3

Beweis,

daſs

der Mond aus Jodine bestehe.

Von

Dr. Mises.

Germanien,
im Jahre
5821.

Ex Bibl. Acad. Land.

Universitäts Bibliothek München

Die Jodine ist ein Heilmittel von ausserordentlicher Wirksamkeit. Sehr natürlich. Es ist noch kein Jahr, daſs sie angefangen hat, gegen den Kropf wirksam zu seyn, und somit hat sie durch das Alter noch nichts von ihrer ersten Kraft verloren. Denn wir finden allgemein, daſs jedes Heilmittel, wenn es anfängt in Gebrauch zu kommen, wahrhaft göttliche Wirkungen zeigt, und alle früher gegen dieselbe Krankheit angewandte Mittel ganz und gar entbehrlich macht; sobald es aber eine Zeitlang im Medizinkasten der *Materia medica* gelegen hat, zur verlegnen Waare wird, und durchaus die Wirkung nicht mehr äuſsern will, die es Anfangs in einem so bewundernswerthen Grade zeigte, gerade so wie Kinder, an denen man in ihren frühern Jahren einen ausgezeichneten Verstand bemerkte, im spätern Alter gewöhnlich Dummköpfe werden. Wir haben an der Ratanhiawurzel vor einigen Jahren ein auffallendes Beispiel dieser Art gesehen. Drohte sie nicht in ihrem Uebermuthe, alle unsere *Tonica* und *Adstringentia* aus den Apothekerkasten zu werfen, und muſste nicht selbst die *China*, die sich doch sonst immer im Respekt zu erhalten weiſs, die bittersten Grobheiten von ihr einstecken? Jetzt möchte die *Ratanhia* sich selber mit *Ratanhia* kuriren, da sie, wie es den Aerzten zu gehen pflegt, die von den Krankheiten, die sie am häufigsten heilen, am öftersten angesteckt werden, jetzt an einer so chronischen Schwäche zu leiden scheint, daſs sie alle Prahlereien vergiſst, und sich ganz ruhig zur Tormentille und Columbo hinsetzt, über die sie sonst mit einer so vornehmen Miene hinwegsah; und wenn sonst kein Schleim- und Blutfluſs war, der nicht vor dem bloſsen Namen *Ratanhia* gezittert hätte, so sehen wir jetzt diese ungezogenen Krankheiten häufig der groſsen Meisterin geradezu ins Gesicht lachen, und eine Widerspenstigkeit zeigen, von der die *Ratanhia* zu Anfange ihrer Praxis laut allen Nachrichten nie eine Spur erfahren hatte. Man kann nach diesem Allen den Aerzten nicht genug rathen, die Jodine, die jetzt, da sie noch in ihrer ersten Jugendkraft ist, wahre Wunderkuren verrichtet, so oft als möglich zu benutzen, ehe auch sie der *Marasmus senilis* unbrauchbar macht, der hier um so eher zu befürchten steht, da, jemehr ein Individuum in seiner Jugend geleistet hat, desto früher es der Alterschwäche unterliegt.

Jetzt, wie gesagt, dürfte es wol kaum einen Kropf geben, den die Jodine nicht von Grund aus heilte, und dieſs nicht allein; die Aerzte haben sich bemüht, um der Jodine einen gemeinnützigern Wirkungskreis zu verschaffen, sie zu lehren, sich auch gegen Skropheln und Krankheiten des *Uterus* wirksam zu beweisen; und wenn nur die Jodine durch wiederholte Anwendung gegen diese Krankheiten sich erst einige Uebung wird erworben haben, so ist gar nicht zu zweifeln, daſs man sie den wirksamsten Mitteln dieser Klasse beizählen wird. Ich sehe übrigens nicht ein, warum man hierbei stehen bleiben und das Talent der Jodine nicht noch weiter ausbilden will. Wir haben ja an allen andern groſsen Mitteln gesehen, daſs sie durch Uebung nach und nach alle Krankheiten heilen lernten, wie unbillig wäre es, wenn man die Jodine, die schon frühzeitig so schöne Anlagen blicken läſst, blos auf einen Sprengel von drei Krankheiten einschränken wollte. Es wird übrigens ganz gleichgültig seyn, gegen welche Krankheit man nun zunächst die Jodine empfehlen will, da hier in der That blos Uebung den Meister macht; und wenn man die Jodine nur erst zwei oder dreimal, z. B. in der Wassersucht oder in der Schwindsucht wird angewendet haben, so bin ich überzeugt, daſs diese Krankheiten die Jodine so gewohnt seyn werden, daſs sie ohne dieselbe nicht mehr werden leben und der Kranke ohne dieselbe nicht mehr wird sterben können. Wir haben das Beispiel davon am *Phellandrium aquaticum*. Seitdem HERZ in HUFELANDS Journale diesem Mittel sein

Amt anwies, an den Rezepttafeln dem Krankenbette als Symptom der Schwindsucht zu dienen, welcher Arzt hätte es da nicht für Sünde gehalten, seinen Kranken ohne dieses Mittel sterben zu lassen und sicher werden wenig *phthisici* ohne ein Viaticum von dem Pulver desselben in die andre Welt hinübergegangen seyn. Ich schlage daher dem *Phellandrium aq.* vor, da es nun lange genug die Stelle als Leichenbitter und Todtenkeuz bei der Schwindsucht vertreten hat, nun einmal der Jodine sein Aemtchen eine Weile abzutreten, da der Kranke gewiſs eben so ruhig dabei wird sterben können, und es die Krankheit nur zu leicht überdrüssig wird, wenn man sie immer mit Einem Mittel füttert.

Freilich aber bleiben alle diese nützlichen Vorschläge nur *pia vota*, wenn wir nicht einen Weg aufzufinden wissen, die Jodine in reichlicherem

Maaſse zu gewinnen, als dieſs bisher möglich war. Es liegt in der That blos an dem bisherigen Mangel dieses Heilmittels, daſs es noch Kröpfe, Scropheln und Amenorrhoeen auf der Welt gibt; und wenn, wie zu erwarten steht, die Jodine sich auch erst noch in andern Krankheiten habilitirt haben wird: so wäre es in der That sehr zu wünschen, daſs nun auch ein Bergwerk von Jodine entdeckt würde, welches die nöthige Quantität von Zentnern lieferte, die die jährliche Konsumzion erfordern dürfte. Denn schon jetzt wollen alle Fucusarten des Weltmeeres nicht mehr zureichen, den nöthigen Bedarf von Jodine zu verschaffen, da man doch von derselben noch weiter nichts hat, als die Tinktur. Wie soll es dann werden, wenn sie erst eine ganze Nachkommenschaft von Salben, Pflastern, Pillen und andern Komposizionen in der Polygamie mit andern Mitteln wird erzeugt haben, die einem so kräftigen Heilmittel gar nicht fehlen kann. Ich thue daher, da sich bis jetzt von einer solchen Fundgrube noch keine Spur gezeigt hat, folgenden Vorschlag zu Auffindung derselben. Man lasse künftig blos mit Kröpfen und Skropheln behaftete Bergleute, und solche, deren Weiber an Unordnung der Katamenien leiden, in den Gruben arbeiten. Findet man nun, daſs hier ein Kropf einsinkt, dort eine angelaufene Drüse verschwindet, oder bei einer Frau, die ihrem Manne in der Grube zur Hand gegangen, die Katamenien wieder eintreten: so hat man *eo ipso* den Beweis, daſs diese Grube Jodine enthalten müsse, und kann nun keck die Erde aus derselben als Jodinenhaltig in schicklichen Verbindungen gegen die genannten Krankheiten anwenden. Auf ähnliche Weise wurde ja auch die Wirksamkeit des Braunsteins gegen die Krätze entdeckt, nur daſs ich hier den Schluſs umdrehe, wobei ich indessen hoffe, nicht gegen die logischen Regeln verstoſsen zu haben.

Ich bahne mir nun den Weg zu der Hauptaufgabe dieses Büchleins dadurch, daſs ich die gewöhnlichen Wege, auf denen man bisher die Gegenwart der Jodine auszuforschen und zu erweisen pflegte, kürzlich beleuchte, und zugleich zeige, in wie fern sie brauchbare Resultate geben konnten, oder nicht.

Ein Apotheker *Courtois* entdeckte die Jodine zuerst in der Asche des Tangs, eines Meergewächses. Sogleich faſste man den Verdacht gegen alle Meerbewohner, daſs sie dieſs Heilmittel verheimlichten; durch das ganze Meer wurde sogleich die strengste Haussuchung angestellt, und die gelddurstigen Spanier können den armen Indianern nicht ärger mitgespielt haben, als wir es den Seegeschöpfen thaten: denn welche Marter, welche Wasser- oder Feuerprobe wurde wol in unsern chemischen Laboratorien unversucht gelassen, um den armen Meerprodukten das Geständniſs auszupressen, daſs sie Jodine versteckt hielten; und als solches sah man dann allgemein einen ROTHEN DAMPF an, den man durch siedende Schwefelsäure von ihnen zu erzwingen pflegte. Ein solcher rother Dampf war hinreichend, gerade wie sonst die rothen Augen eine Hexe, alle Individuen der Art zum Scheiterhaufen zu verdammen, die man nun mit unerbittlicher Strenge aus ihren Schlupfwinkeln hervorzog, um aus ihrer Asche die Jodine zu gewinnen. Dieſs ist auch jetzt noch die gewöhnlichste Art, die Jodine aufzusuchen und darzustellen, und jedes Meerprodukt kann daher Gott danken, das sich von dieser gefahrlichen Waare frei weiſs. Freilich bemerkte man bald, daſs man auf diesem Wege nur eine sehr spärliche Ausbeute erhielt, und voll Unmuth darüber, daſs den Kindern des Oceans so wenig abzugewinnen war, packte man nun sogar den alten Oceanus selber an, schüttete ihn in eine Destillirblase,*) und suchte durch Sieden und Schmoren ihn zum Geständniſs seiner Reichthümer zu zwingen; aber bis jetzt hat er standhaft die Folter ausgehalten.

Was nun zu thun? Jodine muſsten die Aerzte haben und die Apotheker schafften keine. Sie geriethen also auf eine weit sinnreichere Art, die Gegenwart der Jodine auszuforschen, als bisher statt gefunden hatte, und waren auch wirklich so glücklich, auf solche Weise dieselbe in Substanzen zufinden, in denen der Chemiker mit seinen groben Reagenzien freilich keine Spur entdecken konnte. Und wie fingen die Leute denn dieses an? Je nun, sie dankten die Chemie ab, und machten die Logik zum Hüttenknechte. Diese warf die ganzen Retorten und Blasen der Chemie zum Fenster hinaus, setzte sich an den Blasebalg, heizte eine Weile mit Syllogismen und Soriten ein, und siehe da, in kurzem lag aus einer Menge Substanzen ein schönes blankes Jodinekorn da, wie man es sich nicht schöner hätte wünschen können. Freilich stand nun die Chemie, die Ignorantin, dabei, und wuſste vor Verwunderung über die Entdeckung von Schätzen, die sie auf ihrem eignen Gebiete doch billig hätte zuerst finden sollen, gar nicht, was sie dazu sagen sollte. Wahrlich ein ganzes Jahrtausend hätte die Chemie operiren können, und sie würde in dem Gön-

---

*) In der That untersuchte man das Meerwasser auf Jodine.

LIS'schen Kinderpulver oder *Pulvis antihectico-scrophulosus* (das, wie bekannt, aus gebranntem Hirschhorn, *Nux moschata* und *baccis lauri* besteht, und dessen nähere Analyse nach unsrer neueren Methode ich noch weiter unten angeben werde) nimmermehr ein Atom Jodine haben entdecken können, dagegen unsre neuere Verfahrungsart, die Substanzen durch Schlüsse und Gründe zu zerlegen, uns sehr bald gelehrt hat, daſs Jodine der einzig wirksame Bestandtheil darin sey. Ein ähnlicher Fall ist es mit der gebrannten Schwammkohle. Die Jodine war kaum bekannt geworden, so wuſste auch jeder Arzt, der sich unsre Zerlegungsmethode zu eigen gemacht hatte, daſs der Schwamm Jodine enthalten müsse. Die Chemie wollte nun auch nicht zurückbleiben, und fing an, sich auf alle Art zu martern und zu quälen, doch auch nach ihrer Verfahrungsweise die

Jodine daraus darzustellen. Umsonst — sie fand entweder gar keine, oder dieselbe doch nur in so unbedeutender Menge darin, daſs selbst **HAHNEMANN** nach der darin enthaltenen Quantität der Jodine die Schwammkohle für ein zu sehr verdünntes Mittel erklären dürfte.

Aber es ist der Chemie schon recht, daſs sie einmal so abgetrumpft wird, und daſs man ihr ihre Unwissenheit auf ihrem eignen Gebiete so klärlich nachgewiesen hat. Diese gottlose Wissenschaft wird jetzt alle Tage anmaſsender, und wagt es häufig, den geistreichsten Ansichten unsrer gröſsten Köpfe auf eine unausstehliche und für eine so junge Wissenschaft recht unschickliche Art zu widersprechen. Viele Aerzte haben sie daher auch ganz aus ihrem Hause verbannt, und nennen sie, wenn sie es wagt, gegen ihre Systeme einige nicht allzubescheidne

Zweifel zu erheben, ein junges unverständiges Ding, das noch viel zu lernen hätte. Wie will aber auch die Wissenschaft die reifenden Fortschritte machen, die der jetzige Zeitgeist von ihr verlangt, wenn die Chemie sich ihr auf allen Schritten mit ihren Kolben und Kübeln in den Weg stellt, jedes Goldkorn, das ihr entfällt, darein wirft, und so lange die Feuerprobe ausstehen läſst, bis es gewöhnlich in Rauch und Luft verfliegt; wenn sie jeder Wahrheit über die Zusammensetzung der Welt und der Weltkörper, mit der ein grosser Geist die Welt beschenkt, auf jedem Tritt so lange Legitimazion abfordern will, bis sie aus Verdruſs über eine so beispiellose Illiberalität endlich ganz zu Hause bleibt. Auf diese Art kommen wir freilich um unsre schönsten und genialischsten Systeme, und werden nie erfahren lernen, woraus die Welt bestehe.

Wir wuſsten es schon einmal: ich weiſs nicht, welcher Philosoph die Welt durch die galvanische Kraft seiner Schlüsse in Wasserstoffluft und Sauerstoffluft zerlegt hatte; aber die Chemie, wahrscheinlich um seiner Meinung, daſs Alles aus Luft bestände, desto mehr Gewicht zu geben, machte das Experiment zuerst mit seiner Hypothese (denn mit diesem Ekelnamen belegen kleine Geister die ausgemachten Wahrheiten, die groſse Männer aus eigner Fülle zeugen), und zerlegte sie glücklich auch wieder in Luft.

Man sieht also, wie wenig mit der Chemie anzufangen ist, wie sehr sie dem Genie, das einen freien, fessellosen Flug liebt, die Fittige beschneidet und seine Fortschritte hemmt. Doch ist dieſs ein Tadel, der nicht blos die Chemie, sondern auch alle andern realen Wissenschaften trifft. Ich beleuchte hier die ganze Behandlungsart der Wissenschaften im Allgemeinen etwas genauer, da zum groſsen Theil auch unsre neue chemische Zerlegungsmethode sich darauf stützt. Es wäre recht sehr zu wünschen, daſs geistreiche Männer auf dem schon mit so vielem Glück betretnen Wege fortführen, und sich bei Konstrukzion ihrer Systeme weder von der Chemie, noch von einer andern realen Wissenschaft Einwendungen machen lieſsen: denn jedes Ding ist ja um so idealer, göttlicher, je mehr es vom Realen sich losmacht; und nur dann erst werden wir eine ganz göttliche Wissenschaft haben, wenn sie gar nicht mehr auf Realitäten, d. h. auf Thatsachen, gestützt seyn wird. Auch ist in der That nicht zu verkennen, daſs das Streben der meisten jetzigen Philosophen darauf hingeht, die Wissenschaft auf diesen Gipfel zu erheben. Wenn die Erfahrung mit

Schneckenfüſsen langsam am Boden hinkriecht, und Jahrhunderte braucht, ehe sie die steile Höhe der Wissenschaft erklimmt, so erreichen dagegen die weitausgreifenden Schwingen des Genie's und der Spekulazion im Nu den Gipfel derselben. Man wirft uns zwar vor, daſs diese Schwingen wächserne wären, und von dem ersten leuchtenden Sonnenblikke, der darauf ſiele, zerschmölzen, daher sie auch nur in heilger Dunkelheit sich regten, wo ihrem Fluge niemand folgen könnte; aber, wer sieht nicht, daſs dieſs bloſse Verläumdung ist, und daſs, wenn sie wirklich das Dunkel lieben, dieſs blos darauf beruht, weil sie zu viel inneres Licht besitzen, um noch eines äuſseren benöthigt zu seyn. Auch ist es ja genug, wenn Jeder sein System nur selbst versteht; und selbst hierin ist man in neuern Zeiten nachsichtiger geworden. — Mit Recht! — Denn wie will man einem Schriftsteller zumuthen, ein System zu verstehen, das er mit beispielloser und wahrhaft bewundernswürdiger Kunst so aus lauter Widersprüchen zusammengesetzt hat, daſs es ja gar nicht verstanden werden kann; und dieſs ist doch in der That der Triumph der Wissenschaft, es so weit gebracht zu haben. Ein System, wo Alles in einander paſst, zu konstruiren, und wo die Natur noch dazu die Materialien liefert, das kann doch wahrlich so schwer nicht seyn; da aber, wo die Natur sich auf jedem Schritte entgegenstemmt, nirgends ein vester Grund aufzufinden ist, mitten in der Luft und aus Luft ein Systemgebäude aufzuführen: das ist eine Sache, die nur dem Genie möglich ist. Aber freilich ist hier auch die Bauart anders. Die alten Aegypter bauten ihre Pyramiden auf eine breite Grundfläche und setzten den spitzigsten Theil oben hin. Neuere Baumeister würden die Sache umdrehen und die Pyramide auf der Spitze zu balanciren suchen; wenigstens herrscht jetzt diese Konstrukzionsmethode in allen unsern neuern Systemen. Auf der Nadelspitze eines Grundsatzes konstruirt man ein ganzes Lehrgebäude lustig ins Blaue hinein, statt daſs man sonst erst eine breite Basis von Erfahrungen zu erlangen suchte, und das Resultat aus diesen als Thurmknopf oben auf setzte. Jedermann wird mir zugestehen müssen, daſs jene Art, das Gebäude stehend zu erhalten, nicht nur weit kunstvoller, sondern auch die ganze Bauart für den Lernenden weit bequemer sey, der nicht erst mühsam zur Spitze hinaufzuklettern braucht, sondern gleich dabei

Univ. Bibl. München

steht, und dann von dem Bandwurm der Wissenschaft gleich das Kopfende ergreifen kann, ohne erst ihr langes Schwanzende abgetrieben zu haben.

Diese hier entfalteten Grundsätze, glaube ich, werden hinreichend seyn, zu zeigen, worin eigentlich das ganze Geheimniſs des jetzigen schnellen Fortschreitens der Wissenschaft liegt, und werden uns zugleich die Mittel an die Hand geben, wie wir auch, um schneller vorwärts zu kommen, bei unserer chemischen Zerlegungsweise zu verfahren haben. Es kommt nämlich auch hier blos darauf an, einen obersten Grundsatz aufzufinden oder auszudenken: denn hier sind beide Wörter gleichbedeutend, und aus diesem, wie aus einem einzigen Samenkorn, den ganzen Baum unsrer neuen chemischen Wissenschaft lustig aufschieſsen zu lassen, wobei uns noch das sehr zu Statten kommt, daſs wir diesen obersten Grundsatz nicht erst zu erweisen nöthig haben: denn wir sind nicht so ignorant, daſs wir nicht wüſsten, daſs jedes Prinzip über allen Beweis erhaben ist, und daſs ein Prinzip, was man erweisen will, gar keins seyn kann. — Es kann nicht in dem Zwecke gegenwärtigen Schriftchens liegen, hier die ganze Chemie nach einem solchen Urprinzip abzuhandeln, obgleich es kein geringes Vergnügen seyn könnte, die hier aufgestellte Methode in einer ganzen Wissenschaft praktisch mit Konsequenz durchzuführen, die auf diese Art gemachten Entdeckungen in der Wirklichkeit nachzuweisen, und die herrlichen, vorher nie geahnten Resultate, die man auf solche Weise fände, der Welt vor Augen zu legen. — Wir begnügen uns hier blos, unsere hier aufgestellten Grundsätze bei Aufsuchung der Jodine, an die es nun wieder einmal Zeit ist, zu denken, in Anwendung zu bringen, und zu zeigen, wie wir sie auf diese Art in ihren geheimsten Schlupfwinkeln und in solchen Substanzen, wo sie sich in unendlich kleiner (wir können das Wort im mathematischen Sinne nehmen) Quantität vorfindet, ausforschen können.

Wir haben schon oben ein Paar Beispiele gegeben, wie wir in zwei Substanzen die Jodine auf diese Art entdeckt haben, und werden noch öfters darauf zurückkommen. Laſst uns doch nun sehen, welches der oberste Grundsatz war, der hier die Scheidung verrichtete, und dann versuchen, um auch unser Scherflein zur Erweiterung der Wissenschaften mit beizutragen, ob wir ihn nicht noch fruchttragender machen können, um so in noch mehrern Substanzen Jodine aufzufinden, in denen sie vorher nie geahnt wurde und aus denen sie sich auch auf eine andre Weise gewiſs nie wird darstellen lassen.

Die Aerzte hatten die Bemerkung gemacht, daſs die Jodine Kröpfe heile. Was war also natürlicher, als daſs sie folgenden Schluſs machten: die Jodine heilt Kröpfe, *ergo*: ein Mittel, was den Kropf heilt, enthält Jodine.

Jetzt sind w[illegible] Ziele. Hier haben wir den Grundsatz, aus dem nicht nur jene oben erwähnten Entdeckungen in Hinsicht der Jodine geflossen sind, sondern der uns auch noch zu weitern Resultaten führen wird, und ihn müssen wir also vesthalten. — Wir wollen nun zuerst, um uns vorläufig in der Anwendung desselben zu üben, die Analyse des schon oben erwähnten Göhlis'schen Kinderpulvers hier aufstellen, nach welcher es einzig durch seinen Gehalt an Jodine die Skropheln heilt; und ich mache es mir in der That zum Vorwurf, daſs ich den Namen des Mannes, der sie zuerst auf eine so geistreiche Art daraus darzustellen wuſste, vergessen habe. Die Ingredienzien und Reagenzien zur Ausscheidung werden folgende seyn.

1) Der Hauptgrundsatz, was den Kropf heilt, enthält Jodine.

2) Mittel, die den Kropf heilen, heilen häufig auch die Skropheln, und also heilt die Jodine die Skropheln.

3) Aus dem vorigen folgt wiederum, daſs, was die Skropheln heilt, Jodine enthalten müsse.

4) *Ergo*, da das genannte Pulver die Skropheln heilt, muſs es nothwendig auch Jodine enthalten.

Wie schön folgt hier nicht ein Glied aus dem andern, und diese Sätze sind wahrlich mehr als hinreichend, die Gegenwart der Jodine in diesem Pulver ganz auſser Zweifel zu setzen. Um aber auch alle Zweifel denen zu benehmen, die weniger in unsre höhern Ansichten einzugehn wissen, wurden noch folgende Reagenzien hinzugesetzt, die die Sache nun klarer als das Licht machen.

1) Das Göhlis'sche Kinderpulver enthält gebranntes Hirschhorn, eine thierische Kohle.

2) Der gebrannte Schwamm ist nach Einigen auch eine thierische Kohle, und enthält Jodine, denn er heilt den Kropf.

3) *Ergo*, da der gebrannte Schwamm vielleicht eine thierische Kohle ist, und Jodine enthält: so enthalten alle thierische Kohlen, sie seyen auf dem Lande oder im Meere gewachsen, Jodine.

4) Also enthält auch das gebrannte Hirschhorn Jodine.

Und in der That nach diesem schönen Kettenschlusse sieht man sie nun nicht gleichsam vor den Augen da liegen, und muſs man nicht den Geist des Mannes bewundern, der auf einem so schwierigen Wege zuerst die Jodine in diesem so bekannten und beliebten Mittel darzustellen wuſste? Ich wenigstens kann ihm meine höchste Bewunderung nicht versagen, und gestehe, nie von einer ähnlichen, in jeder Hinsicht so merkwürdigen und genialischen Analyse etwas gehört zu haben; und obwol ich mir dieselbe bei meinen nachfolgenden Untersuchungen mit zum Muster genommen habe: so gebe ich doch gern zu, daſs ich unendlich weit hinter dem Scharfsinn zurückgeblieben bin, mit dem sie angestellt worden ist.

Man glaube übrigens ja nicht, daſs die hier angegebne Zerlegungsweise sich blos eigne, die Gegenwart der Jodine zu erforschen. Ganz auf ähnliche Weise erfuhr man vor einiger Zeit, daſs die Blausäure das Prinzip aller narkotischen Substanzen sey: denn da sie selbst narkotische Wirkungen zeigt,[*] so folgte daraus ganz klar und dem Grundsatz, den wir zu Auffindung der Jodine aufgestellt haben, ganz analog, daſs alle narkotischen Substanzen Blausäure enthalten müſsten. Späterhin freilich, da das *Morphium* in die Welt getreten war, und doch auch untergebracht seyn wollte, machte es ebenfalls Ansprüche auf die Verwaltung der *narcotica*; und da es sich durch dieselben Gründe legitimiren konnte, als die Blausäure: so muſste diese ihm die Hälfte ihres Privilegiums abtreten. Neuerlich sind die *narcotica* gewissermaſsen unter Sequestration gekommen und haben jetzt gar keinen bestimmten Herrn.

Solche Veränderungen müssen sich aber freilich die Arzeneimittel öfters gefallen lassen, und sind in der That zum Theil wol selbst Schuld daran, da sie ihre Wirkung so häufig ändern, daſs sie natürlich nach einiger Zeit immer eine andre Stelle im Systeme einnehmen müssen. Ich erinnere hier nur an das *Opium*. Welches heftig reizende Mittel war dieses zu Brown's Zeiten, wie ganz geeignet für die damals asthenischen Nervenfieber, in denen es seinen Ruhm auch in der That so begründete, daſs selbst tausend Fälle, wo die Kranken davon starben, ihm diesen Ruhm nicht streitig machen konnten; wie schnell half es oft bei den wüthendsten Delirien, so daſs der Kranke nach wenig Stunden nicht nur kein unverständiges Wort, sondern überhaupt gar kein Wort mehr sprechen konnte; und wie sehr änderte es nach kurzer Zeit in allen Stücken dieses sein Betragen. Als man das Brown'sche System zu Grabe getragen hatte, mochte das *Opium* es sich zu Herzen genommen haben, es wurde nun ein ganz ruhiges Mittel, das die Menschen schläfrig machte, und sich gegen Nervenfieber und Gehirnaffekzionen durchaus nicht mehr brauchen lieſs. Jetzt bekommt es manchmal wieder seine alte Laune, und reizt und beruhigt nun wechselsweise, wie es ihm gerade einfällt. Eben so ist es bekannt, daſs das Opium sonst immer nur Verstopfung erregte; aber seit Hahnemann fängt es an zu laxiren, und wird daher auch mit solchem Erfolge gegen Verstopfung angewendet, daſs in der That schon eine unendlich kleine Dosis desselben Oeffnung bewirken kann. Doch dieſs nur einschaltungsweise, und nun rasch auf unser letztes Ziel los.

Da wir den Grundsatz zur Basis unsrer Untersuchungen aufgestellt haben, daſs jede Substanz Jodine enthalte, die den Kropf heile: so wollen wir jetzt die Mittel aufzählen, die dieses Vermögen in vorzüglichem Grade besitzen sollen. Dieſs sind folgende: Gebrannter Schwamm, von dem schon oben die Rede gewesen ist, *Extractum Cicutae*, *Digitalis*, *Antimonium crudum*, *Mercurius dulcis*, gebrannte Eierschalen, Juchten und Tuchlappen. Nun ist gar kein Zweifel, daſs alle diese Mittel wirklich Jodine enthalten, die sich auch nach unsrer Zerlegungsmethode sehr leicht würde daraus darstellen lassen; und selbst das Messer, welches die Extirpazion des Kropfes verrichtet, kann dieſs nicht anders, als durch seinen Gehalt an Jodine bewirken, indeſs steht doch zu befürchten, daſs bei unserm immer skrophulöser werdenden Zeitalter am Ende alle diese Mittel nicht mehr ausreichen werden, und ich habe daher, um diesem Mangel im Voraus vorzubeugen, darüber nachgedacht, ob sich nicht ein andrer Körper entdecken lieſse, der die Jodine in noch reichlicherem Maaſse enthielte, und siehe, da bin ich auf eine herrliche Entdeckung gerathen, von der sich nie ein Arzt, nie ein Chemiker, noch Physiker je etwas hat träumen lassen, und die, ich kann es mit Stolz sagen, als ein glänzendes Meteor in den Jahrbüchern der Wissenschaft dastehen wird. Hört es, und staunt! Der Mond, ja der Mond ist nichts weiter, als ein groſser Klumpen Jodine. Als ächtes Meeresprodukt schwimmt er dort im blauen Himmelsocean herum, um, wie selbst jedem alten Weibe bekannt ist, die Kröpfe auf dieser Erde zu vertreiben, und beurkundet hierdurch so schön, daſs nichts ohne Nutzen und Zweck an seinen Ort gestellt ist. Man könnte zwar dann fragen, wozu die kleinen Jodinekleckse, die Sterne, da wären? Je nun, doch wohl um die Warzen zu kuriren, als kleinere Verkröpfungen der Hände und des Gesichts, deren Vertreibung man sonst fälschlich mit auf Rechnung des Mondes setzte. Welche reichhaltige Quelle von Jodine ist uns durch diese Ansicht auf einmal geöffnet, wie schön lassen sich alle Erscheinungen an und im Monde damit in Uebereinstimmung bringen, und zu welchen glänzenden Resultaten wird sie uns noch weiter führen, so daſs ich behaupten kann, das ganze Jahrhundert habe keine folgenreichere und für die Wissenschaft wichtigere Entdeckung aufzuweisen.

Ich hätte übrigens nun nicht nöthig, noch weitre Beweise für die Jodinität des Mondes (denn für eine neue Entdeckung hat Jeder das Recht, auch einen neuen Namen auszusinnen) anzuführen, da, wenn man den Mond auf den Probirstein unsers oben angeführten Grundsatzes legt, er die Probe so schön aushält; aber ich will der Welt zeigen, daſs ich auch eine nähere Beleuchtung meines Fundes nicht zu scheuen brauche, und zugleich mit auf die richtigen, ſich daraus ergebenden Folgerungen aufmerksam machen.

Jetzt erst sind wir im Stande, auf eine ganz genügende Weise das periodische Abnehmen des Mondes zu erklären: denn da wir finden, daſs der Mond blos, wenn er im Abnehmen begriffen ist, den Kropf heilt, folgt daraus nicht sehr natürlich, daſs eben diese groſse Konsumzion für Kropfkranke den Substanzverlust am Monde hervorbringt, der sich freilich alle Monate auf eine uns noch unbekannte Weise wieder reproduzirt, was wir allerdings eben so wenig erklären können, als warum der Krebs seine Krebsscheeren wiederbekommt.

Durch diese unsre Ansicht gewinnt auch die schon alte Meinung wieder sehr an Wahrscheinlichkeit, daſs der Mond ein Exkrement und *quasi sputum* der Erde sey, das sie, wahrscheinlich nach einer Ueberladung, ausvomirt habe. Wenigstens erklärt sich daraus sehr genüglich, warum jetzt nur noch so wenig Jodine auf der Erde angetroffen wird, denn wenn man viel Galle weggebrochen hat, wird der Magen rein.

Ferner kommen wir nun endlich auch aufs Reine über den Ursprung der sogenannten Mondsteine. Man hat sie bisher häufig für eine Art

Deserteurs und Ueberläufer von dem Monde zur Erde gehalten. Allein, wenn sie wirklich von dem Fleisch und Bein des Mondes entstanden wären, so müſste sich nothwendig Jodine in ihnen nachweisen lassen, oder vielmehr, sie müſsten ganz aus Jodine bestehen. Da nun beides von den Vertheidigern ihres selenitischen Ursprungs noch nicht dargethan worden ist: so ist mir allerdings eine von den folgenden beiden Meinungen viel wahrscheinlicher: entweder, daſs sie als eine Art Gichtkonkremente zu betrachten seyen, die sich in der Atmossphäre, dem Gelenkwasser zwischen zwei Weltkörpern, die man gewiſs nicht übel mit Knochen des Weltalls vergleicht, erzeugen; oder daſs sie ein käseartiges Gerinsel des Aethers seyen, der, wie die Milch, durch elektrische und galvanische Prozesse zusammenschlickert.

Weiter: Wäre die alte Anſicht richtig, daſs der Mond nichts weiter ſey, als ein gewöhnlicher Weltkörper, und das Mondlicht mithin ein wahres Licht, wie wollte man denn daraus erklären, daſs nach glaubwürdigen Beobachtungen das Mondlicht keine Wärme erzeugt, ſondern vielmehr Kälte? Es werden doch jedem die neueſten Unterſuchungen über die Wärme und das Licht bekannt ſeyn, nach welchen die Wärme blos der Körper des Lichts iſt, die Breitefunkzion deſſelben, vermöge deren es ſich auch nach rechts und links umſehen kann, da es ſonſt nur der Naſe nach zu laufen pflegt. Ja man kann — denn ſolche Vergleiche erläutern die Sache mehr als alles andre, und es iſt ſehr zu loben. daſs man jetzt ſo ſorgfältig in Aufſuchung derſelben iſt — zu dieſen Beſtimmungen noch mehrere hinzufügen, wie ich jetzt versuchen will, obwohl ich nicht läugne, daſs man in jedem naturphilosophischen Kompendium weit scharfsinnigere findet. Da Licht und Wärme weiter nichts sind, als die beiden Pole des Feuers, oder, deutlicher ausgedrückt, sein Plus und Minus, so kann man erstere auch die Schulden des Feuers nennen, letztres seine Aktiva. Eben so kann man die Wärme definiren als die Sünde oder den Egoismus, als die Lüge, das saure Prinzip, die linke Seite, das Schwanz-Ende, das Gangliensystem, das Pflanzenorgan des Feuers; das Licht hingegen als die Tugend, die Wahrheit, das basische Prinzip, die rechte Seite, das Kopf-Ende, das Gehirn, das Thierorgan des Feuers: denn alle diese Bezeichnungsarten sind in der That der Idee nach vollkommen gleich, und blos durch die verschiedne Stufe der Position, d. h. durch ihre Potenz, zu unterscheiden, bei welchen naturphilosophischen Ansichten noch zu bemerken ist, daſs die Potenzen, je höher sie werden, der Null desto näher rücken und sich endlich ganz in sie verflüchtigen, so daſs die höchste philosophische Idee auch die höchste Null ist. (S. z. B. Oken's Lehrbuch der Naturphilosophie) Die Naturphilosophie ist daher nicht uneben mit einem hohen Thurme zu vergleichen, wo eine groſse Menge Stufen, die man, wie gesagt, Potenzen nennt, endlich zu einem kleinen runden Platze führen, den sie Zero oder Null heiſsen, und von dem man dann die Aussicht auf die ganze Welt hat. Jeder Naturphilosoph wird mir nun doch zugestehen müssen, da alles nur durch den Gegensatz besteht, und sich nur durch ihn erhält, da das Plus ohne das Minus, der Geist ohne den Körper, durchaus nicht existiren kann, daſs auch der Geist des Feuers, das Licht, nicht ohne dessen Körper, die Wärme, werde gedacht werden können, und daſs mithin das sogenannte Mondlicht, dem die Wärme abgeht, etwas ganz anders als wahres Licht seyn müsse, welches sich auch durch die übrigen oben angeführten Symbole des Lichts und der Wärme durchführen läſst. Ein Naturphilosoph nähmlich kann nach seinen Grundsätzen nie Kapitalien besitzen, ohne eben so viel Schulden, er kann nie tugendhaft seyn, ohne dabei egoistische Absichten zu haben, nie die Wahrheit reden, ohne die Hälfte Lügen beizumessen. Er kann keinen Essig brauen, ohne ein paar Hände Pottasche darein zu werfen, ja er darf nicht einmal einen Kopf haben, ohne zugleich hinten einen Schwanz aufzuweisen: denn alles dieſs sind polar entgegengesetzte Sachen, und ein Pol besteht ja nicht ohne den entgegengesetzten.

Wenn aber der Mondschein kein wahres Licht ist, was ist er denn? — Nun natürlich weiter nichts, als ein Ausfluſs von Jodine. — Aber er sieht ja gelb aus? — Je nun, das rührt blos von der verschiednen Potenzirung her, die die Jodine hier erlitten hat, antworte ich, und hoffe, einem Naturphilosophen klar und verständlich geantwortet zu haben; und da ich blos für gescheute Leute schreibe: so wird jeder Naturphilosoph sogleich wissen, daſs ich schon zufrieden bin, wenn er es nur verstanden hat. Hieraus läſst sich übrigens auch erklären, warum im Mondschein Kälte entsteht, die ja allemal eintritt, wo eine Substanz sich verflüchtigt, also auch bei dieser Verflüchtigung der Jodine.

Ich würde nun nach allen diesem recht sehr rathen, daſs ein Chemiker den Mondschein in einer Schüssel auffienge und einer chemischen Analyse unterwürfe: denn wie geeignet eine solche materielle Behandlungsart auch für die sogenannten imponderablen Stoffe sey, haben uns die Experimente gelehrt, wo wir mittelst feiner Drehwagen herausgebracht haben, daſs das Sonnenlicht, was einen Tag lang auf einen Qudratfuſs Fläche fällt, etwas über 2 Gran wiegt,*) und ähnliche Versuche sind, freilich mit weniger glücklichem Erfolge auch mit der Wärme und der Elektrizität angestellt worden; aber ich habe schon oben gezeigt, daſs diese Leute, die Chemiker, mit ihrer groben Verfahrungsweise bei solchen feinen Versuchen, gewöhnlich gar nichts ausrichten; und dann hätten wir sie erst umsonst geplagt. Diese Leute sind wirklich zu unbeholfen, um allemal das zu finden, was man sucht, und das muſs doch ein jeder Forscher können, der die Wissenschaft vorwärts bringen will. Eben darin besteht ja die wahre Gröſse des Genies, daſs es auch da noch etwas aufzufinden weiſs, wo andre Leute durchaus nichts sehen, oder auch, daſs es, wie ein geschickter Kukuk, die Eier seines eignen Geistes so geschickt in das Nest der Wissenschaft hineinzupraktiziren weiſs, daſs diese schwört, sie wären aus ihrem eignen Eierstocke hervorgegangen, und die Jungen daraus ausbrütet und groſszieht, bis diese endlich die gütige Stiefmutter selbst aus dem Neste werfen.

---

*) Wirklich hat dieſs Dr. Mitchill in England auf diese Art gefunden.

Ich füge nun blos noch der Charakteristik des Mondes, als Jodineklos, Folgendes bei: der gelbsüchtige Teint des Mondes rührt auf jeden Fall von der Eigenschaft der Jodine her, die Haut gelb zu färben, die sie an ihrem eignen Felle, zuerst versucht hat; und das Abend- und Morgenroth am Himmel lassen sich sehr füglich daraus erklären, daſs der Mond wahrscheinlich Abends und Morgens mehr als zu andern Tageszeiten schwitzt; was vielleicht auf einem hektischen Zustande desselben beruht, da er oft so auffallend dabei abnimmt; und daſs die Jodine schön roth oder violett schwitzt, ist ja bekannt.

Durch diese beiden letztern Ansichten hoffe ich auch die gewöhnlichen Chemiker, die manchmal in dem Verlaufe dieser Schrift nicht ganz mit mir zufrieden gewesen seyn dürften, wieder mit mir versöhnt zu haben, da die Schlüsse, worauf die Beweise beruhen, alle Spekulazion verschmähend, blos auf reinen Thatsachen beruhen.

So scheide ich denn von allen hiermit in Ruhe und Frieden, und wünsche nur noch schließlich der Jodine eine längere Jugend, als ich ihr in meinem Prognostikon habe prophezeien können.

Panegyrikus

der jezigen Medicin

und

Naturgeſchichte

von

Dr. Miſes.

Leipzig,
bei C. H. F. Hartmann.
1822.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Die Medicin iſt jezt auf einem Standpunkte, von dem ſie mit Stolz auf alle frühere Zeitalter herabſchauen kann, und die Rieſen der Vorwelt, Hippokrates, Galen u. ſ. w. laufen jezt nur noch als kleine Zwerge unter ihr herum. Sie ging ſonſt mit ſchlichtem Tritt auf der niedern Erde einher, und konnte kaum einen Plaz überſehen, wo ſie ein paar Wurzeln und Kräuter für ſich zur Nahrung fand; jezt hat ſie ſich einen Thron gebaut, daß ſie dem Himmel ſo nah als der Erde iſt, daß ſie die ganze Natur überſchaut, und ſpricht: das iſt Alles mein Reich. Sie wuchs aus einem ſchlechten Saamenkorn aus der Dunkelheit der Unwiſſenheit und des Aberglaubens empor, trieb im Anfange einige Schößlinge am Boden, die bald verwelkten, ſchoß durch das ganze Mittelalter als ein langer kahler Stamm in die Höhe, und nun breitet ſie ſich auf einmal in eine Krone von Zweigen, Blättern und Blüthen aus, wie ſie keine andre Wiſſenſchaft aufzuweiſen hat. Die Medizin war ein Findling, den die Prieſterkaſte vor der Tempelthür fand, erſt aus Barmherzigkeit und dann aus Eigennuz aufzog, weil ſie ſich zur Magd brauchen ließ; aber ſie war göttlicher Abkunſt, riß ſich los aus dem fremden Dienſte, da ſie ihre angebohrne Würde erkannte, irrte erſt eine Weile in der Wildniß umher, und iſt nun wirklich zur Herrſchaft in ihrem wahren Reiche gelangt, das ſie täglich mehr ausdehnt, und das alle Nachbarreiche zu verſchlingen droht, wenn es nicht trockne Wüſten ſind, in denen höchſtens Goldſtaub aber kein fruchtbares Land zu finden iſt, und die ſie gern andern überläßt. — Folgende Specimina werden den Beweis führen, daß die Medicin jezt wirklich ein ſolcher Stern erſter Größe unter den Wiſſenſchaften ſey.

Erſtes Specimen.

Hippokrates war ein alter guter Mann, der für ſeine Zeit recht hübſche Kenntniſſe haben mochte; wenn er aber jezt auf die Oberwelt zurückkäme, und nun dächte, ſeine alte Rolle noch fortſpielen zu wollen, würde er ſich ſicher gewaltig irren. In allen Examinibus würde er auf unſern Univerſitäten durchfallen. Da würde man ihm eine Theſis aus ſeinen eignen Aphorismen auszuarbeiten geben, und ihm dann vorwerfen, er verſtände kein Griechiſch und er wüßte nichts von der Hippokratiſchen Methode. Freilich mit ſeinem bischen Muttergriechiſch käme er jezt in unſerer künſtlichen mediciniſchen Kunſtſprache nicht weit, und was ſein bischen Oxymel, ſeine Brühen und ſeinen Aderlaß betrifft, womit er ſonſt ſo große Wunder that, ſo kann er nur glauben, daß bei dem jezigen Stande der Medicin ein Barbierjunge ſich ſchämen würde, ſo wenig Mittel in ſeinem Scherſack zu haben, und wenn man ſomit jenem alten Koryphäen eine dickleibige materia medica zeigen würde, nur von den nothwendigſten Dingen, die jezt zur Hippokratiſchen Methode gehören, ſo würde er wahrſcheinlich vermuthen, daß man ſelbige nicht ſowohl nach ihm ſo genannt hätte, als nach der Etymologie: eine, die Pferde zu bändigen vermöchte. Es geht hier beinahe, wie mit jener Antike, die man in Gyps abgegoſſen, und von den Abgüſſen ſo lange immer wieder neue Abgüſſe genommen hatte, bis die lezten einen halben Fuß im Durchſchnitt dicker als die urſprüngliche Statue geworden waren, und vielleicht auch ſonſt, obwohl ſie noch denſelben Namen führten, ihr ziemlich unähnlich ſehen mochten. So hat auch die ſpindeldürre Hippokratiſche Medizin durch fortgeſetztes Abgießen derſelben nach und nach eine recht hübſche Korpulenz erlangt.

Die Zeiten ändern manches. Die Medizin war ſonſt eine arme Frau, in deren Küche es nicht gar zu erbaulich ausſah. Einige Wurzeln und Kräuter, ein bischen Oel und Eſſig und ein ſchlechtes Küchengeräth war Alles, was man darin ſah. Jezt müſſen alle fünf Welttheile Lieferungen in ihre Küche machen und ſie hat ganze Bibliotheken von Kochbüchern und Magazine von Geräthſchaften. Ihre Speiſekammer, die materia medica, iſt jezt ſo reichlich verſehen, daß ſie gar nicht weiß, wie ſie allen Vorrath verbrauchen ſoll, und manches daher ungenuzt darin verſchimmeln läßt, bis ſie es, wenn ſie das andere überdrüſſig geworden, einmal wieder hervorſucht.

Wirklich, jeder Menſchenfreund muß ſich freuen, wenn er unſere materia medica in Betrachtung zieht, und in ihr das gewiſſeſte Zeichen findet, daß unſre jezige Medizin den Gipfel ihres Fortſchreitens wo nicht ſchon erreicht hat, doch bald erreichen werde. — Die Alten waren froh, wenn ſie gegen jede Krankheit nur Ein Mittel hatten und gegen viele hatten ſie gar keins. Wie viel glücklicher ſind wir! Wir beſizen nicht nur unendlich viel Mittel gegen jede einzelne Krankheit, ſondern auch jedes einzelne Mittel heilt jezt unendlich viel Krankheiten, und was der Triumph der Wiſſenſchaft iſt, ſo haben wir jezt gerade gegen die unheilbarſten Krankheiten die allermeiſten und kräftigſten Mittel, ſo daß, wenn man z. B. einen in einer mat. medica leſen ließe, und ihm dann frei ſtellte, ob er lieber den Schnupfen oder die Schwindſucht haben wollte, er, wenn er nur einigermaßen vernünftig iſt, gewiß leztere wählen wird, gegen die er uns mit ſo vielen und vortrefflichen Mitteln ausgerüſtet ſieht, daß, ſollte auch einer ſchon die halbe Lunge durch die Gurgel gejagt haben, doch die andere Hälfte durch unſere Heilmittel ſo friſch und geſund werden muß, daß ſie die Funktion der verlornen mit erſezen kann. Epilepſie, Waſſerſcheu u. dgl. ſind jezt wahrhaft ſpaßhafte Sachen: denn man entdeckt faſt alle Tage noch neue Mittel dagegen und zwar, ſo viel ich mich wenigſtens entſinnen kann, bisher lauter ganz untrügliche.

Wir könnten uns in der That nun mit dem begnügen, was wir haben, da auch ein flüchtiger Blick in die mat. medica uns lehren wird, daß wir von keiner Krankheit mehr etwas zu fürchten haben; doch auf der andern Seite iſt es auch wieder löblich, wenn wir in dem raſchen Schritte, mit dem unſre Wiſſenſchaft dem Gipfel der Vollkommenheit entgegengeht, nicht innehalten wollen, und ſo ſehen wir denn jezt unaufhaltſam die Medicin dem Standpunkte zueilen, über den hinaus, als das Ziel ihrer Vervollkommnung, kein weiteres Fortſchreiten mehr wird möglich ſeyn und der dann ſtatt finden wird, wenn wir es erſt ſo weit gebracht haben, daß jedes Mittel alle Krankheiten heilt, und jede Krankheit ſich umgekehrt durch alle Mittel heilen läßt. Mit einigen Krankheiten und Mitteln ſind wir ſchon ſo weit; mit den andern werden wir hoffentlich, wenn die Aerzte mit gleichem Eifer fortfahren, wie bisher, die Medicin extenſiv und intenſiv zu erweitern, bald ſo weit kommen. Es iſt klar, daß auf dieſe Weiſe unſere Werke über Therapie und mat. medica nach und nach immer dicker und bänderreicher werden müſſen, und zulezt einen ſolchen Umfang annehmen, daß ſie ſich gar nicht mehr durchſtudiren laſſen, und man denn verſchiedne Auswege wird treffen müſſen, um ſich hier zu helfen, von denen auch in der jezigen Zeit ſchon einige angedeutet liegen. Je mehr nehmlich der Umfang einer Wiſſenſchaft wächſt, deſto mehr wird ſie in geſonderte Theile zerlegt, mit denen ſich dann einzelne Menſchen ausſchließlich beſchäftigen; und wenn ſonſt Medicin, Chirurgie und Pharmacie von einem Subjekte betrieben und für unzertrennlich gehalten wurden, jezt aber ſich in eine Trias zerſpalten haben, ſo läßt ſich auch erwarten, daß, wenn die Medicin dem von mir angegebenen Ziele nur noch ein weniges näher gerückt ſeyn wird, jeder Arzt nur auf ein einzelnes Mittel wird ſtudiren und promoviren dürfen, mit dem er, wenn er anders etwas rechtes gelernt hat, dann alle Krankheiten wird beſiegen können, und wo dann der Queckſilberarzt dem Chinaarzte und Opiumarzte nicht in's Handwerk wird greifen dürfen. Man fängt auch in der jezigen Zeit an, die Nothwendigkeit dieſer Trennung ſchon wirklich dringend zu fühlen, und obgleich ſie noch nicht geſezlich autoriſirt iſt, ſo giebt es doch wirklich ſchon genug ſolcher Queckſilberärzte und Chinaärzte und blauſaurer Aerzte, die mit ihrem Einen Mittel Alles zu thun vermögen, und die andern nur ſo nebenbei brauchen, wie etwa auch der Muſiker, der auf Einem Inſtrumente Virtuos iſt, und ſich bei wichtigen Gelegenheiten nur auf dieſem hören läßt, doch auch noch die andern Inſtrumente nebenbei zu ſpielen verſteht. Später aber muß dieß ganz abgeſchafft werden, und man muß keinem Arzte erlauben, in ein anderes Mittel zu pfuſchen, da ihm eins genügt, und auf keine Weiſe beſſer die Einfachheit in der Cur, das ſo nothwendige Requiſit des Arztes, erreicht werden kann.

Das Mittel, was bisher die größte Sekte ſich erworben hat, iſt ohne Zweifel das Calomel, und man kann das Capitel davon in jeder mat. medica als eine kleine Repetition der geſammten Pathologie empfehlen, indem es ſich nach und nach mit allen Krankheiten verquickt und ſie ſubigirt hat; den Skorbut etwa ausgenommen. Nun, es wäre eine Schande für unſer Zeitalter, wenn das Calomel, das doch ſonſt die heterogenſten Krankheiten unter Einen Hut gebracht hat, das Calomel, dieſer Heros in der materia med., der alle Uebel und Ungethüme im menſchlichen Leibe zu erſticken vermag, wenn dieß mit dieſer einzigen Krankheit nicht auch noch ſollte fertig werden können; und ich habe wirklich in dieſer Hinſicht die beſte Hoffnung. Nur zwei oder dreimal herzhaft empfohlen; und man giebt nichts mehr als calomel im Skorbut. Was ſollen wir von der Blauſäure ſagen, die ſchon in ihren jungen Jahren ſolche Ravagen unter den Krankheiten angerichtet, und ihr Gebiet ſo weit ausgedehnt hat, daß die Natur bald auf neue Krankheiten für uns wird ſinnen müſſen, damit nur die Blauſäure wieder etwas zu thun bekomme, da ſie der alten Krankheiten beinahe ſchon überdrüſſig geworden iſt. Ich kann nicht umhin, bei dieſem Mittel, dem Schooskinde der neuern Medicin, etwas länger zu verweilen, um ſeine vorzüglichen Eigenſchaften in ein recht helles Licht zu ſezen. Man könnte glauben, die Blauſäure ſey vor einiger Zeit ein noch brauchbareres Mittel geweſen, als ſie jezt iſt. Früher nehmlich war ſie das ausgezeichnetſte Mittel in allen Krankheiten, mit deren Diagnoſe man nicht recht auf's Reine kommen konnte: denn eben, weil man noch nicht recht wußte, was aus der Blauſäure zu machen war, ſo paßte ſie ja gerade deßhalb zu Krankheiten, für welche man ungewiß war, was paſſen konnte, am beſten, und ſie wüthete daher auch beſonders im Anfange unter ſolchen Krankheiten wahrhaft epidemiſch. Nun aber wird man ja die Tugenden und Laſter der Blauſäure bald von innen und von außen kennen, man wird ſie bald zu den Mitteln rechnen, von denen man auf's Haar weiß, wie, wo, und warum ſie wirken, und denen man mithin eine beſtimmte Inſtruktion geben kann, wenn und wo ſie ihre Wirkſamkeit zu äußern haben; man könnte ſonach beſorgen, wenn man auch die Blauſäure an eine Kette von Indicationen wird gelegt haben, daß ſie dann nicht mehr ſo frei unter allen Krankheiten wird umherlaufen können, wie bisher. — Man hat nicht nöthig, dieß zu fürchten. Blos die Anwendungsart der Blauſäure wird durch ihr Feſſeln an Indicationen für die Aerzte etwas unbequemer werden. Früher nehmlich konnten ſie dieſelbe anwenden, wenn und wo es ihnen beliebte, ohne ſich weiter eben nach der Urſach zu fragen: nun aber wird man allemal verlangen, daß ſie vorher ſorgfältig überlegen und ſich die Gründe klar machen ſollen, weshalb ſie dieſelbe indicirt glauben; oder indicirt wird ſie deßhalb immer für alle Fälle bleiben. Denn ihre Indicationen ſind ja ſchon gewiſſermaßen für die Hauptkrankheiten der Senſibilität, Irritabilität und Reproduktion feſtgeſtellt, und da dieß die drei Perſonen ſind, welche die Trinität des Organismus conſtituiren, und ſich, wie weiland Jupiter, Neptun und Pluto in die Herrſchaft der Welt, ſo in die Herrſchaft aller Krankheiten getheilt haben, ſo wird man zwar, wie billig, erſt recht ſorgſam nachdenken, ob auch dieſe oder jene Krankheit, die man vor ſich hat, die Blauſäure verträgt; indeß zulezt durch eine ſorgfältige Prüfung doch immer dahin kommen, daß ſie auf eine jener Grundkrankheiten zurückgeführt werden müſſe, und ſo die Blauſäure im höchſten Grade indicirt finden. — Eine ſpeciellere Auseinanderſezung der jezt gebräuchlichen Wirkungen der Blauſäure wird dieß mehr erörtern.[1]

Die Blauſäure iſt ein ſouveraines Mittel gegen die Entzündung; ganz vorzüglich brauchbar aber, um den Nachtrab und die zurückgelaſſene Bagage derſelben noch vollends aus dem Felde zu räumen. Sie bekämpft vermittelſt ihrer waſſerſtoffigen Natur das in der Entzündung prävalirende Oxygen, und macht ſo die ganze Entzündung zu Waſſer; ſie machte ſogar einmal Miene, den Schnepper aus der Rüſtkammer der Medicin zu verdrängen, und ich glaube, ſie hätte es auch durchgeſezt, wenn man nicht einen Aufſtand deßhalb von den Chirurgen beſorgt hätte: denn eher ließe ſich wohl der Spanier ſeinen Degen, der Student ſein Rappier und der Muhamedaner ſeinen Bart nehmen, ehe der Chirurg dieſen ſeinen Schmuck und ſeine Zier. Da man nun in den neuern Zeiten ſehr geſchickt alle Krankheiten auf entzündliche Zuſtände zurückzuführen gewußt, und, wo möglich, die Krankheit im Allg. als eine Species unter das genus Entzündung gebracht hat, ſo iſt ſchon deßhalb klar, daß die Blauſäure gegen alle Krankheiten anwendbar ſey.

Aber muß nicht auf dieſe Art die Blauſäure ein ganz verabſcheuungswürdiges Mittel für die werden, denen der Krampf der Eierſtock aller Krankheiten iſt; Entzündung Krampf der Capillargefäße, Stockung im Unterleibe Krampf der Pfortader, Apoplexie Krampf des Herzens, Epilepſie Krampf des Gehirns u.ſ.w.? —

Die Blauſäure iſt auch ein ſouveraines Mittel gegen den Krampf; was ſich ſogar ſo demonſtriren läßt, daß man es mit Händen greifen kann. Denn mittelſt ihrer im höchſten Grade expanſiven Natur zerrt ſie ja den Muskel, oder auf was ſie ſonſt einwirkt, gerade nach der entgegengeſezten Seite, als der im höchſten Grade contraktive Krampf; und wenn zwei Hunde ſich um ein Stück Fleiſch zanken, und der eine nach dieſer, der andre nach jener Seite es zu ziehen ſtrebt, ſo wird es ja wohl am Ende der ſtärkere dem ſchwächern aus dem Rachen reißen.

Auch für diejenigen Aerzte alſo, deren Syſteme von allgemeiner Krampfſucht oder Hyſterie befallen ſind, wird die Blauſäure ein Univerſalmittel ſeyn, und es giebt einen hohen Beweis von der Genialität derſelben ab, daß, da ſonſt der Krampf und die Entzündung Idioſynkraſien haben, die einander e diametro entgegengeſezt ſind, die Blauſäure beide auf eine ſo meiſterhaft geſchickte Weiſe hat herumzukriegen gewußt, daß ſie ihnen gleich angenehm geworden iſt. Ich weiß nicht, ob man in ältern Zeiten es je ſo weit gebracht haben würde, zwei Krankheiten, die ſich wie Hund und Kaze vertragen, aus einer Schüſſel ruhig freſſen zu laſſen; aber die Kunſt weiß jezt die Natur beſſer zu beſiegen; und wenn ſich eine Krankheit mit Händen und Füßen gegen ein Mittel ſtemmte, und durch die ſchrecklichſten Geberden und Zuckungen zu erkennen gäbe, daß ſie es durchaus nicht vertragen könnte, ſo würde ſich doch dadurch kein rechtſchaffener Arzt abhalten laſſen, ihr, wie einem ungezogenem Kinde, auf deſſen Geſchrei man beim Eingeben der Mittel nicht hören muß, die Medicin einzuzwingen, und dabei ganz ruhig zu demonſtriren, daß nach allen neuern Syſtemen ſie das Mittel durchaus ſchläcken müſſe. Auch wird man nach und nach die Capriolen, die eine Krankheit macht, wenn ſie ein Mittel nehmen muß, das ihr nicht anſteht, ſo gewohnt, daß man das als zur Sache gehörig betrachtet, und ſich über die Wirkſamkeit ſeiner Kur recht herzlich dabei freut. Wie könnte denn auch die neuere Zeit zu ſo außerordentlich kunſtvollen Syſtemen gekommen ſeyn, wenn ſie immer die Natur dabei hätte um Rath fragen wollen. Sie hat ſich in neuern Zeiten durch geſchickte Baumeiſter rechte hübſche Häuſer auf dem Gebiete der Pathologie, meiſt drei Stock hoch, bauen laſſen, worin die Zimmer nach dem Winkelmaaß und der Elle gerichtet und abgemeſſen, nach dem Ebenmaaße vertheilt und überall mit paſſenden Inſchriften verſehen ſind, ſo daß man alles Beliebige darin ſehr ſchnell finden kann. Solche Häuſer kann die Natur freilich nicht bauen; nicht mehr wie billig alſo, daß wir ihr mit unſerer Architektonik nachhelfen.

Doch, um wieder auf die Blauſäure zurückzukommen, ſo iſt ſie drittens auch ein Hauptmittel gegen alle die Krankheiten, die von Verſtopfung im Unterleibe herrühren. Wenn man nehmlich vermuthet, daß in dieſer großen Kloake eine Menge Unreinigkeiten ſitzen geblieben ſind, und die Röhren, durch welche dieſelben abgeführt werden ſollen, zugeklebt haben, ſo ſchickt man zuerſt eine Menge resolventia hinein, die ſie aufweichen ſollen, oder verſucht auch, ſie durch die große Abzugsſchleuſe auf einmal auszuſpülen, nachdem man zuvor, weil es denn doch ein Aufwaſchen iſt, den Zufluß derſelben erſt recht befördert hat. Will das nichts verſchlagen, ſind die purgamenta ſchon zu zähe geworden, ſo muß dann öfters die Blauſäure noch der Herkules ſeyn, den Stall des Augias zu miſten, indem ſie einen Strom Waſſerſtoff hineinſchickt, und dadurch dem Vertrocknetſten eine ſolche Flüſſigkeit mittheilt, daß Alles wieder zu laufen und in Gang zu kommen anfängt. Zugleich macht ſie auch den Lymphgefäßen wieder ſolchen Appetit, daß ſie in kurzem alles Aas aufzehren, was im Organismus dalag und ihn verpeſtete.

Freilich iſt für die eben genannte Hinſicht die Blauſäure jezt nicht mehr ſo wichtig, als ſie einmal in frühern Zeiten hätte ſeyn können, wenn ſie ſchon bekannt geweſen wäre, obgleich ſie ſchon damals in der aqua laurocerasi vorſpukte.

Zu Stolls und Kämpfs Zeiten war der Unterleib der Pflanzgarten aller Krankheiten, aus dem dieſe nach Bruſt und Kopf emporwuchſen und dann freilich ihre giftigen Blüthen und Früchte oft erſt in den höhern Organen zeigten. Indeß, ob ſich gleich jezt die meiſten ſchämen, den Bauch zum Gotte ihrer Wiſſenſchaft zu machen, ſo giebt es doch noch genug, die heimlich oder öffentlich feſt an der alten Sitte halten, und Herz und Gehirn nur als ein paar wenig bedeutende Anhängſel oder Schellen an der großen Bauchtrommel achten, die, wenn dieſe gerüttelt wird, diſſonirende Töne von ſich geben, nicht aber umgekehrt dieſelbe zu erſchüttern vermöchten. — Alſo auch für dieſe iſt in der Blauſäure geſorgt.

Ich will nun noch einige einzelne Krankheiten anführen, die zwar, wie ſich von ſelbſt verſteht, unter den genannten κοινοτητες ſchon enthalten ſeyn müſſen, indeß doch der Blauſäure vorzüglichen Ruhm erworben haben.

Hieher gehört zuvörderſt der Keichhuſten, von dem wir nun nach langen und ſorgfältigen Unterſuchungen beſtimmt wiſſen, daß er entweder aus dem

Unterleibe herrühre, der nur vermöge eines gewiſſen ſympathetiſchen Gefühls mit ſeiner Nachbarin, der Bruſt, dieſer einige freundſchaftliche Stöße mittheile, oder daß eine entzündliche Gefäßreizung in den Reſpirationsorganen daran ſchuld ſey, die Krankheit mithin einen Schwanz auf itis haben müſſe, oder daß die Nerven, und beſonders der liederliche Nerve, vorzugsweiſe darin afficirt ſind, daß mithin der Keichhuſten wirklich unter eine der drei Grundkrankheiten zu rechnen ſey.

Jede der drei genannten Anſichten iſt übrigens gleich unwiderleglich und gewiß. Man leſe nur die verſchiedenen Therapieen, in denen ſie vorgetragen ſind, ſo wird man finden, daß für jede einzelne derſelben Symptome, Wirkung der Mittel, Leichenöffnungen, der ganze Gang der Krankheit auf das unwiderſprechlichſte zeugen, und eine Uebereinſtimmung geben, die man gar nicht ſchöner wünſchen kann, während zugleich die Falſchheit der beiden andern Anſichten klar vor Augen liegt. Da dieß nun von jeder einzelnen gilt, ſo kann man eine Anſicht wählen, welche man will, man wird immer die treffen, deren Wahrheit keinem vernünftigen Zweifel mehr ausgeſezt ſeyn kann. — Der Blauſäure kann es übrigens ganz gleich ſeyn, welche Anſicht man wählen wird, ſie wird nach Erfahrungs- und Vernunftgründen deßhalb immer gleich indicirt bleiben.

In der That findet man auch, daß die Blauſäure den Keichhuſten oft in nicht viel längerer Zeit heilt, als das Mittel, was wir für das kräftigſte überhaupt in allen Krankheiten anſehen, nur aber eben deßhalb vielleicht für zu heroiſch achten, und ſehr, ſehr ſelten wirken laſſen, ich will ſagen: die Natur. Man kann ſich nach 6 bis 8 Wochen eine ziemlich ſichere Wirkung von der Blauſäure verſprechen, und ſie leiſtet auf jeden Fall eben ſo viel, als: Belladonna, Opium, Hyosciamus, China, Valeriana, Aſa foetida, Moſchus, Cantthariden, Zinkblumen u. ſ. w. (mit dieſem u. ſ. w. meine ich die übrigen Mittel, die man überhaupt noch in dem index einer mat. med. oder Pharmacopoe findet und dort von A bis Z nachleſen kann) und die ja alle ſo herrliche Wirkung gegen den Keichhuſten zeigen.

Daß die Blauſäure auch den Stachel der Reizbarkeit bei gewöhnlichem katarrhaliſchem Huſten vortrefflich abſtumpfe, iſt bekannt. Eigentlich zwar hat dieſe Krankheit den Hyosciamus zum Leib- Mund- und Magendoktor, der ſie früh und Abends einmal zu beſuchen pflegt, häufig noch von einem Famulus, dem Kermes, begleitet. Indeß, kann dieſer einmal nicht helfen, ſo wird ja auch wohl nach einem andern großen Arzte geſchickt, der ſich alle Krankheiten heilen zu können, vermißt, und ſiehe, die Blauſäure kommt in einem ſchönen weißen Rocke gar ſtattlich angeſchritten. —

Auch in der Schwindſucht hat ſich die Blauſäure einen ſo ausgezeichneten Ruhm erworben, daß in der That die meiſten, die daran krank ſind, ſie mit dem auffallendſten Nuzen bis an ihr Ende brauchen und täglich Beſſerung davon verſpüren. Eben ſo iſt ſie ein Hauptmittel in faſt allen organiſchen Krankheiten, beſonders denen des Herzens, und ſie wird vielleicht die Digitales wohlfeiler machen.

Doch wozu noch mehr Beiſpiele herausheben, da ich ja ſchon geſagt habe, daß die Blauſäure nicht etwa auf dieſe oder jene Krankheit beſonders ſtudirt hat, ſondern ein Arzt iſt, der alle Krankheiten zu heilen verſteht, wie das ein mit der Zeit fortgeſchrittener muß. —

Ich bin etwas weitläuftiger bei der Blauſäure geweſen, um an einem Beiſpiele zu zeigen, wie nahe unſre jezige Zeit dem von mir angegebenen Zielpunkt der Medicin ſchon gerückt iſt. Wenn die Blauſäure, ein ſo junges Mittel, ſich ſchon einen ſo ausgedehnten Einfluß erworben hat, ſo können wir um ſo mehr von den ältern Mitteln erwarten, daß ſie nach und nach mit allen Krankheiten Bekanntſchaften angeknüpft haben. Dieß war indeß erſt eine Seite der Vollkommenheit, der die Medicin zuſtrebt; ſie ſoll aber auch auf der andern Seite jede einzelne Krankheit durch alle Mittel zu heilen verſtehen; und daß ſie auch dieſen Gipfel beinahe erreicht hat, will ich gleichfalls durch ein Beiſpiel zu erläutern ſuchen.

Ich bin in Verlegenheit; welche Krankheit ſoll ich auswählen? — alle haben gleiche Anſprüche darauf — ich möchte keiner gern Unrecht thun, indem ich ſie zurückzuſezen ſchiene. Je nun, ich habe den Consbruch in meinem Repoſitorium ſtehen, mag der mir rathen. Der kurze unterſezte Mann, dem der grandioſe Kieſer, welcher daneben ſteht (nebſt den beiden Kopfgliedern von des alten Richters Skolopenderwerke, die ſich noch bei mir verhalten haben, mein ganzes collegium medicum), freilich ein großes Stück über die Achſeln wegſieht, wundert ſich, was ich doch nach ſo langer Zeit, daß ich nicht zu ihm gekommen, wieder einmal bei ihm will; — ich ſchlage das erſte beſte Blatt auf: — Scrophulosis — gut, weil's denn der Zufall ſo gewollt hat, mag die Skrophelkrankheit zum Beiſpiel dienen.

Zuvörderſt erlaube man mir noch einige Bemerkungen, zu denen mir der Consbruch, weil er einmal daliegt, Veranlaſſung giebt, ſollten ſie mich auch etwas vom Ziele abführen, das ich indeß nicht vergeſſen werde, wieder ins Auge zu faſſen.

Man hält Consbruchs Klinik faſt allgemein für ein ganz paſſables Vademecum für einen Arzt, der gerade nicht auf die Sublimiora der Neueſten Anſpruch machen will. Was ihn aber am meiſten um ſeinen Credit bringt, und bewirkt, daß viele ſich ſchämen, mit ihm Umgang zu haben, iſt: daß er ſich noch immer mit der, um mich eines derben Studentenausdrucks zu bedienen, in Verſchiß gethanen Sthenie und Aſthenie abgiebt, und ſo darf er es freilich nicht übel nehmen, daß mancher mit einem verächtlichen Lächeln an ihm vorübergeht. Brown wollte die Medicin durchaus auf zwei Beine ſtellen, aber ſie konnte die rechte Contenance nicht erhalten und fiel endlich vorwärts auf ein drittes, daher man ſie auch in neuern Zeiten faſt allgemein für ein dreibeiniges Thier hält. Nun iſt Brown längſt proſcribirt und alle ſeine Anhänger mit ihm in die Acht erklärt, und das Volk braucht nur einen Knopf oder eine Treſſe aus Browns Nachlaſſe an eines Rocke zu ſehen, ſo wird der Mann ohne Erbarmen in Stükken zerriſſen. — Die Medicin hat eine Zeitlang ſoviel Browniana einnehmen müſſen, daß ſie nun glaubt, eine eigne, in der Natur gegründete Idioſynkraſie dagegen zu haben, und, wenn ſie das Kind mit dem rechten Namen genannt ſieht, auffährt, und nicht mehr daran will. Vorſichtige Aerzte wiſſen ſich aber zu helfen. Will der Kranke kein Queckſilber oder Opium mehr nehmen, ſo ſchreiben ſie es unter anderm Namen auf die Recepte auf, und der Kranke nimmt immer das alte Mittel, während er denkt, Wunder was für eine andre Medicin zu erhalten. Es geht mit der Sthenie und Aſthenie eben ſo; es ſind immer noch die Hauptingredienzien vieler unſrer neuen Syſteme, aber hübſch umgetauft, und ſo eingewickelt, daß man den Brown nicht gleich herausriecht. Der Puppe wird ein andrer Name umgehangen, und, da im Grunde betrachtet, das Kleid auch nur die Hauptſache daran iſt, ſo merkt das Volk nicht, daß es noch den alten Balg vor ſich hat, wenn überhaupt einer darin iſt.

Doch um wieder zurückzukommen, was haben wir denn eigentlich an der Scrophulosis für eine Krankheit. Sie iſt eine Schweſter der Syphilis, nach einigen ſogar ein Baſtard derſelben. Sie beſteht in einer gewiſſen Faulheit des lymphatiſchen Syſtems und der Lymphe in's beſondere, die auf ihrer Reiſe zum rothen Meere in die am Wege liegenden conglobirten Drüſen einkehrt und dort denkt, ihrer Ruhe pflegen zu können, ja wohl gar ganz darin ſizen bleibt; daher auch viele Mittel eigens dazu angewandt werden, ihr wieder Beine zu machen. — Es läßt ſich leicht aus der Analogie mit andern Krankheiten ſchließen, daß dieß nicht die einzige Erklärungsart iſt, ſondern daß man, um auf jeden Fall das Rechte zu ergreifen, auch die entgegengeſezte wird verſucht haben; daher denn auch wirklich nach andern die Skrophelkrankheit nicht auf einem Torpor, ſondern auf einer überwiegenden Thätigkeit und Herrſchaft des lymphatiſchen Syſtems beruht, das allen andern Syſtemen ſeinen codé aufdringen will und den ganzen Leib lieber gar zu einer einzigen großen Lymphdrüſe machte So iſt auch nach einigen das Leiden der Reproduction, was bei der Skrophelkrankheit ſtatt findet, die Wurzel derſelben, nach andern die Frucht, nach andern ein Saamenkorn, woraus ſie entſtanden, und das ſie auch wieder trägt; kurz, man ſieht hieraus, daß die Krankheit ſchon ziemlich allſeitig betrachtet worden iſt, und doch auf der andern Seite auch wieder ſehr einſeitig. Bei faſt allen andern Krankheiten nähmlich iſt man nach und nach faſt alle Syſteme und Organe durchgelaufen, in denen ſie ihren Siz haben ſollten; es iſt wirklich eigen, daß man bei der Skrophelkrankheit ſo hartnäckig bei dem lymphatiſchen Syſtem ſtehen geblieben iſt, und ich kann mir dieſe wunderbare Erſcheinung in der That nicht anders erklären, als daß ich glaube, es liegt blos daran, daß man noch in andern Krankheiten bisher genug zu thun gefunden hat, neue Theorien zu erfinden, und daher nicht Zeit gehabt, an die Skropheln zu kommen. Ich will mich daher ſelbſt um die Wiſſenſchaft verdient machen und nächſtens luce clarius beweiſen, daß die Skropheln auf einer überwiegenden Thätigkeit des arteriellen Syſtems beruhen, und dieß mit Symptomen, Ausgang der Krankheit, Kurerfolg u. ſ. w. eben ſo deutlich belegen, als andre es in jeder andern Krankheitstheorie gethan haben. Gelegentlich findet ſich denn auch wohl einer, der die Skropheln auf das Nervenſyſtem zurückführt, damit ſie doch in der Hauptſache ihren Cyklus durchgemacht habe.

Noch iſt zu erwähnen, daß einige auch einen deus ex machina mit in die Skrophelkrankheit hineingebracht haben, der alles, was die andern nächſten Urſachen nicht capabel ſind, durchzuſetzen, zu bewerkſtelligen weiß, ich meine das Oxygen. Die Skrophelkrankheit beruht zum Theil auf übermäßiger Oxygenation der Lymphe. Ich will angeben, wie man ohngefähr zur Erkenntniß dieſes Gottes gekommen iſt.

Die ganzen Mittel laſſen ſich in vier Claſſen theilen: ſauerſtoffige, waſſerſtoffige, kohlenſtoffige und ſtickſtoffige. Die feine Naſe der Claſſifikatoren weiß jedesmal ſehr leicht herauszuſpüren, in welchem Mittel ſich dieſe reſpektiven Stoffe befinden und vorwalten, und die Chemie darf ihnen freilich nicht viel dabei hineinreden, ſonſt ſchlagen ſie dieſelbe ſogleich auf den Mund, indem ſie ſagen: meine ſubtile Vernunft wird doch wohl mehr zu erforſchen im Stande ſeyn, als deine töpfernen Tiegel und Retorten, die dir zum Werkzeug der Unterſuchung dienen. In der That, dieſe Leute müſſen einen beſondern chemiſchen

Sinn haben, der uns andern abgeht, mit dem ſie die Chemie ſelbſt Lügen zu ſtrafen, und manchmal wirklich das Unbegreifliche herauszufinden vermögen. Sie haben denn nun auch in den Mitteln, die man gegen die Skropheln rühmt, eine große Menge Waſſerſtoff eingewickelt gefunden, der nun freilich auf unſern Körper nicht anders als desoxydirend einwirken kann. Ihr ganzer Gang iſt daher folgender: Erſtens, von den Mitteln, von denen man in Büchern lieſt, daß ſie die Skropheln heilen, ſubſumiren ſie, daß ſie dieß wirklich vermögen, woraus man ſchon ſehen kann, daß ſie fleißige Leute ſind, die ſich gern am Studirtiſche aufhalten: ferner ſubſumiren ſie, daß in dieſen Mitteln der Waſſerſtoff prävalirt, — zwar würden ſie von mehrern antiscrophulosis ſelbſt zugeben, daß es ſauerſtoffige Mittel ſind, indeß von dieſen können ſie ja, ſo lange ſie mit Bildung ihrer Theorie beſchäftigt ſind, derweil abſtrahiren — Weiter ſubſumiren ſie, daß dieſe waſſerſtoffigen Mittel nur vermittelſt der desoxydirenden Kraft des Waſſerſtoffs wirken, und ſo kommen ſie denn, nachdem ſie, kühne Leute, dieſe einem andern etwas gefährlich ſcheinende Treppe ganz wohlgemuth herabgeklettert, oder, wo Stufen fehlten, herabgeſprungen ſind, glücklich bei der Conkluſion an, daß nun auch wirklich die Skrophelkrankheit auf einem Uebermaaß des Oxygens im Lymphſyſteme beru=

hen müſſe. Da nun überdieß ſkrophulöſe Kinder häufig noch Säure im Magen haben, ſo ſieht man auf dieſe Weiſe den nach dem vorigen auf deduktive Weiſe ſehr ſchön durchgeführten Schluß auch durch eine vollſtändige Induktion beſtätigt.

Doch nun zur Sache ſelbſt, d. h. zur Cur der Skropheln.

Fürs Erſte müſſen die Wege im Leibe gehörig gefegt werden, damit die Proceſſion der Heilgötter, die nach und nach hindurch ſpazieren werden, freie Paſſage finde. Man hat dazu zweierlei Beſen, deren einer den Kehrigt aus der Vorderthür, der andre aus der Hinterthür auskehrt. Daß man den Aderlaß noch nicht zur Vorbereitungskur der Skropheln empfohlen hat, zeigt, wie auch ſchon einiges früher Berührte an, daß, gegen die übrigen Krankheiten genommen, wir in der Theorie und Cur der Skropheln eigentlich noch wenig fortgeſchritten ſind, und ich im Grunde eins der unpaſſendſten Beiſpiele zum Beleg meines Sazes getroffen habe; um ſo mehr kann man annehmen, daß, was von den Skropheln gilt, von den andern Krankheiten in viel höherm Grade gelte. Welche Krankheit iſt wohl ſonſt, in der man den Menſchen nicht vielfach angezapft hätte, um dieſes Gift herauszulaſſen, was überall im Körper umherläuft, um Unordnung anzurichten? Gewiß, wenn man manchen nur ihr Arterienſyſtem und, noch zehnmal mehr, ihr Venenſyſtem aus dem Leibe präpariren könnte, ſie müßten die geſündeſten Menſchen von der Welt werden. Je nun, der Arzt thue nur das Seinige, den Menſchen von der Erbquelle aller Uebel zu befreien, die darin enthalten iſt, und die Natur wird denn auch das Ihrige thun, und die ſprudelnde, kochende, rothe Brühe durch ein ſanſt und ruhig fließendes Waſſer erſezen, wobei der Kranke, wenn er vorher noch ſo mager war, dann dick und voll ausſehen, und ſich nicht mehr über den Mangel ſchön gewölbter Waden und Schenkel zu beklagen haben wird.

Ein auffallendes Beiſpiel von der ausgezeichneten Wirkung des Aderlaſſens in krampfhaften Krankheiten, wo man ihn doch ſonſt gerade nicht empfiehlt, kann ich ſelbſt als Augenzeuge erzählen. Ein wirklich berühmter Arzt ward zu einer Kranken gerufen, die des Tags ein paar Maal die Epilepſie bekam. Der Arzt merkte gleich, daß der böſe Dämon im Blute ſäße, und ließ ihm geſchwind ein Thürchen aufmachen, damit er herauslaufen könnte. Kaum war die Ader wieder zugebunden, ſo fiel das Weib in alle Arten kloniſche und tonſche Krämpfe, ſo heftig ſie nie vorher geweſen waren, und ich ſie nie ſonſt geſehen habe. Man dachte jeden Augenblick, es wäre ihr Leztes. Sehen ſie wohl, ſagte der Arzt mit ſelbſtzufriedner Miene zu mir, der dabeiſtand und dem Schauſpiel mit zuſah, wie heftig dieſer jezige Anfall war? Wie gut war es, daß wir noch ſo zu rechter Zeit den Aderlaß vornahmen, ohnfehlbar wäre ſonſt in dieſem Anfall das Weib geſtorben. Unvergeßlich wird mir dieſe Rettung eines Menſchenlebens durch den Aderlaß bleiben. — Geſtern kam ein Bekannter zu mir, und erzählte mir voller Freude, wie er einen Kranken, der im einem Nervenfieber etwas zuviel geſprochen, weil die Gehirngefäße zu voll geweſen, durch einen tüchtigen Aderlaß zur Ruhe gebracht habe, daß er kaum noch vernemlich murmle. Ich rieth ihm, er ſolle doch noch einmal zur Ader laſſen, vielleicht werde der Mann dann ganz ſchweigen. Derſelbe erzählt gern kleine Anekdoten, und brachte auch gerade wieder ein Geſchichtchen mit, das ich meinen Leſern, um ihnen eine kleine Erhohlung zu gewähren, mit herſeze, obgleich es eigentlich auf die Sache nicht den mindeſten Bezug hat.

Die S. . . . . n Bürger ſahen einmal auf ihrem Kirchthum ein paar Hälmchen Gras wachſen. Damit nun über das Eigenthumsrecht daran kein Streit entſtehen möchte, beſchloſſen ſie, es durch den Gemeindeochſen freſſen zu laſſen. Sie legten demſelben ein Seil um den Hals, und mit großer Anſtrengung, troz ſeines vielen Brüllens, ward er den Thurm hinangezogen. Als er oben war, ward er ganz ſtill, und ſtreckte die Zunge weit hinaus. Ganz S. . . . .

was unten ſtand und zuſah, klatſchte nun laut und rief: o ſeht, wie gut es ihm ſchmeckt, wie weit reckt er ſchon die Zunge danach aus! Hineingezogen hat er ſie freilich nicht wieder. — Mein Freund fing dann noch an, nach ſeiner Art, breit über dieſe Geſchichte zu moraliſiren. Das konnten doch wohl nur S..... Bürger ſeyn, meinte er, die wegen ein paar Hälmchen Graſes ihren Gemeindeochſen der Gefahr des Erwürgens ausſezten; und, da er wirklich in den lezten Zügen lag, noch glaubten, es finde ein Uebermaaß an gutem Appetit bei ihm Statt.

Heute kam mein Freund wieder und ſagte mit betrübter Miene, ſein Patient ſey geſtorben, troz des geſtrigen Aderlaſſes und der Blutigel, die er ihm heute noch habe legen laſſen; aber er wolle ein andermal ſchon kühner ſeyn, und noch mehr Blut weglaſſen; er habe ja geſehen, wie gut es ihm bekommen ſey. Nun, die Skropheln mögen ſich immer auch gegen den Schnepper waffnen: er wird auch ſchon einmal an ſie kommen, und wer weiß, ob man denn noch ſo viel ſkrophulöſe Kinder wird herumlaufen ſehen.

Nachdem nun Hr. Consbruch die Vorbereitungscur der Skropheln angegeben, ſagt er: „Einige der wichtigſten Mittel gegen die Skropheln ſollen nun näher beſtimmt werden.“

Aeltern, die ihr troſtlos über eurer Kinder böſe

Köpfe und triefende Augen und dicke Bäuche und Knoten am Halſe ſeyd, leſt dieſe paar Worte, vergleicht das Darauffolgende damit, und ihr werdet getröſtet von hinnen gehn. Consbruch hebt blos die wichtigſten Mittel aus, hebt blos einige der wichtigſten Mittel aus, und erſchöpft beinahe die ganze materia medica; nehmen wir nun noch die übrigen wichtigen und die weniger wichtigen Mittel dazu, die Consbruch nicht erwähnt, nun ſo ſieht man, welcher unendliche Schaz von Hülfsmitteln uns gegen die Skropheln zu Gebote ſteht; und wenn dieſe Krankheit dennoch in neuern Zeiten ſo ungeheuer überhand nimmt, ſo kann dieß wohl nur daher rühren, weil die Reaktion der Aktion immer gleich iſt, und die bewundernswerthe Wirkung unſerer Antiscrophulosa daher auch einem entſprechenden Widerſtand der Skrophelkrankheit im Allgemeinen hervorruft. Aus dieſem höhern Geſichtspunkte betrachtet, muß die Verſchlimmerung der Skrophelkrankheit durch unſere Mittel nur noch mehr für deren Wirkſamkeit ſprechen, und ich würde in der That auf dieſe Art dieſelbe am liebſten beweiſen.

Das Verzeichniß der von Consbruch angegebenen einigen wichtigſten Mitteln iſt folgendes:

Jalappe, Aloe, Rhabarbar, Antimonialia, Mercurialia, ſalzſaure Schwererde und ſalzſ. Kalk, friſch ausgepreßte Kräuterſäfte, feſte und flüchtige

Laugenſalze nebſt gebranntem Schwamm und Seife, erdige und abſorbirende Mittel, Gummireſinen, Huflattig, ſtärkende, adſtringirende und bittere Mittel, Martialia, aromatiſche, erweckende Mittel, Narcotica.

Man ſieht, der gute Mann hat, um nur einigermaaßen ſein Verſprechen, uns mit einigen der wichtigſten antiscrophulosis bekannt zu machen, zu erfüllen, und jedem ein paar Worte als belebendes Teſtimonium mitzugeben, dieſelbe in ganze Sippen zuſammenſchachteln müſſen, von denen jede einzelne beinahe wieder eine Anzahl von Mitteln enthält. Hierzu kommen nun noch, abgeſehen von den Mitteln, die Consbruch unterſchlagen hat, eine gewaltige Menge externa, die, zugleich mit den internis angewandt, die Skrophelkrankheit zwiſchen zwei Feuer bringen, ferner Compoſita, die gleichſam wie Kettenkugeln oder Granaten gegen die Krankheit abgeſchoſſen werden, und, nachdem ſie ganz in den Magen gelangt ſind, dann nach allen Ecken und Enden auseinanderfahren, und die Skropheln ſo in Knochen, Häuten, Nerven und Gefäßen auf einmal todtſchlagen.

Kurz, der Arzt braucht nur in eine Apotheke zu gehn, und die erſte beſte Büchſe zu nehmen, er kann ſicher ſeyn, daß er ein wirkſames antiscrophulosum darin treffen wird. Wenn man denn doch einige Mittel vorzugsweiſe vor andern dagegen anwendet, wie z. B. jezt die antimonialia, ſo rührt dieß in der That blos von der Mode her, und ich kann verſichern, von jedem andern Mittel eben ſo vortreffliche Wirkungen geſehen zu haben. Die Jodine, dieſes jüngſtgeborne Kind der immer ſchwangern materia medica, hat auch bei ihrer Aufnahme in die Gemeinde chriſtlicher Heilmittel unter andern recht hübſchen Pathengeſchenken eine virtus antiscrophulosa bekommen, und wenn ſie mit dieſem Pfunde wuchert, ſo kann ſie vielleicht einmal ſpäter recht anſehnliche Geſchäfte damit machen.

Ich glaube, die angeführten Beiſpiele werden hinreichen, zu zeigen, wie wenig in der Therapie und mat. medica noch zu thun übrig iſt, um ſie zu ihrer höchſt möglichen Vollkommenheit zu bringen. Zugleich wird man aber auch daraus ſehen, wie ſchwierig das umfaſſende Studium dieſer Wiſſenſchaften wegen ihres erſtaunlichen und noch immer wachſenden Reichthums ſeyn, und alle Jahre in höherm Grade werden muß. Ich bin auf einen ſehr glücklichen Einfall gekommen, dieſer Schwierigkeit abzuhelfen. Bei der bisherigen Einrichtung unſrer Lehrbücher mußten dieſe alle Jahre an Volumen zunehmen, und zulezt nicht mehr durchzuleſen ſeyn; nach meiner Einrichtung wird das Lehrbuch um ſo dünner werden, je mehr die Wiſſenſchaft an Reichthum zunimmt, und zuletzt, wenn ſie ihren Gipfel erreicht hat, in ein oder zwey Zeilen zuſammenſchmelzen. Man denke, welch ungeheurer Vortheil, wenn das Studium mit dem Umfang an Leichtigkeit gewinnt, und man, wo man ſonſt eine Bibliothek durchzuleſen hätte, in ein paar Zeilen eben ſo viel enthalten finden kann. Daher verſpreche ich mir auch für mein Unternehmen einen ausgezeichneten Erfolg. Ich werde nämlich nächſtens eine materia medica herausgeben, wo ich nicht bei jedem Mittel herzähle, welche Krankheiten es heilt, ſondern blos die, welche es nicht heilt, nahmhaft mache, und denke ſo ſchon jetzt in einem ganz dünnen Bändchen eben ſo viel ſagen zu können, als andere in vielen dicken. Dieß Bändchen wird mit jeder neuen Ausgabe dünner werden, indem jedes Mittel nach und nach mehrere Krankheiten heilen lernt. Denſelben Gang werde ich auch bei der Therapie verfolgen, und ſpäterhin, weil jede Wiſſenſchaft einzeln kein Bändchen mehr ausfüllen wird, ſie in eines vereinigen. Zuletzt wird der Titel, obgleich ich auch dieſen durch ein analoges Verfahren ins Kurze zu ziehn geſonnen bin, länger als das Werk werden, die mat. med. und Therapie auf eine Seite zuſammenfließen, und mein Werk unter folgender Geſtalt herauskommen, die nun ihrem Weſen nach keine weitere Veränderung mehr erleiden wird.

Titelblatt: Bibliothek der geſammten materia medica und Therapie von D. Miſes, Mitglied aller gelehrten Geſellſchaften, ausgenommen etwa der und der.

Das Werk ſelbſt wird nun weiter nichts als die beiden ſchon oben berührten Formeln enthalten.

Materia medica. Jedes Mittel heilt alle Krankheiten.

Therapie. Jede Krankheit wird durch alle Mittel geheilt.

Alſo friſch, ihr Aerzte, rüſtig fort auf der mit ſo viel Glück betretnen Bahn, und die Medicin wird nach ein paar Jahrzehenden nicht mehr vollkommner werden können. Mein Werk wird euch als richtiges Thermometer eurer Fortſchritte dienen können. Hoffentlich wird es bald auf dem oben angegebnen Nullpunkte ſtehen, und ihr dann ſtatt einer ſchwankenden wellenbewegten Wiſſenſchaft eine feſte erlangen, wo ihr überall trocknen Fußes wandeln könnt.

Zweites Specimen.

Der rohe Zuſtand der erſten Medicin zeigt ſich unter andern recht auffallend darin, daß man alle Arzneimittel roh anzuwenden pflegte: die Wurzel, wie ſie aus der Erde gegraben war, den Saft friſch ausgedrückt, die Blume oder das Kraut friſch gepflückt. Da die Medicin eine Kunſt wurde, lernte man das beſſer einſehen. Nicht nur nahm man den ſchönen Grundſaz Horazens, decimum prematur in annum, mit in die materia medica hinüber, und hält jezt keine Wurzel der Anwendung werth, die nicht wenigſtens ein Jahr im Kaſten gelegen hat, ſondern man kocht, ſchmort, pökelt, zuckert und ſyrupt auch jedes Arzneimittel eben ſo geſchickt ein, als die vollendetſte Kochkunſt mit ihren Objekten es nur zu thun vermag; und in einer recht kunſtmäßig zubereiteten Medicin muß man eben ſo wenig die eigentlichen Beſtandtheile herauszuſchmecken vermögen, als in einem, nach dem haut gout zubereiteten Gerichte. Die Arzneimittel, wie ſie die Natur wachſen läßt, geben jezt blos noch Quackſalber, die ſich der Verachtung aller gelehrten Aerzte, und der Ahndung höhern Ort's würdig machen.

Was nicht durch die Garküche der Medicin gelaufen iſt, und in deren Fegefeuer ſeine von der Natur überkommene Individualität abgeſtreift hat, darf jezt auf keines Kranken Tafel kommen. Im Symbole ſcheinen die Alten ſchon dieſe große Wahrheit dunkel geahnt zu haben, die jezt in unſrer ganzen Heilkunſt ſo ſiegend hervorbricht, und prieſen daher die Mumie als das größte Heilmittel an. Was nicht zur Mumie geworden iſt, taugt nichts als Heilmittel. Nicht in der lebendigen Pflanze, ſondern in ihrem ausgetrockneten, zermörſelten Cadaver hat man den Tropfen zu ſuchen, der der ſchwindenden Wurzel des Lebens neue Kräfte giebt, und den daran nagenden Wurm vergiftet. Alles, was die Natur zu einem Heilmittel gethan hat, muß erſt abdeſtillirt oder chemiſirt werden, ehe es der Kunſt zu ihren Zwecken brauchbar wird, und die Apotheke des Arztes hat weiter nichts zu thun, als das, was die Apotheke der Natur an den Mitteln verdorben hat, abzuſcheiden und in die rechte Form zu bringen, wozu ſie allerdings oft den größten Kraftaufwand und die ſinnreichſten Vorkehrungen anwenden muß. Naturam furca expellas, usque tamen redibit. Sehr wohl ſieht die Medicin das ein, und weil es mit der Gabel allein nicht gehen will, ſo nimmt ſie noch Meſſer und Mörſel und Tiegel und Retorte und Waſſer und Feuer, kurz alle mögliche Waffen, deren ſie nur habhaft werden kann, zu Hülfe, damit der unſaubre Geiſt der natürlichen Kraft endlich aus den Mitteln ausfahre, und der reinen Wirkung der Kunſt nicht mehr im Wege ſtehe. Ich weiß auch gar nicht, was die Leute denken, die da verlangen, man ſolle die Mittel anwenden, wie ſie die Natur uns giebt, obgleich das nur wenig Sonderlinge ſind, die etwa mit Rouſſeau in eine Klaſſe zu ſtellen wären, der es auch lieber geſehen hätte, wenn wir wieder in Thierhäuten gegangen wären und rohe Eicheln gegeſſen hätten. Der Zuſtand, in den uns die Natur hinſtellt, iſt doch wahrlich immer der erbärmlichſte, den es nur geben kann. Wie will es auch anders ſeyn? Die Natur hat ja nie ſich's angelegen ſeyn laſſen, auf irgend einer Univerſität Receptirkunſt oder die erſten Grundbegriffe einer pharmaceutiſchen Chemie, oder etwas anders, dahin einſchlagendes, zu hören. Nun frage ich, wie will ſie denn Mixturen zu wege bringen, in denen die gehörige Zuſammenmiſchung von constituentibus, corrigentibus, adjuvantibus, etc. und den corrigentibus und adjuvantibus der corrigentium und adjuvantium und ſo fort ſtatt findet. Nackt, wie ſie aus ihrem großen Mutterſchooße kommen, wirft ſie uns die Mittel hin, und überläßt es unſrer Sorge, ſie in decente Gewänder einzukleiden. Wenn die Natur gewußt hätte, was uns Noth wäre, ſo hätte ſie gewiß, ſtatt die Zitrone mit Zitronenſäure und Aepfelſäure für unſere Gallenfieber zu füllen, ſie mit einer ſchönen Extraktſolution nach dem Recepte ℞ Extr. tarax. gram. $\overline{\text{ca}}$ ʒij tart. tart. ʒß. Aqu. font. ℥v angefüllt, und an dem Liquirizienbaume Salmiakkuchen wachſen laſſen, ſo aber ſieht man, daß ſie nicht einmal das leichteſte Recept vernünftig zu miſchen verſtanden hat. Ein Mittel allein taugt ja nie etwas; es iſt entweder zu ſtark oder zu ſchwach, zu beißend oder zu krazend, zu löſend oder zu verſtopfend, zu ſüß oder zu ſauer, und in einer nach den Regeln der Kunſt zuſammengeſezten Medicin muß daher jedes Mittel erſt wieder ein Mittel haben, von dem ſeine Mängel kurirt werden, ehe es ſich an die Cur unſrer Krankheiten wagen darf; ſo wie auf analoge Weiſe jeder Arzt ſich wieder ſeinen Arzt halten ſollte, damit er geſund zur Heilung andrer ſeyn könnte. Wenn nun aber auch die Natur wirklich ſolche ſchöne Mixturen, Pulver und Pillen, zu denen wir es durch ein mehr als tauſendjähriges Studium gebracht haben, hervorzubringen vermöchte, ſo bin ich doch von der Vortrefflichkeit unſrer Medicin ſo überzeugt, daß ich glaube, ſie würde die Natur abermals überfliegen; und wenn der Pfefferſtrauch ſtatt der Pfefferkörner z. B. Pillen aus Sapo med., rheum, fel tauri und gummi ammoniac. trüge, dieſe erſt wieder zerſtampfen und mit einem halb Duzend andrer aus eben ſo viel Materialien zuſammengeſezter Mittel zu einer neuen Pillenmaſſe formen: denn ſchon jezt wird ſie ja gewiſſermaßen transcendental und komponirt ihre Compoſita zu neuen Compoſitis und dieſe abermals, und ſo geht denn zulezt in manche Medicinflaſche ein microcosmus beinahe der ganzen Apotheke ein; und wenn man ſich Anaxagoras Chaos aus ſeinen Homöomerieen vorſtellen will, ſo muß eine ſolche Flaſche gewiß das alleranſchaulichſte Bild davon geben, indem die kleinen mineraliſchen, vegetabiliſchen und animaliſchen Partikelchen hier vereint unter einander herumſchwimmen, die Erde ſich dann mittelſt ihrer Schwere zu Boden ſenkt, ꝛc. Es muß ſpaßhaft ſeyn, was manchmal für Spektakel unter den verſchiednen Mitteln, die in Einen Käſig eingeſchloſſen werden, entſtehen mag, und ich wünſchte mir nur ein eignes chemiſches Geſicht, um dem ſo recht zuſehen zu können. Es müßte ohngefähr ſeyn, als wenn man alle mögliche Thiere zuſammen in einen Stall ſperrte, die dann gegenſeitig anfangen würden, ſich zu kazbalgen, und einander aufzufreſſen, bis am Ende nur die ſtärkſten übrig blieben. Ja ſolche Späßchen macht die Medicin; die Natur hat es noch zu keinem einzigen ſo guten Wize gebracht.

Es iſt wahr, viel fehlt immer noch unſern Apotheken zu ihrer wahren Vollkommenheit. Die zuſammengeſezten Mittel werden ſo ganz ohne beſtimmtes Syſtem und Ordnung bereitet. Dem ließe ſich auf eine, für alle unſre Aerzte ſehr vortheilhafte Weiſe abhelfen. Der Apotheker ſoll billig jedes Mittel einzeln haben, wenn etwa ein Bauer, oder ſonſt eine unwiſſende Perſon z. B. einen einfachen Thee von Baldrian oder Chamillen für die Colik verlangte, denn für Aerzte wäre es nicht nöthig, denn miſche er immer je zwei, je drei, je vier Mittel zuſammen, ſo daß zulezt über alle dieſe Compoſita eine Hauptmedicin, ein Compositissimum ſtehe, das alle Mittel in nuce enthält, und das er ſowohl in Pillen- als Pulver- und Mixturform daſtehen haben muß. Der Vortheil einer ſolchen Einrichtung wäre nicht gering. Wie oft geſchieht es nicht, daß ein Arzt in einer Krankheit Symptome aus faſt allen Krankheiten ſieht, und was für Zeit und Papier muß er nicht manchmal damit verſchwenden, für jedes Symptom auch das Mittel auf das Recept zu ſezen; ſo ſchreibt er gleich die Mittel, und während ihrer ein Duzend, die indeß, wenn wir uns die composita, die in unſre Recepte mit eingehn, zerlegt denken wollten, gewöhnlich nicht reichen möchten, mit einem Namen auf; ja, iſt der Kranke ein reicher Mann, ſo kann er gleich Anfangs der Krankheit, für alle mögliche Fälle, die Univerſalpille geben, und deren Gebrauch durch den ganzen Verlauf der Krankheit fortſezen laſſen, was denn eine ſehr einfache und zugleich bequeme Heilungsmethode abgeben, ja auch ein gutes Vorurtheil beim Kranken erwecken würde, der, wenn er ſich mit Einer Medicin kurirt ſieht, glaubt, der Arzt müſſe das Weſen der Krankheit recht gefaßt haben. Stürbe der Kranke dennoch zufällig, ſo könnte dann der Arzt mit Recht die Achſeln zuckend ſagen: die Hülfe der Kunſt war erſchöpft; ein Ausdruck, der jezt häufig gemißbraucht wird, indem ſich der Arzt damit zu rechtfertigen gedenkt, da er doch oft nicht viel über die Hälfte der Mittel, die es giebt, in der reſpektiven Krankheit angewandt hat und vielleicht höchſtens eine halbe Mandel auf einmal; dagegen die Krankheit vielleicht nicht würde haben widerſtehen können, wenn er ihr mit der ganzen Apotheke auf einmal zu Leibe gerückt wäre.

Auf der andern Seite wäre aber auch ſehr zu wünſchen, daß man die Aerzte zu mehrerer Ordnung im Curplane anhielte. Man nehme z. B. Gicht und Hypochondrie. Wie unordentlich unter einander werden hier die Mittel gegeben. Es iſt wahr, im Allgemeinen werden dieſe Krankheiten nicht vernachläſſigt: der Kranke bekommt gewöhnlich nach und nach alle Mittel, die in unſrer Schazkammer exiſtiren, und, weil man ſonſt nicht durchkommen würde, meiſt eine gute Portion zuſammen; aber das alles geſchieht ohne eine beſtimmte Regel. Der Arzt ſollte ſich hier einen feſten Curplan machen, den er durch die ganze Krankheit befolgte, und, um Wiederhohlungen zu vermeiden, die Mittel entweder nach dem Alphabete, oder nach der Reihe, wie die Büchſen in der Apotheke ſtehen, geben; ſo kann er immer wiſſen, welches Mittel ſchon darangeweſen iſt, und die Krankheit ihren ordentlichen Curſus durchmachen laſſen. Wie es jezt geht, kommt der Kranke um manches Mittel wahrlich bloß deßwegen, weil der Arzt bei ſeinen vielen Geſchäften ſich doch nicht gleich auf alle Mittel beſinnen kann. Ich bin nicht ſo eitel, dieſen Vorſchlag als weſentliche Verbeſſerung unſrer jezigen Medicin ausgeben zu wollen; aber er dürfte vielleicht die Ausübungsart derſelben, wie ſie jezt iſt, mehr ſyſtematiſch machen. Es iſt allerdings wahr, in neuern Zeiten ſprechen ausgezeichnete Aerzte ſehr laut und nachdrücklich gegen die Combination vieler Mittel und für die Einfachheit der Curmethode. Man muß aber dabei die Relativität der Begriffe *viel* und *Einfachheit* ſehr in Anſchlag bringen; und es könnte ſich manchmal zutragen, wenn ein Narr die einfachen Recepte und Curpläne dieſer Aerzte ſähe, daß er ſich wieder verſucht fühlte, gegen die Combination vieler Mittel und das Herumfahren im Curplane, wovon ſelbſt die ausgezeichnetſten Aerzte unſrer Zeit nicht frei wären, loszuziehn.

Ein Hauptvorzug der neuern vor der alten Medicin beſteht auch in ihren Extrakten und abgezogenen Wäſſern. Erſtere ſind der Arzneikunſt ohngefähr daſſelbe, was der Kochkunſt Zucker und Syrup. Nämlich dieſe beiden entgegengeſezten Künſte haben auch entgegengeſezte Zwecke: die Kochkunſt, den möglichſten Wohlgeſchmack der Speiſen hervorzubringen, wozu ihr eben Zucker und Syrup dient; die Arzeneikunſt dagegen, die Medicin ſo abſcheulich ſchmeckend einzurichten, als es nur immer möglich iſt;

was man ja auch im gemeinen Leben als das Kriterium der Medicin anſieht. Hierzu dienen nun vorzüglich die Extrakte. Die Natur hat in ihrem ganzen Vorrathe keine Subſtanz aufzuweiſen, die den zu einer Medicin erforderlichen Uebelgeſchmack beſäße; auch das iſt blos ein Vorzug der Kunſt. Man wird hier abermals bemerken, wie vortheilhaft ſich der verſtändige, ausgebildete Menſch von dem Thier und dem rohen Wilden unterſcheidet, die blos dem blinden Triebe der Natur folgen, und, wenn ſie krank ſind, blos die Mittel zu ſich nehmen, wozu unwiderſtehliche Neigung und Appetit ſie drängt. Es bedurfte des tiefblickenden Verſtandes des Menſchen, die wahre Heilkraft in dem zu entdecken, wovon ein faſt unüberwindlicher Abſcheu uns zurückhält, zu erkennen, daß man dem armen, nach Erquickung lechzenden Kranken, der einen Schwamm mit Eſſig verlangt, ihn mit Wermuth getränkt, reichen müſſe. Es iſt wahr, wenn der Kranke ſich zwiſchen den zwei Uebeln eingeſchloſſen ſieht, dem geſpenſtiſchen Tode auf der einen Seite und der bittern Medicinflaſche auf der andern, ſagt er öfters zu ſich, wähle das kleinere Uebel, und wirft ſich dem Gerippe in die Arme, vor dem ihm weniger ſchaudert. Aber ſo erfordert es nun einmal der Ernſt der Medicin, und das kann nicht anders ſeyn. Wenn die Medicin ein Torturwerkzeug für den Gaumen iſt, ſo iſt ja ohnehin nicht mehr als billig, daß einer an dem Theile, woran er geſündigt hat, auch geſtraft werde. Die Medicin iſt eine Ruthe, die dem Kinde freilich weh thut, aber auch die Unart aus ihm austreibt; und wenn ein Wilder glaubt, ein Heilmittel müſſe etwas ſeyn, was dem Kranken wunderbar wohl thue und ihn ſogleich Erleichterung fühlen laſſe, nun ſo zeigt er ja eben durch ſolche ungeſchlachte Begriffe, daß er nicht die mindeſte Cultur habe. Daß übrigens das Hauptweſen der Medicin allgemein von den Aerzten in den Uebelgeſchmak derſelben geſezt wird, läßt ſich ſchon daraus ſchließen, weil, wenn ein Arzt eine Medicin ſchlechthin verſchreiben will, die nicht gerade einen beſondern Zweck haben ſoll, er gewöhnlich aus einer Portion Extrakten eine ſolche Miſchung zuſammenſezen wird, die der Kranke lieber gleich in locum secretum göſſe, als erſt durch das Filtrum ſeines Körpers dahin laufen ließe. An einer ſolchen Medicin, die von allen empiriſchen Bedingungen einer Krankheit gleichſam abſtrahirt, muß man doch ihr Weſen rein erkennen können, wenn irgends. Wirklich gar nicht zu entbehren ſind die Extrakte dazu, den rechten eigentlichen Medicingeſchmack, und ſelbſt eine gewiſſe angenehme dunkelſchwärzliche Medicinfarbe hervorzubringen, die an ſich ſchon das Waſſer im Munde zuſammenlaufen machen kann. Sie ſind das tägliche Brod des Kranken, die er, wie dieſes während des ganzen Lebens, ſo während der ganzen Krankheit nicht überdrüſſig werden darf, und mit jeder andern Krankheitsſpeiſe zu ſich nehmen, ja wovon er ſich allein nähren muß, wenn nichts andres zu haben iſt, höchſtens mit etwas Salz vermiſcht. Dieſe unmäßige Conſumtion hat es denn auch nöthig gemacht, die ſogenannten leviora extracta, von denen hier die Rede iſt, nicht blos aus Einer Pflanze zu bereiten, denn dann wäre gewiß das taraxacum und triticum repens längſt ausgerottet; ſondern man hat überhaupt eine Menge Unkraut am Wege und im Garten dazu genommen, vielleicht eben, um dadurch nach und nach ſeine Ausbreitung zu beſchränken, und zugleich zu hindern, daß es ja nie zu den Extrakten an Materialien fehle. — So haben auch die abgezogenen Wäſſer ihren eigenthümlichen Nuzen. Theils parfümiren ſie die Medicin, die deſſen, wie Leute mit übelrichendem Athem, öfters gar ſehr bedarf; theils auch ſind ſie, wie eine Art Stempelpapier zu betrachten, in das die Medicin, der Vermehrung der Revenüen wegen, eingeſchrieben werden muß; und gewöhnliches würde zwar vielleicht dem Kranken eben die Dienſte leiſten, aber gewiß nicht dem Apotheker.

Wohl gemerkt, alle dieſe Vorzüge, die ich jezt von unſrer Medicin gerühmt habe, gelten blos für die ächt hippokratiſche, die alleinſeligmachende. Aber

„es liebt die Welt das Strahlende zu ſchwärzen, und das Erhabne in den Staub zu ziehn“; und ſo hat denn auch die neuere Zeit eine infame Satyre auf dieſes göttliche Syſtem hervorgebracht; ich meine das Hahnemannianiſche Syſtem. Wirklich, ich glaube, man verkennt zu häufig die Tendenz deſſelben. Man giebt ja allgemein zu, daß Hahnemann nicht auf den Kopf gefallen iſt; wie kann man denn glauben, daß er ſein Syſtem wirklich im Ernſte aufſtellte. Nein, es iſt ein ſchlauer Fuchs, der blos auf eine recht pikante Weiſe unſre Medicin durchziehen will, weil Satyre jezt beſſer bezahlt wird, als ernſthafte Wahrheit, und er mag ſich recht ins Fäuſtchen lachen, wenn er ſieht, wie man von allen Seiten über ihn loszieht, als meinte er im Ernſte das alles ſo, wie er es ſagt, und wie andre ſogar Stein und Bein auf die Wahrheit deſſelben ſchwören, ſo wie Swift ſeiner Seits gewiß recht herzlich gelacht haben würde, wenn man ihm mit vielen phyſiſchen und philoſophiſchen Gründen hätte zu beweiſen geſucht, daß ſeine Liliputer und Brobdignecker ohnmöglich exiſtiren könnten, und andre dennoch auf ſeine Autorität hin, die mühſeligſten Reiſen nach deren Ländern hin unternommen hätten. Wie geſagt, das muß Hahnemann unendlichen Spaß machen. Die Hippokratiker ſind Leute von umfaſſender Gelehrſamkeit, die nach rationellen Anſichten kuriren, ihre Mittel in hinlänglichen Doſen geben und gehörig nach den vorkommenden Fällen mit einander kombiniren. Einer ſolchen platoniſchen Aerzterepublik ſtellt denn der Spötter eine andre gegenüber von Leuten, die rationis und intellectus plane expertes ſeyn dürfen, ſobald ſie nur sensus haben, die Symptome ſehen, hören, riechen, ſchmecken und fühlen zu können, und die ſonſt nicht über drei zählen zu können brauchten, wenn ſie nicht eine ſo große Menge Symptome zu zählen hätten; die ferner von Vorkenntniſſen weiter nichts nöthig haben, als richtig zu leſen, um in Hahnemanns Bibel bei vorkommenden Fällen nachſchlagen zu können; von Sprachen blos die Deutſche nöthig haben zu verſtehen, um in J. das Doktorexamen zu beſtehen, und auf die darin vorgelegten Fragen wenigſtens Deutſch ſchweigen zu können; die troz der komponirteſten Symptome die ſimpelſten Mittel geben, oder vielmehr die Leute ganz ohne Mittel kuriren, da unendlich klein ſo viel als nichts iſt, und die dennoch die wundervollſten Kuren verrichten, zu denen die Leute von gelehrten, rationellen, hippokratiſchen Aerzten haufenweiſe laufen und die in 4 Wochen Uebel kuriren, mit denen dieſe oft Jahre lang umſonſt ſich herumſchlugen. Wahrlich, die Satyre hätte nicht kraſſer geſchrieben werden können, als ſie in's Leben getreten iſt. Laufen auch noch einige ſeiner vorzüglichſten Schüler unter uns herum, ſo geſchieht das ja auch bei andern Wizbolden, daß ihre beßten, ſarkaſtiſchſten Wize, auch nachdem ſie ſelbſt entfernt ſind, immer noch eine Weile kurſiren, und als ſolche ſatyriſche Wizfunken, mit denen Hahnemann unſre Medicin und Mediciner lächerlich machen will, laſſen ſich ja gewiſſermaßen die Schüler, die er gebildet, betrachten.

Den Apothekern mag wohl bei dem Hahnemanniſchen Spaße ein rechter Schreck in den Leib gefahren ſeyn, die ſich ſo wohl, ach ſo wohl bei unſrer jezigen Medicin beſinden, daß man ſchon daraus abſehen kann, die erſten Begründer derſelben müſſen Pharmaceuten und Aerzte in Einer Perſon vereinigt haben. Wie die Perückenmacher zur Zeit jener berühmten Kataſtrophe, da das Ehrwürdigſte vom Haupte des Menſchen, das ihm erſt das wahre Anſehen gab, geriſſen wurde, würden ſie ohne Brod herumlaufen, die Zeiten der alten goldnen Medicin zurückwünſchend, ſollte ja das Hahnemanniſche Syſtem die Oberhand gewinnen. Schon jezt hänſeln die Hahnemannianer die Apotheker auf alle Weiſe, und da man ihnen durchaus zumuthen will, ſich in den Töpfen der leztern ihre Mittel kochen zu laſſen, ſo ſchreiben ſie ihnen zum Torte Recepte auf, wie z. B. folgendes: R. Oxymell. simpl. ʒjj. cremor tart. grvi. M. f. pulvis. Freilich mag es eine ſaure Aufgabe für den Apotheker ſeyn, daraus ein Pulver zu machen; es geſchieht aber blos, ihn zu hudeln. Ein andermal ärgern ſie ihn auf dieſe Weiſe, daß ſie zu einer Mixtur, wobei der Apotheker denkt, wenigſtens 3 bis 4 Drachmen Extrakt abſezen zu können, 3 Gran extr. taraxaci ſezen laſſen (res non fictae) und das wahrſcheinlich noch mit einer Miene, als fürchteten ſie, den Kranken zu vergiften. Wahrlich, reißt das Syſtem mehr ein, ſo haben wir nächſtens eine Gallenfieberepidemie unter den Apothekern. Doch ſie haben nichts zu fürchten. Die Wahrheiten unſrer jezigen Medicin ſind tauſendjährige tiefgewurzelte Eichen, die höchſtens ein Erdbeben, das den ganzen Grund aufwühlt, nicht aber das Lachen eines Wizlings erſchüttern kann. Der Arzt, der Apotheker, der Droguiſt, alle befinden ſich ja ſo vortrefflich bei unſrer Medicin; ſollten wir ſie darum aufgeben, weil ſich vielleicht blos eine Perſon, ich meine den Kranken, ſchlecht dabei befindet? — Wer iſt ſo unbillig, das zu verlangen? Unſre Medicin iſt ein ſich durch ſich ſelbſt immer mehrendes Kapital. Wie wenig Aerzte konnten ehedem davon leben; jezt, nachdem die Medicin zu einem ſo hohen Gipfel gebracht worden iſt, finden Legionen Aerzte ihr Brod in Beſorgung der Krankheiten. Man fahre nur fort, tapfer darauf los zu kuriren, und der Fond wird ſich ſchon noch mehr vergrößern, und wenn die göttliche Kunſt am höchſten geſtiegen ſeyn wird, dann wird hoffentlich auch die Welt ein Lazareth, in dem der Arzt alleinherrſchend umhergeht, und das allgemeine Speiſehaus die Apotheke ſeyn, und man wird dem Tod ſtatt der Todenuhr eine Medicinflaſche in die Hand geben, damit man wiſſe, wenn das lezte Stündlein nahe. Fahrt fort, ehrwürdige Hippokratiker, die Quadratur der kreisrunden, ewigen, incommenſurabeln Natur in viereckige Syſteme zu ſuchen, damit ihr eure Käſten bequem darin anbringen könnt; eure Kunſt trete die Natur in den Staub, und ſchreite mit ſiegendem, höhnendem Tritte über der Armen gebeugten Nacken hinweg, und hüte ſich, daß ſie die glänzenden Sohlen nicht in deren niederm Staube beſchmuze; dann freut euch auf das Gericht kommender Jahrtauſende.

Drittes Specimen.

Es ſcheint ſonderbar, warum doch gerade in unſern Zeiten das Studium der Medicin in einem, alles Verhältniß gegen andre Wiſſenſchaften überſteigenden Grade überhand nimmt. Dieß hängt aber nothwendig mit unſrer fortſchreitenden Cultur zuſammen. Man ſieht immer mehr ein, was die wahre Wiſſenſchaft des Lebens iſt, und ſo wird das Streben danach auch immer allgemeiner. Eine ganze Zunft hat ſich jezt wieder eng an die eigentliche Medicin angeſchloſſen. Jede Barbierſtube iſt jezt eine Vorſchule für ſich künftig auszubildende Aerzte; und wie man zu ſagen pflegt: Laß dich den Teufel bei einem Haare faſſen, und er hat dich ganz, ſo braucht auch jezt ein Barbier nur des Menſchen Bart zu packen, und er wird bald nach ſeinem ganzen Leibe trachten. Im Grunde iſt auch die Barbierſtube eine weit würdigere Vorbereitung als das Gymnaſium, was man auch, wie es jezt das Anſehn hat, bald allgemein einſehen, und dem Arzte ſeine Gymnaſienzeit erlaſſen, dafür aber verlangen wird, daß er 6 Jahre in einer Barbierſtube gelernt habe. Wie will denn einer bei der ſtrengen Schulzucht und dem Herumſchlagen mit lateiniſchen Brocken das rechte Gelenk in der Zunge und den gehörigen praktiſchen Plie wegbekommen, die doch zu den Haupterforderniſſen des Arztes gehören, und gewiß nirgends beſſer, als in einer Barbierſtube erlernt werden. Daher ſieht man denn auch, daß der Arzt, der ſich in leztrer zu ſeinen Studien würdig vorbereitet hat, immer zehnmal eher und mehr Praxis bekommt, als ein andrer, der als gelehrter Mann von der Schule nach der Univerſität kam, ja daß jener gewöhnlich mit der Praxis ſchon ſeine Studienkoſten zu beſtreiten vermag. Wie oft trifft es ſich nicht ferner, daß gelehrte Aerzte, wenn ſie anfangen zu kuriren, kaum noch zwei und dreimal eine Ader haben ſchlagen ſehen, und ſich ſelbſt eben ſo ſehr ſcheuen würden, das Inſtrument dazu anzugreifen, als ein Wilder das Schießgewehr des Europäers. Schon deßhalb ſollte man den geweſenen Barbier, dem dieß Inſtrument familiar wie ſein Brodmeſſer iſt, dem gelehrten Arzte vorziehen. Dieſem nüzt ohnehin ſeine Gelehrſamkeit häufig nichts. Viele ſind zu tölpiſch, ſie an den Mann zu bringen; und wenn der geweſene amputator barbae, der eben anfängt, ein Collegium über Anatomie zu hören, ſeinen ehemaligen Kunden erzählt, er wiſſe ſchon die gefährlichen Krankheiten sternocleidomastoideus und coracobrachioideus zu kuriren, ſo mögen gegen ein ſolches lumen, dem das Latein wie Waſſer vom Munde fließt, die ſchulgelehrten Aerzte manchmal recht ignorant daſtehen, die nur Deutſch reden und deutſche Krankheiten kuriren zu können ſcheinen.

Es leitet mich dieß darauf, hier einige Regeln im Allgemeinen beizubringen, wie ſich der Arzt, und beſonders der junge, beim Eintritt in ſeine Praxis zu benehmen hat, die aus dem Leben vorzüglicher Meiſter abſtrahirt ſind, und ſomit wohl in einem Panegyrikus einen Plaz finden mögen.

Das Erſte, was ein Student zu thun hat, wenn er anfängt, Praxis zu bekommen, iſt, daß er ſeinen Ziegenbeiner in einen Winkel ſtellt, oder einer neu ankommenden Vulpecula ein Geſchenk damit macht, und dafür ein Zuckerrohr zur Hand nimmt, auf das er ſich, wenn er es ganz ſein machen will, nicht beim Gehen ſtüzen darf, ſondern blos hinten damit in die Luft aufſticht. Ging er vorher in bloßem Halſe, ſo wickelt er nun ein Halstuch um, und den Rock läßt er eine halbe Elle länger hängen; kurz, er zieht den alten Adam ganz und gar aus, und geht eine neue Verpuppung ein. Auch Schritt und Miene ändern ſich; Erſterer muß eine gewiſſe Eilfertigkeit annehmen, als wenn man nicht fertig werden könnte, lezterer ein, je ne sais quoi, was ſich nicht beſchreiben läßt, woran aber der Kenner als an einem pathognomoniſchen Zeichen den Arzt, und beſonders den jungen, der von der Wichtigkeit ſeines Berufs noch ganz durchdrungen iſt, herauszufinden vermag. Hält man ihn jezt auf der Straße an, und fragt: Wohin ſo eilig? -- ſo hat er blos zu erwiedern: Praxis! Praxis! und ſchiebt ſchnell weiter; oder was eben ſo viel Eindruck macht: er bleibt ein halb Stündchen ſtehen, und erzählt dem Befragenden, wie er jede Minute zuſammennehmen müſſe, um nur bei ſeinen Patienten herumzukommen. Rathen würde ich jezt jedem, daß er bei einem alten Praktiker Stunde nähme, oder ſich wenigſtens fleißig vor dem Spiegel übte, das rechte Achſelzucken, und diejenige bedenkliche Miene hervorzubringen, die der Arzt alle Tage nöthig hat; der junge erſteres beſonders nach dem Ausgange, leztere zu Anfange der Krankheit.

Die größte Kunſt aber muß er im Augenblicke des Pulsfühlens zeigen. An dem Air, was er dabei annimmt, kann das Glück ſeiner Praxis hängen. Mit ernſtem, ſtierem Blick muß er dabei daſtehn, als wenn eben der Schleyer der ſchädlichen Krankheit weggezogen und ihre innerſten Geheimniſſe vor ihm aufgeſchloſſen würden. Das Krankenexamen muß er, wenn er ſchon einigen Ruf erlangt hat, anſtellen, als wenn er ſchon vor der Thür die ganze Krankheit gerochen hätte, und nur des Herkommens wegen den Kranken noch ausfragte; ſonſt aber muß er, wenn er etwa nicht weiß, wonach er eigentlich zu fragen hat, ein verzeihlicher Fehler bei jungen Aerzten, einen pathologiſch anatomiſchen Curſus aller Theile mit dem Kranken durchmachen; und es ſchadet nichts, wenn der Kranke Kopfſchmerzen hat, daß er ihn nach dem Nagel der kleinen Fußzehe fragt; der Kranke bewundert vielmehr den Arzt, dem alle Beziehungen und Sympathieen der Glieder wichtig ſind. In der Diagnoſe muß der Arzt feſt und ſicher ſeyn, das heißt, er muß aus den Symptomen ſogleich den Namen der Krankheit erkennen, und nach dieſem ſein Recept einrichten. Die Prognoſe, die er dem Kranken ſtellt, muß in einem hypothetiſchen Satze abgefaßt werden, und hier muß der Arzt vorzüglich ſeine Verwandſchaft mit dem König aller Aerzte, dem pythiſchen Apoll, beurkunden, indem er ſeine

Ausſprüche deſſen Orakeln in gewiſſer Hinſicht ähnlich macht. Alles, was ſich in der Krankheit zuträgt, muß der Arzt gleich zu Anfange derſelben vorausgeſehen haben, und das auch dem Patienten, an dem Tage, wo es ſich zugetragen hat, nicht verheimlichen. Stirbt der Kranke, ſo war er unheilbar, und kein Engel hätte ihn retten können; ja ohne die Medicin wäre er ſchon lange tod geweſen.

Dergleichen Regeln ließen ſich noch viele geben; ich wollte aber blos deren einige einſchaltungsweiſe beifügen, und nun zulezt noch etwas über vorzügliche Diagnoſe und Indication hinzuſezen. Da fallen mir aber zwei Geſchichten ein, die ich mich erinnere, in öffentlichen Blättern geleſen zu haben, und deren jede allein ſchon einen ſo vollkommnen Panegyrikus in dieſer Hinſicht abgeben könnte, daß ich meine Preisrede nicht würdiger beſchließen zu können glaube, als wenn ich ſie unverfälſcht herſeze, und dadurch dieſes lezte Specimen gehaltreicher als alle frühere vorigen mache.

„Im Spitale einer großen Stadt ſtarb ein Kranker. Die Aerzte, die ihn mit großer Sorgfalt behandelt hatten, ſagten voraus, was der Sektionsbefund in jedem Theile des Körpers zeigen würde. Die Sektion wurde vorgenommen, und die Aerzte fanden ihre Diagnoſe bis auf die geringſten Partikularitäten beſtätigt. Indeß ergab es ſich hernach, daß man aus Verſehn einen ganz andern und an einer ganz verſchiednen Krankheit geſtorbnen Leichnam ſecirt hatte, als auf den die Diagnoſe des Leichenbefunds eigentlich geſtellt war.“

Wenn ſich hier die Diagnoſe bei einem falſchen Cadaver ſo ſchön beſtätigte; wie wunderſchön müßte ſie ſich nicht erſt beſtätigt haben, wenn man das rechte Cadaver getroffen hätte; und die vorliegende Geſchichte giebt ſicher den klarſten Beweis, daß ein Arzt nie ſo leicht in ſeiner Diagnoſe irren kann; es iſt eine Thatſache, die die Großheit, die Sicherheit der medieiniſchen Grundprincipien beinahe über allen Zweifel erhebt. Einige wollen noch aus der Geſchichte ſchließen, daß ſie wahrſcheinlich in einem kliniſchen Inſtitut und in Gegenwart kliniſcher Schüler vorgefallen ſey, wovon ich freilich den Grund nicht einſehen kann.

Uebrigens iſt es gar kein Wunder, wenn man jezt in der Diagnoſe ſo weit kommt. Man weiß ja jezt durch alle Sinne dieſe Wiſſenſchaft dem Arzte einzuflößen, ohne daß er nur an ein Krankenbett kommt. Nicht genug, daß man die Krankheiten, ſo vieler man habhaft werden kann, in Spiritus und unter Lackfirniß ſezt, ſo mahlt man ſie auch jezt ſo treffend ab, daß jeder ein vollkommnes Bild davon, im eigentlichſten Sinne des Wortes, erhalten kann. Beſonders iſt das bisher mit den Augenkrankheiten geſchehen; und an einer Diſſertation, die etwas bonett ausſehen will, wird man auch gewöhnlich einen zerfreſſenen Magen oder Oeſophagus, ein Mondkalb, ein Knochengeſchwür oder drgl. abgebildet finden, damit man's in der Natur danach wieder erkenne; ja neulich habe ich auch ſehr ſchöne wohlgetroffne Portrait's des gelben Fiebers und der ſchwarzen Blatter geſehen. Sicher hat jemand ſchon den Plan gemacht, eine Therapie mit Kupfern herauszugeben, worin jede darin beſchriebene Krankheit in Lebensgröße abgebildet ſeyn ſoll. Man arbeitet auch ſchon darauf hin, die Krankheiten in Muſik zu ſezen, und ſucht ihnen durch Hörröhre ihre Töne abzulauſchen, ſo daß man ſie mit der Zeit einmal durch Noten ausdrücken, und auf dem Klavier abſpielen können wird. Vorſchläge ſind ferner ſchon eingereicht, Geſchmacks- und Geruchsphantome von den Krankheiten durch chemiſche Mittel zu verfertigen, und es fehlt dann weiter nichts, als daß man ſie noch in Stein haue, um auch für das Getaſt etwas zu haben. Kurz, man umſtellt die Krankheit auf allen Seiten mit ſo viel diagnoſtiſchen Nezen, daß ſie ſicher nicht mehr hindurchſchlüpfen können wird. Doch zur andern Geſchichte.

„In einem Londner Hospitale lag ein Kranker, der an beiden Füßen litt. Den einen erklärten die Aerzte in Conſultation für unrettbar, und beauftragten den dazu beſtimmten Unterarzt, ihn abzulöſen, den andern Fuß aber hofften ſie noch erhalten zu können. Die Amputation erfolgte aus Mißverſtändniß an dem weniger ſchadhaften Fuße, und der eigentlich zum Abſchneiden verurtheilte geſundete nach wenig Wochen.“

Den wahren Schlüſſel zu dieſer Geſchichte gab mir erſt ein Freund, dem ich dieſelbe mittheilte. Sicher, ſagte er, wäre der kranke Fuß nicht geſundet, wenn der geſunde nicht abgelöſt werden wäre. Die Amputation war alſo hier in einem ſolchen Grade angezeigt, daß ſie, ſelbſt an dem nebenſtehenden, geſundern Beine verrichtet, die Heilung des eigentlich kranken zu Wege bringen konnte. Si fabula vera, ſezt das öffentliche Blatt zur Geſchichte hinzu. Es iſt freilich kaum glaublich, daß ein Menſch es bis zu einem ſolchen Grade der Kunſt bringen könne. Man ſollte aber wirklich künftig die Proben machen, und allemal künftig das geſunde Bein ablöſen, damit das kranke geſund werden könnte.

II.

In der That, es herrſchte ſonſt eine beiſpielloſe Unordnung in der Natur, wie man ſie von ihrem erſten Claſſifikator gar nicht hätte erwarten ſollen, da er doch ſonſt ein ſehr gelehrter Mann geweſen. So beſizt man von demſelben einen ſehr ſchönen und großen Himmelsglobus, noch größer als der jezige Schreiberſche, auf dem die Sternbilder alle mit unglaublicher Genauigkeit und Richtigkeit verzeichnet ſind und in der Lehre vom Lichte und der Schwere hat er ſchon vor Lambert und Neuton die wichtigſten Entdekkungen gemacht. Wie geſagt aber, in ſeiner Haushaltung, der Natur, ſah es ſonſt ziemlich bunt aus. Es ſchien, als ob er hierin manchen andern großen Männern nachahmen wollte, die auch, weil ſie ſich mit edlern Studien zu beſchäftigen haben, ihre Wirthſchaft darüber in die größte Unordnung gerathen laſſen. Freilich kann man glauben, wenn der gute Mann zu ſeiner Zeit des ehrwürdigen Linnaei oder Juſſieur Systema plantarum oder andre neuerlich berühmtgewordene A B C Bücher für die Natur geleſen hätte, ſo würde er gewiß nicht ermangelt haben, Vortheil von den darin angegebenen Regeln und Vorſchriften zu ziehen; aber alle dieſe ſchönen Werke waren ja damals noch nicht; die Wiſſenſchaften der Mineralogie, der Botanik ꝛc. exiſtirten ſo gut als gar noch nicht, wie hätte er ſie denn bei Claſſiſication ſeines herbarium vivum, ſeines Naturalienkabinets und ſeiner Stufenſammlung in Anwendung bringen können. Nur zu deutlich trug daher noch die Welt die Geſichtszüge ihrer Mutter, des alten Chaos, an ſich.

Es iſt wirklich arg, wie weit ſich bisweilen dieſe Unordnung erſtreckte. So ſezte jener Mann, den wir Jupiter nennen wollen, den Wallfiſch, ein, ſeinen Mangel an vier Füßen abgerechnet, offenbar vierfüßiges Thier, in's Waſſer, und es iſt noch nicht gar zu lange her, daß der Wallfiſch noch dachte, er wäre wirklich ein Fiſch, und ſich blos wunderte, warum er keine Eier legte. Teleologiſch ließe ſich die Sache wohl erklären, z. B. ſo: Jupiter hatte ſeine Thiere alle geſchaffen; ſie wollten nun aber auch zu freſſen haben. Als ſie nun vor ihm ſtanden, und nach Brod ſchrieen, krazte er ſich hinter den Ohren und ſagte zulezt: Kinder, ich kann euch nicht helfen; ich hätte das Ding eher bedenken ſollen; ich habe meinen Teig allen verknetet, um euch daraus zu machen; nun iſt nichts mehr übrig geblieben, um auch Brod für euch zu backen; aber geht hin, wenn euch hungert, und freßt euch ein's das andre. Die Thiere giengen hin, und thaten, wie ihnen Jupiter geheißen, und thuns heute noch. Damit indeß doch nicht Alles darunter und darüber gienge, beſtimmte Jupiter gleich jedem Thiere, wen es freſſen, und vom wem es gefreſſen werden ſollte, und' ließ den Wallfiſch als das größte, der alle übrigen verſchlingen ſollte, zulezt. Unglücklicherweiſe aber hatte er vergeſſen, daß der Wallfiſch an einer strictura oesophagi litt und alſo nur ſehr kleine Biſſen zu ſich nehmen konnte. Was war zu thun? verhungern wollte er ihn nicht laſſen, alſo ſezte er ihn in's Waſſer, wo noch eine Parthie Heringe herumſchwammen, die wegen ihrer Menge nicht aufgefreſſen werden konnten, und damit er ſich den Magen nicht am ſchwerverdaulichen Fiſch verdürbe, ließ er das Meer zur Heringslake einſalzen.

Ich ſtelle dieſe Erklärung als das Muſter einer teleologiſchen auf, und man wird finden, daß ſie keine ganz ungenügenden Reſultate giebt. Man gehe nur immer von dem Saze aus: Jupiter wußte ſich nicht anders zu helfen; alſo machte er es ſo in der Natur, und die Wahrheit kann uns nicht entgehen.

Den Menſchen jammerte der verwahrloſte Zuſtand, in dem er die Natur ſah, und er ſuchte ihr Ordnung zu lehren. Gar ſchöne Kiſten und Schränke, ſogenannte Syſteme, verfertigte er, um ihre Naturalien darein zu packen; aber da wollte bald ein zu langer Schwanz, bald ein zu vorſtehender Zahn, bald ſonſt etwas ſich in die gleichgezimmerten Fächer nicht fügen. Nun, der Menſch wußte wohl, daß er auf guten Willen bei der Natur nicht rechnen durfte; er brauchte alſo, wo es nöthig war, Gewalt; am Ende mußte doch alles hinein, es mochte wollen oder nicht. Schneiden wir ja doch auch den Schnürleib nicht nach unſrer Bruſt zu, ſondern dieſe muß ſich nach dem Schürleib richten, wie nicht mehr als recht und billig. Uebel war es, daß am Ende mehrere Fächer immer plazten, und das Ganze wieder auseinanderfiel.

Ganz beſonders in den neuſten Zeiten hat man ſich die größte Mühe mit der Claſſification in der Naturgeſchichte gegeben, und von allen Seiten eine ſo beiſpielloſe Ordnung darein zu bringen geſucht, daß eben dieſe Ordnung vielleicht blos darum, weil Extreme ſich immer berühren, ſich wieder etwas der höchſten Unordnung nähert. Der Natur ihr eigner Schade iſt es, wenn ſie noch ihren eignen unbeholfnen Weg geht, da man ihr doch überall Wegweiſer ſezt, wo ſie von Gott und Rechtswegen gehen ſollte. Die verſtändigſten und geiſtreichſten Männer geben ihr alle Tage Regeln, wie ſie ſich auf eine rechtſchaffene Weiſe verhalten ſoll; aber ſie iſt eine liederliche Dirne, an der Hopfen und Malz verloren iſt, und lacht ihren Moralpredigern in's Geſicht. Bei alle dem iſt es zu loben, daß wir den Muth nicht verlieren, und in dem Verfertigen neuer, und dem Flicken alter Syſteme mit einem Eifer fortfahren, daß zu hoffen ſteht, wir werden bald z. B. ſo viel Pflanzenſyſteme beſizen, als Pflanzen: und kann man ſich eine größere Bereicherung der Wiſſenſchaft denken? Ueberhaupt können wir die Natur als ein chineſiſches Puzzelſpiel betrachten, wo jede neue Verſezung der Figuren ein neues Syſtem darſtellt. Da nun in der Natur der Figuren unendlich viel ſind, ſo eröffnen ſich uns dadurch in der That die herrlichſten Ausſichten auf eine nachfolgende reiche Erndte von Syſtemen. — Man wende mir gegen den Nuzen der Menge von Syſtemen nicht ein, daß die vielen Ariadnensfäden, denn das ſollen doch die Syſteme für die Wiſſenſchaft ſeyn, ſich am Ende unter einander verwirren müßten, und ſomit einen Knäuel bilden, der nicht anders, als der gordiſche Knoten aufzulöſen wäre. Es handelt ſich ja hier blos darum, für alle dieſe Ariadnensfäden einen neuen Ariadnensfaden zu ſuchen, d. h. alle Syſteme wieder unter ein Syſtem zu bringen, woran uns doch wahrlich nichts hindert, und was freilich auch bei dem jezigen ſchnellen Fortſchreiten der Wiſſenſchaften bald nothwendig werden dürfte.

Erfreulich iſt übrigens in jeder Hinſicht der Eifer, mit dem jezt von allen Seiten die Naturgeſchichte betrieben wird. — Als Gott die Natur geſchaffen und ihr den Menſchen zum Herrn geſezt hatte, da ſahe ſie den Zwerg unwillig an, und ſchoß rieſengroß in die Höhe, und warf einen Tropfen aus ihrem Becher auf die Erde, daß er zum Meere wurde, und ſagte ſpottend zum Liliputer: Nun, ſo nehmt eure Elle und meßt mich, und ſeht mir in's Geſicht, das ich in den Wolken berge, und ſagt mir, welcher Gedanke in meinem Haupte das Ganze regiert; geht hin und ſchöpft mein Meer aus, wenn ihr's vermögt; dann will ich mich als eure Sklavin bekennen. Der kleine Menſch, die Ameiſe, hat die Ausfoderung angenommen. Er lief anfangs emſig um der Rieſin Fuß, und dachte vielleicht nicht, daß ſie ſo gar groß wäre, weil ſein Auge überhaupt nicht weit an ihr hinaufreichte, ſonſt wäre er doch wohl verzagt, ſie je zu erreichen. Und fleißig trug er nun Sandkorn zum Sandkorn zuſammen, und nachdem er Jahrtauſende gebaut, ſteht er denn jezt auf der ſelbſterrungnen Höhe, von der er denn bald der Natur in's Antliz ſchauen und ihre ganze Geſtalt von oben herab wird überſehen können. Warum verſtopfte die Natur die Quellen, die zu ihrem einmal geſchaffnen Meere rannen? — Sie dachte, der kleine Menſch könne es doch nimmer ausſchöpfen; aber laß ihn noch eine Weile ſchluckweiſe daraus forttrinken, ſo durſtig, wie er jezt es thut, und er wird den Boden bald ſchauen.

So ſpricht der Menſch mit edlem Selbſtgefühl, wenn er, was für die Kenntniß der Natur gethan worden iſt, und noch gethan wird, überſieht. Und warum dürfte er es auch nicht? — Er wird den dicken Folianten der Natur bald ganz durchgeleſen haben, zumal da es jezt viel geſchwinder mit dem Leſen geht, und nicht, wie Anfangs, blos noch buchſtabirt wird; und da von dem Buche jezt keine Fortſezungen mehr herauskommen, ſondern blos alle Jahre um die Oſtermeſſe eine neue Auflage, ſo ſieht ſich ſchon jezt der Menſch ängſtlich nach einem neuen Zeitvertreib um; und denkt mit Schrecken an die Zeit, wo er die alten Geſchichten dann wieder von vorn anfangen müſſen wird; und es wird ihm dann wie Leuten zu Muthe ſeyn, die ſchon alle Romane einer Leſebibliothek durchgeleſen haben, und denn wieder von vorn anfangen müſſen.

Die Naturphiloſophie wird hier hintreten und ſagen: ſeyd nicht bange, lieben Leute; ihr habt das Buch zwar durchgeleſen; könnt nun auch vortrefflich leſen und wißt alle Buchſtaben und Wörter auswendig; fangt nun noch einmal an, und lernt es auch verſtehen: denn bis jezt waren es euch todte Worte einer fremden Sprache; da müßt ihr aber zu mir in die Schule gehn. — Ob ſie Recht hat? — Wir wollen die Sache dahin geſtellt ſeyn laſſen.

Beinah am deutlichſten kann man jezt den Eifer, mit dem alle Taſchen der Natur herumgedreht werden, um, ſelbſt wo ſchon alles durchſucht iſt, wenigſtens noch ein paar verlorne Krümel zu finden, an den Botanikern ſehen.

Ganze Herden derſelben ſieht man, ſo wie das Frühjahr ſie aus ihren Heumagazinen in das friſche Gras hinausläßt, die Wieſen abweiden gehen, die Klee- und Krautfelder zertreten, und für den Landmann öfters die ſchrecklichſten Verwüſtungen anrichten, ſo daß er lieber Hirſche und Eber in ſeine Felder ließe, wenn er nur die Botaniker wegſchießen dürfte. Vergriff ſich doch neulich einer meiner Bekannten, da er eine unſchuldige Flechte an einem Meilenſteine angeklammert ſahe, und dieſer dieſelbe ſeinen raubgierigen Händen nicht gutwillig überlaſſen wollte, an dem Fleiſch und Bein dieſer geheiligten Perſon, ſo wie etwa Räuber, wenn ſie einen Ring nicht vom Finger abziehn können, den Ring ſammt dem Finger abhacken; mußte aber, da er bei ſeinem Frevel ertappt wurde, ſchwere Strafe bezahlen.

Geht es noch eine Weile ſo fort, ſo müſſen wir in der That fürchten, daß zulezt die ganze Natur von draußen in unſre Naturalienkabinetter wandern, und dann blos noch getrocknet, gepreßt, ausgeſtopft und in Spiritus zu ſehen ſeyn wird. Doch was ſage ich: Fürchten? — das größte Glück wäre es ja für uns und für die Natur ſelbſt, wenn dieß geſchehen könnte; dann könnte ſie ſich doch unſrer Ordnung nicht mehr entziehen; nur draußen läuft ſie wie ein unbändiges Pferd herum, und läßt ſich nicht Zaum noch Zügel anlegen. Welch ein herrliches, herzerhebendes Gefühl müßte es für einen Naturforſcher ſeyn, wenn nun die ganze Erde in Ein großes Naturalienkabinet verwandelt wäre, und anſtatt auf den Wieſen, wo die Pflanzen weder nach Linné noch nach Juſſieu, ſondern, wie es ihnen ſelbſt einfällt, unter einander ſtehn, ſtatt in den Wäldern, wo die Vögel unter einander herumfliegen, als gäbe es gar keine Klaſſen und Ordnungen, nach denen ſie ſich zu placiren hätten: wenn er, ſtatt in dieſem Gewirr herumzulaufen, nun blos eine Reihe großer Naturalienzimmer durchzuwandern brauchte voll hochaufgethürmter Mappen mit Löſchpapier, wo die Pflanzen nach den Staubfäden fein ſyſtematiſch geordnet und wunderſchön getrocknet liegen, voll ausgeſtopfter Vögel und Säugthiere, die, nachdem ſie gleiches oder ungleiches Gebiß haben, mit bewundernswürdiger Kunſt an einander gereiht ſind. Da wäre er in ſeinem Elemente; denn von ſo etwas findet er keine Spur draußen —

Man ſchreibt dem Studium der Naturgeſchichte allgemein eine große Wirkſamkeit zu zur Erweckung des Gefühls für Natur und zur Bildung des Geiſtes ſowohl als des Herzens. Dieß iſt ſo wahr, und wird von allen, auch ohne nur im Mindeſten einen Beweis dafür zu ſuchen oder zu erwarten, ſo unbedingt zugegeben, daß ich mir die Widerlegung folgenden ungeſchickten Raiſonnements ganz erſparen kann.

Nehmt, ſagt jemand, einen Knaben, der noch nichts von Naturgeſchichte weiß; er ſpielt fröhlich auf ſeiner bunten Wieſe, ſucht ſich Blumen und windet Kränze daraus; freut ſich über ihre Farbe und ihren Geruch, und die ſchönſten ſind ihm die liebſten; er läuft dem Schmetterlinge nach aus frohem Muthwillen, fühlt es, daß ihm wohler wird an einem ſchönen Frühlingstage, und ſieht ſich mit lebendigen Augen draußen im großen Gottesgarten um. — Dieſer Knabe wußte noch nichts von Naturgeſchichte; aber er wird größer, er hört ſeine Collegia über Botanik und Zoologie. Er geht nun auch heraus; — die Sonne blickt eben ſo freundlich herab, die Blumen duften eben ſo ſchön, die Natur iſt nicht älter geworden und bietet ihm gleiche Liebe als früher; — er aber geht mit zu Boden geſenktem, ſtierem Blick ſuchend einher; was macht er ſich noch aus Veilchen und Vergißmeinnicht, dieſen gemeinen Blumen, die üppig vor ihm wachſen, was kümmert ihn ihr Duft und ihr buntes Gewand, danach kann er ſie nicht klaſſificiren; es iſt ganz wunderſchön draußen, er weiß kaum etwas davon — er iſt verdrüßlich — er findet das unſcheinbare Gras nicht, was er ſucht; die Wieſe iſt mit tauſend glänzenden Thauperlen überſäet; der Thau macht ihm die Pflanzen beim Trocknen ſchwarz; die ſchönſten Ausſichten ſind ihm gar nichts, er kennt doch ſeine Pflanzen nur auf ein paar Schritt weit von ſich; — dem Schmetterling läuft er nach, um ihn aufzuſpießen; des Vogels Geſang kümmert ihn nicht, als um ſeinen Siz aufzuſpüren, und ihn als Leichnam ſeiner Todtenkammer einzuverleiben. Er zerſtückelt die junge blühende Natur mit ſeinem Anatomirmeſſer; der Pflanze reißt er die Blumenblätter aus, um nach den kahlen Staubfäden zu ſehen; er ſtudirt Naturgeſchichte, und weiß nicht mehr, daß es eine Natur giebt.

PRAEMISSAE
AD
THEORIAM ORGANISMI
GENERALEM

SPECIMEN I.

QUAS
AMPLISSIMI PHILOSOPHORUM ORDINIS
AUCTORITATE
D. VI. SEPT. A. MDCCCXXIII.
ILLUSTRIS ICTORUM ORDINIS CONCESSU
IN AUDITORIO IURIDICO
PUBLICE DEFENDET

GUSTAVUS THEODORUS FECHNER
GROSS-SAEHRCHENO-LUSATUS
LL. AA. MAG. MED. BACC.
ASSUMTO SOCIO
MAURITIO GUILIELMO DROBISCH
MATH. ET PHYS. CULTORE.

LIPSIAE
LITERIS STARITZII, TYPOGR. UNIVERS.

Ad Bibl. Acad. Land.

Universitäts-Bibliothek München

PRAEFATIO.

Theoriam organismi conscripturus, cum ab ipsius organismi consideratione principium ducere conarer, mox sensi, quam parum hac via, quamvis a non uno trita, profici posset; quamcumque enim rationem phaenomenorum, quae in organismo locum habent, proposueram, eam ipsam denuo altius repetita demonstratione egere videbam, si potius, quam lubricae hypothesium compagi, tuto veritatis fundamento insistere vellem; ita, praeter opinionem fere meam, magis magisque retro ab organismo cedens, tandem ad extremam fere oram, ut ita dicam, philosophiae perductus sum, nusquam alibi fontem videns, unde daretur perspicuas reddere et definiendo stabilire notiones eas, quae ad theoriam propositam evolvendam necessariae videbantur. Non possum non hic ingenue profiteri opinionem, quam de toto hoc genere, theorias de rebus in natura obstantibus construendi, alo. Nisi ante firmiora metaphysices fundamenta iacta erunt, quam quibus adhuc haec philosophiae pars innititur, nisi eiusmodi fundamenta, e quibus non singularum, sed in unum omnium scientiarum, quae de entibus in rerum natura positis tractant, principia hauriri possint, nulla spes mihi est, vel in organismi vel in alia ulla entium naturalium theoria tenebras dispulsum iri; et ipsae definitiones circa eiusmodi entia, mea opinione non aliud quid erunt, ac reductiones notionum per se obscurarum ad alias notiones intellectui non minus obscuras, nisi ante ultimas, ultra quas, quippe primitus insitas, menti nostrae non regredi licet, metaphysica non solum claras reddiderit, sed etiam ita fructuosas, ut non vanae et inertes species animo obvolent, sed potius ad ipsa realia animo construenda firmam basin materiamque largiantur. Nescio, an hanc ipsam opinionem, quam quidem secutus, praemissas hic proponendas conscripsi, omnibus probare possim, cum multi in rebus, quae in sensus cadunt, considerandis vix rationi ullum locum relinquant, omnia potius ab experientia repetenda esse censeant; quibus quidem eo me excusare possem, ut dicerem, naturam organismi non in eo contineri, quod in sensus cadat, quamvis materiae organismo subiectae cognitio a sensibus percipi possit; sed multo magis curo, an ipsa, quae praemisi theoriae explicandae, *per se* falsa et inania iudicentur, non nescius, imo saepe expertus, quam facile in hac provincia versanti speciosa sed vana pro veris imponant. Itaque cum mihi ipse diffiderem, veritus nimis grave temeritatis discrimen incurrere, si theoriam longe spectantem praemissis adhuc dubiis superstruere conarer, potius duxi, has seorsim praemittere, ut vel aliorum iudicio confirmatis fidentius dein ad reliqua persequenda uti possem, vel ab improbatis admonerer, ne caeca et inutili opera in aedium intima penetrare tentarem, quarum limen, per quod introitus pateat, invenire non valuerim.

CAP. I.

De complexu et ambitu.

In omni notione notae cogitantur et aliquid, quod his notis determinetur, id ipsum ex notis constans.

Exemplo utare notione folii cuiusdam. In hac tibi repraesentas materiam viridem, eiusque notionem refers ad spatii cuiusdam certa forma gaudentis notionem, hoc modo, ut spatii formati notio materiae viridis notione determinetur.

Nulla notio eiusmodi est, ut solis notis determinantibus componatur; ineant notionem necesse est aliae notae, quae determinationem recipiant; et summa notarum determinantium ad summam notarum determinandarum tandem relata notionem totam constituit.

Summa notarum determinantium *complexum* constituit notionis; summa notarum determinatarum *ambitum s. sphaeram* notionis.

Ut exemplum superius retineam: si notionem folii in genere cogitandam tibi proponis, ambitum istius notionis habebis notionem omnium eorum spatiorum, in quam notas folii determinantes transtuleris; si certum quoddam folium solummodo mente geris, huius ambitum notio constituet eius spatii, ad quam singuli illius folii notas determinantes retuleris.

Cui definitio ista complexus et ambitus a vulgari abhorrere videtur, hunc moneo, me per synthesin procedere et synthetice istam definitionem composuisse; unde ex illa diversitate nullus erroris timor, modo et in sequentibus definitioni meae constiterim. Sed, ut plane dicam, definitio vulgaris ne revera quidem ab hic data differre, aut, si differat, ad eam reducenda esse mihi videtur.

Si e. g. quis vellet, quale quid saepe fieri video, pro ambitu notionis generalis de folio susceptae, omnia folia singula ipsa habere, quae cogitari possunt, is velim mihi definiat, quid ambitus notionis *sibi* sit, qui si diceret, se vulgarem definitionem: ***ambitum iis repraesentationibus componi, quibus ut nota communis complexus notionis conveniat***, sequi, in re ad logicam pertinente ipsarum logicae legum paullo negligentior mihi videretur, quippe in ambitu folii, quem diceret, complexum folii iam inclusum cogitans, quem tamen definitione disiungeret, quasi relatione quadam ad ambitum gaudentem. Si valet ista ambitus definitio, quae vulgo datur, extra complexum ambitus situs esse debet, nec, quod ad complexum pertinet, in ambitum simul cadere potest.

CAP. II.

De qualitate et quantitate.

Ens quatenus secundum notarum complexum ei inhaerentem determinatum cogitatur, qualitative determinatum cogitatur. Ens, quatenus secundum ambitum, ad quem ille notarum complexus refertur, determinatum cogitatur, quantitative determinatum cogitatur. Qualitas entis mutatur vel manet mutato vel manente complexu; item quantitas entis mutatur vel manet mutato vel manente ambitu notionis, quae de illo ente formanda est. Hinc definio (nec vero pro analytica hanc definitionem magis, quam superiores vendo) complexum notionis, quatenus is in obiecto per notionem repraesentato ipso cogitatur, *qualitatem*, vel *qualitas* mihi est complexus notionis obiective cogitatus (ad obiectum repraesentatum relatus), item *quantitas* mihi est ambitus notionis, obiective cogitatus.

Proprie aliquid obiective cogitare, non aliud quid est, ac notionem cogitare cum hac notione concomitante, esse aliquid extra nosmet ipsos, quod illi notioni respondeat, eamque nobis moverit, quod cum facimus, obiectum ipsum cogitare nobis videmur.

Ens unumquodque, quatenus sphaeram cognitionis nostrae intrat, non aliud quid est, ac notio obiective cogitata *) —

---

*) Ipsa intuitio per se, ut ita dicam, mortua et caeca, tum tandem conscientiam nostram attingit, cum intellectus ea potitur, eamque in notiones sive singulares sive universales transformat. Id ita se habere, luculenter ex eo patet, quod saepe multa videmus vel audimus, quae ad-

id quod fundamentum omnis metaphysices ponitur — ergo omnes notionum leges, quatenus obiective cogitantur, entium leges esse debent.

Omnis notio complexu et ambitu componitur; obiective cogites hos unicos notionum factores, habebis unicos entium factores, qualitatem et quantitatem; sine quibus nullum ens existere potest, ultra quos nihil habet.

Leges, quae de complexu et ambitu notionis valent, respective de qualitate et quantitate entium, modo obiective cogitentur, valeant necesse est.

Non est notio, quae ex mero complexu constet, vel quam merus ambitus constituat. Cum nunc complexus et ambitus cuiuslibet notionis, si eas per se cogitare velis, rursus nihil aliud sint, ac et ipsae notiones, inde sequitur, complexum per se rursus continere debere complexum et ambitum, item ambitum denuo e complexu et ambitu compositum cogitandum esse. Quod cum ita sit, etiam non fieri potest, ut obiective cogitatus complexus, i. e. qualitas, mera vel intrinsecus a quantitate libera existat, nec magis ut quantitas a qualitate libera; sed omnis qualitas per se etiam quantitative, et omnis quantitas qualitative determinata esse debet. Distinguam inde in sequentibus inter quantitatem qualitatis externam et inter-

---

esse nobis non conscii sumus, si, dum intuitio adest, animus noster aliis notionibus, nihil relationis ad intuitionem datam habentibus, occupatus tenetur. Tunc tandem, cum attenti sumus, i. e. cum intellectus actionem (per quam quidem notiones gignuntur) in ea dirigimus, quae per intuitionem nobis offeruntur, conscientia oritur eorum, quae videmus, audimus etc.

nam (sicut eodem modo etiam inter ambitum conceptus externum et internum distinguere licet); *externam* vocabo quantitatem, ad quam qualitas refertur, *internam*, quae in qualitate ipsa involuta vel ut pars inclusa est; illa obstat, haec inest qualitati. Simili modo et de qualitate quantitatis externa et interna loquar*); brevitatisque causa interdum quantitatem internam *mensuram*, qualitatem internam, *essentiam* s. *proprietates* vocabo, quae definitiones, quamquam synthetice compositae, tamen etiam cum communi usu loquendi consentire facile reperientur. His magis dilucidandis exemplum sequens inserviat.

In notione globi aurei notas, quae materiae aureae notionem constituunt, ut complexum referre possum ad notas, quae notionem spatii globosi constituunt, ut ad ambitum. Cum nunc in notione globi aurei et complexum et ambitum et nexum utriusque obiective cogito, pro notione ens mihi exoritur, in quo materia aurea qualitatem, spatium globosum quantitatem vel mensuram globi aurei sistit**). In notione materiae aureae dein ut

---

*) *In ente, quod per se vel absolute (schlechthin) solummodo consideratur, facile apparet, nonnisi de quantitate et qualitate eius* interna *agi posse; nam si de externa quaereretur, relatio quaedam illius entis* ad *alia entia supponenda foret.*

**) *Materia aurea hic qualitas interna, spatium globosum quantitas interna est globi aurei; sed ab altera parte materia aurea, qualitas* est *externa spatii globosi et spatium globosum quantitas externa materiae aureae. Caeterum etiam ex hoc exemplo concentus definitionum mearum syntheticarum cum notionibus vulgo habitis perspici potest: pono duas massas, utramque ex auro, sed extensionis diversae; quilibet eas dicet quoad qualitatem pares, quoad quantitatem diversas; differunt autem nulla re, nisi spatio; id igitur hoc certe in casu pro quantitate habendum; ipsum autem rursus in se continet quantitatem, quae mensuram ipsius constituat. Nec vero spatium hic, quatenus spatium est, quantitas globi* complexum distinguere mihi licet notam essentialem, qua fit, ut materia aliqua aurum sit, quaque ab aliis materiis differt; ut ambitum materiam ipsam absolutam, quatenus materia est; inde in notione obiective cogitata auri essentia qualitatem sistet internam; materia corporea absoluta quantitatem internam (ubi quidem abstrahitur ab omni spatio, quod a materia occupari possit, quoniam spatium iam in primo totius globi ambitu interno relictum est). Materia autem absoluta nulla alia via sese manifestat, nisi viribus attractivis et repulsivis (pondere), imo (secundum Kantium) ex ambarum conflictu prodit. Inde, si e. g. globus aureus et globus argenteus secundum quantitatem comparandi dati essent; invenirentur autem volumina eorum (i. e. spatia ab iis occupata, relative ad materiam auream et argenteam quantitates externae) aequalia esse, tamen adhuc quoad quantitatem pondere (i. e. quantitate interna materiae aureae et argenteae) eos comparare liceret, et recte hic pondus pro quantitate haberetur. Similis consideratio etiam cum ambitu obiective cogitato aurei globi, quippe spatio per eum expleto institui posset, ut qualitas interna (forma globosa) et quantitas interna (spatii forma globosa inclusi extensio) in eo monstrarentur.

Non licet pro arbitrio quamcunque velis qualitatem ad quamcumque velis quantitatem referre; ob eam ipsam causam, quoniam nec quaecunque notio ut complexus ad quamcunque notionem ut ad ambitum referri potest.

---

vocatur, sed quatenus relatione quadam certa ad globum gaudet. Relativae sunt notiones quantitas et qualitas in genere, ut et singulae quantitates et qualitates.

E. g. non licet mihi cogitare: *virtus viridis*, *anima globosa:* nec magis possum essentiam aureae materiae immediate ad volumen spatii ut ad quantitatem referre, sed coactus antea hanc notam essentialem ad materiam refero, quae sola sistit eius quantitatem externam; ipsius autem materiae quantitas externa omnino est spatium, nec aliud quippiam praeter spatium, (unde etiam totum globum aureum nec solo volumine, nec solo pondere, sed ambobus metimur). Ita inveniemus, *cuicumque* qualitati suam primitus attributam esse quantitatem, solam, ad quam referri possit.

Sic videtur quidem color viridis ad obiecta quam maxime varia referri posse, sed, modo diligentius rem consideres, semper invenies, te hunc colorem nunquam cogitatione ad aliud quid referre posse, praeterquam ad superficiem materialem quandam; nec alia est ac haec, quae eius quantitatem externam sistat. Eodem modo non fieri potest, ut figuram ad aliud quid, praeterquam ad spatii extensionem referas *).

CAP. III.

De forma in genere.

Unitatem (*Einheit*) definio, quod et quatenus (aliquid) ex nexu pluritatis (*einer Vielheit*) efficitur.

---

*) Ita, nisi praestabilitam harmoniam quis supponere malit, res eo redire videtur, ut qualitas functio quaedam ipsius quantitatis, et vice versa existat.

Pluritas alia maior, alia minor; mente autem concipere licet pluritatem, qua non alia maior esse possit, quippe infinitam multitudinem; porro pluritatem, qua non alia minor esse possit, quippe infinitam paucitatem. Hae duae pluritates sunt notiones terminales omnis pluritatis, vel fines constituunt, intra quos omnis pluritas finita contineri debeat.

Possumus hinc distinguere inter unitatem infinite parvam (ex nexu infinitae paucitatis prodeuntem, zero dictam), unitatem infinite magnam (quae ex nexu infinitae multitudinis efficitur), et unitates finitas, quae illas unitates terminales interiacent.

Totum (*ein Ganzes*) voco, cui notio unitatis applicari vel ad quod referri potest.

Unitas, quippe e nexu pluritatis effecta, ut posuimus, reciproce etiam in pluritatem dirimi potest, si abstrahas animum ab eius nexu. Pluritatem, in quam tali modo unitas ut dilabens cogitari potest, relatam ad Totum, voco *partes* vel *materiam* Totius; nexus modum, quo partes iunguntur, *formam* Totius.

Notio Totius et notio partium in nexu cogitatarum sibi plane congruunt. Totum cogitas, quatenus partes eius cogitando non dirimis.

Datis ad Totum efficiendum partibus, restat, ut eas nectendi modus inveniatur, quo ipsum Totum effici possit. Vel: data materia ad Totum efficiendum, reliquum est, ut forma inveniatur.

Cum omnis Totius forma a nexu partium eius pendeat, non est alia via, qua formas Totorum omnes, quae in natura rerum sunt vel esse possunt, a priori eruere possimus, nisi ut modos omnes, qui dantur, investigemus, quibus pluritas necti possit. Varios inventos modos, si dein retulerimus ad partes, habebimus varias formas omnes, quas induendo partes in Totum transmutari possint.

Non sunt alii modi simplices, quibus pluritas necti possit, praeter duos, multiplicationem et additionem. Multiplicatio est operatio, qua duo pluresve numeri (pluritas in abstracto) *immediate* ad unitatem iunguntur. Ita multiplicatur 5×1, 6×1, 2×3 etc. nullis, nisi iungendis numeris ipsis in opem vocatis *). Notio unius numeri multiplicandi immediate in notionem alterius numeri, conceptus in ambitum, applicatur, in eam recipitur; idque reciproce.

Si multiplicatio nexus immediatus est numerorum, additio contra nexus est *mediatus*. In additione non unum numerum immediate refers ad alterum, sed simul cum hoc ad tertium, qui vinculum inter eos constituat. Multiplicas $5 \times 6 \times 1$, addis $(5 \times 6)\ 1$. In priori exemplo 5 et 6 cohaerent per se, nullo respectu ad 1 habito, in altero 5 et 6 solummodo cohaerent, quatenus ad idem 1 referuntur, per tertium cohaerent.

Nullos praeter memoratos nectendi pluritatem modos simplices mathesis nobis largitur, nec fieri potest, ut alios exhibeat. Nexus

---

*) Qui dicit: multiplicare 2 per 3 non aliud quid est, nisi addere bis numerum 3 vel addere ter numerum 2; hoc ipso verbo *bis* vel *ter* multiplicationem adhuc postulat; quippe unam operationem cum iubet bis vel ter perfici, id ipsum vult, ut 1 per 2 vel 3 multiplicetur. Itaque non, quod studet, assequitur, ut multiplicationem ad additionem reducat, aliorsum solummodo transponit. Si reduxisset, nihil aliud tamen monstrasset, nisi, quod per immediatum nexum effici posset, idem per mediatum alia via posse.

aut mediatus aut non mediatus esse debet, tertium non datur, quoniam illa sunt membra dividentia directe opposita. Reliqui nectendi modi sub illis contineri debent, non praeter illos aliqui existere.

Datis igitur partibus ad Totum aliquod efficiendum, nulla harum nectendi via existit, nisi per nexum mediatum vel immediatum, quem in numeris additionem et multiplicationem dicimus. Schematice et in alia obiecta praeter numeros nomina multiplicationis et additionis transferam, ubi memoria retinendum, me non alios, ac illos nexus modos per ea expressos velle, iisque generaliorem vim subiicere, quam vulgo iis conceditur; ita ut multiplicatio mea mathematicam sub se habeat ut genus speciem (nexus immediatus in genere nexum immediatum numerorum, nexus mediatus in genere nexum mediatum numerorum).

Ut primum applicatio quam maxime generalis fiat operationum propositarum, consideremus, quomodo secundum schemata nostra notiones in genere ad Totum efficiendum necti possint. Quodcunque ad cognitionem nostram aliquam relationem habet, sub notionem subsumi potest, immo eatenus solummodo nobis existit, quatenus sub notionem subsumitur; itaque applicatio obiectiva multiplicationis et additionis in notiones viam parat ad applicationem earundem obiectivam in entia realia.

Duae tibi sunt notiones datae; cupis in Totum eas iungere: multiplicandae sunt aut addendae. Sint istae notiones e. g. magnitudo et debilitas. Ut multiplices vel immediate nectas, non alia via patet, nisi ut unam notionem ut complexum in alteram ut ambitum novae notionis efformandae applices, dicas igitur: magna debilitas aut debilis magnitudo. Easdem notiones si vis addere vel mediate iungere, aliena est quaerenda unitas, in quam referri possint, non per se sunt iungendae. Ita, si ponis illam alienam unitatem *hominem*, dices: homo magnus et debilis: sic enim notiones debilitatis et magnitudinis in communem ambitum recipiuntur, qui earum vinculum constituat, non per ipsas nectuntur. Facile autem patet, et per additionem et per multiplicationem in hoc casu unitatem notionis effectam esse; nam et magna debilitas et homo debilis ac magnus ut Tota cogitari possunt.

Iusta procedendi ratio sine dubio ea fuisset, ut ex modis notiones nectendi, quippe generalioribus, in modos numeros nectendi, ut specialiores tandem descenderim*), quod fecissem, nisi tamen nomina multiplicationis et additionis magis generalia essent, quam ulla alia, quae lingua nostra ad propositam rem simplici modo notandam nobis largitur, unde mihi multiplicatio et additio statim ut schemata inducenda atque ut talia retinenda esse videbantur, vel potius generalior iis vis vindicanda.

Itaque multiplicationem ad notiones applicatam dico relationem (*Beziehung*) esse complexus ad ambitum; additionem relationem plurium complexuum ad communem ambitum, ex quibus duobus nectendi modis notio una et tota prodit.

---

*) Ita dicendum erat: „notiones vel mediate vel immediate necti possunt; numeri sunt notiones; ergo et numeri vel mediate vel immediate necti possunt. Nexus immediatus numerorum est multiplicatio, mediatus additio; ego autem in posterum multiplicationem et additionem nomina ponam nexus mediati et immediati in genere (non solum numerorum).“ Ita nihil, quod numerorum speciale et proprium sit, ad genus transtuli, praeter denominationem.

Facile quilibet intelliget, additionem nullatenus sine multiplicatione fieri posse, contra nullam ad multiplicationem perficiendam, additionem requiri. Nam duae notiones addendae tamen immediate cum tertia iungendae sunt, ut mediate ipsae nectantur; ut 7 et 8 in 15 per additionem mutentur, immediate ambo ad eandem unitatem referendi, quamquam non ad ipsos. Sin duae solummodo notiones datae sunt, hae immediate iungi possunt, nullo ante supposito nexu mediato. Sic, (sit venia symbolo), ut duo corpora per vinculum intermedium nectantur, et ita mediate ipsa nexa sint, opus est certe, ut immediate utrumque cum vinculo nexum sit, vinculum autem ipsum non alio denuo vinculo eget, ut cum ambobus corporibus nexu immediato cohaereat.

Subiiciam hic exemplum applicatarum operationum nostrarum.

Spatia duo addita esse dicimus, si iuxta se in tertium spatium recepta sunt: nam hic notiones spatiorum amborum solummodo ope spatii tertii ad se relatae vel applicatae cogitantur. Sin e duobus spatiis unum alteri immersum, unum penetrans alterum cogitas, tunc ea non per spatium aliquod tertium, sed per ipsa nectis, et secundum definitionem supra datam, multiplicas. Nam additio et multiplicatio, operationes generales, hoc in casu primum ad notiones applicantur, quatenus hae in nostro animo versantur; hae notiones autem dein ad id, quod ab ipsis repraesentatur; unde mediate multiplicatio et additio etiam de spatio obiectivo praedicari possunt; quales mediate ad ipsa obiecta repraesentationum applicatas operationes, obiectivam multiplicationem et additionem vocare licet, ubi tamen nunquam obliviscendum, his non operationes mathematicas, quae solummodo cum numeris instituantur, sed generales notionum relationes exprimi.

Per utrumque illum spatia nectendi modum unitas spatii efficitur, vel Totum spatiale (*räumliches Ganze*), unum quidem *continuum spatiale*, alterum *penetratio spatialis* (*räumliche Durchdringung*) vocanda. Non alia dari possunt genera Totorum spatialium, praeterquam quae illis modis generentur; et quatenus alicui enti nota Totius spatialis attribuitur, de partibus eius nota vel penetrationis vel continuitatis spatialis praedicari debet *).

CAP. IV.

De forma qualitatis et quantitatis.

Ut in notione quacunque complexus, ut talis, per se — etiam extra coniunctionem cum ambitu — ad unitatem redactus dici possit, requiritur, ut notae determinantes, ex quibus componitur, per se aut multiplicatorie nexae sint; nam si — ut thesis postulat — abstrahis ab ambitu, ad quem in notione supposita hae notae referuntur, perdent unitatem, si solummodo per additionem, nec iam ante per se nexae erant; simul nihil iam erit, per quod ut determinantes cogitari possint, nisi se ipsas determinent. — Ponas tres notas: magnitudinem; bonitatem, hominem; illas in complexu, hunc in ambitu. Ut illae per se ad unitatem consentiant, ita iungi debent: magna bonitas (vel bona magnitudo), unde tota notio oriunda: valde bonus homo. Sin dicis: magnus et bonus homo, per nullam, nisi per ipsam hominis notionem magnitudo et bonitas cohaerent, non per se unam et totam notionem constituunt.

---

*) Inde materia (qualitas externa spatii), et quidem absoluta (nullo adhuc respectu habito ad proprietates eius certas, ut chemicas vel physicas, praeter eas, quae ipsam essentiam materiae constituunt, vim attractivam et repulsivam) construi potest ut spatium absolutum infinities multiplicatum per se ipsum, vel ut spatium infinities penetratum a spatio, vel ut spatium ad infinitam potentiam elatum; contra extensio absoluta (quantitas spatii) ut spatium absolutum infinities iuxta positum, ut infinitum continuum, ut infinities additum, unde extensio spatialis logarithmus materiae dici posset. Haec spectant ad constructionem metaphysicam (mathesi in opem vocata) chemiae, praemissasque largiuntur ad alias

Cum nunc qualitas non aliud quid sit, ac complexus obiective cogitatus, necessario etiam requiritur, ut connexus qualitatum (proprietatum) in quolibet ente sit multiplicatorius, quo in unitatem ipsae redigantur, Totumque ita constituant per se.

Proponas tibi massam auri et argenti; qualitates (essentiae) horum metallorum, si abstrahas a materia, quippe ambitu, nulla alia ratione in unam confluxisse cogitari poterunt, nisi ut immediate sese iunxerint, sese penetraverint, unde tertia intermedia ex iis prodibit. Id re efficietur, aurum et argentum liquefacta miscendo. Contra non ad unitatem per se redactae erunt qualitates auri et argenti, massis eorum solummodo cohaerentibus, ubi

---

scientias naturales construendas. Analogae constructiones ex tempore perfici possunt. Non monstrata haec, sed solummodo indigitata metaphysicae reservo uberius et, spero, fructuosius digerenda.

quippe relatio qualitatum ad se invicem solummodo per intermedium quoddam, per materiam, cui inhaerent, imo potius per spatium, cui materia inhaeret, effecta erit.

Contra ut ambitui notionis, *ut tali*, per se — etiam extra coniunctionem cum complexu suo externo — unitas attribui possit, eius notae componentes per additionem iunctae esse cogitandae sunt. Nam si poneres, eas per multiplicationem nexas esse, partes singulae ambitus sese vicissim determinando, vicissim sibi complexus loco forent, nec ambitus natura, qui, in relatione cum complexu positus, determinationem solummodo recipere debet, retineretur. — In complexu ut tali non aliae notae nisi determinantes cogitandae sunt; itaque etiam in complexu, ut Toto cogitato, omnes notae ut determinantes iunctae esse debent; determinant autem se invicem, cum per multiplicationem iunctae sunt; contra in ambitu, ut tali, praeter determinatas notas nullae aliae cogitandae sunt; itaque etiam in ambitu ut Toto cogitato, is nexus existere debet, ut nulla nota alteram determinet, id quod per additionem assequemur *).

Hinc facilis applicatio in quantitatem. Ita in globo ex auro et argento conflato partes materiales non in se, sed iuxta se positae sunt, dum qualitates sese penetraverunt.

---

*) Omnino quidem notae, quae ambitum constituunt, ut addi possint, communiter determinantes alicuius tertii, extra eas positi, cogitandae sunt. Sed id ob eam ipsam causam, quoniam extra ambitum positum est, considerationem nostram non attingit, quando de ambitu solummodo, quatenus ad complexum suum externum relationem habet (et eatenus quidem solummodo ambitus est) agitur. Porro etiam in ambitu omnino nexus multiplicatorius cogitari potest, si in nulla relatione cum complexu suo externo, i. e. si non ut ambitus, sed absolute ut notio per se cogitetur. Solummodo quatenus ambitum constituit, partes per additionem in eo nexae cogitandae.

Ex his datis praemissis in specimine huic subiungendo monstrabo, cuius generis Tota ea sint, quos organismos dicimus, quatenus differant a Totis sic dictis inorganicis, num absolute, num solummodo per relationem quandam et per qualem. Omnino nonnisi quam maxime generalis proponi poterit theoria organismi; quoniam ad specialiorem constructionem organismorum ante metaphysica spatii et temporis et quae iis insunt, materiae, formae, motus etc. constructio requireretur, quae nondum suppetit talis quali opus est.

CAP. V.

Definitiones[*] *et exempla.*

Totum qualitativum vocabo, cuius et quatenus (eius) qualitas ad unitatem per se redacta est; *Totum quantitativum* vocabo, cuius et quatenus (eius) quantitas suo modo ad unitatem redacta est; *Totum perfectum*, quod et quatenus (aliquod) Totum simul est quantitativum et qualitativum.

Partes, quae qualitatem Totius qualitativi constituunt, *factores* qualitatis vocabo; partes, quae quantitatem Totius quantitativi — qua quantitas est — constituunt, *partes componentes* quantitatis vocabo.

---

[*] Ad specimen proximum spectantes.

Sic in colore viridi factores qualitatis sunt color flavus et coeruleus, partes componentes quantitatis variae partes superficiei corporeae, ad quas ipse color viridis refertur.

In Toto quantitativo conspicitur summa partium componentium, in qualitativo productum e factoribus, in perfecto summa ex partibus componentibus multiplicata per productum e factoribus.

Pars componens a Toto suo quantitative diversa, qualitative ei par, factor a Toto suo qualitative diversus, quantitative ei par.

Ad finem adiiciam exempla quaedam, dilucidandis rebus, quas protuli, forsan apta.

Datae sunt duae atomi hydrogenii, una chlorines ad Totum iungendae. Quantitates earum constituuntur volumine et pondere, qualitates forma et ratione chemica, qua in alias materias agunt.

Per scintillam electricam hae partes ita iungi possunt, ut et quoad quantitatem et quoad qualitatem in Totum confluant; cum discreta volumina et pondera in unum volumen et pondus, formae et rationes chemicae discretae in unam coëant.

Tali chemica coniunctione peracta quantitas quidem Totius effecti aequalis erit summae quantitatum singularum partium, qualitas contra minime pro summa qualitatum in singulis partibus perspiciendarum haberi poterit, vel proprietates, quae atomis chlorines et hydrogenii singulis per se inhaerent, non amplius in atomum ortam acidi muriatici convenient ita, ut iuxta consistant; per immediatam potius actionem unius qualitatis in alteram nova qualitas non summabitur, sed producetur.

Inter omnes constat medicos, ubi plura singula remedia ut partes ad Totum iunguntur, profecto quidem quantitative summam partium et Totum sibi aequalia esse, non autem qualitative summam effectuum, quos partes singulae exercent, effectui Totius ex compositione orti parem esse; cum potius variae qualitates harum partium ad eiusmodi qualitatem confluant, quae a singularum qualitatibus saepe quam maxime differat.

Colorem coeruleum et flavum iuxta pingas in charta; tunc quantitative, non qualitative ad Totum nexi erunt (non enim nectuntur, nisi per superficiem unam). Super colorem coeruleum extende flavum, ut unus immediate influat in alterum; pictam habebis multiplicationem, color viridis exorietur, unitatem qualitatis prae se ferens.

THESES.

I. Kantius in eo recte vidit, quod metaphysicam ex formis functionum animi nostri rite cognitis deducendam censuit, in eo perperam fecit, quod principium duxit ex considerandis formis iudiciorum, non ipsarum notionum.

II. Parallelismus strictus existit inter animam et corpus, ita ut ex uno, rite cognito, alterum construi possit.

III. Aut omnia idealia, aut omnia realia; aut omnia subiectiva, aut omnia obiectiva; aut omnia viva, aut omnia mortua cogitari possunt eodem iure. Qui limites ponit inter singula, ut aliud e. g. vivum, aliud mortuum dicat, arbitrarie ponit.

IV. Si quis quaerat, quam relationem ad se invicem habeant puncta extrema lineae rectae ex eodem puncto in infinitum ad utramque partem protensae, infinitumque spatium ita emensae, respondeo: aut non quaerendum est de punctis extremis lineae talis infinitae, aut si quaeri potest, in unum ea confluere censenda sunt, ut ita linea infinita recta naturam circuli prae se ferat, valeatque in ea, quod vulgo dicitur: extrema sese tangere.

V. Nisi prius eo pervenerimus, ut formas corporum naturalium per aequationes mathematicas exprimere possimus, nullus dabitur certus et stabilis modus, ea in classes et ordines secundum formas redigendi.

VI. Concessa hypothesi, unam eandemque legem per universum eiusque singulas partes valere, modus per analogias concludendi non ut vanus et scientia indignus reiici debet.

VII. Dolor in genere non solum non malum, sed etiam bonum dici meret.

VIII. E nullo Ciceronis scripto apparet, bonum philosophum eum fuisse.

IX. Artis ad scientiam ea ratio est, ut illi propositum sit, Universale ex particularibus, Totum ex materia (*aus dem Einzelnen*), huic, particularia ex Universali, materiam ex Toto cognoscere et efficere.

Stapelia mixta.

Stapelia mixta

von

Dr. Miſes.

(G. Th. Fechner)

Leipzig, 1824.
Bei Leopold Voß.

102 J.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Vorwort,

oder im Grunde Nachwort, nämlich zum Titelblatte. — Ich wollte mein Buch, das die Welt ſehen ſollte, gern die Mode mitmachen laſſen, und es demzufolge mit einem Blumennamen taufen. Hierbei gerieth ich in keine geringe Verlegenheit. Iſt nichts an einem Buche neu, ſoll's doch wenigſtens der Titel ſeyn. Nun ſtand der Name faſt aller Kinder Florens, die ich kannte, ſchon auf Büchertiteln; das Werk, an welchem ein berühmter Botaniker jetzt arbeitet, ein Auszug aus einem Syſtem der Botanik für Schriftſteller, welche um neue Blumennamen verlegen ſind, war noch nicht heraus, und überdieß, wer ſtand mir bei meiner geringen Bewandertheit im belletriſtiſchen Blumengarten dafür, daß eine Blume, die ich noch für jungfräulich hielt, nicht doch ſchon mit dem Papier eine Vermälung eingegangen war. Was zu thun? Glücklicherweiſe beſinne ich mich, einmal in einem Beckerſchen Almanach geleſen zu haben: Guter Rath für diejenigen, welche nicht wollen, daß ihre Kinder mit andern gleichen Namen führen: „Nenne deinen Sohn Judas Iſcharioth.“ Zugleich fällt mir ein, auf meinem Fenſter ſtehendes, Exemplar von Stapelia mixta in die Augen, einer Blume von ſombrer Farbe mit grell untermiſchten lichten Flecken, die einen Geruch verbreitet, daß die Aasfliegen aus Irrthum ihre Eier darauf legen. Nun dachte ich, ſo wenig je ein Chriſt ſein Kind Judas Iſcharioth, ſo wenig wird je ein duſtender Belletriſtiker das ſeine mit dem Namen einer ſolchen Blume benannt haben. Dieß löſte meinen Zweifel. — Den Aasfliegen laſſe ich übrigens gern gewähren.

Inhaltsverzeichniß.

Seite.

Ueber den Tanz 1

Der Melomane 17

Encomium des Magens 23

Oder das Grab iſt nicht tief, es iſt der leuchtende Fußtritt eines Engels, der uns ſucht . . 30

Entſtehung des Thrones 37

Ueber die Claſſification der Weiber, ein Paſquill . 42

Phantaſie an die Frauen 61

Ueber Definitionen des Lebens 69

Der größte Künſtler 74

Verkehrte Welt. 81

Idee einer höhern Kochkunſt 87

Ueber Schematiſmus oder Symbolik . . . 114

Ueber das Verhältniß von Kunſt, Wiſſenſchaft und Religion 119

Seite.
Bruchſtück aus einem [illegible] der Kegelſchnitte. . 158
[illegible] 172
Verſuch einer Entwicklung des Organiſationsgeſetzes
aus dem chemiſchen Symbol 180

Ueber den Tanz.

Der Tanz iſt die erſte Kunſt, nicht blos auf der Erde, ſondern überhaupt auf der Welt. Iſt es doch, als wenn dem ganzen Univerſum bei der Schöpfung auf einem Oberonshorn wäre geblaſen worden, ſo daß es ſich drehen muß in ewigen Kreiſen. Macht nicht jede Erde ihre Pas nach Kräften und Vermögen, und ſelbſt die Sonne, der wegen ihrer Corpulenz zu viel Bewegung nicht zuzumuthen iſt, dreht ſich um ſich ſelbſt, von der allgemeinen Tanzluſt hingeriſſen. Was unſre eigne Erde betrifft, ſo hat die Art Zweitritt, die ſie mit dem Monde im ovalen lampenhellen Tanzſaale macht, ohnſtreitig die erſte Veranlaſſung zur Erfindung des Walzers gegeben, den man daher mit vollem Rechte einen himmliſchen Tanz nennen kann. An dieſe großen Beiſpiele halte man ſich und laſſe Moraliſten und Aerzte ſchwatzen, welche den Tanz verdammen, erſtre, weil ſie guter Sittenregeln ſich gewöhnlich zwar im Kopfe, deſto ſchlechterer aber meiſt in den verdorrten Füßen bewußt ſind, letztre, weil ſie nur zu wohl einſehen, daß der Tanz das einzige Mittel iſt, uns, indem wir den Winken der Natur folgen, geſund an Leib und Seele zu erhalten, und ſie daher durch denſelben um ihr ganzes Verdienſt kommen würden. Denn lehrt ihnen nicht ihre Anatomie, wie unſer ganzer Fuß durchaus zu nichts weiter, als zum Tanzen eingerichtet iſt, wie ein Muskel daran für das pas glissé, ein andrer für das pas floré gebaut erſcheint u. ſ. f., ſo daß es auf jeden Fall eben ſo viel Arten Pas als Beinmuskeln geben muß; wie der Menſch blos darum Zehenſpitzen und ein Gelenk am Fuße hat, damit er auf den Spitzen ſich heben und den Fuß gebührend ſtrecken könne; wie ihm auch polſtrige Wadenmuskeln, oder wenigſtens Stellen, künſtliche daran anzubringen, mitgegeben ſind, das Entrechat daran zu effectuiren, und wie in alle jene Muskeln Nerven laufen, blos damit ſie, ſo wie ein Geigenſtrich ertönt, in die zum Tanzen gehörigen Convulſionen gerathen können. Der Arzt weiß es, daß er bei einem Tanzenden nichts zu ſuchen hat, der ein Glas Punſch oder Limonade auf einmal hinunterzuſtürzen jeder Flaſche: „Alle zwei Stunden ein Eßlöffel,“ vorzieht; darum geht er in die Stuben, wo Leute matt umherſchleichen oder träg im Bett liegen: an dieſen rächt ſich die Natur für die Vernachläſſigung ihres Willens; warum tanzen die Narren nicht? dann wären ſie ſicher nicht krank oder todt. Es gibt doch gewiß auf der Welt keine beſſere Motion, als einen recht raſchen Walzer nach einer gut geſtrichenen Geige. Wer ſonſt gegen dieſen Tanz eingenommen iſt, braucht ſich ja auch nur vorzuſtellen, wenn er einem Balle mit zuſieht, die Leute darauf, die ſich die Woche hindurch krank geſeſſen, trieben ſich blos des Schwitzens und um den Säfteumlauf zu befördern, im Kreiſe herum, weßhalb auch mancher noch mit Armen und Füßen dabei rechts und links nach Vermögen ausſchlägt; und er muß die Sache ganz zweckmäßig finden.

Ich für mein Theil wollte lieber ein hölzerner Kreiſel ſeyn, den der Knabe mit der Peitſche, wie uns der Muſikant mit dem Fidelbogen zum Tanzen encouragirt, als ein grundgelehrter Mann, deſſen Beine weiter nichts verrichten, als zu bewirken, daß der Stuhl, auf dem er ſitzt, ſtatt vier, dann ſechs hölzerne Füße hat. Nur darum iſt ja die Kugel die vollkommenſte Geſtalt, weil ſie unendlich viel Beine zum Tanzen hat, ja rundum blos aus ſolchen beſteht; denn jeder Punkt an ihr iſt eine Zehenſpitze, auf der ſie ſich drehen kann und wirklich dreht, bei der leiſeſten Anregung. Wir unvollkommne Weſen haben nur erſt zwei Punkte mit dieſer Geſtalt, die ein alter Weiſer die göttliche nannte, gemein; mittelſt derer wir die kreisförmigen himmliſchen Bahnen nachahmen ſollen; aber dieſe beiden Organe ſind auch die edelſten unſers ganzen Körpers; wie zwei Konſuln einſt die ganze Laſt des Staats, ſo haben ſie die ganze Laſt unſers Organismus zu tragen, zu lenken und zu regieren, der ihrer Willkühr unbedingt gehorchen muß; und wie an einer Nadel der plumpe Kopf blos der Spitze halber vorhanden iſt, ſo hat auch im Menſchen der Kopf nur in Bezug auf ſeine Füße Werth, inwiefern er mittelbar oder unmittelbar der Kunſt der Füße Vorſchub leiſtet.

Es bedarf gar keiner tief eingehenden Vergleichung, um den Werth, den die Tanzkunſt vor allen übrigen Künſten behauptet, einleuchtend zu erkennen. Wer bleibt vor einem ſchönen Gemälde länger als fünf Minuten ſtehn, dann ſpricht er: „o wunderſchön,“ und geht weiter, und erzählt, er habe eine Stunde bewundernd davor geſtanden; wer aber geht willig vom Ball, bevor nicht das Abendroth vom Morgenroth abgelöſt iſt, und ſagt dann, die Zeit habe ihm nur fünf Minuten gewährt? — Warum wird die Muſik mit einem ſo lebendigen Eifer betrieben, als damit ſchöne Hände zeigen können, daß ſie ſo gut auf den Taſten tanzen können, als die Füße auf dem Boden? Warum haben ſich ſo große Harmoniekünſtler bilden müſſen, als damit ſie große Opern ſchreiben, aus denen ſich Wiener und Hopſer machen laſſen: ja man kann es als das Kriterium einer guten Muſik anſehen, daß ſie hierzu tauglich iſt. Wer von den ſchönen Herren beſucht in L. aus einer andern Urſach das Concert, als ſich zum nächſten Ball dort zu engagiren; oder wenn er wirklich Geſchmack daran findet, iſt es doch nur, weil er weiß, oder vielmehr mit dem lauſchenden Ohre unbewußt ahnet, daß die Töne ſelbſt nur in einem Tanze der kleinſten Körpertheilchen beſtehen, die dabei ſo zierliche Touren (Klangfiguren) bilden, als unſre größten Tanzkünſtler nur immer herauszubringen vermögen, ſo daß ein Tonkünſtler eigentlich nur für einen Tanzmeiſter der Körpertheile zu achten, der in ihr ſonſt ungeordnetes Hüpfen Regel und harmoniſche Ordnung bringt. Wer von den übrigen hat nicht in der dritten Stunde, wenn nicht ſchon in der zweiten oder erſten die Uhr mehrmals herausgezogen, wer ſich nicht herzlich nach der Pauſe geſehnt, gleichſam einer Oaſe in langer trockner Wüſte, wo er Thee und Eis zur Erfriſchung findet, wo das Sturmgebrauſe des Geigens und Flötens endlich verſtummt, ſo daß er auch zu einem vernünftigen Worte kommen kann; weſſen Ohren haben nicht ihre Einlaßkarte an die Augen abgegeben, und wer von allen jenen hat ſich nicht dann bitter gelangweilt, wenn er auf dem großen bunten Beete voll nach warmen Strahlen lechzender Blumen die ſeine nicht hingepflanzt fand. Wer aber hat je während des raſchen Walzers ſeine Hand hinter der ſchlanken Taille weggezogen, ſie gähnend vor den Mund zu halten; wer von jenen, die nur die Füße auf dem rechten Flecke haben, wählte wohl lange, wenn dort eine Bethovenſche Symphonie geſpielt wird und hier ein Ypſilanti, ob er dort in Harmonieen ſich wiegen oder hier die Füße zierlich ſchlenkern ſoll? Wer ſchwitzte nicht willig, daß ihm der Schweiß zu allen Poren herausdringt, als wäre er ein Faß der Danaiden, und keucht und ſtöhnt und zerarbeitet ſich und läßt ſichs unendlich ſauer werden, daß der Zuſchauer, der keine Ahnung von der Kunſt hätte, inniges Mitleid mit ihm fühlen müßte; und das Alles thut er, ohne bezahlt zu werden; er läßt ſich die Kleider voll Staub dabei werden, den Frack mit Wachs beträufeln; zerkratzt ſich die Schuhe am Boden, macht einen ganzen Waſchanzug auf einmal ſchwarz, ſpuckt, wenn der Schweiß nicht mehr zureicht, Blut aus Naſe und Mund, hat nichts, gar nichts davon; nur alſo der hohe innere Werth des Tanzes kann Urſach ſeyn, daß er ſich allem dieſem Ungemach ſo willig unterzieht. Mit Recht läßt ſich aber auch in der That der Tanz als ein Aufflug nach dem Himmliſchen, Göttlichen betrachten, als ein Streben zur Engelsnatur: wir glauben Flügel zu haben, wollen uns in die Höhe ſchwingen; aber es wird nur ein Hopſen, weil uns die Laſt unſers irdiſchen Körpers wieder zurückdrückt. Doch wir laſſen es nicht an Einem Verſuche bewenden, und erſt wenn wir matt ſind vom vergeblichen Mühen, laſſen wir ab, und Mancher fand ſeinen Himmel ſchon in dem Aufſtreben nach demſelben.

Mit der Dichtkunſt würde ſich die Tanzkunſt wirklich ſchämen, heut zu Tage in Vergleich zu ſtellen; abgerechnet, daß dieſe doch wenigſtens auf zwei gleichen, jene aber überall auf einem langen und kurzen Fuße einherſchreitet, ſo iſt auch die Tanzkunſt eine freie Kunſt; die Dichtkunſt aber im Grunde ja jetzt ein zünftiges Handwerk zum Behuf des Broderwerbs, wobei ich mich nur, beiläufig geſagt, wundre, daß die Dichter nicht auch mit den übrigen Gewerken in gleichem Maße in Cultur und Selbſtgefühl vorgeſchritten ſind, und, wie der Schneider ſich jetzt Kleidermacher genannt wiſſen will, ſo das ſchlichte Dichter in Verſemacher umändern, und dabei paſſende Schilder aushängen, damit man wiſſe, bei wem man in vorkommenden Fällen etwas nach Maß und Zuſchnitt zu beſtellen habe; auf welchen Schildern dann etwa Apoll, der Patron der Dichter, zu malen ſeyn würde als ein Schemen aus Haut und Knochen beſtehend, wie er mit ſeiner Lyra nach einer fetten Speckſeite wirft, oder wie er damit zu einer Hochzeit um ein Stück Hochzeitkuchen aufſpielt, oder wie er ſich mit den Blättern ſeines Lorbeerkranzes eine warme Suppe würzt. Man malt ja auch den Bacchus und Silen auf ähnliche Weiſe an die Schenken, und man könnte ſelbſt das Bild dieſer heut zu Tage für Apollo's ausgeben, um es als Emblem vor des Dichters Thür zu hängen; denn allerdings ſcheint es, als ob Apoll vom

Pegaſus, dem Pferde, ganz abgeſeſſen wäre, und Bacchus wird ja auch häufig gemalt, auf einem Faſſe edlen Weins ſitzend, und ſich ſo ungeberdig benehmend, als ob er's auf einen Schluck leer getrunken hätte, und demungeachtet einen Strahl des klarſten Waſſers von ſich laſſend. —

Gar wohl erkannten auch die alten Griechen, daß die Tage, die der Gottheit heilig ſind, nicht würdiger gefeiert werden können, als durch „ſchöngeſchlungne ſeelenvolle Tänze, die um den prangenden Altar kreiſten.“ Im Grunde iſt's auch heut' zu Tage noch nicht anders; Feſttag und Balltag ſind eins, und die Woche — beſonders je höher wir in den gebildeten Ständen hinaufſteigen — blos Vorbereitung zu ſolchem; nur trennt man die Sache jetzt mehr, und ſtatt um den Altar, wie ehemals, zu tanzen, ſetzt man ſich, wenn für das Weſentlichere, den Ball ſelbſt, nicht noch nöthige Vorkehrungen zu treffen ſind, des Morgens eine Weile neben den Altar, und denkt dabei wenigſtens andächtig an den Abend, und dann Abends wird der Tanz ohne Altar executirt; denn zum Unterſatz von Weihrauch- und Myrrhengefäßen braucht er nicht mehr zu dienen, da jeder an der Feier Theilnehmende ſeinen Parfüm bei ſich führen muß, auch hat man ja an vielen Orten noch einen Platz für das Büffet im Tanzſaale zu erſparen. Der Griechen Tänze mochten wohl auch einen ganz andern Charakter tragen, als unſre jetzigen. Den Walzer kannten jene antiken Leute gar nicht, wie ſie denn überhaupt ſich mehr um eine Objectenwelt außer ſich drehten, als um ihr eignes Ich, wie wir thun, weil ſich jeder jetzt ſelbſt als Centralpunkt kennt und achtet, der als ſolcher ſich nur um ſich ſelbſt zu bewegen hat, wie's denn im Walzer nicht anders geſchieht. Mir geht's freilich, wenn ich höre, daß die Griechen und beſonders die Griechinnen keinen Walzer hatten, wie jenem Indianer, der ſich wunderte, daß man in England leben könnte, da man ihm ſagte, das Land habe keine Cocosnüſſe.

Es iſt nicht zu leugnen, wie überhaupt das ſchöne Geſchlecht uns häufig an feinem Gefühl für das Schöne — mithin auch für die eigne Schönheit — übertrifft, daß wir auch in der Schätzung der Tanzkunſt die Segel vor ihnen ſtreichen müſſen. Es iſt wahr, wir drehen uns gern auch einmal herum, aber wir jagen, wir reiten, wir fechten auch gern; dem Mädchen aber geht nichts über den Walzer, ſelbſt nicht das neue Kleid, das ſie dabei anhat, und ich bin überzeugt, daß jedes Mädchen gern den einen Fuß hergeben würde, ſobald ſie ſich dadurch die Erlaubniß erkaufen könnte, mit dem andern noch zu walzen, da ja manche um einen Walzer übers Maß, mehr noch willig hingibt, das ganze Leben, und ſo im eigentlichſten Sinne des Worts für ihr Leben gern walzt. Erinnere ich mich doch, in Paſſavants Lebensmagnetismus geleſen zu haben, daß Mädchen, die ſo gelähmt waren, daß ſie für gewöhnlich ſich beinahe nicht rühren konnten, ſich faſt ohne müde zu werden, drehten, wenn es zum Tanzen kam.

Wie ſo züchtiglich ſitzt jenes Mädchen da, und ſcheint kaum etwas mehr zu ſeyn, als ein kunſtreicher Hebel, angebracht an den Stricknadeln, ſie in Bewegung zu ſetzen; ihr Auge kriecht vor jedem es treffenden kühnern Blick furchtſam in ſein Gehäuſe zurück und ſtreckt erſt nach langer Zeit einen Blick wie ein prüfendes Fühlhorn darunter hervor, ob kein Stein des Anſtoßes mehr im Wege liege; tippe mit dem kleinen Finger an ſie, und ſie läuft davon, als ob eine Spinne vorn darauf ſäße; ſieh ſie draußen; trippelt ſie nicht, als wenn ſie mit einem Ameischen ſpazieren gienge, und St. Andreas gelobt hätte, der Spitze des einen Füßchens nimmer den Hacken des andern ſehen zu laſſen: ſieh dieſes mechaniſche Kunſtwerk auf dem Balle wieder; nur der Tanz iſt's, der ihm Leben, der ihm Seele einzuflößen vermag: ihr Fuß reißt ſie jetzt von ſelbſt mit fort, und fängt ſchon beim erſten Tone an ungeduldig nach dem Takt den Boden zu ſchlagen, dem muthigen Schlachtroß gleich, das beim Ertönen der Kriegsmuſik die Erde ſtampft, unwillig über den Zügel, der es noch zurückhält. Fügſam ſchmiegt ſie ſich jetzt in den kühnſten umſchlingenden Arm; alle Muskelwellen wogen ſtürmiſch an ihr; ihr Auge glüht zündend und entzündet durch die Glut der fremden Blicke; in Wort und Blick und jeder Bewegung ſpricht ſich's aus, daß ſie ſich einer höhern adlichern Sphäre angehörig fühlt. Und iſt der Ball nicht eine ſolche? Sind nicht die Titel Göttin und Engel ſo gemein auf dem Balle als der Titel einer Citoyenne in jeder Republik, ſind wir nicht alle ſonſt duftloſe Blumen, und fangen dort an, trotz Moſchus und Cöllnſchem Waſſer Wohlgerüche zu verbreiten; zieht nicht jeder und jede den alten Adam ganz und gar aus und wandelt in einem neuen Leben mit einem neuen und verklärten Leibe im Himmel des Ballſaals? Werden nicht alternde hier wieder jung und gleichſam aufgekocht, werden nicht mancher Runzeln zu Ackerfurchen für Roſen des ſchönſten Karmins, ſchlagen nicht an jeder Dame ſelbſt Haare und Kleider in Blumen aus, wachſen nicht der Haar- oder Lockenloſen die herrlichſten Touren und Locken, dem Wadenloſen die ſchönſten vollkommenen Waden an; ja, wird nicht das Unmöglichſcheinende möglich? ein Fuß, wie ein Kameel, kriecht, er wolle oder nicht, durch die Nadelöhrmündung eines Puppenſchuhs, eine Hummeltaille ſtreift einen Wespenbalg über, der keiſendſte Mund ſchminkt ſich mit einem Engelslächeln; ſteinharte Herzen, durch Thränengüſſe nicht erweichbar, ſchmelzen ſentimental von der Brühe zuckerſüßer

Worte gewältigt; die ſchwärzeſte Aſchenbrödel brüſtet ſich, eine weißgewaſchene Prinzeſſin; kleidermachende Jünglinge entwickeln die ſonſt ewig zuſammengefalteten Beine; der Pharmaceut bietet ſtatt Latwergen neben ſüßen Worten und Blicken noch ſüßere Zuckerplätzchen. Wer hält das für unſer gewöhnliches irdiſches Leben!

Es iſt hiernach gar nicht zu verwundern, warum für viele Schönen der Sommer die traurigſte Jahreszeit iſt, die es gibt, weil er den Bällen gewöhnlich ein Ende macht; zwar hat man die Freuden der Natur; allein wie wenig Erſatz vermögen dieſe zu gewähren. Der Sonnenaufgang, ja, er mag ganz herrlich ſeyn; aber die Sonne paßt es allemal ab, daß ſie noch früher aufſteht als wir ſelbſt, ſo daß ſie zwar bei der Toilette unſrer Damen durchs Fenſter zuſieht, umgekehrt aber ſich nicht von dieſen bei ihrer Toilette zuſehen läßt; eben ſo maliziös verfährt ſie beim Untergange; ſie nimmt gewiß jedesmal die Zeit dazu wahr, wo die ſpazierengehenden Damen gerade in einem eifrigen Geſpräche über einen Hut, Schuh oder ein andres Stück der menſchlichen Hülſe begriffen ſind, ſo daß dieſelben nichts davon gewahr werden. So wachſen zwar auch recht ſchöne Blumen im Sommer, allein gerade auf ſolchen Stellen, wo meiſt nur Schaafe und Kühe hinkommen, dagegen auf den Spaziergängen der Menſchen Wegſtaub den Blüthenſtaub reichlich erſetzt. Was hat man alſo am Ende im ganzen Sommer, das uns das Wintervergnügen des Tanzes erſetzen könnte; der Sommer iſt höchſtens als ein ſchwacher Verſuch der Natur zu betrachten, uns für die Entbehrung des Tanzes in einer gewiſſen Zeit, in der wir neue Kräfte zum Wintertanze ſammeln ſollen, etwas zu entſchädigen, und als ſolcher verdient er unſre dankbare Anerkennung; und blos deßhalb mag auch die Sonne ſo heiß im Sommer ſcheinen, weil die menſchliſche Natur eigentlich auf eine tägliche Schweißausleerung durch den Tanz angewieſen iſt — der hier, einſeitig phyſiſch betrachtet, gewiſſermaßen das bewirken ſoll, was das Preſſen und Huſten bei andern Ausleerungen — dieſe aber im Sommer, wo der Menſch auszuruhen hat, unterbrochen werden würde, wenn nicht die Sonne ſich hier als Diaphoreticum ins Mittel ſchlüge. Gewiß iſt auch die eigentliche Bedeutung des Spruchs: „Im Schweiße deines Angeſichts ſollſt du dein Brot eſſen,“ keine andre, als: du ſollſt nicht eher eſſen, als bis du dich in Schweiß getanzt haſt.

Wollte man ſelbſt gegen alle Vortheile der Bälle ſtockblind ſeyn, ſo würde man doch nothwendig zugeben müſſen, daß Bälle die Arbeitſamkeit der jungen Mädchen auf das Vortheilhafteſte befördern. Manche, die ſonſt keine Nadel anrühren und die Hände müßig in den Schooß legen würde, wird durch den

Ball zum angeſtrengteſten Kunſtfleiße aufgeregt und ihre Finger fliegen vor dem Balle eben ſo geſchwind, als ihre Füße auf demſelben. Jedem Mädchen gibt ein Ball acht Tage vorher und dann geiſtig noch acht Tage nachher zu thun, ſo daß die ganze Zwiſchenzeit von einem Balle zum andern entweder nur ein Düngen oder eine Ausſaat für die Ernte des Ballabends oder ein Nacheſſen von den Früchten deſſelben iſt, die ſie in der Nacherinnerung und noch mehr in der Nachrede genießt.

Man denke ſich einen Maler, der ſich ſchon Wochenlang mit der Idee zur Ausführung eines Gemäldes herumgetragen hat, man denke ihn, wie er die beſte Leinwand, die glänzendſten Farben in allen Läden aufzutreiben ſucht, wie er, faſt Eſſen und Trinken vergeſſend, von ſeiner Staffelei nicht weicht noch wankt, einzig und allein mit Ausführung ſeines Gemäldes beſchäftigt, das ihm am Tage der Ausſtellung Ruhm erwerben ſoll, wie er hundertmal übermalt und retouchirt, indem er das Bild, das er im Geiſte trägt, nicht ſo ganz, wie er möchte, anſchaulich darzuſtellen vermag, wie er weiß, daß ſeine Idee göttlich iſt, und wie er, wenn er nun zuletzt Alles geendet hat, das feſte Vertrauen hegt, jeder werde bei den übrigen Gemälden vorübergehn, nur bei dem ſeinen ſtehn bleiben; kann man ſich einen ſolchen Maler lebhaft vorſtellen, nun ſo ſetze man ſtatt des

Malers ein junges Mädchen, ſtatt der Staffelei den Spiegel, ſtatt des Pinſels Nadel und Scheere, ſtatt Leinwand und Farben Seidenzeug und Bänder, ſtatt des Gedankens zum Gemälde die beſte Idee, die ein Mädchen von ihren Reizen nur immer haben kann, und man braucht nichts mehr zum Bilde eines Mädchens, das ſich auf einen Weihnachts- oder andern großen Ball zurichtet.

Der Himmel verzeihe den tyranniſchen Vätern und Müttern, die ihren Töchtern einen Ball verſagen können, gewiß ſind mehr Mädchen am Gram über verſagte Bälle geſtorben als am Balle ſelbſt; und wenn ſich ſelbſt eine oder die andre die Schwindſucht auf dem Balle holte, iſt es denn nicht ſchöner, flott aus dem Leben zu tanzen, als krumm und grämlich am Stabe daraus fortzuſchleichen, und den einen Fuß ein paar Jahre eher ins Grab zu ſetzen, als den andern? Wenn ein Mann im Felde fällt, ſo heißt es, er iſt auf dem Bette der Ehre geſtorben; nun für ein Mädchen iſt ein Ball ein ſolches Bette der Ehre, und ein wackres Mädchen wird dem Tode durch den Tanz, und ſähe ſie ihn leibhaftig vor ſich, mit eben ſolchem Muthe in die Augen ſehn, als ein Tapfrer dem auf dem Schlachtfelde, höchſtens wird ſie noch um Friſt zu einem einzigen Walzer bitten.

Grauſam auch nenn' ich die Mutter, welche die Tochter, die widerſtrebende, die ſchmeichleriſch koſender, hinwegzieht mit Gewalt vom Balle, ehe noch der Hahn den Nachtwächter ſchlafen gehen heißt. Barbarin, rührt dich nicht der flehende Blick der Holden, wenn bat ſie ja ſo ſüß? — Du ſchadeſt dir, mein Kind, es iſt genug für heut, — du wollteſt wirklich fort, kaum bin ich warm geworden — ja, ja, mich ſchläfert längſt, und ſieh, der Vater ſchilt — nur noch den Cotillon, dann will ich gern dir folgen — nicht einen Walzer mehr, du haſt dich noch zu kühlen, du mäßigſt dich auch nicht, du wirſt die Folgen fühlen. Und ſiehe, jetzt rufen die Flöten und Geigen von neuem die Paare zum munteren Reigen; ihr wackelt von ſelber der Fuß; der ſüßeſte Herr der ganzen Schaar kommt zephyrgleich auf den Zehen gegangen: mein ſchönes Fräulein, darf ich's wagen? — Die Arme, ſie muß es ihm abſchlagen; und ſieht ihn jammernd in ihrem Innern mit einer andern durch die Reihen ſchimmern; ſie wickelt den Shawl voll Unmuth um, und ſchmollt nun mit der Mutter nach Hauſe; es kommen, es kommen die Paare all, ſie rauſchen herauf, ſie rauſchen nieder, das Mädchen ſiehet keines wieder.

Der Gräcomane.

Die alten Griechen ſchrieben die Natur ab, deren große Charactere nicht durch ſchnelle Curſivſchrift nachgemalt werden, ſondern durch langſame, bedächtige Züge; daher hatten ſie auch nur wenig Bücher, aber meiſt gute. Der Baum, der eine Unzahl von Früchten hervorbringt, hat ſie meiſt unſchmackhaft und ſauer, und die Blume, die ſich füllt, verliert oft darüber ihren eigenthümlichen Geiſt, den ſchönen Duft. Bei den Griechen waren die Gedanken lebendige Geſtalten und Weſen, die ſie nur in Worte kleideten, um ſie unter die Menſchen einführen zu können, und das Gewand war ein Griechiſches ſchönes. In unſern Schriften wandeln Marionetten, die erſt durch die Kleidung und den äußern Putz das Leben nachäffen lernen ſollen, die nicht von ſelbſt wandeln, ſondern bei jedem Schritt den Faden erkennen laſſen, an denen der Schriftſteller ihre Geſten modulirt. Wie jetzt die Bruſt ſich nach der Schnürbruſt richten muß und dadurch freilich hectiſch wird, ſo daß ihr Beſitzer — ganz eigenthümlich bei dieſer Krankheit — ein langes Leben zwar ſicher hofft, aber nicht erhält; ſo wird in unſrer Dichtung der Gedanke jetzt von ſeinem Kleide, dem Worte, beſtimmt, der Vers vom Reime gemacht, und der Dichter hofft dennoch Unſterblichkeit. Bei den Griechen war die Waffe und Leyer in derſelben Hand, und der Schall der erſten hallte auf der letzten wieder; jedes Wort war eine geſchriebene That und Kind derſelben; wir lernen umgekehrt aus Büchern handeln. Auf jedem Gemälde der Griechen war die Spur von der Kupferplatte der Natur zu ſehen; wir drücken ein Gemälde vom andern ab, darum ſind jener Gemälde ſo kräftig und unſre ſo matt. Wie bei den Griechen die Schatten noch handelten und dachten, gleich den Lebenden, ſo waren auch ihre Worte nur Abſchattungen des wahren Lebens, die es nicht nachäfften, ſondern gleichſam fortſetzten; unſre Bücher ſind eine andre Welt, in die wir die Geſtalten verſetzen, die mit der hieſigen wenig gemein hat. Wenn wir den Himmel malen wollen, ſo wird es ein Meer von ungewiſſem blauen Duft, durch den kaum einige glatte Engelsgeſichter hindurchſcheinen, gleichſam nur zu ſagen, das ſey der Himmel. Die Griechen malten die Seligen und ſo entſtand ihnen der Himmel von ſelbſt. In der Griechen Vergleichen wurden nur verwandte Stämme auf einander gepfropft; daher ſie auch ſich fortpflanzen konnten, bis auf unſre Zeiten, und fruchtbar ſich noch immer wiederholen; unſer Witz iſt meiſt ein Minocentaur, in dem das Ungleichſte zum barocken Ungeheuer verknüpft iſt, das aber nur einmal erzeugt, einmal angeſtaunt, und dann als eine unfruchtbare

Mißgeburt mit Ueberdruß angeſehen wird. Die Alten entlehnten ihre Bilder immer nur aus dem Menſchenleben oder der Natur, ſie pflückten nur die Blüten, die dieſe von ſelbſt trieb, und ſchmückten ihre Gleichniſſe damit; uns ſind die natürlichen Blumen ſchon zu gewöhnlich geworden, darum machen wir künſtliche, die von Weitem und obenhin wohl täuſchen können, in der Nähe aber durch den Mangel an geiſtigem Duft verrathen, daß ſie nur todte Zuſammenſetzungen ſind. Wie überhaupt natürliche Gegenſtände durch das Mikroscop ſchöner und klärer werden, künſtliche aber ihren Glanz und ihre Glätte verlieren, ſo gewinnen immer die griechiſchen Schriften, von Männern geſchrieben, die nur unbewußte Griffel der Natur zu ſeyn ſchienen, durch genauere Prüfung und in helleres Licht Setzen; die unſrigen aber, die meiſt nur durch künſtlichen Firniß glänzen, werden unſcheinbar und ſchlecht.

Ohne durch das Filtrum von tauſend Kunſtregeln gelaufen zu ſeyn, floß die Aganippe rein und klar dahin, und wie die Griechen, ohne von Schnürleibern und Gängelbändern etwas zu wiſſen, ſchöne gerade Menſchen wurden, die den Gott in der Bruſt trugen, ſo wuchs auch ihre Poeſie frei aus eigner Fülle, die Kunſtregeln übend, ohne ſie zu kennen, der Sonne der Schönheit und Wahrheit mit blüthenreichem Stamme entgegen; ja ſind nicht unſre meiſten jetzigen Rogeln nur Kinder ihrer Poeſie? Der ſchöne grüne Zweig ihrer Dichtung wird jetzt zur trocknen Elle gebraucht, nach der wir unſre meſſen, oder zur Zuchtruthe, mit der wir ſie ziehen und geißeln, ohne doch dieſelben Blüthen daran hervorlocken zu können. Die Schriften der Alten ſind unſterbliche Götter, die durch alle Zeitalter dauern werden, der Parnaß und Helicon ihr Olymp und Ida; unſre jetzigen Schriften, zwar die Nachkommen jener, aber nur Sterbliche, die, vergleichbar den Blättern der Bäume — ἄμα φύλλα ἀνθοῦν — wachſen und abfallen, wie dieſe.

Und iſt es denn noch dieſelbe Muſe, die himmliſche Göttin, die ehemals wohl ſich herabließ, und den Dichter zu ihrer Lyra brauchte, um ſich den Menſchen verſtändlich zu machen; iſt es denn noch dieſelbe Muſe, die jetzt, zur Buhlſchweſter herabgeſunken, auch dem Gemeinſten ſich preis gibt. Schreibt man denn nicht öfters jetzt, weil der Magen leer, als weil das Herz voll iſt; weil Podagra oder Trägheit an den Stuhl feſſelt, gießt man die Langeweile auf das Papier aus, die immer nur ein ihr gleiches Kind zu erzeugen vermag im Leſenden; ſtatt daß der Pegaſus den Geiſt mit kühnen Flügeln gen Himmel erheben ſollte, wo er dem Gott des Lichtes und der Poeſie näher iſt, und die Welt ſich in ſchönern Anſichten unter ihm ausbreitet. Iſt nicht der Dichter vergleichbar der Olive? Nur das Oel iſt gut, was vom Strahl des warmen Sonnengottes hervorgelockt von ſelbſt aus der Ueberfülle der Frucht hervorbricht; nicht das, was durch den herben Zwang des Bedürfniſſes ausgepreßt wird. Nicht die Früchte, die grünen Zweige ſind's an der Palme, die am Ziele ſteht, nach denen der Dichter ſtreben ſoll. Dem Griechen war ein Lorbeerkranz genug für ſeinen Geſang, und was die Muſe ihm ſchenkte, verſchenkte er gern wieder; noch nicht wurden damals ihre Gaben in eignen Buden nach der Elle gleichſam verhandelt und gemeſſen, nicht wie die Milch von der Gewinnſucht der kräftige Gedanke mit Fleiß durch wäßrige Zuſätze verdünnt, und Spreu und Raden unter das Korn geworfen, damit der Scheffel eher voll werde. Der Grieche ſäete die Körner, die er aus der Göttin Hand empfangen hatte, frei und unverfälſcht aus, und ſo genießen wir noch jetzt die Früchte davon, denn durch kein Unkraut erſtickt konnte die herrliche Erndte gedeihen.

Merkur hat Apollo die Leyer wieder geſtohlen, die dieſer, nach der Fabel von jenem, noch unberührt, empfing. Aber das zarte Inſtrument giebt rauhe unmelodiſche Töne unter der ungeſchickten Hand, und die Saiten verſtimmen ſich mehr. Ja, wären die Saiten nicht golden, der Gott des Handels und Wandels würfe das ſchöne Barbiton verächtlich weg.

Encomium des Magens.

Der Menſch erkennt im Allgemeinen viel zu wenig, was für ein edles Glied ſein Magen iſt; und nur, weil es im Laufe der Welt immer ſo geht, daß das wahre Verdienſt hintangeſetzt wird, ſtellt man über den Magen Gehirn und Herz, die von deſſen Brot eſſen, von deſſen Wein trinken, und ſich hernach undankbar genug über ihn luſtig machen. Das Gehirn beſchwatzt die Leute freilich mit ſchönen Phraſen, nur daß am Ende nichts Reelles dahinter iſt; aber der Magen, wie ein ſtiller Weiſer, ſchweigt und handelt darum deſto mehr zum allgemeinen Beſten; und wie die Sonne, die über Gute und Böſe ſcheint, theilt er auch den ihn verachtenden Gliedern Nahrung aus, die, wenn er ſeine milde Hand einmal von ihnen abzöge, von ihrem aufgeblaſenen Weſen in jeder Hinſicht gar ſehr zurückkommen würden; ja der Pegaſus des Gehirns würde gewiß gar artig die Flügel hängen laſſen, wenn ihm der Magen ſeinen Hafer nicht zur rechten Zeit reichte. Der ganze Leib iſt ja eigentlich nur ein Excrement des Magens, das ſich, wie eine Kruſte, um ihn anſetzt, ein Pelzwerk um ihn, das ihn weich und warm halten ſoll, eine Schale, die ganz unnütz und todt da liegen würde, wenn die

Naß des Magens nicht darin wäre. Den Magen aus dem Menſchen nehmen, hieße, den Weiſel aus dem Bienenkorbe nehmen; es würde ſich kein Glied mehr rühren; denn für wen ſollte es doch arbeiten? und wenn das Sprichwort ſehr wahr iſt: plenus venter non studet libenter, weil der Geiſt den Magen, während dieſer in ernſthaften Geſchäften begriffen iſt, nicht mit ſeinem Gewäſch ſtören darf, ſo würde es gewiß noch zehnmal wahrer ſeyn, daß ein vacuus venter, d. h. in dem auch nicht einmal mehr ein Magen wäre, gar nicht ſtudiren würde. Denn was der Kopf des Menſchen hergiebt, läßt er immer blos, wie die Fliege den Saft aus ihrem Kopfe laufen, um Futter für den Magen wieder auffangen zu können.

Allerdings hat es Philoſophen gegeben, die den Magen auf alle Weiſe herunterzumachen ſich bemühten und ihn als eine, in das reine Glas des Menſchen eingeſchoſſene, die geiſtigen Bilder ſtörende Blaſe betrachteten; allein, abgerechnet, daß das meiſt Leute ſind, die ſelbſt nicht viel in dem Magen zu ſtecken haben, und ſich ſomit gerade ſo wenig daraus machen, als einer aus dem Beutel, zu dem ihm das rechte Schlüſſel fehlt; ſo ſollten ſie auch bedenken, daß alle dieſe geiſtigen Blüten, mit denen ſie ſich doch prahlen, eigentlich nur Sprößlinge aus dem Magen ſind; gewiſſermaßen nur ſublimirte Ructus, die, ſtatt direct aus dem Schlunde hervorzukommen, erſt durch eine Menge Filtra, Gefäß- und Nervenſyſtem langſam, dort ihre groben Hüllen abſtreifen, und endlich aus dem Gehirn ohne körperliches Hemde hervorgucken.

Es iſt allerdings wahr, der Magen mag ſich nicht viel denken, aber warum ſollte er ſich auch den Kopf zerbrechen; das Gehirn iſt ja ſein Tagelöhner, der die Felder für ihn bebaut, wo ſchöne Ideen, Poeſie, Philoſophie und dergleichen fruchtreiche Pflanzen mehr wachſen, die zwar recht anſehnliche Blüthen zeigen, aber am Ende doch nur inſofern reife Früchte tragen, als ſie durch mannichfache Transſubſtantiationen in Brot, Fleiſch und Bier — Wein trägt dieſer Culturzweig ſelten aus — zu Nutz und Frommen des Magens umgewandelt werden, der dem Gehirn dafür ſeine tägliche Gage zukommen läßt. Wenn nun letzteres ſich noch (wie man zu ſagen pflegt) große Roſinen in ſeinem Dachkämmerchen gegen den Magen herausnehmen will, ſo iſt das gerade ſo viel, als wenn ein hungriger Phantaſt im oberſten Stock dem Bewohner der unterſten Etage glaubt, über die Schüſſeln wegſehen zu können, weil er ihm über den Kopf wegſieht, und dennoch froh iſt, den Gnadentiſch bei ihm zu genießen.

Hunger iſt der beſte Koch; wir verdanken ihm unſre ſublimirteſten, feinſten, geiſtigſten Genüſſe; er iſt die Peitſche, mit der der Magen den Geiſt zur

Arbeit treibt, der, wenn dieſe einmal ruht, gleich zum Einſchlafen einherſchleicht, oder gar wirklich einſchläft. Ein hungriger Menſch iſt zu Allem fähig, ein ſatter zu gar nichts; denn jener wendet Alles an, den Zweck ſeines Daſeyns zu erreichen; dieſer hat ihn erreicht; daher ſagt auch ein berühmter Naturphiloſoph geradezu: hungern iſt denken, doch wohl aus keinem andern Grunde, als weil das erſte das letzte allemal bedingt.

Unſre ganze Cultur iſt eigentlich blos ein Produkt der Thätigkeit des Magens; er iſt ein Ei, aus dem ſich allmählig alle Künſte und Wiſſenſchaften entfaltet haben; wenn der Magen ſich blind endigte, ſo daß nichts durch ihn hindurchpaſſiren könnte, ſo wäre es um alles Fortſchreiten der Cultur geſchehen, hätte man ſich einmal vollgefüllt, nun ſo hörte alles Studium auf, und die Welt lebte in einem traurigen Farniente fort; ſo aber nimmt der Magen das, was ihm geboten wird, immer nur auf eine Weile freundlich hin; dann aber ſagt er: geht mir mit eurem Kothe; er wirft ihn zur Hinterthür hinaus und will etwas anders, und wo möglich etwas beſſers, und ſo wird der Menſch, um ihn zu befriedigen, immer wieder zu neuer Thätigkeit angeregt. Der Dichter, der ſich mit einer Ode an die Unſterblichkeit das Butterbrot geſchmiert hat, muß, um dem Magen die Suppe zu reichen, ſchon wieder den Geiſt anzapfen, damit er einige Ideen über Liebe und Freundſchaft oder dergleichen, was gerade im Handel gut geht, hergebe; mancher wird vielleicht, um beſſere Biſſen zu haben, auch beſſere Gedichte zu machen ſuchen; ja mancher, wenn er ſeinen Magen durch ſonſt nichts zu füllen weiß, aus Mangel an Talenten, zum Dichter werden durch die Anmahnungen ſeines Magens, und ein Aehnliches ließe ſich hinſichtlich des Mageneinfluſſes auf die übrigen Künſte behaupten. Man ſollte deßhalb auch lieber ſtatt der neun Muſen neun Magen hinmalen und als Attribute derſelben die appetitlichſten Speiſen aus allen Naturreichen, bei deren Anblick jedem, der ſich auf eine Kunſt legte, das Waſſer im Munde zuſammenlaufen müßte, wo er ſich dann, um den Appetit danach befriedigen zu können, zu den größten Kunſtanſtrengungen aufgelegt fühlen würde; dahingegen man bei den Muſen, wie ſie jetzt gemalt werden, Attribute ſieht, wie die Lyra und andre künſtleriſche Inſtrumente, die zwar zur Unterhaltung bei einer wohlbeſetzten Tafel als Nebenſtücke recht wohl beitragen können, keinesweges aber durch Aufregung des Strebens nach ihrem Beſitz ein lebhaftes Feuer der Phantaſie hervorzubringen vermögend ſeyn werden. Legt doch einem Poetaſter auf einen Teller das herrlichſte Gedicht, auf den andern ein fettes Sardellenſemmelchen; er wird gewiß nach dem erſten greifen — um ſich die fettiggewordenen Finger daran abzuwiſchen. Ja die meiſten läßt das ſchönſte Gedicht kalt, wen aber erwärmt nicht ſchon der Gedanke an eine warme Suppe? — Die Alten ließen ſich bei ihren Mahlzeiten Vorleſungen halten, welches von großer Humanität derſelben zeigt, da ſie mit dem Herrn, dem Magen, zugleich den Diener, das Gehirn ſpeiſen ließen, obwohl nur einem Sklaven die Fütterung des letztern übertragen war; wir ſcheinen umgekehrt bei Vorleſungen durch häufiges ſehnſüchtiges Mundöffnen das Verlangen nach Speiſung des Magens erkennen geben zu wollen. Ganz gute Verſe werden häufig genug als Emballage für noch beſſern Käſe, der dem Magen beſtimmt iſt, gebraucht, aber umgekehrt iſt noch kein Käſe als Emballage eines Gedichts gebraucht worden, weil man nie das Edlere zur Hülle des Unedlern herabwürdigen darf.

Das Mittagsbrot iſt das Centrum des Lebens, wie des Tages, nach dem alle Radien unſrer Lebensthätigkeit hinlaufen, in dem ſie zur Ruhe kommen, und von dem ſie umgekehrt wieder auslaufen. Die Zwiſchenzeit zwiſchen Frühſtück, Mittagsbrot und Abendeſſen hätte für den Menſchen wegfallen können, wenn er nicht darin wieder hungrig werden müßte; das ſeligſte Weſen wäre ein unendlicher Magen, der nie voll würde, der ewig eſſen könnte; unter uns endlichen unvollkommenen Weſen können freilich nur wenige dieſe Seligkeit annäherungsweiſe erreichen; wir brauchten nichts zu ſeyn, als ein Sack, durch den zum andern Oehre hinaus, was zum einen hineingienge, aber das unterſcheidet und erhebt uns über Polypen, die nicht viel mehr als ſolche Säcke ſind, daß wir ringsum mit weit künſtlichern mannigfaltigern Fangarmen für den Magen beſetzt ſind, als dieſe, von welchen Fangarmen der Geiſt der geſchickteſte iſt, der, indem er gar nicht thut, als ginge er auf Raub für den Magen aus, denſelben am beſten beſchleicht.

Der Magen iſt das A und O der Schöpfung; die niederſten Thiere, Infuſorien, ſind nichts als Magen; die höchſten, die ohnehin nach neuern Entdeckungen blos Infuſorienconcretionen ſind, ſind es nur potenzirt, oder es ſind Verwicklungen verſchiedengearteter Mägen, von denen die einen Luft, die andern Töne, die dritten Licht, die vierten ſonſt etwas freſſen, alle aber vom Hauptmagen, wie von einer Hauptſtadt aus, ihre Funktionen erſt zugetheilt erhalten haben. Der Menſch, ſo wie er in die Welt tritt, will eſſen, und wird gegeſſen, wenn er aus ihr tritt; überhaupt exiſtirt Nichts als ein allgemeines Freſſen in und durch die Welt. Die ganze Welt iſt ein Magen, der an ſich ſelbſt verdaut, und durch das Verdauen ſich ſelbſt auch wieder nährt, und ſeine Nahrungsſtoffe ſind auch wieder Magen, die da verdauen, während ſie verdaut werden. Das Mineral frißt ſich ſatt am Sauerſtoff der Luft und am Waſſer, es iſt bis in ſein innerſtes Atom Magen; hat es ſich aber einmal ſatt gegeſſen, ſo weiß es nichts mehr zu thun und bleibt todt liegen, während es unter der Mahlzeit begeiſtert Licht und Wärme zu ſprühen vermag, was unſre obige Behauptung beſtätigt, daß alle Thätigkeit nur auf Verdauungsthätigkeit beruht, und daß Hunger die Weltſeele iſt, mit deren Erſterben die Welt ſelbſt ein ſatter Stein daliegen würde. Die Pflanze frißt wieder den Stein und die Luft und das Waſſer dazu und ſperrt auch einen Mund für das Licht auf; aber die äußre Natur verſchenkt nicht willig ſo viel auf einmal aus ihrer eignen Vorrathskammer und zapft's der Pflanze durch hundert Poren wieder ab, und das ganze Leben der Pflanze iſt im Grunde blos ein Zank derſelben ums tägliche Brot mit der Natur; das Thier frißt wieder die Pflanze und der Menſch das Thier; doch im Grunde das Alles auch umgekehrt; und ſo gut man ſagen kann, die Pflanzen habe der Schöpfer blos als Gemüſe für Thier- und Menſchenmagen hingeſtellt, läßt ſich auch durchführen, die Menſchen und Thiere ſeyen blos Stoffconvolute, die durch den Lebensproceß gehörig aufgelockert und präparirt werden ſollen, um nach dem Tode durch die Fäulniß ihren höchſten und letzten Zweck zu erfüllen,

z. B. zu Düngerhaufen oder fetten Schüſſeln für die Pflanzen zu werden.

Selbſt darin können wir einen Beweis für die Vollkommenheit des Magens finden, daß faſt alle Krankheiten aus ihm oder ſeinen nächſten Umgebungen herrühren, was dem erſten Anſchein nach widerſinnig erſcheint; allein es iſt ſehr natürlich, daß das geringſte Leiden eines edlen Organs in unſerm Körper weit auffallender nachtheilig auf unſern ganzen übrigen Organismus einwirken müſſe, als das eines niedern, daher ſehen wir denn auch, wie dem Menſchen im Kopfe manchmal alle Gedanken unter einander geſchüttelt ſind, die Phantaſie eine Metaſtaſe nach dem Verſtande oder der Vernunft gemacht hat, kurz die tollſten Dinge ſich in unſrer Seelenkapſel ereignen, ohne daß der übrige Körper nur die geringſte Notiz davon zu nehmen ſcheint; es gehört zwar auch zu den Functionen des Körpers, Gedanken aus den Stoffen zu ſecerniren, die die Anſchauung darbietet, und man könnte daher theoretiſch meinen, daß der Körper leiden müßte, wenn das Gehirn dieſer ſeiner Abſonderungsfunction nicht gehörig vorſtände; allein es gibt ja in unſerm Körper mehrere Organe, deren Verrichtungen ſich ſehr leicht von andern übertragen laſſen, wenn ſie in ihnen ſelbſt nicht gehörig vor ſich gehn; ſo auch die Verrichtungen des Gehirns. Wenn der Menſch nicht im rechten Maße denkt, nun ſo geht er vielleicht dafür einmal öfter zu Stuhle, oder ſchwitzt etwas mehr, oder verliert einmal Blut aus der Naſe, oder was weiß ich's, und hierdurch wird der Nutzen vollkommen erſetzt, den das Denken für den Organismus haben ſollte. Das geht nicht ſo mit den Verrichtungen des Magens, dieſe können nicht auf den erſten beſten übergeworfen werden, nur er ſelbſt weiß ihnen vorzuſtehn. Befindet ſich daher der Magen ſchlecht, ſo iſt gleich der ganze Organismus im Allarm und gleich für ihn und ſich beſorgt; die Zunge wickelt ſich voll bittrer Empfindungen in einen weißen Mantel und verſchmäht ſelbſt den zuckerſüßeſten Troſt, der Kopf erleichtert nach Kräften dem Magen ſein Leiden, nimmt die Schmerzen und den Schwindel über ſich, und entſchlägt ſich jeder anderweiten Gedanken; das Blut läuft ängſtlich hin und und her, der ganze Menſch geräth in einen trübſeligen Zuſtand.

Man könnte vielleicht in der Liebe einen Aufflug nach dem Höhern zu finden glauben, ohne daß man den Magen als Luftballon dazu brauchte, allein genauer betrachtet, iſt die Liebe doch nichts, als eine Entwickelungskrankheit des Menſchen für ſein Jünglingsalter, wie das Zahnen für das Kindesalter, die ſich durch Phantaſieen, welche häufig Abends bei Mondſchein exacerbiren, kund gibt, und am ſicherſten homöopathiſch durch das Mittel geheilt wird, wodurch ſie zunächſt erregt worden war. Phyſiologiſch kann auch wohl die Liebe in der That zu weiter nichts dienen, als die größere Fettabſondrung des Menſchen vorzubereiten, da der Magen, wenn er älter wird, doch nicht mehr auf Haut und Knochen aufliegen will; denn in der That fängt das Fett an reichlicher anzuſchießen, ſo wie die Zeit der Liebe vorbei iſt, die wohl nur eine zur Abſcheidung dieſes Stoffes nöthige Gährung im Menſchen vermittelt, und daher bei ſolchen, die ſchon von Natur viel Anlage zum Fettwerden haben, gewöhnlich nur in ſchwachem Grade auftritt.

Daß übrigens der Magen, wenn er ſonſt Luſt hat, das gelehrteſte, geiſtreichſte, philoſophiſchſte, poetiſchſte, religiöſeſte u. ſ. w. u. ſ. w. Weſen ſeyn könne, welches exiſtirt, nun das wiſſen wir ja alle ſeit Mesmers Zeiten. Fliegt nicht der Magen der Somnambüle in Regionen herum, die hinter den Bretern liegen, mit denen der Verſtand die Welt zuletzt vernagelt ſieht, und fliegt kühn über die Berge, an denen dieſer ſtehen blieb; ſieht, hört, riecht, fühlt und ſchmeckt der Magen nicht, als wenn er von Jugend auf nichts weiter getrieben hätte, und beſſer als die Sinne, deren Profeſſion es iſt? ein ſolches Genie iſt der Magen.

Drum, o Magen, König und Vater und Erhalter des Leibes, ſey mir geprieſen: aus deiner reichen

Quelle ſchöpft Alles, was in unſerm Organismus kreucht und läuft und wächſt und gedeihet; du theileſt mit gerechter Hand deine Gaben aus, daß jegliches Glied nach ſeiner Arbeit und ſeinem Bedürfniß zur Genüge erhalte; du wirkeſt im Verborgnen, aber die Schöpfung deiner Hände liegt herrlich zu Tage; was in und an uns iſt, iſt von dir, ja ſelbſt unſer Geiſt mit allen ſeinen Gedanken und Phantaſieen und Träumen iſt nur ein Spiegelbild deiner Herrlichkeit, der dein Thun in ſeinem Kreiſe nachzuahmen ſich mühet. Möge er nie vergeſſen, was er dir ſchuldig iſt, und ſein Dichten und Trachten deinem Dienſte weihen.

Aber das Grab iſt nicht tief; es iſt der leuchtende Fußtritt eines Engels, der uns ſucht.

Jean Paul.

Unſre wahre Liebe gegen den Menſchen geht oft dann erſt an, wenn er von uns gegangen iſt, und zwei innig verwachſene Herzen fühlen's oft nicht eher, wie eng ſie verbunden waren, bis der Tod ſie von einander riß, und das zurückgebliebene es nun am Schmerz und dem langen Nachbluten ſeiner Wunde erkennt. Oft ſtirbt mit dem Menſchen der Haß gegen ihn, aber nimmer die Liebe. Wie das Goldkorn nur erſt glänzt, wenn die träge Schlacke von ihm gefallen, ſo ſteht auch der Menſch nur dann erſt verklärt vor unſern Augen da, wenn er ſeine Schlacke, den Körper, abgeſtreiſt hat, und glänzend erblicken wir in der Nacht des Todes an ihm die Sternbilder, die wir an ſeinem Lebenstage überſahen und verkannten. Die Blüte des Nachruhms iſt eine Pflanze, die zwar im Leben des Menſchen wurzelt, aber nicht eher an das Licht tritt, bis er ſelbſt in die Finſterniß gegangen. Erſt aus ſeiner Aſche treibt ſie prachtvoll hervor und pflanzt ſich dann durch tauſendfältigen Saamen von Geſchlechtern zu Geſchlechtern fort. Bevor der Menſch nicht geſtorben iſt, wird er ſeiner Unſterblichkeit nicht gewiß; kein Sterblicher trat in die Götterverſammlung des Olympus, ehe er den Weg zum Hades gewandelt; die Pfeile der Mißgunſt und Verläumdung hören nicht eher auf, ihn zu verwunden, bis er im Waſſer des Styx gebadet.

Aber ſage: was hilft es uns denn, wenn uns auch der Weihrauch des Nachruhms noch auf Hunderte von Jahren zur endlich doch zerfallenden Mumie einbalſamirt? wie es der Blume nichts hilft, wenn ihre Wohlgerüche noch eine Weile dauern, nachdem ſie ſelbſt gewelkt iſt; wie es der Saite nichts hilft, wenn der Ton, an deſſen Gewalt ſie zerſprang, auch noch lange nachhallt; ſie wird fortgeriſſen von dem Inſtrumente und wird keine Melodieen wieder tönen. Die Parze durchſchneidet mit dem Lebensfaden auch zugleich die Nervenfäden, die uns empfindend und fühlend mit der übrigen Natur verknüpfen. Wohl thun uns die Dornen weh, die unſer Herz im Leben verwunden; aber, wenn wir uns nun langſam an den Wunden verblutet haben, wiſſen wir nichts mehr von den Roſen, die man uns noch über das Grab pflanzt. Wohl brennen die Thränen oft heiß, die der Lebende ſo häufig dem Lebenden entlockt; aber von den Thränen, die man dann auf unſer Grab weint, dringt keine durch die ſtarre Eisrinde, die der Tod um unſer Herz gelegt, und ſagt uns, daß uns jemand noch liebt. Wenn dem Edlen, der im Leben vielleicht öfters nicht wußte, wo er ſein Haupt hinlegen ſollte, der Ruhm nach ſeinem Tode noch prächtige Tempel baut, was hat er davon, als daß andre darin wandeln, und ſich ihrer Herrlichkeit freuen, ihm ſelbſt bleibt doch nur die kleine finſtre Kammer des Todes.

Sollen wir denn nicht klagen, wenn wir ſehen, wie der Tod bei ſeiner Sammlung von Erdenblüten nur zu oft nach den ſchönſten Exemplaren am erſten greift, und eben dadurch die Erde um den beſten Samen bringt, den dieſe hätten ausſtreuen können? wenn wir ſehen, wie alles Schöne, Erhabne dem Abgrund zueilt, von dem keine Fußtapfen zurückführen, der Jahrtauſende verſchlungen hat, und nur Augenblicke wiedergebiert? Der Tod geht umher, mit fürchterlicher Ruhe; er rührt mit ſeinem Eiſesfinger an das warme Herz des Jünglings, und es erſtarrt mit allen ſeinen Wünſchen und Hoffnungen und Träumen und ſein Engel geht weinend fort und löſcht die Fackel; er aber wirft den blaſſen Leichnam ruhig auf den Acker, von dem kein Same wieder aufgeht, und wandelt weiter, und nimmt das blühende Kind aus der Mutter Armen, die verzweifelnd den letzten Kuß auf die blaſſen Lippen drückt; die Welle hat es kaum aus dem Meere der Unendlichkeit heraufgeſpült an die bunten glänzenden Geſtade des

Lebens, ſo wirft er es zurück in den Abgrund der Vernichtung und der ewigen Nacht, aus dem es nimmer wieder auftaucht. Seine Speiſe iſt Verweſung und ſein Trank die Thränen troſtloſer Mütter und Bräute. In den Morgenhimmel unſrer Hoffnung wirft er ſeinen langen ſchwarzen Schatten, der immerfort zunimmt, und zuletzt ſelbſt uns die Sonne und die leuchtenden Sterne verhüllt; als drohendes Geſpenſt ſteht er vor dem gehofften Paradieſe eines beſſern Lebens, ſo daß wir ſchaudern, ſeiner Thür zu nahen; und wer ſagt es uns denn auch, daß das dunkle Thor in einen ewigen ſonnenhellen Luſtgarten führe, und daß der ſchwarze Engel der Vernichtung der Thürhüter einer Wohnung von Engeln des Lichts und von Seligen ſey?

Wenn der Roſengarten unſrer Lippen und Wangen entblättert iſt; wenn das verwelkte Auge nicht mehr nach Lichte durſtet, und der Lichtſtrahl, der hineinfällt, keinem Gedanken mehr begegnet, der ihn faßte, und zur innerſten Seele trüge; wenn im Ohre, dem kleinen Reſonanzboden des Alls, kein Ton mehr eine verwandte Saite findet, die er rühren könnte; wenn die Glut des Lebens die Adern nicht mehr zum Pulſe ſchwellt, und ſeine Ebbe und Fluth nun ſtockt, weil ihm die Geſtirne des Leibes erloſchen ſind, wenn kein Weinen und kein Lächeln der Geliebten mehr auf dem erblaßten Geſichte die verwandte

Regung hervorruft, ſind uns dann nicht alle Flügel genommen, die uns, ſelbſt nur verpuppten Staub, über den Staub empor trugen, und rächt ſich dann nicht fürchterlich an uns das Irdiſche, das wir, ſelbſt nur ſeine freigelaſſenen Kinder, die eine Weile auf einer bunten Inſel ſpielen durften, zu beherrſchen wähnten, indem es uns mit ſeinen gewaltigen Armen wieder umklammert und zermalmt?

Doch ſtille! was zagſt du und zweifelſt? Warum bleibſt du bei der Nacht ſtehn, die nach dem Tage folgt; es kommt auch wieder ein Morgen nach der Nacht. Halte nur einen Stern feſt, wenn du am finſtern Acheron ſtehſt, und kein Ufer jenſeits ſiehſt, zu dem dich dein Schiff tragen könnte, den Stern des Glaubens; ſicher erreichſt du dann Edens Gefilde, wo Pſyche ſchönere Flügel erhält, die ihr nimmer wieder geraubt werden.

Entſtehung des Thaues.

Flora ſchuf die Blume, kleidete ſie in ein Gewand, in den glänzenden Regenbogen getaucht, gab ihr ätheriſches Licht zu trinken, legte ſie der großen Allmutter in den Schooß, und ſagte: laß mein Kind nicht darben! Die Blume fühlte die Seligkeit des Daſeyns, und ſenkte das zarte Haupt zur Erde nieder, als ſänne ſie, welchen Dank ſie ihrer Schöpferin geben könnte. Und wie nun Chloris ſich noch über ſie hinbeugte, wohlgefällig die zarte Geſtalt betrachtend und ſich der eignen Schöpfung freuend, ſiehe, da hob die Blume ihr Haupt, breitete den heitern Kelch aus, und zur Göttin drangen ſüße Wohlgerüche auf, die die Blume ihr, ein Opfer, entgegenduftete; denn ſie hatte dieſelben heimlich aus dem klaren Lichte, das ihr Chloris zu trinken gereicht, und den reinſten Säften, die ihr die Erde geſchenkt, zubereitet. Die Göttin aber verſtand die dankende Sprache des Blümleins und das Herz im Innern ward ihr bewegt, und eine helle Freudenthräne fiel aus ihren Augen auf die bluhenden Blätter. Die ſchloß die Blume in ihren Kelch ein, und noch jetzt bewahrt ſie ſie gleich einer Perle, mit der ſie ſich jeden neuen Morgen ſchmückt; denn aus der Wonnethräne ward der ſegensreiche Thau.

Ueber die Claſſification der Weiber.

Ein Paſquill.

Nach neuern gelehrten Unterſuchungen ſcheint der Menſch weiter nichts zu ſeyn, als eine künſtliche Paſtete, die der große Koch der Natur, als ſein Meiſterſtück, aus dem Fleiſch aller andern Thiere ſo zuſammenbuk, daß man keins vorſchmeckt; nur beim Weibe iſt ihm dieß weniger gelungen; denn ein feiner Kenner kann da manche Theile noch recht gut herausſchmecken, z. B. Taubenaugen und Schlangenherzen, Elſterzungen, Katzenblut u. ſ. w. Man iſt daher auch noch in Streit, ob man das Weib wirklich in aller Form zum Menſchengeſchlechte zu rechnen habe, und im vorigen Jahrhunderte wurde eine eigne Diſſertation darüber öffentlich vertheidigt, worin das Gegentheil aus der Bibel bewieſen war. Die Frage iſt unſtreitig von Wichtigkeit, da es doch dem Menſchen nicht gleichgültig ſeyn kann, ob er ein wirkliches, wenn auch (z. B. nach Okens Naturphiloſophie §. 2375.) etwas mißrathenes menſchliches Geſchöpf neben ſich habe, oder vielleicht blos ein etwas pretentiöſes, unartiges Hausthier, das ihm zu ſeiner Oekonomie freilich unentbehrlich iſt, und das er nur deßhalb nicht maltraitiren darf, weil es wegen zu ſchwacher Conſtitution nicht viel verträgt, und leicht in eine Art diabetes lacrymalis verfällt; obſchon, wenn man den Bau des Weibes in Erwägung zieht, man beinahe teleologiſch zu ſchließen gezwungen iſt, der Mann ſey beſtimmt, zu ſchlagen, und das Weib, ſich dabei paſſiv zu erhalten, da ja in jenem offenbar Knochen- und Muskelſubſtanz die Werkzeuge dieſer Kraftäußerung, in dieſem aber das Fettpolſter, um ein Uebermaß derſelben unſchädlich zu machen, überwiegt; und im Grunde findet ſich ja auch dieß Verhältniß bei allen Völkern, die noch den Stempel der Natürlichkeit tragen, in praxi ausgeſprochen.

In der That kann uns hier Sprach- und Völkergeſchichte ſchon ſehr belehrende Fingerzeige geben. Faſt in allen Sprachen finden ſich Spuren, daß das Prädikat Menſch mit Beſtimmtheit bisher nur dem Manne zuerkannt wurde. Ich brauche nur auf die Franzöſiſche zu verweiſen, wo man ſogar für Mann kein andres Wort als homme hat, was doch ohne Zweifel andeutet, daß man dieſen vorzugsweiſe für einen Menſchen gehalten; hätte man ſich vor einem Mißverſtändniſſe gefürchtet, ſo würde ſich gewiß leicht noch ein beſondrer Ausdruck für Mann haben finden laſſen. Auch im Deutſchen, wo man Menſch allerdings für beide Geſchlechter braucht, ſchien man doch unbewußt die Nothwendigkeit zu fühlen, das Weib vom wahren Menſchen, dem Manne zu ſondern, und unterſchied es alſo dadurch, daß man hier dem Worte Menſch, den Artikel das vorſetzt. Dieſe Andeutungen, die noch andere Sprachen treffen, ſind ſchon von Wichtigkeit, da der Sprachgenius die erſten natürlichen Ideen der Menſchheit immer am reinſten aufbewahrt. Jedoch mehr noch als dieß, beweiſt die That ſelbſt, welche enorme Kluft man von jeher zwiſchen Menſchen und Weibern geſetzt dachte und noch denkt. Von unzähligen will ich nur wenig Belege anführen. Bei den Indianern in Guiana muß die Frau dem Manne, wenn er auf die Jagd geht, die Hunde nachtragen, damit das arme Vieh nicht müde wird; und wenn ſie noch jung ſind, ſo muß ſie ihnen auch unterwegs die Bruſt geben. — In Loango darf die Frau nicht anders als knieend mit dem Manne reden. — In Perſien ſind die Damen von der Poeſie ausgeſchloſſen. Die Perſer ſagen: wenn die Henne krähen will, ſo muß man ihr die Kehle abſchneiden. — Bei den Samojeden dürfen die Weiber nicht allein nicht am Tiſche mit dem Manne eſſen, ſondern er ſpricht, einige zärtliche Abende ausgenommen, nicht einmal mit ihnen, ſondern läßt ſich Alles an den Augen abſehen. — In der ſüdlichen Hälfte von Afrika halten viel Häupter und Fürſten ganze Scharen von jungen Mädchen, wie von Lämmern, Kühen und andern Thieren, und laſſen alle Tage einige für ihre

Tafel ſchlachten. — Wenn bei einigen morgenländiſchen Völkern jemand gezwungen wird, ſeiner Frau oder Tochter zu erwähnen, ſo ſetzt er allemal mit Erlaubniß, oder eine andere Entſchuldigungsformel hinzu, wie wir bei Gegenſtänden, von denen man nicht gern ſpricht. — Die Rabbiner ſagen: Gott ſchuf den Adam Anfangs mit einem langen Schwanze; als er ihn aber nachher aufmerkſam betrachtete, dünkte ihm, derſelbe würde ohne den Schwanz hübſcher ſeyn. Weil er aber doch von ſeiner Schöpfung nichts verlieren wollte, ſchnitt er den Schwanz ab, und bildete ein Weibchen daraus; und daher ſoll die niedrigere und ſchlechtere Natur des weiblichen Geſchlechts kommen.

Wie geſagt, das ſind blos Fingerzeige, wie man die Sache bisher genommen hat; eine gründlichere Unterſuchung aber, um die es uns hier zu thun iſt, der Frage, welche Stellung das Weib gegen den Menſchen einzunehmen habe, erfordert eine unmittelbare Betrachtung des Weibes ſelbſt. Hier kann man auf zwei Wegen vorſchreiten, indem man entweder von der phyſiſchen, oder von der pſychiſchen Seite des Weibes ausgeht. Nun läßt ſich aber auch die Frage aufwerfen, ob das Weib wirklich eine pſychiſche Seite habe, oder ob dieſe nicht in der That ſo unbedeutend ſey, daß ſie gar nicht in Betracht gezogen werden dürfe. Es iſt dieß keineswegs meine, als eines unparteiiſchen Verehrers des ſchönen Geſchlechts, Anſicht; indeß der Vollſtändigkeit halber kann ich doch eine, ſich hierauf beziehende, Meinung nicht übergehn; ſie iſt folgende:

Wir betrachten das Weib gewöhnlich von einer ganz falſchen Seite. Das, was wir an ihm zu beachten pflegen, iſt ja eigentlich blos der dienſtbare Puppenbalg vom eigentlichen weſentlichen Theile, nämlich dem Kleide, welches die wahre Perſönlichkeit des Weibes ausmacht. Brauchte denn ein Weib einen Kopf, wenn nicht überhaupt jede Haube einen Haubenkopf und jede Perücke einen Perückenſtock haben müßte, und ſehen wir nicht wirklich, daß dazu der weibliche Kopf ganz vortrefflich geformt iſt, eine Haube oder einen Hut immer in der gehörigen Façon und Rundung zu erhalten; und daß das Gehirn im Weibe im Grunde keine andre Verrichtung hat, als zu einer Art Watte oder Werg zur gehörigen Ausfüllung des Kopfes zu dienen, damit die Haube fein glatt daran anliege; ja daß der etwa darin ſitzende Verſtand nichts weiter ſey, als eine dienſtbare Soubrette des Kleiderenſembles, deren ganzes Geſchäft Tag und Nacht in nichts Anderm beſteht, als eben für gehörige Conſervirung und Ajuſtement der Kleider zu ſorgen; und, wenn ſie etwas anders thun ſoll, eben ſo murrt, wie eine Kammerjungfer, der man zumuthen will, die Stube zu ſcheuern, was ja auch nicht für ſie gehört. Offenbar dient ſogar das Gelenk am Halſe zu nichts anderm, als daß die Haube, wie an einem Bratſpieß, nach allen Seiten gegen den Spiegel gedreht, und ſo der Anputz derſelben daran gar gemacht werden könne. — Würde ſich denn ein Weib von Schnürleib und Schuhen ſo erbärmlich zwicken und quälen, ja ungeſund drücken laſſen, wenn ihr Leib nicht der ganz unweſentliche Theil von ihr wäre, der ſich von Rechtswegen nach dem Willen ſeines Gebieters, des Kleides, modeln muß. Nichts iſt in der That wahrſcheinlicher, als daß der Schöpfer, um das Kleid, das beim Manne ganz untergeordnet iſt, zu entſchädigen, ihm auf der andern Seite das Weib als Sklavin oder als eine Art Gliederpuppe untergeordnet habe, damit es ſich daran in ſchönen Faltenwürfen üben, und überhaupt allen ſeinen Launen daran freies Spiel laſſen dürfe, da es ja blos auf das Kleid ankommt, ob eine Frau ſpazieren, oder in die Kirche gehen, oder überhaupt ſich ſehen laſſen darf. Wir brauchen die Weiber ſelbſt nur zu beobachten; was beachtet und beneidet denn eine an der andern ſonſt als das Kleid; und fällt es irgend einmal einem Manne ein, an einer auch etwas weiter, als das Kleid betrachtenswerth zu finden, ſo pflegen ſich alle übrigen Weiber über den ſchlechten Geſchmack deſſelben zu wundern, und, indem ſie um ſo größere Sorgfalt auf ihre Kleider wenden, ſeinen Geſchmuck auf die wahrhaft weſentlichen Stücke ihres Selbſt hinzuleiten. Eine Frau legt der andern im Herzen, geſtände ſie's ſelbſt nicht öffentlich, gewiß nur dann vollen Verſtand bei, wenn ſie dieſelbe einen geſchickt und geiſtreich arrangirten Anzug tragen ſieht, daher doch offenbar die eigentliche Seele des Weibes, in wiefern davon geſprochen werden kann, im Kleide ſitzt und ihr übriger Leib nur gewiſſermaßen als ein Knochengerüſt zu betrachten iſt, an das ſich das Kleid, als der wahre Leib, das wahre Fleiſch anlegen kann. Und nur darum hat man ſicher auch gegen bloße Hälſe, Buſen und Arme der Weiber ſo geeifert, wie man aus derſelben Urſach gegen die Säulen in der Baukunſt ſich ereifert hat, die nichts zu tragen haben, obgleich ihre urſprüngliche Beſtimmung blos darin beſteht, dienſtbare Träger der Decke zu ſeyn; daher denn auch die Weiber, um gegen dieſe Regel in der Säulenordnung nicht zu verſtoßen, wo möglich an jeden Finger wenigſtens einen Reif ſtecken, damit er nur etwas zu tragen habe. Wäre das Kleid urſprünglich, a priori, wie eine Seifenblaſe geſtaltet, ſo könnte auch das ganze Weib unbeſchadet ihres Weſens kugelrund und ohne Ecken und Ausſchweifungen an ihrem ganzen Leibe ſeyn, ja ſie müßte ſo ſeyn, wenn ſie nicht für häßlich und ihrer Beſtimmung ſchlecht entſprechend, für ein monstrum per excessum, zu halten ſeyn ſollte.

Es iſt wohl nicht zu läugnen, daß dieſe Theorie, die blos einen Factor des Weibes in Erwägung zieht, ſehr einſeitig iſt, eben ſo einſeitig, als Materialismus und Idealismus für ſich in der Philoſophie, die auch nur eine Seite des Menſchen allein gelten laſſen wollen, da doch die Wahrheit in der Mitte liegt, und wie Geiſt und Leib gleiche Dignität beim Menſchen haben, eben ſo gewiß auch Leib und Kleid beim Weibe; wenn ich ſelbſt zugebe, daß letzteres die ideale, erſteres die reale Seite deſſelben ſey.

Nach Abfertigung dieſer Meinung, die ja weiter nichts als gute Fetzen am Weibe läßt, trete ich nun der Löſung meiner Aufgabe näher, und betrachte zunächſt die phyſiſche Seite; wo ich indeß nur auf ein Hauptunterſcheidungsmerkmal aufmerkſam machen will; es ließen ſich deren mehrere anführen; allein Naturforſcher verlangen zu ihrer Claſſifikation hauptſächlich phyſiſche Charactere; die ſich auf das Phyſiſche gründende Lebensart der Geſchöpfe gehört nach vielen nicht zu ihnen ſelbſt.

Ich glaube, es bedarf keiner großen Aufmerkſamkeit, um einzuſehen, daß das Weib nicht durch verſtändige Willkühr, ſondern nur durch begehrende Inſtinkte geleitet wird, oder wenigſtens daß erſtere nur ein kleiner krüppelhafter Zwerg ſey, mit dem letztere nicht viel Komplimente macht; dagegen beim Menſchen nach allen Philoſophen das umgekehrte Verhältſich Statt findet, wo der Inſtinkt gleichſam nur eine Rolle, und noch dazu eine ſehr ſchlecht riechende, des Köders und Verlockers iſt, um nützliches Wildpret damit anzulocken. In dieſem Bezug ſagen denn auch die weiſen Geſetzausleger unter den Braminen: die lüſternen Triebe des Weibes ſind ſo wenig zu erſättigen, als das Feuer mit Holz, das Weltmeer mit Strömen, oder das Reich der Todten mit ſterbenden Menſchen und Thieren. Die Ausdrücke ſind etwas ſtark, indeſſen möchte ich doch in der That keinem Manne rathen, der da weiß, wie gefährlich es öfters iſt, den Inſtinktsäußerungen ſelbſt der ſanftmüthigſten Thiere in den Weg zu treten, ſeiner Frau, die etwa nach einem ſchönen Kleide oder Shawl oder ſonſt dergleichen Verlangen bekommt, nicht zu willfahren, müßte ſie auch eben ſo wenig vernünftigen Grund anzugeben, warum ſie ein ſo ungeheures Verlangen nach einem rothen Lappen trägt, als der Truthahn, warum er ſich ſo darüber erboßt. Von dieſem Inſtinkte muß unter andern die große Kinderliebe der Weiber abgeleitet werden; denn beruhte ſie auf etwas anderm, als bei den niedern Geſchöpfen, ſo müßten die Kinder dabei vernünftiger und ihnen zuträglicher, als von dieſen, nicht aber unvernünftiger behandelt werden; eigen iſt es in der That, wie ſich dieſe Liebe auszeichnet; ſo wie nach Neuern jedes Kind ſchon in der Mutter vom erſten Keim bis zur Vollendung alle mögliche Stufen der Thierbildung durchlaufen muß, ſo glaubt auch das Weib, wenn das Kind nun als Menſch ans Licht getreten, ihm ſeine mütterliche Liebe nicht beſſer beweiſen zu können, als daß es wenigſtens in den Benennungen den ganzen Curſus noch einmal von vorn mit ihm anfängt: mein Würmchen, kleine Krabbe, i du Kröte, mein Puttchen, mein Mäuſchen, mein Möpſchen, mein Mutſchchen, mein Kälbchen, mein Lämmchen, mein Schäfchen, mein Kätzchen, mein Aeffchen! freilich wenn das Kind einmal ſo weit heraufgebildet iſt, muß dann gewöhnlich der Vater die weitere Fortbildung durch die größeren Racen übernehmen; wo dann noch Schöps, Schwein, Maulaffe, Pavian, Eſel, Pferd, Ochſe, Büffel oder die ganze Sippe Rindvieh auf einmal durchzumachen ſind; und da mag es denn wohl kommen, wie die meiſten Mißgeburten daher entſtehen, daß ein Kind in der Mutter hinſichtlich eines Theils auf einer Thierſtufe ſtehen bleibt, die blos ein Durchgangspunkt für daſſelbe ſeyn ſollte; ſo auch nach der Geburt die moraliſchen Mißgeburten daher entſtehen, daß ein Kind nicht über eine der Stufen, die es die Aeltern durchlaufen ließen, herauskam. Wie es nun aber dem Kinde, wenn es noch auf der Stufe des Würmchens ſteht, aus großer Liebe der Mutter ergeht, iſt wirklich ein kläglicher Anblick. Mit einem Zulpe zugeſtöpfelt, und in ein Zwangshabit gepreßt, damit es ſich als Puppe handthieren und zum Vergnügen der Mutter hätſcheln laſſe! Man glaubt zwar gemeinhin„ daß die kleinen Mädchen die Art, wie ſie ihre Puppen wickeln, dolen und büſchen, von der Behandlungsart kleiner Kinder, die der Storch bringt, ablernen; allein ich glaube umgekehrt, daß die Puppen eher ſo behandelt worden ſind, wie die kleinen Kinder, und daß die Mütter die Behandlungsart, die ſie früher für ihre Puppen paſſend fanden, nachher nur auf die ihrer lebendigen Puppen übergetragen haben.

Ich komme indeß nun auf die Hauptmerkmale, welche die Conſtitution des Weibes zunächſt angehen und die der Sache den Ausſchlag geben müſſen.

Hier iſt nun zuvörderſt zu erwähnen der lange Schwanz am Hinterkopfe, von dem ſich bei keiner Thierklaſſe etwas Aehnliches findet, und der hier deßwegen ſo hoch hinaufgerückt erſcheint, damit er bei der enormen Länge, die er manchmal erreicht, und dem Mangel an Muskelfibern, die ihn aufrecht erhalten könnten, nicht im Kothe nachſchleppe, eine Vorſicht, die mir übrigens unnöthig erſcheint, da die Weiber dieß ohnehin durch eine künſtliche Art Weichſelzopf, in die ſie die Schwanzhaare verwirren, zu verhindern wiſſen, und ſomit würde meines Bedünkens der Schwanz auch bei ihnen, wie bei den übrigen Thiergattungen ſeinen Platz an der gewöhnlichen

Stelle weit paſſender gefunden zu haben; doch wer vermag die Werke des Schöpfers zu meiſtern! Wie übrigens bei dem Pferde der Schwanz Schweif genannt wird, bei dem Wildpret die Blume u. ſ. f., ſo hat man auch hier dem Schwanze einen eigenthümlichen Namen gegeben, Zopf.

Weiter iſt hierher zu rechnen die ganz eigenthümliche Funktion der Thränenwege bei den Weibern. Ihrem Produkte nach ſollte man auf eine ungeheure Größe derſelben ſchließen, und den Thränenſack, der dieß Produkt aufzunehmen beſtimmt iſt, für wenigſtens eben ſo groß halten, als eine andre Blaſe ähnlicher Funktion; indeß die häufige Ausleerung dieſer Flüſſigkeit macht eine ſolche Weite unnöthig. Ueberhaupt ſcheinen die Thränenwege eine ganz andre Bedeutung bei den Weibern zu haben, als bei den Männern. Wie nämlich die Füchſe, Kröten und mehrere andre Thiere gegen ihre Verfolger gewiſſe Feuchtigkeiten ausſpritzen, die in eignen Organen abgeſondert werden, ſo ſcheinen bei den Weibern die Thränenorgane die Abſonderung einer ſolchen Flüſſigkeit zu übernehmen, die ſie, wenn ſie in Angſt oder in Gefahren gerathen, in großer Quantität fahren laſſen, um ſich damit ihre Verfolger vom Halſe zu halten, was ihnen denn allerdings auch häufig gelingt. Deßwegen hat ihnen denn auch die gütige Natur das Vermögen gegeben, die Abſonderung dieſer für ſie ſo unentbehrlichen Feuchtigkeit nach Willkür zu vermehren und einzuſchränken; ein Vermögen, welches mit ſeltnen Ausnahmen den Männern ganz abgeht. Ich thue bei dieſer Gelegenheit einen Vorſchlag, der von Ländern, wo es an Salzbergwerken mangelt, gewiß beherzigt zu werden verdient. Es iſt bekannt, daß Thränen eine ziemliche Quantität Kochſalz enthalten; warum benutzt man alſo nicht die Thränenſäcke der Weiber zu Gewinnung deſſelben, da ſie gewiß ergiebigere und perennirendere Quellen darſtellen würden, als man ſonſt nur irgends fin[illegible] kann, und die Kunſt, ſie noch ergiebiger zu mache[illegible] dürfte in der That auch nicht ſo ſchwer fallen. Dadurch, daß man hier einem Schoßhündchen auf den Schwanz träte, könnte man ſchon ſo viel Salz gewinnen, um ein Stück Butter zu ſalzen; dort könnte ein verſagter Ball wenigſtens ein Tönnchen Heringe ſalzen und ein ungetreuer Liebhaber hielte gar eine ganze Haushaltung auf ein paar Jahre mit Salz frei. Somit würde auch der Ausdruck: ſein Brot mit Thränen eſſen, an Bedeutung gewinnen, indem es ſo viel hieße, als es blos mit Salz eſſen, was ſich ohnehin häufig bedingt. Bevor ich dieſes thränenreiche Kapitel ſchließe, muß ich noch recht inſtändig alle Weiber bitten, denen an Erhaltung ihrer Geſundheit gelegen iſt. ja recht ſorgfältig auf die Offenhaltung ihrer Thränenwege Acht zu geben, indem ich überzeugt bin, daß eine Verſtopfung derſelben keine andere Folge, als allgemeine Waſſerſucht haben könnte, die in der Zurückhaltung einer ſolchen Menge von Feuchtigkeiten ihre ſehr natürliche Erklärung fände. Ich mache junge Aerzte auf dieſe, bis jetzt noch zu wenig beachtete, Urſache der weiblichen Waſſerſucht aufmerkſam, die zugleich erklärt, warum die Waſſerſuchten im Allgemeinen häufiger bei dem weiblichen als bei dem männlichen Geſchlechte ſind.

So wie nun auf der einen Seite die hohe Ausbildung des Thränenorgans das Weib vom Manne unterſcheidet, ſo ſondert es ſich auf der andern Seite von demſelben eben ſo ſehr durch die außerordentlich hervorgehobene Funktion des Zwerchfells und durch eine wahre Virtuoſität in der muſikaliſchen Bearbeitung dieſes Inſtruments ab, zu der es der Mann nie bringt. Das berühmte Kunſtſtück jenes alten Malers, der in einem Nu aus einem weinenden Geſichte ein lachendes machte, wiederholen die Weiber ohne ſonderliche Mühe an einem Tage wohl zwanzig mal, und wenn wir am Himmel ſo häufig plötzliche Wetterveränderungen bemerken, ohne nur im entfernteſten die Urſache davon zu ahnen, können wir auch wohl in dem Geſichte der Weiber einen Abglanz des Himmels finden, da hier im Kleinen ganz daſſelbe, was dort im Großen vor ſich geht. Jetzt gießt ein ganzer Thränenſtrom über das mit finſtern Wolken bedeckte

Geſicht herab, den Augenblick darauf bricht die Sonne mit einem freundlichen Lächeln durch die Wolken, und wiederum, ehe es ſich der Beobachter verſieht, überſchüttet ihn ein Hagelwetter mit Donner und Sturmwind und kein Barometer zeigt dieſe Veränderungen im Voraus an.

Es ſcheint übrigens bei den Weibern das Lachen noch einen ganz beſonders wohlthätigen, freilich bis jetzt unerklärten, Einfluß auf die Conſervirung der Zähne zu äußern, indem man ohne Ausnahme findet, daß, je mehr ein Frauenzimmer lacht, deſto ſchöner, weißer, regelmäßiger ſind ihre Zahnreihen gebaut, dagegen ſolche, die den Mund nie zum Lachen aufthun, gewöhnlich ſchwarze, oder gar keine Zähne haben; daher man letztern nicht genug anrathen kann, den Mund ja ſo oft und ſo weit als möglich zum Lachen aufzuthun, um hierdurch ihrem Uebel abzuhelfen, und nur dann möchte ich den Weibern überhaupt das Lachen nicht empfehlen, wenn ſie junge unerfahrne Hausärzte haben, die dadurch leicht zu einem ſehr gefährlichen Irrthum verleitet werden könnten; denn da ein jeder junge Arzt in ſeinem pathologiſchen Compendium geleſen haben wird, daß ein unwillkürliches Lachen Entzündung des Zwerchfells oder anderer ſehr ſenſibler Organe bedeute, ſo iſt ja nichts leichter, wenn er bei den Weibern ein ſolches Lachen, von dem er ſich keine Urſach denken kann, bemerkt, als daß er glaubt, eine ſolche Krankheit ſey auch hier im Spiele und daher der armen Frau Salpeter und Aderläſſe verordnet, die doch hier von gar keinem Nutzen ſeyn können. Es giebt wirklich keinen gröbern Irrthum, als wenn man meint, die Weiber könnten nur bei ſolchen Gelegenheiten lachen, wo es die Männer zu thun pflegen, da doch der gewöhnlichſte Grund ihres Lachens blos der iſt, weil ſie gerade nicht Luſt zum Weinen haben, und noch weniger fähig ſind, ihre Geſichtsmuskeln auch nur einen Augenblick in feſter Ruhe zu erhalten. Eben dieſe Beweglichkeit ihrer Geſichtsmuskeln giebt wiederum ein neues Unterſcheidungszeichen von uns, den Männern, und zwar iſt dieſelbe ganz vorzüglich am weiblichen Munde bemerkenswerth, den man, da nach der Naturphiloſophie jedes Unorganiſche im Organiſchen ſein Analogon findet, ſehr füglich für das Analogon eines Uhren- oder Mühlrads halten kann, da er eben ſo wenig je ſtille ſteht, eben ſo mit einem unaufhörlichen Geräuſch ſich bewegt, und man eben ſo wenig, wo mehr ſolche Räder zuſammen mahlen, ſein eignes Wort davor hören kann. Auch ſind wirklich die Worte gewöhnlich ſo wenig bedeutend und ſo unweſentlich bei dieſer fortdauernden Bewegung des Mundes, als es nur das Schnarren eines Mühlrads ſeyn kann; und wie manche Dame blos deßwegen ſpatziren geht, um ihrem Schoßhündchen die erforderliche Bewegung zu machen, ſo pflegen hier blos die Worte mit zu laufen, damit der Mund ſeine gehörige Motion habe. Sicher würde ein Weib, der man den Mund mit Gewalt zuſchlöſſe, wozu aber freilich der Riegel noch erfunden werden ſoll, ſehr bald an Krämpfen oder Epilepſie verſterben, indem die, der weiblichen Natur nothwendig gewordnen, örtlichen Zuckungen des Mundes, wenn ſie mit Gewalt unterdrückt würden, nothwendig in weit gefährlichere allgemeine übergehen müßten, um ſich Luft zu machen, welches, beiläufig geſagt, ein gutes Mittel für einen kreuztragenden Ehemann wäre, ſich von zwei Plagen auf einmal zu befreien, nämlich von der Redſeligkeit ſeiner Frau, und zugleich von der Frau ſelber. Daher befindet ſich denn auch ein Weib noch wohl, ſo lange ihr Mühlenmundwerk noch gut im Gange iſt, und die Diarrhoe von Worten, die dabei Statt findet, ſcheint in ſo fern in gewiſſem Anbetracht für ſie kritiſch zu ſeyn. Bemerkt man, daß eine Frau eine Viertelſtunde kein Wort geſprochen hat, ſo kann man ſicher ſchließen, daß ſie entweder taubſtumm oder todtkrank, oder überhaupt keine Frau ſey; quartum non datur. Es iſt ſehr zu tadeln, daß ſolche, die ſich mit der Löſung phyſikaliſcher und mathematiſcher Probleme beſchäftigen, dabei der Natur nicht mehr abzulauſchen ſuchen, die ihnen doch ſo häufig zum Führer dienen könnte. Man ſagt, der Menſch habe den Häuſerbau vom Biber, das Weben von der Spinne, das Schiffen, ich weiß nicht gleich, von welchem Thiere gelernt; ſicher hat die Natur dem Menſchen im Weibermunde ein Modell zu einem perpetuum mobile geben wollen, da er, ohne von Waſſer und Wind getrieben zu ſeyn, dennoch in ſteter Bewegung iſt. Wenigſtens, wenn es je zu finden iſt, ſo iſt es hier. Mittlerweile könnte man verſuchen, an dieſe lebendigen perpetuum mobile's eine kleine Mühle oder eine ähnliche einfache Maſchine anzubringen, damit doch die ſo anhaltende Bewegung deſſelben nicht ganz ungenutzt verloren ginge, und dem Staate wenigſtens Einen Nutzen brächte.

Ich werde nun noch die übrigen Unterſcheidungsmerkmale des Weibes vom Manne kurz zuſammen ſtellen, damit wir daraus ein endliches Reſultat ziehen können. Hierher gehört erſtlich das kleinere Gehirn des Weibes, auf welches man allenfalls auch ohne vorhergegangene anatomiſche Unterſuchung hätte ſchließen können, und welches in der That zu den ihm nöthigen Funktionen noch um ein Bedeutendes kleiner ſeyn könnte, wenn es nicht ſo beträchtliche Nerven für das Thränenorgan, die Mundwinkel, und ſelbſt für das Gehörwerkzeug abzugeben hätte, welches letztere die Weiber dadurch, daß ſie ſo häufig Schall- und Schlüſſellöcher als Hörröhre anſetzen, zu einem hohen Grade von Vollkommenheit zu bringen ſuchen. — Zweitens der Mangel an Bart bei den Weibern, für deſſen Verſagung wir in der That dem Schöpfer nicht genug danken können: denn, wenn die Weiber einen Bart bekämen, ſo könnten ſich die Männer immerhin den ihrigen vor Jammer ausraufen. Man ſage mir, da die Weiber regelmäßig die Hälfte des Tages zur Ordnung ihrer Haupthaare brauchen, und der Mann oft noch deßwegen auf die Suppe warten muß, wo ſollte die Zeit zur Wirthſchaft herkommen, wenn der Bart die andere Hälfte des Tages wegnähme; wie wäre ferner ein Mann im Stande, eine Frau zu erhalten, da ihn oft die Beſtreitung ihres Kopfputzes allein banquerott macht, wenn er nun noch für ihren Bartputz mit zu ſorgen hätte, denn ich kann mir ſchon denken, zu welchem Kramladen von Bändern, Nadeln, Kämmen und Perlen das ſinnreiche Talent der Damen denſelben würde umzuſchaffen wiſſen. Es iſt übrigens aus dem phyſiſchen Grunde unmöglich, daß die Weiber einen Bart bekommen können, weil die ſchon oben beſprochene ſtete Bewegung der untern Kinnlade nothwendig das Wachſen deſſelben verhindern muß, ſo wie bei chemiſchen Prozeſſen keine Kryſtalle anſchießen können, wenn man die Flüſſigkeit beſtändig umrührt. — Drittens verdient hierher gerechnet zu werden die Diſkantſtimme der Weiber, die Leibnitz in ſeiner Theodicee recht füglich als einen Beweis der teleologiſchen Anordnung des Ganzen hätte mit anführen können: denn wenn das Allegro und Preſto der weiblichen Vokalmuſik auch für den Baß geſetzt wäre, wie wollten dann die einzelnen ſeltnern Bogenſtriche der männlichen Baßgeige dazwiſchen durchtönen, und es würde daher eine vergebliche Mühe für den Mann ſeyn, wenn er in einer weiblichen Geſellſchaft auch ein Wort mit zur Unterhaltung beitragen wollte, was ihm doch jetzt die Stärke ſeiner Stimme noch möglich macht. Viertens führe ich endlich noch die zartere und feinere Haut der Weiber hier an, die an manchen Stellen, beſonders an den Wangen, ein Sekretionsorgan und Bergwerk für Carmin und Zinnober abzugeben ſcheint, mitunter ſogar Spuren von Bleierzen zeigt; und inſofern kann man die weiblichen Wangen ganz füglich mit Salpeterwänden vergleichen, als auch hier, je älter und unſcheinbarer dieſelben werden, eine deſto reichlichere Ausſcheidung der genannten Stoffe vor ſich geht, die man beſonders alle Morgen in nicht unbeträchtlicher Menge davon abkratzen könnte.

Was läßt ſich gegen dieſe hier angeführten Unterſcheidungsmerkmale wohl mit Grund einwenden? und wenn der Zoologe ſich ſchon durch einen Eckzahn und der Botaniker durch einen Kelchzahn mehr oder weniger berechtigt glaubt, eine neue Gattung zu conſtituiren, dürfen wir wohl noch einen Augenblick Anſtand nehmen, die Weiber in eine abgeſonderte Klaſſe von den Menſchen zu ſetzen, da ſie ſich in ſo vieler

Hinſicht ſo bedeutend davon unterſcheiden. Es entſteht alſo blos noch die Frage: Welche Stelle im Syſtem werden die Weiber einnehmen nach ihrer Trennung vom Menſchengeſchlechte? Nun da glaube ich denn doch, es wird jeder ſo billig ſeyn, ihnen den Ehrenplatz neben dem Menſchen einzuräumen, den bisher ganz unverdienter Weiſe die Affen einnahmen, und ich hoffe, das Geſchlecht der Weiber wird es mir Dank wiſſen, wenn ich es hiermit in ſeine natürliche Stelle wieder einſetze.

Phantaſie an die Frauen.

Ueberall iſt die Kraft nur der Stab, an den ſich die Schönheit lehnt, um ſorglos ihre Blüten entfalten zu können, und gern beugt jene den eiſernen, ſonſt unbezwinglichen, Rücken, wenn dieſe mit einem ſchwachen Lilienſtabe ſie nur zu lenken würdigt. Gefahrlos ſpielt die Schönheit mit der harten, ſchneidenden Waffe der Kraft, deren Schärfe, von keinem Widerſtand ſonſt umgebeugt, in ihrer Hand leicht dahin ſchmilzt. Zornig ſchwillt der Muskel der Kraft, um die Bande zu zerreißen, mit denen Gewalt ſie zu feſſeln ſucht; aber leiſe und vorſichtig ſchreitet ſie einher, wenn die Schönheit ihre Blumenbande um ſie gelegt hat, damit ſie ſelbige ja nicht zerreiße. Damit ſie der Schönheit ein größeres Hochzeitgeſchenk bieten könne, will ſie die Welt erobern; um größer vor ihr niederfallen zu können, ſtrebt ſie bis an den Himmel zu wachſen, daß der Sklave der Schönheit ihrer werth ſey.

Die Kraft goß der Schöpfer in des Mannes Glieder, legte den Nacken der Erde unter ſeinen Fuß, und ſprach zu ihr: diene ihm! dem Engel der Schönheit und Milde aber nahm er die Flügel, damit er auf der Erde bleibe, und ſagte, gehe zum Menſchen und blicke, ihn an, damit er den Himmel auf der Erde in deinem Engelsblick ſchon ahne. Der Menſch erwachte aus dem erſten Schlafe, das Weib ſtand vor ihm, und ſchaute ihn an, und er ahnte den Himmel nicht blos, ſondern glaubte ihn gefunden zu haben. — Nicht der Mann, das Weib war der Schlußſtein der Schöpfung, die Blüte, nach der die Erde nichts Schöneres hervorzubringen wußte, und ihre Schöpfung einſtellte. Der Felſen fing an, ſich mit buntem weichen Teppich zu überkleiden; der ſtarre Dornbuſch ſchlug in duftende Roſen aus, die herrliche zarte Liane rankte an dem ſtarken Eichbaum hinan; die zeugende Phantaſie der Natur ſchäumte über; die Geburtsſtunde des Weibes ſchlug unter dieſen Symbolen.

Alle Gaben hatte die Natur vertheilt an ihre ſchlechtern Kinder; das Weib ſtand ohne Waffe da; da ſchlang die große Mutter des Reizes Gürtel um den Leib des Weibes und legte den Thautropfen in ihr Blumenauge; ſie braucht keine andern Waffen, denn es ſind Zauberwaffen.

Der Augenbliz eines Weibes ſetzte Städte und Länder in Flammen; die kleine Thräne eines Weibes, laß ſie in rauchenden Länderbrand fallen, ſie vermag ihn zu löſchen. Das Weib ſchweigt, und ein Strom lebendigerer Beredſamkeit fließt in der Purpurwelle der ruhigen Lippe, als wenn tauſend Worte donnernd von Cicero's Lippen auf den Jüngling einſtürmten. Sie ſpricht zwei Buchſtaben, und eine weite ſtolze Bruſt kann zu klein werden, die Seligkeit zu faſſen, die ſie erwecken.

Was iſt's, daß, wenn ich den Saum deines Kleides nur rühre, meine Nerven ſchauern macht, wie zwiſchen Ebbe und Fluth? Warum leuchtet mir die Natur mit allen ihren blitzenden Juwelen jetzt nur noch als deine Folie, glanzlos, wo der Diamant ihr fehlt? ja, warum erblind' ich gegen das ganze unendliche All, und ſehe nur dich als leuchtenden Punkt, um den ich, ein dürſtender Planet, jetzt kreiſe, und hell nur das, was dein Auge beſcheint? Warum brütet meine Phantaſie, des Geiſtes ſonſt ungezügelten Fittig, jetzt unbeweglich vor deinem Bilde, und kehrt elaſtiſch dahin zurück, wenn ſie ſich kaum entfernte? Warum zertrümmr' ich freiwillig die Heiligenbilder aller meiner Ideale, um nur vor deinem Bilde zu knieen? — Iſts nicht, weil ich das Himmliſche in ſeinem ſchönſten irdiſchen Tempel nun erkannt habe? ruht nicht darum der Schmetterling meiner Phantaſie, weil er die unbewußt und doch ungeduldig geſuchte Blüte endlich gefunden, um deren Honiglippen er ewig ſchweben möchte? Hat ſich nicht jetzt erſt die Knoſpe meines Lebens geöffnet, und fängt an, ſich im beſeligenden Lichte zu berauſchen, von dem kaum ein ſchwacher Schein durch das Augenlied des noch geſchloſſenen Kelches bisher Ahnung erregend durchdrang?

Wer iſts, der hier vergebens mit des Wortes matter Farbe des Innern lohe Glut zu malen ſich vermißt? Ein Jüngling iſts, dem eine Welt die weite Bruſt nur halb ausfüllen konnte, deſſen ungebändigter Geiſt noch jeden Zügel ſchäumend von ſich wies, für den das Eiſen wuchs, weil keine zartre Maſſe in ſeiner rauhen Hand gedieh. Ihm ging ein Weib vorüber — die Blume zitterte nicht, über die ihr Fuß ſchwebte, ſondern bebte voll Wonne dem leis rührenden Kuſſe entgegen — und das rauhe Kriegslied in der Bruſt ward ihm zum Seufzer; die Waffe fiel aus ſeiner Hand — die andere Hand hätte er ſonſt drum gelaſſen — daß er die Blume haſcht, die ihrer Bruſt entfiel; vor einem Gotte hätte er ſtolz geſtanden und mit hocherhobnem Nacken; doch Knie und Nacken beugt er willig vor dem Weib.

Ueber Definitionen des Lebens.

Jeder, der eine Phyſiologie zu ſchreiben anfängt, ſieht ſich zuvörderſt nach einer neuen Definition des Lebens um. Wir haben auf dieſe Art deren ſchon ſehr viele; es iſt aber ein wahres Glück, daß wir nicht erſt aus den Erklärungen, die in den Phyſiologieen ſtehen, zu lernen haben, wie man es anfangen müſſe, um zu leben; daß vielmehr jedem das Talent dazu gleich angeboren iſt. Kant, von deſſen Baume unſere meiſten neuern Philoſophen — ich nehme die Naturphiloſophen aus — noch den Samen nehmen, um ihre eignen Syſteme daraus hervorſchießen zu laſſen, und hernach der Welt weis machen, ſie hätten ein neues Genus entdeckt, wenn nur ein paar Blätter oder Blüten anders daran ausfallen, als am Aelternbaume; Kant erklärt das Leben als das Vermögen einer Subſtanz, ſich aus innerm Prinzip zu beſtimmen. Was iſt aber ein inneres Prinzip? Iſt es blos die Seele, als das Vermögen zu denken und zu wollen, wie Kant anzudeuten ſcheint, nun ſo iſt unſer ganzer Körper ein Cadaver, wenn wir nicht etwa annehmen, daß das Bein, die Hand u. ſ. w. ein Stück von der Seele als inwohnendes Prinzip habe, und blos nach Kieſer die glandula pinealis, nach Meckel das corpus callosum, oder nach noch andern die Hirnventrikel ſind lebende Weſen, von wo aus die Seele, wie von einem Throne, ihre Mandate in die übrige Welt des Körpers ſchickt, in der die Knochen als Bauern die Laſt des Staats zu tragen haben, und nichts dafür bekommen als dürres Futter, während die Nerven als Edelleute blos befehlen und die Glieder chikaniren und als Offiziere in den Soldatenſtand, das rothmontierte Muskelſyſtem eingehen; wo die Adern den Kaufmannsſtand vorſtellen, der den succum und sanguinem des Lebens curſiren läßt und an der Grenze in Waaren umſetzt, wo jedes Organ ſein beſondres Handwerk gelernt haben muß, und wo im Kopfe eine ganze Univerſität ſteckt, mit Lehrſtühlen für Philoſophie, Mathematik, Theoſophie, Muſik; wo hinterm Ohr Diebe, im Hinterkopfe Libertins u. ſ. w. ſitzen; kurz von dieſem ganzen ſchönen Staate wäre am Ende blos der Weiſel, die Vernunft ſelbſt, lebendig; das andre ein Uhrwerk, das vom Morgen bis zum Abend einmal abliefe. Oder iſt überhaupt das, was von innen heraus zur Thätigkeit beſtimmt, ein inneres Prinzip, nun ſo wohnt auch dem Stein ein ſolches als Schwere inne, und drückt er daher oder ſtößt auf einen andern Stein, ſo beſitzt er zwar wohl keine Lebensart, weil er ſich nicht höflich deßhalb entſchuldigt, aber doch gewiß Leben; denn er drückt gewiß mit aller Energie, mit allen vollen Leibeskräften, die er nur anwenden kann. Er hat freilich nichts weiter als drücken gelernt; wenn wir tanzen, ſo drückt der Stein, wenn wir lachen, ſo drückt er, wenn wir dichten, ſo drückt er; das Drücken iſt aber doch auch eine Thätigkeit; er drückt freilich, weil er drücken muß; ſetzt man aber das innere Prinzip als freies Prinzip, nun ſo iſt unſere Vernunft ſelbſt das todteſte, was es geben kann; denn ſie kann blos nach (ſubjectiv) zureichenden nothwendigen Gründen handeln, die ſie ſich nicht ſelbſt geſetzt hat. Doch wozu noch Tropfen in das, zum Theil freilich nicht geſalzene Meer tragen, womit man den ehrwürdigen Kant ſchon übergoſſen, und nun faſt ausgelaugt hat.

Jacobi ſagt gerade zu: nichts kann lebendig heiſſen, als wo Vorſtellungen die Bewegungen veranlaſſen; allein worin unterſchiede ſich dann eine Wieſe, die man mit italiäniſchen parfümirten Blumen bepflanzt hätte, von einer natürlichen, wo die Blumen ihre Jugend und ihr Alter haben; und, was ich vorhin ſagte, unſer Herz und alle unſre Pulsadern ſind dann todte Röhren, ſtatt deren wir bleierne einſetzen könnten, die wenigſtens haltbarer wären.

Nach Erhard beſteht der Charakter des Lebens in dem Vermögen der Bewegungen zum Dienſte des Bewegten. Nun will ich zwar gern zugeben, daß das, was wir lebendig nennen, das Vermögen hat, ſich zu ſeinem Nutzen und Frommen zu bewegen; allein dann könnte man eben ſo gut ſagen: der Charakter des Lebens beſteht in dem Vermögen, zu eſſen und zu trinken (die lebendige Seele iſt und trinkt zwar nicht, allein ſie bewegt ſich auch nicht, und will man bildlich von Bewegung derſelben ſprechen, ſo kann man's auch vom Eſſen und Trinken derſelben; ſie nährt ſich durch Vorſtellungen, die ſie aus dem Stoff der Anſchauungen zieht und im Verſtande verdaut), oder im Vermögen, periodiſch in Ruhe und Thätigkeit zu ſeyn, oder im Vermögen, abwechſelnd zu thun und zu leiden — zu empfangen und zu geben — fremdes ſich zu verähnlichen u. ſ. w. u. ſ. w. Kommt es mir doch beinahe vor, als ob die Definitionengeber um den großen ſtarken Eichbaum des Lebens, in deſſen Rieſenröhren die Säfte der Welt ſich bewegen, herumlieſen; der eine ein Blättchen, der andre eine bunte Blüte, die ihn gerade beſonders anlachte, der dritte, wenn er nichts weiter erreichen konnte, ſogar ein Stück trockne Rinde abbrächen, um ihr phyſiologiſches Herbarium, auch ſonſt nur vertrocknet die Organe der Natur aufzeigend, am Eingang damit zu ſchmücken, und, wie man Quercus Robur auf die Etikette auch eines kleinen Stückchens vom Baum ſchreibt, ſo auch dem kleinen Fragment des Lebensbaums den Namen des Ganzen beilegten. Aber weder das einzelne Blatt, noch hundert Blätter aneinander geſezt, werden ſie das Ganze ausmachen.

Treviranus, den ich übrigens honoris causa nenne, und der ſich nichts daraus machen kann, wenn ein obſcurer Menſch ihn antaſtet, giebt in ſeiner Biologie, aus der ich auch die übrigen angeführten Definitionen genommen habe, folgende, und wie es ſcheint, mit großer Zuverſichtlichkeit: Das (phyſiſche) Leben iſt ein Zuſtand, welchen zufällige Einwirkungen der Außenwelt hervorbringen und unterhalten, in welchem aber, dieſer Zufälligkeit ungeachtet, eine Gleichförmigkeit der Erſcheinungen herrſcht. Dieſe Definition mag ein Beiſpiel erläutern.

Ein Menſch wird von ſeinem Vater, der Kinder zu haben wünſcht, mit gutem Vorbedacht gezeugt; aber wegen kränklicher Conſtitution, die ihm anhängt, bringt jedes rauhe Lüftchen, jede Erkältung der Füße, ſeinen ganzen Organismus in Unordnung, kurz jede zufällige Einwirkung der Außenwelt ſtört bei ihm den Normalverlauf der Erſcheinungen. Dieſer Menſch geht einſt zufällig bei einem Hauſe vorbei, von dem zufällig ein Ziegel herabfällt, und ihm zufällig die Hirnſchale einſchlägt; die zufällige Einwirkung von Waſſer und Luft ruft nach drei Tagen die Fäulniß hervor, und dieſe ſchreitet bei allen Witterungsveränderungen in einem gleichmäßigern Gange fort, als früher die Funktionen des Menſchen würden haben bewahren können, hätte er ſich jener Veränderungen ausgeſetzt. Ich glaube, ein frappanteres Beiſpiel, das Verhältniß des lebendigen und todten Zuſtandes in Einem Individuum darzuſtellen, läßt ſich nicht geben. Bei dieſem Manne begann offenbar das Leben mit dem, trotz aller äußern Einwirkungen in ſeiner Eigenthümlichkeit fortſchreitenden, Zuſtande, den der Ziegel, die zufällige Einwirkung der Außenwelt, in ihm veranlaßt hatte, und den andre zufällige Einwirkungen unterhielten; dagegen die Zeugung, wir müßten ſie denn auch etwa eine zufällige Einwirkung der Außenwelt nennen, an ſich kein Leben hervorrufen konnte, und wirklich auch nur einen Zuſtand hervorrief, wo bei zufälligen Einwirkungen der Außenwelt die größte Ungleichförmigkeit der Erſcheinungen Statt fand, mithin einen todten. — Aber das hat ja wohl Treviranus nicht mit ſeiner Definition ſagen wollen, und ſo muß ich alle Ausdrücke darin mißverſtanden haben; nur ſchlimm, wenn dieß bei einer Definition gar ſo leicht möglich iſt, die ja eben zum Verſtändigen dienen ſoll; wenn ſie einer leeren Laterne gleicht, die zwar wohl erhellen kann, aber nur, wenn man ſelbſt erſt ein Licht hineingeſetzt hat; da doch die Definition das Licht unmittelbar ſeyn ſoll.

Es würde eine ganz vergebliche Mühe ſeyn, die verſchiedenen Definitionen des Lebens alle ſammeln und aufzählen zu wollen; das Leben iſt an einzelnen

Erſcheinungen ſo reich, daß wohl noch Jahrhunderte noch nicht jede derſelben zu einer Definition des ganzen Lebens benutzt ſeyn wird, obgleich gewiß viele außer denen, die es jetzt ſchon ſind. Es ſcheint auch, als ob alle Definitionen des Lebens mehr darauf abzweckten, den Adelsbrief, den ſich die Menſchen eigenmächtig als lebendigen Geſchöpfe ausgefertigt haben, ſo zu rechtfertigen, daß alles Uebrige, was nicht ſeine ganz nahe Verwandtſchaft mit ihnen nachweiſen kann, unter den Pöbel des Todten gehöre; und Leute, deren es in neuerer Zeit freilich giebt, die eine ungebundene Gleichheit einführen, und der ganzen Welt eine ſolche Conſtitution geben wollen, daß alles nach demſelben billigen Geſetze regiert werde, und dem Stein, der bisher nur mit Füßen getreten und Laſten zu tragen verdammt wurde, für ſeine Mühe und als Glied des Ganzen wenigſtens gleiche Rechte auf das Leben, als den übrigen, ſich vornehm dünkenden Weltbürgern, den Pflanzen und Thieren, zugeſtanden werden ſollen, dieſe Leute werden, wie billig, als Aufrührer gegen die alte, lang beſtandene Ordnung, ſo wie ſie nur auftreten, geächtet, und die Jugend vor ihren Fallſtricken gewarnt.

Ich habe lange und tief über das Leben nachgedacht, und da ging es mir denn, wie es oft bei ſolchem Nachſinnen geht, ich fand zuletzt, daß ich über Nichts nachgedacht hatte, daß das Leben gar nicht erſchiene. Alle Erklärungen, die ich bisher vom Leben gehört hatte, kamen offenbar darauf hinaus, daß ſie eben ſo gut, und noch beſſer auf das Todte paßten. Ein unermeßlicher Gedanke, aber nicht ein Lichtgedanke, ſondern ein ungeheurer unendlicher Schatten fiel auf einmal in meine Seele; ich ſahe die Welt als ein unabſehbares Grab vor mir liegen; es ſproßten nicht einmal Blumen auf dem Grabe, die über der Weltleiche blühten und grünten; denn die Blumen waren ſelbſt todt und lagen mit im Grabe; es war auch Keiner, der ſie über das Grab hätte pflanzen oder darüber eine Thräne hätte weinen können: die Thränen waren Waſſertropfen, die ohne Sinn floſſen; jede Seele war ein mechaniſches Räderwerk im Uhrgehäuſe des Körpers; die Gedanken Automate, die darin wandelten und aufſprangen, weil ſie mußten, nicht weil ſie wollten; Liebe und Freundſchaft, einzelne elektriſche Schläge durch die Nacht, von denen ich jetzt die Conductoren erkannte, die meinem blinden Auge bisher verborgen geweſen waren; die Sonne ſah die Erde freundlich an; aber die Erde wußte nichts davon und die Sonne wußte auch nichts davon, daß ſie lächelte; die Welt war ein Geſpenſt des Lebens, das es nachäffte, und dem, der es anblickte, eiskalte Schauer durch die Gebeine jagten; die Weltharmonie verflüchtigte zu todten Pendelſchwingungen, die mit und gegeneinander wogten, und der Sturm der Gefühle, den ſie in der Bruſt aufjagten, ließ ſich nach Quadrat und Elle meſſen; denn es waren dieſelben Schwingungen, die ich dort meßbar fand, die nur hier ein feiner beſaitetes Inſtrument zum Mitſchwingen nöthigten. Ich überſah' den ganzen Mechanismus; er beſtand aus einer Maſſe unendlicher Hebel, die durch einander griffen; ein Arm jedes Hebels war immer innerhalb eines Gehäuſes, das ich ſonſt ein lebendes Geſchöpf nannte, der Andere ragte in die Außenwelt; und wenn der innere Hebelarm ſich regend, den äußern in entſprechende Bewegung ſetzte, glaubte ich ſonſt, ein Spiel der Freiheit zu ſehen; Thor! jetzt ſahe ich, wie verdeckt der innere Hebel erſt ſelbſt wieder von einem äußern in Bewegung geſetzt wurde, daß er ſo und nicht anders ſich regen konnte, und wie jenes Bewegung abermals nicht von ihm ſelbſt ausging, und ſo in Unendlichkeit fort. Aber, rief ich aus: es muß doch einer ſeyn, der alle Hebel regt, und von keinem geregt wird, wo iſt er, der Lebendige? Und einen Weg ſah ich vor mir liegen, und eine Säule mit der Inſchrift daran: geh dieſem Wege nach; dort, wo er endet, da ſteht des Lebendigen Haus, der alle Hebel regt: und ich eilte fort und fort auf dem Wege, ſtets dem Ziel zu nahen glaubend; und als ich eine Ewigkeit durchlaufen hatte, da ſtand ich wieder bei der erſten Säule, und erkannte das Symbol des Kreiſes.

Der gröſte Künſtler.

Unſre Erde iſt eine Aeolsharfe, in die Gottes Athem Seele haucht; aber die Harmonie erſchallt nicht in einzelnen Tönen; ſondern ganze Künſte ſpielen in einander, und das Reich der Farben, das Reich der Formen, das Reich der Töne und der Düfte ſind ſelbſt jedes nur eine einzelne Saite, ausgeſpannt über die Erde, die zu Einem Accorde ineinanderſchlagen. Die ganze Welt ſpielt Gott als eine einzige groſe Harmonie im Raum, als eine ewigdauernde Melodie in der Zeit, oder vielmehr tauſend Melodien, jede in ſich ſchon vollendet, werden durch das Geheimniß eines unergründeten Contrapunkts zum Fluſſe Einer Harmonie von ihm vereinigt; das Schickſal iſt der Geiſt, der durch die Muſik ſchreitet in wunderbaren Weiſen. Die Erden- und Sonnenſyſteme tanzen den gewaltigen Sphärentanz zur groſen Symphonie; ihr Reigen ſtellt nur die Klangfiguren des groſen, ſeit dem Schöpfungstage nimmer verhallenden Weltenconcerts dar. Tauſend Diſſonanzen tönen in verſinkenden Welten, in jammernden zertretnen Völkern, in höhnendem Laſter und gegeiſelter Tugend — was wäre eine Muſik ohne Diſſonanzen? — und Alles löſt ſich immer wieder in eine groſe, dem Schöpfer der Harmonie allein hörbare Conſonanz auf; denn wir vernehmen nur die tönende Bebung einzelner Atome ſeiner Inſtrumente; das andre geht uns ein unverſtandnes Rauſchen vorüber. Der geheimnißvolle Dreiklang ſchlingt ſich durch die ganze Natur; alle Tonarten, als wäre jede ein einzelner Ton, ſpielen harmoniſch in einander zu einem organiſchen Klangſyſtem; jeder Ton, der in eine Harmonie eingeht, iſt in ſich wieder Harmonie, von einem eignen Inſtrument geſpielt; und jeder Accord fühlt ſelbſt, was er ausdrückt und drückt nur aus, was er fühlt; denn Gottes Töne ſind lebendig, und lebendig ſeyn heißt nur, ein Ton von Gottes Harfe in die Zeit hineinhallen.

Gott hat nur Ein Thema zu ſeiner ganzen Muſik, das allereinfachſte, das in jeder einzelnen Variation wiedertönt, das er durchführt auf tauſendfache Weiſe und mit dem er nicht fertig wird bis ans Ende der Welt. Es wäre ſchrecklich, wenn Gott den letzten Griff in die Saiten thäte, und mit dem erſterbenden Nachhall die Welt in's Nichts verſchwämme, und alle Lebenspulſe zu ſchlagen aufhörten, die nur ein Tanz nach der großen Harmonie ſind; wenn die kurzen Pauſen, eine Nacht, ein Winter, in denen nur die Hälfte der Saiten forthallt, während die andern ruhen, zu ewigen würden, zu ganz ſtummen; wenn das gewaltige Inſtrument in einem letzten

Accorde ſeinen eignen Schwanengeſang thäte. Aber Gott wird nimmer aufhören zu ſpielen, denn ſeine Seele lebt nur in der Harmonie; ja Gottes Seele iſt nur die Harmonie, die unſterbliche Harmonie, die ewige Harmonie. Gott hat niemand, mit dem er ſprechen könnte; denn außer ihm iſt Nichts; darum ſitzt er in ſeiner Einſamkeit, die Harfe in der Hand, die Welt, und ſo rinnt ihm die Zeit hin; und wenn er durch die Saiten greift, dann rollen Lichtgloben und Thauperlen; Stürme, die Weltenmeere aufwühlen, und ſummende Bienen, murmelnde Bäche, flötende Schäfer; alles, alles flieht als Ton von ſeiner Hand, und das Fortiſſimo, das den Reifen der Welt zu ſprengen droht, malt er dann, wie einen finſtern Grund, wieder mit tauſend hineinhallenden Tönen ſänftigend und lindernd aus.

Die ganze Natur iſt nur ein Portrait Gottes; Gott malt ſich, und malt ſich, ſich ſelbſt malend, und ſo ſchließt ein großes Bild von ihm immer das kleinere ein, nur daß bei jedem kleinern die feineren Züge verſchwimmen; daher iſt der Kryſtall, die Blume, die Pflanze, die Pflanzenwelt, die ganze organiſche Welt, eine Sonne, ein Sonnenſyſtem, ein Organiſmus von tauſend Sonnenſyſtemen jedes nur ſein Bild, ſein ſprechendes Bild. Mit bewundernswürdiger Leichtigkeit wirft Gott ſeine Gemälde hin; er ergreift im Frühjahr ſeinen Pinſel, und malt mit

Einem Striche tauſend Wieſen und Wälder grün, und mit Einem Striche malt er alle die Arten Blumen hinein; Ein Augenblick genügt ihm, Licht und Schatten über eine unendliche Landſchaft auszutheilen; daß jegliches kraftvoll hervortritt in ſeiner Art, und wenn er ſein Gemälde jede Nacht wieder auslöſcht oder verhängt, geſchieht es nur, es am Morgen ſchöner wieder hervorzuzaubern. Die Leinwand, in die Unendlichkeit ausgeſpannt, auf die Gott ſeine Farben gießt, iſt der unermeßliche Raum, ſein Pinſel die nimmer raſtende, ewig neu erzeugende Zeit; Materienmaſſen ſeine Farben; die ganze Formenwelt ſeine Contoure; die Figuren, die er malt, lebendige Geſchöpfe. Gott malt nicht mit todten Farben; jeder ſeiner Farbenpunkte iſt ein in ſich vollendetes Gemälde, mit feinrer Maſſe ausgeführt; und jedes Gemälde auf der andern Seite wieder nur ein Farbentheilchen zu einem größern Gemälde. Die Erde hat er in einem grünen, tauſendfach gefalteten, reichblumigen Gewande gemalt, das nicht, aus todten Pflanzenſtoffen, ſondern aus lebendigen Pflanzen gewirkt erſcheint, und jede Erde iſt ſelbſt wieder nur ein Farbenpunkt, und eine Sonne das ihr weſentlich zugehörende Lichttheilchen; und mit Milliarden ſolcher bunten Erden, durch die ſich Milchſtraßen als Streiflichter ziehen, malt er erſt wieder eine größere Landſchaft in den Raum hinein; die Schattenpunkte, die er braucht, ſchifft er durch umnachtete Erden hin. Jedes kleinere oder größere Gemälde, das Gott entwirft, giebt er erſt unausgeführt in der Skizze und entfaltet die Formen daran nur allmählig oder läßt ſie entfalten von ſeinen Schülern. Er ſetzt nicht im Pflanzengemälde Glied zu Glied, das Blatt und die Blume über den ſchon geſchaffenen Stengel; nein, er wirft die ganze Idee auf einmal im Samenkorn hin und ſagt zur Sonne: nimm deinen Pinſel voll Licht und Farben und führe das Gemälde weiter aus. Die Idee iſt überall von Gott; die Ausführung nur iſt jedem Künſtler überlaſſen; aber auch der Künſtler ſelbſt iſt nur nach einer Idee von Gott geſchaffen, darum iſt auch die Ausführung des Kunſtwerks der göttlichen Idee gemäß.

Den Kampf des Himmels und der Hölle hat Gott in ſeinem Weltgemälde darſtellen wollen; darum nahm er eine Tafel voll unendlicher Finſterniß als Grund, blickte ſie an mit einem Auge, das nicht, wie das unſrige, empfangend, ſondern gebend wirkte; der Lichtgedanke ſeiner Phantaſie ſtrahlte in die Nacht hinein; und die Spaltung in Lichtmeer und Schattenmeer war vollendet; des Gemäldes erſte Anlage — und ſiehe, die Wellen des Lichtmeers und Schattenmeers bäumten ſich gegen einander und floſſen in einander und ſo zerſplitterte das Licht in tauſend einzelne Wellen, die mit den Schattenwellen kreuzend ſich tauſendfältig geſtalteten zu Tugend, Schönheit, Wahrheit, Liebe, Seligkeit; indeß die Schattenwellen Laſter, Lüge, Haß, Verzweiflung dazwiſchen fließend ſie abgränzten, kämpfend mit ihnen zum Theil zuſammen ſtoſſen, und dann ſich verſöhnend und vermälend die Farbe erzeugten, das Symbol des wogenden, wechſelnden Lebens.

Gott denkt nicht an Erden, Sonnen und Blumen und an ſeine lebendigen, vernünftigen Geſchöpfe; nein, Gott denkt Erden, Sonnen und Blumen, ja er denkt uns ſelbſt mit unſrer Vernunft. Wenn ein Gedanke in uns ſein Selbſtbewußtſeyn für ſich hat, ſo müſſen ihm die Gedanken, die neben ihm aufſchießen, ſey es, von was es ſey, wirkliche Dinge dünken, und wirkliche Dinge ſeyn, weil er, ſich ſelbſt für wirklich haltend, doch nicht mehr iſt, als ſie; weil ſie auf ihn; wie er auf ſie einwirkt, weil ſie ſich wechſelsweis hervorlocken und modificiren, und die Vernunft, die alle Gedanken denkt, iſt dann der Gott der einzelnen Gedanken, den ſie als ihren Schöpfer anſehen. Wir ſind ſelbſt nur ſolche einzelne Gedanken in des großen Gottes Hirne, und nennen Gottes Vorſtellungen von Baum und Thier und Sonne wirkliche Dinge, weil wir, die wir uns ſelbſt wirklich nennen, doch nur ihre Nebenvorſtellungen ſind. Die Zeit iſt der Gedankenlauf Gottes, der Raum iſt ſeine ſchematiſirende Phantaſie, Urſach und

Wirkung der realen Welt ſind für Gott nur Ideenaſſociation. Ein Baum, der aus einem Samenkorn aufſchießt, iſt ein Syſtem, das er einem Prinzip denkend entlockt, Merkmal zum Merkmal fügend und Merkmal vom Merkmal ſondernd. Nach derſelben Logik hat Gott alle ſeine Gedanken verknüpft und hervorgebracht, daſſelbe Denkgeſetz — wir nennen's Naturgeſetz — herrſcht in jeder ſeiner einzelnen Perioden, und übt ſich nur am mannigfaltigſten Stoffe. Und dieſer Gott, dem wir nur Gedanken ſind, wird ſelbſt wieder nur einzelner Gedanke eines größern Gottes ſeyn.

Gott iſt der größte, der einzige Dichter, ſein Gedicht iſt die Schöpfung, ein gewaltiges Drama, ein Jahrtauſend der Geſchichte nur ein Bruchſtück daraus, in dem Völker die agirenden Perſonen ſind, die wie einzelne Menſchen mit einander ſprechen, ſich freundlich die Hände reichen, oder den im Innern lodernden Grimm zur feindſeligen That ausſchlagen laſſen. Der Dichter ſoll nicht hervorſehen aus ſeinem Kunſtwerk; wer reicht an Gottes Objectivität? im Sturmlied, das er ſingt, brauſt der Sturm, der Waſſerfall, den er dichtet, rauſcht, in der Idylle, die er ſingt, ſehen wir den Schäfer mit der Schäfrin tändeln; und doch iſt Alles aus ſeinem innerſten Gefühl hervorgegangen. Gottes Gedicht beſteht aus unendlichen Strophen, die er nicht mühſam zuſammen findet, ſondern mit dichteriſchem Feuer und dichteriſcher Leichtigkeit in der Zeitreihe nach einander ſingt, und jede Strophe iſt nur eine Entwicklung der Idee, die er in der vorhergehenden Strophe ausſprach; und wenn er dieſe nun durch tauſend blühende Gleichniſſe und Bilder durchgeführt hat, ſo faßt er in der dritten Strophe wieder jedes dieſer Gleichniſſe und Bilder, und verarbeitet jedes, wie die erſte allgemeine Idee, und ſo entwickelt er daſſelbe Thema bis in Unendlichkeit fort, daß es immer blühender und herrlicher auftritt. Die Charactere, die Gott in ſeinen Gedichten, ſeinen Dramen aufführt, läßt er handeln und ſich regen die einen gegen die andern vom Anfang bis zu Ende ihres Auftretens nach derſelben Idee, in der er zuerſt ſie dachte, ſo daß bei tauſendfacher Mannigfaltigkeit jeder in ſeiner eigenthümlichen Einheit ſich entwickelt. In ſeinem Drama hängt nicht eine Scene todt an der andern; jede Scene wächſt ein neuer Zweig aus der frühern hervor, und hätte ohne den Mutterzweig nicht beſtehen können; und der Mutterzweig mußte den neuen Sproß treiben, vermöge des ihm inwohnenden Lebens. Jede Scene iſt ein, in ſich vollendetes, Schauſpiel in einer größern Scene; in jeder Scene wird ein Knoten gelöſt, der in einer frühern geknüpft war; aber die Löſung geſchieht nur, um den Faden mit andern gelöſten Fäden zum neuen Knoten zu verſchlingen. Eine gewaltige

Tragödie iſt die Welt, die mit Gottes, der ſelbſt der Held in ſeinem Drama iſt, Geburt begann, und mit ſeinem Tode ſchließen wird; aber ſeine Geburt fiel vor unendliche Zeit, und ſein Tod liegt an der Grenze der Unendlichkeit, d. i. er iſt nimmer.

Die Kunſt, die unſre, iſt keine Nachahmung der Werke des großen Meiſters der Natur; aber den Naturgeiſt ſoll ſie copiren. Alle unſre Kunſtregeln ſind Naturgeſetze.

Verkehrte Welt.

Ich glaube, man kann kaum zu, dem Anſchein nach widerſinnigern, Vorſtellungen gelangen, als wenn man ſich die ganze Welt in Zeit und Bewegung, wie ein Uhrwerk, gleichſam rückwärts laufend denkt, ſo daß das consequens überall zum antecedens und umgekehrt wird. In einer ſolchen Welt legt man ſich zu Bett, wenn man am munterſten iſt und erwacht ſchläfrig, ſo daß man ſich die Augen reibt. Die Geburt beſteht darin, daß Würmer und Pflanzen Stoffe von ſich geben, aus denen man zu einem zuſammengeſchrumpften Greiſe zuſammenbäckt, mit den Jahren jünger wird, zuletzt kindiſch; nachdem man vielleicht der größte Weltweiſe geweſen iſt, in den Windeln ſchreit; ja ſein Leben endigt, indem man in den Leib eines Weibes hineintritt, und in deren allgemeine Säftemaſſe aufgenommen wird. Ein Schlag auf den Kopf, ein Giftpulver u. ſ. w. werden für lebenserregende Potenzen gelten; denn jedesmal wird man ſich nachher wohler befinden, als vorher; die Kirchhöfe werden Geburtsplätze und die Todtengräber Wehemütterſtelle vertreten; der Zeugungsakt wird zum Tode ſelbſt werden, der den Menſchen ins Nichts hinübernimmt. Alle Geſpräche werden ſo geführt, daß der Menſch erſt nach ſeinen Worten weiß, was er geſprochen; jede Verſöhnungsſcene iſt das Zeichen eines eintretenden Zankes; die Strafe geht allemal dem Laſter voran, der Lohn der Tugend, inwiefern jetzt beides nachfolgt; wem als Mörder der Kopf abgeſchlagen iſt, der wird erſt hingehn, die Strafe zu rechtfertigen. Nach dem Waſchen iſt man jedesmal am ſchmuzigſten und den Bart kann man ſich nur anbarbieren. Mancher Handwerksmann wird die Stiefeln oder den Rock, den er macht, Jahre lang zuvor bezahlt bekommen; ja es ließe ſich die Frage aufwerfen, ob dann nicht mancher Rock bezahlt werden würde, den der Schneider in Ewigkeit nicht machte. Man fängt an zu eſſen, wenn man am ſattſten iſt, und ſteht nach Ende der Mahlzeit hungrig auf; im Grunde indeß, bei entgegengeſetzter Bewegung, wird das Eſſen auch nicht mehr a priori, ſondern a posteriori erfolgen; der Dünger des Feldes wird in unſern Leib hineintreten, und dort ſynthetiſch zu Fleiſch, Aepfeln, Kartoffeln und anderm Gemüſe verarbeitet werden, und als ſolche zum Munde heraustreten, das Obſt an die Bäume hinanfallen, aus der Frucht dann die Blüte werden, dieſe in die Knoſpe übergehn, zuletzt der ganze Baum, immer kleiner werdend, zum Samenkorn ſich contrahiren; das Fleiſch wird aus dem Munde in den Topf übergehn, dort roh gekocht werden, dann in den Fleiſchbänken zuſammen kommen und auf der Schlachtbank ſelbſt werden daraus neue Ochſen und Schafe zuſammengeſetzt werden u. ſ. f. Glücklich iſt der, der einen zerriſſenen Rock, ein verfallenes Haus erbeuten kann, aber je neuer beide ausſehen, um deſto näher ſind ſie ihrer Vernichtung; der neue Rock wird vom Schneider in Tuchlappen zertrennt werden, dann in den Kaufmannsladen wandern, von da zum Tuchmacher, zum Wollhändler und alle dieſe Menſchen müßten arbeiten, um zuletzt den Rock des Menſchen zu einem Kleide für das Schaf zuzubereiten, dem es der Schafſcheerer anſchüre; ſo würde es in allen Stücken gehen, daß der Menſch nur als Diener des Thiers erſchiene, und Statt, daß er jetzt von dieſem alles an ſich reißt, dieß alles vom Menſchen an ſich riſſe.

Wie wäre es, wenn einmal ein ſolches Gericht ergienge? wenn die Welt, nachdem ſie eine Weile vorwärts gelaufen iſt, einmal anfienge, auf ſolche Weiſe rückwärts zu laufen? Es würde dieß nichts anders ſeyn, als, während jetzt progreſſiv Gott ſich in die Welt verwandelt, das Allgemeine in das Einzelne; daß dann regreſſiv die Welt in Gott übergienge, das Menſchengeſchlecht zum erſten Elternpaar würde, und dieß ſelbſt in den Schooß, aus dem es hervorgieng, zurückkehrte, bis blos das große abſolute naturphiloſophiſche Nichts übrig wäre. Eine Welt, wie die geſetzte, iſt wenigſtens an ſich nichts Unmögliches; denn iſt das ganze Weltgeſetz umgekehrt, ſo iſt der Zuſammenhang um nichts weniger geſetzmäßig; ich mag eine unendliche Reihe vorwärts oder rückwärts, was freilich nur ein unendliches Weſen könnte, leſen, ſie bleibt darum nichts deſto weniger Einem Prinzip unterthan; jedes Wort, das ſich vorwärts ausſprechen läßt, läßt ſich auch rückwärts ausſprechen.

Idee einer höhern Kochkunſt.

Die Kochkunſt iſt bisher immer in praxi unter allen Künſten ziemlich am höchſten geſchätzt worden; dennoch ſucht man ſie hinter ihrem Rücken, d. h. wenn man gerade nicht bei Tiſche ſitzt, mit der Zunge häufig genug nach Kräften herabzuwürdigen; ja, ſie aus dem achtbaren Kränzchen der ſchönen Künſte ganz auszuſchließen. Es könnte indeß wohl geſchehen, wie man ſonſt die Schauſpielkunſt für unehrlich hielt, ſo lange ſie nichts war, als eine Darſtellung von groben Faſtnachtsſpäßen, während jetzt der Schauſpieler manchmal mehr gilt, als der Held, den er agirt, daß ſo auch einſt die Kochkunſt, wird ſie erſt veredelt ſeyn, zu den höhern Künſten gerechnet werden wird; und es iſt nur die Frage, ob ſie der Natur der Sache nach einer ſolchen Veredlung fähig iſt.

Wenn der weſentliche Zweck aller ſchönen Künſte darin beſteht, durch Verſinnlichung von Ideen vermittelſt gewiſſer Formen, Gedanken, Gefühle und Beſtrebungen edlerer Art im Menſchen hervorzurufen; oder kürzer: durch, dem Sinne dargebotne, Formen die höhern Geiſtesvermögen anzuſprechen; ſo kann allerdings die Kochkunſt, in wie weit ſie blos auf Befriedigung des Gaumens abzweckt, keinen Anſpruch auf den Namen einer ſchönen Kunſt machen, ſo wenig als die Malerei eine ſchöne Kunſt genannt zu werden verdiente, die durch Contraſte und Zuſammenwirken bunter Farben ohne Bezug auf eine beſtimmte Idee blos das Auge zu vergnügen ſuchte, oder die Muſik, welche Töne kauderwelſch untereinander würfe, und damit dem Ohre, aber nicht dem geiſtigen Gefühle etwas gäbe. Iſt die Kochkunſt aber wirklich im Stande, dadurch, daß ſie ihre Formen einem Sinne bietet, auch die höhern Geiſtesthätigkeiten mittelbar anzuregen, ſo dürfen wir auch keinen Anſtand mehr nehmen, ſie den höhern, ſchönen Künſten beizugeſellen.

Jeder Kunſt liegt ein gewiſſer Stoff vor, dem ſie ihre Formen einzubilden hat; der Malerei Farben, der Muſik Töne, der Baukunſt Steine, Holz u. dergl. Die Form beruht auf der Art der Zuſammenfügung oder Verbindung des Stoffs; liegt z. B. in der Malerei in der Verſchmelzung und Abgränzung der Farben; in der Muſik in der Verbindung der Töne zu Rhythmus, Harmonie und Melodie; in der Baukunſt in der Art, wie Steine, Holz u. ſ. w. zuſammengefügt werden. Man unterſcheidet dann noch bei jeder Kunſt innre Form und äußre Form; letztre als die Verknüpfungsart des Stoffs, wiefern ſie an ſich blos dem äußern Sinne faßbar iſt, z. B.

in der Dichtkunſt die Zuſammenfügung nach Worten, Versfüßen, Reim u. ſ. w., in der Muſik nach den verſchiednen Inſtrumenten, welche ein Concert ausführen u. ſ. f.; als innre Form die, die in ihrer Wirkung auf's Gemüth vom, gleich weiter zu erörternden, innern Sinne aufgefaßt wird, in der Dichtkunſt alſo die Art, wie die, dem poetiſchen Kunſtwerk zu Grunde liegenden, Gedanken zu einem Ganzen zuſammen ſtimmen; in der Muſik der Geiſt der Harmonie und Melodie ſelbſt u. ſ. f.

Der Kochkunſt liegen als Stoff alle die Subſtanzen vor, die einer Aufnahme und Verähnlichung durch den menſchlichen Organismus fähig ſind und die Form in derſelben liegt in der Art der Zuſammenſetzung dieſer Subſtanzen begründet, die äußre in ihrer ſichtbaren Verbindung, die innere im Chemismus ihrer Compoſition. Die Idee, die der Kochkunſt, in ſoweit ſie bisher bearbeitet wurde, zu Grunde liegt, und die durch ihre verſchiednen Formen dargeſtellt werden ſoll, iſt der höchſt mögliche Wohlgeſchmack, oder iſt das Schöne, wiefern es zum Geſchmacksſinn Bezug haben kann. Allein in ſo weit verdient die Kochkunſt keinen beſſern Tempel, als eine Küche; es läßt ſich indeſſen meines Erachtens mehr aus ihr machen, und dann mag man immer die Aſchenbrödel zur Muſe erheben. Hier muß ich nun etwas weiter ausholen.

Wir haben im Grunde zwei innre Sinne, einen geiſtigen, der uns von den Zuſtänden unſrer Seele benachrichtigt, uns gleichſam ein Spiegel iſt, in dem wir die traurigen, wie die fröhlichen Züge derſelben erblicken; der uns ſagt, ob wir hoffen oder fürchten, haſſen oder lieben, muthig oder zaghaft ſind u. ſ. w. Dieſer Sinn, der ſchlechtweg der innre Sinn genannt wird, vermittelt erſt unſer Selbſtbewußtſeyn, ja läßt ſich kaum davon trennen, und in ihn müſſen alle Kunſteindrücke, die wir durch die äußern Sinne aufnehmen, überfließen; das Auge, das Ohr, der Sinn des Geruchs, des Geſchmacks und Gefühls ſind einzelne Saiten, die durch eine oder die andre Kunſt gegriffen werden, und der innere Sinn iſt der Reſonanzboden, an dem ſie alle gemeinſchaftlich wiederklingen.

Der andre Sinn, den man auch einen innern Sinn nennen kann, iſt der, der unter dem Namen des körperlichen Gemeingefühls bekannt iſt, und der uns, gerade wie der innere Seelenſinn von den Zuſtänden unſrer eignen Seele, ſo von den Zuſtänden und Vorgängen in unſerm organiſchen Körper Nachricht bringt, freilich auch nur, indem er die Eindrücke dann an den innern Seelenſinn abgiebt — in Bezug zu dem er dann allerdings noch als äußerer Sinn erſcheint, in wiefern auch unſer innerſtes Körperliches in Bezug zur Seele noch ein Aeußres iſt. Dieſem innern Körperſinn oder Gemeingefühl gehören die

Gefühle des Schmerzes und Wohlgefühls, entweder im Allgemeinen oder in einzelnen Theilen, des Hungers und Durſtes, der Müdigkeit und Munterkeit, des Kriebelns, des Kitzels, des Juckens, der Wärme und Kälte, kurz jeder Modification, die unſer Körper erleidet, an.

Da man ſich die Verhältniſſe der verſchiednen Sinnesſtufen doch zuletzt nicht anders, als ſchematiſch vorſtellen kann, ſo will ich gleich ein Schema im Allgemeinen für ſie geben, und zwar das Schema, was überhaupt die allgemeinſten innern Beziehungen jedes Organismus, und auch jeder beſondern Sphäre in einem Organismus zu verſinnlichen vermag.

Man ſtelle ſich einen Kreis vor, ſo wird der innre Seelenſinn, der unmittelbar das Geiſtige faſſende, durch den blos idealen Centralpunkt des Kreiſes ſich ſchematiſiren laſſen, in Bezug zu dem aber doch alle andre Sinne erſt ihre Realität haben; die Peripherie, die an die Außenwelt gränzt, wird die äußern Sinne vorſtellen, durch die alle Eindrücke, die wir von Außen empfangen ſollen, zunächſt treten müſſen, um in unſer Innres zu gelangen; die Radien zwiſchen Mittelpunkt und Peripherie werden unſer körperliches Gemeingefühl darſtellen, von denen nicht nur die Empfindungen, die von der Außenwelt eintreten, zum innerſten Sinn erſt übergeführt werden — weil wir auch das Sehen, Hören u. ſ. w. zunächſt nur als Modification unſers eignen Körpers wahrnehmen —, ſondern die auch dahin die unmittelbar körperlichen Gefühle unſres Selbſt überbringen, wiefern wir dieſes Kreisſchema der Sinne uns in ein eben ſolches Kreisſchema unſres übrigen Selbſt organiſch gleichſam eingewirkt denken. So ſehen wir, wie unſer körperliches Gemeingefühl auf der einen Seite mit dem innern Seelenſinn verfließt, auf der andern Seite mit den äußern Sinnen verſchmilzt und noch ſein eigenthümliches Gebiet für ſich behauptet.

Alle unſre ſchönen Künſte ſind bisher darauf berechnet geweſen, entweder durch in Anſpruch Nehmen eines äußern Sinnes unſern innern Sinn zu faſſen, wie Malerei, Muſik, Tanzkunſt u. ſ. w., oder auch unmittelbar auf den innern Sinn zu wirken, d. h. die Seelenaffectionen, die den innern Sinn rühren ſollen, gleich an dieſen ſelbſt abzugeben, ohne erſt einen andern Sinn in Anſpruch genommen zu haben, wie die Poeſie, die nicht erſt durch Auge, Ohr oder Getaſt künſtleriſch auf den innern Seelenſinn wirkt, ſondern blos ihrem Stoffe, den Worten nach, durch jene einzieht, während ihre innere Form, die zwar bei den andern Künſten auch nur vom innern Sinn gefühlt, aber doch von den äußern empfangen wird, hier unmittelbar nur vom innern Seelenſinn aufgefaßt werden kann, da ſie weder in Zuſammenſetzung der Worte, noch der Perioden an ſich begründet liegt; indem jedes kauderwelſche Gerede den Gedanken nach ein Gedicht ſeyn könnte, wenn man ſich eine Sprache dazu entwerfen wollte, wovon das Entſprechende weder in der Muſik noch Malerei angienge. Daher denn auch die Poeſie, um mich eines unbeſtimmten Vergleichs zu bedienen, der geiſtige Abglanz aller andern Künſte iſt. Es fehlt uns nun aber noch eine Kunſt, die durch harmoniſche Anregung des Gemeingefühls unſern innern Sinn rühre; und dieſe Kunſt ſcheint mir die Kochkunſt — wenn man ihr dieſen Namen dann noch laſſen will — werden zu können; nur muß man ſich dann als ihren Thron nicht mehr blos die Zunge, ſondern vielmehr den ganzen leiblichen Menſchen vorſtellen. Freilich werden auch die Inſtrumente dieſer Kochkunſt nicht Fleiſch, Brot, Kohl u. dergl. ſeyn können, die für das gewöhnliche Leben ſind, wie unſre unpoetiſche und unmuſikaliſche Sprache für das gewöhnliche Leben; während zur eigentlichen Muſik und zur höhern Kochkunſt mit tieferm Sinn ausgemittelte Inſtrumente und Intervalle gehören.

Wenn ich durch Kunſt in jemandem das Gefühl der Heiterkeit erwecken oder befördern will, ſo ſpiele ich ihm ein Tonſtück vor, das den Charakter der Heiterkeit trägt, oder ich laſſe einen heitern Tanz vor ihm aufführen, oder ich führe ihn in eine Gartenanlegt, in der ſich ein heiteres Leben ausſpricht, oder ich kann unmittelbar den innern Sinn des Menſchen anzuregen ſuchen, durch ein heiteres Gedicht, ein heiteres Lied. Ich kann aber auch — ſo weit reicht unſre Kunſt ſchon jetzt — den Menſchen durch Einwirkung aufs Gemeingefühl heiter zu ſtimmen ſuchen, indem ich ihn eine Taſſe guten Kaffee oder ein Glas Wein trinken laſſe. In allen dieſen Fällen iſt es nicht der Stoff an ſich, in dem es begründet liegt, daß ein heiteres Gefühl im Menſchen erweckt wird; es ſind nicht Töne an ſich, nicht Worte an ſich, nicht Geberden an ſich, die die Stimmung hervorbringen; — denn dieſelben würden, in anderer Verbindung, die entgegengeſetzte Wirkung zeigen —; es iſt vielmehr die Art ihrer Verbindung, in welcher die Hervorbringung des Frohſinns begründet liegt, oder mit andern Worten, es iſt die Form, in welche der Stoff gebracht iſt, welche die eigenthümliche Wirkung zeigt.

Auch bei Kaffee und Wein iſt es nicht der Stoff an ſich, der die Wirkung auf unſern Körper und Geiſt äußert; denn Kaffee und Wein beſtehen, wie alle Pflanzenſubſtanzen, aus Waſſerſtoff, Kohlenſtoff, Sauerſtoff und etwa ein wenig Stickſtoff, die für ſich entweder ganz indifferent ſind, oder doch nur bloß allgemeine Wirkungen äußern; der Grund der Einwirkung auf unſern Organismus liegt in der innern (chemiſchen) Form dieſer verbundenen Stoffe begründet, in der Art ihrer Zuſammenmiſchung.

Nun ſind Kaffee und Wein, die ich hier beiſpielsweiſe angeführt habe, Subſtanzen, die nicht ſelbſt erſt durch künſtliche Zuſammenſetzungen hervorgegangen ſind, ſondern aus den Händen der Natur entſproſſen; und wenn ſie daher Einwirkung auf uns äußern, ſo geſchieht es, wie auch die großen Kunſtwerke der Natur, um mich ſo auszudrücken, ſchöne Gegenden, Gewitter u. ſ. w. auf uns einwirken; ſie ſind nicht zu dem Zweck von Menſchenhänden bearbeitet; aber es liegt ſchon in ihrer innern natürlichen Verbindung die Art ihrer künſtleriſchen Einwirkung begründet. Die Wirkungen, die ſich durch ſolche Subſtanzen hervorbringen laſſen, müſſen aber weit größer und ſtärker werden, wenn des Menſchen künſtleriſche Hand ſie faßt und verſtändig ordnet.

Es giebt wohl kaum eine körperliche, ja ſelbſt geiſtige Empfindung, die ſich nicht durch Aufnahme irgend eines körperlichen Stoffs in uns erregen ließe. Geſetzt ſelbſt, die Angaben, die Hahnemann in ſeiner Arzneimittellehre von der Einwirkung der Mittel auf unſern Körper macht, ſeyen übertrieben, ſo bleibt nichts deſto weniger genug davon wahr, und auch durch frühere Erfahrungen hinlänglich bewieſen, um die Baſis unſrer neuen Kunſt zu ſichern.

Dem Folgenden ſchicke ich einige erläuternde Beiſpiele voraus:

Wenn ich eine einzige Farbe habe, um etwas damit zu malen, ſo kann ich nur die allgemeinſten Umriſſe davon angeben und ſehr Vieles in der zu malenden Figur bleibt unbeſtimmt; ſo bei Schattenriſſen, die blos mit Schwarz gemalt ſind; ſo wie ich aber auch eine andre Farbe hinzunehmen darf, z. B. auf das Schwarz Weiß ſetzen, ſo vermag ich ſchon die ganze Figur auf das Beſtimmteſte auszuführen, und dieß um ſo mehr, jemehr Farben ich dazu nehmen darf; verſteht ſich, daß die Farben dann nicht willkürlich gemengt werden dürfen. — Geſetzt, ich will ein Dreieck verzeichnen, deſſen Grundlinie und eine Seite mir gegeben ſind, ſo beſchreibe ich mit der einen Seite als Radius zuvörderſt einen Halbkreis von einem Endpunkte der Grundlinie als Mittelpunkt und weiß nun gewiß, ſo iſt der beſchriebne Halbkreis der geometriſche Ort der Spitze des verlangten Dreiecks, oder mit anderen Worten, ſo muß die Spitze des verlangten Dreiecks auf dem beſchriebnen Halbkreiſe liegen, noch aber kann ſie in unendlich viel Punkten deſſelben liegen; die Lage der Spitze wird aber auf der Stelle ganz beſtimmt, wenn ich nun mit noch einer dritten Seite als Radius einen Kreis über der Grundlinie von dem anderen Endpunkte derſelben aus beſchreibe; denn wo ſich beide Kreiſe ſchneiden, da liegt die Spitze. — Das Merkmal des Goldes iſt für ſich ſehr unbeſtimmt; das Merkmal der Kugel auch; das Gold kann unendlich viel Geſtalten haben, eine Kugel aus unendlich viel Materien beſtehen; vereinige beide Merkmale im Begriff der goldnen Kugel, und es iſt kaum noch etwas an ihnen zu beſtimmen, da ſie ſich wechſelſeitig beſtimmen.

Ein Aehnliches läßt ſich überall durchführen; mit einem Monochord wird man nicht viel ausrichten; Dichord, Trichord u. ſ. f. laſſen eine immer vollſtändigere Ausführung, ein immer ſichreres Hervorbringen muſikaliſcher Kunſtwerke mit beſtimmtem Charakter zu; während Ein Ton für ſich gar keinen oder jeden Charakter trägt, indem er in jeden eingehn kann. — Allgemein: je mehr Dinge, die für ſich blos allgemeine Wirkungen äußern, mit einander zur Einheit verknüpft werden, um ſo beſtimmter wird ihre Wirkung.

Wenn ich nun z. B. blos Kaffee trinke, ſo iſt allerdings wahr, daß derſelbe — notabene wenn er gut gemacht iſt, und wenn ich keine Kaffeeſchweſter bin, die ihn tagtäglich trinkt — eine erheiternde leichtermachende Wirkung auf mich ausübt; dieſe Wirkung iſt aber noch ſehr allgemein, es bleibt vieles darin noch ganz unbeſtimmt; die Heiterkeit kann ſich durch dieſen oder jenen Ideengang, die Leichtigkeit in dieſem oder jenem Organe mehr ausſprechen, ſo daß dieß gar nicht für eine künſtleriſche Wirkung zu achten; nehme ich nun aber zum Kaffee, oder bald nach dem Kaffee oder im Kaffee irgend einen Stoff, der in gehöriger Beziehung damit ſteht, zu mir, von an ſich eben ſo allgemeinen, nur anders gearteten Wirkungen, als der Kaffee, ſo muß durch das Zuſammentreffen dieſer beiden allgemeinen Wirkungen, nun ſchon eine unendlich individualiſirtere Wirkung hervorgebracht werden, z. B. nun wird ſich die Heiterkeit ſchon beſtimmter auf dieſe oder jene Weiſe ausſprechen u. ſ. w.; bei mehrerer, natürlich vernünftig geleiteter, Combination von Mitteln, wird dann die Wirkung noch mehr individualiſirt werden, und ſich am Ende jede kunſtleriſche Wirkung dadurch erreichen laſſen; wie man durch Combinirung vieler Linien jedwede Figur conſtruiren und zeichnen, durch Verbindung mehrerer Farben jedwedes in die Augen Fallende malen, durch Verbindung mehrerer Töne, Tonſtücke von jedweder Wirkung aufs Gefühl componiren, durch Verknüpfung mehrerer Merkmale jedwedes Denkbare denken kann u. ſ. f.

Man gebe nun aber jemandem ein Inſtrument nur mit drei Saiten in die Hand, das ſchon recht angenehme Tonſtücke zuläßt; jemandem, der von den Tonverhältniſſen noch nichts weiß, ja nicht einmal etwas ahnet, und ſage zu ihm: hier haſt du ein Inſtrument, was eine herrliche Muſik giebt; er wird darauf ſpielen wollen, ins Zeug hineinzugreifen, die erbärmlichſten Disharmonieen hervorbringen, und den auslachen, der ihm von einer, dem Inſtrumente zu entlockenden, Harmonie vorſpricht. — Man gebe jemandem einen Pinſel und Farben in die Hand, jemandem, der von Farbenmiſchung und richtiger Zeichnung nichts weiß, und ſage: dieſer Pinſel und dieſe Farben ſind Mittel, wodurch du die Farbenpracht der Natur nicht nur nachahmen, ſondern in vielen Fällen noch übertreffen kannſt; er wird anfangen, das Papier zu beſudeln, und ſich wundern, wie du Thor genug ſeyn kannſt, in Pinſel und Farben Stoff zu einer herrlichen Kunſt zu träumen. — Gieb jemandem eine Stange Schwefel, eine Flaſche Sauerſtoff, ein paar Stück gebrannten Kalk, und ſage zu ihm: hieraus läßt ſich Gyps machen. Der Menſch, der noch nichts von Chemie verſteht, wird den Schwefel und Kalk zerſtampfen, in jedem Verhältniſſe, das der Zufall giebt, dann beides in die Flaſche voll Sauerſtoff ſchütten, von dem er noch dazu, das Analogon iſt nicht ſchwer zu finden, den beſten Theil dabei entweichen läßt, und wird ſich hernach wundern, daß er doch nichts weiter als ein Gemenge von Schwefel, Kalk und Sauerſtoff, aber keinen Gyps erhält; deſſenungeachtet laſſen ſich jene Subſtanzen zu Gyps verbinden, wenn man ſie in den rechten gegenſeitigen Verhältniſſen und unter den rechten Umſtänden zuſammen miſche.

Auf einer ſolchen Stufe, wie der, dem das Trichord, die Farben und Pinſel oder die chemiſchen Stoffe in die Hand gegeben wurden, ſtehen wir noch mit unſrer Kenntniß der Wirkung der Mittel auf unſern Körper. Was jedes Mittel einzeln wirkt, das ſehen wir allenfalls; wie wir hören, wie jeder Ton einzeln klingt; aber eine harmoniſche Wirkung der Mittel durch Zuſammenmiſchung in ihren richtigen Verhältniſſen und Gabe derſelben in richtiger Succeſſion, dieſe wiſſen wir noch nicht hervorzubringen; und wer Farben unter einander reibt, um Papier zu marmoriren, oder auf einem Klavier kreuz und quer in die Taſten greift, leiſtet faſt eben ſo Vernünftiges, als ein Apotheker, der nach einem Recepte laborirt; es kommt aber auch bei keinem zu viel heraus. — Daß alſo bis jetzt in unſrer Kunſt nichts geleiſtet wurde, darf uns bei der Art, wie ſie bisher behandelt worden iſt, nicht glauben machen, daß ſich überhaupt nichts darin leiſten laſſe; es liegen wenigſtens Andeutungen vor, daß einmal etwas aus ihr werden könne.

Wir kennen ſchon von vielen Mitteln Einwirkungen, die theils unſern Körper, theils unſern Geiſt, vermöge der Miſchung ihrer Beſtandtheile, auf eine höchſt angenehme Weiſe afficiren; z. B. Opium, Kaffee, Wein, die berauſchende Luſt eingeathmet; oder die ihn höchſt unangenehm afficiren, und ſtatt des Wohlbefindens und erhöhten Lebensgefühls Uebelbefinden, Schmerz in einzelnen Theilen, Trübſinn u. ſ. w. hervorbringen. Bei der unendlichen Mannigfaltigkeit der Mittel liegt uns nun hier der reichhaltigſte Stoff vor, um mich des Vergleichs mit einer andern Kunſt zu bedienen, die mannigfaltigſten Uebergänge aus einem harmoniſchen Gefühl in ein andres hervorzubringen, Disharmonien (Schmerzgefühle) mit Fleiß zu erregen, um ſie in conſonirende aufzulöſen (durch gehörige Antidota), bald dieſen, bald jenen Theil des Menſchen, oder vielmehr den ganzen Menſchen bald von dieſer, bald von jener Seite anzuregen, wie die Muſik, die einen beſchränktern Wirkungskreis hat, blos unſer Gemüth bald von dieſer, bald von jener Seite anregt. Was für Mittel und in welcher Verbindung ſie anzuwenden ſeyen zu beſondren Zwecken, darüber läßt ſich kaum ſchon etwas ſagen; doch wird man vorzugsweiſe Narcotica anzuwenden haben, um recht unmittelbar auf das Pſychiſche zu wirken. Die Wirkungen des Opiums in dieſer Hinſicht ſind bekannt. „Abergläubiſche Menſchen ſollen von dem Samen des Stechapfels Stuhlzäpfchen machen, oder ſich mit dem Oel derſelben die Stirn beſtreichen, und ſich dadurch in einen eingebildeten Zuſtand verſetzen, als wenn ſie mit Geiſtern und Teufeln in Verbindung ſtänden. Eben dieſe Wirkungen bringen Kraut und Wurzeln hervor. — Die Brachmanen in Malabarien, ſagt Kämpfer, beſitzen eine Latwerge, die aus den Samen des Stechapfels, aus Mohnſaft und dem Blüthenſtaub des Hanfs bereitet wird; durch dieſelbe bringen ſie die ſeltſamſten Verſtandesverwirrungen bei den Perſonen hervor, die ſie zu ihren religiöſen Ceremonien und zum Blendwerk für das Volk gebrauchen. Selbſt Kämpfer und ſeine Freunde nahmen einen Biſſen derſelben, wurden danach außerordentlich luſtig, lachten heftig, und als ſie gegen Nacht auf ihren Pferden heimzogen, glaubten ſie, mit einem Regenbogen umgeben, durch die Wolken zu reiten." (Reils Fieberlehre.)

„Wenn mit dem Blatte von Datura ferox, die in den wärmern Theilen von China und Oſtindien wild wächſt, nur der Rand eines Glaſes beſtrichen wird, ſo ſoll, wenn beim Trinken aus ſelbigem die damit beſtrichene Stelle mit den Lippen berührt wird, dieſes auf eine kurze Zeit Raſerei erregen" (Orfila); es verſteht ſich von ſelbſt, daß ſolche ſtarke Wirkungen ſich nach Belieben ſchwächen laſſen.

Bekannt iſt auch, daß die Salbe aus der Alraunwurzel (Atropa mandragora) früher angewendet worden iſt, allerhand Vorſtellungen von Umgang mit Geiſtern und Teufeln zu erregen.

Unter dieſe Kategorie gehören ferner Cicuta, Belladonna, Hyoscyamus, ſelbſt der Tabak innerlich, alle Arten der Datura und unzählige andre, die alle zugleich auf daſſelbe Gebiet im Menſchen ausgezeichnet einwirken, oder doch ein großes Gebiet gemeinſchaftlich decken, wenn auch von jedem noch darüber hinaus beſondre Einwirkungen Statt haben; in deren Wirkungen deſſenungeachtet aber eine ſpecifiſche Verſchiedenheit nachzuweiſen iſt. Wenn nun bei Anwendung jedes einzelnen dieſer Mittel noch ſehr allgemeine und unbeſtimmte Einwirkungen auf die Seele Statt haben, ſo ließe ſich wohl gedenken, daß bei combinirter Anwendung derſelben in den richtigen Formen und Verhältniſſen und bei richtiger Zubereitung ganz determinirte und feſt beſtimmte Gemüthsbewegungen ſich hervorbringen ließen; und eine ſolche auf Hervorbringung eines gewiſſen Seelenzuſtandes abzweckende Zuſammenſetzung wäre doch wohl eben ſo gut ein Kunſtwerk zu nennen, als ein Tonſtück, in dem die Wirkung auch nur durch Zuſammenſetzung von, an ſich wirkungsloſen, Tönen hervorgebracht wird: man wird ſelbſt das Analogon von Harmonie und Melodie haben; nämlich die gleichzeitig in einer Miſchung gegebnen Mittel werden die Harmonie in der Kochkunſt bedingen; indem hier, wie in der Muſik, durch das Zuſammenwirken mehrerer zuſammenſtimmenden Mittel die Einheit eines Gefühls hervorgebracht würde, während die Succeſſion, in der die Mittel gegeben werden, den Fluß der Gefühle, was in der Muſik der Melodie anheim fällt, bedingen würden. Freilich, um die Melodie richtig herauszubringen, müßte man auch ſchon erforſcht haben, binnen welcher Zeit jedes Mittel die ihm eigenthümliche Wirkung äußerte.

Wenn man ſich nun eine grobe Vorſtellungsart machen will, wie jemand ein Kochkunſtwerk zu genießen habe, ſo ſtelle man ſich einen möglichſt geſunden Menſchen vor (denn wo ſchon Disharmonie im Körper iſt, müſſen die Mittel anders wirken), laſſe dieſen einen Tag hungern — nothwendiges Bedingniß, theils die Empfänglichkeit für die Mittel zu ſteigern, theils das Vermiſchen mit den Wirkungen der Nahrungsmittel zu hindern — und gebe ihm nun einen Speiſezettel in die Hand, das Analogon eines Notenblatts, auf dem irgend ein berühmter Kochkünſtler aus dem dritten oder vierten Jahrtauſend der chriſtlichen Zeitrechnung ein Kochſtück componirt hat; wo zuvörderſt, wie in einem Trauerſpiele vorn die Anzahl und die Chargen der handelnden Perſonen, oder bei einem Muſikſtücke Schlüſſel, Ton- und Taktart angegeben ſind; ſo die Gläschen und Büchschen mit erforderlichem Inhalt bezeichnet ſind, die der Genuß des Kunſtwerks erfordert, und womit ſich der Genießende zu umringen hat; auch Tageszeit, Temperatur und übrige Außenumſtände als Nebenſachen ſind zu berückſichtigen, inwiefern ſie den Eindruck des Kunſtwerks befördern können, oder ihm entgegen ſtehen. So wie ferner über einem Tonſtück häufig angedeutet iſt, welche Wirkung es bezweckt, oder ob es für eine gewiſſe Gelegenheit componirt ſey, wie man Trauer- und Siegesmärſche hat, fröhliche Lieder und Kriegslieder u. ſ. w., ſo könnte über dem Kochnotenblatt ſtehen: zu nehmen, wenn man traurig iſt; Schilderung der Gefühle eines Helden in der Schlacht, Stück fürs Bein oder für die Bruſt u. ſ. w. — Der Genießende würde nun ein Gläschen nach dem andern zur Hand nehmen, in dem vorgeſchriebenen Rhythmus, der nach der Wirkungsart jedes einzelnen Mittels vom Tonſetzer der Speiſen ſchon berechnet ſeyn muß, um das gehörige Hinüberhallen einer Wirkung in die andre oder die Nüancenverſchmelzungen derſelben zu bewirken; bald aus einem Gläschen 7, aus einem andern 3 Tropfen über die Zunge hinabgleiten laſſen, dann ein Löffelchen Pulver hinunterſchlucken, ein Stück einer lebendigen Pflanze kauen, an einem Fläſchchen riechen u. ſ. f. bis er ſich durch das ganze Stück durchgegeſſen hätte; und zuletzt würde mit einem Mittel geſchloſſen, das die Wirkung aller andern Mittel zu einer, dem Gefühl und der Geſundheit angemeßnen, Conſonanz auflöſte. Da gewöhnlich die Wirkung der Mittel erſt nach einiger Zeit eintritt, ſo würde er dann bis dahin ſich allen ſtörenden Einflüſſen entziehen, und wenn die Mittel in einander und mit dem Organismus zu ſpielen anfiengen, ſich ruhig hinſetzen, und dem Eindruck überlaſſen müſſen.

Der Organismus wird ſo ſelbſt zum muſikaliſchen Inſtrument, das zugleich ſeine eigne Muſik fühlt, die Mittel ſind blos die Finger, mit denen dieß Inſtrument geſpielt wird. Der Organismus beſteht aber eigentlich aus einem ganzen Orcheſter der mannigfaltigſten mit den feinſten Saiten bezognen Inſtrumente; und jedes will auf beſondre Weiſe geſpielt ſeyn, wenn alle zuſammenſtimmen ſollen. Unſre jetzige mediciniſche Kochkunſt aber will auf der Flöte geigen, und iſt gerade das Blaſen Mode, die Geigen blaſen.

Hier iſt zuvörderſt ein Einwurf zu berückſichtigen, der ſich zunächſt gegen die Ausführbarkeit einer ſolchen innern harmoniſchen Wirkung aufdrängt.

Da jeder Menſch eine andre Conſtitution hat, ſo ſollte man vermuthen, daß auch auf jeden die Mittel in einer andern Art wirken müſſen, und daß alſo etwas Allgemeines ſich hierüber gar nicht feſtſetzen laſſe; das iſt nun zwar gar nicht zu läugnen; da aber die Wirkung unſrer Kunſtwerke nicht von jedem einzelnen Mittel insbeſondere abhängen ſoll, ſondern von einer harmoniſchen Vereinigung mehrerer derſelben zu einem Ganzen, ſo wird eine harmoniſche Wirkung mit beſtimmtem Charakter bei jeder Conſtitution ſich äußern, wenn ſie gleich im Allgemeinen jede auf eine beſondre Art anſpricht; wie ja auch ein Tonſtück eine Gemüthsſtimmung und einen Character anders anſpricht, als den andern, ohne daß doch die harmoniſche Wirkung derſelben bei irgend einem verloren gienge.

Man kann nun freilich auch fragen: wenn nun ſchon Jahrtauſende in den Apotheken — denn zu dieſen ſteht allerdings unſre Koſtkunſt in näherm Bezug, als zu den Küchen — laborirt worden iſt, und man es doch zu nichts gebracht hat, was nur eine Ahnung von der Möglichkeit unſrer Kunſt als höherer Kunſt geben könnte, ſteht es denn wohl überhaupt zu erwarten, daß ſich Wege finden laſſen werden, ſie zu vervollkommnen? — Ein ſolcher Einwand iſt ungegründet. Man vergleiche die Entdeckungen, die Jahrtauſende hindurch in der Phyſik und Chemie gemacht worden ſind, mit denen, die nur in den letzten 50 Jahren an's Licht traten, welch' unermeßner Unterſchied? Das Samenkorn einer Wiſſenſchaft kann unendlich lange im Staube geſchlummert haben, auf einmal trifft ein warmer Lichtſtrahl darauf, und es treibt glänzende Blüten hervor. Einen ſchönen Vergleich in dieſem Bezug erinnre ich mich in einer Schrift Kieſers geleſen zu haben. Man betrachte einen Grashalm; die unterſten Knoten ſind weit von einander entfernt, die Pflanze hat lange zu wachſen gehabt, ehe ſie es in der Entwicklung vom niederſten Knoten zum nächſt höhern gebracht hat; je näher aber nach der Blüte zu, um ſo kürzer werden die Internodien; ſo ſind auch im Gange der Wiſſenſchaft die Epochen, die durch merkwürdige Entdeckungen ſich auszeichnen, im Anfange ſehr lang, oft ermüdend lang, und ſuccediren ſich immer raſcher, je näher die Wiſſenſchaft ihrem Blütenſtand entgegen treibt. Man muß daher nicht glauben, wenn eine Wiſſenſchaft oder Kunſt in einem Jahrtauſend nur um einen Schritt fortgerückt iſt, ſie werde im nächſten wieder nur um einen fortrücken; nein vielleicht rückt ſie in dieſem um drei, im nächſten um fünf fort u. ſ. w., wenigſtens wenigſtens möchte ich theoretiſch auf ein ſolches Fortſchreiten im Allgemeinen ſchließen, wovon ich die Gründe, weil ſich's eben giebt, hier einſchalten will.

Wenn ein Körper von der Ruhe abfällt, ſo durchläuft er in der erſten Secunde, bei freiem ungehindertem Fall, einen Raum von ungefähr 15 par. Fuß; man thäte unrecht, wenn man ſchließen wollte, er würde in der zweiten Secunde auch wieder blos 15 Fuß durchlaufen; nein, er durchläuft 3mal ſo viel, nämlich 45 Fuß, in der dritten Stunde 5mal ſo viel, nämlich 75 Fuß u. ſ. f., ſo daß er alſo im Ganzen nach Verlauf der erſten Secunde 1 mal 15 Fuß, nach Verlauf der zweiten dieſe 1 mal 15 Fuß und noch die 3 mal dazu, alſo im Ganzen 4 mal 15 Fuß durchlaufen hat, nach Verlauf der 3ten Secunde im Ganzen 9 mal, nach Verlauf der 4ten im Ganzen 16 mal 15 Fuß u. ſ. f., daß mithin die durchlaufenen Fallräume nach den Quadraten der Fallzeit fortſchreiten. Nun kommen bei dem Fallen zwei Kräfte in Betracht, die Schwerkraft, die, wenn ſie allein auf den Körper wirkte, ihn in gleichen Zeiten um gleich viel der Erde nähern würde, und das Beharrungsvermögen, vermöge deſſen der fallende Körper mit der Geſchwindigkeit, die er in jedem Augenblick erlangt hat, im nächſten ſich gleichförmig fortbewegen würde, wenn nicht die Schwerkraft von Neuem auf ihn einwirkte. Durch das Zuſammentreffen dieſer beiden Kräfte wird die Beſchleunigung der Fallbewegung hervorgebracht. Nun kommt bei dem Fortſchreiten der Kultur das Zuſammentreffen zweier, hinſichtlich der Beſchleunigung ganz gleichwirkender, Kräfte in Betracht; daher auch ein gleiches Reſultat erfolgen muß: nämlich, gleichmäßig, wie der Zug nach dem Centrum der Erde wirkt das allgemeine Streben der Menſchheit nach höherer Ausbildung hin, und die Wirkung des Beharrungsvermögens ſpricht ſich darin aus, daß jeder Fortſchritt, den wir durch dieſes Streben nach dem Centrum der Wiſſenſchaft gemacht haben, durch ſeine Folgen den nächſten Fortſchritt befördern hilft, daß alſo jeder vermöge ſeiner Folgen durch alle folgenden Fortſchritte hindurch ſich wirkſam erzeugt, gerade wie das Beharrungsvermögen beim Fall bewirkt, daß die in einer Zeit erlangte Geſchwindigkeit gleichſam die Prämiſſe wird für die Geſchwindigkeiten in allen folgenden Fallräumen. — Genau genommen muß indeß dieß Geſetz für größere Perioden noch eine Modification erleiden; nämlich die Schwerkraft nimmt im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernungen zu; je näher ein Körper dem Erdmittelpunkt kommt, um ſo ſtärker wird er von ihm angezogen; ſo auch nimmt das Streben, den Zielpunkt der Wiſſenſchaft zu erreichen, mit größerer Annäherung an denſelben zu, und nur für kleine Zeiträume, wie für kleine Fallräume kann man dieſe Veränderlichkeit der Schwerkraft wie des Culturbeſtrebens vernachläſſigen; ſonſt gilt die Formel, die für die Beſchleunigung der einen gilt, auch für die der andern. So wie nun aber die, für die fallenden Körper berechnete, Geſchwindigkeit in ihrer Strenge nur in der Theorie exiſtirt, da Luftwiderſtand, Wind, Rotation der Erde und andre Einflüſſe in der Wirklichkeit die Bewegung modificiren, ſo wäre es auch thöricht zu verlangen, daß ſich ein ſo regelmäßiges Fortſchreiten der Cultur nach Quadratſchritten in der Wirklichkeit nachweiſen laſſe; indeß inſofern die Berechnung der Fallzeit doch als Baſis von der größten Wichtigkeit iſt, ſo glaube ich auch, daß ähnliche Berechnungen, wie vorhin angedeutet worden, als Baſis zu weitern Correctionen gerade nicht ganz außer Acht zu laſſen ſind, ſieht man auch gleich vor der Hand noch keinen practiſchen Nutzen von ihnen, den ſie ohnehin erſt erlangen könnten, wenn eine ſolche mathematiſche Behandlung auf alle Zweige des menſchlichen Wiſſens und Lebens ausgedehnt würde; dann erſt würde es möglich ſeyn, die gehörigen Correctionen anzubringen, wie man auch die Correctionen in Bezug auf die Fallräume nicht eher anbringen kann, bis man den Luftwiderſtand eben ſo mathematiſch für ſich berechnet hat, als die Fallgeſetze ſelbſt. Vereinzelt hilft ſo etwas allerdings zu nichts.

Ich kam auf dieſe Abſchweifung blos unterwegs; da ich im Grunde weiter nichts hatte ausdrücken wollen, als daß man an der Ausführbarkeit unſrer Kochkunſt noch nicht zu verzweifeln brauche, darum, weil bisher ſo wenig dafür geſchehen.

Es läßt ſich aber in der That auch ſchon abſehen, auf welche Weiſe eine Realiſirung derſelben einmal möglich gemacht werden könne. Auf Erfahrungswege allein wohl nicht, wenn gleich die Erfahrung hinzutreten muß, und gehörig angeſtellt ſehr viel wird leiſten können. Gewiß iſt hierbei Hahnemanns Verfahren im höchſten Grade beherzigenswerth, die Wirkung der Mittel auf den geſunden Organismus ſo ungetrübt als möglich zu ſtudiren, und dabei die ſpecifiſch verſchiednen Einwirkungen auf verſchiedne Organe nicht unter allgemeine Kategorieen bringen zu wollen, zu deren richtigen Feſtſetzung das Zeitalter noch nicht reif ſcheint; wenigſtens würde die Schwierigkeit, nach meiner Anſicht, nicht viel geringer ausfallen können, als bei Klaſſification eines ganzen Naturreiches. Wahrſcheinlich wird man einmal in den ſtöchiometriſchen Verhältniſſen der Stoffe, wenn ſie erſt genauer erörtert, und ihre mannigfaltigen Beziehungen z. B. zur Kryſtallgeſtalt der daraus reſultirenden Körper erforſcht ſeyn werden, die Baſis für eine Theorie unſrer Kochkunſt und der, ihr dann unterzuordnenden, Therapeutik, finden, ein Gedanke, den in Bezug auf leztre auch ſchon Kieſer aufgeſtellt. Hat man es erſt bis zur richtigen Kenntniß der einzelnen Grundſtoffe gebracht, und dieſe Grundſtoffe auf die richtigen Zahlen, ſo wird man dann ein ganzes Laboratorium voll Töpfe und Tiegel durch eine einzige Rechentafel erſetzen können; und das Geſetz der Einwirkung, inwiefern es den Verhältniſſen entſpricht, muß dann doch auch aufzufinden ſeyn. Man würde ſuchen müſſen, unſern eignen Körper auch ſtöchiometriſch zu zergliedern, und hätte man hier die richtigen Zuſammenſetzungen erkannt, ſo würde alsdann die Theorie die Beziehungen der Mittel zu unſerm Organismus leicht geben, ſobald einmal ihr Hauptprinzip gefunden wäre. Uebrigens müßte eine ſolche Stöchiometrie der organiſchen Körper eine andre ſeyn, als für die unorganiſchen; man würde zunächſt den Körper in ſeine organiſchen Elemente zerlegen müſſen, wozu freilich noch keine Reagentien bis jezt aufgefunden ſind, als das grobe anatomiſche Meſſer; dieſe wären abermals in die einfachern organiſchen Elemente zu zerlegen u. ſ. f. und nur die einfachſten organiſchen Elemente würden dann unmittelbar in Sauerſtoff, Waſſerſtoff, Kohlenſtoff, Stickſtoff u. ſ. w. getrennt werden dürfen. Es müßte zuvörderſt ausgemittelt werden, wie viel Proportionaltheile vom Gefäßſyſtem, vom Nervenſyſtem, vom Zellſyſtem in ein Organ eingehn; jedes dieſer wäre abermals zu zerlegen u. ſ. f. Hierzu fehlen aber noch alle phyſiologiſchen Vorderſätze; obgleich die Sache an ſich gewiß ſo ausführbar iſt, als irgend etwas.

Ueber Schematismus oder Symbolik.

Es iſt ein eitles Unternehmen, vom Nichtſinnlichen anders, als durch ſinnliche Bilder — Schemate, Symbole, zu ſprechen. Alle Verhältniſſe zwiſchen unſern Geiſteskräften, alle Wirkungen und Verhältniſſe von Kräften überhaupt laſſen ſich nur inſofern ausdrücken, als wir ihnen eine ſinnliche Hülle geben; ja, nicht blos nicht anders ausdrücken, ſondern nicht einmal anders denken. Spreche ich von einem Begriff, einer Vernunftidee, die ich gehabt habe, wie will ich das Verhältniß derſelben zu meinem Geiſte reiner ausdrücken, als daß ich ſage: der Begriff, die Idee war *in* meinem Geiſte, und liegt nicht in dieſem *in* die förmliche Vorſtellung eines räumlichen Enthaltens; die Seele ſchwebt dabei als ein, allerdings wohl unbeſtimmtes, räumliches Schema vor, in das hinein man die Idee ſteckt. Eben ſo ſagt man von den Gegenſtänden, die die Objecte des Denkens ausmachen, ſie ſind *außer* meinem Geiſte; da der Geiſt aber an ſich nichts Räumliches iſt, ſo paßt im Grunde der Ausdruck *außer*, mit dem man, man fange es an, wie man will, doch zuletzt nur eine räumliche Vorſtellung verbindet, gar nicht inſofern auf den Geiſt;

und doch, wie will man das Verhältniß der Denkobjecte zu unſerm Geiſte anders ausdrücken? Die ganze Logik iſt bei Betrachtung des Inhalts und Umfangs der Begriffe voll ſolcher Schemate, die ſich entweder dem Studirenden von ſelbſt mit den Worten aufdrängen, oder auch ſelbſt bildlich durch Kreiſe dargeſtellt werden; und es iſt wohl keine Frage, daß Jeder, der das von Inhalt und Umfang der Begriffe in der Logik Vorgetragene verſtehen will, es nicht anders kann, als durch ſolche Schematiſirung, würde ſie auch nur in Gedanken vorgenommen. Wenn ich bei Betrachtung der Geiſtesvermögen die Sinnlichkeit als den Stoff zu Vorſtellungen aufnehmend, den Verſtand ihn durchgehend, ſondernd, vereinigend u. ſ. w. denke, was habe ich für alle dieſe nichtſinnlichen Akte anders als vom Sinnlichen entlehnte Bilder; die keineswegs blos dem Worte ankleben, ſondern nothwendig mit gedacht werden, wenn die reſpectiven Verhältniſſe und Thätigkeiten jener Geiſteskräfte überhaupt gedacht werden ſollen, und will man andre Ausdrücke ſuchen, ſo werden es immer ſolche ſeyn, die jene Bemerkung eben ſowohl trifft. Es iſt in der That nicht möglich, ſich die Verhältniſſe von etwas Nichtſinnlichem anders klar zu machen, als durch ſolche Symbole, und alle Verhältniſſe, die uns vom Nichtſinnlichen bis jetzt klar geworden ſind, ſind es nur durch die Darſtellung im Symbole.

Man gebe doch ein ganzes philoſophiſches Syſtem, was ſich anmaßt, das Nichtſinnliche direkt darzuſtellen, Stück für Stück durch, und ſehe, ob es nicht im Grunde überall nur Schemate ſind, die es uns dafür giebt. Inneres und Aeußeres, Materie und Form, Subjectives und Objectives, Inhalt und Umfang, Klarheit und Dunkelheit, ſind lauter ſolche Bezeichnungen für abſtrakte, nichtſinnliche Gegenſtände, die eben, weil das Symbol ſchon im Worte ausgedrückt liegt, auch ſchon unmittelbar ein Verſtändniß zulaſſen; während andre: Verſtand, Vernunft, Urſach; Wirkung, Schönheit, Tugend u. ſ. w., die dem Ausdruck nach nicht ſchematiſch oder ſymboliſch erſcheinen, blos inſofern in unſer Bewußtſeyn treten, als wir ſie an Schematen verſinnlicht denken, als wir ein ſinnliches Urſächliche oder Wirkende, Schöne, Tugendhafte denken, oder inſofern wir Erklärungen von ſeinen Beziehungen geben, die doch nur auf Schemate hinauslaufen. Die gewöhnliche Philoſophie verfährt nun hier ſehr ſonderbar; ſie hat eine gewiſſe Maſſe von Schematen oder Symbolen ſchon autoriſirt vorgefunden und einige ſelbſt autoriſirt; und mit dieſen conſtruirt ſie nun ihr ganzes Syſtem, mißt und ſteckt alle Grenzen ab, erörtert alle Verhältniſſe, die ihr auf ihrem Wege vorliegen; kurz, ſie ſucht damit ſo weit zu kommen als möglich — und bei ihrer ſelbſtverſchuldeten Armuth iſt das nicht weit — und meint dann, wenn ſie genügſam genug geweſen iſt, bei den anerkannten Symbolen ſtehn zu bleiben, und keine andern, fiele auch ihre Zweckmäßigkeit in die Augen, in Betracht zu ziehen, als die alltäglichen, ſie habe mit ächt wiſſenſchaftlichem Gange ſich alles Analogiren vom Sinnlichen aufs Nichtſinnliche enthalten — und doch kann ſie alle ihre Begriffe von nichtſinnlichen Verhältniſſen nur durch Analogiren mit dem Sinnlichen — denn Symbol oder Schema iſt nichts als ein Analogon des Nichtſinnlichen im Sinnlichen — klar, ja nur durch Analogiren eine Vorſtellung davon möglich machen.

Es iſt nun im Grunde nur eine willkürliche Anmaßung der Philoſophie, daß ſie behauptet, es dürfen gar keine andern analogiſchen Bezeichnungsarten oder Schemate zur Erklärung und Bezeichnung nichtſinnlicher Begriffe in Anwendung gezogen werden, als die ſie für gut befunden hat, einzuführen. Das Schema des Innern und Aeußern läßt ſie zu, ſie kann ohne daſſelbe nicht einmal etwas ausrichten; aber wenn jemand das Schema von Centrum und Peripherie bringt, um dadurch irgend ein Verhältniß auszudrücken, ſo ſieht ſie ihn ſchief von der Seite an, und ſpricht: das iſt auch ſo einer. Und doch, wenn es einmal erlaubt, ja nicht anders möglich iſt, als ein gewiſſes einfaches Verhältniß zweier Nichtſinnlichen (wie zweier Begriffe, von denen der eine in, der andre außer der Sphäre des andern enthalten iſt) durch das räumliche Schema des Innern und Aeußern auszudrücken, warum ſoll es nicht verſtattet ſeyn, ein näher beſtimmtes Verhältniß zweier Nichtſinnlichen durch das Verhältniß von Centrum und Peripherie auszudrücken, was an ſich nicht mehr räumlich iſt, als Inneres und Aeußeres ſchlechtweg, blos eine nähere Beſtimmung deſſelben, und eben darum für nähere Beſtimmungen brauchbar: denn ſo wie es im Raume complexe Figuren giebt, ſo giebt's auch im Nichtſinnlichen, z. B. im Geiſte, ſehr verwickelte Verhältniſſe. Ich würde ein ſolches Verhältniß zweier Nichtſinnlichen, das eine nähere Beſtimmung als die vom Innern und Aeußern in ſich faßte, doch nur durch eine Menge Umſchreibungen ausdrücken können, die am Ende dem Geiſte wieder nichts anders, als eine Menge Symbole hinreichten, und ſo das Verhältniß zerſtückelt und in Schematen, die außer Beziehung auf einander wären, darſtellten; mithin dem Geiſt keinen klaren Ueberblick des Verhältniſſes gewähren könnten; warum will ich denn nicht gleich ein näher determinirtes Schema aufſuchen, was das näher beſtimmte Verhältniß auf einmal ausdrückt, da ich das Verhältniß doch einmal nicht anders, als durch Schemate dem Geiſte klar vor Augen ſtellen kann. Man leſe die Pſychologien durch, die wir haben, in denen es unumgänglich nöthig wird, die Beziehungen der einzelnen Geiſteskräfte auf einander darzuſtellen, da ja das Weſen jeder Geiſteskraft nur aus ihrer Beziehung zu den übrigen hervorgeht, ob man je dieſe Beziehungen anders ſich vorgeſtellt hat, als durch räumliche Symbole. Man ſtellt die Geiſteskräfte in, neben, über, unter, gegen einander, läßt die eine geben, die andre empfangen, die eine abbilden, die andre aufbewahren, die dritte verknüpfen und wer weiß, was noch Alles. Dieſe Schemate ſind aber ſo ganz außer Bezug auf einander ſelbſt hingeworfen, daß es freilich ſchwer begreiflich wird, wie dadurch ein einſtimmendes Bild von den Beziehungen der Seelenkräfte ſelbſt hervorgehn ſoll. Denn bald entlehnt man Bilder aus jener Sphäre, bald aus dieſer; Bilder, die gar nicht zuſammen paſſen; und das nennt man denn eine wiſſenſchaftliche Darſtellung. Warum wählt man nicht Symbole, die den ganzen Zuſammenhang auf einmal überſehen laſſen, und ſtellt die Einheit der nichtſinnlichen Sache durch eine entſprechende Einheit des Symbols dar?

Wenn ich ſage — und ich ſage es nur, ein Beiſpiel möglicher Anwendung des Geſagten zu geben; wiefern die Darſtellungsart an ſich richtig iſt, laſſe ich dahin geſtellt ſeyn; denn es iſt ein Irrthum, wenn man glaubt, mit den Symbolen nach Willkür umſpringen zu können. —

Die Seele iſt ein Kreis, deſſen Radien (Seelen-Fähigkeiten) von einem Mittelpunkte (der Vernunft) nach der Peripherie (der Sinnlichkeit als Gränze der Seele), mit der der Kreis in einen größern Kreis (die äußere Sinnenwelt) gelegt iſt, hinlaufen, ja über die Peripherie in den größern Kreis hinauswirken, während umgekehrt der größere Kreis (die Außenwelt) gegen die Peripherie ſich concentrirt, und ſelbſt Radien ſeiner Wirkſamkeit durch die Peripherie zum Mittelpunkt ſendet *).

So habe ich dadurch, — und ich kann es durch weitere Erörterungen entwickeln — die allgemeinſten Verhältniſſe der Seele auf eine klare Weiſe dargeſtellt; ich ſage, die allgemeinſten Verhältniſſe; denn eine ſpeciellere Ausführung würde auch ein ſpecielleres

---

*) Wenn nämlich der Kreis ſich gegen die Außenwelt ausdehnt, dadurch, daß er nach allen Seiten Radien ausſchickt; dieſe ſich aber umgekehrt gegen ihn concentrirt, ſo muß die Peripherie des Kreiſes der Scheidepunkt beider ſeyn; allein das Eindringen der Außenwelt wird durch die Peripherie im ganzen Kreiſe gefühlt, und umgekehrt das Andringen des Kreiſes gegen den größern Kreis, die Außenwelt, zeigt ſich ebenfalls über ſeine Peripherie durch dieſen hinaus; wie wenn zwey Menſchen gegeneinander nach entgegengeſetzten Richtungen drängen, ſo fühlt jeder des andern Druck, ohne daß doch von einem Menſchen wirklich etwas in den andern übergeht. Dieſe Bemerkung nur darum, damit es nicht ſcheine, als wenn das Hinauswirken über die Peripherie, und in die Peripherie hinein willkürlich geſetzt wäre.

Symbol erfordern. Die abſolute Einheit der ſtoffloſen Vernunft im Gegenſatz gegen die, an die Sinnenwelt gränzende, ja mit ihr in der Berührung zuſammenfallende Sinnlichkeit (denn die Sinnenwelt iſt nur inſofern für uns, als ſie von der Sinnlichkeit aufgefaßt wird), welche das Mannigfaltige der Außenwelt idealiter in ſich aufnimmt (die von allen Richtungen herkommenden Radien des größern Kreiſes, die ihre Wirkung durch die Peripherie zum Centrum des Seelenkreiſes fortpflanzen), ſo daß gar keine Wirkung von der Außenwelt in die Seele eintreten kann, als durch die ſinnliche Wahrnehmung, die in dem Eindruck der, ſich radial gegen die Peripherie concentrirenden, Außenwelt beſtrebt. Die beiden entgegengeſetzten Richtungen der Geiſtesthätigkeit werden durch die doppelte Richtung der Radien verſinnlicht; die Radien der Außenwelt laufen ideal in den Kreis hinein (pflanzen ihren Stoß in der Richtung, in der ſie gegen die Peripherie anlaufen, durch dieſe zum Centrum fort) — Erkenntnißthätigkeiten — anderntheils gehen die Radien vom Centrum nach der Peripherie hin, und wirken über dieſe hinaus — Willensthätigkeiten —; daher kann die Vernunft, der Mittelpunkt, auch von einer doppelten Seite betrachtet werden, einmal, indem ſie die idealen Radien der Außenwelt aufnimmt — wo ſie dann mit dem reinen Bewußtſeyn zuſammen fällt; — andrerſeits, als Radien ausſendende, ſchließende und den Willen vermittelnde. — Fragt man, was der größere Kreis ſey, in den der Seelenkreis zunächſt eingeſchloſſen iſt, nun ſo iſt es zweifellos der Körper; auf das Körperliche wirkt die Seele zunächſt, und durch körperliche Organe erhält ſie auch nur zunächſt den Stoff ihrer Vorſtellungen; der Körperkreis iſt dann aber wieder in einen größern Kreis, eine größere Außenwelt geſetzt, und ſo ergeben ſich für die einfachſte Symbolentwicklung lauter concentriſche Kreiſe, von denen einer immer den andern in ſich enthält. — Dieſes Symbol ließe ſich an ſich noch weiter ausführen; allein um dann die beſondern Geiſteskräfte ins Einzelne zu verfolgen, müßte man eine höhere Entwicklung des Symbols zu Hülfe nehmen, und ich werde in einem andern Aufſatz zeigen, nach welchem Geſetze dieſe Entwicklung vor ſich gehen müßte. Man würde ſo wahrſcheinlich auf Linien höherer Ordnungen geführt werden, über die die Mathematik leider noch zu wenig Herr iſt, und da ſich der Körperkreis immer parallel mit dem Seelenkreiſe entwickeln müßte, ſo bin ich überzeugt, daß das entwickeltſte Symbol der menſchlichen Seele zuletzt mit der Geſtalt und den Verhältniſſen des menſchlichen Körpers zuſammen fallen würde, ſo daß die Seele nur als geiſtiger Abglanz des Körpers erſchiene. Daß ſich der Körper wirklich nach einem gleichen Symbole entwickeln läßt, werde ich weiterhin zeigen; ja jedes Organiſche läßt ſich nach dieſem Symbole entwickeln.

Ich laſſe es indeſſen vollkommen hier dahingeſtellt ſeyn, ob und wiefern das gewählte Symbol ein richtiges ſey; es kann vielleicht auch hier und da ſchon deßhalb nicht richtig ausgelegt ſcheinen, weil Eintheilungen der Seelenkräfte, die wir gemacht haben, ſich vielleicht im Symbol nicht nachweiſen laſſen, weil ſie es nicht exiſtiren; da vielmehr nach meiner Anſicht umgekehrt die Eintheilungen aus dem Symbol a priori zu entwickeln wären. Allein mag dieß Symbol falſch ſeyn; ſo wollte ich nur die Möglichkeit zeigen, an Einem Bilde das klar zu machen, was durch Zuſammenſuchen vieler Bilder immer verworren erſcheinen muß.

Die Darſtellungsart, die ich hier vertheidige, iſt die Darſtellungsart der Naturphiloſophie, und liegt in ihrem Geiſte begründet; daß ſie gemißbraucht wird, ſollte nicht der Wiſſenſchaft zugerechnet werden, ſondern denen, die ohne hinreichende Kenntniß des Symbols und zu Symboliſirenden davon handeln, und weil ſie mit dem Lichte nicht umzugehn wiſſen, Schaden damit anrichten. Wenn die gewöhnliche Philoſophie die Seele, oder was es ſonſt ſey, conſtruiren — doch nein, das vermißt ſie ſich nicht — beſchreiben will, ſo nimmt ſie ein Stück Pflanze, ein Stück Menſch, ein Stück Linie, ein Stück von dem und jenem zuſammen, und will daraus ein Bild zuſammen ſticken; der Naturphiloſoph aber nimmt blos eine Pflanze, blos einen Menſchen, blos den Kreis, und demonſtrirt daran die Seele, oder was er ſonſt demonſtriren will. Jener zerſchlägt erſt eine Menge ganzer Symbole, um aus den heterogenen Stücken wieder ein Ganzes zu bilden; dieſer nimmt, was er findet, ganz, und zeigt auch ſein Object ganz darin auf. Jener möchte gern einmal einen Baum haben, er geht in den Wald und ſieht die Bäume vor dem Walde nicht; er hackt hinein; zimmert Balken, ſchnitzelt Aeſte und Blätter und ſieht nun, wie weit er's mit der todten Zuſammenſetzung bringt; dieſer kommt hinzu, lacht ihn aus, und ſagt: was zerhackſt du denn die Bäume, um einen Baum erſt wieder daraus zu bauen, behalt doch einen ganzen gleich ganz; jener aber ſieht ihn an und denkt, er faſelt, oder iſt voll ſüßen Weins. Es iſt allerdings wahr, daß die Naturphiloſophen jetzt mit fremden Zungen reden; ich könnte ſagen, ſie thun's, weil der heilige Geiſt über ſie gekommen iſt, ſie wiſſen nicht mehr blos die Sprache der phariſäiſchen Philoſophen und Schriftgelehrten, ſie wiſſen die Sprache der Welt zu ſprechen und werden die Welt einſt bekehren; allein ich will aufrichtiger ſeyn, und zugeben, daß die Naturphiloſophen ihre fremden Zungen zum Theil ſelbſt unter einander nicht verſtehen, und daß von dem

Weine Phantaſieen genug gezeugt werden — aber dafür iſt es auch ein edler Wein, den, die er zu luſtig macht, nicht trinken ſollten; ein Nektar, in der Blüte aus den edelſten Säften des ganzen Stocks ausgearbeitet, nicht aus der zerſchnittenen Rebe mühſam gepreßtes Waſſer; es iſt wahr, die Bauleute ſind zum Theil noch Stümper, und bauen übereilt, und ehe ſie einen feſten Grund gelegt haben; aber es iſt nur darum, weil ſie überſehen, daß das Gebäude, wenn es vollendet iſt, an den Himmel reichen muß, und ſie es nun nicht erwarten können, es ſelbſt ſchon ſo hoch hinauf gebaut zu ſehen; darum iſt aber doch, trotz der wieder einſtürzenden Trümmer, der Plan des Gebäudes göttlich groß; freilich iſt die Naturphiloſophie poetiſch; aber ſie iſt es nur, weil ſie erkannt hat, daß Einheit ſo gut zum Weſen der Wahrheit, als der Schönheit gehört, und in dem Sinne handelt. Man ſchütte doch das Waſſer aus, und nicht den neugebornen Knaben zugleich mit, der jetzt freilich erſt unverſtändlich lallt, in deſſen Geſichte aber die Anlagen zu leſen ſind, mit denen er die Welt beherrſchen wird.

Die neue Philoſophie erlaubt ihrem Weſen nach eine unendliche Mannigfaltigkeit von Darſtellungen für dieſelbe Sache, und ſo vermag ſie, was die andern Philoſophieen nicht vermögen, dem nach der höchſten Erkenntniß Strebenden, wie dem, in ihrer niedern

Sphäre ſich Bewegenden und das Abſtracte nicht aufzufaſſen Vermögenden ihr Object zu verdeutlichen; ſie wird nicht bloß abgeſchloſſenes Eigenthum einer beſondern Kaſte ſeyn, die ſich in Hinſicht ihres Wiſſens von den übrigen Menſchen ſondert, ſondern ſie wird frei unter den Menſchen herumwandeln und dem Niedern wie dem Höchſten zugänglich ſeyn, indem ſie ſich eines jeden Charakter anpaſſen, und trotz dieſer allgemeinen Accommodation ihre innre Wahrheit und Würde behaupten kann. Sie wird dem, dem es um die letzte wiſſenſchaftliche Erkenntniß zu thun iſt, überall das mathematiſche Symbol darreichen, entweder in der Formel oder in der räumlichen Conſtruction; dieß wird das letzte Symbol oder Schema ſeyn, auf das alle andern zurückgeführt werden müſſen, um ihre Gültigkeit zu erhalten. Die mathematiſchen Schemate werden für den Gebrauch der concretern Symbole dann regulativ werden und hindern, daß ihre Anwendung nicht ein willkürliches Faſeln werde. Wer nun dieſe letzten allgemeinſten Symbole aufgefaßt hat, wird dann fähig ſeyn, das Volk zu lehren, indem er nach den allgemeinſten Schema, was die Mathematik ihm giebt, mit Sicherheit und Beſtimmtheit die concretern entwickelt. Jetzt macht man freilich noch ein concretes Symbol zum Symbol eines andern Concretums, was an ſich nicht tadelnswerth iſt, aber ſo lange unſichre Methode bleibt, als nicht beide Concreta auf das abſtracteſte Schema zurückgeführt werden können. — Dann aber, wenn einmal der feſte Grund in ſolchen abſtracten Symbolen daſtehen wird, wird man mit jedem Stande philoſophiſch und doch in deſſen Sprache ſprechen können. Man wird dem Staatsmann die Geſetzmäßigkeit des Alls an der Staatsmaſchine, die er lenkt, dem Phyſiologen am menſchlichen Körper, dem Naturforſcher im Kryſtall und der Pflanze, dem Künſtler im Reich der Farben und Töne, dem Schuſter am Schuh und dem Bauer an ſeinem Acker und Pfluge demonſtriren können, ihm alle Verhältniſſe — wo iſt das Abſolute, das ſich der Gelehrteſte zu erkennen vermißt? — daran klar und deutlich machen, im Hinterhalt ſich immer auf die Grundwiſſenſchaft der mathematiſchen Schemate ſtützend, die die Formeln zugleich für alles Concretere enthält, wiefern ſie ſich unter dieſe allgemeinen Schemate bringen laſſen. — Wie die Gleichung $x^2 + y^2 = r^2$ auf alle Kreiſe paßt, je nachdem man beliebige Werthe in x und y ſubſtituirt, ſo wird man große Gruppen von Dingen unter ein Schema bringen können, die auch nur Subſtitutionen verſchiedner Werthe in das nämliche Schema ſeyn werden.

Es iſt gewiß, daß die Naturphiloſophie auf ihrem jetzigen Standpunkte mehr Methode als Syſtem iſt; aber ſie trägt die Anlage zum höchſten wiſſenſchaftlichen Syſtem in ſich, indem ſie die allerſtrengſte Einheit des Prinzips im All vorausſetzt, und es nachzuweiſen bemüht iſt. Bis jetzt freilich hat ſie ſelbſt kaum ein andres Prinzip, nach dem ſie methodiſch handelte, als eben das, daß in einer Wiſſenſchaft, die dieſen Namen verdienen wolle; Alles Einem Prinzip unterthan ſeyn müſſe, und in dieſem Geiſte handelt ſie; das iſt aber wahrlich ſchon viel.

Ueber das Verhältniß von Kunſt, Wiſſenſchaft und Religion.

Ich glaube, da der Menſch nichts an ſich erkennen kann, vielmehr alle ſeine Erkenntniß nur auf Verhältniſſe und Beziehungen des Einen zum Andern geht, daß, nützlicher als verſuchte ſogenannte Realerklärungen ſeyn können, die Aufſuchung und Darſtellung der Verhältniſſe eines zu erklärenden Objectes zu andern Objecten derſelben Sphäre ſeyn müſſe; denn eben durch dieſe Verhältniſſe wird gewöhnlich, ja wohl immer, erſt die ganze Eigenthümlichkeit des zu Erklärenden bedingt. Ein ſolches Verfahren ſcheint mir um ſo nothwendiger, da naheſtehende Begriffe, zu deren Unterſcheidung doch die Definitionen hauptſächlich abzwecken, gewöhnlich nicht ſchlechthin neben einander ſtehn, ſondern zum Theil organiſch (d. h. nur durch Wechſelbezug beſtehend) in einander eingreifen, ſo daß man, wenn man jeden außer Bezug auf den andern definirt, unwillkürlich genöthigt wird, von dem andern ſchon etwas in der Definition auf der einen Seite zu befaſſen, und auf der andern Seite doch wieder nicht im Stande iſt, das Verhältniß derſelben zu einander klar zu machen.

Wiſſenſchaft, Kunſt und Religion in ihrer weltſten Bedeutung ſind die drei Gebiete, welche zuſammen die Sphäre der menſchlichen Thätigkeit ausfüllen, die wir ſchlechthin mit dem Namen Leben — ich meine hier nicht das phyſiſche Leben — bezeichnen. Gebe ich nun folgende Definitionen derſelben, im ſubjectiven Sinne genommen: Wiſſenſchaft iſt die Darſtellung (oder anders genommen: der Beſitz) einer Mannigfaltigkeit von Erkenntniſſen in der Form eines, nach logiſchen Geſetzen zuſammenhängenden, Ganzen; Kunſt iſt die mit Freiheit geſchehende Hervorbringung von etwas Zweckmäßigem; Religion iſt der, auch in den Handlungen ſich wirkſam zeigende, Glaube an das, was die Vernunft zur Begründung des Sittengeſetzes anzunehmen fodert; ſo habe ich zwar wohl für jedes Gebiet ein Merkmal, wodurch ich es vom andern unterſcheiden kann; allein ihre weſentliche Form, die nur aus ihrer gegenſeitigen Abgränzung hervorgeht, bleibt mir verborgen. Erkläre ich dagegen die Wiſſenſchaft gleich in Bezug zu Kunſt und Religion, ſo gebe ich nicht nur die realſte Definition, die ſich geben läßt, weil eben alle Realität, die von uns begriffen werden kann, zuletzt nur auf Relationen mit den Nachbarn herauskommt, eine Definition, die das ganze Weſen der Wiſſenſchaft ausdrückt, ſondern auch eine ſolche, die ſogleich einen Ueberblick über das Ganze der Sphäre und die Beziehung zur ganzen Sphäre, deren Theil die Wiſſenſchaft iſt, möglich macht. Man iſt oder freilich nicht fähig, ſich Verhältniſſe und Beziehungen anders als unter Schematen oder Symbolen zu denken, und wenn wir dann die ganze Sphäre menſchlicher Thätigkeit durch Ein Symbol ausdrücken, ſo werden die einzelnen Theile oder Beziehungen dieſer Sphäre auch nur durch entſprechende Theile oder Beziehungen des Symbols der ganzen Sphäre ausgedrückt werden dürfen, weil nur ſo die Beziehungen und Verhältniſſe derſelben, inſofern ſie zur Hervorbringung der ganzen Sphäre zuſammenſtimmen, klar hervortreten können. Ich kann freilich Symbole zum Theil zu vermeiden ſcheinen, indem ich etwa ſage: das Weſen der Wiſſenſchaft beſteht darin, das Beſondre aus dem Allgemeinen, das Einzelne aus dem Ganzen *) zu erkennen und darzuſtellen; das Weſen der Kunſt: das Allgemeine aus dem Beſondern, das Ganze aus dem Einzelnen zu erkennen und darzuſtellen; das Weſen der Religion: den Bezug eines Ganzen oder Allgemeinen zu einem höhern Ganzen oder Allgemeinen (d. h. gegen welches es ſelbſt wieder als Einzelnes oder Beſondres auftritt) zu erkennen und darzuſtellen; allein dieſe Definition wird eben deßhalb, weil ſie in ihrem weſentlichen Stoffe mehrere, von allem Symboliſchen ent-

---

*) Allgemeines bezieht ſich auf Inhalt, Ganzes auf Umfang der Begriffe und dadurch zu erkennenden Objekte.

kleidete, Ausdrücke enthält, ſehr leer, unbeſtimmt, und einer neuen Erörterung bedürftig ſcheinen, da man ſich die, durch dieſelben auszudrückenden, Beziehungen doch nur inſofern vorſtellen kann, inwiefern man für jene allgemeinen Ausdrücke beſondre Symbole in Gedanken ſubſtituirt, wobei freilich der Willkür freies Spiel gelaſſen bleibt; ich will indeß, eben weil jene Definition eine ſolche freie Subſtitution geſtattet, ſie als Stamm für ſpeciellere Symboliſirung beibehalten. Ich erinnre übrigens gleich vorläufig, daß ich unter Religion hier keine poſitive Religion, auch keinen todten Glauben verſtanden wiſſen will, ſondern die Religion, wie ſie der Natur der Dinge nach ſeyn ſoll, oder vielmehr, da ich über dieſe nur ein Urtheil nach meinen Anſichten ausſprechen kann, wie ſie meiner Anſicht darüber nach ſeyn ſoll, worüber unten ein Mehreres; ferner, daß ich unter Wiſſenſchaft nicht das Streben nach ihr, das Studiren, verſtehe, ſondern die eigentliche Wiſſenſchaft ſelbſt, die ihrem Weſen nach ſchon im Beſitz und Bewußtſeyn des Allgemeinen ſeyn muß.

Es giebt nicht blos eine wiſſenſchaftliche, künſtleriſche und religiöſe Erkenntniß, ſondern auch Thätigkeit, was ich durch die Worte Erkennen und Darſtellen in der Definition unterſchieden habe. Die wiſſenſchaftliche Erkenntniß hebt da an, wo die künſtleriſche aufhört, und umgekehrt. Wo der Künſtler ſeine Seelen- oder Körperkräfte blos noch paſſiv in Anſpruch genommen ſieht, da wird der Forſcher blos von der aktiven Seite in Anſpruch genommen und umgekehrt, wie ſich das bei Erörterung der Definition durch Beiſpiele zeigen wird, und wie in ihr begründet liegt; denn die Wiſſenſchaft bezweckt das Beſondre (jede Wiſſenſchaft muß, um es ächt zu ſeyn, das Allgemeine zur Deduktion ſchon haben), und ſtellt es dar, wenn es noch nicht erreicht iſt, betrachtet es, wenn es wirklich aus dem Allgemeinen dargeſtellt iſt; umgekehrt verfährt die Kunſt, dieſe ruht beim Allgemeinen aus, wenn ſie es durch das Beſondre dargeſtellt hat.

Geſetzt ich ſehe eine ganze Pflanze vor mir; als Künſtler habe ich hier nicht thätig mich zu äußern; ich habe blos, wiefern ich in Bezug auf die Pflanze mich als Künſtler nehmen will, den Charakter der ganzen Pflanze, ihren allgemeinen Eindruck in mein Innres aufzunehmen mittelſt der ſogenannten künſtleriſchen Anſchauung; dagegen tritt für den Forſcher hier die Nothwendigkeit einer wiſſenſchaftlichen Thätigkeit ein, er muß die Pflanze in ihre einzelnen Theile, oder denkend in die einzelnen Merkmale, zergliedern, um zur Erkenntniß des Beſondern in ihr gelangen zu können, bei dem er denn endlich betrachtend ſtehn bleibt. Wäre aber umgekehrt der Stoff ſchon einzeln gegeben, aus dem die Pflanze beſteht, ſo hätte hier der Forſcher nichts mehr zu unterſuchen, er könnte ſich bei der bloßen Anſchauung begnügen, dagegen träte hier die künſtleriſche Thätigkeit ein; der Künſtler müßte die einzelnen Stoffe zur ganzen Pflanze umformen, indem er jeden einzelnen beſondern Theil des Stoffs in Bezug zum Allgemeinen, zur Idee der ganzen Pflanze brächte.

Der Forſcher zerſchlägt die Statue, um zu ſehn, aus welchem Geſtein ſie beſtehe, oder er durchgeht ſie mit den Gedanken, und ſucht, ob dieſem oder jenem Muskel daran ſein richtiger Anſatz, ſeine gehörige Lage u. ſ. w. gegeben ſey; während der Künſtler beſchauend davor ſtehend, als Künſtler nur die Idee des Ganzen aufnimmt; dagegen ſteht der Forſcher betrachtend vor den rohen Marmorblöcken, deren Adern klar vor ihm liegen, während der Künſtler den Meißel zur Hand nimmt. Ueben mehrere Menſchen eine Handlung aus, ſo iſt in der Handlung ſelbſt das Ganze gegeben, woran jeder dieſer Menſchen Antheil nimmt; und die verſchiednen Menſchen, eben jeder mit ſeinem Antheil an der Handlung, machen das Einzelne, Beſondre darin aus. Der Künſtler ſucht hier nur die ganze Handlung ſchlechthin aufzufaſſen, ihm hat jeder einzelne Menſch dabei nur Werth, wiefern er zum Effect des Ganzen beiträgt, umgekehrt hat für den Forſcher die ganze Handlung nur Werth, wiefern er daraus auf Gemüthsart, tiefere Beweggründe in jedem Einzelnen ſchließen kann u. ſ. w. und dieſe wird er aus der Handlung herauszufinden, zu entwickeln ſuchen. Umgekehrt, wenn mehrerer Menſchen Charaktere ihrer Einzelnheit nach gegeben ſind, ſo iſt der Forſcher mit ſeiner Thätigkeit zu Ende, der Künſtler aber verarbeitet ſie erſt zu einem Ganzen, ſey's zu einem Roman, zu einem Schauſpiel, zu einem Staat. So ſtehn ſich beide in allen Lebensverhältniſſen einander gegenüber.

Was nun die Religion betrifft, ſo gebe ich hier zuvörderſt folgendes Beiſpiel.

Unſer Organismus beſteht aus einzelnen Organen, die für ſich Ganze ſind, und auf der einen Seite ihr ſelbſtſtändiges Leben im größern Ganzen, dem Organismus führen, auf der andern Seite aber untrennbare Glieder deſſelben ſind. Das Herz, die Lunge, die Leber, das Gehirn, jedes iſt, ſo zu ſagen, ein beſondres Thier in unſerm Organismus mit eigenthümlicher Lebensart; es nimmt andre Nahrungsſtoffe aus dem allgemeinen Nahrungsquell, dem Blute, auf, ſcheidet eigenthümliche Excremente (für den ganzen Organismus können's Secreta ſeyn) wieder aus, und doch ſind alle dieſe verſchiednen Organe nur als Glieder demſelben größern Ganzen untergeordnet. Es findet nun zwiſchen jedem einzelnen Organe und dem allgemeinen Organismus eine feſtbeſtimmte Beziehung Statt, die das einzelne Organ nicht verletzen darf, wenn es nicht dem ganzen Organismus Nachtheil bringen, und, weil nur mit der Integritát des ganzen Organismus die Integritát jedes einzelnen Organs beſteht, mittelbar ſich ſelbſt ſchaden ſoll. Wollte z. B. das Herz aus Trágheit ſeine Pflicht gegen den allgemeinen Organismus, das Blut fortzutreiben, oder die Leber, Galle abzuſondern, nicht mehr erfüllen, ſo würde es dadurch die Geſundheit des ganzen Organismus ſtören, und ſo mittelbar ſeiner eignen Geſundheit nachtheilig werden, indem der Organismus dann dieſe Organe nicht mehr auf die gehörige Art ernähren könnte; oder wollte die Lunge, die eigentlich nur eine beſtimmte Quantitát Blut aufzunehmen hat, egoiſtiſch eine größere Blutmaſſe an ſich reißen, als ihr gebührt, ſo würde ſie dadurch zwar auf eine Weile in eine erhöhte Lebensthätigkeit gerathen (Entzündung), allein dadurch, daß ſie den ganzen Organismus durch ihren Eingriff in ſeine Geſetzmäßigkeit ſtörte, vielleicht deſſen Tod, und ſomit ihren eignen, oder ein andres Leiden deſſelben, das wieder auf ſie zurückwirkte, zuwege bringen. Nun liegt das Weſen eines Organismus gar nicht darin, daß er aus Leber, Lunge, Herz u. ſ. w. wie gerade unſrer, beſteht; ſondern vielmehr in der Wechſelbeziehung liegt es, daß jeder Theil nur durch das Ganze und umgekehrt das Ganze nur durch ſeine einzelnen Theile wirkſam ſey und beſtehe; und ein ſolches Ganze iſt nicht nur unſer Körper, ſondern auch unſre Seele; iſt jeder Staat — die einzelnen Stände ſind ſeine verſchiednen Organe — iſt die Menſchheit; iſt das ganze Reich der Organismen zuſammen auf unſrer Erde; das Sonnenſyſtem; ja die Welt ſelbſt; indem, was auch darin nur exiſtirt, immer nur durch ſeine Wechſelbeziehung zu einem höhern Ganzen beſteht, was ſich auf's leichteſte weiter ausführen ließe. Es iſt alſo nicht blos jedes einzelne Drüschen (acinus) der Leber ein Glied eines höhern Ganzen, der Leber ſelbſt nämlich zunächſt, mit der es in untrennbarer Wechſelbeziehung beſteht; und nicht blos wieder die ganze Leber ein ſolches Glied eines höhern Ganzen, des ganzen Menſchen nämlich, ſondern auch der ganze Menſch iſt ein ſolches Glied eines höhern Ganzen, der Menſchheit nämlich, und dieſe wieder ein Glied eines noch höhern Ganzen, der Natur nämlich, oder zunächſt unſers Sonnenſyſtems (oder vielmehr noch näher unſrer Erde, oder noch näher des Reichs der einzelnen Organismen auf ihr), und ſo in Unendlichkeit fort; und immer findet zwiſchen dem höhern und niedern Ganzen eine ſolche Wechſelbeziehung Statt, daß keins dem andern ſchaden kann, ohne mittelbar ſich ſelbſt zu ſchaden. Es iſt allerdings wahr, der einzelne Menſch iſt nicht mit der Menſchheit, oder mit ſeinem Staate, dem er noch näher untergeordnet iſt, durch häufige Bänder, wie die Leber mit unſerm Körper, verbunden; aber ob es häutige oder andre Bande ſind, das thut doch wahrlich nichts zum Weſen der organiſchen Verknüpfung.

Meiner Anſicht nach nun beſteht die Religion weder im Beten noch im Singen, noch im todten Glauben, ſondern theils in der Erkenntniß der Beziehung, in der wir zu dem Ganzen ſtehn, deſſen Glieder wir ſind, was zugleich weſentlich die Erkenntniß deſſen enthält, inwiefern wir für das Ganze thätig und nützlich ſeyn müſſen, die Erkenntniß unſrer Pflichten; theils in der Verwirklichung dieſer Beziehung, d. h. darin, daß wir wirklich ſo handeln, wie es unſre Beziehung zum Ganzen erfordert, deſſen Glieder wir ſind; erſtres religiöſe Erkenntniß, letztres religiöſe Thätigkeit. Aus dieſem Verhältniß des Theils zu ſeinem höhern organiſchen Ganzen muß ſich die ganze Moral ableiten laſſen; und dieß Verhältniß exiſtirt durch die ganze Welt; nehme ich, wie auch im Folgenden, den menſchlichen Organismus als Symbol, an dem ſich das allgemeine Geſetz des organiſchen Ganzen darſtellt, ſo geſchieht es der Deutlichkeit wegen, um mich nicht mit ſcheinbar abſtracten Worten herumzuſchlagen, und deßhalb, weil ich den menſchlichen Organismus noch am beſten kenne.

Warum muß ſich ein Menſch für das allgemeine Beſte opfern? — Wenn ein Muskelpartikel in unſerm Organismus ſich aufſaugen läßt, weil es in einer ſolchen Beziehung zum Ganzen ſteht, daß ſeine Aufſaugung zur Erhaltung des Ganzen gerade nothwendig wird, ſo wird es zwar für den Augenblick ſeiner Individualität nach vernichtet, allein bald in andrer Form wieder aus der allgemeinen Blutmaſſe, in die es zurückgegangen war, ausgeſchieden im Organismus, auf neue Weiſe wieder individualiſirt, und in dieſer neuen Geſtalt wird es ſich nun darum wohler befinden, weil es ſich aufſaugen, ſeine frühere Individualität vernichten ließ, und dadurch die Geſundheit des Organismus, ſo viel an ihm war, beforderte; hätte es dagegen der Aufſaugung widerſtanden und dadurch dem Organismus Nachtheil gebracht, ſo würde es nach ſeiner, endlich doch erfolgenden, Auflöſung und neuen Hervorbildung ſich nun in dem, durch ſeinen Widerſtand verſchlechterten, Organismus auch ſchlechter befinden, weil mit dem ganzen Organismus zugleich jeder einzelne Theil deſſelben leidet. So muß ſich auch der Menſch opfern für das Allgemeine, ſchon um ſein Selbſt willen; denn nach ſeinem Tode tritt er in andrer Form, mit neuer, aber doch auch wieder ſelbſtſtändiger Individualität auf, und hat er in ſeinem vorigen Leben durch ſeine Handlungen, ſo viel an ihm war, dahin gewirkt, daß die Welt ſchlechter werde, nun ſo leidet er in ſeinem neuen Zuſtande ſelbſt dadurch. Nach dieſer

Anſicht trägt jede Schuld ihre Strafe ſelbſt in ſich, denn jeder Eingriff des Einzelnen in die Rechte des Allgemeinen wirkt immer wieder auf das Eingreifende zurück, ſey's auf der Stelle, ſey's in den entfernten Folgen. Alſo doch nur um ſein ſelbſt willen ſoll jemand religiös handeln? Nun mir ſcheint das wenigſtens der reinſte Egoismus, ja einer, der den gehäſſigen Namen gar nicht mehr verdient, zu ſeyn, wenn keiner ſeine Glückſeligkeit auf anderm Wege, als durch das Hinwirken auf die Glückſeligkeit der Geſammtheit ſeiner Nebenorgane (Mitmenſchen) erlangen will. —

Tugendhaft iſt hiernach der, wer ſich als Glied des größern Ganzen betrachtet und als ſolches handelt; laſterhaft, wer ſich als das Ganze ſetzen und alle andern Theile des Ganzen zu ſeinen Gliedern machen will. Alle Tugend iſt nur Aufopferung und alles Laſter iſt nur Egoismus. Gewiſſen iſt das unmittelbare Gefühl, inſtinktartig möcht' ich's nennen, daß wir durch Verletzung unſrer Beziehungen zum Ganzen, deſſen Theile wir ſind, mittelbar uns ſelbſt ſchaden; im Körper iſt das Analogon des böſen Gewiſſens der Schmerz; jenes ſelbſt nur moraliſcher Schmerz. Das ganze Recht liegt in dieſer Anſicht begründet. Wenn jemand egoiſtiſch nicht ſeiner Beziehung zum Ganzen gemäß handelt, ſondern auf ſich ſelbſt Alles beziehen will, ſo ſind die andern Glieder des Ganzen verpflichtet, ihn daran zu hindern, weil bei einem ſolchen Egoismus des Einzelnen das Ganze leiden müßte; die allgemeinſte Beziehung des Einzelnen zum Ganzen aber die iſt, durch Erhaltung des Ganzen ſelbſt beſtehen zu wollen. In unſerm Organismus, im Staate, in der Menſchheit, in der Geſammtorganiſation wird daher auch Recht ausgeübt, und zwar um ſo vollkommner, je vollkommnere Organiſation wirklich darin Statt findet. Sucht ein Organ in unſerm Körper ſich auf Koſten der andern zu vergrößern, oder Säfte an ſich zu ziehen, mehr als ihm ſeinem Bezug zum Geſammtorganismus gemäß zukommt, ſo ſetzen ſich alle andre Organe dagegen — die ſogenannte Heilkraft der Natur — im Staate iſt es das eigentlich ſogenannte Recht, was hier in Kraft tritt; im größern Umfange ſind es die Kriege, die das Gleichgewicht zwiſchen den Organen der Menſchheit vermitteln ſollen; in der Geſammtorganiſation ſehen wir die Handhabung des Rechts wenigſtens an einzelnen Wirkungen, da wir den Ueberblick über das Ganze nicht haben; nehmen die Raupen irgendwo überhand, ſo ziehen ſich eben dahin eine Menge Vögel, die ihr zu ſtarkes Anwachſen verhindern u. ſ. f. — Es darf auch nach eben dem Grundgeſetze keiner zum Schaden des Ganzen einem neben ihm ſtehenden Einzelnen zu nützen ſuchen; denn es giebt zunächſt keine Pflicht gegen das Einzelne, ſondern nur gegen das Ganze; nur, indem man dieß im Auge hat, wird man keinem verhältnißmäßig zu viel, dem andern zu wenig thun u. ſ. f. Leicht ergiebt ſich auch der Unterſchied zwiſchen höhern und niedern, nähern und entferntern Pflichten; und inwiefern manchmal die höhere Pflicht mit der nähern in Widerſtreit gerathen kann. Die nähere Pflicht hat das Leberdrüschen gegen die Leber, der es zunächſt angehört (der Menſch gegen den Staat, dem er angehört); die entferntere gegen den ganzen menſchlichen Organismus, in dem erſt die Leber enthalten iſt (der Menſch gegen die Menſchheit überhaupt); die höhere Pflicht aber iſt die des Leberdrüschens gegen den ganzen menſchlichen Organismus, die niedre gegen die Leber ſelbſt; ſo die höhere des Menſchen gegen die Menſchheit; die niedre gegen ſeinen Staat. In einem vollkommenen Organismus nun, der für uns aber freilich nur in der Idee exiſtirt, erfüllt jedes Organ zugleich ſeine nähere und ſeine höhere Pflicht; indem es für ſein, es zunächſt befaſſendes, Ganze handelt, handelt es am beſten auch für deſſen höheres Ganze, aber in einem Organismus, wo ſich einzelne Ganze gegen ihr höheres Ganze auflehnen, können die niedern Ganzen fragen: ſollen wir der nähern oder der höhern Pflicht folgen; ſoll ich wider das Wohl meines Staats handeln, der Menſchheit zu Gefallen, oder wider das Wohl meiner Familie, dem Staate zu Gefallen, oder umgekehrt; das Erſtre iſt wohl zu bejahen.

Uebrigens kann man die religiöſe Erkenntnißweiſe und Handlungsweiſe auch, wie bei Kunſt und Wiſſenſchaft geſchehen, unmittelbar auf die Gegenſtände beziehen, mit denen man zu thun hat. Geſetzt, es iſt mir eine Pflanze gegeben, um das vorige Beiſpiel auch hier durchzuführen, ſo liegt es im Weſen der religiöſen Erkenntniß, wiefern von dieſer in Bezug auf die Pflanze die Rede ſeyn kann, zu wiſſen, in welchem Bezug dieſe Pflanze zur Idee des Ganzen der Natur, oder des Staatsganzen ſtehe, von dem der Menſch mit der Pflanze zugleich Glied iſt, und dieſe Beziehung möglichſt zu verwirklichen; die Pflanze anzubauen oder auszurotten, je nachdem es das Wohl des höhern Ganzen erfordert.

Ich kehre jetzt nach dieſer, vielleicht zu langen, Abſchweifung, die zum Theil dadurch veranlaßt worden war, um der Behauptung zu widerſprechen, die Naturphiloſophie wiſſe mit der Moral nichts zu machen, und ſey darum einſeitig, zur Erörterung der gegebnen dreifachen Definition zurück.

Häufig findet man die Wiſſenſchaft in Bezug auf den Begriff Prinzip erklärt, nicht ſo Kunſt und Religion. Denn ich kann ſagen: Wiſſenſchaft iſt Erkenntniß und Darſtellung eines Mannigfaltigen aus und nach einem Prinzip; allein ich möchte nicht wohl ſagen: Kunſt iſt Erkenntniß und Darſtellung eines Prinzips im Mannigfaltigen. Dieß könnte befremdend ſcheinen, da, wenn Prinzip nur ein andrer Name oder ein ſymboliſcher Ausdruck für das Allgemeine ſchlechthin wäre, ſich Kunſt und Religion eben ſo gut ohne Zwang in Bezug auf Prinzip erklären laſſen müßten, als die Wiſſenſchaft. Allein Prinzip iſt im Grunde nur ein ſymboliſcher Ausdruck für das Allgemeine, wiefern man ſchon die Beziehung daran denkt, die es der Wiſſenſchaft eignet; nämlich man denkt ſich im Worte Prinzip ein Allgemeines als Anfang, von dem man ausgeht, um auf mehreres Beſondre zu kommen, und weil dieſe Beziehung eben in der Wiſſenſchaft Statt findet, ſo ziemt ſich der Ausdruck Prinzip auch nur für die Wiſſenſchaft; obgleich man ſie im Grunde, ſtreng genommen, nicht einmal explicite in Bezug auf das Prinzip erklären dürfte, da vielmehr erſt durch die Erklärung der Wiſſenſchaft der Ausdruck Prinzip deutlich gemacht und vom Allgemeinen ſchlechthin, oder andern Symbolen deſſelben unterſchieden werden kann.

So wie Prinzip das Allgemeine in wiſſenſchaftlichem Bezug, eben ſo iſt Idee das Allgemeine in Kunſtbeziehung: es iſt ein Allgemeines, das man im Beſondern als Ganzem auffaßt, oder dem Beſondern einbilden, d. h. mit andern Worten, durch das Beſondre darſtellen will. So ſtelle ich die Idee der leidenden Tugend durch einzelne Charactere und Begebenheiten dar vermittelſt der Kunſt, ſo ſchaue ich künſtleriſch die Idee einer allgemeinen menſchlichen Thätigkeitsrichtung in der Handlung eines Einzelnen an. Auch für religiöſen Bezug hat das Allgemeine ſeinen eignen Namen erhalten: es heißt *Gott*. Um die religiöſen Beziehungen ganz allgemein zu ſetzen, nennt man aber blos das höchſte Allgemeine Gott; damit zu ihm die Beziehung aller, unter ihm enthaltnen, Allgemeinen erkannt und dargeſtellt werden könne.

Unſre höchſten Pflichten ſind gegen Gott gerichtet, aber auch zugleich die entfernteſten; mittelbar erfüllt man die höchſte Pflicht aber immer am beſten durch Erfüllung der nächſten, und eine andre, unmittelbare Erfüllung der höchſten Pflicht giebt es gar nicht. Der beſte Gottesdienſt iſt, in ſeinem Umkreis thätig wirken, und dieſem dann entgegen handeln, wenn er ſelbſt gegen das Wohl ſeines größern Umkreiſes handelt. Gewöhnlich wird die Vorſtellung des Allgemeinen, das wir Gott nennen, anthropomorphoſirt, und ihm demgemäß, vom menſchlichen Treiben entlehnte, Eigenſchaften, nur immer mit dem Prädikat des Allgemeinen, beigelegt, was im Ganzen nicht zu tadeln iſt; nur ſollten, die es thun, dann nicht jede andre ſymboliſche Vorſtellungsart mit Feuer und Schwert verfolgen, da ihre es um nichts minder iſt.

Will man, wie auch zuweilen geſchieht, Gott das Allgemeinſte und Abſoluteſte ſchlechthin, nicht blos in religiöſer Beziehung nennen, ſo kann man das Ideal der Wiſſenſchaft und Kunſt auch in Bezug auf Gott definiren. Wiſſenſchaft iſt dann die Erkenntniß und Darſtellung, wie das Welteinzelne aus Gott hervorgegangen iſt; Kunſt iſt die Erkenntniß und Darſtellung des Göttlichen im Irdiſchen (dem uns zunächſt liegenden Welteinzelnen); Religion noch überdieß die Kenntniß und Ausübung der Pflichten gegen Gott.

Der einzelnen ſymboliſchen Erklärungen für Kunſt und Wiſſenſchaft laſſen ſich nun ſo viele geben, als es ſelbſt Symbole für Allgemeines und Beſondres giebt, d. h. unendlich viele. Nenne ich in einem Ganzen das Einzelne den Stoff, die Verknüpfungsart aber des Einzelnen, wodurch es zum Ganzen wird, worin alſo das Weſen des Ganzen liegt, Form, ſo kann ich ſagen: Wiſſenſchaft betrachtet am Ganzen blos die Form, wiefern ſie Bezug auf den Stoff hat; Kunſt den Stoff, wiefern er Bezug auf die Form hat; Religion das Ganze ſelbſt, wiefern es als Stoff zur Bildung der Form eines höhern Ganzen beitragen ſoll. Ferner: Weſen der Wiſſenſchaft iſt: aus einem gegebnen Mittelpunkte alle Punkte der Peripherie zu finden und ſie darzuſtellen; Weſen der Kunſt: in einem Kreiſe aus der gegebnen

Peripherie den Mittelpunkt zu finden, oder durch Bildung einer Peripherie den Mittelpunkt zu ſetzen; Weſen der Religion: den Mittelpunkt jedes gegebnen Kreiſes als peripheriſchen Punkt für einen andern Mittelpunkt zu betrachten, und demgemäß gegen die übrigen peripheriſchen Punkte auftreten zu laſſen, nach beigezeichneter Figur.

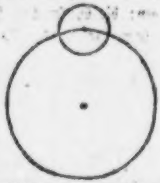

Hier iſt im Mittelpunkt das Allgemeine ſymboliſirt, welches allen, das Beſondre ſymboliſirenden, peripheriſchen Punkten gleich angehört.

Wiefern man nun hier die Peripherie vom Mittelpunkt aus beſchreibt, iſt der Mittelpunkt Prinzip; wiefern man aber den Mittelpunkt gleichſam durch die Peripherie beſchreibt, das heißt, durch Bildung der Peripherie den Mittelpunkt ſetzt, iſt der Mittelpunkt Idee; wiefern man einen Mittelpunkt als peripheriſchen Punkt eines höhern Mittelpunkts ſetzt, wo er dann nicht unbeſchränkt ſich ausbilden darf, ſondern nur in demſelben Grade als die andern peripheriſchen Punkte, iſt dieſer höhere Mittelpunkt Gott; doch im Grunde nur der höchſten Mittelpunkt.

Oder wollen wir eine unendliche Reihe als Symbol annehmen, z. B.

$$a + a^2 + a^3 + a^4 + \text{etc.}$$

ſo können wir ſagen: die Wiſſenſchaft findet und ſtellt aus dem allgemeinen Geſetze der Reihe, ſey dieß durch das allgemeine Glied oder den Exponenten der Reihe beſtimmt, alle einzelnen Glieder der Reihe dar; die Kunſt erkennt umgekehrt durch die einzelnen Glieder das allgemeine Geſetz der Reihe oder verſinnlicht es durch Zuſammenſtellung einzelner Glieder (das Geſetz der unendlichen Reihe durch endliche Fragmente); die Religion lehrt uns die ganze ſummirte unendliche Reihe als ein Glied einer größern unendlichen Reihe betrachten, dem ihr Geſetz untergeordnet iſt.

Die Kosmogenie der Wiſſenſchaft geht von der Sonne aus, ſie läßt die einzelnen Planeten von ihr geboren werden; die Kosmogenie der Kunſt geht von den Planeten aus; ſie läßt die Sonne durch Geſammtwirkung der Planeten im Mittelpunkt entſtehn; die Religion, höher als beide ſchauend, vereinigt beide; ſie läßt das ganze Syſtem, Sonne und Planet gleichzeitig durch Bezug zu einer höhern Sonne gebildet werden.

Die Wiſſenſchaft zerfällt den Einen Lichtſtrahl in die Mannigfaltigkeit ſeiner Farben; die Kunſt ſetzt die Farben zum Spectrum zuſammen (nicht zum einfarbigen Lichtſtrahl ſelbſt, der hier nur die Idee ſymboliſirt, die ſich aber in der Mannigfaltigkeit ausſprechen ſoll), ſo daß es verſchmolzen, den Lichtſtrahl darſtellen würde; die Religion behandelt das ganze Farbenſpectrum als gebrochenen Strahl eines allgemeinern, die Welt klar machenden, Mittels, der ganzen Sinnenſphäre, ſo daß als einzelne Farbenſtrahlen dieſer dann auch Gehör, Geruch, Gefühl, erſcheinen.

Ich will das angeführte Symbol des Kreiſes jetzt etwas weiter analyſiren.

In der Wiſſenſchaft giebt es keine Willkür, als die, worauf ich das Prinzip der Wiſſenſchaft anwenden will: habe ich das Centrum, ſo iſt blos noch die Länge des Radius meiner Willkür überlaſſen; dann ergiebt ſich das Beſondre, die Geſammtheit der einzelnen peripheriſchen Punkte, mit Nothwendigkeit daraus; der Radius, der die Peripherie beſchreibt, iſt der Faden der Deduction, mittelſt welcher das Beſondre vom Allgemeinen abhängt; ſobald man ihn verläßt, und durch Rathen oder ungefähres Anſchauen einem Punkt der Peripherie zu finden denkt, iſt man in der Wiſſenſchaft verloren, und das beſte Augenmaß reicht hier nicht hin. Wahr iſt alles das, was mit den übrigen peripheriſchen Punkten in gleicher Entfernung vom Mittelpunkt abliegt; dieß fällt in die Welt des Beſondern. Daher kann manches in einem Bezug wahr, im andern falſch ſeyn. Ein zwanzigfüßiger Haſe fällt nicht in die Peripherie der Außenwelt, iſt in Bezug auf dieſe etwas Nichtvorhandnes; aber er exiſtirt in der Peripherie meiner Vorſtellungen, die innerhalb jener Peripherie iſt, und hat in Bezug darauf die Wahrheit der Exiſtenz. Zwiſchen der Wahrheit giebt es keine Grade; gleichweit vom Mittelpunkt entfernt ſeyn, heißt, wahr ſeyn. Man hat mehrere wiſſenſchaftliche Methoden, d. h. mehrere Verfahrungsarten, eine Wiſſenſchaft aufzubauen, ſymboliſch: mehrere Arten, wie ſich ein Kreis hervorbringen läßt. Die eigentlich ſogenannte wiſſenſchaftliche Methode, die ſynthetiſche, leitet das Beſondre ſchlechthin aus dem Allgemeinen ab, und kennt keine Grenzen der Ableitung; dieß iſt das nach allen Seiten Extenſivwerden eines, urſprünglich unendlich intenſiven, Punktes; hier iſt nicht beſtimmt, bis wie weit man den Mittelpunkt ſich ausdehnen laſſen will, und jede hervorgebrachte Peripherie wird Mutter einer größern: der allgemeinſte Grundſatz hat zunächſt mehrere beſondre unter ſich, die aber wieder als allgemeine Grundſätze andre unter ſich enthalten; ſo dehnt ſich mit der Entfernung vom Centrum die Wiſſenſchaft aus. Eine andre Methode giebt es, die analytiſche, die vom Beſondern zum Allgemeinen zu gehen ſcheint und zwiſchen der wiſſenſchaftlichen und künſtleriſchen mitten inne ſchwebt; dieſe wird dadurch ſymboliſirt, daß der Mittelpunkt nicht durch Extendiren ſich die Peripherie ſchafft, ſondern daß ein Radius ſich um einen Mittelpunkt dreht, und ſo durch allmähliges Aneinanderfügen peripheriſcher Theile die ganze Peripherie hervorbringt.

Würde die Peripherie ohne Vermittlung des Radius hervorgebracht, ſo wäre dieſe Methode ganz künſtleriſch; allein ſie wird dadurch wiſſenſchaftlich, daß ſie das Allgemeine ſchon vorher hatte, das Centrum nicht alſo erſt durch die Peripherie beſtimmte; und nun den Radius nur nicht ſehen läßt, durch welchen ſie jeden der einzelnen Punkte, jedes Beſondre, vom Centrum, dem Allgemeinen abhängig macht, ſo daß es dem Schüler freilich ſcheint, und für Lernende iſt dieſe Methode, er finde das Allgemeine durch das Beſondre erſt; da doch die ganze analytiſche Darſtellung des Lehrers erſt aus dem ſchon gekannten Prinzip herausgearbeitet ſeyn muß, wenn ſie wiſſenſchaftliche Einheit beſitzen ſoll. Bei der analytiſchen Methode iſt die Wiſſenſchaft beſchränkt;

denn jene ſetzt gleich die Länge des Radius nur für einen beſtimmten Umkreis des Beſondern, und kann alſo auch nur für dieſen gelten; ſoll aus dem nämlichen Centrum dann noch mehr abgeleitet werden, ſo müßte der dargeſtellte Umkreis dann durch ſynthetiſche Methode erweitert werden. Nun findet noch eine dritte Methode Statt, die naturphiloſophiſche; dieſe findet die Peripherie, die ſie ſucht, nicht durch einen wirklichen Radius, in deſſen Richtung ſich ein Centrum (Prinzip) ausdehnt, oder der ſich um ein Centrum bewegt, ſondern ſie findet die eine Peripherie durch eine andre ſchon gegebne, mit dieſer concentriſche, Peripherie, dadurch, daß ſie Proportionen, — denn nichts anders als qualitative Proportionen ſind die naturphiloſophiſchen-Analogieen — anſetzt, und auf dieſe Weiſe von beliebigen Stücken des bekannten Kreiſes ausgehend, beliebige Stücke des unbekannten findet, ſobald ſie nur das Verhältniß eines Punktes in dieſem zu einem Punkte in jenem kennt. Ihre Proportionen reichen hin, bis wohin kein Radius mehr reicht; ſie conſtruirt ihre Peripherieen a priori nach Formeln; ſie braucht, eine ganze Peripherie hervorzubringen, nur Einen Radius zum Anſatz der Proportion, er iſt ihr mehr, als den andern Methoden die vielen Radien, die dieſe brauchen. In ihrem Weſen liegt ſelbſt, nicht erſt eine gegebne Peripherie nöthig zu haben, um eine geſuchte zu finden, ſondern aus dem Abſtand der geſuchten Peripherie vom Centrum, d. i. der Länge des Radius allein, d. i. der Beziehung eines einzigen Beſondern zu der ganzen Welt des geſuchten Beſondern zum Prinzip, die ganze Peripherie finden zu können. Die Naturphiloſophie ſchließt: Gehirn: menſchlicher Organismus = Sonne: Planetenſyſtem; macht ſie freilich den Anſatz nicht richtig, oder kennt ſie das Verhältniß der erſten Glieder nicht zu einander genau, ſo muß ſie ſonderbare Reſultate erhalten, wie's jetzt oft geſchieht. Einſt wird die Naturphiloſophie mathematiſche Gewißheit und Würde erhalten, ſo zu ſagen, eine qualitative Mathematik werden.

Die Wiſſenſchaft hat das Centrum, und will durch das Centrum die Peripherie ſchaffen. Die Kunſt verfährt umgekehrt: Sie zieht aus freier Hand die Peripherie, um einen Mittelpunkt dadurch anſchaulich zu machen und zu ſetzen. Jeder Mittelpunkt läßt ſich durch unendlich viel Peripherieen, weitere oder engere, darſtellen; ſo jede Idee durch unendlich viel beſondre künſtleriſche Bildungen: der Kampf der Tugend und des Laſters, auf wie viel Weiſe läßt er ſich darſtellen? Damit der Künſtler einen Mittelpunkt durch Ziehen der Peripherie ſchaffen könne, muß er einen Mittelpunkt ſchon wirklich im Geiſte vor ſich ſehen; der Künſtler muß eine Idee immer feſt im Auge haben, auf deren Verſinnlichung er hinarbeite; denn das iſt ja das höchſte Erforderniß eines Kunſtwerks, daß Alles in gleichem Maße beitrage, die Centralidee zu verſinnlichen, daß jeder Punkt der Peripherie (alles Mannigfaltige) nur dem Bezug auf dieſe ſein Daſeyn verdanke. Wenn jemand erſt die Beine, dann den Torſo, dann den Kopf bildet, und nicht vorher, ehe er ſie bildete, eine beſtimmte Idee hatte, in Bezug auf die er ſie bildete; was für ein Ungeheuer wird die Zuſammenſetzung werden? Wenn jemand einen Akt eines Schauſpiels ſchreibt, und bei dieſem erſten noch nicht weiß, was er im zweiten ſchreiben wird, ſo zieht er auf's Gerathewohl eine Linie, in Erwartung, daß ſich ein Mittelpunkt derſelben von ſelbſt finden werde. Der Hinblick auf die Idee iſt das Geſetz bei der Arbeit des Künſtlers; iſt der Radius, den er im Geiſte bei jedem Punkte zu ziehen hat. Das Künſtlergenie hat nicht nur im Geiſte ſchon den Mittelpunkt, auf den es hinarbeitet, ſondern es ſieht auch ſchon im Geiſte die ganze Peripherie darum gezogen, oder vielmehr es ſieht den Mittelpunkt gleich immer nur durch und in einer ſchon vollendeten Peripherie, und zeichnet dieſe mit Sicherheit und Beſtimmtheit aus dem Geiſte ab. Andre haben nur das Centrum, die Idee; ſie arbeiten ſtets mit Hinblick auf dieſelbe, aber ängſtlich, weil ſie bei jedem Punkte der Peripherie, den ſie hinſehen, gewiſſermaßen erſt ſeine Entfernung vom Centrum abmeſſen müſſen, um zu ſehen, ob er auch gehörig zur übrigen Peripherie ſtimme; während das Genie nicht einmal vom Mittelpunkt etwas wüßte, wenn es nicht im Geiſte den vollendeten Kreis ſchon ſähe. Schön iſt etwas, wiefern es genau in eine, einen Mittelpunkt vollkommen verſinnlichende, Peripherie, eine ganz runde, paßt, und darin von uns wahrgenommen wird.. Daher kann etwas, was in einem Kunſtwerk ſchön wäre, im andern häßlich erſcheinen, weil ein Stück eines vollkommnen Kreiſes in einen von größerm oder kleinerm Durchmeſſer eingeſetzt, ſeine Harmonie ſtört, indem es nicht in ihn paßt. Erhaben iſt, was uns als Bruchſtück eines größern Kreiſes, als in dem wir uns ſelbſt bewegen, erſcheint, und uns den ganzen Kreis ahnen läßt. Daher der eigenthümliche Eindruck, den das Erhabene macht. Wir fühlen die Nähe einer höhern Welt, als unſrer engern, und können ſie doch nicht umſpannen. Was für uns erhaben iſt, iſt für höhere Weſen ſchön, die die Harmonie des Ganzen anſchauend überſehen, während uns nur das Segment zu Tage liegt. Uebrigens iſt meiner Anſicht nach der Kreis nicht blos Symbol der Schönheit, ſondern auch alles, was in der Natur wirklich ſchön ſeyn ſoll, muß nur eine Entwicklung des Kreiſes, oder vielmehr der Kugel ſeyn, was ich aber hier nicht ausführen kann.

Geſetzt in der beiſtehenden Figur

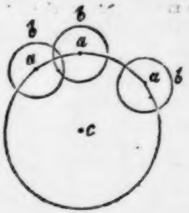

ſey der Punkt a der Menſch. So weit er um ſich blickt, ſieht er ſich als Centrum der Peripherie b; die Religion lehrt ihn aber, daß er ſelbſt nur ein Punkt der größern Peripherie, die von c abhängt, ſey, und ſich demgemäß zu verhalten habe; daß er nicht aus dieſem Kreiſe heraustreten dürfe, ohne die Geſetzmäßigkeit des Ganzen zu ſtören; daß jeder Punkt neben ihm an ſich eben ſo viel werth, als er ſelbſt, und dem höhern Punkte c (iſt es der höchſte: Gott) gleich nahe ſey; daß alle ihr Daſeyn und Beſtehen nur ihrem Zuſammenhalten und ihrer Zuſammenwirkung verdanken; indem jeder, der in der Peripherie ſeine Stelle ausfüllt, außer ihr geſetzt, zum bedeutungsloſen Punkte werden würde.

Es iſt dem Punkt erlaubt, ſich peripheriſch gegen die Außenwelt auszudehnen; allein, es iſt jedem Punkt der Peripherie erlaubt; darum greifen die Peripherieen, die jeder um ſich bildet, in einander (die Wechſelwirkung der Einzelnen), und wenn ein jeder ſich verhältnißmäßig gleich ausdehnt, ſo wird die Geſetzmäßigkeit des Kreiſes dadurch nicht geſtört; wohl aber, wenn einer ſich übermäßig in Bezug zu den andern auszudehnen ſucht, und vergeſſend des höhern Mittelpunkts, von dem ſie alle abhängen, ſich ſelbſt zum höchſten Mittelpunkt machen will, in deſſen Peripherie alle ſeine Nebenpunkte fallen.

Es iſt klar, daß dieſe einfachen Symbole ſich ſchon viel weiter ausführen laſſen; allein ſie ſelbſt laſſen ſich noch ſo entwickeln, daß ſie dann auch weit ſpeziellere Beziehungen des Angeführten auszudrücken vermögen, wozu man im letzten Aufſatz die Andeutung finden wird.

Bruchſtück aus einer Symbolik der Kegelſchnitte.

Das in dieſem und dem folgenden Abſchnitt Enthaltene iſt zum Theil nur in Bezug auf den letzten angeführt: daß alle drei mit einer wiſſenſchaftlich mathematiſchen Darſtellungsart nicht viel gemein haben ſollen, ergiebt ſich ſchon daraus, daß ſie eine Stelle in dieſer Schrift gefunden haben.

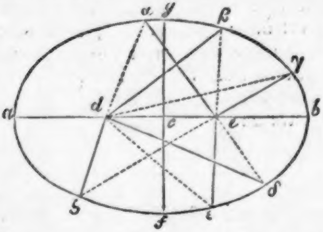

Die Ellipſe iſt eine Figur von obenſtehender Geſtalt, in der zwei Punkte, d, e, Brennpunkte genannt, ſich befinden, welche die Eigenthümlichkeit haben, daß alle gebrochnen Linien, z. B. $d\alpha e$, $d\zeta e$, $d\delta e$ u. ſ. w., die man ſich von dem einen Brennpunkt nach einem beliebigen Punkte des Umkreiſes

(z. B: α, β, γ, δ, ε, ζ u. ſ. f.) und von da zurück nach dem andern Brennpunkt gezogen vorſtellt, unter einander gleich ſind, indem jede ſolche, in Gedanken gezogene, gebrochene Linie der, durch beide Brennpunkte bis an den Umkreis gehenden, Linie ab, große Axe genannt, gleich iſt. Der Punkt c, der in der Mitte der großen Axe liegt, heißt der Mittelpunkt der Ellipſe, von ihm ſtehn die Brennpunkte auf jeder Seite gleichweit ab; ſie liegen um ſo entfernter von ihm, und um ſo näher an dem Umkreis der Ellipſe, jemehr dieſe ſelbſt in die Länge gezogen erſcheint. Die, bis an den Umkreis reichende, Linie fg, die man durch den Mittelpunkt ſenkrecht auf die große Axe ſetzt, wird kleine Axe genannt. Eine merkwürdige Eigenſchaft der Ellipſengeſtalt iſt, daß, wenn man in einen Brennpunkt einer elliptiſchen Wölbung ein Licht ſetzt, oder ein Wort daſelbſt ausſpricht, alle Licht- oder Schallſtrahlen, nachdem ſie an den Umkreis der Ellipſe angeprallt ſind, in den andern Brennpunkt zurückgeworfen werden; daher, wenn man auch in einem Brennpunkt ganz leiſe ſpricht, es derjenige, welcher im andern, wenn auch ſehr entfernten, Brennpunkt ſteht, doch ganz vernehmlich hört, weil ſich eben alle Schallſtrahlen dort wieder vereinigen. Daß die Planetenbahnen Ellipſen ſind, in deren einem Brennpunkte die Sonne ſteht, iſt bekannt.

Denkt man ſich, daß in einer Ellipſe beide Brennpunkte gegeneinander rücken, und daß zugleich der Umkreis der Ellipſe, entſprechend dem Zuſammenrükken der Brennpunkte, ſich zuſammenzieht, ſo nähert ſich die längliche Ellipſenform immer mehr der runden Kreisform; ja wenn beide Brennpunkte ganz zuſammenfallen und der Umkreis dabei ihnen immer entſprechend nachgerückt iſt, ſo iſt aus der Ellipſe ein vollkommner Kreis geworden; daher man ſich auch umgekehrt die Ellipſe aus dem Kreiſe entſtehend denken kann, indem nämlich ſein Mittelpunkt nach entgegengeſetzter Richtung auseinander tritt, und der Umkreis im gleichen Maaße nach dieſen Richtungen hin ſich zugleich ausdehnt; und ſo gut man ſich den Kreis als eine Ellipſe vorſtellen kann, in der beide Brennpunkte zuſammenfallen, ſo gut muß man ſich auch die Ellipſe als einen Kreis mit, in zwei Brennpunkte auseinandergetretenem, Mittelpunkt vorſtellen können. Von der Mathematik wird indeß nur die erſte Vorſtellungsart feſtgehalten.

Die Eigenſchaften des Kreiſes ſind bekannt. Alle Linien, die von einem Punkt in ihm, dem Mittelpunkt oder Centrum, nach einem Punkte des Umkreiſes (der Peripherie), oder umgekehrt vom Umkreis nach dem Mittelpunkt gezogen gedacht werden, und Radien heißen, ſind einander gleich. Setzt man ein Licht in den Mittelpunkt eines

Kreiſes (oder vielmehr einer kugelförmigen Wölbung), ſo werden alle Lichtſtrahlen, die an die Peripherie anprallen, wieder in den Mittelpunkt ſelbſt zurückgeworfen.

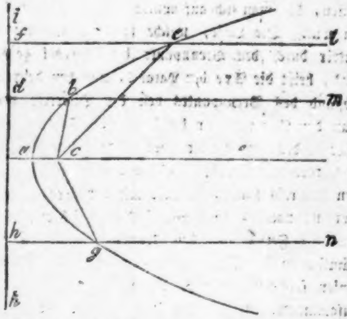

Die *Parabel* iſt eine Linie, wie ſie die Figur darſtellt; deren beide Arme man ſich aber bis ins Unendliche fortlaufend denken muß, indem ſie nicht, wie der Kreis und die Ellipſe, eine geſchloſſene Figur bildet. Man unterſcheidet auch in ihr einen *Brennpunkt* c, der die Eigenthümlichkeit hat, daß jede Linie cb, cg, ce u. ſ. w., die man ſich von ihm nach einem beliebigen Punkte des Umkreiſes gezogen denkt, eben ſo groß iſt als eine andre Linie, die von demſelben Punkte des Umkreiſes ſenkrecht auf eine beſtimmte, außerhalb der Parabel gezogene Linie ik, Directrix genannt, gezogen wird; daß alſo eg gleich gh iſt, cb gleich bd, ce gleich ef, und ſo alle Linien, die man ſich auf ähnliche Weiſe gezogen denken will. Die Linie, welche ſenkrecht auf die Directrix durch den Brennpunkt der Parabel gezogen wird, heißt die Axe der Parabel, und den doppelten Abſtand des Brennpunkts von der Directrix nennt man den Parameter der Parabel. Setzt man ein Licht in den Brennpunkt einer paraboliſchen Wölbung, ſo werden alle Strahlen, cb, ce, cg u. ſ. f., die an den Umkreis fallen, parallel mit der Axe zurückgeworfen, nach el, bm, gn, ſo daß ſie ſich erſt in unendlicher Ferne ſchneiden können; inwiefern man nämlich in der Mathematik annimmt, daß Parallellinien ſolche Linien ſind, die erſt in der Unendlichkeit zuſammentreffen. Daher läßt ſich auch die Parabel mathematiſch vollkommen als eine Ellipſe betrachten, deren anderer Brennpunkt aber in unendlicher Ferne vom Brennpunkt c entfernt liegt. Wiefern die von e, b oder g zurückgeworfenen Lichtſtrahlen, die aus dem Brennpunkte dahin gefallen, die Unendlichkeit durchlaufen könnten, würden, gerade wie in der Ellipſe, wirklich alle zuſammen in demſelben zweiten Brennpunkte der Parabel eintreffen. Umgekehrt werden auch alle Strahlen, die man aus einem unendſich entfernten Punkte kommend, an die innere paraboliſche Wölbung anprallend denkt, alle zuſammen in den Brennpunkt o zurückgeworfen, wo ſie zuſammentreffen. — Ein Körper, den man mit der Hand fortwirft, beſchreibt in ſeinem Fluge, abgeſehen vom Luftwiderſtande, ein Stück eines paraboliſchen Bogens.

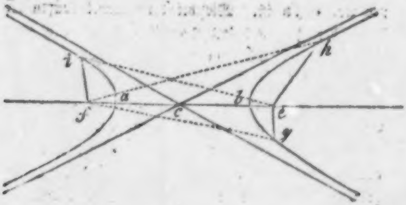

Die Hyperbel iſt eine ſonderbare Linie; nie kann eine Hyperbel für ſich allein beſtehen; allemal wird bei Bildung Einer zugleich eine ihr gegenüberſtehende mit gebildet; beide gehören eben ſo untrennbar zuſammen, als die beiden, durch die kleine Axe geſchiednen, obwohl in einander ſichtbar verlaufenden Hälften der Ellipſe. Jede Hyperbel hat ihren Brennpunkt, e, f; und hier findet die Eigenthümlichkeit Statt, daß von je zwei Linien, fg und go oder fh und ho, oder ei und if u. ſ. f., deren eine vom

Brennpunkt der einen Hyperbel (f) an einen Punkt des Umkreiſes der andern (g, h), die andre Linie von dieſem Punkte (g oder h) nach dem andern Brennpunkte (e) gezogen wird, ſtets die eine die andre um ein Stück an Länge übertrifft, welches der großen Axe, für die man hier ab nimmt, gleich kommt; kürzer: daß die Differenz aller ſolcher Linien der großen Axe gleich iſt. Wie bei der Parabel laufen die Arme der Hyperbel ins Unendliche fort. Ein paar gerade Linien, die man ſich unter einem gewiſſen Winkel durch den Mittelpunkt der Hyperbeln c, wie die Figur zeigt, kreu[illegible]weis gezogen denkt, nennt man Aſymptoten [illegible]erbeln; ſie haben das dem Anſchein nach Sonb[illegible], daß ſie ſich den Hyperbelarmen, je weiter ſi[illegible]t ihnen fortlaufen, um ſo mehr nähern, aber doch nie, wenigſtens ſo weit wir denken können, nie, nämlich erſt in der Unendlichkeit mit ihnen zuſammenſtoßen. Stellt man ein Licht in den Brennpunkt einer hyperboliſchen Wölbung, ſo werden die Strahlen von dieſer divergirend (auseinanderweichend) zurückgebrochen, während ſie bei der Ellipſe convergirend, bei der Parabel parallel, bei dem Kreiſe in ſich ſelbſt zurückgebrochen wurden. Die Divergenz iſt aber von der Art, daß, wollte man ſich alle zurückgebrochenen Strahlen nach der gegenüberſtehenden Hyperbel zu verlängert denken, ſie alle in deren Brennpunkt ſich ſchneiden würden. Man kann ſich auch die beiden Hyperbeln auf eine eigenthümliche Art aus einer Ellipſe entſtanden denken, wenn man nämlich in der mathematiſchen Formel, welche die Ellipſe ausdrückt, die große Axe negativ ſetzt, wovon weiterhin ein Mehreres.

Dieſe, hier ganz populär betrachteten, Linien bilden zuſammen eine eigne Ordnung mathematiſcher Linien, die ſogenannte zweite Ordnung, und bieten noch eine Menge der intereſſanteſten Eigenſchaften dar. Man begreift ſie auch unter der allgemeinen Benennung der Kegelſchnitte, weil ſie durch verſchiedne Arten, einen Kegel zu durchſchneiden, in der Begränzung der Schnittfläche, dargeſtellt werden können.

Es laſſen ſich an dieſe Linien intereſſante ſymboliſche Vorſtellungen knüpfen, wovon ich hier blos eine allgemeinverſtändliche andeuten will, obwohl nach meiner Anſicht die einfachſten mathematiſchen Linien, wohin eben die der zweiten Ordnung *) gehören, geeignet ſind, die allgemeinſten Beziehungen und Verhältniſſe in jedem beliebigen abgeſchloſſenen Kreiſe des Beſondern, in abſtracter Verſinnlichung darzuſtellen.

---

*) Zur erſten Ordnung gehört blos eine Linie, die gerade; mit jeder höhern Ordnung wächſt die Zahl der befaßten Linien unverhältnißmäßig.

Die Hyperbel hat mir von jeher etwas Geſpenſtiſches gehabt, ohne daß ich mir einen Grund davon anzugeben wußte; ich fand ihn indeß nachher in einer ſymboliſchen Beziehung, die ſich ihr unterlegen läßt, und ich bin überzeugt, daß alle, die ſich ihr unterlegen laſſen, in dem nämlichen Charakter zuſammentreffen. Man muß ſie aber gleich in Bezug auf die übrigen Linien betrachten.

Der Kreis ſymboliſirt mir die Selbſtliebe, den Egoismus; die Ellipſe das Ideal der Freundſchaft; die Parabel das der Liebe gegen das Unendliche, Göttliche; die Hyperbel das Ideal des bitterſten Haſſes.

Der Brennpunkt in jeder der angeführten Linien ſtelle eine Seele vor; die Strahlen, die von da nach dem Umkreis gehn, die Beſtrebungen dieſer Seele, wiefern ſie nach außen (durch Handlungen) wirkſam ſind, und die Richtung der zurückgebrochenen Strahlen, den Zweck, zu welchem die Beſtrebungen auf das Aeußere giengen; ich kann z. B. nach außen handeln, theils um meinetwillen, theils um eines andern willen. Wenn die Strahlen, die vom Brennpunkt ausgehn, die activen Beſtrebungen der Seele vorſtellen, ſo müſſen umgekehrt, wenn wir das Symbol treu verfolgen wollen, die Strahlen, die von der Peripherie in den Brennpunkt fallen, die Gefühle und Empfindungen vorſtellen, welche die Seele paſſiv von außen in ſich aufnimmt. Wird daher ein Strahl, der von einem Brennpunkte an die Peripherie fiel, in einen andern Brennpunkt zurückgebrochen, ſo ſind des letztern Gefühle nach dem Symbol durch Beſtrebungen oder Handlungen des erſten Brennpunkts veranlaßt worden.

Der abſolute Egoiſt handelt nur um ſeinetwillen; er läßt nur Strahlen gegen die Peripherie ausgehn, damit angemeſſene Gefühle und Empfindungen in ſeine Seele durch die Rückwirkung kommen; er iſt ganz in ſich abgeſchloſſen, was er auch thun mag, davon hat nichts auf eine Seele außer ihm Bezug. Der Strahl, der aus dem Mittelpunkte des Kreiſes kommt, wird ewig wieder in ihn zurückgebrochen.

Die Ellipſe läßt ſich als ein Kreis mit, in zwei Brennpunkte auseinandergetretenem, Mittelpunkt betrachten. Eine Seele hat ſich in zwei geſpalten, und beide exiſtiren noch mit und durch einander; jede iſt die Seele eines Freundes; jede wirkt nur, um in der andern angemeſſene Gefühle und Empfindungen zu erregen; denn welcher Strahl auch von dem einen Brennpunkte an die äußere Peripherie fällt, der nimmt ſeine Richtung nach dem andern Brennpunkt zu; was der eine nur denkt und hat, das gießt er in des andern Seele aus; um die Außenwelt bekümmern ſich beide nur; inſofern ſie mittelſt ihrer in Bezug auf einander wirken können, ſie leben nur für einander;

beider Gefühle und Beſtrebungen ergänzen einander ſtets; alle gebrochnen Ellipſenradien ſind gleich der großen Axe, die beide Brennpunkte, Seelen, zunächſt verbindet; ſie können jede einzeln nichts denken und fühlen, was nicht mit der andern Gefühlen und Beſtrebungen ſo zuſammen ſtimmte, daß es dieſes Band herſtellte. Es iſt kein Mein und Dein in der Ellipſe, was in ihr vorhanden iſt, gilt für beide Brennpunkte gleich. Das Ideal der Freundſchaft hat viel ſchönere Symbole; wohl kaum ein wahreres.

Nehmt die Hyperbel: beide Freunde ſind durch einen ungeheuren Haß geſpalten worden; der eine hat ſich von dem andern abgekehrt; jeder reißt ſeinen Brennpunkt heraus, hält ihn für ſich feſt, und mag mit der andern nichts zu ſchaffen haben, ſie fliehen ſich in Ewigkeit; nein, ſie ſind noch aneinander gebunden, aber durch die Bande des feindſeligſten Haſſes, ihre Geſinnungen beben divergirend vor einander zurück bis ins Unendliche, aber doch bleiben ſie hadernd einander gegenüberſtehen; und daß jedes Gedanken nur vor des andern Seele zurückfahren, ſieht man daraus, daß die Divergenz der Strahlen ihr Centrum in dem gegenüberſtehenden Brennpunkte findet. Was in der Ellipſe das Band war, die große Axe iſt in der Hyperbel in den Gegenſatz übergegangen; und alle Strahlen, die von einem Brennpunkte in den andern fallen könnten, ſind ſich nur in der Differenz gleich.

Die Parabel iſt ein erhabnes Symbol; das Symbol der Liebe zu einem Ideal, zu Gott, zum Ueberſinnlichen, zu jedem Schönen und Großen, was, nur in der Unendlichkeit erreichbar, der Seele vorſchwebt. Alle Strahlen, die der Brennpunkt der Parabel ausſendet, laufen in gleichförmiger Richtung nach dem andern Brennpunkt, der in der Unendlichkeit liegt; alle Beſtrebungen und Gedanken ſind nur dahin gerichtet; umgekehrt kann kein Strahl in die Seele fallen, der nicht vom Unendlichen ausgegangen wäre; alle Gefühle beziehen ſich auf dieſes. Es müßte eine ſchöne ſymboliſche Bedeutung geben, wenn man eine Kirche mit paraboliſcher Wölbung bauen könnte, die freilich an einem Ende offen bleiben müßte, weil die Parabel ſelbſt keine geſchloſſene Figur iſt, und dann an einer Stelle anzubringen wäre, wo die davor liegende Gegend dem kirchlichen Charakter entſpräche. In dem Brennpunkt wäre Altar oder Kanzel anzubringen, ſo daß der Prieſter gleichſam als die Seele der Gemeine erſchiene, und wenn er betete, ſein Gebet in der Idee in die Unendlichkeit, des Ewigen Wohnung, hinein hallte, und man ſich ſelbſt dabei im Symbol anſchaulich vorſtellen könnte, wenn er lehrte, daß es Stimmen des Ewigen ſeyen, die in das Allerheiligſte der Kirche, den Brennpunkt, ſich koncentrirten, und ſo in des Prieſters Seele fielen, die darin ſtände; und ſie nur nun wieder aus ſich hervor ſtrahlte.

Eine Liebe des abſolut Teufliſchen giebt es nicht; ja das Symbol für ſie iſt unmöglich ($y^2 = \sqrt{-px}$); es müßte eine Parabel ſeyn, die ſich vom Brennpunkte, der in der Unendlichkeit läge, abkehrte; und ſeinem Gegenſaze zueilte, aber die Mathematik zeigt, daß es ein ſolches Symbol gar nicht geben kann. Es giebt nichts Schlimmres in der Welt, als den abſoluten Egoiſmus; die Selbſtliebe, die alles, was ſie thut, auf ſich zurückbezieht; was die Parabel thut, das thut ſie ohne allen Bezug auf ſich, denn der Strahl hat in Unendlichkeit zu laufen, ehe er zum erſten Brennpunkt wiederkehren kann; daher iſt die Parabel zugleich das Symbol der Tugend, welche nur dadurch, daß ſie für das All gewirkt hat, für ſich und auf ſich zurückwirken will; und das Symbol der Tugend fällt mit dem Symbol der Liebe gegen das Göttliche zuſammen.

Denkt man ſich einen unendlich groſen Kreis, der das All befaßt; ſo iſt, wie ſich Extreme ſtets berühren, und im Unendlichgroſen alle unſre Symbole in einander verlaufen, dieſer Kreis zugleich das Symbol des abſoluteſten Egoiſmus und der abſoluteſten Liebe gegen andre. Gott, als Mittelpunkt des Allkreiſes, kann ſich nur ſelbſt lieben, inſofern außer ihm nichts iſt: denn die Peripherie, die Welt, gehört ihm weſentlich als Körper zu; aber indem er nur ſich liebt, liebt er zugleich Alles, was es giebt; die Liebe gegen ſeine Geſchöpfe iſt ihm Selbſterhaltungstrieb; und er mag nur ſich erhalten, indem er alle ſeine Geſchöpfe, nur Theile deſſelben unendlichen Körpers, erhält.

Extrema sese tangunt.

Ich habe früher einmal den Satz ausgeſprochen, daß, wenn man ſich von einem Punkte in zwei entgegengeſetzten Richtungen eine gerade Linie bis ins Unendliche fortlaufend denkt, ihre beiden Endpunkte in der Unendlichkeit zuſammenſtoßend gedacht werden müſſen; dagegen ſie dem erſten Anſchein nach ſchlechthin unendlich weit von einander entfernt ſeyn ſollten,

daß z. B., wenn man ſich ca auf der einen und cb auf der andern Seite bis ins Unendliche verlängert vorſtellt, der Endpunkt a mit dem Endpunkt b zuſammenfalle. Für dieſen, auf das Folgende zum Theil Bezug habenden, paradoxen Satz laſſen ſich Gründe aufſtellen.

Jede Linie iſt nicht blos nach einer Richtung hin zu betrachten, ſondern jedesmal wenigſtens nach zweien; es wäre möglich, daß zwei Punkte nach Einer Richtung unendlich weit von einander abſtänden, und nach der entgegengeſetzten doch ſich unendlich nahe wären, d. h. zuſammenfielen. Ich will dieſes erſt an einer krummlinigen Richtung deutlich machen; wiefern es ſich auf die gerade übertragen laſſe, wird ſich zeigen.

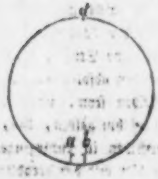

Geſetzt, man habe eine Kreisbahn, und zwei Perſonen, a und b ſtänden erſt beide im Punkte d, ſo werden ſie, wenn ſie in entgegengeſetzter Kreisrichtung von d aus, nach da und db, fortſchreiten, doch wieder, ungefähr da, wo es die Figur zeigt, zuſammenkommen; auf gleiche Weiſe, wie zwei Menſchen, die von einem Punkte der Erde in demſelben Breitegrade nach entgegengeſetzter Richtung fortſchreiten, auch wieder zuſammentreffen. Das gilt aber nur von der krummlinigen Richtung, ſagt man; ſollen deßhalb auch zwei Menſchen, die in gerader Linie von einem Punkte nach entgegengeſetzten Richtungen fortſchreiten, wieder zuſammenkommen? In der Unendlichkeit, ja. Man laſſe den Kreis, der oben klein dargeſtellt worden iſt, noch einmal ſo groß werden, ſo wird ſeine Krümmung an jeder Stelle um die Hälfte vermindert ſeyn; man laſſe ihn ſo groß, als den Aequator unſrer Erde werden; für unſer menſchliches Auge wird jedes Stück dieſes Kreiſes von einer geraden Linie nicht mehr unterſchieden werden können; man laſſe den Kreis geradezu unendlich groß werden, und alle ſeine Stücke, ſo groß man ſie auch nehmen will, werden abſolut von einer geraden Linie nicht zu unterſcheiden ſeyn, und doch wird immer noch das Obige von ihm gelten, daß, wenn man von einem Punkte deſſelben in entgegengeſetzter Kreisrichtung — die aber hier mit der geradlinigen zuſammenfällt — mit jemandem fortſchreitet, man wieder mit ihm zuſammentrifft, aber freilich erſt in der Unendlichkeit. Geſetzt nun alſo, ich ſchreite wirklich im Raume auf gerader Linie, mit jemandem in entgegengeſetzter Richtung, von demſelben Punkte fort, ſo iſt es für mein Vorſtellungsvermögen gleich, ob ich jedes beliebige Stück der durchſchrittenen geraden Linie für ein Stück eines unendlich großen Kreiſes oder eben einer geraden Linie nehme, und ich kann mich mithin freuen, — wenn ich ſonſt nicht davor zurückſcheue, die Unendlichkeit auszumeſſen — mit meinem Freunde endlich wieder zuſammenzutreffen. — Auf eine andre Weiſe ließe ſich die Sache ſo probabel machen: zwei Punkte fallen dann für die Anſchauung, wie für den Begriff, zuſammen, wenn abſolut kein Punkt mehr zwiſchen ihnen gedacht werden kann; für die Anſchauung iſt die Unendlichkeit nicht, alſo müſſen wir, wiefern wir noch von Beziehungen in ihr ſprechen wollen *), uns an den Begriff halten. Nun ſieht in einer geraden Linie jeder Punkt nach zwei entgegengeſetzten Richtungen, z. B. in der Linie

, der Punkt c ſowohl nach ca, als nach cb, wie theils die unmittelbare Anſchauung, theils die Beſchaffenheit des Punkts, als Theil einer Linie ergiebt. Hat nun ca und cb das All durchgelaufen, ſo kann es über ca und cb hinaus keine räumlichen Punkte mehr in dieſen Richtungen geben (obwohl nach bc und ac zwiſchen a und b noch unendlich viel Punkte exiſtiren), weil dieſe, vermöge der angenommenen Unendlichkeit der beiden Linien, ſonſt ſchon durchlaufen ſeyn müßten; da nun zwiſchen a und b in der Richtung ca und cb kein Punkt mehr gedacht werden kann, der ſie trenne, denn dieſer wäre durchlaufen, ſo müſſen, dem Begriff vom Zuſammentreffen zufolge, beide nach dieſen Richtungen zuſammenfallen, und werden nun in einer Richtung unendlich nahe, in der andern unendlich weit entfernt ſeyn, was auch im Grunde in der Linie 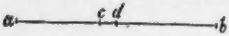

mit den Punkten cd Statt hat; nach den Richtungen cd, dc ſind ſie ganz

---

*) Darf's der Mathematiker bei den Parallellinien, ſo muß es eben ſo gut in dieſem Falle verſtattet ſeyn.

nahe; nach ea, ab unendlich weit auseinander, und man kann daher ſelbſt jeden Punkt cd in unſrer Welt als in dem Zuſammentreffen zweier, von einem unendlich entfernten Punkte entgegengeſetzt ausgelaufenen, geraden Linien exiſtirend betrachten. Auf dieſe Weiſe iſt ein endlicher Kreis nur das endliche Bild einer unendlichen geraden Linie, und umgekehrt eine gerade endliche Linie iſt nur ein Fragment eines unendlich großen Kreiſes, und ſich linear ausdehnen, heißt, zum unendlich großen Kreiſe werden wollen.

Auch die Mathematik giebt zu dieſer Behauptung einen auffallenden Beleg in der Art, wie die Formel für die Hyperbel aus der für die Ellipſe entſteht. Die Formel für die letzte, die Abſciſſen vom Anfangspunkte der großen Axe angenommen, iſt bekanntlich $y^2 = px - \frac{px^2}{2a}$; man nehme nun die große Axe negativ, daß alſo alle ihre Beziehungen umgekehrt werden, ſo wird aus der Ellipſe die Hyperbel,

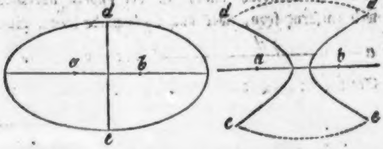

in welcher die Hälften a und b, ſtatt wie in der

Ellipſe, ſich ihre Concavität zuzukehren, ſich die Convexität zuwenden; und wo beide Hälften in den Punkten d und e zwar erſt in der Unendlichkeit zuſammenſtoßen können, aber doch zuſammenſtoßen müſſen, da die Gleichung für die Hyperbel ganz die für die continuirliche Ellipſe iſt, nur daß das Zuſammenlaufen in der einen Richtung durch Subſtitution des negativen Zeichens an die Stelle des poſitiven in der Formel, in ein Zuſammentreffen in entgegengeſetzter Richtung verwandelt werden muß; wodurch die Hyperbel mit ihren Spinnenbeinen entſteht.

Dieß iſt übrigens nicht der einzige Beleg, den die Mathematik für dieſen Satz giebt: ſie giebt ihrer ſehr viele, die zuletzt alle ihre Gültigkeit von dem allgemeinen Satz erhalten, daß eine Größe in die entgegengeſetzte eben ſowohl durch Unendlichkeit als durch Null übergehen kann.

Als einen, ſo zu ſagen, ſichtbaren Beweis ließe ſich vielleicht eine bekannte Erſcheinung der Katoptrik anführen. Wenn man auf die Axe eines ſphäriſchen Hohlſpiegels, in eine ſehr große Entfernung von ſeiner Oberfläche, ein Licht bringt, ſo werden alle Strahlen deſſelben in den Hauptbrennpunkt des Spiegels von deſſen Oberfläche zurückgeworfen, und man erblickt in dieſem Punkte das Bild des Lichtes. Bringt man das Licht dem Spiegel näher, ſo entfernt ſich das, zuvor im Hauptbrennpunkt erblickte, Bild des Lichtes weiter von der Oberfläche des Spiegels und rückt dem Mittelpunkte der Spiegelkrümmung, der in der doppelten Entfernung, als der Hauptbrennpunkt, von der Oberfläche des Spiegels, auf ſeiner Axe liegt, näher. So wie das Licht in den Mittelpunkt der Krümmung ſelbſt gelangt, fällt es mit ſeinem Bilde, das jetzt auch in dieſen Punkt zurückgeworfen wird, zuſammen. Nähert man das Licht dem Spiegel nun noch mehr, ſo geht das Bild, an Größe immer zunehmend, über den Mittelpunkt hinaus, ſo daß das Licht jetzt zwiſchen ſeinem Bilde und dem Spiegel iſt; und ſo, jemehr das Licht von dem Mittelpunkte der Krümmung nach dem Hauptbrennpunkte zu rückt, um ſo weiter entfernt ſich des Lichtes Bild; ſo daß es, wenn das Licht in den Hauptbrennpunkt ſelbſt gelangt, in unendliche Ferne fällt, und in der Wirklichkeit gar nicht mehr erblickt werden kann. Nähert man jetzt das Licht der Spiegelfläche noch mehr, ſo daß es zwiſchen den Hauptbrennpunkt und die Spiegelfläche tritt, ſo erſcheint das Bild von Neuem, aber jetzt auf einmal in entgegengeſetzter Richtung, als vorhin; anfangs noch ſehr fern und groß; allein immer näher und kleiner werdend, je näher man das Licht an die Spiegelfläche ſelbſt bringt, wo es mit ſeinem Bilde abermals zuſammenfällt. — Offenbar müßte man, wenn das Licht im Hauptbrennpunkte ſteht, ſein Bild, wofern es möglich wäre, mit den Augen in die Unendlichkeit zu reichen, eben ſo wohl, wenn man ſich nach der einen, als wenn man ſich nach der entgegengeſetzten Richtung kehrte, erblicken; da der Punkt, wo es dann ſteht, blos den Grenzpunkt der beiden Richtungen abgiebt, wo dieſe zuſammenſtoßen.

Verſuch einer Entwicklung des Organiſationsgeſetzes aus dem räumlichen Symbol.

Das Weſen eines jeden Organismus iſt eine Mannigfaltigkeit von Theilen, die zu einer ſtrengen Einheit zuſammenſtimmen. Will man einen Organismus bloß in Bezug auf die ſtrenge Einheit aller ſeiner Funktionen ſymboliſiren, ſo dürfte es ſtreng nicht anders im Räumlichen geſchehen können, als durch einen Punkt, der etwas an ſich Untheilbares, abſolut in ſich Einiges, alle Qualitäten, die man ſich an ihm denken mag, Verſchmelzendes iſt. Wie man das ganze Gewicht eines Steins ſich in einem einzigen Punkte, dem Schwerpunkt vereinigt denken kann, ſo kann man gewiſſermaßen einen ſolchen organiſchen Schwerpunkt (Seele) in jedem Organismus ſetzen; allein wie im Stein der Schwerpunkt nur ideal in einer Mannigfaltigkeit von Theilen, nicht für ſich beſteht, ſo auch im Organismus.

Der Punkt iſt daher noch kein vollſtändiges Symbol des Organismus; weil zum Weſen des Organismus nicht blos Einheit gehört, ſondern auch, daß dieſe Einheit in einer Mannigfaltigkeit von Theilen auftrete.

Man denke ſich nun, daß der Punkt, den wir als Symbol der organiſchen Einheit geſetzt haben, ein höchſt intenſiver ſey, ſich aber nun nach allen Seiten zu expandire, ſo wird er dadurch zum Kreiſe werden.*) Dieſer Kreis iſt nun ſchon das vollkommene Symbol jedes beliebigen endlichen Organiſchen; oder, in wie fern etwas organiſch iſt, läßt es ſich durch einen Kreis ſymboliſiren, wobei natürlich alle beſondern Beziehungen ſpeciellerer Organismen wegfallen. Nur für die allerallgemeinſten organiſchen Beziehungen iſt der Kreis das Symbol; was ſich im Kreiſe findet, läßt ſich in jedem Organismus finden, nicht umgekehrt. Die einzelnen Organismen ſind aber blos verſchiedne Entwicklungsſtufen deſſelben Symbols oder verſchiedne Bruchſtücke derſelben Entwicklungsſtufe. Durch fortgeſetzte Entwicklung des Symbols, wozu die Andeutung folgen wird, würde ſich die Geſtalt der einzelnen Organismen auf dieſe Weiſe von ſelbſt ergeben, und man eigentlich in der Entwicklung des Symbols die Entwicklungsart der Organismen ſelbſt haben.

Der Punkt, der die Einheit ſymboliſirte, ſteht in der erſten Entwicklungsſtufe des Symbols zum Kreiſe nun wirklich als Centralpunkt für eine unendliche Mannigfaltigkeit, die Punkte der Peripherie, da, die alle von ihm abhängig gedacht werden können. Wir wollen gleich einen beſondern Organismus als Beiſpiel nehmen, um das Symbol daran nachzuweiſen, den menſchlichen, und zwar den körperlichen. Eine vorläufige Kenntniß deſſelben muß ich freilich zur Verſtändniß voraus ſetzen. Die Entwicklung läßt ſich nach Syſtemen oder nach Organen vornehmen, ich wähle die Erſtere.

---

*) Im Grunde zur Kugel; indeß der leichtern Darſtellungsart halber betrachte ich bloß einen Kugelſchnitt.

Wiefern alle Funktionen des menſchlichen Körpers zur vollkommenen Einheit zuſammenſtimmen, jede Funktion in der andern mitwirkt, und nur durch Mitwirken der andern ſelbſt beſteht, wifern auf der andern Seite jedes Grundſyſtem in jedem enthalten iſt, und es bilden hilft, Gefäße und Nerven in den Häuten, Häute und Gefäße in den Nerven, Häute und Nerven in den Gefäßen, in ſofern kann man ſich vorſtellen, daß alle Funktionen in einem einzigen Punkte vor ſich gehen, daß Gefäß- Nerven, und Zell- oder Hautſyſtem in einen Punkt zuſammengewachſen ſind.

Allein der Punkt fängt an, ſeine Intenſion in Extenſion umzuſetzen, er expandirt ſich nach allen Seiten in linearer Richtung, wird zum Kreiſe. Könnte der Punkt ſich unbeſchränkt ausdehnen, ſo würde er durch ſeine Extenſion das Univerſum erfüllen und dahin geht auch ſein Streben, vermöge des Beharrungsvermögens der einmal eingepflanzten organiſchen Bewegung; allein jeder Punkt iſt nur als ein Punkt, innerhalb einer größern Peripherie, der Außenwelt, ſchon geſetz- zu betrachten, die ſich, ſo wie er anfängt, ſich gegen ſie auszudehnen, gegen ihn concentrirt. Dieſer Kampf des Punktes, der ſich ins Unendliche ausdehnen will, mit der Peripherie, die ſich gegen ihn concentriren will, ſymboliſirt das Leben.

Todt iſt, was noch gleichartig und wiefern etwas noch gleichartig mit der Außenwelt verſchmolzen iſt, wie jeder Punkt; das Erwachen des einzelnen Punkts zum Leben iſt, daß er in Oppoſition mit der, ihn umgebenden, großen Peripherie, der Außenwelt, tritt, und gegen ſie ankämpft. Dadurch wird er zum Kreiſe; er läuft in Radienform gegen die Außenwelt an, und in entgegengeſetzter Richtung ſie gegen ihn; wo ſich beide treffen, da iſt die Abgränzung des Organiſchlebendigen mit der Außenwelt, der er früher als Punkt angehörte, und aus der er ſich nun als ſelbſtſtändig heraus individualiſirt hat; an der Peripherie iſt der Schauplatz der Wechſelwirkung zwiſchen Organismus und Außenwelt, der Wechſelwirkung, die ſich aber dann durch beide fortpflanzt.

Dreies iſt im Kreiſe hauptſächlich zu betrachten: Das Centrum, die Einheit; die Peripherie, die unendliche Mannigfaltigkeit; das Verbindende der Einheit und Mannigfaltigkeit, der Radius, der vom Centrum nach der Peripherie und von der Peripherie nach dem Centrum läuft; jedes beſteht nur durch die beiden andern. Jeder Organismus iſt ſeinem Weſen und ſeinen allgemeinſten Beziehungen nach, eine Dreieinigkeit.

Man ſetze die Sphäre des Nervenſyſtems als Centrum, von ihm geht aller dynamiſche Impuls aus, die Sphäre des Haut- oder Zellſyſtems*) als Peripherie, ſie gränzt an die Außenwelt und vermittelt den materiellen Verkehr mit ihr; die Sphäre des Gefäßſyſtems ſey die Geſammtheit der Radien, die von Innen nach Außen durch das Nervenſyſtem ihre Anregung erhalten, von Außen nach Innen durch das vegetative Syſtem der Häute ihren Stoff. Will man das Nervenſyſtem als Repräſentant der ſenſibeln, das Gefäßſyſtem als Repräſentant der irritabeln, das Zell- oder Hautſyſtem als Repräſentant der vegetativen Funktionen ſetzen, welche, ohne ſolche Beziehungen, ohnehin nur Namen ſind, ſo zeigt ſich auch hier die Dreieinigkeit. Theils beſteht die Funktion des Nervenſyſtems nur darin, daß es auf Gefäßſyſtem und Hautſyſtem einwirken und durch dieſe Syſteme Wirkungen aufnehmen kann, wie auch der

---

*) Die Haut läßt ſich ſelbſt als eine vergrößerte Zelle, oder die Zelle als eine verkleinerte Haut betrachten, und überall geſtaltet ſich das Zellſyſtem zu Hüllen oder Häuten, iſt deren Grundlage, daher ich das Zellſyſtem, eben als Syſtem, als Ganzes betrachtet, lieber Hautſyſtem nenne.

Mittelpunkt nur dynamiſch durch Bezug der andern Syſteme, der Radien und peripheriſchen Punkte daſteht; theils könnte das Gefäßſyſtem nicht thätig ſeyn, erhielte es nicht auf der einen Seite den dynamiſchen Antrieb vom Nervenſyſtem, auf der andern Seite den Stoff von Zelle und Haut (Darmkanal, Athemhaut), theils endlich müſſen Haut und Zellen, was auf ihnen ausgeſondert werden ſoll, unmittelbar vom Gefäß erhalten. Keins der drei Grundſyſteme kann ohne das andre be- und entſtehen. Radien ſetzen einen Mittelpunt voraus und bilden durch ihre Gränzpunkte von ſelbſt eine Peripherie; der Mittelpunkt kann als ſolcher nur in ſofern daſtehn, in wiefern er Radien und Peripherie aus und um ſich hat; und eben ſo iſt eine Peripherie nur als Gränze der Radien eines Mittelpunkts möglich. Gefäßſyſtem, Nervenſyſtem, Hautſyſtem müſſen daher gleichzeitig in dem Thierreiche, wie in der Entwicklung des Foetus hervortreten.

Selbſt der Geſtalt nach ſehen wir, wie das Symbol im Allgemeinen befolgt worden iſt. Das Nervenſyſtem, die. Nervenmaſſe, iſt nach dem Typus der Punktform gebaut, das Gefäßſyſtem ſtreckt ſich nach der linearen Form, das Hautſyſtem bildet ſich zur Zell- oder Schlauchform aus. In der erſten Symbolentwicklung iſt die Haut nur erſt eine einzige Zelle, die das Ganze umfängt.

Zwiſchen den Grundſyſtemen treten nun mehrere Mittelſyſteme auf; deren Stelle ſich im Symbol von ſelbſt ergiebt; nämlich da, wo die Grundſyſteme in einander übergehn; ſollen dieſe Mittelſyſteme aber geſondert betrachtet werden, ſo muß die Sonderung eben deshalb ſchon künſtlich und etwas gewaltſam erſcheinen.

Das Muskelſyſtem, wiefern es ins Gefäßſyſtem eingeht (Herz, tunica muscularis) liegt latent auf der Gränze zwiſchen Gefäßſyſtem und Nervenſyſtem als beide verſchmelzendes Mittelglied, oder wird durch die Punkte ausgedrückt, die unmittelbar das Centrum umgebend, mit ihm in Eins verſchmelzen, von denen mithin der Radius entſpringt, und durch die er erſt in das Centrum zunächſt eintaucht; daher geht alle Thätigkeitsäußerung des Nervenſyſtems zunächſt auf das Muskelſyſtem über, und die Arterie kann nur bewegt werden, weil ihre eine Seite muskulös iſt. Das Herz liegt in dieſem Centralmuskel mit verſchloſſen.

---

*) Die ſogenannten Muskeln des animalen Lebens, als Maſſen betrachtet, ſind ſelber Organe, nicht Theile eines ſich allgemein durch die Organe hindurchziehenden Syſtems; daſſelbe gilt von den Knochen, wiefern ſie nicht, wie in dem niedern Thiere und dem Eie, die Hautgränze ausmachen; wo ſie alle Organe umhüllend, allen allerdings gemeinſam angehören. Nur in ſofern Muskel und Knochen ſtreng Syſteme ſind, werden ſie hier in Betracht gezogen.

Bis zu dieſer Andeutung des Muskelſyſtems habe ich eine Trennung verſpart, die ſich nun auch noch im Gefäßſyſtem vornehmen läßt.

Im Gefäßſyſteme ſind nämlich zwei Richtungen zu unterſcheiden, die arteriöſe und die venöſe. Der Radius, der vom Centralmuskel ausſproßt, iſt die Arterie, die Geſammtheit dieſer Radien das Arterienſyſtem; ſie durchlaufen von Einem Punkte aus divergirend alle Theile des Organismus, in der Richtung von Innen nach Außen; dagegen die Radien, die von der Peripherie, dem Syſtem der Häute, nach dem Centrum zulaufen und von der Wirkung der materiellen Außenwelt, die ſich durch ihr Andrängen in den Organismus hinein fortpflanzt, herrühren, das convergirende Venenſyſtem vorſtellen. Die Arterie iſt dem Weſen nach muskulös, ſie ſproßt vom Centralmuskel aus und kann als Fortſetzung deſſelben betrachtet werden; die Vene iſt dem Weſen nach häutig und wird nur da muskulös, wo ſie zuletzt in den Centralmuskel eintaucht. In der Arterie iſt die Wand beweglich, weil ſie ihren Impuls vom Centralpunkte, dem Nervenſyſtem, durch das Mittelglied des darum liegenden Muskelſyſtems erhält; in der Vene iſt der Stoff, das Blut, nicht aber die, dem Organismus ſelbſt zu eigen gehörende Wand beweglich; dieſe kann nirgends einen Impuls her erhalten; aber der Stoff, das Blut, behält die, ihm von der Außenwelt eingepflanzte Bewegung von der Peripherie nach dem Centrum. In der Peripherie, der Haut, dem Zellgewebe, verſchmilzt die arterioͤſe und venoͤſe Richtung; die Arterie geht hier in die rücklaufende Vene über; ſo wie ſie auf der andern Seite im Centralmuskel mit ihr zuſammentraf. In der Haut iſt aber auch der lymphgefäßartige (einſaugende) Anfang des Venenſyſtems (jetzt allgemeiner für daſſelbe als früherhin anatomiſch erwieſen) und die Endigung des Arterienſyſtems in das Syſtem der exhalirenden (aushauchenden) Gefäße zu ſuchen. Das aushauchende Gefäß iſt durch den Punkt ſymboliſirt, wo ein auslaufender Stral, eine Arterie, in die Peripherie eintrifft, mit ihr zuſammenfällt; das einſaugende Gefäß durch den Punkt, wo ein rücklaufender Stral in der Peripherie, mit ihr zuſammenfallend, anfängt. Inſofern nun dieſe Punkte eigentlich erſt die Peripherie bilden, läßt ſich auch das ganze Haut- oder Zellſyſtem, der Grundlage nach, als aus einſaugenden und aushauchenden Gefäßen verſchmolzen betrachten, und nur inſofern ſie dieß iſt, kann ſie den Wechſelverkehr mit der Außenwelt vermitteln.

Die Lymphgefäße und exhalirenden Gefäße bilden eigentlich kein Mittelſyſtem zwiſchen Haut- und Gefäßſyſtem; ſondern ſie ſind Gefäßſyſtem ſelbſt, wiefern es ſich in Haut auflöſt.

Das eigentliche Mittelſyſtem zwiſchen dem Hautſyſtem und Gefäßſyſtem bilden die Verdauungs-, Athem-, Harnwege, die gefäßartig geſtaltete Häute ſind, und ſich als ſolche durch den ganzen Leib ziehen: aus ihnen ſchöpft das Gefäßſyſtem, in ſie ergießt es ſeine excernirten Stoffe zunächſt. Ihre Darſtellung im Symbol möchte folgende ſeyn.

Man denke ſich die Peripherie in zwei an einander liegende Reihen Punkte zerlegt, eine äußere und eine innere. Die erſtre wird mit ihrer, nach Außen ſehenden convexen Seite die äußere Haut, mit ihrer nach innen ſehenden concaven, die, ſich nach innen ziehende und unmittelbar mit jener zuſammenhängende, Schleimhaut darſtellen. An der innen anliegenden Reihe peripheriſcher Punkte wird man ebenfalls eine, der Schleimwand zugekehrte, convexe und eine der Innenwelt zugekehrte concave Seite zu unterſcheiden haben; erſtre ſtellt die Muskelhaut der Därme vor, deren Geneſis gleich weiter erörtert werden wird, letztere das Syſtem der ſeröſen Häute. Denkt man ſich nun beide an einanderliegende Peripherien zuſammen als einen dünnen Ring, den nach innen die Schleimhaut, die Muskelhaut und die ſeröſe Haut bilden, ſo wird dieſer das Syſtem jener vegetativen Wege andeuten.

Die Muskelhaut ſcheint mir auf folgende Weiſe in die Därme zu kommen. Die Muskelhaut der Arterie ſetzt ſich mit dieſer bis zu ihrem Eintreffen in die Peripherie fort, ja ſie wird, wie Verſuche zeigen, verhältnißmäßig mit dem weitern Verlaufe der Arterien immer ſtärker, ſo daß ihr Lumen zuletzt bei wirklich erreichter Gränze des Arterienlaufs, wahrſcheinlich ganz ſchwindet, und ſo zu compacter Muskelſubſtanz ſelbſt ſich verdichtet. Am Ende ihres Verlaufs, der Peripherie, dem Hautſyſtem, angelangt, legt die Arterie dieſe verdichtete Muskelhaut ab, die nun an der Gränze den Hautcharakter annehmend, ſich an der Peripherie als ſelbſtſtändige Haut, Muskelhaut der Därme, vielleicht auch Hautmuskel der Thiere anlegt; während die übrige Arterienhaut ſich als aushauchendes Gefäß in die andern Häute auflöſt. — Alles iſt mir indeß hiebei noch nicht klar.

Das Hautſyſtem gränzt nun aber nicht blos nach Innen an das Gefäßſyſtem und bildet mit ihm ein Mittelſyſtem, ſondern auch nach Außen an die, in Bezug auf den Organismus unorganiſch zu nennende, Außenwelt und auch mit dieſer verſchmilzt es zu einem Mittelſyſtem, dem Syſtem der Oberhaut; das bald den organiſchen Hautcharakter, bald einen unorganiſchen, dem Mittel, worin ſich der Organismus befindet, angemeſſenen, Charakter trägt; hieher ſind die kalkartigen Ueberzüge des Eies, der niedern Thiere, die hornartigen Ueberzüge, die Schuppen, Federn, beim Menſchen noch die Oberhaut zu rechnen.

Zwiſchen dem Hautſyſtem und Nervenſyſtem findet keine unmittelbare Verſchmelzung zu einem Zwiſchenſyſtem Statt, weil zwiſchen beiden der Radius, das Gefäßſyſtem liegt, wenn man nicht, wie man allerdings kann, dieſes ſelbſt für das Zwiſchenſyſtem anſehn will. Uebrigens muß das Hautſyſtem allerdings auch Nerven haben; denn das Hautſyſtem umſchließt ja als Hülle den Mittelpunkt, das Nervenſyſtem und mir ſcheint ſelbſt im Symbol begründet zu liegen, daß in der Mitte jeder einzelnen Zelle ein Nervenpunkt ſich bilden muß.

Das Nervenſyſtem iſt in Allem, das Gefäßſyſtem geht durch Alles, das Hautſyſtem iſt um Alles.

Betrachtet man den Mittelpunkt ſelbſt als kleinen Kreis, ſo kann man im Symbol auch ſchon eine Andeutung der verſchiedenen Nervenmaſſen finden; bei deren Abgränzung mit den Nachbarſyſtemen mir aber gleichfalls noch Manches dunkel iſt, was ich indeß ſpäter zu entwickeln ſuchen werde.

Es verdient bemerkt zu werden, daß ſich dies ganze Symbol auch auf die Welt, als Organismus betrachtet, wiefern man nur eben ihre allgemeinſten Beziehungen dabei erwägt, anwenden läßt, ſobald man dem, im vorigen Abſchnitt aufgeſtellten, Satz beipflichtet.

Geſetzt, der Anfang (das Ei) der Welt wäre auch ein Punkt geweſen, ein höchſt intenſiver Punkt, ſo wäre darin, als ſolchem, noch weiter nichts [illegible], als daß Alles in der Welt zur vollkommenſten Einheit zuſammenſtimmt; aber die Weltmannigfaltigkeit träte noch nicht hervor, in der dieſe Einheit ſich ausſprechen ſoll. Nun aber expandirt ſich der Punkt, ſetzt ſeine Intenſion in Extenſion um, und zwar, da annahmweiſe außer dem Punkte noch nichts war, was ihn in ſeiner Extenſion hätte beſchränken können, er expandirt ſich bis ins Unendliche; ein Begriff, von dem wir uns freilich blos endliche Schemate denken können, den wir aber deſſenungeachtet in vielen Fällen nicht verbannen können. Erſt, wenn jeder Radius bis ins Unendliche gelaufen iſt, trifft er auf den Radius, der in entgegengeſetzter Richtung von ihm gelaufen iſt, und ſo, anſtatt daß jeder endliche Organismus von der ihn umgebenden Außenwelt beſchränkt wird, tritt jetzt dem unendlichen Organismus ſeine andere Hälfte entgegen, und bildet mit ihm den Gegenſatz; hält man daran feſt, ſo läßt ſich die Gleichung für das Endliche auch auf das Unendliche übertragen.

Fragt man hier nach der Bedeutung des Symbols, ſo ſage ich: der Mittelpunkt iſt der, nur als beſtehendes Princip des Weltganzen ideal exiſtirende Gott; oder iſt das Allgemeine, das Abſolute, von dem alles Beſondere abhängig und ausgehend gedacht werden muß. Der unendliche Radius iſt die, ins Unendliche fortlaufende, lineare Zeit; durch die Alles Einzelns aus dem Allgemeinen, dem Abſoluten ſich herausindividualiſirt; denn nur durch Radienwerden wird der Punkt zur Peripherie. Der Radius hat aber eine doppelte Richtung, einmal vom Centrum nach der unendlichen Peripherie, dieß iſt das Werden der Zeit, das andremal, in Folge der Wirkung des entgegengeſetzten Radius, von der Peripherie nach dem Centrum; dieß iſt das Vergehen der Zeit; der Indifferenzpunkt, wo beide in der Unendlichkeit verſchmelzen, iſt die Gegenwart; in ihr exiſtirt als unendliche Peripherie der Alles befaſſende Raum. Die Gegenwart iſt das augenblickliche Zuſammentreffen des Vergehens und Werdens; das Leben der Welt iſt ein beſtändiges Entwickeln durch die Zeit, Hervortreten aus dem Allgemeinen, und ein beſtändiges Zurücknehmen des Entwickelten in das Allgemeine, durch die Weltvene, das Vergehen; worauf das Zurückgenommene abermals heraustritt. Nur an der Peripherie iſt Wirklichkeit, Wechſelthätigkeit; das vor der Peripherie iſt noch nicht geweſen, und iſt erſt in der Entwicklung begriffen; das hinter der Peripherie, oder vielmehr in die Richtung des entgegengeſetzten Radius fallende war ſchon. Es herrſcht ein ewiger Kreislauf in der Welt; ſie iſt nach allen Richtungen nichts als eine ſich in den Schwanz beißende Schlange. In der Welt können wir aber jeden Punkt als Mittelpunkt ſetzen für eine unendliche Peripherie (mundus est sphaera, cujus centrum ubique, peripheria nusquam); aber auch jeden Punkt als peripheriſch für einen unendlich entfernten Mittelpunkt; es hat auch jeder Punkt in der Welt dieſe doppelte Bedeutung; jeder Punkt iſt und fühlt ſich auf der einen Seite als Centralpunkt, in Bezug auf den die ganze Außenwelt exiſtirt; und iſt auf der andern Seite nur dienendes Glied in einer größern Peripherie. Wie in einer unendlichen Sphäre der Mittelpunkt überall iſt, ſo iſt Gott überall; er iſt in jedem ſeiner Weſen als deſſen innerſten Centralpunkt; im Menſchen iſt die Vernunſt das Göttliche, der Theil, mit dem der Menſch darin wurzelt. *)

Die zweite Entwicklungsſtufe des Symbols darzuſtellen, hat nun allerdings weit mehr Schwierigkeiten, weil hier Alles complicirter wird; auch iſt mir da, und ſelbſt in der erſten Entwicklungsſtufe, bei weitem noch nicht Alles klar; was mir indeß bis jetzt klar geworden iſt, will ich herſetzen, und es wird wenigſtens hinreichen, zu zeigen, wie durch fortgeſetzte Einwirkung deſſelben Geſetzes, die ganze Mannichfaltigkeit des Organismus hervorgebracht werden könne.

---

*) Dieſe Darſtellung des Weltſymbols hat im Weſentlichen ſchon Oken gegeben S. Naturphiloſophie S. 31 u. f.

Wir wollen nun zuvörderſt annehmen — wiefern eine ſolche Annahme gültig ſeyn, und aus der geſetzmäßigen Entwicklung des erſten Symbols abgeleitet werden könne, wird weiterhin erörtert werden — der Organismus habe ſich durch Auseinandertreten des Mittelpunkts nach entgegengeſetzter Richtung während der Kreisbildung, oder auf irgend eine Weiſe, die den Kreis zur Ellypſe umſchaffen kann, zur Ellypſe entwickelt.

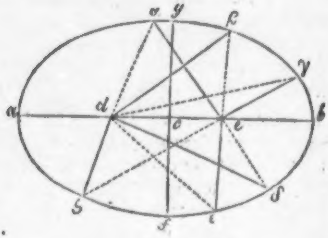

Der, in der Mitte feſtſtehengebliebene, Punkt c, mit den beiden nach den Brennpunkten divergirenden Armen cd und ce ſtelle das, nun ſchon weiter ausgebildete, Nervenſyſtem, der Mittelpunkt c insbeſondre die Centralorgane deſſelben vor, die andern Stücken der großen Axe da und ab, ſtellen das ſelbſtſtändige Muskelſyſtem vor, welches da entſteht, wo die Gefäßrichtung mit der Richtung des Nervenſyſtems zuſammenfällt; die Brennpunkte ſtellen das Herz vor, d das linke, a das rechte, in deren jedem noch Ventrikel und Atrium verſchmolzen ſind, und die von den Brennpunkten ausgehenden und zu ihnen zurückkehrenden Stralen des Gefäßſyſtems. Die, nun ſchon linear ſich ausſprechenden, Muskeln da und ab ſind eigentlich auch Gefäße, in die aber ſtatt des Bluts Nervenmaſſe ſich verbreitet. Ihr erſter Urſprung iſt vom Herzen, nämlich ein Theil der Arterienendigungen verdichtet ſich nach meiner Anſicht zu Muskelſubſtanz; ſie ſetzen ſich aber auf der andern Seite an die Haut an als Hautmuskel (der bei allen Säugthieren noch vorkommt) und an den Knochen, der auch in dieſem Symbol noch an der Hautgränze liegend gedacht werden muß, wie bei den niedern Thieren (Noch nicht recht klar.). Die Peripherie iſt noch das ganze Hautſyſtem und enthält ununterſcheidbar alle Theilſyſteme deſſelben, äußre Haut, wozu der knochige Ueberzug zu rechnen, Darmkanal, Lunge, alle zellige Umkleidungen. Es falle nun vom linken Herzen d aus ein Strahl dδ oder dβ oder dζ u. ſ. w. nach der Peripherie, ſo ſymboliſirt er und alle andern Stralen, die von demſelben Brennpunkt aus nach der Peripherie fallen, das Aortenſyſtem, das in alle Theile des Körpers nach den Hautflächen und in das Zellgewebe läuft. Dort in Wechſelwirkung mit äußern Stoffen getreten, wird es als Syſtem der vena cava convergirend zurückgebrochen*) nach dem andern Brennpunkt, dem rechten Herzen e; ſo daß mithin alle Stralen, δe, βe, ζe u.ſ.f. dieſem Syſteme angehören; vom Brennpunkt b läuft nun der Strahl wieder in den Richtungen cα, eε, eγ u. ſ. w. aus als Lungenarterie, denn die Lunge liegt noch (die vergleichende Anatomie giebt die Belege dazu) in der Peripherie mit der Haut verſchmolzen, tritt wieder mit der Außenwelt in Wechſelwirkung, und wird dann als Lungenvene, αd, εd, γd, u. ſ. w. wieder in das linke Herz zurückgebrochen, worauf der Kreislauf von Neuem beginnt. Nur die aorta und die arteria pulmonalis ſind nach dieſem Symbol muskulöſe Herzverlängerung, die vena cava und vena pulm. ſind Hautverlängerungen. Die Bedeutung der kleinen Axe iſt mir noch nicht hinlänglich klar. Doch ſcheint ſie mir weiter nichts zu bezeichnen als die Scheidelinie der rechten und linken Körperhälfte. Eine Ellipſe für ſich iſt aber eigentlich erſt ein organiſches Bruchſtück der zweiten Stufe der Organiſationsentwicklung. Dieſe muß im Grunde ſo gedacht werden, (warum, werde ich gleich erörtern) daß jeder Radius der erſten kreisförmigen Entwicklung für ſich eine Ellipſe bildet, die ſich, wie krumme Linien auf einer Waſſerfläche, ohne einander zu ſtören, in einander verſchlingen.

---

*) Im Grunde iſt der Ausdruck, der Strahl wird zurückgebrochen, bei der Darſtellung der Symbolentwicklung nicht ganz angemeſſen; indeſſen der Kürze wegen kann er beibehalten werden; eigentlich bringt die Gegenwirkung der Außenwelt dieſe Richtung nach dem andern Brennpunkt zu Wege.

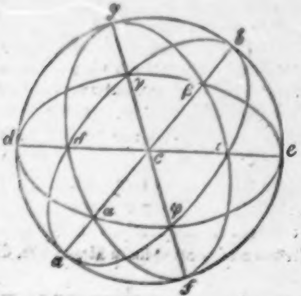

wie z. B. in beigezeichneter Figur, wo aber nur die Entwicklung dreier Radien ab, de, gf auf dieſe Weiſe dargeſtellt iſt; und wo die reſpectiven Brennpunkte der verzeichneten Ellipſen die Punkte α und β; δ und ε, γ und φ ſind. Alle entſtandnen Ellipſen werden dann von dem allgemeinen Umkreis $adgbef$ begränzt, der nun ſchlechthin die äußren-Integumente darſtellt, während andre Hautſyſteme in der Ellipſenperipherie ſich ſchon nach innen ziehen. Es iſt leicht begreiflich, daß, wenn man ſich alle Radien des erſten Symbols zu Ellipſen entwickelt denkt, dann der Brennpunkte α, δ, γ, u. ſ. w. unendlich viel werden, und ſie ſelbſt für ſich einen Kreis bilden; daher in der vollſtändigen zweiten Symbolentwicklung eigentlich das Herz noch einen geſchloſſenen Ring darſtellt. Auch verbreiten ſich dann die Strahlen des Nervenſyſtems ſonnenartig von allen Seiten gegen das Herz, vom Centralpunkte c, aus; als $c\alpha$, $c\beta$, $c\gamma$, $c\delta$ u. ſ. f.

Daß die Ellipſe bei der zweiten Entwicklung des organiſchen Symbols hervortreten müſſe, iſt mir vollkommen klar; ziemlich auch, durch welche Art des Mechanismus; aber doch in dieſem Mechanismus ſelbſt iſt mir noch Vieles dunkel, und wird es auch ſo lange bleiben, bis ich erſt weitre Fortſchritte im Studium der mechaniſchen Wiſſenſchaften überhaupt gemacht haben werde, wo ich wenigſtens hoffe, mehr Klarheit darüber zu erhalten. So weiß ich z. B. noch keinen ſichern Grund anzugeben, warum ſich die verſchiednen Ellipſen bei ihrer Entwicklung nicht wechſelſeitig ſtören und an der Ausbildung hindern ſollen; indeß daß dieß nicht abſolut nöthig ſey, zeigt, daß ſolche Hinderungen in flüſſigen Mitteln wenigſtens nicht Statt finden; und im Grunde muß auf ein ſolches auch die Symbolentwicklung bezogen werden; das Ei enthält ja ſelbſt nur Flüſſigkeit. Doch wie geſagt, dieß erfordert noch genauere Unterſuchung. Das Geſetz der Symbolentwicklung, deren Ausführung ich mich noch keineswegs gewachſen fühle, läuft nun nach meiner Anſicht auf Folgendes hinaus.

Der ganze, jeder, Organismus geht durch continuirliches Befolgen deſſelben Princips bei ſeiner Entwicklung hervor. Um mich eines Beiſpiels zu bedienen: Wird ein Stein geworfen, ſo fliegt er vermöge ſeines Beharrungsvermögens in einer und der nämlichen Richtung fort; ein ähnliches Geſetz des Beharrungsvermögees exiſtirt für die organiſche Entwicklung, daſſelbe Geſetz, was den Anſtoß zur Entwicklung Eines Punktes zum Kreiſe gab, lebt dann in jedem einzelnen Punkte des neuentſtandnen Kreiſes fort, und zwingt ihn, ſich nun auch für ſein Theil zum Kreiſe auszudehnen, in dieſem neuen Kreiſe wirkt es abermals auf jeden Punkt ein, u. ſ. fort, ſo daß die Entwicklung immer weiter fortſchreitet; ja ſie würde bis ins Unendliche fortſchreiten, wie ein einmal geworfener Stein eigentlich bis ins Unendliche fortfliegen müßte, wenn nicht jeder Organiſmus einem höhern Organiſmus einverleibt wäre, der ihn nicht unbeſchränkt, ſondern nur bis zu einem gewiſſen Grade ſich ausbilden läßt durch ſein Entgegenwirken. So kann ein Stein auch vom Boden ab nur bis zu einer gewiſſen Höhe emporgeworfen werden; allein hat er die akme erreicht, ſo fällt er wieder, weil er der Anziehungskraft der Erde unterthan iſt. Daß eine ſolche unbeſchränkte Ausbildung aber an ſich möglich ſey, ſehen wir am Weltorganiſmus ſelbſt, der wirklich bis ins Unendliche organiſch ausgearbeitet iſt.

Alſo um ſich zunächſt eine ganz grobe, gleich weiter zu modificirende, Vorſtellung zu machen, betrachte man die Figur:

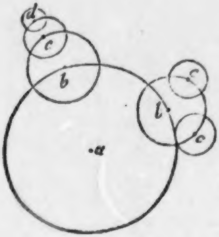

jeder peripheriſche Punkt b, den man ſich in dem, von a ausgegangenen, Kreiſe vorſtellen will, wird hiernach ſelbſt wieder Peripherieen um ſich hervorbringen, deren Punkte c abermals wieder zu Mittelpunkten für neue Kreiſe werden u. ſ. f.

Nach dieſer Anſicht ſchiene freilich die Entwicklung des Symbols nicht viel Schwierigkeit zu haben; es wäre zugleich aber unmöglich, daß ſich der Kreis zu Linien höherer Ordnung und ſelbſt zu Ellipſen entwickeln könnte; allein es iſt hier noch etwas aus der Acht gelaſſen, was in das ſo dargeſtellte Symbol die gewaltigſten Modificationen bringt. Nämlich die Figur zeigt im Groben die Entwicklung des Symbols, wie ſie Statt haben würde, wenn im Kreiſe, nachdem er ſich bis zur Peripherie b ausgedehnt, nun der Mittelpunkt a auf einmal todt und unwirkſam bliebe; jetzt erſt jeder Punkt b ſich anfinge bis zu einer gewiſſen Peripherie c auszudehnen, nun abermals ruhte, und jeden Punkt c ruhig ſich für ſich ausdehnen ließe. Dem iſt aber nicht ſo; in währender Expanſion des Punktes a, wodurch b aus ihm hervor tritt, fängt ſich auch b an und dann ſogleich c an auszudehnen, u. ſ. f., ſo daß ſich alle dieſe Bewegungen zuſammenſetzen.

Wir wollen zuvörderſt blos zwei Punkte b und b′ in der, von a hervorgebrachten, Peripherie betrach ten, die an entgegengeſetzten Enden eines Radius derſelben liegen.

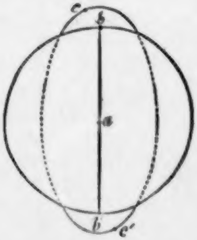

Während ſie ſich, in der Peripherie um a liegend, anfangen, ſelbſtthätig zu Kreiſen auszudehnen, dauert zugleich noch die expandirende Wirkung von a aus fort, ſie werden alſo unter ihrem Kreiswerden mit in der Radien-Richtung ab und ab' vorwärts getrieben; die ihnen von a aus mitgetheilte lineare Bewegung ſetzt ſich mit ihrer ſelbſtthätigen expanſiven zuſammen, und ſo wird der Kreis, den ſie bilden würden, wenn a während ihres Ausdehnens ruhte, in die Länge gezogen. Es könnte nun hieraus noch keine geſcheldte Figur entſtehen; wenn b und b' ſich erſt anfingen, ſelbſtthätig auszudehnen, ſo wie ſie ſchon eine Strecke von a durch deſſen Expanſion entfernt wären; allein das Geſetz der Stetigkeit in der organiſchen Entwicklung fodert, daß, ſo wie die Punkte b aus a hervorgetreten ſind, ſich peripheriſch, aber noch unendlich nahe, um a gelagert haben, ſie ſchon anfangen, ihre eignen Kreiſe zu ſchlagen. Dieſe werden dann, je mehr während der Kreisbildung b und b' ſelbſt von dem, ſich fort expandirenden, a weitergerückt werden, um ſo mehr in die Länge gezogen, und verſchmelzen bei a, aus dem ſie gleichzeitig in entgegengeſetzter Richtung hervorgehn, zur Ellipſe, deren Brennpunkte b und b' ſind, die urſprünglich in a's Peripherie entgegengeſetzten Punkte: denn in der That ſind die Punkte b und b' nur als durch a's während der Kreisbildung erfolgtes Auseinandertreten nach entgegengeſetzten Richtungen entſtanden anzuſehen. Nun aber tritt das Streben ſich kreisförmig zu entwickeln, nicht blos in dem, in der Figur verzeichneten, Punkten b und b' ein, ſondern in allen, die ſich zunächſt um a als peripheriſch denken laſſen, wodurch die oben angedeutete Kreuzung der dabei entſtehenden Ellipſen hervorgebracht werden muß. Ich führe dieſes Symbol nicht weiter aus; theils weil ich, wie ſchon geſagt, zu einem Problem, das nach meiner Anſicht zu ſeiner Löſung alle Kräfte der höhern Analyſe und ihrer Anwendung auf die Mechanik erfordern muß, mich noch bei weitem zu ſchwach fühle, theils auch, weil die Anwendung des Symbols die gründlichſten Kenntniſſe in der vergleichenden Anatomie und Naturgeſchichte erfordert, und ich leider, mir bisher nur die oberflächlichſten habe erwerben können. Ich behalte mir indeſſen eine weitere Ausführung bei erlangten gründlichern Vorkenntniſſen vor. Auf jeden Fall geſchieht die weitere Entwicklung des Symbols nur durch Fortwirken deſſelben Geſetzes; die Ellipſenumfangspunkte dehnen ſich, für ſich betrachtet, wieder zu Kreiſen aus, und ſo fort, aber die, ihnen früher eingepflanzte, Bewegung continuirt ſich mit ihrer ſelbſtſtändigen. Auf das gleiche einfache Geſetz müſſen ſich auch wohl die Bewegungen der Weltkörper reduciren laſſen. Immer iſt nicht zu vergeſſen, daß Alles hier Geſagte eigentlich nur von einer Schnittfläche des wahren Symbols giebt; deſſen unterſte Stufe die Kugel iſt, und deſſen höchſte, wie ich Grund habe, zu glauben, wieder zur Kugel wird, obwohl nicht auf unſrer Erde. Ich glaube ferner Prämiſſen gefunden zu haben, doch noch nicht mit hinlänglicher Beſtimmtheit, woraus ſich ſchließen läßt, daß, wenn man bei der Entwicklung des Symbols bis zur Ellipſenkreuzung nicht ſtehen bleiben, ſondern dieſe Ellipſen gleich ſich fort für ihr Theil entwickeln laſſen will, man auf der Durchſchnittsfläche nicht unendlich viel, ſondern blos drei ſich entwickelnde Ellipſen annehmen darf. — Im unendlichen Organismus ſind für die Ellipſen Parabeln zu ſubſtituiren.

Bei Leopold Voß ſind ferner erſchienen:

Kunze (D. G.), De Dysphagia commentatio pathologica. Acced. tab. II. Rosenmuellero et Webero delineatoribus, sculptore Schroetero. 8maj. 1820. 1 thlr.

— — Dr. I. C. Schmidt. Deutschlands Schwämme in getrockneten Exemplaren. Lief. 1 — 9. 4. 1818 bis 1821. 9 thlr.

— — Mykologische Hefte. Heft 1. 2. gr. 8. 1817. 1823. 2 thlr. 8 gr.

Choulant (Prof. D. L.), Tafeln zur Geschichte der Medizin von den ältesten Zeiten bis zum Schlusse des 18ten Jahrhunderts. Nach der Ordnung ihrer Doctrinen. gr. Fol. 1322. 1 thlr. 20 gr.

— — De Locis Pompejanis ad rem medicam facientibus. Cum tabula lithogr. 4 maj. 1823. 12 gr.

— — Rede über den Einfluß der Medizin auf die Cultur des Menſchengeſchlechts. gr. 8. 1824. 4 gr.

Platneri (Ernesti). Quaestiones medicinae forensis et medicinae studium octo semestribus descriptum. Primo junctim edidit indicem copiosum et vitam Platneri adjecit L. Choulant. Accedit effigies Platneri. 8 maj. 1824. 2 thlr. 16 gr.

Casper (Dr. J. L.), Beſcheidene Zweifel gegen die neue Hellſeherin in Carlsruhe, mit einigen Gedanken über den thieriſchen Magnetismus uberhaupt. 8. 1818. 12 gr.

Edelmann (Dr. C. H.), Observatio enteritidis nervosae una cum epicrisi. 8. 1816. 6 gr.

Friedländer (Dr.), Ueber die phyſiſche Erziehung des Menſchen. Aus dem Franz. gr. 8. 1819. 1 thlr. 16 gr.

Hartmann (Prof. Dr. Ph. K.), Glückſeligkeitslehre für das phyſiſche Leben des Menſchen, oder die Kunſt das Leben zu benutzen, und dabey Geſundheit, Schönheit, Körper- und Geiſtesſtärke zu erhalten und zu vervollkommnen. gr. 8. 1802. 2 thlr.

Schkuhr (C.), Histoire des carex ou laiches, contenant la description et les figures coloriées de toutes les espèces nouvelles. 4. 1802. 10 thlr.

Körber (Dr. J. F. von), Auszug aus den ältern ſowohl als neuern im Ruſſiſchen Reiche erſchienenen Manifeſten, Ukaſen, Publikationen, wie auch Verordnungen und Befehlen, welche das geſammte Medizinalweſen betreffen. gr. 8. 1816. 3 thlr. 12 gr.

Roſtan (Leon), Unterſuchungen über die Erweichungen des Gehirns, zugleich eine Unterſcheidung der verſchiedenen Krankheiten dieſes Organs nach characteriſtiſchen Zeichen beabſichtigend. Zweite Auflage, überſetzt von M. G. Th. Fechner. gr. 8. 1824. 2 thlr. 16 gr.

Schilling (Dr. M. G.), Quaestio de Cornelii Celsi vita. Pars prior. De Celsi aetate. 8 maj. 1824. 12 gr.

Magendie (F.), Vorſchriften über die Bereitung und Anwendung einiger neuen Arzneimittel. Aus dem Franz. 3te verbeſſerte und vermehrte Auflage. 8. 1824. 12 gr.

Celsus (A. Cornel.), De Re medica libri octo. 12. 1823. 1 thlr. 12 gr.

Lehrbuch

der

Experimental-Physik

oder

Erfahrungs-Naturlehre.

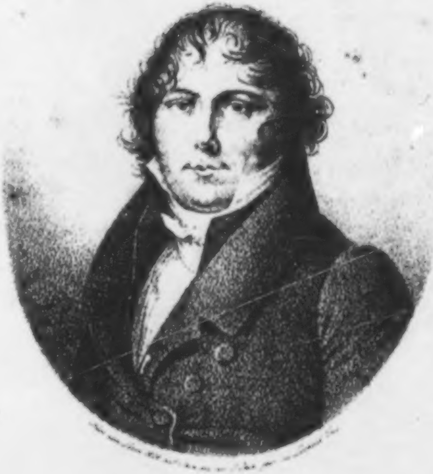

J^{N}. B^{TE}. BIOT.

Mitglied der Academie der Wissenschaften, adjungirter Astronom am Bureau des Longitudes, Professor der mathematischen Physik am Collège de France und der Experimental-Physik an der Facultät der Wissenschaften zu Paris, Inspector der Militair-Schulen, Mitglied der Königl. Gesellschaften zu London und Edinburg, und der Academien von S^{t}. Petersburg, Stockholm, Turin, München, Lucca, Berlin, Neapel u. s. w.

Geboren [illegible] Paris d. 21 April 1774.

Lehrbuch
der
Experimental-Phyſik
oder
Erfahrungs-Naturlehre

von

J. B. Biot.

Mitgliede der Akademie der Wiſſenſchaften, adjungirtem Aſtronomen am Bureau des Longitudes, Profeſſor der mathematiſchen Phyſik am Collége de France und der Experimentalphyſik an der Facultät der Wiſſenſchaften zu Paris; Inſpector der Militärſchulen; vieler gelehrten Geſellſchaften Mitglied.

> Qui tractaverunt scientias, aut empirici aut dogmatici fuerunt. Empirici, formicae more, congerunt tantum et utuntur; rationales, aranearum more, telas ex se conficiunt. Apis vero ratio media est, quae materiam ex floribus horti et agri elicit, sed tamen eam, propria facultate, vertit ac digerit.
>
> Bacon, Nov. Org. Lib. I. XCIV.

Durch Beſchluß der Commiſſion für den öffentlichen Unterricht vom 22. Febr. 1817 als Lehrbuch in den öffentlichen Lehranſtalten Frankreichs eingeführt.

Dritte Auflage.

Ueberſetzt
von
M. Guſtav Theodor Fechner, med. Bacc.
akademiſchem Docenten zu Leipzig.

Erſter Band.
Mit fünf Kupfertafeln.

Leipzig, 1824.
Bei Leopold Voß.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Vorrede des Verfaſſers.

Das vorliegende Werk, deſſen erſte Auflage im Jahre 1817 erſchien, enthält die Grundzüge der öffentlichen Lehrvorträge über Phyſik, die ich gemeinſchaftlich mit Herrn Gay-Luſſac ſeit mehrern Jahren an der Facultät der Wiſſenſchaften in Paris halte. Anfangs war es faſt nur ein Auszug aus meinem größern Werke über Phyſik (Traité de physique experimentale et mathematique, 1816), welches ich einige Monate vorher herausgegeben hatte, mit dem Unterſchiede, daß die Darlegung der Thatſachen im gegenwärtigen blos auf dem Erfahrungswege geſchahe, und die Folgerungen daraus auf rein rationelle Weiſe abgeleitet wurden, ohne alle Zuziehung algebraiſcher Berechnungen. Ich mußte mich hiezu verſtehen, um die Anfangsgründe dieſer Wiſſenſchaft für ſo viele junge Leute faßlich zu machen, welche ſich blos allgemeine Einſichten in dieſelbe als Vorkenntniſſe zu andern Studien, z. B. der Medicin und Naturgeſchichte, oder auch blos zur Vervollkommnung ihrer Ausbildung, zu erwerben ſuchen. Dieſen Zweck im Auge habend, fügte ich meinem Werke ein erſtes Buch bei, welches die allgemeinen Geſetze des Gleichgewichts und der Bewegung nebſt ihren gewöhnlichſten Anwendungen enthält, ſo wie ich auch in der Optik die Beſchreibung und Gebrauchsnachweiſung der Brillen, Teleſcope, Mikroſcope und anderer Apparate eingeſchaltet habe, die ich in meinem größern allgemeinen Werke über Phyſik übergangen hatte; ſie für ein andres, der analytiſchen Optik eigens gewidmetes Werk aufſparend. Bei dieſer Vervollſtändigung ſind mithin die Grundzüge der ganzen Experimentalphyſik in vorliegendem Werke niedergelegt. Uebrigens wird man in demſelben die nämliche Ordnung als in meinem größern Werke befolgt finden. Nach Erörterung der reinen Grundgeſetze des Gleichgewichts und der Bewegung nämlich, unter welchen alle Erſcheinungen ſtehen, gehe ich nach einander die verſchiednen allgemeinen Verfahrungsarten durch, welche zur Beobachtung und Meſſung in allen Erfahrungswiſſenſchaften dienen, und entwickele dann ihre Anwendungen auf die verſchiednen Zweige der Phyſik, wie die Akuſtik, die Lehre von der Elektricität, dem Magnetismus, dem Lichte und der Wärme. Die Erfahrung hat mich je länger je mehr überzeugt, daß dieſer Gang bei Abhandlung der Gegenſtände der zweckmäßigſte, und ich möchte faſt ſagen, der einzige iſt, in dem ſich die Reſultate in naturgemäßer und folgerechter Ordnung entwickeln laſſen.

Bei alle dem konnte ich mich nur mit einiger Ueberwindung entſchließen, dem Studierenden ein Werk in die Hände zu geben, in welchem die Phyſik auf eine Art dargeſtellt iſt, der ſie ihres weſentlichſten Nutzens und ihrer größten Gewißheit beraubt, entkleidet nämlich von mathematiſchen Ausdrücken und Methoden. Nichts hätten mir wünſchenswerther ſeyn können, als daß die Stufe, auf welcher der Elementarunterricht in den öffentlichen Schulen ſteht, dies Werk bei meinem größern überflüſſig gemacht hätte; denn Niemand kann mehr wie ich von dem Nachtheile überzeugt ſeyn, der im Allgemeinen den wahren Fortſchritten einer Wiſſenſchaft durch Werke zugefügt wird, die ſie nur durch Verſtümmelung auf einen kleinern Umfang bringen, und nur darum ſo einfach erſcheinen, weil ſie ſich der Auseinanderſetzung von Einzelnheiten überheben, die doch den Reſultaten erſt die wahre Grundlage geben, und ſie der Anwendung fähig machen. Ich theile in dieſer Hinſicht völlig die Meinung eines Engliſchen Gelehrten, der bei Gelegenheit der Anzeige meines größern Werks, für deſſen wohlwollende Beurtheilung ich ihm meinen Dank zolle, ſich gegen die, in England eingeriſſene, Gewohnheit erklärt, dem Publicum ſogenannte populäre Anleitungen darzubieten, die im Grunde nichts anders gewähren als eine Art tabellariſcher Ueberſicht oder Inhaltsverzeichniß, mittelſt deren ein oberflächlicher Leſer obenhin erfährt, daß dieſe oder jene Claſſe von Erſcheinungen einer Wiſſenſchaft angehöre, und daß dies oder jenes Reſultat ſeine Herleitung daraus gefunden habe; ohne je eine klare Einſicht zu erlangen, auf welchem Wege dieſe Erſcheinungen beobachtet wurden, durch welche Ableitungsart ſich die Reſultate daraus ergaben, mit welchem Grade der Gewißheit ſie ſich annehmen laſſen. „Wenn der Lernende, ſagt unſer Kritiker, von allem dieſem nichts weiß, wenn ſein Geiſt einmal die Gewohnheit angenommen hat, ſich mit der bloßen Nomenclatur der Wiſſenſchaft zu begnügen, ſo kann man ihn in dieſer Art ſo gelehrt machen, als man will, er wird darum im Grunde um keinen Schritt weiter vorgerückt ſeyn.“ Ich füge noch hinzu, daß das, was man bei dieſer Unterrichtsweiſe übergeht, gerade das Nöthigſte iſt, was der Lernende wiſſen ſollte. Denn, nicht darauf kommt es z. B. in der Lehre von der Elektricität, dem Magnetismus oder in irgend einem andern Theil der Phyſik an, dem Lernenden eine Menge Thatſachen ins Gedächtniß zu prägen, die er immer in Büchern wieder finden kann; ſondern ihm den Weg der Erfahrung und Beobachtung deutlich zu machen, der zu ihrer Entdeckung geführt hat, ihn vertraut damit werden zu laſſen; mit einem Worte, ihm den philoſophiſchen Geiſt der Wiſſenſchaften einzuflößen, der ihn zu jedem Gegenſtande des Studiums begleiten wird, durch den, hat er ihn einmal gefaßt und ſich gleichſam damit durchdrungen, ſein Geiſt Haltung, Stärke, Sicherheit gewinnen wird, der ihn eine lebendige Liebe zur Wahrheit, eine unüberwindliche Abneigung gegen Syſtemſucht und ihre Erklärungsarten einpflanzen und ihn ſo zur Beobachtung und zum Studium der Natur geſchickt machen wird, welchen Theil derſelben er auch immer zum Gegenſtand ſeiner Unterſuchungen machen mag.

Aber, wird man mir einwenden, wenn der Nachtheil dieſer ſogenannten populären Schriften dir ſo gut bekannt war, warum unterließeſt du nicht die Abfaſſung einer ſolchen? Ich antworte, weil ich ihren Hauptfehler zu vermeiden hoffte. Indem ich mich der Hülfe der algebraiſchen Sprache und mit ihr der entferntern theoretiſchen Folgerungen und ihrer ſicherſten Nachweiſungen begab, glaubte ich eine ſichere Begründung jener Folgeſätze noch auf ſolchem Wege erreichen zu können, daß ich keine der Thatſachen überging, welche zu ihrer Bewährung dienen können, ſo wie der Mittel, durch die man zur Beobachtung dieſer Thatſachen gelangt, und der folgerechten Betrachtungen, durch die man ihre Verkettung nachzuweiſen vermag. So hoffe ich in gemeinfaßlicher Sprache den weſentlichen Stoff der Wiſſenſchaft ſelbſt, nicht blos ihre Oberfläche oder ihr Skelett geben zu können. Ich habe die Zweckmäßigkeit dieſes Ganges bei den Lehrvorträgen, die ich an der Facultät der Wiſſenſchaften vor einem großen Zuſammenfluß von Zuhörern halte, in Erfahrung gebracht. Die meiſten derſelben, unbekannt mit der Sprache der Mathematik, ſchienen mir mit Vergnügen Wahrheiten unter dieſer rationellen Form aufzunehmen, die ſonſt unzugänglich für ſie geweſen ſeyn würden. Ich ſtellte in dieſem Geiſte alle die Verſuche vor ihnen an, die die wichtigſten Stützpuncte der Wiſſenſchaft abgeben, und wozu uns die ſo liberale Schenkung der Commiſſion und des Conſeils für den öffentlichen Unterricht ſo reichlich mit Apparaten verſehen hat. Es ſchien mir, daß der Weg, den ich einſchlug, ſo weit und ſo tief in das Weſen der abzuhandelnden Gegenſtände führte, als von der Stufe, auf welcher der Elementarunterricht in den phyſiſchen

Wiſſenſchaften gegenwärtig ſteht, erwartet werden kann; und dieſe Ueberzeugung, vereint mit der Aufmunterung, die ich von vielen Seiten erhielt, beſtimmte mich, mein größeres Werk in dieſen Grundzügen wieder zu geben, die ich zunächſt nur als Leitfaden für meine Vorleſungen entworfen hatte.

Anſtatt der alltäglichen, und ohne Weiteres von ſelbſt verſtändlichen Anwendungen, mit denen man Werke dieſer Art nur zu oft überladen hat, habe ich ſo viel wie möglich ſolche anzuführen geſucht, die ſich eigneten, einen Begriff von genauen und präciſen Verfahrungsarten zu geben, entweder durch Genauigkeit der Meſſungen oder auch durch die Feinheit der dazu angewandten Apparate. In letzterm Bezug konnte ich den bewundernswerthen Bau der Sinnesorgane, mit welchem die lebenden Weſen begabt ſind, nicht übergehen; auch habe ich mich bemüht, eine genaue und ausführliche Kenntniß von denſelben zu verſchaffen. Ich bin überzeugt, daß ein tieferes Studium des Baues der organiſchen Weſen und der ſo mannichfachen chemiſchen Verbindungen, die in ihnen vorgehen, zu ſehr wichtigen Vervollkommnungen der phyſikaliſchen Inſtrumente und chemiſchen Operationen führen könnte. Daß die Farben der Gegenſtände beim Sehen unverändert ins Auge fallen, ließ Eulern an die Möglichkeit achromatiſcher Fernröhre denken. Man wird in dieſem Werke erörtert finden, daß für das Auge des Menſchen eben ſo gut hinſichtlich der Abweichung wegen der Kugelgeſtalt geſorgt iſt; indem die Lage der Pupille im Innern des erſten brechenden Mittels dieſem Zweck vollkommen entſpricht, ſo daß, wenn man auf die Folgen einer ſolchen Anordnung ſein Augenmerk gerichtet hätte, man unmittelbar auf die Einrichtung der Lupen geführt worden wäre, die der erfinderiſche Wollaſton erdacht und ſo paſſend periſkopiſche genannt hat, weil ſie ein ſo großes Geſichtsfeld gewähren. Sollte nicht ein tiefer eingehendes Studium der ſo vielfachen Modificationen des Auges bei den Thieren, und ſelbſt ſeiner Eigenthümlichkeiten beim Menſchen einſt noch wichtige Aufſchlüſſe über die Vergrößerung des Geſichtsfeldes bei unſern Teleſkopen oder eine zweckmäßigere Compenſation ihrer Abweichungen wegen der Kugelgeſtalt geben können? Sollten wir aus dem bewundernswerthen Bau des Labyrinths im Ohre, dem noch unerklärten Mechanismus der Gehörknöchelchen, nichts über die Fortpflanzungs- und Auffaſſungsart des Schalls lernen können? Sollte nicht in dem ſo zarten Bau der Luftröhre der Singvögel, der ſo ſorgſam ausgebildeten Geſtalt ihrer Stimmritze und ihrem doppelten Kehlkopf eine noch unerkannte Einrichtung wohlklingender Inſtrumente verborgen liegen? Kann nicht vielleicht das elektriſche Organ des Zitterrochens, das ſo viel Aehnlichkeit mit einem Voltaiſchen Apparate zeigt, uns ein neues Verſtärkungsmittel dieſer, ſchon jetzt ſo kräftig wirkenden, und durch ihre zerſetzende Gewalt für die Chemie ſo einflußreichen, Apparate enthüllen. Zeigen ſich uns nicht endlich durch die unendlich mannichfaltigen chemiſchen Verbindungen, die unter dem Einfluß des Lebens vor ſich gehen, die organiſchen Weſen als eben ſo viel chemiſche Apparate von der bewundernswürdigſten Einrichtung, um alle Wirkungsarten zu verwirklichen, deren die materiellen Molecule fähig ſind? Und welchen Vortheil verſpricht nicht eine Unterſuchung derſelben aus dieſem Geſichtspuncte, zumal jetzt, wo, nachdem die ſtandhaften Verbindungen wahrſcheinlich zum größten Theil dargeſtellt ſind, die Chemie ſich beſtrebt, ſolche wenig zuſammenhaltende Verbindungen hervorzubringen, die eben wegen ihrer Veränderlichkeit am geeignetſten ſcheinen, die feinſten und geheimſten Charaktere chemiſcher Verwandtſchaften uns zu enthüllen? Gewiß, wenn dergleichen Anwendungen möglich ſind, ſo wird durch ſie ein weites Feld für die Arbeiten des Chemikers, Phyſikers, Anatomen, Zoologen, Phyſiologen und Arztes eröffnet. Allein um es zum Fruchttragen zu bringen, muß es mit gemeinſchaftlichen Kräften bearbeitet werden.

Männer, denen ihr Stand ſelbſt ununterbrochen Gelegenheit darbietet, die mannichfachen Formen und Wirkungen des Lebens zu beobachten, müſſen ſich die genauen Verfahrungsarten, den philoſophiſchen Geiſt aneignen, mit welchem Phyſik und Chemie behandelt werden, und welche durch erhaben ſtehende Denker auch ſchon in einen großen Theil der Naturgeſchichte, der vergleichenden Anatomie und der Phyſiologie eingeführt worden ſind. Das Werk, welches ich hier dem Studium der Wißbegierigen darbiete, wird alle meine Hoffnungen erfüllen, wenn es etwas zu dieſem glücklichen Reſultate beizutragen vermag.

Ich habe in dieſer Ausgabe, wie in den vorigen, alle neue Bereicherungen der Phyſik aufzunehmen geſucht; und da der Druck ziemlich lange gedauert hat, wird man ſogar in einem Anhang zu Ende des zweiten Theils eine Angabe aller Hauptentdeckungen finden, die während des Drucks noch gemacht wurden. Beim Durchblicken der ſo mannichfaltigen Gegenſtände, welche die neuen Zuſätze zu dieſer Ausgabe enthalten, wird man mit Vergnügen bemerken, daß die neu erlangten Reichthümer der Wiſſenſchaft ſich ſämmtlich den großen, ſchon feſtgeſetzten, Abtheilungen einordnen ließen; und daß ſelbſt die, von den bisher bekannten Thatſachen am entfernteſt ſtehenden, Entdeckungen ihre Stelle unter denſelben oder in Folge derſelben fanden, ohne fremdartig zwiſchen die weſentlichen Beziehungen zu treten, durch die jene vorher verbunden waren. Dies iſt das Kennzeichen einer Wiſſenſchaft, die das Wahre getroffen hat, die deshalb nicht abgeſchloſſen und vollendet zu ſeyn braucht, die aber gewiß auf ſo feſten Grundpfeilern ruht, daß ſie keinem Umſturz entgegenſieht; denn ihre Stützen ſind die unmittelbaren und auf mathematiſche Ausdrücke gebrachten Verhältniſſe der Reſultate zu einander. Vielleicht noch nicht in allen ihren Theilen iſt die Phyſik zu dieſem Grade der Gewißheit und Strenge gelangt, aber ſie hat ihn ſchon in mehrern unter denſelben erreicht, und die raſchen Fortſchritte, mit der ſie alle Tage ihrer Vervollkommnung entgegen eilt, laſſen hoffen, daß der Zeitpunct ihrer gänzlichen Feſtſtellung nicht mehr fern ſeyn werde.

Paris,
October 1823.

Vorwort des Ueberſetzers.

Eine Empfehlung des Werks, deſſen Ueberſetzung hier vorliegt, würde ganz überflüſſig ſeyn, da über ſeine Brauchbarkeit durch die öffentliche Stimme hinlänglich entſchieden iſt, und in dieſem Falle auch des Meiſters Name hinreicht, das Werk zu loben. — Zwar hat ſchon die erſte Auflage deſſelben an Wolf einen Ueberſetzer gefunden; bei den bedeutenden Bereicherungen indeß, die dieſe dritte Auflage in Folge der raſchen Fortſchritte der Phyſik in den letzten Jahren, namentlich in einigen Zweigen, erhalten hat, wird durch die erſte Ueberſetzung eine zweite, das Werk in ſeiner vollſtändigern Geſtalt wiedergebende, gewiß nicht überflüſſig gemacht; auch wird man vielleicht finden, daß Manches, in der erſten Ueberſetzung Unbrauchbare, wohin man z. B. die ganzen, die Tonlehre abhandelnden, Capitel rechnen möchte, hier richtiger wiedergegeben worden iſt. — Das Original iſt zwar nur in zwei Bände abgetheilt; die Ueberſetzung wird indeß in vier zerfallen. — Wo ich eine Ergänzung oder Erläuterung nicht für unzweckmäßig hielt, habe ich ſie, mit Anführung des benutzten Werks, als Anmerkung oder Zuſatz beigefügt. Die Anmerkungen des Verfaſſers unterſcheiden ſich von dieſen des Ueberſetzers dadurch, daß jene mit Ziffern, dieſe mit Sternchen bezeichnet ſind. Im Allgemeinen habe ich zwar die neufranzöſiſchen Maße auf die, bei uns gewöhnlichen, in Einſchaltungen reducirt; doch iſt es, wo es blos Beiſpiele betraf, nicht immer geſchehen; da unſtreitig das neufranzöſiſche Maßſyſtem für die Berechnungen mehr Bequemlichkeit darbietet: zur Vergleichung der Maße füge ich indeß nachſtehende Angaben bei.

Der Ueberſetzer.

Zur Vergleichung der Maße.

1 **Meter** iſt der Länge nach gleich $\frac{1}{10\,000\,000}$ des Quadranten vom Erdmeridian und wird, wie überhaupt jetzt alle franzöſiſche Maße, nach dem Decimalſyſtem untereingetheilt. 1 Meter hält demnach 10 **Decimeter**, 1 Decimeter 10 **Centimeter**, 1 Centimeter 10 **Millimeter**. Mit den, bei uns gebräuchlichen Maßen verglichen, hält der Meter 3,078 Pariſer Fuß, d. i. 3 Pariſer Fuß und ungefähr 11,772 par. Linien oder 3,186 Rheinl. Fuß. 1 Millimeter hält 0,443 franzöſiſche Linie, d. i. beinahe eine halbe franzöſiſche Linie. — 1 **Toiſe** iſt gleich 6 franzöſiſchen Fuß.

Als Einheit der Körpermaße wird der **Litre** angenommen, d. i. $\frac{1}{1000}$ eines Cubicmeters oder **Stere's** oder Kilolitre's. Er iſt gleich 50,46 Pariſer Cubiczoll. Durch Vorſetzung lateiniſcher Zahlwörter werden, wie beim Meter, die Untereintheilungen des Litre's angedeutet, durch Vorſetzung griechiſcher aber die größern Cubicmaße, von denen der Litre ſelbſt nur ein Theil iſt. So hält der **Stere** oder **Kilolitre** 10 **Hectolitre's**, 1 Hectolitre 10 **Dekalitre's**, 1 Dekalitre 10 **Litre's**, oder Cubicdecimeter, 1 Litre 10 **Decillitre's** u. ſ. f.

Als Gewichtseinheit wird der **Gramme** zu Grunde gelegt, über deſſen Herleitung Biot ſelbſt weiterhin die nöthige Auskunft giebt. Er iſt gleich 0,068 Preußiſches Loth. Hinſichtlich der Benennungen der kleinern und größern Gewichte gilt das beim Litre Erwähnte; ſie werden durch Vorſetzung lateiniſcher nnd griechiſcher Zahlwörter unterſchieden. So enthält ein **Kilogramme** (68,418 preußiſche Loth, d. i. etwas mehr als 2 Pfund) 1000 Grammen; — ein Milligramme dagegen iſt der tauſendſte Theil eines Grammes.

Hienach laſſen ſich durch Anſatz einfacher Proportionen alle franzöſiſchen Maßbeſtimmungen leicht auf die bei uns gebräuchlichen bis zu dem, für dies Werk erforderlichen, Grad der Genauigkeit zurückführen.

Der Kürze halber wird Meter durch ein kleines, rechts oben an die Zahl des Maßes angehängtes m bezeichnet; Millimeter durch mm; Litre durch l, Gramme durch g.

Inhaltsverzeichniß.

Erſtes Buch.

Allgemeine Betrachtungen über Materie, Gleichgewicht und Bewegung.

Seite.

Erſtes Capitel. Unterſuchung der Eigenſchaften, durch welche wir eine ſinnliche Erkenntniß von den Körpern erlangen . 1

Zweites Cap. Grundbegriffe: Raum, Ruhe, Bewegung, Kraft 23

Drittes Cap. Vom Gleichgewicht, aus der Zuſammenſetzung mehrerer, an dem nämlichen materiellen Punct angebrachter, Kräfte hervorgehend 30

Viertes Cap. Vom Gleichgewicht, hervorgehend aus der Zuſammenſetzung mehrerer, an verſchiedenen, unveränderlich mit einander verbundenen, materiellen Punkten angebrachter, Kräfte. 34

Fünftes Cap. Vom Gleichgewicht in den einfachen Maſchinen 46

Vom Hebel 47

Von der Rolle 50

Von der ſchiefen Ebene 52

Sechſtes Cap. Vom Gleichgewicht der incompreſſibeln Flüſſigkeiten 55

Siebentes Cap. Vom Gleichgewicht der luftförmigen Flüſſigkeiten 65

Achtes Cap. Bedingungen des Gleichgewichts feſter Körper, welche in ſchwere Flüſſigkeiten eingetaucht ſind 69

Neuntes Cap. Allgemeine Begriffe über die verſchiednen Arten der Bewegung, über Zeit, Geſchwindigkeit und Maſſe 71

Zehntes Cap. Von der krummlinigen Bewegung; Centralkräfte: Centripetalkraft, Centrifugalkraft 89

Eilftes Cap. Schwingungen des Pendels 101

Zwölftes Cap. Vom Stoße der Körper 108

Dreizehntes Cap. Von den Bewegungen der incompreſſibeln Flüſſigkeiten 114

Vierzehntes Cap. Von den Bewegungen der feſten Körper in Widerſtand leiſtenden Mitteln 127

Funfzehntes Cap. Von den Bewegungen der luftförmigen Flüſſigkeiten 130

Zweites Buch.

Darſtellung der allgemeinen Erſcheinungen und der Mittel der Beobachtung, die allen Erfahrungswiſſenſchaften gemein ſind.

Erſtes Capitel. Von den Verfahrungsarten, welche dienen, die Ausdehnung zu meſſen 133

Seite.
Zweites Cap. Von der Wage und der Art, ſie zu gebrauchen 141
Drittes Cap. Von der Einrichtung und dem Gebrauch des Thermometers 148
Viertes Cap. Ueber das Verſchwinden und Wiederhervortreten der Wärme, welches man bei Zuſtandsveränderungen der Körper beobachtet 174
Fünftes Cap. Vom Druck der Atmoſphäre und vom Barometer 179
Sechſtes Cap. Barometer und Thermometer, in Bezug zu einander betrachtet 199
Siebentes Cap. Geſetze, nach welchen ſich die Verdichtung und Ausdehnung der Gasarten, unter verſchiednem Druck, bei der nämlichen Temperatur, richtet 202
Achtes Cap. Von den Waſſerpumpen und Luftpumpen . . 210
Neuntes Cap. Maß der Ausdehnung feſter Körper . . . 225
Zehntes Cap. Maß der Ausdehnung, welche die Gasarten durch die Wärme erfahren 238
Eilftes Cap. Von der Ausdehnung der tropfbaren Flüſſigkeiten durch die Wärme 244
Zwölftes Cap. Von den Dünſten im allgemeinen und zwar zuvörderſt von ihrer Bildung und ihrer Spannkraft im leeren Raum 250
Dreizehntes Cap. Maß des Gewichts der Dünſte unter gegebenem Volumen, bei beſtimmtem Druck und beſtimmter Temperatur. 267
Vierzehntes Cap. Von der Mengung der Dünſte mit den Gasarten 271
Funfzehntes Cap. Von der Verdunſtung 277
Sechzehntes Cap. Von der Hygrometrie. 281
Siebzehntes Cap. Vom ſpecifiſchen Gewicht der Körper . 290
Achtzehntes Cap. Ueber das Verfahren, das ſpecifiſche Gewicht der Gasarten zu beſtimmen 292
Neunzehntes Cap. Maß des ſpecifiſchen Gewichts der tropfbaren Flüſſigkeiten 305
Zwanzigſtes Cap. Specifiſches Gewicht der feſten Körper . 310
Einundzwanzigſtes Cap. Von den Erſcheinungen der Capillarität. 314
Zweiundzwanzigſtes Cap. Von der Elaſticität . . . 323
Von der Drehwage (balance de torsion) 330
Dreiundzwanzigſtes Cap. Von der Reibung 333
Anhang 336

Erſtes Buch.

Allgemeine Betrachtungen über Materie, Gleichgewicht und Bewegung.

Erſtes Capitel.

Unterſuchung der Eigenſchaften, durch welche wir eine ſinnliche Erkenntniß von den Körpern erlangen.

Was *Materie* (körperlicher Stoff) ſey, iſt von den Metaphyſikern auf ſehr verſchiedne Weiſe erklärt worden, manche haben ſogar bezweifelt, ob ſich ihr Daſeyn überhaupt durch überzeugende Gründe darthun laſſe. Unbekümmert um ihre Streitigkeiten, einzig der Erfahrung als Führerin folgend, nennt der Phyſiker alles dasjenige *materiell* oder *körperlich*, deſſen Wirkungen auf unſre Organe in einem Inbegriff beſtimmter Empfindungen von uns wahrgenommen werden, und findet in dem Vermögen, welches der Erweckung dieſer verſchiednen Wahrnehmungen zu Grunde liegt, eben ſo viel *Eigenſchaften* (propriétés, proprietates, qualitates), die ihm eine Erkenntniß des Daſeyns der Körper möglich machen. Sind aber wohl dieſe Eigenſchaften an ſich in derſelben unendlichen Mannichfaltigkeit vorhanden, als die Arten, wie ſie in unſre Wahrnehmung treten, oder laſſen ſie ſich insgeſammt auf eine gewiſſe, durch beſtimmte Charaktere abgeſchloſſene, Zahl zurückführen? darf man nur da Materie zu ſehen glauben, wo alle vereint vorkommen, oder vielmehr, wo alle gleichzeitig auf unſre Organe ſich wirkſam äußern, oder reicht es ſchon hin, wenn wir nur einige derſelben bemerken, die uns als allgemeine und beſtändige Kennzeichen der Materie gelten, während wir die übrigen für unweſentlich und zufällig erklären dürfen? Nach dieſen Fragen, die ſich dem, ins Gebiet der Phyſik Eintretenden, zuerſt aufdringen, bieten ſich andere dar: welcher Weg zu einer ſichern Kenntniß dieſer verſchiednen Eigenſchaften führe, auf welche Weiſe ein tiefer eingehendes Studium derſelben, eine nähere Beſtimmung ihrer Unterſchiede, und endlich eine ſtreng wiſſenſchaftliche Darſtellung derſelben möglich ſey. Vor allen Dingen alſo handelt es ſich darum, eine

Methode für unſre Unterſuchungen ausfindig zu machen, die dem Gegenſtande derſelben angemeſſen ſey und auf eine vernünftige Weiſe zum Zweck führe. Eine nähere Betrachtung der Art und Weiſe, wie die Eigenſchaften der Körper in unſre ſinnliche Wahrnehmung treten, und wie ſich eine Kenntniß derſelben auf die Kenntniß der, von ihnen ausgehenden, Wirkungen gründen läßt, wird uns hierbei am ſicherſten leiten.

Unſer ganzes Daſeyn iſt an eine unendliche Menge von Einwirkungen geknüpft, welche die Gegenſtände und Agentien (wirkende Weſen) der, uns umgebenden, Außenwelt auf uns ausüben, und die uns zu der Annahme nöthigen, daß außer uns eine unendliche Menge von Gegenſtänden und Erſcheinungen vorhanden ſeyen, die wohl zuweilen den Verfügungen unſrer Willkühr gehorchen, großentheils indeß ſchon dem Augenſcheine nach, und dem Weſen nach alle, eigenthümlichen, von unſrer Freiheit unabhängigen, Geſetzen gehorchen. So zeigt uns die tägliche Erfahrung Körper, die in gewiſſe Zuſtände von uns verſetzt, kalt oder warm werden, ſich zuſammenziehen oder ausdehnen; Körper in feſtem, andre in tropfbar flüſſigem, noch andre in dunſtförmigem oder luftförmigem Zuſtande. Oefters ſehen wir den nämlichen Körper, je nach den verſchiednen äußern Bedingungen, die wir auf ihn einwirken laſſen, mehrere dieſer Zuſtände nach einander durchlaufen. Wir ſehen ferner, daß alle dieſe Körper fortgeſtoßen, um einander gedreht werden können, entweder mittelſt der Wirkung unſrer Bewegungsorgane, oder durch Naturwirkungen, über die wir keine Macht haben. Wir finden, daß dieſe Körper ſich dem Streben, ihnen Bewegungen einzupflanzen, bis zu einem gewiſſen Grade fügen, jedoch nicht in allen Fällen mit derſelben Leichtigkeit, und daß ſie in dem Zuſtande der eingepflanzten Bewegung mehr oder weniger verharren. Im Fortgang unſrer Unterſuchungen entdecken wir, daß ſie auch durch, nicht ſo unmittelbar in die Augen fallende, Wirkungen, die von feinern, der gröbern Wahrnehmung ſich entziehenden, Agentien ausgehen, in Bewegung geſetzt, und durch dieſelben veranlaßt werden können, ſich zu ſuchen oder zu fliehen, anzuziehen oder abzuſtoßen: wozu die Wirkungen der Elektrizität und des Magnetismus Beiſpiele geben. Alle dieſe Ergebniſſe, in ſo weit ſie ſich auf ſichre Erfahrungen ſtützen, begreift man unter dem Namen der *Naturerſcheinungen* oder *Naturphänomene*, mag ſie nun unſre Willkühr unmittelbar hervorgerufen haben oder nicht.

Faſſen wir jetzt eine dieſer Erſcheinungen für ſich näher ins Auge: z. B. den Fall ſchwerer Körper. Wir nehmen einen Stein in die Hand, und überlaſſen ihn dann, jede Unterſtützung entfernend, ſich ſelbſt; ſogleich fällt er und ſtürzt auf die Erdoberfläche. Hier haben wir eine

Naturerſcheinung. Wir tragen den nämlichen Stein auf die Spitze eines hohen Thurms und überlaſſen ihn denn abermals ſeinem eignen Gewicht. Auch jetzt ſehen wir ihn fallen. Allein fällt er wohl auf die nämliche Weiſe, als das erſtemal? finden Unterſchiede in der Bewegung zwiſchen jetzt und vorhin Statt oder nicht? Iſt die Geſchwindigkeit der Bewegung in jedem Augenblick der Fallzeit die nämliche oder ändert ſie ſich? Im Fall das Letztre Statt hat, in welchem Verhältniß zu den Fallhöhen ſteht die Aenderung der Geſchwindigkeit? Würden andre Körper, mit denen man auf gleiche Weiſe den Verſuch anſtellte, langſamer oder ſchneller fallen? Wird nicht der Fall des Körpers aufgehalten oder verzögert, indem ihm die Luft Widerſtand leiſtet, die unter andern Umſtänden die Flügel unſrer Windmühlen und die Segel unſrer Schiffe fortzutreiben vermag, und auch für ihr Theil vom fallenden Körper einen Stoß erfährt? Im Fall eine Verzögerung Statt hat, nach welchem Verhältniſſe richtet ſie ſich? Lauter einzelne Umſtände, die zuſammengenommen erſt eine genügende Einſicht möglich machen, nicht, warum, ſondern auf welche Weiſe die Körper fallen, d. h. welchen Einfluß auf das Verhalten der Körper beim Fall ihre Geſtalt, Größe, Subſtanz, die Höhe, von der ſie fallen, und der Augenblick der Fallzeit, in welchem man ſie betrachtet, ausüben. Wenn man über alle dieſe Beſtimmungen vollkommen im Reinen iſt, wird man ſich noch fragen können: wie wird ſich ein ſchwerer Körper bei nicht völlig freiem Falle verhalten, wenn er z. B. auf einer geneigten Ebene herabgleitet, oder in ſeinem Falle durch einen, an einen feſten Punkt geknüpften, Faden feſtgehalten wird, wie die Apparate, die man Pendel nennt. Findet ein geſetzmäßiger Zuſammenhang zwiſchen dieſen und den übrigen Erſcheinungen Statt, und welches iſt dieſer? Laſſen ſie ſich aus den, beim freien Fall beobachteten, Erſcheinungen herleiten, wenn man nur dabei die Hinderniſſe, welche ſich der Bewegung der Körper entgegenſetzen, berückſichtigt? Alle dieſe Fragen knüpfen ſich unmittelbar an die erſten, und vergebens wird man ihre Löſung verſuchen, wenn man nicht zuvor die Umſtände, nach denen ſich die Grunderſcheinung richtet, aufs Genaueſte ausgemittelt und feſtgeſtellt hat. Iſt dieß aber geſchehen, ſo hat man in den erlangten Beſtimmungen dasjenige gewonnen, was man ein phyſiſches Geſetz nennt, man kann nun aus dieſem zum Voraus entwickeln, auf welche Weiſe ſich die Erſcheinung für alle einzelnen, unter dem Geſetz begriffenen, Fälle, allen ihren Umſtänden nach, verhalten muß, und kann allen Analogieen derſelben nachgehen. So giebt die Beſtimmung aller der, für den Fall ſo eben aufgezählten, Umſtände die Geſetze des Falls ſchwerer Körper, deren Entdeckung wir Galilei verdanken. Man findet ſolchergeſtalt, daß die Geſchwindigkeit der Fallbewegung immer mehr wächſt, je längere Zeit der Körper fällt; und zwar ſo, daß die von der Ruhe an durchlaufenen Fallräume ſich wie die Quadrate der verfloſſenen Fallzeiten verhalten; d. h. daß nach Verlauf der zweiten Secunde Zeit der Körper durch einen viermal ſo großen Raum gefallen ſeyn wird, als nach Verlauf der erſten, nach drei Secunden durch einen neunmal ſo großen u. ſ. f. Man findet ferner, daß der Widerſtand der Luft dieſes Verhältniß um ſo merklicher abändert, je mehr Umfang die Körper in Verhältniß zu ihrem Gewicht beſitzen, ſo daß in einem leeren Raum alle Körper mit der nämlichen Geſchwindigkeit fallen würden.

So weit die Geſetze des freien Falls der Körper. Durch mathematiſche Folgerungen läßt ſich aus ihnen ableiten, wie die nämlichen Körper ſich beim Fall auf einer geneigten Ebene oder bei der ſchwingenden Pendelbewegung verhalten. Hiedurch erhalten wir noch keineswegs Aufſchluß, *warum* die Körper fallen, und warum ſie auf dieſe und auf keine andre Weiſe fallen; ſtellen wir aber eine Bezeichnung für die uns unbekannte Urſache feſt, welche die Nothwendigkeit jener Erſcheinungen bedingt, nennen wir ſie *Schwere*, ſo werden die aufgefundenen Geſetze des Falls für eben ſo viele poſitive und ſichere Charaktere derſelben gelten können, ohne daß wir uns deßhalb eine Kenntniß ihres Weſens anmaßen. Statt uns alſo in die Einzelheit der Erſcheinungen zu verlieren und zu verwirren, können wir ſie gemeinſchaftlich auf die, ſolchergeſtalt charakteriſirte, Urſache als letzten Grund zurückführen, und in unſern Schlüſſen und ſelbſt in unſern Berechnungen von ihr, als einer, ihrem Weſen nach uns unbekannten, aber in ihren Wirkungen jenen gegebenen Geſetzen folgenden, Kraft, Gebrauch machen.

Verfolgen wir jetzt die Wirkungen, welche ſie hervorzubringen vermag, ſo entdecken wir, daß ſie es iſt, die dem Erdball ſeine Geſtalt gab, ſeinen Aequator erhöhte und ſeine Pole abplattete; die den Mond an ſeine Bahn feſſelt, und der, aus ſeiner Bewegung entſpringenden, Centrifugalkraft das Gleichgewicht hält. Bei der Zuſammenſtellung nun dieſer beſondern Erſcheinungen mit denen, welche die Bewegungen der Planeten und Cometen darbieten, entdecken ſich uns zwiſchen ihren Geſetzen auffallende Analogieen, die uns zu der Anſicht führen, daß die Sonne und alle planetariſchen Körper ſelbſtſtändige Mittelpunkte der Schwere abgeben, deren Einflüſſe ſich mittelſt der Rechnung verfolgen laſſen. Hieraus ergeben ſich dann durch eine einfache Herleitung die Geſetze der eignen Bewegung dieſer Geſtirne, die Verhältniſſe ihrer Umlaufszeiten, je nach ihren Abſtänden von der Sonne, ihre, der Erde ähnliche Geſtalt; wir finden in der Schwere, womit dieſe letztre gegen die andern Geſtirne gezogen wird, die Urſache und das Maß der Nutation (des Wankens) der Erdaxe, der Vorrückung der Nachtgleichen, der Ebbe und Fluth der Meere. Allgemeine Folgerungen dieſer Art knüpfen ſich an die Kenntniß der Naturkräfte, wenn ſie aus ſichern Beobachtungen gewonnen werden konnte.

Das phyſikaliſche Studium der Natur, ſeinem ganzen Umfange nach betrachtet, kommt immer auf folgendes Dreies zurück: die Beobachtung der Erſcheinungen; die erfahrungsgemäße Nachweiſung der Art und Weiſe, auf welche ſie vor ſich gehen, und die ihr phyſiſches Geſetz ausmacht; endlich die Ausmittlung der abſtracten und mechaniſchen Kräfte, von denen die Rechnung ſie als Folgerungen abzuleiten vermag. Dieſe verſchiednen Wege hat der menſchliche Geiſt nach einander durchlaufen müſſen, um zu poſitiven Kenntniſſen zu gelangen, und höher hat er ſich bisher noch nicht zu erheben vermocht.

Nachdem wir auf ſolche Weiſe das vor uns liegende Gebiet ins Auge gefaßt haben, wollen wir uns einen Standpunkt zu bereiten ſuchen, von dem aus ein ſicheres Eindringen in daſſelbe möglich wird; und da unſre ganze Wiſſenſchaft auf Erſcheinungen aufgebaut werden muß, welche die Naturkörper hervorbringen, ſo wollen wir zuvörderſt diejenigen dieſer Erſcheinungen ausfindig zu machen ſuchen, durch welche die Körper zu unſrer ſinnlichen Wahrnehmung gelangen, das ſind ſolche, durch die wir von dem Daſeyn und der Gegenwart derſelben in Kenntniß geſetzt werden, und in denen wir eben deßhalb die Bedingungen der Körperlichkeit oder Materialität zu erblicken genöthigt ſind.

Unter der unendlichen Zahl nun von Erſcheinungen, die ſich uns in der Natur darbieten, finden wir einige, deren Daſeyn rein zufällig und nur durch beſondre Umſtände bedingt erſcheint, denn wir entdecken die Fähigkeit, ſie hervorzurufen, nur an gewiſſen Körpern, nicht aber an andern; und ſelbſt an denen, wo wir ſie beobachten, ſehen wir ſie manchmal nur unter beſondern Umſtänden und unter gewiſſen Bedingungen auftreten. So ſcheint die Eigenſchaft, die der Magnet beſitzt, das Eiſen anzuziehen, dem Magnet, dem Eiſen und einigen andern Metallen ausſchließlich eigen zu ſeyn; und ſelbſt in dieſen findet man ſie in ſehr verſchiednen Graden, je nachdem ſie ſich durch ihre urſprüngliche Beſchaffenheit, den Zuſtand, in dem ſie ſich gerade befinden, und ihre größere oder mindere Reinheit unterſcheiden. Alle übrigen Subſtanzen, denen dieſe Eigenſchaft zu mangeln ſcheint oder wirklich mangelt, ſind darum um nichts minder Körper. Man darf mithin in Eigenſchaften dieſer Art kein weſentliches Kennzeichen der Materie ſuchen; darf vielmehr offenbar nur ſolche Erſcheinungen dafür gelten laſſen, die ſich an allen Körpern ohne Ausnahme zeigen, und unter allen Bedingungen, in die man ſie verſetzt, beſtändig bleiden, mögen ſie nun ſtets auf eine, den Sinnen faßbare, Weiſe ſich offenbaren, oder mag ihr Vorhandenſeyn nur noch durch Schlüſſe erkannt werden können, wenn die Unvollkommenheit unſrer Sinnesorgane keine unmittelbare Wahrnehmung derſelben mehr geſtattet. Nun geben ſich uns leicht zwei Erſcheinungen als ſolche zu erkennen, welche dieſen Bedingungen Genüge leiſten; es ſind diejenigen, welche wir mit dem Namen *Ausdehnung* (étendue, extensio) und *Undurchdringlichkeit* (impenetrabilité, impenetrabilitas) bezeichnen, und über die wir hauptſächlich durch den Geſichtsſinn und den Gefühlsſinn urtheilen.

Auf welche Art und in welcher Allgemeinheit dieſe Erſcheinungen vorkommen, wird durch einige Beiſpiele klar werden. Ich ſtrecke meinen Arm im Dunkeln aus; er findet ſich durch einen Widerſtand gehemmt. Beim Hinwegbewegen über dieß angetroffene Hinderniß findet meine Hand, daß es an gewiſſen Stellen aufhört, an andern anfängt, und daß um daſſelbe der Raum frei iſt; ich ſchließe hieraus, daß dieß Hinderniß durch ſein Daſeyn einen gewiſſen Theil des Raums außer mir einnimmt, oder einzunehmen ſcheint, von dem ich dadurch ausgeſchloſſen werde. Hiernach nenne ich es einen *Körper*. Auf der erſten dieſer Erſcheinungen,. der *Begränzung* (limitation), beruht der Charakter der *Geſtaltung*, oder der Form der Ausdehnung. Die zweite, die Ausſchließung der übrigen Körper, macht das Kennzeichen aus, welches man mit dem Namen der *Undurchdringlichkeit* belegt, von der wir, erwähntermaßen, durch den Gefühlsſinn den erſten Begriff erhalten. Die Beobachtung lehrt uns weiter, daß die Körper, die durch ihr Daſeyn uns von gewiſſen Stellen des Raums ausſchließen, ſich auch wechſelſeitig einander davon ausſchließen. Endlich entdecken wir, Schlußfolgen auf dieſe Thatſachen bauend, daß die nämliche Eigenſchaft auch noch unter Umſtänden Statt hat, wo der Gefühlsſinn bei weitem zu grob ſeyn würde, dieſelbe auszumitteln; und ſo gelangen wir denn zu der allgemeinen Anſicht: die Undurchdringlichkeit beſteht darin, daß zwei verſchiedne Theile der Materie ſich nie ſo mit einander identificiren können, um gleichzeitig in den nämlichen Punkten des Raums vorhanden zu ſeyn.

Folgendes Beiſpiel wird zeigen, was unſer Geiſt für Schritte zu thun hatte, um jene Erſcheinung in dieſer Allgemeinheit aufzufaſſen. Mag das Hinderniß, welches die Hand antrifft, und welches uns ſein Daſeyn durch die Ausſchließung aus dem, von ihm eingenommenen, Raume zu erkennen giebt, eine Maſſe Eis ſeyn. In dieſem Fall lehrt uns das Gefühl unmittelbar, daß wir es mit etwas Materiellem zu thun haben. Jetzt aber ſchmilzt das Eis, löſt ſich in flüſſiges Waſſer auf. Verſuchen wir nun, die Hand hineinzutauchen, ſo macht es uns Platz und weicht ohne anſcheinenden Widerſtand aus einander. Sollte es jetzt durchdringbar geworden ſeyn? Ohne Frage, wenn wir die Geſammtheit ſeiner Maſſe in Betracht ziehen, die kein compactes Ganze mehr bildet, keineswegs aber, wenn wir es ſeinen Theilen nach betrachten. Denn wenn das Gefäß, worin es enthalten iſt, ſich in einen engen Hals endigt, ſo ſieht man das Niveau des Waſſers beim Eindringen des eingetauchten Fingers oder irgend eines andern Körpers ſich im Halſe erheben. Die Waſſertheile geſtatten alſo in der That keine Durchdringung bei dieſem Verſuch; ſie werden vielmehr nur durch den Körper, der ſie forttreibt, aus ihrer Stelle gerückt, um ſie mit einer andern zu vertauſchen. Dieſe Thätſache iſt ſo wahr, daß die Theile, anſtatt nachzugeben, vielmehr dem Eindringen einen faſt unüberwindlichen Widerſtand entgegenſetzen, wenn man ſie hindert, nach irgend einer Seite zu entweichen; ein Verſuch, der ſich anſtellen läßt, indem man Waſſer in ein cylindriſches Gefäß einſchließt, und nun alle Kraft aufbietet, einen Stempel, der den ganzen Durchſchnitt des Cylinders genau ausfüllt, hineinzutreiben. Man erhitze jetzt das Waſſer bis zum Kochen: es wird ſich in Dünſte verwandeln, die der Luft ähnlich, durchſichtig, untaſtbar ſind, und aus Theilchen beſtehen, welche ſich wegen ihrer Kleinheit dem Geſichtsſinne, wegen ihrer Leichtigkeit dem Gefühlsſinne aufs Vollkommenſte entziehen, indem ſie zur Seite der Körper, die man hineintaucht, aufs Leichteſte entweichen. Deſſenungeachtet wird jedes einzelne Theilchen nicht durchdringbarer geworden ſeyn, als vorhin. Denn in einen Cylinder eingeſchloſſen, werden dieſe Dämpfe dem Druck, der auf alle gemeinſam ausgeübt wird, widerſtehen, und, anſtatt ſich von dem Stempel, der ſie forttreibt, durchdringen zu laſſen, oder einander ſelbſt zu durchdringen, ſich blos einander nähern, bis ſie ſich abermals zu tropfbarer Flüſſigkeit angeſammelt haben, ungeachtet der großen Ausdehnungskraft, deren die Wärme ſie theilhaftig macht. Unſer Geiſt erkennt mithin an den Waſſertheilen auch in dieſem Zuſtande noch die nämliche Eigenſchaft, welche der Gefühlsſinn uns daran entdecken ließ, als ſie durch ihr näheres Zuſammentreten einen feſten Körper bildeten.

Doch iſt dieß noch keineswegs die letzte Gränze, bis zu welcher die Abſtraction dieſe Eigenſchaft zu verfolgen vermag. Wir ſind genöthigt, die Undurchdringlichkeit unter ſo ſchwer zu verfolgenden Umſtänden und an ſo feinen Körpertheilchen anzunehmen, daß unſre Einbildungskraft uns bei der Vorſtellung derſelben beinahe im Stiche läßt. Folgender Verſuch kann als Beleg hierzu dienen. Stellt man vor einen Hohlſpiegel aus polirtem Metall mit ſphäriſcher Oberfläche einen kleinen Gegenſtand, ſo erſcheint in einiger Entfernung vom

Spiegel ein ſehr ähnliches Bild deſſelben, was ſich, aus einer angemeſſenen Entfernung betrachtet, mit vollkommener Beſtimmtheit und Deutlichkeit darſtellt. Dieſem Bilde kommt, vermöge der Abgränzung von dem, daſſelbe umgebenden, Raume Ausdehnung zu, aber keine Undurchdringlichkeit. Man kann die Hand hineintauchen, ohne den geringſten Widerſtand zu fühlen, und die Theile weichen nicht aus, ſondern verſchwinden in dem Maße, als ſie berührt werden. Man kann ſelbſt durch gehörige Stellung eines zweiten Spiegels, an die nämliche Stelle, welche von dieſem Bilde eingenommen wird, das Bild eines zweiten Gegenſtandes fallen laſſen, ohne daß das erſte Bild dem Ganzen oder ſeinen einzelnen Theilen nach im Geringſten verrückt erſcheint. Eben ſo kann man ein drittes, ein viertes Bild, kurz ſo viel man immer will, mit den erſten zuſammenfallen laſſen. Allen dieſen Bildern kommt Ausdehnung, aber nicht Undurchdringlichkeit zu. Es ſind *Formen*, nicht aber *taſtbare Materie* (matière tangible). Letztre Bezeichnung müſſen wir einführen, indem ſich weiterhin zeigen wird, daß das Licht, welches dieſe Bilder erzeugt, wahrſcheinlich ſelbſt aus materiellen Moleculen *) (moleculae, kleinſte Theilchen) von einer, den Sinnen ſich entziehenden, Feinheit beſteht, die ſich mit außerordentlicher Schnelligkeit bewegen, und hier nur zwiſchen einander hindurchgehen in den verhältnißmäßig unermeßlichen Zwiſchenräumen, durch welche ſie von einander getrennt ſind. Dieſer Annahme zufolge hat die Bedingung der Undurchdringlichkeit auch für ſie in der That Statt; gilt aber nicht für den Theil des Raums, dem ſie bei ihrem Durchgange eine Gränze und Geſtalt ertheilen.

Die Undurchdringlichkeit, in der Art wie ſie ſich uns durch dieſen Ideengang entwickelt hat, bezieht ſich immer auf geſonderte und unterſchiedene Körpertheile, und führt ſomit nothwendig die Vorſtellung einer Begränzung derſelben mit ſich; dagegen läßt ſich an die Begränzung der Ausdehnung die Undurchdringlichkeit des begränzten Raumes nicht als nothwendige Folgerung knüpfen. Denn es wäre, wenn auch nicht real, ſo doch logiſch möglich, d. h. es ließe ſich wenigſtens denken, daß es begränzte und durch verſchieden geſtaltete Oberflächen ſich vom übrigen Raum unterſcheidende Theile des Raums gäbe, ohne daß man dieſelben zugleich als undurchdringlich zu denken brauchte. Den Betrachtungen der Geometrie liegt allenthal-

---

*) Man gebraucht dieß Wort jetzt häufiger als das ziemlich gleichgeltende *Atome*; indem dieß der urſprünglichen Anſicht zufolge kleinſte Theilchen der Materie bedeutet, deren Wirkungen blos von ihrer Geſtalt und Lage abhängen, dagegen man es bei der Benennung *Molecul* unbeſtimmt läßt, wiefern ihre Geſtalt und Lage oder ihre weſentliche Grundbeſchaffenheit die Erſcheinungen an den, aus ihnen zuſammengeſetzten Körpern, bedingt.

den eine ſolche Annahme zu Grunde; und faſt ſcheint das letzte der angeführten Beiſpiele auch als eine Nachweiſung derſelben in der Wirklichkeit gelten zu können.

Die vorigen Betrachtungen lehren uns überdieß, daß in den Körpern, und zwar ſelbſt den härteſten und dichteſten, keine abſolute Continuität (Stetigkeit des Zuſammenhangs) der Materie Statt finde, daß ſie vielmehr aus einem Aggregat (Zuſammenhäufung) von Theilen beſtehen, welche durch Zwiſchenräume von einander getrennt ſind, die durch den Einfluß äußerer Urſachen vergrößert oder verkleinert werden können. Hierin liegt die Erklärung, warum das Volumen (der Umfang) der nämlichen Körpermaſſe durch die Wirkung der Wärme zunehmen, durch die der Kälte abnehmen kann; wie die Molecule der Salze, bei Auflöſung derſelben, ſich zwiſchen den Moleculen des Waſſers vertheilen und, ſo zu ſagen, verlieren können; wie das Queckſilber an dem Golde, was man hineintaucht, haften und bis ins Innere ſeiner Maſſe einen Weg finden kann, wie endlich dieſe Gemiſche, dieſe Auflöſungen manchmal ohne eine wahrnehmbare Vergrößerung des Totalvolumens von Statten gehen können, da die Meſſung des letztern nur auf die äußere Form der Körper geht, ohne Rückſicht auf die merklichen oder für uns unmerklichen leeren Räume, die ſich zwiſchen ihren Theilen befinden können. Ueberall findet hier eine Scheidung und Miſchung ohne Durchdringung der Körpertheile Statt.

Dieſe unterbrochene Continuität der Materie bezeichnet man im Allgemeinen mit dem Namen *Poroſität*, und nennt *Poren* die Zwiſchenräume, durch welche die Theilchen der Materie von einander geſchieden ſind. Die *Poroſität* ſcheint eine, allen Körpern, die wir in der Natur finden, gemeinſame Eigenſchaft zu ſeyn. Doch dürfen wir ſie nicht als zum Weſen der Materie nothwendig gehörend betrachten, da ſich Körper denken laſſen, die, ohne ſie zu beſitzen, für unſer Wahrnehmungsvermögen vorhanden ſeyn könnten.

Jetzt, da wir wiſſen, daß die Naturkörper ſich als Aggregate kleiner Theile, in denen ihr Weſen begründet liegt, betrachten laſſen, werden wir unſre Unterſuchungen zuvörderſt auf dieſe Theile ſelbſt, nicht auf die, mehr oder weniger von denſelben befaſſenden, Aggregate zu lenken haben: denn die Eigenſchaften des ganzen Körpers werden erſt aus der Vereinigung der individuellen Eigenſchaften aller einzelnen Theile, wenn ſchon vielleicht durch die beſondre Art des Aggregatzuſtandes mehr oder minder modificirt, hervorgehn. Hiernach iſt leicht zu erachten, von welcher Wichtigkeit es ſeyn würde, wenn man jeden Körper und jeden Theil eines Körpers von identiſcher Beſchaffenheit ſo weit zu zertheilen vermöchte, daß die Theile, zu welchen man gelangte, nicht kleiner werden dürften, wenn ſie noch die nämlichen Eigenſchaften, als das, aus ihnen zuſammengeſetzte, Ganze zeigen ſollten; wenn man z. B. aus einer Maſſe Goldes die letzten Theilchen, welche das Gold ausmachen, oder aus einer Maſſe Waſſers die letzten Theilchen, welche das Waſſer ausmachen, geſondert darſtellen könnte; ſo daß, wenn man dieſe Theilchen noch weiter zerſchnitte oder ſonſt modificirte, Waſſer und Gold nicht mehr als ſolche, mit den nämlichen Eigenſchaften, die wir an ihnen kennen, fortbeſtehen würden. Die Ausführung einer ſolchen Zertrennung würde den unſchätzbaren Vortheil gewähren, uns zu lehren, ob die verſchiednen, ſinnlich wahrnehmbaren, Eigenſchaften der Körper von einer gewiſſen innern Beſchaffenheit und einer gewiſſen Form ihrer letzten Theilchen abhängen, die für jeden einzelnen, gleichartig erſcheinenden, Körper die nämlichen ſind, verſchieden aber für verſchieden erſcheinende, oder ob ſie blos auf der beſondern Art des Aggregatzuſtandes der letzten materiellen Theilchen, aus denen die Körper beſtehen, beruhen. Als der erſte Weg, dieſe Unterſuchungen anzuſtellen, bietet ſich uns die mechaniſche Theilung dar, zu der uns die Künſte Verfahrungsarten liefern. Mittelſt ihrer laſſen ſich eine große Menge Körper, namentlich gewiſſe Metalle, zu Theilen von einer Dünne reduciren, die, wenigſtens für unſre Sinne, außerordentlich erſcheinen muß. Als Beiſpiel mögen folgende Angaben Reaumurs dienen, auf die, zu ſeiner Zeit, gebräuchlichen Maße bezogen. Bei der Fabrication der vergoldeten Fäden, welche zu Stickereien benutzt werden, bildet man zuerſt einen 360 Unzen ſchweren Cylinder aus Silber, und vergoldet ihn mit darübergelegtem Blattgold, deſſen Totalgewicht höchſtens 6 Unzen beträgt. Dieſe 366 Unzen Materie werden dann durch Löcher, deren Durchmeſſer immer mehr abnimmt, gezogen, bis ſie einen übergoldeten Faden von ſolchen Dimenſionen darſtellen, daß 202 Fuß Länge $\frac{1}{16}$ Unze wiegen, mithin die Totallänge dieſes Fadens 1182912 Fuß oder 197152 Toiſen beträgt, was auf gewöhnliche Lieues von 2000 Toiſen reducirt, 98,576 (oder 59,146 geogr. Meilen) ausmacht. Dann geht dieſer Faden zwiſchen Walzen hindurch, die ihn abplatten und durch ihren Druck noch um $\frac{1}{7}$ verlängern, ſo daß die Länge des ſo erhaltnen übergoldeten Streifens 1351900 Fuß oder 112,66 Lieues (67,60 geogr. M.), das iſt, mehr als die Entfernung von Paris bis Lyon, beträgt. Der Streifen hält dann $\frac{1}{8}$ Linie in der Breite; und nimmt man mit Reaumur an, daß ein Cubicfuß Gold 21220 Unzen und ein Cubicfuß Silber 11523 Unzen wiegt, ſo findet man, daß ſeine Dicke blos [illegible] Linien oder genauer [illegible] Linien beträgt. Allein wie dünn muß die Schicht Goldes, welche ſeine beiden Flächen und ſeine Seiten ohne Unterbrechung überzieht, ſeyn? Von den vorigen

Dimenſionen entgehend, findet man, daß ihre Dicke [illegible] Linie beträgt; und da man vergoldete Fäden verfertigt, zu welchen noch dreimal weniger Gold als nach unſrer obigen Annahme, nämlich nur zwei Unzen genommen werden, ſo muß ſich hierdurch die Dimenſion der dünnen Goldſchicht auf das Drittheil der obigen reduciren, und ſonach nicht mehr als [illegible] Linien betragen. Und dennoch vermißt man an dieſem Goldüberzuge nirgends die Stetigkeit des Zuſammenhangs; nirgends iſt zwiſchen ſeinen Theilen eine Lücke vorhanden. Denn, taucht man ein Ende des Streifens in Salpeterſäure, welche die Eigenſchaft beſitzt, das Silber aufzulöſen, ohne das Gold anzugreifen, ſo wird das Silber im Innern des Streifens in der That aufgelöſt, während der goldne Ueberzug als eine dünne hohle Scheide zurückbleibt, an deren Theilen wir nirgends mit unſern Sinnen eine Unterbrechung des Zuſammenhangs wahrzunehmen vermögen: trotz der außerordentlich verringerten Dimenſion aber, auf welche dieſer Ueberzug herabgebracht iſt, behält er doch noch alle Eigenſchaften, welche das Gold charakteriſiren; er widerſteht den chemiſchen Agentien, welchen das Gold in Maſſe widerſteht, wird von denen angegriffen, von welchen dieſes angegriffen wird, und geht mit ihnen Verbindungen ein, die von den Verbindungen des letztern in Nichts ſich unterſcheiden. Seine Natur (weſentliche Beſchaffenheit) iſt alſo durch die ſo weit getriebene Reduction auf kleinere Theile noch keineswegs verändert; und es läßt ſich ſogar beweiſen, daß ſich noch Gruppen von Theilchen unzerlegt darin vorfinden, die eine weit ſtärkere Dimenſion haben, als den letzten Theilchen zukommen kann. Denn alle uns bekannte Körper erhalten, wenn man ihre Dicke bis auf einen gewiſſen Grad herabzubringen vermag, bei dem jedoch ihre Natur und ihr innerer Zuſtand noch keine Veränderung erleiden, die Eigenſchaft, je nach der ihnen noch gebliebenen Dicke verſchiedene Farben ins Auge zu reflectiren (zurückzuwerfen). Da man nun findet, daß der dünne Goldüberzug über den Streifen noch ſeine urſprüngliche Farbe behält, nachdem er eine ſo erſtaunliche Ausdehnung erfahren hat, ſo iſt man berechtigt, zu ſchließen, daß hierbei noch nicht einmal eine wahrnehmbare Veränderung in der Tiefe vorgegangen iſt, bis zu welcher das Licht in das Gold dringt; ſo daß, ungeachtet wir von einer großen Dünne des Ueberzugs ſprechen, dieſe doch noch keine andern Wirkungen in dieſem Bezug zur Folge hat, als eine unbegränzte Dicke deſſelben zur Folge haben würde.

Die nämliche Unveränderlichkeit der Eigenſchaften bemerkt man an den Platindrähten von ſo außerordentlicher Feinheit, welche man durch folgendes, von Wollaſton angegebnes, Verfahren erhält. Man befeſtigt einen dicken Platindraht in die Axe einer hohlen cylindriſchen Form, welche man vollends mit geſchmolzenem Silber ausfüllt, das um den Draht erkaltet. Darauf zieht man das Ganze durch einen Drahtzug, und bewirkt nun die Auflöſung des Silbers durch ſiedende Salpeterſäure, welche das Platin nicht angreift, und den, in der Mitte befindlichen, durch das Ausziehen außerordentlich verdünnten, Draht dieſes Metalls zurückläßt. Die ſolchergeſtalt gebildeten Drähte haben zuweilen nicht mehr als $\frac{1}{1000}$ Millimeter im Durchmeſſer, ſo daß ſie dem bloßen Auge kaum ſichtbar erſcheinen; deſſen ungeachtet bleiben ihnen alle mechaniſchen und chemiſchen Eigenſchaften, welche das Platin in Maſſe charakteriſiren. Ihre Theile behaupten ſich nicht allein als Aggregat, ſondern halten ſelbſt noch feſt genug an einander, um merkbaren Zugkräften zu widerſtehen. Ein ſolcher Draht, der $\frac{1}{100}$ Millimeter im Durchmeſſer hält, wird durch ein angehängtes Gewicht von 60 Milligrammen noch nicht zerriſſen; und die Vergleichung dieſes ſchwachen Gewichtes mit der Dicke des Drahts ergiebt, daß, um eines ſolchen Widerſtands fähig zu ſeyn, die Kraft, womit ſeine Theile zuſammenhängen, ſtärker, als bei dem Platin in Maſſe ſeyn, mithin durch das Ausziehen durch den Drahtzug zugenommen haben müſſe. Und nicht blos die Verbindung der Theile, ſondern auch die urſprüngliche Farbe und alle chemiſchen Eigenſchaften des Platins wird man an dieſem Drahte aufs Vollkommenſte wiederfinden. Man kann ihn bis zum Rothglühen erhitzen, indem man einen electriſchen Strom von einer, ſeiner geringen Dicke angemeſſenen, Intenſität hindurchläßt, nach dem Erkalten wird man ihn in ſeinem vorigen Zuſtande wiederfinden, ohne daß er mit den Grundſtoffen der umgebenden Luft eine Verbindung eingegangen wäre, ſo wenig als dieß unter ähnlichen Umſtänden bei einem dickern Stück des nämlichen Metalls der Fall geweſen ſeyn würde *).

Weiter, als durch dieſe Verfahrungsarten, möchte ſich die Zertheilung auf mechaniſchem Wege kaum treiben laſſen. Ihre Nutzloſigkeit in Bezug auf unſre Unterſuchungen zeigt uns, wie wir dadurch immer noch nichts anders erlangt haben, als Maſſen, deren Natur

---

*) Als Beiſpiele großer mechaniſcher Theilbarkeit pflegt man noch die anzuführen, die ſich in den Ausflüſſen riechender Körper und der Auflöſung von Subſtanzen offenbaren. Ein Gran Moſchus kann 20 Jahre lang einen großen Raum mit merklichem Geruch erfüllen, ungeachtet täglicher Erneuerung der Luft. Eine Maſſe [illegible] verlor ungeachtet des heftigen Geruchs, den ſie verbreitete, in 6 Tagen in freier Luft nur ⅛ Gran an Gewicht, wonach, Keill's Berechnung zufolge, die Größe jedes Theilchens geringer, als $\frac{1}{10}$ Trillionentheil eines Cubiczolles geweſen ſeyn muß. Zwei Gran Carmin färben 10 Pfund Waſſer ſichtbar roth, und 1 Gr. Kupferammoniak 392 Cubiczoll Waſſer ſchön blau. Nach Boyle's Berechnung findet im erſtern Fall eine Zertheilung in 153 600 000, im letztern, nach Muſchenbroek, in 392 500 000 ſichtbare Theile Statt.

und Eigenſchaften mit denen größerer Maſſen aufs Vollkommenſte übereinſtimmen.

Uebrigens werden wir die Unzulänglichkeit dieſer Verfahrungsarten um ſo leichter anerkennen, wenn ſich zeigen wird, daß noch unendlich feinere Zertheilungsarten uns dem Ziele, das wir erreichen zu können hoffen, faſt um nichts näher bringen. Unzählige Beweiſe dafür ergeben ſich bei näherer Betrachtung des innern Bau's der organiſirten Weſen. Da wir in dieſe Art der Betrachtungen nicht näher einzugehn haben, ſo will ich nur durch zwei Beiſpiele eine Andeutung derſelben geben.

Nach Reaumurs Beobachtung bildet die Spinne die Fäden ihres Gewebes aus einem klebrigen Stoff, der in Form eines ſtarken Tropfens ſich in ihrem Körper enthalten findet, und von ihr mittelſt ſechs *), unter ihrem Unterleibe befindlichen, Warzen zum Ausfließen gebracht werden kann. An der Spitze ſind dieſe Warzen mit Löchern durchbohrt, aus deren jedem ein einfacher Faden hervortritt. Vermöge ihrer urſprünglichen Klebrigkeit leimen ſich aber dieſe Fäden aneinander, und ſtellen ſo, an der Luft bald erhärtend, die dickern Fäden dar, die wir im Spinnengewebe finden. Nun können aus der Spitze jeder Warze, die kaum ſo groß als ein Stecknadelknopf iſt, mehr als tauſend einfache Fäden hervorgehn, deren jeder ſein beſondres Bildungswerkzeug hat, durch welches er vor ſeinem Austritt ſeine Form erhält. Dieſe Werkzeuge nun, von ſo erſtaunlicher Feinheit, beſitzen doch innerlich Wände, mit Leben und organiſcher Structur begabt; das heißt, deren Theile ſich in einem regelmäßigen Aggregatzuſtande befinden und auf geſetzmäßige Weiſe angeordnet ſind, ſo daß ſie ein Ganzes von einer, zur Vollbringung der Verrichtungen, zu denen ſie das Thier braucht, tauglichen Form bilden. Jeder dieſer Canäle iſt mithin bei aller ſeiner Feinheit ein zuſammengeſetzter Körper, wirkſam durch die Geſammtheit ſeiner einzelnen Theile gleich den Organen der größern Thiere, und eben ſo wenig, als dieſe, materielle Theilchen in einem Zuſtande von Vereinzelung oder Sonderung darbietend.

Es giebt andre Thiere von ſolcher Kleinheit (Aufgußthierchen, Infuſorien), daß ſie ſich dem unbewaffneten Auge ganz und gar entziehen, und wir blos mittelſt ſehr ſtarker Mikroſcope von ihrem

---

*) Eigentlich finden nur vier Spinnwarzen Statt. Doch liegen neben ihnen bei manchen Spinnen-Arten zwei palpenartige, ein- oder dreigliedrige Spitzen, die früher, obwohl fälſchlich, ebenfalls für Spinnwarzen ausgegeben worden ſind. Jeder Faden des Spinnengewebes beſteht nur aus vier einfachen Fäden. Die folgende Darſtellung im Text iſt nicht ganz klar und folgerecht; denn mehr als tauſend Fäden treten doch nicht zugleich hervor, ſie brauchen mithin nicht aus eben ſo viel beſondern Bildungsorganen zu entſtehen. Doch ſtellen in der That die Abſondrungswerkzeuge des Spinnſaftes ſehr vielfach verzweigte Schläuche dar, welche faſt den ganzen Bauch der Spinne einnehmen.

Daſeyn Kunde erhalten *). Beſtändig finden ſich deren im Waſſer, Eſſig und einer Menge andrer Subſtanzen vor, wenn dieſelben einige Tage hindurch der freien Luft ausgeſetzt geweſen ſind. Betrachtet man einen Tropfen davon unter dem Mikroſcop, ſo ſieht man eine Menge dieſer Thierchen ſich darin nach allen Richtungen, wie in einem großen Meere, auf das Lebhafteſte bewegen. An einigen derſelben bemerkt man eine Art Floſſen (?), die ſie unaufhörlich bewegen, andre ſind am Kopfe mit einem Kranze beweglicher Strahlen verſehen, die ſie in eine ſchwingende Bewegung verſetzen; manche ſind mit einer harten Schale, wie die Krebſe, bedeckt; andre ähneln Schlangen, welche vorwärts und rückwärts mit gleicher Leichtigkeit kriechen. Der Körper einiger iſt ſo durchſichtig, daß man Gefäße darin entdeckt, welche, wie unſer Herz, ſchlagen, und in welchen gefärbte Flüſſigkeiten fließen. Wie unendlich fein müſſen dieſe Canäle, die Flüſſigkeiten, von denen ſie ſo ſchnell durchlaufen werden, und die Bedeckungen, aus denen ihre Wände beſtehen, ſeyn! Wie unendlich zart muß ihr innerer Bau und der ſo vieler anderer Organe ſeyn, welche zur Bewegung, zum Athmen, und den andern Lebensverrichtungen dieſer kleinen Weſen dienen! Deſſen ungeachtet hat jedes dieſer Organe ſeine beſtimmte Form, welche von einer Zeugung zur andern für die nämliche Art beſtändig bleibt **). Selbſt dieſer Grad der Kleinheit alſo, der uns erſtaunlich erſcheint, weil er ſich von den Dimenſionen, worin wir die Dinge gewöhnlich erblicken, ſo weit entfernt, läßt noch eine vollkommene Organiſation lebender Weſen zu, die der unſrigen nichts nachgiebt, und deren Beſtandtheile wir eben ſo wenig in einem geſonderten unzuſammenhängenden Zuſtande erblicken, als die unſrigen. Dieſe neue, unſrer Wahrnehmung ſich faſt entziehende, Welt gleicht ſelbſt hinſichtlich der Wunder der Organiſation der, ſie bewohnenden, Weſen ſo ſehr der unſrigen, daß wir mit Wahrſcheinlichkeit annehmen können, es ſey durch ihre Entdeckung noch nicht einmal eine merkliche Annäherung zur Beobachtung der einzelnen Materietheilchen geſchehen, indem die Dimenſionen, welche dieſe Theilchen an ſich haben, ohne Zweifel in Verhältniß zu einem ganzen Infuſorium noch bei weitem kleiner ſind, als die Dimenſion eines ſolchen im Verhältniß zu einem Elephanten oder Wallfiſch.

---

*) Nach Leuwenhoek ſollen manche derſelben 1 000 000 000 mal kleiner, als ein Sandkorn ſeyn.

**) Dieſe Beſchreibung der Infuſorien könnte bei Manchen eine, in der Natur nicht begründete, Vorſtellung von denſelben erregen. Der Bau der Infuſorien iſt keineswegs ſo zuſammengeſetzt, als der Bau unſers Körpers; und jede Verrichtung, die in unſerm Körper ein verſchiednes Organ hat, hat ſie nicht in den Infuſorien. Die einfachſten Infuſorien erſcheinen geradezu nur als texturloſe Punkte ohne alle äußere und innere Organe: und es iſt von ſelbſt klar, daß zur Selbſterhaltung eines ſo einfachen Baues auch keine verwickelte Verrichtungen nöthig ſind, eben ſo wenig als ſie von ihm ausgeführt werden könnten. Bei höher ausgebildeten Infuſorien zeigen ſich äußre Bewegungsorgane, doch nicht als Floſſen, vielmehr meiſt als bewegliche Haare, oder Arme, in regelmäßiger Stellung angebracht. Nur bei wenigen findet man Spuren innerer Eingeweide, Kanäle, die dann aber nicht ſo wohl dem Herzen und den Gefäßen, als dem Darmkanal analog gehalten werden, im Grunde jedoch wohl die meiſten, in höhern Thierklaſſen an verſchiedne Organe vertheilten, Verrichtungen verſchmelzen. Was man früher bei vielen für innere Organe anſah; ſind kleinere Infuſionsthierchen, in größere eingeſchloſſen, Junge derſelben. Eine allgemeine ſtandhafte Erzeugung der Infuſionsthierchen durch einander findet aber keineswegs Statt. Ihre weſentliche Entſtehungsart iſt, allen neuern Unterſuchungen zu Folge, durch generatio aequivoca; ſie gehen hervor durch Auflöſung und Zerfallen faulender Thier- und Pflanzenſtoffe: und auf dieſe Weiſe vermag ſelbſt eine Art Infuſorien in die andre überzugehn; indem ſie in dieſelbe unmittelbar zerfällt; oder indem nach dem Tode der einen Art eine andere ſich aus ihr entwickelt.

Daraus indeß, daß die Zertheilung eines Körpers uns noch nicht zur Kenntniß der Beſchaffenheit ſeiner letzten Theile führt, läßt ſich keineswegs ſchließen, daß die Geſtalt und Natur derſelben für uns gleichgültig, und auf die Eigenſchaften, die wir an jedem, aus ihnen zuſammengeſetzten, Körper wahrnehmen, ohne Einfluß ſeyn müſſe. Einen ſolchen Schluß ſchlechthin aus der Unzulänglichkeit unſrer Beobachtungsmittel zu ziehen, würde wenig Ueberlegung verrathen: offenbar vielmehr wird dadurch der Wichtigkeit der Frage nicht das Mindeſte benommen. Anſtatt ihre Löſung alſo als unnütz oder als unmöglich aufzugeben, werden wir alle unſre Aufmerkſamkeit anzuwenden haben, um vielleicht aus den Erſcheinungen einiges Licht über ſie zu erhalten. Denn die Unmöglichkeit, in der wir uns befinden, die letzten Theilchen der Körper einzeln und geſondert darzuſtellen, ſchließt noch keineswegs die Möglichkeit aus, daß ihre Geſtalt oder ihre Grundbeſchaffenheit unter Umſtänden einen wahrnehmbaren Einfluß ausüben und auf dieſe Weiſe durch ihre Wirkungen erkannt werden kann; wie ja auch die abgeplattete Form des Erdſphäroids ſich in den, durch die Anziehung der Sonne und des Mondes ihm eingepflanzten, Bewegungen wirkſam äußert und dadurch die, in die Beobachtung fallende, Erſcheinung der Vorrückung der Nachtgleichen veranlaßt. Nun wird man im Verfolg dieſes Werks mehrere Erſcheinungen finden, welche auf eine ähnliche Urſache hinweiſen. Dergleichen bieten ſich dar bei der Art, wie ſich die Flüſſigkeiten ausdehnen, bei dem Act ihres Feſtwerdens, noch auffallender aber bei der Kryſtalliſation der Salze, die ich hier ihren einzelnen Umſtänden nach betrachten will, da die Einfachheit der Beobachtung ſie zu einem unmittelbaren Beleg eignet. Wenn ein Salz in einer hinreichenden Menge Waſſers aufgelöſt wird, ſo vertheilen ſich ſeine feſten Theile zwiſchen denen des Waſſers und hören dadurch auf ſichtbar zu ſeyn, oder vielmehr ſie treten in ſolche Verbindung mit den Waſſertheilchen, daß das Ganze eine durchſichtige Flüſſigkeit von gleichmäßiger Beſchaffenheit darſtellt. Bei angemeßner Erhitzung aber reißt ſich ein Theil des Waſſers in Dampfgeſtalt von den Salztheilchen los, und, wenn nach hinreichender Verminderung der Totalmenge des Waſſers mittelſt der Verdampfung, das rückſtändige zur Auflöſung alles Salzes nicht mehr hinreicht, ſo ſcheidet ſich ein Theil deſſelben wieder in feſtem Zuſtande aus der Auflöſung aus. Wird dieſer Proceß mit Langſamkeit geleitet, und die Auflöſung, während die Abſcheidung vor ſich geht, nicht in Bewegung geſetzt, ſo bilden die Salztheilchen bei ihrem Wiedererſcheinen nicht unordentlich zuſammengehäufte Maſſen, ſondern vielmehr kleine, von ebenen Flächen begränzte, Körper, deren Geſtalt ſich bei jedem Salze unwandelbar gleich bleibt, obwohl für verſchiedne Salze verſchieden ausfällt. Dieſe kleinen, durch Flächen regelmäßig begränzten, Solida (nach drei Dimenſionen ausgedehnte, von feſter Materie erfüllte, Räume) bilden das, was man Kryſtalle nennt. Bemerkt man einen ſolchen, der von dem übrigen abgeſondert iſt, ſo wird man, bei einige Zeit hindurch fortgeſetzter, aufmerkſamer, Beobachtung deſſelben finden, daß er allmählich an Umfang zunimmt, dabei aber immer ſeine urſprüngliche Form behält; ſo daß die neuen Salztheilchen in einer ſolchen Ordnung ſich an ihn anlegen, daß ſie, während ſie ſeinen Umfang vergrößern, doch die Regelmäßigkeit der, ihn begränzenden, Flächen fortbeſtehen laſſen, und in ihren gegenſeitigen Neigungswinkeln keine Veränderung hervorbringen. Manchmal findet dieſe Anlagerung an allen Flächen ziemlich gleichmäßig Statt, manchmal auch ungleichmäßig, was von der Lage des Kryſtalls in der flüſſigen Maſſe und der größern oder mindern Leichtigkeit, welche die, ſich ſucceſſiv aus der Auflöſung ſcheidenden, Salztheilchen finden, zu ſeinen verſchiednen Flächen hinzuzutreten, abhängt; ſo daß man durch Herumdrehen des Kryſtalls und dadurch, daß man ihn von einer Seite auf die andre legt, nach Belieben die eine oder die andre Fläche deſſelben anwachſen laſſen kann. Noch bemerkenswerther aber iſt folgende Erſcheinung: Nimmt man den Kryſtall, nachdem er ſchon einen gewiſſen Umfang erreicht hat, aus der Auflöſung und bricht eine ſeiner Ecken ab; ſo wird er an der Bruchfläche gewöhnlich ungleich und unregelmäßig erſcheinen. Legt man ihn jetzt, auf dieſe Weiſe abgeſtumpft, wieder in die Auflöſung, ſo füllen ſich die Ungleichheiten der Bruchfläche allmählich wieder aus, und ſeine Oberfläche zeigt ſich an dieſer Stelle wieder völlig ſo eben und regelmäßig begränzt als vorher, mit derſelben Symmetrie, oder demſelben Mangel an Symmetrie, den ſie zuvor in Bezug zu den andern Flächen hatte. Die Salztheilchen, welche die

Oberflächen des Kryſtalls ausmachen und die, aus welchen ſeine Maſſe im Innern beſteht, müſſen mithin nicht nur unter einander ähnlich ſeyn, ſondern auch noch überdieß ſich nach einem und dem nämlichen Geſetze an einander angelagert haben, da ihre Geſammtheit nach jeder Richtung, wo man ſie frei legt, ſtets die nämliche Wirkung auf die, ſich niederſchlagenden, Salztheilchen ausübt und ſie nöthigt, ſich auf ſolche Weiſe an die freigelegten Theilchen anzufügen, daß ein abgebrochenes Stück durch das Wachsthum des Kryſtalls ganz in ſeiner urſprünglichen Form wiederhergeſtellt wird. Vollkommen in Uebereinſtimmung mit dieſer Anſicht iſt eine andre, ſehr bemerkenswerthe, Thatſache. Nämlich, wenn eine Salzauflöſung ſo weit concentrirt iſt, daß, bei nur um ein Weniges weiter getriebener Concentration, der Kryſtalliſationsproceß begonnen haben würde, und man einen kleinen, ſchon gebildeten, Kryſtall des nämlichen Salzes hineinwirft, ſo bewirkt die Gegenwart deſſelben auf der Stelle die Abſcheidung und das Anſchießen einer gewiſſen Menge von Salztheilchen: nicht anders, als ob die Oberflächen des eingeſenkten Kryſtalls auf die, in der Auflöſung befindlichen, Salztheilchen eine Wirkung ausübten, vermöge deren dieſe genöthigt würden, die Flüſſigkeit, mit der ſie nur noch in ſehr ſchwacher Verbindung ſtehen, zu verlaſſen. Stoff zu Beobachtungen ſolcher mechaniſchen Einflüſſe materieller Theilchen bieten nicht allein die Subſtanzen dar, deren Kryſtalliſation wir zu bewerkſtelligen vermögen; wir entdecken vielmehr ganz augenſcheinliche Spuren derſelben in einer Menge von Körpern, die ſich in der Natur häufig ſchon als völlig gebildete Kryſtalle vorfinden. Faſt immer giebt es in dieſen Körpern, deren einige von ausnehmender Härte ſind, gewiſſe Richtungen von Ebenen, nach denen ſie ſich ſehr leicht ſpalten, oder *zerklüften* (cliver) laſſen; und die Flächen, in welchen durch dieſe Spaltung die *Blätterdurchgänge* zu Tage kommen, zeigen manchmal einen Glanz und eine Politur, die ſich durch keine Kunſt nachahmen laſſen. Ueberdieß bilden diejenigen dieſer Flächen, welche nach verſchiednen Richtungen gehen, immer untereinander Winkel, die für das nämliche Mineral ſtets durchaus conſtant ſind, ſo lange ſeine chemiſche Beſchaffenheit keine Abänderung erleidet; ſo daß man durch eine erfahrungsmäßige Beſtimmung aller Richtungen, nach welchen ſich ein Mineral zerklüften läßt, eben ſo viel Beſtimmungen erhält, denen das geometriſche Solidum oder die Solida Genüge leiſten müſſen, welche durch ihre Anlagerung die beobachteten Kryſtalle zu erzeugen vermochten. Noch andre Kennzeichen dieſer erzeugenden Solida findet man in der gegenſeitigen Neigung der ebenen Begränzungsflächen der Kryſtalle, weil an allen Puncten dieſer Flächen das erzeugende Solidum ſich offenbar in gleicher Lage befinden muß. Nach dieſen Datis vermag man durch Hülfe der Rechnung die Geſtalt dieſes Solidums, oder wenigſtens eines Solidums, durch deſſen Aneinanderlagerung die Bildung des Kryſtalls möglich war, aufs Vollkommenſte zu beſtimmen. Man findet alsdann, daß das nämliche Solidum, blos je nachdem man ſich das Geſetz ſeiner Anlagerung verändert denkt, alle die verſchiednen Kryſtallformen, welche ſich der Beobachtung bei dem in Betracht gezognen Mineral ergeben, zu erzeugen vermag, und es laſſen ſich hieraus a priori die gegenſeitigen Neigungen ihrer, manchmal ſehr vielen Abänderungen unterliegenden, Begränzungsflächen herleiten, wie ſich dieß in Hauy's Werk über die Mineralogie (Traité de Mineralogie) am Vollſtändigſten entwickelt findet. Nun ſcheint von allen dieſen, durch ſichere Beobachtungen feſtgeſtellten, Erſcheinungen keine andre Erklärung möglich zu ſeyn, als mittelſt der Annahme, daß die kleinſten Theilchen jedes kryſtalliſirfähigen Minerals eine beſtimmte Zuſammenſetzung und Geſtaltung beſitzen, kraft deren ſie auf eine gewiſſe, ihnen eigenthümliche, Weiſe, die die Art ihrer gegenſeitigen Anlagerung begründet, auf einander einwirken. Alle feſten Körper aber, die wir kennen, ſind fähig zu kryſtalliſiren, indem alle mehr oder minder gewöhnlich in kryſtalliniſchem Zuſtande vorgefunden werden: und wenn ſie uns manchmal nicht in dieſem Zuſtande zu ſeyn ſcheinen, ſo muß man in Erwägung ziehen, daß wir immer nur Maſſen derſelben von einem, gewöhnlich verhältnißmäßig ſchon bedeutendem, Umfange betrachten, und daß, um an ſolchen das kryſtalliniſche Ausſehn hervortreten zu laſſen, die Umſtände, welche die Bildung aus dem flüſſigen Mittel bewerkſtelligt haben, während ihrer ganzen Dauer mit einer gewiſſen Beſtändigkeit fortgewirkt haben müſſen, ein Fall, der um ſo ſchwerer zur Ausführung zu bringen, und mithin auch um ſo ſeltner anzutreffen ſeyn muß, je mehr die Maſſe der, in Betracht gezogenen, Subſtanz beträgt. Dieß führt zu der Anſicht, daß die nämlichen Körper, die uns ſolchergeſtalt in Maſſen betrachtet nicht kryſtalliniſch erſcheinen, es doch wohl ihren Elementen nach ſeyn könnten, das heißt, daß ſie aus ganz kleinen, ohne alle Regelmäßigkeit mit verſchiednen Flächen aneinander gelagerten, Kryſtallen zuſammengeſetzt ſeyn könnten. Dieſe Annahme macht die Folgerungen, welche ſich aus den, an regelmäßigen Kryſtallen von merklicher Größe angeſtellten, Beobachtungen ziehn laſſen, auf die kleinſten Theilchen aller und jeder Körper anwendbar, und läßt uns aus der Beſtändigkeit ihrer Wirkungen auf eine Beſtändigkeit ihrer weſentlichen Beſchaffenheit und Geſtalt in jeder Subſtanz ſchließen.

Die Metaphyſiker und ſelbſt die Phyſiker haben viel darüber geſtritten, ob eine ſolche Theilbarkeit der Materie bis ins Unendliche möglich ſey oder nicht. Man ſieht nach dem Vorerwähnten, daß dieſer

Frage für uns alle Anwendbarkeit abgeht. Will man von Theilbarkeit im abſtracten und geometriſchen Sinne ſprechen, ſo läßt ſich ohne Zweifel keine Gränze derſelben annehmen. Denn wie unendlich klein man ſich auch ein Theilchen denken mag, ſo führt doch ſchon der Begriff ſeiner Ausdehnung mit ſich, daß es noch in zwei Hälften theilbar gedacht werden müſſe, jede dieſer Hälften wiederum in zwei und ſo fort bis ins Unendliche. Allein was eine reelle und phyſiſche Theilbarkeit betrifft, ſo läßt ſich über dieſe geradehin nichts ausſagen, da uns keine der Verfahrungsarten, in deren Beſitz wir ſind, in den Stand ſetzt, die letzten Theilchen der Körper ſelbſt geſondert darzuſtellen und einzeln ihre Unwandelbarkeit zu prüfen. Indeß ſcheinen doch die Reſultate zu ergeben, daß auf unſerm Erdkörper die materiellen Molecule keine Zerbrechung, keine Veränderung ihrer Eigenſchaften, keine Verwandlung in einander erfahren. Denn welchen chemiſchen Operationen man ſie auch unterwerfen, in welche Verbindungen man ſie bringen, welche Aſſimilationsproceſſe von Seiten lebender Körper man ſie auch untergehn laſſen mag, immer treten ſie mit ihren urſprünglichen Eigenſchaften daraus wieder hervor *). Die unendliche Mannichfaltigkeit von Einwirkungen dieſer Art, welche, ſeit die Welt ſteht, auf ſie eingewirkt haben, ſcheint in dieſen Eigenſchaften keine Veränderung hervorgebracht zu haben.

Wie aber kann ein ſolches Syſtem von Theilchen ſeinen Aggregatzuſtand in Form feſter und widerſtehender Maſſen, in welcher Art uns eine große Menge Körper, ja alle, wenn ſie unter die gehörigen Umſtände gebracht werden, erſcheinen, behaupten? Im Verfolg dieſes Werks wird ſich ergeben, daß dieſer Zuſtand durch Naturkräfte hervorgebracht und erhalten wird, durch die alle Körpertheilchen belebt (animées) ſind, und vermöge deren ſie nach einander wechſelſeitig hinſtreben, *als ob ſie ſich anzögen*. Wären aber dieſe Kräfte allein vorhanden, ſo würden die Theilchen ſich einander bis zur Berührung nähern, das heißt, bis ſich ihre eigne Undurchdringlichkeit dem weitern Zuſammenrücken entgegenſetzte; ein Zuſtand, in dem ſie ſich unſtreitig nicht wirklich befinden, da ſie in allen Körpern einer noch größern Annäherung oder Entfernung hinlänglich freien Spielraum geſtatten. Auch wird ſich uns eine allgemeine Urſache innerer Abſtoßung ergeben, durch welche allen anziehenden Kräften beſtändig die Wage gehalten wird. Dieſe, in allen Naturkörpern ſich vorfindende, Urſach ſcheint im Wärmeprincip zu liegen. Die Theilchen jedes Körpers, durch dieſe beiden Arten entgegengeſetzter Kräfte zugleich ſollicitirt (zur Bewegung angetrieben), ſetzen ſich von ſelbſt in den Zuſtand des Gleichgewichts, den die Compenſation ihrer Energieen zur Folge hat, und rücken näher zuſammen oder weiter auseinander, je nachdem die äußern Kräfte, denen man ſie ausſetzt, die Anziehung oder Abſtoßung begünſtigen. So bewegen ſich und oscilliren auch die Geſtirne, welche unſer Planetenſyſtem ausmachen, in ihren elliptiſchen, ſtets veränderlichen Bahnen, ohne daß der Untergang des Syſtems oder eine Störung des allgemeinen Gleichgewichts erfolgt. Auf dieſen verſchiednen Zuſtänden des Gleichgewichts der Körpertheilchen beruhen, wie wir weiterhin erörtern werden, alle ſecundäre und veränderliche Eigenſchaften, als der *luftförmige Zuſtand*, die *Flüſſigkeit*, die *Feſtigkeit*, das *kryſtalliniſche Gefüge*, die *Härte*, die *Elaſticität* u. ſ. w.

---

*) Was der Verfaſſer hinſichtlich der Unwandelbarkeit der Stoffe durch organiſche Proceſſe ſagt, iſt nicht ganz gegründet. Stoffe, die wir nach unſern jetzigen chemiſchen Kenntniſſen für einfach halten, wurden in Pflanzen und Thieren vorgefunden, denen man, des Verſuchs halber, die Aufnahme dieſer Stoffe von Außen unmöglich gemacht hatte: hier mußte daher Umwandlung aus andern Stoffen Statt finden. Nach neuern Verſuchen enthält friſch gelaſſenes Blut nur ſehr wenig Eiſen, der Eiſengehalt nimmt aber mit der Fäulniß deſſelben zu.

Bei allen dieſen Erſcheinungen verhalten ſich die materiellen Molecule wie eben ſo viel durchaus *träge* Maſſen, d. h. ſolche, denen jede Art der Spontaneität (Selbſtthätigkeit) mangelt. Sie können bewegt, aus der Stelle gerückt, in der Bewegung aufgehalten werden, doch nur durch fremde, außer ihnen ſelbſt liegende, Urſachen; nie vermögen wir die geringſte Spur eignen und freien Willens in ihnen zu entdecken. Wenn die, kraft des erhaltenen Stoßes auf der Tafel dahinrollende, Billardkugel allmälich die Geſchwindigkeit ihrer Bewegung verzögert und endlich ganz damit einhält, ſo iſt die einzige Urſache hiervon der Widerſtand, den ihr die Rauhigkeiten des Tuchs, über welche ſie mit Reibung dahinläuft, und die Molecule der Luft, durch die ſie ſich durchbewegt, beſtändig entgegenſetzen. Bei einer größern Glätte des Tuchs wird der nämliche Stoß eine längere Dauer der Bewegung hervorbingen; und nimmt man anſtatt des Tuchs eine Platte aus geglättetem Marmor und Banden aus geſpannten Metalldrähten, die eine recht vollkommene Elaſticität beſitzen, ſo wird die Bewegung noch ohne Vergleich länger dauern, was darauf deutet, daß ſie ohne Ende dauern würde, wenn die Hinderniſſe ganz und gar entfernt wären. Der Stein, der von der Höhe eines Thurms fortgeworfen wird und, zugleich durch dieſen Impuls (Antrieb) und durch die Schwere ſollicitirt, in einer gewiſſen Entfernung niederfällt, verliert ebenfalls allmälich an ſeiner horizontalen Geſchwindigkeit, indem er ſie mit den Moleculen der Luft, an die er trifft, theilt, und die einen gegen die andern treibt. Geſetzt aber, dieſe Luft wäre nicht vorhanden, und die Kraft des Impulſes hätte Energie genug, um den Stein von der Erde durch ſeine Tangentialbewegung eben ſo weit zu entfernen, als die Schwere ihn in jedem Augenblicke herabzuziehen ſtrebt, ſo würde er einen Kreis um die Erde beſchreiben; und da ihn nichts in ſeinem Laufe aufhielte, ſolchergeſtalt ewig die Erde umkreiſen. In der That ſehen wir dieſen Fall durch die Bewegung des Mondes realiſirt, der, wie wir wiſſen, im leeren Raume ſeine Bahn um die Erde zieht; und gleicherweiſe können wir uns auch die Dauer der Bewegung der übrigen Planetarkörper erklären, indem ſie ebenfalls einen, von allen widerſtehenden Materien freien, Raum durchlaufen. Alles führt mithin zu der Annahme, daß die Materie ſich durch ſich ſelbſt Ruhe oder Bewegung weder ertheilen noch rauben kann, und daß ſie, einmal in den einen oder den andern dieſer Zuſtände verſetzt, ewig darin bleiben würde, wenn keine fremden Urſachen auf ſie einwirkten. Dieſes gleichgültige Verharren in jedem Zuſtande, dieſer Mangel an Spontaneität, hat den Namen der Trägheit oder des Beharrungsvermögens *) (inertie, inertia) erhalten. Eine einzige Klaſſe von Körpern ſcheint hiervon eine Ausnahme zu machen, die nämlich der Weſen, welche man belebt nennt; indem dieſe vermöge einer innern Willenskraft ſich bewegen oder ihren Bewegungen Einhalt thun. Aber auch in dieſen ſind die materiellen Molecule, aus welchen ihre Theile beſtehen, ſo wie ihre Theile für ſich ſelbſt, durchaus träge. Nur der Geſammtheit der Theile in ihrer Verbindung kommt bei ihnen die Eigenſchaft, belebt zu ſeyn, zu; abgetrennt vom Ganzen vermögen ſie ihr Leben nicht zu behaupten, und ordnen ſich wieder den gewöhnlichen Geſetzen aller andern Körper unter. Die Urſach dieſer Verſchiedenheit liegt für uns völlig im Dunkel, wir wiſſen durchaus nicht, was die Lebenserſcheinungen begründet; da wir jedoch unter allen andern Umſtänden die Materie der Spontaneität ermangeln ſehen, da wir anerkennen müſſen, daß ſie ſelbſt in lebenden Weſen dieſes Vermögen durch den Tod und den Schlaf verliert, ſo können wir jene Erſcheinungen nicht als zum Weſen der Materie gehörig betrachten, und denken uns, dieſen Fall auf die gewöhnlichen Geſetze zurückführend, den Willen der belebten Weſen als das Wirken eines innern, in ihnen thätigen, immateriellen Princips (Grundurſache). Freilich können wir nicht ſagen, in welchem ihrer Theile dies Princip ſeinen Sitz habe, noch, worin es beſtehe, noch weniger, wie es, ſelbſt immateriell, doch auf die Materie wirken könne. Indeß werden wir bei einiger Reflexion über uns ſelbſt und einigermaßen aufmerkſamer Beobachtung der Werke der Natur ein-

---

*) Früher unpaſſend Kraft der Trägheit genannt.

ſehen, daß dieſe Dunkelheiten, auf die wir bei der Unvollkommenheit unſrer Erkenntniſſe leider nur zu häufig treffen, nie für uns einen gegründeten Einwurf gegen das Seyn von Dingen abgeben können, deren Weſen uns ewig verborgen zu ſeyn beſtimmt iſt. Wir glauben alſo in dieſem, wie in jedem andern Fall, am vernunftgemäßeſten zu Werke zu gehn, wenn wir uns an Analogieen halten, und die Bewegungen der belebten Körper von einer, ihrer Materie fremden, Urſache abhängig denken, da ſich uns die Materie in allen andern Fällen, wo wir Erfahrungen über ſie anſtellen können, träge zeigt. In den philoſophiſchen Schulen führt man auch noch einen andern Grund an, warum die Spontaneität einem immateriellen Princip beizumeſſen ſey; weil nämlich der Wille, der Natur ſeines Wirkens ſelbſt nach, nur von einem einfachen Weſen ausgehen und mithin nicht einem ſeiner Natur nach zuſammengeſetzten, oder wenigſtens theilbaren und zerſetzbaren Weſen, wie der Materie, angehören könne; da jedoch dieſer metaphyſiſche Grund außerhalb der Gränzen unſerer gewöhnlichen Betrachtungsweiſe liegt, ſo begnügen wir uns, ihn anzuführen. Bei allen unſern Unterſuchungen, denen Erfahrung die Hauptſtütze ſeyn ſoll, wird es hinreichen, die Immaterialität des Willenprincips einer, ſich auf Analogie gründenden, Unterſcheidung zufolge in den belebten Weſen anzunehmen; während uns die Trägheit oder das Beharrungsvermögen als eine allgemeine Eigenſchaft im beſtehenden Zuſtande der Welt gilt.

Die Erfahrung läßt uns noch mehrere andre, ebenfalls nicht im Weſen der Materie nothwendig begründete, Eigenſchaften erkennen, das heißt ſolche, die nicht unumgänglich erforderlich ſcheinen, um die materiellen Körper uns zur Wahrnehmung zu bringen; deren Kenntniß jedoch ſehr wichtig iſt, weil man ſie immer mit den urſprünglichen Bedingungen der Materialität in Verbindung antrifft; ſo daß in einer großen Zahl von Fällen, wo es unmöglich wird, zur unmittelbaren Wahrnehmung dieſer Bedingungen zu gelangen, dieſelben mittelbar an dem Daſeyn jener erkannt werden können. Eine ſolche Eigenſchaft iſt z. B. die Schwere (pesanteur, gravitas). Unter den Naturkörpern, deren Materialität ſich nachweiſen läßt, findet man ſchlechterdings keinen, der nicht ſchwer ſey, das heißt, der nicht, ſich ſelbſt überlaſſen, nach dem Mittelpunkt der Erde hin falle. Da nun dieſe beiden Eigenſchaften, die Materialität und die Schwere in einer ſteten Verknüpfung vorzukommen ſcheinen, ſo reicht die Gegenwart der einen hin, uns durch Induction auf die der andern ſchließen zu laſſen. Ungeachtet wir alſo die Luft weder ſehen noch betaſten können in der Art, wie wir dieß bei andern Körpern vermögen, ſo dürfen wir ſie doch für eine materielle Subſtanz erklären, weil ſie ſchwer iſt, ſich in Gefäße einſchließen läßt und viele andre Erſcheinungen darbietet, die alle ſich ſo verhalten, wie ſie eine ſchwere Flüſſigkeit hervorbringen muß. Eine tiefer eingehende Unterſuchung dieſer Eigenſchaften läßt uns alsdann erkennen, daß es ſehr verſchiedne Luftarten giebt, die eben ſo viel beſondre Subſtanzen darſtellen, welche ſich weſentlich von einander durch die Art, wie ſie auf andre Körper und wie andre Körper auf ſie einwirken, unterſcheiden.

Auch die Anziehung (attraction, attractio) iſt eine der zufälligen Eigenſchaften, welche, im Fall die unmittelbaren Sinneswahrnehmungen uns im Stiche laſſen, noch als Zeuge für die Materialität auftreten kann. Weiter oben habe ich geſagt, daß die Theilchen aller bekannten Körper durch anziehende und abſtoßende Kräfte (Attractiv- und Repulſivkräfte) auf einander wirkten; umgekehrt wird man durch die Nachweiſung der Gegenwart oder Wirkſamkeit dieſer allgemeinen Kräfte in einem unbekannten Princip, zum Schluß auf die Materialität dieſes Princips berechtigt. So iſt das Licht nicht taſtbar; man kann an ihm keine Ausdehnung erkennen; es iſt nicht wägbar, wenigſtens nicht durch unſre Wagen; es iſt ſo fein, daß es allen Mitteln, wodurch unſre Sinne es zu faſſen vermöchten, entſchlüpft. Laſſen wir es aber durch durchſichtige Körper hindurchgehen, ſo ſehen wir es ſich beim Durchgange beugen und krümmen, gerade, als wenn es durch eine, von der Oberfläche dieſer Körper ausgehende, Kraft abgeſtoßen würde, angezogen dagegen in ihrem Innern durch die Molecule, aus denen ſie beſtehen. So wiſſen wir auch, daß es eine, zwar ſehr kleine, aber doch meßbare, Zeit braucht, von den leuchtenden Körpern zu uns zu gelangen. Endlich, wenn wir die Lichtſtralen gewiſſen Verſuchen unterwerfen, finden wir, daß ſie von den durchſichtigen Körpern an gewiſſen Seiten anders als an andern gebrochen und gebeugt werden. Dieſe Erſcheinungen zuſammengenommen können uns alſo ſchließen laſſen, daß das Licht eine materielle Subſtanz ſey, beſtehend aus ausnehmend kleinen Theilchen, deren Geſtalt hinſichtlich gewiſſer Flächen ſymmetriſch iſt, welche eigenthümlicher Anziehung und Abſtoßung fähig ſind, die endlich im leeren Raume oder in den durchſichtigen Körpern mit einer gegebenen und meßbaren Geſchwindigkeit ſich bewegen. Obwohl aber dieſe Beſchaffenheit des Lichts zur Erklärung einer großen Menge von Erſcheinungen ausreicht, ſo giebt es deren deſſenungeachtet, die ſich noch nicht in Zuſammenhang damit haben bringen laſſen; weßhalb nun man hierin noch keine unumſtößliche Gewißheit gefunden zu haben glauben darf.

Es giebt noch andre Principe, welche auf die materiellen Körper einwirken, ohne ſichtbar oder taſtbar, oder durch irgend eine Wage wägbar zu ſeyn, die ſelbſt unſern Sinnen nicht ſo viel materielle

Charaktere, als das Licht, darzubieten ſcheinen, für deren Materialität deſſenungeachtet eben ſo ſtarke, wo nicht noch ſtärkere, Gründe ſprechen. Von dieſer Art ſind die unbekannten Principe der beiden Elektricitäten, welche man Harzelektricität und Glaselektricität nennt. Nichts hat in ihnen bisher nachgewieſen werden können, was ihre Materialität geradezu darthäte; ſie haben kein merkliches Gewicht, ſo wie auch keine Erſcheinung die Undurchdringlichkeit an ihnen erkennen läßt. Zwar, wenn man geſonderte Quantitäten beider einander darbietet, ſtoßen ſie ſich ab, wenn ſie gleichartiger Natur ſind, und ziehen ſich an, wenn ſie verſchiedner ſind; allein dieſe Wirkſamkeit üben ſie nur in Bezug auf einander ſelbſt aus. Wenn ſie ſich in materielle Körper von einem merklichen Volumen vertheilen, ſcheinen ſie blos den, ihnen ſelbſtſtändig zukommenden Kräften dieſer Art zu gehorchen, ohne daß die chemiſche Beſchaffenheit der Subſtanzen einen merkbaren Einfluß auf ſie äußerte. Deſſenungeachtet verhalten ſie ſich bei ihrer Vertheilung an der Oberfläche der Körper und bei der Ueberwältigung von Hinderniſſen, die ſich ihrem Uebergange von einem Körper zum andern entgegenſetzen, auf eine, mit den gewöhnlichen Geſetzen der Mechanik flüſſiger Materien ſo durchaus übereinſtimmende, Weiſe, daß man durch Anwendung dieſer Geſetze auf ſie vermögend iſt, die Erſcheinungen, die ſie darbieten, bis in die geringſten Einzelnheiten aufs Genaueſte zum Voraus zu berechnen. Dieß macht es ſehr wahrſcheinlich, daß die elektriſchen Principe in der That nichts anders, als ſolche Flüſſigkeiten, mithin materiell, ſind. Die nämlichen Wahrſcheinlichkeitsgründe gelten auch für die beiden magnetiſchen Principe, die ſich in verſchiednen Metallen entwickeln laſſen. Noch weniger ſichere Data haben wir für die Materialität des Princips der Wärme, welchem man häufig den Namen Wärmeſtoff (calorique, caloricum) giebt. Ihm gehen nicht nur, wie den vorigen, die in die Sinne fallenden Eigenſchaften ab, welche die Materie charakteriſiren, ſondern bei der noch unvollſtändigen Kenntniß der Geſetze ſeiner Bewegung und ſeines Gleichgewichts, iſt man auch nicht einmal im Stande, ähnliche Wahrſcheinlichkeitsgründe für daſſelbe in Anwendung zu bringen. Die Erfahrung lehrt uns, daß es ſich in den Körpern verbreitet, von einem zum andern übergeht, darin gebunden und daraus wieder frei wird, die Anordnung, die Abſtände, die anziehenden Eigenſchaften ihrer Theilchen modificirt. Allein alles dieß giebt keinen unwiderſprechlichen Beweis ab, daß dieß Princip ſelbſt ein Körper ſey. Die ſtärkſte Andeutung dafür, die wir haben, dürfte vielleicht in einigen, kürzlich entdeckten, Analogieen zwiſchen den Eigenſchaften der Stralung der Wärme und des Lichts zu finden ſeyn, welche darauf hinweiſen, daß die Principe, welche der Erregung der

Wärme- und Lichtempfindung zu Grunde liegen, ſich allmälich in einander verwandeln können, daß heißt, daß ſie die Modificationen, unter welchen ſie in uns entweder die eine oder die andre Empfindung hervorbringen, ſucceſſiv annehmen oder verlieren können. Die Entwicklung dieſer Analogieen tritt unſern Unterſuchungen als ein Gegenſtand von der höchſten Wichtigkeit entgegen.

Dieß ſind bis jetzt die einzigen Principe, die wir als wirkſam zur Hervorbringung der Naturerſcheinungen kennen; doch wird dadurch die Möglichkeit vieler andrer keineswegs ausgeſchloſſen, die ſich wegen ihrer Feinheit den Verfahrungsarten, die uns bei unſern Forſchungen jetzt noch zu Gebote ſtehn, entziehen. Durch Vervollkommnung dieſer Erfahrungswege, durch immer größere Präciſion, die wir in ſie bringen, durch Aufſuchung und Entdeckung von Mitteln, die empfindlichere Anzeichen für ſie abgeben können, werden wir dahin gelangen, unſre Herrſchaft über die Agentien in der Natur weiter auszudehnen, und auch diejenigen zu entdecken, die uns bisher vielleicht verborgen blieben.

Der Hauptzweck, den ſich die Phyſik vorſetzt, iſt, die zufälligen und vorübergehenden Modificationen (Abänderungen), welche in den materiellen Körpern durch die verſchiednen, ſo eben von uns namhaft gemachten, Principe hervorgebracht werden können, durch genaue Verſuche auszumitteln, und in allgemeinen Geſetzen auszudrücken. Denn obgleich dieſe Modificationen nichts in der Grundbeſchaffenheit der Körper, welche ſie betreffen, ſelbſt ändern können, ſo ändern ſie doch faſt immer die Wirkungen, die ſie auf einander und auf andre Subſtanzen ausüben, ab; weßhalb es nöthig wird, ſie ins Klare zu bringen und zu meſſen, bevor man ſein Augenmerk auf die Erſcheinungen der Zuſammenſetzung und Zerſetzung richtet, welche aus der gegenſeitigen Wirkung der Körper hervorgehn können. So wird das Studium der Phyſik ein nützliches, ja unentbehrliches Vorbereitungsſtudium für die Wiſſenſchaften der Chemie, der Medicin, der pflanzlichen wie der thieriſchen Phyſiologie.

Zweites Capitel.

Grundbegriffe: Raum, Ruhe, Bewegung, Kraft.

Wir haben im vorigen Capitel geſehen, daß alle Körper von merkbarer Ausdehnung, deren Materialität ſich unmittelbar darthun läßt, aus der Vereinigung einer Menge ausnehmend kleiner materieller Theilchen beſtehen, auf deren verſchiedenen Aggregationszuſtänden einzig die feſte, tropfbar flüſſige und luftartige Form der Körper beruht. So auch haben wir die Gründe erörtert, welche uns beſtimmen, dieſe Theilchen als träge Maſſen zu betrachten, denen das Vermögen abgeht, ſich aus freiem Antriebe ſelbſtthätig zu modificiren, und weßhalb wir ihnen nur die Fähigkeit zugeſtehn, äußern Urſachen, die ſie etwa ſollicitiren, zu *gehorchen*; ſey es, daß, wie die Beobachtungen uns zu ſchließen auffordern, der Mangel des Willens und der Spontaneität wirklich ein allgemeines und weſentliches Kennzeichen der Materie ausmacht; ſey es auch, daß wir, mittelſt der abſtrahirenden Thätigkeit unſers Geiſtes, dieſe Eigenſchaften von ihr wegdenken, wenn ſie zuweilen mit ihr verbunden vorkommen, um den Inbegriff derjenigen, die ihr nach dieſer Abſtraction noch bleiben, für ſich beſonders zu betrachten. Bei dieſer Betrachtungsweiſe der materiellen Molecule als träger Maſſen ergeben ſich uns in den Erſcheinungen, welche ihre Aggregate darbieten, gewiſſe nothwendige, für alle Körper geltende, Bedingungen als einfache Folgerungen ihrer Materialität, unabhängig von der chemiſchen Beſchaffenheit ihrer Beſtandtheile. Von dieſer Art ſind die *allgemeinen Geſetze des Gleichgewichts und der Bewegung*, deren mathematiſcher Ableitung in der That blos die Eigenſchaft des Beharrungsvermögens zu Grunde liegt. Ungeachtet dieſe Ableitung hier keine Stelle finden kann, da ſie ſich durchaus auf den Calcul (Berechnung) gründet, ſo müſſen wir doch die hauptſächlichſten Reſultate derſelben darlegen. Denn nach dem Vorerwähnten wird man leicht einſehen, daß ſie von beſtändiger und allgemeiner Anwendbarkeit bei dem Studium der Naturerſcheinungen ſeyn müſſen.

Wie einfach ſich aber auch immer dieſe Geſetze ausſprechen laſſen mögen, müſſen wir doch zuvor gewiſſe Grundbegriffe, als die der Ruhe, Bewegung, Kraft, mit Beſtimmtheit feſtſtellen, Ausdrücke, deren wir uns, als dem gewöhnlichen Redebrauch angehörend, zwar ſchon im Vorigen bedienten, denen wir aber jetzt eine feſte und unveränderliche Bedeutung für die Folge durchaus zu ſichern haben. Fangen wir damit an, uns über den Ort, wo die Erſcheinungen vorgehen, zu verſtändigen. Stellen wir uns alſo einen gränzenloſen, immateriellen, unbeweglichen Raum vor, deſſen, unter einander ähnliche, Theile von der Materie ungehindert durchdrungen werden können. Mag ein ſolcher Raum in der Natur vorhanden ſeyn oder nicht; dieß braucht uns wenig zu kümmern; er giebt uns nur ein Bild der reinen, ſchrankenloſen Ausdehnung. Setzen wir in dieſen Raum die Molecule, die materiellen Elemente der Körper, und betrachten wir zuvörderſt an ihnen nichts weiter, als die Thatſache ihrer Exiſtenz. Dieſe einfache Thatſache wird zwei beſonderer Modificationen fähig ſeyn; Einmal wird das nämliche Molecul unwandelbar an demſelben Orte, den es einmal einnimmt, verbleiben können; das andremal, von äußern Urſachen angetrieben, ihn verlaſſen, um in irgend einen andern Theil des Raums überzugehn. Der erſte dieſer beiden Zuſtände macht die abſolute Ruhe (repos absolu, quies absoluta), der zweite die Bewegung (mouvement, motus) aus.

Wir können uns aber auch vorſtellen, daß zwei oder mehrere Molecule durch eine gemeinſchaftliche Bewegung gleichzeitig eine Ortsveränderung erfahren, ohne dabei ihre reſpective (beziehungsweiſe) Lage gegen einander zu ändern. Wenn man ſie nun in ihren Beziehungen zum unbeweglichen Raume betrachtet, werden ſie wirklich in abſoluter Bewegung begriffen erſcheinen; betrachtet man ſie aber blos in ihren Beziehungen zu einander ſelbſt, ſo wird man in dieſen ſo wenig etwas verändert finden, als wenn die ganze Gruppe derſelben in Ruhe geblieben wäre, und wenn ſich auf einem derſelben ein denkendes Weſen befände, das alle übrigen beobachtete, ſo würde es aus dieſer Beobachtung allein noch keinen Schluß zu ziehen vermögen, ob das ganze Syſtem in Bewegung begriffen wäre oder nicht. Dieſes Beharren der Körper in ihren räumlichen Beziehungen zu einander bei gemeinſchaftlicher Bewegung, verſteht man unter dem Ausdruck der relativen Ruhe. Im Fall derſelben würden ſich mehrere Körper befinden, die man ſich in ein Fahrzeug gelegt und darin dem Lauf eines ſanften Stroms überlaſſen dächte. Den nämlichen Fall bieten auch alle Körper der Erde dar, wenn ſie unveränderlich an die nämliche Stelle des Bodens gefeſſelt bleiben. Sie ſind in Ruhe in Bezug auf einander; aber die Erde, welche ſich täglich einmal um ſich ſelbſt dreht, theilt ihnen eine gemeinſchaftliche Rotationsbewegung (Axenbewegung) mit, und trägt ſie zugleich alleſammt in ihrer Bahn um die Sonne mit ſich fort, welche vielleicht ihrerſeits die Erde und ihr ganzes Geleit von Planeten nach irgend einer entfernten Conſtellation trägt. Wahrſcheinlich alſo iſt in dieſem Syſtem nur relative Ruhe vorhanden; wenigſtens können wir aus unſern Beobachtungen mit Sicherheit keinen andern Schluß, als auf eine ſolche, ziehen.

Dieß veranlaßt uns, eine ähnliche Sonderung auch mit der Bewegung vorzunehmen, und die abſoluten Bewegungen der Körper, welche in Bezug zum unbeweglichen Raume betrachtet werden, von den Veränderungen der relativen Lagen, die unter ihnen ſelbſt eintreten können, zu unterſcheiden. Letztere wird man mithin relative Bewegungen nennen, mag nun derjenige Körper des Syſtems, auf welchen man ſie bezieht, ſich ſelbſt in Ruhe oder in Bewegung befinden. So ſind z. B. Veränderungen, wie wir ſie in der Lage der Geſtirne von der Erdoberfläche vor ſich gehn ſehen, keine abſoluten, ſondern relative Bewegungen, weil die Erde, auf welche wir ſie, gleichwie auf einen feſten Mittelpunct, beziehen, wirklich eine tägliche Rotationsbewegung und eine jährliche Umlaufsbewegung um die Sonne hat. Selbſt wenn wir, durch den Calcul, aus dieſen Beobachtungen die wahren Bewegungen der Geſtirne, wie man ſie vom Mittelpunkt der Sonne aus ſehen würde, herzuleiten vermögend geweſen ſind, dürfen wir uns nicht verſichert halten, hierin abſolute Bewegungen zu ſehen, weil es möglich wäre, daß die Sonne und unſer ganzes Planetenſyſtem zuſammen ihre Stelle im Raume änderten.

Der Anſicht zufolge, welche wir über das Beharrungsvermögen aus der Erfahrung geſchöpft haben, müſſen wir den Zuſtand der Bewegung und Ruhe blos als Zufälligkeiten an der Materie betrachten, welche ſie ſich nicht ſelbſt mitzutheilen, noch auch abzuändern vermag, wenn ſie ihr einmal mitgetheilt worden ſind. Demzufolge, wenn wir ſie aus einem dieſer Zuſtände in den andern übergehn ſehn, müſſen wir in dieſer Veränderung die Wirkung äußrer Urſachen erblicken. Von welcher Art auch dieſe Urſachen ſeyn mögen, immer werden ſie unter dem allgemeinen Namen der Kräfte (force, vis) begriffen. In der Natur bieten ſich uns deren eine unendliche Menge dar, welche, wenigſtens dem Anſchein nach, verſchiedener Art ſind; hierher gehören die Kräfte, welche durch die Muskeln und Organe der lebenden Thiere hervorgebracht werden, und die, zum großen Theil, einzig durch ihren Willen in Wirkung treten; ferner die, welche die phyſiſchen Agentien hervorbringen, wie die Ausdehnung der Körper durch die Wärme, ihre Verdichtung durch die Kälte, u. ſ. w. Andre giebt es, die gewiſſen Körpern zu inhäriren (ſtandhaft anzugehören) oder von gewiſſen, ihnen momentan eingedrückten, Modificationen abzuhängen ſcheinen; ſo die gegenſeitige Anziehung des Magnets und des Eiſens, oder die, welche zwiſchen den elektriſirten Körpern Statt findet. Kräfte der nämlichen Art ſind es auch, welche den Fall der Körper nach dem Mittelpunct der Erde, die chemiſchen Verwandtſchaften und das Streben der Planeten nach der Sonne bewirken. Das innere Weſen dieſer Art von Kräften iſt uns durchaus unbekannt; ſind ſie der Materie als ſolcher fremd? ſind ſie ihr eigenthümlich und zu ihrem Weſen gehörig? wir vermögen es nicht zu entſcheiden, deſſenungeachtet iſt es zweckmäßig und einem vernunftgemäßen Fortſchreiten angemeſſen, ſie in Gedanken davon zu ſondern, damit für die Betrachtung der phyſiſchen Natur nichts weiter vorliege, als träge Maſſen, durch bewegende Urſachen ſollicitirt.

Ferner, wenn wir uns gleich Anfangs zur Betrachtung von Körpern mit merklichem Volumen wenden, werden ihre Bewegungen im

Allgemeinen nicht als einfache Wirkungen erſcheinen, vielmehr als Reſultate, hervorgehend aus dem Zuſammentreffen aller der Kräfte, welche gleichzeitig auf ihre einzelnen Puncte wirken. Wie leicht zu erachten aber werden wir, um über die Wirkung der Kräfte ſelbſt ins Klare zu kommen, von dieſen complicirten Fällen abſehen müſſen; was wir im Folgenden thun, indem wir zunächſt ganz einfach den Fall betrachten, wo eine einzige Kraft auf einen materiellen Punct wirkt, deſſen Volumen von uns unendlich klein angenommen wird.

In dieſem Fall charakteriſirt und beſtimmt man jede Kraft nach den Umſtänden, welche bei ihrer Wirkungsart weſentlich in Betracht kommen. Zuvörderſt hat man den materiellen Punct anzugeben, an welchem ſie angebracht iſt und die *Richtung*, nach welcher ſie wirkt. Alsdann iſt die Energie, mit welcher ſie wirkt, oder, nach dem wiſſenſchaftlichen Ausdruck, ihre *Intenſität* oder *Größe* zu beſtimmen. Zu dieſem Zweck nimmt man eine gewiſſe Kraft willkührlich an, deren Intenſität man als Einheit ſetzt, und drückt durch 1 die Intenſität jeder Kraft, die jener *gleich* iſt, aus, das heißt, die, in entgegengeſetzter Richtung an dem nämlichen materiellen Punct angebracht, die Wirkung der erſtern genau aufheben würde. Alsdann denkt man ſich zwei oder mehrere gleiche Kräfte, die zuſammen und nach der nämlichen Richtung auf den nämlichen materiellen Punct wirken, und ſagt, daß die daraus hervorgehende zuſammengeſetzte Kraft, eine doppelte, dreifache, vierfache, oder, im Allgemeinen nach der Zahl der zu ihr zuſammenwirkenden Kräfte vielfache, Intenſität beſitze; ſo daß dieſe Zahlen als Ausdrücke für die Intenſitäten ſelbſt gelten; oder, man kann ſie auch, wenn man will, durch gerade Linien von verſchiedner, den Zahlen, durch welche ſie ausgedrückt werden, proportionirter Größe vorſtellen. Freilich muß man, um dieſe Vergleichungen zu realiſiren und ihnen eine phyſiſche Anwendbarkeit zu geben, für jede Kraft das Verhältniß ihrer Intenſität zur Energie der Bewegungen, welche ſie einem Körper einzudrücken vermag, zu beſtimmen wiſſen. Weiterhin wird dieſe, neu in Betracht kommende, Frage erörtert werden; indeß wird ſchon jetzt die bloße Erklärung, was man unter dem Verhältniſſe der Kräfte und ihren relativen Intenſitäten zu verſtehen habe, hinreichen, mehrere allgemeine Geſetze feſtzuſtellen, welche ſich beim Zuſammentreffen mehrerer Kräfte ſtandhaft darbieten.

Um endlich die vollendete Beſtimmung einer Kraft zu haben, muß man wiſſen, ob ſie plötzlich und augenblicklich wirkt, wie ein einfacher, ſich nicht widerholender, Stoß, oder ob ſie wiederholt und dauernd einwirkt, wie die Schwere, welche, wie ſich weiterhin ergeben wird, auf den fallenden Körper mit eben ſo viel Energie zu wirken fortfährt, als beim Anfang ſeiner Fallbewegung. Dieſe zweite Wirkungsart läßt ſich offenbar auf die erſte zurückführen, indem man der ſtetigen Wirkung der Kraft eine Succeſſion (Aufeinanderfolge) von Wirkungen ſubſtituirt, die durch unmerkliche Zeiträume von einander getrennt ſind, und alle unter einander gleich angenommen werden, wenn die vorzuſtellende Kraft mit conſtanter Energie wirkt, oder ihre Intenſität mehr und mehr ändernd, wenn die dieſer Kraft veränderlich iſt. Dieſer Kunſtgriff, welcher der Strenge der Folgerungen keinen Eintrag thut, läßt uns denn blos noch die Wirkung augenblicklicher Impulſe zu betrachten übrig; welche durchaus trägen, ſey es in Ruhe oder in Bewegung befindlichen, materiellen Moleculen eingedrückt werden.

Drittes Capitel.

Vom Gleichgewicht, aus der Zuſammenſetzung mehrerer, an dem nämlichen materiellen Punct angebrachter, Kräfte hervorgehend.

Wenn eine einzige Kraft an einem freien materiellen Punct angebracht iſt, ſo iſt klar, daß er, vermöge ſeines Beharrungsvermögens, ſich nach der Richtungslinie dieſer Kraft und auf ihrer Verlängerung fortbewegen muß. Sobald aber mehrere Kräfte gleichzeitig auf denſelben materiellen Punct oder auf ein Syſtem ſolcher Punkte wirken, ſo bieten ſich zwei Fälle dar, welche eine Unterſcheidung fodern. Es iſt möglich, daß die wirkenden Kräfte zuſammengenommen dem Syſtem Bewegung mittheilen; möglich aber auch, daß ihre Wirkungen ſich gegenſeitig aufheben, wo dann das Syſtem in Ruhe bleiben wird, Die Ruhe, welche auf dieſe Weiſe durch die Compenſation (das wechſelſeitige Aufheben) mehrerer wirkenden Kräfte hervorgebracht wird, bezeichnet man durch den Ausdruck Gleichgewicht (équilibre), um ſie von der trägen Ruhe zu unterſcheiden, welche ſich auf die Abweſenheit von bewegenden Kräften überhaupt ſtützt, obgleich dieſe beiden Zuſtände für den Anſchein ſich in Nichts unterſcheiden.

Der einfachſte Fall von Gleichgewicht iſt der zweier gleichen und in entgegengeſetzten Richtungen an den nämlichen materiellen Punct angebrachten Kräfte. Offenbar wird dieſer Punct, auf ſolche Weiſe mit gleicher Energie nach zwei entgegengeſetzten Richtungen geſtoßen oder gezogen, in Ruhe bleiben. Sind aber die beiden Kräfte von ungleicher Intenſität, ſo wird er ſich nach der Richtung der ſtärkern bewegen, als wenn dieſe allein, mit ihrem Ueberſchuſſe über die andere, auf ihn wirkte.

Zu keinem andern Falle können zwei, ſelbſt gleiche, Kräfte ſich wechſelſeitig das Gleichgewicht halten, als wenn ſie einander direct entgegengeſetzt angebracht ſind. So wie ihre Richtungen einen gewiſſen Winkel mit einander bilden, ſtimmt ihr Streben zum Theil zuſammen, und der materielle Punct, den ſie ſollicitiren, geräth in Bewegung nach einer gewiſſen Richtung, die wir zu beſtimmen haben.

Zu dieſem Zweck wollen wir zuerſt den einfachen Fall annehmen, wo die beiden zuſammenwirkenden Kräfte von gleicher Intenſität ſind. Laſſen wir M, Fig. 1. den Punct vorſtellen, auf welchen ſie wirken, und die, ins Unbeſtimmte verlängerten Geraden MA, MB ihre Richtungen von M nach A und von M nach B. Nehmen wir auf dieſen Geraden zwei gleiche Theile MF und MF′, um die Intenſitäten beider Kräfte, nach oben erörterter Weiſe dadurch vorzuſtellen. Es fällt in die Augen, daß ihr gemeinſchaftliches Streben dahin gehen wird, den Punct M nach einer Richtung MC hinzuziehen, welche die mittlere zwiſchen ihren beiderſeitigen Richtungen iſt. Denn da ſie ſymmetriſch und mit gleicher Energie zu beiden Seiten dieſer Linie wirken, ſo iſt kein Grund vorhanden, warum ſie ihn nach der einen oder der andern Seite vorzugsweiſe entfernen ſollten. Jetzt iſt noch die Beſtimmung übrig, welches die Energie dieſes, aus der gleichzeitigen Wirkung beider Kräfte hervorgehenden Strebens, ſey. Folgendes iſt die Regel, die der Calcul hierüber an die Hand giebt. Durch das Ende F, F′ jeder Kraft, das heißt, der geraden Linie, durch welche ihre Intenſität ausgedrückt wird, ziehe man eine, der andern Kraft parallele, Gerade. Dieſe beiden Linien werden MC in einem und demſelben Puncte R ſchneiden, und die Länge MR wird die Mittelkraft (résultante) der beiden Kräfte MF und MF′ vorſtellen; das heißt, die gleichzeitige Wirkung beider auf den Punct M wird genau derjenigen gleich ſeyn, welche eine einzige, nach MC gerichtete, und durch die Länge MR ihrer Intenſität nach vorgeſtellte, Kraft hervorbringen würde. Wenn man alſo auf der Verlängerung von MC eine neue Kraft MR′ anbringt, welche dieſer Mittelkraft gleich und entgegengeſetzt iſt, ſo wird die Wirkung der letztern aufgehoben werden und der Punct M zwiſchen der gleichzeitigen Wirkung der drei, ſolchergeſtalt beſtimmten, Kräfte MF, MF′, MR′ ſich im Gleichgewicht befinden.

Auf die nämliche Weiſe findet man auch die Richtung und Größe der Mittelkraft in dem allgemeinen Fall, wo zwei ungleiche Kräfte auf den nämlichen materiellen Punct wirken. Mögen, wie vorhin, MA, MB, Fig. 2., die Richtungen dieſer Kräfte, und M den, von ihnen ſollicitirten, Punct vorſtellen. Nehmen wir auf beiden Geraden die Stücken MF, MF′, ihren Intenſitäten proportional, alſo, dieſen entſprechend, von ungleicher Länge. Ziehen wir durch die Endpuncte F, F′ jeder Kraft eine Gerade der andern parallel und verlängern dieſe Geraden, bis ſie ſich in einem Puncte R ſchneiden; MR wird durch ſeine Länge und Richtung die Größe und Richtung der geſuchten Mittelkraft vorſtellen *); und bringt man ſie auf der Verlängerung von MC in entgegengeſetzter Richtung an, ſo wird ſie der gleichzeitigen Wirkung der beiden Kräfte MF und MF′ das Gleichgewicht halten. Dieſe Conſtruction iſt in der Statik unter dem Namen des Parallelogramms der Kräfte (parallélogramme des forces) bekannt und in der Phyſik von einer beſtändigen Anwendung.

Wie man, nach dieſer Regel, zwei Kräfte zu einer einzigen Mittelkraft zuſammenſetzen (composer) kann, eben ſo kann man, eine gegebne Kraft als Mittelkraft betrachtend, ſie in zwei andre Kräfte mit beſtimmten Richtungen zerlegen oder zerfällen (décomposer); d. h. zwei andre Kräfte finden, die, reſpectiv nach dieſen Richtungen zugleich wirkend, eine, jener erſten gleiche, Wirkung hervorbringen. Denn es ſey, Fig. 3., MA die Richtung der gegebenen, am Puncte M angebrachten, Kraft, und ihre Intenſität durch die Länge MF vorgeſtellt; es ſeyen MC, MD die beiden Richtungen, nach denen ſie zerlegt werden ſoll, ſo hat man blos durch den Punct F die Geraden Ff und Ff′, parallel mit dieſen Richtungen, zu ziehen, und die Längen Mf, Mf′ werden die Intenſitäten der verlangten Seitenkräfte (composantes) vorſtellen.

Wenden wir dieſe Conſtruction auf jede der beiden Kräfte MF, MF′ der Fig. 2., an, indem wir zu Richtungen der neuen Seitenkräfte die der Mittelkraft MR, und einer, auf dieſer ſenkrechten, Linie, wie in Fig. 4. vorgeſtellt iſt, annehmen, ſo finden wir zuvörderſt nach MR die beiden Kräfte Mf, MΦ, die, nach der nämlichen Richtung wirkend, ſich zu einer einzigen, MR gleichen, Kraft, vereinigen; während wir nach der, darauf ſenkrechten, Richtung die beiden Kräfte Mf′, MΦ′ erhalten, die ſich, als gleich und entgegengeſetzt, einander aufheben. Sie können demnach kein Streben äußern, den Punct M von der Richtung MR abzulenken, weßhalb dieſe die Richtung der Mittelkraft der beiden Kräfte MF, MF′ ſeyn muß.

---

*) Hiernach wird z. B., wenn der Winkel, den die beiden, durch MF und MF′ vorgeſtellten, Seitenkräfte einſchließen, ein rechter iſt, dem pythagoräiſchen Lehrſatz zufolge, das Quadrat der Mittelkraft der Summe der Quadrate beider Seitenkräfte gleich ſeyn. Betrüge alſo in dieſem Falle die Intenſität der einen Seitenkraft 3, die der andern 4, mithin die Summe ihrer Quadrate 9 + 16 d. i. 25, ſo würde die Mittelkraft derſelben gleich 5 ſeyn müſſen, weil das Quadrat von 5 ebenfalls gleich 25 iſt.

Welches auch die Zahl und Richtung der, auf einen materiellen Punct wirkenden, Kräfte ſeyn mag, immer wird man ſie, mit Hülfe der vorigen Regel, zu einer einzigen Mittelkraft zuſammenſetzen, und deren Richtung und Größe finden können. Denn indem man zuvörderſt zwei der gegebenen Seitenkräfte abgeſondert von den übrigen betrachtet, kann man ſie zu einer einzigen Mittelkraft verbinden; dieſe Mittelkraft, ihrerſeits als Seitenkraft betrachtet, wird wieder mit einer der rückſtändigen Kräfte zu einer neuen Mittelkraft zuſammengeſetzt werden können, und ſo fort, bis keine Kräfte mehr zuſammenzuſetzen übrig ſind. Die letzte Mittelkraft, zu der man auf ſolche Weiſe gelangt, wird die Mittelkraft aller gegebenen Kräfte ſeyn, und, an den materiellen Punct in der entgegengeſetzten Richtung, als die ſie in der Conſtruction erhält, angebracht, allen dieſen Kräften das Gleichgewicht halten. Umgekehrt wird man jede gegebene Kraft als die Mittelkraft von ſo viel, nach gegebenen Richtungen wirkenden, Kräften, als man immer will, betrachten, und in der Conſtruction den umgekehrten Weg verfolgend, nach allen dieſen Richtungen beliebig zerlegen können.

Der Mittelkraft zweier zuſammenwirkenden Kräfte kommt eine Eigenſchaft zu, deren Kenntniß von Wichtigkeit iſt, da ſie außerordentlich fruchtbare Anwendungen leidet. Wenn man von irgend einem, beliebig auf der Richtung der Mittelkraft genommenen, Punct C, Fig. 5., die Linien CP, CP′, ſenkrecht auf die Richtungen beider Seitenkräfte zieht, ſo verhalten ſich die Längen dieſer Senkrechten (Sinus) immer umgekehrt wie die Intenſitäten der Kräfte, auf deren Richtungen ſie gefällt ſind. So, wenn die Kraft MF eine durch 9, MF′ eine durch 5 ausgedrückte, Intenſität beſitzt, wird ſich CP zu CP′ verhalten, wie 5 zu 9, kleiner alſo auf der Seite der größern Kraft ſeyn. Der Beweis dafür ergiebt ſich leicht aus der Geometrie, als eine Folgerung aus der Conſtruction des Parallelogramms, durch welches die Richtung der Mittelkraft beſtimmt wird. Es folgt aus dieſem Verhältniß, daß, wenn man den Zahlausdruck jeder Kraft mit der Länge der ihr zugehörigen Senkrechten, welche in Theilen der Lineareinheit ausgedrückt, multiplicirt, beide Producte für beide Kräfte gleich ſeyn werden. In Fig. 5. z. B. wo wir die größere Kraft MF durch 9, die kleinere MF′ durch 5 ausgedrückt annehmen, beträgt die Länge von CP 5 Millimeter, die von CP′ 9 Millimeter; ſo daß die Multiplication von MF mit CP eben ſo wohl 45 zum Product giebt, als die Multiplication von MF′ mit CP′. Im Allgemeinen nennt man das Product aus einer Kraft MF in die Länge der, von irgend einem Puncte C auf ihre Richtung gefällten, Senkrechten das ſtatiſche Moment (moment statique) der Kraft in

Bezug auf dieſen Punct. Weiterhin werden wir ſehen, daß das Product die Energie ausdrückt, mit welcher die Kraft einen, auf ihre Richtung ſenkrechten, unbiegſamen Stab CP um den, unbeweglich angenommenen, Punct zu drehen ſtreben würde. Dieß giebt der Betrachtung der Momente eine ſo große Wichtigkeit.

Viertes Capitel.

Vom Gleichgewicht, hervorgehend aus der Zuſammenſetzung mehrerer, an verſchiedenen, unveränderlich mit einander verbundenen, materiellen Puncten angebrachter Kräfte.

Da alle Körper, welche ſich uns in der Natur darbieten, aus Theilen von merklicher Ausdehnung beſtehen, ſo läßt die Wahrheit der Geſetze, welche wir ſo eben für einen einzigen, im Raume iſolirten, materiellen Punct aufgefunden haben, keine Beſtätigung durch eine unmittelbare Anwendung zu. Deſſenungeachtet iſt es unerläßlich, ſie erſt in dieſer Art abſtract betrachtet zu haben, ehe man zu den zuſammengeſetztern Erſcheinungen fortſchreitet, welche mehrere, durch gegenſeitige Abhängigkeit mit einander verbundene, materielle Puncte, wie die, aus welchen die Körper wirklich zuſammengeſetzt ſind, darbieten.

In dieſem Fall bleibt die Wirkung der, an jedem der Puncte des Syſtems angebrachten, Kräfte nicht auf dieſen Punct beſchränkt, pflanzt ſich vielmehr auf die ganze Maſſe über, den Bedingungen zufolge, vermöge deren die Theile in den Lagen, in die ſie kommen, und bei den Ortsveränderungen, die ſie erfahren können, von einander in Abhängigkeit gehalten werden. Handelt es ſich z. B. um einen feſten Körper? der mathematiſche Charakter eines ſolchen Körpers wird der ſeyn, daß alle ſeine Theile unwandelbar mit einander verbunden bleiben, ohne ſich je von einander löſen zu können; und obwohl es, ſtreng genommen, wahrſcheinlich keinen Naturkörper giebt, der dieſe Unwandelbarkeit in einem durchaus unbeſiegbaren Grade beſäße, ſo kann man doch diejenigen Körper als ſolche betrachten, deren Gefüge der Wirkung der Kräfte, die man auf ſie einwirken läßt, widerſteht. Der feſte Zuſammenhang nun, der ein ſolches Syſtem charakteriſirt, erfordert offenbar, daß ſeine Theile den Eindruck der Kräfte, durch welchen einige von ihnen ſollicitirt werden, auf die andern fortpflanzen; indem, wenn ein beliebiger Theil einen Impuls erhält, er alle andern bei ſeiner Bewegung mit ſich fortzieht. Handelt es ſich um einen flüſſigen Körper? Dann iſt die Undurchdringlichkeit der verſchiedenen, ſich berührenden, Theilchen die einzige Bedingung, welche ihre Bewegungen einſchränkt, und nach der ſich die Vertheilung der, an jeden Punct der ganzen Maſſe angebrachten, Kräfte richtet. Im Allgemeinen werden alle denkbare Bedingungen, wie die Theile eines materiellen Syſtems unter einander verbunden ſeyn können, ſich immer darauf zurückführen laſſen, daß einige ſeiner Puncte genöthigt ſind, auf Oberflächen oder auf gegebenen Linien zu bleiben, oder daß ſie von einander in ihren Bewegungen ſo abhängen, daß ein Theil ſeine Lage nach einer Richtung nicht ändern kann, ohne zugleich entſprechende Verrückungen eines oder mehrerer andern Theile zu bedingen. Alles dieß ließe ſich künſtlich nachahmen, wenn man das Syſtem als aus, urſprünglich iſolirten und freien, Puncten beſtehend betrachtete, die aber nachher durch mehr oder minder ausdehnbare und biegſame Fäden, je nach der Beſchaffenheit der, ihnen verſtatteten, Bewegungen, verbunden worden wären. Alsdann wird ſich die Verbindung, die ſie von einander abhängig macht, immer auf Druck- oder Zugkräfte nach der Richtung dieſer Fäden wirkend, reduciren; man wird die Bewegung oder das Gleichgewicht jedes Punctes des Syſtems gerade ſo ins Auge faſſen können, als wenn er von den andern Puncten unabhängig, aber durch die Geſammtheit aller dieſer Kräfte ſollicitirt wäre: und die allgemeine Bedingung des Gleichgewichts oder der Bewegung des ganzen Syſtems wird darin beſtehen, daß alle dieſe Bedingungen für jeden einzelnen Theil gleichzeitig und ohne Widerſpruch erfüllt werden können.

Wenden wir dieß z. B. auf das Gleichgewicht eines, durchaus feſten, Syſtems an, d. h. deſſen Theile ſämmtlich unveränderlich mit einander verbunden ſind, und betrachten wir, um uns auf einen einfachen Fall zu beſchränken, den, wo ein ſolches Syſtem blos von zwei Kräften ſollicitirt wird, deren Richtungen in der nämlichen Ebene liegen, und die an zweien ſeiner Puncte angebracht ſind. Bezeichnen wir dieſe Puncte durch m, m', Fig. 6. und ſtellen durch mF, $m'F'$ die Richtungen und Größen beider gegebenen Kräfte vor. Offenbar würden wir die Auflöſung der Frage haben, wenn wir beide Kräfte auf einen und den nämlichen Angriffspunct (point d'application) bringen könnten; indem ſich dann ihre Zuſammenſetzung nach unſerer allgemeinen Regel des Parallelogramms der Kräfte ergeben würde. Nun führt uns hierzu die Erwägung, daß der Angriffspunct einer Kraft willkührlich auf einen beliebigen Punct ihrer Richtung verſetzt werden kann, angenommen nur dabei, daß der neue Angriffspunct mit dem erſten durch einen ſteifen und unbiegſamen Stab verbunden ſey, der den Eindruck der Kraft von jenem zu dieſem, vermöge der Undurchdringlichkeit ſeiner Theilchen, fortpflanzt. Von dieſem Grundſatz ausgehend, verlängern wir die Richtungen beider Kräfte mF, m'F', bis ſie in demſelben Puncte M zuſammentreffen, was immer geſchehen wird, weil ſie nach unſerer Annahme in der nämlichen Ebene begriffen ſind. Indem wir nun den Punct M mit dem Syſtem unveränderlich verbunden denken, tragen wir dorthin die Angriffspuncte unſerer beiden Kräfte MF und MF' über, und conſtruiren das Parallelogramm MFF'R auf den Geraden, welche ihre Intenſitäten vorſtellen. In der Diagonale MR werden wir die Größe und Richtung der geſuchten Mittelkraft haben. Verlängern wir dieſe Diagonale durch den feſten Körper hindurch, ſo wird dieſer gerade ſo ſollicitirt werden, als wenn die Kraft MR allein an irgend einem, auf ihrer Richtung befindlichen, Puncte angebracht wäre.

Ein Fall ſcheint nicht unter unſere Auflöſung begriffen zu ſeyn, der nämlich, wo die Richtungen beider Kräfte mF, m'F' genau parallel ſind, Fig. 7. Da jedoch die Regel, deren wir uns bedient haben, noch ihre gleichmäßige Anwendung bei allen Graden der Kleinheit des Winkels, den die Richtungen beider Kräfte mit einander einſchließen, findet, wenn er nur nicht geradezu Null geſetzt wird, ſo folgt, nach den gewöhnlichen Geſetzen der Stetigkeit in den mathematiſchen Beſtimmungen, daß ſie auch noch für dieſe Gränze Statt hat, und daß man nur unter den Reſultaten, die ſie giebt, diejenigen ausheben muß, welche auch in dieſem Fall nicht verſchwinden. Nun hat ſich uns bei Betrachtung der zuſammenwirkenden Kräfte als allgemeiner Satz ergeben, daß, wenn man von irgend einem, auf der Richtung der Mittelkraft CR, Fig. 5., genommenen, Puncte C Senkrechte CP, CP' auf die Richtungen der beiden Seitenkräfte fällt, die Längen dieſer Senkrechten ſich umgekehrt verhalten, wie die Längen der Kräfte, auf deren Richtungen ſie gefällt werden. Dieſe Regel wird mithin auch noch gelten müſſen, wenn die beiden Kräfte an dem nämlichen feſten Körper, Fig. 6., angebracht ſind. Nun iſt das Verhältniß, welches dieſe Regel angiebt, durchaus unabhängig davon, ob der Winkel, den die Richtungen beider Kräfte mit einander bilden, mehr oder weniger ſpitzig iſt: muß alſo ſelbſt noch für den Fall Statt haben, wo dieſe Richtungen parallel werden: eine Bedingung, die hinreicht, die Lage ihrer Mittelkraft finden zu laſſen. Denn man hat dann nur eine Gerade PP', Fig. 7., ſenkrecht auf die Richtungen beider gegebenen Kräfte zu fällen, darauf dieſe Gerade in zwei Theile CP, CP' zu theilen, welche den Intenſitäten dieſer Kräfte, oder den, dieſelbe vorſtellenden, Linien mF, m'F' reciprok (umgekehrt proportional) ſind. Der, auf ſolche Weiſe erhaltene, Punct C wird einer der Puncte der geſuchten Mittelkraft ſeyn; und man wird dieſe mithin verzeichnen können, da man weiß, daß ſie den Richtungen der Seitenkräfte mF, $m'F'$ parallel ſeyn muß. Ueberdieß thut der Calcul und ſelbſt die Conſtruction der Fig. 4. dar, daß ſie der Summe der Seitenkräfte gleich iſt; welches ihre Beſtimmung vollendet. Zu bemerken iſt, daß man den Punct C eben ſo wohl ohne Conſtruction der Senkrechten PP' erhalten könnte, indem man blos die Puncte m, m', an welchen die beiden Seitenkräfte angebracht ſind, durch eine Gerade mm' verbände, und dieſe nach dem nämlichen Verhältniß als PP', d. i. dieſen Kräften reciprok, theilte.

Nachdem man ſolchergeſtalt die Beſtimmung von CR erhalten hat, braucht man blos an den nämlichen Punct C eine, ihr gleiche, Kraft CR' in entgegengeſetzter Richtung anzubringen, um die Wirkung der Mittelkraft CR aufzuheben; daher ebendadurch auch die Wirkung der beiden Seitenkräfte, denen CR als Mittelkraft angehört, aufgehoben und der feſte Körper gegen ihr vereintes Streben im Gleichgewicht erhalten werden wird.

In Fig. 7. haben wir angenommen, daß die beiden Kräfte mF, $m'F'$ nach der nämlichen Richtung wirken. Sie könnten aber auch eine entgegengeſetzte Richtung haben, wie Fig. 9. darſtellt. Dann wird die Mittelkraft CR der Differenz (dem Unterſchiede) beider vorliegenden Kräfte gleich; ſie wirkt nach der Richtung der ſtärkern, und hat ihren Angriffspunct C zur Seite dieſer letzten Kraft, außerhalb des, zwiſchen beiden Seitenkräften begriffenen, Raums, ſo daß die ſtatiſchen Momente $mF \times CP$, $m'F' \times CP'$ immer einander gleich bleiben; ein Reſultat, das ſich leicht vorausſehen ließ. Denn, fällen wir willkührlich eine Senkrechte PP' auf die Richtungen beider Kräfte, nehmen wir als deren Angriffspuncte die Puncte P, P an, wo dieſe Senkrechte in ſie eintrifft, was ihre Wirkung ungeändert läßt, und bezeichnen wir, der Kürze halber, ihre Intenſitäten mF, $m'F'$ durch die Buchſtaben F, F'; zerlegen wir alsdann die ſtärkere Kraft, als die wir z. B. F annehmen wollen, in zwei andre, nach der nämlichen Richtung wirkende, deren eine, an den Punct P' angebracht, F' gleich ſey, ſo wird die andre, der Differenz $F - F'$ gleiche, nothwendig irgendwo in C zur andern Seite des Puncts P ihren Angriffspunct haben müſſen; es wird die erſte dieſer Seitenkräfte die Wirkung von F' völlig aufheben, und als Endreſultat keine andre Wirkung übrig bleiben, als die der zweiten $F - F'$ oder CR, welche mithin die geſuchte Mittelkraft ſeyn wird. In entgegengeſetzter Richtung angebracht wird dieſe Mittelkraft die Wirkung der beiden vorliegenden Kräfte F, F' aufheben, und ſomit das Gleichgewicht des Syſtems bedingen.

Es erhellt ſchon aus dieſer Conſtruction, daß die, der Differenz beider Kräfte ſtets gleiche, Mittelkraft ſich von P immer mehr entfernt, je mehr ſie abnimmt. Ja, wenn dieſe beiden Kräfte ganz gleich ſind, wird ſie Null und entfernt ſich bis ins Unendliche. Da dieſe Bedingung in der Wirklichkeit keiner Ausführung fähig iſt, ſo muß man ſchließen, daß in dieſem Fall gar keine Mittelkraft Statt finde, was ſich auch ſchon aus der bloßen Erwägung der Symmetrie ergiebt; denn wenn beide Kräfte einander in völliger Strenge gleich und entgegengeſetzt ſind, ſo iſt kein Grund vorhanden, warum ihre Mittelkraft, im Fall eine ſolche Statt fände, vorzugsweiſe die Richtung der einen oder die der andern annehmen ſollte; und da ſie deſſenungeachtet nicht beide Richtungen zugleich annehmen kann, ſo folgt, daß es überhaupt keine geben muß. Das Syſtem wird ſich mithin alsdann durch eine einzige Kraft nicht mehr im Gleichgewicht erhalten laſſen, ſondern man wird hiezu die Wirkung jeder der Seitenkräfte F, F' durch directe Entgegenſetzung einer gleichen Kraft beſonders aufheben müſſen. Eben dieß würde erforderlich ſeyn, um einen feſten Körper im Gleichgewicht zu erhalten, an dem zwei, ihren Richtungen nach nicht in derſelben Ebene begriffene, Kräfte angebracht wären: denn da dieſe Richtungen, wie weit man ſie auch verlängern wollte, nie zuſammentreffen könnten, ſo würden ſich ihre beiden Angriffspuncte nie auf Einen zurückbringen und mithin auch beide Kräfte nicht zu Einer Mittelkraft zuſammenſetzen laſſen; daher zum Gleichgewicht erforderlich ſeyn würde, jede Kraft beſonders durch eine entgegengeſetzte aufzuheben.

Da wir zwei, an zwei verſchiedene Puncte eines feſten Körpers angebrachte, Kräfte zuſammenzuſetzen wiſſen, wenn dieſe Zuſammenſetzung überhaupt ausführbar iſt, ſo vermögen wir nun auch leicht, deren eine unendliche Menge zuſammenzuſetzen, indem wir nämlich die Zuſammenſetzung der ſucceſſiv erhaltenen Mittelkräfte mit den übrigbleibenden Kräften, einer nach der andern, bewerkſtelligen, wie im Fall eines einzigen Punctes erörtert wurde. Z. B., wenn alle gegebenen Kräfte unter einander parallel und gleichgerichtet ſind, wird man als letzte Mittelkraft eine Kraft erhalten, welche der Summe dieſer Kräfte gleich, ihrer gemeinſchaftlichen Richtung parallel iſt, und durch den Körper nach einer gewiſſen geraden Linie hindurchgeht, welche ſich aus der Conſtruction ſelbſt ergeben wird. Wenn dagegen die Kräfte zwar parallel ſind, aber die einen nach der einen, die andern nach der entgegengeſetzten Richtung wirken, ſo wird man für jede Gruppe die Mittelkraft und ihren Angriffspunct beſonders ſuchen, alsdann, wenn Alles auf dieſe beiden Mittelkräfte zurückgeführt iſt, ausmitteln, ob ſie unter der oben bemerkten Ausnahme begriffen d. h. ob ſie einander genau gleich ſind. In dieſem Fall wird es nicht möglich ſeyn, eine gemeinſchaftliche Mittelkraft aus ihnen herzuleiten, und man wird, um den Körper im Gleichgewicht zu erhalten, die Wirkung jeder Kraft beſonders durch unmittelbare Anbringung einer gleichen und entgegengeſetzten Kraft aufheben müſſen. Wenn aber keine ſolche vollkommene Gleichheit Statt hat, werden ſich die beiden Mittelkräfte zu Einer zuſammenſetzen laſſen, die ihrer Differenz gleich iſt, und deren Angriffspunct, wie ſo eben, aus der Bedingung der Gleichheit der ſtatiſchen Momente durch Berechnung wird hergeleitet werden können. Dann wird ſich das Syſtem mittelſt einer einzigen, jener allgemeinen Mittelkraft gleichen und direct entgegengeſetzten, Kraft im Gleichgewicht erhalten laſſen.

Beſchränken wir uns auf dieſen Fall, und ſtellen uns vor, nachdem wir die Mittelkraft ausgemittelt haben, daß alle Seitenkräfte, ohne ihre Größe zu ändern, und mit Beibehaltung ihres Parallelismus, gleichzeitig eine andere Richtung annehmen, Fig. 11. Ihre Mittelkraft wir dann ebenfalls die nämliche Größe, als bei der erſten Anordnung, behalten; blos ihre Richtung im Raum wird ſich ändern, weil ſie den Seitenkräften immer parallel bleiben muß; daher ſie in der Richtung einer andern Geraden, als vorhin, durch den Körper hindurch gehen wird. Nun treffen, einer leicht zu erweiſenden Eigenſchaft zufolge, alle, ſolchergeſtalt beſtimmte, Gerade in einem und dem nämlichen Puncte M zuſammen, den man aus dieſer Urſach das Centrum oder den Mittelpunct der Parallelkräfte (centre des forces parallèles) nennt. Denn das Verfahren, welches die allgemeine Mittelkraft giebt, kommt einzig darauf zurück, die Geraden, welche den Angriffspunct jeder Seitenkraft mit den Angriffspuncten der, durch ſucceſſives Zuſammenſetzen der Seitenkräfte nach einander erhaltenen, Mittelkräfte verbinden, der Regel der ſtatiſchen Momente gemäß zu theilen. Wenn alſo die Intenſitäten der Seitenkräfte dieſelben bleiben, ſo werden alle Geraden, auf die es hierbei ankommt, immer auf die nämliche Weiſe getheilt werden; und es wird ſomit auf der letzten einen gewiſſen Punct M geben, durch welchen die letzte Mittelkraft ſtets gehen wird. Da dieſer Mittelpunct allen Mittelkräften gemein iſt, ſo erhellt, daß man ihn nur zu befeſtigen braucht, um durch ſeinen Widerſtand die Wirkung der Kräfte ſtets aufgehoben zu ſehen, wie man auch in Bezug auf ihre Richtungen den Körper drehen möge. Um den Körper aber in einer einzigen Lage im Gleichgewicht zu erhalten, wird es nicht einmal erforderlich ſeyn, den Mittelpunct der Kräfte zu befeſtigen, indem hierzu ſchon die Unterſtützung in der Richtung der beſtehenden Mittelkraft ausreicht.

Dieſe Folgerungen ſind gültig für jede Zahl von Parallelkräften, die an den verſchiednen Puncten eines feſten Körpers angebracht ſeyn mögen; werden alſo auch noch ihre Gültigkeit für den Fall behaupten, wo ihre Zahl unendlich wird. Dieß leitet uns zu einer wichtigen Anwendung.

Bekanntlich ſind alle Körper, welche auf der Erde angetroffen werden, ſchwer (pesans), d. h. frei ſich ſelbſt überlaſſen, fallen ſie ſogleich nach der Erdoberfläche zu, und ſelbſt, wenn ſie durch irgend ein unbewegliches Hinderniß, das ſie unterſtützt, am Fall gehindert werden, giebt ſich ihr Streben dazu noch durch den Druck zu erkennen, den ſie gegen dieß Hinderniß ausüben, und den man ihr Gewicht (poids) nennt. Die Schwere oder Schwerkraft (pésanteur), die ſie auf ſolche Weiſe nach der Erde zieht, iſt eine Kraft, die durch ihre ganze Maſſe hindurch wirkſam iſt, und ihre kleinſten Theilchen ſollicitirt. In der That fällt jedes dieſer Theilchen, wie klein man es immer annehmen mag, losgetrennt vom übrigen Körper und im leeren Raume ſich ſelbſt überlaſſen, auch noch nach ſeiner Abtrennung; und ſein Streben dazu äußert ſich genau in derſelben Stärke, als da es noch mit dem Körper verbunden war, indem alltägliche Verſuche zeigen, daß durch Zertheilung eines Körpers ſein Gewicht nicht geändert wird.

Die Richtung, nach welcher die Schwerkraft wirkt, iſt diejenige, welche die Körper beim freien Fall zeigen; nämlich allenthalben ſenkrecht auf die Oberfläche ruhiger Gewäſſer; und da dieſe Oberfläche überall der Convexität des Erdkörpers folgt, ſo muß die, ihr entſprechend ſich neigende, Schwerkraft von einem Orte zum andern eine verſchiedne Richtung annehmen. Allein von ſelbſt ergiebt ſich auch hieraus, daß dieſe Verſchiedenheit der Richtung nur in ſehr großen Entfernungen, welche die Dimenſionen aller, von uns je in Betracht zu ziehenden, Körper ohne Vergleich übertreffen, merklich werden kann; daher man für jeden einzeln betrachteten Körper die Richtungen der Schwerkraft, die ſeine verſchiednen Theile ſollicitirt, als unter einander parallel, und lothrecht oder vertical annehmen kann, d. h. für ſenkrecht auf den ebnen Waſſerſpiegel am Beobachtungsorte. Demzufolge können wir für dieſen Fall alles das gültig finden, was weiter oben allgemein hinſichtlich der Theorie der Parallelkräfte auseinandergeſetzt wurde. Die einzelnen Kraftäußerungen der Schwere an den verſchiednen Puncten deſſelben Körpers werden ſich zu einer einzigen Mittelkraft zuſammenſetzen laſſen, die deſſen Gewicht ausdrücken und immer durch einen und denſelben Punct ſeiner Maſſe gehen wird, wie man ihn auch in Bezug auf die Verticale drehen möge. Dieſem Punct oder Mittelpunct der Kräfte nun giebt man den Namen des Mittelpuncts der Schwere (centre de gravité, centrum gravitatis) oder kürzer des Schwerpuncts; und vermag, wie wir gleich weiter ſehen werden, in jedem Körper ſeine Lage, den oben erörteten Grundſätzen zu folge, ausfindig zu machen [1]).

Nehmen wir ihn jetzt für ſchon bekannt an. Befeſtigt man ihn, ſo daß er nach keiner Seite verrückt werden kann, ſo wird der Körper in allen Lagen, in die wir ihn bringen, im Gleichgewicht bleiben. Iſt nicht der Schwerpunct ſelbſt befeſtigt, ſondern ein anderer, dem feſten Körper angehörender, Punct, ſo iſt zum Gleichgewicht erforderlich und hinreichend, daß die, dieſen Punct und den Schwerpunct verbindende, Gerade vertical ſey, gleichviel ob ſich der Schwerpunct dabei oberhalb oder unterhalb des befeſtigten Punctes befinde: denn da das Gewicht des Körpers eine verticale Kraft iſt, als deren Angriffspunct der Schwerpunct betrachtet werden kann, und deren Richtung durch den Schwerpunkt hindurchgeht; ſo muß dieſe Richtung in beiden angegebenen Lagen auch durch den befeſtigten Punct hindurchgehn, der durch ſeinen Widerſtand das, durch die feſtzuſammenhaltenden Molecule des Körpers zu ihm fortgepflanzte, Streben der Schwerkraft aufheben wird. Befindet ſich der Schwerpunct oberhalb des befeſtigten Puncts, ſo heißt der Körper unterſtützt oder getragen (supporté); aufgehangen (suspendu) dagegen, wenn ſich der Schwerpunct unterhalb des befeſtigten Puncts befindet.

Aus derſelben Urſach iſt bei Betrachtung eines ſchweren feſten Körpers M, Fig. 12., der mit einem ſeiner Puncte am Ende eines, mit ſeinem andern Ende an einem feſten Puncte C angeknüpften, Fadens CM aufgehangen iſt, klar, daß, im Fall des Gleichgewichts, der Faden eine verticale Richtung haben, und ſeine Verlängerung durch den Schwerpunct des Körpers M gehen muß; denn dieß iſt die einzige Lage, in welcher die, das Gewicht des Körpers M ausmachende, Mittelkraft, ſich durch den Faden zum feſten Puncte fortpflanzen, und durch ſeinen Widerſtand aufgehoben werden kann. Man nennt einen ſolchen Apparat ein Bleiloth (fil à plomb) und bedient ſich deſſelben, um an jedem Orte die Richtung der Verticale auszumitteln, deren Kenntniß in ſehr vielen Fällen nothwendig wird. Auch kann man durch eine ſolche Anordnung die Lage des Schwerpuncts eines Körpers finden, indem man ihn ſucceſſiv an zweien ſeiner Puncte aufhängt, und beidemale, in Gedanken oder in der Wirklichkeit, die Linie verzeichnet, in welcher ſich der Faden, an dem der Körper aufgehangen iſt, durch den Körper, wenn er in völligem Gleich-

---

1) Wir werden im fünften Buch ſehen, daß die magnetiſchen Körper das Beiſpiel zweier Syſteme von Parallelkräften, mit entgegengeſetzter Richtung und gleichen Intenſitäten, geben, die an verſchiedenen Puncten derſelben angebracht ſind: woraus folgt, daß ſich auch zwei Mittelpuncte dieſer Kräfte darin finden, die im Allgemeinen von einander geſchieden ſind.

gewicht ſchwebt, hindurch verlängern würde; denn beide Linien müſſen ſich nothwendig in einem Puncte ſchneiden, welches der Schwerpunct iſt.

Die Lage des Schwerpuncts läßt ſich auch finden, indem man den Körper auf eine Horizontalebene ſtellt, ſo daß er dieſe nur mit einem ſeiner Puncte berührt, und ihn ſo zu richten verſucht, daß er ſich auf dieſem Puncte in Gleichgewicht erhält: denn in dieſem Fall wird ſich ſein Schwerpunct in der, durch den Berührungspunct geführten, Verticale befinden. Doch hält es immer ſehr ſchwer, einen Körper in dieſe einzige Lage zu bringen, und gelänge es ja, ſo würde ſich ſein Gleichgewicht doch nicht lange genug erhalten, um der Beobachtung Raum zu geben, da es durch die geringſte Bewegung geſtört werden müßte. Dieſem Uebelſtande abzuhelfen, braucht man nur den Körper ſeitlich an eine kleine geneigte Ebene zu ſtützen, welche mittelſt einer Schraube unter verſchiedenen Winkeln allmälig erhöht zu werden vermag, wie Fig. 13. darſtellt, worauf alles darauf zurückkommt, die Neigung zu beobachten, die dieſe Ebene durch allmäliges Erhöhen in dem Augenblick angenommen hat, wo der, ſich daran ſtützende Körper nach der entgegengeſetzten Seite umfällt: denn, geſetzt man habe des Körpers beide Berühungspuncte mit der Horizontalebene, M, und der ſchiefen Ebene, M' markirt, ſo wird man immer die Lage, die er im Augenblicke des Falls hatte, genau wiederfinden können, und dann in der, durch den Berührungspunct mit den Horizontalebenen M geführten, Verticale ſeinen Schwerpunct zu ſuchen haben. Ein andrer ähnlicher Verſuch, in einer andern Stellung des Körpers vorgenommen, wird eine andre, gleichfalls durch den Schwerpunct gehende, Verticale geben, ſo daß mithin deſſen Lage im Körper durch den Durchſchnitt dieſer beiden Linien völlig beſtimmt ſeyn wird. Dieſes Mittels hat ſich Hr. Pond, königl. Aſtronom zu Greenwich, bei Verſuchen, die eine große Feinheit erforderten, mit Erfolg bedient *).

Da der Schwerpunkt in jedem Körper nur durch die Zuſammenſetzung aller der Wirkungen, welche die Schwerkraft auf ſämmtliche einzelne materielle Theilchen des Körpers ausübt, gegeben wird, ſo erhellt, daß ſeine Lage zugleich von der Geſtalt des Körpers, und der

---

*) In Körpern, die mathematiſcher Beſtimmungen fähig ſind, läßt ſich der Schwerpunct, unter Vorausſetzung gleichförmiger Dichtigkeit derſelben, durch Berechnung finden. Bei der Kugel liegt er im Mittelpuncte, bei dem Cylinder oder ſenkrechten Prisma auf der Hälfte der Axe; bei dem Dreieck in dem Perpendikel, welches von einer Winkelſpitze auf die gegenüberſtehende Seite gefällt wird, ſo daß er um $\frac{2}{3}$ von der Spitze, um $\frac{1}{3}$ von dieſer Grundlinie abliegt; beim Kegel in der Axe, ſo, daß er um $\frac{3}{4}$ derſelben von der Spitze, um $\frac{1}{4}$ von der Grundfläche abſteht; bei einer Halbkugel im Halbmeſſer, um $\frac{5}{8}$ des Halbmeſſers vom Gipfel, um $\frac{3}{8}$ vom Mittelpunct abliegend.

Art, wie die ſchwere Materie darin vertheilt iſt, abhängen müſſe. Was erſtere, die Geſtalt, betrifft, ſo ergiebt ſich ihre Kenntniß durch unmittelbare Beobachtung, oder die vorgängige Beſtimmung des Körpers ſelbſt; wie aber zur Kenntniß des zweiten Elements, worauf es hierbei ankommt, gelangen?

Betrachten wir, um darüber ins Klare zu kommen, zuvörderſt einen Körper, der überall die nämliche chemiſche Zuſammenſetzung beſitzt, was man einen homogenen oder gleichartigen Körper nennt; und durch deſſen Theile die Materie, aus welcher er beſteht, allenthalben durchaus gleichmäßig vertheilt iſt. Kleine Theile nun von einem beſtimmten Volumen, z. B. einem Cubikcentimeter, die man ſich an einer oder mehrern Stellen in der Maſſe dieſes Körpers geſondert vorſtellt, werden, vermöge des gleichförmigen Zuſtandes des Körpers, durchaus für identiſch gelten können. Mithin wird die Wirkung der Schwere an ihnen gleich ſeyn, d. h. ſie werden das nämliche Gewicht beſitzen. Nehmen wir jetzt in Gedanken zwei dieſer Theile, und bringen dadurch, daß wir ſie zuſammen ſchlagen und in einander hinein treiben, ihre beiden Volumina auf eins zurück, das ebenfalls einem Cubikcentimeter gleich iſt, ſo wird hierdurch in der, von der Schwerkraft auf ſie ausgeübten, Wirkung keine Veränderung hervorgebracht werden; denn die Zuſammendrückung vermag weder dem Gewicht eines Körpers etwas zn nehmen noch zuzuſetzen. Das Gewicht beider, auf Ein Volumen gebrachter, Körper wird alſo doppelt ſo viel betragen, als das Gewicht eines der nicht zuſammengedrückten Theile; und umgekehrt wird die Gewichtsvergleichung das relative Verhältniß des Gehalts an ſchwerer Materie in dem nämlichen Volumen unter zwei ſolchen verſchiednen Zuſtänden erkennen laſſen. Dieſes relative Verhältniß iſt das, was man unter Dichte oder Dichtigkeit (densité, densitas) der Körper verſteht; indem man diejenigen Körper, oder Körpertheile dichtere nennt, welche bei dem nämlichen Volumen mehr ſchwere Materie enthalten, minder dichte die, welche weniger davon enthalten. Die Dichtigkeit, wie jedes andre relative Kennzeichen, wird durch Vergleichung mit einer Einheit ihrer Art geſchätzt; d. h. man nimmt als Einheit der Dichtigkeit jeder Subſtanz den Grad der Dichtigkeit an, den ſie in einem gewiſſen bekannten und auf feſte Beſtimmungen zurückgeführten, Zuſtande beſitzt. Alsdann iſt für jeden andern Zuſtand dieſer nämlichen Subſtanz die Dichtigkeit dem Gewichte proportional, welches ſie unter dem nämlichen Volumen beſitzt, das zum Maßſtab der Vergleichung genommen wurde. In der That, da das Gewicht eines Körpers in nichts anderm beſteht, als dem Totalbeſtreben aller ſeiner einzelnen Theile, kraft der ſie ſollicitirenden Schwere, nach der Erde zu fallen, ſo erhellt, daß in Körpern, die von derſelben chemiſchen Beſchaffenheit ſind, dieß Beſtreben der Totalſumme der in ihnen enthaltenen Theilchen proportional ſeyn muß, welche, mögen ſie nun einander mehr oder weniger genähert ſeyn, darum im einen Falle nicht anders, als im andern von der Schwere ſollicitirt werden. Sobald man alſo Mittel hat, die Gewichte der Körper genau zu ſchätzen, wird man die Gleichförmigkeit der Dichtigkeit in einem homogenen Körper dadurch nachweiſen können, daß man ihn in kleinere Stückchen theilt und deren eigenthümliche Dichtigkeiten beſonders erforſcht, um ſich von ihrer durchgängigen Gleichheit zu überzeugen; und im Fall der Ungleichheit wird das nämliche Verfahren den Umfang und die Geſetze ihrer Abweichungen kennen lehren.

Man hat dieſe Art der Vergleichung auch auf die Körper ausgedehnt, deren Beſtandtheile von verſchiedener chemiſcher Beſchaffenheit ſind, und die man deßhalb heterogene oder ungleichartige nennt. Auch bei dieſen nimmt man an, daß ihre relativen Dichtigkeiten ihrem Gewicht bei gleichem Volumen proportional ſind. Jedoch läßt ſich nicht *a priori* entſcheiden, ob die Theile dieſer verſchiedenen Körper, welche gleichviel wiegen, wirklich auch aus der nämlichen Quantität träger Materie beſtehen; eine Ungewißheit, die glücklicherweiſe ohne Nachtheil für die Verſuche iſt, da, wie wir weiterhin ſehen werden, die verſchiedenen Subſtanzen ſich unter dem Einfluß aller bewegenden Kräfte, die man auf ſie wirken laſſen kann, ſtets auf die nämliche Weiſe in Bezug zu einander verhalten. So wird die Vergleichung, die das Verhältniß der Energie ihrer Beſtrebungen unter dem Einfluß einer Kraft, als wie der Schwere ergiebt, daſſelbe zugleich für den Einfluß jeder andern, gleicherweiſe durch alle ihre Theile wirkſamen, Kraft ergeben. Die praktiſchen Wege, durch welche wir zur Ausmittlung der Gewichte und Dichtigkeiten gelangen, fallen unſtreitig der Bearbeitung der Experimentalphyſik anheim, und wir werden weiterhin die Mittel aufſuchen, ſie mit der größten Präciſion ins Werk zu ſetzen; die abſtracten Betrachtungen aber, durch welche wir darauf geleitet werden, und die Feſtſtellung der Ausdrücke, durch die wir uns über ſie verſtändigen müſſen, gehören der rationellen Phyſik an, weßhalb wir auch hier ſchon davon haben handeln müſſen.

Zufolge der gegebenen Erklärungen iſt das Beſtreben, mit welchem die Schwere in den verſchiednen Theilen eines Körpers, ſey er homogen oder nicht, wirkt, der Dichtigkeit derſelben proportional. Durch eine erfahrungsmäßige Kenntniß dieſer Dichtigkeiten iſt alſo zugleich die Kenntniß der relativen Energie aller dieſer partiellen Beſtrebungen gegeben. Aus der Zuſammenſetzung derſelben wird ſich ſomit die Mittelkraft, und durch Wiederholung des nämlichen Verfahrens nach zwei verſchiednen Richtungen der Mittelpunct dieſer Kräfte, d. i. der Schwerpunct des ganzen Körpers herleiten laſſen; wenn aber die Dichtigkeit gleichförmig iſt, wird die Kenntniß der Geſtalt des Körpers allein zu ſeiner Beſtimmung hinreichen.

Die Lehre vom Schwerpuncte iſt von einer beſtändigen Anwendung in den Unterſuchungen der Experimentalphyſik und ſelbſt in der Theorie der Bewegungen unſers Körpers. Mögen hier einige der, am leichteſten daraus abzuleitenden, Folgerungen ſtehen.

Wenn ein feſter Körper auf eine Horizontalebene gelegt iſt, die er in einer gewiſſen Zahl von Puncten berührt, ſo kann er nur in ſo fern unterſtützt ſeyn, als ſein ganzes Gewicht durch den Widerſtand der Ebene aufgehoben wird; und da ſein Gewicht in der Richtung der, durch ſeinen Schwerpunct gehenden, Verticale wirkt, ſo muß dieſe Verticale ſo gerichtet ſeyn, daß ſie die Ebene in einem der Puncte, auf welchen der Körper aufliegt, oder in dem, zwiſchen ihnen begriffenen, Raume trifft. So iſt ein Tiſch unterſtützt, wenn die, durch ſeinen Schwerpunct geführte, Verticale zwiſchen ſeinen vier Füßen hindurchgeht. Der Körper eines, ſich gerade haltenden, Menſchen muß fallen, wenn die analoge Verticale außerhalb des viereckigen, zwiſchen den äußern Umriſſen ſeiner beiden Füße begriffenen, Raumes in den Boden eintrifft. Stellt man ſich nun denſelben mit herabhängenden Armen und parallelen Beinen vor, ſo wird ſein Schwerpunct ſich ziemlich zwiſchen ſeinen beiden Hüften befinden: mithin wird der Bedingung des Gleichgewichts in dieſem Fall nicht nur durch die gerade Stellung Gnüge geleiſtet, ſondern auch noch durch eine unendliche Menge andrer, welche bedeutend von derſelben abweichen, auch ſteht auf ſolche Weiſe der Körper am ſicherſten. Weit weniger feſt würde der Stand ſeyn, wenn die Beine, nicht eins zur Seite des andern, ſondern eins hinter dem andern, ſtänden, ſo daß ein Fuß auf der nämlichen Linie vor den Spitzen des andern zu ſtehen käme; auch iſt es ſchwer, ſich in dieſer Stellung im Gleichgewicht zu erhalten; will man hingegen recht feſt auf den Füßen ſtehen, ſo entfernt man ſie parallel von einander, um den, zwiſchen ihnen begriffenen, Raum zu vergrößern. Hierauf beruhen auch alle Bewegungen, welche man vornimmt, um ſich wieder aufzurichten, wenn man im Begriff zu fallen iſt; ſie haben jederzeit zum Zweck, die Verticale des Schwerpuncts wieder in den Raum zurückzuführen, innerhalb deſſen das Gleichgewicht Statt haben kann. Auch den gefährlichen und oft in Erſtaunen ſetzenden Künſten der Seiltänzer und Balanceeurs liegt dieſe Theorie zu Grunde*).

---

*) Dieſe Künſte beruhen auf einem feinen Gefühl des Schwerpuncts, und auf der Geſchicklichkeit, ihn über einer ſehr kleinen Baſis zu erhalten. Hier-

Fünftes Capitel.

Vom Gleichgewicht in den einfachen Maſchinen.

Die ſo eben erörterten Grundſätze über die Zuſammenſetzung der Kräfte reichen zur Erklärung und Berechnung des Gebrauchs mehrerer Maſchinen hin, die in Künſten und Experimenten jeden Augenblick ihre Anwendung finden. Der Zweck, den die Maſchinen im Allgemeinen haben, iſt, einer gewiſſen Kraft, über die man zu gebieten hat, und die man in dieſem Falle ſchlechthin *Kraft* *) (puissance) zu nennen pflegt, eine ſolche Anwendung zu geben, daß dadurch einer andern Kraft, über die man nicht Herr iſt, und welche deßhalb bei den Maſchinen den Namen *Widerſtand* (résistance) (in vielen Fällen auch *Laſt*) erhält, das Gleichgewicht gehalten oder auch dieſelbe überwunden wird. Man vermittelt das Gegenſtreben beider, indem man ihre Wirkung durch feſte, flüſſige oder gasförmige Stoffe, welche in die Zuſammenſetzung der Maſchine eingehn, hindurch fortpflanzt.

---

bei thut die Bewegung unentbehrliche Dienſte; durch ſie wird die Baſis allemal nach der Seite gelenkt, nach welcher der Schwerpunct fallen will, oder es wird der Schwerpunct ſelbſt auf die entgegengeſetzte Seite gebracht. Es würde unmöglich ſeyn, einen Teller ruhend auf eine Degenſpitze zu ſtellen. Aber es iſt ſehr leicht, wenn der Teller dabei ſchnell um ſeine Mitte gedreht wird. Alsdann beſchreibt der wahre Schwerpunct einen kleinen Cirkel um die Spitze, und indem er nach der einen Seite herabfallen will, iſt er während der kleinen Zeit, in der der Fall anfängt, ſchon auf die entgegengeſetzte Seite gelangt, wo er faſt in demſelben Augenblicke den anfangenden Fall wieder aufhebt. In allen entgegengeſetzten Stellen geſchieht das Nämliche; mithin wird aller Fall verhütet, und der Teller fällt nicht eher, als bis ſein Umlauf aufhört.

Schwere und hohe Körper laſſen ſich leichter balanciren, als leichte und kurze; ſchwere darum, weil man die Stelle ihres Schwerpuncts deutlicher fühlt, hohe, weil ihr Schwerpunct im Fallen einen Bogen von längerm Halbmeſſer beſchreibt, mithin langſamer umſchlägt, und mehr Zeit verſtattet, die Baſis unterzuſchieben, und das Umſchlagen zu verhüten.

Seiltänzerkünſte beruhen auf feinem und ſtetem Gefühl vom Schwerpuncte ſeines eigenen Körpers. Die Balancirſtange, an den Enden mit Blei ausgegoſſen, dient, den gemeinſchaftlichen Schwerpunct des Körpers und der Stange nach Befinden auf die eine oder die andere Seite zurückzubringen, indem die Stange in den Händen verſchoben oder in ſchiefe Richtungen gebracht wird. Dieſe Stangen erleichtern deſto mehr, je ſchwerer und länger ſie ſind. In Ermanglung der Stangen helfen ſich die Seiltänzer mit Ausſtreckung der Arme, und überhaupt mit beſtändiger Bewegung.

Die hängenden Thürme zu Bologna und Piſa ſcheinen den Fall zu drohen, ſtehen aber ſehr feſt, weil alle Theile gut verbunden ſind, und die Verticale ihres Schwerpuncts nicht außer den Grund fällt.

(Gehlers phyſik. Wörterbuch; Art. Schwerpunct.)

*) Dieſe, im Gegenſatz gegen einen Widerſtand betrachtete, *Kraft* wird, wie hier, immer durch den Druck hervorgehoben werden, um ſie von der Kraft im allgemeinen Sinne zu unterſcheiden.

Der weſentliche Kunſtgriff, auf welchen es hierbei ankommt, beruht darauf, das zu beſiegende Beſtreben der Laſt oder des Widerſtandes ſo zu zerlegen, daß ein mehr oder weniger beträchtlicher Theil ſeiner Energie, durch Stützung auf einen oder mehrere feſte, zum Apparat gehörende, Puncte aufgehoben werde. Denn dann hat man blos noch den, nicht auf ſolche Weiſe aufgehobenen, Theil dieſer Energie zu beſiegen, was ſich durch weniger Kraft bewerkſtelligen läſt, als wenn es gegolten hätte, unmittelbar gegen den ganzen Widerſtand zu wirken. Was man Berechnung einer Maſchine (calcul d'une machine) nennt, beſteht darin, die Verhältniſſe auszumitteln, welche zwiſchen der Kraft und dem Widerſtand, bei gleichzeitiger Anbringung derſelben, Statt finden müſſen, damit ſie ſich wechſelſeitig im Gleichgewicht erhalten, und die Bedingung dieſes Gleichgewichts kommt immer darauf zurück, daß die gemeinſchaftliche Mittelkraft beider Kräfte gegen die feſten Puncte des Apparats gerichtet und mithin durch ſie aufgehoben werde. Ungeachtet der anſcheinend großen Mannigfaltigkeit von Maſchinen, die ſich aus feſten Körpern zuſammenſetzen laſſen, kann man ſie doch im Grunde alle auf eine geringe Zahl Elemente, aus denen ſie beſtehen, zurückführen. Dieſe, welche man deßhalb einfache Maſchinen (auch Potenzen) nennt, werden wir jetzt nach einander betrachten.

Vom Hebel.

Man verſteht im Allgemeinen unter Hebel (levier, vectis) einen unbiegſamen, geraden oder gekrümmten, Stab *), wie mCm', Fig. 14., der in einem Puncte ſo unterſtützt iſt, daß er ſich um dieſen frei drehen kann, während der Punct ſelbſt unverrückbar iſt. Dieſer feſtgehaltene Punct heißt der Stützpunct (point d'appui), Ruhepunct oder Drehpunct. Wie leicht zu erachten, werden Kräfte, die, wie mF, m'F', an beiden entgegengeſetzten Enden des Hebels angebracht ſind, vermöge deſſen Steifheit einander entgegenwirken und ſich wechſelſeitig aufzuheben ſuchen, indem ſie den Hebel nach entgegengeſetzten Seiten des Ruhepuncts zu drücken ſtreben. Iſt der Hebel gerade, Fig. 15., und ſind die Richtungen der Kraft auf ihn ſenkrecht, ſo nennt man die Abſtände Cm, Cm', welche zwiſchen dem Drehpuncte und dem Angriffspuncte jeder Kraft begriffen ſind, Hebelarme der reſpecti-

---

*) Man unterſcheidet für die Betrachtung den mathematiſchen und phyſiſchen Hebel. Bei erſterm abſtrahirt man von ſeiner Materie und ſeinem Gewicht, und denkt ſich ihn blos als eine gerade, um einen feſten Punct frei bewegliche Linie, um an ihm die Geſetze des Hebels ganz rein nachzuweiſen; beim phyſiſchen Hebel wird Materie und Gewicht des Stabes wirklich mit in Betracht gezogen.

ven Kräfte *). Dem allgemeinen, für alle Maſchinen von uns ausgeſprochenen Grundſatze gemäß, wird beim Hebel zum Gleichgewicht erforderlich ſeyn, daß die Mittelkraft der beiden Kräfte mF, $m'F'$ durch den Drehpunct C gehe.

Dieß in Bezug auf Fig. 14., welche den allgemeinſten Fall des Hebels darſtellt, erwogen, wird man ſogleich einſehen, daß zwiſchen der Kraft mF und dem Widerſtande $m'F'$ nie Gleichgewicht Statt haben kann, ſo lange die Richtungen beider nicht in die nämliche Ebene fallen. Denn um eine einzige Mittelkraft zu geben, müſſen ſie nothwendig zuſammentreffen, was nicht möglich iſt, wenn ſie ſich in verſchiedenen Ebenen befinden. In dieſem Fall wird der Hebel, durch die Wirkung beider Kräfte ſollicitirt, ſich um ſeinen Drehpunct C drehen.

Sind aber die Richtungen beider Kräfte in derſelben Ebene, ſo verlängere man ſie, bis ſie in einem Puncte M zuſammentreffen. Ihre Mittelkraft wird dann nothwendig von dieſem Puncte ausgehen, und die Bedingung des Gleichgewichts nun nur noch erfordern, daß ſie auch durch den Drehpunct C gehe. Zieht man alſo von dieſem Punct auf die Richtungen der Kräfte Senkrechte CP und CP′, ſo werden die Längen derſelben unter einander das, S. 33 von uns erkannte, Verhältniß haben müſſen, um die Mittelkraft beider Kräfte anzugeben, d. h. ſie werden ſich umgekehrt wie dieſe Kräfte ſelbſt verhalten; und ſomit die Producte beider Kräfte in die, reſpectiv auf ihre Richtung herabgelaſſenen, Senkrechten einander gleich ſeyn müſſen. Die Erfüllung dieſer Bedingung, in Verbindung mit der des Zuſammentreffens der Kräfte in Einer Ebene, wird mithin hinreichen, das Gleichgewicht des Hebels zu bewerkſtelligen.

Sind die beiden Kräfte unter einander parallel, wie in Fig. 15., ſo liegt darin ſchon die Erfüllung der Bedingung des Enthaltenſeyns in Einer Ebene: iſt noch überdieß der Hebel ein gerader, ſo reducirt ſich die andre Bedingung darauf, daß die Größen der Kräfte ſich umgekehrt, wie ihre Hebelarme verhalten; oder was auf das Nämliche hinauskommt, daß das Product der einen Kraft in die Länge ihres Hebelarms dem Product der andern Kraft in den andern Hebelarm gleich ſey. Schon weiter oben iſt erwähnt worden, daß man dieß Product das **ſtatiſche Moment** der Kraft nennt. Von ſeinem Werth hängt alſo die Beſtimmung des Gleichgewichts ab; und da man es ohne Ende dadurch wachſen laſſen kann, daß man die Länge des Hebelarms, welcher einen der Factoren dieſes Products ausmacht, ver-

---

*) **Winkelhebel** (l. coudé) nennt man einen Hebel, deſſen Arme unter einem Winkel im Drehpuncte zuſammentreffen.

größert, ſo ſieht man, wie eine kleine Kraft, dadurch, daß ſie ſolchergeſtalt am Ende eines längern Hebelarms wirkt, einem weit ſtärkern Widerſtande das Gleichgewicht halten kann *).

In den beiden Figuren haben wir die Lage des Drehpuncts zwiſchen beide Kräfte geſetzt; er könnte aber auch außerhalb des, zwiſchen ihnen begriffnen, Raums fallen, wie in den Fig. 16. und 17. Auch in dieſen Fällen iſt zum Gleichgewicht erforderlich, daß die ſtatiſchen Momente beider Kräfte in Bezug zum Drehpunct C einander gleich ſeyen.

Man pflegt Hebel der erſten Art (levier du premier genre), Traghebel, den zu nennen, bei welchem der Drehpunct, wie in den Fig. 14. und 15., zwiſchen beiden Kräften fällt; Hebel der zweiten Art (l. du second genre), oder Druckhebel, den in Fig. 16. vorgeſtellten, wo der Drehpunct außerhalb des Raums zwiſchen beiden Kräften fällt, ſo daß die Kraft von ihm entfernter als der Widerſtand angebracht iſt; Hebel der dritten Art (l. du troisième genre) oder Wurfhebel endlich den, wo der Drehpunct gleichfalls außerhalb des Raums zwiſchen beiden Kräften, der Widerſtand aber von ihm in größerer Entfernung als die Kraft angebracht iſt **). Offenbar erhält man durch letztern keinen Vortheil für die praktiſche Anwendung, da die Wirkung der Kraft durch ihre größere Nähe am Drehpunct geſchwächt wird ***).

---

*) Beträgt z. B. die Länge des Hebelarms Cm', Fig. 15., 5 Zoll, die des Hebelarms Cm 3 Zoll, ſo wird, wenn in m ein Gewicht von 5 Pfund angebracht iſt, im m' nur eins von 3 angebracht werden dürfen, um das Gleichgewicht des Hebels zu bewerkſtelligen; oder iſt in m ein Gewicht von 10 Pfund angebracht, ſo wird das in m' nur 6 Pfund betragen dürfen, um der Gleichheit der ſtatiſchen Momente Genüge zu leiſten. Hierauf beruht die Einrichtung der Schnellwagen.

Die vortheilhafteſte Richtung, in der eine Kraft am Hebel wirken kann, um die Drehung deſſelben zu bewirken, iſt die ſenkrechte. Wirkt ſie ſchief am Hebel; ſo ſtrebt ein Theil derſelben, den Hebel, in der Richtung ſeiner Arme, gegen den Ruhepunct zu drücken, wie ſich durch Zerlegung der Kraft leicht finden läßt, und dieſer Theil kann ſomit nichts zur Drehung des Hebels beitragen. Die Gewalt, womit in dieſem Fall der Hebel zur Drehung angetrieben wird, iſt dem Producte aus der ſchiefwirkenden Kraft in den ſenkrechten Abſtand des Drehpunctes von der Richtung der Kraft proportional.

**) Der Hebel der erſtern Art wird auch doppelarmiger oder zweiſeitiger Hebel (vectis heterodromus), der der zweiten und dritten Art, einarmiger, einſeitiger Hebel (vectis homodromus) genannt.

***) Vielen der gewöhnlichſten Erſcheinungen und alltäglichen Verfahrungsarten liegen die Geſetze des Hebels zu Grunde. Die Stangen oder Eiſenſtäbe, Hebebäume, deren ſich Zimmerleute, Maurer u. ſ. w. bedienen, um ſchwere Laſten zu bewegen, ſind nichts anders als Hebel, die dadurch wirken, daß die zu bewegende Laſt in einer mindern Entfernung vom Stützpuncte an-

Von der Rolle.

Die **Rolle** (poulie, trochlea) iſt eine kreisförmige Scheibe aus feſter Maſſe, gewöhnlich aus Holz oder Metall, Fig. 18., am Umkreis rinnenartig ausgehöhlt, und mit einer, durch ihre Mitte C gehenden und auf ihre Ebene ſenkrechten, Axe *) verſehen. Iſt dieſe Axe unbeweglich angebracht, ſo vermag ſich die Rolle nur um dieſelbe zu drehn, und erhält den Namen unbewegliche Rolle (poulie fixe). Allein in andern Fällen iſt die Axe nicht befeſtigt; wo denn der Rolle, während der Bewegung um ihre Axe, zugleich eine Fortbewegung im Raume geſtattet iſt, und bewegliche Rolle (poulie mobile) genannt wird. Betrachten wir zuvörderſt die erſte Art. Denken wir uns ein völlig biegſames Seil in die Rinne am Umkreis der Rolle eingelegt, und über ihren Umkreis hinweggeſchlagen, das an der einen Seite durch eine Kraft MF, an der andern durch die Laſt M′F′ gezogen wird. Es erhellt, daß dieſe Maſchine nichts anders als ein Hebel iſt, deſſen Arme die Radien CM, CM′ vorſtellen, welche vom Mittelpunct der Scheibe nach ihren Berührungspuncten mit dem Seile zu beiden Seiten gezogen werden. Da dieſe Arme gleich ſind, ſo wird zum Gleichgewicht auch Gleichheit der Kraft und Laſt erfordert. Alsdann geht die Mittelkraft beider Kräfte durch den Mittelpunct der Rolle und wird durch den Widerſtand der Axe aufgehoben;

---

gebracht wird, als die bewegende Kraft; ſie werden daher entweder als Traghebel oder als Druckhebel angewandt. Als Druckhebel wirkt der Spaten, wenn der Arbeiter ein Stück Erdreich damit aushebt. Auch unſre Scheeren und Zangen wirken als Druckhebel. Die Schraube oder der Stift, der beide Hälften der Scheere oder Zange verbindet, giebt den Drehpunct ab; die Hand wirkt als Kraft und der zu zerſchneidende oder zu kneipende Körper als Widerſtand. Eben hierher gehören Meſſer, Hammer und Ruder.

Bei den beiden erſten Arten des Hebels ſpart man die Kraft auf Koſten der Geſchwindigkeit, bei der dritten gewinnt man an Geſchwindigkeit auf Koſten der Kraft; wie denn überhaupt auch bei allen andern Maſchinen das Geſetz Statt findet, daß man nur ſo viel an Kraft erſparen kann, als man an Geſchwindigkeit verliert und umgekehrt: dieß läßt ſich z. B. beim Traghebel, Fig. 13., leicht einſehen. Um den längern Hebelarm m′C herabzudrücken und dadurch mC zu erheben, wird in m′ allerdings kein ſo ſtarkes Gewicht angebracht zu ſeyn brauchen, als das Gewicht des Widerſtands in m beträgt; allein es wird, eben wegen der größern Länge von Cm′ auch mehr Zeit erfordern, um m zu einer gewiſſen Höhe zu erheben, als wenn ſich m′ näher an C befände; da es dann keinen ſo langen Bogen bei der Drehung zu durchlaufen hätte.

In der Natur zeigt ſich uns eine, dem Wurfhebel entſprechende, Einrichtung in den Muskeln des thieriſchen und menſchlichen Körpers; die mithin vortheilhafter für die Geſchwindigkeit ihrer Bewegung als für die, darauf zu wendende, Kraft iſt.

*) Man nennt dieſe Axe den Bolzen (goujon, tourtillon); ſie ſteckt gewöhnlich in einer Hülſe (chape), welche an einem Haken aufgehangen werden kann, wie Fig. 20. und 21. zeigt.

mithin, wenn dieſe Kräfte parallel wirken, Fig. 19., wird die Axe den Druck ihrer Summe zu tragen haben.

Betrachten wir jetzt eine ganz unbefeſtigte Rolle CMM′, Fig. 20., mit einem darüber hinweggerollten Seil C′M′MF, deſſen eines Ende in C′, an einen unverrückbaren Widerhalt befeſtigt iſt, während am andern eine Kraft MF zieht. Bringt man an der Axe C der Rolle ein Gewicht an, oder im Allgemeinen einen, nach CR gerichteten, Widerſtand, ſo iſt offenbar, daß dieſem durch die vereinte Wirkung der Kraft MF und den Widerſtand des feſten Puncts das Gleichgewicht wird gehalten werden können. Um die reinen Bedingungen dieſes Gleichgewichts beſſer ins Klare zu ſetzen, wollen wir den Körper der Rolle und die Maſſe des Seils ohne Schwere annehmen. Dann wird der, auf das Seil durch die Kraft MF ausgeübte, Zug, indem er ſich bis zu dem, ihm Widerſtand leiſtenden, feſten Punct fortpflanzt, eine gleichmäßige Spannung des ganzen Seils mit der zwiefachen Kraft bewirken; gerade, als wenn der Widerhalt C′ durch eine, MF gleiche, Kraft erſetzt wäre. Man wird mithin hierin eine, der in Fig. 18., ganz ähnliche Anordnung haben, nur mit dem Unterſchiede, daß hier alles umgekehrt iſt; und während dort die Mittelkraft beider, auf die Seile ausgeübter, Zugkräfte durch den Widerſtand der feſten Axe getragen wurde, wird ſie hier durch den Widerſtand CR ausgehalten. Iſt dieſer, ſo wie die Kraft MF, Fig. 21., vertical, ſo wird auch das Seil M′C′ vertical werden, und es wird im Fall des Gleichgewichts die Zugkraft nach MF die Hälfte des Gewichts der Laſt CR betragen müſſen. Beträgt ſie mehr, ſo wird ſie die Laſt in die Höhe heben, vorausgeſetzt jederzeit, daß das Seil vollkommen biegſam, und, ſo wie die Rolle, ohne Schwere iſt.

Bringt man ſolchergeſtalt mehrere Rollen über einander in Verbindung an, die ſich wechſelſeitig zu Stützpuncten dienen, ſo erhält man die ſogenannten Flaſchenzüge (moufle, polyspastus), Vorrichtungen, deren man ſich mit großem Vortheil bedient, große Laſten durch ſehr geringe Kräfte emporzuheben. In Fig. 22. iſt ein ſolcher vorgeſtellt, in dem alle Rollen beweglich ſind, mit Ausnahme der, an welcher das, als Kraft dienende, Gewicht wirkt. Fig. 23. zeigt einen Flaſchenzug in einer andern Anordnung, indem hier die obern Rollen beweglich, die untern unbeweglich ſind, und das nämliche Seil, von dem einen zu dem andern gehend, ſich ſucceſſiv um alle ſchlägt. Bezeichnet man mit n die Zahl der beweglichen, in dieſen Apparaten angebrachten, Rollen, ſo iſt zum Gleichgewicht erforderlich, daß die Kraft F gleich ſey der Laſt R, dividirt durch 2^n, im Fall der Fig. 22.; dividirt durch 2n, im Fall der Fig. 23.

Das Rad an der Welle (axe dans le tambour, axis in peritrochio) iſt nichts anders als eine Rolle, die an einem, durch ihren Mittelpunct gehenden und auf ihr ſenkrecht ſtehenden, Cylinder ſo befeſtigt iſt, daß ſich beide mit einander um die gemeinſchaftliche Axe drehen. Der Cylinder heißt dabei die Welle oder der Wellbaum (aissieu, axe, axis); die Rolle, das Rad. Statt eines ganzen Rades brauchen auch nur ein oder mehrere Halbmeſſer deſſelben als Arme (Kurbeln, manivelles, manubria) an der Welle angebracht zu werden, um daran die Kraft wirken zu laſſen. Liegt die Welle horizontal, wie in Fig. 24., ſo heißt die Vorrichtung ein Haspel (treuil, tour); Erdwinde oder Göpel (cabestan, ergata) dagegen, wenn die Welle vertical ſteht. Die Laſt, welche durch dieſe Vorrichtung erhoben oder fortgezogen werden ſoll, wirkt gewöhnlich am Ende eines Seils, das um die Welle gewickelt wird, während man die Kraft am Umfange des Rades, alſo entfernter vom Drehpunct als die Laſt, wirken läßt. Wirken Kraft und Laſt beide ſenkrecht an den Halbmeſſern der Welle und des Rades, d. i. nach der Berührungslinie derſelben, ſo iſt zum Gleichgewicht erforderlich, daß ſich die Kraft zur Laſt wie der Halbmeſſer der Welle zum Halbmeſſer des Rades verhalte. Je größer mithin der Durchmeſſer des Rades in Verhältniß zu dem der Welle iſt, um ſo weniger wird die Kraft zu betragen brauchen, um einen Widerſtand zu überwinden (um ſo mehr Zeit wird aber auch erfordert werden, eine beſtimmte Wirkung hervorzubringen, weil z. B. ein Rad von doppeltem Halbmeſſer auch die doppelte Zeit zu einer Umdrehung erfordert, als eins mit einfachem Halbmeſſer).

Von der ſchiefen oder geneigten Ebene.

Soll ein ſchwerer Körper, der ganz frei iſt, durch eine Kraft unterſtützt ſeyn, ſo muß dieſe ſo viel als ſein Gewicht betragen. Kann man aber einen Theil dieſes Gewichts einer feſten Unterlage zu tragen geben, ſo wird ſich dann, wie leicht einzuſehen, der übrige Theil deſſelben durch eine geringere Kraft unterſtützen laſſen. Hierzu gelangt man mittelſt der, Fig. 25. vorgeſtellten, geneigten oder ſchiefen Ebene (plan incliné, planum inclinatum).

Es ſey AD dieſe Ebene, für deren Neigung gegen den Horizont AB die Baſis, BD die Höhe iſt. Man denke ſich einen feſten Körper abcd darauf gelegt, der, indem er auf ſeiner Baſis ab ruht, noch frei längs der Ebene, der Wirkung der Schwere folgend, herabgleiten kann. Um die Kraft zu berechnen, welche erforderlich iſt, ihn zurückzuhalten, ziehe man durch ſeinen Schwerpunct G eine Verticallinie GR, um durch ſie die ganze Größe ſeiner Schwerkraft darzuſtellen, welche ſich als an dieſem Punct angebracht betrachten läßt. Mittelſt des Parallelogramms der Kräfte zerlege man alsdann dieſe Mittelkraft in zwei Seitenkräfte, deren eine GF auf der feſten Ebene ſenkrecht, die andre GF′ mit ihrer Oberfläche parallel iſt. Offenbar wird die erſte durch den Widerſtand, den ihr dieſe Ebene entgegenſetzt, gänzlich aufgehoben werden. Der Körper wird alſo nur noch vermöge der Kraft GF′ herabzugleiten ſtreben, und nur dieſer wird man das Gleichgewicht zu halten brauchen, um ihn auf der Ebene zurückzuhalten. Solchergeſtalt wird die anzubringende Kraft ſich zum Totalgewicht des Körpers verhalten, wie die Seite GF′ zur Diagonale GR, oder (welches das nämliche Verhältniß iſt) wie die Höhe der Ebene zu ihrer Länge; wird mithin um ſo weniger zu betragen brauchen, je mehr die Ebene gegen den Horizont geneigt iſt.

Hierdurch gewinnt man ein Mittel, ein Gewicht mittelſt einer Kraft, die weniger als daſſelbe beträgt, zu irgend einer Höhe zu erheben, indem man es längs einer geneigten Ebene bis zu dieſer Höhe aufſteigen läßt; und damit bei dieſer Bewegung die Laſt nicht horizontal ausweiche, braucht man nur die geneigte Ebene ſich um eine verticale Axe winden laſſen, wie die Wege, welche ſich um die Berge bis zu ihrer Höhe aufwärts winden. Ganz hierauf beruht die Einrichtung der Schraube (vis, cochlea), die nichts anders iſt, als eine, auf dem Umfange eines verticalen Cylinders, Fig. 26., ausgearbeitete, ſich um denſelben windende, ſchiefe Ebene *). Um ſich ihrer zu bedienen, arbeitet man einen Gang EE, Schraubenmutter oder weibliche Schraube (vis femelle, écrou, cochlea femina) genannt, aus, der ganz dieſelben Dimenſionen, als die männliche Schraube **) hat, mit dem Unterſchiede, daß allen vorſpringenden Theilen der männlichen Schraube, ausgehöhlte in der Schraubenmutter entſprechen. Man befeſtigt dieſe Schraubenmutter an einen unbeweglichen Widerhalt, oder auch man arbeitet ſie in dieſem ſelbſt aus, und vermag, durch Drehen der Schraube mittelſt eines, ſenkrecht auf ihrer Axe durch ſie hindurchgehenden, Hebels LL (Ziehpengel), nach der Längenrichtung der Axe ſehr ſtarke Stoß- oder Zugkräfte auszuüben. Auch bedient man ſich dieſes Apparats, getrennte Stücken ſehr ſtark aneinander zu preſſen, Fig. 27. Man macht zu dieſem Behuf in eins der Stücke AB, ein Loch, das weit genug iſt, um den Körper der Schraube frei hindurchgehn zu laſſen, aber zu klein, ihrem Kopf den Durchgang zu verſtatten, dem man zu dieſem Zweck einen größern Umfang giebt. Im andern Stück A′B′ iſt eine Schraubenmutter ausgehöhlt, durch welche man die Schraube hindurchgehn läßt. Wenn ihr Kopf an das erſte Stück angetroffen iſt, treibt ſie es vor ſich her, und drückt es gegen die Schraubenmutter mit der ganzen Kraft, welche man zu ihrer Drehung aufwendet. Dem Anſcheine nach könnte dieſe Preſſung nicht länger fortbeſtehn, als der Druck auf die Schraube fortgeſetzt wird; wenn jedoch die Schraubenmutter recht genau gearbeitet iſt, wofür man ſtets Sorge zu tragen hat, ſo bewirkt die Berührung ihrer innern Oberfläche mit der der Schraubengänge eine Reibung und Adhäſion (Anhaften), die das Zurückkehren der Schraube verhindern, ſelbſt bei Umkehrung derſelben, und ſomit kein Lockerwerden der vereinigten Stücke geſtatten *).

---

*) Ein jeder Theil der ſich windenden Ebene, der genau durch einen ganzen Umfang des Cylinders läuft, heißt ein Schraubengang (filet de la vis, helix) die Entfernung eines Schraubenganges von dem zunächſt über ihm befindlichen die Höhe des Schraubenganges; der ausgearbeitete Schraubencylinder die Schraubenſpindel.

**) Dieſen Namen (vis mâle, cochlea mas) giebt man der eigentlichen Schraube im Gegenſatz gegen die Schraubenmutter.

Im Allgemeinen ſind alle Bedingungen des Gleichgewichts, die wir ſo eben feſtgeſtellt haben, unter der mathematiſchen Annahme berechnet, daß die Fortpflanzung der Kraft frei durch alle Theile, aus denen jede Maſchine beſteht, Statt habe, ohne einen andern Widerſtand, als der ſpeciell von uns betrachtet wurde, überwältigen zu müſſen. Bei praktiſcher Anwendung dieſer Reſultate aber trifft man auf verſchiedne Hinderniſſe, welche auf der phyſiſchen Beſchaffenheit der, in Gebrauch gezogenen, Körper beruhen, und bei den Bedingungen der Bewegung und des Gleichgewichts neue Berückſichtigung erfordern. So werden die Seile, die wir als völlig biegſam betrachteten, mehr oder minder ſteif, und biegen ſich nicht mehr mit völliger Freiheit; die Stäbe, die wir für vollkommen unbiegſam annahmen, biegen ſich mehr oder weniger; die Oberflächen, welche wir bei der

---

*) Häufig kommt bei phyſikaliſchen Inſtrumenten die Verbindung einer männlichen Schraube mit einem gezähnten Rade unter dem Namen der **Schraube ohne Ende** (vis sans fin, cochlea infinita) vor. Die Schraubengänge, deren hierbei höchſtens drei nöthig ſind, greifen zwiſchen die Zähne des Rades ein, welches ſo geſtellt iſt, daß ſeine Ebene erweitert durch die Axe der Spindel gehen würde. Vorzüglich laſſen ſich hierdurch ſanfte und feine Bewegungen in die Runde bewirken.

Noch gehört zu den häufigſten Anwendungen der ſchiefen Ebene der gewöhnliche, gleichſchenkliche **Keil** (coin, cuneus), der ſich als eine Verbindung zweier gleichen und ähnlichen, mit ihren Grundflächen auf einander liegenden, ſchiefen Ebenen nehmen läßt, und gebraucht wird, Körper zu ſpalten. Je ſpitzer der Keil iſt, d. h. je mehr ſeine Höhe in Verhältniß zur Breite ſeines Rückens beträgt, um ſo weniger Kraft iſt erforderlich, den Keil einzuſchlagen. Aber auch hier verliert man an Geſchwindigkeit, was man an Kraft erſpart, da ein kürzerer Keil den zu ſpaltenden Körper ſchneller bis auf eine gewiſſe Weite aus einander treibt. Alle ſchneidenden und ſtechenden Werkzeuge wirken ganz oder zum Theil als Keile; ſo Nägel, Nadeln, Stacheln, Meſſer, Meißel, u. ſ. w.

Berührung ohne Hinderniß über einander hingleitend dachten, gerathen in eine gewiſſe Adhäſion an einander, die überwältigt werden muß, bevor ſie ſich trennen können; und bei erfolgender Bewegung entſteht zwiſchen ihnen eine mehr oder minder ſtarke Reibung, die die Bewegung verzögert oder ſelbſt aufzuheben vermag. Alsdann drehen ſich die Hebel nicht mehr völlig frei um ihren Drehpunct, die Seile in ihre Rinne um die Rollen, die Schrauben in ihrer Schraubenmutter; und um die, in der Wirklichkeit Statt findenden, Bedingungen der Bewegung oder des Gleichgewichts zu erhalten, muß man alle dieſe Urſachen mit in Betracht ziehen. Da ſie ſich jedoch auf die phyſiſche Beſchaffenheit der Körper, nicht auf die reine Mechanik gründen, ſo fällt ihre Unterſuchung und die Ausmittlung ihres Einfluſſes der Erfahrung anheim, um ſie dann im Calcul in Betracht ziehen zu können. Alles dieß ſind mithin Gegenſtände, die uns im Verfolg dieſes Werks beſchäftigen werden.

Sechſtes Capitel.

Vom Gleichgewicht der incompreſſibeln (keiner Zuſammendrückung fähigen, tropfbaren) Flüſſigkeiten.

So wie wir uns, um eine entſprechende Vorſtellung der, ſich uns in der Natur darbietenden, feſten Korper zu erhalten, Syſteme, aus unwandelbar mit einander verbundenen materiellen Moleculen beſtehend, gedacht haben, eben ſo werden wir uns, um die tropfbaren Flüſſigkeiten (liquides) zu einer klaren Vorſtellung zu bringen, dieſelben als Syſteme denken, deren Molecule völlig frei und beweglich unter einander ſind, ohne durch irgend einen Druck verdichtet werden zu können. In der That iſt dieſe Beweglichkeit das, am klarſten in die Augen fallende, Kennzeichen, welches uns die, nicht zähen, in der Natur vorkommenden, Flüſſigkeiten darbieten, wie das Waſſer, der Alkohol, das Queckſilber u. ſ. w. Was ihre Incompreſſibilität betrifft, ſo kommt ſie denſelben zwar nicht in abſolutem, jedoch in ſo hohem Grade zu, daß außerordentlich ſtarke Druckkräfte erfordert werden, um ſie in einen merklich kleinern Raum zuſammenzupreſſen. Wir werden mithin durch Entwicklung des Einfluſſes, den dieſe Eigenſchaften auf das Gleichgewicht ſolcher Syſteme haben müſſen, ohne Zweifel den Weg zur Auffindung von Geſetzen, die ſich in der Erfahrung beſtätigt finden, bahnen.

Das erſte, unmittelbar aus der Darlegung dieſer Eigenſchaften fließende, Geſetz, iſt, daß ein Molecul einer Flüſſigkeit, welches an der Oberfläche oder im Innern der ganzen Maſſe befindlich iſt, ſelbſt der kleinſten, es ſollicitirenden, Kraft nachgeben, und ſich nach ihrer Richtung bewegen müſſe, im Fall es nicht durch eine entgegengeſetzte Kraft oder durch ein unüberwindliches Hinderniß aufgehalten wird. Hieraus folgt der Schluß noch nicht, daß das Gleichgewicht für eine Flüſſigkeit auf keine andere Weiſe Statt finden könne, als wenn die Mittelkraft der, ſeine verſchiednen Theile ſollicitirenden, von Außen einwirkenden, Kräfte für jeden einzelnen derſelben Null ſey. Denn, iſt die Flüſſigkeit in ein Gefäß mit feſten Wänden eingeſchloſſen, ſo können die Molecule, ſich gegeneinander ſtemmend, vermöge der, ihnen weſentlich zukommenden, Undurchdringlichkeit und Incompreſſibilität, die, ſie ſollicitirenden, Kräfte bis zu dieſen Wänden fortpflanzen, und ſo durch deren Widerſtand im Gleichgewicht gehalten werden. Iſt hingegen die Flüſſigkeit nach allen Seiten frei, wie ein, im Raum iſolirter, flüſſiger Planet ſeyn würde, und blos durch die wechſelſeitigen Anziehungen aller ſeiner Theile ſollicitirt, ſo wird das Gleichgewicht noch durch eine gegenſeitige Abwägung dieſer Anziehungen möglich ſeyn, indem ſich die daraus hervorgehenden Kraftäußerungen, welche ſich vermöge der Undurchdringlichkeit der Theilchen der flüſſigen Maſſe nach allen Richtungen durch ſie fortpflanzen, in jedem dieſer Theilchen wechſelſeitig aufheben. Sey übrigens die Art, kraft deren das Gleichgewicht in einer flüſſigen Maſſe Statt hat, welche ſie wolle; bei Betrachtung eines der Molecule, aus welchen ſie beſteht, wird man immer, ohne Störung des Gleichgewichts für daſſelbe, einem oder mehrern der, daſſelbe umgebenden, Molecule, eben ſo viel, in der Flüſſigkeit unbeweglich feſtgehaltene feſte Molecule im Gedanken ſubſtituiren können, gegen welche die Druckkräfte, die auf das erſte Molecul wirken, aufgehoben werden. Auch wird es gleichgültig ſeyn, ob man ſich dieſe feſten Puncte von einander unabhängig oder unter einander auf irgend eine Art verbunden denkt; und die Subſtitution derſelben wird beliebig in allen Theilen der Flüſſigkeit vorgenommen werden können. Hieraus ergiebt ſich nachſtehende wichtige Folgerung. Wenn eine flüſſige Maſſe in Gleichgewicht iſt, und man ſich in ihrem Innern einen beliebig geſtalteten, von feſten Wänden umgebenen und an ſeinen Enden verſchloſſenen oder in ſich ſelbſt zurücklaufenden, Canal denkt, ſo werden auch die Molecule der, in dieſem Canal enthaltenen, Flüſſigkeit für ſich im Gleichgewicht ſeyn müſſen, vermöge der Kräfte, welche auf ſie wirken und der Gegenwirkungen, welche ſie von Seiten ihrer Wände erfahren. Iſt die flüſſige, im Gleichgewicht befindliche, Maſſe an irgend einer Stelle durch eine freie Oberfläche begränzt, ſo wird man ſich den, in Gedanken angenommenen, Canal an den Stellen, wo er in dieſe Oberfläche mündet, geöffnet vorſtellen müſſen, weil es über dieſelbe hinaus keinen Widerſtand mehr giebt, den man in die Vorſtellung aufzunehmen hätte. Dieſer Grundſatz, der ſich, wie man ſieht, blos auf die Betrachtung der wechſelſeitigen Unabhängigkeit der Theile, aus welchen die Flüſſigkeiten beſtehen, ſtützt, gewährt den Vortheil, eine Zurückführung der Unterſuchung über die Bedingungen des Gleichgewichts einer ganzen Maſſe auf den einfachern Fall des Gleichgewichts eines unendlich dünnen, in einem unendlich engen Canal enthaltenen, Waſſerſtrals, zu geſtatten.

Suchen wir jetzt dieſe Bedingungen für einen ſolchen Stral aufzufinden, den wir als ſchwer, homogen, und in einer cylindriſchen Röhre, ABCD, Fig. 28., eingeſchloſſen annehmen, deren unterer Schenkel BC horizontal, die andern, BA, CD, beide vertical und an ihren obern Enden offen ſind. Schon das Geſetz der Symmetrie erfordert, daß in dieſem Zuſtande die Flüſſigkeit, um in Gleichgewicht zu ſeyn, in beiden Schenkeln der Röhre gleich hoch ſtehen muß. Allein die Art, wie aus dieſer gleichen Höhe des Waſſerſtandes das Gleichgewicht hervorgehen muß, ergiebt ſich auch noch aus der Erwägung, daß im Fall derſelben der horizontale Theil BC der Flüſſigkeit an ſeinen beiden Enden einen Druck von zwei gleichen Kräften erleidet, nämlich den Gewichten der beiden flüſſigen Säulen von gleicher Höhe, ſo daß er weder nach rechts noch nach links auszuweichen ſtreben kann.

Anders würde ſich die Sache verhalten, wenn man eine neue Quantität Flüſſigkeit in einen der beiden Schenkel nachgöſſe; indem dieſer Zuſatz, durch Vermehrung des Drucks in demſelben Schenkel, den vorher horizontalen Theil der Flüſſigkeit nach der entgegengeſetzten Seite treiben würde; eine Bewegung, von der man ſich durch den Augenſchein überzeugen könnte, wenn dieſer Theil der Flüſſigkeit von anderer Beſchaffenheit als der übrige Theil derſelben und unfähig, ſich damit zu vermiſchen, wäre, wenn er z. B. aus Waſſer beſtände, während die verticalen Schenkel mit Oel gefüllt wären.

Um jedoch auf den Fall des, durch Gleichheit des Drucks zweier Säulen von der nämlichen Beſchaffenheit bedingten, Gleichgewichts zurückzukommen, ſo ließe ſich die eine dieſer Druckkräfte dadurch erſetzen, daß man der flüſſigen Säule, welche ſie ausübte, den Widerſtand eines feſten, verticalen oder geneigten, die Röhre in B ſchließenden, Bodens, Fig. 29. und 30., ſubſtituirte. Dann würde ſich der ganze Druck der andern Säule CD bis zu dieſem Boden, durch die Molecule der Flüſſigkeit hindurch, vermöge deren Undurchdringlichkeit, fortpflanzen; ſo daß der Boden, im Fall man ihn vertical annähme, das ganze Gewicht dieſer Säule zu tragen haben würde, als wenn dieſelbe unmittelbar über ihm ſtände; und wäre er auf irgend eine

Weiſe gegen den Horizont geneigt, ſo würde der Druck, den er erlitte, dem Gewicht einer flüſſigen Säule gleich kommen, die ſeine Oberfläche zur Baſis und CD oder C′D′ zur Höhe hätte. Dieſe Höhen können hier als gleichgeltend genommen werden, da wir die flüſſige Säule als einen unendlich dünnen Stral angenommen haben; was jedoch keine Anwendung auf die Wirklichkeit erleidet, wo die flüſſigen Säulen, mit denen man es zu thun hat, ſtets von einer merklichen Dicke ſind. Dann hat jeder Punct des Bodens BB′ einen Druck zu ertragen, welcher der verticalen Höhe des, über ſeinem Horizontalniveau ſtehenden, flüſſigen Strals gleich kommt. Solchergeſtalt wird der Druck in B durch die Höhe CD, in B′ durch C′D′ gemeſſen, und in den zwiſchenliegenden Puncten durch die, jedem derſelben entſprechenden, Höhen.

Dieſe Fortpflanzung des Drucks und ſeine Intenſität bei jeder Neigung des Bodens B läßt ſich in der Erfahrung nachweiſen, wenn man dieſem Boden einen beweglichen Stempel ſubſtituirt, und die Kraft mißt, welche erforderlich iſt, um zu verhindern, daß er aus der Röhre herausgetrieben werde. Das, ſich hieraus ergebende, Geſetz hat jedoch nicht blos für das Gewicht der Säule CD Statt; gilt vielmehr auch für jede andre drückende Kraft, die man ſich in DD′, ſenkrecht auf die freie Oberfläche der Säule, angebracht dächte. Der, von einer ſolchen Kraft ausgeübte, Druck würde ſich gleichfalls, ohne eine Veränderung zu erleiden, durch die Molecule der Flüſſigkeit hindurch auf alle, die Maſſe derſelben umſchließenden, feſten Oberflächen fortpflanzen; und wenn jeder Quadratcentimeter der freien Oberfläche von DD′ durch ein Gewicht z. B. von einem Kilogramm gedrückt würde, ſo hätte auch jeder Quadratcentimeter des Bodens BB′ und der Wände des Canals den Druck von einem Kilogramm ſenkrecht auf ſeine Oberfläche auszuhalten. Von dieſem allgemeinen hydroſtatiſchen Grundſatz, deſſen Wahrheit ſich, wie eben gezeigt, durch Verſuche ſicher nachweiſen läßt, hat man ſelbſt eine ſehr ſinnreiche Anwendung zur Conſtruction einer, in England ſehr gebräuchlichen, Maſchine gemacht, in welcher der, mittelſt eines Hebels auf die obere Fläche einer dünnen Waſſerſäule ausgeübte, Druck ſich mit ſeiner ganzen Energie auf alle Puncte einer groſen Fläche fortpflanzt. Dieſer Grundſatz, in Verbindung mit dem, aus der wechſelſeitigen Unabhängigkeit der Molecule in den Flüſſigkeiten zuerſt abgeleiteten, führt zur Entdeckung aller Bedingungen des Gleichgewichts ihrer Maſſe.

Betrachten wir, Beiſpiels halber, diejenigen Theile einer ſolchen Maſſe, welche durch eine freie, an keiner Wand anliegende, Oberfläche begränzt ſind. Iſoliren wir ſie von allen übrigen durch einen unendlich dünnen Canal ABA′B′, Fig. 31., der dem Umriß der freien

Oberfläche folgt, und durch zwei feſte Wandungen AA′, BB′ begränzt wird. Das Gleichgewicht wird in dieſem Canal wie in jedem andern beſtehen müſſen, wobei aber die Freiheit der Oberfläche erfordert, daß die äußere Wand AB keinen Druck von Innen nach Außen erleide. Mithin müſſen die Puncte der freien Oberfläche entweder gar keinen Druck erfahren, oder blos einen Druck von Außen nach Innen, und der auf alle gleich ſtark ſey. Ueberdieß muß die Mittelkraft aller der Kräfte, welche die, an dieſer Oberfläche befindlichen, Theile der Flüſſigkeit ſollicitirt, eine ſolche Richtung haben, daß ſie dieſelben nicht in der Längenrichtung des Canals hingleiten laſſe; eine Bedingung, deren Erfüllung im Allgemeinen, bei jeder Länge des Canals, auf keine ander Weiſe möglich ſeyn wird, als vermöge einer, auf die freie Oberfläche ſenkrechten, Richtung der in Rede ſtehenden Mittelkraft. Wird z. B. die Flüſſigkeit blos durch eine, nach einem Mittelpunct ſtrebende, und von allen Seiten des Raumes gleich ſtark wirkende, Schwerkraft ſollicitirt, ſo wird die freie Oberfläche die Geſtalt einer, mit dieſem Punct concentriſchen, Kugel annehmen müſſen. Dieſen Fall würde das Meer verwirklichen, wenn ſich die Erde, welche es bedeckt, nicht um ſich ſelbſt drehte. Wenn jedoch der Mittelpunct der Schwere in Vergleich mit der Ausdehnung der freien Oberfläche ſo weit entfernt iſt, daß die Richtungen der Schwere an ihren verſchiedenen Puncten für parallel gelten können, ſo wird die Oberfläche die Geſtalt einer, auf dieſe gemeinſchaftliche Richtung ſenkrechten, Ebene annehmen. Dieß iſt der Fall mit den ſchweren Flüſſigkeiten, welche durch Gefäßwände begränzt ſind; auch zeigt in der That die Beobachtung, daß der freie Theil ihrer Oberfläche eben und horizontal iſt. Bringt man dieſelben in den leeren Raum, ſo iſt der Druck auf ihre Oberfläche Null; denn über den Theilchen derſelben iſt nichts vorhanden, was ſie drücken könnte, und ſo werden ſie nur durch ihre eigne Schwere ſollicitirt,* die für alle gleich iſt. Steht aber die Flüſſigkeit in der Atmoſphäre, ſo hat ihre freie Oberfläche das ganze Gewicht der, über ihr liegenden, und, wie wir weiterhin ſehen werden, ſchweren Luftmaſſe zu tragen. Iſt dann dieſe Oberfläche horizontal, ſo iſt der Druck auf dieſelbe gleichförmig, und das Gleichgewicht hat ebenfalls Statt.

Der einfachern Betrachtung halber wollen wir die Flüſſigkeit, die wir in feſten Gefäßwänden enthalten denken, wieder in den leeren Raum verſetzen, wo ſie nur durch ihre eigne Schwere ſollicitirt wird; und nun ihr Inneres betrachten. Denkt man ſich irgend eins der, im Innern der flüſſigen Maſſe befindlichen, Theilchen, z. B. M, Fig. 33, iſolirt, ſo iſt klar, daß ſich daſſelbe wird betrachten laſſen als auf dem Boden eines verticalen, in die freie Oberfläche mündenden, Cantal liegend. Es hat mithin das ganze Gewicht der, ſolchergeſtalt über ihr ſtehenden, Waſſerſäule zu tragen, und pflanzt dieſen Druck nach allen Richtungen zu allen, es umgebenden, Theilchen fort, die ihm, vermöge der Gegenwirkung der Wände, mit gleicher Kraft widerſtehen. So findet Gleichheit des Drucks nach allen Richtungen Statt; die abſolute Intenſität deſſelben aber nimmt im Verhältniß der Tiefe zu: und nicht nur des Drucks, der auf den Boden, ſondern auch, der auf die Wände des Gefäßes ausgeübt wird. Um hiervon eine deutliche Vorſtellung zu erhalten, wollen wir ein ganz kleines Element BB der Oberfläche einer Gefäßwand, in einer gewiſſen Tiefe liegend, betrachten. Wir können durch dieſes Element einen, unendlich dünnen, horizontalen Canal BC leiten, der ſich nachher in eine verticale Richtung umbeugt, und ſo in D zur freien Oberfläche gelangt. Dann wird das Element BB, welches ſich als der Boden dieſes Canals betrachten läßt, einen ſenkrechten Druck auszuhalten haben, welcher dem Gewicht einer Waſſermaſſe gleich iſt, die ſeine Oberfläche BB zur Baſis und CD zur Höhe hat; und vermag es einer ſolchen Kraft nicht zu widerſtehen, ſo wird es berſten.

Wenn nun die Richtung der Oberfläche in BB nicht völlig horizontal iſt, ſo wird der, auf ſie ſenkrechte, Druck durch Zerlegung nach horizontaler Richtung eine Kraft entſtehen laſſen, vermöge deren dem Gefäß eine Fortbewegung im Raume nach der Richtung CB ertheilt werden müßte. Man bemerkt aber keine ſolche Bewegung an den Gefäßen, die zum Theil mit Flüſſigkeit angefüllt und frei aufgehangen ſind. Die Urſach davon iſt, daß es immer ein, BB entgegengeſetztes, Element B'B' giebt, welches in der nämlichen Höhe als jenes liegt, und ein gleiches Streben zeigt, ſich nach der entgegengeſetzten Richtung zu bewegen, ſo daß alle dieſe Beſtrebungen, die einander im Umkreis des Gefäßes nothwendig entgegengeſetzt ſeyn müſſen, einander wechſelſeitig compenſiren. Wenn man aber die Wand an einem ihrer Puncte, wie BB oder B'B' durchbohrte, ſo wäre an dieſem Puncte keine Gefäßwand mehr vorhanden, gegen die ein Druck ausgeübt werden könnte, mithin würde der Druck nach der entgegengeſetzten Richtung allein noch wirkſam bleiben, und, mit der ihm eignen Kraft, das Gefäß und die Flüſſigkeit nach der, ihm entſprechenden, Richtung treiben. Dieß bemerkenswerthe Reſultat wird durch den, Fig. 11. vorgeſtellten, Apparat realiſirt. AB iſt eine verticale Glasröhre, deren obere Mündung B offen iſt. Die untere Mündung A iſt durch einen Stöpſel geſchloſſen, in welchen man die, aus zwei Theilen ATO, AT'O' beſtehende, Röhre, von geringerem Durchmeſſer ſo einfügt, daß eine Verbindung mit dem Innern der dickern Röhre AB unterhalten wird. Beide Theile der dünnen Röhre werden horizontal, in direct entgegengeſetzter Richtung, angebracht. Das freie Ende O, O′ jedes Theils iſt horizontal in einen rechten Winkel umgebogen und läuft in eine (offene) Spitze aus. Man denke ſich jetzt die Mündnugen dieſer Enden verſtopft, und die dickere Röhre oben an einem Faden aufgehangen, der hinreichend fein iſt, um ihr eine leichte Drehung um die Verticale zu geſtatten. Füllt man den ganzen Apparat durch die obere Mündung mit Waſſer an, ſo wird der, nach allen Seiten gegen die Wände ausgeübte, Druck allenthalben aufgehoben werden, und keine Bewegung zur Folge haben können. Entfernt man aber die Stöpſel, welche die Schnäbel O, O′ der beiden horizontalen Röhrentheile verſchloſſen, ſo wird durch die, ſolchergeſtalt in den Wänden hervorgebrachten, Oeffnungen die Flüſſigkeit frei ausfließen, und mithin nichts dem Druck das Gegengewicht mehr halten; der gegen die, den Schnäbeln entgegengeſetzten, Theile der Wand ausgeübt wird. Dieſer Druck wird mithin die Röhrentheile ATO, AT′O′ forttreiben, und dem Apparat eine, der Richtung des Ausfließens entgegengeſetzte, Rotationsbewegung mittheilen [1].

Die nämlichen Grundſätze, welche uns ſo eben zur Ausmittlung des Drucks, den die Seitenwände der Gefäße erfahren, gedient haben, werden uns das Maß des Drucks finden laſſen, den ihr Boden auszuhalten hat. Die Schätzung deſſelben wird auf die nämliche Weiſe geſchehen, und für jeden Punct einzig von ſeiner Tiefe unter der freien Oberfläche abhängen. Iſt alſo der Boden horizontal, ſo werden alle ſeine Puncte einen gleichen Druck erfahren, und der Totaldruck, den er zu tragen haben wird, dem Gewicht einer Säule Flüſſigkeit gleich kommen, die ſeine Oberfläche zur Baſis, und ſeinen Abſtand von der freien Oberfläche zur Höhe hat. Die Geſtalt der Seitenwände kommt bei dieſer Schätzung nicht in Betracht, und es macht hinſichtlich derſelben keinen Unterſchied, ob das Gefäß cylindriſch iſt, wie in Fig. 32., oder oben weiter als unten, wie in Fig. 34., oder ſich oben verengend, wie in Fig. 35. In allen dieſen Fällen wird der Totaldruck auf den Boden gleich groß ſeyn, wofern nur die Größe des Bodens und der Höhe, ſo wie die Beſchaffenheit der darüber ſtehenden Flüſſigkeit ſich gleich verhalten.

---

[1] Um dieſen Verſuch auf die bequemſte Weiſe anzuſtellen, hat man nicht nöthig, die kleinen Mündungen O, O′ zu verſtopfen und wieder zu öffnen. Man braucht blos die obere Mündung B der dickern Röhre zu verſchließen, um das Ausfließen zu hindern; indem dann die Flüſſigkeit ſich in dieſen Röhren nicht zu ſenken vermag, ohne daß ein leerer Raum darin entſtände. In dieſem Fall dient die äußere Luft ſelbſt als Stöpſel durch den Druck, den ſie gegen die kleinen Mündungen OO′ ausübt, und dem bei Verſchließung der größern Mündung durch keinen entſprechenden Druck entgegengewirkt werden kann. Das Ausfließen beginnt aber ſogleich, ſo wie man die obere Mündung öffnet. Die nähere Einſicht in dieſe Umſtände wird ſich weiterhin ergeben, wo wir von der Schwere der Luft handeln; vor der Hand reicht es hin, ſich durch die Erfahrung von ihrer Wahrheit zu überzeugen, um ſich derſelben zur Vereinfachung des angegebnen Verſuchs zu bedienen.

Hieraus ergiebt ſich die, dem Anſcheine nach ſehr paradoxe, Folgerung, daß in einem, oben verengerten, Gefäße der Druck auf den Boden ſtets das Totalgewicht der, im Gefäße eingeſchloſſenen, Flüſſigkeit überſteigt, ja ſelbſt in einem enormen Verhältniß zu überſteigen vermag, wenn man einer ganz dünnen flüſſigen Säule eine breite Baſis giebt. Deſſenungeachtet, wenn man ein ſolches Gefäß mit der, darin enthaltenen, Flüſſigkeit wiegt, wird weiter nichts, als das vereinte Gewicht beider in die Wage fallen; der Druck aber, den der Boden erleidet, wie ſtark er immer ſeyn möge, nicht das Geringſte dazu beitragen. Dieß rührt daher, daß ihm, im ganzen Syſteme, zum Theil das Gegengewicht durch die Druckkräfte gehalten wird, die nach entgegengeſetzter Richtung auf andre Theile der Wände ausgeübt werden. Betrachten wir z. B. im Gefäß ACD, Fig. 37., das ſich nach unten in horizontaler Richtung erweitert, zwei kleine Elemente der Wandungen, wie B und B', die in der nämlichen Verticale, einander gegenüber, liegen und eine gleiche Oberfläche beſitzen. Führen wir alsdenn von jedem dieſer Elemente aus einen unendlich dünnen Canal, erſt in horizontaler Richtung, der ſich aber dann in eine verticale Richtung umbiegend, bis an die freie Oberfläche der Flüſſigkeit erhebt. Jedes dieſer Elemente wird den ganzen Druck erleiden, der durch die, in ſeinem entſprechenden Canale enthaltene, flüſſige Säule ausgeübt wird; aber vermöge ihrer entgegengeſetzten Anordnung wird das eine B von oben nach unten getrieben, das andre B' von unten nach oben gehoben werden. Mithin wird zur Bewegung des Gefäßes blos noch die Differenz dieſer entgegengeſetzten Kräfte wirkſam ſeyn können, d. i. das Gewicht der, zwiſchen beiden Elementen begriffenen, Säule BB', ein Gewicht, welches man allerdings durch Wiegen des ganzen Syſtems wiederfindet. Der größern Einfachheit wegen haben wir hier nur ebene, und einander unmittelbar entgegengeſetzte, Wände in Betracht gezogen, die nämliche Compenſation würde aber auch für krumme Wände Statt haben, wie der Calcul nachweiſt; was der wechſelſeitigen Aufhebung der horizontalen Druckkräfte völlig analog iſt. Wie man ſieht, giebt dieſe Darſtellung den völlig zureichenden Erklärungsgrund für das, dem erſten Anblick nach allerdings ſonderbar ſcheinende, Mißverhältniß, welches zwiſchen dem Gewicht der Flüſſigkeiten, und dem Druck, den ſie auf den Boden der, ſie enthaltenden, Gefäße ausüben, Statt findet, und der darin liegt, daß dieſer Druck und das abſolute Gewicht zwei ganz verſchiedne Dinge ſind. Man hat von dieſer Eigenthümlichkeit eine

Anwendung auf die Conſtruction einiger Maſchinen (z. B. der Realſchen Waſſerpreſſe) gemacht, um einen gleichmäßigen und ſtarken Druck auf große Oberflächen mittelſt einer darüberſtehenden dünnen Waſſerſäule hervorzubringen.

Es iſt von Wichtigkeit, die Bemerkung nicht außer Acht zu laſſen, daß dieſer, mit der Tiefe veränderliche, Druck, hier von der, auf die Schichten der Flüſſigkeit wirkenden, Schwere abhängt. Es gilt in dieſer Hinſicht der allgemeine Satz, daß in einer Flüſſigkeit, deren Molecule ſämmtlich durch bewegende Kräfte irgend einer Art ſollicitirt werden, kein andrer, als der von dieſen Kräften abhängende, Druck, veränderlich iſt. Wirken noch außerdem Druckkräfte auf Theile der freien Oberfläche der Flüſſigkeit, ſo pflanzen ſich dieſe gleichmäßig auf alle Puncte des Innern und der Wände fort, ſo daß die Zuſammenſetzung dieſes conſtanten Antheils und des erſtern, veränderlichen, den Totaldruck giebt. Dieſe Art des Gleichgewichts findet z. B. im Innern einer flüſſigen Maſſe Statt, die außer ihrer eignen Schwere, noch einen Druck durch das Gewicht der Atmoſphäre erleidet.

Bisher haben wir alle Theile der, im Gleichgewicht befindlichen, flüſſigen Maſſe von gleicher Dichtigkeit angenommen. Ziehen wir jetzt verſchiedne, in Gefäßen, welche mit einander communiciren, enthaltene, Flüſſigkeiten in Betracht, die wir zugleich als nicht miſchbar mit einander annehmen, ſo werden wir, um die verticalen Säulen derſelben ins Gleichgewicht zu bringen, ihnen nur Längen zu geben haben, welche ihren Dichtigkeiten reciprok ſind; wo ſich dann alle Bedingungen des Gleichgewichts, wie im Falle einer einzigen Flüſſigkeit, erfüllt finden werden. Es folgt hieraus, z. B., daß, wenn zwei Flüſſigkeiten ſich ſolchergeſtalt in den beiden Schenkeln eines gekrümmten Hebers, wie ABCD, Fig. 38., im Gleichgewicht befinden, die Verticalhöhen beider Säulen das angegebene Verhältniß zu einander haben werden.

Bei allen dieſen Anwendungen haben wir die flüſſigen Maſſen als durch Kräfte ſollicitirt betrachtet, welche auf alle ihre Theilchen gemeinſchaftlich wirken. Wären aber außer dieſen allgemeinen Kräften noch andre vorhanden, welche auf gewiſſe Puncte der Maſſe vorzugsweiſe wirkten, ſo würden die Erſcheinungen ſich natürlich anders verhalten müſſen, und für dieſe Annahme neuer Kräfte auch die Einführung entſprechender neuer Bedingungen des Gleichgewichts nothwendig werden. Solches iſt in der That der Fall in der Nähe der Gefäßwände, wegen der Verwandtſchaft, vermöge deren die Stoffe, aus denen die Wände beſtehen, die Molecule der Flüſſigkeit anziehen, und vermöge deren ſich dieſe Molecule auch unter einander ſelbſt immer anziehen. Hierin liegt, wie wir weiterhin ſehen werden, der

Grund, warum die Oberfläche der Flüſſigkeiten nahe an ihren Rändern nicht horizontal ſteht, warum ſie in ſehr dünnen Röhren über das Niveau emporſteigt, oder ſich unter daſſelbe herabſenkt; ſo wie der Grund noch vieler ähnlichen Erſcheinungen, die man mit jenen unter der allgemeinen Benennung, Erſcheinungen der Capillarität, zuſammenfaßt. Weiterhin werden wir auseinander ſetzen, was auf dem Wege der Erfahrung, in Verbindung mit dem des Calculs über die allgemeinen Geſetze derſelben ausgemittelt worden iſt *).

---

*) Man nennt das, S. 57 ausgeſprochene, Geſetz, nach dem eine Flüſſigkeit in offnen und frei mit einander zuſammenhängenden Gefäßen (wie z. B. in den Röhren Fig. 28.), nicht anders in Gleichgewicht ſeyn kann, als wenn in ihnen die Oberfläche der Flüſſigkeit in einerlei Horizontalebene (im Niveau) ſteht, das Geſetz der communicirenden Röhren. Es gilt auch für den Fall, wo der eine Schenkel des Gefäßes ganz anders gebogen oder geſtaltet, und von ganz andern Dimenſionen, weiter oder enger iſt, als der andre.

Daß der Druck, welcher in ruhig ſtehender Flüſſigkeit in den untern Schichten durch die Schwere der, auf ihnen laſtenden, obern Schichten, hervorgebracht wird, ſo wie der, welcher etwa von Außen auf die Oberfläche der Flüſſigkeit wirkt, nicht blos ſenkrecht abwärts, ſondern nach allen Seiten, ſelbſt aufwärts ſich fortpflanzt, läßt ſich durch leichte Verſuche erweiſen.

Eine polirte Meſſingplatte, an das untere abgeſchliffene Ende einer, an beiden Seiten offenen, Glasröhre angedrückt und ſo horizontal in Waſſer getaucht, ſinkt in hinlänglicher Tiefe nicht zu Boden, ſondern bleibt an der Glasröhre ſchweben, durch die Kraft gehalten, mit welcher das Waſſer ſie ſenkrecht aufwärts gegen die Röhre drückt. Füllt man eine Rindsblaſe mit Waſſer, legt einen zerbrechlichen Körper, z. B. ein Ei oder eine hohle Wachsfigur, hinein, bindet ſie zu, und beſchwert ſie mit Gewichten; ſo bleiben die Körper deſſenungeachtet unverſehrt, was nicht der Fall ſeyn könnte, wenn ſich die Wirkung des äußern Drucks blos von oben nach unten durch die Waſſertheile fortpflanzte.

Um die Größe des Drucks zu finden, welchen eine Flüſſigkeit gegen den horizontalen Boden eines Gefäßes, über dem ſie ſteht, ausübt; muß man zuvor wiſſen, wie viel ein Cubicfuß oder Zoll dieſer Flüſſigkeit wiegt. Man multiplicirt alsdann den Ausdruck für den Flächenraum des Bodens mit dem Ausdruck für die Höhe des Waſſerſtandes über demſelben, die nämliche Maßeinheit (Füße oder Zolle) zu Grunde legend; und dieß gefundene Product, mit dem bekannten Gewichtsausdrucke für Einen Cubicfuß oder Zoll der Flüſſigkeit multiplicirt, giebt die Größe des Totaldrucks, den der Boden erfährt. Ein Cubicfuß Waſſer z. B. wiegt ungefähr 70 Pfund. Steht alſo Waſſer in einem Gefäße über einem Boden von 2 Quadratfuß Fläche bis zu einer Höhe von 3 Fuß (mag das Gefäß übrigens ſich nach oben erweitern oder verengern, gleichviel); ſo erhält man als Product 2 × 3 × 70; d. i. der Boden wird einen Geſammtdruck erleiden, der dem von 420 Pfund gleich iſt.

In Bezug auf die Frage, wie ſtark eine Flüſſigkeit auf eine nicht horizontale Fläche, z. B. auf die Seitenwände eines Gefäßes drücke, gilt folgender allgemeine Satz: „Jede Fläche leidet von dem Waſſer, in welchem ſie ſich befindet, einen Druck, demjenigen gleich, welchen Waſſer gegen eine horizontale Ebene, die ſo groß als die Fläche iſt, bei einer Druckhöhe ausüben würde, die der ſenkrechten Tiefe des Schwerpuncts der Fläche unter der Oberfläche des Waſſers gleich iſt.“ In einem hohlen Würfel voll Waſſer z. B. iſt der Druck auf jede Seitenwand halb ſo groß, als auf den Boden.

In einem halb kugelförmigen, mit Waſſer gefüllten, Gefäße, hat der

Siebentes Capitel.

Vom Gleichgewicht der luftförmigen (elaſtiſchen) Flüſſigkeiten oder Gasarten.

Die luftförmigen oder elaſtiſchen Flüſſigkeiten, wie die atmoſphäriſche Luft und die andern Gasarten, die ſich in der Natur vorfinden, unterſcheiden ſich von den tropfbaren Flüſſigkeiten durch zwei Charaktere, die Ausdehnſamkeit (expansibilité) und die Zuſammendrückbarkeit (compressibilité). Sie ſind ausdehnſam, das heißt, ſie ſtreben unaufhörlich, ſich in die freien oder umſchloſſenen Räume zu verbreiten, innerhalb deren ſie ſich befinden, als wenn zwiſchen ihren Theilen ein abſtoßendes Princip waltete, das ſie antriebe, ſich wechſelſeitig zu fliehen. Sie ſind zuſammendrückbar, d. h. die nämliche Maſſe vermag, ohne ihren Gaszuſtand aufzugeben, in ein geringeres Volumen verdichtet zu werden, wenn äußere Druckkräfte auf ſie wirken, die vermögend ſind, ihr gerade vorhandenes Streben zur Ausdehnung zu überwältigen, ein Streben, welches bei derſelben Gasart ſich mit der Dichtigkeit, ſo wie mit den Wärme- und Kältegraden (Temperatur) derſelben ändert. Unſtreitig muß es eine Gränze der Zuſammendrückbarkeit für die Gastheilchen geben, über die hinaus keine weitere Annäherung möglich iſt, da eine ſolche doch nur bis zur unmittelbaren Berührung derſelben getrieben werden kann; allein die Erfahrung lehrt, daß die Druckkräfte, die zu erregen bei uns ſteht, uns hinter der Erreichung dieſer Gränze noch ſehr weit zurück laſſen. Es giebt nicht einmal eine Gasart, die wir ſolchergeſtalt durch Druck in den Zuſtand einer tropfbaren Flüſſigkeit zu bringen vermöchten, ungeachtet in dieſem Zuſtande die Molecule wahrſcheinlich noch ſehr weit von einander entfernt ſind. Außer den vorigen Eigenthümlichkeiten kommt den Gasarten, wie allen übrigen materiellen Subſtanzen, die Schwere zu. Alle dieſe Eigenſchaften müſſen daher, bei Aufſuchung der Geſetze ihres Gleichgewichts, berückſichtigt werden.

Dieß vorausgeſchickt, wollen wir eine gasförmige Maſſe, die dieſe Grundbeſchaffenheiten beſitzt, betrachten, ſie von allen Seiten durch ein Gefäß mit feſten Wänden umſchloſſen und ruhig der Wirkung

---

Druck gegen die Geſammtfläche der Wände gleiche Größe mit einem Waſſerdrucke, der gegen eine horizontale Fläche von der Größe der Oberfläche des Waſſers jenes Gefäßes, mit einer Druckhöhe gerichtet iſt, welche dem Halbmeſſer der Kugel gleich kommt.

Der Druck, den das Waſſer gegen ein ſenkrecht ſtehendes Rechteck ausübt, nimmt im quadratiſchen Verhältniſſe mit der Druckhöhe zu; iſt alſo 4fach bei der doppelten, 9fach bei der 3fachen Druckhöhe. Dieß iſt beſonders im Waſſerbau zu berückſichtigen.

ihrer eignen inwohnenden Kräfte überlaſſen denkend. Zuvörderſt iſt klar, daß ſie ſich nach allen Seiten in dieſem Gefäß ausbreiten, daſſelbe ganz und gar erfüllen, und gegen ſeine Wände von Innen nach Außen mit der, ihrem Volumen, ihrer Dichtigkeit und im Allgemeinen ihrem gegenwärtigen Zuſtande zugehörigen, Expanſivkraft (Kraft, hervorgehend aus dem Streben zur Ausdehnung) drücken wird. Außerdem werden die untern Schichten durch den Druck, den das Gewicht der über ihnen ſtehenden auf ſie ausübt, zuſammengedrückt werden, und eine Abnahme der Dichtigkeit von unten nach oben, ſo hoch das Gefäß reicht, die Folge davon ſeyn. Hiernach wird ſich der Druck gegen die Wände abändern, ſowohl derjenige, welcher von der Schwere der Gasart abhängt, als der, welcher von ihrer Spannkraft herrührt, weil die Spannkraft ſich mit der Dichtigkeit ändert.

Indeß wird in einer kleinen Gasmaſſe dieſe Veränderlichkeit des Drucks ſehr ſchwach und gewöhnlich unmerklich ſeyn, wegen des, im Vergleich zur Ausdehnſamkeit ſehr geringen, Gewichts des Gaſes. Wenn man nun eine Oeffnung an irgend einer Stelle in den Wänden macht, und in dieſer einen beweglichen Stempel, ein Ventil oder irgend eine andere, zur Meſſung des Drucks von Innen nach Außen geeignete, Vorrichtung anbringt, ſo wird man keinen Unterſchied deſſelben in der ganzen Ausdehnung der Gefäßwände bemerken können; d. h. jede Flächeneinheit, z. B. jeder Quadratmillimeter derſelben wird einen Druck von gleicher Intenſität erfahren. Ferner, wenn man ſolchergeſtalt mehrere Stempel anbringt, die, indem ſie in die Gasmaſſe eindringen, eine Zuſammendrückung derſelben mit einer gewiſſen Kraft bewerkſtelligen, wird der, von einem derſelben hervorgebrachte, Druck ſich in ſeiner ganzen Stärke zu allen übrigen durch die gasförmige Maſſe hindurch fortpflanzen, wie wir daſſelbe auch bei den tropfbaren Flüſſigkeiten geſchehen ſahen; ſo daß mithin dieſe Eigenſchaft, nach welcher der Druck ſich gleichmäßig nach allen Richtungen durch eine Flüſſigkeit fortpflanzt, auch den Gasarten zukommt.

Der, in Fig. 39. vorgeſtellte, Apparat kann zur Nachweiſung dieſes Reſultats in der Wirklichkeit dienen. ABCD iſt ein cylindriſches Gefäß, deſſen Wände in verſchiedener Höhe mit Oeffnungen O, O′, O″ durchbrochen ſind, um Glasröhren einzufügen, die erſt in einer, auf den Cylinder ſenkrechten, Richtung aus ihm hervortreten, dann vertical herab- und nachher wieder heraufſteigen, um ſolchergeſtalt einen Heber mit parallelen Schenkeln zu bilden. In jeden dieſer Heber bringt man eine gefärbte Flüſſigkeit, die in ihren beiden Schenkeln bis zu gleicher Höhe aufſteigt. Nachdem man nun auf jeder Heberröhre die Gränzen dieſer verſchiednen flüſſigen Säulen markirt hat, taucht man die (offene) Baſis des Cylinders in ein, mit Waſſer angefülltes, Gefäß bis zu einer gewiſſen Tiefe, was ſich nur durch Ausübung eines Drucks auf das Gefäß bewerkſtelligen läßt, indem die, inwendig enthaltene, Luft der Zuſammendrückung durch das eindringende Waſſer widerſteht. Aber eben deßhalb theilt ſich dieſer Druck, den ſie erfährt, allen Theilen ihrer Maſſe mit und giebt ſich in den kleinen Röhren durch ein Aufſteigen der Flüſſigkeit zu erkennen, welche mit der Energie des Drucks in Verhältniß ſteht. Nun findet man, daß dieß Aufſteigen in allen Röhren gleichmäßig geſchieht, und kann daraus den Beweis ziehen, daß ſich der Druck auf alle Puncte der Wände, in welche die Röhren münden, auch gleichmäßig fortgepflanzt hat; und, noch überdieß: wenn die, in den Heberöhren enthaltene, Flüſſigkeit von der nämlichen Beſchaffenheit iſt, als die in der Wanne befindliche, in welche man den Cylinder eintaucht, ſo wird der Niveauunterſchied, der in den erſtern erfolgt, dem Grade entſprechen, um welchen die, durch den Widerſtand der zuſammengedrückten Luft herabgedrückte, Flüſſigkeit im Innern des Cylinders tiefer, als außen in der Wanne ſteht; indem hierdurch das Gewicht der flüſſigen Säule, durch welche die innere Luft zuſammengedrückt wird, gemeſſen wird.

Wenn wir jetzt wieder zur allgemeinen Betrachtung des Gleichgewichts einer gasförmigen, ausdehnſamen, zuſammendrückbaren und ſchweren Maſſe zurückkehren, können wir uns für dieſe Unterſuchung der nämlichen Vereinfachung bedienen, die wir für die tropfbaren Flüſſigkeiten in Anwendung zogen; indem wir das Gleichgewicht der ganzen Maſſe auf das eines beliebig geſtalteten, in ſich ſelbſt zurücklaufenden oder an ſeinen Enden geſchloſſenen, Canals zurückführen. Denn der Widerſtand, den dort die Incompreſſibilität der Flüſſigkeit darbot, wird hier durch die Gegenwirkung der Gastheilchen vermöge ihrer Spannkraft erſetzt; und man vermag hier, wie dort, ohne Störung des Gleichgewichts, jenen widerſtehenden Kräften den Widerſtand unbeweglicher Puncte oder feſter Wände zu ſubſtituiren, die man ſich auch in dieſem Falle als der Kraft des Widerſtands beraubt denken muß da, wo die gasförmige Maſſe durch eine freie Oberfläche begränzt iſt. Hieraus wird ſich, als Erforderniß für das Gleichgewicht der elaſtiſchen, wie für das der tropfbaren Flüſſigkeiten, ableiten laſſen, daß der Druck auf die freie Oberfläche Null oder conſtant und von Außen nach Innen gerichtet ſey, und daß noch überdieß die Geſtalt dieſer Oberfläche allenthalben ſenkrecht auf der Mittelkraft der Kräfte ſeyn müſſe, welche die, ſich darin befindlichen, Theilchen ſollicitiren. Der erſten Bedingung könnte in den gasförmigen Subſtanzen, die ſich uns in der Natur darbieten, kein Genüge geſchehen, wenn die Geſetze ihrer Ausdehnſamkeit, bei allen Graden derſelben, ſtreng und unwandelbar dieſelben blieben, wie ſie ſich uns innerhalb der Gränzen der Verdichtung, Verdünnung und Temperatur, die unſern Erfahrungen noch zugänglich ſind, darſtellen. Denn ihnen zufolge wird die Spannkraft einer Gasart nie abſolut Null, wie gering man auch ihre Dichtigkeit annehmen möge. Es müſſen indeß doch unbekannte Umſtände vorhanden ſeyn, welche eine ſolche, ins Unbeſtimmte gehende, Ausdehnſamkeit beſchränken, da z. B. die atmosphäriſche Luft, obwohl im leeren Himmelsraum iſolirt, ſich nicht zerſtreut und der Erde in ihrem Laufe folgt, alle Bewegungen derſelben theilend. Vielleicht wirkt die außerordentliche Kälte, welche, wie wir weiterhin ſehen werden, in den höhern Regionen der Atmosphäre herrſcht, hinreichend verändernd auf die Beſchaffenheit ihrer letzten Schichten ein, um ihr Streben zur Expanſion aufzuheben; denn würden die letzten atmosphäriſchen Theilchen allein durch die Schwere zurückgehalten, die ihrer, blos geſchwächten, Spannkraft das Gleichgewicht hielte, ſo müßten ſie ſich um die Erde, wie eben ſo viel Satelliten bewegen, ſtatt ſich mit ihr in vierundzwanzig Stunden einmal herumzudrehen, als wenn ſie feſt mit ihr verbunden wären.

Gehen wir von der, freien oder nicht freien, Oberfläche zu den innern Schichten über, ſo werden wir als Bedingungen ihres Gleichgewichts die nämlichen erhalten, die ſich für eine einfache, von oben bis unten durch die ganze Maſſe erſtreckende, Gasſäule ergeben. Denken wir uns, um die Betrachtung zu vereinfachen, dieſen Canal an ſeinem untern Ende verſchloſſen, ſo werden die übereinanderliegenden Schichten, wie oben erörtert, vermöge ihres eignen Gewichts einander zuſammendrücken; und das Geſetz, nach dem ſich ihre Dichtigkeit abändert, wird von der Art abhängen, wie ihre Spannkraft, in dem Maße als ſie zuſammengedrückt werden, zunimmt. Außerdem wird man noch alle die Urſachen zu berückſichtigen haben, welche die Energie dieſer Spannkraft zu modificiren vermögen, als die Kälte, die Wärme und die Beſchaffenheit der Dünſte, die mit dem Gas vermiſcht ſeyn können. Das Zuſammentreffen ſo vieler Urſachen, deren, durch zufällige Umſtände bedingte, Intenſität ſich nicht einmal wohl ausmitteln läßt, macht, daß ſich die Bedingungen des Gleichgewichts der atmosphäriſchen Schichten, wie ſie in der Wirklichkeit Statt haben, ſehr ſchwer auf feſte Beſtimmungen zurückführen laſſen, und daß man nur annäherungsweiſe zu derſelben zu gelangen vermag, indem man in den zufälligen Eigenſchaften der Luft eine hinlängliche Regelmäßigkeit vorausſetzt, um ſie dem Calcul unterwerfen zu können, und doch mit einer ſolchen Annäherung an die Wirklichkeit, daß ihre Folgerungen, in ſo weit ſie einer Beſtätigung durch Erfahrung fähig ſind, unſern Beobachtungen entſprechen. Dieß auszuführen, wird uns vornämlich durch die Anzeigen möglich, die wir durch zwei, höchſt ſchätzbare, Inſtrumente, das Barometer und Thermometer erhalten, von denen weiterhin ausführlich die Rede ſeyn wird.

Achtes Capitel.

Bedingungen des Gleichgewichts feſter Körper, welche in ſchwere Flüſſigkeiten eingetaucht ſind.

Wenn ein feſter Körper ganz oder zum Theil in eine ſchwere tropfbare oder gasförmige Flüſſigkeit eingetaucht iſt, ſo läßt ſich der eingetauchte Theil ſeiner Oberfläche als eine Wand betrachten, von welcher die Flüſſigkeit begränzt wird, und welche demzufolge dieſelben Druckkräfte zu ertragen hat, die vorher die Molecule der Flüſſigkeit, deren Stelle ſie einnimmt, auszuhalten hatten. Nun hielten dieſe Druckkräfte zuſammengenommen die flüſſige Maſſe, an deren Stelle ſich jetzt der eingetauchte Körper befindet, im Gleichgewicht. Sie gaben alſo, und geben noch, eine Mittelkraft, welche dem Gewicht dieſer Maſſe gleich war, durch ihren Schwerpunct gieng, und die Richtung von Unten nach Oben hatte. Auch der eingetauchte Körper übt Druckkräfte aus, deren Mittelkraft dem Gewicht deſſelben gleich kommt, an ſeinem Schwerpunct wirkend und von unten nach oben gerichtet iſt. Zum Gleichgewicht iſt erforderlich, daß dieſe beiden Kräfte gleich und ihre Richtungen entgegengeſetzt ſeyen. Hieraus fließen im Allgemeinen alle Geſetze des Gleichgewichts feſter Körper, welche in flüſſige Mittel eingetaucht ſind oder auf ihrer Oberfläche ſchwimmen; hier jedoch werden wir uns darauf beſchränken, die flüſſigen Mittel von gleichförmiger Dichtigkeit in Betracht zu ziehen, worunter die incompreſſibeln (tropfbaren) Flüſſigkeiten begriffen ſind, und worunter ſich ſelbſt die gasförmigen Maſſen bringen laſſen, welche in Gefäßen von geringer Ausdehnung enthalten ſind.

Iſt der feſte Körper völlig eingetaucht, und überdieß homogen, ſo fällt ſein Schwerpunct nothwendig mit dem der flüſſigen Maſſe zuſammen, welche er aus der Stelle drückt. Der Bedingung der Entgegenſetzung der Kräfte iſt mithin Genüge geſchehen, und zum Gleichgewicht nur noch die Gleichheit derſelben erforderlich. Wiegt der Körper eben ſo viel, als die Flüſſigkeit, ſo wird er ſich in jeder Tiefe derſelben im Gleichgewicht erhalten. Iſt er ſchwerer, ſo wird er vermöge des Ueberſchuſſes ſeines Gewichtes *) zu Boden fallen; iſt er leichter, ſo wird er nach der obern Fläche der Flüſſigkeit aufſteigen, und wenn dieſe frei iſt, mit einem Theil ſich über ſie emporheben. In allen Fällen wird er einen Theil ſeines Gewichts verlieren, der ſo viel beträgt, als das Gewicht des Waſſervolumens, welches er aus der Stelle drückt.

Iſt der Körper nicht homogen, ſo wird ſein Schwerpunct im Allgemeinen nicht mit dem der flüſſigen Maſſe zuſammenfallen. Die Bedingung der Entgegenſetzung der Kräfte erfordert in dieſem Fall, daß beide Schwerpuncte in der nämlichen Verticale liegen, daher der eingetauchte Körper, um ins Gleichgewicht zu kommen, eine Lage annehmen muß, welche jener Bedingung Genüge leiſtet. In jeder andern Lage wird dieſer Körper nothwendigerweiſe umkippen, da ſein Schwerpunct nicht unterſtützt iſt.

Wenn der feſte Körper nur zum Theil eingetaucht iſt, ſo wird er immer nur durch das Gewicht der Maſſe Flüſſigkeit, welche er aus der Stelle drückt, gehoben: mit minderer Kraft alſo, als wenn er ganz eingetaucht wäre. Damit er ſich im Gleichgewicht erhalten könne, wird dieß Gewicht dem ſeinigen gleich ſeyn, und der Schwerpunct der weggedrückten flüſſigen Maſſe in der nämlichen Verticale, als der Schwerpunct des ganzen Körpers liegen müſſen. Dieß iſt der Fall mit Körpern, welche frei auf einer Flüſſigkeit ſchwimmen. Darauf geworfen, nehmen ſie von ſelbſt die Stellung an, die jenen Bedingungen Genüge leiſtet; erſt aber oscilliren ſie eine gewiſſe Zeit hindurch, bis ſie zum beharrlichen Zuſtand des Gleichgewichts gelangt ſind.

Der Gewichtsverluſt, den die Körper durch ihr Eintauchen in die Flüſſigkeiten erleiden, läßt ſich leicht nachweiſen, indem man die Kräfte vergleicht, die man anwenden muß, den nämlichen Körper zu erhalten, wenn er in Waſſer eingetaucht und wenn er wieder herausgezogen iſt. Denn obgleich dieſer Körper auch in der Luft einen Theil ſeines Gewichts verliert, welches dem Gewicht des, von ihm aus der Stelle gedrückten, Luftvolumens gleich iſt, ſo wird dieſer Verluſt doch, wegen der geringen Dichtigkeit der Luft kaum merklich. Mit größerer Genauigkeit wird der Verſuch angeſtellt, indem man das Gewicht, welches die Körper in dieſen verſchiednen Fällen wirklich haben, mißt, wozu wir weiterhin die Anweiſung geben werden. Dann läßt ſich der Gewichtsverluſt ſchätzen, ſelbſt in der Luft.

---

*) Man nennt den Ueberſchuß des Gewichtes des Körpers über das Gewicht der flüſſigen Maſſe, welche mit ihm gleichen Raum einnimmt, ſein relatives Gewicht.

Neuntes Capitel.

Allgemeine Begriffe über die verſchiednen Arten der Bewegung, über Zeit, Geſchwindigkeit und Maſſe.

Wir haben Bewegung (mouvement, motus) den Uebergang materieller Puncte von einer Stelle des Raums zur andern genennt. Denken wir uns zwei ſolche Puncte, M, M′, Fig. 40., die, erſt ohne Bewegung, dann ſich nach Richtungen zu bewegen anfangen, welche genau parallel und auf die, ſie urſprünglich verbindende, Gerade ſenkrecht ſind. Beide werden zugleich oder nach einander ihre Bewegung anfangen können. Im letztern Falle wird einer der Puncte, M z. B., vor dem andern, und dieſer nach dem erſtern den Zuſtand der Ruhe verlaſſen. Dieſe Erſcheinungen, die wir durch vor und nach bezeichnen, laſſen in uns den abſtracten Begriff der Zeit entſtehen, vermöge der Vergleichung, die wir zwiſchen der Aufeinanderfolge (Succeſſion) der Zuſtände und ihrem Zugleichbeſtehen (Coexiſtenz) anſtellen. Was die Wahrnehmung (le sentiment) dieſer beiden Zuſtände betrifft, ſo verdanken wir ſie dem Gedächtniß, welches unſerm Geiſt die Ordnung und Aufeinanderfolge der phyſiſchen und pſychiſchen Eindrücke, die wir empfangen haben, wieder vergegenwärtigt, noch lange, nachdem die Begebenheiten, die ſie veranlaßten, vorüber ſind.

Kehren wir jetzt zur Betrachtung unſrer beiden materiellen Puncte zurück, und nehmen wir an, daß ſie ihre Bewegung gleichzeitig beginnen. Zweierlei wird eintreten können. Entweder beide Puncte werden immer gleichzeitig in gleichen Entfernungen von dem Anfangspuncte ihrer Bewegung ſeyn, Fig. 41., oder ſie werden in der nämlichen Zeit in verſchiedne Entfernungen gelangen, und einer wird dem andern vorausgehn, Fig. 42. Im erſten Fall wird ihre Bewegung gleich, im andern ungleich ſeyn. Der vorausgehende wird ſchneller, der zurückbleibende langſamer ſich bewegen. Es giebt alſo in dieſem Bezug Grade des Mehr und Minder, die ſich vergleichen laſſen. Auf ihnen beruht das, was man Geſchwindigkeit (vitesse, celeritas, velocitas) nennt.

Um dieſe Vergleichung mit Sicherheit und Genauigkeit anzuſtellen, wollen wir uns eine Bewegung von ſolcher Art denken, daß wir ſie nach Belieben auf die nämliche Weiſe wieder hervorbringen können, und daß ſie eine Reihe von Erſcheinungen bedingt, die einen feſt beſtimmten Anfang und ein feſt beſtimmtes Ende haben (im Allg. Uhren genannt). Eine ſolche Reihe von Erſcheinungen würde ſich z. B. und ſogar mit viel Genauigkeit, mittelſt eines doppelt koniſchen Gefäßes ABCD, Fig. 43., erhalten laſſen, welches man durch die offene

Spitze A mit Waſſer oder Queckſilber füllte, und durch ein kleines, im Boden angebrachtes, Loch C ſich ausleeren ließe. Denn die gänzliche Entleerung dieſes Waſſers oder Queckſilbers wäre eine Erſcheinung, die bei jeder Wiederholung des Verſuches auf die nämliche Weiſe erfolgen, und zu deren Vollendung ſomit jedesmal der nämliche beſtimmte Theil der Zeit erfordert werden würde. Mehrere, ſich ſolchergeſtalt nach einander entleerende, Gefäße, würden eben ſo viel ſolcher (unter einander gleicher) Perioden geben, die man dann, in ihrer Aufeinanderfolge, zu immer größern Perioden zuſammenſetzen könnte, um ſo immer längere Zeitintervalle zu erhalten. Eben ſo könnte man auch dieſe, zu Grunde gelegte, Periode, mittelſt ähnlicher Gefäße von geringerer Dimenſion, in Intervalle von minderer Dauer unterabtheilen; und, wäre man ſolchergeſtalt dahin gelangt, die geringſten Zeitintervalle, deren Beobachtung noch möglich wäre, feſtzuſtellen, ſo liegt am Tage, daß ſich alle denkbare Zeitintervalle durch Zurückführung auf dieſe Einheiten und ihre Unterabtheilungen würden bezeichnen laſſen; ſomit hätte man ein genaues Zeitmaß, deſſen man ſich zu Vergleichung der Geſchwindigkeiten bedienen könnte.

Dieſes chronometriſche (zeitmeſſende) Mittel war lange Zeit das einzige, von dem man Gebrauch machte. Um nicht vieler koniſchen Gefäße benöthigt zu ſeyn, brachte man zwei, mit geſchloſſenem Boden, übereinander an, ſo daß ſie durch ein gemeinſchaftliches und nur ganz kleines Loch communicirten, Fig. 44. Einen dieſer hohlen Kegel füllte man mit Waſſer oder Sand an, und wenn er ſich in den andern ausgeleert hatte, ſo drehte man dieſen ſchnell um, in einem Zeitintervall, das man als unmerklich vernachläſſigte; darauf ließ man wieder ausfließen und drehte abermals um. Dieſe Inſtrumente hießen Waſſeruhren (clepsydres, clepsydrae) oder Sanduhren. Heutzutage meſſen wir die Zeit durch Verfahrungsarten, die eine, ohne Vergleich größere, Genauigkeit zulaſſen, und die Zeitbeſtimmungen von ſelbſt anzeigen, ohne der beſtändigen Aufmerkſamkeit eines Beobachters zu bedürfen. Dieß ſind unſre Uhren, in welchen eine Feder oder ein Pendel wirkt. Weiterhin werden wir eine Vorſtellung von ihrer Einrichtung zu geben ſuchen. Hier genügt es, zu ſagen, daß ſie, wie die Waſſeruhren, durch Wiederholung einer, ſich immer gleich bleibenden, periodiſchen Bewegung das Maß der Zeit geben. Der kleinſte Zeitbruch, den man beim gewöhnlichſten Gebrauch noch in Anwendung zieht, heißt eine Secunde. Sechzig aufeinanderfolgende Secunden machen eine Minute *) aus, ſechzig Minuten eine Stunde, und vier und zwanzig Stunden oder 86400 Secunden kommen dem Zeitintervall gleich, welches zwischen dem zweimaligen, aufeinanderfolgenden, Wiedereintritt der Sonne in den Meridian verfließt.

---

*) Man gebraucht Striche als Zeichen für Minuten, Secunden, Terzien: z. B. 1′ 2″ 3‴ bedeutet 1 Minute, 2 Secunden, 3 Terzien.

Da die tägliche Bewegung der Sonne in den verschiedenen Jahresepochen sich nicht gleich bleibt, so ändert sich dieß Intervall ab; daher auch die Secunde, die einer festen Unterabtheilung zufolge daraus hergeleitet wird, auf entsprechende Weise veränderlich ist. Doch kann diese Abänderung im gewöhnlichen Leben vernachlässigt werden, da sie sehr unbedeutend ist, und innerhalb sehr enger Gränzen zwischen dem Mehr und Minder schwankt. Die Astronomen jedoch bringen ihrerhalben Correctionen an, da sie einer weit größern Präcision bedürfen, und reguliren ihre Secunden, Minuten und Stunden nach dem constanten Lauf einer fingirten Sonne, deren Bewegung eine mittlere zwischen dem, bald langsamern bald schnellern, Laufe der wahren Sonne seyn würde.

Durch das Zeitmaß erhalten wir das Mittel, nicht nur die Geschwindigkeit der verschiedenen Bewegungen, sondern auch ihre, auf der Art, nach welcher sie vor sich gehen, beruhende Natur zu vergleichen. Die einfachste Art der Bewegungen ist diejenige, welche man die gleichförmige (uniforme, uniformis, aequabilis) nennt, weil bei ihr das Bewegte sich in jedem Augenblick der Bewegung auf die nämliche Weise, als beim Anfang derselben, verhält. Eine solche ist z. B. die, welche im leeren Raum durch den plötzlichen Impuls einer augenblicklich wirkenden Kraft hervorgebracht werden würde. Denn da der bewegliche Körper, welcher den Impuls erhalten hätte, nur vermöge seines Beharrungsvermögens demselben gehorchen könnte, so würde er in jedem Augenblick die nämliche Bewegung beibehalten, die ihm einmal mitgetheilt worden wäre. Er würde daher beständig in gleichen Zeiten gleiche Räume durchlaufen, wie viel Zeit auch seit dem Anfang seiner Bewegung schon verflossen seyn möchte; und die ganzen, von diesem Zeitpunct an durchlaufenen, Räume würden mithin den Zeiten, die gebraucht wurden, sie zu durchlaufen, proportional seyn. Dieß ist das erfahrungsmäßige Kennzeichen, an welchem sich die gleichförmigen Bewegungen erkennen lassen. Die Geschwindigkeit dieser Bewegungen wird nach dem Raum geschätzt, den sie den nämlichen Körper in der angenommenen Zeiteinheit, z. B. einer Secunde, durchlaufen lassen; und man charakterisirt jede Geschwindigkeit durch die Zahl der, solchergestalt durchlaufenen, Meter. Um dann den Totalraum, den vermöge einer solchen Bewegung ein Körper in einer gegebenen Zeit durchlaufen würde, zu erfahren, multiplicirt man die Anzahl der Meter, welche seine Geſchwindigkeit ausdrückt, durch die Zahl der Zeiteinheiten, welche die Dauer, die man ſeiner Bewegung zuſchreibt, enthält.

Es giebt aber noch andre Arten der Bewegung, bei welchen der bewegte Körper unaufhörlich durch den Impuls der bewegenden Kraft ſollicitirt wird, indem dieſe auch noch nach dem Anfang der Bewegung auf ihn zu wirken fortfährt. Dann ändert ſich die Art und die Schnelligkeit der Fortbewegung in jedem Augenblick, daher dieſe Bewegung die *ungleichförmige* oder *veränderliche* (varié, inaequabilis, variatus) genannt wird. Sie iſt entweder eine *beſchleunigte* (accelerirte) [*]) oder *verzögerte* (retardirte), je nachdem die fortdauernde Wirkung der Kraft oder der Kräfte, welche den Körper ſollicitiren, eine Zunahme oder Abnahme ſeiner Geſchwindigkeit bedingt. Ein Beiſpiel der beſchleunigten Bewegung giebt uns der freie Fall ſchwerer Körper von einer Höhe; der verzögerten Bewegung aber das Aufſteigen der nämlichen Körper, wenn ſie durch einen, ihnen ertheilten Impuls, von unten nach oben geſchleudert werden. Wenn ein Körper ſolchergeſtalt vermöge der fortdauernden Einwirkung einer *beſchleunigenden* Kraft, eine veränderliche Bewegung angenommen hat, ſo iſt klar, daß er ſich, wenn dieſe Kraft plötzlich ihn zu ſollicitiren aufhörte, blos Kraft der, ſchon erhaltenen Eindrücke, weiter bewegen würde, nicht anders, als wenn er im nämlichen Augenblick durch die Summe aller dieſer Impulſe fortgeſchleudert worden wäre; ſeine Bewegung würde mithin gleichförmig werden. Nun drückt die größere oder geringere Geſchwindigkeit dieſer virtuellen gleichförmigen Bewegung gerade den Zuſtand aus, worin ſich der bewegliche Körper in dem Zeitpunct befindet, in welchem er jene Bewegung eben annehmen will (oder, vielleicht deutlicher: in jedem Augenblick der veränderlichen Bewegung hat der bewegte Körper wirklich gerade die Geſchwindigkeit, die er Kraft der ſchon erhaltenen Impulſe dem Geſetze des Beharrungsvermögens zufolge behalten würde, wenn die beſchleunigende Kraft von dem nämlichen Augenblicke an auf ihn zu wirken aufhörte); ihre Schätzung eignet ſich daher ſehr wohl, alle Phaſen (Veränderungen durch Zunahme oder Abnahme), welche die Beſchleunigung oder Verzögerung darbieten kann, klar und beſtimmt darzuſtellen. Man gelangt dazu durch den Calcul, wenn man das Geſetz der, in Betracht gezogenen, Bewegung kennt; d. h. wenn man weiß, welche allgemeine Beziehung zwiſchen den durchlaufenen Räumen und den Zeiten, in welchen ſie durchlaufen wurden, für jede Epoche Statt findet; wodurch man in der That das Mittel erhält, die verſchiednen Phaſen einer und derſelben Bewegung zu verſchiednen Zeitpuncten, oder die, in entſprechende Zeitpuncte fallenden, Phaſen mehrerer verſchiedenen Bewegungen mit einander zu vergleichen. Solchergeſtalt gelangt man zu dem Verhältnißbegriff der *Geſchwindigkeit* dieſer Bewegungen, der, wie leicht einzuſehen, in dieſer allgemeinern Bedeutung genommen, auch das, was wir Geſchwindigkeit bei den gleichförmigen Bewegungen nannten, unter ſich begreift. Der ganze Unterſchied iſt, daß hier die Geſchwindigkeit *conſtant* iſt, dort aber für die verſchiednen Zeitpuncte veränderlich; das Conſtante läßt ſich aber als ein beſonderer Fall des Veränderlichen betrachten, als der nämlich, wo die Größe der Veränderung Null iſt.

---

[*]) Man unterſcheidet noch eine *gleichförmig* und eine *ungleichförmig* beſchleunigte (und entſprechend auch, verzögerte) Bewegung: erſtere, wenn die, in gleichen Zeiträumen erhaltenen Vermehrungen der Geſchwindigdigkeit gleich, letztre, wenn ſie ungleich ſind. Ein Beiſpiel von letztrer giebt ein, aus ſehr großer Höhe herabfallender Körper, wo ſich die Schwerkraft merklich abändert. S. auch den Schluß dieſes Capitels.

Das einfachſte Beiſpiel der Wirkungsart beſchleunigender Kräfte bietet ſich uns im freien Fall der Körper dar. Obgleich man findet, daß die Schwere, ſtreng genommen, ſich mit der Entfernung von der Erde mindert, ſo läßt ſich doch bei der allergrößten Zahl der Verſuche von dieſer Veränderlichkeit abſehen; da nur Apparate, die ausnehmend feine Beobachtungen geſtatten, eine Schätzung derſelben in den geringen Höhen, bis zu welchen wir uns über die Erdoberfläche erheben können, möglich machen; ſonſt aber findet man, daß die Körper aller Orten immer mit gleicher Geſchwindigkeit fallen, mögen ſie nun von etwas größerer oder etwas geringerer Höhe herabkommen. Die Schwere wirkt alſo in dieſem Fall als eine conſtante Kraft auf jeden Körper während ſeines Falls; ſie wirkt in jedem (neuen) Augenblick (von Neuem) auf ihn mit einer, unſrer Wahrnehmung nach, gleichen Energie, welche als Verſtärkung zur Energie der, in den frühern Augenblicken ertheilten, Impulſe tritt. Nach Ausmittlung dieſer Wirkungsart, beſtimmt der Calcul die eigenthümliche Art der Bewegung, welche durch ſie bedingt wird; angenommen, daß der Körper von der Ruhe abfalle und frei ſich ſelbſt überlaſſen werde. Durch die Löſung dieſes Problems iſt man zu folgenden Geſetzen gelangt:

Der ganze, von einem Körper beim Fall durchlaufene, Raum iſt dem Quadrat der, vom Beginn ſeines Falls an verfloſſenen, Zeit proportional (Kurz: die Fallräume ſind den Quadraten der Fallzeiten proportional). Setzt man z. B. den Raum, den der Körper nach der erſten Secunde durchlaufen hat, gleich 1, ſo wird er nach der zweiten Secunde dem Quadrat von 2 alſo 4 gleich ſeyn, nach der dritten Secunde gleich 9, nach der vierten gleich 16 u. ſ. f., indem man immer die Zahl der verfloſſenen Secunden mit ſich ſelbſt multiplicirt (zum Quadrat erhebt), um den entſprechenden Fallraum zu erhalten. Dieſe angenommene Raumeinheit für die erſte Secunde beträgt 4$^{\mathrm{m}}$, 9044 *) (ſo viel, als 15,1 par. Fuß) in der Breite von Paris.

Denkt man ſich in irgend einem Zeitpunct des Falls die Wirkung der Schwere als aufhörend, ſo wird der Körper mit gleichförmiger Bewegung zu fallen fortfahren; und ſeine, jetzt gleichförmig gewordene, Geſchwindigkeit wird von der Art ſeyn, daß ſie ihn in einer Zeit, welche der, ſeit Anfang ſeines Falls verfloſſenen, gleich iſt, durch das Doppelte des vorher durchfallenen Raums fallen laſſen wird. Dieß Geſetz iſt eine Folgerung aus dem vorhergehenden. Denn: wenn der Körper zwei Secunden lang gefallen iſt, ſo iſt der Raum, den er durchlaufen hat, zuſammengeſetzt: 1) aus den 4$^{\mathrm{m}}$, 9044, welche in der erſten Secunde durchlaufen wurden, vermöge der bloßen Wirkung der Schwere; 2) aus einem eben ſo großen Raum, der Kraft der erneuerten Wirkung der Schwere in der zweiten Secunde durchlaufen wurde; 3) endlich aus dem Raum, der vermöge der, zu Ende der erſten Secunde erlangten, Geſchwindigkeit in der zweiten Secunde durchlaufen werden mußte, und der eben geſucht wird. Nothwendig wird dieſer Raum zweimal 4$^{\mathrm{m}}$, 9044, oder 9$^{\mathrm{m}}$, 8088 betragen müſſen, da der ganze, zu Ende der zweiten Secunde durchlaufene, Raum das Vierfache von 4$^{\mathrm{m}}$, 9044 betragen muß (wovon auf 1) und 2) ſchon das Zweifache kommt). Eben ſo wird der Körper, wenn er in zwei Secunden um 19$^{\mathrm{m}}$, 6176 gefallen iſt, das Vermögen erlangt haben, in den nächſten zwei Secunden, wenn die Wirkung der Schwerkraft auf ihn aufhörte, blos kraft ſeiner erlangten Endgeſchwindigknit, das Doppelte dieſes Raums zu durchlaufen: in 1'' mithin dieſen Raum ſelbſt, d. i. das Doppelte von 9$^{\mathrm{m}}$, 8088. Berechnet man ſolchergeſtalt die Reihe der nach 1, 2, 3, 4 Secunden Fallzeit erlangten Endgeſchwindigkeiten, und bezieht ſie ſämmtlich auf 1'' Zeit (d. h. rechnet man aus, welche Räume vermöge der nach 1, 2, 3, 4 Secunden u. ſ. w. erlangten Endgeſchwindigkeiten in 1'' durchlaufen werden würden); ſo findet man ſie gemeſſen durch 2, 4, 6, 8 u. ſ. w., wobei man immer als Einheit den, in der erſten Secunde beim freien Fall durchlaufenen,

---

*) Die, nach einem Komma folgenden, Ziffern, ſind durchgängig Decimalbrüche.

Raum zu Grunde legt. *Die Endgeſchwindigkeiten alſo wachſen der Zeit proportional.*

Durch dieſen Satz, in Verbindung mit dem vorhergehenden, welcher die Beziehung zwiſchen den Fallräumen und den entſprechenden Fallzeiten ausdrückte, erhält man das Mittel, die Endgeſchwindigkeit zu berechnen, wenn man weiter nichts kennt, als den durchlaufenen Fallraum. Die Regel dazu iſt folgende: *Um die, einer gegebenen Fallhöhe entſprechende, Endgeſchwindigkeit zu erhalten, multiplicire man das Doppelte dieſer Höhe mit dem Doppelten des Raums, der in einer Secunde durchfallen werden würde, d. i. (für Paris) mit 9^{m}, 8088; und ziehe aus dem Product die Quadratwurzel.*

Wir haben angenommen, daß der Körper von der Ruhe ab fiele. Er könnte aber auch, beim Anfang ſeines Falls, einen anderweitigen Impuls erhalten haben. Nehmen wir dieſen hier als vertical an. Wirkte er allein und im leeren Raume, ſo würde er dem Körper eine gleichförmige Bewegung und eine conſtante Geſchwindigkeit ertheilen. Mit der Schwere vereint wirkt er noch mit der nämlichen Kraft: allein das Reſultat ſeiner Wirkung wird jetzt durch die hinzutretende veränderliche Geſchwindigkeit, welche die Schwere dem Körper ertheilt, modificirt. Iſt der Impuls von oben nach unten gerichtet, ſo tritt die Wirkung der Schwerkraft verſtärkend zu ſeiner Wirkung hinzu, ſchwächend dagegen, wenn er von unten nach oben wirkt; iſt im erſten Fall hinzuzuaddiren, im zweiten davon abzuziehen. In letzterm Fall vernichtet die zunehmende Geſchwindigkeit, welche von der Fortwirkung der Schwerkraft herrührt, allmälig die, keinen Zuwachs erhaltende, Geſchwindigkeit, welche der Impuls ertheilt hatte, und zieht, wenn dieſe völlig aufgehoben iſt, den beweglichen Körper nach der, ihr eigenthümlichen, Richtung, herab. In der That lehrt dieß die Beobachtung an den Körpern, welche vertical von unten aufwärts geworfen werden; ſie ſteigen erſt mit verzögerter Bewegung bis zu einer gewiſſen Höhe, wo ſie einen Augenblick ſtill bleiben, worauf ſie der freie Fall dieſelbe Bahn zurückführt. Aus der Art, wie die gleichförmige und die ungleichförmige Geſchwindigkeit in dieſem Fall gegen einander wirken, ergiebt ſich der Satz, daß: *um einen Körper im leeren Raum bis zu einer gegebenen Höhe zu werfen, man ihm durch einen Impuls genau dieſelbe Geſchwindigkeit mitzutheilen hat, die er beim freien Fall von dieſer Höhe als Endgeſchwindigkeit erlangen würde.* Umgekehrt trifft unter den angegebenen Umſtänden ein Körper mit derſelben Geſchwindigkeit wieder auf den Boden auf, mit der er von demſelben aufwärts geworfen wurde; und hat überhaupt in jedem Puncte ſeiner Bahn beim Herabfallen dieſelbe Geſchwindigkeit, die er in dem nämlichen Puncte beim Aufſteigen hatte).

Galilei, der die vorſtehenden Geſetze der Bewegung ſchwerer Körper zuerſt entdeckte, fand durch Verſuche ihre Beſtätigung, indem er Körper von einer großen Höhe herabfallen ließ, und die verſchiednen Umſtände ihrer Bewegung beobachtete. Dieſe Art, den Verſuch anzuſtellen, führt indeß einige Unrichtigkeiten mit ſich, welche von dem Widerſtande herrühren, den die Luft der Bewegung der Körper entgegenſetzt: und der bedingt wird 1) durch die Trägheit ihrer Theilchen, vermöge deren ſie dem an ſie ſtoßenden Körper einen Theil ſeiner Kraft rauben, 2) von ihrer elaſtiſchen Gegenwirkung, vermöge deren ſie dem auf ſie ausgeübten Druck, durch den ſie gegen einander getrieben werden, widerſtehen. Auch trug Galilei Sorge, den Einfluß dieſer Urſachen zu ſchwächen, indem er Körper wählte, welche bei geringem Volumen ein großes Gewicht beſaßen, wie Kugeln von Blei und andern Metallen. Denn da der Widerſtand der Luft ſich nach der Ausdehnung der Fläche, gegen die der Stoß geſchieht, richtet, und da die Summe der bewegenden Kräfte durch das Gewicht gemeſſen wird, ſo erhellt, daß, je mehr das Gewicht im Verhältniß zur Oberfläche überwiegt, um ſo geringer auch der, von der Luft geleiſtete, Widerſtand im Verhältniß zu der, den Fall bewirkenden, Kraft werden muß, wodurch der Geſchwindigkeit mindrer Eintrag geſchieht. Heutzutage können wir dieß Hinderniß beſeitigen, indem wir die Körper in luftleeren Röhren fallen laſſen; wo man denn in der That beobachtet, daß die lockerſten und dichteſten Körper mit gleicher Geſchwindigkeit fallen. Weiter, als die Gleichheit ihrer Fallzeit, läßt ſich freilich nichts auf dieſem Wege beobachten, da man nicht im Stande iſt, ſich ſo langer Röhren zu bedienen, um die Beſchleunigung der Bewegung darin wahrzunehmen, noch weniger, ſie zu meſſen. Dieß vermag man indeß durch Hülfe eines ſinnreichen, von Atwood erfundnen, Apparats, der in Fig. 45. vorgeſtellt iſt.

Um eine Einſicht in denſelben zu erhalten, muß man zuvor wiſſen, daß der Widerſtand der luftförmigen Mittel ſchneller als die Geſchwindigkeit der, ſich darin bewegenden, Körper zunimmt. Er beträgt faſt genau das Vierfache für eine doppelte Geſchwindigkeit, das Neunfache für eine Dreifache u. ſ. f., im Verhältniß der Quadrate wachſend. Es ergiebt ſich hieraus, daß, wenn ſich der Fall der Körper vermöge einer Schwerkraft, die weit unter der wirklichen wäre, beobachten ließe, der Einfluß des Luftwiderſtandes hinreichend ſchwach werden könnte, um vernachläſſigt werden zu dürfen. Dabei würden die Geſetze der Beſchleunigung immer noch die nämlichen bleiben, dieſe nur minder ſchnell werden, und ſich ſo auch bei ſehr kleinen Fallhöhen ganz wohl wahrnehmen und meſſen laſſen.

Alle dieſe Vortheile gewährt die Atwoodſche Fallmaſchine wirklich. Um ſich die einfachſte Vorſtellung von derſelben zu machen, denke man ſich eine Rolle mit unbeweglich und horizontal angebrachter Axe, über welcher Rolle ein ganz feiner Seidenfaden hinwegläuft, der an ſeinen beiden Enden durch zwei völlig gleiche Gewichte gezogen wird, die eine ziemliche Größe beſitzen, z. B. Gewichte von einem halben oder viertel Kilogramme. Ich nehme zuvörderſt an, daß der Faden kein merkliches Gewicht habe, und daß ſeine Bewegung über die Rolle hinweg, ſo wie die Rotation der Rolle um ihre Axe völlig frei und durch Reibung ganz ungehemmt von Statten gehen. Unter dieſer Vorausſetzung werden die beiden Gewichte offenbar ſich vollkommen das Gleichgewicht halten, in welche Lage man ſie immer bringen mag, indem die Wirkung der Schwerkraft auf beide ganz die nämliche iſt. Nun wird, wegen der vollkommen freien Beweglichkeit der Rolle und des Fadens, der geringſte, dem einen oder andern der Gewichte vertical ertheilte, Impuls dieſelben in Bewegung zu ſetzen vermögen; und da die ganze Wirkung der Schwerkraft durch ihre wechſelſeitige Gegenwirkung ausgeglichen wird, ſo wird die Bewegung gleichförmig ſeyn, d. h. gleiche Höhen werden von jedem der Gewichte in gleichen Zeiten durchlaufen werden. Dieß erſte Reſultat wird ſich leicht beſtätigen laſſen, indem man ganz nahe an die Fallmaſchine eine Uhr ſtellt, und die Pendelſchwingungen genau zählt, welche dieſelbe macht, während jedes Gewicht ſolchergeſtalt zu beſtimmten Abtheilungen gelangt, die in verſchiednen Höhen an einer verticalen Scale verzeichnet ſind, ſo wie Fig. 45. darſtellt.

Jetzt nehme ich an, daß man zu einer der gleichen Maſſen eine kleine, ganz dünne, Metallſcheibe fügt, die einem ſehr kleinen Bruchtheil vom Gewicht derſelben, z. B. $\frac{1}{10}$ gleich kommt. Dieſer kleine Körper würde, frei ſich ſelbſt überlaſſen, vermöge ſeiner Schwere, und mit der gewöhnlichen, aus dieſer Kraft reſultirenden, Beſchleunigung zur Erde fallen müſſen. Iſt er aber in unſerm Apparat mit beiden Maſſen in Verbindung geſetzt, ſo vermag er nicht anders herabzufallen, als daß dieſe zugleich an ſeiner Bewegung Theil nehmen; mit ihnen muß er die Kraft theilen, welche die Schwere ihm einpflanzt; und der Erfolg hiervon iſt kein andrer, als wenn die nämliche Kraft zwiſchen allen materiellen Theilchen, welche das Syſtem der drei Maſſen zuſammen ausmachen, gleichmäßig vertheilt wäre; was nothwendig eine Schwächung ihrer Wirkung auf jedes einzelne, und mithin auch auf die Geſammtheit dieſer Theilchen, in entſprechendem Verhältniß zur Folge haben muß *). Wiegen z. B. die beiden größern Maſſen zuſammen 499 Gramme, und die kleine einen Gramme, ſo wird die Kraft, mit welcher die Schwere auf den einen Gramme nach gewöhnlicher Weiſe wirkt, ſich zwiſchen die 500 Gramme, welche das ganze Syſtem ausmachen, gleich vertheilen; d. h. jedes Theilchen dieſer Körper wird durch eine Schwerkraft (beſchleunigende Kraft) ſollicitirt werden, welche nur $\frac{1}{500}$ der natürlichen Schwerkraft beträgt; und da die Energie dieſer Kraft ſich ſolchergeſtalt durch ihre Vertheilung geſchwächt findet, ſo wird die Schnelligkeit der Beſchleunigung, welche ſie hervorbringt, wahrſcheinlich entſprechend abnehmen. Man wird mithin ihre Wirkungen eben ſo wohl in freier Luft, als im leeren Raume beobachten können, da durch dieſelben nur ein ſo geringer Widerſtand hervorgerufen zu werden vermag; und eine mäßige Höhe, eine ſolche z. B., die nur zwei Meter beträgt, wird hinreichen, alle beſondre Umſtände, welche hier vorkommen, ins Klare zu ſetzen. Setzt man nach einander Maſſen von verſchiedenem Gewicht zu, ſo wird man eben ſo viel verſchiedene Arten der Schwerkraft erhalten, und beobachten können, welche Beziehungen zwiſchen ihren Intenſitäten, und den Bewegungen, welche ſie hervorbringen, obwalten.

Um die Ausführung dieſer Verſuche zu erleichtern, bringt man gewöhnlich an die Uhr einen Vorfall (detente) **) an, der diejenige der beiden Maſſen, welche man beſchwert hat, in einer beſtimmten Höhe, von welcher die Bewegung anheben ſoll, erhält. Eine verticale Scale mit gleichen Eintheilungen fängt von dieſem Puncte an, beſtimmt, die durchlaufenen Räume zu meſſen. Iſt der Zeiger an einen der Puncte des Zeigerblatts, z. B. den mit 0 bezeichneten, gelangt, ſo bewirkt der Pendelſchlag der Uhr ſelbſt das Losgeben des Vorfalls und man hat dann nur noch die Zahl der Pendelſchwingungen zu zählen, die von jenem erſten Schlag an bis zu dem Augenblick erfolgen, wo die herabſtürzende Maſſe zu der Höhe gelangt, die man zur Gränze ihres Laufs beſtimmt hat. Um dieſen Augenblick mit Genauigkeit bemerken zu können, befeſtigt man in der bezweckten Höhe eine kleine horizontale Platte, die ſich längs der Säule des Apparats verſchieben läßt, und auf welche die kleine Maſſe auftrifft. Sehr leicht läßt ſich auch mittelſt dieſes Apparats die wachſende Intenſität der, in verſchiednen Zeitpuncten der Fallzeit erlangten, Endgeſchwindigkeiten nachweiſen. Zu dieſem Zweck braucht man nur dem Zuſatzgewichte die Geſtalt einer länglichen Platte, LL, Fig. 46., zu geben, die, auf die große Maſſe gelegt, nach allen Seiten ein wenig über ſie hinausragt. Man bringt dann einen, längs des verticalen Theils des Apparats beweglichen, Ring AA an, und ſtellt ihn in die beliebige Entfernung von dem Anfangspuncte der Bewegung. Iſt das Zuſatzgewicht bis zum Niveau des Ringes gelangt, ſo wird es durch denſelben aufgehalten werden und auf ihm liegen bleiben. Es werden alſo nur noch die beiden großen Maſſen übrig ſeyn, die, da ſie ſich wechſelſeitig das Gleichgewicht halten, und mithin für die Wirkung der Schwere gleichſam unempfänglich ſind, ihre Bewegung nur kraft der, ſchon erlangten, Geſchwindigkeit fortſetzen können. So wird ſich erkennen laſſen, ob dieſe Geſchwindigkeit wirklich für verſchiedne Fallhöhen die oben angegebnen Verhältniſſe befolgt.

---

*) Hieraus wird der Unterſchied deutlich werden, den man zwiſchen bewegender und zwiſchen beſchleunigender Kraft zu machen pflegt. Unter erſterer verſteht man die Geſammtkraft, womit ein Körper zur Bewegung angetrieben wird, (in dieſem Fall das Gewicht des zugelegten Körpers,) unter letzterer aber verſteht man den Theil der Geſammtkraft, der zur Vermehrung der Geſchwindigkeit jedes einzelnen Körpertheilchens verwandt wird, und mithin im Verhältniß der Maſſe des zu bewegenden Körpers abnimmt (weil ſich bei größerer Maſſe die bewegende Kraft zwiſchen mehrere materielle Theilchen zu theilen hat, ſo daß davon auf keins ſo viel als beſchleunigende Kraft kommen kann).

**) So nennen die Uhrmacher eine Art Hebel, die, wenn ſie aufgezogen werden, das Uhrwerk laufen laſſen.

Die, ſolchergeſtalt angeſtellten, Verſuche geben in der That die Beſtätigung mehrerer der Geſetze, die wir oben darlegten, als aus der Annahme einer gleichförmig beſchleunigenden Kraft fließend. So, wenn man dem Fall ſucceſſiv in verſchiednen Entfernungen vom Anfangspuncte Einhalt thut, und die Beobachtungen für dieſe verſchiednen Abſtände mit dem nämlichen Zuſatzgewicht wiederholt, ergiebt ſich, daß die durchlaufenen Räume den Quadraten der, vom Anfang des Falls an verfloſſenen, Zeiten ſehr genau proportional ſind. Eben ſo findet man, daß, in welchem Zeitpunct man immer das Zuſatzgewicht entfernen mag, die Bewegung mit gleichförmiger Geſchwindigkeit fortdauert und von der Art iſt, daß, wenn man ſie eben ſo lange Zeit beſtehen läßt, als vom Anfang des Falls bis zu ihrem Anfang verfloſſen iſt, die herabſteigende Maſſe während dieſer Zeit das Doppelte des Raums durchläuft, den ſie zuvor mit beſchleunigter Bewegung unter dem continuirlichen Einfluß ihrer Schwere durchlaufen hatte; worin wir ganz das Geſetz der Geſchwindigkeit wiederfinden, was wir den gleichförmig beſchleunigenden Kräften beimaßen.

Endlich findet man auch, daß, je beträchtlicher das Zuſatzgewicht in Verhältniß zu den großen Maſſen iſt, deren Bewegung es vermitteln ſoll, um ſo raſcher die Beſchleunigung der Bewegung wird, um ſo mehr mithin auch die Gewalt der, dadurch bedingten, Schwerewirkung zunimmt. Vergleicht man aber die Räume, welche dieſe verſchiednen Schwerkräfte den Maſſen durchlaufen laſſen, ſo findet man ihre Zunahme nicht in Verhältniß mit den einzelnen Schwerkräften, wie ſie ſich der Berechnung der Vertheilung der Kräfte, auf die angegebene Weiſe angeſtellt, gemäß ergeben würde. Dieſe Verſuchsweiſe könnte mithin zu dem Schluße verleiten, daß die ertheilten Geſchwindigkeiten den Intenſitäten der Kräfte, welche ſie ertheilen, nicht proportional wären.

Es iſt aber dieß Reſultat von einer ſolchen Wichtigkeit, und unterliegt einer ſo beſtändigen Anwendbarkeit, daß es gewagt ſeyn würde, daſſelbe durch einen ſo zuſammengeſetzten Apparat ſchon hinlänglich nachgewieſen zu glauben. Auch wird ſich uns in der That ſogleich die Unrichtigkeit deſſelben aufdecken, wir werden finden, daß in der Wirklichkeit die Kräfte den Geſchwindigkeiten genau proportional ſind. Der Irrthum, den die Atwoodſche Fallmaſchine giebt, rührt daher, daß dieſelbe bei Weitem nicht die ideale Einfachheit erreicht, auf welche wir ſie reducirt haben. Wir ſetzten einen Faden ganz ohne Schwere und eine Rolle völlig ohne Reibung voraus. Man ſucht ſich dieſen, nur in der Vorſtellung angenommenen, Bedingungen in der Wirklichkeit ſo viel als möglich zu nähern, indem man einen ganz feinen, ganz biegſamen, Faden anwendet, und die Axe der Rolle auf andre, ſelbſt ſehr bewegliche Rollen, ſtützt, wie Fig. 45. darſtellt, wo der Apparat vollſtändig verzeichnet iſt. Ungeachtet aller dieſer Vorſichtsmaßregeln aber, bleiben immer noch einige Spuren von den Bewegungen zurück, welche man vermeiden wollte: denn die Maſſen werden doch immer, indem ſie am Faden beim Fall ziehen, die Rollen zur Umdrehung bringen müſſen, was nicht anders geſchehen kann, als daß ſie einen Theil der, ſie ſollicitirenden, Schwere dazu aufwenden; ſo daß man in der Wirklichkeit zugleich die Maſſen, Fäden und Rollen als ein verbundnes Syſtem zu betrachten hat, deren gleichzeitige Bewegungen ſämmtlich blos durch die Wirkung des Zuſatzgewichtes vermittelt werden. Die Frage, aus dieſem Geſichtspuncte betrachtet, wird ſehr verwickelt, zumal wenn man dabei alle Einzelheiten in der wirklichen Einrichtung des Apparats berückſichtigen will. Man darf ſich hiernach nicht wundern, wenn die Erſcheinungen, die er darbietet, ſich in einigen beſondern Hinſichten von denen unterſcheiden, welche im Fall der idealen Einfachheit, in dem wir ihn zuerſt betrachteten, Statt haben müßten. Da jedoch, bei aller ſtatthabenden Complication dieſer Maſchine, die Bewegung der Maſſen an ihr immer noch mit gleichförmiger Beſchleunigung vor ſich gehend gefunden wird, ſo wird ihre Anwendung immer ein nützliches Mittel abgeben, ſolche Bewegungen mit verſchiedenen Geſchwindigkeiten hervorzubringen, an deren jeder man verſuchsweiſe die Geſetze der Beſchleunigung nachweiſen kann.

Unerläßlich wird es aber nun, irgend ein anderes Mittel aufzuſuchen, welches ſich eigne, die Frage, zu welcher dieſe Unterſuchung uns geleitet hat, mit größerer Strenge aufzulöſen, zu entſcheiden nämlich, ob die Geſchwindigkeiten den Kräften, durch welche ſie hervorgerufen werden, proportional ſind oder nicht. Denn, wenn wir mehrere Kräfte mit einander zu Einer verbinden, oder wenn wir eine Kraft vermindern, indem wir ſie auf die Hälfte, das Drittheil, Viertheil oder irgend einen Bruchtheil ihrer Intenſität reduciren, ſo giebt a priori durchaus nicht einen Beweis ab, daß die, daraus reſultirende, Geſchwindigkeit in demſelben Verhältniß reducirt werden wird. Es könnte hier ein ganz anderes Geſetz Statt finden, daß z. B. die Geſchwindigkeit ſich wie das Quadrat oder irgend eine andere Potenz der Kraft änderte. Von der Erfahrung müſſen wir mithin Licht über dieſen Gegenſtand erwarten; an ihr iſt es, uns zu belehren, wie es ſich damit in der Natur verhalte.

Um jede Dunkelheit in Bezug auf dieſen Gegenſtand zu entfernen, müſſen wir zuvörderſt die Art, wie ſich eine einzige Kraft zwiſchen mehrere, unter einander verbundene, materielle Maſſen vertheilt, etwas genauer betrachten. Wir ſehen dieſe Vertheilung in der Atwoodſchen Fallmaſchine realiſirt, bei deren Beſchreibung wir jedoch blos auf das dabei Statt findende Grundgeſetz hindeuteten. Es ergiebt ſich als eine einfache Folgerung aus der Eigenſchaft der Trägheit. Wenn eine gewiſſe Kraft einem materiellen Theilchen eine gewiſſe Bewegung ertheilt, ſo wird man, um die nämliche Bewegung zwei oder drei ähnlichen, aber vom erſten getrennten, Theilchen einzupflanzen, an jedem derſelben die nämliche Kraft anzubringen haben, die man beim erſten Theilchen angewandt hatte, wonach die Totalzahl der Kräfte wie die der Theilchen zunehmen wird. Verbindet man jetzt dieſe Theilchen zu einer einzigen Gruppe, ſo werden ſie einen homogenen Körper von merklicher Größe darſtellen, und, da die Bewegung des einen nicht die des andern hindern wird, ſo wird die Bewegung aller zuſammen noch ganz die nämliche als die jedes einzelnen Theilchens ſeyn, abgerechnet, daß die, zu ihrer Hervorbringung angewandte, Kraft größer ſeyn muß. Umgekehrt demnach, wenn ein homogener Körper, von merklicher Ausdehnung, eine gewiſſe, allen ſeinen Theilchen gemeinſchaftliche, Bewegung hat, ſo kann man ſich dieſe Bewegung vorſtellen, als hervorgehend aus einer, gleichförmig zwiſchen allen materiellen Theilchen vertheilten, Geſammtkraft; woraus folgt, daß, um die nämliche Bewegung einer doppelten oder dreifachen Quantität der nämlichen Materie einzupflanzen, man eine doppelte oder dreifache, oder im Allgemeinen in demſelben Verhältniß wachſende, Geſammtkraft, anwenden müßte.

Die Menge der, ſolchergeſtalt in einem Körper enthaltenen Theilchen macht das aus, was man ſeine Maſſe nennt. In den Anwendungen iſt aber dieſe keiner abſoluten Beſtimmungen fähig, man kann ſie nur bezeichnen, indem man ſie auf eine Einheit ihrer Art bezieht, d. h. indem man als Einheit eine gewiſſe Quantität bekannter Materie ſetzt, und dann angiebt, wie oft die andern Maſſen dieſe Einheit in ſich enthalten.

Dieſer Erklärung zufolge wird es leicht ſeyn, wenn man weiß, daß zwei Körper von der nämlichen Beſchaffenheit ſind, zu erfahren, ob ſie auch gleiche Maſſe beſitzen: man hat ihnen nämlich nur gleiche Geſchwindigkeiten nach entgegengeſetzter Richtung zu ertheilen, und zu ſehen, ob beide, gegen einander gerichtet, ſich das Gleichgewicht halten. Sobald nämlich die Geſchwindigkeiten gleich ſind, wird die, an jeder Maſſeneinheit in beiden Körpern wirkende (beſchleunigende), Kraft auch gleich ſeyn; ſo groß nämlich, als erforderlich iſt, der Maſſeneinheit gerade dieſe Geſchwindigkeit zu ertheilen. Wenn nun die Zahl der Maſſeneinheiten in beiden Körpern gleich iſt, ſo werden die Summe und Größe der beiderſeitigen Beſtrebungen auch gleich ſeyn, und ſich im Fall der Entgegenſetzung das Gleichgewicht halten müſſen. Dieß wird nicht der Fall ſeyn können, wenn einer der Körper mehr Maſſe enthält, als der andere, weil, während die gleichen Maſſentheile in ihnen ſich das Gleichgewicht halten, der Ueberſchuß derſelben, deſſen Wirkung durch keine Gegenwirkung aufgehoben wird, eine Bewegung in beiden Körpern bedingen muß.

Die Erfahrung weiſt nach, daß alle Körper, welches auch immer ihre Geſtalt, Größe und Beſchaffenheit ſeyn mag, mit gleicher Geſchwindigkeit zur Erde fallen, wenn man ſie dem Luftwiderſtande zu entziehen vermag. In der That beobachtet man eine ſolche Gleichheit in Räumen, die man durch, weiterhin zu beſchreibende, Verfahrungsarten luftleer gemacht hat, indem man hier die zarteſte Feder eben ſo ſchnell, als das Gold fallen ſieht. Einen noch ſtrengern Beweis dafür aber kann man durch die Bewegung der Pendel erhalten, wie wir weiterhin ſehen werden. Vor der Hand nehmen wir dieſe Erſcheinung als Thatſache an. Um nun zwei Körpern gleiche Geſchwindigkeit einzuprägen, wird es hinreichen, ſie fallen oder, was auf daſſelbe hinauskommt, ſie durch die Wirkung der Schwere von Oben nach Unten ziehen zu laſſen; und weiß man überdieß, daß ſie von der nämlichen Beſchaffenheit ſind, ſo wird man, um die Gleichheit ihrer Maſſen darzuthun, nur der Beobachtung bedürfen, daß ſie das nämliche Gewicht beſitzen. Hierzu wird man gelangen, indem man ſie an den beiden Enden eines Hebels mit vollkommen gleichen Armen aufhängt; denn da bei einer ſolchen Anordnung das Streben des einen Körpers zu fallen, ſich bis zum andern nach entgegengeſetzter Richtung fortpflanzen muß; ſo wird bei Gleichheit der Maſſen beider Körper auch völliges Gleichgewicht zwiſchen ihren entgegengeſetzten Beſtrebungen Statt haben; womit zugleich noch der Vortheil verbunden iſt, daß, da hier die Beobachtung blos eine Erſcheinung des Gleichgewichts betrifft, der Luftwiderſtand ohne ſtörenden Einfluß auf ſie ſeyn wird; indem er, wie der Widerſtand aller Flüſſigkeiten überhaupt, ſich nur bei der Bewegung offenbart. Solchergeſtalt läßt ſich durch dieſe Inſtrumente, welche man Wagen nennt, die Maſſengleichheit eines Körpers mit andern Gewichten von, ihm gleichartiger, Beſchaffenheit ausmitteln.

Geſetzt aber, daß das Gleichgewicht auf ſolche Weiſe zwiſchen Körpern von verſchiedenartiger Beſchaffenheit zu Stande gebracht worden wäre, würde ſich auch auf die Gleichheit ihrer Maſſen daraus ſchließen laſſen? Dieß könnte man nur in ſo fern, als man wüßte, daß die nämliche Kraft, an gleichen Quantitäten von Materie, die aber verſchiedenartiger Beſchaffenheit wären, angebracht, dieſelben Bewegungen hervorbrächte, worüber ſich aber a priori nichts beſtimmen läßt. Glücklicherweiſe iſt dieſer Fragepunct völlig ohne Einfluß auf alle, von uns anzuſtellenden, Unterſuchungen, da man die Maſſen, die, von gleichen Geſchwindigkeiten zu entgegengeſetzten Bewegungen angetrieben, einander das Gleichgewicht halten, ſtets, wo nicht für gleich, doch für äquivalent oder gleichgeltend betrachten kann. Dieſe Aequivalenz wird ſich dann bei Körpern jeder Beſchaffenheit ebenfalls durch die Gleichheit der Gewichte meſſen laſſen, weil die Schwere allen Körpern im leeren Raume gleiche Geſchwindigkeiten einpflanzt. Als eine doppelte Maſſe wird ſich hiernach eine ſolche ergeben, der man ein doppeltes Gewicht entgegenſetzen muß, um ſie im Gleichgewicht zu erhalten; und im Allgemeinen werden die Gewichte den Maſſen proportional ſeyn, ſo daß jene zum Maße dieſer dienen können. Es kommt dieß darauf hinaus, bei der mechaniſchen Betrachtung der Körper von ihrer verſchiedenartigen Beſchaffenheit zu abſtrahiren, und in ihnen nur verſchiedene Maſſen träger Materie zu ſehen, die gleich fähig ſind, in Bewegung geſetzt zu werden. Dieſe Bemerkung giebt eine Erläuterung und Beſtätigung der, S. 43 gegebenen, Regel, wie ſich die Dichtigkeiten der Körper nach der Beobachtung ihrer Gewichte bei gleichem Volumen ſchätzen laſſen.

Die ganze vorſtehende Betrachtung ſtützte ſich einzig auf die Trägheit der Materie: wir fanden in ihr den Grund, warum eine und dieſelbe Kraft, durch Vertheilung zwiſchen mehr oder minder beträchtlichen Quantitäten von Materie, geſchwächt wird; allein noch bleibt unerörtert, welches die verſchiedenen, durch dieſe, ſo geſchwächte

Kraft, ertheilten, Geſchwindigkeiten ſeyn werden; und, im Allgemeinen, welche Beziehung überhaupt zwiſchen den Geſchwindigkeiten, und den, ſie hervorbringenden, Kräften Statt findet.

Die Beobachtung der, in der Natur vorgehenden, Bewegungen kann uns hierüber Aufſchluß geben; indem die Art, wie die zuſammengeſetzten Bewegungen aus den einfachen hervorgehen, ſich auf die, zwiſchen den Kräften und den Geſchwindigkeiten Statt findende, Beziehung gründet. Betrachten wir, um dieß darzuthun, zwei materielle Puncte M, M', die ſich gleichzeitig auf einer und derſelben geraden Linie bewegen, mit einer Geſchwindigkeit, die wir als Einheit ſetzen, und durch die Einheit der Kraft hervorgebracht annehmen wollen. Es leuchtet ein, daß dieſe Puncte ungetrennt bleiben werden. Bringt man aber an einem derſelben, z. B. an M', eine, der erſten gleiche, und zwar nach der nämlichen Richtung ihn treibende, Kraft an; ſo werden ſie ſich ſogleich trennen und M' ſich von M entfernen. Nehmen wir nun an, daß die Geſchwindigkeit der Kraft proportional ſey: ſo wird der Punct M', durch eine Kraft 2 angetrieben, auch eine Geſchwindigkeit gleich 2 erhalten, d. h. die doppelte von M; er wird ſich alſo von M mit einem Ueberſchuß von Geſchwindigkeit gleich 1 entfernen. Wäre aber die Geſchwindigkeit z. B. dem Quadrat der Kraft proportional; ſo würde der Punct M', durch eine Kraft 2 angetrieben, eine Geſchwindigkeit gleich 4 haben; und mithin ſich von M mit einer Geſchwindigkeit gleich 3 entfernen, d. i. mit der dreifachen Geſchwindigkeit von der, die er nach der vorigen Annahme gehabt haben würde, und auch der dreifachen von der, die der Kraftüberſchuß 1 hervorgebracht haben würde, wenn er allein an M' angebracht worden wäre, während M in Ruhe verblieb.

Unterſucht man ſolchergeſtalt im Allgemeinen den Einfluß, den die Beziehung der Geſchwindigkeit zur Kraft bei der Zuſammenſetzung der Bewegungen äußert, ſo findet man, daß, wenn eins dieſer Elemente dem andern proportional iſt, die relativen Bewegungen eines Syſtems von Körpern ſich nicht ändern, wenn man allen eine gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit ertheilt; wohl aber, daß ſie ſich unter der Annahme jeder andern Beziehung ändern müſſen. Nun liegt dieſes Gleichbleiben der relativen Bewegungen in einer unendlichen Menge von Erſcheinungen zu Tage. So geht eine Uhr, welche in ein Fahrzeug geſetzt wird, das man dem Laufe eines ruhigen Stroms überläßt, noch mit derſelben Regelmäßigkeit fort, als da ſie ſich auf dem Ufer befand, und die Krümmungen des Stroms oder der geſchlängelte Lauf, den das Fahrzeug nehmen kann, ändern nichts in den relativen Bewegungen der verſchiedenen Stücke, aus welchen die Uhr beſteht. Um aber ein noch einfacheres und leichter in die Beobachtung fallendes Beiſpiel zu erhalten, braucht man nur die Uhr flach auf das Ufer ſelbſt hinzuſetzen; man wird finden, daß ſich ihr Gang nicht ändert, wenn man ſie in der Horizontalebene, in die ſie geſtellt iſt, herumdreht; denn bei dieſen verſchiedenen Lagen nehmen die Bewegungen der Stücke, aus welchen die Uhr zuſammengeſetzt iſt, verſchiedne Richtungen in Bezug auf die Bewegung der Erde an, und ſetzen ſich demzufolge auf verſchiedene Weiſe mit ihr zuſammen. In den beſtehenden Naturgeſetzen muß alſo begründet liegen, daß die Geſchwindigkeit der Kraft proportional ſey, da ſonſt alle dieſe verſchiedenen Bewegungen unter ſo mannichfach abgeänderten Umſtänden nicht die nämliche relative Mittelkraft geben könnten. In derſelben Urſach liegt auch begründet, warum wir ſelbſt nichts von der Bewegung der, uns mit forttragenden, Erde bemerken.

Nachdem dieſe Eigenſchaft ſolchergeſtalt durch die Erfahrung feſtgeſtellt worden iſt, kann ſie uns dienen, die Verhältniſſe, die Kräfte zu einander haben, auszumitteln, indem wir beobachten, welche Geſchwindigkeiten ſie gleichen oder äquivalenten Maſſen ertheilen, die ihrer Wirkung frei überlaſſen werden. Ja es bedarf, unſern frühern Erörterungen zufolge, nicht einmal dieſer Gleichheit der Maſſen, wenn man nur das Verhältniß, in dem die Maſſen zu einander ſtehn, auf welche man die Kräfte wirken läßt, in Rechnung zieht. Nehmen wir z. B. als Einheit die Maſſe irgend eines bekannten Körpers an, etwa den Gramme oder ſo viel das Gewicht eines Cubikcentimeters deſtillirten Waſſers beträgt, das man auf einen gewiſſen, in kurzem anzuzeigenden, Wärmegrad gebracht hat, der ſich immer wieder hervorbringen läßt. Hat man nun die Geſchwindigkeiten, welche durch gewiſſe Kräfte andern, von jenen verſchiednen, Maſſen ertheilt werden, beobachtet und nach Metern gemeſſen, ſo wird man nur dieſe Geſchwindigkeiten durch die Zahl der, in den Maſſen enthaltenen, Gramme zu multipliciren haben, um im Product den Ausdruck für die Geſchwindigkeiten, und zwar ebenfalls in Metern, zu erhalten, welche die nämliche Kraft oder die nämliche Summe von Kräften einem einzigen Gramme ertheilt haben würde. Im Allgemeinen nennt man das Product der bewegten Maſſe in die ihr ertheilte Geſchwindigkeit die *Quantität oder Größe der Bewegung*; und man ſieht aus dem Vorſtehenden, wie man in ihr das wahre Maß der bewegenden Kräfte hat, da ſie die Geſchwindigkeit angiebt, welche durch dieſe Kräfte einer und derſelben Maſſe ertheilt zu werden vermag.

Die gleichförmig beſchleunigenden Kräfte (d. h. ſolche, die der Geſchwindigkeit in gleichen Zeiten gleiche Zuſätze ertheilen) ſind diejenigen, welche man am häufigſten Gelegenheit findet, in der Natur zu beobachten. Es laſſen ſich jedoch auch Kräfte denken, deren ſucceſſive Impulſe zu verſchiednen Epochen veränderliche Intenſitäten haben. Um nun ein vergleichbares Maß ihrer Intenſität zu erhalten, muß man in Betracht ziehen, ob, wenn ihre Veränderlichkeit, welcher Beſchaffenheit ſie immer ſeyn mögen, plötzlich unterbrochen würde, ſie ſich dann in gleichförmig beſchleunigende Kräfte verwandeln würden, deren Intenſität ſich je nach den Epochen verſchieden verhielte, zu welchen die Unterbrechung der Veränderlichkeit Statt fände. Nun läßt ſich aus der Kenntniß der allgemeinen Beziehung, welche zwiſchen den Räumen und den Zeiten in einer gegebnen Bewegung Statt findet, durch den Calcul dieſer ideale Werth der gleichförmig beſchleunigenden Kraft, der ſolchergeſtalt für jeden Zeitpunct eintreten würde, herleiten; und man bedient ſich alsdann dieſes Reſultats, ſey es die beſchleunigenden Kräfte zu definiren, ſey es, ſie unter einander zu vergleichen, eben wie man auch die ungleichförmigen Bewegungen nach der gleichförmigen Geſchwindigkeit mit einander vergleicht, welche eintreten würde, wenn die, durch die ſtetige Wirkung der Kraft bedingte, Veränderlichkeit der Geſchwindigkeit plötzlich Statt zu haben aufhörte *).

---

*) Zuſatz. Neben dem, in dieſem Capitel hauptſächlich betrachteten, freien Fall pflegt man gewöhnlich noch den Fall auf vorgeſchriebenen Wegen zu betrachten, der dann Statt findet, wenn ein ſchwerer Körper auf einer glatten Unterlage (gewöhnlich einer ſchiefen Ebene) herabgleitet oder rollt. Unter Vorausſetzung nun, daß ihn hierbei kein anderes Hinderniß, als was durch die Feſtigkeit der Ebene entſteht, aufhält, gelten folgende Geſetze: Ein Körper, der längs einer ſchiefen Ebene hinabgleitet, wird zwar ebenfalls durch die Schwere gleichförmig beſchleunigt; weil aber die ſchiefe Ebene einen Theil der abſoluten Schwere des Körpers aufhebt (nämlich den gegen die Ebene ſenkrecht wirkenden Theil, welcher durch Zerlegung der Schwerkraft nach dieſer ſenkrechten und einer mit der Ebene parallelen, Richtung gefunden wird), ſo kann er auf der ſchiefen Ebene nur mit einer geringern Geſchwindigkeit fallen, und zwar verhält ſich die Fallhöhe in der erſten Secunde auf der ſchiefen Ebene zu der durch freien Fall, wie die Höhe der ſchiefen Ebene zur Länge derſelben (Gilb. Phyſ.).

Der, vom Widerſtand der ſchiefen Ebene nicht aufgehobene, Theil der Schwerkraft, vermöge deſſen der Körper noch auf ihr herabgleitet, heißt die relative Schwere deſſelben, die mithin zur abſoluten, die er beim freien verticalen Fall hat, im Verhältniß der Höhe zur Länge der ſchiefen Ebene ſteht.

Die Geſchwindigkeit eines, auf einer ſchiefen Ebene (oder auf irgend einem andern vorgeſchriebenen Wege) herabfallenden Körpers iſt an jeder Stelle derjenigen gleich, welche der Körper durch freien ſenkrechten Fall bis zu derſelben Tiefe erlangt haben würde.

Längs jeder Sehne in einem Halbkreiſe fällt der Körper in derſelben Zeit, in der er durch die Höhe des verticalen Durchmeſſers gefallen ſeyn würde.

Zehntes Capitel.

Von der krummlinigen Bewegung: Centralkräfte: Centripetalkraft, Centrifugalkraft.

Wir haben geſehen, daß, wenn ein freier materieller Punct von einer augenblicklich wirkenden Kraft einen Impuls erhalten hat, er vermöge ſeines Beharrungsvermögens unveränderlich auf der geradlinigen Richtung fortgehen muß, nach welcher er durch dieſe Kraft getrieben worden iſt. Denken wir uns jetzt, daß er, nachdem er ſolchergeſtalt einen gewiſſen Raum durchlaufen hat, einen neuen Impuls nach einer andern Richtung erhält; ſo iſt klar, daß in der Richtung und Geſchwindigkeit ſeiner Bewegung eine Veränderung vorgehen muß; von welcher Art aber wird dieſe ſeyn? wie wird ſich die neuentſtandne Bewegung verhalten? Die Löſung dieſer Frage muß der Erörterung der krummlinigen Bewegungen vorangehen.

Aus dem Grundſatz, daß die Kräfte den Geſchwindigkeiten proportional ſind, ergiebt ſich die Auflöſung ohne Schwierigkeit. MF, Fig. 47., bezeichne die Richtung, nach welcher der erſte, MF′ die, nach welcher der zweite, den materiellen Punct in M treffende, Impuls wirkt. Man verlängere dieſe Richtungen und nehme auf jeder derſelben eine Länge, die dem Raume gleich iſt, welchen der materielle Punct in der Zeiteinheit beſchreiben würde, wenn er durch jede der, ſolchergeſtalt gerichteten, Kräfte allein ſollicitirt wäre: darauf ſetze man dieſe Geſchwindigkeiten zuſammen, auf die nämliche Weiſe, wie man bei der Zuſammenſetzung der Kräfte verfährt, indem man das Parallelogramm MFF′R, deſſen Seiten ſie darſtellen, vollendet; ſo wird die Diagonale MR dieſes Parallelogramms die Größe und Richtung der erfolgenden Bewegung angeben; indem der materielle Punct wirklich dieſe Diagonale beſchreiben und zu Ende der Zeiteinheit in R angelangt ſeyn wird *).

Wie wir ſo eben die Bewegung ausgemittelt haben, welche durch zwei ſucceſſive Impulſe hervorgebracht wird, eben ſo läßt ſich diejenige berechnen, welche aus einer größern Zahl von Impulſen hervorgeht, die in beliebigen Epochen und nach beliebigen Richtungen ertheilt wer-

---

*) Dieſer Satz verdient beſonders bemerkt zu werden, daß in einem Parallelogramm, wie Fig. 47., deſſen Seiten MF, MF′ man auf den Richtungen der, einen Punct M gleichzeitig forttreibenden, Kräfte und ihnen proportional genommen hat, die Diagonale vom Punct ſtets in derſelben Zeit durchlaufen wird, die erforderlich geweſen ſeyn würde, ihn durch die Seiten MF, MF′ zu treiben, wenn die, dieſen proportionale, Kräfte nach einander auf ihn gewirkt hätten.

den. Den Fall nun ausgenommen, wo die Richtungen aller dieſer abermaligen Impulſe zuſammenfallen, wird der, von ihnen angetriebene, materielle Punct ſucceſſiv abgelenkt werden, ſo daß er ein geradliniges Polygon beſchreibt. Man denke ſich die Epochen dieſer ſucceſſiven Impulſe einander genähert, ſo wird man in ihnen die dauernde Wirkung einer oder mehrerer beſchleunigenden Kräfte dargeſtellt finden, und an die Stelle des Polygons eine Curve erhalten, welche die krummlinige Bahn (trajectoire curviligne) des, dieſen Kräften gehorchenden, Körpers darſtellt.

Das einfachſte Beiſpiel einer ſolchen Bewegung giebt ein ſchwerer Körper, der zugleich durch die Schwere und durch einen urſprünglich ertheilten, ſchief gegen die Verticale gerichteten, Impuls ſollicitirt wird. Die Art der erfolgenden Bewegung ergiebt ſich nach der angezeigten Weiſe. Vom Punct M, Fig. 48., an welchem ich den Körper im Augenblick des Anfangs ſeiner Bewegung befindlich denke, ziehe man eine Verticallinie MZ, auf welcher man zuvörderſt die Länge M1 nehme, derjenigen gleich, welche die ſchweren Körper in der erſten Secunde ihres Falls frei durchlaufen, wenn ſie von der Ruhe ab fallen. Eben ſo markire man auf der nämlichen Verticale MZ die Puncte 4, 9, 16, 25, zu welchen derſelbe Körper nach Verlauf der 2ten, 3ten, 4ten, 5ten Secunde u. ſ. f. gelangen würde. Auf gleiche Weiſe nehme man auf der Linie MF, welche die Richtung des anfänglich ertheilten Impulſes angiebt, die Abſtände M1', 1'2', u. ſ. f. die alle unter einander und dem Raume gleich ſind, den vermöge dieſes Impulſes, wenn er allein wirkte, der Körper in der Zeiteinheit durchlaufen würde. Die Puncte 1', 2', 3' werden diejenigen ſeyn, wo zu Ende jeder Secunde der Körper ſich wirklich befinden würde, wenn dieſer anfängliche Impuls allein auf ihn wirkte. Um nun zu erfahren, was aus der gleichzeitigen Wirkung beider Kräfte hervorgeht, vollende man für jede Epoche das Parallelogramm der Geſchwindigkeiten und man wird eben ſo viel Puncte M, M', M'' erhalten, in welchen ſich der Körper ſucceſſiv zu den vorgeſchriebenen Zeitpuncten befinden muß. Die ganze Reihe dieſer Puncte bildet eine krumme Linie, welche in der Sprache der Geometrie eine Parabel genannt wird. Ein Beiſpiel einer ſolchen Bewegung geben die Bomben und andere Geſchoſſe, die durch die Exploſivkraft des Pulvers fortgeſchleudert werden. Dieſe Kraft giebt hier den urſprünglichen Impuls. Der höchſte Punct S der Parabel, Fig. 49., heißt die Wurfhöhe (hauteur du jet), und die Entfernung MN, in welcher der geworfene Körper wieder zum Niveau des Punctes, von dem er aufgeworfen wurde, gelangt, die Wurfweite (amplitude du zen) *). Jedoch läßt ſich die Bahn, welche die geworfenen Körper in der Wirklichkeit beſchreiben, nur als eine ſehr unvollkommene Annäherung zur Parabel betrachten, da der Luftwiderſtand, der von uns nicht in Rechnung gezogen wurde, dieſelbe bedeutend modificirt.

Aus dem angeführten Beiſpiele wird zur Genüge begreiflich, daß zu jeder krummlinigen Bewegung wenigſtens das Zuſammenwirken zweier Kräfte erforderlich iſt, die gleichzeitig nach verſchiedenen Richtungen wirken, und von denen die eine ſtetig wirkt. Man ſieht ferner, daß man, durch angemeſſene Abänderung der Richtung und Wirkungsart dieſer Kräfte einen materiellen Punct alle beliebige Arten von Curven und mit beliebiger Geſchwindigkeit beſchreiben laſſen kann. Unter dieſer unendlichen Menge verſchiedener Bewegungen verdient eine der Gegenſtand unſrer nähern Betrachtung zu werden, die nämlich, wo eine der beiden Kräfte, die man Centripetalkraft (force centripete, vis centripeta) nennt, den Körper beſtändig nach einem feſten Mittelpunct treibt, während die andre blos als ein, in einem Augenblick ertheilter, Impuls wirkt. Die Himmelskörper ſtellen dieſe Art der Bewegung in der Wirklichkeit dar, und aus ihrer Betrachtung ergeben ſich noch überdieß Reſultate, die bei einer unendlichen Zahl von Verſuchen ihre Anwendung finden.

Nehmen wir zuvörderſt an, daß ſich der Körper im Augenblick, wo er den Ruheſtand verläßt, in M, Fig. 50., befinde. O ſey der feſte Mittelpunct, nach welchem er vermöge der Centripetalkraft hinſtrebt. Bei den Himmelskörpern verhält ſich die Intenſität dieſer Anziehung umgekehrt wie das Quadrat ihres Abſtandes; d. h. wenn man durch 1 die Energie ausdrückt, mit welcher zwei Himmelskörper M und O nach einander hinſtreben, wenn ſie in der Entfernung 1 von einander befindlich ſind, ſo beträgt dieſe Energie nur $\frac{1}{4}$ in der Entfernung 2, $\frac{1}{9}$ in der Entfernung 3, $\frac{1}{16}$ in der Entfernung 4 u. ſ. f. Hier aber, wo es uns um eine allgemeine Betrachtung der Sache zu thun iſt, wollen wir kein Geſetz im Beſondern feſtſtellen, und uns mit der Annahme irgend einer Centripetalkraft begnügen, deren Wirkungsart als bekannt vorausgeſetzt wird. Würde nun der Körper M, den wir als einen einfachen materiellen Punct denken wollen, blos durch die Wirkung dieſer Kraft ſollicitirt, ſo leuchtet ein, daß er ſich, der Geraden MO folgend, direct nach dem Mittelpunct O hinbewegen, und dort mit einer gewiſſen Beſchleunigung anlangen müßte, welche von der, mit der Annäherung an den Mittel-

---

*) Abgeſehen vom Luftwiderſtande findet die größte Wurfweite Statt, wenn ein Körper unter einem Winkel von 45° gegen den Horizont emporgeworfen wird.

punct wachſenden, Intenſität abhienge. Anſtatt deſſen aber ſtelle man ſich vor, daß er im Augenblick, wo er ſeine Bewegung beginnt, einen augenblicklichen Impuls nach einer, von MO verſchiedenen, Richtung, z. B. nach MF, erhalten hat; offenbar wird er eine mittlere Bewegung zwiſchen den Richtungen der beiden, ihn ſollicitirenden, Kräfte annehmen; und ſeine Bahn wird ſich nach dem Satz der Zuſammenſetzung der Geſchwindigkeiten beſtimmen laſſen. Da aber die Centripetalkraft ihrer Natur nach unaufhörlich ihre Richtung ändert, in dem Maße als der Körper ſich um den Mittelpunct dreht, und an Intenſität gewinnt oder verliert, je nachdem ſich dieſer dem Mittelpunct nähert oder davon entfernt, ſo wird man begreiflich die Zuſammenſetzung der Geſchwindigkeiten in außerordentlich genäherten Zeitzwiſchenräumen zu wiederholen haben, die wir *Augenblicke* nennen wollen, und die von hinlänglich kurzer Dauer ſeyn müſſen, daß, während jedes derſelben, die Centripetalkraft als gleichförmig wirkend ohne Irrung betrachtet werden könne. Denken wir uns alſo, daß ſie während des erſten dieſer Augenblicke, den beweglichen Punct von M nach C zu führen vermöchte, wenn ſie allein dieſe Zeit hindurch auf ihn wirkte; es ſey MF die Länge der geradlinigen Bahn, den der ſeitliche Impuls ihn gleicherweiſe in dem nämlichen Augenblick beſchreiben laſſen würde, wenn er ebenfalls während deſſelben allein auf ihn wirkte. Die Bahn, welche nun der Punct wirklich beſchreibt, wird ſich ergeben, indem man über dieſen beiden Geſchwindigkeiten das Parallelogramm MCMF′ conſtruirt; und er wird ſich zu Ende des angenommenen Augenblicks in M′ befinden. Hörte jetzt die Centripetalkraft plötzlich auf, ihn zu ſollicitiren, ſo würde er blos kraft der erlangten zuſammengeſetzten Geſchwindigkeit ſich zu bewegen fortfahren, und zwar in der Richtung der Verlängerung des kleinen Bogens MM′, der, ſeiner Kleinheit halber, ohne merkbaren Irrthum als geradlinig angenommen und für einen Theil der, nach MM′, an die wahre krummlinige Bahn gezogenen, Berührungslinie betrachtet werden kann. Es hindert uns folglich nichts, bei M′ abermals eine Zuſammenſetzung der neuen Geſchwindigkeiten vorzunehmen. Man hat nämlich nur auf der Verlängerung von MM′ eine Länge M′F′ gleich der zu nehmen, welche die, zu Ende von MM′ erlangte, Geſchwindigkeit, für ſich allein den bewegten Punct im zweiten Augenblick beſchreiben laſſen würde, und auf M′O die Länge M′C′, gleich der, welche vermöge der Wirkung der Centripetalkraft beſchrieben werden wird, und die im Allgemeinen von MC verſchieden ſeyn können und verſchieden ſeyn müſſen wird, wenn die Abſtände MO, M′O nicht etwa gleich ſeyn ſollten. Durch Zuſammenſetzung dieſer neuen Geſchwindigkeiten mittelſt des Parallelogramms M′C′F′M″, wird man die Richtung $M'M''$ des bewegten Puncts während des zweiten Augenblicks erhalten, und die Lage M'', in der er ſich zu Ende deſſelben befindet. Durch Wiederholung der nämlichen Conſtruction für alle nachfolgenden Augenblicke wird man eben ſo alle die andern Puncte beſtimmen können, zu welchen der bewegte Punct ſucceſſiv gelangt. Dieſe Puncte werden in ihrer Aufeinanderfolge ein Polygon bilden, das ſich der wahren krummlinigen Bahn um ſo mehr annähern wird, in je mehr genäherten Augenblicken man die Zuſammenſetzung der Geſchwindigkeiten vorgenommen hat; ja der Unterſchied wird gänzlich verſchwinden, wenn man dieſe Zuſammenſetzung nicht mehr durch eine graphiſche (verzeichnende) Conſtruction bewerkſtelligt, die immer noch durch die Sinne verfolgt werden, und mithin nur grobe Reſultate geben kann, ſondern durch den Calcul, der bis zu den Gränzen des Unendlichkleinen zu bringen vermag.

Es erhellt aus dem Vorſtehenden, wie die, ſolchergeſtalt beſchriebene, Bahn ſich nach der Wirkungsart der Centripetalkraft und den Verhältniſſen, die man ihr zu der Richtung und Intenſität des urſprünglichen Impulſes unterlegt, abändern kann. Bei der Bewegung der Himmelskörper verhält ſich die Centripetalkraft als eine wechſelſeitige Anziehung, die die Körper gegen einander ſollicitirt und dem Quadrate ihrer gegenſeitigen Abſtände umgekehrt proportional iſt *). Legt man dieß Geſetz bei dem Calcul zu Grunde, indem man blos die Bewegung zweier, ſich ſolchergeſtalt anziehenden, Körper betrachtet, ſo findet man, daß die beſchriebene Bahn keine andre ſeyn kann, als eine der Curven, welche die Mathematiker Kegelſchnitte genannt haben, weil ſie ſich ſämmtlich erhalten laſſen, wenn man einen Kegel mit gleichförmiger Baſis nach verſchiedenen Richtungen mit einer Ebene durchſchneidet. Dieſe Curven theilen ſich in fünf Arten ab, nämlich die Ellipſe, den Kreis, die Parabel, die Hyperbel und die gerade Linie **). Die Ellipſe iſt die Curve, welche von den Planeten beſchrieben wird. Der Kreis, der nur durch eine geringe Modification von der Ellipſe abweicht (er läßt ſich nämlich als eine Ellipſe betrachten, in der die Brennpuncte zuſammenfallen), ſcheint von einigen Satelliten um den Planeten, dem ſie angehören, beſchrieben zu werden, und der alsdann den Mittelpunct ihrer Bewegungen abgiebt.

---

*) Sie erhält hier den Namen der Gravitation oder allgemeinen Schwere.

**) Gewöhnlich rechnet man nur die vier erſten, ſonſt auch Linien der zweiten Ordnung genannt, zu den Kegelſchnitten, obwohl die gerade Linie, oder Linie der erſten Ordnung, ſich in der That auch im Durchſchnitt eines Kegels erhalten läßt, wenn man dieſen nämlich durch die Spitze deſſelben ſenkrecht auf die Grundfläche führt.

Die Parabel iſt die Bahn, welche faſt alle, bisher beobachtete, Cometen durchlaufen *). In allen Fällen befindet ſich der Körper, der als Mittelpunct dient, in dem Punct, den man den Brennpunct des Kegelſchnitts nennt. Hyperboliſche und geradlinige Bahnen ſcheinen ſich bisher den Beobachtungen noch nicht dargeboten zu haben, da jedoch der, auf ſolchen bewegte, Körper ſich, vermöge des Fortlaufens dieſer Linien in die Unendlichkeit, ohne Wiederkehr entfernen müßte, ſo wäre es wohl möglich, wenn wirklich im Sonnenſyſteme Körper vorhanden ſind, die dieſe Art der Bewegung haben, daß ſie in die Sonnennähe, wo ſie uns ſichtbar werden, vor den, nur ſo kurze Zeit zurückzudatirenden, Epochen gelangt ſind, da man anfieng, auf der Erde den Lauf der Geſtirne zu beobachten; und es dürfte uns dann nicht Wunder nehmen, wenn wir heutzutage keine derſelben mehr erblickten.

Nach der Art, wie ſich die Geſchwindigkeiten, welche die krummlinige Bewegung bedingen, zuſammenſetzen, haben wir anerkannt, daß der bewegte Körper in jedem Puncte ſeiner Bahn nach der Richtung der Geraden fortzufliegen ſtrebt, welche die, von ihm beſchriebene, Curve, an dieſem Puncte berührt; auch würde er in der That ſeine Bewegung auf der Richtung dieſer Berührungslinie fortſetzen, wenn die Wirkung der Centripetalkraft ihn nicht nach dem Mittelpuncte, um den er ſich bewegt, wieder hinführte. Während alſo der bewegte Körper von M nach F, Fig. 50., kraft des, ihm urſprünglich ertheilten, Impulſes oder im Allgemeinen kraft ſeiner, früher erlangten, Geſchwindigkeit fortgegangen ſeyn würde, ruft ihn die Centripetalkraft von F nach M′ mit beſchleunigter Geſchwindigkeit zurück, die aber, wegen der Kleinheit von FM′ als gleichförmig betrachtet werden kann, ſo daß das Streben des bewegten Körpers, ſich vom Mittelpunct der Bewegung zu entfernen, für gleiche Augenblicke, durch die Länge FM′ ausgedrückt und gemeſſen werden kann. Man belegt dieß Beſtreben mit dem Namen der Centrifugalkraft, Schwungkraft oder Fliehkraft (force centrifuge, vis centrifuga) **). Es erhellt, daß ſie bei der freien krummlinigen (kreisförmigen) Bewegung, welche durch eine Centripetalkraft bedingt wird, in jedem Augenblick der Wirkung dieſer Kraft gleich und ihr direct entgegengeſetzt iſt (weil ſich ein, im Kreiſe bewegter, Körper dem Mittelpuncte weder nähert, noch von ihm entfernt).

---

*) Eigentlicher jedoch ſind auch die Bahnen der Cometen Ellipſen, nur mit ſehr weit von einander abſtehenden Brennpuncten, wodurch ſie ſich allerdings Parabeln nähern, da dieſe ſich als Ellipſen betrachten laſſen, deren einer Brennpunct vom andern in unendlicher Ferne abliegt.

**) Beide, die Centripetalkraft und Centrifugalkraft werden gewöhnlich unter dem Namen der Centralkräfte zuſammengefaßt; doch wollen mehrere den Namen Centralkraft blos für die, hier unter Centripetalkraft verſtandne, Kraft gebraucht wiſſen; auch Biot nennt ſie ſchlechthin force centrale.

Wenn die, ſolchergeſtalt mit freier Bewegung beſchriebene, Bahn ein Kreis iſt, Fig. 51., ſo iſt die Geſchwindigkeit an allen Stellen derſelben gleich groß, oder die Bewegung gleichförmig, und die Linie FM′, welche das Maß für die Centrifugalkraft in jedem unendlich kleinen Augenblick abgiebt, iſt dem Quadrat des Bogens MM′, dividirt durch den doppelten Halbmeſſer OM′ des Kreiſes, gleich. Vergleicht man alſo die Länge dieſes Bogens mit der, welche der bewegte Körper vermöge einer andern gleichförmig beſchleunigenden Kraft, z. B. der Schwere, in der nämlichen Zeit beſchreiben würde, ſo wird man im Verhältniß der Quadrate dieſer beiden Längen den Ausdruck für das Verhältniß beider Kräfte ſelbſt gefunden haben.

Dieß Reſultat findet ſeine Anwendung nicht allein auf freie kreisförmige Bewegungen; ſondern iſt auch noch für den Fall gültig, wo der Körper die kreisförmige Bahn gezwungener Weiſe verfolgt; indem er ſich z. B. innerhalb eines feſten kreisförmigen Canals bewegen muß, oder durch einen unausdehnbaren Faden in einer beſtimmten Entfernung vom Mittelpunct ſeiner Bewegung feſtgehalten wird. Auch hier wird die Centrifugalkraft in jedem Puncte des beſchriebenen Kreiſes von Neuem hervortreten; und, unter der Annahme der Gleichförmigkeit der kreisförmigen Bewegung, noch daſſelbe, oben angegebene, Maß haben; allein ſie wird durch den Widerſtand, den ihr die feſten Wände des Canals, oder den der Faden ſeiner Dehnung entgegenſetzt, aufgehoben werden; und dieſer Widerſtand wird hier die Stelle der Centripetalkraft vertreten. So werden vermöge der Schwungkraft die Schnuren einer Schleuder angeſpannt, wenn man dieſe herumſchwingt; und man fühlt in der That, daß die Spannung um ſo ſtärker wird, je mehr man den Umſchwung beſchleunigt *). Läßt man eine Schnur der Schleuder aus den Händen los, wodurch der umgeſchwungene Körper frei wird, ſo fliegt er nach der Tangente fort und beſchreibt eine Parabel, vermöge der Zuſammenwirkung dieſes Impulſes mit der Schwerkraft. Hält man aber die Schnuren der Schleuder unter fortwährender Beſchleunigung des Umſchwungs feſt, ſo kann die Centrifugalkraft ſtark genug werden, um die Schleuder durch ihre Anſpannung zu zerreißen; wo dann der bewegte Körper ebenfalls nach

---

*) Nach S. 95 nämlich iſt die Centrifugalkraft dem Quadrat der Länge des Bogens MM′, div. ꝛc. gleich; der Bogen MM′ aber iſt das Maß der Geſchwindigkeit des bewegten Körpers; daher mit Zunahme der Geſchwindigkeit die Centrifugalkraft in quadratiſchem Verhältniß wachſen muß.

der Richtung der Berührungslinie fortfliegt, die man an den Punct ſeiner Bahn, wo er ſich im Augenblick der Zerreißung befand, gezogen denkt.

Mehrere bemerkenswerthe Wirkungen der Centrifugalkraft laſſen ſich durch den, Fig. 52. vorgeſtellten, Apparat, *Centralmaſchine* genannt, verſinnlichen. LL iſt ein langer metallener Leiſten, durch deſſen Mitte ſenkrecht eine Axe AA′ hindurch geht, die vertical zu bleiben beſtimmt iſt, und um welche er ſich frei in horizontaler Richtung drehen kann. An beiden Enden des Leiſtens ſind, rechtwinklich auf ſeine Richtung, zwei Platten befeſtigt, zwiſchen denen ein Metalldraht gezogen iſt, an welchem feſte Kugeln von verſchiedner Maſſe und verſchiedenartiger Beſchaffenheit angereiht werden, ſo, daß ſie mit ſehr geringer Reibung längs des Drahtes hingleiten können. Bringt man eine dieſer Kugeln auf die Mitte des Drahts, genau in die Verlängerung der Rotationsaxe AA′, ſo bleibt ſie während der Bewegung in dieſer Lage, weil keine Centrifugalkraft entſteht, oder, eigentlicher, weil die Centrifugalkräfte ihrer verſchiedenen Theile, welche in gleichen Entfernungen an den entgegengeſetzten Seiten des Mittelpuncts liegen, einander gleich und entgegengeſetzt ſind. Bringt man aber dieſe nämliche Kugel an einen Punct des Drahts, der in einiger Entfernung von der Axe abliegt, und dreht jetzt den Leiſten LL um, ſo wird die Kugel durch die Sollicitation der Centrifugalkraft fortgetrieben und gleitet längs des Drahtes hin, bis ſie durch den Widerſtand der Endplatten aufgehalten wird. Dieſer Verſuch läßt ſich noch auf verſchiedene Weiſe abändern. So kann man mehrere Kugeln ſo durch einen Faden verbinden, daß ihre Centrifugalkräfte einander entgegenwirken, indem man nämlich die Kugeln auf die entgegengeſetzten Seiten der Drehungsaxe bringt; worauf man den Faden hinlänglich ſtark oder hinlänglich ſchwach nehmen können wird, daß er der Spannung durch die Centrifugalkraft widerſtehen oder dadurch zerriſſen werde. Leicht wird man ſich nach dieſer allgemeinen Andeutung die beſondern Umſtände dieſes Verſuchs vergegenwärtigen können.

Man kann aber auch den Kugeln Flüſſigkeiten ſubſtituiren, welche in gläſernen, an beiden Enden verſchloſſenen, Röhren enthalten ſind, deren eines Ende über dem Mittelpunct der Drehung A, das andere am Ende des Leiſtens LL, Fig. 53., angebracht wird. Giebt man nun dabei dieſen Röhren eine, gegen den Horizont etwas geneigte, Richtung und erfüllt ſie zum Theil mit irgend einer Flüſſigkeit, z. B. gefärbtem Waſſer, ſo wird man anfangs, ſo lange die Maſchine ſich noch in Ruhe befindet, das Waſſer vermöge der, es ſollicitirenden, Schwere die niedrigſte Stelle in den Röhren einnehmen ſehen. Dreht man aber den Leiſten LL mit hinlänglicher Geſchwindigkeit, ſo wird die, in den Theilen dieſes Waſſers in Wirkſamkeit tretende, Centrifugalkraft die Kraft ſeines Gewichts überwinden, und es bis zu den obern Enden jeder Röhre forttragen, wo es ſich gegen ſein urſprüngliches Streben erhalten wird, ſo lange die Drehung mit hinlänglicher Energie fortgeſetzt wird.

Nehmen wir jetzt an, daß in dieſes Waſſer, ſo lange es ſich noch in Ruhe befindet, eine Kugel von Blei gelegt werde, welches Metall ſchwerer als Waſſer bei gleichem Volumen iſt; ſo wird dieſelbe mit ihrem relativen Gewicht auf den Boden des Waſſers fallen und dort bleiben. Bringt man aber durch Drehung der Maſchine eine Centrifugalkraft hervor, welche hinreicht, das Waſſer bis an das obere Ende der Röhre zu tragen, ſo wird dieſelbe Kraft auch die Kugel dorthin tragen, ja ſie gegen dieß Ende ſchleudern, ſo daß ſie ſich am höchſten Puncte der Flüſſigkeit, ihrem gewöhnlichen Verhalten gerade entgegengeſetzt, erhalten wird. Die, durch Zuſammenſetzung der Centrifugalkraft mit der Schwere entſtandne, Kraft nämlich, welche jetzt das Blei und Waſſer den Mittelpunct fliehen und längs der Röhre aufſteigen läßt, treibt dieſe Körper nach dem höchſten Puncte derſelben hin. Und, ſo wie die Kraft, mit der die Bleikugel blos vermöge der Einwirkung der Schwere nach der Erde zu fallen ſtrebte, die einer Waſſerkugel von gleichem Volumen überwog, eben ſo überwiegt jetzt die Kraft, mit der ſie vermöge des Einfluſſes der, ſie ſollicitirenden, neuen Kraft aufzuſteigen ſtrebt, die Kraft des Beſtrebens einer, mit derſelben Geſchwindigkeit begabten, Waſſerkugel von gleichem Volumen, ſo daß die Bleikugel ſich im zweiten Fall ganz aus derſelben Urſache nach der Höhe der Flüſſigkeit begiebt, aus welcher ſie im erſten zu Boden gefallen war. Woraus denn erhellt, daß, wenn man der Bleikugel eine Kugel von Kork oder von irgend einer andern Subſtanz ſubſtituirte, die ein geringeres Gewicht als das Waſſer bei gleichem Volumen beſäße, die Erſcheinungen auf die entgegengeſetzte Weiſe erfolgen müßten; d. h. daß die Korkkugel, welche, unter dem Einfluß der Schwere allein, auf dem Waſſer ſchwimmt, *unter* dem niedrigſten Theile dieſer Flüſſigkeit ſchweben bleiben müßte, im Fall, wo die Centrifugalkraft die Wirkung der Schwerkraft überwunden hätte. Und ſo ergiebt es auch in der That die Beobachtung.

Ich bin bei dieſen Erſcheinungen verweilt, weil ſie die Belege zu dem eben ausgeſprochenen Satze geben, daß zwei Maſſen von gleichem Gewicht einander das Gleichgewicht halten, wenn ſie durch irgend eine beſchleunigende Kraft ſollicitirt werden, die ihnen, wie die Schwere, gleiche Geſchwindigkeiten ertheilt, oder zu ertheilen ſtrebt. Bei vorſtehenden Verſuchen ſtreben die Blei- oder Korkkugeln ſich mit der nämlichen Geſchwindigkeit als die, ſie umgebenden, Theile der Flüſſigkeit vom Mittelpunct zu entfernen; da ſie aber, wenn ſie durch die Schwere allein ſollicitirt werden, bei gleichen Geſchwindigkeiten nicht durch gleiche Volumina der Flüſſigkeit im Gleichgewicht erhalten werden, ſo hat dieſe Gleichheit auch nicht unter dem vereinten Einfluß der Schwere und der Centrifugalkraft Statt.

Eine Kraft derſelben Art entſteht auch an der Oberfläche und in jedem Punct der Maſſe eines feſten Körpers, den man zur Drehung um eine Axe nöthigt. Die materiellen Molecule, aus welchen dieſer Körper beſteht, ſtellen dann eben ſo viel für ſich beſtehende bewegliche Puncte dar, welche jede ihre eigenthümliche Centrifugalkraft haben, die ſich nach der Größe des, von ihnen beſchriebenen, Kreiſes und der Geſchwindigkeit ihres Umlaufs richtet. Nun ſind ſie vermöge des feſten Zuſammenhangs, in dem ſie ſtehen, genöthigt, alle in gleicher Zeit ihren Umlauf zu machen, ſo daß ihre Geſchwindigkeiten ſich wie ihre Abſtände von der Drehungsaxe oder wie die Radien der beſchriebenen Kreiſe verhalten. Wenn alſo die Umlaufsbewegung gleichförmig iſt, ſo werden ihre Centrifugalkräfte dieſen Radien ſelbſt proportional ſeyn. Mithin werden die Molecule ein um ſo ſtärkeres Streben äußern, ſich von der Axe zu entfernen, je entfernter ſie, ihrer Lage in dem Körper nach, von derſelben ab liegen. Dieſem Streben aller nun wird die Wage durch die Cohäſion der Theilchen gehalten werden müſſen, wenn der Körper ſich nicht zertheilen ſoll. Wenn aber die Rotationsbewegung hinlängliche Geſchwindigkeit erlangt, um dieſen Widerſtand zu überwinden, ſo werden die Theilchen, aus welchen der Körper beſteht, ſich los machen, nach der Richtung der Tangente fortgehen und ſich im Raume zerſtreuen. Leicht läßt ſich dieſe Erſcheinung in der Wirklichkeit nachweiſen, indem man Waſſertropfen oder ganz feinen Sand auf die Oberfläche eines, ſich ſchnell drehenden, Kreiſels fallen läßt. In dem Augenblick, wo dieſe kleinen Körper auf die, in Drehung begriffene, Fläche auffallen, werden ſie durch dieſelbe fortgeriſſen und in ihre Rotationsbewegung mit hineingezogen: ſogleich alſo erlangen ſie eine Centrifugalkraft; und da ſie kein Band an dieſe Oberfläche gefeſſelt hält, ſo entfliehen ſie, der, ſie ſollicitirenden, Kraft gehorchend; was die Theilchen, aus welchen der Kreiſel ſelbſt beſteht, gleichfalls thun würden, wenn ſie nicht vermöge ihrer Cohäſion zu feſt zuſammenhiengen.

Da die Erde ſich in der Zeit eines Sterntages, deſſen Dauer 86164 mittlere Secunden beträgt, einmal um ſich ſelbſt dreht, ſo müſſen in allen ihren Theilen gleichfalls Centrifugalkräfte vermöge dieſer Bewegung rege werden; und die, einmal von ihrer Maſſe losgeriſſenen, Körper müßten, im Fall ſie durch keine anderweite Kraft ſollicitirt würden, nach der Richtung der Tangente von ihr fortfliehen. Die Schwere aber zieht ſie durch ihre überwiegende Wirkung wieder nach der Oberfläche herab, und würde ſie, ungeachtet der Centrifugalkraft, bis zum Mittelpuncte fallen laſſen, wenn die Undurchdringlichkeit der übrigen Maſſe nicht als Hinderniß entgegenſtände. Am Aequator z. B. beträgt der Halbmeſſer der Erde 6 376 466 Meter, wovon das Doppelte 12 752 932^{m} mit $\frac{355}{113}$ (dem Verhältniß des Umkreiſes zum Durchmeſſer) multiplicirt, die Länge des Erdumkreiſes zu 40 064 521^{m} giebt: ein, auf dieſem Kreiſe befindlicher, Körper beſchreibt denſelben in einem, 86 164 mittlere Secunden enthaltenden, Sterntage, was für ſeine Geſchwindigkeit in einer Secunde 465 Meter giebt. Das Quadrat dieſer Zahl iſt 216 225; dieß dividirt durch 12 752 932, der Zahl der, im doppelten Erdhalbmeſſer enthaltenen, Meter, giebt zum Quotienten 0^{m},01695 als den Ausdruck für die Centrifugalkraft an der Oberfläche des Aequators in Metern, worunter man die Länge zu verſtehen hat, welche die Körper vermöge dieſer Kraft in einer Secunde Zeit durchlaufen würden.

Nun bewirkt das Uebergewicht der Schwerkraft über die Centrifugalkraft, daß in dieſer nämlichen Zeit die Körper dort um 4^{m},89 fallen, woraus folgt, daß ſie vermöge der Schwerkraft allein um 4^{m},89 + 0^{m},01695 d. i. um 4^{m},90695 fallen würden. Dieſe Zahl, durch 0^{m},01695 dividirt, giebt zum Quotienten 289. Mithin beträgt am Aequator die Centrifugalkraft $\frac{1}{289}$ der Schwerkraft. Dieß Verhältniß würde bei Beſchleunigung der Erdrotation ſich der Einheit mehr nähern und im Verhältniß des Quadrats ihrer Geſchwindigkeit zunehmen. Da nun 289 das Quadrat von 17 iſt, ſo erhellt, daß, wenn die Geſchwindigkeit des Erdumlaufs ſiebzehn mal ſo ſchnell erfolgte, als ſie jetzt Statt hat, die Centrifugalkraft am Aequator der Schwerkraft gleich kommen würde, und daß die, dort befindlichen, Körper dann kein Gewicht mehr nach der Erdoberfläche zu äußern vermöchten. So wirkt auch die Centrifugalkraft der Schwerkraft an allen andern Puncten der Erdoberfläche entgegen, weniger jedoch, als am Aequator; zuvörderſt, weil, wegen geringerer Entfernung der andern Parallelkreiſe von der Rotationsaxe, die Centrifugalkraft auf denſelben an ſich geringer iſt; dann auch, weil ſie daſelbſt eine ſchiefe Richtung gegen die Verticale, der die Schwere ſtets folgt, erhält. Nimmt man einen, urſprünglich flüſſigen, Zuſtand der Himmelskörper an, worauf eine große Menge von Erſcheinungen wirklich ſchließen laſſen, ſo mußten ſie vermöge der gegenſeitigen Anziehung ihrer Theile eine durchaus kugelförmige Geſtalt annehmen, wenn keine andre Kraft auf ſie gewirkt hätte. Da ſie aber alle mit einer Rotationsbewegung um eine Axe begabt ſind, ſo konnte die, aus dieſer Bewegung hervorgehende, Centrifugalkraft nicht anders als die Schwere der, am Aequator befindlichen, Theile vermindern, was eine größere Anhäufung von Materie an dieſer Stelle zur Folge haben mußte. Auch beobachtet man, daß alle Himmelskörper am Aequator erhöht und an ihren Rotationspolen abgeplattet ſind.

Mittelſt des, Fig. 54. vorgeſtellten, Apparats läßt ſich dieſe Erſcheinung zur Wahrnehmung bringen. MM, MM, ſind zwei ſehr biegſame, elaſtiſche Stahlfedern, die man in eine kreisförmige Geſtalt gebogen hat, und deren eines Ende unten an die Axe AZ, das andre an einen Ring A′ befeſtigt iſt, der frei an dieſer Axe hingleiten kann. Die Axe AZ ſelbſt beſteht aus einem Metallſchaft, den man in eine hinlängliche raſche Rotationsbewegung durch einen Mechanismus verſetzt, welcher ungefähr die Einrichtung der Schleifſteine nachahmt: man umwickelt ihn nämlich mit einer Schnur, die über ein andres, größres, Rad hinwegläuft, welches mittelſt einer Kurbel gedreht wird. Bei der Drehung dieſes Rades dreht ſich zugleich die Axe AZ mit, und indem durch ſie die ſtählernen Meridiane MM in die kreisförmige Bewegung hineingezogen werden, entſteht in allen ihren Puncten eine Centrifugalkraft, vermöge deren ſie ſich von der Axe in horizontaler Richtung zu entfernen ſtreben. Da aber die Länge der Federn, welche dieſe Meridiane bilden, unveränderlich iſt, ſo kann ſich ihr horizontaler Durchmeſſer nur auf Koſten des verticalen Durchmeſſers AA′ vergrößern, weßhalb der obere Ring an der verticalen Axe herabgleiten muß. In der That ſehen wir dieß bei der Drehung des Apparats erfolgen: das, von den Federn gebildete, Sphäroid ſchwillt an ſeinem Aequator an, plattet ſich an ſeinen Polen ab, und zwar um ſo mehr, je raſcher die Rotationsbewegung vor ſich geht; was ſich leicht nachweiſen läßt, indem man unter dem verſchiebbaren Ringe A′ ein kleines Tuchſcheibchen um die Axe anbringt, welches der Ring bis zu dem Puncte, bis zu welchem er herabgleitet, fortſtößt.

Im Allgemeinen entſteht bei jeder krummlinigen Bewegung ſtets eine Centrifugalkraft, weil der bewegte Körper an jedem Puncte der Bahn, die er beſchreibt, ſtets nach der Tangente fortzugehen ſtrebt; und, ſo lange er auf der Curve fortgeht, wird dieſe Centrifugalkraft durch die andern Kräfte, welche den bewegten Körper zur Curve zurückführen, aufgehoben; mag nun die Wirkung dieſer letztern gegen einen feſten Mittelpunct gerichtet ſeyn, oder nicht. Alsdann wird die Intenſität der Centrifugalkraft im Allgemeinen an den verſchiedenen Puncten der Bahn veränderlich; jedoch läßt ſie ſich noch nach denſelben Grundſätzen berechnen, indem man nämlich die Bewegung ſo betrachtet, als ob ſie in jedem Augenblick auf einem Kreisbogen vor ſich gienge, der mit der krummlinigen Bahn zwei Elemente gemein hätte. Der Halbmeſſer dieſes Kreiſes, den man den *Krümmungskreis* (cercle osculateur) nennt, wird im Allgemeinen je nach den Puncten, die man in Betracht zieht, veränderlich ſeyn müſſen; allein immer läßt ſich ſeine Länge durch den Calcul finden. Gleicherweiſe läßt ſich die Geſchwindigkeit, die der Körper an jedem Punct der, von ihm beſchriebenen, Bahn hat, ausmitteln. Alsdann kann man die Centrifugalkraft an dieſen Puncten betrachten als den Bewegungen zugehörig, welche kraft dieſer Geſchwindigkeit auf dem Kreiſe oder der Curve Statt haben würden, was die Ausmittlung derſelben nach der oben angegebenen Regel geſtattet *).

Elftes Capitel.

Schwingungen des Pendels.

Noch giebt es einen andern Fall krummliniger Bewegung, der wegen der practiſchen Anwendungen, die er geſtattet, eine beſondre Betrachtung erfordert. Dieß iſt die Bewegung, in die ein feſter ſchwerer, an einer befeſtigten Axe aufgehangener, Körper geräth, wenn er von der Verticallinie, wäre es auch nur ganz wenig, entfernt und dann ſich ſelbſt überlaſſen wird. Man nennt dieſe Bewegung, vermöge deren er von einer Seite der Verticale zur andern hin und wieder geht, die *ſchwingende* oder *oſcillirende* (oscillatoire, oscillatorius). Bekanntlich bewegen ſich auf ſolche Weiſe die feſten Stangen oder Stäbe, welche man Pendel nennt, die die Bewegung der Uhren reguliren und mittelſt deren man die Zeit ſo genau zu meſſen vermag. Dieß wird hinreichen, uns von dem Nutzen der Beſchäftigung mit dieſem Gegenſtande zu überzeugen.

Der einfachſte Fall einer ſolchen Bewegung, auf den wir mithin unſer Augenmerk zuerſt zu richten haben, bietet ſich bei Betrachtung eines einfachen, ſchweren, materiellen Puncts, wie M, Fig. 55. dar,

---

*) Die Bewegung der Planeten unſers Sonnenſyſtems erfolgt nach folgenden drei Hauptgeſetzen, die man die *Keplerſchen* nennt: 1) Alle Planetenbahnen ſind Ellipſen, in deren einem Brennpunct die Sonne ſteht. 2) Alle elliptiſche Bogen, welche Ellipſenausſchnitten von gleichem Flächenraume, die den Mittelpunct der Sonne zur gemeinſchaftlichen Spitze haben, zugehören, werden von den Planeten in gleichen Zeiten durchlaufen. 3) Die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten ſind den Cuben (dritten Potenzen) ihrer mittlern Entfernungen von der Sonne proportional.

der am Ende eines unausdehnſamen, unbiegſamen, gewichtloſen, mit ſeinem obern Ende O an einen feſten Widerhalt angeknüpften, Fadens OM aufgehangen iſt. Denken wir uns zuvörderſt dieſen beweglichen Punct M in der Verticale des Puncts O, in einer, durch die Länge des Fadens OM gegebenen, Entfernung davon befindlich und der alleinigen Wirkung der Schwere überlaſſen. Offenbar wird er in Ruhe bleiben, da der Widerſtand des Fadens das ganze Streben der Schwere, ſeinen Fall zu bewirken, vernichtet. So wie aber der Punct M aus der Verticale entfernt wird, indem man den, ihn haltenden, Faden daraus ablenkt, wird die Schwere offenbar dahin wirken, ihn in ſeine erſte Lage zurückzuführen; denn da die Richtung des Fadens ſchief gegen die Richtungslinie der Schwere geworden iſt, ſo wird letztre durch deſſen Widerſtand nicht mehr völlig aufgehoben werden können. Um hierüber noch mehr ins Klare zu kommen, wollen wir uns durch die neue Lage M' des beweglichen Körpers eine Verticale $M'Z$ gezogen und darauf eine willkührliche Länge $M'G$ genommen denken, um die abſolute Intenſität der Schwere vorzuſtellen. Ziehen wir alsdann durch das Ende G zwei Linien GP, GF, die eine ſenkrecht, die andre parallel mit der jetzigen Richtung des Fadens, ſo wird ſich offenbar die Kraft $M'G$ als eine Mittelkraft betrachten laſſen, deren beide Seitenkräfte $M'P$ und $M'F$ ſind, ſo daß man ihr dieſe ſubſtituiren kann, ohne den Stand des Fragepuncts im Geringſten zu ändern. Die erſte Seitenkraft $M'P$ nun, deren Richtung in die Verlängerung des Fadens fällt, wird durch deſſen Widerſtand aufgehoben; und es bleibt nur noch die Wirkung der zweiten $M'F$ übrig, der, da ſie ſenkrecht auf der Richtung des Fadens iſt, durch ſeinen Widerſtand kein Eintrag geſchehen kann. Der bewegliche Körper ſtrebt mithin vermöge dieſer Kraft allein zu fallen; und da nichts ihn hindert, derſelben zu gehorchen, ſo wird er ſich wirklich auf ihrer Richtung, welche die der Tangente des, von ihm zu beſchreibenden, Kreisbogens iſt, in Bewegung ſetzen. Wiederholt man die nämliche Conſtruction für verſchiedene Puncte des Bogens $M'M$, indem man die Schwerkraft immer durch gleiche Längen darſtellt, ſo findet man, daß die wirkſam bleibende Seitenkraft $M'F$ in dem Maße abnimmt, als ſich der bewegliche Körper dem tiefſten Punct des Kreiſes nähert, und daß ſie endlich, an dieſem Punct ſelbſt, Null wird, da hier der Widerſtand des Fadens die ganze Wirkung der Schwere vernichtet. Denkt man ſich alſo den ſchweren Punct M aus der Verticale entfernt und dann ſich ſelbſt überlaſſen, ſo wird man den Fall einer beſchleunigten Bewegung haben, da die Sollicitation einer ſtetig wirkende Kraft hier im Spiele iſt; dieſe Bewegung aber wird nicht den Geſetzen des freien Falls folgen, weil die Intenſität der, ſie beſchleunigenden, Kraft vom höchſten Punct der Bahn an bis zum niedrigſten unaufhörlich ſich ändert und abnimmt.

An dieſem unterſten Punct angelangt, wird der bewegliche Körper, ganz durch den Faden gehalten, einen Augenblick der Wirkung der Schwere entzogen ſeyn. In Folge ſeines Beharrungsvermögens aber wird er ſich vermöge der, durch ſeine bisherige Fallbewegung erlangten, Geſchwindigkeit weiter bewegen; und da er genöthigt iſt, einen Kreis zu beſchreiben, auf der andern Seite der Verticale wieder aufſteigen. Jetzt aber wird die, nicht mehr ganz aufgehobene, Schwerkraft ihn wieder zum Abſteigen zu treiben ſtreben; und zwar mit wachſender Energie in dem Maße, als er weiter in ſeiner kreisförmigen Bahn aufſteigt. Der bewegliche Punct wird ſich alſo in dem gewöhnlichen Fall eines ſchweren, durch einen augenblicklichen Impuls von unten nach oben geworfenen, Körpers befinden, mit dem Unterſchiede, daß die ihn ſollicitirende Schwerkraft nicht conſtant iſt, ſondern an Intenſität ſtetig zunimmt. Auch hier muß alſo ein Zeitpunct eintreten, in dem die Geſchwindigkeit des erſten Impulſes gänzlich vernichtet iſt; und dieſer wird offenbar dann Statt haben, wenn der Körper, deſſen Bewegung wir im leeren Raume vorgehend denken, eben ſo hoch zu dieſer Seite der Verticale aufgeſtiegen iſt, als der Punct S, von dem er zu fallen anfieng, ſich zur andern Seite der Verticale befindet. An dieſem Gränzpunct angelangt, wird er abermals nach der Verticale zu fallen beginnen, indem er, wie das erſtemal von der Ruhe an ſich bewegt. Wiederum wird er auf der andern Seite aufſteigen, dann abſteigen um abermals aufzuſteigen; und ſeine Schwingungen oder Oſcillationen werden ſolchergeſtalt bis in unbeſtimmte Zeit auf dem Bogen SMS′ fortgehen, wofern nur kein Hinderniß, keine Reibung, kein Widerſtand ſie verzögert oder anhält. Da dieſe hin und wieder gehenden Bewegungen immer durch Urſachen, die ganz die nämlichen bleiben, veranlaßt werden, ſo muß offenbar auch die Dauer derſelben ſich gleich bleiben, d. h. die auf einanderfolgenden Schwingungen werden iſochroniſch (in gleicher Zeit erfolgend) ſeyn.

Verſchiedene, unausweichliche, Umſtände laſſen dieſen Fall jedoch nicht in der Einfachheit, in der wir ihn hier betrachtet haben, beſtehen. Zuvörderſt läßt ſich die Annahme eines einfachen, an einem gewichtloſen Faden aufgehangenen, materiellen Puncts nicht verwirklichen: man kann nicht anders als ſich feſter Körper von merklichen Dimenſionen und merklichem Gewicht bedienen. Der Calcul jedoch hilft dieſem Mangel ab, wenn man die Geſtalt dieſer Körper und die Dichtigkeit aller ihrer Theile kennt. Die Mathematiker haben Wege gefunden, aus dieſen Angaben die Länge des einfachen idealen Pendels abzuleiten, welches ſeine Schwingungen in der nämlichen Zeit, als der feſte Körper, deſſen man ſich bedient hat, vollbringen würde. Man nennt eine Vorrichtung dieſer Art (die aus mehr als einem ſchweren Puncte beſteht) ein zuſammengeſetztes Pendel (pendule composé), und kann ihm, je nach dem Gebrauch, den man von demſelben machen will, verſchiedene Geſtalten, verſchiedene Längen geben. Dasjenige, deſſen man ſich gewöhnlich bei den Uhren bedient, beſteht in einem Stabe oder einer Verbindung von Metallſtücken CA, Fig. 56., unterhalb deren man eine, gleichfalls metallne, Linſe L befeſtigt, die ein großes Gewicht und ſehr dünne Ränder hat, damit ſie die Luft beſſer durchſchneide und geringern Widerſtand von derſelben erfahre. Senkrecht durch das obere Ende des Stabes geht eine keilförmig zugeſchärfte Axe von gut polirtem Stahl, die mit der Maſſe des Stabes ſelbſt zuſammengelöthet iſt, und auf einer Platte oder in einer Pfanne, gleichfalls von ſorgfältig polirtem Stahl, ruht. Um das Pendel ſchwingen zu laſſen, entfernt man es etwas aus der Verticale, und läßt es dann vermöge ſeines Gewichtes wieder herabfallen.

Um dieſe Vorrichtung zur Zeitmeſſung geſchickt zu machen, läßt man eine Reihe Zahnräder ſo in einander eingreifen, daß durch die Bewegung des einen alle andern mit in Bewegung geſetzt werden. Die Zahl der Zähne dieſer Räder richtet ſich nach den Verhältniſſen, welche zwiſchen den verſchiednen, beim Zeitmaß gebrauchten, Eintheilungen, d. i. den Stunden, Minuten, Secunden, Statt finden; und an ihren Axen befeſtigt man Zeiger, die ſich auf einem Zifferblatte drehen, und dadurch jeden Schritt, den ſie machen, anzeigen. Um eine dieſer Axen windet man dann eine biegſame Schnur, und knüpft an das untere Ende derſelben ein Gewicht, welches die Drehung aller Räder zu bewerkſtelligen ſtrebt, und ſie ſogar zu einer übereilten Drehung antreiben würde, wenn man ihm freien Spielraum ließe. Um aber ſeinen Fall zu verzögern, bringt man an die Vorrichtung ein Pendel AL, Fig. 57., an, deſſen Stange oben eine Art Anker EE trägt, der in die Zähne eines der Räder, an welchen das Gewicht zieht, eingreift, und der Sperrhaken oder die Hemmung (échappement) heißt. Man giebt ihm eine ſolche Stellung, daß, wenn die Richtung des Pendels in die Verticale fällt und daſſelbe in Ruhe iſt, ohne durch irgend eine Geſchwindigkeit ſollicitirt zu ſeyn, die beiden Enden EE ſich zwiſchen die Zähne des Rades legen und alle Bewegung hemmen. Sobald man aber das Pendel nach der einen oder andern Seite der Verticale etwas entfernt, ſo gewinnt das Rad Freiheit, ſich zu drehen und dreht ſich wirklich vermöge der Wirkung des, an ihm ziehenden, Gewichts, bis das Pendel im Fallen durch Eingreifen ſeiner Hemmung daſſelbe anhält. Bei guter Einrichtung geſchieht dieß, wenn das Pendul ſich im unterſten Punct ſeiner Schwingung befindet; dann aber geht es vermöge der erlangten und der, ihm vom Stoße des, in Bewegung begriffenen, Rades mitgetheilten, Geſchwindigkeit auf die andre Seite der Verticale hinüber; entweicht alſo von neuem zwiſchen den Zähnen des Rades und geſtattet ihm abermals ſich zu drehen. Dann hemmt es aufs neue u. ſ. f., ſo lange als das, die Räder ſollicitirende, Gewicht in Wirkſamkeit bleibt.

Bei denjenigen phyſikaliſchen Verſuchen, wo man nur die Schwingungen des Pendels beobachten will, ohne ſie zur Regulirung von Maſchinen anzuwenden, ſucht man ſich der Beſchaffenheit des einfachen Pendels ſo viel als möglich zu nähern. Man hängt eine ſehr ſchwere Platinkugel an einem Kupferdraht auf, der nur gerade ſtark genug iſt, dieſelbe, ohne Zerreißung, zu tragen. An dieſem Faden ſchwebt eine kleine kupferne Kugelmütze (calotte), die nach dem Halbmeſſer der Kugel gearbeitet iſt, und, wenn man ſie auf dieſe, mit einer fettigen Subſtanz beſtrichen, aufſetzt, mit hinreichender Kraft daran haftet, um die Kugel am Fall zu hindern. Am obern Ende des Drahts iſt eine gut polirte zugeſchärfte Axe befeſtigt, die auf vollkommen geglätteten Agatplatten ruht, damit die Reibung ihrer ſchwingenden Bewegung ſo wenig Eintrag als möglich thue.

Wird ein ſolches Pendel in Bewegung geſetzt, ſo bemerkt man bald, daß die Weite der, von ihm durchlaufenen, Bogen allmälig abnimmt, und daß es zuletzt ganz ſtill ſtehen bleibt. Dieſe progreſſive Verzögerung wird zum Theil durch die, am Aufhängungspuncte vor ſich gehende, Reibung verurſacht; weit mehr aber noch durch den Widerſtand, welchen die Luft der Bewegung der Kugel entgegenſetzt. Dieſer, die Geſchwindigkeit des Pendels ſtets beeinträchtigende, Widerſtand verlängert die Dauer der halben Schwingung beim Abſteigen des Pendels, und verkürzt ſie beim Aufſteigen deſſelben, und zwar ziemlich um dieſelbe Zeitlänge, ſo daß die Summe dieſer beiden Hälften nicht merklich kürzer iſt, als wenn die Bewegung im leeren Raume Statt gehabt hätte. Aber die Weite der Excurſionen, welche die ſchwingende Kugel macht, wird dadurch nach und nach vermindert. Nun hat der Iſochronismus (die gleiche Dauer) der kreisförmigen Schwingungen in aller Strenge nur dann Statt, wenn die Größe der Schwingungsbogen immer ſich gleich bleibt *); man ſieht mithin, daß in

---

*) Die Mathematik lehrt eine Curve, die Cykloide (ſie wird z. B. von jedem Puncte eines fortrollenden Rades beſchrieben) kennen, die man die tautochroniſche und brachyſtochroniſche Curve nennt, weil ein Pendel, das cykloidiſche Bogen durchſchwänge, wirklich größere oder kleinere, in der nämlichen Zeit und zugleich in kürzerer Zeit, als irgend einen andern Bogen gleicher Länge einer nicht cykloidiſchen Curve durchſchwingen würde.

ſofern der Widerſtand der Luft ihm Eintrag thun muß. Zum Glück iſt dieſe Störung bei kleinen Bogen ſehr unmerklich, und es wird dann leicht, ihren Einfluß durch den Calcul auszumitteln. Corrigirt man hiernach die beobachteten Schwingungen, ſo kann man ſie ſämmtlich auf den idealen Fall eines unendlich kleinen Schwingungsbogens zurückführen, bei welchem vollkommener Iſochronismus Statt hat. Wenn man nun, nach Anſtellung dieſer Beobachtungen, noch die Länge des Pendels, deſſen man ſich bedient hat, mißt, und daſſelbe durch Rechnung auf den idealen Fall des einfachen Pendels zurückführt, ſo kann man, durch Vergleichung der Dauer der Oscillationen und der beobachteten Längen zu mehreren wichtigen Reſultaten gelangen.

Zuvörderſt läßt ſich ſolchergeſtalt die abſolute Intenſität der Schwerkraft beſtimmen. Denn die Schwingungen müſſen, als durch ihre Wirkung hervorgebracht, mehr oder minder ſchnell erfolgen, je nachdem dieſe Kraft von geringerer oder ſtärkerer Intenſität iſt. Begreiflich alſo muß ſich dieſe Intenſität nach der Zahl der, in einer gegebenen Zeit von einem Pendel bekannter Länge vollbrachten, Schwingungen ſchätzen laſſen. Die Beſtimmungen dieſer beiden Elemente nun, der Zahl und der Länge laſſen ſich mit der größten Genauigkeit erhalten und gewähren dadurch ein vortreffliches Mittel, die Intenſität der Schwerkraft zu berechnen. Man hat ſolchergeſtalt ausgemittelt, daß unter der Breite von Paris die Körper in der erſten Secunde ihrer Fallzeit $4^{m},9044$ durchlaufen. Ueberdieß beträgt die Länge des einfachen, in einem mittleren Tage 10000 Schwingungen vollbringenden, Pendels auf dem Obſervatorium daſelbſt $0^{m},741887$.

Noch lehrt der Calcul, daß für verſchiedene einfache Pendel von ungleichen Längen, die durch dieſelbe Schwerkraft ſollicitirt werden, die Schwingungszeiten den Quadratwurzeln aus den Pendellängen proportional ſind; ſo daß in dem Maße, als ein Pendel länger wird, die Schwingungen nach dieſem Verhältniß kürzer werden. Hierauf gründet ſich die Berechnung der Länge, die man einem Pendel zu geben hat, das Schwingungen von beſtimmter Dauer machen ſoll. Freilich ändert ſich dieſe Dauer nach dem Einfluſſe ab, den die Kälte und Wärme auf die Pendelſtange äußern, indem ſie dieſelbe verkürzen oder verlängern; man hat jedoch Mittel gefunden, dieſem Uebelſtand abzuhelfen, wie wir weiterhin zeigen werden.

Endlich hat der Calcul dargethan, daß die Schwingungszeiten eines und deſſelben, ſucceſſive von verſchiedenen Schwerkräften ſollicitirten, Pendels ſich im Verhältniß der Quadratwurzeln ihrer Intenſitäten verändern, worauf ſich eine Vergleichung der Intenſitäten der Schwerkraft unter den verſchiedenen Breiten des Erdkörpers gründen läßt. So hat man gefunden, daß die Intenſität der Schwerkraft von dem Aequator nach den Polen hin zunimmt, wovon der Grund in der Abplattung der Erde liegt.

Man beobachtet in der Natur eine große Menge Bewegungen, die, ohne den Geſetzen der Pendelbewegung zu folgen, doch in ſo fern ſich denſelben nähern, als bei ihnen ebenfalls die Körper nach beiden Seiten einer Lage, in der ſie ſich in der Ruhe befinden, hin und wieder ſchwingen. Von dieſer Art iſt z. B. die Bewegung einer geſpannten Metallſaite, die man aus der Lage, in der ſie ſich von ſelbſt im Gleichgewicht befindet, zieht und dann ſich ſelbſt überläßt. Dieſe Bewegung und alle ähnliche dieſer Art, welche gewöhnlich ſehr ſchnell von Statten gehen, erhalten den Namen Vibrationen (Schwingungen, Erzitterungen). Weiterhin werden wir Gelegenheit haben, uns mit einigen derſelben durch die Erfahrung vertraut zu machen.

Um endlich in der Zuſammenſtellung der gewöhnlichſten Fälle, die ſich bei Betrachtung der Bewegung darbieten, nichts übrig zu laſſen, wollen wir noch ein paar Worte über diejenige Bewegung hinzufügen, die ein freier feſter Körper annehmen kann, wenn er durch eine urſprüngliche bewegende Kraft fortgeſchleudert wird. Geht dieſe bewegende Kraft durch den Schwerpunct des Körpers, und ſollicitirt denſelben ſonſt keine andre Urſach, ſo nimmt er nur eine fortſchreitende Bewegung nach der Richtung an, die ihm dieſe Kraft giebt; und alle ſeine Theile bewegen ſich gleichförmig nach dieſer Richtung, parallel unter einander und mit gemeinſchaftlicher Geſchwindigkeit. Geht aber die Richtung der bewegenden Kraft nicht genau durch den Schwerpunct des Körpers, ſo wird ſeine Bewegung zuſammengeſetzt, 1) aus einer gleichförmigen, allen ſeinen Theilen gemeinſchaftlichen, fortſchreitenden Bewegung; 2) aus einer, ebenfalls gleichförmigen, Rotationsbewegung um eine, durch ſeinen Schwerpunct gehende, Axe, die im Innern ſeiner Maſſe eine veränderliche oder eine beſtändige Richtung haben kann. In allen feſten Körpern laſſen ſich drei, auf einander ſenkrechte, Gerade ziehen, die eben ſo viel bleibende Drehungsaxen ſind; d. h. wenn die Rotation um eine dieſer Axen begonnen hat, ſo wird ſie auch immer um dieſelbe fortdauern, woſern nur der Körper weder einen Widerſtand noch Stoß erfährt, der der vorausgeſetzten Freiheit ſeiner Bewegungen Eintrag thut. Alle dieſe Sätze ergeben ſich aus dem mathematiſchen Theil der Mechanik.

Zwölftes Capitel.

Vom Stoße (choc, percussio s. conflictus) der Körper.

Bisher haben wir uns, um eine der Beſchaffenheit feſter Körper entſprechende Vorſtellung zu erhalten, dieſelben als Syſteme unwandelbar unter einander verbundener materieller Puncte gedacht; ein ſo abſolut feſter Zuſammenhang kommt aber an keinem Körper in der Natur vor. Alle Naturkörper, die wir feſt nennen, können bis zu einem gewiſſen Grade zuſammengedrückt werden, ohne ihren Zuſammenhang aufzugeben, oder ihre Grundbeſchaffenheit zu ändern. Sie geben der, den Druck auf ſie ausübenden, Kraft nur auf einen Augenblick nach, und kehren, beim Nachlaſſen derſelben, wieder zu ihrer urſprünglichen Geſtalt zurück, oder nähern ſich derſelben wenigſtens mehr oder minder. Dieß Streben, beim Nachlaſſen der auf ſie einwirkenden Kraft, ihre vorige Geſtalt wieder anzunehmen, nennt man Elaſticität, Federkraft oder Spannkraft (élasticité, elasticitas). Ein Körper der nach dem Aufhören des Drucks ſeine vorherige Geſtalt ganz wieder annehmen würde, wäre vollkommen elaſtiſch; unvollkommen iſt er es dann, wenn er nicht völlig wieder zu ſeinem urſprünglichen Zuſtande zurückkehrt. Weiterhin wird uns die Erfahrung lehren, welche Rangordnung in dieſem Bezug die verſchiedenen Claſſen der Naturkörper einnehmen; und wir werden daran die Unterſuchung knüpfen, worin ihre elaſtiſche Gegenwirkung begründet ſeyn möge. Für jetzt aber wollen wir, dem einmal angenommenen Gange unſerer Unterſuchungen treu bleibend, blos die verſchiedenen innern Zuſtände, welche materielle Syſteme annehmen können, auf abſtracte Weiſe ins Klare zu ſetzen uns bemühen, um darauf allgemeine Geſetze als einfache Folgerungen aus dem Grundgeſetz des Beharrungsvermögens zu bauen, die als ſolche ſich auch in den Naturkörpern werden verwirklicht zeigen müſſen, in wie mannigfaltiger Verwicklung auch ihre zufälligen Eigenſchaften auftreten mögen.

Der Mangel oder das Daſeyn der Elaſticität und die verſchiedenen Grade, in der ſie in einem Syſteme materieller Puncte vorhanden ſeyn kann, ſind von bedeutendem Einfluß auf die Art, wie dieſes Syſtem Bewegung erhält oder mittheilt, wenn es auf andre ähnliche Syſteme ſtößt oder von ihnen geſtoßen wird. Wir betrachten hier die beiden äußerſten Fälle von Weichheit oder Federkraft, zwiſchen denen alle andern inne liegen; und nehmen nur dabei, größerer Einfachheit halber, noch an, die geſtoßenen Syſteme ſeyen homogene Kugeln, deren Mittelpuncte ſich gleichförmig auf derſelben geraden Linie bewegen, und deren übrige Puncte ſämmtlich parallel mit dieſer Geraden fortgehen, ohne alle Rotationsbewegung. Wie auch die Geſchwindigkeiten und Maſſen zweier ſolcher Kugeln beſchaffen ſeyn mögen, ſo wird doch im Fall ihres Zuſammentreffens auf der Geraden ſelbſt der Stoß ſymmetriſch in Bezug zu allen Theilen ihrer Maſſen erfolgen müſſen; und ſolchergeſtalt wird die Wirkung deſſelben keine andre ſeyn können, als eine Veränderung in der Art ihrer fortſchreitenden Bewegung auf der nämlichen Linie, wonach ſie mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit entweder vorwärts oder rückwärts auf derſelben laufen werden. Dieſe Geſchwindigkeit iſt mithin das einzige Element, das wir zu beſtimmen haben.

Nehmen wir zuvörderſt an, daß unſre beiden Kugeln eine Zuſammendrückung geſtatten, der Elaſticität aber völlig beraubt ſind, und daß ſie auf die bemerkte Weiſe in Bewegung geſetzt werden. Die zuerſt eintretende Wirkung des wechſelſeitigen Stoßes bei ihrem Zuſammentreffen wird die ſeyn, daß eine an der andern zuſammengedrückt wird, bis die, in jeder derſelben wirkſame, bewegende Kraft ſich gleichförmig durch die Geſammtheit ihrer beiderſeitigen Maſſen vertheilt hat; worauf die Zuſammendrückung aufhören wird. Von dieſem Augenblick an werden beide eine gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit annehmen, welche gefunden wird, indem man die Summe der Quantitäten der Bewegung (d. h. der Producte ihrer Maſſen in ihre Geſchwindigkeit), welche beide Körper vor dem Stoße hatten, durch die Summe ihrer Maſſen dividirt.

Nehmen wir z. B. an, wobei wir irgends bekannte Größen (etwa Zolle, Lothe), als die Geſchwindigkeit und Maſſe meſſende Einheiten zu Grunde gelegt denken, unſre erſte Kugel habe 3 Theile Maſſe und 8 Geſchwindigkeit; was für die Quantität ihrer Bewegung 24 giebt; die zweite 1 Theil Maſſe und 4 Geſchwindigkeit, wonach die Quantität ihrer Bewegung 4 beträgt. Wenn nun die Kugeln mit dieſen Geſchwindigkeiten nach derſelben Richtung laufen, ſo wird man als Summe ihrer Bewegungsquantitäten 28 und als Summe ihrer Maſſen 4 haben. Sonach wird ihre gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit nach dem Stoße $\frac{28}{4}$ oder 7 betragen. Blos $\frac{20}{4}$ oder 5 würde ſie betragen haben, wenn die Geſchwindigkeiten der Kugeln einander entgegengeſetzt geweſen wären: denn in dieſem Fall hat man nicht die Summe, ſondern die Differenz der Bewegungsquantitäten durch die Summe der Maſſe zu dividiren.

Dieſe Reſultate würden noch die nämlichen bleiben, wenn die Kugeln, Statt ſich in gerader Linie zu bewegen, beide den Umfang deſſelben Kreiſes durchliefen. Hierauf läßt ſich ein Mittel gründen, die Beſtätigung der Angaben der Theorie durch die Erfahrung zu finden. Man hängt nämlich Kugeln, die eine Zuſammendrückung geſtatten, an ſehr lange, an einen und denſelben feſten Punct geknüpfte, Fäden, gleich Pendeln auf; entfernt ſie dann mehr oder minder aus der Verticale in derſelben Ebene, läßt ſie zuſammen herabfallen, ſo daß ſie am unterſten Punct ihrer Bahn zuſammentreffen, und mißt die Höhe, bis zu welcher ſie nach dem Stoße zur andern Seite der Verticale wieder aufſteigen. Denn aus der Kenntniß dieſer Höhen läßt ſich mittelſt der Theorie der Pendelbewegung die Wurfgeſchwindigkeit, die zur Erreichung derſelben erforderlich war, beſtimmen; ſo wie man nach der Höhe, bis zu welcher man beide Kugeln Anfangs aus ihrer urſprünglichen Lage entfernte, die Geſchwindigkeit beſtimmen kann, die jede derſelben haben mußte, als ſie am unterſten Punct ihrer Bahn anlangte, d. i. in dem Augenblick, wo der Stoß Statt hatte. Dieſe Höhen laſſen ſich mittelſt einer, der Ebene, in welcher die Bewegungen vor ſich gehen, parallelen Kreiseintheilung meſſen. Es handelt ſich blos noch darum, Körper ausfindig zu machen, die ſich dem Zuſtande der Zuſammendrückbarkeit mit Abweſenheit der Claſticität, welchen wir vorausſetzten, möglichſt nähern. Gewöhnlich bedient man ſich hierzu Kugeln von feuchtem und gut gekneteten Thon, die dieſen Bedingungen in der That ziemlich wohl Genüge leiſten. Noch vortheilhafter ließen ſich vielleicht dazu Kugeln von feuchtem Mehlteig anwenden, die in der That der Federkraft faſt gänzlich ermangeln.

Bei dieſen Beiſpielen wird die Mittheilung der Bewegung und ihre Vertheilung durch die Geſammtmaſſe eine gewiſſe Zeit erfordern, und zwar um ſo weniger, je weniger die Körper der Zuſammendrükkung fähig, d. h. je härter ſie ſind. Als Gränze kann man ſich einen ſo ſchwachen Grad der Zuſammendrückbarkeit vorſtellen, daß dieſe Erſcheinung in einem unmerklichen Zeitraum von Statten gienge. Körper, bei denen dieß der Fall wäre, könnte man vollkommen hart und unelaſtiſch nennen. Der Annahme eines völligen Mangels von Zuſammendrückbarkeit bietet nicht nur die Natur nichts, in der Wirklichkeit Entſprechendes, dar, ſondern es ließe ſich auch nicht denken, wie bei ihr Mittheilung der Bewegung Statt finden könnte.

Denken wir uns jetzt Kugeln, die eine vollkommene Zuſammendrückbarkeit und Claſticität beſitzen. Nehmen wir zuvörderſt an, daß ſie mit gleichen Maſſen und gleichen Geſchwindigkeiten in entgegengeſetzter Richtung einander begegnen. In dieſem Fall werden ſie einander wechſelſeitig aufhalten, weil Alles an ihnen gleich iſt; der Punct, in dem ſie zuerſt aneinanderſtoßen, wird ihrem Lauf die Gränze ſetzen, und ihre Kraft wird auf ihre wechſelſeitige Zuſammendrückung verwandt werden, bis ſie völlig erſchöpft iſt. Dieſe Kraftäußerung wird ihre Durchmeſſer in der Richtung des Stoßes verkürzen, die darauf ſenkrechten aber verlängern, wodurch ſich beide Kugeln in zwei, am Berührungspuncte abgeplattete, Ellipſoide verwandeln. Iſt aber einmal die ganze Kraft des Stoßes ſolchergeſtalt verbraucht, ſo wird jedes dieſer elaſtiſchen Ellipſoiden wieder zurückſchnellen, um die Kugelgeſtalt wieder anzunehmen, und dazu genau dieſelbe Kraft verwenden; mittelſt deren es zuſammengedrückt worden war, und, mag man nun dieſe Wiederhervorbringung der Kraft als an dem, für feſt angenommenen, Berührungspuncte vor ſich gehend betrachten, oder als ſich von einer Kugel zur andern fortpflanzend, ſo erhellt doch, daß in jedem Fall nach dieſem Wiederhervortreten der Kraft beide Kugeln in der, ihrer Bewegung vor dem Stoße entgegengeſetzten, Richtung zurückgetrieben werden müſſen, und zwar mit der nämlichen Geſchwindigkeit, die ſie im Augenblick des Stoßes beſaßen. Wenn man nun, anſtatt die geſtoßenen Körper für gleich anzunehmen, dieſelben von beliebiger Maſſe und Geſchwindigkeit ſich vorſtellt, ſo iſt klar, daß ſie ſich nur ſo lange wechſelſeitig zuſammendrücken werden, bis eine gleiche Vertheilung der Geſchwindigkeit in ihnen zu Stande gekommen iſt, wie daſſelbe mit den, blos zuſammendrückbaren, Körpern der Fall war; woraus folgt, daß jeder Körper bei der Zuſammendrückung nur den Ueberſchuß ſeiner urſprünglichen Geſchwindigkeit über die gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit, welche im Zuſtand der Zuſammendrückbarkeit eintreten würde, verbrauchen wird, worauf ſeine elaſtiſche Gegenwirkung ihm die nämliche Differenz nach entgegengeſetzter Richtung ertheilen wird. Solchergeſtalt wird ihm als Endreſultat nur der Ueberſchuß der gemeinſchaftlichen Geſchwindigkeit über dieſen, ſucceſſiv verlorenen und wiedergewonnenen, Theil ſeiner Geſchwindigkeit verbleiben.

Um die Anwendung hiervon an einem Beiſpiel zu zeigen, wollen wir das, oben für die zuſammendrückbaren Körper in Zahlwerthen berechnete, wieder vornehmen, und beide Geſchwindigkeiten nach Einer Richtung gehend denken. Wir ſahen, daß in dieſem Fall die gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit nach dem Stoß 7 war; mithin, wenn unſre Kugeln elaſtiſch ſind, wird die erſte, die zur Geſchwindigkeit 8 hatte, zur Zuſammendrückung 8—7 oder 1 Geſchwindigkeit verwenden; und indem ſie dieſelbe nach dem Stoße in entgegengeſetzter (durch das negative Zeichen auszudrückenden) Richtung wieder erhält, wird ihr nur 6 bleiben. Die Rechnung auf die nämliche Weiſe für die andre Kugel, die nur 4 Geſchwindigkeit hatte, geführt, ergiebt, daß ſie bei der Zuſammendrückung 4—7 oder —3 verbrauchen wird; und indem ſie dieſe nach entgegengeſetzter Richtung wieder erhält, zur Endgeſchwindigkeit 7 + 3 oder 10 haben wird, ſo daß beide Kugeln ſich noch in der nämlichen Richtung nach, als vor, dem Stoße bewegen werden.

die eine aber langſamer, die andre ſchneller als vorher. Auf dieſelbe Weiſe ergiebt ſich, daß, wenn von zwei, an Maſſe gleichen, elaſtiſchen Körpern der eine in Ruhe, der andre in Bewegung wäre, der letztre nach dem Stoße in Ruhe bleiben, der erſtere aber deſſen ganze Bewegung annehmen würde *). Dieſe Reſultate laſſen ſich, wenigſtens annäherungsweiſe, durch Verſuche beſtätigen, wenn man in dem Pendelapparate den Kugeln von Thonerde ganz ſphäriſche und homogene Elfenbeinkugeln ſubſtituirt, deren Elaſticität, obwohl nicht vollkommen, wenigſtens ſehr bedeutend iſt.

Werden mehrere dieſer Kugeln ſolchergeſtalt in einer horizontalen Reihe, eine in Berührung mit der andern, aufgehangen; ſo ſpringt, wenn man die erſte derſelben aus der Verticale entfernt und dann gegen die andern fallen läßt, blos die letzte Kugel ab, während alle zwiſchen liegende in Ruhe bleiben, wie dieß ebenfalls aus der Theorie fließt.

Nach denſelben Grundſätzen, als der Stoß zweier Kugeln, ließe ſich nun auch der zweier Körper von jeder andern beliebigen Geſtalt betrachten; nur würde hier die Aufgabe weit verwickelter werden, weil man dabei die Puncte, wo die Körper an einandertreffen und die Richtung, in der ſie zuſammengerückt werden, zu beſtimmen hätte. Wir begnügen uns ein Beiſpiel dieſer Art anzuführen, welches eine Kugel betrifft, die auf eine Ebene fällt.

Stellt man ſich zuvörderſt die Ebene als horizontal und die Elaſticität beider Körper als vollkommen vor, ſo iſt klar, daß die Kugel vermöge der elaſtiſchen Rückwirkung nach dem Stoße eine eben ſo große Geſchwindigkeit wieder annehmen wird, als ſie im Augenblick, wo ſie die Ebene berührte, beſaß; und hiernach würde ſie im leeren Raume genau zu derſelben Höhe wieder aufſteigen müſſen, von welcher ſie

---

*) Noch verdienen nachſtehende Folgerungsſätze angeführt zu werden: Sind die Maſſen beider Kugeln nicht gleich, iſt übrigens aber der Fall, wie oben, ſo verhält ſich die neue Geſchwindigkeit der anſtoßenden Kugel zu ihrer Geſchwindigkeit vor dem Stoße, wie die Differenz der Maſſen beider Kugeln zu ihrer Summe; und die Geſchwindigkeit der angeſtoßenen (zuvor ruhenden Kugel, verhält ſich zur Geſchwindigkeit der ſtoßenden vor dem Stoße), wie die doppelte Maſſe der anſtoßenden zu der Summe der Maſſe beider Kugeln. — Wenn zwei elaſtiſche Kugeln von einerlei Maſſe mit ungleicher Geſchwindigkeit ſich nach Einer Richtung bewegen, ſo werden ſie beide nach dem centralen Stoße zwar fortfahren, nach dieſer Richtung ſich zu bewegen, aber mit verwechſelten Geſchwindigkeiten, d. h. die langſamere bekommt die Geſchwindigkeit der ſtoßenden, und dieſe die Geſchwindigkeit der erſteren. — Bewegen ſich dagegen dieſe beiden Kugeln in entgegengeſetzter Richtung central auf einander, ſo werden ſie bei gleicher Geſchwindigkeit auch mit gleicher Geſchwindigkeit zurückſpringen; bei ungleicher Geſchwindigkeit vor dem Stoße aber, nach dem Stoße mit verwechſelter Geſchwindigkeit zurückgehn.

anfieng herabzufallen. Was für Subſtanzen man indeß auch beim Verſuch anwenden mag, nie erfolgt das Rückſpringen wieder bis zu dieſer Höhe, theils wegen des Luftwiderſtandes, theils wegen der, doch ſtets unvollkommenen, Elaſticität. Läßt man nun die Kugel, anſtatt auf eine horizontale Ebene, auf eine ſchiefe auffallen, ſo wird ſie offenbar, nach erfolgter Rückwirkung, unter dem nämlichen Winkel von der Ebene abprallen müſſen, unter dem ſie auf dieſelbe auffiel; auch lehrt dieß für den erſten Augenblick in der That die Beobachtung; allein die jetzt eintretende Wirkung der Schwere zieht die Kugel allmälig nach der Erde herab, indem ſie dieſelbe eine Parabel beſchreiben läßt. Hierdurch erhält man ein ganz artiges Mittel, die Bewegungsgeſetze geworfener Körper dem Auge darzuſtellen, indem man eine Elfenbeinkugel auf eine kleine, mit recht gleichförmigem, ſtark geſpannten, Pergament überzogene, Trommel, auffallen läßt, der man ſucceſſiv verſchiedene Neigungen gegen die Horizontalebene giebt. Hängt man nun auf der Bahn der Kugel eine Reihe Ringe ſo auf, daß ſie ihre Bewegung durch dieſelben hindurchnimmt, ſo wird durch dieſe Reihe Ringe die Parabel anſchaulich dargeſtellt werden.

Das Geſetz der Mittheilung der Bewegung, welches wir in dieſem Capitel auseinandergeſetzt haben, gilt in völliger Allgemeinheit, nicht nur für den Stoß der Körper, ſondern auch für die Vertheilung aller denkbaren Kräfte zwiſchen den Maſſen, auf welche man dieſelben wirken läßt. So wird jeder Körper, der einen andern ſtößt oder drückt, gleicherweiſe durch ihn geſtoßen oder gedrückt. Drückt man einen Stein mit dem Finger, ſo wird der Finger auch durch den Stein gedrückt; und das Pferd, welches eine Laſt mittelſt eines Seils zieht, wird gleichermaßen durch die Laſt gezogen, indem das, beide verbindende, Seil nach der einen Richtung ſo ſtark als nach der andern geſpannt iſt, und durch ſeine Zugkraft beide auf die nämliche Weiſe einander zu nähern ſtrebt. Eben ſo kann hier, beim Stoß der Körper, einer derſelben dem andern keine Bewegung mittheilen, ohne ſelbſt Verluſt daran zu erleiden; der Austauſch findet nicht zwiſchen den Geſchwindigkeiten, ſondern zwiſchen den Quantitäten der Bewegung Statt. Eine ähnliche Wechſelwirkung beobachtet man im Allgemeinen bei allen Naturthätigkeiten. Der Magnet, welcher das Eiſen anzieht, wird von ihm angezogen; die Erde zieht den Mond an, und wird von ihm angezogen. Der fallende Stein wird von der Erde angezogen und aus ſeiner Stelle gerückt, umgekehrt zieht er dieſe an, und rückt ſie aus der Stelle, obwohl nur, wegen ſeiner geringen Maſſe, um ſo wenig, daß man es nicht bemerken kann. Dieß allgemeine Ergebniß ſprach Newton als ein allgemeines Naturgeſetz aus, indem er ſagte, die Gegenwirkung ſey der Wirkung ſtets gleich und entgegengeſetzt.

Dreizehntes Capitel.

Von den Bewegungen der incompreſſibeln Flüſſigkeiten.

Die materiellen Molecule, aus welchen die tropfbaren Flüſſigkeiten beſtehen, ſind, abgeſondert von einander betrachtet, den nämlichen Bewegungsgeſetzen unterworfen, welchen die einfachen materiellen Puncte gehorchen. Iſt aber eine flüſſige Maſſe an gewiſſen Stellen durch die Wände eines Widerſtand leiſtenden Gefäßes begränzt, ſo finden die Bewegungen der Theilchen in dieſem Widerſtand ein Hinderniß, weiter fortzugehn, woraus für die Bewegung der ganzen Maſſe mehrere allgemeine Bedingungen hervorgehn. Da jedoch ſelbſt in dieſem Fall den Theilchen ihre große Verſchiebbarkeit unter einander eine unendliche Menge eigenthümlicher Bewegungen anzunehmen verſtattet, wobei ſelbſt die geringfügigſten Urſachen von Einfluß ſind, ſo wird hierdurch der allgemeine Calcul dieſer Erſcheinungen ausnehmend verwickelt. Auch wurde die Löſung der, ſich hierauf beziehenden, Fragen, ſo weit man in derſelben bisher gekommen iſt, meiſt nur dadurch erhalten, daß man beſondre Betrachtungen zu Hülfe rief, durch welche die Sätze ſo weit eingeſchränkt wurden, um einer directen Behandlung fähig zu ſeyn. Wir wollen hier im Abriß einige der Reſultate mittheilen, zu denen man auf ſolche Weiſe gelangt iſt.

Die, für die Anwendung am meiſten in Betracht kommenden, beziehen ſich auf die Bewegung einer ſchweren Flüſſigkeit, welche aus einem feſten Gefäße durch eine Oeffnung von gegebener Geſtalt und Größe ausfließt, die im Boden oder den Wänden des Gefäßes angebracht iſt. Um die Art, wie dieſe Bewegung vor ſich geht, ins Klare zu ſetzen, wollen wir uns in Gedanken eine ganz dünne horizontale Schicht in irgend einer Höhe der flüſſigen Maſſe abgeſondert vorſtellen, und die, auf dieſelbe wirkenden, Kräfte betrachten. Zuvörderſt wird ſie von Oben nach Unten durch ihr eignes Gewicht ſollicitirt, und wäre die Geſtalt des Gefäßes genau cylindriſch und ſein Boden ganz offen, ſo würde ſie, blos vermöge dieſer Kraft, frei herabfallen, ohne dabei durch die, oberhalb oder unterhalb liegenden, Schichten den geringſten Einfluß zu erfahren, indem dieſe, alle auf gleiche Weiſe durch die Schwere ſollicitirt, in jedem Augenblick ganz die nämlichen Geſchwindigkeiten als ſie ſelbſt, annehmen würden. Wenn aber, wie gewöhnlich der Fall iſt, der Boden des Gefäßes nur eine theilweiſe

Oeffnung hat, ſo findet eine ſolche Unabhängigkeit der Bewegungen nicht mehr Statt, weil die Molecule, aus welchen jede flüſſige Horizontalſchicht beſteht, einmal bis zum Niveau der Mündung herabgeſtiegen, nicht gleichzeitig, ſo wie ſie daſelbſt anlangen, ausſließen können; welche Verzögerung auf die Bewegung der obern Schichten einen rückwirkenden Einfluß hat. Jede derſelben wird dann, außer ihrem eignen Streben nach Unten, durch die Differenz der bewegenden Kräfte ſollicitirt, die auf ihre beiden Flächen von den, unterhalb und oberhalb befindlichen, Theilen der übrigen, in Bewegung begriffenen, Maſſe ausgeübt werden; und durch die Vereinigung aller dieſer Kräfte wird erſt die, wirklich von derſelben anzunehmende, Bewegung bedingt. Iſt noch überdieß das Gefäß nicht in ſeiner ganzen Höhe cylindriſch, ſo muß jede Horizontalſchicht, der Geſammtheit ihrer Theilchen nach betrachtet, ſich nach allen den Durchſchnitten des Gefäßes, durch welche ſie hindurchgeht, abformen, und ihre verticale Dicke mithin, bei der Unzuſammendrückbarkeit der Maſſe, in dem Maße ab- oder zunehmen, als das Gefäß ſich erweitert oder verengert; was auf keine andre Weiſe geſchehen kann, als indem einige der Theilchen eine Verrückung in horizontaler Richtung erfahren. Nothwendig erleiden ſie eine ſolche, wenn ſie nahe an die Oeffnung gelangen, wie ſich in einem durchſichtigen Gefäße ſichtbar machen läßt, wenn man dem ausſließenden Waſſer einige kleine undurchſichtige Körper, die mit demſelben ungefähr von gleicher Dichtigkeit ſind, z. B. Harz, oder Siegellackkügelchen beimengt. Denn da dieſe Kügelchen zwiſchen den Waſſermoleculen, vermöge ihrer mit denſelben gleichen Dichtigkeit, faſt eben ſo frei als dieſe Molecule ſelbſt ſchwimmen, ſo läßt ſich an den Bewegungen, die ſie annehmen, und den Richtungen, welche ſie verfolgen, die Richtung der ſich bildenden Ströme, durch die ſie fortgezogen werden, dem Auge bemerkbar machen. Nun beobachtet man auf dieſe Weiſe, daß ſolche Strömungen wirklich bei der Mündung, aus der das Ausſließen erfolgt, Statt haben; ja man bemerkt ſogar, wenn die Mündung durch einen, in das Gefäß einſpringenden, Aufſatz, wie in Fig. 59., gebildet wird, daß die Kügelchen vom Boden des Gefäßes wieder aufſteigen, um ſolchergeſtalt zur Mündung zu gelangen. Im Allgemeinen, auch wenn die Mündung in einer ſehr dünnen Wand befindlich iſt, convergiren die Molecule bei ihrer Annäherung an dieſelbe, ſo daß der Waſſerſtral (veine fluide), nach ſeinem Austritt bis zu einer gewiſſen Entfernung vom Gefäß ſich immer mehr verſchmälert, Fig. 60., was, die Unzuſammendrückbarkeit der Theilchen angeſehen, nicht anders Statt haben kann, als indem die Theilchen einer und derſelben Schicht einander verlaſſen. Wenn aber die Geſtalt des Gefäßes ziemlich cylindriſch, oder die Höhe des Waſſerſtandes ſehr groß im Verhältniß zur Breitedifferenz der horizontalen Schichten iſt, wodurch die Kraft der Zuſammendrückung ſehr zunimmt, ſo werden die Geſchwindigkeiten der flüſſigen Theilchen nach horizontaler Richtung ſehr gering in Verhältniß zu ihren verticalen Geſchwindigkeiten, und dieſe letztern ſind dann für alle Molecule einer und derſelben Schicht faſt genau unter einander gleich; ſo daß ſich der ideale Fall einer ganz vollkommenen Gleichheit als die Gränze der, in der Wirklichkeit vorkommenden, Fälle betrachten läßt, und mithin unter den, von uns angegebenen, Umſtänden, Reſultate geben muß, die von der Wirklichkeit nur ſehr wenig abweichen. Dieſe beſondre Betrachtung, in den Calcul hineingezogen, vereinfacht ihn zur Genüge, um die Folgerungen daraus entwickeln und überſehen zu können; und wir gelangen dadurch zu folgenden Geſetzen, die wir, der Einfachheit halber, nur für den gewöhnlichen Fall darlegen wollen, wo die Ausflußöffnung als ſehr klein in Verhältniß zu den Dimenſionen der Waſſermaſſe betrachtet werden kann.

Wenn Waſſer oder eine andre Flüſſigkeit, deren Molecule unter einander vollkommen verſchiebbar ſind, aus einem Gefäße durch eine ſehr kleine Oeffnung, blos vermöge ſeines Gewichts, und ohne Mitwirkung eines fremden Drucks auf ſeine Oberfläche, ausfließt, ſo hat es bei ſeinem Austritt die nämliche Geſchwindigkeit, die ein ſchwerer Körper durch freien Fall von der obern Fläche der Waſſermaſſe bis zum Niveau der Mündung angenommen haben würde, eine Geſchwindigkeit, die ſich, wie wir S. 75 geſehen haben, nach den Geſetzen der gleichförmig beſchleunigten Bewegung berechnen läßt. Dieß, von Torricelli gefundene, Reſultat erleidet keine Abänderung, wenn die obere Fläche und die Fläche der Mündung gleiche Druckkräfte von Außen erleiden.

Während des Ausfluſſes erfährt jeder Punct der flüſſigen Maſſe und der Gefäßwände einen Druck, der dem Gewicht der, über ſeinem Niveau ſtehenden, Flüſſigkeitsſäule nebſt dem Ueberſchuß der fremden, auf ihre obere Fläche etwa wirkenden, Kräfte ohne merklichen Irrthum gleich geſchätzt werden kann. Dieſer Druck verhält ſich mithin ſolchergeſtalt in jedem Augenblick eben ſo, als wenn die Flüſſigkeit ſich nicht in Bewegung befände. Vermöge deſſelben erhalten die ausfließenden Theilchen ihre Geſchwindigkeit; die völlige jedoch erſt dann, wenn der Druck eine gewiſſe Zeit auf ſie hat wirken können; indem er eine unendliche Energie beſitzen müßte, um durch eine, abſolut augenblickliche (d. i. in unendlich kleiner Zeitdauer vor ſich gehende) Wirkung eine endliche Geſchwindigkeit hervorzubringen. Auch iſt die Wurfbewegung der, aus der Mündung ausfließenden, Molecule Anfangs unmerklich und gleichſam Null, und ihre vollſtändige Geſchwindigkeit tritt erſt nach einem gewiſſen, allerdings ſehr kurzen, aber doch noch einer Schätzung fähigen, Zeitraum ein. Hiervon kann man ſich leicht durch Beobachtung der Art, wie das Waſſer aus einer Mündung, deren Richtung nicht völlig vertical iſt, Fig. 61., ausfließt, überzeugen. Denn hier werden die Molecule nach ihrem Austritt, als zugleich durch die Schwere und die, bei ihrem Herausfließen erlangte, Wurfgeſchwindigkeit ſollicitirt, im leeren Raum eine Parabel beſchreiben müſſen, und in der Luft, eine gewöhnliche baliſtiſche Curve, deren Wurfhöhe und Wurfweite (hauteur et amplitude de jet) ſich mit der Wurfgeſchwindigkeit ändern; ſo daß man die progreſſive Zunahme dieſer Geſchwindigkeit nach dieſen beiden, von ihrer Wirkung abhängenden, Erſcheinungen ſchätzen kann. Nun ſieht man in der That, bei Wiederholung des Verſuchs, daß die, anfangs unmerkliche Wurfweite, allmälig bis zu einem Maximum anwächſt, das ſie erſt nach einigen Augenblicken erreicht.

Die vorſtehenden Geſetze geſtatten eine Anwendung eben ſo wohl für den Fall, wo das Gefäß, in dem Maße als das Waſſer ausfließt, ſich allmälig leert, als für den, wo man den Waſſerſtand mittelſt beſtändigen Erſatzes durch neue Flüſſigkeit in einer conſtanten Höhe erhält. Sehr leicht laſſen ſie ſich in der Erfahrung nachweiſen, vornämlich im letztern Fall, denn da hier der, auf die Mündung ausgeübte, Druck conſtant iſt, ſo muß auch die Geſchwindigkeit der ausfließenden Flüſſigkeit conſtant werden; dieſe Geſchwindigkeit richtet ſich, wie wir ſo eben geſehen, nach der Höhe des Waſſerſtandes über der Mündung; und es läßt ſich mithin, nach der, S. 75, für die Geſchwindigkeiten ſchwerer Körper gegebenen, Regel berechnen, wie viel Fuß oder Meter vermöge derſelben in der Secunde durchlaufen werden würden. Multiplicirt man dieſe Zahl mit der Größe der Mündungsfläche, ſo wird man das Volumen des, ſolchergeſtalt in einer Zeitſecunde ausfließenden, Waſſerſtrals erhalten, und, durch Anſatz von Proportionen, auch das Volumen, welches in irgend einer gegebenen Zeit ausfließen muß. Man hat mithin nur die, wirklich in der nämlichen Zeit, ausgefloſſene Menge Flüſſigkeit zu meſſen, und mit der, durch Berechnung auf vorſtehende Weiſe gefundnen, zu vergleichen. Nun findet man hierbei, daß die Beobachtung immer ein ſchwächeres Reſultat liefert, als nach der Berechuung ſich ergeben ſollte. Dieſer Unterſchied rührt von der, beim Austritt des Waſſerſtrals erfolgenden, Verengerung deſſelben her, die man die Zuſammenziehung des Waſſerſtrals (contraction de la veine fluide, vena contracta) nennt. Betrachtet man den Waſſerfaden, der vom Mittelpunct der Mündung ausgeht, als eine krummlinige und centrale Axe des Strals, ſo findet man, daß die, ſenkrecht durch dieſe Axe gelegten, Durchſchnitte des Strals, von der Mündung ſelbſt an bis zu einer gewiſſen Gränze, dem Querſchnitt des zuſammengezogenen Strals (section contractée), abnehmen, worauf die Geſtalt des Strals einige Zeit ſich gleich bleibt, endlich aber wie in eine Garbe ausbreitet, indem der Stral ſich zwiſchen der Luft vertheilt. Da nun die Flüſſigkeit keine Zuſammendrückung geſtattet, ſo läßt ſich die Ungleichheit der Querſchnitte nur durch die Vorausſetzung einer Ungleichheit zwiſchen den Geſchwindigkeiten der verſchiedenen, in jedem dieſer Querſchnitte befindlichen, Theilchen erklären; da ja das Geſammt-Syſtem dieſer Theilchen ſich auf keine Weiſe gleichzeitig zuſammenzuziehen vermöchte, während dieß wohl ſucceſſiv möglich iſt, indem bei Beſchleunigung der Geſchwindigkeiten in einer gegebenen Zeit mehr Flüſſigkeit durch einen engen Raum hindurchzugehen vermag. In der That liegt hierin die Erklärung dieſer Erſcheinung. Die Molecule, welche von den Rändern der Mündung herkommen, haben anfangs eine geringere Geſchwindigkeit, als die von der Mitte kommenden. Ihre Bewegung nimmt in dem Maße an Geſchwindigkeit zu, als ſie ſich dem Querſchnitt des zuſammengezogenen Strals nähern; in dieſem Querſchnitt ſelbſt endlich iſt die Geſchwindigkeit aller Puncte von der Oberfläche bis zur Axe gleich, und nicht merklich von derjenigen abweichend, welche ſich aus der, nach der Höhe des Waſſerſtandes angeſtellten, Berechnung ergiebt, wie Hr. Hachette durch ſorgfältige Verſuche nachgewieſen hat. Man ſieht mithin, daß bei den Anwendungen der Querſchnitt des zuſammengezogenen Strals die Stelle der wahren Mündung vertritt, auf welche die, durch Betrachtung der parallelen Schichten erhaltenen, Geſetze in größerer Uebereinſtimmung mit der Wirklichkeit ſich anwenden laſſen. Auch verfährt man wirklich ſo bei den Verſuchen, ein Gebrauch, der ſich ſelbſt unmittelbar auf folgende Weiſe rechtfertigen läßt: fügt man an das Gefäß eine Anſatzröhre, die ihrer Größe und Geſtalt nach dem, zwiſchen der Mündung und dem Querſchnitt des zuſammengezogenen Strals, befindlichen Theil des flüſſigen Strals genau gleich iſt; ſo wird weder in dem Product des Ausfluſſes, noch der Zuſammenziehung des Strals eine Veränderung vorgehen, obwohl der Querſchnitt des zuſammengezogenen Strals jetzt wirklich die Mündung abgiebt. Dieſe Uebereinſtimmung macht es möglich, auf indirectem Wege, immer aber mit größerer Genauigkeit als durch unmittelbare Meſſung, die Beſtimmung des zuſammengezogenen Strals zu erhalten; man hat nämlich nur die abſolute Quantität, welche in einer gegebenen Zeit aus jeder Mündung, unter einem conſtanten Druck, ausgefloſſen iſt, zu meſſen, und mit derjenigen zu vergleichen, welche ſich nach dem Torricelliſchen Geſetz aus der Höhe der Flüſſigkeit und dem Flächenraum der gebrauchten Mündung ergeben würde. Dividirt man das erſte dieſer Reſultate durch das zweite, ſo wird ihr diviſoriſches Verhältniß den Ausdruck für das Verhältniß geben, nach welchem man die, bei dem Calcul zu Grunde gelegte, Mündung zu verkleinern hätte, wenn das Product durch Rechnung eben ſo gefunden werden ſollte, als es die Beobachtung giebt. In demſelben Verhältniß wird mithin auch in der Wirklichkeit der Flächenraum des Querſchnitts des zuſammengezogenen Strals zum Flächenraum der Mündung ſtehen, und ſo wird ſich aus der Kenntniß dieſes letztern, auch die des erſtern nach dieſem Verhältniß ergeben. Die Genauigkeit dieſer Methode beruht darauf, daß man bei ihr, ſtatt das Maß unmittelbar an die Dimenſionen des zuſammengezogenen Strals anzubringen, die Zeit und das Product des Ausfluſſes mißt, wobei man die Genauigkeit ſo weit treiben kann, als man will, indem man die Beobachtungen beliebig verlängern kann. Zieht man den, ſolchergeſtalt ausgemittelten, Querſchnitt des zuſammengezogenen Strals vom Flächenraum der Mündung ab, und dividirt die Differenz durch dieſe letztre Größe, ſo erhält man ein Bruchverhältniß, welches in der Hydraulik den Namen der Zuſammenziehung (contraction) führt.

Die bequemſte Vorrichtung zu dieſer Art von Verſuchen iſt Fig. 62. vorgeſtellt. Sie beſteht aus einer großen cylindriſchen Wanne ABCD, in deren Wänden man in verſchiedenen Höhen große Oeffnungen anbringt, die inwendig durch Platten geſchloſſen ſind, welche mit der Wand ſelbſt in Berührung ſtehen und ſich in einer Fuge aufwärts und abwärts ſchieben laſſen, um die Wand beliebig zu öffnen oder zu ſchließen. Will man einen Verſuch anſtellen, ſo läßt man alle dieſe Schieber herab, füllt die Wanne mit Waſſer und fügt dann auswendig andere dünne Metallplatten an, die durch Schrauben an die Wand ſelbſt angedrückt werden und in welchen die verſchiedengeſtalteten Mündungen, deren man ſich bedienen will, angebracht ſind. Alsdann braucht man nur noch den inneren, einer dieſer Oeffnungen gegenüber befindlichen, Schieber aufwärts zu ſchieben, um dem Waſſer den Ausfluß zu geſtatten. Will man den Waſſerſtand in der Wanne beſtändig in derſelben Höhe erhalten, ſo läßt man einen ſtetig fließenden Strom in horizontaler Richtung in dieſer Höhe anlangen, und giebt der Wanne zur andern Seite in der nämlichen Höhe eine weite Oeffnung, zu der die Flüſſigkeit frei ausfließen kann, ſobald ſie über den Punct, bei welchem man ſie erhalten will, hinaufzuſteigen ſtrebt. Damit Regelmäßigkeit in den Erſcheinungen Statt finde, muß die Menge der Flüſſigkeit beträchtlich genug ſeyn, daß Gleichförmigkeit im Ausfließen Statt haben und dauernd ſich erhalten könne. Anſtatt den Waſſerſtand durch den Zufluß eines Stroms auf derſelben Höhe zu erhalten, kann man auf leichtere Art dieſen Zweck durch folgende, von Hrn. Prony angegebene, in Fig. 63. vorgeſtellte, Verfahrungsart erreichen. Er ſetzt in die Wanne ſelbſt einen hohlen Cylinder FF, der die nämliche Form und faſt genau dieſelbe Größe, als dieſe, hat, und deſſen Wände aus dünnen, ſorgſam zuſammengelötheten, Metallblechen beſtehn, ſo daß ſein Volumen ein mindres Gewicht, als ein gleiches Waſſervolumen beſitzt. Man nennt eine Vorrichtung dieſer Art einen Schwimmer (flotteur), weil ſie ſich wirklich auf der Oberfläche des Waſſers ſchwimmend erhält. Seitlich fügt man zwei metallne Stäbe TT an, die ſich in einiger Entfernung von der Wanne vertical umbiegen, und, ohne ihre Wände zu berühren, herablaufen, um unterhalb derſelben ein offenes Gefäß V zu halten, an dem ſeitlich eine Röhre aus Weißblech angebracht iſt, deren oberes Ende EE ſich trichterförmig öffnet, um das, aus der geöffneten Seitenmündung bei C herausſtrömende, Waſſer ſogleich aufzunehmen. Dieſe Seitenröhre ſowie das Gefäß und die metallenen Stäbe müſſen eigentlich als zum Schwimmer mit gehörig betrachtet werden, und in ihrer Geſammtheit weniger, als ein gleiches Waſſervolumen, wiegen. Verſtattet man jetzt, nachdem man dieſe Anordnung getroffen hat, der Flüſſigkeit an irgend einer Stelle der Wände der Wanne einen freien Ausfluß, ſo wird die, in jedem Augenblick ausgefloſſene, Menge ſogleich in das untere Gefäß wieder überſtrömen, und, indem ihr Gewicht zu dem des Schwimmers hinzutritt, ein tieferes Einſenken deſſelben bedingen, wobei ein, der ausgefloſſenen Menge an Gewicht gleiches Waſſervolumen in der Wanne aus der Stelle gedrückt werden muß. Nun nehmen wir den Schwimmer von cylindriſcher Geſtalt und von einem, dem der Wanne faſt gleichen, Durchmeſſer an, der nur wenig Raum zwiſchen den beiderſeitigen Wänden übrig läßt, damit der Cylinder frei ſchweben könne, ohne daß ſeine Axe vertical zu ſeyn aufhöre. Er wird mithin bei ſeinem tiefern Einſinken blos ſein Volumen an die Stelle des durchaus gleichen Waſſervolumens treten laſſen, welches aus der Wanne ausgefloſſen iſt, wobei nicht die geringſte Veränderung in der Höhe der, zwiſchen den Wänden des Schwimmers und denen der Wanne, befindlichen Flüſſigkeitsſäulen erfolgen kann: einer Höhe, welche, frühern Sätzen zufolge, das Maß für die, auf alle inwendigen Puncte der Wannenwände ausgeübten, Druckkräfte giebt. Dieſes Verharren des Waſſerſtandes auf der nämlichen Höhe läßt ſich in jedem Augenblick leicht nachweiſen, indem man in die Wanne, zwiſchen ihre Wände und die des Cylinders kleine Schwimmer ff bringt, die einen eingetheilten verticalen Schaft tragen, der lang genug iſt, um über die Ränder der Wanne hinauszuragen, mit denen man ſie beſtändig vergleichen kann. Jedoch hat auch dieſe Art der Vorrichtung mit einem wichtigen Mangel zu kämpfen. Der Cylinder FF nämlich hemmt und modificirt bei ſeinem Einſinken in die Wanne die Bewegungen der Waſſertheilchen, ſo daß die Producte der, ſolchergeſtalt angeſtellten, Verſuche, in der That nicht eigentlich unter den Bedingungen einer völligen Freiheit erhalten werden, welche die Theorie vorausſetzt. Weit näher aber wird man dieſen Bedingungen kommen, wenn man, anſtatt den Schwimmer in die Wanne ſelbſt zu ſetzen, ihn in eine Hülfswanne ſetzt, die mit der erſtern mittelſt einer, ziemlich in der Höhe des beſtändigen Waſſerſtandes ſich einfügenden, Röhre in Verbindung ſteht; denn dann werden die, in den flüſſigen Stralen entſtandenen, unordentlichen Bewegungen beim Durchgang durch die Röhre in die freie Wanne, ſich ausgleichen, und das allmälige Senken der Theilchen wird von da an mit völliger Regelmäßigkeit von Statten gehn können. Um nun aber dieſem Apparat die möglichſt vortheilhafte Einrichtung zu geben, wird man zwei ſolche Hülfswannen in Gebrauch ziehen, jede mit einem Schwimmer verſehen, deren Stäbe von beiden Seiten unter der großen Wanne zuſammenlaufen, um dort das Gefäß zu halten, welches das ausfließende Waſſer aufzunehmen beſtimmt iſt.

Durch welches Verfahren man übrigens die gleichmäßige Höhe des Waſſerſtands zu erhalten ſuche, ſobald die ausfließende Flüſſigkeitsmaſſe beträchtlich genug, und der Druck hinlänglich ſtark iſt, um einen ſtörenden Einfluß zufälliger Unregelmäßigkeiten zu hindern, ſo wird ſich immer in den Erſcheinungen des Ausfluſſes ein ſehr auffallendes Schauſpiel darbieten. Wenn nämlich die ausfließende Flüſſigkeit durchſichtig iſt, wie z. B. Waſſer, ſo gewährt der Theil des Strals, der ſich durch die Vermiſchung mit Luft noch nicht von einander gegeben hat, ganz den Anblick eines recht reinen Kryſtalls, deſſen geometriſche Formen mit der vollkommenſten Beſtimmtheit ſich angeben und meſſen laſſen. Obgleich die Molecule der Flüſſigkeit ſich raſch folgen, ſo ſcheinen ſie doch, weil in den, ſtetig ſich aneinander reihenden und homogenen, Theilchen ſich die Bewegung keines einzelnen beſonders bemerken läßt, in abſoluter Ruhe begriffen zu ſeyn. Die, vom Centralſtrale beſchriebene, Curve wird bei jeder Form der Mündung immer die nämliche bleiben, und nicht merklich von der Parabel abweichen, die ſich aus der Berechnung der Wurfgeſchwindigkeit nach dem Niveauunterſchiede ergeben würde. Alle andern, den Querſchnitt des zuſammengezogenen Strals betreffende, Umſtände aber ändern ſich nach den beſondern Verhältniſſen des Verſuchs ab, als da ſind die Geſtalt der Mündung, ihre Größe, die Höhe des Waſſerſtandes u. ſ. w. Noch keineswegs iſt man im Stande, dieſe Modificationen unter allgemeinen Geſetzen zuſammenzufaſſen; doch iſt der Einfluß einer jeden insbeſondre von Hrn. Hachette mit Fleiß erforſcht worden; und man kann ſeine Unterſuchungen im Auszuge in den Annales de Chimie et de Physique, Jahrg. 1816 und 1817 nachleſen.

Bekanntlich werden manche Körper beim Eintauchen in eine Flüſſigkeit naß, andre nicht. Der erſte Fall zeigt eine Adhäſion (Anhaften) zwiſchen den Theilchen der Flüſſigkeit und denen des genäßten Körpers an. Dieß iſt alſo abermals eine Kraft, welche die Erſcheinungen beim Ausfließen, wie ſie ſich nach der theoretiſchen Berechnung ergeben, modificiren kann. Auch werden wir weiterhin über die, hiervon abhängigen, Wirkungen einige Worte beibringen, wenn wir die Körper nicht mehr auf abſtracte Weiſe betrachten, ſondern mit allen den Eigenſchaften, mit welchen ſie in der Natur vorkommen.

Hat man es dieſer Urſache oder einfachen mechaniſchen Gegenwirkungen oder beiden Umſtänden zugleich zuzuſchreiben, daß ſich in der Quantität des Ausfluſſes ſo bedeutende Abänderungen zeigen, je nachdem man denſelben durch Anſatzröhren von verſchiedner Geſtalt Statt finden läßt? Geſetzt man habe einen dünnen und ebenen Theil der Gefäßwand mit einer ebenen Mündung durchbrochen, Fig. 64., und beobachtet, wie viel innerhalb einer gewiſſen Zeit aus derſelben ausfloß, und man ſetze nun ſtatt jenes ebenen Theils einen krummen Theil in die Gefäßwand ein, da wo ſich die Mündung befindet; fülle aber übrigens das Gefäß, wie vorhin; ſo wird, wenn die Wand concav gegen die Flüſſigkeit iſt, Fig. 65., das Product des Ausfluſſes ſtärker als im vorigen Fall ſeyn; geringer aber, wenn ſie convex iſt, Fig. 66. Ja es bedarf, um beträchtliche Veränderungen hervorzubringen, nur einer geringen Aufwärtsbiegung der Mündungsränder über ihre Ebene, Fig. 67., ſo daß eine Art ganz kurzer pyramidaler Röhre ABCD gebildet wird, deren Grundfläche AB genau an eine, in der ebenen Wand befindliche, Oeffnung ſchließt. Fügt man dieſe Anſatzröhre zuerſt ſo an, daß ihre Lippen außerhalb der Flüſſigkeit vorſpringen, ſo wird in einer gewiſſen Zeit eine Quantität ausfließen, die ich gleich 100 ſetzen will; kehrt man aber die Röhre ſo um, daß ihr vorſpringender Theil nach innen ragt, ſo wird die Ausflußmenge nur noch 71 betragen; ja die Verminderung kann in einem noch ſtärkern Verhältniß erfolgen, wenn man cylindriſche Röhren von ſehr engem Durchmeſſer anwendet. Hr. Hachette hat über dieſen Gegenſtand viel intereſſante und belehrende Unterſuchungen angeſtellt.

Weiter oben haben wir geſehen, daß der flüſſige Stral, aus was für einer Mündung er auch ſtrömen mag, in der Luft eine Parabel beſchreibt, die ſich nach der Richtung und Intenſität des Drucks, der dem Waſſer die Wurfgeſchwindigkeit ertheilt, richtet. Dieſe Parabel wird zur geraden Linie, wenn die Mündungsebene horizontal iſt, und die Flüſſigkeit ſtrömt abwärts oder aufwärts, je nachdem der Druck auf dieſelbe von Oben nach Unten oder von Unten nach Oben wirkt. Um letztern Fall in der Wirklichkeit darzuſtellen, denke man ſich ein verticales Gefäß ABCD, Fig. 69., an ſeiner Grundfläche mit einer horizontalen Röhre BC communicirend, die an ihrer obern Fläche mit einem kleinen Loche O von beliebiger Geſtalt durchbrochen iſt. Füllt man nun das Gefäß und die Röhre mit Waſſer, und öffnet die, vorher verſtopfte, Mündung O, ſo wird die Flüſſigkeit vertical aufwärts ſpringen, und die bekannte Erſcheinung des Springbrunnens darſtellen.

Die Kraft, womit die Flüſſigkeit in O aufwärts geſtoßen wird, entſpricht genau der Geſchwindigkeit, die ein ſchwerer Körper durch freien Fall erlangen würde, wenn er von der obern Fläche AD der Flüſſigkeit bis zum Niveau der Mündung, oder ſtrenger genommen, bis zu dem des Querſchnitts des zuſammengezogenen Strals fiele; und gerade ſo viel Kraft bedurfte es, die Molecule der Flüſſigkeit bis zum Niveau der obern Fläche wieder aufwärts zu treiben. Dieſe Höhe würde mithin der Springquell im leeren Raume erreichen; allein in der Luft erlangt er ſie bei weitem nicht, da dieſelbe ihm zu viel Widerſtand entgegenſetzt. Nach Mariotte iſt zu einer Wurfhöhe von 5 Fuß ein Reſervoir (Behälter) von 5 Fuß 1 Zoll Höhe erforderlich; und für jede andre Wurfhöhe wächſt der Ueberſchuß der Höhe des Behälters, mit ſehr geringer Abweichung, im Verhältniß der Quadrate dieſer Höhen. Soll z. B. der Springbrunnen 100 Fuß hoch ſpringen, ſo wird; da 5 in 100 zwanzigmal enthalten iſt, die Differenz in Zollen das Quadrat von 20, d. i. 400 Zoll, ſeyn, welches 33 Fuß 4 Zoll ausmacht; mithin wird die Höhe des Behälters, dieſer Regel zufolge, 133 Fuß 4 Zoll betragen müſſen.

Dieſe Berechnung ſetzt die Mündungen von hinlänglicher Weite voraus, daß die Reibung der Flüſſigkeit an ihren Rändern der Geſchwindigkeit der Theilchen keinen merklichen Eintrag thue. Dieß macht eine Erweiterung der Mündung nöthig in dem Maße, als die Geſchwindigkeit zunimmt. Mariotte hat Regeln in Bezug auf dieſen Gegenſtand in ſeinem Werk über die Bewegung der Wäſſer (Traité du mouvement des eaux) gegeben. Auch darf man, um den Springbrunnen die größtmögliche Höhe erreichen zu laſſen, denſelben keine ganz verticale Richtung annehmen laſſen, weil die Molecule, wenn ſie, am Gipfel des, ſich oben garbenförmig ausbreitenden, Strals angelangt, in dieſen ſelbſt zurückfielen, die aufſteigenden Theilchen treffen und in ihrer Geſchwindigkeit verzögern würden. Zuweilen legt man der Beluſtigung halber leichte Körper, wie leere Eier, in den Springbrunnen, die durch den ſteten Impuls, dem ſie ausgeſetzt ſind, in der Höhe erhalten werden, wobei ſie ſich immer mit Schnelligkeit um ſich ſelbſt drehen. Dieſe Vernichtung der Geſchwindigkeit durch den Stoß hat, Hrn. Hachette's Beobachtungen zufolge, ſelbſt von Unten nach Oben Statt, wenn man feſte Hinderniſſe in einen, vertical abſteigenden, Strom bringt; denn der Ausfluß wird ſehr merklich dadurch verringert, und zwar um ſo mehr, je näher an der Mündung das Hinderniß angebracht iſt; wahrſcheinlich weil der genauere Zuſammenhang der Flüſſigkeitstheilchen daſelbſt die Mittheilung des Stoßes befördert. Dieſe Kraft des Impulſes, welche ſich bei den Springbrunnen wirkſam zeigt, wird auch bei anatomiſchen Präparaten angewandt, um ſelbſt in die kleinſten Gefäße gefärbte Flüſſigkeiten einzutreiben, die ſich durch Ausdehnung ſichtbar machen. Die tauglichſte Einrichtung des, hierzu erforderlichen, Apparats ſcheint mir die, von Hrn. Dumeril angegebene zu ſeyn. Sie iſt in Fig. 70. dargeſtellt. AABB iſt eine, als Reſervoir dienende, verticale Glasröhre, deren innerer Durchmeſſer zwei bis drei Centimeter beträgt. Sie iſt oben offen, und unten durch einen hölzernen, mit Wachs einzukittenden, Pfropf verſchloſſen. Dieſer Pfropf iſt in ſeiner Mitte durchbohrt, um eine zweite kleinere Röhre mit Reibung aufzunehmen, deren innerer Durchmeſſer blos zwei bis drei Millimeter und deren Länge zwei bis drei Centimeter beträgt. An das Ende dieſer Röhre fügt man einen dünnen biegſamen hohlen Schlauch von elaſtiſchem Gummi an, der faſt die doppelte Länge und die nämliche Dicke hat; indem man ihn erſt mittelſt bloßer Reibung einmündet, und dann vollends an der Röhre durch mehrmalige Umwicklung mit einem, recht ſtraff angezogenen, Faden befeſtigt; an das andere Ende dieſes biegſamen Schlauchs fügt man noch zuletzt eine ganz kurze Glasröhre, deren freies Ende an der Lampe in eine ganz feinſpitzige Mündung ausgezogen iſt. Befeſtigt man nun die große Röhre und ihren Anſatz in verticaler Stellung und füllt ſie mit einer Flüſſigkeit an, ſo wird dieſe aus der offenen Spitze mit einer Kraft ausgeſtoßen werden, die ſich nach der Höhe der flüſſigen Säule richtet; und indem man den Schlauch in der Hand hält, wird man dem Strom eine beliebige Richtung geben können. Ueberdieß wird man ihn nach Belieben anhalten und fortſtrömen laſſen können, je nachdem man den biegſamen Schlauch zwiſchen den Fingern zuſammendrückt und wieder mit dem Drucke nachläßt. So wird man die kleinen Gefäße, welche man injiciren will, mit völliger Freiheit aufſuchen, die haarförmige Mündung mit aller, durch die Feinheit der Gefäßchen nothwendig gemachten, Vorſicht einbringen, und den Strom forttreiben oder anhalten, oder ſeine Maſſe reguliren können, je nachdem es die Umſtände erfordern.

Die Meſſung des Ausfluſſes aus verſchiedenen Mündungen und unter verſchiedenem Drucke macht ſich ohne Unterlaß bei der Leitung und Vertheilung der Wäſſer nöthig. Ich will deßhalb hier die, bei dieſen Verfahrungsarten gebräuchlichen, Regeln anführen.

Die Art Einheit, die man bei der Meſſung zu Grunde legt, heißt der Waſſerzoll (pouce d'eau). Man verſteht darunter die Menge Waſſers, welche in einer Minute aus einer kreisförmigen, in einer ganz dünnen, verticalen Wand angebrachten, Mündung, Fig. 71., von Einem Zoll im Durchmeſſer ausfließt, und zwar bei einer, bis zum Mittelpunct der Mündung gerechneten, Druckhöhe von 7 Linien; welches letztre erfordert, daß das Waſſer acht Linien hoch über dem Niveau dieſes Mittelpunctes an den, vom Orte des Ausfluſſes entfernteſten, Stellen der Oberfläche ſtehe, weil ſich das Waſſer dem Ausfluſſe zunächſt etwas ſenkt, was bei den angegebenen Umſtänden für eine Linie gerechnet werden kann. Unter dieſen Bedingungen beträgt die, in einer Minute aus der Mündung von zollgroßem Durchmeſſer ausfließende, Waſſermaſſe 28 Pfund Waſſer oder 14 Pinten altes Pariſer Maß; was einem Waſſercylinder von Einem Zoll im Durchmeſſer und 880 Zoll Länge gleich kommt.

Dieſes Grundmaß wird in kleinere Theile, als Halbzoll, Viertelzoll u. ſ. w. eingetheilt, welche den Quantitäten Waſſers entſprechen, die, bei übrigens gleichbleibenden obigen Umſtänden, aus Mündungen von einem Halben-, einem Viertheilzoll u. ſ. w. im Durchmeſſer, ausfließen. Da die Geſchwindigkeit des Ausfluſſes in dieſen verſchiedenen Fällen ſich wegen der Gleichheit der Druckhöhe gleich bleibt, ſo ſind die, in gleicher Zeit erhaltenen, Waſſervolumina den Flächenräumen der kreisförmigen Mündungen, mithin den Quadraten ihrer Durchmeſſer proportional. Der Halbzoll Waſſers giebt mithin nur das Viertheil des Volumens vom Zoll, oder 7 Pfund in der Minute; der Viertelzoll giebt das Sechzehntheil des Zolls, oder 1¾ Pfund u. ſ. f. Auch nimmt man zum Maß die Waſſerlinien (lignes d'eau) an, die $\frac{1}{12}$ des Zolls an Volumen geben, weil der Linearzoll zwölf Linien enthält. Die Geſtalt der Mündung bleibt ſtets kreisförmig, was die Vergleichungen erleichtert. Will man hiernach das Product, was ein Bach oder eine Quelle giebt, nach Waſſerzollen oder Linien ſchätzen, ſo wird man nur das Waſſer, was ſie in einer Minute fließen laſſen, aufzufangen und zu meſſen haben. So vielmal es 28 Pfund enthält, ſo viel wird es Waſſerzolle halten. Um eine größere Genauigkeit im Reſultat zu erlangen, muß man den Verſuch mehrere Minuten hindurch fortſetzen und durch ihre Zahl das erhaltene Product dividiren.

Eine ſolche Schätzung kann auch in Fällen erforderlich werden, wo es ſchwer, ja unmöglich fallen würde, das ausgefloſſene Waſſer unmittelbar aufzufangen und zu meſſen. Dann hilft man ſich durch die Beobachtung ſeiner Geſchwindigkeit. Man wirft auf die Oberfläche des Stroms eine kleine Wachskugel, die man ſo ſtark belaſtet, daß ſie faſt ganz eintaucht; wodurch man ein Syſtem erhält, das mit dem Waſſer faſt von gleicher Dichtigkeit iſt. Darauf beobachtet man mittelſt einer Secundenuhr, wieviel Zoll die Kugel in der Minute durchläuft, dividirt dieſe Zahl durch 880, und der Quotient giebt die Anzahl von Waſſerzollen, welche ein kreisförmiger Durchſchnitt von einem Zoll im Durchmeſſer, an der Stelle des Stroms, an welcher man die Beobachtung vorgenommen hatte, hergeben würde. Eine ſolche Reduction iſt nöthig, da die Beobachtung lehrt, daß die Geſchwindigkeit eines, etwas tiefen, Waſſers im Innern und an der Oberfläche nicht völlig gleich iſt.

Alle vorſtehenden Berechnungen nach Waſſerzollen und deren Untereintheilungen gelten für die Vorausſetzung, daß der Ausfluß unter einer, bis zur Mitte der kreisförmigen Mündung gerechneten, Druckhöhe von 7 Linien Statt habe. Wäre dieſe Höhe eine andre, ſo ließe ſich das Product des Ausfluſſes zum Voraus nach der Torricelliſchen Regel, als den Quadratwurzeln der Höhen proportional, berechnen. So würde z. B. eine Druckhöhe von 28, anſtatt von 7 Linien, ein doppeltes Product geben, eine Höhe von 63 (d. i. 9 × 7) Linien, ein dreifaches u. ſ. f.

Die letzte Frage, die wir hier noch in Bezug auf die Bewegung der Flüſſigkeiten erörtern werden, betrifft die Fortpflanzung der Wellen. Erſchüttert man einen Punct der Oberfläche eines ruhigen Gewäſſers, oder taucht man einen feſten Körper mit ſeinem Ende hinein und zieht ihn dann ſchnell wieder zurück, ſo bilden ſich, wie jedermann weiß, um den Mittelpunct der Erſchütterung kleine Wellen, die ſich ſchnell nach allen Seiten hin ausbreiten. Es erhellt, daß dieſe Fortpflanzung der, an einem Puncte angeregten, Bewegung ſich nach mechaniſchen Geſetzen aus der phyſiſchen Beſchaffenheit der Flüſſigkeiten herleiten laſſen muß. Hr. Poiſſon hat dieß für den Fall gethan, wo die Erſchütterung durch das Emporheben eines eingetauchten Körpers veranlaßt worden iſt; wobei ſich nachſtehende Folgerungen ergeben haben. Es bilden ſich ſtets zwei Arten Wellen um den Mittelpunct der Erſchütterung. Die einen ſind unabhängig von der Ausbreitung, in der ſie Statt gefunden hat. Sie entſtehen im nämlichen Augenblick in unendlicher Zahl und pflanzen ſich auf dieſelbe

Weiſe nach allen Richtungen mit Geſchwindigkeiten fort, die wie die Fallgeſchwindigkeiten gleichförmig beſchleunigt ſind; nur iſt die Größe dieſer Geſchwindigkeiten verſchieden für verſchiedene Wellen, und die ſchnellſten ſind auch die hervorragendſten. Dieſe Vorragung flacht ſich aber in dem Maße ab, als die Wellen ſich ausbreiten; und ſowohl dieſes Umſtandes als ihrer großen Geſchwindigkeit halber iſt es wahrſcheinlich, daß die Wellen dieſer Art nie zur Wahrnehmung gelangen. Zu gleicher Zeit aber bilden ſich noch andere langſamere Wellen, die von der anfänglichen Erſchütterung herrühren, und eine Beobachtung geſtatten, da ſie andre Geſetze befolgen. Sie entſtehen gleichfalls in unendlicher Anzahl, und zwar alle zuſammen im Mittelpunct der Erſchütterung, von wo aus ſie ſich mit ungleichen Geſchwindigkeiten fortpflanzen, ſo daß die hervorragendſten auch die ſchnellſten ſind; ihr Unterſchied von den erſten liegt darin, daß ihre Geſchwindigkeiten conſtant bleiben und ihre Fortpflanzung gleichförmig geſchieht: überdieß nimmt ihre Hervorragung dergeſtalt mit ihrer Schnelligkeit ab, daß blos die erſten derſelben eine Beobachtung geſtatten. Die Abſtufung der Geſchwindigkeiten befolgt in allen Wellenreihen das nämliche Geſetz, ihre abſolute Schnelligkeit aber hängt von der Ausbreitung ab, in der die Erſchütterung Statt gefunden hat, z. B. von der Größe des Durchſchnitts des eingetauchten Körpers mit dem Waſſerſpiegel. Die gegenſeitige Abhängigkeit dieſer beiden Umſtände, die Hr. Poiſſon aus ſeiner Theorie folgerte, hatte ſich mir ſchon vor langer Zeit bei einer Reihe von Verſuchen dargeboten, die ich anſtellte, indem ich, durch Umdrehung erzeugte, Solida (solides de revolutions) von verſchiednen Geſtalten in Waſſer bis zu ganz geringen Tiefen eintauchte und ſchnell wieder zurückzog. Wurden nun dieſe Solida, gleichviel ob Kegel, Kugeln, Ellipſoide oder Paraboloide, ſo tief eingetaucht, daß die Fläche ihres Durchſchnitts mit dem Waſſerſpiegel gleich war, ſo war auch die Zeit, in der ſich die erſte wahrnehmbare Welle fortpflanzte, die nämliche; während ſie bei verſchiedner Größe des Durchſchnitts mit der Waſſerfläche ſich abänderte. Es wäre ein intereſſanter Gegenſtand für Verſuche, auch die übrigen Angaben der Theorie durch Erfahrung zu beſtätigen.

Vierzehntes Capitel.

Von den Bewegungen der feſten Körper in Widerſtand leiſtenden Mitteln.

Ein feſter, in einer materiellen Flüſſigkeit ſich bewegender, Körper treibt die Molecule, welche er auf ſeiner Bahn antrifft, vor ſich der und verbraucht dazu einen Theil ſeiner bewegenden Kraft; denn, vermöge der Trägheit der Materie, nimmt die, durch eine gewiſſe Kraft hervorzubringende, Geſchwindigkeit im Verhältniß mit der Quantität Materie ab, die man ihr zu bewegen giebt. Multiplicirt man alſo im gegenwärtigen Fall jedes Molecul des Körpers und der Flüſſigkeit mit ſeiner Statt habenden Geſchwindigkeit, ſo wird die Summe dieſer Producte zu allen Zeiten der Bewegung ſich gleich bleiben; und, angenommen, daß der feſte Körper blos einen einmaligen Impuls erhalten hätte, würde die Kraft deſſelben auf ſolche Weiſe allmälig erſchöpft werden müſſen. Dieſer Verluſt an bewegender Kraft, durch Mittheilung derſelben an die Molecule der tropfbaren Flüſſigkeit bedingt, begründet den Widerſtand, den dieſe Körpern leiſten, welche ſich in ihnen bewegen.

Das hierbei Statt findende Geſetz würde ohne Schwierigkeit auszumitteln ſeyn, wenn die angeſtoßenen Molecule der Flüſſigkeit ſich vom ſtoßenden Körper ſogleich vermöge der, ihm geraubten, Geſchwindigkeit entfernten, nicht aber zurückkehrend ihn umkreiſten und in den benachbarten Moleculen eine Störung der Bewegung bedingten, die auf ſeine eigne Bewegung von Einfluß ſeyn könnte. Betrachten wir jetzt, unter dieſer Vorausſetzung, den bewegten Körper an irgend einer Stelle ſeines Laufs, an der er eine beſtimmte Geſchwindigkeit hat, und theilen wir die Zeit in hinlänglich kleine Intervalle, daß er während eines jeden derſelben nur unendlich Wenig von ſeiner Geſchwindigkeit abgiebt. Während des erſten, auf den von uns betrachteten Zeitpunct folgenden, Augenblicks nun wird der bewegte Körper eine gewiſſe Zahl Theilchen des widerſtehenden Mittels anſtoßen und ihnen dabei eine gewiſſe Geſchwindigkeit mittheilen. Da dieſe, der Vorausſetzung zufolge ſogleich nach dem Stoße für ihn ſo gut als nicht mehr vorhanden ſind, ſo iſt offenbar, daß, wenn er in dieſem nämlichen Zeitpuncte eine doppelte Geſchwindigkeit hätte, er vermöge derſelben in der nämlichen Zeit eine doppelte Zahl Theilchen anſtoßen, und jedem derſelben auch eine doppelte Geſchwindigkeit mittheilen würde, wenigſtens wenn man von der unendlich kleinen Quantität abſieht, um welche ſeine eigne Geſchwindigkeit durch den Anſtoß an dieſelben vermindert wird. Hiernach würde die Geſammtquantität mitgetheilter Bewegung das Vierfache betragen; und, wie ſich nach derſelben Schlußweiſe weiter ergiebt, dieſe Quantität im Allgemeinen dem Quadrat der Geſchwindigkeit des Körpers proportional ſeyn. Nun können die Theilchen des flüſſigen Mittels ihre Geſchwindigkeit nur auf Koſten des bewegten Körpers erlangen, worauf der Widerſtand des Mittels beruht: dieſer Widerſtand würde hiernach gleichfalls dem Quadrat der Geſchwindigkeit des Körpers proportional ſeyn, und als eine, nach dieſem Geſetz verzögernd wirkende, Kraft beim Calcul der Erſcheinungen in Rechnung gezogen werden müſſen. Auch ergiebt ſich die Beſtätigung dieſes Geſetzes durch die Erfahrung unter Umſtänden, die vermöge ihrer Einfachheit unſrer Vorausſetzung nahe kommen, d. h. bei denen die angeſtoßenen Molecule auf die Bewegung des Körpers nicht mehr merklich zurückwirken, und im Allgemeinen, in welcher Verwicklung auch dieſe Umſtände auftreten können, wird man jedenfalls, um annäherungsweiſe die Reſultate von einem Hauptgrundſatze abhängig zu machen, den Widerſtand als dem Quadrat der Geſchwindigkeit proportional ſetzen dürfen.

Um an einem Beiſpiele die Art, wie durch Hinzutritt eines ſolchen Widerſtands die Erſcheinungen modificirt werden können, nachzuweiſen, wollen wir ſeine Wirkung auf den Fall der Körper betrachten. Wenn ein ſchwerer Körper im leeren Raume frei herabfällt, ſo erhält die ſchon erlangte Geſchwindigkeit deſſelben vermöge der, ihn ſtets mit gleicher Energie ſollicitirenden, Schwere in jedem Augenblick den nämlichen kleinen Zuwachs, wodurch die progreſſive Beſchleunigung der Fallbewegung entſteht. Wenn aber der Körper in einem widerſtehenden Mittel fällt, ſo wird die, von der Schwerkraft auf ihn ausgeübte, Wirkung in jedem Augenblicke bekämpft und um eine kleine Quantität vermindert, welche wir dem Quadrat ſeiner erlangten Geſchwindigkeit proportional ſetzen können. Fällt der Körper von der Ruhe ab, ſo iſt dieſe verzögernde Kraft Anfangs Null, weßhalb die Bewegung mit Beſchleunigung beginnen muß; bald aber bringt der, mit der Geſchwindigkeit zunehmende, Widerſtand eine Verminderung der Beſchleunigung zu wege; ja, dauert die Bewegung eine hinreichende Zeit, ſo tritt ein Zeitpunct ein, wo die verzögernde Kraft des Widerſtands dem ganzen Beſtreben der Schwerkraft ſelbſt gleich kommt; und der Körper bewegt ſich alsdann blos noch vermöge ſeiner erlangten Geſchwindigkeit, und als wenn er gar kein Gewicht beſäße, weiter. Seine Bewegung wird mithin gleichförmig und ſeine Geſchwindigkeit conſtant; wie man dies in der That an allen Körpern beobachtet, die in einer Flüſſigkeit bis zu hinlänglicher Tiefe fallen, um zu dieſer Gleichförmigkeit gelangen zu können. Die conſtante Geſchwindigkeit iſt der Quadratwurzel der Dichtigkeit des Körpers direct, und der Quadratwurzel der Dichtigkeit des widerſtehenden Mittels umgekehrt proportional, woraus ſich ergiebt, daß im nämlichen Mittel die dichteren Körper mit größerer Geſchwindigkeit fallen müſſen. Ganz auf die nämliche Weiſe verhält ſich ein Körper, der leichter iſt als die Flüſſigkeit, in die er ſich eingetaucht befindet, beim Aufſteigen in derſelben; Anfangs iſt ſeine Bewegung beſchleunigt, nach einer gewiſſen Zeit aber wird ſeine Geſchwindigkeit unveränderlich, worauf er gleichmäßig aufzuſteigen fortfährt, bis er zur freien Oberfläche gelangt iſt. Bei den tropfbaren Flüſſigkeiten iſt noch ein anderer Widerſtand zu berückſichtigen, der nämlich von der Adhäſion ihrer Theilchen an einander und an den, ſich in ihnen bewegenden, Körpern abhängt. Dieſer, der Reibung analoge, Widerſtand iſt für jede Flüſſigkeit conſtant, und unabhängig von der Geſchwindigkeit. Blos durch die Erfahrung läßt er ſich ausmitteln, wozu wir weiterhin die Verfahrungsarten angeben werden.

Wenn die, auf der Oberfläche von Flüſſigkeiten ſchwimmenden, Körper nur ein wenig aus der natürlichen Lage ihres Gleichgewichts gebracht werden, ſo gerathen ſie in eine ſchwankende Bewegung von einer Seite dieſer Lage zur andern, deren Dauer von der Dichtigkeit der Körper, und der Weite, in welcher man ſie aus der Lage des Gleichgewichts entfernt hat, abhängt. In dieſem Fall kommt ein Schiff, das, durch einen Windſtoß oder Wellenſchlag aus dem Zuſtand ſeiner Ruhe gebracht wird. Die Beſtimmung dieſer Bewegungen ergiebt ſich durch den Calcul, und aus ihrer Theorie werden die Regeln geſchöpft, durch deren Befolgung man die Stabilität der Schiffe zu ſichern vermag.

Funfzehntes Capitel.

Von den Bewegungen der luftförmigen Flüſſigkeiten.

Wir verſtanden unter luftförmigen zuſammendrückbaren Flüſſigkeiten ſolche, deren Theilchen von einander bis zu hinlänglicher Weite und durch eine hinlänglich ſtarke Repulſivgewalt entfernt ſind, daß wir, ohne Beeinträchtigung des Geſetzes der Undurchdringlichkeit, und ſelbſt ohne die Grundeigenſchaften eines Gaſes im Mindeſten dadurch abzuändern, ſie ſehr hohe Grade der Verdichtung erfahren laſſen können. Da alle Flüſſigkeiten dieſer Art Gegenwirkungen gegen die, ſie zuſammendrückenden, Kräfte äußern, ſo ergiebt ſich, daß die geringſte, an einem einzigen Punct ihrer Maſſe hervorgebrachte Erſchütterung, ſich von einer Stelle zur andern auf die ganze Maſſe fortpflanzen muß. Weiterhin werden wir ſehen, daß Erſchütterungen, auf ſolche Art durch die Luft fortgepflanzt, und, indem ſie unſer Ohr treffen, die Empfindung des Schalles erregen. Dieſe ſchöne Anwendung der Bewegungsgeſetze erlaubt jedoch nicht eher eine ſichere Begründung, als bis man auf dem Erfahrungswege die phyſiſchen Eigenſchaften der atmoſphäriſchen Luft und der andern gasförmigen Subſtanzen ausgemittelt hat, ſo wie das Geſetz, nach welchem dieſelben der Zuſammendrückung widerſtehen.

Auch die luftförmigen Flüſſigkeiten ſetzen der Bewegung der Körper einen Widerſtand entgegen, der von der Trägheit ihrer Molecule, ihrer elaſtiſchen Gegenwirkung und ihrer, wenn auch ganz geringen, doch aber nicht durchaus für Nichts zu rechnenden, Adhäſionskraft herrührt. Hierin liegt der Grund, warum die ſchweren, in denſelben fallenden oder aufſteigenden, Körper nach einer gewiſſen Zeit eine conſtante Geſchwindigkeit annehmen. Einen Beleg dazu giebt das langſame und ruhige Herabſinken der Leute, die ſich mittelſt eines Fallſchirms von einer großen Höhe herablaſſen.

Zweites Buch.

Darſtellung der allgemeinen Erſcheinungen und der Mittel der Beobachtung, die allen Erfahrungswiſſenſchaften gemein ſind.

Die vorhergehenden Capitel enthielten die Aufſtellung der reinen Bedingungen des Gleichgewichts und der Bewegung, wie ſie für Syſteme materieller träger Theilchen Statt finden, die ſich unter den verſchiedenen Aggregatzuſtänden befinden, nach denen man feſte, tropfbar flüſſige und elaſtiſch flüſſige Körper unterſcheidet. Jetzt verlaſſen wir dieſe abſtracte Betrachtungsweiſe, um dieſe Körper ſelbſt ins Auge zu faſſen, ſo wie ſie wirklich in der Natur vorkommen, mit allen den allgemeinen oder beſondern Eigenſchaften, die ſich an ihnen finden. Wir werden durch Beobachtung auszumitteln ſuchen, auf welchen Kräften und auf welcher Wirkungsweiſe derſelben dieſe Eigenſchaften beruhen; und daraus, mit Zuziehung der, auf abſtractem Wege von uns gefundenen, allgemeinen Geſetze, die Erſcheinungen herzuleiten ſuchen, welche in Folge derſelben auftreten müſſen. Dieſe Herleitung, im Fall ſie möglich iſt, wird uns in das Weſen der Erſcheinungen ſelbſt, durch Entwicklung aller ihrer Beziehungen, eindringen laſſen; und, wo eine zu große Verwicklung der Data eine ſolche nicht in ihrer Vollſtändigkeit geſtattet, wird doch die, wenn auch nur theilweiſe und hier und da unterbrochene, Verkettung der Erſcheinungen, die ſie erblicken läßt, dem Geiſte einen ausnehmend nützlichen Anhalt gewähren; indem ihm dadurch eine kleine Zahl Hauptthatſachen geſichert wird, an die ſich alle übrigen anreihen laſſen. Auf ſolchem Wege ſchreitet die wahre Phyſik vor, die einzige, die ſichre und bleibende Reſultate gewährt. Ihren Stoff entnimmt ſie der Beobachtung und Erfahrung, ordnet ihn durch den Verſtand, combinirt ihn durch den Calcul. Da wir von letzterm, ſo mächtigen, Werkzeuge hier keinen unmittelbaren Gebrauch machen können, werden wir uns wenigſtens an ſeine Reſultate, wie an die Nachweiſungen eines treuen Führers, halten, und, ſie mit unſern Beobachtungen in Beziehung ſetzend, die Reihe der daraus ſich ergebenden Folgerungen noch ſo weit im Zuſammenhange verfolgen können, als die Schwäche unſerer Intelligenz, beim Mangel von Zeichen, welche ihre Operationen erleichtern, geſtattet.

Erſtes Capitel.

Von den Verfahrungsarten, welche dienen, die Ausdehnung zu meſſen.

Es giebt keine Erfahrungswiſſenſchaft, in der es nicht ohne Unterlaß nöthig würde, Längen, Breiten, Dicken zu meſſen und gerade oder kreisförmige Linien in gleiche Theile zu theilen. Vor Allem alſo müſſen wir uns mit den praktiſchen Wegen vertraut machen, auf denen ſich dieſe verſchiednen Operationen ausführen laſſen.

Die beiden einfachſten Inſtrumente, welche zu dieſem Zweck dienen, ſind der Cirkel (compas) und das Lineal (règle), beide auf Taf. II. Fig. 1. vorgeſtellt. Das Lineal dient, gerade Linien, der Cirkel, Kreiſe zu ziehen, und ihren Umkreis, ſo wie gerade Linien von beſtimmter Länge, in gleiche Theile zu theilen. Setzt man den Cirkel mit einer beliebigen Oeffnung auf die conſecutiven (aufeinanderfolgenden) Theile einer geraden oder kreisförmigen Linie auf, indem man ſucceſſiv die eine Spitze jedesmal in den Punct einſetzt, den das vorhergehendemal die andre einnahm, ſo wird die, ſolchergeſtalt durchſchrittene, Linie ſich in gleiche Theile abgetheilt finden, deren Größe von der, dem Cirkel willkührlich gegebenen, Oeffnung abhängt.

Ein ſolcher, in gleiche Theile abgetheilter, Maßſtab läßt ſich nun, mittelſt einer ähnlichen Operation, in noch kleinere Theile nach einem gegebenen Verhältniß unterabtheilen, z. B. in Theile, welche die Hälfte, das Zehntheil oder das Zwanzigtheil der vorigen betragen; zu welchem Zweck man dem Cirkel eine Oeffnung zu geben hat, die eben einen ſolchen Bruchtheil von der zuerſt gebrauchten Oeffnung ausmacht. Einige Verſuche, die rechte Cirkelöffnung zu treffen, ſind hierzu erforderlich, die man ſo anſtellt, daß man den Cirkel zu verſchiednen Weiten öffnet, ihn ſo vielmal, als man es zuvor beſtimmt hatte, auf die zu reducirende Eintheilung aufſetzt und, je nachdem das Inſtrument die vorgeſchriebene Gränze beim letzten Schritt, den es zu thun hat, überſchreitet, oder nicht erreicht, die Cirkelöffnung erweitert oder verengert, bis man zuletzt bei derjenigen Weite derſelben ſtehen bleibt, die in Hinſicht des Zuſammentreffens nichts zu wünſchen übrig zu laſſen ſcheint.

Nun aber beſitzt man eine ſinnreiche, von einem franzöſiſchen Mathematiker, Namens Vernier *) herrührende, Verfahrungsart, mit-

---

*) Nach einer Anm. Wolfs des Ueberſetzers der erſten Ausgabe, will Käſtner dieſe Erfindung den Deutſchen ſichern, Vernier für einen ſolchen rechnend, da er ſeine Erf. bereits 1631 bekannt machte, wo ſein Geburtsland, die Franche Comté, noch zum deutſchen Reiche gehörte.

telſt deren ein, in gleiche Theile abgetheilter, Maßſtab, ohne nochmalige Verzeichnung, leicht in kleinere Theile, ſelbſt bis ins Unbeſtimmte, untereingetheilt werden kann. Es beruht darauf, an die gegebene Eintheilung eine andere Eintheilung anzulegen, deren Theile zu der vorigen in einem bekannten Verhältniß ſtehen; und der Mangel an Coincidenz (Zuſammenfallen, Zuſammentreffen) der Theilungsſtriche, durch welche die Gränzen der correſpondirenden Abtheilungen markirt ſind, giebt den Bruchtheil an, um welchen ſie einander übertreffen. Ein Beiſpiel wird dieß deutlich machen. LL, Fig. 2., ſey ein, in gleiche Theile, 0 — 1, 1 — 2, 2 — 3, eingetheiltes, Lineal. Will man ſich dieſes Lineals bedienen, eine gegebene Länge, die weniger als die ſeinige beträgt, zu meſſen, z. B. die der Linie AB, ſo bedarf es nur des Uebereinanderlegens, um zu ſehen, daß dieſe Linie neun ganze Abtheilungen des Lineals enthält, plus (und noch überdies) einen kleinen, durch die Länge bB vorgeſtellten, Bruchtheil einer ſolchen, um welche der Punct B über die 9te Abtheilung des Lineals hinausliegt; die abſolute Größe dieſes Bruchtheils aber, ſo wie ſein Verhältniß zu einer ganzen Abtheilung werden unbeſtimmt bleiben. Um ſie zu beſtimmen, theile man ein andres Lineal VV, Fig. 3., ebenfalls in gleiche Theile, welche aber kleiner ſind als die des erſten und zu ihnen ein beſtimmtes Verhältniß haben, ein ſolches z. B., daß 9 Abtheilungen des großen Lineals LL 10 Abtheilungen des kleinen Lineals VV gleich kommen, welches letztre den Namen Vernier erhält. Legt man dieſen Vernier an das Lineal an, ſo wie es die Figur darſtellt, ſo wird die erſte dieſer Abtheilungen, welche mit 0 bezeichnet iſt, mit der erſten, ebenfalls mit 0 bezeichneten, Abtheilung des Lineals zuſammenfallen; deßgleichen wird die Abtheilung 10 des Vernier mit der Abtheilung 9 des Lineals zuſammenfallen. Die Zwiſchenabtheilungen aber werden nicht zuſammenfallen. Die zweite Abtheilung des Vernier wird hinter der zweiten des Lineals um eine, der Differenz dieſer beiden Abtheilungen gleiche, Größe, d. i. um $\frac{1}{10}$ D zurückbleiben, wenn wir nämlich durch den Buchſtaben D die Größe bezeichnen, die eine Abtheilung des großen Lineals LL hat. Die dritte Abtheilung des Vernier wird um $\frac{2}{10}$ D hinter der, ihr am Lineal correſpondirenden, zurückſtehen; und ſo wird ſucceſſiv die Entfernung, um welche die folgenden zurückbleiben, ausgedrückt werden durch $\frac{3}{10}$ D, $\frac{4}{10}$ D, $\frac{5}{10}$ D, $\frac{6}{10}$ D, $\frac{7}{10}$ D, $\frac{8}{10}$ D, $\frac{9}{10}$ D, endlich $\frac{10}{10}$ D, oder D. In der That muß dieſe letzte Differenz einer ganzen Abtheilung D gleich kommen, weil, vermöge der urſprünglichen Einrichtung, der elfte Strich des Vernier, der mit 10 bezeichnet iſt, mit dem 10ten Strich des Lineals zuſammenfällt, der 9 zum Zeichen hat.

Denken wir uns jetzt, der Vernier werde ſacht längs des Lineals verſchoben, Fig. 4., ſo daß die Coincidenz am zweiten, mit 1 bezeichneten, Strich Statt habe, ſo iſt klar, daß bei dieſer Bewegung der zweite Strich des Vernier um eine Länge, die $\frac{1}{10}$ D beträgt, vorgeſchritten iſt; da er ja bei der vorigen Lage um dieſe Länge vom zweiten Strich des Lineals abſtand. Jede andere Abtheilung des Vernier iſt mithin um eben ſo viel vorgeſchritten, weil ſie ſämmtlich in unveränderlichen Abſtänden von einander bleiben; ihre Abweichungen von der Coincidenz erhalten mithin jetzt zum Ausdruck + $\frac{1}{10}$ D, 0, — $\frac{1}{10}$ D, $\frac{2}{10}$ D, $\frac{3}{10}$ D, $\frac{4}{10}$ D, $\frac{5}{10}$ D, $\frac{6}{10}$ D, $\frac{7}{10}$ D, $\frac{8}{10}$ D und endlich $\frac{9}{10}$ D; wo dann, wie man ſieht, blos die Abtheilung 1 mit einer Abtheilung des Lineals zuſammenfällt.

Fiele, in dieſer Lage, der Punct B, Fig. 2., genau auf das Ende der 10ten Abtheilung des Vernier, oder auf den elften Strich, ſo könnte man mit Sicherheit ſchließen, daß der kleine Bruchtheil bB gleich $\frac{1}{10}$ D iſt, und mithin die Totallänge der Linie AB 9 Abtheilungen plus $\frac{1}{10}$ des großen Lineals LL beträgt.

Wenn aber kein ſolches Zuſammenfaſſen Statt hat, ſo braucht man nur den Vernier um eine Abtheilung weiter vorzuſchieben, d. h. ſo weit, daß das Ende ſeiner zweiten Abtheilung mit dem der zweiten Abtheilung des Lineals zuſammenfällt, Fig. 5. Bei dieſer Bewegung wird aber jeder Strich um eine Länge, gleich $\frac{1}{10}$ D, vorgeſchritten ſeyn, ſo daß ihre Abweichungen von den correſpondirenden Abtheilungen des Lineals, nach vorn und rückwärts, betragen + $\frac{2}{10}$ D, + $\frac{1}{10}$ D, 0, — $\frac{1}{10}$ D, $\frac{2}{10}$ D, $\frac{3}{10}$ D, $\frac{4}{10}$ D, $\frac{5}{10}$ D, $\frac{6}{10}$ D, $\frac{7}{10}$ D und endlich $\frac{8}{10}$ D, für die elfte. Wenn alſo, in dieſer neuen Lage, der äußerſte Punct B, Fig. 2., genau dem Ende der 10ten Abtheilung des Vernier, oder dem 11ten Striche, entſpricht, ſo wird man ſchließen, daß er über die 9te Abtheilung des Lineals um $\frac{2}{10}$ D, d. i. um zwei Zehntheile einer Abtheilung hinaus liege; ſonach wird die Länge der Linie AB 9 $\frac{2}{10}$ Abtheilungen des Lineals befaſſen.

Wenn, in dieſer zweiten Lage, die 10te Abtheilung des Vernier den äußerſten Punct B noch nicht erreicht hätte, ſo würde man den Vernier um eine Abtheilung weiter zu ſchieben haben. Erreichte bei dieſem Drittenmale der 11te Strich des Vernier den Punct B, ſo würde die Länge von bB, $\frac{3}{10}$, und von AB demzufolge 9 $\frac{3}{10}$ Abth. betragen u. ſ. f. Mithin, wenn der Punct B über die 9te Abtheilung des Lineals um einen der Bruchtheile $\frac{1}{10}$ D, $\frac{2}{10}$ D, $\frac{3}{10}$ D, $\frac{4}{10}$ D, $\frac{5}{10}$ D, $\frac{6}{10}$ D, $\frac{7}{10}$ D, $\frac{8}{10}$ D, $\frac{9}{10}$ D hinausliegt, wird ſich dieſer Ueberſchuß mit völliger Genauigkeit durch unſre Methode beſtimmen laſſen.

Fällt der Ueberſchuß aber zwiſchen zwei dieſer Werthe, ſo wird er ſich nicht ganz genau hiernach ergeben. Iſt z. B. bB größer, als $\frac{6}{10}$ D und kleiner, als $\frac{7}{10}$ D, ſo wird man finden, daß der Punct B noch nicht erreicht iſt, wenn man den 7ten Strich des Vernier, der mit 6 bezeichnet iſt, coincidiren läßt, daß er hingegen überſchritten wird, wenn man die Coincidenz des 8ten, mit 7 bezeichneten, Strichs bewerkſtelligt. Man wird daher die noch Statt habende Differenz nach dem Augenmaß ſchätzen, indem man zuſieht, welcher Strich ſich der Coincidenz mehr nähert, und wird die, für dieſe Differenz angenommene, Größe zu $\frac{1}{10}$ D hinzu addiren oder von $\frac{1}{10}$ D abziehen. Allerdings wird dann dies, ſolchergeſtalt für bB erhaltene Maß nicht in völliger Schärfe genau ſeyn, der Fehler aber doch gewiß weniger betragen, als $\frac{1}{10}$ D, da der ganz genaue Werth zwiſchen zwei Größenausdrücke fällt, die nur um dieſe Größe unterſchieden ſind. Es erhellt leicht, daß die Genauigkeit ſich noch weiter treiben laſſen würde, wenn man den Vernier eine größere Zahl Abtheilungen des Lineals beſaſſen ließe, weil dann die Unterſchiede zwiſchen ſeinen Abtheilungen und denen des Lineals geringer ausfallen müßten, und er mithin minder weit von einer Coincidenz zur andern vorzuſchreiten haben würde: jedoch liegt eine Gränze dieſer Präciſion in der Schwierigkeit begründet, genau wahrzunehmen, welche Abtheilungen zuſammentreffen, eine Schwierigkeit, die in dem Maße, als die Differenzen der Theile des Vernier und des Lineals geringer ſind, wächſt.

Bisher haben wir die Anwendung des Vernier auf die geradlinigen Eintheilungen in Betracht gezogen; ſie findet aber eben ſo auf krummlinige Statt, dergleichen die Eintheilungen der Ränder der metallenen Kreiſe ſind, welche zur Beobachtung der Winkel dienen. Dann giebt man den Verniers gleichfalls eine kreisförmige und mit dem eingetheilten Rande des Inſtruments concentriſche Geſtalt. S. Fig. 6. Offenbar verlieren ſie hiedurch nichts von ihrer Eigenthümlichkeit, auch wendet man ſie hier auf die nämliche Weiſe an, und ſchätzt ihre Angaben nach denſelben Regeln, als bei den geradlinigen Eintheilungen.

In allen Fällen iſt zur Genauigkeit dieſer Angaben unumgänglich erforderlich, daß ſich der geradlinige oder kreisförmige Rand des Vernier genau an die Eintheilung anlege, deren Bruchtheile er meſſen ſoll. Aus dieſem Grunde befeſtigt man ihn an eine Vorrichtung, die ſeinen Gang dieſer Bedingung gemäß regulirt; überdies muß ſeine Bewegung langſam und hinlänglich abgemeſſen erfolgen, daß es möglich werde, ihn genau mit beſtimmten Puncten zuſammentreffen zu laſſen. Zu dieſem Zweck veranſtaltet man ſeine Bewegung mittelſt einer Schraube, welche die in Fig. 7. vorgeſtellte, Einrichtung hat. Sie iſt am Ende eines cylindriſchen Schafts von einer gewiſſen Länge eingeſchnitten, der ſich an einer Stelle R etwas verdickt, wodurch er in einem, an die unbeweglichen Theile des Apparats befeſtigten, Halsſtück

CC zurückgehalten wird, ſo daß er ſich blos noch um ſeine Axe zu drehen vermag, ohne nach vorn oder hinten weichen zu können. Sein Schraubenende dreht ſich in einer Schraubenmutter, welche an den Theil VV befeſtigt iſt, auf welchem ſich der Vernier verzeichnet findet, und dieſer Theil iſt in einem, der Schraubenaxe parallelen, Falz hin und her beweglich. Faßt man nun die Schraube an ihrem Kopf TT, und dreht ſie um ihre Axe, ſo wird ſie ſich in die Mutter ein- oder auswinden, dieſe ſo mit heranziehen oder fortſtoßen, und dadurch zugleich das Vorrücken oder Rückwärtsgehen des, damit in feſter Verbindung ſtehenden, Vernier bedingen.

Hier macht man von der Schraube nur Gebrauch, um eine langſame und nach Willkühr abgemeſſene Bewegung hervorzubringen. Bei vollkommener Regelmäßigkeit und vollkommen gleicher Höhe aller Schraubengänge jedoch, wozu ſich durch techniſche Verfahrungsarten gelangen läßt, kann ihre Umdrehungsbewegung ſelbſt als Mittel zur Untereintheilung dienen. Denn wenn, unter Beibehaltung der vorigen Anordnung, das Halsſtück CC den Schaft, den es zurückhalten ſoll, genau umſchließt, und wenn die, an den Theil VV befeſtigte und ihn zu bewegen beſtimmte, Schraubenmutter mit Sorgfalt gearbeitet iſt, ſo erhellt, daß bei jeder ganzen Umdrehung der Schraube, dieſer Theil gerade um den Zwiſchenraum vor- oder rückwärts geſchoben wird, um den die Schraubenwindungen von einander abſtehn; und daß bei jeder, zur Hälfte oder zum vierten Theil vollendeten, Umdrehung auch die Hälfte oder das Viertheil dieſes Zwiſchenraums durchſchritten wird. Man wird demnach dieſe Bruchtheile beliebig beſtimmen können, wenn man auf dem Kopf der Schraube einen in gleiche Theile getheilten Kreis, Fig. 8., verzeichnet, und ihre Bewegung in Bezug zu einem unbeweglichen Zeiger FF, der mit den unbeweglichen Theilen des Apparats in Verbindung ſteht, betrachtet und regulirt. Denn, wenn z. B. der Kreis in 1000 Theile eingetheilt iſt, ſo wird, wenn man die Schraube blos um Einen ſolchen dreht, der bewegliche Theil dadurch um $\frac{1}{1000}$ von der Höhe des Schraubenganges fortgeſchoben werden; ſo daß, im Fall die Höhe eines Schraubenganges einen Millimeter betrüge, die Weite des Fortrückens den tauſendſten Theil dieſes Maßes betragen würde. Von dieſem Verfahren macht man häufig bei phyſikaliſchen und aſtronomiſchen Unterſuchungen Gebrauch. Es erfordert blos eine große Genauigkeit bei Verfertigung der Schraube, zu der man auf folgende Weiſe gelangt. Die Schraube wird in ihrer künftigen Schraubenmutter auf einer Drehbank lange Zeit herumgedreht und zwiſchen beide Schmirgel gebracht, damit ihre, in Berührung befindlichen, Oberflächen an einander abgeſchliffen werden und ſo eine völlig ineinanderpaſſende Geſtalt annehmen. Zu dieſem Zweck ſetzt man die Schraubenmutter aus zwei Stücken zuſammen, die Anfangs die männliche Schraube nicht in ihrem ganzen Umfang umſchließen, durch ſeitliche Schrauben oder Federn aber in dem Maße ſtärker dagegen angedrückt werden, als der Körper der Schraube durch die beſtändige Reibung abgeſchliffen und dünner wird.

Die, ſolchergeſtalt vervollkommte, Schraube läßt ſich auch ſehr vortheilhaft anwenden, die Dicke dünner Platten zu meſſen. Zu dieſem Zweck dient der, in *Fig.* 9. vorgeſtellte, Apparat; eine Erfindung des Hrn. Cauchoix, der ihn zuerſt gebrauchte, die Krümmung ſphäriſcher Gläſer zu meſſen und deßhalb Sphärometer nannte. Die weſentlichen Theile, aus denen er beſteht, ſind drei horizontale ſtählerne Arme, die unter einander Winkel von 120° bilden. An den Enden dieſer drei Arme und ſenkrecht auf ihrer Richtung befinden ſich drei ſtählerne Füße, die in dünnere cylinderförmige Enden ausgehen, welche mit ausnehmender Genauigkeit auf der Drehbank gearbeitet ſind und ſich in drei Ebenen von ganz geringer Ausdehnung endigen. In der Mitte der drei Arme iſt eine, vollkommen genau gearbeitete, Schraube angebracht, deren Kopf eine Kreiseintheilung trägt. Will man von dieſem Inſtrument Gebrauch machen, um die Gleichmäßigkeit der Krümmung eines ſphäriſchen Glaſes zu meſſen, ſo ſetzt man es zuvörderſt auf die Oberfläche des Glaſes, und dreht die, durch die Mitte gehende, Schraube, bis ſie genau in Berührung mit dem Glaſe kommt, was man daran erkennt, daß das Inſtrument ſich alsdann auf dem Glaſe mit vollkommener Freiheit drehen läßt, ohne daß ſich in ſeiner Bewegung ein merkliches Schwanken zeigt. Hat man ſich hiervon überzeugt, ſo bewegt man das Sphärometer über andre Theile des Glaſes hinweg; wo ſich dann die geringſte Veränderung in der Krümmung zu erkennen giebt, weil in dieſem Fall die Schraube und die drei Füße das Glas nicht mehr zugleich berühren. Berührt die Schraube das Glas nicht mehr, ſo laſtet das Inſtrument mit ſeinem ganzen Gewicht auf den drei Füßen, und es entſteht daher bei ſeiner Umdrehung eine unſanfte Reibung und ein, vom vorher gehörten, ganz verſchiedner Ton. Steht hingegen die Schraube zu tief, ſo ſchwankt das Inſtrument auf ſeinen drei Füßen auf eine Weiſe, die dem Ohr, wie dem Gefühl bemerklich wird. Es iſt kaum glaublich, welche Präciſion dieſe beiden Anzeigen gewähren; keine andere, bisher bekannte, Verfahrungsart in den Künſten vermag einen Vergleich damit auszuhalten. Um ſich hiervon zu überzeugen, braucht man nur das Sphärometer auf eine ebene Glasplatte zu ſtellen, die Schraube in genaue Berührung mit ihrer Oberfläche zu bringen, und dann etwas nach Rechts oder Links zu drehen, bis die mangelnde Berührung ſich durch die Rauhigkeit der Reibung oder das Geräuſch des Schwankens zu erkennen giebt. Lieſt man dann am Zeiger der Eintheilung, um was für einen geringen Grad die Schraube hierbei fortzuſchreiten brauchte, ſo wird man ſich des Erſtaunens nicht erwehren.

Hiernach läßt ſich leicht ausmitteln, ob die Oberfläche eines, für eben gehaltenen, Glaſes es auch in der That ſey; denn, wenn die Schraube des Sphärometers in Berührung mit einem Theil dieſer Fläche gebracht worden iſt, ſo braucht man das Inſtrument nur, ohne dabei an die Schrauben zu rühren, über die andern Theile des Glaſes hinzuführen, und zuzuſehen, ob die Berührung noch eben ſo genau Statt hat.

Nehmen wir an, dieſer Bedingung ſey Genüge geſchehen. Wenn man jetzt zwiſchen die Ebene des Glaſes und die Spitze der Schraube eine Platte mit parallelen Flächen, wie dünn ſie immer ſeyn möge, einſchiebt, ſo wird das Sphärometer natürlich ſchwanken müſſen. Die Länge, um welche man die Schraube zurückzudrehen hat, um die gehörige Berührung wieder herzuſtellen, wird die Dicke der eingeſchobenen Platte angeben. Allein der Druck der Schraube auf die Platte bei dieſem Verfahren, könnte ein Zerbrechen der letzten, im Fall ſie ſehr dünn wäre, bewirken, oder im Allgemeinen ihre Oberfläche beſchädigen, wenn ſie ſich ritzen ließe; deßhalb darf man ſie nicht unmittelbar unter die Schraube einſchieben. Man muß letztre vielmehr erſt auf ein ebenes Glasſtück mit parallelen Flächen, aufſetzen, deſſen gleichförmige Dicke man zuvor durch das Sphärometer geprüft hat. Nachdem man dies Stück auf die große Glasplatte gelegt hat, bringt man die Schraube in genaue Berührung mit ſeiner obern Fläche, während die drei andern Spitzen auf dem großen Glaſe ruhen; nun ſchiebt man zwiſchen dieſes, und das obere Glas die, zu meſſende, Platte ein. Das Sphärometer wird jetzt ſchwanken; man ſtellt ſeine vollkommene Berührung wieder her, indem man die Schraube dreht; und die Weite, um welche dies geſchieht, und die durch den Zeiger bemerklich wird, giebt die geſuchte Dicke an, ohne daß der Platte, wie zerbrechlich und dünn ſie immer ſeyn mag, der geringſte Schaden hat zugefügt werden können.

Oft endlich wird es bei den Verſuchen erforderlich, die Längen zweier Lineale, welche als Maßſtab dienen ſollen, oder im Allgemeinen die Dimenſionen zweier homologen Körper genau vergleichen zu können, entweder um ſich von ihrer Gleichheit zu überzeugen, oder um ihre Differenz, im Fall eine ſolche Statt findet, mit Schärfe zu meſſen. Hierzu hat man ein ſehr brauchbares Inſtrument, welches der Comparator genannt wird, Fig. 10. Er beſteht aus einem metallnen Lineal TR, welches ganz gerade und hinlänglich ſtark ſeyn muß, um keine merkliche Biegung zuzulaſſen. An einem ſeiner Enden iſt ein Abſatz T befeſtigt, um eins der Enden der zu vergleichenden Maße daran zu ſtützen. Ein beweglicher Rahmen RR läuft über die Oberfläche des Lineals hinweg, und kann mittelſt zweier ſtarken Druckſchrauben auf beliebigen Stellen deſſelben feſtgehalten werden. Dieſer Rahmen macht das weſentlichſte Stück des Comparators aus. Er trägt einen feſtgemachten Zapfen c, um welchen ſich der Winkelhebel bcb′ dreht, deſſen beide Arme bc, b′c von ungleicher Länge ſind, ſich z. B. zu einander, wie 1 zu 10 verhalten. Hiernach, wenn man die Spitze b des kleinern Arms um irgend eine, ſehr geringe, Weite fortſtößt, wird der größere Arm b′ um den gemeinſchaftlichen Mittelpunct c einen zehnmal ſo großen Bogen beſchreiben. Um dieſe Bewegung zu meſſen, legt man auf den Rahmen einen Kreisbogen DD, an, der z. B. in Fünftheile von Millimetern eingetheilt iſt, und befeſtigt an das Ende des größern Arms b′ einen Vernier, der die Zehntheile dieſer Eintheilung, mithin Funfzigtheile von Millimetern, angiebt. Da die Bewegungen des Puncts b′ das Zehnfache derer des Puncts b betragen, ſo ſieht man, daß jeder, vom Vernier anzugebende, Theil gleich $\frac{1}{50}$ oder $\frac{1}{500}$ Millimeter iſt.

Will man ſich nun dieſes Inſtruments bedienen, die Längen zweier Lineale, B, B′, die ſehr wenig von einander unterſchieden ſind, zu vergleichen, ſo legt man eins derſelben, z. B. B, auf den Comparator, ſo daß es frei auf ſeiner Oberfläche ruht, und eins ſeiner Enden ſich gegen den Abſatz T ſtützt; darauf führt man den Rahmen nach dem andern Ende von B, drückt ihn gegen dies Ende an, bis der Vernier VV ziemlich der Mitte der Eintheilung entſpricht, ſchraubt den Rahmen feſt, und merkt genau den Punct der Eintheilung an, auf welchen der Zeiger des Vernier fällt. Nun entfernt man, ohne den Rahmen weiter anzurühren, das erſte Lineal B und ſubſtituirt ihm das zweite B′; der kleinere Arm wird ſich, durch eine Feder getrieben, abermals genau daran anlegen. Darauf lieſt man, bei welchem Theilungspuncte der Vernier ſtehen bleibt. Sind beide Lineale genau von gleicher Länge, ſo wird dieſer Punct der nämliche ſeyn, den man das erſtemal fand; im Fall der Ungleichheit dagegen ein anderer, und die Verrückung des Zeigers wird angeben, um wie viel das eine Lineal das andre an Länge übertrifft.

Zur Genauigkeit dieſer Verſuche iſt eine Vorſichtsmaßregel unerläßlich, die man nicht genug berückſichtigen kann, da ihre Vernachläſſigung ſehr bedeutende Irrthümer nach ſich ziehen würde. Bekanntlich werden die Dimenſionen der Körper durch die verſchiednen Wärme- und Kältegrade abgeändert. Weiterhin werden wir auszumitteln ſuchen, worin der Grund dieſer Erſcheinung liegt, und wie ſie ſich meſſen läßt; hier aber führen wir dieſelbe blos als eine Thatſache an, von der wir die Beweiſe jeden Augenblick vor Augen haben. Hiernach behält z. B. eine Metallſtange in verſchiednen Jahreszeiten oder bei verſchiednen Abwechslungen von Kälte und Wärme, denen man dieſelbe ausſetzt, nicht völlig die nämliche Länge. Will man ſie daher mit einer andern vergleichen, ſo muß man ſorgſam die beſondern Umſtände ausmitteln und feſtſtellen, unter denen ſie ſich im Augenblicke der Beobachtung befindet, da ihre beſtehende Länge hiervon abhängt. Die, zu einer ſolchen Ausmittlung erforderlichen, Verfahrungsarten werden im Verfolg auseinandergeſetzt werden; für jetzt genügt es, zu ſagen, daß man alle mögliche Vorſicht anzuwenden habe, dieſe Umſtände für beide, zu vergleichenden, Lineale gleich zu machen. Deßhalb iſt es zweckmäßig, in einem Zimmer zu operiren, das hinlänglich geräumig iſt, um durch die Gegenwart des Beobachters nicht merklich erwärmt zu werden. Dieß Zimmer darf der unmittelbaren Einwirkung der Sonnenſtralen nicht ausgeſetzt ſeyn, oder muß wenigſtens durch Vorhänge dagegen geſchützt werden; man muß die Lineale mehrere Stunden darin laſſen, bevor man ſie zu vergleichen beginnt, damit ſie den allgemeinen Temperaturgrad der umgebenden Körper und des Comparators ſelbſt annehmen. Endlich muß man bei jedesmaligem Vergleichen das Lineal einige Zeit auf dem Comparator liegen laſſen, damit es den Wärmeüberſchuß, der ihm durch die Berührung mitgetheilt werden konnte, verliere. Bei Anwendung dieſer Vorſichtsmaßregeln kann man ſicher ſeyn, daß ſich hinſichtlich der Wärme und Kälte die beiden, zu vergleichenden, Lineale unter gleichen Umſtänden befinden werden; und es bleibt ſomit nichts mehr übrig, als dieſe Umſtände ſelbſt auf ſichre und feſte Beſtimmungen zurückzuführen, wozu wir durch ein, weiterhin zu beſchreibendes, Inſtrument, das Thermometer, gelangen. Der Comparator findet ſeine Anwendung blos für Lineale von begränzter Länge; allein es kann auch erforderlich werden, Längen zu vergleichen, welche zwiſchen zwei, auf einer ebener Fläche gezogenen, Strichen enthalten ſind. Hierzu dient eine Verfahrungsart, die wir erörtern werden, nachdem wir von den optiſchen Inſtrumenten, welche man Mikroſkope nennt, geſprochen haben.

Zweites Capitel.

Von der Wage und der Art, ſie zu gebrauchen.

Nachdem der Phyſiker die, ihm vor allen andern nöthige, Kenntniß von den Verfahrungsarten, die Dimenſionen der Körper zu meſſen, erlangt hat, muß er ſich zur Beſtimmung der Verhältniſſe ihrer Maſſen wenden, da hierin ein weſentliches Element zur Schätzung der Intenſitäten der Kräfte, welche die Erſcheinungen bedingen, liegt. Wir haben, S. 84, geſehen, wie ſich dieſe Verhältniſſe aus der Vergleichung der Gewichte herleiten laſſen; und endlich hat ſich uns ein leichtes Mittel gezeigt, die Gleichheit zweier Gewichte darzuthun, indem man ſie an beiden Enden eines Hebels mit befeſtigter Mitte und gleichen Armen aufhängt. Hierauf beruht im Allgemeinen die Einrichtung, welche die Inſtrumente haben, die man Wagen (balance, libra, bilanx) nennt. Ich ſpreche hier nur von denen, deren Gebrauch, wegen ihrer vollkommenen Anordnung und Einrichtung, dem Phyſiker und Chemiker wichtig wird.

Der Hebel dieſer Wagen, oder was man gewöhnlich den Wagebalken (fléau, scapus, jugum) nennt, iſt eine Stange von gehärtetem Stahl LL', Fig. 11., der man eine bedeutende Stärke giebt, damit ſie durch die Gewichte, welche man ihr zu tragen geben will, keine Biegung erleide. G ſey ihr Schwerpunct. Man ſucht den Theilen GL, GL' des Wagebalkens, die zu beiden Seiten dieſes Punctes liegen, gleiche Länge und Geſtalt zu geben, und nennt ſie Arme (bras) der Wage. An beide Enden L, L' dieſer Arme befeſtigt man Schnuren von gleicher Länge und gleichem Gewicht, beſtimmt, Platten oder Schalen A, A zu tragen, die ebenfalls einander gleich ſind. Um die geringſten Bewegungen des Wagebalkens bemerkbar zu machen, befeſtigt man daran eine, auf LL' ſenkrechte, Nadel SO (die Zunge), in der Richtung der Verticale ober- oder unterhalb des Schwerpuncts G. Der ganze Apparat iſt in einem einzigen Punct C unterſtützt, der gleichfalls in dieſer Verticale liegt. Um die Beweglichkeit deſſelben zu erhöhen und ſeine Unterſtützung, ſo zu ſagen, auf dieſen einzigen Punct zu beſchränken, giebt man dem Theil, mittelſt welches ſich der Wagebalken aufſtützt, und der aus ganz harten Stahl verfertigt wird, eine zugeſchärfte Geſtalt, und läßt ſeine Schneide auf einer polirten, horizontalen, ebenfalls aus Stahl oder irgend einer andern ſehr harten Subſtanz verfertigten, Platte ruhen.

Nun erhellt, daß, wenn man eine vollkommene Gleichheit zwiſchen allen, zu beiden Seiten des Puncts G gelegenen, Theilen des Apparats hervorzubringen vermocht hätte, das Gleichgewicht bei einer horizontalen Lage der Stange LL' von ſelbſt Statt haben würde, indem ſich alsdann der Schwerpunct des Syſtems in der Verticale des Punctes C befände. Um zu erfahren, ob zwei Gewichte gleich ſind, hätte man ſie nur auf beide Wagſchalen zu legen und zu ſehen, ob deren Gleichgewicht nicht geſtört würde, d. h. ob der Wagebalken LL' zu ſeiner frühern horizontalen Lage zurückkehrte.

Eine ſolche Beobachtung iſt aber nur durch Erfüllung einer weſentlichen Bedingung, welche bei Verfertigung der Wagen in Obacht genommen werden muß, möglich. Der Aufhängungspunct C nämlich muß ſich etwas oberhalb des Schwerpuncts G befinden. Dann wird der Wagebalken auch bei der geringſten Entfernung aus ſeiner horizontalen Lage in dieſelbe durch eine Reihe von Oscillationen zurückzukehren ſtreben; befände ſich dagegen der Schwerpunct G oberhalb des Aufhängungspunctes, ſo würde ihn, wäre er auch noch ſo wenig aus der Verticale des Puncts C gewichen, nichts zu derſelben zurückführen können, und der Wagebalken würde nach dieſer oder jener Seite, wohin ihn die Schwere zöge, völlig umſchlagen. Bei einer ſolchen unbeſchränkten Beweglichkeit würde ſich aber das Gleichgewicht gar nicht erlangen laſſen, da man nicht hoffen dürfte, eine ſtrenge Gleichheit der Gewichte zu treffen, die ſich immer blos ſo weit annäherungsweiſe erhalten läßt, daß die nicht zu vermeidenden Irrthümer klein genug werden, um bei der anzuſtellenden Gewichtsvergleichung und den daraus zu ziehenden Folgerungen als Null betrachtet werden zu können.

Eine vollkommene Wage würde man haben, wenn, außer der Erfüllung vorſtehender Bedingung, noch eine vollkommen ſtrenge Gleichheit zwiſchen allen, zu beiden Seiten des Aufhängungspunctes gelegenen, Theile der Wage Statt fände. Eine ſolche iſt aber nur in der Vorſtellung möglich und wird ſich bei aller, auf die Verfertigung der Wage gewandten, Sorgfalt in der Wirklichkeit nicht erreichen laſſen. Man muß mithin ſuchen, ſie entbehrlich zu machen; was man glücklicherweiſe durch ein, gleich auseinanderzuſetzendes, Verfahren vermag, bei dem der Genauigkeit nicht der mindeſte Eintrag geſchieht.

Einen Körper wägen, heißt, ausmitteln, wie vielmal das Gewicht dieſes Körpers eine andre Art bekannten Gewichts, z. B. von Grammen und Bruchtheilen derſelben enthält. Zu dieſem Zweck lege man den Körper, den ich M nennen will, zuerſt in eine der Wagſchalen, z. B. in A; und bringe dieſe alsdann ins Gleichgewicht, indem man in die andre Schale A' beliebige ſchwere Körper legt, z. B. Kupferſtücken, Schrotkörner, endlich kleine Kupferblättchen oder Papierſchnitzel, von denen man ſo lange zulegt, bis die Zunge SO vollkommen vertical iſt, und dadurch die horizontale Lage des Wagebalkens LL' anzeigt. Jetzt nehme man behutſam das Gewicht M heraus, und lege an deſſen Stelle Gramme und Bruchtheile derſelben in die Wagſchale, bis die Zunge SO wieder die verticale Richtung angenommen hat. Die hineinzulegenden Gewichte werden genau das Gewicht des Körpers angeben, da ſie, unter die nämlichen Umſtände als dieſer gebracht, gerade wie er ſelbſt der belaſteten Schale A' das Gleichgewicht halten.

Wie man ſieht, iſt dieſe Verfahrungsart unabhängig von der Länge der Hebelarme CL, CL', ſo wie von der Gewichtsverſchiedenheit, die ſie etwa haben können. Nur die Erfüllung zweier Bedingungen iſt zu einer vollkommenen Genauigkeit derſelben erforderlich.

Die erſte iſt die, daß die Aufhängungspuncte L, L' bei beiden Operationen genau die nämlichen bleiben. Denn die Gewalt, womit das nämliche Gewicht den Wagebalken zur Drehung antreibt, iſt ungleich, je nachdem man es in verſchiedene Entfernungen vom Drehpuncte C bringt. Wenn alſo der Aufhängungspunct der Schale A bei beiden aufeinanderfolgenden Wägungen ſich abändern könnte, ſo würde die Folge ſeyn, daß man wirklich ein, von dem des Körpers M verſchiednes, Gewicht anzuwenden hätte, um der Schale A' und den, in ſie eingelegten, Gewichten das Gleichgewicht zu halten; und da kein Zeichen auf eine ſolche Ungleichheit aufmerkſam machte, ſo würde man hiedurch in ſehr bedeutende Irrthümer verfallen können. Auch muß bei Verfertigung der Wage alle Sorge getragen werden, die Beſtändigkeit der Aufhängungspuncte L, L' zu ſichern.

Das beſte Mittel, hierzu zu gelangen, iſt, das Aufhängen durch ſich kreuzende ſehr geſchärfte Stahlſchneiden zu bewirken, wie Fig. 12. darſtellt; denn da alsdann die Puncte LL' durch die Kreuzungspuncte je zweier, mit ihrer Schärfe an einander aufgehangener, Schneiden gegeben ſind, ſo werden ſie ſo feſt und unwandelbar ſeyn, als man nur wünſchen kann, zumal, wenn man den Wagebalken immer in ſeine horizontale Lage zurückführt. Dieſe Einrichtung haben die vortrefflichen Fortinſchen Wagen.

Die zweite Bedingung, die man zu erfüllen hat, iſt, der Wage eine möglichſt große Empfindlichkeit zu geben, d. h. zu bewirken, daß, wenn ſie im Gleichgewicht und belaſtet iſt, die geringſte Gewichtszulage in einer oder der andern der Wagſchalen hinreiche, dies Gleichgewicht zu ſtören, und die Zunge SO in Bewegung zu ſetzen (den Winkel um welchen die Zunge hierbei aus der verticalen Lage bewegt wird, nennt man den Ausſchlag). Dieſe Empfindlichkeit hängt einzig vom Aufhängungspuncte C ab; ſie wird um ſo vollkommener ſeyn, je weniger Reibung in dieſem Puncte zwiſchen der Schneide C und der, ſie tragenden, Platte Statt findet: denn die Reibung, welche aus dem Uebereinanderliegen zweier Körper hervorgeht, iſt eine Kraft, die in der Richtung von deren Oberflächen wirkt, und den andern Kräften Widerſtand leiſtet, welche dieſe Flächen von einander zu trennen ſtreben. So muß denn auch die Reibung der Schneide C an der, ſie tragenden, Platte der Drehung des Wagebalkens LL' um den Punct

C entgegenwirken: da eine ſolche Drehung nicht Statt haben kann, ohne die, ſich berührenden, Theile der Schneide und ihre Unterlage von einander zu trennen. Es bedarf einer Kraft, um ihre Adhäſion zu überwinden; und die Zunge kann nicht eher in Bewegung kommen, als bis man in die eine oder andre der Wagſchalen das, hiezu erforderliche, Gewicht zugelegt hat.

Um die Wirkung dieſer Trägheit zu mindern, giebt man der Schneide die möglichſte Schärfe und, ſo wie der, als Unterlage dienenden Platte, die vollkommenſte Politur. Damit dieſe Stücke durch beſtändigen Druck auf einander nicht leiden, bringt man unter den Armen des Wagebalkens zwei Gabeln FF′ an, die in der Zeit, wo man die Wage nicht braucht, ihn faſſen und in einer horizontalen Lage erhalten, ohne ihn in die Höhe zu heben. Dieſe Gabeln ſind mittelſt einer, durch N in der Figur vorgeſtellten, Handhabe beweglich. Will man ſich der Wage bedienen, ſo läßt man ſie nieder; der Wagebalken wird frei und ſeine Arme beweglich: nach Beendigung der Beobachtungen richtet man die Gabeln wieder auf, und bringt dadurch den Wagebalken LL′ wieder in horizontale Lage und Ruhe. Um endlich zufällige Bewegungen zu verhüten, welche die Luft hervorbringen könnte, ſchließt man das ganze Inſtrument in einen gläſernen Kaſten ein, der blos mit den erforderlichen Oeffnungen verſehen iſt, um die Gewichte und die zu wiegenden Körper einzulegen. Zweckmäßig iſt es, in dieſen Kaſten eine Schale zu ſetzen, die mit lebendigem oder ſalzſaurem Kalk oder irgend einem andern, die Feuchtigkeit der Luft anzuziehen geeigneten, Salz gefüllt iſt, welches man Sorge trägt, von Zeit zu Zeit zu erneuern. Durch dies Mittel erhält man das Innere des Inſtruments ſtets trocken und verhütet das Roſten der Theile aus Stahl, welche zum Inſtrumente gehören.

Man ſieht ferner, daß es, um das Inſtrument auf einen kleinern Umfang zu bringen, von Vortheil iſt, der Zunge die Richtung von Oben nach Unten zu geben, wie in Fig. 11. dargeſtellt iſt. Dieſe Einrichtung gewährt überdies den Vortheil, eine leichtere Beobachtung ihrer Bewegungen zu geſtatten. Um dieſe mit Genauigkeit anſtellen zu können, verzeichnet man auf dem Fuß des Inſtruments und ſenkrecht auf der, daſſelbe tragenden, Säule, eine horizontale gleich abgetheilte Eintheilung, über welcher das untere Ende der Zunge hin und wieder ſchwingt, wenn ſie ſich eben ins Gleichgewicht ſetzen will; wozu ſie nur nach einer langen Folge ſehr langſamer Oscillationen gelangt. Der Nullpunct der Eintheilung muß in der Verticale des Puncts C liegen, und man ſchließt, daß die Wage im Gleichgewicht iſt oder zu demſelben gelangen wird, wenn die Oscillationen der Zunge ausnehmend klein ſind, und ſich nach beiden Seiten in gleiche Entfernungen vom Nullpunct der Eintheilung erſtrecken. Man braucht dann nicht einmal abzuwarten, daß die Zunge völlig zur Ruhe komme; es reicht hin, bei der zweiten Abwägung die Oscillationen zwiſchen die nämlichen Gränzen zurückzuführen. Auch muß man ganz beſondre Vorſicht anwenden, dem Inſtrumente keinen Stoß zu geben, wenn man den Körper M aus ſeiner Schale nimmt, um gleichgeltende Gewichte ſtatt ſeiner einzulegen; indem ein ſolcher Stoß die Art der Berührung der Schneide C mit ihrer Unterlage, und mithin auch die Reibung beider Theile an einander, verändern könnte, was eine entſprechende Veränderung in dem, zur Ueberwindung der Reibung erforderlichen, Gewichtsüberſchuß bedingen müßte; während dieſer, wenn er bei beiden ſucceſſiven Wägungen der nämliche bleibt, die völlige Vergleichbarkeit derſelben, und mithin die ſtrenge Gleichheit der Maſſe der Gewichte, welche man an die Stelle des Körpers M einlegt, mit der Maſſe dieſes Körpers ſelbſt beſtehen läßt.

Um ſolchergeſtalt ſicher von einer Wägung zur andern überzugehn, muß man, nach Vollendung der erſten, die beiden Gabeln ſacht aufrichten, um den Wagebalken zur Ruhe zurückzuführen, ohne ihn zu entlaſten; dann legt man, noch vor dem Herausnehmen des Körpers M, in die Wagſchale, in der er ſich befindet, oder beſſer in eine zweite Hülfsſchale a irgend einen andern Körper, deſſen Gewicht ungefähr die Hälfte des ſeinigen beträgt. Nachdem dies geſchehen, nimmt man den Körper M heraus, erſetzt ihn annäherungsweiſe durch die Zahl von Grammen, die man ungefähr ſeinem Gewichte gleichgeltend hält; und entfernt nun den fremden zugelegten Körper der blos die Beſtimmung hatte, die Berührung der Schneide mit ihrer Unterlage in der nämlichen Art fortdauern zu laſſen und den Wagebalken in ſeiner Lage zu erhalten. Jetzt läßt man die Gabeln herab, der Wagebalken wird wieder frei, mit demſelben Grade der Beweglichkeit, als das erſtemal; und, bei völliger Uebereinſtimmung aller Umſtände mit denen der erſten Wägung, erhält man nun auch das Gleichgewicht auf die nämliche Weiſe.

Der Künſtler hat bei Verfertigung der Wage Sorge zu tragen, daß die Ebene der, von der Zunge zu durchlaufenden, Eintheilung genau der Ebene, auf welcher die Schneide ruht, parallel ſey. Es reicht dann hin, um letztre in horizontale Lage zu bringen, daß man der Platte, auf welcher die Eintheilung verzeichnet iſt, eine horizontale Richtung giebt. Zu dieſem Zweck ſtellt man eine Waſſerwage mit einer Luftblaſe auf dieſe Eintheilung; und ſchiebt dann unter den Tiſch, der die Wage trägt, ſo lange Unterlagen, bis die Waſſerwage anzeigt, daß Horizontalität Statt finde. Dieſe muß aber nach allen Richtungen Statt finden, damit die Ebene, welche die Schneide trägt, ſich nicht nach Vorn oder Hinten neige, ſondern ebenfalls horizontal ſey. Bei Erfüllung dieſer Bedingung hat die Wage ihre gehörige Empfindlichkeit, und kann jetzt in Gebrauch gezogen werden. Jedesmal, wenn man zum Gleichgewicht gelangt, ſind die Oscillationen der Zunge langſam, regelmäßig und erſtrecken ſich in gleiche Weiten zu beiden Seiten des Nullpuncts der Eintheilung. Die Fortinſchen Wagen dieſer Art ſind ſo empfindlich, daß bei einer Belaſtung jeder Wagſchale mit tauſend Grammen ein einziger Milligramme hinreicht, einen Ausſchlag zu bewirken.

Ich habe dieſen Gegenſtand ſo ausführlich abhandeln müſſen, weil die genaue Gewichtsbeſtimmung eines der wichtigſten Elemente der Phyſik iſt, auf das man jeden Augenblick zurückzukommen genöthigt iſt. Die Methode der doppelten Abwägung, die ich ſo eben auseinandergeſetzt habe, rührt von Borda her. Sie verbindet Leichtigkeit mit Sicherheit und iſt die einzige, die in der Ausübung von der Ungleichheit der Arme der Wage und der Wirkung der Reibung wirklich unabhängig iſt. Mit den angegebenen Vorſichtsmaßregeln angewandt, wird ſie die Gewichte der Körper für den Augenblick, wo man ſie dieſer Operation unterwirft, mit der möglichſt zu erlangenden Genauigkeit geben. Wiederholt man jedoch den Verſuch am nämlichen Körper zu verſchiedenen Zeiten, ſo wird man einige Unterſchiede finden, zumal wenn ſein Volumen groß und ſein Gewicht gering iſt. Dies rührt daher, daß die Abwägung in der Luft, einer, wie wir bald nachweiſen werden, ſchweren Flüſſigkeit vorgenommen wird. Wir haben im erſten Buche dargethan, daß die, in eine Flüſſigkeit getauchten, Körper darin einen Theil ihres Gewichts verlieren, welcher dem Gewicht des, von ihnen aus der Stelle gedrückten, Volumens Flüſſigkeit gleich kommt. Wiegen wir alſo Körper in der Luft, ſo iſt es eigentlich nicht ihr abſolutes Gewicht, was wir beobachten, ſondern der Ueberſchuß ihres Gewichts über das eines gleichen Luftvolumens. Nun werden wir weiterhin durch die Erfahrung darthun, daß die, auf der Erdoberfläche befindliche, Luft nicht immer das nämliche Gewicht bei dem nämlichen Volumen beſitzt, weil eine zahlloſe Menge zufälliger Urſachen eine Ausdehnung oder Verdichtung derſelben bewirken. Dieſen Veränderungen müſſen alſo auch Veränderungen im Gewichtsverluſt der, in der Luft gewogenen, Körper entſprechen; und um das wahre Gewicht derſelben zu erhalten, muß man das veränderliche Gewicht des, von ihnen aus der Stelle gedrückten, Luftvolumens dazu addiren, um ſie auf den Fall zu reduciren, als wenn ſie in einem, von Luft und jeder andern ſchweren Materie gänzlich freien, Raume gewogen worden wären. Auch werden wir dies in der Folge ausführen; um jedoch dahin zu gelangen, fehlt uns noch eine zu große Menge Erfahrungskenntniſſe, die wir zuvor erwerben müſſen. Ich habe blos hier durch die Erfahrung das Erforderniß dieſer Reductionen, um die conſtanten und abſoluten Gewichte der Körper zu erhalten, darthun wollen. Weiterhin werden uns, und zwar ebenfalls durch die Erfahrung, Mittel zu ihrer Ausführung an die Hand gegeben werden.

Drittes Capitel.

Von der Einrichtung und dem Gebrauch des Thermometers.

Sehr bald giebt ſich dem, der die Erſcheinungen der Phyſik und Chemie in ihrer Geſammtheit betrachtet, das Feuer als das mächtigſte, wirkſamſte, für die Werkſtatt der Natur wie der Künſte wichtigſte, Agens zu erkennen. Unſer Körper empfindet in jedem Augenblick die Wirkungen deſſelben, ſey es als Hitze, die uns verletzt, oder als ſanfte Wärme, die uns in der Strenge des Winters wohl thut. Es erwärmt alle Subſtanzen, ſetzt ſie in Flammen, ſchmilzt, verflüſſigt ſie, bringt ſie zum Glühen, zum Sieden, verwandelt ſie in Dämpfe. Selbſt wenn es mit mindrer Energie zu wirken ſcheint, dehnt es die Dimenſionen der Körper aus, bringt Veränderungen in ihrem Volumen zuwege und modificirt ſie ohne Aufhören in ihren verborgenſten Eigenſchaften. Um nun dieſe Eigenſchaften in verſchiednen Körpern oder in dem nämlichen Körper zu verſchiednen Zeiten auf vergleichbare Weiſe beobachten zu können, müſſen wir uns gegen dieſe Urſach immerwährender Abänderungen ſicher ſtellen; und da wir ihre Wirkung an ſich nicht aufheben können, wenigſtens einen Weg zu finden ſuchen, wie ſich der Zuſtand, in den ſie jeden Körper in dem Augenblicke, wo wir ihn beobachten, verſetzt, genau ausmitteln und auf feſte Beſtimmungen zurückführen läßt.

Zuvörderſt nun faſſen wir dieſe Urſach ſo rein als möglich auf! Obgleich man mit dem Wort Feuer gewöhnlich den Begriff von Flamme und Licht verbindet, ſo giebt ſich doch leicht zu erkennen, daß alle, ſo eben angedeuteten, Erſcheinungen auch ohne den Hinzutritt beider Statt finden können. Denn laſſe ich Blei in einem eiſernen Gefäß durch Feuer ſchmelzen, ſo wird dies Blei, ohne in Flammen geſetzt zu werden und Licht zu verbreiten, ſelbſt die Fähigkeit annehmen, andre Körper zu erhitzen; es wird Eis, Schwefel und Zinn ſchmelzen, Wachs entzünden, Waſſer und alle andern tropfbaren Flüſſigkeiten zum Sieden bringen und in Dämpfe verwandeln. Da es nun ſolchergeſtalt auf dieſe Körper ohne Flamme und Licht wirkt, ſo können wir in Gedanken dieſe beiden Modificationen von dem, jene Wirkungen hervorbringenden, Prinzip, welcher Beſchaffenheit es auch übrigens ſeyn mag, trennen. Um dieſe Trennung ein für allemal feſt zu ſtellen, und einen beſondern Ausdruck für dies Prinzip zu erhalten, werden wir es durch einen eigenthümlichen Namen bezeichnen, es Caloricum *) (calorique) nennen.

Dieſe einfache und ſich von ſelbſt ergebende Unterſcheidung führt uns zu der Anſicht, daß das Wort Wärme (chaleur), mit welchem man gewöhnlich auf unbeſtimmte Weiſe die Vorſtellung von etwas Urſächlichem verbindet, in der That nichts anders ausdrückt, als die Empfindung, welche das Caloricum oder Wärmeprincip in unſern Organen hervorruft, und in weiterer Ausdehnung, die Wirkung, die es in noch widerſtehendern Organen, oder ſelbſt in nicht organiſirten Körpern hervorzurufen vermag. Wir werden daher künftig das Wort Wärme auch einzig in dieſer Bedeutung gebrauchen, um im Allgemeinen die, dem Caloricum eigenthümliche, Wirkungsart zu bezeichnen.

Das Gefühl der Wärme aber wird keineswegs immer in derſelben Energie von uns empfunden; es giebt Abſtufungen zwiſchen der ſanften Wärme, die wir in einem Bade fühlen, und der, die uns beim Anrühren eines glühenden Eiſens verletzt. Die, von einer einzigen glühenden Kohle erregte, Wärme reicht hin, Schwefel anzuzünden, nicht aber, Kupfer oder Silber zu ſchmelzen. Um die verſchiednen Grade der Energie, mit der das Caloricum unter dieſen verſchiednen Umſtänden wirkt, zu bezeichnen, werden wir ſie Temperaturen nennen, und wärmere und kältere, oder höhere und niedere Temperaturen unterſcheiden, je nachdem ihre Wirkungen von uns oder andern Körpern als mehr oder minder heftige Wärmegrade empfunden werden. Hierdurch wollen wir nur die Ungleichheit dieſer Empfindungen und ihrer Wirkungen ausdrücken, nicht ſie meſſen oder beſtimmen; noch weniger finden wir uns daraus zu einem Schluß über die Art, wie ſie von dem, ſie bedingenden, Caloricum abhängen, berechtigt. Alle dieſe Umſtände können nur durch genaue Meſſungen feſt geſtellt werden, zu denen wir weiterhin zu gelangen ſuchen wollen; für jetzt aber mußte wenigſtens auf das Erforderniß, ſich nach denſelben umzuſehen, hingewieſen werden.

Es iſt kein ſeltner Fall in den Wiſſenſchaften, daß diejenigen, welche einen neuen Ausdruck einführen, um die unbekannte Urſach einer Erſcheinung auszudrücken, ſich alsdann verleiten laſſen, ſeine

---

*) Ich behalte dieſen Ausdruck, ſtatt des deutſchen Wärmeſtoffs, wegen ſeiner größern Allgemeinheit bei, da er nicht, wie dieſer, die ſtoffige Natur des Wärmeprincips ſchon erwieſen vorausſetzt.

Bedeutung weniger abſtract zu nehmen, vielmehr ſie realiſiren und verkörpern zu wollen. Dies iſt auch der Fall mit dem Caloricum geweſen. Die Phyſiker und Chemiker betrachten zum größten Theil daſſelbe als einen Stoff, dem ſie mehrere, denen der übrigen materiellen Subſtanzen analoge, Eigenſchaften beilegen, als die Elaſticität, die Compreſſibilität und die Fähigkeit mit andern Körpern ſich chemiſch zu verbinden. Zur Annahme dieſer materiellen Eigenſchaften des Caloricums hielten ſie ſich durch die Analogie berechtigt; denn da man das Caloricum weder ſehen noch wiegen kann, ſo ſind ſie genöthigt, ungeachtet ihrer Anſicht von demſelben, es, wenigſtens für unſre ſinnliche Wahrnehmung, derjenigen Eigenſchaften beraubt zu denken, welche von der materiellen Exiſtenz der Körper die deutlichſten Zeugniſſe geben, der Undurchdringlichkeit nämlich und der Schwere. Weiterhin werden wir die Wahrſcheinlichkeit dieſer Hypotheſe auf dem Erfahrungswege unterſuchen; dies kann aber folgerecht nicht geſchehen, bevor wir nicht durch die Erfahrung die phyſiſchen Geſetze ausgemittelt haben, denen die wahrnehmbaren Wirkungen des Caloricums gehorchen. Bis dahin werden wir uns ſtreng an die abſtracte Bedeutung der, von uns gewählten, Benennungen halten; wir werden im Caloricum nichts anders ſehen, als die unbekannte Urſach der Wirkung, die wir als Wärme empfinden, und das Wort Temperatur wird uns nur als ein Ausdruck für die verſchiedenen Grade ſeiner wahrnehmbaren Wirkſamkeit gelten.

Stets finden wir uns, beim Zurückgehen auf die erſten Grundurſachen der Erſcheinungen, durch eine ſolche Gränze aufgehalten; die Wiſſenſchaft vermag nicht, den Zweifel zu heben, nur, ihn weiter zurücktreten zu laſſen, ſo daß er zuletzt blos noch die Gegenſtände trifft, die außer den Gränzen des Bereichs für unſre Vernunft liegen oder bisher gelegen haben. Die Kunſt der Erfahrung beruht darauf, unter den Erſcheinungen diejenigen ausfindig zu machen, welche die allgemeinſten, die einflußreichſten ſind; um in ihnen, wenn ſie durch Beobachtungen ſicher geſtellt und allen Umſtänden nach gehörig ausgemittelt ſind, Principien zu erhalten, aus denen ſich andre Thatſachen als Folgerungen herleiten laſſen. Dann trifft das Dunkel nicht mehr die allgemeinen Erſcheinungen, noch deren Verkettung, über die es allein von Nutzen ſeyn kann, Licht zu erhalten; ſondern blos noch die Grundurſache einer geringen Zahl von Thatſachen; und wenn Dunkelheiten dieſer Art überhaupt unvermeidlich ſind, ſo ſind ſie dadurch wenigſtens in ihre gehörigen Gränzen zurückgewieſen. Wir ſehen eine Aufeinanderfolge der Erſcheinungen, wie der Zeugungen im Menſchengeſchlecht, in einer Ordnung, die ſich unſrer Beobachtung darbietet, ohne daß wir zu ſagen, ja nur zu denken vermöchten, auf welche

Weiſe dieſelbe begann. Wir verfolgen die Ringe einer unendlichen Kette; zwar können wir, derſelben nachgehend, von einem Ringe zum andern aufſteigen; allein der Punct, wo die Kette aufgehangen iſt, bleibt unſern ſchwachen Händen unerreichbar. Um über die Beziehungen, in denen die Naturerſcheinungen zu einander in der Wirklichkeit ſtehen, ins Klare zu kommen, reicht es nicht hin, ſie obenhin zu beobachten, und in Hypotheſen, die ſtets etwas Schwankendes und Unſichres behalten, einzuhüllen; vielmehr hat man die Beſchaffenheit und den Umfang ihrer Wirkungen auf genaue Art auszumitteln, damit der Verſtand zur Bearbeitung und Combinirung blos in aller Strenge richtige Data erhalte; mit einem Worte, man muß an die Erſcheinungen das Maß legen. Meſſen und Wägen, dies ſind die beiden großen Geheimniſſe der Chemie und Phyſik; ſind das Begründende aller Entdeckungen, womit ſich dieſe beiden Wiſſenſchaften in den letzten Zeiten bereichert haben.

Um nun die verſchiednen Wirkungsgrade des Caloricums auf präciſe Maße zurückzuführen, werden wir uns etwa an die verzehrenden und zerſtörenden Wirkungen halten, die es auf faſt alle Körper der Natur ausübt? Gewiß nicht, eben, weil die, dadurch in den Zuſtänden der Körper hervorgebrachten, Veränderungen jeden Gedanken an eine Vergleichung ausſchließen. Werden wir ſicherer gehen, wenn wir unſre veränderlichen Empfindungen von Wärme und Kälte, als Maßſtab anlegen? Eben ſo wenig. Es bedarf nur eines geringen Nachdenkens über die Art, wie wir unſre Empfindungen erhalten, um in den Anzeichen, die ſie uns geben, blos etwas rein Relatives zu ſehen. Die Quantität Licht, welche hinreicht, uns die Gegenſtände in einem Schauſpielſaale unterſcheiden zu laſſen, in dem wir einige Zeit verweilt haben, ſcheint uns ein völliges Dunkel, wenn der helle Tagesglanz plötzlich unſre Augen trifft. Das nämliche Thauwetter, das uns ſo ausnehmend milde vorkommt, wenn es plötzlich während der ſtrengen Winterkälte einfällt, würde uns als unleidlich kaltes Wetter erſcheinen, wenn wir demſelben mitten in der großen Sommerhitze ausgeſetzt würden. Hierin liegt der Grund, warum die Temperatur unterirdiſcher Gemächer uns im Sommer kalt und im Winter warm zu ſeyn dünkt, obgleich ſie ſich, wie wir weiterhin erweiſen werden, in der Wirklichkeit ſtets gleich bleibt. Wie nach dieſen Beiſpielen leicht zu erachten alſo, werden uns die verſchiednen Grade der Stärke, in der unſre Empfindungen auftreten, nicht zu einem conſtanten Maßſtabe für die Urſachen, die ihrer Erregung zu Grunde liegen, dienen können; da eben jene Stärke der Empfindungen ſich nur auf relative Vorſtellungen ſtützt, die weiter nichts als eine Aufeinanderfolge von Ungleichheiten, ohne alle abſolute Schätzung, darzuthun vermögen.

Wir finden uns ſolchergeſtalt darauf verwieſen, unter den, vom Caloricum begründeten, Erſcheinungen nach ſolchen zu forſchen, die, an unorganiſchen Subſtanzen vorgehend, momentan eine, in die Beobachtung fallende, Modificirung derſelben mit ſich führen, ohne Veränderung jedoch ihrer Natur oder innern Grundbeſchaffenheit; ſo daß nach Entfernung der Urſach die Körper ganz wieder zu ihrem vorigen Zuſtande zurückkehren, wie viel vorübergehenden Veränderungen man ſie auch unterwarf. Nun giebt es eine Erſcheinung, deren Grundurſache das Caloricum iſt, und welche alle dieſe Bedingungen vollkommen erfüllt; es iſt diejenige, welche man unter Ausdehnung (dilatation, dilatatio) und Zuſammenziehung (contraction, contractio) der Körper verſteht.

Es iſt ein allgemeiner und leicht nachzuweiſender Erfahrungsſatz, daß alle Körper, wenn ſie erwärmt werden, ohne daß ihre natürliche Beſchaffenheit eine Aenderung erfährt, ſich nach allen Richtungen ausdehnen, ſo daß ſie ein beträchtlicheres Volumen als zuvor einnehmen. Man kennt keinen Körper, der hiervon eine Ausnahme machte.

Die Ausdehnung der feſten Körper, namentlich der Metalle, beträgt ſehr wenig, ſo lange ſie noch von dem Zuſtande entfernt ſind, in welchem ſie ſchmelzen; deſſenungeachtet fällt die Wirkung derſelben ſchon bei einer Menge Gegenſtände der täglichen Erfahrung in die Augen. In den großen Waſſerleitungen, zu denen man Röhren von Gußmetall, durch eiſerne Schrauben an einander befeſtigt, anwendet, bringt der Temperaturunterſchied zwiſchen Winter und Sommer ſolche Veränderungen in den Dimenſionen dieſer langen Metallmaſſe hervor, daß es erforderlich wird, von einer Stelle zur andern, Röhren von der Einrichtung anzubringen, daß ſie ſich in einander hineinſchieben können, um ſich dieſem Wechſel zwiſchen Ausdehnung und Zuſammenziehung zu fügen: widrigenfalls unfehlbar Sprünge in der Metallſäule entſtehen würden. Man nennt die Apparate dieſer Art Ausgleichungsröhren oder Compenſatoren. Auch bei dem Bau der Eiſenbrücken wird es nöthig, dergleichen anzubringen. Ebenfalls die Ausdehnung der Metalle iſt es, welche die Verlängerung der Pendelſtangen im Sommer, ihre Verkürzung im Winter bewirkt, und dadurch die Bewegung derſelben bald verzögert, bald beſchleunigt, weshalb man für dieſe beiden Abweichungen Correctionen anbringen muß, im Fall man nicht eine Abhülfe getroffen hat, wodurch die Wirkung dieſer Veränderlichkeit aufgehoben wird, wovon weiter unten.

In weit beträchtlicherm Verhältniß, als die feſten Körper, dehnen ſich die flüſſigen unter den nämlichen Umſtänden aus. Wenn man ein, aus noch ſo feſtem Metall verfertigtes, Gefäß mit Waſſer anfüllt, feſt verſchließt, und dann einer ſtarken Hitze ausſetzt, ſo wird es, wenn das Waſſer nicht etwa durch eine Spalte entweichen kann, unfehlbar mit einem ſtarken Knall platzen, welches beweiſt, daß der Stoff, aus dem das Gefäß beſteht, ſich minder ausdehnt, als das, in ihm enthaltene, Waſſer. Um aber dieſe Wirkungen auf eine leichtere und weniger gefahrvolle Weiſe zu beobachten, nehme man eine Flaſche von dünnem Glaſe mit weitem Bauch und engem Halſe, fülle ſie ganz oder faſt ganz mit Waſſer oder irgend einer andern Flüſſigkeit an, und nähere ſie dann allmälig dem Feuer: bald wird man wahrnehmen, wie ſich die Flüſſigkeit ausdehnt, im Halſe der Flaſche aufſteigt, ſie gänzlich anfüllt, und lange vor dem Sieden über die Ränder der Flaſche ausfließt. Je enger der Hals im Verhältniß zur Weite der Flaſche iſt, um ſo ſchneller und in die Augen fallender iſt das Gelingen des Verſuchs; auch eignet ſich zu dieſer Art von Verſuchen nichts beſſer, als eine, an das Ende einer Röhre von ſehr engem innern Durchmeſſer angeblaſene, hohle Glaskugel. Giebt man dann genau Acht, ſo bemerkt man mit Erſtaunen, daß im erſten Augenblick der Wirkſamkeit des Caloricums die Flüſſigkeit in der Röhre, anſtatt emporzuſteigen, ſinkt. Dies rührt daher, daß die Subſtanz des Glaſes, weil ſie die Wärme zuerſt empfängt, ſich auch zuerſt ausdehnt, noch bevor ſich der nämliche Einfluß auf die Flüſſigkeit erſtreckt; ſo wie aber die Wärme weiter durch den ganzen Apparat dringt, beginnt auch die Ausdehnung der Flüſſigkeit, und überwiegt bald die des Glaſes.

Gleicherweiſe laſſen ſich auch die Wirkungen der Ausdehnung und Zuſammenziehung in den luftförmigen Subſtanzen zur Wahrnehmung bringen, d. h. in ſolchen, die in ihren Eigenſchaften der atmoſphäriſchen Luft und den Dünſten analog ſind. So iſt es die elaſtiſche Kraft des Waſſerdampfs, welche die Stempel der Dampfmaſchinen hebt. Um uns jedoch auf Gegenſtände der gewöhnlichen Erfahrung zu beſchränken: jedermann weiß, wie ſchwer es zuweilen hält, eine Flüſſigkeit in eine Flaſche mit ſehr engem Halſe, dergleichen z. B. die Riechfläſchchen ſind, einzufüllen. Dies rührt von dem Widerſtande der, inwendig enthaltenen, Luft her, welche, da ſie nicht durch den Hals ausweichen kann, den ſie durch die kleine Säule Flüſſigkeit, die man hineingebracht hat, verſtopft findet, der Flüſſigkeit den weitern Durchgang durch den Hals unmöglich macht. Um dies Hinderniß zu beſeitigen, erwärme man das Fläſchchen; die inwendig enthaltne Luft wird ebenfalls warm werden, ſich mehr als das Glas ausdehnen, und von dem Volumen des Fläſchchens nicht mehr gefaßt werden können; es wird alſo ein Theil derſelben entweichen. Jetzt kehre man das Fläſchchen in der Flüſſigkeit um, die man eindringen will, und warte einige Augenblicke; die, im Fläſchchen gebliebene, Luft wird kalt werden, ſich zuſammenziehen und der Flüſſigkeit Platz machen, die nun hinein ſteigt, um den leer gewordenen Raum einzunehmen, hiebei dem Druck gehorchend, den die äußere Luft, wie wir bald ſehen werden, auf alle Körper ausübt.

Mißt man ſorgſam die Dimenſionen der Körper, nachdem man ſie verſchiedenen Temperaturen ausgeſetzt hat, ſo findet man im Allgemeinen, daß ſie, wenn das Feuer nichts in ihrem beſtehenden Zuſtande oder ihrer Natur geändert hat, genau zu ihren vorigen Dimenſionen zurückkehren, wie oft man ſie auch dieſen Veränderungen abwechſelnd unterwerfen mag. Dieſe Eigenſchaft beobachtet man z. B. an den Metallen, wenn man ſie nicht bis zum Schmelzen erhitzt; an den Flüſſigkeiten, wenn ſie nicht bis zum Sieden erhitzt werden[1]). Man findet allerdings, daß der Thon und einige andere Subſtanzen ſich im Gegentheil ſcheinbar zuſammenziehen, wenn ſie dem Feuer ausgeſetzt werden, nachdem ſie zuvor mit Waſſer getränkt wurden: dann aber kehren ſie bei der Abkühlung nicht wieder zu ihren vorigen Dimenſionen zurück; woraus erhellt, daß ihre Zuſammenziehung eine Wirkung des Austrocknens iſt, welches, ſie erfahren, oder eines innigern Zuſammentretens ihrer Grundbeſtandtheile, nicht aber eine vorübergehende Wirkung der Wärme. Man nennt dieſe Erſcheinung das Schwinden (retrait) und ſie erfordert eine Berückſichtigung bei der Verfertigung irdener und porcellanener Gefäße; widrigenfalls dieſe, aus dem Ofen genommen, nicht die beabſichtigte Geſtalt haben würden; man ſieht jedoch aus der Urſache dieſer Erſcheinung, daß ſie keine Ausnahme von den allgemeinen Geſetzen der Ausdehnung der Körper macht.

Dieſe, allen Körpern zukommende, Eigenſchaft, durch die Wirkung der Wärme ausgedehnt zu werden, und die nämlichen Dimenſionen wieder anzunehmen, wenn man ſie wieder unter die nämlichen Umſtände verſetzt, bietet ein ſehr einfaches und ſehr genaues Mittel dar, gleiche und ungleiche Wärmegrade zu meſſen. Die glücklichſte Anwendung davon hat man zu Verfertigung der Inſtrumente gemacht, welche man Thermometer, d. i. Wärmemeſſer, nennt. Jedermann kennt ſie und ihren Gebrauch; nicht ſo allgemein bekannt aber ſind die Principien, auf welche ihre Einrichtung und die Sicherheit ihrer Anzeigen ſich ſtützen.

---

[1]) Um an den Flüſſigkeiten dieſe Eigenſchaft zu erkennen, muß man ſie in Röhren, die von allen Seiten verſchloſſen ſind, beobachten, damit ihnen die Wärme nicht einen Theil ihrer Subſtanz durch Verwandlung in Dämpfe entreiße. Unter Beobachtung dieſer Vorſichtsmaßregel findet man, daß, wenn ſie ihren innern Grundzuſtand (constitution intime) nicht ändern, d. h., wenn ſie noch den nämlichen Zuſammenhang bilden, den ſie vorher bildeten, ſie ſtets zu den nämlichen Dimenſionen bei der nämlichen Temperatur zurückkehren.

Im Grunde würden ſich alle Körper zu dieſem Zweck anwenden laſſen, weil alle, wie wir ſo eben geſehen, für die Abänderungen der Wärme empfänglich ſind; um aber ein genaues und bequemes Werkzeug zu erhalten, muß man eine Wahl unter ihnen treffen. Nehmen wir einen feſten Körper, z. B. eine Metallſtange, ſo werden die Grade ſeiner Ausdehnung und Zuſammenziehung zu gering ſeyn, um eine leichte Beobachtung zu geſtatten. Sie zur Wahrnehmung zu bringen, wird man Räderwerk und Hebel anwenden müſſen, bei denen die Beobachtung ſehr ins Kleine gehen und oft ſogar der gehörigen Genauigkeit ermangeln wird.

Bedienen wir uns hingegen zur Verfertigung unſeres Thermometers einer luftförmigen Subſtanz, z. B. der atmoſphäriſchen Luft oder irgend einer andern Gasart, ſo werden die Grade der Ausdehnung und Zuſammenziehung ſo beträchtlich werden, daß, bei etwas bedeutenderem Spielraum der Wärmeveränderungen, ihre Meſſung mit großer Unbequemlichkeit verknüpft ſeyn wird. Die Volumenveränderungen der tropfbaren Flüſſigkeiten, welche hinſichtlich ihrer Größe zwiſchen denen der feſten und elaſtiſchflüſſigen inne liegen, geben einen mittlern Grad an die Hand, der von dieſen entgegengeſetzten Mängeln frei iſt; und in dieſer Mittelclaſſe der Körper werden wir ſonach das Material zu unſerm Thermometer aufzuſuchen haben.

Unter ihnen eignet ſich ganz vorzüglich einer vermöge ſeiner phyſiſchen und chemiſchen Eigenſchaften zu dieſem Zweck; nämlich der, unter dem Namen **Queckſilber** bekannte, Körper, ſo genannt, weil er in der That dem, durch Wärme flüſſig gemachten, Silber gleich ſieht. Das Queckſilber hält, bevor es ſiedet und ſich in Dämpfe verwandelt, höhere Wärmegrade aus, als jede andere Flüſſigkeit, mit Ausnahme gewiſſer Oele; ſo auch kann man es, ohne daß es gefriert, Kältegraden ausſetzen, bei denen alle andere Flüſſigkeiten zu feſten Körpern erhärten würden, ausgenommen gewiſſe ſpirituöſe Flüſſigkeiten, wie der Weingeiſt und Aether. Ueberdies hat das Queckſilber den Vortheil, empfindlicher gegen die Wirkung der Wärme, als jede andere Flüſſigkeit, zu ſeyn; und endlich erfolgen die Veränderungen ſeines Volumens innerhalb der Gränzen, zwiſchen welche die Beobachtung der Erſcheinungen am häufigſten fällt, wie wir weiterhin ſehen werden, vollkommen regelmäßig und den Veränderungen proportional, welche die feſten Körper und die Gasarten unter ähnlichen Umſtänden erfahren. Dieſe Eigenſchaften zuſammengenommen müſſen uns dem Queckſilber bei Verfertigung unſerer Thermometer vor allen andern Körpern den Vorzug geben laſſen.

Damit jedoch alle Queckſilberthermometer einen gleichen Gang haben, und einer Vergleichung unter einander in allen Ländern der Welt fähig seyn, muß begreiflicher Weiſe die angewandte Subſtanz ſtets die nämliche ſeyn, ſtets dieſelben Eigenſchaften beſitzen. Hiezu gelangt man, indem man das Queckſilber im Zuſtande ſeiner größten Reinheit anwendet. Das reine Queckſilber iſt ein wahres flüſſiges Metall, welches ungefähr dreizehn und ein halb mal ſo viel, als Waſſer, bei gleichem Volumen, wiegt. In dieſem Zuſtande der Reinheit kommt es nie im Handel vor, vielmehr hält es gewöhnlich einige Theile Silber, Blei, Zinn oder Kupfer aufgelöſt, Metalle, mit denen es leicht Verbindungen eingeht. Um es zu reinigen, muß man es zuvörderſt von der Erde, den Steinchen und den andern Subſtanzen, welche in großer Vermengung damit vorkommen können, befreien. Dies zu bewerkſtelligen, braucht man nur ein Stück Gemsleder in eine Art Säckchen zuſammen zu falten, das Queckſilber hinein zu ſchütten, und dann ſtark mit den Fingern zuſammen zu preſſen. Das Queckſilber entweicht, ſo gedrückt, durch die unſichtbaren Poren des Leders, indem es ſich in einen feinen ſilberartigen Regen zertheilt, wobei alles zurückbleibt, was unter ſeine Subſtanz nur gemengt, nicht chemiſch damit verbunden, war.

Was nun die Abſcheidung der Metalle, welche mit ihm verbunden ſeyn können, betrifft, ſo benutzt man dazu die Eigenthümlichkeit, welche dieſe Metalle beſitzen, ſich kaum bei den höchſten Hitzegraden, welche hervorzubringen in unſrer Macht ſteht, zu verflüchtigen, während das Queckſilber bei einer nicht allzu hohen Temperatur kocht und in Dämpfe verwandelt wird. Man erhitzt das Amalgam *) in geſchloſſenen Gefäßen, welche mit Vorrichtungen verſehen ſind, in denen ſich durch Abkühlung die Dämpfe verdichten und zu tropfbarer Flüſſigkeit ſammeln können. Die Wärme verflüchtigt das Queckſilber, ohne die damit verbundenen Metalle übertreiben zu können; es erfolgt alſo eine Scheidung; die Metalle bleiben auf dem Boden liegen, und das Queckſilber findet ſich rein im Kühlapparat wieder.

Will man dies Verfahren auf geringe Quantitäten anwenden, dergleichen man gewöhnlich für Zwecke der Chemie und Phyſik benöthigt iſt, ſo ſchüttet man das unreine Queckſilber in eine kleine Glas- oder Porzellanretorte, und fängt die Dämpfe in einem Glasrecipienten auf, den man mit der Retorte mittelſt einer Glasröhre in Verbindung ſetzt, die ein Vorſtoß genannt wird. Man lutirt 1) dieſe

---

*) So nennt man jede chemiſche Verbindung des Queckſilbers mit andern Metallen.

1) Lutum oder Kitt nennt man in der Chemie eine kleiſterartige Zuſammenſetzung, womit die Fugen der Apparate verſchloſſen werden. Man hat verſchiedene Arten Kitt, je nachdem der, durch ihn zu ſchließende Apparat, der

Röhre mit einem Ende an den Hals der Retorte, mit dem andern an den des Recipienten an, wodurch der Apparat vollkommen geſchloſſen iſt. Unter der Retorte zündet man ein Kohlfeuer an, das zuerſt nur ſehr ſchwach ſeyn darf, allmälig aber verſtärkt wird; dagegen läßt man den Recipienten in kaltes Waſſer oder in geſtoßenes Eis tauchen, um durch die, ſolchergeſtalt bewirkte, Abkühlung die ſich bildenden Dämpfe zu verdichten. Begreiflich wird der Vorſtoß erforderlich, um die erhitzte Retorte von dem erkälteten Recipienten entfernt zu halten. Zweckmäßig iſt es, wenn er aus Glas oder Porcellan beſteht, weil dieſe Subſtanzen die Wärme ſchwer hindurch laſſen; auch iſt es von Vortheil, ihm eine ſich ſenkende Richtung von der Retorte nach dem Recipienten hin zu geben, damit die, ſich darin verdichtenden, Dünſte leichter ausfließen können, ohne in die Retorte zurückzufallen, wo ſie von Neuem verflüchtigt werden müßten.

Das, auf ſolche Weiſe ganz rein erhaltene, Queckſilber hat man nun in einen Apparat einzuſchließen, der die Grade ſeiner Ausdehnung und Zuſammenziehung bemerklich zu machen dient, und eine leichte Beobachtung derſelben geſtattet. Zu dieſem Zweck bläſt man an der Schmelzlampe eine hohle Glaskugel ans Ende einer ganz feinen Glasröhre, und füllt, mittelſt eines, ſogleich anzugebenden, Verfahrens Queckſilber in die Kugel und einen Theil der Röhre. Da, bei dieſer Anordnung, die Capacität (der Rauminhalt) der Kugel im Verhältniß zum innern Durchmeſſer der Röhre ſehr beträchtlich iſt, ſo wird begreiflich auch eine ſehr geringe Ausdehnung des, in ihr enthaltenen, Queckſilbervolumens durch eine beträchtliche Verlängerung der flüſſigen Säule in der Röhre ſichtbar werden. So laſſen ſich ſehr geringe Veränderungen der Wärme zur Wahrnehmung bringen; jedoch treten bei Ausführung dieſer an ſich ganz einfachen Idee verſchiedne Rückſichten ein.

Zuvörderſt iſt die Kugel zu blaſen: zu dieſem Zweck ſchmilzt man das Ende der Röhre an der Schmelzlampe, rundet es knopfförmig zu, indem man es mit dem Ende eines kleinen Kupfer- oder Eiſenſtäbchens knetet, welches, um warm zu bleiben, ebenfalls in die Flamme getaucht wird. Darauf bläſt man mit dem Munde in das offene Ende der Röhre, und dehnt dadurch den geſchmolzenen Theil zur Hohlkugel aus. Letztrer Theil der Operation führt jedoch den Uebelſtand mit ſich, daß Feuchtigkeit in die Röhre gelangt, die ſich nur mit viel Schwierigkeit nachher wieder herausbringen läßt. Ueberdies

---

Kälte, Wärme oder Feuchtigkeit mehr ausgeſetzt werden ſoll. Ueber ihre Zuſammenſetzung und ihren Gebrauch ſehe man den vierten Theil des Traité de Chimie von Thenard nach.

würde es ſehr ſchwer halten, auf dieſe Weiſe eine Kugel an das Ende einer ſehr engen Röhre anzublaſen. Zweckmäßiger iſt daher folgendes Verfahren. Man bringe das offene Ende der Röhre in den Hals einer kleinen Flaſche von Caoutchouc (Gummi elaſticum) ein, und binde denſelben feſt darum zuſammen, ſo daß er ganz feſt und genau die Röhre umſchließt. Wenn nun das andere Ende der Röhre geſchmolzen, und zum Knopfe wohl zugerundet iſt, richte man die Röhre vertical in die Höhe, ſo daß ihr kalter Theil oben zu ſtehen kommt, und drücke mit der Hand die Flaſche von Caoutchouc zuſammen. Die, darin enthaltene, trockne Luft wird die Stelle des Athems vertreten, und das knopfförmige Ende kugelförmig auseinandertreiben, ohne daß einer der obgemeldeten Nachtheile dabei eintritt. Man hat blos Sorge zu tragen, damit die Kugel ihre Geſtalt beibehalte, den Druck fortzuſetzen, bis das Glas durch die Abkühlung erhärtet iſt.

Damit nun das Thermometer einen ſich ſtets gleich bleibenden, und in ſeinen Anzeigen conſtanten, Maßſtab abgebe, muß die Röhre in ihrer ganzen Länge von dem nämlichen Caliber ſeyn, damit gleichen Graden der Ausdehnung des Queckſilbers in der Kugel gleiche Zunahmen in der Höhe der Säule entſprechen. Um ein gutes Thermometer zu erhalten, wird man unter einer großen Anzahl Glasröhren diejenigen ausſuchen, welche dieſer Gleichheit am nächſten kommen. Um ſie zu prüfen, bringt man einen Queckſilbertropfen ein, der ſich in einen Cylinder verlängert, deſſen Länge man mißt. Man läßt dieſen Cylinder die verſchiedenen Theile der Röhre durchlaufen, und da ſein Volumen ſich nicht ändert, ſo muß er hierbei, wenn die Röhre wirklich überall von gleichem Durchmeſſer iſt, auch überall eine gleiche Länge derſelben ausfüllen. Nicht leicht findet man Röhren, welche dieſer Bedingung Genüſte leiſten, ja es iſt faſt unmöglich, ihr in aller Strenge entſprochen zu ſehen. Bezweckt man daher die äußerſte Genauigkeit, ſo muß man die kleinen, etwa noch vorhandenen, Ungleichheiten, corrigiren, indem man die Röhren in Theile von gleichem Volumen theilt. Dies geſchieht mittelſt eines, von Hrn. Gay Luſſac angegebenen und in meinem größern Werke über Phyſik (Traité général) auseinandergeſetzten, Verfahrens.

Einige Vorſichtsmaßregeln ſind noch beim Einbringen des Queckſilbers in die Kugel des Thermometers zu beobachten. Da die Röhre, durch welche es hineingebracht werden ſoll, gewöhnlich ſehr eng iſt, ſo trifft man hier auf die, ſchon oben erwähnte, Schwierigkeit, welche im Widerſtand der inwendig enthaltenen Luft begründet liegt; durch das angezeigte Mittel jedoch läßt ſie ſich beſeitigen. Man erwärmt die Glaskugel; die, darin enthaltene, Luft dehnt ſich aus, entweicht; man benutzt dieſen Augenblick, die offene Mündung der Röhre in das

Queckſilber, welches eindringen ſoll, einzutauchen, und, wenn nun die Kugel kalt wird, treibt es der äußere Luftdruck in der Röhre in die Höhe. Zweckmäßig iſt es, auch die Röhre ſehr ſtark zu erhitzen, bevor man das Queckſilber hineinbringt, um das Waſſer zu verflüchtigen, welches, im Fall das Blaſen der Kugel mit dem Munde vorgenommen würde, eindringen könnte, ſo wie auch, um die kleine Schicht Luft und Feuchtigkeit herauszutreiben, welche beim gewöhnlichen Zuſtande der Luft immer am Glaſe haftet. Ja, man muß hierbei die Röhre noch vor der Kugel erhitzen; ſie, wenn ſie recht heiß iſt, aufrichten, und nun erſt die Kugel ſchnell erhitzen, worauf die, darin enthaltene, Luft ſich raſch ausdehnt und alle die kleinen Unreinigkeiten austreibt, welche in der Röhre enthalten und der Bewegung des Queckſilbers längs ihrer Wände hinderlich ſeyn konnten.

Verfährt man auf die eben angezeigte Art, ſo trifft es ſich öfters, daß auf das erſte Mal nicht ſo viel Queckſilber in den Apparat tritt, als erforderlich iſt, die Kugel und einen Theil der Röhre anzufüllen. Dann beginnt man die Operation von Neuem, indem man die Kugel mit dem, darin enthaltenen, Queckſilber noch einmal ſtark erhitzt, und, wie vorhin, das offengebliebene Ende der Röhre in ein Queckſilberbad taucht. Dieſer Handgriff, einigemal wiederholt, wird die erforderliche Menge Queckſilbers in die Kugel und die Röhre treten laſſen.

Wie viel aber wird die einzubringende Menge betragen müſſen? Dies hängt von der Beſtimmung, die man dem Thermometer geben will, ab. Soll es von der Temperatur des kochenden Waſſers bis zu den höchſten Kältegraden, die in unſerm Klima Statt finden können, Dienſte leiſten, ſo müſſen zwiſchen der Capacität der Kugel und der Länge der Röhre gewiſſe Verhältniſſe Statt finden, die ſich leicht durch die Erfahrung ausmitteln laſſeln. Hat man zu viel Queckſilber eingebracht, oder iſt die Röhre nicht lang genug, ſo wird das Queckſilber bei der Temperatur des kochenden Waſſers das ganze Thermometer anfüllen und durch ſeine Mündung, im Fall ſie offen iſt, ausfließen; oder, wenn ſie verſchloſſen iſt, an das obere Ende der Röhre anſtoßen und es zerbrechen. Hat man im Gegentheil nicht genug Queckſilber eingebracht, ſo wird, bei den größten Kältegraden, das Queckſilber ganz in die Kugel herabſinken, und keine weitere Beobachtung der Grade, um die es ſich zuſammenzieht, mehr geſtatten. Verfertigt man nun zum erſten Mal ein Thermometer, ſo kann man nur durch Verſuche, indem man z. B. den Apparat wechſelsweis in kochendes Waſſer und in Eis ſtellt, ausmitteln, wie viel man Queckſilber einzubringen hat; jedoch ergeben ſich aus der Kenntniß der Geſetze, nach denen die Ausdehnung des Queckſilbers erfolgt, mittelſt des Calculs directe und ſichere Wege, dieſen Uebelſtänden auszuweichen, wie man im größern Werke nachleſen kann. Hier ſetze ich nur voraus, daß man durch Verſuche, wie ſo eben erwähnt, zum Zweck gelangt iſt.

Dies ſind indeß noch nicht alle Rückſichten, die man zu beobachten hat. Wenn das Queckſilber in die Röhre und die Kugel eingebracht iſt, ſo müſſen alle die kleinen Luftbläschen, die ſich etwa damit vermengt haben, fortgetrieben werden, indem ihre, von der des Queckſilbers verſchiedene, Ausdehnung ſo wie ihre Zuſammendrückbarkeit der Regelmäßigkeit der zu beobachtenden Erſcheinungen Eintrag thun würden. Das einzige Mittel, ſie gänzlich und ſicher zu entfernen, iſt, die Kugel, bevor die Röhre geſchloſſen wird, bis zum Sieden des Queckſilbers zu erhitzen; wobei alle Luft unfehlbar entweicht. Bei dieſer Operation würde jedoch auch ein Theil des hineingebrachten Queckſilbers herausgetrieben werden, der zur Füllung der Kugel bei geringen Wärmegraden unentbehrlich iſt. Dieſem Umſtand abzuhelfen, muß das offene Ende der Röhre eine blaſenartige Erweiterung haben, wie Fig. 14. zeigt, damit das Queckſilber, wenn es wegen ſeiner Ausdehnung nach Oben ſteigt, nicht über die Mündung der Röhre hinaustrete, ſondern ſich blos in dieſem Behälter ausbreite. Wenn das Sieden aufgehört hat und das Queckſilber ſich wieder zuſammen zieht, reicht der äußere Luftdruck allein hin, alles, in die erweiterte Stelle getretene, Queckſilber wieder in die Röhre hinabſteigen zu laſſen. Eine, bei dieſem Verſuch ſehr zu beachtende, Vorſichtsmaßregeln iſt, die Röhre dem Feuer in einer, gegen den Horizont etwas geneigten Richtung darzubieten, ſo wie die Figur es darſtellt, um den Druck zu vermeiden, den die, in der Röhre enthaltene, Queckſilberſäule auf das Queckſilber in der Kugel ausübt, da dieſer ein Hinderniß für das Sieden abgiebt.

Nach Beendigung dieſer Operation nun hat man, wenn man glaubt, ſo viel Queckſilber eingebracht zu haben, als für die äußerſten Hitze- und Kältegrade, denen man das Thermometer ausſetzen will, erforderlich iſt, daſſelbe hermetiſch (luftdicht) zu verſchließen; indem es nicht mehr ſich ſelbſt vergleichbar bleiben würde, wenn ein Theil des Queckſilbers entwiche. Man muß ſelbſt beim Verſchließen ſuchen, alle Luft, welche über der Queckſilberſäule in der Röhre zurückbleiben könnte, zu entfernen; nicht, als ob dieſelbe der Ausdehnung des Queckſilbers ein Hinderniß entgegenſetzen könnte, da dieſe mit unwiderſtehlicher Kraft geſchieht; ſondern aus Vorſicht, damit nicht, wenn das Thermometer bewegt wird, einige Luftbläschen in die Queckſilberſäule hineintreten und ihre Continuität unterbrechen können; wo es dann ſehr ſchwer halten würde, ſie, beſonders wenn die

Röhre ſehr eng wäre, wieder daraus zu entfernen. Dieſe Luft nun völlig auszutreiben, verfährt man auf folgende Art: Man zieht zuerſt an der Lampe das offene Ende der Röhre, welches man vorher zum Reſervoir ausgeweitet hatte, dünn aus; erhitzt darauf die Kugel des Thermometers, bis das Queckſilber vermöge ſeiner, dadurch bewirkten, Ausdehnung faſt bis an dies Ende empor ſteigt; und ſchmilzt, wenn es bis dahin gelangt iſt, das Ende der Röhre ſchnell an einer Kerzenflamme zu, die man durch Blaſen mit einem gläſernen Löthrohre in einen Feuerſtral verlängert. Auf dieſe Weiſe findet ſich die Röhre geſchloſſen, und der Luft iſt der Wiedereintritt verſperrt, wenn das Queckſilber beim Abkühlen ſich abermals zuſammenzieht. Darauf rundet man an der Lampe das zugeſchmolzene Ende ab, damit es nicht zu leicht zerbreche.

Es läßt ſich leicht erkennen, ob bei Verfertigung eines Thermometers dieſe Vorſichtsmaßregel beobachtet worden iſt: man braucht es nur umzukehren, ſo daß die Kugel oben zu ſtehen kommt. Iſt es rein von Luft, und die Röhre nicht von gar zu geringem innern Durchmeſſer, ſo fällt das, durch nichts unterſtützte, Queckſilber frei herab und füllt die ganze Röhre aus; wenn aber nicht alle Luft ausgetrieben iſt, ſo fällt die Säule nicht bis auf den Grund der Röhre herab, weil die darin befindliche Luft vermöge ihrer Elaſticität Widerſtand leiſtet, und die Säule bis dahin zu gelangen hindert.

Führt man Thermometer auf Reiſen mit ſich, ſo ereignet es ſich häufig, daß die Queckſilberſäule ſich ſolchergeſtalt in mehrere Theile trennt; die, wenn auch nur ganz wenig Luft in der Röhre zurückgeblieben iſt, nicht leicht wieder zuſammentreten. Dann muß man das obere Ende der Röhre an eine Schnur von einem bis zwei Meter Länge befeſtigen, und ſo ſchnell als möglich am Ende dieſer Schnur wie eine Schleuder herumbewegen. Die Centrifugalkraft, welche, wegen überwiegender Maſſe des Queckſilbers, eine ſtärkere Wirkung auf dieſes, als auf die Luft ausübt, reicht gewöhnlich hin, die Wiedervereinigung der getrennten Säulen zu bewerkſtelligen. Vorzuziehen würde es ſeyn, oben an der Röhre eine kleine Ausweitung anzubringen; und, ſobald eine Trennung in der Säule erfolgte, die Thermometerkugel ſo ſtark zu erhitzen, daß das Queckſilber in dieſe erweiterte Stelle hineinſtiege; wo es es dann, bei langſamen Erkalten, in einer einzigen zuſammenhängenden Maſſe in die Röhre zurücktreten würde. Ich empfehle Praktikern dieſe Vorſichtsmaßregel.

Zu Stande gebracht alſo wäre unſer Thermometer; jetzt zu ſeiner Anwendung. Denken wir uns zuvörderſt, wir ſetzten daſſelbe in ein Gefäß voll ſchmelzenden Schnees oder Eiſes, ſo werden wir das Queckſilber in der Röhre ſich ſogleich ſenken und zu einem feſten Standpunkt gelangen ſehen, worauf keine weitere Veränderung mehr eintreten wird, ſo lange wenigſtens, als der Schnee oder das Eis nicht gänzlich geſchmolzen ſind. Wenn nun aber die äußere Luft wärmer iſt, als das, durch dieſe Schmelzung entſtehende, Waſſer, ſo iſt klar, daß ſie dieſem beſtändig Wärme mittheilen muß. Da nun das Queckſilber im Thermometer keine ſolche Mittheilung zu erkennen giebt, ſo hat man den Schluß zu ziehen, daß dieſe Wärme nicht zu ihm gelangt. Sie wird alſo gänzlich zur Schmelzung des, im Waſſer enthaltenen, Eiſes oder Schnees verwandt: und das Verſchwinden der Wärme dauert ſolchergeſtalt fort, bis die ſämmtliche, im Gefäß enthaltene, Miſchung flüſſig geworden iſt. Dann, und nur dann erſt, geht die, dem Waſſer mitgetheilte, Wärme auch aufs Thermometer über, und das Queckſilber fängt an, in der Röhre emporzuſteigen.

Es erhellt hienach, daß das Eis oder der Schnee beim Schmelzen das Volumen des Queckſilbers auf einen beſtimmten und bleibenden Zuſtand bringen; bei jeder Wiederholung des Verſuches wird das Queckſilber zu dieſem Volumen zurückkehren, und das höchſte Ende der, in der Röhre enthaltenen, Säule bei dem nämlichen Punkte ſtehen bleiben. Markiren wir alſo dieſen feſten Punkt an der Röhre unſers Thermometers, er wird uns die Temperatur des ſchmelzenden oder thauenden Eiſes angeben. (Man nennt dieſen Punkt häufig ſchlechthin Eispunkt, Froſtpunkt oder Gefrierpunkt; obwohl er dies nur in Bezug auf das Gefrieren des Waſſers iſt.)

Tauchen wir nun auch unſer Thermometer in andre, mehr oder minder warme, Subſtanzen, ſo wird ſich danach das Volumen des, in ihm enthaltenen, Queckſilbers verändern, und wir werden die Säule bei verſchiednen Punkten ſtehen bleiben ſehen, die uns als Zeichen für eben ſo viele verſchiedene Temperaturen werden gelten können. Um eine bleibende Vorſtellung von jeder dieſer Temperaturen zu erhalten, werden wir die, ihr correſpondirenden, Punkte auf unſrer Röhre markiren.

Die Abſtände dieſer Punkte von einander werden im Allgemeinen für jedes Thermometer, das man verfertigen mag, verſchieden ausfallen; indem ihre Lage vom Verhältniß der Capacität der Kugel zu der der Röhre, ſo wie von der größern oder geringern Menge hineingebrachten Queckſilbers abhängt. Läßt man es mithin bei unſrer bisherigen Anordnung bewenden, ſo wird ein Beobachter die nämlichen Temperaturen nicht anders wieder auffinden können, als wenn er ſich des nämlichen Thermometers bedient, das ihm dieſelben früherhin angezeigt hatte. Zerbricht er es, ſo ſind alle ſeine Erfahrungen verloren; nie wird er vermögend ſeyn, andern Beobachtern feſte Punkte zur Vergleichung an die Hand zu geben. Um dieſem Uebelſtand abzuhelfen, ſucht man durch die Erfahrung ſelbſt einen andern Punkt für eine, ſich gleichbleibende, Temperatur, welcher von dem des ſchmelzenden Eiſes verſchieden iſt, aufzufinden, und betrachtet den Zwiſchenraum zwiſchen dieſen beiden Gränzpunkten, als die Einheit, nach deren Theilen man alle Grade der beobachteten Ausdehnung angiebt. Dieſer zweite, allgemein angenommene, feſte Punkt, iſt der für die Temperatur des kochenden deſtillirten Waſſers (Siedpunkt genannt).

In der That, wenn man das Thermometer in ein, mit ſiedendem Waſſer gefülltes, Gefäß taucht, ſo ſteigt das Queckſilber darin ſchnell bis zu einer gewiſſen Höhe, bei der es ſtehen bleibt. Wie ſtark man dann auch das Gefäß noch erhitzen mag, ſo lange, als nicht alles Waſſer verflüchtigt iſt, wird im Thermometer keine Veränderung ſichtbar werden; hier wird alſo alle, dem Waſſer zugeführte, Wärme darauf verwandt, daſſelbe zu verflüchtigen; eben ſo wie bei unſerm erſten, am ſchmelzenden Eiſe angeſtellten, Verſuche, alle zugeführte Wärme zur Schmelzung des Eiſes verbraucht wurde. Die Wärmetheorie zeigt uns das allgemeine Vorkommen dieſer Eigenſchaft; der Schmelz- und Verdampfungsgrad bleibt für jeden Körper unveränderlich, obwohl er verſchieden iſt für verſchiedne Subſtanzen. Dies weiſt der bleibende Stand des Thermometers beim Eintauchen in dieſe Körper, während ſie ſolchergeſtalt ihren Zuſtand ändern, nach.

Da nun, unſrer Uebereinkunft zufolge, der Siedpunkt des Waſſers uns als zweiter feſter Punkt dienen ſoll, ſo markiren wir ihn auf der Röhre. Von da, bis zum Punkt des ſchmelzenden Eiſes, findet auf jedem Thermometer ein gewiſſer Zwiſchenraum Statt; theilen wir denſelben in eine gewiſſe Anzahl Theile; z. B. in hundert, die wir Grade nennen wollen, und markiren ſie an der Röhre, indem wir 0 neben den Punkt des ſchmelzenden Eiſes, und 100 neben den des ſiedenden Waſſers ſchreiben. Iſt dieſe Uebereinkunft einmal getroffen, ſo werden alle, auf die nämliche Weiſe eingetheilte, Thermometer, ſtreng mit einander vergleichbar ſeyn; indem, wenn man ſie den nämlichen Temperaturen ausſetzt, das oberſte Ende der Queckſilberſäule ſtets bei der nämlichen Grad-Zahl ſtehen bleiben wird.

Dies lehrt die Erfahrung, und es läßt ſich erweiſen, daß dem nicht anders ſeyn kann. Denn, wenn zwei Thermometer verſchiednen Calibers von der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes zu der des ſiedenden Waſſers übergehn, ſo dehnen ſich die, in ihnen enthaltenen, abſoluten Queckſilbermengen in einem und demſelben Verhältniß aus. Nun beruht die Gradeintheilung der Thermometer blos darin, daß man die Größe dieſer Geſammtausdehnung in die nämliche Zahl gleiche Theile theilt; wo dann jeder der Theile noch das nämliche Verhältniß zu dem, urſprünglich bei 0 ſtattgefundenen, Volumen beibehalten muß. Bringt man beide Thermometer unter andre Umſtände, bei denen die Ausdehnung ihrer Queckſilbermaſſen auch noch in einem gleichen Verhältniſſe erfolgt, welches der Fall iſt, wenn man ſie einer und derſelben Temperatur ausſetzt, ſo werden ſich dieſe Maſſen auch jetzt um die nämliche Anzahl Theile ausdehnen, und mithin dieſe Ausdehnung an beiden Thermometern durch die nämliche Zahl der Grade angezeigt werden. Wenn demnach ein Phyſiker in Paris ſchreibt, er habe dieſe oder jene Erſcheinung bei einer Temperatur von zehn Centeſimalgraden (Graden des hunderttheiligen Thermometers) über 0° oder dem Schmelzpunkt des Eiſes beobachtet, ſo wird der Phyſiker in London und Petersburg genau wiſſen, welche Temperatur er meint, und wird die nämliche Temperatur in ſeinem Laboratorium wieder hervorbringen können, im Fall er eine Wiederholung der Verſuche beabſichtigte. Gewöhnlich verlängert man die Scala noch unter den Schmelzpunkt des Eiſes, weil das Queckſilber nur erſt bei einem weit niedern Grade gefriert; auch kann man ſie über den Siedpunkt des Waſſers hinaus verlängern; da das Queckſilber bei demſelben noch lange nicht kocht. Man muß nur ſtets, wenn man Thermometergrade angiebt, hinzufügen, ob ſie unter oder über dem Froſtpunkt gerechnet ſind, welcher ſtets mit 0 bezeichnet wird. [*]

Daß im Allgemeinen alle Thermometer, in denen dieſelbe Flüſſigkeit befindlich iſt, und bei denen die nämliche Eintheilung zu Grunde liegt, einer Vergleichung mit einander fähig ſind, beruht, wie wir ſo eben geſehen, auf der durchaus gleichen Ausdehnung, die die Flüſſigkeit in denſelben erfährt, wenn ſie der nämlichen Temperatur ausgeſetzt werden. Dieſe Uebereinſtimmung würde aber im Allgemeinen nicht mehr zwiſchen zwei Thermometern Statt finden, in denen ſich verſchiedne Flüſſigkeiten befänden; es wäre denn, daß dieſelben ſich für jeden Temperaturgrad in proportionalem Maße ausdehnten.

Da die hunderttheilige Scale (auch Centeſimal- oder Celſiusſche oder ſchwediſche Scale) für die Berechnungen am bequemſten iſt, ſo haben wir ſie zuerſt angeführt; jedoch iſt ſie nicht die einzige im Gebrauch. Seit langer Zeit und auch bei vielen Phyſikern noch jetzt üblich iſt eine Eintheilung in 80 Grade, welche man nach einem berühmten Gelehrten, der ſich ihrer zuerſt bedient haben ſoll, die Reaumurſche nennt. Da jedoch die Gradeintheilung im Allgemeinen blos dazu dient, die Bruchtheile der Geſammtausdehnung anzugeben, ſo kann begreiflich die Wahl einer anderen Eintheilung für ein Thermometer der Vergleichungsfähigkeit deſſelben mit den hunderttheiligen Thermometern nichts benehmen. Man braucht nur vor Augen zu haben, daß 80 Reaumurſchen Graden 100 Grade der Centeſimalſcale gleichkommen, oder, was eben ſo viel ſagt, daß jeder der erſtern $\frac{10}{8}$ (d. i. $1\frac{1}{4}$) der andern beträgt; umgekehrt wird man, wenn eine Zahl Centeſimalgrade gegeben ſind, dieſe durch Multiplication mit $\frac{8}{10}$ in Reaumurſche verwandeln.

---

[*] Grade über dem Froſtpunkt bezeichnet man durch das Vorzeichen +, Grade unter dem Froſtpunkt durch —.

Bei den Engländern iſt eine andre Eintheilung in Gebrauch, die zuerſt von Fahrenheit, einem Phyſiker in Danzig, der ſich um die Vervollkommnung der Thermometer große Verdienſte erworben hat, angegeben und angewendet wurde. In dieſer Eintheilung iſt der Schmelzpunkt des Eiſes mit 32, der Siedepunkt des Waſſers mit 212 bezeichnet; der Zwiſchenraum zwiſchen beiden mithin in 180 Theile, anſtatt wie bei unſrer Centeſimalſcale, in 100 getheilt. Jeder Grad des Fahrenheitſchen Thermometers gilt demnach $\frac{10}{18}$ oder $\frac{5}{9}$ des hunderttheiligen, und $\frac{8}{18}$ oder $\frac{4}{9}$ des Reaumurſchen gleich.*) Dies wird zur Vergleichung der Temperaturangaben nach dieſen verſchiednen Eintheilungsarten hinreichen. Man ſieht übrigens von ſelbſt ein, daß der Anfangspunkt der Eintheilungen, von dem man in allen dieſen Syſtemen ausgeht, ganz willkührlich iſt; es reicht hin, daß er auf einer beſtimmten Uebereinkunft beruhe, und daß die ganze Eintheilung auf zwei feſte Gränzpunkte bezogen werde.

Die erſte Erfindung der Thermometer ſchreibt ſich vom Ende des ſechzehnten Jahrhunderts her. Die einen erkennen Sanctorius, andre Galilei, noch andre einem holländiſchen Bauer, Namens Cornelius Drebbel, die Ehre derſelben zu. Die Idee, die Temperaturveränderungen ſolchergeſtalt durch die Ausdehnung der Körper wahrnehmbar zu machen, zeugt ohne Zweifel von einem ſinnreichen Kopfe; um jedoch dieſe Erfindung für die Phyſik brauchbar zu machen, mußte man in ihr ein genaues und der Vergleichung fähiges Maß zu finden wiſſen, wie es durch die Feſtſetzung einer, in eine beſtimmte Zahl Grade eingetheilten und zwiſchen zwei feſten Temperaturen begriffenen, Scale erhalten wird. Dieſe wichtige Verbeſſerung, durch die das Thermometer erſt zum wahren Wärmemeſſer wird, ſcheint mir von Newton herzurühren; jenem großen Manne, der mit keinem Gegenſtande erfahrungsmäßiger Unterſuchungen in Berührung kommen konnte, ohne ihn mit der, ihm eigenthümlichen, Genauigkeit zu behandeln, in welcher eins der hauptſächlichſten Mittel ſeiner Entdekkungen lag. Er hatte das Erforderniß eines feſten Zwiſchenraums ſehr wohl gefühlt, und vom J. 1701 an zu beſtändigen Temperaturgraden die des ſchmelzenden Eiſes und des kochenden Waſſers gewählt, worin wir ihm noch jetzt folgen. Als Flüſſigkeit diente ihm das Leinöl. Den Nullpunkt ſeiner Eintheilung ſetzte er für die Temperatur des ſchmelzenden Eiſes feſt, und bezeichnete den Grad, bei welchem das Waſſer kocht, mit 34°; wonach 34° des Newtonſchen Thermometers 100° der Centeſimalſcale gleich kommen, jeder Grad mithin des Newtonſchen $\frac{100}{34}$ (beinahe 3°) des unſrigen. Newton beobachtete mit einem Thermometer die Schmelzgrade einer großen Menge Subſtanzen, und erkannte, daß alle dieſe Temperaturen ſich ſtets gleich bleiben; was für die Theorie der Wärme eine der Haupterfahrungsgrundlagen war.

---

*) Genannt zu werden verdient noch die de l'Isle'ſche Scale, welche vom Sied- bis zum Froſtpunkte in 150 herabgehende Grade zerfällt; ſo daß ihr 0° = 100° Cent. iſt. Doch iſt ſie wenig mehr in Gebrauch. — Wenn Thermometergrade angegeben werden, ſo deutet man gewöhnlich blos durch Beiſetzung der Buchſtaben C. R. oder F. an, ob ſie auf die Centeſimal- die Reaumurſche oder die Fahrenheitſche Scale bezogen ſind. In dieſem Werke ſind die Grade, die ohne Zuſatz eines ſolchen Buchſtabens angegeben ſind, immer auf die Centeſimalſcale bezogen.

Mehrere Phyſiker haben auch noch andre Subſtanzen zur Verfertigung der Thermometer in Anwendung gezogen. Nicht ſelten werden Weingeiſtthermometer gebraucht. Da jedoch der Weingeiſt an freier Luft bei einer Temperatur unter 100° kocht; ſo verlängert man die Scale nicht bis zu dieſem Siedpunkte des Waſſers, und regulirt ihre Eintheilung nach einem, ſchon zuvor verfertigten, Queckſilberthermometer. Dieſe Methode iſt jedoch ganz zu verwerfen; nichts iſt leichter, als die Weingeiſtthermometer bis zur Temperatur des ſiedenden Waſſers und ſelbſt darüber hinaus ſteigen zu laſſen. Man braucht dieſelben nur mit den nämlichen Vorſichtsmaßregeln zu verſchließen, die wir für die Queckſilberthermometer angegeben haben, nämlich ſo, daß nicht die geringſte Luftmenge im Innern der Röhre zurückbleibt; denn dann wird vermöge einer, noch weiterhin nachzuweiſenden, Eigenſchaft der, durch den Anwachs der Wärme entwickelte, Weingeiſtdampf den noch tropfbar flüſſigen Weingeiſt hindern, ins Sieden zu kommen; und, wenn ſeine Temperaturzunahme durch dieſe Erſcheinung nicht mehr beſchränkt iſt, wird er dann noch viel weiter fortfahren, ſich auszudehnen. Man muß deshalb bei Verfertigung eines ſolchen Thermometers Sorge tragen, oberhalb der Flüſſigkeit einen hinlänglichen Raum für Geſtattung dieſer Ausdehnung übrig zu laſſen. Um die Luft zu entfernen, braucht man nur den Weingeiſt in der Kugel und der Röhre in ſtarkes Sieden zu bringen, und letztre während des Siedens an der Flamme mittelſt des Löthrohrs zuzuſchmelzen; denn die, in der Röhre entwickelten und mit Gewalt ausſtrömenden, Weingeiſtdämpfe reißen in wenig Augenblicken alle, in der Röhre befindliche, Luft mit ſich fort. Der Gang eines ſolchen

Thermometers, in Vergleich mit dem eines Queckſilberthermometers geſtellt, zeigt ſich bei hohen Temperaturen nicht gleichförmig; wird es aber bei niedrigern Temperaturen immer mehr; bei ganz niedrigen endlich findet völlige Gleichförmigkeit Statt.

Da die Temperaturen des ſchmelzenden Eiſes und des ſiedenden Waſſers die Grundlagen für die Einrichtung unſrer Thermometer abgeben; ſo wird die Unterſuchung von höchſter Wichtigkeit, ob ſie wirklich völlig conſtant ſind, oder ob manche zufällige Urſachen Abänderungen in denſelben hervorbringen können.

Was nun zuvörderſt die Temperatur des ſchmelzenden Eiſes oder Schnee's betrifft, ſo mache ich bemerklich, daß man ſie nicht mit der Temperatur des Waſſers, welches zu gefrieren beginnt, für gleich bedeutend zu achten hat; indem wit weiterhin ſehen werden, daß das Waſſer unter manchen Umſtänden weit kälter als das ſchmelzende Eis werden, und das Thermometer unter den Nullpunkt herabbringen kann; weshalb die Temperatur, bei welcher es gefriert, nicht als unveränderlich angeſehen werden darf.

Nicht ſo verhält es ſich mit der Temperatur, bei welcher das Eis und der Schnee ſchmelzen; dieſe bleibt ſich ſtets gleich, wofern nur das Waſſer, woraus der Schnee oder das Eis ſich bildete, rein war; denn mit Salzen verſetztes Waſſer gefriert bei viel niedern Temperaturen und ſchmizt deshalb auch bei andern Graden. Das gefrorne Regenwaſſer, oder der, von Unreinigkeiten freie, Schnee werden beim Schmelzen den untern Gränzpunkt unſrer Thermometerſcale geben, ohne daß man einen Irrthum dabei zu fürchten brauchte.

Viel mehr Abänderungen finden hinſichtlich des Siedpunkts des Waſſers Statt. Zuvörderſt darf man kein Waſſer nehmen, in dem Salze befindlich ſind, weil dies bei andern, und zwar gewöhnlich höhern, Temperaturen, als reines Waſſer ſiedet; aber ſelbſt bei Anwendung von ſolchem erfolgt das Kochen an verſchiednen Tagen und an verſchiednen Orten nicht immer bei dem nämlichen Thermometergrade. Wir werden im folgenden Capitel ſehen, daß dieſe Abänderungen, welche an dem nämlichen Orte höchſtens auf 1° bis 2° ſteigen können, von den Veränderungen in dem Druck, den die Atmoſphäre auf die Oberfläche des erhitzten Waſſers wie aller andern Körper ausübt, herrühren. Damit das Waſſer ins Sieden gerathen könne, muß die elaſtiſche Kraft ſeines Dampfes dieſen Druck überwinden, und ſo wird mit einer Veränderung deſſelben auch ein veränderter Siedpunkt eintreten. Da jedoch die Urſache dieſer Ungleichheiten durch die Erfahrung bekannt iſt, ſo vermögen wir Mittel zu einer Schätzung derſelben an die Hand zu geben, wodurch alle Beobachtungen auf den mittlern, an der Meeresfläche Statt habenden, Druck, den man allgemein bei Feſtſetzung der Temperatur von 100° zu Grunde legt, zurückgeführt werden können. Schon jetzt könnten wir uns helfen, indem wir die obere Thermometergränze nach der Schmelzung irgend eines Körpers feſtſetzten, z. B. eines Gemiſchs aus zwei Theilen Blei, drei Theilen Zinn und zwei Theilen Wismuth (d'Arcet'ſches Metallgemiſch); indem nach Newtons Beobachtungen, ein ſolches Gemiſch bei der Temperatur von 100° wie ſie nach obiger Beſtimmung Statt hat, ſchmilzt. Auf einfachere und bequemere Weiſe jedoch gelangt man zum Ziele, wenn man die Temperatur, bei welcher das Waſſer ſiedet, beobachtet, und die, nach den Umſtänden, unter welchen man die Verfertigung des Thermometers vornimmt, erforderliche, geringe Correction anbringt, um den Normalgrad zu erhalten.

Einigen Unterſchied in dem Grade, bei welchem das Waſſer ſiedet, bedingt auch die Beſchaffenheit der Gefäße, in welchen es gekocht wird, ſo wie die Beſchaffenheit der, unter das Waſſer gemengten, Subſtanzen, ſelbſt wenn ſie nicht fähig ſind, ſich darin aufzulöſen. Dieſe Erſcheinung wurde von Hrn. Gay-Luſſac beobachtet. Das nämliche Waſſer, welches in einem Metallgefäße bei 100° eines gegebenen Thermometers ſiedet, kommt in einem Glasgefäße erſt bei 101°¼ zum Sieden; und fängt, nachdem es aufgehört hat, von Neuem zu ſieden an, wenn man ein paar Finger voll Eiſenfeilſpäne hineinwirft. Man ſieht hiernach, daß, um den Siedpunkt auf ganz feſte Umſtände zurückzuführen, auch die Beſchaffenheit des Gefäßes, worin das Kochen vorgenommen wird, beſtimmt werden muß. Wir werden deshalb für dieſen Temperaturgrad denjenigen annehmen, bei welchem das Waſſer in einem Metallgefäß zum Sieden kommt.

Es genügt nicht, vollkommen feſtſtehende Temperaturgrade ausgemittelt zu haben; auch eine gute Beobachtung derſelben iſt erforderlich. Hiebei nun kommen zwei Umſtände weſentlich in Betracht, auf die um ſo mehr aufmerkſam gemacht werden muß, da man ſie zu häufig aus der Acht gelaſſen hat.

Der erſte betrifft die Beobachtung des ſchmelzenden Eiſes und des kochenden Waſſers gemeinſchaftlich. Das Thermometer muß mit dem ganzen Theil ſeiner Länge, in dem Queckſilber enthalten iſt, hineingetaucht werden. Denn taucht man, wie nur zu gewöhnlich geſchieht, blos die Kugel hinein, ſo kann begreiflicher Weiſe die, in der Röhre oberhalb der Kugel ſtehende, Queckſilberſäule nicht die nämliche Temperatur, mithin auch nicht das nämliche Volumen annehmen, als wenn ſie auch mit eingetaucht worden wäre. Allerdings läßt ſich dieſer Irrthum durch den Calcul berichtigen, wenn man die Geſetze der Ausdehnung des Queckſilbers, ſo wie die Länge und Temperatur des nicht eingetauchten Theils kennt. Da jedoch dieſe Temperatur nie ganz genau bekannt iſt, und man dieſelbe für gleich mit der der umgebenden Luft annehmen muß, was Irrungen mit ſich führen kann, ſo wird man immer ſichrer gehen, wenn man das Queckſilber ganz in die Temperatur taucht, die es annehmen ſoll.

Beim ſchmelzenden Eiſe hat die Erfüllung dieſer Bedingung keine Schwierigkeit, wohl aber beim kochenden Waſſer. Sie macht nämlich die Anwendung eines Gefäßes von einiger Tiefe nöthig, und beträgt dieſe auch nur wenig Decimeter, ſo wird doch ſchon ein zu verſchiednen Tiefen hineingetauchtes Queckſilberthermometer zu erkennen geben, daß das Waſſer während des Siedens am Boden etwas wärmer als an der Oberfläche iſt. Der Grund davon liegt darin, daß Waſſerdampf, welcher zu entweichen verhindert wird, die Fähigkeit erlangt, eine Temperatur weit über der des kochenden Waſſers anzunehmen. Dies zu erweiſen, braucht man nur Waſſer in einem, von allen Seiten verſchloſſenen, Apparate zu kochen, dergleichen der, nach ſeinem Erfinder, dem Phyſiker Papin benannte Digeſtor oder Knochentopf iſt. In dieſem Apparate erreicht der Waſſerdampf, ſo wie das Waſſer ſelbſt, eine enorme Temperatur. Machen wir hievon die Anwendung auf die Umſtände unſers Verſuchs. Es erhellt daß der, ſich am Boden des Gefäßes bildende, Waſſerdampf weniger frei iſt, als der, ſich an der Oberfläche entwickelnde, vermöge des Drucks, den die über ihm ſtehende, Waſſerſäule auf ihn ausübt: er wird mithin, bevor er entweichen kann, eine höhere Temperatur annehmen, und dieſen Wärmeüberſchuß ſelbſt dem Waſſer mittheilen müſſen.

Aus dieſer doppelten Urſache muß der, in die untern Schichten tauchende, Theil wärmer werden als der, der Oberfläche näher befindliche. Nun haben wir aber auf der andern Seite geſehen, daß das Thermometer ganz in die Temperatnr einzutauchen iſt, die es erhalten ſoll; und will man ihm daher die mittheilen, die das ſiedende Waſſer an der Oberfläche hat, ſo wird es in einer horizontalen Lage hineingebracht werden müſſen, was die Schwierigkeit der Operation um Vieles vermehrt.

Glücklicherweiſe hat eine, leicht ſich darbietende, Bemerkung ein Mittel zur Abhülfe gegeben; die nämlich, daß die Temperatur des kochenden Waſſers an der Oberfläche ganz mit der des, davon entweichenden, Dampfes übereinkommt. Die Beſtätigung dieſer Thatſache läßt ſich auf folgende Weiſe erhalten. Man nehme ein Metallgefäß mit langem und engem Halſe, wie in Fig. 15. vorgeſtellt iſt, gieße Waſſer bis zu einer bekannten Höhe, z. B. bis H H, hinein, und erhitze es, indem man das Gefäß über Feuer ſetzt. Sobald das Waſſer völlig ins Sieden gekommen iſt, tauche man ein Thermometer MB bis zu einer ganz geringen Tiefe hinein, und beobachte den Punkt

M, bei welchem das Queckſilber in der Röhre ſtehen bleibt. Es wird vorausgeſetzt, daß eine ſolche Menge Waſſer angewendet worden ſey, daß der Punct M gerade an die Mündung GG falle. Darauf hebe man das Thermometer etwas über die Waſſeroberfläche HH empor, ſo daß Kugel und Rohre deſſelben blos in den Dampf tauchen; und man wird nicht den geringſten Unterſchied im Queckſilberſtande von Vorhin wahrnehmen. Es iſt alſo gleichgültig, ob die Kugel bis zu einer ganz geringen Tiefe in das Waſſer, oder in den, davon aufſteigenden, Dampf taucht, und die Temperatur dieſes Waſſers und des Dampfs iſt ſich mithin auch gleich.

Hiedurch erhält man ein ſehr einfaches Mittel zur Regulirung unſrer Thermometer; jedoch iſt es noch einer Vervollkommnung fähig. Der Waſſerdampf darf nicht durch die nämliche Mündung entweichen, welche zur Einbringung des Thermometers dient, weil er die genaue Beobachtung des Queckſilberſtandes hindern würde. Auf der andern Seite darf er aber auch nicht eingeſchloſſen ſeyn, weil er ſonſt eine Hitze über dem Siedgrad annehmen würde; daher man ihm den freien Austritt in die Luft geſtatten muß. Allen dieſen Bedingungen leiſtet man durch ein Gefäß mit doppelter Mündung, wie es Fig. 16. darſtellt, Genüge. Die eine, mit einem Korkſtöpſel bb verſchloſſene, Mündung MM dient, die zu regulirenden Thermometer einzubringen; die andre, ganz offene, oo, den Dampf entweichen zu laſſen. Man kann die Röhren durch den Stöpſel bb hindurch höher oder tiefer ſtellen, je nachdem es ihre Länge fodert. Will man beobachten, an welcher Stelle das Ende der Queckſilberſäule ſtehen bleibt, um dort den Siedpunct zu markiren, ſo zieht man ſie nur einen Augenblick bis zu dieſen Punct herauf, und bezeichnet ihn ſogleich mit Chineſiſcher Tuſche, oder, beſſer noch, mit einer, im Dampf nicht auflöslichen, Subſtanz. Darauf ſenkt man es auf einige Augenblicke wieder herab, und zieht es abermals empor, um den Verſuch zu wiederholen und zu ſehen, ob das Ende der Queckſilberſäule unwandelbar bei dem nämlichen Punct ſtehen bleibt. Hat man ſich hievon zur Genüge überzeugt, ſo bezeichnet man dieſen Punct auf dauerhafte Weiſe durch einen ganz feinen Strich, den man mittelſt eines Diamants auf die Röhre ſelbſt zieht.

Es erhellt, zufolge den Regeln, denen wir uns bei der Verfertigung der Thermometer zu unterwerfen hatten, daß beim Gebrauch dieſer Inſtrumente zur Meſſung der Temperatur irgend eines Mittels, das ganze, ſowohl in der Kugel, als in der Röhre enthaltene, Queckſilbervolumen in dieſe Temperatur eingetaucht werden müſſe; da in der That die, an dieſem ganzen Volumen beobachtete, Ausdehnung die Puncte 0° und 100° auf der Scale gab. Auch dieſer wichtigen

Vorſichtsmaßregel überhebt man ſich nur zu häufig bei den Anwendungen. Noch füge ich hinzu, daß es im Allgemeinen von Vortheil ſeyn würde, die Regulirung und Anwendung der Thermometer in einer horizontalen Lage ihrer Röhre vorzunehmen. Denn bei jeder andern drückt die, in der Röhre enthaltene, Queckſilberſäule, durch ihr Gewicht die Glaswand von Innen nach Außen, und zwar auf ungleiche Weiſe, je nach der Richtung, die man ihr gegen die Verticale giebt. Da nun das Glas ausnehmend viel Elaſticität beſitzt, ſo reicht dieſer Druck hin, die innere Capacität der Kugel merklich zu verändern, und entſprechende Veränderungen in der abſoluten Lage der Puncte, welche die verſchiednen Grade bezeichnen, zu bedingen.

Noch endlich habe ich vorausgeſetzt, daß alle Thermometerröhren vollkommen cylindriſch ſind, oder daß man ihre kleinen Ungleichheiten unſchädlich gemacht hat, indem man die Röhre in, dem Volumen nach gleiche, Theile mittelſt des, von Gay-Luſſac angegebenen, Verfahrens theilt. Für dickere Röhren hat man eine andre, ſehr einfache, Verfahrungsart, die wegen ihrer Gebräuchlichkeit angeführt zu werden verdient. Man bläſt an der Lampe eine Glasblaſe AA Fig. 17., deren räumlicher Inhalt wenig genug beträgt, um als Einheit des Volumens dienen zu können, und deren Enden AA ſich in Röhren von geringem Durchmeſſer verdünnen. Eingetaucht in ein Queckſilberbad füllt ſich dieſe Blaſe an, und wird, wenn man ſie, ihre beiden Enden mit den Fingern zuhaltend, wieder heraus zieht, ſtets das nämliche Queckſilbervolumen enthalten, wofern nur die Temperatur ſtets ſich gleich bleibt. Man ſchüttet dies Volumen in die Röhre oder die Gefäße, die man mit einer Gradeintheilung verſehen will, und markirt an ihrer Oberfläche den Punkt, wo das Ende jeder neu hinzugegoſſener gleichen Queckſilberquantität zu ſtehen kommt. Man muß nur Sorge tragen, daß die Temperatur während der ganzen Operation ſich völlig gleich bleibe, damit die Blaſe ſtets dieſelbe Capacität behalte, und damit die, ſucceſſiv in die Röhre oder das Gefäß, die man graduiren will, eingeſchütteten Queckſilberquantitäten auch das nämliche Volumen behalten, welches ſie beim Eingießen hatten.

Ein Apparat von hinlänglich bedeutendem Volumen, um eine ſolche Verfertigungsart zu geſtatten, würde natürlich an Empfindlichkeit einem kleinern Thermometer nachſtehn müſſen; d. h. ſeiner größern Maſſe halber würde er für die Veränderungen der Wärme nicht ſo ſchnell empfänglich ſeyn; dagegen würde er ſich ſehr gut als Mittel zur Beſtimmung der abſoluten Quantität eignen, um welche ſich das Queckſilber bei ſeinem Uebergange von der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes zu der des ſiedenden Waſſers ausdehnt; wonach ſich dann im Voraus beſtimmen ließe, welche Länge man den Röhren der Thermometer zu geben hätte, ſobald man die Capacität ihrer Kugel kennte. Denn geſetzt, man verfolge vergleichungsweiſe den Gang des Queckſilbers in der großen Röhre und in einem gewöhnlichen Centeſimalthermometer, die man beide der nämlichen Temperatur ausgeſetzt, z. B. beide in das nämliche Waſſer getaucht hat, ſo wird man ſolchergeſtalt erfahren, um wie viel Theile ſich das Queckſilbervolumen für jeden Grad ausdehnt. Allerdings wird dieſem Reſultat etwas von der völligen Genauigkeit abgehen, weil das Glas ſich zugleich mit dem eingeſchloſſenen Queckſilber ausdehnt; daher die, an der Flüſſigkeit beobachtete, Ausdehnung eigentlich nur der Ueberſchuß ihrer wahren Ausdehnung über die des Glaſes iſt; allein eben dieſe Differenz in der Ausdehnung iſt es, deren Kenntniß zu einer ſichern Vorausbeſtimmung der Länge erfordert wird, die wir unſern Thermometerröhren, je nach der Weite ihrer Kugel und dem Temperaturumfange, für welchen wir ſie in Gebrauch ziehen wollen, zu geben haben.

Durch Befolgung eines, dem eben beſchriebenen ähnlichen, Verfahrens haben die Hrn. Dulong und Petit gefunden, daß die ſcheinbare Ausdehnung des Queckſilbers vom Froſtpunct bis zum Siedpunct genau $\frac{10}{648}$ des Volumens beträgt, das es bei der erſten dieſer beiden Temperaturen hat; und noch überdies, daß das Fortſchreiten der Ausdehnung für jeden, in dieſem Zwiſchenraum begriffenen, Grad gleichförmig iſt, d. h. für jeden Grad der hunderttheiligen Eintheilung $\frac{1}{6480}$ (für jeden Grad Reaum. $\frac{1}{5184}$) beträgt. Dies iſt eine Folgerung daraus, daß bei dieſer Operation das große und kleine Thermometer dieſelbe Flüſſigkeit enthalten, deren Ausdehnung man vergleicht.

Wie geſagt, hierin hat man erſt die ſcheinbare Ausdehnung. Haben wir nun unmittelbar die Größe der Ausdehnung des Glaſes gemeſſen, und ziehen ſie bei unſerm Verſuche in Rechnung, ſo finden wir, daß die wahre Ausdehnung des Queckſilbers zwiſchen dem Eispuncte und dem Siedpuncte $\frac{100}{5550}$ ſeines Volumens bis 0° beträgt, was $\frac{1}{5550}$ für jeden Grad des Centeſimalthermometers ($\frac{1}{4440}$ für jeden Grad R.) ausmacht. Sie beträgt mehr als die ſcheinbare Ausdehnung, wie das nicht anders ſeyn kann, da dieſe nur der Ueberſchuß der wahren Ausdehnung des Queckſilbers über die des Glaſes iſt.

Von großer Wichtigkeit iſt die Bemerkung, daß die Anzeigen des Thermometers von der abſoluten Größe dieſer Ausdehnung ganz unabhängig ſind; betrüge dieſe z. B. das Doppelte oder Dreifache der angegebenen, ſo würde, wofern nur ihr Fortſchreiten nach demſelben Verhältniß Statt fände, die Zahl der, vom Thermometer angezeigten, Grade unter den nämlichen Umſtänden auch immer die nämliche bleiben; nur würden, wenn bei der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes urſprünglich die nämlichen Dimenſionen Statt gefunden hätten, die (abſoluten) Ausdehnungen bis zum Siedpunkte das Doppelte oder Dreifache betragen, und die Grade, welche Hunderttheile dieſes Zwiſchenraums darſtellen, ebenfalls zwei- oder dreimal ſo groß ſeyn. Dieſer Bemerkung zu Folge kann eine Verſchiedenartigkeit des, bei Verfertigung der Thermometer angewandten, Glaſes ihrer Vergleichungsfähigkeit keineswegs Eintrag thun; denn wir werden weiterhin durch die Erfahrung nachweiſen, daß, ſoweit die Thermometerſcale reicht, d. i. von 0° bis 100°, die Ausdehnungen des Queckſilbers denen des Glaſes und aller andern, nur bei hohen Temperaturen ſchmelzenden, Körper proportional erfolgen; woraus folgt, daß die ungleiche Ausdehnbarkeit der verſchiednen Glasarten auch in proportionalem Maße die abſoluten Längen des ganzen Zwiſchenraums von 0° bis 100°, ſo wie alle einzelnen Grade, abändern muß; dieſe Grade werden daher noch genau den nämlichen Temperaturen entſprechen, obgleich ſie in verſchiednen Thermometern von ungleicher Länge ſeyn können. Die Veränderung betrifft blos die abſolute Größe der ſcheinbaren Ausdehnung des Queckſilbers, wodurch der Vergleichungsfähigkeit der Thermometer nichts benommen werden kann; ſo wenig, als wenn man zu ihrer Verfertigung verſchiedenartige Flüſſigkeiten anwendete, deren, obwohl ungleiche, Ausdehnungen doch zwiſchen den Temperaturgränzen, für die ihr Gebrauch Statt finden ſoll, in proportionalem Grade erfolgen.

Die Thermometer, zu deren Verfertigung tropfbare Flüſſigkeiten gedient haben, geſtatten erwähntermaßen, ſofern die Thermometerröhre recht frei von Luft gemacht iſt, noch einen Gebrauch bei Temperaturen, welche die Gränze, bei der die, in ihnen enthaltene, Subſtanz an freier Luft ſiedet, bei Weitem überſteigen; und ihre Anwendbarkeit erſtreckt ſich dann in der That viel weiter, als man gewöhnlich annimmt. Bei ſehr hohen Temperaturen jedoch, wie bei denen, wo das Eiſen glüht und bei ſolchen, wo die meiſten Metalle ſchmelzen, muß man zu andern Verfahrungsarten ſeine Zuflucht nehmen, deren Erörterung ich an die ſpeciellern Unterſuchungen über die Eigenſchaften und Geſetze des Caloricums knüpfen werde.

Es erhellt nach Allem, was in dieſem Capitel auseinandergeſetzt worden iſt, daß eine große Zahl ausgezeichneter Phyſiker ſeit langer Zeit ſich es haben angelegen ſeyn laſſen, das Thermometer auf die Stufe der Genauigkeit und Empfindlichkeit zu bringen, die es zu erreichen fähig iſt. So viel Unterſuchungen auf die Verfertigung eines kleinen gläſernen Inſtruments angewandt, können kleinlich erſcheinen, wenn man weiter nichts, als einen Gegenſtand der Neugier darin erblickt; allein man erkennt ihre hohe Wichtigkeit an, wenn man in Erwägung zieht, zu welchen Folgerungen wir dadurch geführt, und welche Einſichten in die Naturerſcheinungen uns dadurch geöffnet werden. Das Thermometer iſt von uneingeſchränkter Anwendung in der Phyſik, der Chemie ſo wie den übrigen Naturwiſſenſchaften. Auf die Anzeigen, die wir ihm verdanken, ſtützt ſich die ganze Wärmetheorie; nach ihm werden alle chemiſchen Operationen regulirt; jeden Augenblick befragt es der Aſtronom bei ſeinen Beobachtungen, um die Ablenkungen zu berechnen, welche die, von den Geſtirnen ausgeſendeten, Lichtſtralen beim Durchgang durch die Atmosphäre erfahren, die ſie, je nach ihrer Temperatur, mehr oder minder bricht oder beugt. Dem Thermometer verdanken wir auch alle unſre Kenntniſſe über die, durch das Athmen erzeugte und unterhaltene, thieriſche Wärme; die Beſtimmung der mittlern Temperatur der Erde und Klimate; die Nachweiſung, daß die Erdwärme für jeden Ort beſtändig iſt, aber an Intenſität vom Aequator nach den ewig beeiſten Polen hin abnimmt; daß die Wärme ſich mindert in dem Maße, als man in der Atmosphäre nach der Region des ewigen Schnees auf- oder in die Abgründe des Meers niederſteigt, worauf die progreſſiven Veränderungen der Vegetation in verſchiednen Höhen beruhen. Wenn man ſo viel Reſultate blos durch Hülfe einer kleinen, in einer Glasröhre verſchloßnen, Quantität Queckſilbers gewonnen ſieht; wenn man daran denkt, daß ein kleines, auf einem Stift ſchwebendes, Stück Eiſen zur Entdeckung der Neuen Welt geführt hat, ſo wird man ſich überzeugt halten, daß Nichts, was zur Erweiterung und Vervollkommnung der menſchlichen Wahrnehmungsſphäre dienen kann, gering geſchätzt zu werden verdient; und dies wird Entſchuldigung genug dafür ſeyn, warum ich mich in ſo ausführliche Erörterungen über dieſen Gegenſtand eingelaſſen habe.

Viertes Capitel.

Ueber das Verſchwinden und Wiederhervortreten der Wärme, welches man bei Zuſtandsveränderungen der Körper beobachtet.

Das Thermometer hat uns die Entdeckung machen laſſen, daß jeder Körper während ſeines Schmelzens oder ſeiner Verflüchtigung eine gleichbleibende Temperatur behält. Fährt man fort, ihn während der Dauer dieſer Erſcheinungen zu erhitzen, ſo verſchwindet alle Wärme, welche man ihm zuführt, ohne eine andere Wirkung hervorzubringen, als den Fortgang der Schmelzung oder Verflüchtigung des Körpers.

Dieſes Verſchwinden der Wärme iſt eine ſo merkwürdige Erſcheinung, daß ſie uns auffordert, beſonders bei ihr zu verweilen.

Unter einer großen Menge von Umſtänden giebt ſie ſich uns noch durch andre Wirkungen, als den unverrückten Stand des Thermometers, zu erkennen. Man nehme eine gewiſſe Quantität Waſſer, z. B. ein Gewicht von 10 Kilogrammen, und erhitze es bis zu einer Temperatur von 75° Cent. Darauf miſche man 10 Kilogr. tropfbar flüſſiges Waſſer, von der Temperatur des Froſtpunctes und durch Schmelzung des Eiſes gewonnen, dazu; man wird ſolchergeſtalt 20 Kilogr. Waſſer von ungefähr 37,5° d. i. einer, zwiſchen den Temperaturen der zuſammengemiſchten gleichen Maſſen genau oder faſt genau das Mittel haltenden, Temperatur haben. Nimmt man aber anſtatt dieſer 10 Kil. noch flüſſigen Waſſers 10 Kil. Schnee oder ſchmelzendes Eis, die mithin die nämliche Temperatur haben, nur aber noch feſt ſind, ſo wird die Temperatur der Miſchung, nach Schmelzung dieſes Eiſes oder Schnee's genau 0° betragen. Sonach erkältet das tropfbare Waſſer von 0° bei ſeiner Vermiſchung mit warmen Waſſer dieſes weit weniger, als eine, dem Gewicht nach gleiche, Maſſe Schnees oder Eiſes von derſelben Temperatur, welches außer ſeiner Erwärmung darin auch zugleich ſchmilzt.

Dieſes Verſchwinden der Wärme ſcheint ein weſentliches Bedingniß des Flüſſigwerdens zu ſeyn; denn es erfolgt eben ſo bei jeder andern Temperatur, wenn Schmelzung Statt hat. Hier einige Belege dazu. Es giebt Säuren, die nach Waſſer ſo begierig ſind, daß ſie ſelbſt Eis und Schnee auflöſen, d. h. daß ſie es flüſſig machen, wie ſie ſelbſt ſind, um es eine Verbindung mit ihrer eignen Subſtanz eingehn zu laſſen. So auch giebt es Salze, die ſich, wenn ſie mit Schnee oder geſtoßenem Eiſe vermiſcht werden, damit verbinden und ein flüſſiges Ganze bilden. Hiezu iſt nicht erforderlich, daß die Temperatur dieſer Subſtanzen die des Schnees überſteige; denn ſie äußern ihre auflöſende Kraft auch noch bei und ſelbſt weit unter der Temperatur des ſchmelzenden Schnees. Auch hier noch findet das Verſchwinden der Wärme, welches zum Flüſſigwerden des Eiſes oder Schnee's erforderlich iſt, Statt, aber auf Koſten der Temperatur der Miſchung ſelbſt, ſo daß dieſe bedeutend ſinkt. Dies iſt z. B. der Fall, wenn man gleiche Gewichtstheile Schnee und feſtes ſalzſaures Natrum (Kochſalz) miſcht; haben beide die Temperatur des Froſtpuncts, und geſchieht die Vermiſchung ſchnell, ſo ſinkt die Temperatur bis auf 18 Grad unter Null. Läſt man in dieſer Temperatur zwei Theile ſalzſauren Kalk und einen Theil Schnee beſonders abkühlen, und miſcht ſie alſodann, ſo wird die Temperatur der Miſchung bis auf 51 Grad unter Null ſinken; miſcht man endlich vier Theile Schnee und fünf Theile mit Waſſer verdünnte Schwefelſäure, die man in dieſer letztern Temperatur abgekühlt hat, zuſammen, ſo wird die Temperatur bis auf 66 Grad unter Null ſinken.

Dieſe Erſcheinungen zuſammengenommen geben den vollgültigen Beweis, daß das Verſchwinden der Wärme, welches das Thermometer beim Schmelzen des Eiſes und anderer feſten, bei höheren Temperaturen ſchmelzenden, Körper zu erkennen giebt, nicht von dieſer Temperaturhöhe abhängt. Es iſt vielmehr eine allgemeine, an den Vorgang des Flüſſigwerdens ſelbſt gebundene, Erſcheinung; und der offenbare Beweis, daß dieſer Vorgang die wahre Urſach des Sinkens der Temperatur ſey, iſt darin zu finden, daß, wenn die Subſtanzen, welche man zuſammenmiſcht, zuvor unter dem Temperaturgrad erkaltet ſind, bei dem ſich die, aus ihnen hervorgehende, Miſchung noch flüſſig zu erhalten vermag, d. h. wenn ſie auf einen Grad gebracht ſind, der das Gefrieren dieſer Flüſſigkeit bewirkt, ſo erzeugt dieſe Vermiſchung keine Kälte mehr.

Jetzt zu einer andern Erſcheinung, die ſo zu ſagen das Umgekehrte der eben erörterten darſtellt. Alle die Wärme, welche in den Körpern beim Schmelzen oder Verflüchtigen verſchwunden war, tritt wieder hervor, wenn ſie in die entgegengeſetzten Zuſtände übergehn, d. h. wenn ſie ſich aus Dünſten in tropfbare Flüſſigkeiten oder aus ſolchen in feſte Körper verwandeln. Miſcht man 10 Kil. kochendes Waſſer mit 10 Kil. tropfbaren Waſſers von Null Grad, ſo wird man 20 Kil. Waſſer von einer genau oder faſt genau mittlern Temperatur erhalten, d. i. von 50 Grad. Nimmt man aber ſtatt der 10 Kil. kochenden Waſſers eben ſo viel Waſſerdampf von der nämlichen Temperatur, ſo wird die, dadurch hervorgebrachte, Wärme weit beträchtlicher ſeyn; nämlich nicht nur zu einer Erhitzung bis auf 50° hinreichen, ſondern ſelbſt, um 57 Kil. Waſſer von 0° zum Sieden zu bringen. Sonach giebt dieſer Dampf, wenn er ſich verdichtet und wieder in tropfbaren Zuſtand übergeht, die Wärme, die er bei ſeiner Bildung zum Verſchwinden gebraucht hatte, wieder her, läßt ſie wieder hervortreten.

Weiterhin werden wir dieſe Wirkungen auf genaue Maße zurückzuführen ſuchen; bevor wir jedoch daran denken können, müſſen wir uns mit manchen Mitteln zur Beobachtung verſehen, die uns noch mangeln, und müſſen unſere Kenntniſſe über die zufälligen Beſchaffenheiten der Körper erweitern. Schon jetzt indeß war es nöthig, bei dieſen bemerkenswerthen Erſcheinungen zu verweilen, um in Bezug darauf mehrere andre ähnliche Thatſachen betrachten zu können, die ſich im Laufe unſerer Unterſuchungen bald darbieten werden, und deren unmittelbare Beobachtung ſonſt für uns völlig verloren geweſen ſeyn würde.

Auf dieſe Erſcheinungen des Verſchwindens und Wiederhervortretens der Wärme haben die Chemiker ihr Syſtem geſtützt, welche das Caloricum als materiell betrachten. Sie zogen aus ihnen die Folgerung, daß das Caloricum in zwei verſchiednen Zuſtänden, entweder gebunden, oder frei, exiſtiren könne. Mit der Subſtanz der Körper verbunden, verſchwindet es für unſre Sinne und wirkt nicht mehr aufs Thermometer; wo ſie es dann *latente*, d. i. verborgene, *Wärme* nennen: aus dieſer Verbindung getrennt heißt es ihnen *freie Wärme*, wirkt als ſolche auf das Thermometer und auf unſern Körper, dehnt die Körper aus, ſchmilzt, verflüchtigt ſie, und bewirkt alle, von der Temperatur abhängigen, Erſcheinungen. Wie man ſieht, harmonirt dies Syſtem ganz mit den Umſtänden, welche man bei den Veränderungen des Zuſtandes der Körper beobachtet. Es iſt ſo zu ſagen, nach ihnen geformt; leiſtet es wohl aber auch eben ſo den übrigen Thatſachen Genüge, die ihm nicht als Grundlage gedient haben, z. B. der Fortpflanzung der Wärme durch die Luft und durch die (übrigen) Körper. Dieſe Fragen werden wir mit Hülfe der Erfahrung zu beantworten ſuchen, wenn wir uns näher mit den Eigenſchaften des Caloricums beſchäftigen.

Andre Phyſiker dagegen, welche die Wärme für nichts anders halten, als die Wirkung einer, in den Körpertheilchen erregten, ſchwingenden Bewegung, führen die, eben erörterten, Wirkungen auf das, in der Mechanik unter dem Namen der Erhaltung der lebendigen Kräfte bekannte, Geſetz zurück. Unter lebendigen Kräften verſteht man in einem Syſtem von Körpern die Summe der Producte ihrer Maßen in die Quadrate ihrer Geſchwindigkeiten, und das Geſetz über ſie ſagt uns, daß dieſe Summe conſtant iſt, wenn die Bewegung des Syſtems nur durch die gegenſeitigen Anziehungen der Körper, aus denen daſſelbe beſteht, bedingt iſt. Betrachtet man alſo die Wärme als eine Wirkung, welche in den Körpern durch die, aus der ſchwingenden Bewegung ihrer Theilchen hervorgehende, lebendige Kraft erzeugt wird, ſo ſieht man, daß ihre Geſammtquantität ſich in allen den verſchiednen Zuſtänden, durch welche die Körper gehen können, gleich bleiben muß, und man kann ſich erklären, warum ſie z. B., nachdem ſie in dem, ſich verflüchtigenden, Körper, auf Koſten des ihn erwärmenden, eine Vermehrung erfahren hat, wieder ſich in ihm mindert und hervortritt, wenn dieſer Körper zur tropfbarflüſſigen Geſtalt zurückkehrt. Man ſieht jedoch zugleich, daß dieſe Hypotheſe, eben wie die vorige, ſich zunächſt auf Erſcheinungen ſtützt, welche bei Veränderungen im Zuſtand der Körper vor ſich gehen, daher ſie noch andern, von dieſen erſten Grundlagen unabhängigen, Prüfungen unterworfen werden muß, um ihren Wahrſcheinlichkeitsgrad nach dem Umfang ihrer Anwendungen beurtheilen zu können.

Die Vertheidiger der Materialität des Caloricum haben ſich viel mit Unterſuchungen abgegeben, ob die Thermometergrade den, in die Körper gebrachten, Mengen des Caloricum proportional ſeyen oder nicht. Führt man aber, wie wir gethan haben, den Begriff der Temperatur auf ſeine wahre Bedeutung zurück, wonach er nur den Zuſtand, in wie weit er den Sinnen fühlbar iſt, ausdrückt, in den die Körper durch die Wirkung, welche das Caloricum auf ſie ausübt, verſetzt werden, ſo erhellt, daß das Thermometer, um dieſen Zuſtand anzuzeigen, keinen Gang zu nehmen braucht, der der Intenſität der Wirkung, welche das Caloricum auf daſſelbe ausübt, proportional ſey; es genügt, wenn ſeine Anzeigen immer ähnlich und conſtant bleiben, d. h., wenn der, durch das Thermometer angezeigte, Temperaturgrad der nämliche iſt, ſo bald das Caloricum die nämliche wahrnehmbare Wirkung zeigt. Nun ergiebt ſich ein ſolches ſtetes Gleichbleiben in der That, wenn man das Thermometer immer wieder unter die nämlichen Umſtände verſetzt, z. B. es wiederholt in den nämlichen, bis zum Schmelzen erhitzten, Körper ſenkt. Nur muß, wenn dieſe Beobachtung genau und ſich ſelbſt vergleichbar, obwohl mit verſchiedenen Thermometern angeſtellt, ausfallen ſoll, die Maſſe der letztern ſtets ſo wenig im Vergleich zu der Maſſe der Körper, in welche man ſie taucht, betragen, daß ſie ſich als Null betrachten läßt, damit ſie bei ihrem Eintauchen keine merkliche Veränderung in der Temperatur dieſer Körper bedingen, vielmehr dieſelbe ungeſchwächt theilen und anzeigen können. Hierauf beſchränken ſich die Anzeigen, die wir vom Thermometer erwarten können. Seinen Gang mit der Quantität oder Intenſität des, auf die Körper wirkenden, Caloricum in Verhältniß bringen wollen, hieße eine Hypotheſe an eine ſichre Thatſache knüpfen, und ein einfaches Inſtrument durch eine, ſeinem Weſen fremde, Bedingung complicirt machen. Was uns betrifft, ſo werden wir, unſern Erklärungen treu, auch weiterhin im Caloricum nichts anders ſehen als ein Princip von uns unbekannter Beſchaffenheit. Wir werden unter Wärme die wahrnehmbare Einwirkung dieſes Princips auf unſern Körper und die Körper überhaupt verſtehen, und unter Temperatur die ſtärkere oder ſchwächere Energie dieſer Einwirkung. Das Thermometer, indem es durch ſeine Anzeigen die Temperaturen ſtuft, giebt eine größere, eine gleiche oder eine geringere wahrnehmbare Wirkung des Caloricum zu erkennen; was es anzeigt, ſind mithin Unterſchiede, nicht Verhältniſſe.

Fünftes Capitel.

Vom Druck der Atmoſphäre und vom Barometer.

Bevor die Phyſik eine Erfahrungswiſſenſchaft ward, d. i. bis auf die Zeiten Galilei's, ſtand man in dem Wahne, kein Theil des Raumes könne leer von Materie ſeyn, und drückte dieſe Unmöglichkeit dadurch aus, daß man ſagte, die Natur habe einen Abſcheu vor dem leeren Raume (horreur du vide, horror vacui). So, wenn man das Waſſer in den Pumpen in dem Augenblick aufſteigen ſah, wo man den Kolben in die Höhe hob, gab man die Erklärung, das Emporheben des Kolbens ſtrebe in der Röhre der Pumpe einen leeren Raum hervorzubringen; die Natur aber, vermöge ihres Abſcheu's vor dem leeren Raum, beeile ſich, das Waſſer darin aufſteigen zu laſſen, um ihn auszufüllen. Niemand fiel es ein, danach zu fragen, wie die Natur, die nur der Inbegriff der Erſcheinungen iſt, auf ſolche Weiſe perſonificirt und zu einem, der Leidenſchaft fähigen, Weſen geſtaltet werden könne. Zu jener Zeit war der Zweifel noch nicht erfunden. Eines Tages hatten Gärtner in Florenz eine ſehr lange Pumpe gebaut, in der Abſicht, das Waſſer bis zu einer größeren Höhe, als gewöhnlich, zu erheben. Sie fanden, daß es im Pumpenſtiefel bis zu einer Höhe von ungefähr 32 Fuß ſtieg, aber durchaus nicht höher ſteigen wollte, obgleich man den Kolben noch weiter in die Höhe hob. Voll Erſtaunen über dies Ereigniß befragten ſie Galilei, der zu ihnen ſpöttiſch ſagte, die Natur habe offenbar nur bis zu einer Höhe von 32 Fuß Abſcheu vor dem leeren Raume. Schon war dieſer Philoſoph zu der Anſicht gelangt, daß dieſe Erſcheinung, ſo wie viele andere, blos auf mechaniſcher Wirkung der Luftſchwere beruhe; doch hatte er wahrſcheinlich ſeine Gedanken über einen ſo neuen Gegenſtand noch nicht ganz ins Klare gebracht, und fertigte daher die Gärtner lieber mit jener Antwort ab, als daß er ſein Geheimniß hätte Preis geben ſollen. Er ſtarb, ohne es bekannt gemacht zu haben, und ſo blieb es ſeinem Schüler, Torricelli, aufbehalten, dieſe Entdeckung durch einen ausnehmend ſchlagenden und ſinnreichen Verſuch in volles Licht zu ſetzen (im J. 1643). Er füllte eine, drei Fuß lange und an einem Ende verſchloſſene, Glasröhre mit Queckſilber an; hielt das andere Ende mit dem Finger zu, kehrte die Röhre um und tauchte ſie mit dieſem Ende in ein Gefäß, in welchem gleichfalls Queckſilber befindlich war; darauf zog er den Finger weg, wodurch der, in der Röhre befindlichen, Queckſilberſäule die Unterſtützung benommen wurde. Sogleich ſah man ſie ſinken, ſo daß der obere Theil der Röhre leer ward; allein bald blieb ſie ſtehn, und kam nach mehreren Oſcillationen ins Gleichgewicht, nur noch acht und zwanzig Zoll in der Länge haltend, was, auf Meter reducirt, ungefähr $0^m,76$ beträgt.

Hienach iſt offenbar, daß, wenn die Natur in den Pumpen nur bis zu einer Höhe von 32 Fuß Abſcheu vor dem leeren Raume hätte, dieſer Abſcheu in den, mit Queckſilber gefüllten, Röhren nur 28 Zoll hoch reichte. Ein ſolcher Schluß war ſo lächerlich, daß man doch endlich gegen den Grundſatz, aus dem er floß, mißtrauiſch werden, und das große Axiom aufgeben mußte: non datur vacuum in rerum natura.

Die wahre Urſach dieſer Erſcheinungen iſt einfach und ihre Entdeckung leicht; allein ihre Ableitung muß aus den mechaniſchen Eigenſchaften der Luft geſchehen; d. h. nachdem man die Eigenſchaften dieſer Flüſſigkeit, wie ſie die Erfahrung kennen lehrt, ausgemittelt hat, muß man nachweiſen, daß die, in Rede ſtehenden, Erſcheinungen unerläßliche Folgerungen derſelben ſind. Dies iſt der Gang einer richtigen Forſchung.

Die dünne und durchſichtige Flüſſigkeit, welche uns von allen Seiten umgiebt, und (ſchlechthin) Luft genannt wird, iſt ein Körper, dem, wie allen andern Körpern, die allgemeinen Eigenſchaften der Materie zukommen; ſie iſt widerſtehend, iſt ſchwer; ihr Widerſtand wird bemerklich, wenn wir ſie in einem verſchloſſenen Raum, z. B. in einer Blaſe, drücken. Sie iſt in ſo vollkommenem Maße ein Körper, daß ihr mechaniſcher Stoß eine große Menge Maſchinen in Bewegung ſetzt; denn ſie iſt es, welche die Flügel der Windmühlen treibt, die Segel der Schiffe anſchwellt. Man kann ſelbſt ihr Gewicht durch die Wage bemerklich machen: entfernt man ſie nämlich aus dem Innern einer hohlen Glaskugel, was ſich durch ein, bald anzugebendes, Verfahren bewerkſtelligen läßt, ſo wird dieſe Kugel, nachher verſchloſſen und gewogen, leichter als vorher gefunden werden. Wenn demnach eine Flüſſigkeit, wie Waſſer oder Queckſilber, frei an der Luft ſteht, ſo wird ihre Oberfläche wirklich den Druck von dem ganzen Gewicht der, über ihr ſtehenden, Luftſäule zu tragen haben. Da dieſer Druck auf alle Punkte der Oberfläche gleich iſt, ſo wird er keine Bewegung in derſelben veranlaſſen; allein geſetzt, man habe in die Flüſſigkeit das untere Ende einer Pumpenröhre getaucht, und ziehe den Stempel in die Höhe, oder, um ein noch einfacheres Beiſpiel zu wählen, geſetzt man tauche auf ſolche Weiſe das untere Ende eines Strohhalms ein, und ſauge mit dem Munde aus dem andern Ende die inwendig enthaltene Luft aus, ſo werden, in einem wie im andern Fall, die Molecule der flüſſigen Oberfläche, die ſich im Innern der Röhre befinden, erleichtert von einem Theile des Gewichts der Luft,

der

welches auf ſie drückte, entlaſtet, während die, außerhalb der Röhre befindlichen, Theile der Oberfläche noch eben ſo ſtark, als zuvor, gedrückt werden; daher muß jetzt die Flüſſigkeit nothwendig nach der Seite hinweichen, wo ihr ein geringerer Druck entgegenſteht, d. h. ſie muß in der Röhre aufſteigen, bis das Gewicht der aufgeſtiegenen Flüſſigkeitsſäule, verbunden mit der Elaſticität der noch zurückgebliebenen Luft, einen, dem der äußern Luft gleichen, Druck hervorbringt. Sobald dieſe Gleichheit Statt hat, werden alle, an der Oberfläche der Flüſſigkeit gelegene, Puncte gleich ſtark gedrückt; es iſt mithin kein Grund vorhanden, warum ſie ſich mehr nach der einen, als nach der andern Seite hin bewegen ſollen; mithin muß das Gleichgewicht beſtehen.

Es erhellt nach dieſen Folgerungen, daß, wenn es möglich wäre, alle, im Innern einer Röhre enthaltene, Luft aus ihr zu entfernen, die Flüſſigkeit ſo hoch ſteigen würde, bis ihr Gewicht allein dem Gewicht der Atmoſphäre das Gleichgewicht hielte. Dies iſt der Fall mit dem Waſſer in den Pumpen; dies auch der Fall bei dem Torricelliſchen Verſuche.

Obgleich dieſer Schluß an ſich einleuchtend iſt, ſo haben wir doch auch Mittel, ihn durch Erfahrung zu bewähren, und dies muß nicht vernachläſſigt werden; denn indem wir ſolchergeſtalt von Thatſachen zu ihren Folgerungen und von den Folgerungen zu neuen Thatſachen fortſchreiten, bringen wir ſicher im Studium der Natur vorwärts. Ich ſage demnach, wenn das Aufſteigen des Waſſers und des Queckſilbers wirklich durch den Luftdruck bedingt wird, ſo muß das Gewicht der, in den Pumpen erhobenen, Waſſerſäule von 32 Fuß dem der Queckſilberſäule von 28 Zoll, welche in der Torricelliſchen Röhre ſtehen bleibt, gleich ſeyn. Ob ſich dies wirklich ſo verhalte, oder nicht, läßt ſich leicht nachweiſen. In der That, wenn man mittelſt ſehr genauer Wagen gleiche Volumina von Waſſer und Queckſilber bei gleichen Temperaturen, z. B. Glasballons, die man nach einander mit dieſen beiden Flüſſigkeiten füllt, wiegt, ſo findet man, daß das Queckſilber faſt genau dreizehn und ein halbmal ſo viel als das Waſſer wiegt. Alſo muß, unſern Schlüſſen zufolge, die, in der Torricelliſchen Röhre erhobene, Queckſilberſäule dreizehn und ein halbmal weniger in der Länge halten, als die Waſſerſäule jener Gärtner. Nun war dieſe 32 Fuß hoch, welche 384 Zoll ausmachen; dividirt man dieſe Zahl mit 13½, ſo wird man als Quotient 28 Zoll finden; was in der That die Länge iſt, welche die Queckſilberſäule bei dem Torricelliſchen Verſuche hat; und die Rechnung trifft ſo genau mit der Erfahrung zuſammen, daß ſich dieſe Länge eben ſo richtig würde durch jene haben voraus finden laſſen, als ſich ihre Beſtimmung aus der Erfahrung ſelbſt ergiebt. Zu dieſer Möglichkeit, die Erſcheinungen vorherzuſagen, liegt das ſichere Kennzeichen, daß man das Wahre getroffen hat. Bleiben wir alſo bei der Annahme ſtehn, daß die Luft ſchwer ſey, und daß im Druck der Atmosphäre der wahre Grund der, eben erörterten, Erſcheinungen liege; vernachläſſigen wir aber nicht, unſre Schlüſſe noch andern Prüfungen zu unterwerfen; gehen wir allen übrigen Wirkungen nach, welche ein ſolcher Druck hervorbringen kann, und ſehen wir dann, ob die Erfahrung ihre Beſtätigung giebt.

Die Luft kann, ſo wie alle andern ſchweren Flüſſigkeiten, nicht blos von Oben nach Unten drücken; muß vielmehr die Oberflächen der Körper, welche ſie umgiebt, nach allen Richtungen zuſammendrücken. So wird z. B. ein, auf dem Waſſer ſchwimmendes, Fahrzeug durch den Druck des umgebenden Waſſers getragen und von Unten nach Oben gehoben. Es ergiebt ſich hieraus, daß, wenn ein Körper der freien Luft ausgeſetzt iſt, jeder Punct ſeiner Oberfläche den nämlichen Druck durch ſie erfährt, den er durch das Gewicht einer Waſſerſäule von 32 Fuß oder einer Queckſilberſäule von 28 Zoll Höhe erfahren würde. Man hat berechnet, wie viel auf ſolche Weiſe der geſammte Luftdruck auf die ganze Oberfläche eines Menſchen von mittler Größe betragen kann, und gefunden, daß er 33000 Pfund, oder ungefähr 16000 Kilogramme überſteigt.

Man wird dies vielleicht für unglaublich halten, in der Meinung, daß ein ſo bedeutender Luftdruck unſre Bewegungen ſehr hindern oder ſelbſt ganz unmöglich machen müßte; allein man hat es ſich überhaupt in den Wiſſenſchaften zur Regel zu machen, die Urtheilskraft nicht vor dem Verſtande zu gebrauchen und nie ein Reſultat als ungereimt zu verwerfen, blos weil es uns in Erſtaunen ſetzt. Was wird man erſt zu folgendem Beiſpiele ſagen? Es giebt im Meer Fiſche, die ſich beſtändig in ſehr bedeutenden Tiefen aufhalten. Die Fiſcher fangen ihrer zuweilen in einer Tiefe von zwei- bis dreitauſend Fuß unter der Meeresoberfläche. Auf dieſen Fiſchen laſtete mithin ihr ganzes Leben hindurch das Gewicht einer Waſſerſäule von zwei bis dreitauſend Fuß, d. h., welches 70 bis 80 mal ſchwerer als das Gewicht der Atmosphäre iſt; deſſenungeachtet werden ſie durch dieſe enorme Laſt nicht zerdrückt. Nicht nur leben ſie, ſondern bewegen ſich auch mit der größten Behendigkeit nach allen Richtungen. Dies iſt noch weit außerordentlicher, als wenn wir uns ſo wenig vom Druck der Luft leiden ſehen. Alles Wunderbare jedoch verſchwindet, wenn wir in Erwägung ziehen, daß die Fiſche, von denen wir ſo eben geſprochen, inwendig mit Flüſſigkeiten erfüllt und durchdrungen ſind, welche dem äußern Druck des Waſſers vermöge ihrer Undurchdringlichkeit widerſtehen, ſo daß die Häute des Thiers nicht mehr davon leiden, als das dünnſte Häutchen, welches man in eine gleiche Tiefe hinabließe.

Was die Leichtigkeit der Bewegungen betrifft, ſo wird ſie dadurch möglich, daß der Körper des Fiſches gleichmäßig von Oben und von Unten, von rechts und von links gedrückt wird, daher der Druck ſich ſelbſt durch Entgegenſetzung aufhebt, und ſo dem Fiſch in ſeiner Ortsveränderung nicht hinderlicher ſeyn kann, als wenn derſelbe an der Waſſeroberfläche ſelbſt ſchwämme. Ein Aehnliches findet bei uns Statt, die wir das Gewicht der Atmosphäre zu tragen haben; das Innre unſres Körpers und ſelbſt unſre Knochen ſind entweder mit incompreſſibeln, alle Druckkräfte zu ertragen fähigen, Flüſſigkeiten oder mit Luft, die der äußern an Elaſticität nichts nachgiebt und ihrem Gewicht die Wage hält, angefüllt; und hierin liegt der Grund, warum wir nicht durch dies Gewicht beläſtigt werden; ſo wie wir auch bei unſern Bewegungen kein Hinderniß fühlen, weil der Luftdruck ſich an allen Seiten unſers Körpers ſelbſt das Gegengewicht hält, eben wie der Waſſerdruck am Körper der Fiſche. Die äußere Luft vermöchte nur dann uns zu zerdrücken, wenn die, in uns befindliche, Luft, welche ihr das Gleichgewicht hält, vernichtet würde; und umgekehrt würden wir auch gar ſehr leiden, wenn man dieſen Druck plötzlich von uns nähme, indem man uns in den leeren Raum brächte; denn da alsdann der, im Innern befindlichen, Luft, kein Widerſtand mehr entgegenwirkte, ſo würde ſie ſich ausdehnen, uns anſchwellen und unfehlbar unſern Tod bewirken. Dies iſt der Fall bei einer großen Menge von Fiſchen, wenn man ſie aus den Abgründen des Meers oder ſelbſt nur aus einer Tiefe von 20 bis 30 Metern heraufbringt. Die meiſten derſelben haben im Innern ihres Körpers eine Blaſe, die mit Luft gefüllt iſt, nicht aber mit unſrer atmosphäriſchen, ſondern mit einer eigenthümlichen Gasart *), die durch organiſche Proceſſe in ihnen erzeugt und abgeſondert wird. So lange dieſe Thiere in der Tiefe bleiben, die ihnen zum gewöhnlichen Aufenthalt dient, hat die, in ihrer Blaſe enthaltene, Luft den Grad der Zuſammendrückung und Elaſticität, welcher erforderlich iſt, um das Gewicht der, auf ihnen laſtenden Waſſermaſſe auszuhalten; da nun aber nicht alle Fiſche mit einem hinlänglich weiten Ausführungscanal **) verſehen ſind, um einen Ueberfluß dieſer Luft ſchnell zu entleeren, ja da einigen derſelben ein ſolcher Canal ganz mangelt; ſo hat ein ſchnelles Herausziehen dieſer Fiſche aus dem Waſſer zur Folge, daß ihre Blaſe anſchwillt, plaẞt, die darin enthaltene Luft ſich in einen 80 bis 100 mal größern Raum, als den ſie zuvor einnahm, ausdehnt, ſolchergeſtalt ihren Körper anfüllt, ihren Magen nach Außen umwendet, ja ſelbſt zum Schlunde hinaustreibt, und ſo den Tod dieſer Thiere bewirkt. Alsdann kann man ſie auf dem Waſſer laſſen; ſie ſinken nicht zu Boden, ihr Körper ſchwimmt auf der Oberfläche, gehalten durch dieſen, mit Luft angefüllten, Magen wie durch einen Ballon.

---

*) Die Luft der Schwimmblaſe zeigt gewöhnlich Stickgas als Hauptbeſtandtheil (im Karpfen faſt blos Stickgas), iſt ſelten mit kohlenſaurem oder Waſſerſtoffgas vermengt, außerdem aber auch zuweilen mit einem (ſo gar in gleichen Arten), verſchiedenen, oft ſehr beträchtlichen Antheil von Sauerſtoffluft verſehen, welcher um ſo beträchtlicher zu ſeyn ſcheint, je größer die Tiefe iſt, in der das Thier lebt (Carus Lehrb. der Zootomie).

**) Der Ausführungscanal der Schwimmblaſe, wo er vorhanden iſt, geht in den Schlund.

Ueberhaupt giebt die Kenntniß des Luftdrucks den Schlüſſel zu einer Menge phyſiſcher Erſcheinungen, die wir ohne Unterlaß vor Augen haben; ſo wie auch der Anwendungen deſſelben als bewegender Kraft unzählige ſind. Eine der einfachſten und für den Phyſiker zugleich vortheilhafteſten liegt im Gebrauch, zu dem man den Luftdruck benutzt, ununterbrochne Ströme von Waſſer, Luft oder verſchiedenen Gasarten hervorzubringen. Die Apparate, durch welche dies geſchieht, führen den Namen Gaſometer. In meinem größern Werke über Phyſik kann ihre Beſchreibung nachgeleſen werden.

Der Torricelliſche Apparat hat von den Phyſikern den Namen Barometer, d. i. Schweremeſſer, erhalten, weil er in der That den Druck mißt, den die Atmosphäre an dem Orte, wo er ſich befindet, ausübt. Sein Gebrauch iſt bei einer ſehr großen Menge von Verſuchen unentbehrlich; was ſich leicht begreifen läßt; denn da der, von der Atmosphäre ausgeübte, Druck eine Kraft iſt, deren zuſammendrückende Wirkung ſich faſt ſtets mit der Wirkung der andern Kräfte, über die wir zu gebieten haben, verbindet, ſo erhellt, daß wir ſie mit in Betracht ziehen müſſen, um genaue Reſultate zu erhalten. Bevor ich alſo weiter gehe, wird es nöthig ſeyn, alle Vorſichtsmaßregeln ausführlich zu erörtern, die man zu nehmen hat, um das Barometer ſo vollkommen und ſo genau einzurichten, als wünſchenswerth ſeyn kann.

Die erſte Bedingung hiezu iſt, die Luft aus dem Innern der Röhre, in welcher die Queckſilberſäule ſich erhalten ſoll, gänzlich zu entfernen: was nicht ohne Beobachtung einiger Vorſichtsmaßregeln ausführbar iſt. Um das, dabei anzuwendende, Verfahren in ſeiner größten Einfachheit darzuſtellen, nehme ich Anfangs blos an, man göſſe Queckſilber in die Röhre und kehrte dieſe nachher um, indem man das offene Ende mit dem Finger zuhielte, um das Herausfallen des Queckſilbers zu verhüten; wenn man jedoch keine weitre Sorgfalt anwendete, würde man immer nur ein ſehr unvollkommenes Barometer erhalten. Zuvörderſt verſchluckt das Queckſilber gleich allen andern Flüſſigkeiten Luft; dieſe durchdringt das Queckſilber, und gibt eine Miſchung und innige Vereinigung mit deſſen Subſtanz ein. Sie wird mithin durch zwei Urſachen im Queckſilber feſtgehalten, theils durch die Anziehung, welche das Queckſilber für ſie hat, theils durch den Luftdruck, welcher ſich der freien Aeußerung ihrer Elaſticitätsgewalt entgegengeſetzt. Iſt ſie aber einmal in den leeren Barometerraum gebracht, wo kein äußerer Luftdruck mehr thätig iſt, ſo ſtrebt ſie mit der größten Kraft ſich aus dem Queckſilber loszumachen und entweicht in der That in Blaſen, welche durch das Queckſilber aufſteigen und an ſeiner Oberfläche zerplatzen. Ausgebreitet nun im Innern der Barometerröhre, ſtrebt ſie dem, von der äußern Luft ausgeübten, Druck entgegen, hält einem Theil derſelben, vermöge ihrer eignen Elaſticität, die Wage und bedingt ſomit ein tieferes Sinken der Queckſilberſäule, als Statt haben würde, wenn die Röhre im Innern völlig leer wäre; daher alsdann die beobachtete Höhe dieſer Säule nicht mehr den Ausdruck für den wirklichen Druck der Atmosphäre geben kann, ſondern blos für den Ueberſchuß des Drucks von Außen über den von Innen. Man ſieht hienach, daß es, um zur Kenntniß des wahren Drucks zu gelangen, erforderlich iſt, vor allen Dingen die ſämmtliche, zwiſchen den Queckſilbertheilchen feſtgehaltene, Luft fortzutreiben. Hiezu gelangt man durch Erhitzen des Queckſilbers bis zum Sieden; die Wärme nöthigt die, damit verbundne, Luft, vermöge erlangter größerer Elaſticität, aus ihm zu entweichen, und einmal frei von den Feſſeln der Verwandtſchaft, durch welche ſie zurückgehalten wurde, entweicht ſie in Blaſen durch die Flüſſigkeit: man verſchließt darauf das Gefäß, in welchem dieſe enthalten iſt, mit Sorgfalt, läßt es erkalten, und bewahrt es zum Gebrauch auf.

Doch dies reicht noch nicht hin: die Erfahrung lehrt, daß die Molecule des Waſſers und der Luft ſehr ſtark an der Oberfläche des Glaſes haften; und da in der Atmosphäre ſtets Waſſerdampf verbreitet iſt, ſo hängt ſich eine kleine Schicht von Luft und Feuchtigkeit auch an die innern Wände der Glasröhren an, und bleibt feſt daran haften. Wendet man alſo eine ſolche Röhre ohne weitre Vorbereitung zur Verfertigung eines Barometers an, ſo wird, nach vorgenommener Anfüllung und Umkehrung der Röhre und erfolgtem Sinken des Queckſilbers nach der angezeigten Weiſe, die kleine, an den Wänden der Röhre haftende Duſt- und Waſſerſchicht nicht mehr durch die, vorher auf ihr laſtende, Atmosphäre zuſammengedrückt werden. Es wird mithin hier derſelbe Fall eintreten, als vorhin in Bezug auf die, mit dem Queckſilber, bevor es gekocht wurde, verbundenen Lufttheilchen; nämlich ein Theil dieſer Schicht wird ſich der Anziehung des Glaſes entziehen, im Innern der Röhre in elaſtiſchen Dunſt verwandeln, und durch ſeine Elaſticität dem Druck der Atmosphäre von

Außen zum Theil das Gegengewicht halten; ſo daß mithin dieſe zweite Urſach gleichfalls dahin wirken wird, die Queckſilberſäule im Barometer auf einen tiefern Stand zu bringen. Das einzige Mittel, dieſe kleine Schicht Feuchtigkeit zu entfernen, beſteht in ſo ſtarker Erhitzung der Röhre, daß ſie zum Entweichen genöthigt wird: und man muß ſelbſt dieſe Operation erſt nach Eindringen des Queckſilbers in die Röhre vornehmen, da ſonſt das Waſſer und die Luft, während der Füllung der Röhre, wieder hineindringen und ſich abermals an ihre Wände anhängen würden. Das beſte und ſicherſte Mittel, alle dieſe Urſachen zur Irrung zu vermeiden, iſt, das Queckſilber nach und nach in die Röhre einzuſchütten, und bei Jedemmal letztere ſo ſtark zu erhitzen, daß das Queckſilber ins Sieden kommt.

Dem erſten Anſchein nach hat allerdings dieſe Operation viel Schwieriges; da das Glas ſo ſpröde iſt, daß es bei ſchneller Einwirkung der Wärme aufs leichteſte ſpringt, und es daher kaum zu hoffen ſcheint, die Röhre bei einer ſolchen Behandlung unverſehrt zu erhalten. Es verſchwindet jedoch alle Schwierigkeit, wenn man ſich nur mit einiger Vorſicht benimmt, und beſonders die, über die Ausdehnung ſchon beigebrachten, Bemerkungen brückſichtigt. Wenn ein Körper bei ſeiner Erhitzung ſpringt, ſo liegt der Grund davon nicht in der Wirkung der Wärme an ſich; denn dieſe hätte das Schmelzen, nicht aber das Zerſpringen deſſelben zur Folge haben müſſen. Der Grund liegt vielmehr in der ungleichen Wirkung der Wärme, die ſeine verſchiednen Theile in verſchiednem Maße trifft und dieſelben ſolchergeſtalt in ungleichem Grade ausdehnt. Geſchieht die Ausdehnung langſam und nach und nach, ſo fügt ſich ihr der Körper allmälig, und hält die Wirkung des Feuers aus, ohne zu zerſpringen. Wenn aber aneinandergränzende Theile plötzlich in ſehr verſchiednen Verhältniſſen ausgedehnt werden, ſo vermögen ſie ſo ungleichen Kräften nicht mehr vereint zu gehorchen; iſt das Kraftbeſtreben, welches ſie äußern, hinlänglich ſtark, um die, ſie aneinanderhaltende, Cohäſionskraft zu überwiegen, ſo trennen ſie ſich, und der Körper ſpringt. Dies Springen zu verhüten, braucht man ihn ſonach nur allmälich zu erhitzen; wie auch die Erfahrung lehrt. Benimmt man ſich dabei auf vorſichtige und zweckgemäße Weiſe, ſo kann man das Kochen von Waſſer und Queckſilber in gläſernen Gefäßen ſehr wohl vornehmen: ja man erleichtert ſich daſſelbe, je dünnere Gefäße dieſer Art man in Gebrauch zieht; indem durch ſolche die Wärme ſich leichter fortpflanzt, und raſcher ihre ganze Maſſe durchdringt.

Das Verfahren ſelbſt nun hiebei iſt folgendes: man giebt in einem kleinen, an einem Rande mit einem Ausſchnitt verſehenen, Ofen von irdener Maſſe Hitze durch glühende Kohlen, die man jedoch ſo anzuordnen hat, daß ſie nicht in Flammen aufſchlagen, weil die Röhre unfehlbar ſpringen würde, wenn ſie unmittelbar von der Flamme berührt würde. Darauf hält man die Röhre noch leer über das Feuer, erſt von Weitem, allmälich immer näher, bis ſie endlich ſehr ſtark erhitzt iſt, wobei man ſie zugleich um ſich ſelbſt zwiſchen den Fingern zu drehen, und in ihrer ganzen Länge über das Feuer hinzuführen hat, um ſie allen ihren Theilen nach zu erhitzen. Dieſer erſte Theil der Operation hat zum Zweck, die Waſſertröpſchen, welche ſich zufällig in der Röhre befinden könnten, zu entfernen; denn wollte man damit bis nach dem Eingießen des Queckſilbers warten, ſo würde der, aus ihnen erzeugte, Waſſerdampf dieſes durch ſeine Expanſionsgewalt heraustreiben, oder wenigſtens Erſchütterungen hervorbringen, welche das Springen des Apparats nach ſich ziehen könnten. Iſt die Röhre auf ſolche Weiſe wohl ausgetrocknet, ſo gießt man, ſchon gekochtes, Queckſilber hinein, nicht in ſolcher Quantität, um ſie ganz anzufüllen, ſondern blos ſoviel, daß es eine Länge von fünf bis ſechs Centimetern einnimmt; darauf hält man die Röhre abermals über das Feuer, aber mit noch mehr Vorſicht als das erſtemal, und giebt allmälig immer mehr Hitze, bis das Queckſilber anfängt, ins Sieden zu kommen. Hat dies einige Augenblicke gedauert, ſo zieht man die Röhre vom Feuer ab, verſchließt ſie, um das Eindringen der Feuchtigkeit zu verhüten, mit einem Stöpſel und läßt ſie erkalten. Dieſe Operation muß in einem Zimmer mit offenen Fenſtern vorgenommen werden, oder wenigſtens in einem, das geräumig genug iſt, um eine nachtheilige Einwirkung der Queckſilberdämpfe auf den Operirenden zu verhüten. Nachdem die Röhre erkaltet iſt, nimmt man ſie wieder zur Hand, gießt eine neue, der erſten ziemlich gleiche, Quantität Queckſilber hinein, läßt dieſes abermals kochen, und wiederholt den Verſuch auf die nämliche Weiſe, bis die Röhre faſt ganz voll iſt. Darauf ſchüttet man die, noch fehlende, geringe Queckſilbermenge hinzu; läßt ſie aber nicht in der Röhre kochen, weil ſie dadurch herausgetrieben werden würde. Jetzt hält man die offene Mündung der Röhre mit dem Finger zu, ſo daß ja keine Luft zwiſchen beiden bleibt; kehrt die Röhre um, und taucht ſie, nach oben beſchriebener Art, in ihre Wanne; die Säule ſinkt, und da über ihr durchaus weder Luft noch elaſtiſcher Dunſt zurückgeblieben iſt, ſo mißt ihre Länge genau den Druck der Atmoſpäre.

Noch habe ich von den Mitteln zu ſprechen, durch die man die genaue Beſtimmung der Länge dieſer Säule erhält. Eine der bequemſten Vorrichtungen zu dieſem Behuf iſt in Fig. 18 vorgeſtellt; es iſt diejenige, mit der die Fortinſchen Barometer verſehen ſind. Die Glasröhre iſt durch eine, dieſelbe umgebende, Kupferröhre geſchützt, welche einen Längeſpalt hat, um die Beobachtung der Queckſilberſäule zu geſtatten. Am obern Ende iſt das Ganze ſo aufgehangen, daß ihm eine Bewegung nach zwei, einander rechtwinklich durchkreuzenden, Richtungen frei ſteht; und die Säule wird durch ihr eignes Gewicht immer in verticaler Lage erhalten. Das Gefäß, in welches die Röhre taucht, hat einen beweglichen Boden, der mittelſt einer Schraube V beliebig erhöht oder herabgelaſſen werden kann, was ein entſprechendes Steigen oder Fallen des innern Queckſilberniveaus im Gefäß zur Folge hat. Will man die Barometerhöhe beobachten, ſo macht man von dieſer Bewegung Gebrauch, die Oberfläche des Queckſilbers im Gefäß genau in Berührung mit dem Ende einer ganz feinen Elfenbeinſpitze P zu bringen, welche vertical im Innern des Apparats befeſtigt iſt. Die Kupferröhre iſt mit einer Scale verſehen, deren Anfang genau bei dem untern Ende dieſer Spitze befindlich iſt. Man hat mithin nur noch nachzuſehen, bei welchem Punkt dieſer Scale das obere Ende der Queckſilberſäule ſtehen bleibt. Um dieſe Beobachtung einer größern Genauigkeit fähig zu machen, iſt an der Kupferröhre ein Läufer C angebracht, verſehen mit einem Vernier, der die Beobachtung wenigſtens bis auf Zehntheile von Millimetern geſtattet. Unten an demſelben fügt man zwei kleine verticale Kupferplatten an, durch deren Enden eine, auf die Länge der Röhre vollkommen ſenkrechte, Viſirebene beſtimmt wird. Will man die Beobachtung anſtellen, ſo verſchiebt man den Vernier, bis die Viſirebene genau zur Berührungsebene für die obere convexe Fläche des Queckſilbers wird. Dann giebt die, auf der Röhre verzeichnete Scale mit der größten Schärfe den, zwiſchen der Viſirebene des Läufers und dem untern Ende P der Elfenbeinſpitze enthaltenen, Abſtand an, und dieſer Abſtand iſt nichts anders als die Länge der, über dem innern Niveau des Gefäßes ſtehenden, Barometerſäule. In dieſer Länge alſo hat man das Maß für den Druck, den die Atmoſphäre zu der Zeit, wo man die Beobachtung anſtellt, ausübt. Faſt überflüſſig iſt die Bemerkung, daß während der ganzen Operation das Inſtrument in einer vollkommen verticalen Lage erhalten werden muß, eine Bedingung die man erfüllt, indem man es frei von ſeinem Aufhängungspunkte herabhängen läßt.

Um alle Beobachtungen dieſer Art unter einander vergleichbar zu erhalten, iſt die Angabe erforderlich, welche Temperatur das Queckſilber in der Barometerröhre hat; denn dies Metall erfährt, gleich allen andern Körpern durch die Wärme eine Ausdehnung, und wir haben ſelbſt ſchon angeführt, daß für jeden Grad des Centeſimalthermometers dieſe Ausdehnung $\frac{1}{5550}$ des Volumens beträgt, welches die nämliche Maſſe bei 0° einnahm. Es folgt hieraus, daß eine und dieſelbe, einen Cylinder von beſtändigem Halbmeſſer darſtellende, Queckſilbermaſſe an Länge zunehmen muß, in dem Maße, als ihre Temperatur erhöht wird, und daß ihre Verlängerung der Ausdehnung ihres Volumens proportional ſeyn wird. Um demnach von der Länge auf die Maſſe ſchließen zu können, wird man alle Beobachtungen auf eine und dieſelbe Temperatur, z. B. die von 0°, zurückzuführen haben, welches geſchieht, indem man von der beobachteten Länge der Säule $\frac{1}{5550}$ abzieht, wenn die Temperatur um 1° höher als 0° iſt; $\frac{2}{5550}$, wenn ſie um 2 Grad; $\frac{3}{5550}$, wenn ſie um 3 Grad höher iſt, u. ſ. ſ.

Um genau zu wiſſen, welches die Temperatur der Barometerſäule ſey, fügt man ein kleines, recht empfindliches, Thermometer in die Faſſung des Inſtruments ſelbſt ein, und merkt den, von dieſem Thermometer angezeigten, Grad an. Es erhellt, daß ſolchergeſtalt der Apparat ſeine Temperatur nicht verändern kann, ohne daß das, mit ihm ein Ganzes ausmachende, Thermometer, dieſelben Veränderungen erfährt. Dieſe Temperatur kann von der der äußern Luft ſehr merklich abweichen, nicht nur wenn das Barometer in einem verſchloſſenen Zimmer befindlich, ſondern auch wenn es der freien Luft ausgeſetzt iſt, weil eine dünne und leichte Flüſſigkeit, wie die Luft, für Temperaturveränderungen weit raſcher empfänglich iſt, als eine feſte Maſſe, wie die des Queckſilbers und Kupfers, aus welchen das Barometer verfertigt iſt.

Jedoch auch die Temperatur der Luft iſt zu beobachten. Dies geſchieht mittelſt eines ſehr empfindlichen Thermometers, welches in die freie Luft und den Schatten, nicht aber in die Nähe von Mauern oder ſonſt Körpern, die ihm Wärme durch Zurückſendung zukommen laſſen könnten, gebracht wird. Die Kenntniß dieſer Temperatur iſt von Nutzen, um die vollſtändige Beſtimmung der Umſtände zu erhalten, in welchen ſich die Atmoſphäre im Augenblick der Beobachtung befindet: ſie iſt unumgänglich nöthig bei der Berechnung der aſtronomiſchen Stralenbrechung ſo wie bei Beſtimmung der Niveauunterſchiede mittelſt barometriſcher Beobachtungen, von welcher wichtigen Anwendung wir weiterhin ſprechen werden.

Will man das, eben beſchriebene, Barometer an einen andern Ort bringen, ſo dreht man die, unten befindliche, Schraube, welche das Niveau im Gefäß zu erhöhen dient, ſo, daß, wegen erfolgter Verminderung ſeiner Capacität, das Queckſilber daſſelbe ganz anfüllt, und noch mit dem Ueberſchuſſe ſeines Volumen bis zur höchſten Spitze der Röhre hinanſteigt. Darauf kehrt man das Inſtrument, zu welchem der Luft der Zutritt verwehrt iſt, um, ſteckt es in ein paſſendes Futteral und trägt es fort. Will man wieder Beobachtungen anſtellen; ſo läßt man den beweglichen Boden herab, das Queckſilber fällt; man läßt es ſich ſenken, bis ſein Niveau im Gefäß an das untere Ende der Elfenbeinſpitze ſtreiſt; und vollendet nun die Beobachtung, wie oben.

Die Länge der, ſolchergeſtalt in dem nämlichen Augenblicke, an dem nämlichen Orte, mit gleich gut von Luft gereinigten und in gleicher Vollkommenheit verfertigten Barometern beobachteten, Queckſilberſäule iſt nicht ganz genau die nämliche. Sie beträgt um ſo weniger, je enger die Röhren ſind; und der Beweis, daß dieſe Unterſchiede blos auf Verſchiedenheit des innern Durchmeſſers beruhen, ergiebt ſich daraus, daß ſie aufhören, merkbar zu ſeyn, wenn die Röhre eine gewiſſe Weite überſchritten hat, die man z. B. auf zwei Centimeter feſt ſetzen könnte. Weiterhin werden wir die phyſiſche Urſache dieſer Erſcheinung kennen lehren; für jetzt wird es hinreichen, anzudeuten, daß es die nämliche iſt, welche das Aufſteigen des Waſſers über und das Sinken des Queckſilbers unter ſein Niveau in den, ausnehmend engen, Röhren bewirkt, welche man eben deshalb Capillarröhrchen oder Haarröhrchen nennt, weil ihr innerer Durchmeſſer ſich der Feinheit eines Haars nähert. Es bedarf keiner Erörterung, daß ein ähnlicher Erfolg auch in unſern Barometerröhren Statt haben muß; da jedoch die Urſach deſſelben bekannt iſt, ſo iſt man auch im Stande durch den Calcul die, deshalb anzubringenden, Correctionen auszumitteln, worüber man das größere Werk nachſehen kann.*)

Der eben erörterten Wirkung läßt ſich vollkommen vorbeugen, wenn man ihr die Urſach, durch die ſie hervorgebracht wurde, ſelbſt auch wieder entgegenſetzt; wie dies in dem, Fig. 19. vorgeſtellten, Apparat, Heberbarometer (baromètre à siphon) genannt, geſchiebt. Dieſes Barometer hat kein Gefäß, oder vielmehr die Röhre ſelbſt dient ihm als ſolches. Es iſt unten, wie die Fig. zeigt, aufwärts gebogen, und bildet ſolchergeſtalt zwei parallele Schenkel CS und CN. Um einen Apparat von dieſer Einrichtung zu erhalten, nimmt man zuerſt eine gerade Röhre, deren ganze Länge gleich SCN iſt, und füllt, das verſchloſſene Ende S abwärts kehrend, den Theil SC mit Queckſilber an, welches man mit allen, oben erörterten, Vorſichtsmaßregeln darin kochen läßt. Iſt dies geſchehen, ſo giebt man dem

---

*) Die Art Barometer, welche bisher beſchrieben worden iſt, nennt man, zum Unterſchiede von dem folgenden, Gefäßbarometer (baromètre à reservoir). — Cavendiſh's Verſuchen zufolge beträgt der Einfluß der Capillarität auf den Stand des Queckſilbers in einer Glasröhre bei einer Weite von
6[illegible]; 5[illegible]; 4[illegible]; 4; 3[illegible]; 2[illegible]; 2[illegible]; 1[illegible]; 1[illegible] par. Linie.
5; 8; 17; 29; 40; 56; 73; 104; 157 Hunderttheile par. Linien;
d. h. um ſo viel ſteht in einer offenen Glasröhre der Gipfel der Queckſilberſäule unter dem Niveau des Queckſilbers in dem Gefäße, in das man die Röhre getaucht hat.

Theil CN an der Lampe die Biegung; und kehrt darauf den ganzen Apparat um, ſo daß das geſchloſſene Ende S oben zu ſtehen kommt. Da die, dieſen Schenkel ausfüllende, Queckſilberſäule länger als die Säule beim gewöhnlichen Barometerſtand iſt, und mithin durch ihre Schwere einen größern Druck, als die äußere Atmoſphäre, ausübt, ſo ſinkt ſie vermöge ihres Gewichtsüberſchuſſes und ein Theil von ihr tritt in den offenen Schenkel CN. Wenn nun unter dieſen Umſtänden der Punct N der Gipfel der Convexität des Queckſilbers im offnen und S der des Queckſilbers im verſchloſſenen Schenkel iſt, ſo erhellt, daß der Niveauunterſchied dieſer beiden Puncte genau die Länge der Queckſilberſäule angiebt, welche durch den, auf die Oberfläche N im offenen Schenkel von der Atmoſphäre ausgeübten, Druck in ihrem Stande erhalten wird; und, damit dieſer Niveauunterſchied unabhängig von der Wirkung der Capillarität ſey, welche ſich uns in den einſchenklichen Röhren zu erkennen gegeben hat, wird es hinreichen, daß beide Schenkel der Röhre, bei den beiden Enden N und S der Säule, von faſt gleichem Durchmeſſer ſeyen; denn da die Beſtrebungen zur Herabſenkung dann auf beiden Seiten gleich ſind, ſo werden ſie ſich wechſelſeitig die Wage halten.

Es bleibt ſomit nichts weiter übrig, als den Niveauunterſchied der beiden Puncte N und S zu meſſen: zu dieſem Zweck verzeichnet man eine Scale AH in verticaler und mit den Schenkeln paralleler Richtung. Ein horizontaler Schieber HS, gleich dem, an den Gefäßbarometern angebrachten, bewegt ſich parallel mit ſich ſelbſt längs dieſer Scale. Man ſtellt ihn zuvörderſt ſo, daß die Ebene, in der man viſirt, zur Berührungsebene des einen Endes der Säule wird, z. B. des Gipfels der obern Convexität S, und merkt den correſpondirenden Punct der Scale, der z. B. H ſeyn wird, an. Darauf führt man den Schieber an das andre Ende der Säule nach N und wiederholt auf gleiche Weiſe die Beobachtung. Geſetzt der correſpondirende Punct der Scale wäre h, ſo würde der Abſtand Hh, welchen die Scale angiebt, den Niveauunterſchied der beiden Puncte NS, und mithin die Länge der Barometerſäule, darſtellen.

Noch mehr Genauigkeit läßt ſich in die Beobachtung bringen, wenn man an dem Schieber ein kleines Perſpectiv anbringt, in deſſen Innern ein ganz feiner Faden horizontal ausgeſpannt iſt. Man nimmt alsdann mit der größten Beſtimmtheit den Augenblick wahr, wo dieſer Faden mit der Queckſilberoberfläche jedes Endes der Säule in eine Horizontalebene kommt.

Gay-Luſſac hat am Heberbarometer eine Abänderung angebracht, die daſſelbe tragbar und ausnehmend bequem zum Gebrauch für Reiſende macht. Iſt das Barometer fertig, ſo verſchließt man an der Schmelzlampe das Ende des kürzern Schenkels, welches mit Y bezeichnet iſt, Fig. 20. In dieſem Zuſtande würde das, vollkommen verſchloſſene, Barometer der äußern Luft keinen Zutritt verſtatten und mithin auch die Veränderungen ihrer Druckkraft nicht anzeigen können; um aber die Gemeinſchaft wieder herzuſtellen, bringt man inwendig und gegen die Mitte des Schenkels CY einen kleinen Vorſprung an, der in ein ausnehmend feines und haarförmiges Loch T ausgeht. Dieſes Loch verſtattet zwar der äußern Luft den Eintritt in den Schenkel CY; nicht aber dem Queckſilber den Austritt aus demſelben, wegen der Kraft, mit der es dieſes vermöge ſeiner Capillarität zurückſtößt. Hat man alſo den Niveauunterſchied der beiden Enden S, N der Säule beobachtet, und kehrt nun ſacht die Röhre um, ſo tritt ein Theil des Queckſilbers wieder in den langen Schenkel CX zurück; wie Fig. 21 zeigt, und füllt ihn vollends aus; während der übrige Theil in den kürzern Schenkel CY herabfällt, aber wegen der Kleinheit des ſeitlichen Lochs T nicht entweichen kann. In dieſer Lage läßt ſich alſo der Apparat forttragen; immer wird er offen für die Luft und geſchloſſen für das Queckſilber ſeyn. Nur muß ſich die Röhre bei ihrem Knie in C verengern, damit die Wirkung der Capillarität dies Knie, auch nach dem Umkehren der Röhre, immer gefüllt erhalte.

Um dieſen Apparat tragbar zu machen, kittet man die Röhre in eine Hülle von feſter Maſſe ein. Man kann auch, was einen ſehr großen Vortheil gewährt, den längern Schenkel völlig umſchließen, und die Veränderungen des Queckſilberſtandes blos im kürzern beobachten. Hiebei iſt blos erforderlich, daß dieſe beiden Schenkel in den Theilen N und S, ſo weit längs derſelben die Enden beider Säulen zu ſtehen kommen können, genau von gleichem Durchmeſſer ſeyen; denn alsdann wird das Queckſilber, wenn eine Veränderung im Luftdruck eintritt, in dem einen Schenkel um eben ſo viel ſinken, als es in dem andern ſteigt; und, um die Totalveränderung, welche die Länge der Barometerſäule erfährt, kennen zu lernen, wird man die Veränderung des Queckſilberſtandes blos noch in einem der Schenkel, z. B. dem kürzern, zu meſſen brauchen, und das doppelte davon zu nehmen haben. Um beide Schenkel von einer ſolchen Gleichheit zu erhalten, nimmt man eine, ziemlich cylindriſche, Röhre; zerſchneidet ſie ungefähr in der Mitte ihrer Länge in zwei Theile und bedient ſich dieſer beiden Hälften, die beiden Enden der Säule aufzunehmen, indem man ſie an andre Glasröhren von beliebigem Durchmeſſer anſchmelzt. Der nämliche Zweck läßt ſich auch durch eine Röhre erreichen, welche nicht in ihrer ganzen Länge von gleichem Durchmeſſer iſt, und die man dann in Theile von gleicher Capacität durch das, bei Verfertigung der Thermometer auseinandergeſetzte, Verfahren zu theilen hat. Kennt man ſolchergeſtalt das Verhältniß der Capacität beider Schenkel, ſo läßt ſich das Steigen des Queckſilbers in dem einen, nach dem, im andern beobachteten, Sinken deſſelben berechnen; doch wird dies weniger Bequemlichkeit darbieten, als wenn man beide Schenkel von gleicher Capacität macht, wozu leicht zu gelangen iſt.

Das eben beſchriebene tragbare Thermometer, nach Herrn Gay-Luſſac's Angabe, kann in einen Rohrſtock eingeſchloſſen und ohne Schwierigkeit aller Orten mit hingenommen werden. Man bringt an demſelben, ſo wie an dem andern Barometer ein kleines Thermometer an, welches in die Faſſung ſelbſt eingefugt wird, und dazu dient, die Temperatur des Queckſilbers zu meſſen. Damit endlich die Queckſilberſäule durch raſche Stöße, die ſie auf der Reiſe erfahren kann, nicht zu ſtark gegen die Enden der Glasröhre getrieben werde, was ein Zerbrechen derſelben zur Folge haben könnte, mäßigt man dieſe Bewegungen dadurch, daß man ganz nahe an den Enden X, Y die Röhre ſich verengern läßt, ſo daß ihr innrer Durchmeſſer an dieſen Stellen viel geringer, als oberhalb und unterhalb derſelben iſt. Dies Mittel bewirkt, wenn die Queckſilberſäule mit Gewalt gegen ein Ende der Röhre getrieben wird, nothwendig eine Verzögerung ihrer Bewegung beim Durchgang durch dieſe verengerte Stelle, und ſo gelangt ſie an das Ende ſelbſt mit einer zu geringen Geſchwindigkeit, um dieſelbe zerbrechen zu können. Die Röhre muß lang genug und die verengerte Stelle hinlänglich nahe bei den Enden derſelben ſeyn, daß der höchſte Punct S der Säule bei den Beobachtungen nie ſo hoch zu ſtehen kommt; denn in dieſem Falle würde ſich das Queckſilber, wegen der Kraft der Capillarität an dieſer engen Stelle, bedeutend ſenken und große Irrthümer in den beobachteten Höhen verurſachen. Dieſe Verengerung der Röhre nahe an ihrem Ende iſt eine Vorſichtsmaßregel, welche man bei Reiſebarometern nie aus der Acht läßt.

Zieht man Inſtrumente, wie die eben beſchriebenen, in Anwendung und nimmt man bei ihrem Gebrauch alle die, von mir anempfohlnen, Vorſichtsmaßregeln in Obacht, ſo werden die, damit angeſtellten Beobachtungen hinſichtlich der Genauigkeit nichts zu wünſchen übrig laſſen. Ich konnte mich nicht kürzer bei einem Inſtrumente faſſen, das von täglicher Anwendung in der Phyſik, Chemie, Aſtronomie und Geographie iſt. Bald wird ſich uns dieſe ſeine große Nutzbarkeit bei ſehr ins Feine gehenden Verſuchen darthun; zuvor jedoch glaube ich auf einige ſeiner allgemeinen Anwendungen aufmerkſam machen zu müſſen.

Beobachtet man lange Zeit hindurch an dem nämlichen Orte die

Länge der Queckſilberſäule, oder das was man Barometerſtand oder Barometerhöhe (hauteur du baromètre) nennt, ſo findet man, daß ſie ſich nicht immer gleich bleibt. In den erſten Zeiten nach Erfindung des Barometers glaubte man, daß das Queckſilber höher bei bevorſtehendem Regenwetter ſtände, dagegen bei ſchönem Wetter ſänke 1), und man fand ſelbſt Gründe, dieſen vorgeblichen Erfahrungsſatz zu unterſtützen. Soll es regnen, ſagte man, ſo iſt die Luft mit Feuchtigkeit überladen; mithin das Gewicht derſelben ſchwerer; leichter dagegen muß es bei ſchönem Wetter ſeyn, weil ſich alsdann die Atmoſphäre der Feuchtigkeit entladen hat, welche ſie enthielt. Zum Unglück indeß für dieſes Syſtem hat man ſpäterhin gefunden, daß die Luft in dem Maße mehr Waſſer aufzunehmen vermag, als man ſie erwärmt, ſo daß ſie z. B. im Sommer im Allgemeinen weit mehr Waſſer enthält, als im Winter, obwohl der Winter weniger ſchönes Wetter, als der Sommer gewährt, auch hat man gefunden, daß der Waſſerdunſt leichter, als die Luft bei gleichem Volumen iſt, ſobald er die nämliche Spannkraft ausübt; d. h., z. B., daß, wenn man an die Stelle eines Cubikcentimeters Luft in einer gewiſſen Höhe der Atmoſphäre einen Cubikcentimeter Waſſerdunſt von der nämlichen Temperatur und der nämlichen Elaſticität brächte, dieſer Waſſerdunſt weniger wiegen würde, als das Volumen Luft, deſſen Stelle er einnimmt, und mithin auch auf das Barometer nur einen geringern Druck ausüben könnte: hieraus hat man die entgegengeſetzte Folgerung gezogen, als die man früher annehmen zu müſſen glaubte, nämlich, daß, wenn das Barometer ſteigt, ſchönes Wetter bevorſteht; Regenwetter dagegen, wenn es ſinkt. In der That beſtätigt auch dies die Erfahrung in den meiſten Fällen; allein, die Wahrheit zu ſagen, der Grund, den man davon angiebt, taugt im Grunde nicht viel mehr als der, den man deshalb aufgegeben hat. Ich werde eine Urſache angeben, die mir mehr Wahrſcheinlichkeit zu haben ſcheint, wenn wir uns erſt eine nähere Einſicht werden erworben haben, in welchem Zuſtande die Waſſerdünſte in der Luft vorhanden ſind; bis dahin begnügen wir uns, dieſe zufälligen Veränderungen als auf irgend eine Weiſe mit dem Zuſtand der Atmoſphäre zuſammenhängend anzuſehen und gehen nun zu einer nähern Betrachtung derſelben über.

Der Umfang, in dem dieſe Veränderungen erfolgen, iſt nicht allenthalben der nämliche; auf hohen Bergen und in den Tropenländern finden deren faſt gar keine Statt; ſelbſt in den gemäßigten Erdſtrichen ſind ſie bei ruhiger Witterung niemals ſehr beträchtlich; faſt

---

1) Dieſe Meinung hatte Paſcal. S. ſein Werk über das Gleichgewicht der Flüſſigkeiten (Traité de l'équilibre des liqueurs).

immer aber ſinkt das Barometer ſchnell vor eintretenden Stürmen, und erfährt binnen einigen Stunden, während ſie Statt haben, große Oscillationen; wodurch dies Inſtrument von großem Nutzen auf dem Meere für die Schiffer wird.

Der mittlere Barometerſtand iſt ſich im Niveau des Meeres allenthalben faſt ganz gleich, doch glaubt man bemerkt zu haben, daß er etwas tiefer in der ſüdlichen Hemiſphäre ſey. Im Niveau des Oceans beträgt dieſe mittlere Höhe 0^{m}, 7629 (28 par. Zoll 2 $\frac{2}{10}$ L.) bei einer Temperatur von 12°, 8 Cent.; zu Paris, im Niveau der Seine, 0^{m}, 76 (28 Zoll $\frac{9}{10}$ L.); und den Beobachtungen Rohault's zufolge, welche funfzehn Jahre hinter einander fortgeſetzt wurden, ſchwankt ihre zufällige Veränderung zwiſchen 0^{m}, 766981 (28 Zoll 4 L.) und 0^{m}, 719610 (26 Zoll 7 L.). Die mittlere Temperatur daſelbſt iſt 12° *).

Mittelſt der Verzeichnung läßt ſich am bequemſten eine vergleichende Zuſammenſtellung lange fortgeſetzter Barometerbeobachtungen erhalten. Hiezu bedient man ſich eines langen Papierſtreifens, durch deſſen Mitte quer von einem Ende zum andern eine gerade Linie gezogen wird, beſtimmt, die mittlere Barometerhöhe am Beobachtungsorte vorzuſtellen. Man theilt dieſe Linie in eine gewiſſe Zahl gleicher Theile, die eben ſo viel Beobachtungstagen entſprechen, und zieht dann parallel mit ihr, ſowohl über als unter derſelben, noch mehrere andre Linien in gleichen Abſtänden, z. B. den Abſtänden von einem

---

*) Nur erſt von wenig Orten läßt ſich eine mittlere Barometerhöhe mit Genauigkeit angeben. Für folgende Orte iſt ſie auf nachſtehende Weiſe nebſt der mittlern Temperatur beſtimmt worden.

	Mittl. Barometerſtand.			Mittl. Thermometerſtand.
Berlin. . . .	27	Zoll,	11, 8 Lin.	7°, 3 Reaumur.
Brüſſel. . . .	27	—	10, 7	7, 8
Düſſeldorf. . .	27	—	10, 2	8, 3
Erfurt. . . .	27	—	6, 6	7, 2
Genf.	26	—	10, 4	8, 1
St. Gotthard.	21	—	9, 5	0, 8
Ingolſtadt. . .	28	—	1, 0	6,
Kopenhagen. .	28	—	9, 8	6, 4
Mannheim. . .	27	—	9, 6	8, 2
München. . . .	26	—	5, 3	7, 1
Ofen.	27	—	5, 9	8, 1
Petersburg. . .	28	—	0, 0	3, 2
Prag.	27	—	3, 9	7, 2
Padua.	28	—	1, 3	9, 3
Rom.	27	—	11, 3	12, 6
Stockholm. . .	27	—	10, 7	3, 9
Würzburg. . .	27	—	5, 4	8, 4

Millimeter. Hat man nun an einem gewiſſen Tage den Barometerſtand beobachtet, und gefunden, daß es der mittlere iſt, ſo markirt man mit einem Strich den Punct der Hauptlinie, welcher für dieſen Tag gilt; iſt er um einen Millimeter höher, ſo trägt man die beobachtete Höhe auf die erſte Parallele über der mittlern Linie auf; iſt er tiefer, ſo markirt man die, ihm entſprechende, Parallele unterhalb derſelben, und trägt ſo nach einander jeden Tag die beobachteten Höhen in der gehörigen Reihenfolge und Höhe ein; man kann ſelbſt, größerer Genauigkeit halber, die Beobachtungen des Tags mehrmals wiederholen und gleichfalls jede an ihrer Stelle eintragen, indem man den Zwiſchenraum, welcher einem Tage entſpricht, in gleiche Theile theilt; und wenn man nun durch alle ſolchergeſtalt beſtimmte Puncte eine verbindende Linie zieht, die allen ihren Unregelmäßigkeiten nachfolgt, ſo wird dieſelbe mit ihren Aus- und Einbiegungen getreu den Zuſtand des Barometers in den aufeinanderfolgenden Zeiten der Beobachtung darſtellen. Nun ergiebt ſich aus dem Anblick einer ſolchen Verzeichnung, daß in den meiſten Fällen, wo das Barometer ſank, Regen gefallen iſt; dagegen, wenn es ſtieg, das Wetter heiter wurde. Mitunter bemerkt man Ausnahmen von dieſer Regel, allein ihre Zahl wird von den Fällen, wo ſie ſich beſtätigt findet, bei Weitem überwogen.

Vergleicht man ſolchergeſtalt die Reihe Barometerbeobachtungen, welche an verſchiednen Orten, lägen ſie ſelbſt ſo weit als Paris und Clermont, oder London und Genf aus einander, angeſtellt worden ſind, ſo ergiebt ſich eine merkwürdige Uebereinſtimmung in den Veränderungen des Queckſilberſtandes, die in der Bewegung der Atmoſphäre eine Art Gleichzeitigkeit vorausſetzt, wie man ſie kaum hätte vermuthen ſollen. Doch iſt dieſe Uebereinſtimmung keineswegs ſtets ganz vollkommen, beſonders was die abſoluten Quantitäten betrifft, um die das Queckſilber ſteigt oder fällt.

Vergleicht man nun auch eine Reihe, an dem nämlichen Orte angeſtellter, Beobachtungen unter einander, ſo findet man, bei allen zufälligen Unregelmäßigkeiten im Gange der Thermometerſtände doch unverkennbar eine gewiſſe allgemeine Neigung derſelben, zu verſchiednen Stunden des Tages periodiſch zu ſteigen oder zu fallen, durch eine lange Folge von Beobachtungen dieſer Art hat Ramond ausgemittelt, daß in Frankreich das Barometer das Maximum ſeiner Höhe gegen neun Uhr Morgens erreicht, von wo an es bis vier Uhr Nachmittags ſinkt; um dieſe Zeit hat es ſein Minimum erreicht und ſteigt nun wieder bis 11 Uhr Nachts, wo es abermals ſein Maximum erreicht; dann fällt es wieder bis gegen vier Uhr Morgens, um von da an zu ſeinem Maximum gegen neun Uhr zurückzukehren. Dieſer

Gang erleidet in unſerm europäiſchen Klima oft Störungen, weil hier der Zuſtand der Atmoſphäre ſehr wechſelt; in den Tropenländern aber, wo die Urſachen, welche Einfluß auf die Atmoſphäre haben, ſich mehr gleich bleiben, bleiben ſich auch die Perioden jenes Steigens und Fallens gleich, und zwar in dem Grade, daß man, Hrn. Humbold zufolge, nach der bloßen Beobachtung der Barometerhöhen beinahe die Stunde in jedem Augenblick des Tages und der Nacht zu beſtimmen vermöchte; ja, was vorzüglich bemerkenswerth iſt, den Beobachtungen des nämlichen Reiſenden zufolge, wird die vollkommne Regelmäßigkeit dieſer Oscillation durch keinen Vorgang in der Atmoſphäre, weder Regen, noch ſchönes Wetter, noch Wind, noch Stürme geſtört; vielmehr bleibt ſie ſich zu allen Zeiten und in allen Jahreszeiten gleich.

Wird das nämliche Barometer in verſchiednen Höhen über das Niveau des Meeres gebracht, ſo ſieht man, in dem Maße, als es weiter in der Atmoſphäre hinauf gelangt, das Queckſilber in der Röhre fallen. So beträgt die mittlere Barometerhöhe, welche dem Obigen zufolge 76 Centimeter oder 28 Zoll im Niveau des Meeres betrug, auf dem Gipfel des großen St. Bernhard nicht eben mehr, als 57 Centimeter, oder 21 Zoll. Kleiner iſt ſie auf dem Gipfel des Mont-Blanc, weil dieſer höher iſt; und noch mehr nimmt ſie ab, wenn man ſich zu noch größern Höhen bei den Luftreiſen erhebt. Der Grund davon iſt, daß das Barometer in dem Maße, als man höher mit demſelben aufſteigt, von dem Gewicht der untern Luftſchichten entlaſtet wird. Die freie Queckſilberoberfläche im Gefäß hat dann blos noch das Gewicht der über ihr befindlichen Schichten zu tragen, und erfährt ſomit einen mindern Druck, als vorher, weshalb das Queckſilber, welches dieſem Druck in der luftleeren Barometerröhre das Gleichgewicht hält, bis zu einer geringern Höhe darin ſtehen bleiben muß. Wäre die Luft in allen Höhen von gleicher Dichtigkeit; d. h. enthielte die Luft allenthalben bei dem nämlichen Volumen dieſelbe Quantität ſchwerer Materie, ſo würde ſich das Geſetz leicht berechnen laſſen, nach welchem die Barometerhöhe, in dem Maße als man ſich über das Niveau des Meeres erhebt, abnimmt; denn wenn der Barometerſtand 0^{m}, 760 und die Lufttemperatur 0° iſt; ſo lehrt die Erfahrung, daß man ſich um 10^{m}, 5 erheben muß, damit das Queckſilber um 1 Millimeter ſinke; ſo daß alſo, unter dieſen Umſtänden, ein Queckſilbercylinder von einem Millimeter Höhe ſo viel wiegt, als ein Luftcylinder von gleicher Baſis, und einer Höhe von 10^{m}, 5 oder 10 500 Millimetern, wozu ſich die Beſtätigung in der That ergiebt, wenn man gleiche Volumina Luft und Queckſilber vergleichungsweiſe wiegt; wie wir weiterhin ſehen werden. Fänden alſo dieſelben Umſtände in allen Höhen der Atmoſphäre Statt, ſo würde jeder, in der Queckſilberſäule von 0^{m}, 760 enthaltene, Millimeter einer Lufthöhe von 10^{m}, 5 entſprechen, und die Totalhöhe der Atmoſphäre würde 760 mal 10^{m}, 5 oder 7980^{m}, d. i. ungefähr 4000 Toiſen betragen. Dieſe Höhe iſt jedoch weit unter der wirklichen; denn es giebt auf der Erde Berge, die dieſelbe faſt erreichen, wie z. B. der Chimboraſſo in Amerika, und die doch bei weitem noch nicht bis zur Gränze der Atmoſphäre hinaufragen, da man oft Wolken und ſelbſt Vögel ſich hoch über ihre Gipfel erheben ſieht. Der Irrthum unſrer Berechnung ruht darin, daß wir eine der phyſiſchen Eigenſchaften der Luft aus der Acht gelaſſen haben, nämlich ihre Zuſammendrückbarkeit. Die Luft iſt zuſammendrückbar, d. h. durch Druck läßt ſich eine Luftmaſſe in immer kleinere Räume zuſammendrängen; überdies iſt ſie elaſtiſch; d. h. ſie ſtrebt nach dem Druck ihr urſprüngliches Volumen wieder einzunehmen.

Was nun aus dieſen Eigenſchaften in Bezug auf den Zuſtand der Atmoſphären folgen muß, läßt ſich leicht ſchließen. Weil die Luft ſchwer iſt, werden die untern Schichten mehr zuſammengedrückt, als die obern, deren Gewicht auf ihnen laſtet. Vermöge ihrer Elaſticität aber müſſen ſie dieſem Druck widerſtehen, und ein Kraftbeſtreben zur Ausdehnung äußern. Hieraus ergiebt ſich, daß die Dichtigkeit der untern Luftſchichten bei weitem die der obern übertreffen muß. Auf hohen Bergen überzeugt man ſich hievon durch ſinnliche Wahrnehmung; und erhebt man ſich in einem Aeroſtat zu großen Höhen, ſo findet man die Luft ſo dünn, daß man Mühe hat, das Athmen noch zu vollziehen. Auch reicht es dann nicht mehr hin, um den Queckſilberſtand um einen Millimeter zu erniedrigen, ſich um 10^{m}, 5 zu erheben; vielmehr wird hiezu ein weit bedeutenderer Niveauunterſchied erfordert, weil ein Luftcylinder in dieſer Höhe in der That weit weniger Maſſe enthält, als wenn er ſich ganz nahe an der Erdoberfläche befände. Anfangs ſuchte man durch unmittelbare Beobachtung das Geſetz auszumitteln, nach welchem dieſe Gewichtsabnahme Statt hat. Indem man ſucceſſiv ein und daſſelbe Barometer in bekannte Höhen brachte, vermochte man eine hinlänglich ſichere Regel zu finden, die, blos nach den Beobachtungen der Barometer- und Thermometerhöhen, den Niveauunterſchied zweier Standpuncte giebt. Jedoch erlaubte dies, für die Geographie wie für die Naturgeſchichte äußerſt fruchtbare, Reſultat keine ſichere Feſtſtellung, bevor man nicht durch die Erfahrung zur Kenntniß der phyſiſchen Urſachen gelangt war, welche von

Einfluß auf den Druck der Luft in verſchiednen Höhen ſeyn können, um den Calcul auf ſie anwendbar zu machen. Letztres iſt von Hrn. Laplace geſchehen, und man wird im größern Werke die Formel finden, zu der er gelangt iſt. Ich muß jedoch erinnern, daß ſeine Reſultate nur in ſo fern völlige Sicherheit gewähren, als man ſie auf Orte anwendet, die nahe genug an einander liegen, um für ſie die nämlichen atmoſphäriſchen Verhältniſſe annehmen zu können. In größern Entfernungen, z. B. von Paris nach Hâvre giebt die Vergleichung der Barometerhöhen Niveauunterſchiede, welche je nach der Richtung der herrſchenden Winde verſchieden ausfallen; aber was ſehr merkwürdig iſt, es ſcheint, daß man einen genauen Ausdruck erhält, wenn man das Mittel aus den Reſultaten nimmt, welche diametral entgegengeſetzten Winden entſprechen.

Sechſtes Capitel.

Barometer und Thermometer in Bezug zu einander betrachtet.

So eben habe ich die beiden nützlichſten Inſtrumente der Phyſik und Chemie kennen gelehrt; ihre Einrichtung und Verfertigung, ihren Gebrauch und ihre unmittelbaren Anwendungen erörtert, d. h. mich über die Anzeigen verbreitet, die ſie uns über die Temperatur und den Luftdruck geben, ſey es am nämlichen Orte in verſchiednen Höhen, oder auch in der nämlichen Höhe in verſchiednen Klimaten. Jetzt ſollen ſie uns zu einer ſtrengen Unterſuchung und einer genauen Meſſung mehrerer, bisher nur andeutungsweiſe berührter, Erſcheinungen behülflich ſeyn.

Ich habe erwähnt, daß, wenn man ein Thermometer in ein, mit reinem Waſſer gefülltes, Gefäß taucht, und das Waſſer mittelſt Feuers zum kochen bringt, das Queckſilber ſich im Thermometer, ſo lange das Kochen dauert, ſtetig bei demſelben Grade erhält. Der Verſuch dazu iſt leicht anzuſtellen; und wir erhalten durch denſelben das Mittel, unſrer Thermometerſcale einen feſten Gränzpunct zu geben. Wiederholt man aber den Verſuch an verſchiednen Tagen, an denen das Barometer merkliche Verſchiedenheiten im Luftdruck zu erkennen giebt, ſo findet man, daß dieſer Gränzpunct nicht genau der nämliche bleibt; höher iſt bei ſtärkerm Luftdruck, tiefer bis ſchwächerm. Hienach ſteht zu erwarten, daß in dem Maße, als der Luftdruck abnimmt, auch der Siedpunct einen innern tiefern Stand annehmen wird, ein Erfahrungsſchluß, der ſich beſtätigen läßt, indem man auf hohe Berge ſteigt, und daſelbſt Waſſer in verſchiednen Höhen kochen läßt; denn wie wir geſehen, ſinkt das Barometer in dem Maße, als man ſoldergeſtalt aufſteigt. Nun findet man bei Anſtellung dieſes Verſuches, daß wirklich die Sache ſich ſo verhält, wie wir vorausſahen. Haben wir den Gränzpunct, bei welchem das Waſſer auf der Erdoberfläche ſiedet, mit 100 bezeichnet, während die Barometerhöhe $0^{m}, 76$ betrug, welches der mittlere Luftdruck im Niveau des Meeres iſt, und ſteigen wir dann ſo weit in die Höhe, daß der Barometerſtand nur noch 75 Centimeter iſt, ſo wird das Waſſer bei einem Thermometerſtande unter 100 Grad zu ſieden anfangen, und überhaupt wird zwiſchen dem Sinken dieſes Grades und der Anzeige des Barometers ſtets ein entſprechender Bezug Statt finden. Welches dieſer ſey, läßt ſich durch Verſuche, die man auf die angegebene Art in verſchiednen Höhen anſtellt, ausmitteln, und dann findet man aus der Barometerhöhe die Grade, bei welchen das Waſſer ſiedet, oder umgekehrt die Höhe des Barometerſtandes aus dem Siedgrade des Waſſers. Noch genauere, und bei weitem allgemeinere, Reſultate erhält man durch ein andres, bald anzugebendes, Verfahren, welches keine Ortsveränderung erfordert. Für jetzt begnüge ich mich, eine Thatſache anzuführen, die man als blos durch die Erfahrung erwieſen betrachten und durch ſie ſelbſt beſtätigt finden kann, welche vollkommen ausreicht, alle Thermometer an Orten, welche nicht über 400 Meter (200 Toiſen) über der Meeresoberfläche erhaben ſind, zu reguliren. Sie beſteht darin, daß, wenn der Barometerſtand nicht viel von 28 Zoll nach der alten Eintheilung, oder von $0^{m}, 76$ nach der neuen, abweicht, eine Zunahme oder Abnahme um einen Zoll oder $27^{mm}, 07$ in dieſer Barometerhöhe, genau 1° der hunderttheiligen Scale bei der Temperatur des kochenden Waſſers entſpricht; d. h. daß, wenn z. B. der Luftdruck oder die Barometerhöhe, anſtatt 28 Zoll zu betragen, nur 27 beträgt, der Siedpunct, anſtatt bei 100°, bei 99° wird zu ſtehen kommen. Wenn man demnach ein Thermometer unter dieſen Verhältniſſen reguliren will, und daran den Siedpunct ſo wie den Froſtpunct markirt hat, wird man den Zwiſchenraum in 99 Theile theilen müſſen, um Centeſimalgrade zu haben, oder um das Thermometer 100° in kochendem Waſſer zeigen zu laſſen, wenn das Barometer auf 28 Zoll ſteht. Das Entgegengeſetzte würde Statt finden, wenn die Barometerhöhe 29 Zoll betrüge; dann würde das Sieden erſt bei 101° erfolgen, und man müßte mithin den Zwiſchenraum zwiſchen dem Siedpuncte und Froſtpuncte in 101 Theile theilen.

Nicht genug zu wiederholen iſt, daß, um dieſe Verſuche mit Genauigkeit anzuſtellen, deſtillirtes oder Regen- oder Schnee-Waſſer in vollkommener Reinheit anzuwenden iſt; denn faſt alle Fluß- oder

Quellwäſſer halten Salze aufgelöſt, die vermöge ihrer Verbindung mit denſelben ihr Kochen verzögern.

Noch verdient ein andrer Umſtand, der beim Kochen des Waſſers auf Bergen eintritt, eine beſondre Erwähnung, da es von Nutzen ſeyn kann, wenn man zuvor damit bekannt iſt. Nämlich, je höher in der Atmosphäre, um ſo ſchwerer wird es, das Waſſer zum Sieden zu bringen, obwohl es daſelbſt bei niedern Thermometergraden als auf der Erdoberfläche ſiedet. Dies rührt von der Schwierigkeit her, das Feuer, welches das Kochen bewirkt, zu unterhalten. In dem Maße, als man in der Luft aufſteigt, findet man dieſelbe dünner, d. h., weniger Maſſe bei gleichem Volumen enthaltend. Nun macht einer der Beſtandtheile der Luft, welcher den Namen Oxygen oder Sauerſtoff führt, die alleinige und weſentliche Nahrung des Verbrennens aus, oder vielmehr die Erſcheinung, welche wir durch den Namen Verbrennen bezeichnen, beruht blos auf dem Act der Verbindung, welche dieſer Grundſtoff mit den brennbaren Körpern eingeht; welches von den Chemikern auf unzweifelhafte Weiſe dargethan wird. Das Anblaſen des Feuers bewirkt nichts anderes, als daß eine größere Maſſe dieſes, in der Luft enthaltenen, Oxygens zu den verbrennlichen Körpern hinzugetrieben wird. Machen wir nun die Anwendung hiervon auf unſern Fall: weil die Luft um ſo dünner wird, je höher man in der Atmosphäre hinaufkommt, ſo muß man auch ein um ſo größeres Volumen derſelben auf die nämliche Stelle hinblaſen oder zutreten laſſen, damit wirklich die nämliche Maſſe Oxygen zu derſelben gelange; dieſe Luft wird mithin bei gleichem Volumen das Feuer minder nähren, und ſo muß die Schwierigkeit, daſſelbe zu unterhalten, mit der Höhe zunehmen.

Nach dem, was wir über die Veränderlichkeit des Grades, bei welchem das Waſſer ſiedet, geſagt haben, könnte man analog den Schluß ziehen, daß auch der Grad, bei welchem das Eis ſchmilzt, und welcher den andern Gränzpunct der Scale abgiebt, mit dem Luftdruck ſich abändern müſſe; allein die genaueſten Verſuche machen nicht die geringſte Veränderlichkeit deſſelben, ſelbſt auf den höchſten Bergen, ſelbſt in einem ganz luftleeren Raume, bemerklich. Nur muß man, wie ſchon geſagt, den Gränzpunct, bei welchem das Eis ſchmilzt, und der unveränderlich iſt, von dem Puncte, bei welchem das Waſſer gefriert, und der es nicht unter allen Umſtänden iſt, unterſcheiden.

Siebentes Capitel.

Geſetze, nach welchen ſich die Verdichtung und Ausdehnung der Gasarten, unter verſchiedenem Druck, bei der nämlichen Temperatur, richtet.

Die eben angeführten Verſuche haben uns belehrt, daß die, auf der Oberfläche der Erde befindlichen, Luftſchichten den Druck vom ganzen Gewicht der obern Schichten zu tragen haben. Dies Gewicht läßt ſich für jede Flächeneinheit dem einer Queckſilberſäule gleich ſetzen, welche dieſe Fläche zur Baſis hätte, und deren mittlere Höhe im Niveau des Meers $0^{m},76$ betrüge. Wie würde ſich nun eine Luftmaſſe verhalten, wenn ſie einen Druck von einem ſtärkeren Gewichte erführe? Nach dem, was ſich uns über die Zuſammendrückbarkeit der Luft ergeben hat, müſſen wir erwarten, daß ſie ſich verdichten und in ſich ſelbſt zuſammenziehen wird, ſo daß ſie einen geringern Raum, als zuvor, einnimmt: welchem Geſetz aber wird dieſe Verdichtung folgen, und welcher Bezug wird zwiſchen dem Volumen einer Luftmaſſe und dem, auf derſelben laſtenden, Druck, Statt finden? Dieſe Frage iſt von groſer Wichtigkeit, und ihre Anwendungen kehren alle Augenblicke wieder, wie wir im Verfolg dieſes Werks oft genug zu ſehen Gelegenheit haben werden; wir müſſen uns mithin durch die Erfahrung über ſie aufzuklären ſuchen.

Leicht gelangt man dazu auf folgende, von Mariotte angegebene, Weiſe: man nehme eine cylindriſche und gekrümmte Glasröhre ABC, Fig. 22., welche an einem Ende C verſchloſſen, an dem andern offen iſt; gieße etwas Queckſilber hinein, bis es die Horizontallinie DE erreicht, damit die, im kürzeren Schenkel CE eingeſchloſſene, Luft weder mehr noch minder gedrückt werde, als die, im längern Schenkel AD enthaltene, welche mit der Atmosphäre Gemeinſchaft hat. Der letztre Schenkel muß weit länger ſeyn, als der erſtere. Wenn nun ſolchergeſtalt das Queckſilber zu beiden Seiten gleich hoch, bis DE, ſteht, und die Communication zwiſchen beiden Schenkeln unterbrochen iſt, gieße man durch das Ende A, mittelſt eines kleinen Glastrichters, abermals eine Quantität Queckſilber hinein, wohl Acht habend, daß keine neue Luft in den Raum CE treten könne. Man wird alsdann bemerken, daß das Queckſilber allmälich nach C zu emporſteigt, und ſolchergeſtalt die, in CE befindliche, Luft verdichtet; allein, es wird zu einer weit geringern Höhe in dieſem, als in dem offenen Schenkel aufſteigen. Beträgt z. B. die Länge von EC 32 Centimeter, und iſt die Luft ſo weit hinaufgetrieben, daß ſie nur noch die Hälfte dieſes Raums, d. i. 16 Centimeter, einnimmt, wo ſich dann die Queckſilberoberfläche bis F erhebt; ſo ziehe man eine Horizontallinie FG, und man wird finden, daß das Queckſilber im andern Schenkel über dieſer Linie um eine Länge GH erhöht ſteht, welche der Barometerhöhe zur Zeit der Beobachtung genau gleich iſt. Sonach wird die, in dem Raum CF enthaltene, Luft durch das Gewicht der, auf H laſtenden, Atmoſphäre gedrückt, und noch durch das Gewicht einer andern Atmoſphäre, die durch die Queckſilberſäule HG vorgeſtellt wird; denn die beiden gleichen Säulen GD, FE ſind für nichts zu rechnen, weil ſie, eben wegen ihrer Gleichheit, ſich wechſelſeitig das Gleichgewicht halten. Dieſer doppelte, auf G wirkende, Druck reducirt alſo die Luft CE auf die Hälfte ihres Volumens. Gießt man abermals Queckſilber in den längern Schenkel nach, ſo wird die, in dem kürzern enthaltene, Luft ſich noch mehr verdichten; und iſt ſie aufs Drittheil ihres Volumens reducirt, wobei das Queckſilber in dieſem Schenkel bis zur Höhe F′ ſteht, und man zieht die Horizontallinie F′G′, ſo wird man finden, daß das Queckſilber in dem längern Schenkel über dieſer Linie um eine Quantität G′H′, welche das Doppelte von GH, d. i. dem Gewicht zweier Atmoſphären gleich iſt, emporgeſtiegen iſt, was, zuſammengenommen mit dem Gewicht der äußern, auf H′ laſtenden, Atmoſphäre, in Allem ein Gewicht giebt, gleich dem dreier Atmoſphären, die ſämmtlich auf der Luft CF′ laſten; und dieſer dreifache Druck reducirt, wie man ſieht, die Luft CE auf das Dritttheil des Volumens, welches ſie zuvor einnahm. Im Allgemeinen, wie weit man immer den Verſuch treiben mag, ſtets wird man finden, daß das Volumen, auf welches die, in dem kürzern Schenkel enthaltene, Luft reducirt wird, dem Gewicht, womit ſie belaſtet iſt, umgekehrt proportional ſich verhält. Geht man alſo von ihrem urſprünglichen Volumen aus, das ſie beſaß, als ſie nur das Gewicht der Atmoſphäre, welches durch den gerade beſtehenden Barometerſtand angedeutet wurde, zu tragen hatte, ſo wird man zum Voraus beſtimmen können, worauf ſich dieſes Volumen unter jedem andern gegebenen Druck reduciren muß, der gleichfalls durch die Totalſumme der drückenden Queckſilberſäulen gemeſſen würde.

Man wird jetzt einſehen, warum wir eine cylindriſche Geſtalt des Schenkels CE foderten; deshalb nämlich, damit gleiche, an dieſem Schenkel abgemeſſene, Längen, auch unter einander gleichen Luftvolumina's entſprächen; was das Geſetz in die Augen fallender und den Verſuch leichter in Bezug darauf zu deuten macht. Da es jedoch ſchwer hält, Röhren zu finden, die dieſer Bedingung vollkommen Genüge leiſten, ſo muß man eine Abhülfe deshalb zu treffen wiſſen, und dies geſchieht, indem man zuvor den Schenkel CE in Theile von gleicher Capacität abtheilt, zufolge der, S. 171 erörterten Methode, und dieſe Abtheilungen markirt, worauf man das Luftvolumen in jeder Periode des Verſuchs nach der Zahl derſelben, die es einnimmt, ſchätzen kann. Man hat nicht nöthig, daſſelbe in Bezug auf den längern Schenkel zu thun; auch braucht dieſer nicht einmal cylindriſch zu ſeyn, weil der verticale Druck einer ſchweren Flüſſigkeit nicht von der Weite des Gefäßes, in dem ſie enthalten iſt, ſondern blos von der verticalen Höhe der flüſſigen Säule abhängt. Nachdem man ſolchergeſtalt CE in Theile von gleicher Capacität getheilt hat, braucht man blos noch an dem Apparat eine verticale Scale anzubringen, um mittelſt derſelben den Unterſchied des Queckſilberniveaus in den beiden Schenkeln genau zu meſſen. Auf die einfachſte Weiſe thut man dies, wenn man die gebogene Röhre ABC an ein Brett befeſtigt, welches nach Millimetern abgetheilt und mit einem verticalen Schieber verſehen iſt.

Soll der Verſuch vollkommen genau ausfallen, ſo daß die Volumina ſich wirklich ſtreng umgekehrt wie die Druckkräfte verhalten, ſo wird noch die Erfüllung einer weſentlichen Bedingung erfordert; nämlich die, in CE eingeſchloſſene, Luft, ſo wie auch die Röhre CE ſelbſt, muß vollkommen trocken ſeyn, indem der Waſſerdunſt, der mit dieſer Luft vermiſcht ſeyn oder von den Röhrenwänden ausgehaucht werden könnte, durch den Druck nicht nach denſelben Geſetzen zuſammengepreßt wird, als die Luft, wie wir weiterhin ſehen werden; daher die Reinheit der, blos die Luft betreffenden, Reſultate dadurch geſtört werden würde. Um dieſe Urſach zur Irrung zu vermeiden, muß man zuvörderſt die Röhre ſtark erhitzen, um ſie auszutrocknen; worauf man ſie mehrere Tage mit dem Innern eines Recipienten RR, wie Fig. 23. zeigt, in Verbindung zu bringen hat, der über ganz trocknem Queckſilber ſteht, und unter den man ſalzſauren Kalk oder andre, die Feuchtigkeit verſchluckende, Salze bringt. Glaubt man, daß die, im Recipienten und in der Röhre enthaltene, Luft gehörig trocken ſey, ſo entfernt man dieſe Salze, verſchließt die untere Mündung des Recipienten mit einer ebenen und mattgeſchliffenen Glasplatte, die man unter dem Queckſilber einſchiebt; und kehrt nun den Apparat um. Hiebei wird die geringe, unter der Glocke zurückgebliebene, Menge Queckſilbers in die Röhre fallen, und jede Gemeinſchaft zwiſchen den beiden Schenkeln AD, CE verhindern, ſo daß zu der trocknen, im kürzern Schenkel enthaltenen, Luft keine Feuchtigkeit mehr durch den offnen längern treten kann. Hierauf nimmt man Röhre und Glocke auseinander, mißt die urſprüngliche Differenz im Queckſilberſtande beider Röhren, und ſetzt den Verſuch auf die angezeigte Weiſe weiter fort. Bei Anwendung dieſer Vorſichtsmaßregeln findet man das, von

Mariotte ausgeſprochene, Geſetz bei allen, bisher erreichbaren, Graden des Drucks beſtätigt.

Nachdem man ſolchergeſtalt das Queckſilber eingefüllt hat, wird man manchmal finden, daß es im längern Schenkel etwas höher als im kürzern ſteht, z. B. im erſtern bei D′; im letztern bei E′ Fig. 24. Dann ziehe man die Horizontallinie E′d′ und meſſe den Niveauunterſchied D′d′, oder, was auf daſſelbe hinauskommt, leſe ihn an der Scale des Inſtruments. Dieſe Differenz addire man zur gerade Statt habenden Barometerhöhe, dann wird die Summe den Ausdruck für den Totaldruck geben, den die, in C′E′ eingeſchloſſene, Luft zu ertragen hat. Hienach wird man das Volumen finden können, welches dieſe nämliche Luft blos unter dem Druck der Atmosphäre würde haben einnehmen müſſen, indem man den Raum C′E′ proportional dem Verhältniß beider Druckkräfte vergrößert denkt. Iſt dies anfängliche Volumen einmal bekannt, ſo wird man den Verſuch für alle übrigen Fälle nach eben beſchriebener Weiſe fortführen können.

Der nämliche Apparat, der uns das angeführte Geſetz für die atmosphäriſche Luft kennen lehrte, wird ſich auch zur Unterſuchung, wie ſich in dieſer Hinſicht die übrigen Gasarten verhalten, benutzen laſſen, indem man nämlich den Recipienten RR, anſtatt mit atmosphäriſcher Luft, mit dieſen Gasarten anfüllt [1]). Allerdings muß hiebei eine Vermiſchung der, in der Röhre gebliebenen, atmosphäriſchen Luft mit dem Gas erfolgen, doch wird ihr Einfluß nicht von Bedeutung ſeyn, wenn man einen Recipienten anwendet, deſſen Volumen im Verhältniß zu dem der Röhre ſehr beträchtlich iſt: und ſelbſt ohne dieſe Vorſichtsmaßregel wird man ganz und gar keine Gefahr einer Irrung laufen; da man bei Anſtellung des Verſuches findet, daß die Miſchung von atmosphäriſcher Luft und einer andern trocknen Gasart durch den Druck ganz ſo, wie jene allein, verdichtet wird,

---

1) Das Verfahren, mittelſt deſſen man einen Recipienten mit Gas füllt, kennt jeder, der mit einem chemiſchen Laboratorium nicht ganz unbekannt iſt. Zuvörderſt füllt man den Recipienten mit Waſſer oder mit Queckſilber: letzteres muß man wählen, wenn das Gas trocken bleiben ſoll. Darauf verſchließt man ſeine Mündung, kehrt ihn um wie eine Barometerröhre und taucht ihn mit dieſer Mündung in eine, mit der nämlichen Flüſſigkeit gefüllte, Wanne. Der äußere Luftdruck erhält die eingebrachte Flüſſigkeit im Recipienten, wie er das Queckſilber im Barometer erhält; und es entſteht kein leerer Raum darin, ſo lange die Höhe der Flüſſigkeit dieſem Druck nicht vollkommen das Gleichgewicht hält. Darauf nimmt man eine, mit Gas gefüllte, Flaſche, taucht ſie in das Queckſilber, bevor man ſie öffnet; und öffnet ſie, ihre Mündung abwärts haltend. Man bringt dieſe Mündung nahe unter die des Recipienten, in den man das Gas einbringen will, wobei man die Flaſche neigt. Das Gas wird durch die Flüſſigkeit aufſteigen und diejenige aus der Stelle drängen, womit der Recipient angefüllt war. Wie man ſieht, iſt dies eine Anwendung des Torricelliſchen Verſuches.

was unwiderleglich darthut, daß das beobachtete Geſetz der atmoſphäriſchen Luft nicht ausſchließlich eigen iſt, ſondern in gleichem Maße für alle trockne Gasarten gilt.

Der vorige Verſuch ſichert uns dies Geſetz nur für Druckgewalten, welche ſtärker ſind, als die, welche die atmoſphäriſche Luft ausübt; wird es aber auch noch für ſchwächere Statt haben? Dies auszumitteln, nehme man eine (an einem Ende verſchloſſene) Glasröhre, deren Durchmeſſer nicht über zwei Millimeter hält; theile ſie in Theile von gleicher Capacität, und bringe eine kleine Queckſilberſäule hinein. Dieſe Säule wird, wegen der geringen Weite der Röhre, ſich nicht von einander geben, um der eingeſchloſſenen Luft den Austritt zu verſtatten; und hebt man die Röhre vertical in die Höhe, ſo daß die Säule ſich über dieſer Luft befindet, ſo wird ſie letztre durch ihr Gewicht zuſammendrücken. Kehrt man dagegen die Röhre um, ſo daß der offene Theil abwärts gekehrt iſt, ſo wird die Queckſilberſäule herabſinken; aber, wenn ihr das richtige Verhältniß gegeben worden iſt, nicht aus der Röhre herausfallen, ſondern bei einer gewiſſen Gränze ſtehen bleiben. Hieraus ſieht man, daß die inwendige Luft bei der Ausdehnung von ihrer Spannkraft verloren hat; denn wenn die Queckſilberſäule im Fallen einhält, ſo rührt dies daher, daß ihr Gewicht zuſammengenommen mit der Spannkraft der inwendigen Luft, dem Gewicht der Atmoſphäre alsdann das Gleichgewicht hält. Man wird alſo hienach dieſe Spannkraft ſchätzen können, indem man beobachtet, bei welchen Eintheilungen die Queckſilberſäule in den beiden entgegengeſetzten Lagen der Röhre ſtehen bleibt, wenn ſie auf der Atmoſphäre oder auf der innern Luft laſtet; und man wird finden, daß das, in der kleinen Röhre enthaltene, Luftvolumen ſtets dem Gewicht, womit es belaſtet iſt, umgekehrt proportional ſich verhält, wie wir das Nämliche auch für Druckgewalten, welche das Gewicht der Atmoſphäre überwogen, gefunden hatten.

Wollte man dieſe Volumina mit dem Volumen vergleichen, was die nämliche Luftmaſſe einnehmen würde, wenn blos das Gewicht der Atmoſphäre auf ihr laſtete, ſo würde man auf eine ganz leichte Weiſe dazu gelangen, indem man die Röhre in eine horizontale Lage brächte. Dann würde die eingebrachte Queckſilberſäule blos noch durch die Wände der Röhre getragen werden und weder auf die inwendig enthaltene Luft noch auf die Atmoſphäre drücken; und ſo würde der atmoſphäriſche Druck allein das Volumen der innern Luft beſtimmen. Reducirt man dies Volumen proportional den Druckkräften, welche für die beiden erſten Fälle Statt fanden, wo die kleine Queckſilberſäule nach Innen oder nach Außen laſtete, ſo findet man die Räume wieder, die unter dieſen beiden Annahmen von der inwendigen Luft eingenommen wurden. Dieſe einfache Art, den Verſuch mit ausgedehnter Luft anzuſtellen, rührt von Dalton her. Damit das Geſetz, zu welchem man dadurch gelangt, mit vollkommener Genauigkeit in die Augen falle, müſſen hier, wie bei den vorigen Verſuchen, die Röhre und die darin enthaltene Luft beide vollkommen trocken ſeyn. Hiezu laſſen ſich verſchiedne, dem ſo eben angezeigten analoge, Mittel in Gebrauch ziehen; und bald werden wir ein ganz einfaches angeben, wenn wir auf die Ausdehnung der Gasarten zu ſprechen kommen. Ich verweile beſonders bei dieſer Vorſichtsmaßregel, weil man ſichs zum Geſetz machen muß, niemals einen Umſtand aus den Augen zu laſſen, der eine größere Genauigkeit in die Verſuche zu bringen vermag; denn wenn man die eben beſchriebenen mit gewöhnlicher Luft, ohne alle Vorbereitung, wiederholte, ſo würde man auf nichts als Irrthümer gerathen, die allerdings wohl nicht von großer Bedeutung erſcheinen würden, und die man ſich verſucht halten würde, der Unſicherheit der Beobachtungen ſelbſt beizumeſſen. Dies war der Fall mit Boyle und Mariotte, welche dieſe Verſuche zuerſt anſtellten. Ungeachtet der, durch die Luftfeuchtigkeit veranlaßten, Verſchiedenheiten, die ſich ihnen nothwendig darbieten mußten, erkannten ſie das allgemeine Geſetz, auf welches alle dieſe Erſcheinungen zurückkamen. Jedoch würden ſie einige Abweichungen von dieſem Geſetz wahrgenommen haben, wenn ſie genauere Verfahrungsarten beobachtet hätten, Abweichungen, die für uns, welche ſie kennen, verſchwinden, weil wir zugleich die Kenntniß ihrer Urſach haben, und ſie zu berichtigen wiſſen.

Um nichts aus der Acht zu laſſen, muß ich noch erwähnen, daß die Verſuche über die Zuſammendrückung und Ausdehnung nicht völlig genau ausfallen würden, wenn man ſie zu ſchnell hintereinander anſtellte; denn bei Zuſammendrückung der Luft entwickelt ſich Wärme, bei Ausdehnung Kälte; und dieſe Wärme oder Kälte vermehrt oder vermindert das Volumen derſelben unter dem nämlichen Druck. Dieſe zufälligen Urſachen würden mithin auf das Volumen der Luft einen, den in Betracht gezogenen Erſcheinungen fremdartigen, Einfluß äußern, wenn man ihnen nicht Zeit verſtattete, ſich zu verlieren, wozu einige Augenblicke hinreichen.

Man kann das Mariottiſche Geſetz über die ausgedehnte Luft auch mittelſt folgenden Verſuchs darthun, der von Mariotte ſelbſt herrührt, und von ſehr häufiger Anwendung iſt. Man nehme eine, in Theile von gleicher Capacität getheilte, Barometerröhre; fülle ſie, in einem gewiſſen Theile ihrer Länge, mit Queckſilber an, laſſe dies darin ſieden, als wollte man ein Barometer verfertigen; richte die Röhre darauf vertical in die Höhe, ſo daß das geſchloſſene Ende unten zu ſtehen kommt, und beobachte, wie viel die, oberhalb des Queckſilbers zurückgebliebene, Luft, Abtheilungen einnimmt. Zugleich beobachte man die Barometerhöhe, welche die Größe des atmoſphäriſchen Drucks anzeigt. Alsdann verſchließe man die Röhre mit dem Finger oder einem mattgeſchliſſenen Glaſe, kehre ſie um und tauche ſie mit dem offenen Ende in ein, mit Queckſilber gefülltes, Gefäß. Bei dieſer Bewegung wird die Luft nach dem obern Ende der Röhre zurückſteigen und, wenn man den Finger wegzieht, der die freie Wirkung ihrer Spannkraft hinderte, ſich ausdehnen und die innere Queckſilberſäule tiefer ſinken machen, als ſie in einer oben luftleeren Barometerröhre geſunken ſeyn würde. Endlich, nach mehrern Oscillationen, wird die inwendige Säule ſtehen bleiben, und zwar bei einem ſolchen Puncte, daß die, durch Ausdehnung geſchwächte, Spannkraft der innern Luft zuſammengenommen mit dem Gewicht der, noch in der Röhre bleibenden, Queckſilberſäule dem Druck der Atmoſphäre das Gleichgewicht hält. Zufolge dieſer Bedingung und des Mariottiſchen Geſetzes iſt es leicht, die Höhe zu berechnen, bei welcher die Queckſilberſäule ſtehen bleiben muß, und immer wird das Reſultat der Rechnung ſich durch die Beobachtung beſtätigt finden.

Heutzutage, wo das Mariottiſche Geſetz ſchon hinlänglich durch Verſuche dargethan iſt, braucht man ſeine Beſtätigung nicht mehr auf dieſe Weiſe zu ſuchen; man macht davon, als von einem Erfahrungsſatz, Gebrauch, bald die Volumina zu berechnen, welche eine Luftmaſſe annehmen muß, wenn ſie ſucceſſiv verſchiednen Druckgewalten ausgeſetzt wird, bald auch, Luftvolumina, welche unter verſchiednem Druck beobachtet wurden, auf einen conſtanten Druck zurückzuführen, was bei unzähligen Verſuchen erforderlich wird. Hat man z. B. in einer Barometerhöhe ein gewiſſes Volumen CH einer Gasart, Fig. 25., aufgehangen, ſo reicht es nicht hin, zu ſagen, daß dies Gas das Volumen CH einnehme; man muß noch hinzufügen, welchem Druck es dabei ausgeſetzt war. Dies läßt ſich zuvörderſt ziemlich oft verſuchsweiſe ausmitteln; man braucht nämlich nur die Röhre in das Queckſilber einzuſenken, bis das innere Niveau H dem äußern Niveau AB gleich ſteht. Dann findet ſich die innere Luft nur noch durch den äußern Druck der Atmoſphäre zuſammengepreßt; man wird mithin für das Volumen, welches ſie in der Röhre einnimmt, alle erforderlichen Beſtimmungen haben, wofern man nur zugleich ihre Temperatur, und die Höhe BP, die der Queckſilberſtand im nämlichen Augenblick im Barometer hat, kennt; oder auch, man wird dies Volumen auf einen conſtanten Druck reduciren können, z. B. den von $0^{m},76$, indem man es mit dem Verhältniß des gerade beſtehenden atmoſphäriſchen Drucks zu $0^{m},76$

multiplicirt. Dieſe Reduction wird dienen, alle beobachteten Volumina auf gleiche Umſtände zurückzuführen.

Es können indeß Fälle vorkommen, die kein ſolches erfahrungsmäßiges Zurückführen des innern Volumens auf den Fall der Niveaugleichheit geſtatten, z. B. wenn das Gefäß, in welches die Röhre eintaucht, nicht hinlänglich tief iſt. In dieſem Fall kommt uns die Rechnung zu Hülfe; denn als Data für dieſelbe giebt uns die Beobachtung den Raum CH, den das Gas einnimmt, die Höhe AH des innern Queckſilbers über dem Niveau des Queckſilbers im Gefäß, und endlich den gerade Statt habenden atmoſphäriſchen Druck, der durch die Barometerhöhe BP gemeſſen wird. Zieht man AH von dieſer Höhe ab, ſo erhält man in der Differenz BP — AH den Ausdruck für den wahren Druck, dem die inwendige Luft wirklich das Gleichgewicht hält. Hat man alſo das Volumen CH, welches dieſelbe einnimmt, gemeſſen, ſo wird man es durch Berechnung auf jeden andern Druck, z. B. den conſtanten Druck von $0^m,76$ zurückführen können, wodurch alle Beobachtungen dieſer Art unter einander vergleichbar werden. Bemerken wir wohl, daß bei dieſen Verſuchen keineswegs eine cylindriſche Geſtalt der Röhre CH erfordert wird; es reicht hin, wenn ſie ihrer Länge nach in Theile von gleicher Capacität getheilt iſt, und man die Höhe AH mit einem eingetheilten Lineal, oder beſſer noch, mittelſt einer gleicheingetheilten, auf ihren Außenwänden verzeichneten, Scale mißt.

Was wir hier in Bezug auf das Queckſilber geſagt haben, gilt eben ſo für das Waſſer; nur, da das Waſſer ungefähr 13⅗ mal leichter, als das Queckſilber, iſt, muß man die Höhe AH durch 13⅗ dividiren, um ſie mit der Barometerhöhe zu vergleichen. Gewöhnlich jedoch, wenn man mit einem Gefäß voll Waſſer operirt, kann man die Gleichheit des Niveaus auf dem Verſuchswege bewerkſtelligen, wobei man alle Reduction umgeht.

Bei allen den Berechnungen, die wir ſo eben über die verſchiednen Volumina angeſtellt haben, welche die nämliche Maſſe von atmoſphäriſcher oder andrer Luft einnehmen kann, haben wir vorausgeſetzt, daß ſich ihre Temperatur immer gleich bleibt. Dieſe Bedingung war nothwendig; denn die bloße Temperaturveränderung in einer Gasart, bei gleich bleibendem Drucke, bedingt Veränderungen im Volumen derſelben. Weiterhin werden wir erfahrungsmäßige Unterſuchungen über die Geſetze der Ausdehnung anſtellen, inſofern ſie blos von Temperaturveränderungen abhängt, und, ſie mit den, ſo eben gewonnenen Reſultaten in Verbindung ſetzend, Schlüſſe ziehn, was erfolgen muß, wenn Druck und Temperatur zugleich ſich abändern; noch aber mangeln uns viele Data, bevor wir an die Löſung dieſer Aufgabe gehen können. Hier begnügen wir uns, zu ſagen, daß: Welches auch die Temperatur ſeyn mag, ſobald ſie nur ſich gleich bleibt, und man die nämliche Maſſe atmosphäriſcher Luft oder einer andern Luftart in trocknem Zuſtande ſucceſſiv verſchiednen Druckgewalten ausſetzt, ſich ſtets die Volumina, die ſie einnimmt, umgekehrt, wie dieſe Druckkräfte, verhalten. Dieſes Ergebniß findet ſeine beſtändige Anwendung in der Phyſik und Chemie.

Achtes Capitel.

Von den Waſſerpumpen und Luftpumpen.

Obwohl die Berechnung der Pumpen eigentlich einen Abſchnitt der Mechanik ausmacht, ſo wollte ich doch eine Erörterung derſelben nicht ganz übergehen, da ihre Eigenſchaften von der Spannkraft der Luft abhängen und da ihre Anwendung häufig vorkommt.

Die Art von Pumpe, welche man Saugpumpe oder Saugwerk (pompe aspirante, antlia suctoria) nennt, beſteht aus einer engern Röhre AH (Saugröhre, oder im Bergbau der Anſteckelkiel genannt), Fig. 26., welche mit einer andern weitern Röhre AB in Verbindung ſteht, die man Stiefel (corps de pompe) nennt. Innerhalb der letztern bewegt man mittelſt der Kolbenſtange MV einen Kolben oder Stempel P auf und nieder, der gewöhnlich ein, auf der Drehbank abgerundeter und mit Werg bekleideter, Cylinder von Holz oder Metall iſt, und genau den innern Raum des Stiefels AB ausfüllt. An der Verbindungsſtelle des Saugrohrs und Stiefels iſt ein Ventil (Klappe) S, und ein zweites S' im Kolben P, angebracht. Erſtres wird Saugventil, letztres Kolbenventil genannt. Ihre Einrichtung iſt folgende. Das Saugventil S öffnet ſich von ſelbſt und ohne Schwierigkeit, wenn etwas in den Stiefel AB treten will (indem es dadurch aufwärts in den Stiefel hineingedrückt wird); ſo wie es aber aufhört, dadurch in die Höhe gehoben zu werden, fällt es vermöge ſeines eignen Gewichts wieder herab und ſchließt vollkommen die Oeffnung, ſo daß es nichts mehr durch dieſelbe aus dem Stiefel treten läßt. Das Kolbenventil S' öffnet ſich nach derſelben Richtung und auf die nämliche Weiſe, als das Saugventil, um allem dem den Austritt zu verſtatten, was ſich im Stiefel unter dem Kolben P befindet, und aufwärts zu ſteigen ſtrebt; während es, wenn es durch ſein Gewicht herabfällt, die Oeffnung im

Kolben ſo genau verſchließt, daß nichts von dem, was ſich im Stiefel über dem Kolben P befindet, unter ihn zurücktreten kann.

Denken wir uns jetzt, daß, nachdem der Kolben P bis auf den Boden des Stiefels AB herabgedrückt iſt, das Saugrohr AH mit ſeinem untern Theil ins Waſſer getaucht wird. Zieht man nun den Kolben im Stiefel in die Höhe, z. B. bis nach B, ſo wird er einen leeren Raum unter ſich hervorbringen; die, im Saugrohr AH befindliche, Luft wird ſich ausdehnen, um dieſen auszufüllen, und da ihre, hiedurch verminderte Spannkraft, dem Druck der äußern Atmosphäre nun nicht mehr das Gleichgewicht halten kann, ſo wird vermöge deſſelben eine Waſſerſäule in das Saugrohr, ja wohl ſelbſt in den Stiefel nachſteigen, deren Gewicht jene Schwächung der Spannkraft wieder ausgleicht. Geſetzt, dieſer letztre Fall finde Statt und es trete wirklich eine gewiſſe Quantität Waſſer in den Stiefel AB, ſo wird daſſelbe, einmal hineingelangt, den Wiederaustritt durch das Saugventil S verſchloſſen finden, das ſich durch ſein eignes Gewicht ſchließt. Drückt man alſo den Kolben P wieder bis in dies Waſſer hinab, ſo wird daſſelbe das Ventil S′ heben und über den Kolben treten; von wo es nun nicht wieder zurückſinken kann, da das Ventil S′ ſich ſchließt und ihm dadurch den Rücktritt verwehrt. Zieht man alſo den Kolben abermals in die Höhe, ſo wird man mit ihm das Waſſer, welches über ihn getreten iſt, heben; und zugleich unter ihm wiederum einen leeren Raum hervorbringen. Eine neue Quantität Waſſer wird alſo in den Stiefel AB nachtreten, wiederum durch das Spiel des Saugventils S darin eingeſperrt werden, und dann über den Kolben P treten, wenn dieſer herabgeſtoßen wird. Indem nun durch dieſes abwechſelnde Spiel immer mehr Waſſer über den Kolben emporgehoben wird, wird es endlich bis an die Mündung O treten, die ſeitlich in dem Stiefel angebracht iſt, und durch dieſelbe ausfließen.

Es verſteht ſich, daß bei dieſer Art Pumpen das Ventil S nich höher über dem Niveau des Waſſers, in welches die Saugröhre AH taucht, befindlich ſeyn darf, als $10^{m},4$, d. i. ungefähr 32 Fuß; denn vergebens würde man über dieſe Höhe hinaus bei S im Stiefel einen leeren Raum durch Erhebung des Kolbens hervorbringen, das Waſſer würde nie ſo hoch gelangen können, weil der gewöhnliche Druck der Atmosphäre es nur bis $10^{m},4$ oder 32 Fuß Höhe zu heben vermag. Mit Ausnahme dieſes Falls jedoch wird man, wenn einmal das Waſſer über die Klappe S und dann über den Kolben P, in wie geringer Quantität es auch ſey, getreten iſt, daſſelbe nachmals zu beliebiger Höhe durch Hinaufziehen des Kolbens, durch welchen es getragen wird, erheben können.

Die Pumpe, welche man Druckpumpe oder Druckwerk (pompe foulante, antlia compressoria s. elevatoria) nennt, beſteht aus einem Stiefel AB, Fig. 27., der unten mit mehrern kleinen Löchern tt durchbrochen iſt. Er ſteht mit der Röhre (Steigröhre genannt) ACS′ in Verbindung, in der ſich ein Ventil S′, Druckventil genannt, befindet, das ſich öffnet, um allem dem, was zum Stiefel AB hinaus treten will, den Ausgang zu verſtatten; ſo bald es aber nicht mehr gehoben wird, vermöge ſeines Gewichts zurückfällt, und allem, was aus der Röhre OS′ in den Stiefel zurücktreten will, den Durchgang vollkommen verwehrt. Die Baſis des Stiefels AA taucht immer bis zu einer gewiſſen Tiefe ins Waſſer. Wenn man daher den Kolben P, der den innern Raum dieſer Baſis genau ausfüllt, in die Höhe zieht, ſo tritt das Waſſer durch die kleinen Löcher t hinein; ſtößt man nun den Kolben geſchwind genug herab, daß das Waſſer nicht ſo ſchnell wieder entweichen kann, ſo muß es zum Theil in die Steigröhre ACS′ treten, indem es das Ventil S′ erhebt, das ſich ſogleich wieder ſchließt, und dadurch den Rücktritt des Waſſers in den Stiefel AB verhindert: durch fortgeſetztes Heraufziehen und Hinabſtoßen des Kolbens läßt man ſolchergeſtalt immer neues Waſſer in den Stiefel, und von da in die Steigröhre nachtreten, ſo daß es am Ende hoch genug ſteht um durch die, in letztrer in beliebiger Höhe angebrachte, Mündung O ausfließen zu können.

Die dritte Art Pumpen beſteht aus einer kleinen Röhre AH, Fig. 28., die mit dem Stiefel AB in Verbindung ſteht. Dieſer communicirt mit der Röhre DS′O, in welcher ſich ein Ventil S′ befindet, das ſich öffnet, um Alles, was aus dem Stiefel AB treten will, herauszulaſſen, und ſich ſchließt, um allem dem, was in denſelben zurücktreten will, den Durchgang zu verwehren. Noch ein andres Ventil S iſt an der Verbindungsſtelle der kleinen Röhre AH mit dem Stiefel befindlich, das den Eintritt in den Stiefel verſtattet und den Rücktritt aus demſelben verwehrt.

Dieſe dritte Art von Pumpen wird vereinbartes Saug- und Druckwerk (pompe composée, antlia aspiratoria simul et elevatoria) genannt, weil ſie die Wirkungen der beiden vorerwähnten vereinigt. Erhebt man den Kolben P, ſo entſteht ein leerer Raum unter ihm, wie in den Saugpumpen, und das Waſſer und die Luft der Röhre AH treten in den Stiefel AB, indem ſie das Ventil S heben; hält man jedoch mit dem Aufwärtsziehen des Kolbens inne, ſo ſchließt ſich dieſes Ventil und hindert das Waſſer, in die Röhre AH zurückzutreten. Der herabgehende Kolben nun bringt einen Druck auf dieſes Waſſer, wie in der Druckpumpe, zu wege und nöthigt es, ganz und gar in die Steigröhre DS′O aufzuſteigen, indem es das Ventil

S′ erhebt, das ſich bald darauf durch ſein eignes Gewicht wieder ſchließt, wenn mit dem Herabdrücken des Kolbens eingehalten wird, und dadurch das, über S′ getretene, Waſſer hindert, in den Stiefel AB zurückzufließen. Hebt man nun den Kolben abermals, ſo tritt eine neue Quantität Waſſer in den Stiefel, und geht wiederum, wenn man den Kolben ſenkt, in die Steigröhre DS′O durch Erhebung des Ventils S′ über. So vermag man durch Fortſetzung dieſes abwechſelnden Spiels endlich das Waſſer in dieſer Röhre bis zur Höhe der Mündung O zu erheben, aus welcher es ausfließt.

Nach dem, was eben in Bezug auf die Waſſerpumpen erörtert worden iſt, wird man leicht dasjenige verſtehen, was wir über den Mechanismus der Luftpumpen (pompe à air, antlia pneumatica) zu ſagen haben. Um das Waſſer in dem Pumpenſtiefel zum aufſteigen zu bringen, nahmen wir eine äußere Kraft, den Druck der Atmoſphäre, zu Hülfe; um die Luft aus einem, von allen Seiten geſchloſſenen, Behälter austreten zu laſſen, werden wir die, der Luft ſelbſt inwohnende, Kraft benutzen, vermöge deren ſie ſich nach allen Seiten auszudehnen ſtrebt, wenn man ihr eine Communication mit einem leeren Raum eröffnet.

Man denke ſich den Recipienten B, Fig. 29., der von atmoſphäriſcher oder irgend einer ander Luftart entleert werden ſoll, mit einem genau paſſenden Hahne R verſehen, der nach Belieben geöffnet oder geſchloſſen werden kann, um die Gemeinſchaft der äußern Luft mit der, im Recipienten befindlichen, zu bewerkſtelligen oder zu verhindern. Letztern ſchraube man an einen Cylinder AB, der nichts anders, als ein Pumpenſtiefel iſt, in welchem ein genau anſchließender Kolben P mittelſt der Kolbenſtange T herauf- und herabbewegt werden kann. Am Ende dieſes Stiefels, der mit dem Recipienten Gemeinſchaft hat, werde ein zweiter Hahn R′ angebracht, der dem erſten gleich, mit der nämlichen Sorgfalt gearbeitet iſt, und eben ſo vermag, je nachdem er ſich öffnet oder ſchließt, die Gemeinſchaft zwiſchen dem Innern des Pumpenſtiefels und der äußern Luft zu geſtatten oder zu verhindern. Nachdem dieſe Anordnung getroffen und der Hahn R verſchloſſen iſt, öffne man den Hahn R′ und drücke den Kolben P bis nach AB herab; dann wird die, im innern Raum dieſes Cylinders enthaltene, Luft durch den Hahn R′ austreten. Nun ſchließe man dieſen Hahn und öffne dafür den des Recipienten. Zieht man jetzt den Kolben P wieder in die Höhe, ſo wird ſich ein leerer Raum unter ihm bilden, weil der äußern Luft aller Zutritt verſagt iſt. Mithin wird ſich die, im Ballon B enthaltene, Luft ausdehnen, um dieſen leeren Raum anzufüllen, und wird einem Theile nach in den Stiefel treten. Verſchließt man nun den Hahn R, ſo iſt dieſem Antheil Luft der Rückweg in den Ballon verſperrt. Ihn auch aus dem Stiefel auszutreiben, haben wir nur den Hahn R′ abermals zu öffnen und den Kolben bis AB herabzudrücken. Nachdem dies geſchehen, verſchließt man R′ wieder, worauf wieder ganz dieſelben Umſtände, als zu Anfange des Verſuchs, Statt finden, mit dem einzigen, aber weſentlichen, Unterſchiede, daß der Recipient B ſchon von einem Theil der, in ihm enthaltenen, Luft entleert iſt. Verfährt man alſo ein zweites Mal auf die nämliche Weiſe, ſo wird man einen neuen Theil dieſes Gaſes entleeren und durch öftere Wiederholung derſelben Operation faſt alle Luft aus dem Recipienten fortſchaffen können *).

Das Erforderniß, die beiden Hähne R, R′ abwechſelnd zu öffnen und zu ſchließen, muß dieſe Operation ſehr mühſam machen; indeß da einmal der Grundſatz, auf dem die Einrichtung der Luftpumpen beruht, gefunden war, ward es leicht, zu einer Vervollkommnung derſelben zu gelangen. Zuvörderſt können wir ſtatt des Hahnes R′ ein Ventil S im Innern des Kolbens P ſelbſt anbringen, ſo, daß es ſich öffnet, um die Luft aus dem Stiefel treten zu laſſen, ſich dagegen durch ſein eignes Gewicht oder mittelſt einer kleinen Feder ſchließt, wenn es nicht mehr durch die Luft gehoben wird, Fig. 30. Will man nun, nach ſo getroffener Anordnung, die Luft auspumpen, ſo drückt man, bei geſchloſſenem Hahn R, zuvörderſt den Kolben in den Stiefel herab. Die inwendig enthaltene Luft, die dadurch zuſammengedrückt wird, hebt das Ventil S, und hat den Stiefel ganz verlaſſen, wenn der Kolben bis AB herabgeſtiegen iſt. Oeffnet man nun den Hahn R und zieht den Kolben in die Höhe, ſo wird er, wie beim vorigen Verſuch, einen leeren Raum unter ſich laſſen. Um dieſen auszufüllen, dehnt ſich das, im Recipienten B enthaltene, Gas aus; vermag aber nicht, das Ventil S zu heben, weil durch die Ausdehnung ſeine Spannkraft geringer geworden iſt, als der äußere, auf dieſes nämliche Ventil von Außen nach Innen laſtende, Luftdruck. Verſchließt man alſo den Hahn R, und drückt den Kolben abermals bis nach AB herab, ſo wird alles Gas, das ſich im Pumpenſtiefel verbreitet hatte, herausgetrieben; und durch fortgeſetzte Wiederholung dieſer Operation wird man endlich den Recipienten faſt gänzlich von der, in ihm enthaltenen, Luft zu entleeren vermögen.

Auch den Hahn R müſſen wir jetzt bei Seite ſchaffen: was man durch verſchiedne Mittel zu bewerkſtelligen ſucht. Folgendes, was jetzt am allgemeinſten in Gebrauch iſt, rührt von Fortin her: durch

---

*) Die eben beſchriebene Art der Luftpumpe nennt man Hahnluftpumpe, zum Unterſchiede der folgenden Modification, der Ventilluftpumpe.

den Kolben, Fig. 31., geht eine Kupferſtange tt', längs deren er ſich mit ſo ſtarker Reibung auf- und abwärts bewegt, daß der Luft kein Durchtritt verſtattet iſt. Geht der Kolben nach AB zu herab; ſo folgt ihm dabei anfangs die Stange. Sie trägt an ihrem untern Ende einen Stöpſel b, den ſie bei ihrem Herabſteigen genau in die Oeffnung o einpaßt, durch welche der Stiefel mit dem Recipienten in Gemeinſchaft ſteht. Angelangt an dieſer Stelle wird ſie durch den Widerſtand der Ebene AB aufgehalten, während der Kolben, die Reibung, die ſie ihm entgegenſetzt, überwältigend, wie vorher herabzuſteigen fortfährt. Hebt man jetzt den Kolben wieder, ſo nimmt er auch die Stange tt' und den Stöpſel b mit, die ihm ins Unbeſtimmte würden folgen müſſen, wenn die Stange nicht, nachdem ſie nur eben ſo weit erhoben iſt, daß die Mündung o frei wird, mit ihrem obern Ende t' an den obern Theil A'B' des Stiefels anträfe und dadurch aufgehalten würde. Der Kolben ſteigt dann mit Reibung weiter längs der Stange hinauf, während der Stöpſel b, unſrer anfänglichen Vorausſetzung zufolge, immer ganz nahe bei der Oeffnung o bleibt. Bei dieſer Anordnung kann man den Hahn R des Recipienten, ſo lange die Pumpe in Thätigkeit iſt, beſtändig offen laſſen; die Mündung o wird ſich, wenn man den Kolben im Stiefel erhebt, ſtets öffnen, und ſo das Ausſtrömen der Luft geſtatten, dagegen ſich beim Herabdrücken des Kolbens ſchließen. Ganz dieſelbe abwechſelnde Wirkung war es, die wir durch wechſelsweiſes Schließen und Oeffnen des, am Gasrecipienten angebrachten, Hahns R erhielten. Nach Beendigung der Operation ſchließt man dieſen Hahn und ſchraubt den Recipienten ab. Ich halte es nicht für undienlich, hier die Bemerkung zuzufügen, daß man jede Maſchine, welcher Art ſie immer ſeyn möge, ſo einrichten müſſe, daß alle ſecundären Bewegungen, welche ſich oft wiederholen, durch den Theil, der die Hauptbewegungen vorzunehmen hat, geleitet und gerichtet werden.

Bisher haben wir vorausgeſetzt, daß der, von Luft zu entleerende, Recipient einen ſehr engen Hals hat; oft aber wird es erforderlich, einen ziemlich weiten Raum luftleer zu machen, um mit Bequemlichkeit verſchiedne Körper hineinbringen zu können. Zu dieſem Zweck fügt man an den Stiefel der Pumpe eine gekrümmte Röhre (Communicationsröhre) C, Fig. 32., an deren Ende ſich eine Spiegelplatte GG (der Teller) befindet, die mit viel Sorgfalt horizontal geſtellt wird; auf dieſe ſetzt man eine Glocke R, deren Ränder mit Schmirgel abgeſchliffen worden ſind. Steht die Spiegelplatte recht horizontal und iſt ſie matt geſchliffen, ſo reicht das Einbringen von etwas Oel oder einer andern fetten Subſtanz zwiſchen ſie und die Ränder der Glocke hin, eine ſo genaue Berührung zu bewirken, daß durch das Spiel des Kolbens P der Raum R entleert zu werden vermag. Jedoch thut man wohl, während der erſten Kolbenzüge die Glocke an das Glas angedrückt zu halten; was weiterhin durch den Druck der Atmoſphäre auf die Glocke, dem die Spannkraft der innern Luft nicht mehr wie vorher das Gleichgewicht hält, überflüſſig gemacht wird.

Will man unterſuchen, wie dieſe oder jene Subſtanz ſich im leeren Raume verhalte, ſo legt man ſie zuerſt auf den Teller GG, deckt dann die Glocke R darüber, und pumpt ſie aus. Da es jedoch auch erforderlich werden kann, enghalſige Recipienten von Luft zu entleeren, ſo läßt man die Röhre C in eine Schraube V ausgehn, die ſich etwas über den Teller erhebt, und ſchraubt die Ballons daran, die man luftleer machen will, anſtatt ſie, unſrer frühern Beſchreibung zufolge, unmittelbar an der Mündung o anzubringen.

Zu bemerken iſt, daß in dem Maße, als die Luft im Recipienten verdünnt wird, das Heraufziehn des Kolbens P mehr Schwierigkeit machen muß, weil dieſe verdünnte Luft von Unten weit weniger auf ihn drückt, als die äußere Luft von Oben: auch zeigt ſich dies ſo in der Wirklichkeit. Aus demſelben Grunde aber braucht man keine Kraft anzuwenden, den Kolben herabzudrücken, um die, in den Stiefel getretene, ausgedehnte Luft hinauszutreiben; indem das, auf denſelben laſtende, Gewicht der Atmoſphäre dazu allein ſchon ausreicht. Glücklicherweiſe iſt man darauf gefallen, dieſe zweite Kraft zur Unterſtützung der andern zu benutzen, indem man die parallelen Kolbenſtangen zweier Kolben, deren einer aufſteigt, während der andre herabgeht, durch ein und daſſelbe Stirnrad in Bewegung ſetzt, Fig. 33. (zweiſtiefliche Luftpumpen). Jeder dieſer Kolben hat ſeinen eignen Stiefel, der mit dem luftleer zu machenden Recipienten in Gemeinſchaft ſteht. Dreht man nun die Kurbel MM, um einen der Kolben zum Steigen zu bringen, ſo wirkt dabei das Gewicht der Atmoſphäre, welches den andern herabzudrücken ſtrebt, hülfreich mit, und zwar genau mit derſelben Kraft, die ſie dem Heraufſteigen des erſten entgegenſetzt. Dieſe Einrichtung gewährt ſomit den Vortheil, daß, wie weit man auch die Entleerung treiben mag, immer nur ſo viel Kraftaufwand erfordert wird, als nöthig iſt, die Reibung der Kolben bei ihrer Bewegung in den Stiefeln zu überwinden.

Es reicht nicht hin, ſolchergeſtalt ein Mittel gefunden zu haben, durch das ſich eine beträchtliche Luftverdünnung in einem Recipienten erhalten läßt; man muß auch den Grad dieſer Verdünnung zu beſtimmen wiſſen. Zu dieſem Zweck verbindet man mit der Maſchine eine leere Barometerröhre HH, Fig. 34., deren oberer Theil mit dem luftleer zu machenden Recipienten communicirt, während der untere in ein Gefäß voll Queckſilber taucht. In dem Maße als die Luft aus dem Recipienten gepumpt wird, ſteigt das Queckſilber in der Röhre HH in die Höhe. Eine verticale Scale verſtattet in jedem Augenblick zu beurtheilen, um wie viel es ſich über ſein Niveau erhoben hat; wonach ſich der Grad ſchätzen läßt, bis zu dem die Verdünnung der, im Recipienten noch enthaltnen, Luft getrieben worden iſt. Nämlich die Spannkraft, welche dieſe Luft noch beſitzt, hat zum Maß den Ueberſchuß des ganzen atmoſphäriſchen Drucks, den das, der freien Luft ausgeſetzte, Barometer anzeigt, über den, welchen das Barometer der Maſchine angiebt; mithin wird die Diviſion jenes Totaldrucks durch dieſen Ueberſchuß das Verhältniß der Spannkräfte und mithin auch das der Ausdehnung ergeben. Iſt z. B. der Queckſilberſtand in dem, an freier Luft hängenden, Barometer $0^{m},760$; in dem der Maſchine $0^{m},758$; ſo wird die Differenz 2^{mm} betragen, und die Ausdehnung oder Verdünnung durch das Verhältniß von 760 zu 2 d. i. durch 380 ausgedrückt werden: d. h. wenn die Quantität Luft, welche jetzt den ganzen Recipienten ausfüllt, dem völligen atmoſphäriſchen Druck von $0^{m},760$ ausgeſetzt wäre, ſo würde ſie ein 380 mal geringeres Volumen einnehmen, mithin nur $\frac{1}{380}$ des ganzen Recipienten ausfüllen. Zuweilen begnügt man ſich, anſtatt des eben beſchriebenen Apparats den, Fig. 35. vorgeſtellten, anzuwenden; welchen man die Barometerprobe (éprouvette) nennt. Er beſteht aus einer gekrümmten Röhre ABCD, die zum Theil mit Queckſilber gefüllt iſt, das man darin hat kochen laſſen. Einer ſeiner Schenkel BA iſt verſchloſſen, der andre CD offen, und der ganze Apparat wird in das Innere des Recipienten, den man luftleer macht, geſtellt. So lange die Spannkraft der noch vorhandnen Luft mehr als hinreicht, eine, dem Niveauunterſchiede AH gleiche, Queckſilberſäule zu erhalten, bleibt der Schenkel AB voll. Bei ſtärkerer Verdünnung dieſer Luft aber ſinkt das Queckſilber in dieſem Schenkel; und ſein Niveauüberſchuß über das im andern Schenkel, welcher durch eine doppelte, auf dem Apparat verzeichnete, Scale angezeigt wird, giebt das Maß des Drucks, den die inwendige Luft noch zu tragen hat. Ein ſolches Inſtrument iſt alſo nichts anders, als ein Barometer, das aber nur für eine ſehr verdünnte Atmoſphäre ſeine Anwendung findet. Hat man ſolchergeſtalt den Unterſchied im Niveau des Queckſilbers in beiden Schenkeln der Probe beobachtet, ſo kann man leicht daraus den Grad der Ausdehnung der inwendigen Luft finden; da dieſer Unterſchied unmittelbar die Größe ihrer Spannkraft angiebt. Sucht man alſo, wie vielmal er in dem Totaldruck der Atmoſphäre enthalten iſt, ſo wird man das Verhältniß der Verdünnungen haben. Beträgt z. B.

der Druck der Atmoſphäre $0^{m},760$ und der Niveauunterſchied in der Probe blos 2^{mm}, ſo wird die Ausdehnung der Luft unter dem Recipienten $\frac{760}{2}$ oder 380, wie im vorigen Beiſpiel betragen.

Man hat zu berechnen geſucht, nach welchem Verhältniß dieſe, ſo verbeſſerte, Luftpumpe die Luft verdünne; was bei abſtracter Betrachtungsweiſe ſehr leicht iſt. Denn entfernt der erſte Kolbenzug $\frac{1}{10}$ der Luft aus dem Recipienten, ſo wird er noch $\frac{9}{10}$ darin zurücklaſſen; der zweite Zug wird wiederum $\frac{1}{10}$ von dieſen $\frac{9}{10}$, d. i. $\frac{9}{100}$ fortſchaffen, und $\frac{9}{10}-\frac{9}{100}$ d. i. $\frac{81}{100}$ Rückſtand laſſen; der dritte Zug wird abermals $\frac{1}{10}$ von dieſen $\frac{81}{100}$ d. i. $\frac{81}{1000}$ entleeren, und $\frac{81}{100}-\frac{81}{1000}$ d. i. $\frac{729}{1000}$ im Recipienten übrig laſſen; wonach man ſieht, daß im Allgemeinen die Rückſtände durch die aufeinanderfolgenden Potenzen des urſprünglichen Bruchs $\frac{9}{10}$ ausgedrückt werden. Da dieſe Rückſtände auf ſolche Weiſe immer mehr abnehmen, ſo ſollte man glauben, die Entleerung müßte ſich endlich ſo weit treiben laſſen, daß die Probe gar keinen Druck mehr kennbar machte; und doch kommt es ſelbſt bei den beſtmöglichſt gearbeiteten Maſchinen nie ſo weit. Hieran ſind mehrere phyſiſche Urſachen Schuld, die wir bei unſrer Berechnung nicht berückſichtigt haben. Zuvörderſt ſind die Waſſerdünſte in Rechnung zu ziehen, welche ſich im Apparat ſelbſt entwickeln, indem ſie ſich von den Wänden des Recipienten und den beiden Stiefeln in dem Maße, als die Luft darin verdünnt wird, verflüchtigen. Hiezu iſt der Widerſtand der Ventile zu rechnen, welche die Luft heben muß, wenn ſie ſich ausdehnt; denn wie beweglich man ſich dieſelben immer denken mag, ſo wird doch, um ihre Oeffnung zu bewirken, das Beſtreben, welches dieſelben ſich zu ſchließen haben, überwunden werden müſſen. Dieſe letzte Urſach reicht allein hin, der Wirkung der Maſchine Gränzen zu ſetzen, wenn die Elaſticität der innern Luft nicht mehr zu ihrer Ueberwältigung hinreicht. Zum Glück hat man nie nöthig, eine vollkommene Leere hervorzubringen; es reicht hin, wenn die Maſchine eine ſehr ſtarke Luftverdünnung zu bewerkſtelligen vermag; das Barometer, mit dem ſie in Verbindung ſteht, zeigt die Quantität Luft an, die nicht hat ausgepumpt werden können, und man berichtigt dann durch Berechnung den Irrthum, der durch dieſelbe veranlaßt werden könnte, wenn man den innern Raum für vollkommen leer annehmen wollte.

Das, was hier über die Entwicklung und das Ausſtrömen der Waſſerdünſte von den Wänden des Recipienten und der Pumpenſtiefel, in dem Maße, als man die Luft auspumpt, geſagt worden iſt, läßt ſich auf ganz einfache Weiſe durch die Erfahrung darthun. Man braucht zu dem Ende nur als Recipienten einen enghalſigen Ballon zu wählen, welcher ſich auf dem Teller der Luftpumpe aufſchrauben läßt und mit einem genau gearbeiteten Hahne verſehen iſt, der nach Belieben geſchloſſen oder geöffnet werden kann. Man pumpt die Luft aus dieſem Ballon ſo rein als möglich aus, und läßt, um dies recht vollkommen zu bewirken, die Kolbenzüge ſich gegen Ende der Operation mit großer Schnelligkeit folgen. Darauf beobachtet man die noch übrige Spannung der inwendigen Luft, welche, wenn die Pumpe in gutem Stande iſt, nur ſehr gering ſeyn, nicht mehr als etwa einen bis zwei Millimeter betragen darf. Alsdann ſchließe man den Hahn des Ballons, ſo daß alle Gemeinſchaft zwiſchen ſeinem Innern und dem innern Raum der Pumpenſtiefel aufgehoben iſt. Man laſſe den Apparat einige Zeit hindurch in dieſem Zuſtande, z. B. eine Stunde lang; darauf pumpe man den Stiefel von Neuem leer, was nur einige Kolbenzüge erfordern wird; und wenn die Barometerröhre zeigt, daß der innere Druck beinahe wieder null geworden iſt, ſo öffne man den Hahn des Ballons, um die Gemeinſchaft zwiſchen ſeinem Innern und dem der Pumpenſtiefel wieder herzuſtellen. Sogleich wird man das Queckſilber in der Barometerröhre um eine ſehr bedeutende Quantität ſinken ſehen, welche bei einer Temperatur von 16 bis 17 Grad an 12 bis 15 Millimeter betragen kann.

Und doch kann der Ballon, da er an der Luftpumpe angeſchraubt geblieben iſt, keine Luft wieder eingenommen haben. Es muß ſich mithin in ſeinem Innern eine neue Quantität elaſtiſcher Flüſſigkeit entwickelt haben, welche in dem erſten Augenblick, nachdem man ihn leer gepumpt hatte, nicht darin vorhanden war. Dieſe Flüſſigkeit iſt nichts anders als der Waſſerdunſt, der von den Wänden des Ballons während der Zeit, als er verſchloſſen war, ausgehaucht wurde; und wenn ſich die Wirkung deſſelben nicht während des Auspumpens ſelbſt bemerklich machte, ſo lag der Grund davon darin, daß man raſcher pumpte, als er ſich zu entwickeln vermochte. Der ſicherſte Beweis, daß dieſe elaſtiſche Flüſſigkeit wirklich Waſſerdunſt iſt, liegt darin, daß er ſich nicht bildet, wenn man in den Ballon irgend ein austrocknendes Salz, als ſalzſauren Kalk, kauſtiſches Kali, u. ſ. w. bringt; oder, um richtiger zu ſprechen; er bildet ſich zwar noch, ſo lange bis das Innere des Ballons vollkommen trocken iſt, wird aber von dieſen Salzen aufgeſaugt; und bei Anwendung derſelben wird daher der Recipient, wenn er nach Verlauf irgend einer Zeit, z. B. nach einem ganzen Jahre, geöffnet wird, genau dieſelbe Spannung zeigen, die man im erſten Augenblicke beobachtet hatte, wie ſich mir durch eigne Erfahrung beſtätigt hat. Damit aber der Recipient ſeine Leere ſo lange bewahre, müſſen die Hähne genau gearbeitet ſeyn; und da dies ein Erforderniß auch bei einer ſehr großen Menge andrer Verſuche iſt, ſo will ich ihre Einrichtung und Verfertigung etwas näher erörtern.

Die richtigſte Vorſtellung von dieſen Theilen der Luftpumpe und ihrem Gebrauch wird man ſich machen, wenn man ſich dieſelben als maſſive Kegel denkt, welche unter rechten Winkeln in andre hohle Kegel von gleichem Durchmeſſer eindringen. TT Fig. 36, ſey ein maſſiver Metallcylinder, der luftdicht an den Hals des Recipienten R gelöthet iſt, und in ſeiner ganzen Länge mit einem engern Canal durchbohrt iſt, der das Einbringen von elaſtiſchen oder tropfbaren Flüſſigkeiten in den Recipienten geſtattet. Es handelt ſich nun darum, dieſe Gemeinſchaft nach Willkühr unterbrechen zu können; zu welchem Zweck man in die Maſſe des Cylinders TT, ſenkrecht auf ſeine Länge, einen hohlen Kegel AB A'B' bohrt, und dieſen mit einem ähnlichen maſſiven Kegel R'R', der aus einem andern Stück vom nämlichen Metall beſteht, ausfüllt. Begreiflich können beide Kegel anfänglich nur annäherungsweiſe in einander paſſend geſchnitten werden, ſo daß nicht alle ihre Puncte genau an einanderſchließen. Dieß nun zu bewerkſtelligen, ſchleift man den maſſiven Kegel R'R' in den hohlen Kegel ein, indem man ihn mittelſt einer Drehbank ſehr oft raſch darin herumbewegt. Zur Erleichterung dieſer Operation bringt man zwiſchen beide, aneinander abzureibende, Stücke eine ſehr hatte ſtaubartige Subſtanz, welche den Namen Tripel führt, und im Fortgange der Arbeit immer feiner genommen wird. Auch bringt man Oel dazwiſchen, damit die drehende Bewegung leichter von Statten gehe; und drückt zu gleicher Zeit den dickern Theil des Kegels R'R' gegen den engern Theil des hohlen Kegels, als wenn man ihn hineindrücken wollte. Durch dieſe Operation bringt man es endlich ſo weit, daß ſich ein Stück ſo genau am andern abreibt und nach dem andern formt, daß ſie an einander hängen, als wenn ſie nur aus einem Stück beſtänden, und der maſſive Kegel R'R' läßt ſich nun um ſeine Axe drehen, ohne daß irgend tropfbare oder gasförmige, wenn auch noch ſo feine, Flüſſigkeiten aus dem Recipienten R entweichen oder in ihn hineindringen können. Man zieht darauf den Kegel R'R' heraus, bohrt einen kleinen Kanal oo durch ſeine Mitte ſenkrecht auf ſeine Länge, und bringt ihn dann wieder an ſeine Stelle. Dreht man nun dieſen Kegel um ſich ſelbſt, ſo coincidirt bald der kleine Canal oo mit dem Canal im Innern des großen Cylinders TT, wo dann das Innere des Recipienten mit der äußern Luft Gemeinſchaft hat; bald ſteht der kleine Canal ſenkrecht auf dem des großen Cylinders, wo dieſe Gemeinſchaft durch die maſſiven Theile des Kegels R'R' verſperrt wird. Dies iſt das Spiel eines Apparates, der bei phyſikaliſchen Unterſuchungen von unausgeſetzter Anwendung iſt. Aehnliche

Hähne verfertigt man ſelbſt aus Glas; und ihr Gebrauch macht ſich nothwendig, wenn man in die Apparate Subſtanzen einſchließen will, die unmittelbar oder durch die Dünſte, die ſie aushauchen, die Metalle anzugreifen, oder mit dem Kitt in chemiſche Verbindung zu treten vermöchten.

Weiter oben bei Fig. 31 habe ich auseinander geſetzt, wie ſich die Gemeinſchaft des Recipienten mit den Stiefeln der Pumpe dadurch, daß der Kolben ſelbſt bei ſeiner Bewegung den Stöpſel b in die Oeffnung einſenkt und wieder herauszieht, herſtellen und verſchließen läßt. Dieſe, obwohl ſehr zweckmäßige, Methode iſt jedoch noch nicht die ſicherſte, die uns zu Gebote ſteht. Bei der geringen Dicke des Stöpſels nämlich hält es ſchwer, daß er die Mündung o mit der vollkommenſten Genauigkeit verſchließe; und der geringſte Mangel in dieſem Bezug wird merklichen Nachtheil bringen, insbeſondre, wenn der innere Raum des Recipienten ſchon faſt luftleer gemacht iſt, und nun die, in den Stiefeln zuſammengedrückte, Luft mit Gewalt hineinzudringen ſtrebt. Aus dieſer Urſach bewerkſtelligt Fortin die Communication in Maſchinen, die die äußerſte Vollkommenheit beſitzen ſollen, lieber durch eine Art Hahn mit ebenen Oberflächen, der durch die Maſchine ſelbſt in Bewegung geſetzt wird. Die Beſchreibung davon findet man in meinem größern Werke.

Nach dieſen Erörterungen über die Einrichtung und den Gebrauch der Pumpen, welche zur Luftverdünnung dienen, und den Namen Luftverdünnungspumpen führen, wird man leicht den Mechanismus einer andern Pumpe (Compreſſionspumpe, Luftverdichtungspumpe) einſehen, der zur Verdichtung der Luft beſtimmt iſt. R, Fig. 37, ſtelle den Recipienten vor, in dem dieſe Verdichtung Statt haben ſoll. Man ſchraubt denſelben an einen Pumpenſtiefel AB A′B′, in welchem der ganz maſſive und ſehr genau gearbeitete Kolben P herauf und herab geht. Die Gemeinſchaft zwiſchen dem Recipienten und dem Stiefel wird durch den Canal SO vermittelt, der in S durch ein Ventil begränzt wird, ſo eingerichtet, daß es ſich nach der Richtung SO öffnet, um allem, was in den Recipienten treten will, den Eingang zu verſtatten, während es allem, was heraustreten will, den Ausgang verwehrt. Dagegen iſt bei S′ ein andres Ventil angebracht, das, wenn es gehoben iſt, der äußern Luft den Eintritt in den Pumpenſtiefel verſtattet, ihr aber den Austritt aus demſelben verſperrt.

Denken wir uns jetzt den Kolben P auf den Boden der Pumpe herabgelaſſen. Zieht man ihn in die Höhe, ſo wird unter ihm ein leerer Raum entſtehen, in welchen keine Luft aus dem Recipienten nachzutreten vermag; weil ihr der Austritt durch das Ventil S verwehrt wird; dagegen wird dieſer leere Raum durch die äußere Luft wieder angefüllt werden, welcher das Ventil S′ den Eintritt in den Stiefel verſtattet. Stoßen wir nun den Kolben abermals herab, ſo wird dieſe Luft zuſammengedrückt werden. Durch das Ventil S′, welches ihr den Austritt verſperrt, vermag ſie nicht zu entweichen; dagegen tritt ſie in den Recipienten, das Ventil S öffnend, welches ſich, ſobald der Kolben bis nach A B herabgedrückt iſt, von ſelbſt wieder ſchließt, und dieſer Luft die Rückkehr verweigert. Hebt man jetzt den Kolben wieder, ſo tritt eine neue, der erſten gleiche, Quantität Luft in den Stiefel, und von da in den Recipienten, und man wird ſolchergeſtalt, indem man dieſe abwechſelnden Bewegungen mehrmals wiederholt, in den Recipienten eben ſo viel, unter einander gleiche, Luftvolumina hineintreiben, als die Zahl der Kolbenzüge beträgt.

Um die Anwendung dieſes Apparats bequemer zu machen, und verſchiedne Körper dem Luftdruck ausſetzen zu können, giebt man ihm die Einrichtung, welche Fig. 38 darſtellt. Hier beſteht der Recipient aus einem Cylinder von ſehr dickem Glaſe, der an ſeinen beiden Enden durch zwei feſt angekittete Kupferplatten MM GG verſchloſſen iſt, die durch ſtark angeſchraubte Metallſtäbe mit einander feſt verbunden ſind, damit ſie durch den Druck der Luft von Innen nicht aus einander getrieben werden können. Dieſer Recipient ſteht durch einen Canal C mit dem Pumpenſtiefel in Verbindung, und iſt bei R mit einem Hahne verſehen, der ihn zu verſchließen dient, wenn man die Luft in ihn hineingepreßt hat; endlich umgiebt man ihn noch mit einem Drahtnetz, um Zufällen vorzubeugen, die durch das Springen deſſelben bei zu weit getriebener Verdichtung der Luft entſtehen könnten. Gewöhnlich zieht man zwei Stiefel in Anwendung; doch blos zu dem Zweck, die Maſchine ununterbrochen im Gange zu erhalten; denn der Druck, der hier auf beide Kolben wirkt, kann ſich in dieſem Falle nicht die Wage halten wie bei der Verdünnungspumpe; und nur durch eine äußere Kraft kann die Luft in den Recipienten hineingetrieben werden. Man vermag ſich jedoch dies dadurch zu erleichtern, daß man den Pumpenſtiefeln ſehr geringe Durchmeſſer giebt.

Um den Grad der Verdichtung beurtheilen zu können, bringt man in den Recipienten eine Barometerprobe, wie ſie Fig. 39 darſtellt, beſtehend aus einer gekrümmten Glasröhre ABC, deren einer Schenkel AB bei A verſchloſſen, der andre bei C offen iſt. Den obern Theil des erſtern füllt ein gewiſſes Volumen trockner Luft aus, das durch eine, in den andern Schenkel ſich aufwärts krümmende, Queckſilberſäule HBh geſperrt wird. In dem Maße, als die Luft im Recipienten verdichtet wird, ſtrebt ſie, bei h auf das Queckſilber drückend, dieſes in dem andern Schenkel BA zum Aufſteigen zu bringen; allein die, in letzterm enthaltene, Luft, widerſetzt ſich dieſem Streben vermöge ihrer Elaſticität; und mit wachſender Verdichtung nimmt auch dieſer Widerſtand der im Schenkel eingeſperrten Luft zu, wobei ſie ſich immer mehr zuſammenzieht, ſo daß ihr Volumen, Mariotte's Geſetz zufolge, dem Gewicht mit dem ſie belaſtet wird, umgekehrt proportional ſich verhält. Vergleicht man alſo dies Volumen mit ſich ſelbſt, wie es beim Anfange des Verſuchs und wie es nach einer gewiſſen Zahl Kölbenſtöße erſcheint, ſo läßt ſich danach leicht das Verhältniß berechnen, in welchem die Luft im Recipienten verdichtet worden iſt.

Mittelſt der eben beſchriebenen Apparate laſſen ſich außerordentlich viel belehrende Verſuche anſtellen. Bringt man z. B. Thiere, welche mit Athmungsorganen verſehen ſind, unter den Recipienten der Luftpumpe und pumpt ihn leer, ſo ſieht man ſie ſchwer athmen und in kurzer Zeit ſterben, was die Nothwendigkeit der Luft, welche ſie athmen, zu ihrem Daſeyn beweiſt. Jedoch habe ich gefunden, daß einige Inſecten in der vollkommenſten Luftleere fortzuleben vermögen. Außer dem Mangel athmungsfähiger Luft trifft dieſe Thiere noch eine andere nachtheilige Wirkung, welche rein mechaniſch iſt. Die luftförmigen Subſtanzen nämlich, welche in ihrem Körper eingeſchloſſen ſind, und deren Spannkraft durch den äußern Luftdruck im Gleichgewicht erhalten wurde, dehnen ſich, wenn ihnen dieſer Druck nicht mehr entgegenſteht, aus, und bewirken ſo eine Zerreißung der Gefäße, in welchen ſie enthalten waren. Dieſe ausnehmende Ausdehnung bringt ſelbſt den Augen die kleine Luftſchicht zur Wahrnehmung, welche, wie eine Hülle, an der Oberfläche faſt aller Körper haftet. Legt man z B. in ein Gefäß voll Waſſer Glas- oder Metallſtücke, Sand, Federn oder ſtaubartige Subſtanzen, ſetzt das Gefäß unter den Recipienten der Luftpumpe und fängt an, die Luft, welche auf die Oberfläche des Waſſers druckt, wegzupumpen, ſo ſieht man ſogleich die Oberflächen aller, in dieſe Flüſſigkeit eingetauchten, Körper mit einer unendlichen Menge Luftbläschen überdeckt werden, die ſich in dem Maße, als man das Auspumpen fortſetzt, davon losmachen, nach der Oberfläche ſteigen und dort zerplatzen. Auch aus dem Waſſer ſelbſt entweichen ſolche Blaſen, die von einer gewiſſen Luftmenge, welche es zu verſchlucken vermag, herrühren. Dieſe Luft iſt, ſo lange ſie mit der Subſtanz des Waſſers innig verbunden bleibt, für uns unſichtbar; kann aber von demſelben getrennt und zum Vorſchein gebracht werden, wenn man ſie, wie geſagt, von dem Gewicht der äußern Luft befreit, ſo wie man auch dazu gelangt, wenn man ihre Elaſticität durch die Wärme erhöht. Iſt überdies das, ſolchergeſtalt unter den Recipienten der Luftpumpe gebrachte, Waſſer, zuvor bis 20 oder 30 Grad erhitzt worden, ſo ſieht man es ſchon nach einigen Kolbenzügen ins Kochen gerathen, obgleich dieſe Temperatur weit unter der iſt, welche das Sieden unter dem gewöhnlichen Luſtdruck bewirkt. Dies ſtimmt mit dem, was wir früher bemerkten, überein, nämlich, daß das Waſſer bei einem um ſo niedrigern Temperaturgrade ſiedet, je weniger der, dabei Statt findende, Luſtdruck beträgt. Wir deuten indeß für jetzt dieſe Erſcheinung nur an, um weiterhin erſt die Geſetze derſelben darzulegen. Im Allgemeinen muß man ſich vorſehen, daß Dünſte, welche ſolchergeſtalt in den luſtleeren Raum gebrachte Körper zu entwickeln vermögend ſind, nicht nachtheilig auf die Kolben der Pumpe wirken, indem ſie die Materien zerfreſſen, aus welchen dieſelben beſtehn. Sollen ſolche Subſtanzen in den leeren Raum gebracht werden, ſo muß man ſich dazu eines, weiterhin zu beſchreibenden Inſtruments bedienen, welches den Namen Manometer führt.

Man kann auch mittelſt der Luſtpumpe die Gleichheit der Fallgeſchwindigkeit aller Körper im leeren Raume nachweiſen, wie ſchon S. 78 erwähnt wurde. Eben ſo laſſen ſich mehrere andre intereſſante Erſcheinungen hervorbringen, indem man die Spannkraft der Luſt in geſchloſſenen Apparaten durch Verdichtung derſelben oder durch Verminderung des äußern Luſtdrucks vermehrt. Durch dieſe erhöhte Spannkraft läßt ſich Waſſer in Röhren erheben oder als Springquell in der Luſt zum Aufſteigen bringe[illegible] Viele phyſikaliſche Spielwerke (z. B. der Heronsball und [illegible]nsbrunnen) beruhen darauf, zu denen die vorgängigen Erörteru[illegible] den vollſtändigen Schlüſſel liefern, ſo bald man nur die dazu ge[illegible]en Apparate geſehen hat.

Eine der nützlichſten Anwendungen der Luſtpumpe aber finden wir darin, da ſie uns zu einer Wägung der Gasarten behülflich iſt. Hier will ich nur von der der atmoſphäriſchen Luſt ſprechen. Man nehme einen gläſernen Ballon, der mit einem, auf die, S. 220 beſchriebene, Weiſe gearbeiteten Hahne verſehen iſt und wiege ihn zuvörderſt offen und an freier Luſt. Das, ſo gefundene, Gewicht P wird dem Gewicht der Glashülle weniger dem Gewicht des, von dieſer Hülle aus der Stelle gedrückten, Luſtvolumens gleich ſeyn. Man pumpe den Ballon leer, ſchließe ihn, und wiege ihn, ſo verſchloſſen, von Neuem. Jetzt wird ſein Gewicht P′ gleich dem der Glashülle ſeyn, weniger dem Gewicht des geſammten Luſtvolumens, welches der Ballon, ſeinem ganzen Rauminhalte nach betrachtet, aus der Stelle drückt; ein Volumen, welches das vorhin abzuziehende um ſo viel übertrifft, als der ganze Innenraum des Ballons faßt. Wenn demnach die Temperatur und der Druck der Atmoſphäre bei beiden Verſuchen ſich ganz gleich verhielten, und der Ballon überdies wirklich ganz luſtleer gemacht wurde, ſo wird man nur vom zuerſt erhaltnen

Gewicht P das kleinere Gewicht P' abzuziehen haben, um im Unterſchied P—P' das Gewicht zu erhalten, welches die, im Ballon befindliche, Luft unter den Umſtänden, bei denen die Operation vorgenommen wurde, hatte. So findet man, daß bei der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes und unter dem Druck von 0^{m}, 76 ein Litre (50, 46 par. Cubiczoll) trockene, atmoſphäriſche Luft 1,300 Gramme (0,042 par. Unzen) wiegt. Ungeachtet aber das Reſultat dieſer Wägung ſehr genau iſt, wie wir weiterhin ſehen werden, gebe ich es doch hier nur als eine Annäherung, wie ſie ſich durch die eben beſchriebene Verfahrungsart erhalten läßt; denn ſelten wird es ſich treffen, daß man ganz unter den angeführten Umſtänden wird operiren können; noch ſeltner, daß ſich Temperatur und Druck während der Dauer der Verſuche ganz gleich bleiben; endlich bringt auch der Waſſerdunſt, von dem ſtets eine größere oder geringere Menge der Luft beigemiſcht iſt, Abänderungen im Gewicht derſelben hervor. Man muß den Einfluß, den alle dieſe Urſachen hiebei äußern, zu berechnen, und die erforderlichen Berichtigungen in Bezug auf denſelben anzubringen wiſſen, um alle Wägungen auf die nämlichen Beſtimmungen, wie ich ſie angegeben habe, zurückführen zu können, wozu wir weiterhin die Mittel finden werden. Für jetzt wird die Kenntniß des Gewichts der Luft, in der Art wie es von uns ausgemittelt wurde, ſchon hinreichen, in mehrere, bald von uns zu entdeckende, Reſultate von Wichtigkeit die größte Genauigkeit zu bringen.

Neuntes Capitel.

Maß der Ausdehnung feſter Körper.

Jetzt, nachdem wir den Gang des Thermometers auf vollkomtnen ſichre Beſtimmungen gebracht und dieſem Inſtrumente alle erforderliche Genauigkeit ertheilt haben, um ſämmtliche Anzeigen deſſelben unter einander vergleichbar zu erhalten, fordern wir von demſelben, daß es uns einen ſichern Maßſtab für den Umfang der Bewegungen abgebe, welche die Veränderungen der Wärme in den Körpern hervorbringen können. Denn da wir gefunden haben, daß alle Körper bei Erhöhung der Temperatur ſich ausdehnen, bei Erniedrigung derſelben ſich zuſammenziehen; ſo leuchtet ein, daß dieſe Dimenſionsveränderungen auch eine Verändetung ihrer Maſſe, und mithin ihres Gewichts unter einem gegebenen Volumen bedingen müſſen. Nun iſt bei faſt allen phyſikaliſchen und chemiſchen Verſuchen, denen wir die Körper unterwerfen, die Kenntniß, welches Gewicht dieſelben bei einem gegebenen Volumen beſitzen, von höchſter Wichtigkeit, und eben darum wird eine Meſſung der ſcheinbaren Veränderungen erforderlich, welche durch die Wärme darin hervorgebracht werden können, bevor wir zur Unterſuchung des Einfluſſes anderer Urſachen auf dieſelben ſchreiten können.

Zuvörderſt werden wir uns zur Betrachtung der Ausdehnung feſter Körper wenden. Es liegt in der Natur der Sache, mit ihnen den Anfang zu machen; da ſie den Stoff zu allen Gefäßen und den meiſten, von uns in Gebrauch zu ziehenden, Inſtrumenten abgeben. Für den erſten Anblick ſcheint die Beſtimmung der Ausdehnung hier keine Schwierigkeit zu haben. Die ganze Unterſuchung kommt darauf zurück, aus dem feſten Körper, für deſſen Ausdehnung man das Maß finden will, eine Stange von bekannter Länge zu bilden, dieſe zwei bekannten und von einander verſchiednen Temperaturen nach einander auszuſetzen, und bei jeder ihre Längen zu meſſen. Allein ſo einfach dieſe Operation ſcheint, ſo bieten ſich doch einer Ausführung derſelben, bei der Genauigkeit bezweckt wird, mehr Schwierigkeiten dar, als der erſte Anſchein vermuthen läßt.

Die Ausdehnung der feſten Körper beträgt im Allgemeinen nur ſehr wenig und will daher durch ſehr genaue Mittel gemeſſen ſeyn, wenn man ſcharfe Beſtimmungen darüber erhalten will. Das erſte, worauf man fällt, iſt, die Wirkungen der Ausdehnung durch Hebel und in einander eingreifende Zahnräder zu vergrößern. Es iſt nicht in Abrede zu ſtellen, daß, mathematiſch betrachtet, die kleinſten Veränderungen in der Länge ſich durch eine ſolche Verfahrungsweiſe ins Unbeſtimmte vervielfältigen laſſen, ſo daß ſie ſelbſt einer ganz groben Beobachtung nicht entgehen können. Allein wenn es gleich ſehr leicht iſt, auf ſolche Art darzuthun, daß die Körper durch Temperaturveränderungen eine Ausdehnung erfahren; ſo hat es doch weit mehr Schwierigkeit, die Größe dieſer Ausdehnung mit Schärfe zu meſſen; und die Urſachen, welche hier Irrung veranlaſſen können, nehmen in dem Maße zu, als man die Zahl der Hebel und in einander eingreifenden Räder vervielfältigt. Denn welche Sorgfalt auch auf die Verfertigung und Zuſammenfügung aller Theile der Maſchine verwendet werden mag, bei aller ihrer Vollkommenheit wird ſie doch um ſo leichter Unregelmäßigkeiten im Ganzen ausgeſetzt ſeyn, je zuſammengeſetzter ſie iſt. Und nun tritt noch ein Haupthinderniß hinzu, welches man zu beſiegen hat: nämlich es wird ſehr ſchwer halten, zu verhindern, daß die Theile der Maſchine, welche mit der zu erhitzenden Stange in mittelbarer oder unmittelbarer Verbindung ſtehen müſſen, nicht mehr oder minder an den Veränderungen ihrer Temperatur Theil nehmen; wodurch das Spiel des Räderwerks abermals Abänderungen erfährt. Vernachläſſigen kann man dieſe Wirkungen nicht, will man ſich nicht ſehr bedeutenden Irrthümern ausſetzen und eine Schätzung ihres Einfluſſes iſt faſt unmöglich, wenn die Maſchine nur einigermaßen zuſammengeſetzt iſt. Auch eignen ſich alle Apparate dieſer Art, welche man in phyſikaliſchen Sammlungen findet, und die den Namen Pyrometer führen, nur zur Nachweiſung nicht aber zum Maße der Ausdehnung feſter Körper durch die Wärme. Um letztres iſt es aber gerade zu thun; denn die Wirkungen der Ausdehnung fallen uns ohnehin täglich durch eine ſo große Menge Erſcheinungen in die Augen, daß es zur Nachweiſung derſelben nicht erſt der Verfertigung einer beſondern Maſchine bedarf

Bleiben wir alſo bei der Einrichtung des Apparats ſtehn, welche die größte Einfachheit darzubieten ſcheint. Die Metallſtange BB', Fig. 40, ſtützt ſich mit einem ihrer Enden an einen feſten Widerhalt FF; während ihr andres Ende das Ende L eines Winkelhebels LCL' forttreibt, der ſich um den feſten Mittelpunct C drehen kann, und deſſen Arm CL' weit länger, als CL, z. B. 100-mal ſo lang iſt. Eine Kreiseintheilung DD wird ſo angebracht, daß ſich das Ende des Arms CL' längs ihr hinbewegt. Dehnt ſich nun die Stange um eine gewiſſe Länge, z. B. um einen Millimeter, aus, ſo wird ſie das Ende des Hebels L um eben ſo viel fortſtoßen; und das Ende des zeigerförmigen Hebelarms L' wird demzufolge 100 Millimeter oder einen Decimeter auf der Eintheilung durchlaufen. Im Allgemeinen wird die, an der Stange vorgehende, Bewegung die hundertfache Bewegung am Ende des Zeigers L' zur Folge haben; und nimmt man an, daß ſich an der Kreiseintheilung noch eine Fortbewegung des Zeigers um einen halben Millimeter wahrnehmen läßt, was ſehr wohl der Fall ſeyn kann, ſo wird ſich dieſe Größe, auf den kleinen Arm L bezogen, auf $\frac{1}{200}$ Millimeter oder $\frac{1}{450}$ Linie reduciren. Man wird demnach noch eine ſolche Größe der Ausdehnungsbewegung an der Stange ſchätzen können.

Dies iſt ungefähr die Einrichtung der Pyrometer, deren ſich Brongniart in der Porzellanfabrik zu Sèvres bedient, um feſte Gränzpuncte für die hohen Temperaturen ſeiner Oefen beſtimmen zu können. Auch leuchtet ein, daß, wenn das nämliche Pyrometer der Hitze auf die nämliche Weiſe und demſelben Grade derſelben ausgeſetzt wird, der Zeiger L' ſtets zu derſelben Abtheilung zurückkehren wird, wofern nur in der Ausdehnbarkeit der Metallſtange BB' keine Veränderung vorgeht, und der Apparat nicht auf irgend eine Weiſe leidet.

Allein wie nützlich auch die Maſchine, auf die beſchriebene Weiſe angewandt, zur Beſtimmung feſter Gränzpuncte der Temperatur ſeyn mag, ſo wenig vermag ſie doch, wenn ſie nicht wenigſtens modificirt worden iſt, ein Maß für die abſolute Größe der Ausdehnung feſter Körper zu geben. Denn, wenn das Ende des Zeigers L' wirklich die abſolute Ausdehnung der Stange BB' anzeigen ſoll, ſo müſſen der Punct C und der Widerhalt F vollkommen unverrückbar ſeyn, oder ihr Abſtand muß ſich wenigſtens bei allen Temperaturveränderungen, denen die Stange ausgeſetzt werden ſoll, durchaus gleich bleiben. Wie aber kann dieſer Bedingung Genüge geſchehen? Wenn der Punct C und der Widerhalt F Theile der nämlichen Unterlage ausmachen, ſo wird dieſe, aus welchem Stoff ſie immer beſtehe, ſobald ſie an der Temperatur der Stange Theil zu nehmen vermag, ſich zugleich mit ihr ausdehnen und zuſammenziehen, obwohl nach einem andern Verhältniß; und der Zeiger L' wird mithin nicht eigentlich die Ausdehnung der Stange BB', ſondern blos den Überſchuß der Ausdehnung dieſer Stange über die der Unterlage angeben.

Das einfachſte Mittel, ja das einzige, in welchem ſich eine Abhülfe dieſes Uebelſtandes darzubieten ſcheint, iſt, eine ſolche Einrichtung zu treffen, daß durch die Wirkung der Temperaturveränderungen auf den Punct C und den Widerhalt F keine merkliche Veränderung im Abſtand beider nach der Richtung CF hervorgebracht zu werden vermag. Hiezu würde man z. B. gelangen, wenn man als Widerhalt eine Glasplatte genau ſenkrecht auf die Länge der Stange BB' anbrächte, und im Puncte C ebenfalls einen langen Cylinder ſenkrecht auf dieſe Stange aufrichtete; wozu noch die Bedingung zu fügen iſt, daß Platte und Cylinder auf Unterlagen ruhen, die entfernt genug von der Stange und zugleich maſſiv genug ſind, um an den Temperaturveränderungen, welche ſie erfahren kann, nicht den geringſten Theil zu nehmen. Dies ſind ungefähr die Grundbedingungen, auf welchen die Einrichtung des Apparats beruht, mit dem Lavoiſier und Laplace operirten. Die Stange BB' Fig. 41, die ſie dem Verſuch unterwarfen, wurde in horizontaler Lage durch gläſerne Walzen erhalten, über welche ſie frei hingleiten konnte; als Widerhalt diente ein verticales, ebenfalls gläſernes, Lineal FF, ſenkrecht befeſtigt an ein andres horizontales Lineal TT, deſſen Enden in zwei ſehr große, in bedeutender Entfernung von der zu erhitzenden Stange in den Boden eingeſenkte, Pfeiler von Stein eingekittet waren. Der kleine Hebelarm CL war auch vertical, und die, gleichfalls auf zwei ſteinerne Pfeiler geſtützte, Drehungsaxe C konnte eben ſo wenig durch die Temperaturveränderungen, welche man die Stange erfahren ließ, in Anſpruch genommen werden. Das Ende des längern Hebelarms CL' aber, anſtatt ſich längs einer Eintheilung zu bewegen, ſetzte ein Perſpectiv in Bewegung, durch das man nach einem ſehr entfernten Ziel viſirte.

Wie man ſieht, kann dieſer Apparat zu keiner der Irrungen Veranlaſſung geben, die durch Verrückung der Puncte, welche man in den andern Pyrometern als feſt betrachtet, bewirkt werden.

Hiebei darf man indeß noch nicht ſtehn bleiben: zur Schärfe der Beobachtungen iſt auch erforderlich, daß die Stange, mit welcher der Verſuch angeſtellt wird, in ihrer ganzen Länge eine bekannte und gleichförmige Temperatur habe. Das einzige Mittel, dazu zu gelangen, beſteht darin, daß man ſie in eine Flüſſigkeit taucht, deren Theile ſämmtlich dieſe Temperatur beſitzen. Allein die Stange muß dabei durchaus eine horizontale Lage haben; denn taucht man Thermometer bis zu verſchiedenen Tiefen in ein Gefäß, das mit Flüſſigkeit gefüllt und bis zu einem gewiſſen Grade über die Temperatur der Luft erhitzt iſt, ſo findet man, daß die verſchiednen Schichten dieſer Flüſſigkeit eine ungleiche Wärme haben; und es wird ſich bald zeigen, daß der flüſſige Zuſtand ſelbſt dies nothwendig ſo mit ſich bringt. Eine feſte Stange wird daher bei verticalem Eintauchen in eine erhitzte Flüſſigkeit an ihren verſchiednen Puncten eine ungleiche Temperatur annehmen, was die Beſtimmung ſeiner mittlern Temperatur ſehr erſchwert. Durch horizontales Eintauchen umgeht man dieſen Nachtheil, weil in einer ruhig ſtehenden Flüſſigkeit die Temperatur in der ganzen Ausdehnung einer Horizontalſchicht die nämliche iſt. Damit nun aber auch die, in die Stange gebrachten, Thermometer unmittelbar die Temperatur derſelben anzeigen, müſſen ſie, wie ſchon oben bemerkt, der ganzen Länge nach, welche von der Queckſilberſäule eingenommen wird, von Flüſſigkeit umgeben ſeyn; und dies macht erforderlich, daß ſie ebenfalls horizontal oder faſt horizontal längs der Stange zu liegen kommen. Jedoch könnte man ſie auch in verticaler Lage halten, wofern man auf den Unterſchied in der Ausdehnung des, außerhalb der Flüſſigkeit befindlichen, Theiles der Säule, durch Rechnung Rückſicht nehmen wollte; was aber weniger Bequemlichkeit und vielleicht auch weniger Schärfe gewähren würde. Mittelſt dieſer Verfahrungsarten gelangten Lavoiſier und Laplace zu den, in nachſtehender Tabelle enthaltenen, Reſultaten.

Benennung der Subſtanzen nach alphabetiſcher Ordnung.	Ausdehnung eines Lineals, deſſen Länge 1 iſt bei der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes.	
	Von 0° bis 100°	Für 1 Centimeter oder 4,43296 Linien.
Blei	0,00284836	$\frac{1}{351}$
Eiſen, rundes, durch den Drathzug gegangen	0,00123504	$\frac{1}{812}$
Eiſen, welches, geſchmiedetes	0,00122045	$\frac{1}{819}$
Flintglas, Engliſches	0,00081166	$\frac{1}{1248}$
Glas, Franzöſiſches mit Blei	0,00087199	$\frac{1}{1147}$
Glas ohne Blei (in Röhren)	0,00087572	$\frac{1}{1142}$
Glas von St. Gobin (Spiegelglas)	0,00089089	$\frac{1}{1122}$
Gold, abgeſchiedenes (or de depart)	0,00146606	$\frac{1}{682}$
Gold, Pariſer Probe, nicht ausgeglüht	0,00155155	$\frac{1}{645}$
Gold, Pariſer Probe, ausgeglüht	0,00151361	$\frac{1}{661}$
Kupfer	0,00171733	$\frac{1}{582}$
Kupfer, gelbes, oder Meſſing	0,00187821	$\frac{1}{532}$
Platin (nach Borda)	0,00085655	$\frac{1}{1167}$
Queckſilber	0,00600601	$\frac{1}{166}$
Silber, durch Kupellation	0,00190974	$\frac{1}{524}$
Silber, Pariſer Probe	0,00190868	$\frac{1}{524}$
Stahl, nicht gehärtet	0,00107912	$\frac{1}{927}$
Stahl, gelb angelaufen, angelaſſen bei 65 Grad	0,00123956	$\frac{1}{807}$
Zinn von Falmouth	0,00217298	$\frac{1}{462}$
Zinn, oſtindiſches oder von Malacca.	0,00193765	$\frac{1}{516}$

Dieſe Reſultate haben ſich aus Beobachtungen ergeben, welche zwiſchen den Temperaturen des ſchmelzenden Eiſes und des kochenden Waſſers, d. i. von 0° bis 100° des hunderttheiligen Queckſilberthermometers angeſtellt wurden. Zwiſchen dieſen Gränzen ſchien ſich die Ausdehnung jedes Metalls für die nämliche Anzahl Grade merklich gleich zu bleiben. Gilt dies aber auch für höhere Temperaturen? Begreiflich können nur directe Verſuche hierüber entſcheiden. Dulong und Petit haben deren ſehr genaue in Bezug auf dieſen Gegenſtand angeſtellt und gefunden, daß die Ausdehnungen des Eiſens, des Kupfers und des Platins in dem Maße wachſen, als die Temperatur über 100° ſteigt; woraus ſich mit groſer Wahrſcheinlichkeit der Schluß auf ein ähnliches Verhalten der übrigen Metalle ziehen läßt. Immer indeß werden die, in voriger Tabelle aufgeführten, Zahlen für die gewöhnlichſten Anwendungen genügen; von welchen ich jetzt einige Beiſpiele anführen will.

Erörterung verſchiedner Fragen, welche auf die Ausdehnung feſter Körper Bezug haben.

Die Kenntniß der Ausdehnung der feſten Körper, vornämlich der Metalle, iſt in Bezug auf Gegenſtände der Wiſſenſchaften und Künſte oft von ausnehmender Wichtigkeit. Einige Fälle dieſer Art ſind ſchon früher erörtert worden, weil ſie leichter in die Augen fallen; jetzt aber, da wir zu genauern Reſultaten gelangt ſind, können wir uns auf feinere und mehr Schärfe erfordernde Anwendungen einlaſſen.

Jedesmal, wenn der Phyſiker tropfbare oder elaſtiſche Flüſſigkeiten ſeinen Verſuchen unterwerfen will, bedient er ſich gläſerner oder metallner Gefäße, ſie einzuſchließen: wenn aber dieſe Gefäße ſucceſſiv verſchiednen Temperaturen ausgeſetzt werden, ſo zieht ſich der Stoff, aus dem ſie beſtehen, in die Länge oder in die Kürze, den Geſetzen ſeiner Ausdehnung gemäß; und da dieſe Veränderungen an allen drei Dimenſionen dieſes Stoffs zugleich vorgehen, ſo muß das Volumen des Gefäßes ſich vergrößern oder verkleinern, und man muß daher zuvor auf dieſe Wirkungen Rückſicht nehmen und ſie durch den Calcul berichtigen, bevor man urtheilen kann, wie viel die Ausdehnung der, im Apparat enthaltenen, tropfbaren elaſtiſchen Flüſſigkeit für ſich allein beträgt. Dies hat keine Schwierigkeit, ſobald man die Ausdehnung des Gefäßes nach einer einzigen ſeiner Dimenſionen kennt: denn es ergiebt ſich durch den Calcul, daß die Ausdehnung nach dem Cubikinhalte, wenn ſie ſehr klein iſt, das Dreifache der Ausdehnung nach Einer Dimenſion für die nämlichen Temperaturen beträgt; d. h. daß, wenn ein einfaches Lineal ſich, z. B. um $\frac{1}{1000}$ ſeiner Länge, verlängert oder verkürzt, der Rauminhalt dieſes Lineals, oder jedes andern, aus der nämlichen Subſtanz beſtehenden, Körpers, unter den nämlichen Umſtänden ſich um $\frac{3}{1000}$ verändert. Der Beweis dieſes Satzes kann im größern Werke nachgeleſen werden.

Wie wir geſehen, iſt die Ausdehnung nach Einer Dimenſion, ſo lange die Temperatur zwiſchen die des ſchmelzenden Eiſes und des kochenden Waſſers fällt, der Zahl der Thermometergrade, von Null an gerechnet, ohne merklichen Irrthum proportional zu ſetzen; daſſelbe wird alſo auch für die Ausdehnung des ganzen Volumens gelten. Aus der Kenntniß des Volumens eines Körpers bei 0°, ſo wie der cubiſchen Ausdehnung ſeiner Subſtanz, wird man demnach leicht das Volumen finden können, welches dieſer Körper bei irgend einer andern Temperatur annimmt; oder, wenn umgekehrt das Volumen bei irgend einer Temperatur gegeben iſt, wird man das, bei Null Grad Statt findende, daraus herleiten können. Die cubiſche Ausdehnung des

Queckſilbers z. B. für 1° beträgt $\frac{1}{5550}$. Mithin würde das Volumen einer Queckſilbermaſſe, welches bei Null Grad 3 Cubikcentimeter betrüge, bei 1°, $3 + \frac{3}{5550}$; bei 2°, $3 + \frac{6}{5550}$; bei 3°, $3 + \frac{9}{5550}$ betragen, u. ſ. f. für eine Zahl beliebiger Grade, ſo lange die Ausdehnung als gleichförmig betrachtet werden kann.

Das Maß der Ausdehnung, welche die Metalle erfahren, wird ſehr nützlich, um in gewiſſen Fällen die Dimenſionsveränderungen ſchätzen zu können, welche die aſtronomiſchen Inſtrumente erleiden; eben ſo, um die metallnen Lineale, welche zum Meſſen der Grundlinien bei Operationen der Feldmeßkunſt dienen, auf die nämliche Temperatur zurückzuführen. Auch dient es, die Veränderungen in der Länge, welche die Pendelſtangen der Pendeluhren erfahren, zu berichtigen. Die Wichtigkeit der letztern Anwendung erfordert eine etwas ausführlichere Auseinanderſetzung.

Bei dieſen Inſtrumenten wird die Bewegung ertheilt und geregelt durch ein Pendel, beſtehend aus einer Metallſtange, die ſich unten in eine ſehr ſchwere, ebenfalls metallne, Linſe endigt. Dieſer Apparat, der am freien Ende der Stange aufgehangen iſt, ſchwingt nach beiden Seiten der Verticale und jede dieſer Schwingungen läßt den Zeiger der Uhr um einen Schritt fortrücken. Welches auch übrigens die Geſtalt und Zuſammenſetzung des Pendels ſeyn mag, immer läßt ſich ſeine Bewegung auf die eines ſchweren materiellen Puncts zurückführen, der am untern Ende eines unbiegſamen und gewichtloſen Fadens aufgehangen iſt. Einen ſolchen, nur in der Vorſtellung gegebenen, Apparat nennt man ein einfaches Pendel. Jedes wirkliche und zuſammengeſetzte Pendel hat mithin ſein einfaches Pendel, auf das es ſich zurückführen läßt, und was mit ihm genau denſelben Gang haben würde. Nun iſt die Dauer der Schwingungen, welche verſchiedne zuſammengeſetzte Pendel machen, von welcher Geſtalt ſie immer ſeyn mögen, den Quadratwurzeln der Längen ihrer einfachen Pendel proportional. Nimmt man alſo auf jedem derſelben von ſeiner Aufhängungsaxe an eine, dieſer Länge gleiche, Entfernung, ſo wird das Ende dieſer Entfernung die Lage des ſchweren Puncts bezeichnen, welcher der ganzen Maſſe des zuſammengeſetzten Pendels ſubſtituirt werden könnte, und Mittelpunct der Schwingung (centre d'oscillation) genannt wird. Hienach iſt leicht zu erachten, daß die Temperaturveränderungen durch die Abänderungen, welche ſie in der Geſtalt und Länge des zuſammengeſetzten Pendel bedingen, auch die Lage dieſes Mittelpuncts und mithin die Dauer der Schwingungen abändern müſſen. Denn ſteigt die Temperatur, ſo verlängert ſich die Metallſtange und der gemeinſchaftliche Schwingungsmittelpunct dieſer Stange und der Linſe tritt tiefer herab; das correſpondirende einfache

Pendel wird ſonach länger und die Schwingungen gehen langſamer vor ſich. Sinkt dagegen die Temperatur, ſo werden, mit größerer Annäherung des Mittelpuncts der Schwingung an den Aufhängungspunct, die Schwingungen beſchleunigt. Dies würde eine ſtete Ungleichförmigkeit im Gange der Uhr zur Folge haben, hätte man nicht Mittel zur Abhülfe dieſes Uebelſtandes gefunden. Hiezu führen verſchiedne Mechanismen, welche an der Pendelſtange angebracht werden, und deren Wirkung ſämtlich zuletzt darauf zurückkommt, daß ein Theil vom Gewicht des ganzen Syſtems bei Verlängerung der Pendelſtange nach Oben gerückt wird, und wieder nach Unten bei Verkürzung derſelben, und zwar auf ſolche Art und in ſolchem Verhältniß, daß dieſe entgegengeſetzten Wirkungen einander genau compenſiren. Man nennt Apparate dieſer Art Compenſatoren.

Der gebräuchliche iſt in Fig. 42 vorgeſtellt. ABCD iſt ein eiſerner, im Punct S mittelſt eines eiſernen Schafts aufgehangner, Rahmen. Die, mit TL bezeichnete, Pendelſtange beſteht auch aus Eiſen; iſt aber nicht unmittelbar an dieſen, ſondern im Puncte T an einen kleinern Rahmen abcd befeſtigt, der aus kupfernen Stäben beſteht, die in cd mit dem größern Rahmen in feſter Verbindung ſtehen. Um eine Einſicht in die Wirkung dieſer Vorrichtung zu erlangen, muß man ſich zurückrufen, daß das Kupfer bei den nämlichen Temperaturveränderungen ſich mehr als das Eiſen ausdehnt; und es verhalten ſich die Größen ihrer Ausdehnung für gleiche Längen, ziemlich zu einander wie 5 zu 3. Steigt alſo die Temperatur, ſo verlängern ſich der Eiſenrahmen ABCD und der Eiſenſchaft SF, ſo wie die Pendelſtange TL, welche die Linſe trägt; allein zu gleicher Zeit dehnen ſich auch die Stäbe abcd des innern kupfernen Rahmens, und zwar verhältnißmäßig mehr, als die Eiſenſtäbe ABCD aus. Vermöge dieſer überwiegenden Ausdehnung nun werden ſie den Aufhängungspunct T höher hinauftreten laſſen, als die Ausdehnung des Eiſenrahmens ihn hat herabſteigen laſſen, und werden ſolchergeſtalt die Geſammtverlängerung der eiſernen Theile, welche in den Apparat eingehn, ganz oder zum Theil ausgleichen.

Unterwirſt man dieſe Anordnung dem Calcul, ſo findet man, daß ſich durch Vereinigung blos von zwei Rahmen noch keine vollſtändige Ausgleichung erhalten läßt; was darin ſeinen Grund hat, daß die Ausdehnungen der beiden angewandten Metalle nicht hinlänglich von einander abweichen. Allein man vermag ſeinen Zweck zu erreichen, indem man dieſe Zuſammenſetzungen vervielfältigt, und in ſolchen Bezug zu einander bringt, daß die Wirkung der einen die der andern unterſtützt. (Roſtförmige Pendel). Stellen wir uns demnach vor, der kupferne Rahmen abcd trage nicht unmittelbar die Pendelſtange TL der Uhr, ſondern blos einen andern Rahmen A'B'C'D', Fig. 43, der dieſelbe Zuſammenſetzung als ABCD hat, d. h. aus zwei eiſernen Seitenſtäben A'C', B'D' und einem untern Querſtab C'D' beſteht, der einen Rahmen a'b'c'd' mit zwei Seitenſtäben aus Kupfer trägt. Befeſtigen wir die Pendelſtangen TL an dieſen zweiten innern Rahmen und betrachten abermals die entgegengeſetzten Wirkungen, welche die Kupfer- und die Eiſenſtäbe auf den Abſtand GS äußern. Es leuchtet ein, daß die Compenſationsbewegungen, welche auf die Linſe G wirken, beträchtlicher werden müſſen. Auch findet man, daß bei dieſer Anordnung die Unverrückbarkeit der Linſe möglich wird; und es iſt dazu nur erforderlich, daß die Summe aller, im Apparat angebrachten, Kupferſtäbe das Dreifache der Entfernung des Schwerpuncts der Linſe von der Aufhängungsaxe S betrage. Unter Befolgung dieſer ganz einfachen Regel kann man demnach beliebig die Länge der Stäbe und ihre Zahl abändern, ſo wie es Eleganz und Bequemlichkeit am meiſten zu fordern ſcheinen. Gewöhnlich beſchränken ſich die Uhrmacher auf 4 Rahmen, wie wir ſie in der Figur dargeſtellt haben.

Ich habe einen Uhrmacher, Namens Martin, mit Erfolg ſich eines noch einfachern Compenſators für ſeine Pendeluhren bedienen ſehen, deſſen Einrichtung ich um ſo lieber hier auseinanderſetze, da es ganz der nämliche Apparat iſt, der zur Compenſation der Uhren dient, welche einen vollkommen regelmäßigen Gang haben ſollen, und die man deshalb Chronometer oder Zeitmeſſer nennt. Man denke ſich zwei ſchmale Metallplatten AB, CD, Fig. 44, von gleicher Länge, die eine aus Eiſen, die andre aus Kupfer, übereinandergelegt und unwandelbar aneinander mittelſt einer großen Menge kleiner Schrauben befeſtigt, die durch beide Platten in eben ſo viel Puncten ihrer Länge hindurch gehn. Wurde dies bei einer Temperatur z. B. von zehn Grad vorgenommen, und war die Verbindung beider Platten bei derſelben geradlinig, ſo wird bei Veränderung der Temperatur dieſe geradlinige Richtung aufhören müſſen. Steigt die Temperatur, ſo werden ſich beide Platten ausdehnen und zwar auf ungleiche Weiſe, die Kupferplatte mehr als die Eiſenplatte; wo dann das Syſtem die krumme Geſtalt, welche Fig. 45 darſtellt, annehmen wird, ſo daß die Eiſenplatte an der concaven, die Kupferplatte an der convexen Seite liegt, um ſolchergeſtalt durch Zunahme ihres Umfangs das Zuviel ihrer Ausdehnung auszugleichen. Das Gegentheil wird eintreten, wenn die Temperatur unter die Gränze von 10 Grad, von welcher wir ausgingen, herabſinkt. Die verbundnen Stücke werden ſich auch wieder krümmen, aber nach entgegengeſetzter Richtung; ſo daß das, in ſtärkerm Grade zuſammengezogne, Kupfer ſich auf der Innenſeite der Concavität, das Eiſen nach Außen an der convexen Seite befindet, Fig. 46.

Um hievon die Anwendung auf die Compenſation einer Uhr zu machen, Fig. 47, wollen wir an irgend einem Punct O ihrer Pendelſtange SL zwei ſolche Plattenpaare, ſenkrecht auf ihre Richtung, befeſtigen, an deren Enden Maſſen MM angebracht ſind, welche der Pendelſtange SL dadurch, daß ſie ſich an zwei Schrauben VV hin und zurückſchrauben laſſen, genähert oder von ihr entfernt werden können. Sie machen ſolchergeſtalt einen Theil des zuſammengeſetzten Pendel aus, welches die Uhr in Gang ſetzt. Geſetzt nun, beide Platten wären bei einer gewiſſen Temperatur, z. B. von 10 Grad, geradlinig, ſo müſſen ſie ſich bei Veränderung der Temperatur krümmen; und werden dabei von ſelbſt die Maſſen in die Höhe oder herab rücken. Z. B. bei Zunahme der Temperatur wird die Stange TL ſich verlängern und der Punct L ſo wie der Punct O tiefer herab treten; zugleich aber werden ſich die beiden Plattenpaare krümmen, und zwar, im Fall die Eiſenplatten zu oberſt liegen, ſo, daß die beiden Maſſen MM aufwärts gerückt werden, Fig. 48., was eine Gegenwirkung gegen die Wirkung giebt, welche die Ausdehnung der Pendelſtange auf den Apparat zu äußern ſtrebt. Sinkt dagegen die Temperatur unter den Grad, den wir zuerſt für den Apparat Statt findend annahmen, ſo wird die Pendelſtange SL ſich zuſammenziehen und die Linſe L ſo wie den Punct O dadurch weiter herauf rücken; da ſich aber zugleich die Platten, wie Fig. 49. zeigt, krümmen, ſo werden dadurch die Maſſen MM einen tiefern Standpunct erhalten, und beide Erfolge einander wiederum entgegenwirken. Nach der bekannten Ausdehnung der Metalle läßt ſich berechnen, welche Dimenſionen man den verſchiedenen Theilen des Apparats zu geben hat, um die Compenſation in beinahe völliger Schärfe zu erhalten; und hiezu gelangt man noch vollends, indem man den Gang des Pendels mit dem der Sterne vergleicht, und die Maſſen MM der Pendelſtange SL nähert oder davon entfernt, bis die Temperaturveränderungen keinen ſtörenden Einfluß mehr auf ihre Bewegungen äußern. Um dies in kurzer Zeit und auf die ſicherſte Weiſe zu erproben, ſetzt man die Uhr in einen Trockenofen (étuve), erhitzt denſelben auf kunſtgerechte Art, und ſtellt die Maſſen ſo, daß die Uhr denſelben Gang bei dieſen hohen Temperaturen wie bei dem Wärmegrade, den die Atmoſphäre gerade hat, annimmt. Dies iſt auch die Verfahrungsart, mittelſt welcher man die vollkommene Regulirung der andern Compenſatoren erlangt. Der eben beſchriebene hat den Vortheil, faſt ohne Koſten an allen Pendeluhren angebracht werden zu können; und ich kann aus Erfahrung verſichern, daß er ſehr viel Genauigkeit gewährt.

Wie ſchon erwähnt, iſt es ein Compenſator dieſer Art, den man an die Chronometer anbringt, um ſie für die Temperaturveränderungen unempfänglich zu machen. Bekanntlich wird in den gewöhnlichen Uhren die Bewegung durch die ſogenannte Unruhe BAD, Fig. 50., regulirt, die durch eine Spiralfeder ESS' in Bewegung geſetzt wird; indem dieſe durch wechſelsweiſes Zuſammenziehen und Wiedererweitern, die Unruhe nöthigt, ſich abwechſelnd um ſich ſelbſt zu drehen, und dadurch den Schlag der Uhr hervorzubringen. Bei eintretenden Temperaturveränderungen jedoch werden die Unruhe und Spiralfeder andre Dimenſionen annehmen, die Elaſticität der letztern und demnach die Dauer der Schwingungen ſich mithin ändern. Dieſem Uebelſtand abzuhelfen, befeſtigt man an die Unruhe compenſirende Plattenpaare CM, CM, aus Kupfer und Eiſen nach erörterter Weiſe zuſammengeſetzt, die man aber gleich anfänglich krümmt, um den Raum, den die Unruhe im Gehäuſe einnehmen muß, nicht übers Maß zu vergrößern. Die freien Enden dieſer Platten laufen gleichfalls in kleine Schrauben aus, an welchen ſich kleine Goldmaſſen befinden, die ſich dem Befeſtigungspuncte C nähern oder weiter von ihm abſchrauben laſſen. Mit Veränderung der Temperatur nun wird auch eine Veränderung in der Krümmung der compenſirenden Platten und demzufolge Annäherung oder größere Entfernung der kleinen Maſſen in Bezug zum Mittelpunct der Drehung O eintreten. Da im letztern Fall die Maſſen an einem kürzeren Hebelarm auf den Mittelpunct O wirken, ſo wird die Spiralfeder weniger Kraft zu Drehung derſelben bedürfen. Bei größerer Entfernung dagegen vom Punct O werden ſie an einem längern Hebelarm auf denſelben wirken, und die Spiralfeder wird eine ſtärkere Kraft anzuwenden haben, um ſie noch in die nämliche Drehung zu verſetzen. Man wird demnach den Platten eine ſolche Anordnung geben können, daß die Veränderungen dieſer Kräfte denen entſprechen, welche die Spiralfeder durch die Wirkung der Temperaturveränderungen erfährt. Die größere Regelmäßigkeit, die man auf ſolche Weiſe in den Gang der Uhr zu bringen vermag, wird man dann noch durch Verſuche zur Vollendung bringen, indem man die Uhr ſucceſſiv in künſtliche Temperaturen, welche dem Eispunct und dem Siedpunct nahe kommen, bringt, und die kleinen Goldmaſſen an den compenſirenden Platten nähert oder entfernt, bis der Gang der Uhr, verglichen mit den Sternen oder einem ganz vorzüglichen Pendel, gar keine Abänderungen mehr erfährt.

Hr. **Breguet** hat ſich der compenſirenden Platten zur Verfertigung von Thermometern, die eine ausnehmende Empfindlichkeit beſitzen, bedient. Er ſetzt ſie aus drei Lagen, Silber, Gold, Platin zuſammen, die durch Druck bei einer hohen Temperatur vereinigt, und durch Strecken auf eine Dicke von $\frac{1}{80}$ Linie reducirt werden. Dieſe Verbindung wird dann ſpiralförmig zuſammengerollt, und durch mäßiges Glühen bleibend in dieſem Zuſtand erhalten. Alsdann befeſtigt man ſie mit ihrem obern Theile an eine feſte Stütze, und giebt dem untern Theile eine horizontale Metallnadel zu tragen, die als Zeiger dient, Fig. 51. Wird dieſer Apparat in Luft, von einer gewiſſen, ſich gleich bleibenden, Temperatur gebracht, ſo nimmt er den Grad der Verlängerung und Krümmung an, den dieſe Temperatur für die übereinandergelegten Platten mit ſich bringt; ſo wie aber die geringſte Temperaturveränderung eintritt, drehen ſich die Windungen mehr zuſammen oder weiter auseinander, wobei ſich der Zeiger mit fortbewegt. Durch Vergleichung dieſer Bewegungen mit den Temperaturveränderungen, welche ein gutes Thermometer anzeigt, läßt ſich der Gang des Inſtruments beſtimmen: und man hat dann an ihm, wegen ſeiner großen Oberfläche bei ſo geringer Maſſe, ein vorzügliches Mittel, für die ſchwächſten Temperaturveränderungen ſchnelle Anzeigen zu erhalten. Setzt man ihn z. B. unter den Recipienten einer Luftpumpe, und pumpt die Luft etwas ſchnell aus, ſo ſieht man den Zeiger ſogleich auf Kälte weiſen, und ein bedeutendes Sinken der Temperatur anzeigen. Bald jedoch, wenn das Gleichgewicht der Temperatur ſich wieder herſtellt, kehrt er zu ſeinem erſten Stande zurück. Jetzt laſſe man die Luft wieder zutreten, und die Bewegung des Zeigers wird auf eine eben ſo ſchnelle und beträchtliche Erhöhung der Temperatur deuten, als vorher die Erniedrigung derſelben war. Man giebt hievon die Erklärung, daß dieſe Wärme ſich aus der, im Innern des Recipienten zurückgebliebenen, Luft entbindet, indem dieſelbe von der hinzuſtürzenden äußern Anfangs verdichtet wird *).

Man hat vorgeſchlagen, die Compenſatoren an den Pendeln dadurch entbehrlich zu machen, daß man die Pendelſtange aus Holz verfertigt, welches im Ofen getrocknet, in Oel geſotten und überfirnißt wird. Allein ungeachtet der Lobeserhebungen, die man dieſem Verfahren ertheilt hat, kann ich doch aus eigner Erfahrung verſichern, daß es beträchtliche Abänderungen im Gange der Uhr nicht verhütet. Wahrſcheinlich rühren ſie vom Einfluß der größern oder mindern Trockenheit der Luft her, welche das Holz zu krümmen vermag.

---

*) Schon früher erwähnte der Verfaſſer beiläufig; daß allgemein Verdichtung der Subſtanzen mit Wärmeentwicklung, Verdünnung derſelben mit Kälteerzeugung verbunden iſt.

Zehntes Capitel.

Maß der Ausdehnung, welche die Gasarten durch die Wärme erfahren.

Die Verſuche der Hrn. Lavoiſier und Laplace haben uns gelehrt, daß zwiſchen den Temperaturgränzen des Froſtpuncts und Siedpuncts die Ausdehnung der feſten Metalle der Ausdehnung des Queckſilbers ohne merklichen Irrthum proportional geſetzt werden dürfe. Die nämliche Verhältnißmäßigkeit findet auch innerhalb dieſer Gränzen zwiſchen den Ausdehnungen des Queckſilbers und denen der trocknen Gasarten Statt. Dieſes wichtige Reſultat iſt durch Hrn. Gay-Luſſac auf das Gründlichſte dargethan worden.

Um die Ausdehnung gasförmiger Subſtanzen mit Schärfe zu meſſen, muß man zuvörderſt eine bekannte Quantität derſelben in Röhren einſchließen, die aufs Genaueſte nach Theilen von gleicher Capacität graduirt ſind, und ſich in Kugeln endigen, die in Verhältniß zum Durchmeſſer der Röhre ein bedeutendes Volumen haben. In dieſer Röhre nun hat man ſie unter einem bekannten Druck zu erhalten, ſie verſchiednen Temperaturen auszuſetzen, und zu beobachten, um wie viel ſie ſich dabei ausdehnen oder zuſammenziehen; mit einem Worte, man hat ein wahres Gasthermometer zu verfertigen. Zur Genauigkeit dieſer Operation ſind nun aber verſchiedne Vorſichtsmaßregeln unerläßlich.

Was zuvörderſt die Gradeintheilung der Röhren betrifft, ſo bedient man ſich dazu einer, von Gay-Luſſac angegebenen, Verfahrungsart, die in meinem größern Werke im Abſchnitt, der von dem Thermometer handelt, beſchrieben iſt. Um die Capacität der Kugel ſo wie die der Röhre kennen zu lernen, füllt man ſie nach einander mit Queckſilber an, und beſtimmt nach der Gewichtszunahme, die ſie dabei erhalten, und die man durch die Wage mißt, das Volumen, das ſie zu faſſen vermögen; indem man weiß, daß ein Kubicmillimeter Queckſilber (0,087113 Cub. Linien), bei einer Temperatur von Null Grad 13,59719 Milligrammen (beinahe ¼ Gran) wiegt, wie wir weiterhin ſehen werden. Es iſt ferner erforderlich, die Röhren, bevor man die Gaſe darin einſchließt, vollkommen auszutrocknen; denn, wie ſchon erwähnt, legt ſich inwendig an die Glasröhren, welche offen der freien Luft ausgeſetzt ſind, eine kleine unſichtbare Schicht Feuchtigkeit an, welche die Wärme in Dampfgeſtalt davon losreißt. Entfernt man nun dieſe dünne Waſſerſchicht nicht zuvor, ſo wird der, bei den verſchiedenen Temperaturen daraus ſich bildende, Dunſt ſich mit dem, in die Röhre gebrachten, Gas vermiſchen und ſein Volumen vergröſein. Da nun die Menge der, ſolchergeſtalt ausgehauchten, Dünſte mit der Temperatur ſteigen muß, bis die dünne Waſſerſchicht gänzlich erſchöpft iſt, ſo ſieht man, wie vermöge des Einfluſſes dieſer fremden Urſachen die, der Gasart eigenthümliche Ausdehnung immer noch einen Zuwachs erhalten muß, der mit der Temperatur ſteigt. Dies iſt für mehrere Phyſiker eine Urſache der Irrung geweſen.

Das einzige Mittel, ſich dagegen zu ſichern, iſt, dieſe dünne Waſſerſchicht vorher durch Verwandlung in Dünſte zu verjagen, indem man die Röhre ſtark erhitzt. Damit aber die Luft bei freiem Zutritt zur Röhre nicht wieder Feuchtigkeit mit ſich in dieſelbe hineinbringe, muß man die Röhre mit Queckſilber füllen, und dieſes darin, wie in einem Thermometer, ſieden laſſen. Mag nun, was wohl bemerkt zu werden verdient, dieſes Sieden die, am Glas hängende, Waſſerſchicht ganz oder nicht ganz verjagt haben, wenigſtens wird nichts mehr davon ausgehaucht werden können, wenn die Röhre geringern Temperaturen ausgeſetzt wird, als die iſt, bei welcher das Queckſilber ſiedet. Dies iſt die erſte Vorſichtsmaßregel, die Gay-Luſſac nahm.

Um nun in die Röhre nichts, als trockne atmoſphäriſche oder andre Gasarten einzubringen, kittet er an ihr offnes Ende eine andere, weitere, Röhre TT, Fig. 52., welche ſich als eine Art Recipient, das Gas zu faſſen, betrachten läßt. Dieſe Röhre iſt zum Theil mit Stücken ſalzſauren Kalks oder eines andern, die Feuchtigkeit einſaugenden, Salzes gefüllt. Man kann ſie ſogar vorher luftleer machen, damit ſich das eingebrachte Gas mit keiner atmoſphäriſchen Luft vermiſchen könne. Um nun eine gewiſſe Quantität in die Röhre TG einzubringen, bedient ſich Hr. Gay-Luſſac eines kleinen, ganz feinen, ſchon zuvor in dieſe Röhre gebrachten, Eiſendrahts. Er neigt die Röhre oder kehrt ſie vertical um, und läßt ſo eine große Menge des, darin enthaltenen, Queckſilbers ausfließen, deſſen Stelle durch ein gewiſſes Volumen Gas, GG, Fig. 53., eingenommen wird. Unter Beobachtung einiger Vorſicht bringt man es ſo weit, daß in der Röhre blos noch eine kleine Queckſilberſäule M bleibt, die als Kolben dient; der ganze Raum GG aber, von M bis zur Kugel der Röhre iſt mit dem hineingebrachten trocknen Gas angefüllt. Operirt man mit atmoſphäriſcher Luft, ſo hat man nicht nöthig, den Recipienten TT luftleer zu machen; man braucht blos die Luft einige Zeit darin über den Salzen ſtehen laſſen, worauf man ſie auf die angezeigte Art in die Röhre TG einbringt.

Nach Einbringung des Gaſes hat man nur noch daſſelbe ſucceſſiv verſchiednen Temperaturen auszuſetzen. Zu dieſem Zweck bedient ſich Gay-Luſſac eines metallnen Gefäßes AB, Fig. 53., in Geſtalt eines Parallelepipedums, deſſen Boden über einem Ofen von derſelben Größe ſteht. Man gießt Waſſer in dies Gefäß und erhitzt es bis zu verſchiednen Graden. Ein Thermometer V, welches vertical in dies Waſſer taucht, und mit ſeiner Röhre über den Deckel des Gefäßes hinausragt, dient zu einer ungefähren Angabe ſeiner Temperatur, damit man wiſſe, ob man das Feuer zu verſtärken oder zu ſchwächen habe.

Keineswegs aber darf die, das Gas enthaltende, Röhre TG auf dieſelbe Art in das Waſſer tauchen; denn die Erfahrung hat uns ſchon gelehrt, daß die verſchiednen Horizontalſchichten einer, von unten erhitzten, Flüſſigkeit nicht dieſelben Temperaturgrade haben. Um demnach genau zu wiſſen, welchem Grade ſich das Gas ausgeſetzt befinde, muß man die Röhre, worin es enthalten iſt, in eine horizontale Lage bringen, wie die Figur darſtellt; wo man denn die Anzeige ihrer Temperatur in aller Schärfe durch ein ausgewähltes Thermometer bts erhält, das jener Röhre gegenüber in derſelben Schicht, gleichfalls horizontal, angebracht iſt.

Allein, unſrer Vorausſetzung zufolge, war das Gefäß von Metall. Wie iſt es nun möglich, durch ſeine Wände hindurch die Grade des Thermometers bts und den veränderlichen Punct G der graduirten Röhre, bei welchem in jedem Augenblicke das Gasvolumen ſtehen bleibt, zu beobachten? Es geht nicht an, dieſen Punct G und die Röhre ts des Thermometers beſtändig außerhalb des warmen Waſſerbades zu erhalten; weil ſie dann nicht mehr die Temperatur deſſelben haben, und ſomit Irrungen in der Beobachtung veranlaſſen würden. Keinen Nachtheil jedoch kann es bringen, die Röhren von Zeit zu Zeit während des kurzen Zeitraums, der zu ihrer Beobachtung erforderlich iſt, herauszuziehen, was Gay-Luſſac auf eine ganz einfache Weiſe bewerkſtelligt. Die Mündungen oo', durch welche die Röhren in das Gefäß eintreten, werden mit Korkſtöpſeln verſchloſſen, welche in der Mitte eine Oeffnung haben, durch die ſich die Röhren mit Reibung hin und zurück ſchieben laſſen. Will man nun den Zuſtand des Gaſes GG beobachten, ſo zieht man die Röhre TG ſo weit heraus, daß das Ende M der kleinen Queckſilberſäule an der Mündung o zum Vorſchein kommt, wo man dann ſieht, bei welchem Puncte der Eintheilung es ſteht, und hiedurch erfährt, welches Volumen das Gas in dieſem Augenblick hat. Will man nun auch das Thermometer beobachten, ſo zieht man ſeine Röhre gleichfalls heraus, bis das Ende t der Queckſilberſäule an der Mündung o' vortritt: der Grad des Thermometers, welchem es entſpricht, wird für den nämlichen Augenblick die Temperatur der Horizontalſchicht anzeigen, in welcher ſich das Gas befindet.

So erfährt man in jedem Augenblick die Temperatur dieſes Gaſes aufs Genaueſte. Bringt man alſo erſt Waſſer von null Grad in das Gefäß, und erhöht dann ſtufenweiſe die Temperatur deſſelben bis zum Sieden; oder bringt man es umgekehrt vom Siedpunct bis zum Froſtpunct herab, ſo wird man ganz ſcharfe Vergleichungen zwiſchen den Veränderungen im Gasvolumen und dem Thermometerſtande anſtellen können; d. h. man wird in jedem Augenblicke durch die, auf beiden Röhren verzeichneten, Eintheilungen das ſcheinbare Volumen des Queckſilbers, ſo wie das des Gaſes erfahren können. Zieht man von dieſen gefundenen Größen die Größe der Ausdehnung ab, welche für das Glas, aus denen die Röhren beſtehen, in Betracht kommt, ſo wird man die abſoluten Volumina erhalten; wenn endlich der Luftdruck während des Laufs der Verſuche Abänderungen erlitten hat, was gewöhnlich der Fall iſt, ſo bringt man dieſerhalb Correctionen nach dem Mariottiſchen Geſetze an. Auf ſolche Weiſe erfährt man ganz genau, welches Volumen die nämliche Maſſe Gas bei verſchiednen Temperaturen, unter Vorausſetzung eines ſich gleichbleibenden Luftdrucks, z. B. von $0^{m},76$, eingenommen haben würde; und man hat dann dieſe Volumina blos noch unter einander zu vergleichen, um zu wiſſen, ob die Ausdehnung gleichförmig oder ungleichförmig erfolgt; denn im erſten Fall werden die ſucceſſiven Zunahmen des nämlichen Volumens den Temperaturzunahmen, welche das Gas erfuhr, proportional ſeyn; eine Proportionalität, die nicht Statt haben wird, wenn die Ausdehnung in wachſendem oder abnehmendem Grade erfolgt. Dieſer Verſuch, auf die beſchriebene Weiſe und mit allen angegebenen Vorſichtsmaßregeln angeſtellt, und ſowohl mit atmoſphäriſcher Luft als andern Gasarten in vollkommen trocknem Zuſtande häufig wiederholt, führte Hrn. Gay-Luſſac zu folgenden Reſultaten.

Alle bleibenden Gasarten dehnen ſich, wenn ſie gleicher Temperatur und gleichem Druck ausgeſetzt werden, genau um gleich viel aus; die Größe ihrer gemeinſchaftlichen Ausdehnung vom Froſtpunct bis zum Siedpunct beträgt, unter Annahme eines beſtändigen Drucks, 0,375 des Volumens, das ſie urſprünglich bei 0° haben. Zwiſchen dieſen beiden Gränzen iſt die Ausdehnung der Gasarten der Ausdehnung des Queckſilbers genau proportional; woraus folgt, daß, für jeden Grad des hunderttheiligen Thermometers, bei dem nämlichen Druck, alle Gasarten ſich um eine Größe ausdehnen, welche den 0,00375ſten Theil des Volumens beträgt, das ſie bei der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes einnehmen.

Faſt zu der nämlichen Zeit wurden dieſelben Reſultate von Dalton, einem geſchickten Phyſiker zu Mancheſter erhalten, und noch vor

Kurzem fanden Dulong und Petit abermals die Beſtätigung derſelben durch Hülfe eines Apparats, der dem des Hrn. Gay-Luſſac nahe kommt. Da ſie jedoch anſtatt des Waſſerbades ein Bad aus fettem Oel anwendeten, um daſſelbe auf höhere Temperaturen zu bringen, ſo konnten ſie auch der Vergleichung der Ausdehnungen einen größern Umfang geben; und ſo fanden ſie denn, daß bei Temperaturen über 100° das Queckſilber ſich raſcher als die Gaſe ausdehnt, und zwar um ſo mehr, je näher es dem Grade, wo es ſiedet, kommt; ein Verhalten, welches ihm mit allen andern tropfbaren Flüſſigkeiten gemein iſt, wie ſich weiter unten zeigen wird. Eben ſo fanden ſie, daß das Glas, das Kupfer, das Platin und das Eiſen bei dieſen hohen Temperaturen gegen die Gasarten und ſelbſt gegen das Queckſilberthermometer ein ſteigendes Verhältniß in ihrem Gange befolgen; was nämlich letztres betrifft, ſo wird die Beſchleunigung in der Ausdehnung des Queckſilbers zum Theil durch die, gleichfalls wachſende Ausdehnung der gläſernen Hülle verſteckt; woraus eine, der Gleichförmigkeit ſich mehr nähernde, ſcheinbare Ausdehnung hervorgeht.

Eben ſo hat ſich Gay-Luſſac überzeugt, daß die luftförmigen Subſtanzen, welche der Verflüchtigung tropfbarer Flüſſigkeiten ihren Urſprung verdanken, ſich ganz nach denſelben Geſetzen, als die bleibenden Gasarten ausdehnen, ſo lange ſie nicht in tropfbaren Zuſtand zurückkehren. Um dies durch einen Verſuch zu erweiſen, nahm er die austrocknenden Salze aus dem Recipienten TT heraus, und brachte in die Röhre TG nicht getrocknetes Gas, das mithin mit der Feuchtigkeit geſchwängert war, die es im natürlichen Zuſtande in Dunſtgeſtalt enthält, und welche von den austrocknenden Salzen unter Gewichtszunahme derſelben eingeſaugt zu werden vermag. Vermöge dieſes Verfahrens fand ſich der Raum GG mit einer Miſchung von Gas und von Waſſerdünſten angefüllt; und dieſe Miſchung dehnte ſich, wenn ſie ſucceſſiv in verſchiedne, immer höhere, Temperaturen gebracht wurde, gerade ſo aus, als hätte daſſelbe Volumen blos aus trocknem Gas beſtanden. Keineswegs aber darf man dieſes Geſetz auch auf ſolche Fälle ausdehnen, wo die Temperatur unter den Grad erniedrigt wird, auf welchem ſie beim Einbringen des Gaſes ſtand; denn wir werden weiterhin durch die Erfahrung nachweiſen, daß daſſelbe Volumen Gas bei einer gegebenen Temperatur nur eine gewiſſe beſchränkte Menge Waſſer in Dunſtgeſtalt enthalten kann; wonach, wenn es bei einem gewiſſen Temperaturgrade mit Waſſerdünſten geſättigt war, beim Sinken der Temperatur ein Theil dieſer Dünſte ſich in tropfbar flüſſiger Geſtalt niederſchlagen muß. Da dieſer Theil in ſeiner neuen Geſtalt ein weit geringeres Volumen, als vorher, einnimmt, ſo wird dadurch das abſolute Volumen des Gaſes vermindert, und ſeine Spannkraft verändert werden; und es werden ſich aus dieſer doppelten Urſach die Geſetze ſeiner ſcheinbaren Ausdehnung abändern müſſen.

Gay-Luſſac hat auch die Ausdehnung des Aetherdunſtes unterſucht, und ſie nicht verſchieden von der der Gasarten gefunden; was zu der Vermuthung berechtigt, daß dies Reſultat allgemein für alle Arten Dünſte gilt, ſo lange ſie im luftförmigen Zuſtande bleiben.

Mittelſt der erörterten Erfahrungsſätze laſſen ſich alle Fragen auflöſen, welche die Phyſik hinſichtlich der Volumina aufwerfen kann, die eine und die nämliche Gasmaſſe annehmen muß, wenn man ſie ſucceſſiv verſchiednem Druck und verſchiednen Temperaturen ausſetzt.

Geſetzt z. B., das Volumen dieſer Maſſe betrüge bei der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes und unter dem Druck von $0^{m},76$ genau einen Litre. Wie viel wird es bei der Temperatur von 10° betragen, wenn der Druck der nämliche bleibt? Dieſe Aufgabe zu löſen, braucht man das urſprüngliche Volumen nur um zehnmal 0,00375 zu vermehren; indem 0,00375 die Ausdehnung eines, urſprünglich als 1 geſetzten, Volumens für einen Grad ausdrückt. Das Hinzuzuaddirende wird mithin 0,0375 Litre betragen, und das ganze ausgedehnte Volumen 1,0375 Litre.

Laſſen wir jetzt auch den Druck ſich abändern. Bringen wir ihn z. B. auf $0^{m},38$ von $0^{m},76$ herab; ſo werden wir, zufolge Mariotte's Geſetz unſer Volumen von 1,0375 Litre, durch den neuen Druck $0^{m},38$, dem es ausgeſetzt werden ſoll, zu dividiren, und mit demſelben Druck $0^{m},76$, dem es anfänglich ausgeſetzt war, zu multipliciren haben; indem, bei Gleichheit der Temperatur, die Volumina einer und derſelben Gasmaſſe ſich umgekehrt wie die, ſie zuſammendrückenden, Druckkräfte verhalten. Das Ganze kommt darauf hinaus, unſer Volumen mit dem Bruchverhältniß $\frac{0^{m},76}{0^{m},38}$, welches gleich 2 iſt, zu multipliciren. Das geſuchte Volumen wird mithin 2,0750 Litres betragen, das Doppelte von dem, was es vor Veränderung des Drucks betrug.

Wäre umgekehrt dies Volumen 2,0750 Litres, bei dem Druck $0^{m},38$ und der Temperatur 10° gegeben, ſo würde man es leicht auf das urſprüngliche Volumen zurückführen können, das bei 0° Temperatur und unter dem Druck $0^{m},76$ von ihm eingenommen werden muß. Man hätte nur gerade das umgekehrte Verfahren von vorhin einzuſchlagen. Indem man das Volumen zuvörderſt mit $\frac{0^{m},38}{0^{m},76}$

multiplicirte, welches 1,0375 Litre giebt, brächte man es auf den neuen Druck $0^{m},76$ zurück, und dividirte man es alsdann mit 1,0375, welches der Ausdruck für ein, durch Steigen der Temperatur von 0° auf 10° ausgedehntes, Volumen iſt, ſo erhielte man zum Quotienten 1 Litre, der das Volumen ergäbe, welches das Gas urſprünglich bei 0° und unter dem Druck $0^{m},76$ einnahm. Nach dieſem Reductionsexempel wird ſich nun auch jeder andere Fall berechnen laſſen; und man kann auf ſolche Art die Verſuche in jedem Augenblick auf vergleichbare Umſtände zurückführen.

Eilftes Capitel.

Von der Ausdehnung der tropfbaren Flüſſigkeiten durch die Wärme.

Aus der Unterſuchung der Ausdehnungen, welche die Gasarten und die feſten Körper erfahren, und der Vergleichung derſelben theils unter einander theils mit den Ausdehnungen des Queckſilbers vom Froſtpunct bis zum Siedpunct des Waſſers, ergab ſich uns, daß alle dieſe Ausdehnungen einen, ſo weit uns die Beobachtung zu ſchließen berechtigt, gleichförmigen Gang befolgen, d. h., daß die Volumina dieſer verſchiednen Körper bei verſchiednen, noch zwiſchen jene Gränzen fallenden, Thermometergraden gemeſſen, immer unter einander proportional bleiben. Dieſe Gleichförmigkeit findet nicht mehr bei der Ausdehnung der tropfbaren Flüſſigkeiten Statt, zumal wenn ſie ſich dem Punct ihres Siedens oder Gefrierens nähern; und die Analogie läßt vermuthen, daß eine ähnliche Ungleichförmigkeit ſich auch bei der Ausdehnung der feſten Körper zeigen würde, wenn man ſie bis zum Schmelzen erhitzte, ſo wie bei der der Gasarten, wenn ſie ſo weit erkältet werden könnten, um in tropfbaren Zuſtand überzugehn. Dieſe intereſſanten Erſcheinungen, die auf dem Grundzuſtande der Körper ſelbſt und der Anordnung, in der ſich ihre Theilchen befinden, zu beruhen ſcheinen, verdienen der Gegenſtand der ſorgfältigſten Unterſuchung zu werden.

Dieſe läßt ſich in Bezug auf die tropfbaren Flüſſigkeiten auf mehrfache Art anſtellen; am einfachſten jedoch auf die, ſchon für die Gasarten auseinandergeſetzte, Weiſe. Sie beſteht darin, daß man ſich einer genau calibrirten Glasröhre bedient, die ſich in eine Kugel, von einer, im Verhältniß zur Röhre bedeutenden, Capacität endigt. Man mißt dieſe Capacität, indem man die Kugel mit Queckſilber anfüllt, wie S. 171 auseinandergeſetzt wurde, und theilt durch das nämliche Verfahren auch die Röhre in Theile von gleicher Capacität. Endlich füllt man die Kugel und einen Theil der Röhre mit der zu unterſuchenden Flüſſigkeit an, läßt ſie darin ſieden, um ſie von Luft zu reinigen, und hat ſie ſich ſo weit ausgedehnt, daß die Röhre davon angefüllt iſt, ſo ſchmilzt man dieſe an der Lampe zu; mit einem Worte, man macht ein wahres Thermometer daraus. Darauf ſetzt man dieſen Apparat in ein Bad von einer Flüſſigkeit, die ſucceſſiv auf verſchiedne Temperaturgrade gebracht wird, wobei keine der Vorſichtsmaßregeln zu vernachläſſigen iſt, welche wir in Bezug auf die Gasarten erörterten. Durch jedesmalige Beobachtung nun der Abtheilungen der Röhre, bei welchen die Säule ſtehen bleibt, erfährt man genau, welches Volumen ſie einnimmt, und kann danach ihre Ausdehnung meſſen. Hat man dieſe ſolchergeſtalt gefunden, ſo erneuert man den Verſuch oder ſetzt ihn fort für eine doppelte, dreifache Größe der Ausdehnung, und erfährt nun durch Vergleichung der verſchiednen Größen der Ausdehnung untereinander, ob dieſelbe, mit der des Queckſilbers verglichen, einen gleichförmigen oder ungleichförmigen Gang befolgt. Im erſten Fall werden die Zunahmen, die die Ausdehnung dem Volumen ſucceſſiv ertheilt, den Temperaturverſchiedenheiten proportional ſeyn; was nicht Statt haben wird, wenn die Ausdehnung wachſend oder abnehmend iſt.

Deluc hat auf dieſe Weiſe eine große Menge Thermometer verfertigt und damit ſehr genaue Verſuche über die Ausdehnung der Flüſſigkeiten angeſtellt. Die Ueberſicht derſelben giebt mein größeres Werk. Er wandte immer Flüſſigkeiten an, die er zuvor von Luft befreit, und dadurch geſchickt gemacht hatte, weit höhere Temperaturgrade, ohne zu ſieden, auszuhalten, als die ſind, bei denen ſie an freier Luft ſieden. So erträgt z. B. höchſt rectificirter Alcohol, der an freier Luft bei einer Temperatur von ungefähr 81° Cent. oder 5° R. ſiedet, ſobald er von Luft gereinigt und in leeren Raum eingeſchloſſen iſt, die Temperatur von 100° ohne ins Kochen zu gerathen, obwohl er immer fortfährt, ſich zu erhitzen und dabei auszudehnen. Wir werden die Urſach dieſer Erſcheinung kennen lernen, wenn wir erſt die Theorie der Bildung der Dämpfe im leeren Raume und in den Gasarten begründet haben.

Die Ausdehnung der Flüſſigkeiten läßt ſich auch auf die Weiſe beſtimmen, daß man bei verſchiednen Temperaturen einen und den nämlichen Metallkörper, deſſen Ausdehnungsgeſetz man kennt, wiegt. Dieſe Methode iſt zur Beſtimmung des Grammes angewandt worden, wie wir weiterhin ſehen werden.

Die beiden angezeigten Verfahrungsarten geben nur die Kenntniß der ſcheinbaren Ausdehnung der Flüſſigkeiten, mit welchen man operirt: um ihre abſolute Ausdehnung daraus herzuleiten, muß man die der feſten Körper kennen, in welche man ſie einſchließt, oder welche man wiegt, während ſie in ihre Maſſe tauchen. Da nun hiebei einige Unſicherheit nicht zu vermeiden iſt, ſo kann man wünſchen, dieſer Kenntniß überhaupt entübrigt ſeyn zu können. Hiezu führt folgendes Verfahren. Man bildet eine weite Heberröhre, mit horizontalem untern Theil, und zwei vertical aufrecht ſtehenden Schenkeln, gießt die zu beobachtende Flüſſigkeit hinein, und bringt ſie in beiden Schenkeln ins Niveau. Darauf erhitzt man den einen Schenkel, während man den andern bei einer gleichförmigen Temperatur erhält, und beobachtet, um wie viel der oberſte Punct der erhitzten Säule höher als der der kalten ſteht. Da nun der Druck, den beide Säulen auf die, im horizontalen Schenkel enthaltene, Flüſſigkeit, ausüben, das Gleichgewicht nicht ſtören kann, weil beide Säulen mittelſt dieſes Schenkels frei mit einander communiciren, ſo findet man in der Größe, um welche ſich die wärmere Säule verlängert, den reinen Ausdruck für die Ausdehnung, welche die Wärme in ihr verurſacht hat; und der Niveauunterſchied der Flüſſigkeit in beiden Schenkeln giebt ſomit unmittelbar das Maß dieſer Ausdehnung. Indeß erfordert dieſe, dem erſten Anſchein nach ſo einfache, Verfahrungsart eine große Menge Vorſichtsmaßregeln. Man muß aufs Genaueſte überzeugt ſeyn, daß die Schenkel wirklich vertical ſind; man muß die Temperatur jedes derſelben aufs Genaueſte meſſen, und ſie hinlänglich lange auf derſelben Stufe erhalten, um den Niveauunterſchied meſſen zu können. Dies Maß endlich muß mit einem Apparat genommen werden, der mit der größten Schärfe eingetheilt und mit einem Perſpectiv mit Fäden verſehen iſt, um die geringſten Bruchtheile des Höhenunterſchieds noch beobachten zu können.

Unter Befolgung dieſer ſämmtlichen Vorſichtsmaßregeln wird man von dieſem Verfahren vollkommen ſichere Reſultate erwarten können. Auf dieſe Weiſe wurde es von den Hrn. Dulong und Petit zur Beſtimmung der abſoluten Ausdehnung des Queckſilbers angewandt, die ſie, wie ſchon oben erwähnt, für jeden Centeſimalgrad zwiſchen 0° und 100° gleich $\frac{1}{5550}$ fanden.

Unter allen bekannten tropfbaren Flüſſigkeiten iſt das Waſſer diejenige, deren Ausdehnung man am meiſten unterſucht hat. Wenn man es ſucceſſiv den verſchiedenen, eben auseinandergeſetzten, Methoden unterwirft, gelangt man durch alle gleicherweiſe zu dem bemerkenswerthen Reſultate, daß ſich das Waſſer bei der Erkältung nicht auf gleichförmige Weiſe zuſammenzieht. Die Zuſammenziehung mindert ſich für jeden Grad in dem Maße, als die Temperatur nach dem 4ten Grade des hunderttheiligen Thermometers herabſinkt. Sinkt ſie dann noch über dieſe Gränze hinaus; ſo bleibt ſich das Volumen des Waſſers einige Zeit gleich; worauf es ſich ausdehnt, anſtatt ſich zuſammenzuziehen. Es findet alſo ein Punct Statt, bei dem das Waſſer ein geringeres Volumen hat, als bei jeder andern Temperatur; wo es mithin die größte Dichtigkeit beſitzt, d. h. am meiſten Maſſe unter dem nämlichen Volumen enthält. Nach der Geſammtheit der Verſuche zu urtheilen, welche zur Beſtimmung dieſes Maximums angeſtellt worden ſind, fällt es zwiſchen + 3°, 43 und + 4°, 44 Cent. (ungefähr auf 4⅓ R.); tiefer herab nimmt das Waſſer ſelbſt noch bis unter null Grad an Volumen zu. Denn, einer Bemerkung Blagden's zufolge, kann die Temperatur von Waſſer, welches ruhig und vor dem Zutritt der Luft geſchützt erhalten wird, bedeutend unter den Grad des ſchmelzenden Eiſes herabſinken, ohne daß es in feſten Zuſtand übergeht, obwohl es plötzlich gefriert, wenn man es ſchüttelt oder einen kleinen Eiskryſtall hineinwirft. Der Grund dieſer Erſcheinung ſcheint darin geſucht werden zu müſſen, daß die, ſolchergeſtalt langſam abgekühlten, Waſſermolecule ſich allmälig gegen einander kehren und dabei Lagen annehmen, in denen ihre gegenſeitige Anziehung am wirkſamſten iſt und mithin den Uebergang in feſten Zuſtand am meiſten begünſtigt. Taucht man nun einen Kryſtall hinein, der ſchon dieſe Anordnung hat, ſo beſtimmen ſeine Molecule gewiſſermaßen nur noch vollends die Molecule des Waſſers, ſich in eine Lage zu ſetzen, die ſie anzunehmen ſchon geneigt waren. Das Schütteln bringt die nämliche Wirkung hervor, wenn ſie eine hinreichende Anzahl Theilchen unter ähnliche Umſtände verſetzt. Dieſer Anſicht zufolge würde die Ausdehnung, welche das ganze Syſtem der Molecule in dieſem Fall erfährt, eine ſecundäre Erſcheinung ſeyn, wovon der Grund in der beſondern Anordnung der Waſſertheilchen läge.

Der Punct der größten Verdichtung des Waſſers iſt von den franzöſiſchen Gelehrten bei Beſtimmung der Gewichtseinheit im Meter-Syſtem zu Grunde gelegt worden. Dieſe Gewichtseinheit, welche den Namen Gramme führt, iſt dem Gewicht eines, auf den Punct der größten Verdichtung gebrachten, Cubikcentimeters deſtillirten Waſſers gleich.

Hienach wird man aus der Anzahl von Cubikcentimetern, welche in der Capacität eines Gefäßes enthalten ſind, ſogleich die Anzahl von Grammen Waſſers finden können, die es bei der Temperatur des Maximums der Dichtigkeit enthalten würde; oder hat man umgekehrt durch die Wage die Gewichtsbeſtimmung des, bei eben dieſer Temperatur in dem Gefäß enthaltenen, Waſſers gefunden, ſo wird ſich ſogleich ſein Volumen daraus ergeben, indem man für jeden Gramme einen Cubikcentimeter rechnet. Es iſt nicht einmal nöthig, die Wägung genau bei der Temperatur der größten Dichtigkeit vorzunehmen; wofern man ſie nur nach den, in meinem größern Werke erörterten, Geſetzen der Ausdehnung dieſer Flüſſigkeit, auf dieſe Temperatur zurückführt.

Unterſucht man die andern Flüſſigkeiten in Bezug auf ihre Ausdehnung nahe bei ihrem Gefrierpunct und ihrem Siedpunct, ſo findet man Eigenheiten an ihnen, worin ſie ſich dem Waſſer nähern. Es giebt Subſtanzen, die ſich beim Feſtwerden wie das Waſſer ausdehnen; ſo z. B. das geſchmolzene Eiſen, das Wismuth, das Spießglas und der Schwefel. Andre dagegen ziehen ſich beim Uebergang in den feſten Zuſtand plötzlich zuſammen; wie das Queckſilber, deſſen Zuſammenziehung wirklich ſehr bedeutend iſt. Es gefriert bei 39° unter Null. Dieſe Erſcheinungen können uns einige Andeutungen über die Anordnung geben, welche die Theilchen der Körper annehmen, wenn ſie von tropfbarflüſſigem Zuſtande in den feſten oder in den luftförmigen Zuſtand übergehn; folglich auch über die phyſiſchen Bedingungen, welche dieſen verſchiednen Zuſtänden zu Grunde liegen. Um jedoch weiter in dieſe Betrachtungen eingehn zu können, müſſen wir zuvor die Erſcheinungen der Ausdehnung der tropfbaren Flüſſigkeiten unter allgemeine Geſetze gebracht haben, welche dieſelben in ihrer Geſammtheit zu umfaſſen geſtatten. Dieß iſt in meinem größern Werke geſchehen. Hier begnüge ich mich, zu ſagen, daß die abſolute Ausdehnung des Waſſers, auf ſolche Weiſe von 0° bis 100° beſtimmt, 0,04660, d. i. ungefähr 466 Zehntauſendtheile ſeines, urſprünglich bei 0° Statt gefundnen, Volumens beträgt; die des höchſt rectificirten Alkohols beträgt zwiſchen den nämlichen Gränzen, 0,12518; ſie iſt veränderlich je nach dem Grade ſeiner Rectification. Endlich beträgt die des Queckſilbers $\frac{100}{5550}$ oder $\frac{1}{55,5}$, den Verſuchen der Hrn. Dulong und Petit zufolge, von denen ſchon oben die Rede war.

Die verſchiedne Art, wie die Körper, je nachdem ſie ſich in gasförmigem, feſten oder tropfbarflüſſigen Zuſtande befinden, die Wärme fortpflanzen, hängt auch genau mit der Eigenthümlichkeit dieſer drei Zuſtände zuſammen. Iſt der Körper feſt, ſo können die, zuerſt erhitzten, Theilchen keine Ortsveränderung erfahren; und nur indem ſie den benachbarten Moleculen ihren Wärmeüberſchuß mittheilen, und indem ſolchergeſtalt eine Fortpflanzung derſelben von einem Theilchen zum je nächſten erfolgt, können auch die entferntern Molecule des Wärmeüberſchuſſes theilhaftig werden. Die Beſtätigung hievon ergiebt ſich, wenn man das Ende einer Metallſtange in eine beſtändige Quelle von Wärme taucht; z. B. in Blei, welches in ſtetigem Fluß erhalten wird. Denn bringt man an mehrern Stellen dieſer Stange Thermometer an, indem man die Kugeln derſelben in Vertiefungen der Stange ſelbſt einſenkt, und die innigere Berührung damit durch Umgeben mit Queckſilber bewerkſtelligt, ſo ſieht man dieſe Thermometer, eins nach dem andern, ſteigen, und zwar in dem Grade eher, als ſie ſich dem erhitzten Ende der Stange näher befinden. In den Gasarten dagegen, deren Theilchen zu entfernt von einander ſind, um eine merkliche gegenſeitige Wirkung auf einander auszuüben, dehnen ſich die zuerſt erhitzten plötzlich aus, und da ſie hiedurch leichter werden, als der übrige Theil der Flüſſigkeit, in welcher ſie ſchwimmen, ſo ſteigen ſie vermöge ihrer überwiegenden Leichtigkeit nach Oben. Thermometer, in ſehr heiße Zimmer gebracht, zeigen dies auf eine auffallende Art, indem ſie, je näher der Decke man ſie ſtellt, um ſo ſtärkere Temperaturgrade zu erkennen geben; ja die Verſchiedenheit in dieſer Hinſicht zwiſchen Oben und Unten iſt manchmal ſo bedeutend, daß Thiere, die unten noch zu leben vermöchten, im obern Theile dieſer Atmosphäre ſterben würden. Auch geben unſre eingeheizten Stuben im Winter einen deutlichen Beleg hiezu. Oeffnet man nämlich eine, nach Außen gehende, Thüre, ſo wird durch den, unten zur Oeffnung hineindringenden kältern, und den, oben heraustretenden, wärmern Luftſtrom ein entgegengeſetzter Luftzug gebildet, deſſen Richtung man dadurch ſichtbar machen kann, daß man die Flamme eines Lichtes hineinbringt. Auch der Strom, der längs der Ofenröhren und im Allgemeinen aller verticalen erhitzten Flächen aufſteigt, iſt zu den Wirkungen der nämlichen Art zu rechnen, und die Kraft, womit er aufſteigt, iſt ſo ſtark, daß man ſich deſſelben zuweilen bedient, Flugräder in Drehung zu verſetzen.

Da die Molecule der tropfbaren Flüſſigkeiten eben ſo wenig, als die der Gasarten, von einander abhängig ſind; ſo muß die Wärme begreiflicher Weiſe Erſcheinungen derſelben Art darin hervorrufen. Da ſie einander jedoch weit näher ſind, ſo könnte ſich auch wohl ein Theil der Wärme unmittelbar von Molecul zu Molecul darin fortpflanzen, wie in den feſten Körpern. Ja, wenn dieſe letzte Wirkung an Schnelligkeit die der andern Art weit überwöge, ſo könnte dieſe dadurch ſelbſt theilweis oder ganz aufgehoben werden. Da ſich a priori nicht zum Voraus beſtimmen läßt, welcher dieſer beiden Fälle Statt habe, ſo müſſen wir von der Erfahrung die Entſcheidung darüber zu erlangen ſuchen. Dieſe nun weiſt nach, daß in allen, bis jetzt bekannten, tropfbaren Flüſſigkeiten die Fortpflanzung der Wärme durch unmittelbare Mittheilung ausnehmend ſchwach und faſt unmerklich im Verhältniß zur Mittheilung durch aufſteigende Ströme iſt.

Um dieſen Erfahrungsſatz augenſcheinlich zu erweiſen, muß man dieſe beiden Arten der Mittheilung zu trennen wiſſen. Man gelangt dazu, indem man eine tropfbarflüſſige Maſſe an ihrem obern Theile erhitzt oder an ihrem untern erkältet. Da im erſteren Falle die erhitzten Theilchen leichter werden, ſo können ſie nicht herabſteigen; und eben ſo wenig vermögen im andern Falle die erkälteten Theilchen, da ſie ſchwerer geworden ſind, aufzuſteigen. Um dieſe Erſcheinungen bemerklich zu machen, muß man ein Gefäß, aus Glas oder irgend einem andern, die Wärme langſam fortpflanzenden, Stoff nehmen. Man bringe ein Thermometer ſo an, daß ſeine Kugel den Boden des Gefäßes erreicht, während die Kugel eines andern Thermometers ſich am obern Theile deſſelben befindet; oder noch beſſer, man bringe ſeitlich im Gefäß zwei Oeffnungen an, durch welche beide Inſtrumente durchgeſteckt werden können. Fig. 54. Darauf gieße man eine kalte Flüſſigkeit, z. B. Waſſer, in den untern Theil des Gefäßes, ſo daß die, dort befindliche, Thermometerkugel ganz davon bedeckt wird. Auf dieſem Waſſer laſſe man einige leichte Körper mit großer Oberfläche, z. B. ein ganz dünnes Holzplättchen ſchwimmen; und gieße behutſam ſiedendes Waſſer darauf, welches man, um heftige Bewegung zu vermeiden, durch einen Heber ausfließen läßt. So wird man zwei übereinanderliegende Schichten Flüſſigkeit von ſehr ungleicher Temperatur erhalten. Deſſenungeachtet wird ſich das untere Thermometer nicht merklich erhitzen, wenigſtens nicht während der erſten Augenblicke des Verſuchs, umgekehrt, wird an dem Boden des Gefäßes eine Scheibe Eis angebracht, mit einer dünnen Schicht kalten Waſſers überdeckt, und warmes Waſſer mit den nämlichen Vorſichtsmaßregeln darauf gegoſſen, ſo wird dies Eis weder das Waſſer erkälten, noch das Waſſer das Eis ſchmelzen, oder doch beides nur ſehr langſam. Durch Abänderungen in der Anwendung dieſer Verfahrungsart laſſen ſich eine Menge intereſſante Erſcheinungen hervorrufen, welche eben ſo viel Belege für die Geſetze der Ausdehnung der tropfbaren Flüſſigkeiten ſind, und insbeſondre zur Beſtimmung des Maximums der Dichtigkeit des Waſſers gedient haben. Das Nähere hierüber findet man im größern Werke.

Zwölftes Capitel.

Von den Dünſten im Allgemeinen, und zwar zuvörderſt von ihrer Bildung und ihrer Spannkraft im leeren Raum.

Schon mehr als einmal hat ſich uns die Beobachtung dargeboten, daß die tropfbaren Flüſſigkeiten, wenn ſie in einem offenen Gefäße und an freier Luft bis zum Sieden erhitzt werden, ſich in Dünſte oder Dämpfe verwandeln, die in der Atmoſphäre verfliegen. Wie konnten bemerken, daß dieſe Wirkung nicht ausſchließlich für die Temperatur des Siedens Statt hat, indem auch Waſſerdünſte von den feuchten Wänden eines Glasballons, aus dem man die Luft auspumpt, ausgehaucht werden; eben ſo, daß dieſen Dünſten eine Spannkraft, wie den Gasarten, eigenthümlich iſt, weil ſie das Queckſilber in der, an die Verdünnungsluftpumpe gefügten, Barometerröhre herabdrücken. Keinesweges aber findet dieſe Entwickelung der Dünſte blos im leeren Raume bei allen Temperaturen Statt; nur ihre Wahrnehmung iſt dort leichter. Um ſie in der Luft ſelbſt zu beobachten, nehme man einen Glasballon, ſtelle in denſelben eine Probe AR, Fig. 33. gleich der, bei der Verdichtungsluftpumpe angewendeten; befeuchte die innern Wände dieſes Ballons, der Luft dabei freien Eintritt verſtattend, verſchließe ihn alsdann und bemerke die Spannung im Innern, welche durch die Probe angezeigt wird. Hierauf tauche man den Ballon in warmes Waſſer von einer bekannten Temperatur; die Luft im Innern wird ſich ausdehnen und das Queckſilber in der Röhre zum Steigen bringen. Der Druck nun, der ſolchergeſtalt ausgeübt wird, wird ſtärker ſeyn, als er es nach dem Geſetz für die Ausdehnung der trocknen Gasarten ſeyn dürfte. Es bilden ſich mithin in dieſem Fall elaſtiſche Waſſerdämpfe, die ſich mit der Luft vermiſchen und ihre Spannkraft erhöhen.

Dieſe Erſcheinungen erfolgen auf die nämliche Weiſe in allen andern Gasarten; wir müſſen ſie daher zum Gegenſtande einer beſondern Unterſuchung machen, um ſcharf unterſcheiden zu lernen, was auf Rechnung der Elaſticität der Gasarten, was auf die der Elaſticität der Dünſte zu ſchreiben iſt; und da wir hinſichtlich der trocknen Gasarten ſchon zu allen erforderlichen Beſtimmungen gelangt ſind, ſo werden wir jetzt nur noch von der Erfahrung Aufſchluß über das Verhalten der Dünſte für ſich zu erwarten haben. Kaum wird es hiezu eines andern Weges bedürfen, als Schritt für Schritt uns an eine vortreffliche Unterſuchung zu halten, die Dalton in den Memoiren von Mancheſter, für das Jahr 1805 geliefert hat.

Dieſer geſchickte Phyſiker beginnt damit, das Verhalten der Dünſte im leeren Raume zu erforſchen. Das Verfahren, deſſen er ſich hiebei bedient, iſt ausnehmend einfach. Man nimmt eine, ihrer Länge nach in gleiche Theile getheilte, Barometerröhre, die z. B. nach Centimetern und Millimetern graduirt iſt; gießt friſch gekochtes Queckſilber hinein, ſo daß ſie faſt ganz davon erfüllt wird, und füllt ſie noch vollends dadurch an, daß man das Queckſilber mit einer ganz dünnen Schicht von Waſſer, oder ſonſt einer tropfbaren Flüſſigkeit, deren Dünſte man unterſuchen will, bedeckt. Darauf hält man die Röhre mit dem Finger zu, kehrt ſie um, und läßt die Flüſſigkeit wiederheit in ihrer ganzen Länge herablaufen, um die kleinen, an ihren Wänden anhängenden, Luftbläschen los zu machen. Man bringt die Röhre wieder in ihre erſte Lage, ſo daß ihre Oeffnung oben zu ſtehen kommt, und zieht den Finger weg. Der Ueberreſt der Flüſſigkeit, der nicht an den Wänden der Röhre haften geblieben iſt, ſteigt nach der Oeffnung, einige Luftbläschen mit ſich nehmend. Man läßt dieſe Luft entweichen, füllt die Röhre vollends mit Queckſilber an, verſchließt ſie abermals mit dem Finger, und kehrt ſie in ein, gleichfalls mit Queckſilber gefülltes, Gefäß um, als wenn man es mit der Verfertigung eines gewöhnlichen Barometers zu thun hätte. Auch iſt dieſe Röhre in der That nichts anders, als ein Barometer, deſſen Wände inwendig mit der zu unterſuchenden Flüſſigkeit befeuchtet ſind. Das Queckſilber ſinkt aber in einem ſolchen Barometer tiefer, als es zu derſelben Zeit in einem andern Barometer ſinken würde, in welchem man das Queckſilber hat kochen laſſen; weil die, von den befeuchteten Gefäßwänden ausgehauchten, Dünſte inwendig eine Spannkraft äußern, welche die Queckſilberſäule herabdrückt. Um die volle Wirkung wahrzunehmen, muß man einige Augenblicke warten, bis die Schicht Feuchtigkeit, welche die Wände der Röhre benetzt, Zeit gehabt hat, ſich allmälig davon loszumachen, und, wenigſtens zum Theil, auf die Oberfläche des Queckſilbers zu ſteigen, wo ſie eine dünne Schicht von einem oder zwei Millimetern Dicke bildet. Vergleicht man nun die Höhe der Queckſilberſäule, welche in der Röhre ſteht und noch durch das Gewicht der dünnen Schicht Flüſſigkeit vermehrt iſt, mit der, welche vermöge des Luftdrucks zu derſelben Zeit in einem, von Luft gereinigten, Barometer Statt hat, ſo findet man im Ueberſchuß der letztern über die erſtere das Maß der Spannkraft des Dunſtes. Iſt z. B. die Temperatur 10°, 75 und hat man ganz reines Waſſer zum Verſuch genommen, ſo wird der Queckſilberſtand im befeuchteten Barometer ungefähr 10 Millimeter tiefer ſeyn, als in dem von Luft gereinigten. Nimmt man Aether, ſo wird, unter den nämlichen Umſtänden, die Spannkraft des Dunſtes noch weit ſtärker ſeyn.

Bevor wir weiter gehen, wird es nöthig ſeyn, verſchiedene Eigenſchaften näher zu erörtern, wodurch ſich die Dünſte weſentlich von den Gasarten unterſcheiden. Die Elaſticität oder Spannkraft eines Gaſes nimmt mit Verkleinerung des Raumes, in den es eingeſchloſſen wird, zu; das Gas drückt ſich dann, mit anwachſendem Widerſtande, in ſich ſelbſt zuſammen, und ſeine Spannkraft iſt dem Raume, den man ihm einzunehmen verſtattet, umgekehrt proportional. Nichts von allen dem findet bei den Dünſten Statt, wenigſtens wenn der Raum, in dem ſie eingeſchloſſen ſind, die ganze Menge derſelben enthält, die bei der Temperatur, wo man operirt, von ſelbſt darin aufzuſteigen pflegt. Taucht man dann die Röhre, worin ſie befindlich ſind, in ein tiefes, cylindriſches, mit Queckſilber gefülltes, Gefäß, Fig. 56, ſo ſieht man, in dem Maße, als die Röhre tiefer eingeſenkt wird, den, vom Dunſt eingenommenen, Raum CH immer mehr abnehmen, ohne daß in der Länge AH der innern Queckſilberſäule ſich die geringſte Veränderung zeigt. In dem Maße alſo, als der Raum, worin der Dunſt befindlich iſt, verkleinert wird, verliert ein Theil dieſes Dunſtes ſeine Elaſticität und kehrt zum tropfbarflüſſigen Zuſtande zurück. Durch Einſenken der Röhre in das Queckſilber kann man ſolchergeſtalt den ganzen Dunſt tropfbar flüſſig machen; ein Fall, der dann eingetreten ſeyn wird, wenn der Theil CA der Röhre, der über dem Niveau des äußern Queckſilbers ſteht, gleich der Höhe AH der innern Säule iſt, plus der Dicke, welche die dünne Schicht tropfbarer Flüſſigkeit nebſt dem gleichfalls tropfbarflüſſig gewordenen, Dunſt einnehmen können.

Ein andrer Unterſchied zwiſchen den Dünſten und den Gasarten, der als eine Folgerung des eben angegebenen betrachtet werden kann, liegt darin, daß, wenn man in einen gegebenen Raum eine größere Quantität gasförmiger Materie oder eines Stoffes, der Gas zu entwickeln fähig iſt, bringt, zugleich die Spannkraft dieſes Gaſes erhöht wird; wenn man dagegen in einem gegebenen Raume die Menge nicht verflüchtigter tropfbarer Flüſſigkeit vermehrt, ſo wird dadurch in der Spannkraft des Dunſtes nicht das Mindeſte geändert. So wird dieſe Spannung in der Barometerröhre beim vorigen Verſuch die nämliche bleiben, wie ſtark immer die, über der Queckſilberſäule angeſammelte, Schicht tropfbarer Flüſſigkeit ſeyn mag, wofern man nur bei der Berechnung das Gewicht dieſer dünnen Schicht mit in Rückſicht nimmt, da ſie einen Theil der inwendig ſtehenden Säule ausmacht.

Das weſentliche Kennzeichen der Dünſte liegt alſo darin, daß für jede Temperatur nur eine beſchränkte Menge derſelben in einem gegebenen Raum vorhanden ſeyn kann; ſo daß, wenn man allmälig den Raum, in dem dieſelben enthalten ſind, verengert, der ganze Ueberſchuß dieſer Menge durch den Druck ſogleich in tropfbare Flüſſigkeit verwandelt wird; nicht aber eine Zunahme ihrer Spannkraft erfolgt; dagegen die Gasarten, indeß ſie dem Druck Widerſtand leiſten, ſich ins Unbeſtimmte verdichten laſſen, ohne durch eine bekannte Druckkraft in tropfbarflüſſigen Zuſtand gebracht werden zu können. Man giebt daher letztern zum Unterſchiede von den Dünſten öfters den Namen *bleibender* oder *permanenter* Gasarten.

Beide Arten luftförmiger Flüſſigkeiten verhalten ſich auch ſehr verſchieden hinſichtlich der Vermehrung ihrer Spannkraft durch die Wärme; wenigſtens wenn man in einen Raum die ganze Menge Dünſte bringt, die er zu enthalten vermag. Die Spannkraft, die die trocknen Gaſe bei der Temperatur des kochenden Waſſers beſitzen, verhält ſich zu ihrer Spannkraft bei der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes, wie 1,375 zu 1: die des Waſſerdampfs für die nämlichen Gränzen in einem, bis zur Sättigung damit geſchwängerten Raume, wie 1,50 zu 1.

Nach dieſer Ausmittelung der charakteriſtiſchen Eigenſchaften der Dämpfe bietet ſich als der nächſte Gegenſtand für unſere Unterſuchungen die Meſſung ihrer Spannkraft bei verſchiednen Temperaturen dar. Der beſchriebene Daltonſche Apparat eignet ſich auch hiezu ausnehmend gut; man braucht nur unſre Röhre mit einer andern weitern zu umgeben, die unten mit einem langen Korkpfropf verſchloſſen iſt, durch welchen die erſte Röhre hindurchgeht. Fig 57. Füllt man den Zwiſchenraum zwiſchen beiden Röhren mit Waſſer, und bringt dies ſucceſſiv auf verſchiedne Temperaturen, ſo theilt ſich die jedesmalige Temperatur dem Dunſte mit. Um nun ſeine Spannkraft genau zu erfahren, mißt man die Höhe der Queckſilberſäule AH, die in der Röhre über dem Niveau erhoben iſt, reducirt ſie auf die Temperatur der äußern Atmoſphäre und zieht ſie von der Höhe ab, welche man im nämlichen Augenblicke in einem, durch Sieden von Luft befreiten, Barometer beobachtet. Zur Genauigkeit des Verſuchs iſt jedoch erforderlich, die Temperatur des umgebenden warmen Waſſers mit einem Thermometer zu meſſen, deſſen Behälter cylindriſch iſt und ſich durch die ganze Länge dieſes Waſſers erſtreckt, damit es die mittlere Temperatur aller ſeiner Schichten angebe.

Bei dem, hier angegebenen, Verfahren kann man das Queckſilber in der Röhre nicht tiefer, als bis zum Niveau des außerhalb befindlichen Queckſilbers herabtreten laſſen; da ſich ſonſt der Punct, bei dem der Dampf ſtehn bleibt, nicht mehr beobachten ließe; und die größte Spannkraft, deren Beobachtung dieſer Apparat noch geſtattet, iſt ſomit dem Druck der Atmoſphäre gleich. Um hierbei nicht ſtehen zu bleiben, nahm Dalton eine heberförmig gekrümmte Röhre, Fig. 58, füllte ſie zum Theil mit Queckſilber an, unter Beobachtung der angegebenen Vorſichtsmaßregeln, und brachte dann in den kürzern Schenkel die zu verdunſtende Flüſſigkeit ein. Die Länge dieſes Schenkels verhielt ſich ſo, daß der Raum, den der Dunſt bei der gewöhnlichen Temperatur die Luft darin einnahm, null oder doch ſehr unbedeutend war. Beim Wiederumkehren des Apparats nun beobachtete man, ob die Verdunſtung Statt fand, und markirte in jedem Fall auf dem längern Schenkel die Höhe, bis zu welcher das Queckſilber im kürzern ſtand, wodurch der Niveauunterſchied bezeichnet wurde. Um nun die Temperatur der Flüſſigkeit zu erhöhen, nahm Dalton zwei cylindriſche, mit einander concentriſche, Hüllen von Metall, Fig. 59, deren innere genau auf den Pfropf paßte, durch welche der, die Flüſſigkeit enthaltende, Schenkel des Hebers hindurchging; und goß nun zwiſchen beide Hüllen Waſſer von einer beſtimmten Temperatur, wie er ſie gerade verlangte. Die Zunahme der Spannkraft des Gaſes durch die Wärme brachte das Queckſilber im kürzern Schenkel zum Sinken, im längern zum Steigen. Die Höhe, um die es geſtiegen war, ward gemeſſen, verdoppelt, der anfängliche Niveauunterſchied dazu gerechnet, und ſolchergeſtalt die Totalhöhe der Queckſilberſäule, welche im längern Schenkel über dem Niveau des Queckſilbers im kürzern ſtand, gefunden; da die Hülle von Metall eine unmittelbare Beobachtung dieſes Niveau's hinderte. Ward dieſe Höhe nun zu der hinzugerechnet, welche im nämlichen Augenblick vermöge des atmoſphäriſchen Drucks in einem, von Luft gereinigten, Barometer Statt hatte, ſo gab die Summe den Totaldruck an, dem der Dunſt bei dieſer Temperatur das Gegengewicht hielt; und man hatte mithin in ihr das Maß ſeiner Spannkraft.

Dieſe Art, den Verſuch anzuſtellen, iſt vom Doctor Ure zu Glasgow auf eine ſehr glückliche Weiſe abgeändert worden, wodurch es ihm möglich wurde, die Spannkräfte, welche ſehr hohen Temperaturen entſprechen, mit größerer Leichtigkeit zu beobachten. Sein Apparat iſt in Fig. 60 dargeſtellt. Statt der doppelten Hülle von Metall, wie ſie Dalton anwendet, bediente er ſich eines, mit Waſſer oder Oel angefüllten gläſernen Ballons, in welchen eine gekrümmte Barometerröhre OTS eindringt, deren äußeres Ende O offen, das innere S verſchloſſen iſt. Die zu verdunſtende Flüſſigkeit befindet ſich in S, und eine Horizontallinie LL, die entweder mittelſt eines Diamants, oder eines dünnen, um die Röhre feſtangezogenen, Platindrahts markirt wird, dient zur Bezeichnung der Gränze des Raums, den man dem Dunſt einnehmen laſſen will. Der übrige Theil der Röhre iſt mit Queckſilber angefüllt, und der äußere Schenkel OT nach einem Bleiloth ganz vertical gerichtet. Man füllt ihn mit Queckſilber bis ziemlich zu der Druckhöhe, die man bezweckt; markirt dieſe Gränze auf dem Schenkel OT, z. B. in H, und mißt ſorgſam die Verticalhöhe des Puncts H über der Linie LL.

Man kann dies Maß mittelſt eines Fadenperſpectivs nehmen, welches ſich an einer eingetheilten verticalen Axe auf- und abwärts ſchieben läßt. Nach ſo getroffenen Vorbereitungen, erhitzt man die, im Ballon enthaltene, Flüſſigkeit, indem man eine oder zwei Lampen darunter ſtellt. Die gemeinſchaftliche Temperatur dieſer Flüſſigkeit und der zu verdunſtenden wird durch ein ſehr empfindliches Thermometer tt angezeigt, deſſen Kugel im Ballon ganz nahe an der

Röhre ſelbſt angebracht iſt. So wie nun dieſe Temperatur ſo weit ſteigt, daß die, in der Röhre enthaltene, Flüſſigkeit unter dem Druck, den ſie erleidet, ſich zu verflüchtigen anfängt, bemerkt man es auch an dem Emporſteigen des Queckſilbers im andern Schenkel über H. Man wartet, bis die Elaſticität des ſo gebildeten Dunſtes das, in SL enthaltene, Queckſilber bis zum Strich LL oder ſelbſt noch etwas tiefer herabgedrückt hat; mäßigt dann das Lampenfeuer, ſo daß die Temperatur einige Augenblicke auf derſelben Stufe ſtehen bleibt, was der unveränderte Stand des Thermometers anzeigt, und gießt während deſſen Queckſilber in den offenen Schenkel, bis der Zuwachs des Drucks den Dunſt genau an die Gränze LL getrieben hat. Sobald dies der Fall iſt, markirt man auf dem verticalen Schenkel den Punct H'; wo die Queckſilberſäule ſich endigt; dann wird die Höhe HH' dieſes Striches über dem, zu Anfange markirten, addirt zum urſprünglichen Niveauunterſchiede TH, die Totallänge TH' der Queckſilberſäule geben, welcher der Dunſt wirklich das Gleichgewicht gehalten hat, und welche mithin ſeine Spannkraft mißt.

In Verbindung mit den, ſchon beſchriebenen, Verfahrungsarten hat Dalton noch eine andre angewandt, um die Spannung des Waſſerdunſtes zwiſchen den Temperaturgränzen 0° und 100° auszumitteln, oder vielmehr die ſchon gefundene zu beſtätigen. Er geht hiebei von dem einfachen Grundſatze aus: wenn eine tropfbare Flüſſigkeit unter einem gewiſſen Druck der Atmoſphäre ſiedet, ſo iſt ihre Spannkraft dem Druck gleich, den dieſe Atmoſphäre auf ihre Oberfläche ausübt. Um nun eine Flüſſigkeit verſchiednem atmoſphäriſchen Druck, der weniger beträgt als der gewöhnliche Luftdruck, auszuſetzen, braucht man ſie nur unter die Glocke einer Luftpumpe zu bringen, und die Luft darin langſam und gradweiſe zu verdünnen. Hiedurch wird das Queckſilber in dem, mit dem Innern der Maſchine in Verbindung geſetzten, Barometer zum Steigen gebracht; und die Höhe, bei welcher es ſtehen bleibt, abgezogen von der, welche im nämlichen Augenblick in dem, an freier Luft befindlichen, Barometer beobachtet wird, giebt das Maß für den Druck, den die, noch unter der Glocke befindliche, Luft ausübt. Wenn alſo das, unter die Glocke gebrachte, Waſſer die Temperaturhöhe erlangt hat, daß es unter dieſem Druck zu ſieden anfängt, ſo liegt eben hierin der Beweis, daß ſeine Spannkraft der der eingeſchloßnen Luft gleich iſt, und man wird mithin das Maß für ſie in der Länge der Queckſilberſäule finden, welcher dieſe Luft das Gleichgewicht hält. Es handelt ſich demnach blos darum, zum Voraus ein Thermometer in dieſes Waſſer zu ſtellen, um zu wiſſen, welche Temperatur es in dem Augenblick, wo es zu ſieden beginnt, hat. Dieſe zweite, von Dalton angewandte Verfahrungsart, hat Reſultate geliefert, die mit den, in luftleeren Röhren angeſtellten, Beobachtungen vollkommen übereinſtimmen.

Es wird ſich weiterhin ergeben, daß die Spannkraft des Dunſtes, der in einem verſchloſſenen Raume der Luft beigemiſcht wird, zur Spannkraft, die die Luft ſchon vorher beſaß, vermehrend hinzutritt. Dies könnte den Schluß ziehen laſſen, daß auch bei den vorigen Verſuchen die Spannkraft des, ins Sieden gerathenden, Waſſers ſich mit der Spannkraft der, unter der Glocke enthaltenen, Luft verbinden, ſie mithin verdoppeln mußte, wovon die Erfahrung geradezu das Gegentheil zeigt; denn der Eintritt des Siedens bringt gar keine Veränderung in der Probe hervor. Man muß jedoch nicht außer Acht laſſen, daß blos die Maſſe tropfbarflüſſigen Waſſers die Temperatur beſitzt, vermöge deren ſie ins Sieden kommt. Die, in der Glocke enthaltene, Luft hat eine ganz andere Temperatur, und behält dieſelbe vermöge der Berührung mit den Wänden der Glocke ſelbſt und mit dem Teller der Maſchine, welche mit ihr die nämliche Temperatur haben, bei. So lange nun die Temperatur in dieſem Raum ſich gleich bleibt, kann darin nur eine gewiſſe beſtimmte Menge Dunſt enthalten ſeyn; und dieſe Menge bildet ſich, ſo wie das Gefäß, welches die Flüſſigkeit enthält, unter die Glocke gebracht wird. Wenn alſo das Waſſer ins Kochen kommt, ſo bewirken die, ſich jetzt raſcher daraus entwickelnden, Dünſte blos einen Erſatz derer, die ſich im nämlichen Augenblick an den Wänden der Glocke und in der Luft ſelbſt verdichten, ohne daß die geringſte Zunahme in der gemeinſchaftlichen Spannkraft des Waſſer- und Dunſtgemiſches die Folge davon ſeyn kann; wie dies in der That die Erfahrung lehrt. Die vollkommene Einſicht in die Richtigkeit dieſer Betrachtungen wird man weiterhin durch die Unterſuchung der Erſcheinungen erlangen, welche in Folge der Vermengung von Dünſten und Gasarten auftreten: hier war es nur um eine Andeutung zu thun.

Dulong hat das nämliche Verfahren mit mehrern verbeſſernden Abänderungen angewandt. Anſtatt das, mit Flüſſigkeit gefüllte, Gefäß unmittelbar unter die Glocke der Luftpumpe zu ſetzen, bringt er es außerhalb derſelben an, wie Fig. 61 zeigt. Dies Gefäß, welches mit V bezeichnet iſt, beſteht in einem langhalſigen Kolben, in welchem ein ſehr empfindliches Thermometer befeſtigt iſt, deſſen Kugel in die Flüſſigkeit L taucht. Der Hals dieſes Kolbens ſteht oben mit einer dicken Röhre TT in Verbindung, ſo daß er mit ihr einen ſtumpfen Winkel bildet. Um dieſe Röhre iſt eine gläſerne Hülle, in Geſtalt eines Muffs, gelegt; der Zwiſchenraum zwiſchen beiden wird mit Waſſer gefüllt, das man auf einer niedrigen Temperatur erhält. Die Röhre TT ſteht nun wieder für ihr Theil in Verbindung mit einem großen Ballon B, der ungefähr 30 Litres Luft hält; und dieſer Ballon endlich wird in Gemeinſchaft mit einer Luftpumpe gebracht, welche die Luft in ihm zu beliebigem Grade zu verdünnen vermag. Iſt dieſe Verdünnung bis zu dem Grade getrieben, bei dem man ſtehen zu bleiben für gut befindet, und den das inwendige Barometer anzeigt, ſo erhitzt man das Gefäß V mittelſt einer kleinen Lampe. Die, in ihm enthaltene, Flüſſigkeit kommt bald ins Sieden, und man braucht dann nur mit dem Erhitzen fortzufahren, um ſie darin zu erhalten, weil der ſich bildende Dunſt wieder tropfbarflüſſig wird, ſo wie er in die, auf einer niedrigen Temperatur erhaltene, Röhre TT gelangt, und nun in den Kolben V, vermöge der Neigung der Röhre, zurückfällt. Auf dieſe Weiſe bleibt ſich die Geſammtmenge der, im Kochen begriffenen, Flüſſigkeit immer gleich, und man kann den Verſuch ſo lange fortſetzen, als man will. Soll der Verſuch, anſtatt mit verdünnter Atmoſphäre, mit verdichteter angeſtellt werden, ſo ſubſtituirt man der Verdünnungsluftpumpe eine Verdichtungsluftpumpe und verfährt übrigens, wie vorhin.

Dulong hat mit dieſem Apparate Verſuche angeſtellt, die wegen ihrer Genauigkeit nicht anders als ſehr ſchätzbar ſeyn können. Da er ſie jedoch noch nicht zur öffentlichen Kenntniß gebracht hat; ſo habe ich mich mit Zuſammenſtellung der, von Dalton gefundenen, Reſultate begnügt; und durch Interpolation folgende Tabelle daraus hergeleitet, welche die Spannkraft des Waſſerdunſtes in Millimetern von 20° unter Null bis 130° über Null angiebt. Jedoch darf man ihre Angaben nur ſo weit für ſicher halten, als die Interpolation durch erfahrungsmäßige Reſultate geleitet wurde, d. h. zwiſchen 20° und 100°. Den Beobachtungen des Doctor Ure zufolge ſcheinen ihre Angaben für die Spannungen über 100° hinaus ſtufenweiſe zu ſchwach zu werden.

Grade	Spannung.	Grade	Spannung.	Grade	Spannung.	Grade	Spannung.
—20	1,333	18	15,353	56	119,39	94	611,18
—19	1,429	19	16 288	57	125,31	95	634,27
—18	1,531	20	17,314	58	131,50	96	658,05
—17	1,638	21	18,317	59	137,94	97	682,59
—16	1,755	22	19,417	60	144,66	98	707,63
—15	1,879	23	20,577	61	151,70	99	733,46
—14	2,011	24	21,805	62	158,96	100	760,00
—13	2,152	25	23,090	63	166,56	101	787,27
—12	2,302	26	24,452	64	174,47	102	815,26
—11	2,461	27	25,881	65	182,71	103	843,98
—10	2,631	28	27,380	66	191,27	104	873,44
— 9	2,812	29	29,045	67	200,18	105	903,64
— 8	3,008	30	30,643	68	209,44	106	934,81
— 7	3,210	31	32,410	69	219,06	107	966,31
— 6	3,428	32	34,261	70	229,07	108	994,79
— 5	3,660	33	36,188	71	239,45	109	1032,04
— 4	3,907	34	38,254	72	250,23	110	1066,06
— 3	4,170	35	40,404	73	261,43	111	1100,87
— 2	4,448	36	42.743	74	273,03	112	1136.43
— 1	4,745	37	45,038	75	285,07	113	1172,78
0	5,059	38	47,579	76	297,57	114	1209,90
1	5,393	39	50,147	77	310,49	115	1247,81
2	5,748	40	52,998	78	323,89	116	1286,51
3	6,123	41	55,372	79	337,76	117	1325,98
4	6,523	42	58,792	80	352,08	118	1366,22
5	6,947	43	61,958	81	367,00	119	1407,24
6	7,396	44	65,627	82	382,38	120	1448,83
7	7,871	45	68,751	83	398,28	121	1491,58
8	8,375	46	72,393	84	414,73	122	1534,89
9	8,909	47	76,205	85	431,71	123	1578,96
10	9,475	48	80,195	86	449,26	124	1623,67
11	10,074	49	84,370	87	467,38	125	1669,31
12	10,707	50	88,742	88	486,09	126	1715,58
13	11,378	51	93,301	89	505,38	127	1762,58
14	12,087	52	98,075	90	525.28	128	1810.25
15	12,837	53	103,06	91	545,80	129	1858,63
16	13,630	54	108,27	92	566,95	130	1907,67
17	14,468	55	113,71	93	588,74		

Sucht man aus vorſtehender Tabelle die Unterſchiede der Spannkräfte von 99° bis 100° und von 100° bis 101°, ſo findet man für erſtern 26^{mm}, 54 und für letztern 27^{mm},27. Das Mittel davon iſt 26^{mm}, 90, oder faſt genau ein (pariſer) Zoll, welches der Regel zur Beſtätigung dient, die S. 200 in Bezug auf die Gradeintheilung der Thermometer gegeben wurde, wenn der Druck der Atmoſphäre nicht ſehr von 0^{m}, 76 verſchieden iſt.

Nachdem ſolchergeſtalt die Spannkraft des Waſſerdunſtes für alle Temperaturen, bei welchen ſich die Gelegenheit, ihn zu beobachten, am häufigſten darbietet, erforſcht worden war, ſuchte **Dalton** auf gleiche Weiſe die Spannkraft der Dünſte andrer tropfbarer Flüſſigkeiten auszumitteln, und glaubte, Verſuchen zufolge, die mit Schwefeläther, Alkohol, tropfbarflüſſigem Ammonium, einer ſalzſauern Kalkauflöſung, Schwefelſäure und Queckſilber angeſtellt wurden, das allgemeine Geſetz dabei zu entdecken; daß die Veränderung der Spannkraft der Dünſte für eine gleiche Anzahl n Thermometergrade genau für alle tropfbare Flüſſigkeiten gleich iſt, wenn man von der Temperatur ausgeht, bei welcher die Spannkräfte derſelben gleich ſind. Geſetzt z. B. tropfbarflüſſiges Waſſer und Aether ſeyen beide demſelben Druck von 0^{m}, 76 ausgeſetzt; ſo lehrt die Erfahrung, daß erſteres bei 100° C, letztrer bei 39° kocht. Mithin iſt bei dieſen Temperaturen die Spannkraft beider Dunſtarten gleich, und beide tragen einen Druck von 0^{m}, 76. Mindert man nun die beiderſeitige Temperatur um 10 Grad, wodurch die des Waſſers auf 90°, die des Aethers auf 29° herabkommt; ſo findet man die Spannkraft beider Dunſtarten immer noch gleich, in beiden nämlich um 0^{m}, 23472 vermindert; d. h. ihre Spannkraft iſt nur noch dem Druck von 0^{m}, 52528 gleich, wie unſre Tabelle für den Waſſerdunſt bei 10° unter ſeinem Siedpunct anzeigt.

Ein andres Beiſpiel. Der Aether, deſſen ſich **Dalton** bediente, kochte bei 38°, 888 unter einem Luftdruck gleich 0^{m}, 75565. Mit dieſem Aether befeuchtete er unter allen, oben angegebenen, Vorſichtsmaßregeln, eine, mit Queckſilber gefüllte, Barometerröhre. Als er dieſelbe darauf umgekehrt in die Wanne geſtellt hatte, erhob ſich in wenig Minuten eine dünne Schicht Aether auf den Gipfel der Queckſilberſäule, und die Höhe dieſer Säule blieb endlich bei 0^{m},4318 ſtehen. Die Temperatur der Luft im Zimmer betrug zu der Zeit 16°, 666, und das Barometer ſtand im nämlichen Augenblick auf 0^{m}, 75565.

Man hatte alſo für dieſen Aether:

	Temperatur.	Spannkraft.
Erſter Verſuch . . .	38°,888.	0^{m}, 75565.
Zweiter Verſuch . .	16°,666.	0^{m}, 75565 — 0^{m}, 4318 = 0^{m}, 32385.
Temperaturunterſchied	22°,222.	

Um dieſe Reſultate mit denen zu vergleichen, welche der Waſſerdunſt giebt, muß man zuvörderſt die Temperatur ſuchen, bei welcher dieſer einem Druck von 0^{m}, 75565 das Gleichgewicht hält. Dies findet zufolge unſrer Tabelle bei der Temperatur von 99°, 836 Statt; bei dieſer Temperatur war demnach die Spannkraft des Waſſerdunſtes der des Aethers im erſten Verſuch gleich. Der zweite Verſuch wurde bei einer um 22°, 222 niedrigern Temperatur, als der erſte, angeſtellt;

ziehen wir eben ſo viel von der Temperatur 99°, 836 ab, ſo erhalten wir 77°, 614. Hat das Geſetz ſeine Gültigkeit, ſo muß die Spannkraft beider Dunſtarten auch bei dieſer letztern Temperatur noch gleich ſeyn. In der That beträgt die des Waſſerdampfs nach unſrer Tabelle dann genau 0^{m}, 31871 anſtatt 0^{m}, 32385, welche die Beobachtung des Aethers gab. Der Irrthum beläuft ſich auf 0^{m}, 00514.

Herr Dalton prüfte dies Geſetz auch noch für verſchiedne andre Temperaturen, ſowohl unter als über dem Siedpunct, und es ſchien ihm ſtets ſeine Gültigkeit zu behaupten. Da aber die elaſtiſche Kraft des Aethers bei hohen Temperaturen ſehr beträchtlich wird, indem ſie ſchon bei niedern ſehr ſtark iſt, ſo mußte er ſich eines Heberbarometers Fig. 59 bedienen. Hiedurch erhielt er ſelbſt noch den Vortheil, das Geſetz für die Spannkraft des Waſſerdunſtes bei weit höhern Temperaturen nachweiſen zu können, als es durch directe Verſuche möglich geweſen wäre. Indem er ſo z. B. den Aetherdunſt bei der Temperatur von 63°, 888 prüfte, fand er, daß er einer Queckſilberſäule gleich 0^{m}, 889 noch außer dem Luftdruck, der damals 0^{m}, 75565 betrug, das Gleichgewicht hielt; die Spannkraft dieſes Dunſtes betrug alſo in dieſem Fall 1644^{mm}, 65. Um ſie mit der des Waſſerdunſtes zu vergleichen, muß man von der Temperatur ausgehn, wo dieſe letztre gleich 0^{m}, 75565 iſt; d. i. von 99°, 836, wie wir ſo eben geſehen. Hiezu muß die Temperaturzunahme gerechnet werden, welche der Aether vom Siedpuncte an erfahren hat, d. i. 63°, 888 — 38° 888 oder 25°; welches zur Summe 124°, 836 giebt. Sucht man nun in unſrer Tafel die Spannkraft des Waſſerdunſtes für dieſe Temperatur, ſo findet man ſie gleich 1661^{mm}, 82, anſtatt 1644^{mm}, 65 wie ſie die Beobachtung des Aethers ergiebt. Der Unterſchied beträgt 17^{mm}, 17; was in Verhältniß zur großen Intenſität der abſoluten Kraft unbedeutend erſcheinen muß, wenn man an alle die Quellen von Irrthümern denkt, welche Beobachtungen dieſer Art nothwendig mit ſich führen. Die Verſuche, welche **Dalton** mit Alkohol, Ammonium und der Auflöſung von ſalzſaurem Kalk anſtellte, ſchienen ihm gleicherweiſe obiges Geſetz zu bewähren. Ich muß indeß erinnern, daß ſpätere, von verſchiednen andern Phyſikern angeſtellte, Beobachtungen das Geſetz nicht in der Strenge und Allgemeinheit beſtehen laſſen, die ihm nach **Dalton** zukommen ſollte.

Der Doctor **Ure** zu Glasgow hat Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand bekannt gemacht, die, bei der Genauigkeit, mit welcher ſie angeſtellt wurden, keinem Zweifel Raum zu laſſen ſcheinen, und ein junger und geſchickter franzöſiſcher Chemiker, **Despretz**, iſt auf einem andern Wege zu den nämlichen Reſultaten gelangt. Wie mangelhaft indeß dies Geſetz auch zu ſeyn ſcheint, ſo verdient es doch eine Erwähnung, ſo wohl, um einem zu großen Zutrauen vorzubauen, welches man ziemlich allgemein in ſeine Gültigkeit geſetzt hatte, als auch, weil es eine leichte Richtſchnur an die Hand giebt, die relative Zunahme der Spannkräfte mit einem, für eine große Zahl Fälle genügenden, Grade der Annäherung voraus zu beſtimmen.

So fließt z. B. daraus der allgemeine, auch durch die Erfahrung beſtätigte, Satz, daß Flüſſigkeiten, welche bei ſehr hohen Temperaturen ſieden, Dünſte geben müſſen, deren Spannkraft bei gewöhnlichen Temperaturen ausnehmend gering iſt. Als Beiſpiel diene die Schwefelſäure, die wir von der Stärke annehmen wollen, daß ſie unter einem Druck von 0^{m}, 76 bei der Temperatur von 300° kocht. Erhitzt man ſie bis auf 200°; d. iſt 100 Grad unter ihrem Siedgrade, ſo wird ihr Dunſt die nämliche Spannung haben, als der des Waſſers bei Null Grad, d. h. er wird 5 Millimeter betragen. Erhitzt man aber dieſe Säure nur bis auf 100°, ſo wird die Spannung ihres Dunſtes gleich der des Waſſerdunſtes bei 100° unter Null ſeyn, d. h. gar keine Schätzung mehr zulaſſen. Die nämlichen Betrachtungen gelten auch in Bezug auf die Dünſte des Queckſilbers, welches erſt bei der Temperatur von 360 Grad kocht; und es ergiebt ſich, daß die Spannung dieſer Dünſte bei den gewöhnlichen Temperaturen ebenfalls ausnehmend gering ſeyn muß. Sie können alſo auch im leeren Raum der Barometerröhren keinen merklichen Druck und mithin kein, in Betracht zu ziehendes, Sinken der Queckſilberſäule bedingen. In noch höherm Grade wird dies für den Fall gelten, wenn man in den leeren Raum feſte Körper bringt, welche erſt bei ausnehmend hohen Temperaturen ſchmelzen und kochen; auch bewirken ſie in der That kein Sinken der Queckſilberſäule. Deſſenungeachtet hauchen einige dieſer Körper, z. B. das Zinn, das Blei und das Kupfer Dünſte aus, welche von unſern Sinnesorganen wahrgenommen werden. Auch der Campher verbreitet einen höchſt durchdringenden Geruch, ohne daß ſeine Ausdünſtungen bei der gewöhnlichen Temperatur eine wahrnehmbare Spannung im leeren Raum äußern. Erhitzt man ihn aber durch Annäherung einer glühenden Kohle an die Barometerröhre, oder Umhüllung derſelben mit heißem Blech, ſo wird ſeine Verdünſtung merklich, und der Queckſilberſtand erniedrigt ſich ſehr bedeutend. Faſt unmittelbar mit Entfernung des erwärmenden Mittels ſieht man auch das Queckſilber in der Röhre wieder aufſteigen und der Campherdunſt, zur feſten Geſtalt zurückkehrend, ſetzt ſich an den Innenwänden der Röhre in Geſtalt eines feinen, weißen Staubes ab.

Die chemiſche Verwandtſchaft, vermöge deren feſte Körper gewiſſe Flüſſigkeiten anziehen, wird im leeren Raume durch Verminderung der Spannung ihrer Dünſte bemerklich. So bedarf Waſſer, in welchem man Natrum und Kali aufgelöſt hat, eine höhere Temperatur, um ins Sieden zu kommen, als reines Waſſer. Der, aus einer ſolchen Auflöſung entwickelte, Dunſt muß mithin im leeren Raume eine geringere Spannung haben, als der Dunſt des gewöhnlichen Waſſers, wenn die Temperatur für beide gleich iſt; auch beſtätigt dies die Erfahrung. Aber ſelbſt an dem, ſchon gebildeten, Dunſte iſt dieſe Verminderung der Spannung bemerklich. Hat man reines Waſſer in eine Barometerröhre gebracht, den Grad der Spannung des, davon ausgehauchten, Dunſtes genau beobachtet, und man läßt nun ein kleines Stück Natrum dazu treten, welches im Queckſilber blos vermöge ſeiner Leichtigkeit aufſteigt und zu der dünnen darüber ſtehenden Schicht Waſſer gelangt, in welche es ganz eingetaucht liegen bleibt, ſo ſieht man faſt im nämlichen Augenblick die Spannung des Dunſtes vermindert, und nach ganz kurzer Zeit ſo weit herabgebracht, als es dem Dunſte eines mit Natrum geſättigten Waſſers zukommt. Deſſenungeachtet geht nicht ein Atom des Natrums in den Dunſt über; und die Dunſtmolecule, die ſich oben in der Röhre entwickelt haben, ſtehen in keiner unmittelbaren Berührung mit ihm. Welche Art Veränderung muß alſo hier im Spiele ſeyn, die ihre Spannkraft ſolchergeſtalt vermindert?

Zu einer ähnlichen Bemerkung geben alle Salzauflöſungen Veranlaſſung. Sie kochen faſt ſämmtlich bei höhern Temperaturen als das reine Waſſer, auch ſtehen ihre Dünſte denen des letztern bei gleicher Temperatur an Spannkraft nach. Deſſen ungeachtet iſt das, was ſich in einem Fall wie im andern erhebt, Waſſerdunſt und nichts als ſolcher, ohne ein Atom von Salz; denn triebe man die Abdunſtung dieſer Auflöſungen ſo weit, daß alle Flüſſigkeit verflüchtigt würde, ſo würden die Dünſte ſich alle in deſtillirtes Waſſer verdichten, und das ganze Gewicht des Salzes ſich im feſten Rückſtand wieder finden. Wie kann nun dieſer Waſſerdampf, der doch immer der nämliche bleibt, bei der nämlichen Temperatur, ungleiche Spannkräfte äußern?

Nothwendig muß dieſe Ungleichheit ſich auf die Verſchiedenheit der Flüſſigkeiten ſelbſt gründen, auf welchen der Dunſt ruht, ſo wie auf die ungleiche chemiſche Verwandtſchaft, vermöge deren der Dunſt von den Flüſſigkeiten angezogen wird, da dies die einzigen Umſtände ſind, welche in den verſchiednen, von uns erörterten, Fällen nicht die nämlichen bleiben. Dies führt uns zu der Anſicht, daß die verſchiednen Schichten, aus welchen die Dunſtmaſſe beſteht, ſich wechſelſeitig auf einander, vermöge ihrer Spannkraft, ſtützen, bis auf die letzte welche unmittelbar auf der Flüſſigkeit ruht. Die Spannkraft dieſer letzten iſt nothwendig der Kraft gleich, mit welcher die Flüſſigkeit die

Dünſte auszuſtoßen ſtrebt, worin auch immer dies Streben begründet ſeyn mag. War alſo dieſe Flüſſigkeit recht reines Waſſer, und ändert ſich nun ſeine Beſchaffenheit auf eine Art, welche eine Verminderung ſeiner Spannung zur Folge hat, ſo werden die, unmittelbar auf oder ganz nahe an ſeiner Oberfläche befindlichen, Schichten durch die Spannkraft der obern Schichten ſtärker zuſammengedrückt werden, als von der andern Seite durch die Spannkraft der ſie tragenden Flüſſigkeit entgegen gewirkt wird. Sie werden ſich demnach in dieſe einſenken müſſen, welche ſie durch ihre Verwandtſchaft auch in tropfbare Flüſſigkeit verwandeln wird. Daſſelbe wird mit den, über den erſten befindlichen, Schichten erfolgen, wenn ſie ſich nun auf die Oberfläche der Flüſſigkeit legen, bis endlich die Spannkraft des verdünnten Dunſtes der *Spannung der tropfbaren Flüſſigkeit* genau gleich geworden iſt, d. i. der Kraft, mit welcher ſie die Dünſte auszuſtoßen ſtrebt.

Dieſe Erörterungen enthalten die Erklärung der Wirkungsart eines, ſehr ſinnreich von *Gay-Luſſac* erfundnen, Apparats, durch den ſich die Spannung des Waſſerdunſtes bei ſehr niedrigen Temperaturen, ſelbſt weit unter dem Froſtpunct, meſſen läßt. Er beſteht aus einer Barometerröhre, deren oberes Ende ſich etwas unter die Horizontale neigt, wie Fig. 62 darſtellt. Man füllt dieſe Röhre erſt mit Queckſilber an, läßt dies darin kochen, um die Luft zu entfernen; gießt dann ein wenig Waſſer zu, welches beim Umkehren der Röhre nach ihrem Gipfel ſteigt, ſich dort zum Theil verflüchtigt, und den Queckſilberſtand um ſo viel erniedrigt, als ſeine, durch die grade beſtehende Temperatur der umgebenden Atmoſphäre bedingte, Spannkraft mit ſich bringt. Jetzt muß dieſer Dunſt auf die bezweckten Temperaturen gebracht werde. Zu dieſem Zweck bringt *Gay-Luſſac* das obere Ende C der Röhre in einen, mit einer kühlenden Miſchung gefüllten, Vorſtoß, in deſſen Mitte ein Thermometer herabgeht. Hiedurch wird die Temperatur dieſes Theils erniedrigt; der darin befindliche Dunſt verliert an Spannkraft, ſchlägt ſich nieder, wird ſogleich durch einen andern Antheil Dunſt erſetzt, der ſich ebenfalls niederſchlägt, u. ſ. f., bis alles Waſſer, welches bei H in tropfbarflüſſiger Geſtalt zurückgeblieben war, vollkommen verdunſtet iſt und ſich in C niedergeſchlagen hat. Jetzt hat der Antheil, welcher noch ſeine Dunſtgeſtalt behält, blos noch den Grad der Spannung, der der Temperatur von C zukommt; und es ergiebt ſich, durch Anwendung der obigen Schlußfolge, daß überhaupt in einer, ſo ungleichmäßig erhitzten, Röhre, der Grad der Spannung, bei welchem der Dunſt ſtehen bleiben kann, ſich nach der ſchwächſten Temperatur richtet. Man hat ſomit jetzt nur noch dieſe Spannung auszumitteln, indem man den Queckſilberſtand in der Röhre, welche den Dunſt enthält, mit dem Stande, den zur nämlichen Zeit das Queckſilber in einem völlig luftfreien Barometer hat, vergleicht. Dieſe Meſſung mit größerer Genauigkeit anzuſtellen, bedient ſich Gay-Luſſac eines kleinen horizontalen Perſpectivs, welches vertical längs einer graduirten Scale wie ein Schieber bewegt werden kann, und im Innern mit einem Micrometer verſehen iſt; deſſen Fäden in die Berührungsebene der Queckſilberoberfläche, erſt der einen dann der andern Röhre gebracht werden, Fig. 63. Auf dieſe Weiſe fand er, daß bei — 19°,59 C. die Spannung des Waſſerdunſtes noch 1^{mm},353 beträgt. Die Berechnung nach unſrer Tabelle giebt ſie gleich 1^{mm},3723, mithin der obigen faſt ganz gleich; woraus erhellt, daß das Geſetz für die Schwächung der Spannkraft, welches aus Daltons, an tropfbarflüſſigem Waſſer angeſtellten, Verſuchen hergeleitet wurde, auch noch für Temperaturen weit unter dem Froſtpuncte gilt. Sonach iſt das Feſtwerden des Waſſers ganz ohne Einfluß auf die Spannung ſeines Dunſtes; eine Erſcheinung, die ſehr merkwürdig iſt, und nicht zu den unwichtigſten Entdeckungen des ebengenannten ſcharfſinnigen Phyſikers gehört.

Noch will ich einen andern Apparat anführen, der in ſeiner Anwendung Eleganz und Bequemlichkeit verbindet und ebenfalls von Gay Luſſac erfunden wurde, um vergleichende Beobachtungen über die Spannung verſchiedner Flüſſigkeit bei vollkommen gleichen Temperaturen anzuſtellen. Er beſteht aus einer gewiſſen Anzahl Barometerröhren, Fig. 64., die über der nämlichen Wanne ſtehn, und kreisförmig um dieſelbe verticale Axe geordnet ſind. Eine, in Millimeter eingetheilte und mit einem Läufer C verſehene, Säule erhebt ſich in einer mit ihnen parallelen Richtung. Eine dieſer Röhren iſt ein von Luft gereinigtes Barometer. In jede der andern wird eine kleine Quantität Flüſſigkeit verſchiedenartiger Beſchaffenheit gebracht, deren Dünſte, vermöge ihrer verſchiednen Spannkräfte, die Queckſilberſäulen bis zu ungleichen Höhen herabdrücken. Werden dieſe Röhren um die verticale Säule gedreht, ſo gelangen ſie nach einander an die Eintheilung; und mittelſt des Läufers beſtimmt man die Höhe der, darin enthaltenen, Queckſilberſäule. Daſſelbe, in Bezug auf die luftleere Röhre vorgenommen, läßt den Druck der Atmoſphäre zu derſelben Zeit finden; und der Ueberſchuß dieſes Maßes über jedes der vorigen giebt das Maß für die Spannkraft der verſchiednen unterſuchten Flüſſigkeiten.

Eine bequeme Art, die Spannung der Dünſte bei allen Temperaturen zu beobachten, gewährt auch der, Fig. 65. vorgeſtellte, Apparat. Er beſteht aus einem gläſernen Ballon, deſſen Hals durch eine, mit einem oder mehrern Hähnen verſehene, Platte verſchloſſen wird. Auf einem dieſer Hähne iſt eine lange verſchloſſene Röhre aufgeſetzt, welche ein Heberbarometer enthält, deſſen offener Schenkel ſich ſolchergeſtalt dem Druck der, im Innern des Ballons enthaltenen, Gasart ausgeſetzt befindet. Man macht den Ballon ſo luftleer als möglich, indem man ihn durch eine, am Hahne R angebrachte, Röhre mit der Luftpumpe in Verbindung ſetzt; und merkt den geringen Grad der Spannung von 1 bis 2 Millimeter an, welchen die Luft, die nicht hat entfernt werden können, im Barometer zu erkennen giebt; darauf hebt man die Gemeinſchaft mit der Luftpumpe auf, indem man den Hahn R dreht; und hat nun blos noch die Flüſſigkeit in den Ballon hineinzubringen. Zu dieſem Zweck bedient man ſich eines doppelten Hahns, der in der Figur durch RR′ bezeichnet iſt. Zuerſt öffnet man R′, während R noch geſchloſſen iſt; gießt die Flüſſigkeit in den Raum RR′; ſchließt jetzt R′ und öffnet R. Die Flüſſigkeit fällt nun in den leeren Raum herab, und erzeugt darin augenblicklich die Menge Dunſtes, welche der beſtehenden Temperatur zukommt. Die Spannkraft dieſes Dunſtes wird durch das Steigen der Queckſilberſäule gemeſſen, welches ſie in dem, im Innern befindlichen, Barometer veranlaßt.

Dieſer Apparat für den Namen Manometer. Zuweilen bedient man ſich dazu Ballons von hinlänglicher Größe, um Thiere, Pflanzen, oder im Allgemeinen Subſtanzen hineinzubringen, deren Verhalten darin man beobachten und von denen man die Producte ſammeln will. Das Steigen oder Fallen des Barometers zeigt an, ob die Gasarten, welche man im Apparat gelaſſen oder erſt hineingebracht hat, an Spannkraft gewonnen oder verloren haben. Will man aber überdies noch ihre Beſchaffenheit kennen lernen, ſo braucht man nur dem Hahn R′, einen andern R″ zu ſubſtituiren, der jenem ſonſt ähnlich iſt aber eine Röhre T über ſich hat, die man ganz mit Queckſilber füllt, indem man ſie vorher umkehrt. Man ſchraubt dieſe Röhre auf den Hahn R nachdem man den Raum, der zwiſchen beiden bleibt, mit Queckſilber gefüllt hat. Darauf öffnet man R″; das Queckſilber fällt vermöge ſeines Gewichts in das Manometer; und ſeine Stelle wird durch ein gleiches Volumen des innern Gasgemiſches ausgefüllt. Darauf ſchließt man den Hahn R″, ſchraubt ihn von der Maſchine los und nimmt die Röhre R″T ab, ohne daß etwas daraus zu entweichen vermag. Hiedurch ſieht man ſich auf eine leichte Weiſe in Stand geſetzt, das Gasgemiſch den, zu ſeiner Prüfung erforderlichen, chemiſchen und phyſiſchen Verſuchen zu unterwerfen. Die Theorie von der Bildung und Spannkraft der Dünſte findet eine ſehr häufige Anwendung in den Künſten, wie Beiſpiele in meinem größern Werke zeigen. In phyſiſchen Unterſuchungen dringt ſich ihr Gebrauch beſtändig auf.

Dreizehntes Capitel.

Maß des Gewichts der Dünſte unter gegebenem Volumen, bei beſtimmtem Druck und beſtimmter Temperatur.

Bei Anſtellung der, im vorigen Capitel angeführten, Verſuche wird man bald bemerken, daß eine ſehr geringe Quantität tropfbarer Flüſſigkeit zur Erzeugung eines bedeutenden Volumens Dünſte hinreicht. Eine Menge Unterſuchungen in der Phyſik und Chemie machen es erforderlich, ein Maß für dieſe Ausdehnung zu kennen; d. h. z. B. das Volumen Dünſte beſtimmen zu können, welches durch ein gegebenes Gewicht oder Volumen irgend einer Flüſſigkeit unter beſtimmtem Druck und beſtimmter Temperatur erzeugt zu werden vermag. Hiezu zu gelangen, ſchien mit ziemlicher Schwierigkeit verbunden zu ſeyn, weil bei der großen Ausdehnung, die der Dunſt erfährt, es nicht wohl möglich iſt, die Flüſſigkeit, aus der er gebildet wurde, genau wieder in eine Maſſe zu vereinigen. Glücklicherweiſe indeß hat Gay-Luſſac dieſe Schwierigkeit dadurch zu umgehen gewußt, daß er auf umgekehrtem Wege verfuhr, indem er nämlich das Volumen Dünſte beſtimmte, welches durch ein gegebenes Volumen tropfbarer Flüſſigkeit erzeugt zu werden vermag.

Um zuvörderſt die Quantität angewandter Flüſſigkeit ganz genau beſtimmen zu können, worin eigentlich die wahre Schwierigkeit der Aufgabe begründet liegt, bläſt Gay-Luſſac an der Lampe kleine Glaskugeln, die durch BB, Fig. 66. vorgeſtellt ſind. Sie ſind faſt ganz kugelförmig; verlängern ſich aber an einer Seite in einen ganz feinen Schnabel. Man wiegt zuerſt jede dieſer kleinen Kugeln, wenn nur noch Luft darin enthalten iſt, und bringt dann die Flüſſigkeit hinein, gerade als wenn man es mit Füllung einer Thermometerröhre zu thun hätte, indem man ſie in dieſe Flüſſigkeit nach vorgängiger Erhitzung, um einen Theil der Luft hinauszutreiben, taucht. Iſt die kleine Kugel faſt ganz angefüllt, ſo ſchmilzt man den Schnabel mittelſt einer Lichtflamme zu, welche man durch ein Löthrohr darauf bläſt. Hiedurch erleidet das Glas, aus dem die Kugel beſteht, keinen Subſtanzverluſt; ſondern erhält blos eine andre Geſtalt. Darauf wiegt man die, jetzt angefüllte, Kugel abermals, und findet dadurch, nach Abzug des Gewichts der Hülle, welches durch die vorgängige Wägung beſtimmt worden war, das Gewicht der darin enthaltenen Flüſſigkeit. Bald werden wir ſehen, wie ſich hieraus ihr Volumen ableiten läßt. Um nun dieſe ganze Quantität Flüſſigkeit in Dunſt zu verwandeln, bedient ſich Gay-Luſſac eines Apparats, welcher dem, von Dalton zur Beobachtung der Spannung der Dünſte im leeren Raum angewandten, ähnlich iſt. Er nimmt eine lange und enge Glasglocke VV, Fig. 66., welche in Theile von gleicher Capacität eingetheilt iſt, und deren Totalcapacität ungefähr anderthalb Litres beträgt. Dieſe füllt er mit Queckſilber an, und ſtürzt ſie in ein Bad von dem nämlichen Metall um, worauf er die kleine, mit Flüſſigkeit angefüllte, Glaskugel B hineinbringt. Dieſe ſteigt nach dem obern Theil der Glocke, alle Flüſſigkeit, welche ſie befaßt, mit ſich nehmend. Jetzt hat man dieſe noch zu verdunſten. Zu dieſem Zweck umgiebt Gay-Luſſac die Glocke VV mit einer cylindriſchen Glashülle MM, die länger iſt als jene, und mit ihrem untern Theil in das Queckſilber taucht. Er füllt dieſen Cylinder mit Waſſer an, ſo daß die Glocke davon überdeckt wird, und ſtellt dann den ganzen Apparat auf einen Ofen FF, in welchem er Feuer giebt. Das Waſſer und Queckſilber bewirken durch ihre Erhitzung auch die Erhitzung der, in der kleinen Glaskugel enthaltenen, Flüſſigkeit. Dieſe dehnt ſich aus, zerſprengt ihre Hülle, breitet ſich im obern Theil der Glocke aus, und verwandelt ſich dort bald in Dunſt, deſſen Temperatur man erhöht, bis das Waſſer des Cylinders ins Sieden gekommen iſt. Darauf mißt man die Höhe der, in der Glocke über dem Niveau des außerhalb befindlichen Queckſilbers ſtehen gebliebenenen, Queckſilberſäule. Dies mit Genauigkeit thun zu können, verfährt Gay-Luſſac auf folgende Weiſe. Die Ränder des Gefäßes V′V′, das als Wanne dient, ſind gut abgeſchliffen, und mittelſt einer Waſſerwage horizontal geſtellt. Auf dieſe Ränder legt er ein kupfernes Lineal cc, durch welches vertical ein eingetheilter Maßſtab TT hindurchgeht, der ſich unten in eine Spitze endigt, welche man ſo tief ſtellt, daß ſie die äußere Oberfläche des Queckſilbers gerade berührt. Ein Läufer H, der längs dieſes verticalen Maßſtabes auf- und abwärts beweglich iſt, wird durch Drehen einer Schraube bis zu der Höhe gebracht, bei welcher das Queckſilber in der Glocke ſtehen geblieben iſt, wo dann der Abſtand dieſes Läufers vom untern Ende des Maßſtabs, der durch die Eintheilung des Maßſtabs ſelbſt gemeſſen wird, die Höhe der Queckſilberſäule angiebt, die in der Glocke über dem Niveau des außerhalb befindlichen Queckſilbers ſteht. Man zieht dieſe Höhe von der ab, welche das Queckſilber im nämlichen Augenblick im Barometer hat, nachdem beide auf die nämliche Temperatur zurückgeführt worden ſind; und der Ueberſchuß der zweiten über die erſte giebt genau das Maß für die Spannkraft des, in der Glocke enthaltenen, Dunſtes, d. h. für den Druck, den er ausübt. Man weiß überdies, welches Volumen dieſer Dunſt hat, indem daſſelbe durch die Zahl der Abtheilungen der Glocke, welche er einnimmt, gegeben iſt; und kann nun nach dieſen Datis das Verhältniß der Volumina der tropfbaren Flüſſigkeit und ihres Dunſtes für eine beſtimmte Temperatur und einen beſtimmten Druck berechnen.

Bevor wir jedoch zu dieſer Rechnung ſchreiten, müſſen wir eine Schwierigkeit heben, die ſich jedem leicht aufdringen kann. Es entſteht nämlich die Frage, ob auch wirklich alle, unter das Queckſilber eingebrachte, Flüſſigkeit wirklich in Dunſt verwandelt worden ſey, widrigenfalls man großen Irrthümern ausgeſetzt wäre. Dieſer Fall würde eintreten, wenn in den kleinen Glaskugeln mehr Flüſſigkeit eingebracht würde, als ſich in der Glocke bei der Temperatur, der ſie ausgeſetzt wird, verflüchtigen ließe. Indeß hat man ein leichtes und ſichres Mittel, um zu wiſſen, ob dieſe Umſtände Statt haben. Die Spannung der tropfbaren Flüſſigkeiten nämlich, welche man dem Verſuch unterwirft, iſt durch die, im vorigen Capitel erörterten, Verſuche bekannt; und es läßt ſich nach Daltons Geſetz für jede derſelben berechnen, welches die Totalſpannkraft ihres Dunſtes bei der Temperatur von 100° ſeyn muß. Bleibt ein Reſt tropfbarer Flüſſigkeit unter der Glocke, ſo wird der, inwendig vom Dunſt ausgeübte, Druck dieſer Gränze gleich ſeyn müſſen. Man braucht denſelben mithin nur auf die eben erörterte Art durch die Höhe der, in der Glocke über dem äußern Niveau ſtehen gebliebenen, Queckſilberſäule zu meſſen. Findet man ihn der ganzen Spannkraft gleich, welche die Flüſſigkeit bei einer Temperatur von 100° ausüben muß, ſo ſteht zu fürchten, daß nicht alle eingebrachte tropfbare Flüſſigkeit verdunſtet iſt, und man wird dann Kugeln von geringerm Volumen anzuwenden haben. So wie man aber durch Verminderung dieſes Volumens dahin gelangt iſt, daß die Spannkraft des Dunſtes ſich geringer zeigt, als die Totalſpannkraft hätte ſeyn können, ſo wird man ſich von der vollkommenen Verdunſtung der eingebrachten Flüſſigkeit ſicher überzeugt halten können; da dann dieſe Flüſſigkeit nicht einmal hingereicht haben kann, unter der Glocke allen Dunſt zu entwickeln, der dieſer Temperatur zukommt. Der vorhandene Dunſt wird demnach in der That ein, nach Art der Gasarten ausgedehnter, Dunſt ſeyn, d. h. ſo ausgedehnt, daß er ſich, ſo lange bis er ſeine völlige Spannkraft erlangt hätte, wie die Gasarten, ohne tropfbarflüſſig zu werden, verdichten würde, wenn man den Raum, welchen er einnimmt, durch tieferes Einſenken der Glocke in das Queckſilberbad, in das ſie taucht, verkleinern wollte. Letztere Bemerkung macht uns darauf aufmerkſam, daß alle Reſultate, um unter einander vergleichbar zu ſeyn, auf den nämlichen Druck reducirt werden müſſen; und zeigt uns zugleich, was in Bezug hierauf noch zu thun übrig ſey. Anſtatt jedoch dieſe Correction auf mechaniſchem Wege und verſuchsweiſe zu unternehmen, iſt es ohne Vergleich bequemer und einfacher, ſie durch den Calcul auszuführen, indem man die bekannten Geſetze der Verdichtung der luftförmigen Subſtanzen unter verſchiednem Druck zu Grunde legt. Wie man hiebei zu verfahren habe, findet ſich ausführlich im größern Werke entwickelt.

Auf ſolche Weiſe hat Gay-Luſſac gefunden, daß 1 Gramme deſtillirten Waſſers ein Volumen Dunſt gleich 1,6964 Litre giebt, wenn dieſer Dunſt bei der Temperatur von 100° und unter dem Druck von $0^{m},76$ gemeſſen wird. Nun nimmt ein Gramme Waſſer bei der Temperatur des Maximums der Verdichtung genau einen Cubikcentimeter, d. i. den tauſendſten Theil eines Litres ein. Mithin füllt ein Cubikcentimeter Waſſer von dieſer Temperatur, wenn er unter obigen Umſtänden in Dunſt verwandelt wird, einen Raum gleich 1696,4 Cubikcentimeter aus; woraus ſich dann ferner ergiebt, daß tauſend Cubikcentimeter oder ein Litre dieſes Dunſtes $\frac{1^{g}}{1,6964}$ wiegt.

In einem der folgenden Capitel werden wir ſehen, daß ein Litre trockner atmoſphäriſcher Luft, ebenfalls bei einer Temperatur von 100° und unter einem Druck von $0^{m},76$, $\frac{1^{g}}{1,0577}$ wiegt. Mithin verhält ſich bei Gleichheit dieſer Umſtände das Gewicht des Waſſerdunſtes zu dem der Luft unter gleichem Volumen wie 10577 zu 16964, oder wie 1000 zu 1604, d. i., ganz nahe wie 10 zu 16. In Folge der Gleichheit der Ausdehnung der Dünſte und der Gasarten wird dies Verhältniß $\frac{10}{16}$ auch bei jeder andern Temperatur und jedem andern Druck beſtehen, denen die atmoſphäriſche Luft und der Waſſerdunſt zugleich ausgeſetzt werden.

Ein ähnlicher Verſuch, mit Schwefeläther angeſtellt, lehrte Gay-Luſſac, daß ein Gramme deſſelben, in Dünſte aufgelöſt, $0^{l},44313$ einnahm, d. i. ungefähr ein Viertheil des Raums, welchen ein Gramme Waſſerdunſt einnimmt, wonach der Dunſt des Schwefeläthers bei gleicher Spannkraft und Temperatur bei Weitem ſchwerer, als der Waſſerdunſt iſt. Dieſes Ergebniß ſcheint zu der Vermuthung zu berechtigen, daß die Flüſſigkeiten, welche am leichteſten verdunſtbar ſind, die ſchwerſten Dünſte erzeugen. Der Alkohol begünſtigt dieſe Vermuthung ebenfalls; indem ſein Siedgrad höher als der des Aethers, geringer als der des Waſſers iſt; und wirklich ſind auch ſeine Dünſte ſchwerer als die des Waſſers, leichter als die des Aethers. Jedoch hat ſich Gay-Luſſac überzeugt, daß dieſem Geſetze keine Allgemeingültigkeit zukommt; indem der Schwefelkohlenſtoff zum Sieden eine höhere Temperatur als der Aether erfordert; ungeachtet ſeine Dünſte ſchwerer als die des letztern ſind. Gay-Luſſac hat auch das Gewicht der Dünſte unterſucht, welche ſich aus Gemiſchen, zu welchen Waſſer und Alkohol in verſchiednen Verhältniſſen genommen wurden, erzeugten und gefunden, daß bei der Temperatur von 100°, bei welcher er den Verſuch anſtellte, dies Gewicht ſich ganz ſo verhielt, als wenn die Dämpfe aus jeder dieſer beiden Flüſſigkeiten ſich beſonders entwickelt hätten. Auch geſchieht im Grunde wirklich eine ſolche getrennte Entwicklung; indem ſich Gay-Luſſac überzeugte, daß die chemiſche Verbindung beider durch die Verdunſtung aufgehoben wird. Das nämliche Geſetz gilt auch für die Miſchungen aus Alkohol und Aether und wahrſcheinlich für alle chemiſche Verbindungen, die nicht ſtark genug ſind, um bei der Temperatur von 100° noch zuſammenhalten zu können. Sollte daſſelbe auch noch bei niedrigern Temperaturen Statt finden? Es wäre von Wichtigkeit, hierüber zur Gewißheit zu gelangen. Man erführe dadurch, ob die Trennung der beiden Flüſſigkeiten, unter ſolchen Umſtänden, in der Temperaturerhöhung oder im Act der Verdunſtung ſelbſt begründet läge.

Kennt man das Volumen, welches ein gegebenes Gewicht von Dünſten bei der Temperatur von 100° und unter dem Druck von $0^{m},76$ einnimmt, ſo kann man daraus ableiten, welches Volumen dieſe nämliche Maſſe unter jedem andern Druck und jeder andern Temperatur einnehmen würde. Man braucht nur das anfängliche Volumen durch Rechnung nach den nämlichen Geſetzen zu verkleinern oder zu vergrößern, als das einer bleibenden Gasart; da, unſern frühern Erörterungen zufolge, die Dünſte, ſo lange ſie ſich als ſolche behaupten, in ihrer Ausdehnung und Zuſammenziehung die Geſetze der Gasarten befolgen. Damit jedoch das, durch dieſe Reduction gewonnene, abſtracte Reſultat eine Anwendung auf die Wirklichkeit erleiden könne, muß der Dunſt, in Bezug auf den es ausgemittelt worden iſt, auch vermöge ſeiner phyſiſchen Beſchaffenheit in dem luftförmigen Zuſtande unter den Umſtänden, die die Rechnung vorausgeſetzt hat, beſtehen können.

Vierzehntes Capitel.

Von der Mengung der Dünſte mit den Gasarten.

Auch bei dieſem Gegenſtande wird uns Dalton zum Führer dienen. Bevor wir jedoch zur Erörterung ſeiner Verſuche und der, daraus herzuleitenden, Geſetze ſchreiten, wird es von Nutzen ſeyn, ſich an die Vorgänge bei der Mengung trockner Gasarten zu erinnern. Bei Unterſuchung des Geſetzes von der Verdichtung der Luft und der trocknen Gasarten unter verſchiednem Druck und gleichbleibender Temperatur ergab ſich uns, daß die Spannkraft der nämlichen Gasart ſich umgekehrt, wie das, von ihr eingenommene, Volumen verhält, wonach z. B. zwei Cubikcentimeter Luft, welche zuſammen einem Druck von $0^{m},76$ das Gleichgewicht halten, auf einen Decimeter reducirt, einen doppelten Druck auszuhalten vermögend ſind, nämlich von $1^{m},52$. Was aber geſchieht hiebei anders, als daß die beiden Gasvolumina genöthigt werden, eine Mengung in einem gegebenen Raume einzugehen? Wir ſehen ſonach, daß bei ihrer Vermengung ihre Spannkräfte ſich zur Summe verbinden, gerade wie es der Fall ſeyn würde, wenn jedes der Volumina, beſonders genommen, ſich frei und ohne Rückſtand in dem Raume verbreiten könnte, in den man es einzutreten nöthigt. Dies Geſetz gilt allgemein für die Mengung trockner Gasarten; denn wie man ſieht, iſt es nur eine Folgerung aus dem Mariottiſchen Geſetz; es erſtreckt ſich aber auch über die Mengungen der Dünſte ſowohl mit einander, als mit trocknen Gasarten, wie ſich ſogleich durch Erfahrung ergeben wird. Sonach findet für die Mengung elaſtiſcher Flüſſigkeiten von beliebiger Natur folgendes allgemeine Geſetz Statt: Wenn irgend eine Zahl elaſtiſcher Flüſſigkeiten gegeben iſt, welche den Druckkräften p, p', p''... das Gleichgewicht halten, und nicht von der Art ſind, daß ſie ſich bei der Temperatur, in der man operirt, chemiſch mit einander verbinden, und man nimmt von jeder dieſer Flüſſigkeiten ein gleiches Volumen V, und reducirt dieſe ſämmtlichen Volumina auf ein einziges Volumen, welches auch gleich V iſt, ſo wird die Spannkraft des Gemenges gleich der Summe der partiellen Spannkräfte d. h. gleich $p + p' + p'' + \dots$ ſeyn. Für die trocknen Gasarten iſt dies Geſetz ſchon erwieſen; es bleibt ſomit nur noch übrig, es auch für ihre Mengung mit den Dünſten zu erweiſen.

Um dies mit Schärfe für die gewöhnlichen Temperaturen zu thun, bietet folgender Apparat die meiſte Bequemlichkeit dar, den Gay-Luſſac bei ſeinen phyſikaliſchen Vorleſungen anwendet, Fig. 67. Er beſteht aus einer cylindriſchen Glasröhre AB, welche in Theile von gleicher Capacität eingetheilt, und an ihren beiden Enden mit zwei eiſernen Hähnen R, R' verſehen iſt. Etwas über dem untern Hahne fügt man eine andre gekrümmte Glasröhre TT' an, die an Dicke dem Cylinder AB nachſteht, und mit ſeinem Innern bei T Gemeinſchaft hat. Man trocknet dieſen ganzen Apparat durch Erwärmung wohl, öffnet darauf den Hahn R' und gießt recht trocknes, ausgekochtes Queckſilber in den Cylinder, ſo daß er ganz damit angefüllt wird. Das Queckſilber ſteigt zugleich in die Seitenröhre TT' auf, und ſetzt ſich dort in daſſelbe Niveau. Jetzt ſchraubt man in R' einen Ballon voll der zu prüfenden Gasart an, die wir in ganz trocknen Zuſtand gebracht annehmen. Oeffnet man den Hahn r des Ballons und den Hahn R′, ſo iſt die Gemeinſchaft zwiſchen dem Innenraum des Cylinders AB und dem des Ballons vermittelt. Wurde aber das, im letztern enthaltene, Gas unter dem gewöhnlichen Druck der Atmosphäre hineingebracht, wie meiſt geſchieht, ſo wird es das Queckſilber im Cylinder AB nicht herabdrücken, weil hiezu erforderlich wäre, daß es daſſelbe über das Niveau in der Röhre TT′ erhöhe. Hier tritt nun der Gebrauch des untern Hahns R ein; denn bei Oeffnung deſſelben fließt das Queckſilber vermöge ſeines Gewichts aus, und macht dem Gas Platz, das ſich aus dem Ballon in den Cylinder AB hineinverbreitet. Glaubt man, daß eine hinreichende Menge deſſelben hineingetreten ſey, ſo ſchließt man den Hahn R, wodurch der weitern Ausdehnung des Gas Schranken geſetzt werden; auch R′ wird geſchloſſen, und ſo kann das, einmal in den Cylinder AB getretene, trockne Gas nicht wieder daraus entweichen.

Es iſt zu bemerken, daß dies Gas ein verdünntes iſt, deſſen Spannkraft der der Atmosphäre nicht gleich kommt; demnach wird nach Ausfluß des Queckſilbers durch den Hahn R das Niveau des noch übrigen Queckſilbers im Cylinder AB, das ich bei H annehme, ſich weniger geſenkt haben müſſen, als das Niveau des, in der Seitenröhre TT′ befindlichen. Dies wollen wir bei h annehmen. Jetzt gießt man Queckſilber in dieſe dünne Röhre nach, bis das Niveau mit dem im dickern Schenkel wieder gleich ſteht. Sobald dieſe Gleichheit Statt hat, iſt man ſicher, daß das, in den Cylinder gebrachte, Gas ſich genau unter einem Druck, wie ihn die äußere Atmosphäre ausübt, befindet. Man erfährt dieſen Druck durch Beobachtung des Barometerſtandes, und kennt auch das Volumen des Gaſes, nach der Anzahl Abtheilungen, die es im graduirten Cylinder einnimmt.

Um nun in dies Gas die Flüſſigkeit zu bringen, die in Dünſte verwandelt werden ſoll, ſetzt man auf den Hahn R′ einen zweiten R″, der ein ganz kleines Metallgefäß V über ſich hat, in welches die Flüſſigkeit gegoſſen wird. Der Hahn R″ iſt nicht, wie ſonſt die Hähne, in ſeiner Mitte mit einem cylindriſchen Canal durchbohrt; ſondern es iſt blos auf der Oberfläche des innern Kegels eine ganz kleine halbkugelförmige Vertiefung O befindlich, die nur einen Tropfen Flüſſigkeit aufzunehmen vermag. Wird der Kegel R″O ſo gedreht, daß dieſe Vertiefung unter den Boden des Gefäßes V zu ſtehen kommt, ſo füllt ſie ſich mit Flüſſigkeit. Durch eine halbmalige Umdrehung des Kegels R″O bringt man dieſen Tropfen ins Innere des Cylinders AB. Man kann mithin durch wiederholtes Drehen des Hahns R″ ſo viel Tropfen, als man will, in den Apparat bringen und die Wirkung beobachten, welche ihr allmäliges Verdunſten auf das Gasvolumen hat. Bevor man jedoch die Flüſſigkeit auf die angegebene Weiſe hinzu treten läßt, muß man, nachdem R'' auf R geſchraubt iſt, letztern Hahn öffnen, um eine Gemeinſchaft zwiſchen dem kleinen Raume R''R' und dem, in AB enthaltenen, Gas zu bewirken.

Der erſte, in das trockne Gas gebrachte, Tropfen Flüſſigkeit erhöht ſeine Spannkraft und bringt das Queckſilber in der Seitenröhre TT' zum Steigen. Dieſe Wirkung tritt ſchnell, jedoch nicht augenblicklich ein, wie es der Fall ſeyn würde, wenn man die Flüſſigkeit in den leeren Raum gebracht hätte, woraus ſchon erhellt, daß der Druck der Gasart auf die Flüſſigkeit der Verdunſtung einen Widerſtand entgegenſetzt. Wenn ein einziger Tropfen Flüſſigkeit nicht hingereicht hat, die ganze, für den Raum und die Temperatur des Verſuchs erforderliche, Dunſtmenge zu erzeugen, ſo wird dies daran erkannt, daß das Eindringen eines zweiten Tropfens die Spannkraft des Gaſes noch erhöht. Endlich aber, nachdem eine gewiſſe Anzahl Tropfen in das Gas gebracht ſind, wird ein fernerer Zuſatz derſelben keine Wirkung mehr hervorbringen; und der Ueberſchuß der Flüſſigkeit über der Queckſilberoberfläche zurückbleiben, ohne zu verdunſten. Nehmen wir an, es wären einige Tropfen in Ueberſchuß zugefügt worden. Dem Erwähnten zufolge hat der entwickelte Dunſt eine Erhöhung der Spannkraft des Gaſes bewirkt; und dieſe ließe ſich mittelſt des Niveauunterſchiedes des Queckſilbers in beiden Schenkeln meſſen: allein der Apparat ſelbſt gewährt hiezu ein weit einfacheres Mittel. Man braucht nämlich blos den untern Hahn R zu öffnen und das Queckſilber ausfließen zu laſſen, bis es in beiden Schenkeln wieder im nämlichen Niveau ſteht [1]). Darauf ſchließt man den Hahn R und zählt, wie viel Abtheilungen vom Gemenge des Gaſes und Dunſtes eingenommen werden. Die Spannkraft des Gemenges iſt jetzt dem Druck der Atmoſphäre, wie zu Anfange des Verſuches, gleich; allein damals wurde eine andre Anzahl Abtheilungen vom Gas ausgefüllt. Da nun ſeine eigenthümliche Spannkraft ſich im umgekehrten Verhältniß der Räume, in die es ſich ausdehnte, verändert hat, ſo kann man, nach dieſem bekannten Verhältniß, ſeine noch beſtehende Intenſität finden. Man weiß auch, welche Spannkraft der angewandte Dunſt haben würde, wenn man bei der Temperatur des Verſuchs im leeren Raume operirte. Iſt alſo dieſe Kraft im Gemenge noch die nämliche, ſo braucht man ſie nur zu der, eben berechneten, des Gaſes hinzuzufügen; und die Summe dieſer beiden Kräfte wird dem eben Statt findenden Druck der Atmoſphäre, wie ihn der Barometerſtand angiebt, gleich ſeyn müſſen. In der That findet man dies ganz genau ſo. Der Dunſt behält mithin bei ſeiner Vermengung mit dem Gas die, ihm eigenthümliche, Spannkraft bei, wodurch das, zuvor ausgeſprochene, Geſetz beſtätigt wird, nämlich, daß bei bloßer Vermengung der Gasarten mit den Dünſten jeder Theil des Gemenges die Spannkraft beibehält, welche ſeiner jedesmaligen Temperatur und dem Volumen, das man von ihm einnehmen läßt, zugehört.

---

[1]) Ich nehme hiebei an, daß man einen hinlänglichen Ueberſchuß von Flüſſigkeit zugefügt hat, um ſo viel Dunſt, als die Raumvergrößerung erfordert, zu entwickeln; damit die Spannkraft dieſes Dunſtes ſich immer gleich bleibe.

Die Kenntniß und Sicherſtellung dieſes Geſetzes führt nun zu einer Vorausbeſtimmung der Zahl Abtheilungen, welche das Gemenge bei dem jedesmaligen Druck der Atmoſphäre einnehmen muß, vorausgeſetzt, daß das trockne Gas zuvor eine bekannte Menge Abtheilungen bei dem nämlichen Druck ausgefüllt hatte. Man braucht nämlich das Volumen dieſes Gaſes nur ſo zu berechnen, als wenn es von einem, der Spannkraft des Dunſtes gleichen, Theil des Drucks entledigt worden wäre. Geſetzt z. B., dieſe Spannkraft betrüge 0^m,63427, was wirklich für den Waſſerdunſt bei der Temperatur von 95° gilt; und der Druck der Atmoſphäre ſey gleich 0^m,7600; ſo wird nach Einbringung des Dunſtes das im Innern befindliche Gas eines Drucks von 0^m'63427 entledigt ſeyn; d. h. es wird nur noch 0^m,7600 — 0^m,63427 d. i. 0^m,12573 zu tragen haben; es wird ſich mithin zufolge Mariotte's Geſetz im Verhältniß von 0^m,7600 zu 0^m,1257, oder beinahe von 6 zu 1 ausdehnen; d. h. wenn man die Gleichheit des Niveau's in beiden Schenkeln durch Oeffnung des Hahns R hergeſtellt hat, ſo wird das Gas ein ſechsmal ſo großes Volumen, als zuvor einnehmen. Man ſieht nach dem Gange dieſes Verſuches, daß dies Volumen ganz unbegränzt werden müßte, ſo wie die Spannkraft des Dunſtes dem Druck der Atmoſphäre genau gleich würde; und, wenn dies der Fall wäre, würde die, mit dem Dunſt gemengte, Luft in der That alles Drucks entledigt ſeyn; ſie müßte ſich mithin frei, als befände ſie ſich im leeren Raum, ausdehnen, wofern nur, in dem Maße als ſie ſich ausdehnte, auch der Dunſt ſich zu erzeugen und mit ihr zu verbreiten fortführe.

Bei allen vorſtehenden Verſuchen haben wir vorausgeſetzt, daß hinlänglich große Mengen Flüſſigkeit eingebracht werden, um die ganze Menge Dunſt zu liefern, welche ſich mit dem, vom Gas eingenommenen, Raumumfange verträgt; im Fall weniger eingebracht wird, dehnt ſich der Dunſt durch dieſen ganzen Raum nach Art der Gaſe aus, wobei ſich ſeine Spannkraft in demſelben Verhältniſſe mindert.

Dieſe Geſetze beſtätigen ſich auch bei hohen Temperaturen, und laſſen ſich hier dadurch bewähren, daß man die Apparate, welche das Gemenge aus Dunſt und Gas enthalten, erhitzt. Wenn ſie indeß noch Statt finden ſollen, ſo dürfen die Gasarten mit den Dünſten, mit denen ſie vermengt werden, keine chemiſche Verbindung eingehen. Dieſe Ausnahme iſt nicht zu überſehen; denn bei jeder Temperatur giebt es gewiſſe Gasarten, die zum Waſſer eine ſo ſtarke Verwandtſchaft beſitzen, daß ſie ſich ſeiner Dünſte bemächtigen, und ſie in tropfbarflüſſigen oder feſten Zuſtand bringen. Von dieſer Art ſind z. B. das Ammoniakgas und das ſalzſaure oder Hydrochloringas. Es leuchtet ein, daß ſich die Beſtimmung des Volumens eines ſolchen Gemenges nicht unternehmen läßt, weil es ſeinen luftförmigen Zuſtand nicht zu behaupten vermag. Deſſenungeachtet läßt ſich auch an dieſen Gasarten das Daltonſche Geſetz bewähren, indem man ſie mit Dünſten vermengt, gegen die ſie keine ſolche Verwandtſchaft beſitzen. Von dieſer Art ſind z. B. in Bezug auf das Ammoniakgas die Aetherdünſte. Und wenn es auf der andern Seite ein Gas gäbe, welches die Aetherdünſte tropfbarflüſſig machte, ohne die nämliche Wirkung auf die Waſſerdünſte zu äußern, ſo würde man durch Vermengung mit letztern, nicht aber mit erſtern, die Beſtätigung des Geſetzes finden müſſen.

Bisher wurde noch kein Mittelzuſtand zwiſchen dieſen beiden äußerſten Zuſtänden gefunden. Entweder verliert das Gemenge aus Gas und Dunſt den luftförmigen Zuſtand gänzlich, oder es behält ihn bei ohne eine beſondre, auf die Beſchaffenheit der Gemengtheile ſich gründende, Zuſammenziehung und Ausdehnung; und dann werden die vorſtehenden Geſetze beobachtet. Im letztern Falle iſt die Dunſtmenge, welche in einem Gasvolumen in luftförmigem Zuſtande verharren kann, immer genau eben ſo groß, als ſie bei der nämlichen Temperatur im leeren Raum ſeyn würde. Läßt man das Gemenge ſich ausdehnen oder drückt es zuſammen, während die Temperatur ſich gleich bleibt, ſo verändert ſich die Spannkraft des Gaſes nach Mariotte's Geſetz im umgekehrten Verhältniß mit dem Volumen, das man von demſelben einnehmen läßt; die des Dunſtes aber bleibt ſich, wie ſich auch der Raum verändern mag, gleich, ſo lange noch Flüſſigkeit zu verdunſten übrig iſt; und iſt dann die nämliche, als im leeren Raume. Reichte die Verdunſtung nicht hin, den Raum bis zur Sättigung mit Dunſt anzufüllen, ſo nimmt die Spannkraft deſſelben mit dem Druck nach demſelben Geſetz wie die Spannkraft eines Gaſes zu, bis der Dunſt ſo weit verdichtet iſt, daß er ſeine völlige Spannkraft erlangt hat. Dieſe Erſcheinungen bleiben ſich bei allen Gasarten gleich, und gehen auch ganz ſo vor ſich, als wenn keine merkliche Verwandtſchaft zwiſchen den, ein luftförmiges Gemenge bildenden, Gasarten und Dünſten Statt fände. Die einzige Wirkung, welche das Einſchieben der Gasmolecule zwiſchen die Dunſtmolecule zur Folge hat, iſt die, daß letztre verhindert werden, dem äußern Druck nachzugeben und ſich in Tropfen zu vereinigen, wie ſie thun würden, wenn man ſie für ſich dem nämlichen Druck ausſetzte.

Aus der eben erörterten Daltonſchen Theorie fließt eine ſichere, auf Erfahrungsſätze ſich ſtützende, Auflöſung aller Fragen, die man ſich in Bezug auf Dünſte vorlegen kann, welche in einem leeren oder mit irgend einer, die Dünſte in ihrem luftförmigen Zuſtande nicht beeinträchtigenden, Gasart, angefüllten Raume eingeſchloſſen ſind. So kann man, mit Hülfe dieſer Grundſätze alle Erſcheinungen ins Einzelne verfolgen, die in einem Manometer, in welchem Druck und Temperatur ſich zugleich abändern, erfolgen. Da dieſe Aufgabe für Unterſuchungen der Chemie und Phyſik eine häufige Anwendbarkeit hat, ſo habe ich in meinem größern Werke ihre Auflöſung gegeben. Ich füge nur noch hinzu, daß Deluc der erſte Phyſiker geweſen zu ſeyn ſcheint, der ſich eine klare Vorſtellung von der Bildung der Dünſte und dem Zuſtande, in dem ſie ſich für ſich oder in Gemengen befinden, gemacht hat. Schon Sauſſure zeigte, vor Dalton, daß das Maximum des Dunſtes, welches ſich in einem gegebenem Raum verbreiten kann, nur von der Temperatur abhängt, und ſich in der Luft und im leeren Raume bei gleicher Temperatur gleich verhält.

Funfzehntes Capitel.

Von der Verdunſtung.

Wenn eine tropfbare Flüſſigkeit an freier Luft ſteht, ſo verfliegt ſie allmälig. Man nennt dieſe Erſcheinung das Verdunſten derſelben.

Sehr viele Phyſiker ſahen hierin die Wirkung einer chemiſchen Verwandtſchaft der Luft zum Waſſer. Die Verſuche von Sauſſure, Deluc und Dalton erlauben jedoch eine erklärende Darſtellung aller Reſultate, ohne Mithülfe dieſer Verwandtſchaft; und es berechtigt uns daher nichts, ſie anzunehmen, da in den Verſuchen nichts darauf hindeutet. Wir haben geſehen, daß eine tropfbare Flüſſigkeit, ſowohl in einen leeren, als einen, mit trockner Luft gefüllten, Raum gebracht, Dünſte darin erzeugt, deren Menge für dieſen Raum durchaus nur von der Temperatur abhängt. Enthält die eingeſchloſſene Luft ſchon ſolche Dünſte, aber in geringerer Menge, als das Maximum beträgt, was ſie vermöge ihrer Temperatur faſſen kann, ſo erzeugt die zugeſetzte Flüſſigkeit nur noch die, zu Ergänzung dieſes Maximums erforderliche, Menge. Dies alles geht in der Luft ſo vor ſich, wie im leeren Raum; mit dem einzigen Unterſchiede, daß im letztern die Verdunſtung augenblicklich Statt hat, langſamer aber in atmosphäriſcher oder andern Luftarten; gleich als wenn die Theilchen der letztern ſich der Verbreitung der Dünſte mechaniſch und vermöge ihrer Trägheit entgegenſetzten.

Durch Anwendung dieſer Geſetze auf die Atmosphäre wird ſich uns die Erklärung aller, in ihr Statt findenden, Erſcheinungen der Verdunſtung ergeben. Hier kann die ganze Ausdehnung der Atmosphäre ſelbſt als die, im Manometer eingeſchloſſene, Luftmaſſe betrachtet werden, und die, in einem Gefäß an die freie Luft geſtellte, Flüſſigkeit als der Tropfen Waſſers, den man darin verflüchtigen läßt. Nehmen wir zuvörderſt die Temperatur in dieſer ganzen Ausdehnung als gleichförmig an. Findet ſich ſchon die ganze, dieſer Temperatur zugehörige, Dunſtmenge darin, ſo wird das Waſſer im Gefäß keine Verdunſtung erfahren. Wenn ſie aber nur etwas weniger, als dies Maximum beträgt, ſo wird Verdunſtung Statt haben; und da ſich das Gefäß im Verhältniß zur Größe der Atmosphäre nur als ein Punct betrachten läßt, ſo wird alles darin enthaltene Waſſer verfliegen, ohne eine merkliche Zunahme in der Spannung des Dunſtes der Atmosphäre zu bewirken. Die vorher darin vorhandene Dunſtmenge wird keinen andern Einfluß dabei äußern, als die Verdunſtung mehr oder weniger langſam zu machen; und dieſe wird um ſo raſcher vor ſich gehn, je näher ſich die Luft dem Grade äußerſter Trockenheit befindet.

Nehmen wir jetzt an, es finde in den verſchiednen Schichten der Atmosphäre irgend eine Ungleichheit der Temperatur Statt. Dann wird für dieſe Schichten das Maximum der, von ihnen zu faſſenden, Dünſte, von deſſen wirklicher Erreichung ſie indeß vielleicht noch weit entfernt ſeyn können, ſehr verſchieden ausfallen; oft ſelbſt wird ſich die, ſolchergeſtalt in ihnen Statt findende, ungleiche Vertheilung der Feuchtigkeit weit länger erhalten müſſen, als ihre Temperaturverſchiedenheit, des Widerſtandes halber, den die Luft der Bewegung und Vertheilung der Dünſte entgegenſetzt. Auch hieraus ergiebt ſich, daß das Waſſer ſich mehr oder minder ſchnell in dieſen verſchiednen Räumen verflüchtigen wird, je nachdem die Luft dem höchſten Grade der Trockenheit näher oder entfernter ſich befindet.

Die allgemeinſte Aufgabe demnach, die man ſich in Bezug auf die Verdunſtung vorlegen kann, iſt, die Schnelligkeit zu beſtimmen, mit welcher ſie in jeder, als unendlich angenommenen, Luftſchicht vor ſich geht; wenn man die Dunſtmenge kennt, die ſich ſchon in dieſer Schicht befindet, ſo wie die Geſammtmenge Dunſtes, die ſie vermöge ihrer Temperatur aufzunehmen vermag.

Dalton hat dieſe Aufgabe mit dem nämlichen Scharfſinn aufgelöſt, mit dem er ſeine übrigen Unterſuchungen über die Dünſte anſtellte. Zuvörderſt ſuchte er die Schnelligkeit der Verdunſtung des Waſſers in einer ruhigen und trocknen Atmosphäre zu meſſen, und fand ſie der Spannkraft des, ſich bildenden, Dunſtes proportional. Hienach wird die Verdunſtung einer tropfbaren Flüſſigkeit in dem Maße beſchleunigt, als deren Temperatur zunimmt; und ſie iſt, bei gleicher Temperatur, ſchneller für die Flüſſigkeiten, die eine ſtärkere Spannung beſitzen. Dieſes Geſetz der Verhältnißmäßigkeit iſt ſelbſt noch für eine Atmosphäre gültig, worin ſchon Dünſte derſelben Art, als man darin aufſteigen läßt, vorhanden ſind; nur muß man die Schnelligkeit des Verdunſtens nach dem Unterſchiede der Spannkräfte berechnen. Dieſe Reſultate Daltons geben Licht über eine Menge, vorher unerklärter, Erſcheinungen. So erhellt daraus z. B., wie Deluc Thermometer mit Waſſer und Alkohol verfertigen konnte, deren Anzeigen bis 100° und darüber hinaus reichten, wenn er alle Luft aus dem Innern der Röhre getrieben hatte. Die Erklärung davon liegt darin, daß jene Flüſſigkeiten, ſolchergeſtalt im leeren Raum befindlich, frei und augenblicklich von ihren Oberflächen, d. h. vom oberſten Ende der, in der Röhre ſtehenden, Säule die ganze Dunſtmenge ausſendeten, welche der, über ihnen leergebliebene, Raum zu faſſen vermochte; und da der Dunſt von dieſer Oberfläche ohne allen Kraftaufwand ſich erheben konnte, weil er in den leeren Raum oder den ſchon vorhandnen Dunſt hineinſtieg, ſo war kein Grund vorhanden, warum ſich noch Dunſt im Innern der Flüſſigkeit ſelbſt entwickeln ſollte. Dieſe konnte alſo ſich fort und fort erhitzen und ausdehnen, ohne eine innere Bewegung dabei zu erfahren.

Schon in den erſten Capiteln dieſes zweiten Buches haben wir bemerkt, daß, wenn eine tropfbarflüſſige Subſtanz durch Sieden in Dampfzuſtand gebracht wird, alle ihr zugeführte Wärme verſchwindet, und wieder hervortritt, wenn der Dunſt zur tropfbarflüſſigen Geſtalt zurückkehrt. Jetzt ſind wir durch die Erfahrung zu der Kenntniß gelangt, daß der Dunſt ſich bei allen Temperaturen bildet, und daß die größere oder geringere Höhe derſelben nur auf den Grad ſeiner Spannung Einfluß hat. Analogiſch werden wir demnach ſchließen können, daß auch bei jeder Temperatur die Dunſtbildung ein Verſchwinden der Wärme mit ſich bringen werde, und ſo lehrt es wirklich die Erfahrung.

Um ſich davon zu überzeugen, muß man die Maſſe Flüſſigkeit, welche man dem Verſuch unterwirft, für ſich allein behandeln, damit ſie alle Wärme, oder wenigſtens den größten Theil derſelben, welche die Verdunſtung ihr rauben muß, nur aus ſich ſelbſt ziehen könne; was nothwendig ein Sinken ihrer Temperatur zur Folge haben wird. Ganz hierauf beruht die Wirkung der ſchwammigen Gefäße, **Alcarazas** genannt, deren man ſich im Orient zum Abkühlen der Getränke bedient. Man füllt dieſe Gefäße mit Waſſer an, und hängt ſie an einem Ort auf, wo ein Luftzug Statt findet, z. B. zwiſchen zwei geöffneten Thüren. Die ſchwammige Beſchaffenheit des Gefäßes verſtattet der, darin enthaltenen, Waſſermaſſe eine Verdunſtung von allen Puncten ſeiner Oberfläche, die noch durch den Luftzug befördert wird, indem derſelbe den Dunſt, ſo wie er ſich bildet, hinwegführt. Die, ſo Statt findende, reichliche Verdunſtung nun bedingt ein entſprechendes Verſchwinden von Wärme; welches, da das Gefäß außer Verbindung mit andern Gegenſtänden gebracht iſt, nur auf Koſten des Waſſers ſelbſt vor ſich gehen kann; abgerechnet die Wärme, die dem Gefäß von der umgebenden Luft mitgetheilt wird. Auch ſinkt die Temperatur des Waſſers in der That um mehrere Grade.

Eine ähnliche Wirkung kann man beobachten, wenn man die Kugel eines Thermometers in einen feuchten Schwamm einſenkt, und dieſen dann der Sonne ausſetzt; denn wenn es, auf ſolche Weiſe umhüllt, erſt in den Schatten, dann in die Sonne gebracht wird, ſo wird man ſeinen Stand ſich im letztern Falle beträchtlich erniedrigen ſehen. Die Flüſſigkeiten, welche am ſchnellſten verdunſten, bringen auch die merklichſte Abkühlung hervor; wie ſich leicht von ſelbſt erklärt, weil ſie bei dieſer größern Schnelligkeit ſich mehr Wärme in einer gegebenen Zeit entziehen müſſen. Auch ſinkt das Thermometer in verdunſtendem Aether um mehrere Grade; und eben daher rührt das lebhafte Gefühl von Kälte, welches man empfindet, wenn einige Tropfen Aether auf einen entblößten Theil des Körpers gegoſſen werden. Noch raſcher erfolgt die Wirkung unter der Glocke einer Luftpumpe, wenn man die Dünſte, ſo wie ſie ſich bilden, ſchnell wegpumpt, und wird der Verſuch an einer kleinen Thermometerkugel, die man mit einem, mit Schwefelkohlenſtoff, einer ſehr flüchtigen Subſtanz, befeuchteten Schwamm umhüllt hat, vorgenommen, ſo gefriert das Queckſilber in wenig Augenblicken. Man kann das fortgeſetzte Pumpen dadurch entbehrlich machen, daß man unter die Glocke eine Subſtanz bringt, welche die Dünſte, ſo wie ſie ſich bilden, einzufangen vermag; z. B. indem man neben ein, mit tropfbarflüſſigem Waſſer gefülltes, Gefäß, eine weite Schale mit concentrirter Schwefelſäure unter die Glocke ſetzt. In der That werden dann, wenn man, um die Verdunſtung frei von Statten gehen zu laſſen, die Luft ausgepumpt hat, die Waſſerdünſte eben ſo ſchnell eingeſogen werden, als ſie ſich bilden; und da ſie hiedurch die Fähigkeit erhalten, ſich unaufhörlich zu erneuern, ſo wird das Waſſer, aus welchem ſie aufſteigen, in wenig Augenblicken gefrieren. Dieſer intereſſante Verſuch rührt von Leslie her.

Sechzehntes Capitel.

Von der Hygrometrie.

Sehr oft wird es bei Verſuchen in der Chemie und Phyſik erforderlich, genau die Waſſermenge zu kennen, die in der atmoſphäriſchen Luft oder einer andern Gasart ſich gerade in Dunſtgeſtalt vorfindet. Wäre man ſicher, daß dieſe Menge dem Sättigungsgrade gleich käme, ſo würde die Schätzung keine Schwierigkeit haben, indem man dann aus der gegebenen Temperatur die Spannung des Gaſes nach Dalton's Theorie, und ihr Gewicht nach Gay-Luſſac's Verſuchen berechnen könnte. Wenn man aber nicht weiß, in welchem Zuſtand ſich die Atmoſphäre oder das Gas, das man anwendet, befinden, ſo muß man zu andern Hülfsmitteln ſeine Zuflucht nehmen, um die Waſſermenge, die darin in Dunſtgeſtalt enthalten iſt, ſchätzen zu können. Von dieſen Mitteln handelt der Theil der Phyſik, welchen man die Hygrometrie nennt; die größere oder geringere Menge der, in einer Gasart enthaltenen, Waſſerdünſte macht den hygrometriſchen Zuſtand dieſer Gasart aus; und die Apparate, durch die man zur Kenntniß dieſes Zuſtandes gelangt, heißen Hygrometer oder Hygroſcope.

Faſt alle Hygrometer gründen ſich auf die Abänderungen des Volumens, welche die organiſchen Subſtanzen durch das Einnehmen oder Abgeben von Dünſten erfahren. Jedermann kennt den Unterſchied, der hinſichtlich der Claſticität zwiſchen einem Stück feuchten und einem Stück trocknen Pergaments Statt findet. Die Darmſaiten, welche zu muſikaliſchen Inſtrumenten gebraucht werden, ändern ſich in Spannung und Ton, mithin in ihrer Länge, je nach der Menge Feuchtigkeit, die ſich an ſie begiebt, ab. Die, an verſchiednen Pflanzen befindlichen, Haare oder Grannen zeigen dieſe Wirkung in einem ſo auffallenden Grade, daß, wenn man eine ſolche mit ihrer Grundfläche ſenkrecht auf ein Stück Pappe befeſtigt, und an ihr anderes Ende einen kleinen Papierſtreifen ſenkrecht auf ihre Länge anklebt, letztrer ſehr große Bogen beſchreiben wird, vermöge der Drehung in die die Granne durch die Veränderungen der Feuchtigkeit und Trockenheit verſetzt wird. Dies auf Darmſaiten angewandt, erklärt die Einrichtung der kleinen Figuren, welche durch ihre Bewegungen Trockenheit und Regen anzeigen.

Keine Subſtanz aber zeigt ſich in dieſer Hinſicht empfindlicher und beſtändiger in ihren hygrometriſchen Eigenſchaften, als Haare, die man in einer ſchwachen Kalilauge ausgelaugt hat, wodurch ihnen alles Fett benommen wird, das ſie in ihrem natürlichen Zuſtande überzieht. Das, ſo zubereitete, Haar verkürzt ſich in der Trockenheit und verlängert ſich in der Feuchtigkeit, was nicht hindert, daß es auch durch die Wärme verlängert und durch die Kälte verkürzt werde, wie alle andre Körper, obwohl in einem weit geringern Verhältniß. Sauſſure hat ſich des, ſo zubereiteten, Haars zu Verfertigung des Hygrometers bedient, welches ſeinen Namen trägt, und welches in die Unterſuchungen dieſer Art eine, bis dahin unerreichbare, Genauigkeit gebracht hat. Es iſt in Fig. 60. vorgeſtellt. Das obere Ende des Haars iſt in S durch eine kleine Zwinge, die es faßt, befeſtigt, das untere Ende auf dieſelbe Weiſe mit dem Umkreis einer ſehr beweglichen Rolle in feſte Verbindung gebracht, die von Unten nach Oben durch das Haar, von Oben nach Unten durch ein kleines Gewicht gezogen wird. Die Verkürzung des Haars bringt die Drehung der Rolle nach einer Richtung zuwege; bei Verlängerung deſſelben wird es durch das kleine Gewicht nach der entgegengeſetzten Richtung gedreht. Die Rolle nun für ihr Theil ſetzt eine lange Nadel in Gang, die durch ihre Bewegung längs eines Gradbogens die Grade der Verkürzung und Verlängerung anzeigt, welche das Haar in Folge der Veränderungen in der Feuchtigkeit der umgebenden Luft erfährt. Schließt man dies Hygrometer in ein, mit atmosphäriſcher oder einer andern Luftart gefülltes, Manometer ein, deſſen Wände mit Waſſer benetzt worden ſind, ſo ſieht man die Nadel bald nach der Richtung längs der Eintheilung ſich bewegen, welche eine Verlängerung des Haars anzeigt; endlich bleibt ſie bei einem gewiſſen Puncte ſtehen. Verſetzt man jetzt das Inſtrument in ein andres Manometer, in welchem die Luft ſeit mehrern Tagen mit austrocknenden Subſtanzen eingeſchloſſen geweſen iſt, ſo ſieht man bald die Nadel zurückgehen, wie es bei einer allmäligen Verkürzung des Haars der Fall ſeyn muß; und endlich wiederum ſtehen bleiben. Bei welcher Temperatur man immer operiren mag, ſobald nur das Manometer mit Dünſten bis zur Sättigung geſchwängert oder durch Austrocknen ganz davon befreit iſt, ſo werden die beiden äußerſten Puncte, bei welchen die Nadel ſtehen bleibt, immer die nämlichen ſeyn. De Sauſſure nennt einen derſelben den Punct der größten Trockenheit und bezeichnet ihn mit 0, den andern den Punct der größten Feuchtigkeit, und bezeichnet ihn mit 100: den zwiſchen beiden begriffenen Theil des Gradbogens theilt er dann in hundert gleiche Theile und erhält ſo eben ſo viel Zwiſchengrade der Feuchtigkeit.

Bis hieher ſahen wir im Sauſſureſchen Hygrometer nichts, als ein Inſtrument, was auf eine bequeme Weiſe empfindliche Anzeigen zu liefern vermag. Ein Rückblick auf das, was hinſichtlich des Thermometers auseinandergeſetzt wurde, wird aber leicht erkennen laſſen, daß zur Vergleichbarkeit dieſer Anzeigen noch mehr an unſerm Inſtrument erfordert wird. 1) Muß es ſeine Anzeigen auf eine ſich gleichbleibende Weiſe liefern; 2) muß es, nach den nämlichen Grundregeln, aber aus verſchiednen Haaren, verfertigt, unter gleichen Umſtänden immer die nämlichen Reſultate finden laſſen. Ja, mit allen dieſen Eigenſchaften verſehen, würde es doch noch weiter nichts leiſten, als den hygrometriſchen Zuſtand auf eine erkennbare Weiſe feſtzuſtellen, ohne die abſolute Quantität Waſſer, welche in der Luft enthalten iſt, anzuzeigen, ſo wie auch das Thermometer nur die Temperatur feſtſtellt und beſtimmt, ohne die abſolute Intenſität des Caloricums, von der dieſelbe abhängt, kennen zu lehren. Damit nun das Hygrometer dem Phyſiker alle die, ihm nöthigen, Data an die Hand geben könne, iſt noch erforderlich, auf theoretiſchem oder auf Erfahrungs-Wege die Beziehung auszumitteln, welche zwiſchen ſeinen Graden und der abſoluten, wirklich in der Luft vorhandenen, Dunſtmenge Statt findet. De Sauſſure hat hinſichtlich der Erörterung der beiden erſtern Fragepuncte nichts zu wünſchen übrig gelaſſen. Durch ſehr genaue und ins Feine gehende Verſuche hat er dargethan, daß die Anzeigen des Haares, wofern es auf gehörige Weiſe zubereitet worden, ſchnell, ſicher, und ſtets unter einander vergleichbar ſind. Er bemerkte, daß zuweilen ein oder das andere Haar unregelmäßig war, und zeigte das Mittel, dies zu erkennen, um ein ſolches fehlerhaftes Haar zu verwerfen. Er unterſuchte, welchen Zubereitungen man die tauglichen Haare unterwerfen müßte, um ihren Gang vergleichbar zu machen, und gelangte endlich zur Ausmittelung derſelben, worüber man in ſeinem Werke das Nähere nachſehen kann. Weniger glückte es ihm, die Beziehungen aufzufinden, welche zwiſchen den Graden des Hygrometers und der abſoluten, in Dunſtgeſtalt in der Luft befindlichen, Waſſermenge Statt finden; da die Theorie der Dünſte damals noch nicht hinlänglich gereift war, um ihm die nöthigen Vorkenntniſſe dazu zu liefern.

Jetzt, da wir wiſſen, wie, und unter welchen Bedingungen die Dünſte vorkommen, wollen wir uns eine Vorſtellung von der Wirkung zu entwerfen ſuchen, die das Haar auf ſie ausübt. Um die Aufgabe zu vereinfachen, denken wir uns das Haar im leeren Raum wirkend; was ſehr wohl zuläſſig iſt, da ſeine Anzeigen darin für gleiche Spannungen des Dunſtes ſich eben ſo verhalten, wie in der Luft, abgerechnet, daß ſie augenblicklich erfolgen. Dies vorausgeſetzt, kann man die

Wirkung des Haars auf die Dünſte ganz der gleich achten, welche die austrocknenden Subſtanzen, die man in den leeren Raum bringt, darauf ausüben. Wie ſie, ſaugt es dieſe Dünſte ein, ſo lange ſeine Anziehung zu denſelben noch vermögend iſt, ſie niederzuſchlagen. Brächte man nun in ein Manometer, welches einen Cubicmeter feuchte Luft enthält, einen Milligramme Kali oder ſalzſauren Kalk, ſo würde dieſer kleine Körper bei ſeiner Sättigung mit Feuchtigkeit eine ſo geringe Menge Dunſtes einſaugen, daß das Gewicht derſelben gar nicht in die Wage fallen, und die, durch ſeine Niederſchlagung entſtandene Verdünnung des Dunſtes nicht durch das Barometer bemerklich werden könnte. Ganz das Nämliche gilt auch für das Haar; bei der geringen Menge Waſſers, mit der es ſich zu ſchwängern vermag, kann man es auch als ohne Einfluß auf eine Veränderung des hygrometriſchen Zuſtandes der Luft, auf die es wirkt, betrachten.

Unterſuchen wir jetzt die verſchiednen Grade der Abſorption (Einſaugung), die ſeine Verwandtſchaft zum Waſſerdunſt bedingt. Bringt man zuvörderſt das Hygrometer in einen, mit Dunſt vollkommen geſättigten, Raum, welches auch übrigens deſſen Temperatur ſey, ſo ſieht man die Nadel ſtets bei dem nämlichen Puncte ſtehen bleiben. Mithin verlängert ſich das Haar unter dieſen verſchiednen Umſtänden immer um gleichviel und ſaugt demnach auch die nämliche Menge Waſſers ein. Deſſenungeachtet faßt ein geſättigter Raum je nach ſeiner Temperatur eine ſehr verſchiedne Menge von Dünſten; aber dieſe haben dabei immer das gemein, daß die geringſte Kraft hinreicht, ſie in Waſſer zu verwandeln. Die Anziehung, die das Haar auf ſie ausübt, iſt eine Kraft dieſer Art, die demnach ihre gewohnte Wirkung äußert; und da die daraus hervorgehende Abſorption ſo gering iſt, daß ſie die Spannung des, im Apparat zurückbleibenden, Dunſtes nicht merklich zu erniedrigen vermag, ſo ergiebt ſich, daß das Haar fortfahren muß, dieſen Dunſt an ſich niederzuſchlagen, ſo lange ſeine Verwandtſchaft zum Waſſer nicht ganz und gar geſättigt iſt. Hieraus erhellt, warum es in einem geſättigten Raume immer die nämliche Menge einſaugen muß, welches auch immer die Temperatur ſeyn mag; wobei man jedoch von den Veränderungen abſieht, die die Wärme etwa in ſeiner Anziehung zum Waſſer hervorbringen könnte; Veränderungen, die jedoch, der Erfahrung zu Folge, innerhalb des Umfanges der Thermometerſcale ganz unmerklich ſcheinen, wenigſtens ſo lange die Beſchaffenheit des Haars ſelbſt nicht dabei verändert wird.

Bringen wir jetzt das Hygrometer in einen, nicht bis zur Sättigung mit Waſſer geſchwängerten, Raum, ſo wird eine unendlich geringe Kraft nicht mehr hinreichen, die darin verbreiteten Dünſte niederzuſchlagen; denn ſie widerſtehen jetzt einem gewiſſen Grade von Druck oder von Erkältung. Demnach wird die Wirkung des Haars auf ſie ihre Gränze finden, ehe es ſich vollkommen damit geſättigt hat; denn einem allgemeinen Geſetze in den chemiſchen Erſcheinungen zufolge nimmt die Verwandtſchaft einer Subſtanz zu einer andern in dem Maße zu, als man ſie ihr entzieht, und mindert ſich in dem Grade als man ſie damit ſättigt. Wenn das völlig trockne Haar in das Manometer gebracht iſt, ſo übt es zuerſt auf die Dünſte eine Anziehungskraft aus, die zu ſtark iſt, als daß dieſe ihr zu widerſtehen vermöchten. Ein Theil derſelben ſchlägt ſich alſo in tropfbarflüſſigem Zuſtande nieder, und wird durch das Haar eingeſogen, welches ſich dabei verlängert; aber mit dieſer Einſaugung mindert ſich auch die Begierde des Haars, Waſſer anzuziehen, und endlich tritt eine Gränze ein, wo die Wirkung, die es auf die Dünſte ausübt, hinſichtlich des Erfolgs, dem Grade des Drucks oder der Kälte ganz gleich iſt, den dieſelben, ohne in tropfbaren Zuſtand gebracht zu werden, aushalten können; dann widerſtehen ſie ſeiner Einwirkung und das Haar hört auf, ſich zu verlängern. Dies zeigt alſo, vermöge der Veränderlichkeit der Gränze, bei welcher es aufhört durch ſeine Verwandtſchaft die Dünſte zu fällen, die Grade der Sättigung des Raumes an. Dieſe Gränze hängt ſomit von dem Geſetze ab, nach welchem ſich die Anziehungskraft des Haars zum Waſſer mit ſeiner fortſchreitenden Sättigung mindert. Und ſo wüßten wir denn, welche Kenntniß uns eigentlich nöthig wäre, um das Verhältniß der Verlängerung des Haars zu den, wirklich verdunſteten, Waſſermengen theoretiſch beſtimmen zu können. Da wir jedoch von dem Geſetz dieſer Abnahme eben ſo wenig, als von dem, wonach ſich die Abnahme irgend einer andern chemiſchen Anziehungskraft richtet, wiſſen, ſo müſſen wir von der Erfahrung darüber Aufſchluß zu erlangen ſuchen, indem wir vielfältige Beobachtungen über das Hygrometer unter bekannten Umſtänden anſtellen, um daraus auf empiriſche Weiſe das Geſetz, welches ſeine Anzeigen befolgen, herzuleiten. Dies hat Gay-Luſſac durch ein eben ſo einfaches als ſichres und ſinnreiches Verfahren geleiſtet. Nachdem er ſich ein Hygrometer verſchafft hat, das einen ſich vollkommen gleichbleibenden Gang hat, d. h. welches, unter die nämlichen Umſtände verſetzt, immer zu dem nämlichen Grade ſeiner Eintheilung zurückkehrt, hängt er es in einem großen Glasgefäße auf, das zum Theil mit Waſſer oder einer bekannten Salzauflöſung angefüllt iſt, deren Spannung im leeren Raume bei einer gegebenen Temperatur er zuvor gemeſſen hat. Das Aufhängen des Hygrometers wird dadurch bewerkſtelligt, daß man es inwendig an den Deckel des Gefäßes ſelbſt befeſtigt, der aus einer ebenen Glasſcheibe beſteht. Man kittet dieſe

Scheibe luftdicht an die Ränder des Gefäßes, und ſetzt den Verſuch einige Zeit fort. Bald wird durch die, an allen Wänden des Gefäßes verbreitete, Flüſſigkeit der innere Raum mit Waſſerdünſten geſättigt werden, bis zu der Gränze, welche die Statt findende Temperatur bedingt, und nachdem ſich das Hygrometer mit dieſen Dünſten in Gleichgewicht geſetzt hat, bleibt es zuletzt bei einem gewiſſen Grade ſeiner Eintheilung ſtehen. Man ſieht alſo, daß dieſer Grad der beobachteten Spannung der Flüſſigkeit entſpricht; und wenn man den nämlichen Verſuch bei der nämlichen Temperatur für verſchiedne andre bekannte Grade der Spannung, die zwiſchen den Graden der größten Trockenheit und der vollkommnen Sättigung des Raums durch die Dünſte, die aus dem reinen Waſſer aufgeſtiegen ſind, widerholt, ſo findet man dadurch eben ſo viel correſpondirende Grade des Hygrometers, die einander ſo nahe liegen, als man will.

Dies Verfahren läßt ſich, wie man ſieht, mit gleichem Erfolg auf alle Arten Hygrometer anwenden; und bietet ſomit ein vortreffliches Mittel zu ihrer Vergleichung dar. Gay-Luſſac hat jedoch bis jetzt blos für das Haarhygrometer davon Gebrauch gemacht; welches auch in der That zuerſt verdient, dieſe ſichern Beſtimmungen zu erhalten, da es alle andern an Empfindlichkeit und, wenn man Sauſſure glauben darf, auch an Genauigkeit übertrifft. Seine Unterſuchungen, bei der Temperatur von 10° C. angeſtellt, lieferten ihm eine Reihe Reſultate, woraus ich durch Interpolation folgende Tabellen hergeleitet habe, in welchen die Spannungen des Waſſerdunſtes, die niedriger als das Maximum der Spannung ſind, welches bei vollkommener Sättigung des Raums mit Dunſt Statt hat, in Hunderttheilen dieſes Maximums ausgedrückt ſind. Man kann ſelbſt ohne großen Irrthum den Gebrauch dieſer Tabellen auf jede andre Temperatur von 0° bis 100° ausdehnen, indem man als das Maximum der Spannung das, was jeder dieſer Temperaturen zukommt, zu Grunde legt. Jedoch würden dieſe Verhältnißangaben für Temperaturen über 10° die Menge der Dünſte etwas zu gering, für Temperaturen unter 10° etwas zu groß beſtimmen.

Spannung des Dunstes.	Grade des Haarhygrometers.	Spannung des Dunstes.	Grade des Haarhygrometers.	Spannung des Dunstes.	Grade des Haarhygrometers.
0	0,00	34	57,42	68	84,06
1	2,19	35	58,58	69	84,64
2	4,37	36	59,61	70	85,22
3	6,56	37	60,64	71	85,77
4	8,75	38	61,66	72	86,31
5	10,94	39	62,69	73	86,86
6	12,93	40	63,72	74	87,41
7	14,92	41	64,63	75	87,95
8	16,92	42	65,53	76	88,47
9	18,91	43	66,43	77	88,99
10	20,91	44	67,34	78	89,51
11	22,81	45	68,24	79	90,03
12	24,71	46	69,03	80	90,55
13	26,61	47	69,83	81	91,05
14	28,51	48	70,62	82	91,55
15	30,41	49	71,42	83	92,05
16	32,08	50	72.21	84	92,54
17	33,76	51	72,94	85	93,04
18	35,43	52	73,68	86	93,52
19	37,11	53	74,41	87	94,00
20	38,78	54	75,14	88	94,48
21	40,27	55	75,87	89	94,95
22	41,76	56	76,54	90	95,43
23	43,26	57	77,21	91	95,90
24	44,75	58	77,88	92	96,36
25	46,24	59	78,55	93	96,82
26	47,55	60	79,22	94	97,29
27	48,86	61	79,84	95	97,75
28	50,18	62	80,46	96	98,20
29	51,49	63	81,08	97	98,69
30	52,81	64	81,70	98	99,10
31	53,96	65	82.32	99	99,55
32	55,11	66	82,90	100	100,00
33	56,27	67	83,48		

Dieſe Tabelle iſt beſtimmt, den Grad des Haarhygrometers finden zu laſſen, wenn man die Spannung des, in der Luft gerade vorhandenen, Waſſerdunſtes kennt. Die Spannung des Waſſerdunſtes, welche bei vollkommener Sättigung Statt hat, iſt durch die Zahl 100 ausgedrückt; die andern geringern Spannungen ſind in Hunderttheilen dieſer, als Einheit zu Grunde gelegten, Größe angegeben. Wären ſie mithin unter einer andern Form, z. B. in Millimetern beobachtet, ſo müßte man ſie mit 100 multipliciren und mit 9^{mm}, 475 dividiren, welches das Maximum der Spannung des Dunſtes in Millimetern bei der Temperatur von 10° C. iſt.

Grade des Haarhygrometers.	Spannung des Dunſtes.	Grade des Haarhygrometers.	Spannung des Dunſtes.	Grade des Haarhygrometers.	Spannung des Dunſtes.
0	0,00	34	17,10	68	44,89
1	0,45	35	17,68	69	46,04
2	0,90	36	18,30	70	47,19
3	1,35	37	18,92	71	48,51
4	1,80	38	19,54	72	49,82
5	2,25	39	20,16	73	51,14
6	2,71	40	20,78	74	52,45
7	3,18	41	21,45	75	53,76
8	3,64	42	22,12	76	55,25
9	4,10	43	22,79	77	56,74
10	4,57	44	23,46	78	58,24
11	5,05	45	24,13	79	59,73
12	5,52	46	24,86	80	61,22
13	6,00	47	25,59	81	62,89
14	6,48	48	26,32	82	64,57
15	6,96	49	27,06	83	66,24
16	7,46	50	27,79	84	67,92
17	7,95	51	28,58	85	69,59
18	8,45	52	29,38	86	71,49
19	8,95	53	30,17	87	73,39
20	9,45	54	30,97	88	75,29
21	9,97	55	31,76	89	77,19
22	10,49	56	32,66	90	79,09
23	11,01	57	33,57	91	81,09
24	11,53	58	34,47	92	83,08
25	12,05	59	35,37	93	85,08
26	12,59	60	36,28	94	87,07
27	13,14	61	37,31	95	89,06
28	13,69	62	38,34	96	91,25
29	14,23	63	39,36	97	93,44
30	14,78	64	40,39	98	95,63
31	15,36	65	41,42	99	97,81
32	15,94	66	42,58	100	100,00
33	16,52	67	43,73		

Dieſe Tabelle iſt beſtimmt, die Spannungen des Dunſtes, welche den Hygrometergraden entſprechen, zu geben. Wie in voriger Tabelle ſind dieſe Spannungen in Hunderttheilen der Totalſpannung (des Maximums der Spannung) ausgedrückt.

Bringt man ein Hygrometer ſucceſſiv in die verſchiednen Schichten der Atmoſphäre, indem man ſich z. B. in einem Aeroſtat erhebt, ſo ſieht man, daß es in dem Maße als man in höhere Regionen gelangt, mehr Trockenheit der Luft anzeigt; und kommt man in ſehr große Höhen, wie Gay-Luſſac bei ſeiner Luftreiſe, ſo erreicht die Trockenheit einen ſolchen Grad daß ſie das Holz, das Pergament und alle andre Körper, welche die geringſte Spur von Feuchtigkeit enthalten, verdreht und verunſtaltet. Dieſe Erſcheinung iſt um ſo bemerkenswerther, da zugleich die Temperatur in dem Maße, als man höher aufſteigt, niedriger wird, ſo daß ſie in den höhern Luftſchichten ganz gering iſt; weshalb auch die Dunſtmenge, die ein Raum dort zu faſſen vermag, nur ſehr wenig betragen kann. Dieſe Abnahme der Temperatur wird ſehr erklärlich, wenn man in Erwägung zieht, daß die Luft bei ihrer Ausdehnung Wärme verſchluckt, ſo daß eine und dieſelbe Luftmaſſe, wenn ſie aus den untern Schichten in die obern gebracht wird, nothwendig kälter werden muß, indem ſie ſo viel von ihrem eignen Caloricum, als für die Zunahme der Ausdehnung erforderlich iſt, zum Verſchwinden bringt. Auch wird man weiterhin, wo wir vom Thau handeln, ſehen, daß ſelbſt die Heiterkeit des überliegenden Himmels viel zur Erkältung der obern Schichten der Atmoſphäre beitragen muß. Weit ſchwerer ſcheint aber die Erklärung der ſchnellen Abnahme der hygrometriſchen Feuchtigkeit zu fallen.

Indeß ſcheint ſich mir aus dieſer Abnahme, als Thatſache zu Grunde gelegt, eine ziemlich annehmbare Erklärung zu ergeben, warum in unſern Europäiſchen Klimaten das Steigen des Barometers gewöhnlich ſchönes Wetter anzeigt: nämlich deshalb, weil dann die Wolken, die ſich in Regen hätten auflöſen können, in höhere Regionen aufſteigen, wo größere Trockenheit Statt findet, und wo ſie ſich mithin leichter zerſtreuen können. Wenn dagegen das Barometer ſinkt, ſo ſenken ſich die Wolken auch, und gelangen, indem ſie ſich der Erde nähern, zu Höhen, wo der Raum dem Sättigungsgrade näher ſteht, wo mithin ein Niederſchlagen der Dünſte leichter erfolgen muß. Nach dieſer Anſicht muß das Sinken des Barometers ſichrere Voranzeigen liefern, als ſein Steigen; denn das Aufſteigen der Wolken, welches der, durch das Steigen des Barometers angezeigten, Zunahme des atmoſphäriſchen Drucks entſpricht, wird nichts dazu beitragen können, ſie in Dunſt zu verwandeln, wenn durch Wirkung eines, in den höhern Schichten wehenden, anhaltenden und feuchten Windes der Raum bis zu einer großen Höhe mit Waſſerdunſt erfüllt iſt. Dann wird alſo der Fall eintreten, daß das Barometer ſteigt, ohne daß das Regenwetter aufhört. In der That geſchieht dies zuweilen in unſern Klimaten; und eben ſo kann es auch in den Tropenländern, wenn die Regenzeit gekommen iſt, unaufhörlich regnen, ohne daß das Barometer unter ſeinen mittlern Stand dauernd herabſinkt.

Siebzehntes Capitel.

Vom ſpecifiſchen Gewicht der Körper,

Schon mehrmals haben wir bei unſern Verſuchen das Bedürfniß gefühlt, das Gewicht gewiſſer Körper bei einem gegebenen Volumen zu kennen; z. B. zu wiſſen, wie viel ein Litre Luft oder ein Cubikcentimeter Queckſilber wiegt. Der Nutzen dieſer Kenntniſſe und ihre häufige Anwendbarkeit in der Chemie und Phyſik fordern uns auf, Methoden ausfindig zu machen, um ſie in möglichſter Allgemeinheit und Schärfe zu erlangen.

Der einfachſte Weg, der ſich hier darbietet, iſt, die Gewichte irgend zweier gleichen Volumina, das eine von Waſſer, das andere von der gegebenen Subſtanz vergleichungsweiſe zu meſſen. Denn geſetzt z. B., die Wägungen beider Volumina würden bei der Temperatur der größten Waſſerdichte vorgenommen, ſo wird man dadurch erfahren, daß die gegebene Subſtanz zweimal, dreimal oder überhaupt n mal ſo ſchwer, als das Waſſer bei gleichem Volumen iſt. Nun hat der urſprünglichen Beſtimmung der metriſchen Maße zufolge, jeder Gramme Waſſers bei dieſer Temperatur das Volumen eines Cubikcentimeters. Mithin wird man wiſſen, daß jeder Cubikcentimeter der gegebenen Subſtanz 2 oder 3 oder überhaupt n Grammen wiegt; und nichts anderes war es, was man zu wiſſen verlangte. Es iſt nicht einmal erforderlich, daß die Wägungen genau bei der Temperatur der größten Waſſerdichte vorgenommen werden; ſo bald man nur die Ausdehnung des Waſſers und der mit ihm zu vergleichenden, Subſtanz, welche dem jedesmaligen Temperaturgrade entſpricht, in Rechnung zieht. Dies erlaubte uns nicht, die Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand eher auf eine allgemeine Weiſe anzuſtellen, bevor wir nicht die Ausdehnung der Körper gemeſſen und auf beſtimmt ausgeſprochene Geſetze zurückgebracht hatten.

Dieſe Zahl n, welche ausdruckt, wie vielmal das Gewicht einer gegebenen Subſtanz das Gewicht des Waſſers bei gleichem Volumen in ſich enthält, heißt die *ſpecifiſche Schwere* oder richtiger das *ſpecifiſche Gewicht (Eigengewicht)* des Körpers. Wir werden es immer, wie ſo eben, auf die Temperatur der größten Waſſerdichte beziehen, wo dann die Zahl n, welche das ſpecifiſche Gewicht eines Körpers angiebt, dadurch zugleich die Anzahl Grammen ausdrückt, welche ein Cubikcentimeter dieſes Körpers wiegt.

Als wir im erſten Buche die Grundgeſetze des Gleichgewichts und der Bewegung feſtſtellten, nannten wir *Dichte* oder *Dichtigkeit* eines Körpers die relative Menge träger Materie, die er unter einem gegebenen Volumen enthält; wir ſahen daſelbſt, daß dieſe Menge ſich, *für alle Anwendungen in der Mechanik*, als dem Gewicht proportional annehmen läßt, ſo daß ein Körper zwei= oder drei= oder allgemein n mal ſo dicht als ein andrer zu nennen iſt, je nachdem er zwei= drei= oder n mal ſo viel bei gleichem Volumen wiegt als dieſer andre, mit dem man ihn verglichen hat. Legt man alſo die Dichtigkeit des erſten Körpers als Einheit der Dichtigkeiten zu Grunde, ſo wird die des zweiten und jedes andern Körpers auch durch die Zahl n ausgedrückt werden. In unſerm (dem Franzöſiſchen) Maßſyſteme wird am zweckmäßigſten als Einheit der Dichtigkeit die Dichtigkeit angenommen, welche das Waſſer bei der Temperatur ſeiner größten Verdichtung hat. *Dann iſt die Dichtigkeit jedes andern Körpers ſeinem ſpecifiſchen Gewicht gleich.* Dieſe Uebereinkunft werden wir ſtets im Auge behalten.

Denken wir uns jetzt eine Waſſermaſſe, welche auf das Maximum ihrer Verdichtung gebracht, irgend eine Zahl V Cubikcentimeter befaßt; ſo wird V auch die Anzahl Grammen ausdrücken, welche ihr Gewicht enthält. Jedoch wird dieſer Ausdruck in aller Schärfe nur für den Parallelkreis der Breite genau ſeyn, in Bezug zu welchem die Beſtimmung des Gramme's gegeben iſt; denn da die Intenſität der Schwerkraft ſich unter den verſchiednen Breiten des Erdkörpers abändert; ſo zeigt ſich die nämliche Waſſermaſſe, ſucceſſiv auf verſchiednen Breitekreiſen gewogen, von verſchiednen abſoluten Gewichten, und will man dieſe Gewichte immer auf den, im Anfange zu Grunde gelegten, und als unveränderlich betrachteten, Gramme beziehen, ſo wird der Ausdruck für ihre Größe ſich der Intenſität der Schwere an den verſchiednen Orten proportional verändern. Es werde nun dieſe Intenſität an dem Orte, in Bezug auf welchen der Gramme beſtimmt worden iſt, wofür wir z. B. Paris nehmen, durch 1 ausgedrückt, ſo wird ihr Werth für jeden andern Ort der Erde durch eine andere größere oder geringere Zahl ausgedrückt werden, welche die Pendelbeobachtungen kennen lehren, wie wir im erſten Buch erörtert haben, und wozu man im größern Werke den analytiſchen Ausdruck findet. Multiplicirt man das anfänglich genommene Volumen V mit dieſer Zahl, ſo wird man im Product den Ausdruck für das Gewicht derſelben Waſſermaſſe in Grammen für irgend eine Breite erhalten, wobei für das Gewicht jedes Grammes immer die urſprüngliche Beſtimmung deſſelben zu Grunde gelegt bleibt.

Um nun das Gewicht P eines andern Körpers auszudrücken, der mit dieſer Waſſermaſſe gleiches Volumen (das Volumen V) hat, muß man das, wie vorher erhaltene, Gewicht letztrer mit dem ſpecifiſchen Gewicht dieſes Körpers multipliciren. In dieſem Sinne ſagt man, das Gewicht eines Körpers ſey dem Product aus ſeiner Dichtigkeit und ſeinem Volumen in die Schwerkraft gleich: allein es iſt nicht zu vergeſſen, daß hierbei unter Gewicht, Schwerkraft, Volumen und Dichtigkeit keine abſoluten Größen verſtanden werden. Es ſind vielmehr abſtracte Zahlen, jede auf ihre beſondre Einheit bezogen.

Nach Feſtſtellung dieſer allgemeinen Grundſätze, können wir nun zu einer nähern Betrachtung der Verſuche übergehen, durch welche die Zahl n für die verſchiednen Zuſtände der Körper ausgemittelt wird.

Achtzehntes Capitel.

Ueber das Verfahren, das ſpecifiſche Gewicht der Gasarten zu beſtimmen.

Da die Dichtigkeiten aller gasförmigen Subſtanzen nur ſehr gering ſind, ſo iſt es zweckmäßig, um ihre Unterſchiede deſto bemerklicher zu machen, ſie zuvörderſt auf die Dichtigkeit einer unter ihnen ſelbſt zu beziehen. Wir wählen hiezu die atmoſphäriſche Luft, welche, der Beobachtung aller Phyſiker und Chemiker zufolge, in allen Klimaten der Erde und zu allen Jahreszeiten ſtets von der nämlichen Beſchaffenheit iſt.

Um das Gewicht eines gleichen Volumens atmoſphäriſcher Luft und einer andern Gasart zu meſſen, nimmt man einen Glasballon, der wenigſtens 5 bis 6 Litres faßt, damit Irrthümer beim Abwägen nicht von zu großem Einfluß auf die Reſultate ſind, welches der Fall ſeyn würde, wenn man dem Verſuch zu kleine Volumina unterwürfe. Dieſer Ballon muß mit einem hinlänglich genau gearbeiteten Hahn verſchloſſen werden, um dem Innern des Ballons alle Gemeinſchaft mit der äußern Luft abzuſchneiden. Zuerſt ſchraubt man den Ballon mit geöffnetem Hahn auf den Teller einer guten Luftpumpe und pumpt ihn ſo leer als möglich. Der einfachern Betrachtung halber wollen wir zuvörderſt annehmen, die Luft ſey ganz rein aus dem Ballon ausgepumpt, in dieſem mithin eine vollkommene Leere. Der Hahn wird jetzt verſchloſſen, und der Ballon, nachdem er abgeſchraubt worden iſt, mittelſt einer ganz genauen Wage gewogen[1]). Es ſey T das, ſolchergeſtalt gefundene, Gewicht.

Man öffnet hierauf behutſam den Hahn, ohne den Ballon von der Wage abzunehmen; die äußere Luft dringt hinein und füllt ihn an. Man wiegt ihn abermals bei offenbleibendem Hahne, und findet ſein Gewicht ſtets größer als vorhin. Es ſey P'' das jetzt gefundene Gewicht.

Es leuchtet ein, daß die Gewichtszunahme des Ballons von der eingedrungenen Luft herrührt, und genau ſo viel beträgt, als das Gewicht dieſer Luft. Sonach wird der Ueberſchuß des, bei der zweiten Wägung erhaltenen, Gewichts über das erſt erhaltene das Gewicht des Volumens atmoſphäriſcher Luft, welches der Ballon enthält, unter den Umſtänden, unter denen der Verſuch angeſtellt wurde, angeben.

Gerade eben ſo verfährt man, um das Gewicht eines eben ſo großen Volumens irgend einer andern Gasart zu finden. Zuerſt wiegt man wieder den Ballon, nachdem man ihn luftleer gemacht hat. Es ſey in dieſem Fall π ſein Gewicht, welches von P verſchieden ſeyn kann, weil vielleicht in der Dichtigkeit der Luft, die er aus der Stelle drückt, eine Veränderung eingetreten iſt. Nachdem dies Gewicht gefunden iſt, füllt man den Ballon ſogleich mit Gas, welches unter Beobachtung aller, zur Bewahrung ſeiner Reinheit erforderlichen, Vorſichtsmaßregeln einzubringen iſt. Darauf ſchließt man den Hahn, wiegt den Ballon abermals und findet ihn ſchwerer als vorhin. Es ſey π'' das Gewicht, welches man jetzt beobachtet.

Offenbar ſtellt der Unterſchied $\pi'' - \pi$ das Gewicht des eingebrachten Gaſes vor; und das Verhältniß $\frac{\pi'' - \pi}{P'' - P}$ giebt das Gewicht an, welches dieſes Gas im Vergleich mit dem der atmoſphäriſchen Luft unter den Umſtänden des Verſuchs hat.

Wenn man nun aber auf ſolche Weiſe den Verſuch an verſchiedenen Tagen mit der nämlichen Luft, dem nämlichen Ballon, der nämlichen Luftpumpe und den nämlichen Wagen anſtellt, ſo findet man deſſenungeachtet die Reſultate nie übereinſtimmend; welches beweiſt; daß die Beobachtungen, obwohl mit aller Genauigkeit angeſtellt, doch nicht unter einander vergleichbar ſind, und, um es zu werden, erſt mehrere Correctionen erfahren müſſen, von denen ich jetzt ſprechen will.

---

[1]) Hiebei legt man den Ballon nicht auf die Wagſchalen, was wegen der großen Dimenſionen, die man ihnen dann zu geben hätte, mit Unbequemlichkeit verknüpft ſeyn würde; ſondern hängt ihn an die Wage mittelſt eines Kupferdraths auf, deſſen Enden ringförmig gebogen ſind. Der eine dieſer Ringe wird an dem untern Theil der einen Wagſchale befeſtigt, der andre an einen Haken angefügt, in den der obere Theil des Hahns am Ballon ausgeht. Fig. 69.

Zuvörderſt wiſſen wir, daß ſich der Druck der Atmoſphäre nicht immer gleich bleibt. Da dieſer nun auch auf die, in dem offen gewogenen Ballon enthaltene, Luft wirkt, ſo muß ſich die Dichtigkeit, ſo wie das Gewicht derſelben ändern, je nachdem der Luftdruck ſtärker oder ſchwächer wird. Dies iſt eine der Urſachen, welche die Anbringung von Correctionen erfordern. Von ähnlichem Einfluß iſt die Temperatur; denn bei gleichbleibendem Luftdrucke vermag ſie, je nachdem ſie ſteigt oder ſinkt, eine Verdichtung oder Verdünnung der Luft zu bewirken. Auch ihre Beobachtung und Berückſichtigung wird demnach erforderlich ſeyn.

Dieſelben Urſachen werden von gleichem Einfluß auf die Gewichte aller übrigen Gasarten ſeyn, wenn ſie in den, zuvor luftleer gemachten, Ballon gebracht werden. Auch bei ihnen wird man daher auf den Grad des Drucks und der Temperatur, unter welchem ſie in den Ballon gebracht werden, Rückſicht nehmen müſſen.

Der Ballon ſelbſt behält nicht immer die nämliche Weite; denn, je nachdem die Temperatur ſteigt oder ſinkt, dehnt ſich das Gas aus oder zieht ſich zuſammen, und vergrößert oder verkleinert dadurch das Volumen des Ballons: auch dies wird in Rechnung gezogen werden müſſen.

Endlich haben wir auch noch geſehen, daß die atmoſphäriſche Luft, ſo wie alle übrigen Gasarten, ein gewiſſes Quantum Waſſerdünſte enthalten kann, welches ſich mit der Temperatur und der größern oder geringern Austrocknung, welche das Gas erfahren hat, abändert. Demnach wird ein und daſſelbe Volumen einer und derſelben Gasart von verſchiednem Gewicht ſeyn können, je nachdem es eine größere oder geringere Menge von dieſem Dunſt enthält, der die Stelle eines gewiſſen Theils ſeiner Maſſe einnimmt. Um alſo die Reſultate vergleichbar zu erhalten, wird man die Quantität der Waſſerdünſte, welche in den zu wägenden Luftarten enthalten ſind, kennen, und bei den Reſultaten berückſichtigen müſſen; oder man wird ſie durch Alkalien verſchlucken laſſen müſſen, damit ihre Einwirkung aus dem Spiele bleibe.

Alle eben erörterten Urſachen werden noch einen anderweiten Einfluß auf die Verſuche äußern, indem ſie die Dichtigkeit der, den Ballon beim Wägen umgebenden, atmoſphäriſchen Luft verändern. Ein Körper nämlich, der in eine ſchwere Flüſſigkeit getaucht iſt, verliert darin immer ſo viel von ſeinem Gewicht, als das Gewicht des Volumens Flüſſigkeit beträgt, welches er aus der Stelle drückt. Mithin wird der Gewichtsverluſt, den der Ballon, voll oder leer in der freien Luft gewogen, erleidet, ſich mit ſeinem Volumen, dem Luftdrucke, der Temperatur und dem hygrometriſchen Zuſtande der äußern Luft abändern.

Wir ſetzten voraus, der Ballon laſſe ſich durch die Luftpumpe vollkommen rein auspumpen. Dies iſt aber nie der Fall: bei aller Sorgfalt, die man anwenden mag, eine vollkommene Luftleere zu bewirken, wird man doch ſtets genöthigt ſeyn, eine kleine Menge elaſtiſcher Flüſſigkeiten darin zurückzulaſſen, die ihre Gegenwart durch den Druck offenbaren, den ſie auf das, mit dem Innern der Luftpumpe in Verbindung ſtehende, Barometer ausüben. Man wird alſo dieſen Druck meſſen und zugleich wiſſen müſſen, ob er von einem geringen Rückſtand atmoſphäriſcher Luft oder Waſſerdunſtes oder einer Miſchung beider herrühre.

Hat man alle dieſe Angaben, ſo kann man das Gewicht berechnen, welches die atmoſphäriſche Luft und andere Gasarten, die im Ballon bei der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes unter dem Druck von $0^{m},76$, und bei völliger Freiheit von Waſſerdünſten enthalten ſind, beſitzen. Weiß man überdieß, wie viel das Volumen des Ballons in Litres und Theilen des Litre beträgt, ſo läßt ſich daraus das Gewicht, was ein Litre jeder Gasart hat, herleiten. In meinem großen Werke wird man alle Formeln finden, welche zur Ausführung dieſer Reductionen erforderlich ſind, ſo wie die Angaben aller Verfahrungsarten, durch welche ſich Genauigkeit in den Verſuchen erhalten läßt. Da ich hier ins Nähere nicht eingehen kann, ſo begnüge ich mich, als eine, aus jenen ausführlichen Angaben gezogene, Folgerung eine ganz einfache und genaue Regel anzuführen, deren Reſultate nicht einmal in Abhängigkeit von dem hygrometriſchen Zuſtande der Luft ſtehen; wobei blos erforderlich iſt, daß bei den verſchiednen Wägungen, welche mit dem Ballon vorgenommen werden, wenn er luftleer, mit atmoſphäriſcher Luft, oder einem andern Gas angefüllt iſt, die Austrocknung des Innenraums durch alkaliſche Salze bewerkſtelligt worden ſey.

Dies vorausgeſetzt, beobachte man die geringe Spannung ϑ, welche die Probe der Luftpumpe noch anzeigt, nachdem man den, inwendig trocknen, Ballon, ſo rein als möglich ausgepumpt hat. Man wiege ihn in dieſem Zuſtande und nenne ſein relatives Gewicht, welches er in der Luft hat, P, fülle ihn darauf mit dem Gas, und bemerke den Druck p', den das Barometer im Innern des Ballons anzeigt, in dem Augenblick, wo er durch Drehen des Hahns verſchloſſen wird. $p' - \vartheta$ wird der Theil dieſes Drucks ſeyn, den das Gas wirklich zu tragen hat. t' ſey ſeine Temperatur. Man bemerke abermals das relative Gewicht P'' des, neu angefüllten, Ballons; pumpe ihn wieder bis zu dem Grade der Spannung ϑ aus, die man in ihm das erſtemal hatte zurücklaſſen müſſen, und finde ſein jetziges Gewicht P'''. Man wird nun in $P'' - \frac{1}{2}(P + P''')$ den genauen Ausdruck für das Gewicht haben, welches dem trocknen Gas unter den Umſtänden des Verſuchs, d. i. bei der Temperatur t', unter dem Druck $p' - \vartheta$, und für das Volumen des in Gebrauch gezogenen Ballons zukommt. Sonach iſt, um die Reſultate vergleichbar zu finden, weiter nichts mehr übrig, als daß ſie auch auf einen beſtändigen Druck und eine beſtändige Temperatur zurückgeführt werden, z. B. auf $0^{m}, 76$, und auf 0°, wie auf S. 243 erörtert worden. Um aber die äußerſte Schärfe zu erreichen, muß noch das Volumen, welches der Ballon zur Zeit des Verſuchs hat, auf eine feſte Beſtimmung zurückgeführt werden, indem man die Ausdehnung des Glaſes in Rückſicht nimmt. Mittelſt ähnlicher oder gleichgeltender Verfahrungsarten wurden die, auf folgender Tabelle enthaltenen, Reſultate gefunden.

Tabelle

über das ſpeciſiſche Gewicht der Gasarten und einiger Dünſte, bezogen auf das der atmoſphäriſchen Luft, als Einheit.

Subſtanzen.	Dichtigkeiten durch Verſuche ausgemittelt.		Dichtigkeiten, aus dem Verhältniß der Beſtandtheile und der Zuſammenziehung des Volumens berechnet.	
Atmoſphäriſche Luft	1,00000	Biot u. Arago.		
Sauerſtoffgas	1,10359			
Stickſtoffgas	0,96913			
Waſſerſtoffgas	0,07321			
Kohlenſaures Gas	1,51961			
Ammoniumgas	0,59669		0,59430.	3 Waſſt. u. 1 Stickſt. zuſammengez. in 2 Vol.
Salzſaures Gas	1,24740			
Chlorine	2,470.	Gay und Thénard	2,421.	Unter der Annahme, daß 1 Chlor. und 1 Waſſerſtoff 2 ſalzſaur. Gas bilden.
Kohlenſtoffoxydgas	0,9569.	Cruikſhanks	0,96782.	Vorausgeſetzt, daß 1 Kohlenſ. weniger ½ Sauerſtoff, 1 dieſes Gas bilden.
Oxydirtes Stickgas	1,5204.	Colin.	1,52092.	1 Stickſt. und ½ Sauerſtoff auf 1 Vol. reducirt.
Salpetergas	1,0388.	Bérard		
Schwefelwaſſerſtoffgas	1,1912	Gay u. Thénard		
Schwefeligſaures Gas	2,1204			
Oelerzeugendes Gas	0,97804.	Th. v. Sauſſure		
Flußboraxſaur. Gas	2,3709.	John Davy.		
Kieſelerdehaltiges flußſaures Gas	3,5737.			
Chlorinkohlenſtoffgas			3,3888	nach J. Davy.
Euchloringas			2,3782.	4 Chlor. und 2 Sauerſtoff red. auf 5 Vol.
Jodinewaſſerſtoffgas	4,443.	Gay	4,4288.	

	Subſtanzen.	Dichtigkeiten durch Verſuche ausgemittelt.		Dichtigkeiten, aus dem Verhältniß der Beſtandtheile und der Zuſammenziehung des Volumens berechnet.	
Dunſt von	Waſſer	0,62349	Gay.	0,624.	Vorausgeſetzt, daß 2 Waſſerſtoff und 1 Sauerſtoff 2 Waſſerdunſt bilden
	Abſoluter Alkohol	1,6133.			
	Schwefeläther	2,5860.			
	Jodinewaſſerſtoffäther .	5,4749.			
	Deſtill. Terpentinöl . .	5,0130.			
	Schwefelkohlenſtoff . . .	2,6447.			
	Jodine			8,6195.	
	Salzäther . .	2,219	Thénard.		
	Kohlenſtoff . .	0,416			

Die letzte Spalte dieſer Tabelle, welche die Dichtigkeiten enthält, wie ſie aus der chemiſchen Zuſammenſetzung berechnet worden ſind, erfordert einige Erläuterung. Gay-Luſſac hat ſchon vor langer Zeit die wichtige Entdeckung gemacht, daß die gasförmigen Stoffe, welche aus der chemiſchen Vereinigung mehrerer anderer gasförmiger Stoffe hervorgehn, in einem gegebenen Volumen ſtets die Volumina ihrer Beſtandtheile nach einer ganzen Zahl enthalten, und zwar ſo enthalten, daß dieſe dabei gleichzeitig in einen kleinern Raum zuſammengezogen oder in einen größern ausgedehnt worden ſind, nach einem, im Allgemeinen durch einfache Zahlen auszudrückenden, Verhältniß. Den Beleg dazu giebt die Tabelle der Dichtigkeiten ſelbſt. Die Dichtigkeit nämlich einer Gasart iſt nichts anders, als ihr Gewicht unter der Einheit des Volumens, bezogen auf das Gewicht der atmoſphäriſchen Luft als Gewichtseinheit. Vervielfältigt man nun die Dichtigkeit jedes der Grundſtoffe mit einer ganzen Zahl, ſo wird man den Gewichtsausdruck für eben ſo viel Volumina eines jeden derſelben erhalten. Addirt man dieſe Producte, ſo erhält man das Gewicht des Totalvolumens, welches durch die Geſammtzahl der Volumina gebildet wird. Man braucht mithin dies nur noch nach dem Verhältniß zu reduciren, welches als für die Ausdehnung oder Zuſammenziehung Statt findend angenommen wurde. Das Ammoniumgas mag uns als Beiſpiel dienen. Die Zerlegung deſſelben hat gelehrt, daß es

3 Volumtheile Waſſerſtoffgas in Verbindung mit 1 Volumtheil Stickſtoffgas enthält; nun beträgt vermöge der Dichtigkeiten dieſer Grundſtoffe.

Das Gewicht von 3 Volumtheilen Waſſerſtoff 3 × 0,07321 oder	0,21963
Das Gewicht von 1 Volumtheil Stickſtoff	0,96913
Die Summe, oder das Gewicht von 4 Volumth. der Miſchung	1,18876
Alſo das Gewicht eines einzigen Volumtheils	0,29719
Nun iſt das Gewicht eines Volumtheils Ammoniumgas . .	0,59669

d. i. faſt das Doppelte des Vorigen (0,29719).

Man ſieht alſo, daß ſich, bei der chemiſchen Verbindung, jedes doppelte Volumen der vermiſchten Grundſtoffe in ein einziges zuſammengezogen hat. Hienach muß die berechnete Dichtigkeit das Doppelte von 0,29719, d. i. gleich 0,59438 ſeyn, was in der That von der, durch Erfahrung gefundenen, Dichtigkeit ſehr wenig abweicht. Durch die nämliche Art der Berechnung ſind auch die übrigen, in den letzten Spalten angegebenen, Verhältniſſe, nach denen ſich die andern Gasarten bei ihrer chemiſchen Vereinigung ausdehnen oder zuſammenziehen, ausgemittelt worden, und die Uebereinſtimmung zwiſchen den Reſultaten der Rechnung und der Beobachtung verhält ſich auf eine zu bleibende Weiſe, als daß man in der Einfachheit jener Verhältniſſe der Volumina eine, in der Natur gegründete, Bedingung der chemiſchen Vereinigung der Gasarten verkennen konnte.

Man hat analogiſch dieſe Bedingung ſelbſt auf Subſtanzen ausgedehnt, die wir nicht vermögend ſind, in gasförmigen Zuſtand zu bringen; und die Dichtigkeiten daraus hergeleitet, die ſie haben müßten, wenn ſie in dieſen Zuſtand gebracht würden. So zeigt die chemiſche Analyſe, daß das Sauerſtoffgas ſein Volumen nicht ändert, wenn es mit Kohlenſtoff zur gasförmigen Kohlenſäure zuſammentritt. Nun wiegt nach unſrer Tabelle ein Volumen Kohlenſäure 1,51971. Ziehen wir davon das Gewicht eines Volumens Sauerſtoff gleich 1,10359, ab, ſo wird der Reſt 0,41602 das Gewicht des, im Volumen 1 dieſer Säure enthaltnen, Kohlenſtoffs angeben. Mithin wird dies auch das Gewicht eines Volumens 1 Kohlenſtoffdunſt ſeyn, weil keine Verdichtung vorgegangen iſt.

Fügt man nun zum Gewicht eines ſolchen Volumens, welches 0,41602 beträgt, das Gewicht eines halben Volumens Sauerſtoff gleich 0,55179, ſo wird ſich als Summe 0,96791 ergeben. Dies iſt genau die Dichtigkeit des Kohlenſtoffoxydgaſes; und man erhält dadurch einen neuen Ausdruck für ſeine Zuſammenſetzung: wonach der Kohlenſtoff in ihm mit halb ſo viel Sauerſtoff dem Gewichte nach verbunden iſt, als in der Kohlenſäure. Das nämliche Verhältniß findet zwiſchen den Sauerſtoffmengen Statt, welche das erſte und zweite Oxyd des Stickſtoffs (oxydirte Stickſtoffluft und Salpetergas) bilden, wie aus unſerer Tabelle erhellt. Überhaupt kommen bei den Subſtanzen, welche eine ſehr ſtarke Verwandtſchaft zu einander haben, die verſchiednen Gewichtsverhältniſſe, unter denen ſie ſich mit einander zu verbinden vermögen, faſt immer auf ſehr einfache Zahlenverhältniſſe zurück; eine Bemerkung, welche eine der Grundlagen der jetzigen theoretiſchen Anſichten in der Chemie geworden iſt. Immer iſt jedoch noch zweifelhaft, ob die nämliche Einfachheit der Verhältniſſe auch in dem Fall nothwendig fortbeſteht, wo der Verwandtſchaftsgrad ſehr ſchwach iſt.

Ich füge hier die Tabelle über die Gewichte einiger, als vollkommen trocken angenommenen, Gasarten bei.

Namen der Gasarten.	Gewicht eines Cubikcentimeters in Grammen bei der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes und unter dem Druck 0^m,76, unter der Breite von 45° gefunden.
Atmoſphäriſche Luft	0^g,001299075
Sauerſtoff	0, 001433630
Stickſtoff	0, 001258872
Waſſerſtoff	0, 0000951833
Kohlenſaures Gas	0, 001974088
Salzſaures Gas	0, 001620443
Ammonium Gas	0, 000775143
Waſſerdunſt	0, 000810269

Um das Gewicht eines Litre's der nämlichen Gasarten zu erhalten, müßte man die, für jeden derſelben geltende, Zahl mit 1000 multipliciren, weil der Litre 1000 Cubikcentimeter enthält. Das, in dieſer Tabelle angeführte, Gewicht des Waſſerdunſtes iſt einem mathematiſchen Umſtande zufolge angenommen; da dieſer Dunſt bei der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes und unter dem Druck von 0^m,76 nicht in luftförmigem Zuſtande zu beſtehen vermag; indeß iſt dieſe Beſtimmung doch für die Berechnungen von Nutzen; da ſie eine feſte Gränze abgiebt, von der man ausgehen kann, um das Gewicht eines Cubikcentimeters dieſes Dunſtes für jede andere Temperatur und unter jedem andern gegebenen, und wirklich beobachteten, Druck zu berechnen. Dieſe Berechnung wird ganz ſo, wie für ein trocknes Gas, geführt, unſerer Bemerkung S. 271 zufolge.

Dieſe Reſultate über die Gewichte der Gasarten wurden ſchon vor geraumer Zeit, hauptſächlich durch Arago's und meine Verſuche, ausgemittelt. Später entdeckte man, daß gasförmige Subſtanzen, wenn ſie durch Waſſer hindurch in andere Gefäße übergeleitet werden, einander (theilweis) wechſelſeitig austreiben, ſo daß die neuhinzugetretne Gasart die Verbindung mit dem Waſſer eingeht, aus der ſie die früher darin befindliche geſchieden hat. Dieſe Erſcheinung nun, die uns zur Zeit, als wir jene Verſuche anſtellten, noch unbekannt war, mußte theils bei Bereitung der Gasarten, die wir in Gebrauch zogen, theils ſelbſt während der ganz kurzen Zeit, die zu ihrer Einbringung in den Ballon erforderlich war, Statt haben, indem dieſe Operationen gewöhnlich ſo vorgenommen werden, daß man die Gasarten durch Waſſermaſſen ſtreichen läßt, die, da ſie frei an der atmosphäriſchen Luft ſtehn, immer mit ſolcher geſchwängert ſeyn müſſen. Die Wichtigkeit jener Beſtimmungen, welche bei einer Menge chemiſcher Verſuche zu Grunde gelegt werden müſſen, erforderte durchaus eine Entfernung jener Urſachen, die doch einigermaßen verhindert hätten, ihnen ganz zu trauen. Berzelius und Dulong haben ſich dies Verdienſt erworben, indem ſie durch neue, mit aller denkbaren Sorgfalt und mit Umgehung jenes wechſelſeitigen Verdrängens der Gasarten, angeſtellte Verſuche folgende Beſtimmungen für das ſpeciſiſche Gewicht der Gasarten ausmittelten: Sauerſtoff 1,1026; Stickſtoff 0,9757; kohlenſaures Gas 1,5245; Waſſerſtoffgas 0,0688. Dieſe Reſultate beziehen ſich, gleich den unſrigen, auf die Temperatur des ſchmelzenden Eiſes und den Druck von 0,^{m}76. Wie man ſieht, beträgt der Unterſchied von jenen ſehr wenig. Indeß iſt er doch am bedeutendſten bei dem Waſſerſtoffgas; und dies darf in der That nicht anders ſeyn; denn da es an Leichtigkeit alle andern Gasarten übertrifft, ſo muß bei Vermiſchung mit irgend einer derſelben ſein ſpeciſiſches Gewicht zu ſtark ausfallen.

Die obigen Tabellen zeigen, daß viel luftförmige Subſtanzen bei gleichem Volumen ein geringeres Gewicht beſitzen, als die atmosphäriſche Luft. Denkt man ſich ein gegebenes Volumen von einer dieſer Luftarten, z. B. von Waſſerſtoffluft, in eine gewichtloſe Hülle eingeſchloſſen, und ſich ſelbſt in der Atmosphäre überlaſſen, ſo wird es vermöge ſeines Gewichts herabzuſinken ſtreben, allein zugleich nach oben getrieben werden durch eine Kraft gleich dem Gewicht des, von ihm aus der Stelle gedrückten, Luftvolumens. Dies Volumen Waſſerſtoffgas wird ſich ſomit in der Luft erheben, bis es in Schichten gelangt, deren Dichtigkeit der ſeinen nachſteht. Dadurch daß man dem Volumen recht große Dimenſionen giebt, wird man die Kraft, womit es aufzuſteigen ſtrebt, ſo verſtärken können, daß es ſelbſt eine ſchwere Hülle, ja eine Gondel mit Menſchen in die Höhe zu nehmen vermag. Auf dieſen Grundſatz ſind die Luftballons oder Aeroſtaten gebaut, deren Erſindung, eine der ſchönſten des achtzehnten Jahrhunderts, von Montgolfier herrührt.

Den erſten Luftballon ließen Montgolfier und ſeine Brüder zu Aunonay, im J. 1782, ſteigen. Er war kugelförmig und hatte 110 Fuß im Umkreis. Seine Hülle beſtand aus Papier, und zu ſeiner Füllung war atmosphäriſche Luft, durch die Wärme eines, unter die untere Mündung des Luftballons geſtellten, Ofens verdünnt, angewandt werden. Er erhob ſich zu einer Höhe von tauſend Toiſen (ſechstauſend Fuß).

Die Einrichtung dieſer Art von Luftballon, welche man nach ihrem Erfinder Montgolfiere nannte, war mit Gefahr und Schwierigkeit verbunden; mit Gefahr, weil das, in der Gondel unterhaltene, Feuer die Gondel ſelbſt oder die Wände des Ballons ergreiſen konnte; mit Schwierigkeit, weil das Feuer verſtärkt werden mußte, wenn man höher ſteigen wollte, geſchwächt, um herabzuſteigen, welches beides man nicht immer ganz ſo in ſeiner Gewalt hat, wie man es beabſichtigen mag.

Charles kam auf den glücklichen Einfall, zur Füllung des Ballons das Waſſerſtoffgas anzuwenden, bei deſſen geringer Dichtigkeit, die nur ungefähr $\frac{1}{13}$ von der der atmosphäriſchen Luft beträgt, das Aufſteigen nach Oben mit bedeutender und ohne Nachhülfe ſich gleichbleibender Kraft Statt finden mußte. Die Schwierigkeit war, eine Hülle ausfindig zu machen, die mit gehöriger Leichtigkeit die Eigenſchaft verbände, dem Gas keinen Durchgang zu verſtatten. Nach verſchiednen Verſuchen blieb Charles bei einer Hülle aus Taffet ſtehn, die mit einem Firniß aus warm in Terpentinöl aufgelöſtem Gummi elaſticum überzogen wird. Ein vollkommenes Gelingen krönte dieſes Verfahren. Charles und Robert erhoben ſich zuerſt in den Tuilerien in einem Aeroſtat von ſechs und zwanzig Fuß im Durchmeſſer und legten in wenig Minuten einen Raum von neun franzöſiſchen ($5\frac{1}{4}$ deutſchen) Meilen zurück. Darauf ſtieg Robert aus; Charles blieb allein in der Gondel, und erhob ſich nochmals mit der Geſchwindigkeit eines Pfeils in die Luft bis zu einer Höhe von 1750 Toiſen.

In den Ballons mit Waſſerſtoffgas kann der Luftſchiffer die Höhe, in welcher er ſich befinden will, nach Gutdünken beſtimmen. Zu dieſem Zwecke nimmt er einige Säcke voll Sand mit ſich auf. Will er höher ſteigen, ſo wirft er einen Theil dieſes Sandes heraus, und erleichtert dadurch den Ballon. Will er ſich ſenken, ſo läßt er eine kleine Menge des, im Aeroſtat enthaltenen, Gaſes entweichen, worauf dieſer ſchwerer wird. Dies auf leichtere Art zu bewerkſtelligen, iſt am oberſten Theile des Ballons ein Ventil angebracht, welches ſich mittelſt eines Stricks öffnen läßt, deſſen Ende in die Gondel herabreicht. An dieſem Strick hängt Heil und Leben des Schiffers; denn wenn er das Ventil nicht öffnen könnte, würde er das Spiel ſeines Ballons werden, und Gefahr laufen, ihn bis zu Höhen ſich erheben zu ſehen, wo er durch die Ausdehnung des Gaſes zerſprengt werden würde. Man muß ſich alſo vollkommen ſicher geſtellt haben, daß dieſer Strick haltbar, an das Ventil wohl befeſtigt ſey, und deſſen Oeffnung und Schluß mit Leichtigkeit bewerkſtellige. Der größern Sicherheit halber iſt ſogar anzurathen, zwei ſolche Stricke an die nämliche Klappe befeſtigen zu laſſen.

Zu welcher Höhe man übrigens auch aufſteigen wolle, nie muß man ſich ſeines ganzen Ballaſts entledigen; denn hat man das Ventil geöffnet, um ſich niederzulaſſen, ſo ſenkt ſich der Ballon nun wirklich mit dem Ueberſchuß ſeines Gewichts und zwar ganz wie ein ſchwerer Körper. Nur der Widerſtand der Luft bringt eine Verzögerung ſeines Falls zuwege. Sich ſelbſt überlaſſen erlangt er daher eine Geſchwindigkeit, die ſehr gefährlich wird, wenn man im Begriff iſt, auf die Erde zu ſtoßen. Um nun einen ſolchen Stoß zu vermeiden, entledigt man ſich vorher und ganz allmälig des Ballaſts den man noch bei ſich behalten hat. Die fortſchreitende Gewichtsverminderung hält dann zum Theil der Beſchleunigung durch die Schwerkraft die Wage, und bewirkt ein ſanftes Herabſinken auf die Erde, oder verſtattet auch, in einer kleinen Entfernung von ihrer Oberfläche noch anzuhalten, wenn der Ort, wo der Aeroſtat ſich ſenkt, Gefahr für das Ausſteigen darbietet.

Es iſt nutzlos, ja gefährlich, den Aeroſtat ſo weit anzufüllen, daß er in dem Augenblick, wo man ſich erhebt, ganz angeſchwollen iſt; denn in dem Maße als man höher in der Atmoſphäre emporſteigt, gelangt man in Luftſchichten, wo der Druck geringer, als auf der Erdoberfläche iſt. Demzufolge dehnt ſich das, im Aeroſtat enthaltene, Gas aus; und wenn der Ballon anfangs ganz aufgebläht war, ſo ſieht man ſich bald genöthigt, einen Theil des Gaſes durch die Sicherheitsventile, welche der Luftſchiffer handhabt, herauszulaſſen. Statt deſſen denke man ſich den Ballon an der Erdoberfläche nur halb angefüllt, und dabei doch mit hinreichender Steigkraft verſehen, um den Reiſenden mit der Gondel und Allem, was ſie in ſich faßt, emporzuführen. In dem Maße, als ſich der Luftballon erhebt, wird ſich das, in ihm enthaltene, Gas ausdehnen, um ſich mit dem äußern Luftdruck ins Gleichgewicht zu ſetzen. Allerdings nimmt die Schwere der äußern Luft nach oben ab; allein ganz in dem nämlichen Verhältniß nimmt das Volumen des Ballons zu; wodurch jene Verminderung aufgewogen wird; mithin bleibt die Steigkraft in dieſer verdünnten Luft noch eben ſo groß, als im Augenblick des Aufſteigens. Eben ſo wird die, in den obern Schichten Statt findende, niedere Temperatur der Steigkraft keinen Eintrag thun; denn alle Gasarten dehnen ſich bei den nämlichen Temperaturveränderungen auf gleiche Weiſe aus; ſonach wird die Wirkung auf die, im Ballon enthaltene, und auf die umgebende atmoſphäriſche, Luft auch gleich ſeyn, vorausgeſetzt, daß ihre Temperatur gleich iſt.

Charles machte zuerſt auf dieſe Nutzloſigkeit einer vollkommnen Anfüllung des Ballons im Augenblick des Aufſteigens aufmerkſam, und in Folge deſſen unterließen wir dieſelbe bei der Luftreiſe, die Gay-Luſſac und ich, weiterhin zu erwähnender phyſikaliſcher Unterſuchungen halber, anſtellten *). Die Steigkraft unſers Ballons im Augenblick der Abfahrt war ſehr gering und nur hinreichend, uns mit unſern Inſtrumenten emporzuführen. Man maß ſie mittelſt einer, unter der Gondel angebrachten, und an der Erde befeſtigten, Schnellwage. Wir nahmen ſo viel Ballaſt ein, als erforderlich war, die Steigkraft auf den, von uns beabſichtigten, Grad zu bringen, welcher meines Wiſſens einen Kilogramme (ungefähr zwei Pfund) betrug. Wir überließen uns jetzt dieſer Kraft, welche uns langſam bis zu einer Höhe von 4000 Meter (12313 par. Fuß) emporhob. Bei einer zweiten Luftfahrt, die Gay-Luſſac allein mit dem nämlichen Ballon unternahm, gelangte er zu einer Höhe von 7000 Metern (21549 par. Fuß); eine Höhe, die ſonſt noch kein Menſch erreicht hat.

Das Waſſerſtoffgas iſt jetzt zur Füllung der Luftballons allein noch im Gebrauch. Einige Modificationen, die man dabei anzubringen verſucht hat, ſind nicht von glücklichem Erfolge geweſen. Pilatre de Rozier wollte, man weiß nicht, aus welchem Grunde, die Luftverdünnung durch Feuer als Mittel zum Aufſteigen mit der Füllung durch Waſſerſtoffgas verbinden; indem er ſich zweier, über einander angebrachter, Ballons bediente, von denen der obere mit Waſſerſtoffgas, der untere mit erwärmter atmoſphäriſcher Luft angefüllt war. Das hieß jedoch einen Ofen unter einem Pulvermagazin anlegen. Pilatre de Rozier ſtarb ein Opfer ſeiner Erfindung **). Ein andrer italiäniſcher Phyſiker, Zambeccari fand ebenfalls ſeinen Tod nach mehrern wiederholt unglücklichen Verſuchen (in Montgolfieren mit Weingeiſtlampen). Ungeachtet dieſer traurigen Beiſpiele kann man überzeugt ſeyn, daß bei ſorgfältiger Beobachtung der wenigen, von mir angegebenen, Vorſichtsmaßregeln, die Luftreiſen heutzutage ganz ohne Gefahr ſind *).

---

*) Die Beſchreibung derſelben findet man in Gilberts Annalen der Phyſik. Band 20.

**) Am 15ten Juni 1785, als er von Calais nach England hinüberfliegen wollte.

Neunzehntes Capitel.

Maß des ſpecifiſchen Gewichts der tropfbaren Flüſſigkeiten.

Um das ſpecifiſche Gewicht der tropfbaren Flüſſigkeiten, ſo wie irgend anderer Körper, auszumitteln, muß man zwei gleiche Volumina Waſſer und der Flüſſigkeit wägen, die erhaltenen Gewichtsbeſtimmungen auf den leeren Raum und die Temperatur der größten Waſſerdichte zurückführen, und ein Gewicht durch das andre dividiren.

Um die Gleichheit der Volumina zu erhalten, bedient man ſich einer Glasflaſche mit einem Glasſtöpſel, der mittelſt Schmirgels in den Hals der Flaſche eingerieben wird, damit zwiſchen beiden vollkommener Schluß Statt finde. Dieſe Flaſche wird ſucceſſiv mit Waſſer und der Flüſſigkeit, deren ſpecifiſches Gewicht man finden will, angefüllt. Zuerſt beſtimmt man durch die Methode der doppelten Wägung genau das Gewicht der leeren Flaſche. Darauf wiegt man ſie, gefüllt mit deſtillirtem Waſſer von einer bekannten Temperatur, und erhält, nach Abzug des erſten Gewichts vom letztern, das relative Gewicht E des Waſſers, welches die Flaſche bei dieſer Temperatur enthält. Jetzt füllt man ſie mit der zu unterſuchenden Flüſſigkeit an, unter ſorgfältiger Beobachtung ihrer Temperatur. Man findet, wie vorhin, das relative Gewicht L der, in der Flaſche enthaltenen, Flüſſigkeit. Nach dieſen Datis und den Geſetzen der Ausdehnung der angewandten Flüſſigkeit läßt ſich ihr ſpecifiſches Gewicht berechnen.

Dies Alles würde nicht die geringſte Schwierigkeit haben, wenn man alle Reductionen vernachläſſigen wollte; d. h. wenn man bei dem Reſultat beider Wägungen unmittelbar ſtehen bleiben wollte, als wenn

---

*) Blanchard, der das Luftſchiffen als Schauſteller trieb, war der Zweite, der eine Luftfahrt in einem Ballon mit brennbarem Gas unternahm, zu Paris am 2. März 1784. Am 7. Jan. 1785 flog er mit einem Amerikaner, Dr. Jeffries, von Dover aus über den Canal nach Calais, wo er nach 2 Stunden 32 Minuten wohlbehalten landete; er zog durch Europa und Amerika umher, und hatte, als er 1807 ſtarb, 61 Luftfahrten gemacht, worauf ſeine Frau noch dies Gewerbe mit unglaublicher Kühnheit fortſetzte. Ein Luftballon, deſſen Gondel mit Lampen behangen war, und den Garnerin in Paris, Abends den 16. Dec. 1804 hatte aufſteigen laſſen, kam nach 22 Stunden in Sturm und Schneegeſtöber 176 geogr. Meilen von Paris auf den See Bracciano unweit Rom herab, und der Luftſchiffer Garnerin ſelbſt landete, als er zu Paris den 19. Aug. 1809 um 10 Uhr Abends aufgeſtiegen war, am andern Morgen um 7 Uhr zu Aachen. Gilb. Phyſ.

dieſe im leeren Raume und bei der Temperatur der größten Waſſerdichte vorgenommen wären; denn dann würde das Verhältniß $\frac{L}{E}$ das ſpecifiſche Gewicht der, dem Verſuch unterworfenen, Flüſſigkeit ausdrücken. Geſetzt z. B. dieſe Flüſſigkeit wäre Aether, und die Flaſche enthielte 39^{g},184 davon, während ſie 50^{g},3 Waſſer faßte, ſo würde das ſpecifiſche Gewicht dieſes Aethers $\frac{39,184}{50,3}$ d. i. 0,779 ſeyn. Gewöhnlich begnügt man ſich mit einer ſolchen Annäherung; allein es leuchtet ein, daß dies Verfahren auch nichts mehr, als eine Annäherung gewähren kann, die für Unterſuchungen, bei denen Genauigkeit erforderlich iſt, nicht zulänglich iſt.

Um auf die einfachſte und kürzeſte Weiſe zur Kenntniß des wahren ſpecifiſchen Gewichts zu gelangen, muß man die Wägung des Waſſers in der Flaſche blos als ein Mittel zur Berechnung ihrer Capacität betrachten; worauf die zweite Wägung das Gewicht eines Cubikcentimeters der Flüſſigkeit für eine beliebige Temperatur geben wird. Das ſpecifiſche Gewicht der Flüſſigkeit daraus herzuleiten, braucht man nur jene gefundene Gewichtsbeſtimmung auf den leeren Raum und die Temperatur der größten Waſſerdichte zurückzuführen. In meinem größern Werke findet man alle, zu dieſen Reductionen erforderliche, Formeln. Durch Anwendung derſelben auf ganz genaue Wägungen von Waſſer, Queckſilber und atmoſphäriſcher Luft, habe ich folgende Reſultate hergeleitet, die von häufiger Anwendung ſind.

Gewicht eines Cubikcentimeters Queckſilbers von 0° . .	13^{g},597190
Verhältniß der Gewichte des Queckſilbers und Waſſers bei gleichem Volumen und der Temperatur von 0° . . .	13,598207
Verhältniß der Gewichte des Queckſilbers und der trocknen atmoſphäriſchen Luft unter dem Druck von 0^{m},76 und der Temperatur von 0°	10466,82

Um das Gewicht eines Kubikcentimeters der nämlichen Subſtanzen auf eine andere Temperatur, als 0°, zu beziehen, muß man dieſe Angaben nach dem Verhältniß der Ausdehnungsgrade einer jeden Subſtanz abändern. Ueber die Ausdehnung der atmoſphäriſchen Luft und des Queckſilbers, welche im Umfang der Thermometerſcale von der Gleichförmigkeit nicht merklich abweicht, iſt ſchon das Nöthige erörtert worden. Die Ausdehnungsgrade und entſprechenden Dichtigkeiten des Waſſers, die ſehr merklich veränderlich ſind, finden ſich in folgender Tafel verzeichnet, worin die Temperaturgrade nach der Reaumurſchen Scale angegeben ſind.

Temperatur des Waſſers.	Volumen.	Dichtigkeit.	Temperatur des Waſſers.	Volumen.	Dichtigkeit.
0	1,00000000	1,0000000	40	1,01229496	0,9878544
1	0,99995523	1,0000447	41	1,01292812	0,9872370
2	0,99993058	1,0000694	42	1,01357490	0,9866069
2,736	0,99992521	1,0000746	43	1,01423514	0,9859646
3	0,99992589	1,0000739	44	1,01490866	0,9853103
4	0,99994099	1,0000593	45	1,01559531	0,9846441
5	0,99997571	1,0000241	46	1,01629494	0,9839665
6	1,00002990	0,9999700	47	1,01700736	0,9832771
7	1,00010340	0,9998966	48	1,01773243	0,9825766
8	1,00019604	0,9998041	49	1,01846998	0,9818648
9	1,00030766	0,9996925	50	1,01921984	0,9811425
10	1,00043809	0,9995620	51	1,01998187	0,9804094
11	1,00058718	0,9994131	52	1,02075589	0,9796660
12	1,00075476	0,9992457	53	1,02154173	0,9789124
13	1,00094067	0,9990600	54	1,02233925	0,9781423
14	1,00114474	0,9988564	55	1,02314826	0.9773754
15	1,00136682	0,9986350	56	1,02396862	0,9765923
16	1,00160674	0,9983938	57	1,02480016	0,9758003
17	1,00186435	0,9981390	58	1,02564272	0,9749982
18	1,00213946	0,9978650	59	1,02649613	0,9741877
19	1,00243194	0,9975739	60	1,02736024	0,9713683
20	1,00274116	0,9972663	61	1,02823487	0,9725403
21	1,00386829	0,9969411	62	1,02911988	0.9717040
22	1,00141185	0,9965997	63	1,03001508	0,9708595
23	1,00377212	0,9962419	64	1,03092034	0,9700471
24	1,00414893	0,9958681	65	1,03183547	0,9691467
25	1,00454211	0,9954783	66	1,03276031	0,9682788
26	1,00495152	0,9950729	67	1,03369472	0,9674035
27	1,00537698	0,9946517	68	1,03463853	0,9665212
28	1,00584832	0.9942154	69	1,03559156	0,9656317
29	1,00627540	0,9937637	70	1,03655366	0,9647353
30	1,00674805	0,9932970	71	1,03752464	0,9638326
31	1,00723610	0,9928159	72	1,03850440	0,9629232
32	1,00773939	0,9923200	73	1,03949272	0,9620076
33	1,00825777	0,9918098	74	1,04048948	0,9610860
34	1.00879106	0,9912856	75	1,04149451	0,9601585
35	1,00933910	0,9907473	76	1,04250755	0,9592256
36	1,00990174	0,9901952	77	1,04352856	0,9582872
37	1,01047881	0,9896298	78	1,04455740	0,9571433
38	1,01107014	0,9890512	79	1,04559367	0,9563945
39	1,01167558	0,9884592	80	1,05663760	0,9554406

Von der Aräometrie.

Bedarf man keiner ſehr weit getriebenen Genauigkeit, ſo hat man in einem, von Fahrenheit erfundenen, und Aräometer (Senkwage) genannten, Inſtrumente, Fig. 70., ein bequemes Mittel, zur Beſtimmung des ſpecifiſchen Gewichts der Flüſſigkeiten zu gelangen. Dies Inſtrument beſteht aus Glas, iſt unten bauchig und läuft oben in eine dünne cylindriſche Röhre aus. Etwas, in die Kugel B eingeſchloſſenes, Queckſilber bewirkt, daß der Schwerpunct des Inſtruments weit tiefer zu liegen kommt, als der ſeines Volumens, wodurch das Aräometer, wenn es in eine ſchwere Flüſſigkeit eingetaucht iſt, darin aufrecht, und ohne Gefahr des Umfallens, in beharrlichem Gleichgewichte erhalten wird. Am Halſe CC iſt ein ganz feiner Strich T gezogen genau an der Stelle, bis zu welcher das Inſtrument in der leichteſten der Flüſſigkeiten, deren Gewicht man erforſchen will, z. B. in Aether, einſinkt. Taucht man es nun in eine ſchwerere Flüſſigkeit, z. B. in Waſſer, ſo wird es darin nicht bis zum Strich T einſinken, und man wird es, um es ſo tief herabzudrücken (affleurer), ſchwerer machen müſſen, was man durch Zulage von Gewichten in das, über dem Hals oder Stiel angebrachte, Schälchen P bewerkſtelligen kann. Iſt nun das Inſtrument auf dieſe Weiſe eingeſenkt, ſo iſt, den erſten Grundſätzen der Hydroſtatik zufolge, die Kraft, durch die es in der Flüſſigkeit ſchwebend erhalten wird, dem Gewicht des, von ihm aus der Stelle gedrückten, Volumens der Flüſſigkeit gleich, dies Volumen bleibt bei allen Verſuchen das nämliche; weil der Hals immer bis an den Strich T eintaucht; allein ſein Gewicht iſt je nach der Beſchaffenheit der Flüſſigkeit verſchieden, und zwar jedesmal gleich dem eigenthümlichen Gewichte des Inſtruments, deſſen Kenntniß vorausgeſetzt wird, plus den zugelegten Gewichten, die erforderlich waren, es bis T herabzudrücken. Dieſer Verſuch giebt mithin die Gewichte eines gleichen Volumens verſchiedner Flüſſigkeiten, mit denen man den Verſuch angeſtellt hat; und man findet daraus ihre ſpecifiſchen Gewichte durch Diviſion mit dem, ebenfalls beobachteten, Gewichte des nämlichen Waſſervolumens.

Damit dieſe Vergleichungen alle Schärfe haben, müſſen die Verſuche genau bei der Temperatur der größten Waſſerdichte angeſtellt, oder durch Berechnung nach der bekannten Ausdehnung der, dem Verſuch unterworfenen, Flüſſigkeiten darauf zurückgeführt werden. Mein größeres Werk enthält alle, hiezu nöthigen, Formeln.

Anſtatt das Aräometer durch Gewichtszulage zum Einſinken bis an ein feſtes Zeichen T zu bringen, kann man es auch blos ſo weit eintauchen laſſen, als ſein Gewicht allein mit ſich bringt, und nach der Verſchiedenheit der Volumina, die es in jeder Flüſſigkeit aus der Stelle drückt, auf deren Dichtigkeit ſchließen; denn aus der Kenntniß des Gewichts und Volumens des eingetauchten Theils ergiebt ſich ſogleich nach einem einfachen Verhältniß das abſolute Gewicht jedes andern Volumens. Will man jedoch nur die Gewichte verſchiedener Flüſſigkeiten mit einander vergleichen, ſo kann man ſich dieſer Berechnung überheben, indem man immer mit dem nämlichen Aräometer operirt. Drückt dies z. B. von einer Flüſſigkeit ein Volumen, welches 16 Cubikcentimeter beträgt, von einer andern ein Volumen von 32 aus der Stelle, ſo leuchtet ein, daß 32 Cubikcentimeter von leztrer Flüſſigkeit ſo viel wiegen, als 16 von erſtrer. Im Allgemeinen werden bei dieſem Verfahren, welches das Gewicht des Aräometers ungeändert läßt, (während bei dem vorigen Verfahren das Volumen des eingetauchten Theils ſich ſtets gleich blieb), die Dichtigkeiten ſich ſtets umgekehrt wie die, vom Aräometer aus der Stelle gedrückten, Volumina verhalten. Man braucht mithin nur noch eine Gradeintheilung am Aräometer anzubringen, um zur Kenntniß dieſer Volumina zu gelangen. Zu dieſem Zweck gebe man ihm einen vollkommenen cylindriſchen Stiel, wiege es, und markire genau den Punct T, bis zu welchem es vermöge ſeines eigenen Gewichts bei der Temperatur der größten Waſſerdichte einſinkt. Sein Gewicht, in Grammen ausgedrückt, wird alsdann das Volumen des eingetauchten Theils nach Cubikcentimetern geben. Darauf lege man auf den obern Theil des Inſtruments Gewichte, ſo daß das Inſtrument bis zu einem andern, tiefer gelegenen, Punct einſinkt, den man gleichfalls markirt. Die Summe des Zuſatzgewichtes und des eigenthümlichen Gewichtes des Inſtrumentes wird auch jetzt das Volumen des eingetauchten Theils geben, zieht man dies vom erſten ab, ſo findet man das Volumen des Theils vom Stiel, der zwiſchen beiden markirten Puncten enthalten iſt. Kann alſo derſelbe als cylindriſch angenommen werden, ſo braucht man dieſen Zwiſchenraum nur in eine beliebige Zahl gleicher Theile zu theilen, welche eben ſo viel gleichen Volumtheilen entſprechen, deren Verhältniß zum urſprünglichen Volumen, von welchem man ausgieng, dadurch bekannt ſeyn wird. Geſetzt z. B. jede Abtheilung betrage $\frac{1}{1000}$ davon. Drückt man nun dies Volumen, das des Theils nämlich, der beim Einſinken des Inſtruments vermöge ſeines eigenen Gewichts bis zum Strich T in deſtillirtem Waſſer eintaucht, durch 1000 aus, und ſieht, daß das Inſtrument in einer andern Flüſſigkeit bis zum zweiten Strich T', oder bis zum dritten T'' oder bis zum vierten T''' einſinkt, ſo wird man wiſſen, daß die aus der Stelle gedrückten Volumina 1001, 1002 oder 1003 u. ſ. f. ſind; und daraus ſchließen, daß die Dichtigkeit der Flüſſigkeit $\frac{1000}{1001}$, oder

$\frac{1000}{1002}$, oder $\frac{1000}{1003}$ von der des Waſſers beträgt; ſich umgekehrt nämlich wie das Volumen verhält. Man kann ſich ſelbſt durch einen ganz einfachen Kunſtgriff die Reduction dieſer Brüche auf Decimalbrüche erſparen, indem man die Dichtigkeit unmittelbar in Tauſendtheilen auffindet. Zu dieſem Zweck macht man die Eintheilungen des Stiels ungleich; verzeichnet die erſte T′ in einer Entfernung von T, welche nicht $\frac{1}{1000}$ ſondern $\frac{1}{999}$ des urſprünglichen Volumens ausmacht, die zweite T″ $\frac{2}{998}$, die dritte T‴ $\frac{3}{997}$ u. ſ. f., immer vom Anfangspuncte T an gerechnet. Darauf ſchreibt man zur Seite jeder Eintheilung die Zahlen 999, 998, 997, welche reſpectiv bei Verzeichnung derſelben als Diviſoren dienten. Denn zu welchem Punct T′, T″, T‴ des Stiels auch ein ſo eingerichtetes Aräometer einſinken mag, das ganze Volumen des eingetauchten Theils wird immer genau durch 1000 ausgedrückt ſeyn, und das urſprüngliche, vom Strich T begränzte, Volumen durch die Zahl, welche dem Punct zugehört, bis zu dem das Aräometer eingeſunken iſt. Somit werden die Ausdrücke für die Dichtigkeit werden $\frac{999}{1000}$, $\frac{998}{1000}$, $\frac{997}{1000}$, immer mit einem Nenner gleich 1000. So läßt ſich eine Folge von Aräometern verfertigen, deren Eintheilungen von den geringſten, bis zu den größten Dichtigkeiten, die man Gelegenheit hat, zu beobachten, Dienſte zu leiſten vermögend ſind.

Zwanzigſtes Capitel.

Specifiſches Gewicht der feſten Körper.

Das Verfahren, mittelſt deſſen wir das ſpecifiſche Gewicht der Flüſſigkeiten fanden, kann uns auch dienen, das der feſten Körper, welche ſich nicht in Waſſer auflöſen, zu finden. Es genügt hiezu, daß der Körper in eine Flaſche oder ſonſt ein Gefäß, das ſich genau verſchließen läßt, gebracht werde; wobei er nicht aus einem einzigen Stück zu beſtehen braucht, ſondern ſelbſt die Geſtalt eines ganz feinen Staubes haben kann. Die einfachſte Art, den Verſuch anzuſtellen, iſt folgende.

Zuvörderſt beſtimmt man genau das relative Gewicht S, das der Körper in der Luft hat, und merkt den Stand des Barometers und Thermometers im Augenblick der Wägung an; darauf füllt man die Flaſche oder das Gefäß mit deſtillirtem Waſſer von einer bekannten Temperatur an. Der Körper nebſt dem ſo angefüllten Gefäße wird in die Schale einer Wage [*]) gelegt, und durch Einlegen von Gewichten in die andre Wagſchale ins Gleichgewicht gebracht. Darauf öffnet man die Flaſche, legt den Körper hinein, der einen Theil des Waſſers herausdrängt, nnd verſchließt ſie alsdann, Sorge tragend, daß keine Luftblaſen in ihrem Innern bleiben. Die Flaſche wird jetzt, ſorgfältig abgetrocknet, wieder in die nämliche Wagſchale gelegt, welche nun um das ganze Gewicht des, vom Körper verdrängten, Waſſers erleichtert iſt. Man legt die erforderlichen Gewichte zu, um das Gleichgewicht wieder herzuſtellen, und erfährt dadurch das Gewicht E dieſes Waſſers; ſo wie man auch das relative Gewicht S, das der Körper in der Luft hat, kennt. Nach dieſen Datis und den Geſetzen der Ausdehnung dieſes Körpers läßt ſich ſein ſpecifiſches Gewicht berechnen.

Hier, wie bei den Flüſſigkeiten, bietet ſich das Reſultat von ſelbſt dar, wenn man ſich aller Reductionen überhebt, d. h. wenn man das Reſultat unmittelbar aus beiden Wägungen zieht, als wenn ſie im leeren Raum und bei der Temperatur der größten Waſſerdichte vorgenommen wären. Denn da alsdann S und E die Gewichte des Körpers und des Waſſers bei gleichem Volumen darſtellen, ſo wird $\frac{S}{E}$ das geſuchte ſpecifiſche Gewicht ſeyn. Wiegt z. B. der Körper in der Luft 523 Gramme, und das verdrängte Waſſer 84 Gramme; ſo wird das, auf dieſe Art berechnete, ſpecifiſche Gewicht des Körpers $\frac{523}{84}$ oder 6,226 ſeyn.

Man kann auch E dadurch beſtimmen, daß man den Körper mittelſt eines ganz feinen Haars an eine Wagſchale anhängt, und daran erſt in der Luft, dann im Waſſer wiegt. Die erſte Wägung giebt das relative Gewicht S, das der Körper in der Luft, die letztre das, welches er im Waſſer hat. Zieht man dies von S ab, ſo erhält man den Gewichtsverluſt, den dieſer Körper im Waſſer erleidet; dies iſt E.

Es giebt Körper, welche Waſſer einſchlürfen, ohne ſich darin aufzulöſen oder zu zerſetzen. Hier läßt ſich der Frage nach dem ſpecifiſchen Gewicht gewiſſermaßen ein zwiefacher Sinn unterlegen. Verlangt man das ſpecifiſche Gewicht z. B. eines Stücks Sandſtein zu wiſſen, abgeſehen von den darin befindlichen Zwiſchenräumen? wonach die Frage den Sinn hätte: welches iſt das ſpecifiſche Gewicht eines Körpers, der das nämliche äußere Volumen und das nämliche Gewicht, als dieſes Stück Sandſtein hat, aber ohne Zwiſchenräume iſt; oder will man das ſpecifiſche Gewicht der impermeabeln (undurchgangbaren) Materie wiſſen, welche dieſer Körper enthält? In beiden Fällen läßt ſich das ſpecifiſche Gewicht auf folgende Weiſe finden. Man mittelt zuvörderſt, wie vorhin, das Gewicht aus, das der Körper trocken in der Luft hat. Möge dies 1000 Grammen betragen. Darauf taucht man ihn in Waſſer, bis er vollkommen damit getränkt iſt und ſieht nun, um wie viel ſein Gewicht zugenommen. Dieſe Gewichtszunahme betrage 50 Gramme. Man bringt jetzt den Körper in die Flaſche, und findet durch Wägung das Gewicht des von ihm verdrängten Waſſers. Dies ſey 240 Grammen. Um nun das ſpecifiſche Gewicht des Körpers nach ſeinem äußern Volumen zu finden, muß man die 50 Grammen Waſſer blos als zur Verſtopfung ſeiner Zwiſchenräume verwendet betrachten: wo denn das äußere Volumen des Körpers wirklich 240 Grammen Waſſers verdrängt hat. Man dividirt alſo 1000 durch 240, was für das ſpecifiſche Gewicht 4,167 giebt.

---

[*]) Eigens zur Ausmittlung der ſpecifiſchen Gewichte beſtimmte Wagen nennt man **Hydroſtatiſche Wagen**.

Um dagegen das ſpecifiſche Gewicht der impermeabeln Materie des Körpers in Erfahrung zu bringen, muß man in Erwägung ziehn, daß dieſe Materie eigentlich nicht 240 Grammen, ſondern blos 240 — 50 d. i. 190 Grammen Waſſer verdrängt hat, wonach ihr ſpecifiſches Gewicht $\frac{1000}{190}$ oder 5,263 iſt.

Um zur Kenntniß des ſpecifiſchen Gewichts eines Salzes oder andrer, im Waſſer auflöslichen, Körper zu gelangen, nimmt man anſtatt des Waſſers eine andere Flüſſigkeit, wie Alkohol oder Oel, worin der Körper ſich nicht auflöſt. Zuvörderſt beſtimmt man das ſpecifiſche Gewicht dieſer Flüſſigkeit in Verhältniß zum Waſſer auf die, im vorigen Capitel angezeigte, Weiſe. Sey dies 0,886. Darauf ſucht man das ſpecifiſche Gewicht des zu unterſuchenden Körpers im Verhältniß zu dieſer Flüſſigkeit, nach demſelben Verfahren, als vorhin in Bezug zum Waſſer angegeben wurde. Dies werde gleich 3,278 gefunden. Multiplicirt man nun dieſe beiden Zahlen mit einander, ſo wird man in ihrem Product 2,904308 das ſpecifiſche Gewicht des Körpers im Verhältniß zum Waſſer erhalten. Die Richtigkeit dieſes Verfahrens leuchtet von ſelbſt ein; indem die Verhältniſſe der Dichtigkeiten nichts anders als die Verhältniſſe der Gewichte bei gleichem Volumen ſind.

Zur Vervollſtändigung dieſer Verfahrungsarten iſt nun aber noch übrig, daß alle die Correctionen dabei angebracht werden, welche erforderlich ſind, die Beobachtungen auf vergleichbare Beſtimmungen zurückzuführen. Die Formeln zu dieſem Zweck ſind in meinem größern Werke angegeben.

Die ſpecifiſchen Gewichte der feſten Körper laſſen ſich auch mittelſt des Aräometers finden, und man hat zu dieſem Behuf demſelben verſchiedne Einrichtungen gegeben. Ich beſchränke mich hier darauf dasjenige zu beſchreiben, deſſen ſich **Charles** ſeit länger als 20 Jahren bei ſeinen Lehrvorträgen bedient, und welches von ihm Aräometer-Wage (aréomètre-balance) genannt wird. Es iſt das nämliche, welches in phyſikaliſchen Cabineten unter dem Namen des Nicholſon'ſchen Aräometers vorkommt.

Dieſer Apparat, Fig. 72., iſt ein wahres Fahrenheitſches Aräometer, an dem nur noch unten ein kleiner durchbrochener ſilberner Eimer HH, angefügt wird, um den feſten Körper S bei ſeiner Wägung im Waſſer aufzunehmen. Die, mit Queckſilber gefüllte, Glaskugel, welche dient, den Schwerpunct nach unten fallen zu machen, wird an einem Haken dieſes Eimers angehängt. Will man einen feſten Körper wiegen, ſo bringt man zuvörderſt das Aräometer in ein weites, mit deſtillirtem Waſſer von bekannter Temperatur angefülltes, Gefäß und legt in die, an ſeinem obern Theile befindliche, Schale ſo viel Gewichte, daß es bis zu dem, an ſeinem Stiel markirten, Strich T eintaucht. Geſetzt, hiezu wären, bei der Temperatur des Verſuchs, 26 Grammen erforderlich. Man nimmt jetzt dieſe Gewichte aus der Schale FF heraus, und legt ſtatt ihrer den Körper hinein. Wiegt er mehr als 26 Grammen, ſo drückt er das Aräometer tiefer, als bis an den Strich T herab, und läßt ſich mit dieſem Aräometer nicht wiegen. Beträgt dagegen ſein Gewicht weniger als 26 Grammen, ſo muß man noch eine Anzahl Grammen zulegen, um das Aräometer bis T herabzudrücken; und der Unterſchied dieſer Gewichtszulage von den 26 Grammen wird das relative Gewicht des Körpers in der Luft ausdrücken; d. h. wenn eine Gewichtszulage von n Grammen erforderlich war, ſo wird dies Gewicht 26 — n Grammen betragen.

Jetzt nehme man den Körper aus dem Schälchen FF heraus, und lege ihn in den ſilbernen Eimer HH. Iſt er ſchwerer als das Waſſer bei gleichem Volumen, ſo wird er das Aräometer zum Sinken bringen, weniger tief indeß, als da er im Schälchen in der Luft lag; und man wird daher mehr als n Grammen zulegen müſſen, um das Einſinken des Inſtruments bis zum Strich T zu bewirken. Die Anzahl dieſer Grammen ſey n'; dann wird 26 — n' das Gewicht des Körpers im Waſſer ausdrücken. Zieht man dies Gewicht von dem ab, welches der Körper in der Luft hatte, ſo erhält man das relative Gewicht, welches ein, dem des Körpers gleiches, Volumen Waſſer an freier Luft hat; dies Gewicht iſt ſonach dem Unterſchiede der Zuſatzgewichte, d. i. n' — n, gleich. Dividirt man 26 — n mit dieſer Zahl; ſo drückt der Quotient das ſpecifiſche Gewicht aus, welches der Körper im Verhältniß zum Waſſer unter den Umſtänden des Verſuchs hat.

In der Aräometer-Wage des Hrn. Charles z. B. iſt der Werth des beſtändigen Zuſatzgewichtes genau 26^{G},200, für eine Temperatur von 12°,5. Geſetzt, man habe bei dieſer Temperatur den zu wiegenden Körper für ſich in das Schälchen gelegt und gefunden, daß eine Gewichtszulage von $14^{\text{gr}},100$ erforderlich war, das Inſtrument bis zu dem feſten Zeichen herabzudrücken, ſo wird das relative Gewicht des Körpers in der Luft $26^{\text{gr}},200 - 14^{\text{gr}},100$ d. i. $12^{\text{gr}},100$ betragen. Man lege nun dieſen Körper in den ſilbernen Eimer. Angenommen, daß jetzt noch eine Zulage von $4^{\text{gr}},500$ zu den $14^{\text{gr}},100$, die ſich ſchon im Schälchen befanden, erforderlich iſt, was zuſammen $18^{\text{gr}},600$ ausmacht, ſo werden dieſe $4^{\text{gr}},500$ den Gewichtsverluſt, den der Körper im Waſſer erleidet, darſtellen, mithin auch das Gewicht des, von ihm verdrängten, Waſſers. Hienach wird ſein ſcheinbares ſpecifiſches Gewicht $\frac{12{,}100}{4{,}500}$ d. i. 2,6889 ſeyn.

Wäre der Körper leichter als Waſſer, ſo würde er, in den Silbereimer gelegt, nicht darauf laſten, und das Verfahren könnte nicht Statt haben. In dieſem Fall kehrt Charles den Eimer um, wie Fig. 73. zeigt, wo dann der Körper, unter denſelben gebracht, das Aräometer hebt. Da nun das Einſenken des Inſtruments bis an das Zeichen für ſich ſchon eine Gewichtszulage erfordert, ſo wird dieſe hier noch mehr betragen müſſen. Was man jetzt zum erſten Zuſatzgewichte noch hinzufügen muß, um das Inſtrument zum Einſinken bis an den Strich zu bringen, wird, wie vorhin, den Gewichtsverluſt, den der Körper im Waſſer erleidet, ausdrücken. Und dividirt man das Gewicht, welches er in der Luft hat, mit dieſem Verluſt, welcher dem Gewicht des, von ihm verdrängten, Waſſervolumens gleich iſt, ſo wird der Quotient ſein ſpecifiſches Gewicht, wie vorhin geben.

Einundzwanzigſtes Capitel.

Von den Erſcheinungen der Capillarität.

Schon mehrmals haben wir bemerkt, daß die intereſſanteſten Erſcheinungen der Phyſik diejenigen ſind, welche uns einiges Licht über den Grundzuſtand der Körper und die gegenſeitigen Wirkungen ihrer Theilchen zu geben vermögend ſind. Wir wenden uns jetzt zur Betrachtung einer ganzen Claſſe von Erſcheinungen dieſer Art, die bei einem großen Umfange eine große Mannichfaltigkeit darbietet, und deren Kenntniß um ſo wichtiger iſt, da ſie den großen Vortheil gewährt, einer ſtrengen Berechnung unterworfen werden zu können.

Hängt man Platten von Glas, von Marmor, von Metall u. ſ. w. horizontal an einer Wagſchale auf, bringt ſie durch Einlegen von Gewichten in die andere Wagſchale ins Gleichgewicht, und läßt ſie die

Oberfläche einer Flüſſigkeit berühren, ſo findet man, daß ſie mit einer gewiſſen Kraft daran haften: denn man vermag ſie nur durch Zulegen neuer Gewichte in die andre Wagſchale davon zu trennen. Dieſes Anhaften rührt nicht vom Luftdruck her, denn es hat ſelbſt im leeren Raum Statt. Es müſſen alſo die Molecule des feſten Körpers ſelbſt vermöge einer Verwandtſchaft zu den Theilchen der Flüſſigkeit an ihnen haften. Aber, was wohl zu bemerken iſt, der Verſuch lehrt zu gleicher Zeit, daß auch eine Wirkung dieſer Art zwiſchen den Theilchen der Flüſſigkeit ſelbſt Statt findet. Denn vermag die Platte durch die Flüſſigkeit genäßt zu werden, welches z. B. der Fall mit einer, auf Waſſer oder Alkohol gelegten, Glasplatte iſt, ſo wird ſie, wenn man ſie von der Flüſſigkeit losreißt, eine dünne Schicht Flüſſigkeit mit ſich nehmen, welche an ihr haften bleibt. Eigentlich iſt es alſo nicht der feſte Körper, der von der Flügſigkeit losgeriſſen worden iſt, ſondern die dünne Schicht hat ſich von den unter ihr liegenden Moleculen der Flüſſigkeit getrennt. Nun iſt die Kraft, welche erforderlich iſt, dieſe Trennung zu bewerkſtelligen, unverhältnißmäßig beträchtlicher, als das Gewicht dieſer dünnen Schicht, und man hat darin den augenſcheinlichen Beweis, daß eine Adhäſion zwiſchen den Theilchen der Flüſſigkeit Statt findet, welche, abgeſehn von der Schwere, die dünne Schicht mit den übrigen Theilen der Maſſe vereint hielt.

Die Anſichten, zu denen wir ſchon über die gegenſeitige Anziehung der Körpermolecule gelangt ſind, laſſen uns im Voraus die Vermuthung hegen, daß die Kraft, deren Wirkung wir in gegenwärtigem Falle beobachten, mit jener Anziehung von der nämlichen Beſchaffenheit ſey, und daß ſie nur auf ſehr geringe Entfernungen eine merkliche Wirkung äußere. Dies beſtätigt auch die Erfahrung. Welche Dicke man immer der Platte geben möge, ſo bald der Stoff aus dem ſie beſteht, und der Umfang ihrer Oberfläche ſich gleich bleiben, wird auch immer die nämliche Kraft erfordert werden, ſie von einer gegebnen Flüſſigkeit loszureißen. Hat alſo die Platte einmal eine gewiſſe Dicke, welche wahrſcheinlich geringer iſt, als ſich durch irgend ein mechaniſches Verfahren erhalten läßt, ſo wird dann durch neu hinzugefügte Schichten Materie keine merkliche Wirkung mehr auf die Flüſſigkeit ausgeübt. Man ſieht demnach, daß dieſe Kraft nur auf ganz geringe Entfernungen merkbare Wirkungen hervorzubringen fähig iſt. Noch beweiſender dafür iſt, daß alle Platten von gleichem Umfang, ſobald die Flüſſigkeit ſie zu näſſen vermag, genau die nämliche Kraft erfordern, um von ihr losgeriſſen zu werden, aus welchem Stoff ſie auch übrigens beſtehn mögen. In dieſem Fall nämlich bedingt die unendlich dünne Waſſerſchicht, welche an ihrer Oberfläche haften bleibt, zwiſchen ihnen und dem übrigen Theil der Flüſſigkeit einen, wenn gleich an ſich ganz geringen, doch hinlänglichen, Abſtand, daß der übrige Theil der Flüſſigkeit von der Platte keine merkliche Wirkung mehr erfährt; und dann wird ſtets die nämliche Kraft zum Losreißen aller Platten von gleichem Umfang erforderlich ſeyn, weil ſie in jedem Fall eigentlich nur das Losreißen der Flüſſigkeit von ihren eignen Theilchen bewirkt.

Erſcheinungen, welche auf der nämlichen Urſache beruhen, obwohl dem Anſchein nach verſchieden ſind, beobachtet man auch, wenn man Röhren von ganz geringem innern Durchmeſſer in eine tropfbare Flüſſigkeit taucht. Iſt dieſe fähig, die Röhre zu netzen, ſo ſieht man ſie in dem Innern aufſteigen, und um ſo höher über dem natürlichen Niveau darin ſtehen bleiben, je enger die Röhre iſt. Dies beobachtet man z. B., wenn man Glasröhren in Waſſer oder in Alkohol taucht. In dieſem Fall endigt ſich das obere Ende des flüſſigen Cylinders in eine, mit der Concavität gegen die Luft gekehrte, Oberfläche. Vermag die Flüſſigkeit aber nicht, die Röhre zu netzen, welches z. B. der Fall iſt, wenn man feuchte Glasröhren in Queckſilber oder mit Fett beſtrichene Röhren in Waſſer taucht, ſo ſenkt ſich die Flüſſigkeit unter das Niveau, ſtatt darüber emporzuſteigen; und dann endigt ſich die Säule oben in eine, nach Außen convexe, Oberfläche. In allen Fällen iſt das Aufſteigen oder Senken der Flüſſigkeit um ſo beträchtlicher, je enger der innere Durchmeſſer der Röhre iſt. Von dieſer Art ſind die Erſcheinungen, welche die Phyſiker mit dem Namen, Erſcheinungen der Capillarität oder der Haarröhrchenanziehung, bezeichnen, um auszudrücken, daß der Durchmeſſer der Röhren, in denen ſie vor ſich gehen, ſich der Feinheit eines Haars nähern muß. Dieſe Wirkungen erfolgen auf gleiche Weiſe im leeren Raume, wie in der Luft, und hängen ſomit nicht vom Druck der letztern ab; ſie beruhen vielmehr, wie die vorerwähnten, auf einer Anziehung, welche die Röhre in ganz geringer Weite auf die Flüſſigkeit, und dieſe auf ſich ſelbſt ausübt. Auch wird der Stand der Flüſſigkeit in der Röhre über oder unter dem Niveau der außerhalb befindlichen, ſich bei jeder Dicke der Glaswände, aus denen die Röhre beſteht, vollkommen gleich bleiben, ſobald man nur nichts an ihrem innern Durchmeſſer ändert; welches beweiſt, daß über eine gewiſſe Gränze der Dicke hinaus, die wahrſcheinlich zu gering iſt, um für uns erreichbar zu ſeyn, alle andern, zur Röhre noch hinzugefügten, materiellen Schichten keine merkliche Wirkung mehr äußern. Eine Folgerung aus dieſem Geſetze iſt, daß, wenn Röhren von gleichem Durchmeſſer in ihrer ganzen Ausdehnung von der Flüſſigkeit vollkommen genäßt wurden, das Aufſteigen derſelben in allen gleich hoch geſchieht, aus welchem Stoffe ſie auch beſtehen mögen; woraus zu erſehen iſt, daß ſchon die geringe, an ihrer innern Oberfläche haften bleibende, Schicht zwiſchen ihren Theilchen und den übrigen Theilchen der Flüſſigkeitsſäulen einen hinlänglichen Abſtand bedingt, um alle Wirkung ihrer Anziehungskraft auf letztre unmerklich zu machen. Dann erfolgt das Aufſteigen in allen Röhren von gleichem Durchmeſſer bis zu der nämlichen Höhe; weil es in allen gerade ſo erfolgt, als geſchähe es in einer Röhre von demſelben Durchmeſſer, welcher durch die Flüſſigkeit ſelbſt gebildet würde. Dieſe Gleichheit hängt ſomit, wie man ſieht, von der nämlichen Urſache ab, als die Adhäſion der Platten an einer, ſie näſſenden, Flüſſigkeit. Um ſie indeß in den Röhren zur Wahrnehmung zu bringen, müſſen dieſe vollkommen genäßt ſeyn, weil ſonſt die Reibung der Flüſſigkeit an ihren trocknen Wänden die Richtung der erſten Elemente der freien Oberfläche abändert, und hiedurch eine andre Krümmung derſelben ſo wie einen andern Niveauunterſchied bedingt.

Im Allgemeinen zeigt ſich als das auffallendſte charakteriſtiſche Merkmal dieſer Erſcheinungen die beſtändige Beziehung, die zwiſchen dem Aufſteigen und Sinken der flüſſigen Säule, und der nach außen gekehrten Concavität oder Convexität ihrer obern Fläche Statt findet. Auch findet man in dieſem Zuſammenhang den Schlüſſel zu den Erſcheinungen der Capillarität, wie Laplace gezeigt hat.

Wenn eine, in Ruhe befindliche, Flüſſigkeit von ſelbſt eine horizontale Oberfläche annimmt, ſo muß man ſich vorſtellen, daß dieſe Flüſſigkeit auf ſich ſelbſt eine, von einer inwohnenden Kraft abhängige, Wirkung ausübt, welche mit der Erdſchwere nichts zu thun hat, eine Wirkung, welche die Molecule der Oberfläche in das Innere der Flüſſigkeit hineinzuziehen ſtrebt, und wirklich hineinziehen würde, wenn es die Undurchdringlichkeit der Theilchen geſtattete. Wird nun durch irgend eine Urſache dieſe Oberfläche concav oder convex, wie der Fall in den Haarröhrchen iſt, ſo zeigt der Calcul, daß die Anziehungskraft, welche jetzt die Flüſſigkeit auf ſich ſelbſt ausübt, verſchieden von der iſt, welche bei ebener Oberfläche ausgeübt würde; daß ſie ſtärker iſt bei, nach Außen convexer, ſchwächer bei concaver Oberfläche. Der erſte Fall findet beim Queckſilber Statt, welches in Glasröhren ſinkt, der letztere beim Waſſer, welches darin ſteigt. Für eine cylindriſche Säule, welche in einer ganz feinen Röhre enthalten iſt, ändert ſich die Anziehungskraft faſt genau im umgekehrten Verhältniß des innern Durchmeſſers der Röhre ab; und ihr analytiſcher Ausdruck reducirt ſich gerade auf die Hälfte, wenn die Röhre ſich in zwei parallele Platten verwandelt, deren Abſtand dem innern Durchmeſſer der Röhre gleich iſt.

Geht man von dieſen mathematiſchen Beſtimmungen aus, ſo fällt die Erörterung des phyſiſchen Grundes, auf dem das Aufſteigen oder

Sinken der Flüſſigkeiten in den Haarröhrchen beruht, ganz leicht. Um mit dem erſten Fall anzufangen, bei welchem die Oberfläche nach Außen concav iſt, Fig. 74. denke man ſich einen unendlich engen, beliebig geſtalteten, Canal, der vom unterſten Punct S der gekrümmten Endfläche ausgehend, durch die Röhre der Länge nach hindurchläuft, und ſich unten umbeugt, ſo daß er in H an der freien Oberfläche der Flüſſigkeit ſein Ende findet. Damit dieſe im Gleichgewicht ſey, muß Gleichgewicht in dem kleinen Canal Statt finden. Nun wird letztrer an ſeinen beiden Mündungen S und H von zwei ungleichen Kräften gedrückt: die eine, in H, beruht auf der Wirkung eines, von einer ebenen Oberfläche begränzten, Körpers; die andre in S im Innern des Haarröhrchens, auf der Wirkung des nämlichen Körpers, wiefern er ſich in eine concave Oberfläche endigt: letztre iſt mithin ſchwächer. Es iſt alſo unmöglich, daß in dieſem Zuſtande Gleichgewicht Statt habe, und dies kann nur dadurch hervorgebracht werden, daß die Flüſſigkeit im Haarröhrchen aufſteigt, bis das Gewicht der kleinen emporgeſtiegenen Säule das erſetzt, was der anziehenden Kraft vermöge der Wirkung der Concavität der Endfläche abgeht. Der Unterſchied dieſer Wirkungen ſteht in umgekehrtem Verhältniſſe mit dem Durchmeſſer der Röhre; die Höhe der kleinen Säule wird demnach daſſelbe Verhältniß befolgen; welches auch die Erfahrung beſtätigt.

Wäre die Endfläche der flüſſigen Säule convex, anſtatt concav zu ſeyn, ſo würden ſich entgegengeſetzte Reſultate ergeben. In dieſem Fall würde die Wirkung, welche von Seiten der krummen Oberfläche ausgeübt wird, ſtärker ſeyn, als die, von Seiten der ebenen ausgeübte, und zwar immer nach dem umgekehrten Verhältniß des Durchmeſſers der Röhre. Geſetzt nun, eine Flüſſigkeit nimmt dieſe Geſtalt in einem Haarröhrchen an, ſo wird ſich, durch Anwendung der obigen Schlußfolge mit Berückſichtigung dieſer Modification, ergeben, daß auch jetzt der kleine gebogene Canal an ſeinen beiden Mündungen einen ungleichen Druck erfährt, einen ſtärkern von Seiten der convexen als von Seiten der horizontalen Oberfläche. Das Gleichgewicht wird daher erforderlich machen, daß die Flüſſigkeit in der Röhre, in welcher die Wirkung überwiegt, ſinke, damit der, hiedurch bedingte, Niveauunterſchied die Schwäche der entgegenſtehenden Kraft ausgleiche. Das Sinken der Flüſſigkeit wird ſich demnach, wie der Unterſchied beider Kräfte verhalten, d. i., dem Durchmeſſer der Röhre umgekehrt proportional ſeyn. In der That iſt dies der Fall, wenn die Flüſſigkeit die Röhre nicht zu netzen und an ihren Wänden zu haften vermag.

Die Eigenthümlichkeit dieſer Theorie beruht darauf, daß ſie Alles von der Geſtalt der Oberfläche abhängig macht. Die Beſchaffenheiten des feſten ſo wie die des flüſſigen Körpers ſind nur in ſo fern von Einfluß, als ſie die Richtung der erſten Elemente der Oberfläche beſtimmen, derer nämlich, welche die unmittelbaren Berührungspuncte der Flüſſigkeit und des feſten Körpers abgeben; denn blos auf dieſe erſtreckt ſich die Wirkung ihrer gegenſeitigen Verwandtſchaft in merklichem Grade. Sind dieſe Richtungen einmal gegeben, ſo bleiben ſie für die nämliche Flüſſigkeit und den nämlichen feſten Stoff immer dieſelben, welche Geſtalt auch die, aus letzterm verfertigten Körper haben mögen, mögen es z. B. Röhren oder Platten ſeyn; über dieſe erſten Elemente hinaus aber, da wo die Flüſſigkeit nicht mehr von einer merklichen Wirkung des feſten Körpers verabreicht wird, kann nur die Wirkung, welche die Flüſſigkeit auf ſich ſelbſt ausübt, die Richtung der andern Elemente und die Geſtalt der Oberfläche beſtimmen.

Alle Urſachen, welche durch ihre Wirkung auf die Innenwände der Röhre die Richtung der erſten Elemente abzuändern vermögen, müſſen mithin auch die Krümmung der flüſſigen Oberfläche und in Folge deſſen den Stand der Flüſſigkeit verändern. Hieraus erklärt ſich das Sinken des Waſſers in Röhren, welche inwendig mit Fett beſtrichen ſind, das Aufſteigen des Queckſilbers in trocknen und ſein Sinken in feuchten Röhren. Auch die Reibung kann ähnliche Wirkungen veranlaſſen, wie Laplace durch Beiſpiele zeigt: ſie finden ihre vollſtändige Erklärung aus ſeiner Theorie, und anſtatt regellos und mit dem gewohnlichen Gange der Naturerſcheinnungen im Widerſpruch zu ſeyn, wie es dem erſten Anblick nach ſcheinen mag, folgen ſie vielmehr beſtimmten Geſetzen, nach denen ſich ihre Vorausbeſtimmung mit Schärfe ergiebt.

Mit der nämlichen Einfachheit erklärt dieſe Theorie auch alle andre Erſcheinungen der Capillarität ohne Ausnahme, wie das Aufſteigen des Waſſers in concentriſchen Cylindern oder koniſchen Röhren, oder zwiſchen ebenen Platten; die Krümmung die es annimmt, wenn es an einer Glasplatte haftet, die kugelförmige Geſtalt, welche die Tropfen von ſelbſt annehmen, die fortſchreitende Bewegung eines, zwiſchen zwei, wenig gegen einander geneigte, Spiegelgläſer gebrachten Tropfens, die Kraft, durch welche Körper, die auf der Oberfläche von Flüſſigkeiten ſchwimmen, gegen einander getrieben werden, das Anhaften ebener Scheiben an dieſer Oberfläche, welches manchmal ſo ſtark iſt, daß zum Losreißen ein ſehr beträchtliches Gewicht erforderlich iſt, u. ſ. w. Alle dieſe ſo mannichfaltigen Wirkungen finden ihre Ableitung aus der nämlichen Formel, nicht auf eine unbeſtimmte, ungefähre Weiſe, ſondern ſo, daß ihr Ausdruck in Zahlwerthen gegeben wird, wodurch man unvorhergeſehene Beziehungen in ihnen entdeckt. Die ausführliche Auseinanderſetzung dieſer Reſultate findet ſich in meinem größeren Werke. Eben daſelbſt wird man eine nähere Erörterung der ausnehmend genauen Verfahrungsarten finden, mittelſt deren es Gay-Luſſac gelang, alle einzelnen Umſtände der in Rede ſtehenden Erſcheinungen der Meſſung zu unterwerfen, und ſo der Analyſe alle, einer Nachweiſung fähige, Elemente an die Hand zu geben.

Die gegenſeitige Anziehung der tropfbaren Flüſſigkeiten und der feſten Körper, welche die allgemeine Urſache der Erſcheinungen der Capillarität iſt, äußert ihren Einfluß nicht blos im Zuſtand des Gleichgewichts, ſondern auch bei der Bewegung der Flüſſigkeiten in den Gefäßen, in welchen ſie enthalten ſind. Ich führe hier einige Beiſpiele an, welche dieſen Einfluß merkbar machen, die aus einem ſehr intereſſanten Aufſatz über das Ausfließen der Flüſſigkeiten von Le Hot gezogen ſind.

Wenn eine Säule von Waſſer oder irgend einer andern tropfbaren Flüſſigkeit in einem cylindriſchen Heber von Glas, ABCD Fig. 75, deſſen beide Schenkel AB, CD vertical und von gleichem Durchmeſſer ſind, oſcillirt, ſo läßt ſich durch den Calcul zeigen, daß die Bewegung dieſes Waſſers, wofern ſie völlig frei iſt, der Pendelbewegung ganz analog iſt, daß alſo, welches auch die Beſchaffenheit der Flüſſigkeit ſey, die Oſcillationen immer von gleicher Größe und gleicher Dauer ſeyn, und ins Unbeſtimmte ſo fort dauern müſſen. Die Erfahrung zeigt aber, daß ſie allmälig an Größe abnehmen, und endlich aufhören, merkbar zu ſeyn, ſelbſt im leeren Raume. Es iſt ſonach ein Widerſtand vorhanden, der die Bewegung der flüſſigen Theilchen hemmt und ihre Geſchwindigkeit nach und nach ganz aufhebt. Da nun ihre Berührung mit den Seitenwänden der einzige phyſiſche Umſtand iſt, der einen fremdartigen Einfluß auf ſie ausüben kann, ſo muß der Widerſtand in dieſer Berührung ſeinen Urſprung haben, und ſich von da allmälig bis zur Mitte der flüſſigen Säule fortpflanzen. Und in der That kann die Anziehung, welche die Röhre auf die Flüſſigkeit und welche die Flüſſigkeit auf ſich ſelbſt ausübt, gar keine andre Wirkung veranlaſſen. Denn zuvörderſt wird die erſte dieſer Kräfte, welche ſich gegen die unendliche dünne Schicht der, den Seitenwänden der Röhre zunächſt befindlichen, Theile äußert, die Geſchwindigkeit der Oſcillation verzögern, welche die Schwerkraft allein ihnen zu ertheilen ſtrebt; ja ſie wird dieſelbe in manchen Fällen ganz aufzuheben vermögen, wenn ſie hinlänglich ſtark iſt, dieſe Theilchen feſt zurückzuhalten. Letztre werden nun für ihr Theil vermöge der, ihnen eigenthümlichen, Anziehungskraft auf die nächſte, weiter nach Innen liegende, Schicht wirken, und eine ähnliche Verzögerung derſelben bedingen, die indeß im Allgemeinen der Quantität nach von der Verzögerung der erſten Schicht verſchieden ſeyn muß, da ſie durch eine Anziehungskraft von andrer Intenſität bedingt wird. Indem ſich nun die nämliche Wirkung weiter von Schicht zu Schicht bis zur Mitte der flüſſigen Säule fortpflanzt, muß ſie eine allgemeine Verzögerung zur Folge haben, ſo wie ſie im Zuſtand des Gleichgewichts ein Aufſteigen oder Sinken bedingte.

Es folgt hieraus, daß, wenn man ſucceſſiv in die nämliche Heberröhre flüſſige Säulen von gleicher Länge, aber verſchiedener Beſchaffenheit, bringt, die Abnahme in der Größe ihrer Oſcillationen ungleich ſeyn muß, weil die Anziehung der Röhre auf die Flüſſigkeit und die Anziehung der Flüſſigkeit auf ſich ſelbſt in dieſen verſchiedenen Fällen ſich nicht gleich bleiben. So lehrt es auch die Beobachtung. Den Verſuch hierüber mit Genauigkeit anzuſtellen, neigt Le Hot erſt die Heberröhre, damit die Flüſſigkeit in einem Schenkel mehr als im andern aufſteige, darauf hält er dieſen Schenkel oben mit dem Finger zu, und bringt den Heber wieder in eine verticale Lage. Da die Flüſſigkeit in dem verſchloſſenen Schenkel nicht herabſinken kann, ohne eine Luftverdünnung darin zu bewirken, ſo wird ſie durch den Druck der Atmoſphäre in einer gewiſſen Höhe über ihrem Niveau erhalten. Dieſe Höhe, von der ihre Bewegung anhebt, kann man ohne Schwierigkeit meſſen. Zieht man jetzt den Finger von der Mündung der Röhre zurück, ſo ſinkt die Flüſſigkeit, und geräth in Oſcillationen von jenem Anfangspuncte an.

Man mißt die Abnahme der Excurſionen, die ſie macht, indem man den Punct bemerkt, bis zu welchem ſie ſich in dem einen oder andern Schenkel nach einer beſtimmten Zahl Oſcillationen erhebt. Le Hot fand auf dieſe Weiſe, daß in Hebern von Glas und bei der Temperatur von 17° das Waſſer weniger in ſeiner Bewegung verzögert wird, als der Alkohol und mehr als das Queckſilber; ferner, daß mit Erhöhung der Temperatur die Verzögerung der Bewegung beim Waſſer und Alkohol abnimmt.

Dieſe Thatſachen führen unmittelbar zu der Folgerung, daß das Ausfließen der Flüſſigkeiten aus Haarröhrchen durch die Wirkung, die dieſelben auf ſich ſelbſt und auf den Stoff, aus dem die Röhren beſtehen, ausüben, modificirt werden muß; und die Erfahrung beſtätigt dieſen Schluß. Alle Flüſſigkeiten fließen langſamer aus einem Haarröhrchen aus, als aus einer, in eine dünne Wand gebohrten, Oeffnung, die mit dem Haarröhrchen von gleichem Durchmeſſer iſt. Geſetzt, das Capillarröhrchen, aus welchem der Ausfluß geſchieht, ſey horizontal, ſo wird es für jede Flüſſigkeit eine gewiſſe Höhe des Standes geben, bei der die Geſchwindigkeit des Ausfluſſes immer die nämliche bleibt, wie viel man auch der Länge des Ausflußröhrchens noch zuſetzen mag; allein bei Verkürzung deſſelben erfolgt Beſchleunigung.

Von der nämlichen Urſache hängt ab, daß das Ausfließen verſchiedenartiger Flüſſigkeiten von verſchiedner Dauer iſt, bei übrigens gleichen Umſtänden, d. h. wenn die Flüſſigkeit durch dieſelben Haarröhrchen bei derſelben Temperatur und bei gleich hohem Stande fließt. So fließt z. B. ein Volumen reines Waſſer ſchneller als ein gleiches Volumen Alkohol oder Salzwaſſer, langſamer, als ein gleiches Volumen Queckſilber aus. Endlich ändert ſich auch bei jeder Flüſſigkeit die Dauer des Ausfließens eines gegebenen Volumen in dem Maße, als die Temperatur erhöht wird. Dieſe Thatſachen verdanken wir den Verſuchen Dubuat's, eines eben ſo ſorgfältigen als ſcharfſinnigen Phyſikers. Einige Phyſiker glaubten, ſie davon ableiten zu müſſen, daß eine flüſſige Schicht von merklicher Dicke vermöge der Anziehungskraft der Röhrenwände an dieſen feſtgehalten würde, wodurch der wahre Durchmeſſer des Canals, aus dem das Ausfließen Statt findet, um eben ſo viel verringert werden müßte. Allein die bedeutende Dicke, die dieſer unbeweglich anhaftenden Schicht beizulegen wäre, eine Dicke, die in manchen Fällen über einen Millimeter betragen müßte, reicht ſchon hin, eine ſolche Annahme in ein ſehr zweifelhaftes Licht zu ſetzen. Wirklich, wenn man ganz fein pulverigen Sand in ein Gefäß wirft, aus welchem das Waſſer durch ein Haarröhrchen ausfließt, ſieht man immer einige Theilchen dieſes Pulvers bei ihrer Bewegung längs der Seitenwand der Röhre hingehen und zwar ſo nahe, daß ſich nicht der geringſte merkbare Zwiſchenraum zwiſchen beiden wahrnehmen läßt. Die, dieſer Wand zunächſt befindliche, Waſſerſchicht, welche die Theilchen mit ſich fortzieht, iſt alſo nicht unbeweglich, wenigſtens nicht auf eine merkbare Entfernung von der Wand. Ferner, wenn die Verzögerung von einer phyſiſchen Verengerung der wahren Mündung, aus der die Flüſſigkeit ausfließt, herrührte, ſo könnte die Länge der Ausflußröhre keinen Einfluß dabei äußern; da man doch beobachtet, daß bis zu einer gewiſſen Gränze ein Zuwachs in der Länge der Röhre eine Verminderung in der Quantität des Ausfluſſes zur Folge hat. Endlich läßt ſich, wie durch Le Hot geſchehn, unmittelbar durch einen Verſuch nachweiſen, daß die Zunahme des Ausfluſſes bei Temperaturerhöhung nicht von einer Vergrößerung des Durchmeſſers des ausfließenden Strals herrührt, ſondern von Vermehrung ſeiner Geſchwindigkeit: man braucht nämlich nur die Verticalhöhe zu beobachten, bis zu welcher die nämliche Flüſſigkeit, aus der nämlichen Röhre, unter dem nämlichen Druck, aber bei verſchiednen Temperaturen ſpringt. Denn die Höhe, bis zu welcher dies geſchieht, hängt einzig von der Wurfgeſchwindigkeit ab. Nun ergiebt ſich aus der Anſtellung dieſes Verſuchs, daß die Flüſſigkeit in dem Maße höher ſpringt, als ihre Temperatur ſteigt, obwohl der Widerſtand, den ihr die Luft nach ihrer Erwärmung entgegenſetzt, wegen der Ausdehnung, die ſie dadurch erfährt, ihre Geſchwindigkeit noch etwas mehr, als vorher, verzögern muß.

Dieſe Anziehungskraft, deren Wirkungen nur auf ganz geringe Weiten merklich ſind, und welche den Grund der Erſcheinungen der Capillarität enthält, iſt die wahre Quelle der chemiſchen Verwandtſchaften. Sie offenbart ſich nur in den Erſcheinungen der Capillarität nicht ihrem ganzen Umfang nach; ſondern blos durch ihre Unterſchiede und vermöge der Veränderungen, die ihre Wirkung durch die verſchiedne Krümmung der Endflächen der Körper erfährt, anſtatt, daß bei den chemiſchen Verwandtſchaften die eigenthümliche und gewiſſermaßen jedem Molecul ſelbſtſtändig zukommende Anziehungskraft mit ihrer ganzen vollen Energie wirkt. Die Erſcheinungen der Capillarität können uns ſonach wichtige Aufſchlüſſe, wo nicht über die abſolute Intenſität, ſo doch über die Charaktere dieſer Anziehungskraft geben. Schon die Veränderungen, welche durch Temperaturverſchiedenheit in dieſen Erſcheinungen bedingt werden, ſprechen dafür, daß die Intenſität der Wirkung, welche von dem nämlichen Syſtem materieller Theilchen ausgeübt wird, nicht im Verhältniß der Zunahme ſeiner Dichte wachſe, ſondern in einem geringern Verhältniſſe; ein Umſtand, der von großer Wichtigkeit in Bezug auf die Wirkung, die die Körper auf das Licht äußern, iſt, wo dieſe Verringerung gleichfalls beobachtet wird.

Zweiundzwanzigſtes Capitel.

Von der Elaſticität.

Unſre bisherigen Verſuche haben uns in den Körpern Verbindungen ausnehmend kleiner materieller Molecule erblicken laſſen, welche ſich zwiſchen zwei Kräften im Gleichgewicht befanden, nämlich einer wechſelſeitigen Anziehungskraft, die ihre Vereinigung zu bewerkſtelligen ſtrebt, und einem abſtoßenden Princip, das wahrſcheinlich mit dem Princip der Wärme das nämliche iſt, und ſie von einander zu entfernen ſtrebt. Obwohl dieſe Molecule ſo klein ſind, daß eine Beobachtung ihrer Geſtalt ganz unmöglich fällt, ſo entdeckten wir doch, daß ſie, in gewiſſe Entfernungen von einander gebracht, Anziehungen von verſchiedner Intenſität auf einander äußern, je nachdem ſie ſich dieſe oder jene Seite zukehren. Dieſe Verſchiedenheiten wurden insbeſondre bei der Annäherung flüſſiger Körper an den feſten Zuſtand wahrnehmbar: auch zeigt ſich ihre Wirkung in den Kryſtallen, in denen die Molecule ſich auf eine eigenthümliche Weiſe anordnen und an einander legen, eine Weiſe, welche für dieſelbe Subſtanz immer die nämliche bleibt, wenn die Annäherung der Molecule ohne Hinderniß und mit Langſamkeit geſchehen kann. Da man überdies bemerkt, daß die Wirkung der Anziehungskräfte, auf welchen die chemiſche Verwandtſchaft beruht, ſich nur auf ganz geringe Weiten erſtreckt, ein Umſtand, der durch die Theorie der Capillarität ins vollſte Licht geſetzt wird, ſo ſieht man ſich, durch Verallgemeinerung dieſer Anſichten, dahin geführt, die verſchiedenen Zuſtände eines und deſſelben Körpers als ſucceſſive Uebergangsſtufen zu betrachten, abhängig von den Beziehungen, welche zwiſchen der Intenſität der zurückſtoßenden, die Theilchen von einander entfernenden Grundkraft, und der der anziehenden, ſie nähernden, Grundkraft Statt findet. Wenn die Körpermolecule ſich in ſolchen Entfernungen von einander befinden, daß die wechſelſeitige Anziehung der Theilchen unmerklich wird, ſo wirkt das zurückſtoßende Princip allein, ohne durch eine Gegenwirkung beſchränkt zu werden. Dann ſtreben die Molecule einander zu fliehen, und fliehen ſich wirklich, wenn ſie nicht durch äußere Hinderniſſe zurückgehalten werden; oder äußern, wenn letzteres der Fall iſt, ein Kraftbeſtreben, die Hinderniſſe zu überwältigen. Dies iſt der Fall bei den luftförmigen Subſtanzen. Denken wir uns jetzt die Theilchen einander auf weit geringere Entfernungen genähert, ſo daß die Anziehungskraft, die ſie auf einander ausüben, der abſtoßenden, ſie von einander entfernenden, Kraft das Gleichgewicht hält; ſo werden wir einen andern Zuſtand des Körpers erhalten. Dieſer Zuſtand kann von der Art ſeyn, daß die Anziehungskraft der Theilchen ſich äußert, ohne daß noch die Modificationen dieſer Anziehungskraft, welche von der Geſtalt der Theilchen abhängen, merklich ſind; denn welchem Geſetz auch die Anziehungskraft gehorche, jedenfalls muß die Wirkung dieſer Modificationen durch die Entfernung in weit raſcherm Maße geſchwächt werden als die Grundkraft. Dann werden ſich die Molecule in jeder relativen Lage, die ſie um ihren Schwerpunct annehmen mögen, ſtets auf dieſelbe Weiſe anziehen. Die beiden Charaktere eines ſolchen Zuſtandes müſſen demnach eine vollkommene Beweglichkeit der Theilchen, hervorgehend aus ihrer, immer gleichen, Anziehung, und ein großer Widerſtand gegen die Zuſammendrückung ſeyn, ein Widerſtand, welcher von dem Kraftbeſtreben des abſtoßenden Princips herrührt, das weit ſtärker als in den Gasarten geworden iſt: dieß iſt der Fall bei den tropfbarflüſſigen Körpern. Denkt man ſich endlich die Theilchen auf noch geringere Entfernungen genähert, ſo wird nicht nur die Grundkraft der Anziehung merklich werden können, ſondern auch die Modificationen dieſer Grundkraft, welche von der Geſtalt der Theilchen abhängen. Werden nun die Molecule, mit Beibehaltung einer völlig freien

Beweglichkeit, allmälig auf ſolche Abſtände gebracht, ſo werden ſie ſich drehen und eine Stellung annehmen, bei der ſie ſich mit den Seiten, an denen ſie ſich am ſtärkſten anziehen, an einander legen oder vielmehr einander annähern, wenigſtens wenn ſolche Seiten bei ihnen Statt finden: und aus dieſer allgemeinen und regelmäßigen Anordnung wird ein feſter kryſtalliſirter Körper hervorgehn. Dieſe Lagen des Gleichgewichts können jedoch nicht die einzigen ſeyn, auf denen der feſte Zuſtand beruht. Denn wenn die Theilchen durch fremde Einwirkungen, z. B. Schütteln oder ſchnelles Abkühlen, gehindert werden, ſich genau in die Anordnung zu fügen, welche das Maximum ihrer Anziehung bedingt, ſo werden ſie bei der Annäherung einander andre Seiten zukehren müſſen, und in andre Lagen gegen einander gerathen, in denen zwar der Einfluß ihrer Geſtalt noch merkbar ſeyn kann, aber doch verſchieden von dem ſeyn muß, der im Fall einer ungeſtörten und blos durch innwohnende Kräfte bedingten Anordnung Statt fand. Dies wird demnach den Zuſtand der feſten nicht kryſtalliſirten Körper bedingen.

In Folge dieſer Anordnung und ſchon aus dem Grunde, daß das Gleichgewicht nicht blos auf eine einzige Art der Anordnung beſchränkt iſt, ergiebt ſich, daß, wenn man auf den feſten Körper mechaniſche Kräfte, als plötzlichen Druck oder Schlag, wirken läßt, die Theilchen, wenigſtens mancher Subſtanzen, genöthigt werden können, einander andre Seiten, als zuvor zuzukehren, ohne daß deshalb der Zuſtand ihrer Feſtigkeit aufgehoben wird. Man kann ſich ſelbſt vorſtellen, daß dieſe äußere Urſache auf die verſchiednen Theilchen des nämlichen Körpers verſchieden wirkt, ſie nach verſchiednen Richtungen kehrt, ja einige ganz von einander trennt, ohne die übrigen merklich aus ihrer Stelle zu rücken. Dies iſt der Fall bei den feſten Körpern, welche man mit einem Hammer hämmert oder zerſchlägt oder in einem Mörſer zerſtößt. Wenn aber die Wirkung der, ſo unregelmäßig wirkenden, Kräfte mit Einſicht geleitet wird, und wenn die Beſchaffenheit der Subſtanz verſchiedne Lagen des Gleichgewichts für einen feſten Zuſtand ihrer Theilchen geſtattet, ſo wird der Körper dadurch zu neuen Geſtalten und Eigenſchaften gelangen können, er wird ſich zu Blättern ſtrecken, zu Draht ausziehen, in Gefäßform abrunden laſſen, und an ſeiner Oberfläche eine größere Härte annehmen können. Dies iſt der Fall bei manchen Metallen, welche durch das Streckwerk abgeplattet, durch den Drahtzug in die Länge gezogen, unter dem Hammer getrieben oder gehärtet werden können. Begreiflich wird in allen dieſen Fällen eine gewiſſe Kraft erforderlich ſeyn, um die Theilchen zu nöthigen, die Lage ihres Gleichgewichts zu ändern. Die Erfahrung lehrt, daß dieſe Kraft, um eine merkliche und ausdauernde Wirkung zu äußern, eine, für jede Subſtanz und jeden Zuſtand dieſer Subſtanz beſtimmte, Gränze überſteigen muß; ſo daß, wenn ſie dieſe Gränze nicht erreicht, das Theilchen, auf welches ſie wirkt, die Lage ſeines Gleichgewichts nicht ändert. Es weicht blos ein wenig daraus, ſo lange die Kraft auf daſſelbe zu wirken fortfährt, kehrt aber, wenn es ſich ſelbſt wieder überlaſſen iſt, zum erſten Zuſtand ſeines Gleichgewichts und zu ſeiner vorigen Lage durch eine Reihe iſochroniſcher Schwingungen zurück. Dieſe Eigenſchaft macht das aus, was man die Elaſticität oder Federkraft der Körper nennt. In vollkommnem Grade würde ſie ein Körper beſitzen, deſſen Theilchen durch keine, auch noch ſo ſtarke, Kraft zu einer bleibenden Veränderung des Aggregatzuſtandes gebracht werden könnten, ſondern ſtets zu ihrer vorigen Lage des Gleichgewichts zurückkehrten, nachdem ſie momentan daraus entfernt worden wären. Dies iſt z. B. der Fall bei Glasplatten, die, wenn ſie eine Biegung erfahren haben, völlig wieder ihre vorige Geſtalt annehmen, wenn man ſie nicht etwa über einen gewiſſen Grad hinaus zu krümmen verſucht, bei dem ſie zerbrechen. Bis zu dieſer Gränze der Krümmung alſo behalten die Theilchen, aus denen die Platte beſteht, ihre Adhäſionspuncte unveränderlich bei, und beſitzen ſonach vollkommene Elaſticität. Unvollkommen aber wird die Elaſticität ſeyn, wenn die Theilchen durch die Oscillationen, in die ſie gerathen, nicht genau zu derſelben Lage des Gleichgewichts, die ſie vorher hatten, zurückgeführt werden. Dies iſt der Fall mit dem Blech von Eiſen und mehrern andern Metallen, welches, über gewiſſe Gränzen hinaus gebogen, nicht ganz ſeine vorige Richtung wieder annimmt. Gar keine, oder eine unmerkliche Elaſticität werden endlich die Körper haben, deren Molecule, auch nur durch die geringſte Kraft aus ihrer Lage gebracht, kein Streben zeigen, zu ihrer vorigen Lage zurückzukehren, welches man bei den dünnen Bleiplatten beobachtet, die, wenn ſie gebogen werden, die ihnen gegebene Krümmung unverändert beibehalten. In jedem Fall ſieht man, daß die Elaſticität durchaus von der Cohäſion unterſchieden iſt, indem letztre die abſolute Kraft iſt, mit welcher die Theilchen an einander hängen, während man unter Elaſticität das Streben zu verſtehen hat, welches ſie in gewiſſen Fällen äußern, zu ihrer urſprünglichen Lage zurückzukehren, wenn ein äußerer und vorübergehender Impuls ſie momentan daraus um eine ausnehmend geringe Weite entfernt hat, die weniger beträgt, als der Abſtand, bei welchem ſich die Einwirkung ihrer Geſtalt auf die Art oder Intenſität ihres Aggregatzuſtandes verändern würde.

Die Beſtätigung dieſer Anſichten, zu denen uns die Geſammtheit der, bisher angeſtellten, Verſuche geführt hat, läßt ſich unmittelbar dadurch erhalten, daß man Metalldrähte durch bekannte Gewichte dehnen und dann frei zu ihrer vorigen Geſtalt zurückkehren läßt; oder daß man ſie durch eine gewiſſe Zahl von Drehungen zuſammendreht und dann ſich von ſelbſt zurückdrehen läßt. Denn die Rückkehr zum urſprünglichen Zuſtande geſchieht immer durch eine Folge von gleichlangwährenden Oscillationen, und die, den Körper zurückführende, Kraft iſt ſtets der Weite, um die man ihn aus dem urſprünglichen Zuſtande entfernt hat, proportional. So iſt in den gedehnten Drähten die Kraft, mit der ſie ſich in ihre vorige Länge zurückziehen, der Länge proportional, um die ſie momentan verlängert wurden; und in dem zuſammengedrehten Draht iſt die Kraft der Zurückdrehung genau dem Winkel, um den ſie gedreht wurden, proportional. Man kann im größern Werke die Beweiſe für dieſen Satz nachſehen, welche ſich aus zwei Reihen ſchätzbarer Verſuche ergeben haben, deren eine von S'Graveſande, die andre von Coulomb angeſtellt worden iſt.

Die Elaſticität, vermöge deren die Theilchen, wenn ſie auch noch ſo wenig aus ihrer urſprünglichen Lage entfernt ſind, in dieſelbe zurückzukehren ſtreben, iſt nicht blos in den Metallen vorhanden, ſondern in allen Naturkörpern, wenn ſie auf ganz dünne Faſern reducirt ſind. Sie fehlt ſelbſt nicht in den ausnehmend feinen Fäden, welche aus dem Körper der Seidenraupe hervortreten, wie man zeigen kann, wenn man eine große Zahl derſelben vereinigt. Das noch feinere Spinnengewebe iſt gleichfalls elaſtiſch, weil es, ohne zu zerreißen, dem Druck nachgiebt, und beim Nachlaſſen deſſelben, wieder in die vorige Lage zurückkehrt.

Alle phyſiſchen und mechaniſchen Operationen, welche den Aggregatzuſtand der Körpertheilchen verändern, ſind nothwendig von Einfluß auf die Eigenſchaften, welche unmittelbar von dieſem Zuſtand abhängen, wie die Härte und die Elaſticität. So z. B. erfahren in ſtark und lange gehämmertem, gedrehten oder durch den Drahtzug gezogenen, Eiſen die Theile eine Annäherung, durch welche ihre Dichtigkeit, Härte und Elaſticität vermehrt wird. In dieſem Zuſtande erhitze man das Eiſen bis zum Rothglühen, und laſſe es dann langſam erkalten. Die Wärme, indem ſie ſeine Theile von einander entfernt, geſtattet ihnen, die Lagen in Bezug zu einander wieder anzunehmen, in denen ſie ſich zuerſt im Gleichgewicht befanden: wobei das Metall den erlangten Zuwachs von Härte und Dichtigkeit wieder verliert. Man nennt dies das Ausglühen. Iſt das Eiſen nicht rein, ſondern in mehr oder minder beträchtlichem Verhältniſſe mit Kohle legirt, welches die verſchiednen Arten des Stahls giebt, ſo bringen ſchnelle Temperaturveränderungen noch andre, ausnehmend merkwürdige, Wirkungen darin hervor. Der ausgeglühte Stahl läßt ſich hämmern; erhitzt man ihn bis zum Rothglühen, und taucht ihn dann ſchnell in eine kalte Flüſſigkeit, z. B. in Waſſer, was man das Härten (trempe) des Stahls nennt; ſo wird er, herausgezogen und erkaltet, ohne Vergleich härter geworden zu ſeyn; und je nachdem der Temperaturwechſel, den er hiebei erfährt, mehr oder minder bedeutend war, die Conſiſtenz einer ausgezeichnet elaſtiſchen Feder annehmen, oder ganz zerbrechlich werden; Modificationen, welche von einer Veränderung der Geſtalt begleitet ſind, die eine ſtarke Umänderung im Aggregatzuſtande ſeiner Theile anzudeuten ſcheint. Um ſich von dieſer Erſcheinung eine klare Vorſtellung zu machen, muß man von der allgemeinen Thatſache ausgehen, daß der Stahl nach ſeiner Härtung nicht wieder zu den nämlichen Dimenſionen zurückkehrt, die er vor derſelben hatte. Bei gleicher Temperatur iſt er ſtets von einem beträchtlichern Volumen; ſo daß das Härten ihn gewiſſermaßen in einem gezwungenen Zuſtande der Ausdehnung erhält. Den Beweis dafür geben eine Menge Verfahrungsarten in den Künſten. Werden cylindriſche Keile von Stahl ſorgfältig abgedrehet, ſo daß ſie in einen hohlen Cylinder von demſelben Durchmeſſer genau paſſen, und dann für ſich, ohne den Cylinder, gehärtet, ſo vermögen ſie nicht mehr in letztern eingebracht zu werden. Härtet man ſie, nachdem ſie ſchon in die Höhlung des Cylinders gebracht ſind, und läßt der Stoff, aus dem letztrer beſteht, keine Härtung zu, ſo daß er beim Abkühlen allein zu ſeinen urſprünglichen Dimenſionen zurückkehrt, ſo drängen die Theile bei ihrer Ausdehnung von allen Seiten gegen ihn an, als wenn ſie gewaltſam in ein Loch, das einen weit geringern Durchmeſſer, als ſie ſelbſt, hätte, hineingetrieben worden wären, und werden ſo, ohne andre Vorrichtungen, mit einer ungeheuren Kraft darin zurückgehalten. Fortin, der hierüber verſchiedne Verſuche angeſtellt hat, fand die Ausdehnung des Stahls durch das Härten unläugbar, aber ihrer Größe nach veränderlich, je nach den Dimenſionen der gehärteten Stücke, obwohl ſie alle vom nämlichen Stahl waren und ganz gleichen Temperaturen ausgeſetzt wurden. Jedenfalls reicht die Thatſache, daß eine ſolche Ausdehnung Statt findet, für ſich ſchon hin, eine ziemlich beſtimmte Andeutung von dem, was beim Härten vorgeht, zu geben. Es ſcheint, daß in dem Augenblick, wo der ſtark erhitzte Stahl plötzlich in eine ganz niedrige Temperatur verſetzt wird, die Abkühlung, welche die äußern Schichten der Maſſe eher, als ihre innern trifft, erſtre nöthigt, ſich in ihrer Form nach der noch heißen und ausgedehnten Mitte zu fügen, wodurch ſie auf größere Dimenſionen gebracht werden, als ſie angenommen haben würden, wenn man ſie nach und nach von ſelbſt hätte abkühlen laſſen. Bald erkalten auch die, der Mitte näher liegenden, Theile; allein die äuſern Schichten, welche ſchon zu einem feſten Zuſtand gekommen ſind, halten ſie durch ihre Anziehung feſt, beſtimmen das Volumen, welches ſie annehmen müſſen, und hindern ſie ſo, ſich ſoweit zu nähern, als es geſchehen ſeyn würde, wenn ſie von ſelbſt und allmälig hätten erkalten können.

Dieſer Anſicht zufolge befindet ſich der gehärtete Stahl in einem gezwungenen Zuſtande, bei welchem die Theilchen eine andre Anordnung haben, als ſie erhalten würden, wenn ſie der Wirkung ihrer wechſelſeitigen Anziehungskräfte frei überlaſſen worden wären. Man muß es hienach ſehr erklärlich finden, warum durch das Härten ſo beträchtliche Veränderungen in der Härte, der Elaſticität und den andern phyſiſchen Eigenſchaften, welche auf der Anordnung der Theilchen beruhen, vorgehen. Was aber kann der Grund ſeyn, daß die Schnelligkeit des Erkaltens ſolche Wirkungen am Stahl hervorbringt, dagegen keine merklichen Veränderungen im reinen Eiſen, dem Silber, Gold, Zinn, Kupfer und den übrigen reinen Metallen veranlaßt? daß ferner durch die nämliche Urſache die entgegengeſetzte Wirkung in der Legirung bedingt wird, aus welcher die Tantams (Gonggongs) und Cymbeln verfertigt werden, wie Darcet und nach ihm ich ſelbſt beobachtet haben? Dies Gemiſch nämlich, welches aus 78 Theilen Kupfer und 22 Theilen Zinn beſteht, wird ſpröder und läßt ſich nicht mehr hämmern, wenn man es, nachdem es bis zum Rothglühen erhitzt worden, langſam in der Luft erkalten läßt; dagegen es biegſam und hämmerbar wird, wenn es, nachdem es auf ſolche Weiſe erhitzt worden, plötzlich in kaltes Waſſer getaucht wird. Im erſten Fall erhält es ein glänzend weißes Korn, wie Zinn; im andern wird es gelb, von der Farbe des Kupfers. Das Härten und Ausglühen bewirken auch im Korn des Stahls bedeutende Unterſchiede. Man kann faſt nicht umhin, bei dieſen Erſcheinungen eine Veränderung in der chemiſchen Verbindungsart der verſchiedenartigen Theilchen zu vermuthen, aus denen der Stahl und die angeführte Legirung beſtehen. Deſſenungeachtet ſcheint eine ſolche Zuſammenſetzung keine weſentliche Bedingung zu einer bleibenden Veränderung des Aggregatzuſtandes einer Subſtanz zu ſeyn. Zufolge einer ſehr ſchönen Beobachtung Thénards, werden Eiſen und Kupfer, wenn man ſie einem Strom von Ammoniumgas bei einer Temperatur, die ſie zum Rothglühen bringt, ausſetzt, ſpröde und brüchig, ohne von dem Gas das Geringſte, was durch die Wage bemerklich würde, ſich anzueignen; zugleich wird das Gas vollſtändig zerſetzt. Einer andern Bemerkung des nämlichen Chemikers zufolge iſt reiner Phosphor, wenn er bis 60° C. erhitzt und dann langſam in der Luft abgekühlt worden iſt, weiß und durchſichtig; dagegen er, wenn man ihn plötzlich abkühlt, indem man ihn in kaltes

Waſſer wirft, ſchwarz und undurchſichtig, wie Kohle wird. Man kann ihn aus einem dieſer Zuſtände, ſo oft man will, in den andern übergehen laſſen. Alle dieſe, ſo mannichfaltigen, Erſcheinungen, welche von der Art des Erkaltens abhängen, laſſen ſich auf keine Weiſe a priori vorausſehen; nur durch die Erfahrung wird ihre Entdeckung möglich. Es ſind eben ſo viel Zuſtände des Gleichgewichts, welche zwiſchen allen den Kräften, von denen die Körpertheilchen angeregt werden, Statt finden können; dieſe Kräfte ſind aber zu zahlreich und liegen unſerm Wiſſen bisher noch zu fern, als daß ſich im Voraus berechnen ließe, was das Reſultat ihres Zuſammenwirkens unter den verſchiednen Umſtänden, in welche die Körper gebracht werden können, ſeyn müſſe.

Härtet man das Glas, wie den Stahl, ſo wird es ebenfalls hart und ausnehmend ſpröde. Dies zeigt ſich in Tropfen von geſchmolzenem Glaſe, die man in kaltes Waſſer fallen läßt; das plötzliche Erkalten bringt ſie in einen neuen Aggregatzuſtand, und bricht man die Spitze von der Rundung, welche ſie bilden, ab, ſo zerſpringen alle Theilchen in einen feinen Staub. Auf ſolche Weiſe werden die **Glastropfen oder Springgläſer** (larmes bataviques) verfertigt, welche den Kindern zum Spielwerk dienen, eben ſo wohl aber das Nachdenken der Phyſiker beſchäftigen können. Die Erſcheinungen, welche ſie darbieten, deuten offenbar auf einen gezwungenen Zuſtand der Theilchen und einen beſtimmten Aggregatzuſtand, der von der Urſach des Abkühlens, die auf ſie wirkt, abhängt. Was aber noch mehr dafür ſpricht, iſt, daß ſie dieſe Eigenſchaften verlieren, wenn man ſie nochmals bis zum Rothglühen erhitzt und langſam erkalten läßt. Dieſe kleinen Tropfen können auch dazu dienen, den allmäligen Fortgang des Abkühlens, der im Allgemeinen beim Härten Statt findet, zum Augenſchein zu bringen; denn tropft man ſie im Dunkeln in das Waſſer, ſo ſieht man ſie noch eine ſehr merkliche Zeit darin roth, obwohl ihre, zuerſt mit der Flüſſigkeit in Berührung kommende, äußere Oberfläche ohne Zweifel gleich im erſten Augenblick weit unter der Temperatur abgekühlt wird, bei welcher ſie dieſe Farbe haben kann.

Von der Drehwage (balance de torsion).

Coulomb, nachdem er ſehr genaue und ſorgfältige Unterſuchungen über die Wirkung des Zuſammendrehens von Metalldrähten angeſtellt hatte, machte eine ſehr glückliche Anwendung davon auf die Verfertigung eines Inſtruments, welches zur Meſſung überhaupt aller kleinen Kräfte dienen kann. Den weſentlichſten Theil dieſes Inſtruments macht ein verticaler Metalldraht aus, deſſen oberes Ende unbeweglich befeſtigt iſt, während das untere Ende durch ein kleines Gewicht geſpannt wird und eine horizontale Nadel trägt. Um ſehr kleine Kräfte zu meſſen, läßt man ſie auf das Ende dieſer Nadel wirken, und ſchätzt ihre Intenſität nach dem Winkel, um welchen ſie dieſelbe aus der Lage ihrer Ruhe ablenken. Mit einem Wort, man wiegt (en balance) dieſe Kräfte durch die Drehung, welche der Metalldraht erfährt, daher der Name Drehwage, den Coulomb dieſem Apparat gegeben hat.

Damit Bewegungen der Luft auf die Bewegung der Nadel keinen ſtörenden Einfluß äußern, wird ſie in einen cylindriſchen Glasbehälter eingeſchloſſen, und eben ſo der Draht mit einem hohlen Glascylinder umgeben, an dem oben eine Gradeintheilung angebracht iſt, die ſich mit ſtarker Reibung um den Cylinder drehen läßt. Die kleine Zwinge, welche den Draht feſthält, iſt mit einer horizontalen Nadel verſehen, welche dieſe Gradeintheilung durchläuft und als Zeiger dient, wenn man den Draht um eine beſtimmte Anzahl von Graden drehen will. Endlich umgiebt auch eine horizontale Kreiseintheilung den gläſernen Behälter, welcher den Gang der Nadel zu meſſen dient. Der ganze Apparat iſt in Fig. 76. vorgeſtellt.

Der Draht und die Nadel erhalten je nach dem Zweck, zu dem ſie dienen ſollen, eine verſchiedene Länge und Dicke. Soll der Apparat für ſehr kleine Kräfte anwendbar ſeyn, und eine ſehr bedeutende Empfindlichkeit beſitzen, ſo muß man lange und feine Drähte nehmen; denn die Kraft der Drehung iſt der Länge der Drähte umgekehrt und der vierten Potenz ihrer Dicke direct proportional. Bei den langen Drähten hat man überdies noch den Vortheil, ſie um eine größere Zahl von Graden drehen zu können, ohne ihrer Elaſticität Eintrag zu thun. Man muß ferner Drähte von ſolchen Stoffen anwenden, die eine möglichſt vollkommene Elaſticität beſitzen. Coulomb hat in dieſem Bezug Andeutungen gegeben, die man in meinem größern Werke nachleſen kann.

Die Drehwage kann dienen, die allgemeine Anziehungskraft, welche alle Naturkörper auf einander nach dem geraden Verhältniß ihrer Maſſe und dem umgekehrten des Quadrats ihres Abſtandes ausüben, zur Wahrnehmung zu bringen; eine Anziehungskraft, die in Bezug zur Maſſe der Erde die Schwere darſtellt, kraft deren alle Körper nach dem Mittelpunct derſelben hinſtreben. Man denke ſich z. B. die Nadel in Ruhe befindlich, in der Lage, in die ſie von ſelbſt kommt, wenn man den Draht unberührt läßt, und ſtelle ſeitlich von ihren Enden, und in entgegengeſetzten Richtungen, zwei Kugeln aus einem beliebigen Stoffe hin. Wenn ſie wirklich eine Anziehung in distans (in die Entfernung) auf die Molecule der, ſo ſchwebenden, Nadel ausüben, und umgekehrt auch von ihr angezogen werden, ſo muß die

Nadel aus ihrer urſprünglichen Lage abgelenkt werden; und ihre Enden müſſen ſich den, ſie anziehenden Kugeln nähern, bis die Kraft der Zuſammendrehung des Drahts, die der Ablenkung widerſtrebt, hinlänglich ſtark geworden iſt, um dieſer Anziehung das Gleichgewicht zu halten. Selbſt im Augenblick, wo dies Gleichgewicht eintritt, fährt die Nadel noch fort, ſich zu bewegen; zwar nicht blos vermöge der Anziehung, weil dieſe dann von der Kraft der Drehung überwogen wird, ſondern vermöge ihrer, zuvor erlangten, Geſchwindigkeit. Sie wird alſo ſich weiter bewegen, bis endlich die, immer zunehmende, Kraft der Drehung, dieſe Geſchwindigkeit aufgehoben hat, die Nadel zu ihrem Ruhepunct zurückzuführen beginnt, und ſie ſelbſt auf eine gewiſſe Weite darüber hinausgehen läßt, von wo ſie abermals anfangen wird, ſich nach den Kugeln hinzubewegen, um dieſe Oscillationen noch längere Zeit fortzuſetzen. Noch augenſcheinlicher läßt ſich dieſe Wirkung dadurch machen, daß man den größten Theil der Maſſe des beweglichen Syſtems an ſeinen Enden wirken läßt, indem man ſich einer cylindriſchen Nadel bedient, an deren Enden zwei große Kugeln angebracht ſind. Hiedurch erhält man noch überdies den Vortheil einer leichtern Berechnung des Verſuchs: indem das Geſetz über die, dem Ausdruck der Abſtände umgekehrt proportionale, Anziehung ergiebt, daß eine homogene Kugel einen, außer ihr befindlichen, Punct ſo anzieht, als wenn ihre ganze Maſſe in einem einzigen Puncte, ihrem Mittelpuncte, vereinigt wäre; und obwohl die Maſſe der Nadel ſich nie ganz auf Nichts herabbringen läßt, ſo kann ſie doch begreiflicher Weiſe, wenn ſie in Vergleich zu den Kugeln, in die ſie ſich endigt, ſehr klein iſt, auf die Oscillationen nur einen in demſelben Verhältniß ſchwachen Einfluß haben, der ſich leicht in Rechnung ziehen laſſen wird. Man kann dann aus Geſetzen der Mechanik den Ausdruck für die Kraft herleiten, welche die beiden Kugeln ſollicitirt, wenn ſie mit der beobachteten Geſchwindigkeit unter dem Einfluß der, die Anziehung äußernden, Körper oscilliren, welche man, größerer Einfachheit halber ebenfalls für kugelförmig annehmen kann. Durch Vergleichung der Dauer dieſer Oscillationen mit der der Schwingungen eines verticalen Pendels, welches ſich blos vermöge der anziehenden Kraft des Erdkörpers bewegt, läßt ſich das Verhältniß dieſer Kraft zu der, welche von den, zum Verſuch gebrauchten, Kugeln ausgeübt wird, finden. Hieraus kann man dann das Verhältniß herleiten, welches die Maſſen der Kugeln zur Maſſe der Erde haben, und, da die Volumina dieſer Körper auch bekannt ſind, ſo wird ſich daraus das Verhältniß ihrer Dichtigkeiten ergeben. Cavendiſh, der dieſen ſchönen Verſuch angeſtellt hat, hat auf dieſe Weiſe gefunden, daß die mittlere Dichtigkeit der Erde gleich 5,5 iſt, wenn die des Waſſers gleich 1 geſetzt wird.

Die Drehwage iſt von Coulomb auch zur Meſſung der Intenſitäten der elektriſchen und magnetiſchen Kräfte angewandt worden, worüber ſpäter ein Mehreres. Deßgleichen bediente er ſich derſelben, die Kraft, mit welcher die Flüſſigkeiten an ſich ſelbſt oder an andern Körpern haften, zu ſchätzen. Zu dieſem Zweck ließ er ebene Scheiben hineintauchen, welche an Metalldrähten von bekannter Stärke in ihrer Mitte horizontal aufgehangen waren, und verglich die Geſchwindigkeiten der Oscillationen, welche von dieſen Scheiben in tropfbaren Flüſſigkeiten und in der Luft gemacht wurden.

Dreiundzwanzigſtes Capitel.

Von der Reibung.

Wenn zwei Körper mit ebenen Flächen übereinander liegen, ſo geht aus ihrer Berührung eine Kraft hervor, die ſie mit einer gewiſſen Energie zuſammenhält und ein Hinderniß abgiebt, daß ſie frei mit den, ſich berührenden, Oberflächen übereinander hingleiten können. Dieſe Kraft führt den Namen der Reibung oder Friction (frottement, frictio).

Dem erſten Anblick nach fühlt man ſich verſucht, den Grund dieſer Erſcheinung in einem Ineinandergreifen der Rauhigkeiten beider Körper zu ſuchen; eine genauere Erwägung jedoch zeigt, daß ſie ſich dieſer Urſach nicht wohl allein beimeſſen läßt. Allerdings iſt die Reibung ſehr bedeutend bei Körpern mit rauher Oberfläche, allein ſie äußert ſich ſelbſt bei denen, die möglichſt gut polirt ſind, und die die Annahme eines Ineinandergreifens der Rauhigkeiten nicht wohl geſtatten. Ueberdies nimmt man nicht wahr, daß, wenn dieſe Körper eine ganz kurze Zeit über einander hinbewegt werden, ein merkliches Abreiben von Theilen ihrer Oberfläche Statt findet; was doch, allem Anſchein nach wenigſtens, geſchehen müßte, wenn die vorſtehenden Theile der rauhen Oberfläche einander, bei der Trennung, abbrächen. Auf jeden Fall iſt in der Erfahrung der wahre Weg zu ſuchen, dieſen Fragepunct zu entſcheiden, wenn er überhaupt einer Entſcheidung fähig iſt. Zu dieſem Zweck giebt man einem der Körper, deren Reibung unterſucht werden ſoll, die Geſtalt und Lage einer geneigten Ebene, die ſucceſſiv unter verſchiedne beſtimmte Neigungswinkel geſtellt werden kann, welche man durch einen Gradbogen mißt, Fig. 77. Auf dieſe Ebene legt man den andern Körper, den man dem Verſuch unterwerfen will, und dem man zuvor eine ebene Fläche gegeben hat. Alsdann vergrößert man den Neigungswinkel allmälig, bis der Körper längs der geneigten Ebene blos vermöge ſeiner Schwere herabzugleiten beginnt. Es leuchtet ein, daß im Augenblick, wo dies geſchieht, die Stärke der Reibung dem Theil vom Gewicht des Körpers gleich iſt, welcher durch Zerlegung nach paralleler Richtung mit der geneigten Ebene hervorgeht; d. i. dem Gewichte des Körpers, multiplicirt mit dem Sinus des Winkels, den dieſe Ebene mit dem Horizont macht. Hiedurch erhält man ein genaues und vergleichbares Maß der Reibung.

Aus Verſuchen dieſer Art haben ſich nachſtehende Reſultate ergeben. Bei Gleichheit aller übrigen Umſtände mindert ſich die Reibung in dem Maße, als die Oberflächen eine vollkommenere Politur erhalten; ſtärker iſt ſie zwiſchen Körpern, welche aus dem nämlichen Stoff beſtehen, als zwiſchen verſchiedenartigen. Das Maximum ihrer Stärke erreicht ſie nicht im Augenblick der Berührung, ſondern erſt nach einer gewiſſen Zeit, während welcher ſie allmälig zunimmt, bis zu einer Gränze, die ſie dann nicht weiter überſchreitet. Ihre Stärke endlich iſt dem Druck proportional, unabhängig von der Größe ihrer Oberfläche; ſo daß z. B. ein Polyeder, deſſen Flächen (von ungleicher Größe) alle eine gleiche Glätte haben, auf derſelben geneigten Ebene ſtets dieſelbe Reibung erleidet, auf welche der Flächen man es immer legen mag, da der Druck dann ſtets dem Totalgewicht des Körpers gleich iſt. Dies ſcheint mit der Vorſtellung von einem Ineinandergreifen der Theilchen gar ſehr in Widerſpruch zu ſtehen. Man bemerkt auch, daß die Reibung ſtärker iſt, wenn die nämlichen Theile eines Körpers ſucceſſiv über die verſchiednen Theile eines andern hingehen, wie z. B., wenn ein feſter Körper mit einer ebenen Fläche über eine Ebene hingleitet; als wenn die verſchiednen Theile des nämlichen Körpers ſucceſſiv die verſchiednen Theile des andern berühren, wie, wenn eine Billardkugel auf der Billardtafel dahin rollt. Man nennt die erſte dieſer Reibungen **Reibung der erſten Art** (oder **Reibung des Schiebens**), die letztre **Reibung der zweiten Art** (oder **Reibung des Wälzens**). Sollte dieſe nicht deßhalb ſchwächer ſeyn, weil bei ihr die Theilchen kürzere Zeit mit einander in Berührung bleiben *)?

---

*) **Zuſätze.** Nach **Muſſchenbroek's** Verſuchen läuft Stahl mit der wenigſten Reibung auf Meſſing, mit mehr Reibung der Ordnung nach auf Blei, Kupfer, Guajakholz, Stahl, Zinn; dieſe Kenntniß benutzt man, indem man bei Maſchinen Theile, die ſich aneinander bewegen ſollen, aus ſolchen Stoffen verfertigt, die ſich am wenigſten aneinander reiben, z. B. aus Stahl und Meſſing. — Nach **Coulomb's** Verſuchen beträgt die Reibung bei Eichenholz auf Eichenholz reichlich $\frac{2}{5}$ der drückenden Laſt, bei Eiſen auf Eiſen beinahe $\frac{3}{10}$, bei Kupfer auf Eiſen $\frac{1}{4}$ der Laſt, wenn die Körper trocken, ohne zwiſchen geſtrichene fette Materien, auf einander fortgleiten.

Mit dem Widerſtand, den die Reibung bedingt, pflegt man gewöhnlich noch den zu betrachten, der aus der Steifheit der Seile entſteht. Läuft ein Seil um einen Cylinder, wovon Fig. 19. Taf. I. den Durchſchnitt vorſtellen mag, und ſoll eine, an MF wirkende, Kraft P wirklich die, an $M'F'$ ziehende, Laſt Q heben, ſo muß der, unterhalb M' liegende, bisher gerade, Theil des Seiles ſich nun oberhalb M' hinauf beugen. Wegen der Steifheit des Seiles nimmt dieſes nicht ſogleich die Krümmung völlig an, die es annehmen ſollte, ſondern das Seil drängt ſich unterhalb M' etwas nach Außen (was in der Figur nicht dargeſtellt iſt), indem es weniger gekrümmt bleibt, als die Krümmung des Cylinders fordert; das Gewicht Q wird daher deſto mehr von der Verticale $M'F'$ zurückweichen, je größer die Steifheit des Seils iſt; und es wird alſo anzuſehen ſeyn, als ob die Laſt Q nicht in der Entfernung CM' vom Drehpuncte, ſondern in einer größern angebracht wäre. Sie vergrößert alſo das Moment der Laſt, und erfordert dadurch eine angemeſſene Vergrößerung der Kraft.

Die Kraft, mit welcher das Seil bei M' der Beugung widerſteht, iſt, es mag belaſtet oder unbelaſtet ſeyn, ungefähr dem Querſchnitte des Seiles oder dem Quadrate ſeines Durchmeſſers proportional, und zugleich bei gleicher Dicke dem Halbmeſſer CM' des Cylinders umgekehrt proportional. Iſt das Seil belaſtet, ſo muß man auch noch den Widerſtand der Laſt proportional ſetzen (Brandes Lehrb. der Geſetze des Gleichgewichts und der Bewegung).

Anhang *)

Dieſer Anhang enthält eine kurze Angabe mehrerer wichtigen Entdeckungen oder Beobachtungen, die während des Drucks dieſer dritten Auflage gemacht wurden. Da ich ſie nicht ausführlich auseinanderſetzen kann, ſo habe ich wenigſtens die periodiſchen Schriften angegeben, in denen ſie aufgezeichnet ſind.

Zuſammendrückbarkeit des Waſſers. Die Erſcheinung, daß ſich der Schall durch das Waſſer und die andern tropfbaren Flüſſigkeiten hindurch fortpflanzt, hatte ſchon lange auf eine Zuſammendrückbarkeit derſelben ſchließen laſſen. Der engliſche Phyſiker **Canton** that dieſe Eigenſchaft dar, indem er eine beſtimmte Maſſe Oel, Waſſer, Queckſilber erſt in den leeren Raum brachte, dann ſie dem Druck der Atmoſphäre ausſetzte, und das Volumen beobachtete, welches ſie in beiden Fällen einnahm. Indeß konnte man gegen die Richtigkeit ſeiner, obwohl an ſich zutreffenden, Reſultate Einwürfe erheben, hergenommen von den zufälligen Veränderungen der Geſtalt und Temperatur, welche die Apparate erfuhren. **Oerſted** hat dieſe Schwierigkeit glücklich umgangen, indem er die Flüſſigkeit, die er zuſammendrücken wollte, ſo wie das Gefäß, in dem ſie enthalten iſt, in eine andre flüſſige Maſſe taucht. Auf dieſe nun übt er den Druck unmittelbar aus, der ſo zu der innern Flüſſigkeit fortgepflanzt wird, ohne die Geſtalt des Gefäßes, worin ſie enthalten iſt, zu ändern, weil er eben ſowohl nach Innen als nach Außen wirkt. **Oerſted** findet auf dieſe Weiſe, daß ein Druck, welcher dem Gewicht der Atmoſphäre gleich iſt, das reine Waſſer um 0,000045 ſeines urſprünglichen Volumens zuſammendrückt, während **Cantons** Verſuche 0,000044 geben. Durch Abänderung des Drucks von $\frac{1}{3}$ der Atmoſphäre bis zu dem von 6 Atmoſphären fand **Oerſted**, daß die Veränderung des Volumens ihm proportional iſt. Spätere, von **Perkins** angeſtellte, Verſuche ſcheinen anzudeuten, daß dieſe Proportionalität ſich noch auf weit ſtärkere Druckkräfte erſtreckt, ſolche z. B. von 2000 Atmoſphären. Nur wenn das Waſſer nicht von Luft gereinigt iſt, bringen die erſten Grade des Drucks eine etwas bedeutendere Volumenverminderung zu Wege, als der Schärfe nach jener Proportionalität zufolge Statt haben ſollte. Die Abhandlung Oerſteds nebſt der Beſchreibung ſeines Apparats, iſt in die Annales de Chimie et de Physique, Tome XXII. page 192 eingerückt.

---

*) Dieſer Anhang iſt im Original dem zweiten Bande hinten angefügt. Ich würde das, was er enthält, unmittelbar in den Text des Werks ſelbſt an der gehörigen Stelle eingeſchaltet haben; erhielt aber das Original des zweiten Bandes erſt, nachdem der Druck dieſes vorliegenden erſten Theils der Ueberſetzung ziemlich beendigt war. Außer den hier angeführten beziehen ſich noch einige Artikel im Biotſchen Anhange auf die folgenden Theile, die ich, wo ſie in den Text paſſen, gehörigen Orts beifügen werde.

Erfolg, den die vereinte Wirkung der Wärme und des Drucks auf verſchiedne tropfbare Flüſſigkeiten hat. Cagniard-Latour ſuchte zu erfahren, welchen Erfolg das Erhitzen tropfbarer Flüſſigkeiten in einem eingeſchloſſenen, der Expanſivkraft ihrer Dünſte zu widerſtehen fähigen, Raume hätte, und bemerkte dabei nicht ohne Verwunderung, daß kleine, an der Lampe oben zugeſchmolzene, Glasröhren der von Innen wirkenden Expanſivgewalt in weit ſtärkerm Maße zu widerſtehen vermochten, als man Grund zu glauben gehabt hätte. Er ſchloß demnach in kleine Gefäße dieſer Art verſchiedene Flüſſigkeiten, wie Waſſer, Alkohol, Schwefeläther in ſolcher Menge, daß nur ein kleiner Theil ihrer Capacität dadurch angefüllt ward, ein, und erhitzte ſie dann mit aller nöthigen Vorſicht, um das Springen der Röhren durch eine zu ſchnelle Temperaturerhöhung zu verhindern. Die inwendig enthaltene Flüſſigkeit dehnte ſich mit zunehmender Temperatur immer mehr aus, wie zu erwarten war; allein über eine gewiſſe Gränze der Expanſion hinaus, wo ſie noch bei Weitem die Capacität der kleinen Röhre nicht ganz ausfüllte, verſchwand plötzlich aller Anſchein von tropfbarer Flüſſigkeit, und die Röhre war nur noch von einem durchſichtigen Dunſt erfüllt, der ſich bei der geringſten Temperaturerniedrigung ſogleich in Geſtalt eines reichlichen Regens niederſchlug. Cagniard-Latour beſtimmte nun dadurch, daß er dieſe Dämpfe durch Druck auf ein conſtantes Luftvolumen wirken ließ, die Spannkraft derſelben und fand ſo folgende Reſultate: der Aether verwandelt ſich in Dampf in einem geringern Raume, als das Doppelte ſeines Volumens in tropfbar flüſſigem Zuſtande beträgt, und ſein Dunſt übt dann einen Druck von 37 bis 38 Atmoſphären aus; der Alkohol verwandelt ſich ohne Rückſtand in Dunſt in einem Raume, der nicht ganz ſo groß iſt als das dreifache Volumen, das er als tropfbare Flüſſigkeit einnimmt, und ſein Druck iſt dann dem von 119 Atmoſphären gleich. Das Waſſer endlich kann ſich in Dunſt verwandeln in einem Raume, der ziemlich das Vierfache ſeines urſprünglichen Volumens iſt, wobei ſeine Temperatur von der des ſchmelzenden Zinks nicht ſehr abweicht. Dieſe ſchönen Verſuche von Cagniard-Latour ſind aufgezeichnet in den Annales de Chimie et de Physique, tome XXI, page 127 et 128; tome XXII, page 410.

Gasförmige Subſtanzen, durch Druck in tropfbaren

Zuſtand gebracht. **Faraday** ſchloß in gekrümmte und an der Lampe zugeſchmolzene Glasröhren verſchiedne chemiſche Producte ein, welche die Fähigkeit hatten, durch Eingehen einer chemiſchen Verbindung unter einander Gasarten zu entwickeln. Zuerſt hatte er ſie ſo eingebracht, daß ſie ſich in den verſchiednen Schenkeln der Röhre abgeſondert befanden, und erſt nach dem Zuſchmelzen der Röhre ließ er ſie ſich miſchen. So fand ſich alles, in einer ſolchen Röhre entwickelte, Gas auf einen feſten Raumumfang beſchränkt, auf den es ſich nicht anders reduciren konnte, als indem es auf ſich ſelbſt einen beträchtlichen Druck ausübte, der in mehrern Fällen ſeine Verwandlung in tropfbarflüſſigen Zuſtand zuwege brachte. Dieſer Erfolg hatte bei folgenden Gasarten Statt: 1) Schweflige Säure, durch Einwirkung der Schwefelſäure auf das Queckſilber entwickelt *). 2) Geſchwefeltes Waſſerſtoffgas, durch Wirkung von Salzſäure auf ſchwefelſäuerliches Eiſen in Stücken erzeugt. (Die tropfbare Flüſſigkeit farblos, durchſichtig, äußerſt beweglich; in Vergleich mit ihr ſchien Aether zähe und ölig; die Lichtſtralen brach ſie, wie es ſchien, ſtärker als Waſſer, wenigſtens gewiß ſtärker, als ſchweflige Säure; den Druck von ihren Dunſten fand man bei einer Temperatur von 50° F. ziemlich 17 Mal ſo ſtark, als den der Atmoſphäre; die ſpecifiſche Schwere ſchien 0, 9 zu ſeyn). 3) Kohlenſäure, durch Einwirkung der Schwefelſäure auf kohlenſaures Ammonium erzeugt (die tropfbare Flüſſigkeit durchſichtig, farblos, äußerſt flüſſig; bricht das Sonnenlicht weit weniger als Waſſer; der Druck der Dämpfe wurde bei 32° F. 36 Mal ſo ſtark als der der Atmoſphäre gefunden). 4) **Euchlorine**, aus chlorſaurem Kali und Schwefelſäure erzeugt. 5) **Salpetriges Oxyd** (die tropfbare Flüſſigkeit bricht die Lichtſtralen weit weniger, als Waſſer, und überhaupt irgend ein andres bekanntes Fluidum). 6) **Cyanogen**; 7) **Ammonium**, aus ſeiner Verbindung mit Silberchlorid entwickelt (die tropfbare Flüſſigkeit bricht das Licht ſtärker, als irgend eines der erwähnten Fluida, folglich auch ſtärker als Waſſer; ſpecifiſches Gewicht 0,76). 8) **Salzſäure**, (bricht die Lichtſtralen ſtärker als ſalpetriges Oxyd, aber nicht ſo ſtark als Waſſer, ungefähr wie Kohlenſäure). 9) **Chlorine** (Brechungskraft etwas geringer, als die des Waſſers) *). Die Abhandlung **Faraday's** (Phil. Transact. 1823. P. II.) findet ſich ins Franz. überſetzt in den Annales de Chimie et de Physique, pour Décembre, 1823. (Im Auszuge unter andern in **Frorieps Notizen** u. ſ. w. 1824. Febr. No. 128).

---

*) Des Beiſpiels halber füge ich das, hiebei angewandte, Verfahren bei.

Queckſilber und concentrirte Schwefelſäure wurden in einer gebogenen Röhre hermetiſch verſchloſſen, und nachdem ſie in ein und daſſelbe Ende gebracht waren, ward mit Vorſicht Hitze angewandt, während das andre Ende durch naſſes Löſchpapier kühl erhalten wurde. Da, wo die Hitze einwirkte, erzeugte ſich ſchwefligſaures Gas und wurde durch die darüber befindliche Schwefelſäure condenſirt. Als die letztere aber geſättigt war, gieng die ſchwefelige Säure nach dem kalten Ende der Röhre über und wurde dort in tropfbar flüſſigen Zuſtand verdichtet. Sobald die ganze Röhre erkaltet war und die ſchweflige Säure zu der Miſchung von Schwefelſäure und ſchwefelſaurem Queckſilber zurückgegoſſen wurde, ward ein Theil davon wieder abſorbirt, aber der Reſt blieb auf derſelben, ohne ſich zu vermiſchen.

Es ward ein kleiner Druckmeſſer mit der Röhre in Verbindung gebracht, in welcher ſich ſpäter ſchweflige Säure bildete; bei einer Temperatur von 45° Fahr. war der Druck im Innern der Röhre dreimal ſo ſtark, als der der Atmoſphäre; während ſich eine Quantität ſchweflige Säure in tropfbarflüſſigem Zuſtand darin befand. Da aber die atmoſphäriſche Luft beim Verſchließen der Röhre nicht ausgepumpt worden war, ſo muß man ungefähr den dritten Theil des Drucks auf deren Rechnung ſchreiben, ſo daß der Dunſt von ſchwefliger Säure bei 45° Fahr. einen etwa doppelt ſo ſtarken Druck ausübt, als die Atmoſphäre. Ihre ſpecifiſche Schwere betrug ziemlich 1,42.

Die tropfbar flüſſige ſchweflige Säure iſt äußerſt durchſichtig, farblos und ſehr beweglich.

(Frorieps Notizen.)

Ueber die elaſtiſche Kraft des Waſſerdampfs bei hohen Temperaturen. Die, auf S. 259 befindliche, Tabelle konnte, da ſie ſich blos auf die Interpolation der, von Dalton zwiſchen den Temperaturen von 0° und 100° durch Verſuche gefundnen, Data ſtützt, mit Sicherheit auch nur innerhalb dieſer Gränzen anwendbar ſeyn. Die, vom Dr. **Ure** in Bezug auf höhere Temperaturen angeſtellten, Verſuche, hatten gezeigt, daß ſie darüber hinaus zu ſchwache Reſultate liefere. Neue, von **Taylor** hierüber unternommene, Verſuche ſetzen dies vollends außer Zweifel. Ich füge deßhalb zur Ergänzung hier die wahren Zahlen bei, welche ſich aus den Beobachtungen ergeben haben, um ſie den, in der Tabelle enthaltenen, welche nur durch Interpolation hergeleitet wurden, ſubſtituiren zu können.

Temperaturen in Centeſimalgraden.	Spannkraft in Millimetern.
100°	762$^{\text{mm}}$
120	1452
130	1961
140	2636
150	3494
160	4557
215,5	2660

---

*) Noch nicht geglückt ſind die Verſuche mit Waſſerſtoff-, Sauerſtoff-, fluoboraciſchem, fluoſiliciſchem und phosphoriſchem Waſſerſtoff-Gas.

Die Spannkraft bei 100° iſt zu 762^{mm}, nicht zu 760 angegeben, weil die engliſchen Phyſiker die Temperatur des ſiedenden Waſſers unter dem Druck von 30 engliſchen Zollen zu Grunde legen, welche 762 Millimetern gleich ſind; anſtatt, daß die franzöſiſchen Phyſiker die Temperatur von 100° für den Druck von 760^{mm} feſtſetzen. Die letzte Beobachtung, welche eine Spannkraft von 35 Atmoſphären giebt, rührt von **Perkins** her.

Ueber die Eigenſchaft, welche gewiſſe Körper beſitzen, die chemiſche Verbindung elaſtiſcher Flüſſigkeiten zu bewerkſtelligen. Wenn man einen anhaltenden Strom Waſſerſtoffgas auf Platin richtet, das ſich in dem ſchwammigen Zuſtande befindet, in welchem man es durch Glühen des ſalzſauren ammoniakaliſchen Platins erhält, ſo erfolgt, nach **Döbereiners** Entdeckung, wenn das Platin mit Sauerſtoff- oder auch blos atmoſphäriſcher Luft umgeben iſt, die chemiſche Vereinigung des Waſſerſtoffs mit dieſem Gas auf ſo energiſche Weiſe, daß die (gewöhnliche) Temperatur dadurch bis zum Glühen des Platins erhöht wird. Thénard und Dulong haben bei Unterſuchung dieſer Eigenſchaft gefunden, daß ſie in verſchiednen Graden vielen andern Körpern zukommt, die ſie ſogar je nach den phyſiſchen Umſtänden, denen man ſie unterwirft, verlieren und wieder gewinnen können. Die Unterſuchungen dieſer Phyſiker finden ſich aufgezeichnet in den Annales de Chimie pour Décembre 1823 *). Die von Döbereiner in der näml. Samml. Sept. 1823.

---

*) Auch in Gilberts Annalen; Jahrg. 1824. Stück 1. Ich entlehne hieraus einige Reſultate.

„Wir haben in Erfahrung gebracht, daß ſich auf dieſelbe Weiſe, als das Platin auch **Palladium**, **Rhodium** und **Iridium** verhalten; auch **Osmium**, doch nur, wenn es bis 40° oder 50° C. erwärmt iſt. Schwammiger **Nickel** wirkt ebenfalls in der gewöhnlichen Temperatur, aber nur ſehr langſam. Dies ſind die einzigen Körper, die uns bis jetzt in der gewöhnlichen Temperatur eine wahrnehmbare Wirkung gezeigt haben. In mehr oder weniger **erhöhter** Temperatur (die jedoch nie bis zum Siedgrade des Queckſilbers ſteigt), fanden wir dagegen **alle Metalle** wirkſam, mehr oder weniger. Die Vergleichbarkeit der Wirkungen fällt aber ſehr ſchwer, da die Größe der Oberfläche, die Dicke und ſelbſt die Configuration der Stücke auf dieſelbe Einfluß haben.

Es beſitzen dieſe Eigenſchaft auch noch andre Körper als die Metalle. In erhöhten Temperaturen, die nicht bis auf 350° C. (den Siedpunct des Queckſilbers) hinaufgehn, beſtimmen **Kohle**, **Bimsſtein**, **Porzellan**, **Glas** und **Bergkryſtall** das Sauerſtoffgas und Waſſerſtoffgas, ſich mit einander zu vereinigen.

Daß die **Configuration** der feſten Körper auf ihre Wirkſamkeit weſentlichen Einfluß hat, davon geben uns **eckige** und **abgerundete Glasſtücke** von nahe gleicher Oberfläche den Beweis; denn die erſtern veranlaßten

Ueber die Wirkung des Druckes der Atmosphäre auf Thermometerkugeln *). Man hat beobachtet, daß der Eispunct an luftleeren Queckſilberthermometern, die vor längerer Zeit gefertigt wurden, jetzt etwas höher liegt, als zur Zeit, da ſie gearbeitet waren. **Flauguergues** hat dieſe Erſcheinung erklärt, indem er bemerkt, daß die Kugel eines luftleeren Thermometers endlich aufhören muß, ſich zuſammenzuziehen, wenn ſie dem Druck der Atmosphäre beſtändig ausgeſetzt iſt, und daß die Elaſticität des Glaſes wie jedes elaſtiſchen Körpers mit der Zeit abnimmt. **Marcet** und **de la Rive** beſtätigen dies, und beweiſen den Einfluß des Luftdrucks auf den Thermometerſtand überhaupt dadurch, daß 1) ein luftleeres Queckſilberthermometer im luftleeren Raume tiefer, in verdichteter Luft dagegen höher ſteht, als in gemeiner Luft, bei gleichen Temperaturen; 2) daß, je dicker die Wände der Kugel ſind, um ſo geringer der Einfluß des Luftdrucks wird; 3) daß ein Thermometer, welches nicht luftfrei iſt, im luftleeren Raume tiefer ſteht, als in der Luft; 4) daß ein oben offenes Thermometer ſich in der gewöhnlichen Atmosphäre wie im luftleeren Raume und in verdichteter Luft bei gleicher Temperatur ganz gleich bleibt.

---

in derſelben Zeit die Erzeugung von faſt einer doppelt ſo großen Menge von Waſſer, als die letztern.

Neuer **Platindraht** von der Temperatur der Atmosphäre erhitzt ſich nicht in einem Strome von Waſſerſtoffgas, der durch die Luft geht; er muß wenigſtens bis 300° C. erhitzt werden, wenn er die Verbindung der beiden Gasarten bewirken und die ihm ertheilte Temperatur noch erhöhen ſoll. Wenn dagegen derſelbe Draht abwechſelnd bis zum Rothglühen erhitzt und dann wieder kalt geworden iſt, ſo fängt er ſchon zu wirken an, wenn man ihn bis 50° oder 60° C. erwärmt. Nach Eintauchen in Salpeterſäure, concentrirte Schwefelſäure oder Salzſäure kann er ſchon bei der gewöhnlichen Temperatur zum Glühen durch einen Strom von Waſſerſtoffgas gebracht werden, eine Eigenſchaft, die ſich aber nur kurze Zeit erhält.

Auch dem Platin in Feilſpänen, in Blättchen und als unfühlbares Pulver konnte dieſe Eigenſchaft ertheilt werden, und verlor ſich allmälig wieder daraus.

*) Dieſen Zuſatz füge ich aus **Fror. Notizen** Febr. 1824. 123 bei; entnommen iſt er urſprünglich aus der Bibliothèque univers. 1823. avril p. 265. Bei der Sorgfalt, mit welcher Biot alle Umſtände, die auf die Vergleichbarkeit der Thermometer von ſtörendem Einfluß ſeyn können, angegeben hat, glaubte ich dieſen ergänzenden Zuſatz nicht übergehn zu dürfen.

Ende des Erſten Theils.

Berichtigungen.

S. 9 Z. 10 v. o. ſtatt Umfang lies Raumumfang.
— 160 — 19 v. u. — Vorſichtsmaßregeln l. Vorſichtsmaßregel.
— 193 — 7 v. o. — Thermometer l. Barometer.
— 193 — 10 v. o. — dem andern Barometer l. den andern Barometern.

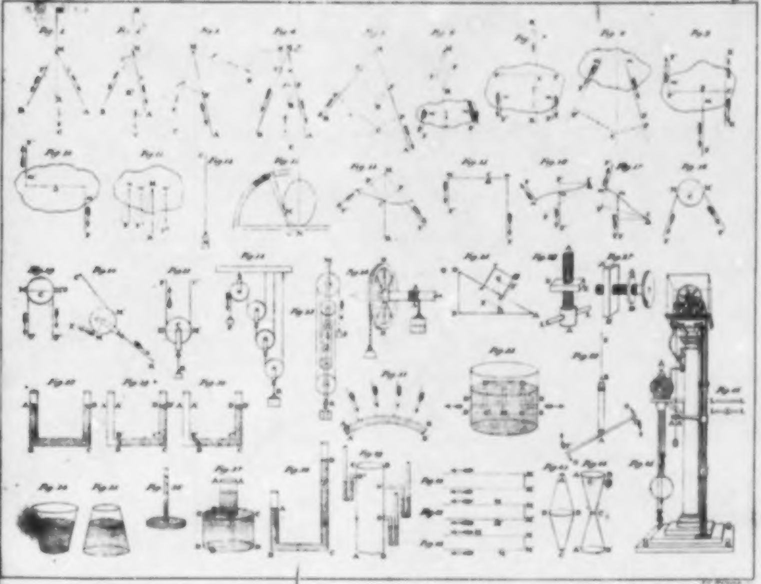

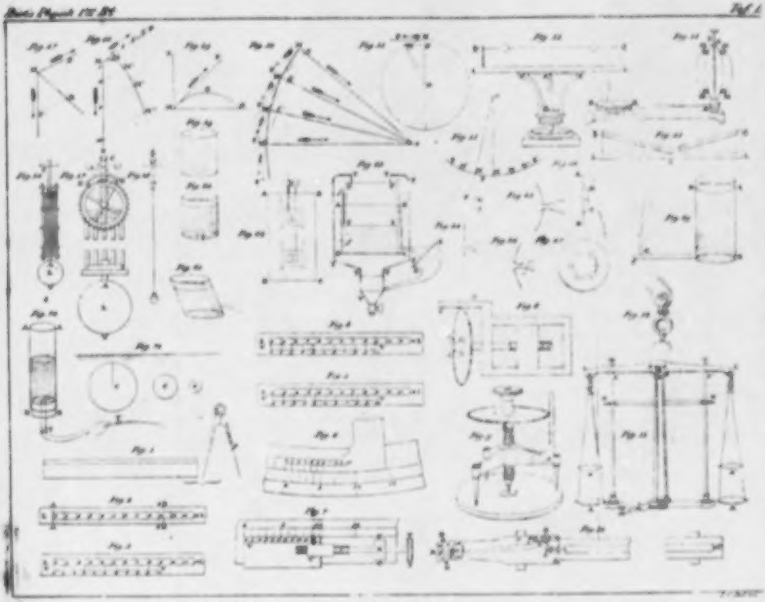

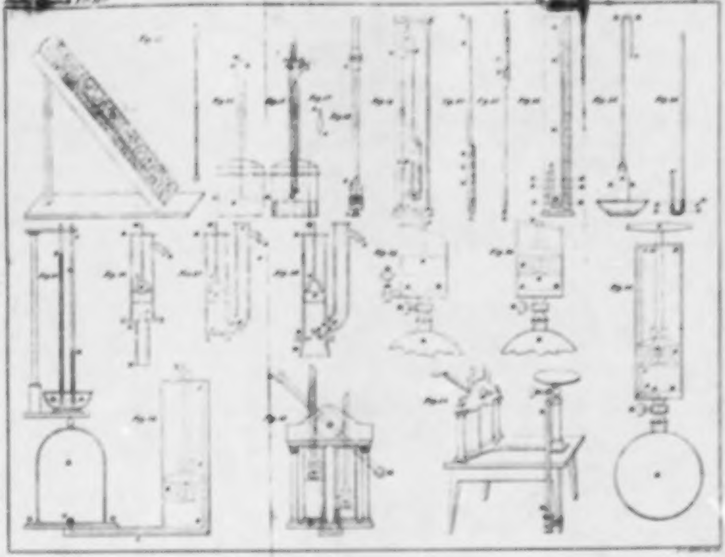

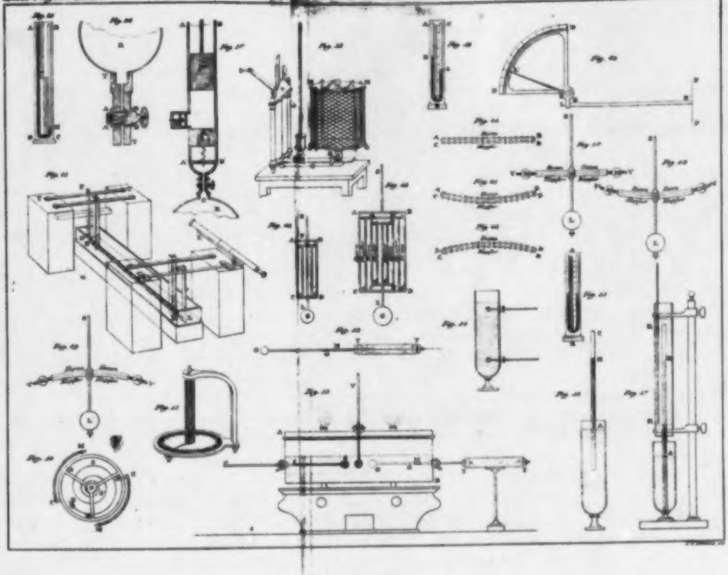

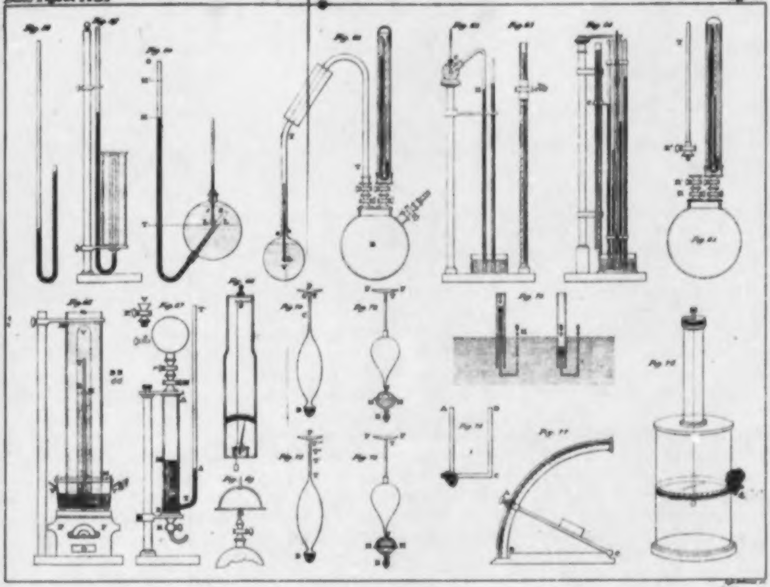

Lehrbuch

der

Experimental-Phyſik.

Zweiter Band.

Lehrbuch
der
Experimental-Phyſik
oder
Erfahrungs-Naturlehre

von

J. B. Biot.

Mitgliede der Akademie der Wiſſenſchaften, adjungirtem Aſtronomen am Bureau des Longitudes, Profeſſor der mathematiſchen Phyſik am Collége de France und der Experimentalphyſik an der Facultät der Wiſſenſchaften zu Paris; Inſpector der Militärſchulen; vieler gelehrten Geſellſchaften Mitglied.

> Qui tractaverunt scientias, aut empirici aut dogmatici fuerunt. Empirici, formicae more, congerunt tantum et utuntur; rationales, aranearum more, telas ex se conficiunt. Apis vero ratio media est, quae materiam ex floribus horti et agri elicit, sed tamen eam, propria facultate, vertit ac digerit.
>
> Bacon, Nov. Org. Lib. I. XCIV.

Durch Beſchluß der Commiſſion für den öffentlichen Unterricht vom 22. Febr. 1817 als Lehrbuch in den öffentlichen Lehranſtalten Frankreichs eingeführt.

Dritte Auflage.

Ueberſetzt
von
M. Guſtav Theodor Fechner, med. Bacc.
akademiſchem Docenten zu Leipzig.

Zweiter Band.
Mit zwei Kupfertafeln.

Leipzig, 1824.
Bei Leopold Voß.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Vorwort des Ueberſetzers

zum zweiten Bande.

Vorliegender zweiter Band hat mehrere Zuſätze erhalten, in denen ich kein Verdienſt ſuche, da es nur entlehntes Eigenthum iſt, über die ich vielmehr gewiſſermaßen eine Rechtfertigung ſchuldig zu ſeyn glaube; denn Biot's in ſich abgerundetes Werk bedarf eigentlich zu dem Zweck, zu welchem er es ſchrieb, keiner ſolchen Nachhülfe. Er giebt es ſeinen Landsleuten als Lehrbuch, und es iſt als ſolches in den franzöſiſchen Schulen eingeführt; ein Lehrbuch aber ſoll die ganze Form der Wiſſenſchaft darſtellen, und überläßt es dem Lehrer größtentheils, in dieſe den Stoff hineinzutragen. In Deutſchland indeß, wo dies Werk weniger als Schulbuch, meiſt als ein Werk zur Selbſtbelehrung geſucht und benutzt wird, von dem man in manchen Stücken etwas mehr Ausführlichkeit erwartet, glaubte ich einige Zuſätze, die etwas mehr vom Stoff der Wiſſenſchaft hineinzögen, nicht überflüſſig, namentlich ſolche, die die Brücken zu verwandten Zweigen ſchlügen, indem durch ſolche Verbindung eigentlich die Phyſik erſt wahrhaft fruchtbar wird. Vorzüglich habe ich in der Tonlehre Chladni's klaſſiſches Werk hierüber, und in der Elektricitätslehre des Engländers Singer Monographie über dieſen Gegenſtand, nach der, mit Zuſätzen verſehenen, deutſchen Ueberſetzung von Müller, benutzt; Werke, deren Studium überhaupt zur weitern Einſicht in dieſe Zweige der Phyſik empfohlen zu werden verdient, und die ihrer Allgemeinfaßlichkeit wegen ſelbſt ſolchen empfohlen werden können, welche mathematiſche Unterſuchungen ſcheuen.

Inhaltsverzeichniß
zum zweiten Band.

Drittes Buch.
Von der Akuſtik.

Seite

Erſtes Capitel. Von der Erzeugung und Fortpflanzung des Schalles 1

Zweites Capitel. Von der Wahrnehmung und Vergleichung der anhaltenden Töne 13

Drittes Capitel. Schwingungen elaſtiſcher Saiten . . . 18

Viertes Capitel. Von den Vorzeichnungen und der Temperatur 32

Zuſätze über die Herleitung der Akkorde, Tonleitern und Tonarten 42

Fünftes Capitel. Allgemeine Betrachtungen über die Schwingungen der feſten Körper 49

Sechſtes Capitel. Schwingungen feſter Stäbe, ſowohl gerader, als gekrümmter 53

Siebentes Capitel. Schwingungen der ſtarren und biegſamen Körper bei Erſchütterung nach allen ihren Dimenſionen . . 62

Zuſätze über die Klangfiguren 66

Achtes Capitel. Von den Blasinſtrumenten 73
- Von Röhren mit ungleichem Durchmeſſer 97
- Von der Art die Flötenwerke zu ſtimmen 99
- Von den Rohrwerken 100

Neuntes Capitel. Ueber die Mittheilung der Schwingungsbewegungen 106

Zehntes Capitel. Werkzeuge des Gehörs und der Stimme 119
- Vom Gehör 119
- Von der Stimme 129

Viertes Buch.
Von der Elektricität.

Erſtes Capitel. Allgemeine Erſcheinungen der elektriſchen Anziehung und Abſtoßung; Unterſcheidung zweier Arten von Elektricität 137

Zweites Capitel. Geſetze der elektriſchen Anziehung und Abſtoßung 150

Drittes Capitel. Von den Geſetzen, nach welchen elektriſirten Körpern durch die Berührung der Luft und die unvollkommen iſolirenden Träger die Elektricität entzogen wird . . 159

Viertes Capitel. Von der Art, wie ſich die Elektricität in den iſolirten Leitern ins Gleichgewicht ſetzt 168

Seite
Fünftes Capitel. Von den gebundnen Elektricitäten und ihrer Trennung durch Wirkung in die Ferne 178
Sechſtes Capitel. Theorie der Bewegungen der elektriſirten Körper 198
Siebentes Capitel. Von der beſten Einrichtung der Elektriſirmaſchinen und den dazu gehörigen Conductoren . . . 207
Achtes Capitel. Von den Elektroſkopen 215
Neuntes Capitel. Vom Verſchwinden der Elektricität durch Binden derſelben 220
  Der Condenſator 220
  Der Elektrophor 230
  Die Leydner Flaſche 234
  Die elektriſchen Batterieen 238
Zehntes Capitel. Von den elektriſchen Säulen und den Erſcheinungen, welche die, durch Wärme elektriſirten, Kryſtalle darbieten 240
Eilftes Capitel. Mechaniſche und chemiſche Wirkungen der Elektricität 244
Zuſätze über die mechaniſchen und chemiſchen Wirkungen der Elektricität 247
Zwölftes Capitel. Von der atmoſphäriſchen Elektricität und von den Blitzableitern 252
Zuſätze über die atmoſphäriſche Elektricität 264
Dreizehntes Capitel. Vom elektriſchen Lichte 268
Vierzehntes Capitel. Von den verſchiedenen Erregungsarten der Elektricität 272
Funfzehntes Capitel. Von der Erregung der Elektricität durch bloße Berührung 277
Sechzehntes Capitel. Theorie des Voltaiſchen Apparats, unter der Vorausſetzung, daß die Leitung darin vollkommen ſey 290
Siebzehntes Capitel. Chemiſche Wirkungen des Voltaiſchen Apparats 299
Achtzehntes Capitel. Unterſuchung der Veränderungen, welche im Voltaiſchen Apparate durch ſeine Reaction auf ſich ſelbſt hervorgebracht werden. Daraus hervorgehende Modifikationen ſeines elektriſchen Zuſtandes 322
Neunzehntes Capitel. Von den ſecundären Säulen . . 335
Zwanzigſtes Capitel. Ueber den ungleichen Widerſtand, den die beiden Elektricitäten, wenn ſie ſehr ſchwach ſind, beim Hindurchgehen durch verſchiedne Körper, erfahren 340
Zuſätze über die Umſtände, nach welchen ſich das Leitungsvermögen der, die Kette ſchließenden, Körper richtet 343
Zuſätze über die Verbindung der Elektricitätslehre mit der Phyſiologie 348

Drittes Buch.

Von der Akuſtik.

Erſtes Capitel.

Von der Erzeugung und Fortpflanzung des Schalles.

In den frühern Capiteln haben wir geſehen, daß die Theilchen der elaſtiſchen Körper, wenn ſie momentan aus ihrer natürlichen Lage entfernt werden, durch eine Reihe iſochroniſcher Schwingungen dahin zurückkehren. Indem dieſe ſchwingenden Bewegungen ſich der Luft, welche ebenfalls ein zuſammendrückbarer und elaſtiſcher Körper iſt, mittheilen, rufen ſie darin abwechſelnde Verdichtungen und Ausdehnungen hervor, die zuerſt in den Luftſchichten, welche den, in Schwingung verſetzten, Körper zunächſt umgeben, eintreten, ſich aber von da in die Ferne durch die ganze Luftmaſſe fortpflanzen, eben ſo wie die Wellen, die ein, ins Waſſer geworfener, Stein darin hervorruft, ſich als Kreiſe um den Mittelpunct der Erſchütterung weiter verbreiten. Wenn dieſe abwechſelnden und periodiſchen Veränderungen in der Dichtigkeit der Luft hinlänglich raſch auf einander folgen, ſo erregen ſie im Gehörorgan die Empfindung, welche man Schall (son, sonus) nennt; und auf der größern oder geringern Schnelligkeit, mit der ſie ſich folgen, beruht der ganze Unterſchied der hohen oder tiefen Töne *), den man hinſichtlich der beſondern Arten des Schalls macht. Unſerm, einmal angenommenen, Gange gemäß, werden wir auf dem Erfahrungswege die verſchiednen Eigenſchaften, die wir ſo eben andeuteten, feſtzuſtellen ſuchen, obgleich, im Grunde genommen, die meiſten derſelben ſich ſchon als nothwendige Folgerungen aus dem ergeben, was uns die Erfahrung über die Schwingungen der elaſtiſchen Körper und über die phyſiſche Beſchaffenheit der Luft gelehrt hat.

---

*) Man unterſcheidet Ton als die beſondre Art des Schalls, welcher eine beſtimmte Höhe oder Tiefe hat; indem nicht jedem Schall eine ſolche zukommt. Die Sprache unterſcheidet verſchiedne Arten des Schalls ohne Tonhöhe, als Rauſchen, Ziſchen, Schnarren, Brauſen u. ſ. w. Der Knall beſteht in einem einzigen Drucke der, den Schall fortpflanzenden, Lufttheilchen gegen das Ohr.

Zuvörderſt nun läßt ſich ohne Schwierigkeit darthun, daß die feſten Körper, wenn ſie ſo erſchüttert werden, daß ſie einen deutlichen Schall hören laſſen, in ſehr ſchnelle Schwingungsbewegung gerathen, denn berührt man ſie während des Schalles ſanſt mit dem Finger oder der Schneide einer kleinen Metallplatte, ſo fühlt man ganz deutlich eine Menge von Pulſationen oder Schlägen, die ſich mit ausnehmender Schnelligkeit folgen. Dieſer Verſuch läßt ſich z. B. leicht mit einer Glocke anſtellen, die man ſchlägt, oder mit einer geſpannten Metallſaite, die man anzieht und wieder losläßt, ſo daß ſie einen Ton giebt. Um darzuthun, daß der Ton wirklich eine Wirkung dieſer Schwingungen, wenn ſie einen gewiſſen Grad der Schnelligkeit erlangt haben, ſey, braucht man ſie ſich anfangs nur ganz langſam folgen zu laſſen, indem man die Saite durch ein ganz ſchwaches Gewicht ſpannt; alsdann laſſen ſich die Excurſionen, die die Saite macht, zählen, allein es wird kein vernehmlicher Ton dadurch hervorgebracht werden. Damit dies geſchehe, muß man die Saite ſucceſſiv durch ein ſtärkeres Gewicht ſpannen; je ſtärker es genommen wird, bei gleichbleibender Länge der Saite, um ſo höhere Töne werden erfolgen: zugleich wird die Zahl der Schwingungen, welche die Saite macht, ſo zunehmen, daß ſie das Auge nicht mehr zu verfolgen vermag. Die Rechnung indeß wird uns jetzt zu Hülfe kommen, indem man durch ſie die Geſchwindigkeit der Schwingungen zu beſtimmen vermag, wenn die Länge der Saite, ihr Gewicht, und das Gewicht, durch welches ſie geſpannt wird, gegeben ſind. Man findet ſolchergeſtalt, daß die Töne, welche die Saite giebt, aufhören, ſelbſt für das ſchärfſte Ohr noch vernehmlich zu ſeyn, wenn ſie in der Secunde weniger, als 32 Schwingungen macht, in welchem Fall ſie den nämlichen Ton als eine, an ihrem Ende offene, Orgelpfeife von 32 Fuß Länge hervorbringt. Dieſe Gränze der noch vernehmlichen Töne, d. h. ſolcher, die ſich noch muſikaliſch (ihrer Höhe und Tiefe nach) vergleichen laſſen, kann übrigens nur näherungsweiſe angegeben werden, und läßt keine ſcharfe Beſtimmung zu.

Nachdem nun auf dieſe Weiſe dargethan iſt, daß der Ton ſeinen Urſprung den ſchnell aufeinanderfolgenden Schwingungen elaſtiſcher Körper verdankt, muß gezeigt werden, daß ſeine Fortpflanzung durch die Luft vermittelt wird, wenigſtens wenn dieſe den einzigen Zwiſchenkörper zwiſchen dem tönenden Körper und dem Gehörorgan ausmacht. Dies läßt ſich ohne Schwierigkeit nachweiſen. Man braucht nur eine kleine Glocke in einem gläſernen Ballon aufzuhängen, und aufzumerken, ob man ſie noch tönen hört, wenn ſie, nachdem der Ballon luftleer gemacht worden, in Bewegung geſetzt wird. Zur Genauigkeit des Verſuchs iſt jedoch hiebei erforderlich, die Glocke mittelſt einer weichen Subſtanz aufzuhängen, welche ihre Schwingungsbewegungen gar nicht oder doch nur ſehr gedämpft, zum Ballon ſelbſt fortzupflanzen vermag. Kein Stoff eignet ſich hiezu beſſer, als einige mit einander verbundene, nicht zuſammengedrehte, Hanffäden. Schüttelt man den Ballon, ſo lange er noch mit Luft angefüllt iſt, ſo hört man den Ton der Glocke; pumpt man aber die Luft mittelſt der Luftpumpe aus, und ſchraubt dann den Ballon von derſelben ab, ſo kann man die Glocke ſchütteln und zum Erzittern bringen, ſo ſehr man will, man wird keinen Ton mehr vernehmen: ſo wie man aber wieder etwas Luft in die Glocke treten läßt, erſcheint auch der Ton wieder, anfangs nur ganz ſchwach, aber an Stärke immer zunehmend, je mehr Luft eintritt. Alle andern elaſtiſchen Flüſſigkeiten können eben ſo gut, als die atmoſphäriſche Luft, zur Fortpflanzung des Schalls dienen, wie ſich ergiebt, wenn man den, zuvor luftleer gemachten, Ballon ſucceſſiv damit anfüllt. Selbſt die Dünſte von Waſſer, Aether, Alkohol pflanzen den Schall fort, wie ich ausgemittelt habe, indem ich in den Ballon die Flüſſigkeiten, aus denen ſie ſich entwickeln konnten, brachte: was ſich leicht mittelſt eines doppelten, am Ballon, Fig. 1., angebrachten, Hahnes bewerkſtelligen läßt. Um daher in aller Schärfe den Beweis zu führen, daß kein Schall im leeren Raume entſtehe, muß man zuvor im Ballon einige Stücken kauſtiſchen Kalis befeſtigen, um die, etwa darin zurückgebliebenen, Waſſerdünſte einzuſaugen, welche den Schall noch auf vernehmliche Weiſe, obwohl wegen ihrer geringen Dichtigkeit ganz ſchwach, fortzupflanzen vermöchten.

Der Schall vermag ſich nicht allein durch elaſtiſche, ſondern auch durch tropfbare Flüſſigkeiten fortzupflanzen. Schlägt man zwei Steine unter Waſſer in einem Teich zuſammen, ſo hört man das Geräuſch davon ſelbſt in ſehr großen Entfernungen, wenn man den Kopf unter Waſſer taucht. Wenigſtens verſichert Franklin, den Schall auf dieſe Weiſe unter Waſſer eine halbe engliſche Meile weit gehört zu haben *).

---

*) In dem XLVIIIſten Bande von Gilb. Annalen, S. 66 befindet ſich eine Abhandlung von Munke, über die Fortpflanzung des Schalles durch Waſſer. Es wird bemerkt, daß die Fortpflanzung des Schalles durch Waſſer nicht, wie bei expanſibeln Flüſſigkeiten, als eine Function der Elaſticität anzuſehen iſt, ſondern vielmehr als ein Stoß, den ein Theilchen dem andern mittheilt. Aus ſeinen Verſuchen erhält, daß das Waſſer den Schall ungleich ſtärker als die Luft, und eben ſo ſtark, als feſte Körper, leitet. Die vorzüglichſte Schwächung bei einem, in der Luft erregten, Schalle komme von dem Wechſel heterogener Medien her, beſonders bei dem Uebergange aus einem dünnen Mittel in ein dichteres. Auch Queckſilber leitet den Schall, und zwar noch ſtärker, als Waſſer.

(Chladn. neue Beitr. zur Akuſtik, S. 84).

Endlich pflanzt ſich der Schall auch durch die feſten Körper fort. Der Minengräber hört beim Ausgraben ſeines Ganges die Schläge des entgegenarbeitenden Minengräbers und urtheilt danach von der Richtung, die er nimmt. Stellt man ſich an das Ende einer langen Reihe von Metallrohren, wozu die Waſſerleitungen Gelegenheit geben, ſo hört man ganz deutlich die Hammerſchläge, die am andern Ende geſchehen; ja man unterſcheidet ganz beſtimmt einen doppelten Schall, einen ſchnellen, der durchs Metall fortgepflanzt wird, und einen langſamen, durch die Luft fortgepflanzten. Weiterhin werden wir die Geſchwindigkeiten dieſer beiden Fortpflanzungsarten mit einander vergleichen.

Jetzt müſſen wir näher erörtern, wie die, durch die Schwingungen eines ſchallenden Körpers in den umgebenden Luftmoleculen hervorgebrachten, Erſchütterungen von ihm aus progreſſiv ſich bis zum Gehörorgan fortpflanzen können; und weil die Fortdauer der Schwingungen keine andre Wirkung hat, als dieſe Fortpflanzung ſtetig und dauerhaft zu machen, ſo erhellt, daß, um die Erſcheinung in ihrer größten Einfachheit zu betrachten, man zuvörderſt unterſuchen müſſe, auf welche Art die Fortpflanzung einer augenblicklichen Erſchütterung, wie ſie z. B. durch einen Kanonen- oder Piſtolenſchuß hervorgebracht wird, geſchehen müſſe. Um von einer beſtimmten Vorſtellung auszugehen, nehme man an, die Exploſion des Gewehrs geſchehe in einer kugelförmigen Luftmaſſe. Im Augenblick, wo ſie Statt hat, werden die, in dieſer Kugel enthaltenen, Molecule ſtark gegen die benachbarten getrieben werden. Da dieſe ihnen aber einen Widerſtand entgegenſetzen, der zu überwinden iſt, ſo müſſen die erſten, während ſie aus der Stelle getrieben werden, zugleich eine Zuſammendrückung erfahren. Die Molecule, welche zunächſt um ſie liegen, geben nun zum Theil ihrer Kraftäußerung nach, weichen ebenfalls aus ihrer Stelle und werden zuſammengedrückt, aber in geringerm Verhältniß, bis endlich Zuſammendrückung und Bewegung in einer gewiſſen Entfernung vom Mittelpunct der Exploſion unmerklich werden. Dies iſt der Vorgang, der im erſten Augenblick Statt hat. Wenn aber die Urſach der Exploſion aufgehört hat, ſo dehnen ſich die Molecule, welche zuſammengedrückt worden waren, vermöge ihrer natürlichen Elaſticität wieder nach allen Richtungen aus, und ſtoßen die Hinderniſſe, die ſich

---

Wenn man eine Glocke oder ein klingendes Gefäß mit Waſſer anfüllt, oder wenn man einen klingenden Körper unter Waſſer taucht, ſo erhält man tiefere Töne, als wenn die Schwingungen in der Luft geſchehen. Es werden nämlich die Schwingungen des klingenden Körpers durch den Widerſtand des Waſſers, als einer dichtern Flüſſigkeit, verzögert, eben ſo wie dieſes auch bei einem Pendel geſchieht (Ebend. §. 221.).

dieſer Bewegung widerſetzen, allenthalben zurück. Sie ſtoßen alſo auch die benachbarten Molecule zurück, welche im erſten Augenblick nicht erſchüttert worden waren, und drücken ſie für ihr Theil zuſammen. Der Erfolg iſt alſo bei dieſen der nämliche, als er anfangs bei den erſten Moleculen geweſen war; und vermöge dieſer abwechſelnden Ausdehnungen und Zuſammenziehungen pflanzt ſich die wellenförmige Bewegung ſucceſſiv durch die ganze Ausdehnung der Luftmaſſe fort, eben wie ſich ein augenblicklicher Stoß durch eine Reihe einander berührender Kugeln fortpflanzen würde.

Um zu einer genauen Beſtimmung der beſondern Umſtände dieſer Fortpflanzung zu gelangen, muß man in einem Punct der Atmoſphäre eine plötzliche Exploſion hervorrufen, und die Zeiträume meſſen, nach welchen der, dadurch erregte, Schall in einer und derſelben Horizontalſchicht zu verſchiednen Entfernungen gelangt. Dies hat keine Schwierigkeit, wenn mit der Exploſion zu gleicher Zeit ein Licht hervorgebracht wird, welches von dem Orte aus, an dem der Beobachter ſteht, ſichtbar iſt; denn die Fortpflanzung des Lichts geſchieht ſo ſchnell, daß es in allen Entfernungen, in denen wir auf unſrer Erde Verſuche anſtellen können, in dem nämlichen Augenblicke, wo es erzeugt wird, auch von unſerm Sinne wahrgenommen zu werden ſcheint. Daher läßt ſich der phyſiſche Augenblick, in dem wir das Licht erblicken, für den nehmen, in welchem die Exploſion Statt gefunden hat. Es wird dann blos noch nöthig ſeyn, mit einer Secundenuhr den Zeitraum zu meſſen, der zwiſchen dem Erſcheinen des Lichts und dem Augenblick, in welchem der Schall vernommen wird, verfließt.

Auf dieſe Weiſe beſtimmten im J. 1738 die Mitglieder der Akademie der Wiſſenſchaften die Geſchwindigkeit, mit der ſich der Schall fortpflanzt, zwiſchen Montlhery und Montmartre, auf einer Weite von ungefähr 29000^{m} *). Das Signal wurde durch Kanonenſchüſſe gegeben. Sie fanden auf dieſe Weiſe, daß die Fortpflanzung des Schalls gleichförmig geſchieht. Für den abſoluten Werth dieſer Geſchwindigkeit ergab ſich aus zahlreichen Verſuchen 337^{m},18 (nahe 1028 par. Fuß) in der Secunde. Sie änderte ſich nicht merklich ab, das Wetter mochte trübe oder heiter, hell oder nebelig ſeyn, ſo lange nur die Luft ruhig blieb. War ſie aber durch Wind bewegt, ſo wurde die Fort-

---

*) Ueber die Schallverſuche der Pariſer Akademiker ſ. Bemerkungen von **Gilbert** in deſſen Annalen der Phyſ. XLIV. S. 177 und von **Benzenberg**; ebend. XLVI. S. 315. Ueber eigne Verſuche von **Benzenberg** ſ. ebend. XXXV. 4. I, XXXIX. S. 136, XLII. 1, die neueſten Verſuche über die Fortpflanzungsgeſchwindigkeit des Schalls hat **Goldingham** zu Madras in Oſtindien angeſtellt; ſie ſind im erſten Theile der philoſ. Trans. act. für 1823 enthalten.

pflanzungsgeſchwindigkeit des Schalls, je nachdem der Wind ihr günſtig oder entgegen war, um den ganzen Theil der Geſchwindigkeit des Windes vermehrt oder vermindert, den die Zerlegung derſelben nach der, den Schall fortleitenden, Linie ergab.

Zufolge dieſer phyſiſchen Analyſe der Erſcheinung kann man in der Bewegung und den Verdichtungen, welche beim Knall in jedem Augenblick in der Luftmaſſe Statt finden, nichts anders ſehen, als das Zurückprallen (repercussion) der Bewegung und der Verdichtungen, welche den erſten Theilchen, auf welche die Exploſion unmittelbar gewirkt hat, eingepflanzt wurden; und da in einer freien Atmoſphäre die wellenförmige Bewegung ſich in dem Maße, als ſie ſich ausbreitet, zugleich einer größern Menge Theilchen mittheilt, ſo müſſen die Bewegungen und momentanen Veränderungen der Dichtigkeit in dem Maße, als ſie ſich vom Mittelpunct der Exploſion mehr entfernen, immer ſchwächer werden. Auch bemerkt man, daß in der freien Luft der Schall um ſo ſchwächer wird, je weiter man ſich von dem Orte, wo er hervorgebracht wurde, entfernt. Wäre aber die Luftmaſſe, in welcher der Schall ſich fortpflanzt, cylindriſch, ſo iſt nicht abzuſehen, warum er mit der Entfernung abnehmen ſollte, es müßte denn etwa wegen der Reibung der Luft in den Wänden der Röhre ſeyn. Durch eigne Erfahrung habe ich dieſe ungeſchwächte Fortleitung in einer cylindriſchen Luftſäule von 951 Metern (2927⅝ par. Fuß) Länge in den Röhren der Pariſer Waſſerleitungen beſtätigt gefunden. Noch ſo leiſe ausgeſprochene Worte wurden in dieſer Entfernung vollkommen unterſchieden und verſtanden, ſo daß ein zuſammenhängendes Geſpräch Statt finden konnte. Ich ſuchte zu beſtimmen, wie leiſe man ſprechen müßte, um nichts mehr zu vernehmen; konnte jedoch nicht dazu gelangen. Worte, ſo leiſe ausgeſprochen, als wenn jemand dem andern etwas ins Ohr ſagt, wurden noch gehört und verſtanden; ſo daß es, wenn einer den andern nicht mehr hören ſollte, blos das einzige Mittel gab, überhaupt gar nicht zu ſprechen. Zwiſchen einer Frage und der, vom andern Ende erhaltenen, Antwort verſtrichen 5,58 Sec.; dies war demnach die Zeit, welche der Schall brauchte, die Länge der Luftſäule, d. i. 1902 Meter, zweimal zu durchlaufen *). Um auszumitteln, ob tiefe und hohe, ſtarke und ſchwache Töne mit gleicher Geſchwindigkeit fortgepflanzt werden, oder nicht, ließ ich an einem Ende der Röhre

---

*) Die Eigenſchaft einer überall gleich weiten Röhre, den Schall, weil er ſich nicht weiter ausbreiten kann, ungeſchwächt zu leiten, bemerkte auch Kircher in einer alten Römiſchen Waſſerleitung, in welcher er den Schall 600 Fuß weit mit gleicher Stärke hörte. Nach andern Nachrichten ſoll die Waſſerleitung des Claudius den Schall mehrere Italiäniſche Meilen weit verbreiten (Chladni's Akuſtik. §. 208.).

Melodieen auf einer Flöte ſpielen. Bekanntlich iſt jedes Muſikſtück einem gewiſſen Maße (dem Tact) unterworfen, nach welchem die Töne ſich genau in beſtimmten Zeitabſchnitten folgen müſſen. Wenn alſo einige von den Tönen ſchneller oder langſamer als die andern fortgepflanzt worden wären, ſo würde ſie mein Ohr mit den, dem Rhythmus des Muſikſtückes zufolge früher oder ſpäter eintretenden, Tönen zuſammen vernommen, und dadurch die Melodie des Stücks ganz verändert gefunden haben. Statt deſſen aber tönte die Melodie ganz regelmäßig und ihrem gehörigen Rhythmus gemäß; woraus erhellt, daß alle Töne mit gleicher Geſchwindigkeit fortgepflanzt werden. Schon im J. 1738 wurde dieſe Bemerkung von den Mitgliedern der Akademie der Wiſſenſchaften, ich weiß nicht mittelſt welches Verfahrens, gemacht. Um die erwähnten Verſuche mit Erfolg anzuſtellen, muß man durchaus die ruhigſte Zeit der Nacht dazu wählen, etwa ein oder zwei Uhr Morgens. Am Tage hallen die Röhren von dem verworrenen, die äußere Luft aufs mannichfachſte durchkreuzenden, Geräuſch wieder, welches hindert, die ſchwache Erſchütterung, welche ein, am Ende der Luftſäule leiſe ausgeſprochenes, Wort hervorbringt, zu vernehmen, oder wodurch ſelbſt dieſe Erſchütterung aufgehoben wird. Auch wird unter dieſen Umſtänden manchmal das ſtärkſte Geſchrei nicht gehört.

Die Röhren machen nicht nur eine Wahrnehmung der Geſchwindigkeit des Schalls möglich, ſondern auch der Verdichtungen, welche in dem Maße, als die Schallwelle die Lufttheilchen erreicht, in denſelben hervorgebracht werden. In der cylindriſchen Säule, welche mir zu meinen Verſuchen diente, hatte das Abſchießen von Piſtolen an dem einen Ende eine noch ſehr beträchtliche Exploſion am andern zur Folge, wenn die Erſchütterung dahin gelangte. Die Luft wurde aus der letzten Röhre mit hinlänglicher Kraft ausgetrieben, um auf der Hand das Gefühl eines heftigen Windes zu verurſachen, leichte Körper, die in die Richtung deſſelben hingelegt wurden, weiter, als einen halben Meter fortzuſchleudern und brennende Lichter auszulöſchen; obwohl die Entfernung von dem Orte, wo die Piſtole, 2½ Sec. vorher, abgeſchoſſen wurde, 951 Meter betrug.

Da alle dieſe Erſcheinungen einfache Folgerungen aus den phyſiſchen Eigenſchaften der Luft ſind, ſo müſſen ſie ſich begreiflicher Weiſe nach den Geſetzen der Mechanik mit Schärfe berechnen und vorherbeſtimmen laſſen. Um ſie nun daraus herzuleiten, müſſen zuvörderſt die Beſtimmungen des Mittels gegeben werden, worin ſie vorgehen. Man denkt ſich dies als eine homogene luftförmige Flüſſigkeit von beſtändiger Dichtigkeit und Temperatur, und bekannter, durch den Druck einer Queckſilberſäule von beſtimmter Höhe gemeſſener, Spannkraft. Nun nimmt man an, daß ein kleiner Theil, ſo zu ſagen ein einziges Theilchen, dieſer Flüſſigkeit auf irgend eine Art plötzlich erſchüttert, z. B. geſtoßen, gedrückt, oder ausgedehnt, oder auf alle dieſe Arten zugleich ſollicitirt werde, und befragt den Calcul, wie dieſe Erſchütterung ſich durch die ganze Maſſe fortpflanzen müſſe. Man findet auf ſolche Weiſe, daß die Fortpflanzung ſucceſſiv geſchieht, d. h. daß die Erſchütterung jedes Theilchen erſt in einer, je nach ſeiner Entfernung verſchiednen, Zeit trifft, es auf einen Augenblick in Bewegung verſetzt, und dann in ſeinen erſten Ruheſtand zurückkehren läßt. Die Geſchwindigkeit dieſer Fortpflanzung iſt gleichförmig. Der analytiſche Ausdruck für dieſelbe zeigt, daß ihr Quadrat der Spannkraft des flüſſigen Mittels direct und ſeiner Dichtigkeit umgekehrt proportional iſt; woraus folgt, daß ſie für das nämliche Gas ſich gleich bleibt, wie ſehr daſſelbe immer zuſammengedrückt oder ausgedehnt werden mag; ſo lange ſich nur die Temperatur nicht ändert; denn Mariotte's Geſetz zufolge ändert ſich die Spannkraft eines Gaſes, wenn es weder erwärmt noch erkältet wird, der Dichtigkeit, die man daſſelbe annehmen läßt, proportional ab. Aus dieſem Grunde würde die Geſchwindigkeit des Schalls in allen Horizontalſchichten der Atmoſphäre gleich ſeyn, wenn die Temperatur nicht in dem Maße, als man höher in derſelben hinaufkommt, abnähme: die größere Kälte aber, welche in den obern Regionen Statt findet, hat eine langſamere Fortpflanzung des Schalls daſelbſt zur Folge. Auch bringt hier eine gleich ſtarke Erſchütterung nur einen ſchwächern Schall hervor, weil die Zahl der erſchütterten Molecule in dem nämlichen Radius der Erſchütterung geringer iſt. So wird auch begreiflich ein, in den höhern Regionen der Atmoſphäre erregter, Schall ſchneller in der Richtung nach den untern Schichten an Stärke verlieren und ganz verſchwinden müſſen, als in horizontaler Richtung, weil, wegen größerer Dichtigkeit dieſer Schichten, die urſprüngliche Bewegung ſich darin zwiſchen einer größern Zahl Theilchen zu vertheilen hat; dagegen muß die Schwächung für einen gleichen Abſtand weniger bei der Fortpflanzung des Schalls von den untern nach den obern Schichten betragen.

Dieſen Berechnungen zufolge würde der Schall in der atmoſphäriſchen Luft bei der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes eine Geſchwindigkeit von 279^{m},29 (859 par. Fuß 9 Zoll), und bei der Temperatur von 6 Grad, bei welcher die Mitglieder der franz. Akademie ihre Verſuche anſtellten, von 282^{m},42 (869 Fuß 4 Zoll) für die Secunde haben müſſen. Die Beobachtung giebt dagegen die Geſchwindigkeit zu 337^{m}18 an, was faſt $\frac{1}{6}$ mehr beträgt. Dieſer Unterſchied rührt, einer Bemerkung von Laplace zufolge, daher, daß man bei Berechnung der Spannkraft der Luft, die Wärme außer Acht läßt, die bei den wechſelsweiſe erfolgenden Zuſammenziehungen und Ausdehnungen, durch die der Schall entſteht, frei oder gebunden wird. Dieſe, wenn auch nur momentanen, Veränderungen bedingen entſprechende Veränderungen in der Temperatur der erſchütterten Luftmolecule, was zur Folge hat, daß die Spannkraft der letztern ſich ſchneller verändert, als das, für eine gleichbleibende Temperatur geltende, Mariottiſche Geſetz ausſagt. Begreiflicherweiſe alſo muß dieſe Urſach die Geſchwindigkeit des Schalls beſchleunigen, wie es der Verſuch nachweiſt; und zieht man ſie in Rechnung, ſo findet man die wahre Geſchwindigkeit als Function der Temperaturerhöhung, welche eine Luftmaſſe ſich ſelbſt durch Entbinden eigner Wärme ertheilen kann, wenn ſie plötzlich nach einem bekannten Verhältniſſe zuſammengedrückt wird. Leider ſcheint ſich dies Element auf dem Wege der Erfahrung mit Genauigkeit kaum beſtimmen zu laſſen, wegen der enormen Wärmemenge, welche die Gefäße, in die wir die Luft, um auf ſie wirken zu können, einzuſchließen genöthigt ſind, verſchlucken. Deßhalb kehrt man die Aufgabe um; und leitet, von der durch die Erfahrung gefundenen Geſchwindigkeit des Schalls ausgehend, hieraus die Menge der entbundenen Wärme ab. Auf dieſe Weiſe findet man, daß eine Luftmaſſe, wenn ſie um $\frac{1}{116}$ ihres Volumens zuſammengedrückt wird, ihre Temperatur um 1° C. zu erhöhen vermag.

Die Statthaftigkeit dieſer Erklärung läßt ſich durch eine entſcheidende Thatſache darthun. Der Schall erzeugt und pflanzt ſich in den Dünſten eben ſo gut, als in den bleibenden Gasarten fort. Nun würde dies den Grundbedingungen des Dunſtzuſtandes zufolge auf keine Weiſe Statt haben können, wenn die, durch die Erſchütterungen des ſchallenden Körpers periodiſch hervorgebrachten, Verdichtungen nicht in demſelben Augenblicke eine Entbindung von Wärme und demzufolge eine Temperaturerhöhung in den Dünſten veranlaßten, durch welche die Flüſſigkeit im elaſtiſchem Zuſtande erhalten zu werden vermag, weil ſonſt die, durch dieſe Excurſionen zuſammengedrückten, Theile der zuſammendrückenden Kraft nur nachgeben könnten und ſich in tropfbare Flüſſigkeit verwandeln müßten: wo dann keine weitere Fortpflanzung der Erſchütterung zu andern entferntern Theilen Statt finden könnte, welche doch die Grundbedingung der Schallerregung und Fortleitung ausmacht *).

Bisher haben wir blos einen einzigen urſprünglichen Mittelpunct der Erſchütterung, reducirt auf einen mathematiſchen Punct, betrach-

---

*) Einwürfe gegen dieſe Erklärungsart findet man in Gilb. Annal. der Phyſ. von Benzenberg XLII. S. 30; von Muncke XVIII. II.; von Prechtl XXI. IV. III.

tet: wenn es aber, wie gewöhnlich der Fall iſt, deren mehrere giebt, ſo muß man jeden derſelben als den Mittelpunct einer, ſich kugelförmig durch den Raum verbreitenden, Wellenbewegung anſehen; und, wenn die anfänglichen Geſchwindigkeiten und Dichtigkeitsveränderungen, welche den Lufttheilchen hiebei ertheilt werden, alle ſehr klein ſind, wie man es der einfachern Rechnung halber vorausſetzt, ſo werden die Molecule, welche von dem Raum, wo die erſten Luftſchwingungen (agitations) ihren Urſprung nehmen, entfernt ſind, eine mittlere, aus der Zuſammenſetzung aller, von den einzelnen Mittelpuncten ausgehenden, Schwingungsbewegungen hervorgehende, Bewegung annehmen. Die Dauer dieſer Bewegung wird demnach von der Zeit abhängen, welche die einzelnen Luftſchwingungen brauchen, ſich je nach der Entfernung der Puncte, von denen ſie ausgehen, zu folgen; und ihre Intenſität wird ſich abändern, je nachdem ſie bei ihrem Zuſammentreffen in den Puncten des Raums ſich mehr oder minder zu einer mittlern Bewegung verbinden oder einander entgegenwirken. Stellt man ſich z. B. in Gedanken eine Luftmaſſe von beliebiger Geſtalt und Ausdehnung geſondert vor, denkt ſich jedem ihrer Theilchen erſt eine willkührliche Geſchwindigkeit und Dichtigkeit eingepflanzt, und dieſelbe dann plötzlich ihrer eignen Spannkraft überlaſſen; ſo wird dieſe Maſſe, indem ſie zu ihren erſten Dimenſionen zurückkehrt, um die, zu ihrem Gleichgewicht erforderliche, Gleichheit des Drucks wiederherzuſtellen, in der umgebenden Atmoſphäre Wellenbewegungen hervorbringen, deren Richtung und Intenſität an jedem Puncte von der Art der Bewegung, in die man die Maſſe urſprünglich verſetzt hat, abhängen werden. Dieſe kann ſo beſchaffen ſeyn, daß die Wellenbewegungen ſich in weit ſtärkerer Intenſität nach einer Richtung als nach einer andern fortpflanzen, oder ſelbſt, daß ſie ſich nur nach einer, gar nicht aber nach der entgegengeſetzten Richtung fortpflanzen. Eine bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit, welche die Analyſe darthut, und durch Euler aufgefunden wurde, iſt aber, daß, welches auch die Intenſität der fortgepflanzten Schallwellen ſeyn mag, jede derſelben, wenn ſie einmal entſtanden iſt, ſich nur nach einer einzigen Richtung weiter fortſetzen kann, ohne je ſich kugelförmig auszubreiten, wie die urſprüngliche Luftſchwingung, oder je zurückzukehren; weßhalb man denn auch beobachtet, daß, wenn der Schall ſich in einem freien Raume fortpflanzt, wo er an kein Hinderniß trifft, das ihn zurückzuwerfen vermöchte, er im Ohr nur einen, längere oder kürzere Zeit dauernden, merklichen Eindruck zurückläßt, dann aber verhallt und nicht wiederkehrt.

Unſere bisherigen Erörterungen bezogen ſich auf den Fall, wo ſich der Schall in einer homogenen und ins Unbeſtimmte ausgedehnten Luftmaſſe fortpflanzt. Denken wir uns jetzt dieſelbe durch eine Oberfläche von unveränderlicher Lage begränzt; dann können die Luftmolecule, welche unmittelbar an dieſer Oberfläche anliegen, ſich nicht davon trennen; weil in dieſem Fall ein leerer Raum an derſelben entſtehen würde, und die Luftmolecule nach einer augenblicklichen Entfernung ſogleich wieder dahin zurückkehren müßten. Sie können demnach nur in der Richtung der Berührungsebene an ihr hingleiten. Bis übrigens die Schallwelle an die feſte Oberfläche gelangt iſt, muß ſie ſich wie in der freien Luft fortpflanzen, weil während dieſes ganzen Verlaufs die Dichtigkeit der Luft dieſelbe bleibt, als wenn das Hinderniß nicht vorhanden wäre. Durch Aufnahme dieſer Bedingungen in die analytiſchen Formeln findet man, ſofern ihnen Genüge geſchehen kann, die Art, wie die Schallwelle ſich fortſetzen muß. Es ergiebt ſich daraus, daß der Schall beim Antreffen an eine Oberfläche wie das Licht zurückgeworfen werden muß, indem ſein Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich iſt; und, unter der Annahme, daß die directe Schallwelle von einem einzigen erſchütterten Puncte ausgeht, werden der Verlauf und die Intenſität der zurückgeworfenen ſich auch eben ſo verhalten, als wenn ſie von einem einzigen, in der nämlichen Entfernung von der andern Seite der zurückwerfenden Ebene gelegenen, Puncte ausginge; hieraus erklärt ſich die Erſcheinung des Echo's *).

---

*) Da der Schall (nach Biot) in der Froſtkälte 1026 par. Fuß zurücklegt, ſo würde ein Beobachter, welcher 513 Fuß von dem zurückwerfenden Gegenſtande entfernt und in der Nähe des ſchallenden Körpers ſtände, das Echo eine Secunde ſpäter, als den Schall, hören (eine halbe Sec. braucht der Schall nämlich zum Hingange, die andere halbe zum Rückgange der 513 F.). Ein ſolches Echo wird alſo von einer, aus mehreren Worten beſtehenden, Rede ſo viel Worte oder Sylben wiederholen, als nach geendigter Rede in Zeit von einer Sec. gehört werden können. Dies heißt ein vielſylbiges Echo (polysyllabum). Steht der Zuhörer dem zurückwerfenden Gegenſtande ſo nahe, daß in dem Zeitraum, der zwiſchen dem Hören des Schalls und des Echo's verfließt, nur eine Sylbe gehört werden kann, ſo hat man ein einſylbiges Echo (monosyllabum).

Auch das geübteſte Ohr kann in einer Sec. nicht mehr, als neun auf einander folgende Laute deutlich unterſcheiden. Man kann ſich hiervon verſichern, wenn ein Tonkünſtler im ſchnellſten Tempo die Violine ſpielt. Die Töne fließen in einander, und werden nicht mehr deutlich unterſchieden, wenn deren mehr als neun auf den Zeitraum einer Secunde kommen. Daher wird zum einſylbigen Echo aufs Wenigſte ein Zeitintervall von ⅑ Sec. oder ein Unterſchied von 114 Fuß erfordert, um welchen der Weg des zurückgeworfenen Schalles länger, als der gerade Weg vom ſchallenden Körper bis zum Zuhörer ſeyn muß. Wird der Schall wieder in ſeine vorige Richtung zurückgeworfen, und ſteht der Zuhörer beim ſchallenden Körper ſelbſt, oder iſt er es ſelbſt, ſo muß die Entfernung des zurückwerfenden Gegenſtandes wenigſtens 57 Fuß ſeyn, damit durch den Hin- und Hergang des Schalles der Weg von 114 Fuß herauskomme, der in ⅑ Sec. durchlaufen wird (Gehlers phyſik. Wörterb. Art. Echo).

Wenn die Oberfläche, an welche der Schall anprallt, ellipſoidiſch iſt, und der Mittelpunct der directen Schallwellen ſich in einem der Brennpuncte befindet, ſo wird der Schall durch eine andere kugelförmige Welle zurückgeworfen werden, deren Mitte der andere Brennpunct iſt; und ſeine Stärke wird nach der Zurückwerfung in dem Maße zunehmen, als die, ſolchergeſtalt gebildete, Welle ſich concentriren und gegen dieſen Mittelpunct zuſammenlaufen wird. Dieſe Fälle von Zurückwerfung des Schalls ſind bis jetzt die einzigen, welche man, unter Berückſichtigung der drei Dimenſionen der Luftmaſſe, aus der Theorie hat abzuleiten vermocht *).

Füllt man den nämlichen Ballon ſucceſſive mit verſchiedenen luftförmigen Flüſſigkeiten oder auch mit Dämpfen an, ſo kann man die relative Stärke des darin erzeugten Schalls nach der Entfernung, in welcher er noch gehört zu werden vermag, ſchätzen; nur muß der, ins Innere des Ballons zu bringende, ſchallende Körper dann von der Art ſeyn, daß er immer mit gleicher Stärke ſchwingt, was z. B. ein kleines Schlagwerk leiſtet. Man findet durch dieſen Verſuch, daß die Stärke des Schalls mit der Dichtigkeit der, im Ballon enthaltenen, Luft zunimmt.

Die Geſchwindigkeit, mit welcher ſich der Schall durch die feſten Körper fortpflanzt, wird, wie hinſichtlich der Fortpflanzung durch die Luft geſchahe, nach der elaſtiſchen Gegenwirkung (réaction élastique) des Mittels berechnet. Lagrange hat die Formel für den Fall einer Fortpflanzung längs einer feſten Faſer gegeben, und Laplace die Gegenwirkung einer ſolchen Faſer nach der Verlängerung oder Verkürzung berechnet, welche ſie erfährt, wenn ſie durch eine bekannte Kraft ausgedehnt oder zuſammengezogen wird. Er fand auf dieſem Wege, daß, wenn man die Geſchwindigkeit, mit der ſich der Schall in der Luft fortpflanzt, durch 1 bezeichnet, dieſelbe im Meſſing $10\frac{2}{3}$ im Regenwaſſer $4\frac{1}{3}$, im Meerwaſſer $4\frac{7}{10}$, in allen ſchneller, als in der Luft iſt. Dieſe Folgerungen laſſen ſich durch eine, bald zu erörternde, Art von Verſuchen nachweiſen. Auch ergiebt ſich ihre Beſtätigung unmittelbar, wenn man die Fortleitung des Schalls in langen Säulen aus den erwähnten Stoffen beobachtet. Ich ſelbſt habe Beobachtungen dieſer Art an einer Verbindung von 376 Röhren aus Gußmetall angeſtellt, die zuſammen eine Länge von $951\frac{1}{4}$ Metern (2927 par. Fuß) hatten,**) An eine der Mündungen dieſes Canals ward ein Eiſenring, der mit ihm von gleichem Durchmeſſer war, angefügt, und in ſeiner Mitte durch Schäfte, ebenfalls von Eiſen, eine Glocke und ein, von einer Stahlfeder gehaltener, Hammer befeſtigt, vermöge deren man letztern nach Belieben an die Glocke anſchlagen laſſen konnte. Dann pflanzte ſich der Schlag des Hammers an die Glocke zur Röhre mittelſt der Schäfte und des Ringes von Eiſen fort: und ſtellte man ſich an das andere Ende der leitenden Linie, ſo mußte man einen doppelten Schall hören, einen, der durch das Metall der Röhre, den andern, der durch die Luft fortgepflanzt wurde. Auch nahm man wirklich beide ganz deutlich wahr, wenn man das Ohr an die Röhre hielt; ja es bedurfte deſſen nicht einmal. Eben ſo zeigte ſich bei Hammerſchlägen, die man unmittelbar auf die letzte Röhre fallen ließ, dieſe doppelte Fortleitung. Durch Chronometer, welche halbe Secunden zeigten, wurde die Zwiſchenzeit zwiſchen dem Anlangen beider fortgepflanzten Töne gemeſſen. Ich fand auf ſolche Weiſe, daß der Schall ſich 10½ mal ſo ſchnell durch das Metall, als durch die Luft, fortpflanzte.

---

*) Im Journal de l'Ecole Polytechnique, tome VII. p. 330 findet man intereſſante Unterſuchungen über Rückwerfung des Schalls von einem Ellipſoid, Paraboloid, Hyperboloid u. ſ. w.

**) S. Nachrichten davon in Gilberts Annalen XXXV. 4. H. und XXXVII. 2. VI., nebſt Bemerkungen von Benzenberg.

Zweites Capitel.

Von der Wahrnehmung und Vergleichung der anhaltenden Töne.

Die Kenntniß, wie ſich eine, in irgend einem Punct einer elaſtiſchen Flüſſigkeit plötzlich hervorgebrachte, Schallſchwingung der ganzen Maſſe derſelben mittheilt, wird uns nun eine leichte Einſicht gewähren, wie die Schwingungen der Körper durch die Luft bis zum Gehörorgan fortgepflanzt werden und dort die Empfindung eines anhaltenden Tons hervorbringen können. Nach Maßgabe nämlich, als die Theilchen eines, in Schwingung befindlichen, Körpers bei ihren Excurſionen abwechſelnd hin und wieder gehen, wirken ſie mechaniſch auf die, ſie umgebenden, Luftmolecule; und wenn ſie dieſelben bei ihrer Bewegung nach der einen Seite geſtoßen und zuſammengedrückt haben, ſo erlaſſen ſie denſelben bei ihrer Rückkehr nach der entgegengeſetzten Seite einen leeren Raum, der ihnen geſtattet ſich auszudehnen. Daher werden die, dem ſchallenden Körper zunächſt befindlichen, Theilchen, gleich dieſem ſelbſt, hin und wieder gehen, indem ſie ähnliche Schwingungen vollbringen; ſie werden alſo auch für ihr Theil auf die ihnen zunächſt befindlichen Luftmolecule wirken, dieſe wieder auf andre u. ſ. f. bis ins Unendliche.

Um uns eine klare Vorſtellung von dieſer Fortpflanzung zu machen, wollen wir ſie zuvörderſt betrachten, wie ſie in einer cylindriſchen

Luftſäule vor ſich geht, die von gleichförmiger Dichtigkeit und von allen Seiten abgeſchloſſen iſt, dergleichen AO in Fig. 2. darſtellt. Für den ſchallenden Körper wollen wir eine ebene Fläche annehmen, deren Schwingungen ſenkrecht auf dieſe Säule Statt haben, ſo daß CC, C′C′ die Gränzen ihrer Excurſionen ſind; und T bezeichne die ganz kurze Zeit, die ſie braucht, von einer dieſer Lagen zur andern überzugehen. Um den Erfolg dieſer Schwingungen auf den, oben erörterten, Erfolg der augenblicklichen Erſchütterungen zurückzuführen, theilen wir in Gedanken die Totalausdehnung AA′, in der ſie Statt haben, in eine unendliche Menge kleiner Schichten, die wir als nach einander, jede aber nur einen unendlich kleinen Zeittheil hindurch, erſchüttert annehmen. Fängt nun die Oberfläche vom Punct A aus zu ſchwingen an, ſo wird die erſte Erſchütterung in A hervorgebracht werden; und hielte jene nach dieſem erſten Anſtoß plötzlich mit ihren Schwingungen ein, ſo würde eine unendlich kleine Schallwelle entſtehen, die ſich mit der gewöhnlichen Schallgeſchwindigkeit durch die ganze Luftmaſſe hindurch fortpflanzte. Dabei würde, wegen der Kleinheit der Luftſchicht, welche den erſten Impuls vom ſchallenden Körper erfuhr, die fortgepflanzte Erſchütterung in jedem Puncte nur einen unendlich kleinen Zeittheil dauern. Bevor wir nun die ſchwingende Fläche an eine zweite Luftſchicht gelangen laſſen, müſſen wir als ausgemacht annehmen, wofür ſich in Kurzem der Beweis durch die Erfahrung wirklich ergeben wird, daß bei allen, dem Gehörorgan noch vernehmlichen, Tönen die abſolute Geſchwindigkeit des ſchallenden Körpers ſtets ſehr gering in Vergleich mit der Schnelligkeit der Fortpflanzung des Schalls iſt. Wenn demnach die ſchwingende Fläche die zweite Luftſchicht erreicht hat, ſo wird die, in dieſer durch die erſte Schallwelle hervorgebrachte, Erſchütterung ſchon vorüber, und dieſelbe in den Ruheſtand zurückgekehrt ſeyn. Stößt alſo die Fläche an ſie, ſo wird ſie dieſelbe gerade ſo erſchüttern, wie ſie die erſte Schicht erſchüttert hatte, und hiedurch wird eine zweite Wellenbewegung veranlaßt werden, die ſich längs der ganzen Luftlinie (Schallinie, Schallſtral, ligue d'air), welcher die erſte folgte, fortpflanzen wird. Iſt endlich nach der ganzen Zeit T die ſchwingende Fläche bis A′ gelangt, welches die Gränze ihrer Excurſionen nach der einen Richtung iſt, ſo wird die letzte Wellenbewegung von dieſem Punct ausgehen. Auf ſolche Weiſe wird in der Schallinie eine fortlaufende Reihe von Wellenbewegungen der nämlichen Beſchaffenheit, von denen eine immer der andern folgt, Statt haben und es wird ſich mithin in jedem Augenblick auf dieſer Linie eine Folgereihe, gleichzeitig in Bewegung befindlicher, Puncte befinden. Die Geſammtheit dieſer Puncte wird die Schallwelle (onde sonore) bilden, die ſtets zwiſchen den äußerſten Wellenbewegungen enthalten iſt, die von A und von A' ausgiengen. Wäre der Zwiſchenraum AA' Null, ſo würden die erſte und letzte Wellenbewegung von dem nämlichen Puncte ausgehen; und die *Totallänge der Schallwelle* würde der Weite gleich ſeyn, um welche die zuerſt entſtandne Wellenbewegung der letzten vorausgieng, d. i. der Weite, die ſie in der Zeit T durchlaufen mußte, um welche ſie eher als die letzte entſtand. Da aber der Punct A', von welchem dieſe letzte ausgeht, weiter nach vorn, auf ihrer gemeinſchaftlichen Bahn liegt, ſo erſetzt dieſer Vorſprung, den ſie dem Raume nach hat, zum Theil das, um was ſie ihres ſpätern Eintretens halber zurückbleiben würde, und macht, daß man den Zwiſchenraum AA' von der Länge der, ſo berechneten, Welle abziehen muß. Bei allen regelmäßigen und unſerm Gehör vernehmlichen Tönen macht der Zwiſchenraum AA', welchen die Excurſionen des ſchallenden Körpers einſchließen, einen ſo geringen Theil der Totallänge der Welle aus, daß er aus der Acht gelaſſen werden kann. Dann iſt es blos der vorderſte Theil, den man zu berückſichtigen hat, und für dieſen Fall, den wir allein in Rechnung zu ziehen haben, iſt *die Länge der Schallwellen ohne merklichen Irrthum dem Raume gleich zu ſetzen, den der Schall während der Zeit T, der Dauer der Schwingungen des ſchallenden Körpers, durchläuft.*

Wenn alſo z. B. der Körper eine Schwingung in einer Secunde vollbrächte, während die Temperatur auf dem Grade des ſchmelzenden Eiſes ſtände, ſo würde die, dadurch erzeugte, Schallwelle eine Länge von 333^{m},44 oder 1026,4 Fuß haben; indem dies der Raum iſt, den der Schall in dieſem Fall in einer Zeitſecunde durchläuft: und legte man irgend eine andre Schwingungsdauer zu Grunde, ſo würde die Länge der Welle im Verhältniß zu dieſer Dauer ſich abändern. Hieraus leiten wir folgende Tabelle ab, die uns von häufigem Gebrauch ſeyn wird.

	Anzahl der unendlich kleinen Schwingungen, welche der ſchallende Körper in einer Zeitſecunde vollbringt.	Länge der, dadurch hervorgebrachten, Schallwellen 1)).		
	1	1024	Fuß.	
	2	512		
	4	256		
Anfang der, dem Ohr vernehmlichen Töne	32	32		Die, hier eingeklammerten, Töne ſind die nämlichen, welche durch eine, an beiden Enden offene, und der Länge nach der Luftwelle gleiche, Orgelpfeife hervorgebracht werden würden.
	64	16		
	128	8		
	256	4		
	512	2		
	1024	1		
	2048	6	Zoll.	
	4096	3	Zoll.	
Ende der vern. Töne	8192	18	Linien.	

Weiterhin werden wir in der Erfahrung die ſtrengſten Belege für die Wahrheit dieſer Reſultate finden. Noch haben wir nur erſt eine der Schwingungen des ſchallenden Körpers betrachtet, die nämlich, welche er von A nach A′ vollbringt. Bei ſeiner Rückkehr von A′ nach A wird er eine andre Reihe Wellenbewegungen veranlaſſen, für welche die nämlichen Gränzen der Dauer und Weite, als für die vorhergehenden, Statt finden, und deren Inbegriff ebenfalls eine Geſammtwelle, von der nämlichen Länge, als die vorige, bilden wird. Dieſe wird der erſten eben ſo unmittelbar folgen, als ſich die Bewegungen des ſchallenden Körpers, der ſie hervorruft, folgen. Hat aber die eine Welle die Lufttheilchen nach der Richtung AA′ fortgetrieben, indem ſie dieſelben verdichtete, ſo wird die zweite ſie in der Richtung A′A anziehen, indem ſie dieſelben verdünnt; ſo daß, wenn ihre urſprüngliche Dichtigkeit D ſucceſſiv D, D + d, D durch die Wirkung der erſten Welle wurde, ſie D, D — d, D durch die Wirkung der zweiten wird. Nach und nach werden alle Lufttheilchen, indem die Erſchütterung ſucceſſiv zu ihnen gelangt, dieſe verſchiednen Zuſtände erfahren, und beim Uebergange einer Welle zur folgenden, immer wieder zur Ruhe und zu dem Zuſtande ihrer erſten Dichtigkeit zurückgekehrt ſeyn. Denn wenn CC, C′C′ die Gränzen der natürlichen Schwingungen, die der ſchallende Körper macht, vorſtellen, Gränzen, die blos durch die Elaſticität ſeiner Theile beſtimmt werden; ſo kann ſeine Bewegung bei denſelben nicht plötzlich aufhören; ſondern muß mit der

---

1) Um Bruchtheile zu vermeiden, iſt die Geſchwindigkeit des Schalls in der Secunde zu 1024 Fuß anſtatt zu 1026 angenommen worden; denn da 1024 genau eine Potenz von 2 iſt, ſo läßt ſie ſich fort und fort ohne Reſt durch dieſe Zahl dividiren.

Annäherung an ſie immer unmerklicher werden; ſo daß die Luft zuletzt nur noch ganz ſchwache und endlich gar keine Impulſe mehr dadurch erhält. Dies verſtattet den erſchütterten Moleculen, allmälig zu dem Zuſtande der Dichtigkeit und des Gleichgewichts, in dem ſie ſich zu Anfange befanden, zurückzukehren, bevor die entgegengeſetzte Welle einen merklichen Einfluß auf ſie zu haben anfängt. Auf ſolche Art wird dieſer periodiſche Wechſel in der Bewegung in ununterbrochener Wiederkehr ſo lange fortdauern, als der ſchallende Körper am Anfange der Schalllinie zu ſchwingen fortfährt; ſo daß es nach einer Anzahl n ſeiner Schwingungen auf dieſer Schalllinie eine Anzahl n gleicher Schallwellen geben wird, die aber in abwechſelnder Folge von entgegengeſetzter Beſchaffenheit, d. h. abwechſelnd verdichtend und verdünnend ſind, ſich eine der andern folgen, Fig 3., und zuſammen eine, ihrer Summe gleiche, Totallänge einnehmen. Befindet ſich demnach auf der Richtung dieſer Schalllinie ein Organ, welches durch dieſe Wellenbewegungen erſchüttert zu werden vermag, ſo wird ein, damit begabter, Beobachter die Wahrnehmung des, durch den ſchallenden Körper hervorgebrachten, Tons erhalten. Die Periodicität der Wellen, ihre Dauer, ihre Stärke, das progreſſive Geſetz, nach welchem jede derſelben die Dichtigkeit der Lufttheilchen abändert, werden eben ſo viel wahrnehmbare Kennzeichen ſeyn, mittelſt deren das Organ die verſchiednen Töne unterſcheiden, und verſchiedne Beſchaffenheiten daran zu erkennen vermögend ſeyn wird. Schon oben wurde bemerkt, daß die größere oder geringere *Höhe* des Tons mit der Schnelligkeit der Schwingungen zuſammenhängt; das Organ wird ſie alſo nach der größern oder geringern Schnelligkeit, mit der die Schallwellen ſich folgen, unterſcheiden. Was die *Stärke* oder *Intenſität* des Schalls betrifft, ſo wird ſie abhängen von der Weite der Excurſionen, welche die ſucceſſiv in Schwingung verſetzten Lufttheilchen machen, von der Stärke der abwechſelnden Verdichtungen und Verdünnungen, die jede Welle darin hervorruft; endlich von der größern oder geringern Anzahl Theilchen, welche dieſe Wirkungen erfahren und ſucceſſiv zum Gehörorgan fortpflanzen.

Es ergiebt ſich aus dieſen Betrachtungen, daß der Anfang und das Ende der Schallwellen wenig Eindruck auf das Gehörorgan verurſachen können, weil die Lagen- und Dichtigkeitsveränderung der Lufttheilchen dann nur ſehr wenig beträgt. Da jedoch die Sinneswahrnehmungen ſelbſt nach dem Aufhören der, ſie hervorbringenden, Urſach, immer noch eine gewiſſe Zeit hindurch fortdauern, ſo muß bei ſehr raſch erfolgenden Schwingungen der, durch die Mitte der Schallwellen verurſachte, Eindruck die Schwäche ihrer Enden decken; wodurch denn in der That eine Empfindung hervorgebracht wird, die blos vermöge der Periodicität der, ſie veranlaſſenden, Urſache, ſtetig wird, wie dies der Fall bei allen, in der Muſik gebräuchlichen, Tönen iſt. Folgen ſich aber die Schwingungen ſo langſam, daß das Ohr die Perioden der Intenſität in ihnen aufzufaſſen und ihre Zwiſchenzeiten zu unterſcheiden vermag; ſo muß anſtatt eines anhaltenden Tons eine Reihe periodiſch wiederkehrender Geräuſche oder Schläge wahrgenommen werden. Die Erfahrung beſtätigt dies, wofür wir bald vielfache Belege erhalten werden.

Drittes Capitel.

Schwingungen elaſtiſcher Saiten.

Nach dieſer Erörterung der phyſiſchen Umſtände, deren Geſammtheit im Allgemeinen jeden Ton charakteriſirt, müſſen wir durch ein regelmäßiges und ſich gleich bleibendes mechaniſches Mittel dahin zu gelangen ſuchen, eine ſtetige und beliebig auszudehnende Reihe von Tönen hervorzubringen, um für jeden die Zahl der, in der Secunde vollbrachten, Schwingungen ausmitteln zu können. Hören wir dann irgend einen Ton, und beziehen ihn auf ſeinen Einklang (unisson) in der von uns beſtimmten Reihe, d. i. auf den Ton darin, der genau die nämliche Empfindung von Höhe oder Tiefe erweckt, ſo werden wir eben dadurch; mit dem Grade der Schärfe, den unſer Gehör hat, erfahren, welches die Zahl der Schwingungen in einer Secunde ſey, die erforderlich war, ihn hervorzubringen; eine Zahl, durch die er mithin vollkommen beſtimmt ſeyn wird. Obſchon nun dieſe Vergleichung blos mittelſt einer ganz einfachen Wahrnehmung angeſtellt wird, ſo lehrt doch die Erfahrung, daß ſie bei einem geübten Gehör mit einer Genauigkeit geſchieht, welche durchaus nichts zu wünſchen übrig läßt. Unter den verſchiednen Körpern, deren Schwingungen uns auf ſolche Weiſe dienen können, die allgemeine Vergleichung der Töne überhaupt daran zu knüpfen, eignet ſich keiner mehr, als ſtark geſpannte elaſtiſche Saiten, beſonders wenn ſie aus einem einfachen, durch den Drahtzug gezogenen, Drahte beſtehen. Die vollkommen cylindriſche Geſtalt eines ſolchen Drahts, ſeine homogene Beſchaffenheit, die gleiche Elaſticität aller ſeiner Theile, endlich die Leichtigkeit, ihn immer wieder in der nämlichen Beſchaffenheit darzuſtellen, wenn man ſeine Dicke und den Stoff, aus dem er beſteht, kennt, ſind eben ſo viel Eigenſchaften, die ihn zu Verſuchen, welche immer unter einander vergleichbar ſeyn ſollen, ausnehmend geeignet machen. Um ihm die Fähigkeit zu Schallſchwingungen zu ertheilen, muß man ihn ſtark zwiſchen zwei feſte

Puncte ſpannen, wie die Saiten an den muſikaliſchen Inſtrumenten, oder blos an einem Ende ſtark befeſtigen und dann vertical durch ein Gewicht ſpannen, wie Fig. 4. darſtellt; oder auch ihn horizontal ſpannen, indem man ihn über eine, in der Höhe des feſten Puncts angebrachte Rolle laufen läßt, wie Fig. 5. zeigt. In den beiden letztern Fällen muß man, um einen Theil des Drahts beſonders ſchwingen zu laſſen, ſeine Länge, nachdem man ihn geſpannt hat, dadurch abgränzen, daß man ihn mit einer Zange kneipt, oder Stege (chevalets) unterſetzt, welche hindern, daß die äußerſten Puncte des, in Schwingung zu verſetzenden, Theils ſich nicht während derſelben verrücken. Apparate dieſer Art werden Monochorde (monochordes, sonomètres) genannt. Das verticale Monochord iſt weit vollkommner und gewährt weit mehr Genauigkeit, als das horizontale, weil in letzterm die Spannung, welche das Gewicht hervorbringen ſoll, immer mehr oder minder durch die Reibung modificirt wird, welche die Rolle an ihrer Axe erfährt, eine Reibung, die um ſo ſtärker iſt, je mehr ſie durch die Wirkung des Gewichts gegen dieſe Axe gedrückt wird, weßhalb man durch daſſelbe Gewicht, an den nämlichen Draht angebracht, nicht immer die nämliche Spannung erhält. Aus dieſem Grunde muß man zu Unterſuchungen, welche Schärfe erfordern, das verticale Monochord in Gebrauch ziehen, und ſich des andern nur zu einer kleinen Zahl von Verſuchen bedienen, welche eine horizontale Lage erfordern, wovon weiter unten. Endlich, da die Töne einer einfachen, von jedem andern Körper abgeſonderten, Saite nur ſehr ſchwach ſeyn und im Augenblick verhallen würden, ſo bringt man die Befeſtigungspuncte derſelben auf einem hohlen Kaſten an, deſſen Wände aus trocknen, elaſtiſchen, dünnen, hölzernen Bretchen beſtehen, dergleichen die ſind, welche die Seele (caisse) der Violinen, der Bäſſe und der andern Saiteninſtrumente bilden. Die Erfahrung lehrt, daß die Schwingungsbewegung der Saite ſich dieſen Bretchen mittheilt, und ſo den nämlichen Ton in ihnen hervorruft, den die Saite ſelbſt giebt, wodurch der Ton der letztern verſtärkt wird; was man die Reſonanz nennt. Weiterhin werden wir unterſuchen, auf welche Art dieſes Entſprechen der Schwingungen zu Stande kommt; für jetzt nehmen wir es als Thatſache an. Wird eine, auf die angegebene Weiſe durch ein ſich gleich bleibendes Gewicht geſpannte, Metallſaite auch nur ganz wenig von ihrer geradlinigen Richtung, die wir als vertical annehmen, entfernt und dann der Wirkung der, ſie ſollicitirenden, Zugkraft *) überlaſſen, ſo pflanzt dieſe Kraft zuerſt jedem Punct der

---

*) Hierunter iſt das Gewicht zu verſtehen, welches die Saite vertical geſpannt hält.

Saite eine beſchleunigte Bewegung nach der urſprünglichen Lage ſeiner Ruhe ein. Dort angelangt kann er vermöge der erlangten Geſchwindigkeit nicht ruhig bleiben, ſondern geht auf die andre Seite der Verticale bis zu einer gewiſſen Weite herüber, wo die fortwirkende Zugkraft ſeiner Excurſion Einhalt thut; worauf ſie ihn von Neuem nach der entgegengeſetzten Richtung führt. Auf dieſe Weiſe geräth die Saite in eine Folge von Schwingungen nach beiden Seiten der Verticale, deren Gränzen ſich mit bloßem Auge wahrnehmen laſſen, obwohl ſie faſt immer zu ſchnell geſchehen, um eine Zählung zu erlauben. Die Weite dieſer Schwingungen nimmt immer mehr ab; ſind ſie indeß ſehr klein, ſo bringt dieſe Veränderung in der Weite keine merkliche Veränderung in ihrer Dauer mit ſich; weßhalb auch die Tonhöhe des dadurch erzeugten Tons, d. h. die Empfindung der Höhe oder Tiefe, die man durch ihn erhält, keine merkliche Veränderung dabei erfährt. Aus dem nämlichen Grundſatz folgt, daß dieſer Ton ſich auch gleich bleibt, auf welche Weiſe man immer die Saite aus dem Zuſtande ihres Gleichgewichts gebracht haben mag, ſey es durch Reißen oder durch Streichen mit dem Violinbogen. Bei dieſer Erſcheinung läßt ſich jedes unendlich kleine Element der Saite als eine kleine Maſſe betrachten, die durch die Kraft, welche an ihr zieht, und ſie dadurch geſpannt hält, in Bewegung geſetzt wird; ſo daß, wenn man die Länge der Saite, ihr Gewicht und die, ſie ſpannende, Kraft kennt, es blos noch auf die Löſung einer rein mechaniſchen Aufgabe zurückkommt, die Dauer ihrer unendlich kleinen Schwingungen zu beſtimmen.

In der That braucht man blos von dieſen Datis auszugehen, um durch den Calcul folgende Sätze zu finden.

Wenn zwei Saiten von der nämlichen Länge und aus dem nämlichen Stoffe gleich geſpannt ſind, und ſich blos in der Länge unterſcheiden, ſo verhalten ſich ihre Schwingungszahlen *) umgekehrt wie ihre Längen.

Sind ſich aber die Saiten dem Stoffe nach, aus dem ſie beſtehn, ſo wie ihrer Länge nach gleich, und iſt blos das Gewicht, welches ſie ſpannt, verſchieden, ſo ſind ihre Schwingungszahlen den Quadratwurzeln dieſer Gewichte direct proportional. Leicht läßt ſich am Monochord die Wirkung, welche von dieſen beiden Arten der Abänderung abhängt, nachweiſen.

Um zuvörderſt blos die Länge abzuändern, kann man ſich eines kleinen beweglichen Stegs von dreieckiger Form bedienen, den man unter die Saite dahin ſtellt, wo eine beſtimmte Länge von ihr abge-

---

*) Durch Schwingungszahl drückt man der Kürze halber die Anzahl Schwingungen, die ein Körper in einer gegebenen Zeit macht, aus.

gränzt werden ſoll. Dieſer, in Fig. 6. durch H vorgeſtellte, Steg muß eine ſolche Höhe haben, daß, wenn er zwiſchen das obere Bretchen des Kaſtens und die Saite ſelbſt gebracht wird, dieſe ſtark genug dagegen drückt, um am Berührungspunkte als unverrückbar befeſtigt angeſehen werden zu können. Der größern Sicherheit und Genauigkeit halber kann man auch die Saite zwiſchen die Schenkel einer metallnen Zwinge P, Fig. 4., einklemmen, welche an einem Läufer befeſtigt iſt, der ſich an den Saiten des Kaſtens längs einer, darauf verzeichneten, Scale hin und wieder ſchieben läßt, ſo daß man ſie an jedem beliebigen Punct, den man für gut befindet, hinführen und daſelbſt fixiren kann.

Geſetzt nun, man öffne nach ſo getroffener Anordnung, die Schenkel der Zwinge oder entferne den Steg, um die Saite zuvörderſt ihrer ganzen Länge nach ſchwingen zu laſſen; ſo wird ſie eine beſtimmte Schwingungszahl für die Secunde haben, die ſich nach mathematiſchen Formeln aus dem Gewicht der Saite, ihrer Länge, und dem Gewicht, welches ſie ſpannt, berechnen laſſen wird 1). Wir wollen dieſe Zahl für jeden Fall der Kürze halber durch den Buchſtaben n ausdrücken. Um nun die Empfindung des Tons, welcher hiebei entſteht, auf eine beſtimmte Tonhöhe zurückzuführen, bedienen wir uns einer Orgel, eines Fortepiano's oder irgend eines andern, uns zu Gebote ſtehenden, Inſtruments, welches feſt beſtimmte Töne hat, und ſuchen auf den verſchiednen Taſten deſſelben den Ton auf, der uns hinſichtlich ſeiner Höhe oder Tiefe mit dem, welchen das Monochord gab, vollkommen übereinſtimmend ſcheint. Läßt ſich ein ſolcher Einklang nicht in der vollen Schärfe, die das Gehör fodert, auffinden, ſo bleiben wir bei dem nächſten Ton ſtehen, und ändern an dem Hülfsinſtrument die Spannung der Saite oder die Länge der Pfeife, die ihn giebt, ſo weit ab, daß ein vollkommener Einklang Statt hat. Dann wird es immer in unſrer Macht ſtehen, durch Anſchlagen der, ſo umgeſtimmten, Taſte nach Willkühr den erſten Ton, den die Schwingung der ganzen Saite des Monochords gegeben hatte, genau in der nämlichen Art wieder hervorzubringen. Mithin wird dieſer Ton für die ganze Folgereihe anzuſtellender Verſuche feſtgeſtellt

---

1) Um den Ton rein und bei allen nach einander angeſtellten Verſuchen von nicht merklich unterſchiedner Stärke zu erhalten, muß die Art, wie die Saite in Schwingung verſetzt wird, ſich ſtets gleich bleiben, nur als augenblicklicher Impuls wirken, und ſo beſchaffen ſeyn, daß der Freiheit der Schwingungen dadurch nicht der geringſte Eintrag geſchieht. Auf keine Weiſe wird man dieſe Bedingungen beſſer erfüllen, als indem man die Saite durch Ziehen etwas aus der Lage ihres Gleichgewichts entfernt, nicht mittelſt des Fingers, ſondern mittelſt eines Streifchens von Ochſenleder, und ſie dann ſich ſelbſt überläßt.

ſeyn, wenigſtens unter der Vorausſetzung, daß das Hülfsinſtrument ſich nicht verſtimmt.

Schieben wir jetzt, ohne das Gewicht, welches die Saite des Monochords ſpannt, zu ändern, den Steg oder die Zwinge genau in die Mitte der ganzen Saite, Fig. 7., und laſſen jede ihrer Hälfte beſonders ſchwingen; ſo werden ſie mit einander in Einklang ſeyn, wenn die Saite in ihrer ganzen Länge vollkommen gleich und homogen iſt; allein der Ton jeder Hälfte wird ſich von dem Ton, den die ganze Saite gab, unterſcheiden; es wird der Ton ſeyn, den man in der Muſik die Oberoctave, oder gewöhnlicher ſchlechthin Octave, des letztern nennt; und da dies Verhältniß immer wiedergefunden wird, welches auch die Länge, Dicke und Spannung der getheilten Saite ſeyn mag, ſo hat man zu ſchließen, daß, wenn ein Ton die Octave eines andern iſt, er einer doppelt ſo großen Schwingungszahl, als dieſer, entſpricht; ſo daß, wenn man jeden Ton durch ſeine Schwingungszahl bezeichnen will; der erſte Ton 1, und ſeine Octave 2 ſeyn wird. Nennt man alſo den Grundton, von dem man ausgieng, C und ſeine Octave c, ſo wird man haben

den Grundton . . . . $C = 1$
Seine Octave . . . . $c = 2$.

Wollte man umgekehrt den Ton c als Grundton betrachten, ſo würde der Ton C, dem eine halb ſo große Schwingungszahl zugehört, deſſen Unteroctave darſtellen. Und wendete man das nämliche Verhältniß auf den Ton C an, ſo würde man haben

den Grundton . . . . $C = 1$
Seine Unteroctave . . . $= \frac{1}{2}$.

Man muß jedoch beim Gebrauch dieſer Ausdrücke nicht aus den Augen verlieren, daß ſie blos zur Bezeichnung der Töne, und Claſſificirung derſelben nach einem ihrer weſentlichen Merkmale dienen, nicht aber zum Maß oder Ausdruck für die Empfindungen ſelbſt, welche die Töne in uns erwecken.

Verſetzen wir jetzt den Steg oder die Zwinge des Monochords auf das Dritttheil der Saite, wie Fig. 8. darſtellt, und laſſen ihre kleinere Hälfte ſchwingen; ſo wird zufolge der Theorie die Schwingungszahl dieſes Theils das Dreifache der Schwingungszahl, welche der ganzen Saite zugehört, betragen, d. i. gleich 3 n ſeyn, auch wird der, dadurch hervorgebrachte, Ton, bei weitem höher ſeyn, als der Grundton C. Um die Vergleichung des neuen Tons mit dieſem Grundton, von dem wir ausgiengen, zu erleichtern, wollen wir erſterm für einen Augenblick ſeine Unteroctave ſubſtituiren, welche durch die beiden andern Dritttheile gegeben wird, wie ſowohl die, auf die vorigen Verſuche geſtützte, Theorie, als auch die unmittelbare Beobachtung lehrt. Die Schwingungszahl dieſer zwei Dritttheile wird nun um die Hälfte kleiner als die des Einen Dritttheils, d. i. gleich $\frac{3}{2}$ n ſeyn; welches ſagen will: die Schwingungszahl der zwei Dritttheile beträgt $\frac{3}{2}$ von der Schwingungszahl der ganzen Saite; und der Ton, welcher dadurch hervorgebracht wird, wird im Verhältniß zum Grundton C das ſeyn, was man in der Muſik ſeine Quinte nennt, die nach der deutſchen Bezeichnungsart G (nach der franzöſiſchen sol) genannt wird. So wie wir nun C durch 1 bezeichneten, eben ſo werden wir, zufolge der nämlichen Bezeichnungsart G = $\frac{3}{2}$ ſetzen; und die Octave von G, die durch das Eine Dritttheil der Saite gegeben wurde, durch g ausdrücken; und wenn wir für dieſe Octave die nämliche Bezeichnungsart gebrauchen, nach welcher wir die andern Töne ausdrückten, d. h. wenn wir ſie nach der relativen Schwingungszahl benennen, durch die ſie hervorgebracht wurde, werden wir 3 zum Ausdruck für g erhalten. Theilen wir jetzt die Saite noch weiter ein, indem wir den Steg unter den vierten Theil ihrer Länge bringen, Fig. 9.; und laſſen dieſes Viertheil für ſich ſchwingen, ſo wird ſeine Schwingungszahl das Vierfache von der ganzen Saite ſeyn; und mithin die Octave von c gegeben, oder zufolge der, in der Muſik üblichen, Benennungen, die doppelte Octave von C, die wir durch $\overline{c}$ ausdrücken wollen; und weil, nach unſerer frühern Bezeichnungsart, C gleich 1 iſt, ſo wird $\overline{c}$ = 4 ſeyn. Wird nun auch der andre Theil der Saite, der $\frac{3}{4}$ ihrer Länge ausmacht, in Schwingung verſetzt, ſo wird ſeine Schwingungszahl $\frac{4}{3}$ von der des Tons C ſeyn: und der, daraus hervorgehende, Ton wird in Verhältniß zu C das ſeyn, was man in der Muſik die Quarte nennt, und durch F ausdrückt: wir werden mithin zufolge unſrer Bezeichnungsart F = $\frac{4}{3}$ haben.

Fährt man auf dieſe Weiſe fort, die Saite in eine immer größere Anzahl gleicher Theile einzutheilen, ſo kann man nach und nach alle, in der Muſik gebräuchlichen, Töne erhalten. Beſchränken wir uns indeß jetzt auf die Reihe von Tönen, welche die ſogenannte diatoniſche Tonleiter bilden, ſo finden wir für diejenigen, welche in einer Abmeſſung *) derſelben enthalten ſind, folgende Werthe, bei welchen als Einheit die Schwingungszahl angenommen worden iſt, welche dem Grundton C zugehört

---

*) Ich brauche dies Wort, um Zweideutigkeiten zu vermeiden, auf Gilberts Autorität geſtützt (ſ. deſſen Phyſik §. 233.), lieber als Octave, wo es, wie hier, nicht den Ton ausdrücken ſoll, der von einem andern um ein gewiſſes Intervall abliegt, ſondern vielmehr die Geſammtheit der, in dieſem Intervall vom Grundton zur Octave begriffenen, Töne, die man gewöhnlich auch durch den Ausdruck Octave bezeichnet, und demzufolge ſagt, der Ton liegt in dieſer oder jener Octave; wenigſtens müßte man der Unterſcheidung halber ſagen: in dem Intervall dieſer oder jener Octave.

(B)

Bezeichnung der Töne im Deutſchen und Engliſchen [1]	C	D	E	F	G	A	H	$\overline{c}$
Franzöſiſche Namen	ut	ré	mi	fa	sol	la	si	ut
Schwingungszahlen	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2
Länge der Saiten, welche ſie geben . . .	1	$\frac{8}{9}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{8}{15}$	$\frac{1}{2}$

Zieht man über eine Reſonanztafel (table sonore) acht Saiten neben einander, die von dem nämlichen Stoffe, der nämlichen Dicke ſind, durch gleiche Gewichte geſpannt werden, und deren Längen zu einander in dem Verhältniſſe ſtehen, welches vorſtehende Tabelle angiebt, ſo werden dieſe Saiten, in Schwingung verſetzt, wirklich die ſieben Töne einer Abmeſſung der diatoniſchen Tonleiter hören laſſen, wie ſich leicht in der Erfahrung nachweiſen läßt, und zieht man neben den erſten Saiten noch mehrere auf, deren Längen ſucceſſiv das Doppelte, Vierfache, Achtfache der vorigen ſind, ſo wird man dadurch eben ſo viel neue Abmeſſungen der Tonleiter erhalten, deren Töne Octaven, doppelte Octaven oder dreifache Octaven der Töne in der erſten Abmeſſung ſind. Bei den muſikaliſchen Inſtrumenten, wie dem Fortepiano und Klavier, werden die Saiten der verſchiedenen Abmeſſungen durch Hämmer in Erſchütterung verſetzt, die man mittelſt kleiner hölzerner Hebel, *Taſten* (touches) genannt, in Bewegung ſetzt, indem man mit dem Finger darauf ſchlägt. Die Taſten, welche zu einer und derſelben Abmeſſung gehören, liegen neben einander; ſo iſt die Taſte, welche D giebt die zweite nach C; die, welche E giebt, die dritte, die welche F giebt, die vierte; die, welche G giebt, die fünfte; u. ſ. f. Dies hat zu dem Gebrauch Veranlaſſung gegeben, die Töne nach der Stelle zu bezeichnen, welche ſie in der Reihenfolge von C an gerechnet, einnehmen. So ſagt man, daß E die Terz; F die Quarte; G die Quinte; A die Sexte; H die Septime von C iſt, und ſo fort; wonach z. B. die große Decime: Septime von C die ſiebzehnte Taſte, von C aus gerechnet, bedeutet; welche mithin der doppelten Octave von E d. i. $\overline{e}$ entſpricht.

Bisher haben wir blos die Länge der Saite ſich ändern laſſen; wir können aber auch durch bloße Veränderung in der Spannung, welche durch das Gewicht P vorgeſtellt wird, die Zahl der Schwingungen verdoppeln, verdreifachen oder überhaupt in irgend einem beliebigen Verhältniſſe vervielfachen. Führt uns hiebei der Calcul auf irgend eine der, durch die vorigen Verſuche gefundenen, Schwingungszahlen, ſo müſſen wir für dieſelbe auch den nämlichen Ton wiederfinden; wenn es wirklich wahr iſt, daß bei der nämlichen Art von Saiten der Ton nur von der Zahl der Schwingungen abhängt. In der That weiſt dies die Erfahrung in der größten Schärfe nach. Wenn die Saite, durch das Gewicht P geſpannt, den Ton C giebt, ſo wird ſie durch 4 P geſpannt c geben, durch $\frac{9}{4}$ P geſpannt G, durch $\frac{25}{16}$ P, E, u. ſ. f. Im Allgemeinen verhalten ſich die Schwingungszahlen bei gleichen Längen der Saiten wie die Quadratwurzeln aus den, ſie ſpannenden, Gewichten.

---

[1] Die Bezeichnungen mit Buchſtaben ſind die, welche bei den Orgeln üblich ſind, und auf die Orgelpfeifen geſchrieben werden.

Bisher haben wir nur den Hauptton betrachtet, den jede Saite je nach ihrer Länge und dem, ſie ſpannenden, Gewichte, giebt. Hört man aber recht aufmerkſam auf den Ton, den eine Metallſaite hervorbringt, ſo kann man leicht die Vermiſchung mehrerer andrer Töne, welche höher als der Grundton ſind, darin erkennen. Iſt z. B. letzterer C, ſo vernimmt man ganz deutlich zugleich g und $\overline{e}$; d. i. die Octave ſeiner Quinte und die doppelte Octave ſeiner Terz, welche reſpectiv durch die Zahlen 3 und 5 vorgeſtellt werden, wenn der Grundton als 1 angenommen wird. Ein geübtes Ohr unterſcheidet auch noch die Octave von C, welche durch 2 und die doppelte Octave von C, welche durch 4 vorgeſtellt wird. Durch Verallgemeinerung dieſes Reſultats ergiebt ſich demnach, daß die nämliche Saite gleichzeitig, aber mit immerfort abnehmender Stärke, die Töne 1, 2, 3, 4, 5 . . . ., u. ſ. w. hören läßt, d. h. alle diejenigen, die ſie durch Untereintheilung nach ganzen Zahlen hervorbringen kann. Deshalb hat man dieſen Tönen den Namen der *harmoniſchen* (auch *Flageolet-Töne*) beigelegt, weil das Wort Harmonie den Inbegriff mehrerer gleichzeitig erklingender Töne, an welchen das Gehör ein Wohlgefallen hat, bedeutet, und kein andrer dem Ohr mehr ſchmeichelt als der, welcher die Töne enthält, die durch die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 vorgeſtellt werden. Damit nun ihr gleichzeitiges Vorhandenſeyn an den ſchwingenden Saiten leichter bemerklich werde, muß man den Verſuch mit einer hinlänglich dicken und langen Saite anſtellen, um den Hauptton C von gehöriger Tiefe und Stärke zu erhalten. Sehr brauchbar ſind hiezu die dicken Saiten eines Baſſes. Setzt man eine ſolche Saite durch einen gut ausgehaltenen Bogenſtrich in ſtarke Schwingung, und überläßt ſie dann ſich ſelbſt, ſo unterſcheidet das mindeſt geübteſte Ohr deutlich die erſten Glieder in der Reihe der harmoniſchen Töne; und hat man ſich erſt gewöhnt, die gleichzeitig erklingenden Töne ſo zu unterſcheiden, ſo nimmt man ſie auch bei den Saiten aller andern muſikaliſchen Inſtrumente wahr.

In allen dieſen Fällen kann, da die Spannung ſich immer gleich bleibt, das gleichzeitige Entſtehen dieſer Töne auf keine andre Weiſe Statt haben, als vermöge einer freiwilligen Theilung der Saite der Art, daß ſie alle zu gleich zu geben vermag. In der That iſt dies der Fall; und dieſe Töne ſtören einander nicht, weil es ein allgemeiner Grundſatz der Mechanik iſt, daß der Luft, dem Waſſer, und im Allgemeinen jeder materiellen Flüſſigkeit mehrere ganz kleine Bewegungen zugleich eingepflanzt werden können, ohne daß ihre Wirkungen einander wechſelſeitig hemmen. Was die nähere Anwendung dieſes Grundſatzes auf den vorliegenden Fall betrifft, ſo ſehe man darüber mein größeres Werk nach.

Dies gleichzeitige Vorhandenſeyn verſchiedner Bewegungen an derſelben Saite läßt ſich ſelbſt den Augen bemerkbar machen. Bezweckt man z. B. blos eine Theilung in zwei Theile, Fig. 10. ſo braucht man nur auf der Mitte der Saite, in N, ein leichtes Hinderniß anzubringen, welches dieſem Punct nicht erlaubt, ſich von der Axe zu entfernen, ohne jedoch eine Bewegung deſſelben der Länge nach von einer Hälfte zur andern herüber zu hindern. Dies läßt ſich ganz einfach dadurch bewerkſtelligen, daß man die Saite an dieſem Punct mit der Kante einer Karte berührt, oder auch nur den Finger leicht darauf legt. Streicht man nun mit einem Bogen die erſte Hälfte AN, ſo daß ſie ganz in Schwingung geräth, ſo giebt ſie den, ihrer Länge zugehörigen, Ton, der mithin die Octave von dem Ton ſeyn wird, den die ganze Saite geben würde. Zugleich aber wird durch Mittheilung auch die andre Hälfte NB in Bewegung geſetzt, und ſchwingt nach derſelben Periode, als die erſte, immer aber in einer, dieſer entgegengeſetzten, Richtung. Dieſe Bewegung läßt ſich zum Augenſchein bringen, indem man ſtellenweis auf dieſen andern Theil kleine, ganz leichte, zuſammengekniffene Papierſtreifchen ſetzt, ſo daß ſie gleichſam darauf reuten. So wie die erſte Hälfte vermöge der ihr unmittelbar ertheilten Erſchütterung in Schwingung geräth, kommen die, auf die andre Hälfte aufgeſetzten, Papierſtreifchen in eine lebhafte Bewegung und werden manchmal weit fortgeſchleudert. Man kann dieſen Verſuch auf die Art wiederholen, daß man die Saite in eine beliebige Menge gleicher Theile theilt, Fig. 11, und zweifach gefärbte Papierſtreifchen, die einen auf die Mitten der ſchwingenden Theile, die andern auf deren Gränzpuncte, welche in Ruhe bleiben ſollen, ſetzt. Darauf berührt man leicht einen einzigen dieſer Puncte, um alle Arten von Schwingungsbewegung, durch die er von der Axe entfernt werden könnte, zu verhüten, und ſtreicht mit dem Bogen über die Mitte eines der, in Schwingung zu verſetzenden, Theile, um ihn zur Excurſion zu beſtimmen. Am meiſten eignen ſich hiezu die Theile, welche dem feſten Anheftungspuncte der Saite zunächſt liegen. Mit dem Eintreten der Schwingung gerathen die, auf den ſchwingenden Theilen aufſitzenden, Papierchen in Bewegung; und fallen, ſo bald der Ton ſich rein ausſpricht, ſämmtlich herab, während die, auf den Gränzpuncten befindlichen, ſitzen bleiben. Dieſer intereſſante Verſuch rührt von Sauveur her. Vorzüglich gut gelingt er mit überſponnenen Darmſaiten, die deshalb dieſen Namen führen, weil ſie, um größere Maſſe zu erhalten, mit einem ganz feinen Metalldraht umwunden ſind.

Man kann die Abtheilung einer Saite auch dadurch zu Stande bringen, daß man in der Nähe derſelben eine andre Saite ſchwingen läßt, deren Schwingungszahl mit der ihrigen im Verhältniß der Einheit zu einer ganzen Zahl ſteht. Giebt z. B. die erſte Saite C und die zweite c, ſo wird, wenn man dieſe klingen läßt, auch die erſtre in Bewegung gerathen und ſich von ſelbſt in zwei gleiche Theile ſcheiden, zwiſchen denen ſich ein Schwingungsknoten befindet. Man erkennt dies, indem man entweder ſcharf auf den Ton, den dieſe Saite giebt, hört, oder indem man bei Berührung derſelben ihre Erzitterung fühlt, oder auch indem man kleine Papierchen auf die Mitten der Theile, welche ſich bewegen, ſo wie auf den Schwingungsknoten, der ruhig bleiben ſoll, aüſſetzt. Eine aufmerkſame Unterſuchung der Umſtände, welche dieſe Mittheilung der Schwingungsbewegung begünſtigen oder ſchwächen, führt zu der Einſicht, daß ſie im Allgemeinen durch Vermittlung der Luft oder anderweiten Körper, die zwiſchen den, ſich wechſelſeitig in Schwingung verſetzenden, Saiten befindlich ſind, zu Stande kommt. Nachdem dieſe Körper durch die erſte Saite in Bewegung geſetzt worden ſind, ſetzen ſie dann ihrer Seits die andre in Bewegung, und theilen ihr die Art Schwingung mit, die ſie ſelbſt ausüben. Dieſe Erſcheinung bietet ſich unaufhörlich in der Muſik dar. Wenn man mit einem Bogen die Saite C eines Baſſes ſtreicht, welche zugleich ihre harmoniſchen Töne c und g hören läßt, ſo theilt ſich die Saite G dieſes Inſtruments ſichtlich in zwei gleiche Theile ab, deren jede im Einklang mit dieſem g ſchwingt. Ein elaſtiſcher Stab, welcher ſchwingt, bringt ebenfalls die geſpannten Metallſaiten, welche mit ihm in Einklang ſind, zum Mittönen. Eine richtig geſpielte Violine verurſacht das Mitſchwingen der entſprechenden Saiten auf der Guitarre: daſſelbe bewirkt eine Flöte, ſelbſt wenn die Guitarre auf einer weichen Unterlage liegt. In dieſen letztern Fällen mag ſich der Ton wohl einzig und allein durch die Luft fortpflanzen; damit jedoch ſo ſchwache Wellenbewegungen in dieſer eine merkliche Mittheilung der Bewegung zwiſchen zwei Saiten verurſachen können, müſſen die Impulſe, die ſie der zweiten Saite ſucceſſiv ertheilen, alle unter einander zuſammenſtimmen, und ſich ſämmtlich zur Hervorbringung derſelben Schwingungsart vereinigen. Dieſe Saite muß mithin eine Bewegung annehmen können, welche mit der Wiederkehr der Luſtwellen, die an ſie treffen, periodiſch zuſammenſtimmt. Dies findet Statt, wenn ihre Länge das doppelte, dreifache, oder im Allgemeinen irgend ein, durch eine ganze Zahl ausgedrücktes, Vielfache von der Länge der, zuerſt in Schwingung verſetzten Saite iſt. Aber auch dann noch würde die Bedingung erfüllt ſeyn, wenn die Länge der zweiten Saite ein Submultiplum von der der erſten wäre, d. i. $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$,.... Giebt in dieſem Falle die erſte Saite den Ton C = 1, ſo wird die zweite Saite immer einen ihrer harmoniſchen Töne 2, 3, 4, 5 hervorbringen; und da dieſe harmoniſchen Töne ſämmtlich an der erſten zugleich mit klingen, ſo muß jeder derſelben die, ihm entſprechende, einzelne Saite in Bewegung verſetzen; wie auch die Erfahrung beſtätigt.

Endlich laſſen ſich noch neue Töne (mitklingende Töne, von mehrern auch paſſend Combinationstöne genannt) durch das Zuſammenwirken mehrerer andern hervorbringen, und ſo zu ſagen, ſchaffen, ohne, daß dabei irgend eine Mittheilung von Bewegung geſchähe. Um dieſen ſonderbar ſcheinenden Satz zu erweiſen, muß man das, was uns als Ton erſcheint, unter den ausgedehnteſten Begriff faſſen. Im Allgemeinen, ſo oft das Gehör durch den anhaltenden Eindruck einer Folge von hinlänglich raſchen Schwingungen afficirt wird, hat es die deutliche Empfindung eines Tons, und beſtimmt die Beſchaffenheit dieſes Tons nach der Geſchwindigkeit, mit welcher dieſe Schwingungen ſich folgen. Geſetzt nun, man gebe an zwei, neben einander aufgezogenen, Saiten zugleich die zwei Töne c und g aus der nämlichen Abmeſſung an, ſo werden ſich die Zahlen der Schwingungen, welche dieſe Saiten in der nämlichen Zeit vollbringen, zu einander wie 2 zu 3 verhalten, es wird mithin Augenblicke geben, wo die, durch dieſelben in der Luft hervorgerufenen, Wellenbewegungen zuſammen das Gehörorgan treffen; andre, wo ſie geſondert zu ihm gelangen. Um die Epochen dieſes Zuſammentreffens und Nichtzuſammentreffens zu unterſcheiden, wollen wir alle die Augenblicke, welche dem Anfang und dem Ende der Schwingungen entſprechen, durch, gleichweit von einander auf der nämlichen Linie befindliche, Puncte in folgender Art ausdrücken.

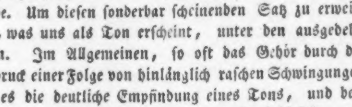

Die Epochen dieſer Coincidenzen ergeben ſich von ſelbſt; die Zwiſchenzeiten, um die ſie aus einander liegen, ſind das Doppelte derer, welche die einzelnen Schwingungen von c trennen. Das Ohr wird demnach durch ihre periodiſche Wiederkehr gerade ſo afficirt werden, wie durch einen Ton, der um das Intervall einer Octave tiefer als c iſt. Die Erfahrung lehrt, daß dem in der That ſo iſt, und man ſchreibt die Entdeckung dieſer ſchönen Erſcheinung dem berühmten Tonkünſtler Tartini[*] zu. Um ſie wahrzunehmen, müſſen die Töne ganz rein geſtimmt ſeyn und einige Zeit unveränderlich ausgehalten werden; ſonſt würde die Wiederkehr ihrer Coincidenzen nicht mehr regelmäßig ausfallen, und keinen vernehmlichen Ton mehr zum Erfolg haben können. Am leichteſten läßt ſich dieſer Verſuch auf der Orgel anſtellen, deren Töne mit einer, auf mechaniſche Einrichtung ſich gründenden, Richtigkeit noch den Vortheil verbinden, beliebig lange Zeit hindurch ausgehalten werden zu können. Man hat ſelbſt daran ein ſichres, und ſchon ſeit langer Zeit übliches, Mittel, die richtige Stimmung dieſes Inſtruments zu prüfen. Es läßt ſich nämlich durch eine ganz einfache Rechnung finden, welcher Ton aus der Zuſammenwirkung der beiden Töne, deren relative Schwingungszahlen man kennt, hervorgehn muß. Bringen nun die Taſten, deren Stimmung man unterſuchen will, wirklich den Combinationston hervor, den die ihnen zugehörigen Töne durch ihr Zuſammenwirken geben müſſen, ſo wird man dadurch von der richtigen Stimmung derſelben überzeugt ſeyn können. Dieſe Probe iſt ſogar die genaueſte, der ſich die Töne unterwerfen laſſen; indem die geringſte Veränderung in den zuſammenklingenden Tönen gewöhnlich eine beträchtliche Abweichung in dem zugehörigen Combinationston bedingt.

Wenn die beiden Töne, die ſo zugleich angegeben werden, einander ſo nahe liegen, daß dies Zuſammentreffen ihrer Schwingungen ſehr ſelten erfolgt, oder wenn ſie, bei größerer Entfernung von einander, in ſo tiefen Abmeſſungen genommen werden, daß ſie ſich ſeltner als zwei und dreißigmal in der Secunde begegnen, ſo verwandelt ſich ihr Combinationston in einzelne, durch merkliche Zwiſchenzeiten getrennte, Schläge. Dies läßt ſich leicht an der Orgel, dem Trochleon, und überhaupt allen Inſtrumenten mit feſt beſtimmten Tönen beſtätigt finden. Wählt man z. B. auf der Orgel Taſten, welche den tiefſten Octaven entſprechen, ſo ähnelt die Reihe der Schläge einem Trommelwirbel, deſſen Schläge mehr oder minder ſchnell einander folgen. Dies Reſultat giebt eine neue Beſtätigung der Behauptung, die wir zu Anfange dieſes Buches aufſtellten, daß ein ausgehaltener und gleichförmiger Ton nichts anders als eine Reihe von Schlägen iſt, die ſich in gleichen Zwiſchenzeiten mit hinlänglicher Schnelligkeit folgen.

---

[*] Tartini erwähnt ſie erſt 1754; aber ſchon 1744 hat ſie Andreas Sorge in ſeiner Anweiſung zur Stimmung der Orgelwerke und des Claviers erwähnt (Chladni).

Bei der Auseinanderſetzung dieſes bemerkenswerthen Erfolgs, den das Zuſammenwirken zweier Töne hat, nahm ich, um die Erklärung zu vereinfachen, einen völlig gleichzeitigen Anfang derſelben an; der allerdings nur ausnehmend ſelten Statt haben würde, aber auch zur Hervorbringung der Erſcheinung kein weſentliches Erforderniß iſt. Nur werden bei nicht gleichzeitigem Anfange der zuſammenwirkenden Töne keine tonfreie Zwiſchenzeiten (intermittences) zwiſchen einzelnen Schlägen, die den Combinationston zuſammenſetzen, wie unter obiger Vorausſetzung, Statt finden, ſondern ſtatt deſſen wird es nur Maxima und Minima der Intenſität des Combinationstons geben, deren eben ſo periodiſche Wiederkehr aber ſchon hinreichen wird, die Empfindung eines Tons zu verurſachen. Dies läßt ſich deutlich auf der Orgel bemerken. Bringt man auf dieſer Schläge eines Combinationstons durch das Zuſammenwirken zweier tiefen und wenig von einander unterſchiednen Töne hervor, ſo treten nie völlig tonfreie Zwiſchenzeiten ein, ſondern eine Art fortwährenden Summens (bourdonnement) mit vollkommen regelmäßig wiederkehrenden Perioden des Anwachſens und Abnehmens in der Stärke.

Bisher haben wir nur die transverſalen (in die Quere gehenden) Schwingungen elaſtiſcher Saiten betrachtet; allein eine ſolche Saite iſt noch einer andern Schwingungsart fähig, indem ſie ſich nämlich auch abwechſelnd nach der Richtung ihrer Länge auszudehnen und zuſammenzuziehen vermag. Wir bemerkten, als von der Elaſticität der, durch Gewichte gezogenen, Saiten die Rede war, daß dieſelben ein Streben äußern, ihre urſprüngliche Länge wieder anzunehmen, und, wenn die Kraft, welche ſie dehnte, geſchwächt oder aufgehoben iſt, wirklich zu ihren urſprünglichen Dimenſionen durch eine Folge iſochroniſcher Oscillationen zurückkehren. Wird demnach eine ſolche, ſtark zwiſchen zwei feſten Puncten geſpannte, Saite nach der Richtung ihrer Länge gerieben, ſo läßt ſich ſehr wohl denken, wie dergleichen Schwingungen dadurch veranlaßt werden können. Denn dies Reiben nach der Richtung der Länge hat keine andre Wirkung, als daß einzige kleine Abſchnitte der Saite für den Augenblick aus ihrer Lage des Gleichgewichts gezogen, gegen die, ihnen nach einer Seite zunächſt liegenden, geſtoßen, von den zur andern Seite ihnen zunächſt befindlichen aber abgezogen werden. Werden alſo dieſe Abſchnitte der Saite dann ſich ſelbſt überlaſſen, ſo müſſen ſie zu ihrer urſprünglichen Lage zurückkehren, indem ſie durch ihre Oscillationen eine Erſchütterung nach der Richtung der Länge hervorbringen, welche ſich der ganzen Saite mittheilen muß. Unter den verſchiednen Schwingungsarten, welche auf ſolche Art hervorgehen können, iſt die einfachſte die in Fig. 12 vorgeſtellte. Alle Abſchnitte, welche zuſammen die ganze Saite ausmachen, haben eine gleichzeitige Bewegung, die abwechſelnd nach dem einen und dem entgegengeſetzten Ende gerichtet iſt. Wenn ſie von A nach B gehn, ſo ziehen ſie ſich in B zuſammen und verlängern ſich in A; das Entgegengeſetzte findet Statt, wenn ſie bei der folgenden Schwingung die rückgängige Bewegung von B nach A machen. Im einen, wie im andern Fall erfährt die Mitte der Saite weder Zuſammenziehung noch Ausdehnung; allein hier iſt die Stelle, wo die Bewegung der Theilchen am ſchnellſten geſchieht: dagegen dieſelbe null an den beiden feſten Enden iſt. Die zweite Art Längenſchwingungen iſt in Fig. 13 vorgeſtellt. Die Saite theilt ſich in zwei gleiche und mit einander zuſammenſtimmende Theile ab, welche in abwechſelnder, ſtets in ihrer Richtung entgegengeſetzter, und durch einen unbeweglich bleibenden Schwingungsknoten N geſchiedener, Bewegung begriffen ſind. Endlich laſſen ſich noch andre Schwingungsarten denken, bei welchen ſich die Saite in 3 Theile, wie in Fig. 14, oder in eine noch größere Anzahl derſelben theilt. Um dieſe Töne hervorzubringen, muß man die Saite nach ihrer Länge mit einem, auf ihre Längenrichtung ſehr geneigt gehaltenen, Violinbogen reiben, indem man denſelben über einen der Theile führt, die, der bezweckten Abtheilung der Saite gemäß, in Schwingung gerathen ſollen: oder man kann auch dieſe Theile mit dem Finger reiben, oder mit irgend einem andern biegſamen, mit gepulvertem Colophonium beſtreuten, Körper. Doch reicht dies noch nicht hin, nach Willkühr dieſe oder jene beſondre Art der Abtheilung hervorzubringen; denn ein und der nämliche Abſchnitt der Saite kann in einer unendlichen Menge verſchiedner Fälle in Schwingung gerathen. Man muß alſo diejenige von allen Schwingungsarten, welche man bezweckt, noch näher fixiren; und dies bewerkſtelligt man durch leiſe Berührung eines der Puncte, welche in Ruhe bleiben ſollen. Die, auf ſolche Weiſe erhaltenen, Töne haben die nämlichen Verhältniſſe unter einander, als die, welche durch transverſale Schwingungen hervorgebracht werden; d. h. ſie verhalten ſich bei Saiten aus den nämlichen Stoffen und von der nämlichen Spannung umgekehrt, wie die Längen der ſchwingenden Theile; und theilt ſich demnach die Saite ſucceſſiv in 1, 2, 3 . . . n Theile ab, ſo folgen ſie der Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3 . . . n. Allein ſie ſind ohne Vergleich höher als die Töne der transverſalen Schwingungen, weil die eigenthümliche Spannkraft des Stoffes, welcher die Theilchen zu der urſprünglichen Lage ihres Gleichgewichts zurückzuführen ſtrebt, weit kräftiger iſt, als bei der transverſalen Schwingung die, durch ein Gewicht hervorgebrachte, Spannung. *)

Dieſe longitudinalen Schwingungen der Saiten ſtehen in auffallender Analogie mit den abwechſelnden Zuſammenziehungen und Ausdehnungen, deren Daſeyn wir in den Luftwellen, durch welche der Schall fortgepflanzt wird, erkannten; und, wie wir bald ſehen werden, erhält man durch ſie eine genaue Vorſtellung der Art, wie die Luftſäulen in den Blasinſtrumenten ſchwingen.

Dieſe Schwingungsart iſt meines Wiſſens bis jetzt nur von Chladni unterſucht worden; er ſtellte Verſuche hierüber mit Saiten an, die bis 40 Fuß in der Länge hielten.

Viertes Capitel.

In der Muſik übliche Annäherungen für die Tonintervalle. Erforderniß, von der Schärfe dieſer Intervalle bei Inſtrumenten mit feſten Tönen nachzulaſſen (Temperatur); Regeln zu dieſer Temperatur.

Das Bedürfniß der Muſik hat erforderlich gemacht, zwiſchen die Intervalle der diatoniſchen Tonleiter noch eine gewiſſe Zahl kleinerer Intervalle zu legen, deren Kenntniß dem Phyſiker nöthig iſt, indem er ſonſt dieſe verſchieden gearteten Töne, welche die Schwingungen der Körper hervorbringen, nicht zu ſchätzen oder auf verſtändliche Ausdrücke zu bringen wüßte.

Rufen wir uns zuvörderſt die Töne, welche die diatoniſche Tonleiter bilden zurück, zugleich mit ihren Werthen, wie ſie durch die, ihnen entſprechenden, Schwingungszahlen gegeben ſind.

Namen der Töne . . .	C	D	E	F	G	A	H	c
Länge der Saiten, welche ſie geben	1	$\frac{8}{9}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{8}{15}$	$\frac{1}{2}$
Schwingungszahlen derſelben	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2
Werth der nämlichen Zahlen, in Decimalbrüchen ausgedrückt .	1	1,125	1,25	1,333	1,5	1,667	1,875	2

---

*) Die Longitudinalſchwingungen weichen noch darin von den Transverſalſchwingungen der Saiten ganz ab, daß bei jenen auf die mehrere oder mindere Dicke der Saiten und auf die ſtärkere oder ſchwächere Spannung faſt gar nichts ankommt, deſto mehr aber auf die Beſchaffenheit der Materie; wie denn z. B. bei gleicher Länge der Saiten die Töne einer Meſſingſaite ungefähr um eine Sexte höher ſind, als die Töne einer Darmſaite, und die Töne einer Stahlſaite ungefähr um eine Quarte oder Quinte höher, als die Töne einer Meſſingſaite. (Chladni a. a. O. §. 61)

Auf dieſe Art ſind die ſieben Töne einer und derſelben Abmeſſung der diatoniſchen Tonleiter beſtimmt. Durch ſucceſſive Multiplication oder Diviſion ihrer Schwingungszahlen mit 2, 4, 8, 16 u. ſ. w. ergeben ſich dann auch die Töne aller andern, zwiſchen den höchſten und tiefſten Octaven der diatoniſchen Tonleiter enthaltenen, Abmeſſungen, und man kann ſo eine, bis ins Unbeſtimmte fortzuführende Reihe derſelben erhalten, in der ſich jedem Ton von gegebener Schwingungszahl eine beſtimmte Stelle anweiſen läßt.

Gegeben ſey z. B. der Ton 18, d. h. deſſen zugehörige Saite 18 Schwingungen macht, in der Zeit, während C eine macht. Da dieſe Zahl größer als zwei iſt, ſo gehört ſie einer der höhern Abmeſſungen an; ich dividire ſie alſo mehrmals hintereinander durch 2, bis ſie ſo weit reducirt iſt, um in die erſte Abmeſſung zu treten; d. h. bis ſie zwiſchen 1 und 2 herabgebracht iſt; eine einmalige Diviſion reducirt ſie ſo auf 9, eine zweite auf $\frac{9}{2}$, eine dritte auf $\frac{9}{4}$, welcher Bruch immer noch größer als 2 iſt; eine vierte endlich bringt ſie auf $\frac{9}{8}$ herab, welches zwiſchen 1 und 2 fällt, und gerade D gleich iſt. Hienach iſt der Ton 18 gleich $\frac{9}{8}$, multiplicirt mit der vierten Potenz von 2; iſt mithin das D der vierten Abmeſſung über der, von welcher wir ausgingen, d. i. $\overline{\overline{d}}$

Betrüge die gegebene Schwingungszahl weniger als 1, ſo würde der, ihr entſprechende, Ton in einer Abmeſſung liegen, welche tiefer, als die erſte wäre; und, um ihn durch Berechnung auf dieſe zurückzubringen, hätte man ihn durch 2 ein- oder mehreremal hintereinander zu multipliciren, bis er zwiſchen 1 und 2 fiele. Nehmen wir z. B. den Ton, deſſen Schwingungszahl $\frac{1}{12}$ iſt; einmal mit 2 multiplicirt, wird er $\frac{1}{6}$; zweimal $\frac{1}{3}$; dreimal $\frac{2}{3}$, welches noch unter 1 fällt; ein viertes Mal endlich $\frac{4}{3}$, welches gerade gleich F iſt. Hienach iſt der gegebene Ton das f in der vierten Abmeſſung unter der, von welcher wir ausgingen.

Nicht immer aber wird es der Fall ſeyn, daß die gegebene Zahl ſo genau mit einem der Glieder der Reihe zuſammenfällt. Dann wird der, ihr zugehörige, Ton zwiſchen die beiden Glieder, denen ſie ſich am meiſten nähert, zu liegen kommen. Betrachten wir z. B. den Ton, deſſen Schwingunzszahl $\frac{6}{5}$ oder 1, 2 iſt. Da dieſe Zahl zwiſchen 1 und 2 fällt, ſo gehört ſie der erſten Abmeſſung an; allein ſie fällt mit keinem Tone der diatoniſchen Tonleiter genau zuſammen; ihr Werth, in Decimalſtellen ausgedrückt, zeigt blos, daß der, ihr entſprechende, Ton etwas tiefer als C iſt.

Weil ſolche Fälle ſehr oft vorkommen, ſo hat man zwiſchen die urſprünglichen Töne der diatoniſchen Tonleiter mittelſt Unterabtheilung ihrer Intervalle noch Zwiſchentöne eingeſchoben, durch die ſich zwar nicht alle möglichen Töne mit vollkommener Schärfe darſtellen laſſen, da deren unendlich viele ſind, die jedoch nahe genug an einander liegen, daß die, noch zwiſchen ſie fallenden, Töne blos um ein ſo kleines Intervall von ihnen abweichen, daß die Abweichung im gewöhnlichen Gebrauch vernachläſſigt werden kann.

Die Einſchaltung dieſer Zwiſchentöne geſchieht im Allgemeinen auf ſolche Weiſe, daß man die urſprünglichen Töne der Tonleiter mit dem Tonverhältniß $\frac{25}{24}$ welches man den kleinen halben Ton nennt, multiplicirt, wodurch ſie erhöht werden, oder daß man ſie in dem nämlichen Verhältniß durch Diviſion mit $\frac{25}{24}$ (d. i. durch Multiplication mit $\frac{24}{25}$) erniedrigt. So wird C, welches durch 1 ausgedrückt wird, um einen kleinen halben Ton erhöht zu $\frac{25}{24}$, und um einen kleinen halben Ton erniedrigt zu $\frac{24}{25}$.

Eben ſo giebt E, welches durch $\frac{5}{4}$ ausgedrückt iſt, um einen kleinen halben Ton erhöht, den Zwiſchenton $\frac{125}{96}$, um einen kleinen halben Ton erniedrigt $\frac{120}{100}$ oder $\frac{6}{5}$. Gerade dies war der Ton, für den wir in unſerm letzten Beiſpiel eine Stelle in der Tonleiter ſuchten, und deſſen Werth 1, 2, auf Decimalſtellen gebracht, zeigte, daß er etwas tiefer, als E ſey. Die Erhöhung um den kleinen halben Ton wird in der Muſik durch Vorzeichnung eines Kreuzes ♯, und die Erniedrigung um eben ſo viel durch Vorzeichnung eines b vor die zu erhöhende oder erniedrigende Note der Tonleiter angedeutet; und die Sprache hängt dem Namen eines ſolchen erhöhten Tons die Endung is, dem eines erniedrigten die Endung es an; wonach z. B. Dis das um einen kleinen halben Ton erhöhte D der Tonleiter, gleich $\frac{9}{8} \times \frac{25}{24}$ oder $\frac{75}{64}$, bedeutet; Des das um eben ſo viel erniedrigte D gleich $\frac{9}{8} \times \frac{24}{25}$ oder $\frac{27}{25}$. Eben ſo iſt Eis gleich $\frac{5}{4} \times \frac{25}{24}$ oder $\frac{125}{96}$, Es gleich $\frac{5}{4} \times \frac{24}{25}$ oder $\frac{6}{5}$, u. ſ. f.

Um die, ſolchergeſtalt beſtimmten, Zwiſchentöne in der Wirklichkeit darzuſtellen, wird man, wie bei den Tönen, die der diatoniſchen Tonleiter urſprünglich angehören, auf der tönenden Saite Längen zu nehmen haben, welche ſich umgekehrt wie ihre Schwingungszahlen verhalten. Setzt man demnach dieſe Länge gleich 1 für den Ton C, ſo wird ſie $\frac{24}{25}$ oder 0, 96 für Cis ſeyn, $\frac{5}{6}$, oder 0, 8333 für Es u. ſ. f. die Spannung und der Stoff der Saite werden bei dieſen Vergleichungen immer als beſtändig vorausgeſetzt.

Folgende Tabelle enthält die Angabe aller Töne, welche zu einer Abmeſſung der, auf ſolche Weiſe untereingetheilten, Tonleiter gehören.

Schwingungszahlen.	Diese Zahlen, auf Decimalbrüche reducirt.	Gebräuchliche Benennungen, um das Verhältniß jedes Tons zu dem, als Grundton angenommenen Ton C auszudrücken.
C = 1	1,00000	C — C Einklang.
Cis = $\frac{25}{24}$	1,04166	C — Cis kleiner halber Ton.
Des = $\frac{27}{25}$	1,08000	C — Des großer halber Ton.
D = $\frac{9}{8}$	1,12500	C — D große Secunde.
Dis = $\frac{75}{64}$	1,17187	C — Dis übermäßige Secunde.
Es = $\frac{6}{5}$	1,20000	C — Es kleine Terz.
E = $\frac{5}{4}$	1,25000	C — E große Terz.
Eis = $\frac{125}{96}$	1,30208	C — Eis.
Fes = $\frac{32}{25}$	1,28000	C — Fes verminderte Quarte.
F = $\frac{4}{3}$	1,33333	C — F Quarte.
Fis = $\frac{25}{18}$	1,38889	C — Fis übermäßige Quarte
Ges = $\frac{36}{25}$	1,44000	C — Ges verminderte Quinte.
G = $\frac{3}{2}$	1,500000	C — G Quinte.
Gis = $\frac{25}{16}$	1,56250	C — Gis übermäßige Quinte.
As = $\frac{8}{5}$	1,60000	C — As kleine Sexte.
A = $\frac{5}{3}$	1,66667	C — A große Sexte.
Ais = $\frac{125}{72}$	1,73611	C — Ais übermäßige Sexte.
B*) = $\frac{9}{5}$	1,80000	C — B kleine Septime.
H = $\frac{15}{8}$	1,87500	C — H große Septime.
His = $\frac{125}{64}$	1,95312	C — His.
Ces = $\frac{48}{25}$	1,92000	C — Ces verminderte Octave.
c = 2	2,00000	C — c Octave.

---

*) Statt Hes braucht man B.

In die, mit diesen Einschaltungen versehene, Tonreihe läßt sich nun jeder beliebige Ton, dessen Schwingungszahl in Verhältniß zu C gegeben ist, einrangiren, so daß er entweder in der Abmessung, welche den Grundton C selbst enthält, oder einer höheren oder tieferen seine Stelle erhält, mit einer Abweichung von der strengen Genauigkeit, die immer weniger als einen kleinen halben Ton betragen wird.

Dies durch ein Beispiel zu verdeutlichen, wollen wir annehmen, der gegebene Ton habe die Schwingungszahl $\frac{125}{3}$ oder 41,66667. Vergleichen wir diese Zahl mit den Gliedern der Reihe 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 ....., welche die Folge von C, c, $\overline{c}$, $\overline{\overline{c}}$ . . . u. s. w. in den verschiednen Abmessungen ausdrückt, so finden wir, daß er zwischen 32 und 64, folglich in die sechste Abmessung fällt. Um sein Verhältniß zu dem c dieser Abmessung zu finden, muß man ihn mit 32 dividiren, welches zum Quotienten 1,30208 giebt. Vergleichen wir diese Zahl mit den, in unsrer Tabelle vorkommenden, so finden wir sie genau gleich Eis; sonach ist der gegebene Ton das eis der sechsten Abmessung über C, d. i. $\overline{\overline{\overline{\overline{\text{eis}}}}}$. Hätten wir einen Quotienten gefunden, der etwas ſtärker oder etwas ſchwächer wäre, jedoch von cis nicht ſo unterſchieden, daß er mit größerer Genauigkeit zur folgenden Unterabtheilung gezählt werden müßte, ſo könnten wir dieſen Umſtand mittelſt des Zeichens + oder des Zeichens — andeuten, indem wir daſſelbe neben cis ſetzen, auf ſolche Art, $\overset{\equiv}{\text{cis}}$ +, $\overset{\equiv}{\text{cis}}$ —. Dieſe Andeutung wird in akuſtiſchen Unterſuchungen oft erforderlich.

Umgekehrt ſieht man, wie ein, auf dieſe Weiſe ausgedrückter, Ton leicht auf ſeinen Ausdruck in Zahlen zurückgeführt werden kann. Denn, iſt z. B. der Ton $\overline{\text{fis}}$ gegeben, ſo ergiebt ſich aus der Bezeichnung fis, daß die Schwingungszahl dieſes Tons $\frac{45}{32}$ im Verhältniß zu dem c der Abmeſſung, welcher er angehört, iſt. Der darüber ſtehende Strich aber deutet an, daß dieſe Abmeſſung die dritte über dem Grundton C iſt, in Bezug zu welchem $\overline{c}$ gleich 8 iſt. Die Schwingungszahl des gegebenen Tons wird alſo $\frac{45}{32}$ von 8 ſeyn, d. i. $\frac{45}{4}$.

Nachdem wir ſolchergeſtalt in der, ins Unbeſtimmte fortgehenden, Reihe von Tönen eine gewiſſe Anzahl Glieder feſtgeſetzt haben, zwiſchen die ſich durch Einſchaltung alle möglichen Glieder einzwängen laſſen, haben wir nun zu unterſuchen, welchen Bezug die Intervalle dieſer Glieder zur Reihenfolge unſrer Empfindungen haben. Dies leitet uns zur Erörterung, was man im Allgemeinen unter *muſikaliſchen Intervallen* verſtehe.

Weiter oben haben wir erwähnt, daß man einen Ton, G z. B., der $\frac{3}{2}$ Schwingungen macht, während ein anderer C Eine macht, die *Quinte* von C nennt. Dies iſt indeß nichts, als eine Definition und kurze Bezeichnung nach einem beſtimmten Merkmal, ohne daß darin eine Ausſage über die Empfindung ſelbſt, welche dieſe Töne in uns erregen, liegt. Nun iſt aber gewiß, daß dieſe Empfindung bei dem einen Tone nicht die nämliche, als bei dem anderen, iſt, da wir beide ſonſt nicht unterſcheiden würden. Der Unterſchied, den wir zwiſchen ihnen finden, und den der Act ſelbſt, den wir vornehmen müſſen, um von einem zum andern überzugehen, nachweiſt, macht das aus, was man das *Intervall* oder *Tonverhältniß* zweier Töne nennt; ein Intervall, welches offenbar größer oder kleiner iſt, je nachdem die abſoluten Schwingungszahlen der Töne ſich mehr oder weniger von der Gleichheit entfernen. Auch empfindet unſer Ohr, wenn dieſe Zahlen für zwei Töne ſich gleich verhalten, welches auch übrigens die Schnelligkeit der ſie hervorbringenden Schwingungen an ſich ſeyn mag, den vollkommenen Einklang. Stehen dieſe Zahlen, anſtatt gleich zu ſeyn, in dem Verhältniß von 2 zu 1, ſo erhalten wir die Empfindung der *Octave*; verhalten ſie ſich, wie $\frac{3}{2}$ zu 1, oder 3 : 2, ſo haben wir die Empfindung der *Quinte*; wie hoch oder tief an ſich immer beide Töne ſeyn mögen. Dieſe Erſcheinungen lehren uns, daß das Intervall der Töne einzig auf dem Verhältniß ihrer Schwingungszahlen zu einander beruht. Man kann es demnach durch dies Verhältniß, wo nicht meſſen, doch wenigſtens als durch ein ſtandhaftes Merkmal beſtimmt halten, mit der Gewißheit, daß wenn dies das nämliche iſt, auch das Intervall das nämliche ſeyn wird.

Ich habe auf ſolche Weiſe in der Tabelle S. 32 die Intervalle angegeben, welche zwiſchen den aufeinanderfolgenden Tönen der diatoniſchen Tonleiter und dem Grundton C enthalten ſind. Folgendes ſind die Werthe und Benennungen der aufeinander folgenden Intervalle, welche dieſe Töne unter einander bilden.

Intervalle zwiſchen den Tönen der diatoniſchen Tonleiter, in ihrer Aufeinanderfolge mit einander verglichen.	Verhältniſſe, durch welche ſie bezeichnet werden.	Ihre gebräuchlichen Benennungen.
D : C	$\frac{9}{8}$	großer ganzer Ton.
E : D	$\frac{10}{9}$	kleiner ganzer Ton.
F : E	$\frac{16}{15}$	großer halber Ton.
G : F	$\frac{9}{8}$	großer ganzer Ton.
A : G	$\frac{10}{9}$	kleiner ganzer Ton.
H : A	$\frac{9}{8}$	großer ganzer Ton.
C : H	$\frac{16}{15}$	großer halber Ton.

Die hier angeführten Benennungen, ſo wie die, oben für die andern Intervalle angegebenen, dürfen nicht als ſolche angeſehen werden, welche Verhältniſſe von Empfindungen bezeichnen, ſondern vielmehr blos als ſolche, durch welche man eine Andeutung des Mehr oder Minder im Unterſchiede erhält. Z. B. das Intervall D : C wird durch $\frac{9}{8}$ bezeichnet, das Intervall E : D durch $\frac{10}{9}$, welches ein Bruch iſt, der um weniger von 1 abweicht, mithin gewiß kleiner iſt, als erſterer. Hiedurch werden die Benennungen großer ganzer und kleiner ganzer Ton, die man ihnen gegeben hat, gerechtfertigt. Keineswegs aber muß man daraus ſchließen, daß das Verhältniß dieſer Intervalle dem Verhältniß der Brüche, durch welche ſie ausgedrückt werden, gleich ſey; indem in den vorigen Betrachtungen nichts enthalten iſt, was uns berechtigen könnte, dieſe Folgerung zu ziehen; auch werden wir bald ſehen, daß ſie unrichtig ſeyn würde. Eben ſo wenig dürfen wir uns dadurch, daß das Tonverhältniß F : E in der *Muſik ein großer halber Ton genannt* wird, verleiten laſſen, zu glauben, es ſey ebenfalls die Hälfte des Intervalls D : E; welches nicht minder falſch ſeyn würde: ſein Zahlausdruck lehrt uns nichts, als daß es kleiner iſt als dieſes ganze Intervall. Dies führt uns jedoch von ſelbſt zu der Unterſuchung, ob es nicht möglich ſeyn würde, dieſe Vergleichung mit Schärfe anzuſtellen.

Zuvörderſt laſſen ſich Intervalle bilden und feſtſtellen, die genau das Doppelte, Dreifache, oder im Allgemeinen ein Vielfaches eines erſten gegebenen Intervalls ſind. Hiezu iſt hinreichend, das Zahlverhältniß, durch welches dieſes Intervall ausgedrückt iſt, ein- zwei- oder mehreremal mit ſich ſelbſt zu multipliciren. So wiſſen wir, daß der Ton G durch $\frac{3}{2}$ ausgedrückt wird, wenn man C gleich 1 ſetzt; und zugleich ſtellt er die Quinte von C vor. Um dies Intervall zu verdoppeln, braucht man nur die Quinte von G zu bilden, welche $\frac{3}{2}$ von $\frac{3}{2}$ iſt, d. i. $\frac{9}{4}$; ein Product, welches den Ausdruck für das geſuchte doppelte Intervall giebt. Dies Intervall findet ſich in der Tonreihe durch das Verhältniß von C und d verwirklicht; weil, wenn C gleich 1 geſetzt wird, d gleich $\frac{9}{4}$ iſt.

Um das Intervall der Quinte zu verdreifachen, müßte man $\frac{9}{4}$ nochmals mit $\frac{3}{2}$ multipliciren, wodurch man $\frac{27}{8}$ oder $\frac{10}{3} \cdot \frac{81}{80}$ erhielte. Dies Product iſt dem Intervall C, a ziemlich gleich, welches zum Ausdruck hat $\frac{10}{3}$. Zwar iſt es etwas größer, wegen des Factors $\frac{81}{80}$, der die Einheit übertrifft; doch beträgt der Unterſchied nur wenig, weil $\frac{81}{80}$ ſich nur unbedeutend von 1 entfernt. Dieſer Factor $\frac{81}{80}$ heißt in der Muſik ein großes Komma; und man nennt eine Note um ein ſolches Komma erhöht oder erniedrigt, wenn ihr urſprünglicher Zahlausdruck mit $\frac{81}{80}$ multiplicirt oder dividirt iſt.

Da wir jetzt die Wiederholung gleicher Intervalle durch ſucceſſive Multiplication der Brüche, welche ſie ausdrücken, zu bewerkſtelligen wiſſen, ſo wollen wir uns ein Intervall der Art denken, daß es, zwölfmal hintereinander wiederholt, genau das Tonverhältniß des Grundtons zu ſeiner Octave darſtelle, mithin eine ganze Abmeſſung umfaſſe. Um dies zu leiſten, wird der Bruch, welcher dieſes Intervall characteriſirt, zwölfmal hinter einander mit ſich ſelbſt multiplicirt, zum Product 2 geben müſſen, welches der Ausdruck für das Intervall der Octave iſt, mithin die zwölfte Wurzel aus 2 ſeyn müſſen. Ein ſolches Intervall wird für das größere Intervalle der Octave ſo viel Unterabtheilungen geben, als in der Ausübung der Muſik in Gebrauch ſind, bei welcher jeder große oder kleine ganze Ton als zwei halben Tönen ſeiner Art gleichgeltend geſetzt wird; wonach eine Abmeſſung aus zwölf halben Tönen, theils großen, theils kleinen, mithin untereinander ungleichen, beſteht. Dieſe ganze Ungleichheit wird jedoch bei unſrer neuen Untereintheilung verſchwinden, wo das Zwölftheil vom Intervall der Octave einen wahren mittlern Halbton bildet, deſſen ſucceſſive Wiederholung, mit den wahren Intervallen der Tonleiter verglichen, uns ihre Ungleichheiten anzeigen wird. Dieſer mittlere Halbton läßt ſich leicht mittelſt Logarithmentafeln finden, indem man von der eben angeführten Bedingung ausgeht. Man findet ihn durch die Zahl 1,059463 ausgedrückt; d. h., der Ton, welcher ihn giebt, macht 1 und $\frac{59463}{1000000}$ Schwingung während C eine macht; wonach, wenn dieſer Ton C durch eine Saite von der Länge 1 hervorgebracht wird, unſer Zwölftheil der Octave durch eine Saite gegeben werden wird, welche eine Länge hat gleich $\frac{1}{1,059463}$ oder 0,943874; dem umgekehrten Verhältniß der Schwingungszahlen gemäß. Auf dieſe Weiſe ſieht man, wie ſich der, dieſem Intervalle entſprechende, Ton in der Wirklichkeit hervorbringen läßt. Eben ſo kann man mittelſt Logarithmen die Werthe berechnen, welche ſich durch Erheben dieſes mittlern Halbtons zu ſeinen ſucceſſiven Potenzen ergeben, wodurch man die doppelten, dreifachen Intervalle u. ſ. f. die ſeine Wiederholung giebt, erhält; und dann findet man leicht auch die Länge der Saiten, welche die, jenen wiederholten Intervallen entſprechenden, Töne hervorbringen.

Da dieſe Reſultate von häufiger Anwendung ſind, ſo habe ich ihre Ueberſicht in folgender Tabelle gegeben.

Schwingungszahl der verſchiednen Töne, welche die, in zwölf mittlere Halbtöne eingetheilte Abmeſſung der Tonleiter ausmachen.	Länge der Saiten, welche dieſe Töne geben.
C = 1,000000	1,000000
Cis oder Des = 1,059463	0,943874
D = 1,122462	0,890899
Dis oder Es = 1,189207	0,840896
E = 1,125992	0,793701
F = 1,334840	0,749154
Fis oder Ges = 1,414213	0,707107
G = 1,498306	0,667420
Gis oder As = 1,587400	0,629961
A = 1,681793	0,594604
Ais oder B = 1,781796	0,561230
H = 1,887745	0,529730
c = 2,000000	0,500000

Bei Vergleichung der Werthe der mittlern Intervalle, welche dieſe Tabelle enthält, mit den entſprechenden Intervallen, wie ſie ſich in der Tabelle S. 35 angegeben finden, ſieht man bald, daß ſie von einander abweichen. So zeigt ſich das reine Intervall CD, welches $\frac{9}{8}$ oder 1, 125 zum Ausdruck hat, größer als das mittlere CD, welches durch 1,122 ausgedrückt wird, während auf der andern Seite die reine

Quarte CF = 1, 333 etwas kleiner, als die mittlere Quarte CF = 1,33484 iſt. Auf dies Mehr oder Minder beſchränkt ſich indeß die Vergleichung, die ſich nach dieſen Zahlen anſtellen läßt. Um weiter zu gehen, müßte man genau zu beſtimmen wiſſen, wie viel jedes reine Intervall mittlere Intervalle enthält, oder, allgemeiner, wenn man das Verhältniß der Schwingungszahlen zweier Töne kennt, ein Verhältniß, welches den Ausdruck für ihr Intervall giebt, ſo muß man wiſſen, wie man daſſelbe auf ein mittleres Intervall reduciren kann. Dieſe Aufgabe läßt ſich in völliger Schärfe für den Fall auflöſen, wo das gegebene Intervall eine genaue Wiederholung des mittlern Intervalls iſt; indem dann die Zahl, welche es ausdrückt, eine genaue Potenz von 1,059463 iſt; wie dies z. B. hinſichtlich der Octave 2 Statt findet, welche wirklich die zwölfte Potenz davon iſt. Dieſen Fall, der natürlich nur ſehr beſchränkt iſt, abgerechnet, kann ſich aber die Frage nur annäherungsweiſe auflöſen laſſen. 1)

Auch dieſe Rechnung iſt mittelſt Logarithmen leicht auszuführen; und man hat ſo die, in folgender Tabelle enthaltenen, Reſultate gefunden, wo die Intervalle der Töne der diatoniſchen Tonleiter durch die Anzahl mittlerer Halbtöne, welche ſie enthalten, ausgedrückt ſind.

---

1) Dieſe Aufgabe kommt im Allgemeinen auf folgende zurück: wenn man die Zahl kennt, welche ein gegebenes muſikaliſches Intervall ausdrückt, die rationale oder irrationale Potenz zu finden, zu welcher 1,059463 erhoben werden muß, um dieſe Zahl zu geben. Der Exponent der Potenz wird die Zahl mittlerer Halbtöne ausdrücken, welche das gegebene Intervall enthält. Um ihn zu finden, muß man den Logarithmus des Verhältniſſes, welches dieſes Intervall ausdrückt, mit dem Logarithmus von 1,059463, den die gewöhnlichen Tafeln zu 0,0250858 geben, dividiren.

Beiſpiel: der Ausdruck der Quarte CF iſt $\frac{4}{3}$ und der Logarithmus von $\frac{4}{3}$ iſt 0,1249387; dieſer Logarithmus, durch 0,0250858 dividirt, giebt zum Quotienten 4,980456 Dies iſt die Zahl mittlerer Halbtöne, welche in dem Intervall der reinen Quarte CF enthalten ſind.

Reine Intervalle.	Anzahl mittlerer Halbtöne, welche ſie enthalten.	Reine Intervalle.	Anzahl mittlerer Halbtöne, welche ſie enthalten.
C — C	0,000000	D — C	2,039100 großer ganzer Ton.
C — D	2,039100	E — D	1,824037 kleiner ganzer Ton.
C — E	3,863145	F — E	1,117313 großer halber Ton.
C — F	4,980456	G — F	2,039100 großer ganzer Ton.
C — G	7,019550	A — G	1,824037 kleiner ganzer Ton.
C — A	8,843587	H — A	2,039100 großer ganzer Ton.
C — H	10,882710	C — H	1,117313 großer halber Ton.
C — c	12,000000	Totalſumme	12,000000.
C — Cis + 0,706724.			
C — Ces — 0,706724.			

Bildet man eine vollſtändige Tonleiter, die außer den, ihr eigenthümlich angehörigen, Noten auch noch die, durch Vorzeichnung von ♯ oder b erhöhten oder erniedrigten Töne enthält und wiederholt dieſe Tonleiter durch mehrere aufeinanderfolgende höhere und tiefere Abmeſſungen, ſo wird man dadurch allerdings eine reichhaltige Tonreihe erhalten, deren Glieder einander nahe genug liegen, daß viele Töne ihre Stelle darin finden können; deſſenungeachtet wird bei dem kleinſten Muſikſtück die Folge der Intervalle, durch welche die Melodie ſchreitet, faſt immer auf Töne führen, welche weder genau ihre Stelle in der Reihe finden, noch auf eins ihrer Glieder mit hinlänglicher Annäherung bezogen werden können, daß der Irrthum erträglich falle. Will man nun, um dieſem Uebelſtande zu entgehen, die Untereintheilungen der Reihe, auf welche alle Töne bezogen werden ſollen, nicht bis ins Unendliche vervielfältigen, ſo muß man wenigſtens ihre Glieder in ſolche Entfernung auseinanderſtellen, daß jeder Ton, auf den die Melodie führt, ſeine Stelle darin mit dem möglichſt kleinſten Irrthum finde. Der einfachſte Weg hiezu iſt, die ganze Reihe nach mittleren Halbtönen zu ſtimmen, den oben angegebenen Verhältniſſen gemäß, und jeden gegebenen Ton auf denjenigen dieſer Halbtöne zu beziehen, der ſich ſeinem Zahlwerthe am meiſten nähert. Auch geſchieht dies wirklich bei allen Inſtrumenten mit feſt beſtimmten Tönen, wie dem Fortepiano, der Orgel, der Harfe. Dieſe Inſtrumente haben gewöhnlich nur zwölf Taſten für eine Abmeſſung, von denen ſieben die Haupttöne der Tonleiter angeben, während die fünf andern, welche zwiſchen diejenigen dieſer Töne, die um einen ganzen Ton aus einander liegen, eingeſchoben ſind, eine Art neutralen Halbtons liefern, der für die Erhebung der vorgehenden Noten durch ♯ wie für die Erniedrigung der nachfolgenden durch b gleich gilt. Sind nun dieſe Inſtrumente durch die beſten Stimmer geſtimmt, blos nach der Einſicht, welche die tägliche Uebung giebt, und ſo wie es das Bedürfniß, jedes Muſitſtück auf eine, dem Gehör erträgliche Art, vortragen zu können, erfordert, und vergleicht man dann ihre Töne, einen nach dem andern, mit denen des verticalen Monochords mit beſtändigem Gewichte, ſo findet man, daß die Reihe dieſer Töne genau durch mittlere Halbtöne auseinandergehalten wird, und zwar mit einer Schärfe, deren man ein bloßes Sinnesorgan kaum fähig halten ſollte. Dieſe Vertheilung des Irrthums wird in der Muſik die Temperatur genannt. Man hat verſchiedne Arten, ſie zu bewerkſtelligen, deren jede ihre Anhänger zählt. Die angeführte Erfahrung jedoch beweiſt, daß die gleich-ſchwebende Temperatur diejenige iſt, welche ſich am beſten für Inſtrumente eignet, auf denen alle Arten Stücke ſollen geſpielt werden können. Es erhellt auch aus dem Uebrigen, daß die Temperatur nur den Inſtrumenten eigenthümlich iſt, die eine beſchränkte Anzahl von Tönen haben; denn was die andern betrifft, die, wie die Violine und die menſchliche Stimme, eine unendliche Menge derſelben hervorbringen können, ſo vermögen ſie immer jeden angegebenen Ton mit völliger Genauigkeit und ganz unverändert wiederzugeben; daher eine Temperatur derſelben unnöthig iſt, wenn ſie allein oder in Begleitung von Inſtrumenten derſelben Beſchaffenheit geſpielt werden. Ein anderes iſt es, wenn man ſie zur Begleitung von Inſtrumenten mit feſt beſtimmten Tönen braucht; in dieſem Falle müſſen ſie, um nicht durch ihre Richtigkeit eine unangenehme Diſonanz hervorzubringen, ſich nach jenen fügen.

Zuſätze

über die Herleitung der Accorde, Tonleitern und Tonarten (aus Chladni's Akuſtik entlehnt).

Der Unterſchied eines Tones von dem andern, oder die Verſchiedenheit der Zahlen ſchwingender Bewegungen, welche in einerlei Zeit geſchehen, nennt man ein Intervall oder ein Tonverhältniß.

Ein Intervall iſt conſonirend, wenn die Zahlen der Schwingungen in einem ſo einfachen Verhältniſſe*) ſtehen, daß das Gehör ſie am leichteſten faßt, und dadurch beruhigt wird, da hingegen ein Intervall diſſonirend iſt, wenn die Zahlen der Schwingungen in einem weniger einfachen Verhältniſſe ſtehen. Ein Accord, der lauter Intervalle enthält, die ſowohl gegen den Grundton, als auch unter ſich conſoniren, iſt ein conſonirender Accord, wenn aber ein oder mehrere diſſonirende Intervalle ſich darin befinden, wird er ein diſſonirender Accord genannt.

Die conſonirenden Intervalle ſind in den Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6 oder deren Verdoppelungen unmittelbar enthalten, die diſſonirenden beruhen auf mannichfaltigen Combinationen dieſer Zahlen. Das, mit der Zahl 7 übereinkommende, Intervall macht gewiſſermaßen den Uebergang von den Conſonanzen zu den Diſſonanzen. (Die Erklärung des Einklangs und der Octave iſt ſchon von Biot gegeben).

Die Erfahrung lehrt, daß zwei Töne, die ſich wie 1 zu 2 verhalten, einander in ihrer Wirkung ſo ähnlich ſind, daß man einen nur als die Wiederholung des andern anſehen kann.

Hieraus folgt: 1) daß man ein Tonverhältniß nicht verändert, wenn man einen dieſer Töne um eine oder mehrere Octaven höher oder tiefer nimmt und alſo eine von den Zahlen dieſes Verhältniſſes ein- oder mehreremal durch 2 multiplicirt oder dividirt, außer wenn die kleinere Zahl dadurch größer, als die andre wird, in welchem Falle man das dadurch erhaltene Intervall als eine Umkehrung des vorigen anſieht. So iſt z. B. 2 : 3, 1 : 3, 1 : 6 einerlei Intervall, aber 4 : 3 oder 3 : 4 würde eine Umkehrung des vorigen Intervalls ſeyn. 2) Daß man die Octave als die Gränze aller möglichen Intervalle anſehen kann. 3) Daß, wenn man einen Grundton, mit dem man die andern vergleichen will, als die Einheit anſieht, alle Tonverhältniſſe ſich durch Brüche ausdrücken laſſen, die zwiſchen 1 und 2 enthalten ſind. Ob man alſo z. B. ein Verhältniß von zwei Tönen, von welchen der eine 4 mal ſchwingt, während der andre 5 Schwingungen macht, durch 4 : 5 oder durch 1 : $\frac{5}{4}$ ausdrückt, iſt ganz einerlei. Man kann auch bei der Bezeichnung eines Intervalls die Einheit weglaſſen, und z. B. blos $\frac{5}{4}$ ſagen, wo ſodann das Verhältniß des Nenners zum Zähler das Verhältniß des tiefern Tons zum höhern bezeichnet, welche Art des Ausdrucks der Kürze wegen hier ferner wird gebraucht werden.

---

*) Ein Verhältniß iſt einfacher, als das andre, wenn es ſich durch kleinere Zahlen, als das andre ausdrücken läßt, und die, mit dieſem Verhältniſſe übereinkommenden, Schwingungszeiten deſto öfter zuſammen treffen.

Anmerkung. Sollen zwei Tonverhältniſſe zu einander addirt, d. i. ſoll ein Intervall gefunden werden, das ſo groß iſt, als zwei andre Intervalle zuſammengenommen, ſo iſt es eben das, als wenn man zwei Brüche mit einander multiplicirt. Will man z. B. die beiden Intervalle $\frac{4}{5}$ und $\frac{5}{6}$ zu einander addiren, ſo iſt $\frac{4}{5} \times \frac{5}{6} = \frac{20}{30}$, oder $\frac{2}{3}$.

Will man ein Intervall von dem andern ſubtrahiren, d. i. das Intervall finden, um welches die beiden gegebenen Intervalle verſchieden ſind, ſo iſt es eben das, als wenn man einen Bruch durch den andern dividirt (umgekehrt multiplicirt). Z. B. wenn von $\frac{2}{3}$ ſoll $\frac{4}{5}$ abgezogen werden, ſo iſt $\frac{2}{3} \times \frac{5}{4} = \frac{10}{12}$ oder $\frac{5}{6}$.

Will man mehrere Intervalle mit einander vergleichen, d. i. unterſuchen, welches von beiden größer oder kleiner iſt, ſo bringt man die beiden Brüche auf einerlei Benennung, man multiplicire nämlich beide Zahlen eines jeden Bruchs durch den Nenner des andern. Wenn man z. B. wiſſen will, ob $\frac{8}{9}$ oder $\frac{15}{16}$ größer iſt, ſo verwandelt man $\frac{8}{9}$ durch Multiplication beider Zahlen mit 16 in den Bruch $\frac{128}{144}$, und den andern Bruch $\frac{15}{16}$ durch Multiplication beider Zahlen mit 9 in $\frac{135}{144}$, wo man ſogleich ſieht, daß letztres Intervall größer iſt.

Alle, durch die Zahlen 1 bis 6 oder deren Verdoppelungen unmittelbar entſtehenden conſonirenden Verhältniſſe, wenn ſie zwiſchen die Zahlen 1 und 2 nach ihrem geringern oder größern Abſtande von 1 geordnet werden, ſind folgende, $\frac{5}{6}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{5}{8}$, $\frac{3}{5}$, wovon die drei letztern nichts anders, als Umkehrungen der drei erſtern ſind. Den Einklang $\frac{1}{1}$, die Octave $\frac{1}{2}$ und die Quinte $\frac{2}{3}$ nennt man gewöhnlich vollkommene, die beiden Terzen $\frac{4}{5}$ und $\frac{5}{6}$ und Sexten $\frac{3}{5}$ und $\frac{5}{8}$ unvollkommene Conſonanzen.

Aus dieſen 6 möglichen conſonirenden Verbindungen zweier Töne wird ſich auch leicht beurtheilen laſſen, was für conſonirende Verbindungen von 3 Tönen möglich ſind. Im Ganzen ſind 15 dreiſtimmige Combinationen der erwähnten Intervalle möglich: 1 : $\frac{5}{6}$: $\frac{4}{5}$; 1 : $\frac{5}{6}$: $\frac{3}{4}$; 1 : $\frac{5}{6}$: $\frac{2}{3}$ u. ſ. w.; allein man ſieht ſogleich, daß mehrere von dieſen Verbindungen keinen conſonirenden Accord geben, weil zwar alle Zahlen gegen den Grundton, aber nicht die beiden letzten Zahlen unter ſich conſonirend ſind. So würden ſich die beiden letzten Zahlen gegen einander verhalten in 1 : $\frac{5}{6}$: $\frac{4}{5}$ wie 1 zu $\frac{24}{25}$; in 1 : $\frac{5}{6}$: $\frac{3}{4}$ wie 1 zu $\frac{9}{10}$ u. ſ. w.; und 9 von jenen 15 Verbindungen werden daher diſſonirend ſeyn.

1 : $\frac{4}{5}$: $\frac{2}{3}$ giebt aber einen conſonirenden Accord, weil alle Verhältniſſe ſowohl gegen den Grundton, als auch unter ſich conſoniren, indem $\frac{4}{5}$ zu $\frac{2}{3}$ ſich wie 1 : $\frac{5}{6}$ verhält. Eben ſo giebt 1 : $\frac{5}{6}$: $\frac{2}{3}$ einen andern conſonirenden Accord, weil die, gegen den Grundton conſonirenden, Intervalle $\frac{5}{6}$ und $\frac{2}{3}$ auch unter ſich conſoniren, und ſich gegen einander wie 1 : $\frac{4}{5}$ verhalten. Was die conſonirenden Accorde

$1 : \frac{6}{5} : \frac{8}{5}$ und $1 : \frac{5}{4} : \frac{5}{3}$ betrifft, ſo ſind ſie eben das, was die beiden vorigen waren, wenn man die Brüche $\frac{8}{5}$ und $\frac{5}{3}$ mit 2 dividirt, und bei der erſtern Combination alle Zahlen mit $\frac{5}{4}$, bei der zweiten aber mit $\frac{6}{5}$ multiplicirt. Eben ſo laſſen ſich auch die Accorde $1 : \frac{4}{3} : \frac{5}{3}$ und $1 ; \frac{4}{3} : \frac{8}{5}$ auf dieſe beiden Accorde reduciren, wenn man die Einheit mit 2, und in beiden alle Zahlen mit $\frac{3}{4}$ multiplicirt. Alle dieſe 4 Accorde ſind alſo nur Umkehrungen der beiden vorigen $1 : \frac{5}{4} : \frac{3}{2}$ und $1 : \frac{6}{5} : \frac{3}{2}$, welche dem Gehör in verſchiednen Lagen dargeſtellt werden; und es ſind außer dieſen beiden Accorden keine andern dreiſtimmigen conſonirenden Accorde möglich.

Man nennt einen ſolchen conſonirenden Accord $1 : \frac{5}{4} : \frac{3}{2}$ oder $1 : \frac{6}{5} : \frac{3}{2}$, der außer dem Grundton aus einer Terz und Quinte beſtehet, einen Dreiklang, und zwar, wenn er die große Terz $\frac{5}{4}$ enthält, einen großen Dreiklang oder harten Dreiklang, wie auch Durdreiklang oder Duraccord; wenn er aber die kleine Terz $\frac{6}{5}$ enthält, einen weichen Dreiklang oder kleinen Dreiklang, wie auch Molldreiklang oder Mollaccord. Wenn man beide Dreiklänge mit einander vergleicht, ſo ſieht man, daß ſie beide aus einerlei Intervallen zuſammengeſetzt ſind, nämlich aus einer großen und einer kleinen Terz $\frac{5}{4}$ und $\frac{6}{5}$, welche zuſammen eine Quinte ausmachen; der einzige Unterſchied iſt der, daß bei dem harten Dreiklange erſt die große und ſodann die kleine Terz, und bei dem weichen Dreiklange erſt die kleine und ſodann die große Terz erſcheint. Wenn man dieſe Dreiklänge ſo umkehrt, daß man die Terz als tiefſten Ton anſieht, ſo erhält man die vorerwähnten Accorde $1 : \frac{6}{5} : \frac{8}{5}$ und $1 : \frac{5}{4} : \frac{5}{3}$, welche man Sextenaccorde nennt; wenn man aber die Quinte derſelben als tiefſten Ton nimmt, erhält man die ebenfalls ſchon erwähnten Sext-Quarten-Accorde $1 : \frac{4}{3} : \frac{5}{3}$ und $1 : \frac{4}{3} : \frac{8}{5}$.

Die Erfahrung lehrt, daß jeder von dieſen beiden Dreiklängen verſchiedne Wirkung thut, und das Gehör durch den harten Dreiklang noch mehr, als durch den weichen befriedigt wird, unſtreitig deßwegen, weil deſſen Verhältniſſe einfacher ſind, nämlich in ganzen Zahlen ausgedrückt 4 : 5 : 6, bei dem weichen aber 10 : 12 : 15.

Der harte Dreiklang wird wegen der einfachern Verhältniſſe am beßten dienen können, um die gewöhnliche Tonleiter, d. i. die ſangbarſte Reihe von Tönen zu finden, durch welche man von einem Grundtone zu ſeiner Octave fortſchreiten kann, ohne das Gefühl des Grundtons zu verlieren. Wenn man den Grundton verdoppelt, ſo werden $1 : \frac{5}{4} : \frac{3}{2} : 2$, ſowohl wenn man dieſe Töne zuſammen, als auch, wenn man ſie nach einander hört, das vollſtändigſte Gefühl des, durch die ſchicklichſten Conſonanzen verſtärkten, Grundtons erregen, es iſt aber dieſe Reihe von Tönen noch als keine Tonleiter anzuſehen, weil die Fortſchreitungen noch allzugroß und zu ungleich ſind, und alſo noch mehrere Stufen dazwiſchen ſeyn müſſen. Es wird alſo am ſchicklichſten ſeyn, ſolche Töne zwiſchen dieſe einzuſchalten, welche mit den Conſonanzen, die dem Grundtone die nächſten ſind, den Dreiklang ausmachen. Der vorzüglichſte Ton, welcher ſich hiezu ſchickt, iſt die Quinte $\frac{3}{2}$, welche unter allen Conſonanzen das einfachſte Verhältniß zum Grundtone hat. Giebt man alſo dieſer Quinte $\frac{3}{2}$ wieder ihren harten Dreiklang, ſo erhält man die neuen Töne $\frac{3}{2} \times \frac{5}{4}$ und $\frac{3}{2} \times \frac{3}{2}$ oder $\frac{15}{8}$ und $\frac{9}{8}$. Die Tonleiter wird alſo zwei Stufen mehr haben, und wird nun aus folgenden Tönen beſtehen 1, $\frac{9}{8}$, $\frac{5}{4}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{15}{8}$, 2. Dieſe Stufen ſind aber noch viel zu ungleich; es wird alſo nothwendig ſeyn, zwiſchen jede der Stufen $\frac{5}{4} : \frac{3}{2}$ und $\frac{3}{2} : \frac{15}{8}$, welche gegen die übrigen viel zu groß ſind, noch einen Ton einzuſchalten. Es ſchickt ſich kein Ton beſſer dazu, um ſelbſt eingeſchaltet zu werden, und vermittelſt des Dreiklangs, den man ihm giebt, die Tonleiter vollſtändig zu machen, als die Quarte $\frac{4}{3}$, welche nächſt der Quinte $\frac{3}{2}$ am nächſten mit dem Grundtone verwandt iſt, und zu 2 als der Octave deſſelben eben das Verhältniß hat, wie der Grundton zu ſeiner Quinte. Dieſe Quarte $\frac{4}{3}$, nebſt der ihr zugehörigen Terz $\frac{4}{3} \times \frac{5}{4}$ oder $\frac{5}{3}$ werden die Intervalle $\frac{5}{4}$ zu $\frac{3}{2}$ und $\frac{3}{2}$ zu $\frac{15}{8}$ auf die vortheilhafteſte Art theilen, und die ganze Tonleiter vollſtändig machen, welche alſo aus folgenden Tonverhältniſſen, und wenn man gewöhnlichermaßen den Ton C als Grundton anſehen will, aus folgenden Tönen beſtehen wird:

1, $\frac{9}{8}$, $\frac{5}{4}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{3}$, $\frac{15}{8}$, 2.
c, d, e, f, g, a, h, $\overline{\text{c}}$.

Es beſteht dieſe Tonleiter aus 8 Stufen von verſchiedner Größe; es iſt nämlich die Stufe von dem dritten zum vierten, ingleichen die vom ſiebenten zum achten Tone ungefähr halb ſo groß, als jede der übrigen, daher man die kleinern Stufen halbe Töne, die größern ganze Töne nennt. Jedes Intervall benennt man in dieſer ſowohl, wie in jeder andern Tonleiter von der Stufe, auf welcher es ſich, von dem tiefern Ton an gerechnet, befindet; will man aber das Verhältniß des Tons, von dem man ausgeht, zu einem tiefern Tone ausdrücken, ſo ſetzt man das Beiwort Unter dazu; z. B. d : c Unterſecunde; $\overline{\text{c}}$: g Unterquinte, u. ſ. w.

Aus einer genauern Betrachtung der Tonleiler lernt man auch die meiſten diſſonirenden Intervalle kennen. (Sie ſind in dem Verzeichniß S. 35 ſchon aufgeführt).

Ein diſſonirender Accord wird jeder Accord genannt, der ein oder mehrere diſſonirende Intervalle enthält, meiſtens enthält er nur eins. Derjenige diſſonirende Accord, welcher als Urſprung der übrigen angeſehen werden kann, iſt der **Septimenaccord**; er entſteht dadurch, daß einem Dreiklange noch eine Septime hinzugefügt wird, und iſt auf mancherlei Art möglich. Durch Umkehrung wird daraus ein **Sextquinten-Accord**, ein **Terz-Quart-Sexten-Accord**, ein **Secund-Sext-Quarten-Accord**, auf eben ſo verſchiedene Arten, wobei jedoch allemal der Ton, welcher urſprünglich als Septime anzuſehen iſt, er befinde ſich, in welcher Lage er wolle, als Diſſonanz behandelt werden, und eine Stufe unter ſich gehen muß.

Die angegebene Tonleiter, wie überhaupt eine Tonleiter, in welcher alle Stufen aus ganzen Tönen und großen halben Tönen beſtehen, nennt man eine **diatoniſche Tonleiter**, und eine Fortſchreitung in Tönen, die zu einer ſolchen Tonleiter gehören, eine **diatoniſche Fortſchreitung**; die kleinſte derſelben, nämlich der große halbe Ton $\frac{16}{15}$ wird auch bisweilen ein **diatoniſcher halber Ton** genannt. Die Mannichfaltigkeit erfordert, jeden Ton wieder als Grundton anſehen zu können. In dieſen Fällen aber würde die diatoniſche Tonleiter c d e f g a h $\overline{c}$ nicht die nöthigen Fortſchreitungen enthalten. Wenn man z. B. den Ton g als Grundton anſieht, und ihm ſeine diatoniſche Tonleiter g, a, h, c, d, e u. ſ. w. geben will, wird die Fortſchreitung von der ſechſten Stufe zur ſiebenten (von e bis f) nur einen großen halben Ton ($\frac{16}{15}$) betragen, da ſie doch einen ganzen Ton betragen ſoll. Eben ſo, wenn man die diatoniſche Tonleiter des Tons d verlangt, wird deſſen Intervall zu f und c nicht das rechte ſeyn. Dies hauptſächlich iſt das Bedürfniß, was die Einſchaltung kleinerer Intervalle durch Erhöhung und Erniedrigung der Töne der urſprünglichen diatoniſchen Tonleiter um den kleinen halben Ton $\frac{25}{24}$ nöthig macht, indem man hiedurch die richtigen Intervalle wo nicht erreicht, doch wenigſtens zur Genüge ſich ihnen nähert.

Eine Fortſchreitung von einem Tone zu dem, welcher durch deſſen Erhöhung oder Erniedrigung um einen kleinen halben Ton entſteht, oder umgekehrt, z. B. von c zu cis, es zu e nennt man eine **chromatiſche Fortſchreitung**, und den kleinen halben Ton $\frac{25}{24}$, durch welchen eine ſolche Fortſchreitung geſchieht, bisweilen auch einen **chromatiſchen halben Ton**. Eine Fortſchreitung von einem Tone, der durch Erhöhung entſtanden iſt, zu dem auf der nächſten Stufe, welcher durch Erniedrigung entſtanden iſt, oder umgekehrt, z. B. von cis zu des, wird eine **enharmoniſche Fortſchreitung** genannt. Eine Tonleiter, die chromatiſche Fortſchreitungen enthält, würde eine **chromatiſche Tonleiter**, eine, die enharmoniſche Fortſchreitungen enthält, ein **enharmoniſche Tonleiter**, und der ganze

Inbegriff von natürlichen, erhöhten und erniedrigten Tönen eine diatoniſch-chromatiſch-enharmoniſche Tonleiter können genannt werden.

Wenn einem Grundtone der weiche Dreiklang, 1, 3, 5 gegeben wird, ſo läßt ſich die, ihm alsdann zukommende, Tonleiter auf eben die Art finden, wie vorher bei der Tonleiter, die dem harten Dreiklange deſſelben zukommt, iſt gezeigt worden; ſie wird nämlich ebenfalls die Dreiklänge, welche der Quinte und Quarte deſſelben zugehören, enthalten müſſen. Am ſchicklichſten wird es ſeyn, wenn dieſe auch weiche Dreiklänge ſind. Wenn in der vorher erwähnten harten Tonleiter c, d, e, f, g, a, h, $\overline{c}$ die Unterterz von c, nämlich a als Grundton einer weichen Tonart angeſehen wird, ſo enthält dieſe Tonleiter den weichen Dreiklang der Quinte e g h und der Quarte d f a, wir erhalten alſo mit jeder harten Tonleiter auch eine weiche. Wenn man nun a als den Grundton anſehen will, ſo wird die weiche Tonleiter deſſelben ſeyn a, h, c, d, e, f, g, $\overline{a}$, $\overline{h}$.

Nun verlangt aber das Gehör, daß zu Bezeichnung einer jeden harten und weichen Tonleiter die Stufe von dem ſiebenten zum achten Tone nur einen großen halben Ton betrage, beſonders, wenn man aufwärts ſteigt, daher dieſe letztere Stufe der unterhalbe Ton der Tonart, oder auch die tonbezeichnende Stufe (subsemitonium modi, note sensible) genannt wird. Es muß alſo bei dem Aufſteigen die Quinte e ihre große Terz gis erhalten. Bei einer ſolchen Abänderung des g in gis würde aber die Stufe von dem ſechſten zum ſiebenten Tone, f zu gis, als eine übermäßige Secunde, zu groß und zu wenig ſangbar ſeyn, es wird alſo bei dem Aufſteigen in den meiſten Fällen nöthig ſeyn, f in fis umzuändern; die weiche Tonleiter wird alſo aufſteigend meiſtens ſo müſſen ausgeübt werden: a, h, c, d, e, fis, gis, $\overline{a}$. Im Abſteigen aber wird die Tonleiter ſo bleiben können, wie ſie urſprünglich iſt, nämlich a, g, f, e, d, c, h, a, weil ſie alsdann durch die, in ihren Dreiklängen enthaltenen, kleinen Terzen, und beſonders durch die, zwiſchen der zweiten und dritten Stufe befindliche, Fortſchreitung von einem halben Tone genugſam bezeichnet iſt. In der Ausübung werden die Erhöhungen der ſechſten und ſiebenten Stufe als zufällig betrachtet, und jedesmal, wenn es nöthig iſt, beſonders angemerkt.

Die weiche Tonleiter iſt in ihrer Wirkung von der harten ſehr verſchieden und mehr dem Ausdrucke der Traurigkeit, die harte aber mehr dem Ausdruck der Freude angemeſſen.

Der ganze Inbegriff von Tönen, deren man ſich bedienen kann, ohne das Gefühl einer Beziehung auf einen gewiſſen Grundton zu verlieren, wird eine Tonart genannt, und zwar, wenn der Grundton die große Terz hat, und die Tonleiter ſo beſchaffen iſt, wie S. 46 gezeigt worden, eine harte Tonart oder Dur-Tonart (modus major); wenn er aber die kleine Terz, und alſo eine Moll-Tonleiter hat, eine weiche Tonleiter oder Moll-Tonart (modus minor). Gewöhnlich drückt man eine ſolche Tonart blos dadurch aus, daß man der Benennung des Tones das Wort dur oder moll anhängt, ſo heißt z. B. es dur die harte Tonart von es, b moll die weiche Tonart von b u. ſ. w. Wenn eine Tonart mehr oder weniger Erhöhungs- oder Erniedrigungszeichen, als die andre, hat, ſo ſagt man, ſie ſind um ſo viel Grade von einander verſchieden. Eine Moll-Tonart oder Dur-Tonart, die (nach S. 48) einerlei Tonleiter haben, werden parallele Tonarten genannt.

Die, aus den Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6, oder, weil die Verdoppelung einer Zahl die Natur der Tonverhältniſſe nicht verändert, aus den Zahlen 1, 3, 5 entſtandnen Intervalle würden einen großen Zuwachs erhalten, wenn man auch die Zahl 7 mit aufnehmen wollte. Doch würde dies nicht rathſam ſeyn, weil durch deren Verbindung mit ſo vielen andern ſchon vorhandnen Intervallen eine allzugroße Anzahl von neuen Tönen entſtehen würde, ſo daß dieſe wegen ihrer Nähe gegen andre Intervalle ſich weder gehörig würden faſſen noch ausüben laſſen. Noch mehr gilt dies von andern Primzahlen, wie 11, 13 u. ſ. w.

Fünftes Capitel.

Erörterung der verſchiednen Verfahrungsarten, durch welche ſich feſte Körper in Schallſchwingung verſetzen, und die Arten ihrer dabei Statt findenden Bewegung ausmitteln laſſen.

Gleich zu Anfange dieſes Buchs wurde der Satz feſtgeſtellt, daß jeder feſte Körper, der einen anhaltenden und vernehmlichen Ton wirklich hervorbringt, während der ganzen Dauer deſſelben mit großer Schnelligkeit ſchwingt; allein nicht alle Arten der Erſchütterung eignen ſich, den feſten Körper in dieſen Zuſtand zu verſetzen. So z. B. vermag man keinen reinen und anhaltenden Ton aus einer Tafel von Holz hervorzulocken, wenn man auf ihre Oberfläche mit einem Lineal von Holz oder Metall ſchlägt; jeder ſolche Schlag bringt vielmehr nur verworrenes Geräuſch von augenblicklicher Dauer hervor. Deſſenungeachtet laſſen ſich aus einer ſolchen Tafel anhaltende, und ſelbſt dem Gehör wohlgefällige, Töne locken, wenn man ſie auf andre Arten erſchüttert. Es wird mithin jetzt unerläßlich, zu erörtern, worin dieſe Verfahrungsarten beſtehen, und wo möglich die Umſtände kenntlich zu machen, an welche das Gelingen derſelben geknüpft iſt.

Wird der feſte Körper, den man in Schwingung verſetzen will, von irgend einer Seite durch dünne Ränder begränzt, ſo läßt er ſich gewöhnlich dadurch zum Tönen bringen, daß man entweder quer über dieſe Ränder mit einem, mit Colophonium beſtrichenen, Violinbogen ſtreicht, oder daß man ihren Umkreis der Länge nach mit einem Stück Filz oder glatten, mit Waſſer getränkten, Leders reibt. Oft reichen ſchon befeuchtete Finger hin, dieſe Wirkung hervorzubringen, wie man ſich überzeugen kann, wenn man damit die Ränder einer gläſernen Schale oder auch blos eines gewöhnlichen Trinkglaſes, das nur nicht zu dick ſeyn darf, reibt. In dieſen angeführten Fällen, ſo wie überhaupt in allen, wo auf gleiche Weiſe der feſte Körper durch eine, unmittelbar an einen ſeiner Theile angebrachte, Erſchütterung in Schwingung verſetzt wird, bemerkt man, daß die weſentliche Bedingung zur Hervorbringung des Tons nicht darin liegt, daß dem ganzen Körper, wie groß er immer ſeyn mag, eine gemeinſchaftliche Bewegung mitgetheilt wird; ſondern daß es genügt, in einigen ſeiner Theile oder auch nur in wenig Moleculen eine ſtarke Erſchütterung hervorzurufen, welche, indem ſie vermöge ihrer eigenthümlichen elaſtiſchen Gegenwirkung zu ihrer urſprünglichen Lage zurückkehren, in ſehr ſchnelle Schwingungen gerathen, durch die die benachbarten Molecule in Bewegung geſetzt werden; dieſe bringen nun für ihr Theil wieder ihre Nachbarmolecule in Schwingung; und ſo pflanzt ſich die Bewegung durch die ganze Maſſe fort, nach den Verhältniſſen der Intenſität und Schwingungsperioden, welche durch die Verbindungsweiſe der, die Maſſe ausmachenden, Theilchen bedingt werden.

Man kann aber auch einen feſten Körper in tönende Schwingung verſetzen, ohne, ſcheinbar wenigſtens, die Erſchütterung unmittelbar auf ihn einwirken zu laſſen; wenn man ihn nur durch innige Berührung in Verbindung mit einem andern Körper ſetzt, den man unmittelbar ſollicitirt. So z. B., wenn man auf die Ränder einer gläſernen Schale und ſenkrecht auf die Richtung ihrer Oberfläche, mit Siegellack eine kleine, ganz feine Röhre von Glas oder Metall, acht bis zehn Centimeter lang, befeſtigt, und dieſe Röhre der Länge nach mit befeuchteten Fingern reibt, ſo geräth ſie in eine Schwingungsbewegung, die ſich zum Gefäße fortpflanzt, und daſſelbe genau oder faſt genau den nämlichen Ton geben läßt, den man daraus hervorgelockt haben würde, wenn man ſie unmittelbar mit einem Bogen geſtrichen hätte. Eben ſo kann man eine Scheibe von Glas, von Holz, von Metall oder jedem andern feſten Körper in Schwingung verſetzen, indem man auf irgend einer Stelle ſeiner Oberfläche eine kleine Glasröhre befeſtigt und dieſe ihrer Länge nach reibt. Dies Verfahren, gegenwärtig bei Verſuchen über die tönenden Schwingungen der feſten Körper von beſtändiger Anwendung, iſt die Erfindung eines jungen Phyſikers in Grenoble, Namens Blanc. Den Vorgang dabei begreift man leicht, wenn man erwägt, daß die Durchſchnitte der angefügten Röhre, welche mit dem feſten Körper in unmittelbarer Berührung ſind, ſo bald ſich die urſprüngliche Erſchütterung bis zu ihnen fortgepflanzt hat, eine örtliche Erſchütterung in der Stelle der Oberfläche dieſes Körpers, auf welcher ſie angebracht ſind, bedingen müſſen; daß ſie ſomit durch ihre Pulſationen das, an dieſer Stelle befindliche, Element des Körpers in Bewegung verſetzen, und zu periodiſchen Schwingungen, gleich denen, in welchen ſie ſelbſt begriffen ſind, veranlaſſen müſſen. Dieſe Betrachtungsweiſe führt demnach im Grunde dieſe ganze Wirkung auf die unmittelbare Erſchütterungsweiſe zurück, die wir zuerſt in Betracht zogen, abgerechnet, daß die Dauer der Schwingungen, welche der zunächſt erſchütterte Körper macht und fortpflanzt, ohne Zweifel durch die Beſchaffenheit des Syſtems, dem er die Erſchütterung mittheilt, und mit welchem in Verbindung er zu ſchwingen genöthigt iſt, modificirt wird.

Nach denſelben Grundſätzen kann man auch der angefügten Röhre einen Streifen Glas ſubſtituiren, über den man quer mit einem Bogen ſtreicht. Hat dieſer Streifen die gehörige Länge und Dicke, ſo geräth er dadurch in Schwingung und theilt dieſe dem Körper mit, mit dem er in Verbindung geſetzt worden iſt.

Bald werden wir durch die Erfahrung belehrt werden, von welcher Art und Beſchaffenheit die Töne ſind, die mittelſt der angegebnen Verfahrungsarten aus den verſchiedenen feſten Körpern, je nach ihrem Stoffe, ihrer Geſtalt und der Art, wie ſie erſchüttert werden, hervorgelockt werden können. Für jetzt gebe ich dieſe Kenntniſſe blos vorläufig als Thatſachen, mit denen man bekannt ſeyn muß, um die feſten Körper ſo behandeln zu können, daß ſie muſikaliſch vergleichbare Töne geben.

Aus demſelben Grunde wird auch die Anführung eines erfahrungsmäßigen Kennzeichens erforderlich, welches für alle ſchwingenden Bewegungen feſter Körper ſeine Anwendung findet, und die Einſicht in die verwickelten Erſcheinungen, welche von ihnen abhängen, ausnehmend erleichtert. Man kann nämlich die Richtung dieſer Schwingungsbewegungen unter zwei Hauptumſtänden nachweiſen und anſchaulich darſtellen, einmal, wenn die Oberflächen der ſchwingenden Körper in einer, auf ihre Berührungsebene ſenkrechten, das andremal, wenn ſie in einer, damit parallelen, Richtung ſchwingen. Allerdings läßt ſich denken, oder es iſt vielmehr für gewiß anzunehmen, daß die Schwingungsbewegungen der Oberflächen auch nach allen andern, als den beiden erwähnten, Richtungen von Statten gehen können; allein ſelbſt dann laſſen ſie ſich noch anſehen als hervorgehend aus der Zuſammenſetzung zweier Bewegungen von ungleicher Intenſität, deren eine ſenkrecht auf die Oberfläche, die andre in ihrer Berührungsebene vor ſich geht; ſo daß die, dieſen beiden Fällen eigenthümlichen, Kennzeichen immer noch in der Unterſuchung Licht geben können. Auf ähnliche Weiſe laſſen ſich in der Statik jeder Kraft zwei, auf einander rechtwinkliche, Seitenkräfte ſubſtituiren. Schon dieſe Zurückführung zeigt uns, wie wichtig es ſeyn muß, das wirkliche Vorhandenſeyn der beiden, eben erörterten, auf einander ſenkrechten Schwingungsrichtungen ausmitteln zu können. Man erreicht dieſen Zweck auf eine ganz einfache Weiſe. Iſt die Bewegung der Oberfläche normal (ſenkrecht auf ſie), ſo braucht man nur ſucceſſiv jeden Theil derſelben in eine horizontale Lage zu bringen, und etwas feinen und trockenen Sand darauf zu ſtreuen. Die Sandkörner, welche auf den, in Bewegung gerathenden, Theilen liegen, werden immerfort vertical in die Höhe geworfen, und hüpfen auf der Oberfläche mit außerordentlicher Lebhaftigkeit. Da aber die Oberfläche, von der ſie aufwärts geworfen werden, ſich im Schwingen krümmt, und in mehrere Theile von abwechſelnd entgegengeſetzter Krümmung ſo zu ſagen faltet, ſo erhalten ſie den Impuls von derſelben immer in einer etwas ſchiefen Richtung, und fliegen in einem paraboliſchen Bogen nach den geraden oder krummen Linien, welche die Gränzen zwiſchen den abwechſelnden Aus- und Einbiegungen der Oberfläche ziehen. Hält man alſo den Ton einige Augenblicke hindurch aus, ſo ſuchen alle die kleinen Sandkörner auf dieſen Linien ihre Zuflucht, indem ſie ſonſt nirgends einen Ruheort finden, und machen ſo die Geſtaltung derſelben ſichtbar. Der Erfinder dieſes ſinnreichen Mittels iſt **Galilei**, wie aus dem erſten Tage ſeiner Dialogen über die Bewegung erhellt. Allein es gerieth wieder in Vergeſſenheit bis auf die Zeit, wo **Chladni** die Entdeckung deſſelben, ſo zu ſagen, erneuerte, indem er es auf eine große Zahl von Verſuchen über die Schwingungen elaſtiſcher Scheiben anwandte, von denen wir bald Gelegenheit haben werden, zu ſprechen.

Ein ganz analoges Mittel dient zur Kenntlichmachung der Fälle, wo die Oberfläche des Körpers nach einer tangentialen Richtung ſchwingt. Streut man in dieſem Fall Sand auf die Oberfläche, ſo ſieht man zwar auch noch die kleinen Körner ſich auf einer gewiſſen Zahl gerader oder krummer Knotenlinien ſammeln, wo ſie in Ruhe bleiben; allein beim Hinfliehen zu dieſen Ruhelinien verlaſſen ſie keineswegs die ſchwingende Fläche, ſondern gleiten nur auf derſelben hin. Dieſe Art der Bewegung fällt ſo deutlich in die Augen und unterſcheidet ſich dabei ſo auffallend von der Bewegung nach der Normalrichtung, daß keine Verwechslung mit derſelben möglich iſt. Denn auf einer Glasſcheibe von zwei Metern, die man in der Mitte hält und deren eine Hälfte man der Länge nach zwiſchen zwei Stücken feuchten Tuchs reibt, wird das nämliche Sandkorn zuweilen ſucceſſiv auf eine Weite von ſieben bis acht Decimetern fortgeführt, indem es auf der Scheibe in einer, mit ihrer Oberfläche durchaus parallelen, Richtung hingleitet. Dieſe Erſcheinung, die theils an ſich von Wichtigkeit iſt, theils ſolche durch den Nutzen erhält, den ſie bei Unterſuchung der Schwingungsbewegungen gewähren kann, wurde zuerſt von *Felix Savart* bemerkt, der ſie benutzte, eine große Menge beſonderer, bis dahin unbekannter, Eigenthümlichkeiten dieſer Bewegung bemerkbar zu machen und ihre nähern Umſtände zu unterſuchen.

Jetzt, da wir im Beſitz von Verfahrungsarten ſind, die Schwingungsarten in den feſten Körpern auszumitteln und kenntlich zu machen, ſchreiten wir zur Unterſuchung dieſer Schwingungen ſelbſt. Um die Darſtellung dieſer Erſcheinungen auf einfachere Ausdrücke zu bringen werde ich, nach *Savart's* Beiſpiel, die verſchiednen Arten der Schwingungsbewegung durch die Benennungen *normal*, *tangential* und *ſchief* bezeichnen, je nach der Richtung, welche den Sandkörnern durch die Oberflächen der ſchwingenden Körper ertheilt wird. Ich muß jedoch erinnern, daß ich den Gebrauch dieſer Benennungen nicht weiter als auf die materiellen Molecule, aus welchen die Oberflächen der erſchütterten Körper beſtehen, ausdehne; ohne damit behaupten zu wollen, daß die nämliche Art der Bewegung ſich auch auf alle die Theilchen, welche das Innere dieſer Körper ausmachen, erſtrecke; eine Folgerung die ſehr häufig falſch ſeyn würde, und in den Fällen, wo ſie wirklich Statt hat, nur durch Erfahrungsbeweiſe dargethan werden kann.

Sechſtes Capitel.

Schwingungen feſter Stäbe, ſowohl gerader, als gekrümmter.

Die *geraden* feſten Stäbe, z. B. aus Stahl oder aus Glas, können, wie die Saiten, transverſal oder longitudinal ſchwingen; allein die Geſetze ihrer transverſalen Schwingungen weichen ſehr von denen der Saiten ab, weil in letztern die Spannung nur nach der Längenrichtung wirkt, dagegen in den feſten Platten und im Allgemeinen in den ſtarren Flächen die Spannkraft auf die Krümmung ſelbſt wirkt. Das Nämliche gilt nicht für die longitudinalen Schwingungen, bei welchen die elaſtiſche Gegenwirkung der materiellen Theilchen in den Saiten und den Stäben gleich wirkt, wenigſtens wenn man beide als unendlich dünn annimmt. Nach dieſen vorläufigen Betrachtungen wollen wir nun die beiden Schwingungsarten nach einander unterſuchen, deren die geraden Stäbe fähig ſind. Zuerſt wenden wir uns zu den Transverſalſchwingungen.

Es iſt zuvörderſt zu bemerken, daß der Stab ſchon vermöge ſeiner Starrheit in Spannung erhalten wird, ohne erſt, wie die Saiten, eine unveränderliche Befeſtigung an ſeinen beiden Enden nöthig zu haben, um in Schwingung verſetzt werden zu können. Das eine dieſer Enden kann befeſtigt, das andre frei ſeyn; oder auch eins kann ſich blos gegen eine feſte Ebene ſtützen, während das andre völlig feſt oder frei iſt u. ſ. f. Durch die verſchiedne Anordnung dieſer Umſtände, die man nach Belieben abändern kann, erhält man eben ſo viel verſchiedne Arten der Bewegung, die die Analyſe durch Rechnung findet, und die Beobachtung als vollkommen in der Erfahrung gegründet nachweiſt.

Zur Anſtellung dieſer Verſuche hat man Stäbe nöthig, welche gerade, cylindriſch oder platt, dabei aber homogen und von gleichförmiger Dicke ſind. Soll eins der Enden unveränderlich feſt ſeyn, ſo ſpannt man es in einen Schraubſtock ein. Soll es ſich blos gegen einen Widerhalt ſtemmen, ſo drückt man es gegen eine feſte Fläche an. Um einen Stab in Schwingung zu verſetzen, reibt man ihn der Quere nach mit einem, leicht mit Colophonium beſtrichenen, Bogen; und, will man Schwingungsknoten, wie in den Saiten hervorbringen, ſo bewerkſtelligt man dies, indem man auf einen der Puncte, welche in Ruhe bleiben ſollen, leicht mit dem Finger, oder beſſer, mit der Kante einer feſten Platte drückt. Bringt man auf ſolche Weiſe platte Streifen zur Schwingung, ſo läßt ſich die Art, wie ſie ſich bei den verſchiednen Schwingungsarten, durch welche ſie verſchiedne Töne geben, abtheilen, zum Augenſchein bringen. Man braucht zu dieſem Zweck blos ihre Oberfläche mit feinem und trocknem Sande zu beſtreuen. Alle, durch die Schwingungsbewegung in Flucht geſetzten, Körner ſammeln ſich auf den Schwingungsknoten, wo keine Bewegung Statt hat. Den nämlichen Erfolg erhält man an cylindriſchen Stäben, wenn man kleine Ringe von ganz dünnem und leichtem Papier daran reiht.

Bei jeder der vorigen Anordnungen können, wie bei den ſchwingenden Saiten, mehrere Schwingungsarten erfolgen; je nachdem der Streifen nur eine einzige Krümmung gegen die geradlinige Axe bildet, oder ſie in mehrern Puncten ſchneidet, Fig. 15 — 19. Allein das Verhältniß der Töne zu der Anzahl der Krümmungen iſt hier ein andres, als bei den ſchwingenden Saiten, wegen der verſchiedenen

Wirkungsart der Spannkraft in beiden; und die Töne ſteigen hier in einem weit raſchern Verhältniß zur Zahl der Unterabtheilungen des Stabes. Die Theorie beſtimmt dieſe Verhältniſſe, und die Erfahrung findet ſie vollkommen beſtätigt. Ueber das Nähere dieſer Vergleichung kann man ſich aus meinem größern Werke unterrichten; hier begnüge ich mich, die hauptſächlichſten Reſultate anzuführen. Vergleicht man unter einander Stäbe aus demſelben Stoff, die ſich blos in ihrer Dicke und Länge unterſcheiden, ſo verhält ſich die Schwingungszahl bei gleicher Schwingungsart direct wie die Dicken derſelben und umgekehrt, wie die Quadrate ihrer Längen. Sind auch die Längen gleich, ſo bleibt blos noch das Verhältniß der Dicken übrig, welchem zufolge die dickſten Stäbe die höchſten Töne geben. Dies rührt daher, daß die Spannkraft mit der Dicke ſchneller als die Maſſe zunimmt, wodurch die Schwingungen beſchleunigt werden müſſen. In Stäben von demſelben Stoff und ähnlicher Geſtalt, die ſich mithin in der Dicke zu einander eben ſo wie in der Länge verhalten, ſtehen die Zahlen, welche die Töne ausdrücken, im umgekehrten Verhältniß der homologen Dimenſionen; mithin im umgekehrten Verhältniß der Cubikwurzeln der Gewichte; indem ſich hier die Gewichte, wie die Cuben der Dimenſionen verhalten. Endlich hat bei transverſaler Schwingung und Anwendung der Verfahrungsarten, wie wir ſie vorausſetzten, die Breite der Streifen oder Stäbe keinen Einfluß auf die Töne, die ſie geben *).

Die geraden elaſtiſchen Stäbe können auch, wie die Saiten, nach der Richtung ihrer Länge ſchwingen. Um durch dieſe Schwingungsart die Töne in größtmöglicher Stärke hervorzubringen, muß man den Stab zwiſchen den Fingern feſt halten, mit einem Stück feuchten Tuchs umgeben und der Länge nach damit reiben. Hiezu iſt erforderlich, ihn noch an irgend einem andern Punct der Unterſtützung halber zu berühren; die Stelle, wo dies geſchieht, wird zu einem Schwingungsknoten. Ueberhaupt erhält man die verſchiedenen Unter-

---

*) Zuſätze. Ein Stab kann in ſechs Fällen verſchiedne Progreſſionen von transverſalen Schwingungsarten annehmen. 1) Wo ein Ende des Stabes feſt, das andre ganz frei iſt, verhält ſich der erſte (tiefſte) Ton zum zweiten, wie das Quadrat von 2 zum Quadrat von 5. Von der zweiten Schwingungsart an gerechnet, verhalten ſich die Töne, wie die Quadrate von 3, 5, 7, 9 u. ſ. w. 2) und 3) Wo ein Ende des Stabes an einen feſten Gegenſtand angeſtemmt, das andre ganz frei iſt, deßgleichen, wo ein Ende des Stabes ganz feſt und das andre nur angeſtemmt iſt, kommt die Folge der Töne mit den Quadraten der Zahlen 5, 9, 13, 17 u. ſ. w. überein. 4) und 5) Wo beide Enden des Stabs frei, deßgleichen wo beide ganz feſt ſind, kommt die Reihenfolge der Töne mit den Quadraten der Zahlen 3, 5, 7, 11 u. ſ. w. überein. 6) Wenn beide Enden angeſtemmt ſind, kommt die Folge der Töne mit den Quadraten der natürlichen Zahlenfolge 1, 2, 3 u. ſ. w. überein (Chladni Ak. §. 80 u. ff.)

abtheilungen des Stabs in aliquote Theile auf die nämliche Weiſe, als bei allen vorhergehenden Verſuchen, indem man einen oder mehrere der Puncte, welche unbeweglich bleiben ſollen, berührt, und das Reiben um die Mitte eines der, in Schwingung zu verſetzenden, Theile vornimmt. Die Zahlwerthe der Töne folgen der nämlichen Reihe als die der Längenſchwingungen der Saiten, d. h. ſie ſtehen im umgekehrten Verhältniß mit den Längen; und die Höhe der Töne iſt ebenfalls ſehr bedeutend im Verhältniß zu der, welche transverſale Schwingungen bei gleichen Längen hervorbringen: es wird deßhalb erforderlich, ſehr lange Stäbe anzuwenden, um ſie noch vernehmlich zu erhalten. Uebrigens laſſen ſich die Umſtände der urſprünglichen Bewegung auf die nämliche Weiſe abändern. Der *erſte* oder *tiefſte* Ton wird erhalten, wenn man den Stab in ſeiner Mitte zwiſchen den Fingern faßt und eine ſeiner Hälften nach dem freien Ende zu reibt. Bezeichnet man die Schwingungszahl für dieſen erſten Ton mit 1, ſo werden die Schwingungszahlen für alle übrigen Töne, welche ſich durch denſelben Stab hervorbringen laſſen, ſeyn: 1, 2, 3, 4, . . n; ſo daß, wenn der erſte Ton C iſt, die andern ſeyn werden c, g, $\overline{c}$, $\overline{e}$, $\overline{\overline{c}}$ *). Ein Stab von Glas oder Metall, von zwei Metern Länge, giebt die erſten ſechs Töne von C bis $\overline{\overline{c}}$ in hinlänglich gemäßigter Höhe, daß ſie dem Ohre vollkommen vernehmlich ſind. Man muß indeß die Vorſicht beobachten, wenn man Glasſtäbe anwendet, ſie nicht in zu ſtarke Schwingung zu verſetzen; widrigenfalls ſie ſehr leicht ſpringen würden, was insbeſondere dann leicht geſchieht, wenn man das feuchte Tuch, nachdem man es in einer Richtung bewegt hat, ſchnell nach der entgegengeſetzten zurückführt. Wahrſcheinlich hängt dies Springen davon ab, daß die ſucceſſiven Ausdehnungen oder Zuſammendrückungen der Glastheilchen ſtärker werden, als ſich mit ihrer Cohäſion verträgt. Man vermeidet dieſen Uebelſtand, indem man an ein Ende des Stabes und in der Richtung ſeiner Verlängerung eine kleine Glasröhre anlöthet, und an dieſer das Reiben vornimmt. Dieſe kleine Röhre bringt durch ihre Pulſationen den Stab zum Mitſchwingen, vermag aber wegen ihrer geringen Maſſe nicht, die, ihm eigenthümlichen, Schwingungsarten merklich zu verändern, ſo daß man dieſen blos an

---

*) Dieſe Tonfolge nach den natürlichen Zahlen hat der Stab nur, wenn er *ganz frei*, oder *an beiden Enden befeſtigt*, longitudinal ſchwingt; außerdem kann er aber auch noch, *an einem Ende befeſtigt*, in longitudinale Schwingung verſetzt werden, indem man ihn der Länge nach in einer nicht allzugroßen Entfernung von dem freien Ende ſtreicht. Hier verhält ſich die Reihenfolge der Töne, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 u. ſ. w. (Chladni Ak. §. 92.).

den unbeweglich zu machenden Puncten zu berühren hat, um ihn in die verſchiednen Schwingungsarten zu verſetzen, deren er fähig iſt.

Wie wir ſo eben geſehen, iſt die Reihenfolge der Töne die nämliche bei den ſtarren Stäben als bei den Saiten, im Fall beide der Länge nach ſchwingen. Dies ſcheint dem erſten Anblick nach eine natürliche und nothwendige Folgerung aus ihrem gemeinſchaftlichen Grundzuſtande zu ſeyn. Beim Stabe wie bei der Saite kann man ſich, wenn beide cylindriſch ſind, vorſtellen, als würde die Longitudinalbewegung erſt blos einem Durchſchnitt eingepflanzt, der ihn dann zu allen übrigen fortpflanzte, vermöge ſeiner elaſtiſchen Gegenwirkung, welche ihn nach ſeinem Ruhepunct zurückführt. Nach dieſer Betrachtungsweiſe kann, wenn der Stab und die Saite beide vollkommen cylindriſch ſind, ihre Dicke keinen Einfluß auf die Töne haben, die ſie durch ihre Längenſchwingungen hervorbringen, da es ſich von ſelbſt zu verſtehen ſcheint, daß alle Theile eines und deſſelben Durchſchnitts ſich zugleich und unter einander parallel bei jeder Schwingung bewegen müſſen. In der That beſtätigt die Erfahrung die Unabhängigkeit der Töne von der Dicke der Stäbe. Allein der Parallelismus der Durchſchnitte ſcheint nicht Statt zu haben, wenigſtens nicht innerhalb der Gränzen der Dicke, welche die Stäbe haben müſſen, wenn ſie noch ſtarr ſeyn ſollen. Hierauf ſcheinen die Zahl und die Anordnung der Knotenlinien zu deuten, welche ſich auf ihrer Oberfläche bilden, und die man durch Hülfe von Sand ſichtbar machen kann; denn dieſe Linien entſprechen keineswegs denen, die der Parallelismus der Durchſchnitte, auf die Reihenfolge der beobachteten Töne angewandt, ergeben würde. Dieſe wichtige Bemerkung iſt zuerſt von Savart gemacht worden.

Unter allen Arten der Längenſchwingung, in die ein und derſelbe ſtarre Streifen gerathen kann, giebt es eine, die man die freiwillige (spontané) nennen konnte, weil ſie jeder Streifen gleichſam von ſelbſt annimmt. Man bringt ſie hervor, wie Savart gezeigt hat, indem man den Streifen in ſeiner Mitte leicht mit den Fingern faßt, und ihn an ſeinen Enden in der Richtung ſeine Länge mit einem Schlüſſel oder ſonſt einem andern feſten Körper ſchlägt. Hat man nun vorher Sand auf ſeine Oberfläche geſtreut, ſo bildet ſich eine gewiſſe Reihe von Knoten, die bei jedem Streifen ſich immer gleich bleibt, mag man an das eine oder das andre Ende deſſelben ſchlagen. Aber, was noch bemerkenswerther iſt, kehrt man den Streifen um, ſo daß ſeine obere Fläche zur untern, die untere zur obern wird, beſtreut dieſe neue Oberfläche mit Sand, und ſchlägt abermals an ein Ende des Streifens an, ſo ordnet ſich der Sand zwar wieder auf eine beſtimmte und für beide geſchlagene Enden gleich bleibende Weiſe an;

allein die Vertheilung der Knotenlinien wird eine ganz andre, als für die erſte Oberfläche ſeyn. Dies findet Statt, der geſchlagene Reifen mag aus Glas, Holz, Metall oder ſonſt einem andern feſten Stoff beſtehen. Ferner, wenn ſeine Dicke wenigſtens 2 bis 3 Millimeter beträgt, ſo wechſeln die Knotenlinien auf beiden Oberflächen ab, ſo daß eine, auf der einen Oberfläche befindliche, Knotenlinie jedesmal der Mitte eines ſchwingenden Theils der andern gegenüber liegt. Es ſcheint hienach, als ob in ſolchen Streifen, ungeachtet ſie ſich für alle unſre Prüfungsmittel als homogen ergeben, doch eine Ungleichartigkeit der beiden Oberflächen Statt fände, ſo daß ſie gewiſſermaßen eine Vorder- und eine Kehrſeite hätten, die durch die verſchiedene Art, wie ſie ſich abtheilen, bemerklich werden.

Die Art, wie ſich auf ſolche Weiſe jeder Stab, oder vielmehr jede Fläche von ſelbſt abtheilt, ändert ſich nach der Stelle ab, an welcher man ſie mit den Fingern berührt, um ſie feſt zu halten. In allen Fällen hört man nur einen einzigen vernehmlichen Ton, welcher der, durch die Berührung bedingten, Hauptabtheilungsart des Stabes entſpricht. Jedoch deutet die Vielfachheit der Knotenliniem darauf hin, daß zugleich andre Töne entſtehen, deren Schwingungen ſchneller, als die des vernommenen Tons geſchehen. Nicht unwahrſcheinlich dürfte die Annahme ſeyn, daß die unvernommenen Töne lauter Glieder der Tonreihe, welche der Stab hervorzubringen vermag, darſtellen, aber vom Ohr nicht wahrgenommen werden können, entweder weil ſie zu hoch oder weil ſie zu ſchwach ſind, oder auch, weil ſie mit dem tiefſten Tone ſo verſchmelzen (se marient), daß ſie mit ihm nur Eine Empfindung hervorbringen.

Um zu entdecken, welcher Bezug die, auf den Gegenflächen eines und deſſelben Streifens ſich bildenden, Knotenlinien verknüpft, wiederholte Savart ſeine Verſuche hierüber mit Streifen, deren Breite und Dicke verſtatteten, die Geſtalt der Knotenlinien auf jeder ihrer vier Seitenflächen ſucceſſiv zu unterſuchen; indem er ſie ſämmtlich der nämlichen Art longitudinaler Erſchütterung unterwarf. Zu dieſem Behuf löthete er an eins der Enden des Streifens ein dünnes, einige Decimeter langes, Glasſtäbchen, durch deſſen Reibung die Schwingung erregt wurde: daß die Erſchütterung ſich nicht einmal anders, als das andremal verhielt, ließ ſich an dem Gleichbleiben des erfolgenden Tons erkennen. Er verzeichnete nun ſucceſſiv die Richtung der Knotenlinien, die ſich bei Erſchütterung des Streifens auf ſeinen vier Seitenflächen bildeten, und fand dabei, daß ſie in einander überliefen, ſo daß ſie um jeden Streifen eine fortlaufende Spirallinie bildeten. Die Richtung ihrer Windungen und der Zwiſchenraum zwiſchen denſelben bleibt ſich in jedem Streifen für den nämlichen Ton gleich; ändert ſich aber in dem Maße, als man die verſchiednen Töne nach einander hervorbringt, deren der Streifen fähig iſt. Dieſe Art, die Erſchütterung durch ein längliches Stäbchen mitzutheilen, iſt von ſo mächtiger Wirkung, daß eine einfache Glasröhre hinreicht, die ganze Maſſe eines ſehr dicken Balkens in Schwingung zu verſetzen, und augenblicklich Knotenlinien darauf zu erzeugen. Man braucht nur die Röhre bis zu einer Tiefe von einigen Centimetern in eine Oeffnung von ungefähr dem nämlichen Durchmeſſer, die an einem Ende des Balkens angebracht iſt, zu ſtecken, und mit Siegellack ſo darin zu befeſtigen, daß ſie feſt an ſeiner Maſſe adhärirt. Durch kunſtreiche Abänderung dieſer ſo energiſchen Verfahrungsart, iſt Savart dahin gelangt, ſie ſelbſt auf einen Papierſtreifen anwendbar zu machen, und ſo auch hier den Gegenſatz der Knotenlinien auf den beiden Oberflächen zum Vorſchein zu bringen, *Fig.* 10. Zu dieſem Zweck ſpannt Savart den Papierſtreifen L aus, indem er ſeine beiden Enden auf zwei Brettchen von Fichtenholz SP, S′P′ leimt, die mit einander parallel und ſenkrecht auf ein Bret von feſterer Maſſe PP′ befeſtigt ſind. Um ihn in Schwingung zu verſetzen, ſtreicht er mit einem Bogen über das Ende S oder S′ eines der beiden Endbretter; und wenn es ihm glückt, einen reinen Ton daraus hervorzulocken, ſo ordnet ſich der, auf den Streifen geſtreute, Sand ſogleich in Knotenlinien an, die auf beiden Oberflächen deſſelben eine entgegengeſetzte Richtung haben, wie man ſich überzeugen kann, wenn man den Verſuch mit dem nämlichen Apparat noch einmal wiederholt, nachdem man ihn nur zuvor ſo umgekehrt hat, daß der Papierſtreifen gegen die Erdoberfläche die umgekehrte Lage annimmt. Zweckmäßig iſt es, damit die Erſcheinung beſſer in die Augen falle, daß der Sand, der immer ſehr fein und trocken genommen werden muß, eine andre Farbe als der Papierſtreifen habe, z. B. blau ſey, wenn dieſer weiß iſt. Auch darf man deſſen nur ſehr wenig auf die Oberfläche des Streifens ſtreuen; ſonſt würde bei der geringen Maſſe, die derſelbe hat, ſeine Bewegung leicht dadurch gehindert und mithin in ihren Geſetzen abgeändert werden.

Die Analogie, welche zwiſchen den Tönen Statt findet, die man durch ſtarre cylindriſche Stäbe erhält, und denen, die die cylindriſchen, in den Röhren der Blasinſtrumente enthaltenen, Luftſäulen geben, geſtattete, nach dem Ton der erſtern die Zeit zu beſtimmen, welche der Ton braucht, ſich in ihrer ganzen Länge durch die Subſtanz, aus der ſie beſtehen, fortzupflanzen. Auf dieſe Weiſe hat Chladni die Geſchwindigkeit des Tons in einer großen Menge feſter Subſtanzen ausgemittelt. Seine Reſultate ſtimmen ganz mit denen überein, die Laplace auf dem Wege der Theorie fand, ſo wie auch mit den, eben angeführten, Beobachtungen über die unmittelbare Fortleitung des Schalls durch das Gußmetall. Endlich hat Savart auch Gelegenheit gehabt, ſie in Bezug auf Glasſtäbe beſtätigt zu finden. Man kann ſich nach dieſen Zeugniſſen auf ihre Richtigkeit verlaſſen; und muß es als einen glücklichen Umſtand anſehen, daß man zum Beſitze neuer beweiſender Thatſachen für dieſelben zu gelangen vermocht hat; indem ſonſt die, zuvor unbekannte, Verwicklung der Bewegungen, welche bei den Längſchwingungen der ſtarren Stäbe Statt haben, gegründete Zweifel gegen die vorausgeſetzte Analogie zwiſchen dieſen Schwingungen und denen der Luftſäulen erregen konnte, eine Analogie, auf die man die Berechnung der Schallgeſchwindigkeit in den feſten Stoffen, aus denen die Stäbe beſtehen, gegründet hat. Endlich ſind auch, nach Chladni, die geraden Stäbe noch einer andern Schwingungsart fähig, welche dieſer Phyſiker die drehende nennt, die man aber vielleicht richtiger die ſpiralförmige nennen würde. Bei Erörterung der Wirkung, welche das Drehen auf elaſtiſche Drähte hat, fanden wir, daß ein ſolcher Draht, wenn er um eine gewiſſe Anzahl Grade gedreht wird, zu ſeiner urſprünglichen Lage zurückzukehren ſtrebt, und wirklich wieder zu derſelben durch eine Folge von Oscillationen zurückkommt, wenn man ihn ſich ſelbſt überläßt. Ferner ergab ſich uns, daß, bei gleichen Spannungen und Längen, die Oscillationsgeſchwindigkeiten wie die Quadrate der Durchmeſſer der Drähte zunehmen. Nimmt man nun anſtatt eines ganz dünnen Drahts einen cylindriſchen Stab, der dick und ſteif genug iſt, um ſich von ſelbſt erhalten zu können, wenn er an einem ſeiner Puncte feſtgehalten wird, ſo werden die, durch ſeine Drehung veranlaßten, Schwingungen hinlänglich raſch werden können, um einen Ton hervorzurufen. Dieſe Vorſtellung hat man ſich von den ſpiralförmigen Schwingungen zu machen.

Bisher haben wir nur die geraden ſtarren Stäbe in Betracht gezogen. Eine krumme Geſtalt derſelben wird begreiflich auf die Art der Bewegungen, deren ſie fähig ſind, und mithin der Töne, die ſie hervorbringen, von Einfluß ſeyn müſſen. Auch iſt dem wirklich ſo, wie ſich in meinem größern Werke erörtert findet. Hier beſchränke ich mich auf ein einziges Beiſpiel, das nämlich der gekrümmten Stäbe, welche man Stimmgabeln (diapasons) nennt, und die zur Regulirung des Tons der muſikaliſchen Inſtrumente dienen. In *Fig.* 20 bis iſt ihre Geſtalt dargeſtellt. Die beiden Arme AC, $A'C'$ derſelben ſtehen an ihrer Baſis CC' etwas weiter aus einander, als an ihren Enden A und A'. Zwiſchen ſie bringt man einen Metallcylinder FF, der bei CC' frei eintreten kann, durch AA' aber nicht anders austreten, als indem er die beiden freien Enden der Gabel mit Gewalt auseinander drängt.

Wenn er zwiſchen ſie hindurchgetrieben iſt, ſo ſchnellen die Arme wieder gegeneinander, und gerathen ſo in Schallſchwingung. Immer auf die nämliche Weiſe erſchüttert geben ſie auch immer den nämlichen Ton, wodurch man eine unveränderliche Richtſchnur erhält, nach der ſich der Ton jedes beliebigen Inſtruments reguliren läßt, indem man im Einklange mit ihm die der Taſten oder Noten des Inſtruments ſtimmt, welche in den Umfaſſungen die nämliche Stelle einnehmen ſoll. Die hiezu beſtimmten Gabeln haben an ihrer Baſis eine Verlängerung, M, die eine Art Fuß bildet, auf dem ſie gerade geſtellt werden können, welches erlaubt, ſie, wenn ſie in Schwingung verſetzt ſind, auf den Kaſten des Inſtruments, oder ſonſt eine Reſonanztafel zu ſtellen, welche durch ihre entſprechenden Schwingungen den Ton verſtärkt. In dieſem Fall ſieht man die Stimmgabeln, wenn ihr Fuß etwas breit iſt, auf der Reſonanztafel vermöge der Gegenwirkung von deren Bewegungen hüpfen; und wenn dieſe wiederholten Stöße ſich hinlänglich ſchnell folgen, welches von dem Ton abhängt, den die Stimmgabel giebt, ſo entſteht hieraus ein unangenehmer ſchnarrender Ton, der ſtets tiefer, als der Hauptton iſt. Die einfache, ſo eben beſchriebene, Stimmgabel vermag nur einen einzigen Ton hervorzubringen; man hat jedoch auch zuſammengeſetzte, die aus mehreren, auf der nämlichen Reſonanztafel nebeneinander aufgeſtellten, Gabeln beſtehen, welche den zwölf Halbtönen entſprechen, die zuſammen die ganze Umfaſſung nach der Art der Temperatur, die man gewählt hat, ausmachen ſollen. Will man nun ein Inſtrument ſtimmen, ſo bringt man zuerſt mit den Tönen der Stimmgabel alle Töne der entſprechenden Umfaſſung auf dem Inſtrument in Einklang, worauf alle andern Töne aus dieſen durch Stimmen nach dem Intervall der Octave, das ausnehmend leicht zu faſſen iſt, hergeleitet werden. Auf dieſe Art erſpart man ſich alle Mühe, die man anzuwenden hätte, um die verlangte Temperatur unmittelbar am Inſtrumente zu verwirklichen. Allerdings würde dieſe Mühe viel geringer ausfallen, wenn man ſich eines verticalen Monochords bedienen wollte, auf welchem ſich ebenfalls jeder Ton mittelſt einer eingetheilten Scale in völliger Schärfe hervorbringen läßt; jedoch ſind nicht alle Liebhaber der Muſik im Stande, die Zahlen dieſer Scale mit jedem Temperaturſyſtem durch Rechnung in Beziehung zu ſetzen, während nichts leichter fällt, als die, von der Stimmgabel hervorgebrachten Töne wieder zu geben. Es verdient bemerkt zu werden, daß dieſe Apparate, wenn ſie durch die geſchickteſten Stimmer verfertigt werden, genau nach der gleichſchwebenden Temperatur regulirt ſind; wovon man ſich durch das Monochord überzeugen kann. Beim Gebrauch derſelben muß man die Vorſicht nicht vergeſſen, jede Gabel für ſich ſchwingen zu laſſen, und ihren

Schwingungen durch Berührung mit der Hand Einhalt zu thun, wenn man den Ton, den ſie angeben ſoll, geſtimmt hat. Denn die gleichzeitigen Schwingungen mehrerer naheliegenden Töne würden ſehr widrige Diſſonanzen hervorrufen, und durch ihr zufälliges Zuſammentreffen zu Combinationsſchlägen Anlaß geben, wie S. 28 auseinandergeſetzt wurde. Die zuſammengeſetzte Stimmgabel bietet ſelbſt ein ſehr einfaches Mittel dar, dieſe Erſcheinung zu bewähren.

Man hat von der Schwingung der elaſtiſchen Stäbe eine Anwendung auf die Verfertigung eines muſikaliſchen Inſtruments, welches den Namen Trochleon führt, gemacht. Eine ausführliche Beſchreibung deſſelben findet man in meinem größern Werke, und ſeine Kenntniß erregt um ſo mehr Intereſſe, da man in ihm die vollſtändigſte Anwendung aller, auf dieſe Schwingungsart bezüglicher, Reſultate vereinigt ſieht.

Siebentes Capitel.

Schwingungen, in welche die ſtarren und biegſamen Körper gerathen, wenn ſie nach allen ihren Dimenſionen erſchüttert werden.

Die Schwingungen der Saiten und geraden Stäbe ſind bis jetzt unter den ſtarren Körpern die einzigen, über deren Bewegungsgeſetze und Tonverhältniſſe uns der Calcul hat Aufſchluß zu geben vermocht; weshalb auch von ihnen ausführlicher die Rede geweſen iſt. In den andern Fällen, wo die Körper nach allen ihren Dimenſionen betrachtet werden müſſen, können wir uns blos der Erfahrung als Führerin überlaſſen; und durch ſie ſind wir bis jetzt zu einer kleinen Zahl allgemeiner Thatſachen gelangt, deren Erörterung hier folgt.

Im Allgemeinen theilt ſich jedes ſtarre Syſtem beliebiger Geſtalt, wenn es in Schwingungen, gleichviel ob transverſale oder longitudinale, die einen anhaltenden Ton zur Folge haben, geräth, in eine gewiſſe Anzahl Theile ab, die jeder für ſich ſchwingen ohne einander hinderlich zu ſeyn, und in jedem Augenblick in abwechſelnd entgegengeſetzter Bewegung begriffen ſind. Die Puncte demnach, in welchen dieſe Theile aneinandergränzen, nehmen weder an der einen noch an der andern Bewegung Antheil, bleiben mithin unbeweglich; welches ſich auf horizontalen Flächen durch Beſtreuen derſelben mit feinem trocknen Sande bemerklich machen läßt, indem ſich dieſer auf den Knotenlinien ſammelt. Die Möglichkeit einer ſolchen Abtheilung und einer ſolchen, einer gemeinſchaftlichen Periode unterliegenden, Abwechſelung in der Bewegung, ſcheint die weſentliche Bedingung zu ſeyn, von welcher alle Schwingungsarten abhängen, deren ein ſtarres Syſtem, je nach den Umſtänden, in die es anfänglich verſetzt wird, fähig iſt; und, laſſen ſie ſich auch nicht im Voraus beſtimmen, ſo kann man ſie doch, wenn ſie einmal dageweſen ſind, wieder hervorbringen, indem man auf den Knotenlinien leichte Hinderniſſe anbringt, und mit dem Bogen über einen der, in Schwingung zu verſetzenden, Theile ſtreicht. Ungeachtet dieſer Vorſichtsmaßregeln indeß findet man ſich manchmal in ſeiner Erwartung getäuſcht, weil die nämlichen Theile von Knotenlinien mehrern verſchiednen Schwingungsarten zugehören können; ſo daß man, um gerade die bezweckte zu erhalten, eben ſo wie bei den Saiten, die Beſtimmung der Puncte, welche in Ruhe bleiben ſollen, vervielfältigen muß.

Als die einfachſten ſtarren Syſteme, die man dieſer Unterſuchung unterwerfen kann, bieten ſich nach den Stäben die ebenen Flächen dar. Man hat ſelbſt für dieſen Fall den Vortheil, noch einige Hülfe im Calcul zu finden, weil die Bewegungen dieſer Oberfläche an eine Differentialgleichung geknüpft ſind, welche Poiſſon zuerſt nachgewieſen hat, und durch welche man eine allgemeine Beziehung erhält, der ſie immer Genüge leiſten müſſen. Man hat ſich zu dieſer Art von Verſuchen verſchiedengeſtalteter Scheiben von Glas oder Metall, die ſo viel als möglich gleich dick und von gleichförmiger Dichte ſeyn müſſen, zu verſchaffen. Aus letzterm Grunde iſt das Fenſterglas dem Spiegelglas vorzuziehen, weil dies, wegen ſeiner größern Dicke, noch größere Ungleichheiten in der innern Anordnung ſeiner Theile zuläßt; und ſelbſt Scheiben von dünnem Fenſterglas ſind nicht immer ganz frei von dieſem Mangel. Um nun den Scheiben, welcher Art ſie immer ſeyn mögen, einen Stützpunct zu geben, der ihnen als Widerhalt diene, ohne die Freiheit ihrer Bewegungen im mindeſten zu beſchränken, kneipt man ſie zwiſchen den Fingern zuſammen, indem man dieſelben auf eine der Linien, welche in Ruhe bleiben ſollen, legt; oder was noch zweckmäßiger iſt, man befeſtigt, wie Savart gethan, an einem ihrer Puncte ein kleines ganz dünnes Holzſtäbchen mit hartem Maſtix oder mit Siegellack, und hält ſie daran, wie an einer Art Handgriff, Fig. 21. Um ſie nun zur Bewegung zu beſtimmen, reibt man ſie mit einem Bogen an ihren Rändern, die deshalb zuvor abgerundet und mit Schmirgel glatt geſchliffen ſeyn müſſen. Um die Knotenlinien zum Vorſchein zu bringen, beſtreut man die Scheibe mit feinem und trocknem Sande, wie ſchon oben erwähnt.

Bei viereckigen Scheiben von Glas, Metall oder überhaupt einem homogenen feſten Stoffe entſpricht die, Fig. 22 vorgeſtellte, Klangfigur dem tiefſten Ton, den die Scheibe geben kann. Sie wird durch zwei gerade Linien gebildet, die durch die Mitte der Scheibe mit ihren Rändern parallel laufen. Man erhält ſie, indem man die Scheibe in der Mitte einklemmt, wenn ſie nicht durch ein Stäbchen gehalten wird, und nahe an einer Ecke ſtreicht. Die vier geraden Linien dieſer Figur können ſich manchmal in vier krumme verwandeln, welche ſich von der Mitte einer Seite zur Mitte der anſtoßenden krümmen.

Der Ton, welcher dem vorigen in der Tiefe am nächſten ſteht, entſteht bei der Klangfigur Fig. 23, in welcher die Knotenlinien dem Lauf der Diagonalen der Scheibe folgen. Um ſie zu erhalten, klemmt man die Scheibe in ihrer Mitte ein, wenn ſie frei iſt, und ſtreicht mit dem Bogen an der Mitte einer Seite. Bei dieſem Verfahren iſt es unmöglich, daß ſich in dieſer Mitte eine Knotenlinie, wie in voriger Klangfigur, bilden; vielmehr entſtehn dieſelben in den Winkeln, ſymmetriſch zu beiden Seiten des geſtrichenen Punctes. Der ſo erhaltene Ton iſt die Quinte des erſten.

Dem Ton, den man am leichteſten auf einer kreisförmigen Scheibe erhält, entſpricht eine Klangfigur der Art, daß ſich die Scheibe in vier gleiche Sectionen abtheilt, die durch zwei, auf einander rechtwinkliche, Durchmeſſer geſchieden ſind, Fig. 24. Man beſtimmt die Scheibe zu dieſer Schwingungsart, indem man mit dem Finger irgend einen der Puncte des Umkreiſes der Scheibe berührt, durch den einer der Durchmeſſer gehen ſoll, während man mit dem Bogen, in einer Entfernung von 45° von dieſem Punct ſtreicht.

Durch Abänderung der Geſtalt der Scheiben und der Stellen, wo man ſie mit dem Bogen ſtreicht, laſſen ſich noch viel andre Klangfiguren erhalten, z. B. Syſteme von geraden Parallelen, Fig. 25, wie auch Kreiſe und Hyperbeln. Das Erwähnte reicht indeß hin, die Möglichkeit dieſer Erſcheinungen begreiflich zu machen. Ausführlichere Auseinanderſetzungen enthält mein größeres Werk.

Alles dies gilt blos für Scheiben von homogener Beſchaffenheit. Klar iſt, daß in einer Scheibe, die nach verſchiednen Richtungen eine ungleiche Elaſticität beſäße, die Schwingungsarten, und mithin auch die Klangfiguren Abänderungen erleiden müßten. Dies hat Savart auf eine ſehr ſinnreiche Weiſe in der Erfahrung nachgewieſen, indem er den Scheiben von Glas oder von Metall Holzſcheiben ſubſtituirte, deren Ebene der Längenrichtung ihrer Faſern parallel war. Die Schwingungsarten dieſer Scheiben unterſcheiden ſich von den vorigen in mehrern Umſtänden, die offenbar davon abhängen, daß ihre elaſtiſche Gegenwirkung viel ſtärker in der Richtung ihrer Faſern als in ihrer queren Richtung iſt. Iſt z. B. die Geſtalt dieſer Scheiben kreisförmig, ſo erhält man zwar auch die Abtheilung in vier gleiche Kreisausſchnitte wie in den homogenen Scheiben, wobei auch der, ihr entſprechende, Ton die nämliche Stelle in der Reihenfolge der Töne einnimmt; allein die Richtung der Durchmeſſer iſt nicht mehr frei, wie in den homogenen Scheiben, vielmehr folgt einer derſelben ſtets der Richtung der Faſern, und dies ſo beſtimmt, daß es nicht einmal nöthig iſt, den Finger an den Umkreis der Scheibe zu legen, um die Bildung der Knotenlinie an dieſer Stelle zu bedingen; ſie bildet ſich ſchon von ſelbſt vermöge der Wirkung der ungleichen Elaſticität. Ueberdies entſpricht dieſe Art der Unterabtheilung nicht dem tiefſten der Töne, deren die Scheibe fähig iſt. Denn Savart bringt an ihr noch zwei tiefere hervor, bei deren einem die Scheibe ſich in zwei Halbkreiſe ſcheidet, die durch einen einzigen Durchmeſſer getrennt ſind, der unbeſtimmt jede Richtung haben kann; während bei dem andern, noch tiefern, ſich nur ein einziger, in der Mitte der Scheibe gelegener, Schwingungsknoten bildet, in welchem ſich der Sand anhäuft. Denkbar wäre indeß, daß dieſer letztre Ton von der Gegenwirkung des Stäbchens herrührte, an welchem die Scheibe gehalten wird, und daß die Schwingungsart, welche ihn giebt, dem ganzen Syſtem aus Stäbchen und Scheibe, nicht aber letztrer allein angehörte.

Man hat auch Unterſuchungen über die Töne angeſtellt, die ſich durch ausdehnſame, flächenförmig ausgeſpannte Membranen (Häute, Felle), dergleichen die, über Trommeln jeder Art geſpannten, ſind, hervorbringen laſſen. In allen dieſen Fällen wirkt die Elaſticität auf die Faſern der Membran durch die Ausdehnſamkeit, nicht durch die Spannung derſelben, d. h. ſie wirkt nach der Richtung der Fläche, um ſie zuſammenzuziehen oder auszudehnen, nicht nach der Richtung ihrer Krümmung, um ſie gerade zu machen oder zu beugen. Wie aber vermag man eine ſo geſpannte Membran in ſolche Erſchütterungen zu verſetzen, daß ſie die verſchiednen Töne, deren ſie fähig iſt, giebt, und die entſprechenden Schwingungsarten annimmt. Dies iſt eine Schwierigkeit, die Savart auf die glücklichſte Weiſe gelöſt hat, indem er nahe an der geſpannten Membran eine feſte Scheibe in Schwingung verſetzt, die ſie an keiner Stelle unmittelbar berührt, und mit einem Bogen geſtrichen wird. Die, der Luft von der Scheibe mitgetheilten, Schwingungen pflanzen ſich zu der Membran fort und bringen ſie zum Mitſchwingen. Allein die Einſicht in die Reſultate, die man auf ſolche Art erhält, wird nicht wohl eher möglich, als bis man ſich eine vollſtändige Belehrung über die Geſetze der Mittheilung der Bewegung verſchafft hat; deswegen ſparen wir das Nähere über dieſen Gegenſtand ſpäteren Erörterungen auf.

Nach den Schwingungen der ebenen Flächen, ſind nun diejenigen elaſtiſcher Körper von minder einfacher Geſtalt in Betracht zu ziehen. Unſre ganzen Kenntniße über dieſen Gegenſtand beſchränken ſich indeß auf die Bedingungen der Symmetrie, die wir zu Anfange dieſes Capitels aufgeſtellt haben. Unter dieſer Menge von Erſcheinungen, die eben ſo mannichfaltig als die Geſtalten der Körper, von denen ſie hervorgebracht werden, ſelbſt ſind, kann man die Schwingungen der Gefäße ausheben, deren innere und äußere Flächen als durch Umdrehen um die nämliche Axe erzeugt angeſehen werden können, weil deren Schwingungsart bei den Glocken und dem muſikaliſchen Inſtrumente, welches den Namen der Harmonika führt, ihre Anwendung findet. Ausführlicher von letztrer habe ich in meinem größern Werke gehandelt.

Alle ſchwingenden Körper laſſen außer ihrem tiefſten Tone zugleich noch eine unendliche Reihe von Tönen, deren Stärke ſtufenweiſe abnimmt, hören. Dieſe Erſcheinung kommt mit der der harmoniſchen Töne bei den Saiten überein; allein das Geſetz der Reihenfolge der harmoniſchen Töne ändert ſich nach der verſchiednen Geſtalt der Körper ab. Sollte nicht auf dieſer Verſchiedenheit das eigenthümliche charakteriſtiſche Merkmal des Tons, was man ſeinen Klang (timbre) nennt, beruhen, nach welchem man unterſcheiden kann, von einem was für geſtalteten Körper er hervorgebracht wurde, und wonach z. B. der Ton einer Saite und der eines Gefäßes in uns nicht dieſelbe Empfindung hervorrufen? Sollte nicht in der ſtufenweiſen Abnahme der Stärke der harmoniſchen Töne jeder Reihe der Grund liegen, warum wir Accorde aus dem Inbegriff derſelben angenehm finden, die uns unerträglich ſcheinen würden, wenn die in ihnen enthaltenen Töne gleich ſtark wären? ſollte nicht endlich der eigenthümliche Klang, den jeder Körper, wie Holz und Metall, hat, von dem Vortönen eines oder des andern harmoniſchen Tons herrühren?

Zuſätze zu vorigem Capitel, namentlich über die Klangfiguren.*)

Folgendes ſind im Allgemeinen die Geſetze, nach welchen eine jede Scheibe ſchwingt, tönt, und Klangfiguren bildet. Sie beziehn ſich zunächſt auf eine freie Scheibe, doch ſcheinen ſie auch für die Fälle zu gelten, wenn (ſo weit das die Geſtalt der Scheibe erlaubt) ihre Enden oder Ränder feſt, oder nur etwas beweglich ſind.

---

*) Ausgezogen aus Gilb. Phyſik; Chladnis Akuſtik u. deſſelben neuen Beiträgen zur Akuſtik.

1) Eine jede Scheibe kann verſchiedne Töne hervorbringen, indem ſie ſich auf mannichfaltige Weiſe in freie, gleichzeitig ſchwingende, Theile abzutheilen vermag. Ein ſolcher freier Theil ſchwingt nie allein, ſondern immer nur zugleich mit den andern, und je zwei an einandergränzende ſchwingen ſtets nach entgegengeſetzten Richtungen. Die Schwingungszeiten dieſer Theile hängen aber von dem Abſtande der Stellen ihrer größten Excurſionen von den, den Theil begränzenden, Knotenlinien ab, und nicht von der bloßen Größe des Theils; und da dieſe Stellen mannichfaltig geſtaltet ſeyn können (rund, länglich, mit Bauchungen u. ſ. w.), und ſich in den Theilen, welche am Rande liegen, nahe an dieſem befinden, ſo ſind die Theile, in welche eine Scheibe ſich im Schwingen abtheilt, häufig von verſchiedener Größe; von Knotenlinien rings umſchloſſene ſind immer nahe 2 oder 4 mal ſo groß, als Theile am Rande, je nachdem dieſe von Knotenlinien nur nach zwei oder ſelbſt nur nach einer Seite zu begränzt werden, und je nachdem ihr Schwingungsmittelpunct liegt; und ſelbſt nach allen vier Seiten zu von Knotenlinien umgränzte Theile ſind nur bei völlig ähnlicher Geſtaltung und in ganz regelmäßig gebildeten Klangfiguren von gleicher, bei Verzerrungen der Figur dagegen oft von ziemlich ungleicher Größe.

2) Zu jedem reinen Tone der Scheibe gehört eine regelmäßige Klangfigur, und ſie erſcheint nicht eher, als bis man dieſen beſtimmten Ton rein hört. Verrückt man dann die Stellen, wo man die Scheiben hält, ein wenig, ſo zeigen ſich häufig mannichfaltige Veränderungen oder Verzerrungen der Klangfigur, ohne daß der Ton aufhört, ein und derſelbe zu ſeyn. Bei aller auffallenden Verſchiedenheit für den erſten Anblick bleibt indeß dabei die Klangfigur weſentlich dieſelbe, inſofern ſich alle, ſo entſtandene, dann immer auf einerlei Zahl und Art von Knotenlinien, und dadurch eine auf die andre zurückführen laſſen; indem z. B., Fig. 1.

Fig: 1.

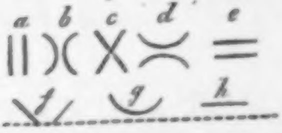

gerade Linien, wie a, ſich krümmen und ſchlängeln wie b, bis ſie zuſammenſtoßen und zu gebrochnen oder ſcheinbar ſich durchſchneidenden

Linien werden, wie c, oder ſelbſt in ihrer vorigen Geſtalt in einer auf ihrer vorigen ſenkrechten, Lage wieder erſcheinen d, e; oder indem eine Linie am Rande der Scheibe ſich aus g in h und i verändert.

Dieſe Biegungen der geraden Linien können auch nach außen convex ſich bilden wie in Fig. 2.

Fig: 2.

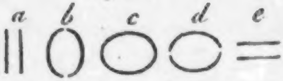

Anmerkung. Ein Beiſpiel der Abänderung oder Verzerrung einer Klangfigur auf einer Quadratſcheibe giebt Fig. 3.

Fig: 3.

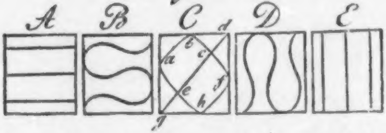

Die fünf, daſelbſt abgebildeten Klangfiguren ſind bloße Abarten einer und derſelben Klangfigur, mit drei Knotenlinien in der Richtung ihres einen, und keiner in der Richtung ihres andern Randes. Ihre einfachſte Geſtalt iſt A oder E; in der dritten, C, ſind nach Chladni's Anſicht abcd die eine, aecf die zweite, gehl die dritte Knotenlinie.

3) Bei allen Arten von Scheiben, von welcher Geſtalt ſie auch ſeyn mögen, haben alle mögliche Klangfiguren Beziehung auf Linien, die quer hindurch gehen, oder Linien, die mit der Circumferenz oder mit Theilen derſelben parallel gehen. Wenn die Figuren ſelbſt auch noch ſo ſehr verworren ſind, laſſen ſie ſich doch bei gehöriger Zurückführung der Verzerrungen immer auf Linien dieſer Art reduciren, und die Tonverhältniſſe aller Schwingungsarten darnach ordnen. So beſtehn z. B. alle möglichen Klangfiguren einer runden frei ſchwingenden Scheibe aus Diametrallinien und Kreislinien; an einer halbrunden aus Radien und Halbkreiſen; an einer Rectangelſcheibe, wohin auch Quadratſcheiben gehören, aus Linien, die mit einer oder der andern Dimenſion derſelben parallel gehen.

Anmerkung. Chladni hat eine einfache Bezeichnung für die Knotenlinien, die ſich nach jeder Richtung auf einer Rectangel- oder

Quadratſcheibe zeigen, eingeführt; indem er bei jeder Schwingungsart die Zahlen der Knotenlinien, welche nach der einen und nach der andern Richtung gehen, durch einen ſenkrecht dazwiſchen geſetzten Strich unterſcheidet. So wird z. B. 3 | 0 die Schwingungsart bedeuten, wo nach einer Richtung drei Linien gehen, und nach der andern keine, S. Taf VI. Fig. 25, 1 | 1 die Schwingungsart, wo jeder Richtung eine Knotenlinie parallel geht, Taf. VI. Fig. 22. u. ſ. f. Auf ähnliche Weiſe bezeichnet er bei runden Scheiben jede Schwingungsart ſo, daß die Zahl der durchgehenden Linien von der Zahl der concentriſchen Kreiſe durch einen dazwiſchen geſetzten ſenkrechten Strich unterſchieden, und zwar erſtere mit gewöhnlichen Ziffern vor dem Strich, letztere mit römiſchen Ziffern hinter denſelben geſetzt werde; ſo wird z. B. 2 | 0 die Schwingungsart bedeuten, wo nur allein zwei durchgehende Linien vorhanden ſind, 4 | III die, wo vier durchgehende Linien und drei Kreiſe vorhanden ſind, u. ſ. w.

Man ſagt daß Klangfiguren zu einerley Syſtem von Schwingungen gehören, wenn ſie nach derſelben Richtung eine gleiche Anzahl von Knotenlinien haben.

4) Die Töne aller derjenigen Klangfiguren, die zu einerlei Syſtem von Schwingungen einer Scheibe gehören, bilden eine regelmäßige Folge, indem ſie nach beſtimmten Tonverhältniſſen fortſchreiten, deren Geſetze nach Verſchiedenheit der Geſtalt der Scheiben verſchieden und mehr oder minder zuſammengeſetzt ſind. Umgekehrt laſſen ſich zu Tönen derſelben Reihenfolge einer Scheibe immer Klangfiguren darſtellen, welche zu einerlei Syſtem von Schwingungen gehören. Oefters kommt indeß derſelbe Ton in zwei verſchiednen Tonfolgen der Scheibe vor; in dieſem Fall entſprechen ihm zwar zwei weſentlich verſchiedne Klangfiguren, zwiſchen dieſen findet dann aber immer ein, auf der Scheibe nachzuweiſender Uebergang von der einen in die andre Statt, durch mehrere, beiden ähnliche, Abarten dieſer Klangfigur.

Anmerkung. Beiſpiel. Auf einer rechteckigen Scheibe, deren Seiten ſich zu einander, wie 2 : 1 verhalten, gehört zu den Klangfiguren 2 | 1 und 3 | 0 einerlei Ton; und ſie gehn durch zwei Klangfiguren von demſelben Tone, in denen die rechten Winkel der erſtern ſich in Krümmungen, und dieſe wieder in gerade Linien umgeſtalten, eine in die andre über, wie Fig. 4 zeigt.

Fig: 4.

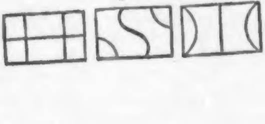

Eben ſo gehört zu den Klangfiguren auf einer rechteckigen Scheibe, deren Seiten ſich zu einander, wie 6 zu 5 verhalten, einerlei Ton. Ihren Uebergang durch Abarten von gleichem Ton ſtellt Fig. 5 dar.

Fig: 5.

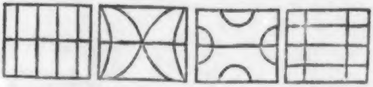

8) Zwei Scheiben von gleicher Materie, Dicke, Geſtalt und Größe geben bei übereinſtimmenden Schwingungen nicht nur einerlei Ton, ſondern auch ſich deckende Klangfiguren, die, wenn man mehrere an einander legt, z. B. 4 gleiche quadratiſche, oder 2 halbkreisförmige, zuſammen eine einzige regelmäßige Klangfigur bilden. Sind zwei ſolche Scheiben blos in der Größe oder blos in der Dicke verſchieden, ſo haben ſie zwar einerlei Tonfolgen und ähnliche Klangfiguren, aber die Schwingungszeiten übereinſtimmender Schwingungen verhalten ſich im erſten Fall wie die Quadrate ähnlich liegender Linien beider Scheiben, oder einer übereinſtimmenden regelmäßigen Klangfigur in beiden; im zweiten, wie die Dicken der beiden Scheiben. Bei Verſchiedenheit der Geſtalt ſind weder die Tonfolgen, noch die Klangfiguren mit einander vergleichbar und befolgen ganz verſchiedne Geſetze.

Jetzt zu einigen Geſetzen der Schwingungen vierſeitiger rechteckiger Scheiben. Eine ſolche läßt ſich, Fig. 6., als aus unendlich vielen, gleich langen, parallel neben einander liegenden Stäben betrachten, ſowohl nach der Richtung des längern Randes A B, als nach der des kürzern Randes AC, und kann ſo in Schwingungen verſetzt werden, daß ſie allein nach der Länge eines dieſer beiden Syſteme von Stäben ſchwingt, z. B. allein nach der Richtung AB, wenn man nämlich die Scheibe in einem Schwingungsknoten des mittelſten dieſer Stäbe Oβ, hält und am Ende deſſelben, in β, mit dem Bogen ſtreicht. So kann die Scheibe alle Schwingungsarten und dazu gehörige Tonfolgen eines Stabes zeigen, nach den Verſchiedenheiten, ob das Ende frei, feſt oder angeſtemmt iſt; und

Fig: 6.

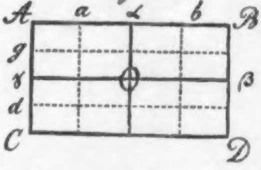

bei völlig regelmäßigen Schwingungen sind dann ihre Knotenlinien gerade, mit dem Endrande A C parallele, Linien (bei dem tiefsten dieſer Töne einer freyen Scheibe zwey, a und b in [illegible] und [illegible] der Länge der Scheibe, bei der folgenden, 3, 4, 5 u. ſ. w.) und die Excurſionen jedes für ſich ſchwingenden Theils geſchehen in flachen, cylinderartigen Wölbungen. Ganz auf ähnliche Weiſe läßt ſich die Scheibe nach der Richtung ihres kürzern Randes mit Knotenlinien in g und d in ſtabartige Schwingungen verſetzen.

Blos bei dieſen ſtabartigen Schwingungen (0 | 2; 0 | 3; 0 | 4 u. ſ. f.) der vierſeitigen rechteckigen Scheiben ſind die Folge der Töne und die Klangfiguren von dem Verhältniſſe unabhängig, worin die beiden Seiten der Scheibe zu einander ſtehn, und erſtre entſpricht, wenn die Scheibe frei ſchwingt, ſtets den Schwingungsverhältniſſen der Quadrate der Reihe der ungeraden Zahlen von 3 an; $3^2 : 5^2 : 7^2$ u. ſ. w.

Wird dagegen die Scheibe in ihrer Mitte O gehalten, ſo kann ſie weder parallel mit dem einen, noch mit dem andern Rande ſtabartig ſchwingen, da ein völlig freier Stab keiner Schwingung mit einem einzigen Schwingungsknoten fähig iſt, und ſtreicht man ſodann am Rande, nur nicht in α oder β mit dem Bogen, ſo kommt ſie in Schwingungen nach zwei Dimenſionen zugleich mit Excurſionen in ſchalenartigen oder glockenartigen Wölbungen. Wird ſie in a oder b geſtrichen, ſo theilt ſie ſich in 4 Theile ab, die jeder für ſich auf dieſe Art ſchwingen, man hört den tiefſten Ton, deſſen die Scheibe bei flächenartigem Schwingen fähig iſt, und es erſcheinen auf ihr zwei, mit ihren Rändern parallele, Knotenlinien α, β, die ſich in ihrer Mitte rechtwinklich durchſchneiden. Verändert man die Stelle des Haltens und des Streichens, doch ſo, daß man die Scheibe in einem Puncte der Linie β hält, ſo laſſen ſich Klangfiguren zwar noch mit einer einzigen Knotenlinie β in der Richtung des längern Randes AB, aber mit 2, 3, 4 u. ſ. w. Knotenlinien in der Richtung des kürzern Randes AC erhalten, und dieſe Schwingungen bilden ein Syſtem für ſich, deſſen Töne nach einem andern Geſetze als bei blos ſtabartigen Schwingungen auf einander folgen. Und ſo laſſen ſich nach der Richtung AB 2 oder 3 oder 4 u. ſ. w. parallele Knotenlinien mit jeder Zahl von Knotenlinien nach der Richtung A C darſtellen.

Ein beſonders bemerkenswerther Umſtand bei den Schwingungen von Quadratſcheiben, ohne deſſen gehörige Kenntniß ſich weder die Klangfiguren, noch die, ihnen zukommenden, Tonverhältniſſe genau beſtimmen laſſen, iſt die weſentliche Verſchiedenheit der Schwingungsarten, wo die Summe der Linien, die nach beiden Richtungen gehen, eine gerade Zahl iſt, von denen, wo ſie ungerade iſt. Nur die Schwingungsart n | n, wo nach der einen Richtung ſo viele Linien gehen, wie nach der andern, macht hievon eine Ausnahme.

In den Fällen, wo die Summe der Knotenlinien eine gerade Zahl iſt, d. i., wenn nach der einen ſowohl, als nach der andern Richtung eine gerade, oder eine ungerade Zahl von Linien; (mit Ausnahme von n | n), geht, ſind zwei, nicht als Abarten ſondern als weſentlich verſchieden anzuſehende Schwingungsarten vorhanden, je nachdem die Biegungen der äußern Linien, deren Anzahl hier allemal einer ganzen Zahl, 1, 2, 3, u. ſ. w. gleich iſt, einwärts oder auswärts gehen, und alſo die Figur bei derſelben Zahl von Linien entweder mehr concav oder mehr convex iſt. Im erſtern Falle iſt allemal der Ton tiefer, als im zweiten. Dieſe Schwingungsarten (n | n auch in dieſer Hinſicht ausgenommen) können ſchlechterdings an einer regelmäßigen Scheibe nie mit lauter geraden Linien erſcheinen; vielmehr ſind die Geſtalten, wo die meiſten Linien am ſtärkſten gekrümmt, oder wohl ganz diagonal gerichtet ſind, und welche nach allen Richtungen betrachtet, am meiſten ſymmetriſch ſind, als die regelmäßigſten anzuſehen. Als Beiſpiel mag Fig. 7 dienen.

Fig: 7.

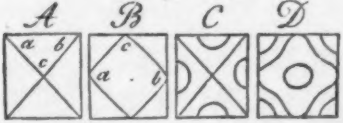

Nach der gewöhnlichen Theorie ſollte 2 | 0 (Fig. A, B) als die einfachſte Schwingungsart im Syſtem der Schwingungen 2 | 0, 2 | 1, 2 | 2 u. ſ. w. ſo beſchaffen ſeyn, daß zwei gerade Linien nach einer Richtung giengen, und die Scheibe ihre Schwingungen ſo machte, wie ein freiſchwingender Stab bei ſeiner einfachſten Schwingungsart. Das Tonverhältniß müßte mit 9, als dem Quadrate von 3 übereinkommen. Eine ſolche Schwingungsart findet aber ſchlechterdings nicht Statt, ſondern die Natur ſpaltet dieſe, nur in der Einbildung mögliche, Schwingungsart, und giebt an deren Stelle zwei; die eine (A) mit einer einwärts gehenden Biegung (acb) der Linien, die andere (B) mit einer auswärts gehenden (acb), oder die eine Figur concav, die andre convex gegen die Ränder der Scheibe; A giebt einen tiefern, B einen höhern Ton. Das wahre Verhältniß der Quadratzahl liegt näher bei dem tiefern Ton, den die concave Figur giebt, als bei dem höhern, ſo wie auch bei andern doppelt vorhandnen Schwingungsarten das mittlere Verhältniß dem tiefern Tone näher zu liegen ſcheint, als dem höhern. Den Abſtand der Töne von A und B fand Chladni nicht an allen Scheiben gleich; er änderte ſich vielmehr mit dem Verhältniſſe der Gröſe und Dicke der Scheibe ab; an kleinen Scheiben war er nur um etwas weniger größer, als ein ganzer Ton und geringer als eine kleine Terz. Bei C und D betrug der Unterſchied beinahe einen halben Ton.

Die, hier für Quadratſcheiben erörterte, doppelte Schwingungsart findet auch bei länglich viereckigen Statt, doch vermochte Chladni noch nicht, das allgemeine Geſetz anzugeben, nach welchem ſich hier die Ordnung der doppelt vorhandenen Stufen richtet: indem das, für die Quadratſcheiben aufgefundne, Geſetz hier nicht mehr gültig iſt, nach welchem, wie erwähnt, zwei verſchiedne Schwingungsarten auf den Stufen vorhanden ſind, wo die Summe der, nach beiden Richtungen gehenden, Knotenlinien eine gerade Zahl iſt, (mit Ausnahme von n | n).

Jetzt Einiges von den Schwingungsarten runder Scheiben. Bei den Schwingungen einer runden Scheibe zeigen ſich die Knotenlinien entweder ſo, daß ſie von einer Stelle des Randes zur andern in geraden oder krummen Richtungen gehen, oder als concentriſche Kreiſe, die in manchen Fällen zirkelrund ſind, meiſtens aber eine gewiſſe Anzahl von Biegungen annehmen.

Die Klangfiguren mit durchgehenden Linien, ohne Kreiſe, zeigen ſich ſternformig, wenn die Linien gerade ſind, und ſich in der Mitte der Scheibe durchſchneiden; es können aber die Linien auch ihre Lage verändern, ſich krümmen, und auf mannichfaltige Arten trennen und verbinden, wodurch aber weder ihre Zahl, noch das Tonverhältniß verändert wird.

2 | 0, Taf. VI. Fig. 24, wo zwei durchgehende Linien ſich kreuzförmig durchſchneiden, giebt unter allen Schwingungsarten den tiefſten Ton. Bei der zweiten Schwingungsart, 3 | 0, wo die drei, in der Mitte ſich durchſchneidenden, Linien ſich wie ein ſechsſtralicher Stern zeigen, iſt der Ton um eine Octave und einen ganzen Ton höher, als bei der vorigen. Ueberhaupt ſcheint ſich durch das ganze Syſtem der Schwingungen 2 | 0, 3 | 0, 4 | 0, 5 | 0 u. ſ. f. die Folge der Töne wie die Quadrate von 2, 3, 4, 5 u. ſ. w., oder überhaupt, wie die Quadrate der Zahlen durchgehender Knotenlinien zu verhalten, jedoch ſind die Abſtände der Töne von einander etwas kleiner, als ſie vermöge dieſer Progreſſion ſeyn ſollten.

Bei Schwingungsarten, wo ein Kreis vorhanden iſt, kann dieſer entweder allein, oder von 1, 2, 3 oder mehrern, faſt allemal geraden Linien durchſchnitten ſeyn. 0 | 1 giebt einen Ton, der ungefähr nur eine kleine Sexte höher iſt, als bei 2 | 0. Man hält die Scheibe an einer Stelle, auf welche ein Kreis fällt, und ſtreicht an der nächſten Stelle des Randes. Dieſe Art der Schwingung iſt unter allen, die an einer runden Scheibe möglich ſind, die einfachſte, indem hier jeder Durchmeſſer der Scheibe eben ſo, wie ein Stab bei ſeiner einfachſten Schwingungsart ſchwingt. Der Ton iſt bei dieſer Schwingungsart, ſo wie auch bei andern, wo Kreiſe vorhanden ſind, voller und ſtärker, als bei den vorerwähnten, wo ſich blos durchgehende Linien zeigen — bei 1 | I iſt der Ton beinahe um eine Octave und einen ganzen Ton; bei 2 | I beinahe um 2 Octaven höher als bei 0 | I.

Zwei und mehrere Kreiſe können ebenfalls allein oder von irgend einer Zahl gerader oder krummer durchgehender Linien durchſchnitten ſeyn. Die Kreiſe erſcheinen bisweilen als concentriſche Zirkel, es nehmen aber auch öfters die äußern Kreiſe eine beſtimmte Zahl von Biegungen an, die mit Epicycloiden Aehnlichkeit haben. Der innere Kreis, an dem Chladni nie Biegungen bemerkt hat, iſt meiſtens einer Ellipſe ähnlich. In den meiſten Fällen haben die Zahlen der durchgehenden Linien gegen die Biegungen der Kreiſe kein ſolches Verhältniß, daß eine Zahl durch die andre, oder beide gemeinſchaftlich durch eine gewiſſe Zahl können dividirt werden; es kann alſo keine vollkommene Symmetrie bei ſolchen Figuren Statt finden.

Ueber die Tonverhältniſſe, die den Klangfiguren der runden Scheiben entſprechen, ſ. Chladni's Ak. §. 140.

An elliptiſchen Scheiben haben die Schwingungsarten, wenn beide Durchmeſſer der Scheibe nur wenig verſchieden ſind, viele Aehnlichkeit mit den Schwingungen einer runden Scheibe; bei einer beträchtlichern Verſchiedenheit beider Durchmeſſer erhalten ſie aber etwas mehrere Aehnlichkeit mit den Schwingungen einer Rectangelſcheibe. Es können Knotenlinien in die Quere (in der Richtung des kürzern Durchmeſſers) gehen, die gewöhnlich einwärts gebogen, (und zwar die äußern mehr als die innern) und Hyperbeln, die ihre convexe Seite der Mitte zukehren, ſehr ähnlich ſind; es kann auch eine Knotenlinie in die Länge gehen, von Querlinien durchſchnitten; es können ſich aber auch Knotenlinien zeigen, die einen oder mehrere, in die Länge gezogene, Kreiſe vorſtellen, und dieſe können allein, oder von einer in die Länge gehenden Linie, oder auch von Querlinien durchſchnitten ſeyn. Jeden Kreis kann man, um die Schwingungsarten gehörig zu ordnen, füglich als zwei, in die Länge gehende, und wegen der länglich runden Geſtalt der Scheibe etwas nach außen gebogene Linien betrachten.

Hier nur von einem merkwürdigen Geſetze, was Chladni bei gewiſſen Verhältniſſen der Durchmeſſer elliptiſcher Scheiben zu einander entdeckte. Bei elliptiſchen Scheiben, wo die Verhältniſſe des längern Durchmeſſers zum kürzern ſind, wie 5 zu 3; 8 zu 3; 11 zu 3; 14 zu 3; 20 zu 3, u. ſ f. oder überhaupt, wenn n entweder 0 oder irgend eine ganze Zahl bedeutet, wie 5 + n 3 zu 3; vereinigen ſich die, außerdem ſehr mannichfaltigen, Töne aller Schwingungsarten, die erſte Reihe, wo blos Querlinien vorhanden ſind, ausgenommen (welche ganz für ſich beſteht, und faſt nur vom längern Durchmeſſer abhängt), in eine einzige Reihe, indem alle Schwingungsarten, wo, wenn Q die Anzahl der Querlinien und L die Zahl der Längenlinien (einen in die Länge gezogenen Kreis zu zwei ſolchen Linien gerechnet) bedeutet, die Summe von Q + (n + 2) L eben dieſelbe iſt, auch einerlei Ton geben. So werden auf einer elliptiſchen Scheibe, deren längerer Durchmeſſer zum kürzern ſich verhält, wie 5 : 3 einerlei Ton geben die Klangfiguren 5 | 1,*) 3 | 2, 1 | 3: einerlei Ton ferner 8 | 1, 6 | 2, 4 | 3, 2 | 4, 0 | 5. u. ſ. w.

Ein ſehr gewöhnlicher Erfolg von dieſer Uebereinkunft mehrerer Schwingungsarten in Anſehung des Tons iſt der, daß an dergleichen Scheiben die meiſten Figuren ſich ſehr verzerrt zeigen, und öfters einen Uebergang aus einer Schwingungsart in die andre andeuten.

Die meiſten Figuren einer gleichſeitig ſechseckigen Scheibe haben einige Aehnlichkeit mit den Figuren einer runden Scheibe, ſie beziehen ſich nämlich auch auf eine gewiſſe Zahl von durchgehenden und von kreisförmigen Knotenlinien.

Bei den Schwingungen einer halbrunden Scheibe zeigen ſich die Knotenlinien ſo, daß ſie entweder als durchgehende Linien, (welche auf einen Halbmeſſer der Scheibe Beziehung haben, wenn ſie ſich auch etwas verzerrt zeigen), oder als Halbkreiſe anzuſehen ſind. Die meiſten Figuren, beſonders da, wo Halbkreiſe ſich zeigen, ſind ſo beſchaffen, daß wenn man zwei gleiche Figuren an gleich großen Scheiben zuſammenſtellt, eine Figur erſcheint, die ſich auch auf einer ganz runden Scheibe darſtellen läßt.

Ich füge hinzu, daß Wheatſtone (Ann. of Phil. Aug. 1823) noch feinere Unterabtheilungen der Scheiben, als Chladni durch Beſtreuen mit Sand, dadurch bemerklich machte, daß er ſie mit einer dünnen Schicht Waſſers bedeckte. Die Flüſſigkeit zeigte, wenn die Scheibe zum Tönen gebracht wurde, eine ſchöne netzförmige Oberfläche; und Wheatſtone folgerte aus dieſem, ſo wie mehrern andern ähnlichen Verſuchen, daß außer den Schwingungen der großen Theile, welche zwiſchen den Knotenlinien enthalten ſind, noch eine große Menge kleiner Molecularſchwingungen Statt haben, die ſich dem Auge bemerklich machen laſſen.

---

*) Die Zahlen vor dem Striche für die Zahl der Querlinien, die nach dem Strich für die Längenlinien geſetzt.

Achtes Capitel.

Von den Blasinſtrumenten.

Die Blasinſtrumente (instrumens à vent) beſtehen im Allgemeinen aus geraden oder krummen Röhren, in welchen die Luft nach der Richtung ihrer Länge durch verſchiedne Verfahrungsarten in Schwingung geſetzt wird. Dieſe Schwingungen bringen, indem ſie ſich der äußern Luft mittheilen, einen Ton darin hervor, der vernehmlich wird, wenn ſie ſchnell genug geſchehen. Der tönende Körper in den Blasinſtrumenten iſt demnach nicht die Röhre ſelbſt, ſondern die, darin eingeſchloſſene, Luftſäule; und die Theorie derſelben kommt ganz auf die der Längenſchwingungen der Saiten zurück, von welchen S. 30 die Rede war.

Um die, in einer Röhre eingeſchloſſene, Luftſäule ſo zu erſchüttern, daß ſie einen Ton giebt; darf man ſie nicht ganz fortſtoßen oder zuſammendrücken; was nur eine mit ſich parallele Fortbewegung oder eine Verdichtung derſelben in einen kleinern Raum zur Folge haben würde; vielmehr muß man an einem ihrer Puncte, z. B. an einem ihrer Enden, eine raſche Folge abwechſelnder Verdichtungen und Ausdehnungen hervorrufen von der Art, wie ſie durch das Hin- und Wiederſchwingen eines feſten Körpers veranlaßt werden würde. Indem ſich dann dieſe abwechſelnden Bewegungen zur ganzen Luftſäule fortpflanzen, nöthigen ſie dieſelben nach der Richtung ihrer Länge zu ſchwingen, und rufen Schallwellen in ihr hervor, ähnlich den, bei Erörterung der Fortpflanzung des Schalls beſchriebenen.

Das einfachſte Mittel, eine ſolche Erſchütterung hervorzurufen, beſteht darin, in die Röhre zu blaſen, ſo daß eine dünne, mit Schnelligkeit in Bewegung geſetzte, Luftſchicht, ſich an der Schärfe ihrer Ränder bricht; wie dies z. B. geſchieht, wenn man in einen hohlen Schlüſſel bläſt. Ueberhaupt iſt das, was man eine Pfeife nennt, nichts anders, als eine cylindriſche Röhre, Fig. 26, deren Mündungsränder eine ſchiefe Zuſchärfung haben; und vor dieſer Mündung iſt ein enger Canal angebracht, um durch ihn die Luft gegen dieſe Zuſchärfung zu blaſen. Je länger die Röhre iſt, um ſo höher wird der Ton, den ſie hierbei giebt. Eine ähnliche Einrichtung haben die Orgelpfeifen, welche man Flötenwerke oder Labialpfeifen (tuyaux à bouche) nennt, Fig. 27. Sie beſtehen aus einem cylindriſchen Körper BBHH, der an einem Ende HH offen oder verſchloſſen iſt. Am andern Ende iſt eine Seitenöffnung LLL angebracht, welche man den Aufſchnitt (bouche) nennt; und durch welchen die Pfeife den Ton von ſich giebt.

Der, unterhalb dieſer Oeffnung befindliche, Theil B'L der Wände iſt abgeplattet und einwärts tretend, ſo daß er einen Winkel von ungefähr 22°½ mit der Axe des Syſtems bildet; man nennt ihn das untere Labium (untere Lippe). Der entgegengeſetzte Theil LL, welcher über dem Aufſchnitt liegt, tritt auch nach Innen; er wird das obere Labium genannt. Gegen dieſes bricht ſich die Luftſchicht, durch welche die ganze Säule in Schwingung verſetzt wird. Zu dieſem Zweck befeſtigt man im Anfange der Röhre einen hohlen Kegel bbc, welchen man den Fuß nennt; weil er der Röhre zum Fuß dient, wenn ſie vertical geſtellt iſt. Dieſer Kegel iſt an ſeiner Spitze C offen, um den Wind der Blaſebälge aufzunehmen, an ſeiner Baſis aber mit einem metallenen Blatte bb, dem Kerne, verſchloſſen, welches blos bei dem untern Labium einen kleinen länglichen Zwiſchenraum FF offen läßt, den man das Windloch (lumière) nennt, und der der Luft zum Austritt dient. Der Rand des Blattes, der an dieſen Zwiſchenraum gränzt, iſt zugeſchärft. Iſt man mit der Vorrichtung zu Stande, ſo bläſt man Luft in den Fuß der Röhre; dieſe entweicht durch das Windloch FF, indem ſie eine dünne Schicht bildet, die ſich gegen das obere Labium BL bricht. Hat man dieſem Labium die gehörige Richtung in Bezug zu der Luftſchicht gegeben, ſo geräth die Luft der Röhre in Schallſchwingung; tritt es aber zu ſehr nach Innen oder zu ſehr nach Außen hervor, ſo ſpricht die Pfeife ſchlecht oder gar nicht an. Man ändert daher die Neigung des Labiums ſo lange ab, bis die Pfeife einen reinen und deutlichen Ton giebt. Auch die mehr oder minder weite Oeffnung des Aufſchnitts gehört zu den Elementen, welche weſentlich in Betracht kommen. Iſt der untere Theil des Labiums BL von dem Windloch zu entfernt, ſo wird der Aufſchnitt für die Menge Luft, welche die Blaſebälge geben, zu weit ſeyn, und die Pfeife wird ſchlecht oder gar nicht anſprechen. Tritt hingegen das Labium BL zu tief herab, ſo wird die Oeffnung des Aufſchnitts zu eng werden, und die Pfeife nicht den, ihrer Länge zugehörigen, tiefſten Ton geben, der immer der volltönendſte von allen iſt, die ſie hervorzubringen vermag; ſondern irgend einen andern, höheren. Begreiflich läßt ſich dieſem Uebelſtande leichter abhelfen, als dem andern, indem man nur das obere Labium zu erhöhen braucht, um dem Aufſchnitt die erforderliche Weite zu geben. Auch läßt man es Anfangs immer tiefer herabreichen, als es ſeyn darf, und ſchneidet nach und nach ſo viel davon ab, daß die Pfeife, an ihre Stelle gebracht, den tiefſten Ton hervorbringt, den ſie geben ſoll. Die Oeffnung des Aufſchnitts, die des Windloches und die Länge der Labien ſind gewiſſen Verhältniſſen unterworfen, welche die Erfahrung kennen gelehrt hat und die von Einfluß auf die Schönheit des Tons ſind. Auch hat man gewiſſe Verhältniſſe zwiſchen der Länge und der Dicke der Pfeifen zu beobachten, wenn ſie den möglichſt vollkommenen Ton geben ſollen. Im Allgemeinen ſcheint die dünne Luftſchicht, welche parallel mit der in der Pfeife enthaltenen Säule gerichtet wird, auf dieſe die nämliche Wirkung auszuüben, als das Reiben bei den longitudinalen Schwingungen der Saiten. Um regelmäßig anhaltende Schwingungen hervorzurufen, muß ſie das obere Labium mit einem gewiſſen Grade von Kraft treffen, der im Verhältniß mit der zu erſchütternden Luftmaſſe ſteht, und um ſo beträchtlicher ſeyn muß, als die Pfeife weiter iſt. Für kleine Pfeifen reicht hiezu ſchon der menſchliche Athem hin. Auf dieſe Weiſe bläſt man z. B. die Flöte. Bei dieſem Inſtrument wird der Athem mit den Lippen ſo gerichtet, daß er ſchief an den ſcharfen Rand eines kreisförmigen Loches, welches man das Mundloch (embouchure) nennt, trifft; auch bringt man es erſt nach einiger Uebung dahin, dieſe Art Pfeife zum Tönen zu bringen. Mit Sicherheit würde dies in jedem Fall gelingen, wenn man der Luftſchicht durch mechaniſche Mittel ihre gehörige Richtung gäbe, wie dies z. B. bei Vaucanſons, unter dem Namen des Flötenſpielers bekannten, Automat der Fall iſt. Den nämlichen Zweck beabſichtigt man auch bei der eigenthümlichen Geſtalt, welche man dem Aufſchnitt der Orgelpfeifen giebt. Sie erhalten den Wind aus einem luftdicht verſchloſſenen Kaſten (Windkaſten), in dem die Luft durch Blaſebälge verdichtet wird, und der mit jeder Pfeife durch ein Ventil in Verbindung ſteht, welches durch Anſchlagen der Taſte, welcher dieſe Pfeife entſpricht, geöffnet wird. Windkaſten und Blaſebälge führen zuſammen den Namen des Blaſewerks (soufflerie) und das Syſtem der Ventile und des Kaſtens, auf welchem die Pfeifen angebracht ſind, heißt die Windlade (sommier). Um gründliche Kenntniſſe über die Blasinſtrumente zu erlangen, und den intereſſanten Erſcheinungen, die ſie darbieten, durch ſorgfältige Verſuche nachgehen zu können, muß man ſich nothwendig einen ſolchen Apparat, der nach einem kleinen Maßſtab verfertigt iſt, verſchaffen, deſſen Dimenſionen z. B. den, für die tragbaren Orgeln in Anwendung gezogenen, gleich kommen. Hiemit hat man eine Auswahl Röhren von verſchiedener Länge und Dicke, aus Holz, Metall oder auch nur Pappe, zu verbinden, nebſt einigen Füßen aus Holz, auf welche ſie nach einander aufgeſetzt werden können, wie man in Fig. 28. ſieht. Dann wird man die Erſcheinungen, welche dieſe Röhren für ſich oder in Beziehung zu einander darbieten, unterſuchen können, indem man dieſelben entweder einzeln, oder mehrere zuſammen auf die Windlade ſtellt. So wie man einen Ton aus einer derſelben hervorgelockt hat, beſtimmt man ihn, indem man ſeinen Einklang auf einer kleinen tragbaren Orgel oder einem ganz genauen Monochord aufſucht; wodurch man in den Stand geſetzt wird, der ganzen Reihe der Reſultate auf das Leichteſte zu folgen. Die Orgel eignet ſich vorzugsweiſe zu dieſem Behuf, wegen des Aushaltens ihrer Töne, wodurch deren Vergleichung an Sicherheit gewinnt, und eine längere Beobachtung ihrer Kennzeichen möglich wird. Um die Kraft des Windes, der die Pfeifen zum Tönen bringen ſoll, beliebig abmeſſen zu können, kann man das obere Blatt des Blaſebalgs durch ein Gegengewicht erheben, das man nach Willkühr vermehrt und vermindert, indem man entweder neue Gewichte hinzufügt, oder mit der Hand darauf drückt, oder es mittelſt einer Ziehſtange erhebt. Fig. 28. ſtellt die einfachſte Einrichtung dieſes Regulators dar.

Außer den Flötenwerken, die wir ſo eben beſchrieben haben, bedient man ſich in den Orgeln auch noch einer andern Art Pfeifen, die keine ſeitliche Oeffnung beſitzen, in denen aber inwendig, beim Anfang der Pfeife, ein Schwingungsapparat, Mundſtück (anche) genannt, befindlich iſt, der durch den Luftſtrom unmittelbar in Schallſchwingung verſetzt wird. Dieſe Pfeifen, deren Einrichtung wir weiterhin auseinanderſetzen werden, müſſen nothwendig an ihrem Ende offen ſeyn, um die Luft ausſtrömen zu laſſen; eine Bedingung, die nicht weſentlich bei den Flötenwerken Statt zu finden braucht. Dieſe können offen oder verſchloſſen (gedeckt) ſeyn; und ihre verſchiedne Einrichtung in dieſem Bezug hat blos eine Verſchiedenheit in der Tonhöhe bei der nämlichen Länge der Pfeife zur Folge.

Es iſt leicht darzuthun, daß wirklich nichts anders als die Luft in dieſen Pfeifen den tönenden Körper abgiebt. Zu dieſem Zweck verſchaffe man ſich deren mehrere von gleicher Länge und gleichem Durchmeſſer, die aber Seitenwände aus verſchiednem Stoff haben. Man ſetze ſie ſucceſſiv auf denſelben Fuß, der ſeinen Aufſchnitt und ſein Windloch hat, und durchaus zu nichts anderm dient, als die Luftſchicht einzulaſſen, welche die Schwingungen hervorbringt, Fig. 28. Bläſt man dann durch das Loch c, ſo erhält man immer den nämlichen Ton und die nämliche Reihenfolge von Tönen, aus welchem Stoff auch immer die Röhre beſtehen mag, es ſey aus Holz, Kupfer, Blei, Papier, wofern nur ihre Wände Widerſtand leiſten; aber wohl Acht iſt zu haben, daß in allen dieſen Fällen der Abſtand des Windlochs vom Ende der Pfeife vollkommen gleich ſey, widrigenfalls die Luftſäule ungleiche Längen haben und verſchiedne Töne hervorbringen würde *). Das hier Geſagte bezieht ſich nur auf die Tonhöhe, die in der That von dem Stoff, aus dem die Pfeife beſteht, unabhängig iſt; denn was jenen andern phyſiſchen Charakter betrifft, den wir oben unter dem Namen des *Klanges* erwähnten, ſo hängt er unſtreitig davon ab; und der Ton einer Glasröhre unterſcheidet ſich daher vollkommen von dem einer bleiernen oder hölzernen Röhre. Die Urſach hievon iſt ſchwer anzugeben; wahrſcheinlich jedoch beruht ſie auf der Reibung der Luft an der innern Oberfläche der Röhre oder vielleicht auch auf einem ſchwachen Mitſchwingen der Röhre ſelbſt, welches die Dichtigkeitsveränderungen an den verſchiedenen Stellen jeder Schallwelle modificirt.

Nachdem wir gezeigt haben, wie ſich Töne durch Flötenwerke hervorbringen laſſen; und dargethan, daß hiebei die Luft den ſchwingenden und tönenden Körper abgiebt, bleibt uns zu unterſuchen übrig, auf welche Weiſe dieſe Schwingungen vermöge der Beſchaffenheit und phyſiſchen Eigenſchaften der Luft vor ſich gehen müſſen.

Betrachten wir zuvörderſt eine cylindriſche Röhre AB, Fig. 29., die an ihrem Anfang A zum Theil offen, an ihrem Ende BB verſchloſſen iſt. Eine ſolche Röhre wird bei den Orgeln eine *gedeckte Pfeife* (bourdon) genannt. Setzt man darin die Luft auf die eben erörterte Weiſe in Schallſchwingung, ſo wird die dünne Luftſchicht, welche in A die Bewegung einpflanzt, unſtreitig die erſten Luftſchichten nach verwickelten Geſetzen in Schwingung ſetzen; bald jedoch werden wir durch ſehr genaue Verſuche belehrt werden, daß dieſe Verwicklung ſich nur auf eine kleine Weite von der Mündung A erſtreckt, worauf die Bewegungen der verſchiednen Luftſchichten vollkommen regelmäßig und ähnlich werden; wenigſtens iſt der Ton ſelbſt, welcher dadurch entſteht, conſtant und gleichförmig. Wir werden deßhalb, um die Aufgabe zu vereinfachen, unſre Betrachtung erſt ſo anſtellen, als wirkte der Luftſtrom, durch den die Bewegung hervorgebracht wird, blos auf die vorderſte unendliche dünne Schicht, über welche hinaus ſich dann die Bewegung mit Regelmäßigkeit bis zum verſchloſſenen Ende der Röhre fortpflanzt. Ferner werden wir annehmen, daß dieſer Strom ſich in A mit unveränderlicher Geſchwindigkeit und Dichtigkeit unaufhörlich erneuert; ein Umſtand, der zufolge der Beobachtung erforderlich iſt, einen anhaltenden und gleichförmigen Ton hervorzubringen. Bei allen Schwingungsarten, die die Luftſäule annehmen kann, wird mithin die dünne, ihre Mündung begränzende, Luftſchicht, welche man als die erſte ihrer Schichten betrachten kann, nur ein wenig in die Röhre eintreten und wieder abwechſelnd heraustreten, ohne weder Verdichtung noch Verdünnung zu erfahren.

---

*) Ein Beweis dafür, daß nicht die Schwingungen der Pfeife ſelbſt den Ton hervorbringen, iſt auch darin zu finden, daß man ſie ohne Veränderung des Tons an beliebigen Stellen feſthalten oder umwickeln kann.

Solche, periodiſch in ſehr raſcher Aufeinanderfolge wiederholte, Erſchütterungen werden, wie die Schwingungen eines ſchallenden Körpers, in der Luftſäule Wellenbewegungen von einer conſtanten Länge a erregen, die aber abwechſelnd verdichtend und verdünnend ſind, und von der Mündung aus ſich mit der gewöhnlichen Schallgeſchwindigkeit bis zum Boden der Röhre fortpflanzen. An das verſchloſſene Ende B angelangt, werden ſie in ſich ſelbſt in der Richtung BA zurückgeworfen werden, und in dieſer neuen Richtung gerade ſo ſich weiter fortpflanzen, wie ſie gethan haben würden, wenn die Luftſäule ſich über den Boden B hinaus fortgeſetzt hätte. Da ferner dieſe beiden Reihen directer und rückgängiger Wellenbewegungen nur ſehr kleine Schwingungen in der Luftſäule hervorrufen, ſo werden ſie in ihrem Verlauf auf einanderfallen (se superposeront) ohne eine die andere zu hindern, und der Zuſtand der Luftſchichten wird der nämliche ſeyn, als wenn ſie in jedem Augenblick durch die Summe dieſer beiden Impulſe ſollicitirt wären. Dem Erfolg hievon nachzugehen, wollen wir zuvörderſt die erſte Welle betrachten, und zwar in Gedanken in dem Augenblicke feſthalten, wo ihre Mitte den Boden der Röhre gerade erreicht. Dann fällt der Anfang (vorderſte Theil) O dieſer Welle, Fig. 90., der durch die Zurückwerfung ſchon rückgängig gemacht worden iſt, in M mit ihrem Ende (hinterſtem Theil) O_1 zuſammen; und, nehmen wir der größern Einfachheit halber ihre beiden Hälften erſt für ganz ſymmetriſch an, ſo finden ſich die Verdichtungen der Luftſchichten $Mm\mu$, in denen ſie über einander fallen, überall genau verdoppelt. Ihre Intenſität iſt ſonach null in M an den Enden der Welle, und nimmt von da bis zum Boden der Röhre zu. Nicht ſo verhält es ſich mit den Geſchwindigkeiten der Fortbewegung (vitesses de translation). Da dieſe in beiden Hälften der Welle gleich, und vermöge der Zurückwerfung entgegengeſetzt ſind, ſo heben ſie einander in der ganzen Ausdehnung BM auf. Dieſer Zuſtand des Gleichgewichts dauert nur einen Augenblick: da die zweite directe Welle $O_1\ O_2$, und die zurückgeworfene Welle OBO_1 ihren Weg fortſetzen, ſo erfährt die, in der Entfernung $\frac{1}{2}a$ vom Boden B gelegene, Luftſchicht M zugleich die Ausdehnungen, die die erſtere, und die Verdichtungen, die die andre mit ſich bringt. Dieſe Einflüſſe ſind gleich, wenn alle Wellen gleich ſind, welches nach dem Gleichbleiben des urſprünglichen Impulſes und der Fortdauer des Tons der Fall ſeyn zu müſſen ſcheint. In dieſem Fall nun heben ſich ihre entgegengeſetzten Wirkungen genau auf, ſo daß die betrachtete Schicht in ihrem natürlichen Dichtigkeitszuſtande bleibt. Folgt man eben ſo den verſchiednen andern Wellen in ihrem ſucceſſiven Fortſchreiten, unter der Annahme, daß ſie alle eine conſtante Länge a haben und abwechſelnd verdichtend und verdünnend ſind, ſo wird man finden, daß die Luftſchicht M immer dieſen unveränderlichen Dichtigkeitszuſtand beibehält. Deßhalb aber bleibt ſie nicht unbeweglich; denn die directe Wirkung der verdünnenden Welle $O_1 O_2$ wird ſie nach der nämlichen Richtung hinziehen, als die Wirkung der zurückgeworfenen verdichtenden Welle OO_1, und daſſelbe wird auch immer für die folgenden Wellen gelten.

Da dieſe beiden Kräfte immer gleich und zuſammen wirkend ſind, ſo wird die Schicht nur in dem einzigen Augenblicke unbeweglich ſeyn können, wo ſie null ſind; d. i. wo die Enden der beiden Wellen zuſammenfallen. Dies wird periodiſch in gleich entfernten Zeitepochen, 1 T, 2 T, 3 T, u. ſ. w. erfolgen, wo die conſtante Zwiſchenzeit T die Zeit ausdrückt, welche zur vollendeten Fortpflanzung einer Welle von der Länge a erforderlich iſt.

Betrachten wir jetzt eine andre Luftſchicht N_1, deren Abſtand vom Boden B gleich a, d. i. gleich der ganzen Länge der Wellen ſey. Dieſe Schicht wird erſt durch die erſte verdichtende directe Welle OO_1 erſchüttert; dann durch die zweite verdünnende Welle $O_1 O_2$, welche noch ganz rein für ſich auf ſie wirkt; denn das hinterſte Ende O_2 dieſer Welle geht eben durch ſie hindurch, wenn die erſte nach ihrer Zurückwerfung wieder zu ihr gelangt. In dieſem Augenblick wird ſich die Schicht N_1 in der Lage ihres urſprünglichen Gleichgewichts und ihrem urſprünglichen Dichtigkeitszuſtande befinden. Nun behaupte ich, daß von dieſer Epoche an gerechnet die Schicht N_1, wenn die ſich einander folgenden Wellen immer von conſtanter Länge bleiben, nie mehr eine Verrückung aus ihrer Stelle erfahren wird; denn immer wird ſie die entgegengeſetzte Wirkung zweier Wellen von derſelben Beſchaffenheit, verdichtender oder verdünnender, deren eine aber direct, die andere zurückgeworfen iſt, zugleich erleiden. Sie wird mithin zwiſchen den beiden Kräften dieſer Wellen, welche ihr eine Fortbewegung nach entgegengeſetzter Richtung zu ertheilen ſtreben, unbeweglich verharren, aber die Summe der Verdünnungen oder Verdichtungen, welche ſie mit ſich bringen, erfahren. Daſſelbe wird der Fall mit den Luftſchichten N_2, N_3 ... ſeyn, die in den Abſtänden 2 a, 3 a vom Boden B liegen; und eben ſo auch mit der Luftſchicht, welche an dieſem Boden ſelbſt anliegt, weil der Impuls zur Fortbewegung, den jeder Punct der directen Wellen mit ſich bringt, dort unmittelbar durch die Zurückwerfung aufgehoben wird.

Wendet man ſucceſſiv dieſe Betrachtungen auf alle Theile der Luftſäule an, die zwiſchen dem Boden der Röhre und ihrer Mündung enthalten ſind, ſo wird man finden, daß, wenn das Syſtem der directen und das der zurückgeworfenen Wellen vollkommen auf einander fallen, dieſe Säule in eine gewiſſe Anzahl ſchwingender Theile von der Länge a getheilt ſeyn wird, die zwiſchen feſten Endpuncten in abwechſelnd entgegengeſetzter Richtung ſchwingen. Dies ſtellt die Fig. 21 vor, in welcher die Bewegungen der aufeinanderfolgenden Schichten durch darunter verzeichnete Pfeile ihrer Richtung nach angedeutet ſind, wonach denn z. B. in einem und demſelben Zeitpuncte Verdichtung in B, Verdünnung in N_2, Verdichtung in N_4, Verdünnung in N_6 u. ſ. f. in der ganzen Ausdehnung der, in Schwingung verſetzten, Luftſäule Statt haben wird; wobei man ſich wohl erinnern muß, daß die Verdichtungen ſich nicht blos auf die Puncte B, N_4, N_8 .... und die Verdünnungen auf die Puncte N_2, N_6 ...., beſchränken; ſondern daß ein ſtufenweiſer Uebergang von einem dieſer Zuſtände zum andern Statt findet, ſo daß ſich zwiſchen dieſen Extremen, in M_1, M_3, M_5 z. B. Theilchen befinden, die weder eine Verdichtung noch Verdünnung erfahren, welches zugleich die Stellen ſeyn werden, wo die abwechſelnde Vor- und Rückwärtsbewegung am beträchtlichſten iſt.

Nun muß, dem zuvor Bemerkten zufolge, in dieſem letzten Zuſtand gerade die dünne Luftſchicht ſeyn, welche die Mündung der Röhre ſtreifend, der ganzen Säule die Bewegung einpflanzt. Die Länge der Wellenbewegungen muß daher ein ſolches Verhältniß haben, daß ſie die Dichtigkeit dieſer Schicht unverändert läßt; dann werden die Bewegungen derſelben ſo beſchaffen ſeyn, wie es die Stelle, die ſie in der Reihe der andern Schichten einnimmt, erfordert, und ſie wird deren Continuität nicht ſtören. Sie wird ſo zu ſagen nichts weiter bewirken als ein Zurückprallen aller Schwingungen, welche die Säule in der Röhre vollbringt, gegen die äußere Luft. Hierdurch werden in der umgebenden Luft neue Schallwellen von der nämlichen Länge a hervorgebracht werden, die, indem ſie ſich außerhalb der Röhre fortpflanzen, allenthalben die Empfindung, des, ihrer Länge entſprechenden, Tons hinfahren werden.

Zufolge dieſer Theorie werden die verſchiedenen regelmäßigen Schwingungsarten, in welche die in der Röhre enthaltene Luftſäule gerathen kann, zweien, und nur dieſen beiden, Bedingungen unterworfen ſeyn: erſtens, daß der geſchloſſene Boden der Röhre einen Schwingungsknoten abgiebt, wo die Lufttheile unbeweglich bleiben, zweitens, daß die offene Mündung die Mitte einer Welle wird, wo keine merkliche Dichtigkeitsveränderung vor ſich geht. Dieſen beiden Bedingungen, die blos aus dem Grundſatz, daß ſich die Wellen gleich bleiben müſſen, begleitet ſind, kann auf unendlich viele Arten Genüge geſchehen, woraus eben ſo viele Schwingungsarten hervorgehn, die durch die Theorie voraus beſtimmt, und durch die Erfahrung in vollkommener Schärfe beſtätigt gefunden werden.

Die einfachſte dieſer Schwingungsarten iſt diejenige, bei welcher die Länge der Wellen das Doppelte von der Länge der Röhre iſt, ſo daß die Hälfte einer Welle ſie in ihrer ganzen Länge einnimmt, Fig. 22. In dieſem Fall oscillirt die Luftſäule ungetheilt von A nach B und von B nach A. Die Dichtigkeit in A iſt unveränderlich, wie dies ſeyn muß, von da aber bis zum Boden B nimmt die Verdichtung oder Verdünnung immer mehr zu, je nachdem die Säule von A nach B oder von B nach A ſich bewegt. Zieht man dagegen die Ortsveränderung der Theilchen in Betracht, ſo wird man ſie immer für null in B, auf dem verſchloſſenen Boden der Röhre, deſſen Widerſtand ihr Einhalt thut, anzunehmen haben, von wo an dann die Weite der Excurſionen bis zur offenen Mündung A zunimmt, in welche eine kleine, faſt unmerkliche, Schicht des Luftſtroms, der die Säule in Schwingung verſetzt, abwechſelnd ein- und austritt.

Es bleibt ſomit nur noch die Dauer dieſer Art Schwingungen zu beſtimmen übrig, was keine Schwierigkeit hat. Denn wir haben geſehen, daß, wenn eine Schallwelle ſich in einer cylindriſchen Luftſäule fortbewegt und alle ihre Schichten ſucceſſiv in Erſchütterung verſetzt, ihre Fortpflanzungsgeſchwindigkeit der Geſchwindigkeit des Schalls genau gleich iſt. Wenn alſo das Hin- und Zurück in unſerer Röhre zuſammen eine Länge von 1024 Fuß ausmachte, ſo würde die, dieſer Länge gleiche, Schallwelle genau eine Secunde brauchen, ſich durch dieſelbe fortzupflanzen; und es würde mithin in einer Secunde nur eine einzige ſolche Schallwelle hindurchgehen. Zwei würden hindurchgehen, wenn die doppelte Länge der Röhre nur 512 Fuß, die Hälfte von 1024, betrüge; und im Allgemeinen, welche Länge l auch immer die Röhre hätte, ſtets würde in einer Secunde eine Anzahl Schallwellen hindurchgehen gleich 1024, dividirt durch das Doppelte von l, was wir durch die Bruchformel ausdrücken

$$\frac{1024}{2l}$$

Iſt die Länge der Röhre gegeben, ſo braucht man ſie nur, (in Fußen ausgedrückt) anſtatt l in dieſen Ausdruck zu ſubſtituiren und die Diviſion auszuführen. Der Quotient wird die Zahl Schwingungen ausdrücken, welche in einer Secunde Zeit von der Luftſäule, bei der von uns betrachteten Schwingungsart, wobei die Länge der Schallwellen 2l iſt, vollbracht werden. Der ſo entſtehende Ton iſt, wie ſich bald zeigen wird, der tiefſte von allen, welche die Röhre hervorbringen kann.

Nach dieſer Schwingungsart, bei welcher gar kein Knoten Statt findet, iſt die einfachſte diejenige, welche in der Röhre einen einzigen unveränderten Knoten N, N_1, Fig. 23, entſtehen läßt, abgeſehen von dem, der in jedem Falle am Boden B vorhanden ſeyn muß. In dieſem Falle iſt BN_1 der ganzen und AN_1 der halben Länge der Schwingungen gleich. Die Summe dieſer beiden Größen muß mithin der ganzen Länge der Röhre l gleich kommen; die Welle BN_1 beträgt ſomit zwei Drittheile dieſer Länge oder $\frac{2}{3}l$, und die Zahl dieſer, in einer Secunde aufeinanderfolgenden, Wellen iſt demzufolge gleich 1024, dividirt durch $\frac{2}{3}l$ d. i.

$$\frac{3.1024}{2l}$$

Die, durch dieſe Art der Bewegung hervorgebrachten Schwingungen folgen ſich, wie man ſieht, dreimal ſchneller als die vorigen. Wird der erſte Ton durch 1 ausgedrückt und mit C bezeichnet, ſo wird der zweite 3 zum Ausdruck haben, mithin die Octave der Quinte des Grundtons, d. i. g ſeyn.

Denken wir uns jetzt zwei Schwingungsknoten N_1N_1, N_2N_2, Fig. 24, in welchen die Lufttheilchen unbeweglich ſind; ſo werden die Entfernungen BN_1, N_1N_2 einander, ſo wie der Länge der Wellen gleich ſeyn müſſen, während die letzte Abtheilung nach der Mündung zu, wie vorhin, die Hälfte dieſer Länge haben wird; mithin wird die Summe dieſer Größen, fünf Halbwellen betragend, der ganzen Länge der Röhre l gleich kommen müſſen; und die Länge jeder Welle wird ſo $\frac{2}{5}l$ ſeyn; die Zahl mithin der, ſich in einer Secunde folgenden, Wellen 1024, dividirt durch $\frac{2}{5}l$; d. i.

$$\frac{5.1024}{2l}$$

Die Schwingungen, welche daraus hervorgehen, erfolgen alſo fünf mal ſchneller, als bei der erſten Art der Bewegung. Drücken wir den Grundton, den dieſe gab, wie vorhin, durch C = 1 aus, ſo wird der Ton, den wir jetzt erhalten, 5 zum Ausdruck haben, und $\bar{e}$ heißen.

Schließt man auf dieſe Art weiter, ſo wird man finden, daß, wenn der, durch die erſte Schwingungsart gegebene, tiefſte Ton durch 1 vorgeſtellt wird, alle andern Töne, welche die Röhre hervorbringen kann, die Reihe der ungeraden Zahlen darſtellen werden

1, 3, 5, 7, . . . u. ſ. w.

und die Art, wie wir ſie ſucceſſive haben entſtehen laſſen, zeigt, daß keine Zwiſchentöne zwiſchen ſie fallen können.

Will man den Verhältniſſen der Schwingungszahlen die, ihnen entſprechenden, muſikaliſchen Ausdrücke ſubſtituiren, ſo braucht man nur den erſten Ton durch C vorzuſtellen; alsdann werden alle Töne, welche eine, an einem Ende offene und am andern geſchloſſene, Röhre geben kann, in folgender Reihe begriffen ſeyn:

1 = C
3 = g
5 = $\overline{\text{e}}$
7 = $\overline{\text{ais}}$ +
9 = $\overline{\overline{\text{d}}}$
11 = $\overline{\overline{\text{fis}}}$ −
13 = $\overline{\overline{\text{as}}}$ +
15 = $\overline{\overline{\text{h}}}$
u. ſ. w.

Die Statthaftigkeit dieſer Aufeinanderfolge kann durch die Erfahrung nachgewieſen werden, wo ſie ſich mit großer Genauigkeit verwirklichen läßt. Zu dieſem Zweck muß man eine ſolche Pfeife auf die tragbare Windlade, welche S. 78 beſchrieben worden iſt, ſtellen, und aufmerken, welche Töne ſie zu geben vermag, wenn man den, ihr zugeführten, Wind allmälig verſtärkt, um die Luftſäule zu nöthigen, ſich in eine immer größere Anzahl von Theilen unterabzutheilen. Der nämliche Zweck läßt ſich auch dadurch erreichen, daß man in den Fuß der Röhre mit immer wachſender Stärke bläſt. Glückt es, auf dieſe Weiſe einen anhaltenden Ton daraus zu locken, ſo muß man ſeinen Einklang auf einer der Taſten einer gut geſtimmten Orgel oder auf einem eingetheilten Monochord aufſuchen, wodurch man gleicherweiſe die, ihm entſprechende, Schwingungszahl findet. Welches Verfahren man auch anwenden mag, ſtets wird man finden, daß alle Töne, die ſich durch die Pfeife hervorbringen laſſen, durch Glieder der Reihe der ungeraden Zahlen ausgedrückt werden, wie nach der Theorie der Fall ſeyn mußte. Um jedoch dieſe Prüfung etwas weit zu treiben, muß man keine Röhren anwenden, die wirklich zu Orgelpfeifen beſtimmt ſind, oder deren Verhältniſſe in Dicke und Länge ſo beſchaffen ſind, wie ſie zu Orgelpfeifen allgemein in Anwendung gezogen werden. Denn da ſolche Pfeifen blos einen einzigen Ton, den tiefſten von denen, die ihnen vermöge ihrer Länge zukommen, geben ſollen, ſo wählen die Künſtler, die ſie verfertigen, ſolche Dimenſionen, die die Erfahrung als die zweckmäßigſten hat kennen gelehrt, dieſen Ton voll und ſtandhaft zu geben, ſo daß die Pfeife nur ſehr ſchwer auf einen andern überzuſpringen vermag. Auch koſtet es viel Mühe, einer ſolchen Pfeife die verſchiednen, ihr zugehörigen, Töne zu entlocken, und nur durch gewaltſame Verſtärkung des Windes kann man die darin befindliche Luftſäule zu einer Unterabtheilung bei ihren Schwingungen nöthigen. Um daher eine weit fortgeſetzte Reihenfolge von Tönen und dieſe recht deutlich zu erhalten, muß man ſich viel ſchlankerer Pfeiſen bedienen, als von den Orgelbauern gebraucht werden. Allerdings nimmt dann die Schwierigkeit zu, den tiefſten Ton einer ſolchen Pfeiſe zu erhalten, weil ſich wegen des überwiegenden Verhältniſſes ihrer Länge gegen ihre Dicke die in ihnen enthaltne Luftſäule ausnehmend leicht theilt; jedoch gelangt man dazu, wenn man die Kraft des Anblaſens ſehr mäßigt; indem man entweder den Blaſebalg anhält, woſern man ſich eines Blaſewerks bedient, oder auch, wenn man mit dem Munde hineinbläßt, die Kraft des Impulſes mäßigt. In jedem Falle wird man, wo nicht den tiefſten Ton von allen denen, die die Röhre zu geben vermag, doch einen der tieferen erhalten; und wenn man dann die darauffolgenden ſucceſſiv herauslockt, und nach einer Orgel oder einem Monochord beſtimmt, ſo wird die Vergleichung ihrer Werthe lehren, daß ſie wirklich der Reihe der ungeraden Zahlen folgen; und man wird aus dieſer Reihe ſelbſt erkennen können, ob man wirklich den tiefſten Ton, oder eins der höhern Glieder der Reihe erhalten hat.

Ich bediene mich auch mit Erfolg Röhren von den nämlichen Dimenſionen als die Orgelpfeiſen, indem ich blos die Größe ihres Aufſchnitts mittelſt eines kleinen ganz dünnen und ebenen Kupferblechs abändere, das ich in einem Falz in der Ebene und auf der Verlängerung ihrer obern Lippe vorwärts ſchiebe, Fig. 35. Zuerſt bringe ich die Pfeiſe in ihrem natürlichen Zuſtande zum Tönen, wo das Blech ganz zurückgezogen iſt; dann laſſe ich, während der Wind noch in der nämlichen Stärke aus dem Blaſewerk austritt, das Blech etwas nach vorn treten; dann fängt die Pfeiſe an, ſchlechter anzuſprechen, und hört endlich ganz auf; ſchiebt man jedoch das Blech immer weiter vorwärts, ſo gelangt man zu einem Puncte, wo ſie wieder ganz deutlich anſpricht, und der Ton, den ſie alsdann giebt, wird genau durch 3 ausgedrückt, wenn der erſte es durch 1 war. Fährt man fort, das Blech vorwärts zu ſchieben, ſo klingt der Ton 3 nicht mehr hell, und verſtummt dann ganz; bis man endlich den Ton 5 erklingen hört. So kann man ſo lange fortfahren, als noch eine hinlängliche Aufſchnittsöffnung bleibt, durch welche die Pfeiſe anſprechen kann. Allerdings vermehrt das Vortreten des Blechs die Länge der, in der Pfeiſe enthaltenen, Luftſäule um eben ſo viel, als es ihren Aufſchnitt verkleinert; wenn man ſich jedoch nicht bis zu ſehr zahlreichen Unterabtheilungen verſteigt, wird dieſe Verlängerung im Verhältniß zur Länge der einzelnen, zwiſchen je zwei Schwingungsknoten enthaltenen, Unterabtheilungen nur unbedeutend ſeyn, zumal wenn man Pfeiſen von hinreichender Länge, z. B. von drei bis vier Fuß in Gebrauch zieht.

Bisher haben wir nur von dem Verhältniß der aufeinanderfolgenden Töne, welche eine und dieſelbe Röhre zu geben vermag, zu einander geſprochen; aber auch die abſolute Tonhöhe jedes dieſer Töne iſt nach unſerer Theorie genau durch die Länge der Röhre und die Art der Schwingung gegeben, ſo daß man ſie vorher am Monochord darſtellen, und dann ſehen kann, ob jede Röhre wirklich dem Verhältniß ihrer Länge gemäß einen, dieſer Höhe entſprechenden, Ton giebt. Bei Anſtellung dieſer Vergleichung findet man, daß der Ton der Röhre immer etwas tiefer iſt, als er nach der Theorie ſeyn ſollte. Dieſe Abweichung rührt von der Art der Mündung her, wie ich weiterhin zeigen werde.

Bei den eben beſchriebenen Schwingungsarten giebt es zwiſchen den Schwingungsknoten $N_1 N_2$ .... Puncte M M ....., Fig. 36, wo die Dichtigkeitsveränderungen völlig null ſind, und blos ein Vor- und Rückwärtsgehen der, daſelbſt befindlichen, Schichten Statt findet. Geſetzt alſo, man bohre an einem dieſer Puncte, z. B. M, ein Loch in die Seitenwand, welches die Luft in der Röhre in freie Gemeinſchaft mit der Atmoſphäre ſetze, ſo wird daraus kein Hinderniß für die Oscillationen der inwendigen Säule nach vorn und zurück entſtehen, weil die Dichtigkeit in M ſtets der Dichtigkeit der äußern Luft gleich iſt. Man wird mithin dies Loch abwechſelnd öffnen und ſchließen können, ohne daß der Ton dadurch im Mindeſten verändert wird. In der That beſtätigt dies die Erfahrung, und weiſt zugleich nach, daß dieſe Eigenſchaft keinen andern, als den Puncten M M_1 ... zukommt, wie leicht vorauszuſehen war.

Noch mehr, dieſe Erſcheinung iſt unabhängig von der Größe der Oeffnung M. Sie kann um den ganzen Umkreis der Röhre laufen, und der Theil MB, vom Punct M bis zum feſten Boden, ganz abgetrennt ſeyn, der Ton leidet dadurch nicht die mindeſte Abänderung. Dann aber bildet der erſte Theil AM, der zwiſchen der Schicht M und der Mündung begriffen iſt, eine, an beiden Enden offne Pfeife. Dieſer Verſuch lehrt uns ſomit, wie die Luft in einer ſolchen Röhre, Fig. 37, ſchwingt, und zeigt, daß die Wellenbewegungen, wenn ſie an den äußerſten Punct M, der am weiteſten von der Mündung abliegt, gelangt ſind, nicht mehr von der äußern Luft wie von einem feſten Boden zurückprallen, ſondern ſo, daß dieſe Luft in M nur bis zu einer geringen Tiefe ein- und austritt, ohne eine merkliche Dichtigkeitsveränderung zu erfahren. Durch dies ſucceſſive Hin- und Hergehen wird demnach am offenen Ende M eine Art Gegenſtrom gebildet, deſſen Pulſirungen denen der, in A eingeblaſenen, Luftſchicht entſprechen. Die, ſo am einen und am andern Ende erregten Wellenbewegungen pflanzen ſich ebenfalls fort, und fallen in allen, zwiſchen A und M inne liegenden, Schichten auf einander. Die einzige, zur

Continuität der Bewegung der Säule A M erforderliche, Bedingung wird demnach die ſeyn, daß dieſe beiden Reihen Wellenbewegungen an Länge gleich ſind, wie dies der Fall bei den directen und rückgängigen Wellen in einer Röhre mit verſchloſſenem Boden iſt, und daß außerdem noch, vermöge ihres Uebereinanderfallens, die Dichtigkeit an beiden Mündungen ſich gleich bleiben könne.

Die einfachſte Schwingungsart in einer ſolchen Röhre wird demnach die ſeyn, wo beide Mündungen durch einen einzigen Schwingungsknoten N_1, Fig. 38, geſchieden ſind, in welchem keine Bewegung der Luftmolecule Statt hat. In dieſem Falle wird die Fortbewegung der Luftſchichten in A und M immer im nämlichen Augenblicke in entgegengeſetzter Richtung Statt finden, und Wellenbewegungen von einer, der Röhre gleichen, Länge zur Folge haben müſſen. Wir wollen nun zuvörderſt die beiden erſten dieſer Wellenbewegungen betrachten, und ſie, um von einer feſten Vorſtellung auszugehen, für verdichtend annehmen. Indem ſie ſich von beiden Seiten nach der entgegengeſetzten Mündung fortpflanzen, begegnen ſie ſich in der Mitte der Röhre $N_1 N_2$, und die daſelbſt gelegne Schicht wird ſomit, da immer beide im nämlichen Augenblick auf dieſelbe treffen, unbeweglich bleiben; dagegen aber die Summe der Verdichtungen oder Verdünnungen, die ſie mit ſich bringen, auf einmal erleiden. Indem nun jede Wellenbewegung ſich weiter fortpflanzt, wird die von A ausgegangene im nämlichen Augenblicke die Mündung M erreichen, wo die von M herkommende A erreicht. In dieſem Augenblicke werden die Dichtigkeitsveränderungen in den Schichten A und M welche an den äußerſten Puncten jeder Welle liegen, null ſeyn, und von da bis zur Mitte der Röhre zunehmen, wo ſie ihr Maximum erreichen, weil dieſer Punct dann der Mitte der beiden Wellen entſpricht. Von dieſem Zeitpunct an wird, da ſich die beiden Wellenbewegungen immer noch weiter fortpflanzen, die Verdichtung in $N_1 N_2$ abnehmen; zugleich werden die äußerſten Schichten A und M, die bis zu einer geringen Tiefe in die Röhre hineingetreten waren, vermöge ihrer ſchwingenden Bewegung zurückweichen. Dieſes Rückgehen wird an jeder Mündung eine neue verdünnende Wellenbewegung hervorrufen, die der erſten, welche davon ausgegangen war, folgen wird. Auf dieſe Weiſe wird der Anfang dieſer neuen Welle die Mitte der Röhre erreichen, wenn das Ende der erſten Welle ſie verläßt. Vermöge ihres Auseinanderfallens werden in dieſem Augenblicke die Verdichtungen und Geſchwindigkeiten in der ganzen Länge der Röhre null ſeyn; worauf die verdünnende Welle, bei ihrem weiterm Fortgange, die Verdünnungen den Verdichtungen folgen laſſen wird. Dieſer wird eine dritte, abermals verdichtende, Wellenbewegung folgen;

ein Wechſel, der ins Unbeſtimmte ſo lange fortgehen wird, als man in A fortfährt, den ſtetigen Luftſtrom zu unterhalten, welcher den Impuls zur erſten Erſchütterung giebt.

Es iſt ſehr leicht, die, dieſer Schwingungsart entſprechende, Tonhöhe zu beſtimmen; da nämlich die Länge der Wellen der Länge der Röhre, die wir durch l bezeichnet haben, gleich iſt, ſo wird die Schwingungszahl in einer Secunde ſeyn

$$\frac{1024}{l}$$

Wie man ſieht, ſteht dieſer Ton in dem Verhältniß der Octave zu demjenigen, den wir ſo eben für eine verſchloſſene Röhre von derſelben Länge fanden, denn ſeine Schwingungszahl iſt die doppelte. Dies wird der tiefſte Ton ſeyn, den die, an beiden Enden offene, Röhre geben kann.

In der That beſtätigt auch dies die Erfahrung, wenigſtens, wenn man die Verſuche mit hinlänglich langen Röhren anſtellen kann, daß die kleine Unregelmäßigkeit in der Bewegung der erſten, bei A gelegenen, Luftſchichten, aus der Acht gelaſſen werden kann, welche, anſtatt in der ganzen Ausdehnung dieſer Mündung erſchüttert zu werden, es nur durch eine kleine Oeffnung ſind. Dieſe Abweichung läßt ſich auch durch den Calcul berichtigen; wird aber ſchon unmerklich, wenn die Röhre eine gewiſſe Länge überſchreitet.

Nach der eben betrachteten Schwingungsart wird die einfachſte diejenige ſeyn, bei welcher zwiſchen den Mündungen zwei Schwingungsknoten $N_1 N_2$, Fig. 39, vorkommen, in welchen die Lufttheilchen unbeweglich ſind. Der Zwiſchenraum zwiſchen dieſen beiden Knoten iſt offenbar der Länge einer ganzen Welle gleich, überdies müſſen beide Knoten gleich weit von den Mündungen entfernt ſeyn, weil die, von ihnen ausgegangnen, Wellen gleich ſind; da nun $N_1 N_2$ der Länge einer ganzen Welle gleich iſt, ſo nehmen $M N_1$ und $A N_2$ jede eine Hälfte davon ein. Die Totalſumme, gleich zwei ganzen Wellen, wird mithin die Länge der Röhre l darſtellen müſſen; die Länge jeder Welle wird daher $\frac{1}{2}l$ ſeyn, und in jeder Secunde wird ſich dann eine Anzahl folgen, die zum Ausdruck hat

$$\frac{2.1024}{l}$$

Der, daraus hervorgehende, Ton wird ſonach die Octave des erſten Tons ſeyn, ſo daß, wenn man dieſen durch C ausdrückt, der andere, der den Werth 2 hat, durch c ausgedrückt werden wird.

Schließt man auf dieſe Weiſe weiter, für den Fall von drei, von vier Schwingungsknoten und ſo fort, ſo findet man, daß die Reihe der dabei Statt findenden Töne, den erſten als Einheit geſetzt, die ins Unbeſtimmte fortgeſetzte Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4.

3 . . . u. ſ. w. begreift. In dieſen Zahlen ſind alle Töne enthalten welche eine, an beiden Enden offene, Röhre zu geben vermag; denn nach der Art, wie ihre Entſtehung hergeleitet worden iſt, erhellt, daß es keine Zwiſchenglieder zwiſchen ihnen geben kann. Will man ſie auf die Sprache der Muſik zurückführen, ſo wird ſich, wenn man den tiefſten Ton C nennt, folgende Reihe für ſie ergeben

1 = C
2 = c
3 = g
4 = $\overline{c}$
5 = $\overline{e}$
6 = $\overline{g}$
7 = $\overline{ais}$ +
8 = $\overline{\overline{c}}$
9 = $\overline{\overline{d}}$
10 = $\overline{\overline{e}}$
11 = $\overline{\overline{fis}}$ —
12 = $\overline{\overline{g}}$
13 = $\overline{\overline{as}}$ +
14 = $\overline{\overline{ais}}$ +
15 = $\overline{\overline{h}}$
16 = $\overline{\overline{\overline{c}}}$
17 = $\overline{\overline{\overline{des}}}$ —
18 = $\overline{\overline{\overline{d}}}$
19 = $\overline{\overline{\overline{es}}}$ —
20 = $\overline{\overline{\overline{e}}}$
21 = $\overline{\overline{\overline{eis}}}$ +
22 = $\overline{\overline{\overline{fis}}}$ —
23 = $\overline{\overline{\overline{ges}}}$ —
24 = $\overline{\overline{\overline{g}}}$
25 = $\overline{\overline{\overline{gis}}}$
26 = $\overline{\overline{\overline{as}}}$ +
27 = $\overline{\overline{\overline{a}}}$ —
28 = $\overline{\overline{\overline{ais}}}$ +
29 = $\overline{\overline{\overline{b}}}$ +
30 = $\overline{\overline{\overline{h}}}$
31 = $\overline{\overline{\overline{his}}}$ —
32 = $\overline{\overline{\overline{\overline{c}}}}$

u. ſ. f. Dieſe Reihenfolge von Tönen läßt ſich durch die Erfahrung bewähren, auf die S. 86 angegebene Weiſe; und die Wirklichkeit giebt ſie mit der größten Treue wieder. Sie findet Statt überhaupt in allen Inſtrumenten mit cylindriſchen, geraden oder gekrümmten, Röhren, deren beide Enden offen ſind, z. B. im Waldhorn, der Trompete, und ſelbſt dem Schlangenrohr und den Flöten, woſern man die Seitenlöcher dieſer beiden Inſtrumente verſchließt.

Zu einer intereſſanten Bemerkung giebt der, durch 7 ausgedrückte, Ton Veranlaſſung. Die meiſten Muſiker nämlich, welche Horn oder Trompete blaſen, vermögen ihn nicht herauszubringen. Nachdem ſie den tiefſten Ton C angegeben haben, bringen ſie ohne Schwierigkeit die Töne c = 2, g = 3, $\overline{c}$ = 4, $\overline{e}$ = 5 und $\overline{g}$ = 6 hervor, worauf das Inſtrument, gleichſam gezwungenerweiſe, auf die dreifache, durch 8 ausgedrückte, Octave überſpringt, ohne daß ſie im Stande ſind, den zwiſchenliegenden Ton 7 anzugeben. **Daniel Bernoulli** glaubt den Grund davon in der Schwierigkeit zu finden, eine Größe in ſieben gleiche Theile zu theilen; dann aber müßte es noch weit ſchwerer fallen, den, der Zahl 12*) entſprechenden, Ton hervorzubringen, der ſich doch ohne Schwierigkeit erhalten läßt. Ich theile vielmehr die Meinung dieſes berühmten Phyſikers, wenn er ſagt, daß dieſe Schwierigkeit auch von der mangelnden Uebung des Muſikers herrühre, der niemals nöthig hat, den, durch 7 ausgedrückten, Ton auf ſeinem Inſtrument anzugeben, weil er in der Muſik, als zwiſchen $\overline{\text{ais}}$ und $\overline{\text{h}}$ liegend, nicht gebräuchlich iſt; und der Beweis, daß eine ſolche Gewohnheit erfordert wird, nach Belieben den einen oder andern Ton zu erhalten, ergiebt ſich daraus, daß ſie ſelbſt für die, am leichteſten hervorzubringenden, Töne nöthig iſt, wie C, c, g, $\overline{\text{c}}$ und $\overline{\text{e}}$. Hievon kann man ſich leicht überzeugen, wenn man an eine Pfeife von Glas oder Pappe ein Mundſtück (embouchure) anſetzt, und verſucht, mit dem Munde in ihren Fuß zu blaſen, um Töne daraus zu locken. Denn anfangs wird man ſie plötzlich von einem Tone auf einen andern, über mehrere zwiſchenliegende hinweg, ſpringen hören, je nachdem man mit größerer oder geringerer Kraft bläſt. Allein, nachdem man dieſen Erfolg gewahr geworden iſt, wird man bald die erforderliche Uebung erlangen, in gehöriger Stufenfolge von einem Ton zum andern auf- oder abzuſteigen; und wenn man im Hervorbringen eines ſolchen Tons begriffen iſt, wird man ſo zu ſagen, das Gefühl von dem Grade der Kraft haben, den man anwenden muß, um zu einem andern, unmittelbar der Höhe oder Tiefe nach darauf folgenden, überzugehen, wie ich mich ſelbſt überzeugt habe. Es iſt alſo wahrſcheinlich, daß man, durch fleißige Uebung, und indem man ſich den Ton 7 oft auf einem Monochord oder einer Orgelpfeife angeben ließe, dahin gelangen würde, ihn gleich gut zu erhalten, und genau die Menge von Wind, die er erfordert, zu geben; denn es finden in dieſem Bezug unerläßliche Bedingungen Statt, die die Erfahrung allein erfüllen lehrt, ohne daß wir daran denken. Der Muſiker hat ſehr wohl die Empfindung dieſer Grade für die Töne 6 und 8, die er jeden Augenblick in der Muſik braucht, da ſie Quinte und Octave des Tons 4 darſtellen, und es iſt ganz natürlich, daß er zu einem oder dem andern derſelben gleichſam fortgeriſſen wird, wenn er etwa einmal den Ton 7 hervorzubringen ſucht, an welchen er nicht gewöhnt iſt. Leichter wird man ihn erhalten, wenn man, anſtatt mit dem Munde in die Pfeife zu blaſen, ſie auf eine tragbare Windlade ſetzt, die mit einem Blaſewerk in Verbindung ſteht, deſſen Kraft ſich mäßigen läßt. Bei einem Verſuche dieſer Art, den ich mit Hrn. Hamel anſtellte, glückte es uns, den Ton 7 ganz deutlich und anhaltend hervorzubringen. Allein wir mußten noch einen andern Kunſtgriff als Beihülfe anwenden, nämlich den Finger dem Ausſchnitt der Pfeife mehr oder weniger nähern, wenn wir die Töne 6 oder 8 hervorgebracht hatten, um die Richtung der, aus dem Windloch tretenden, Luftſchicht ſo zu ſagen, zu reguliren und ſie wieder in die Pfeife zurücktreten zu laſſen. Dann hörte man nach einigen Augenblicken Summens und gleichſam Schwankens den Ton 7 hell hervortreten, den wir leicht zu erkennen vermochten, weil ſein Einklang auf einer Orgel, die uns zur Vergleichung diente, einem $\overline{\overline{a}}$ *) entſprach, deſſen Taſte wir von Zeit zu Zeit anſchlugen, um uns die Empfindung der Schwingungsart zu erwecken, die wir hervorzubringen ſtrebten.

---

*) Ich ſehe nicht wohl ein, wie ſich die, hierin liegende Behauptung des Verfaſſers rechtfertigen läßt, eine Größe ſey leichter in 7 als in 12 gleiche Theile zu theilen; da die Theilung nach letztrer Zahl in eine Theilung nach der 2 und 3 zerlegt werden kann; welche, jede für ſich, unſtreitig leichter von Statten geht, als die Theilung nach der 7, die als Primzahl unzerlegbar iſt.

Im Allgemeinen iſt aus der vorſtehenden Tabelle zu erſehen, daß die tiefſten Töne, welche ſich durch Röhren, die an beiden Enden offen ſind, hervorbringen laſſen, ſehr weit aus einander liegen; ſo liegen z. B. die beiden erſten, C, c um das ganze Intervall einer Octave aus einander. Mit zunehmender Höhe der Töne aber, d. i. in dem Maße, als die Luftſäule ſich in eine größere Anzahl Theile abtheilt, rücken auch die Töne, die ſich hervorbringen laſſen, näher zuſammen. Noch höher hinauf fängt man ſelbſt an, auf die chromatiſchen Intervalle zu gerathen, die durch Erhöhung oder Erniedrigung der diatoniſchen um einen kleinen halben Ton entſtehen. Die höchſten endlich, die vom Grundton des Inſtruments am weiteſten abſtehen, laſſen ſich auch durch dieſe Einſchaltungen nicht mehr alle darſtellen. Man kann ſich hieraus erklären, warum der Hornbläſer unter den tiefern Tönen nur ganze Töne anzugeben vermag, während er unter den höhern auch Halbtöne moduliren kann. Er vermag ſelbſt durch Bewegung der Lippen das Mundloch ſeines Inſtruments ſo abzuändern, daß der Ton 7, welcher höher, als $\overline{ais}$ iſt, mit dem wahren Werth dieſer Note in der diatoniſchen Tonleiter übereinſtimmt. Noch größere Veränderungen bringt er dadurch hervor, daß er die offene Mündung der Röhre zum Theil mit der Hand verſchließt. So vermag er z. B. die Töne 11 und 13 auf ihre gebräuchlichen Werthe zurückzuführen. Dadurch, daß dieſe Kunſtgriffe, die den Luftſtrom bei ſeinem Ein- und Austritt modificiren, mit einem Grade der Fertig-

---

*) Nämlich der tiefſte Ton der Pfeiſe war ein andrer als C.

keit und Präciſion, die das unmittelbare Gefühl allein zu gewähren vermag, in Verbindung angewandt werden, gelangt man dahin, zwiſchen die natürlichen Töne, die in den Intervallen der erſten Octaven liegen, chromatiſche Intervalle einzulegen, und ſelbſt in der unterſten Abmeſſung die halben Töne hervorzubringen, die dem Inſtrument an ſich verſagt ſind. So bedeutende Modificationen jedoch erfordern viel Geſchicklichkeit und Uebung, um mit Genauigkeit hervorgebracht zu werden, und liegen außer dem Bereich der gewöhnlichen Muſiker.

Hier, wie bei den, an einem Ende verſchloſſenen, Pfeifen ſind durch die theoretiſchen Ausdrücke nicht allein die Verhältniſſe der ſucceſſiven Schwingungszahlen, ſondern auch die abſoluten Werthe dieſer Zahlen für jede beſtimmte Länge der Pfeife gegeben; und man kann ſie auf dieſelbe Weiſe durch die Erfahrung nachweiſen, indem man den Einklang für die Töne der Pfeife an einem, mit einem beſtändigen und bekannten Gewicht belaſteten, verticalen Monochord aufſucht. Nun findet man hiebei, daß der Ton derſelben ſtets etwas tiefer iſt, als ihre Länge zufolge der Theorie mit ſich bringen ſollte.

Um die Urſach dieſer Verſchiedenheit aufzufinden, brauchte Daniel Bernoulli das Mittel, in die Pfeife einen beweglichen Stempel einzuſenken, und zu beobachten, in welchen Lagen deſſelben der Ton der, zwiſchen dieſem Stempel und dem Aufſchnitt der Pfeife enthaltenen, Luftſäule der nämliche ward, als den die ganze Säule gab. Es leuchtet ein, daß dieſe Lagen eben ſo viel Schwingungsknoten entſprechen, in welchen die Lufttheilchen während der Bewegung der Säule unbeweglich bleiben, ſo daß ihre Abſtände die Längen der, unter einander zuſammenſtimmenden, Theile, in welche ſich die Säule von freien Stücken theilt, darſtellen. Nun findet man bei Anſtellung dieſes Verſuchs, daß alle Unterabtheilungen, mit Ausnahme der, der Mündung (embouchure) zunächſt liegenden, unter einander gleich und ſo beſchaffen ſind, wie es die Theorie für den, ihnen zugehörigen Ton, angiebt; allein die, der Mündung zunächſtliegende, obwohl ſie auch mit den andern zuſammenſtimmt, iſt ſtets kürzer; und da dieſe nur theilweis erſchüttert wird, während es die andern in ihrem ganzen Querdurchſchnitt ſind, ſo hat Daniel Bernoulli den Grund ihrer geringen Länge in dieſer Urſach geſucht; auch fand er in der That, daß bei Abänderung der Mündungsweite die Verkürzung der erſten Abtheilung ſich ebenfalls abänderte.

Ich habe mich davon überzeugt, daß dieſer Einfluß der partiellen Mündungen in verſchiednen Gasarten, bei dem nämlichen Druck und der nämlichen Temperatur, ungleich iſt. Im Waſſerſtoffgas z. B. iſt er bei Weitem bedeutender, als in atmoſphäriſcher Luft; wodurch die, der partiellen Mündung zunächſt liegende, Abtheilung, ohne Vergleich an Länge gegen die andern Abtheilungen verliert, obwohl ſie mit ihnen zu einem Tone zuſammenſtimmt. Es folgt hieraus, daß, wenn man eine und dieſelbe Pfeife ſucceſſiv mit dieſen beiden Gasarten zum Tönen bringt, die ſchwingenden Säulen in der That nicht die nämliche Länge in beiden haben. Dieſer Umſtand erfordert eine Berückſichtigung, wenn man die, durch verſchiedne Gasarten hervorgebrachten, Töne mit einander vergleichen will. Der Theorie nach müſſen dieſelben, bei gleichen Längen, ſich umgekehrt, wie die Quadratwurzeln der Dichtigkeiten der Gasarten verhalten, wenn Druck und Temperatur die nämlichen ſind. Allein dies Reſultat kommt nicht zum Vorſchein, wenn man die nämliche Orgelpfeife mit verſchiednen Gasarten tönen läßt, eben des angezeigten Grundes halber. Beim Waſſerſtoffgas z. B., welches in einer offenen Pfeiſe von ungefähr einem Fuß Länge, die mit einer Mündung gleich der der gewöhnlichen gedeckten Pfeiſen, verſehen iſt, ſchwingt, bewirkt die Art des Anblaſens eine ſo ſtarke Annäherung des Schwingungsknotens an die partielle Mündung, daß eine Erniedrigung faſt um eine kleine Septime unter die, von der Theorie unter Vorausſetzung der Gleichheit beider Abtheilungen der Gasſäule geforderte, Tonhöhe erfolgt. Begreiflich muß ſich übrigens die Größe dieſer Erniedrigung mit dem Verhältniß, welches man dem Aufſchnitte der Pfeiſe zu ihrer Länge und Dicke giebt, abändern: auch haben alle Phyſiker, welche, ohne dieſe Urſach zu berückſichtigen, Verſuche über die Töne mit verſchiednen Gasarten anſtellten, keine Uebereinſtimmung in den Verhältniſſen der Erniedrigung zu finden vermocht, und ſo zu keinen feſten Beſtimmungen in dieſer Hinſicht gelangen können.

Abgeſehen nun von dieſem beſondern Fall, der die Bewegung der Schichten, auf welche die Erſchütterung zuerſt wirkt, betrifft, ſieht man, wie die, in dieſem Capitel gegebenen, Erörterungen den Weg zeigen, die ganze Reihenfolge von Tönen, welche die Luft in cylindriſchen, an ihrem Ende offnen oder geſchloſſenen, Röhren hervorbringt, mit Leichtigkeit aufzufinden. Dieſe Uebereinſtimmung mit der Erfahrung ſcheint mithin anzudeuten, daß bei der Art des Anblaſens, die für die Orgelpfeiſen in Gebrauch iſt, die Schwingungsbewegungen, durch welche die Töne dieſer Pfeiſen hervorgebracht werden, wirklich ſich unſrer Beſchreibung gemäß verhalten, wirklich in der ſucceſſiven Fortpflanzung einer unendlichen Menge von Luftwellen beſtehen, die den, von uns erörterten, Geſetzen gemäß einander folgen oder gegen einander zurückkehren. Jedoch hat Poiſſon, indem er die Bildung der Bewegungen einer Luftſäule einer neuen, alle mögliche Schwingungsarten umfaſſenden, mathematiſchen Unterſuchung unterwarf, entdeckt, daß die nämliche Reihe von Tönen bei viel allgemeinern Bewegungsgeſetzen, als von uns angewandt wurden, beſtehen kann. So fand er, daß der Ton der erſten, an der Mündung gelegenen, Abtheilung nicht allein tiefer ſeyn kann, als er für eine gleiche, zwiſchen zwei andern Unterabtheilungen der übrigen Säule begriffene, Länge ſeyn würde; ſondern auch, daß dieſer Ton, mittelſt zweckmäßiger Erſchütterungsarten, ins Unbeſtimmte erniedrigt werden kann. Poiſſon machte ferner bemerklich, daß die Dichtigkeit der ſchwingenden Theile der Luftſäule an den offenen Stellen dieſer Säule nicht der Dichtigkeit der umgebenden Luftſchichten in voller Strenge gleich ſeyn kann, ſondern daß ſie daſelbſt eine gewiſſe Zuſammendrückung erfahren muß, weil ſie ihnen ihre Schwingungsbewegung mittheilt; woraus er ableitete, daß jede Schallwelle, wenn ſie in die Röhre zurücktritt, nachdem ſie gegen die äußere Luft angeprallt iſt, der Weite der Excurſion ihrer Theilchen nach geſchwächt ſeyn muß, obgleich die Periode ihrer Bewegung noch die nämliche bleibt; ſo daß nach einigen Wiederholungen dieſes Hin- und Rückgangs, deren öfters mehrere tauſende in einer Secunde geſchehen, die Intenſität der Schallwelle, und mithin auch die des Tons, den ſie hervor bringt, ausnehmend geſchwächt ſeyn müſſen. Aus dieſem Umſtande erklärt ſich ſehr wohl, warum man die Schwingungsbewegung der Luftſäule unterhalten muß, indem man unausgeſetzt in ihre Mündung bläſt, wenn ein ununterbrochen anhaltender Ton erfolgen ſoll; was, bei der vollkommnen Elaſticität der Luft, nicht der Fall zu ſeyn brauchte, wenn nicht eine ſtetig wirkende Urſach die Intenſität der Wellen progreſſiv und ſchnell ſchwächte. Die andre Bemerkung, welche die, ins Unbeſtimmte zu treibende, Erniedrigung des Tons in der erſten Abtheilung der Pfeifen betrifft, hat ebenfalls ihre vollkommene Beſtätigung durch ſehr intereſſante, von Chanteau angeſtellte, Verſuche erhalten. Dieſem gelang es, indem er den Pfeifen eine ſehr große Dicke im Verhältniß zu ihrer Länge gab, ihren Aufſchnitt verkleinerte, und die Richtung der Luftſchicht, welche der Maſſe der inwendig enthaltenen Luft die Bewegung einpflanzt, abänderte, außerordentlich tiefe Töne aus denſelben hervorzulocken.

In den Pfeifen, offenen ſowohl als gedeckten, können, eben wie bei den ſchwingenden Saiten, mehrere verſchiedne Schwingungsarten gleichzeitig vorhanden ſeyn, und in der nämlichen Luftſäule ſo zu ſagen auf einander fallen; denn giebt man irgend einen, durch n ausgedrückten, Ton an, ſo hört man oft mit ihm zugleich einen der tiefern Töne erklingen, welche geringern Zahlen als n entſprechen. Dies wird vorzüglich bemerklich bei den Uebergängen von einer Schwingungsart zu einer andern, wenn man ſie nach und nach durch veränderliche Aufſchnittsöffnungen hervorbringt, wie auf S. 87 erörtert worden.

Von Röhren mit ungleichem Durchmeſſer.

Die cylindriſchen Röhren bieten den einfachſten Fall der Fortpflanzung der Schallwellen dar; jedoch laſſen ſich ſolche Wellen auch in Röhren von veränderlichem Durchmeſſer, z. B. kegelförmigen oder hyperboliſchen hervorbringen, indem man Mundſtücke an dieſelben, wie an die cylindriſchen Röhren, fügt. Unterſucht man hier die Bewegung der Luftſäule mittelſt beweglicher Stempel, ſo findet man, daß ſie ſich auch noch in Theile theilt, die unter einander zuſammenſtimmen, und durch unbewegliche Schichten geſchieden ſind, deren Lage durch die Entgegenſetzung der Bewegungen der aneinandergränzenden Theile beſtimmt iſt. Allein der Unterſchied findet von den cylindriſchen Röhren Statt, daß die Längen dieſer Abtheilungen nicht mehr nothwendig unter einander gleich ſind, und von der Geſtalt der Röhre abhängen.

Man braucht auch als Orgelpfeifen eine beſondre Art Flötenwerke, welche Rohrflöten (tuyaux à cheminée) Fig. 40, genannt werden. Sie beſtehen aus einer übrigens gedeckten Pfeife, in deren Deckel aber ein kleines rundes Loch angebracht iſt, in welches eine Röhre AB, von ihm mit gleichem Durchmeſſer, eingefügt wird, die an beiden Enden offen, und im Verhältniß zur Pfeife ſehr kurz iſt. Die Tonhöhe dieſer zuſammengeſetzten Pfeifen ſteht in der Mitte zwiſchen der der ganz gedeckten und ganz offenen; ihr Klang aber iſt etwas anders, und man bedient ſich ihrer aus dieſem Grunde, um mehr Mannichfaltigkeit in das Spiel zu bringen.

Oefters giebt man Röhren eine kegelförmige oder hyperboliſche Geſtalt, um den Ton an einem Puncte oder nach einer beſtimmten Richtung zu verſtärken. So ſuchen harthörige Perſonen, um beſſer zu hören, Hülfe im Gebrauch einer kegelförmigen Röhre, Hörrohr (cornet acoustique) genannt, die ſie mit der Spitze in ihr Ohr ſtecken; und in dem Fall, wo man die Stimme ſehr weit erſchallen laſſen oder ihre Stärke ſehr vermehren will, wie bei dem Schiffscommando, ſpricht man in kegelförmige oder hyperboliſche Röhren hinein, indem man die ausgeweitete Oeffnung derſelben nach dem Orte kehrt, wohin der Schall gelangen ſoll. Die Wirkungsart dieſer Inſtrumente iſt lange Zeit unerklärt geweſen; die mathematiſchen Unterſuchungen von Poiſſon jedoch haben eine ſehr wahrſcheinliche Löſung des Räthſelhaften, was bei ihnen Statt findet, gegeben, indem dadurch nachgewieſen worden iſt, daß, wenn eine, durch feſte Wände begränzte, Luftſäule an einem ihrer Enden erſchüttert wird, die Weite der Excurſion der, am andern Ende gelegenen, Lufttheilchen, vermöge der Geſtalt der Röhre, weit ſtärker nach einer gewiſſen Richtung, z. B. der Axe der Röhre, werden kann, als bei einer, in gerader Richtung fortwirkenden, Erſchütterung möglich geweſen wäre; wodurch dieſe Theilchen die Fähigkeit erlangen, mit ſehr vermehrter Stärke durch ihre Pulſationen auf die umgebende Luftmaſſe in der Richtung zu wirken, nach welcher ihre Geſchwindigkeit in außergewöhnlichem Grade vermehrt worden iſt.

Von den Flöten und den, mit Seitenlöchern verſehenen, Blasinſtrumenten.

Was wir bisher in Betracht zogen, waren Röhren von verſchiednen Längen, theils an beiden Enden offen, theils an einem verſchloſſen, immer aber mit ununterbrochen fortlaufenden Wänden. Man verfertigt jedoch auch ſehr wohlklingende Inſtrumente aus cylindriſchen Röhren, in welche Seitenlöcher gebohrt ſind, und in die man durch eine Mündung bläſt; ſie ſind nichts anders als Orgelpfeifen, bei denen die Stelle des Blaſebalgs durch den Mund des Muſikers vertreten wird. Da ich ſie hier nur aus dem theoretiſchen Geſichtspuncte zu betrachten habe, ſo wird ein einziges derſelben als Beiſpiel hinreichen; ich wähle die Flöte, weil ſie am bekannteſten iſt.

Dies Inſtrument, welches in Fig. 41 vorgeſtellt iſt, beſteht aus einem hohlen Cylinder von Holz, Elfenbein oder Kryſtall, der an einem Ende ganz offen und nur am andern mit einem Seitenloch verſehen iſt, welches als Mundloch dient. Die Ränder dieſes Lochs haben eine Zuſchärfung, und, indem man ſie an den Mund bringt, und die Lippen ſchließt, bläſt man eine Luftſchicht ſchief gegen ihre Schärfe. Hiedurch wird die, in der Röhre enthaltene, Luftſäule in Schallſchwingung verſetzt. Verſchließt man zuerſt mit den Fingern alle übrigen Löcher, welche in die Wände der Röhre gebohrt ſind, ſo wird ſie unter die Kategorie der cylindriſchen, an beiden Enden offenen, Röhren treten. Man wird alſo zuvörderſt einen Grundton, den tiefſten von allen, die die Flöte zu geben vermag, erhalten, und durch ſtärkeres Blaſen oder Abänderung der Art des Blaſens, noch eine Folge anderer Töne mit immer zunehmender Höhe, die, den erſten als Einheit geſetzt, die Reihe der natürlichen Zahlen bilden

1, 2, 3, 4, 5 . . . .

Allein, es werden ſich auch noch andre dazwiſchenliegende Töne erhalten laſſen, wenn man ſucceſſiv eines oder mehrere der, bis jetzt als geſchloſſen angenommenen, Seitenlöcher öffnet; denn die Oeffnung jedes derſelben bringt eine Erhöhung des Grundtons mit ſich, die ſich mit der Größe der Seitenlöcher und ihrer Entfernung vom Mundloch abändert; wie ſich durch Erfahrung finden läßt, wenn man ſucceſſiv ihre Dimenſionen vergrößert.

Man hat Blasinſtrumente, wie das Schlangenrohr und das Horn, die aus gekrümmten Röhren beſtehen. Dieſe Krümmung hat jedoch ganz und gar keinen Einfluß auf die Töne, die man aus ihnen erhält, und dient zu weiter nichts, als den Röhren, indem ſie ſich gegen ſich ſelbſt zurück biegen, eine große Länge bei einem kleinen Volumen zu geben. Die Tonreihe derſelben iſt übrigens ganz die nämliche, als bei geradlinigen Röhren von der nämlichen Dicke und Länge.

Von der Art, die Flötenwerke zu ſtimmen. Verfahren, ſie auf die rechte Tonhöhe zu bringen.

Verfertigt man Orgelpfeifen nach den, durch Theorie und Erfahrung vorgeſchriebenen, Dimenſionen, ſo werden ſie doch auf das erſte Mal nie in aller Schärfe die bezweckte Tonhöhe haben. Man muß ſie alſo durch Correctionen auf dieſelbe zu bringen wiſſen. Ich werde die Verfahrungsarten erörtern, welche zu dieſem Zweck in Gebrauch ſind, und ſich auf die Modificationen gründen, die der Ton bei Abänderung der Länge oder Geſtalt der Pfeifen erfährt. Man hat deren verſchiedne je nach der Gattung der Pfeifen und dem Stoff, woraus ſie beſtehen. Geſetzt zuvörderſt, die Pfeife beſtehe aus Holz, aus Pappe oder aus irgend einem andern Stoff, der der Ausdehnung widerſteht. Soll nun der Boden verſchloſſen ſeyn, wie in den gedeckten Pfeifen, Fig. 42, ſo ſetzt man einen cylindriſchen, genau paſſenden, mit Fell, von dem das Rauche nach Außen gekehrt iſt, bekleideten, hölzernen Stöpſel ein, und drückt ihn allmälig herab oder zieht ihn zurück, bis die Pfeife ſich auf der verlangten Tonhöhe befindet. Hat man es mit einer offenen Pfeife zu thun, Fig. 43, ſo ſetzt man ein dünnes Blatt von Blei in einer gegen ihre Axe geneigten Richtung an die Oeffnung an, und verändert ſeine Neigung ſo lange, bis die Pfeife einſtimmt. Dieſes Blatt modificirt die Tonhöhe, indem es die Pfeife zum Theil verſchließt; denn wenn es ganz herabgelaſſen wäre, ſo daß es die ganze Oeffnung bedeckte, ſo würde es die Pfeife offenbar zu einer gedeckten machen, und den Ton derſelben um eine ganze Octave erniedrigen.

Anlangend nun die Pfeifen von Blei oder Zinn, ſo werden ſie, wofern ſie offen ſind, mittelſt des, in Fig. 44 vorgeſtellten, Inſtruments geſtimmt, welches den Namen Stimmhorn führt. Es beſteht aus einem feſten Stiel, der an einem Ende einen maſſiven Kegel C, am andern einen hohlen Trichter E trägt. Iſt die Pfeife zu tief, ſo ſteckt man die Spitze des Kegels in ihr offenes Ende hinein, und treibt durch Hin- und Herdrehen den Rand daſelbſt aus einander, ſo daß die Oeffnung weiter wird; iſt ſie zu hoch, ſo treibt man die Ränder der Oeffnung mit dem Trichter E zuſammen, und verengert ſie dadurch. Wie leicht einzuſehen nämlich, wird durch Verengerung der Oeffnung die Pfeife einer gedeckten mehr ähnlich, dagegen bei Erweiterung derſelben unähnlicher. Auf die gedeckten Pfeifen ſelbſt läßt ſich dies Verfahren nicht anwenden; eben ſo wenig kann man ihrem Deckel eine andre Lage geben, weil er an das Ende ihres Corpus angelöthet iſt. Man hilft ſich deshalb durch ein andres Mittel, das um ſo mehr unſre Aufmerkſamkeit verdient, da die Erfahrung allein auf daſſelbe führen konnte. An die äußere Oberfläche der Pfeife, zur Seite des Labium, an welches der Wind antrifft, bringt man zwei bleierne Blätter LL, Fig. 45, an, die ſich nach außen öffnen, und gleichſam ein paar Ohren (oreilles) darſtellen, daher ſie auch im Franzöſiſchen dieſen Namen führen. (Im Deutſchen heißen ſie Bärte). Sind ſie ganz nach Außen geöffnet, ſo daß ſie ſich an der Oberfläche der Pfeife anlegen, ſo giebt dieſe den natürlichen Ton, der ihr vermöge ihrer Länge zukommt; nähert man ſie aber einander allmälig, ſo verliert der Ton immer mehr an Höhe, oft in ſehr bedeutendem Maße.

Wie man ſieht, hängt dieſe Erſcheinung mit dem Einfluß der Mündungen zuſammen; allein eine Berechnung derſelben würde nicht leicht ſeyn. Der nämlichen Vorrichtung bedient man ſich auch bei den Rohrflöten, bei welchen die andern Correctionsmethoden nicht anwendbar ſind; denn bei der Kleinheit der aufgeſetzten Röhre läßt ſich nicht an ein Stimmen derſelben durch Ausweitung denken.

Ueberhaupt Alles, was auf irgend eine Weiſe die Luftſchwingungen, ſey es im Innern oder außerhalb der Pfeifen hemmen oder verzögern kann, modificirt die Höhe der Töne. So iſt ſelbſt die Nähe der Pfeifen an einander nicht ohne Einfluß; denn wenn man in einer gut geſtimmten Orgel einige Pfeifen abſondert, indem man die benachbarten wegnimmt, ſo ändert ſich ihre Tonhöhe und ſie halten nicht mehr Stimmung.

Von den Rohrwerken (Zungenpfeifen, Schnarrwerken, instrumens à anche).

Den weſentlichſten Theil der jetzt zu beſchreibenden Inſtrumente macht ein Schwingungsapparat aus, welcher Mundſtück (anche) genannt wird, und in Fig. 46 vorgeſtellt iſt. Die Schwingungen an ihm werden durch einen Luftſtrom vermittelt, und die ſo hervorgebrachten Töne dadurch ſehr verſtärkt, daß man das Mundſtück in eine Röhre von gehöriger Dicke und Länge einſetzt, worin die Schwingungen vor ſich gehen. Der weſentlichſte Theil am Mundſtück iſt die Zunge (languette) AL, beſtehend aus einem dünnen Streifen von Meſſingblech, welcher in A an einem, nach der Richtung AR rinnenartig ausgehöhlten Cylinder AR, dem Mundſtück im engern Sinne, befeſtigt iſt. Man ſetzt dies Syſtem mit dem Ende A in ein halbkreisförmiges Loch, von gleichem Durchmeſſer, ein, das in die Mitte eines Pfropfs T gebohrt iſt, welcher die Pfeife SVT genau verſchließt und Kopf genannt wird. Bläſt man nun in die Röhre durch die Mündung S, die zu dieſem Zweck mit Fleiß verengert iſt, ſo muß der Luftſtrom, um zu entweichen, durch die Rinne des Mundſtücks hindurchſtreichen. Da jedoch die Rinne im Verhältniß zum Durchmeſſer der Pfeife SVT ſehr klein iſt, ſo bewirkt ein hinlänglich ſtarkes Blaſen, daß die Luft, indem ſie ſich hineinzutreten beeilt, die Zunge AL gegen die Rinne andrückt und dieſelbe ſo verſchließt. Wenn jedoch die Kraft, mit welcher der, durch die Rinne hindurchgeſtrichene, Antheil Luft gegen die äußere Luft andrängt, erſchöpft iſt, ſo äußert dieſe ſogleich ihre Gegenwirkung, welche, verbunden mit der eigenen Elaſticität der Zunge, das Erheben der letztern zur Folge hat; dann tritt die inwendige Luft abermals ein, die Zunge wird wieder angedrückt, und dies abwechſelnde Spiel geht ſo lange fort, als noch neue Luft in die Mündung S mit hinlänglicher Geſchwindigkeit eingeblaſen wird. Setzt man dieſe Mündung auf den Canal eines Orgelblaſebalges, ſo werden die Abwechſelungen hinlänglich ſchnell, um einen Ton hervorzubringen, der gewöhnlich rauh und ſehr unangenehm iſt, wenigſtens wenn man bei dieſem Grade der Einfachheit in der Einrichtung des Apparates ſtehen bleibt. Die größere oder geringere Höhe dieſes Tons hängt hauptſächlich von der Länge ab, welche die Zunge von ihrem Befeſtigungspuncte an hat; ferner von ihrer Elaſticität, ihrem Gewichte, ihrer mehr oder weniger nach außen concaven Krümmung: denn bei Veränderung jedes dieſer Elemente ändert ſich auch die Tonhöhe, in welcher das Mundſtück erklingt.

Es verdient wohl bemerkt zu werden, daß es nicht die Zunge an ſich iſt, die durch ihre eigenthümlichen Schwingungen die Rinne des Mundſtücks wechſelsweis öffnet und ſchließt; ſondern die Luft, welche ſie dagegen und wieder davon zurück treibt. Die Tonhöhe beruht auf der größern oder geringern Schnelligkeit dieſes wechſelsweiſen Anſchlagens und Zurückgehens. Wenn der Befeſtigungspunct ſo wie die Länge der Zunge unveränderlich ſind, ſo wird die Luft eine um ſo größere Kraft nöthig haben, ſie gegen die Rinne zu treiben, je weiter dieſelbe von der Rinne abſteht. Die Vergrößerung dieſer Entfernung wird mithin ein ſelteneres Anſchlagen und eine Erniedrigung des, dadurch hervorgebrachten, Tons zur Folge haben müſſen.

Auch lehrt die Erfahrung, daß dies ſich ſtets ſo verhält. Dagegen wird ſich der Ton durch Verkürzung des freien Theils der Zunge, bei übrigens ungeänderter Anordnung, erhöhen laſſen, weil dann ihr Ende einen kürzern Weg zu durchlaufen hat, um ſich der Rinne zu nähern, ſo wie um ſich davon zu entfernen. Dieſe Abänderungen in der Länge bewerkſtelligt man mittelſt eines gebogenen Eiſendrahts Ff, die Krücke (rasette) genannt, der an die Zunge angefügt iſt, und ſie gegen die Rinne durch ſeine Federkraft angedrückt erhält. Durch Aufwärts- oder Abwärtsſchieben der Krücke verſetzt man den Befeſtigungspunct der Zunge in größere Nähe oder Ferne von ihrem freien Ende, und der Ton wird erhöht oder erniedrigt; nicht aber im Verhältniß des Quadrats der Längen der Zunge, wie ich mich durch Erfahrung überzeugt habe; welches vollends beweiſt, daß das Spiel des Mundſtücks ſich nicht auf das elaſtiſcher Streifen zurückführen läßt, die an einem Ende frei, am andern befeſtigt ſind, und vermöge ihrer eignen Elaſticität ſchwingen. Uebrigens iſt die Tonhöhe des Mundſtücks durch die Schnelligkeit der Schläge, deren es fähig iſt, ſo feſt beſtimmt, daß ſie die nämliche bleibt, durch welches Gas man auch das Mundſtück zum Tönen bringen mag.

Der Luftſtrom, der die Zunge zum Schwingen bringt, wirkt nicht allein im Hindurchſtreichen durch die Rinne auf dieſelbe, ſondern modificirt auch ihre Bewegungen je nach der geringern oder größern Schnelligkeit, mit der er ausſtrömt und neuer Luft Platz macht. Eine nothwendige Folge von dieſer wechſelſeitigen Gegenwirkung iſt, daß die Geſtalt der, an die Mundſtücke angeſetzten, Pfeifen einen ſehr bedeutenden Einfluß auf die Beſchaffenheit ihrer Töne äußert. Die hellſten Töne erhält man durch kegelförmige Pfeifen, die ſich nach der äußern Luft zu erweitern, Fig. 47. Ein umgekehrter Kegel Fig. 48, giebt einen dumpfen Ton. Zwei ſolche Kegel aber, mit ihren Grundflächen aneinandergeſetzt, und an das Ende einer langen kegelförmigen Röhre gefügt, Fig. 49, geben dem Tone Rundung und Stärke. Ueberhaupt, wenn die Schwingungen des Mundſtücks regelmäßig und wohltönend ausfallen ſollen, müſſen ſie zu der Bewegung der Luft in der Röhre, in welcher das Mundſtück tönt, paſſen. Vorzüglich bemerklich macht ſich das Erforderniß dieſer Bedingung bei langen und dünnen Röhren, wie bei dem Hautbois und der Clarinette. Auch ſind dieſe Inſtrumente mit Seitenlöchern verſehen, die, in Verbindung mit dem Zuſammendrücken der Lippen, dem Muſiker verſtatten, die Einſtimmung hervorzubringen, welche erfordert wird.

Der Ton der Mundſtücke, ſo wie ich ſie hier beſchrieben habe, iſt immer rauh und ſchreiend, wovon der Grund in dem Anſchlagen der Zunge an die feſte Maſſe des Mundſtücks liegt; allein durch eine glückliche, eben ſo einfache, als ſinnreich erdachte, Modification hat Grenié, ein einſichtsvoller Muſikliebhaber, allen dieſen Mängeln abgeholfen, und dafür den Mundſtücken Eigenſchaften gegeben, die ihnen zuvor abgiengen. Zu dieſem Zweck verfertigt er den rinnenartig ausgehöhlten Theil des Mundſtücks aus Holz oder Kupfer, aber mit ſcharfen Kanten und in Geſtalt eines Parallelepipedums. Die Zunge wird durch einen vollkommen ebenen, und in Geſtalt eines Rechtecks geſchnittenen, Meſſingſtreifen gebildet, ſo daß ſie die offene Fläche des Mundſtücks ganz oder faſt ganz ausfüllt. Eine ausnehmend feſte und maſſive Krücke r r hält dieſe Zunge in der gehörigen Höhe feſt, und beſtimmt unwandelbar den Punct, von welchem an ſie ſchwingen muß. Setzt man nun dies Mundſtück auf den Stiefel BCS und bläſt durch das Loch S, ſo treibt die zuſammengedrückte Luft, da ſie zwiſchen der Zunge und den Wänden der Rinne keinen oder faſt keinen Ausgang findet, die Zunge in die Rinne hinein. Nachdem nun eine kleine Luftmenge eingetreten iſt, kehrt die Zunge vermöge ihrer natürlichen Elaſticität zu ihrer erſten Lage zurück; ſo daß ſie der Luft aufs Neue den Durchgang verſchließt; allein die Geſchwindigkeit, die ſie bei dieſer Rückkehr erlangt hat, bewirkt, daß ſie ſogleich über dieſen Punct hinausgeht, und ſich nach der entgegengeſetzten Richtung entfernt, wobei ſie die Luft vor ſich hertreibt, bis der Widerſtand, den ſie erfährt, verbunden mit ihrem Elaſticitätsbeſtreben, ſie anhält und abermals zu ihrer erſten Lage zurückführt, von wo die Luft ſie ein zweitesmal in die Röhre hineintreibt. Dies iſt die Bewegungsart, wie man ſie ſich in ihrer größten Allgemeinheit vorſtellen muß; und durch Hrn. Grenié's Gefälligkeit habe ich Gelegenheit erhalten, ſie in der Erfahrung nachgewieſen zu ſehen, indem er eins ſeiner Mundſtücke in einen Stiefel von Glas ſetzte, ſo daß man die Schwingungen der Zunge beobachten konnte. Begreiflich müſſen ſolche Schwingungen, wenn ſie hinlänglich raſch erfolgen, einen Ton hervorbringen, eben ſo wie die Schwingungen an den gewöhnlichen Mundſtücken, nur mit dem wichtigen Unterſchiede, daß der Ton einen ohne Vergleich ſanftern, wohltönendern, gleichmäßigern Klang erhält, weil der Kupferſtreifen, anſtatt an Holz, Kupfer oder Leder anzuſchlagen, die immer einen ungleichförmigen und unſanften Widerſtand leiſten, hier blos eine vollkommen homogene, zuſammendrückbare und elaſtiſche Flüſſigkeit, wie die Luft, gegen ſich ſelbſt zurücktreibt. Auch bemerkt man an Grenié's Mundſtücken nichts von dem rauhen und ſchreienden Ton, der an den gewöhnlichen ſo unangenehm ins Ohr fällt, und ſelbſt bei den Inſtrumenten nicht ganz verſchwindet, wo das Spiel des Mundſtücks durch die Lippen modificirt wird. Ihre höchſten, wie die tiefſten Töne ſind ſo ſanft und rein als bei Flötenwerken; und man ſieht leicht ein, daß bei der Art, wie die Schwingungen an ihnen vorgehen, dem ſo ſeyn muß.

Ein andrer wichtiger Punct, der bei **Grenié's** Einrichtung in Betracht kommt, iſt die Feſtigkeit der Zungen und der Krücken, durch welche ſie gehalten werden. Die Stärke jeder Zunge iſt in ein ſolches Verhältniß zur Weite der Öffnung des Mundſtücks gebracht, welche ſie bedeckt, daß der Luftſtrom, welcher auf ſie drückt, ihr nie mehrere Biegungen um ihre Axe annehmen laſſen kann; und da ihre Länge bei der Unverrückbarkeit der Krücke unveränderlich iſt, ſo folgt daraus, daß, mit welcher Gewalt auch der Wind auf die Zunge drücken mag, die Tonhöhe unverändert bleiben muß. Ein verſtärkter Wind hat alſo keine andre Wirkung, als die Zunge zu weitern Excurſionen zu bringen und ſo den Ton anwachſen zu laſſen; ein Anwachſen, welches der Orgelſpieler in ſeiner Gewalt hat, indem er es mittelſt eines Pedales regulirt, das einen, mit Federn verſehenen, Blaſebalg in Bewegung ſetzt. So vermag er nach Belieben ſchwache oder ſtarke Töne hervorzubringen, und von einem dieſer Extreme zum andern durch ein ſo regelmäßiges, ſo anhaltendes crescendo überzugehen, als mittelſt der Stimme, oder ſolcher Inſtrumente, bei welchen der Ton durch das Spiel der Lippen modificirt wird, erreichbar iſt.

Die Luft, welche die Zunge in Schwingung verſetzt hat, entweicht durch offne, kegelförmig ausgeweitete und halbkugelförmig ſich endigende, Röhren, Fig. 51. Dieſe Erweiterung giebt, wie ſchon erwähnt, dem Ton Rundung und Stärke. Hier, wie bei den gewöhnlichen Mundſtücken, giebt es für jede Länge der Zunge eine Pfeifenlänge, die am vortheilhafteſten iſt und welche die Erfahrung kennen lehrt. Weicht man zu ſehr davon ab, ſo ſpricht das Mundſtück ſchlecht oder gar nicht an. **Grenié** hat nach dieſem Modell Zungenpfeifen verfertigt, die den Ton einer offenen ſechzehnfüßigen Orgelpfeife mit einer wirklich bewundernswerthen Reinheit, Stärke und Regelmäßigkeit geben. In dieſem Fall iſt die Zunge ein Kupferſtreifen von 0^{m}, 240 (8 Zoll 10 L.) Länge, 0^{m}, 035 (1 Zoll 3 L.) Breite und 0^{m}, 003 (1, 3 L.) Dicke. Ihre Schwingungen üben eine ſolche Gewalt aus, daß ſie die Röhre, welche zur Verlängerung dient, den Stiefel, in den das Mundſtück eingeſetzt iſt, ſelbſt den Fußboden und alle, in der Nähe befindlichen, elaſtiſchen Körper zum Erzittern bringen.

Da ſich nun aus dieſer Theorie ergiebt, daß der Ton der Rohrwerke unmittelbar durch die Schwingungen ihrer Zungen hervorgebracht wird, und daß die Schnelligkeit dieſer Schwingungen von den Dimenſionen der Zungen abhängt, ſo erhellt, daß die Höhe des Tons vollſtändig durch dieſe Umſtände beſtimmt iſt, und unabhängig von der Beſchaffenheit des Mittels, in welchem die Schwingungen vor ſich gehen, ſo daß ſich die Tonhöhe bei den Rohrwerken in allen Gasarten gleich bleiben muß. Wirklich zeigt ſich auch dies durch die Erfahrung beſtätigt. Um mich davon zu überzeugen, ſchraubte ich den Stiefel eines freien Mundſtücks an einen Hahn mit weiter Durchbohrung, der an dem obern Theil einer Glasglocke angebracht war; und umhüllte die Ausgangsröhre mit einer Blaſe, die ich zuſammengedrückt hatte, um die Luft herauszutreiben. Darauf ſetzte ich die Glocke über eine Wanne voll Waſſer, Fig. 52. und ſenkte ſie allmälig ein, ſo daß die Luft durch den Hahn in das Mundſtück ſtieg, und es zum Anſprechen brachte. Ich bemerkte den Ton, den es unter dieſen Umſtänden gab; nahm darauf die Blaſe ab, um alle hineingetretene Luft entweichen zu laſſen, brachte ſie wieder an ihre Stelle und füllte die Glocke mit Waſſerſtoffgas an, welches ſich ſolchergeſtalt nur mit dem ganz geringen Antheil atmoſphäriſcher Luft gemiſcht befand, den der Stiefel des Mundſtücks enthielt. Ich tauchte nun abermals die Glocke in Waſſer, ſo daß das Mundſtück durch das Waſſerſtoffgas zum Tönen gebracht wurde; allein die Tonhöhe zeigte ſich nicht im geringſten anders, als beim vorigen Male. Soll dieſer Verſuch gut glücken, ſo muß man ſich eines freien Mundſtücks, dergleichen die von Grenié ſind, bedienen, weil dies die einzigen ſind, die vermöge ihrer vollkommenen Einrichtung bei jeder Schnelligkeit des, durch ſie hindurchſtreichenden, Luftſtroms ſich auf der nämlichen Tonhöhe behaupten.

Die, hier in Bezug auf das Spiel der Mundſtücke auseinandergeſetzte, Theorie hat noch neuerlich ihre Beſtätigung durch die Wirkungsart einer, von Cagniard Latour neu erfundnen und von ihm Sirene genannten, Maſchine erhalten, welche in Fig. 53 dargeſtellt iſt. Das Weſentlichſte ihrer Einrichtung beruht darin, daß ein anhaltender Luftſtrom durch eine kleine Mündung tritt, vor welche man eine, um ihre Mitte bewegliche, kreisförmige Scheibe anbringt, deren Rotationsbewegung entweder durch die Wirkung des Luftſtroms ſelbſt oder unmittelbare Anbringung einer mechaniſchen Potenz vermittelt wird. Die Scheibe iſt an dem Theile ihrer Oberfläche, der ſucceſſiv vor die Mündung tritt, mit einer gewiſſen Anzahl Oeffnungen durchbrochen, die eine ſchiefe Richtung gegen ihre Ebne haben, damit der Impuls des Luftſtroms beim Durchſtreichen durch dieſelben ſo zerlegt werde, daß ſich die Scheibe wie ein gewöhnliches Flugrad drehe. Dieſe Löcher ſind übrigens in einem, mit der Axe concentriſchen Kreis gereiht, und ſo gleich als möglich aus einander geſtellt. Die Bewegung der Scheibe bringt dieſe Löcher ſucceſſiv vor die Mündung, aus welcher der Luftſtrom heraustritt, und ſie verſtatten ihm hierbei den Durchgang. Allein da ſie nur einen Augenblick auf der Richtung jedes Luftſtrals verharren, ſo findet ſich derſelbe ſogleich wieder durch die Ankunft des darauf folgenden vollen Zwiſchenraums aufgehalten. Dieſe Abwechslungen des Vollen und Leeren, die ſich mit Schnelligkeit folgen, bringen alſo im Luftſtrom gerade ſolche Intermiſſionen hervor, als die Schwingung der Zunge der Mundſtücke, wenn ſie die Rinne, durch welche die Luft entweicht, abwechſelnd öffnet und ſchließt. Auch entſteht gleicherweiſe ein Ton dadurch, deſſen Höhe, wie bei den Mundſtücken, von der Anzahl der Intermiſſionen abhängt, die ſich in der Secunde folgen. Die Sirene gewährt aber hierbei den Vortheil, daß ſich die Bewegung der Scheibe meſſen und die Zahl ihrer Umdrehungen durch irgend ein mechaniſches Mittel ſchätzen läßt; worauf man die Zahl der, in einer Secunde Statt habenden, Intermiſſionen nach der gegebenen Anzahl der Oeffnungen berechnen und dieſe Zahl mit der Höhe des dabei erfolgten Tons vergleichen kann; während bei den Mundſtücken die Zahl der Schwingungen nicht meßbar iſt. Durch einige Verſuche, die Cagniard auf ſolche Weiſe anſtellte, fand er die Schwingungszahlen der Theorie entſprechend. Er fand ferner, daß ein Strom von Waſſer, der durch die Sirene hindurchgelaſſen wurde, genau denſelben Ton darin hervorbrachte, als ein Luftſtrom wenn die Zahl der Intermiſſionen in der Secunde die nämliche war; welches durch denſelben Grundſatz erklärlich wird, auf dem das Gleichbleiben der Tonhöhe der Mundſtücke beim Hineinblaſen verſchiedner Gasarten beruht.

Neuntes Capitel.

Ueber die Mittheilung der Schwingungsbewegungen.

Eine Zuſammenſtellung und Verallgemeinerung der, in den vorigen Kapiteln auseinandergeſetzten, Thatſachen wird die Anſicht faſſen laſſen, daß alle Körper, welcher Beſchaffenheit ſie auch ſeyn mögen, wofern ſie nur auf gehörige Art erſchüttert werden, Schwingungsbewegungen annehmen können, deren Schnelligkeit, Stärke und Dauer von dem Aggregatzuſtande abhängen, durch den die Theilchen des ſchwingenden Körpers verbunden ſind, von ſeiner mehr oder minder vollkommenen Elaſticität, und endlich von der Geſtalt ſeiner verſchiedenen Theile. Auch findet man, bei Unterſuchung der muſikaliſchen Inſtrumente der verſchiedenen Nationen, daß faſt alle bekannte Stoffe zu ihrer Verfertigung benutzt worden ſind.

Dieſer Schwingungszuſtand, der in der Luft die Schallwellen erzeugt, läßt ſich ſolchen Körpern nicht allein durch Wirkung einer unmittelbaren Erſchütterung einpflanzen, ſondern man kann ſie auch durch Mittheilung in denſelben verſetzen, indem man ſie in Berührung mit ſchwingenden Körpern bringt, deren Oscillationen ſie theilen. So erzittert der trockne und elaſtiſche hölzerne Kaſten, welcher den Körper der Violine, des Pianoforte's, der Harfe, des Baſſes bildet, mit Widerhall, wenn die Saiten dieſer Inſtrumente beim Tönen ihren Einfluß auf ihn ausüben; und je nachdem ſein Gefüge ihn für dieſen Einfluß mehr oder weniger empfänglich macht, giebt er den Ton, den die Saiten für ſich urſprünglich ſchwach hervorgebracht haben, mit mehr oder weniger Fülle und Richtigkeit verſtärkt wieder. Um dieſe Erſcheinung recht merkbar zu machen, muß man ſich einer eiſernen Stimmgabel bedienen, wie ſie in Fig. 20 vorgeſtellt iſt, und wie man ſie braucht, die Tonhöhe welche die Fortepiano's erhalten ſollen, feſtzuſtellen. Nachdem man ſie mehreremale für ſich hat ſchwingen laſſen, und die Stärke des Tons bemerkt, den ſie hervorbringt, ſtelle man ſie auf den Kaſten des Pianoforte's, in dem alle Metallſaiten eingeſchloſſen ſind. Sogleich wird der Ton, ohne Veränderung ſeiner Höhe, lauter werden, und eine Stärke erlangen, die er vorher bei Weitem nicht beſaß. Will man dieſe Verſtärkung noch auffallender machen, ſo ſetze man die Stimmgabel erſt auf den Kaſten, nachdem ihr eigner Ton ſo weit geſchwächt iſt, daß man ihn für ſich kaum mehr hört; ſogleich wird er wieder vernehmlich werden; ja lauter, als ihn die Stimmgabel beim Anfang ihrer Schwingungen in der Luft für ſich gab. Es leuchtet ein, daß hierbei die Schwingungsbewegung der Stimmgabel ſich durch die Luft und den feſten Stoff, aus dem der Kaſten beſteht, allen den Metallſaiten mittheilt, die ihrer Totallänge oder ihren Unterabtheilungen nach in dieſelbe zu gerathen vermögen; ſo wie ſie ſich auch der Subſtanz des Kaſtens ſelbſt mittheilt; denn legt man die Hand auf die Bretter, aus denen er beſteht, ſo fühlt man ihre Erzitterungen.

Von welcher Art aber iſt die Bewegung, die dem Reſonanzboden, ſey es durch eine über ihn hinweg geſpannte Saite oder auch durch einen daraufgeſetzten ſchwingenden Körper, wie die Stimmgabel, mitgetheilt wird? Um ſich hierüber zu belehren, ſtellte Savart folgenden Verſuch an. Ueber ein recht dickes hölzernes Lineal, Fig. 34, ſpannt man eine Violinſaite, die man über einen hölzernen Steg gleich dem der gewöhnlichen Violinen laufen läßt; anſtatt aber die Füße dieſes Stegs auf das Brett ſelbſt aufzuſetzen, auf welchem die Anheftungspunkte der Saite befindlich ſind, läßt man ſie von einer runden Blechſcheibe tragen, deren untere Fläche vom Bret durch zwei kleine Klötzchen von Kork oder Holz geſchieden iſt. Nach ſo getroffener Anordnung ſtreut man feinen und trocknen Sand auf die Scheibe, und lockt durch Streichen mit einem Bogen einen Ton aus der Saite hervor. Sogleich geräth der Sand in Bewegung, wie bei den Chladniſchen Verſuchen, und ordnet ſich eben ſo in eine beſtimmte Klangfigur an. Aendert man den Ton der Saite durch größere Spannung oder durch Nachlaſſen derſelben, ſo ändert ſich auch die Klangfigur, und ſelbſt bei den geringſten Abänderungen in der Tonhöhe treten entſprechende Abänderungen der Klangfigur ein. Wie man ſieht, geräth bei dieſem Verſuche die Oberfläche der Metallſcheibe, auf welcher der Steg ruht, ganz und gar in Bewegung durch den Einfluß, den ſie durch die Pulſationen des letztern erfährt; und ihre Bewegung muß hierbei dieſelben Perioden als dieſe Pulſationen halten. Sie theilt ſich dem zufolge ab, um dieſer Bedingung Genüge zu leiſten; und die Knotenlinien, die ſich auf ihrer Oberfläche bilden, ſind in jedem Fall ſolche, durch welche ſie auf die, zu der Schwingungsart, der ſie ſich anpaſſen muß, erforderliche Art abgetheilt wird. So erfolgen ihre Excurſionen ſynchroniſtiſch mit denen der Saite, von der ihre Bewegung durch Mittheilung urſprünglich vermittelt wird; und wahrſcheinlich findet umgekehrt ein rückwirkender Einfluß auf die Saite durch die Schwingungsart Statt, in welche nicht nur die Scheibe, ſondern auch das hölzerne Lineal, auf welchem ſie ruht, und ſelbſt die Unterlagen, die das Ganze unterſtützen, gerathen. Die Saite, die Scheibe, das Lineal und die Unterlagen ſtellen ſo ein, ein Ganzes ausmachende, Syſtem dar, deſſen Schwingungen unter einander zuſammenſtimmen, obwohl ſie auf verſchiedene Art vor ſich gehen. Die Höhe oder Tiefe des Tons, den dieſes Syſtem von ſich giebt, und welcher von der Schnelligkeit, mit der es ſeine Schwingungen vollbringt, abhängt, wird urſprünglich durch die, der Saite ertheilte, Spannung beſtimmt, und ſeine Intenſität hängt von der Summe der Impulſe ab, welche der umgebenden Luft durch alle ſchwingenden Theile des Syſtems eingeprägt werden.

Welches iſt nun aber der Mechanismus, durch welchen die, der Saite durch den Bogen unmittelbar ertheilte, urſprüngliche Erſchütterung ſich zum Steg und von da zur Scheibe fortpflanzt? Dieſe Frage hat Savart durch die beiden folgenden Verſuche aufs Befriedigendſte gelöſt. Auf eine feſte Unterlage PP'', Fig. 11, befeſtigt er ſenkrecht zwei hölzerne Breter SP, S'P''; fügt dann an S'P'' in b' ein Bretchen, parallel mit der Unterlage, und eben länger als dies bS, an, und ſchließt die Verbindung von b' mit S noch vollends durch eine Violinſaite, die er mit einem Ende an S, mit dem andern an C, dem Endrande des Brettchens CS' befeſtigt. Nachdem er nun dies Brettchen mit trockenem und feinem Sande beſtreut hat, ſtreicht er die Saite CS mit einem Bogen, dem er ſucceſſive verſchiedene Neigungen gegen die Oberfläche des Brettchens giebt. Dieſe Verſchiedenheit, welche die Tonhöhe des Syſtems ungeändert läßt, bringt verſchiedene Knotenlinien auf dem Brettchen CS' hervor. Wird der Bogen parallel mit der Oberfläche des Brettchens bewegt, ſo zeigt die Bewegungsart des Sandes, daß ſeine Schwingungen tangential ſind; auch haben die Knotenlinien die, dieſer Schwingungsart zukommende, Geſtalt und ſind auf den beiden entgegengeſetzten Flächen diſſymmetriſch. In dem Maße als der Bogen geneigt wird, ändert ſich auch ihre Geſtalt; hat er endlich eine, auf die Oberfläche des Brettchens ſenkrechte, Richtung angenommen, ſo deutet die Bewegung des Sandes auf eine ganz normale Schwingungsart, auch ſind die Knotenlinien ſo beſchaffen, wie ſie bei einer ſolchen Schwingungsart ſeyn müſſen und entſprechen ſich genau auf den beiden Gegenflächen des Brettchens. Alles dies zeigt mithin aufs Deutlichſte, daß die Saite den Theilchen des Brettchens in C die nämliche Richtung der Bewegung einprägt, nach welcher ſie ſelbſt ſchwingt; daß dieſe Theilchen ſie zunächſt ihren benachbarten mittheilen, dieſe wieder andern, und ſo fort durch das ganze Brettchen hindurch, mit Beibehaltung immer der nämlichen Richtung.

Dies wichtige Reſultat findet ſeine Beſtätigung auch noch durch einen andern Verſuch Savarts, der durch Fig. 30 erläutert wird. PP' iſt auch hier ein feſter Träger, an welchem, wie vorhin, zwei ſchmale Brettchen PS, P'S' in ſenkrechter Richtung befeſtigt ſind. Die Enden S, S' dieſer beiden Brettchen ſind aber durch eine Violinſaite verbunden, welche durch die Mitte einer kreisförmigen Holzſcheibe AA geht, die an der Mitte der Saite durch bloße Reibung feſtgehalten wird. Man hält den Apparat ſo, daß die Saite vertical, die Scheibe horizontal iſt, beſtreut letztere mit feinem und trockenem Sande, und ſtreicht die Saite der Quere nach mit einem Violinbogen. Sogleich zeigt ſich durch die Bewegungen des Sandes auf der Scheibe und die Geſtalt der Knotenlinien, daß in der Scheibe Längenſchwingungen vorgehen. Auch hier iſt immer die Richtung der Bewegungen des Sandes der Richtung der Bewegungen des Bogens parallel; und die concentriſche Klangfigur, welche ſich auf der Scheibe bildet, ändert ſich zugleich mit dieſer Richtung ab, welches ganz auf die nämlichen Geſetze der Mittheilung führt, die uns durch den erſten Verſuch angedeutet worden waren.

Dieſe Totalſchwingung, in welche Scheiben und Streifen und ſoſter Maſſe in Folge mitgetheilter Bewegung gerathen, iſt ein Reſultat von großer Wichtigkeit in Bezug auf die uns beſchäftigende Frage; indem es auf augenſcheinliche Weiſe die Erſchütterungsart nachweiſt, in welche die Reſonanzböden der muſikaliſchen Inſtrumente durch den Einfluß der, über ſie hinweggeſpannten, Saiten gerathen. Dieſe Reſonanzböden ſchwingen hienach auch nach Art der Scheiben, d. h. indem ſie ſich in verſchiedne ſchwingende Theile abtheilen, die durch den Ton, den ſie hervorbringen müſſen, beſtimmt ſind, und deren Größe und Geſtalt von der Geſtalt des Reſonanzbodens und dem Grade der Elaſticität, mit dem ſeine verſchiednen Theile begabt ſind, abhängt. Savart hat dieſe Reſultate auf das Entſcheidendſte an einer Violine aus ebenen Holztafeln dargethan, auf welche er feinen und trocknen Sand ſtreute; ſtrich er nämlich mit einem Bogen eine der darüber geſpannten Saiten, ſo erzitterten die Tafeln ſogleich in ihrer ganzen Ausdehnung und theilten ſich von freien Stücken in verſchiedne Theile ab, welche durch Knotenlinien geſchieden waren, nach denen der Sand hinfloh, und deren Geſtalt ſich mit der Höhe des Tons, den die Saite gab, abänderte. Es iſt hieraus erſichtbar, von wie großem Einfluß die glückliche Wahl eines Holzes mit beweglichen und leicht erregbaren Faſern auf die Güte muſikaliſcher Inſtrumente ſeyn muß; allein nur durch die Erfahrung kann man ſich von dieſen Eigenſchaften verſichern. Man hat im Allgemeinen klingende, trockne, elaſtiſche, recht gleich gefaſerte Hölzer zu wählen und durch ähnliche Verſuche, als die hier beſchriebenen, zu prüfen, ob ſie in allen ihren Theilen gleichförmig klingend ſind. Und nach allem dieſen muß man noch geeignete Saiten für das Inſtrument aufſuchen, indem manche Saite ſchlecht auf einer Violine klingt, die einen guten Ton auf einer andern giebt. Es ſcheint auch, als ob durch die Zeit die Reſonanztafeln an Vollkommenheit gewännen und ihre Fibern durch öftere Bewegung mehr Leichtigkeit erhielten in dieſelbe zu gerathen. Für geübte Ohren ſind dieſe Verſchiedenheiten ſo bemerklich, daß ein geſchickter Violinſpieler mit geſchloſſenen Augen Violinen, die von einem geſchickten Verfertiger derſelben, wie Amati oder Guarnerius herrühren, blos nach der Beſchaffenheit ihres Klanges zu unterſcheiden vermag, und umſonſt würde der eine Nachbildung derſelben verſuchen, dem nicht eben ſo vollkommene Materialien zu Gebote ſtänden. Eine Violine von Amati kann man zwanzigmal aus einander nehmen, ohne daß ſie etwas von ihren Vorzügen verliert. Bildet man, nachdem man ſie in dieſen Zuſtand verſetzt hat, jedes einzelne Stück derſelben mit der ängſtlichſten Treue nach, ſo wird man zwar dadurch ein Inſtrument von ganz gleicher Geſtalt erlangen können; allein ſetzt man nun beide zuſammen, ſo wird ſich bei Prüfung derſelben die erſtre immer als eine vortreffliche Violine zeigen, während die zweite ſehr mittelmäßig, oder wohl gar ſchlecht ſeyn kann.

Die Mittheilung der Schwingungen bei den muſikaliſchen Inſtrumenten geſchieht nicht allein auf unmittelbarem Wege von den erſchütterten Saiten zu den Tafeln, an welche man ſie befeſtigt, ſondern erfolgt auch durch alle feſte Zwiſchenkörper hindurch, welche mit dem Inſtrument ſelbſt ein Ganzes ausmachen. Auch dies hat Savart durch eine Menge ſinnreicher Verſuche aufs Klarſte dargethan. Man nehme z. B. zwei kreisförmige Scheiben von Holz von gleichen Dimenſionen und von der nämlichen Beſchaffenheit, ſo daß beide den nämlichen Ton durch die nämliche Schwingungsart hervorbringen, wenn ſie jede für ſich erſchüttert werden. Man verbinde beide Scheiben mit einander durch ein, in ihrer Mitte und ſenkrecht auf ihre Ebene mit etwas Siegellack oder feſtem Maſtix zu befeſtigendes, Holzſtäbchen, faſſe dies Stäbchen mit den Fingern, ſo daß beide Scheiben horizontal werden, beſtreue ihre obern Flächen mit feinem und trocknem Sande, und verſetze nun eine derſelben in Schwingung, indem man ihren Rand mit einem Violinbogen ſtreicht. Die geſtrichene Scheibe theilt ſich auf eine gewiſſe Art ab, welche von dem Ton, den ſie giebt, abhängt, und durch den Sand bemerklich gemacht wird, der ſich auf den Knotenlinien ſammelt. Die andre Scheibe nun, die nicht unmittelbar erſchüttert wurde, und nur durch den gemeinſchaftlichen Stiel eine Bewegung mitgetheilt erhalten konnte, theilt ſich ebenfalls von freien Stücken und auf die nämliche Art als die erſte Scheibe ab, wie ſich aus der Anordnung des Sandes auf ihrer Oberfläche ergiebt; und wenn ſie, anſtatt mit der erſten für ſich gleichtönend zu ſeyn, von ihr im Durchmeſſer oder der Dicke abweicht, ſo nimmt ſie, in Rückſicht auf die Verſchiedenheit dieſer Elemente, eine ſolche Untereintheilungsart an, daß ſie doch noch den nämlichen Ton giebt. Savart fand, daß ſich dieſe Fortpflanzung nicht blos auf zwei Scheiben und einen einzigen Stiel beſchränkt, ſondern eben ſo durch eine beliebige Anzahl untereinander angebrachter Scheiben und Stiele hindurch Statt hat. Die, urſprünglich einer einzigen eingepflanzte, Schwingungsbewegung pflanzt ſich zu allen andern mit derſelben Leichtigkeit fort.

Ein bemerkenswerther, von Savart nachgewieſener, Umſtand iſt, daß die Töne eines ſolchen Syſtems von Scheiben etwas von dem Tone abweichen, den jede einzelne Scheibe geben würde, wenn ſie für ſich auf die nämliche Art ſchwänge; er fand, daß eine ſolche Modification der zugehörigen Töne überhaupt bei der Bewegung der Körper, die durch ihrer Verbindung zugleich zu ſchwingen genöthigt ſind, Statt hat.

Dieſe Mittheilung der Bewegung unter den verſchiednen Körpern, welche zuſammen ein Syſtem von feſter Maſſe bilden, geſchieht bald durch transverſale bald durch longitudinale Schwingungen, wie die, dem Sand durch dieſelben eingepflanzte, Richtung beurkundet. Dies durch ein genügendes Beiſpiel nachzuweiſen, wollen wir, nach Savart's Vorgange, den Fall vor Augen nehmen, wo das Syſtem aus irgend einer Zahl flacher Glasſtäbe beſteht, die rechtwinklich über einander, nach der in Fig. 57 vorgeſtellten, Art angeordnet ſind. Setzt man nun den erſten Stab AB in Schwingung, gleich viel ob transverſal oder longitudinal, ſo wird die Bewegung durch ſucceſſive Mittheilung zu allen andern Stäben fortgepflanzt, ſo daß ſie immer abwechſelnd in denſelben als transverſale oder longitudinale Schwingungsart auftritt. Wird z. B. der erſte Stab des Syſtems der Quere nach mitteiſt eines Bogens erſchüttert, ſo geräth er in transverſale Schwingungen, die mithin nach der Längenrichtung des zweiten, auf den erſten ſenkrecht aufgeſetzten, Stabes vorgehn, und indem ſie an ſein Ende antreffen, dieſelbe Wirkung auf ihn ausüben, die ein feſter Cylinder, der ihn nach der Richtung ſeiner Länge an ſeinem Ende ſtieße, hervorbringen würde; d. h. ſie verſetzen ihn in longitudinale Schwingungen. Gelangen nun dieſe zum dritten Stabe, ſo treffen ſie ihn in einer, auf ſeine Länge ſenkrechten, Richtung und beſtimmen ihn dadurch zu einer transverſalen Bewegung, die hinwiederum den folgenden Stab longitudinal erſchüttert; und in welcher Anzahl immer die Stäbe vorhanden ſeyn mögen, ſtets wird ſich die urſprüngliche Erſchütterung auf ſolche Art ſucceſſiv zu allen, einmal als longitudinal, das andremal als transverſal auftretend, fortpflanzen. Würde dagegen der erſte Stab longitudinal erſchüttert, ſo würde nach demſelben Geſetze der mit ſich parellelen Fortpflanzung, der zweite Stab in transverſale, der dritte in longitudinale Schwingung gerathen u. ſ. f. Dieſe ſucceſſiv eintretenden relativen Umwandlungen der Bewegungen erfolgen mit vollkommner Regelmäßigkeit und einmal wie das andre; denn bildet man ein Syſtem, in welchem alle Stäbe, die auf der Stufe der ungeraden Zahlen in der Reihenfolge ſtehen, ſo wie alle, die Stufen der geraden einnehmende, unter ſich dem Stoff und den Dimenſionen nach gleich, obwohl die eine dieſer Reihen von der andern verſchieden ſind, ſo ergiebt ſich aus der Anſicht der Knotenlinien und der Bewegungen, die der Sand annimmt, daß alle Stäbe einer und derſelben Reihe genau die nämliche Schwingungsart annehmen und mithin den nämlichen Ton geben. Es müſſen übrigens, dem oben Erwähnten zufolge, diejenigen dieſer Stäbe, welche in longitudinale Schwingung gerathen, je möge der Art ihrer Bewegung, auf ihren beiden Flächen ungleich angeordnete Knotenlinien zeigen; was auch die Erfahrung wirklich beſtätigt. Leicht kann man ſich davon überzeugen, wenn man den Verſuch mit dem Aufſtreuen des Sandes erſt in einer Lage des Syſtems vornimmt, und dann nach verticaler Umkehrung deſſelben wiederholt; man findet hiebei, daß dieſer Gegenſatz der Knotenlinien von einem Stabe zum andern durch die ganze Reihe in abwechſelnder Folge durchgeht; ſo daß ſich das nämliche Syſtem von Knotenlinien immer auf den, einander zugekehrten, Flächen bildet; wonach denn die Flächen, die nach derſelben Seite des Raums hinſehen, wechſelsweis verſchiedne Syſteme von Knotenlinien zeigen. Wie viel Elemente man übrigens zu dem Syſteme rechtwinklich zuſammengefügter Stäbe übereinander bauen mag, ſtets wird, wenn man den erſten Stab immer auf die nämliche Art erſchüttert, auch der letzte immer in die nämliche Schwingungsart gerathen, durch wie viel Abwechslungen auch beide geſchieden ſeyn mögen; und die Bewegungsart des letzten findet ſich ſonach einzig durch die Beziehungen beſtimmt, in denen er zu dem, unmittelbar mit ihm in Verbindung befindlichen, Stabe ſteht.

Dieſer Verſuch Savarts iſt in ſo fern von großer Wichtigkeit, als er aufs Deutlichſte zeigt, daß die Schwingungsbewegung durch die ſucceſſiven Umwandlungen, die ſie erfährt, in ihrer urſprünglichen Periodicität nicht abgeändert wird. Hieraus fließt unmittelbar eine ſehr ſchwierige Aufgabe für die Mechanik; nämlich zu zeigen, wie die longitudinalen Schwingungen, die in frei ſchwingenden Streifen im Allgemeinen ohne Vergleich raſcher geſchehen als die transverſalen bei gleichen Längen der Streifen, ſich doch unter dieſen Umſtänden ſo zu modificiren vermögen, daß die ſecundären Erſchütterungen, die ſie hervorbringen, die für die transverſale Bewegung erforderliche Langſamkeit haben, welche durch die Beſchaffenheit des entſtehenden Tons beurkundet wird, und wie umgekehrt die transverſalen Schwingungen ſich ſo modificiren können, daß ſie durch ihren Stoß die, den longitudinalen Schwingungen zukommende, Schnelligkeit wieder hervorbringen? Die Anſicht der Knotenlinien iſt das einzige Mittel, wodurch man zur Kenntniß, wo nicht der mechaniſchen Art des Vorgangs, wenigſtens des Reſultats, zu dem dieſe ſucceſſive Umwandlung führt, gelangen kann. Nun fand Savart bei Anſtellung dieſer Beobachtung, daß die Knoten auf den longitudinal ſchwingenden Stäben des Syſtems weiter aus einander rücken, auf den transverſal ſchwingenden dagegen näher zuſammentreten; ſo daß die longitudinale Bewegung der erſtern mit einer ſolchen überkommt, die freien Stäben von einer weit größern Länge angehören würde, während die transverſale Bewegung der andern von der Art iſt, wie ſie weit kürzern freien Stäben zukäme; woraus eine Compenſation hervorgeht, welche den Iſochronismus der

Perioden dieſer beiden Schwingungsarten, und mithin das Uebereinſtimmen ihrer Töne beſtehen läßt. Ueberhaupt gilt in dieſer Hinſicht der, von Savart nachgewieſene, allgemeine Satz, daß, wenn ein elaſtiſcher Streifen von Holz, Glas oder Metall an einen feſten Körper von ſo bedeutender Maſſe befeſtigt iſt, daß er den, letzterm zugehörigen, Ton nicht merklich zu modificiren vermag, er eine ſolche Dispoſition annimmt, bei welcher er Schwingungen ausüben kann, die mit den, für dieſen Ton erforderlichen, iſochroniſch ſind; und iſt ihm z. B. eine ſolche Stellung gegeben, daß er longitudinale Schwingungen machen muß, wenn der Körper, mit dem er in Verbindung ſteht, transverſale vollbringt, ſo zeigen die, auf ſeinen beiden Flächen ſich bildenden, Knotenlinien genau die Geſtalt und die Abſtände, die ſie an einem Stabe von gleicher Breite und aus demſelben Stoffe haben würden, deſſen Länge ſo beſchaffen wäre, daß er frei ſchwingend ſelbſt den gehörten Ton hervorgebracht haben würde. Dieſer, ſo wie mehrere ähnliche, Verſuche ließen Savart den ſehr wahrſcheinlichen Schluß ziehen, daß überhaupt, wenn ein Syſtem unwandelbar mit einander verbundner Körper in eine ſchwingende Bewegung kommt, welche einen anhaltenden und vernehmbaren Ton zur Folge hat, alle Theile dieſes Syſtemes gleichzeitige Bewegungen annehmen, die vollkommen die nämliche Periode halten, und mithin auch vollkommen gleiche Töne hervorbringen. Nach dieſer Bemerkung erklärt ſich ſehr wohl, wie unter gewiſſen Umſtänden die Bewegung ſchwingender Körper durch Anfügung neuer Maſſen an dieſelben, manchmal verzögert, andremal beſchleunigt, und dadurch ihr Ton erniedrigt oder erhöht werden kann. Der erſte Fall hat Statt, wenn der angefügte Körper vom ſchwingenden blos wie eine träge Maſſe mit fortbewegt wird; der andre, wenn er auch für ſein Theil in Schwingung geräth, und dadurch auf den Körper, der ihn zuerſt angeregt hatte, zurückwirkt.

Zum Schluß dieſer Erörterungen über die Mittheilung der Schwingungen durch feſte Körper führe ich noch einen intereſſanten Verſuch von Breguet an, der ihre Wirkungen in das vollſte und auffallendſte Licht ſetzt. Breguet hat Uhren verfertigt, welche er Doppeluhren (montres doubles) nennt, weil ſie in einem einzigen Gehäuſe von gewöhnlichen Dimenſionen zwei vollſtändige Räderwerke enthalten, die von einander ganz unabhängig, beide aber auf demſelben metallnen Boden befeſtigt ſind. Jedes dieſer Räderwerke ſetzt Stunden-, Minuten-, Secundenzeiger in Bewegung, deren Gang ihm einzig unterthan iſt. Obwohl nun dieſer Gang in beiden Syſtemen ſich niemals ganz gleich iſt, wenn jedes für ſich wirkt, ſo tritt doch, wenn man beide zuſammen wirken läßt, und ſie nicht ſehr im Gange von einander abweichen, bald eine vollkommene Uebereinſtimmung zwiſchen ihnen ein, vermöge des wechſelſeitigen Einfluſſes, der ſich von einem Räderwerk zum andern durch den feſten Boden der Uhr fortpflanzt, auf dem beide befeſtigt ſind. Eine dieſer Doppeluhren, welche drei Monat hindurch auf dem königlichen Obſervatorium beobachtet wurde, zeigte eine ſolche Uebereinſtimmung in den Bewegungen ihrer Räderwerke, daß die beiden Secundenzeiger immer genau die nämliche Secunde angaben, ohne in dieſer ganzen Zeit je einer hinter dem andern zurückzubleiben; obwohl vermöge kleiner, nicht zu vermeidender, Ungleichheiten, denen ſelbſt die beſten Chronometer ausgeſetzt ſind, der gemeinſame Gang des Doppelſyſtems leichte Abänderungen erfahren hatte; und was noch vollends beweiſt, daß dieſe bewundernswerthe Uebereinſtimmung durch den wechſelſeitigen Einfluß der kleinen Schwingungsbewegungen hervorgebracht wird, welche ſich von einem Syſtem zum andern durch den, beide tragenden, Boden fortpflanzen, iſt, daß beide um ſo kräftiger einander reguliren, je näher an einander ſie ſich auf dieſer Platte befinden; ſo daß man vermag einen um ſo größern Unterſchied in dem Gange, den jedes Räderwerk für ſich hat, durch ihre gegenſeitige Einwirkung auszugleichen, je näher man ſie einander rückt. Breguet glaubt, daß eine ſolche Verbindung zweier Räderwerke ſtandhafter in ſeinem gleichförmigen Gange bleibe, als ein einziges, und beſſer fremden ſtörenden Einflüſſen widerſteht.

Selbſt die Luft wird, ungeachtet ihrer geringen Maſſe, fähig, ihre eigenen Schwingungen auf ſolche Art mitzutheilen, wenn ſie in Berührung mit Körpern kommt, die dieſe Schwingungsbewegungen anzunehmen und mit ihr zu theilen vermögen. Wir haben durch dieſe Mittheilungsweiſe erklärt, warum eine Saite zu erzittern anfängt, wenn man in ihre Nähe eine andere mit ihr außer Verbindung ſtehende, in eine Schwingungsart verſetzt, deren ſie ſelbſt fähig iſt, indem ſie entweder ihrer ganzen Länge oder aliquoten Theilen nach in Bewegung geräth. So haben wir auch erwähnt, wie Savart in dieſer Mittheilungsart ein Mittel fand, geſpannte Membranen in regelmäßige Schwingung zu verſetzen. Eben ſolche Wirkungen äußert die Orgel im Großen auf die elaſtiſchen Körper, die den Schallwellen, welche ſie in der Luft erregt, große Oberflächen darbieten. Stellt man ein ſolches Inſtrument in ein Zimmer, ſo werden faſt immer einige ſeiner Pfeifen in Einklang mit einer oder mehreren Fenſterſcheiben, manchmal wohl gar mit dem ganzen Fenſter ſtehn. Dann fängt das Fenſter, ſobald man einen Ton auf dieſen Pfeifen angiebt, zu erzittern und wiederzuhallen an, und der Ton wird hiedurch um ein ſehr Bedeutendes verſtärkt.

Auf eben ſo ſcharfſinnige, als entſcheidende, Weiſe hat Savart dieſe Fortpflanzungsart auch in ihren Wirkungen auf elaſtiſche Membranen, wie Papier- oder Pergamentblätter, welche über kreisförmige hölzerne Kaſten ausgeſpannt wurden, verfolgt. Verſetzt man eine feſte Scheibe in einiger Entfernung von einer ſolchen, horizontal gehaltenen, und mit feinem und trocknem Sande beſtreuten, Membran in Schwingung, ſo theilt ſich dieſe der letztern, wie oben erörtert, ſogleich mit; allein die Richtung und Art von deren Bewegung ändern ſich hiebei ab je nach der Lage, die man der mittheilenden Scheibe gegen ihre Oberfläche giebt, auch wenn der Ton, den man dabei erhält, ſich gleich bleibt; wie dies deutlich aus den Bewegungen des Sandes und der veränderten Geſtalt der Lage der, ſich auf der Membran bildenten, Knotenlinien erhellt. Geſetzt z. B. die mittheilende Scheibe werde durch den Bogen tranverſal erſchüttert und vertical, mithin ſenkrecht auf die Oberfläche der Membran, gehalten, ſo geräth dieſe in rein tangentiale Schwingungen, deren Richtung immer ſenkrecht auf die mittheilende Scheibe, mithin parallel mit der Bewegung des, die Theilchen zur Schwingung anregenden, Bogens iſt; und dreht man die mittheilende Scheibe nach verſchiednen Puncten des Horizonts, indem man ſie immer vertical hält, ſo erfolgt eine entſprechende Drehung in der Richtung der Bewegungen der Membran; und eben ſo dreht ſich auch die Klangfigur, obwohl ihre Geſtalt an ſich die nämliche bleibt, wenigſtens wenn, wie unſre Vorausſetzung war, die Membran kreisförmig iſt, und der Ton ſich nicht ändert. So wie man aber die mittheilende Scheibe etwas gegen die Oberfläche der Membran neigt, ändert ſich auch deren Schwingungsart ab, und wird endlich ganz normal auf ihre Oberfläche, ſobald die mittheilende Scheibe ihr parallel geworden iſt. Jedes, in die Nähe der Membran gebrachte, Hinderniß, ein geneigtes Blatt Papier z. B., reicht hin, eine Abänderung in der Klangfigur hervorzubringen, indem es den freien Lauf der Luftwellen modificirt. Aus dieſen Erſcheinungen erhellt ſomit aufs Deutlichſte, daß die Luft, indem ſie die Membran in Schwingung verſetzt, ihr dieſelbe nach der nämlichen Richtung ertheilt, nach der ihr die eigene Bewegung eingepflanzt wurde, und welcher ihre Wellen folgen; ſo daß auch hier die Mittheilung der Bewegung ganz auf die nämliche Art, als zwiſchen feſten Körpern Statt hat. Auch ließ ſich dies ſchon vorausſehen; denn da die Mittheilung ſucceſſiv zwiſchen Theilchen geſchieht, die, in welchem Körper man ſie auch betrachten mag, jedenfalls von einander abgeſondert ſind, ſo muß die Richtung der mitgetheilten Bewegungen unabhängig von der größern oder geringern Annäherung der Theilchen ſeyn; und ſich mithin in allen Naturkörpern gleich verhalten.

Anſtatt durch feſte Scheiben die Schwingungsbewegungen den Membranen mitzutheilen, braucht man dieſe auch nur neben die freie

Mündung einer, an beiden Enden offenen, Orgelpfeife zu ſtellen. Die, in der Luft um dieſe Mündung entſtehenden, Wellenbewegungen bringen in der, ſo geſtellten, Membran eine ſehr energiſche tangentiale Schwingung hervor; und die Klangfigur dreht ſich auf der Membran je nach den verſchiednen Stellungen, die man dieſer um die Pfeife giebt.

Man kann von den beſchriebenen Erſcheinungen eine vortheilhafte Anwendung zur Verſtärkung der Wirkung von Orcheſtern in Schauſpielhäuſern machen; eine Umſicht, die nach J. J. Rouſſeau's Bericht in den italiäniſchen Theatern nicht vernachläſſigt wird. Der Ort für die Muſiker iſt hier gewiſſermaßen ſelbſt ein großes Inſtrument. Der Fußboden ſteht durch die kleinſtmögliche Zahl von Puncten mit der feſten Maſſe des Gebäudes, die zu ſchwer in Schwingung zu verſetzen ſeyn würde, in Verbindung, berührt dieſelbe vielmehr blos durch eine Art leichter Leiſten, auf denen er in der Luft ſchwebend erhalten wird. Unter dieſem Fußboden befindet ſich ein hohles Gewölbe von ihm gleicher horizontaler Ausdehnung, welches ſtets leer bleibt. Die darin enthaltene Luft wird durch die Inſtrumente des Orcheſters in Schwingung verſetzt und giebt ihre Töne, wie ein großes Sprachrohr, verſtärkt und vervielfältigt zurück. Da die Puncte, von welchen der Schall in der Höhlung zurückgeworfen wird und von welchen er urſprünglich ausgeht, immer nur in unbedeutender Weite auseinanderliegen, ſo gelangen die zurückgeworfenen und die directen Wellen zu den Zuhörern in ſo wenig unterſchiednen Zeittheilchen, daß ihr Ohr keine merkliche Zwiſchenzeit zwiſchen ihnen unterſcheidet; je nachdem aber die widerhallende Wölbung mehr oder weniger tief, und ihre Geſtalt der Bauart des Saals mehr oder minder angepaßt iſt, wird letztrer ſtärker oder ſchwächer hallen. Unter allen Fehlern übrigens, welche einem Theaterſaale oder überhaupt einem, zu öffentlichen Verſammlungen beſtimmten, Gebäude den Hall benehmen können (assourdir), iſt der ſchlimmſte und gewiß einer der häufigſten, der, daß große Höhlungen unzweckmäßig in ſeinen Wänden angebracht ſind, von welchen die Schallwellen verſchlungen werden, ohne ſich den übrigen Zuhörern anders mittheilen zu können, als höchſtens durch ſpäten und läſtigen Nachhall, der die directen Tonwellen nur noch mehr ſchwächt. Die, von Savart entdeckten, Geſetze über die Mittheilung der Bewegung durch die Luft werden für Architecten von vortheilhafter Anwendung auf die Verbeſſerung ſolcher Baue ſeyn können.

Schon den Alten waren, wie es ſcheint, Mittel nicht fremd, die Verſtärkung und Verbreitung der Töne zu bewirken. Theils Erfahrung, theils die Nothwendigkeit, zu ſolchen Hülfsmitteln ihre Zuflucht zu nehmen, um die Stimme der Schauſpieler in ihren ungeheuern und ganz unbedeckten Schauſpielhäuſern noch vernehmen zu können, mochte ſie darauf geführt haben. Große Gefäße von Erz waren, wie man erzählt, an verſchiednen Stellen ringsum vertheilt, durch deren Wiederhall der Ton in dem Grade verſtärkt wurde, daß er ſich überall vernehmlich und deutlich ausſprach. Vitruvius bezeugt dieſe Thatſache, und beſchreibt die Anordnung der Gefäße. Man kann ſich indeß durchaus nicht vorſtellen, wie hieraus eine ſolche Wirkung hervorgehen konnte. Ueberhaupt ſind wir in unſern Kenntniſſen in Betreff der Stärke der Töne noch ſehr zurück; und es wäre ſehr zu wünſchen, daß dieſes noch ganz brach liegende Feld der Phyſik von einem geſchickten Experimentator bearbeitet würde.

Noch giebt es eine andre Art Wiederhall, welche gewiſſermaßen von der Beſchaffenheit unſers Organs abhängt, und der darin beſteht, daß ein Ton an Rundung und hellem Klange (éclat) gewinnt, wenn er durch ſeine Octave oder Quinte begleitet wird. Ich ſpreche hier nicht von dem Combinationstone, der ſich immer beim Zuſammentreffen zweier ſolchen Töne bildet, und nothwendig dazu beitragen muß, daß ſie mehr ins Gehör fallen; ſondern es iſt hier von einer Erſcheinung ganz andrer Art die Rede. Bringt man z. B. in einer angemeßnen Pfeife ein freies Mundſtück, welches den Ton einer offnen ſechszehnfüßigen Pfeife hat, zum Schwingen, und zwar für ſich allein, ſo wird man einen tiefen und zugleich dumpfen Ton hören, der beinahe die Gränze der noch vernehmbaren Töne bildet; ſtellt man aber neben dieſes Mundſtück die höhere Octave deſſelben, die an ſich immer noch einen ſehr tiefen Ton hat, und läßt ſie zuſammen erklingen, ſo wird man finden, daß ihr Ton, bei derſelben Tiefe, eine Kraft, Rundung und einen hellen Klang erlangt hat, die Verwunderung erregen konnen. Auch werden beim Orgelſpiel ſo tiefe Pfeifen, wie die ſechzehn- und zweiunddreißigfüßigen, nie allein gebraucht, weil ihr Ton kaum vernehmlich ſeyn würde. Immer läßt man ſie von ihren höhern conſonirenden Tönen begleiten. Die Urſach dieſer Erſcheinung kann, wenigſtens zum Theil, in einer Thatſache begründet liegen, die Hamel entdeckt hat, und von welcher ich durch ihn ſelbſt Zeuge geworden bin. Nämlich wenn mehrere Töne zugleich erklingen, ſo hört man außer ihrem Combinationston, der ſich theoretiſch berechnen läßt, noch andre höhere Töne, die mit den erſten eine aufſteigende Reihe bilden; ſie ſind deshalb vorzüglich bei Bäſſen bemerklich, wo die tiefern Töne verſchwinden, verſchwinden ſelbſt aber bei den höhern Tönen, wo die erſten mehr Stärke erlangen.

Zehntes Capitel.

Werkzeuge des Gehörs und der Stimme.

Sind wir durch Erfahrungen und durch Zuſammenſtellung des durch Erfahrung Gegebenen dahin gelangt, die Geſetze, welche eine Claſſe von Naturerſcheinungen gemeinſchaftlich beherrſchen, zu entdecken, und finden wir in den organiſchen Weſen Apparate, welche die Beſtimmung haben, uns die Wahrnehmung dieſer Erſcheinungen möglich zu machen, ſo muß es ein Gegenſtand des höchſten Intereſſes ſeyn, den Mechanismus dieſer Apparate zu ſtudiren und in Bezug zu unſrer Theorie zu betrachten; denn wie weit letztre auch im Wiſſen vorgeſchritten ſeyn mag, immer bleibt ſie noch hinter dem Wiſſen der Natur zurück, und wenn die Beobachtung von deren Wirken uns die Beſtätigung deſſen, was wir Wahrhaftes entdeckt hatten, hat finden laſſen, ſo läßt ſie uns doch noch genug Räthſel zu rathen übrig, über die es uns wünſchenswerth ſeyn muß, ins Klare zu kommen. Dieſe Betrachtung, die ſich dem Denker ſehr leicht von ſelbſt darbietet, hat mich veranlaßt, die Werkzeuge des Gehörs und der Stimme hier etwas näher ins Auge zu faſſen. Was ich darüber ſage, iſt hauptſächlich aus Magendie's Grundzügen der Phyſiologie (Traité élémentaire sur la physiologie) und Cuviers Werk über die vergleichende Anatomie entlehnt.

Im Allgemeinen beſtehen alle Sinnesapparate ihrem Weſen nach aus einem Syſtem äußerer Organe, welches die, von den äußern Gegenſtänden erregten, Eindrücke aufzufaſſen dient, und einem dahinter liegenden Nerven, der beſtimmt ſcheint, dieſelben zu unſrer innerſten Wahrnehmung zu bringen. Man findet dieſe Anordnung bei den Apparaten des Geſichts, des Geruchs, des Getaſts; nicht minder auch bei dem des Gehörs.

Vom Gehör.

Am Gehörorgan bemerken wir zuvörderſt nach Außen einen Theil, der dem untern erweiterten Theile des Hörrohrs nicht unähnlich iſt; denn wie ich ſchon angedeutet, unſre vollkommenſten Inſtrumente ſind gewöhnlich nur mehr oder minder glückliche Nachahmungen der Naturwerke. Dieſer, nach Außen erweiterte Theil, verengert ſich nach Innen allmälig in einen Gang (den äußern Gehörgang), der inwendig mit Haaren überkleidet wird, und in welchem die Abſonderung einer zähen Feuchtigkeit (des Ohrenſchmalzes) geſchieht, die beide den Zweck zu haben ſcheinen, fremden Körpern den Eintritt zu verwehren. Der Grund dieſes (nach Innen und vorwärts im Schläfenbein gehenden)

Ganges iſt durch eine trockne und geſpannte Membran vollkommen verſchloſſen. Dieſe wird auswendig durch eine Fortſetzung der äußern, hier dünner gewordenen, Haut überkleidet und führt den Namen Paukenfell oder Trommelfell (membrana tympani). Da die Schallwellen der äußern Luft ſich nur bis zu dieſer Haut erſtrecken können, ſo hat ſie wahrſcheinlich die Beſtimmung, dieſelben aufzunehmen und zum Innern des Gehörorgans fortzupflanzen, eine Function, zu welcher ſie ſich vermöge ihrer Spannung ſehr wohl eignet. Jedoch kann die Fortpflanzung des Schalls auch durch die, ſie umgebenden, feſten Theile geſchehen; indem ſie zerriſſen, ja ſelbſt gänzlich zerſtört ſeyn kann, ohne daß das Hörvermögen, wie man wenigſtens behauptet, merklich dabei leidet. Hinter dem Trommelfell liegt eine Höhle, welche den Namen Pauken- oder Trommelhöhle (cavitas tympani) führt. Sie hat mit dem Schlunde durch einen engen Gang (die Euſtachiſche Röhre) Gemeinſchaft; durch welchen die Luft aus dem hintern Theil des Mundes in ſie ein- oder austreten kann. Dieſe Bedingung ſcheint ſelbſt weſentlich zur Mittheilung des Schalls zu ſeyn; denn, wie man behauptet, hat die Verſtopfung der Euſtachiſchen Röhre Taubheit zur Folge. Vorzüglich merkwürdig aber ſind die vier kleinen, in der Trommelhöhle enthaltenen, Knöchelchen, ſchlechthin Gehörknöchelchen (ossicula auditus) genannt, die man nach ihrer Geſtalt durch die Namen, Hammer (malleus), Ambos (incus), linſenförmiges Bein (ossiculum orbiculare Sylvii) und Steigbügel (stapes) unterſcheidet. Dieſe vier Knöchelchen ſtehen in Gelenkverbindung unter einander, ſo daß ſie eine ununterbrochene Kette aus feſter Maſſe bilden. Das am meiſten nach Außen liegende Ende derſelben wird durch den Hammer gebildet, der ſich mit ſeinem Stiel (manubrium) an das Trommelfell anſetzt, das innerſte Ende durch den Steigbügel, deſſen flacher Fußtritt ſich an eine Haut anlegt, die ein längliches, im Grunde der Trommelhöhle gelegenes, Loch, das eirunde Fenſter (fenestra ovalis) genannt, verſchließt. Dies Loch öffnet ſich in eine größere Höhle, welche der Vorhof (vestibulum) genannt wird. Durch ein andres, mit einer trocknen Haut verſchloſſenes, Loch, das runde Fenſter (fenestra rotunda), ſteht die Trommelhöle mit dem untern Gang der Schnecke (cochlea) in Verbindung, welches ein ſchneckenförmig gewundener knöcherner Theil iſt, deſſen Inneres durch ein dünnes ſpiralförmig verlaufendes Plättchen, die Spiralplatte (lamina spiralis), in einen obern Gang (scala vestibuli), der ſich in den Vorhof hinter dem eirunden Fenſter öffnet, und einen untern (scala tympani), der ſich eben in der Trommelhöhle durch das runde Fenſter endigt, geſchieden wird. Außer dem obern Gange der Schnecke öffnen ſich noch in den Vorhof die drei, nach ihrer Geſtalt ſo benannten, halbcirkelförmigen Canäle, in denen nach einigen Schriftſtellern Körperchen von graulicher Farbe, deren Nutzen man nicht kennt, enthalten ſeyn ſollen, und außerdem bemerkt man noch in dem Grunde des Vorhofs zwei Gruben, eine runde (recessus hemisphaericus) und eine längliche (recessus hemiellipticus) die von häutigen Säckchen (sacculus hemisph. und hemiell.) ausgefüllt werden. Dieſe halbcirkelförmigen Canäle mit der Schnecke und dem Vorhof ſelbſt bilden zuſammen eine Höhle im feſteſten Theile der Knochenſubſtanz des Schläfenbeins, die nach Außen völlig geſchloſſen iſt, und in ihrem Inbegriff den Namen des Labyrinths erhält, den ſie wegen ihrer vielfach gekrümmten Gänge verdient. Das Innere dieſer ganzen Höhle iſt mit einer ausnehmend zarten Haut ausgekleidet, und ganz oder faſt ganz mit Flüſſigkeit angefüllt. Der Gehörnerv ſpaltet ſich, zum innern Gehörorgan tretend, in zwei Zweige, deren einer (nervus cochleae) ſeine büſchelförmigen Endigungen in der Schnecke, der andre (nervus vestibuli) im Vorhof, namentlich in den zwei häutigen Säckchen, welche die runde und längliche Grube auskleiden, und in gewiſſen blaſigen Erweiterungen (ampullae) die die innere Haut des Labyrinths beim Uebergang in die halbcirkelförmigen Canäle bildet, hat, und hier in unmittelbarer Berührung mit dem Gehörwäſſerchen ſteht. Bei dieſer Anordnung wird es begreiflich, wie die Schallwellen, die zunächſt unmittelbar an das Trommelfell antreffen, durch die Luft der Trommelhöhle und die Gehörknöchelchen zu den Wänden des Labyrinths und von da mittelſt des Gehörwäſſerchens zu den Verbreitungen des Hörnervens fortgepflanzt werden können. Die Erfahrung beſtätigt dieſe Anſicht. Denn das Trommelfell kann zerſtört, und die drei vorderſten Gehörknöchelchen in Folge einer Krankheit losgetrennt ſeyn, ohne daß darum das Hörvermögen aufgehoben iſt, woſern nur die Haut, welche das runde Fenſter verſchließt, unverletzt geblieben iſt, und das vierte Knöchelchen, welches den Eingang zum Labyrinth verſchließt, am eirunden Fenſter noch feſt ſitzt. Fällt dies aber auch herab und zerreißt die Haut, welche das Labyrinth verſchließt, ſo daß die, in demſelben enthaltene, Flüſſigkeit ausfließt, ſo folgt ſtets Taubheit nach. Das Vorhandenſeyn des Hörnervens und ſeine Ausbreitung in einer Flüſſigkeit, durch welche die Schallſchwingungen zu dem Nervenmark, aus dem er beſteht, fortgepflanzt werden können, ſind ſonach, dieſen Thatſachen zufolge, die einzigen unerläßlichen Bedingungen, ohne welche kein Hören Statt finden kann.

Bei Unterſuchung der Sprach- und Geſichtsorgane werden wir eine ähnliche Einrichtung finden, die eine Fortdauer der Sinnesempfindungen, auf die das Organ ſeinem Weſen nach abzweckt, noch möglich macht, wenn auch mehrere ſeiner zarteſten Theile zerſtört ſind. Gewiß gehört es nicht zu den unbeachtenswertheſten Beiſpielen der unendlichen Vorſicht, die im Bau der lebenden Weſen überall ſo ſprechend zu Tage liegt, daß für die Erhaltung von Functionen, die von ſo großem Nutzen ſind, ein ſolcher Bedacht genommen wurde. Aber eben dieſe tiefe abſichtsvolle Maßregel, die wir hier entdecken, berechtigt uns zu dem Glauben, daß diejenigen Theile, deren Daſeyn zur Erregung der Sinnesempfindung nicht unumgänglich erforderlich iſt, die Beſtimmung haben, das Auffaſſen derſelben ihren einzelnen Modificationen nach zu einer größern Vollkommenheit zu bringen. Obgleich demnach das Hören noch Statt finden kann, wenn auch die drei erſten Gehörknöchelchen abgefallen ſind, ſo läßt ſich doch beim Anblick dieſer ſo wohl ausgearbeiteten, ſo fein aufgehangenen, und mit mehrern Muskeln, die ihr Spiel an einander vermitteln, verſehenen, Körperchen nicht zweifeln, daß ſie irgend einen wichtigen Zweck haben. Wie ſchon geſagt nun, ſetzt ſich das erſte derſelben, der Hammer, an das Trommelfell an, das letzte, der Steigbügel aber, mit ſeinem breiteſten Theil, dem Fußtritt, an eine der Häute, welche die Oeffnungen zum Labyrinth verſchließen. Man kann alſo die Vermuthung hegen, daß die Muskeln, welche dieſen beiden Knöchelchen, ſo wie den beiden andern, angehören, den Zweck haben, die Kette mehr oder weniger anzuſpannen, ſey es durch Verkürzung, oder durch Verlängerung oder durch Krümmung derſelben, und dadurch zugleich eine größere oder geringere Spannung der Häute zu bewirken, an welche ſich die Knöchelchen anſetzen, um ſo das Hören zu modificiren. Einen ſehr deutlichen Beleg für dieſe Anſicht giebt ein Verſuch von Savart, der zugleich zeigt, von welcher Art dieſe Modification ſeyn könne. Savart ſpannt ein kleines Stück einer Membran über ein kleines rundes und kegelförmiges Käſtchen (caisse) aus Pappe, und ſteckt in die Wände des letztern eine Nadel, deren Kopf bis nahe an die Membran reicht, während ihre, nach Außen hervorſtehende, Spitze eine Art kleinen Hebels darſtellt, mittelſt deſſen der Kopf nach Willkühr an die Haut angedrückt und deren Spannung dadurch erhöht werden, oder auch dieſelbe frei und unberührt gelaſſen werden kann. Streut man nun auf dieſe Membran einige Sandkörner, und beobachtet die Bewegungen, die durch Mittheilung von einer außerhalb befindlichen, in Schwingung verſetzten, Scheibe in ihr hervorgerufen werden, ſo findet man, daß dieſelben ohne Vergleich ſtärker ſind, wenn die Haut frei als wenn ſie geſpannt iſt. Dieſem zufolge müſſen auch die, vom Gehörorgan aufgefaßten, Töne ſtärker oder ſchwächer erſcheinen, je nachdem der Hammer weniger oder mehr gegen die Trommelhaut drückt; und die Kette der Gehörknöchelchen mit ihren Muskeln ſcheint ſonach einen Apparat zu bilden, beſtimmt, die zu große Stärke der Töne zu mäßigen. Von höchſtem Intereſſe würde daher die Unterſuchung ſeyn, ob, wie mit großer Wahrſcheinlichkeit anzunehmen, das Vermögen der Auffaſſung des Schalls bei den Individuen mit unterbrochener Kette der Gehörknöchelchen modificirt iſt; ob ſie z. B. ſchwerer hören, oder ob ſie minder leicht die Höhe, die Stärke, den Klang, oder ſonſt andre Eigenthümlichkeiten der verſchiednen Töne unterſcheiden, welche dem, keinem ſeiner Theile nach verletzten, Ohre unterſcheidbar ſind. Eben ſo intereſſant würde eine Unterſuchung mittelſt ähnlicher Erfahrungen ſeyn, wozu die Körperchen dienen, die in den halbcirkelförmigen Canälen des Labyrinths enthalten ſeyn ſollen, und welchen Nutzen die einfachen Krümmungen des Labyrinths ſelbſt, ſo wie der zarte Bau ſeiner Wände haben.

Was die Gegenwart der Luft in der Trommelhöhle betrifft, ſo ſtellt Savart die Vermuthung auf, daß ſie zum Zweck habe, das Trommelfell auf der nämlichen Temperatur zu erhalten (?!) und ihm ſomit eine gleichbleibende Spannung zu ſichern, ſo lange der Hammer auf daſſelbe den nämlichen Druck ausübt. Hiezu mitwirkend iſt die Gemeinſchaft, in welcher dieſe Luft mit dem hintern Theile des Mundes durch die Euſtachiſche Röhre ſteht, neben welcher eine ſehr ſtarke Schlagader verläuft. Denn vermöge dieſer Gemeinſchaft erhält ſich die innere Luft immer auf dem nämlichen Grade der Elaſticität, welchen die äußere Luft hat, und bei derſelben Temperatur, der des Bluts nämlich. Mit noch mehr Wahrſcheinlichkeit läßt ſich nach Savart der Zweck der kegelförmigen Geſtalt des äußern Gehörganges ſo wie der vielfachen Windungen des, ſeinen Eingang bildenden, Ohrknorpels angeben. Er weiſt nämlich durch Verſuche nach, daß, wenn man zwiſchen eine Membran und eine ſchwingende Scheibe, die ihr die Schwingungen aus der Ferne mittheilt, einen kegelförmigen Sprachtrichter bringt, die Schwingungen der Membran verſtärkt werden, wenn die Spitze des Trichters gegen die Membran und ſeine Mündung gegen die, den Ton erregende, Scheibe gekehrt iſt. Auf jeden Fall alſo hat die kegelförmige Geſtalt des äußern Gehörganges einen ähnlichen Zweck, die ſchallenden Luftwellen nämlich zu concentriren. Nun haben aber Savarts Verſuche gelehrt, daß eine und dieſelbe ſchwingende Fläche, je nach der verſchiednen Stellung, die man ihr zu einer Membran giebt, auf derſelben verſchiedne Knotenlinien hervorruft, mithin auch ſie in verſchiedne Schwingungsarten verſetzt. Gelangten alſo die, in der Luft durch die ſchwingenden Körper erregten, Schallwellen unmittelbar, oder blos durch einen einfachen kegelförmigen Gang zum Trommelfell, ſo müßte jeder Körper verſchiedne Bewegungen darin hervorrufen und mithin verſchiedne Sinnesempfindungen veranlaſſen, je nach der Lage in der er ſich außerhalb befände. Und ſomit würde die, durch einen und denſelben Körper hervorgebrachte, Sinnesempfindung ſich beſtändig ändern, wenn er blos ſeine Stelle vertauſcht hätte, was mit ſehr großem Uebelſtande verknüpft ſeyn müßte. Allein, Savart's Verſuche haben auch gelehrt, daß durch nahe an die Membran geſtellte Hinderniſſe die Schwingungsarten abgeändert werden können, welche durch unmittelbar auf ſie treffende Schallwellen hervorgerufen werden würden. Savart hält es für ſehr wahrſcheinlich, daß die Windungen des Ohrknorpels eine ſolche Anordnung haben, daß die letzte Richtung der, ſich an ihnen brechenden, Luftwellen immer die nämliche wird, wenn ſie zum Trommelfell gelangen, und daß dieſer Umſtand es iſt, der die Empfindung des Tons, den irgend ein Körper giebt, unabhängig von der Lage macht, die man ihm in Bezug zum Ohre giebt.*)

---

*) Dieſe Anſicht wird offenbar dadurch entkräftet, daß bei Menſchen mit abgeſchnittenen Ohren, oder wenn man die Windungen des Ohrknorpels in andre Richtungen zieht, keine Abänderung der Tonwahrnehmung je nach den verſchiednen Lagen des tönenden Körpers beobachtet wird. — Ließe ſich nicht aber vielleicht annehmen, daß die verſchiednen Schwingungsarten, in die das Trommelfell je nach der relativen Lage der Körper, Savarts Verſuchen zufolge, verſetzt werden zu müſſen ſcheint, der Unterſcheidung der verſchiednen Richtungen, von denen der Schall herkommt, zu Grunde liegen? Denn verſchiedne Knotenlinien können ſehr wohl zu Einer Tonhöhe gehören, und dieſelben kommen hiebei vielleicht blos einer Zerlegung der Richtung, in der die Schallwellen auf das Trommelfell treffen, gemäß modificirt zum Vorſchein. — Ich füge folgende Zuſätze über die Functionen einzelner Theile des Gehörorgans bei, die aus dem ſechſten Bande von Treviranus Biologie auszugsweiſe entlehnt ſind. Ueberhaupt wird man dort eine ſehr ausführliche Belehrung über das Gehörorgan ſowohl beim Menſchen als im Thierreiche finden.

Treviranus macht gegen die gewöhnliche Anſicht, daß der Schall hauptſächlich durch die Kette der Gehörknöchelchen zum Labyrinth fortgepflanzt werde, nicht unerhebliche Einwendungen, und beſchränkt die Fortpflanzung der Schallſchwingungen von dem Trommelfell zum Labyrinthe blos auf die, in der Trommelhöhle enthaltene, Luft; oder giebt für jene nur eine ſchwache Mitwirkung zu. „Schon Fabr. ab Aquapendente erinnerte, daß alle hörbare Schwingungen leichter durch die Schädelknochen, als durch die Kette der Gehörknöchelchen dem Labyrinth mitgetheilt werden müßten, wenn ſie überhaupt ohne Vermittlung der Luft zu dieſen gelangen könnten, weil mehrere feſte Körper, die durch weiche Subſtanzen (Bänder) mit einander verbunden ſind, den Schall bei Weitem nicht ſo gut leiten, als er durch einen einzigen, nicht unterbrochenen Körper geleitet wird. Die Schwierigkeiten jener Meinung ſind auch nicht gehoben, wenn man mit Valſalva annimmt, daß die Gehörknöchelchen bei der Leitung der Schalleindrücke als eine Verbindung von Hebeln wirken, in welcher durch die leiſeſte Bewegung des einen zugleich die übrigen bewegt werden. Eine ſolche mechaniſche Bewegung iſt ſehr verſchieden von den Schwingungen, welche den Schall ausmachen. Für dieſe kann eine Kette von Hebeln kein beſſerer Leiter, als jede andre Kette ſeyn. — Wenn keine Leitung des Schalls durch die Gehörknöchelchen zum Vorhof geſchieht, ſo wird das runde Fenſter der Hauptzugang ſeyn müſſen, durch welchen die Schallſchwingungen der Luft zum Hörnerven gelangen. Das, von der Baſis

Die Beobachtungen, die man über den Bau des Gehörwerkzeugs bei den verſchiednen Thierklaſſen anſtellen kann, beſtätigen die allgemeine Anſicht, die wir von ſeinen Verrichtungen im Menſchen gegeben haben. Ueberdies gewähren ſie den Vortheil, das Verhältniß der Wichtigkeit der verſchiednen Theile dieſes Organs kennen zu lehren, je nach der größern oder geringern Allgemeinheit ihres Vorkommens.

Dieſem Grundſatz zufolge iſt der einzige, zum Hören ſtreng weſentliche, Theil, der als ſolcher gelten muß, weil er allein keinem, mit Gehör begabten, Thiere fehlt, ein, in einem härteren Theile eingeſchloſſenes, mit Nervenmaſſe überzogenes und mit Waſſer angefülltes, Säckchen. Alles Uebrige am Gehörwerkzeuge iſt veränderlich und in den verſchiednen Thierklaſſen bald mehr bald weniger entwickelt; daher es nur als unweſentlich betrachtet werden kann.

In den Krebſen iſt das Gehörorgan noch weiter nichts, als ein ſolches Säckchen, eingeſchloſſen in einem kurzen, knöchernen, an der Grundfläche jeder größern Antenne befindlichen, Cylinder. An

---

des Steigbügels größtentheils verſchloſſene, eirunde Fenſter iſt wegen dieſer Verſchließung zur Aufnahme und Fortpflanzung der Schalleindrücke weniger geeignet; doch kann eine Fortpflanzung durch die Stellen geſchehen, wo ſie nicht von der Knochenſubſtanz des Steigbügels bedeckt wird. Die Hauptbeſtimmung dieſer Membran iſt jedoch, meiner (Treviranus) Anſicht zufolge, bei jeder Anſpannung und Erzitterung des Trommelfells von dem Steigbügel gegen das Labyrinthwaſſer gedrückt zu werden, um das Fortſchwingen des letztern nach einem Impuls deſſelben und das Nachklingen der Töne zu verhindern. Die Luft der Trommelhöhle nämlich und das Waſſer des Labyrinths können nicht dem Geſetze entzogen ſeyn, unter welchem alle übrige feſte und flüſſige Körper bei ihren Vibrationen ſtehen, daß die Schwingungen nach aufhörender Einwirkung der erſten Urſache, wodurch ſie erregt wurden, noch eine Zeitlang fortdauern, wenn ſie nicht durch eine gegenwirkende Urſach gehemmt werden. Da nun im geſunden Zuſtande kein Nachklingen Statt findet, ſo müſſen wir eine ſolche Gegenwirkung aufſuchen, und ich ſehe nicht, worin dieſe anders zu finden ſeyn könnte, als in einem, durch die Anziehung des Steigbügels vermittelten, Druck der Haut des eiförmigen Fenſters gegen jenes Waſſer. —

Mir ſcheint bei dem jetzigen Stande unſers Wiſſens von der Fortpflanzung des Schalls und dem Wirken der Nerven nur dies ſich ausſagen zu laſſen, daß die Nerven der halbcirkelförmigen Gänge mehr für die Empfindung des Schalls überhaupt, die der Schnecke mehr für die Wahrnehmung der Modificationen deſſelben beſtimmt ſind. — Die Schnecke mit den, zwiſchen ihren Spiralblättern ſich ſtrahlenförmig ausbreitenden und von ihrer Baſis bis zum Gipfel allmälich an Länge abnehmenden Nerven hat eine nicht zu verkennende Aehnlichkeit mit einem Saiteninſtrument. Für ein ſolches wird ſie von mehrern genommen, und le Cat meinte, es gebe keinen Ton, der nicht mit einem Theil des Spiralblatts der Schnecke in Einklang ſtehe. (Hiernach diente ſie zur Unterſcheidung der Tonhöhe). — Für den Nutzen der halbcirkelförmigen Kanäle hält Scarpa Aufnahme der, durch die Schädelknochen fortgepflanzten, Schallſchwingungen; und Autenrieth und Kerner fügen zu dieſer Anſicht noch hinzu, daß wir zugleich dadurch eine unmittelbare Empfindung von der Richtung des Schalls erhielten; doch fehlt es dieſer Hypotheſe an zureichenden Gründen.“ —

dem innern Ende dieſes Cylinders dringt der Hörnerv ein, der ſich zum Säckchen verbreitet; das andre Ende iſt äußerlich mit einer elaſtiſchen Membran verſchloſſen, an welche die Luft unmittelbar antrifft. Faſt dieſelbe Einrichtung hat das Gehörwerkzeug in der *Sepien*, nur enthalten hier die zwei häutigen, in zwei Gruben des Schädelrudiments liegenden, Beutelchen außer einiger Flüſſigkeit noch ein feſtes Körperchen.*)

In den *Fiſchen mit freien Kiemen* wird das Gehörorgan zuſammengeſetzter. Es beſteht aus drei halbcirkelförmigen Canälen, die in ein, in zwei Abtheilungen geſchiednes Säckchen (dem Labyrinth zu vergleichen) münden, welches außer gallertartiger Feuchtigkeit drei ſteinharte Knochelchen enthält, die an Nervenfaſern darin aufgehangen ſind.

In den *Fiſchen mit befeſtigten Kiemen* iſt das Säckchen in die Seitenwände des Schädels eingeſenkt. Von der innern Seite deſſelben verläuft in einem Kanal ein blinder Fortſatz, deſſen Ende durch ein, den Kanal verſchließendes Häutchen bedeckt wird, über welches ſich noch die äußere Haut legt. Die, im Säckchen enthaltenen, Knöchelchen ſind ohne Conſiſtenz und laſſen ſich zwiſchen den Fingern zerdrücken.**)

Die *Amphibien* haben drei Canäle und einen Sack, wie die Fiſche. Einige, wie das Crocodil, beſitzen noch überdies einen kegelförmigen, durch eine Querwand in zwei Gänge geſchiedenen, Anhang als Rudiment einer Schnecke.

Alle *warmblütigen Thiere* beſitzen, wie der Menſch, ein zuſammengeſetztes Labyrinth, in welchem eine gemeinſame Höhle oder ein Vorhof, drei halbcirzelförmige Canäle, jeder mit einer Erweiterung (ampulla) im Vorhof einmündend, und ein, in zwei Gänge abgetheiltes, Organ, die Schnecke, befindlich ſind. Knöchelchen finden ſich hier nicht mehr im Labyrinth vor.

Betrachten wir jetzt die Höhlungen, welche zwiſchen dem Labyrinth und dem äußern Element liegen, und durch welche eine unmittelbare Gemeinſchaft zwiſchen beiden bewerkſtelligt wird.

---

*) Anlangend die *Inſecten*, ſo iſt bei dieſen, ob ſchon der *Sinn* des Gehörs bei vielen derſelben unwiderſprechlich dargethan iſt, doch ein beſtimmtes *Organ* dafür bisher noch nicht nachzuweiſen geweſen. Daß die Antennen hier zum Gehör wenig beitragen, ſcheint durch Verſuche erwieſen; doch bietet die Membran, welche die Einlenkung der Antenne am Kopf vermittelt, vielleicht ein Analogon des Trommelfells dar. (Carus Lehrbuch der Zootomie).

**) Neue Entdeckungen über den Bau des Gehörorgans der Fiſche findet man namentlich in *Weber's* Werk: De aure et auditu hominis et animalium. Lips. 1820.

In den Fiſchen mit freien Kiemen findet keine ſolche Gemeinſchaft Statt; der ganze Hörapparat iſt von den Schädelknochen umhüllt und liegt mit dem Gehirn in einer Höhle.

In den Fiſchen mit befeſtigten Kiemen endigt ſich, wie ſchon beſchrieben, das Säckchen in einen Fortſatz, der durch eine, dem Trommelfell analoge, Haut geſchloſſen wird, über welche noch die äußere Haut gezogen iſt. Sonſt findet kein Mittelglied zwiſchen dem Gehörorgan und der Flüſſigkeit, worin das Thier lebt, Statt. *)

Unter den Amphibien beſitzen die Salamander ein Gehörorgan von einer, den Fiſchen der erſtern Claſſe entſprechenden, Einrichtung. Bei den andern Amphibien hat das Labyrinth, wie beim Menſchen, eine Oeffnung, an die ſich ein Knochenplättchen legt, das dem Steigbügel analog iſt. Auch findet ſich eine zweite, blos durch eine Haut verſchloſſene, Oeffnung darin, die mithin dem runden Fenſter analog iſt.

Dieſe beiden Oeffnungen ſind auch bei den Säugthieren und den Vögeln vorhanden.

Alle dieſe Thiere haben, wie der Menſch, eine Trommelhöhle, welche mit dem Munde durch einen Canal und mit Außen durch ein Trommelfell in Verbindung ſteht. Letzteres iſt aber bald dünn, bald dick, bald muskulös, ja ſelbſt knorplich.

Bei den Vögeln ſteht die Trommelhöhle inwendig mit drei großen Höhlen in Verbindung, welche durch elaſtiſche Knochenplatten gebildet werden, in die Schädelknochen dringen, und ſehr geeignet zur Verſtärkung des Tons ſcheinen.

Die Geſtalt des Trommelfells ändert ſich nach den Thierarten ab. Es iſt bei dem Menſchen und den meiſten Säugethieren nach Außen concav, bei dem Pferde, dem Maulwurf, den Schildkröten und Fröſchen flach, bei den Vögeln und Fröſchen nach Außen convex. Eine andre Verſchiedenheit des Trommelfells beſteht in der mehr kreisförmigen oder mehr ovalen Geſtalt deſſelben und darin, daß bei einigen Thieren die äußerſte Hervorragung dieſer Haut, mit welcher der Stiel des Hammers verbunden iſt, ihrem Mittelpunct mehr oder weniger nahe iſt. Verſchieden iſt endlich bei den verſchiednen Thieren die Neigung der Ebene, worin ſich der Umfang des Trommelfells befindet, gegen den Horizont; wobei Cuvier als ein Geſetz annimmt, daß ein Thier deſto ſchärfer hört, je größer dieſe Neigung und je ausgedehnter die Fläche des Trommelfells iſt.

---

*) Weber hat bei vielen Fiſchen, vorzüglich Bauchfloſſern, eine Verbindung des Gehörorgans mit der Schwimmblaſe, ſo wie drei Gehörknöchelchen gefunden, die mit den drei vorderſten Wirbeln verbunden ſind, von denen das, dem Hammer analoge, ſich auch an die Schwimmblaſe anlegt.

Bei allen Thieren bietet das Labyrinth eine äußere Oeffnung dar. Dieſe iſt durch eine knöcherne Platte verſchloſſen, welche auf der andern Seite entweder mit dem Trommelfell, wenn ein ſolches vorhanden iſt, oder mit der Haut oder doch ſehr nahe mit derſelben in Verbindung ſteht. Dieſe Verbindung wird durch eine Knochenkette bewerkſtelligt, welche bald aus einem einzigen Säulchen (columella), das mit einer ovalen Platte in das eirunde Fenſter eingefügt iſt, beſteht, wie bei den Vögeln; bald aus einem oder mehrern kleinen Knochen von mannichfach abgeänderter Geſtalt zuſammengeſetzt wird, wie bei dem Menſchen und den Säugthieren. Bei dem Menſchen werden dieſe Knöchelchen durch eigenthümliche Muskeln in Bewegung geſetzt; bei den andern Säugthieren aber, Magendie's Entdeckung zufolge, nur durch elaſtiſche Bänder von faſt kugelförmiger Geſtalt in ihrer Lage erhalten*), deren Spannung ſich gleich zu bleiben ſcheint: jedes dieſer Bänder hat ſeine Wurzel in einer kleinen, in den Schädelknochen befindlichen Höhle.

Noch bleibt uns ein Wort über den äußern Gehörgang zu ſagen übrig. Die Amphibien beſitzen keinen ſolchen; kurz iſt er bei den Vögeln, mehr oder weniger entwickelt bei allen Säugthieren vorhanden. Die Thiere, bei denen er ſehr groß iſt, ſind furchtſam oder Nachtthiere; weshalb ihnen ein gutes Gehör nothwendig iſt. Den Beleg hiezu geben die Gazellen, Hirſche, Eſel, Haſen und vornämlich die Fledermäuſe. Im Allgemeinen hat das Thier, welches flieht, ſeine Ohren nach hinten gekehrt; das, welches verfolgt, nach vorn; woraus ſich ſchließen läßt, daß dieſe Richtung zur Verſtärkung der Töne dient, welche vom gefürchteten Feinde oder der verfolgten Beute herkommen.

Obwohl dieſe Erörterungen über die Organiſation nicht unmittelbar dem Gebiete der Phyſik anzugehören ſcheinen, ſo habe ich doch kein Bedenken getragen, ſie hier aufzunehmen, weil ſie uns in der Kenntniß der verſchiedenartigen Mechanismen, durch welche die Natur den Zweck des Hörens mit verſchiednen Graden der Vollkommenheit zu erreichen ſucht, gleichſam eben ſo viele lebendige Experimente darbieten, um uns über die Wirkungen, die jede ſolche beſondre Abänderung im organiſchen Bau hat, zu belehren und die vergleichende Betrachtung dieſer Wirkungen, welche es uns unmöglich fallen würde, durch künſtliche Verfahrungsweiſen ſo vollkommen und in ſolcher Mannichfaltigkeit ins Werk zu ſetzen, ſcheint ausnehmend geeignet, uns über die noch gänzlich im Dunkel liegenden Geſetze der Verſtärkung und der Circulation der Töne aufzuklären.

---

*) Nach Rudolphi (Grundr. der Phyſiologie. Bd. II. S. 125) iſt dieſe Anſicht Magendie's blos durch eine ſehr oberflächliche Präparation entſtanden. R. fand wirklich Muskelfleiſch an den Muskeln der Gehörknöchelchen beim Kalbe und Kaninchen.

Von der Stimme.

Ueber den Mechanismus der Stimmwerkzeuge iſt man mehr im Klaren, als über den des Gehörorgans, obgleich auch hier im Einzelnen noch genug zu erklären übrig iſt. Er zeigt ſich dem der Inſtrumente mit freiem Mundſtück, wenn auch nicht gleich, doch ſehr analog.

Im Menſchen wird die, zuerſt in die Lungen eingeathmete, Luft durch die Zuſammenziehung der Bruſtwände, (und die eigenthümliche Zuſammenziehung der Lungen ſelbſt), die durch den ſehr kräftig wirkenden Apparat der Muskeln des Ausathmens vollbracht wird, wieder ausgeſtoßen, und zwar zunächſt in die Luftröhre (trachea), einen cylindriſchen Canal, der aus knorplichen Ringen beſteht, die mit biegſamen häutigen Ringen abwechſeln, wodurch eine Verkürzung und Verlängerung deſſelben, obwohl nur innerhalb ſehr enger Gränzen, möglich wird. Am Ende dieſes Canals befindet ſich eine Art knorplicher Behälter, der Kehlkopf (larynx), in dem von vorn nach hinten zwei häutige Bänder von rechteckiger Geſtalt verlaufen. Drei ihrer Ränder ſind an den Wänden des Kehlkopfs ſelbſt befeſtigt; ihre Ebenen liegen einander faſt parallel und laſſen nur einen ſehr geringen Zwiſchenraum, eine Art Spalte, die Stimmritze (glottis) genannt, zwiſchen ſich, durch welche die, aus den Lungen ausgeſtoßene, Luft hindurch zu ſtreichen genöthigt iſt, bevor ſie aus dem Munde treten kann. Der Bau dieſer beiden Bänder iſt ſehr zuſammengeſetzt; was indeß unſre Aufmerkſamkeit weſentlich auf ſich ziehen muß, iſt, daß ſie ſehr ſchnell mit ihrem freien Rande ſchwingen können und wirklich ſchwingen, wenn ein Thier einen anhaltenden Ton von ſich giebt, wie ſich Magendie durch Verſuche an lebenden Hunden überzeugt hat. Der Apparat hat alſo Aehnlichkeit mit einem Mundſtück, deſſen ſchwingende Streifen aber contractil und elaſtiſch wären. Ueber dem Kehlkopf befindet ſich eine platte, elaſtiſche, ziemlich zungenförmige, Haut, die blos an ihrer Baſis befeſtigt iſt, und gegen die Stimmritze verſchiedene Neigungen annehmen kann, indem ſie ſich erhebt oder auf den Eingang des Kehlkopfs herabſenkt, und dadurch die Geſchwindigkeit des austretenden Luftſtroms modificirt. Dieſer Theil hat den Namen Kehldeckel erhalten, den man blos auf ſeine Lage beziehen muß; von ſeinem Nutzen werden wir bald ſprechen. Für jetzt begnüge ich mich zu ſagen, daß er, nach Magendie, bei ausgehaltenen Tönen eben ſowohl in Schwingung geräth, als die Bänder der Stimmritze. Wenn die Luft durch letztre getreten iſt, findet ſie ſich durch keine Hinderniſſe mehr aufgehalten; ſondern verbreitet ſich in dem Schlund, dem Mund und tritt endlich heraus.

Aus dieſer, nur das Hauptſächlichſte berührenden, Beſchreibung ergiebt ſich mit Deutlichkeit, daß das Stimmwerkzeug ſich nur einem Blasinſtrument mit freiem Mundſtück vergleichen läßt, für welches die Bruſt als Blaſebalg dient, die Luftröhre als Stiefel, der Kehlkopf mit der Stimmritze als Mundſtück, und der Mund als Pfeife zum Ausſtrömen der Luft. Alle erfahrungsmäßigen Unterſuchungen, die ſich anſtellen laſſen, ſprechen für dieſe Analogie.

Und in der That iſt es auch unmöglich, wie mehrere thun, im Stimmwerkzeug ein Saiteninſtrument zu ſehen. Was iſt im Kehlkopf vorhanden, das einer ſchwingenden Saite ähnlich wäre? Wo fände ſich hinreichender Platz, um einer ſolchen Saite die für die tiefern Töne erforderliche Länge zu geben? Wie könnte man jemals Töne von einem Umfange, wie er bei Menſchen Statt findet, daraus hervorlocken? Die einfachſten Grundſätze der Akuſtik widerlegen hinreichend dieſe ſeltſame Meinung.*)

Das Stimmwerkzeug iſt ſonach ein Blasinſtrument, der Art jedoch, daß es ſehr tiefe Töne bei einer ſehr unbeträchtlichen Länge der Röhre hervorbringen kann, und daß die nämliche Röhre, faſt ohne Veränderung in ihrer Länge, hinreicht, nicht allein gewiſſe harmoniſche Reihenfolgen von Tönen, ſondern überhaupt alle denkbaren Töne mit allen ihren Nuancen in dem Umfang der Tonſcala, den jede Stimme zu umfaſſen vermag, hervorzubringen. Dieſe Erſcheinungen laſſen ſich durch bloßes Spiel von Labialpfeifen auf keine Weiſe erhalten. Zwar kann man den Ton derſelben bedeutend erniedrigen, indem man die Art der Windzuführung und die Geſtalt der Oeffnung, durch welche die Luft hineintritt, zweckmäßig modificirt; allein ein windgebender Apparat von gleichbleibender Geſtalt, bei dem ſich nur die Kraft des Einblaſens verändert, wie ihn die Lunge des Menſchen darſtellt, ſcheint nicht fähig zu ſeyn, durch ſolche Pfeifen die unendliche Mannichfaltigkeit von Tönen und Nuancen hervorzubringen, die wir in der menſchlichen Stimme vernehmen. Alle dieſe Erſcheinungen eignen ſich dagegen vollkommen für Rohrwerke; denn hier iſt die Länge des Stiefels, ſo wie die Länge der, über dem Mundſtück befindlichen, Pfeife beſtändig, und der Luftſtrom vermag durch bloße Verlängerung oder Verkürzung der Zunge ſo modificirt zu werden, daß man alle Töne und alle möglichen Nuancen der Töne, welche zwiſchen den äußerſten Gränzen, die das Mundſtück geſtattet, enthalten ſind, dadurch hervorbringen kann. Auch fand Magendie, als er an Hunden, während ſie einen anhaltenden Ton von ſich gaben, die Stimmritze beobachtete, daß bei den tiefſten Tönen die Stimmritzenbänder in ihrer ganzen Länge ſchwangen; in dem Maße aber, als der Ton höher ward, ſich in einer immer größern Strecke an einander legten und an einander andrückten, ſo daß die Länge des ſchwingenden Theils immer mehr abnahm; und bei der äußerſten Gränze der hohen Töne die Stimmritze ſich nur noch als eine ganz enge und kurze Spalte zeigte, durch welche alle, aus der Bruſt ausgeathmete, Luft zu treten genöthigt war. Dies Spiel zeigt ſich dem unſrer Mundſtücke ganz analog, indem auch hier die Zunge in dem Maaße verkürzt werden muß, als man den Ton erhöhen will. In dieſen ändert ſich aber, ſelbſt wenn ſie vollkommen frei ſind, der Ton etwas, wenn die Stärke des Windes ſehr große Veränderungen ihrer Intenſität erfährt; und Grenié hat gefunden, daß ſich dieſem Uebelſtande abhelfen läßt, wenn man über den Mundſtücken in der Pfeife kleine Papierſtreifen blos an ihrer Baſis befeſtigt, die ſich bei Beſchleunigung des Luftſtroms erheben, bei Verzögerung deſſelben niederſenken, und durch dieſe verſchiednen Lagen die Wellenbewegungen ſo abzuändern vermögen, daß die Höhe des Tons ſich gleich bleibt und nur die Stärke deſſelben verſchieden ausfällt. Man kann der Vermuthung Raum geben, daß der Kehldeckel, der dieſelbe Lage und eine ziemlich ähnliche Geſtalt hat, unter andern auch die Beſtimmung hat, eine ähnliche Wirkung hervorzubringen, und uns ſo in den Stand ſetzt, die Töne nach Belieben zu verſtärken, ohne ihre Höhe zu verändern.

---

*) Dieſe Meinung ſcheint doch nur in ſo fern ſeltſam genannt werden zu können, als man die Bildung der Stimme blos einſeitig von der verſchiednen Spannung der Stimmritzenbänder ableiten will; Rudolphi in ſeiner Phyſ., führt an: „Kempelen hat in ſeiner klaſſiſchen Schrift (Mechanismus der menſchl. Sprache, nebſt der Beſchreibung ſeiner ſprechenden Maſchine. Wien 1791. S. 80) zuerſt eine richtige Idee von dem Stimmwerkzeuge gegeben; denn, wenn Dodart vorzüglich auf die Oeffnung des Kehlkopfs, als die eines Blasinſtruments, Ferrein aber auf die Spannung der Stimmritzenbänder, als auf die von geſpannten Saiten Rückſicht nahm, ſo zeigte Kempelen, daß ihre beiden Meinungen vereinigt werden mußten; denn es kann die Stimmritze nicht verengt oder erweitert werden, ohne daß zugleich ihre Bänder an- oder abgeſpannt werden, und wiederum können ſich die Bänder nicht mehr oder weniger ſpannen, ohne daß die Stimmritze zugleich weiter oder enger wird. Kempelen S. 394. 397. vergleicht daher auch die Stimmritze mit einem Schnarrpfeifchen oder Rohrpfeifchen.“ (In der That ſcheint es auch im Weſen der vollkommenen Organiſation des Menſchen nicht unbegründet zu ſeyn, hier eine Vereinigung zweier Tonwerkzeuge zu finden).

„Die Stimmritze darf nach Kempelen nicht über ein Zwölftel, höchſtens ein Zehntel Zoll offen ſtehen, wenn eine Stimme erfolgen ſoll; wird ſie weiter, ſo geht die Luft, wie bei unſerm gewöhnlichen Athemhohlen hindurch, ohne eine Stimme zu bewirken.“

Bei Unterſuchung des Tons der Mundſtücke bemerkten wir, daß die darüber befindliche Pfeife, ohne nothwendigerweiſe die Töne zu beſtimmen, doch auf ihren Klang und die größere oder geringere Leichtigkeit, ſie hervorzubringen, von Einfluß iſt. Dieſe Wirkung wird demnach im Menſchen dem Munde und dem Schlunde zukommen. Ein Loch, in dieſen Theil des Stimmganges gebohrt, wird daher das Entſtehen der Stimme nicht hindern, ſondern blos ihren Klang abändern; wie man dies in der That bei Individuen beobachtet, bei denen von Natur oder künſtlich eine Oeffnung *oberhalb* des Kehlkopfs gebildet wurde. Ja ohne alle Operation kann man hierfür einen auffallenden Beleg haben. Im Grunde der Mundhöhle nämlich iſt der Eingang zu dem hintern Theil der Naſenhöhlen, die nach vorn unmittelbar mit der Luft Gemeinſchaft haben, und ſo ein ſolches Loch darſtellen. Dieſes nun kann willkührlich durch eine häutige Klappe, das *Gaumenſegel* (velum palatinum) genannt, geöffnet und geſchloſſen werden. Bei der gewöhnlichen Erzeugung der Stimme legt ſich dieſe Klappe an die hintere Oeffnung der Naſenhöhlen an, und verſchließt ſie, ſo daß die Luft nur zum Munde heraustreten kann. Mittelſt einer leichten Anſtrengung, die Luft in die Naſenhöhlen zu treiben, verhindert man aber das Anlegen des Gaumenſegels an ihren Eingang, dieſer bleibt offen, und die Luft tritt zu Mund und Naſe zugleich heraus. Dies iſt, was man nennt, *durch die Naſe ſprechen*. Wie bekannt nun, erhält hierbei die Stimme einen eigenthümlichen, vom gewöhnlichen ganz verſchiednen, Klang.

Macht man dagegen in den Stiefel eines Mundſtücks ein Loch, ſo wird der Wind dadurch heraustreten, und, iſt es weit genug, das Mundſtück nicht mehr anſprechen. Ganz das Entſprechende geſchieht bei Perſonen, bei denen ſich *unter* dem Kehlkopf eine Fiſtelöffnung gebildet hat. Sie können nur ſprechen, wenn dies Loch verſtopft wird. *Magendie* hatte Gelegenheit, ein ſolches Subject zu beobachten, welches beſtändig um den Hals eine feſtangezogene Binde tragen mußte, um ſprechen zu können.

Die Verlängerung und Verkürzung, deren die Luftröhre, obwohl in ſehr beſchränktem Grade, fähig iſt, kann auch zur Abänderung der Töne dienen, vornämlich in den äußerſten Fällen, wo der Einfluß des Kehldeckels nicht mehr ausreichen würde; denn nach *Grenié* hat die Länge des Stiefels bei den Mundſtücken einen ähnlichen Einfluß. Jedoch dürfen wir nicht außer Acht laſſen, daß dieſer Einfluß, ſo wie der, den der Kehldeckel als Compenſationswerkzeug betrachtet, äußert, keine weſentlichen Erforderniſſe zur Erzeugung der Stimme ſelbſt ſind; ſo daß wahrſcheinlich der Kehldeckel zerſtört ſeyn könnte, ohne daß dadurch die Bildung der Töne aufgehoben würde. Allein ihre Gegenwart oder ihr Mangel muß beim Geſange bemerklich werden, wo die nämlichen Töne oft mit ungleicher Stärke, und manchmal derſelbe Ton mit veränderlicher Stärke, hervorgebracht werden müſſen.

Der ganze Umfang der verſchiednen Menſchenſtimmen von den tiefſten bis zu den höchſten umfaßt ungefähr drei Octaven. Die Stimmen vom größten Umfang enthalten nicht leicht über zwei Octaven an recht vollen und [illegible] Tönen.*) Die tiefſten Männerſtimmen reichen gewöhnlich von G bis $\overline{f}$, wenn man unter C das des Violoncells verſteht oder den tiefſten Ton einer gedeckten vierfüßigen Orgelpfeife. Die höchſten Weiberſtimmen reichen gewöhnlich von $\overline{c}$ bis $\overline{\overline{h}}$. Im Allgemeinen ſind die Stimmen der Kinder und Weiber höher als die der erwachſenen Männer, weil ihre Stimmritzenbänder verhältnißmäßig viel kürzer ſind. Sie vergrößern ſich beim Manne gegen das funfzehnte oder ſechzehnte Jahr, und erhalten binnen kurzer Zeit faſt das Doppelte ihrer vorigen Länge; wodurch die Veränderung, die in dieſer Lebensepoche in der Stimme eintritt, und ſie tiefer macht, bedingt wird. Was die abſolute Stärke der Stimme anbelangt, ſo hängt ſie bei jedem Individuum von der Dicke der Stimmritzenbänder und der Kraft, mit der die Lungen die Luft ausſtoßen, ab.

Dieſe Anwendung der Theorie der Rohrwerke auf die Bildung der Menſchenſtimme iſt ſo einleuchtend, daß ſich kaum begreifen ließe, wie man eine andre Anſicht davon hatte faſſen können, wenn es nicht der Umſtand erklärlich machte, daß die Geſetze der Akuſtik, namentlich was die Erſcheinungen an den Rohrwerken betrifft, von den Anatomen, die eine Erklärung der Stimmwerkzeuge zu geben ſuchten, nicht hinlänglich gekannt waren. Jedoch muß billig erwähnt werden, daß einige unter ihnen ſich allerdings eine richtige Vorſtellung von der Sache machten. Denn außer den beiden, ſchon erwähnten, geſchätzten Anatomen, hatte **Senac**, im J. 1735, in ſeiner Anatomie die richtigſten Anſichten hierüber aufgeſtellt, und **Ferrein** im J. 1741, in die Bände der Akademie der Wiſſenſchaften eine Abhandlung voll Scharfſinn und Erfahrung einrücken laſſen, welche die vielfältigſten und entſcheidendſten Beweiſe der oben auseinandergeſetzten Theorie enthält. **Ferrein** und **Senac** erklärten die Stimmbänder für das eigentliche Stimmwerkzeug, und verglichen ihre Wirkung mit der der Zunge der Mundſtücke. **Ferrein** brachte noch überdies dieſe Bänder in Cadavern durch künſtliches Einblaſen zum Schwingen, und erregte

---

*) Die **Zelter** umfaßte drei Octaven, die **Catalani** drei und eine halbe. (Anm. Gilb.)

dadurch Töne von verſchiedner Tonhöhe je nach der Länge, in der er die Theile ſchwingen ließ, und dem Grade der Spannung, den er ihnen gab. Den nämlichen Erfolg erhielt er mit dem Kehlkopf eines Schweins, deſſen Luftröhre er an den Stiefel eines Orgelblaſebalges fugte, und dann Luft hinein trieb. Ich habe dieſen Verſuch bei mehrmaliger Wiederholung vollkommen beſtätigt gefunden. Preßt man die Luftröhre mit der Hand in der Höhe der Stimmritze zuſammen, während die Luft hindurchſtreicht, ſo kann man den Ton ſo modificiren, daß das Grunzen eines lebendigen Schweins vollkommen dadurch nachgeahmt wird. Auch ſieht man bei dieſem Verſuch den Kehldeckel ſchwingen. Zur Vervollſtändigung dieſer Verſuche endlich ließ ich noch an den Stiefel eines Mundſtücks zwei Bänder von elaſtiſchem Gummi, parallel neben einander, wie die der Stimmritze, befeſtigen, fügte dieſe Vorrichtung an den Blaſebalg einer Orgel, und brachte dadurch Töne hervor.

Nach dieſen Erörterungen werden ſich die weſentlichen Modificationen, die das Stimmwerkzeug bei den verſchiednen Thiergattungen darbietet, ſehr leicht begreifen laſſen. Ich entlehne folgende Angaben aus Cuviers Vorleſungen über die vergleichende Anatomie.

Blos die, mit Lungen verſehenen, Thiere, d. h. die Säugethiere, die Vögel und die Amphibien beſitzen eine wahre Stimme. Die Beſchaffenheit des Stimmwerkzeugs iſt bei allen im Weſentlichen die nämliche. Es iſt ein Inſtrument mit freiem Mundſtück, welches durch die, aus der Lunge ausgeathmete, Luft zum Tönen gebracht wird. Allein in der Anordnung dieſes Mechaniſmus finden große Verſchiedenheiten Statt.

Die Säugethiere und Amphibien haben, wie der Menſch, nur einen einzigen Kehlkopf, welcher die Luftröhre an ihrem Mundende begränzt. Ihre Stimme wird alſo ganz auf die nämliche Weiſe hervorgebracht. Aber der Menſch allein wird durch die Biegſamkeit ſeiner Lippen, die Beweglichkeit ſeiner Zunge und die übrigen Modificationen ſeiner Mundhöhle in den Stand geſetzt, ſeine Sprache auf mannichfache Weiſe zu articuliren, wozu die Thiere vermöge einer unvollkommenern Organiſation unfähig ſind; auch thut jeder Bildungsfehler, der einen dieſer Vortheile aufhebt, der Bildung der Sprache Eintrag, oder macht ſie ſelbſt ganz unmöglich.

Die Claſſe der Vögel, welche ſo geſangreiche Individuen enthält, bietet in dem Bau des Stimmwerkzeuges verſchiedene Eigenthümlichkeiten dar, deren Einfluß auf die Mannichfaltigkeit der Töne leicht in die Augen fallen wird. Die bemerkenswertheſte iſt die, daß die Stimmritze und die Stimmbänder faſt gleich bei der Ausmündung der Lungen, am Anfange der Luftröhre, liegen. Obwohl übrigens dieſe letztre verhältnißmäßig viel länger und ausdehnſamer, als bei den Säugethieren iſt, ſo reicht ihre Länge doch bei Weitem noch nicht hin, um die tiefen Töne, und insbeſondre die unendlich verſchiednen Tonnuancen, welche zu einem Geſange gehören, nach Art einer Labialpfeife hervorzubringen. Hieraus ſieht man ſchon zur Genüge, daß bei dieſer Thierclaſſe das Stimmorgan, wie bei den Säugethieren, nichts anders als eine Art Mundſtück iſt; und der Beweis, daß dieſes am untern Ende der Luftröhre liegt,*) ergiebt ſich daraus, daß, wenn man einem Vogel, der ein ſtarker Schreier iſt, den Hals ſelbſt ſehr tief unter dem Kopfe abſchneidet, derſelbe noch wie zuvor (nur ſchwächer) ſchreit, weil er noch das Inſtrument beſitzt, welches bei ihm den Ton hervorbringt, wenigſtens dem Theile nach, der zur Bildung der Stimme am weſentlichſten iſt.

Ich habe ſchon erwähnt, daß die Luftröhre der Vögel contractiler als die der Säugthiere iſt. Sie zeigt außerdem noch eine andre Eigenheit; nämlich ihr oberes Ende kann ſich erweitern oder verengern, ſo daß dem Luftſtrom ein mehr oder minder freier Austritt verſtattet wird. In den Veränderungen der Länge und Weite derſelben ſtehn demnach dem Vogel zwei Mittel zu Gebote; die Höhe und Stärke ſeiner Stimme abzuändern, ſo wie auch die Geſtalt der Pfeifen, welche über die gewöhnlichen Mundſtücke geſetzt werden, einen rückwirkenden Einfluß auf ihren Ton, für eine gegebene Länge der ſchwingenden Streifen, hat. Wahrſcheinlich jedoch dient dieß Hülfsmittel nur, die feinſten Nuancen des Tons hervor zu bringen; da, wie wir bei Betrachtung der Mundſtücke geſehen, die bloße Veränderung in der Länge der ſchwingenden Streifen immer die erſte und hauptſächliche Urſach der Veränderung in der Tonhöhe iſt.

Wir haben ferner geſehen, daß die Geſtalt der, an die gewöhnlichen Mundſtücke gefügten, Pfeifen die Beſchaffenheit des Tons, den ſie geben, modificirt, und ihn dem Ton verſchiedner Inſtrumente mehr oder weniger ähnlich macht. Analoge Abänderungen werden bei den Vögeln durch eine ähnliche Urſach, d. h. durch die abgeänderte Geſtalt der Luftröhre hervorgebracht. Die Vögel mit kegelförmiger, nach Oben ausgeweiteter, Luftröhre haben eine helltönende Stimme, wie die Trompetenſtimmen der Orgeln. Bei andern finden ſich an gewiſſen Stellen der Luftröhre Anſchwellungen, die eine Abänderung in den Ton bringen; wovon das Entſprechende in den Rohrflöten der Orgeln Statt findet. Die Singvögel aber beſitzen eine cylindriſche Luftröhre, die ganz aus fadenfeinen Ringen zuſammengeſetzt iſt. Begreiflich muß die Beſchaffenheit des Tons durch die größere oder geringere Zartheit im Bau der Luftröhre und die mehr oder minder bedeutende Elaſticität des Stoffes, aus dem ſie beſteht, Abänderungen erleiden können. Eben dieſen Erfolg muß auch die Einrichtung des Kehlkopfs haben, der mehr oder minder ſchreiend ſeyn kann, wie wir dies bei unſern gewöhnlichen Mundſtücken finden. Ins Einzelne dieſes Gegenſtandes einzugehn, würde uns, bei der großen Mannichfaltigkeit, die er darbietet, zu weit von unſerm Zweck abführen; es genügt, den wahren Geſichtspunct feſtgeſtellt zu haben, aus dem er betrachtet werden muß.

---

*) Man könnte nämlich auch einen zweiten Kehlkopf, den die Vögel noch außerdem am obern Ende der Luftröhre beſitzen, dafür halten.

Viertes Buch.

Von der Elektricität.

Erſtes Capitel.

Allgemeine Erſcheinungen der elektriſchen Anziehung und Abſtoßung; Unterſcheidung zweier Arten von Elektricität.

Alle Eigenſchaften, die ſich uns bisher an den Körpern darboten, waren ihnen ſtandhaft inhärirend und ſchienen vom Weſen der Materie, aus welcher ſie beſtanden, ganz untrennbar zu ſeyn. So kann man den ſchweren Körpern die Schwere ſo wenig rauben, als ihren Moleculen die Eigenſchaft, ſich wechſelſeitig anzuziehen.

Jetzt werden wir unſre Unterſuchungen auf andre Arten von Modificationen wenden, welche den Körpern vorübergehend ertheilt werden können, und die um ſo merkwürdiger ſind, da ſie, ohne den Körpertheilchen etwas Fühlbares oder Wägbares zuzuſetzen oder zu entziehen, deſſen ungeachtet gewaltige Kräfte in ihnen aufregen, deren mechaniſche Wirkung dann materielle Körper in Bewegung zu ſetzen vermag.

Nimmt man z. B. eine Stange Siegellack oder eine Glasröhre oder ein Stück Bernſtein, welche man ſeit längerer Zeit unberührt gelaſſen hat, und bringt ſie in die Nähe von kleinen Papier- oder Strohſchnitzeln oder andern kleinen leichten Körpern, ſo werden dieſe keine Einwirkung davon erfahren; reibt man aber vor Anſtellung dieſes Verſuchs die Glasröhre, die Siegellackſtange oder den Bernſtein leicht und raſch mit einem Stück Wollenzeug oder einem recht trocknen Katzenfelle, und nähert ſie nun den ebenerwähnten leichten Körpern, ſo ſieht man dieſe ſich nach ihnen hin bewegen. Hierin alſo hat ſich uns eine neue Eigenſchaft, ein neues Vermögen entdeckt, welches die Reibung in Körpern, in denen vorher nichts davon vorhanden war, hervortreten läßt. Man nannte dieſe Eigenſchaft Elektricität, vom griechiſchen Wort ἤλεκτρον, welches Bernſtein bedeutet, weil man in der That in dieſem harzartigen Körper dieſelbe zuerſt entdeckte.

Jahrhunderte lang war man bei dieſer erſten Beobachtung ſtehen geblieben; ſeit ſiebzig Jahren aber ungefähr hat ein tieferes Studium dieſer Erſcheinungen eine Menge wichtiger Thatſachen ans Licht gebracht, die in ihrer Vereinigung jetzt einen der ſchönſten Zweige der Phyſik bilden.

Der erſte Schritt, den man zu thun hat, iſt, der eben beſchriebenen Grunderſcheinung weiter nachzugehen, und ſie nach allen ihren Umſtänden genau zu beſtimmen. Um ſie ſtärker hervortreten zu laſſen, muß man Glasröhren, Siegellack- oder Schwefelſtangen von etwas größerm Umfange, z. B. von zwei Centimetern im Durchmeſſer und drei oder vier Centimetern in der Länge, der Reibung unterwerfen. Dann äußert ſich die Anziehung auf die leichten Körper weit lebhafter; man ſieht ſie mit Schnelligkeit ſich nach der elektriſchen Röhre hinbewegen. Einige bleiben daran hängen, andere werden, nachdem ſie dieſelbe berührt haben, ſchnell wieder davon zurückgeſtoßen. Nahe an die Hand oder an das Geſicht gebracht, erregt die Röhre das Gefühl, als ob man dieſe Theile in Spinnweben tauchte; und bei Berührung derſelben mit der Hand oder einer Metallkugel hört man einen kniſternden Funken, der auf den darangehaltenen Körper überſpringt. Dieſer Funken wird ſichtbar, wenn man den Verſuch im Dunkeln anſtellt; auch ſieht man dann ſtets ein bläuliches Licht den reibenden Körper beim Hinführen über die Röhre begleiten. In noch ſtärkerm Maße erhält man dieſe Wirkungen, wenn man ſich ſtatt der Röhre einer dicken Glas- oder Harzkugel oder eines Cylinders oder einer Scheibe von Glas bedient, die man zwiſchen feſtgemachte Kiſſen preßt und mittelſt einer Kurbel im Kreiſe herum bewegt. Ein ſolcher Apparat wird eine *Elektriſirmaſchine* genannt. Gewöhnlich fügt man noch mehrere andre Theile hinzu, wodurch die Sicherheit und Stärke ihrer Wirkungen erhöht wird. Von dieſen werden wir weiterhin ſprechen, wenn wir erſt die theoretiſchen Einſichten erlangt haben werden, auf welche ſich die Einrichtung derſelben gründet. Für jetzt reicht ein Apparat, wie er eben von uns beſchrieben worden iſt, ſchon hin, die angeführten Grunderſcheinungen vollkommen zum Augenſchein zu bringen.

Wir ſchweben in völligem Dunkel darüber, welches die Beſchaffenheit der Grundurſache ſey, von der alle jene Erſcheinungen abhängen, auf welche Weiſe ſie in den Körpern vorhanden ſeyn, und wie ihre Wirkſamkeit durch Reibung hervorgelockt werden könne. Indeß hindert uns dieſe Ungewißheit nicht, jene Grundurſache der Kürze halber ein für allemal mit dem Namen *Elektricität* zu bezeichnen; eben wie wir auch die unbekannte Grundurſache der Wärme *Caloricum* nannten.

Alle glasartigen und harzartigen Körper bringen jene Erſcheinungen in ſtärkerm oder ſchwächerm Grade hervor. Auch ſeidene Stoffe eignen ſich dazu; allein vergebens ſucht man ſie an Metallen zum Vorſchein zu bringen. Faßt man eine Metallröhre mit einer Hand, reibt ſie mit der andern mit einem Katzenfelle oder einem Stück Wollenzeug, ſo wird ſich keine Spur einer Lichterſcheinung zeigen, unſer Körper wird keine Empfindung dadurch erhalten, es werden keine leichten Körper davon angezogen werden.

Faßt man aber die Metallröhre nicht unmittelbar mit der Hand, ſondern an einem recht trocknen Handgriff aus Harz oder Glas, den man daran befeſtigt hat, und reibt ſie nun wie zuvor, ohne ſie anderweitig als mit dem Reibzeug zu berühren, ſo wird ſie ſämmtliche elektriſche Eigenſchaften annehmen. Das Nämliche wird geſchehen, wenn man ſie an ſeidnen Schnuren aufhängt und nun mit einem Katzenfell ſchlägt, oder wenn man die Hand, die ſie faßt, mit mehrfach zuſammengelegtem Seidenzeuge umwickelt. Dieſe Eigenſchaften werden aber nur ſo lange bleiben, als die Metallröhre ganz außer aller Gemeinſchaft mit andern Körpern bleibt; dagegen auf der Stelle verſchwinden, ſo wie man die Röhre mit dem Finger oder mit einem andern Stück Metall berührt.

Dieſe Verſuche geben deutlich zu erkennen, daß, wenn das Metall Anfangs keine elektriſchen Eigenſchaften zeigte, der Grund davon nicht in einer Unempfänglichkeit deſſelben dafür lag, ſondern nur in einer Unfähigkeit, ſie feſtzuhalten. Denn, wenn ſie ſchon im Metall hervorgetreten waren, vermochte man ſie ihm durch Berührung mit dem Finger oder einem andern Stück Metall zu entziehen; und ſo mußte ſich denn auch, wenn man es mit der Hand beim Reiben hielt, die Elektricität in dem Maße, als ſie darin erregt ward, ſogleich wieder daraus verlieren; kein Wunder alſo, wenn ſie ſich durch keine Wirkung darin zu erkennen gab. Dagegen ward ſie bemerklich, wenn man das Metall durch Glas, Seide oder Harz in der Luft ſchwebend erhielt; ein Beweis, daß dieſe Subſtanzen ſich dem Ausſtrömen der Elektricität widerſetzen; und wirklich verbreitet ſich auch die El. nicht ſchnell von einem Ende eines ſeidnen Bandes, einer Glasröhre oder einer Harzſtange zum andern, denn berührt man dieſe Körper, nachdem ſie durch Reiben elektriſirt worden ſind, an einem Theile ihrer Oberfläche, ſo entzieht man zwar dieſem Theile ſeine elektriſchen Eigenſchaften, allein ſie beſtehen noch an allen übrigen fort. Dies iſt der Grund, warum ſich dieſe Körper elektriſiren laſſen, wenn man ſie an einem ihrer Enden mit der Hand hält.

Dies leitet uns zu einer Eintheilung der Naturkörper in zwei große Klaſſen, je nachdem ſie die Elektricität frei durch ſich hindurchlaſſen oder nicht. Wir werden ſie hiernach *Leiter* (*Conductoren*, conducteurs) und *Nichtleiter* (non-conducteurs) nennen. Letztre nennt man auch *Iſolatoren*, weil ſie, als Träger gebraucht, dienen, den andern jede Gemeinſchaft mit Leitern, die ihnen Electricität zu entziehen vermöchten, abzuſchneiden, d. i. ſie zu *iſoliren*.[1])

Die atmoſphäriſche Luft gehört offenbar zur Klaſſe der Nichtleiter; denn, wenn ſie der Elektricität einen freien Durchgang verſtattete, ſo könnte kein, in ihr eingetauchter, Körper dauernde elektriſche Erſcheinungen hervorbringen. Eine geriebene Glas- oder Harzſtange behält aber ihre elektriſchen Eigenſchaften, ſelbſt eine geraume Zeit hindurch, wenn gleich von Luft umgeben.

Das Waſſer dagegen iſt ein Leiter; denn macht man mit demſelben, oder auch nur mit ſeinem Dunſte, eine, durch Reiben elektriſirte, Glas- oder Harz-Röhre naß, ſo verliert ſie augenblicklich alle ihre Kraft. Auch thut der, in der Luft ſchwebende, Waſſerdunſt der iſolirenden Eigenſchaft derſelben Eintrag; daher die elektriſchen Verſuche nie beſſer als bei kaltem und trocknem Wetter gelingen, wo ſich ſehr wenig Waſſerdunſt in der Luft befindet.

Dieſe verſchiedene Fähigkeit der Körper, die Elektricität an ſich zu halten oder fortzuleiten, iſt von *Grey* entdeckt worden. Er verdankte die Beobachtung derſelben einem Zufall, den er aber auf geſchickte Weiſe zu nutzen wußte.

Man kennt bis jetzt noch keine beſtändige Beziehung zwiſchen dem Zuſtand der Körper und ihrer leitenden Eigenſchaft. Unter den feſten Körpern leiten die Metalle die El. vollkommen; die trocknen Gummiarten und Harze dagegen leiten ſie nicht. Faſt alle tropfbare Flüſſigkeiten ſind gute Leiter; das Oel jedoch ein ſehr unvollkommener. Kaltes Wachs und Seife leiten die El. ſchlecht; geſchmolzen, gut. Das Leitungsvermögen wird in den entgegengeſetzteſten Zuſtänden beobachtet; z. B. in der Alkoholflamme und dem Eiſe. Die Temperatur der Körper ſcheint ohne merkbaren Einfluß auf die elektriſchen Funken, welche ſie geben, zu ſeyn. Die, aus dem Eiſe hervortretenden, ſind nicht kalt, und die, einem rothglühenden Eiſen entlockten, ſcheinen ſie an Hitze nicht zu übertreffen.*)

---

1) Ehemals nannte man die Nichtleiter *idioelektriſche*, d. i. an ſich elektriſche; die Leiter *anelektriſche*, d. i. unelektriſche, Körper, weil man die erſtern allein für fähig hielt, durch Reiben elektriſch zu werden; welches aber irrig iſt. Alle Körper werden gerieben elektriſch; aber nicht allen kommt die Eigenſchaft zu, die in ihnen entwickelte Elektricität feſtzuhalten; um ſie dazu fähig zu machen, muß man ſie iſoliren.

*) Subſtanzen, die nur unvollkommen leiten, und zwiſchen Leitern und Nichtleitern gewiſſermaßen mitten inne ſtehn, werden *Halbleiter* genannt.

Die trockene atmoſphäriſche Luft und die übrigen Gasarten ſcheinen außer ihrer iſolirenden Eigenſchaft auch noch das Vermögen zu beſitzen, die Elektricität an der Oberfläche der Körper durch den Druck, den ſie auf dieſelben ausüben, zurückzuhalten. Denn bringt man unter die Glocke der Luftpumpe einen elektriſirten, und durch Füße von Glas oder Siegellack iſolirten, Leiter, ſo wird er bei einem gewiſſen Grade der Luftverdünnung alle ſeine Elektricität verlieren, indem dieſelbe aus ihm mit einem bläulichen Lichte nach allen andern Leitern ausſtrömt, durch welche ſie mit dem Erdboden Gemeinſchaft erhalten kann. Bringt man unter den nämlichen Umſtänden einen, durch Reibung elektriſirten, Nichtleiter, z. B. eine Siegellackſtange unter die Glocke, ſo entweicht die Elektricität auch aus ihm, wenn man die Luft auspumpt; allein die Trennung geſchieht weit langſamer, und der Körper bedarf weit längerer Zeit, um derſelben ganz entledigt zu werden. Dieſe Erſcheinungen ſcheinen demnach dafür zu ſprechen, daß die Elektricität nur durch den Luftdruck an der Oberfläche der Leiter zurückgehalten wird, an der Oberfläche der Nichtleiter aber, wie des trocknen Glaſes und Harzes, ſowohl durch dieſen Druck, als durch die Schwierigkeit, welche ſie findet, ſich von ihren Theilchen loszumachen.

Viele, ſonſt gut iſolirende, Subſtanzen werden durch Feuchtigkeit zu Halbleitern, ja zu vollkommenen Leitern. Folgendes iſt ein Verzeichniß der vorzüglichſten Leiter und Nichtleiter, wie es Singer angiebt. Die Subſtanzen ſind darin beinahe in der Ordnung des Grades ihrer Vollkommenheit aufgeſtellt; doch iſt dieſe noch nicht völlig ausgemittelt, was auch ſchwer ſeyn würde, da zu einer völligen Vergleichbarkeit eine Menge Umſtände in Betracht gezogen werden müßten.

Leiter. Alle bekannte Metalle; gut ausgebrannte Kohle; Reißblei; concentrirte Säuren; Kohlenpulver; verdünnte Säuren und ſalzige Flüſſigkeiten; Erze; thieriſche Flüſſigkeiten; Seewaſſer, Quellwaſſer, Flußwaſſer, Eis und Schnee; lebende Vegetabilien; Flamme, Rauch, Dampf; die meiſten Salze; verdünnte Luft, Alkohol und Aetherdunſt; die meiſten Erden und Steine.

Nichtleiter. (Gummilack), Siegellack, Bernſtein; Harze; Schwefel, Wachs, Gagat; Glas alle Verglaſungen, Talk; der Diamant und alle durchſichtigen Edelſteine; rohe, gebleichte, gefärbte Seide; Wolle, Haare, Federn; trockenes Papier, Pergament, Leder; Luft und alle trockne Gasarten; gedörrtes Holz, trockne vegetabiliſche Subſtanzen; Porzellan, trockner Marmor; einige kieſel- und thonerdige Steine; Kampher, elaſtiſches Gummi; Bärlappſamen; natürliche kohlenſaure Schwererde; trockne Kreide, Kalk, Phosphor; Eis bei 13° F; mehrere durchſichtige Kryſtalle, wenn ſie vollkommen trocken ſind; die Aſchen von thieriſchen und vegetabiliſchen Subſtanzen; Oele, die ſchwerſten ſcheinen die beſten; trockene Metalloxyde.

Mehrere Körper des vorſtehenden Verzeichniſſes verlieren ihre nichtleitende Eigenſchaft und werden Leiter, wenn man ſie ſtark erhitzt. Dies iſt der Fall mit rothglühendem Glaſe, geſchmolzenem Harz, Wachs u. ſ. w. (Singers El. S. 24 u. ff.)

Die leitende Eigenſchaft der Metalle wird zu einer vortheilhaftern Einrichtung der Elektriſirmaſchine benutzt. Man hängt einen Metallcylinder an ſeidnen Schnüren auf, oder befeſtigt ihn auf Glasfüßen, ſo, daß das eine Ende ganz nahe an der, durch Reibung elektriſirten Kugel oder Scheibe zu ſtehen kommt. So wie nun die Elektricität ſich entwickelt, geht ſie in dieſen metallnen Leiter über, und erhält ſich darin, weil er iſolirt iſt. Berührt man dieſen erſten Conductor mit einem andern, auf die nämliche Weiſe iſolirten, Metallcylinder, indem man ihn am iſolirenden Fuße faßt, ſo wird er auch elektriſch, und man kann auf dieſe Weiſe die El. an beliebige Orte leiten. Es iſt gleichgültig, an welcher Stelle man den erſten Conductor berührt; er wird allenthalben El. hergeben. Befeſtigt man einen Metalldraht von beliebiger Länge daran, wäre er ſelbſt tauſend Meter lang, ſo wird er im nämlichen Augenblicke in ſeiner ganzen Ausdehnung elektriſch werden, wofern er nur ebenfalls iſolirt iſt. Nicht minder wird die Fortleitung Statt haben, wenn man iſolirte Waſſermaſſen, z. B. die in Glasgefäßen enthalten ſind, zu Theilen der Verbindungskette macht. Dies ſind Folgerungen und Beweiſe des freien Durchgangs, den die Leiter der El. verſtatten.

Zum Gelingen dieſer Verſuche iſt erforderlich, daß die ſeidnen Schnuren, oder die Glasröhren, welche zur Iſolirung der Leiter dienen, vollkommen trocken ſind; widrigenfalls die elektriſchen Eigenſchaften bald ſchwächer werden, und in Kurzem ganz verſchwinden. Recht feine und trockne ſeidne Fäden können als vortreffliche Iſolatoren für leichte Körper gelten. Ein Kügelchen von Hollundermark, welches eine ausnehmend leichte und leitende Subſtanz iſt, an einem ſolchen Faden aufgehangen, gewährt ohne Koſten eine der nützlichſten Vorrichtungen für das Studium der Theorie der Elektricität. Zu bequemerer Anſtellung der Verſuche hat man dies kleine Pendel an einem feſten, oben gekrümmten, Stiel auf einen beweglichen Fuß zu befeſtigen, wie Fig. 1 zeigt.

Berührt man mit der Kugel eine, durch Reibung elektriſirte, Röhre, und entfernt ſie dann davon, ohne ſie anzurühren, ſo wird ſie el. Eigenſchaften angenommen haben: ſie wird Strohſchnitzel, Staub und andre kleine, ihr dargebotene, Körper anziehen. Bewegt man die Hand gegen ſie; ſo wird man ſehen, daß ſie ſich derſelben nähert; mit einem Wort; ſie wird durch Mittheilung (par communication) elektriſirt worden ſeyn.

Dieſe Eigenſchaften wird ſie eine ziemlich geraume Zeit behalten, zumal wenn die Luft trocken iſt, wofern man ſie nur nicht anrührt. Geſchieht dies, ſo kehrt ſie ſogleich zu ihrem natürlichen Zuſtande zurück und verliert alle El., die ſie erlangt hatte.

Hier, ſo wie bei dem elektriſirten Leiter, den man berührt, läßt ſich fragen, wohin denn die El. entweicht, und warum ſie ſich durch keine Wirkung mehr zu erkennen giebt. Folgender Verſuch wird hierüber Aufſchluß geben.

Anſtatt die elektriſirte und iſolirte Kugel mit dem Finger zu berühren, berühre man ſie mit einer andern, nicht elektriſirten, gleichfalls an einem iſolirenden Seidenfaden aufgehangenen, Kugel, die aber ein achtzig- oder hundertfaches Volumen von dem der erſten hat. Man wird nach geſchehener Berührung finden, daß dieſe erſte ihre el. Kraft faſt eben ſo vollſtändig verloren hat, als wenn ſie mit dem Finger berührt worden wäre. Hieraus wird man abnehmen können, daß eine gegebene Menge El. an Intenſität verliert, wenn ſie ſich über eine größere Oberfläche verbreitet; denn das Innere der Kugeln trägt hierzu nichts bei, indem die Erſcheinung auf gleiche Weiſe erfolgt, die Kugeln mögen maſſiv oder hohl ſeyn. Begreiflich alſo verliert die kleine Kugel bei der Berührung ihre el. Kraft deshalb, weil ſie dieſelbe mit dem menſchlichen Körper und der ungeheuern Erdmaſſe, beides Leitern, mit welchen ſie dann in Verbindung ſteht, theilt. Man nennt deshalb in Bezug auf die el. Verſuche auch oft die Erde den gemeinſchaftlichen Behälter (réservoir commun) der El.

Unterſuchen wir jetzt näher, was geſchieht, wenn man die geriebene Röhre der kleinen Kugel zum Erſtenmal nähert, um ſie durch Mittheilung zu elektriſiren. Zuerſt bewegt ſie ſich nach derſelben hin und haftet an ihrer Oberfläche; allein nachdem die Berührung nur den ganz kurzen Zeitpunct hindurch gedauert hat, welcher hinreicht, die Mittheilung der El. der Röhre an das Kügelchen zu bewirken, ſo wird es von der Röhre abgeſtoßen und ſcheint ſie zu fliehen, ſo lange es ſeine el. Eigenſchaften behält. Nähert man freilich die Röhre dem Kügelchen ſehr ſchnell, ſo ſieht man es manchmal zurückkehren, und die Abſtoßung ſomit in Anziehung übergehen; dieß iſt jedoch eine zuſammengeſetzte Erſcheinung, deren Urſache wir ſpäterhin ausfindig machen werden; bleiben wir aber bei dem ſtehen, was geſchieht, wenn man die Röhre dem Kügelchen nach geſchehener Mittheilung der El. von fern darbietet, gleichſam als wollte man es erſt auf ihre Bewegungen vorbereiten, ſo ſieht man, daß es daſſelbe immer erſt flieht. Dies leitet uns zu der wichtigen Folgerung, daß mit Ausnahme einiger beſondern Fälle, deren Urſach wir ſpäterhin aufſuchen werden, die Körper, deren einer den andern durch Mittheilung elektriſirt hat, einander fliehen.

Dem erſten Anblick nach ſcheint uns allerdings der vorige Verſuch zu dieſem Schluſſe noch keineswegs zu berechtigen. Denn man ſieht zwar wohl, daß das Kügelchen die Röhre flieht, von der ſie El.

durch Mittheilung empfangen hat; nicht aber daß die Röhre das Kügelchen flieht. Allein dies rührt blos daher, daß ſie zu ſchwer iſt. Das Kügelchen bewegt ſich allein, da es nicht vermag, die Röhre in Bewegung zu ſetzen. Um aber Gleichheit der Umſtände hervorzubringen, nehme man zwei gleiche Kügelchen; befeſtige ſie an die beiden Enden eines leinenen Fadens, der die El. leitet, und hänge dann dieſen Faden in ſeiner Mitte an einem Seidenfaden auf, wie Fig. 2 zeigt. Die beiden Kügelchen werden hier durch den Linnenfaden mit einander in leitender Verbindung ſtehen; ihr ganzes Syſtem aber durch den Seidenfaden iſolirt in der Luft ſchweben. Berührt man nun beide Kugeln, oder auch blos eine derſelben mit einer elektriſchen Röhre, ſo wird man beobachten, daß ſie nicht allein die Röhre fliehen, nachdem ſie deren El. getheilt haben, ſondern daß ſie auch einander ſelbſt fliehen; ſo daß die beiden Hälften des Linnenfadens auseinanderweichen, wie Fig. 3 darſtellt.

Die Abſtoßung der kleinen elektriſirten Kugel, Fig. 1, hat ſtets auf gleiche Weiſe Statt, aus welchem Stoff immer die Röhre beſtand, durch welche man ihr die El. mittheilte, wofern man ihr nur auch ſtets nachher die nämliche Röhre wieder darbietet. Hat man ihr aber erſt die El. einer, mit Wolle geriebenen, Glasröhre mitgetheilt, und nähert ihr nun eine, auf dieſelbe Weiſe geriebene, Stange von Harz, Siegellack oder Schwefel, ſo wird ſie keineswegs dieſelben fliehen, vielmehr ſich derſelben nähern, und noch begieriger zu ihr hinbewegen, als wenn ſie zuvor gar nicht elektriſirt worden wäre. Das Nämliche findet Statt, wenn man die kleine Kugel zuerſt durch die Harzſtange elektriſirt und ihr dann die Glasröhre nähert; im einen wie im andern Fall findet ſtets Anziehung Statt.

Wir ſehen ſonach, daß, wenn ein Körper zuvor elektriſirt und iſolirt war, wie unſer kleines Pendel, die andern elektriſirten Körper bei ihrer Annäherung an denſelben nicht alle die nämliche Wirkung auf ihn äußern, indem ihn die einen anziehen, während ihn die andern abſtoßen. Dies nöthigt uns, hinfort zwei Arten der El. zu unterſcheiden, eine von der Art, wie ſie in dem, mit Wollenzeuge geriebenen, Glaſe hervortritt, die wir *Glaselektricität* (gewöhnlicher und paſſender *poſitive* El.) nennen wollen; die andere von der Art, wie ſie ſich in dem, gleichfalls mit Wollenzeug geriebenen Harz entwickelt, und die wir daher *Harzelektricität* (*negative* El.) nennen. Die Entdeckung dieſes wichtigen Unterſchiedes verdanken wir *Dufay*.

Jetzt können wir alle, bisher von uns beobachteten, Erſcheinungen der el. Anziehung und Abſtoßung, durch folgenden ganz einfachen Satz ausſprechen: *Körper, die mit gleichartiger El. gela-*

den ſind, ſtoßen ſich ab; die mit ungleichartigen geladen ſind, ziehen ſich an.

Obwohl dieſer Satz nichts zu enthalten ſcheint, was nicht unmittelbar in den Erſcheinungen ſelbſt ausgeſprochen läge, ſo darf man ihn doch noch keineswegs für ſchlechthin in ſich begründet halten; denn Bewegungen, wie die, welche uns die elektriſirten Körper darbieten, können auch hervorgebracht werden, ohne daß eine wahre gegenſeitige Anziehung oder Abſtoßung der beiderſeitigen materiellen Theilchen Statt fände. Dies an einem Beiſpiele zu verdeutlichen, wollen wir uns ein Gefäß AA′, Fig. 4, denken, erfüllt mit einer ſchweren Flüſſigkeit, wie Waſſer oder Queckſilber, und vertical an einem feſten Punct S aufgehangen. Läßt man dies Gefäß unberührt, ſo wird es vermöge der Geſetze des Gleichgewichts ohne Bewegung bleiben, und die ſchwere, in ihm enthaltene, Flüſſigkeit, wird es zu keiner Bewegung nach horizontaler Richtung veranlaſſen können, weil die Druckkräfte, welche von ihr gegen die Seitenwände in derſelben Tiefe nach entgegengeſetzten Richtungen BA B′A′ ausgeübt werden, gleich ſind und einander deshalb aufheben. Geſetzt nun aber, man laſſe mittelſt eines Brennſpiegels MM einen Lichtkegel auf den Punct A fallen, der durch Schmelzung des Metalls eine kleine Oeffnung an dieſer Stelle in der Wand hervorbringe; ſo wird, weil nun der Druck nach der Richtung BA Null wird, und dem Druck B′A′, der noch der nämliche bleibt, demnach nicht mehr entgegenwirken kann, das Gefäß ſich vom Spiegel entfernen, als würde es von ihm abgeſtoßen. Ließe man dagegen den Brennpunct des Lichtkegels auf den Punct A′ fallen, durch die, als durchſichtig angenommene, Materie des Gefäßes und der Flüſſigkeit hindurch, ſo daß die Wand ebenfalls an dieſer Stelle geſchmolzen würde, ſo würde ſich das Gefäß dem Spiegel nähern, als würde es von demſelben angezogen. Deſſen ungeachtet findet hier weder eine wahre Anziehung noch Abſtoßung Statt; alles kommt auf die einfache Wirkung des hydroſtatiſchen Drucks zurück welcher der, im Gefäß AA′ enthaltenen, Flüſſigkeit weſentlich eigenthümlich iſt; und die ganze Erſcheinung beruht völlig auf denſelben Gründen, als die Drehungsbewegung, die wir im erſten Buche, S. 60, in Betracht zogen. Wir müſſen demnach auch bei den elektriſirten Körpern nicht voreilig an eine, zwiſchen ihren materiellen Theilchen wirklich Statt findende, Anziehung und Abſtoßung denken; und es wird ſich in der That weiterhin ergeben, daß den Bewegungen dieſer Körper ein, dem erwähnten ganz ähnlicher, Mechanismus zu Grunde liegt. Ihre materiellen Theilchen gewinnen, wenn gleich elektriſirt, doch keinen wahren Einfluß auf einander; alle Vorgänge finden zwiſchen der poſitiven und der negativen Elektricität, von denen ſie bedeckt werden, Statt, und die wechſelſeitige Wirkung dieſer beſchränkt ſich nur darauf, den Druck zu verſtärken oder zu mindern, den die El. von den Oberflächen der Körper gegen die umgebende, ſie zurückhaltende, Luft, oder im Allgemeinen gegen die Hinderniſſe, die ſich ihrem Entweichen entgegenſetzen, ausübt. Wenn wir uns nun, nach dieſen Betrachtungen, der Worte Anziehung und Abſtoßung zur Bezeichnung der Bewegungen elektriſirter Körper noch ferner bedienen, ſo darf man in ihnen nur Ausdrücke ſehen, welche zur bequemern Darſtellung der Umſtände dieſer Bewegungen dienen, keineswegs aber eine Andeutung ihrer wahren Urſache.

Dieſe Anziehungen und Abſtoßungen äußern ſich nicht allein durch die Luft hindurch; ſondern auch durch die andern Nichtleiter, z. B. durch Glas und Harz. Hängt man in der Mitte eines Glaskolbens eine, durch Reiben elektriſirte, Siegellackſtange auf, ſo findet man, daß ſie leichte, außerhalb des Kolbens befindliche, Körper anzieht, gerade ſo, als wenn kein Glas dazwiſchen befindlich wäre. Eben ſo findet die Anziehung Statt, wenn die leichten Körper im Kolben aufgehangen ſind, während ſich die elektriſirte Röhre außerhalb deſſelben befindet. Dieſes Hindurchgehen der Wirkung erfolgt auch durch Leiter; wird aber hier durch eine andre Erſcheinung verſteckt, von der wir weiterhin ſprechen werden.

Um zu erfahren, ob eine Subſtanz, wenn ſie auf eine gewiſſe Art getieben wird, die poſitive oder negative Elektricität annimmt; muß man zuſehen, welche Wirkung ſie auf das, mit einer bekannten El. ſchon geladene, elektriſche Pendel äußert. Man berührt z. B. dies Pendel mit einer Glasröhre, welche man mit einem Stück Wollenzeug gerieben hat. Es nimmt die poſitive El. an. Jetzt reibt man auch die zu prüfende Subſtanz und nähert ſie dann dem kleinen Pendel. Stößt ſie es zurück, ſo beſitzt ſie poſitive El.; zieht ſie es an, negative. Man kann, wenn man will, auch den Verſuch auf die umgekehrte Weiſe anſtellen, indem man dem kleinen Pendel zuerſt negative El. mittheilt; dann verhalten ſich auch die Wirkungen auf die umgekehrte Weiſe. Da die Zeichen der Elektricität in den verſchiednen Subſtanzen manchmal nur in ſehr ſchwachem Grade auftreten, ſo iſt zu wiſſen nöthig, wie man die Empfindlichkeit der Vorrichtung erhöhen kann. Man gelangt dazu dadurch, daß man den Durchmeſſer des Hollunderkügelchens vermindert und es an einem feinen Seidenfaden aufhängt. Bedient man ſich z. B. eines Fadens, wie er aus dem Cocon kommt, und giebt man ihm drei bis vier Decimeter Länge, ſo wird ſelbſt eine ſehr ſchwache El. hinreichen, ihn in Bewegung zu ſetzen. Später werden wir erfahren, wie ſich noch empfindlichere Apparate erhalten laſſen; doch müſſen wir uns zuvor eine genaue Theorie der Erſcheinungen entworfen haben, die uns in den Stand ſetzt, die Feinheit ihrer Verhältniſſe in vollem Maße zu würdigen; für jetzt wird der beſchriebene Apparat für die meiſten Fälle ausreichen.

Unterwerfen wir dieſem Prüfungsmittel eine Menge geriebener Subſtanzen, ſo finden wir, daß die Beſchaffenheit der in ihnen entwickelten Elektricität nichts Abſolutes hat, ſondern von der Art des Reibzeugs eben ſo wohl, als von der des geriebenen Körpers abhängt. Glattes Glas z. B., mit Wollenzeug gerieben, nimmt erwähntermaßen poſitive, mit einem Katzenfell, negative El. an. Seide mit Harz gerieben, wird negativ, mit glattem Glaſe poſitiv el.

Folgende Tabelle enthält mehrere Subſtanzen, welche mit den, ihnen in dem Verzeichniß folgenden, gerieben, poſitiv, mit den, ihnen vorausgehenden, negativ el. werden, wenigſtens innerhalb ſehr ausgedehnter Temperaturgränzen.

Katzenfell,
Glattes Glas,
Wollenzeug
Federn,
Holz.
Papier,
Seide,
Gummilack
Mattes Glas.

Man ſieht hinlänglich aus dieſer Tabelle, daß keine, in die Augen fallende, Beziehung zwiſchen der Beſchaffenheit oder dem Grundzuſtande der Subſtanzen und der Art der El., welche ſie, mit einander gerieben, entwickeln, Statt findet; nicht einmal für jede Einzelne derſelben findet in dieſer Hinſicht etwas Bleibendes Statt; denn die Stelle jeder Subſtanz in dem vollſtändigen Verzeichniß wechſelt, wenn man ihre Temperatur erhöht oder auch blos die Beſchaffenheit ihrer Oberfläche ändert; z. B. wenn man ihr einen andern Grad der Politur giebt.

Das einzige allgemeine Geſetz, welches man bei dieſen Erſcheinungen gefunden hat, iſt, *daß der reibende und der geriebene Körper immer entgegengeſetzte Elektricitäten annehmen, der eine die poſitive, der andre die negative.*

Deñ anſchaulichen Beweis für dieſen Satz zu geben, muß man die beiden, an einander zu reibenden, Körper iſoliren. Sind ſie von feſter Maſſe, ſo verſieht man ſie mit Handgriffen von Glas oder Harz, um ſie daran zu halten. Von Vortheil wird es ſeyn, wofern es geſchehen kann, den zu reibenden Subſtanzen die Geſtalt von Scheiben zu geben, damit die Reibung auf einer größern Oberfläche vor ſich gehe. Man kann eben ſo auch einen feſten Körper und ein Stück Zeug, oder zwei Stücken Zeug, zwei Thierfelle u. ſ. w. iſoliren und prüfen. Nachdem man das Reiben einige Augenblicke hindurch fortgeſetzt hat, trennt man die beiden Körper; und bietet ſie, indem man ſie immer noch an ihrem iſolirenden Handgriff hält, wechſelsweis einem recht empfindlichen el. Pendel dar, das mit einer bekannten Art der El. geladen iſt. Stets ſieht man es von dem einen Körper angezogen, von dem andern abgeſtoßen werden; beide haben alſo verſchiedne Elektricitäten. Ich führe dieſe Art des Prüfungsmittels nur Beiſpiels halber an, denn oft muß man zu weit empfindlichern ſeine Zuflucht nehmen. Eine ſehr große Anzahl Verſuche ſind angeſtellt worden, um auszumitteln, welches die Umſtände ſind, durch die jeder der beiden Körper beſtimmt wird, die eine oder die andre Art der El. anzunehmen; allein es hat ſich noch nichts Entſcheidendes in dieſem Bezug ergeben. Die geringfügigſten Umſtände ſcheinen hier oft den Ausſchlag geben zu können; reibt man z. B. eine Scheibe glattes Glas an eine Scheibe mattgeſchliffenes, ſo wird die erſtere poſitiv, die letztere negativ el., ohne daß man zu ſagen wüßte, warum die Glätte dieſen Einfluß äußert. Werden zwei weißſeidne Bänder, von demſelben Stück genommen, kreuzweis über einander gerieben, ſo nimmt das, der Quere nach geriebene, negative El., das der Länge nach geriebene, poſitive El. an: und man weiß eben ſo wenig anzugeben, inwiefern die Richtung des Reibens hierbei von Einfluß iſt. Endlich iſt ſelbſt die Wirkung zuweilen bei denſelben Körpern veränderlich. Aepinus verſichert, dieſe Beobachtung gemacht zu haben, als er eine Kupferplatte an eine Schwefelplatte, eben ſo, als er zwei Glasplatten an einander rieb. Getrennt zeigten ſie ſtets die entgegengeſetzten El.; allein die nämliche Art der El. gehörte bald der einen, bald der andern der Platten an.

Auf dieſe Erſcheinungen läßt ſich ein ſehr anziehender Verſuch gründen. Zwei Perſonen ſteigen auf Schemel, deren Füße aus maſſiven Glascylindern oder irgend einer andern iſolirenden Subſtanz beſtehen. Dieſe Schemel werden Iſolatorien, Iſolirſchemel oder iſolirende Stative genannt. Eine von beiden Perſonen hält in der Hand ein recht trocknes Katzenfell und ſchlägt damit die Kleider der andern. Die erſte erhält poſitive, die zweite negative El., wie man ſich überzeugen kann, wenn man beide wechſelsweis die Hand einem kleinen, mit einer bekannten El. geladenen, Pendel nähern läßt. Berührt eine nicht iſolirte Perſon ſie wechſelsweis, ſo lockt ſie aus jeder einen Funken hervor. Es verſteht ſich, daß dieſe Erſcheinungen nur ſo lange beſtehen, als die elektriſirten Perſonen auf dem Iſolirſchemel bleiben; denn ſteigen ſie herunter, ſo verlieren ſie ihre El. ſogleich, indem ſie dieſelbe mit der ungeheuern Maſſe der Erde theilen. Iſt daher blos eine der beiden Perſonen, gleichviel ob die ſchlagende oder die geſchlagene, iſolirt, ſo wird nur dieſe Zeichen von El. geben; und iſt es weder die eine noch die andre, ſo wird auch keine von beiden ſich el. zeigen. Wie leicht zu erachten übrigens, dürfen beide Perſonen ſich nicht anders berühren oder ſonſt in Verbindung mit einander ſtehen, als mittelſt des Reibzeugs.

Das Katzenfell iſt zu dieſen, ſo wie zu vielen ähnlichen Verſuchen, ſehr brauchbar, weil es ſehr leicht el. wird. Daher rührt es denn auch, daß, wenn man bei trocknem Wetter mit der Hand über den Rücken einer lebendigen Katze ſtreicht, ihre Haare ſich ſträuben und von der Hand angezogen werden; manchmal hört man ſie ſogar kniſtern und kann Funken daraus hervorlocken. Dies gelingt jedoch nur bei kaltem Wetter, wo die Luft ſehr gut iſolirt. Die Menſchenhaare werden auch, wenn ſie nicht fettig ſind, durch das Reiben leicht el., zumal feine und weiche, wie gewöhnlich die blonden ſind.

Die Reibung tropfbarer Flüſſigkeiten an feſten Körpern entwickelt auch El. Dies darzuthun, befeſtigt man an die Luftpumpe einen cylindriſchen Glasrecipienten, deſſen oberes Ende durch eine hölzerne Schale, in welche man Queckſilber gießt, luftdicht verſchloſſen iſt. Man pumpt die Luft aus dem Recipienten aus; das Queckſilber, dem Druck der äußern Luft nachgebend, ſickert durch die Poren des Holzes und fällt als ein feiner Regen herab, der an die Wände des Glascylinders anſchlägt. Nähert man jetzt dieſem ein, an ſeinem Seidenfaden ſchwebendes, el. Pendel, ſo findet man, daß er ſelbſt elektriſch geworden iſt. Zum Gelingen des Verſuchs iſt erforderlich, daß der Cylinder ganz trocken ſey, damit er nicht die, jedenfalls nur ſehr ſchwache El. verliert, welche durch die Reibung des Queckſilbers an ſeiner Oberfläche erregt wird.

Dies führt uns zur Erklärung einer Erſcheinung, welche in vollkommen luftfreien Barometern beobachtet wird. Neigt man ein ſolches Barometer, ſo daß die Queckſilberſäule den ganzen leeren Theil der Röhre ſchnell anfüllt, ſo ſieht man, wenn der Verſuch im Dunkeln angeſtellt wird, augenblicklich ein phosphoriſches Licht ſich entwickeln, ähnlich dem, welches im leeren Raume durch einen ununterbrochenen Strom von El. erzeugt wird.

Die El. läßt ſich auch durch Reibung einer Gasart gegen einen feſten Körper erregen. Richtet man mittelſt eines Blaſebalges einen Strom atmoſphäriſcher Luft gegen die Oberfläche einer Glasplatte, ſo nimmt ſie poſitive El. an. Ein recht trocknes ſeidnes Schnupftuch wird auch elektriſch, wenn man es in der Luft ſchwenkt, aber negativ.

Die Reibung iſt nicht das einzige Mittel, El. zu erregen, obwohl das gewöhnlichſte. Auch bei Zuſammendrückung, Ausdehnung und ſelbſt Abblätterung von Subſtanzen tritt ſie hervor. Weiterhin werde ich mehr über dieſe Erſcheinungen ſagen, für jetzt deute ich ſie blos an. Man beobachtet auch ein Freiwerden der El. beim Schmelzen gewiſſer Körper. Gießt man geſchmolzenen Schwefel in ein iſolirtes Metallgefäß, ſo wird der Schwefel beim Erkalten poſitiv, das Metall negativ el. Manchmal erfolgt die Erſcheinung auf die umgekehrte Weiſe, immer aber treten beide El. zugleich hervor. Indeß läßt ſich hier nicht beſtimmt entſcheiden, ob nicht die Erſcheinung vielmehr durch die Adhäſion, die faſt ſtets zwiſchen dem Metall und dem Schwefel eintritt, als durch die Schmelzung, bedingt wird.

Mehrere kryſtalliſirte Mineralkörper von glasartiger Beſchaffenheit beſitzen auch die Eigenſchaft, elektriſch zu werden, wenn man ſie auf einen gewiſſen Grad erhitzt. Dann nimmt ein Ende des Kryſtalls poſitive, das andre negative El. an; ſo daß die Theile, in denen ſie vorwalten, von einander geſchieden ſind. Aber auch hier werden beide Arten von El. ſtets zugleich hervorgebracht.

Endlich entwickelt ſich auch El. bei mehrern chemiſchen Verbindungen und ſelbſt bei der bloßen Berührung irgend heterogener Subſtanzen; das Studium und ſelbſt die Wahrnehmung dieſer Erſcheinungen erfordert jedoch viel zuſammengeſetztere und empfindlichere Apparate, als die ſind, die wir uns bis jetzt verſchaffen konnten. Deshalb wird erſt weiterhin von ihnen die Rede ſeyn.

Zweites Capitel.

Von den Geſetzen, nach denen ſich die ſcheinbare elektriſche Anziehung und Abſtoßung richtet.

Nach Feſtſtellung der Thatſache der el. Anziehung und Abſtoßung, müſſen wir zum nächſten Gegenſtande unſrer Forſchung die Geſetze machen, nach denen ſie ſich in verſchiednen Entfernungen äußern. Das beſte Hülfsmittel hierzu bietet uns Coulomb's, Bd. I. S. 330 beſchriebene, Drehwage dar; gewiß eine der ſchönſten Anwendungen, die jener Phyſiker von ſeinem ſinnreicherfundnen Inſtrumente machte.

Wir ſahen oben, daß das Weſentliche dieſer Vorrichtung in einem verticalen Metalldraht beſteht, deſſen oberes Ende an einem feſten Punkte befeſtigt iſt, während das untere eine horizontale Nadel trägt. Um ſehr geringe Kräfte zu ſchätzen, läßt man ſie auf das Ende dieſer Nadel wirken und mißt ihre Intenſität durch den Winkel, um welchen ſie dieſelbe aus der Lage ihrer Ruhe ablenken. Mit einem Worte, man wiegt (ou balance) dieſe Kräfte durch die Kraft der Drehung, die dem Drehungswinkel ſtets proportional iſt, wie wir der Erfahrung zufolge, S. 331, bemerkten.

Um dieſen Apparat zur Meſſung der el. Anziehung und Abſtoßung anzuwenden, verfertigt man die Nadel aus Gummilack, welches eine ſehr iſolirende Subſtanz iſt, und befeſtigt an ein Ende derſelben ein Hollundermarkkügelchen b, Fig. 5. Nachdem man nun den Zeiger des Mikrometers M der Drehung auf Null ſeiner Eintheilung geſtellt hat, dreht man die ganze Trommel, die ihn trägt, bis die kleine Kugel b auch vor dem Nullpunct der, an den Wänden des Apparats verzeichneten, Eintheilung ſteht.[1]) Die Erfüllung dieſer Bedingung erkennt man daran, daß, wenn man von der entgegengeſetzten Seite des Glasbehälters in der Verticalebene hinſieht, welche den Draht und die Nadel enthält, man letztre gegen den Nullpunct gekehrt erblickt.

Man befeſtigt nun eine zweite Kugel a an das Ende eines ganz dünnen Cylinders von Gummilack, dem man eine ſolche Länge giebt, daß, wenn er vertical in den Glaskaſten gebracht wird, ſeine Kugel mit der Kugel der Nadel in ein Niveau kommt; und man giebt ihm eine ſolche Stellung, daß dieſe zweite Kugel auch bei dem Nullpunct der Eintheilung zu ſtehen kommt; wovon man ſich, wie vorhin, überzeugt. Dann findet ſich die erſte Kugel von dieſem Punct um einen Bogen entfernt, welcher der Summe der Radien beider Kugeln gleich iſt, und die geringe Drehung, die dadurch entſtehet (dadurch nämlich, daß die erſte Kugel von der zweiten aus ihrer Stellung vor dem Nullpunct etwas ſeitlich gedrängt wird), erhält ſie mit der andern in Berührung.

Offenbar nun, wenn man dieſe Kugeln, oder auch blos eine derſelben, einen Augenblick mit einem elektriſirten und iſolirten Körper berührt, werden ſie durch Mittheilung auch elektriſch werden, und zwar beide gleichartig elektriſch; ſie müſſen ſich mithin abſtoßen; da jedoch die erſte Kugel allein beweglich iſt, ſo wird ſich die Nadel, an der ſie befeſtigt iſt, um einen gewiſſen Winkel drehen, und nach einigen Oscillationen bei einem gewiſſen Puncte des Gleichgewichts ſtehen bleiben, den die Eintheilung an der Seitenwand finden läßt.

---

1) Dieſe Eintheilung wird auf einem Papierſtreifen verzeichnet, den man horizontal rings um den Glasbehälter klebt. Iſt dieſer kreisförmig, ſo macht man die Eintheilung nach Graden. Will man jedoch in die Wage Körper von etwas bedeutendem Umfang bringen, ſo findet man keine hinreichend großen Glascylinder mehr, die dem Apparate zu Wänden dienen könnten; und man ſetzt dieſe dann aus vier verticalen Spiegelplatten zuſammen, ſo daß ſie in ihrer Verbindung ein Quadrat bilden. Dann wird der, horizontal in der Höhe der Nadel auf dieſe Platte geklebte, Streifen zur Tangente des Kreiſes, den die Nadel beſchreibt. Man ſetzt demnach den Nullpunct der Eintheilung dahin, wo die Richtung der Nadeln auf jede Fläche ſenkrecht iſt, und trägt zu beiden Seiten dieſes Punkts ungleiche Eintheilungen auf, welche die Tangenten der Bogen von 1°, 2°, 3° u. ſ. w. vorſtellen.

Dann wird der Grad der, im Draht vorhandnen, Drehungskraft der Abſtoßung der beiden Kugeln das Gleichgewicht halten, und mithin zum Maße derſelben dienen können.

Dies iſt in der That das Verfahren, welches man befolgt. Da es jedoch nur einer ausnehmend geringen Kraft bedarf, einen Metalldraht um einen großen Winkel zu drehen, ſo darf man begreiflicherweiſe den Kugeln nur ſehr ſchwache Ladungen von El. ertheilen. Man berührt ſie deshalb nur mit einem dicken Stecknadelknopf, deſſen Stiel in einer Siegellackſtange ſteckt. Dieſer Nadelknopf wird durch Mittheilung elektriſirt, indem man ihn entweder einen Augenblick mit dem erſten Conductor einer Elektriſirmaſchine, oder auch mit einer geriebenen Glas- oder Harzſtange in Berührung bringt. In den Glaskaſten wird er durch eine kleine, zu dieſem Behuf an gehöriger Stelle angebrachte, Oeffnung eingebracht, indem man ihn an der iſolirenden Siegellackſtange hält, und, nachdem er die unbewegliche Kugel berührt hat, ſogleich wieder zurückzieht.

Bei einem ſeiner, auf ſolche Art angeſtellten, Verſuche fand Coulomb, daß die Nadel nach geſchehener Berührung einen Winkel von 36° beſchrieben hatte. Darauf drehte er den Draht nach der, dieſer Abſtoßung entgegengeſetzten Richtung, ſo daß die Nadel der unbeweglichen Kugel bis auf 18° genähert war; und zu dieſem Ende mußte der Zeiger des Mikrometers um 126° gedreht werden.

Endlich näherte er die Nadel bis auf einen Abſtand von 8° ½; wo ſichs dann zeigte, daß der Zeiger des Mikrometers, von Null der Eintheilung an, im Ganzen 567° beſchrieben hatte.

Während dieſer Verſuche verloren die Kugeln nicht merklich an El. Denn durch vorläufige Verſuche hatte ſich Coulomb überzeugt, daß, an dieſem Tage, die elektriſirten Kugeln, wenn ſie ſich um 30° abgeſtoßen hatten, in drei Minuten blos um Einen Grad ſich näherten; und da er zur Anſtellung der drei erwähnten Verſuche nur zwei Minuten brauchte, ſo erhellt, daß ſich die Verminderung, welche die El. der Kugeln ſowohl durch Berührung der Luft als durch Entweichen längs der Träger erfahren konnte, als unmerklich aus der Acht laſſen ließ. Dies rührte, wie ſich in der Folge ergeben wird, von der Trockenheit der Luft an dem Tage, wo dieſer Verſuch angeſtellt wurde, her, ſo wie von der guten Wahl der iſolirenden Träger.

Um den Folgerungen aus dieſen Verſuchen nachzugehen, wollen wir durch abd Fig. 6, den Umkreis vorſtellen, den die bewegliche Kugel b beſchreibt; durch c ſeinen Mittelpunct. Setzen wir zuvörderſt den Bogen ab gleich 36°, wie wir ihn nach der erſten Abſtoßung fanden; ſo folgt daraus, daß der Abſtoßungskraft der beiden Kugeln durch eine Drehung um 36° nach der Richtung ab das Gleichgewicht gehalten wurde; denn, zufolge der, zu Anfang des Verſuchs getroffenen, Anordnungen, iſt die Drehung null, wenn die Nadel ſich beim Punct a befindet.

Beim zweiten Verſuche dreht man den Draht um 126° nach der Richtung ba. Wäre die Nadel frei, ſo würde ſie dadurch nach d′, 126° über den Punct a hinausgeführt werden; ſtatt deſſen aber hält die abſtoßende Kraft ſie in b′, 18° dieſſeits dieſes Punctes zurück. Bei dieſem Abſtand hielt mithin die abſtoßende Kraft der beiden Kugeln einer Drehung um 126° + 18° d. i. 144° das Gleichgewicht.

Bei dem dritten Verſuch endlich betrug die, vom Mikrometer angezeigte, Drehung 567° immer nach der Richtung ba; allein, anſtatt um 567° über den Punct a hinauszugehn, blieb die Nadel bei 8°½ dieſſeits dieſes Punctes ſtehen; mithin hielt die Abſtoßungskraft, durch die ſie in dieſer Entfernung feſtgehalten wurde, einer Drehung um 567° + 8°½, d. i. 575°½ das Gleichgewicht.

Folgende Tabelle liegt uns demnach zur Vergleichung zwiſchen den Drehungen und den Abſtänden vor.

Bogen, um welchen beide Kugeln entfernt waren.	Maß der Abſtoßungskraft durch die Drehung.
36°	36°
18°	144°
8°½	575°½

Hierin entdeckt man ſchon ein bemerkenswerthes Geſetz. Die Bogen des Abſtandes, welche in der erſten Spalte enthalten ſind, verhalten ſich faſt genau zu einander wie 1, ½, ¼, während die entſprechenden Drehungen, die das Maß für die Wirkung der abſtoßenden Kräfte auf die Nadel abgeben, unter einander in dem Verhältniſſe 1, 4, 16, ſtehen, d. i. den Quadraten der erſten umgekehrt proportional ſind. Hieraus iſt erſichtlich, daß die el. Kräfte gleich der Anziehungskraft der Himmelskörper ſich nach dem umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernungen richten.

Eigentlich zwar wird der geradlinige Abſtand beider Kugeln nicht durch den Bogen, den die eine beſchreibt, ſondern durch die Sehnen dieſes Bogens gemeſſen; und die abſtoßende Kraft, die ſie auf einander äußern, wirkt überdies ſchief auf die Nadel und trägt daher nicht mit ihrer ganzen Stärke zu ihrer Drehung bei. Indeß beträgt dieſe Schiefe bei unſern Verſuchen wegen der geringen Größe der Bogen nur ganz wenig; und aus der nämlichen Urſach iſt auch der Unterſchied zwiſchen ihnen und ihren Sehnen nur ganz gering. Dieſe Umſtände rechtfertigen ſonach die Folgerungen, die wir aus unſern Beobachtungen gezogen haben. Vollends außer Zweifel laſſen ſie ſich indeß ſetzen, wenn man eine ſtrenge Berechnung zu Hülfe nimmt. Denn aus dieſer ergiebt ſich, daß, wenn die Abſtoßungsbogen nicht größer, als 30° ſind, die, aus den Bogen, ſo wie die, aus den Abſtänden hergeleiteten, Verhältniſſe von denen, die die Beobachtung finden läßt, ſich um keine merkliche Größe unterſcheiden. Ueberſchreiten wir alſo dieſe Gränze nicht, ſo können wir das Geſetz des Quadrats der Abſtände auf die Bogen ſelbſt beziehen, welches die Berechnungen um vieles vereinfacht.

Der Draht, deſſen ſich Coulomb bediente, war von Silber und wegen ſeiner Feinheit ausnehmend leicht in Drehung zu verſetzen. Coulomb erſann jedoch noch empfindlichere Apparate, beſtimmt, auch die geringſten Mengen El. anzuzeigen, Fig. 7. Dieſe Apparate, die wir Elektroſkope nennen, ſind wahre el. Wagen, in welchen der Metalldraht durch einen einfachen Coconfaden von vier Zoll Länge erſetzt iſt. Die Nadel beſteht aus einem kleinen, zwölf Linien langen, Faden von Gummilack, der ſich an einem Ende in ein kleines ganz dünnes rundes Scheibchen von Silberlahn endigt[1]). Bei einem dieſer Apparate, deren ſich Coulomb bediente, wog die Nadel mit dem Scheibchen zuſammen ¼ Grain. Der Seidenfaden hat bei der angegebenen Länge eine ſolche Biegſamkeit, daß, wenn man auf ihn mit einem Hebelarm von Einem Zoll wirkt, ſchon das Gewicht eines Sechzigtauſendtheils von einem Grain hinreicht, ihn um 360° zu drehen. Um dem Scheibchen die El. mitzutheilen, läßt man durch eine Siegellackſtange einen Kupferdraht hindurchgehn, der ſich auf einer Seite in eine kleine vergoldete Hollunderkugel, auf der andern in eine Metallkugel oder in einen Haken, deſſen Spitze in das Siegellack zurückgeht, endigt. Die ſo ausgerüſtete Siegellackſtange bringt man in das Innere des Glaskaſtens, den Haken nach Außen gekehrt, und befeſtigt ſie ſo, daß die Mitte der vergoldeten Kugel, durch den Aufhängungsfaden geſehen, dem Nullpunct der Eintheilung an den Wänden des Glaskaſtens entſpricht. Wenn ſich die Nadel in Ruhe befindet, dreht man behutſam den Zeiger des Mikrometers der Drehung, bis das Scheibchen ſich an die vergoldete Kugel anlegt; worauf der Apparat in Wirkung treten kann. Theilt man dem Kupferhaken durch irgend ein Mittel El. mit, ſo pflanzt ſie ſich in die Kugel und das Scheibchen fort, welches ſogleich abgeſtoßen wird. Die Empfindlichkeit dieſer Elektroſkope iſt ſo groß, daß, wenn man eine, durch Reiben elektriſirte, Siegellackſtange dem auswendigen Haken auch nur von fern, in einer Weite von drei Fuß, darbietet, die Nadel um mehr als 90° abgelenkt wird. Weiterhin werden wir ſehen, wie hierbei die El. in der Entfernung, ohne unmittelbare Mittheilung, erregt werden kann. Für jetzt führen wir dieſe Thatſache blos als einen Beweis für die ausnehmende Empfindlichkeit des Apparats an. Mit Hülfe dieſes Elektroſkops laſſen ſich alle, im vorigen Capitel erörterte, Verſuche über die Beſchaffenheit der, in verſchiednen Körpern durch wechſelſeitiges Reiben erregten, El. aufs Leichteſte wiederholen.

---

[1]) Ein ſolcher Faden läßt ſich leicht bilden, wenn man an einer Lichtflamme die Mitte eines Stäbchens aus Gummilack, das man an ſeinen beiden Enden hält, erhitzt. Fängt dies Harz an zu ſchmelzen, ſo entfernt man beide Enden ſchnell von einander, wo ſich dann der geſchmolzene Theil gewöhnlich in einen ſehr feinen Faden zieht, der zu beiden Seiten an zwei feſten Enden anhängt. Auf die nämliche Weiſe laſſen ſich Faden aus Siegellack und ſelbſt aus Glas ziehen; bei letztern indeß reicht, wenn nicht eine ſchon ganz feine Röhre genommen wird, die Lichtflamme nicht hin; man muß ſich der Schmelzlampe bedienen.

Nachdem ſolchergeſtalt die Geſetze der el. Abſtoßung ausgemittelt waren, bot ſich zunächſt die Erforſchung der Geſetze der Anziehung dar, welche ſich zwiſchen Körpern, die mit ungleichartiger El. geladen ſind, äußert. Auch wurde dieſe Unterſuchung von Coulomb mittelſt der nämlichen Verfahrungsarten vorgenommen. Dann aber dürfen ſich die Kugeln in ihrer urſprünglichen Lage, bevor ſie el. geworden ſind, nicht mehr berühren; ſie müſſen vielmehr von einander entfernt ſeyn, und in der Drehungskraft ein Hinderniß finden, ſich zu vereinigen. Zu dieſem Zweck nimmt man erſt die befeſtigte Kugel a Fig. 8, weg, und ertheilt der beweglichen eine El. von beſtimmter, z. B. negativer, Beſchaffenheit. Darauf dreht man den Zeiger des Mikrometers um einen beſtimmten Winkel c; der Faden, durch keine Kraft gehindert, folgt dieſer Bewegung, ſo daß, nach einigen Oscillationen, das Ende der Nadel vor einem andern Punct b der kreisförmigen Eintheilung ſtehen bleibt, der um c Grade von dem entfernt iſt, bei dem es zuerſt ſtand. Durch dies Verfahren wird ſonach der Nullpunct der Drehung um eine bekannte Größe nach der Richtung ab verrückt worden ſeyn. Jetzt bringt man die befeſtigte Kugel a wieder an ihren Ort, und ertheilt ihr die, der vorigen entgegengeſetzte, El.; in unſerm Beiſpiel alſo poſitive. Da beide Kugeln ſich anziehen, ſo bewegt ſich die Nadel nach der feſtgemachten Kugel a hin, und bleibt, im Fall das Gleichgewicht möglich iſt, irgendwo bei einem gewiſſen Puncte ſtehn, den ich mit b′ bezeichnen will. Man bemerkt dieſen Punct an der Eintheilung, dreht darauf das Mikrometer um bekannte Größen vorwärts oder rückwärts, um die Drehung zu verändern, und beobachtet wiederum die Lagen, in welcher die Nadel in jedem dieſer Fälle ſtehen bleibt. Aus der Vergleichung der Drehungen und der Abſtände, wie wir ſie bei Aufſuchung des Geſetzes für die Abſtoßungen ausführten, ergiebt ſich hier ein gleiches Geſetz; wonach wir ſchließen, daß die Anziehungskräfte, welche durch ungleichartige Elektricitäten hervorgebracht werden, eben wie die Abſtoßungskräfte, dem Quadrat des Abſtands umgekehrt proportional ſind.

Eine Vorſichtsmaßregel hat man bei dieſen Verſuchen zu beobachten, ohne welche dieſelbe nicht glücken würden. Wenn die Anziehungskraft beide Kugeln zur Annäherung an einander beſtimmt, ſo nimmt ihre Intenſität, in dem Maße, als der Abſtand beider geringer wird, zu; und, wäre blos dieſe Urſach vorhanden, ſo würden die Kugeln zuletzt ſich bis zur Berührung nähern. Allein die Drehung widerſetzt ſich ihrer Annäherung; ein Widerſtand, der in dem Maße wächſt, als die Nadel ſich von ihrem Ruhepuncte b entfernt, um nach der andern Kugel hinzugehen. Nun wächſt über eine gewiſſe Entfernung hinaus dieſer Widerſtand nicht mehr ſchnell genug, um den Anwachs der Anziehungskraft zu beſiegen; es kann hier ſonach kein Gleichgewicht eintreten; ſondern wenn die Kugeln bis zu dieſer Gränze gelangt ſind, ſo eilen ſie auf einander zu, und treffen zuletzt immer zuſammen. Durch eine ganz einfache Rechnung läßt ſich dies erweiſen, und die Gränze des Abſtands beſtimmen, über die man nicht hinausgehen darf.

Es ereignet ſich ſogar, daß die Kugeln ſich bis zur Berührung in Fällen nähern, wo das Gleichgewicht nach der Rechnung Statt haben kann. Dies rührt daher, daß die Art der Aufhängung der Nadel geſtattet, einige Zeit um die Lage des Gleichgewichts, in der ſie zuletzt zur Ruhe kommen ſoll, zu oscilliren. Wenn die Weite dieſer Oscillationen groß genug iſt, um die bewegliche Kugel der befeſtigten ſo nahe zu bringen, daß die Anziehung in einem raſchern Verhältniß als die Drehung wächſt, ſo reicht dieſe nicht mehr hin, die Nadel zurückzuführen, und die bewegliche Kugel wird bis zur Berührung fortgezogen.

Coulomb hat das Geſetz der el. Anziehungen noch durch eine andre Verfahrungsart erforſcht, die ich hier anführe, weil ſie zur Beſtätigung der vorigen dient, und auch bei der Theorie des Magnetismus ihre Anwendung finden wird. Sie beſteht darin, an einem Coconfaden eine Nadel von Gummilack horizontal aufzuhängen, deren Ende eine Scheibe von Silberlahn trägt, die man elektriſirt. Vor dieſe Nadel, in einiger Entfernung von derſelben, ſtellt man eine mit einer verſchiedenartigen El. geladene Kugel, durch welche die Nadel angezogen und zum Oscilliren gebracht wird. Man beſtimmt dann durch Berechnung die Anziehungskraft, in verſchiednen Weiten, für verſchiedene Entfernungen der elektriſirten Kugel nach der Zahl der, von der Nadel in einer gegebenen Zeit vollbrachten, Oscillationen; eben wie man auch die Kraft der Erdſchwere nach den Oscillationen des gewöhnlichen Pendels beſtimmt. Die, auf dieſem Wege erhaltenen, Reſultate beſtätigen das Geſetz des Quadrats der Abſtände, zu welchem die Verſuche mit der Drehwage geführt hatten.

Die nämliche Methode ließe ſich auch zu Erforſchung des Geſetzes für die Abſtoßungen anwenden. Theilt man nämlich der Kugel und dem Scheibchen gleichartige Elektricitäten mit, ſo wird letztres abgeſtoßen werden, die Nadel ſich in ihrer Richtung umkehren, und vermöge dieſer Abſtoßung in einer, der erſten diametral entgegengeſetzten, Lage oscilliren; abgeſehen aber von dieſer Umkehrung, welche auf den Abſtand des Scheibchens von der Kugel von Einfluß ſeyn wird, finden Beobachtungen und Rechnungen, wie vorhin, Statt.

Mittelſt der eben gefundenen Reſultate läßt ſich für alle mögliche Entfernungen die Stärke der Anziehung oder Abſtoßung zweier elektriſirten Kugeln berechnen, wenn man dieſelbe für eine einzige bekannte Entfernung beobachtet hat.

Hierin hat man indeß erſt das Maß der Geſammtwirkung, ohne das Verhältniß zu kennen, in welchem jede der Kugeln dazu beiträgt. Es verſteht ſich aber, daß beide, woſern ſie nicht vollkommen gleich, und mit gleichviel El. geladen ſind, auf ungleiche Art dazu beitragen werden. Dies Verhältniß iſt ſonach noch auszumitteln.

Leicht würde man dazu gelangen, wenn man einer der Kugeln einen Theil El., der ein bekanntes Verhältniß zu dem Antheil, den ſie ſchon beſäße, hätte, ertheilen oder nehmen könnte. Denn mäße man dann die neue Drehung, bei welcher in dieſem neuen Zuſtande des Gleichgewicht beſtände, ſo würde man daraus erſehen, wie viel die beſondre El. jeder Kugel zur Geſammtwirkung beider beiträgt. Nun hat es gar keine Schwierigkeit, jeder Kugel ſoviel El. zu rauben, als gerade die Hälfte des, von ihr beſeſſenen, Antheils ausmacht. Man braucht ſie nämlich nur zu dieſem Zweck einen Augenblick mit einer andern Kugel von demſelben Stoff, dem nämlichen Durchmeſſer, und eben ſo vollkommener Iſolirung zu berühren; denn da alle Umſtände für beide Kugeln gleich ſind, ſo wird ſich die El. offenbar zwiſchen ſie gleich vertheilen müſſen: ſo daß nach der Berührung die eigenthümliche Wirkung der berührten Kugel um die Hälfte vermindert ſeyn wird. Bei dieſem Verfahren zeigt ſich, daß die Geſammtkraft der Anziehung oder Abſtoßung, die anfänglich zwiſchen dieſer Kugel und der befeſtigten Kugel der Wage in Wirkſamkeit war, ſich genau auf die Hälfte reducirt hat.

Dieſe Reduction hat nicht allein für Kugeln Statt, ſondern auch für Kreiſe und wahrſcheinlich für alle Körper, deren Geſtalt oder Abſtand von einander ſo beſchaffen iſt, daß man ſie bei Berechnung ihrer Anziehung als Puncte betrachten kann. *Coulomb* ſubſtituirte der befeſtigten Kugel der Wage eine eiſerne Scheibe von 10 Linien im Durchmeſſer, wobei er am Ende der Nadel noch das Hollundermarkkügelchen ließ. Er elektriſirte beide Körper gleichzeitig mittelſt des Stecknadelknopfs; die Nadel ward durch die abſtoßende Kraft fortgetrieben; und als man ſie bis auf einen Abſtand von 30° zurückgeführt hatte, zeigte das Mikrometer 110; die abſtoßende Kraft betrug demnach 140°. Darauf ſetzte er die kleine Scheibe von Eiſen einen Augenblick mit einer andern aus dem nämlichen Stoff und von dem nämlichen Durchmeſſer in Berührung; ſogleich näherte ſich die Nadel; und um ſie wieder zu dem Abſtand von 30° zurückzuführen, wie im erſten Falle, mußte der Faden zurückgedreht werden, bis der Zeiger des Mikrometers zu 40° zurückgekehrt war; wonach ſich die Abſtoßungskraft auf 40° + 30° oder 70° reducirt hatte, welches die Hälfte von 140°, wodurch ihre urſprüngliche Intenſität gemeſſen wurde, iſt.

Bei dieſen Verſuchen zeigt ſich noch die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit; daß die Mittheilung ganz auf die nämliche Weiſe vor ſich geht, aus welchem Stoff auch immer die, in Berührung geſetzten, Leiter beſtehen mögen, wofern nur die Größe ihrer Oberflächen ſich gleich bleibt. *Coulomb* ſetzte die befeſtigte Hollundermarkkugel mit gleich großen Kugeln von Kupfer und verſchiednen andern Stoffen in Berührung; die Scheibe von Eiſen mit einer Papierſcheibe von gleich großem Durchmeſſer; immer geſchah die Mittheilung auf die nämliche Weiſe.

Dieſe Beobachtungen führen uns zu zwei wichtigen Folgerungen. Erſtens, da die Geſammtkraft der Anziehung oder Abſtoßung für jeden Abſtand in dem nämlichen Verhältniſſe ſich ändert, als die Elektricitätsmengen, welche jedem der beiden auf einanderwirkenden Körper angehören, ſo kann der Ausdruck für die Größe dieſer Geſammtkraft nicht anders als dem Product dieſer beiden Mengen proportional ſeyn. Hiernach trägt jede Kugel oder jeder Kreis zu dem ganzen Kraftbeſtreben, durch welche ſie gegen einander gezogen oder von einander abgeſtoßen werden, nach Verhältniß des Factors, mit dem er in dies Product eingeht, bei. Wir werden hinfort dieſen Factor die *elektriſche Reaction* der Kugel oder der Scheibe, deren Wirkung er mißt, nennen; und, nach der Analogie, die nämliche Benennung auch auf die Wirkung aller andern Körper beliebiger Geſtalt ausdehnen, wenn ſie in ſo großem Abſtand auf einander wirken, daß ſie ſich als einfache Puncte betrachten laſſen.

Zweitens, da die Vertheilung der El. zwiſchen leitenden Körpern von derſelben Geſtalt und demſelben Volumen immer in gleichen Verhältniſſen geſchieht, aus welchem Stoff ſie auch beſtehen mögen, ſo folgt, daß dieſe Körper auf die El. nicht durch eine von der Beſchaffenheit und Anordnung ihrer materiellen Theilchen abhängende chemiſche Verwandtſchaft wirken, ſondern in Bezug zu derſelben nichts weiter darſtellen, als Gefäße, in denen ſie ſich nach ihren eigenthümlichen Geſetzen auf mechaniſche Weiſe vertheilt. Wenigſtens erfolgen die Vorgänge ſo, wenn man mit Körpern von merklichem Volumen operirt, wie bei den eben erörterten Verſuchen nothwendig der Fall ſeyn muß. Später indeß werden wir andre Verſuche kennen lernen, bei welchen Ströme von El. zu einer Wirkung auf einzelne materielle Theilchen beſtimmt werden; dann ſcheint ſie ſich an dieſe Theilchen zu heften, und zwiſchen ſie, je nach ihrer chemiſchen Beſchaffenheit, auf ungleiche Weiſe zu vertheilen. Möglich übrigens, daß in dieſem Fall die Geſtalt der Theilchen, in Verbindung mit ihrer ausnehmenden Kleinheit, die Vertheilung der El. und die Intenſität der, von ihr in die Entfernung ausgeübten, Wirkung ſo modificirt, daß ſich hieraus die ganze Verſchiedenheit der Erſcheinungen erklärt, ohne daß die Beſchaffenheit der Subſtanzen ſelbſt anders dazu beiträgt, als vermöge der Verſchiedenheit der Geſtaltung der kleinſten Theilchen.

Drittes Capitel.

Von den Geſetzen, nach welchen elektriſirten Körpern durch die Berührung der Luft und die unvollkommen iſolirenden Träger die Elektricität entzogen wird.

Das allgemeine Geſetz der el. Anziehungen und Abſtoßungen iſt im Vorigen zur Genüge erörtert worden; um jedoch eine genaue Beſtätigung der daraus zu ziehenden Folgerungen erhalten und allen Wirkungen der el. Grundurſache bis ins Einzelnſte nachgehn zu können, müſſen wir uns von ihrer gleichbleibenden Energie überzeugen, oder wenigſtens die Geſetze ausmitteln, nach welchen dieſelbe durch die Berührung der Luft und die Unvollkommenheit der iſolirenden Träger geſchwächt wird. Dies iſt der Gegenſtand dieſes Capitels, zu welchem ebenfalls Coulomb's Arbeiten die Data geliefert haben.

Ruht ein elektriſirter Leiter auf iſolirenden Grundlagen, ſo nimmt, der Erfahrung zufolge, die El. in ihm allmälig ab, ſo daß er nach ziemlich kurzer Zeit kein Zeichen derſelben mehr giebt. Mehrere Urſachen ſcheinen hiezu mitzuwirken. Zuvörderſt hat die Natur wahrſcheinlich keine ganz vollkommen iſolirende Subſtanz aufzuweiſen; indem man keine kennt, die nicht wenigſtens an ihrer Oberfläche eine ſtarke El. fortzupflanzen vermöchte. Das Glas, das Siegellack, ſelbſt der Gummilack, verbreiten auf ſolche Weiſe die El. weiter, zwar nur ſchwer, doch aber in merklichem Maße. Man kann ſich hievon überzeugen, wenn man Cylinder aus dieſen Stoffen formt, und einige Zeit blos mit einem ihrer Enden mit dem erſten Conductor einer Elektriſirmaſchine in Berührung ſetzt. Zieht man ſie dann zurück, und bietet dies Ende der Nadel des Elektroſkops dar, ſo zeigt es ſich mit der El. des Conductors geſchwängert, und ſchneidet man das Ende des kleinen Cylinders ab, ſo findet man, daß die El. ſich auch auf den übrigen Theil ſeiner Oberfläche bis zu einer gewiſſen Weite mit abnehmender Intenſität verbreitet hat.

Alle Unterlagen und Träger, deren man ſich zur Iſolirung elektriſirter Körper bedienen mag, müſſen dieſen mithin auf ähnliche Art El. entziehen; und ſind ſie kurz genug, um hiedurch in ihrer ganzen Länge elektriſch zu werden, ſo werden ſie einen langſamen aber ununterbrochnen Abfluß der El. verurſachen, wodurch allein ſchon die el. Wirkſamkeit des iſolirten Körpers immer mehr geſchwächt werden muß.

Als eine zweite Urſach dieſer Schwächung bietet ſich die beſtändige Umhüllung der elektriſirten Körper mit atmoſphäriſcher Luft, welche alle ihre Puncte berührt, dar. Auch dieſe pflanzt die El. fort, und zwar mit größerer oder geringerer Leichtigkeit, je nach der Menge des in ihr befindlichen Waſſerdunſtes, vielleicht auch nach Modificationen, welche die Wärme oder andre Umſtände in die Eigenſchaften ihrer chemiſchen Elemente ſelbſt bringt; ſo daß ſie ſich im Allgemeinen als aus einer unendlichen Menge mehr oder minder leitender Atome zuſammengeſetzt betrachten läßt. Hienach muß jedes Luftmolecul, welches einen elektriſirten Körper berührt, ihm einen Theil ſeiner El. entziehen. So wie es aber ſoviel davon aufgenommen hat, als ſeine Größe und Leitungsfähigkeit zuläßt, wird es ſogleich wieder abgeſtoßen und macht einem andern Platz, welches ſich gleich ihm El. aneignet, um dann ebenfalls abgeſtoßen zu werden. Auch vermöge dieſes immer wiederholten Zutritts neuer Lufttheilchen alſo muß die El. der Körper geſchwächt werden, in einer, von dem Leitungsvermögen der Luft abhängenden, Progreſſion.

Endlich wirken auch die, in der Luft ſchwebenden, Waſſerdünſte noch auf eine andre Weiſe zu dieſem Verluſt mit. Sie hängen ſich nämlich an die Oberfläche der iſolirenden Träger in größerer oder geringerer Menge an, je nachdem die Luft reich oder arm an denſelben iſt, und je nachdem der Stoff, aus dem die Träger beſtehen, eine größere oder geringere Verwandtſchaft zum Waſſer hat. Diejenigen dieſer Waſſertheilchen nun, welche dem el. Körper zunächſt ſind, nehmen von ihm unmittelbar die El. auf; und wenn die Kraft, mit der er ſie alsdann zurückſtößt, geringer iſt als die chemiſche Anziehung, die ſie am Träger feſt hält, ſo müſſen ſie dieſe El. zum Theil zu ihren Nachbarmoleculen fortpflanzen, dieſe wieder zu den folgenden u. ſ. f., ſo daß alle dieſe, ausnehmend leitungsfähigen, Theilchen zuſammen gleichſam eine Kette darſtellen, in welcher die El. allerdings vom leitenden Körper an immer mehr abnehmen muß, die jedoch, bei nicht hinreichender Länge des iſolirenden Trägers, endlich dieſelbe bis zu den umgebenden Körpern und von da in den Boden überzuführen vermag. Wenn die, dieſe Kette bildenden, Theilchen einander mehr genähert ſind, als in der Luft ſelbſt, wie oft der Fall ſeyn muß, ſo wird ſich die El. ſchneller längs des Trägers verlieren als durch die Berührung mit der Luft; und in der That iſt dem häufig ſo, wie wir bald ſehen werden.

So ſchwierig es auch ſcheinen mag, der letztern Urſach zu begegnen, geſchehen wird es immer müſſen, wenn man den Verluſt in Erfahrung bringen will, den die El. blos vermöge der Berührung der Luft erfährt, um ihn dann bei den zuſammengeſetzten Beobachtungen, wo er zu dem Verluſte durch die Träger hinzutritt, gehörig in Rechnung ziehen zu können. Das einzige Mittel, hiezu zu gelangen, liegt darin, die Träger aus den beſtmöglichſt iſolirenden Stoffen zu verfertigen, und ihre Dimenſionen ſo zu verringern, daß ihre Oberfläche verhältnißmäßig weniger Waſſermolecule und andre leitende Theilchen enthalte, als deren in der umgebenden Luft vorhanden ſeyn können. Denn dann wird der Träger wenigſtens eben ſo gut, als die Luft iſoliren, und man wird bei der geringen Berührungsfläche, die er mit dem elektriſirten Körper hat, den Unterſchied ganz überſehen können.

Durch verſchiedne, zu dieſem Behuf angeſtellte, Verſuche fand Coulomb, daß bei nicht ſehr ſtarker Intenſität der El. ein kleiner Cylinder von Siegellack oder Gummilack, von einer halben Linie im Durchmeſſer und 18 bis 20 Linien Länge, faſt immer hinreichte, ein Hollunderkügelchen von fünf bis ſechs Linien im Durchmeſſer vollkommen, oder wenigſtens eben ſo gut, als die umgebende Luft, zu iſoliren. Denn wurde die Kugel durch mehrere ſolche Cylinder unterſtützt, ſo verlor ſich die El. nicht ſchneller aus ihr, als bei Unterſtützung durch einen einzigen, obwohl die Leichtigkeit des Verluſts längs der Oberfläche der Cylinder mit der Zahl ihrer Berührungspuncte zunehmen mußte. Dieſer Verluſt war alſo hier demjenigen gleich, den die Luft durch ihre Berührung an denſelben Puncten für ſich bewirkt haben würde. So überzeugte ſich auch Coulomb, daß bei trockner Luft ein ganz ſeiner, durch ſiedendes Siegellack gezogener, Seidenfaden, der mit dem ſo erhaltenen Ueberzuge einen kleinen Cylinder von höchſtens einer Viertellinie im Durchmeſſer darſtellte, auch zur Iſolirung hinreichte, wenigſtens wenn man ihm eine Länge von fünf bis ſechs Zoll gab. Ein an der Lampe ausgezogener Glasfaden von fünf bis ſechs Zoll Länge iſolirt die Kugel nur an ſehr trocknen Tagen, und dann nur, wenn ſie ſehr ſchwach mit El. geladen iſt. Daſſelbe gilt von einem Haar oder Seidenfaden, wenigſtens, wenn ſie nicht mit Siegellack, oder, beſſer noch, mit reinem Gummilack überzogen ſind.

Geleitet durch dieſe vorgängigen Beobachtungen löthete Coulomb die unbewegliche Kugel ſeiner Wage an das Ende eines 20 Linien langen Fadens von ſeinem Gummilack; und hing ſie noch zuletzt an einem ganz ſeinen, mit Siegellack überzogenen, Seidenfaden auf, ſo daß ſich dieſe Kugel als vollkommen iſolirt betrachten ließ. Daſſelbe ließ ſich von der beweglichen Kugel annehmen, weil die, ſie tragende, Nadel auch ein ganz ſeiner Cylinder von Gummilack iſt. Coulomb nahm dieſe beiden Kugeln zuerſt von gleichem Durchmeſſer, und wählte eine Wage, die hinreichend empfindlich war, daß zur Drehung um einen ganzen Umkreis blos eine, auf das Ende der Nadel wirkende, Kraft von $\frac{1}{10}$ Gran erforderlich war. Nachdem der Nullpunct der Drehung des Drahts an die Mitte der unbeweglichen Kugel gebracht iſt, und beide Kugeln in Berührung mit einander ſind, berührt man alle beide mit einem elektriſirten und iſolirten Nadelknopfe, nach der, ſchon bei unſern erſten Verſuchen erörterten, Verfahrungsweiſe. Die bewegliche Nadel wird abgeſtoßen, und bleibt nach einigen Oscillationen in einer gewiſſen Entfernung von ihrem erſten Ruhepuncte ſtehen, z. B. bei 40°.

Man dreht jetzt den Aufhängungsdraht ſo, daß die Nadel bis zu einer geringern Entfernung, z. B. von 20°, zurückgeführt wird. Geſetzt, hiezu wäre eine Drehung des Zeigers am Micrometer um 140° erforderlich; ſo beträgt die, der abſtoßenden Kraft beider Kugeln gleiche, Drehungskraft 140° + 20° d. i. 160°.

Man beobachtet mit einer Secundenuhr genau den Zeitpunct, wo die bewegliche Kugel gerade in dieſer Entfernung ſtehen blieb. Es iſt 6 Uhr 50 Minuten.

Da die El. durch die Berührung der Luft vermindert wird, ſo nimmt die Abſtoßungskraft der Kugeln allmälig ab; und nach Verlauf einiger Minuten beträgt ihre Entfernung nicht mehr 20 Grad. Um ſie dahin zurückzuführen, dreht man den Draht um eine bekannte Größe, z. B. um 30°, zurück. Da ſeine Drehungskraft um ſo viel vermindert worden iſt, ſo wird jetzt die bewegliche Kugel in eine größere Entfernung, als 20°, zurückgetrieben. Man wartet, bis ſie vermöge des Verluſts an El. dahin zurückgekehrt iſt, und bemerkt dieſen zweiten Augenblick. Geſetzt er falle um 6 Uhr 53 Min., alſo drei Minuten nach dem Zeitpunct der erſten Beobachtung; die der Abſtoßungskraft beider Kugeln gleiche Drehungskraft iſt dann

$$140^\circ - 30^\circ + 20^\circ \text{ d. i. } 130^\circ.$$

Die Abnahme, die die Abſtoßungskraft in der Zwiſchenzeit zwiſchen beiden Verſuchen erlitten hat, iſt ſomit gleich 160° — 130° oder 30°, d. i. gleich der Größe, um welche der Draht zurückgedreht wurde, damit zwiſchen den Kugeln wieder der nämliche Abſtand eintrat. Dieſe Abnahme hatte binnen drei Minuten Statt, und da man ſie für kleine Zeiträume der Zeit proportional findet, ſo folgt, daß ſie in der Minute 10° betrug. Die mittlere Abſtoßungskraft zwiſchen beiden Verſuchen iſt ferner $\frac{160 + 130^\circ}{2}$ oder 145°. Vergleicht man damit die beobachtete Abnahme, ſo ergiebt ſich, daß ſich die el. Kraft beider Kugeln an dieſem Tage um $\frac{10}{145}$ oder $\frac{1}{14\frac{1}{2}}$ in der Minute vermöge der bloßen Berührung der Luft verminderte.

Verſuche dieſer Art führten Coulomb zu dem ſich gleichbleibenden Reſultate, daß für denſelben Tag und denſelben Zuſtand der Luft die Schwächung der El. in einer ganz kurzen Zeit, ihrer Intenſität proportional erfolgt, ſo daß das Verhältniß dieſer beiden Elemente unveränderlich iſt. Es ändert ſich aber mit den Anzeigen des Hygrometers, mithin mit der Menge der in der Luft ſchwebenden Waſſerdünſte.

Von großem Intereſſe in dieſem Bezug würden wiederholte Verſuche zur Ausmittelung des Verhältniſſes ſeyn, welches zwiſchen der Menge der Waſſerdünſte und dem langſamern oder ſchnellern Verluſt an El. Statt findet. Hiedurch würde man zugleich erfahren, ob dieſe Dünſte allein die ganze Erſcheinung bedingen, oder ob auch Druck und Temperatur der Luftmolecule ſelbſt zu ihrer Modificirung mitwirken. Wäre eine Meſſung dieſer verſchiednen Einflüſſe geglückt, ſo würde man vielleicht in der el. Wage das zuverläſſigſte und empfindlichſte aller Hygrometer finden. Umgekehrt würde ſich dann nach den bloßen Anzeigen der meteorologiſchen Inſtrumente das Verhältniß, nach dem die El. geſchwächt werden müßte, beſtimmen laſſen. Bei dem Mangel hieher gehöriger Kenntniſſe iſt man genöthigt, dies Verhältniß direct auf dem Erfahrungswege für jeden Tag auszumitteln, wo man es zu wiſſen nöthig hat, d. i. jedesmal, wo man genaue Unterſuchungen über die Intenſität der el. Kräfte anſtellen will.

Hiebei kommt der Umſtand ſehr zu Statten, daß das Geſetz dieſer Abnahme ſo einfach iſt; da dieſelbe ſich nämlich bei gleichbleibendem Zuſtand der Luft der abſoluten Intenſität der Abſtoßungskraft proportional verhält, ſo braucht man ſie für jedesmal nur durch einen einzigen Verſuch zu finden, um dann danach alle übrigen Beobachtungen zu corrigiren. Noch mehr: das eben gefundne Geſetz verſtattet eine Berechnung der Intenſität der el. Kräfte für jeden beliebigen Zeitpunct, wenn man ſie nur an einem einzigen beobachtet hat, und das Geſetz kennt, nach welchem die El. gerade in dieſem Tage abnimmt. Die Ausführung dieſer Berechnung findet man in meinem größern Werke; hier muß ich mich mit einer Andeutung derſelben begnügen. Die Unterſuchung der, aus ihr fließenden, Reſultate führt zu der Einſicht, daß das nämliche Geſetz der Abnahme ſich auch auf den Fall erſtrecken muß, wo beide, auf einander wirkende, Körper von ungleichem Volumen und mit ungleichen Mengen von El. geladen ſind. Auch beſtätigt dies die Erfahrung wirklich. In welchem Verhältniß immer das Volumen der unbeweglichen Kugel zu dem der beweglichen ſtehen mag, welche Menge El. man beiden urſprünglich ertheilt haben mag, gleichviel, ob ſie gleichzeitig oder eine nach der andern, und in welchen Verhältniſſen ſie elektriſirt wurden, die Abnahme ihrer Geſammtabſtoßungskraft, in der nämlichen Entfernung gemeſſen, behält für einen kurzen Zeittheil immer daſſelbe Verhältniß zu ihrer Intenſität; ſo daß alle Beobachtungen ſich gleich eignen, dieſes conſtante Verhältniß zur Kenntniß zu bringen. Ja was noch mehr iſt, dies Verhältniß ändert ſich ſelbſt nicht, wenn man Kugeln aus verſchiednem Stoff nimmt. Die Beſchaffenheit der Subſtanz, aus der ſie beſtehen, hat durchaus keinen Einfluß auf den Verluſt an El., den die Berührung der Luft hervorbringt, keinen wenigſtens auf den Theil dieſer El., der durch Anziehung und Abſtoßung in die Weite wirkt; was ſehr gut zu der, ſchon von uns gemachten, Beobachtung ſtimmt, welcher zu Folge die materiellen Körper von merklichem Volumen das el. Princip keineswegs durch eine beſondre Verwandtſchaft feſt zu halten ſcheinen, ſondern blos vermöge des Widerſtandes, den die Theilchen der leitenden Oberflächen und der Druck der umgebenden Luft ſeiner Expanſion entgegenſetzen. An einem Tage z. B., wo die El. während einer Minute an jeder der Hollundermarkkugeln der Wage ſich um $\frac{1}{12}$ verminderte, fand Coulomb, daß der Verluſt noch eben ſo viel betrug, wenn er dieſen Kugeln kupferne ſubſtituirte; und, was noch außerordentlicher ſcheinen wird, er betrug ſelbſt noch $\frac{1}{12}$ an einer Siegellackkugel, die durch Berührung mit einem ſtark elektriſirten Körper geladen worden war; ſo daß ſelbſt in dieſem Fall die Art Schwierigkeit, welch die Oberfläche eines ſolchen Körpers der Fortleitung des el. Princips entgegenſetzt, nicht zur Zurückhaltung des Theils dieſes Princips zu wirken vermochte, der, an der Oberfläche frei geworden, ſich durch ſeine Wirkſamkeit kund that.

Unſre bisherigen Betrachtungen bezogen ſich blos auf Kugeln; allein auch für jede andre Geſtalt gilt das angeführte Geſetz. Es kommt hierbei weder auf die Dicke des Körpers, noch die Vertheilung ſeiner Repulſivkraft (Zurückſtoßungskraft) an; wofern nur die Luft ſehr trocken, und der Körper nicht mit einem zu beträchtlichen Grade El. geladen iſt, bleibt ſich die Abnahme der Repulſivkraft für einen ganz kurzen Zeittheil immer gleich, und behält das nämliche Verhältniß zu ihrer Intenſität. Coulomb hat dies durch Verſuche bewährt gefunden, die er mit einer Kugel von fußgroßem Durchmeſſer, und Cylindern von ſehr verſchiednen Längen und Dicken anſtellte. So auch ſubſtituirte er den Kugeln ſeiner Wage Papier- oder Metallſcheiben; armirte ſelbſt einmal eine derſelben mit einem kleinen Kupferdraht von 10 Linien Länge, und einer Viertellinie im Durchmeſſer; und fand, daß an dem Tage, wo er ſeine Verſuche anſtellte, die Repulſivkraft aller dieſer, ſo verſchieden geſtalteter, Körper gleichmäßig um $\frac{1}{100}$ in der Minute vermindert wurde. Zu bemerken iſt jedoch, daß dieſe Gleichheit der Abnahme für verſchiedengeſtaltete Körper nur dann Statt hat, wenn die Intenſität ihrer El. ſchon bis zu einem ziemlich ſchwachen Grade herabgebracht iſt, der um ſo ſchwächer ſeyn muß, je mehr Feuchtigkeit in der Luft enthalten iſt. Denn theilt man Körpern von eckiger Geſtalt eine ſehr ſtarke El. mit, ſo verlieren ſie das Uebermaß derſelben in einer weit raſchern Progreſſion, deren Geſetze wir bei Abhandlung der El. der Spitzen auseinanderſetzen werden; und dieſe ſchleunige Abnahme dauert ſo lange fort, bis die Schwächung der El. zu der Gränze gelangt iſt, wo ſie conſtant zu werden anfängt. Man kann dieſe Erſcheinung ſelbſt ohne Beihülfe der Wage zum Augenſchein bringen, indem man den erſten Conductor der Elektriſirmaſchine mit einer eckigen oder mit Spitzen beſetzten Metallſtange in Verbindung bringt. Dreht man nun im Dunkeln die Scheibe der Maſchine, ſo bringt die, dieſer Stange mitgetheilte, El., indem ſie durch die Spitzen ausſtrömt, Lichtbüſchel hervor, welche ein ſehr ſchönes Schauſpiel gewähren. Ich behaupte hiermit nicht, daß dies Licht die El. ſelbſt ſey, eine Frage, die wir erſt weiterhin unterſuchen können; allein, da ſich ein ſolches Licht immer als Begleiter eines ſchnellen Verluſts an El. zeigt, ſo kann man in ihm wenigſtens ein Zeichen und eine Andeutung dieſes Verluſts finden. Nicht unwichtig mußte die Unterſuchung ſeyn, ob bei demſelben Zuſtande der Luft der langſame Verluſt beider El. der Zeit nach gleich erfolgt; und in der That hat ſich mir durch Verſuche in dieſem Bezug die vollkommenſte Gleichheit ergeben.

Nachdem Coulomb auf dieſe Weiſe das Geſetz der allmäligen Verminderung der El., in wie fern ſie blos von der Berührung der Luft abhängt, gefunden hatte, ſchritt er mittelſt der nämlichen Methode zur Ausmittlung des Verluſts, den die unvollkommen iſolirenden Träger bedingen.

Der erſte Gedanke, der ſich in dieſer Hinſicht darbietet, iſt, bei der Wahl der Träger ſo zu Werke zu gehn, daß der durch ſie hervorgebrachte Verluſt ſehr beträchtlich im Verhältniß zu dem wird, welchen die bloße Berührung der Luft mit ſich bringt. Dieſe ſo raſche Verminderung würde jedoch einen wichtigen Uebelſtand mit ſich führen. Jedesmal nämlich, wenn man den Apparat berührt, um entweder den Kugeln ihre urſprüngliche El. zu ertheilen, oder die Drehung mittelſt des Mikrometers abzuändern, kommt die Nadel erſt nach einigen Oscillationen zu einer feſten Lage zurück. Die Iſolirung muß mithin immer noch vollkommen genug ſeyn, daß die Intenſität der El. in dieſem Zeitraum keine ſehr großen Abänderungen erfahre, und man mehrere Beobachtungen dieſer Art hinter einander anſtellen könne, ohne die Kugeln von Neuem mit El. laden zu müſſen. Mit Rückſicht auf dieſe Bemerkungen hing Coulomb die unbewegliche Kugel ſeiner Wage nicht mehr an einem kleinen Cylinder von Gummilack auf, der als vollkommen iſolirend betrachtet werden konnte, ſondern an einem einfachen Coconfaden von funfzehn Zoll Länge. Die bewegliche Kugel der Nadel blieb dabei vollkommen iſolirt und der andern an Volumen gleich. Nachdem beide Kugeln zugleich elektriſirt worden waren, maß Coulomb die abſtoßende Kraft, die ſie zu verſchiednen Zeitpuncten noch hatten, nach der bei den vorigen Verſuchen erörterten Weiſe, und berechnete die ſich daraus ergebende Abnahme der Elektricitätsmengen, mit denen ſie geladen waren. Er fand auf ſolche Weiſe, daß dieſe Abnahme, die zuerſt, wenn die Intenſität der zurückſtoßenden Kraft bedeutend iſt, weit raſcher, als durch die Luft allein, erfolgt, mit Verminderung dieſer Intenſität allmälig ſich verzögert; ſo daß endlich eine Gränze eintritt, wo die, vom Coconfaden gehaltene, Kugel genau ſo viel Verluſt erleidet, als wenn ſie auf eine vollkommene Art iſolirt wäre; und, iſt dieſe Gränze einmal eingetreten, ſo erhält ſich dann dieſe Verminderung für alle ſchwächere Grade der Intenſität in derſelben Gleichmäßigkeit fort. Wir erſehen hieraus, daß von dieſer Gränze an der Faden vollkommen zu iſoliren anfängt.

Bei dieſen Verſuchen erleidet die bewegliche Kugel nur durch die Berührung der Luft Verluſt an ihrer El. Man kann demnach für jeden Augenblick den Grad ihrer el. Reaction nach dem oben feſtgeſtellten Geſetz der durch die Luft bedingten Abnahme berechnen; und da die Beobachtung der Geſammtabſtoßungskraft, welche ſich in dieſem Augenblick zwiſchen beiden Kugeln zeigt, das Product ihrer beiderſeitigen el. Reactionen giebt, ſo läßt ſich daraus für den nämlichen Augenblick die el. Reaction der unbeweglichen Kugel herleiten. Dieſe Berechnung führt mithin zur Kenntniß des Einfluſſes, den die unvollkommene Iſolirung hat. Durch Anwendung derſelben auf die angeführten Beobachtungen gelang es Coulomb, den Grad elektriſcher Reaction zu beſtimmen, bei welchem jeder der, von ihm in Gebrauch gezogenen, Träger vollkommen zu iſoliren anfing. Er fand, daß die Intenſität dieſer Reaction der Quadratwurzel der Länge der Träger proportional war; d. h., daß bei demſelben Zuſtande der Luft ein Träger von vierfacher Länge vollkommen eine doppelte Quantität El. iſolirt. Dieſe Verhältnißmäßigkeit hat jedoch nur in Bezug auf ganz dünne cylindriſche Träger Statt, die ſich blos in der Länge, nicht aber dem Stoff, aus dem ſie beſtehen, oder der Dicke nach unterſcheiden. Aendert ſich der eine oder andre von letztern Umſtänden, ſo muß das Verhältniß aus der Formel ſelbſt hergeleitet werden. So fand z. B. Coulomb, indem er von der Erfahrung ausgehend die Intenſität der el. Reaction berechnete, bei welcher gleich lange und dicke Faden von Gummilack und von Seide zu iſoliren anfangen, den Werth dieſer Intenſität für erſtre Subſtanz zehnmal ſtärker, als für letztre. Durch ähnliche Berechnung läßt ſich eine vergleichende Schätzung für den Iſolirungsgrad aller, die El. unvollkommen fortleitenden, Körper erhalten.

Zu einer ſolchen vergleichenden Zuſammenſtellung eines Stoffs mit einem andern, iſt keineswegs erforderlich, daß man die Kugeln der Wage bei beiden Reihen von Verſuchen in einem und demſelben Abſtande beobachtet; es iſt ſchon genug, wenn dieſer Abſtand in jeder Reihe für ſich beſtändig erhalten, und jedesmal ſein Werth in die Formel ſubſtituirt wird. Eben ſo iſt es auch gleichgültig, welchen Grad der El. man den Kugeln ertheilt haben mag. Immer aber müſſen ſie von gleichem Volumen und gleichzeitig elektriſirt ſeyn; auch bei allen Verſuchen, eben ſowohl als der Drehungsfaden, deſſen man ſich bedient, dieſelben bleiben. Widrigenfalls würde das Verhältniß der Drehungen zu den Abſtoßungskräften in den verſchiednen Reihen nicht gleich ausfallen, und ihre Vergleichung ſomit nur auf einem ſchwierigen und weiten Wege zu bewerkſtelligen ſeyn. Dies ſind die einzigen Vorſichtsmaßregeln, die man zu beobachten hat.

Viertes Capitel.

Von der Art, wie ſich die Elektricität in den iſolirten Leitern ins Gleichgewicht ſetzt.

Jetzt, da wir uns in den Stand geſetzt ſehen, mittelſt der Berechnung die el. Reaction der Körper auf einen bleibenden Zuſtand zurückzuführen, ungeachtet der fortdauernden Verminderung, die ſie durch die Luft und die Träger erfährt, können wir zu der Unterſuchung ſchreiten, wie ſich die El. zwiſchen den verſchiednen Theilen eines und deſſelben Körper, ſowohl in ſeinem Innern, als an ſeiner Oberfläche vertheilt.

Man läßt ſich, zufolge deſſen, was uns ſchon die Erfahrung hierüber gelehrt hat, mit höchſter Wahrſcheinlichkeit annehmen, daß die El. ſich ganz und gar auf die Oberfläche der Leiter begiebt, ohne daß deren innere Theile das Geringſte davon zurückhalten. Wie ließe ſich ſonſt die gleiche Theilung der El. zwiſchen zwei ſich berührenden Körpern erklären, bei denen nur die Oberflächen gleich ſind, der Stoff aber, aus dem ſie beſtehen, beliebig verſchieden iſt; wie könnte ferner eine ſolche gleiche Theilung zwiſchen zwei Körpern möglich ſeyn, deren einer maſſiv und mit Materie ausgefüllt, der andre hohl und faſt auf eine bloße Oberfläche reducirt iſt, wenn ſich nicht die El. im Zuſtande des Gleichgewichts blos auf der Oberfläche der Körper verbreitete, ohne in ihr Inneres zu dringen.

Dieſe Eigenthümlichkeit, auf welche wir durch die Analogie geführt werden, iſt von ſolcher Wichtigkeit, daß wir ſuchen müſſen, ſie unmittelbar durch die Erfahrung zu bewähren.

Zuvörderſt kann folgender Verſuch zur Nachweiſung derſelben dienen. Man nehme einen Leiter von ſphäroidaler Geſtalt, wie S, Fig. 9; verfertige zwei ganz dünne Hüllen, EE, gleichfalls aus einem leitenden Stoffe, z. B. aus Weißblech oder aus Pappe mit Goldpapier überzogen, und gebe ihnen eine ſolche Geſtalt, daß ſie an einander ſchließend den Körper S völlig einhüllen. - Aeußerlich an dieſe Hüllen befeſtige man Griffe von Gummilack, EM, um ſie daran anzufaſſen ohne ihnen die El. zu entziehen. Darauf lege man den Körper S auf eine iſolirende Unterlage, oder hänge ihn an einem ganz feinen, durch Gummilack gezogenen, Seidenfaden auf, und theile ihm einen beliebigen, gleichviel ob ſtarken oder ſchwachen, Grad von El. mit. Nachdem man darauf die beiden Hüllen berührt hat, um ſicher zu ſeyn, daß ſie frei von El. ſind, umgebe man das Sphäroid S damit, indem man ſie an ihren iſolirenden Handgriffen faßt; ziehe ſie ſogleich auf die nämliche Weiſe wieder zurück, und biete ſie einem el. Pendel dar;

man wird finden, daß ſie ſich die El. des Sphäroids angeeignet, und zwar ganz und gar angeeignet haben; denn auch ſelbſt durch das empfindlichſte Elektroſkop geprüft wird ſich des letztern el. Reaction jetzt null zeigen. Zum Gelingen des Verſuchs iſt erforderlich, daß die Ränder beider Hüllen nach Außen gekehrt und auf ihre äußere Oberfläche umgelegt ſind, damit ſie nicht mit ihrer Schärfe die Oberfläche des umſchloſſenen Sphäroids berühren; denn in dieſem Fall würde die Anhäufung der El. an dieſem ſcharfen Rande beim Zurückziehn der Hüllen eine Entladung bewirken, und das Sphäroid wieder el. erſcheinen. Die Hüllen brauchen übrigens, wenn ſie einander genähert ſind, die Oberfläche des Sphäroids nicht unmittelbar zu berühren; es reicht ſchon hin, wenn zwiſchen ihnen und dieſer Oberfläche nur ein ſo geringer Zwiſchenraum übrig bleibt, daß die El. des Sphäroids zu den Hüllen durch unmerkliches Ueberſtrömen, oder durch Funken übergehen kann. Auf welche Weiſe auch dieſer Uebergang Statt gefunden haben mag, ſobald die El. einmal in die Hüllen getreten iſt, kehrt ſie nicht wieder zum Sphäroid zurück, ſelbſt wenn man jene auf die entladene Oberfläche wieder aufſetzt.

Noch läßt ſich dieſe Eigenſchaft auf eine andre und gewiſſermaßen allgemeinere Weiſe darthun, weil der, dem Verſuch zu unterwerfende, Körper hiebei eine beliebige Geſtalt haben kann, und ihm durch den Verſuch nichts von ſeiner El. entzogen wird. Man bringt blos auf der Oberfläche dieſes Körpers ein oder mehrere kleine cylindriſche Löcher von vier bis fünf Linien im Durchmeſſer und willkührlicher Tiefe an; zieht einen Faden Gummilack auf einige Zoll Länge aus, und befeſtigt an ſein Ende ein rundes Scheibchen Goldpapier, gleich dem, an der Nadel des Elektroſkops angebrachten, deſſen Durchmeſſer das Drittheil oder Viertheil von der Breite der Löcher hält. Darauf iſolirt man den Körper S, elektriſirt ihn ſtark durch einige, aus dem erſten Conductor der Elektriſirmaſchine gezogene, Funken oder ſonſt auf eine andre Art; faßt alsdann den Cylinder von Gummilack an ſeinem freien Ende, und bringt das Scheibchen Goldpapier, welches er trägt, geſchickt in die Höhlen des Körpers S, wohl Acht habend, die Ränder ihrer Oeffnung nicht damit zu berühren. Zurückgezogen nun aus dieſen Höhlen bringt das Scheibchen auch kein Atom El. mit ſich, äußert nicht die geringſte Abſtoßung, wenn man es der Nadel des Elektroſkops darbietet, die zuvor mit einer, dem des Körpers gleichartigen, El. geladen war. Hat man aber, nach mehrmaliger fruchtloſer Wiederholung dieſes Verſuchs, das Scheibchen einen Augenblick mit der äußern Oberfläche des Körpers S, oder auch blos mit dem Rande einer der darin gebohrten Höhlungen in Berührung gebracht, ſo äußert es eine lebhafte Abſtoßung auf die Nadel des Elektroſkops. Alle El. des Körpers S hat mithin auf der Oberfläche deſſelben ihren Sitz; keine iſt in ſeinem Innern vorhanden; und nicht nur iſt keine darin vorhanden, ſondern ſie iſt ſelbſt auf keine Weiſe darin feſtzuhalten. Denn ladet man das kleine Scheibchen von Goldpapier unmittelbar, indem man es die El. einem andern Körper oder der äußern Oberfläche des Körpers S entziehen läßt, und bringt es dann in die Höhlung dieſes Körpers ein, ſo wird es von aller, ihm ſo ertheilten El. verlaſſen, indem dieſe in den umgebenden Körper S übergeht und ſogleich nach ſeiner äußern Oberfläche ſteigt; ſo daß die kleine Scheibe ſich entladen zeigt, wenn man ſie aus der Höhlung zurückzieht.

Dies Reſultat gilt für alle Leiter gleich, welches immer ihre Geſtalt ſeyn mag. Man wird jedoch bei Wiederholung des Verſuchs manchmal finden, daß das Scheibchen Goldpapier, nachdem es aus der Höhlung zurückgezogen iſt, ſchwache Zeichen einer El. von entgegengeſetzter Beſchaffenheit, als die der Körper S beſitzt, zeigt, die ſelbſt dann nicht verſchwindet, wenn man durch Berührung ſeine Entladung zu bewerkſtelligen ſucht. Dieſe Beharrlichkeit zeigt, daß die in Rede ſtehende El. dem Scheibchen nicht eigenthümlich iſt, ſondern durch den Gummilack ſelbſt mitgetheilt wird, der ihm ſeinen Verluſt immer wieder erſetzt, ſo daß ſich hieraus kein Schluß auf ein Vorhandenſeyn der El. im Innern des Körpers S ziehen läßt. Wie aber iſt es möglich, daß hiebei der Cylinder von Gummilack (ohne die Ränder der Oeffnungen zu berühren und blos vermöge ſeiner Nähe an denſelben eine, der des Körpers S entgegengeſetzte, El. annehmen kann? Dies iſt eine Erſcheinung, deren Erklärung ſich bald ergeben wird, wenn wir von der Erregungsart der El., welche in die Ferne Statt hat, handeln werden. Hier nur ſo viel, daß dieſe, rein zufällige, Wirkung faſt immer unmerklich iſt, wenn der Gummilack rein, die Luft trocken iſt, und man den kleinen Cylinder nicht zu lange in den Höhlen verweilen läßt.

Durch vorſtehende Erfahrungen können wir uns alſo zur Genüge überzeugt halten, daß das el. Princip, welcher Art es auch ſeyn mag, ſeinen Sitz nicht im Innern der Leiter nimmt, ſondern ſich ganz auf ihre Oberfläche begiebt. Andre Verſuche haben uns überdies gelehrt, daß ſie durch die Luft auf dieſer Oberfläche feſtgehalten und nur durch ſie gehindert wird, dieſe Körper zu verlaſſen. Aus der Zuſammenſtellung dieſer beiden Reſultate ergiebt ſich alſo, daß das el. Princip, welcher Beſchaffenheit es übrigens ſeyn mag, in den Leitern ſtets die Geſtalt einer ganz dünnen Schicht annimmt, deren äußere, an die Luft unmittelbar gränzende, oder durch den Druck dieſer Flüſſigkeit beſchränkte, Oberfläche mit der Oberfläche des elektriſirten Körpers zuſammenfällt, während die innere, obwohl ſie wegen der geringen Dicke der Schicht von jener nicht ſehr unterſchieden ſeyn kann, nach andern Geſetzen beſtimmt iſt, über die wir durch die Beobachtung Aufſchluß zu erhalten ſuchen müſſen.

Iſt der elektriſirte Körper z. B. eine Kugel, ſo erfordert ſchon das Geſetz der Symmetrie eine, mit der äußern Oberfläche gleich kugelförmige und concentriſche, Geſtalt der innern Oberfläche der el. Schicht; denn beide Oberflächen müſſen nach allen Richtungen um den Mittelpunct gleich ſymmetriſch ſeyn, weil die Bedingungen, welche die Expanſion der El. beſchränken, ſich nach allen Richtungen um dieſen Punct gleich verhalten. Häuft man in einer Kugel nach und nach immer größere Mengen El. an, ſo kann man ſich entweder denken, daß die neu hinzugetretenen Mengen ſich kugelförmig unter die erſten legen, und ſo die Dicke der Schicht vermehren; oder auch, daß die Dicke gleich bleibt, die Dichtigkeit der El. an jedem Puncte aber zunimmt. In Bezug auf die Verſuche iſt es gleichgültig, welcher von beiden Anſichten man folgen will; denn da die Dicke der Schicht immer nur ſehr gering iſt, ſo müſſen alle, unter jedem kleinen Elemente der Oberfläche angehäuften, el. Molecule ihre Anziehung oder Abſtoßung auf die äußern Körper gerade ſo äußern, als wenn ſie ſämmtlich in einem einzigen Punct vereinigt und mithin unendlich verdichtet wären. Ihre Wirkung wird ſomit immer ihrer Anzahl proportional ſeyn, nach welcher Art man ſie auch ſchätzen mag. Für eine phyſiſche Betrachtungsart aber ſcheint die Vorſtellung einer weſentlich begränzten Dicke wenig natürlich zu ſeyn; da im Innern der Leiter kein Hinderniß vorhanden iſt, welches der Verbreitung der El. daſelbſt entgegenſtände. Wenn ſie ſich nicht in ihrem Innern verbreitet, ſo kann dies nur in den Geſetzen ihres Gleichgewichts begründet liegen; und eben deshalb wird es ſehr wahrſcheinlich, daß für jede gegebene Menge El. die Dicke der el. Schicht auch in dieſen Geſetzen begründet ſey,

Die eben erörterte Methode, einen Leiter in Bezug auf ſeine El. dadurch zu prüfen, daß man ihn mit einem kleinen Scheibchen Goldpapier, angebracht an dem Ende eines Fadens von Gummilack, berühret, iſt auf ſehr viele Fälle anwendbar. Sie kann ſogar dienen, nicht nur das Daſeyn und die Beſchaffenheit dieſer El. kennen zu lehren, ſondern auch die abſolute Menge derſelben, die ſich auf jedem Element der Oberfläche angehäuft findet. Zu dieſem Zweck bietet man das Scheibchen dem Elektroſkop nicht wie bei dem vorigen Verſuche dar, ſondern ſubſtituirt es der unbeweglichen Kugel der Wage, und beobachtet ſeine Wirkung auf die bewegliche Kugel oder Scheibe, die man zuvor mit der gleichartigen El. geladen hat. Man trägt übrigens Sorge, die Intenſität der Drehung und die Länge der Nadel ſo einzurichten, daß das bewegliche und unbewegliche Scheibchen in dem Abſtand, in dem ſie ſich befinden, beide als einfache Puncte betrachtet werden können, eine Bedingung, deren Erfüllung bei der Kleinheit dieſer Körper keine Schwierigkeit hat. Hienach nun wird begreiflicherweiſe die el. Reaction des Scheibchens der Elektricitätsmenge proportional ſeyn, mit der es bedeckt iſt; und bringt man es immer wieder in die nämliche Wage ein, ohne der beweglichen Scheibe oder Kugel etwas von der zuerſt ertheilten Ladung zu entziehen, ſo werden die Drehungen, welche erforderlich ſind, es auf den nämlichen Abſtand zurückzuführen, die Verhältniſſe ſeiner verſchiednen Ladungen angeben. Da nun ein ganz kleines, an einen Körper angelegtes, Scheibchen mit einem Element ſeiner Oberfläche zuſammenfällt, ſo können dieſe Ladungen auch nicht anders als der Ladung des, vom Scheibchen in jedem Fall berührten, Puncts der Oberfläche proportional ſeyn; ſo daß man glauben darf, hierin ein Mittel gefunden zu haben, um zu erfahren, wie die Quantität der El., oder was auf daſſelbe hinauskommt, wie die Dicke der el. Schicht ſich auf den verſchiednen Puncten eines Körpers abändert, auf dem keine gleichmäßige Vertheilung der El. Statt hat.

Um dieſen Gedanken zur Ausführung zu bringen, nehme man einen Leiter von beliebiger Geſtalt; lege ihn auf ein Iſolatorium; ertheile ihm einen willkührlichen Grad von El. und berühre ihn dann mit dem kleinen Prüfungsſcheibchen in einem Punct a, der ſich genau wieder erkennen läßt. Darauf bringe man dies Scheibchen in die Wage, deren Kugel oder Scheibe zuvor mit gleichartiger El. geladen worden iſt, und beobachte die Drehung, welche erforderlich iſt, der Abſtoßung bis zu einem beſtimmten Abſtand D das Gleichgewicht zu erhalten. Dieſe Drehung heiße A.

Man ziehe jetzt das Scheibchen zurück, und berühre abermals den Leiter damit, an einem andern Punct a′, der vom erſten verſchieden, aber eben ſo wohl erkennbar iſt; bringe es dann in die Wage, und meſſe die Drehung, welche erforderlich iſt, die Nadel auf den Winkelabſtand D zurückzuführen, wie beim erſten Verſuch. Dieſe Drehung ſey nA; wonach ihr Verhältniß zur erſten zum Ausdruck erhält n.

Wiederholt man nach einer Zwiſchenzeit von einigen Minuten die nämlichen Prüfungen, indem man das Scheibchen wieder an die nämlichen Puncte a, a′ anlegt, ſo wird ſich die abſolute Größe der Drehungen vermindert zeigen, weil der iſolirte Körper durch die Berührung der Luft einen Verluſt an El. erlitten hat; allein das Verhältniß dieſer Drehungen wird noch das nämliche wie vorhin ſeyn. Iſt die erſte Drehung A′ geworden, ſo wird man für die zweite nA′ haben. Soll die Vergleichung ganz genau ausfallen, ſo muß man zwiſchen der Aufeinanderfolge der Berührungen von a und von a′ die nämliche Zwiſchenzeit verfließen laſſen, als beim erſten Verſuch, damit der Verluſt durch die Luft ſich verhältnißmäßig gleich bei beiden Verſuchen bleibe.

Bei jeder Wiederholung dieſer Prüfung wird man das nämliche Reſultat wieder finden; daſſelbe Verhältniß zwiſchen den Drehungen wird ſo lange fortbeſtehen, als noch eine merkliche Quantität El. auf der Oberfläche des iſolirten Körpers vorhanden iſt. Hat man überdies die Zeitpuncte angemerkt, in welchen man die auf einanderfolgenden Beobachtungen anſtellte, ſo wird man die abſolute Abnahme der Drehungen genau ſo beſchaffen finden, wie die bloße Berührung der Luft mit ſich bringen muß; oder, mit andern Worten, die gegenſeitige Abſtoßung der beiden Scheibchen in jedem Zeitpunct verhält ſich ganz ſo, als wenn man das, an dem Gummilackfaden befindliche, mit der urſprünglichen Ladung El., die es durch die erſte Berührung des Puncts a oder a′ erhalten hatte, beſtändig in der Wage gelaſſen hätte. Die abſolute Quantität El., welche es bei jeder Berührung an ſich nimmt, iſt mithin der jedesmaligen Totalſumme der El. des Körpers proportional.

Dieſe Proportionalität läßt ſich ſofort durch folgenden Verſuch nachweiſen.

Man gebe dem iſolirten Körper die Geſtalt eines Cylinders oder eines rechtwinklichen Parallelepipedums, das viel länger als dick iſt; elektriſire es, und berühre es mit dem Scheibchen erſt in der Mitte ſeiner Länge, dann an einem ſeiner Enden; das Scheibchen wird in dieſen beiden Fällen ſehr verſchiedne Reactionen zeigen. Jetzt berühre man den elektriſirten Körper mit einem andern Körper von ganz gleicher Geſtalt und gleichen Dimenſionen, der ebenfalls iſolirt iſt, und zwar lege man ihn ſymmetriſch an den andern an, d. h. ſo, daß die gleichen Seiten ſich in ihrer ganzen Ausdehnung decken. Die El. wird ſich auf jeden Fall gleich zwiſchen dieſe beiden Körper vertheilen. Auch wird man finden, wenn man nach Trennung derſelben mit dem Scheibchen wieder die nämlichen Puncte als das erſtemal berührt, daß für jeden derſelben die el. Reaction auf die Hälfte von dem, was ſie vorher betrug, reducirt iſt.

Als Reſultat der angeführten Verſuche ergiebt ſich demnach, daß die abſoluten Quantitäten El., welche das Prüfungsſcheibchen ſucceſſiv an einem und demſelben Punct der Oberfläche eines Leiters aufnimmt, ſtets der, im Augenblick der Berührung auf der Oberfläche dieſes Körpers verbreiteten, Totalſumme von El. proportional ſind; und daß, wie groß oder wie klein auch dieſe Summe ſeyn mag, die, im nämlichen Augenblick auf verſchiednen Elementen der Oberfläche aufgenommenen, Quantitäten immer unter einander ein unveränderliches Verhältniß behaupten. Hieraus laſſen ſich nachſtehende zwei Folgerungen ziehen: erſtens, wenn in irgend einem Leiter eine doppelte, dreifache oder irgend vielfache Quantität El. angehäuft wird, ſo nimmt jedes Element der Oberfläche eine doppelte, dreifache oder überhaupt in demſelben Verhältniß vielfache Quantität von der, die es vorher beſaß, auf; zweitens, das Prüfungsſcheibchen, als unendlich klein im Verhältniß zur ganzen Oberfläche des Leiters betrachtet, nimmt immer an jedem Puncte dieſer Oberfläche eine Quantität El. auf, welche der des, von ihm berührten, Elements proportional iſt.

Bei dieſem Verfahren wird durch jede Berührung des Scheibchens die abſolute Quantität der El. des berührten Körpers um etwas vermindert; und man müßte demzufolge, ſtreng genommen, dieſe Verminderung in Rechnung ziehen, um eine ganz genaue Vergleichungsfähigkeit der nach einander angeſtellten Beobachtungen zu erhalten; jedoch kann man ſich dieſer Mühe überheben, wofern man nur das Scheibchen ſo klein macht, daß die Quantität El., welche es aufzunehmen vermag, unendlich klein und ſo zu ſagen null im Verhältniß zu der, auf der ganzen Oberfläche des Körpers verbreiteten, iſt. Glaubte man, neben dieſer Vorſichtsmaßregel, immer noch etwas thun zu müſſen, um den Irrthum zu ſchwächen, ſo brauchte man blos das Scheibchen auf die Oberfläche des Körpers zurückzubringen, ohne es vorher entladen zu haben. Auch hat man Sorge zu tragen, die Scheibchen an Fäden von recht reinem, möglichſt vollkommen iſolirenden, Gummilack zu befeſtigen.

Da dieſe Beobachtungen immer eine öftere Wiederholung verlangen, ſo muß man bei Vergleichung derſelben den, durch die Luft verurſachten, Verluſt an El. in Rechnung ziehen. Dies kann geſchehen, indem man die oben gefundnen Geſetze dieſes Verluſts zu Grunde legt; jedoch läßt ſich auch dieſe Correction dadurch entbehrlich machen, daß man die Verſuche auf eine Art combinirt, welche ihre Berichtigung ſelbſt mit ſich führt. Zu dieſem Zweck berührt man, wenn es ſich um Vergleichung der el. Reactionen zweier Puncte a und b handelt, erſt a mit dem Scheibchen, und beobachtet die proportionale Reaction, deren er dadurch theilhaftig wird. Darauf berührt man auch den Punct b damit, und beobachtet ebenfalls die daraus erfolgende Reaction. War nun zwiſchen beiden Beobachtungen keine gewiſſe Zeit verfloſſen, z. B. drei Minuten, ſo widerholt man die Berührung von a drei Minuten nach der zweiten Beobachtung und nimmt das arithmetiſche Mittel aus dieſem Reſultat und dem zuerſt gefundnen. So wird das Ergebniß ganz das nämliche, als wenn die Berührung von a und von b genau in demſelben Zeitpunct vorgenommen worden wäre. Dieſe Correctionsart durch ſich correſpondirende Beobachtungen iſt immer die beſte, die man anwenden kann. Selbſt der Verluſt durch die Träger wird dadurch berichtigt, wofern er nicht ſehr beträchtlich iſt, wie ſich dies bei einer guten Wahl und Zubereitungsart derſelben immer annehmen läßt.

Um die Methode der abwechſelnden Berührungen in einer Anwendung darzuſtellen, wähle ich folgenden Verſuch, den ich in Coulomb's Manuſcripten finde.

Er hatte ſich die Unterſuchung vorgeſetzt, wie ſich die El. auf einem dünnen und iſolirten Streifen vertheilt. Zu dieſem Zweck iſolirte er einen Stahlſtreifen von 11 Zoll Länge, 1 Zoll Breite und ½ Linie Dicke. Um ihn in ſeiner ganzen Breite berühren zu können, gab er der Prüfungsfläche 1 Zoll Länge auf 3 Linien Breite; legte ſie erſt auf die Mitte des Streifens in C, Fig. 10, auf; dann in 1 Zoll Weite von ſeinem Ende; und erhielt ſo folgende Reſultate:

	Beobachtete Drehungen.	Mittel aus den Drehungen bei Ber. in der Mitte.	Mittel aus den Drehungen bei Ber. 1 Zoll vom Ende.	Verhältniß der mittlern Drehungen.
Berührung in der Mitte	370°			
— — 1 Zoll vom Ende	410	360	440	1,22
— — in der Mitte	350	350	417,5	1,20
— — 1 Zoll vom Ende	395	335	395	1,18
— — in der Mitte	320			
			Mittel	1,20

d. i. nimmt man auf der Mitte des Streifens und 1 Zoll von ſeinem Ende in der ganzen Breite deſſelben gleiche Räume, ſo verhalten ſich die, auf denſelben vorhandnen, Quantitäten El. zu einander, wie 1 zu 1,2, ſind mithin beinahe gleich.

Coulomb wiederholte den Verſuch ſo, daß er die Prüfungsfläche ganz und gar an das Ende des Streifens legte, ohne ihn jedoch über ſeine Oberfläche hinausragen zu laſſen. Es ergaben ſich folgende Reſultate:

	Beobachtete Drehungen.	Mittel aus d. Drehungen bei Ber. in der Mitte.	Mittel aus d. Drehungen bei Ber. am Ende.	Verhältniß der mittleren Drehungen.
Berührung am Ende	400			
— — in der Mitte	195	195	395	2,02
— — am Ende	390	190	390	2,05
— — in der Mitte	185	185	370	2,00
— — am Ende	350			
			Mittel	2,02

Hier fällt das Verhältniß der Elektricitätsmengen weit ſtärker aus als bei obigen Verſuchen. Von der Mitte an bis 1 Zoll von den Enden des Streifens bleibt ſich ſonach die El. ziemlich gleich, nimmt aber an dieſen Enden in einem raſchen Verhältniß zu.

Noch eine andre Prüfung ſtellte Coulomb an, indem er die Papierfläche nicht mehr auf die Oberfläche des Streifens ſelbſt auflegte, ſondern in die Verlängerung dieſer Oberfläche nach D brachte, ſo daß ſie mit ihrem Rande die Dicke des Streifens berührte: hiebei erhielt er folgende Reſultate:

	Beobachtete Drehungen.	Mittel aus d. Drehungen d. Ber. in d. Mitte	Mittel aus d. Drehungen d. Ber. des Randes.	Verhältniß der Drehungen.
Berührung in der Mitte	305*			
— — am Rande	1175	295	1175	3,98
— — in der Mitte	285	285	1156	4,05
— über d. Rand hinaus	1137			
			Mittel	4,01

Wird alſo die Prüfungsfläche in der Verlängerung der Oberfläche des Streifens an dieſen angeſetzt, ſo nimmt ſie gerade das Doppelte von der Quantität El. auf, die ſie an dieſem Ende ſelbſt aufnahm, wenn ſie blos eine einzige Oberfläche deſſelben berührte.

Eine Wiederholung dieſes Verſuchs mit einem Streifen von 22

Fuß Länge, mithin der doppelten Länge des vorigen Streifen, übrigens aber denſelben Dimenſionen, gab ganz die nämlichen Verhältniſſe zwiſchen Mitte und Enden.

Hieraus zieht Coulomb die Folgerungen, 1) daß bei Berührung der Oberflächen des Streifens die Prüfungsfläche nur der El. einer ſeiner Flächen theilhaftig wird, der nämlichen, auf welche ſie gelegt wird, 2) daß über eine gewiſſe Länge des Streifens hinaus, welche hinreicht, daß die El. auf einem großen Theile ſeiner Oberfläche faſt gleichförmig ſey, ein neuer Zuwachs an Länge von keinem merklichen Einfluß mehr auf das Verhältniß der an den Enden und in der Mitte angehäuften Elektricitätsmengen iſt, indem ſie an erſtern immer doppelt ſo viel beträgt, als auf letztrer.

Um den Folgerungen hieraus nachzugehen, ſey AB, Fig. 11, ein Streifen, deſſen Länge die von uns angedeutete Gränze überſchreitet. Geſetzt, wir hätten den el. Zuſtand der verſchiednen Puncte ſeiner Oberfläche beobachtet, ſo wollen wir nun an jedem dieſer Puncte Ordinaten CE, PM, QN, AA′, BB′, aufrichten, proportional den daſelbſt angehäuften Quantitäten El. Dieſe Ordinaten werden von der Mitte C an bis ein Zoll von den Enden des Streifens nicht merklich von einander unterſchieden ſeyn, darauf aber zu wachſen anfangen, ſo daß ſie ſymmetriſche Curven A′M oder B′N bilden. Da nun das Verhältniß von AA′ zu PM oder zu CE in allen Streifen gleich iſt, die eine ſehr große Länge in Verhältniß zu ihrer Breite haben, und auch das für die zwiſchenliegenden Ordinaten ſich gleich bleibt, ſo folgt, daß die Curve A′M, B′N in allen dieſen Streifen die nämliche Geſtalt behält, und ſich nur auf die Schicht, deren gleichmäßige Dicke CE iſt, an beiden Enden aufſetzt; wonach ſich denn der el. Zuſtand aller ſolcher Streifen vollkommen beſtimmen läßt, wenn man nur die Intenſität der El. in ihrer Mitte beobachtet hat.

Dieſe ſchnelle Zunahme der El. nach den Enden zu iſt den Streifen nicht eigenthümlich, ſondern ſcheint überhaupt bei allen ſehr in die Länge ausgedehnten prismatiſchen oder cylindriſchen Körpern Statt zu haben; und zwar in einer um ſo raſchern Progreſſion, je dünner dieſelben ſind. Beweiſend hiefür ſind mehrere andre Verſuche Coulombs, die ich in meinem größern Werke mit dazu gehöriger Berechnung angeführt habe.

Die Neigung der El., ſich nach der Oberfläche der Leiter zu begeben, und die Art, wie ſie ſich auf dieſer Oberfläche verbreitet, laſſen ſich durch einen ſehr intereſſanten Verſuch ins Licht ſetzen. AB, Fig. 12, iſt ein iſolirter Cylinder, der ſich mittelſt der, aus mehrern gefirnißten Glasſtangen zuſammengeſetzten, Kurbel M um eine horizontale Axe drehen läßt. Um den Cylinder iſt ein metallnes Band R gewickelt, das ſich halbkreisförmig endigt, und an welches eine ſeidene Schnur F befeſtigt iſt. Man ſetzt dieſen Apparat mit einem Elektroſkop in Verbindung, das aus zwei, mit kleinen Hollundermarkkugeln verſehenen, Leinfäden ff beſteht, und elektriſirt ihn. Sogleich divergiren die Fäden ff. Darauf rollt man das Metallband allmälig ab, indem man es an dem iſolirenden Faden F zieht und in der Luft ſchwebend erhält. In dem Maße, als es in einer größern Fläche abgerollt wird, ſieht man die Leinfäden ſich nähern und ſomit eine progreſſive Abnahme ihrer Reaction zu erkennen geben. Iſt das Band im Verhältniß zur el. Ladung, die man dem Apparat gegeben hat, lang genug, ſo mindert ſich ihre Divergenz ſo, daß ſie faſt unmerklich wird, tritt aber wieder hervor, wenn man durch Umdrehung der Kurbel M das Metallband aufs Neue um ſeinen Cylinder wickelt; und die Reaction der Fäden zeigt ſich dann wieder eben ſo ſtark, als zu Anfange des Verſuchs, abgerechnet den Verluſt, den die Berührung der Luft bewirken mußte.

Fünftes Capitel.

Von den gebundenen Elektricitäten, und ihrer Trennung durch Wirkung aus der Ferne.

Bisher haben wir blos Körper betrachtet, die durch Reiben oder durch Mittheilung el. wurden. Jetzt werden ſich uns Erſcheinungen darbieten, wo der el. Zuſtand ohne Berührung blos durch Wirkung eines elektriſirten Körpers aus der Ferne hervorgebracht wird. (Man nennt dies das Elektriſiren *durch Vertheilung* (developpement de l'électricité par influence); und ſagt von zwei Körpern, die in ſolche Nähe zu einander gebracht ſind, daß ſie *vertheilend* auf einander einwirken können, der eine ſey in die el. *Wirkungsſphäre* oder den el. *Wirkungskreis* des andern gebracht.) Die nähern Aufſchlüſſe hierüber werden ſich aus Folgendem ergeben.

Man befeſtige an einem cylindriſchen, horizontal von Iſolirfüßen getragenen, Leiter B, Fig. 13. der an beiden Enden halbkugelförmig zugerundet iſt, von Stelle zu Stelle Leinfäden, an denen kleine Hollundermarkkugeln herabhängen, rühre ihn mit dem Finger an, um ſicher zu ſeyn, daß er frei von Elektricität iſt, faſſe ihn an ſeinen Iſolirfüßen und nähere ihn ſo einem elektriſirten Körper A, doch nicht bis auf ſolche Weite, daß von dieſem unmittelbar durch einen Entladungsſchlag El. zu ihm überſpringen könnte. Man wird dann folgende Erſcheinungen wahrnehmen:

1) Die, an den Enden des Cylinders B befindlichen Fäden divergiren, und zeigen ſomit an, daß er el. geworden iſt.

2) Dieſe Divergenz nimmt nach der Mitte des Cylinders zu ab, wo ſich ein Punct findet, an welchem gar keine Abſtoßung mehr zwiſchen den Kugeln Statt findet.

3) Die Lage dieſes Puncts, welcher unelektriſch ſcheint, ändert ſich, je nach der größern oder geringern Weite, in die man den Cylinder vom elektriſirten Körper bringt.

4) Führt man längs des Cylinders eine unelektriſche und an einem iſolirenden Seidenfaden ſchwebende Hollundermarkkugel hin, ſo wird ſie allenthalben angezogen, ausgenommen an dem erwähnten mittlern Theil.

5) Iſt aber dieſe Kugel elektriſirt, ſo wird ſie von einem Ende des Cylinders angezogen, vom andern abgeſtoßen, welches anzeigt, daß beide Enden mit verſchiedner El. geladen ſind.

6) Wirklich, wenn man beide Enden nach einander mit einem kleinen iſolirten leitenden Körper berührt, und die El. prüft, mit der er ſich hiebei ladet, findet man, daß ſie in dem, dem elektriſirten Körper zunächſt befindlichen, Theile von der, der ſeinigen entgegengeſetzten, Beſchaffenheit iſt; dagegen in dem davon entfernteſten Theile von der gleichartigen Beſchaffenheit.

7) Die Zeichen von El. verſchwinden, wenn man den Cylinder an ſeinen Iſolirfüßen in eine große Weite vom elektriſirten Körper A zurückzieht; oder durch Berührung letzterm die El. raubt.

8) Mit Ausnahme des letztern Falles verliert der urſprünglich elektriſirte Körper Nichts durch den Einfluß, den er auf den Cylinder äußert. Kein Theil ſeiner El. geht in den Cylinder über; denn mißt man ſeine el. Reaction durch das Prüfungsſcheibchen, bevor man ihn dem Cylinder genähert und nachdem man ihn wieder davon zurückgezogen hat, ſo findet man, daß er keinen Verluſt erfahren hat, abgerechnet, den die Berührung der Luft nothwendig mit ſich bringt.

9) Dieſe Beſtändigkeit der el. Reaction findet jedoch nur außerhalb des Wirkungskreiſes des iſolirten Cylinders Statt. Denn iſt der elektriſche Körper ein Leiter, ſo zeigt ſich die el Reaction auf ſeiner Oberfläche anders, ſo lange ſich der Cylinder in ſeiner Nähe befindet, wie man ſich durch das Prüfungsſcheibchen überzeugen kann.

10) Wenn man, ohne den elektriſirten Körper zu berühren, den Cylinder zu wiederholten Malen außerhalb und innerhalb ſeines Wirkungskreiſes verſetzt, ſo verſchwinden und treten die nämli-

chen Erſcheinungen eben ſo oft hervor, ohne irgend eine Veränderung zu erfahren.

Aus der bloßen Darlegung dieſer Reſultate ergeben ſich nachſtehende Folgerungen: 1) Weil der Cylinder dem elektriſirten Körper Nichts raubt, ſo muß dieſer in ſich ſelbſt die Principe beider Elektricitäten beſitzen, die unter dem Einfluß dieſes Körpers hervortreten. 2) Weil dieſe beiden El. verſchwinden, wenn der Cylinder aus der Wirkungsſphäre des elektriſirten Körpers gebracht iſt, obwohl ſie wegen Iſolirung des Cylinders nicht in den Boden entweichen können, ſo muß ihr Verhältniß zu einander ein ſolches ſeyn, daß ſie, ſich ſelbſt überlaſſen, ſich wechſelſeitig zu neutraliſiren vermögen; 3) endlich, kann dieſe Neutraliſation keine Vernichtung der Elektricitäten zur Folge haben, weil ſie jedesmal in ihrer erſten Stärke hervortreten, wenn man den Cylinder wieder in die Wirkungsſphäre des fremden elektriſirten Körpers bringt.

So ſehen wir uns denn zu dem Schluſſe geführt, daß die Principe beider El. von Natur in allen Leitern in einem Zuſtande von Verbindung, der ihre Neutraliſation bedingt, vorhanden ſind. Dies iſt, was wir künftig *natürlichen Zuſtand der Körper* nennen werden. Wir ſehen, daß die Reibung, welche uns ein Mittel zur Erzeugung der Elektricitäten ſchien, blos dient, ſie aus dieſem Zuſtande, bei dem ſie ſich wechſelſeitig neutraliſiren, frei zu machen und, durch Scheidung von einander, jede beſonders zur Wahrnehmung zu bringen. Hierin liegt unſtreitig der Grund, warum wir am Reibzeug und dem geriebenen Körper ſtets entgegengeſetzte Elektricitäten hervortreten ſehen. Weil endlich der bloße Einfluß eines elektriſirten Körpers in die Ferne beide El. nöthigt, ſich zu trennen und ſo zu *vertheilen*, daß die verſchiedenartigen Elektricitäten einander zunächſt, die gleichartigen von einander am entfernteſten befindlich ſind, ſo muß man, um dieſe Thatſache durch ein Geſetz auszuſprechen, annehmen, daß die *ungleichnamigen El. ſich anziehen, die gleichnamigen dagegen abſtoßen*, Geſetzen zu Folge, welche uns die Erfahrung vielleicht weiterhin wird kennen lehren.

Nun laſſen alle eben beſchriebenen Erſcheinungen eine einfache, folgerechte, einleuchtende Ableitung aus dieſer allgemeinen Eigenſchaft zu. Eine einzige darunter ſcheint vielleicht nur mit einiger Umſtändlichkeit darauf zurückgeführt werden zu können; nämlich die vorübergehende Veränderung, welche die el. Reaction des Körpers A zeigt, während er ſich im Wirkungskreiſe des Cylinders befindet. Da nun aber die freie El. auf der Oberfläche eines Körpers durch Vertheilung in die Ferne auf die natürlichen Elektricitäten der andern, in ihrem Wirkungskreiſe befindlichen, Körper, wirkt, und ihre Verbindung, zum

Theil wenigſtens, aufhebt, ſo iſt klar, daß dieſe, einmal frei geworden, für ihr Theil wieder auf den Körper, der ſie frei gemacht hat, zurückwirken, und die el. Reaction der Puncte ſeiner Oberfläche verändern müſſen; ſey es, indem ſie die, daſelbſt befindliche, freie El. nöthigen, ſich anders zu vertheilen, oder auch, indem ſie zu dieſer El. diejenige hinzutreten laſſen, welche der Körper durch Zerſetzung ſeiner natürlichen Elektricitäten hergeben kann, oder endlich, indem ſie auf beide Arten zugleich wirken.

Dieſe Beobachtungen führen uns zu einer andern wichtigen Folgerung. Bei unſern erſten Verſuchen bemerkten wir, daß die elektriſirten Körper alle, ihnen dargebotenen, leichten Körper anziehen oder anzuziehen ſcheinen, ohne daß letztere durch Reibung oder Mittheilung ſchon vorher elektriſirt zu ſeyn brauchen. Jetzt aber müſſen wir unſre Vorſtellung dahin abändern, daß die kleinen Körper ſchon von ſelbſt durch die vertheilende Wirkung, die der elektriſirte Körper, in deſſen Wirkungsſphäre ſie gebracht werden, auf ſie ausübt, el. geworden ſind, bevor ſie angezogen werden; ſo daß auch in dieſem Fal die, ſcheinbare oder wahre, Anziehung, welche man beobachtet, nur zwiſchen elektriſirten Körpern Statt hat.

Noch mehr: das Hervortreten der Elektricitäten aus ihrem gebundenen Zuſtande iſt in dieſem Fall ſelbſt eine unerläßliche Bedingung, daß Anziehung Statt habe; denn dieſe geht um ſo minder lebhaft vor ſich, je ſchwerer die Trennung geſchieht, und findet gar nicht mehr Statt, wenn dieſe ganz gehemmt iſt. Dies zu erweiſen, hänge man an zwei ganz feinen und gleich langen Fäden von roher Seide zwei kleine Kugeln von gleichen Dimenſionen auf, deren eine aus reinem, die andre aus übergoldetem oder mit dünnem Stanniol belegten Gummilack beſteht, laſſe beide Pendel nahe an einander herabhängen, und nähere ihnen eine durch Reiben elektriſirte Glas- oder Siegellackſtange. Man wird finden, daß die mit Metall bekleidete Kugel, auf deren Oberfläche die Zerſetzung der natürlichen Elektricitäten leicht vor ſich gehen kann, weit leichter und lebhafter angezogen wird, als die andre. Dieſe fängt erſt nach einiger Zeit an, angezogen zu werden, wenn endlich die Zerſetzung auf ihrer Oberfläche zu Stande gekommen iſt; und dann verharrt ſie in ihrem el. Zuſtande ſelbſt noch nach Entfernung des urſprünglich elektriſirten Körpers. Die erſte Kugel, obwohl vergoldet, erlangt gleichfalls hiedurch eine andauernde El., weil das Harz, aus welchem ſie beſteht, ſich mit der, auf ihrer Oberfläche entwickelten, El. ſchwängert. Beide werden hierin durch die Mitwirkung der Luft begünſtigt, die ihnen vorzüglich diejenige ihrer, aus dem natürlichen Zuſtande hervorgetretenen, Elektricitäten zu entziehen ſtrebt, welche durch die vertheilende Wirkung des elektriſirten Körpers zurückgetrieben wird, während ſie weniger Gewalt über die andre hat, deren innwohnende Repulſivkraft nicht ſo frei hervortreten kann, weil die ſie anziehende El. vom gegenüberſtehenden Körper bindend auf ſie einwirkt. Auch bemerkt man im Allgemeinen, daß die iſolirten Körper, welche eine Zeitlang in der Wirkungsſphäre eines elektriſirten Körpers geweſen ſind, endlich einen Ueberſchuß von der, der ſeinigen entgegengeſetzten, El. erhalten, deren Wirkungen ſich offenbaren, wenn man ſie aus dieſer Sphäre entfernt.

Da wir auf die hier gefundnen Reſultate in der Folge immer wieder werden zurückkommen müſſen, ſo wollen wir ſie in eine Art Lehrſatz zuſammenfaſſen, den wir folgendermaßen ausſprechen.

Wenn ein iſolirter Leiter B, der ſich im natürlichen Zuſtande befindet, in die Wirkungsſphäre eines andern elektriſirten und iſolirten Körpers A gebracht wird, ſo wirkt die, auf der Oberfläche von A verbreitete, El. vertheilend auf die beiden neutraliſirten El. von B, zerſetzt davon eine, der Intenſität ihrer Wirkung proportionale, Quantität und löſt ſie in ihre beiden Grundbeſtandtheile auf. Von dieſen beiden freigewordenen El. ſtößt ſie die ihr gleichnamige zurück, und zieht die ungleichnamige an. Erſtre begiebt ſich nach dem Theil der Oberfläche von B, der von A am entlegenſten iſt, letztere nach dem, der A am nächſten iſt. Da dieſe (die der El. in A entgegengeſetzte) nun A nahe kommt, ſo wirkt ſie für ihr Theil auf die El. darin, und bewirkt, dieſelbe anziehend, daß ſie ſich von allen Stellen der Oberfläche A's nach dem B zunächſt befindlichen Ende hinbegiebt. Durch dieſe Näherung wird nun wieder der El. in A vertheilender Einfluß auf B verſtärkt und es erfolgt eine neue Zerſetzung der darin noch neutraliſirt befindlichen Elektricitäten, die ſich abermals nach den entgegengeſetzten Enden von B begeben; hierdurch wird wieder B's Einfluß auf A verſtärkt, und es erfolgt jetzt (oder ſelbſt ſchon bei der erſten Reaction von B auf A) ſelbſt eine Zerſetzung von deſſen in Neutraliſation befindlichen Elektricitäten, u. ſ. f. bis die, auf beiden Körpern frei gewordnen Quantitäten jedes Prinzips ein ſolches Verhältniß zu einander angenommen haben, daß die anziehenden und abſtoßenden Kräfte, die ſie vemöge ihrer gleichartigen oder ungleichartigen Beſchaffenheit auf einander ausüben, einander im Gleichgewicht aufwiegen.

Weiterhin werden wir unterſuchen, von welchen Bedingungen dieſes Gleichgewicht abhängt. Für jetzt wollen wir es als eingetreten annehmen, und, um in der Beobachtung der weiter daraus ſich entwickelnden Erſcheinungen fortzuſchreiten, die nämliche Anordnung des Apparats, deren wir uns zuerſt bedienten, und welcher in Fig. 14 vorgeſtellt iſt, wieder vornehmen. Um ferner die Thatſachen auf kürzere Ausdrücke zu bringen, nehmen wir die El., womit A urſprünglich geladen worden iſt, ein für allemal für poſitiv an. Iſt nun der Leiter B cylindriſch, was wir deshalb vorausſetzen, weil in dieſem Fall die Trennung der verbundnen Elektricitäten augenſcheinlicher wird, ſo zeigt ſich ſein, dem Körper A nächſter, Theil N negativ, ſein entfernteſter Theil P poſitiv el.

Unter dieſen Umſtänden berühre man letztern Theil P mit einem dritten Leiter C, der gleichfalls iſolirt iſt und ſich im natürlichen Zuſtande befindet. Wieder zurückgezogen wird er ſich mit poſitiver El. geladen zeigen. Zugleich nähern ſich die, in P an den Leiter B angebrachten, Leinfäden, dagegen nimmt die Divergenz der in N befindlichen zu. Entfernt man nun, nach jener Berührung, B aus dem Wirkungskreiſe von A, oder berührt man A, um ihm ſeine El. zu rauben, ſo findet man B blos mit negativer El. geladen.

Dies iſt eine ganz einfache Folgerung aus der Art, wie die Elektriſirung durch Vertheilung geſchieht. Vor der Berührung mit C wirkte die, nach P zurückgetriebene, poſitive El. B's abſtoßend auf die gleichnamige El. A's, anziehend auf die negative El. welche ſich in N befand; ſchwächte mithin die Wirkung von A auf N durch eine Wirkung entgegengeſetzter Art. Durch die Berührung mit dem dritten Leiter C wird P ein Theil dieſer poſitiven El. entzogen; und die Wirkung von A auf N tritt nun ſtärker hervor, weil ihr nicht mehr von P aus ſo bedeutend entgegengewirkt wird. Vermöge ihrer verſtärkten Wirkſamkeit bringt ſie im Leiter B eine neue Zerſetzung verbundener El. hervor, deren poſitiver Theil ſich abermals nach P, der negative nach N begiebt. Nothwendig nun muß die Totalſumme negativer, in N angehäufter, El. mehr betragen, als die Summe poſitiver, welche ſich in P befindet, weil dieſe allein durch die Berührung mit C einen Verluſt erlitten hat. Auch reicht, wenn man B aus dem Wirkungskreiſe von A entfernt, dieſe, nun freigewordne, poſitive El. in P nicht aus, die negative El. in N vollkommen zu neutraliſiren, und ſo findet ſich der Leiter B mit einem Ueberſchuß negativer El. geladen. Die nämliche Ungleichheit muß dann auch zur Folge haben, daß unter dem Einfluſſe von A die Divergenz der Fäden ſchwächer bei P als bei N iſt, wie die Beobachtung beſtätigt.

Will man dieſen Unterſchied aufs Aeußerſte treiben, ſo berühre man nicht, wie vorhin, den Leiter B mit einem iſolirten Leiter, der ihm immer nur einen Theil der El. P entzieht, ſondern mit einem uniſolirten Leiter, ſo daß er auf einen Augenblick mit dem Boden in leitende Verbindung kommt. Dann wird alle, nach P zurückgetriebene, El. entweichen. Die, an dieſer Stelle befindlichen, Fäden werden ganz zuſammenfallen, und keine Spur von El. mehr anzeigen; die in N angebrachten Fäden dagegen werden eine noch größere Diverganz als im vorigen Fall erlangen, die ſich auch durch eine abermalige Berührung des Endes P nicht mindern wird. Noch ſehr zunehmen aber wird ſie, wenn man, nach aufgehobener Berührung von P, den Leiter B aus der Wirkungsſphäre von A entfernt.

Auch hievon iſt der Grund leicht einzuſehen: wenn man P mit dem Boden in leitende Verbindung ſetzt, ſo fließt alle, in dieſem Ende angehäufte, poſitive El. in die ungeheure Erdmaſſe ab, wodurch ſeine Reaction unmerklich wird; oder, nach einer andern Vorſtellungsart, die El. in P zerſetzt die neutraliſirten Elektricitäten der Erde, zieht ihre negative an und neutraliſirt ſich damit, ſtößt dagegen die poſitive ab, die ſich nun durch die ganze Erdmaſſe vertheilt. Wie man ſich auch die Sache vorſtellen mag, auf keinen Fall wird freie El. in P zurückbleiben können. Die poſitive El. in A nun, eines ſolchen Widerſtands erledigt, übt jetzt eine ſtärkere Anziehung auf N aus. Die nothwendige Folge hievon iſt eine neue Zerſetzung der natürlichen El. von B, deren poſitiver Theil wiederum in den Boden entweicht, während der negative ſich in N anhäuft; und ſo fort, bis die Anziehungskraft von A gegen N vollkommen geſättigt iſt. Dieſe Zerſetzungen aber, die wir hier als nach einander folgend dargeſtellt haben, um eine klarere Einſicht in ihren Vorgang zu gewähren, gehen in den Metallkörpern, deren Leitungsvermögen ſich als vollkommen anſehen läßt, in einem Augenblick vor ſich; weshalb auch eine einzige Berührung hinreicht, ſie vollkommen ins Werk zu ſetzen. Von ſelbſt ergiebt ſich aus den vorſtehenden Erörterungen, warum B, aus der Wirkungsſphäre von A entfernt, einen Ueberſchuß von negativer El. zeigt, und warum dieſer noch bedeutender iſt, als im vorigen Fall.

Bisher haben wir uns begnügt, die Wirkung von A auf B durch Verſuche zum Augenſchein zu bringen; aber auch die Gegenwirkung von B auf A läßt ſich wahrnehmbar machen, indem man entweder A an verſchiednen Stellen ſeiner Oberfläche mit dem Prüfungsſcheibchen berührt, welches die genaueſte Verfahrungsart ſeyn würde, oder auch, indem man blos an das, von B entfernteſte, Ende A's Leinfäden mit kleinen Hollundermarkkugeln aufhängt. Man beobachtet zuerſt die Divergenz dieſer Kugeln, wenn A iſolirt und B noch nicht in ſeiner Wirkungsſphäre iſt. In dem Maße nun, als man den Leiter B nähert, und eine Zerſetzung der natürlichen Elektricitäten darin vorgeht, ſieht man die Divergenz der Leinfäden von A ſich immer mehr mindern, weil die, in dieſem Theile von A befindliche, poſitive El. denſelben verläßt, um ſich nach dem, B zunächſt befindlichen, Theile zu begeben. Geht ſie ganz dorthin über, ſo ſieht man die Leinfäden völlig zu ihrer verticalen Lage zurückkehren, als wenn der Körper A ſich im natürlichen Zuſtande befände, endlich tritt in dieſem Ende, wegen der immer zunehmenden Wirkung von N, negative El. hervor; und die Fäden divergiren abermals, aber vermöge der entgegengeſetzten El.

Dieſe Aufeinanderfolge von Divergenzen, welche durch entgegengeſetzte Elektricitäten bedingt werden, und zwiſchen denen ein natürlicher Zuſtand mitten inne liegt, läßt ſich noch leichter am Leiter B beobachten, wenn man ihm, anſtatt ihn im natürlichen Zuſtande in die Wirkungsſphäre von A zu bringen, erſt einen ſchwachen Grad negativer El. mittheilt. So lange er ſich nämlich in dieſem Falle noch außer der Wirkungsſphäre von A befindet, werden alle, daran aufgehangene, Leinfäden vermöge dieſer El. divergiren. So wie er ſich aber A nähert, und durch deſſen Wirkung dieſe negative El. nach dem, A nächſten, Ende hingezogen wird, werden die Leinfäden am andern Ende ſich allmälig nähern, dann ganz zuſammenfallen, endlich wieder divergiren vermöge der poſitiven El., welche die Wirkung von A aus der Verbindung hervortreten läßt, in der ſie ſich im natürlichen Zuſtand befand, und welche nach dieſem Theile des Leiters B zurückgetrieben wird.

Um von einer feſten Vorſtellung auszugehen, haben wir A als mit poſitiver El. geladen angenommen. Wenn man ihn jedoch mit negativer El. geladen hätte, ſo würden ſich alle Erſcheinungen noch ganz auf die beſchriebene Weiſe verhalten, blos mit dem Unterſchiede, daß bei Darſtellung derſelben die Benennungen beider Elektricitäten überall zu vertauſchen wären.

Nachdem wir ſo im Allgemeinen die anziehenden und abſtoßenden Eigenſchaften, welche beiden El., der poſitiven und negativen, eigenthümlich ſind, ſo wie den natürlichen Zuſtand, in dem ſie ſich in den Körpern neutraliſirt befinden, ihre Trennung durch vertheilende Wirkung aus der Ferne, und die allgemeinen Folgerungen, welche ſich aus dieſen neuen Eigenſchaften ergeben, erforſcht haben, müſſen wir, zufolge der, im Laufe dieſes Werks angenommenen, Methode ſie der Berechnung zu unterwerfen ſuchen, um die einzelnen Umſtände der Erſcheinungen genau beſtimmen, und z. B. für jeden der, in die wechſelſeitige Wirkungsſphäre gebrachten, Körper vorausſagen zu können, welches die Quantität und Beſchaffenheit der El. auf einem jeden Punct ſeiner Oberfläche ſey.

Da wir uns jedoch überzeugt haben, daß dieſe Wechſelwirkungen, wie ſie ſich unſrer Beobachtung ergeben haben, nur zwiſchen den el. Principen ſelbſt vor ſich gehen, ſo werden wie begreiflich nur inſofern hinſichtlich derſelben auf den Grund dringen können, als wir die Natur und Wirkungsart dieſer Principe ausmitteln; oder was für uns auf daſſelbe hinauskommt, als wir auf die beobachteten Erſcheinungen die Vorſtellung irgend einer Wirkungsart gründen, die ſich der Berechnung unterwerfen läßt, genau zu denſelben Erſcheinungen führt, und ſich, wo nicht unmittelbar in ihrer phyſiſchen Exiſtenz, wenigſtens indirect, aber ſicher, in ihren Folgerungen als gegründet nachweiſen läßt.

Erwägt man nun die außerordentliche Leichtigkeit, mit welcher beide Elektricitäten, poſitive und negative, ſich in den Leitern verbreiten und an ihre Oberfläche begeben, wo ſie durch den Luftdruck zurückgehalten werden; erwägt man ferner die vollkommene Beweglichkeit, mit welcher dieſe beiden Principe ſich einander nähern oder von einander entfernen, ſich verbinden oder ſcheiden, ohne etwas von ihren urſprünglichen Eigenſchaften zu verlieren, ſo wird man ſich am meiſten zu der Vorſtellung hingezogen fühlen, daß es Fluida ſind, denen die Eigenſchaft des Flüſſigſeyns im höchſten Grade zukommt, deren Molecule mit anziehenden und abſtoßenden Eigenſchaften begabt ſind, und die ſich in den Körpern, in denen ihnen eine freie Bewegung geſtattet iſt, ſo vertheilen, daß ſie vermöge aller äußern oder innern, auf ſie wirkenden, Kräfte im Gleichgewicht ſind.

Es iſt leicht einzuſehen, daß jeder dieſer Flüſſigkeiten eine Urſach der Abſtoßung eigenthümlich inwohnen muß, welche ihre Theilchen von einander zu entfernen ſtrebt. Denn geſetzt, eine gewiſſe Quantität poſitiver oder negativer El. werde in eine Metallkugel gebracht, in der ihrer Bewegung kein Hinderniß entgegenſteht, ſo wird ſie ſich, wie wir wiſſen, ganz nach der Oberfläche begeben, und daſelbſt eine Schicht von unmerklicher Dicke bilden. Bei Vergrößerung des Durchmeſſers der Kugel entfernt ſich die el. Schicht immer mehr von ihrem Mittelpuncte; und hebt man den Luftdruck ganz und gar auf, ſo zerſtreut ſich die El. völlig. Dieſe Erſcheinungen deuten ſicher auf eine abſtoßende Wirkung, welche die gleichartig el. Theilchen auf einander ausüben; und eben ſo ſprechen alle Erſcheinungen, bei welchen die beiden verbundnen El. von einander durch vertheilende Wirkung geſchieden werden, aufs deutlichſte für dieſes Reſultat, ſo wie ſie zugleich das Vorhandenſeyn einer wechſelſeitigen Anziehung zwiſchen den ungleichartigen El. zu erkennen geben. Die nämlichen Verſuche aber, die wir ſo eben als Belege für die wechſelſeitige Abſtoßung der gleichartig el. Theilchen anführten, entdecken uns noch ein andres phyſiſches Merkmal von ausnehmender Wichtigkeit: nämlich, wenn man die el. Principe als Flüſſigkeiten betrachtet, ſo muß man ſie zugleich als unzuſammendrückbar annehmen. Denn wären ſie zuſammendrückbar, wie z. B. die Luft, ſo würde zwar bei ihrer Verbreitung in einem Leiter, allein ſchon vermöge ihrer eigenthümlichen Abſtoßungskraft, ſich die größte Menge derſelben nach der äußern Oberfläche begeben, und dort durch die Abſtoßung der innern Schichten verdichtet werden, ſo daß ſich die Dichtigkeit von dieſer Oberfläche nach dem Innern des Körpers zu allmälig mindern müßte; allein ſo verdünnt man ſich immer die innern Schichten denken möchte, ſo könnten ſie doch nie ganz aufhören vorhanden zu ſeyn; und ſo müßte man immer El. im Innern des Körpers in mehr oder minder beträchtlicher Quantität finden, da ſich doch ſelbſt durch die feinſten Prüfungsmittel keine Spur davon dort entdecken läßt. Um alſo dies Reſultat mit der Grundbeſchaffenheit der el. Principe zu vereinigen, muß man dieſelben als nicht merklich zuſammendrückbar annehmen; woraus folgt, daß, wenn ungleiche Quantitäten El. nach einander in einen und denſelben Leiter gebracht werden, ihre Wirkung, wenn ſie ſich darin verbreiten und nach ſeiner Oberfläche begeben, keine andre iſt, als der, an dieſer Oberfläche gefeſſelten el. Schicht verſchiedne Dicken zu geben, die jedoch an ſich immer unendlich klein ſind, wenigſtens bei den, von uns zu bewerkſtelligenden, el. Ladungen.

Die nämlichen Erſcheinungen geben uns ferner noch zu erkennen, daß dieſe Anziehungen und Abſtoßungen ſich mit der Zunahme der Entfernung mindern; aber nach welchem Geſetz wohl? Unter allen, deren Anwendbarkeit man in dieſem Bezug prüfen kann, iſt eines, nach welchem alle Erſcheinungen ſich aufs Vollkommenſte darſtellen und wieder hervorbringen laſſen; das Geſetz nämlich, welchem zufolge jene Schwächung das umgekehrte Verhältniß des Quadrats der Entfernung befolgt. Bei Annahme deſſelben laſſen ſich die Grundbeſchaffenheiten der beiden el. Principe in folgendem allgemeinen Satze zuſammenfaſſen: *Jedes der beiden el. Principe iſt ein unzuſammendrückbares Fluidum, deſſen vollkommen bewegliche Theilchen ſich wechſelſeitig abſtoßen, dagegen die des andern Fluidums anziehen, mit einer Kraft, welche dem Quadrat des Abſtands umgekehrt proportional iſt. Ferner, bei gleichem Abſtand iſt das Vermögen der Anziehung dem Vermögen der Abſtoßung gleich.* Eine ſolche Gleichheit iſt weſentliche Bedingung, damit in einem Körper, der ſich im natürlichen Zuſtande befindet, die beiden verbundnen El. keine Wirkung in die Ferne ausüben.

Auch durch Verſuche läßt ſich die Beſtätigung dafür finden. Man verſchaffe ſich zwei Scheiben von dünnem Glaſe AB, A′B′, Fig. 15, mit recht ebenen Oberflächen und von ungefähr einem Decimeter im Durchmeſſer; Spiegelglas wird ſehr paſſend dazu ſeyn. An jede dieſer Scheiben befeſtige man einen Handgriff CM von Glas, Siegellack oder ſonſt einer iſolirenden Subſtanz. Auch ſorge man für ein recht empfindliches Pendel, beſtehend aus einer linſengroßen, an einem einfachen Coconfaden aufgehangenen, Hollundermarkkugel. Nun reibe man beide Scheiben aneinander, indem man ſie an den iſolirenden Handgriffen faßt, und biete ſie ungetrennt dem el. Pendel dar; man wird finden, daß ſie keine Anziehung darauf äußern; trennt man ſie dagegen, und bietet ihm jede beſonders dar, ſo ziehen ſie es beide an. Sie haben ſich alſo durch Reibung wechſelſeitig elektriſirt; ja ſogar die eine Scheibe iſt poſitiv, die andere negativ el. geworden, wie ſich darthun läßt, indem man jede beſonders einem zweiten, recht empfindlichen, mit einer bekannten El. geladenen, Pendel hinhält. Dieſe Elektricitäten äußern ſich aber nicht wirkſam, ſo lange die Scheiben in Berührung mit einander ſind; denn da ſie auf den beiden, ſich berührenden, Oberflächen ihren Sitz haben, ſo iſt der Abſtand ſämmtlicher beiderſeitigen Puncte vom Pendel ganz der nämliche, und die entgegengeſetzten Wirkungen, die ſie auf die Trennung der verbundnen Elektricitäten der kleinen Kugel ausüben, ſind mithin gleich, ſo daß der Erfolg derſelben Null ſeyn muß. Man kann dieſen Verſuch ſelbſt ſo abändern, daß die Ausgleichung der Wirkungen allmälig erfolgt. Zu dieſem Zweck biete man die geriebene Oberfläche einer der getrennten Scheiben dem Pendel dar, und laſſe daſſelbe ſich bis zur Berührung nähern. So wie es ſich von dieſer Oberfläche die ganz geringe Quantität El. angeeignet hat, die es bei ſeinem Volumen aufzunehmen vermag, wird es abgeſtoßen und entfernt ſich. Man erhalte es in dieſem Zuſtande der Abſtoßung, in dem man ihm die andre Fläche der Scheibe darbietet, wie Fig. 16 zeigt; denn die El. wird noch eben ſo gut auf daſſelbe durch die Dicke des Glaſes AB hindurchwirken. Darauf nähere man allmälig die zweite Scheibe der erſten, als wollte man ihre elektriſirten Flächen wieder in Berührung mit einander bringen. In dem Maße, als der Abſtand zwiſchen dieſen Flächen abnimmt, wird man die Abſtoßung ſich mindern, und das kleine Pendel ſich immer mehr nach der Verticale ſenken ſehen; und wenn endlich beide Flächen bis zur Berührung gelangt ſind, wird das Syſtem beider Scheiben nicht mehr Wirkung auf das kleine Pendel ausüben, als jeder andre, in natürlichem Zuſtande befindliche, Körper; aber durch Trennung derſelben wird das Pendel wieder zum Steigen gebracht werden. Beide, durch ihre Berührung ſo neutraliſirte, Elektricitäten geben uns die natürlichſte Vorſtellung von den verbundnen Elektricitäten, mit dem Unterſchiede, daß dieſe in den Leitern nur durch die Kraft ihrer Verbindung zuſammengehalten werden, und ſich durch vertheilende Wirkung einer freigewordnen El. aus der Ferne trennen laſſen; dagegen in unſern Scheiben jede der Elektricitäten durch den Widerſtand zurückgehalten wird, welchen die nicht leitende Eigenſchaft des Glaſes der Freiheit ihrer Bewegungen entgegenſetzt. Deshalb würde der beſchriebene Verſuch eben ſo wohl mit Scheiben aus Gummilack oder Siegellack oder auch mit einer Scheibe aus einem ſolchen Stoff und einer Metallſcheibe gelingen; keineswegs aber mit zwei Scheiben aus Metall oder überhaupt einem leitenden Stoffe; denn da ſich hier kein Widerſtand der Bewegung der, durch das Reiben entbundenen, Elektricitäten entgegenſetzte, ſo würden ſie, ſo wie das Reiben aufgehört hätte, wieder zuſammentreten und ihre vorige Verbindung eingehen.

Nachdem ſolchergeſtalt die Charactere und die Wirkungsart der beiden el. Fluida auf klare Beſtimmungen gebracht ſind, muß den mathematiſchen Folgerungen daraus nachgegangen werden, um ſie mit den Erſcheinungen zu vergleichen, und zu ſehen, ob ſie vollkommen damit in Uebereinſtimmung ſind. Insbeſondre ſind ſolche Reſultate aufzuſuchen, die einer genauen und in Zahlwerthen auszudrückenden Schätzung fähig ſind, und daher eine größere Schärfe in ihrer Bewährung zulaſſen. Allein nur durch höhere Rechnungsarten, mit Zuziehung aller Hülfsmittel der Analyſe, kann man dazu gelangen; und ſelbſt mit dieſen Mitteln hat man nur erſt ſeit kurzer Zeit vermocht, ſie auf allgemeine und genaue Weiſe feſtzuſtellen; was durch Poiſſon geſchehen iſt. Aus ſeiner Arbeit werden wir demnach die genauen Reſultate ſchöpfen, die der Calcul ihn finden ließ; wir entlehnen ſie daraus, als ſtrenge Folgerungen aus unſern erſten Beſtimmungen; und es wird dann blos noch erforderlich ſeyn, ſie auch in der Erfahrung bewährt nachzuweiſen.

Betrachten wir zuvörderſt einen einzigen iſolirten Leiter, der mit einem Ueberſchuß poſitiver oder negativer El. geladen und jedem fremden Einfluß entzogen iſt.

Der Calcul giebt an, daß das, in dieſen Körper gebrachte, Fluidum ſich ganz auf ſeine Oberfläche begeben und daſelbſt eine außerordentlich dünne Schicht bilden wird. Dies findet ſich durch Beobachtungen beſtätigt, die mit der allergrößten Sorgfalt und Genauigkeit angeſtellt worden ſind.

Der Calcul beſtimmt auch die innere Oberfläche dieſer Schicht und ihre (relative) Dicke. Die äußere, von der Luft begränzte, Oberfläche iſt die nämliche, als die des Körpers. Die Luft verhält ſich in dieſem Fall für die freie El. wie ein undurchdringliches Gefäß von gegebener Geſtalt, welches dieſelbe in ihrem Innenraum enthält, und durch ſeinen Druck ihrem Streben zur Ausdehnung widerſteht. Die innere Oberfläche iſt wegen der geringen Dicke der ganzen el. Schicht von der äußern immer nur ſehr wenig unterſchieden. Damit aber der Körper in einem bleibenden el. Zuſtand verharre, muß die Geſtalt dieſer Oberfläche ſo beſchaffen ſeyn, daß die ganze Schicht weder Anziehung noch Abſtoßung auf die, in ihrer Höhlung befindlichen, Puncte äußere; denn, wären dieſe Wirkungen nicht null, ſo würden ſie gegen die verbundnen Elektricitäten des Körpers in Wirkſamkeit treten, einen Theil davon zerſetzen und der el. Zuſtand des Körpers würde ſich mithin ändern, was in Widerſpruch mit der Vorausſetzung ſeines Beharrens wäre. Die Analyſe beſtimmt nach dieſer Bedingung, von welcher das Beharren abhängt, die Geſtalt und Dicke der Schicht, welche im Allgemeinen an den verſchiednen Theilen der Oberfläche des elektriſirten Körpers verſchieden ſeyn kann, ja ſeyn muß. Hat z. B. der Körper die Geſtalt einer Kugel, ſo werden auch die beiden Oberflächen der el. Schicht kugelförmig ſeyn, und ihren Mittelpunct im Mittelpunct des Körpers haben. Die Dicke der Schicht wird daher allenthalben dieſelbe, und dem Unterſchiede der Halbmeſſer beider Oberflächen gleich ſeyn. In der That ergiebt ſich aus dem Geſetze des Quadrats der Entfernungen, daß eine ſolche Schicht keine Wirkung auf die, in ihrem Innenraum befindlichen, Puncte äußert.

Iſt das, in Betracht gezogene, Sphäroid ein Ellipſoid, ſo wird die innere Oberfläche der el. Schicht ein, dieſem concentriſches und ähnliches, Ellipſoid ſeyn; denn es läßt ſich darthun, daß eine elliptiſche Schicht, deren Oberflächen auf dieſe Weiſe concentriſch und ähnlich ſind, keine Wirkung auf einen, in ihrem Innern gelegenen, Punct äußert. Die Dicke der Schicht an jedem ihrer Puncte iſt allgemein durch dieſe Conſtruction gegeben; es geht aus ihr hervor, daß die Schicht am dickſten an der Spitze der großen Axe iſt, am dünnſten an der Spitze der kleinen; und zwar verhalten ſich die Dicken an den Spitzen dieſer zwei verſchiednen Axen zu einander, wie die Längen der Axen ſelbſt.

In jedem Fall iſt die äußere Oberfläche der flüſſigen Schicht durch die Oberfläche des Körpers ſelbſt gegeben, und es handelt ſich blos darum, für die innere Oberfläche eine ſehr wenig abweichende Geſtalt zu finden, welche die Geſammtwirkung der Schicht auf alle, in ihrer Höhle befindlichen, Puncte verſchwinden macht.

Dieſe angeführten Reſultate laſſen ſich nicht unmittelbar Verſuchen unterwerfen; ſie hängen jedoch mit andern zuſammen, die eine ſolche Bewährung zulaſſen, und die wir bald auffinden werden.

Die elektriſche Schicht, angeordnet nach der erörterten Weiſe, wirkt anziehend und abſtoßend auf die andern el. Molecule, welche außerhalb ihrer äußern Oberfläche oder in dieſer Oberfläche ſelbſt liegen; anziehend, wenn ſie mit ihr von ungleichartiger Beſchaffenheit ſind; abſtoßend, wenn ſie von gleichartiger ſind. In letzterm Falle befinden ſich die el. Molecule, welche die äußere Oberfläche der Schicht bilden; jedes derſelben wird von Innen nach Außen mit einer Kraft getrieben, welche der Dicke der Schicht an dieſer Stelle proportional iſt.

Die, unter der äußern Oberfläche in der Dicke der Schicht ſelbſt gelegenen, Puncte erfahren ebenfalls eine ſolche Abſtoßung, die aber geringer iſt, weil ſie blos der Dicke, durch welche die Puncte von der innern Fläche getrennt ſind, proportional iſt, und weil die Molecule, die ſie von der Seite der äußern Fläche einhüllen, auf ſie keine Wirkung äußern. Da allen dieſen, nach Innen allmälig abnehmenden, Repulſivkräften die Wirkung der äußern Luft entgegenſteht, welche die el. Theilchen hindert, die Oberfläche zu verlaſſen, ſo muß begreiflich ein, gegen dieſe Luft ſich äußernder, Totaldruck die Folge ſeyn, welcher dieſe Luft fortzutreiben ſtrebt. Dieſer Druck ſteht in zuſammengeſetztem Verhältniß der, an der Oberfläche ſich äußernden, Abſtoßungskraft und der Dicke der Schicht; und da eins dieſer Elemente ſtets dem andern proportional iſt, ſo kann man ſagen, er ſey an jedem Puncte dem Quadrat der Dicke der Schicht proportional; er muß daher im Allgemeinen auf der Oberfläche der elektriſirten Körper veränderlich ſeyn. Iſt dieſer Druck allenthalben geringer, als der Widerſtand, den die Luft leiſtet, ſo wird die El. in dem Gefäß, das die Luft um ſie bildet, zurückgehalten und vermag nicht zu entweichen. Erhält dagegen der Druck an irgend einer Stelle der Oberfläche das Uebergewicht über den Widerſtand der Luft, ſo platzt hier das Gefäß und das el. Fluidum fließt wie durch eine Oeffnung aus. Dies geſchieht am Ende von Spitzen und den ſcharfen Kannten eckiger Körper; denn es läßt ſich darthun, daß an der Spitze z. B. eines Kegels, der Druck des el. Fluidums unendlich werden würde, wenn die El. ſich daſelbſt anhäufen könnte. An der Oberfläche eines, durch Umdrehung einer Ellipſe um ihre große Axe entſtandnen, Ellipſoids wird der Druck an keiner Stelle unendlich, iſt aber um ſo beträchtlicher an beiden Polen, je größer die, ſie verbindende Axe im Verhältniß zum Durchmeſſer des Aequators iſt. Den angeführten Sätzen zufolge verhält ſich dieſer Druck zu dem, der auf dem Aequator deſſelben Körpers Statt hat, wie das Quadrat der Axe der Pole zum Quadrat des Durchmeſſers des Aequators; wonach, wenn das Ellipſoid ſehr in die Länge gezogen iſt, der el. Druck am Aequator ſehr ſchwach ſeyn kann, während er an den Polen den Widerſtand der Luft überwiegt. Wirklich, wenn man eine Metallſtange von der Geſtalt eines ſehr verlängerten Ellipſoids elektriſirt, begiebt ſich die El. hauptſächlich nach ihren Enden und entweicht durch dieſe beiden Stellen vermöge des Uebergewichts ihres Drucks über den Widerſtand, den die Luft entgegenſetzt. Ueberhaupt fließt aus dem, ins Unbeſtimmte zunehmenden, Druck der El. an einigen Stellen elektriſirter Körper eine natürliche und zuverläſſige Erklärung des Vermögens, welches den Spitzen zukommt, in der nicht leitenden Luft die el. Flüſſigkeit, mit der ſie geladen ſind, ſchnell ausſtrömen zu laſſen.

Hätte der elektriſirte Körper die Beſchaffenheit, daß die El. ſich nicht frei in ihm bewegen könnte, ſo würde der Theil des Drucks, um den die El. den Widerſtand der Luft überwiegt, ſich gegen die Theilchen des Körpers ſelbſt äußern, von welchem die el. Schicht umhüllt wird, oder im Allgemeinen gegen die, welche entweder durch ihre Verwandtſchaft oder auf irgend eine andre Weiſe ſich ihrem Ausſtrömen widerſetzten.

Nachdem nun auf theoretiſchem Wege ausgemittelt worden iſt, auf welche Art ſich die El. in einem einzigen iſolirten und jedem fremden Einfluß entzogenen Leiter anordnet, wollen wir zu dem zuſammengeſetzten Fall übergehn, wo mehrere elektriſirte Leiter eine wechſelſeitige vertheilende Wirkung auf einander ausüben; und da wir Körper in Betracht ziehen müſſen, die vermöge ihrer Geſtalt dem Calcul unterworfen werden können, ſo wollen wir zwei Kugeln vornehmen, die aus leitendem Stoff beſtehen, beide elektriſirt, und in den Wirkungskreis von einander auf beliebige Weite gebracht ſind.

Die Vertheilung der El. in dieſem Fall, ſo wie in allen andern, wo mehrere elektriſirte Körper ſich in ihrem gegenſeitigen Wirkungskreiſe befinden, hängt von einem allgemeinen, durch ſich ſelbſt einleuchtenden, Grundſatze ab, welcher den großen Vortheil gewährt, alle Fragen dieſer Art auf eine mathematiſche Bedingung zurückzuführen. Dieſer Grundſatz lautet, aus Poiſſons Arbeit entlehnt, folgendermaßen.

„Wenn mehrere elektriſirte Leiter in ihren gegenſeitigen Wirkungskreis gebracht ſind, und zu einem bleibenden el. Zuſtand gelangen, ſo muß in dieſem Zuſtande die Geſammtwirkung (oder die Mittelkraft der Wirkungen) der, ſie bedeckenden, el. Schichten auf jeden beliebigen, im Innern eines dieſer Körper genommenen, Punct null ſeyn; denn wäre ſie nicht null, ſo würden die verbundnen El. des in Betracht gezogenen Punctes zerſetzt werden und der el. Zuſtand ſich ändern, was der Vorausſetzung zuwider wäre, nach der der Zuſtand bleibend ſeyn ſoll.“

Dieſer Grundſatz, beim Calcul zu Grunde gelegt, giebt unmittelbar ſo viel Gleichungen, als man Körper in Betracht zieht, und als die Aufgabe unbekannte Größen darbietet; allein ihre Auflöſung liegt oft außerhalb der Gränzen der Analyſe. Jedoch iſt Poiſſon, der ſo glücklich den allgemeinen Schlüſſel dieſe Theorie aufgefunden hat, dahin gelangt; alle analytiſchen Schwierigkeiten für den Fall zweier Kugeln zu beſeitigen, die einander berühren, oder in den

Wirkungskreis von einander gebracht werden, und urſprünglich mit be-
liebigen Quantitäten von El, geladen ſind. Die Formeln, auf die
er gekommen iſt, liefern eine große Anzahl Reſultate, die ſich durch
die Erfahrung bewähren laſſen, und eben ſo viel ſtrenge Beweiſe für
die Wahrheit der Theorie abgeben. Ueber das Ausführlichere in die-
ſem Bezug verweiſe ich auf mein größeres Werk und begnüge mich,
hier eine einzige dieſer Erſcheinungen auszuheben, die ganz beſondre
und merkwürdige Umſtände darbietet. Ich meine diejenige, welche
Statt hat, wenn zwei Kugeln von ungleichem Durchmeſſer, nachdem
ſie in Berührung mit einander gebracht und beide zugleich elektriſirt
worden ſind, allmälig von einander bis zu verſchiednen Weiten ent-
fernt werden, indem ſie immer iſolirt bleiben. In ihrem el. Zuſtand
gehen hierbei die ſonderbarſten Veränderungen vor. Erſt, im Au-
genblick der Berührung, iſt, wie ſich durch das Prüfungsſcheibchen
nachweiſen läßt, die El. auf beiden Kugeln gleichartiger Beſchaffen-
heit, wie nicht anders zu erwarten ſtand; aber zugleich iſt ſie null
am Berührungspuncte ſelbſt. Entfernt man nun beide Kugeln von
einander, und ſind ihre Dimenſionen, wie unſre Vorausſetzung war,
ungleich, ſo hört die El. auf, an dieſem Puncte null zu ſeyn. Die
natürliche El. der kleinern Kugel wird zerſetzt, und diejenige, welche
der der größern Kugel entgegengeſetzt iſt, begiebt ſich nach dem Punc-
te, wo die Berührung Statt hatte. Dieſe Wirkung mindert ſich mit
zunehmender Entfernung der Kugeln von einander, und wird bei ei-
nem gewiſſen Abſtande, der von dem Verhältniß ihrer Durchmeſſer
abhängt, null, wo ſich dann der Punct der kleinen Kugel, an welchem
die Berührung geſchahe, im natürlichen Zuſtand wieder findet; end-
lich in einem noch größern Abſtande bedeckt ſich dieſer Punct mit der
nämlichen El. als der übrige Theil der Kugel, dem er angehört. Das
Daſeyn dieſer, auf ſo merkwürdige Weiſe abwechſelnden, Zuſtände, die
Entfernung der Kugeln, bei welcher ſie eintreten, ihre beſtändige Er-
ſcheinung auf der kleinern der beiden Kugeln, alles dies läßt ſich durch
das Prüfungsſcheibchen in der Erfahrung nachweiſen, wie ſich es auch
mit derſelben Beſtimmtheit aus den, von **Poiſſon** berechneten, For-
meln ergiebt.

Da wir hier ins Einzelne der Erfahrungsbeweiſe nicht weiter ein-
gehen können, ſo wollen wir ſie als ſchon unternommen vorausſetzen,
und aus der Theorie die genaue Beſtimmung mehrerer Elemente der
el. Wirkungsart herleiten, die man häufig nicht genug unterſcheidet.

Das erſte, was hier in Betracht kommt, iſt die Beſchaffenheit
der freien El., welche auf der Oberfläche der, den Verſuchen unterwor-
fenen, Körper, und zwar an jedem Puncte derſelben, ihren Sitz hat.
Man mittelt ſie aus, indem man dieſe Puncte mit dem Prüfungs-

ſcheibchen berührt, und letztres der, ſchon mit einer bekannten El. geladenen, Nadel des Elektroſkops darbietet.

Der zweite Umſtand iſt die Menge dieſer El., welche ſich an jedem Punct angehäuft findet, oder, was das nämliche iſt, die Dicke der el. Schicht. Auch dieſe mißt man, indem man den Punct mit dem Prüfungsſcheibchen berührt, und letztres der, mit gleichartiger El. zuvor geladenen, Nadel des Elektroſkops darbietet. Die Kraft der Drehung, welche erfordert wird, der el. Reaction des Scheibchens das Gleichgewicht zu halten, iſt, bei gleichen Abſtänden, der Quantität El., welche das Scheibchen aufgenommen hat, proportional, oder, was auf daſſelbe hinauskommt, der Dicke der el. Schicht auf dem Elemente, welches vom Scheibchen berührt worden iſt.

Das Dritte, was die Theorie in Betracht ziehen kann, iſt der Einfluß, den jedes Element der el. Schicht auf ein Molecul elektriſcher Flüſſigkeit, welches in der Oberfläche der Schicht oder außerhalb derſelben liegt, ausübt. Die Anziehung oder Abſtoßung, ſo erwogen, iſt der Dicke der el. Schicht auf dem Element der Oberfläche, von wo aus die Anziehung oder Abſtoßung betrachtet wird, direct proportional, und dem Quadrat des Abſtands, der dies Element vom angezogenen oder abgeſtoßenen Punct trennt, umgekehrt proportional.

Das Letzte endlich, was wir zu erwägen haben, iſt der Druck, den die El. gegen die äußere Luft an jeder Stelle der Oberfläche des elektriſirten Körpers ausübt. Die Intenſität dieſes Drucks iſt dem Quadrat der Dicke der el. Schicht proportional.

Bleibt man dieſen Begriffsbeſtimmungen treu, ſo läuft man nicht Gefahr, ſich in vage Betrachtungen zu verlieren; und erinnert man ſich dabei der Erregungsart der El. durch vertheilende Wirkung in die Ferne, ſo wird man den Schlüſſel zu faſt allen el. Erſcheinungen haben.

Gar ſehr verdient folgende Bemerkung beherzigt zu werden. Wir haben gefunden, daß alle Erſcheinungen, die der Calcul bisher aus der Vorausſetzung, daß die El. eine höchſt feine Flüſſigkeit ſey, herzuleiten vermocht hat, ſich in der Erfahrung aufs Genaueſte und mit den Zahlwerthen vollkommen in Uebereinſtimmung ergeben haben; mag nun die eigentliche wahre Natur der El. ſeyn, welche ſie wolle, immer werden wir die bisher angenommene Grundbeſchaffenheit der el. Fluida auch für unſre weitern Unterſuchungen vorläufig ſicher zu Grunde legen können; denn nach den ſchon angeſtellten Prüfungen dürfen wir uns überzeugt halten, daß die wahre Natur der El., welcher Art ſie auch ſey, mit derſelben Schärfe für die nämlichen Thatſachen wird anwendbar ſeyn, und daß man mithin, wenn man letztre in Bezug darauf betrachtet, wieder dieſelben Bedingungen der Erſcheinungen zu Grunde liegen ſehen wird, die die Vorausſetzung der El. als zweier

Flüſſigkeiten mit ſich brachte; ſo daß die Herleitung der Erſcheinungen nicht etwa auf eine andre Art oder durch andre Formeln, als die jetzt gebrauchten, geſchehen wird. Von neuen Beobachtungen aber oder auch blos neuen Anwendungen ſteht, bei weitern Fortſchritten der mathematiſchen Analyſe, die Beſtätigung oder die Widerlegung der phyſiſchen Realität der Theorie zu erwarten; wo wir dann erfahren werden, ob ſie wirklich die genaue und allgemeine Auslegung aller Erſcheinungen giebt, oder blos einen genäherten und beſondern Ausdruck für die, ihr bisher unterworfenen, gewährt.

Dieſes Fortſchreiten in den Anſichten iſt ſchon in der Aufeinanderfolge der Theorieen bemerkbar, welche der von uns dargelegten vorausgegangen ſind. Unter ihnen hat vorzüglich Eine eine ſolche Berühmtheit erlangt, und iſt von ſo wohlthätigem Einfluß für die Fortſchritte der Phyſik geweſen, daß ſie eine beſondre Erwähnung verdient. Die meiſten el. Erſcheinungen laſſen ſich, wenn man ſich auf ihre allgemeinſten Umſtände beſchränkt, unter der Annahme darſtellen, als ſey blos ein einziges el. Fluidum vorhanden, von dem eine gewiſſe Quantität ſich in allen Körpern befinde, um ihren natürlichen Zuſtand zu bilden. Ein Uebermaß des Fluidums in den Körpern bringt nach dieſer Anſicht das hervor, was wir Glaselektricität oder poſitive El. genannt haben, ein Mangel deſſelben dagegen den Zuſtand, den wir durch Harzelektricität oder negative El. bezeichnet haben. Die Anhänger dieſer Theorie nehmen auch an, daß die Molecule der el. Flüſſigkeit ſich wechſelſeitig abſtoßen; da jedoch die Erfahrung zeigt, daß die Körper im natürlichen Zuſtande keine el. Wirkung auf einander ausüben, ſo ſind ſie zu der Vorausſetzung genöthigt, daß die el. Molecule durch die Materie der Körper ſelbſt angezogen werden. Eine gründliche und auf mathematiſche Berechnungen geſtützte Unterſuchung endlich lehrt, daß bei dieſer Vorausſetzung noch kein Gleichgewicht beſtehen kann, ſondern die Annahme hinzutreten muß, daß die Molecule der Körper auf einander eine abſtoßende Wirkung ausüben, welche auf große Entfernungen merklich iſt, wie die vertheilenden Wirkungen der El. ſelbſt, und ſich mit der Entfernung nach dem nämlichen Geſetze ändert. Franklin, der erſte Begründer dieſes Syſtems, brachte durch daſſelbe ſehr ſinnreich alle, bis dahin bekannte, el. Erſcheinungen, die bis dahin vereinzelt und zerſtreut geweſen waren, in Zuſammenhang; ohne jedoch die paradoxe Folgerung vorauszuſehen, zu welcher ſeine Hypotheſe führt.*)

---

*) Nach Franklin nennt man auch die Theorie, welche blos ein el. Princip zuläſſig findet, die Franklinſche; die bisher erörterte aber, welche zwei Principe zu Grunde legt, die Symmerſche oder dualiſtiſche.

Aepinus war der erſte, der durch eine genaue Analyſe aller Kräfte, welche zur Hervorbringung des el. Gleichgewichts zuſammenwirken, auf das Erforderniß einer Abſtoßung zwiſchen den materiellen Theilchen der Körper geführt ward (Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi, S. 39); nach ihm kam der berühmte Phyſiker H. Cavendiſh auf dieſelbe Folgerung; denn er legte dieſe Abſtoßung einer Theorie über das Weſen der El. als erſte Bedingung zu Grunde. Man findet dieſelbe, die übrigens der Theorie des Aepinus ganz ähnlich iſt, in den Philoſophiſchen Transactionen des Jahres 1771 auseinandergeſetzt.

Obwohl das Daſeyn einer ſolchen abſtoßenden Kraft zwiſchen den materiellen Theilchen aller Körper dem erſten Anblick nach ganz unvereinbar mit den allgemeinſten Erſcheinungen, welche das Weltall darbietet, insbeſondre mit dem Geſetz der Anziehung der Himmelskörper, ſcheinen mag, ſo iſt doch dem nicht ſo in der That. Denn dieſe Abſtoßung, wie ſie zufolge der Hypotheſe von Aepinus und Cavendiſh Statt findet, wird genau aufgewogen durch die wechſelſeitige Anziehung, die nach derſelben Hypotheſe zwiſchen den Quantitäten Materie und denen elektriſcher Flüſſigkeit Statt findet, welche alle Körper enthalten, ſo lange ſie ſich in ihrem natürlichen Zuſtande befinden: ſo daß aus dieſen beiden ſich entgegenwirkenden Urſachen keine Endwirkung hervorgehen kann, welche die Körper ſollicitirt, ſo lange ſie in dieſem Zuſtande bleiben; und ihr Daſeyn würde daher auf keine Weiſe den Wirkungen jener andern allgemeinen Anziehungskraft, welche ſich zwiſchen den Körpern unabhängig von ihrem el. Zuſtande äußert, im Wege ſtehen. Nimmt man nun an, daß dem wirklich ſo ſey, ſo wird man allerdings einen großen Theil der el. Erſcheinungen zur Einheit verbinden, ſie ſich in einer gegenſeitigen Abhängigkeit vorſtellen, und ſelbſt ſie voraus beſtimmen können, zwar nicht nach Maß und Zahl, aber doch ihren allgemeinen Umſtänden nach. So giebt z. B. dieſe Theorie die Erklärung der gegenſeitigen Anziehungen und Abſtoßungen elektriſirter Körper, und ſelbſt der Elektricitätserregung in Körpern, die ſich im natürlichen Zuſtande befinden, durch vertheilende Wirkung aus der Ferne. Allein ſeit der Zeit, wo dieſe Theorie zuerſt ans Licht trat, ſind eine Menge beſondrer Umſtände bei den Erſcheinungen mehr ins Einzelne beobachtet und mit größerer Schärfe feſtgeſtellt; eine große Zahl derſelben auch auf ſtrenge Maße zurückgeführt worden. Kurz wir haben jetzt den Ausdruck der Erſcheinungen in Zahlen, und Zahlen alſo ſind es, denen die Theorie Genüge zu leiſten hat. So war z. B. zu der Zeit, als Cavendiſh und Aepinus ſchrieben, das Geſetz der el. Anziehungen und Abſtoßungen noch durch keine genauen Verſuche feſtgeſtellt; es ließ ſich alſo zweifeln, ob die Kräfte, welche dieſen Erſcheinungen zu Grunde lagen, ſich nach dem Verhältniß des Quadrats, des Cubus oder irgend einer andern Potenz des Abſtands änderten. Man war daher nicht im Stande, Ausdrücke in Zahlwerthen für die Vertheilungsart der El. in Körpern, in denen ſie ſich, blos vermöge ihrer Wirkung auf ſich ſelbſt, ins Gleichgewicht ſetzt, zu geben, oder das Verhältniß ihrer Vertheilung zwiſchen zwei Körpern von gegebener Geſtalt nachzuweiſen, weil dieſe mehr ins Feine gehenden Erſcheinungen von dem Geſetze abhängen, nach welchem die el. Flüſſigkeit auf ſich ſelbſt und auf die andern Körper wirkt. Fände z. B. das Geſetz des Cubus ſtatt, ſo würden die Bedingungen der Vertheilung der El. in einem oder zwiſchen mehrern Körpern ganz verſchieden von denen ſeyn, die das Geſetz des Quadrats mit ſich bringt; wir können demnach jetzt erſteres Geſetz, als den Erſcheinungen zuwiderlaufend, für falſch erklären. Eben ſo, wenn man das Geſetz des Quadrats der Abſtände auf die Hypotheſe von Cavendiſh oder Aepinus anwenden wollte, würde man wahrſcheinlich auf Folgerungen gefuhrt werden, welche den wirklich Statt findenden Verhältniſſen der Vertheilung der El. in einem oder zwiſchen zwei Körpern, die wir gegenwärtig durch die Beobachtung kennen, zuwiderliefen, wodurch dann gleichfalls die Unſtatthaftigkeit dieſer Hypotheſe nachgewieſen wäre. Jedoch iſt eine ſolche Herleitung noch nicht verſucht worden, und ſcheint auch bei der Verwicklung, welcher die in Rede ſtehende Hypotheſe unterliegt, ſehr ſchwer ausführbar. Glücklicherweiſe hat dies nicht viel auf ſich, denn ein weiterer Verfolg der Hypotheſe könnte im günſtigſten Falle nur dahin führen, ihre Uebereinſtimmung mit den Erſcheinungen darzuthun, eine Ueberſtimmung, die ſich ſchon bei der jetzt angenommenen Theorie zweier el. Fluida in der größten Schärfe ergiebt, und zwar, was ein nicht unwichtiger Umſtand iſt, mit einer Einfachheit, einer vollendeten Analogie, und unter einer Form, die ſie fähig macht, dem Calcul leicht unterworfen werden zu können.

Sechſtes Capitel.

Theorie der Bewegungen, zu welchen die Körper durch die elektriſchen Anziehungen und Abſtoßungen veranlaßt werden.

Gleich bei den erſten Unterſuchungen, die wir über die el. Erſcheinungen anſtellten, entdeckten wir, daß zwei, in ihren gegenſeitigen Wirkungskreis gebrachte, Körper einander anzuziehen oder abzuſtoßen ſcheinen. Die Beobachtung lehrte uns weiterhin, daß die Anziehung und die Abſtoßung blos zwiſchen den Theilchen der el. Flüſſigkeiten Statt habe, ohne daß die materielle Subſtanz der Körper durch eine beſondre Verwandtſchaft den geringſten Antheil daran nimmt. Wir haben mithin zu unterſuchen, wie und durch welchen Mechanismus die Wirkungen dieſer Kräfte auf die Theilchen der Körper übergehen, und ihnen die Bewegungen, die wir an denſelben beobachten, einpflanzen können.

Der größern Einfachheit halber wollen wir uns erſt darauf beſchränken, zwei elektriſirte Kugeln A und B zu betrachten, deren eine A befeſtigt, die andre B beweglich iſt. Hier können drei Fälle eintreten, deren jeder eine beſondre Erwägung verdient.

1) A und B Nichtleiter;
2) A Nichtleiter, B Leiter;
3) A Leiter und B Leiter.

Im erſten Falle werden die el. Theilchen auf den Körpern A und B durch die unbekannte Kraft feſtgehalten, welche die Eigenſchaft des Nichtleitens bedingt. Da ſie dieſe Körper nicht verlaſſen können, ſo theilen ſie mit denſelben die Bewegungen, die ihre wechſelſeitige Wirkung ihnen ſelbſt einzupflanzen ſtrebt.

Die Kräfte nun, von welchen in dieſem Fall die Bewegung abhängen kann, ſind 1) die wechſelſeitige Anziehung oder Abſtoßung des Fluidums in A gegen das Fluidum in B; 2) die Abſtoßung, die das Fluidum in B auf ſich ſelbſt äußert. Allein die Abſtoßungskräfte der Theile eines Syſtems gegen ſich ſelbſt können keine Verrückung ſeines gemeinſchaftlichen Schwerpuncts bewirken, heben ſich vielmehr in jeder Kugel durch ihr eignes Entgegenwirken auf, daher hieraus keine Bewegung der einen Kugel gegen die andre erfolgen kann. Die erſte Art Kräfte iſt mithin allein in Betracht zu ziehen. Wenn die El. auf jeder Kugel gleichförmig vertheilt iſt, ſo erfolgt die Anziehung oder Abſtoßung der einen gegen die andre gerade ſo, als wenn ihre ganze el. Maſſe in ihrem Mittelpunct vereinigt wäre, und die Geſammtkraft ihrer Anziehung oder Abſtoßung gegen einander iſt dem

Product der Totalquantitäten El. proportional, welche ſie beſitzen. Dieſe Kraft geht auf die wägbare Materie der beiden Kugeln A und B über, vermöge der Anziehung, durch welche die el. Theilchen an ihr feſtgehalten werden; und da der Ausdruck dieſer Kraft aus zwei Factoren zuſammengeſetzt iſt, ſo müßte ſie begreiflich null werden, wenn die eine oder die andre der beiden Kugeln nicht urſprünglich mit einer fremden El. geladen wäre. Während der Bewegung erfährt ſie keine andre Veränderung, als die, welche die Veränderung des Abſtandes mit ſich bringt; denn da beide Kugeln der Vorausſetzung zufolge aus vollkommnen nicht leitenden Subſtanzen beſtehen, ſo kann ihre wechſelſeitige Wirkung keine neue Elektricitätsentwicklung veranlaſſen.

Im zweiten Fall erfährt die Kugel B, welche als aus leitendem Stoff beſtehend angenommen wird, eine Zerſetzung ihrer natürlichen El. durch den vertheilenden Einfluß von A. Die entgegengeſetzten Elektricitäten, welche in Folge dieſer Zerſetzung hervortreten, verbinden ſich mit der Quantität fremder El., mit der man die Kugel geladen hat, und ordnen ſich zuſammen den Geſetzen des el. Gleichgewichts gemäß an; jetzt kann man die Bewegung von B gegen A aus einem doppelten Geſichtspuncte betrachten.

Wir wollen zuerſt annehmen, man breite, ohne den el. Zuſtand von B zu ſtören, über ihre Oberfläche eine iſolirende, feſte, gewichtloſe Schicht aus, die unveränderlich an ihr haften bleibe. Die El. von B, hierdurch am Entweichen verhindert, wird ſich ſo zu ſagen, gegen dieſe Schicht anſtemmen und mittelſt ihrer zu den Theilchen des Körpers die Kräfte, durch die ſie ſollicitirt wird, überpflanzen. Dann werden die, auf das Syſtem wirkenden, Kräfte ſeyn; 1) die wechſelſeitige Anziehung oder Abſtoßung des Fluidums A gegen das Fluidum B; 2) die Abſtoßung des Fluidums B gegen ſich ſelbſt; die aber keine Bewegung des Schwerpuncts von B zur Folge haben kann; 3) der Druck des Fluidums gegen die iſolirende Hülle, die jedoch genau durch die Gegenwirkung der Hülle aufgewogen wird, ſo daß auch hiedurch keine Bewegung veranlaßt werden kann. Die erſte Kraft verdient ſomit allein Berückſichtigung.

Wenn der Abſtand D beider Kugeln ſehr groß im Verhältniß zu den Halbmeſſern ihrer Oberflächen iſt, ſo ſind die zerſetzten El. von B, der Berechnung ſowohl als der Erfahrung zufolge, ziemlich gleich auf der, A zugekehrten und der von A abgekehrten, Hemiſphäre vertheilt. Die Wirkungen, die ſie von Seiten A's erfahren, ſind dann einander faſt gleich, und heben ſich gegenſeitig auf. Alle in Wirkſamkeit tretende Kraft rührt alſo von den Quantitäten fremder El. her, mit welcher die beiden Kugeln geladen worden ſind, und iſt dem Product dieſer Quantitäten gleich. So lange die beiden Kugeln ſehr entfernt von einander ſind, ändert ſich dies Product, ſo wie die, dadurch gemeſſene Anziehungs- oder Abſtoßungskraft blos vermöge der Veränderung des Abſtands. Doch läßt ſich dies blos annäherungsweiſe behaupten. Denn ſtreng genommen ändert ſich der el. Zuſtand der leitenden Kugel B mit ihrer Annäherung an A, wegen der Trennung, die dieſe in ihren natürlichen El. bedingt. Mithin muß auch die gegenſeitige Wirkung der elektriſirten Kugeln ſich nach einem ſehr verwickelten Geſetze abändern.

Das Daſeyn einer iſolirenden gewichtloſen Hülle iſt hier blos zu dem Zweck vorausgeſetzt worden, um das el. Fluidum als an die materiellen Theilchen des Körpers B gefeſſelt darzuſtellen. Man kann ſich ſelbſt dieſe Vorſtellung als verwirklicht durch die dünne Luftſchicht denken, welche gewöhnlich die Körper als eine, an ihrer Oberfläche haftende, Hülle umgiebt. Doch auch ohne Hülfe eines ſolchen Zwiſchenmittels kann man zu dem nämlichen Reſultate gelangen, wenn man nämlich den Druck in Betracht zieht, den die, in B im Zuſtande der Freiheit vorhandnen, Elektricitäten auf die Luft äußern. Wirklich begeben ſich dieſe Elektricitäten, ſowohl die hineingebrachten, als die, durch vertheilenden Einfluß zerſetzten, nach der Oberfläche von B, wo ſie die Luft durch ihren Druck feſt hält und auszuſtrömen hindert. Sie ordnen ſich alſo unter dieſer Oberfläche ſo an, wie ihre Wirkung auf ſich ſelbſt und der Einfluß des Körpers A mit ſich bringt, indem ſie ſich deshalb gegen die Luft ſtemmen, die ihrer Ausdehnung hinderlich iſt. Sie drücken nun, um dies Hinderniß zu überwältigen, gegen dieſe Luft von Innen nach Außen, und ſtreben dieſelbe wegzudrängen mit einer Kraft, welche dem Quadrat der Dicke der el. Schicht an jedem Punct proportional iſt. Zerlegt man alle dieſe Druckkräfte nach drei auf einander rechtwinkligen Axen von Coordinaten X, Y, Z, deren eine Z nach dem Mittelpuncte der Kugel A zu gerichtet iſt, und macht die partiellen Summen derſelben; ſo wird man finden, daß ſie nach X und Y null ſind, ſo daß für die endliche Wirkung nur eine einzige, nach dem Mittelpunct der Kugel A zu gerichtete, Kraft übrig bleibt. Sind die Kugeln im Verhältniß zu den Halbmeſſern ihrer Oberflächen ſehr entfernt von einander, ſo drücken die zerſetzten Elektricitäten von B die äußere Luft nach entgegengeſetzter Richtung mit beinahe gleicher Stärke, ſo daß ſich ihre Wirkungen faſt völlig aufheben. Der Erfolg hängt alſo dann blos noch von den Quantitäten fremder El., womit beide Kugeln geladen ſind, ab, und äußert ſich durch einen überwiegenden Druck, deſſen Richtung nach der, beide Mittelpuncte verbindenden, Linie geht, und dem Product dieſer Quantitäten proportional iſt, d. i. ganz ſo, wie ihn die andre Methode gegeben hatte. Es leuchtet übrigens von ſelbſt ein, daß auch für dieſe Darſtellung die nämlichen Beſchränkungen gelten, da, ſtreng genommen, auch hier der Druck der el. Schicht gegen die äußere Luft ſich mit der Quantität natürlicher El. abändern muß, welche bei Annäherung beider Kugeln an einander in B durch vertheilenden Einfluß A's zerſetzt wird.

Die Aufloͤſung des dritten Falls, wo A und B beide Leiter ſind, ergiebt ſich ganz nach den nämlichen Grundſätzen, indem man ſich entweder die beiden elektriſirten Oberflächen mit einer iſolirenden Hülle bedeckt vorſtellt, und die gegenſeitigen Wirkungen beider Fluida, die ſich mittelſt dieſer Hülle zu den materiellen Theilchen überpflanzen, berechnet; oder auch, indem man den Druck, der durch die beiden el. Schichten auf die äußere Luft ausgeübt wird, in Betracht zieht, und den Ueberſchuß deſſelben nach der, beide Mittelpuncte verbindenden, Linie berechnet. Nur wird in dieſem Fall die Kraft der Anziehung oder Abſtoßung beider Kugeln bei Annäherung derſelben an einander nicht blos vermöge der dadurch bedingten Veränderung in der Stärke der el. Wirkſamkeit, ſondern auch vermöge der immer mehr zunehmenden Zerſetzung der natürlichen Elektricitäten, welche in beiden Leitern, A und B vor ſich geht, verändert werden*).

Die eben gefundnen Reſultate würden auch noch Statt haben, wenn beide Kugeln A und B Freiheit hätten, ſich gegen einander zu bewegen; denn immer kann man ohne Störung ihrer wechſelſeitigen Wirkung beiden zugleich eine Bewegung einpflanzen, welche der Bewegung der einen gleich aber in entgegengeſetzter Richtung vor ſich gehend iſt; wodurch dieſe in Ruhezuſtand verſetzt werden würde, und die Aufgabe auf den, von uns betrachteten, Fall zurückkäme. Wenn wir endlich Körper von kugliger Geſtalt wählten, ſo geſchah dies blos deshalb, um die Berechnungen ausführen zu können, welche in jedem Fall die Werthe der Anziehungen geben. Denn die nämliche Herleitung findet ihre Anwendung auch auf alle zuſammengeſetzten Fälle.

---

*) Die ſo ſcharfſinnig entwickelte Theorie des Verfaſſers, nach welcher bei der el. Anziehung und Abſtoßung die Luft weſentlich mit in Betracht kommt, ſcheint ſich nicht wohl mit neuern Verſuchen von Davy vereinigen zu laſſen. Er hing an einen, in das obere Ende einer Art Barometerröhre eingeſchmelzten, Platindraht in einem Fall zwei feine Platindrähte, in einem andern zwei feine Stahldrähte an, die an ihren untern Enden mit zwei ſehr kleinen Kügelchen aus denſelben Metallen verſehen waren. Es fand ſich, daß dieſe Kügelchen wenn der Platindraht elektriſirt wurde, in der vollkommenſten, über dem Queckſilber zu bildenden, Leere ſich einander eben ſo abſtießen, als ſie es unter den gewöhnlichen Umſtänden gethan haben würden, und eben ſo gehorchten die Stahlkügelchen einem Magnete gerade ſo, als in der Luft. (Gilb. Annal. Jahrg. 1822. Dec.)

So wollen wir z. B. dieſe Betrachtungsart auf die Erſcheinungen anwenden, welche ein, durch Wirkung einer elektriſirten Röhre aus der Verticale abgelenktes, Pendel darbietet. Um von einer feſten Vorſtellung auszugehn, denke man ſich dies Pendel beſtehend aus einer kleinen Hollundermarkkugel, aufgehangen an einem Seidenfaden CS, Fig. 17, und mit poſitiver El. geladen. So lange die Kugel jedem fremden Einfluß entzogen iſt, wird ſich die El. unter ihrer Oberfläche in eine ſehr dünne kugelförmige Schicht von überall gleicher Dicke anordnen; und der Druck, den ſie auf die äußere Luft ausübt, wird mithin auch überall gleich ſeyn; weil er an jedem Puncte ſtets dem Quadrat der Dicke der Schicht proportional iſt. Die kleine Kugel wird alſo einen geringern Druck von der äußern Luft erfahren, als wenn keine freie El. auf ihrer Oberfläche vorhanden wäre; jedoch wird dieſer Druck auf ihre Theile gleichmäßig ſeyn, und ſie daher nach keiner Richtung in Bewegung kommen können.

Geſetzt nun, man nähere der Kugel auf eine gewiſſe Weite einen negativ elektriſirten Stab von Gummilack oder Siegellack; ſo wird ſogleich ein Theil der natürlichen Elektricitäten der Kugel durch vertheilende Wirkung deſſelben zerſetzt werden. Der negative Antheil wird den Stab fliehen, der poſitive ſich gegen ihn hinbegeben. Dieſer letztern Richtung wird auch die fremde, urſprünglich unter der Oberfläche der Kugel verbreitete, poſitive El. folgen. Der Druck auf die Luft, der ſtets dem Quadrat der Dicke der el. Schicht proportional iſt, wird alſo auf der Seite des Stabes ſtärker werden; und mithin der atmoſphäriſche Druck, der urſprünglich auf der ganzen Oberfläche der Kugel gleich war, auf der entgegengeſetzten Fläche verhältnißmäßig das Uebergewicht erhalten. Vermöge dieſes überwiegenden Drucks wird alſo die Kugel nach dem negativ el. Stabe hingetrieben; ſo daß, wenn man ſie mit einem andern Seidenfaden CS' in der entgegengeſetzten Richtung von der, nach welcher die Kugel hinſtrebt, zurückhalten will, dieſer Faden den ganzen Unterſchied des Drucks, den die Luft gegen beide Flächen äußert, erleiden wird.

Geſetzt nun dieſer Faden würde durchſchnitten, ſo wird die Kugel dem, ſie ſollicitirenden, Kraftbeſtreben folgen, und der iſolirende Faden CS, der ſie hält, ſich aus der Verticale entfernen. Dieſe Entfernung wird jedoch eine Gränze haben; denn das Gewicht der Kugel, welches bei der urſprünglichen Lage derſelben durch den Aufhängungspunct S getragen wurde, wird es nur noch zum Theil bei der ſchiefen Richtung CS', Fig. 18. Wirklich, wenn man das Kraftbeſtreben dieſes Gewichts durch die Verticallinie C'P vorſtellt, ſo wird man es in zwei andre Kräfte zerlegen können, einer C'Q, welche in die Richtung der Verlängerung des Fadens fällt, und durch ſeinen Widerſtand aufgehoben wird, und eine zweite C′R, die ſenkrecht auf den Faden iſt, und die Kugel zum unterſten Puncte zurückzuführen ſtrebt. Offenbar nun wird dieſe zweite Kraft mit dem Winkel CSC′ wachſen; und mithin ein um ſo ſtärkeres Beſtreben äußern, die Kugel herabzuziehen, je weiter dieſelbe aus der Verticale entfernt iſt. Bei jeder Lage des Stabes mithin wird die Abweichung des Fadens ſo beſchaffen ſeyn, daß der Ueberſchuß atmoſphäriſchen Drucks, welcher die Kugel zu erheben ſtrebt, dem Theil der zerlegten Schwerkraft gleich ſey, welche ſie ſtrebt herabzuziehen.

Wir haben Kugel und Stab als mit ungleichartigen Elektricitäten geladen angenommen: wären ſie mit gleichartigen geladen, ſo würden dieſe Elektricitäten ſich abſtoßen, anſtatt ſich anzuziehen. Der Druck der El. der Kugel gegen die äußere Luft würde an der, von dem Stabe entfernteſten, Fläche derſelben das Uebergewicht erhalten, und die Kugel würde ſtreben, ſich von dem Stabe zu entfernen.

So ſind die Vorgänge in der Regel. In manchen Fällen jedoch beobachtet man eine Erſcheinung, welche dem erſten Anblick nach dieſe ganze Herleitungsart als ungültig darzuſtellen ſcheint. Nähert man zwei, auf dieſelbe Weiſe elektriſirte, Körper einander, ſo ſieht man ihre Abſtoßung ſchwächer werden, ja, wenn man fortfährt, ſie einander immer näher zu bringen, dieſelbe endlich in Anziehung übergehen. Dies geſchieht gewöhnlich, wenn einer von den Körpern ſehr klein im Verhältniß zum andern und ſchwach elektriſirt iſt; z. B. in dem Fall, wo die kleine Hollundermarkkugel des el. Pendels mit negativer El. geladen iſt, und ihr eine dicke Stange gleichfalls negativ elektriſirten Siegellacks immer näher gebracht wird. Allein weit entfernt, daß dieſe Erſcheinung unſrer Theorie widerſpräche, iſt ſie vielmehr eine Folgerung daraus. In dem Maße als die Stange bei ihrer Annäherung an die Kugel die, dieſer urſprünglich ertheilte, negative El. zurückſtößt, zerſetzt ſie eine beträchtlichere Menge von den verbundnen El. derſelben, ſtößt den negativen Theil derſelben zurück, der ſich mit der ſchon vorher darin vorhandenen negativen El. verbindet und zieht den poſitiven Theil an, die ſich nach ihr zu begiebt. Wären dieſe beiden zerſetzten El. allein auf der Kugel vorhanden, ſo würde dieſelbe fraglos gegen die Stange angezogen werden, und zwar um ſo ſtärker, je näher ihr dieſe käme, und je ſtärker ſie elektriſirt wäre, ohne daß ſich Gränzen für dieſe Anziehung denken ließen. Dem iſt aber nicht ſo in Betreff der Abſtoßung, welche von der, der Kugel urſprünglich ertheilten, beſtimmten Menge negativer El. herrührt. Dieſe Abſtoßung kann nur durch Verminderung des Abſtands zunehmen. Wird dieſe bei einem gewiſſen Abſtand ihrer Stärke geringer, als die der Anziehung, welche der progreſſiven Entwicklung der nethümlichen Elektricitäten ihren Urſprung verdankt, ſo erhält letztere Kraft das Uebergewicht und die Kugel nähert ſich der Stange. Man begreift hienach, daß die Möglichkeit der Erſcheinung von den Verhältniſſen abhängt, welche zwiſchen den, urſprünglich auf der Kugel und der Stange vorhandenen, Quantitäten El. Statt finden; und wenn man auch dieſe Verhältniſſe nicht näher anzugeben weiß, ſo ſieht man doch, daß die Umkehrung der Wirkungen um ſo leichter, bei einem um ſo größern Abſtand erfolgen muß, je mehr die Stange und je weniger die Kugel elektriſirt iſt; ſo daß, wenn der Abſtand für unveränderlich angenommen wird, die Abſtoßung oder Anziehung blos von dem, zwiſchen den Elektricitätsmengen Statt findenden, Verhältniß abhängt.

Dieſer Erfolg läßt ſich durch einen Verſuch nachweiſen, welchen Fig. 59 erläutert. Ein iſolirter Metallcylinder wird in Verbindung mit dem erſten Leiter der Elektriſirmaſchine geſetzt, und zur Seite dieſes Cylinders an einem Seidenfaden eine kleine Hollundermarkkugel aufgehangen, die durch einen andern, am Cylinder ſelbſt befeſtigten Seidenfaden gehindert iſt, ſich von ihm über eine gewiſſe Weite hinaus zu entfernen. Man elektriſirt erſt den Cylinder ſchwach. Die Kugel wird angezogen, berührt ihn, und wird wieder abgeſtoßen. Man fährt fort, den Cylinder zu elektriſiren, die Kugel wird wieder angezogen, u. ſ. f. angezogen und abgeſtoßen, unſerer Theorie gemäß.

Um dieſe Betrachtungen durch ein andres Beiſpiel zu erläutern, wollen wir ihre Anwendung auf die Bewegungen des Goldpapierſcheibchens zeigen, das ſich am Ende der Nadel des Elektroſkops oder der el. Wage befindet. Denken wir uns dies Scheibchen erſt mit El. von einer gewiſſen Beſchaffenheit geladen. Es werde ihm dann in einiger Entfernung und faſt parallel mit ſeiner Oberfläche ein andres elektriſirtes und unbewegliches Scheibchen hingehalten, das ich erſt als aus einem nichtleitenden Stoffe beſtehend annehmen will, damit die, auf ſeiner Oberfläche vertheilte, El. ihre Stelle nicht verändere. So lange das bewegliche Scheibchen allein in der Wage befindlich iſt, vertheilt ſich die El. auf ſeinen beiden Flächen, wegen ihrer Symmetrie, auf die nämliche Art und in gleichen Verhältniſſen. Der Druck gegen die äußere Luft iſt mithin von beiden Seiten gleich, und kann keine Bewegung zur Folge haben. So wie aber dieſe El. in die Wirkungsſphäre des unbeweglichen Scheibchens kommt, wird ſie von deſſen El. angezogen oder abgeſtoßen, und drückt nun ungleich auf ihren beiden Flächen gegen die äußere Luft. Im Fall der Anziehung überwiegt ihr Druck auf der, dem unbeweglichen Scheibchen zugekehrten, Seite; im Fall der Abſtoßung auf der davon abgewendeten. Im erſten Fall alſo treibt die Uebermacht des Luftdrucks das bewegliche Scheibchen nach dem unbeweglichen hin; entfernt es dagegen im zweiten davon.

Die Oberflächen, die wir bisher betrachteten, waren ſo geſtaltet, daß ſich die El., wenn ſie ſich ſelbſt überlaſſen war, offenbar ſymmetriſch auf denſelben anordnen und gleichen Druck auf ihre entgegengeſetzten Theile äußern mußte. Hier konnte der elektriſirte Körper, wenn er keinem anderweiten fremden Einfluß ausgeſetzt war, nicht anders als in Ruhe bleiben. Obwohl nun eine ſolche Ausgleichung des entgegengeſetzten Drucks ſchwerer an Körpern von minder einfacher Geſtalt nachzuweiſen iſt, ſo iſt darum nicht minder gewiß, daß ſie Statt findet; dem einem, in der Mechanik erwieſenen, Satze zufolge können die wechſelſeitigen Wirkungen der Theile eines freien Syſtems dieſem keine Fortbewegung oder Rotation um ſeinen eignen Mittelpunct einpflanzen.

Anders würde ſich die Sache in dem Fall verhalten, wenn das el. Fluidum an irgend einer Stelle des Körpers auszuſtrömen vermöchte. Man verfertige z. B. aus einem dicken Meſſing- oder Eiſendraht eine Nadel AA, Fig. 20, deren beide Enden ſenkrecht auf ihrer Länge in entgegengeſetzter Richtung gebogen und ſcharf zugeſpitzt ſind. Durch die Mitte C werde ein kleines Loch gebohrt, darauf ein kegelförmiges Hütchen angebracht, und mittelſt deſſen die Nadel auf einen Stift CM geſetzt, um den ſie ſich horizontal drehen kann. Den Fuß des Stiftes ſchraube man auf das Ende des Conductors einer Elektriſirmaſchine. So lange keine El. erregt wird, bleibt die Nadel unbeweglich in der gegebenen Lage: ſo wie man aber die Elektriſirmaſchine in Wirkſamkeit treten läßt, fängt die Nadel an, ſich mit zunehmender Schnelligkeit zu drehen, als wenn ſie die Luft mit ihren Spitzen fortſtieße.

Um das Verſtändniß dieſer Erſcheinung zu erlangen, wollen wir uns denken, die Nadel ſey nach ihrem Elektriſirtwerden mit einer dünnen iſolirenden gewichtloſen Schicht bedeckt, die ſie allenthalben umhülle, und werde frei im leeren Raume an einem Seidenfaden aufgehangen, die ihr eine freie Drehung um ihre Mitte C geſtatte. In dieſem Fall wird der, an der Oberfläche der el. Schicht Statt findende, Druck ſich gegen die iſolirende Hülle äußern: dem eben angeführten Satz der Mechanik zufolge jedoch kann er dem Syſtem keine Rotationsbewegung um ſich ſelbſt einpflanzen; ſo daß alle Druckkräfte, nach welchen Richtungen man ſie auch zerlegt denken mag, ſich auf den entgegengeſetzten Flächen wechſelſeitig aufheben werden. Geſetzt nun, man durchbohre irgend einen Theil der Nadel, ich ſage nicht gerade, das Ende der Spitze, ſondern welche Stelle es auch ſey, der iſolirenden Hülle, ſo daß die El. durch dieſe Oeffnung auszuſtrömen vermöge; ſo wird in Folge des, hier Null gewordenen, Drucks blos die Wirkſamkeit des entgegengeſetzten Drucks übrig bleiben, und die Nadel ſich mithin nach der Richtung, nach der er ſie treibt, drehen.

Im abſolut leeren Raume würde ſich dies Reſultat nicht wohl beobachten laſſen, weil hier die El. ſich augenblicklich zerſtreuen würde, wenn man die iſolirende Schicht zerriſſe; allein es läßt ſich in freier Luft hervorbringen; wofern man nur die Enden der Nadel ſcharf genug zuſpitzt, daß die El. ſich daſelbſt in dem Grade anzuhäufen vermag, um den Luftdruck zu überwältigen. Dann dient die Luft ſelbſt der Nadel als iſolirende Hülle, und dieſe wird durch das eigne Kraftbeſtreben der El. durchbrochen; anſtatt daß unſre erſte Annahme die Oeffnung künſtlich bewerkſtelligt vorausſetzte. Die Erſcheinung geht ganz ſo vor, als ob die Nadel, anſtatt elektriſirt zu ſeyn, ein hohles, mit Waſſer oder Queckſilber gefülltes, Gefäß wäre, und ſeine, in Spitzen umgebogenen, Enden zwei kleine Canäle, deren Mündungen durch den Druck der Flüſſigkeit aufgebrochen wären. Da hier der Druck an dieſen Mündungen null wird, ſo muß der, gegen das entgegengeſetzte Element der innern Oberfläche gerichtete, die Nadel nach der entgegengeſetzten Richtung treiben und ſie ſo nöthigen, ſich um ihre Mitte zu drehen. In der That haben wir eine ſolche Bewegung zur Ausführung gebracht, im erſten Buche. S. 60.

Wenn man in dieſem Fall das Product der Maſſen in die Geſchwindigkeiten aller ausſtießenden Molecule der Flüſſigkeit nimmt, ſo wird es ſtets gleich ſeyn der Summe der Producte der Maſſen in die Geſchwindigkeiten der andern Puncte der Nadel, und der, mit ihr nach entgegengeſetzter Richtung ſich drehenden, Flüſſigkeit; die nämliche Gleichheit wird alſo auch noch bei der Bewegung der elektriſirten Nadel Statt haben müſſen. Da nun die Maſſe der ausſtrömenden el. Molecule ſo gering iſt, daß ſie durchaus keine Schätzung zuläßt, weil ſelbſt die zuverläſſigſten Wagen keine merkliche Gewichtszunahme an den am ſtärkſten elektriſirten Körpern zu erkennen geben, ſo muß dafür die Geſchwindigkeit der el. Theilchen unendlich bedeutend ſeyn; und vielleicht kann man ſich hiernach am beſten eine Vorſtellung von ihrer Schnelligkeit machen.

Bevor man die wahren Geſetze des Gleichgewichts der El. kannte, war man völlig im Dunkel darüber, wie die Anziehungen und Abſtoßungen, welche eigentlich nur zwiſchen den el. Theilchen ſelbſt Statt haben, auf die materiellen Theilchen der Körper übergehen könnten, und bezeichnete dieſe Wirkung mit dem unbeſtimmten Worte Spannung (tension), welches die El. gleichſam wie eine Art elaſtiſcher Feder darſtellte, die die elektriſirten Körper zu nähern oder auseinander zu treiben ſtrebte. Nach den gegebenen Erörterungen jedoch wird man die Art, wie dieſe Ueberpflanzung der Kraft geſchieht, begreiflich finden; nämlich durch die Zwiſchenwirkung des Drucks, den die El. gegen die umgebende Atmoſphäre oder überhaupt die Hinderniſſe, die ſich ihrem Ausſtrömen entgegenſetzen, ausübt.

Siebentes Capitel.

Von der beſten Einrichtung der Elektriſirmaſchinen und den dazu gehörigen Conductoren.

Gleich bei unſern erſten Unterſuchungen über die el. Erſcheinungen fanden wir, daß, um ſie ſtärker hervortreten zu laſſen, die Reibung mit großen Oberflächen vorgenommen werden müßte. Wir nahmen alſo eine Scheibe oder einen Cylinder von Glas, bewerkſtelligten deren Drehung zwiſchen zwei feſtgemachten Reibzeugen mittelſt einer Kurbel, und ſetzten nahe an ihre Oberfläche einen iſolirten Metallkörper, der ſich mit der El., ſo wie ſie ſich entwickelt, bedeckt, um ſie zu andern, gleichfalls iſolirten, Conductoren fortzuleiten, die ſie allenthalben hinführen, wohin es die Verſuche erfordern. Jetzt aber, da wir wiſſen, daß mehrere, ſo elektriſirte, Körper immer einen Einfluß auf einander ausüben, entſteht die Frage, welches die beſte Anordnung für alle Theile des Apparats ſey, welche Beſchaffenheit die Reibzeuge haben müſſen, um die Elektricitätserregung möglichſt zu befördern, welche Geſtalt man dem erſten Conductor zu geben habe, um die El. ſchnell einzuſaugen, den ſecundären Leitern, um eine möglichſt ſtarke Anhäufung derſelben zuzulaſſen, endlich den iſolirenden Trägern, um ihren Verluſt möglichſt zu verhindern. Dies ſind eben ſo viel wichtige Fragepuncte, deren ausführlichere Erörterung ich in meinem größern Werke gegeben haben: hier begnüge ich mich, die Reſultate aufzuſtellen. Drei Dinge kommen bei dieſer Unterſuchung in Betracht: die Scheibe oder der Cylinder, das Reibzeug und die Conductoren.

Zuvörderſt vom Reibzeug. Wie dieſes auch übrigens beſchaffen ſeyn mag, jedenfalls muß es, um eine dauerhafte und ausgedehnte Reibung zu bewirken, ſich genau an die Oberfläche der Glasſcheibe oder des Glascylinders anlegen, und ſie an einer großen Menge von Puncten drücken. Dieſem Zweck entſpricht nichts beſſer, als Kiſſen aus Haaren mit einem Ueberzug von feinem Leder, die durch eine Feder an der Oberfläche des Glaſes angedrückt werden. Das Leder allein entwickelt jedoch wenig El. bei ſeiner Reibung am Glaſe. Ungleich mehr erhält man aber, wenn man ſeine Oberfläche mit einem trocknen Amalgam aus zuſammengeriebenem Queckſilber, Zink und Zinn überzieht; wo dann eigentlich dies Amalgam den geriebenen Körper abgiebt[1]). Wenn man die Kiſſen während des Reibens iſolirt und unterſucht, welche El. das Glas angenommen hat, ſo findet man ſie poſitiv; mithin nehmen die Kiſſen die entgegengeſetzte, d. i. die negative, El. an; was auch durch die Erfahrung beſtätigt wird. Beim gewöhnlichen Gebrauch der Maſchine muß man ſich jedoch wohl hüten, die Kiſſen zu iſoliren; im Gegentheil hat man ſie mit dem Boden durch Metall in leitende Verbindung zu ſetzen; weil man ſo weit mehr El. erhält.

Dies Reſultat gilt allgemein bei der Elektricitätserregung durch Reibung zweier beliebigen Körper an einander. Jeder derſelben vermag in weit höherm Grade el. zu werden, wenn er mit dem andern gerieben wird, während dieſer mit dem Boden in leitender Verbindung ſteht, als wenn beide iſolirt ſind. Dieſe Erfahrung iſt von großer Bedeutung, da ſie mit der Art, wie durch das Reiben die El. hervortritt, in genauem Zuſammenhange zu ſtehn ſcheint. Aber eben dieſes Grundes halber dürfen wir nicht ſehr auf eine Erklärung derſelben rechnen, weil unſre Theorieen ſich nur auf die ſchon erregte El. erſtrecken, und bisher noch über alles, was ihre Entwicklung in den Körpern betrifft, ganz oder faſt ganz im Dunkeln ſind. Es bleibt ſomit nichts übrig, als das, was uns die Erfahrung darüber lehrt, auf reine Beſtimmungen zu bringen, und daraus die mechaniſchen Bedingungen herzuleiten, an welche die Elektricitätsentwicklung geknüpft iſt. Denken wir uns alſo zuvörderſt zwei iſolirte Körper A und B, die, im natürlichen Zuſtande einander gerieben, der eine eine Quantität $+e$ (poſ. El.), der andre eine Quantität $-e$ (neg. El.) erlangen. Letztrer gebe ich das negative Zeichen, um anzuzeigen, daß ſie, zur erſtern Quantität gefügt, dieſelbe neutraliſirt. Ohne Zweifel liegt der Beſtimmungsgrund dieſes Verhältniſſes zwiſchen den Arten und den Mengen der El., die auf jeder der geriebenen Oberflächen haften bleiben, in der Beſchaffenheit der beiden Oberflächen und der Macht der Reibung; und wir haben übrigens nicht die geringſte Kenntniß, durch welchen Mechanismus dieſe Erſcheinung bedingt wird. Sobald aber einmal die beiden Elektricitäten aus ihrer Verbindung getrennt ſind, genießen ſie unzweifelhaft ihre, ihnen individuell zukommende, Eigenſchaften, ſtoßen ſich demzufolge ihren eignen Theilchen nach ab, und ziehen die Theilchen der entgegengeſetzten El. an. Die erſte Urſache hat die Wirkung, daß die, auf A entwickelte, +e ſich auf B, die auf B entwickelte El. dagegen auf A hin, durch die Berührungspuncte zu verbreiten ſtrebt. Dieſes doppelte Beſtreben wird noch durch die wechſelſeitige Anziehung begünſtigt, welche +e und —e auf einander ausüben, und kraft deren ſie ſich zu vereinigen ſtreben. Weil dieſer Uebergang und dieſe Vereinigung nicht zu Stande kommt, ſo muß die unbekannte Thätigkeit, welche beide Elektricitäten +e und —e nöthigte, ſich von einander zu trennen, und einen der beiden Körper beſonders zu ihrem Sitz zu machen, auch noch nach dieſer Trennung fortwirken, und Stärke genug beſitzen, ſie geſchieden zu erhalten, ungeachtet der beiden Urſachen, welche zu ihrer Vereinigung zuſammenwirken. Allem Anſchein nach nun äußert ſich dieſe, in der Reibung gegründete, Thätigkeit blos auf der Berührungsoberfläche ſelbſt, und hindert daher nicht, daß ſich jede der beiden Elektricitäten +e, —e in dem Körper A oder B, in dem ſie ihren Sitz hat, mit dem Grade der Freiheit verbreite, den das größere oder geringere Leitungsvermögen des Körpers geſtatten mag. Denn iſt B z. B. ein Leiter, und man berührt oder ſetzt ihn mit dem Boden an verſchiednen Puncten der Berührungsfläche in leitende Verbindung, ſo verſchwindet ſeine —e, und er kehrt in den natürlichen Zuſtand zurück, ohne daß deshalb der Körper A ſeinen Ueberſchuß von +e verliert; wie wir jederzeit beſtätigt ſehen können, wenn wir einen iſolirten Körper A mit irgend einem nicht iſolirten Körper B reiben. Nun läßt ſich ganz leicht begreifen, daß bei dieſer Lage der Dinge die Reibung auf A eine größere Menge El. entwikeln und erhalten muß, als da B iſolirt war. Denn wenn in dieſem, zuerſt betrachteten, Falle A, +e und B, —e annahm, ſo mußte, um +e zurückzuhalten, außer der inwohnenden Repulſivkraft ihrer eignen Theile, auch noch ihre Anziehungskraft für —e überwältigt werden; dagegen dieſe letzte Kraft nicht mehr vorhanden iſt, wenn —e in den Boden abgeſtoſſen iſt. Aus demſelben Grunde, wenn ein und derſelbe Körper A ſucceſſiv an zwei iſolirten Leitern B und B′ gerieben wird, die aus demſelben Stoff beſtehen, eine gleich beſchaffne Oberfläche beſitzen, aber von ungleichem Volumen ſind, ſo wird durch den größern mehr El. entwickelt werden; denn da die freigewordne El., welche auf B oder B′ haften bleibt, ſich über die ganze Oberfläche dieſer Körper verbreiten muß, ſo wird ſie bei gleicher Quantität eine dünnere Schicht auf dem größern Körper bilden; die inwohnende Repulſivkraft dieſer El. an der Berührungsfläche wird mithin geringer auf dieſem Körper, als auf dem andern ſeyn; und es wird demzufolge eine größere Menge dieſer El. im Zuſtande der Trennung darauf verharren können.

---

[1]) **Singer** empfiehlt vor allen andern ein Amalgam aus zwei Gewichtstheilen Zinn, vier Zink und ſieben Queckſilber. Man erhitzt erſt das Queckſilber allein, etwas über 100°, ſchüttet es in eine hölzerne Büchſe, und ſetzt nun die vorgeſchriebenen Mengen der beiden, zuvor in Fluß gebrachten, Metalle hinzu. Darauf verſchließt man ſofort die Büchſe, und ſchüttelt ſie ſchnell, um eine recht innige Miſchung zu bewirken. Iſt das Amalgam abgekühlt, ſo wird es in einem Mörſer zu einem feinem Staube zerſtoßen, und dieſer Staub mit einer hinreichenden Quantität Schweinefett in Form eines Teiges gebracht.

Außer dieſen allgemeinen Bedingungen kommt bei der, die Reibung der Scheibe der Elektriſirmaſchine gegen die iſolirten Kiſſen hervorbringenden, Umdrehungsbewegung noch ein beſondrer Umſtand ins Spiel, der auch dazu beiträgt, daß die, in dieſem Fall erhaltenen, Wirkungen weit ſchwächer ausfallen, als wenn die Kiſſen mit dem Boden in leitender Verbindung ſtehen. Dieſer beſondre Umſtand liegt darin, daß die verſchiednen Theile der Scheibe, die ſucceſſiv durch die Umdrehungsbewegung am Reibzeuge hingeführt werden, zuvor vor dem Ende des erſten Conductors vorbeigegangen ſind, wo die poſitive El., die ſie erlangt hatten, ganz oder faſt ganz neutraliſirt worden iſt, ſo daß ſie ſich faſt vollkommen im natürlichen Zuſtande wieder befinden, wenn ſie abermals zwiſchen die Kiſſen treten.[1]) Dieſe verſchiednen Theile ſind alſo eben ſo viel iſolirten Körpern A, von derſelben Beſchaffenheit und im natürlichen Zuſtande befindlich, gleich zu achten, die ſucceſſiv an einem und dem nämlichen iſolirten Körper B gerieben werden. Wenn nun durch Wiederholung dieſer Reibung in B das Maximum von — e entwickelt iſt, welches ſich gegen die, dieſer El. inwohnende, Abſtoßungskraft darauf zu behaupten vermag, ſo iſt klar, daß neue Reibungen mit andern Körpern A von derſelben Beſchaffenheit keine neue Elektricitätsentwicklung in B zur Folge haben können. Denn, wenn eine neue Quantität — e′ ſich entwickelte und mit — e verbände, ſo würde die, durch die ganze Ladung — e — e′ ausgeübte, Abſtoßungskraft den Widerſtand überwinden, der ſich ihrer Fortpflanzung durch die Berührungsfläche entgegenſtellt; und ſo würden die neuen Quantitäten zerſetzter El. ſogleich wieder zu natürlicher El. zuſammentreten; dieſen Erfolg muß denn auch das fortgeſetzte Reiben der Scheibe an den Kiſſen der Elektriſirmaſchine haben, wenn dieſelben iſolirt werden. Die Theile der Scheibe, welche zuerſt an denſelben vorübergehen, entwickeln in ihnen bald alle El., die ſich unter dem Einfluß der Reibung darin behaupten kann, wonach die Berührung der folgenden Theile fruchtlos bleibt; die Entwicklung der El. hört auf, ſo daß die Scheibe dem erſten Conductor nichts mehr zu neutraliſiren darbietet, wie oft man ſie auch umdrehen mag; dagegen, wenn die Kiſſen mit dem Boden in leitender Verbindung ſtehen, ſo daß ſie beſtändig im natürlichen Zuſtande erhalten werden, die Theile der Scheibe, die nach ihrer Entladung durch den erſten Conductor zu ihnen zurückkehren, um ſich an ihnen zu reiben, dieſelben, ſo wie ſich ſelbſt, immer wieder unter den Bedingungen der erſten Berührung wiederfinden. Sie können alſo, wie das erſtemal, in den Kiſſen die Zerſetzung der natürlichen Elektricitäten hervorrufen, ſich mit dem Theil poſitiver El., welcher zum Gleichgewicht unter dieſen Verhältniſſen erforderlich iſt, laden, und ſich abermals neutraliſiren, indem ſie vor dem erſten Conductor vorbeigehen, von welchem aus die El.*) ſich in die ſecundären Conductoren verbreitet, um ſich auf deren Oberfläche den Geſetzen des el. Gleichgewichts gemäß zu vertheilen; und dieſe fortdauernde Entwicklung poſitiver El. hört nicht eher auf, als bis die Abſtoßungskraft der Totalquantität, die ſich ſo im ganzen Syſtem ſämmtlicher Leiter verbreitet hat, hinlänglich ſtark geworden iſt, daß ihre Wirkung auf das, der Scheibe zunächſt befindliche, Ende des erſten Conductors der entgegengeſetzten Wirkung das Gleichgewicht hält, welche von der ebenfalls poſiti[illegible] El. ausgeübt wird, die an den Theilen der Scheibe haftet, welche ſich dem erſten Conductor darbieten, nachdem ſie zwiſchen den, mit dem Boden in leitender Verbindung ſtehenden, Kiſſen hindurchgegangen ſind. Dann kann man die Scheibe drehen, ſo viel man will, der erſte Conductor wird ſich nicht ſtärker laden, oder wenigſtens nur ſoviel annehmen, als zum Erſatz des Verluſts erforderlich iſt, den die Berührung der Luft auf allen elektriſirten Oberflächen der Scheibe und des Conductors zur Folge hat.

---

[1]) Die Art, wie dieſe Neutraliſation vor ſich geht, iſt leicht zu faſſen. Die Theile der Scheibe, welche, mit poſitiver El. geladen, vor das Ende des erſten Conductors gelangen, zerſetzen durch vertheilenden Einfluß deſſen natürliche Elektricitäten, ſtoßen den poſitiven Theil zurück und ziehen den negativen in die Spitzen an, welche an dem, der Scheibe zunächſt befindlichen, Ende des Conductors angebracht ſind. Da nun hier dieſer negative Theil der El., vermöge der Geſtalt der Spitzen ſelbſt, eine große Abſtoßungskraft gegen ſich ſelbſt erlangt, ſo durchbricht er die Luftſchicht, die ihn von der Scheibe trennt, und neutraliſirt dort unmittelbar die daran haftende El. Der nämliche Erfolg würde auch, obwohl minder vollkommen, Statt haben, wenn das, der Scheibe zunächſt befindliche, Ende des erſten Conductors, anſtatt mit Spitzen verſehen zu ſeyn, blos eine ſo eckige Form hätte, daß die El. ein freies Ausſtrömen fände.

Aus dieſer genauen Analyſe der Erſcheinungen fließen mehrere wichtige Bedingungen für die Vervollkommnung des Apparats.

1) Müſſen die, ſucceſſiv zwiſchen die Kiſſen tretenden, Theile der Glasoberfläche alle El., die ſie dabei erhalten, mit dem möglichſt

---

*) Nämlich die poſitive El., welche durch vertheilende Wirkung der, vor dem erſten Conductor vorbeigehenden, Theile der Scheibe in die entfernteren Theile des Conductors zurückgetrieben wird. S. Anmerk. Seite 210.

kleinſten Verluſt bis zum erſten Conductor hinbringen. Zu dieſem Zweck befeſtigt man am Reibzeug Streifen von Wachstaffet, die ſich über die Oberfläche des Glaſes nach der Richtung der Scheibendrehung hinweglegen. So wie das Glas el. wird, haften dieſe Taffetſtreifen an ſeiner Oberfläche, und ſchützen es vor der Berührung der Luft, bis es vor den erſten Conductor tritt.

2) Der erſte Conductor muß eben ſo viel Arme haben, als Reibzeuge an der Elektriſirmaſchine befindlich ſind, damit die nämlichen Theile des Glaſes niemals an einem Reibzeuge hingehen, ohne entladen zu ſeyn. Gewöhnlich zieht man zwei Reibzeuge F, F′, Fig. 21, in Gebrauch, deren jedes die Scheibe an ſeinen beiden Oberflächen umfaßt. Man bringt ſie an den beiden entgegengeſetzten Enden eines und deſſelben Durchmeſſers der Scheibe an, und giebt ihnen, um ihre leitende Verbindung mit der Erde ſicher zu bewerkſtelligen, eine metallne Platte zum Boden, an welche die beiden Enden zweier metallnen Arme AM, AM′ reichen, die von der, gleichfalls metallnen, Drehungsaxe AA′ ausgehen. Es bleibt ſomit blos noch übrig, dieſe mit der Erde in leitende Verbindung zu ſetzen. Zu dieſem Zweck befeſtigt man eine Kette daran, die man auf den Fußboden des Zimmers herabfallen läßt, oder, was bei Weitem vorzuziehen iſt, man verbindet ſie durch einen Metalldraht mit einem Syſtem von Conductoren, welches in irgend einen waſſerleitenden Canal ſeinen Ausgang nimmt. Man giebt auch dem erſten Conductor zwei Arme CB, CB′, deren, der Scheibe zunächſt befindliche, Enden mit Spitzen verſehen ſind, um ein leichteres Ausſtrömen der negativen El. zu geſtatten, die ſich in dieſen Armen durch vertheilende Wirkung der poſitiv el. Theile der Scheibe, welche die Drehungsbewegung ſucceſſiv zu ihnen hinführt, entwickelt. Keineswegs aber darf man auch die entgegengeſetzten Enden dieſer Arme mit Spitzen verſehen, weil dieſe die, vom Conductor erlangte, El. ſchnell in die Luft ausſtrömen laſſen würden; vielmehr läßt man dieſelben ſich in eine dicke Kugel endigen. Ein Conductor von ſo geringem Umfang würde ſich jedoch bald bis zur Sättigung mit einer mäßigen Quantität El. laden. Deshalb ſetzt man ihn mit einem Syſtem iſolirter Leiter in Verbindung, beſtehend aus langen und dünnen Cylindern, die parallel mit einander aufgehangen werden, Fig. 22. Erfahrung und Theorie ſprechen gleich dafür, daß eine ſolche Anordnung, wenn Länge und Dicke der Glieder in den gehörigen Verhältniſſen ſtehen, am vortheilhafteſten iſt, ſtarke Ladungen mit ſchwachen Spannungen zu erhalten. Man hat hiebei ſelbſt den Vortheil, wenn man aufhört, die Scheibe oder den Cylinder

der Maſchine zu drehen, die Gemeinſchaft zwiſchen den ſecundären und dem erſten Conductor aufheben zu können; wodurch man das ſchnelle Ausſtrömen der angeſammelten El. durch die Spitzen des erſten Conductors verhütet, wenn die, nicht mehr erneuerte, El. der Scheibe aufhört, ſie durch ihre abſtoßende Kraft zurückzutreiben.

Es verſteht ſich, daß der, mit dem Boden in leitender Verbindung ſtehende, Beobachter, um ſolche Veränderungen in der Gemeinſchaft der Leiter vorzunehmen, dieſelben nicht unmittelbar mit der Hand anfaſſen darf; vielmehr hat er ſich dazu der Zwiſchenwirkung metallner Stäbe zu bedienen, welche an iſolirende, mit der Hand zu faſſende, Griffe befeſtigt ſind. Um blos eine augenblickliche Gemeinſchaft zwiſchen zwei Leitern zu bewerkſtelligen, giebt man gewöhnlich dieſen Stäben die Geſtalt zweier (ſich in Knöpfe A, A′, endigenden) Kreisbogen AC, A′C, Fig. 23, die ſich mittelſt eines Charniers um einen gemeinſchaftlichen Mittelpunct C drehen laſſen, und jeder mit einem iſolirenden Handgriff M verſehen ſind, der gewöhnlich aus einem, mit Gummilack überzogenen, Glasſtabe beſteht. Man faßt einen dieſer Griffe in die rechte, den andern in die linke Hand, und kann nun, durch Oeffnen oder Schließen des, von beiden Armen gebildeten, Winkels den Abſtand AA′ beider Enden des Bogens beliebig vergrößern oder verkleinern, und der Entfernung anpaſſen, in der ſich die, in Gemeinſchaft zu verſetzenden, Leiter von einander befinden. Man nennt dies Inſtrument einen Auslader (excitateur, excitator electricus), weil man dadurch Leiter zu entladen vermag, in denen El. angeſammelt iſt, indem man einen Knopf mit dem zu entladenden Leiter, den andern Knopf mit einem, mit der Erde in Verbindung ſtehenden, Leiter in Berührung bringt. Man braucht als Mittel, eine leitende Verbindung herzuſtellen, Ketten und Drähte von Metall, die man von einem Leiter auf einen andern herüberhängen läßt, und leicht mittelſt Glasſtäbe entfernen kann, wenn man die Gemeinſchaft wieder aufheben will.

Nach dieſen, die zweckmäßigſte Geſtalt der verſchiednen Theile der Elektriſirmaſchine betreffenden, Erörterungen bleibt nur noch ein Wort über die Iſolirung zu ſagen übrig. Begreiflich muß dieſe für den erſten, ſo wie für die ſecundären, Conductoren in möglichſt vollkommenem Grade Statt finden, damit ſie die, ihnen mitgetheilte, El. lange an ſich behalten. Aus dieſem Grunde müſſen die Träger möglichſt lang und dünn ſeyn. Die des erſten Conductors beſtehen gewöhnlich aus Glasſäulen, die mit Gummilack zu überfirniſſen ſind, weil dies Harz weit beſſer, als Glas iſolirt, und nicht ſo leicht mit Feuchtigkeit beſchlägt. Die ſecundären Leiter werden mit Schnüren an der Decke aufgehangen; und von Vortheil wäre es, wenn man den obern Theil dieſer Schnüre ſich in einen Cylinder von Gummilack endigen ließe. Uebrigens hat man hier nur die, im dritten Cap. erörterten, Grundſätze in Anwendung zu bringen.

Bisher haben wir angenommen, daß die Reibzeuge mit dem Boden in leitender Verbindung ſtänden und die Conductoren iſolirt wären. In dieſem Fall iſt die El., welche die Conductoren annehmen, poſitiv. Allein man kann ihnen auch die negative El. ertheilen. Zu dieſem Zweck hat man die Arme CB, CB′ des erſten Conductors um ihre Axe CC′ beweglich einzurichten, und eben ſo auch die beiden Arme AM, AM′, mittelſt derer die Reibzeuge mit dem Boden in leitender Verbindung ſtehen. Um nun dem Conductor die negative El. zu ertheilen, dreht man die Arme ſo, wie Fig. 24 darſtellt, daß die des erſten Conductors, welche iſolirt ſind, mit den Metallplatten in Berührung kommen, mit denen der Boden der Reibzeuge belegt iſt, die dagegen, welche die leitende Verbindung der Reibzeuge mit dem Boden bewerkſtelligten, ihre Stelle vor den geriebenen Flächen der Scheibe erhalten. Dann wird die poſitive El., welche die Scheibe annimmt, durch die negative El. neutraliſirt, welche die Arme AM, AM′, unter ihrem vertheilenden Einfluß hergeben; dagegen behält der erſte Conductor alle, auf den Reibzeugen entwickelte, negative El. Bei dieſem Verſuche müſſen die Spitzen, mit denen die Arme des erſten Conductors verſehen ſind, eine ſolche Stellung erhalten, daß ſie ſich den Reibzeugen entgegengeſetzt oder mit ihnen in Berührung befinden, damit ſie ihre negative El. in das Syſtem der Leiter entweder unmittelbar und durch Berührung einſtrömen laſſen, oder durch vertheilende Wirkung in denſelben hervorrufen können. Ueberdies müſſen die Träger, auf welchen die Kiſſen ruhen, und die gewöhnlich an das Geſtell der Maſchine befeſtigt ſind, in dieſem Fall aus iſolirenden Subſtanzen beſtehen, und vermöge ihrer Anordnung eine vollkommene Iſolirung geſtatten. Endlich wird, wie leicht zu erachten, und wie wir auch als Bedingung angaben, zu einer vollſtändigen Wirkung noch erforderlich ſeyn, die beiden metallnen Arme AM, AM′, welche mit dem Boden in leitender Verbindung ſtehen, vor die Glasſcheibe bringen zu können, um alle poſitive El. zu neutraliſiren, mit der dieſelbe bedeckt iſt, wenn ſie zwiſchen den Kiſſen hervortritt. Denn behielte die Scheibe dieſe El., ſo würde ſich auf ihr keine neue mehr entwickeln, wenn ſie ein zweites Mal zwiſchen die Kiſſen träte; und der Conductor würde ſich ſomit nur mit einer weit geringern Menge El. laden können.

Achtes Capitel.

Von den Elektroſkopen.*)

Die **Elektroſkope** ſind, wie ſchon ihr Name andeutet, Inſtrumente, beſtimmt, die geringſten Quantitäten von El. bemerklich zu machen. Wir haben ſchon, S. 150, von dem **Coulomb'ſchen** Elektroſkope geſprochen, einer wahren el. Wage, an der die Aufhängung durch einen einfachen Coconfaden bewerkſtelligt wird. Alle andern Elektroſkope gründen ſich auf das nämliche allgemeine Grundgeſetz der Abſtoßung zwiſchen gleichartig elektriſirten Körpern, und der Grad ihrer Empfindlichkeit hängt von der Zartheit und Freiheit der Körper ab, welche die Anzeige dieſer Abſtoßung zu geben beſtimmt ſind. Gewöhnlich wählt man dazu zwei lange Strohhalmſtreifen, oder zwei dünne Streifen von Blattgold, LL', Fig. 25, die parallel und ganz nahe aneinander an zwei kleinen metallnen Ringen a, a' herabhängen, welche aus einfachen Metalldrähten beſtehen, und mit ihrem obern Ende an einem gemeinſchaftlichen, gleichfalls metallnen, Schaft befeſtigt ſind, der in einen runden Knopf ausgeht. (**Bennetſches Goldblattelektrometer**). Vermöge dieſer Verkettung von Leitern pflanzt ſich alle, dem Schaft T durch den Knopf mitgetheilte, El. zu den Metalldrähten und von da zu den Strohhälmchen oder Goldblattſtreifen fort, die ſie ſogleich durch ihr Auseinanderweichen anzeigen. Da nun aber eigentlich blos der Antheil, in den ſich dieſe getheilt haben, bemerklich gemacht wird, ſo muß begreiflich der Apparat um ſo empfindlicher in ſeinen Anzeigen ſeyn, je leichter dieſe Streifen ſind, je mehr Freiheit in der Bewegung ihnen die Art ihres Aufhängens verſtattet, und in je geringerm Verhältniſſe der Schaft T, der blos zur Mittheilung der El. an die Streifen dienen ſoll, auf ſeiner Oberfläche ſelbſt El. zurückbehält. Aus letzterm Grunde muß dieſer Schaft dünn und ſein Knopf ſehr klein ſeyn, obwohl im Verhältniß weit dicker als erſtrer. Um die Bewegungen der Luft und Zufälle, durch welche die Strohhälmchen zerbrochen werden könnten, zu verhüten, ſchließt man den ganzen Apparat in eine viereckige Glasflaſche, Fig. 26, ein, deren Hals, der vollkommnern Iſolirung halber, mit Gummilack überfirnißt wird. Blos der oberſte Theil des Schafts ragt über die Flaſche hervor, und man dreht denſelben ſo, daß das

---

*) Will man einen Unterſchied zwiſchen **Elektroſkop** und **Elektrometer** machen, ſo wäre es der, daß erſtres blos dient, überhaupt die Gegenwart der El. bemerklich zu machen, letztres, zugleich ihren Grad zu meſſen. Doch braucht man beide Worte gewöhnlich als gleichbedeutend.

Auseinanderweichen der Halme parallel mit einer der Flächen geſchieht, auf welche man eine kleine Kreiseintheilung verzeichnet hat, um die Weite des Auseinanderweichens zu meſſen. Offenbar muß die größere oder geringere Weite ein Zeichen für einen ſtärkern oder ſchwächern Grad von El. ſeyn; da aber die Kraft, mit welcher die Schwere die Halme in die verticale Lage zurückzuführen ſtrebt, in dem Maße zunimmt, als ſie ſchiefer geworden ſind, ſo kann begreiflich die Abſtoßungskraft, welche ſie auseinander hält, der Weite ihres Auseinanderweichens nicht ſchlechthin proportional ſeyn, befolgt vielmehr andre zuſammengeſetztere Verhältniſſe, welche von Gewicht und Geſtalt der Halme abhängen; ſo daß die Theile der Eintheilung, wofern ſie ſelbſt untereinander gleich ſind, niemals gleichen Graden von El. entſprechen. Iſt es alſo um eine wahre Meſſung dieſer Grade zu thun, ſo muß man zur Wage oder dem Elektroſkop von Coulomb ſeine Zuflucht nehmen, welches allein den doppelten Vortheil vereinigt, die geringſten el. Kräfte zugleich anzuzeigen und zu meſſen.

Man kann allen Arten von Elektroſkopen die poſitive oder negative El. beliebig mittheilen, indem man den auswendig befindlichen Knopf ihres Schafts mit einem iſolirten, mit der Art El., die man im Sinne hat, geladenen Leiter berührt. Jedoch erreicht man ſeinen Zweck auch noch auf einem andern Wege, deſſen Kenntniß von Nutzen iſt, weil man hiebei blos eine Glas- oder Siegellackſtange oder ſonſt einen Körper, der durch Reibung mit einem Stoffe eine bekannte Art El. hergiebt, zu beſitzen braucht.

Geſetzt z. B. man wolle den Verſuch mit einer Siegellackſtange an dem, in Fig. 7 vorgeſtellten, Coulombſchen Elektroſkop machen. Während das Scheibchen C noch in Berührung mit der befeſtigten Kugel A iſt, reibe man die Siegellackſtange mit einem Katzenfelle, und biete ſie von Weitem dem auswendigen Knopfe B des Metallſtäbchens AB dar; ſogleich wird die Nadel fliehen, und ſo lange abgeſtoßen bleiben, als die Stange hingehalten wird. Bei größerer Annäherung der Stange an den Knopf wird die Nadel weiter zurückgeſtoßen; bei größerer Entfernung rückt ſie der unbeweglichen Kugel näher: entfernt man die Stange ganz, ſo kehrt das Scheibchen zur Berührung mit dieſer Kugel zurück und bleibt mit ihr ruhig in Contact.

Alle dieſe Erſcheinungen rühren von vertheilender Wirkung aus der Ferne her. Die El. der Siegellackſtange iſt negativ. Sie zerſetzt die verbundnen El. des Stäbchens AB und der unbeweglichen Kugel A, zieht die poſitive in den auswendigen Knopf an, ſtößt die negative in die unbewegliche Kugel zurück ſo wie in das, damit in Berührung befindliche, Scheibchen C. Dies entfernt ſich demnach von der Kugel, als mit ihr gleichartig elektriſirt. Bei größerer Annäherung der Stange nimmt die Zerſetzung der verbundnen Elektricitäten zu; die negative El. der unbeweglichen Kugel wird ſtärker, und das Scheibchen mithin weiter abgeſtoßen. Das Gegentheil erfolgt bei größerer Entfernung der Siegellackſtange. Nimmt man dieſelbe ganz hinweg, ſo ſind nun das Stäbchen und die daran befeſtigte Kugel der Wirkung ihrer eignen Kräfte überlaſſen; ihre zerſetzten El. vereinigen ſich wieder; können ſich jedoch nicht vollſtändig neutraliſiren, da die negative El. darin um den ganzen Antheil zu ſchwach iſt, den das Scheibchen an ſich genommen hat. Das Stäbchen und die unbewegliche Kugel bleiben alſo mit einem kleinen Ueberſchuß poſitiver El. geladen, welcher einem eben ſo großen Ueberſchuß negativer El. im Scheibchen entſpricht. Nun muß Anziehung erfolgen, und erſt im Augenblick der Berührung findet vollkommne Sättigung beider El. Statt.

Dieſes wohl verſtanden, wird nun nichts leichter ſeyn, als das Scheibchen und die unbewegliche Kugel in einen dauernd poſitiv el. Zuſtand zu verſetzen.

Man berühre nämlich den auswendigen Knopf des Stäbchens mit dem Finger und halte ihm von Weitem die Siegellackſtange hin; ziehe nun den Finger weg, und nachher erſt die Siegellackſtange. Während der Berührung zerſetzt der vertheilende Einfluß der Siegellackſtange einen Theil der natürlichen Elektricitäten des Fingers und des Stäbchens, treibt den negativen Antheil durch den freien Weg, den der Finger darbietet, in den Boden, und hält dagegen den poſitiven durch Anziehung in dem, der Stange zugekehrten, Theile feſt; ſo daß, wenn das Stäbchen hinlänglich lang iſt, das, mit dem andern Ende in Berührung befindliche, Scheibchen nicht weicht. Wird der Finger zurückgezogen, ſo kann dieſe poſitive El. nicht mehr entweichen, und bleibt, wenn dann auch die Stange entfernt wird, frei auf der Oberfläche des Stäbchens und der unbeweglichen Kugel zurück, worauf das Scheibchen abgeſtoßen wird. Es iſt leicht einzuſehen, warum der Finger eher als die Siegellackſtange zurückgezogen werden muß; widrigenfalls nämlich würde der Ueberſchuß poſitiver El. in den Boden entweichen; oder, was auf daſſelbe hinauskommt, er würde ſich auf Koſten des Bodens neutraliſiren, und alles in den natürlichen Zuſtand zurückkehren.

Der Beweis, daß dieſer Ueberſchuß wirklich poſitiv iſt, ergiebt ſich leicht durch Beobachtung der Bewegung des Scheibchens. Da es nach der vorausgeſetzten Anordnung des Verſuchs erſt in dem Augenblicke weicht, wo man die Siegellackſtange wegzieht, ſo hat es die nämliche El., als die befeſtigte Kugel. Man nähere die Siegellackſtange dem auswendigen Knopfe von Neuem und zwar mehr, als das erſtemal, ſo wird hierdurch die Rückkehr der poſitiven El. in denſelben bewirkt, und überdies eine Zerſetzung natürlicher Elektricitäten hervorgerufen werden, von denen die negative in die befeſtigte Kugel zurückgetrieben wird; ſogleich ſieht man das Scheibchen nach dieſer Kugel zurückkehren, und wenn die Siegellackſtange nicht ſchnell weggezogen wird, zur Berührung mit derſelben gelangen. Dieſe Annäherung unter dem Einfluß der Siegellackſtange iſt das Zeichen, an welchem man jedesmal erkennen kann, daß das Scheibchen und die unbewegliche Kugel beide mit poſitiver El. geladen ſind. Stellt man dieſen Verſuch, ſtatt mit einer Siegellackſtange, mit einer Glasröhre an, die mit einem Katzenfell oder einem Stück Wollenzeug gerieben worden iſt, ſo wird man eben ſo dem Scheibchen und der unbeweglichen Kugel negative El. mittheilen können.

Jedoch kann man den nämlichen Erfolg auch durch die Siegellackſtange hervorbringen. Man nehme z. B. eine dünne Glasröhre tt, Fig. 27, befeſtige ſenkrecht an das Ende derſelben mit weichem Wachs einen Metalldraht ff von zwei bis drei Decimetern Länge; und berühre mit dem ſo iſolirten Drahte den äußern Knopf des Elektroſkops, in der Richtung, daß er in die Verlängerung des Stäbchens AB fällt. Darauf halte man in einiger Entfernung die geriebene Siegellackſtange hin; ziehe erſt den Hülfsdraht, nachher die Stange weg: das Stäbchen mit der daran befeſtigten Kugel werden ſich alsdann mit einem Ueberſchuß negativer El. geladen finden. Denn nach der Art, wie der Verſuch angeſtellt wurde, iſt faſt alle, in dem Syſtem zerſetzte, poſitive El. in den Hülfsdraht ff angezogen worden, welcher ſich der Siegellackſtange zunächſt befand. Wirklich zeigt dieſer Draht, wenn er weggezogen wird, einen Ueberſchuß poſitiver El.; woraus folgt, daß das Stäbchen mit der daran befeſtigten Kugel des Elektroſkops, welche mit dem Draht in unmittelbarer Verbindung ſtanden, den zur Ausgleichung jenes Ueberſchuſſes erforderlichen Ueberſchuß negativer El. beſitzen.

Daß dem ſo ſey, läßt ſich dann auch leicht durch die Bewegungen des Scheibchens nachweiſen. Denn dies kehrt hier, nach Entfernung der Siegellackſtange, nicht von ſelbſt zu der befeſtigten Kugel zurück, wie beim vorigen Verſuch; ſondern bleibt davon entfernt, ungeachtet der Kraft der Drehung, die es dahin zurückzuführen ſtrebt; ja es wird ſich noch weiter davon entfernen, wenn man die Siegellackſtange dem äußern Knopf des Elektroſkops von Weitem darbietet, weil der vertheilende Einfluß der Stange die Anhäufung der negativen El. in der unbeweglichen Kugel vermehrt. Dieſe Entfernung unter dem Einfluß der geriebenen Siegellackſtange iſt das Zeichen, an welchem ſich jedesmal erkennen läßt, daß Scheibchen und Kugel beide mit negativer El. geladen ſind. Stellt man den Verſuch auf die nämliche Art mit einer Glasröhre an, die an einem Stück Wollenzeug gerieben wurde, ſo erfolgt eine Mittheilung poſitiver El. an das Elektroſkop.

Hieraus wird nun begreiflich ſeyn, warum es zweckmäßig iſt, dem Hülfsdraht eine Länge von einem bis zwei Decimeter zu geben: eine ſolche Länge nämlich geſtattet eine leichtere Scheidung der verbundnen Elektricitäten, und ein leichteres Entziehen einer derſelben; aus demſelben Grunde wird es von Nutzen ſeyn, das metallne Stäbchen AB des Elektroſkops ungefähr von derſelben Länge zu nehmen. Immer darf es nur ſehr dünn ſeyn und nur in Knöpfe von ſehr geringem Volumen ausgehen, damit, bei ſo geringer Ausdehnung ſeiner Oberfläche, auch ſehr ſchwache Elektricitätsmengen eine hinlängliche Repulſivkraft darin aufregen können, um das Scheibchen der beweglichen Nadel in Flucht zu ſetzen, worauf eine der weſentlichſten Eigenſchaften des Apparats beruht.

Die hier erörterten Verfahrungsarten, nach Willkühr poſitive oder negative El. zu ertheilen, finden ihre Anwendung auf alle Arten von Elektroſkopen. Alles, was wir in Bezug auf das Scheibchen und die befeſtigte Kugel geſagt haben, iſt auch gültig für die Strohhälmchen oder Goldblattſtreifen, welche durch die Abſtoßungskraft von einander entfernt werden: auch in dieſen entwickelt man durch vertheilenden Einfluß die eine oder die andre El.; und die nämlichen Zeichen dienen, wenn ſie ſchon geladen ſind, die Beſchaffenheit der El. auszumitteln, von welcher ihre Divergenz abhängt. Jedoch hat man hierbei noch eine Vorſichtsmaßregel mehr, als bei dem Coulombſchen Elektroſkop, zu beobachten: nämlich man darf den elektriſirten Körper nur langſam und erſt von Weitem hinhalten, als wenn man gewiſſermaßen ein Vorgefühl von der Beſchaffenheit der El. erhalten wollte. Denn wenn die Strohhälmchen oder Streifen z. B. vermöge poſitiver El. divergiren, und man dem Schaft des Elektroſkops eine, an Wollenzeug geriebene, Siegellackſtange nähert, ſo wird außer der Anziehung, welche dieſe Stange auf den, im Schaft und den Halmen verbreiteten, Ueberſchuß poſitiver El. ausübt, noch eine Zerſetzung verbundner Elektricitäten vor ſich gehn; und die, mit der der Siegellackſtange gleichnamige, d. i. negative, El. in die Halme zurückgetrieben werden. Iſt nun dieſer Antheil mehr als hinreichend, die ihnen noch gebliebene ſchwache poſitive El. zu neutraliſiren, ſo werden ſie von Neuem divergiren, aber vermöge negativer El.; und der Uebergang einer Abſtoßungsart in die andre wird manchmal ſo ſchnell erfolgen können, daß er gar nicht wahrgenommen wird, welches zu dem Irrthum verleiten kann, die urſprüngliche Divergenz auf Rechnung negativer El. zu ſchreiben. Hievor ſichert man ſich, wenn man die Siegellackſtange langſam nähert, indem man dadurch Zeit erhält, die Schwächung der erſten Abſtoßung vor dem Eintreten der zweiten darauffolgender zu beobachten.

Unter allen Elektroſkopen iſt das Coulombſche am leichteſten zu verfertigen; es iſt zugleich das empfindlichſte, und behält am längſten die ihm ertheilte El. Vermöge dieſer Vorzüge eignet es ſich ausnehmend zu feinern Unterſuchungen; wie ſich bald durch auffallende Belege ergeben wird.

Neuntes Capitel.

Vom Verſchwinden der Elektricität durch Binden *) derſelben.

Jetzt, nachdem wir zu einer vollſtändigen und ſichern Theorie der Wirkungsart der El. gelangt ſind, wird uns auch das Verſtändniß einiger Inſtrumente leicht fallen, welche dieſer Wirkung mehr Stärke und Dauer verleihen, indem ſie entweder, vermöge vertheilender Wirkung einer El. von entgegengeſetzter Beſchaffenheit, alle El. eines Syſtems von Leitern in einen einzigen Punct zuſammenziehen, oder indem ſie durch fortdauernde vertheilende Wirkung einer und derſelben Quantität von El. ſucceſſiv die Trennung der verbundnen Elektricitäten verſchiedner, in ihren el. Wirkungskreis gebrachter, Leiter bewerkſtelligen. Die Beſchreibung dieſer Apparate allein wird beinahe ſchon genügen, ohne Weiteres die Einſicht in ihre Theorie zu gewähren.

Der Condenſator.

Wenn ein iſolirter und im natürlichen Zuſtande befindlicher Leiter A mit einem Syſtem elektriſirter Leiter oder einer dauernden Quelle von El. in Berührung gebracht wird, ſo ladet er ſich mit einer

---

*) Unter gebundner El. verſteht man überhaupt ſolche, die durch Anziehung der entgegengeſetzten El. an irgend einer Stelle feſtgehalten wird, und weil ſie umgekehrt mit ihrer ganzen Kraft auf deren Feſthaltung wirkt, keine andre Wirkung nach Außen zeigt; daher für die Erſcheinung gerade ſo, wie neutraliſirte El. verſchwindet. Das Binden muß inſofern jedesmal wechſelſeitig geſchehen. Es kann aus der Ferne oder in unmittelbarer Berührung Statt haben. Die neutraliſirten, verbundnen oder natürlichen Elektricitäten laſſen ſich als ſolche anſehen, die ſich in demſelben Puncte binden, und umgekehrt gebundene El. als ſolche, die ſich aus der Ferne neutraliſiren.

beſtimmten Menge El.; nähert man ihm aber während deſſen einen andern, im natürlichen Zuſtände befindlichen, Körper B, der mit der Erde in leitender Verbindung ſteht, ſo wird die Gegenwart deſſelben bewirken, daß er eine weit ſtärkere Ladung annimmt. Die El. nämlich, mit welcher ſich A anfänglich bedeckt hatte, wirkt, bei Annäherung von B, vertheilend auf deſſen verbundne Elektricitäten, treibt die gleichnamige in den Boden zurück, zieht die ungleichnamige an, und hält ſie feſt oder bindet ſie an der, A zunächſt befindlichen, Oberfläche von B. Aber in Folge eben dieſer Anziehung wird das Gleichgewicht in dem Syſtem von Leitern, mit welchen A in Verbindung ſteht, aufgehoben. Eine neue Quantität freier Flüſſigkeit ſtrömt alſo nach A hin*), welche eine neue Zerſetzung von Flüſſigkeit auf B zur Folge hat, und dies ſo fort, bis die, auf A angehäufte, Flüſſigkeit ſich in Gleichgewicht zwiſchen der Abſtoßungskraft, die ſie auf ſich ſelbſt ausübt und der Anziehungskraft, mit der die Flüſſigkeit in B ſie zurückzuhalten ſtrebt, befindet.

Alle dieſe Erſcheinungen, welche die Theorie vorausbeſtimmt, finden ſich durch die Erfahrung beſtätigt.

Man ertheile den großen Conductoren der Maſchine eine ſchwache El., nehme darauf eine Metallplatte A, Fig. 28, hänge ſie mit ihrem Haken C an einem Glasſtabe M auf, um ſie iſolirt halten zu können, und bringe ſo ihren Haken mit den Conductoren in Berührung. Die Platte nimmt hiebei eine kleine Quantität El. auf, welche, nach Entfernung der Platte vom Conductor, den Hollundermarkkugeln eines iſolirten, aus zwei leinenen, an einem Kupferſtiel aufgehangenen, Faden beſtehenden Elektroſkops einen gewiſſen Grad der Divergenz zu ertheilen vermag.

Nach dieſer Operation haben die Conductoren eine ſo geringe Quantität El. verloren, daß man ſie für faſt noch eben ſo ſtark als zuvor geladen halten kann; man wiederholt jetzt die Berührung nach voriger Art, aber ſo, daß man zugleich unter der iſolirten Platte A eine andre Platte B hält, welche mit dem gemeinſchaftlichen Behälter der El. in leitender Verbindung ſteht, Fig. 29, und zwar wird B ſo lange hingehalten, bis die Berührung der erſten Platte A mit den Conductoren wieder aufgehoben iſt. A wird nun eine weit ſtärkere El. erlangt haben, als das erſtemal, wie man ſich überzeugen kann, indem man ſie abermals dem Elektroſkop darbietet. Es verſteht ſich, daß man A von den Conductoren noch unter den Einfluß von B zurückziehen muß; denn zöge man B eher weg, ſo würde die, in A angehäufte, Flüſſigkeit ſogleich in das Syſtem der Leiter zurückkehren, um ſich wieder in ihr voriges Gleichgewicht zu ſetzen.

---

*) Nämlich weil die Kraft der El. in A durch Anziehung der entgegengeſetzten El. von B beſchäftigt wird, ſo wirkt ſie nicht mehr ſo ſtark abſtoßend auf die ihr gleichartige El. in dem Syſtem der Leiter, das mit A in Verbindung ſteht, und deshalb verbreitet ſich von dieſer, wegen der nun allein wirkſamen Repulſivkraft ihrer Theile, eine neue Menge derſelben auf A.

Stellt man dieſen Verſuch ſo an, daß man die Platte B erſt ganz entfernt von A hält, dann allmälig immer mehr nähert, endlich ganz nahe bringt, ſo findet man, daß die Ladung von A immer ſtärker wird. Auch muß dies der Theorie nach ſo ſeyn; denn die gegenſeitige Anziehung der El. von B und von A muß in dem Maße zunehmen, als die Entfernung zwiſchen beiden Platten abnimmt; und das Maximum der Ladung würde mithin in dem Falle Statt haben, wo die Entfernung zwiſchen beiden Platten vollkommen null wäre. Da man ſie jedoch einander nicht ſo weit nähern kann, ohne einen Funken durch die ſie trennende Luftſchicht hervorzulocken, ſo bringt man zwiſchen ſie einen ganz dünnen Körper, welcher der El. ſchwer den Durchgang verſtattet, an, z. B. eine Glasplatte, ein Stück Wachstaffet oder eine dünne Harzſchicht. Unter Beobachtung dieſer Vorſichtsmaßregel kann man die Entfernung beider Platten faſt bis zu beliebigem Grade vermindern. Die Inſtrumente, welche eine ſolche Einrichtung haben, führen den Namen Condenſatoren.

Der Condenſator mit einer Glasplatte beſchlägt leicht mit Feuchtigkeit, die ſich gern an das Glas anhängt, und der Vollkommenheit der Iſolirung Eintrag thut: der Condenſator mit Wachstaffet gewährt keine unter ſich ſelbſt vergleichbare Reſultate, weil der ſtärkere oder ſchwächere Druck der Platten auf den Taffet ihre Entfernung und mithin auch die Intenſität der Verſtärkung abändern kann. Am meiſten vorzuziehen ſind die Condenſatoren, bei welchen die Platten blos durch eine, auf jede beſonders aufgetragene, Schicht eines Harzfirniſſes geſchieden ſind. Man muß nur Sorge tragen, die Platten nicht aneinander zu reiben, wenn man ſie über einander legt; denn hiedurch würde in der Harzſchicht Elektricität hervorgerufen werden, die ſehr feſt an ihrer Oberfläche haften bliebe, und bei feinern Unterſuchungen zu Irrthümern Anlaß geben könnte. Zu bequemerm Gebrauch dieſer Inſtrumente, giebt man der Platte B einen maſſiven Fuß von Metall, und befeſtigt an die obere Fläche von A einen iſolirenden Handgriff M von gefirnißtem Glaſe. Der ganze Apparat iſt in Fig. 30 vorgeſtellt. Will man ſich deſſelben bedienen, ſo legt man die Platten über einander, berührt die untere B mit dem Finger, um ſie mit dem Boden in leitende Verbindung zu bringen, und ſetzt dann die elektriſirten Körper mit dem Knopfe a eines Metalldrahts in Berührung, der an die obere Platte A befeſtigt iſt, welche den Namen des Collectors oder der Sammlungsplatte führt, weil ſie es in der That iſt, welche ſich mit der El. der Körper ladet, mit denen man ſie in Verbindung ſetzt. Nach aufgehobener Berührung mit dieſen Körpern ſetzt man den Fuß des Condenſators auf einen feſten Tiſch; und hebt, während man ihn feſt gegen dieſen gedrückt erhält, den Collector an dem iſolirenden Handgriff M ab, worauf man die El. prüft, mit der er ſich geladen hat. Man muß Sorge haben, die Platten in einer, auf ihre Fläche ſenkrechten, Richtung von einander zu trennen; denn trennte man ſie in einer ſchiefen Richtung, ſo würde die El. des Collectors ſich nach dem, B zunächſt gekehrten, Rande begeben, und vermöge ihrer Anhäufung daſelbſt einen Funken hervorbringen können, der die Firnißſchicht durchbräche und das plötzliche Entladen des Condenſators zur Folge hätte. Dies iſt der Grund, warum der Fuß des Inſtruments während des Abhebens des Collectors recht feſt gehalten werden muß; denn die Adhäſion beider Platten an einander läßt ſie leicht ſchief über einander hingleiten. Auch muß man ſich hüten, dieſe Inſtrumente über den Grad des Widerſtands hinaus zu laden, den die doppelte iſolirende Schicht, welche beide Platten trennt, zu leiſten vermag; widrigenfalls durchbrechen die, in den Platten angehäuften, Elektricitäten ihre Zwiſchenſchicht, und vereinigen ſich durch einen Entladungsſchlag, wie durch die Luft hindurch. Sehr leicht ereignet ſich dieſer Fall bei dem Condenſator mit gefirnißten Platten, weshalb man ihn für ſehr ſchwache Elektricitätsgrade aufſparen muß. Soll die Ladung ſtark ſeyn, ſo muß man ſich des Condenſators mit der Glasplatte bedienen. Wenn jedoch deſſen Platten nicht ſtark gefirnißt ſind, ſo verbreitet ſich der größte Theil der angehäuften El. über das Glas und bleibt daran haften, ſo daß ſie beim Abheben des Collectors dieſem nicht folgt. Man kann dieſem Uebelſtande dadurch abhelfen, daß man auf der Oberfläche jeder Platte eine dünne Glasſcheibe befeſtigt, welche die El. hindert, dieſe Oberfläche zu verlaſſen. Damit jedoch das Syſtem ſtarke Ladungen zurückzuhalten fähig ſey, muß man ſeitliche Entladungen verhindern, indem man den Glasſcheiben einen größern Durchmeſſer als den Platten giebt, und den Theil ihrer Oberfläche, der über den Platten vorſteht, mit einer ſtarken Schicht eines gut iſolirenden Firniſſes[1]) überzieht.

---

[1]) Ein ſolcher Firniß läßt ſich ſehr leicht durch Auflöſung von Siegellack in Alkohol erhalten. Man pulveriſirt es zu dieſem Zweck und läßt es einige Tage im Alkohol. Durch Erwärmung des letztern wird der Vorgang beſchleunigt. Um von dieſer Auflöſung Gebrauch zu machen, erwärmt man das Glas, oder überhaupt die Subſtanz, auf welche ſie aufgetragen werden ſoll, mäßig, und breitet ſie mit einem Pinſel darüber aus. Der Alkohol verdunſtet an der Luft und läßt die Siegellackſchicht zurück. Dieſe kann man

Wenn die eine Metallfläche eines ſolchen Condenſators mit einer in Gang geſetzten Elektriſirmaſchine in Verbindung ſteht, während die andre leitende Gemeinſchaft mit dem Boden hat, ſo befindet ſich letztre in der That ganz unter den nämlichen Umſtänden, als wenn man ſie, *ganz nahe* an einen ſehr ſtark *elektriſirten* Leiter ohne einen Entladungsſchlag zu veranlaſſen, hätte zu bringen vermocht. Nothwendig muß durch die Vereinigung dieſer Umſtände eine ſehr kräftige Entladung begünſtigt werden. Wirklich, wenn man mit einer Hand den Fuß des Condenſators faßt, wodurch man eines el. Zuſtandes theilhaftig wird, und mit der andern den Collector berührt, ſo entladen ſich die angehäuften El. und vereinigen ſich mit vieler Gewalt durch den Körper hindurch, was in allen Organen deſſelben eine um ſo ſtärkere Erſchütterung hervorbringt, je größer der Condenſator iſt, je ſtärker er geladen war, und in je größerer Annäherung ſich ſeine Platten befanden. Dieſe Erſchütterung pflanzt ſich mit abnehmender Stärke durch eine Kette fort, welche von mehrern, ſich an der Hand faſſenden Perſonen gebildet wird, und ihre Schwächung rührt unſtreitig von dem Widerſtande her, welchen dieſe Körper, die keine vollkommnen Leiter ſind, dem Durchgang der el. Flüſſigkeiten entgegenſetzen.

Die ganzen Vorgänge in den Condenſatoren laſſen ſich nach folgendem Grundſatze berechnen, der zugleich die Art und die Gränzen der durch ſie bewirkten Anhäufung angiebt. Die El. A, welche in den Collector gebracht worden iſt, bindet aus der Ferne einen Theil entgegengeſetzter El. — B *) in der untern, mit dem Boden in Verbindung ſtehenden, Platte, und hindert ſie, zu entweichen. Dieſe dagegen für ihr Theil bindet gleichfalls einen Theil A′ der El. des Collectors und raubt ihm ſeine Expanſivkraft. Der Collector befindet ſich alſo ganz in demſelben Fall, als wenn er blos A — A′ freie El. beſäße; er muß demzufolge fortfahren ſich zu laden, bis dieſe Quantität (A — A′) derjenigen gleich iſt, welche er den Leitern, mit denen er in Verbindung ſteht, unmittelbar entzogen haben würde, wenn er allein, außer dem Einfluß der untern Platte, mit ihnen in Berührung gebracht worden wäre. Das Verhältniß von A zu — B und von — B zu A′ hängt von dem mehr oder minder beträchtlichen Abſtand ab, der zwiſchen den Platten Statt findet. In jedem Fall

---

noch mit einer zweiten, einer dritten überziehen u. ſ. f. Einen noch beſſer iſolirenden Firniß erhält man durch Auflöſung von Gummilack anſtatt von Siegellack in Alkohol.

*) Das negative Zeichen — drückt aus, daß die El. B der El. A entgegengeſetzt iſt.

aber muß $-B$, ohne Rückſicht auf ſein Vorzeichen, ſchwächer ſeyn, als A, ſo daß, wenn A poſitiv und B negativ iſt, beide mit einander in Berührung gebracht, einen Ueberſchuß poſitiver El. geben müſſen. Denn die Anziehung der Molecule von $+A$ gegen $-B$ muß in der Entfernung geringer ſeyn, als in der unmittelbaren Berührung; da ſie nun durch die iſolirende Schicht hindurch $-B$ binden und ihm ſeine natürliche Expanſivkraft rauben, ſo müſſen ſie durch ihre Zahl das erſetzen, was ihnen an Stärke der Wirkung abgeht. Wir werden mithin immer B als einen Bruch von A auszudrücken haben. Um von einer feſten Vorſtellung auszugehn, wollen wir z. B. B gleich $\frac{99}{100}$ von A annehmen, und den Folgerungen aus dieſer Vorausſetzung nachgehen.

Eben ſo wie $+A$ durch die Dicke der iſolirenden Schicht hindurch $-B$ bindet, ſo giebt es umgekehrt in A einen Theil A', der von $-B$ gebunden wird; und da $-B$ ganz unter denſelben Umſtänden, als $+A$ wirkt, ſo wird es auch eine, zu ihm in demſelben Verhältniß ſtehende, Quantität El. binden müſſen; d. i. $\frac{99}{100}$ B. A' alſo wird gleich $\frac{99}{100}$ von B ſeyn; und da B ſelbſt gleich $\frac{99}{100}$ von A iſt, ſo folgt, daß A' gleich $\frac{99}{100} \times \frac{99}{100}$ von A d. i. $\frac{9801}{10000}$ A ſeyn wird. Der Ueberſchuß von A über A', der den, auf dem Collector frei gebliebenen, Antheil El. ausdrückt, wird alſo $A - \frac{9801}{10000} A$ d. i. $\frac{199}{10000}$ A ſeyn; ein Bruch, der faſt genau gleich $\frac{1}{50}$ A iſt, mithin wird dieſe Platte fortfahren müſſen, ſich mit El. zu laden, bis der 50ſte Theil ihrer Ladung der Quantität gleich kommt, die ſie von ſelbſt den nämlichen Leitern entziehen würde, wenn man ſie denſelben allein und ohne den Einfluß der untern Platte darböte. Unter dieſem Einfluß alſo wird ihre Ladung 50 mal ſo ſtark erfolgen, als wenn ſie für ſich geladen würde.

Aus der Herleitung, von welcher wir hier Gebrauch gemacht haben, ergiebt ſich, daß im Allgemeinen die condenſirende Kraft des Inſtruments von dem Bruch abhängt, der das Verhältniß, in dem ſich die Elektricitäten auf ſeinen beiden Oberflächen wechſelſeitig aus der Ferne binden, ausdrückt. Je näher dieſer Bruch der Einheit kommt, um ſo mehr werden die Elektricitätsmengen, welche ſich durch die iſolirende Schicht zu binden vermögen, ſich der Gleichheit nähern, und um ſo Weniger wird der Ueberſchuß frei bleibender El. auf dem Collector betragen. Das Verhältniß dieſes Ueberſchuſſes zur Totalladung des Condenſators wird ſich immer, wie in dem vorigen Beiſpiel, berechnen laſſen; und kehrt man dies Verhältniß um, ſo wird man das Maß der Condenſation haben.

Dies ſetzt eine Kenntniß vom Werthe des Bruches voraus, der das Bindungsverhältniß beider Platten ausdrückt. Hiezu läßt ſich durch die Erfahrung gelangen. Zu dieſem Zweck iſolire man das Inſtrument und lade ſeinen Collector mit irgend einer Quantität El., während die untere Platte mit dem Boden in leitender Verbindung ſteht. Darauf unterbreche man dieſe Verbindung, und hebe die Platten, während ſie ſo iſolirt ſind, genau parallel mit einander, zugleich mit ihren iſolirenden Schichten, von einander ab, indem man ſie an ihren gläſernen Handhaben faßt. Darauf bringe man das Prüfungsſcheibchen auf jede derſelben an einen ähnlich gelegenen Punct, z. B. an ihren Umkreis, und meſſe mit der Drehwage die Ladungen, die das Scheibchen von der einen wie von der andern Platte aufgenommen hat. Sie werden den Dicken der el. Schichten an den Berührungspuncten proportional ſeyn, mithin auch den Totalquantitäten von El. in beiden Platten, weil dieſe von gleicher Größe und die Berührungspuncte als ähnlich gelegen angenommen ſind. Stellt nun die Ladung, welche das Prüfungsſcheibchen vom Collector aufgenommen hat, A vor, ſo wird die, welche ihm durch die untere Platte ertheilt worden iſt, — B vorſtellen; und das Verhältniß letztrer zur erſtern wird den Bruch geben, der das Verhältniß, in dem ſich die Elektricitäten beider Platten binden, ausdrückt; woraus man denn durch Berechnung das Maß der condenſirenden Kraft wird herleiten können. Dieſe Methode iſt ſichrer, als wenn man das Verhältniß der Condenſirung direct auszumitteln ſucht, was ſo geſchehen könnte, daß man mittelſt des Prüfungsſcheibchens die Ladungen vergliche, die der Collector von dem nämlichen Syſteme von Leitern erhält, wenn er allein, und wenn er unter dem Einfluß der andern Platte iſt. Denn zur Genauigkeit dieſer Vergleichung wäre erforderlich, daß die Leiter in beiden Fällen genau denſelben Grad der Ladung beſäßen, wofür ſich niemals ſtehen läßt.

Unangeſehen die condenſirende Kraft, welche durch die angegebenen Umſtände beſtimmt wird, hängt die abſolute Wirkung eines Condenſators noch von der abſoluten Menge El. ab, welche der Collector den ihn ladenden elektriſirten Leitern entzieht, wenn er allein mit ihnen in Berührung gebracht würde. Nun muß, unter übrigens gleichen Umſtänden, dieſe Menge mit der Oberfläche des Collectors zunehmen. Condenſatoren von größerem Durchmeſſer werden demnach mehr El. anhäufen als ſolche von geringerm Durchmeſſer, und mithin auch bei ihrer Entladung ſtärkere Schläge ertheilen; womit die Erfahrung in Uebereinſtimmung iſt.

Dieſes wechſelſeitige Binden, auf das wir unſre Rechnungen gegründet haben, kann durch folgenden Verſuch wahrnehmbar gemacht werden. Man lade einen Condenſator mit einer Glasplatte, während die untere Platte mit dem Boden in Verbindung ſteht, iſolire darauf den ganzen Apparat und berühre jetzt erſt die untere Platte; man wird keine El. daraus erhalten, zum Zeichen, daß alle darin vorhandne durch Binden zum Verſchwinden gebracht iſt. Man berühre nun die obere Platte, ſie wird einen Funken geben; allein deshalb wird noch nicht alle ihre El. entwichen ſeyn, ſie wird vielmehr noch einen bedeutenden Antheil davon zurückbehalten. Auch dieſer Antheil war alſo gebunden. Um ihn zur Wahrnehmung zu bringen, berühre man abermals die untere Platte. Diesmal wird ſie einen Funken geben; weil nicht alle ihre El. mehr gebunden iſt; denn ein Theil der El. im Collector, welche ſie aus der Ferne band, iſt ja entfernt worden. In Folge dieſer neuen Berührung wird nun aber wieder ein neuer Theil der El. im Collector frei, dieſer giebt alſo abermals einen Funken, und dies abwechſelnd ſo lange fort, bis beide Platten vollſtändig entladen ſind. Es iſt leicht, das Geſetz dieſer Progreſſion durch den Calcul nach dem conſtanten Verhältniß auszumitteln, welches zwiſchen den, ſich wechſelſeitig auf beiden Platten bindenden, Elektricitätsmengen Statt findet. Es ergiebt ſich daraus, daß die erſte Berührung mehr El. entzieht, als die zweite; dieſe mehr als die dritte u. ſ. f., ſo daß die ihr entzogenen Quantitäten eine abnehmende geometriſche Progreſſion befolgen, deren Exponent das Bindungsverhältniß iſt.

Berührt man beide Platten zu gleicher Zeit, ſo pflanzen ſich die ſämmtlichen Quantitäten El., die durch abwechſelnde Berührung ſucceſſiv aus beiden Platten hätten hervorgelockt werden können, in einem Augenblick durch die Organe hindurch fort; und der Condenſator iſt mit einem Schlage entladen.

Ich habe oben angeführt, daß in dem Condenſator mit einer Glaszwiſchenlage und unbelegten Platten der größte Theil der angeſammelten Elektricitäten nicht an der Oberfläche der Platten haften bleibt, ſondern ſich an die beiden Gegenflächen des Glaſes feſthängt. Dann beſteht die ganze Wirkung der Platten eigentlich blos darin, eine frei leitende Verbindung zwiſchen den verſchiednen Puncten jeder der beiden Flächen dieſer Glaslage zu bewerkſtelligen, ſo daß die El. ſich leicht über dieſelben ausbreiten, und eben ſo im Augenblick des Entladens von allen ihren Puncten zugleich entweichen kann. Daß dies ſich ſo verhalte, läßt ſich leicht durch die Erfahrung nachweiſen. Zu dieſem Zweck ſtelle man einen ſolchen Condenſator, nachdem man ihn geladen hat, auf ein Iſolatorium; hebe dann mittelſt einer iſolirenden Handhabe die obere Platte mit der Hand ab, ſie wird bei der Berührung nur einen ſchwachen Funken geben, und die Expanſivkraft wird auf die andre Platte übergehen. Darauf hebe man auch die Glaslage ab, indem man ſie an einer Ecke faßt, und berühre nun die untere Platte; ſie wird auch einen, aber ebenfalls nur ſehr ſchwachen, Funken geben. Die angehäuften El. müſſen alſo an den beiden Flächen der Glasplatte hängen geblieben ſeyn; und wirklich, wenn man ſie wieder zwiſchen die beiden iſolirten Platten legt, ohne einem Theil des Syſtems eine neue Quantität El. zu ertheilen, wird ſich der Condenſator von ſelbſt faſt eben ſo ſtark geladen wiederfinden, als das erſtemal. Oder auch, anſtatt das Glas wieder zwiſchen beide Platten des Condenſators zu bringen, lege man ſeine Hände unmittelbar auf die beiden Gegenflächen deſſelben auf, ſo daß es in einer großen Zahl von Puncten davon berührt wird; man wird einen Entladungsſchlag fühlen, als wenn das Glas zwiſchen den Platten gelegen hätte, weil die Ausdehnung, in der es von den Händen berührt wird, vielen Puncten an beiden Oberflächen auf einmal ſich zu entladen geſtattet. Fährt man aber, anſtatt die Glasflächen mit ausgebreiteten Händen zu berühren, blos mit den Fingerſpitzen darüber hin, ſo wird man nur ein Kniſtern und eine, ſich auf die berührten Puncte beſchränkende, Entladung empfinden; auf jeden Fall wird keine allgemeine Entladung eintreten, und man nicht Gefahr laufen, ſich ſtarken Erſchütterungen auszuſetzen.

Aepinus, welchem man eigentlich die Erfindung des Condenſators verdankt, hat einen Verſuch angeſtellt, der gewiſſermaßen das Umgekehrte des vorigen iſt, und aufs Deutlichſte zeigt, wozu eigentlich die iſolirende Zwiſchenlage zwiſchen beiden Platten dient. Er wählte als Platten zwei große runde, mit Stanniol belegte, Holzſcheiben, näherte ſie einander parallel, ohne einen andern Zwiſchenkörper zwiſchen ihnen zu laſſen, als die, ſie trennende, Luftſchicht, und ſetzte die obere Scheibe mit den Leitern einer Elektriſirmaſchine in Verbindung, während die untere mit dem Boden in leitender Gemeinſchaft ſtand. Dieſer Apparat war, wie leicht erſichtlich, ein wahrer Condenſator, in dem die Luftſchicht die Stelle der iſolirenden Zwiſchenlage vertrat; auch lud er ſich nach Art eines Condenſators, und brachte ebenfalls eine Erſchütterung hervor, wenn man mit der einen Hand die obere und zugleich mit der andern die untere Scheibe berührte. Um ſtarke Wirkungen durch einen ſolchen Apparat zu erhalten, muß man ſich großer Scheiben bedienen; denn da ſie ſo weit von einander entfernt gehalten werden müſſen, daß kein Funke unmittelbar die Luftſchicht zwiſchen ihnen durchbrechen kann, ſo muß die Größe ihrer Oberflächen das erſetzen, was ihrer condenſirenden Kraft an Stärke abgeht. Auch ſcheint dieſe Größe eine Urſach zu ſeyn, welche bei paralleler Annäherung der Scheiben das Ueberſpringen des Funkens minder leicht zu Stande kommen läßt, indem ſie gewiſſermaßen die entgegengeſetzte Wirkung als die Spitzen äußert. Der einzige Anterſchied zwiſchen dieſem Apparat und dem gewöhnlichen Condenſator liegt darin, daß bei erſterem den Oberflächen der iſolirenden Lage nur inſofern ein wirkliches Daſeyn zukommt, als die beiden Scheiben einander genähert ſind, da dieſe Oberflächen hier nur durch die Begränzungen der Luft an den einander zugekehrten Flächen der Scheiben gebildet werden.

Obſchon, wie geſagt, Aepinus den Condenſator eigentlich entdeckt, und die wahre Theorie deſſelben gegeben hat, wie man ſich aus ſeinem Werk überzeugen kann, ſo gebührt doch Volta das Verdienſt, ihm erſt ſeine wahre Nutzbarkeit gegeben zu haben, indem er ihn mit dem Elektroſkop verband, und dadurch fähig machte, die ſchwächſten Quellen der El. zu entdecken und wahrnehmbar zu machen.

Oft nämlich ſtößt man bei phyſikaliſchen Unterſuchungen auf Quellen der El., die dieſelbe nur bei einem ſehr ſchwachen Grade der Repulſivkraft zu entwickeln fähig ſind, und nach Erreichung dieſer Gränze mit der Entwicklung einhalten; wenn man ihnen aber die einmal erregte El. entzieht, dieſelbe von neuem bis zu jener Gränze erzeugen. Bald werden wir hievon mehrere Beiſpiele ſehen. Geſetzt nun man bringe eine ſolche beſtändige Quelle mit dem Collector eines Condenſators, deſſen iſolirende Zwiſchenlage außerordentlich dünn iſt, z. B. blos aus einer einfachen Firnißſchicht beſteht, in Verbindung; ſo wird ſich offenbar die El. der Quelle im Condenſator anhäufen, bis die Quantität der, als freier Ueberſchuß darin bleibenden, El., der Quantität gleich kommt, welche der Collector unmittelbar, ohne den Einfluß der untern Platte, von der Quelle aufgenommen haben würde. Dieſe Quantität heiße E. Trennt man nach Erreichung dieſer Gränze den Condenſator von der Quelle, und hebt den Collector ab, ſo wird ſeine Ladung gleich E, multiplicirt mit der condenſirenden Kraft, ſeyn. Dieſe Ladung wird alſo, wie ſchwach immer E ſeyn mag, bemerklich werden können, wenn das Verhältniß, in dem ſich die Elektricitäten des Condenſators binden, durch einen, von der Einheit ſehr wenig unterſchiedenen, Bruch ausgedrückt wird, d. i. wenn die Entfernung der Platten des Condenſators von einander ſehr gering iſt, eine Bedingung, die durch Anwendung der Firnißſchicht vollkommen erreicht wird.

Um die Anzeigen dieſes Inſtruments mit denen des Strohhalm-Elektroſkops, deſſen ſich Volta gewöhnlich als des tragbarſten und bequemſten bedient, zu vereinigen, ſchraubt man den Knopf oben vom Schaft ab, und bringt an ſeine Stelle die untere Platte des Condenſators, Fig. 31, die dann durch die Glaswände des Elektroſkops iſolirt iſt. Man ſetzt ſie unmittelbar durch einen Metalldraht mit der beſtändigen Elektricitätsquelle in Verbindung, und berührt blos die obere Platte, um ihre Gemeinſchaft mit dem Boden zu bewerkſtelligen. Bei dieſer Anordnung vertritt die untere Platte die Stelle des, die El. ſammelnden, Collectors. Hält man dieſelbe für hinlänglich geladen, ſo unterbricht man ihre Verbindung mit der beſtändigen Quelle, indem man ſich dazu, um Berührung zu vermeiden, eines Iſolirſtäbchens bedient, und hebt dann die obere Platte an ihrem iſolirenden Handgriffe ab. Die, hiedurch freigewordne, El. der untern Platte äußert nun ihre Repulſivkraft durch die Divergenz, die ſie den Strohhalmen ertheilt. Leicht mittelt man dann ihre Beſchaffenheit durch die gewöhnlichen Prüfungsmittel aus. Manchmal gewährt es mehr Bequemlichkeit, die beſtändige Quelle mit der obern Platte in Verbindung zu ſetzen; wo man dann die, mit den Strohhalmen in Verbindung befindliche, berührt. Nach erfolgter Ladung des Apparats hört man mit der Berührung deſſelben auf, unterbricht die Verbindung deſſelben mit der Quelle, und hebt die obere Platte ab, welche die erlangte El. mit ſich fort nimmt. Dann bleibt der untern Platte, welche wegen aufgehobener Berührung ſich iſolirt befindet, die entgegengeſetzte El. und wird durch Divergenz der Strohhalme bemerklich gemacht. Die Ladung dieſer Platte iſt auf ſolche Art etwas ſchwächer, als die des Collectors bei der erſten Methode, weil die El. aus der Ferne immer nur einen Bruchtheil ihrer eignen Quantität binden kann. Jedoch wird der Unterſchied unmerklich ſeyn, wenn, wie wir vorausſetzten, die Zwiſchenlage ſehr dünn iſt, weil ſich das Verhältniß in dem ſich die Elektricitäten binden, dann nur ganz wenig von der Einheit entfernt. Man muß nur hiebei nicht vergeſſen, daß dieſe El. die entgegengeſetzte Beſchaffenheit von der der Quelle hat.

Es leuchtet ohne Weitres ein, daß man den Condenſator auch an das Coulombſche Elektroſkop anbringen könnte. Da die Methode hier ganz die nämliche iſt, ſo würde es nutzlos ſeyn, uns weiter dabei aufzuhalten.

Von dem Elektrophor.

Iſt ein Körper elektriſirt und iſolirt, und man nähert ihm einen andern nicht iſolirten Körper, ſo wird dieſer die entgegengeſetzte El. annehmen, und wenn er plötzlich iſolirt wird, ſeine Ladung mit dieſer El. zu erkennen geben. Der Beweiſe für dieſen Satz haben wir ſchon mehrere in den vorigen Capiteln gefunden, und es laſſen ſich deren noch viele andre geben.

Man lade die Conductoren der Maſchine mit einer gewiſſen Menge El. und nähere ihnen von Weitem eine, an einem gläſernen Stiel gehaltene, Metallſcheibe. Zieht man dieſe Scheibe zurück, ohne ſie berührt zu haben, ſo wird man ſie im natürlichen Zuſtande finden;

berührt man ſie aber, während ſie ſich im Wirkungskreiſe d[illegible]ucto-ren befindet, und zieht ſie dann nach wieder aufgehobener [illegible]rung zurück, ſo wird man ſie mit einer El. geladen finden, welche der des Conductors entgegengeſetzt iſt.

Man nehme eine, von einem Fuß getragene, Metallſcheibe, iſolire ſie und ertheile ihr einen Funken. Alsdann wird man ſich derſelben ſtatt des Conductors beim vorigen Verſuch bedienen können, eine andre, ihr genäherte Metallſcheibe zu laden, indem man dieſe in ihrem Wirkungskreis erſt berührt, alsdann iſolirt; und dies Laden wird ſich ſo oft mit verſchiednen Metallſcheiben wiederholen laſſen, als die iſolirte Scheibe nicht alle El. verloren hat.

Um zu erfahren, was mit der El. dieſer Scheibe vorgeht, während ſie ſo vertheilend wirkt, braucht man nur ihre untere Fläche mit einem, gleich ihr iſolirten, Fadenelektroſkop in Verbindung zu ſetzen; die Fäden werden ſogleich divergiren (wenn die andre Scheibe noch außer ihrem Wirkungskreiſe iſt). So wie man aber die andre, nicht iſolirte, Scheibe nähert, mindert ſich ihre Divergenz, und wird endlich ganz unmerklich, ſo daß alle Elektricität, welche ſie anregte, verſchwunden ſcheint. Sie iſt aber eigentlich blos gebunden; denn nach Entfernung der, mit der Erde in Verbindung ſtehenden, Scheibe, kehren die Fäden ſogleich zu ihrer anfänglichen Divergenz zurück.

Die Zerſetzung der natürlichen Elektricitäten des angenäherten Körpers, mithin die Stärke ſeiner Ladung, nimmt in dem Maße zu, als er in geringere Entfernung vom elektriſirten Körper gelangt; und würde am ſtärkſten dann ſeyn, wenn dieſe Entfernung ganz null würde. Jedoch kann man ſie nicht bis zu beliebigem Grade vermindern, ohne das Ueberſpringen eines Funkens zwiſchen beiden Körpern zu bedingen. Man bringt deshalb eine dünne Zwiſchenlage aus irgend einem, für die El. undurchdringlichen, Stoffe zwiſchen ſie an; z. B. eine Glas- oder Harzſcheibe.

Um die Anwendung dieſer Methode zu zeigen, iſolire man eine Metallſcheibe, wie die untere Platte eines Condenſators; bedecke ſie mit einer Glastafel und ertheile ihr einen Funken. Darauf lege man auf dieſe Tafel die andre Scheibe, welche mit einem iſolirenden Handgriffe verſehen iſt; berühre ſie einen Augenblick an ihrer obern Fläche, ziehe den Finger zurück, hebe ſie an ihrem Handgriff ab, und man wird finden, daß ſie mit einer El. geladen iſt, welche der der iſolirten Scheibe entgegengeſetzt iſt. Dieſer Verſuch läßt ſich ſo oft wiederholen als man will, und man hat deshalb den Apparaten dieſer Art den Namen *Elektrophore*, d. i. Elektricitätsträger, gegeben.

Wie man ſieht, gründen ſich beide, Condenſator und Elektrophor, auf vertheilende el. Wirkung in die Ferne. Beim Condenſator dient ein nicht iſolirter Körper, die Ladung eines iſolirten zu verſtärken, dadurch daß er in deſſen Wirkungskreis gebracht wird, während beim Elektrophor die Anſammlung durch den iſolirten und elektriſirten Körper vermittelt wird.

Es laſſen ſich Elektrophore verfertigen, bei denen die Dicke der iſolirenden Schicht ganz unmerklich iſt. Zu dieſem Zweck braucht man nur als untere Platte eine, durch Reibung elektriſirte, Glas- oder Harzſcheibe anzuwenden. Da dieſe Subſtanzen die El. feſt zurückhalten, ſo kann man die obere Scheibe unmittelbar auf ihre Oberfläche legen, ohne daß ſie derſelben eine in Betracht kommende Quantität abgeben; während ihr vertheilender Einfluß dann in voller Stärke zur Zerſetzung der natürlichen Elektricitäten dieſer Scheibe wirkt. Auch iſt die gewöhnliche Einrichtung der Elektrophore die, daß ſie aus einem, in eine metallne Hülle, (Form oder Teller genannt) gegoſſenen Harzkuchen beſtehen, Fig. 32. Man elektriſirt die Oberfläche dieſes Kuchens durch Schlagen mit einem recht trocknen Katzenfell. Er wird hiedurch negativ el. und bindet durch vertheilende Wirkung in der obern Scheibe (Deckel, Conductor oder Schild, clypeus, oft auch Trommel genannt.) *) die poſitive El. Dieſer Apparat iſt von häufiger Anwendung für chemiſche Unterſuchungen, wo man oft der El. benöthigt iſt. Auch laſſen ſich durch ihn mehrere in die Augen fallende Beſtätigungen der Theorie erhalten, von denen mein größeres Werk ausführlicher handelt.

Wenn der Deckel geladen und auf den Harzkuchen geſetzt iſt, ſo binden ſich die poſitive El., die auf der untern Fläche jenes Sitz gefaßt hat, und die negative El., die im Harz hervorgetreten iſt, wechſelſeitig, ſo daß keine ein Streben zeigt, zu entweichen. Sie können demnach nicht durch die Berührung der Luft hinweggenommen werden, die überdies Schwierigkeit findet, zwiſchen die Oberflächen zu treten, auf denen ſie ſich binden. Ein ſo geladner Apparat muß daher ſeine beiden Elektriciäten ſehr lange zurückhalten; und in der That ſieht man ſie ganze Monate bleiben, wofern der Elektrophor nicht an einen feuchten Ort geſtellt wird.

Jedoch muß die fortwährende Anziehung beider entgegengeſetzten Elektricitäten allmälig den Widerſtand überwinden, den das Harz dem Ausſtrömen der negativen El., welche es beſitzt, und der Aufnahme der poſitiven El. des Deckels entgegengeſetzt. Dies iſt wahrſcheinlich

---

*) Kuchen und Form zuſammen heißen die Baſis oder Unterſcheibe, der Deckel im Gegenſatz damit auch die Oberſcheibe.

die einzige Urſach, welche bewirkt, daß nach längerer oder kürzerer Zeit die Elektrophore endlich entladen, und ihre verſchiednen Theile im natürlichen Zuſtande wieder gefunden werden.

Man kann die Wirkungen dieſer gegenſeitigen Anziehung dadurch beſchleunigen, daß man ihre Kraft ſehr verſtärkt. Zu dieſem Zweck hebe man, nach vorgenommener Ladung des Elektrophors, den metallnen Deckel ab, und ſetze ihn aufs Neue auf den Harzkuchen, nicht aber parallel mit deſſen Oberfläche, und mit der Breite, ſondern ſchief und mit dem Rande. Seine poſitive El. wird ſich nun faſt ganz in dem Theile ſeines Umkreiſes, mit welchem er den Harzkuchen berührt, anhäufen, und dadurch eine weit ſtärkere Repulſivkraft erlangen. Sie wird aus dem Deckel ausſtrömen, die negative El. der Stellen, auf welche ſie überſpringt, vollkommen neutraliſiren; und den Harzkuchen, wenn man dieſe Berührung an verſchiednen Stellen deſſelben wiederholt, gänzlich entladen zurücklaſſen.

Hierauf läßt ſich ein ſehr anziehender Verſuch gründen. Anſtatt die poſitive El., welche im Deckel durch vertheilende Wirkung des Harzkuchens entwickelt worden iſt, auf dieſen zurückzubringen, trage man ſie eben ſo auf einen andern, im natürlichen Zuſtande befindlichen, Harzkuchen über. Sie wird ſich an die Oberfläche dieſes Harzes anhängen, das Harz dadurch poſitiv el. werden und die Fähigkeit erlangen, nun für ſeinen Theil durch vertheilende Wirkung negative El. hervorzurufen. Auf den ſo geladnen zweiten Kuchen lege man nun einen metallnen Deckel, ſo wird man ein Elektrophor von einer, dem vorigen entgegengeſetzten, El. haben. Durch dieſes wird man nun wieder die Oberfläche eines dritten Kuchens mit negativer El. laden können; und dies Laden abwechſelnd mit negativer und poſitiver El. wird ſich auf ſo viel Kuchen ausdehnen laſſen, als man immer will.

Man kann ſelbſt durch dies Verfahren jeden Kuchen blos an gewiſſen Stellen ſeiner Oberfläche elektriſiren. Zu dieſem Zweck braucht man nur an den Deckel, welcher die El. überträgt, einen Stiel und Knopf von Metall zu befeſtigen, ähnlich dem, am Collector des Condenſators angebrachten. Berührt man nun den Kuchen mit dieſem Knopfe, ſo wird ſich alle El. nach dem Berührungspuncte hinbegeben. Auf ſolche Weiſe laſſen ſich, indem man dieſe Puncte hintereinander wählt, beſtimmte Umriſſe ziehen.

Um dieſe Umriſſe ſichtbar zu machen, braucht man blos auf die Oberfläche des Kuchens etwas leichtes Pulver von einem nichtleitenden Stoffe, z. B. gepulverten Siegellack oder Schwefel zu ſtreuen. Die kleinen Theilchen, aus welchen dieſes Pulver beſteht, bleiben blos an den elektriſirten Stellen hängen, ſo daß bei Umkehrung des Kuchens alle diejenigen, welche auf keinen ſolchen Stellen liegen, vermöge ihres eignen Gewichts herabfallen und blos die zurückbleiben, welche ſich an den elektriſirten Umriſſen feſtgehängt haben. Man bemerkt hiebei eine regelmäßige Anordnung der kleinen Theilchen, welche verſchieden iſt nach Verſchiedenheit der, ſie zurückhaltenden, El.;*) ſo daß, wenn man Züge mit beiden Elektricitäten auf verſchiednen Theilen deſſelben Kuchens bildet, man die, beiden zugehörigen, Anordnungsarten der Theilchen in den Figuren zugleich erhält. Dieſe intereſſante Beobachtung verdanken wir Lichtenberg, einem deutſchen Phyſiker; auch werden die, ſo gebildeten Figuren, Lichtenbergſche Figuren genannt.

Um dieſe Erſcheinungen in die Augen fallender zu machen, bedient man ſich eines Gemenges von zuſammengeriebenem Schwefel und Mennig; durch die Operation ihres Zuſammenreibens wird der Schwefel poſitiv, der Mennig negativ el. Man bringt dies Pulver in eine Art Blaſebalg, und bläſt es mittelſt deſſelben auf den elektriſirten Harzkuchen. Hiebei trennen ſich die beiden Subſtanzen, indem jede zu den Stellen des Harzkuchens hinflieht, die ihr entgegengeſetzt elektriſirt ſind; und man kann ſie dann ſowohl an ihrer Anordnung als an ihrer Farbe unterſcheiden, indem der Schwefel gelb, der Mennig roth iſt.

In den erſten Zeiten dieſer Entdeckung bemerkten einige Phyſiker in Deutſchland, daß Harzpulver, mit welchem man einen elektriſirten Kuchen ſo beſtreut hatte, allmälig in eine fortſchreitende Bewegung gerieth, welche jedoch nichts Regelmäßiges hatte. Voreilig baute man ſchon hierauf ein Syſtem. Aufmerkſamere Beobachter jedoch entdeckten, daß dieſe Bewegungen von einer ganz kleinen Art Milben herrührten, die ſich im Harzſtaub fanden, und auf der elektriſirten Fläche fortbewegten.

Die Leydner Flaſche.

Die beiden vorigen Abſchnitte enthielten eine Unterſuchung der Erſcheinungen, welche die beiden Elektricitäten, poſitive und negative, hervorbringen, wenn ſie einander aus der Ferne gebunden halten. Wir fanden, daß ſie, wenn man zwiſchen beiden, während ſie ſich in dieſem Zuſtande befinden, eine leitende Verbindung bewerkſtelligt, mit

---

*) Nämlich, wenn dieſe El. poſitiv iſt, ſo ordnet ſich der Staub in Strahlen an, die ſich von Mittelpuncten verbreiten; iſt ſie negativ, ſo bieten ſich kreisförmige Staubanhäufungen dar.

Gewalt in den verbindenden Leiter hineinſtrömen, ſich vereinigen und ſo in den natürlichen Zuſtand zurückkehren.

Die jetzt anzuführenden Erſcheinungen und Verſuche beruhen auf der nämlichen Wirkungsart, und finden ihre Erklärung ganz aus denſelben Grundſätzen; ihre Unterſuchung iſt aber in ſo fern von beſonderm Intereſſe, weil ſie kräftige Mittel zur Anhäufung der El. darbieten, und ſo zu vielen Erſcheinungen führen, die eine ſolche Anhäufung erfordern.

Man halte ein, zum Theil mit Waſſer gefülltes, Glasgefäß in der Hand, und tauche einen metallnen Leiter hinein, der mit der Elektriſirmaſchine in Verbindung ſteht. Wenn man nun, nach einigen Umdrehungen der Scheibe, den Leiter mit einer Hand wegnehmen will, während man das Gefäß immer noch mit der andern hält, ſo empfindet man eine Erſchütterung, die um ſo ſtärker iſt, je mehr Oberfläche das Gefäß beſitzt, je ſtärker und je länger die Maſchine gewirkt hat.

Dieſen Verſuch, der der Erfindung des Condenſators, des Elektrophors und der ganzen Theorie der El. weit vorausgegangen iſt, führte der Zufall herbei, aber ein Zufall, deſſen ſich dann die Beobachtung bemächtigte. Er wurde zuerſt zu Leyden von Cunäus und Muſſchenbroeck angeſtellt. Der Erfolg deſſelben ſetzte ſie in Erſtaunen, ja in Schrecken. Alle Phyſiker wiederholten ihn; und bald vertraut geworden mit einer Erſcheinung, die ſie erſt mit Furcht erfüllte, ſuchten ſie die zweckmäßigſte Einrichtung eines Apparats auszumitteln, der ſie in den Stand ſetzte, dieſelbe nach Belieben immer wieder hervorzubringen.

Es ergab ſich ihnen zuvörderſt die Nothwendigkeit, die innern Wände des Gefäßes mit einer leitenden Subſtanz, wie Waſſer, Queckſilber oder Metallblättern zu belegen; auch fanden ſie, daß eine leitende Belegung ebenfalls an der äußern Oberfläche der Wände angebracht werden müſſe, und daß die Hand die Stelle einer ſolchen nur unvollkommen vertrete. Endlich erkannten ſie als weſentliches Erforderniß, der El. alle unmittelbare leitende Verbindung zwiſchen der innern und der äußern belegten Fläche abzuſchneiden, ausgenommen im Augenblicke der Entladung.

Die bequemſte Art, einen Apparat unter Erfüllung dieſer Bedingungen einzurichten, beſteht darin, eine gewöhnliche Glasflaſche zu nehmen, auf dieſe auswendig einen dünnen metallnen Ueberzug (Belegung) zu kleben, und einen ähnlichen inwendig in der Flaſche anzubringen, oder auch ſtatt deſſen ſie blos mit hineingeſtreuten Metallblättchen anzufüllen. Ein Metallſtab, der ſich auswendig in einen Knopf endigt, geht durch den Stöpſel der Flaſche durch, und dient, die El. dem inwendig befindlichen Metall zuzuleiten. Der Stöpſel und ein Theil des Halſes der Flaſche werden auswendig überfirnißt. Dieſer Apparat, wie ihn Fig. 33 darſtellt, wurde allgemein Leydner Flaſche, (auch Kleiſtſche Flaſche, Verſtärkungsflaſche) benannt, nach der Stadt, wo ſeine Eigenſchaften zuerſt beobachtet wurden.

Die Theorie dieſes Apparats ſtimmt ſo ganz mit der des Condenſators überein, daß die nämlichen Ausdrücke ſich faſt wörtlich darauf übertragen laſſen.

Die El., welche ins Innere der Flaſche zugeleitet wird, und die wir für poſitiv annehmen wollen, zerſetzt durch vertheilenden Einfluß die natürlichen Elektricitäten an der äußern Fläche, treibt die poſitive zurück, und bindet die negative, die, vermöge ihrer gegenſeitigen Anziehung, umgekehrt von jener einen Theil bindet. Auf dieſe Weiſe ſtellt die Flaſche einen wahren Condenſator dar. Bringt man nun zwiſchen ihren beiden Flächen eine leitende Verbindung zuwege, ſo ſtürzen ſich die beiden, darauf angeſammelten, El. mit großer Schnelligkeit gegen einander, und bringen vermöge ihres ſchnellen Durchgangs durch die Organe eine heftige Erſchütterung in denſelben hervor; oder, was auf das Nämliche hinauskommt, der Körper, welcher die leitende Verbindung vermittelt, erfährt eine plötzliche Zerſetzung ſeiner natürlichen Elektricitäten, von denen jede ſich nach der Fläche der Flaſche hinbegiebt, wo die, ihr entgegengeſetzte, El. ihren Sitz hat.

Dieſe Erklärung läßt ſich allen ihren Umſtänden nach durch ähnliche Verſuche bewähren, als wir in Bezug auf den Condenſator anſtellten. Mit einem Worte, die Leydner Flaſche iſt nichts anders, als ein Condenſator, deſſen iſolirende Platte gekrümmt iſt, deſſen Collectivplatte durch die eine Metallbelegung vorgeſtellt wird, welcher man die El. zuführt, gewöhnlich die innere, während die andre durch die Belegung der andern Fläche dargeſtellt wird.

Wenn eine elektriſirte Leydner Flaſche in der Luft aufgehangen wird, ſo kann dieſe Flüſſigkeit nur auf den Theil El. abſorbirend (einſaugend) wirken, der ſich auf beiden Flächen der Wandung frei befindet; und ſo wird die gegenſeitige Anziehung der ſich gebunden haltenden Elektricitäten Urſach, daß beide ſich ſehr lange erhalten. Wirklich beſtätigt dies die Erfahrung auf unzweifelhafte Weiſe; denn man findet, daß Leydner Flaſchen von dünnem Glaſe ſehr lange Zeit brauchen, ſich vollſtändig zu entladen, wenn ſie iſolirt werden, und wenn die unmittelbare Gemeinſchaft ihrer beiden Flächen durch einen Ueberzug des Randes mit gutem Gummilack verhütet wird.

Unterſucht man in verſchiednen Zeitpuncten die Fortſchritte dieſer

Abſorption, indem man beiden Oberflächen mit dem Prüfungsſcheibchen berührt, ſo findet man, daß ſich auf ihnen freie Elektricitäten von entgegengeſetzter Beſchaffenheit entwickelt haben, die ſich der quantitativen Gleichheit immer mehr nähern, und wenn ſie dieſelbe erreicht haben, ſich bis zu ihrer völligen Erſchöpfung in derſelben fort erhalten. Der Calcul giebt von dieſer Erſcheinung vollkommene Rechenſchaft, durch Herleitung aus den Geſetzen der Abſorption der El. durch die Luft. Jedenfalls, wenn man, nach ſo eingetretener Gleichheit der Ladungen auf beiden Flächen, eine gepulverte nicht leitende Subſtanz darauf ſtreut, ſo wird ſie ſich offenbar vermöge der Anziehung der freien Elektricitäten daran anhängen; und wären dieſe Elektricitäten nicht ſtark genug, die Pulvertheilchen fortzuſtoßen, ſo würden ſie durch dieſelben vor dem Luftzutritt geſchützt werden; ſo daß der Apparat, weil die Elektricitäten jetzt gar keinen Verluſt erlitten, ins Unbeſtimmte geladen bleiben könnte. Wirklich bemerkt man dies bei dünnen Glasplatten, wenn man ſie, nach vorgenommener Ladung ihrer beiden Flächen, mit dem eben erwähnten Gemenge von Mennig und Schwefel beſtreut. Mittelſt einer Schnur an einer trocknen Mauer aufgehangen, behalten ſie ihre El. ganze Monate hindurch.

Ueberhaupt darf man bei Unterſuchung der el. Erſcheinungen nie den Einfluß aus den Augen verlieren, den die Berührung der Luft dabei äußern kann. Sonſt würde man ſich z. B. durch die Erfahrung zu dem Schluſſe verleiten laſſen können, eine Leydner Flaſche oder überhaupt ein Apparat dieſer Art könne geladen werden, wenn man blos einer ſeiner Flächen El. zuführte, ohne die andre mit dem Boden in leitende Verbindung zu ſetzen; denn allerdings ladet ſich eine ſo iſolirte Flaſche allmälig, beſonders wenn man das Elektriſiren derſelben lange Zeit fortſetzt. Allein der Grund davon liegt darin, daß die El. der zweiten Oberfläche, welche durch vertheilende Wirkung zurückgetrieben und frei wird, ſich dann der abſorbirenden Wirkung der Luft ausgeſetzt befindet, und dadurch allmälig Verminderung erleidet; welches dann die Anhäufung einer gewiſſen Quantität El. auf der, unmittelbar mit den Conductoren in Verbindung ſtehenden, Oberfläche geſtattet. Um dieſe Verminderung aufs Höchſte zu treiben, braucht man blos an der äußern Oberfläche einige Spitzen anzubringen; dann ladet ſich die Flaſche, wenn gleich in der Luft iſolirt, faſt eben ſo ſtark, als wenn die, mit Spitzen verſehene, Oberfläche mit dem Boden in leitender Verbindung ſtände.

Von den elektriſchen Batterieen.

Bezweckt man eine ſtarke Anhäufung von El., ſo nimmt man zu Leydner Flaſchen große cylindriſche Glasgefäße, giebt ihnen auf ihren beiden Oberflächen eine Metallbelegung (von Stanniol) und verbindet die Stäbe der innern Belegung derſelben mit einem und demſelben metallnen Conductor, bei deſſen Berührung das gleichzeitige Entladen aller erfolgt. Man nennt einen ſolchen, in Fig. 34 vorgeſtellten, Apparat eine el. Batterie. Gewöhnlich wird ſie auf einen iſolirenden Unterſatz geſtellt, der mit dem Boden durch einen metallnen Leiter in Verbindung ſteht, welchen man nach Belieben wegnehmen oder anfügen kann.

Je größer die belegte Glasoberfläche einer Batterie iſt, deſto mehr El. von gleicher Repulſivkraft vermag ſie anzuhäufen, aber um ſo mehr Zeit wird auch erfordert, ſie durch eine gegebene Maſchine zu laden. Ueberhaupt iſt es zweckmäßig, wenn man ſehr große Batterieen anwendet, ſie in mehrere Abtheilungen zu ſondern, um die Quantität der anzuhäufenden El. den bezweckten Wirkungen anzupaſſen. Man erhält hiedurch überdies den Vortheil, die Batterieen ſchneller mit der nämlichen Maſchine laden zu können, wie ich ſogleich erörtern werde.

Geſetzt, es wäre eine beliebige Zahl Leydner Flaſchen, oder überhaupt belegter Glasoberflächen unter einander an metallnen Leitern aufgehangen, wie Fig. 35 darſtellt. Die erſte werde an eine ſeidne Schnur S befeſtigt und die letzte mit dem Boden in Verbindung geſetzt. Nun leite man zur obern Fläche A_1 A_1 die El. der Maſchine, die ich für poſitiv annehmen will; offenbar werden ſich alle untern Platten zugleich mit der oberſten laden vermöge der ſucceſſiven Zurückſtoßung der El. von einer zur andern. Allein ſowohl der Theorie als der Erfahrung zufolge muß bei dieſer Art, durch Uebergang der El. von einer Fläche zur andern zu laden (charger par cascade), die Zerſetzung der natürlichen El. in ſehr raſcher Progreſſion mit der Entfernung vom erſten Leiter geſchwächt werden; ſo daß ſchon bei mäßiger Vervielfältigung der Oberflächen die letzten ſich faſt gar nicht laden. Ueberdies wird durch Bewerkſtelligung einer leitenden Verbindung zwiſchen den entgegengeſetzten Oberflächen des erſten und letzten Gliedes der Kette nur die Entladung der Quantitäten El. bewerkſtelligt, die jede derſelben für ſich erlangt hatte; und die Elektricitäten der Zwiſchenplatten treten von ſelbſt wieder zum natürlichen Zuſtand zuſammen, ohne eine Wirkung hervorgebracht zu haben; dagegen auch ſie ihre Wirkſamkeit äußern würden, wenn man, nachdem das Syſtem par cascade geladen worden wäre, die ſucceſſiven Theile deſſelben auseinander nähme, um die, mit der nämlichen El. geladnen, Flächen für ſich in Verbindung zu ſetzen und gleichzeitig zu entladen. Dieſe Methode wird mit Vortheil zur Ladung groſser Batterieen angewandt. Man ſcheidet ſie zu dieſem Zweck in mehrere, auf Iſolirfüſsen ruhende, Abtheilungen, wie Fig. 36 darſtellt. Um ſie ſämmtlich oder blos einige derſelben zu laden, bewerkſtelligt man zuvörderſt eine leitende Verbindung zwiſchen den ſucceſſiven Flächen $B_1 A_2$*), $B_2 A_3$...., mittelſt metallner gebogener Stäbe $C_1 C_2$....., die man durch Ringe ſteckt, welche zu dieſem Behuf angebracht ſind; und die letzte Fläche B_n wird mit dem Boden in leitende Verbindung geſetzt. Hält man nun die Ladung für hinreichend, ſo unterbricht man die Verbindung der Fläche B_n mit dem Boden. Dann kann man die Metallſtäbe C_1, C_2.... ungeſtraft nach einander hinwegnehmen; denn, wenn man z. B. C_1 wegnimmt, ſo kann keine Entladung erfolgen, weil die El. B_1 ganz durch A_1 und die El. A_2 ganz durch B_2 feſtgehalten wird. Höchſtens wird man ſo einen ſchwachen Funken erhalten, der vom Ueberſchuſs von A_2 über B_2 herrührt. Sind nun die partiellen Batterieen auf ſolche Weiſe getrennt, ſo vermittelt man eine leitende Verbindung zwiſchen ihren Oberflächen A_1, A_2.... Zu dieſem Zweck wirft man, nicht legt man, weil man ſich hiedurch einem Entladungsſchlag ausſetzen würde, auf ſie die nämlichen Metallſtäbe C_1, C_2...., welche, indem ſie auf die Leiter fallen, durch welche die Theile jeder Batterie**) mit einander in Verbindung ſtehen, dieſelben von ſelbſt in Gemeinſchaft ſetzen. Jedesmal, wenn der Stab auf zwei aufeinanderfolgende partielle Batterieen fällt, erregt er einen Funken zwiſchen ihnen, welcher von der Ungleichheit der Ladungen herrührt, die ſie bei der erſten Anordnung erhalten hatten. Sind alle Batterieen ſo in Verbindung gebracht, ſo laſſen ſie ſich ſämmtlich auf einmal entladen; indem man irgend einen Theil der äuſserſten Flächen A_1 und B_2 mit einander in Verbindung ſetzt; oder man kann auch das Drehen der Maſchine noch bis zu vollſtändig erfolgter Ladung fortſetzen.

Bei dieſen Verſuchen iſt es von Wichtigkeit, in jedem Augenblick genau wiſſen zu können, in welchem Zuſtande ſich die Batterie befindet. Denn wenn die Ladung einen gewiſſen Grad überſteigt, ſo kann der Theil der El., der auf den Flächen A ſeine Repulſivkraft behält, den Widerſtand der Luft überwältigen, und durch einen Entladungsſchlag nach einer Fläche B überſpringen, was ein plötzliches Entladen der Batterie und oft das Springen eines Theils der Flaſchen zur Folge haben würde, weil die ganze Gewalt des Schlages ſich dann gegen einen einzigen Punct ihrer metalliſchen Belegung richtet. Um dieſen Unfall zu verhüten, ſchraubt man auf den Leitern der Flächen A, ein kleines Pendel feſt, beſtehend aus einem metallnen Stiel TT, Fig. 37, und einem leichten, (als Zeiger um eine Axe frei beweglichen) Elfenbeinſtäbchen, welches an ſeinem Ende eine kleine Hollundermarkkugel b trägt. (Henleyſches oder Quadranten-Elektrometer). Die freie Flüſſigkeit der Fläche A äußert ihre Repulſivkraft auf dieſes kleine Pendel und macht, daß es ſich von ſeinem Stiele entfernt. Die Weite, bis zu der dies geſchieht, wird durch eine, auf dem Halbkreiſe cc verzeichnete, Eintheilung angegeben. Es leuchtet ein, daß dies Inſtrument keinen Maßſtab für die abſolute Stärke der Ladung der Batterie abgiebt; (weil es nämlich blos den freien Theil derſelben anzeigt) allein es gewährt wenigſtens eine ſich gleich bleibenden Anzeige, nach welcher man ſich richten kann, wenn man ein für allemal verſuchsweiſe ausgemittelt hat, bei welchem Grade der Abſtoßung eine freiwillige Entladung zu fürchten ſeyn würde.

---

*) B das äuſsere Belege der einen Flaſche, A der, mit dem innern Belege der darauf folgenden Flaſche in Verbindung ſtehende, Knopf.

**) Hier muſs man ſich als einen ſolchen Theil der Batterie, oder eine ſolche partielle Batterie die Fig. 34 vergegenwärtigen, nicht 36, wo blos der einfachern Betrachtung halber jede partielle Batterie als eine einzelne Flaſche vorgeſtellt iſt. Das Werfen könnte bei letzterer nicht von Statten gehen.

Zur Entladung der Batterieen bedient man ſich des, S. 213 beſchriebenen, zweiarmigen Ausladers. Man legt einen Arm deſſelben an eine Fläche A, den andern an eine Fläche B an, wo dann die Ausladung durch beide Arme hindurch erfolgt. Man muß ſich überhaupt hüten, wenn man es mit ſtarken Batterieen zu thun hat, ſich ihrem Entladungsſchlage auszuſetzen; weil ein ſolcher die gefährlichſten Zufälle, ja ſelbſt den Tod nach ſich ziehen könnte.

Zehntes Capitel.

Von den elektriſchen Säulen und den Erſcheinungen, welche die, durch Wärme elektriſirten, Kryſtalle darbieten.

Ich werde über die Ladung par cascade noch einige Erörterungen hinzufügen, die uns bei der Theorie des Galvanismus und Magnetismus zu Statten kommen werden. In Bezug auf unſern jetzigen Standpunct gewähren ſie überdies den Vortheil, uns neue Beiſpiele von dem Spiel der gebundnen Elektricitäten darzubieten.

Man denke ſich eine Folge von Glasplatten, auf ihren beiden

Oberflächen mit Metall belegt und parallel mit einander angeordnet, wie Fig. 38 darſtellt; ſo daß die Fläche B_1 der erſten durch einen Metalldraht mit der Fläche A_2 der zweiten; die Fläche B_2 der zweiten mit der Fläche A_3 der dritten in Verbindung ſteht, u. ſ. f. bis auf die letzte, deren hintere Fläche B_n mit dem Boden leitende Gemeinſchaft hat. Geſetzt dieſer ganze Apparat ſey iſolirt (außer der letzten Fläche); man elektriſire die erſte Fläche A_1, welche man mit dem erſten Conductor einer ſtarken Maſchine in Verbindung gebracht hat, einige Zeit hindurch par cascade, und hebe dann die leitende Gemeinſchaft dieſer erſten Fläche mit dem Conductor und der letzten mit dem Boden auf. Welches wird nach einer gewiſſen Zeit der el. Zuſtand aller Theile des Apparats ſeyn?

Dies zu beſtimmen, muß man in Erwägung ziehen, daß im Augenblick, wo die leitenden Verbindungen unterbrochen werden, die erſte Fläche A_1 eine gewiſſe el. Ladung beſitzt, die zum Theil frei, zum Theil durch die entgegengeſetzte El. gebunden iſt, welche ſie ſelbſt auf der zweiten Fläche B_1 angezogen hat und feſthält; daſſelbe gilt von der Fläche A_2 in Bezug zu B_2; von A_3 in Bezug zu B_3 u. ſ. f. von allen übrigen.

Von allen dieſen Quantitäten beſteht nur die Ladung A_1 aus El., welche von außen her in den Apparat eingeführt iſt, alle andern rühren von bloßer Zerſetzung der natürlichen Elektricitäten her. Die abſolute Stärke dieſer Elektricitätsentwicklung nimmt in raſcher Progreſſion von einem Element des Syſtems zum andern ab; aber nicht die ganzen Mengen El., die ſich auf jedem derſelben entwickelt haben, ſind merkbar; blos das, was von dieſen Elektricitäten frei iſt, iſt merkbar, welches alles von der nämlichen Beſchaffenheit als die auf A_1 feſtgehaltene El. iſt.

Dies vorausgeſetzt, erhellt, daß, wenn ſich der Apparat in einem vollkommen iſolirenden Mittel befände, dieſer Zuſtand des Gleichgewichts ohne Ende ſich erhalten würde; allein, wenn er von einem abſorbirenden Mittel, wie die Luft, umgeben iſt, ſo wird er ſeine El. allmälig verlieren. Um zu wiſſen, auf welche Weiſe dies erfolgt, muß man ſich zurückrufen, daß, bei dem nämlichen Zuſtande der Luft und für die nämliche Geſtalt der Oberfläche, dieſer Verluſt der Totalquantität der, ſich frei darauf befindenden, El. proportional iſt. In den erſten Augenblicken wird der Verluſt alſo mehr auf der erſten Fläche A_1, als auf der zweiten A_2 betragen, weil dieſe ärmer an freier El. iſt; eben ſo wird er mehr betragen auf A_2, als auf A_3; u. ſ. f. bis auf die letzte Fläche B_n, wo er ganz null ſeyn wird, weil ſich jetzt keine freie El. auf dieſer Fläche befindet. Allein in Folge dieſer Ungleichheit des Verluſts wird ſich ſolche darauf entwickeln. Denn das zuvor ſtattgefundene Gleichgewicht beſtand nicht zwiſchen den Antheilen freier El. der verſchiednen Flächen, ſondern zwiſchen ihren abſoluten Ladungen; und weil die erſte A_1 ſich geſchwächt findet, vermag ſie auf B_1 nicht mehr ſo viel als zuvor zu binden; daſſelbe gilt von A_2 in Bezug zu B_2 und ſo fort bis auf die letzte Fläche B_n. Da nun die El. dieſer Fläche nicht mehr vollkommen gebunden iſt, ſo wird ein Theil derſelben frei; und dieſer Theil, der anfangs ganz gering iſt, nimmt allmälig zu. Denn obwohl, ſo wie er hervorgetreten iſt, ſogleich die Luft ihren abſorbirenden Einfluß auf ihn zu äußern anfängt; ſo erleidet er doch wegen ſeiner Schwäche dadurch Anfangs einen geringern Verluſt, als die freien Antheile der andern Flächen, ſo daß die Veränderung des Gleichgewichts immer in der Art fortgeht, daß der Verluſt freier El. auf der erſten Fläche mehr und mehr ab, auf der letztern mehr und mehr zunimmt, und daß die zwiſchenliegenden Elemente die mittlern Veränderungen zwiſchen dieſen beiden erfahren. Dieſe Veränderungen können alſo nur in der Gleichheit der, auf den beiden äußerſten Flächen in freiem Zuſtande befindlichen, Elektricitätsmengen ihre Gränze finden, womit zugleich die Gleichheit ihrer Ladung gegeben iſt; dann wird eine ſymmetriſche Anordnung der El. von dieſen Flächen aus bis nach der Mitte der Säule Statt finden; die Mengen freier El. werden zu beiden Seiten dieſer Mitte von entgegengeſetzter Beſchaffenheit ſeyn und mit der Annäherung an dieſelbe progreſſiv abnehmen; ſo daß dieſe Mitte ganz frei davon ſeyn, und die daſelbſt befindliche Platte ſich ungeſtraft berühren laſſen wird. Trennt man aber die Säule an dieſer oder irgend einer andern Stelle, und iſolirt die Fragmente, ſo wird ſich allmälig am Ende, wo die Trennung geſchah, eine gewiſſe Quantität freier El. entwickeln, welche der des unberührt gelaſſenen äußerſten Pols entgegengeſetzt iſt.

Dieſe Reſultate giebt die Theorie an die Hand, und weiſt der Calcul noch in ihren nähern Umſtänden nach. Auch die Erfahrung ſtimmt vollkommen damit überein, wie ich mich ſelbſt überzeugt habe.

Die Erſcheinungen, welche die Mineralien darbieten, welche fähig ſind, durch Wärme elektriſirt zu werden, ſind den eben beſchriebenen ſo analog, daß man nicht zweifeln darf, die Natur habe durch ſie ſolche Apparate verwirklicht, d. i. el. Säulen, beſtehend aus einer unendlichen Anzahl paralleler Platten. Die bloße Darlegung der Thatſachen wird hinreichen, dieſe Wahrheit einleuchtend finden zu laſſen.

Als Beiſpiel mag die Varietät des Turmalins dienen, welche Hauy tourmaline isogone nennt. Sie hat die Geſtalt eines neunflächigen Prismas, das an einem Ende mit drei, am andern mit ſechs Flächen zugeſpitzt iſt. Bei einer Temperatur unter 34° R. äußert dieſer Kryſtall kein Zeichen von El.; taucht man ihn aber einige Minuten in kochendes Waſſer, zieht ihn wieder heraus, indem man ihn mittelſt einer kleinen Pincette in ſeiner Mitte faßt, und bietet ihn dem Scheibchen des Elektroſkops, oder einem kleinen, mit einer bekannten El. ſchon geladenen, Pendel dar, ſo wird man finden, daß ſein eines Ende daſſelbe anzieht, das andre es abſtößt. Das mit drei Flächen zugeſpitzte Ende iſt poſitiv, das mit ſechs Flächen negativ el. Ertheilt man dem Elektroſkop einen ſehr hohen Grad der Empfindlichkeit, ſo giebt es zu erkennen, daß jede Art El. ſchnell von der Spitze, wo ſie ihren Sitz hat, abnimmt, ganz ſchwach ſchon in einer geringen Entfernung von jedem Ende des Prismas wird, und daß von da bis zur Mitte das ganze Mineral im natürlichen Zuſtande ſcheint; mit einem Worte, die Erſcheinungen ſind ganz die nämlichen, als bei der el. Säule von der eben beſchriebenen Einrichtung; blos die Erregungsart der El. iſt eine andre. Verſchiedne Arten, dieſe Verſuche abzuändern, findet man in meinem größern Werke angeführt.

Aehnliche Erſcheinungen hat man ſeitdem bei vielen andern Kryſtallen beobachtet (z. B. dem kryſtalliſirten Gallmey, dem Topas, Smaragd, Boracit, Meſotype, Prehnit u. ſ. w.). Mehrere unter ihnen ſind ſelbſt in dieſer Hinſicht weit empfindlicher, als der Turmalin; indem ſchon eine geringe Erwärmung hinreicht, ſie el. zu machen. Hauy, dem wir viele intereſſante Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand verdanken, hat bemerkt, daß dies Vermögen ſich blos in den, nicht mit ſymmetriſcher Geſtalt begabten, Kryſtallen findet; und daß die Theile, wo die entgegengeſetzt el. Pole ihren Sitz haben, immer die ſind, welche der Symmetrie Abbruch thun, wie die beiden Enden am Prisma des Turmalins.

Wohl möglich wäre es, daß durch eine ſtarke Erkältung das el. Gleichgewicht im Turmalin eben ſo wie durch die Temperaturerhöhung aufgehoben würde, oder daß dieſe Wirkung auch bei ſchwächern Wärmegraden erfolgte, wenn der Turmalin zuvor einem hohen Grade künſtlicher Kälte ausgeſetzt worden wäre. Dieſe beſondern Umſtände, welche mehr Licht über das Geheimniß der Elektricitätsentwicklung in dieſem Mineral verbreiten könnten, verdienten eine nähere Unterſuchung.

Schmilzt man Schwefel in einer eiſernen Pfanne und läßt ihn, nach Iſolirung der Pfanne, darin abkühlen, ſo findet man, daß der Schwefel negativ, das Eiſen poſitiv geworden iſt. Dieſe Erſcheinung ſcheint eine Andeutung zu geben, was in jedem Element des Turmalins und der andern Kryſtalle, welche durch Wärme el. zu werden vermögen, vorgeht. Eine Folge ſolcher, in Berührung mit einander geſetzter, Elemente würde wahrſcheinlich eine wahre el. Säule bilden, in welcher die Iſolirung und die Trennung der Platten durch die Nichtleitungsfähigkeit der Subſtanz des Kryſtalls bewirkt würde. *)

Eilftes Capitel.

Mechaniſche und chemiſche Wirkungen, welche durch die Repulſivkraft der angehäuften Elektricitäten hervorgebracht werden.

Schon mehrmals hat ſich uns die Bemerkung dargeboten, daß die, auf der Oberfläche der Leiter verbreitete, El. einen Gegendruck gegen die atmoſphäriſche Luft ausübt, welche ſie durch ihr Gewicht (und ihre Spannkraft) auf dieſer Oberfläche zurückhält. Wir haben geſehen, daß dieſe Gegenwirkung, die dem Quadrat der Dicke der el. Schicht ſtets proportional iſt, hinreichend ſtark werden kann, um den Widerſtand zu beſiegen, den ihr die Luft entgegenſetzt. Dann entweicht die El. durch einen Entladungsſchlag, indem ſie die Lufttheilchen aus einander treibt. Es läßt ſich hienach vorausſetzen, daß die El. bei ſtärkern Graden der Anhäufung fähig werden wird, ſich auch durch weit dichtre Subſtanzen, als die Luft iſt, hindurch zu entladen, und ſelbſt den Zuſammenhang ihrer Theilchen zu trennen. Wirklich findet ſich dies durch die Erfahrung beſtätigt.

Durch die Entladung einer hinlänglich ſtarken el. Batterie laſſen ſich Holzzylinder zerſprengen, wenn man den Schlag durch ſie hindurch leitet. Eben ſo werden leicht verbrennliche Körper, wie Phosphor, Aether und andre ſpirituöſe Flüſſigkeiten dadurch in Flammen geſetzt, d. i. ihre chemiſche Vereinigung mit dem Sauerſtoff der Luft zuwege gebracht, insbeſondre, wenn ſie vorher erwärmt waren. Thiere können durch einen Entladungsſchlag, den man durch ihren Körper hindurchleitet, getödtet werden, und ihre Leichname faulen dann eben ſo ſchnell als die von Thieren, die vom Blitz erſchlagen worden ſind. So ſpaltet auch der Entladungsſchlag Glasſtreifen und geht der Länge nach durch ſie hindurch, wofern ihre Oberflächen glatt ſind, widrigenfalls das Glas zum Leiter wird und den Entladungsſchlag ohne zu

---

*) Auch folgender Verſuch ſcheint hieher zu gehören: Läßt man in einer iſolirten und auf beiden Seiten mit Stanniol belegten Flaſche Waſſer gefrieren, ſo wird die innere Belegung poſitiv, die äußere negativ el. Bei ſchneller Aufthauung des Waſſers wird die innere Belegung negativ und die äußere poſitiv el. In einer iſolirten, aber nicht belegten, Flaſche erfolgen dieſe Erſcheinungen nicht. (Singer Elemente der El.)

zerbrechen durch ſich hindurchläßt. Durch Eiſen- Kupfer- oder Silberdrähte geleitet ſchmilzt er ſie in kleine Kügelchen. Bei einem noch größern Grade der Anhäufung endlich werden ſolche Drähte und ſelbſt Goldblätter plötzlich verflüchtigt. In meinem größern Werke findet man ausführlich erörtert, auf welche Art ſich dieſe Verſuche am bequemſten anſtellen laſſen, und welche Vorſichtsmaßregeln man zu nehmen hat, um ſie ohne Gefahr zur Ausführung zu bringen.

Wie leicht zu erachten, wird eine ſolche Kraft durch Wirkungen dieſer Art in tropfbaren oder gasförmigen Flüſſigkeiten alle die Erſcheinungen hervorzubringen vermögend ſeyn, welche die natürliche Folge einer ſtarken Zuſammendrückung oder einer plötzlichen Temperaturerhöhung ſind; wie ſich auch in der Erfahrung nachweiſt. So entzündet der el. Entladungsſchlag, ſelbſt ſchon einer einzigen Leydner Flaſche, das Waſſerſtoff- und Sauerſtoffgas, wenn beide ungefähr in dem Verhältniß von 2 Volumtheilen Waſſerſt. auf 1 Volumtheil Sauerſt. untereinander gemengt ſind; und als Product erhält man tropfbar flüſſiges Waſſer, oder vielmehr Waſſerdunſt, der von der großen Menge Caloricums, das ſich bei der chemiſchen Vereinigung entbindet, gefaßt und auf eine ausnehmend hohe Temperatur gebracht wird. Der zweckmäßigſte Apparat zur Anſtellung dieſes Verſuchs iſt in Fig. 39 vorgeſtellt. Er beſteht aus einem großen Glasballon, den man immer mit Sauerſtoffgas gefüllt erhält, indem man ihn mit Recipienten, die unter einem gleichen Druck erhalten werden, in Verbindung ſetzt. In dieſen Ballon läßt man nun durch das Ende einer ganz feinen Glasröhre einen gleichförmigen Strom von Waſſerſtoffgas zutreten, und entzündet denſelben durch einen ſchwachen, mittelſt metallner Leiter in den Ballon übergeleiteten, el. Funken, worauf die einmal hervorgebrachte Flamme ſich von ſelbſt forterhält. Dieſer Verſuch muß mit ganz beſondern Vorſichtsmaßregeln angeſtellt werden; widrigenfalls Exploſionen unvermeidlich ſind. Iſt es jedoch blos darum zu thun, ſich von der Thatſache der chemiſchen Verbindung beider Gasarten zu überzeugen, ſo bietet hiezu der, in Fig 40 vorgeſtellte, Apparat ein gefahrloſes Mittel dar. Er beſteht aus einer, oben mit einem Metallpfropf verſchloſſenen, Glasröhre, welcher feſt in dieſelbe eingekittet, und mit einem, in das Innere der Röhre vorſpringenden, Knopfe verſehen iſt. Ein biegſamer elaſtiſcher Metalldraht geht in der nämlichen Röhre in die Höhe, und läßt ſich dem Knopf bis auf eine geringe Weite nähern. Nachdem dieſe Röhre in eine Wanne voll Waſſers getaucht iſt, füllt man ſie mit Gas, wie einen gewöhnlichen Recipienten, hebt ſie darauf zum Theil heraus, trocknet ſie ab, und ertheilt dem Metallpfropf einen Funken; dieſer pflanzt ſich in das Gasgemenge fort, und entzündet es mit Detonation. Uebrigens bewirkt bloße mechaniſche Zuſammendrückung dieſelbe Wirkung, wie ich anderwärts durch Erfahrung dargethan habe; und eine Temperaturerhöhung reicht gleichfalls dazu hin.

So wie ſich Waſſer durch den el. Funken bilden läßt, eben ſo vermag man auch, es dadurch zu zerſetzen. Anfangs leitete man zu dieſem Endzweck ſtarke Entladungsſchläge durch dieſe Flüſſigkeit, wodurch Explosionen mit Funken hervorgerufen wurden. Der erfahrne und erfinderiſche Wollaſton indeß hat Mittel gefunden, die nämliche Erſcheinung auf eine, ohne Vergleich in die Augen fallendere, ſichrere und leichtere Weiſe hervorzubringen, indem er den el. Strom in das Waſſer durch ganz feine Platindrähte leitet, die in ſcharfe Spitzen ausgehn, und ſich in Glasröhren iſolirt befinden oder mit Harz umgeben ſind, ſo daß ſie ihre El. nur durch das letzte Ende dieſer Spitze verlieren können. Wie leicht zu erachten kann eine, wenn gleich ſchwache, El. unter ſolchen Umſtänden eine ausnehmende Intenſität erlangen, welche an dem äußerſten Ende der Spitze wirkt, und dort mit ihrer ganzen Stärke ſich gegen das einzige Waſſermolecul richtet, mit welchem die Spitze in Berührung iſt. Auch reicht der Strom einer, eben nicht ſehr kräftig wirkenden, Elektriſirmaſchine, wenn er auf ſolche Weiſe übergeleitet wird, hin, aus dem Waſſer unausgeſetzt eine Menge kleiner Blaſen zu entwickeln, die, wenn ſie aufgefangen und abermals der Prüfung durch den el. Funken unterworfen werden, ſich als die beiden Gasarten zeigen, aus denen dieſe Flüſſigkeit zuſammengeſetzt iſt. Mit größerer Sicherheit und Schnelligkeit erhält man die bezweckte Wirkung, wenn man durch die beiden Spitzen zwei Ströme verſchiedenartiger El. zugleich anlangen läßt.

Bewerkſtelligt man eine ſolche Durchleitung durch zwei ganz feine Spitzen, eine von Kupfer und eine von Silber, die in eine Auflöſung von ſchwefelſaurem Kupfer tauchen, und deren erſte mit dem poſitiven Conductor in leitender Verbindung ſteht, ſo wird das Salz zerſetzt. Das von der Säure geſchiedne Kupfer ſtellt ſich in reguliniſchem Zuſtande am Silberdraht wieder her und der andre Draht wird aufgelöſt. Kehrt man die Verbindung um, ſo daß der Silberdraht, welcher ſich ſo mit Kupfer überzogen hat, mit dem negativen Conductor (d. i. ein Conductor, der mit dem Reibzeuge der Maſchine in Verbindung ſteht) in Verbindung gebracht wird, ſo löſt ſich der Kupferniederſchlag an ſeiner Oberfläche wieder auf, und die Fällung geſchieht jetzt am andern Drahte.

Dieſe ſchönen Verſuche, ſo wie mehrere andre der nämlichen Art, welche gleichfalls von Wollaſton herrühren, und ſich in meinem größern Werke angeführt finden, zeigen, daß die negative El. das Beſtreben hat, den Sauerſtoff aus den Verbindungen, in die er eingeht, zu ſcheiden; dagegen die poſitive El. dieſe Verbindungen befördert: ein Reſultat von Wichtigkeit, für welches ſich uns weiterhin noch viele Belege ergeben werden.

Zuſätze über die mechaniſchen und chemiſchen Wirkungen der Elektricität. *)

Das Entladen einer Leydner Flaſche wird, wie ſchon bemerkt worden, durch Verbindung der innern und äußern Belegung vermittelſt irgend eines Leiters bewirkt. Dieſe Operation nennt man *einen Umlauf bilden* oder *einen Kreis ſchließen*, und von irgend einer Subſtanz, die man zwiſchen zwei Theile des verbindenden Leiters, oder zwiſchen dieſen und eine Belegung der geladenen Oberfläche gebracht hat, ſo daß der Entladungsſchlag ſeinen Weg hindurch zu nehmen genöthigt iſt, wird geſagt: *ſie ſey in den Kreis oder in die Kette gebracht worden.*

Wenn dem Entladungsſchlag mehrere Wege frei ſtehn, um von einer Metallbelegung zur andern zu gelangen, ſo zeigt die Erfahrung, daß er jedesmal vorzugsweiſe den kürzern und den durch die beſſern Leiter vermittelten wählt. Hat daher eine Perſon zwiſchen ihren Händen einen Metalldraht, und berührt ſie mit der einen den Knopf der innern Belegung der Flaſche, während ſie die andre an die äußere Belegung hält, ſo wird ſie nur an den Puncten der Berührung eine Empfindung bemerken; denn das el. Fluidum hat die Wahl von zwei Umläufen, zieht den beſtleitenden vor und geht alſo durch den Draht, ohne den Körper der Perſon, die ihn hält, zu afficiren. Wird aber ſtatt des Drahtes ein Stück Holz genommen, ſo wird der Schlag gefühlt; denn trockenes Holz iſt ein ſchlechterer Leiter, als die thieriſchen Flüſſigkeiten.

Daß der Schlag den kürzeſten Weg vorzieht, läßt ſich leicht dadurch beſtätigt finden, daß er, wenn Menſchen in die Kette treten, von ihnen nur in den Muskeln verſpürt wird, welche in die geradeſte Linie, die in den Kreis kommt, fallen. Man laſſe A, B, C, D, E und F ſich einander bei den Händen halten, und indem A die äußere Belegung einer geladenen Flaſche berührt, faſſe F den Knopf der innern Belegung an; jedes Individuum wird auf dieſelbe Art und zu gleicher Zeit erſchüttert, indem der Schlag von Hand zu Hand durch die Arme, und, wenn die Ladung ſtark iſt, auch quer über der Bruſt empfunden wird. Dies ſind die Theile des Körpers, die gerade in die Umlaufslinie fallen. Man verändere den Verſuch: A, die Flaſche wie zuvor haltend, berühre mit ſeinem linken Fuße den rechten von B, dieſer wieder mit ſeinem linken den rechten von C, und ſo weiter bis zur Perſon F, die durch Berührung des Knopfes der Flaſche mit ihrer linken Hand den Kreis ſchließt; A wird erſchüttert in ſeinem rechten Arme und linken Beine; B, C, D und E in beiden Beinen und F im rechten Beine und linken Arme, ſo daß alſo der Schlag in der directeſten Linie von einem Berührungspuncte zum andern fortläuft.

---

*) Aus Singers Elementen der Elektricität und Elektrochemie, überſ. von Müller, ausgezogen.

Die Weite, zu der ein Schlag durch gute Leiter fortgeführt werden kann, iſt merkwürdig. Schon Nollet theilte einen el. Schlag aus einer kleinen Flaſche hundert und achtzig königlichen Gardiſten und nachher einem ganzen Karthäuſer-Convent mit, der von allen Perſonen, die dieſe große Kette bildeten, zu gleicher Zeit empfunden wurde.

Die Neigung des Schlages, durch die beſten Leiter zu gehen, dient zum Meſſen der leitenden Kraft; denn wenn verſchiedene Subſtanzen von gleicher Länge und Oberfläche zu gleicher Zeit als Umlaufsketten angewendet werden, ſo iſt die, welche das el. Fluidum ſich zum Durchgange wählt, der beſte Leiter, oder wendet man ſie nach einander an, ſo iſt die als der beſte Leiter zu betrachten, welche den Schlag am vollſtändigſten fortführt.

Den Schlag mit mehrerer Sicherheit und Genauigkeit dahin zu führen, wo er wirken ſoll, dient ein, von Henley erfundener, Apparat, der der allgemeine Auslader genannt wird. Er beſteht, wie die Fig. 1 zeigt:

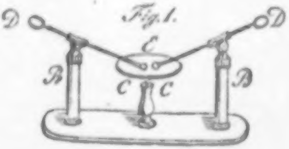
Fig. 1.

aus einem, etwa 14 Zoll langen und 4 Zoll breiten Bret, in deſſen Mitte ſich eine Dille befindet, in der nach Umſtänden ein kleines Tiſchchen mit einer elfenbeinernen Platte E oder eine Preſſe von Mahagoniholz angebracht werden kann. Zu beiden Seiten dieſes Tiſchchens ſind zwei Glasſäulen B, B, in das Bret eingekittet, deren jede oben ein doppeltes Charnier hat und in einer gläſernen Röhre den Metallſtab CD trägt, der ſich nicht nur in der Röhre verſchieben, ſondern auch vermittelſt der Charniere ſowohl vertical, als horizontal ſtellen läßt. Jeder Stab hat an dem Ende D einen Ring und an dem zugeſpitzten Ende C eine meſſingene Kugel, die man auch abnehmen kann.

Der Körper, durch welchen der Schlag gehen ſoll, wird nun entweder auf das Tiſchchen gelegt, oder zwiſchen die Preſſe eingeſchraubt. Die ſchiebbaren Metallſtäbe werden dann mit den entgegengeſetzten Seiten des Körpers in Berührung gebracht, und indem der eine mit der äußern Belegung einer Flaſche oder Batterie, und der andre mittelſt des gewöhnlichen Ausladers mit dem Knopfe der innern Belegung in Verbindung geſetzt wird, nöthigt man den Schlag ganz genau in der bezweckten Richtung durch den Körper zu gehen.

Soll der el. Funken durch verſchiedne tropfbare oder elaſtiſche Flüſſigkeiten gehen, ſo werden dieſe in Glasröhren eingeſchloſſen, und zwei Drähte durch die gegen über ſtehenden Seiten oder Enden einer jeden Röhre ſo eingelaſſen, daß ſie ſich beinahe in ihrer Mitte begegnen; zwiſchen den Spitzen dieſer Drähte muß der Funke übergehen. S. Fig. 2 und 3. (Desgl. ſ. die von Biot auf S. 245 angegebenen Anordnungen des Verſuchs nebſt den Fig. 39 und 40 auf Taf. VII).

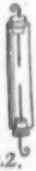

Fig. 2.

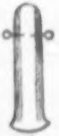

Fig. 3.

Die unmittelbare Folge des Durchgangs einer el. Ladung durch eine Subſtanz ſcheint eine Ausdehnung oder Entfernung der direct auf ihrem Wege befindlichen Theilchen und eine daraus folgende Zuſammendrückung derer, die ſie umgeben, zu ſeyn, ſo daß gewöhnlich das Reſultat eines el. Entladungsſchlages der Wirkung einer ausdehnenden Kraft gleicht.

Zur Erläuterung mögen mehrere Verſuche folgen.

Läßt man einen ſtarken Schlag durch die, 2 Zoll von einander entfernten, Kugeln des allgemeinen Ausladers, die man auf ſein Tiſchchen an ein Stück trocknes Schreibpapier angedrückt hat, gehen, ſo wird das Papier in Stücke zerriſſen. Hat man zwiſchen ſie ſtatt des Papiers eine Anzahl Oblaten auf das Tiſchchen gelegt, ſo werden dieſe beim Durchgehen des Schlages auf eine ſonderbare Art auseinander zerſtreut und mehrere von ihnen werden zerbrochen.

Sehr merkwürdig iſt die Ausdehnung der Flüſſigkeiten durch El.

Iſt die Ladung ſtark, ſo kann dem plötzlichen Impuls kein Glasgefäß, in welches die Flüſſigkeiten eingeſchloſſen ſind, Widerſtand leiſten. Beccaria ließ einen Schlag durch einen Tropfen Waſſer gehen, der ſich in der Mitte einer ſoliden Glaskugel von 2 Zoll Durchmeſſer zwiſchen zwei Drahtſpitzen befand, und die Kugel wurde mit großer Heftigkeit zerſchmettert.

Durch die Seiten eines kleinen Mörſers von Elfenbein, deſſen Aushöhlung ⅝ Zoll weit und 1 Zoll tief iſt, laſſe man zwei Drähte ſo gehen, daß zwiſchen ihren Spitzen in der Aushöhlung des Mörſers ein Zwiſchenraum von einem Viertelzoll bleibt, und verſchließe deſſen Oeffnung mit einem ohne Reibung gut einpaſſenden Korkſtöpſel; beim Durchgehen eines ſtarken Schlages durch die Drähte wird die innerlich eingeſchloſſene Luft plötzlich ausgedehnt und der Korkſtöpſel mit Heftigkeit weit weggeſchleudert.

Für die chemiſche Wirkſamkeit der El. können folgende Verſuche als Belege dienen.

Wird ein, mit Aether oder mit höchſt rectificirtem Weingeiſt gefüllter, iſolirter Metallbecher elektriſirt, ſo läßt ſich aus deſſen Boden, wenn man über die Oberfläche des Bechers entweder einen Finger, eine meſſingene Kugel, oder ſogar ein Stück Eis hält, durch die flüchtige Flüſſigkeit ein Funken ziehen, der ſie entzündet. Iſt der Weingeiſt nicht höchſt rectificirt, ſo muß man ihn vor dem Verſuch mäßig erwärmen; beim Aether iſt dies niemals nöthig.

So laſſen ſich auch andre brennbare Subſtanzen durch den el. Funken entzünden. Vorzüglich merkwürdig ſind in dieſer Hinſicht die Erſcheinungen bei Verbrennung der Metalle durch El.

Man lege einen Streifen Gold- oder Silberblatt auf weißes Papier und laſſe durch ihn einen ſtarken Schlag gehen; das Metall verſchwindet mit einem glänzenden Blitz und das Papier zeigt einen Fleck von Purpur- oder grauer Farbe (von gebildetem Gold- oder Silberoxyd herrührend).

Man nehme drei Platten von Fenſterglas, jede 1 Zoll breit und 2 Zoll lang, und zwei ſchmale Goldblattſtreifen, und lege dieſe ſo übereinander, daß die mittlere Glasplatte zwiſchen den beiden Goldblattſtreifen zu liegen kommt, die über die Kanten des Glaſes etwas hervorragen müſſen; läßt man nun die Ladung einer großen Flaſche durch die Goldſtreifen gehen, ſo werden ſie geſchmelzt und in die Glasoberflächen hineingetrieben. Die äußern Glasplatten werden dabei gewöhnlich zerbrochen, die mittlere bleibt aber meiſt ganz und bekommt auf beiden Seiten einen unvertilgbaren Metallfleck.

Die, durchs el. Verbrennen der Metalle entſtehenden, Farben hat man zu Buchſtaben- und Zierath-Druck auf Seide und Papier angewandt. Der Umriß der verlangten Figuren wird auf ſtarkes Papier gezeichnet und dann ausgeſchnitten. Das ausgeſchnittene Papier legt man dann auf die zu druckende Seite, darüber ein Goldblatt und über dieſes wieder ein Kartenblatt; das Ganze bringt man in eine Preſſe oder unter ein Gewicht und läßt nun die Ladung einer Batterie durch das Goldblatt gehen. Der Metallfleck beſchränkt ſich auf die ausgeſchnittene Zeichnung, die ſo ſehr nett dargeſtellt wird.

Läßt man einen ſtarken el. Schlag durch dünne Metalldrähte gehen, ſo werden ſie glühend, zu Kügelchen geſchmolzen und oxydirt.

Aus zahlreichen Verſuchen haben Brook und Cuthberſon gefolgert, daß die Wirkung der El. auf Metalldrähte wie das Quadrat der vermehrten Kraft wächſt, indem zwei Flaſchen, zu irgend einem Grade geladen, einen Draht ſchmelzen, der viermal länger iſt, als der, den eine von ihnen ſchmelzt: und eben ſo wird dieſe Wirkung vervierfacht, wenn man Einer Flaſche die doppelte Ladung giebt. Nach Singer beſtätigt ſich dies Geſetz wenigſtens für mäßige Drahtlängen, und wenn es über eine gewiſſe Gränze hinaus nicht mehr ſtreng Statt findet, ſo ſucht er den Grund davon darin, daß ein Theil der Ladung beim Durchgang durch eine beträchtliche Länge des feinen Drahts verloren gehe.

Jene Verſuche zeigen zugleich, daß irgend eine gegebene Quantität der El. eine und dieſelbe Drahtlänge ſchmelzt, ſie mag auf zwei oder nur auf Einer Flaſche angeſammelt ſeyn.

Das Schmelzen der Drähte läßt ſich hienach als ein Mittel benutzen, die Quantität der, auf irgend einer geladenen Fläche in gebundenem Zuſtande angeſammelten, El. zu meſſen. Dies iſt von Nutzen; denn die gewöhnlichen Elektrometer zeigen nur die Menge der freien, in Spannung darauf befindlichen, El. an.

Die Wirkungen der gradweiſe Statt findenden Vermehrung der Kraft der Ladung auf Drähte von demſelben Durchmeſſer und gleicher Länge ſind ſehr merkwürdig. Wenn der Draht aus Eiſen oder Stahl beſteht, ſo wird zuerſt ſeine Farbe ins Gelbe verändert, bei vermehrter Ladung ins Blaue, bei einer weitern Vermehrung wird er rothglühend, dann ferner rothglühend und in Kügelchen ſchmelzend, dann zerſtreut er ſich in einen Schauer von Kügelchen, und zuletzt verſchwindet er mit einem glänzenden Blitz, der einen ſichtbaren Rauch hervorbringt, welcher angeſammelt ein ſehr feines Pulver iſt, und aus Oxyd des Metalls beſteht. Selbſt Metalle, die ſich durch Wirkung auch unſerer ſtärkſten Feuergrade nicht oxydiren laſſen, wie Platin, Gold, Silber, werden es auf dieſe Weiſe durch die El. — Das von Brook zuerſt bemerkte Geſetz bei der Schmelzung der Metalle ſcheint auch in Bezug auf ihre Oxydation Statt zu finden.

Zur Oxydation der Metalle iſt die Kraft einer großen Batterie erforderlich, und um ſie ganz vollſtändig zu bewirken, muß ſie größer ſeyn, als zu ihrer bloßen Schmelzung nöthig iſt; auch iſt bei jedem Metalle eine verſchiedne Quantität hiezu erforderlich.

Zwölftes Capitel.

Von der atmoſphäriſchen Elektricität und von den Blitzableitern.

Durch die Entdeckung der Leydner Flaſche und der elektriſchen Batterieen wurde man auf ſolche Aehnlichkeiten zwiſchen den Wirkungen einer angehäuften El. und des Blitzes geführt, daß man an ihrer Analogie nicht mehr zweifeln konnte. **Franklin** war jedoch der erſte, der, nachdem er zur Kenntniß von dem Vermögen der Spitzen, elektriſirte Körper aus der Ferne zu entladen, gelangt war, an die Möglichkeit dachte, durch dies Mittel die Wirkungen der atmoſphäriſchen El. wahrnehmbar zu machen und ſich vor den Entladungen derſelben zu ſchützen. Da er ſich jedoch in Amerika ohne die, zur Anſtellung hieher gehöriger Verſuche erforderlichen, Hülfsmittel befand, ſo munterte er die Phyſiker Europa's auf, dieſelben zu unternehmen. Der erſte, der dieſer Aufmunterung Folge leiſtete, war **Dalibard**, ein franzöſiſcher Phyſiker, der zu Marly-la-Ville eine Hütte erbauen ließ, über welcher eine, am untern Theile iſolirte, Eiſenſtange von vierzig Fuß Länge aufgerichtet war. Als eine Gewitterwolke über den Zenith dieſer Stange hinzog, gab ſie bei Annäherung des Fingers Funken, und zeigte alle andern Erſcheinungen, welche die, durch unſre gewöhnlichen Maſchinen elektriſirten, Conductoren darbieten. Der Tag, wo dieſer bemerkenswerthe Verſuch zum erſtenmal angeſtellt wurde, war der 10te May 1752.

Bald richtete man ſolcher Apparate mehrere ins Werk, an denen jedoch ſämmtlich die mangelnde Iſolirung ihrer Baſis zu tadeln war; weil man dieſe nämlich nicht vor dem Regen geſchützt hatte, ſo gewährte ſie dem Entweichen der El. eine freie Leitung. **Canton** kam auf den Gedanken, dieſem Mangel dadurch abzuhelfen, daß er am untern Ende der Metallſtange einen Hut von Metall anbrachte, der den iſolirenden Träger bedeckte und dadurch vor dem Regen ſchützte. Mittelſt des, ſo verbeſſerten, Apparats fand er, daß manche Wolken mit poſitiver, andre mit negativer El. geladen waren; ſo daß die El. des Apparats oft fünf- bis ſechsmal in einer halben Stunde wechſelte. Regen und Schnee elektriſirten ihn auch beim Fallen, Erſcheinungen die im Winter wie im Sommer Statt hatten. Um der Mühe überhoben zu ſeyn, ſehr oft und häufig ohne Nutzen nach dem Apparate zu ſehen, brachte Canton einen ausnehmend ſinnreichen Apparat daran an, welcher in Fig. 41 vorgeſtellt iſt. Er beſteht aus drei Glöckchen T, T_1, T_2, die an dem nämlichen horizontalen Metallſtab AB, Fig. 41, aufgehangen ſind, die mittlere T an einem Seidenfaden, die beiden andern an Metallketten. Das Glöckchen T ſteht überdies mit dem Boden durch eine andre, unten an ihm angebrachte, Metallkette in leitender Verbindung. Zwiſchen dieſen Glöckchen hängen an Seidenfäden kleine Metallkugeln b, b_1. Offenbar nun, wenn der Stab AB mit dem verticalen Leiter in Verbindung geſetzt wird, welcher die El. der Atmoſphäre aufnimmt, muß dieſe El. ſich zuvörderſt zu den beiden äußerſten Glöckchen T_1, T_2 durch die Metallketten, an denen ſie hängen, fortpflanzen. Dann werden die Metallkugeln b, b_1 von dieſen Glöckchen angezogen werden, und ſie berühren, ſogleich aber wieder abgeſtoßen werden, und dagegen angezogen von dem mittlern Glöckchen T, welches mit dem Boden in Verbindung ſteht. Sie werden ſich alſo zu dieſem hinbewegen, an daſſelbe ihre El. verlieren, und ſich dann abermals durch Berührung der beiden äußerſten Glöckchen laden. Dies fortwährende Hinundwiederſchwingen der kleinen Kugeln wird ein Erklingen der Glöckchen bewirken, und ſo auf die Gegenwart der El. aufmerkſam machen. Man nennt dieſen Apparat ein elektriſches Glockenſpiel (carillon électrique).

Franklin in Amerika verfolgte indeß ſeine Ideen weiter, die in der That ſein Intereſſe wohl zu beſchäftigen verdienten. In Ermangelung ſehr hoher Gebäude kam er auf den Einfall, die El. aus den Wolken auf die Erde längs der Schnur eines fliegenden Drachen herabzuleiten; und, nach Newtons ſchönen Verſuchen über die Farben der Seifenblaſen, war dies das zweitemal, daß die Phyſik in Kinderſpielwerken Werkzeuge der intereſſanteſten Entdeckungen fand. Aber Franklin dachte ſelbſt nicht an die außerordentliche Gefahr, welcher er ſich hiebei ausſetzte. Sein Drache war geſtiegen, er hielt die Schnur deſſelben in der Hand; allein noch gab ſie kein Zeichen von El., obwohl der Drache einer Wolke nahe ſchwebte, die mit Blitzen ſchwanger ſchien. Schon fürchtete Franklin, ſich in ſeinen Vermuthungen getäuſcht zu haben; als jedoch ein kleiner Regen die Schnur näßte und dadurch ihr Leitungsvermögen verſtärkte, glückte es Franklin, einige Funken aus ihr zu erhalten. Man muß ihn ſelbſt die Freude ſchildern hören, die er beim Anblick dieſer, von ihm vorhergeſehenen, Erſcheinung empfand. Wäre aber die Schnur ganz feucht geweſen, oder hätte ſie aus einem beſſer leitenden Stoff beſtanden, ſo würde dieſer berühmte Mann ſeine Kühnheit wahrſcheinlich mit dem

Leben bezahlt haben; und alles, was er noch nachher Großes und Nützliches für Wiſſenſchaften, Philoſophie und Freiheit ausführte, wäre für uns verloren geweſen.

In Frankreich wurde der nämliche Verſuch von de Romas auf eine weit vollkommnere Weiſe wiederholt, mochte er nun ſelbſt darauf gefallen, oder durch Franklins Verſuch darauf geleitet worden ſeyn. Er faßte den Gedanken, einen ganz feinen Eiſendraht in die Schnur des Drachen einzuflechten [1]); und, um den Beobachter außer den Bereich unvorgeſehener Entladungen zu ſetzen, ließ er das untere Ende der Schnur in eine Seidenſchnur von acht bis zehn Fuß Länge ausgehen, mittelſt deren der Drache und Draht iſolirt waren. Anſtatt ferner die Funken mit dem Finger auszuziehen, wobei der Beobachter den Entladungsſchlag ſelbſt erhält, zog ſie Romas mittelſt eines metallnen Leiters aus, der mit dem Boden durch eine Metallkette in Verbindung ſtand, und in der Hand mittelſt eines iſolirenden Handgriffs gehalten wurde, ſo daß er im Grunde ganz unſern gewöhnlichen Auslader darſtellte. Nachdem nun Romas ſeinen Apparat mit allen dieſen, von der Klugheit erheiſchten, Vorſichtsmaßregeln eingerichtet hatte, ließ er ihn ohne weiteres Bedenken in die gewitterhafteſten Wolken ſteigen; und bei einem ſeiner Verſuche, während eines Gewitters, das ſich weder durch ſtarke Blitzſchläge noch reichlichen Regen auszeichnete, lockte er ganze Stunden hindurch Feuerſtralen von mehr als zehn Fuß Länge heraus. „Stellen Sie ſich, ſchrieb er an Nollet, den Anblick von Feuerſtreifen vor, von neun bis zehn Fuß Länge und einem Zoll Dicke, die eben ſo viel oder noch mehr Geräuſch, als Piſtolenſchüſſe machten. In noch weniger als einer Stunde erhielt ich gewiß dreißig Streifen von dieſen Dimenſionen, ungerechnet tauſend andre von ſieben Fuß und drunter. Was aber meine Zufriedenheit bei dieſem neuen Schauſpiel vorzüglich erweckte, war, daß die größten Feuerſtreifen von ſelbſt hervorbrachen, und, ungeachtet der großen Maſſe Feuers, aus der ſie beſtanden, ſtets auf den zunächſt befindlichen Leiter fielen Da ich dies immer ohne Ausnahme ſo erfolgen ſahe, ward ich ſo ſicher, daß ich mich nicht ſcheute, das Feuer, bei ziemlich lebhaftem Gewitter, mit meinem Auslader hervorzulocken; und wenn die Glasarme dieſes Inſtruments nur zwei Fuß Länge hatten, ſo vermochte ich mittelſt deſſelben, ohne die geringſte Erſchütterung in meiner Hand zu ſpüren, Feuerſtreifen von ſechs bis ſieben Fuß eben ſo leicht, wohin ich wollte, zu leiten, als Streifen blos von ſieben bis acht Zoll.“ Dieſe Beſchreibung allein reicht ſchon hin, zu zeigen, daß dergleichen Verſuche nur mit außerordentlicher Vorſicht unternommen werden dürfen. In meinem größern Werke finden ſich die hiezu erforderlichen Maßregeln, welche die Theorie an die Hand giebt, und mittelſt deren ſich dies erſtaunenswürdige Schauſpiel ohne Gefahr beobachten läßt, auseinandergeſetzt. Eine jedoch darf ich auch hier nicht übergehen, weil ſie die wichtigſte iſt, und ihre Anwendung auch auf die, nach **Canton's** Art errichteten, Metallſtangen findet. Man muß nämlich nahe am untern Ende ſolcher Stangen oder der Schnur des fliegenden Drachen einen dicken Eiſenpfahl entweder zum Theil in die Erde einſenken, oder mit einer großen Waſſermaſſe in Verbindung ſetzen. Wenn das Ausſtrömen der El. ſo ſtark wird, daß es Gefahr drohen könnte, ſo gehen die Entladungsſchläge eher auf den vorſpringenden Theil des metallnen Leiters als irgend andre Körper über, die ſich in etwas größerer oder auch derſelben Nähe befinden. Bei Beobachtung dieſer Vorſicht kann man von der Erſcheinung Zeuge ſeyn, ohne etwas fürchten zu dürfen.

---

[1]) Zweckmäßiger iſt es, nach Hrn. Charles Beiſpiel, eine überſponnene Metallſaite anzuwenden.

Steht der Satz einmal feſt, daß der Blitz ein el. Entladungsſchlag iſt, ſo läßt ſich nicht zweifeln, daß die El. einer Gewitterwolke, gleich der unſrer Maſchinen, durch die Wirkung von Spitzen beträchtlich geſchwächt zu werden vermag. Dieſe Folgerung entging, wie ſchon geſagt, **Franklin** keineswegs; denn darin zeigte ſich ganz vorzüglich ſein Genie, daß er eben ſo ſchnell die nützlichen Anwendungen neuer Thatſachen auffaßte, als dieſe Thatſachen ſelbſt entdeckte. Als er über die Natur des Blitzes im Reinen war, war ſein nächſter Gedanke, denſelben durch das Vermögen, was er an den Spitzen erkannt hatte, zu neutraliſiren, und ſo wurde er Erfinder der **Blitzableiter** (paratonnerres).

Man giebt dieſen Namen den zugeſpitzten Metallſtangen, welche auf dem höchſten Theile der Gebäude, Schiffsmaſten u. ſ. w. aufgerichtet werden. Eins ihrer Enden, welches in die Spitze ausgeht, taucht in die Atmoſphäre, das andre ſteht mit dem Boden in leitender Verbindung. Die Wirkung dieſer Vorrichtungen iſt die, die El. der Wolken einzufangen oder zu neutraliſiren, und ohne Exploſion ins Innere der Erde überzuführen. In den funfzig Jahren, ſeit welchen ſie in Gebrauch ſind, hat ſich ihr Nutzen durch eine große Menge von Beiſpielen bewährt: auch leuchtet er nach der Theorie ein. Wenn eine el. Wolke ſo nahe vorüberzieht, daß ihr vertheilender Einfluß bemerklich werden kann, ſo zerſetzt ſie die natürlichen Electricitäten der Stange, treibt die gleichnamige in den Boden zurück, und zieht die ungleichnamige an, die ſich an das höchſte Ende der Spitze begiebt, und dort eine um ſo ſtärkere Intenſität erlangt, als die Wirkung der Wolke kräftiger iſt. In Folge deſſen müſſen ſich die feuchten Lufttheilchen, welche zwiſchen den Wolken und dem Ableiter befindlich ſind, auf letztern mit großer Schnelligkeit niederſchlagen, an ihn die El. verlieren, die ihnen die Wolke ertheilt hatte, ſtatt deſſen ſich mit einer ſehr kräftigen El. entgegengeſetzter Beſchaffenheit laden, darauf die, ſie jetzt abſtoßende, Spitze fliehen, ſich nach der Wolke hinbegeben, und die El. aller derer ihrer Theilchen neutraliſiren, welche ſich auf ihrem Wege befinden, bis die Wolke durch dieſe hin und wiedergehende Bewegung der Lufttheilchen gänzlich entladen iſt. In der Regel alſo muß dieſe Entladung ohne Exploſion erfolgen, und alle Körper, die ſich in geringer Entfernung unterhalb des Gewitterableiters befinden, werden durch ihn geſchützt werden. Wenn jedoch in einem außerordentlichen Fall dieſer raſche Abfluß der El. noch nicht zureicht, und wirklich ein Entladungsſchlag erfolgt, ſo muß er unfehlbar auf die Spitze fallen, weil an ihr die gegenſeitige Anziehung der entgegengeſetzten Elektricitäten ohne Vergleich am kräftigſten iſt; und wirklich hat die Erfahrung hierin vollkommen die Theorie beſtätigt. Kurze Zeit, nachdem die Anwendung dieſer Erfindung in Gang gekommen war, zeigte man der Akademie der Wiſſenſchaften die Spitze eines Blitzableiters vor, welche einen ſo ſtarken Entladungsſchlag erhalten hatte, daß ſie geſchmolzen worden war, wie ein Eiſendraht durch unſre Batterieen. Dieſer furchtbare Entladungsſchlag jedoch, der ſonſt unfehlbar das Haus, auf welches er fiel, zu Grunde gerichtet hätte, ließ nicht einmal die leichteſte Erſchütterung verſpüren, und wurde nur an dem heftigen Geräuſch, das er erregte, wahrgenommen.

Ein ganz einfacher Verſuch kann dienen, eine anſchauliche Vorſtellung von der Wirkung der Blitzableiter auf die elektriſirten Wolken zu gewähren. Man hänge an die Conductoren einer Elektriſirmaſchine einen Leinfaden auf und befeſtige an das untere Ende desſelben einen Flocken gekrempelter Baumwolle, der recht wohl eine Wolke verſinnlichen kann. Man elektriſire das Ganze und biete der Baumwolle, nicht eine Spitze, ſondern einen kugelförmigen, mit der Erde in leitender Verbindung ſtehenden, Körper dar; ſogleich wird der Flocken angezogen, und es ſpringt ein Funken zwiſchen beiden Körpern über. Bietet man aber anſtatt einer Kugel dem Flocken eine nicht iſolirte Spitze in großer Ferne dar, ſo entladet er ſich erſt unmerklich ſeiner El., kehrt darauf zu den Leitern zurück, um ſich abermals zu laden, und nähert ſich dann wieder der Spitze um ſich aufs Neue zu entladen. So kann man mehrere Baumwollenflocken an Fäden von verſchiedener Länge aufhängen, und man wird ſucceſſiv die einen ſich gegen die andern aufwärts umrollen ſehen, gerade wie ſich auch die untern Flocken eines Gewölkes, welche durch einen Blitzableiter entladen worden ſind, nach den obern noch elektriſirten Theilen deſſelben Gewölkes ſucceſſiv umrollen müſſen.

Da nun über die Wirkſamkeit und den Nutzen der Blitzableiter kein Zweifel obwalten kann, ſo iſt die Unterſuchung von Wichtigkeit, welches ihre vortheilhafteſte Einrichtung ſey. Zwei Bedingungen ſcheinen hiebei am weſentlichſten in Betracht zu kommen. Erſtens muß die leitende Verbindung zwiſchen dem Boden und den verſchiedenen Metallſtäben, aus denen der Apparat beſteht, aufs Vollkommenſte ins Werk geſetzt ſeyn; zweitens müſſen die leitenden Stäbe eine ſolche Dicke haben, daß auch bei den ſtärkſten Entladungsſchlägen die Quantität der El. noch durch ihre Subſtanz abfließen könne, ohne eine ſo ſtarke Repulſivkraft zu erlangen, um auf die nebengelegenen Gegenſtände abzuſpringen. Der Geſammtheit der bisher beobachteten Beiſpiele nach zu urtheilen ſcheinen Stäbe von einem Zoll ins Gevierte oder Verbindungen dicker Eiſendrähte von gleichgeltender Dimenſion dieſem Zweck vollkommen zu genügen.

Unter genauer Erfüllung dieſer Bedingungen iſt, der Theorie wie der Erfahrung zufolge, die Nähe und ſelbſt die Berührung eines Blitzableiters ganz gefahrlos, da der el. Entladungsſchlag immer den beſten Leitern nachgeht, und mithin eher auf die Metallſtäbe des Blitzableiters als auf irgend einen andern, in der Nähe befindlichen, Körper fällt. So, wenn man durch ein, mit Schießpulver gefülltes, Paquet einen Draht hindurchſteckt, kann man ohne Gefahr durch denſelben alle el. Entladungsſchläge durchgehen laſſen, welche nicht fähig ſind, ihn zu ſchmelzen, oder ſo ſtark zu erhitzen, daß er das Pulver durch ſeine Berührung entzündet. Eben ſo kann man einen Vogel an einen Conductor der Maſchine aufhängen, die Batterie laden und wieder entladen; der Vogel wird keine Wirkung davon verſpüren, obwohl er ſich alsdann auf dem Wege der El. befindet. Endlich, wenn man den Körper mit einer metallnen Schnur umwindet, deren Enden man in den Händen faßt, ſo kann man durch dieſe Schnur ohne Gefahr die ſtärkſten Batterieen entladen, indem man ſich, wie den Vogel, in dem Schließungskreiſe iſolirt. (S. auch die Zuſätze zu vorigem Capitel).

Bei ſolchen Verſuchen verſpürt man manchmal eine kleine augenblickliche Erſchütterung, die aber ohne Vergleich ſchwächer, als der Entladungsſchlag der Batterie iſt. Sie rührt daher, daß die, in der Batterie angehäufte, El. ſich nicht mit vollkommner Freiheit fortpflanzt, und ihre Entladung ſomit nicht in einem einzigen untheilbaren Augenblick erfolgt, was für einen guten Leiter man ihr immer darbieten mag. Während der Zeit ihres Durchgangs nun wirkt ſie vertheilend auf die natürlichen Elektricitäten der Körper, welche dieſen Leiter berühren, und bringt eine, nur einen Augenblick währende, Trennung derſelben hervor; das Gleichgewicht ſtellt ſich ſogleich wieder her, aber die ſchnelle Abwechſlung dieſer beiden Zuſtände reicht hin, eine Erſchütterung in den betheiligten Organen hervorzurufen. Es leuchtet hienach von ſelbſt ein, daß dieſe Wirkung um ſo ſchwächer ſeyn muß, je vollkommner und dicker die Leiter ſind, durch welche man die Schließung der Kette der Batterie bewerkſtelligt.

Um dieſe Erſcheinung nachzuweiſen, iſolire man einen cylindriſchen Conductor AB, Fig. 42, und ſetze ihn mit der äußern Fläche einer, mit dem Boden in leitender Verbindung ſtehenden, Batterie in Berührung. Dem einen Ende dieſes Conductors gegenüber ſtelle man einen andern, A′B′, der ebenfalls iſolirt, aber vom erſten durch einen kleinen Zwiſchenraum geſchieden iſt. Im Augenblick der Entladung ſpringt ein Funken aus dem erſten Conductor zum zweiten über, und ein, auf letzterm angebrachtes, Elektroſkop ſteigt und fällt in einem Augenblick. Fügt man an dieſen zweiten Conductor den, in Fig. 40 vorgeſtellten, Apparat, indem man ſeinen Hut mit dem Conductor A′B′ und ſeinen Draht mit der Erde in Verbindung ſetzt, ſo wird das, darin enthaltene, Gasgemenge durch die ſeitliche Entladung entzündet werden.

Die einzige Gefahr, die von den Blitzableitern zu fürchten wäre, beſtände ſomit einzig in dieſem ſeitlichen Schlage, den man aber nach Willkür ſchwächen kann, indem man die Dimenſionen und das Leitungsvermögen des Körpers, durch welchen man die El. abfließen läßt, verſtärkt. Theorie und Erfahrung vereinigen ſich dahin, daß dieſer Schlag ohne Vergleich geringer iſt, als der direkte Entladungsſchlag; und wie ſtark müßte nicht in den Fällen, wo er bei einem Blitze merklich werden könnte, erſt die unmittelbare Entladung des Blitzes geweſen ſeyn, wenn er keinen metallnen Leiter zum Abfließen in den Boden gefunden hätte?

Man hat manchmal bei Gewittern Thiere und Menſchen im Augenblick eines Blitzſchlags plötzlich todt niederfallen ſehen, obwohl der Schlag in einer großen Entfernung von dem Orte, wo ſie ſich befanden, geſchahe. Die Erklärung ſolcher Vorfälle ergiebt ſich leicht aus unſern angeſtellten Betrachtungen. Denken wir uns eine ſtark elektriſirte Wolke, deren beide Enden nach der Erde herabhängen; ſie werden in derſelben die El., welche mit der ihrigen von derſelben Beſchaffenheit iſt, zurücktreiben und die entgegengeſetzte anziehen. Wenn durch irgend einen Umſtand eine plötzliche Entladung an einem Ende der Wolke bewirkt wird, ſo wird ſich das Gleichgewicht ſogleich an der Stelle der Erde, welche ſich unter dem andern Ende befindet, wiederherſtellen; und dieſe plötzliche Wiederherſtellung wird, wenn die Entladung ſehr ſtark iſt, den Tod der Thiere oder Menſchen bewirken können; welche von ihr mit betroffen werden. Man nennt dieſe Erſcheinung den Rückſchlag (choc par retour).

Folgender Verſuch kann dieſem zur Erläuterung dienen:

Man hänge an einer ſeidnen Schnur einen lebendigen Froſch in einiger Entfernung vom Conductor einer Elektriſirmaſchine auf, wie Fig. 43 vorſtellt; befeſtige an eins ſeiner Beine eine ganz leichte und biegſame Metallſchnur, um ihn mit dem Boden in leitende Verbindung zu bringen; ſetze darauf die Maſchine in Gang, und ziehe, ſo wie ſich die El. entwickelt, von Zeit zu Zeit Funken aus dem erſten Conductor mittelſt eines hingehaltenen, in eine Halbkugel ausgehenden, Metallſtabs. Bei jedem Entladungsſchlag wird man den Froſch zucken ſehen, obwohl er ſich nicht in der Kette der Leiter befindet; ſeine natürlichen Elektricitäten, welche durch vertheilenden Einfluß des Conductors getrennt waren, treten jedesmal, wenn dieſer Einfluß aufgehoben wird, plötzlich wieder zuſammen, und bringen dadurch eine Erſchütterung in den Organen des Thiers zuwege.

Dieſe Wirkungen erfolgen ſelbſt noch nach dem Tode: um ſie dann in voller Stärke zu beobachten, muß man den Froſch ſchnell tödten, indem man ihn quer durchſchneidet, worauf man ihm die Haut abzieht, und ihn präparirt, wie Fig. 44 zeigt. Die Reizbarkeit eines ſolchen Präparats iſt ſo bedeutend, daß an ihm noch Muskelcontractionen durch die Wirkung einer ſtarken Maſchine in der Entfernung von zehn bis zwölf Metern (30 bis 36 Fuß) hervorgebracht werden. Dieſe, an ſich einfache, Erſcheinung zeigt, daß die Froſchmuskeln ausnehmend empfindliche Elektroſkope ſind. In einem der folgenden Capitel wird man ſehen, wie dieſe große Empfindlichkeit die zufällige Veranlaſſung zu einer der ſchönſten Entdeckungen in der Phyſik ward.

Unſre bisherigen Betrachtungen bezogen ſich nur auf die atmoſphäriſche El. in dem gewaltſamen und vorübergehenden Zuſtande, in welchem ſie ſich während der Gewitter zeigt; indeß läßt ſich wohl erwarten, daß, wenn man dem Apparat, welcher ſie bemerklich zu machen dient, eine größere Empfindlichkeit ertheilt, ſie auch noch dann wird zur Wahrnehmung gebracht werden können, wenn ſie für gröbere Inſtrumente verſchwunden ſcheint. Man hat zu dieſem Zweck das Mittel erſonnen, das Strohhalm- oder Goldblatt-Elektroſkop mit einem ſpitzigen Metallſtabe zu verſehen, den man mit ſeinem untern Ende an den obern Theil des, mit den Strohhalmen in Verbindung ſtehenden, Schafts anſchraubt, Fig. 45. Gewöhnlich giebt man dieſem Stab einen Meter Länge oder ſetzt ihn aus mehrern in einandergeſteckten Stäben zuſammen, um ſeine Länge nach Willkür abändern zu können. Dies Inſtrument giebt zu erkennen, daß die Atmoſphäre, wenn ſie rein iſt, ſich beſtändig in poſitiv elektriſchem Zuſtande befindet; allein das geringſte Gewölk, die ſchwächſten Dünſte reichen hin, Abänderungen hierin hervorzubringen. Noch mehr gilt dies von gewaltſamen Störungen des gewöhnlichen Gleichgewichts der Temperatur, z. B. durch heftige Winde, Regen, Schnee, Hagel oder Gewitter.

Das Coulombſche Elektroſkop, welches ſich als ein ſo bequemes und empfindliches Inſtrument für alle andere Verſuche erweiſt, kann auch ſehr gut zur Beobachtung dieſer Erſcheinungen dienen. Man braucht nur ſein feſtes Stäbchen in Verbindung mit einem iſolirten Metallſtab zu ſetzen, gleich dem, womit das Goldblattelektrometer verſehen wurde, wo dann die geringſten Veränderungen, die im el. Zuſtande der Atmoſphäre vor ſich gehen, durch ihre Wirkung auf das bewegliche Scheibchen merkbar werden, beſonders wenn man es vorher mit einer kleinen Quantität bekannter El. ladet. Coulomb bediente ſich nicht einmal der Hülfe eines Metallſtabs oder eines beſtändigen Leiters. Er befeſtigte eine kleine Metallkugel an das Ende eines Siegellackſtäbchens, welches ſie zu iſoliren diente, und brachte daſſelbe am Ende einer hölzernen Stange von 1 bis 2 Metern Länge an. Um nun den el. Zuſtand der Luft zu prüfen, hielt er die Stange in der Luft in die Höhe, und berührte die kleine Kugel auf einen Augenblick mit einem Metallſtab oder auch blos mit einem einfachen Metalldraht, den er in der Hand hielt. Nach geendigter Berührung ſenkte er die kleine Kugel, die vermöge ihrer Iſolirung die erlangte El. beibehielt, und bot ſie dem beweglichen Scheibchen des Elektroſkops dar, auf welches ſie ſogleich wirkte. Dieſer Verſuch gelingt ſtets, wenn das Elektroſkop an einem freien Platz befindlich iſt, wohin die Luft ungehinderten Zutritt hat, und wo der el. Zuſtand der, nahe am Boden befindlichen, Schichten nicht durch die Nähe leitender Körper, als z. B. Bäume und Wände von Häuſern ſind, Modificationen erfährt.

Die Intenſität dieſer, gewöhnlich in der Luft vorhandnen, El. nimmt zu, je höher man in der Atmoſphäre hinauf kommt. Dies leitete Sauſſure'n auf den Gedanken, um die atmoſphäriſche El. leichter bemerkbar zu machen, eine ſchwere Kugel in die Luft zu werfen, welche an einem ganz feinen Metalldraht befeſtigt war, deſſen unteres, um den Schaft des Elektroſkops geſchlungenes, Ende an demſelben durch den ſchwachen Druck ſeiner eignen Spannkraft feſtgehalten wurde. Beim Fortſchleudern der Kugel wickelt ſich dieſer Draht auf, und theilt dem Elektroſkop die nämliche Art El. mit, welche die höchſte Schicht beſitzt, bis zu welcher ſich die Kugel erhoben hat. Durch die weitere Fortbewegung der Kugel wird aber der Draht ganz abgewickelt, er löſt ſich vom Schaft des Elektroſkops, und dieſer bleibt iſolirt mit der El., die er erlangt hat, zurück.

Als wir, Gay-Luſſac und ich, uns im Luftballon erhoben, um Verſuche anzuſtellen, die ich bei Abhandlung des Erdmagnetismus anführen werde, ſammelten wir gleichfalls die atmoſphäriſche El. durch ein, dem von Sauſſure angewandten, ähnliches Verfahren. Ein Metallfaden von funfzig Metern Länge war an einem Ende unſrer Gondel aufgehangen, und hing frei herab, durch das Gewicht einer Metallkugel geſpannt. Er brachte uns auf dieſe Weiſe in leitende Verbindung mit einer Luftſchicht, welche ſich funfzig Meter tiefer befand, als diejenige, in welcher wir ſchwebten. Die, oben an dieſem Draht angeſammelte, atmoſphäriſche El. war am Elektroſkop ſehr bemerkbar, und durch Prüfung mit Siegellack erkannten wir, daß ſie negativer Beſchaffenheit ſey, obwohl das Wetter ſich vollkommen heiter zeigte.

Dies Reſultat ſcheint mit dem, welches Sauſſure fand und nach ihm mehrere Phyſiker beſtätigten, in Widerſpruch zu ſtehen; doch iſt dieſer Widerſpruch nur ſcheinbar, und die eine Thatſache läßt ſich ſehr wohl mit der andern vereinigen. Dies darzuthun, wollen wir unſern Faden durch AB, Fig. 46, vorſtellen, und durch ſeine beiden Enden zwei horizontale Ebenen legen, welche die Atmoſphäre in drei Abtheilungen ſcheiden, deren eine zwiſchen den Enden des Fadens, die andern nach oben oder unten darüber hinausliegen. Geſetzt nun, die Atmoſphäre befinde ſich wirklich in einem poſitiv elektriſchen Zuſtande, der mit den Höhen zunimmt. Man wird dieſe El. nur für ſchwach und ihren Anwachs für nicht ſehr beträchtlich annehmen können, zumal in einer Dicke von 50 Metern. Betrachten wir nun zuvörderſt die Wirkungen der beiden äußerſten Schichten. Es handelt ſich hier nicht um ihre Wirkung durch Berührung; denn dieſe muß eine gewiſſe Zeit brauchen, um ſich fortzupflanzen, ſondern von der vertheilenden Wirkung ihrer freien Elektricitäten auf die natürlichen Elektricitäten des Fadens aus der Ferne. Der obere Theil S nun, der ſich in poſitivem Zuſtande befindet, zieht die negative El. des Fadens mit einer Kraft an, die ich durch $+ N$ vorſtellen will, und ſtößt die poſitive mit einer Kraft ab, die ich durch $+ P$ bezeichnen werde. Die untere Schicht S' wird die nämliche Wirkung nach umgekehrter Richtung ausüben; aber mit mindrer Kraft, weil der Annahme zufolge die Intenſität der poſitiven El. mit den Höhen zunimmt. Es mögen alſo p und n die beiden Kräfte ſeyn, die ſie ausübt. Hienach iſt klar, daß die negative El. des Fadens nach ſeinem obern Theil mit einem Uebergewicht von Kraft gleich $N - n$ angezogen, und die poſitive nach ſeinem untern Theil mit einem Kraftüberſchuß gleich $P - p$ abgeſtoßen werden wird. Uns alſo, welche die El. am obern Theil des Fadens beobachteten, müßte dieſelbe negativ erſcheinen. Sauſſure dagegen, der ſie am untern Ende nahm, mußte ſie poſitiv finden.

Noch haben wir die Wirkung der Zwiſchenſchicht AB nicht betrachtet, in welcher ſich der Faden befindet. Wäre dieſe Schicht in ihrer ganzen Höhe gleichförmig elektriſch, ſo würden ihre Wirkungen oberhalb und unterhalb der Mitte des Fadens ſich von ſelbſt ausgleichen, und keine Zerſetzung der natürlichen Elektricitäten des Fadens zur Folge haben. Bei einer Zunahme aber der poſitiven El. mit den Höhen, müſſen offenbar die Wirkungen aller einzelnen Molecule der Schicht ſich zu einer Geſammtwirkung der nämlichen Art, als von der obern Schicht ausgeübt wird, vereinigen, ſo daß ſich die Wirkung letzterer um dieſe Geſammtwirkung vermehrt findet; und eben ſo wird der endliche Erfolg dadurch verſtärkt werden, wofern nur die Dicke dieſer Mittelſchicht bedeutend genug iſt, daß ihre Wirkung in Betracht gegen die Wirkungen der obern und untern Abtheilung der Atmoſphäre kommt.

Die nämliche Erklärungsart läßt ſich auf folgenden Verſuch von Hermann anwenden. Ein ſehr empfindliches Goldblatt-Elektroſkop wird bei heiterm Wetter in einer gewiſſen Höhe der Atmoſphäre feſtgeſtellt. Es giebt hier kein merkbares Zeichen von El. Man bringt nun in eine höhere Luftſchicht, blos einige Fuß über das Elektroſkop, einen Metalldraht oder ſonſt einen Leiter, der horizontal an dem Ende eines Iſolirſtabes angebracht iſt, hält ihn einige Zeit in dieſer Schicht, und ſenkt ihn dann raſch auf das Elektroſkop herab, bis er es berührt; ſogleich divergiren die Goldblättchen vermöge poſitiver El. Bringt man dagegen den iſolirten Leiter in eine Schicht, welche tiefer als das Elektroſkop gelegen iſt, und hebt ihn, nachdem man ihn einige Zeit in dieſer Schicht gelaſſen hat, ſchnell in die Höhe, ſo ertheilt er dem Elektroſkop negative El.

Dieſe Erſcheinungen finden ihre Erklärung in der Bemerkung, daß der bewegliche Leiter jedesmal den Grad der El. annimmt, welche der Schicht, in die man ihn bringt, zukommt. Wird er alsdann ſchnell genug zurückgeführt, daß ſein Zuſtand nicht ganz durch die Berührung der Luftmolecule, durch welche er hindurchgeht, aufgehoben zu werden vermag, ſo theilt er dieſen Zuſtand dem Elektroſkop mit; führt ihm, wenn er von oben herab kommt, einen Ueberſchuß poſitiver El. zu; einen Mangel derſelben dagegen, wenn er von unten herauf kommt. Es ſtelle allgemein $+E$ die Quantität freier poſitiver El. vor, die der iſolirte Leiter beſitzen muß, um in der Luftſchicht, in welcher ſich das Elektroſkop befindet, in elektriſchem Gleichgewicht zu ſeyn; ſo daß, wenn er $+E$ beſitzt, die Molecule dieſer Schicht ihm weder etwas geben noch nehmen. Man bringt ihn nun in eine höhere Schicht, wo er $E + \delta E$ annimmt: wenn man mit δE den kleinen Zuwachs poſitiver El. bezeichnet, den er daſelbſt erlangt. Wird er nun in die Schicht des Elektroſkops wieder herabgeführt, ſo hat er $+ \delta E$ zu viel, und theilt dieſen Ueberſchuß allen Körpern mit, die er berührt, mithin auch dem Elektroſkop, wenn er raſch mit ihm in Berührung gebracht wird, und, bis dieſes durch die Luft des, ihm ſo mitgetheilten, Ueberſchuſſes beraubt worden iſt, werden ſeine Streifen vermöge poſitiver El. divergiren. Wird dagegen der iſolirte Leiter aus tiefern Schichten herauf gebracht, ſo hat er $E - \delta E$, ſo daß er, um ſich wieder bis zu E zu ſättigen, noch $+ \delta E$ poſitive El. mitgetheilt erhalten muß. Setzt man ihn nun mit dem Electroſkop in Berührung, ſo wird dies an ſeinem Zuſtande Antheil nehmen; die Quantität poſitiver El, welche es dann noch beſitzt, wird dem vertheilenden Einfluß der umgebenden Luftmaſſe nicht mehr das Gleichgewicht halten können, und ſeine natürlichen Elektricitäten werden zerſetzt werden. Allein der Theil poſitiver Flüſſigkeit, welcher durch dieſe Zerſetzung frei wird, kann die Goldblättchen nicht zum Divergiren bringen, weil ſeine ganze Repulſivkraft darauf verwandt wird, die der äußern El. E auszugleichen. Alſo wird nun die Repulſivkraft der negativen Flüſſigkeit ihre Wirkſamkeit frei äußern, da ſie durch nichts ausgeglichen wird, und die Goldblättchen werden vermöge dieſer El. divergiren, bis dieſelbe durch die unmittelbare und ſucceſſive Berührung der Luftmolecule fortgenommen und neutraliſirt worden iſt. Die Verſuche dieſer Art bieten den beſondern Fall eines unbegränzten Mittels dar, der Luft, in welchem jedes einzelne Molecul mit einem Ueberſchuß von gleichartiger, an ſeiner Oberfläche haftender, El. geladen iſt, ſo daß die ganze Maſſe des Mittels ſich in einem, mit den Höhen veränderlichen, Verhältniß davon durchdrungen findet. Hier können die verſchiednen Theilchen dieſes Mittels ſich nicht anders in Ruhe befinden, als wenn ſich ihre Repulſivkräfte verbunden mit ihrer Schwerkraft wechſelſeitig aufheben, und die nämliche Bedingung gilt auch für die hineingetauchten leitenden Körper. Für alle dieſe Körper wird demnach das elektriſche Gleichgewicht nicht Statt haben, wenn ihre natürlichen Elektricitäten vollkommen neutraliſirt ſind, ſondern, wenn ſie den Ueberſchuß der einen oder andern El. beſitzen, welcher der Schicht, in der ſie ſich befinden, zukommt, ein Ueberſchuß, der in reiner Atmoſphäre poſitiv iſt. Beſitzen ſie einen größern Ueberſchuß von dieſer nämlichen El., ſo werden ſie blos vermöge dieſes Ueberſchuſſes auf einander, und auf alle umgebenden Luftmolecule, wirken: werden ſich mithin wechſelſeitig abſtoßen müſſen. Iſt dagegen der Ueberſchuß von El., den ſie beſitzen, geringer, als der, den ſie in der Schicht, worein man ſie bringt, von ſelbſt angenommen haben würden, ſo wirkt die Maſſe des Mittels auf jeden derſelben vermöge dieſer Differenz; und ihre natürlichen Elektricitäten werden in dem Grade zerſetzt werden, als erforderlich iſt, um das, was ihnen fehlt, um der El. des Mittels das Gleichgewicht zu halten, zu ergänzen. Vermöge dieſes Zuſatzes nun werden ſie das Mittel eben ſo ſtark abſtoßen, als dieſes ſie ſelbſt abſtößt, und keine Wirkung mehr von ihm erfahren. Allein auf einander ſelbſt werden ſie vermöge der, durch die Zerſetzung gewonnenen, El., welche der des Mittels entgegengeſetzt iſt, wirken; und, wenn das Mittel eine unbegränzte Flüſſigkeit iſt, beſtehend aus Theilchen, die ſich durch Berührung elektriſiren laſſen, ſo wird dieſer Ueberſchuß allmälig an daſſelbe verloren gehen. Sehr viel intereſſante Verſuche würden ſich anſtellen laſſen, um die Geſetze des elektriſchen Gleichgewichts unter Umſtänden nachzuweiſen, die von den gewöhnlich in Betracht gezogenen ſo abweichend ſind.

Zuſätze über die atmoſphäriſche Elektricität.

Ueber die Quelle der atmoſphäriſchen El. iſt man noch keinesweges im Klaren; gewöhnlich wird ſie von der, beſtändig auf unſerer Erdoberfläche vor ſich gehenden Verdunſtung abgeleitet; indem auch bei der Verdunſtung El. frei wird; doch läßt dieſe Annahme noch Vieles unerklärt.

Andrew Croſſe ſtellte viele Beobachtungen mit einem ſehr großen Leiter in der Atmoſphäre an, der aus einem, $\frac{1}{12}$ Zoll ſtarken Kupferdrahte beſtand, welcher iſolirt an 100 bis 110 Fuß hohen Maſtbäumen befeſtigt war. Anfänglich hatte er dieſen iſolirten Draht auf 1¼ Meile lang ausgeſpannt; da aber bei dieſer Länge alle mögliche Vorkehrungen zur Erhaltung ſeiner Iſolirung nichts halfen, ſo fand er es für gut, ihn bis 1800 Fuß zu verkürzen. Er fand durch achtzehnmonatliche Beobachtung außer mehrern andern Reſultaten, folgende:

An heitern Wintertagen iſt die poſitive El. ſtärker, als an ſchönen Sommertagen. Die Intenſität der elektriſchen Zeichen zu verſchiednen Zeiten iſt von der ſtärkſten Wirkung in abnehmender Ordnung folgende: a) Während des Beſtehens eines förmlichen Gewitters; b) bei einem fortſtreichenden Nebel, von etwas Regen begleitet; c) beim Fallen des Schnee's oder einem raſchen Hagelſturm; d) bei einem ſchnellen Regenſchauer, beſonders an einem heißen Tage; e) bei heißem Wetter, das auf mehrere naſſe Tage folgt; f) bei Regenwetter nach mehrern trocknen Tagen; g) bei heiterm Froſt, ſowohl am Tage, als in der Nacht; h) bei heiterer, warmer Witterung im so erhält man:

$$\xi = \frac{4\lambda_0}{Im^2}(\Sigma a'' - \Sigma a_,) - 1 - \frac{4\lambda_0^2(C-A)^2}{I^2m^2}\cdot\frac{1}{\xi}, \qquad (27)$$

wodurch eine Kettenbruchdarstellung für ξ gegeben wird, die rasch konvergiert, da $2\lambda_0(C-A):(Im)$ für unsere Tafeln kleine Werte darstellt.]

[Der Gang der Rechnung ist mithin der Art einzurichten, dass auf Grund von

$$\alpha = \frac{4\lambda_0}{Im^2}(\Sigma a'' - \Sigma a_,); \quad \beta = \frac{4\lambda_0^2(C-A)^2}{I^2m^2}$$

der Reihe nach:

$$\xi_1 = \alpha - 1;$$
$$\xi_2 = \alpha - 1 - \frac{\beta}{\xi_1};$$
$$\xi_3 = \alpha - 1 - \frac{\beta}{\xi_2};$$
etc.

bestimmt und, wenn die Rechnung zum Stehen gekommen, aus dem gefundenen Werte von ξ der Wert von $x = D_p - C$ hergeleitet wird. Zugleich ergiebt sich dann in einfacher Weise der Wert von

$$p = \frac{D-C}{D-A} \text{ gleich } \frac{1}{\xi+1}.]$$

[Aus der Gleichung (26) folgt überdies, dass von den empirisch bestimmten Hauptwerten A, C und D_p bei den für unsere Tafeln geltenden Größenverhältnissen das Lagengesetz von vornherein erfüllt wird. Bringt man nämlich jene Gleichung in die Form:

$$(A-C)\left(\frac{x^2\lambda_0^2}{I^2} + \frac{m^2}{4}\right) + x\frac{\lambda_0}{I}\left(\Sigma a'' - \Sigma a_, - \frac{Im^2}{4\lambda_0}\right) = 0,$$

so folgt, wofern

$$\Sigma a'' - \Sigma a_, > \frac{Im^2}{4\lambda_0},$$

dass $A - C$ und x, d. i. $D_p - C$, weder gleichzeitig positiv, noch gleichzeitig negativ sein können. Es ist daher, da die angegebene Bedingung in der That von den Verteilungstafeln erfüllt wird,

entweder $A > C > D_p$ oder $A < C < D_p$,

wie das Lagengesetz es verlangt.]

XII. Gründe

dafür, dass wesentliche Asymmetrie der Abweichungen bezüglich des arithmetischen Mittels und Gültigkeit des asymmetrischen Verteilungsgesetzes bezüglich des dichtesten Wertes D im Sinne des verallgemeinerten Gauss'schen Gesetzes (Kap. V) der allgemeine Fall sei.

§ 93. Gemäß dem (§ 4) gemachten Unterschiede zwischen wesentlichen und unwesentlichen Bestimmungen kann man geneigt sein, auch eine wesentliche und unwesentliche (oder zufällige) Asymmetrie der Abweichungen bezüglich eines Hauptwertes, wie des arithmetischen Mittels oder dichtesten Wertes, zu unterscheiden. Richten wir hier die Betrachtung in dieser Hinsicht zunächst auf das arithmetische Mittel A. Gewiss ist, dass selbst bei symmetrischer W. der Abweichungen bez. A durch unausgeglichene Zufälligkeiten ein Unterschied zwischen dem Abstande der Extreme E', E, von A und ein Unterschied u zwischen der Zahl der beiderseitigen Abweichungen μ' und μ, hervorgehen kann, und so kann man nach Merkmalen fragen, wodurch sich eine wesentliche Asymmetrie bez. A, die nicht von unausgeglichenen Zufälligkeiten abhängt, von einer unwesentlichen oder zufälligen, die davon abhängt, unterscheidet. Abgesehen nun von den in Kap. II angegebenen allgemeinen, etwas unbestimmten Merkmalen, wodurch wesentliche von unwesentlichen Bestimmungen zu unterscheiden sind, kann man hierbei darauf fußen, dass der durch bloße unausgeglichene Zufälligkeiten entstehende Unterschied u zwischen μ' und μ, einer Wahrscheinlichkeitsbestimmung fähig ist, und dass sich die wahrscheinliche Größe desselben angeben lässt. Nach Maßgabe nun, als dieser wahrscheinliche Unterschied überschritten wird, wird es unwahrscheinlicher, dass die Asymmetrie eine bloß zufällige sei, und giebt es selbst Regeln, den Grad der Unwahrscheinlichkeit zu bestimmen, ohne dass freilich eine absolute Gewissheit hierbei erreichbar ist; worüber ich auf die Bemerkungen in § 31 (historisch) zurückweise und auf die Wahrscheinlichkeitsformeln des XIV. Kapitels verweise. Und so könnte man als leitenden Gesichtspunkt nach vorwiegender Wahrscheinlichkeit aufstellen, nur solche Fälle der Asymmetrie bezüglich A für wesentlich zu halten und eine Bewährung der Gesetze wesentlich asymmetrischer Verteilung dafür zu suchen, wo der bezüglich A sich ergebende wahrscheinliche Wert von u nicht unerheblich überstiegen wird.

In der That habe ich von vornherein die Sache so gefasst, aber mich nachmals überzeugt, wie schon in § 32 bemerkt, dass diese, zunächst so natürlich, ja geboten erscheinende Auffassung gänzlich den richtigen Gesichtspunkt verfehlt. Sie würde haltbar sein, wenn die symmetrische W. der Abweichungen bezüglich A der allgemein vorauszusetzende Fall wäre, und nur, wie man vom Anfange herein voraussetzen konnte und noch von Quetelet vorausgesetzt wird, Ausnahmen erlitte, die besonders herausgesucht und rechnend behandelt sein wollten. Anders stellt es sich aber, wenn vielmehr im Sinne der schon vorgreiflich ausgesprochenen Ansicht die wesentliche Asymmetrie der allgemeine Fall ist, welcher unter den unzähligen Graden, in welchen die Asymmetrie vorkommen kann, den, wo sie verschwindet, nur als besonderen, in aller Strenge vielleicht nie vorkommenden Fall enthält.

§ 94. Dann ist ein prinzipieller Unterschied zwischen wesentlicher und unwesentlicher Asymmetrie gar nicht zu machen; alle K.-G. dürfen, ja müssen unter der Voraussetzung der asymmetrischen W. behandelt werden, mit Rücksicht nur, dass bei endlichem m wegen unausgeglichener Zufälligkeiten die Größe und Richtung der Asymmetrie zufällig von derjenigen abweichen kann, welche bei unendlichem m sich als wesentliche herausstellen würde; und der durchschlagende Grund, es so zu fassen, ist, dass selbst in den Fällen, wo nach den vorliegenden Wahrscheinlichkeitsformeln die Asymmetrie bezüglich *A* möglicherweise nur zufällig sein könnte, die in § 33 angeführten Gesetze der Asymmetrie sich in einer mir selbst unerwarteten Allgemeinheit bestätigen.

Nun gestehe ich allerdings, dass es mir selbst befremdend erschienen ist, und überhaupt ein Rätsel darin gefunden werden kann, dass bei so schwacher Asymmetrie, wie sie vielfach bei den K.-G. des VII. und VIII. Kap. vorkommt, in Konflikt mit den unausweichlichen Zufälligkeiten wegen Endlichkeit des *m*, doch die oben aufgestellten Gesetze der Asymmetrie sich mit merkwürdiger Allgemeinheit und Approximation bestätigen.

Nehmen wir z. B. die Schädeldimensionen. 450 Exemplare europäischer Schädel geben für den Vertikalumfang (bei $i = 5$ mm $E_i = 368$) 220 negative, 230 positive Abweichungen von A_i, dieselben Schädel für den horizontalen Umfang unter entsprechenden Verhältnissen gar 226 negative, 224 positive Abweichungen, Unterschiede, die viel zu unbedeutend sind, um nicht von unausgeglichenen Zufälligkeiten überwuchert zu werden; und doch geben diese Fälle, sowie zahlreiche andere von gleicher Ordnung der Unterschiede, nicht minder gute Bestätigungen der aufgestellten Asymmetriegesetze als die Beispiele von stärkerer Asymmetrie, was ich mir bisher nur so zu erklären weiß, dass die verschiedenen Elemente, auf deren Verhältnisse sich die betreffenden Gesetze beziehen, von den unausgeglichenen Zufälligkeiten im Zusammenhange betroffen, hieraus in gleicher Richtung und nahehin um gleiche Größen oder in gleichem Verhältnis abgeändert werden, so dass vielmehr nur die absoluten Größen als die gesetzlichen Unterschiede oder Verhältnisse der Elemente darunter leiden, womit nicht behauptet ist, dass diese gleiche oder proportionale Änderung genau erfolge, sondern nur so weit, dass der Spielraum, den die Gesetze noch übrig lassen, nicht überschritten wird. Diese Auffassung mag noch einer gründlicheren mathematischen Diskussion bedürftig sein; in Erwartung einer solchen bleibt jedenfalls die Thatsache bestehen, dass selbst die schwächsten Grade der Asymmetrie bezüglich *A* den aufgestellten Verteilungsgesetzen der Asymmetrie noch ihre Gültigkeit bewähren und dadurch selbst beitragen, die Allgemeinheit einer mehr als bloß zufälligen Asymmetrie zu beweisen[1].

Besteht nun aber eine solche im angegebenen Sinne für die K.-G., so ist die Anwendung mathematischer Wahrscheinlichkeitsformeln zur Unterscheidung wesentlicher und unwesentlicher Asymmetrie eigentlich müßig. Möchte immer für Gegenstände von schwacher Asymmetrie dadurch nachweisbar sein, dass die Asymmetrie bezüglich A möglicherweise nur zufällig sein könnte; was ist damit gethan, wenn die faktische Untersuchung beweist, dass sie den Gesetzen wesentlicher Asymmetrie gehorchen; indes, da diese Formeln doch ein gewisses theoretisches Interesse für unser Gebiet behalten, will ich in den folgenden Kapiteln darauf eingehen, ohne folgends praktischen Anlass zu haben, darauf zu fußen.

§ 95. Stelle ich nun überhaupt die Gründe zusammen, welche uns zu veranlassen haben, statt einer wesentlichen Symmetrie eine wesentliche Asymmetrie bezüglich A und eine Verallgemeinerung des G. G. im Sinne der § 33 angeführten Gesetze zuzulassen, so sind es folgende.

1) Da es jedenfalls Fälle eines so großen $u : m$ giebt, bei denen man nach weit überwiegenden Wahrscheinlichkeitsgründen nicht umhin kann, das Vorhandensein wesentlicher Asymmetrie bezüglich A zuzulassen, so kann der allgemeine Fall keinesfalls in wesentlicher Symmetrie bez. A gesucht werden; wohl aber, wenn überhaupt etwas Allgemeines für K.-G. in dieser Beziehung gelten soll, in wesentlicher Asymmetrie, worunter wesentliche Symmetrie und schwache Asymmetrie als besondere Fälle treten.

2) Wenn man einen und denselben K.-G. einer vergleichenden Verteilungsrechnung nach dem für wesentliche Asymmetrie geltenden, zweispaltigen Gauss'schen Verteilungsgesetze (§ 33) und dem für wesentliche Symmetrie geltenden, einfachen Gauss'schen Vertei-

---

[1] [Man vergl. hierzu die theoretische Ableitung des asymmetrischen Verteilungsgesetzes § 136, wonach die Hauptwerte sich nur um Größen von der Ordnung i oder $1:\sqrt{m}$ unterscheiden, welch letztere so klein vorauszusetzen sind, dass ihre Quadrate i^2 oder $1:m$, endlichen Größen gegenüber, vernachlässigt werden dürfen.]

lungsgesetze (§ 24 flgd.) unterzieht, so ist die erstere Verteilungsrechnung von vornherein dadurch im Vorteil, dass sie das empirisch verschiedenne m', $m_,$ bez. D beiderseits genau wiedergiebt, wogegen letztere für das empirisch verschiedene μ', $\mu_,$ bez. Δ denselben Wert $\frac{1}{2}(\mu'+\mu_,)=\frac{1}{2}m$ giebt, der also für die eine Seite um ebensoviel gegen die empirische Abweichungszahl zu groß als auf der anderen zu klein ausfallen muss. Dieser im Prinzip der verglichenen Rechnungsweisen begründete Vorteil für die Rechnung nach der Verallgemeinerung des G. G. für Asymmetrie würde nun zwar an sich nicht hindern, dass in den einzelnen Verteilungsbestimmungen der $m'\varphi'$ und $m_,\varphi_,$ (§ 27) sich um so größere und im ganzen überwiegende Nachteile gegen die Rechnungsweise nach dem einfachen G. G. geltend machten; aber so weit ich Vergleiche angestellt habe, ist das Gegenteil der Fall.

3) Die Gesetze der wesentlichen Asymmetrie, welche § 33 für den Fall eines hinreichend großen m und Erfüllung der in Kap. IV angegebenen Requisiten aufgestellt sind und weiterhin ihre theoretische Begründung finden werden, bestätigen sich an dem vorliegenden Untersuchungsmaterial allgemein mit solcher Annäherung an die idealen Forderungen, wie es nur bei den doch nicht ganz ausschließbaren unausgeglichenen Zufälligkeiten erwartet werden kann, und beweisen damit zugleich die Richtigkeit dieser Theorie.

So gilt es zuvörderst bezüglich des Proportionalgesetzes. Nach den gegebenen Erklärungen besteht es darin, dass bezüglich des Wertes, auf den das größte z fällt, kurz bezüglich des dichtesten Wertes, die Zahl der beiderseitigen Abweichungen sich wie die Größe ihrer mittleren Werte, d. i. $m_, : m' = e_, : e'$ verhält, wonach umgekehrt der Wert, bezüglich dessen dies Verhältnis zutrifft, mit dem durch sein z-Maximum direkt bestimmten dichtesten Werte zusammenfallen muss. Nachdem wir nun eine Verteilungstafel durch angemessene Reduktion auf einen so regelmäßigen Gang der z gebracht haben, dass eine Untersuchung seiner Gesetze und Verhältnisse überhaupt möglich ist, finden wir den daraus nach der Bedingung bestimmten Wert, dass sich bezüglich desselben $m_, : m' = e_, : e'$ verhalte, in das Intervall fallend, auf welches das größte z fällt, wie man sich überzeugen kann, wenn man einerseits das in den Tabellen der Elemente aufgeführte, überall nach jener Bedingung bestimmte D_p, andererseits die auf die Form der Intervalltafel gebrachte Verteilungstafel, aus welcher die Ableitung geschehen ist, vor Augen nimmt. Mittelst des Kap. XI angegebenen Interpolationsverfahrens aber kann man das D in dem Intervalle, worin es liegt, noch genauer bestimmen, als wenn man es direkt nach der Größe seines z zu bestimmen sucht, wonach man dann freilich in den Tabellen der Elemente nicht eine weitere Bestätigung des Proportionalgesetzes darin finden darf, dass bezüglich des darin aufgeführten dichtesten Wertes D_p sich wirklich $m_{,} : m' = e_{,} : e'$ verhält, da D_p selbst als der Wert bestimmt ist, bezüglich dessen dieses Verhältnis besteht. Nun kann allerdings ausnahmsweise dieser Wert unter dem Einflusse starker unausgeglichener Zufälligkeiten und bei ungünstiger Reduktionslage statt in das Intervall mit dem Maximal-z selbst, in das Nachbarintervall fallen; doch reicht es dann im allgemeinen hin, die Reduktionslage zu ändern, um ihn in das betreffende Intervall hineinzubringen.

Weiter aber finden wir in dem möglichst scharf auf Grund jener Proportion bestimmten Werte D_p einen Ausgangswert für Abweichungen, welche dem zweispaltigen G. G. genügen, mit zufälligen Störungen allerdings, die ja nirgends fehlen können, aber nur solchen von gleicher Ordnung, als auch bei der Verteilung der Beobachtungsfehler bezüglich des arithmetischen Mittels vorkommen und geduldet werden, wie die BESSEL'schen Vergleichstabellen[1] zwischen Beobachtung und Rechnung beweisen.

Was das Lagengesetz anlangt, wonach der Zentralwert C und das arithmetische Mittel A nach derselben Seite vom dichtesten Werte in der Art abliegen, dass C zwischen A und D_p fällt, so wird man es mit seinen Konsequenzen ausnahmslos selbst bei den schwächsten $u : m$ in den Tabellen der Elemente bestätigt finden, und könnte geneigt sein, hierin den allerschlagendsten Beweis für wesentliche Asymmetrie zu finden, da bei wesenlicher Symmetrie vielmehr D_p, C, A nur durch unausgeglichene Zufälligkeiten, und dann in unbestimmter gegenseitiger Lage, von einander abweichen könnten. Doch ist hierauf nichts zu geben. Es lässt sich nämlich nachweisen, dass das Lagengesetz eine notwendige Konsequenz des Proportionalgesetzes ist[1], und sofern D_p in den Tabellen der Elemente durch das Proportionalgesetz bestimmt ist, muss sich dann freilich auch das Lagengesetz bezüglich desselben bestätigen, ohne damit beweisen zu können, dass dieser Wert dem Maximal-z entspricht, was fundamental immer nur durch den direkten Vergleich geschehen kann.

---

[1] Fundamenta astronomiae, Sectio II, p. 19. 20.

Hiergegen setzen die π-Gesetze, wodurch für die Abstände zwischen D_p, C, A bestimmte Werte festgestellt werden, die Gültigkeit des zweispaltigen G. G. voraus, ohne dass dieses eine notwendige Folge des Proportionalgesetzes ist, und tragen also, insofern sie sich in der Erfahrung mit solcher Annäherung bestätigen, als es unausgeglichene Zufälligkeiten gestatten, allerdings wesentlich bei, das Vorhandensein wesentlicher Asymmetrie zu beweisen, sofern solche mit dem zweispaltigen G. G. solidarisch ist.

Schließlich also kommen die aus den Tabellen der Elemente und den damit in Beziehung stehenden Vergleichstabellen zwischen beobachteter und berechneter Verteilung zu entnehmenden Merkmale für das Vorhandensein wesentlicher Asymmetrie darauf zurück: a) dass das nach dem Proportionalgesetz bestimmte D_p mit dem direkt bestimmten D_i so nahe zusammentrifft, als es unausgeglichene Zufälligkeiten gestatten; b) dass die Abweichungen von dem in ersterem Wege möglichst genau bestimmten D_p dem zweispaltigen G. G. in zufriedenstellender Weise genügen; c) dass die π-Gesetze mit hinreichender Annäherung erfüllt werden. Selbstverständlich muss bei all' dem die Erfüllung der Requisiten des Kap. IV vorausgesetzt werden, die überhaupt zu einer erfolgreichen Untersuchung der K.-G. erfüllt sein müssen. Sofern nun unter diesen Voraussetzungen die angegebenen Kriterien allgemein zutreffen, kann allerdings ein Schluss auf das allgemeine Vorkommen wesentlicher Asymmetrie daraus gezogen werden.

4) Verstehen wir verwandte K.-G. im Sinne folgender Beispiele,

---

[1] [Vergl. den Schluss des vorhergehenden Kapitels.]

so giebt es nicht wenige Fälle, wo das u derselben bei dem zu Gebote stehenden m zu klein ist, um nicht bei jedem insbesondere die Möglichkeit der Abhängigkeit von bloß zufälliger Asymmetrie übrig zu lassen, in der Richtung aber bei allen so übereinstimmend, oder einer Abwandelung der Gegenstände so gesetzlich folgend, als sich nicht mit bloßer Zufälligkeit verträgt.

So habe ich bei Rekrutenmaßen ganz verschiedener Länder, so weit sie als vollzählig anzusehen sind, die Asymmetrie bezüglich A immer positiv gefunden, bei täglichen und monatlichen Regenmengen (Genf, Freiberg) für alle Monate negativ, für die verschiedensten Bauch- und Brustorgane des Menschen (nach Boyd) immer negativ gefunden. Bei den thermischen Monatsabweichungen andererseits kehrt sich die Richtung der Asymmetrie im Fortschritt der Monate durch das Jahr gesetzlich um, so dass sie in den Wintermonaten positiv, in den Sommermonaten schwächer negativ, in den Zwischenmonaten dazwischen schwankend ist. Bei den Roggenähren ist das u des obersten Gliedes positiv, schwächt sich beim Herabsteigen zu den unteren Gliedern und schlägt bei den untersten ins Negative um. Unstreitig zwar könnte das m aller dieser Fälle klein genug genommen werden, dass die Konstanz oder Gesetzlichkeit gestört würde oder verloren ginge, sofern mit der Kleinheit des m die unausgeglichenen Zufälligkeiten einen wachsenden Einfluss gewinnen; aber das m, was zu Gebote stand, hat hingereicht, es zu verhüten. Wäre aber keine wesentliche Asymmetrie vorhanden gewesen, so hätte sie auch bei keiner Größe des m ein so konstantes oder gesetzliches Übergewicht über die Zufälligkeiten gewinnen können. Das mehrfache Vorkommen solcher Fälle hat mich zuerst darauf geführt, der wesentlichen Asymmetrie überhaupt eine allgemeine Rolle im Gebiete der K.-G. zuzuschreiben; und unstreitig würden sich die Fälle dieser Art häufen, wenn nur hinreichende Untersuchungen mit hinreichendem m in Bezug darauf vorlägen.

XIII. Mathematische Verhältnisse der Verbindung von wesentlicher und unwesentlicher Asymmetrie.

§ 96. Sei irgend ein Wert H als Ausgangswert der Abweichungen genommen, und bestehe asymmetrische W. (wesentliche Asymmetrie) bezüglich desselben, so würde ohne Zutritt unausgeglichener Zufälligkeiten (zufällige Asymmetrie) der Unterschied u zwischen den beiderseitigen Abweichungen einfach proportional mit der Vergrößerung oder Verminderung resp. wachsen oder abnehmen. In der That sei er bei einem gegebenen Ausgangs-m gleich x, so würde er bei n-maliger Wiederholung der Beobachtung an jedesmal neuen Exemplaren desselben Gegenstandes denselben Wert x n-mal erreichen, mithin auch bei Zusammensetzung der n Beobachtungsreihen zu einer einzigen kontinuierlichen der Unterschied x in nx übergehen. Wenn dagegen die wesentliche Asymmetrie ganz wegfiele, und der Unterschied bloß von unausgeglichenen Zufälligkeiten abhinge, so würde, wenn wir beim Ausgangs-m den Unterschied y fänden, dieser Unterschied bei n-fachem m nicht gleich ny werden können, weil die Richtung und Größe des Unterschiedes bei den Wiederholungen zufällig wechselt, und, wenn schon allgemein gesprochen ein Übergewicht, unbestimmt nach welcher Seite, bleibt, ändert sich dieses, also der definitive Unterschied, solange man sich in großen Zahlen von Abweichungen bewegt, und durchschnittlich auch bei kleinen Zahlen, nach bekanntem Prinzip statt im Verhältnis n vielmehr im Verhältnis $\sqrt{n}$. Führen wir nun das zu ver-n-fachende m als Einheit der Ver-n-fachung ein und bezeichnen die von der Größe des n abhängigen Werte mit n als Index, so werden wir zu setzen haben[1]:

---

[1] Der Wert x hat hier konsequent mit obiger Bezeichnungsweise den Index 1, sofern er den beim Ausgangs-m, wo $n = 1$, stattfindenden Wert

Sommer; i) bei einem, durch Wolken ganz getrübten, Himmel; k) bei einem nur hin und wieder mit Wolken bedeckten Himmel; l) bei ſchwülem Wetter und hellen Nebelwolken am Himmel; m) bei einer kalten dunſtvollen Nacht.

Die Beobachtungen des D. **Schübler** (Schweigger Journ. für Chemie und Phyſik, B. VIII. S. 21. III. 123. XI. 337. XIX. 1.) ergaben folgende Reſultate:

1) Die atmoſphäriſche El. ſteigt und fällt zweimal periodiſch, ſelbſt bei bewölktem Himmel (wie auch ſchon früher beobachtet worden iſt). — 2) Die Zeit des Eintritts des Maximums und Minimums iſt nach den verſchiednen Jahrszeiten verſchieden und richtet ſich vorzüglich nach dem Auf- und Untergang der Sonne: der Eintritt des erſten Maximums iſt am frühſten in den längſten Sommertagen, am ſpäteſten in den kurzen Wintertagen; hingegen iſt der Eintritt des zweiten Maximums am ſpäteſten in den längſten Sommertagen, am früheſten aber in den kurzen Wintertagen: bei kalten nebligen Wintertagen ſcheinen daher die beiden Maxima wegen ihrer ſehr kleinen Entfernung von einander, beſonders bei Anwendung zu großer atmoſphäriſcher Leiter, die gegen Feuchtigkeit ſchwer zu ſchützen ſind, in Ein Maximum zuſammenzufallen; was zu der irrigen Meinung Anlaß gegeben hat, als hätte die atmoſphäriſche El. nur eine einfache Periode. — 3) Die Zeit des Eintritts des Maximums iſt auch in derſelben Jahrszeit ſich nicht immer gleich. — 4) Die Stärke dieſer elektriſchen Perioden richtet ſich vorzüglich nach der Heiterkeit des Himmels, ſo daß der Einfluß des Lichts auf ihre Bildung unverkennbar iſt, wie denn auch die Ausdünſtung und Feuchtigkeit weſentlich auf ſie wirken. — 5) Das Verhältniß der Stärke der atmoſpäriſchen El. während des Minimums zu der des Maximums und damit die eigentliche Größe der Veränderung iſt in den Sommermonaten beinahe doppelt ſo groß, als in den Wintermonaten. Eben ſo iſt dieſes Verhältniß an heitern Tagen größer, als an trüben. — 6) Die jährliche Veränderung der Stärke der atmoſphäriſchen El. in den untern Luftſchichten ſteht mit der Temperatur der Luft in indirectem Verhältniſſe. — 7) Die Stärke der El. der Nebel ſteht gewöhnlich in gleichem Verhältniſſe mit der Stärke der El. der untern Luftſchichten bei heiterm Himmel. — 8) Jedes fallende meteoriſche Waſſer (Regen, Schnee, Graupeln, Schloßen), iſt bald mehr, bald weniger elektriſch, und die Stärke der El. deſſelben iſt gewöhnlich bedeutend größer, als die der ruhigen atmoſphäriſchen Luft; es zeigt ſich hier nicht mehr blos poſitive El., ſondern dieſe wechſelt auf die verſchiedenſte Weiſe mit der negativen. Bei dieſem Wechſel der poſitiven und negativen El. zeigt ſich auch eine Verſchiedenheit in Rückſicht der Größe und Menge der

für den Fall bloß wesentlicher Asymmetrie:

$$u_n = n x_1 \tag{1}$$

für den Fall bloß unwesentlicher Asymmetrie:

$$u_n = y_1 \sqrt{n} \tag{2}$$

und für den Fall des Zusammentreffens beider:

$$u_n = n x_1 + y_1 \sqrt{n} \tag{3}$$

wobei y_1 allgemein gesprochen mit x_1 gleichen oder ungleichen Vorzeichens sein kann; denn während x beim Übergange aus x_1 in $n x_1$ seine, sei es positive oder negative, Richtung beibehält, kann y_1 beim Übergange in $y_1 \sqrt{n}$ nach Zufall seine Richtung beibehalten oder wechseln, ohne dass eine allgemeine Entscheidung dazwischen vorliegt; und nehmen wir y_1 nach absolutem Werte, so werden wir mit Rücksicht auf diese Zweifelhaftigkeit zu setzen haben:

$$u_n = n x_1 \pm y_1 \sqrt{n} \tag{4}$$

und beim Ausgangs-*m* selbst, wo $n = 1$,

$$u_1 = x_1 \pm y_1 . \tag{5}$$

Setzen wir jetzt einmal $n = 100$, ein andermal $= 1 : 100$, so werden wir respektiv erhalten:

$$u_{100} = 100 x_1 \pm 10 y_1 , \tag{6}$$

$$u_{\frac{1}{100}} = \frac{x_1}{100} \pm \frac{y_1}{10} . \tag{7}$$

Also bei Verhundertfachung des Ausgangs-*m* ist nach (6) das Aus-

---

von x bezeichnet, entsprechend mit y. [Auch ist zu beachten, dass Formel (3) nur die schematische Darstellung der Mischung von wesentlicher und unwesentlicher Asymmetrie geben will, ohne zu besagen, dass y_1 denselben Wert wie in (2) repräsentiert. In der That sind beide Werte verschieden. Denn das auf unwesentlicher Asymmetrie beruhende Glied $y_1 \sqrt{n}$ ist nichts weiter als die nach W. zu erwartende durchschnittliche Schwankung des Wertes von u_n, während das in der wesentlichen Asymmetrie begründete Glied $n x_1$ den wahrscheinlichsten Wert von u_n darstellt; die durchschnittlich zu erwartende Schwankung um den wahrscheinlichsten Wert ist aber von dem letzteren abhängig und besitzt mithin verschiedene Werte, je nachdem der wahrscheinlichste Wert gleich Null ist oder eine endliche Größe darstellt. Vergl. hierzu den Zusatz zum folgenden Kap. (§ 101).]

gangs-x auf das 100fache, das Ausgangs-y bloß auf das 10fache gesteigert, und sollte n ins Unbestimmte vergrößert werden, so würde das definitive y, d. i. der von unausgeglichenen Zufälligkeiten abhängige Unterschied, gegen den von wesentlicher Asymmetrie abhängigen x ganz verschwinden; umgekehrt ist nach (7) bei Herabsetzung des Ausgangs-m auf 1 : 100 das Ausgangs-x auf 1 : 100, das Ausgangs-y bloß auf 1 : 10 herabgekommen, und ersteres würde bei weiterer Verkleinerung von m gegen letzteres merklich ganz verschwinden können, was nur insofern nicht ganz parallel mit der Vergrößerung von m geht, als m ins Unendliche vergrößert, aber nur bis auf 2 verkleinert werden kann, soll überhaupt noch ein Unterschied u bestehen. Allgemein aber folgt hieraus, dass die wesentliche Asymmetrie leichter bei großem, die unwesentliche bei kleinem m überwiegt, sofern wir jenes als ein in starkem Verhältnisse vergrößertes, dieses als ein in starkem Verhältnisse verkleinertes Ausgangs-m, welches man immer dafür nehmen möge, betrachten können, wovon natürlich das Bedürfnis abhängt, ein möglichst großes m anzuwenden, um die wesentliche Asymmetrie möglichst ungestört von unwesentlicher zu erhalten.

XIV. Formeln für den mittleren und wahrscheinlichen Wert des von rein zufälliger Asymmetrie abhängigen Unterschiedes u.

§ 97. Wenn schon oben Merkmale zur Unterscheidung der wesentlichen von der unwesentlichen Asymmetrie gegeben sind, ist doch zu gestehen, dass sie keinen absoluten Charakter haben. Auch kann man in der That nie absolut versichern, dass eine wesentliche Asymmetrie vorliegt, sondern nur, dass eine überwiegende Wahrscheinlichkeit für dieselbe besteht, eine um so mehr überwiegende, je mehr die oben angegebenen Unterscheidungsmerkmale von der zufälligen bestehen und zusammentreffen.

Um doch ein etwas bestimmteres Wahrscheinlichkeitsurteil zu fällen, ist es nützlich, zu wissen, welchen Unterschied man nach W. und im Durchschnitte schon bei wesentlicher Symmetrie nach bloßer Zufälligkeit zu finden erwarten kann.

Unter wahrscheinlicher Differenz verstehe ich diejenige, die in einer großen, streng genommen unendlichen Zahl von Fällen eben so oft unterschritten (nicht erreicht), als überschritten wird; unter mittlerer oder durchschnittlicher die, die man erhält, wenn man die bei oft wiederholten Versuchen mit gegebenem m erhaltenen Werte von u ohne Rücksicht auf das Vorzeichen addiert und mit der Zahl n der vorgenommenen Wiederholungen dividiert. In der That, hat man den einen oder anderen beider Werte für den Fall wesentlicher Symmetrie allgemein bestimmt, so wird man jeden, bei einer gegebenen Mittelbestimmung erhaltenen Wert von u damit vergleichen können. Überwiegt er jene Werte in starkem Verhältnisse, so wird man es sehr unwahrscheinlich zu finden haben, dass er bei Symmetrie erreicht werden konnte, weil die Unwahrscheinlichkeit davon mit der Größe dieses Übersteigens wächst, hiergegen eine wesentliche Asymmetrie vom Vorzeichen des u sehr wahrscheinlich halten dürfen. Bleibt er erheblich unter diesen Werten, so hat man mit großer W. auf Symmetrie oder geringe Asymmetrie von zweifelhaftem Vorzeichen zu schließen. Ja, man kann noch genauere Schlüsse ziehen. Die Theorie lehrt, und die Erfahrung bestätigt es, dass die Wahrscheinlichkeitsverhältnisse, welche nach G. G. für die Beobachtungsfehler im Sinne des bekannten, tabellarisch darstellbaren Integrals bestehen, sich bei wesentlicher Symmetrie auf die u in der Art übertragen lassen, dass das Übersteigen des mittleren oder wahrscheinlichen u bis zu gegebenen Grenzen gleicher W. unterliegt wie das Übersteigen des einfach mittleren oder wahrscheinlichen Beobachtungsfehlers.

Dies wird ausführlicher und genauer in den beiden folgenden Kapiteln theoretisch erwiesen, empirisch bewährt und die Anwendung davon gezeigt werden. Hier beschränke ich mich, vorgreiflich folgende Hauptbestimmungen daraus zu entlehnen, welche geeignet sind, den allgemeinsten Anhalt zu geben.

§ 98. Man hat dabei zwei Fälle zu unterscheiden, den eigentlich nur idealen Fall, dass die Werte Δ vom wahren A gerechnet werden, wie es aus einer unendlichen Zahl von Einzelwerten, also im absoluten Normalfalle zu erlangen sein würde, und den Fall der Wirklichkeit, wo sie von dem in gewisser Weise unrichtigen A gerechnet werden, wie es aus einer endlichen Zahl von Werten zu erlangen ist. Erstenfalls ist gleichgültig, welchem Gesetze der Verteilung die einzelnen Werte nach Maß und Zahl gehorchen, nicht die Größe, nur die Zahl derselben bei gleicher W. der + und − kommt in Betracht, und man kann den bekannten Sack mit einer gleichen Anzahl weißer und schwarzer Kugeln statt + und − als Anhalt zur Berechnung nehmen. Letztenfalls muss für die theoretische Berechnung des mittleren und wahrscheinlichen u ein bestimmtes Gesetz der Verteilung zu Grunde gelegt werden, weil sich hiernach die durchschnittlich und wahrscheinlich zu erwartende Abweichung des falschen vom wahren A richtet, und diese wieder auf die Größe des durchschnittlichen und wahrscheinlichen u von Einfluss ist. Wir legen demgemäß zweitenfalls für die Verteilung das G. G. zufälliger Abweichungen vom Beobachtungsmittel unter, welches durch das bekannte Integral dargestellt wird, da diese Verteilung als normal für den idealen Fall eines wesentlich symmetrischen K.-G. gelten kann.

Sei nun U das mittlere, W das wahrscheinliche u in dem soeben (§ 97) angegebenen Sinne unter Voraussetzung des ersten Falles, $\mathfrak{U}$ und $\mathfrak{W}$ unter Voraussetzung des zweiten Falles[1], so hat man, bis zu sehr kleinem m merklich zutreffend folgende Normalbestimmungen:

$$U = \sqrt{\frac{2}{\pi}(m \pm 0{,}5)} = 0{,}79788\sqrt{m \pm 0{,}5}\,, \tag{1}$$

$$W = 0{,}67449\sqrt{m}\,, \tag{2}$$

$$\mathfrak{U} = \sqrt{\frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{2}{\pi}\right)} \cdot \sqrt{m \pm 1{,}5} = 0{,}48097\sqrt{m \pm 1{,}5}\,, \tag{3}$$

$$\mathfrak{W} = 0{,}40659\sqrt{m}\,, \tag{4}$$

$$\log 0{,}79788 = 0{,}90194 - 1\,, \quad \log 0{,}67449 = 0{,}82897 - 1\,,$$
$$\log 0{,}48097 = 0{,}68212 - 1\,, \quad \log 0{,}40659 = 0{,}60916 - 1\,.$$

In dem Werte von U und $\mathfrak{U}$ ist das obere Vorzeichen respektive von 0,5 und 1,5 bei ungeradem, das untere bei geradem m zu verwenden.

§ 99. Hierzu folgende Bemerkungen. Sämtliche vier Formeln sind prinzipiell nur als approximative für größere m hergeleitet, und bei dieser Herleitung die mit ± behafteten Korrektionen 0,5 und 1,5 der Werte U und $\mathfrak{U}$ (die füglich gegen größeres m verschwindet) nicht mit gefunden. Aber es findet sich empirisch, dass durch Anbringung derselben die betreffenden Formeln bis zu viel kleineren m — ja fast bis zu den kleinsten — herab merklich zutreffend werden als ohne sie.

Ein Erfolg der Korrektion ± 0,5 für U ist, dass der Wert desselben für jedes ungerade und das nächst größere gerade m gleich groß ist, und ein Erfolg der Korrektion ± 1,5 für $\mathfrak{U}$, dass der Wert für jedes ungerade und das um 3 Einheiten größere gerade m gleich groß ist. Durch Rückgang auf ganz genaue Formeln für U, welche aber bei größerem *m* zu umständlich in der Anwendung werden, lässt sich beweisen, dass der erste Erfolg normalerweise von dem kleinsten bis zu dem größten *m* streng und allgemein gültig ist; was den zweiten anlangt, so kann ich dasselbe nicht mit gleicher Sicherheit, sondern nur nach den in Kap. XVI folgenden empirischen Ergebnissen behaupten, welche diesen Erfolg so nahe, als man es nach der Unsicherheit solcher Ergebnisse erwarten kann, zeigen: auch ist die theoretische Herleitung der gegebenen Formeln für $\mathfrak{U}$ und $\mathfrak{V}$ nicht ganz so sicher als für U und V, und da doch gerade von jenen allein für unsere jetzige Untersuchung eine praktische Anwendung zu machen ist, indes die für U und V in anderen Untersuchungen größere Wichtigkeit gewinnen, so ist diesbezüglich auf die nach einer sehr eigentümlichen, sehr mühsamen Methode von mir erlangten, empirischen Bewährungsresultate für $\mathfrak{U}$ und $\mathfrak{V}$ in § 115 zu verweisen.

---

[1] W und $\mathfrak{W}$ haben sonach hier eine andere Bedeutung als die in § 10 festgesetzte.

Es wird nützlich sein zu bemerken, dass die vorigen Formeln auch für den Fall Anwendung finden können, wenn man statt des *m* einer einzelnen Serie das summatorische Σm mehrerer, bezüglich verschiedener Mittel erhaltener Serien, sei es mit gleichem oder verschiedenem *m* vor sich hat, indem sich dann dies Σm für *m* in vorigen Formeln substituiert; nur muss dabei die Bedingung erfüllt sein, dass die Zufälligkeiten, welche in den einzelnen Serien auf die Größe des *u* Einfluss haben, als ebenso unabhängig von einander angesehen werden können, und mithin bei Zusammenrechnung der verschiedenen *m* entsprechend zur Kompensation tendieren, als wenn man das *m* derselben Serie vergrößert.

§ 100. Noch möchten einige theoretische Bedenken zu heben sein, die sich bei Betrachtung der vorigen Formeln leicht aufdrängen könnten.

Nach der bei vorigen Formeln vorausgesetzten gleichen Wahrscheinlichkeit der Δ' und $\Delta_,$ hätte man im Sacke mit unendlich vielen weißen und schwarzen Kugeln, welche uns die Δ' und $\Delta_,$ vertreten können, eine gleiche Anzahl beider anzunehmen; und wenn die ganze unendliche Anzahl gezogen würde, das *m* des Zuges also unendlich wäre, so sollte hiernach der Unterschied u Null sein und zwar bei jeder Wiederholung eines solchen Zuges Null sein, also auch der mittlere und wahrscheinliche Unterschied Null sein, wogegen die Formeln einen mit m ins Unbestimmte wachsenden und bei $m = \infty$ unendlichen Wert von U, V, $\mathfrak{U}$, $\mathfrak{V}$ finden lassen.

Von anderer Seite jedoch leuchtet ein, dass mit wachsendem m auch der Spielraum eines möglichen zufälligen Unterschiedes zwischen μ' und $\mu_{,}$ sich vergrößert, und insofern allerdings ein Wachstum des mittleren und wahrscheinlichen Unterschiedes mit m erwartet werden kann, wovon keine Grenze abzusehen ist, hiernach bei unendlichem m in der That ein unendlicher Unterschied erwartet werden kann.

Diese scheinbare Antinomie hebt sich dadurch, dass, wenn schon der mittlere und wahrscheinliche Unterschied bei unendlichem m den Formeln gemäß an sich selbst unendlich groß wird, er doch als mit $\sqrt{m}$ proportional, als Größe zweiter Ordnung, gegen m sowohl als μ' und $\mu_{,}$, die selbst mit m gleicher Ordnung sind, verschwindet, so dass man aus diesem mathematischen Gesichtspunkte das größtmögliche μ', was sich ziehen lässt, immer noch gleich $\mu_{,}$, oder $\mu' : \mu_{,}$ der Einheit gleich setzen kann, wie es als Bedingung der Symmetrie festzuhalten ist, wenn schon μ' von $\mu_{,}$ sich um eine gegen beide verschwindende Größe unterscheidet.

Auch kann man vielleicht die Sache so fassen: Da eine Unendlichkeit mit einer Unendlichkeit multipliziert gedacht werden kann, was wieder eine Unendlichkeit giebt, so folgt daraus, dass man einfach eine unendliche Zahl Kugeln zieht, nicht, dass man die ganze Zahl zieht, und es könnte immerhin in der absoluten Unendlichkeit die Zahl der weißen und schwarzen Kugeln gleich sein, ohne dass bei $m = \infty$ diese Gleichheit einträte, sofern das ∞ nicht die absolute Unendlichkeit bedeutete.

Jedenfalls kann man der Erfahrung nicht anders als durch obige Gestalt der Formeln entsprechen, und rechtfertigt sich hierdurch dieselbe gegen jedes Bedenken der Theorie, was aus vorigem Gesichtspunkte übrig bleiben könnte.

Zweitens kann man aufstellen, dass, da mit wachsendem m der Unterschied zwischen dem wahren und falschen A sich mehr und mehr verkleinert und bei unendlichem m verschwindend klein wird, doch nach obigen Formeln das vom falschen A gerechnete $\mathfrak{U}'$ zu dem vom wahren A gerechneten U' ein bei größerem m merklich konstantes Verhältnis hat, dessen genauer Grenzwert für unendliches m statt 1 vielmehr

$$\frac{\mathfrak{U}'}{U'} = \sqrt{\frac{\pi - 2}{\pi}} = 0{,}6028 \qquad (5)$$

ist.

Dies aber hat folgenden Grund: Die Zahl von Abweichungen, welche zwischen dem wahren und dem falschen Mittel liegen, und wovon der Unterschied zwischen U' und $\mathfrak{U}'$ abhängt, nimmt freilich mit der Annäherung des falschen an das wahre Mittel ab, aber mit der Größe des m zu; und insofern die Annäherung beider Mittel durch die Größe des m bedingt wird, kompensiert sich dies so, dass jenes konstante Verhältnis bei wachsendem m herauskommt; und selbst bei unendlicher Annäherung beider Mittel kann vermöge Unendlichkeit des m noch eine unendliche Menge unendlich kleiner Abweichungen zwischen beiden mathematisch liegend gedacht werden. Auch in dieser Hinsicht ist übrigens die Erfahrung entscheidend. Nach den in § 115 angeführten, mit einander vergleichbaren Werten von U' und $\mathfrak{U}'$ findet man für $m = 10$; 50; 100 der Reihe nach den Wert $\mathfrak{U}' : U'$ gleich 0,551; 0,558; 0,608, was von dem theoretischen Verhältnisse und von der Konstanz nur in den Grenzen der zu erwartenden Unsicherheit abweicht, die natürlich für das Verhältnis zweier Werte erheblich größer als für die Einzelwerte ist.

Drittens kann der folgende Umstand auffallen. Je nachdem man Abweichungen vom wahren oder falschen Mittel rechnet, fällt die Summe derselben verschieden aus, und zwar durchschnittlich um so kleiner bei Rechnung vom falschen Mittel gegen die Rechnung vom wahren Mittel, je kleiner m, und je falscher mithin das Mittel ist. Aber der Unterschied ist schon bei mäßigem m fast verschwindend, indem, wie ich in einer besonderen Abhandlung[1] theoretisch und empirisch gezeigt, die falsche zur wahren Summe sich durchschnittlich wie $\sqrt{m-1}$ zu $\sqrt{m}$ verhält, welches Verhältnis mit wachsendem m sich der Einheit rasch nähert. Hiergegen erscheint auffällig, dass der mittlere Unterschied zwischen der Zahl der positiven und negativen Abweichungen so beträchtlich verschieden ist, als sich nach obigem Grenzverhältnis $\mathfrak{U}' : U = 0{,}6028$ ergiebt.

---

[1] [»Über die Korrektionen bezüglich der Genauigkeitsbestimmung der Beobachtungen« etc. in den Berichten der Kgl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. 1861.]

Dies lässt sich wie folgt verständlich machen. Wenn die Abweichungen, die man in Wirklichkeit erhält, vom wahren Mittel gerechnet werden könnten, würde bei endlichem m nicht nur die Zahl, sondern auch die Summe derselben nach beiden Seiten nach Zufall ungleich sein. Nun geschieht die Bestimmung des falschen Mittels so, dass man die Summen der Δ nach beiden Seiten künstlich gleich macht, da dies ja die Bedingung des arithmetischen Mittels ist, und man hätte hiernach zu erwarten, dass mit dem Summenunterschiede auch der Zahlenunterschied bei Rechnung vom falschen Mittel ganz verschwände, wenn beide Unterschiede proportional gingen. Dies ist nun nicht der Fall; aber jedenfalls sieht man ein, dass das Verschwinden des Summenunterschiedes beim Übergange vom wahren zum falschen Mittel recht wohl mit einer so bedeutenden Reduktion des Zahlenunterschiedes zusammenhängen kann, wie sie sich im Verhältnisse $\mathfrak{U}' : U$ herausstellt.

Was die wesentliche Asymmetrie anlangt, so nimmt sie an dieser Reduktion nur geringen Anteil. Wie oben (Kap. XIII) bemerkt, kann sich zwar weder wesentliche, noch unwesentliche Asymmetrie bei gar zu kleinem m recht entwickeln; indem aber die Abweichung des falschen vom wahren Mittel durchschnittlich ebenso oft im Sinne als wider den Sinn der wesentlichen Asymmetrie geschieht, findet bei großem m eine Kompensation des Einflusses hiervon für die wesentliche Asymmetrie statt.

§ 101. [Zusatz. Um schließlich noch die Modifikationen, welche die obigen Formeln für den Fall der wesentlichen Asymmetrie erleiden, anzugeben und zugleich die Triftigkeit des im vorigen Kapitel gegebenen Schemas der Mischung von wesentlicher und unwesentlicher Asymmetrie zu erweisen, ist zu beachten, dass bei wesentlich asymmetrischen K.-G. nicht vom arithmetischen Mittel, sondern vom dichtesten Werte prinzipiell auszugehen ist. Bezüglich des letzteren Wertes sind dann die Wahrscheinlichkeiten positiver und negativer Abweichungen nicht gleich, sondern, in Übereinstimmung mit der theoretischen Bestimmung des dichtesten Wertes, im Verhältnisse der beiderseitigen einfachen mittleren Abweichungen c' und $c_,$ anzunehmen. Denn die Proportion $c' : c_, = m' : m_,$ definiert den dichtesten Wert, so dass die Gesamtzahl der Exemplare sich im Verhältnisse $c' : c_,$ auf beide Seiten des dichtesten Wertes verteilt, und mithin eben dies Verhältnis die Wahrscheinlichkeiten p und $q = 1 - p$ für positive und negative Abweichungen bestimmt. Es sei demgemäß für einen K.-G. mit gegebenem c' und $c_,$ bez. des dichtesten Wertes[1]:

$$p = \frac{c'}{c' + c_,}; \quad q = \frac{c_,}{c' + c_,}. \tag{6}$$

Dann ist zunächst die wahrscheinlichste Differenz zwischen positiven und negativen Abweichungen für ein beliebiges m gleich:

$$m(p - q). \tag{7}$$

Wird ferner die mittlere und wahrscheinliche Abweichung von diesem Werte in gleicher Weise durch U und V bezeichnet, wie dies oben betreffs der mittleren und wahrscheinlichen Abweichung vom Nullwerte geschah, so erhält man mit Beiseitelassen der Korrektionen:

$$U = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \sqrt{4pqm} \tag{8}$$

$$V = 0{,}6745 \cdot \sqrt{4pqm}. \tag{9}$$

Es sind mithin die wahrscheinlichen Grenzen der Differenzen u gleich

$$(p - q)m \pm 0{,}6745 \cdot \sqrt{4pqm}, \tag{10}$$

d. h. es ist 1 gegen 1 zu wetten, dass ein beobachtetes u größer als $(p - q)m - 0{,}6745\sqrt{4pqm}$ und kleiner als $(p - q)m + 0{,}6745\sqrt{4pqm}$ sei.]

---

[1] [Eine eingehendere Diskussion lehrt, dass bei schwacher Asymmetrie die eine arithmetische Behandlung des K.-G. gestattet, p und q nur um Größen von der Ordnung $1 : \sqrt{m}$, wo m die Gesamtzahl der Exemplare des K.-G. ist, von $\frac{1}{2}$ verschieden sind.]

Waſſertropfen. — 9) Die Stärke der El. des fallenden meteoriſchen Waſſers hat eine jährliche Periode; am ſtärkſten iſt ſeine El. im Sommer, am ſchwächſten im Winter. — 10) Während 12 Monaten war das meteoriſche Waſſer 71 mal poſitiv und 69 mal negativ; der Schnee zeigte ſich gegen 24 mal poſitiv nur 6 mal negativ. Die Geſtalt der Schneeflocken ändert ſich mit der Geſtalt der El. — 11) Sternſchnuppen, Feuerkugeln, Steinregen und die ſtärkſten Erderſchütterungen dieſes Jahrs (vom Jun. 1811 bis Mai 1812) ereigneten ſich an den Tagen, an welchen die ſtärkſte poſitive El. beobachtet wurde.

So wie das Uebereinſtimmen der elektriſchen Perioden mit dem, unter den Tropen regelmäßigen, täglichen Steigen und Fallen des Barometers unverkennbar iſt (Schweigg. J. f. Ch. u. Ph. III. 126), ſo iſt das Verhältniß dieſer elektriſchen Perioden zu den periodiſchen Abweichungen der Magnetnadel nicht weniger merkwürdig; auch dieſe geht nämlich täglich zweimal nach Oſten und zweimal nach Weſten, wobei ſie im Allgemeinen folgendes Geſetz beobachtet: daß ſie ſich jedesmal nach der Weltgegend hinwendet, in welcher periodiſch zunächſt von uns die meiſte El. angeſammelt iſt.

Das Elektriſche des Thauproceſſes ſcheint ſich darin zu zeigen, daß Glas (Nichtleiter) und Metall (Leiter), zu gleicher Zeit der Bethauung ausgeſetzt, jenes ſtark bethaut, während dieſes trocken bleibt. (Anm. zu Singers El. von Müller.)

Außer dem Blitze verdanken noch mehrere Lichterſcheinungen ihren Urſprung der atmoſphäriſchen El. oder dieſe iſt doch wenigſtens dabei im Spiele. Hieher gehört z. B. das Wetterleuchten (fulguratio), eine Art Blitz, wobei man keinen Donner hört, auch keinen gedrungenen Feuerſtral ſchießen ſieht, ſondern blos einen ausgebreiteten, wieder verſchwindenden Schein bemerkt. Reimarus vergleicht das Wetterleuchten mit den Lichtſtralen, welche aus Hervorragungen eines ſtark elektriſirten Körpers freiwillig hervorſchießen. Wenn eine Wetterwolke mit El. überladen iſt, ſo kann ſie aus ihren Enden dergleichen Lichtſtralen ausſenden, welche nun zerſtreut und ohne durchbrechende Gewalt in die Luft fahren. (Gehlers phyſik. Wört. Art. Wetterleuchten). Ferner gehört hieher das St. Elmsfeuer, ſchon von den Alten beobachtet, und von ihnen Castor et Pollux genannt. Es iſt dies die Erſcheinung eines rauſchenden Lichtbüſchels oder eines Lichtknöpfchens, die man bei, mit El. überladener, Luft an den vorragenden Spitzen und Ecken in der Luft erhabner, vorzüglich metalliſcher Gegenſtände, doch auch an Menſchen und Thieren und deren Bekleidungen bemerkt. Am häufigſten zeigt ſich dieſe Erſcheinung an den Spitzen

[Diese Bestimmung der wahrscheinlichen Grenzen lässt zugleich die Mischungsverhältnisse der wesentlichen und unwesentlichen Asymmetrie erkennen, wenn im Einklange mit den Aufstellungen des vorhergehenden Kapitels unter wesentlicher Asymmetrie der wahrscheinlichste, von Null verschiedene Differenzwert u, unter unwesentlicher Asymmetrie die wahrscheinliche Schwankung um diesen wahrscheinlichsten Wert verstanden wird. Sie zeigt, dass man in Formel (3) des angegebenen Kapitels $x_1 = (p - q)m$; $y_1 = 0.6745\sqrt{4pqm}$ setzen kann, und dass man sodann in Formel (2), wo $p = q = \frac{1}{2}$ anzunehmen ist, $y_1 = 0.6745\sqrt{m}$ zu setzen hat.]

[Man gelangt zu den angegebenen Bestimmungen des wahrscheinlichsten u, sowie der mittleren und wahrscheinlichen Schwankung um diesen Wert, wenn man die Wahrscheinlichkeit, dass unter m Abweichungen m' positive und $m_,$ negative sich finden, dass mithin $u = m' - m_,$, gleich:

$$W(u) = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdots m}{1 \cdot 2 \cdots m' \cdot 1 \cdot 2 \cdots m_,} p^{m'} \cdot q^{m_,} \qquad (11)$$

setzt und hieraus unter Voraussetzung eines großen Wertes von m den Näherungswert:

$$W(u) = \frac{1}{\sqrt{8pq\pi m}} \exp\left[-\frac{(u - (p - q)m)^2}{8pqm}\right] \qquad (12)$$

ableitet.]

XV. Wahrscheinlichkeitsbestimmungen für den von rein zufälliger Asymmetrie abhängigen Unterschied u beim Ausgange vom wahren Mittel.

§ 102. Im allgemeinen findet sich bei K.-G. zwischen der Zahl der positiven und negativen Abweichungen μ', $\mu_{,}$ bez. des arithmetischen Mittels A ein Unterschied $u = \mu' - \mu_{,}$, von dem sich fragt, ob er nicht bei wesentlich gleicher W. der beiderseitigen Abweichungen bloß durch unausgeglichene Zufälligkeiten wegen Endlichkeit des m erklärlich ist, oder ob die Mitbeteiligung einer asymmetrischen W. der Abweichungen nach beiden Seiten als mitwirkend anzunehmen ist, da unausgeglichene Zufälligkeiten bei dem endlichen m, mit dem man immer zu thun hat, überhaupt nicht fehlen können, ohne dass sie aber deshalb den gefundenen Unterschied allein zu bedingen brauchen. Hierüber lassen sich Wahrscheinlichkeitsbestimmungen angeben, die zwar aus dem in § 94 angegebenen Grunde für unsere Lehre keine fundamentale Wichtigkeit, aber immerhin ein Interesse haben, was mich veranlasst, ohne diesen Gegenstand hier erschöpfen und in seiner mathematischen Tiefe verfolgen zu wollen, bis zu gewissen Grenzen darauf einzugehen.

Das Allgemeinste, was sich darüber sagen lässt, ist, dass je größer der Unterschied u dem absoluten Werte nach im Verhältnisse zur Totalzahl m ist, und je größer m selbst ist, desto unwahrscheinlicher wird die Abhängigkeit von bloßen unausgeglichenen Zufälligkeiten, oder, wie wir kurz sagen mögen, die bloße Zufälligkeit des Unterschiedes, um so wahrscheinlicher die Mitabhängigkeit von asymmetrischer W., ohne freilich eine absolute Gewissheit auf diesem Wege überhaupt erreichen zu können. Wohl aber lässt sich angeben, wie groß bei wesentlich symmetrischer W. der zufällige mittlere und wahrscheinliche Unterschied u zwischen μ' und μ, ist, der je nach dem vorhandenem m erwartet werden kann, wenn unter mittlerem Unterschiede, kurz U, der Unterschied verstanden wird, der bei oftmaliger Wiederholung der Beobachtung unter denselben Umständen mit demselben m aus immer neuen Exemplaren desselben Gegenstandes als arithmetisches Mittel der verschiedenen, dabei erhaltenen Werte von u (dem absoluten Werte nach) hervorgeht; unter wahrscheinlichem Unterschiede, kurz V, der Wert, der dabei ebenso oft überschritten als unterschritten wird, wovon der erste bezüglich der u-Werte dasselbe, als A bez. der a-Werte, der zweite dasselbe als der Zentralwert bez. der a-Werte ist. In je stärkerem Verhältnisse nun das nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung bestimmbare, rein zufällige mittlere und wahrscheinliche u in einer gegebenen Verteilungstafel, resp. U und V, von dem vorgefundenen u überschritten wird, desto unwahrscheinlicher wird die Abhängigkeit desselben von bloßer Zufälligkeit; und es lassen sich selbst nach dem Verhältnisse dieser Überschreitung Grade der Unwahrscheinlichkeit angeben, wofür die Regeln den Mathematikern bekannt sind, worauf ich aber hier nicht näher eingehen will.

Nun scheint es zunächst natürlich, bei der Feststellung der Verhältnisse der u von der bekannten Urne der Wahrscheinlichkeitsrechnung unter der Bedingung auszugehen, dass darin unendlich viele, an Zahl aber gleich viele, weiße und schwarze Kugeln enthalten sind, indem bei Ziehung von je m Kugeln eine gleich große W. für den Zug weißer und schwarzer Kugeln besteht, wonach der Zahlenunterschied u der Kugeln Null sein müsste, nach Zufall aber bei wiederholten, sagen wir n Zügen von je m Kugeln bald die Zahl der einen, bald der anderen Kugeln bald mehr, bald weniger überwiegt, kurz ein zufälliger Unterschied u von zufälliger Größe in zufälliger Richtung erhalten wird. Es lässt sich nicht nur berechnen, sondern auch durch Erfahrung bewähren, wie groß im Falle vieler (streng genommen unendlich vieler) Züge das mittlere und wahrscheinliche u dem absoluten Werte nach sind, und es liegt nahe, das Resultat hiervon auf den mittleren und wahrscheinlichen Wert des u zu übertragen, was nach bloßem Zufall zwischen der Zahl der positiven und negativen Abweichungen vom arithmetischen Mittelwerte eines K.-G. unter Voraussetzung symmetrischer W. bezüglich desselben erhalten wird. Nun wird allerdings weiterhin (§ 109) ein Umstand angegeben werden, welcher die reine Übertragung des Resultates vom einen auf den anderen Fall unthunlich macht; aber gehen wir doch von dem eben besprochenen Falle aus, wobei sich einige interessante, wenn ich nicht irre, bisher unbekannte Verhältnisse herausstellen werden, um erst später auf den verwickelteren, welchen die Kollektivabweichungen darbieten, überzugehen; kurz besprechen wir zunächst das Resultat des Zuges der Kugeln aus der Urne unter den angegebenen Verhältnissen, wobei ich mich in betreff der Resultate für größeres m auf Sätze stütze, die ich in den »Recherches sur la probabilité des jugements« von Poisson und den Abhandlungen von Hauber im 7., 8. und 9. Bande der Zeitschrift für Physik and Mathematik von Baumgartner und Ettingshausen finde, und die unstreitig auch anderwärts[1]) zu finden sind, indes ich für kleineres m, wofür meines Wissens nach keine Untersuchung vorliegt, auf eigener Untersuchung fuße.

§ 103. Nun finde ich zunächst in jenen Quellen das allgemeine Resultat begründet, dass die Wahrscheinlichkeitsverhältnisse des u bei sehr großem m und u unter den angegebenen Bedingungen in ihren Beziehungen untereinander dasselbe Gesetz zufälliger Abweichungen befolgen, als die Abweichungen Δ vom arithmetischen Mittel nach dem G. G. der Beobachtungsfehler, und dass mithin, wenn Q^2 das Mittel aus den Quadraten aller möglichen u bei gegebenem m ist, auch zwischen Q, U und V bei großem m und u dasselbe Verhältnis besteht als nach G. G. zwischen q^2, ε und w, wenn q^2 das mittlere Fehlerquadrat $\Sigma\Delta^2 : m$, ε der einfache mittlere Fehler $\Sigma\Delta : m$, und w der wahrscheinliche Fehler ist. Wonach:

$$U = Q\sqrt{\frac{2}{\pi}} = 0{,}79788\ Q \qquad \log 0{,}79788 = 0{,}90194 - 1 \qquad (1)$$

---

[1] [Z. B. in Meyer's Vorlesungen über Wahrscheinlichkeitsrechnung, im Zusammenhang mit der Behandlung des Bernoulli'schen Theorems; Kap. III.]

$V' = 0{,}67449\,Q$ $\log 0{,}67449 = 0{,}82897 - 1$ (2)

$V' = 0{,}84535\,E'$ $\log 0{,}84535 = 0{,}92703 - 1$ (3)

Nach eigener Untersuchung aber finde ich folgende zwei, an sich nicht uninteressante Sätze, welche für sehr großes, streng genommen unendliches n streng gültig bleiben, mag m groß oder klein sein, also sich um so angenäherter wiederfinden werden, je öfter man den Zug von je m Kugeln wiederholt, sei es, dass es jedesmal 2 oder 10 oder 100 u. s. w. sind:

1) dass $Q^2 = m$

2) dass E' ganz gleich für ein gegebenes ungerades und das um 1 größere gerade m, also für $m = 1$ und 2, 3 und 4, 99 und 100 u. s. f. ist.

§ 104. Folgendes die Weise, wie mathematischerseits auf vorige Sätze zu kommen.

Seien jedesmal m, beispielsweise 4 Kugeln aus der betreffenden Urne gezogen, so können folgende 5 Fälle eintreten:

Besondere Zahl der gezogenen weißen und schwarzen Kugeln		u
4 w.	0 schw.	+ 4
3 w.	1 schw.	+ 2
2 w.	2 schw.	0
1 w.	3 schw.	− 2
0 w.	4 schw.	− 4

Allgemein, bei gegebenen m, sind die möglichen u-Werte $m + 1$, wenn die positiven und negativen u unterschieden werden, hingegen bloß $\frac{1}{2}m + 1$ bei geradem m, $\frac{1}{2}(m + 1)$ bei ungeradem m, wenn die u nach absolutem Werte, also positive und negative als gleich gezählt werden. Für jedes nicht zu große m sind die möglichen u nach vorigem Schema leicht empirisch zu finden, und es fragt sich nun, wie oft bei sehr oftmaligen Zügen von m, also diesfalls von 4 Kugeln jedes der möglichen u im Verhältnisse zur Gesamtzahl der möglichen u vorkommt, oder kurz, welche W. jedes u hat. Sei diese W. in gleich anzugebender Weise gefunden. Multipliziert man dann jedes

u mit seiner W. und addiert diese Produkte, so hat man darin nach bekanntem Prinzip der Wahrscheinlichkeitsrechnung das genaue mittlere u, was wir U nennen. Zunächst scheint es zwar, dass die Summe jener Produkte noch mit der Summe der W. dividiert werden müsste, um das mittlere u zu erhalten; aber jede einzelne W. stellt sich als ein Bruchwert von 1 dar, und die gesamte Summe dieser Bruchwerte giebt 1, was keine besondere Division nötig macht. Ebenso erhält man das mittlere u^2, was wir Q^2 nennen, durch Summierung der Produkte der einzelnen u^2 in ihre respektive W.

Es gilt also, um U und Q^2 für ein gegebenes m zu finden, die dabei möglichen u im Sinne obigen Beispieles zu verzeichnen, die W. eines jeden wie folgt zu bestimmen, und dann die Summe der Produkte wie angegeben zu nehmen.

Um nun die W. eines u, kurz $W[u]$ oder $W[\mu' - \mu_{,}]$, unter Sonderung der positiven und negativen Werte für gegebenes m zu erlangen, hat man folgende, den Mathematikern bekannte Formel[1]:

$$W[u] = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots m}{(1 \cdot 2 \cdot 3 \dots \mu')(1 \cdot 2 \cdot 3 \dots \mu_{,})} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^m, \tag{4}$$

wobei $1 \cdot 2 \cdot 3 \dots m$ das Produkt aller ganzen Zahlen von 1 an bis inkl. m bedeutet, entsprechend mit μ' und $\mu_{,}$, in dem Falle aber, dass μ' oder $\mu_{,} = 0$ ist, der Wert $1 \cdot 2 \cdot 3 \dots \mu'$ oder $1 \cdot 2 \cdot 3 \dots \mu_{,}$ gleich 1 zu setzen ist.

Wenden wir dies auf unser Beispiel $m = 4$ an, nehmen μ' für die Zahl der weißen, $\mu_{,}$ für die der schwarzen Kugeln, $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 = 24$; $(\frac{1}{2})^4 = \frac{1}{16}$; so erhalten wir:

μ'	$\mu_{,}$	u	$W[u]$
4	0	$+4$	$\frac{1}{16}$
3	1	$+2$	$\frac{4}{16}$
2	2	0	$\frac{6}{16}$
1	3	-2	$\frac{4}{16}$
0	4	-4	$\frac{1}{16}$

---

[1] Kürzer drückt man dieselbe Formel so aus:

$$W[u] = \frac{m!}{(\mu')!\,(\mu_{,})!} \left(\frac{1}{2}\right)^m.$$

Nehmen wir nun u nach absolutem Werte rücksichtslos auf sein Vorzeichen, wie wir zu thun haben, weil U als Mittel aus den absoluten Werten gefasst wird, so verdoppelt sich bei ungeradem m die W. für jedes u, bei geradem m, wie es bei $m = 4$ ist, für jedes u mit Ausnahme von $u = 0$, und haben wir das vorige Beispiel so zu schreiben:

$\pm u$	$W(\pm u)$
4	$\frac{2}{16} = \frac{1}{8}$
2	$\frac{8}{16} = \frac{4}{8}$
0	$\frac{6}{16} = \frac{3}{8}$

Die entsprechende Durchführung für das ungerade $m = 5$ und das um 1 größere gerade $m = 6$ giebt:

für $m = 5$

$\pm u$	$W(\pm u)$
5	$\frac{2}{32} = \frac{1}{16}$
3	$\frac{10}{32} = \frac{5}{16}$
1	$\frac{20}{32} = \frac{10}{16}$

für $m = 6$

$\pm u$	$W(\pm u)$
6	$\frac{2}{64} = \frac{1}{32}$
4	$\frac{12}{64} = \frac{6}{32}$
2	$\frac{30}{64} = \frac{15}{32}$
0	$\frac{20}{64} = \frac{10}{32}$

[Daraus folgt aber $U = 1\frac{1}{2}$, $Q^2 = 4$ für $m = 4$; $U = 1\frac{7}{8}$, $Q^2 = 5$ für $m = 5$ und $U = 1\frac{7}{8}$, $Q^2 = 6$ für $m = 6$, so dass sich die obigen Sätze bestätigt finden, indem $Q^2 = m$ für $m = 4$, 5 und 6, und U für $m = 5$ und 6 den nämlichen Wert erhält. In gleicher Weise kann für beliebige andere m durch direkte Rechnung eine Bestätigung erzielt werden.]

[Um jedoch die beiden Sätze in ihrer allgemeinen Gültigkeit zu beweisen, bezeichne man Q und U rücksichtlich der Abhängigkeit von m durch Q_m und U_m, und setze zunächst:

$$Q_m^2 = \sum \frac{(\mu' - \mu_,)^2 \cdot (m)!}{(\mu')!\,(\mu_,)!\,2^m}, \tag{5}$$

wo die Summation über alle Wertenpaare $(\mu', \mu_,) = (m, 0)$; $(m - 1, 1)$; $\ldots$ $(1, m - 1)$; $(0, m)$ auszudehnen ist, für welche $\mu' + \mu_, = m$. Somit ist $(\mu' - \mu_,)^2 = (\mu' + \mu_,)^2 - 4\mu'\mu_, = m^2 - 4\mu'\mu_,$, und man erhält durch Substitution des letzteren Wertes:

$$Q_m^2 = \sum \frac{m^2 (m)!}{(\mu')!\,(\mu_,)!\,2^m} - \sum \frac{4\mu'\mu_,(m)!}{(\mu')!\,(\mu_,)!\,2^m}\,. \tag{6}$$

Da

$$\frac{\mu'\mu_,}{(\mu')!\,(\mu_,)!} = 0,$$

wenn $\mu' = 0$ oder $\mu_, = 0$, so ist die zweite Summe bloß noch über die Wertenpaare $(\mu', \mu_,) = (m-1,\ 1),\ (m-2,\ 2),\ \ldots\ (1,\ m-1)$ zu erstrecken. und man kann darum Q_m^2 in folgender Form darstellen:

$$Q_m^2 = m^2 \sum \frac{(m)!}{(\mu')!\,(\mu_,)!\,2^m} - m(m-1) \sum \frac{(m-2)!}{(\mu'-1)!\,(\mu_,-1)!\,2^{m-2}}\,. \tag{7}$$

Es ist nun aber die erste Summe gleich $(1+1)^m : 2^m$, die zweite gleich $(1+1)^{m-2} : 2^{m-2}$, wie unmittelbar zu erkennen, wenn die Dividenden nach dem binomischen Satze entwickelt werden, und der Wert jeder der beiden Summen ist folglich gleich Eins. Daher erhält man:

1) $Q_m^2 = m^2 - m(m-1) = m\,.$

Man setze ferner für ein gerades m, das gleich 2μ angenommen werde:

$$U_{2\mu} = \sum' \frac{2(\mu'-\mu_,)(2\mu)!}{(\mu')!\,(\mu_,)!\,2^{2\mu}} \tag{8}$$

für das um 1 kleinere ungerade $m = 2\mu - 1$:

$$U_{2\mu-1} = \sum' \frac{2(\mu'-\mu_,)(2\mu-1)!}{(\mu')!\,(\mu_,)!\,2^{2\mu-1}} \tag{9}$$

und erstrecke erstenfalls die Summation über die Wertpare: $(\mu', \mu_,) = (2\mu,\ 0),\ (2\mu-1,\ 1),\ \ldots\ (\mu+1,\ \mu-1)$; zweitenfalls über die Wertenpaare $(\mu',\ \mu_,) = (2\mu-1,\ 0),\ (2\mu-2,\ 1),\ \ldots\ (\mu,\ \mu-1)$. Man kann nun im ersteren Falle $\mu' = \mu + 1 + \lambda$, $\mu_, = \mu - 1 - \lambda$, im letzteren Falle $\mu' = \mu + \lambda$, $\mu_, = \mu - 1 - \lambda$ setzen, wo beidesfalls λ die μ Werte $\mu - 1,\ \mu - 2,\ \ldots\ 0$ anzunehmen hat, so dass man folgende Darstellungsformen gewinnt:

$$\left.\begin{aligned} U_{2\mu} &= \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\mu-1}{}' \frac{2(2\lambda+2)(2\mu)!}{(\mu+1+\lambda)!\,(\mu-1-\lambda)!\,2^{2\mu}} \\ &= \frac{2(2\mu)!}{(\mu)!\,(\mu)!\,2^{2\mu}} \sum_{\lambda}{}'(2\lambda+2)\frac{\mu(\mu-1)\ldots(\mu-\lambda)}{(\mu+1)(\mu+2)\ldots(\mu+\lambda+1)}; \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

$$\left.\begin{aligned} U_{2\mu-1} &= \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\mu-1} \frac{2(2\lambda+1)(2\mu-1)!}{(\mu+\lambda)!\,(\mu-1-\lambda)!\,2^{2\mu-1}} \\ &= \frac{2(2\mu-1)!}{(\mu-1)!\,\mu!\,2^{2\mu-1}} \sum_{\lambda} (2\lambda+1)\, \frac{\mu(\mu-1)\ldots(\mu-\lambda)}{\mu(\mu+1)\ldots(\mu+\lambda)}\,. \end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

Da aber für beliebige positive, ganze Zahlen μ und ν[1]:

$$\sum_{\lambda=0}^{\lambda=\mu-1} (2\lambda+\nu-\mu+1)\, \frac{\mu(\mu-1)\ldots\ldots(\mu-\lambda)}{\nu(\nu+1)\ldots\ldots(\nu+\lambda)} = \mu\,, \qquad (12)$$

so ist auch:

$$\left.\begin{aligned} &\sum_{\lambda} (2\lambda+2)\, \frac{\mu(\mu-1)\ldots(\mu-\lambda)}{(\mu+1)(\mu+2)\ldots(\mu+\lambda+1)} \\ &= \sum_{\lambda} (2\lambda+1)\, \frac{\mu(\mu-1)\ldots(\mu-\lambda)}{\mu(\mu+1)\ldots(\mu+\lambda)} = \mu \end{aligned}\right\} \qquad (13)$$

und man erhält durch einfache Reduction:

$$2) \qquad U_{2\mu} = U_{2\mu-1} = \frac{(2\mu-1)!}{(\mu-1)!\,(\mu-1)!\,2^{2\mu-2}}\,.]$$

§ 105. In den beiden vorigen Sätzen ist nichts über die Zahlenbeziehung enthalten, welche in den Formeln (1), (2), (3) auf Grund der Anwendbarkeit des G. G. auf die Wahrscheinlichkeitsverhältnisse der u zwischen den Werten U, Q und V aufgestellt sind, und liegt im Bisherigen noch keine [einfache] Abhängigkeit der Werte U und V von der Größe des m vor, wie wir eine solche doch brauchen. Substituieren wir nun aber in die obigen Formeln auf Grund von

---

[1] [Man beweist diese Identität, indem man erst

$$\mu = \frac{\mu(\mu-1)}{\nu} + (\nu-\mu+1)\,\frac{\mu}{\nu}$$

setzt und dann der Reihe nach

$$\frac{\mu(\mu-1)\ldots(\mu-\lambda)}{\nu(\nu+1)\ldots(\nu+\lambda-1)}$$

für $\lambda = 1, 2, \ldots \mu-1$ durch

$$\frac{\mu(\mu-1)\ldots(\mu-\lambda-1)}{\nu(\nu+1)\ldots(\nu+\lambda)} + (2\lambda+\nu-\mu+1)\,\frac{\mu(\mu-1)\ldots(\mu-\lambda)}{\nu(\nu+1)\ldots(\nu+\lambda)}$$

ersetzt.]

Satz (1) den Wert $\sqrt{m}$ für Q, so erhalten wir folgende zwei Formeln, welche das Verlangte leisten[1]:

$$U = 0{,}79788\,\sqrt{m} \tag{14}$$

$$V = 0{,}67449\,\sqrt{m}\,, \tag{15}$$

Formeln, die man übrigens aus allgemeinen Formeln der angezeigten Quellen ableiten kann, so dass nichts wesentlich Neues damit geboten wird: hiergegen lässt sich auf Satz (2) folgende, wie mir scheint, bisher unbekannte Korrektion der Formel (14) gründen, wozu folgendes vorauszuschicken.

---

[1] [Man gelangt zu der nämlichen Formel für U, wenn man in der obigen Darstellung von $U_{2\mu}$, die der Einfachheit wegen in der unreduzierten Form

$$\frac{2\mu\cdot(2\mu)!}{(\mu)!\,(\mu)!\,2^{2\mu}}$$

vorausgesetzt werde, nach der Stirling'schen Formel $(2\mu)! = (2\mu)^{2\mu}\cdot\exp(-2\mu)\cdot\sqrt{2\pi\cdot 2\mu}$ und $\mu! = \mu^{\mu}\cdot\exp(-\mu)\cdot\sqrt{2\pi\mu}$ setzt; man erhält alsdann nach erforderlicher Reduktion

$$U_{2\mu} = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\mu} \quad \text{oder} \quad U_{2\mu} = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\cdot\sqrt{2\mu}\,.$$

Da jedoch so nur eine Annäherung an den wahren Wert von $U_{2\mu} = U_{2\mu-1}$ erzielt wird, ist es angezeigt, für kleinere Werte von 2μ oder $2\mu-1$, auf Grund der genaueren Formel

$$n! = n^{n}\cdot\exp(-n)\cdot\sqrt{2\pi n}\left(1+\frac{1}{12n}\right),$$

den Näherungswerten von $(2\mu)!$ und $(\mu)!$ noch den Faktor

$$\left(1+\frac{1}{24\mu}\right) \text{ resp. } \left(1+\frac{1}{12\mu}\right)$$

beizufügen; dann erhält man

$$U_{2\mu} = U_{2\mu-1} = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\sqrt{2\mu}\left(1-\frac{1}{8\mu}\right) = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\cdot\sqrt{2\mu-\tfrac{1}{2}}\,;$$

somit für gerades m die Formel:

$$U_m = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\sqrt{m-\tfrac{1}{2}}\,;$$

für ungerades m die Formel:

$$U_m = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\sqrt{m+\tfrac{1}{2}}\,.$$

Man gewinnt somit auf diesem Wege die unter (16) angegebene Korrektion für U.]

der Maſtbäume bei Stürmen und an Thurmſpitzen. Sie rührt vom Aus- oder Einſtrömen der atmoſphäriſchen El. durch Spitzen her.

Viel Wahrſcheinlichkeit iſt vorhanden, daß auch die Sternſchnuppen ein elektriſches Licht ſind, obwohl man ſie häufig von Entzündung brennbarer Stoffe in der Atmoſphäre ableiten will.

Das Nordlicht ſcheint zwar in noch näherer Beziehung zum Magnetismus als zur El. zu ſtehen (daher auch Biot beim Magnetismus erſt näher davon handelt); doch dürfte ſich beides nach den neuern Entdeckungen über den Wechſelbezug der El. und des Magnetismus wohl vereinigt denken laſſen. — Die Gründe, welche darauf deuten, daß beim Nordlicht El. im Spiele iſt, ſind nach Thienemanns neueſten Beobachtungen in Jsland folgende: a) das Nordlicht tritt an die Stelle der Gewitter und wird da am ſtärkſten ſichtbar, wo die Gewitter ganz aufhören, in der Nähe und innerhalb der arktiſchen Zone. Spätere Beobachtungen müſſen beweiſen, daß in den Jahren, wo auch in unſern Gegenden ſich ſtarke Nordlichter zeigen, wenig Gewitter Statt gefunden haben. b) Steht das Nordlicht dem Beobachtenden nahe genug, und iſt es ſtark, ſo hört er ein kniſterndes Geräuſch, und empfindet einen ſtechenden Geruch, welcher dem gleicht, den andre ſtarke elektriſche Exploſionen hervorbringen. c) Die Farbe des Nordlichts kommt ganz mit der überein, welche andre elektriſche Erſcheinungen (namentlich im luftleeren Raume) haben; ſie iſt gewöhnlich ein ſanftes Gelb, deſſen Stralen aber häufig in den tieferſtehenden Dünſten ſich brechen, und dann regenbogenfarbig, hochroth u. ſ. w. erſcheinen.

Einen directen Beweis ſcheinen Hoods Beobachtungen abzugeben; Gilb. Annal. 1823. H. 5.

Auch Erdbeben, Waſſerhoſen und ſelbſt Vulkane ſind der elektriſchen Wirkſamkeit zugeſchrieben worden. Doch mag ſie hiebei mehr mitwirkend, und zum Theil ihre Erregung auch mehr Folge als Urſach jener Erſcheinungen ſeyn. Man führt einen Verſuch an, zum Beweiſe, daß El. die Ausbrüche der Vulkane beſchleunigen könne: ein Gemiſch von Schwefel und Eiſenfeile unter der Erde nämlich explodirt, wenn es elektriſch wird, faſt augenblicklich, ſonſt erſt in acht bis neun Stunden. — Die Blitze, welche bei Eruptionen von Vulkanen die Rauchſäule über dem Crater durchkreuzen, zeugen auch von dabei Statt findender El.

Während die obigen Sätze 1) und 2) für beliebig kleines und großes m bei nur hinreichend großem n gültig bleiben, setzen die Formeln (14) und (15), ebenso wie die Formeln (1), (2) und (3), aus denen sie folgen, ein großes, streng genommen unendliches m voraus, ohne ein größeres n als 1 zu fordern. Wollte man sie aber auf so kleine m wie 3, 4 oder 5 anwenden, so würden sie selbst im Mittel unendlich vieler Züge, also bei unendlich großem n ein merklich falsches Resultat, hingegen schon bei einem einmaligen Zuge eines sehr großen m ein merklich richtiges Resultat geben. Ersetzen wir aber die Formel (14) durch folgende:

$$U = 0{,}79788 \sqrt{m \mp 0{,}5} \tag{16}$$

unter Anwendung des oberen Zeichens für gerades, des unteren für ungerades m, so entsprechen wir damit der Forderung des Satzes 2) und finden zugleich empirisch, dass diese Formel selbst bis zu den kleinsten m herab zwar nicht absolut, aber fast genau mit den genauen theoretischen Zahlen stimmt, die in oben angegebenem Wege prinzipiell gleich genau für kleines wie für großes m erhalten werden, nur dass für großes m die Rechnung nicht mehr durchführbar ist. In der That erhält man hiernach folgende Vergleichstabelle:

Vergleich der genauen Werte von U mit den nach (16) berechneten.

m	genau	$0{,}79788\sqrt{m \pm 0{,}5}$	diff.
1 u. 2	1,0000	0,9772	— 0,0228
3 u. 4	1,5000	1,4927	— 0,0073
5 u. 6	1,8750	1,8712	— 0,0038
7 u. 8	2,1875	2,1851	— 0,0024
9 u. 10	2,4609	2,4592	— 0,0017
11 u. 12	2,7070	2,7058	— 0,0012
15 u. 16	3,1421	3,1413	— 0,0008
25 u. 26	4,0295	4,0291	— 0,0004

Wie man sieht, weichen alle nach Formel (16) berechneten Werte von U in minus von den genauen ab, aber selbst bei $m = 1$ und 2 ist die Abweichung sehr unbedeutend, beträgt bei $m = 25$ und 26 nur noch 4 Einheiten der 4. Dezimale und nimmt mit Vergrößerung des m weiter ab. Natürlich giebt die unkorrigierte Formel (14) bei kleinem m viel größere Abweichungen von dem genauen Werte; bei $m = 25$ beträgt sie noch $- 0{,}0401$, bei $m = 26$ noch $+ 0{,}0389$: und nur bei viel größerem m wird sie nach Formel (14) wie nach Formel (16) merklich verschwindend.

§ 106. Was den Wert V anlangt, so würde derselbe prinzipiell genau dadurch gegeben sein, dass man den Wert u bestimmte, bezüglich dessen die Wahrscheinlichkeit größerer u gleich der Wahrscheinlichkeit kleinerer u; aber versuchen wir dies auf Beispiele mit kleinem m, wie die obigen mit $m = 4$, 5 oder 6 anzuwenden, so geben dieselben keinen solchen Wert her, sondern welche Werte wir dafür nehmen wollen, so ist die Wahrscheinlichkeitssumme der größeren und kleineren u ungleich, und hätte man denselben, wenn man überhaupt einen bestimmten Wert dafür verlangt, zwischen zweien von den u zu suchen, die um je 2 auseinanderliegen, z. B. bei $m = 5$ zwischen $u = 3$ und 1, bei $m = 6$ zwischen $u = 2$ und 0, ohne dass, so viel ich sehe, ein rationelles Prinzip für eine genauere Bestimmung vorliegt, was doch nicht hindert, bei einem so großen m, dass ± 2 dagegen verschwindet, die Formel (15) dafür zulässig zu finden. Inzwischen schien mir von Interesse, eine Bestimmung auch für kleinere m nach folgendem Prinzip zu versuchen.

Die Zahl der Werte z, die auf einen Wert a eines K.-G. geschrieben wird, sei es in einer primären oder reduzierten Tafel, ist nach früheren Auseinandersetzungen eigentlich auf ein ganzes Intervall verteilt zu denken, dessen Grenzen bei äquidistanten a in die Mitte zwischen je zwei a fallen. Vergleichen wir nun die äquidistanten u mit den äquidistanten a, so lassen sich nach Analogie die Wahrscheinlichkeiten, die jedem u zukommen, auf ein Intervall von der Größe 2 verteilt denken, und hiernach ganz in derselben Weise, wie wir den Zentralwert der a durch Interpolation des Intervalles, in welches er fällt, finden (s. § 82), so den Zentralwert der u, d. i. V, durch Interpolation seines Intervalles finden. Ich sage nicht, dass diese Betrachtung streng ist; denn jene Verteilung der z bei K.-G. ist durch die Natur der Sache als notwendig gegeben, hiergegen bei den u an sich durch nichts gefordert, und eine durch Interpolation gefundene Bestimmung nicht mit einer genauen zu verwechseln. Indessen ließ sich doch der Versuch machen, was dabei herauskommt, und ließen sich die so gefundenen Werte für gegebene m mit den für großes m durch Formel (15) gegebenen vergleichen. Anstatt aber bloß Interpolation mit ersten Differenzen habe ich die genauere mit zweiten Differenzen dabei angewandt und folgende Resultate erhalten:

Vergleich der interpolierten V mit den nach (15) berechneten.

m	interpoliert	$0{,}674\,49\,\sqrt{m}$	diff.
2	1.0000	0.9539	— 0,0461
3	1,1716	1.1682	— 0,0034
4	1.3837	1.3490	— 0,0347
5	1.5072	1.5082	+ 0,0010
6	1.6667	1,6522	— 0.0145
7	1.7912	1.7845	— 0.0067
8	1,9117	1.9077	— 0,0040
9	2,0372	2,0235	— 0,0137
10	2,1328	2,1329	+ 0,0001
15	2,6168	2,6123	— 0,0045
20	3,0241	3,0164	— 0,0077
25	3.3733	3.3724	— 0.0009

Man sieht, dass der Vergleich in der Tat nicht erfolglos ist, indem die durch Interpolation erhaltenen V-Werte selbst bei ganz niederen Werten von m mit denen, welche der Formel (15) entsprechen, fast genau übereinkommen. Und es bleibt nur auffällig, dass die Differenzen zwischen den zusammengehörigen Werten keinen regelmäßigen Gang befolgen, und, während die meisten nach (15) berechneten Werte um eine Kleinigkeit kleiner als die interpolierten Werte sind, bei ein paar (für $m = 5$ und 10) das Umgekehrte statt findet, was nicht auf Rechenversehen beruht, wie ich mich durch sorgfältige Revision überzeugt habe.

[Gerade diese durchgängige Übereinstimmung zeigt jedoch, dass die interpolationsmäßige Bestimmung nur insoweit zutreffend ist, als die Formel (15) den wahrscheinlichen Wert von u mit hinreichender

Annäherung darstellt. Da aber dies — der Herleitung jener Formel zu folge — nur dann der Fall ist, wenn Größen von der Ordnung $1 : \sqrt{m}$ vernachlässigt werden dürfen, so wird man sich für kleinere m weder der Formel (15), noch des Interpolationsverfahrens mit Vorteil bedienen, vielmehr lieber an genauere Bestimmungen von V sich halten. Solche lassen sich in successiver Annäherung an den wahren Wert mittels der Summenformel von Mac Laurin, die auch Euler's Summenformel heißt, gewinnen. Es besteht nämlich die prinzipielle Bedeutung jener Summenformel darin, dass sie die Berechnung einer diskreten Summe, bei Erfüllung gewisser Bedingungen, auf Integration und Differentiation zurückführt und dadurch an Stelle des von Intervall zu Intervall sprungweise sich ändernden Summenwertes einen stetiger Veränderung fähigen Ausdruck setzt. Geschieht dies für die Summe der Werte $W(\pm u)$, so kann dasjenige u bestimmt werden, bis zu welchem die Summe der oberhalb und unterhalb gelegenen Werte gleich $\frac{1}{2}$ ist, wodurch eben V gefunden wird.]

[Es ergiebt sich nun, wie im ersten Zusatz (§ 110) dargelegt wird, für gerade und ungerade m:

$$V = 0{,}674\,489\sqrt{m} - 1\,; \tag{17}$$

wofern Grössen von der Ordnung $1 : \sqrt{m}$ berücksichtigt, solche von der Ordnung $1 : m$ vernachlässigt werden. Bei Mitnahme der Größen von der Ordnung $1 : m$ ferner findet man:

1) für gerades $m = 2\mu$

$$V = c\sqrt{2}\sqrt{m + \tfrac{2}{3}} - 1\,; \tag{18a}$$

2) für ungerades $m = 2\mu - 1$

$$V = c\sqrt{2}\sqrt{m - \tfrac{1}{3}} - 1\,; \tag{18b}$$

wo der Wert von c mittelst der t-Tabelle in beiden Fällen für ein gegebenes $\mu = \frac{1}{2}m$ resp. $\frac{1}{2}(m + 1)$ aus:

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^c \exp[-t^2]\,dt = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{1}{8\mu}\right) \tag{18c}$$

zu finden ist. Die beiden Formeln (18a), (18b) bilden das Analogon zu (16); sie haben zur Folge, dass nahehin die V für ein gerades m und

und das nächst folgende ungerade einander gleich sind und völlig gleich würden, wenn $c\sqrt{2}$ mit Vernachlässigung des Gliedes $1:16\mu$ in (18c) gleich 0,674 49 gesetzt würde.]

[Zum Vergleiche der drei Näherungsformeln (15), (17) und (18), deren V der Reihe nach als V_1, V_2 und V_3 bezeichnet werden, dient folgende Zusammenstellung:

m	V_1	V_2	V_3
4	1.349	0.349	0.565
5	1.508	0.508	0.529
6	1,652	0.652	0.827
9	2,023	1,023	1,043
10	2,133	1.133	1.267
11	2,237	1.237	1,257
20	3.016	2,016	2,111
100	6.745	5,745	5.786
1000	21.329	20,329	20,333

§ 107. Da abgesehen von den interpolationsmäßig herzustellenden V alle vorigen Bestimmungen auf zweifelsfreien arithmetischen Prinzipien und Sätzen beruhen, so dürfte eine empirische Bewährung derselben an sich nicht nötig sein, indes will ich doch auf eine solche eingehen, teils weil die Methode der Bewährung an sich ein eigentümliches Interesse durch den Ersatz der Wahrscheinlichkeitsurne darbieten dürfte, teils weil ihre Resultate einen gewissen Anhalt geben, in wie weit man die genauen Werte von Q und U für gegebenes m, welche prinzipiell eine Bestimmung aus unendlichem n voraussetzen, bei großem, doch immer noch endlichem n, wie es empirisch zu Gebote steht, wiederzufinden erwarten kann.

Unstreitig gewährt die Urne mit unendlich vielen, an Zahl gleichen weißen und schwarzen Kugeln eine sehr geeignete Vorstellung, an welcher man die vorigen Sätze erläutern kann, aber eine solche Urne lässt sich nicht herstellen, und auch, wenn man sie durch eine Urne mit einer endlichen Zahl von Kugeln ersetzt, in die man die m Kugeln nach jedem Zuge zurückthut, was wohl geschehen kann, würde das Verfahren bei sehr vielen Zügen außerordentlich langweilig und die Herstellung einer ganz zufälligen Mischung der Kugeln vor jedem neuen Zuge schwerlich erreichbar sein, kurz die wirkliche Anwendung des Verfahrens immer praktisch undurchführbar sein; auch wüßte ich nicht, dass je Gebrauch davon gemacht worden. Aber es steht das Aquivalent der Urne in den Listen gezogener Gewinnnummern der Lotterie zu Gebote, von welchen die geradzahligen als weiße, die ungeradzahligen als schwarze Kugeln, oder bei Vergleich mit positiven und negativen Abweichungen von gleicher W., die einen als positiv, die anderen als negativ gefasst werden können.

Hierzu habe ich mir (in den 50er Jahren) von den betreffenden Behörden die Listen von zehn sächsischen Lotterien von 1843 bis mit 1852 mit je 32000 bis 34000 Nummern verschafft, Listen, in welchen die Gewinnnummern nach der zufälligen Folge, in der sie gezogen wurden, stehen, als wie 28904; 24460; 32305; 16019; 157; 3708; 16928 u. s. w. Obwohl nun die Anzahl der Nummern jeder Jahreslotterie immer nur eine endliche Zahl bleibt, und die gezogenen Nummern nicht in das Glücksrad zurückgelegt werden, so ändert doch die Ziehung der früheren Nummern nichts in dem Wahrscheinlichkeitsverhältnis der späteren, wie es bei der Anwendung der Urne mit einer endlichen Zahl Kugeln der Fall sein würde, und kann man es so ansehen, als wenn eine Urne mit einer unendlichen Zahl Kugeln vorläge1).

---

[1] Die Losnummern im Glücksrade stellen sich, soviel ich bei einem deshalb vorgenommenen Besuche der Anstalt habe beobachten können, als kleine Stifte dar, welche, näher besehen, kleine Röllchen sind, bestehend aus fest zusammengerollten und durch ringförmige Hülsen gesteckten Zetteln, auf welchen die Nummern enthalten sind. Vielleicht ist diese Beschreibung nach der Erinnerung nicht ganz genau, worauf aber hier nichts ankommt. Vor der Ziehung sind diese Nummern auf Brettern nach ihrer Reihenfolge geordnet, je 1000 auf einem Brett. Diese Bretter werden in unregelmäßiger, durch zufälligen Aufruf eines Beamten bestimmten Reihenfolge erst in einen Kasten und von hier aus in das Glücksrad entleert, so dass von vornherein eine unregelmäßige Mischung nach Tausenden statt hat, dann das Rad umgedreht, und dies nach je 100 gezogenen Nummern wiederholt. An der Axe des Rades sind vier durchbrochene Flügel angebracht, welche sich in entgegengesetzter Richtung des Rades drehen und dadurch die unregelmäßige Mengung befördern. Sieht man zu, wie dies geschicht, und die Lose durcheinander fallen, so fühlt man sich versucht, zu glauben, dass schon

Erläutern wir die Anwendung hiervon zunächst an dem einfachen Fall von $m = 3$, wo bloß die beiden $\pm u = 1$ und 3 mit der theoretischen $W[u] = 0{,}75$ respektive $0{,}25$ möglich sind, welche sich nach angegebenen Regeln finden lassen. Bei 2000maliger Wiederholung der Bestimmung von $m = 3$ aus immer neuen Nummern, also $n = 2000$, wurden im ganzen folgende Resultate erhalten:

Empirische Zahl, wie oft ein $\pm u$ in n Serien von je $m = 3$ Werten vorkam, verglichen mit der theoretischen Zahl.

$m = 3$; $n = 2000$.

$\pm u$	theoretisch	empirisch
1	1500	1494
3	500	506

Dividiert man die erhaltenen Zahlen mit n, so erhält man aus voriger Tabelle folgende Bestimmungen:

$W[\pm u]$

$\pm u$	theoretisch	empirisch
1	0,750	0,747
3	0,250	0,253

woraus sich dann Q^2, U, V, wie früher angegeben, bestimmen lassen: also z. B. theoretisch $Q^2 = 1 \cdot 0{,}750 + 9 \cdot 0{,}250 = 3$; und $U = 1 \cdot 0{,}750 + 3 \cdot 0{,}250 = 1{,}5$. Entsprechend sind die folgenden Resultate mit größerem m und verschiedenem, nur immer sehr großem n zu verstehen und zu behandeln.

---

ganz wenige Drehungen hinreichen, die Mischung ganz unregelmäßig zu machen; doch sollen nach Aussage der Beamten bei den ersten Ziehungen, in welche die Lotterie eingeteilt ist, noch öfter Nachbarzahlen nacheinander erscheinen, indes bei der letzten Ziehung, nachdem die Mengung durch mehrhundertmalige Drehung des Rades bewirkt ist, nichts mehr der Art bemerkt wird.

Empirische Zahl, wie oft ein ± *u* in *n* Serien von je *m* Werten vorkam, verglichen mit der theoretischen Zahl.

± *u*	*m* = 10; *n* = 5000		*m* = 50; *n* = 1000		*m* = 100; *n* = 600	
	theoretisch	empirisch	theoretisch	empirisch	theoretisch	empirisch
0	1230	1201	112	110	48	46
2	2051	2027	216	217	93.5	104
4	1172	1225	192	194	88	85
6	439	442	158	154	80	67
8	98	97	119.5	120	69.5	68
10	10	8	84	65	58	63
12	—	—	54	62	47	51
14	—	—	32	41	36	31
16	—	—	17	21	27	34
18	—	—	9	10	19	13
20	—	—	4	3	13	14
22	—	—	2	2	8.5	8
24	—	—	0.5	1	5.5	7
26	—	—	—	—	3	4
28	—	—	—	—	2	2
30	—	—	—	—	1	1
32	—	—	—	—	0.5	0
34	—	—	—	—	0.3	1
36	—	—	—	—	0.1	1
38	—	—	—	—	0.1	0
	5000	5000	1000	1000	600	600

Die möglichen Werte *u* in voriger Tabelle sind für *m* = 50 und 100 nicht bis zu Ende durchgeführt, die noch fehlenden aber von merklich verschwindender W., so dass ein ungeheures *n* nötig gewesen sein würde, sollten solche ein oder das andere Mal vorkommen.

Aus voriger Tabelle ist folgende Tabelle der empirischen Q', U, V im Vergleich mit den theoretischen Werten abgeleitet.

m	n	Q'		U		V	
		theoretisch	empirisch	theoretisch	empirisch	0,674 49 $\sqrt{m}$	empirisch interpol.
3	2000	3,00	3,02	1,50	1,51	1,17	1,18
10	5000	10,00	10,13	2,46	2,49	2,13	2,19
50	1000	50,00	52,02	5,61	5,71	4,77	4,76
100	600	100,00	101,68	7,96	8,05	6,74	6,94

Die nahe Übereinstimmung der empirischen Werte mit den theoretischen ist unstreitig befriedigend und nur auffällig, dass bei allen Werten von m sich das empirische Q' und U ein wenig größer als das theoretische findet, was wohl nur deshalb der Fall ist, weil die Serien für die größeren m größtenteils durch Zusammenlegen der Serien, welche für die kleineren m erhalten worden waren, erhalten wurden, so dass diese ihren Einfluss auf erstere mit erstrecken konnten, was wegen der Quadrierung des u bei Bestimmung von Q' merklicher werden musste als bei U, wo sich das Entsprechende in geringerem Grade zeigt.

§ 108. Die vorigen Betrachtungen und Formeln können vielfach von nützlicher Anwendung bei statistischen Untersuchungen sein. Z. B. es gelte zu untersuchen, ob der Unterschied, der zwischen der Zahl der Geburten oder Todesfälle oder Selbstmorde in zwei verschiedenen Jahreszeiten, oder zwischen der Zahl der männlichen und weiblichen Geburten, oder zwischen der Zahl der Gewitter an zwei verschiedenen Lokalitäten besteht, rein zufällig ist, oder ob die Beschaffenheit der Jahreszeiten, des Geschlechtes, der Lokalität einen wesentlichen Einfluss auf die Größe und Richtung des Unterschiedes hat. Sei in Summa für beide unterschiedenen Bedingungen eine sehr große Zahl, sagen wir m, Fälle beobachtet worden und hierbei gefunden, dass auf die eine Seite μ', auf die andere μ, Fälle kommen, mithin der absolute Unterschied u ist, so wird es darauf ankommen, ob der gefundene Unterschied u im absoluten Werte den wahrscheinlichen V übersteigt oder untersteigt, und in welchem Verhältnisse dies der Fall ist, um Wahrscheinlichkeitsschlüsse folgender Art zu machen.

Wäre die W. von μ' und $\mu_,$ gleich, mithin der gefundene Unterschied u rein zufällig, so würde es eben so wahrscheinlich sein, dass er den für diese Voraussetzung symmetrischer W. nach vorigen Formeln bestimmten, wahrscheinlichen Unterschied V überstiege und unterstiege, und wenn die Beobachtung mit demselben m sehr oft wiederholt würde, würde er im Mittel mit V merklich gleich gefunden werden; hiergegen wird ein bloß zufälliger Unterschied natürlich um so unwahrscheinlicher, in je größerem Verhältnisse er den unter Voraussetzung bloßer Zufälligkeit bestimmten wahrscheinlichen V übersteigt; hieraus die W., dass er nicht bloß zufällig sei, um so größer, in je größerem Verhältnisse dieses Ubersteigen stattfindet; und sofern die Verhältnisse rein zufälliger u bei großem m mit den Verhältnissen der Beobachtungsfehler nach G. G. zusammenstimmen, werden auch nach einer Tabelle des G. G., welche die Wahrscheinlichkeitsverhältnisse der Fehler als Funktion des Verhältnisses giebt, in dem der wahrscheinliche Fehler w von ihnen überstiegen oder unterstiegen wird, sich unter Substitution von V für w noch bestimmtere Wahrscheinlichkeitsrechnungen in vorigen Beziehungen anstellen lassen.

Gegen diese allgemeinen Sätze dürfte sich meines Erachtens kein haltbarer Einwand erheben lassen; in betreff der bestimmten Auslegung aber, die ich folgends den Verhältnissen $u:V$ im Interesse ihrer praktischen Verwertung gebe, dürfte bei der großen Leichtigkeit von Fehlbegriffen und Fehlschlüssen in diesem Felde die prinzipielle Revision seitens eines mit der Wahrscheinlichkeitsrechnung vollkommen vertrauten Fachmathematikers wohl noch erwünscht sein.

Seien beispielsweise $m = 1000$ Gewitter während derselben Zeitperiode an zwei Orten, für beide zusammengenommen, beobachtet, am einen $\mu' = 530$, am anderen $\mu_, = 470$, also $u = 60$; so ist, nach Formel (15), der wahrscheinliche Unterschied V, den wir nach bloßem Zufalle erwarten und, unter der gleichen Voraussetzung symmetrischer W. für u und Δ, für das w der Fehlertabelle einsetzen können:

$$V = 0{,}6745\sqrt{1000} = 21{,}33\,.$$

Dreizehntes Capitel.

Vom elektriſchen Lichte.

Das Licht, welches bei elektriſchen Entladungsſchlägen zum Vorſchein kommt, hat lange in den Augen der Phyſiker für eine Modification des elektriſchen Princips ſelbſt gegolten; indem man annahm, daſſelbe könne bei einem gewiſſen Grade der Anhäufung leuchtend werden. Indeß hat mich die Beobachtung des Lichts, welches ſich aus der Luft bei mechaniſcher Zuſammendrückung derſelben entwickelt, auf den Gedanken geführt, daß das elektriſche Licht wohl eine ähnliche Urſach haben, und blos Wirkung der, durch den elektriſchen Entladungsſchlag bewirkten, Compreſſion der Luft ſeyn könne [1] *). In der That wird dies durch eine gründliche Analyſe der Verſuche ſehr wahrſcheinlich, wie man im größern Werke nachleſen kann. Je nachdem die, vom elektriſchen Schlag durchſetzte, Luft mehr oder minder dicht iſt, oder je nachdem der Entladungsſchlag, den man hindurch läßt, ſtärker oder ſchwächer iſt, entſtehen verſchiedne Lichtnüancen vom ſanfteſten Violet bis zum glänzendſten Weiß **). Dieſen Erfolg erhält man in der, durch unſere Luftpumpen bewirkten, Leere und ſelbſt in der Leere unſrer Barometerröhren. Was iſt aber eine ſolche Leere anders, als ein Raum, worin ſich Waſſer- oder Queckſilberdämpfe befinden, welche

---

[1] Annales de Chimie, tome 53. page 321. 1805.

*) Warum hätte Biot nicht auch auf den umgekehrten Gedanken fallen können, daß das, bei der Compreſſion der Luft entſtehende, Licht von dabei erregter El. herrühre, zumal da durch Druck ſolche wirklich erregt zu werden vermag? — Ein triftiger Grund gegen Biots Meinung iſt, daß gar kein ununterbrochener Funkenſtrom Statt finden könnte, wenn das Licht nur aus der Luft ausgepreßt würde, weil nach dem erſten Durchbruch der Luft der Weg durch die vorausgehende El. für die nachfolgende offen erhalten wird.

**) In verdichteter Luft iſt das Licht weiß und glänzend, in verdünnter erſcheint es zertheilt und ſchwach leuchtend, und in höchſt verdünnter Luft von mattrother oder Purpur-Farbe. Die Wirkung der verſchiedenen Gasarten ſcheint ſich nach ihren Dichtigkeiten zu richten; in kohlenſaurem Gas iſt der Funke weiß und lebhaft, im Waſſerſtoffgas iſt er roth und ſchwach. — Funken, die man durch Kugeln von Holz oder Elfenbein auszieht, haben eine carmoiſinrothe Farbe; die von der Oberfläche von verſilbertem Leder ſind glänzend grün; ein langer, über Kohlenpulver fahrender, Funken iſt gelb, und die von unvollkommenen Leitern haben einen purpurfarbenen Anſtrich. Auch hat die Quantität Luft, durch die man dieſe Funken betrachtet, auf ihr Ausſehen Einfluß, denn der grüne Funke in dem Aetherdunſt erſcheint weiß, wenn man das Auge dicht an die Glasröhre hält, und betrachtet man ihn aus einer beträchtlichen Entfernung, ſo ſcheint er röthlich zu ſeyn. — Durch ein Prisma betrachtet, bietet der elektriſche Funke alle prismatiſche Farben dar. (Singer El.)

Dieser Wert $21{,}33$ wird in beträchtlichem Verhältnisse vom gefundenen Unterschiede $u = 60$ überstiegen; indem $60 = 2{,}81\ V$ ist, also ist es erheblich wahrscheinlicher, als das Gegenteil, dass der Unterschied nicht rein zufällig ist, sondern ein lokaler Einfluss an seinem Zustandekommen Anteil hat, ohne es aber deshalb überwiegend wahrscheinlich finden zu dürfen, dass er bloß auf dem lokalen Einfluss beruht, sondern eben nur, dass ein lokaler Einfluss von bestimmter Richtung vorhanden ist, welcher über den bloß nach Zufall bei symmetrischer W. zu erwartenden hinaustreibt. Wäre andererseits der gefundene Unterschied u kleiner als der wahrscheinliche V, z. B. $\mu' = 505$, $\mu_{,} = 495$, mithin $u = 10 = 0{,}47\ V$, indes $V = 21{,}33$ bleibt, so würde eine überwiegende W. nicht dafür bestehen, dass bloß ein zufälliger Unterschied vorhanden, sondern dass der zufällige Einfluss groß genug ist, um einen etwaigen lokalen Einfluss zu überwiegen, indes keine Wahrscheinlichkeitsrechnung dafür besteht, dass der gefundene Unterschied sei es bloß zufällig oder bloß von lokalem Einflusse abhängig sei. Kurz es handelt sich hierbei um die W., ob der eine oder andere Einfluss überwiege, nicht ob bloß der eine oder andere bestehe. Wenn aber die W., dass der lokale überwiegt, sehr groß ist, so ist damit natürlich zugleich die W. sehr groß, dass ein solcher vorhanden ist; und werden dadurch Rechnungen dieser Art von Nutzen für den Wahrscheinlichkeitsbeweis des Daseins anderer als bloß zufälliger Einflüsse. Wenn hiergegen die W. überwiegt, dass der zufällige Einfluss den nicht zufälligen überwiegt, so bleibt es zweifelhaft, ob ein solcher überhaupt vorhanden sei, und hat man bloß einen Wahrscheinlichkeitsbeweis dafür, dass er überhaupt klein sei.

Lassen wir diese Betrachtungsweise gelten und gehen damit auf die vorigen Beispiele zurück, so findet sich erstenfalls, wo der gefundene Unterschied $u = 60$ und $V = 21{,}33$, mithin $u : V = 2{,}81$ ist, nach der Tabelle des G. G., dass die W., der Unterschied u werde als rein zufällig unter diesem Werte bleiben, sich zur W. des Gegenteils wie $0{,}942$ gegen $0{,}058$ verhält; und sofern jener Wert u doch erreicht ist, wird man in runder Zahl 94 gegen 6 wetten können, er sei nicht bloß zufällig. Im zweiten Falle, wo

$u = 10 = 0{,}47\,V$, findet sich nach der betreffenden Tabelle, dass die W., der Unterschied u werde als zufälliger unter diesem Werte bleiben, sich zum Gegenteil wie 0,249 zu 0,751 verhält, sofern er aber nicht unter diesem Werte geblieben ist, findet die entgegengesetzte W. dafür statt, dass er als zufälliger diesen Wert erreicht hat, und wird man in runder Zahl nur 1 gegen 3 wetten können, dass ein lokaler Einfluss den zufälligen überboten habe, 3 gegen 1 aber für das Gegenteil, ohne doch wetten zu können, dass ein lokaler Einfluss überhaupt nicht vorhanden gewesen sei. Ich wüsste wenigstens nicht, wie diese Verhältnisse anders zugleich praktisch und rationell zu fassen seien.

Sei W_u die W., dass $\varDelta$ oder u unter Voraussetzung symmetrischer W. unter einem gegebenen Bruchteile oder Multiplum von w oder V bleiben werden, so hat man, um einen kleinen Auszug aus der hierher gehörigen Tabelle[1] des G. G. zu geben, zu einander gehörig:

u	W_u	u	W_u
0,10 V	0,05378	2,25 V	0,87085
0,25 V	0,13391	2,50 V	0,90825
0,50 V	0,26407	2,75 V	0,93638
0,75 V	0,38725	3,00 V	0,95698
1,00 V	0,50000	3,25 V	0,97163
1,25 V	0,60083	3,50 V	0,98176
1,50 V	0,68833	4,00 V	0,99302
1,75 V	0,76214	4,50 V	0,99760
2,00 V	0,82266	5,00 V	0,99926

Man hat sich aber bei Anwendung voriger Bestimmung vor einer fehlerhaften Anwendung derselben in folgendem Sinne zu hüten. Gesetzt man hat, sei es irgend zwei Monate oder irgend zwei Jahreszeiten, ohne die übrigen, in betreff der Anzahl von Gewittern in Untersuchung genommen, so wird nichts hindern, die vorige Bestimmung in betreff der Frage, ob der Unterschied der beiden Monate oder Jahreszeiten einen anderen als bloß zufälligen Einfluss auf die Zahl der Gewitter habe, eben so in Anwendung zu bringen, als wenn es sich um den lokalen Einfluss der Örtlichkeit handelt. Aber gesetzt, man habe die Beobachtung der Gewitterzahl mit gegebenem *m* für alle 12 Monate vorgenommen, so wird, auch wenn für alle Monate dieselbe W. der Gewitterzahl besteht, das *u* bei Vergleich je zweier derselben nach Zufall verschieden ausfallen, und es werden sich darunter zwei Monate finden lassen, die das größte *u* geben, was leicht so groß sein könnte, dass nach seinem Verhältnisse zu $\sqrt{m}$ auf überwiegende W. eines wesentlichen Einflusses zu schließen. Aber dieser Schluss würde in sofern irrig sein, als unter einer größeren Anzahl von Fällen auch bei geringer W. doch große Abweichungsunterschiede auftreten können. Jedenfalls bleiben dann die betreffenden Monate wegen eines spezifischen Einflusses verdächtig; zur Sicherstellung aber müsste meines Erachtens an ihnen die Beobachtung noch besonders erweitert und z. B. bis zur doppelten Zahl fortgesetzt werden, um zu sehen, ob sich der Wahrscheinlichkeitsschluss bestätigt[1].

---

[1] [Diese Tabelle findet man im Berliner Astronom. Jahrbuch für 1834. S. 309 flgd.]

§ 109. Zunächst scheint nun, dass von vorigen Betrachtungen und Formeln auch unmittelbare Anwendung auf die Aufgabe zu machen, aus der Größe des Unterschiedes *u*, der zwischen der Zahl der positiven und negativen Abweichungen $+\Delta$ und $-\Delta$ bez. des arithmetischen Mittels *A* besteht, nach W. zu schließen, ob der Unterschied bloß von Zufälligkeiten abhängen könne, oder ob in der Natur des Gegenstandes und seiner Existenzbedingungen ein Einfluss begründet liegt, der am Übergewicht der Zahl der einen oder anderen Abweichungen wenn schon nicht alleinige doch Mitschuld trägt, oder kurz, ob wesentliche Asymmetrie an dem Unterschiede Anteil hat. Und in der That, wenn wir von vornherein versichert wären, dass die Abweichungen der Exemplare *a* von ihrem arithmetischen Mittel *A* dieselbe symmetrische W. nach beiden Seiten zeigen, als die weißen und schwarzen Kugeln bei Ziehung derselben, so würden die vorigen Betrachtungen und Formeln ganz darauf anwendbar sein; aber das ist nach folgenden Betrachtungen nicht der Fall.

---

[1] Vergl. zu diesem Paragraphen den zweiten Zusatz § 111.

Nennen wir im Sinne eines bekannten Sprachgebrauches wahres Mittel A_a das Mittel aus einer unendlichen Zahl von Exemplaren, falsches Mittel A_m das uns nur zu Gebote stehende aus einer endlichen Zahl m. Setzen wir nun symmetrische W. der Abweichungen bez. des wahren Mittels voraus, so werden doch sowohl die beiderseitigen Abweichungssummen, als die beiderseitigen Abweichungszahlen bez. desselben nach Zufall ungleich sein und sich normaler Weise bei Änderung der Gesamtzahl m der Abweichungen zwar nicht einander proportional, aber in funktionalem Zusammenhange nach gleicher Richtung, d. h. in Zunahme oder Abnahme ändern[1]. Wird nun aus einer endlichen Zahl von a das falsche Mittel gezogen, so verschwindet damit der Unterschied zwischen den beiderseitigen Abweichungssummen, da das ja im Wesen des arithmetischen Mittels liegt; man macht dabei die Summen so zu sagen künstlich gleich, und wenn sich Summen und Zahlen einander proportional änderten, so würde mit dem Unterschiede zwischen den beiderseitigen Summen zugleich der Unterschied u zwischen den beiderseitigen Zahlen verschwinden, was nicht nur erfahrungsmäßig nicht der Fall ist, sondern auch wegen nicht proportionaler Änderung nicht zu erwarten ist. Aber jedenfalls mindert sich mit Aufhebung des Unterschiedes zwischen den beiderseitigen Abweichungssummen der funktional damit zusammenhängende Unterschied zwischen den beiderseitigen Zahlen gegen den Fall, dass die Abweichungen vom wahren Mittel genommen wurden, für welchen die obigen Formeln gelten, und lässt sich also voraussehen, dass der mittlere und wahrscheinliche Wert von u bez. des falschen Mittels, von dem wir sie doch nur rechnen können, bei gleichem m geringer ausfallen müssen, als bez. des wahren, und dass obige Formeln also nicht mehr dafür maßgebend sein können.

Inzwischen lassen sich doch aus Vorigem zunächst folgende zwei Folgerungen ziehen: 1) die W. eines wesentlichen Einflusses ist bei

---

[1] Man berücksichtige, dass, während das wahre Mittel immer aus einer unendlichen Zahl von a gezogen zu denken ist, doch die Zahl m der genommenen Abweichungen eine mehr oder weniger große endliche sein kann.

Anwendung der obigen Formeln auf den Abweichungsunterschied u bez. des arithmetischen Mittels A_m bei gegebenem m für noch größer anzunehmen, als es nach obigen Formeln erscheint, weil V, im Verhältnisse zu welchem u in Betracht kommt, bezüglich A_m jedenfalls kleiner als bez. A_g ist, wofür die obigen Formeln gelten.

2) Lassen wir bez. des falschen Mittels A_m ebenso wie bez. des wahren A_g die Voraussetzung symmetrischer W. gelten, nennen aber dann die oben bezüglich des ersteren mit u, Q, U, V bezeichneten Werte, wenn sie vielmehr bez. des letzteren bestimmt werden resp. $\mathfrak{u}$, $\mathfrak{Q}$, $\mathfrak{U}$, $\mathfrak{V}$, so wird es nur gelten, diese entsprechend als Funktion des m bez. A_m zu bestimmen, als jene in Bezug auf A_g bestimmt wurden, um damit Formeln zu erlangen, welche zu entsprechendem Gebrauche dienen können.

§ 110. [Erster Zusatz. Bestimmung des wahrscheinlichen Unterschiedes V mittelst der Summenformel von Mac Laurin oder von Euler:]

[Diese Summenformel lautet[1]:

$$\left.\begin{aligned} & f(a) + f(a+h) + f(a+2h) + \cdots + f(a + \overline{n-1}\,h) = \\ & \frac{1}{h}\int_a^b f(x)\,dx - \tfrac{1}{2}(f(b) - f(a)) + \frac{B_1 h}{2}(f'(b) - f'(a)) - \\ & \qquad \frac{B_3 h^3}{2\cdot 3\cdot 4}(f'''(b) - f'''(a)) + \cdots. \end{aligned}\right\} \quad (19)$$

wo $b = a + nh$ und $B_1 = \frac{1}{6}$; $B_3 = \frac{1}{30} \cdots$ die Bernoulli'schen Zahlen sind.]

[Um nun die $W(\pm u)$ nach dieser Formel zu summieren, ist nicht die ursprüngliche Form (4), sondern die hieraus auf Grund der Näherungsformel:

$$n! = n^n \cdot \exp(-n) \cdot \sqrt{2\pi n}, \qquad (20)$$

oder, wenn man Glieder von der Ordnung $1:n$ berücksichtigt, auf Grund der korrigierten Formel:

---

[1] [Euler leitet sie ab in den Institutiones calculi differentialis, Pars post., Cap. V. — Reprod. z. B. in Schlömilch's Kompendium der höheren Analysis, zweiter Band, S. 226.]

$$n! = n^n \cdot \exp[-n] \cdot \sqrt{2\pi n}\left(1 + \frac{1}{12\,n}\right) \tag{21}$$

resultierende Form zu Grunde zu legen.]

[Benutzt man zunächst (20), so ist für $m = 2\mu$; $\mu' = \mu + \nu$; $\mu_{\prime} = \mu - \nu$; $u = 2\nu$:

$$W'[\pm 2\nu] = \frac{2}{\sqrt{\pi\mu}} \exp\left[-\frac{\nu^2}{\mu}\right]; \quad W'[0] = \frac{1}{\sqrt{\pi\mu}}\,. \tag{22}$$

Die Summe der $W'[u]$ zwischen den Grenzen $+2n$ und $-2n$, oder die Summe der $W'[\pm u]$ zwischen den Grenzen 0 und $2n$ wird somit gegeben durch:

$$\sum_{\nu=0}^{\nu=n} \frac{2}{\sqrt{\pi\mu}} \exp\left[-\frac{\nu^2}{\mu}\right] - \frac{1}{\sqrt{\pi\mu}}\,. \tag{23}$$

Nun ist aber nach (19), wenn im Einklange mit der durch (20) gegebenen Annäherung Glieder von der Ordnung $1:\mu$ vernachlässigt werden:

$$\left.\begin{aligned}\sum_{\nu=0}^{\nu=n-1} \frac{2}{\sqrt{\pi\mu}} \exp\left[-\frac{\nu^2}{\mu}\right] = \frac{2}{\sqrt{\pi\mu}} \int_0^n \exp\left[-\frac{x^2}{\mu}\right] dx - \\ \frac{1}{\sqrt{\pi\mu}}\left(\exp\left[-\frac{n^2}{\mu}\right] - 1\right).\end{aligned}\right\} \tag{24}$$

Folglich erhält man:

$$\left.\begin{aligned}\sum_{\nu=0}^{\nu=n} \frac{2}{\sqrt{\pi\mu}} \exp\left[-\frac{\nu^2}{\mu}\right] - \frac{1}{\sqrt{\pi\mu}} = \frac{2}{\sqrt{\pi\mu}} \int_0^n \exp\left[-\frac{x^2}{\mu}\right] dx + \\ \frac{1}{\sqrt{\pi\mu}} \exp\left[-\frac{n^2}{\mu}\right].\end{aligned}\right\} \tag{25}$$

Der rechten Seite giebt man eine bequemere Form, wenn man $x^2 = \mu\tau^2$; $n^2 = \mu t^2$; $dx = d\tau\sqrt{\mu}$ substituiert. Man gewinnt alsdann als Ausdruck der Wahrscheinlichkeit W', dass:

$$-2t\sqrt{\mu} < u < +2t\sqrt{\mu}; \quad \text{oder} \quad \pm u < 2t\sqrt{\mu}$$

die Bestimmung:

$$W = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^t \exp[-\tau^2]\, d\tau + \frac{1}{\sqrt{\pi \mu}} \exp[-t^2]. \qquad (26)$$

Ihr zufolge wird der wahrscheinliche Wert von u, d. i. V, gegeben durch:

$$V = 2t\sqrt{\mu}, \qquad (27)$$

wenn t der Bedingung:

$$\frac{1}{2} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^t \exp[-\tau^2]\, d\tau + \frac{1}{\sqrt{\pi \mu}} \exp[-t^2] \qquad (27a)$$

genügt. Denn es ist alsdann die W., dass $\pm u < 2t\sqrt{\mu}$ gleich $\frac{1}{2}$. Um hieraus t zu berechnen, setze man $t = c + \gamma$, und bestimme c aus

$$\frac{1}{2} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^c \exp[-\tau^2]\, d\tau,$$

so dass es sich der t-Tabelle zufolge gleich 0,476936 findet; dann zerlegt sich das Integral zwischen den Grenzen 0 und $c + \gamma$ in zwei Integrale zwischen den Grenzen 0 und c und zwischen den Grenzen c und $c + \gamma$, und es resultiert:

$$0 = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_c^{c+\gamma} \exp[-\tau^2]\, d\tau + \frac{1}{\sqrt{\pi \mu}} \exp[-(c + \gamma)^2].$$

Da aber γ eine Größe von der Ordnung $1 : \sqrt{\mu}$ ist, so erhält man eine genügende Genauigkeit, wenn $\exp[-\tau^2]$ in Erstreckung des Integrals konstant gehalten und gleich $\exp[-(c + \gamma)^2]$ gesetzt wird. Es wird somit, nach Division mit $\exp[-(c + \gamma)^2]$:

$$0 = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \gamma + \frac{1}{\sqrt{\pi \mu}} \quad \text{oder} \quad \gamma = -\frac{1}{2\sqrt{\mu}}.$$

Auf Grund dessen erhält man[1]:

$$V = 2c\sqrt{\mu} - 1 = 0{,}674489\sqrt{m} - 1. \qquad (28)$$

---

[1] [Eben diese Formel giebt auch MEYER in den Vorlesungen über Wahrscheinlichkeitsrechnung bei der Behandlung des BERNOULLI'schen Theorems S. 107.

Da anfänglich $m = 2\mu$ gesetzt wurde, so könnte es scheinen, dass diese Formel nur für geradzahlige m gelte. Indessen ergiebt sich für $m = 2\mu - 1$ das nämliche Resultat, wie nicht anders zu erwarten ist, da nur Größen von der Ordnung $1 : \sqrt{m}$ berücksichtigt werden.]

[Will man aber Größen von der Ordnung $1 : m$ berücksichtigen, so muss man statt (20) die Näherungsformel (21) benutzen und den Fall, dass m geradzahlig, von dem Falle, dass m ungeradzahlig ist, scheiden.]

[Erstenfalls ist von (22) auszugehen, nachdem den dortigen Bestimmungen der Faktor $(1 - 1 : 8\mu)$ beigefügt ist. Man findet alsdann mittelst (19) unter Mitnahme der ersten Ableitungen:

$$\left.\begin{aligned}\sum_{v=0}^{v=n-1} \frac{2}{\sqrt{\pi\mu}}\left(1 - \frac{1}{8\mu}\right)\exp\left[-\frac{v^2}{\mu}\right] = \frac{2}{\sqrt{\pi\mu}}\left(1 - \frac{1}{8\mu}\right)\int_0^n \exp\left[-\frac{x^2}{\mu}\right]dx - \\ \frac{1}{\sqrt{\pi\mu}}\left(\exp\left[-\frac{n^2}{\mu}\right] - 1\right) - \frac{2nB_1}{\mu\sqrt{\pi\mu}}\exp\left[-\frac{n^2}{\mu}\right],\end{aligned}\right\} \quad (29)$$

wenn Glieder von der Ordnung $1 : \mu\sqrt{\mu}$ bei Seite gelassen werden. Hieraus resultiert, wenn $n^2 = \mu t^2$, $x^2 = \mu \tau^2$ gesetzt wird, als Ausdruck der Wahrscheinlichkeit W, dass:

$$-2t\sqrt{\mu} < u < +2t\sqrt{\mu} \quad \text{oder} \quad \pm u < 2t\sqrt{\mu}.$$

$$\left.\begin{aligned}W = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\left(1 - \frac{1}{8\mu}\right)\int_0^t \exp[-\tau^2]\,d\tau + \frac{1}{\sqrt{\pi\mu}}\exp[-t^2] - \\ \frac{2B_1 t}{\mu\sqrt{\pi}}\exp[-t^2].\end{aligned}\right\} \quad (30)$$

Um hieraus V zu gewinnen, ist $W = \frac{1}{2}$ anzunehmen, sodann t aus der Gleichung:

$$\left.\begin{aligned}\frac{1}{2} = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\left(1 - \frac{1}{8\mu}\right)\int_0^t \exp[-\tau^2]\,d\tau + \frac{1}{\sqrt{\pi\mu}}\exp[-t^2] \\ - \frac{2B_1 t}{\mu\sqrt{\pi}}\exp[-t^2]\end{aligned}\right\} \quad (31)$$

zu berechnen und

$$V = 2t\sqrt{\mu} \quad (31\,a)$$

zu setzen. Man nehme nun wie oben $t = c + \gamma$ an, bestimme c

der Art, dass nach Division der Gleichung (31) mit $(1 - 1:8\mu)$ oder, was dasselbe ist, nach Multiplikation mit $(1 + 1:8\mu)$

$$\frac{1}{2}\left(1+\frac{1}{8\mu}\right)=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int\limits_0^c \exp[-t^2]\,dt, \tag{32}$$

und finde γ aus:

$$0=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int\limits_c^{c+\gamma}\exp[-t^2]\,dt+\left(\frac{1}{\sqrt{\pi\mu}}-\frac{2B_1(c+\gamma)}{\mu\sqrt{\pi}}\right)\exp[-(c+\gamma)^2]. \tag{33}$$

Diese Gleichung nimmt mit Rücksicht, dass γ eine kleine Größe von der Ordnung $1:\sqrt{\mu}$ ist, nach Division mit $\exp[-(c+\gamma)^2]$ die einfache Form:

$$0=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\gamma+\frac{1}{\sqrt{\pi\mu}}-\frac{2B_1c}{\mu\sqrt{\pi}} \text{ oder } \gamma=-\frac{1}{2\sqrt{\mu}}+\frac{B_1c}{\mu} \tag{33a}$$

an, woraus, da $B_1 = 1:6$ und $2\mu = m$, als wahrscheinlicher Wert für geradzahlige m:

$$V=2c\sqrt{\mu}-1+\frac{c}{3\sqrt{\mu}}=c\sqrt{2}\cdot\sqrt{m+\tfrac{1}{3}}-1 \tag{34}$$

folgt.]

[Ist m ungerade $= 2\mu - 1$, so ist, wenn $\mu' = \mu + \nu$; $\mu_1 = \mu - \nu - 1$; $u = 2\nu + 1$:

$$\left.\begin{aligned}W[\pm(2\nu+1)]&=\frac{2(2\mu-1)!}{(\mu+\nu)!\,(\mu-\nu-1)!\,2^{2\mu-1}}=\\&\left(1-\frac{\nu}{\mu}\right)\frac{2}{\sqrt{\pi\mu}}\exp\left[-\frac{\nu^2}{\mu}\right]\left(1-\frac{1}{8\mu}\right),\end{aligned}\right\} \tag{35}$$

und die Wahrscheinlichkeit, dass u zwischen den Grenzen $+(2n-1)$ und $-(2n-1)$ sich hält, wird bestimmt durch:

$$W=\sum_{\nu=0}^{\nu=n-1}\left(1-\frac{\nu}{\mu}\right)\frac{2}{\sqrt{\pi\mu}}\exp\left[-\frac{\nu^2}{\mu}\right]\left(1-\frac{1}{8\mu}\right). \tag{36}$$

Somit besteht auf Grund von (19), wenn $n = t\sqrt{\mu}$, die Wahrscheinlichkeit:

$$W=\left(1-\frac{1}{8\mu}\right)\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int\limits_0^t\exp[-t^2]\,dt+\frac{t}{\mu\sqrt{\pi}}\exp[-t^2]\,(1-2B_1) \tag{37}$$

dafür, dass

$$-(2t\sqrt{\mu}-1)<u<+(2t\sqrt{\mu}-1) \text{ oder } \pm u<2t\sqrt{\mu}-1\,. \qquad (37\text{a})$$

Bestimmt man nun wieder t aus der Gleichung:

$$\frac{1}{2}=\left(1-\frac{1}{8\mu}\right)\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^t \exp[-\tau^2]\,d\tau+\frac{t}{\mu\sqrt{\pi}}\exp[-t^2](1-2B_1)\,, \qquad (38)$$

indem man wie in (32) c berechnet und $t=c+\gamma$ setzt, so resultiert aus:

$$0=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_c^{c+\gamma}\exp[-\tau^2]\,d\tau+\frac{c+\gamma}{\mu\sqrt{\pi}}\exp[-(c+\gamma)^2](1-2B_1) \qquad (39)$$

mit Vernachlässigung der Glieder von der Ordnung $1:\mu\sqrt{\mu}$,

$$\gamma=-\frac{c}{2\mu}(1-2B_1)=-\frac{c}{3\mu}\,, \qquad (39\text{a})$$

folglich

$$t=c\left(1-\frac{1}{3\mu}\right)$$

und schließlich:

$$V=2t\sqrt{\mu}-1=2c\sqrt{\mu-\tfrac{2}{3}}-1\,,$$

woraus mit Rücksicht auf $m=2\mu-1$ als wahrscheinlicher Wert für ungerade m

$$V=c\sqrt{2}\sqrt{m-\tfrac{1}{3}}-1 \qquad (40)$$

sich ergiebt.]

§ 111. [Zweiter Zusatz. Den Erörterungen des § 108 liegt das Problem zu Grunde, aus einer großen Zahl beobachteter Fälle unbekannte Wahrscheinlichkeiten zu ermitteln. Dasselbe steht zu der Umkehrung des Bernoulli'schen Theorems in Beziehung, wonach für die unbekannte W. Grenzwerte angegeben werden können und zugleich der Wahrscheinlichkeitsgrad berechnet werden kann, mit dem die unbekannte W. innerhalb jener Grenzen zu suchen ist. Hat man nämlich zwei, einander ausschließende Ereignisse A und B in einer großen Zahl m von Fällen beobachtet und dabei das Ereignis A μ'-mal, das Ereignis B μ_1-mal gefunden, so kann man zunächst die W. für das Stattfinden des Ereignisses A gleich $\mu':m$, die W. für B gleich $\mu_1:m$ setzen, ohne dabei den Zufälligkeiten, die der bei hinlänglicher Zuſammendrückung gleich andern elaſtiſchen Flüſſigkeiten Wärme zu entwickeln vermögen *).

Noch hat man zwei andre Wirkungen, die ſich bei der Entwicklung der El. zeigen, zu ihren phyſiſchen Charakteren rechnen wollen; einmal nämlich die eigenthümliche Empfindung, die man bei Annäherung eines elektriſirten Körpers an die bloße Haut erhält, als würde ſie in Spinnengewebe getaucht, zweitens, den ſehr auffallenden Phosphorgeruch, den die elektriſirten Spitzen, wenn ſie an das Geruchsorgan gebracht werden, hervorbringen. Nun lehren aber die Schläge, welche die Leydner Flaſche und die elektriſchen Batterieen ertheilen, daß die El. bei ihrer Bewegung die Organe heftig zu erſchüttern und ſehr ſtarke Muskelbewegungen darin hervorzurufen vermag, wofür wir weiterhin noch mehr Belege erhalten werden. Wenn jetzt ein elektriſirter Leiter irgend einem Theile unſers Körpers genähert wird, ſo er-

---

*) Zuſätze. Merkwürdig iſt auch die Wirkſamkeit der El. in Hervorbringung phosphorescirender Erſcheinungen in verſchiednen Körpern, wenn ſie leuchtend über ihre Oberfläche geht.

Man lege ein Stück trockne Kreide auf das Tiſchchen des allgemeinen Ausladers und bringe deſſen Stäbe auf ſeine Oberfläche, ſo daß ihre Enden zwei Zoll von einander abſtehen. Man laſſe nun einen ſtarken Schlag von einem Stabe zum andern gehen, und nach der Exploſion zeigt ſich längs ſeinem Wege ein Lichtſtreifen mit prismatiſchen Farben auf der Kreide, der einige Secunden hindurch anhält.

Gleiche Wirkungen werden in verſchiednen andern Körpern durch das Ueberſchlagen der Ladung über ihre Oberfläche hervorgebracht, aber die Farbe und Dauer des Lichts weichen beträchtlich von einander ab; und läßt man die Ladung durch die Subſtanz einiger derſelben gehen, ſo werden ſie in leuchtende Partikelchen zertheilt, die eine beträchtliche Zeit hindurch ihr Licht behalten. Auf dieſe Weiſe werden z. B. zum Phosphoresciren mit grünem Lichte, in verſchiedenen Nüancen, gebracht die natürliche Schwefelſäure und der kohlenſaure Baryt, das trockne eſſigſaure Kali, die Bernſteinſäure, der Hutzucker, der Selenit, der Borax, die Boraxſäure.

Gleich merkwürdig iſt auch die Wirkung einer elektriſchen Entladung auf verſchiedne undurchſichtige Körper.

In die Rinne eines Stücks glatten Mahagoniholzes werden zwei Drähte ſo eingepaßt, daß ſie vor- oder rückwärts geſchoben, und ihre Enden in jede beliebige Entfernung von einander geſtellt werden können. Stehen ſie ungefähr einen halben Zoll von einander ab, und hält man einen Finger über ihren Zwiſchenraum, ſo wird er, während ein Schlag von Draht zu Draht unter ihm wegfährt, vollkommen durchſcheinend erſcheinen, ohne daß man eine unangenehme Empfindung fühlt. — Man ſtelle die Enden der Drähte drei Viertelzoll weit von einander und lege über den Zwiſchenraum ein dickes Stück Pfeifenthon oder Bimsſtein: während die Ladung übergeht, werden dieſe undurchſichtigen Subſtanzen vollkommen durchſcheinend. — Man ſtelle fünf oder ſechs Eier in gerade Linie und ſo, daß ſie ſich berühren; ein kleiner Schlag, den man durch ſie gehen läßt, macht ſie vollkommen durchleuchtend.

Ueberhaupt wird jede Subſtanz, die nicht ein guter Leiter iſt, beim Durchgange der Ladung mehr oder weniger leuchtend.

Alle dieſe Verſuche müſſen im Dunkeln angeſtellt werden.

Bestimmung von μ' und $\mu_,$ anhaften, Rechnung zu tragen. In der That kann man $\mu' : m$ und $\mu_, : m$ nur als die wahrscheinlichsten Werte der unbekannten W. x und $1 - x$ auffassen und es als wahrscheinlich bezeichnen, dass bei einer Wiederholung der Beobachtungen aus einer anderen Reihe von Fällen die nunmehr sich ergebenden wahrscheinlichsten Werte in der Nähe der früher gefundenen liegen. An Stelle dieser unbestimmten Aufstellungen giebt nun die Umkehrung des Bernoulli'schen Theorems folgende Bestimmungen.]

[Es besteht die W.:

$$W = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^c \exp[-t^2]\, dt \tag{41}$$

dafür, dass die unbekannte Wahrscheinlichkeit x für das Eintreten des Ereignisses A zwischen den Grenzen:

$$\frac{\mu'}{m} - \frac{c}{m}\sqrt{\frac{2\mu'\mu_,}{m}} \quad \text{und} \quad \frac{\mu'}{m} + \frac{c}{m}\sqrt{\frac{2\mu'\mu_,}{m}} \tag{41a}$$

liegt; die entgegengesetzte Wahrscheinlichkeit $1 - x$ ist dann gleichzeitig zwischen den Grenzen

$$\frac{\mu'}{m} \pm \frac{c}{m}\sqrt{\frac{2\mu'\mu_,}{m}} \tag{41b}$$

zu suchen; während für den mit der W. W zu erwartenden Unterschied u zwischen der beiderseitigen Anzahl der Fälle die Ungleichung:

$$\mu' - \mu_, - 2c\sqrt{\frac{2\mu'\mu_,}{m}} < u < \mu' - \mu_, + 2c\sqrt{\frac{2\mu'\mu_,}{m}} \tag{41c}$$

gilt. Setzt man insbesondere $W = \frac{1}{2}$, so wird $c = 0.476\,936$, und die Substitution dieses Wertes giebt die wahrscheinlichen Grenzen für x; $1 - x$ und u.]

[Demnach ergeben sich für $m = 1000$ Gewitter, die während der nämlichen Zeitperiode an zwei Orten beobachtet wurden, als wahrscheinliche Grenzen für die Werte der W., mit denen an dem einen oder anderen Orte das Stattfinden eines Gewitters zu erwarten ist:

1) an dem einen Orte 0.541 und 0.519, an dem anderen Orte 0,459 und 0,481, wenn an dem ersteren Orte 530, am letzteren 470 Gewitter beobachtet wurden.

2) an dem einen Orte 0,516 und 0,494, an dem anderen Orte 0,484 und 0,506, wenn die beiderseits beobachteten Anzahlen der Gewitter 505 resp. 495 betrugen. Entsprechend sind die wahrscheinlichen Grenzen für u im ersten und zweiten Falle 60 ± 21,29 resp. 10 ± 21,33.]

[Diesen Bestimmungen liegt die Voraussetzung unter, dass die Zahl der beobachteten Fälle hinreichend groß sei, um die Annahme zu gestatten, der beobachtete Unterschied u sei nicht rein zufällig, sondern durch die Verschiedenheit der unbekannten W. x und $1-x$ bedingt, und zwar wird, wie bereits angegeben, vorausgesetzt, dass die wahrscheinlichsten Werte von x, $1-x$ und u eben die beobachteten Werte $\mu' : m$, $\mu_{,} : m$ und $\mu' - \mu_{,}$ seien.]

[Es liegt aber kein zwingender Grund vor, gerade diese Werte als die wahrscheinlichsten Werte vorauszusetzen. Denn vor Anstellung der Beobachtungen besaß jede Hypothese über die wahrscheinlichsten Werte von x und u die nämliche W., und mit Rücksicht auf die gemachten Beobachtungen kann eine dieser Hypothesen vor der anderen nur durch größere W. ausgezeichnet sein, nicht aber eine Gewissheit für sich beanspruchen. Es ist somit noch der Grad der W. zu bestimmen, den die Hypothese, die beobachteten Werte seien die wahrscheinlichsten, im Vergleiche zu anderen Hypothesen, die andere Werte als die wahrscheinlichsten einführen, besitzt. Hierzu dient das Prinzip, das Encke in der Abhandlung über die Methode der kleinsten Quadrate[1] in folgender Form giebt, wobei zu beachten, dass die Abweichungen beobachteter Werte von den wahrscheinlichsten Werten als Fehler bezeichnet werden.]

[»Die W. zweier, vor den gemachten Beobachtungen gleich wahrscheinlichen und einander ausschließenden Hypothesen verhalten sich direkt wie die W. der aus ihnen hervorgehenden Fehler oder Fehlersysteme«.]

[Zum Vergleiche soll die Hypothese dienen, dass die wahrscheinlichsten Werte von x und $1-x$ einander gleich, somit gleich $\frac{1}{2}$ seien, wonach als wahrscheinlichste Differenz $u = 0$ zu erwarten ist. Es besitzt alsdann die thatsächlich beobachtete Differenz u die W.:

---

[1] [Berliner Astron. Jahrbuch f. 1834 S. 258.]

$$W[u] = \frac{m!}{(\mu')!\,(\mu_,)!\,2^m} = \sqrt{\frac{2}{\pi m}}\,\exp\left[-\frac{u^2}{2m}\right]. \tag{42}$$

Auf Grund der bisherigen Hypothese, dass die wahrscheinlichen Werte von x und $1-x$ resp. $\mu' : m = p$ und $\mu_, : m = q$ seien, ergiebt sich dagegen für das beobachtete u der Maximalwert der W., nämlich:

$$W[u] = \frac{m!}{(\mu')!\,(\mu_,)!}\,p^{\mu'}\cdot q^{\mu_,} = \frac{1}{\sqrt{2\pi pqm}}\,. \tag{43}$$

Es verhält sich somit die W., dass das beobachtete u rein zufällig sei, d. h. bei Gleichheit von x und $1-x$ sich ergeben habe, zu der W., dass das beobachtete u den wahrscheinlichsten Differenzwert der beiderseitigen Anzahlen μ' und $\mu_,$ darstelle, wie

$$2\sqrt{pq} : \exp\left[\frac{u^2}{2m}\right] \text{ oder wie } 2\sqrt{\mu'\mu_,} : m\,\exp\left[\frac{(\mu'-\mu_,)^2}{2m}\right]; \tag{44}$$

und will man wetten, so müssen die Einsätze das angegebene Verhältnis aufweisen.]

[Auf anderen Voraussetzungen beruhen die Wahrscheinlichkeitsbestimmungen in § 108. Zunächst ist zu bemerken, dass dort u mit seinem absoluten Werte in Rechnung genommen wird, es mithin unentschieden bleibt, auf welcher Seite die überwiegende Zahl der Fälle zu suchen ist. Sodann ist zu berücksichtigen, dass mit der Annahme, der beobachtete Unterschied u sei nicht rein zufällig, offenbar vorausgesetzt wird, derselbe werde durchweg diesen Wert besitzen, vielleicht auch größere Werte annehmen (wodurch das Fehlen reiner Zufälligkeit nur wahrscheinlicher wird), keinesfalls aber unter diesen Wert sinken, kurz, es scheint der beobachtete Wert als untere Grenze zu gelten, die nur bei reiner Zufälligkeit nach Maßgabe des G. G. unterschritten wird. Setzt man nun einerseits voraus, der beobachtete Unterschied $u = \pm(\mu' - \mu_,)$ sei rein zufällig, so besteht nach dem G. G. die W. W_u, dass dieser Wert nicht erreicht, und die W.

$1 - W_\omega$, dass er erreicht oder überschritten wird. Setzt man andererseits voraus, jener Unterschied sei nicht zufällig, sondern seiner Natur nach gleich u oder größer als u, so ist die W., dass er erreicht oder überschritten wird gleich 1 zu setzen. Es überbietet somit die W., der beobachtete Wert u sei seiner Natur nach gleich oder größer als u, die W., er sei bloß zufällig, um W_ω, so dass die überwiegende Wahrscheinlichkeit W_ω für das Fehlen reiner Zufälligkeit der Wahrscheinlichkeit $1 - W_\omega$ für das Bestehen reiner Zufälligkeit gegenübersteht, und in diesem Verhältnisse wird alsdann gegen und für reine Zufälligkeit gewettet.]

XVI. Wahrscheinlichkeitsbestimmungen für den von rein zufälliger Asymmetrie abhängigen Unterschied v beim Ausgange vom falschen Mittel.

§ 112. Gehen wir jetzt an die Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverhältnisse des zufälligen Unterschiedes, welcher zwischen der Zahl der positiven und negativen Abweichungen von einem Mittelwerte aus einer endlichen Zahl von Werten zu erwarten ist, wenn die Wahrscheinlichkeit der Abweichungen vom wahren Mittel, wie es aus einer unendlichen Zahl von Werten folgen würde, nach beiden Seiten gleich groß ist. Indem der falsche, d. i. aus dem endlichen m gewonnene Mittelwert vom wahren um eine zufällige (bei verschiedenen Serien bald nach einer, bald nach der anderen Seite gehende) Größe abweicht, sind auch die Abweichungen Δ von beiden Mitteln in jeder Serie verschieden; und es bleibt zwar auch bei Rechnung vom falschen Mittel die gleiche W. der $+\Delta$ und $-\Delta$ bestehen, wenn sie für das wahre Mittel bestand, aber die Wahrscheinlichkeitsverhältnisse des Unterschiedes r zwischen der Zahl derselben ändern sich. Dies begreift sich leicht nach der in § 109 angestellten Betrachtung, da das falsche Mittel durch die Bedingung bestimmt wird, dass die Summe der Abweichungen davon nach beiden Seiten gleich gemacht wird, indes sie bei Rechnung von dem unbekannten wahren Mittel bei endlichem m im allgemeinen als ungleich vorauszusetzen ist. Durch diese künstliche Ausgleichung der Summen der $+\Delta$ und $-\Delta$ würden auch die Zahlen derselben ausgeglichen werden, wenn Zahl und Summe proportionale Änderungen erlitten, was nicht der Fall ist; jedenfalls aber wird der Unterschied r durch den Übergang vom wahren zum falschen Mittel gegen den Unterschied u verkleinert.

Um zu beurteilen, in welchem Verhältnisse diese Verkleinerung nach W. zu erwarten, muss ein bestimmtes Gesetz der Verteilung der wahren Δ nach Zahl und Größe zu Grunde gelegt werden, weil hiervon die Wahrscheinlichkeitsverhältnisse des Unterschiedes zwischen wahrem und falschem Mittel abhängen, hiervon aber wieder die Wahrscheinlichkeitsverhältnisse des Unterschiedes r. Nun ist bekannt, dass für die Abweichungen, welche die Einzelexemplare von K.-G. bei nicht zu unregelmäßiger Verteilung bezüglich ihres Mittelwertes zeigen, das durch das Integral Φ (s. Kap. XVII) bestimmte Gesetz der Fehlerwahrscheinlichkeit zu Grunde gelegt werden kann, wenn man ein großes m und approximative Symmetrie hat, und somit wird dies Gesetz auch im Folgenden zu Grunde gelegt werden.

§ 113. Eine Untersuchung über diese Verhältnisse liegt bisher überhaupt weder vor, noch reichen die mir bisher bekannten Voruntersuchungen hin, die Aufgabe vollständig danach zu behandeln. Inzwischen findet man im Zusatz (§ 116) eine Untersuchung von mir geführt, wonach approximativ das mit $\mathfrak{E}^2$ zu bezeichnende mittlere Quadrat des Unterschiedes r gleich $m(1 - 2 : \pi)$ sich ergiebt, und nachdem die weiterhin mitzuteilende Erfahrungsprobe gezeigt hat, dass diese Bestimmung selbst bis zu einem $m = 4$ herab sehr approximativ genügt, ließ sich fragen, ob aus dem Werte von $\mathfrak{E}$ sich die übrigen Wahrscheinlichkeitsverhältnisse von r entsprechend ableiten lassen, als bei der Rechnung vom wahren Mittel die Wahrscheinlichkeitsverhältnisse von u aus dem Werte $Q = \sqrt{m}$. Auch dies hat sich nach Erfahrung mit genügender Approximation bestätigt. Und zwar ist für den wahrscheinlichen Wert von r, welcher $\mathfrak{Q}$ heiße (falls man die interpolationsmäßige Bestimmung zum Vergleiche heranzieht), ebenso wenig eine Korrektion nach dieser Ableitung nötig als für den Wert von V bei Ableitung von Q; für das einfach mittlere r aber, welches $\mathfrak{A}$ heiße, eine nur etwas größere Korrektion, als für das einfach mittlere u, welches wir U nannten. Endlich berechnet sich auch die Verteilungstafel der einzelnen r nach Zahl und Größe approximativ genug nach dieser Voraussetzung.

Die demgemäßen fundamentalen Bestimmungen sind folgende:

$$\mathfrak{E}^2 = \left(1 - \frac{2}{\pi}\right) m = 0{,}36338\, m\,; \quad \log 0{,}36338 = 0{,}56036 - 1\,; \qquad (1)$$

$$\mathfrak{E} = \sqrt{\left(1 - \frac{2}{\pi}\right) m} = 0{,}60281 \sqrt{m}\,; \quad \log 0{,}60281 = 0{,}78018 - 1\,; \qquad (2)$$

$$\mathfrak{U} = \sqrt{\frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{2}{\pi}\right)(m \pm 1{,}5)} = 0{,}48097 \sqrt{m \pm 1{,}5}\,; \ \log = 0{,}68212 - 1\,; \qquad (3)$$

$$\mathfrak{D} = 0{,}40659 \sqrt{m}\,; \quad \log 0{,}40659 = 0{,}60916 - 1\,. \qquad (4)$$

Zur Bestimmung von $W[\pm r]$ hat man die Differenz der Φ-Werte zu nehmen, welche in der Tabelle der t zu

$$t = \frac{r + 1}{\mathfrak{E}\sqrt{2}} \quad \text{und} \quad \frac{r - 1}{\mathfrak{E}\sqrt{2}}$$

gehören, wo für $\mathfrak{E}$ der obige Wert zu substituieren ist; für $W(r = 0)$ insbesondere aber den zu $t = 1 : \mathfrak{E}\sqrt{2}$ gehörigen Φ-Wert. $W_e(r)$, d. i. die W., dass der gegebene Wert von r nicht erreicht wird, findet man als den Φ-Wert, welcher zu $t = (r - 1) : \mathfrak{E}\sqrt{2}$ und $W_a[r]$, d. i. die für r selbst und die unterhalb r gelegenen Werte bestehende W., als den, welcher zu $(r + 1) : \mathfrak{E}\sqrt{2}$ gehört.

In der Formel für $\mathfrak{U}$ gilt das obere Vorzeichen der Korrektion $\pm 1{,}5$ für ungerades, das untere für gerades m, und eine Folgerung dieser Korrektion, sowie der Grund derselben ist das erfahrungsmäßige Datum, wofür jedoch die Theorie noch zu suchen, dass jeder Wert von $\mathfrak{U}$ für ein gerades m merklich übereinstimmt mit dem um drei Einheiten kleineren Werte von $\mathfrak{U}$ für ein ungerades m, wozu die Belege unten folgen.

Leider stehen bis jetzt zur Kontrolle für diese Approximationsformeln bezüglich r nicht ebenso wie bezüglich deren für u im vorhergehenden Kapitel genaue Formeln für kleines m zu Gebote; ein um so fühlbarerer Mangel, als die theoretische Begründung und Ableitung obiger Formeln im Zusatz lückenhaft ist, und die Korrektion für $\mathfrak{U}$ sogar sonderbar erscheinen kann. Ich würde daher dieselben mit wenig Zutrauen darbieten, wenn ich nicht durch eine sehr ausgedehnte empirische Bewährung diesen Mangel insoweit zu ersetzen vermocht hätte, dass man sicher sein kann, bei Benutzung derselben keinen in Betracht kommenden Irrtum zu begehen, wennschon eine genauere Begründung und Revision der Theorie durch einen Mathematiker von Fach sehr erwünscht wäre.

Die empirische Bewährung beruht wie die der früheren Funktionswerte von u auf einer Benutzung von Lotterielisten, welche aber ohne Vergleich umständlicher war als für die Werte des vorigen Kapitels. Denn es galt dazu, zuvörderst die Nummern jeder Liste in Werte von $+\Delta$ und $-\Delta$ in der Art zu übersetzen, dass für die ganze Liste die dem Integral Φ entsprechende Verteilung nach Zahl und Größe bei Rechnung vom wahren Mittel herauskam, welche durch die t-Tabelle im Anhang § 183 repräsentiert ist; dann für jede zufällige Serie solcher Abweichungen von gegebenem m das falsche Mittel zu bestimmen, die positiven und negativen Abweichungen von diesem falschen Mittel zu rechnen und den Unterschied zwischen der Zahl beider als r zu nehmen. Etwas ausführlicher ist hiervon im Zusatz (§ 117) gehandelt und das Beispiel einer Bestimmung von r für eine zufällig genommene Serie mit $m = 6$ daselbst gegeben.

§ 114. Hiernach lasse ich zuvörderst in einigen Tabellen die Gesamtheit der empirischen Data folgen, welche ich bezüglich unserer Aufgabe direkt erhielt, um nachher die daraus abgeleiteten Hauptwerte zusammengestellt mit den nach obigen Formeln berechneten Werten anzuschließen. Wenn vielfach Zahlenangaben mit einem Bruchwerte 0,5 vorkommen, so rührt dies daher, dass, wenn zufällig, wie dies mitunter vorkam, das falsche Mittel mit einem wahren Abweichungswerte genau zusammentraf, die Abweichung vom falschen Mittel mit $+0{,}5$ und $-0{,}5$ nach beiden Seiten gezählt werden musste, wodurch ein r entstand, was in die Mitte zwischen die um je 2 distanten Werte der r-Skala fiel, dann aber mit je 0,5 auf die beiden Nachbarwerte verteilt wurde.

I. Zahl z, wie oft ein Unterschied v zwischen der Zahl der positiven und negativen Abweichungen vom falschen Mittel aus m Werten bei n-maliger Wiederholung der Bestimmung vorkam.

a) bei ungeradem m

v	$m = 5$ $n = 2400$	$m = 7$ $n = 1700$	$m = 9$ $n = 1320$	$m = 11$ $n = 820$	$m = 13$ $n = 840$	$m = 15$[1] $n = 800$	$m = 17$ $n = 600$	$m = 19$ $n = 600$
1	2155.5	1388.5	966.5	552	562.5	?	351	327.5
3	244.5	300.5	324.5	235.5	231.5	?	187	197.5
5	—	11	29	32.5	41.5	?	57	63
7	—	—	—	—	4.5	?	5	10
9	—	—	—	—	—	—	—	2

b) bei geradem m

v	$m = 4$ $n = 3000$	$m = 6$ $n = 2000$	$m = 8$ $n = 1500$	$m = 10$ $n = 1200$	$m = 12$ $n = 1000$	$m = 14$ $n = 850$	$m = 16$ $n = 750$	$m = 18$ $n = 660$	$m = 20$ $n = 600$
0	1950	1040	648	494	379	314	247	179,5	176
2	1050	905	753,5	588	489	382,5	333	325,5	256,5
4	—	55	96,5	112	126	127,5	148	120	130,5
6	—	—	2	6	6	25	20	28	33
8	—	—	—	—	—	1	2	7	3
10	—	—	—	—	—	—	—	—	1

---

[1] [Die Werte dieser Kolumne waren durch unaufhebbare Widersprüche entstellt.]

II. Dieselben Angaben für einige größere Werte von m.

v	$m = 30$ $n = 400$	$m = 50$ $n = 240$	$m = 100$ $n = 120$	$m = 500$ $n = 24$
0	94	49	19	2
2	169	84	31	2
4	90	51	13	3
6	36	32	22	3
8	8	14	18	2
10	3	8	9	2
12	—	2	5	2
14	—	—	2	5
16	—	—	1	0
24	—	—	—	1
28	—	—	—	1
34	—	—	—	1

Dieselben Serien mit $m = 10, 50, 100$ hatten bei Rechnung der Abweichungen vom wahren Mittel folgende Resultate gegeben, welche also ganz direkt mit den vorigen, vom falschen Mittel gerechneten vergleichbar sind, indes die in § 107 angeführten Resultate unter Zuziehung noch anderer Serien, daher mit größerem n, gefunden sind.

III. Mit den vorigen Tabellen vergleichbare Tabelle für den Unterschied u bei Rechnung vom wahren Mittel.

u	$m = 10$ $n = 1200$	$m = 50$ $n = 240$	$m = 100$ $n = 120$
0	301	23	10
2	467	52	17
4	299	44	14
6	102	42	13
8	29	28	22
10	2	16	16
12	—	17	10
14	—	7	2
16	—	10	5
18	—	0	4
20	—	1	2
22	—	—	4
28	—	—	1

folgt in demſelben eine Zerſetzung unſrer natürlichen Elektricitäten, und die, welche der des Leiters entgegengeſetzt iſt, verdichtet ſich an dem, ihm zunächſt befindlichen, Ende. Dieſe innere Bewegung, das Ausſtrömen dieſer El., oder die Einführung der von außen kommenden, ſollten ſie nicht in uns eine Empfindung zu erregen vermögend ſeyn? ja ſollte nicht der bloße Zutritt der Luft, die ſich an den Theilen unſrer Haut, wo die El. frei hervorgetreten iſt, beſtändig erneuert und elektriſirt, auch eine Art Schauer (frémissement) darin hervorrufen? Iſt dem aber ſo, ſo iſt kein Grund vorhanden, warum wir uns noch nach beſondern Urſachen dieſer Wirkungen umſehen ſollten; und keine Wahrſcheinlichkeit nöthigt uns, darin phyſiſche, an das Weſen der El. ſelbſt geknüpfte, Eigenſchaften zu ſuchen.

Durch Abänderung des Ganges und der Funkenbewegungen des elektriſchen Lichtes laſſen ſich mehrere intereſſante phyſikaliſche Spielwerke hervorbringen, die man in meinem größern Werke beſchrieben findet. Hier begnüge ich mich, zwei hieher gehörige Erſcheinungen anzuführen, welche für eine phyſiſche Verſchiedenheit beider Elektricitäten zu ſprechen ſcheinen.

Man verſieht den erſten Conductor der Electriſirmaſchine oder einen der, damit in Verbindung geſetzten, ſecundären Conductoren, mit einer Metallſpitze, welche in die umgebende Luft hineinragt. Darauf ordnet man die Reibzeuge ſucceſſiv ſo an, daß dieſe Conductoren einmal mit poſitiver, das andremal mit negativer El. geladen werden. Wird der Verſuch im Dunkeln angeſtellt, ſo bemerkt man im erſten Fall am Ende der Spitze einen Feuerbüſchel, begleitet von einem ſehr merklichen Geräuſch; im zweiten Fall ſieht man nur einen Lichtpunct ohne alles Rauſchen.

Man hänge an einem Seidenfaden eine Spielkarte auf, und bringe ihre beiden Flächen mit zwei Metallſpitzen in Berührung, die einander parallel gerichtet, aber an ihren Berührungspuncten ſich nicht entgegengeſetzt ſind, Fig. 47. Man ſetze die eine dieſer Spitzen mit der äußern Fläche einer ſtarken Leydner Flaſche, welche man in der Hand hält, in Verbindung, und berühre die andre mit dem Knopfe des hakenförmig gekrümmten Stabes der innern Belegung. Der Entladungsſchlag geht von einer Spitze zur andern durch die Karte hinüber. Nun beobachtet man, daß die Stelle, wo ſie durchbohrt iſt, genau vor der, mit der negativen Belegung der Flaſche in Verbindung ſtehenden, Spitze befindlich iſt: und, wenn der Verſuch im Dunkeln angeſtellt wird, ſo ſieht man im Augenblick der Entladung einen Feuerſtral über die Oberfläche der Karte, welche den poſitiven Leiter berührt, hinwegfahren; während die Oberfläche, die den negativen Leiter berührt, dunkel bleibt. Man kann ſelbſt die Spuren dieſes Ganges bleibend ſichtbar

In den beiden Tabellen für Rechnung vom falschen Mittel ist die Zahl z', wie oft ein r das gleiche Vorzeichen mit der Abweichung des falschen vom wahren Mittel hatte, und die Zahl $z_{,}$, wie oft es das entgegengesetzte Vorzeichen hatte, kurz, wie oft ein r mit dem falschen A gleichseitig oder ungleichseitig war, zur Zahl $z = z' + z_{,}$ zusammengezogen. Geben wir jetzt die Werte $\delta = z' - z_{,}$ für die Werte von $m = 6$ bis $m = 30$, da für die anderen die Sonderung von z' und $z_{,}$ nicht geschehen ist. Unter $\Sigma(\pm \delta)$ ist eine Summe der δ nach absolutem Werte, unter $\Sigma \delta$ mit Rücksicht auf das Vorzeichen verstanden.

IV. Unterschied $\delta = z' - z_{,}$ zwischen der Zahl z' der mit dem falschen Mittel gleichseitigen und der Zahl $z_{,}$ der damit ungleichseitigen Werte von r gleicher Größe, welche sich zum z in vorigen Tabellen vereinigen, von $m = 6$ bis $m = 30$.

a) bei ungeradem m

r	$m = 7$ $n = 1700$	$m = 9$ $n = 1320$	$m = 11$ $n = 820$	$m = 13$ $n = 840$	$m = 15$ $n = 800$	$m = 17$ $n = 600$	$m = 19$ $n = 600$
1	+ 33,5	+ 0,5	— 33	— 25,5	+ 29	+ 1	— 20,5
3	+ 46,5	— 4,5	+ 9,5	+ 21,5	— 7	— 10	+ 11,5
5	0	+ 1	— 0,5	— 8,5	+ 7,5	— 5	— 15
7	—	—	—	+ 0,5	+ 1,5	+ 3	— 4
9	—	—	—	—	—	—	— 2
$\Sigma(\pm \delta)$	80	6	43	56	45	19	53
$\Sigma \delta$	+ 80	— 3	— 24	— 12	+ 31	— 11	— 30

b) bei geradem m

r	$m = 6$ $n = 2000$	$m = 8$ $n = 1500$	$m = 10$ $n = 1200$	$m = 12$ $n = 1000$	$m = 14$ $n = 850$	$m = 16$ $n = 750$	$m = 18$ $n = 660$	$m = 20$ $n = 600$	$m = 30$ $n = 400$
2	— 24	+ 42,5	+ 20	+ 8	+ 1,5	— 29	— 35,5	— 16,5	+ 5
4	+ 13	+ 11,5	+ 16	+ 8	+ 0,5	— 14	— 8	+ 1,5	0
6	—	0	— 4	0	+ 3	+ 2	+ 2	— 1	+ 4
8	—	—	—	—	+ 1	+ 2	+ 1	— 3	— 2
10	—	—	—	—	—	—	—	— 1	— 1
$\Sigma(\pm \delta)$	37	54	40	16	6	47	46,5	23	12
$\Sigma \delta$	— 11	+ 54	+ 32	+ 16	+ 6	— 39	— 40,5	— 20	+ 6

Es kann etwas auffällig erscheinen, dass die Werte von σ und mithin auch $\Sigma\sigma$ bei den kleineren, namentlich geradzahligen Werten m fast alle positiv sind. Wahrscheinlich aber hat dies denselben Grund, der für eine analoge Erscheinung [§ 107] geltend gemacht wurde, dass nämlich die Serien mit kleinerem m in die Serien mit größerem m mit eingehen, so dass die Serien mit verschiedenem m nicht ganz unabhängig von einander sind, indes aber nicht nur jede Serie für sich, die ein c gab, sondern alle n-Serien für ein gegebenes m zusammen rein nach Zufall geordnet sind.

§ 115. Aus den ersten beiden Tabellen leiten sich folgende Hauptwerte ab, deren Zusammenstellung mit den beistehenden theoretischen Werten, nach obigen Formeln, zur Prüfung dieser Formeln dienen kann.

m	$\mathfrak{E}'$		$\mathfrak{A}$		$\mathfrak{D}$	
	beobachtet	$0.36338\,m$	beobachtet	$0.48017\sqrt{m-1.5}$	beob.[1]	$0.40659\sqrt{m}$
4	1.40	1.45	0.70	0.76	0.72	0.81
5	1.82	1.82	1.20	1.23	0.89	0.91
6	2.25	2.18	1.02	1.02	0.96	1.00
7	2.57	2.54	1.38	1.40	1.03	1.08
8	3.09	2.91	1.27	1.23	1.19	1.15
9	3.40	3.27	1.58	1.56	1.21	1.22
10	3.63	3.63	1.58	1.40	1.27	1.29
11	4.25	4.00	1.73	1.70	1.36	1.35
12	4.19	4.36	1.52	1.56	1.38	1.41
13	4.65	4.72	1.78	1.83	1.37	1.47
14	5.33	5.09	1.69	1.70	1.46	1.52
15	?[2]	5.45	?	1.95	?	1.57
16	6.06	5.81	1.86	1.83	1.65	1.63
17	6.17	6.18	2.05	2.07	1.64	1.68
18	7.09	6.54	2.05	1.95	1.78	1.73
19	7.22	6.90	2.21	2.18	1.80	1.77
20	7.56	7.27	2.11	2.07	1.85	1.82
30	10.06	10.90	2.27	2.57	2.14	2.23
50	17.87	18.17	3.25	3.35	2.63	2.88
100	37.87	36.34	4.87	4.77	4.64	4.07
500	178.17	181.69	10.42	10.74	9.00	9.09

[1] [Wie in §106, so wurde auch hier mit Zuziehung zweiter Differenzen interpoliert.]

[2] [Vergl. die Bemerkung zu Tab. Ia.]

Man dürfte die durchschnittliche Übereinstimmung der empirischen Werte mit den berechneten sehr befriedigend finden. Wenn aber hier und da auch nicht unerhebliche Abweichungen vorkommen, so kann dies bei der sorgfältigen Revision dieser Werte nicht auf Versehen geschrieben werden, sondern es liegt in der Natur der Sache, dass unter vielen, nach ihrer W. berechneten, zufälligen Werten auch zufällig stärkere Abweichungen von den Normalwerten vorkommen. [Überdies können die verhältnismäßig starken Abweichungen, die sich unter den Werten der vier letzten Zeilen finden, auf Rechnung des geringen n derselben gesetzt werden.]

Berücksichtigt man neben den Tabellen I und II die Vergleichstabelle III, so findet man folgende, mit einander vergleichbare Hauptwerte für den Ausgang vom wahren und vom falschen Mittel:

m	Q^2	$\mathfrak{Q}^2$	U'	$\mathfrak{U}'$	V'	$\mathfrak{V}'$
10	10,31	3,63	2,495	1,38	2,19	1,27
50	52,48	17,87	5,825	3,25	5,04	2,63
100	97,47	37,87	8,00	4,87	7,49	4,64

Dieselben zeigen, dass der Übergang vom wahren zum falschen Mittel in der That eine Verringerung der mittleren und wahrscheinlichen Unterschiede mit sich führt, die in genügender Übereinstimmung mit der theoretisch geforderten Verringerung steht. Es ist nämlich:

m	$\mathfrak{Q}^2 : Q^2$	$\mathfrak{U}' : U'$	$\mathfrak{V}' : V'$
10	0,352	0,554	0,577
50	0,341	0,558	0,522
100	0,389	0,608	0,619

Die theoretischen Verhältnisse dagegen sind ohne Berücksichtigung der Korrektionen für $\mathfrak{U}'$ und U', $\mathfrak{Q}^2 : Q^2 = 0,363$; $\mathfrak{U}' : U' = \mathfrak{V}' : V' = 0,605$.]

Man kann es als eine Merkwürdigkeit anführen, dass der Wert $\mathfrak{U}'$, welcher für Rechnung vom falschen Mittel gilt, nahe übereinkommt mit der einfach mittleren Abweichung von dem für Rechnung vom wahren Mittel geltenden U', oder dass $\mathfrak{W}$ nahe gleich $\varepsilon[U']$; doch nur bei so großem m, dass die Korrektion $\pm 1{,}5$ nicht mehr erheblich in Betracht kommt. Dies ergiebt sich sowohl aus dem Vergleiche der Formeln für beide Werte:

$$\mathfrak{W} = 0{,}48097\sqrt{m \pm 1{,}5}$$

und [1]:

$$\varepsilon[U'] = 0{,}48262\sqrt{m}\,,$$

als es sich empirisch für größeres m bestätigt.

[Auf Grund der obigen Zusammenstellung der Werte von U' und $\mathfrak{W}$ insbesondere ergiebt sich $\varepsilon[U']$ für $m = 10$; 50; 100 resp. gleich: 1,64; 3,44; 4,40. Es ist somit in der nämlichen Reihenfolge $\varepsilon[U'] - \mathfrak{W}$ resp. gleich: 0,26; 0,19; −0,47.]

Auch kann man nicht versichern, ob der Zahlenkoeffizient für beide Werte nicht wirklich mit Vorteil als gleich anzunehmen ist, da beide auf verschiedenen Wegen abgeleitete und hiernach etwas verschieden sich ergebende Koeffizienten beiderseits überhaupt nur Approximativbestimmungen liefern, mithin keine absolute Gültigkeit haben.

Wahrscheinlich erstrecken sich dergleichen Beziehungen auch auf die anderen Hauptwerte, und die mitgeteilten Beobachtungsdata geben die Gelegenheit, es zu prüfen; doch habe ich unterlassen, darauf einzugehen, teils in Erwartung, dass sich die Theorie erst dieses Verfahrens mehr bemächtige, teils um nicht die schon so weitläufige Untersuchung noch weiter auszudehnen.

Endlich folgt hier noch der Vergleich einiger Verteilungstafeln nach Rechnung und Erfahrung.

---

[1] Vergl. § 120 im folg. Kap. Da nach der daselbst gegebenen Bestimmung $\varepsilon[U'] = 0{,}60458\,U'$ und da andererseits mit Vernachlässigung der Korrektion:

$$\mathfrak{W} = U'\sqrt{1-\frac{2}{\pi}}\,,$$

so folgt auf Grund der Übereinstimmung von $\varepsilon[U']$ und $\mathfrak{W}$, dass, wie an jener Stelle angegeben wird, approximativ

$$0{,}60458 \text{ gleich } \sqrt{1-\frac{2}{\pi}}$$

gesetzt werden kann.]

Vergleich der beobachteten Zahlen von r in obigen Tabellen mit den nach § 115 berechneten für einige Werte von m.

r	m = 4		m = 10		m = 20		m = 30		m = 50	
	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.
0	1950	1779	494	480	176	174	94	95	49	44.5
2	1050	1182	388	381	256.5	267	169	159.5	84	80
4	—	38	112	128	130.5	121	90	93.5	51	57.5
6	—	—	6	10	33	32	36	38.5	30	33.5
8	—	—	—	—	3	6	8	13	14	16
10	—	—	—	—	1	—	3	0.5	8	6
12	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2
14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.5

§ 116. [Erster Zusatz. Die theoretische Bestimmung des mittleren und wahrscheinlichen Wertes von r.]

[Jedem Systeme von m positiven oder negativen Größen A_1, A_2 … A_m gehört ein Mittelwert A_x und ein Differenzwert r zu, welch letzterer angiebt, um wie viel die Anzahl ν[1] der oberhalb A_x liegenden Werte die Anzahl μ der unterhalb A_x liegenden Werte übersteigt. Die Werte von $r = \nu - \mu$ können daher jeden Wert der Reihe: $m - 2$, $m - 4$ … $4 - m$, $2 - m$ darstellen, so dass es im ganzen $m - 1$ positive oder negative r-Werte giebt, während die entsprechende Anzahl der n-Werte $m + 1$ beträgt. Hierbei bedarf der Fall, wo ein A_i ($i = 1, 2 \dots m$) mit A_x zusammenfällt, keiner besonderen Rücksichtnahme, da er bei der vorauszusetzenden stetigen Veränderlichkeit dieser Größen als ein Grenzfall anzusehen ist, der entweder dem Falle, dass A_i oberhalb A_x oder dem Falle, dass A_i unterhalb A_x liegt, beizuzählen ist. So ist beispielsweise für $m = 2$ der Wert von r stets gleich Null; für $m = 3$ dagegen ist r entweder gleich $+1$ oder gleich -1.]

[Andererseits gehört zu jedem $r = \nu - \mu$ eine Mannigfaltigkeit von Systemen A_1, A_2 … A_m, die man wie folgt bestimmen kann.]

[Bezeichnet A_x den zwischen $-\infty$ und $+\infty$ variierenden Mittelwert, stellt ferner δ eine positive Größe dar, die alle Werte von 0 bis ∞ annehmen kann, und repräsentieren schließlich a_1, a_2 …

---

[1] ν und μ ersetzen hier ν' und μ'.

$\alpha_{\mu-1}$; $\beta_1, \beta_2 \ldots \beta_{\nu-1}$ unabhängig von einander die positiven Werte von 0 bis 1, so setze man:

$$\left.\begin{aligned}
\Delta_1 &= \Delta_0 - (1-\alpha_1)\,\delta \\
\Delta_2 &= \Delta_0 - (1-\alpha_2)\,\alpha_1\,\delta \\
&\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot \\
\Delta_{\mu-1} &= \Delta_0 - (1-\alpha_{\mu-1})\,\alpha_{\mu-2}\ldots\alpha_1\,\delta \\
\Delta_\mu &= \Delta_0 - \alpha_{\mu-1}\,\alpha_{\mu-2}\ldots\alpha_1\,\delta \\
\Delta_{\mu+1} &= \Delta_0 + (1-\beta_1)\,\delta \\
\Delta_{\mu+2} &= \Delta_0 + (1-\beta_2)\,\beta_1\,\delta \\
&\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot \\
\Delta_{m-1} &= \Delta_0 + (1-\beta_{\nu-1})\,\beta_{\nu-2}\ldots\beta_1\,\delta \\
\Delta_m &= \Delta_0 + \beta_{\nu-1}\,\beta_{\nu-2}\ldots\beta_1\,\delta.
\end{aligned}\right| \qquad (5)$$

Man erhält so zunächst alle Wertensysteme $\Delta_1 \ldots \Delta_m$, deren μ ersten Werte unterhalb des jeweiligen Mittelwertes liegen, während die ν letzten Werte denselben übersteigen. In der That ist auf Grund der festgesetzten Variabilitätsbereiche $\Delta_1, \Delta_2 \ldots \Delta_\mu$ kleiner als Δ_0; $\Delta_{\mu+1}, \Delta_{\mu+2} \ldots \Delta_m$ größer als Δ_0; so ist ferner die Summe der μ ersten Δ gleich $\mu\Delta_0 - \delta$ und die Summe der ν letzten Δ gleich $\nu\Delta_0 + \delta$, somit die Summe aller Δ gleich $m\Delta_0$.

[Um sodann alle Wertensysteme $\Delta_1, \Delta_2 \ldots \Delta_m$ zu erhalten, für welche irgend welche Werte in der Anzahl μ unterhalb und die übrigen ν oberhalb des jeweiligen Mittelwertes liegen, ist nur nötig, an dem Systeme (5) alle möglichen Vertauschungen zwischen den μ ersten und den ν letzten Δ vorzunehmen, was zu $m! : (\mu!\,\nu!)$ Gleichungensystemen von der Form (5) führt, deren jedes die nämliche Mannigfaltigkeit von Wertensystemen $\Delta_1 \ldots \Delta_m$ nur mit jedesmal veränderter Reihenfolge der Δ darstellt, und deren Verein die Gesamtmannigfaltigkeit der zu $\varepsilon = \nu - \mu$ gehörenden Wertensysteme bestimmt.]

[Es sollen nun die Δ_i $(i = 1 \ldots m)$ als Abweichungen vom wahren Mittel aufgefasst werden, für welche das G. G. gilt. Dann ist die W. für das Vorkommen eines einzelnen Wertes Δ gleich:

$$\frac{h}{\sqrt{\pi}} \exp(-h^2 \Delta^2).$$

Es ist ferner die W. für das Vorkommen des Systems der m Werte $\Delta_1 \dots \Delta_m$ gleich:

$$\frac{h^m}{(\sqrt{\pi})^m}\exp\{-h^2(\Delta_1^2+\dots\Delta_m^2)\},$$

da — nach bekanntem Satze der Wahrscheinlichkeitsrechnung — die W. für das Zusammentreffen mehrerer, von einander unabhängiger Ereignisse gleich dem Produkte der W. für das Eintreffen jedes einzelnen Ereignisses ist. Es ist schließlich die W. für das Vorkommen irgend eines Systemes $\Delta_1 \dots \Delta_m$, das einer wohl definierten, stetigen Mannigfaltigkeit solcher Systeme angehört, gleich:

$$\frac{h^m}{(\sqrt{\pi})^m}\int\exp\{-h^2(\Delta_1^2+\dots\Delta_m^2)\}\,d\Delta_1\dots d\Delta_m, \qquad (6)$$

wo das Integral über das Kontinuum der Wertesysteme zu erstrecken ist, in dessen Bereich das vorkommende Wertesystem fallen soll. Denn die W. dafür, dass irgend eines aus einer Reihe einander ausschließender Ereignisse eintritt, ist — wie die Wahrscheinlichkeitsrechnung lehrt — gleich der Summe der W. der einzelnen Ereignisse.]

[Es ist aber den Gleichungen (5) zufolge:

$$\Delta_1^2+\Delta_2^2+\dots\Delta_m^2 = m\Delta_0^2+\vartheta^2(\alpha;\beta),$$

wenn zur Abkürzung $(\alpha;\beta) =$

$$(1-\alpha_2)^2+\alpha_2^2(1-\alpha_3)^2+\dots+(1-\beta_2)^2+\beta_2^2(1+\beta_3)^2+\dots \qquad (7a)$$

$$d\Delta_1 d\Delta_2\dots d\Delta_m = m\vartheta^{m-1}\alpha_2^{\mu-2}\dots\alpha_{\mu-1}\beta_2^{\nu-2}\dots\beta_{\nu-1}\cdot d\Delta_0\,d\vartheta\,d\alpha_2\dots d\alpha_{\mu-1}\,d\beta_2\dots d\beta_{\nu-1}. \qquad (7b)$$

Man erhält somit als Ausdruck für die W., dass von m Abweichungen $\Delta_1 \dots \Delta_m$ die μ ersten unterhalb, die ν letzten oberhalb des Mittelwertes Δ_0 liegen, das Integral:

$$\frac{mh^m}{(\sqrt{\pi})^m}\int\exp\{-h^2(m\Delta_0^2+\vartheta^2(\alpha;\beta))\}\cdot\vartheta^{m-1}\alpha_2^{\mu-2}\dots\alpha_{\mu-1}\beta_2^{\nu-2}\dots\beta_{\nu-1}\,d\Delta_0\,d\vartheta\,d\alpha_2\dots d\beta_{\nu-1}, \qquad (8)$$

wo über Δ_0 von $-\infty$ bis $+\infty$, über ϑ von 0 bis ∞ und über jedes der α und β von 0 bis 1 zu integrieren ist. In Übereinstimmung damit drückt sich die W., dass überhaupt von m Abweichungen

μ unterhalb und ν oberhalb des Mittelwertes liegen, dass mithin $\varepsilon = \nu - \mu$, aus durch:

$$\left.\begin{aligned} W(\varepsilon) = \frac{m!}{\mu!\,\nu!}\cdot\frac{m\,h^m}{(\sqrt{\pi})^m}\int \exp[-h^2(m\,\Delta_0^2+\delta^2(\alpha;\beta))]\cdot \\ \delta^{m-2}\,\alpha_1^{\mu-1}\ldots\beta_1^{\nu-2}\ldots d\Delta_0\,d\delta\,d\alpha_1\ldots d\beta_1\ldots\ldots \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

wo das Integral zwischen eben denselben Grenzen zu nehmen ist.]

Da sich die Integration über Δ_0 und über δ sofort ausführen lässt, indem:

$$\int_{-\infty}^{+\infty}\exp[-h^2 m\,\Delta_0^2]\,d\Delta_0 = \frac{\sqrt{\pi}}{h\sqrt{m}};$$

und für gerades m:

$$\int_0^\infty \exp[-h^2\delta^2(\alpha;\beta)]\,\delta^{m-2}\,d\delta = \sqrt{\pi}\cdot\frac{1\cdot3\cdot5\ldots(m-3)}{2^{\frac{m}{2}}\cdot(h\sqrt{(\alpha;\beta)})^{m-1}};$$

für ungerades m:

$$\int_0^\infty \exp[-h^2\delta^2(\alpha;\beta)]\,\delta^{m-2}\,d\delta = \frac{1\cdot2\cdot3\ldots\left(\frac{m-3}{2}\right)}{2(h\sqrt{(\alpha;\beta)})^{m-1}};$$

so erhält man für $W(\varepsilon)$ den vereinfachten Ausdruck:

$$W(\varepsilon) = C_m\cdot\int\frac{\alpha_1^{\mu-2}\cdots\alpha_{\mu-1}\,\beta_1^{\nu-2}\cdots\beta_{\nu-1}}{(\alpha;\beta)^{\frac{m-1}{2}}}\,d\alpha_1\cdots d\alpha_{\mu-1}\,d\beta_1\cdots d\beta_{\nu-1}, \quad (10)$$

woselbst:

$$\begin{aligned}(\alpha;\beta) = (1-\alpha_1)^2 + \alpha_1^2(1-\alpha_2)^2 + \cdots + \alpha_1^2\cdots\alpha_{\mu-1}^2 \\ + (1-\beta_1)^2 + \beta_1^2(1-\beta_2)^2 + \cdots \beta_1^2\cdots\beta_{\nu-1}^2;\end{aligned}$$

für gerades m: $\quad C_m = \frac{m!}{\mu!\,\nu!}\cdot\frac{\sqrt{m}}{2(\sqrt{2\pi})^{m-2}}\cdot1\cdot3\cdot5\cdots(m-3);$

für ungerades m: $\quad C_m = \frac{m!}{\mu!\,\nu!}\cdot\frac{\sqrt{m}}{2(\sqrt{\pi})^{m-1}}\cdot1\cdot2\cdot3\cdots\left(\frac{m-3}{2}\right);$

und wo die Integration für jedes α und β von der unteren Grenze 0 bis zur oberen Grenze 1 zu erstrecken ist.]

[Die Formel (10) erprobt sich zunächst in den einfachsten Fällen für $m = 2$ und 3, deren $W(0)$ resp. $W(1)$ von vornherein bekannt ist. Es ist nämlich, da für $m = 2$ stets $r = 0$ ist, $W'[0] = 1$ und, da r für $m = 3$ entweder gleich $+1$ oder gleich -1, und beide Werte gleich wahrscheinlich sind, $W'[+1] = W'[-1] = \frac{1}{2}$. Und in der That erhält man aus (10) für $m = 2$:

$$W'[0] = C_2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 1;$$

ferner für $m = 3$:

$$W'[+1] = W'[-1] = C_3 \int_0^1 \frac{d\alpha}{2(1-\alpha+\alpha^2)} = C_3 \frac{\pi}{3\sqrt{3}} = \frac{1}{2}.)$$

Aus (10) ergeben sich sodann durch Ausführen der Integrationen die Werte von $W'(r)$ für größere m. Dabei ist zu beachten, dass die Summe aller $W'(r)$ für ein gegebenes m gleich 1, und dass

$$W'[+r] = W'[-r], \tag{11}$$

da r in $-r$ übergeht, wenn α mit ε vertauscht wird, was auf den Wert des Integrals keinen Einfluss hat.]

[Hiernach findet man für $m = 4$:

$$W'[0] = \frac{3}{\pi} I_1; \quad W'[+2] = W'[-2] = \frac{2}{\pi} I_2;$$

$$I_1 = \frac{1}{2\sqrt{2}} \int_0^1\!\!\int_0^1 \frac{d\alpha\, d\beta}{(1-\alpha+\alpha^2-\beta+\beta^2)^{3/2}}$$
$$= 2 \operatorname{arc\,tg} \sqrt{2} - \operatorname{arc\,tg} 2\sqrt{2} = 0{,}21636 \cdot \pi;$$

$$I_2 = \frac{1}{2\sqrt{2}} \int_0^1\!\!\int_1^\infty \frac{d\alpha\, d\beta}{(1-\alpha+\alpha^2-\beta+\beta^2)^{3/2}}$$
$$= \operatorname{arc\,tg} 2\sqrt{2} - \operatorname{arc\,tg} \sqrt{2} = 0{,}08773 \cdot \pi.$$

Daraus folgt:

$$W'[0] = 0{,}64908; \quad W'[+2] = W'[-2] = 0{,}17546;$$
$$\mathfrak{E}' = 1{,}40368; \quad \mathfrak{W} = 0{,}70184.$$

In ähnlicher Weise ergiebt sich für $m = 5$:

$$W'[+1] = W'[-1] = 0{,}451075; \quad W'[+3] = W'[-3] = 0{,}048925;$$
$$\mathfrak{E}' = 1{,}7828; \quad \mathfrak{W} = 1{,}1957.$$

Für die beiden Fälle $m = 4$ und $m = 5$ werden so die exakten Werte für $\mathcal{E}'$ und $\mathcal{U}$ geboten, deren Vergleich mit den entsprechenden Werten des § 115 die Zuverlässigkeit der dortigen Bestimmungen zu beurteilen gestattet.]

[Um aber auf diesem Wege in gleicher Weise, wie es im vorigen Kapitel für die Abweichungen vom wahren Mittel geschah, Formeln für $W(r)$ und hiernach solche für $\mathcal{E}'$, $\mathcal{U}$ und $\mathcal{Q}$ zu gewinnen, welche die Abhängigkeit dieser Werte von m explicite darstellen, müsste das $(m-2)$-fache Integral von (10) in allgemein gültiger Ausführung vorliegen. Nun lässt sich allerdings eine solche Ausführung, am bequemsten aus (9), durch Entwicklung in Reihen gewinnen. Da dieselbe jedoch zu Weitläufigkeiten führt, so ist es angezeigt, den Wert von $\mathcal{E}'$ direkt zu bestimmen, um sodann — mit dem Zugeständnis, dass so eine für die hier verfolgten Ziele unbedenkliche Lücke bleibt — $\mathcal{U}$ und $\mathcal{Q}$ daraus unter der Voraussetzung abzuleiten, dass für große m die Wahrscheinlichkeitsverhältnisse der r durch das G. G. geregelt werden. Diese Voraussetzung ist zulässig, da nach (11) das Wahrscheinlichkeitsgesetz für r symmetrisch ist bezüglich des Maximalwertes $r = 0$, und da ferner die aus dem G. G. folgenden Beziehungen zwischen $\mathcal{E}'$, $\mathcal{U}$ und $\mathcal{Q}$, die den Formeln (1) bis (4) zu Grunde liegen, eine hinreichende empirische Bewährung gefunden haben. Es wird dann allerdings auch auf eine theoretische Begründung der für $\mathcal{U}$ gegebenen Korrektionen verzichtet.]

[Die direkte Bestimmung von $\mathcal{E}'$ lässt sich wie folgt erreichen. Man beachte, dass für ein beliebiges System von Abweichungen Δ_1, $\Delta_2 \ldots \Delta_m$, deren arithmetischer Mittelwert Δ_a sei, die Differenz $r = \nu - \mu$ zwischen den Anzahlen der oberhalb und unterhalb Δ_a liegenden Δ_i $(i = 1, 2 \ldots m)$ darstellbar ist durch:

$$r = \frac{\Delta_1 - \Delta_a}{\sqrt{(\Delta_1 - \Delta_a)^2}} + \frac{\Delta_2 - \Delta_a}{\sqrt{(\Delta_2 - \Delta_a)^2}} + \cdots \frac{\Delta_m - \Delta_a}{\sqrt{(\Delta_m - \Delta_a)^2}}; \qquad (12)$$

denn jeder Quotient $(\Delta_i - \Delta_a) : \sqrt{(\Delta_i - \Delta_a)^2}$ ist gleich $+1$ oder gleich -1, je nachdem Δ_i oberhalb oder unterhalb Δ_a liegt. Es ist demzufolge:

machen, indem man beide Flächen der Karte mit Zinnober bemalt, der ſich blos auf einer derſelben verändert findet.

Dieſe Erſcheinung, ſo wie die vorige, finden ſehr wohl ihre Erklärung durch die Annahme, daß die Luft der poſitiven El. weit leichter den Durchgang verſtattet, als der negativen. Hienach kann eine, mit poſitiver El. geladene, Spitze dieſelbe rings um ſich ausſtrömen; während, wenn ſie mit negativer El. geladen iſt, die Entladung durch die ſucceſſive Berührung der Lufttheilchen geſchehen muß, welche zum äußerſten Punct der Spitze hinzutreten, um die El. zu rauben. Das Licht wird ſich alſo nur an dieſer Spitze ſelbſt zeigen. Eben ſo kann bei dem Verſuch mit der Karte blos die El. der poſitiven Spitze in die Luft ausgeſtrömt werden, um der negativen El. der andern Spitze zu begegnen; welches ſie auf dem Wege des geringſten Widerſtands vollbringt, indem ſie erſt auf der Oberfläche der Karte hingleitet, und ſie nur in dem Augenblick durchbricht, wo ihre Anziehungskraft durch die Nähe an der andern Spitze am höchſten geſteigert iſt. **Tremery**, welcher zuerſt auf dieſe Erklärungsart verfallen iſt, ſuchte den Einfluß der, die El. zurückhaltenden, Kraft dadurch zu ſchwächen, daß er die Dichtigkeit der dazwiſchen befindlichen Luft verminderte; indem er die nämlichen Verſuche unter der Glocke einer Luftpumpe wiederholte. Er fand hiebei, daß ſich das Loch in der durchbohrten Karte der Mitte des Zwiſchenraums zwiſchen beiden Spitzen in dem Maße nähert, als die umgebende Luft dünner und mithin geringern Widerſtands fähig iſt. Dies Reſultat ſcheint der Annahme, daß beide Elektricitäten mit ungleicher Kraft von der Luft zurückgehalten werden, günſtig zu ſeyn; und ſpäter anzuführende Erſcheinungen ſprechen dafür, daß eine ſolche Ungleichheit auch in Bezug auf andre Körper, als die Luft, Statt habe. Hier wird dieſelbe jedoch nur bei el. Ladungen von ausnehmend ſchwacher Repulſivkraft bemerklich, und es iſt ſehr ſchwer, ſich zu erklären, wie ſie in der Luft, ſelbſt für die ſtärkſten Ladungen, Statt finden kann, während alle übrigen Erſcheinungen anzudeuten ſcheinen, daß der, von der Luft geleiſtete, Widerſtand, einzig von ihrem Druck herrührt *). Es würde daher gerathen ſeyn, dieſe Verſuche noch einmal unter andern Umſtänden vorzunehmen, z. B. in verſchiednen Mitteln, um zu ſehn, ob es möglich wäre, dieſen anſcheinenden Widerſpruch zu heben.

---

*) In der That wird dadurch dieſe Annahme höchſt unwahrſcheinlich gemacht, denn dieſelbe würde zugleich eine andre Stärke der el. Repulſivkraft oder Expanſivkraft in der poſitiven, als in der negativen El. vorausſetzen; was ſich mit der ganzen übrigen Theorie nicht vereinigen ließe.

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{E}^2 = \int\Big(\frac{\Delta_1-\Delta_0}{\sqrt{(\Delta_1-\Delta_0)^2}} + \cdots \frac{\Delta_m-\Delta_0}{\sqrt{(\Delta_m-\Delta_0)^2}}\Big)^2 \\ \cdot\frac{h^m}{(\sqrt{\pi})^m}\exp[-h^2(\Delta_1^2+\cdots\Delta_m^2)]\cdot d\Delta_1\cdots d\Delta_m,\end{aligned}\right| \quad (13)$$

wo die Integration über jedes Δ_i von $-\infty$ bis $+\infty$ zu erstrecken ist.]

[Nun ist aber:

$$\Big(\frac{\Delta_1-\Delta_0}{\sqrt{(\Delta_1-\Delta_0)^2}} + \cdots \frac{\Delta_m-\Delta_0}{\sqrt{(\Delta_m-\Delta_0)^2}}\Big)^2 = m + \Sigma\,\frac{(\Delta_i-\Delta_0)(\Delta_k-\Delta_0)}{\sqrt{(\Delta_i-\Delta_0)^2(\Delta_k-\Delta_0)^2}},$$

wo die Summation über alle i und k aus der Reihe der Zahlen von 1 bis m, ausgenommen die Werthe $i = k$, auszudehnen ist. Es ist daher, da

$$\frac{h^m}{(\sqrt{\pi})^m}\int\exp[-h^2(\Delta_1^2+\cdots\Delta_m^2)]\,d\Delta_1\cdots d\Delta_m = 1,$$

und alle $m(m-1)$ Integrale:

$$\frac{h^m}{(\sqrt{\pi})^m}\int\frac{(\Delta_i-\Delta_0)(\Delta_k-\Delta_0)}{\sqrt{(\Delta_i-\Delta_0)^2(\Delta_k-\Delta_0)^2}}\exp[-h^2(\Delta_1^2+\cdots\Delta_m^2)]\,d\Delta_1\cdots d\Delta_m$$

einander gleich sind:

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{E}^2 = m + m(m-1)\frac{h^m}{(\sqrt{\pi})^m}\cdot \\ \int\frac{(\Delta_1-\Delta_0)(\Delta_2-\Delta_0)}{\sqrt{(\Delta_1-\Delta_0)^2(\Delta_2-\Delta_0)^2}}\exp[-h^2(\Delta_1^2+\cdots\Delta_m^2)]\,d\Delta_1\cdots d\Delta_m,\end{aligned}\right\} \quad (14)$$

wo die Grenzen der Integration, wie oben angegeben, zu nehmen sind.]

[Um nunmehr das m-fache Integral auszuwerten, setze man:

$$\left.\begin{aligned}\Delta_1 &= \Delta_0 + \delta_1 \\ \Delta_2 &= \Delta_0 + \delta_2 \\ \Delta_3 &= \Delta_0 - \frac{\delta_1+\delta_2}{m-2} + \delta_3 \\ \Delta_4 &= \Delta_0 - \frac{\delta_1+\delta_2}{m-2} + \delta_4 \\ &\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot \\ \Delta_{m-1} &= \Delta_0 - \frac{\delta_1+\delta_2}{m-2} + \delta_{m-1} \\ \Delta_m &= \Delta_0 - \frac{\delta_1+\delta_2}{m-2} - (\delta_3+\delta_4+\cdots\delta_{m-1})\end{aligned}\right| \quad (15)$$

Dadurch treten an Stelle der unabhängig voneinander zwischen den Grenzen $-\infty$ und $+\infty$ variierenden $\Delta_1, \Delta_2 \dots \Delta_m$ die gleichfalls unabhängig voneinander zwischen den nämlichen Grenzen variierenden $\Delta_0, \delta_1, \delta_2 \dots \delta_{m-1}$, und man erhält:

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{E}^2 &= m + m(m-1)\frac{m h^m}{(\sqrt{\pi})^m}\cdot \\ &\int \frac{\delta_1\delta_2}{\sqrt{\delta_1^2\delta_2^2}} \exp(-h^2 A)\, d\Delta_0\, d\delta_1\, d\delta_2 \dots d\delta_{m-1}, \\ &\text{wo:}\quad A = m\Delta_0^2 + \delta_1^2 + \delta_2^2 + \frac{(\delta_1+\delta_2)^2}{m-2} \\ &+ 2(\delta_3^2 + \delta_3\delta_4 + \delta_4^2 + \delta_3\delta_5 + \delta_4\delta_5 + \delta_5^2 + \cdots \delta_{m-1}^2). \end{aligned}\right| \quad (16)$$

Hieraus gewinnt man durch Ausführung der Integration bez. $\Delta_0, \delta_3, \delta_4 \dots \delta_m$:

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{E}^2 &= m + m(m-1)\frac{h^2}{\pi}\sqrt{\frac{m}{m-2}}\cdot \\ &\int \frac{\delta_1\delta_2}{\sqrt{\delta_1^2\delta_2^2}} \exp\left[-h^2\left(\delta_1^2+\delta_2^2+\frac{(\delta_1+\delta_2)^2}{m-2}\right)\right] d\delta_1\, d\delta_2. \end{aligned}\right| \quad (17)$$

Da aber $\delta_1\delta_2 : \sqrt{\delta_1^2\delta_2^2} = +1$, wenn δ_1 und δ_2 gleichzeitig positiv oder negativ sind, und da der nämliche Quotient den Wert -1 darstellt, wenn von den beiden Größen δ_1 und δ_2 die eine positiv, die andere negativ ist, so erhält man nach einfachen Umformungen:

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{E}^2 &= m + m(m-1)\frac{2h^2}{\pi}\sqrt{\frac{m}{m-2}}\cdot \\ \int_0^\infty\!\!\int_0^\infty &\exp\left[-\frac{m-1}{m-2}h^2(\delta_1^2+\delta_2^2)\right]\cdot\left(\exp\left[-\frac{2}{m-2}h^2\delta_1\delta_2\right] - \exp\left[\frac{2}{m-2}h^2\delta_1\delta_2\right]\right) d\delta_1\, d\delta_2 \end{aligned}\right| \quad (18)$$

oder, wenn $t_1 = \sqrt{\frac{m-1}{m-2}}\, h\delta_1$; $t_2 = \sqrt{\frac{m-1}{m-2}}\, h\delta_2$:

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{E}^2 &= m + \frac{2m}{\pi}\sqrt{m(m-2)}\cdot \\ \int_0^\infty\!\!\int_0^\infty &\exp(-t_1^2 - t_2^2)\left(\exp\left[-\frac{2}{m-1}t_1t_2\right] - \exp\left[\frac{2}{m-1}t_1t_2\right]\right) dt_1\, dt_2. \end{aligned}\right\} \quad (19)$$

Nun ist:

$$\exp\left[-\frac{2}{m-1}t_1t_2\right]-\exp\left[\frac{2}{m-1}t_1t_2\right]=-\frac{4}{m-1}t_1t_2$$
$$-\frac{8}{3(m-1)^3}t_1^3t_2^3-\frac{8}{15(m-1)^5}t_1^5t_2^5-\cdots.$$

Folglich resultiert schließlich, wenn $t_1^2=x_1$ und $t_2^2=x_2$ gesetzt wird:

$$\left.\begin{aligned}\mathcal{E}'&=m-\frac{2m}{\pi}\cdot\frac{\sqrt{m(m-2)}}{m-1}\int_0^\infty\!\!\int_0^\infty\exp[-x_1-x_2]\\&\quad\left(1+\frac{2x_1x_2}{3(m-1)^2}+\frac{2x_1^2x_2^2}{15(m-1)^4}+\cdots\right)dx_1\,dx_2\\&=m-\frac{2m}{\pi}\frac{\sqrt{m(m-2)}}{m-1}\left(1+\frac{2}{3(m-1)^2}+\frac{8}{15(m-1)^4}+\cdots\right)\end{aligned}\right\}\quad(20)$$

Aus diesem Resultate wird aber der gesuchte Wert von $\mathcal{E}'$, wie ihn die Formel (1) darstellt, gewonnen, wenn Größen von der Ordnung $1:m$ vernachlässigt werden. Durch Entwicklung nach Potenzen von $1:m$ erhält man nämlich:

$$\mathcal{E}'=m-\frac{2m}{\pi}-\frac{1}{3\pi m}-\frac{2}{3\pi m^2}\cdots,\qquad(21)$$

somit in erster Annäherung:

$$\mathcal{E}'=m\left(1-\frac{2}{\pi}\right).\qquad(22)$$

Hieraus folgen dann unmittelbar die Formeln (3) und (4) für $\mathcal{W}$ und $\mathcal{F}$ — jedoch ohne die für $\mathcal{W}$ empirisch gefundene Korrektion — wenn das G. G. für die Wahrscheinlichkeitsverhältnisse der x bei großem m in Anspruch genommen wird.]

§ 117. [**Zweiter Zusatz. Erläuterungen zur empirischen Bewährung der Wahrscheinlichkeitsbestimmungen für $\mathcal{E}$, $\mathcal{W}$ und $\mathcal{F}$ mittelst der Lotterielisten.**]

Zunächst könnte es überhaupt unmöglich scheinen, ein Prinzip empirischer Bewährung dafür zu finden, da ja die Formeln wesentliche Symmetrie und Gültigkeit des G. G. zufälliger Abweichungen voraussetzen; aber an welchem Gegenstande man auch die Bewährung versuchen will, man kann für die Abweichungen vom Mittel A weder die eine, noch die andere Bedingung von vornherein als erfüllt voraussetzen. Aber man kann sich künstlich einen Gegenstand herstellen, der diese Bedingungen erfüllt, nach folgendem Prinzip.

Denke man sich, um das Prinzip zuerst in möglichst fasslicher Form zu erläutern, in eine Urne eine sehr große Anzahl, ich will sagen 15000 weiße und ebenso viele schwarze Kugeln gethan, wovon die ersten als positive, die letzten als negative Abweichungen zählen mögen; es sollen diese Kugeln aber mit positiven und negativen Größenwerten beschrieben sein, jede Größe in solcher Wiederholung, wie es der W. der entsprechenden Fehlergrößen nach dem G. G. entspricht. Als richtiger Mittelwert, von dem die Fehler ihren Ausgang nehmen, gilt hierbei der Nullwert. Man ziehe nun m Kugeln und nenne positive Summe $\Sigma\Delta'$ die Summe, die man erhält, wenn man jede positive Fehlergröße mit der Zahl, wie oft sie gezogen ist, multipliziert; entsprechend mit der negativen Summe $\Sigma\Delta_{,}$. Sofern nun $\Sigma\Delta'$ und $\Sigma\Delta_{,}$ nach Zufall nicht gleich gefunden sind, erscheint der Mittelwert um $(\Sigma\Delta' - \Sigma\Delta_{,}) : m$, welcher Wert c heiße, vermehrt oder vermindert, je nachdem $\Sigma\Delta' > \Sigma\Delta_{,}$ oder umgekehrt. Der falsche Mittelwert ist also statt 0 gleich $\pm c$. Hat man also solchergestalt c bestimmt, so kann man jetzt zählen, wie viel Fehler größer und wie viel kleiner als c sind und hiernach ein $\pm(\mu' - \mu_{,})$ oder c für diesen Fall finden und, nachdem man n Züge gethan hat, hieraus sowohl ein mittleres c als wahrscheinliches c finden, welches letztere nur eine Interpolation fordert.

Nun würde ein solches Verfahren mit der Urne und so vielen weißen und schwarzen, mit Größenwerten beschriebenen Kugeln praktisch undurchführbar sein; aber man kann die Urne durch das Lotterierad, die weißen und schwarzen Kugeln durch geradzahlige und ungeradzahlige Nummern ersetzt halten. Man kann ferner, um unter den 30000 Nummern Verhältnisse herzustellen, welche den Wahrscheinlichkeitsverhältnissen der Fehler entsprechen, allen Nummern von 1 bis incl. 338 die Größe 0,25 beilegen, allen von da bis incl. 1015 die Größe 1, allen von da bis 1691 die Größe 2, allen von da bis 2366 die Größe 3 u. s. w. und diese Übersetzung in eine Tabelle bringen, welche bei jeder Lotterienummer, auf die man im

Durchgehen der Liste trifft, sofort Auskunft giebt, welche Größe sie repräsentiert.

[Die Herstellung dieser Tabelle erfolgt mittelst der t-Tabelle (§ 183), wie folgt. Zunächst ist eine Entscheidung zu treffen, nach welchem Intervalle die zu Grunde zu legenden t-Werte fortschreiten sollen. Im Interesse der Bequemlichkeit werde das Intervall 0,02, mit dem Anfangs-$t = 0{,}01$, gewählt. Da nun die vorausgesetzte Anzahl der Lotterienummern, die als ebensoviele Exemplare eines K.-G. zu interpretieren sind, 30 000 ist, so sind die den Intervallgrenzen entsprechenden Φ-Werte mit 30 000 zu multiplizieren, um in ihren successiven Differenzen die Anzahlen der Abweichungen zu erhalten, die in die aufeinander folgenden Intervalle fallen. Die Abweichungen selbst aber sind, wie das für unsere K.-G. durchweg geschieht, in der Mitte des Intervalles, in das sie gehören, vereinigt zu denken. Es wäre somit, da $t = \Delta : \varepsilon\sqrt{\pi}$, das erste Δ gleich $\varepsilon\sqrt{\pi} \cdot 0{,}005$; das zweite gleich $\varepsilon\sqrt{\pi} \cdot 0{,}02$; das dritte gleich $\varepsilon\sqrt{\pi} \cdot 0{,}04$ u. s. w. zu setzen; da jedoch die Größe der mittleren Abweichung ε beliebig festgesetzt werden darf, so kann $\varepsilon = 1 : 0{,}02\sqrt{\pi} = 28{,}2095$ angenommen werden, wonach das erste Δ gleich 0,25, das zweite Δ gleich 1, das dritte gleich 2 u. s. w. gefunden wird. Um endlich diesen Δ die Häufigkeit des Vorkommens, wie sie das G. G. gemäß der t-Tabelle verlangt, zu sichern, sind jedem einzelnen so viele Lotterienummern zuzuweisen, als die Anzahl der zugehörigen Abweichungen beträgt. Diese Zuordnung könnte an sich ganz willkürlich vorgenommen werden, da jede der 30 000 Nummern des Glücksrades die nämliche W. besitzt, gezogen zu werden. Selbstverständlich wird jedoch dabei die natürliche Reihenfolge der Nummern beobachtet; es werden mithin dem ersten Δ die ersten 338 Nummern, dem zweiten Δ die 677 folgenden Nummern u. s. w., wie oben angegeben, beigesellt, so dass eine Tabelle entsteht, die auszugsweise folgendermaßen lautet:]

Größe	Zahl	Größe	Zahl	Größe	Zahl
0,25	1—338	14	8923—9548	47	24347—24626
1	339—1015	15	9549—10167		
2	1016—1691			74	28872—28946
3	1692—2365	25	15351—15877	75	28947—29018
4	2366—3038	26	15878—16393		
5	3039—3708	27	16394—16899	100	29854—29865
10	6356—7005	28	16900—17394		
11	7006—7650			143	29998
12	7651—8289	45	23756—24056	150	29999
13	8290—8922	46	24057—24346	160	30000

Eigentlich freilich ändern sich die Abweichungen kontinuierlich, während hier jede Abweichungsgröße um 1 von der folgenden abweicht; dieses Abweichungsintervall ist aber im Verhältnisse zur einfachen mittleren Abweichung, also nach dem getroffenen Verhältnisse $1 : 0{,}02\sqrt{\pi} = 28{,}2095$ klein genug, um ein merklich übereinstimmendes Resultat mit kontinuierlicher Größenänderung zu geben.

Es haben mir nun sächsische Lotterielisten von 10 Jahren zu Gebote gestanden, jede von 32 000 bis 34 000 Nummern, wovon ich aber die Nummern über 30 000 in den Listen als nicht vorhanden bei Seite gelassen habe. [Aus diesen 10 Listen wurden mittelst voriger Methode die empirischen Data der obigen Tabellen I und II und hiernach die Bewährungen der Wahrscheinlichkeitsbestimmungen von $\mathfrak{E}$, $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{D}$ gewonnen.]

[Es gelte z. B. die Bestimmung von r für $m = 6$. Man hat dann je sechs aufeinander folgende Nummern der Listen zusammenzunehmen, wobei die Nummern über 30 000 nicht berücksichtigt werden; also, wenn die Nummern 28 904, 24 460, 32 305, 16 019, 157, 3708, 16 928 getroffen werden, mit Beiseitelassen der 3ten, da sie 30 000 übersteigt, die übrigen sechs nach obiger Tabelle in Abweichungsgrößen Δ umzusetzen, die positiv zu nehmen sind für geradzahlige Nummern, negativ für ungeradzahlige Nummern. Es stellen somit die bezeichneten Nummern die Größen $+74$, $+47$, -26, $-0{,}25$, $+5$, $+28$ mit dem Mittelwert $+21{,}3$ dar; mithin ist bezüglich des letzteren $\mu' = \mu_, = 3$ und $r = 0$. Diese Bestimmung, 2000mal ausgeführt, ergab die in Tab. I, b unter $m = 6$, $n = 2000$ aufgeführten Werte.]

XVII. Das einfache und das zweiseitige Gauss'sche Gesetz.

§ 118. Wenn schon das einfache G. G., welches wir § 24—29 erläutert haben, wegen der im allgemeinen bei K.-G. vorauszusetzenden asymmetrischen W. der Kollektivabweichungen bez. A nicht direkt auf K.-G. anwendbar ist, ist doch das zweispaltige G. G. (§ 33) für sie in Anspruch zu nehmen, wonach alle Bestimmungen des einfachen G. G. auf K.-G. übertragbar werden, wenn man die Abweichungen von D statt von A nimmt und die nach einfachem G. G. gemeinsam für beide Seiten bez. A geltenden Werte $\pm\Delta$, m, $\eta = \Sigma\Delta : m$, bez. jeder Seite insbesondere resp. durch ∂', m', $e' = \Sigma\partial' : m'$ und $\partial_,$, $m_,$, $e_, = \Sigma\partial_, : m_,$ ersetzt. Mit Rücksicht hierauf gehen wir nach den schon im V. Kap. gemachten Angaben über das einfache G. G., welche hierbei vorauszusetzen sind, noch auf folgende Ergänzungen derselben ein.

Es ist schon angeführt, dass die bis jetzt vorliegenden, ausgeführten Verteilungstafeln des G. G., d. i. die Φ-Tafel und φ-Tafel, nicht bez. $\Delta : \eta$, wofür sie § 27 gegeben wurden, sondern bez. $\Delta : \eta\sqrt{\pi}$, kurz t, aufgestellt sind. Eine solche Tafel wird im Anhang (§ 183) mitgeteilt.

Derselben liegt die fundamentale Gauss'sche Bestimmung unter, dass die W. oder verhältnismäßige Zahl eines einzelnen Wertes $\pm\Delta$ kurz eine bestimmte Größe sei, gleich:

$$\frac{2h}{\sqrt{\pi}} \exp[-h^2\Delta^2], \qquad (1)$$

worin $h = 1 : \eta\sqrt{\pi}$, $\Delta = \eta\sqrt{\pi}\, t$, Um sie zwischen gegebenen Grenzen von Δ zu haben, hat man vorigen Ausdruck mit $d\Delta$ zu multiplizieren und das Integral davon zwischen den betreffenden Grenzen zu nehmen; giebt allgemein:

$$\frac{2h}{\sqrt{\pi}}\int \exp[-h^2\Delta^2]\cdot d\Delta \tag{2}$$

oder nach Ersatz von h durch $1:\eta\sqrt{\pi}$, Δ durch $\eta\sqrt{\pi}\,t$, $d\Delta$ durch $\eta\sqrt{\pi}\,dt$:

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int \exp[-t^2]\cdot dt \tag{3}$$

und die W. oder verhältnismäßige Zahl der Δ zwischen $t=\Delta:\eta\sqrt{\pi}=0$ und einem gegebenen t ist hiernach:

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^t \exp[-t^2]\cdot dt,\ \text{kurz} = \Phi[t]. \tag{4}$$

Diese Wahrscheinlichkeit $\Phi[t]$ wird nun eben für die verschiedenen Werte t durch die im Anhang gegebene Tabelle ausgedrückt. Um die absolute Zahl der Δ zwischen den Grenzen $t=0$ und einem gegebenen t zu haben, hat man $\Phi[t]$ noch mit der Totalzahl m zu multiplizieren.

Der Integralausdruck für $\Phi[t]$ lässt sich bekanntlich nicht in endlicher Form integrieren, wohl aber in folgender unendlichen Reihe darstellen, welche so lange stark konvergiert und mithin zur Berechnung von Φ brauchbar ist, als $t=\Delta:\eta\sqrt{\pi}$ kleiner als 1, mithin $\Delta<\eta\sqrt{\pi}$, d. i. $<1{,}77245\cdot\eta$ ist:

$$\Phi[t]=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\left(\frac{t}{1}-\frac{1}{1}\cdot\frac{t^3}{3}+\frac{1}{1\cdot 2}\cdot\frac{t^5}{5}-\frac{1}{1\cdot 2\cdot 3}\cdot\frac{t^7}{7}+\cdots\right) \tag{5}$$

Da die Φ folgends immer bez. t genommen sind, kann die Zufügung $[t]$ übergangen werden. Alle Potenzen von t sind positiv, weil $t=\Delta:\eta\sqrt{\pi}$, Δ und η aber zugleich positiv und negativ werden.

Nun ist wichtig zu bemerken, dass, wenn, wie vielfach bei unseren Anwendungen der Fall, der Wert Δ, welcher in $t=\Delta:\eta\sqrt{\pi}$ eingeht, sehr klein gegen den Mittelfehler η, mithin t selbst sehr klein ist, alle Glieder der Reihe (5) gegen das erste vernachlässigt werden können; wonach approximativ:

$$\Phi = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot t = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\Delta}{\eta} \qquad (6)$$

$$t = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \Phi . \qquad (7)$$

Doch wird bei dieser Vernachlässigung der höheren Glieder nach Ansicht von (5) der Wert Φ um eine Kleinigkeit zu groß bestimmt, und haben wir also genauer zu setzen:

$$\Phi = \frac{2}{\sqrt{\pi}} (t - \omega) , \qquad (8)$$

wo ω ein sehr kleiner positiver Wert ist. Aus (8) aber folgt:

$$t = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \Phi + \omega , \qquad (9)$$

wonach t bei Vernachlässigung von ω, d. i. nach dem approximativen Werte (7), etwas zu klein gefunden wird.

§ 119. Der Wert η hat nach dem G. G. bestimmte Normalbeziehungen zu manchen anderen, aus den Verteilungstafeln ableitbaren Werten, insofern sie dem G. G. unterliegen, deren Bestätigung um so approximativer zu erwarten ist, je mehr m wächst.

Sei $q = \sqrt{\Sigma \Delta^2 : m}$ die Wurzel aus dem mittleren Abweichungsquadrat, welche bei den Astronomen als mittlere Abweichung schlechthin gilt, und w die sogenannte wahrscheinliche Abweichung, d. i. die Abweichung, die, wenn man positive und negative Abweichungen beide nach absolutem Werte nimmt, eben so viele größere Abweichungen über sich als kleinere unter sich hat, also im Grunde der Zentralwert der Abweichungen, nicht zu verwechseln mit unserem Zentralwerte schlechthin, der mit C bezeichnet wird, indem dieser nicht eine Abweichung Δ, sondern ein a ist. Man hat nun folgende Normalbeziehungen:

$$\left.\begin{array}{l} q = \eta \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1{,}253\,314 \cdot \eta \text{, also merklich } = \frac{5}{4}\eta ; \\ \eta = q \sqrt{\frac{2}{\pi}} = 0{,}797\,885 \cdot q \text{, also merklich } = \frac{4}{5} q ; \\ q = 1{,}482\,604 \cdot w ; \ w = 0{,}674\,489 \cdot q \\ \eta = 1{,}182\,947 \cdot w ; \ w = 0{,}845\,347 \cdot \eta \end{array}\right\} \qquad (10)$$

Vierzehntes Capitel.

Von den verſchiedenen Erregungsarten der Elektricität.

Zum Studium der verſchiednen Eigenſchaften der elektriſchen Principe und Feſtſtellung ihrer Charaktere reichte es ſchon hin, wenn wir nur Ein ſichres und leichtes Mittel, ſie zu erregen, kannten. Die Reibung vereinigte dieſe Vortheile, und da ihre Wirkſamkeit ſich überdies ins Unbeſtimmte verſtärken ließ, ſo ließ ich es zu Anfange dieſes Buchs bei dieſer Erregungsart bewenden, ohne bisher von einem andern Verfahren Gebrauch zu machen. Jetzt indeß wird es erforderlich, auch die andern Modificationen der Körper kennen zu lernen, welche eine Trennung ihrer natürlichen Elektricitäten bewirken können; denn in dieſer Art von Erfahrungen iſt vielleicht der einzige Weg zu finden, der uns zu der Einſicht führen kann, in welchem Bezuge die beiden elektriſchen Prinzipe zu der Grundbeſchaffenheit der Körper ſtehen.

Was zuvörderſt die Reibung betrifft, ſo habe ich ſchon erwähnt, daß, ſelbſt dem Anſchein nach ganz unbedeutende, Umſtände den Ausſchlag geben können, welcher von beiden aneinander geriebenen Körpern die eine oder die andre El. annimmt: reibt man z. B. zwei ſeidne Bänder AB, A'B', Fig. 49, die man durch Entzweiſchneiden des nämlichen Stücks erhalten hat, kreuzweis über einander, ſo daß eins von ihnen, AB, ſucceſſiv in ſeiner ganzen Länge reibt, während A'B' blos in C gerieben wird, ſo nimmt erſtres ſtets die poſitive, letztres die negative El. an. In dieſem Fall giebt blos die Art des Reibens den Ausſchlag. Aber auch die mehr oder minder erhöhte Temperatur jedes von beiden Körpern hat einen bedeutenden Einfluß auf die Art der El., mit der ſie ſich laden, wie meines Wiſſens Bergmann zuerſt gezeigt hat. Wenn z. B. bei vorigem Verſuch das Band AB, welches ſucceſſiv mit ſeiner ganzen Länge reibt, vorher ſtark erhitzt wird und die Reibung nur ſo kurze Zeit dauert, daß ſich der Temperaturunterſchied zwiſchen ihm und dem Bande A'B' in beträchtlichem Grade erhält; ſo wird dieſer Umſtand den Einfluß der Reibungsart überwiegen: und AB wird negativ elektriſch werden, während A'B' poſitive El. annimmt. Nach dem Erkalten des Bandes AB oder nach erfolgter Mittheilung der Temperatur zwiſchen beiden Bändern, werden die erſtbeſchriebenen Verhältniſſe wieder eintreten, und im Uebergange von einem dieſer Zuſtände zum andern wird ein Indifferenzzuſtand (ein Zuſtand, wo kein Band El. zu erkennen giebt), Statt finden. Um Verſuchen dieſer Art alle erforderliche Feinheit zu geben, und dem Wechſel des elektriſchen Zuſtandes gehörig folgen zu können, muß man nach jeder

Durch Substitution der vorigen Ausdrücke für η in $t = \Delta : \eta\sqrt{\pi}$ kann man also auch ohne Änderung des zugehörigen Φ setzen:

$$t = \frac{\Delta}{q\sqrt{2}} \text{ oder } t = \frac{\Delta}{2{,}096718 \cdot w}. \tag{11}$$

Hiernach erscheint es zunächst gleichgültig, an welchen Ausdruck für t man sich hält. Nur ist es nicht ganz gleichgültig, ob man zunächst q aus den Quadraten der Abweichungen, $\Sigma\Delta^2$, bestimmt, um danach η oder w mittelst der vorigen Formeln zu finden, oder umgekehrt η oder w aus den einfachen Abweichungen, um aus einem dieser Werte die anderen zu finden, sondern die direkte Bestimmung von q aus den Quadraten der Abweichungen hat eine etwas größere Sicherheit, als die von η als Mittel der einfachen Abweichungen, und letztere eine nicht unerheblich größere, als die von w durch Abzählen der Abweichungen, was sich auf die nach obigen Formeln daraus abgeleiteten Werte überträgt. Daher hält man sich in der physikalischen und astronomischen Maßlehre am liebsten an den Wert $t = \Delta : q\sqrt{2}$, nach direkter Bestimmung von q aus den Quadraten der Abweichungen; gewönne aber auch dieselbe Sicherheit durch Anwendung der anderen Ausdrücke für t, wenn man η oder w darin nach obigen Formeln aus dem direkt bestimmten q abgeleitet hat, wogegen die Sicherheit geringer ist, wenn man η oder gar w im Ausdruck von t direkt aus den einfachen Abweichungen bestimmt, und man gewinnt nichts durch Anwendung des Ausdruckes $t = \Delta : q\sqrt{2}$, wenn q darin durch Anwendung voriger Formeln aus dem direkt bestimmten η oder w abgeleitet ist.

Obschon nun nach Vorigem die Benutzung des Wertes $t = \Delta : q\sqrt{2}$, nach direkter Bestimmung von q, einen prinzipiellen Vorteil der Sicherheit vor den anderen Bestimmungsweisen von t voraus hat, wird man sich doch in der Kollektivmaßlehre im allgemeinen lieber des Wertes $t = \Delta : \eta\sqrt{\pi}$ nach direkter Bestimmung von η aus $\Sigma\Delta$ bedienen, weil bei der großen Menge der Abweichungen, mit welchen man im allgemeinen in dieser Maßlehre zu thun hat, die Quadrierung derselben zu umständlich sein würde, der Vorteil der Sicherheit bei Anwendung des direkt bestimmten q vor der des direkt bestimmten η

doch nur unbedeutend ist, und bei großem m überhaupt seine Bedeutung merklich verliert. In der That, während der wahrscheinliche Fehler des direkt bestimmten q gleich

$$\pm \frac{0{,}476\,936}{\sqrt{m}}\, q$$

ist, ist der des direkt bestimmten $\eta_{,}$ gleich

$$\pm \frac{0{,}509\,584}{\sqrt{m}}\, \eta_{,}$$

und der des direkt bestimmten w gleich

$$\pm \frac{0{,}786\,716}{\sqrt{m}}\, w$$ [1].

§ 120. Alles Vorige sind bekannte Dinge. Es mag aber nicht ohne Interesse sein, hierzu noch einige, von mir selbst aus dem G. G. abgeleitete Sätze zu fügen.

Man muss sich hüten, die Summe der Abweichungsquadrate $\Sigma \Delta^2$ mit dem Quadrate der Abweichungssumme $(\Sigma \Delta)^2$ zu verwechseln. Wenn man sich nun die Mühe giebt, außer dem letzteren, einfach durch Quadrierung von $\Sigma \Delta$ zu gewinnenden Werte auch ersteren mühseliger durch Bestimmung der Abweichungsquadrate zu erhalten, so kann man mit Rücksicht, dass $(\Sigma \Delta)^2 = (m\eta_{,})^2$ und $\Sigma \Delta^2 = mq^2$, aus der Gleichung:

$$q = \eta_{,} \sqrt{\frac{\pi}{2}}$$

leicht die interessante Gleichung:

$$\frac{2m\Sigma \Delta^2}{(\Sigma \Delta)^2} = \pi, \tag{12}$$

oder, wenn man den Ausdruck auf linker Seite P nennt,

$$P = \pi \tag{12a}$$

---

[1] [Die Ableitung dieser wahrscheinlichen Fehler giebt GAUSS in der Zeitschrift für Astronomie Bd. I (Werke; Bd. IV: S. 116, 117) und ENCKE in der Abhandlung über die Methode der kleinsten Quadrate (Berliner Astron. Jahrbuch für 1834 S. 293 und 298). Es ist zu beachten, dass der Zahlenwert für w, der sich an der angegebenen Stelle bei GAUSS findet, entstellt ist.]

ableiten, wonach die mit $2m$, d. i. der doppelten Abweichungszahl multiplizierte Summe der Abweichungsquadrate, dividiert durch das Quadrat der Abweichungssumme, gleich dem Kreisverhältnisse π ist. Kurz mag die Formel die P-Formel heissen.

Andererseits erhält man nach voriger Formel die direkt mühsam zu berechnende Summe der Abweichungsquadrate aus dem leichter zu bestimmenden Quadrate der Abweichungssumme nach der Formel:

$$\Sigma \Delta^2 = \frac{\pi}{2m} \cdot (\Sigma \Delta)^2, \tag{13}$$

nur dass die direkt bestimmte Summe $\Sigma \Delta^2$ etwas sicherer bestimmt ist als die nach voriger Formel aus $(\Sigma \Delta)^2$ abgeleitete.

Zu den beiden Mittelfehlern, dem einfachen $\varepsilon_1 = \Sigma \Delta : m$ und quadratischen $q = \sqrt{\Sigma \Delta^2 : m}$, lässt sich noch ein dritter

$$\varepsilon_\pi = \frac{\Sigma \Delta^2}{\Sigma \Delta} = \frac{q^2}{\varepsilon_1} \tag{14}$$

fügen, den ich den Kreismittelfehler nennen will, und der gemäß obigen Ausdruckes dadurch erhalten wird, dass man die Summe der Abweichungsquadrate mit der Summe der Abweichungen oder, was auf dasselbe herauskommt, das Quadrat des quadratischen Mittelfehlers mit dem einfachen Mittelfehler dividiert.

Ich gebe ihm obigen Namen, weil er in Bezug auf das durch die P-Gleichung ausgedrückte Kreisverhältnis π einen Wendepunkt in folgendem Sinne darstellt. Setzen wir zuerst, die Gleichung sei genau durch die vorhandenen Abweichungen erfüllt, so wird in dem Falle, dass Abweichungen, welche größer als ε_π sind, wachsen, P größer als π; hingegen wird P kleiner als π, wenn Abweichungen, die kleiner als ε_π sind, wachsen. Die Änderung ist dem Abstande der betreffenden Abweichung von ε_π proportional. Den Beweis hiervon übergehe ich[1]).

---

[1]) Er folgt daraus, dass P in seiner Abhängigkeit von einem beliebigen einzelnen Abweichungswerte Δ_i sein Minimum erreicht, wenn $\Delta_i = \frac{\Sigma \Delta^2}{\Sigma \Delta}$ oder $= \varepsilon_\pi$. Zugleich erhellt, dass P sein absolutes Minimum mit dem Werte 2 erreicht, wenn jedes der $\Delta_i = \varepsilon_1$ wird.

Ich habe die P-Gleichung an vielzahligen reinen Fehlern nach der psychophysischen Methode der mittleren Fehler vortrefflich bewährt gefunden.

Nach den gegebenen Ausdrücken haben die drei Mittelfehler folgendes Verhältnis:

$$\eta : q : \eta_q = 1 : \sqrt{\frac{\pi}{2}} : \frac{\pi}{2}, \qquad [15]$$

und es lässt sich zeigen, dass die Abweichungssummen oberhalb dieser Mittelfehler zur Totalsumme der Abweichungen nach Kap. XVIII folgende Verhältnisse haben, wo e wie immer die Grundzahl der natürlichen Logarithmen bedeutet:

$$\exp\left[-\frac{1}{\pi}\right] = 0{,}72738 \text{ bez. } \eta; \quad \exp\left[-\frac{1}{2}\right] = 0{,}60653 \text{ bez. } q;$$

$$\exp\left[-\frac{\pi}{4}\right] = 0{,}45594 \text{ bez. } \eta_q;$$

wovon die beiden ersten Werte sehr nahe das Verhältnis 7 : 6 haben.

Das entsprechende Verhältnis der unteren Abweichungssummen wird natürlich durch Abzug voriger Zahlen von 1 erhalten, und es zeigt sich dann, dass die untere und obere Abweichungssumme sich bez. q sehr nahe wie 2 : 3 verhält.

Bezüglich w ist das betreffende Verhältnis der oberen Abweichungssumme 0,70055; der Wert aber, bezüglich dessen die obere Abweichungssumme gleich der unteren ist, ist $1{,}17741 \cdot q$.

Die oberen Abweichungszahlen haben zur Totalzahl der Abweichungen folgende Verhältnisse:

$$0{,}42494 \text{ bez. } \eta; \quad 0{,}31731 \text{ bez. } q; \quad 0{,}21009 \text{ bez. } \eta_q; \quad 0{,}5 \text{ bez. } w;$$

wonach diese Verhältnisse für w, η, q, η_q sehr nahe mit 5 : 4 : 3 : 2 stimmen.

Noch kann man als eine mitttere Abweichung zweiter Ordnung das mit η_2 zu bezeichnende Mittel aus den Differenzen der einzelnen Δ vom Mitlel η derselben definieren, d. i. [wenn $\Sigma\Delta_u$ die Summe und μ_u die Anzahl der Δ, welche kleiner als η sind, entsprechend $\Sigma\Delta''$ und μ'' die Summe und Anzahl der Δ, welche größer als η, bezeichnen, so dass $\mu_u\eta - \Sigma\Delta_u = \Sigma\Delta'' - \mu''\eta = \frac{1}{2}m\eta_2$]:

$$\eta_2 = 2\,\eta_1\left(\frac{\Sigma\Delta'}{\Sigma\Delta} - \frac{\mu''}{m}\right) = 0{,}60488\cdot\eta_1, \tag{16}$$

approximativ mit

$$\sqrt{1-\frac{2}{\pi}}\cdot\eta_1$$

stimmend.

So wie man den Wert a durch eine Function der Abweichungen nach G. G. darstellen kann, so auch den Wert e. Sofern nämlich nach obiger Angabe die Abweichungssumme oberhalb q dividiert durch die totale Abweichungssumme gleich $\exp[-\frac{1}{2}]$ ist, ist umgekehrt die totale Abweichungssumme dividiert durch die obere bez. q und der Quotient quadriert gleich e.

§ 121. Alle vorigen Sätze über das G. G. setzen zu ihrer vollen Gültigkeit eine große, streng genommen unendliche Zahl der Abweichungen voraus, aus denen die betreffenden Größen abgeleitet werden, was doch, wie schon früher bemerkt, nicht hindert, dass schon bei einer sehr mäßigen Zahl von Abweichungen eine sehr angenäherte empirische Bestätigung der vorigen Sätze zu finden sei; und da zur erfolgreichen Behandlung eines K.-G. jedenfalls eine nicht unbeträchtliche Zahl m von Exemplaren a und mithin Abweichungen desselben nach beiden Seiten von D gehört, so kann man nicht nur [nach Ersatz des einfachen G. G. durch das zweispaltige] eine sehr angenäherte Bestätigung der bisherigen Sätze dadurch erwarten, sondern auch finden. Inzwischen verdienen die Abweichungen von den sog. wahren Werten, d. h. welche aus einem unendlichen m folgen, oder sog. Fehler, welche je nach der Größe des endlichen m nach beiden Seiten und des m' und $m_,$ nach jeder Seite insbesondere noch übrig bleiben, immerhin wesentliche Beachtung; und es beziehen sich darauf teils die sog. wahrscheinlichen Fehler, teils die Korrektionen der Bestimmung aus endlichem m, je nachdem die Fehler den wahren Wert gleichgültig und zufällig ins Positive oder Negative ändern oder in bestimmter Richtung um einen von der Größe des m abhängigen Wert sei es vergrößern oder verkleinern[1].

---

[1] Die Korrektionen für die mittleren Abweichungswerte wurden in § 44 u. 45 mitgeteilt; die wahrscheinlichen Fehler für e, q und w finden sich oben § 119

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01583/036

§ 122. [Um nun die Triftigkeit des zweiseitigen G. G. im Vergleich mit dem bisher allein als Verteilungsgesetz der K.-G. in Anspruch genommenen einfachen G. G. zu erproben, sollen auf Grund der Tafeln I und III des VIII. Kapitels Vergleichstabellen zwischen den beobachteten und berechneten z-Werten hergestellt werden. Es eignen sich jene Tafeln zu einem solchen Vergleiche, da sie eine bloß schwache Asymmetrie besitzen und somit zu der Erwartung berechtigen, dass ein durch die Anwendung des zweiseitigen Gesetzes gebotener Vorteil bei stärkerer Asymmetrie sich in verstärktem Maße wiederfinden werde.]

[Aus den 5 Reduktionslagen der Tafel I (§ 64) wähle ich die Lage $E_{,} = 368$ und aus den 4 Reduktionslagen der Tafel III (§ 65) die Lage $E_{,} = 60$ mit dem Bemerken, dass die erstere die relativ schwächste, die letztere die relativ stärkste Asymmetrie im Vergleiche mit den übrigen Lagen aufweist. Für beide Tafeln werden nun sowohl mit Bezug auf A die Werte $t = \Delta : \eta\sqrt{\pi}$ und hiernach $\Phi(t)$ als auch mit Bezug auf D_p die Werte $t' = \partial' : e'\sqrt{\pi}$ und $t_{,} = \partial_{,} : e_{,}\sqrt{\pi}$ und hiernach $\Phi(t')$ und $\Phi(t_{,})$ berechnet, wo die Δ, ∂', $\partial_{,}$ von A oder D_p aus bis zu den jeweiligen Intervallgrenzen $a \pm \frac{1}{2}i$ (nicht bis zu den a selbst) sich erstrecken. Es werden sodann die Differenzen der aufeinanderfolgenden Φ-Werte, die als φ-Werte zu bezeichnen sind, gebildet und die gefundenen $\varphi(t)$ mit $\frac{1}{2}m$, die $\varphi(t')$ resp. $\varphi(t_{,})$ mit m' resp. $m_{,}$ multipliziert. Auf diese Weise resultieren die nach dem einfachen und nach dem zweiseitigen G. G. berechneten z-Werte im Vergleich mit den beobachteten Tafelwerten in den beiden folgenden Tabellen. Hierbei sind die Zahlenwerte von η, e' und $e_{,}$ ohne Korrektion zu Grunde gelegt, da die Anbringung derselben bei der Größe des m und dem angestrebten Genauigkeitsgrade belanglos ist:

---

angegeben. Erwähnenswert ist auch der wahrscheinliche Fehler, der bei Bestimmung des arithmetischen Mittels A aus m Werten zu erwarten ist, und der gleich $w : \sqrt{m}$ zu setzen ist, wenn w, wie üblich, den wahrscheinlichen Fehler (d. i. die wahrscheinliche Abweichung der Einzelwerte (s. oben unter 10)) vorstellt.

Vergleich der empirischen z von Tafel I (Vertikalumfang des Schädels) mit den theoretischen nach einfachem und zweiseitigem G. G.

$\mathcal{E} = 1$ mm; $i = 5$; $A = 408.2$; $D_p = 409.7$; $\varepsilon = 11.1$; $e' = 10.4$;
$e_, = 11.9$; $m = 450$; $m' = 210$; $m_, = 240$.

a	empirische z	theoretische z		Differenz	
		bez. A	bez. D_p	bez. A	bez. D_p
363	—	0.5	0.5	+ 0.5	+ 0.5
368	1	1	1	0	0
373	2	3	3	+ 1	+ 1
378	5	6	7	+ 1	+ 2
383	17	13	13	− 4	− 4
388	24	22.5	22.5	− 1.5	− 1.5
393	36	35.5	34.5	− 0.5	− 1.5
398	41	49	47	+ 8	+ 6
403	59	60	58	+ 1	− 1
408	**65**	**64**	**64**	− 1	− 1
413	**65**	60	62	− 5	− 3
418	51	50	52	− 1	+ 1
423	40	37	38	− 3	− 2
428	17	24	24	+ 7	+ 7
433	19	13	13	− 6	− 6
438	4	7	6	+ 3	+ 2
443	2	3	3	+ 1	+ 1
448	2	1	1	− 1	− 1
453	—	0.5	0.5	+ 0.5	+ 0.5
Summe	450	450	450	46	42

Vergleich der empirischen z von Tafel III (Rekruten) mit den theoretischen nach einfachem und zweiseitigem G. G.

$\mathcal{E} = 1$ Zoll; $i = 1$; $A = 71{,}75$; $D_p = 71{,}99$; $e = 2{,}04$; $e' = 1{,}92$;
$e_{,} = 2{,}16$; $m = 2047$; $m' = 963{,}5$; $m_{,} = 1083{,}5$.

a	empirische z	theoretische z		Differenz	
		bez. A	bez. D_p	bez. A	bez. D_p
60	1	—	—	− 1	− 1
61	0	—	—	0	0
62	0	—	0,5	0	+ 0,5
63	0	1	1,5	+ 1	+ 1,5
64	2	3,5	4	+ 1,5	+ 2
65	15,5	10	12	− 5,5	− 3,5
66	26	26	28	0	+ 2
67	54	58	59	+ 4	+ 5
68	108	110	108	+ 2	0
69	172	179	174	+ 7	+ 2
70	253	252	243	− 1	−10
71	290	304	298	+14	+ 8
72	330,5	315	318	−15,5	−12,5
73	296	282	291	−14	− 5
74	223,5	217	226	− 6,5	+ 2,5
75	142	143	145,5	+ 1	+ 3,5
76	75	81	80,5	+ 6	+ 5,5
77	38	40	37	+ 2	− 1
78	13	17	15	+ 4	+ 2
79	3,5	6	5	+ 2,5	+ 1,5
80	2	2	1	0	− 1
81	1	0,5	—	− 0,5	− 1
82	0,5	—	—	− 0,5	− 0,5
83	0,5	—	—	− 0,5	− 0,5
Summe	2047	2047	2047	90	72

Wie man sieht, ist in beiden Tabellen die Gesamtsumme der Abweichungen zwischen beobachteten und berechneten Werten, dem absoluten Betrage nach genommen, für das zweiseitige Gesetz kleiner als für das einfache, wenn schon der Unterschied namentlich für die erste Vergleichstabelle unbedeutend ist. Was aber mehr ins Gewicht fällt, ist die größere Treue, die durch das zweiseitige Gesetz im Vergleiche zum einfachen in der Darstellung des Kernes beider Tafeln, den Endabteilungen gegenüber, erzielt wird.]

[Übrigens zeigt der Vergleich der z-Werte des zweiseitigen Gesetzes mit den entsprechenden z-Werten des einfachen Gesetzes in beiden Fällen übereinstimmend, dass von der Tafelmitte aus für wachsende a jene zuerst größer und dann kleiner, für abnehmende a jene zuerst kleiner und dann größer als diese sind. Der Grund hierfür liegt in der beiden Tafeln gemeinsamen Richtung der Asymmetrie, und es würden sich diese Verhältnisse gerade umkehren, wenn die Asymmetrie die entgegengesetzte Richtung erhielte.]

Operation die geriebenen Körper ſchnell einem recht empfindlichen Goldblattelektroſkop darbieten, von dem man blos den Knopf mit dem zu prüfenden Körper berührt. Auch läßt ſich mit Vortheil das Coulombſche Elektroſkop mit dem Coconfaden anwenden. Ich habe in meinem größern Werke eine Reihe intereſſanter Verſuche angeführt, die Coulomb mit demſelben in Bezug auf dieſen Gegenſtand anſtellte. Er glaubt, dadurch auf ein allgemeines Geſetz geführt worden zu ſeyn, welches, obwohl in etwas unbeſtimmten Ausdrücken gegeben, doch mit einer zu großen Menge von Thatſachen in Uebereinſtimmung iſt, um nicht im Kern eine allgemeine Wahrheit zu enthalten. Dies Geſetz iſt folgendes: Wenn die Oberflächen zweier Körper an einander gerieben werden, ſo ſcheint diejenige, deren Maſſentheilchen am wenigſten aus einander weichen, und die kleinſten Excurſionen um die natürlichen Lagen ihres Gleichgewichts machen, hiedurch zur Annahme der poſitiven El. disponirt zu werden. Dieſe Neigung wird durch einen vorübergehenden Druck verſtärkt. Umgekehrt diejenige beider Oberflächen, deren Theilchen durch die Rauhheit der andern oder ſonſt eine Urſach am meiſten von einander entfernt werden, wird hiedurch zur Annahme der negativen El. disponirt. Dieſe Neigung nimmt zu, wenn die Oberfläche eine wahre Ausdehnung erfährt. Die Wärme ſcheint, indem ſie die Theilchen der Körper von einander entfernt, auf letztere Weiſe zu wirken und disponirt zur negativen El. Wohl zu bemerken iſt, daß dieſe, von Coulomb angegebenen, Bedingungen nicht von ihm als abſolut wirkend erklärt werden, ſondern blos als relativ: d. h. ſie disponiren die Körper blos zu dem einen oder dem andern elektriſchen Zuſtand, nöthigen ſie aber nicht durchaus dazu; denn ohne Zweifel hat auch die eigenthümliche Beſchaffenheit der aneinander geriebenen Körper ſelbſt auf die Erſcheinung Einfluß; hierüber jedoch hat Coulomb keine Rechenſchaft zu geben vermocht.

Sehr wohl werden dieſe Anſichten Coulombs durch einen, erſt weit ſpäter angeſtellten, Verſuch von Libes beſtätigt Es iſt folgender: Man faſſe eine Metallſcheibe an einem gläſernen Handgriff an und drücke ſie auf Wachstaffet, einfachen oder mehrfach zuſammengelegten. Der Ueberzug, womit dieſer Taffet bedeckt iſt, iſt der Zuſammendrückung fähig und haftet auf dieſe Weiſe an den Körpern, indem ſich ſeine Oberfläche nach deren Rauhigkeiten gleichſam abformt. Es iſt alſo zufolge Coulomb's Geſetz die Bedingung vorhanden, welche das Hervortreten der poſitiven El. in ihm befördert. Auch findet man nach Hinwegnahme der Scheibe, daß er dieſe El. wirklich beſitzt, während die Scheibe den entſprechenden Ueberſchuß negativer El. hat. Je ſtärker der Druck iſt, um ſo hervorſtechender iſt dieſe Wirkung. Sie verſchwindet, wenn der Taffet die Klebrigkeit verloren hat, ver-

XVIII. Das Summengesetz und das Supplementarverfahren.

§ 123. Bisher ist das G. G., soviel mir bekannt, bloß zur Bestimmung der verhältnismäßigen oder absoluten Zahl der Abweichungen Δ von A zwischen gegebenen Grenzen der Abweichung benutzt worden; aber es lassen sich in Zusammenhang damit und gewissermaßen als Korollar davon auch Formeln für die verhältnismäßige und absolute Summe der Abweichungen von A zwischen gegebenen Grenzen der Abweichung entwickeln, welche, wie die Formeln bez. des G. G. überhaupt, so lange gültig und für die beiderseitigen Abweichungen gemeinsam anwendbar bleiben, als eine symmetrische W. der Abweichungen bez. A besteht; im Falle der asymmetrischen W. aber wiederum nach dem zweispaltigen G. G. ihre Gültigkeit für jede Seite insbesondere in Anspruch nehmen, wenn man die Abweichungen bez. D statt bez. A nimmt, und m, $\Sigma\Delta$, ε, t für jede Seite insbesondere respektiv durch $m_,$, $\Sigma\partial_,$, $\varepsilon_,$, $t_,$ und m', $\Sigma\partial'$, ε', t' ersetzt.

Es verdienen aber die Ergebnisse in Bezug auf die Summe der Abweichungen um so mehr Beachtung, als sie den Nachteil der Ergebnisse bezüglich der Zahl der Abweichungen nicht teilen, nur durch ein auf einen endlichen Ausdruck nicht zurückführbares Integral oder eine unendliche Reihe, hiernach tabellarisch dargestellt werden zu können, da sie vielmehr in endlicher Form ausdrückbar sind, außerdem durch das Supplementarverfahren (§ 128), das sie ermöglichen, wichtig werden. Es gilt nämlich nach dem unten auseinander zu setzenden Gange folgendes.

§ 124. Um die Summe der Abweichungen bis zu einer gewissen Abweichungsgrenze vom dichtesten Werte aus nach einer Seite, sagen wir der positiven, also bis zur Grenze ∂', zu bestimmen, wovon das

Entsprechende für die negative Seite gilt, nehme man die Totalsumme der Abweichungen nach dieser Seite, d. i. $\Sigma\partial'$, bilde hieraus die einfache mittlere Abweichung $\varepsilon' = \Sigma\partial' : m'$, nehme $t = \partial' : \varepsilon'\sqrt{\pi}$, bilde daraus nach unten folgender Regel den Wert $\exp[-t^2]$, dann ist die absolute Summe der Abweichungen von $\partial' = 0$ bis zum gegebenen ∂' gleich: $\Sigma\partial'(1 - \exp[-t^2])$ und die darüber hinaus von ∂' bis ∞ liegende gleich: $\Sigma\partial' \cdot \exp[-t^2]$; die verhältnismäßige Summe bis ∂' aber, d. i. die vorige absolute, dividiert durch die Gesamtsumme $\Sigma\partial'$, welche mit T bezeichnet werde, gleich $1 - \exp[-t^2]$, darüber hinaus $\exp[-t^2]$.

Anstatt die absolute und verhältnismäßige Summe bis zu einer gewissen Grenze ∂' und darüber hinaus zu bestimmen, kann man diese Bestimmung auch bis zu einer gewissen Zahl der Abweichungen, welche z' heiße, vornehmen, sofern bei großem m', wie es hier vorausgesetzt ist, $z' : m'$ nach dem in voriger Weise bestimmten t und umgekehrt als Φ in der t-Tabelle gefunden werden kann. Sei also $z' : m'$ gegeben, so suche man in der t-Tabelle das t und verwende es in voriger Weise zur Summenbestimmung.

Insofern jeder Wert a in der a-Spalte der Verteilungstafel eigentlich ein ganzes Intervall i repräsentiert, in welchem sich die auf a geschriebenen z-Werte verteilen, was wir das Umkreisintervall des betreffenden a nennen, so ist die Grenze, bis zu welcher wir die Summe wie Zahl der Abweichungen zu nehmen haben, nicht durch ein a der a-Spalte selbst, sondern durch die Grenze von dessen Umkreisintervall, wodurch es sich an das Umkreisintervall des benachbarten a anschließt, als bestimmt anzusehen.

Anstatt die Summe bis zu gegebenen Grenzen von D aus jederseits zu bestimmen, kann man sie auch zwischen beliebigen Grenzen jederseits ganz in derselben Weise als die Zahl jederseits bestimmen, indem man die den Grenzen nach ersterer Bestimmungsweise zugehörigen Summen von einander abzieht.

§ 125. Um $\exp[-t^2]$ zu finden, addiere $2 \log t$ zu $0{,}63778 - 1$, suche hierzu die Zahl in den Logarithmentafeln, nimm sie negativ, d. h. ziehe sie von der nächst größeren ganzen Zahl ab und füge diese hinten mit negativem Vorzeichen hinzu; hierzu suche wieder die Zahl, so ist dies $\exp[-t^2]$.

Diese Berechnung hat an sich natürlich keine Schwierigkeit, ist aber, wie man sieht, etwas umständlich, und um sie für die einzelnen Fälle zu ersparen, kann man dann allerdings für äquidistante $t = \Delta : \eta\sqrt{\pi}$ oder, um die Multiplikation von η mit $\sqrt{\pi}$ zu ersparen, für solche von $\Delta : \eta$ die zugehörigen Werte von

$$\exp[-t^2] = \exp\left[-\frac{\Delta^2}{\eta^2\pi}\right]$$

und hiernach $1 - \exp[-t^2]$ angeben und die äquidistanten Werte einander nahe genug nehmen, um dann dazwischen zu interpolieren.

Hier folgt eine solche Tabelle, deren Werte freilich noch einander näher liegen müssten, um eine sehr genaue Interpolation zu gestatten.

Tabelle über die Abweichungssummen von Δ bis ∞, die Totalsummme als Einheit gesetzt $\left(t = \frac{\Delta}{\eta\sqrt{\pi}}\right)$.

$\frac{\Delta}{\eta}$	$\exp[-t^2]$	$\frac{\Delta}{\eta}$	$\exp[-t^2]$	$\frac{\Delta}{\eta}$	$\exp[-t^2]$
0,00	1,00000	1,00	0,72738	2,00	0,27992
0,05	0,99920	1,05	0,70403	2,05	0,26245
0,10	0.99682	1.10	0.68035	2.10	0,24568
0,15	0,99286	1.15	0.65641	2,15	0,22961
0,20	0,98735	1,20	0,63232	2,20	0.21425
0,25	0,98030	1,25	0.60813	2,25	0,19960
0,30	0,97176	1,30	0.58395	2,30	0,18566
0,35	0,96176	1,35	0.55983	2.35	0.17241
0,40	0,95034	1,40	0.53586	2,40	0.15986
0,45	0,93757	1,45	0.51210	2,45	0.14798
0,50	0,92350	1.50	0.48861	2,50	0,13677
0,55	0,90820	1,55	0,46545	2,55	0,12621
0,60	0,89173	1,60	0,44270	2,60	0,11628
0,65	0,87417	1,65	0,42038	2,65	0,10696
0,70	0,85558	1,70	0,39855	2,70	0,09823
0,75	0,83606	1,75	0,37726	2,75	0,09006
0,80	0,81569	1,80	0,35654	2,80	0,08245
0,85	0,79455	1,85	0,33641	2,85	0,07536
0,90	0,77273	1,90	0,31692	2,90	0,06877
0,95	0,75031	1,95	0.29809	2,95	0,06266

$\frac{\Delta}{\eta}$	$\exp(-t^2)$	$\frac{\Delta}{\eta}$	$\exp(-t^2)$	$\frac{\Delta}{\eta}$	$\exp(-t^2)$
3,00	0,05700	4,00	0,00614	5,00	0,00035
3,05	0,05176	4,05	0,00540	5,05	0,00030
3,10	0,04694	4,10	0,00474	5,10	0,00025
3.15	0.04249	4.15	0,00416	5,15	0,00022
3.20	0,03841	4,20	0,00364	5,20	0,00018
3.25	0,03466	4.25	0.00318	5.25	0,00015
3.30	0,03123	4.30	0.00278	5.30	0,00013
3.35	0,02809	4.35	0.00242	5.35	0,00011
3.40	0,02523	4.40	0,00211	5.40	0,00009
3.45	0,02263	4.45	0.00183	5.45	0.00008
3.50	0,02026	4.50	0.00159	5.50	0.00007
3.55	0,01811	4.55	0.00137	5.55	0.00006
3.60	0,01616	4,60	0.00119	5,60	0,00005
3.65	0.01440	4,65	0.00103	5.65	0.00004
3.70	0,01281	4.70	0.00088	5.70	0.00003
3.75	0,01138	4.75	0,00076	5.75	0.00003
3,80	0,01009	4,80	0,00065	5,80	0,00002
3,85	0,00893	4,85	0,00056	5,85	0,00002
3.90	0,00790	4,90	0.00048	5.90	0,00002
3.95	0,00697	4.95	0.00041	5,95	0,00001
				6,00	0.00001
				6,15	0,00001
				6,20	0,00000

§ 126. Die Ableitung des Summengesetzes in Abhängigkeit von **Δ nach einfachem G. G. ist diese.**

Nach dem einfachen G. G. ist die beiderseits zusammengenommene absolute Zahl der Abweichungen zwischen $t = 0$ und einem gegebenen Werte von $t = \Delta : \eta \sqrt{\pi}$:

$$\frac{2m}{\sqrt{\pi}} \int_0^t \exp[-t^2]\,dt; \quad \text{kurz } m\,\Phi[t]. \qquad (1)$$

Um die zugehörige Summe zu haben, hat man vorigen Wert unter dem Integralzeichen mit t zu multiplizieren, was giebt:

$$\frac{2m}{\sqrt{\pi}}\int_0^t \Delta \exp[-t^2]\,dt. \tag{2}$$

Da aber $t = \Delta : \eta\sqrt{\pi}$, mithin $\Delta = t\eta\sqrt{\pi}$, so hat man durch Substitution dieses Wertes für Δ in voriges Integral:

$$2m\eta\int_0^t t\exp[-t^2]\,dt. \tag{3}$$

Das allgemeine Integral von $2\int t\exp[-t^2]\,dt$ ist mit Rücksicht, dass $tdt = d\frac{1}{2}t^2$, in endlicher Form integrierbar, nämlich gleich $-\exp[-t^2]$ und mithin zwischen den Grenzen $t=0$ und $t=t$ gleich $(1-\exp[-t^2])$, was mit $m\eta = \Sigma\Delta$ multipliziert, giebt:

$$\Sigma\Delta(1-\exp[-t^2]), \tag{4}$$

als Summe der Δ zwischen $t=0$ und einem gegebenen t.

Sei kurz

$$1-\exp[-t^2] = T \tag{5}$$

gesetzt, so ist

$$\Sigma\Delta\cdot T \tag{6}$$

der verlangte Wert.

Nun ist in unendlicher Reihe ausgedrückt:

$$\exp[-t^2] = 1-\frac{t^2}{1}+\frac{t^4}{1.2}-\frac{t^6}{1.2.3}+\cdots, \tag{7}$$

wovon es bei sehr kleinem t d. i. $\Delta : \eta\sqrt{\pi}$ hinreicht, die beiden ersten Glieder beizubehalten, was bei sehr kleinem t merklich giebt:

$$\Sigma\Delta\cdot T = t^2\cdot\Sigma\Delta. \tag{8}$$

Im Falle der Asymmetrie hat man von D statt von A auszugehen und das zweispaltige G. G. anzuwenden, d. i. statt $\Sigma\Delta$ zu setzen $\Sigma\partial'$ oder $\Sigma\partial$, und t jederseits ebenso von e' oder e, abhängig zu machen, wie vorhin von η.

§ 127. Um Beobachtung mit Rechnung zu vergleichen, gilt es natürlich, die Abweichungssumme selbst bis zu gegebenen Grenzen zu bestimmen. Nun gilt für die empirische Bestimmung der totalen $\Sigma\partial$ jeder Seite (nach § 74):

$$\left.\begin{aligned} \Sigma\partial_{,} &= m_{,}D - \Sigma a_{,}\,; \\ \Sigma\partial' &= \Sigma a' - m'D\,; \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

Formeln, die sich für die Bestimmung bis zu gegebener Grenze $\partial_{,}$ oder ∂' jeder Seite bloß insofern ändern, als unter $m_{,}$ und m' nicht mehr die Totalität der Abweichungszahlen jeder Seite, sondern bloß die Abweichungszahlen bis zur betreffenden Grenze, und unter $\Sigma a_{,}$, $\Sigma a'$ nicht die Totalität der a jeder Seite, sondern wieder nur bis zur gegebenen Grenze zu verstehen sind, wonach wir die betreffenden Werte mit zwei Strichelchen unten und oben, statt bezüglich der Totalität bloß mit einem Strichelchen bezeichnen. Sofern nun D im allgemeinen in ein gewisses Intervall hineinfällt, ist der Teil von $m_{,,}$, m'', $\Sigma a_{,,}$, $\Sigma a''$, der in jenes Intervall hineinfällt, wie früher (§ 72 u. 73) angegeben, durch Interpolation zu bestimmen, indes der übrige Teil durch die Beobachtung selbst gegeben ist.

Erläutern wir dies an der Tafel I der 450 Schädel. [Für die Reduktionslage $E_{,} = 368$ (§ 64) fällt $D_p = 409{,}7$ in das Intervall 405,5 — 410,5. Es ist somit $a_0 = 408$; $z_0 = 65$; $i = 5$; $g_{,} = 405{,}5$; $r = 4{,}2$, und man erhält für das von D_p bis zur ersten Intervallgrenze 405,5 reichende $\Sigma\partial_{,,}$, d. i. für $yD_p - Y$, wo y die Zahl und Y die Summe des Eingriffsintervalles angiebt, nach den Formeln (13) und (8) des IX. Kapitels:

$$y = \frac{4{,}2}{5} \cdot 65 = 55; \quad Y = 55 \cdot 407{,}6; \quad yD_p - Y = 55 \cdot 2{,}1 = 116.$$

Man erhält demgemäß folgende Vergleichstabelle zwischen Theorie und Erfahrung für die unteren Abweichungssummen der Tafel I:

Vergleich der empirischen $\Sigma\partial_u$ mit den theoretischen für Tafel I (Vertikalumfang des Schädels).

$\varepsilon = 1$ mm; $i = 5$; $D_p = 409.7$; $c_s = 11.9$; $\Sigma\partial_s = 2840$.

∂_u	$\Sigma\partial_u$ empir.	$\Sigma\partial_u$ theor.	Differenz	$\Sigma\partial_u : \Sigma\partial_s$ empir.	$\Sigma\partial_u : \Sigma\partial_s$ theor.	Differenz
0 bis 4.2	116	111	− 5	0.041	0.039	− 0.002
» 9.2	511	491	− 20	0.180	0,173	− 0,007
» 14.2	991	1034	+ 43	0.349	0,364	+ 0.015
» 19.2	1592	1599	+ 7	0,561	0,563	+ 0.002
» 24.2	2113	2079	− 34	0,744	0.732	− 0,012
» 29.2	2566	2423	−143	0,904	0,853	− 0,051
» 34.2	2725	2636	− 89	0.960	0.928	− 0.032
» 39.2	2798	2749	− 50	0.982	0.968	− 0.014
» 44.2	2840	2806	− 34	1.000	0.988	− 0.012

Hieraus ist zu ersehen, mit welcher Annäherung die absoluten und relativen Abweichungssummen, wie sie die Tafel hergiebt, durch das Summengesetz dargestellt werden. Dabei ist in Rücksicht zu ziehen, dass die empirischen Werte unter der Voraussetzung einer gleichmäßigen Verteilung der a resp. ∂ innerhalb der einzelnen Intervalle bestimmt wurden, während der theoretischen Berechnung die Annahme zu Grunde liegt, dass die Verteilung auch innerhalb der Intervalle dem G. G. entspreche.]

§ 128. Zusatz. Das Supplementarverfahren.

Wenn, wie allgemein üblich, in einer Verteilungstafel bloß die Gesamtzahl, aber nicht die Gesamtsumme der a, welche über und unter einen gewissen Wert fallen, kurz bloß die Vorzahl v und Nachzahl n, aber nicht die Vorsumme V und Nachsumme N gegeben ist, so lässt sich zwar C, aber weder A noch D_p direkt erhalten, ebensowenig die Abweichungsfunktionen bezüglich dieser Werte, also wird auch keine Verteilungsrechnung möglich sein. Inzwischen kann man dazu nach folgendem, freilich etwas mühsamem, Verfahren, welches ich das **Supplementarverfahren** nenne, gelangen.

Man bestimmt statt D_p vielmehr D_i, welches in der Regel von D_p so wenig abweicht, um dafür substituiert werden zu können, lässt zunächst eine Rücksicht auf r, V, n, N bei Seite, sondern bestimmt die noch unvollständigen Abweichungszahlen $m_{,,}$, m'' und Abweichungssummen $\Sigma\partial_{,,}$, $\Sigma\partial''$ nach bekannter scharfer Methode bloß aus dem ausgeführten Teile der Tafel. Man bestimmt aber auch die totalen Abweichungszahlen $m_, = m_{,,} + r$ und $m' = m'' + n$, hiernach $r : m_,$ und $n : m'$. Diesen Werten zugehörig kann man in folgender Tabelle Werte a finden, deren Berechnungsweise nachher angegeben wird, durch die Tabelle aber soll, wenigstens für einige Werte, die Mühe der Berechnung erspart werden. Die Tabelle ist bloß auf kleine Werte $r : m_,$ und $n : m'$ ausgedehnt, da es sich in weit den meisten Fällen nur um solche handelt; wo die Tabelle nicht ausreicht, muss a direkt berechnet werden.

Hiernach findet man die volle Summe der unteren und oberen Abweichungen von D_i wie folgt:

$$\Sigma\partial_, = \frac{\Sigma\partial_{,,}}{1-a}, \quad \Sigma\partial' = \frac{\Sigma\partial''}{1-a}. \tag{10}$$

Hiernach[1]:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_, &= \frac{\Sigma\partial_,}{m_,}, \quad \varepsilon' = \frac{\Sigma\partial'}{m'}; \\ A &= D_i + \frac{\Sigma\partial' - \Sigma\partial_,}{m}. \end{aligned}\right\} \tag{11}$$

---

[1] [Da die hierbei vorauszusetzende Gültigkeit des zweispaltigen G. G. bezüglich D_i das Bestehen des Proportionalgesetzes: $\varepsilon' : \varepsilon_, = m' : m_,$ zur Folge hat, so kann mit Rücksicht darauf statt der obigen, ohne Berücksichtigung dieses Gesetzes geltenden Formel auch direkt:

$$A = D_i + \varepsilon' - \varepsilon_,$$

gesetzt werden, was verglichen mit der obigen Ableitung von A einen Anhalt für die Sicherheit der Bestimmung gewährt.

Einige zu den Zahlenwerten $r : m_,$, $n : m'$ zugehörige Summenbruchwerte α der Abweichungen jeder Seite bezüglich D.

$\frac{r}{m_,}$ oder $\frac{n}{m'}$	α
0.1626	0.37726
0,1105	0.27992
0.0726	0.19960
0,0461	0,13677
0,0282	0,09006
0,0167	0,05700
0.0095	0,03466
0.0052	0.02026
0.0028	0.01138
0.0014	0.00614
0.0007	0.00319
0.0003	0,00159
0.0002	0.00076
0.0001	0.00035

Die Berechnung von α geschieht so: Man suche zu $m_{,,} : m_,$ oder zu $m'' : m'$, je nachdem es sich um die negative oder positive Seite handelt, als $\Phi[t]$ genommen, den Wert t und nehme $\alpha = \exp[-t^2]$.

Diese Bestimmungsweise ist davon abhängig, dass man für jede Seite der Abweichungen von D_i aus das einfache G. G. nach der insbesondere für diese Seite gefundenen Zahl und mittleren Abweichung für gültig hält, kurz das modifizirte G. G. für die Totalität statuiert, und hängt an dem in folgender Einschaltung entwickelten Prinzip.

[Die drei Werte: 1) die relative Zahl der Abweichungen, 2) die relative Summe der Abweichungen, 3) der Quotient aus der Abweichung selbst, bis zu welcher von D_i aus die relative Zahl und Summe bestimmt werden, und aus der mittleren Abweichung, stehen in solcher Abhängigkeit von einander, dass je zwei aus dem dritten berechnet werden können. Es ist nämlich auf Grund des G. G. für die Abweichungen einer Seite, beispielsweise der positiven:

$$\frac{m''}{m'} = \Phi[t]; \quad \frac{\Sigma\partial''}{\Sigma\partial'} = 1 - \exp[-t^2]; \qquad t = \frac{\partial''}{e'\sqrt{\pi}}; \tag{12}$$

wo m' und $\Sigma\partial'$ die gesamte Zahl und Summe der Abweichungen dieser Seite vorstellen, ∂'' aber die Abweichung bedeutet, bis zu welcher die unvollständige Zahl m'' und die unvollständige Summe $\Sigma\partial'$ erstreckt werden. Es kann daher, in der oben angegebenen Weise, zu $m'' : m'$ resp. $m_{,,} : m_{,}$ durch Vermittelung von t der Wert $\Sigma\partial'' : \Sigma\partial'$ resp. $\Sigma\partial_{,,} : \Sigma\partial_{,}$ berechnet und hieraus, wenn $\Sigma\partial''$ resp. $\Sigma\partial_{,,}$ empirisch gefunden ist, $\Sigma\partial'$ resp. $\Sigma\partial_{,}$ nach (10) bestimmt werden.]

Um diese Bestimmung an einem speziellen Beispiele zu erläutern, so ist in QUETELET's Tafel der französischen Rekruten[1] $r = 28620$; $n = 2490$; $m = 100000$. [Man findet nun $D_i = 1{,}6273$ m, also $m_{,} = 55951$; $m' = 44049$; $m_{,,} : m_{,} = 0{,}48848$; $m'' : m' = 0{,}94347$; hiernach aus der t-Tabelle erstenfalls $t = 0{,}46420$ und $1 - \exp[-t^2] = 0{,}19385$; zweitenfalls $t = 1{,}34843$ und $1 - \exp[-t^2] = 0{,}83769$. Folglich erhält man aus (10) die Totalsumme $\Sigma\partial_{,} = 3740{,}5$; $\Sigma\partial' = 2410{,}7$, da $\Sigma\partial_{,,} = 725{,}1$ und $\Sigma\partial'' = 2019{,}4$. Schließlich ergiebt sich auf Grund von (11) $e_{,} = 0{,}0669$; $e' = 0{,}0547$; $A = 1{,}6140$. Es ist somit $D - A = 0{,}0133$, während $e_{,} - e' = 0{,}0122$; beide Werte sollten einander gleich sein, ihr Auseinanderweichen aber hat darin seinen Grund, dass der Ausgangswert D_i von dem proportional bestimmten D_p etwas abweicht. QUETELET selbst, der durch abschätzende Vergleichung der beobachteten Wahrscheinlichkeitswerte mit den theoretischen Werten seiner Wahrscheinlichkeitstafel zur Aufstellung einer durchgeführten Verteilungstafel gelangt, sagt: »la taille moyenne est de 1,62 m environ«.]

Man könnte nun meinen, dass auch in Fällen, wo eine vollständige Reihe vorliegt, die beobachteten Werte aber nach unten abnorm zu klein werden, wie es bei den Leipziger und Annaberger Rekrutenmaßen der Fall ist, man nur das Supplementarverfahren auf den höheren Teil der Reihe, der aber noch auf derselben Seite möge deren ſeine Oberfläche ſo leicht zuſammendrückbar iſt. Die Reibung hat keinen Theil an der Hervorbringung dieſer Erſcheinung; denn wenn man, anſtatt die Scheibe auf den Taffet zu drücken, ſie leicht auf ſeiner Oberfläche hinbewegt, um ſie zu reiben, ſo wird die Scheibe poſitiv, der Taffet negativ elektriſch, dagegen der Druck den umgekehrten Erfolg hatte.

---

[1] Lettres sur la théorie des probabilités. p. 401. »Taille des conscrits français«.

Die intereſſante Bemerkung, welche Libes gemacht hatte, iſt von Hauy auf mehrere Mineralkörper ausgedehnt worden, wobei die beſondre Eigenthümlichkeit Statt findet, daß einige derſelben durch den ſchwächſten Druck in elektriſchen Zuſtand verſetzt werden und ihn dann hartnäckig beibehalten. Der rhomboidale Kalkſpath z. B., gewöhnlich Isländiſcher Spath genannt, wird ſchon elektriſch, wenn man ihn nur einen Augenblick zwiſchen trocknen Fingern drückt; er zeigt dann ſehr merkliche poſitive El., die er ſehr feſt hält; denn er entäußert ſich derſelben weder, wenn man ihn mit einem, mit dem Boden in Verbindung ſtehenden, Leiter berührt, noch ſelbſt, wenn man ihn ins Waſſer taucht. Andre Mineralkörper zeigen dieſe Eigenſchaft in minderm Grade, andre endlich ſcheinen derſelben gänzlich beraubt. Becquerel indeß hat gezeigt, daß dieſe Ausnahme nur ſcheinbar ſey, und blos daher rühre, daß die in Rede ſtehenden Körper die erlangte El. nicht ſo gut wie andre feſtzuhalten vermögen; ſo daß man, um ſie bemerklich zu machen, die Körper während der Berührung iſoliren muß. Zu dieſem Zweck befeſtigt er die zu prüfende Subſtanz an das eine Ende eines Glasſtäbchens, deſſen anderes Ende mit einem Handgriff von trocknem Holz verſehen iſt, damit man es in der Hand halten könne, ohne es durch Reibung zu elektriſiren; er läßt nun dieſen kleinen Apparat einige Zeit unberührt, bietet ihn dann, um ſich zu überzeugen, daß er nicht elektriſch ſey, dem, mit einer bekannten El. geladnen, Scheibchen des Coulombſchen Elektroſkops dar, und drückt dann das Mineral, wenn er ſicher iſt, daß es ſich in natürlichem Zuſtande befindet, mit dem Finger oder auf einen beliebigen feſten, iſolirten oder nicht iſolirten, Körper. Auf ſolche Weiſe hat er gefunden, daß nicht allein die Mineralien, ſondern überhaupt alle Körper jedweder Beſchaffenheit, wenn ſie iſolirt und aneinander gedrückt werden, nach dem Druck in entgegengeſetzt elektriſchen Zuſtänden hervortreten, der eine mit einem Ueberſchuß poſitiver, der andre mit dem entſprechenden Ueberſchuß negativer El. Wenn blos einer von beiden Körpern iſolirt iſt, ſo behält blos dieſer die El., die er durch den Druck erlangt hat; der andre verliert ſie an den Boden, wofern er nicht aus einem iſolirenden Stoff beſteht oder ein ſo unvollkommenes Leitungsvermögen beſitzt, daß die El. der Oberfläche durch die Zerſetzung der natürlichen Elektricitäten der innern von D liegt, anzuwenden brauche, um ein $\Sigma\partial_{,}$ zu erhalten, was am Einflusse der Abnormität nach unten unbeteiligt oder so beschaffen ist, als wenn das normale Verhältnis zwischen Zahl und Größe der Abweichungen, was man nach oben voraussetzt, auch bis zum unteren Ende reichte. Aber dies ist nicht der Fall, vielmehr kann man vom Supplementarverfahren nur insoweit ein brauchbares Ergebnis erwarten, als der bei der Berechnung ausgeschlossene untere Teil der Reihe, welcher b heisse, ebenso normal ist, als der bei der Berechnung zugezogene, welcher a heisse. In der That nehmen wir an, die verhältnismäßige Zahl der Abweichungen von einem gewissen Abweichungswerte bis zum Ende, d. i. im Teile b, sei zu groß, so wird die verhältnismäßige Zahl darüber, im Teile a, abnorm zu klein sein; beim Supplementarverfahren aber setzt man voraus, dass sie normal sei, was sich widerspricht. Daher kommt man auch, wenn man doch nach dem Supplementarverfahren bei solch abnormen Reihen verfährt, zu absurden Folgerungen. Natürlich vermindert sich in solchen Reihen durch das Supplementarverfahren der direkt erhaltene Wert $\Sigma\partial_{,}$, und steigt der Wert von A. — So habe ich bei den Leipzigern als a nach negativer Seite den Teil genommen, der von $D = 69{,}71$ bis 66,5 reicht, als b den Teil von da bis zu Ende, wobei man sich (nach § 15) erinnern kann, dass 66 der Wert ist, unterhalb dessen die Untermäßigen fallen. Der aus der Totalität abgeleitete Wert von $\Sigma\partial_{,}$ war 9935, der nach dem Supplementarverfahren abgeleitete 9097, merklich gleich mit dem Werte von $\Sigma\partial' = 9070$, welcher aus dem als normal angesehenen positiven Teile der Reihe folgt. Der aus der Totalität der Reihe direkt abgeleitete Wert von A war 69,62, der nach dem Supplementarverfahren gewonnene 69,70, also dem Werte D merklich gleich. Wäre nun aber D wirklich der Mittelwert, so müsste auch der Zentralwert damit zusammenfallen, also $m' = m_{,}$ sein, wogegen $m_{,} = 4257$; $m' = 4145$ ist.

XIX. Die Asymmetriegesetze.

§ 129. [In den beiden vorhergehenden Kapiteln wurde das G. G. so weit entwickelt, dass es als geeignetes Instrument für die Verteilungsrechnung der K.-G. ebensowohl bei wesentlicher Symmetrie als bei wesentlicher Asymmetrie der Abweichungen zur Benutzung bereit steht. Da nun die Erfahrung lehrt, dass in der That das GAUSS'sche Fehlergesetz bei geringer Schwankung der Einzelwerte um ihren Mittelwert das zutreffende Verteilungsgesetz darstellt, und dass selbst bei schwacher Asymmetrie, bei der es zweifelhaft bleibt, ob nur eine Störung wesentlicher Symmetrie oder wesentliche Asymmetrie vorliegt, das zweiseitige Gesetz Vorteile dem einfachen Gesetze gegenüber gewährt, so kann man das zweiseitige G. G. als das hinreichend sich bewährende Verteilungsgesetz der K.-G. mit schwacher verhältnismäßiger Schwankung aufstellen. Dieses Grundgesetz der Verteilung für K.-G. stützt sich alsdann lediglich auf die Erfahrung und bedarf keiner theoretischen Begründung. Es bleibt daher vom empirischen Standpunkte aus bloß noch die Aufgabe, die bereits früher (im V. Kap.) vorgreiflich aufgeführten Spezialgesetze wesentlich asymmetrischer Verteilung als Folgerungen des Grundgesetzes abzuleiten.]

[Wenn aber auch dieses Grundgesetz durch die Erfahrung hinlänglich gestützt wird, so ist es doch wohl von Interesse, theoretische Voraussetzungen betreffs der K.-G. zu entwickeln, um das zweiseitige G. G. in ähnlicher Weise, wie es für das einfache Gesetz in der Fehlertheorie geschehen ist, theoretisch zu begründen. Dies soll nach Ableitung der Spezialgesetze in dem Zusatze zu diesem Kapitel geschehen.]

§ 130. Die Spezialgesetze wesentlich asymmetrischer Verteilung zerfallen in zwei Gruppen. Die erste enthält Bestimmungen des Ausgangswertes, denen zufolge letzterer 1) der dichteste Wert ist, d. h. das Maximal-z aufweist, 2) die in dem Proportionalgesetze ausgesprochene Eigenschaft besitzt. Die zweite Gruppe giebt Beziehungen zwischen den Hauptwerten, dem arithmetischen Mittelwerte A, dem Zentralwerte C und dem dichtesten Werte D, insofern die Abstände dieser Werte und ihre relative Lage theoretisch bestimmt und Eigenschaften der zu A und D gehörigen Abweichungszahlen entwickelt werden[1].

Zur Ableitung dieser Gesetze ist das zweiseitige G. G. zu Grunde zu legen, das als Verteilungsgesetz der Exemplare eines K.-G. folgende Form erhalten soll:

$$\left.\begin{aligned} z' &= \frac{2\,h'\,m'}{\sqrt{\pi}} \exp\left[-h'^2\,\partial'^2\right] \\ z_, &= \frac{2\,h_,\,m_,}{\sqrt{\pi}} \exp\left[-h_,^2\,\partial_,^2\right]. \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Hier bedeuten, wie üblich, m' und $m_,$ die Anzahlen der oberhalb und unterhalb des Ausgangswertes D gelegenen Abweichungen, ∂' und $\partial_,$ die ihrem absoluten Werte nach genommenen Abstände der Abweichungen von D, h' und $h_,$ schließlich die reziproken Werte von $e'\sqrt{\pi}$ und $e_,\sqrt{\pi}$, wo e' und $e_,$ die Mittelwerte der ∂' und $\partial_,$ sind. Es soll aber dabei der Ausgangswert D nicht von vornherein als dichtester Wert noch auch als der durch das Proportionalgesetz bestimmte Wert gelten, da ja beide Eigenschaften erst bewiesen werden sollen. Es ist vielmehr D als ein vorerst willkürlich gewählter Ausgangswert anzusehen, der erst auf Grund des Gesetzes (1) als der mit jenen beiden Eigenschaften behaftete Wert nachzuweisen ist. Noch ist zu bemerken, dass z' und $z_,$ keine Anzahlen bedeuten, sondern bei geometrischer Interpretation nur die zu ∂'

---

[1] Außer diesen Gesetzen wurden in § 33 auch noch die Extremgesetze aufgeführt. Dieselben haben jedoch ebensowohl bei Symmetrie als bei Asymmetrie der Abweichungswerte Geltung und sind somit keine Gesetze wesentlich asymmetrischer Verteilung. Da sie überdies zu ausführlicheren Erörterungen Anlass geben, so werden sie im folgenden Kapitel eine besondere Behandlung erfahren.

resp. $\partial_,$ als Abscissen gehörigen, auf letzteren senkrecht stehenden Ordinaten des Verteilungsgesetzes vorstellen. Die Anzahlen der Abweichungen dagegen beziehen sich stets auf Intervalle und werden durch Flächenstreifen repräsentiert, so dass die Gleichungen

$$z' = \zeta' d\partial' ; \quad z_, = \zeta_, d\partial_, \tag{2}$$

angeben, wie viel Abweichungen dem Gesetze (1) zufolge zwischen den unendlich nahen Grenzen ∂' und $\partial' + d\partial'$ resp. $\partial_,$ und $\partial_, + d\partial_,$ auf das von letzteren eingeschlossene Intervall von der Größe $d\partial'$ resp. $d\partial_,$ fallen. Entsprechend bestimmt sich auch die W. W' und $W_,$, dass eine Abweichung zwischen den angegebenen Grenzen sich findet. Sie wird durch:

$$\left.\begin{aligned} W' &= \frac{z'}{m'} = \frac{2h'}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-h'^2 \partial'^2\right) d\partial' \\ W_, &= \frac{z_,}{m_,} = \frac{2h_,}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-h_,^2 \partial_,^2\right) d\partial_, \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

bezeichnet.]

[Durch die Gleichungen (1) ist für jeden endlichen Wert von ∂' und $\partial_,$ der zugehörige Wert von ζ' und $\zeta_,$ und damit auch der zugehörige Wert von z' und $z_,$ oder von W' und $W_,$ in eindeutiger Weise bestimmt. Für den Ausgangswert selbst jedoch, dem die Abweichungswerte $\partial' = 0$ und $\partial_, = 0$ zugehören, fehlt diese Eindeutigkeit, es sei denn, dass

$$h' m' = h_, m_, \quad \text{oder} \quad \frac{m'}{e'} = \frac{m_,}{e_,} . \tag{4}$$

Denn es wird für diesen Wert:

$$\zeta' = \frac{2h' m'}{\sqrt{\pi}} ; \quad \zeta_, = \frac{2h_, m_,}{\sqrt{\pi}} ; \tag{5}$$

so dass ein ununterbrochener Übergang der beiden Curvenzüge, welche die Gleichungen (1) darstellen in der That nur bei Erfüllung der Bedingungsgleichung (4) stattfindet. Dass aber diese Bedingungsgleichung notwendig erfüllt werden muss, erhellt aus folgender Überlegung.]

[Es ist selbstverständlich, dass einem Intervalle von gegebener Größe und gegebener Lage nur eine ganz bestimmte Anzahl von

Abweichungen angehören kann. Dies hat zur Folge, dass auch einem unendlich kleinen Intervalle, das als Grenze eines endlichen Intervalles zu betrachten ist, die nämliche Anzahl zukommen muss, mag es als Grenze eines in den oberen oder eines in den unteren Teil der Verteilungstafel sich erstreckenden Intervalles angesehen werden. Ist aber für den Ausgangswert ζ' verschieden von $\zeta_,$, so ist auch die Anzahl der Abweichungen für das dem Ausgangswerte zugehörige Intervall davon abhängig, ob das letztere von Seiten der oberhalb oder von Seiten der unterhalb des Ausgangswertes gelegenen Abweichungen erreicht gedacht wird. Da dies nicht zulässig ist, so muss $\zeta' = \zeta_,$ sein und somit die Bedingungsgleichung (4) erfüllt werden.]

[Untriftig wäre es, dem entgegenzuhalten, dass man so zwar für die Anzahlen, nicht aber für die W. der Abweichungen die Eindeutigkeit erziele. Denn die Wahrscheinlichkeitsbestimmungen (3) beziehen sich auf jede Seite der Abweichungen besonders, ohne dabei die andere Seite zu berücksichtigen oder von ihr in Mitleidenschaft gezogen zu werden. Will man eine beide Seiten gemeinsam berücksichtigende Bestimmung der W., so muss dieselbe auf die Gesamtanzahl $m = m' + m_,$ der Abweichungen Bezug nehmen und es ist alsdann zu setzen:

$$\left.\begin{aligned} W' &= \frac{z'}{m} = \frac{2\,h'\,m'}{\sqrt{\pi}\cdot m}\exp[-h'^2\vartheta'^2]\,d\vartheta' \\ W_, &= \frac{z_,}{m} = \frac{2\,h_,\,m_,}{\sqrt{\pi}\cdot m}\exp[-h_,^2\vartheta_,^2]\,d\vartheta_, \end{aligned}\right| \tag{6}$$

so dass, wie es sein muss, für $\vartheta' = \vartheta_, = 0$ die Eindeutigkeit der Wahrscheinlichkeitsbestimmung auf Grund von (4) sich ergiebt.]

[Es ist somit bei Aufstellung des Verteilungsgesetzes (1) die Bedingungsgleichung (4) beizufügen. Damit wird aber von dem Ausgangswerte die Erfüllung des Proportionalgesetzes

$$e' : e_, = m' : m_, \tag{7}$$

gefordert. Zugleich giebt sich dieser Wert als dichtester Wert zu erkennen, da sowohl ζ' als auch $\zeta_,$ für den Nullwert der Abweichungsgröße ϑ' und $\vartheta_,$ das Maximum erreicht.]

[Zur Veranschaulichung dieses Verteilungsgesetzes mögen die beiden folgenden Curvenzüge dienen, von welchen der erste den Verlauf der oberhalb D gelegenen Werte mit Angabe der wahrscheinlichen und mittleren Abweichungen $w = DW$; $e' = DE'$; $q = DQ$; der zweite den Verlauf der beiderseits von D gelegenen Werte mit Angabe der beiden Hauptwerte A und C neben D und der beiden einfachen mittleren Abweichungen $e' = DE'$; $e_, = DE_,$ vor Augen stellt.

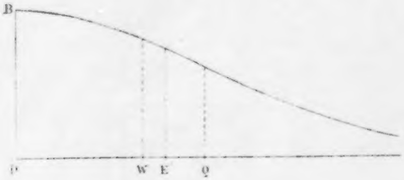

Fig. 2.

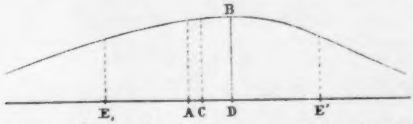

$DB = 1 : \sqrt{\pi}$, $DE' = e'$, $DE_, = e_,$, $DW = w$, $DQ = q$

Fig. 3.

Hierzu ist zu bemerken, dass die Ordinaten relative Werte vorstellen, indem an Stelle der Werte ζ' und $\zeta_,$ der Formel (1) die durch $2h'm' = 2h_,m_,$ dividierten Werte $\zeta' : 2h'm'$ und $\zeta_, : 2h_,m_,$ gesetzt wurden. Es wurde ferner $h' = 1$; $h_, = \frac{2}{3}$ angenommen. Daher ist der Maximalwert DB in beiden Curvenzügen gleich $1 : \sqrt{\pi}$; ferner:

$$e' : e_, = 2 : 3; \quad e' = 0{,}564; \quad e_, = 0{,}846; \quad D - A = 0{,}282;$$

$$D - C = 0{,}222; \quad p = \frac{D - C}{D - A} = 0{,}787\,.$$

Die Maßeinheit ist für den ersten Curvenzug gleich 5,6 cm, für den zweiten gleich 3,2 cm.]

§ 131. [Nur ausnahmsweise werden die Anzahlen m' und $m_{,}$ der oberhalb und unterhalb des Ausgangswertes D gelegenen Abweichungen einander gleich sein. In diesem Ausnahmefalle liegen der Zentralwert C und der arithmetische Mittelwert A mit D vereint. Denn es ist ja $m' = m_{,}$, so dass die den Zentralwert charakterisierende Bedingung erfüllt ist; aus der Gleichheit von m' und $m_{,}$ folgt aber weiterhin auf Grund des Proportionalgesetzes, dass auch $\varepsilon' = \varepsilon_{,}$ und mithin $m'\varepsilon' = m_{,}\varepsilon_{,}$. Dies besagt, dass auch die beiderseitigen Abweichungssummen einander gleich sind, wodurch der arithmetische Mittelwert bestimmt wird.]

[Ist jedoch, wie in der Regel vorauszusetzen, m' von $m_{,}$ verschieden, so liegen die beiden Hauptwerte A und C niemals mit D vereint, und es lassen sich ihre Abstände von D aus dem G. G. wie folgt ableiten.]

[Man bezeichne die größere der beiden Anzahlen m' und $m_{,}$ durch m'', die kleinere durch $m_{,,}$ und kennzeichne die auf Seite der m'' liegenden Werte ϑ, ε, h und t im Einklange mit den früher (§ 53) getroffenen Bestimmungen durch zwei Strichelchen oben. Dann ist der Zentralwert C als derjenige Wert zu suchen, der im Vereine mit D ein Intervall abgrenzt, das $\frac{1}{2}(m'' - m_{,,})$ Abweichungen enthält; denn es ist:

$$m_{,,} + \frac{m'' - m_{,,}}{2} = m'' - \frac{m'' - m_{,,}}{2} = \frac{m}{2}, \tag{8}$$

so dass oberhalb und unterhalb des der Art bestimmten Wertes gleich viel Abweichungen liegen, wie es für den Zentralwert zu fordern ist. Aus dem Verteilungsgesetze folgt aber, wenn $\gamma = C - D$ den Abstand der Werte C und D ohne Rücksicht auf ihre gegenseitige Lage angiebt:

$$\frac{m'' - m_{,,}}{2} = \frac{2h''m''}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\gamma} \exp[-h''^2 \vartheta''^2]\, d\vartheta'', \tag{9}$$

oder, wenn $h''\vartheta' = t$; $h''\gamma = t''$ gesetzt wird:

$$\frac{m''-m_{''}}{2}=\frac{2\,m''}{\sqrt{\pi}}\int_{0}^{t''}\exp(-t^2)\,dt=m''\cdot\Phi(t'')\,. \qquad (10)$$

Man findet somit mit Rücksicht, dass $k''=1:e''\sqrt{\pi}$,

$$C-D=\gamma=t''e''\sqrt{\pi}\,, \qquad (11)$$

wo entweder γ direkt aus (9) zu berechnen oder t'' mittelst der t-Tabelle auf Grund von (10) als derjenige Wert zu bestimmen ist, der zu $\Phi=\frac{m''-m_{''}}{2\,m''}$, kurz zu Φ'' gehört.

Der Abstand $C-D$ ist demnach wesentlich von dem Quotienten $(m''-m_{''}):m''$ abhängig. Ist der letztere gleich Null, so wird auch γ gleich Null, und C fällt, wie schon bemerkt, mit D zusammen. Ist jedoch dieser Quotient zwar nicht gleich Null, wohl aber hinreichend klein, so dass seine zweite Potenz vernachlässigt werden kann, so ist es erlaubt, $\Phi(t'')$ als Größe der nämlichen Ordnung angenähert durch:

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}}\,t'' \quad \text{oder} \quad \frac{2}{\sqrt{\pi}}\cdot\frac{C-D}{e''\sqrt{\pi}} \qquad (12)$$

darzustellen und mithin:

$$\frac{m''-m_{''}}{2}=\frac{2\,m''}{\sqrt{\pi}}\cdot\frac{C-D}{e''\sqrt{\pi}} \qquad (13)$$

oder:

$$C-D=\frac{m''-m_{''}}{4\,m''}\,e''\pi \qquad (14)$$

zu setzen. Andererseits erreicht $C-D$ den größtmöglichen Wert, wenn $(m''-m_{''}):m''$ den Wert 1 annimmt, d. h. wenn $m_{''}=0$ und $m''=m$, wenn also die Gesamtheit der Abweichungen auf einer und derselben Seite des Ausgangswertes liegt, und die Asymmetrie infolgedessen unendlich groß wird. Es wird in diesem Grenzfalle aus (10) die einfachere Gleichung:

$$\frac{1}{2}=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_{0}^{t''}\exp(-t^2)\,dt=\Phi(t''), \qquad (15)$$

so dass $f = w : e''\sqrt{\pi}$, wo w den wahrscheinlichen Wert der Abweichungen darstellt, der nach § 119 gleich $0{,}845347 \cdot e''$ zu setzen ist. Für den Abstand $C - D$ erhält man sonach die Gleichung:

$$C - D = w = 0{,}845347 \cdot e''.] \tag{16}$$

[Diese Bestimmung von $C - D$ ist ebenso im allgemeinen Falle (11) wie in den beiden Grenzfällen (14) und (16) durchaus auf das zweiseitige G. G. als Verteilungsgesetz gegründet. Es wird darum die empirische Bestimmung dieses Abstandes in einer vorgelegten Verteilungstafel, die am einfachsten nach direkter Berechnung von C und A mittelst der Gleichung (26) oder (29) des XI. Kapitels geleistet wird, im allgemeinen einen von der hier gefundenen theoretischen Bestimmung abweichenden Wert ergeben. Anders ist es bezüglich des Abstandes $A - D$ zwischen dem arithmetischen Mittelwerte A und dem Ausgangswerte D, da die Aufstellung der Formeln für diesen Abstand lediglich auf den Eigenschaften von A und D fusst, die auch der empirischen Berechnung zu Grunde liegen, während zu einer Verwendung des G. G. kein Anlass sich bietet.]

[Beachtet man nämlich, dass die größere der beiden Abweichungssummen $\Sigma\partial'$ und $\Sigma\partial_{,}$ infolge des Proportionalgesetzes auf der nämlichen Seite von D sich findet, auf der die größere der beiden Abweichungszahlen, nämlich m'', zu suchen ist, wonach die größere der beiden Summen durch $\Sigma\partial''$, die kleinere durch $\Sigma\partial_{,,}$ bezeichnet wird, so kann man setzen:

$$\left.\begin{aligned} \Sigma\partial'' &= \Sigma a'' - m''D \\ \Sigma\partial_{,} &= m_{,,}D - \Sigma a_{,,}\,. \end{aligned}\right| \tag{17}$$

Hieraus folgt durch Subtraktion:

$$\Sigma\partial'' - \Sigma\partial_{,,} = \Sigma a'' + \Sigma a_{,,} - (m'' + m_{,,})D = \Sigma a - mD,$$

und man erhält nach Division mit m unter Berücksichtigung, dass:

$$A = \frac{\Sigma a}{m},$$

die Gleichung:

$$A - D = \frac{\Sigma\partial'' - \Sigma\partial_{,,}}{m}. \tag{18}$$

die jedoch die Eigenschaft von D, das Proportionalgesetz zu erfüllen, noch nicht berücksichtigt. Zu diesem Zwecke setze man in (18):

$$\Sigma\partial'' = m''e''; \quad \Sigma\partial_{''} = m_{''}e_{''}$$

oder, was dasselbe ist, da $m'' = m - m_{''}$ und $m_{''} = m - m''$:

$$\Sigma\partial'' = me'' - m_{''}e''; \quad \Sigma\partial_{''} = me_{''} - m''e_{''}.$$

Man gelangt so zu der Gleichung:

$$A - D = e'' - e_{''} - \frac{m_{''}e'' - m''e_{''}}{m}, \tag{19}$$

in welcher dem Proportionalgesetze zufolge:

$$m_{''}e'' - m''e_{''} = 0$$

ist, so dass schließlich:

$$A - D = e'' - e_{''} \tag{20}$$

resultiert, eine Beziehung, die schon im XI. Kap. aufgestellt wurde, als es sich um die Verwertung der Eigenschaften von D_p im Interesse seiner Bestimmung aus den empirisch gegebenen Tafelwerten handelte.]

[Da nach dem Proportionalgesetze:

$$e'' - e_{''} = (m'' - m_{''})\frac{e''}{m''},$$

so kann die Gleichung (20) auch in die Form:

$$A - D = \frac{m'' - m_{''}}{m''}e'' \tag{21}$$

oder, wenn wie oben:

$$\Phi'' = \frac{m'' - m_{''}}{2\,m''}$$

gesetzt wird, in die Form:

$$A - D = 2\,\Phi'' \cdot e'' \tag{22}$$

gebracht werden.]

[Die Bestimmung des Abstandes $A - D$ ist somit in der That von dem Bestehen des G. G. unabhängig, so dass für jede Verteilungstafel die Gleichung (20) bestehen muss, wenn anders A als Mittelwert und D als D_p, d. i. dem Proportionalgesetz gemäß, berechnet worden sind.]

Schichten gebunden zu werden vermag. Der Isländiſche Spath ſcheint ſich in dieſem Fall zu befinden. Die abſolute Intenſität der erregten El. verhält ſich verſchieden für verſchiedene Subſtanzen, und iſt bei einigen ſo ſchwach, daß ſie ſich nur durch beſondre Vorſicht bemerkbar machen läßt. Die weſentlichſte Maßregel hiezu iſt, den zu prüfenden Körpern die Geſtalt kleiner Scheiben von einigen Millimetern im Durchmeſſer zu geben. Auch verſtärkt man ihre elektriſche Eigenſchaft bedeutend durch Erhitzung. Einige Subſtanzen, wie der Zündſchwamm und das Hollundermark, zeigen ſogar nicht eher recht merkbare Reſultate, bevor man ſie nicht dieſer Maßregel unterwirft.

Man wird im folgenden Capitel ſehen, daß, einer ſehr ſchönen Entdeckung Volta's zufolge, alle Körper, wenn ſie in Berührung mit einander gebracht werden, nach der Berührung in verſchiedenen elektriſchen Zuſtänden wieder hervortreten; die, von Becquerel entdeckten, Erfolge ſcheinen jedoch wegen ihrer Intenſität und mehrerer andern begleitenden Eigenthümlichkeiten mit jenen nicht dieſelbe Claſſe von Erſcheinungen auszumachen. Wenn man z. B. eine iſolirte Korkſcheibe auf die flache Hand, lebendige Haare auf einen hölzernen Tiſch oder eine Orangenſchale legt, ſo wird ein zwei- oder dreimal hinter einander wiederholter Druck, manchmal ſchon ein einmaliger, hinreichen, dieſe Subſtanzen ſo elektriſch zu machen, daß ſie, wenn ſie weggenommen und mit dem Knopf eines Goldblattelektroſkops in Berührung gebracht werden, ein bedeutende Divergenz an demſelben hervorbringen; dagegen man dem Elektroſkop durch einen Condenſator zu Hülfe kommen muß, wenn die, durch bloße Berührung der nämlichen Subſtanzen unter denſelben Umſtänden erregte, El. bemerklich werden ſoll. Ferner begünſtigt die Leichtigkeit, mit der Subſtanzen ſich zuſammendrücken laſſen und wieder zu ihren vorigen Dimenſionen zurückkehren, gar ſehr die Elektricitätserregung durch Druck. So wird ein ſtarker Grad derſelben entwickelt, wenn man eine iſolirte Korkſcheibe auf einen Haufen übereinandergeſchichteter Brochüren drückt. Die unvollkommenen Flüſſigkeiten, welche ſich zuſammendrücken laſſen, und dann wieder ihre vorigen Dimenſionen annehmen, eignen ſich gleichfalls zur Hervorbringung dieſer Erſcheinungen; wie ſich nachweiſen läßt, indem man die iſolirte Korkſcheibe auf Terpentinöl drückt, das im Feuer verdickt worden, ſo daß es eine Art halbflüſſigen Firniſſes bildet. Becquerel hat auch bei dieſen Verſuchen, wie Libes bei den ſeinigen, beobachtet, daß die Elektricitätserregung durch Druck um ſo ſtärker wird, je inniger die Subſtanzen beim Druck an einander haften, und je mehr Kraft ſie erfordern, von einander losgeriſſen zu werden. Ueberhaupt fand er, daß dieſe Erregungsart durch eine ſehr große Zahl beſonderer Umſtände modificirt wird, wie

[Auch für $A - D$ lassen sich die Grenzwerte angeben. Ist $m'' = m_{\prime\prime}$, so folgt aus (21), dass auch $A = D$, im Einklang mit der bereits gemachten Bemerkung, wonach C und A gleichzeitig mit D zusammenfallen. Ist dagegen $m'' = m$ und $m_{\prime\prime} = 0$, ist mithin die Asymmetrie unendlich groß, so wird

$$A - D = e'', \tag{23}$$

also gleich der einfachen mittleren Abweichung, während nach (16) $C - D$ die wahrscheinliche Abweichung darstellt. Für den Fall ferner, dass $(m'' - m_{\prime\prime}) : m''$ eine kleine Größe ist, deren zweite Potenz vernachlässigt werden darf, treten die Formeln (12), (13) und (14) in Kraft, so dass aus (21) oder (22) die Gleichung:

$$A - D = \frac{4}{\pi}(C - D) \tag{24}$$

abgeleitet werden kann.]

§ 132. [Auf Grund obiger Bestimmung der Abstände $C - D$ und $A - D$ lässt sich auch $A - C$ als Differenz der beiden vorigen Abstände finden, wonach die Abstandsgesetze für die drei Hauptwerte A, C und D in folgender Form gegeben werden können:

1) für ganz beliebige Werte m'' und $m_{\prime\prime}$, d. i. für einen ganz beliebigen Grad der Asymmetrie, hat man nach den Formeln (11) und (20) resp. (22):

$$\left.\begin{aligned} C - D &= t'' e'' \sqrt{\pi} \\ A - D &= e'' - e_{\prime\prime} = 2\,\Phi'' \cdot e'' \\ A - C &= (A - D) - (C - D) = (2\,\Phi'' - t''\sqrt{\pi})\, e''; \end{aligned}\right\} \tag{25}$$

2) für $m_{\prime\prime} = 0$ und $m'' = m$, d. i. für den Fall unendlich großer Asymmetrie bestehen die Beziehungen (16) und (23); es ist somit:

$$\left.\begin{aligned} C - D &= 0{,}845347 \cdot e'' \\ A - D &= e'' \\ A - C &= 0{,}154653 \cdot e''; \end{aligned}\right\} \tag{26}$$

3) wenn $(m'' - m_{\prime\prime}) : m''$ eine kleine Größe vorstellt, deren zweite Potenz vernachlässigt werden kann, wenn also die Asymmetrie sehr klein ist, kann man nach den Formeln (14) und (24) setzen:

$$\left.\begin{aligned} C-D &= \frac{m''-m_{,,}}{4\,m''}\,e''\pi \\ A-D &= (C-D)\,\frac{4}{\pi} = \frac{m''-m_{,,}}{m''}\,e'' \\ A-C &= (A-D)\left(1-\frac{\pi}{4}\right) = \frac{m''-m_{,,}}{m''}\,e''\left(1-\frac{\pi}{4}\right); \end{aligned}\right\} \quad (27)$$

4) für den Fall, dass gar keine Asymmetrie vorhanden ist, in welchem Falle $m' = m_{,}$ ist, wird schließlich:

$$\left.\begin{aligned} C-D &= 0 \\ A-D &= 0 \\ A-C &= 0. \end{aligned}\right\} \quad (28)$$

Dabei ist zu beachten, dass zwar, wie die Herleitung der Abweichungen für $A - D$ und $C - D$ unmittelbar erkennen lässt, A und C zugleich auf der Seite der m'' liegen, dass aber nur die absoluten Werte dieser Abstände bestimmt werden, und es mithin dahingestellt bleibt, ob A und C in der positiven oder in der negativen Richtung von D abweichen. Das erstere ist der Fall, wenn $m' > m_{,}$; das letztere, wenn $m_{,} > m'$.]

§ 133. [Aus diesen Abstandsgesetzen lassen sich die Abstandsverhältnisse und insbesondere die π-Gesetze durch Division gewinnen. Man erhält:

1) für den allgemeinen Fall, in welchem der Grad der Asymmetrie keiner Bedingung unterworfen ist:

$$\left.\begin{aligned} \frac{C-D}{A-D} &= \frac{f''e''\sqrt{\pi}}{e''-e_{,,}} = \frac{f''m''\sqrt{\pi}}{m''-m_{,,}} = \frac{f''\sqrt{\pi}}{2\,\Phi''} \\ \frac{C-D}{A-C} &= \frac{f''\sqrt{\pi}}{2\,\Phi''-f''\sqrt{\pi}} \\ \frac{A-C}{A-D} &= \left(2\,\Phi''-f''\sqrt{\pi}\right)\frac{e''}{e''-e_{,,}} = \left(2\,\Phi''-f''\sqrt{\pi}\right)\frac{m''}{m''-m_{,,}} = \\ &\qquad 1-\frac{f''\sqrt{\pi}}{2\,\Phi''}; \end{aligned}\right\} \quad (29)$$

2) für den Fall sehr schwacher Asymmetrie:

$$\left.\begin{aligned} \frac{C-D}{A-D} &= \frac{\pi}{4} = 0{,}785\,398 \\ \frac{C-D}{A-C} &= \frac{\pi}{4-\pi} = 3{,}659\,793 \\ \frac{A-C}{A-D} &= \frac{4-\pi}{4} = 0{,}214\,602; \end{aligned}\right\} \qquad (30)$$

3) für den Fall unendlich großer Asymmetrie:

$$\left.\begin{aligned} \frac{C-D}{A-D} &= 0{,}845\,347 \\ \frac{C-D}{A-C} &= 5{,}466\,089 \\ \frac{A-C}{A-D} &= 0{,}154\,653. \end{aligned}\right\} \qquad (31)$$

Die unter 2) und 3) mitgeteilten Werte stellen die Grenzen dar, zwischen welchen die für den allgemeinen Fall geltenden Bestimmungen variieren. Insbesondere sind die für schwache Asymmetrie geltenden Relationen von Interesse, da dieser Fall bei der hier vorauszusetzenden geringen Schwankung der Exemplare der K.-G. so häufig vorkommt, dass er als Regel bezeichnet werden kann. Aus diesem Grunde erhalten die Relationen (30) einen besonderen Namen und heißen die π-Gesetze.]

[Von den drei Quotienten wird gewöhnlich der an erster Stelle stehende berücksichtigt und darum der Einfachheit wegen durch einen besonderen Buchstaben, nämlich durch p bezeichnet. Es ist somit zu erwarten, dass p oder $(C-D):(A-D)$ nicht kleiner als 0,785 und nicht größer als 0,845 wird, wofern nicht Unregelmäßigkeiten den Gang der empirischen Werte einer Verteilungstafel stören und die Übereinstimmung mit der Theorie, die allein für die obigen Bestimmungen maßgebend ist, beeinträchtigen.]

§ 134. [Dass C und A auf der nämlichen Seite von D liegen, wurde schon bemerkt; dass aber C zwischen A und D liegt, erhellt aus folgender Darlegung.]

[Nach Formel (29) ist ganz allgemein:

$$\frac{C-D}{A-D} = \frac{e'\sqrt{\pi}}{2\,\Phi''}, \qquad (32)$$

wo t'' der zu Φ'' in der t-Tabelle gehörige Wert ist. Beachtet man nun, dass Φ'' nur Werte zwischen 0 und $\frac{1}{2}$ darstellen kann, da

$$\Phi'' = \frac{m'' - m_u}{2\,m''},$$

so lehrt ein Blick auf die t-Tabelle, dass durchweg

$$t'' < \Phi'', \qquad (33)$$

denn erst von dem Werte $\Phi = 0{,}6209$ ab sind die dreistelligen t-Werte größer als die zugehörigen Φ-Werte, um bis zum Schlusse der Tabelle größer zu bleiben. Da überdies:

$$\sqrt{\pi} < 2$$

und somit um so mehr:

$$t''\sqrt{\pi} < 2\,\Phi'',$$

so ist in der That:

$$C - D < A - D. \qquad (34)$$

Dies Gesetz, nach welchem C stets zwischen A und D liegt, heißt das **Lagengesetz**.]

[Das Lagengesetz hat zur Folge, dass die Asymmetrie der Abweichungen bez. D das entgegengesetzte Vorzeichen hat als die der Abweichungen bez. A. Da nämlich bezüglich C die beiderseitigen Abweichungszahlen einander gleich sind, so besteht für jeden Wert oberhalb C die Ungleichung $m' < m_,$ und für jeden Wert unterhalb C die Ungleichung $m' > m_,$. Es ist somit, wenn A oberhalb C liegt,

$$\mu' < \mu_, \text{ d. h. } \mu' - \mu_, \text{ negativ.}$$

Dann liegt aber D unterhalb C, so dass:

$$m' > m_, \text{ d. h. } m' - m_, \text{ positiv ist.}$$

Umgekehrt ist es, wenn A unterhalb und D oberhalb C liegt. Diese Umkehrung der Asymmetrie bezüglich A und D wird das **Umkehrgesetz** genannt, das mithin ein Ausfluss des Lagengesetzes ist.]

[**Zusatz. Die theoretische Begründung des zweiseitigen Gauss'schen Gesetzes.**]

§ 135. [Bisher wurde das zweiseitige G. G. auf **Grund der Erfahrung** als das hinreichend sich bewährende Wahrscheinlichkeitsgesetz der K.-G. aufgestellt. Will man nun neben der empirischen

Bewährung noch eine theoretische Begründung dieses Gesetzes, so müssen Hypothesen betreffs der K.-G. entwickelt werden, die eine Ableitung jenes Gesetzes gestatten. Die Aufstellung solcher Hypothesen findet ihre Berechtigung eben darin, dass sie zu dem abzuleitenden Gesetze hinführen und dasselbe wie im Keime enthalten. Und wenn auch die Erfahrung allein die Richtigkeit des aufgestellten Gesetzes entscheidet, so wird doch durch eine solche nachträgliche theoretische Begründung die Einsicht in die Natur der K.-G. gefördert.]

[Zunächst weise ich nach, dass es genügt, den nach dem Proportionalgesetze bestimmten Wert D_p als den wahrscheinlichsten Wert vorauszusetzen, um das zweiseitige G. G. in der nämlichen Weise abzuleiten, wie in der Fehlertheorie das einfache G. G aus der Annahme, das arithmetische Mittel sei der wahrscheinlichste Wert, gefolgert wird. Der Hypothese vom arithmetischen Mittel in der Fehlertheorie steht somit in der Kollektivmaßlehre die Hypothese, dass das Proportionalgesetz den wahrscheinlichsten Wert unter den Exemplaren eines K.-G. bestimme, völlig gleichwertig zur Seite.]

[Um dies zu beweisen, werde angenommen, dass m Exemplare a eines K.-G. vorliegen, für welche ein nach dem Proportionalgesetze bestimmter Wert $D_p = a_0$ existiert. Es liegen dann $m_,$ Werte a, nämlich $a_1, a_2, a_3 \ldots$ unterhalb D_p und m' Werte a, nämlich $a', a'', a''' \ldots$ oberhalb D_p, und es besteht für die Abweichungen dieser Werte von $D_p = a_0$ dem Proportionalgesetze zufolge die Gleichung:

$$\frac{|a_0 - a_1| + |a_0 - a_2| + |a_0 - a_3| + \cdots}{|a' - a_0| + |a'' - a_0| + |a''' - a_0| + \cdots} = \left(\frac{m_,}{m'}\right)^2$$

oder, wenn die unteren Abweichungen durch $\partial_1, \partial_2 \cdots$ die oberen durch $\partial', \partial'', \cdots$ bezeichnet werden:

$$m'^2 \partial_1 + m'^2 \partial_2 + \cdots + m_,^2 \partial' + m_,^2 \partial'' + \cdots = 0. \qquad (35)$$

Es mögen nun die W. der Abweichungen $\partial_1, \partial_2 \cdots \partial', \partial'' \cdots$ durch $\varphi(\partial_1), \varphi(\partial_2) \cdots \varphi(\partial'), \varphi(\partial'') \cdots$ bezeichnet werden. Dann wird die W. für das Zusammentreffen aller m Abweichungen durch das Produkt der m W., also durch:

$$\varphi(\partial_1)\cdot\varphi(\partial_2)\cdot\varphi(\partial_3)\cdot\cdots\cdot\varphi(\partial')\cdot\varphi(\partial'')\cdot\varphi(\partial''')\cdot\cdots$$

ausgedrückt.]

[Da aber a_0 nach der zu Grunde gelegten Hypothese den wahrscheinlichsten Wert darstellen soll, so muss nach den bekannten Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung auch das Produkt der W. für die Abweichungen der vorgelegten Werte a von a_0 größer sein als für die Abweichungen von irgend einem anderen, von a_0 verschiedenen Werte. Es muss daher

$$\varphi(\partial_1)\varphi(\partial_2)\cdots\varphi(\partial')\varphi(\partial'')\cdots$$

ein Maximum sein. Setzt man nun der Kürze wegen:

$$\frac{1}{\varphi(\partial)}\cdot\frac{d\varphi(\partial)}{d\partial}=\varphi'(\partial)$$

so ist demnach:

$$\varphi'(\partial_1)+\varphi'(\partial_2)+\cdots\varphi'(\partial')+\varphi'(\partial'')+\cdots=0 \qquad (36)$$

zu setzen.]

[Diese Gleichung muss mit der Gleichung (35) zugleich bestehen. Bringt man daher (36) in die Form:

$$m'^2\partial_1\cdot\frac{\varphi'(\partial_1)}{m'^2\partial_1}+m'^2\partial_2\cdot\frac{\varphi'(\partial_2)}{m'^2\partial_2}+\cdots+m_,^2\partial'\cdot\frac{\varphi'(\partial')}{m_,^2\partial'}$$
$$+m_,^2\partial''\cdot\frac{\varphi'(\partial'')}{m_,^2\partial''}+\cdots=0$$

so erhellt, dass:

$$\frac{\varphi'(\partial_1)}{m'^2\partial_1}=\frac{\varphi'(\partial_2)}{m'^2\partial_2}=\cdots=\frac{\varphi'(\partial')}{m_,^2\partial'}=\frac{\varphi'(\partial'')}{m_,^2\partial''}=\cdots=k, \qquad (37)$$

wo k eine beliebige Konstante ist. Aus:

$$\frac{\varphi'(\partial)}{m'^2\partial}=k$$

folgt aber

$$\frac{d\varphi(\partial)}{d\partial}=k\,m'^2\partial\,\varphi(\partial)$$

und hieraus durch Integration:

$$\varphi(\partial)=c\cdot\exp[\tfrac{1}{2}k\,m'^2\partial^2]. \qquad (38)$$

Zugleich erkennt man, dass k einen negativen Wert vorstellen muss, wenn $\varphi(\partial)$ für $\partial = 0$ sein Maximum erreichen soll.]

[Es ist somit für die unterhalb $D = a_0$ gelegenen Abweichungen, die jetzt unterschiedslos durch $\partial_,$ bezeichnet werden sollen:

$$\varphi(\partial_,) = c_, \cdot \exp[-h_,^2 \partial_,^2], \tag{39}$$

wo $c_,$ eine noch näher zu bestimmende Constante und $-h_,^2 = \frac{1}{2} k m'^2$ ist. Für die oberhalb $D = a_0$ liegenden Abweichungen dagegen, die unterschiedslos durch ∂' repräsentiert werden mögen, findet man:

$$\varphi(\partial') = c' \cdot \exp[-h'^2 \partial'^2], \tag{40}$$

wo wiederum die Bestimmung von c' noch aussteht, während $-h'^2 = \frac{1}{2} k m_,^2$ ist.]

[Um schließlich die Konstanten c' und $c_,$ zu bestimmen, ist die W., dass von den m' oberen und den $m_,$ unteren Abweichungen irgend eine zwischen 0 und ∞ liegt, — wie sich von selbst versteht — gleich 1 zu setzen. Es muss daher:

$$c_, \int_0^\infty \exp[-h_,^2 \partial_,^2] d\partial_, = 1$$

und:

$$c' \int_0^\infty \exp[-h'^2 \partial'^2] d\partial' = 1$$

sein. Dies führt, da:

$$\int_0^\infty \exp[-h^2 \partial^2] d\partial = \frac{\sqrt{\pi}}{2h},$$

zu:

$$\left.\begin{aligned} c_, &= \frac{2h_,}{\sqrt{\pi}} \\ c' &= \frac{2h'}{\sqrt{\pi}}. \end{aligned}\right\} \tag{41}$$

Daher ist schließlich:

$$\left.\begin{aligned} \varphi(\partial_,) &= \frac{2h_,}{\sqrt{\pi}} \exp[-h_,^2 \partial_,^2] \\ \varphi(\partial') &= \frac{2h'}{\sqrt{\pi}} \exp[-h'^2 \partial'^2] \end{aligned}\right\} \tag{42}$$

mit der aus den angegebenen Werten für h' und $h_,$ folgenden Bedingung:

$$h_,m_, = h'm' = m_,m'\sqrt{-\frac{k}{2}}\cdot] \tag{42a}$$

§ 136. [Bei dieser Begründung des zweiseitigen G. G. kann es als ein Mangel empfunden werden, dass die zu Grunde gelegte Hypothese des Proportionalgesetzes der Hypothese des arithmetischen Mittels in der Fehlertheorie an Einfachheit und Evidenz nachsteht. Denn man kann zunächst nur in der Erfahrung eine Stütze für dieselbe suchen, wie es denn auch in § 42 als eine fundamentale Thatsache der Erfahrung bezeichnet wurde, dass die K.-G. die Bestimmung eines dichtesten Wertes gestatten, der hinreichend nahe mit dem durch das Proportionalgesetz definierten Werte zusammenfällt.]

[Es ist darum von Interesse, dass eine andere Hypothese aufgestellt werden kann, die sich auf einfache und nahe liegende Überlegungen über die Entstehungsweise der K.-G. stützt. Sie führt vorerst zu einem einheitlichen Verteilungsgesetz; indem jedoch das letztere die Bestimmung eines dichtesten Wertes gestattet, der approximativ dem Proportionalgesetze genügt, stellt sich auch das zweiseitige G. G. als Approximation an jenes einheitliche Gesetz dar. Man gelangt so zu der Erkenntnis, dass die Zweiteilung des Verteilungsgesetzes, wie sie durch die Verwendung des G. G. bedingt ist, nicht durch die Natur der K.-G. gefordert wird, wohl aber durch das Bedürfnis motiviert werden kann, das aus der aufzustellenden Hypothese folgende Gesetz einer bequemen, den Anforderungen der Kollektivmaßlehre genügenden Verwendung zugänglich zu machen.]

[Um die wesentlichen Punkte in der Entwicklung dieser Hypothese klar hervortreten zu lassen, werde zunächst, entgegen den thatsächlich bestehenden Verhältnissen, ein K.-G. vorausgesetzt, dessen Exemplare nur eine kleine Anzahl äquidistanter und endlicher Abstufungen bezüglich der Größe unterscheiden lassen. Beispielsweise mögen fünf Größenstufen existieren, und die Größen selbst der Reihe nach gleich:

$$a,\quad a+i,\quad a+2i,\quad a+3i,\quad a+4i \tag{43}$$

sein. Dann liegt es nahe, die Verschiedenheit der Größe dem Spiele besonderer Kräfte zuzuschreiben, von welchen jede im Falle ihres Wirkens den Zuwachs i erzeugt. Man wird daher vier Kräfte K_1, K_2, K_3, K_4 annehmen, der Art, dass jede ebensowohl wirken als auch nicht wirken kann. Tritt keine der vier Kräfte in Wirksamkeit, so entsteht ein Exemplar von der Größe a; wirkt nur eine der vier Kräfte, so erhält das Exemplar die Größe $a + i$; wirken aber zwei, drei oder alle vier Kräfte, so wird die Größe $a + 2i$, $a + 3i$ oder $a + 4i$ erzeugt. Von der W., die für das Wirksamwerden jeder einzelnen Kraft besteht, wird dann die Häufigkeit des Auftretens der Exemplare einer bestimmten Größenstufe abhängen und hierdurch das Verteilungsgesetz bedingt sein. Man erhält nämlich, wenn die Kräfte unabhängig von einander mit den W. p_1, p_2, p_3, p_4 wirken und entsprechend die W. für das Ausbleiben ihrer Wirkung durch $q_1 = 1 - p_1$, $q_2 = 1 - p_2$, $q_3 = 1 - p_3$, $q_4 = 1 - p_4$ angegeben werden, folgende Darstellungen für die W. der verschiedenen Größenstufen:

$$\left.\begin{aligned}
W[a] &= q_1 q_2 q_3 q_4 ;\\
W[a+i] &= p_1 q_2 q_3 q_4 + q_1 p_2 q_3 q_4 + q_1 q_2 p_3 q_4 + q_1 q_2 q_3 p_4 ;\\
W[a+2i] &= p_1 p_2 q_3 q_4 + p_1 q_2 p_3 q_4 + p_1 q_2 q_3 p_4 + q_1 p_2 p_3 q_4\\
&\quad + q_1 p_2 q_3 p_4 + q_1 q_2 p_3 p_4 ;\\
W[a+3i] &= p_1 p_2 p_3 q_4 + p_1 p_2 q_3 p_4 + p_1 q_2 p_3 p_4 + q_1 p_2 p_3 p_4 ;\\
W[a+4i] &= p_1 p_2 p_3 p_4 .
\end{aligned}\right\} \quad (44)$$

Hieraus ist zu ersehen, dass eine symmetrische Verteilung der Exemplare auf die verschiedenen Größenstufen nur dann möglich ist, wenn z. B. $p_1 + p_3 = p_2 + p_4 = 1$, oder wenn für das Auftreten der Wirkung jeder einzelnen Kraft die nämliche W. wie für das Ausbleiben der Wirkung einer der anderen Kräfte besteht. Dann wird:

$$\begin{aligned}
W[a] &= p_1 p_2 q_1 q_2\\
W[a+i] &= (p_1 p_2 + q_1 q_2)(p_1 q_2 + p_2 q_1)\\
W[a+2i] &= (p_1 p_2 + q_1 q_2)^2 + (p_1 q_2 + p_2 q_1)^2 - 2 p_1 p_2 q_1 q_2\\
W[a+3i] &= (p_1 p_2 + q_1 q_2)(p_1 q_2 + p_2 q_1)\\
W[a+4i] &= p_1 p_2 q_1 q_2 .
\end{aligned}$$

Jede andere Bestimmung der W. führt zu einer asymmetrischen

Verteilung der Exemplare auf die verschiedenen Größenstufen. Man erhält beispielsweise 1. für $p_1 = p_2 = p_3 = p_4 = p$, 2. für $p_1 = p_2 = p_3 = \frac{1}{2}$, $p_4 = p$, wo p und $q = 1 - p$ von $\frac{1}{2}$ verschieden seien:

$$\begin{array}{lll}
 & 1. & 2. \\
W[a] & = q^4 & \frac{1}{8}q \\
W[a+i] & = 4pq^3 & \frac{1}{8}(3q+p) \\
W[a+2i] & = 6p^2q^2 & \frac{1}{8}(3q+3p) \\
W[a+3i] & = 4p^3q & \frac{1}{8}(q+3p) \\
W[a+4i] & = p^4 & \frac{1}{8}p
\end{array}$$

Man kann so immer wieder andere asymmetrische Verteilungsweisen als Spezialisierungen des allgemeinen Schemas (44) angeben, während nur auf obige Art eine symmetrische Verteilung möglich ist. Aber jede derselben beruht in gleicher Weise auf der Hypothese, dass vier von einander unabhängige Kräfte vorhanden sind, von welchen jede eine bestimmte W. für ihr Wirksamwerden besitzt und im Falle ihres Wirkens den Größenzuwachs i erzeugt.]

[Nun giebt es allerdings in Wirklichkeit keinen K.-G., der nur fünf, durch endliche und konstante Intervalle getrennte Größenstufen unterscheiden lässt. Vielmehr verteilen sich die Exemplare stetig auf das durch die extremen Werte begrenzte Größengebiet, so dass man auch durch eine Vermehrung der Größenstufen, wo dann statt fünf eine größere Zahl zu wählen wäre, nichts gewinnt. Wohl aber lässt sich der Größenbereich, den die Exemplare des K.-G. stetig erfüllen, in Intervalle von konstanter Größe i abteilen und die Intervallgröße der Art bestimmen, daß innerhalb jedes einzelnen Intervalles die Verteilung der Exemplare als gleichmäßig und das Verteilungsgesetz als konstant angenommen werden darf. Dies ist der Fall, wenn i eine kleine Größe vorstellt, deren zweite Potenz im Vergleiche zu endlichen Größen vernachlässigt werden darf. Dann ist es auch gestattet, die auf das Intervall fallenden Exemplare in der Intervallmitte vereinigt zu denken, so dass man auf diesem Wege zu der Vorstellung der Größenstufen mit konstanten Intervallen zurückgeführt wird. Die anfängliche Vorstellungsweise ist jedoch jetzt insofern modifiziert, als die Exemplare nicht mehr den einzelnen Größendie Glätte der Oberflächen, ihre mehr oder minder ſchnelle Trennung, die größere oder geringere Feuchtigkeit der umgebenden Luft.

Deſſaignes hat ſchon vor längerer Zeit auf eine Erſcheinung aufmerkſam gemacht, welche mit der vorigen in naher Beziehung zu ſtehen ſcheint. Wenn man nämlich eine Glas- oder Siegellackſtange in Queckſilber taucht, ſo wird ſie gewöhnlich in elektriſchem Zuſtande wieder herausgezogen, mag ſie übrigens ganz eingetaucht, oder blos auf die Oberfläche dieſer Flüſſigkeit gelegt, oder auch ſtark gegen ihre Oberfläche gerieben worden ſeyn. Das einfachſte Mittel, dieſe Erſcheinung beſtätigt zu finden, iſt, die Stange nach ihrem Herausziehen aus dem Queckſilber dem, zuvor mit einer bekannten El. geladenen, Scheibchen des Coulombſchen Elektroſkops darzubieten. Vorzüglich auffallend zeigt ſich der Erfolg bei Gummilack; die El. wird durch ein einmaliges Eintauchen ſo ſtark darin erregt, daß man ſich dieſes Mittels weit bequemer, als der Reibung, zu ſeiner Elektriſirung bedienen kann.

Deſſaignes bemerkte in der Art und Intenſität der El., welche die Stange durch das Eintauchen annahm, Abweichungen, die ihm vom Zuſtande der Feuchtigkeit, der Temperatur und des Drucks der Luft herzurühren ſchienen. Wenn das Elektroſkop, deſſen er ſich bediente, hinlänglich empfindlich war, um dieſe Abweichungen als zuverläſſig anſehen zu können, ſo ließen ſich dieſelben mit einiger Wahrſcheinlichkeit blos auf Rechnung des hygrometriſchen Zuſtandes der Stangen an der Oberfläche ſchreiben, der je nach ſeinem Verhältniß zu dem hygrometriſchen Zuſtande der umgebenden Atmoſphäre, ein Aushauchen oder Verdichten der Dünſte an ihnen bewirken konnte; auch haben Volta, und nach ihm mehrere andre Phyſiker verſichert, daß die Waſſerdünſte bei ihrer Bildung poſitive El. abſorbiren.

Die ſchnelle Trennung der Körpertheilchen zeigt ſich, im Dunkeln beobachtet, oft mit einer mehr oder minder dauernden Lichtentwicklung vergeſellſchaftet. Dieſe Erſcheinung wird z. B. beim Zerſchlagen des Zuckers, ſelbſt wenn es unter Waſſer geſchieht, beobachtet. Sie entſteht und verſchwindet hier mit dem Schlage, der ſie hervorruft. Dauerhafter iſt die Phosphorescenz an der Kreide, wenn ſie mit einem Hammer zerſchlagen wird. Sollte nicht eine ſolche Lichtentwicklung, wenn ſie plötzlich geſchieht, das Zeichen einer Zerſetzung der natürlichen Elektricitäten ſeyn? Wenn man z. B. im Dunkeln die Blätter von ſibiriſchem Glimmer, deren Enden zuvor an Iſolirſtäbe befeſtigt ſind, ſchnell von einander bricht, ſo ſieht man an den Bruchflächen einen lebhaft bläulichen Blitz zum Vorſchein kommen. Bietet man nun dieſe Flächen nach geſchehenem Bruch dem Elektroſkop dar, ſo findet man, Becquerel's Beobachtung zufolge, daß die eine poſitiv, stufen selbst, sondern den zugehörigen Intervallen angehören, und die Größenstufen nur als Repräsentanten der Intervalle dienen.]

[Mit Berücksichtigung dieser Modifikation kann nun der von den Exemplaren des K.-G. erfüllte Größenbereich durch eine unbestimmt große Anzahl von Größenstufen ersetzt werden, so dass die auftretenden Größen selbst durch

$$a\,,\; a+i\,,\; a+2i\,,\;\ldots.\; a+ni \qquad [45]$$

darstellbar sind. Man hat daher nur nötig, an Stelle der im obigen Beispiele gewählten beschränkten Anzahl von vier Kräften eine unbestimmt große Anzahl n solcher Kräfte vorauszusetzen und jeder eine bestimmte W. für ihr Wirksamwerden beizumessen, um für jede Größenstufe eine wie oben zu bestimmende W. und damit eine bestimmte Verteilung der Exemplare auf das ganze Größengebiet zu erhalten. Zugleich erhellt, dass diese Verteilung nur dann symmetrisch ist, wenn sich die n Kräfte paarweise zusammenfassen lassen und für jedes Paar, dessen W. gleich p_i und p_k seien, $p_i + p_k = 1$ ist. Jede andere Bestimmung dieser W. führt zu einer asymmetrischen Verteilung. Soll aber die letztere in ihrer Gesetzmäßigkeit verfolgt werden können, so darf nicht regellos jeder wirkenden Kraft eine ganz willkürlich gewählte W. zuerteilt werden. Es möge darum im Interesse der Durchführbarkeit der mathematischen Behandlung jeder Kraft die nämliche W. für ihr Wirksamwerden beigemessen werden.]

Man wird so zu folgender Hypothese geführt:

1) Es wird eine unbestimmt große Anzahl n von Kräften[1]

$$K_1\,,\; K_2\,,\;\ldots\; K_n$$

vorausgesetzt, die unabhängig von einander an der Erzeugung der Exemplare eines K.-G sich beteiligen.

2) Es besteht die W. p für das Auftreten und die W. $q = 1 - p$ für das Ausbleiben der Wirkung jeder einzelnen Kraft.

---

[1] [Die Bezeichnung »Kräfte« wird bloß der Kürze halber gewählt; es mögen darunter alle die Besonderheiten, welcher Art sie auch seien, verstanden werden, die einen ändernden Einfluss auf die Größe der Exemplare eines K.-G. auszuüben im stande sind.]

3) **Jede Kraft erzeugt im Falle ihres Wirkens den Zuwachs i, wo i eine so kleine Größe vorstellt, dass ihre zweite Potenz neben endlichen Größen vernachlässigt werden darf.**]

[Hiernach erhält ein Exemplar, an dessen Erzeugung sich keine der n Kräfte beteiligt, die Größe a, deren W. $W[a] = q^n$, während bei Auftreten aller Kräfte die Größe $a + ni$ entsteht, für welche $W[a + ni] = p^n$ ist. Beteiligen sich aber an einem Exemplare x Kräfte, so wird die Größe desselben $a + xi$; und da

$$\frac{n!}{x!\,(n-x)!}$$

verschiedene Systeme von je x Kräften gebildet werden können, für jedes System aber die W.

$$p^x \cdot q^{n-x}$$

besteht, so ist:

$$W[a + xi] = \frac{n!}{x!\,(n-x)!}\, p^x q^{n-x} \quad (x = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots n). \qquad (46)$$

Nun gelten für große n, x und $n - x$ die Formeln:

$$n! = n^n \exp[-n] \sqrt{2\pi n}$$
$$x! = x^x \exp[-x] \sqrt{2\pi x}$$
$$(n - x)! = (n-x)^{n-x} \exp[-(n - x)] \sqrt{2\pi(n - x)}.$$

Mit Rücksicht hierauf erhält man:

$$\left.\begin{aligned} W[a + xi] &= \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{2\pi x(n-x)}} \cdot \left(\frac{pn}{x}\right)^x \cdot \left(\frac{qn}{n-x}\right)^{n-x} \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi pqn}} \left(\frac{pn}{x}\right)^{x+\frac{1}{2}} \left(\frac{qn}{n-x}\right)^{n-x+\frac{1}{2}} \end{aligned}\right\} \qquad (47)$$

Setzt man hier pn und qn als ganze Zahlen voraus, nimmt man also an, dass n durch den gemeinsamen Nenner der Brüche p und q teilbar sei, wodurch die Allgemeinheit der folgenden Entwicklung nicht beschränkt wird, so kann man statt x und $n - x$ mit Vorteil $pn + x$ und $qn - x$ schreiben, wo nunmehr x alle positiven Zahlen von 0 bis $+nq$ und alle negativen Zahlen von 0 bis $-np$ zu durchlaufen hat; zugleich ist $a + xi$ durch $a + pni + xi$ oder, wenn

$a + pni$ kurz durch $a_\circ$ bezeichnet wird, durch $a_\circ + xi$ zu ersetzen. Man findet so:

$$W[a_\circ + xi] = \frac{1}{\sqrt{2\pi pqn}} \left(1 + \frac{x}{pn}\right)^{-pn-x-\frac{1}{2}} \cdot \left(1 - \frac{x}{qn}\right)^{-qn+x-\frac{1}{2}} \qquad (48)$$

$$(x = -np, \; -np + 1, \cdots 0, \; +1, \cdots +nq)$$

Hieraus gewinnt man mit Rücksicht, dass:

$$1 + \frac{x}{pn} = \exp\left[\log\left(1 + \frac{x}{pn}\right)\right]; \quad 1 - \frac{x}{qn} = \exp\left[\log\left(1 - \frac{x}{qn}\right)\right]$$

$$\log\left(1 + \frac{x}{pn}\right) = \frac{x}{pn} - \frac{x^2}{2p^2n^2} + \frac{x^3}{3p^3n^3} \cdots$$

$$\log\left(1 - \frac{x}{qn}\right) = -\frac{x}{qn} - \frac{x^2}{2q^2n^2} - \frac{x^3}{3q^3n^3} \cdots$$

folgende Darstellungsform:

$$\left.\begin{aligned} W[a_\circ + xi] &= \frac{1}{\sqrt{2\pi pqn}} \exp[\varphi + \psi] \\ \varphi &= (pn + x + \tfrac{1}{2})\left(-\frac{x}{pn} + \frac{x^2}{2p^2n^2} - \frac{x^3}{3p^3n^3} \cdots\right) \\ \psi &= (qn - x + \tfrac{1}{2})\left(\frac{x}{qn} + \frac{x^2}{2q^2n^2} + \frac{x^3}{3q^3n^3} \cdots\right) \end{aligned}\right\} \qquad (49)$$

Dieselbe ist gültig, solange $x : pn$ und $x : qn$ kleiner als 1.]

[Soll dieses Gesetz die W. für die endlichen Werte der Abweichungen xi von $a_\circ$ darstellen, so muss x als Größe von der Ordnung $1 : i$ vorausgesetzt werden. Es ist dagegen n eine Größe höherer Ordnung, wenn die extremen Abweichungen pni und qni im Vergleich zu den in Betracht gezogenen Werten xi sehr groß sind. Dies trifft aber in der That zu, da die extremen Abweichungen mit der Zahl der Exemplare beiderseits wachsen und somit, vom Standpunkte der Theorie aus, als ins Unbegrenzte wachsend anzunehmen sind. Es werde darum n als eine Größe von der Ordnung $1 : i^2$ vorausgesetzt. Alsdann repräsentiert der Quotient $x^2 : n$ eine endliche Größe und der Quotient $x : n$ in gleicher Weise wie der Quotient $x^3 : n^2$ eine Größe von der Ordnung i. Man kann somit, wenn Größen von der Ordnung i^2 und höherer Ordnung in der Reihendarstellung von φ und ψ vernachlässigt werden, das Wahrscheinlichkeitsgesetz (49) in folgende einfache Form bringen:

$$W[a_0 + xi] = \frac{1}{\sqrt{2\pi pqn}} \exp[\varphi + \psi]$$

$$\varphi = -x + \frac{x^2}{2pn} - \frac{x^3}{3p^2n^2} - \frac{x^2}{pn} + \frac{x^3}{2p^2n^2} - \frac{x}{2pn}$$

$$\psi = \quad x + \frac{x^2}{2qn} + \frac{x^3}{3q^2n^2} - \frac{x^2}{qn} - \frac{x^3}{2q^2n^2} + \frac{x}{2qn}$$

$$\varphi + \psi = -\frac{x^2}{2pqn} - \frac{x(q-p)}{2pqn} + \frac{x^3(q-p)}{6p^2q^2n^2},$$

oder:

$$W[a_0 + \Delta] = \frac{i}{\sqrt{2\pi kpq}} \exp\left[-\frac{\Delta^2}{2kpq} - \frac{i\Delta(q-p)}{2kpq} + \frac{i\Delta^3(q-p)}{6k^2p^2q^2}\right], \quad (50)$$

wenn $xi = \Delta$ und $ni^2 = k$ gesetzt wird.]

[Bei der Ableitung dieses Gesetzes wurde vorausgesetzt, dass die Exemplare des K.-G. in den Mitten $a_0 + xi$ der durch die Wertenreihe (45) repräsentierten Intervalle vereinigt gedacht werden dürfen. Es verteilen sich aber in Wirklichkeit die Exemplare stetig innerhalb der Intervalle, so dass auch die Wahrscheinlichkeitsfunktion als eine stetige Funktion der Abweichungen Δ anzunehmen ist, deren Integrale zwischen den Grenzen der Intervalle durch die $W[a_0 + \Delta]$ angegeben werden. Bezeichnet man demnach die Wahrscheinlichkeitsfunktion durch $w[a_0 + \Delta]$ so ist:

$$W[a_0 + \Delta] = \int w \cdot d\Delta,$$

oder mit Rücksicht auf den Kleinheitsgrad von i:

$$= w \cdot i.$$

Man findet daher zunächst für die Intervallmitten:

$$w[a_0 + \Delta] = \frac{1}{\sqrt{2\pi kpq}} \exp\left[-\frac{\Delta^2}{2kpq} - \frac{i\Delta(q-p)}{2kpq} + \frac{i\Delta^3(q-p)}{6k^2p^2q^2}\right]; \quad (51)$$

da aber w eine stetige Funktion von Δ ist, so hat diese Darstellung für beliebige Δ zu gelten.]

[Hiernach findet man durch Differentiation den Maximalwert von w aus der Gleichung:

$$\frac{dw}{d\Delta} = -w \cdot \left(\frac{\Delta}{kpq} + \frac{i(q-p)}{2kpq} - \frac{i\Delta^2(q-p)}{2k^2p^2q^2}\right) = 0,$$

oder (mit Rücksicht, dass einesteils w nicht verschwindet, andererteils $\varDelta$ hier eine Größe von der Ordnung i, und folglich $i\varDelta^2$ zu vernachlässigen ist) aus:

$$\varDelta + \frac{i(q-p)}{2} = 0.$$

Somit fällt der dichteste Wert D auf:

$$D = a_0 - \frac{i(q-p)}{2}.$$

Wird dieser Wert als Ausgangswert für das Wahrscheinlichkeitsgesetz gewählt, wird also $a_0 = D + \frac{1}{2}i(q-p)$; $\varDelta = \partial - \frac{1}{2}i(q-p)$ gesetzt, so resultiert schließlich, wenn $w[D+\partial]$ durch $\varphi(\partial)$ ersetzt wird:

$$\left.\begin{aligned}\varphi(\partial) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi kpq}} \exp\left[-\frac{\partial^2}{2kpq} + \frac{i\partial^3(q-p)}{6k^2p^2q^2}\right] \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi kpq}}\left(1 + \frac{i\partial^3(q-p)}{6k^2p^2q^2}\right)\exp\left[-\frac{\partial^2}{2kpq}\right]\end{aligned}\right\} \tag{52}$$

als endgültige Form des abzuleitenden Gesetzes.]

[Es handelt sich nun noch um den Nachweis, dass der Ausgangswert D auf Grund des Gesetzes (52) approximativ das Proportionalgesetz erfüllt. Zu diesem Zwecke werde:

$$\partial = \sqrt{2kpq} \cdot t$$

gesetzt, so dass:

$$\varphi(\partial) = \frac{1}{\sqrt{2\pi kpq}}\left(1 + \frac{2i(q-p)t^3}{3\sqrt{2kpq}}\right)\exp[-t^2]. \tag{53}$$

Nun ist, wenn m' die oberhalb D gelegene Anzahl und m die Gesamtzahl der Abweichungen angiebt:

$$\begin{aligned}\frac{m'}{m} = \int_0^\infty \varphi(\partial)\,d\partial &= \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_0^\infty\left(1 + \frac{2i(q-p)t^3}{3\sqrt{2kpq}}\right)\exp[-t^2]\,dt \\ &= \frac{1}{2} + \frac{i(q-p)}{3\sqrt{2\pi kpq}}.\end{aligned}$$

Entsprechend ist für die unterhalb D gelegene Anzahl $m_,$:

$$\frac{m_,}{m} = \frac{1}{2} - \frac{i(q-p)}{3\sqrt{2\pi kpq}}.$$

Bezeichnet man ferner die oberhalb und unterhalb D gelegenen Summen der Abweichungen durch $\Sigma\partial'$ und $\Sigma\partial_,$, so wird:

$$\frac{\Sigma\partial'}{m} = \int_0^\infty \partial\,\varphi(\partial)\,d\partial = \sqrt{\frac{kpq}{2\pi}} + \frac{i(q-p)}{4}$$

$$\frac{\Sigma\partial_,}{m} = \sqrt{\frac{kpq}{2\pi}} - \frac{i(q-p)}{4}\,.$$

Man findet hieraus:

$$\left(\frac{\Sigma\partial'}{\Sigma\partial_,}\right)^\alpha = 1 + \frac{i\alpha(q-p)\pi}{\sqrt{2\pi kpq}}; \quad \left(\frac{m'}{m_,}\right)^\beta = 1 + \frac{4i\beta(q-p)}{3\sqrt{2\pi kpq}}\,. \tag{54}$$

Somit ist:

$$\left(\frac{\Sigma\partial'}{\Sigma\partial_,}\right)^\alpha = \left(\frac{m'}{m_,}\right)^\beta, \text{ wenn } \beta = \tfrac{3}{4}\pi\alpha = 2{,}356\,\alpha\,. \tag{55}$$

In erster Annäherung kann man demnach

$$\alpha = 1; \quad \beta = 2$$

setzen, so dass in der That approximativ:

$$\frac{\Sigma\partial'}{\Sigma\partial_,} = \left(\frac{m'}{m_,}\right)^2, \tag{55a}$$

wie das Proportionalgesetz es verlangt.]

[Gilt aber das Proportionalgesetz, so kann mit entsprechender Approximation das zweiseitige G. G. an Stelle des einheitlichen Wahrscheinlichkeitsgesetzes (52) treten. Dasselbe ist in der Form (6), welche sich auf die beiderseitigen Abweichungen bezieht, vorauszusetzen, da auch das Gesetz (52) die oberen und unteren Abweichungen zugleich berücksichtigt. Es sei also:

$$\left.\begin{aligned} \varphi(\partial') &= \frac{2h'm'}{\sqrt{\pi}\,m}\exp[-h'^2\partial'^2] \\ \varphi(\partial_,) &= \frac{2h_,m_,}{\sqrt{\pi}\,m}\exp[-h_,^2\partial_,^2]\,. \end{aligned}\right\} \tag{56}$$

Hier ist auf Grund der berechneten Abweichungszahlen und Abweichungssummen:

$$\left.\begin{aligned} h' &= \frac{1}{c'\sqrt{\pi}} = \frac{1}{\sqrt{2kpq}} - \frac{i(q-p)}{2kpq\sqrt{\pi}}\left(\frac{\pi}{2}-\frac{2}{3}\right) \\ h_, &= \frac{1}{c_,\sqrt{\pi}} = \frac{1}{\sqrt{2kpq}} + \frac{i(q-p)}{2kpq\sqrt{\pi}}\left(\frac{\pi}{2}-\frac{2}{3}\right) \\ \frac{2h'm'}{\sqrt{\pi}\cdot m} &= \frac{1}{\sqrt{2\pi kpq}} - \frac{i(q-p)}{2\pi kpq}\left(\frac{\pi}{2}-\frac{4}{3}\right) \\ \frac{2h_,m_,}{\sqrt{\pi}\cdot m} &= \frac{1}{\sqrt{2\pi kpq}} + \frac{i(q-p)}{2\pi kpq}\left(\frac{\pi}{2}-\frac{4}{3}\right). \end{aligned}\right| \quad (56a)$$

Da jedoch die approximative Geltung des Proportionalgesetzes verlangt, dass $\frac{3}{4}\pi$ auf den ganzzahligen Wert 2 abgerundet wird, so ist auch hier $\frac{1}{2}\pi$ und $\frac{4}{3}$ für gleichwertig anzusehen und

$$\frac{2h'm'}{\sqrt{\pi}\cdot m} = \frac{2h_,m_,}{\sqrt{\pi}\cdot m} = \frac{1}{\sqrt{2\pi kpq}} \quad (56b)$$

zu setzen; auch kann mit der nämlichen Berechtigung in der Darstellung von h' und $h_,$ statt $\frac{1}{2}\pi - \frac{2}{3}$ ebensowohl $\frac{1}{4}\pi$ als auch $\frac{2}{3}$ gesetzt werden.]

[Die Ersetzung des einheitlichen Gesetzes (52) durch das zweiseitige G. G. hat demnach zur Folge, dass an Stelle des Gliedes

$$\frac{i\partial^3(q-p)}{6k^2p^2q^2}$$

das Glied

$$\frac{i\partial^2(q-p)}{kpq\sqrt{2\pi kpq}}\left(\frac{\pi}{2}-\frac{2}{3}\right)$$

tritt, das für positive ∂ ein positives, für negative ∂ ein negatives Vorzeichen erhält.]

[Sowohl (52) als auch (56) stellt für $p=q$ das einfache G. G. dar, das somit als Spezialfall zugleich mit jenen allgemeinen Gesetzen aus der aufgestellten Hypothese entwickelt wird. Wird letztere diesem Falle von vornherein angepasst, so unterscheidet sie sich nicht wesentlich von der Hypothese, die Hagen[1]) zur Ableitung des einfachen G. G. für die Fehlertheorie aufgestellt hat.]

---

[1] (Grundzüge der Wahrscheinlichkeitsrechnung, Berlin 1837. S. 34. — Die Hypothese Hagen's lautet: »Der Fehler im Resultate einer Messung ist die

[Beachtung verdient es, dass die Asymmetrie hier durch Größen von der Ordnung i repräsentiert wird. Sie wird daher unendlich klein, wenn i unendlich klein wird. Bei der obigen Ableitung wurde aber i nicht als unendlich klein, sondern nur als so klein vorausgesetzt, dass i^2 gegen endliche Größen vernachlässigt werden darf.]

[Noch ist zu erwähnen, dass für das einheitliche Wahrscheinlichkeitsgesetz an Stelle des dichtesten Wertes D ebensowohl ein anderer Wert als Ausgangswert gewählt werden kann. In der Darstellungsform (51) ist es beispielsweise der arithmetische Mittelwert, der zum Ausgangspunkt der Abweichungen gemacht ist. Man findet nämlich bezüglich a_0 die Summen der beiderseitigen Abweichungen einander gleich, so dass a_0 in der That das arithmetische Mittel A darstellt.]

---

algebraische Summe aus einer unendlich großen Anzahl elementarer Fehler, die alle gleich groß sind, und von denen jeder einzelne ebenso leicht positiv wie negativ sein kann.«.]

XX. Die Extremgesetze.

§ 137. Zu den gewöhnlich berücksichtigten Elementen eines K.-G. gehören die extremen Werte, welche die Verteilungstafel desselben bietet, d. i. das Maß des größten und kleinsten Exemplares; auch hat es ein mehrfaches Interesse, sich damit zu beschäftigen. Schon aus bloßer Kuriosität kann man sich dafür interessieren, wie groß der größte Riese und der kleinste Zwerg ist, die in einem gegebenen Lande oder überhaupt vorgekommen sind, welches die größte Hitze oder Kälte ist, bis zu der die Temperatur an einem gegebenen Orte angestiegen und herabgesunken ist, u. s. w. Aber die Angabe der extremen Werte eines untersuchten Gegenstandes hat auch einen wissenschaftlichen Wert für die Kenntnis desselben, indem sie mit Rücksicht auf die Zahl der Exemplare, unter welchen diese Extreme beobachtet sind, zur Charakteristik desselben beiträgt; auch kann die nach den beobachteten Extremen gestellte Erwartung, zwischen welchen Grenzen ein künftiges Exemplar zu suchen sein wird, worüber hinaus es voraussetzlich nicht steigen, worunter es nicht sinken wird, mitunter praktisch werden. So kann der höchste zu erwartende Wasserstand eines Flusses die Höhe des schützenden Dammes oder die Höhe von Anlagen an seinen Ufern bestimmen, die größte zu erwartende Kälte eine Grenze für die Anpflanzung gewisser Gewächse setzen, u. s. w.

Man darf nur nicht vergessen, dass die Größe der Extreme mit abhängig von der Zahl der Exemplare ist, welche der Beobachtung unterliegen, und wenn z. B. die Höhe eines Flusses binnen 100 Jahre ein gewisses Maß nicht überstiegen hat, so kann man nicht darauf rechnen, dass es nicht in 1000 Jahren einmal der Fall sein sollte, da hiermit größerer Spielraum zur Entwicklung der Extreme geboten wird, woraus sofort das Interesse einleuchtet, ein Gesetz der Abhängigkeit der Größe der Extreme von der Zahl der Exemplare zu finden, ein Interesse, was mit dem praktischen zugleich ein wissenschaftliches ist. Unmittelbar hat jede empirische Bestimmung der Extreme nur für die Zahl von Exemplaren Bedeutung, aus welcher die Bestimmung erfolgt ist; kann aber mit zu den empirischen Unterlagen für die allgemeine Bestimmung der Extreme mit abgeänderter Zahl dienen.

Bisher hat man diesen Punkt mehrfach übersehen, indem ich an mehr als einem Orte die Größe der absoluten oder relativen Abweichung zwischen den Extremen: $E' - E_,$ oder $(E' - E_,) : A$, die aus verschiedenen m bei verschiedenen K.-G. erhalten wurden, zum Vergleiche der absoluten oder relativen Variabilität der betreffenden Gegenstände verwendet finde, was ganz irrige Folgerungen mitführen kann.

Hierbei scheint das Aperçu zu Grunde gelegt, dass, wenn man nur die Extreme aus einer großen Zahl bestimme, man darauf rechnen könne, wenn nicht die absolut möglichen Extreme, doch solche, die sich ihnen sehr nähern, zu erhalten, und in Ermangelung anderen Anhaltes sich bei den gefundenen begnügen könne. Aber diese Annahme einer approximativ erreichbaren Grenze der Extreme bei wachsendem m hat weder empirisch, noch theoretisch etwas für sich; sondern wahr ist nur nach beiden Gesichtspunkten, dass die Größe der Extreme in sehr viel kleinerem Verhältnisse als die Größe des m wächst, aber, wenn m bis ins Unendliche steigend gedacht wird, immer in angebbarer Weise mit fortwächst.

§ 138. [**Indessen steht der Aufstellung einer gesetzlichen Beziehung zwischen der Größe der Extreme und der Anzahl der Werte, unter denen die Extreme vorkommen, eine beispielsweise von Dove und von Encke vertretene Auffassungsweise entgegen, der zu folge die Extreme jedweder Gesetzlichkeit sich entziehen würden.**]

Dove, nachdem er in seiner ersten, »die geographische Verbreitung gleichartiger Witterungserscheinungen« betreffenden Abhandlung[1]:

---

[1] Abhandlungen der Kgl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, aus dem Jahre 1848.

die andere negativ elektriſirt iſt. Warum ſollte ſich das Nämliche nicht auch bei andern Fällen ſchneller Trennung ereignen? Elektricitätsmengen, die zu ſchwach ſind, um für unſere beſten Elektrometer noch bemerkbar zu ſeyn, vermögen vielleicht bei ihrem Freiwerden noch ein, für die Augen bemerkbares, Licht zu entwickeln *).

Aus der Darſtellung dieſer Verſuche ergiebt ſich zur Genüge, daß man über die Erregung der el. Principe noch ſehr im Dunkeln iſt; zugleich wird man aber auch anerkennen, daß eine Unterſuchung dieſes Vorgangs ſich dem Phyſiker als einer der intereſſanteſten Gegenſtände für ſeine Forſchungen darbietet.

Funfzehntes Capitel.

Von Erregung der Elektricität durch bloße Berührung.

Wir wenden uns jetzt zur Betrachtung der Elektricitätserregung durch bloße Berührung. Dieſer Theil der Phyſik, der erſt ſeit dreißig Jahren geſchaffen iſt, wird uns im Contraſt eine große Entdeckung, durch den Zufall veranlaßt, und eine noch größere, durch die ſtrengſten Verſuche und Schlußfolgen unmittelbar gefunden und bis zum Grade ihrer Vollendung gebracht, zeigen.

Die erſten Beobachtungen dieſer Art fallen um das Jahr 1790. Galvani, Profeſſor der Phyſik in Bologna, ſtellte Unterſuchungen über die Erregbarkeit der Muskeln durch El. an. Er nahm dazu Fröſche, tödtete ſie, zog ihnen die Haut ab, und ſchnitt ihre Wirbelſäule durch, um die Schenkelnerven zu iſoliren und bloß zu legen, wie Fig. 62 ſie darſtellt. Um leichter mit ihnen umgehen zu können, ſteckte er noch überdies durch den übrig gebliebenen Theil E der Wirbelſäule einen

---

*) Zuſatz. Oerſted hat auf eine entgegengeſetzte Elektriſirung der ſchwingenden und der ruhenden Stellen der Scheiben bei Klangfiguren aufmerkſam gemacht (Schweigg. Journ. VIII), welche, Kaſtner's Beobachtungen [illegible], zur Erzeugung des [illegible] [illegible] beizutragen ſcheint. (Kaſtner's Einleit. in d. neue Chemie S. 109). — Ich führe dies deshalb beſonders an, weil, wenn ſich dieſe Erfahrungen beſtätigen, — und der Beſtätigung bedürfen ſie allerdings noch — hierin ſich ein Weg zeigt, wie ſich die Gehörempfindung von dem Gehörorgan, in dem durch Mittheilung der Luft ebenfalls Klangfiguren entſtehen, durch die Nerven zum Gehirn fortpflanzen kann, ein Vorgang, der ſich ſonſt ſchwer begreifen ließe. Die Fortleitung kann, da Nerven keine elektriſchen, getrennten Ketten ſind, nicht durch Entladung geſchehen; und überhaupt ſcheinen viele neue Verſuche zu dem Reſultate zuſammenzuſtimmen, daß der [illegible] in den Nerven das Imponderabile der El. [illegible] ſey; das Nervenſyſtem aus ein Conductoren- und Erregungsapparat für daſſelbe ſey.

»Über die nicht periodischen Änderungen der Temperaturverteilung auf der Oberfläche der Erde«, die extremen Abweichungen angegeben, welche von monatlichen und jährlichen Temperaturmitteln während einer gegebenen Anzahl Jahre an verschiedenen Beobachtungsorten stattgefunden, bemerkt ausdrücklich (S. 351): »die hier gegebenen Zahlen haben noch etwas sehr Willkürliches, da ein einziger ungewöhnlich strenger Winter oder ein sehr heißer Sommer die aus einer langen Reihe vorhergehender Jahre ermittelten Unterschiede vielleicht verdoppeln kann«, eine Bemerkung, der sich auch SCHMID in seinem großen meteorologischen Werke[1] anschließt. Desgleichen bemerkt ENCKE in seiner Abhandlung über die Methode der kleinsten Quadrate[2] (S. 275) auf Grund dessen, dass in den bekannten BESSEL'schen Fehlerreihen die extremen Beobachtungsfehler etwas zu groß gegen die theoretische Forderung ausfallen: »Übrigens ist diese Abweichung leicht aus dem Umstande erklärlich, dass größere Fehler in der Regel eine ganz ungewöhnliche Vereinigung von nachteiligen Einwirkungen voraussetzen, ja selbst häufig durch ein so isoliert stehendes Ereignis herbeigeführt werden, dass keine Theorie sie der Rechnung wird unterwerfen können.«

Demgemäß ist in der That bisher weder von einer theoretischen, noch erfahrungsmäßigen Untersuchung und Feststellung gesetzlicher Verhältnisse dieser Werte die Rede gewesen, und so dürfte nicht nur eine gewisse Lücke in dieser Hinsicht durch die folgende Untersuchung ausgefüllt werden, sondern auch die faktische Beseitigung des Verdachtes, dass die extremen Werte überhaupt keinen gesetzlichen Verhältnissen unterliegen, an sich ein gewisses Interesse in Anspruch nehmen.

Nun ist es allerdings richtig, dass mitunter Extreme oder extreme Abweichungen aus exceptionellen Ursachen herrühren können, die aus der Reihe der Bedingungen heraustreten, unter welchen ein K.-G. als bestehend aufgefasst und der Untersuchung unterworfen wird; z. B. fassförmig aufgetriebene oder entschieden mikrocephale

---

[1] Lehrbuch der Meteorologie. Leipzig 1860.

[2] Berliner Astronom. Jahrbuch für 1834. S. 249 flgd.

Schädel, wo es sich um gesunde Schädel handelt. Solche Extreme sind in der That unberechenbar. Aber da sich die aufzustellenden Gesetzmäßigkeiten nur auf solche K.-G. beziehen, die den früher (Kap. IV) angegebenen Requisiten genügen, so kann ein Heraustreten der Extreme aus den gesetzlichen Beziehungen geradezu als ein Anzeichen dafür gelten, dass diese Extreme abnorm sind, die, wo es sich um normale Verhältnisse handelt, auszuschließen sind.

§ 139. Empirisch kann man sich von der Änderung der Extreme mit der Größe des m leicht in folgender Weise überzeugen.

Man bestimme aus der Totalität einer Urliste von gegebenem m, in welcher die Maße in zufälliger Ordnung enthalten sind, die beiden Extreme E' und $E_,$, teile dann ohne Änderung der zufälligen Ordnung der Maße die Gesamtheit derselben in eine Anzahl von gleichen Fraktionen z. B., wenn das totale $m = 1000$ wäre, in 10 Fraktionen von je $m = 100$, und bestimme nun auch die Extreme dieser Fraktionen. Wenn nicht zufälligerweise, was doch bei großem Total-m nur ausnahmsweise der Fall sein kann, dieselben Extreme schon in der Totalität mehrfach vorkommen, wird man sie in den Fraktionen nicht wiederfinden, sondern diese werden durchschnittlich nur kleinere E' und größere $E_,$ geben; und wiederholt man an jeder Fraktion von $m = 100$ das Verfahren, indem man sie z. B. in 10 Fraktionen von $m = 10$ teilt, so wird natürlich der entsprechende Erfolg eintreten. Nun kann man die Totalität der Maße von gegebenem m, die man zuerst vor sich hatte, selbst als Fraktion einer Totalität von größerem m betrachten und schließen, dass, wenn man mehrere solcher Fraktionen von demselben m vor sich hätte, die E' und $E_,$, die man aus denselben erhält, auch durchschnittlich von dem E' und $E_,$ der größeren Totalität aller Exemplare in Plus und Minus überboten werden würden.

Man kann bemerken, dass die E, welche aus den gleichzahligen Fraktionen derselben Totalität erhalten werden, eine etwas abweichende Größe haben, und indem man die Totalität selbst als eine Fraktion unter anderen gleichzahligen Fraktionen einer größeren Totalität mit gegebenem m betrachten kann, würde man noch zwischen den E dieser größeren Fraktionen Verschiedenheiten finden, so dass man also überhaupt nicht darauf rechnen kann, ein von gegebenem m abhängiges ganz bestimmtes E' und $E_,$ zu finden; wohl aber kann man erstlich bestimmt sagen, dass normalerweise in dem oben dafür eingeführten Sinne die von gegebenem m abhängigen E durchschnittlich um so weiter in + steigen und in — abnehmen, je größer m ist; zweitens kann man ihre Variation bei gegebenem m als Sache einer Unsicherheit wegen unausgeglichener Zufälligkeiten, die sich einer näheren Untersuchung fügt, betrachten, worauf unten zurückzukommen.

Erläutern wir das Vorige an der Studentenmaßtafel[1] mit $m = 2047$, deren Elemente in § 65 gegeben sind, wonach A_1 der primären Tafel $= 71{,}77$; D_p nach Reduktion auf $i = 1$ Zoll aber im Mittel von 4 Lagen $= 71{,}96$ ist. Da jedoch die Benutzung des ganzen $m = 2047$ ungeheuer umständlich sein würde, benutze ich nur 360 Werte wie folgt.

Aus der Urliste, in welcher die Maße sich ganz zufällig folgen, wurden von jedem der 20 Jahrgänge die ersten 18 Maße in ihrer zufälligen Folge ausgeschrieben und zur Totalität von 360 Maßen vereinigt. Hierin wurde $E' = 77{.}5$, $E_, = 64$ Zoll gefunden. Hiernächst wurden diese 360 Maße in 180 Fraktionen mit einem $m = 2$ geteilt, in deren jeder natürlich das eine Maß unmittelbar als E', das andere als $E_,$ auftritt, und durch Division der Summe der so erhaltenen E' und $E_,$ mit 180 wurden das mittlere $E' = 73{,}16$ und mittlere $E_, = 70{,}26$ erhalten; weiter wurde eine Teilung der 360 Maße in 120 Fraktionen mit einem $m = 3$ vorgenommen, deren mittleres E' und $E_,$ berechnet u. s. f., wovon die Resultate in folgender Tabelle zusammengestellt sind.

---

[1] Wegen des Nachteils der ungleichförmigen Schätzung, welchem die Rekrutenmaße überhaupt unterliegen, würde ich lieber ein anderes Beispiel gewählt haben, wenn mir Urlisten von anderen Gegenständen mit gleich sicherer reiner Zufälligkeit in der Folge der Maßgrößen zu Gebote gestanden hätten; doch kann jener Nachteil die Verhältnisse, auf die es folgends ankommt, unstreitig nur unwesentlich benachteiligen.

I. Mittelwerte der oberen und unteren Extreme aus n Fraktionen mit je m Gliedern.

m	n	E'	$E_,$	$E' - E_,$	$E' + E_,$
2	180	73,16	70,26	2,90	143,42
3	120	73,81	69,56	4.25	143.37
4	90	74.25	69,17	5.08	143.42
6	60	74,68	68,41	6,27	143,09
9	40	75,09	67.86	7.23	142,95
18	20	75,84	66,85	8,99	142,69
36	10	76,25	66.27	9.98	142.52
72	5	76,90	65.70	11.20	142,60
360	1	77.50	64.00	13.50	141.50

Diese Tabelle giebt zu folgenden Bemerkungen Anlass.

Ausnahmslos sieht man mit wachsendem m die mittleren E' steigen, die $E_,$ abnehmen, wovon die natürliche Konsequenz ist, dass der Unterschied zwischen beiden Extremen $E' - E_,$ mit wachsendem m wächst, nur, wie man sieht, nichts weniger als proportional mit m wächst, indem er z. B. bei $m = 2$ gleich 2,9, bei $m = 360$ gleich 13,5 ist. Auffällig kann es zunächst scheinen, dass die Summe beider Extreme mit wachsendem m sich nur sehr unbedeutend ändert; und zwar besteht, abgesehen von den kleinen Unregelmäßigkeiten bei $m = 4$ und 72, welche als Sache unausgeglichener Zufälligkeiten anzusehen, die Änderung in einer kontinuierlichen Abnahme von $E' + E_,$ bei wachsendem m. Es ist aber dies so zu verstehen. Natürlich, wenn E' mit wachsendem m wächst, $E_,$ abnimmt, ist allgemein gesprochen die Möglichkeit gegeben, dass sich beides gerade kompensiert, wo dann $E' + E_,$ bei wachsendem m konstant bleiben müsste, ein Fall, der abgesehen von unausgeglichenen Zufälligkeiten dann zu erwarten, wenn Symmetrie der Abweichungen nach beiden Seiten vom arithmetischen Mittel bestände. Nun nähern sich die Rekrutenmaße einer solchen, da sie aber derselben doch nicht ganz entsprechen, so entspricht auch das Resultat für $E' + E_,$ nicht ganz der Voraussetzung einer solchen.

§ 140. [Obschon nun die Werte obiger Tabelle I das Wachsen der oberen Extreme und das Abnehmen der unteren für wachsende m deutlich vor Augen stellen, eignen sie sich doch nicht zur Bewährung der im folgenden (§ 141) aufzustellenden Extremgesetze. Denn diese sind aus dem G. G. abzuleiten, das sich auf die Abweichungen vom arithmetischen Mittel A oder vom dichtesten Werte D bezieht, so dass auch die Extrembestimmungen zunächst die extremen Abweichungen von dem Ausgangswerte und nicht die extremen Werte E' und $E_{,}$ direkt betreffen. Der hierdurch bedingte Unterschied der Bestimmungsweise erhellt aus der Bemerkung, dass E' sehr wohl unterhalb des Ausgangswertes und ein anderes Mal umgekehrt $E_{,}$ oberhalb desselben liegen kann, und dass dann die Abweichung jenes Extrems vom Ausgangswerte nicht sowohl den Maximalwert als vielmehr den Minimalwert der vorkommenden Abweichungen darstellt. Die Durchschnittswerte obiger Tabelle können daher nicht als Durchschnittswerte der extremen Abweichungen gelten, da als solche nur die Maxima der Abweichungswerte in Rechnung zu ziehen sind. Gegen diese Bestimmungsweise lässt sich allerdings der Einwand erheben, dass die Extreme E' und $E_{,}$ als solche, ohne Rücksicht auf den als Ausgangswert gewählten Hauptwert, das Interesse erregen und die Aufstellung direkt gültiger Gesetze verlangen; es kann aber dies nur durch Vermittelung der für die extremen Abweichungen gültigen Gesetze geschehen, da das hierbei zu Grunde zu legende Verteilungsgesetz sich auf Abweichungswerte bezieht. Es sind darum auch zunächst die theoretischen Bestimmungen für die extremen Abweichungen empirisch zu bewähren.]

Zu diesem Zwecke müssen die Maße der Urliste unter Beibehalten der vorhandenen Reihenfolge durch ihre Abweichungen vom Ausgangswerte ersetzt werden. Ist der letztere der arithmetische Mittelwert A, so treten die Abweichungen Δ an Stelle der a, und zwar entweder mit oder ohne Scheidung der positiven von den negativen Abweichungswerten, je nachdem das G. G. nur auf die oberen resp. unteren Abweichungen allein oder auf beide gemeinsam bezogen wird. Beim Ausgange von D dagegen sind die Abweichungen ∂' und $\partial_{,}$ an Stelle der a zu setzen und dabei die positiven ∂' von den negativen ∂, zu sondern, da das zweiseitige G. G., das nunmehr zur Verwendung kommt, prinzipiell die Trennung der oberen von den unteren Abweichungen fordert und auf beide in verschiedener Weise sich bezieht.]

[Im vorliegenden Falle kann man in Anbetracht des schwachen Grades von Asymmetrie, der den Rekrutenmaßen eigen ist, das arithmetische Mittel als Ausgangswert wählen, und zwar sollen mit Rücksicht auf die kleine, zur Verfügung stehende Gesamtzahl von 360 Maßwerten die positiven und negativen Abweichungswerte nicht getrennt behandelt werden. Ich ersetze demgemäß die 360 Rekrutenmaße unter Festhalten ihrer Reihenfolge durch ihre Abweichungen von A, das einfachheitshalber gleich 71,75 statt genauer gleich 71,77 angenommen wurde. Dann enthält die Gesamtheit der Abweichungen eine extreme Abweichung mit dem Werte 7,75, und jede Unterabteilung derselben weist in gleicher Weise einen und nur einen extremen Abweichungswert auf, der zwar seinem Ursprunge nach entweder positiv oder negativ ist, aber als absoluter Wert auftritt, da die Abweichungen nur ihren absoluten Werten nach in Betracht kommen. Wird nun die Reihe der 360 Abweichungen ganz ebenso wie oben die Reihe der 360 Maße selbst in n Fraktionen, deren jede aus m Werten besteht, zerlegt und jedesmal die allgemein mit U zu bezeichnende extreme Abweichung notiert, so erhält man nachstehende Tabelle, in welcher angegeben wird, wie oft eine Abweichung von bestimmter Größe unter den n Fraktionen als extreme Abweichung U vorkam; dabei sind natürlich für $m = 1$ die Abweichungen selbst zugleich als extreme Abweichungen genommen:

II. Anzahlen, wie oft die extreme Abweichung U in n Fraktionen mit je m Gliedern vorkam.

U	$m = 1$ $n = 360$	$m = 2$ $n = 180$	$m = 3$ $n = 120$	$m = 4$ $n = 90$	$m = 6$ $n = 60$	$m = 9$ $n = 40$	$m = 18$ $n = 20$	$m = 36$ $n = 10$	$m = 72$ $n = 5$	$m = 360$ $n = 1$
0,00	12	1								
0.25	28	1								
0.50	25	4								
0,75	21	9	1							
1,00	16	6	—	1						
1.25	31	11	4	—						
1,50	35	14	7	—						
1,75	29	13	5	2						
2,00	24	18	13	13	4	3				
2.25	23	12	9	5	2	—				
2.50	15	7	6	3	2	1				
2.75	16	9	7	4	1	—				
3.00	11	10	7	7	3	—				
3.25	12	8	7	5	3	1				
3.50	5	4	4	4	3	3				
3.75	16	14	11	9	8	5	1			
4.00	7	5	6	5	4	2	1			
4.25	10	10	10	9	8	6	3			
4.50	4	4	3	3	3	3	1			
4.75	3	3	3	3	3	2	2			
5.00	5	5	5	5	5	4	2	2		
5.25	6	6	6	6	5	4	4	3	2	
5.50	1	1	1	1	1	1	1	—	—	
5.75	2	2	2	2	2	2	2	2	—	
6,00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6,50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7,75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Diese Reihen, welche Verteilungstafeln für die extremen Abweichungen darstellen, lassen schon durch das successive Vorrücken der kleinsten Werte das Anwachsen der Extreme bei wachsendem m erkennen. Eine genauere Vorstellung hiervon gewährt jedoch folgende Zusammenstellung von mittleren Werten der U, als welche das arithmetische Mittel U_a, der Zentralwert U_c und der dichteste Wert U_d dienen sollen:

III. Die mittleren Werte U_a, U_c und U_d der extremen Abweichungen aus m-gliedrigen Fraktionen.

	$m = 1$	$m = 2$	$m = 3$	$m = 4$	$m = 6$	$m = 9$	$m = 18$	$m = 36$	$m = 72$	$m = 360$
U_a	2,00	2,72	3,27	3,61	4,10	4,39	5,14	5,75	6,15	7,75
U_c	1,73	2,41	3,16	3,65	4,13	4,33	5,13	5,50	6,00	7,75
U_d	1,50	2,00	2,00	2,00	4,00	4,25	5,25	5,25	5,25	7,75

Hierzu ist zu bemerken, dass U_c durch einfache Interpolation, U_d aber als derjenige Wert bestimmt wurde, auf den die größte Anzahl der U fiel; nur für $m = 6$ wurde das Mittel der beiden Werte genommen, die gemeinsam die Maximalzahl 8 besitzen. Von dem unsicher bestimmten dichtesten Werte abgesehen, lassen diese Werte ein ständiges Anwachsen bei wachsendem m bemerken. Doch nimmt auch U_d nicht ab, sondern behält nur zweimal für je drei aufeinanderfolgende m seinen Wert.]

[Hätte man die oberen von den unteren Abweichungen getrennt, statt beide in einer Reihe zu vereinigen, so wären an Stelle der einen Tabelle II zwei Tabellen getreten, die eine für die Δ', die andere für die $\Delta_,$; da indessen die Gesamtzahl der Abweichungen für jede einzelne sich etwa auf die Hälfte vermindert hätte, so wäre die Unsicherheit der Bestimmungen wesentlich größer geworden. Hätte man ferner D an Stelle von A als Ausgangswert gewählt, so wäre eine Trennung der Reihe von Abweichungswerten in eine Reihe der ∂' und eine solche der $\partial_,$ prinzipiell zu fordern gewesen.]

§ 141. [Um diesen emprischen Werten theoretische Bestimmungen zur Seite zu stellen, ist das Wahrscheinlichkeitsgesetz $W(U)$ abzuleiten, das angiebt, mit welcher W. unter m Abweichungswerten der extreme Wert U zu erwarten ist. Soll aber U den extremen Wert darstellen, so muss eine der m Abweichungen jenen Wert und U angehören. Es wird folglich die W., dass von m Abweichungen irgend eine gleich U sei, und die übrigen zwischen den Grenzen 0 und U sich halten oder — mit anderen Worten — die W., dass U der extreme Wert unter m Abweichungen sei, durch:

$$W[U] = m\,\Phi[t]^{m-1}\cdot\frac{2}{\sqrt{\pi}}\exp[-t^2]\,dt\,,\quad\text{wo}\quad t = hU\,, \tag{2}$$

dargestellt. Da

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}}\exp[-t^2]\,dt = d\Phi[t]\,,$$
$$m\,\Phi^{m-1}\,d\Phi = d\Phi^m\,,$$

so kann man auch:

$$W[U] = d\Phi[t]^m\,;\quad (t = hU) \tag{3}$$

setzen.]

[Aus letzterer Darstellungsform ist ersichtlich, dass das Integral über $W[U]$ unmittelbar angebbar ist. Dieses Integral, zwischen bestimmten Grenzen genommen, drückt aber die W. aus, dass die extreme Abweichung zwischen jene Grenzen falle. Es ist daher die W., dass die extreme Abweichung kleiner als $U_1 = t_1 : h$ und größer als $U_2 = t_2 : h$, gleich:

$$\Phi[t_1]^m - \Phi[t_2]^m\,, \tag{4}$$

so dass insbesondere die W., dass $U = t : h$ die obere resp. untere Grenze der Extreme sei, durch:

$$\Phi[t]^m \quad\text{resp.}\quad 1 - \Phi[t]^m$$

bezeichnet wird.]

[Bestimmt man nun einen Wert $U_z = t_z : h$ der Art, dass

$$\Phi[t_z]^m = 1 - \Phi[t_z]^m \quad\text{oder}\quad \Phi[t_z] = \sqrt[m]{\tfrac{1}{2}}\,, \tag{5}$$

so ist es gleich wahrscheinlich, bei Bestimmung des Extrems von m Abweichungen einen größeren oder einen kleineren Wert als U_z zu erhalten. Es wird demzufolge U_z den Zentralwert oder wahrscheinlichen Wert bei vielfach wiederholter Bestimmung der extremen Abweichung darstellen, dessen Abhängigkeit von m die Formel (5) angiebt, und dessen Zahlenwerth für ein gegebenes m mittelst der t-Tabelle zu finden ist. Aus folgender Zusammenstellung der zusammengehörigen m und hakenförmig gekrümmten Kupferdraht. Der Zufall wollte, daß er eines Tages mehrere Froſchleichname mittelſt dieſer Kupferhaken am eiſernen Geländer einer Terraſſe aufhieng; im Augenblick geriethen ihre Füße und Schenkel, welche auch zum Theil auf dem Eiſen lagen, in freiwillige Zuckung; ein Erfolg, der ſich bei jeder erneuerten Berührung mit dem Eiſen wiederholte. Galvani faßte die Wichtigkeit dieſer Erſcheinung wohl auf, und ſuchte ſie nach ihren weſentlichen Umſtänden zu beſtimmen. Er fand zuvörderſt, daß, wenn man, anſtatt den Froſch in der Hand zu halten, ihn auf eine Eiſenplatte legte, und mit dieſer den Kupferhaken in Berührung brachte, die Zuckungen auch noch eintraten. Er erkannte dann, daß Alles darauf ankam, zwiſchen den Muskeln und den Nerven des Froſches eine leitende Verbindung durch einen metallnen Bogen zu bewerkſtelligen; daß die Zuckungen noch erfolgten, wenn dieſer Bogen aus einem einzigen Metall beſtand, dann aber nur ſehr ſelten und ſchwach waren, und daß, um ſie ſtark und dauerhaft hervorzubringen, die Anwendung zweier verſchiednen, in Berührung mit einander befindlichen, Metalle erforderlich ſey. War nun dieſe Bedingung erfüllt, ſo konnte man dann den Verbindungskreis vollends durch andre beliebige Subſtanzen ſchließen, wofern ſie nur die El. leiteten. Er brachte in die Schließungskette andre thieriſche Theile und ſelbſt lebende Perſonen, die ſich an der Hand hielten; die Zuckungen traten deſſenungeachtet ein. Nun hatte Galvani kurz vorher die Bemerkung gemacht, daß die, durch die gewöhnlichen Verfahrungsarten erregte, El. ähnliche Wirkungen auf die, ihrem Einfluß ausgeſetzten, Organe von Fröſchen äußerte. Man hätte glauben ſollen, daß dieſe deutliche Analogie ihn auf den Gedanken führen mußte, daß die, durch die Berührung heterogener Subſtanzen hervorgerufenen, Zuckungen ebenfalls Wirkung eines, durch dieſe Berührung erregten, el. Stroms ſeyen. Jedoch verfiel er nicht auf dieſe ſo einfache Folgerung, glaubte vielmehr in jenen Erſcheinungen die außerordentliche Wirkung einer neuen Quelle von El. zu erblicken, welche er thieriſche El. nannte; einer El., welche urſprünglich in Muskeln und Nerven vorhanden wäre, und wenn man dieſe Theile durch einen Metallbogen oder überhaupt gute Leiter der El. in Verbindung ſetzte, von einem zum andern kreiſte. Galvani ſuchte auf unbeſtimmte Weiſe dieſe Wirkungsart auf die der Leydner Flaſche zurückzuführen; indeß ergiebt ſich leicht aus dem Werke ſelbſt, worin er dieſe Hypotheſe vortrug, und welches betitelt iſt; De viribus electricitatis in motu musculari Commentarius, daß er keine Einſicht in die wahre Theorie der el. Vertheilung hatte; und wenn man hiedurch erklärlich findet, wie er ſich zu theoretiſchen Anſichten verleiten laſſen konnte, die aller Beſtimmtheit und Schärfe ermangelten, ſo

t_c für einige Werte von m ist das Wachstum dieses Zentralwertes bei wachsendem m zu ersehen.]

m	t_c
1	0,4769
2	0,7437
3	0,8936
4	0,9957
6	1,1330
9	1,2628
18	1,4689
36	1,6576
72	1,8319
360	2,1933
500	2,2611
1000	2,3988
5000	2,6946
10000	2,8134

Neben dem Zentralwerte ist es von Interesse, denjenigen Wert zu kennen, der als Einzelwert die größte W. besitzt. Er giebt sich bei hinreichend oft wiederholter Bestimmung des Extrems von m Abweichungen als dichtester Wert kund und wird theoretisch als Maximalwert von $W[U]$ bestimmt. Er genügt somit für $t = hU$ der Gleichung:

$$\left(\frac{m-1}{\sqrt{\pi}}\exp[-t^2] - t\Phi[t]\right)\frac{4m}{\sqrt{\pi}}\Phi[t]^{m-2}\exp[-t^2]\,dt = 0\,,$$

oder:

$$t\exp[t^2]\Phi[t] = \frac{m-1}{\sqrt{\pi}}\,, \tag{6}$$

und soll durch $U_d = t_d : h$ bezeichnet werden. Die Berechnung von t_d aus der Gleichung (6) für ein vorgelegtes m ist, wie diejenige von t_c, mittelst der t-Tabelle vorzunehmen. Man findet so folgende zusammengehörige Werte von m und t_d:

m	t_d
1	0,000
2	0,620
3	0,801
4	0,914
6	1,060
9	1,194
18	1,404
36	1,594
72	1,770
360	2,134
500	2,203
1000	2,342
5000	2,641
10000	2,761

Dieselben zeigen, daß $t_d < t_c$, also auch U_d unterhalb U_c liegt, dass aber bei wachsendem m diese Werte sich einander nähern.]

[Schließlich kann auch der arithmetische Mittelwert der extremen Abweichungen bestimmt werden. Nennt man ihn U_a, so erhält man aus (2):

$$U_a = \int_0^\infty U \cdot W[U] = \frac{2m}{h\sqrt{\pi}} \int_0^\infty t \cdot \Phi[t]^{m-1} \exp[-t^2]\, dt \tag{7}$$

oder — nach partieller Integration —:

$$U_a = \frac{2m(m-1)}{h\pi} \int_0^\infty \Phi[t]^{m-2} \exp[-2t^2]\, dt. \tag{8}$$

Für $m = 1$ resultiert aus (7) $U_a = 1 : h\sqrt{\pi}$ d. i. der einfache Mittelwert der Abweichungen selbst. Für $m = 2$ gewinnt man aus (8) $U_a = \sqrt{2} : h\sqrt{\pi}$, d. i. den mit $\sqrt{2} = 1{,}4142$ multiplizierten Mittelwert der Abweichungen selbst. Für größere m kann $\Phi[t]$ nach § 118 in Reihenform dargestellt und somit auch U_a in eine Reihe entwickelt werden. Beispielsweise gelangt man auf diesem Wege für $m = 3$ zu:

$$U_a = \frac{6}{h\pi\sqrt{\pi}} \cdot \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(-1)^n}{2^n(2n+1)}$$

oder, da

$$\sqrt{2}\, \mathrm{arctg}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(-1)^n}{2^n(2n+1)},$$

zu:

$$U_a = \frac{6\sqrt{2}}{h\pi\sqrt{\pi}}\, \mathrm{arctg}\, \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1{,}6623}{h\sqrt{\pi}}.$$

Es wird somit U_a gleich dem mit 1,6623 multiplizierten Mittelwerte der Abweichungen selbst.]

[Jeder einzelne von den drei Werten U_e, U_d und U_a stellt in besonderer Weise die Abhängigkeit der extremen Abweichungen von der Anzahl m der Abweichungen, aus welchen die Bestimmung erfolgt, vor Augen. Es ist jedoch, wenn es gilt, die theoretischen Werte mit den empirischen zu vergleichen, ebensowohl die Sicherheit der empirischen Bestimmung als auch die Leichtigkeit der theoretischen Berechnung zu berücksichtigen und mit Rücksicht hierauf zu erwägen, welcher von den drei Werten den größten Vorteil bietet. Nun ist die Berechnung des theoretischen Wertes von U_e bequemer als diejenige von U_d oder von U_a, bezüglich der empirischen Bestimmung steht aber U_d hinter U_c und U_a an Sicherheit zurück, während U_c und U_a im allgemeinen gleiches Zutrauen verdienen. Man wird sich daher mit Vorteil des Zentralwertes U_c zum Vergleiche der Theorie mit der Erfahrung bedienen.]

[Für die Rekrutenmaße, für welche die empirisch bestimmten Werte von U_c in Tab. III verzeichnet sind, führt dieser Vergleich zu folgenden Resultaten, wobei der Mittelwert η der einfachen Abweichungen nach § 65 gleich 2,045, also $1 : h = \eta\sqrt{\pi} = 3{,}625$ gesetzt ist:

IV. Vergleich der theoretischen Werte von U_c mit den empirischen, aus m-gliedrigen Fraktionen bestimmten.

m	U_c theor.	U_c empir.	Diff.	m	U_c theor.	U_c empir.	Diff.
1	1,73	1,73	0	9	4,58	4,33	— 0,25
2	2,70	2,41	— 0,29	18	5,32	5,13	— 0,19
3	3,24	3,16	— 0,08	36	6,01	5,50	— 0,51
4	3,61	3,65	+ 0,04	72	6,64	6,00	— 0,64
6	4,11	4,13	+ 0,02	360	7,95	7,75	— 0,20

Man wird, insbesondere in Anbetracht der geringen Anzahl von 360 Werten, die der empirischen Bestimmung unterliegen, die Übereinstimmung der theoretischen und empirischen Werte ohne Zweifel befriedigend finden, so dass hiernach das aufgestellte Wahrscheinlichkeitsgesetz durch die Erfahrung bestätigt wird.]

§ 142. [Die wichtigsten Folgerungen aus den vorstehenden Entwicklungen sind diese:

1) Ist ein K.-G. mit wesentlicher Asymmetrie — wie als Regel vorauszusetzen — vorgelegt, und hat das zweiseitige G. G. für denselben Geltung, so besteht, wenn $t' = U' : e'\sqrt{\pi}$ gesetzt wird, die W.:

$$\frac{2\,m'}{\sqrt{\pi}}\,\Phi[t']^{m'-1}\exp[-t'^2]\,dt' = d\Phi[t']^{m'} \tag{9}$$

dafür, dass der extreme Wert der m' oberhalb D gelegenen Abweichungen gleich U' und mithin das obere Extrem selbst gleich:

$$E' = D + U' = D + t'e'\sqrt{\pi} \tag{9a}$$

sei. In entsprechender Weise besteht die W.:

$$\frac{2m_{,}}{\sqrt{\pi}}\Phi[t_{,}]^{m_{,}-1}\exp[-t_{,}^{2}]\,dt_{,} = d\Phi[t_{,}]^{m_{,}} \tag{10}$$

dafür, dass $U_{,} = t_{,}e_{,}\sqrt{\pi}$ der extreme Werth der $m_{,}$ unterhalb D gelegenen Abweichungen oder das untere Extrem selbst gleich

$$E_{,} = D - U_{,} = D - t_{,}e_{,}\sqrt{\pi} \tag{10a}$$

sei. Ist es nun möglich, in fortgesetzter Wiederholung immer wieder m' oberhalb und $m_{,}$ unterhalb D gelegene Exemplare des vorliegenden K.-G. nach Zufall auszuwählen, so wird der Zentralwert der auf diese Weise entstehenden oberen und unteren Extreme durch:

$$\left.\begin{array}{l} E' = D + t'e'\sqrt{\pi}\,;\ \text{wo}\ \Phi[t'] = \sqrt[m']{\frac{1}{2}} \\ E_{,} = D - t_{,}e_{,}\sqrt{\pi}\,;\ \text{wo}\ \Phi[t_{,}] = \sqrt[m_{,}]{\frac{1}{2}} \end{array}\right\} \tag{11}$$

der dichteste Wert durch:

$$\left.\begin{array}{l} E' = D + t'e'\sqrt{\pi}\,;\ \text{wo}\ t'\exp[t'^{2}]\Phi[t'] = \frac{m'-1}{\sqrt{\pi}} \\ E_{,} = D - t_{,}e_{,}\sqrt{\pi}\,;\ \text{wo}\ t_{,}\exp[t_{,}^{2}]\Phi[t_{,}] = \frac{m_{,}-1}{\sqrt{\pi}} \end{array}\right\} \tag{12}$$

der arithmetische Mittelwert durch:

$$\left.\begin{array}{l} E' = D + t'e'\sqrt{\pi}\,;\ \text{wo}\ t' = \frac{2m'(m'-1)}{\pi}\int\limits_{0}^{\infty}\Phi[t']^{m'-2}\exp[-2t'^{2}]\,dt' \\ E_{,} = D - t_{,}e_{,}\sqrt{\pi}\,;\ \text{wo}\ t_{,} = \frac{2m_{,}(m_{,}-1)}{\pi}\int\limits_{0}^{\infty}\Phi[t_{,}]^{m_{,}-2}\exp[-2t_{,}^{2}]\,dt_{,} \end{array}\right\} \tag{13}$$

sich darstellen lassen.]

(2) Da mit wachsenden m' und $m_{,}$ die ihnen nach obigen Formeln zugehörenden Werte t' und $t_{,}$ wachsen, so besitzen zunächst die Differenzwerte $t' - t_{,}$ und $m' - m'$ gleiches Vorzeichen; da ferner nach dem Proportionalgesetze auch $e' - e_{,}$ das gleiche Vorzeichen wie $m' - m_{,}$ hat, so gilt dasselbe von den Differenzen $e't' - e_{,}t_{,}$ und

$m' - m_{,}$. Die Asymmetrie der extremen Abweichungen bez. D hat somit die nämliche Richtung wie die Asymmetrie der Abweichungszahlen bez. D. Will man dieses Gesetz auf die Abweichungen bez. des arithmetischen Mittels A übertragen, so gelangt man zu dem in § 33 unter 7) an zweiter Stelle angegebenen Umkehrgesetze auf Grund folgender Überlegung. Da die extremen Abweichungen groß sind und relativ großen Schwankungen unterliegen, ist die Annahme gestattet, dass die Differenz der Abweichungen ihr Vorzeichen nicht ändere, wenn man von D zu dem relativ nahen Werte A übergeht. Die Differenz der Abweichungszahlen bez. A hat aber das entgegengesetzte Vorzeichen wie die Differenz der Abweichungszahlen bez. D. Es hat somit, sofern jene Annahme zutrifft, der Unterschied der extremen Abweichungen bez. A das entgegengesetzte Vorzeichen wie der Unterschied zwischen den Abweichungszahlen bez. A. In der That findet dieses Umkehrungsgesetz z. B. in den Tabellen III und IV des XXV. Kapitels für die Glieder der Roggenhalme (mit nur einer Ausnahme unter 15 verschiedenen Fällen) seine Bewährung. Dasselbe kann jedoch bloß als ein empirisches Gesetz gelten, das für den Fall wesentlicher Asymmetrie in der Regel zutrifft. Bei unwesentlicher Asymmetrie hingegen dürfte es seine Geltung nicht mehr behaupten (vergl. § 181).

(3) Verschwindet die Asymmetrie des K.-G., so sind auch für die extremen Abweichungen prinzipiell gleiche Werte zu fordern, als deren Ausgangswert nunmehr das mit D zusammenfallende A unter Beiziehung des einfachen G. G. an Stelle des zweiseitigen zu gelten hat. Für diesen Fall bleiben die unter 1) angegebenen Formeln bestehen, wenn nur m' und $m_{,}$ durch $\frac{1}{2}m$ und e' sowie $e_{,}$ durch das für beide Seiten in gleicher Weise gültige e_s ersetzt wird. Da sich aber für wesentliche Symmetrie das Verteilungsgesetz bei Zugrundelegen des Gesamt-m auf beide Seiten von A gemeinsam bezieht, so ist es zutreffender, die positiven und negativen Abweichungen gemeinsam der Extrembestimmung zu unterwerfen, was zu folgenden Aufstellungen führt. Setzt man $t = U : e_s\sqrt{\pi}$, so besteht die W.:

$$\frac{2m}{\sqrt{\pi}}\Phi(t)^{m-1}\exp(-t^2)\,dt = d\Phi(t)^m \qquad (14)$$

dafür, dass der extreme Wert der Abweichungen $\pm \Delta$ bez. Δ gleich U sei. Es bleibt jedoch unentschieden, ob U im positiven oder im negativen Sinne dem Ausgangswerte beizufügen sei. Es lässt sich daher nur sagen, dass alsdann entweder

$$E' = A + U = A + t\eta\sqrt{\pi} \quad \text{oder} \quad E_{,} = A - U = A - t\eta\sqrt{\pi} \qquad (14a)$$

ist, und zugleich im ersteren Falle $E_{,}$ oberhalb $A - U$, im letzteren Falle E' unterhalb $A + U$ bleibt. Entsprechende Bemerkungen sind auch bezüglich der Hinzufügung der gemäß den Formeln (5), (6) und (8) zu bestimmenden mittleren extremen Abweichungswerte U_c, U_d und U_e zum Ausgangswerte zu machen. Denn man erhält hierdurch nicht die mittleren Extreme selbst, sondern nur eine obere resp. untere Grenze für das obere resp. untere mittlere Extrem.]

XXI. Die logarithmische Behandlung der Kollektivgegenstände.

§ 143. [Die bisher allein berücksichtigte arithmetische Behandlung der K.-G. hat zur Voraussetzung, dass die Maße eine geringe verhältnismäßige Schwankung um die Hauptwerte besitzen. Es giebt aber auch K.-G., wie die Dimensionen der Galleriegemälde und die täglichen Regenhöhen, die nach einer Bemerkung des IV. Kapitels im Verhältnis zu den Hauptwerten eine sehr starke mittlere Abweichung bieten, wodurch sie der Anwendung der arithmetischen Behandlungsweise sich entziehen, dagegen der logarithmischen Behandlung sich zugänglich zeigen und eine durchschlagende Bewährung des logarithmischen Verteilungsgesetzes ermöglichen.]

[Hieraus erwächst die Aufgabe, in Ergänzung des bereits im V. Kapitel (§ 35 und 36) Gesagten auf die logarithmische Behandlung überhaupt näher einzugehen. Dort wurden die allgemeinen Gesichtspunkte entwickelt, die es geboten erscheinen lassen, das Verteilungsgesetz der K.-G. prinzipiell vielmehr auf Verhältnisabweichungen als auf arithmetische Abweichungen zu beziehen, woraus unmittelbar die Folgerung sich ergab, dass dem G. G. statt der arithmetischen $\Theta = a - H$ die Logarithmen der Verhältnisabweichungen $\psi = a : H$, nämlich $\log \psi = \log a - \log H$, zu Grunde zu legen seien. Auch wurde dort die Anwendung der logarithmischen Behandlung der Hauptsache nach schon mitgeteilt und die Bezeichnungsweise festgesetzt. Demgemäß ist allgemein:

$$\left.\begin{array}{c} \alpha = \log a\,;\quad \psi' = \dfrac{a'}{H}\,;\quad \lambda' = \log \psi' = \log a' - \log H\,;\quad \psi_{,} = \dfrac{H}{a_{,}}\,; \\ \lambda_{,} = \log \psi_{,} = \log H - \log a_{,} \end{array}\right\} \quad (1)$$

zu setzen und insbesondere der dichteste Wert der a durch $\mathfrak{D}$, ihr arithmetisches Mittel durch $\mathfrak{G}$ und ihr Zentralwert durch $\mathfrak{C}$ zu bezeichnen, während die oberen und unteren Abweichungszahlen und mittleren Abweichungen bez. $\mathfrak{D}$ in gleicher Weise wie bez. D durch m', $m_,$ und e', $e_,$ anzugeben sind, so dass:

$$e' = \frac{\Sigma \lambda'}{m'}\,; \quad e_, = \frac{\Sigma \lambda_,}{m_,}\,; \text{ wo } \lambda' = a' - \mathfrak{D}\,;\ \lambda_, = \mathfrak{D} - a_,\,. \Big\} \qquad (2)$$

Will man ferner von den logarithmischen Werten zu den Zahlwerten übergehen, die ihnen nach den Logarithmentafeln zugehören, so ist

$$\mathfrak{D} = \log \mathcal{T};\ \ \mathfrak{C} = \log C;\ \ \mathfrak{G} = \log G \qquad (3)$$

vorauszusetzen. Es bezeichnet alsdann $\mathcal{T}$ den dichtesten Verhältniswert der a, der von dem arithmetisch dichtesten Werte D verschieden ist; C stimmt mit dem arithmetischen Zentralwerte überein; und G stellt das geometrische Mittel der a dar. Mit dem Hinweis auf diese Festsetzungen und Entwicklungen des angegebenen Kapitels verbindet sich aber die Verpflichtung, was dort nur in Aussicht gestellt wurde, hier durchzuführen. Es müssen darum einesteils die empirischen Belege dafür erbracht werden, dass in der That der Vorteil der logarithmischen Behandlung für K.-G. mit starker verhältnismäßiger Schwankung entschieden hervortritt. Anderenteils gilt es, die für die logarithmischen Abweichungen der a und ihre Hauptwerte $\mathfrak{D}$, $\mathfrak{C}$, $\mathfrak{G}$ auf Grund des zweispaltigen G. G. unmittelbar geltenden Bestimmungen auf die Verhältnisabweichungen der a und ihre Hauptwerte $\mathcal{T}$, C, G zu übertragen und durch Ableitung der theoretisch gültigen Beziehung zwischen $\mathcal{T}$ und D einen Zusammenhang zwischen der logarithmischen und arithmetischen Behandlung herzustellen.]

[Hierbei ist das logarithmische Verteilungsgesetz selbst als ein bei starker Schwankung hinreichend sich bewährendes Erfahrungsgesetz anzusehen, das bei schwacher Schwankung in das gewöhnliche arithmetische Gesetz übergeht. Jenes bedarf daher sowenig wie dieses vom empirischen Standpunkte aus einer weiteren Begründung. Nachdem aber im Zusatze zum XIX. Kapitel eine Hypothese betreffs der Entstehungsweise der K.-G. aufgestellt worden, aus der das zweiseitige G. G. für arithmetische Abweichungen approximativ sich ergab, erscheint es geboten, jene Hypothese so zu modifizieren, dass aus ihr auch für logarithmische Abweichungen das Verteilungsgesetz in entsprechender Weise folgt. Dies soll im Zusatz zu diesem Kapitel geschehen.]

§ 144. [Um den Vorzug, den die logarithmische Behandlung gegenüber der arithmetischen bei starker Schwankung besitzt, vor Augen zu stellen, entnehme ich jedem der oben genannten K.-G., den Dimensionen der Galleriegemälde und den täglichen Regenhöhen, ein Beispiel und teile die Resultate für beide Behandlungsweisen mit.]

[Aus den Katalogen der älteren Pinakothek zu München und der Gemäldesammlung zu Darmstadt ergaben sich die Maße von 253 Genrebildern, deren Höhendimensionen in eine primäre Verteilungstafel gebracht wurden. Als Maßeinheit wurde das Zentimeter gewählt. Das kleinste Maß fand sich gleich 13, das größte gleich 265, das arithmetische Mittel A_1 gleich 54,4 und der Zentralwert C_1 gleich 44,2 cm. Hieraus wurde eine reduzierte Tafel gewonnen, in welcher die Maße für je 10 cm zusammengefasst wurden. Dieselbe führte bei arithmetischer Behandlung nach dem zweiseitigen G. G. zu folgenden Ergebnissen:

I. Höhendimension der Genrebilder in arithmetischer Behandlung.

$m = 253$; $i = 10$; $A_1 = 54{,}4$; $\delta = 1$ cm.

a	*z*	
	empir.	theor.
—	—	1
15	13	15
25	41	38
35	**54**	39 1)
45	43	36
55	22	31
65	20,5	26
75	15	21
85	10	16
95	8,5	11
105	5	8
115	3	5
125	6	3
135	3	2
145	5	1
155	0	—
165	1	—
195	1	—
235	1	—
265	1	—

$A_2 = 55{,}3$
$C_2 = 44{,}3$
$D_i = 35{,}4$
$D_p = 24{,}9$
$m' = 220$
$m_{,} = 33$
$e' = 35{,}8$
$e_{,} = 5{,}4$

$$h' = \frac{1}{e'\sqrt{\pi}} = 0{,}016$$

$$h_{,} = \frac{1}{e_{,}\sqrt{\pi}} = 0{,}104$$

---

1) [Hier fällt das Maximum der theoretischen Werte nicht auf das Intervall 20—30, welches den dichtesten Wert D_p einschließt. Dies wird jedoch nur durch die obige intervallweise Zusammenfassung der *z* bedingt. In der That findet man bei anderer Zusammenfassung beispielsweise:

Intervalle	*z*
20—24	14,0
24—28	15,9
28—32	15,8

so dass ein geringer Überschuss dem Intervall 24—28 mit dem dichtesten Werte 24,9 zukommt.]

[illegible] man um ſo mehr den ſeltnen Scharfſinn und das unleugbare Genie bewundern, mit welchem er, gleichſam ahnend, die außergewöhnliche Erſcheinung der, dem Anſchein nach, von freien Stücken entſtandnen Zuckungen, die er durch Zufall beobachtete, auffaßte, und abändernden Verſuchen unterwarf.

Als dieſe neuen Erſcheinungen in Italien bekannt wurden, erregten ſie allgemeines Aufſehn daſelbſt, und Galvani's Anſichten fanden überall Eingang. Volta jedoch hatte nicht ſobald jene Verſuche wiederholt, als er ganz andre Andeutungen in ihnen erkannte; und man kann ſagen, daß der Zufall ſelbſt, indem er die Entdeckung dieſer neuen Thatſachen auf die der Wirkungen der künſtlichen el. Vertheilung folgen ließ, ſo zu ſagen Sorge getragen hatte, durch dieſe Näherung auf die wahre Quelle derſelben aufmerkſam zu machen. Auch war Volta über ihr Weſen ſogleich mit ſich einig; da er jedoch ei[illegible], daß die erregende Urſach dieſer Bewegungen, welcher Art ſie immer ſeyn mochte, ſehr ſubtil ſeyn mußte, weil ſie ſich ſelbſt ohne den Willen des Beobachters erzeugt hatte, ſo gieng er zuerſt daran, durch genaue Verſuche auszumitteln, wie viel El. gerade nöthig ſey, Zuckungen in den Froſchorganen bei der Entladung durch dieſelben zu bewirken. Er fand, daß dieſe Quantität ausnehmend ſchwach war, ſo daß ſie kaum hinreichte, eine merkliche Divergenz an dem empfindlichen Strohhalmelektroſkop, deſſen er ſich bediente, hervorzubringen. Nachdem dieſe Thatſache feſtgeſtellt war, ſetzte er ſie in Beziehung mit jener andern, durch Galvani's Verſuche ſelbſt dargethanen, Thatſache, daß die Berührung zweier oder mehrerer heterogener Metalle das weſentliche Erforderniß zur Erregung der Zuckungen ſey, oder es wenigſtens bis dahin zu ſeyn ſchien; und hieraus zog er die Folgerung, daß die Berührung der heterogenen Metalle ſelbſt der bis dahin unberückſichtigte, aber in Wahrheit zu Grunde liegende, Umſtand ſey, der das plötzliche Hervortreten der El. bedinge. Indem nun Volta dieſe wahrhaft fundamentale Anſicht weiter verfolgte, vereinigte er unter einem einzigen Geſichtspunct alle, bis dahin von Galvani angeſtellte, Verſuche, und gab die Mittel an, die Wirkungen derſelben ſicher und im höchſtmöglichen Grade der Stärke, deſſen ſie fähig waren, immer wieder hervorzubringen. Eine prüfende Anwendung mehrerer Subſtanzen lehrte ihn, daß die ſtärkſte Elektricitätserregung bei Berührung von Zink mit Silber oder Kupfer Statt fand, obwohl ſich auch Zuckungen mit einem Metallbogen aus irgend zwei andern Metallen hervorrufen ließen.

Aus der Geſammtheit dieſer Beobachtungen ergab ſich denn, daß die beſte Art, Galvani's Verſuch zu wiederholen, folgende ſey. Man nehme einen Froſch, ſchneide ſeinen Korper quer unter den vor-

Ersetzt man aber in der primären Tafel die a-Werte durch die logarithmischen Werte $\mathfrak{a} = \log a$, die nunmehr zwischen den Grenzen $\mathfrak{a} = 1{,}11$ und $\mathfrak{a} = 2{,}42$ variieren, und wählt man ein reduziertes Intervall von der Größe 0,08, so erhält man, wenn diese Tabelle der $\mathfrak{a}$ ganz ebenso behandelt wird wie die vorige Tabelle der a, folgende Resultate:

II. Höhendimension der Genrebilder in logarithmischer Behandlung.

$i = 0{,}08$; $m = 253$.

$\mathfrak{a}$	z	
	empir.	theor.
1,04	—	0,5
1,12	4	1,5
1,20	5	4
1,28	5	10
1,36	19	18
1,44	22	27
1,52	38	32
1,60	32	32
1,68	31	30
1,76	26	26
1,84	18	22
1,92	19	17
2,00	13	12
2,08	9	8,5
2,16	8	5,5
2,24	1	3
2,32	1	2
2,40	2	1
2,48	—	1

$\mathfrak{G} = 1{,}669 \quad G = 46{,}7$

$\mathfrak{C} = 1{,}644 \quad C = 44{,}1$

$\mathfrak{D}_i = 1{,}538 \quad \mathcal{T}_i = 34{,}5$

$\mathfrak{D}_p = 1{,}549 \quad \mathcal{T}_p = 35{,}4$

$m' = 165$

$m_, = 88$

$e' = 0{,}256$

$e_, = 0{,}136$

$$h' = \frac{1}{e'\sqrt{\pi}} = 2{,}204$$

$$h_, = \frac{1}{e_,\sqrt{\pi}} = 4{,}148$$

Vergleicht man nun beide Tabellen, so tritt der Vorteil der logarithmischen Behandlung entschieden zu Tage. Denn in der arithmetischen Tafel ist die Summe der absoluten Differenzen zwischen empirischen und theoretischen Werten gleich 74; in der logarithmischen Tafel dagegen nur gleich 37, also genau halb so groß. Es weichen ferner der empirische und der theoretische dichteste Wert, D_i und D_p, um 10,5 Einheiten von einander ab; während die mit jenen vergleichbaren Werte $\mathfrak{D}_i$ und $\mathfrak{D}_p$ nur um 0,9 sich unterscheiden. Auch ist zu erwähnen, dass der arithmetisch bestimmte Quotient

$$p = \frac{C - D}{A - D}$$

den Wert 0,64, der logarithmisch bestimmte Quotient

$$p = \frac{\mathfrak{C} - \mathfrak{D}}{\mathfrak{A} - \mathfrak{D}}$$

den Wert 0,792 darstellt, so dass jener ganz ausserhalb der theoretischen Grenzen von p, d. i. 0,785 und 0,845, fällt, während dieser dem durch die π-Gesetze geforderten Werte $\frac{1}{4}\pi = 0,785$ innerhalb jener Grenzen sehr nahe kommt. All dies zeigt, dass in der That die arithmetische Behandlung hier versagt, die logarithmische dagegen sich bewährt. Dabei ist zu beachten, dass trotz des geringen m der empirischen Tafel die hervorgehobenen Beziehungen für die Dimensionen der Genrebilder als typisch zu gelten haben.]

[Als Beispiel für die täglichen Regenhöhen sollen die in Genf während der Jahre 1845—1892 im Monat Januar gefallenen Regenmengen (geschmolzener Schnee oder Regen) dienen, die in den meteorologischen Tabellen der Bibliothèque Universelle de Genève (Archives des Sciences Phys. et Nat.) unter der Rubrik »Eau tombée dans les 24 heures« verzeichnet sind. Die Gesamtzahl der Regentage während des bezeichneten Zeitraumes von 48 Jahren beträgt 477; für jeden derselben sind die Regenhöhen bis auf Zehntelmillimeter angegeben. 16 Regentage sind mit 0,0 mm verzeichnet; die größte Regenhöhe ist gleich 40,0; das arithmetische Mittel A_1 gleich 4,45; der Zentralwert C_1 gleich 2,24 mm. Aus der primären Verteilungstafel wurde eine reduzierte Tafel mit dem Intervall $i = 1$ mm hergestellt, die bei arithmetischer Behandlung folgende Werte ergab:

III. Die Regenhöhen des Monats Januar für Genf in arithmetischer Behandlung.

$m = 477$; $i = 1$; $A_1 = 4{,}45$; $\delta = 1$ mm.

a	z emp.	z theor.
0.5	133	67
1,5	88	65
2,5	43.5	61
3,5	28	56
4.5	27	49
5,5	28	42
6,5	27,5	35
7.5	14.5	28
8,5	16	22
9.5	11.5	16
10,5	12	12
11.5	10	8
12,5	6,5	6
13.5	5.5	4
14.5	3	2
15.5	3	2
16.5	2	1
17.5	5	1
18.5	1	—
19,5	3	—
20.5	0	—
21.5	3	—
22,5	0	—
23.5	2	—
28,5	1	—
30.5	1	—
32,5	1	—
40,0	1	—

$A_2 = 4{,}49$

$C_2 = 2.40$

$D_i = 0.75$

$D_p = 0$

$c' = A_2$

$c_, = 0$

$m' = m$

$m_, = 0$

$$h' = \frac{1}{c'\sqrt{\pi}} = 0.120$$

Wie man sieht, stellen die täglichen Regenhöhen einen K.-G. mit unendlich großer Asymmetrie dar, indem $D_p = 0$, und somit alle Werte oberhalb D_p liegen. Es stimmen aber die theoretischen Werte der z mit den empirischen so wenig überein, dass die arithmetische Behandlung als unanwendbar sich erweist. Will man aber zur logarithmischen Behandlung übergehen, so muss zuvor über die Auffassung der 16 Regentage, die mit 0,0 mm verzeichnet sind, ein Übereinkommen getroffen werden, denn es war doch an jenen Tagen die Regenhöhe nicht völlig gleich 0, sondern nur so klein, dass sie ein Zehntelmillimeter nicht erreichte. Ich nehme darum 0,05 mm an Stelle von 0,0 mm an, so dass die Logarithmen der a zwischen den Grenzen − 1,30 und + 1,60 variieren. Reduziert man nach dieser, im Grunde willkürlichen Festsetzung die primäre Tafel auf ein Intervall von der Größe 0,2, und wählt man als untere Grenze des ersten Intervalles − 1.50, so erhält man folgende Resultate:

IV. Die Regenhöhen des Monats Januar für Genf in logarithmischer Behandlung.

$m = 477$; $i = 0,2$.

a	z empir.	z theor.
—	—	5
− 1,4	8	4
− 1,2	8	6
− 1,0	9	9
− 0,8	9	14
− 0,6	28	19
− 0,4	14	26
− 0,2	34	34
0,0	45	42
+ 0,2	66	50
+ 0,4	47	56
+ 0,6	53	60
+ 0,8	67	63
+ 1,0	53	52
+ 1,2	27	27
+ 1,4	7	8
+ 1,6	2	2

$\mathfrak{G} = 0,313 \qquad G = 2,06$

$\mathfrak{C} = 0,374 \qquad C = 2,37$

$\mathfrak{D}_i = 0,800 \qquad \mathfrak{T}_i = 6,31$

$\mathfrak{D}_p = 0,843 \qquad \mathfrak{T}_p = 6,97$

$e' = 0,219$

$e_, = 0,749$

$m' = 108$

$m_, = 369$

$$h' = \frac{1}{e'\sqrt{\pi}} = 2,576$$

$$h_, = \frac{1}{e_,\sqrt{\pi}} = 0,753$$

Es zeigen zwar hier die unterhalb des dichtesten Wertes liegenden z bei $-0{,}4$ und $+0{,}2$ starke Unregelmäßigkeiten, die bei Änderung der Reduktionslage nicht verschwinden, vielmehr durch den Gang der z in der primären Tabelle und deren Zusammenfassung in die logarithmischen Intervalle begründet sind; trotzdem ist aber die Übereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung so gut, dass die Differenzen zwischen den theoretischen Werten und den empirischen als eine Ausgleichung der Zufälligkeiten, die letzteren anhaften, sich darstellen. Es bewährt sich somit das logarithmische Verteilungsgesetz auch an den Regenhöhen durchaus befriedigend.]

§ 145. [Auf Grund des im Vorstehenden durchgeführten Vergleiches zwischen Theorie und Erfahrung erweist sich das logarithmische Verteilungsgesetz für K.-G. mit starker verhältnismäßiger Schwankung als zutreffend. Da nun dasselbe — nach den Erörterungen des V. Kapitels — bei schwacher verhältnismäßiger Schwankung der Einzelwerte um die Hauptwerte mit der arithmetischen Verallgemeinerung des G. G. merklich übereinstimmt, so ist es — wie am Schlusse des angegebenen Kap. schon hervorgehoben wurde — überhaupt als das streng gültige Verteilungsgesetz der K.-G. in Anspruch zu nehmen. Somit bestimmt sich die Wahrscheinlichkeit W' oder $W_{,}$, dass eine logarithmische Abweichung vom dichtesten Werte $\mathfrak{D}$ zwischen die unendlich nahen Grenzen λ' und $\lambda' + d\lambda'$ oder $\lambda_{,}$ und $\lambda_{,} + d\lambda_{,}$ falle für jeden K.-G. durch:

$$\left.\begin{aligned} W' &= \frac{2h'}{\sqrt{\pi}} \exp[-h'^2 \lambda'^2]\, d\lambda'\,; \\ W_{,} &= \frac{2h_{,}}{\sqrt{\pi}} \exp[-h_{,}^2 \lambda_{,}^2]\, d\lambda_{,}\,; \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

und es findet sich die Anzahl der Abweichungen zwischen den angegebenen Grenzen gleich:

$$z' = W' \cdot m'\,; \quad z_{,} = W_{,} \cdot m_{,}\,; \qquad (5)$$

wobei $h'm' = h_{,}m_{,}$; $h' = 1 : e'\sqrt{\pi}$; $h_{,} = 1 : e_{,}\sqrt{\pi}$ und e', $e_{,}$, m', $m_{,}$ auf $\mathfrak{D}$ als Ausgangswert zu beziehen sind.]

[Für die Hauptwerte $\mathfrak{G}$, $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{D}$ der logarithmischen Abweichungen gelten daher die nämlichen Gesetze, die im XIX. Kapitel für die arithmetischen Hauptwerte A, C und D abgeleitet wurden. Ersetzt man aber $\mathfrak{G}$, $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{D}$ der Reihe nach durch $\log G$, $\log C$ und $\log \mathcal{T}$, so erhält man unmittelbar die für die Hauptwerte G, C und $\mathcal{T}$ der Verhältnisabweichungen gültigen Gesetze.]

[Es ergeben sich so insbesondere folgende Bestimmungen:

1) der Zentralwert C liegt stets zwischen dem geometrischen Mittelwerte G und dem dichtesten Verhältniswerte $\mathcal{T}$, da nach dem Lagengesetze das Gleiche von $\mathfrak{C}$, $\mathfrak{G}$ und $\mathfrak{D}$ gilt.

2) Bezeichnet man das geometrische Mittel der oberhalb resp. unterhalb $\mathcal{T}$ liegenden a-Werte durch G' resp. $G_,$, so dass:

$$e' = \log G' - \log \mathcal{T}; \quad e_, = \log \mathcal{T} - \log G_, ,$$

so ist auf Grund des Proportionalgesetzes:

$$\left.\begin{aligned} e' - e_, &= \log G - \log \mathcal{T}; \\ G' \cdot G_, &= G \cdot \mathcal{T}. \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

3) Bestimmt man ebenso, wie in § 131 mit Bezug auf D, hier in Bezug auf $\mathfrak{D}$ den Werth t'' aus:

$$\Phi[t''] = \frac{m'' - m_{,,}}{2\,m''}$$

wo m'' die größere und $m_{,,}$ die kleinere der beiden Abweichungszahlen m' und $m_,$ vorstellt, so wird:

$$\log C - \log \mathcal{T} = t'' e'' \sqrt{\pi}; \qquad (7)$$

wobei die Differenz der Logarithmen nur dem absoluten Betrage nach in Rechnung kommt. Bei schwacher Asymmetrie folgt hieraus:

$$\log C - \log \mathcal{T} = \frac{\pi}{4} e'' \frac{m'' - m_{,,}}{m''} = \frac{\pi}{4} (e'' - e_{,,}),$$

oder mit Rücksicht auf (6):

$$\log C - \log \mathcal{T} = \frac{\pi}{4} (\log G - \log \mathcal{T}), \qquad (8)$$

eine Gleichung, welche die π-Gesetze für die Verhältnisabweichungen enthält.]

[Den Zusammenhang zwischen den arithmetischen Hauptwerten und denjenigen der Verhältnisabweichungen schließlich stellen folgende Sätze her.]

Zum logarithmischen Mittelwerte $\mathfrak{G} = \Sigma \log a : m$ als Logarithmus gefasst gehört der mit G zu bezeichnende, sogenannte geometrische Mittelwert oder Verhältniswert, welcher stets rücksichtslos auf ein bestimmtes Verteilungsgesetz etwas kleiner als der arithmetische Mittelwert $A = \Sigma a : m$ ist und [nach einem Beweise von Scheibner[1]] approximativ folgende Beziehung zu A hat, welche um so genauer zutrifft, je kleiner der mit q zu bezeichnende sog. quadratische Mittelfehler bez. A, d. i. $q = \sqrt{\Sigma \Delta^2 : m}$ ist:

$$G = A\left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{A^2}\right). \tag{9}$$

Hiernach kann man G approximativ aus A ableiten.

Zwischen dem logarithmisch dichtesten Werte $\mathfrak{D}$ und dem Logarithmus des arithmetisch dichtesten Wertes D besteht folgende Beziehung:

$$\mathfrak{D} = \log D + \frac{\varepsilon_{,}^{2}\,\pi}{2\,\mathrm{Mod}}. \tag{10}$$

Darin bedeutet $\varepsilon_{,}$ die untere mittlere logarithmische Abweichung $= \Sigma \lambda_{,} : m_{,}$. Mod den Modulus unseres üblichen logarithmischen Systems $= 0{,}43429$. π wie immer $3{,}14159$. Diese Beziehung ist an die Gültigkeit der logarithmischen Verallgemeinerung des G. G. geknüpft und kann daher zu den empirischen Bewährungen dieser Verallgemeinerung mit benutzt werden.

[Beweis. Der logarithmisch dichteste Wert $\mathfrak{D}$ bezeichnet dasjenige logarithmische Intervall, das von allen Intervallen der nämlichen Größe die meisten z auf sich vereint. Er wird daher durch das Maximum der Wahrscheinlichkeitsfunktion (4) bei konstantem $d\lambda'$ und $d\lambda_{,}$, d. i. durch den Ausgangswert der Abweichungen λ' und $\lambda_{,}$ bestimmt.

---

[1] [W. Scheibner. Über Mittelwerte. Auszug aus einem an Herrn Prof. Fechner gerichteten Schreiben. Berichte der Kgl. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Math.-Phys. Klasse. 1873. S. 562 flgd.]

Der arithmetisch dichteste Wert D dagegen liegt in demjenigen arithmetischen Intervall, das unter allen Intervallen der nämlichen Größe das Maximal-z besitzt. Man findet daher diesen Wert bei Gültigkeit des logarithmischen Verteilungsgesetzes als das Maximum der auf konstante arithmetische Intervalle bezogenen Wahrscheinlichkeitsfunktion (4). Man bezeichne demgemäß die arithmetischen Abweichungen der a von dem dichtesten Verhältniswerte $\mathcal{T}$ durch $\Theta' = a' - \mathcal{T}$ und $\Theta_, = \mathcal{T} - a_,$, so dass $d\Theta' = da'$ und $d\Theta_, = -da_,$ und setze auf Grund der Definitionen $\lambda' = \log a' - \mathcal{D} = \log a' - \log \mathcal{T}$; $\lambda_, = \mathcal{D} - \log a_, = \log \mathcal{T} - \log a_,$ in den Funktionen (4):

$$\left.\begin{aligned} d\lambda' &= \frac{\text{Mod}}{a'}\,da' = \frac{\text{Mod}}{a'}\,d\Theta' \\ d\lambda_, &= -\frac{\text{Mod}}{a_,}\,da_, = \frac{\text{Mod}}{a_,}\,d\Theta_, . \end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

Dann erhält man für konstante $d\Theta'$ und $d\Theta_,$ zur Bestimmung des Maximums von:

$$W' = \frac{2h'\,\text{Mod}}{\sqrt{\pi}\,a'}\exp[-h'^2\lambda'^2]\,d\Theta'\,;\quad W_, = \frac{2h_,\,\text{Mod}}{\sqrt{\pi}\,a_,}\exp[-h_,^2\lambda_,^2]\,d\Theta_,$$

die Gleichungen:

$$\frac{\partial W'}{\partial a_,} = -\frac{W'}{a'}(1 + 2h'^2\lambda'\,\text{Mod}) = 0\,;$$

$$\frac{\partial W_,}{\partial a_,} = -\frac{W_,}{a_,}(1 - 2h_,^2\lambda_,\,\text{Mod}) = 0\,.$$

Nun sind aber die λ' und $\lambda_,$ ihrem Wesen nach positiv. Es bietet daher nur die zweite der beiden Gleichungen ein Maximum für:

$$\lambda_, = \frac{1}{2h_,^2\,\text{Mod}} \qquad (12)$$

dar. Setzt man hier, um den zu $\lambda_,$ gehörigen a-Wert durch D zu bezeichnen:

$$\lambda_, = \mathcal{D} - \log D\,;\ \text{ferner}\ h_,^2 = \frac{1}{c_,^2\,\pi}\,,$$

so erhält man in der That die durch (10) dargestellte Beziehung.]

§ 146. [Zusatz. Wird in Übereinstimmung mit den Ausführungen in § 35 der Grundsatz aufgestellt, dass die Größenänderungen der Exemplare eines K.-G. wesentlich abhängig sind von der Größe der Exemplare, welche die Änderungen erleiden, so ergiebt sich unmittelbar die Modifikation, die an der im Zusatz zum XIX. Kapitel (§ 136) entwickelten Hypothese anzubringen ist, um sie dem logarithmischen Verteilungsgesetz dienstbar zu machen.]

[Es können nämlich zur Ableitung des logarithmischen Gesetzes ebenso wie zur Ableitung des arithmetischen besondere Einflüsse oder Umstände, kurz Kräfte als Ursachen der Größenänderungen vorausgesetzt werden. Ihre Anzahl ist unbestimmt groß, gleich n anzunehmen und allen in gleicher Weise die W. p für ihr Eingreifen, die W. $q = 1 - p$ für das Ausbleiben ihrer Wirkung zuzuschreiben. Der Erfolg ihres Auftretens ist nun aber nicht mehr als ein additiv hinzutretender Zuwachs, sondern als eine Vervielfachung aufzufassen, so dass an Stelle von $a + i$ und $a + xi$ vielmehr ai und ai^x tritt. Man erhält somit auf Grund dieser Modifikation für ein Exemplar von der Größe ai^x die nämliche W., die der früher entwickelten Hypothese zufolge einem Exemplare von der Größe $a + xi$ zukam, so dass nunmehr:

$$W(ai^x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{n-x}. \tag{13}$$

Setzt man aber $\boldsymbol{a} = \log a$ und $\boldsymbol{i} = \log i$, so wird $\boldsymbol{a} + x\boldsymbol{i} = \log(ai^x)$, und man erhält als Ausdruck für die W., dass der Logarithmus der Größe eines Exemplares gleich $\boldsymbol{a} + x\boldsymbol{i}$ sei:

$$W[\boldsymbol{a} + x\boldsymbol{i}] = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{n-x}. \tag{14}$$

Hiernach gelten die früheren Entwicklungen in der nämlichen Weise und in dem nämlichen Umfange für das logarithmische Verteilungsgesetz, wenn nur überall a durch $\boldsymbol{a} = \log a$ und i durch $\boldsymbol{i} = \log i$ ersetzt wird.]

XXII. Kollektive Behandlung von Verhältnissen zwischen Dimensionen. Mittlere Verhältnisse.

§ 147. Hiernach will ich noch etwas von einer Aufgabe sagen, welche in der Kollektivmaßlehre eine ziemliche Rolle spielt, und deren Besprechung hier zweckmäßig eine Stelle finden kann, da auch durch sie das Bedürfnis einer logarithmischen Behandlung unmittelbar nahe gelegt wird.

Bemerktermaßen können nicht bloß einfache Dimensionen eines Gegenstandes, sondern auch Verhältnisse derselben kollektiv behandelt werden, und schon oben (Kap. I und III) erwähnte ich in dieser Hinsicht die Verhältnisse zwischen den Schädeldimensionen einer gegebenen Rasse und den Stengelabteilungen, sog. Gliedern oder Internodien einer Graminee, wozu sich genug andere Beispiele finden lassen. Halten wir uns an das Verhältnis zwischen der vertikalen Dimension a und der zugehörigen horizontalen b des Schädels einer gegebenen Rasse, was zum Vergleiche mit anderen Rassen bestimmt werden soll, und setzen dabei in der Regel a in den Zähler, b in den Nenner, obwohl das Verhältnis ebenso gut umgekehrt genommen werden kann. Das Verhältnis $a:b$ ist nun schon zwischen den Exemplaren einer und derselben Rasse etwas verschieden; aber zur vergleichenden Charakteristik anderen Rassen gegenüber gehören statt der wechselvollen Einzelbestimmungen einheitliche Resultate daraus. Man kann daher nur ein mittleres Verhältnis zwischen b und a verlangen, was im allgemeinen mit $M(a:b)$ bezeichnet wird. Jenachdem man das arithmetische oder geometrische Mittel im Auge hat, treten A oder G an die Stelle von M. Die entsprechende Aufgabe kann bezüglich der zu einander gehörigen Dimensionen dern Extremitäten durch, ziehe ſchnell von den ganzen hintern Extremitäten die Haut ab, entblöße darauf die Schenkelnerven, die durch NN in Fig. 49 vorgeſtellt ſind, von allem Fleiſche und allen Theilen, womit ſie ſonſt bedeckt ſind, und ſchneide darauf die Wirbelſäule ſo ab, daß Ober- und Unterſchenkel blos an dieſen Nerven hängen bleiben. Darauf wickle man ein kleines Kupfer- oder Zinkblatt darum; lege den ſo präparirten Froſch auf eine iſolirende Unterlage, z. B. eine, mit Gummilack gefirnißte, Glasplatte, nehme ein, in einen Bogen gekrümmtes, Stück von irgend einem andern Metall, ſetze es mit einem Ende auf die Belegung der Nerven, mit dem andern auf die Schenkelmuskeln auf, und man wird ſogleich Zuckungen eintreten ſehen, nicht allein in dem berührten Beine, ſondern auch im andern. Dieſe Zuckungen laſſen ſich einige Zeit nach dem Tode nicht mehr erregen, ein Zeitpunct, der um ſo früher eintritt, je öfter man ſie erregt hatte. Im Anfange jedoch, wenn ſie ſchwächer zu werden beginnen, laſſen ſie ſich durch Anwendung aller der Reizmittel, welche die thieriſche Erregbarkeit zu ſteigern vermögen, wieder anfriſchen. Uebrigens verhält es ſich eben ſo mit den Zuckungen, die man in den Organen der Fröſche durch vertheilende Wirkung der gewöhnlichen El. aus der Ferne hervorruft, und es geht im Allgemeinen daraus hervor, daß dieſe Organe bei noch ungeſchwächter Reizbarkeit auch für die ſchwächſten Entladungen von El. empfindliche Anzeiger ſind.

Geleitet durch ſeine Grundidee, die ihm den Schlüſſel zu dieſer Wirkungsart hatte finden laſſen, ſetzte Volta nun mit den Verſuchen Galvani's mehrere Sinnesempfindungen in Beziehung, die man bisher keiner hinlänglichen Aufmerkſamkeit gewürdigt hatte, unſtreitig, weil ſie zu einzeln daſtanden, die aber, bei näherer Betrachtung, ſich aufs Entſchiedenſte an die reizende Wirkung, welche durch wechſelſeitige Berührung mehrerer Metalle erregt wurde, anſchloſſen. So zog er z. B. einen Verſuch wieder hervor, den man in einem alten Werke, Théorie du Plaisir betitelt, findet, und welcher ſich ausnehmend wohl eignet, dieſen Einfluß nachzuweiſen. Man nehme zwei Stücke von verſchiednem Metall, am beſten, eins von Silber oder Kupfer und das andre von Zink, und lege eins dieſer Stücke über, das andre unter die Zunge, ſo daß ſie ein wenig nach vorn darüber hinausragen. So lange die Stücken ſich nicht berühren, ſpürt man keine beſondre Empfindung; ſo wie man aber die vordern Enden aneinanderdrückt, entſteht ein Geſchmack ganz wie von Eiſenvitriol. Hier wird nach Volta durch die wechſelſeitige Berührung der beiden Stücken El. rege, und die Oberfläche der Zunge, welche mit ausnehmend empfindlichen Nervenwärzchen bedeckt iſt, dient ihr als Leiter. Manchmal pflanzt ſich die Reizung noch zu andern Nerven fort, und desselben Teiles oder derselben Dimensionen an verschiedenen Teilen nicht nur des Menschen, sondern irgend welchen Gegenstandes aufgestellt werden. So kann man fragen, wie verhält sich im Mittel die Länge des einen Fingers zu der des anderen, die Länge des einen Gliedes zur Länge des zweiten Gliedes einer Ähre, die Länge zur Breite einer Visitenkarte, die Mitteltemperatur eines Monats zu der eines anderen u. s. w., kurz, dieselbe Aufgabe bietet sich unendlich oft dar.

§ 148. Ein mittleres Verhältnis kann nun aber auf verschiedene Weise gewonnen werden; namentlich auf folgende, wobei zu einander gehörige Werte von a und b mit gleichem Index bezeichnet werden sollen. Die für die Richtung $a:b$ aufgestellten Beispiele können natürlich für die Richtung $b:a$ umgesetzt werden.

1) Das arithmetische Mittel von Verhältnissen $A[a:b]$ wird dadurch erhalten, dass man alle Einzelwerte $a:b$ addiert und mit der Zahl derselben dividiert; also:

$$A\left[\frac{a}{b}\right]=\left(\frac{a'}{b'}+\frac{a''}{b''}+\cdots\right):m=\frac{1}{m}\Sigma\frac{a}{b}. \tag{1}$$

2) Als summarisches Mittel bezeichne ich dasjenige, welches man erhält, wenn man die Summe aller a mit der Summe aller b oder, was auf dasselbe herauskommt, das arithmetische Mittel aller a mit dem arithmetischen Mittel aller b dividiert, nach der Formel:

$$M_s\left[\frac{a}{b}\right]=\frac{a'+a''+\cdots}{b'+b''+\cdots}=\frac{\Sigma a}{\Sigma b}=\frac{A}{B}. \tag{2}$$

Man könnte gegen die Anwendung dieses Mittels geltend machen, es sei vielmehr ein Verhältnis zwischen Mitteln als ein Mittel aus Verhältnissen; aber indem es das eine ist, ist es zugleich das andere in dem weiteren Begriffe des Mittels, den wir hier überhaupt gebrauchen, sofern es nach einem bestimmten Prinzip zwischen die Einzelwerte von $a:b$ und zwar, abgesehen von ganz exceptionellen Fällen, in die Nähe der anderen Mittel fällt.

3) Prozentisches Mittel. Zur Gewinnung dieses Mittels bildet man die Werte $a:a+b$ und $b:a+b$ und dividiert die Summe der einen durch die der anderen nach der Formel:

$$M_r\left[\frac{a}{b}\right] = \frac{\sum \frac{a}{a+b}}{\sum \frac{b}{a+b}}. \qquad (3)$$

4) **Das geometrische Mittel**, repräsentiert durch die Formel:

$$G\left[\frac{a}{b}\right] = \sqrt[m]{\frac{a'}{b'}\cdot\frac{a''}{b''}\cdots} = \frac{\sqrt[m]{a'\cdot a''\cdots}}{\sqrt[m]{b'\cdot b''\cdots}}, \qquad (4)$$

ist das geometrische Mittel aus dem Produkt der einzelnen Verhältnisse $a:b$ oder, gleichgeltend damit, das geometrische Mittel aus dem Produkte der a, dividiert durch das der b, und wird in praktischem Wege als der in den Logarithmentafeln gesuchte Zahlwert zu $(\Sigma \log a - \Sigma \log b) : m$ erhalten.

Fragt man nun nach der Wahl zwischen diesen verschiedenen Mittelbestimmungen, so ist zuvörderst im allgemeinen ebenso wie bezüglich der einfachen Maße vorzubemerken, dass, insofern es sich nur um eine Charakteristik der Verhältnisse eines K.-G. handeln sollte, welche einen Vergleich desselben mit anderen Gegenständen gestattet, jedes der angeführten Mittel nur aus einem anderen Gesichtspunkte zu einer solchen Charakteristik beiträgt, und dass, wo das Verhältnis $a:b$ überhaupt nur verhältnismäßig wenig schwankt, alle vier Bestimmungsweisen fast auf denselben Wert führen. So gaben z. B. 10 Visitenkarten, nach Zufall aus einem Paket herausgezogen, wenn die kurze Seite mit a, die lange mit b bezeichnet wird, als Mittel:

arithmetisch	0,5654
summarisch	0,5634
prozentisch	0,5650
geometrisch	0,5649.

Die extremen Werte $a:b$ waren 0,5333 und 0,6053.

Inzwischen, wo die Schwankungen zwischen den $a:b$ bedeutend sind, können auch die verschiedenen Mittelbestimmungen ein erheblich verschiedenes Resultat geben, und überhaupt gilt es, die Gesichtspunkte anzugeben, welche die Wahl der einen Bestimmungsweise vor der anderen entscheiden können.

In dieser Hinsicht kann man allgemein sagen, dass das arithmetische und prozentische Mittel in jeder Beziehung den beiden anderen Mittelwerten nachstehen und allgemein gesprochen das geometrische Mittel den Vorzug verdienen dürfte, aber auch das summarische unter Umständen eine nützliche Verwendung finden kann.

In der That leidet zunächst das arithmetische Mittel von Verhältnissen an folgenden Nachteilen.

a) Um die einzelnen Brüche $a:b$ addieren zu können, muss man erst jeden einzelnen auf einen Dezimalbruch reduzieren, was bei vielen Werten $a:b$ sehr mühsam ist.

b) An sich ist es gleichgültig, ob man die direkten Werte $a:b$ oder die reziproken Werte $b:a$ zur Mittelziehung benutzen will, um das mittlere Verhältnis der a und b zu bestimmen; und man sollte natürlich auf beiden Wegen ein übereinstimmendes Resultat erlangen; dies gewährt aber diese Methode nicht, wie sich zeigt, wenn man das aus den reziproken Werten gewonnene Mittel umkehrt, wodurch man das sog. harmonische Mittel zu dem aus den direkten Werten gewonnenen erhält; beide stimmen nicht überein, kurz $A[a:b]$ ist nicht gleich dem dazu harmonischen Mittel $1:A[b:a]$. Sei z. B., um ein ganz einfaches Beispiel von nur zwei Verhältnissen zu nehmen:

$$\frac{a'}{b'}=\frac{1}{2};\quad \frac{a''}{b''}=\frac{3}{4},$$

so ist:

$$\frac{b'}{a'}=\frac{2}{1};\quad \frac{b''}{a''}=\frac{4}{3};\quad A\left[\frac{a}{b}\right]=\frac{10}{16};\quad A\left[\frac{b}{a}\right]=\frac{10}{6};\quad 1:A\left[\frac{b}{a}\right]=\frac{6}{10}.$$

$\frac{10}{16}$ aber ist $= 0{,}625$, $\frac{6}{10} = 0{,}600$. Nimmt man noch weiter von einander abweichende Brüche als in unserem Beispiel, so wird auch der Unterschied zwischen dem direkten und harmonischen Mittel noch größer. Bei solchen K.-G., wo sich die meisten Werte $a:b$ nicht sehr weit von einem mittleren Werte entfernen, ist er in der Regel zwar nur sehr gering, aber doch nicht überall zu vernachlässigen, und das Verfahren wegen der Zweideutigkeit seiner Resultate jedenfalls prinzipiell zu verwerfen.

c) Hat man die mittleren Verhältnisse zwischen dreierlei Werten a, b, c zu bestimmen, so sind drei Verhältnisse $a:b$, $b:c$, $a:c$ mit ihren reziproken Werten möglich, und man kann wünschen, aus zweien dieser Verhältnisse (sei es direkter oder reziproker) unmittelbar das dritte ableiten zu können. Dies leistet aber diese Methode nicht, indem man z. B. $A(a:c)$ nicht dadurch erhalten kann, dass man $A(a:b)$ mit $A(b:c)$ multipliziert.

Das prozentische Mittel teilt diese sämtlichen Nachteile des arithmetischen. Doch findet man mitunter sowohl das eine wie das andere gebraucht.

Das summarische und geometrische Mittel sind hingegen frei von diesen sämtlichen Nachteilen. Wollte man aber doch dem direkten arithmetischen und prinzipiell gleichberechtigten harmonischen, aber vom direkten verschiedenen Mittel ein besonderes Zutrauen schenken, so würde man sich nur an das arithmetische oder geometrische Mittel des direkten und harmonischen Mittelwertes halten können. Aber da es ja auch freistände, statt von $a:b$, von $b:a$ als direktem Verhältnis auszugehen, so würde nicht nur hierdurch eine Zweideutigkeit bleiben, sondern auch bei Wahl des arithmetischen Mittels wieder die Frage entstehen, ob man das direkte oder harmonische vorziehen sollte, also die Zweideutigkeit auch von dieser Seite nicht gehoben sein. Nach einem Beweise aber, den ich Prof. Scheibner[1] verdanke, fällt der geometrische Mittelwert gegebener Verhältnisse in dem bei K.-G. in der Regel stattfindenden Falle,

---

[1] Vergl. W. Scheibner: »Über Mittelwerte«, Berichte der Kgl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1873. S. 564. — Nach den dort gegebenen Bestimmungen ist das geometrische Mittel angenähert gleich:

$$A\left(1 - \frac{q^2}{2A^2}\right),$$

das harmonische Mittel gleich:

$$A\left(1 - \frac{q^2}{A^2}\right),$$

wenn A das arithmetische Mittel und q den mittleren quadratischen Fehler bedeutet; woraus der obige Satz folgt.

dass das direkte und harmonische arithmetische Mittel sich wenig unterscheiden, merklich genau mit dem arithmetischen Mittel beider zusammen, und man kann dies an selbst gemachten Beispielen leicht bestätigt finden.

§ 149. Schließlich also dürfte es sich nur um die Frage, wiefern das summarische oder geometrische Mittel vorzuziehen, handeln.

Nun empfiehlt sich das summarische Mittel vor allem durch die Leichtigkeit seiner Bestimmung, da es dazu nur der Summierung aller a, sowie aller b und der Division der einen Summe durch die andere bedarf, indes es zur Gewinnung des geometrischen Mittels gilt, erst alle a und b in Logarithmen zu übersetzen. Beide haben aber folgenden prinzipiellen Unterschied in der Bedeutung.

Sei ein summarisches Mittel:

$$\frac{a'+a''+a'''+\cdots}{b'+b''+b'''+\cdots}$$

gegeben, so leuchtet ein, dass wenn etwa ein Exemplar nach seinen beiden in das Verhältnis eingehenden Komponenten a' und b' sehr groß gegen die übrigen wäre, das Mittelverhältnis merklich bloß noch von dem Verhältnis $a' : b'$ abhängen würde, indem dann $a''+a'''+\cdots$ gegen a' und $b''+b'''+\cdots$ gegen b' verschwinden, und dass überhaupt die größeren Exemplare nach Maßgabe ihrer Größe auch mehr Einfluss auf das Mittel gewinnen. Dies ist nun ganz in der Ordnung, wenn man größeren Exemplaren mehr Gewicht für die Mittelbestimmung beilegt als kleineren, was unter Umständen sehr wohl der Fall sein kann, und jedenfalls hindert nichts in dem summarischen Mittel, was diesen Umstand mitführt, so gut ein charakteristisches Verhältnis des gegebenen K.-G. zu sehen, als in jedem anderen Mittelverhältnis, was ihn nicht mitführt, indem es den Gegenstand nur eben in anderem Sinne charakterisiert.

Hingegen kann es freilich auch in der Absicht liegen, große und kleine Exemplare mit gleicher Wichtigkeit zur Mittelbestimmung beitragen zu lassen, z. B. das Verhältnis zwischen horizontaler und vertikaler Dimension bei größeren Köpfen nicht wichtiger zu nehmen als bei kleineren, und dieser doch wohl häufiger vorkommenden Absicht entspricht das geometrische Mittel.

Den dem arithmetischen und prozentischen Mittel abgehenden Vorteil, dass, wenn von drei Verhältnissen $a:b$, $b:c$, $a:c$ zwei im Mittel bestimmt sind, das Mittel des dritten unmittelbar daraus folgt, teilt das summarische Mittel mit dem geometrischen, indem man nach beiden hat:

$$M\left[\frac{a}{c}\right]=M\left[\frac{a}{b}\right]\cdot M\left[\frac{b}{c}\right]. \qquad (5)$$

Hingegen hat das summarische Mittel folgenden Vorteil vor dem geometrischen voraus. Gesetzt, man hat bei einem mehrgliedrigen Gegenstande, z. B. Getreidehalmen gegebener Art, für jedes Glied insbesondere das mittlere Verhältnis seiner Länge zur Totallänge des Halmes summarisch bestimmt, so braucht man diese Verhältnisse nur für irgend welche zwei Glieder zu addieren, um damit das mittlere Verhältnis der Verbindung dieser zwei Glieder zur Totallänge zu haben, was beim geometrischen Verfahren nicht der Fall ist, wie man leicht beweist; was man kurz so ausdrücken kann: die Verhältnismittelbestimmungen für die Teile und das Ganze hängen nach dem summarischen Verfahren rationeller zusammen als nach dem geometrischen und überhaupt jedem anderen.

Außerdem ist folgender Fall zu berücksichtigen. Setzen wir, bei einem K.-G. kommen unter anderen Exemplare vor, für welche der eine oder andere von beiden Werten a oder b Null ist; wie denn z. B. bei Bestimmung des mittleren Verhältnisses zwischen den Gewichten der festen und weichen Teile verschiedener Tiere manchen feste Teile ganz abgehen können. In diesem Falle wird das geometrische Mittel unbrauchbar, weil, je nachdem der Nullwert im Zähler oder Nenner auftritt, das Mittel Null oder unendlich wird. Dann kann man sich doch nur an das summarische Mittel halten, wenn man nicht das Prinzip aufstellen will, dass solche Fälle überhaupt nicht mit solchen, wo a und b überall endliche Werte behalten, unter demselben Mittel zu vereinigen sind.

§ 150. Da jedenfalls der vorliegende Gegenstand durch das summarische und geometrische Verhältnis der Komponenten a und b, welche in seine Bestimmung eingehen, in verschiedener Weise bestimmt ist, so wird, allgemein gesprochen, zur Vollständigkeit seiner

Bestimmung gehören, dass man beiderlei Mittel bestimmt, was nicht hindert, nach Maßgabe der Umstände doch lieber von dem einen vor dem anderen Gebrauch zu machen[1]. Es hat aber die Bestimmung von beiden außer dem allgemeinen Beitrag zur Charakteristik eines gegebenen K.-G., dessen Komponenten a und b sind, noch den Vorteil, dass mit dem Verhältnisse beider Mittel nicht unwichtige spezielle charakteristische Bestimmungen zusammengehören, nämlich folgende:

1) Wenn das Verhältnis von a zu b unabhängig von der absoluten Größe der a und b für alle Exemplare gleich ist, also für große Exemplare ebenso groß als für kleine, ist das summarische Mittel gleich dem geometrischen.

2) Wenn a mit b immer zugleich wächst oder abnimmt, aber nicht allgemein im gleichen Verhältnisse, so kann es sein, dass das Verhältnis $a:b$ mit wachsender Größe von a und b zunimmt, oder dass es abnimmt; ersteres ist der Fall, wenn das geometrische Mittel der $a:b$ kleiner ist als das summarische, letzteres, wenn es größer ist.

3) Wenn die verhältnismäßige Schwankung der Werte a um ihr arithmetisches Mittel A gleich der verhältnismäßigen Schwankung der Werte b um ihr arithmetisches Mittel B ist, so ist das geometrische Mittel gleich dem summarischen. Als Maß der verhältnismäßigen Schwankung gilt hierbei bez. A die einfache oder quadratische mittlere Abweichung von A, dividiert durch A, nämlich $e_a : A$ oder $q_a : A$, sagen wir kurz P; entsprechend $e_b : B$ oder $q_b : B$, kurz Q, bezüglich B.

4) Je nachdem die verhältnismäßige Schwankung der Werte, im vorigen Sinne verstanden, stärker um A oder um B ist, ist das geometrische Mittel kleiner oder größer als das summarische.

5) Aus Kombination von 1) und 2) mit 3) und 4) folgt dann

---

[1] So gut man zwei oder mehrere K.-G. nach dem Verhältnisse ihrer Mittel A und G vergleichen kann, kann man sie natürlich auch nach dem Verhältnisse ihrer C und D vergleichen, und es geben sich diese sämtlichen Resultate keineswegs allgemein proportional; doch gehe ich auf allgemeine Erörterungen hierüber nicht näher ein. — Beispielsweise war bei 237 deutschen Männerschädeln das mittlere Verhältnis (Hor. : Vertik.) des Vertikalumfanges der Schädelkapsel zum Horizontalumfang summarisch 1,2830; geometrisch 1,2827; zentral 1,2837.

weiter noch, dass, je nachdem die verhältnismäßige Schwankung um A gleich der um B, größer oder kleiner ist, der Wert $a:b$ unabhängig von dem absoluten Werte der a und b konstant ist oder mit wachsender Größe von a und b zunimmt oder abnimmt [vorausgesetzt, dass überhaupt der Wert $a:b$ ein reguläres Verhalten zeigt und bloß zwischen Konstanz, ständiger Zunahme und ständiger Abnahme eine Entscheidung zulässt].

Hiernach also kann man aus dem Verhältnisse des geometrischen zum summarischen Mittel, ohne eine weitere Rechnung anzustellen, unmittelbar Schlüsse ziehen, ob mit wachsender Größe eines Gegenstandes und hiermit seiner Komponenten a und b das Verhältnis $a:b$ überall [oder doch vorwiegend] wächst oder abnimmt, und ob die eine oder andere Komponente a, b in stärkerem Verhältnisse um ihr arithmetisches Mittel schwankt.

Folgendes zum Beweis für vorstehende Sätze. Den ersten anlangend, so seien das summarische und geometrische Mittel:

$$\frac{a' + a'' + \cdots}{b' + b'' + \cdots} \quad \text{und} \quad \sqrt[m]{\frac{a'\,a''\cdots}{b'\,b''\cdots}}$$

einander gegenübergestellt. Nun beweist Cauchy in seinem cours d'analyse p. 15 und 447, dass

$$\frac{a' + a'' + \cdots}{b' + b'' + \cdots}$$

allgemein zwischen $a':b'$, $a'':b''$, ... fällt. Sind nun $a':b'$, $a'':b''$, ... sämtlich gleich $a:b$, so wird das Zwischenfallen zur Gleichheit mit $a:b$, während nicht minder das geometrische Mittel sich für den Fall der Gleichheit zwischen $a':b'$, $a'':b''$, ... auf $a:b$ reduziert. Nach Maßgabe aber als die Gleichheit zwischen den einzelnen Werten $a:b$ aufhört, hört auch, allgemein gesprochen, die Gleichheit zwischen beiden Mitteln auf, und es kann nun sein, dass $a:b$ mit Änderung der absoluten Größe von a und b teils zunimmt, teils abnimmt, für welchen Fall sich nichts Allgemeines festsetzen lässt. Gesetzt aber, a und b nehmen überall mit einander zugleich zu oder ab, ohne dass es doch überall in gleichem Verhältnisse geschieht, so giebt es für den Satz 2) einen allgemeinen Beweis, den ich Herrn Prof. Scheibner verdanke, der jedoch umständlich und nicht elementar ist, daher ich hier vorziehe, auf die empirische Bewährung der Regel durch beliebige, selbst gemachte Beispiele zu verweisen. Und natürlich wird die Regel auch für den Fall noch gelten, wenn nur a und b in der Überzahl der Fälle mit einander zugleich zu- oder abnehmen. Den dritten und vierten Satz anlangend, so sind sie eine Folgerung des von Scheibner[1] gegebenen Verhältnisses zwischen arithmetischem und geometrischem Mittel der einfachen Werte. Hiernach hat man unter Setzung von P und Q als $q_a : A$ und $q_b : B$:

$$\left.\begin{aligned} G[a] = A\left(1 - \tfrac{1}{2}P^2\right); \quad G[b] = B\left(1 - \tfrac{1}{2}Q^2\right) \\ G\left[\frac{a}{b}\right] = \frac{G[a]}{G[b]} = \frac{A\left(1 - \frac{1}{2}P^2\right)}{B\left(1 - \frac{1}{2}Q^2\right)}, \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

woraus die Sätze 3) und 4) folgen. Sind nun schon die betreffenden Formeln nur approximative, so wird doch durch die weggelassenen kleinen Glieder die Richtung der Resultate nicht geändert. Der Satz 5) folgt aus den vorgängigen.

§ 151. Bei der oben (§ 148) angegebenen Bestimmungsweise des $G[a:b]$ dient die Anwendung der Logarithmen bloß zur Erleichterung der Rechnung; aber das Bedürfnis ihrer Anwendung greift tiefer.

Es entsteht nämlich die Frage, ob ebenso wie die einzelnen Dimensionen a und b, auch ihre Verhältnisse $a:b$ sich unseren Verteilungsgesetzen fügen; eine Untersuchung, bei der dann allerdings der Rückgang auf die einzelnen $a:b$ nicht erspart werden kann, von vornherein aber nach den bisher gemachten Bemerkungen einleuchtet, dass man von einer arithmetischen Behandlung derselben nichts erwarten kann; wogegen Aussicht war, dass nach Aufsuchung des dichtesten Wertes der $\log(a:b)$ die Abweichungen der einzelnen $\log(a:b)$ von demselben sich unseren Verteilungsgesetzen fügen könnten, was sich bei den zur Untersuchung geeigneten K.-G. bestätigt gefunden hat.

---

[1] [»Über Mittelwerte« a. a. O.]

[Um dies durch ein Beispiel zu illustrieren, wähle ich das Verhältnis des Horizontalumfanges zum Vertikalumfange (genauer Scheitelbogen) der 500 europäischen Männerschädel, die mir von Prof. Welcker zur Verfügung gestellt sind. Da der horizontale Umfang durchweg größer ist als der vertikale — der kleinste Horizontalumfang (für einen Kleinrussen) ist 465 mm; der größte Scheitelbogen (für einen Schädel aus der Umgegend von Halle) ist 448 mm — so sind die Verhältnisse sämtlich unechte Brüche und ihre Logarithmen positiv. Das Minimum der Verhältniswerte ist gleich 1,211, das Maximum gleich 1,403. Die logarithmischen Werte variieren somit zwischen den Grenzen 0,083 und 0,147; sie besitzen den Mittelwert $\mathfrak{G}_1 = 0{,}1073$, so dass das geometrische Mittel G_1 der Verhältnisse gleich 1,280 ist. Wählt man nun als logarithmisches Intervall $i = 0{,}003$ und als untere Grenze des ersten Intervalles den Wert 0,0825, so erhält man folgende Vergleichstabelle zwischen den empirischen und den durch das logarithmische Verteilungsgesetz geforderten theoretischen Werten:

wenn man im Dunkeln iſt, ſo ſieht man eine Art Blitz plötzlich in den Augen entſtehen. Auf alle empfindlichen Theile des Menſchen und der Thiere wirkt dieſer Reiz; und die Anatomie hat hierin ein eben ſo ſichres als empfindliches Mittel gefunden, das Daſeyn der zarteſten Nervenfaſern in den verſchiednen Organen der Thiere zu entdecken, indem dieſe dadurch in Zuckung verſetzt werden.

Galvani ſuchte ſeine Anſicht von einer thieriſchen El. gegen den Profeſſor von **Pavia** zu behaupten; er ſetzte ihm die Zuckungen entgegen, die durch einen Bogen von einem einzigen Metall erregt werden, und änderte die Umſtände dieſes Verſuchs auf mehrfache Weiſe ab. Wenn man z. B. einen Froſch nach der von uns angegebenen Weiſe ſchnell präparirt hat und man wirft ihn ſogleich auf ein recht reines Queckſilberbad, ſo zeigen ſich gewöhnlich Zuckungen. **Volta** erwiederte, daß ſelbſt in dieſem Fall irgend eine Ungleichartigkeit zwiſchen den verſchiednen Theilen des leitenden Bogens, entweder in der Queckſilberoberfläche, oder vermöge Berührung der Metalle, mittelſt deren der Froſch präparirt worden iſt, Statt finden könne. Wirklich reichen die ſchwächſten Verſchiedenheiten in den Subſtanzen, aus denen die leitende Kette gebildet wird, hin, Zuckungen zu erregen, die vorher nicht entſtanden. Belegt man z. B. die Froſchnerven mit einem Blatt von unreinem Blei, wie es von den Glaſern gebraucht wird, und ſchließt den Kreis vollends mit einem Bogen von dem nämlichen Metall, das von dem nämlichen Blatt genommen, und mithin mit jenem von ganz gleicher Beſchaffenheit iſt, ſo ſieht man ſelten einen Erfolg. Schließt man aber den Kreis mit gereinigtem Blei, wie es von den Probirern angewandt wird, während die Belegung der Nerven die nämliche bleibt, ſo treten ſogleich Zuckungen ein, ja es reicht ſchon hin, den Bogen aus Einem Metall an ein andres Metall zu reiben, um ihm eine hinreichende Heterogeneität zu ertheilen, wie Hallé dargethan hat. Deſſenungeachtet gab **Galvani** nicht nach; er trieb die Vorſicht ſoweit, die Froſchorgane mit meſſerförmig geſtalteten Glasſtreifen zu präpariren. Auch jetzt erhielt er noch Zuckungen, aber blos in den von uns angegebenen Fällen, nämlich bei ausnehmend lebhafter Reizbarkeit. Endlich glückte es ihm bei einem Präparat, das mit aller dieſer Vorſicht verfertigt war, Zuſammenziehungen durch bloſe Berührung der Muskeln und Nerven des Thieres ſelbſt hervorzurufen, ohne ſonſt eine Subſtanz zur Schließung des Kreiſes anzuwenden 1). Wenn ſich jedoch, wie **Voltas** Anſicht iſt, und wie wir ſogleich

---

1) Um dieſe Wirkung zu erhalten, muß man den Froſch ſchnell präpariren, wie ich S. 280 beſchrieben habe, ihn dann mit einer Hand an einem ſeiner Schwimmfüße faſſen und in umgekehrter Lage halten, ſo daß die Schen-

Verhältnis des Horizontalumfanges a zum Vertikalumfange (Scheitelbogen) b für 500 europäische Männerschädel.

$a = \log a - \log b$; $i = 0{,}003$; $m = 500$; $\mathfrak{G}_1 = 0{,}1073$; $G_1 = 1.280$.

a	z	
	empir.	theor.
—	—	1
0,084	1	2
0,087	4	5
0,090	12	10
0,093	17	19
0,096	29	32
0,099	47	46
0,102	64	58,5
0,105	64	65
0,108	67	64
0,111	61	58
0,114	45	47
0,117	36	36
0,120	28	24,5
0,123	11	15
0,126	7	9
0,129	3	4,5
0,132	2	3
0,135	1	0,5
0,138	0	—
0,141	0	—
0,144	0	—
0,147	1	—
Summe	500	500

$\mathfrak{G}_2 = 0{,}1073$ $G_2 = 1{,}280$
$\mathfrak{C} = 0{,}1070$ $C = 1{,}279$
$\mathfrak{D}_i = 0{,}1068$ $\mathcal{T}_i = 1{,}279$
$\mathfrak{D}_p = 0{,}1060$ $\mathcal{T}_p = 1{,}276$
$e' = 0{,}0079$
$e_{,} = 0{,}0066$
$m' = 272{,}5$
$m_{,} = 227{,}5$
$h' = 71{,}42$
$h_{,} = 85{,}48$.

Hierzu ist zu bemerken, dass $\mathfrak{D}_i$ nicht den aus der obigen Tabelle direkt ableitbaren, empirisch dichtesten Wert darstellt (der vielmehr gleich 0,1075 ist), sondern das Mittel der drei aus den drei möglichen Reduktionslagen berechneten Werte: 0,1075; 0,1085; 0,1043.

Diese Bestimmungsweise wurde gewählt, weil hier zufällig die Reduktionslage von großem Einflusse auf die Lage von $\mathfrak{D}_i$ ist, während $\mathfrak{G}_2$ und $\mathfrak{C}$ fast vollständig mit den aus der primären Tafel resultierenden Werten übereinstimmen. Die Asymmetrie ist schwach; wie denn auch

$$p = \frac{\mathfrak{C} - \mathfrak{D}_p}{\mathfrak{G} - \mathfrak{D}_p} = 0{,}77$$

nahe mit $\frac{1}{4}\pi = 0{,}785$ übereinstimmt. Die Übereinstimmung zwischen den empirischen und theoretischen z-Werten aber ist ohne Zweifel befriedigend.]

XXIII. Abhängigkeitsverhältnisse.

§ 152. Man kann fragen, ob die Mitteltemperaturen der aufeinanderfolgenden Jahre nach reinem Zufallsgesetze variieren oder eine gewisse Abhängigkeit in ihrer Aufeinanderfolge von einander zeigen; eine Frage, die auf viele analoge Fälle übertragen werden kann. Nun können die Abhängigkeitsverhältnisse verschieden, und die Untersuchungen darauf demgemäß verschieden zu führen sein. Eine der einfachsten Fragen und Untersuchungswege aber knüpft sich an folgende Bemerkung.

Ich nehme eine Liste gezogener Lotterienummern. Eine solche beginnt beispielsweise mit:

26 826
—
21 460
+
31 094
—
22 120
—
16 226
(+)

Ich bezeichne, wie beistehend, jede Abnahme von einer zur folgenden Nummer mit —, jede Zunahme mit + und erhalte so ohne Rückgreifen auf die erste Nummer folgende Reihe: — + — — und hiervon ohne Rückgreifen auf das erste Vorzeichen zwei Zeichenwechsel und eine Folge gleicher Zeichen; oder wenn ich sowohl mit Zahl als Zeichen zurückgreife: — + — — + und hierin vier Wechsel und eine Folge; allgemein, wenn ich die Zahl der Nummern m und die Zahl der Wechsel und Folgen z nenne, erstenfalls $z = m - 2$, letzterenfalls $z = m$. Ersteres heiße Methode *a*, letzteres Methode *b*.

Mag ich nun die Methode *a* oder *b* anwenden, so finde ich bei großem m die Zahl der Zeichenwechsel so approximativ gleich dem

Doppelten der Zahl der Zeichenfolgen, dass ich die W. der einen zur W. der anderen wie 2 : 1 annehmen kann[1]). Dies das Gesetz des reinen Zufalls.

Sollte aber eine Abhängigkeit der aufeinander folgenden Zahlen der Art stattfinden, dass sie in continuo durch ein gewisses Intervall stiegen und wieder sänken, so würde die Zahl der Zeichenfolgen sich über das vorige Verhältnis hinaus vergrößern. Ja, wenn die Abhängigkeit immer in derselben Richtung fortginge, so würde man nach Methode a lauter Zeichenfolgen, nach Methode b $m - 2$ Folgen, 2 Wechsel erhalten.

Bleiben wir bei Methode a stehen und nennen die Zahl der Wechsel w, die der Folgen f, so wird die volle Unabhängigkeit durch $f = \frac{1}{3} z$, die volle Abhängigkeit durch $f = z$ und die partielle Abhängigkeit durch Werte von f zwischen diesen charakterisiert, und man wird ein Maß der partiellen Abhängigkeit bei gegebenem f und z in dem Verhältnisse finden können, in welchem der Überschuss von f über das Maß der vollen Unabhängigkeit zum Totalüberschuss der vollen Abhängigkeit über die volle Unabhängigkeit steht, d. i. wenn wir dieses Maß mit Abh. bezeichnen:

$$\text{Abh.} = \frac{3f - z}{2z}. \tag{1}$$

Inzwischen ist f wegen des endlichen m unsicher, und von dieser Unsicherheit ist Abh. mit beteiligt. Die Bestimmung dieser Unsicherheit ist in den Wert von Abh. als wahrscheinlicher Fehler mit aufzunehmen.

---

[1] [Theoretisch leitet man dieses Verhältnis aus der Bemerkung ab, dass drei Werte a, b, c, die frei von Successionsabhängigkeit sind, mit der nämlichen Wahrscheinlichkeit in jeder der sechs Successionen:

$a, b, c,$
$c, b, a,$
$b, a, c,$
$c, a, b,$
$a, c, b,$
b, c, a

auftreten können, so dass, wenn z. B. $a < b < c$, die beiden ersten Successionen je eine Zeichenfolge, die vier letzten je einen Zeichenwechsel ergeben, und mithin die W. einer Zeichenfolge gleich $\frac{1}{3}$, die W. eines Zeichenwechsels gleich $\frac{2}{3}$ zu setzen ist.]

[Man leistet diese Bestimmung durch Berechnung der wahrscheinlichen Grenzen, die sich aus der Umkehrung des sog. Bernoulli-schen Theorems für die W. einer Zeichenfolge auf Grund der beobachteten Werte von f und z ergeben. Setzt man nämlich die unbekannte W. für das Auftreten einer Zeichenfolge gleich x, die W. eines Zeichenwechsels gleich $1 - x$, so besteht dem angeführten Satze der Wahrscheinlichkeitsrechnung[1] zufolge die W.:

$$W = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^c \exp[-t^2]\, dt \qquad (2)$$

dafür, dass der Wert von x zwischen den Grenzen:

$$\frac{f}{z} - c\sqrt{\frac{2f \cdot w}{z^3}} \quad \text{und} \quad \frac{f}{z} + c\sqrt{\frac{2f \cdot w}{z^3}} \qquad (2a)$$

liege. Da nun für $W = \frac{1}{2}$ der Wert von $c = 0{,}476\,94$ wird, so sind die wahrscheinlichen Grenzen von x gleich:

$$\frac{f}{z} \pm 0{,}674\,49 \sqrt{\frac{f \cdot w}{z^3}}. \qquad (3)$$

Dem entsprechend sind die wahrscheinlichen Grenzen von Abh. gleich:

$$\frac{3f - z}{2z} \pm \frac{3}{2} \cdot 0{,}674\,49 \sqrt{\frac{f \cdot w}{z^3}}. \qquad (4)$$

Es ist somit 1 gegen 1 zu wetten, dass das wie oben definierte Maß der Abhängigkeit nicht kleiner als die untere und nicht größer als die obere der beiden angegebenen Grenzen sei.]

[Dasselbe kann auch negative Werte annehmen und so eine Abhängigkeit anzeigen, die sich durch vorwiegenden — im extremen Falle durch ständigen — Wechsel der Zeichen kund giebt. Hierzu ist erforderlich, dass die Anzahl f der Zeichenfolgen unter den Wert $\frac{1}{3}z$ sinke und im Grenzfalle gleich 0 werde.]

---

[1] [Vergl. Meyer's Vorlesungen über Wahrscheinlichkeitsrechnung Kap. VII.]

§ 153. [**Die Anwendung des Abhängigkeitsmaßes** (4) **zur Prüfung der Successionsabhängigkeit meteorologischer Monats- und Tageswerte führt zu folgenden Resultaten.**]

[Dove stellt in einer seiner Abhandlungen[1]) für eine Reihe von Orten die »Abweichungen der einzelnen Monate vom vieljährigen mittleren Werte derselben« zusammen. Für Berlin umfasst diese Zusammenstellung den Zeitraum von 1719 bis 1849 mit dem Ausfalle von bloß 3 bis 7 Jahren für die einzelnen Monate. Hieraus ergeben sich für alle Monate zusammen genommen nach Methode *a* 1421 Successionen von Zeichen, und zwar 913 Zeichenwechsel und 508 Zeichenfolgen. Die W. x einer Zeichenfolge hat somit die wahrscheinlichen Grenzen:

$$\frac{508}{1421} \pm 0{,}67449 \sqrt{\frac{508 \cdot 913}{1421^3}} \text{ oder } 0{,}3575 \pm 0{,}0086;$$

woraus man

$$\text{Abh.} = 0{,}036 \pm 0{,}013$$

erhält.]

[Im Niederländischen Jahrbuche für Meteorologie[2]) findet man Tabellen der täglichen Thermometer- und Barometerabweichungen von dem aus langjähriger Beobachtung gefundenen täglichen Normalstande, für die einzelnen Monate des Jahres. Die Beobachtungsorte sind die verschiedenen meteorologischen Stationen des Landes; die **Beobachtungszeiten sind bestimmte Stunden des Tages, auf welche sich sowohl der Normalstand als auch die Abweichungswerte beziehen.** Hierdurch wird dem gesetzmäßigen Steigen oder Fallen des Thermometers und Barometers innerhalb eines Monats Rechnung getragen, so dass die Successionsabhängigkeit nicht davon beeinflusst wird. Ich wählte die für Utrecht im Monat Januar während des 10-jährigen Zeitraumes von 1884 bis 1893, mittags 2 Uhr, angegebenen Werte. Dieselben ergaben nach Methode *a* 298 Successionen von Zeichen.

---

[1] [Bericht über die in den Jahren 1848 und 1849 auf den Stationen des meteorologischen Instituts angestellten Beobachtungen. Berlin 1851. S. XX flgd.]

[2] [Meteorologisch Jaarboek, uitgegeven door het Kon. Nederlandsch Meteorologisch Instituut. »Thermo- en Barometer-afwijkingen«.]

Darunter waren für die Thermometerabweichungen 129 Zeichenfolgen und 169 Zeichenwechsel, für die Barometerabweichungen 153 Zeichenfolgen und 145 Zeichenwechsel. Sonach findet man für erstere die wahrscheinlichen Grenzen der W. einer Zeichenfolge gleich:

$$0{,}433 \pm 0{,}019$$

und:

$$\text{Abh.} = 0{,}149 \pm 0{,}029\,;$$

für letztere dagegen als wahrscheinliche Grenzen der W. einer Zeichenfolge:

$$0{,}513 \pm 0{,}020$$

und:

$$\text{Abh.} = 0{,}270 \pm 0{,}029\,.$$

Demgemäß besitzen die täglichen Thermometer- und Barometerabweichungen eine entschiedene Successionsabhängigkeit, während dieselbe für die monatlichen Temperaturabweichungen — wie schon in § 20 bemerkt wurde — mit wenig Entschiedenheit hervortritt.]

[Die täglichen Regenhöhen sind dagegen — nach einer Bemerkung in § 21 — frei von wesentlicher Successionsabhängigkeit. In der That ergeben die im XXI. Kapitel als Beispiel für die logarithmische Behandlung gewählten Regenhöhen des Monats Januar für Genf von 1845—1892 unter 475 Successionen von Zeichen 165 Folgen gleicher Zeichen. Dabei sind sämtliche 477 Werte ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge nach in eine Reihe vereinigt, und die Successionen gleicher Werte abwechselnd den Zunahmen und den Abnahmen beigerechnet worden. Somit findet sich:

$$\text{Abh.} = 0{,}022 \pm 0{,}022\,.$$

Von diesem Werte unterscheidet sich nicht wesentlich das Maß der Abhängigkeit für die Urliste der Rekrutenmaße, deren Successionsabhängigkeit von vornherein als unwesentlich aufzufassen ist, da nicht einzusehen ist, wie bei den Rekrutenmessungen des Aushebungsgeschäftes eine wesentliche Abhängigkeit in der Reihenfolge der Maße soll entstehen können. Für die Reihe der 360 Studentenrekrutenmaße, die in Kap. XX zur Bewährung der Extremgesetze dienten, resultieren nämlich 125 Zeichenfolgen und 233 Zeichenwechsel, wonach

$$\text{Abh.} = 0{,}023 \pm 0{,}025$$

wird. In beiden Fällen schließen die Grenzwerte des Abhängigkeitsmaßes den Wert 0 des idealen Falles voller Unabhängigkeit ein.]

§ 154. [Ein anderer Weg zur Untersuchung der Successionsabhängigkeit wurde in § 20 zugleich mit dem bisher erörterten bezeichnet. Er gründet sich auf die Bemerkung, dass bei voller Unabhängigkeit und ohne Störung durch unausgeglichene Zufälligkeiten die Anzahl der Folgen von je zwei oberhalb oder je zwei unterhalb der Wertmitte C gelegenen Maßwerten gleich sei der Anzahl der Wechsel zwischen je zwei oberhalb und unterhalb C gelegenen Werten. Werden nämlich die Werte oberhalb C durch $+$, die Werte unterhalb C durch $-$ bezeichnet, so ist die W. eines positiven Wertes ebenso groß wie die W. eines negativen; es ist daher auch bei voller Unabhängigkeit jede der vier möglichen Successionen: $++$; $--$; $+-$; $-+$ gleich wahrscheinlich. Die beiden ersten ergeben aber je eine Zeichenfolge, die beiden letzten je einen Zeichenwechsel, so dass sowohl für eine Zeichenfolge als auch für einen Zeichenwechsel die W. $\frac{1}{2}$ besteht. Findet man nun für eine in dieser Weise behandelte Reihe von Werten f Zeichenfolgen und w Zeichenwechsel bei einer hinreichend großen Anzahl von $z = f + w$ Successionen von Zeichen, so können ebenso wie oben die wahrscheinlichen Grenzen für die unbekannte W. x einer Zeichenfolge aus der Umkehrung des **Bernoulli**'schen Theorems gleich:

$$\frac{f}{z} \pm 0{,}674\,49 \sqrt{\frac{f \cdot w}{z^3}}$$

gefunden werden. Hier wird sich der Wert $f : z$ bei stattfindender partieller Successionsabhängigkeit, die sich als Häufung der Folgen im Vergleiche zu den Wechseln zu erkennen giebt, zwischen dem Werte $\frac{1}{2}$, der für volle Unabhängigkeit gilt, und dem Werte 1, der für $f = z$ volle Abhängigkeit anzeigt, halten. Man kann daher wiederum in dem Verhältnisse des Überschusses der partiellen Abhängigkeit über die volle Unabhängigkeit, d. i. des berechneten x über $\frac{1}{2}$, zu dem Totalüberschusse der vollen Abhängigkeit über die volle Unabhängigkeit, d. i. von 1 über $\frac{1}{2}$, ein Maß der Abhängigkeit gewinnen und

$$\text{Abh.} = \frac{x - \frac{1}{2}}{1 - \frac{1}{2}} = 2x - 1\,, \qquad (5$$

oder, wenn für x die wahrscheinlichen Grenzwerte genommen werden,

$$\text{Abh.} = \frac{2f - z}{z} \pm 2 \cdot 0{,}67449 \cdot \sqrt{\frac{f \cdot w}{z^3}} = \frac{f - w}{z} \pm 1{,}34898 \sqrt{\frac{f \cdot w}{z^3}} \qquad (6)$$

setzen. Auch dieses Maß der Abhängigkeit behält für negative Werte seine Bedeutung, indem es alsdann das Überwiegen der W. eines Zeichenwechsels über die W. einer Zeichenfolge anzeigt.]

[Als Beispiel für diese Abhängigkeitsbestimmung diene einesteils die Reihe der Monatsabweichungen für Berlin, anderenteils die Reihe der Rekrutenmaße, deren Successionsabhängigkeiten nach Formel (4) bereits berechnet wurden, so dass zugleich ein Vergleich zwischen beiden Weisen der Bestimmung möglich wird.]

[Bezüglich der Monatsabweichungen ist zunächst für jeden Monat die Wertmitte C zu bestimmen. Dieselbe fällt für einige Monate unterhalb, für die Mehrzahl der Monate oberhalb des jeweiligen vieljährigen Mittels. Es kann indessen — was die Anwendung dieser Methode sehr erleichtert — sehr wohl der Mittelwert selbst als Wertmitte angenommen werden, so dass die positiven und negativen Abweichungswerte zugleich als + Werte und — Werte im Sinne unserer Methode gelten dürfen. Denn die 12 Monate ergeben, zusammengenommen, nach Bestimmung der Zentralwerte 768 Zeichenfolgen und 665 Zeichenwechsel; bei direkter Bezugnahme auf die Mittelwerte dagegen finden sich 769 Zeichenfolgen und 664 Zeichenwechsel, was keinen wesentlichen Unterschied für das Abhängigkeitsmaß mit sich führt. Aus ersteren Bestimmungen resultieren als wahrscheinliche Grenzen für die W. einer Zeichenfolge die Werte:

$$0{,}536 \pm 0{,}009;$$

aus letzteren die Werte:

$$0{,}537 \pm 0{,}009;$$

und im ersteren Falle wird:

$$\text{Abh.} = 0{,}072 \pm 0{,}018$$

im letzteren Falle:

$$\text{Abh.} = 0{,}073 \pm 0{,}018 .$$

Das Abhängigkeitsmaß (6) führt somit hier zu größeren Werten als das Abhängigkeitsmaß (4).]

[Der Zentralwert C der 360 Rekrutenmaße findet sich gleich 71,75. Hiernach ergeben sich unter 359 Successionen von Zeichen 165 Zeichenfolgen und 194 Zeichenwechsel. Die wahrscheinlichen Grenzen für die W. einer Reihenfolge sind daher:

$$0{,}460 \pm 0{,}018$$

und:

$$\text{Abh.} = -0{,}081 \pm 0{,}035 .$$

Man erhält demnach in diesem Falle einen relativ kleineren Wert als nach Formel (4); derselbe weicht jedoch in stärkerem Maße von dem idealen Werte 0 ab.]

§ 155. [Das Abhängigkeitsmaß (6) kann auch der Bestimmung der wechselweisen Abhängigkeit von je zwei Dimensionen eines mehrdimensionalen K.-G. oder von Dimensionen verschiedener, aber zeitlich zusammengehöriger K.-G. dienstbar gemacht werden. Zu diesem Zwecke bezeichne man das Wachsen von jeder der beiden verglichenen Dimensionen durch $+$, das Abnehmen durch $-$, so dass eine Reihe von m Paaren zusammengehöriger Werte durch $m-1$ Zeichenpaare $++$, $--$, $+-$, $-+$ charakterisiert wird. Unter letzteren werden sich bei voller Unabhängigkeit der beiden Dimensionen von einander und ohne Hinzutreten unausgeglichener Zufälligkeiten ebensoviele Zeichenfolgen als Zeichenwechsel befinden, da die W. für jede der vier Arten von Zeichenpaaren gleich groß anzunehmen ist. Es ist daher, wenn unter z Beobachtungen f Folgen und w Wechsel auftreten, die W. einer Zeichenfolge nach Formel (3) zu berechnen und das Abhängigkeitsmaß nach Formel (6) zu bestimmen.]

So besteht beispielsweise zwischen der Größe des Horizontalumfanges und des vertikalen Scheitelbogens der 500 europäischen Männerschädel, die im vorigen Kapitel der Behandlung von Verhältnissen zwischen Dimensionen als Beispiel dienten, eine Abhängigkeit, weiter darthun werden, El. bei bloßer wechſelſeitiger Berührung zweier Metalle entwickelt, ſo iſt eben ſo wohl möglich, daß ſie auch durch Berührung irgend zweier andern heterogenen Subſtanzen, wie der Muskeln und Nerven, erregt werden kann. Nur wird es, wenn dieſe Wirkung vielleicht weit ſchwächer iſt, als die von Metall auf Metall, eines noch viel leichter erregbaren Elektroſkops bedürfen, ſie wahrnehmbar zu machen; eines Elektroſkops, wie es die Froſchorgane in den erſten Augenblicken nach dem Tode abzugeben ſcheinen. Dieſe neue, obwohl an ſich ſehr merkwürdige, Entdeckung Galvani's führt alſo nur zu einer Verallgemeinerung von Volta's Anſicht, anſtatt ſie umzuſtoßen.

Es handelt ſich jetzt darum, dieſe Anſicht durch Erfahrungsbeweiſe zu begründen. Zu dieſem Zweck nimmt Volta zwei Metallſcheiben, die eine von Zink, die andre von Kupfer, von etwa einem Quadratzoll Fläche, die recht eben, nicht gefirnißt, und in ihrer Mitte mit iſolirenden, ſenkrecht auf ihre Oberflächen angebrachten, Stäben verſehn ſind, mittelſt deren ſie ſich, ohne daß man ſie ſelbſt berührt, an einander bringen laſſen. Man nähert auf dieſe Weiſe beide Scheiben einander, bis ſie ſich berühren, Fig. 50, trennt ſie darauf, indem man ſie parallel von einander zieht und prüft ihren el. Zuſtand mittelſt eines Strohhalm- oder Goldblattelektroſkops. Da jedoch die El., die ſich durch eine einmalige Berührung auf denſelben entwickelt, immer ausnehmend ſchwach iſt, ſo läßt man ihre Repulſivkraft nicht ſo ohne Weiteres auf das Elektroſkop wirken; vielmehr verſieht man dieſes mit ſeinem kleinen Condenſator mit gefirnißten Platten, und häuft hierauf die El. von mehrmaligen Berührungen an, indem man ſeine obere Platte mit dem Erdboden in Verbindung ſetzt, und ſeine untre Platte, welche mit den Strohhalmen in Verbindung ſteht, mit der Metallſcheibe berührt, deren El. man prüfen will. Iſt dies geſchehen, ſo zieht man dieſe Scheibe zurück, berührt ſie, ſo wie die andre, um ſie wieder in natürlichen Zuſtand zu verſetzen; bringt ſie dann aufs Neue iſolirt mit einander in Berührung; trennt ſie abermals, und bringt die zu prüfende Scheibe wieder an den Condenſator. Hat man die Berührung auf ſolche Art ſieben- oder achtmal wiederholt, und

---

kelnerven iſolirt herabhangen, unter dem Gewicht des kleinen Reſts von Wirbelſäule, der daran gelaſſen iſt. Darauf ergreift man den freien Fuß mit der andern Hand, und beugt ihn ſo zuſammen, daß der Schenkel in Berührung mit den Nerven kommt. Sogleich treten, wenn der Froſch ſehr viele Lebenskraft hatte, Zuckungen ein. Jedoch muß man den Verſuch öfters an mehrern Individuen vornehmen, ehe er einmal gelingt. Ich habe dies ausführlicher angegeben, weil die Wahrheit der Thatſache beſtritten worden iſt, obwohl ſie unleugbar iſt, wenn man den Verſuch mit den hier angegebnen Vorſichtsmaßregeln anſtellt.

die sich nach der angegebenen Methode wie folgt bestimmen lässt. Die 500 Schädelmasse sind in der Urliste in 34 Gruppen von 6 bis 30 Schädel zusammengefasst (die beiden ersten enthalten 20 Breisgauer und 15 Schwaben; die beiden letzten 6 Serben und 22 Großrussen); in jeder Gruppe aber sind die Maße nach wachsendem Horizontalumfange geordnet. Ich zählte nun für jede Gruppe die Anzahl der Zeichenfolgen und Zeichenwechsel ab, die sich für den Gang der beiden verglichenen Werte ergeben, wobei die Fälle, in denen ein Stillstand in der Veränderung einer der beiden Größen eintrat, zur Hälfte den Folgen und zur Hälfte den Wechseln beigezählt wurden. Hiernach fanden sich 273 Zeichenfolgen und 193 Zeichenwechsel unter 466 Zeichenpaaren, so dass sich:

$$\text{Abh.} = \frac{273 - 193}{466} \pm 1{,}3490 \sqrt{\frac{273 \cdot 193}{466^3}} = 0{,}172 \pm 0{,}031$$

ergab.]

[Ein zweites Beispiel entnehme ich den von Prof. Welcker in der Abhandlung1): »die Kapazität und die drei Hauptdurchmesser der Schädelkapsel« mitgeteilten Maßen des Innenraumes I und der Länge L, Breite B und Höhe H von 101 Schädeln verschiedener Völkerschaften, um insbesondere die Abhängigkeit des Welckerschen »Schädelmodulus« $L + B + H$ und des Produktes $L \cdot B \cdot H$ vom zugehörigen Innenraume zu berechnen. Werden die einzelnen, nach zunehmendem Innenraume geordneten Schädelgruppen, deren Anzahl 15 ist, hier ebenso behandelt wie bezüglich der Gruppen der Horizontal- oder Vertikalmaße angegeben wurde, so resultieren sowohl für $L + B + H$ und I als auch für $L . B . H$ und I 59,5 Zeichenfolgen gegenüber 26,5 Zeichenwechsel unter 86 Zeichenpaaren. Es ist somit sowohl für die Abhängigkeit der Summe als des Produktes der drei Hauptdurchmesser vom Innenraume:

$$\text{Abh.} = \frac{59{,}5 - 26{,}5}{86} \pm 1{,}3490 \sqrt{\frac{59{,}5 \cdot 26{,}5}{86^3}} = 0{,}384 \pm 0{,}067$$

zu setzen. Es lassen sich denn auch, wie Prof. Welcker in der

---

1) [Archiv für Anthropologie, Band XVI, Heft 1 u. 2. S. 72 flgd.]

genannten Abhandlung zeigt, sowohl den Werten von $L+B+H$ als denjenigen von $L \cdot B \cdot H$ durchschnittliche Innenraumswerte tabellarisch zuordnen, die es gestatten, auf Grund des gemessenen Wertes der Summe oder des Produktes der drei Hauptdurchmesser den zugehörigen Innenraum des Schädels angenähert zu ermitteln.]

[Eine Verschärfung dieser Abhängigkeitsbestimmung wird erzielt, wenn die Größe des Wachstums oder der Abnahme für die verglichenen Dimensionen berücksichtigt wird. Dies kann durch Bestimmung des Gewichtes der beobachteten Zeichenfolgen und Zeichenwechsel in folgender Weise geschehen. Man erteile einem Zeichenpaare das Gewicht 1, wenn jede Dimension um die Maßeinheit zunimmt oder abnimmt, und setze sonach das Gewicht jedes Zeichenpaares gleich dem Produkte der beiden Größen, um welche jede der beiden Dimensionen zunimmt oder abnimmt. Auf diese Weise erhält man an Stelle der zuletzt angegebenen Abhängigkeitsbestimmung zwischen der Summe und dem Produkte der drei Hauptdurchmesser und dem Innenraume des Schädels für $L+B+H$ und I:

$$\text{Abh.} = 0{,}8436 \pm 0{,}0012$$

für $L \cdot B \cdot H$ und I:

$$\text{Abh.} = 0{,}8387 \pm 0{,}0008$$

indem erstenfalls für f und w die Werte 45641 und 3871; zweitenfalls die Werte 99886 und 8763 eintreten. Wie zu erwarten, ist das Maß der Abhängigkeit erheblich größer geworden, ohne dass ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Abhängigkeitsverhältnisse von $L+B+H$ und I und demjenigen von $L \cdot B \cdot H$ und I sich bemerkbar macht. Wenn daher — wie die WELCKER'schen Ausführungen zeigen — das Produkt der drei Durchmesser ein empfindlicheres Maß für den Innenraum liefert als ihre Summe, so muss bemerkt werden, dass unsere Methode, wenigstens bei der relativ geringen Anzahl von 101 Schädeln, eine solche Unterscheidung nicht gestattet. Da ferner diese Abhängigkeitsbestimmung durch die absolute Größe der verglichenen Dimensionen nicht beeinflusst wird, sondern nur auf deren Zunahme und Abnahme beruht, so kann sie auch keinen zahlenmäßigen Beleg dafür geben, dass — wie gleichfalls die Welcker'sche Abhandlung lehrt — die tabellarische Zuordnung von Innenraumswerten zu der Summe der drei Hauptdurchmesser wesentlich genauer wird, wenn der sogenannte Breitenindex des Schädels, d. i. das Verhältnis zwischen seiner Breite und seiner Länge, Berücksichtigung findet und dementsprechend die Schädel von dolichocephaler, mesocephaler und brachycephaler Form gesondert behandelt werden. Zu diesem Zwecke müssten die Verhältnisse zwischen der Summe der drei Durchmesser einerseits und dem Innenraume andererseits unter Berücksichtigung des Breitenindex einer kollektiven Behandlung unterworfen werden.]

Zweiter Teil.

Specielle Untersuchungen.

XXIV. Über den räumlichen und zeitlichen Zusammenhang der Variationen der Rekrutengröße.

§ 156. Die Feldfrüchte bringen es *je* nach Beschaffenheit der Jahrgänge nicht nur zu einem verschiedenen Ertrage, sondern wachsen auch in verschiedenen Jahren bis zu einer verschiedenen Höhe heran, was hauptsächlich von Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen der verschiedenen Jahrgänge abhängt. Insofern diese Verhältnisse größeren Landstrecken gemeinsam zukommen, macht sich auch ihr Einfluss auf das Wachstum der Feldfrüchte im Zusammenhange für alle Teile solcher Strecken geltend; ändert sich aber von Strecke zu Strecke, so wie sich diese Verhältnisse dafür ändern.

Es fragt sich, ob für die Größe der in gleichen Jahrgängen geborenen Menschen etwas Entsprechendes stattfindet, ob auch sie sich nach Beschaffenheit der Jahrgänge in gewissem Zusammenhange für zusammenhängende Landstriche ändert, ja vielleicht gar im Zusammenhange mit der der Pflanzen ändert. Nun lässt sich freilich kaum ein entsprechender direkter Einfluss von Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen auf das Wachstum der Menschen wie auf das der Pflanzen voraussetzen; auch wachsen die Menschen nicht wie die Feldfrüchte in jedem Jahre vom Keim aus neu heran, noch schließen sie ihr Dasein in demselben Jahre ab, so dass man dabei nur auf die Verhältnisse eines Jahres zu achten hätte; aber es wäre doch denkbar, dass die Fruchtbarkeit eines Jahres, indem sie die Ernährungsverhältnisse der Eltern zur Zeit der Erzeugung des Kindes oder während der Schwangerschaft, oder des Kindes selbst während der Wachstumszeit, insbesondere der ersten, beeinflusste, auch einen indirekten Einfluss auf das Wachstum des Kindes äußerte, und insofern wirklich Wachstum der Pflanzen und Menschen sich im Zusammenhange änderten. Es hängen aber die Ernährungsverhältnisse der Menschen in einem Lande nicht bloß von der Fruchtbarkeit der Jahre ab; auch Kriegs- und Friedenszustand, Stand der Industrie und des Handels haben darauf Einfluss, und nicht bloß Ernährungsverhältnisse können in Betracht kommen; auch alles, was die körperliche und geistige Kraft und Gesundheit der Eltern zur Zeit der Erzeugung des Kindes und bei der Schwangerschaft über ein gewisses Land im Zusammenhange betrifft, vielleicht sogar epidemische und selbst kosmische Einflüsse. Kurz, man ist nicht in Verlegenheit, mögliche Ursachen zu finden, dass sich die Durchschnittsgröße der in demselben Jahre geborenen Menschen über größere Raumstrecken im Zusammenhange so gut als die der Pflanzen, sei es mit oder ohne Beziehung zu dieser, ändert. Nur fragt sich vor allem, ob die Thatsache eines solchen Zusammenhanges über größere oder geringere Landstrecken nachweisbar ist; und die folgende Untersuchung wird beweisen, dass es der Fall ist. Abgesehen hiervon wird sich die folgende Untersuchung mit der Frage beschäftigen, ob die Einflüsse, welche auf die Größenänderung wirken, auch einen zeitlichen Zusammenhang der Art verraten, dass statt unregelmäßig, im Sinne unausgeglichener Zufälligkeiten, wechselnden Steigens und Fallens der Größenmaße im Verlaufe der Jahrgänge immer mehrere Jahrgänge nach einander geneigt sind, zu steigen, und wieder mehrere, zu fallen. Für die zwanzig Jahrgänge sächsischer Studentenrekruten wird sich nichts der Art nachweisen lassen, hingegen ergiebt sich ein um so entschiedeneres Resultat für Jahrgänge belgischer Rekruten.

Außer den beiden vorigen Fragen habe ich auch noch die Frage untersucht, ob sich zwischen den hauptsächlichsten Fruchtpreisen, welche um die Geburtszeit der Rekruten stattgefunden haben, und der durchschnittlichen Größe der aus dieser Zeit hervorgegangenen Rekruten eine Beziehung entdecken ließe, und ich habe diese Untersuchung in Reclam's hygienistischer Zeitschrift »Gesundheit« (1876) mitgeteilt[1]; da sie jedoch zu einem wesentlich negativen Resultate geführt hat, so komme ich folgends nicht darauf zurück.

---

[1] Untersuchung über den räumlichen und zeitlichen Zusammenhang in der Verschiedenheit der Menschengröße; IV. Abschnitt: Über die Frage, inwiefern

Zur Untersuchung über die hier zu behandelnden Fragen aber vereinigen jedenfalls Rekrutenmaße mehrere der günstigsten Bedingungen; man möchte sagen, sie sind wie gemacht dazu; sind auch das einzige Material, was bis jetzt zu einer solchen Untersuchung zu Gebote steht. Einmal sind die Rekrutenmaße jedes Jahrganges von Personen genommen, die auch in demselben Jahre, 20, 19 oder 18 Jahre rückwärts, je nach Verschiedenheit der Länder, geboren sind. Zweitens erstrecken sich die Rekrutenmessungen über alle kultivierten Länder durch längere Epochen, sind spezifiziert nach ganzen Ländern, Landesteilen, Distrikten, Städten, gewähren also Gelegenheit, die Wirkung allgemeinerer und speziellerer Einflüsse in größerem Maßstabe vergleichungsweise zu untersuchen. Drittens ist die Zahl der Einzelmaße, selbst nur für einen mäßigen Distrikt, um so mehr für eine ganze Provinz oder ein ganzes Land, in jedem Jahrgange schon sehr groß, wodurch bemerktermaßen die Kompensation eines Nachteiles entsteht, der sonst freilich sehr bedenklich erscheinen müsste, dass sie nämlich im einzelnen sehr ungenau sind.

Meinerseits ist die ganze Untersuchung in Beziehung auf vorige Fragen nur auf Grund des sehr beschränkten Materiales, was mir in den sächsischen und belgischen Maßen vorlag, geführt worden, was teils darin seinen Grund hatte, dass ich anderes brauchbares Material nicht vorfand, teils dass diese Untersuchung überhaupt bloß als Nebenuntersuchung geführt worden. Denn für Sachsen hätte ich mir wohl noch Urlisten für andere Landesteile und spätere Jahrgänge nachträglich verschaffen können; aber schon die Durcharbeitung des bisher benutzten Materiales war zeit- und gedulderschöpfend. Eine allgemeinere Untersuchung über die hier behandelten Fragen kann überhaupt nur Sache statistischer Institute sein, denen mit einem ausgedehnten Materiale hinreichende mechanische Rechenkräfte zu Gebote stehen, welche in der That durch derartige Untersuchungen außerordentlich in Anspruch genommen werden. Bei alledem

---

die Größenbewegung der Rekruten mit der Bewegung der Fruchtpreise um die Geburtszeit zusammenhängt. »Gesundheit«, 1. Jahrgang, S. 54 flgd.]

dürfte die folgende Untersuchung, so weit sie hat geführt werden können, das doppelte Interesse behalten, einmal dass sie Wege bezeichnet und erörtert, auf denen eine solche Untersuchung überhaupt zu führen, zweitens in den doch bemerkenswerten Resultaten, die sich damit für beschränkte Räume und Epochen erhalten ließen, eine Einladung für andere enthält, der Untersuchung weitere Folge zu geben.

Bei diesen Vorteilen, welche die Rekrutenmaße als Unterlage für Untersuchungen dieser Art überall darbieten könnten, ist nur zu bedauern, wie schon früher berührt worden, dass sie in den statistischen Werken, wo man die Data darüber zu suchen hätte, im allgemeinen in keiner dazu geeigneten Form dargeboten sind. Jahresmittelwerte A finden sich teils gar nicht, teils nicht in hinreichender Ausdehnung oder Folge, Spezialisierung, Schärfe gezogen, und die Maßlisten, so weit ich solche kenne, nirgends so aufgestellt, dass sich solche mit Genauigkeit daraus ziehen ließen, ihre Ziehung aus Urlisten aber erfordert eine mühselige Arbeit, und die Beschaffung der Urlisten selbst steht nicht überall zu Gebote.

§ 157. Hiernach zur allgemeinen Bezeichnung der Methode der Untersuchung.

Nennen wir überhaupt die Änderung einer Größe von einem Jahrgange zum anderen Bewegung der Größe und sprechen von einem Parallelismus der Bewegung zweier Größen, z. B. der Jahresmittel der Rekrutenmaße in zwei benachbarten Landesteilen, wenn die beiderseitigen Bewegungen dieselbe Richtung in Abnahme oder Zunahme haben, ohne dazu zu verlangen, wie es in mathematischer Bedeutung des Wortes Parallelismus gefordert wäre, dass die Änderung beider verglichenen Größen auch gleich groß sei oder einander proportional gehe; genug, wenn sie sich nur in der Richtung korrespondiert. Ein Fall des Parallelismus werde mit $||$, ein Fall des Nichtparallelismus oder, wie wir sagen wollen, Antiparallelismus mit $\times$ bezeichnet; die Zahl der $||$ unter einer gegebenen Zahl z verglichener Bewegungsfälle mit p, die der $\times$ mit q. Sollte keine Abhängigkeit beider Größen von einander oder von einer gemeinsamen Ursache stattfinden, so würde im Verfolg durch eine größere Reihe hebt nun die obere Platte des Condenſators ab, ſo divergiren die Strohhalme ſehr ſtark vermöge der, durch die wiederholte Berührung der Metallſcheibe in die obere Platte abgeſetzten, El.; und man kann ſolchergeſtalt die Beſchaffenheit dieſer El. prüfen und erkennen. Zum Gelingen des Verſuches iſt erforderlich, daß die Platten des Condenſators auf den Oberflächen, auf welchen man die El. an ſie abſetzt, frei von Firniß ſind; denn das geringſte Hinderniß würde, da ſie ſich in einem ſolchen Zuſtand von Schwäche befindet, ihrem Eindringen hinderlich ſeyn. Zur Schärfe des Verſuchs iſt überdies noch nöthig, daß jede Platte aus demſelben Metall beſtehe, als die Scheibe, mit welcher man ſie berührt, widrigenfalls der el. Einfluß dieſer neuen Berührung ſich mit dem Erfolge der erſten verbinden, und ihre Wirkung modificiren würde. Iſt man jedoch nicht im Stande, dieſe Bedingung zu erfüllen, ſo kann man ſich dadurch helfen, daß man auf den Platten, da wo man ſie berührt, einen kleinen Papierſtreif anbringt, der mit Waſſer oder ſonſt einer, die El. leitenden, Flüſſigkeit getränkt iſt. Denn, wie ſich gleich zeigen wird, übt die Berührung des, mit ſolchen Flüſſigkeiten getränkten, Papiers auf die Metalle keinen merklichen elektriſchen Einfluß aus. Geſetzt nun dieſe Vorſichtsmaßregeln wären getroffen, und es ſey, um von einer feſten Vorſtellung auszugehen, die eine Scheibe von Kupfer, die andre von Zink. Iſt die Kupferſcheibe mit der untern Platte des Elektroſkops in Berührung gebracht worden, ſo divergiren die Halme vermöge negativer El.; wurde die Berührung mit der Zinkplatte vorgenommen, ſo zeigt ſich die El. poſitiv. Alſo gerathen dieſe beiden Metalle, wenn ſie iſolirt und im natürlichen Zuſtande in Berührung mit einander gebracht werden, blos vermöge dieſer, in entgegengeſetzt el. Zuſtand: das Zink erlangt einen Ueberſchuß poſitiver, und das Kupfer den entſprechenden Ueberſchuß negativer El.

Dieſer Verſuch läßt ſich noch auf eine andre Weiſe wiederholen. Man ſetze keine von den Platten des Condenſators mit dem Boden in Verbindung, ſondern laſſe beide iſolirt auf dem Elektroſkop; jedesmal aber, wenn man beide Scheiben nach der Berührung von einander trennt, berühre man zu gleicher Zeit jede der Platten mit derjenigen von beiden Scheiben, welche mit ihr aus dem nämlichen Metall beſteht. Da die freien Elektricitäten, die ſie beſitzen, von entgegengeſetzter Beſchaffenheit ſind, ſo werden ſie ſich wechſelſeitig anziehen, und ſich auf den aneinanderliegenden Flächen der Platten binden. Nach einigen ſolchen Berührungen trenne man die Platten und man wird jede derſelben mit der Art El. geladen finden, welche der Scheibe zukommt, mit welcher ſie berührt wurde.

Man könnte glauben, daß die, in dieſem Fall entwickelte, El. von einer Art Druck der Platten an einander herrührt, und mithin von Jahren und mithin von Bewegungsfällen die ‖ mit den × gleichgültig wechseln, und die Zahl beider einander nahe, d. i. bis auf unausgeglichene Zufälligkeiten, gleich sein müssen. Sollten alle Fälle parallel ausfallen, so hätte man zu schließen, dass eine Ursache oder eine Zusammensetzung mehrerer Ursachen, welche auf die Bewegung der beiden Größen einwirkt, alle in entgegengesetztem Sinne einwirkenden stetig überwiegt. Sollte nur ein erhebliches Übergewicht der ‖ über die × stattfinden, so würde man nach Maßgabe des größeren Übergewichtes es auch wahrscheinlicher finden können, dass ein gemeinsamer Einfluss in betreffender Hinsicht zwar stattfinde, der aber doch mitunter einem Überwiegen entgegengesetzter Einflüsse Raum gebe. Sollten endlich die × ausschließlich oder sehr überwiegend vorkommen, so würde dies nicht eine Unabhängigkeit beider Größen von einander beweisen, sondern dass derselbe Einfluss, der zur Vergrößerung der einen Größe wirkt, zur Verminderung der anderen wirkt.

Außer dem Parallelismus und Antiparallelismus im angegebenen Sinne, wobei die Größe der Bewegungen nicht beachtet wird, kann man nun aber auch noch diese Größe in Rücksicht ziehen, indem die W. einer Abhängigkeit oder eines gemeinsamen Einflusses sich erheblich verstärkt, wenn es vorzugsweise die starken Bewegungen sind, bei welchen sich der Parallelismus oder (bei Wirkungsgegensatz) Antiparallelismus ausnahmslos oder weit überwiegend zeigt; indes man bei schwächeren Bewegungen dem Einflusse unausgeglichener Zufälligkeiten Rechnung zu tragen hat, und es ist daher in Fällen, wo eine größere Reihe von Jahrgängen vorliegt (wie in Tab. III, siehe § 160) zweckmäßig, nachdem man erst die Bewegungen nach der Folge der Jahrgänge aufgeführt hat, um zu sehen, ob sich nicht das Verhältnis der ‖ und × im Laufe der Zeit auffällig ändert, sie auch noch einmal nach Ordnung der Bewegungsgröße, der einen oder anderen Größe, aufzuführen, wo sich dann die zur Voraussetzung des gemeinsamen Einflusses zutreffenden Fälle vorzugsweise auf Seiten der größeren, die nicht zutreffenden und gleichgültig wechselnden auf Seiten der kleineren Bewegungen zusammenfinden müssen, soll ein solcher Einfluss annehmbar sein.

Hierbei fragt sich, ob das Gewicht, was man einem Falle von || oder × beizulegen hat, der Summe oder dem Produkte der darein eingehenden Bewegungsgrößen proportional zu nehmen ist. Unstreitig dem Produkte, weil, wenn die eine beider Bewegungen, die in einen Fall eingehen, null ist, das Gewicht des Falles, als unentschieden zwischen || und ×, null sein muss, und weil Parallelismus zwischen positiven Bewegungen dem zwischen negativen Bewegungen gleich gilt, was nur durch das Produkt beider Bewegungen zu erzielen.

Dies vorausgeschickt, wird man ein noch sichereres Urteil als nach der bloßen Zahl der || und × durch folgende Berücksichtigung der Gewichte gewinnen. Man nehme die Bewegungsprodukte der zusammengehörigen Größen sowohl für die || als × besonders, nenne die Summe der ersten P, die der zweiten Q, und urteile nun, statt nach dem Verhältnisse oder verhältnismäßigen Unterschiede von p zu q, nach dem von P zu Q. Wenn ein gemeinsamer Einfluss annehmbar sein soll, so muss nicht nur überhaupt ein bedeutendes verhältnismäßiges Übergewicht des einen von beiden Werten P, Q über den anderen stattfinden, sondern auch der verhältnismäßige Unterschied von p zu q darin übertroffen werden, kurz $(P-Q):(P+Q)$ dem absoluten Werte nach größer als $(p-q):(p+q)$ sein, weil bei letzterem Verhältnisse das größere Gewicht der starken Fälle zu Gunsten des Einflusses nicht mit in Rücksicht kommt. Es ist also in jedem Falle nützlich, sowohl p und q als P und Q zu bestimmen, um, wenn der aus dem Verhalten der ersten zu ziehende Schluss sich nicht durch das Verhalten der zweiten noch verstärkt, den gemeinsamen Einfluss für zweifelhaft zu halten.

Die Sicherheit des Schlusses wächst überhaupt einerseits mit der Zahl der Bewegungsfälle z, andererseits der Größe der verhältnismäßigen Unterschiede

$$\frac{p-q}{p+q};\ \frac{P-Q}{P+Q}.$$

Aus gar zu kleinem z oder gar zu geringen relativen Überschüssen lässt sich überhaupt kein beachtenswertes Ergebnis ziehen; je mehr sich beide vergrößern, und in je stärkerem Verhältnisse sich der zweite über den ersten vergrößert, desto näher kommt die W. eines

Einflusses der Gewissheit, und es würde unstreitig nichts hindern, genauere Wahrscheinlichkeitsbestimmungen in dieser Hinsicht vorzunehmen, worauf ich jedoch hier nicht eingehen will[1].

§ 158. Die Bewegung der Maße dürfte an jedem der Hauptwerte A, C, D verfolgt werden können, die leichteste Bestimmung aber den praktischen Ausschlag geben; und in dieser Hinsicht C um so mehr im Vorteil sein, als es auch noch aus Rekrutenmaßtafeln gewinnbar ist, in welchen nach dem so gewöhnlichen Fehler zur Vorzahl und Nachzahl nicht auch die Vorsumme und Nachsumme angegeben ist. Will man sich aber die Bildung einer Verteilungstafel ganz ersparen, so empfiehlt sich folgendes Verfahren. Man zähle die Zahl der Maße ab, welche kleiner, und die, welche größer sind als ein ein- für allemal bestimmtes Maß oder kleines Maßintervall, nenne die Zahl der ersten k, die der anderen g und urteile nun nach dem Parallelismus oder Antiparallelismus des Verhältnisses $g:k$ oder $g:m$. Bei den belgischen Maßen habe ich das Intervall 1618 bis 1643 mm dafür angenommen, wo dann g die Zahl der Maße bedeutet, welche größer als die obere, und k die Zahl derer, welche kleiner als die untere Grenze dieses Intervalles sind; und die folgende Untersuchung wird lehren, dass das Urteil hiernach mit dem Urteile nach C wohl stimmt, indem ich bei den belgischen Maßen $g:k$ und $g:m$ zum Teil vergleichungsweise mit C angewandt habe. Da mir jedoch bei den sächsischen Maßen vollständige primäre Tafeln zu Gebote standen, aus denen sich genaue arithmetische Mittel A_1 ziehen ließen, so habe ich mich hierbei an diese gehalten.

Da die Werte A_1, A_2, C, $g:k$, $g:m$ sich nicht genau proportional ändern, so würden allerdings bei kleinem m und schwacher Bewegung Unterschiede je nach dem vergleichsweisen Verfolg der Änderungen des einen oder anderen dieser Werte eintreten können; aber für größeres m und stärkere Bewegung, welche überhaupt nur ein durchschlagendes Resultat geben können, wird der Parallelismus, wo ein solcher wesentlich besteht, nicht gestört werden können. Dies ließ sich für A_1 [primär,

---

[1] [Vergl. hierzu § 155. Es ist nur nötig, den Parallelismus als Zeichenfolge, den Antiparallelismus als Zeichenwechsel zu deuten, um einen direkten Anschluss an die dortigen Bestimmungen zu gewinnen.]

A_1 (reduziert) und C (reduziert) durch einen Vergleich in dieser Hinsicht nach den zwanzig Jahrgängen der Studentenrekrutentafel feststellen.

Über den räumlichen Zusammenhang der Variationen der Rekrutengröße.

§ 159. An sich nun liegt nichts Auffälliges darin, dass die mittleren Rekrutengrößen an demselben Orte variieren; denn wer kann bei der Menge zufälliger Umstände, von welchen das Größenwachstum der einzelnen Menschen abhängt, erwarten, dass die Verschiedenheiten darin sich durch die Mittelziehung zu ganz denselben Werten ein Jahr wie das andere ausgleichen. Allerdings aber kann auffällig erscheinen, dass die Schwankungen der mittleren Rekrutengröße zwischen verschiedenen Jahren groß genug sind, um den mit der Rekrutenmessung Betrauten auch ohne Mittelziehung spürbar zu werden. So sagte man mir auf dem Leipziger Quartieramte, von dem ich Listen für die Leipziger Rekruten einholte, dass man von guten und schlechten Jahrgängen in dieser Hinsicht spreche, und ein höherer österreichischer Offizier, welcher lange Jahre den Rekrutenmessungen vorgestanden, erklärte, als man ihm von meinen, in dieser Hinsicht gemachten Bemerkungen sprach: Daran könne gar nicht gezweifelt werden, dass die Rekrutengröße sich nach Jahrgängen ändere. Mir selbst war nämlich aufgefallen, als ich behufs meiner allgemeinen Untersuchung arithmetische Mittel aus den 17 Jahrgängen der Leipziger Stadtmaße zog, dass der letzte Jahrgang 1862 das Maximum, der vorletzte 1861 das Minimum aller 17 Jahrgänge gab, und der Unterschied 1,17 Zoll erschien mir durch seine Größe so merkwürdig, dass ich ihm näher auf den Grund zu kommen suchte. Hiervon hat die ganze folgende Untersuchung den Ausgang genommen.

Zunächst nämlich entstand der Verdacht, dass der große Unterschied auf einem konstanten Messungsfehler von entgegengesetzter Richtung in beiden Jahren beruhe. Dann ließ sich nicht erwarten, dass er sich bei anderswo als in Leipzig gestellten und gemessenen Rekruten entsprechend wiederfinde. Ich verschaffte mir also die Urlisten der Maße für die drei letzten Jahrgänge der ganzen Amtshauptmannschaft Borna, brachte sie in Verteilungstafeln und zog die Mittel A nicht nur für die verschiedenen Jahrgänge, sondern auch verschiedenen Abteilungen der Amtshauptmannschaft Borna, und es fand sich das überraschende Resultat, dass ausnahmslos in allen die Mittelmaße der Jahre 1860 und 1861 nahe übereinstimmten, das Mittelmaß von 1862 aber erheblich größer war, dass also in der ganzen Amtshauptmannschaft eine parallele Anderung der mittleren Rekrutengröße im Laufe jener Jahre stattgefunden. Dies wird durch folgende Tabelle belegt, wobei zu bemerken, dass unter dem Ausdrucke Gerichtsamt im allgemeinen Dorfschaften und kleine Flecken begriffen sind. Von den Zeichen ‖ und ×, welche für den Vergleich zweier Ortlichkeiten bestimmt sind, ist hier noch nicht Gebrauch gemacht, weil es mehrere auf einmal zu vergleichen gilt.

I. Mittelwerte A für 20jährige sächsische Rekruten in den verschiedenen Teilen der Amtshauptmannschaft Borna in den Jahren 1860, 1861, 1862.

(Gesamtes $m = 4736$; $\mathcal{E} = 1$ sächs. Zoll $= 23{,}6$ mm.)

	A			m		
	1860	1861	1862	1860	1861	1862
1 Stadt Leipzig	69,17	69.06	70,23	616	560	603
2 Gerichtsamt Leipzig I und II	68.85	68.74	69,85	363	326	418
3 Stadt und Gerichtsamt Borna	69.39	69,34	70,01	161	169	185
4 Gerichtsamt Rötha	69.20	69,12	70,11	79	48	61
5 Stadt und Gerichtsamt Pegau und Zwickau	69.45	69.10	69.79	157	199	186
6 Stadt und Gerichtsamt Taucha und Markranstädt	68.74	68,93	69,94	109	90	91
7 Studenten	71.47	71,05	71,89	96	111	108
Gesamte Amtshauptmannschaft	69,26	69,17	70,15	1581	1503	1652

Die unten stehenden A der gesamten Amtshauptmannschaft sind nicht die Mittel der A der einzelnen Distrikte, sondern aus dem gesamten m aller im Zusammenhange, also nicht singulär, sondern summarisch (vergl. § 79) bestimmt.

Man sieht aus dieser Tabelle, dass selbst die Bewegung in den so wenig unterschiedenen Jahren 1860 und 1861 in allen Gebietsteilen der Amtshauptmannschaft Borna, ausgenommen Nr. 6, parallel geht, indem das A von 1861 sonst überall kleiner als das von 1860 ist; jene Ausnahme aber kann bei dem kleinen m von Nr. 6 nicht befremden. Vielmehr gestehe ich, mich bei dem überall nicht großen m und kleinen Unterschiede beider Jahre durch den in allen übrigen Gebietsteilen vorhandenen Parallelismus überrascht zu finden, da man ihn unter solchen Bedingungen den unausgeglichenen Zufälligkeiten gegenüber weder überall erwarten kann, noch wiederfindet.

Die Leipziger, unter denen bemerktermaßen die Studenten nicht mitgezählt sind, und die Studenten verdienen in vorstehender Tabelle insofern eine besondere Beachtung, als erstere zu einem großen Teile, letztere selbstverständlich aus den verschiedensten Teilen Sachsens stammen. Wenn also der beobachtete große Unterschied zwischen 1862 und den beiden vorhergehenden Jahren nicht in einem Messungsfehler gesucht werden konnte, so musste er überhaupt ein allgemeineres Phänomen sein.

Um eine Untersuchung hierüber auf einen Teil Sachsens zu richten, der von dem bisher untersuchten möglichst verschieden sei, verschaffte ich mir die Rekrutenmaßlisten derselben drei Jahre, welche vorhin untersucht wurden, von der Amtshauptmannschaft Annaberg. In der That sind die Verhältnisse der Annaberger Amtshauptmannschaft von denen der Borna'schen sehr verschieden. Diese liegt am nördlichen, jene am südlichen Ende Sachsens, diese enthält ebenes Land mit einer großen Stadt und verhältnismäßig guten Nahrungsquellen, jene gebirgiges Terrain bloß mit kleinen Städten und Dorfschaften und einer verhältnismäßig armen Bevölkerung. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle enthalten.

II. Mittelwerte A der Maße in der Amtshauptmannschaft Annaberg in den Jahren 1860, 1861, 1862.

(Gesamtes $m = 3067$; $\varepsilon = 1$ Zoll.)

	A			m		
	1860	1861	1862	1860	1861	1862
Städte	68.85	69,04	69,25	369	359	454
Dorfschaften	68,99	68,87	69,04	638	565	682
Gesamte Amtshauptmannschaft	68,94	68,94	69,12	1007	924	1136

Vergleicht man nun zuvörderst die Größenbewegung für die gesamte A.-H. Annaberg mit der für die gesamte A.-H. Borna nach den Schluss-Resultaten der Tabellen I und II, so findet man. 1) dass für Annaberg 1860 und 1861 nicht oder nur bei Berücksichtigung dritter Dezimalen um einen unwesentlichen negativen Bruchteil, hiergegen 1861 und 1862 viel erheblicher, d. i. um + 0,18, sich unterscheiden, 2) dass diese Bewegungen mit denen der Borna'schen A.-H. wirklich parallel gehen; also in beider Hinsicht ein gemeinsamer Einfluss sich verrät. Nur ist der Einfluss für die A.-H. Annaberg viel geringer oder mehr durch Einflüsse entgegengesetzter Art aufgewogen als für die A.-H. Borna, wo die entsprechenden Bewegungen — 0,09 und + 0,98 waren. Doch ist + 0,18 immer noch doppelt so groß, als der aus den Datis berechenbare wahrscheinliche Unterschied ± 0,09[1]). Auch zwischen Städten und Dorfschaften der A.-H. Annaberg findet sich der Parallelismus in den Jahren 1861 und 1862 wieder, und nur in den Jahren 1860 und 1861, auf die mit Sicherheit überhaupt nicht zu rechnen, fehlt er hier.

Insoweit sich nun aus vorigen, noch sehr beschränkten Daten überhaupt ein Schluss ziehen lässt, würde es der sein, dass sich in den betreffenden Jahren zwar ein sehr allgemeiner Einfluss gleicher Richtung auf die Größenbewegung über ganz Sachsen erstreckt hat, der aber durch lokale Gegenwirkungen in der A.-H. Annaberg nur in stark vermindertem Grade hat zur Geltung kommen können. Und dass überhaupt in der A.-H. Annaberg andere Bedingungen der Größenentwicklung stattfinden als in der A.-H. Borna, ergiebt sich direkt daraus, dass auch die Mittelmaße in jener absolut kleiner sind, als sie sich in dieser gefunden haben.

§ 160. Nachdem die Frage des Parallelismus im Vorigen bloß durch Folgen von je drei Jahren verfolgt war, hatte es unstreitig ein Interesse, sie durch eine längere Reihe von Jahren zu verfolgen, wobei sich die Behauptung zu bewähren hatte, dass der Parallelismus vorzugsweise bei den größeren Bewegungen zu suchen. In dieser

---

[1] Derselbe wurde gefunden, indem sowohl für 1861 als für 1862 der wahrscheinliche Fehler in der Bestimmung des Δ berechnet und aus der Summe ihrer Quadrate die Quadratwurzel gezogen wurde.

Beziehung haben mir von sächsischen Maßen zum Vergleiche nur die Leipziger Stadtmaße mit den darin nicht eingehenden Studentenmaßen von 1846—1862 zu Gebote gestanden; und ich gebe in folgender Tabelle das Ergebnis des Vergleiches. Nachdem darin für das erste Jahr der volle Wert des A_1 angegeben ist, sind folgends bloß die Bewegungen jedes Jahres vom je vorhergehenden angegeben. Dabei halte man im Auge, dass das einer Bewegung beistehende Jahr stets das zweite von den beiden ist, wozwischen die Bewegung stattfindet. Wenn also z. B. dem Jahre 1849 die Zahl — 0,12 beisteht, so heisst dies, das A_1 des Jahres 1849 war um 0,12 Zoll kleiner, als das des vorhergehenden Jahres 1848.

III. Größenbewegungen von A_1 der Leipziger Stadtmaße und der Studentenmaße von 1846—1862 inkl.

Jahr	Leipziger	Studenten	
1846	69,19	72,07	
1847	+ 0,10	— 0,37	×
1848	+ 0,28	+ 0,40	‖
1849	— 0,12	— 0,79	‖
1850	+ 0,37	+ 0,70	‖
1851	— 0,18	+ 0,55	×
1852	— 0,11	— 1,02	‖
1853	+ 0,52	+ 0,24	‖
1854	— 0,04	+ 0,27	×
1855	— 0,28	+ 0,05	×
1856	+ 0,15	— 0,06	×
1857	— 0,28	— 0,41	‖
1858	+ 0,44	+ 0,24	‖
1859	— 0,89	— 0,96	‖
1860	+ 0,04	+ 0,56	‖
1861	— 0,11	— 0,42	‖
1862	+ 1,17	+ 0,84	‖

$$\frac{p-q}{p+q} = 0{,}375\,; \quad \frac{P-Q}{P+Q} = 0{,}887\,.$$

Man sieht nun zuvörderst im allgemeinen, dass die parallelen Fälle die antiparallelen Fälle bei weitem überwiegen; und stellt man die Tabelle nach der Größenfolge der Maße um, so gehen bei Ordnung nach den Leipziger Maßen die ersten sechs Bewegungen ausnahmslos, nach den Studenten die ersten zehn nur mit Ausnahme von 1851 einander parallel, erst von da wechseln ‖ und × ziemlich gleichgültig, woraus das große Verhältnis von P zu Q folgt. Dabei ist doch auffällig, dass der stärksten Bewegung bei den Studenten von 1851—52 gleich — 1,02 nur eine sehr unbedeutende, wennschon von gleicher Richtung gleich — 0.11 bei den Leipzigern entspricht. Durch sorgfältige Revision habe ich mich überzeugt, dass dies nicht von einem Rechenversehen meinerseits abhängt. Übrigens ist nicht außer Acht zu lassen, dass das verhältnismäßig geringe m jedes Jahrganges bei den Studenten die Sicherheit der Bestimmung schwächt.

Anstatt wie in voriger Tabelle die Bewegung von einem Jahre zum je nächsten zu verfolgen, kann man sie auch von einem ersten zu einem je späteren verfolgen und die Ergebnisse dafür sehr einfach aus einer Tabelle wie der vorigen ableiten, indem man die Bewegungen durch die betreffenden Jahre algebraisch, d. h. mit Rücksicht auf die Vorzeichen addiert; so erhält man die Bewegungen:

Jahr	Leipziger	Studenten
1846—48	+ 0.38	+ 0,03
1848—50	+ 0.25	— 0,09

u. s. w.

mit sechs p, zwei q. Doch bleiben wir bei der ersten, so zu sagen elementaren Tafel stehen.

Diese Tabelle giebt noch Gelegenheit, zu untersuchen, ob und in welchem Verhältnisse überhaupt die Beweglichkeit größer auf Seite der Leipziger oder Studenten ist, wozu es nur nötig ist, die Summe der Bewegungen jederseits ohne Rücksicht auf das Vorzeichen zu nehmen, was für die Leipziger 5,08, für die Studenten 7,88 giebt; also einen erheblichen Überschuss auf Seiten der Studenten; was unstreitig davon abhängt, dass die Gesamtheit einer Bevölkerung aus allen Ständen viel mannigfaltigeren, zum Teil sich zerstörenden Einflüssen unterliegt als die wohlhabenderen Klassen.

Addiert man andererseits die Bewegungen in + und in — für jede Seite besonders, so erfährt man, wie viel im ganzen auf jeder Seite die Variation der Größe in + und in — betragen hat, was für die Leipziger Stadtmaße + 3,07 und — 2,01 giebt, also ein nicht unerhebliches Wachstum im ganzen, wogegen die Studenten + 3,85 und — 4,03 geben, also fast Gleichgewicht zwischen Zunahme und Abnahme.

Unstreitig hat man zu erwarten, dass in Jahren, welche ein größeres Durchschnittsmaß A geben, auch riesigere Resultate als obere Extreme E' vorkommen, überhaupt A und E' überwiegend parallel gehen. Auch hat sich dies bei Zusammennehmen von je drei oberen Extremen für jeden Jahrgang (um Zufälligkeiten besser zu kompensieren) für Leipziger wie Studenten insbesondere bestätigt; dort bei 16 Bewegungen zwischen 17 Jahrgängen $p = 10{,}5$[1]; $q = 5{,}5$; $P = 18{,}03$; $Q = 1{,}23$; hier bei 19 Bewegungen zwischen 20 Jahrgängen $p = 11$; $q = 8$; $P = 21{,}33$; $Q = 6{,}84$. Nun sollte man weiter erwarten, dass in Jahren mit größerem A auch das untere Extrem $E_{,}$ wüchse, d. h. mit wachsendem Durchschnittsmaße auch die kleinsten Rekruten mit wachsen, und auch dies hat sich, nach Zusammennehmen von je drei Minimalmaßen in jedem Jahre, bei den Studenten so gefunden: $p = 14$; $q = 5$; $P = 19{,}73$; $Q = 10{,}99$. Sehr merkwürdig aber lieferten die Leipziger gerade das umgekehrte Resultat: $p = 4{,}5$; $q = 11{,}5$; $P = 3{,}23$; $Q = 22{,}62$, so dass mit steigendem Mittelmaße die kleinsten Rekruten sich im ganzen vielmehr verkleinerten als vergrößerten. Dies mit so großer Entschiedenheit hervortretende Ergebnis erscheint mir merkwürdig, und ich weiß zunächst keine Erklärung dafür zu geben.

Man kann ferner, so wie oben die Beweglichkeit des A für Leipziger und Studenten ohne Rücksicht auf das Vorzeichen der Bewegungen verglichen wurde, diesen Vergleich auch in Bezug auf die Extreme vornehmen. Der Vergleichbarkeit mit den Leipzigern unter den allgemeinen Fall der Elektricitätserregung durch Druck heterogener Subſtanzen gehöre. Jedoch iſt leicht darzuthun, daß die Wirkung, welche in Folge der Berührung von Metallen entſteht, ganz andrer Art iſt, und durch einen wechſelſeitigen Einfluß erregt wird, der ihre natürlichen Elektricitäten zerſetzt. Um dieſe Hauptthatſache gehörig zu begründen, ſtellt Volta folgenden Verſuch an. Er bildet einen Metallſtreifen aus zwei Stücken C, Z, Fig. 51, Zink und Kupfer, die er aneinander löthet. Darauf faßt er das Zinkende zwiſchen den Fingern, und berührt mit dem andern, dem Kupferende, die, gleichfalls kupferne, obere Platte eines Condenſators, deſſen untere Platte mit dem Boden in Verbindung ſteht. Hebt man darauf die berührte Platte ab, ſo findet man ſie negativ elektriſirt. Alles in dieſer Erſcheinung iſt vollkommen in Einſtimmung mit den vorigen Verſuchen; nur hat man hiebei nicht mehr die Wirkung eines Drucks oder einer Trennung zwiſchen den Moleculen des Zinks und denen des Kupfers zu fürchten, weil ihre Berührung auf eine dauerhafte Weiſe bewerkſtelligt iſt, und weil die Berührung mit dem Condenſator zwiſchen Kupfer und Kupfer Statt hat, wobei keine neue El. entwickelt werden kann. Soll die, ſolchergeſtalt durch eine einzige Berührung erzeugte, El. recht deutlich hervortreten, ſo muß der Condenſator ſehr groß im Verhältniß zum Elektroſkop und von bedeutender verſtärkender Kraft ſeyn.

---

[1] Die 0,5 rührt daher, dass eine Bewegung von Nullgröße zwischen zwei Jahrgängen vorkam, wo dann 0,5 sowohl zu p als zu q zu schlagen ist.

Gleiche Wirkungen erhält man auch, wenn man, anſtatt das Zinkende mit den Fingern zu faſſen, daſſelbe blos an Handgriffen von Glas oder ſonſt einem iſolirenden Stoff hält. Da das Zink aber dann nicht mehr mit dem Boden in Verbindung ſteht, ſo muß man es in Berührung mit einem Körper von großem Rauminhalt ſetzen, aus dem es die El. ziehen kann, die es an den Collector des Condenſators abgeben ſoll. Dies bewerkſtelligt man, indem man entweder dem Zinkſtück eine große Oberfläche giebt, oder, was noch beſſer iſt, es in Berührung mit dem Innern einer großen Leydner Flaſche bringt, die inwendig mit einem Zinkblatt belegt iſt, und deren äußere, gleichfalls mit irgend einem Metall belegte, Oberfläche mit dem Boden in leitender Verbindung ſteht.

Den ſo angeſtellten Verſuch wiederhole man nun auf die umgekehrte Art. Man faſſe das Kupferende des Metallſtreifens zwiſchen den Fingern, und berühre mit dem Zinkende die obere Platte des Condenſators, welche auch von Kupfer iſt, Fig. 52. Hebt man nach geendigter Berührung die berührte Platte ab, ſo zeigt ſich, daß ſie keine El. angenommen hat, obwohl die untere Platte mit dem gemeinſchaftlichen Behälter in Verbindung ſteht. Und doch ſtehen bei dieſem Verſuch Kupfer und Zink noch mit einander in Verbindung, und dahalber nehme ich bei den Studenten wie oben nur auf dieselben 17 Jahrgänge 1846—1862 Rücksicht, welche für die Leipziger gelten, und ziehe zur besseren Ausgleichung der Zufälligkeiten nicht bloß die Bewegung der äußersten Extreme, sondern der Mittel aus je drei äußersten Werten in Betracht. Dies giebt folgende Zusammenstellung:

IV. Bewegungssumme durch 17 Jahrgänge.

	Für d. Mittel aus d. Totalität	Für d. Mittel aus 3 Minim.	Für d. Mittel aus 3 Maxim.
Leipziger	5,08	27,17	14,67
Studenten	7,88	15,17	16,00

Überall also sind die arithmetischen Mittel *A* der Totalität minder beweglich als die bloß als Mittel von je drei äußersten Werten abgeleiteten Extreme, was nicht befremden kann, und wären bloß die alleräußersten Extreme in Betracht gezogen worden, so würde sich die Beweglichkeit noch größer dafür herausgestellt haben.

Außerdem aber kann man wieder den großen Unterschied zwischen Leipziger und Studenten in den Minimis bemerken, während bei den Maximis fast Übereinstimmung zwischen beiden stattfindet. Bei den Studenten ist die Beweglichkeit der Minima ungefähr gleich der der Maxima, bei den Leipzigern fast doppelt so groß. Alles das aber stimmt wohl mit der früher[1] aufgestellten Annahme zusammen, dass die kleinsten Werte bei den Leipzigern abnorm sind.

§ 161. Näher zugesehen kann der vorwiegende Parallelismus, der sich in Vorigem zwischen Leipzigern und Studenten herausgestellt hat, nicht sowohl einen solchen für verschiedene Landesteile als für einen sehr gemischten und für einen gewissermaßen bevorzugten Teil der sächsischen Bevölkerung beweisen, da bemerktermaßen die Leipziger zu einem großen Teile, die Studenten überhaupt aus allen Teilen des Landes herrühren. Sofern nun das vorher erhaltene Resultat für verschiedene Distrikte Sachsens nur auf sehr beschränkten Raum und sehr beschränkte Zeit sich bezieht, musste eine ausgedehnte Bestätigung nach beider Hinsicht erwünscht sein;

---

[1] [Vergl. § 15 und § 128.]

wozu nun eben die belgischen Maße einen erwünschten Anhalt darboten, die durch einen langen Zeitraum in übereinstimmender Weise nicht nur für das ganze Land, sondern auch für die einzelnen Provinzen (Départements) in den »Documents Statistiques« von Belgien und einem früheren Exposé[1]) tabellarisch verzeichnet sind. Da aber Jahrgänge mit schwacher Bewegung des *A* oder *C* für ein ganzes Land überhaupt kein sicheres Vorwiegen des Parallelismus für die einzelnen Landesteile erwarten lassen, so habe ich den Vergleich nur für stärkere Bewegungen, wo sich solche für ganz Belgien finden lassen, angestellt und dazu die Bewegungen zwischen folgenden Jahren und Epochen gewählt:

1) 1852 und 1858;
2) die zwei fünfjährigen Epochen 1851—55; 1856—60;
3) zwei Unterepochen der ersten dieser fünfjährigen Epochen, d. i. 1851—53 und 1854—55.

Was Abteilung 1) anlangt, so liegen 1852 und 1858 zwar auseinander, es hindert aber bemerktermaßen nichts, die Größenbewegung auch zwischen zwei von einander entfernten Jahrgängen zu betrachten; jene Jahrgänge aber sind deshalb gewählt, weil der erste das Maximum, der letzte das Minimum der *C* und $g:k$ in einer längeren Folge von Jahrgängen enthält, mithin der Parallelismus der Größenbewegung zwischen verschiedenen Landesteilen, wenn ein solcher überhaupt bestand, am wenigsten Gefahr lief, durch unausgeglichene Zufälligkeiten überwogen und versteckt zu werden. — Die Abtl. 2) anlangend, so sind auch diese Epochen darnach unterschieden, dass sich die *C*, sowie die $g:k$ derselben ziemlich unterscheiden. — Die Abtl. 3) ist eine Spezialisierung der ersten Abtl. von 2).

Zu 1) sind bloß die $g:k$, zu 2) die *C* und $g:k$, zu 3) die *C* und $g:m$ bestimmt. Die Bestimmung dieser Werte ist bei 2) und 3) summarisch für die in jede Epoche eingehenden Jahre nach Zusammenfassung der denselben Maßintervallen zugehörigen Maßzahlen, (nicht singulär als Mittel der Bestimmungen aus den einzelnen Jahren) geschehen; dasselbe gilt von dem Schluss-*C* jeder Epoche, was in folgenden Tabellen (VI und VII) in der untersten Querspalte (Royaume) steht, bezüglich der einzelnen Provinzen statt Jahre.

---

[1] Exposé de la Situation du Royaume. Bruxelles 1852.

Der absolute Wert des C oder $g:k$ ist bloß für das erste der verglichenen Jahre oder Epochen angegeben; für das zweite wieder die Bewegung dazu, so dass z. B. in der ersten der folgenden Tabellen 1,776 | — 0,182 steht für: 1,776 | 1,594.

Parallelismus oder Antiparallelismus zwischen den verschiedenen Provinzen nun findet statt, je nachdem die Vorzeichen der Bewegungen in derselben Vertikalkolumne übereinstimmen oder nicht, wonach man sieht, dass unter den 27 Bewegungen, die in den folgenden drei Tabellen für die neun Provinzen Belgiens verzeichnet sind, eine einzige (Liège in der 3. Tabelle) sich dem Parallelismus entzieht, (ohne dass ich bei Revision der Rechnung einen Irrtum betreffs dieser Ausnahme finden konnte) wonach ein gemeinsamer Einfluss auf die Bewegung durch ganz Belgien unzweifelhaft ist.

Die Größe der parallelen Bewegungen in den verschiedenen Provinzen ist jedoch sehr verschieden und hier und da so gering, um leicht einsehen zu lassen, dass, wenn man die Bewegung zwischen Jahren oder Epochen hätte verfolgen wollen, wo sie für ganz Belgien gering ist, genug antiparallele Fälle für die Provinzen eingetreten sein würden, natürlich also auch, wenn man sie durch alle einzelnen Jahre hinter einander, so wie es bezüglich der Leipziger und Studenten geschehen ist, hätte verfolgen wollen, nur würde immer ein Übergewicht der parallelen Fälle zu erwarten sein.

Jedenfalls wäre es nicht ohne Interesse, diesen Vergleich wirklich in solcher Weise für die Provinzen Belgiens durchzuführen, wo sich vielleicht manche charakteristische Unterschiede für dieselben ergeben könnten; und die Documents Statistiques bieten dazu das genügende Material; indessen kann ich selbst auf diese, im Grunde sehr einfach auszuführende, doch ins Weite führende Erweiterung der Untersuchung nicht eingehen.

Man kann sich übrigens aus den folgenden Tabellen überzeugen, dass die Beurteilung der Bewegungen nach den $g:k$ oder $g:m$ zu denselben Resultaten führt, als nach den C; kann sich also bei etwaiger Vornahme vorstehender Untersuchung die etwas umständliche Bestimmung des *C* durch Ersatz mittelst voriger Werte ersparen.

V. Größenbewegung in den einzelnen Provinzen Belgiens von 1852 zu 1858.

	$g:k$		m	
	1852	1858	1852	1858
Anvers	1,776	—0,182	3249	3796
Brabant	1,832	—0,558	5490	6208
Flandr. occ. . . .	1,209	—0,179	5144	5782
Flandr. or. . . .	1,083	—0,074	6525	7307
Hainaut	1,471	—0,330	6133	7377
Liège	1,600	—0,437	3634	4566
Limbourg	2,119	—0,513	1608	1803
Luxembourg . .	2,293	—0,819	1544	1782
Namur	2,915	—0,832	2257	2666
Royaume	1,539	—0,310	35584	41287

VI. Größenbewegung in den einzelnen Provinzen Belgiens in folgenden zwei Epochen: 1. Epoche: fünf Jahre, 1851—1855; 2. Epoche: fünf Jahre, 1856—1860.

	C		$g:k$		m	
	1. Epoche	2. Epoche	1. Epoche	2. Epoche	1. Epoche	2. Epoche
	mm					
Anvers	1645,8	— 3,6	1,584	—0,097	17368	18382
Brabant	1650,4	— 9,4	1,767	—0,389	29301	30444
Flandr. occ. . . .	1634,7	— 0,2	1,124	—0,005	28169	28471
Flandr. or. . . .	1633,2	— 1,1	1,075	—0,027	34648	35483
Hainaut	1638,1	— 1,8	1,289	—0,081	33063	36204
Liège	1647,6	— 6,9	1,602	—0,259	19842	22206
Limbourg . . .	1656,7	— 6,3	2,021	—0,378	8696	8837
Luxembourg . .	1658,6	— 9,4	2,167	—0,460	8279	8823
Namur	1662,3	— 5,3	2,344	—0,264	12102	12921
Royaume	1643,1	— 3,7	1,443	—0,140	191468	201771

VII. Größenbewegung in den einzelnen Provinzen Belgiens in folgenden zwei Epochen: 1. Epoche: drei Jahre, 1851—1853; 2. Epoche: zwei Jahre, 1854—1855.

	C		*g* : *m*		*m*	
	1851-53	1854-55	1851-53	1854-55	1851-53	1854-55
	mm					
Anvers	1650.6	—10.8	0.538	—0.062	9992	7376
Brabant	1651,3	— 2,1	0,540	—0,013	17268	12033
Flandr. occ.	1635,8	— 2,9	0,454	—0,013	16511	11658
Flandr. or.	1634,9	— 4,0	0,450	—0.022	20419	14229
Hainaut	1639,4	— 3.1	0,472	—0,020	19088	13975
Liège	1646,0	+ 3,6	0,513	+0,021	11277	8565
Limbourg	1658,3	— 3,8	0,586	—0,021	5062	3634
Luxembourg	1658,9	— 0,7	0,582	—0.006	4880	3399
Namur	1664.2	— 4.5	0.608	—0.012	7117	4988
Royaume	1644,4	— 3,0	0,505	—0,017	111611	79857

Es wäre nun wohl erwünscht, den Vergleich auch noch über Belgien hinaus, etwa auf Frankreich, ausdehnen zu können; wozu mir aber genügende Unterlagen fehlen. Die »Comptes rendus sur le recrutement de l'armée« geben allerdings für Frankreich Jahresmittelwerte für eine größere Reihe von Jahren, die in einer Schrift von Bischoff[1] reproduziert sind, jedoch folgenden Übelständen unterliegen, die sie für unsere Zwecke gänzlich unbrauchbar machen: Im größten Teile der Reihe der Jahrgänge sind die Mittel so wenig scharf bestimmt, dass mehrfach zwei bis vier Jahrgänge hinter einander sich gar nicht unterscheiden, und dazwischen springen einzelne Mittel aus der Reihe mit solchen Werten heraus, dass Rechnungsversehen nur zu wahrscheinlich sind.

---

[1] [Über die Brauchbarkeit der in verschiedenen europäischen Staaten veröffentlichten Resultate des Rekrutierungsgeschäftes zur Beurteilung des Entwicklungs- und Gesundheitszustandes ihrer Bevölkerung München 1867 (Verlag der Akademie).]

Über die Frage nach einem zeitlichen Zusammenhange der Variationen der Rekrutengröße.

§ 162. Wie diese Frage zu verstehen, ist § 156 angegeben. Untersuchen wir sie zunächst in Bezug auf die sächsischen Maße, die uns dazu zu Gebote stehen, d. i. die Leipziger und Studenten. Das allgemeine summarische A der ersten ist 69,61, womit das singuläre übereinstimmt. Bezeichnen wir nun bei jetziger Untersuchung die successiven 17 Jahrgänge von 1846 an mit + oder — je nachdem ihr A über oder unter diesem Mittel steht, so finden wir folgende Vorzeichenreihe:

− − − − + + − + + + + − + − − − +

Bei den Studenten ist das summarische A der zwanzig Jahrgänge 71,76; womit das singuläre ebenfalls übereinstimmt. Und die Folge der Zeichen hiernach:

+ − + + − + − + + − + + + + − + − − − +.

Nun würden nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung bloßen Zufalles eben so viele Zeichenwechsel als Folgen zu erwarten sein, wie man sich überzeugen kann, wenn man eine Urliste von Rekrutenmaßen vornimmt, in welcher die Maße sich nach Zufall folgen, und die einzelnen Maße ebenso nach der Reihe mit + oder — bezeichnet, je nachdem sie größer oder kleiner als das A_1 der Liste sind[1]). Bei den Leipziger Maßen aber beträgt die Zahl der Zeichenfolgen 9, die der Wechsel 7, bei den Studenten die der Zeichenfolgen 7, die der Wechsel 13. Hieraus ist also kein zeitlicher Zusammenhang zu folgern, denn sollte ein solcher bestehen, so müssten die Zeichenfolgen entschieden überwiegen.

Hiergegen ergiebt sich bei den belgischen Maßen (s. unten Tab. VIII) ein sehr auffälliger Zusammenhang. Das singuläre mittlere C aller 33 Jahrgänge von 1843 bis 1875 inklusive ist 1645,8 mm.

---

[1] [Streng genommen müsste der Zentralwert C der obigen Bestimmung unterliegen. Es weichen hier jedoch A und C nicht wesentlich von einander ab.]

Hiergegen sind die gesamten ersten 22 Jahrgänge in minus, die letzten 11 in plus; und sondert man die 33 Jahrgänge in zwei Abteilungen, 16 von 1843 bis 1858 inkl. mit mittl. $C = 1641,3$ und 17 von 1859 bis 1875 mit mittl. $C = 1650,0$, so erhält man in Bezug dazu respektiv folgende Reihen von Zeichen:

$$+ + + + - - - - + + + - + - - - \;;$$
$$- - - - - - - - - + + + + + + + + \,.$$

Noch mehr, es zeigt sich bei den belgischen Maßen nicht bloß eine Neigung, mehrere Jahre hinter einander über und dann wieder unter dem allgemeinen Mittel zu verharren, sondern auch die Neigung, durch eine Reihe von Jahren kontinuierlich zu steigen und dann wieder zu sinken. Wir finden nämlich die Bewegungen in dieser Hinsicht von 1843 bis 1875 sich mit folgenden Vorzeichen folgend:

$$+ + - - - + + + + - - + - - - + - + + + + + - + +$$
$$- + + - + + + \,.$$

Der Zeichenfolgen (Folgen gleicher Zeichen) sind hier 17, der Zeichenwechsel bloß 14. Nach bloßem Zufalle aber würden hier doppelt so viel Zeichenwechsel als Folgen zu erwarten gewesen sein. (So findet es sich nämlich, wie ich mich überzeugt habe, wenn man die Vorzeichen in entsprechender Weise an den Bewegungen der zufällig aufeinander folgenden Rekrutenmaße der Urlisten bestimmt, oder in Listen von gezogenen Lotterienummern, worin die Zahlen sich nach Zufall folgen, eine solche Bestimmung an den Bewegungen der auf einander folgenden Zahlen vornimmt.)

In Sachsen zeigen die Bewegungen der Rekrutenmaße durch 20 Jahrgänge, sei es an A_1, A_2 oder C verfolgt, 5 Folgen auf 13 Wechsel; also noch mehr Wechsel als erforderlich, um bloß für zufällig zu gelten.

Da sich in Sachsen bei den viel kleineren Maßabteilungen, als für ganz Belgien vorliegen, nichts Entsprechendes von einem zeitlichen Zusammenhange der Variation gezeigt hat, so dürfte dies beweisen, dass jener Zusammenhang überhaupt auf sehr allgemeinen Ursachen beruht, die durch lokale Einflüsse, welche sich über größere

Landesstrecken kompensieren, leicht versteckt werden können; und es liegt nicht nur eine interessante Aufgabe vor, dies weiter auch bei anderen Ländern zu verfolgen, sondern auch zu untersuchen, mit welcher Periodizität von Einflüssen die Periodizität im Menschenwachstum zusammenhängt.

§ 163. Ich gebe nun die Zentralwerte *C* für die 33 Jahrgänge 1843—1875, welche von mir aus den Originaltabellen abgeleitet sind, sowie die zugehörigen Werte *g* : *k*, wobei *g* die Zahl der Maße, welche das Intervall 1618 bis 1643 an Größe übersteigen, *k* die Zahl derer, welche es nicht erreichen, bedeutet. Bei diesen Bestimmungen war das Total-*m* aller 33 Jahrgänge (ohne taille inconnue) 1304764; das mittlere *m* also 39538; das Minimum 35584 im Jahre 1852; das Maximum 41851 im Jahre 1860.

VIII. Zentralwerte *C* und Werte *g* : *k* für 19jährige Rekruten in Belgien von 1843 bis 1875[1].

Jahrgang	*C*	*g* : *k*	Jahrgang	*C*	*g* : *k*
	mm			mm	
1843	1642,1	1,412	1860	1639,5	1,316
1844	1642,3	1,414	1861	1642,0	1,432
1845	1644,6	1,515	1862	1642,6	1,474
1846	1642,3	1,428	1863	1643,1	1,495
1847	1640,8	1,357	1864	1645,1	1,577
1848	1635,1	1,159	1865	1647,6	1,694
1849	1639,6	1,308	1866	1646,2	1,583
1850	1641,0	1,340	1867	1648,7	1,692
1851	1644,1	1,468	1868	1653,8	2,022
1852	1644,7	1,539	1869	1651,27	1,892
1853	1644,3	1,504	1870	1651,33	1,876
1854	1641,2	1,361	1871	1656,6	1,930
1855	1641,5	1,370	1872	1654,2	1,923
1856	1640,3	1,321	1873	1659,2	2,233
1857	1640,2	1,336	1874	1664,4	2,549
1858	1637,4	1,229	1875	1664,5	2,570
1859	1639,8	1,320			

---

[1] Diese Tabelle weicht in den Bestimmungen für die sechs ersten Jahrgänge, welche durch Reduktion 18jähriger Rekruten auf 19jährige entstanden

Man sieht, dass abgesehen von den Jahrgängen 1857 und 1870 der Gang der Werte $g:k$ mit dem der Werte C in Richtung von Abnahme und Zunahme überall parallel geht.

Zu bemerken ist, dass nur die Werte der Jahrgänge von 1849 an nach direkten Messungen 19jähriger Rekruten bestimmt sind, die Werte der sechs ersten, durch einen Strich davon getrennten, Jahrgänge aber durch Reduktion aus Messungen 18jähriger, je ein Jahr vorher ausgehobener Rekruten; so dass z. B. das $C = 1642,1$, welches in der Tabelle als für 19jährige Rekruten des Jahres 1843 gültig angegeben ist, aus einem $C = 1632,5$ abgeleitet ist, welches direkt aus Maßen von 18jährigen Rekruten im Jahre 1842 erhalten war[1]. Hierzu folgende Erläuterung.

Bis zum Jahre 1847 inkl. wurden bemerktermaßen die Rekruten mit vollen 18 Jahren gemessen, und waren dann natürlich kleiner, als wenn sie ein Jahr später mit 19 Jahren gemessen worden wären. Um sie hierauf zu reduzieren, habe ich das singuläre Mittel der sechs C, sowie $g:k$ der Jahrgänge 18jähriger Rekruten von 1842 bis 1847 inkl. bestimmt und ersteres 1631,6, letzteres 1,033 gefunden; andererseits die entsprechenden Bestimmungen für die 13 Jahrgänge 19jähriger Rekruten von 1849 bis 1861 gesucht und respektiv 1641,2 und 1,373 gefunden, wonach die C der 18jährigen Rekruten mit $1641,2 : 1631,6 = 1,0059$, die $g:k$ mit $1,373 : 1,033 = 1,329$ multipliziert worden sind, um sie darauf zurückzuführen, dass sie ein Jahr später gemessen worden wären.

Dass ich bloß 13 Jahrgänge 19jähriger Rekruten zum Vergleiche mit den sechs Jahrgängen 18jähriger Rekruten behufs Bestimmung des Reduktionsfaktors genommen, während 27 zu Gebote stehen, hatte zunächst den Grund, dass mir zur Zeit der Vornahme dieser

---

sind, etwas von der ab, die ich in Reclam's Zeitschrift gegeben habe, weil die Reduktion der C in obiger Tabelle ebenso wie der $g:k$ nach singulärer Mittelziehung geschehen ist, indes sie in der Zeitschrift für erstere nach summarischer, nur für letztere nach singulärer Mittelziehung geschehen, was der Vergleichbarkeit einigen Eintrag thut. Prinzipiell muss eben unserenfalls erstere Mittelziehung vorgezogen werden.

[1] Die direkt für das C der 18jährigen Rekruten erhaltenen Werte sind nach der Reihe: 1632,5; 1632,7; 1635,0; 1632,6; 1631,2; 1625,5.

Reduktion nicht mehr Jahrgänge zu Gebote standen; ich bin aber dabei stehen geblieben, weil es an sich nicht zweckmäßig sein dürfte, zu entfernte Jahrgänge zur Reduktion zu benutzen.

Sollte die Reduktion nach dem Verhältnisse der sechs obersten C zu den gesamten 27 übrigen geschehen, so würde der wegen Mitzuziehung der zeitlich sehr entfernten großen Werte von C unstreitig zu große Reduktionsfaktor 1646,8 : 1631,6 = 1,0093 sein, und das allgemeine singuläre Mittel aller 33 Werte von C 1646,8 statt 1645,8 betragen.

rühren ſich noch, wie vorhin. Der einzige Unterſchied iſt, daß vorhin beide kupferne Theile, welche mit dem Zink in Verbindung ſtanden, hinter einander lagen, während ſie ſich jetzt zu den beiden entgegengeſetzten Seiten des Zinks befinden. Eine ſolche entgegengeſetzte Lage iſt alſo hinreichend, die Ladung des Condenſators zu verhindern. Hieraus hat Volta den Schluß ziehen zu müſſen geglaubt, daß die unbekannte Urſach, durch welche die El. bei Berührung des Kupfers und Zinks entwickelt wird, als eine anziehende oder abſtoßende Bewegkraft vom Zink auf das Kupfer und vom Kupfer auf das Zink wirke. Seiner Anſicht zufolge kann bei dem erſten Verſuch, wo beide Kupfertheile ſich auf der nämlichen Seite des Zinks befinden, dieſe Kraft frei wirken, wo dann die El., die dadurch entwickelt wird, ſich auf die Kupferplatte des Condenſators verbreitet. Beim zweiten Verſuch aber, wo das Zink ſich zwiſchen Kupfer und Kupfer befindet, äußert ſich die elektromotoriſche Kraft, welcher Art ſie immer ſey, gleich ſtark zu beiden Seiten des Zinks; es kann alſo keine El. entwickelt werden.

Dieſe Erklärung genügt den allgemeinen Umſtänden der Erſcheinung; iſt aber nicht der reine Ausdruck derſelben, noch weniger eine nothwendige Folgerung daraus. Alles, was der Verſuch von Volta darthut, iſt, daß der Zink und das Kupfer bei Berührung mit einander eine Eigenſchaft gleich der annehmen, welche im Allgemeinen alle heterogenen Körper zeigen, wenn ſie mit einander gerieben werden. Die beiden Elektricitäten können ſich dabei nicht im Gleichgewicht erhalten, in den Verhältniſſen, die den natürlichen Zuſtand der Körper ausmachen. Sind beide Metalle iſolirt, ſo muß der Zink einen beſtimmten Ueberſchuß poſitiver El., und das Kupfer den entſprechenden Ueberſchuß negativer El. haben. Einer natürlichen Folgerung nach nun, wenn man das Kupfer mit dem Boden in leitende Verbindung ſetzt, während der Zink immer noch iſolirt bleibt, muß das Nämliche eintreten, als wenn man die Reibzeuge der Elektriſirmaſchine mit dem Boden in Verbindung ſetzt, während die Scheibe iſolirt bleibt. Die negative El., welche im Kupfer in Ueberſchuß vorhanden iſt, verliert ſich in den Boden, und der Zink erlangt einen neuen Ueberſchuß negativer El., der die, zu ſeinem Gleichgewicht unter dieſen Umſtänden erforderliche, Quantität ergänzt. Der Totalüberſchuß, der hieraus entſteht, verbreitet ſich nicht allein über die ganze Oberfläche des Zinks, ſondern kann ſich auch noch weiter fortpflanzen und pflanzt ſich wirklich über alle Leiter fort, welche von der Beſchaffenheit ſind, daß ſie bei Berührung des Zinks das Gleichgewicht ſeiner natürlichen Elektricitäten nicht ſtören; eben ſo wie auch der Ueberſchuß poſitiver El., welcher durch die Reibung auf der Scheibe der Elektri-

XXV. Gliederung und Asymmetrie des Roggens

(Secale cereale).

§ 164. Hinsichtlich der Bezeichnungen bemerke ich vorweg, dass ich unter Rispe die Fruchtähre, d. i. den obersten Teil des Halmes, welcher die Körner enthält, verstehen werde, unter erstem, zweitem, drittem Glied u. s. f. die Glieder oder sog. Internodien, in der Ordnung vom obersten abwärts, unter Halm die ganze Länge: Summe der Rispe und der Glieder bis zur Wurzel ohne diese.

Es wurde im Jahre 1863 um den 24. Juli von einem mit Roggen bestandenen Felde auf Leutzscher Pflege bei Leipzig, kurz mit L. zu bezeichnen, eine Garbe zur Ernte reifer Halme mit der Wurzel ausgerissen. Die Mehrzahl davon, 217 an der Zahl, hatten 6 Glieder, 138 bloß 5 Glieder, 10 hingegen 7 Glieder und 6 von ziemlich verkümmertem Aussehen bloß 4 Glieder. Auf die 217 sechsgliedrigen und 138 fünfgliedrigen Halme dieser Pflege, vorzugsweise auf erstere, bezieht sich die folgende Hauptuntersuchung betreffs der Asymmetrieverhältnisse und asymmetrischen Verteilung.

Indes schien es von Interesse, ob sich Ähren von anderen Standorten (um Leipzig) hinsichtlich der Verhältnisse der Gliederung ähnlich wie die von der Leutzscher Pflege verhalten, wozu eine geringere Zahl Halme dienen musste, da die Untersuchung sonst nicht von mir durchführbar gewesen wäre. Es wurden also um dieselbe Zeit kleinere Bündel von Halmen von folgenden Standorten um Leipzig entnommen mit folgendem Gehalt an Halmen. Bei Stünz (St.) 16. Juli: 22 Stück, 20 sechsgliedrige, 2 fünfgliedrige; am Täubchenwege

(Thch.) 20. Juli: 24 Stück, 4 sechsgliedrige, 20 fünfgliedrige; bei Schönefeld (Sch.) 15. Juli: 22 Stück, 18 sechsgliedrige, 4 fünfgliedrige. Die Halme rührten von einem schon zur Hälfte abgeernteten Felde her.

Von sämtlichen Halmen wurden die Rispe und die einzelnen Glieder bis zur Knotenmitte besonders gemessen, die Totallänge des Halmes (also mit Einschluss der Rispe, aber ohne die Wurzel) nur durch Addition der einzeln gemessenen Längen erhalten, da es praktisch schwer ausführbar ist, den ganzen Halm im Zusammenhange zu messen, nicht allein wegen der oft großen Länge desselben, sondern auch, weil sich oft Glieder in stumpfen Winkeln aneinander setzen. Wonach die Bestimmung des Halmes verhältnismäßig etwas weniger genau als die seiner Abteilungen ist, weil sich die Irrtümer der Einzelmaße bei der Addition zwar teilweise kompensieren, teilweise aber auch addieren. Auch das unterste Glied ist meist nicht genau zu messen, und die Bestimmungen in Bezug darauf sind von viel geringerem Werte als für die anderen Glieder, weil es meist verkrüppelt ist, so dass nur obenhin mit dem Bandmaße darüber hingemessen werden konnte; und ich hätte sogar die Bestimmungen darüber ganz bei Seite gelassen, wenn nicht einerseits eine fühlbare Lücke dadurch im Totalzusammenhange der Bestimmungen entstanden wäre, und sich nicht die obenhin gewonnenen Bestimmungen doch im allgemeinen ganz gut dem Totalzusammenhange eingereiht hätten. Mitunter kann man im Zweifel sein, ob man das unterste Glied nicht viel mehr zur Wurzel als zum Halme zu rechnen habe, indem sich mitunter schon von seinem oberen Knoten Würzelchen abgesenkt zeigen; sofern jedoch von diesem Knoten abwärts noch ein einfaches, wenn auch verkümmertes Internodium bis zur verzweigten Wurzel verläuft, ist dasselbe immer als unterstes Glied des Halmes gerechnet worden. Auch die reife Rispe kann wegen Ausfalls der untersten Körner leicht zu kurz, und das erste ihm nächste Glied dem entsprechend zu lang gemessen werden; doch ließ sich die Länge der Rispe noch nach einem kleinen, besser mit dem Finger fühlbaren, als mit dem Auge erkennbaren Vorsprunge, der sie vom ersten Gliede scheidet, bestimmen. Die Grannen der Rispe sind nicht mit gemessen.

Zur Messung diente ein in Centimeter genau geteiltes[1], bei den Maßnahmen möglichst gleichförmig gespanntes Bandmaß. Millimeter und mitunter selbst noch halbe Millimeter wurden daran geschätzt. Millimeter selbst am Maßbande anzugeben würde, abgesehen davon, dass das so oft zu wiederholende scharfe Zusehen die Augen zu sehr angegriffen hätte, keinen erheblichen Vorteil gebracht haben, da man Zehnteile eines Centimeters noch genau genug abschätzen kann, nur dass man sich vor der ungleichförmigen Schätzung zu hüten hat, wovon die Rekrutenmaße und Schädelmaße (s. Kap. VII) Beispiele geliefert haben. Alle Abteilungen der Halme aber wurden, nachdem das ganze Bündel gruppenweise durchmessen war, noch einmal gemessen, nicht sowohl um im Mittel beider Messungen noch einen kleinen Vorteil von Genauigkeit zu erlangen, als um gröbere Versehen in der Auffassung und Aufzeichnung durch gegenseitiges Kontrollieren zweier von einander unabhängiger Aufzeichnungen zu erkennen und zu verbessern; Versehen, welche ganz zu vermeiden bei so vielen ermüdenden Maßen und Aufzeichnungen schwerer ist, als man vielleicht meint. Von den beiden Maßen derselben Länge hätte sich dann das Mittel nehmen lassen; ich habe es aber einfachheitshalber vorgezogen, die Summe beider Maße undividiert durch 2 zu lassen, und alle folgenden Angaben beziehen sich auf diese Einrichtung, welche einfach darauf hinauskommt, dass folgends als Einheit der Maße das halbe statt des ganzen Centimeters auftritt.

§ 165. [Auf diesem Wege wurden die primären Tafeln für die Rispe und die einzelnen Glieder des Halmes gewonnen, von welchen Tafel IV in Kap. VII (für das oberste Glied der 217 sechsgliedrigen Halme) ein Beispiel giebt. Aus denselben wurden sodann zunächst die folgenden Tabellen abgeleitet.]

Da die Maßeinheit $\mathcal{E}$ für den Roggen überall $\frac{1}{2}$ cm ist, so unterlasse ich folgends eine besondere Anführung derselben.

---

[1] Die käuflichen Bandmaße sind oft ungenau geteilt.

I. Wert von A_1 für Rispe und Glieder je nach verschiedener Gliederzahl und verschiedenem Standort, die Totallänge des Halmes gleich 100 gesetzt.

	7 gliedr.	6 gliedr.			5 gliedr.	
	L. (10)	L. (217)	St. (20)	Sch. (18)	L. (138)	Tbch. (20)
Rispe	5,8	5,9	7,1	5,7	6,5	5,0
1. Glied	27,5	31,4	31,6	33.7	35,4	34,6
2. Glied	23,6	26,1	25.3	28,7	28,5	28,8
3. Glied	15,6	16,3	15.7	15,6	16,0	16,9
4. Glied	12,3	11,8	12,0	10,0	10,2	10,5
5. Glied	9,3	6,7	6,8	5.1	3.4	4,2
6. Glied	5,2	1,8	1.5	1,2	—	—
7. Glied	0,7	—	—	—	—	—
Absolute Werte von A_1 für den ganzen Halm	318,9	275,2	344.7	286,9	261,1	222,1

II. Werte von $\eta : A_1$.

	7 gliedr.	6 gliedr.			5 gliedr.	
	L. (10)	L. (217)	St. (20)	Sch. (18)	L. (138)	Tbch. (20)
Rispe	0,285	0,212	0,234	0,183	0,217	0,184
1. Glied	0,119	0,115	0,116	0,105	0,108	0,101
2. Glied	0,106	0,117	0,114	0,106	0,126	0,101
3. Glied	0,111	0,119	0,168[1]	0,099	0,128	0,144
4. Glied	0,128	0,141	0,094	0,135	0,201	0,177
5. Glied	0,157	0,253	0,179	0,312	0,407	0,490
6. Glied	0,164	0,487	0,542	0,576	—	—
7. Glied	0,241	—	—	—	—	—
Ganzer Halm . .	0,083	0,099	0,076	0,093	0,104	0,089

---

[1] 0,168, obwohl durch Revision als richtig berechnet erwiesen, ist doch als anormal anzusehen, da sonst überall das $\eta : A$ des dritten Gliedes kleiner als das des vierten ist.

III. Elemente der 217 sechsgliedrigen Halme Leutzscher Pflege nach primärer Tafel.

	Rispe	1. Gl.	2. Gl.	3. Gl.	4. Gl.	5. Gl.	6. Gl.	Halm
A_1	16,2	86,5	71,8	44,9	32,5	18,4	4,9	275,2
G_1	15,8	85,5	71,0	44,2	31,9	17,4	4,0	272,8
E_1	7,5	42,9	38,9	19,1	15,0	6,0	0,6	147,9
E'	27,9	112,2	99,8	61,9	48,0	34,0	19,0	352,6
u	−5	+25	+10	+10	−3	−15	−33	+13
$U'-U_1$	+3,0	−17,9	−4,9	−8,8	−2,0	+3,2	+9,8	−49,9

IV. Elemente der 138 fünfgliedrigen Halme Leutzscher Pflege nach primärer Tafel.

	Rispe	1. Gl.	2. Gl.	3. Gl.	4. Gl.	5. Gl.	Halm
A_1	16,9	92,4	74,4	41,8	26,7	8,9	261,1
G_1	16,3	91,5	73,4	41,2	25,8	7,6	258,8
E_1	7,0	53,5	34,1	19,5	6,3	1,6	158,7
E'	33,4	119,4	96,4	62,4	41,8	22,0	330,9
u	−2	+14	+8	+8	+4	−14	+10
$U'-U_1$	+6,6	−11,9	−18,3	−1,7	−5,3	+5,8	−32,6

§ 166. Die Resultate vom meisten allgemeinen Interesse, welche sich aus vorstehenden Tabellen ziehen lassen, scheinen mir folgende zwei zu sein.

1) Dass sich bestimmte gesetzliche Gliederungsverhältnisse beim Roggen der Art finden, dass sie als charakteristisch für den Roggen gelten können und unstreitig Anlass geben können, nicht nur die verschiedenen Getreidearten und überhaupt Gramineen danach im Interesse ihrer vergleichenden Charakteristik zu untersuchen, sondern auch den Einfluss der äußeren Umstände, wie der Bodenbeschaffenheit und Jahreswitterung darauf zu studieren.

2) Dass sich daraus entscheidende Beweise für das Dasein einer wesentlichen Asymmetrie und eine Unterlage für Prüfung ihrer Gesetze ergeben.

Gehen wir zuerst dem ersteren Interesse der Untersuchung nach.

Man kann es fraglich finden, ob die Variationen, welche die einzelnen Roggenhalme in betreff ihrer Länge und ihrer Gliederungsverhältnisse zeigen, vielmehr von einer zufälligen Verschiedenheit der Samenkörner oder der Beschaffenheit des Bodens, von dem jedes einzelne umlagert wird, abhängen, wahrscheinlich von beiden Ursachen, ohne dass sich bisher empirisch darüber entscheiden lässt. Jedenfalls finden folgende Kollektivverhältnisse statt.

1) Trotzdem, dass die mittlere Länge A, der ganzen Halme je nach dem Standorte zwischen 344,7 und 222,1 schwankt, worüber die Angaben unter Tabelle I nachzusehen, sind doch die Verhältnisse der Glieder (ihren arithmetischen Mitteln nach) zur Totallänge unabhängig davon und nur mit der Zahl der Glieder als variabel anzusehen, kurz sie können für den Roggen bei gegebener Gliederzahl als konstant und mithin charakteristisch gelten. Tabelle I enthält dazu die Belege, sofern darin alle Glieder, sowie die Rispe nach Verhältnis des Halmes (gleich 100) reduziert sind. Da außer Leutzsch mit $m = 217$ und 138 die anderen Standorte nur ein $m = 10$; 18 und 20 haben, hätte ich nicht geglaubt, dass bei der durch dieses geringe m bedingten Unsicherheit die Übereinstimmung der relativen Gliederlängen für gegebene Gliederzahl so weit hätte gehen können, als es der Fall ist. Nur bei Schönefeld (mit $m = 18$) zeigen sich einige größere Differenzen von den anderen Standorten für die sechsgliedrigen Halme; aber man vergleiche hingegen für die sechsgliedr. Halme die überraschende Einstimmung der Gliederverhältnisse zwischen L. (217) und St. (20) bei den sehr verschiedenen Totallängen 275,2 und 344,7; sowie die nicht minder bemerkenswerte für die fünfgliedr. Halme zwischen L. (138) und Tbch. (20) bei der verschiedenen Totallänge 261,1 und 222,1. Ja selbst Sch. fünfgliedr. mit $m = 4$ stimmt merkwürdig damit zusammen, und nur Tbch. sechsgliedr. mit $m = 4$ und L. viergliedr. mit $m = 6$ zeigen nicht unerhebliche Abweichungen; aber Vergleiche bei so kleinen m können überhaupt nicht maßgebend sein und sind daher in voriger Tabelle übergangen. Übrigens dürfte es überhaupt zweckmäßiger gewesen sein, die einzelnen Glieder im Verhältnisse zur Summe der Glieder

d. i. zum Halme ohne Rispe als mit Rispe, wie es hier geschehen ist, in Betracht zu ziehen.

2) Vergleicht man die Kolumnen für die sieben-, sechs- und fünfgliedr. Halme der Tab. I, so findet man allgemein, dass mit Absteigen in dieser Gliederzahl die drei ersten Glieder an verhältnismäßiger Länge zunehmen, die letzten aber abnehmen. Oder kurz: wenn die Gliederzahl abnimmt, so verlängern sich die oberen Glieder und verkürzen sich die unteren im Verhältnisse zur Totallänge. Für die Rispe ist keine bestimmte Regel in dieser Hinsicht sichtbar.

3) Wirft man etwa die Frage auf, ob in den Gliederungsverhältnissen des Roggens die von Zeising aufgestellte und mehrfach acceptierte Behauptung sich bestätige, dass in der Natur das irrationale Verhältnis des goldenen Schnittes, d. i. merklich genau 100 : 162, eine ausgezeichnete Rolle spiele, so wird man dies nach Tabelle I nicht bejahen können, da das Verhältnis der aufeinander folgenden Glieder zu einander überhaupt ganz variabel ist. Eben so wenig scheint eine Tendenz zu einfachen rationalen Verhältnissen vorhanden zu sein.

4) Der einfache Mittelfehler oder die einfache mittlere Schwankung $\varepsilon_1 = \Sigma\Delta : m$ bez. A nimmt im absoluten Werte vom obersten bis zum untersten Gliede ab, wofür ich keine Tabelle beigefügt habe. Da nun aber auch der Wert A in dieser Richtung abnimmt, so fragte sich, wie es sich mit dem verhältnismäßigen Werte $\varepsilon_1 : A = \Sigma\Delta : mA$, oder der verhältnismäßigen Schwankung in dieser Hinsicht verhält, was nach Tab. II zu beurteilen. Hier nun zeigt sich das Bemerkenswerte, dass das $\varepsilon_1 : A$ der zwei bis drei obersten Glieder weder nach der Ordnungszahl dieser Glieder (ob erstes, zweites Glied u. s. w.), noch nach der Art der Halme (ob sieben-, sechs- oder fünfgliedrig), noch endlich nach dem Standorte in erheblichem Grade variiert, nur dass bei den sieben- und sechsgliedrigen Halmen die merkliche Konstanz sich auf die drei[1]), bei den fünfgliedrigen nur auf die zwei obersten Glieder erstreckt. Nach Maßgabe aber, als man zu tieferen Gliedern absteigt, wächst nicht

---

[1] Der Wert 0,168 beim dritten Gliede Stünz ist, ohne auf Rechnungsfehlern zu beruhen, erkennbar abnorm, da ihm der kleinere Wert 0,094 beim vierten Gliede folgt.

nur $\eta : A$ allgemein mit der Tiefe der Glieder bei Gleichheit des Standortes und der Gliederzahl, sondern ändert sich auch bei Gleichheit der Ordnungszahl nach diesen beiden Momenten. Das $\eta : A$ der Rispe ist überall erheblich größer, durchschnittlich etwa doppelt so groß, als das des ersten Gliedes, hingegen das $\eta : A$ des ganzen Halmes kleiner als das irgend einer Abteilung; was sich leicht versteht.

Da in den Werten von $\eta : A$ der Tab. II das η unkorrigiert ist, so würden durch Anbringung der Korrektur $\sqrt{m : (m-1)}$ (s. § 44) die angegebenen Werte eigentlich noch für folgende Werte m in folgendem Verhältnisse r zu erhöhen sein:

m	10;	20;	138;	217
r	1,054;	1,026;	1,004;	1,002.

Man sieht aber leicht, dass dies in den gezogenen Folgerungen nichts ändern würde.

§ 167. Hiernach komme ich zu dem Teile der Untersuchung, welcher auf die Asymmetrieverhältnisse Bezug hat; wozu bloß die vom Standorte Leutzsch erhaltenen Daten mit 217 sechsgliedr. und 138 fünfgliedr. Halmen ein hinreichendes m gewähren. Auch selbst ein $m = 217$ ist freilich noch nicht groß genug, um den Einfluss unausgeglichener Zufälligkeiten bis zu einem erwünschten Grade herabzudrücken[1], doch wird sich zeigen, dass bei *erforderlicher* Reduktion und scharfer Behandlung sich die Rechnungsresultate in sehr guter Einstimmung mit den Sätzen der kollektiven Asymmetrie finden; ohne alle Reduktion aber geben schon die Werte von $u = \mu' - \mu_{,}$ und $U' - U_{,}$ (wovon $U' = E' - A$; $U_{,} = A - E_{,}$ in Tafel III und IV den Beweis, dass wesentliche Asymmetrie hier vorliegt.

Sollte nämlich wesentliche Symmetrie der Abweichungen bez. A stattfinden, so müsste der Unterschied u zwischen den beiden Abweichungzahlen $\mu', \mu_{,}$, sowie der Unterschied $U' - U_{,}$ zwischen den beiden extremen Abweichungen, die in Tab. III u. IV zwar nicht angegeben, aber als $U' = E' - A$ und $U_, = A - E$, daraus leicht zu finden sind, nur von unausgeglichenen Zufälligkeiten abhängen und zwischen den Gliedern der Halme nach Größe und Vorzeichen zufällig wechseln. Verfolgen wir aber den Unterschied u durch die Reihe der Glieder abwärts, so sehen wir den beim ersten Gliede positiven Wert desselben kontinuierlich an Größe abnehmen, und von einem gewissen Gliede an (für die sechsgliedr. Halme vom vierten an — für die fünfgliedr. erst beim fünften Gliede selbst) ins Negative umschlagen. Thun wir eben so mit dem Unterschiede $U' - U_,$, so finden wir das Entsprechende mit umgekehrten Vorzeichen, nur dass hier auch bei den sechsgliedr. Halmen der Umschlag erst beim fünften Gliede beginnt. Zugleich geben diese Tabellen Gelegenheit, den allgemeinen Satz (§ 33; 142) zu bewähren, dass $U' - U_,$ das entgegengesetzte Vorzeichen von $\mu' - \mu_,$ hat, was nur bei sehr kleinem u und $U' - U_,$ eine scheinbare Ausnahme durch unausgeglichene Zufälligkeiten erleiden kann, wovon man hier auch das Beispiel bei dem vierten Gliede der sechsgliedr. Halme findet. Für die Rispe ist bei den sechs- wie fünfgliedr. Halmen u negativ, $U' - U_,$, positiv; für den ganzen Halm ersterer Wert positiv, letzterer negativ.

---

[1] [In der That ist der wahrscheinliche Wert V der Differenz $u = \mu' - \mu_{,}$ bez. A, bei Voraussetzung wesentlicher Symmetrie nach § 98 auf Grund der Formel $V = \pm 0,6745 \sqrt{m}$ gleich ± 10.]

Es würde nun sehr interessant sein, zu untersuchen, ob der so bestimmt ausgesprochene gesetzliche Gang der u und $U' - U_,$, der hier nur für einen einzigen Standort (Leutzsch) und die Witterung eines bestimmten Jahres (1863) bei hinreichend großem m sich erwiesen hat, sich auch bei anderen Standorten und anderen Jahreswitterungen wiederfindet, da es an sich sehr möglich ist, dass andere Standorte und Witterungsverhältnisse während des Wachstums der Halme andere Verhältnisse in dieser Hinsicht mitführen. Nun liegen mir zwar auch die Data für andere Standorte (St., Tbch., Sch.) vor, aber nur mit einem m von 18 bis 20, was viel zu wenig ist, um sichere Resultate zu erwarten: doch habe ich, um wenigstens eine Vermutung zu begründen, St. und Tbch., beide mit $m = 20$, hinsichtlich des Ganges ihrer u untersucht und dabei die in folgender Tabelle verzeichneten Resultate erhalten.

V. A_1 und u für die Standorte Tbch. und St., beide mit $m = 20$.

	A_1		u	
	Tbch. 5 gl.	St. 6 gl.	Tbch.	St.
Riespe . . .	11,2	24.5	− 6	− 2
1. Gl. . . .	76,8	108,9	− 2	± 0
2. Gl. . . .	63,9	87,2	± 0	+ 2
3. Gl. . . .	37.6	54,1	− 2	− 2
4. Gl. . . .	23.3	41.4	− 6	+ 2
5. Gl. . . .	9.3	23.4	− 2	± 0
6. Gl. . . .	—	5.2	—	− 4
Halm . . .	222.1	344.7	− 6	+ 2

Hiernach aber darf man allerdings mit ziemlicher Sicherheit vermuten, dass der Standort von wesentlichem Einfluss auf den Gang der u und hiermit die Asymmetrieverhältnisse des Roggens ist, da für Tbch. alle u negativ oder null sind, für St. unbestimmt in Größe und Vorzeichen wechseln[1].

§ 168. Für die ganzen bisherigen Ergebnisse lagen nur die primären Tafeln unter, welche aber keine zulängliche Bestimmung des dichtesten Wertes, Berechnung der davon abhängigen Verteilung und überhaupt Untersuchung der zu D in Beziehung stehenden Verhältnisse gestatten. Wir gehen also jetzt zu reduzierten Tafeln über, welche sich fortan bloß auf das Leutzscher Material und zwar das sechsgliedrige mit $m = 217$ beschränken werden.

[Aber auch von diesem Material sollen bloß die fünf oberen Glieder Berücksichtigung finden. Denn sie genügen zur Bewährung der asymmetrischen Verteilungsgesetze und gestatten eine ausreichende, ſirmaſchine erregt wird, ſich über die benachbarten Leiter verbreitet. Und die, ſolchergeſtalt durch Mittheilung ſich fortpflanzende Quantität iſt auch in beiden Fällen gleicherweiſe durch die Bedingung beſchränkt, daß die Repulſivkräfte, welche von den Ladungen beider Körper auf die Puncte, durch welche ſie mit einander in Verbindung ſtehen, ausgeübt werden, einander gleich ſind. Bringen wir nun den Zink Z, zwiſchen zwei Kupferſtücke C, C′, Fig. 53, deren eins C mit dem Boden in Verbindung ſteht, ſo werden die Verhältniſſe des Zinks zu dieſem Stück von der eben beſchriebenen Art ſeyn; d. h. das Kupferſtück C wird ſich im natürlichen Zuſtande befinden, und das Zinkſtück Z einen Ueberſchuß poſitiver El. beſitzen, den wir durch + e vorſtellen können. Hätte nun dieſes nämliche Zinkſtück blos mit ſeiner andern Fläche mit dem andern Kupferſtück C′ in Berührung geſtanden, und wäre letztres in unmittelbarer Verbindung mit dem Boden geweſen, ſo würde die Ladung des Zinks noch die nämliche geweſen ſeyn, und wieder + e zum Ausdruck gehabt haben, während die des Kupferſtücks C′ null geweſen wäre, wegen ſeiner Verbindung mit dem Boden. Nun findet eine ſolche Verbindung des Stücks C′ wirklich durch das Syſtem des Zinks und unterſten Kupferſtücks hindurch Statt; und nichts hindert daher das Kupferſtück C′, aus dem Boden durch dies Syſtem hindurch die poſitive El. zu ziehen, deren es bedarf, um den, bei ſeiner Berührung mit dem Zink angenommenen, Ueberſchuß negativer El. zu neutraliſiren, und um ſich ſo in die Bedingungen zu verſetzen, welche das el. Gleichgewicht nöthig macht, wenn das, mit dem Boden in Verbindung ſtehende, Kupferſtück mit dem Zink in Berührung iſt. Wir haben durch den erſten Verſuch geſehen, daß dieſe Bedingungen das Kupfer in natürlichen Zuſtand verſetzen, wenn das Zink + e hat; dies wird alſo auch der Zuſtand des obern Kupferſtücks C′ unter dieſen Umſtänden ſeyn; ſo daß das el. Gleichgewicht des ganzen Syſtems folgendermaßen ausgedrückt werden wird, wo das Zeichen + einen Ueberſchuß poſitiver El. andeutet.

---

[1] [Dabei ist jedoch zu beachten, dass hier der wahrscheinliche Wert von u bei Voraussetzung wesentlicher Symmetrie bez. A_1 aus der Formel $V = \pm 0{,}67 \sqrt{20}$ (s. § 98) gleich ± 3 sich ergiebt, wonach bloß drei von den obigen dreizehn Werten den wahrscheinlichen Wert V übersteigen. Es ist folglich in der That ein Überwuchern rein zufälliger Asymmetrie anzunehmen, was keineswegs ausschließt, dass für Tbch. und St. bei größerem m ähnliche Gesetzmäßigkeiten auftreten können wie die für L. beobachteten.]

Oberes, auf dem Zink liegendes, Kupferſtück C′ . . . 0
Zinkſtück Z, unter C′, über C liegend . . . . + e
Unteres, mit dem Boden in Verbindung ſtehendes,
Kupferſtück C . . . 0

Es ergiebt ſich mithin aus dieſer Zergliederung der Erſcheinung, daß ein ſolches Syſtem dem Condenſator in der That keinen Ueberſchuß der Ladung mittheilen kann, wenn man es am Stück C mit der Hand faßt, und mit dem Stück C′ den Collector des Condenſators berührt, der ebenfalls aus Kupfer iſt; und um zu dieſem Reſultate zu gelangen, haben wir keine Hypotheſe nöthig gehabt, ſondern blos berichtigende Kontrolle des in Tafel III hervortretenden Ganges der Asymmetrie. Es ist überdies angezeigt, gerade von der Rispe und dem untersten Gliede abzusehen, da aus den oben (§ 164) angegebenen Gründen die Ergebnisse einen nur zweifelhaften Wert besitzen würden. Ich gebe demgemäß folgends die z-Werte der fünf ersten Glieder für ein reduziertes $i = 4\varepsilon$ in übrigens beliebig gewählter Reduktionslage und füge den beobachteten Werten die berechneten Werte, wie sie das zweiseitige G. G. hergiebt, unmittelbar bei. In direktem Anschluss daran finden sich die Elemente, die der Berechnung zu Grunde gelegt wurden, verzeichnet:

VI. Reduzierte Tafel der 217 sechsgliedrigen Halme (L.).

$$i = 4\varepsilon; \quad m = 217.$$

1. Glied			2. Glied			3. Glied			4. Glied			5. Glied		
a	z beob.	z ber.	a	z beob.	z ber.	a	z beob.	z ber.	a	z beob.	z ber.	a	z beob.	z ber.
44	1	1	38	1	1	18	1	0	15	3	1,5	3	0	2
48	1		42	1	1	22	1	0,5	19	5	6	7	11,5	10
52	1	1	46	1,5	3	26	2.5	2	23	12,5	17	11	29	28
56	2	2	50	6,5	5	30	4.5	6	27	38	36	15	48	50
60	4	3	54	6,5	8,5	34	16,5	15	31	55,5	53,5	19	63.5	56
64	6	6	58	15.5	13	38	20.5	29	35	57,5	54	23	38	41
68	8	9	62	17,5	18,5	42	43.5	42,5	39	31,5	34	27	15.5	21
72	9	13	66	25,5	24	46	58,5	49	43	11	12	31	8	7
76	21,5	17	70	29,5	29	50	39	41	47	3	3	35	3,5	2
80	15.5	22	74	30,5	32	54	19	22						
84	24	25	78	32	32	58	7	8						
88	33.5	28	82	25,5	25	62	4	2						
92	27.5	28	86	16	15									
96	23,5	24	90	6,5	7									
100	18,5	18	94	0,5	2									
104	13,5	11	98	1,5	1									
108	4	6												
112	3,5	3												

VII. Elemente der 217 sechsgliedrigen Halme (L.) nach reduzierter Tafel.

	1. Glied	2. Glied	3. Glied	4. Glied	5. Glied
A_0	86,52	71,69	44,83	32,39	18,38
C_2	87,85	72,52	45,30	32,60	18,26
D_p	90,58	76,73	46,23	33,46	17,96
D_i	88,45	76,75	45,74	33,29	18,51
u	−45	−65	−27	−24	+10
$e_,$	11,82	10,98	6,28	5,33	4,60
e'	7,76	5,94	4,88	4,26	5,02
p	0,67	0,84	0,66	0,80	0,71

Der Vergleich zwischen Theorie und Erfahrung zeigt eine hinreichende Übereinstimmung, die um so mehr befriedigen kann, als das den Bestimmungen zu Grunde liegende $m = 217$ verhältnismäßig klein ist. Insbesondere kann man bemerken, dass das zweite Glied den Forderungen der Theorie gut entspricht, worin natürlich kein unterscheidendes Merkmal den übrigen Gliedern gegenüber sondern nur eine Zufälligkeit zu suchen ist, die mit der gerade gewählten Reduktionsstufe und Reduktionslage zusammenhängt. Es bewährt sich mithin das zweiseitige G. G. an den Roggenhalmen.]

[Damit ist zugleich das Vorhandensein wesentlicher Asymmetrie außer Frage gestellt. Um aber die Schlüsse hinsichtlich der Abnahme und Umkehr der Asymmetrie für absteigende Glieder, die durch den regelmäßigen Gang der u-Werte in den Tabellen III und IV nahe gelegt werden, zu kontrollieren, ist es angezeigt mit den auf A, sich beziehenden u der Tabelle III die entsprechenden bez. D_p geltenden u obiger Tabelle zu vergleichen. Dieser Vergleich lehrt, dass hier das zweite Glied an Stelle des ersten den Maximalwert besitzt, und die Umkehr der Asymmetrie erst beim fünften Gliede statt beim vierten hervortritt, und dass überhaupt die Schwankungen zwischen den aufeinander folgenden Gliedern anders verteilt und stärker sind als dort. Fragt man nun, welche Werte als maßgebend anzusehen sind, so wird man berücksichtigen müssen, dass zwar stets einem u-Werte bez. A ein, mit dem Verhältnisse $(D-C):(C-A)$ wachsender, relativ großer u-Wert bez. D von entgegengesetztem Vorzeichen entspricht, dass aber dabei die Wahl der Reduktionsstufe und Reduktionslage die Lage der Werte D, C und A, und zwar diejenige von D in stärkerem Maße als die von C und A beeinflusst, wie aus den Vergleichstabellen der Elemente für verschiedene Reduktionsstufen und Reduktionslagen im VIII. Kapitel zu ersehen. Hierdurch erklären sich die schärferen Schwankungen der u im Vergleiche zu dem ruhigeren Gange der u. Trotzdem ist ein endgültiges Urteil über die Asymmetrieverhältnisse vielmehr auf die u als auf die u zu gründen. Denn letztere geben nur einen Anhalt, um festzustellen, ob und in wie weit die bei wesentlicher Symmetrie bez. A zu erwartenden u-Werte von den beobachteten überschritten werden; dagegen hat bei Voraussetzung wesentlicher Asymmetrie D_p als wahrscheinlichster Wert zu gelten, und es sind demgemäß die Wahrscheinlichkeiten p und $q = 1 - p$ für eine obere und untere Abweichung im Verhältnisse der beobachteten mittleren Abweichungen e' und e, vorauszusetzen, während eine entsprechende Annahme für die Abweichungen bez. A nicht statthaft ist. Es sind sonach im Einklange mit den Angaben des Zusatzes zu Kap. XIV (§ 101) die wahrscheinlichen Grenzen von u gleich:

$$(p-q)m \pm 0{,}6745\sqrt{4pqm}$$

zu setzen und auf Grund der Proportion $p:q = e':e$, zu berechnen, wonach sich im vorliegenden Falle für jedes der fünf Glieder abgerundet der Wert ± 10 als obere und untere wahrscheinliche Grenze, von den in der Tabelle angegebenen wahrscheinlichsten u-Werten gerechnet, ergiebt. Hieraus folgt allerdings nicht nur, dass jedem Gliede für sich betrachtet wesentliche Asymmetrie zukommt, sondern auch, dass die Schwankungen zwischen den aufeinander folgenden Gliedern mit Ausnahme derjenigen zwischen dem dritten und vierten Gliede als wesentliche anzuerkennen sind. Da jedoch hierbei die in der Kleinheit von m und in der Wahl der Reduktionslage begründete Unsicherheit in Bestimmung von D_p nicht berücksichtigt ist, wird es geraten sein, auf die absoluten Werte der beobachteten u

kein allzugroßes Gewicht zu legen und nur im allgemeinen die Tendenz zur Abnahme der Asymmetrie beim Absteigen in der Reihe der Glieder und zur Umkehr der Asymmetrie bei den unteren Gliedern zu betonen.]

§ 169. [Schließlich erhebt sich noch die Frage, ob die Verhältnisse der Roggenglieder einer kollektiven Behandlung sich fügen. Diesem Interesse dienen die beiden folgenden Tabellen, welche für die Verhältnisse des ersten und zweiten Gliedes und des zweiten und dritten Gliedes reduzierte Tabellen zum Vergleiche zwischen Beobachtung und Rechnung, sowie jedesmal nebenstehend die Werte der Elemente unter Zugrundelegen des logarithmischen Verteilungsgesetzes bringen. Die drei auf einander folgenden kleinsten und größten Werte der Verhältnisse des ersten und zweiten Gliedes sind 0,64, 0,98 und 1,00 einerseits; 1,50, 1,97 und 2,11 andererseits. Die entsprechenden Werte für die Verhältnisse des zweiten und dritten Gliedes sind 1,12, 1,15 und 1,16 einerseits; 2,22, 2,42 und 2,63 andererseits. Die mit a zu bezeichnenden Logarithmen halten sich somit im ersteren Falle zwischen den Grenzen $-0{,}19$ und $+0{,}32$; im letzteren Falle zwischen den Grenzen 0,05 und 0,42. Dies führt bei einem reduzierten $i = 0{,}02$ zu folgenden Werten:

VIII. Verhältnisse der drei obersten Glieder der 217 sechsgliedrigen Halme (L.) und ihre Elemente.

$i = 0{,}02$; $m = 217$.

1. Glied : 2. Glied

a	z	
	beob.	ber.
− 0,19	1	0
− 0,03	0	1
− 0,01	1,5	3
+ 0,01	11,5	9
+ 0,03	15	21
+ 0,05	35	34
+ 0,07	47	43
+ 0,09	47	41
+ 0,11	30	31
+ 0,13	16	19
+ 0,15	7	10
+ 0,17	4	4
+ 0,19	0	1
+ 0,29	1	0
+ 0,33	1	0

$\mathcal{S} = 0{,}080$
$\mathcal{C} = 0{,}079$
$\mathcal{D}_p = 0{,}076$
$\mathcal{D}_i = 0{,}080$
$u = +13$
$e_1 = 0{,}030$
$e' = 0{,}034$
$p = 0{,}75$

$G = 1{,}202$
$C = 1{,}199$
$\mathcal{T}_p = 1{,}191$
$\mathcal{T}_i = 1{,}202$

2. Glied : 3. Glied

a	z	
	beob.	ber.
0,05	1	1
0,07	5	2
0,09	3	5
0,11	8	8
0,13	14	13
0,15	17,5	19
0,17	23,5	24
0,19	26	28
0,21	37	29
0,23	26	26
0,25	17	22
0,27	14	16
0,29	9	11
0,31	9	7
0,33	2	3
0,35	3	2
0,37	0	1
0,39	1	0
0,41	1	0

$\mathcal{S} = 0{,}206$
$\mathcal{C} = 0{,}206$
$\mathcal{D}_p = 0{,}206$
$\mathcal{D}_i = 0{,}210$
$u = 0$
$e_1 = 0{,}048$
$e' = 0{,}048$
$p = 0:0$

$G = 1{,}607$
$C = 1{,}607$
$\mathcal{T}_p = 1{,}607$
$\mathcal{T}_i = 1{,}622$

Bemerkenswert ist der geringe Grad der Asymmetrie, die für das Verhältnis des zweiten und dritten Gliedes sogar völlig fehlt und erst beim Fortgang zur vierten Dezimalen der Hauptwerte $\mathcal{S}$, $\mathcal{C}$ und $\mathcal{D}_p$ rechnerisch auftreten würde. Die Berücksichtigung der vierten Dezimalstelle würde jedoch an der theoretischen Verteilung der z auf die einzelnen Intervalle nichts ändern, da sie nur auf die Bruchteile der z Einfluss hätte. Die Werte $\mathcal{S}$ sind nach Bestimmung aus den primären Tabellen für das Verhältnis des ersten und zweiten Gliedes gleich 0,081 und für das Verhältnis des zweiten und dritten Gliedes gleich 0,205. Die extremen a für das erste und zweite Glied stellen sich auf Grund der Verteilungsrechnung als entschieden abnorm dar.]

XXVI. Die Dimensionen der Galleriegemälde.

§ 170. [Im XXI. Kapitel wurde bereits ein K.-G. den Dimensionen der Galleriegemälde entnommen und als Beispiel im Interesse des Vergleiches zwischen der arithmetischen und logarithmischen Behandlungsweise vorgeführt. Dabei dienten die Maße von Urlisten, wie sie die dort angeführten Kataloge hergaben, als unmittelbare Unterlage bei Aufstellung der reduzierten Verteilungstafeln, und zwar ebensowohl für die logarithmische wie für die arithmetische Reduktion. — Hier sollen nun die Ergebnisse der eingehenden Untersuchung, welche bezüglich der Dimensionen der verschiedenartigen Galleriegemälde vom Standpunkte der kollektiven Asymmetrie aus in dem Anhangsabschnitte zur »Vorschule der Ästhetik« geführt worden ist, mitgeteilt und die dortselbst aufgeführten arithmetisch reduzierten Verteilungstafeln teilweise einer logarithmischen Behandlung zu Grunde gelegt werden. Die letztere kann dann zugleich als Beleg dafür dienen, dass ohne Rückgang zu Urlisten oder primären Verteilungstafeln die arithmetisch reduzierten Tabellen eine ausreichende Unterlage zur logarithmischen Behandlung auch dann noch gewähren können, wenn — wie im vorliegenden Falle — die Endabteilung der größeren Maße von einer Grenze ab als Rest zusammengefasst wird und ihre Erstreckung nur aus den angegeben extremen Werten bestimmbar ist.]

[Ich entnehme nun der bezeichneten Quelle[1] zunächst die Angaben über die Sachlage der Untersuchung (§ 171) und weiterhin (§ 172 und 173) die Verteilungstafeln und die Tabellen der Elemente nebst den hieran zu knüpfenden Erörterungen, um sodann (§ 174) den Erfolg der logarithmischen Behandlung an vier Beispielen zu zeigen. Schließlich teile ich (§ 175) wiederum aus der Vorschule der Ästhetik Angaben über das Verhältnis von Höhe und Breite und über den Flächeninhalt der Galleriegemälde mit.]

---

[1] [Vorschule der Ästhetik; 1876. Zweiter Teil, S. 275 flgd.]

§ 171. Als Bilderklassen werden religiöse, mythologische, Genre-, Landschafts- und Stillleben-Bilder unterschieden:

a) Religiöse Bilder, d. s. Bilder mit alttestamentlich- und christlich-religiösem Inhalte. Hierzu wurden nicht nur Kompositionen mit mehreren Figuren gerechnet, sondern auch selbst einzelne Köpfe und Figuren, wie Christusköpfe, Heiligenbilder, Darstellungen von Märtyrergeschichten, selbst Landschaften mit heiliger Staffage, so dass diese Klasse eigentlich ein schlecht definiertes Sammelsurium ist; daher auch eine sehr unregelmäßige Verteilung nach Maß und Zahl darin statt fand.

b) Mythologische, d. s. Bilder mit einem Inhalte aus der griechischen und römischen Götter- und Heroenwelt, entsprechend weit gefasst, daher auch schlecht verteilt.

c) Genrebilder, im üblichen Sinne, ohne Kriegs- und Jagdszenen.

d) Landschaften, mit Einschluss von Marinen, doch ohne Hafen- und Städteansichten.

e) Stillleben, d. s. Bilder mit toten Gegenständen (abgesehen von der dabei ausgeschlossenen Architektur), als wie Zusammenstellungen von Esswaren, Geräten, ferner Blumen- und Fruchtstücke, mit Ausnahme solcher, welche menschliche Figuren mit einschließen, mit Einschluss aber solcher, in welchen Tiere nebensächlich auftreten.

Nicht zur Untersuchung gezogen sind weltlich historische Bilder, Architekturbilder, Porträts, überhaupt die nicht in vorigen Klassen begriffenen Bilder. Überall ausgeschlossen sind Fresken- und Tapetenbilder, Diptychen und Triptychen und solche Tafeln, auf welchen verschiedene Darstellungen in von einander abgegrenzten Abteilungen enthalten waren.

Natürlich konnten mehrfach Zweifel entstehen, ob ein Bild als Genrebild sollte unter c) mit aufgenommen oder als weltlich historisches Bild bei Seite gelassen werden, ob ein Bild als Landschaft unter d) sollte aufgenommen oder als bloßes Viehstück bei Seite gelassen werden u. s. w.; und gar wohl hätten andere die zweifelhaften Fälle etwas anders rubrizieren können. Indes kommt hierauf nicht viel an, weil die Unsicherheit immer nur verhältnismäßig wenig Bilder betrifft, so dass die Verhältnisse dadurch nicht erheblich beteiligt werden können. Ein ganz scharfes Trennungsprinzip lässt sich hierbei überhaupt nicht aufstellen; ich bin nach dem Aperçu des vorwiegenden Eindruckes der Bilderbezeichnung in den Katalogen gegangen.

Mehrfach kommen Fälle vor, dass zwei oder gar eine Reihe ihrem Inhalte nach zusammengehöriger Bilder von demselben Formate hinter einander in den Katalogen aufgeführt sind. So kommen in der dritten Partie des Louvre-Kataloges: École française p. 342 ff. von No. 525 bis 547 unter dem Gemeintitel: »Les principaux traits de la vie de St. Bruno«, *22* Bilder von Le Sueur vor, welche, mit Ausnahme von No. 533, alle dieselben Dimensionen $h = 193$; $b = 130$ cm haben.

Es entstand die Frage, ob in solchen Fällen alle Exemplare als ein einziges nur einmal oder so oft, als sie vorkamen, in die Verteilungstafel aufgenommen und verrechnet werden sollten.

Käme es nun darauf an, was aber wenig Interesse haben dürfte, die faktischen Mittelwerte der in gegebenen Gallerien enthaltenen Bilder von gegebener Art und die faktischen Verteilungsverhältnisse zu bestimmen, so könnte natürlich nur letzteres Verfahren eingehalten werden; aber da man nicht darauf zu rechnen hätte, dass in anderen Gallerien dieselben Dimensionen durchschnittlich in demselben Verhältnisse wiederkehrten, so würde man auf diese Weise einen unangemessenen Beitrag zur allgemeinen Mittelbestimmung erhalten und die allgemeinen Verteilungsverhältnisse dadurch wesentlich alteriert finden. So fanden sich folgende Zahlen religiöser Bilder in folgenden Größenintervallen der Höhe:

Intervalle	z
cm cm	
179,5—189,5	91
189,5—199,5	89
199,5—209,5	93

welche Zahlen nahe übereinstimmen, wie bei aneinandergrenzenden Intervallen zu erwarten. Aber hierbei sind sämtliche 22 SUEUR'sche Bilder von 193 cm Höhe nur zweimal gerechnet, hätte man sie 22 mal rechnen wollen, so hätte man statt der aufeinander folgenden Zahlen 91; 89; 93 erhalten: 91; 109; 93; was die Verteilung sehr unregelmäßig gemacht haben würde. Entsprechend in anderen Fällen. Da nun aber eine Mehrzahl zusammengehöriger Bilder von denselben Dimensionen immerhin eine gewisse starke Bevorzugung dieser Dimensionen voraussetzt und mithin ein vermehrtes Gewicht in Anspruch nimmt, so habe ich mich entschlossen, kurz und rund alle Fälle, wo zwei oder mehr zusammengehörige Bilder von denselben Dimensionen vorhanden waren, zweimal, aber nicht mehr als zweimal, in der Verteilungstafel zählen zu lassen.

Wenn daher folgends die Gesamtzahl der in Untersuchung genommenen Bilder zu 10558 angegeben wird, so ist diese Zahl insofern nicht streng, als nach voriger Bemerkung von einer größeren Zahl zusammengehöriger Bilder von gleichen Dimensionen überall eben nur zwei in Rechnung genommen sind, andererseits aber Landschaftsbilder, in welchen religiöse und mythologische Staffage vorkommt, sowohl bei den Landschaftsbildern als religiösen oder mythologischen Bildern, also doppelt aufgenommen sind. Da jedoch der Einfluss beider Umstände überhaupt nicht beträchtlich und überdies von entgegengesetzter Richtung ist, bleibt obige Zahl nahe genug zutreffend.

Es sind nur Galleriebilder, und zwar aus zweiundzwanzig öffentlichen Gallerien[1]) gemessen oder vielmehr die in den Galleriekatalogen angegebenen Maße, auf die Bildergröße im Lichten des Rahmens gehend, benutzt und der Vergleichbarkeit halber alle auf metrisches Maß reduziert worden.

---

[1] Benutzte Kataloge.

Amsterdam. Beschriving der Schilderijen ops Rijks Museum te Amsterdam 1858.

Antwerpen. Catalogue du Musée d'Anvers, ohne Jahreszahl.

Berlin. a) Verzeichnis der Gemäldesammlung des Königl. Museums zu Berlin 1834.
b) Verzeichnis der Gemäldesammlung des Konsul Wagener 1861.

Braunschweig. PAPE, Verz. d. Gemäldesamml. d. Herz. Museums zu Braunschweig 1849.

Brüssel. FÉTIS, Catalogue descript. et histor. du Mus. roy. de Belgique 1804.

Darmstadt. MÜLLER, Beschreibung d. Gemäldesamml. in d. Großherz. Mus. zu Darmstadt.

Dijon. Notice des objets d'art exposés au Mus. de Dijon 1860.

Als Einheit der Maße dient daher folgends ausnahmslos das Centimeter.

§ 172. Auf die oben bezeichneten Klassen hat sich die Untersuchung erstreckt; doch sind aus angegebenen Gründen die religiösen und mythologischen nur zu wenigen Bestimmungen mit zugezogen worden. In jeder Klasse aber werden zwei Abteilungen unterschieden; nämlich von Bildern, an denen die Höhe *h* größer als die Breite *b* ist, und solchen, von denen das Umgekehrte gilt; erstere mit $h > b$, letztere mit $b > h$ zu bezeichnen. Zwischen beiden Abteilungen sind die sehr selten vorkommenden quadratischen Bilder abwechselnd, wie sie sich darboten, gleich verteilt worden[1]. Es sind aber auch aus der Zusammenrechnung beider Abteilungen Bestimmungen gezogen, welche für das *h* und *b* derselben gemeinsam gelten.

Hiernach nun bedeutet z. B. h; $h > b$ Höhenmaße von Bildern, deren Höhe größer als die Breite, ferner b; $h > b$ Breitenmaße von

---

Dresden. Hübner, Verz. der Königl. Gemäldegallerie zu Dresden 1856.
Florenz. Chiavacchi, Guida della R. Gall. del Palazzo Pitti 1864.
Frankfurt. Passavant, Verz. d. öffentl. ausgest. Kunstgegenst. d. Städel'schen Kunstinstituts 1844.
Leipzig. a) Verz. d. Kunstwerke d. städt. Mus. zu Leipzig 1862.
b) Verz. d. Löhr'schen Gemäldesammlung zu Leipzig 1859.
London. The national Gallery, its pictures etc. Ohne Jahreszahl.
Madrid. Pedro da Madrazo, Catalogo de los quadros del real Mus. de Pintura y Escultura 1843.
Mailand. Guida per la regia Pinacotheca di Brera.
München. a) Verz. d. Gem. in d. Königl. Pinakothek zu München 1860.
b) Verz. d. Gem. d. neuen Königl. Pinakothek in München 1861.
Paris. Villot, Notice des tabl. exp. dans les gal. du Mus. imp. du Louvre 1859.
Petersburg. Waagen, Die Gemäldes. in der Kaiserl. Eremitage zu St. Petersburg 1864.
Venedig. Catalogo degli oggetti d'arte esposti al Publico nella I. Roy. Accad. di belli arti in V. 1864.
Wien. v. Mechel, Verz. d. Gem. der K. K. Bildersammlung 1781.

[1] Dies ist jedenfalls richtiger, als sie sowohl der einen als der anderen Abteilung ganz zuzurechnen, weil bei den als quadratisch aufgeführten Bildern doch bald die eine, bald die andere Dimension um etwas größer als die andere sein wird, nur dass die Messung sehr kleine Unterschiede nicht berücksichtigt.

die Bedingung des el. Gleichgewichts, welche ſich aus dem erſten Verſuch ergab, wo das obere Zinkſtück blos mit einem, mit dem Boden in Verbindung ſtehenden, untern Kupferſtück in Berührung iſt, klar auszuſprechen und in folgerechter Schärfe anzuwenden gebraucht. Man wird weiterhin ſehen, daß die nämliche Betrachtungsart mit derſelben Leichtigkeit mehrere andre Fälle erklärt, in welchen eine el. Wirkung Statt hat, obwohl der Zink in mehr oder minder vollkommner Berührung mit zwei Stücken des nämlichen Metalls iſt, ſo daß dieſe Erſcheinungen, welche bisweilen als der Anſicht einer Elektricitätserregung durch Berührung heterogener Subſtanzen entgegen angeführt worden ſind, vielmehr eben ſo viel Beweismittel für dieſelbe abgeben, wenn ſie aus ihrem wahren Geſichtspuncte betrachtet werden.

Wenn man nun den Condenſator mit dem Kupferende eines Streifens aus Kupfer und Zink berührt, deſſen Zinkende mit dem Boden in Berührung ſteht, wie in Fig. 51, ſo kann, unſrer Anſicht zufolge, die Größe der Ladung, welche der Collector annimmt, nicht von der Ausdehnung der Berührungsoberflächen des Kupfers und Zinks abhängen, ſondern blos von der Repulſivkraft, welche die El. ausübt, wenn ſie in Gleichgewicht auf dieſen Oberflächen iſt; ſo daß alle Streifen, mögen ſie groß oder klein ſeyn, dem nämlichen Condenſator gleiche Quantitäten El. mittheilen müſſen. Indeß kann dieſe Gleichheit nur in Bezug auf die endlichen Geſammtladungen Statt haben; denn was den Fortgang der Ladung betrifft, ſo muß dieſer ſchneller bei großen als bei kleinen Berührungsoberflächen erfolgen. Die ausnehmende Geſchwindigkeit jedoch, mit welcher der Umlauf der El. durch die Metalle geſchieht, macht dieſen Unterſchied unmerklich, indem die Ladung des Condenſators jedenfalls in einer ſo kurzen Zeit geſchieht, daß ſie ganz augenblicklich ſcheint, wo dann für den Anſchein aller Zeitunterſchied verſchwindet. Uebrigens hat man vielleicht auch nicht hinlängliche Aufmerkſamkeit darauf verwendet, ganz kleine Unterſchiede dabei wahrzunehmen. Es wäre nicht unmöglich, daß die Geſtalt der Berührungsoberfläche, wenn ſie ganz klein wäre, auf die Bedingungen des Gleichgewichts ſich von Einfluß zeigte, indem ſie der el. Schicht eine Geſtalt ertheilte, wodurch ihre Repulſivkraft ſehr verſtärkt oder ſehr geſchwächt würde, woraus dann eine Vermehrung oder Verminderung der abſoluten Quantitäten von El., welche ſich im getrennten Zuſtande darauf erhalten ließen, fließen würde. Wenigſtens iſt dies eine Frage, deren Unterſuchung von Wichtigkeit wäre, und ſich zugleich leicht anſtellen ließe, indem man den Kupfer- und Zinkſtreifen an ihrer Berührungsſtelle nur ſo weit zu verdünnen brauchte, daß ſie daſelbſt auf bloße Drahtdicke reducirt würden; oder indem man

Bildern, deren Höhe größer als die Breite u. s. f., endlich h; komb. oder b; komb. Höhenmaße oder Breitenmaße von Bildern der vereinigten Abteilungen $h > b$ und $b > h$.

Die primären Verteilungstafeln der in Untersuchung genommenen Klassen und Abteilungen, deren $i = 1$ cm, besitzen naturgemäß eine große Ausdehnung und sind mit starken Unregelmäßigkeiten behaftet. Die folgende Probe muss genügen, um eine Vorstellung von dem Aussehen derselben zu geben:

I. Probe aus den primären Verteilungstafeln.

(Genre: h; $h > b$).

a	z
29	13
30	15
31	13
32	20
33	21
34	9
35	17
36	13
37	22
38	26
39	8
40	9
41	17
42	14
43	14
44	12
45	15
46	10
47	17
48	10
49	12
50	4
51	12
u. s. w.	

Um sowohl die Ausdehnung als auch die Unregelmäßigkeiten zu beschränken, ist es erforderlich, zu reduzierten Tafeln überzugehen und denselben ein $i = 10$ cm zu Grunde zu legen.

Hier folgen die so reduzierten Tafeln für beide Abteilungen von Genre und Landschaft und für $h > b$ von Stillleben. Die Totalzahl m der Exemplare jeder Klasse und Abteilung ist unten angegeben. Vielen Zahlen der Tabelle sieht man eine Dezimale 0,5 beigefügt. Dies rührt daher, dass Zahlen, die auf den Grenzwert eines Intervalles selbst fielen, nach der Methode der geteilten i, halb dem einen, halb dem anderen der dadurch geschiedenen Intervalle zugerechnet worden sind, was bei ungeraden Zahlen eine halbe Einheit mitführt. Will man die Maßzahlen der h oder b für das kombinierte $h > b$ und $b > h$ haben, so braucht man bloß die Maßzahlen beider Abteilungen dafür zu addieren.

II. Arithmetisch reduzierte Verteilungstafel für Genre, Landschaft und Stillleben.

$i = 10$; $\delta = 1$ cm.

a	Genre				Landschaft				Stillleben	
	$h > b$		$b > h$		$h > b$		$b > h$		$h > b$	
	h	b	h	b	h	b	h	b	h	b
5	—	5	—	—	—	—	6,5	1,5	—	—
15	30,5	88	23	6	2	8,5	66	18	—	4
25	133	190,5	90,5	38,5	17,5	23	200,5	90	10,5	16,5
35	161	167,5	109	78,5	26,5	53,5	278,5	166	24,5	44
45	127,5	100,5	114,5	80,5	32,5	40	257,5	189	50,5	45
55	75,5	62,5	79,5	75,5	22	33	219	168	27	51
65	70	58,5	65,5	86	41,5	21	165	202	31,5	45
75	47	31,5	40,5	34,5	25	13,5	139	135,5	29	32
85	39,5	18	28	63,5	8,5	20	79	139,5	38	22
95	20,5	21	33	36,5	20,5	14	93	125,5	23,5	17,5
105	12,5	8	17	26,5	13,5	8,5	69	78	17,5	12
115	11,5	10	25,5	29	10	9	45	63	14,5	2,5
125	12,5	2,5	24	24	6,5	5	36,5	58,5	16	6,5
135	12,5	1,5	11	12	7,5	2	28,5	71,5	5,5	3
145	7,5	5	15	19	7,5	10	19,5	39	2	1
155	11	2,5	6	9,5	5	9,5	29	33,5	1	3
Rest	3	2,5	20	82,5	36	11,5	62,5	215,5	17	3
$m =$	775	775	702	702	282	282	1794	1794	308	308

Man sieht, dass die Verteilung überall wesentlich denselben Gang befolgt. Überall giebt es ein Hauptintervall, worin die Maßzahl ein Maximum ist, von wo nach beiden Seiten die Maßzahlen rasch abnehmen, und zwar liegt das Hauptintervall dem oberen Ende der Tafel, welches mit den kleinsten Maßen anfängt, viel näher als dem unteren, welches mit den größten Werten abschließt, was sogar noch viel auffälliger sein würde, wenn nicht die Zahlen für alle Maße über 160 cm in Bausch und Bogen (als Rest) zusammengefasst wären. Hiermit bietet die Tafel ein besonders interessantes Beispiel eines K.-G. von sehr stark asymmetrischer Verteilung dar. Dabei sieht man, dass der Gang der Werte vom Hauptintervalle ab nach beiden Seiten einem regelmäßigen sich sehr genähert hat. Hier und da freilich, so namentlich bei Genre b; $b > h$, Landschaft h; $h > b$ und b; $b > h$ finden auch noch starke Unregelmäßigkeiten statt und fehlen nirgends bei den kleinen Zahlen im untersten Teile der Tafel; aber es lässt sich voraussetzen, dass diese vollends verschwinden oder sich doch sehr mindern würden, wenn eine viel größere Zahl der Exemplare zu Gebote gestanden hätte, so wie sie sich auch um so mehr ausgleichen, in je größere Intervalle man die Maße zusammenfasst.

Einen ganz ähnlichen Gang als die Genre-, Landschafts- und Stillleben-Bilder zeigen auch die religiösen und mythologischen, nur dass bei diesen Klassen, unstreitig wegen ungünstiger Zusammenfassung der darunter gerechneten Bilder, einige sehr große Unregelmäßigkeiten im Gange bleiben, die sich kaum durch vergrößertes m ausgleichen dürften, daher sich diese Klassen nicht zur Prüfung der Verteilungsgesetze eignen und nicht so weit von mir durchgearbeitet worden sind als die anderen. Auch für Stillleben $b > h$ sind verhältnismäßig stärkere Unregelmäßigkeiten geblieben, als dass sich eine vollständige Durcharbeitung gelohnt hätte.

§ 173. Einen genaueren Einblick in die Maßverhältnisse und Asymmetrie der Galleriegemälde erhält man jedoch erst aus den folgenden Angaben über ihre Elemente, zu deren Berechnung die originalen Verteilungstafeln zu Grunde gelegt wurden.

III. Elemente für Genre, Landschaft, Stillleben, Religiöse und Mythologische nach primärer Tafel.

$\delta = 1$ cm.

			m	A_1	G_1	C_1	ε	$\varepsilon : A_1$	u
Genre	h > b	h	775	54,4	46,7	44,6	24,4	0,45	— 197
		b	775	43,6	37,4	35,8	19,6	0,45	— 191
	b > h	h	702	63,8	53,8	51,4	30,3	0,47	— 182
		b	702	86,8	72,0	67,8	42,7	0,49	— 196
	komb.	h	1477	58,9	50,0	47,8	27,4	0,47	— 379
		b	1477	64,0	51,0	49,4	34,7	0,54	— 437
Landschaft	h > b	h	282	88,1	73,3	70,1	44,1	0,50	— 60
		b	282	69,1	58,7	54,6	25,3	0,37	— 75
	b > h	h	1794	64,7	54,5	53,3	30,3	0,47	— 426
		b	1794	90,3	75,2	74,4	43,6	0,48	— 436
	komb.	h	2076	67,9	56,7	55,7	27,4	0,40	— 520
		b	2076	87,4	72,8	71,2	34,7	0,40	— 522
Stillleben	h > b	h	308	80,6	72,6	73,0	29,0	0,36	— 42
		b	308	62,2	57,7	58,9	21,9	0,35	— 34
	b > h	h	204	71,0	60,1	55,7	—	—	— 54
		b	204	95,2	83,5	76,6	—	—	— 60
	komb.	h	512	76,8	67,3	67,3	—	—	—
		b	512	76,4	66,8	65,0	—	—	—
Religiöse	h > b	h	3730	135,4	—	109,5	75,5	0,56	— 804
		b	3730	107,0	—	76,0	44,5	0,42	—1274
	b > h	h	1804	111,6	—	96,1	56,6	0,51	— 316
		b	1804	156,1	—	131,5	80,6	0,52	— 388
Mythologische	h > b	h	350	141,7	—	133,3	66,1	0,47	— 30
		b	350	103,8	—	95,0	55,8	0,54	— 42
	b > h	h	609	116,9	—	104,9	60,0	0,51	— 89
		b	609	158,0	—	146,1	74,2	0,47	— 57

Zuvörderst lassen sich aus den Werten m in voriger Tabelle Bestimmungen über die relative Häufigkeit des Vorkommens von Bildern gegebener Klasse und Abteilung in Gallerien ableiten, wobei freilich zu erinnern, dass die Verhältnisse dieser Häufigkeit sich nach den einzelnen Gallerien sehr unterscheiden; die Spezialstatistik in dieser Hinsicht würde nur zu viel Raum im Verhältnisse zu ihrem Interesse kosten. Halten wir uns an das Gesamtergebnis der zweiundzwanzig Gallerien, so folgen sich (ohne Unterscheidung der Abteilungen $h > b$ und $b > h$) nach den kombinierten Werten die fünf untersuchten Klassen in betreff der Häufigkeit der Bilder so: Religiöse, Landschaften, Genre, Mythologische, Stillleben. Das Verhältnis der Landschaften zu Genre insbesondere (2076 : 1477) übersteigt etwas das Verhältnis 4 : 3.

Von Genrebildern sind die, deren Höhe größer als die Breite ($h > b$) etwas zahlreicher als die, deren Breite größer als die Höhe ($b > h$), wogegen bei Landschaften die $b > h$ mehr als sechsmal so zahlreich sind als die $h > b$. Einiges Interesse kann es haben, dass bei religiösen Bildern die $h > b$ ungefähr doppelt so zahlreich sind als die $b > h$, unstreitig, weil der Himmel oft in großer Höhe zur Darstellung zugezogen wird, während bei den mythologischen Bildern umgekehrt die Breite bevorzugt ist, indem der $b > h$ fast doppelt so viel (609 gegen 350) sind als der $h > b$.

Die durchschnittliche Größe ist aus den Werten A_1 oder G_1, die durchschnittliche Schwankung aus den bez. A_1 geltenden ε_1 zu ersehen. Der Vergleich von ε_1 und A_1 insbesondere zeigt, dass mit der durchschnittlichen Größe auch die durchschnittliche Schwankung wächst, so zwar, dass die verhältnismäßige Schwankung $\varepsilon_1 : A_1$ keine sehr starken Unterschiede nach Klasse und Abteilung aufweist.

Um neben der durchschnittlichen Schwankung auch die extreme Schwankung zu berücksichtigen, gebe ich noch in folgender Tabelle die Extreme E' und E_1 sowie die Differenz $U' - U_1 = (E' - A_1) - (A_1 - E_1)$. Die außerdem angegebenen Werte E'' und E_{11} stellen die den Extremen E' und E_1 unmittelbar vorangehenden und folgenden Werte der Verteilungstafel vor.

IV. Die extremen Werte und die extreme Schwankung für Genre, Landschaft, Stillleben, Religiöse und Mythologische.

$\delta = 1$ cm.

			E'	E''	$E_{,,}$	$E_{,}$	$U'-U_{,}$
Genre	$h > b$	h	223	215	13	12	+ 126
		b	212	162	10	9	+ 134
	$b > h$	h	273	240	12	11	+ 156
		b	401	351	16	16	+ 243
Landschaft	$h > b$	h	300	269	16	14	+ 138
		b	244	240	16	11	+ 117
	$b > h$	h	320	320	7	7	+ 218
		b	464	464	10	10	+ 293
Stillleben	$h > b$	h	241	238	22	22	+ 102
		b	228	190	16	16	+ 120
	$b > h$	h	221	204	17	16	+ 95
		b	343	317	20	19	+ 172
Religiöse	$h > b$	h	1000	610	13	10	+ 739
		b	769	568	8	7	+ 562
	$b > h$	h	666	595	11	11	+ 454
		b	1277	1000	17	17	+ 982
Mythologische	$h > b$	h	411	411	21	21	+ 149
		b	325	324	16	14	+ 131
	$b > h$	h	290	222	14	14	+ 70
		b	510	485	20	17	+ 211

Also betrug z. B. die *größte* Höhe h, die bei einem Genrebilde $h > b$ vorgekommen ist, 223 cm, die nächst größte 215 cm; die kleinste 12 cm, die nächst kleinste 13 cm; u. s. f. Die absolut größte Höhe und Breite ist bei religiösen Bildern vorgekommen. Der Vergleich der Werte E' und E'' einerseits, $E_{,}$ und $E_{,,}$ andererseits lässt erkennen, dass im allgemeinen die mit den größten Werten abschließenden Teile der primären Verteilungstafeln größere Unregelmäßigkeiten zeigen als die mit den kleinsten Werten beginnenden; nur die Landschaften und Mythologischen scheinen dies nicht zu bestätigen, doch würde auch bei diesen beiden Klassen die Hinzunahme der weiterhin benachbarten Werte den angegebenen Unterschied zwischen dem oberen und dem unteren Ende der Tafel hervortreten lassen.

Zur Beurteilung der Asymmetrie dienen am zweckmäßigsten die u-Werte der Tabelle III. Ihnen zufolge ist die Asymmetrie bez. A überall negativ und stark hervortretend. Auch kann man auf Grund jener Werte bemerken, dass h mit dem zugehörigen b in der Asymmetrie übereinstimmt, indem die geringen Unterschiede, welche die Tabelle dazwischen zeigt, als zufällig betrachtet werden können. Nur bei den Religiösen ist der Unterschied in dieser Beziehung etwas größer; aber die großen Unregelmäßigkeiten dieser Klasse erlauben überhaupt nicht, sichere gesetzliche Bestimmungen daraus zu gewinnen.

Die Werte $U' - U_,$ der Tabelle IV bestätigen das Vorhandensein wesentlicher Asymmetrie und bewähren zugleich das Umkehrgesetz für die Asymmetrie von $u = \mu' - \mu_,$ und $U' - U_,$, indem hier beide Wertenreihen durchweg entgegengesetzte Vorzeichen haben.

Übrigens lässt schon das weite Auseinanderweichen der Werte A und C in Tabelle III, sowie die Lage von C unterhalb A das Vorhandensein starker Asymmetrie von negativer Richtung erkennen. Der Vergleich von G mit C lehrt ferner, dass die Asymmetrie bez. G weit geringer und für Stillleben $h > b$ sogar von entgegengesetzter Richtung als bez. A ist. Dies hängt damit zusammen, dass G notwendig kleiner als A ist und, da auch C kleiner als A ist, oberhalb oder unterhalb C, jedenfalls aber letzterem Werte näher liegt als A.

§ 174. [Um nun noch das logarithmische Verteilungsgesetz an den Dimensionen der Galleriegemälde zu bewähren, müssen die arithmetisch reduzierten Intervalle der Tafel II in logarithmisch reduzierte umgesetzt werden. Zu diesem Zwecke ist mittelst der in Tabelle IV enthaltenen Angaben über die extremen Werte der Gesamtbereich, innerhalb dessen die beobachteten Maße sich bewegen, und insbesondere der Bereich des Intervalles, auf welches die als »Rest« bezeichneten Maßzahlen sich verteilen, abzugrenzen und sodann die Verteilung der arithmetisch reduzierten Maßzahlen auf die logarithmischen Intervalle interpolationsmäßig zu berechnen.]

[Als Beispiele wähle ich: Genre h; $h > b$ und h; komb., ferner Landschaft h; $b > h$ und Stillleben b; $h > b$ und erhalte so folgende Vergleichstabelle zwischen Theorie und Erfahrung, in welcher das logarithmische Intervall gleich 0,08 mit der untersten Grenze 0,76 = log 5,8 angenommen wurde. In unmittelbarem Anschlusse finden sich die Elemente der vier Beispielstabellen verzeichnet.]

V. Logarithmisch reduzierte Verteilungstafel für Genre, Landschaft und Stillleben.

$i = 0.08$.

ω	Genre				Landschaft		Stillleben	
	h; $h > b$		h; komb.		h; $b > h$		b; $h > b$	
	emp.	theor.	emp.	theor.	emp.	theor.	emp.	theor.
0,80					—	0,5		
0,88					3	1		
0,96	—	1	—	2	4	3		
1,04	6	2	11	4	13	6	1	—
1,12	8	6	14	10,5	17	14	1	0,5
1,20	9	14	16	24	19	27	1	1
1,28	20	28	34	47,5	35	49	3	3
1,36	56	49	94	82	84	81	7	7
1,44	68	73	114	123	104	119	9	14
1,52	98	94	164	161	170	159	27	23
1,60	107	103	190	183	198	192,5	33	34
1,68	99	99	191	184	217	210	41	43
1,76	79	88	159	170	216	210	52	49
1,84	76	72	145	145,5	196	192,5	50	48
1,92	61	55	110	115,5	147	163	37	39
2,00	30	38	75	85	148	128	27	25
2,08	26	24	78	58	89	93	10	13
2,16	27	14	56	37	68	62	6	6
2,24	3	8	11	22	18	38,5	2	2
2,32	2	4	9	12	14	22	1	0,5
2,40	—	2	6	6	13	12		
2,48	—	1	—	3	11	6		
2,56			—	2	10	3		
2,64					—	2		
$m =$	775	775	1477	1477	1794	1794	308	308

VI. Elemente für Genre, Landschaft und Stillleben nach logarithmisch reduzierter Tafel.

	Genre		Landschaft	Stillleben
	h; $h > b$	h; komb.	h; $b > h$	b; $h > b$
$\mathfrak{G}$	1,667	1,697	1,738	1,758
$\mathfrak{C}$	1,653	1,683	1,731	1,768
$\mathfrak{D}_p$	1,605	1,634	1,712	1,796
$\mathfrak{D}_i$	1,602	1,642	1,716	1,788
G	46,5 cm	49,8 cm	54,7 cm	57,3 cm
C	45,0 cm	48,2 cm	53,8 cm	58.6 cm
D_p	40,3 cm	43,1 cm	51,5 cm	62,5 cm
D_i	40,0 cm	43,9 cm	52,0 cm	61,4 cm
u	+125	+231	+112	−36
$e_{,}$	0,160	0,170	0,201	0,176
e'	0,222	0,233	0,227	0,138
p	0,774	0,778	0,731	0,737

[Der Vergleich zwischen den beobachteten und berechneten Werten zeigt, dass die vier K.-G. im Verhältnisse zur Zahl m der zu Grunde gelegten Exemplare ziemlich gleichförmig das logarithmische Verteilungsgesetz bewähren. Insonderheit kann man bemerken, dass die kombinierten Maße für die Höhe von Genre sich ebenso wie die anderen Abteilungen den Forderungen der Theorie fügen; wie denn auch in der Beispielstabelle des Kap. XXI die Maße für $h > b$ und $b > h$ nicht geschieden wurden. Beachtet man überdies, dass dort mit der geringen Zahl $m = 253$ eine hinreichende Bewährung der Theorie erzielt wurde, so erscheint es richtiger, bei der Bildung von Klassen und Abteilungen der Gemälde vorsichtig zu sein, als von einer überaus großen Zahl von Exemplaren eine Beseitigung der Gesetzwidrigkeiten, die durch mangelnde Schärfe der Klassifizierung veranlasst werden, zu erwarten. — Bezüglich der Elemente ist hervorzuheben, dass die empirisch und theoretisch bestimmten dichtesten Werte $\mathfrak{D}_i$ und $\mathfrak{D}_p$ sich wenig unterscheiden, dass jedoch die Verhältnisse p durchweg unterhalb der theoretischen Grenze $\frac{1}{4}\pi$ liegen. Die Asymmetrie ist für Stillleben bez. $\mathfrak{D}$ negativ, somit bez. $\mathfrak{G}$ — oder, wie bereits oben bemerkt, bez. G — positiv.]

§ 175. **Schließlich sind noch folgende Angaben über die Maßbestimmungen für das Verhältnis von Höhe und Breite und für den** Flächenraum von Galleriebildern von Interesse.

Im Kap. XXII wurde dargelegt, dass bei Bestimmung von mittleren Verhältnissen wesentlich bloß das summarische oder geometrische Mittel in Betracht kommt. Halten wir uns nun an die aus Tab. III divisorisch zu gewinnenden geometrischen Mittel der $h:b$ oder $b:h$, indem wir zur Vermeidung echter Bruchzahlen $h:b$ für $h > b$ und $b:h$ für $b > h$ vorziehen, so finden wir folgende Tabelle:

VII. Geometrische Mittel $G\left[\frac{h}{b}\right]$ und $G\left[\frac{b}{h}\right]$ der Verhältnisse von Höhe und Breite.

	$h:b$ $h > b$	$b:h$ $b > h$	$b:h$ komb.
Genre	1.25	1.34	1.02
Landschaft .	1,25	1,38	1,28
Stillleben . .	1,26	1,39	0,99

Diese Bestimmungen enthalten das, wie mir scheint, sehr interessante Resultat, dass das Verhältnis der größeren zur kleineren Dimension bei den verschiedenen Bilderklassen denselben (vom goldenen Schnitt sehr abweichenden) Wert hat — denn die Unterschiede in der Tabelle können als zufällig gelten — einen verschiedenen aber, je nachdem $h > b$ oder $b > h$. Bei $h > b$ verhält sich die Höhe zur Breite merklich genau wie 5 : 4, bei $b > h$ die Breite zur Höhe ungefähr wie 4 : 3.

Weiterhin kann man bemerken, dass, während in den beiden Abteilungen $h > b$ und $b > h$ für sich die Höhe von der Breite in so beträchtlichem Verhältnisse abweicht, hingegen das Verhältnis beider sich in den kombinierten Abteilungen bei Genre und Stillleben fast zur Gleichheit (dem Werte 1) akkommodiert. Allerdings könnte man meinen, da h von b in geringerem Verhältnisse bei $h > b$ als bei $b > h$ abweicht, müsste letzteres in der Kombination den Ausschlag nach seiner Seite geben; aber das kompensiert sich ungefähr ihnen die Geſtalt zweier convexen Oberflächen gäbe, die einander an einem einzigen Puncte berührten.

Die Metalle und eine große Menge nicht metalliſcher Subſtanzen wirken auf ihre natürlichen Elektricitäten, wie der Zink und das Kupfer, wenn man ſie in Berührung mit einander bringt; und es läßt ſich mit ſehr großer Wahrſcheinlichkeit annehmen, daß dieſe Eigenſchaft in verſchiednen Graden allen Naturkörpern zukommt. Unter allen Verbindungen, die ſich aus denſelben bilden laſſen, wird es alſo deren geben, in welchen die Elektricitätserregung am ſtärkſten, andre, wo ſie am ſchwächſten oder ſelbſt ganz unmerklich iſt. Unter die erſte Claſſe gehören die heterogenen Metalle, wenn ſie in Berührung mit einander gebracht werden; unter die andre das reine Waſſer, die Salzauflöſungen und ſelbſt die ſauern Flüſſigkeiten, wenn ſie entweder in Berührung unter ſich oder mit Metallen kommen.

Um dieſe Eigenſchaft nachzuweiſen, wollen wir eine, an beiden Enden offene, Glasröhre nehmen; und die eine Oeffnung derſelben mit einem Kupferpfropf verſchließen, der ſich unten, außerhalb der Röhre, in einen Stiel von demſelben Metall verlängert, wie Fig. 54 zeigt. Wir füllen darauf die Röhre mit einer der erwähnten Flüſſigkeiten, z. B. mit Waſſer oder einer Salzauflöſung oder auch einer Säure an; und erhalten ſo ganz die nämliche Anordnung, als bei den aneinandergelötheten Kupfer- und Zinkſtreifen. Allein die elektromotoriſche Wirkung wird ohne Vergleich ſchwächer ſeyn. Denn, prüfen wir ſie auf die nämliche Weiſe, indem wir die Flüſſigkeit in der Röhre mit dem Finger berühren, und den kupfernen Stiel auf die Platte des Condenſators bringen, welches ganz die nämliche Verfahrungsart als beim erſten Verſuch iſt, ſo wird trotz aller Wiederholung der Berührungen die berührte Platte niemals eine bemerkbare Quantität El. annehmen; und hievon macht ſelbſt der Fall keine Ausnahme, wo die, in der Röhre enthaltene, Flüſſigkeit ſehr ſtark chemiſch auf den Kupferpfropf einwirkt, es wäre denn, daß man ſehr große Maſſen Flüſſigkeit und Metall von heftiger chemiſcher Wirkung auf einander, z. B. mehrere Kilogramme Schwefelſäure und Eiſenfeile, anwendete. Lavoiſier und Laplace haben beobachtet, daß ſich alsdann hinlängliche El. entwickelt, um einen Condenſator ſo ſtark zu laden, daß ſich Funken aus ihm erhalten laſſen; ſey es nun, daß das Freiwerden dieſer El. vom Act der chemiſchen Vereinigung ſelbſt herrührt, oder von der bloßen Reibung der, in Effervescenz befindlichen, Theilchen an einander und an den Gefäßwänden; eine Frage, die ſehr ſchwer zu entſcheiden ſcheint. Offenbar iſt jedoch die, in dieſem Fall Statt findende, Elektricitätserregung ganz andrer Art, als die, in Folge der Berührung von Metallen oder überhaupt hetedadurch, dass sowohl bei Genre als Stillleben die $h > b$ in größerer Zahl in die Kombination eingehen als die $b > h$. Bei Landschaften hingegen, wo die $b > h$ an Zahl ungeheuer überwiegen, findet eine solche Kompensation nicht statt.

Bei Genre habe ich die geometrischen Mittel von $h:b$ für $h > b$ und $b:h$ für $b > h$ noch nach spezialen Richtungen verfolgt. Die Konstanz dieser Verhältnisse erscheint um so merkwürdiger, wenn man sie für Bilder verschiedener Gallerien besonders untersucht, indem man dabei so angenähert dieselben Werte wiederfindet, dass die Abweichung als zufällig gelten kann, wenn nur jede Gallerie oder Zusammenfassung von Gallerien eine hinreichende Zahl solcher Bilder darbietet, um der Unsicherheit der Bestimmung nicht zu viel Spielraum zu lassen. Dies beweist sich durch folgende Tabelle, in welcher die Exemplare von solchen Gallerien, die nur eine kleine Anzahl von Genrebildern darboten, zur Mittelziehung zusammen genommen sind.

VIII. Geometrische Mittel von $h:b$ und $b:h$ bei Genrebildern verschiedener Gallerien.

	$h > b$		$b > h$	
	m	$G\left[\frac{h}{b}\right]$	m	$G\left[\frac{b}{h}\right]$
Dresden	151	1,28	119	1,33
München a) und b); Frankfurt	126	1,25	103	1,33
Petersburg	122	1,24	87	1,34
Berlin a) und b)	74	1,22	60	1,36
Paris	62	1,23	82	1,36
Braunschweig und Darmstadt	57	1,24	58	1,32
Amsterdam und Antwerpen	48	1,24	24	1,33
Wien, Madrid, London	48	1,30	97	1,37
Leipzig a) und b)	48	1,29	34	1,32
Brüssel, Dijon, Venedig, Mailand, Florenz	39	1,23	38	1,35
	775		702	

Auch mit dem absoluten Werte der Breite b scheint sich nach der Untersuchung an Genrebildern das Verhältnis zwischen h und b

nicht erheblich zu ändern. Ich finde nämlich folgende geometrische Mittel aus folgenden Zahlen m von Exemplaren zwischen folgenden Größengrenzen:

IX. Geometrische Mittel von $h:b$ und $b:h$ bei verschiedener Größe von b (für Genre).

Intervalle von b	$h > b$		$b > h$	
	m	$G\left[\frac{h}{b}\right]$	m	$G\left[\frac{b}{h}\right]$
0 — 29,5	274	1,27	42	1,32
29,5— 49,5	271	1,23	158	1,29
49,5— 69,5	123	1,23	164	1,32
69,5— 89,5	54	1,23	98	1,36
89,5—109,5	28	1,28	63	1,37
Rest	25	1,23	177	1,39

Für die geometrischen Mittel der Flächenräume hb erhält man folgende Werte in qcm.

X. Geometrische Mittel von hb.

$\delta = 1$ qcm.

	$h > b$	$b > h$	komb.
Genre	1747	3874	2550
Landschaft . .	4303	4098	4128
Stillleben . . .	4189	5018	4496

Das arithmetische Mittel der hb habe ich wegen der großen Mühseligkeit seiner Bestimmung bloß für Genre $h > b$ bestimmt und 3289 qcm gefunden, was, wie man sieht, von dem geometrischen Mittel außerordentlich abweicht.

Unter den gesamten 10558 Bildern, welche in Tab. II eingegangen sind, sind die drei größten im Flächenraume drei Bilder von Paul Veronese, sämtlich Gastmahle darstellend, bei denen Christus gegenwärtig war, nämlich:

Gastmahl bei Levi (Luc. V)	$h = 595$ cm	$b = 1277$ cm	(Venedig; Nr. 547)
Hochzeit zu Kana	$h = 666$ -	$b = 990$ -	(Paris; - 103)
Gastmahl beim Pharisäer	$h = 515$ -	$b = 1000$ -	(Venedig; - 513).

Die drei kleinsten Bilder sind drei Landschaften auf Kupfer, zwei gleich große angeblich von **Paul Brill**: $h = 7{,}4$ cm, $b = 9{,}1$ cm (ältere Pinakothek zu München; 2. Abt. 244 *a* u. *c*) und eine von **Jan Breughel**: $h = 7{,}4$ cm, $b = 9{,}9$ cm (Mailand Nr. 443); wonach der Flächenraum zwischen 67,34 und 759815 qcm variiert oder das größte Bild 11283 mal das kleinste Bild aufzunehmen vermag.

Quadratische Bilder kamen unter den 10558 zur Untersuchung zugezogenen Bildern nur 84 d. i. 1 auf 126 vor.

XXVII. Kollektivgegenstände aus dem Gebiete der Meteorologie.

§ 176. [Die täglichen Regenhöhen für Genf. — Eine Untersuchung der Genfer Regenverhältnisse hat bereits Plantamour in seinen »Nouvelles études sur le climat de Genève« in dem Abschnitt »de la pluie« gegeben[1]. Er stützt sich dabei auf die fünfzigjährigen Beobachtungen der Regenhöhen und Regentage während der Jahre 1826—1875. Da er jedoch seinen Berechnungen nur Monatswerte für die Häufigkeit und Menge des Regens zu Grunde legt, und sein Ziel die gesetzmäßige Verteilung des Regens im Verlaufe des Jahres, sowie der Charakter der einzelnen Monate des Jahres hinsichtlich ihrer Trockenheit oder Feuchtigkeit bildet, kann die folgende Untersuchung nicht in Anlehnung an diejenige Plantamour's geführt werden. Denn hier handelt es sich um den Nachweis der Asymmetrie und um Bewährung des logarithmischen Verteilungsgesetzes für die Regenhöhen, wofür die 50-jährigen Monatswerte bei den überaus großen Schwankungen zwischen den einzelnen Werten keineswegs ausreichen. Es muss vielmehr auf die täglichen Regenhöhen zurückgegangen werden.]

[Das Untersuchungsmaterial findet sich in den Archives des sciences physiques et naturelles der Bibliothèque universelle de Genève unter den allmonatlich gegebenen meteorologischen Tabellen. Dort ist für jeden Regentag die Regenhöhe in Millimetern, und zwar bis auf Zehntelmillimeter, unter der Überschrift: »Eau tombée dans les 24 heures«, verzeichnet. Auf die Form des Niederschlags, ob

---

[1] [Publiziert in: Mémoires de la société de physique et d'histoire naturelle de Genève. Tome XXIV; II. Partie. Genève 1875—76. S. 397—658.]

Regen oder Schnee, wird dabei keine Rücksicht genommen[1]). Ich wählte jedoch nicht den von Plantamour behandelten Zeitraum, sondern die Reihe der 48 Jahre von 1845—1892. Denn vom Jahre 1846 ab wurde ein neuer Apparat benutzt, und es kam gleichzeitig eine sorgfältigere Bestimmung der Regenhöhe, unmittelbar nach Aufhören des Regenfalles, statt wie bis dahin nur einmal des Tages gelegentlich der letzten Beobachtung am Abende, in Übung.[2])]

[Das Aussehen der primären Verteilungstafeln wird aus folgender Probe ersichtlich, die für den Monat Januar den Anfang, einen mittleren Teil und den Schluss der beobachteten Werte angiebt:

I. Probe aus der primären Verteilungstafel für die Regenhöhen des Monats Januar.

$m = 477$; $i = 0{,}1$ mm.

a	*z*	*a*	*z*	*a*	*z*	*a*	*z*
mm		mm		mm		mm	
0,0	16	5,0	3	6,1	6	19,6	1
0,1	9	5.1	2	6,2	2	19.7	1
0.2	18	5.2	2	6.3	5	19.8	1
0.3	19	5.3	5	6.4	5	21.4	1
0.4	9	5.4	1	6,5	1	21.6	1
0,5	10	5.5	2	6.6	1	21.8	1
0,6	11	5.6	4	6.7	2	23.6	2
0,7	18	5.7	5	6,8	1	28,4	1
0,8	8	5,8	1	6,9	1	30,4	1
0,9	10	5.9	4	7,0	2	32,7	1
1,0	10	6,0	1	7,1	4	40,0	1

---

[1] [Plantamour sagt a. a. O. (S. 627): Les chutes de neige sont en général très-peu abondantes à Genève, et la neige ne recouvre ordinairement le sol que pendant un petit nombre de jours, rarement plus de quinze jours.]

2) [Diesbezüglich macht Plantamour a. a. O. (S. 627) folgende Angabe: A partir de l'année 1846 on s'est servi d'un nouvel appareil, dont l'entonnoir avait un diamètre beaucoup plus considérable, 37 centimètres, le vase de jauge est une éprouvette graduée de la capacité d'un litre, portant 100 divisions, ce qui correspond à une chute d'eau de 10 millimètres, chaque division correspondant ainsi à un dixième de millimètre; de plus, on avait le soin de recueillir et de mesurer l'eau immédiatement après que la pluie avait cessé.]

In der That zeigen alle Monate im Intervalle 0 — 1 mm die stärkste Häufung, aber schon von 2 mm ab findet man eine rasche Abnahme der Werte, die nach längerem unentschiedenen Schwanken sehr unregelmäßige Endabteilungen mit zerstreuten *a* bilden. Die Erstreckung der letzteren variiert jedoch für die einzelnen Monate in hohem Maße, indem sie für den Februar mit 31,3 mm, für den Oktober dagegen erst mit 97,6 mm abschließt, während ihr Beginn für jenen Monat etwa auf 12 mm, für diesen auf 18 mm zu legen ist. Für den Monat Januar sind die Grenzen dieser Endabteilung 12 mm und 40 mm.]

[Diese allgemeinen Angaben lassen schon das Vorhandensein einer überaus starken Asymmetrie für alle Monate des Jahres erkennen. Dieselbe tritt zugleich mit dem Gange der Hauptwerte im Verlaufe des Jahres in der folgenden Tabelle der Elemente mit voller Deutlichkeit hervor:

II. Elemente der Regenhöhen für die einzelnen Monate des Jahres nach primären Verteilungstafeln.

$\delta = 1$ mm.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
m	477	437	532	621	637	596	521	531	497	617	572	505
A_1	4,45	4,17	4,60	4,94	6,12	6,58	6,95	7,93	8,46	8,49	6,09	4,97
C_1	2,5	2,1	2,6	3,0	3,6	3,3	3,8	4,1	4,6	4,9	3,3	3,0
η	3,82	3,79	4,03	4,14	5,24	5,93	6,11	7,10	7,57	7,49	5,23	4,11
$\eta : A_1$	0,86	0,91	0,88	0,84	0,86	0,90	0,88	0,90	0,89	0,88	0,86	0,83
E'	40,0	31,3	51,0	38,3	80,7	82,5	60,6	61,1	82,6	97,6	56,7	40,0
$U'-U_1$	+31,1	+23,0	+41,8	+28,4	+68,5	+69,3	+46,7	+45,2	+65,7	+80,6	+44,5	+30,1
u	− 131	− 167	− 164	− 197	− 195	− 196	− 177	− 189	− 177	− 209	− 168	− 141
$u : m$	0,27	0,38	0,31	0,32	0,31	0,33	0,34	0,36	0,36	0,34	0,29	0,28

Die Werte der unteren Extreme E_1 sind hier nicht aufgenommen worden, da sie durchweg gleich 0,0 mm sind. Sie kommen überall, wie die obige Probe zeigt, in mehrfacher Auflage vor.]

[Das Auseinanderweichen der Werte von A und C um 2 bis 4 mm einerseits, die Differenzen $U' - U_1 = (E' - A) - (A - E_1)$ andererseits und insbesondere die Differenzen $u = \mu' - \mu_1$ beweisen übereinstimmend das Vorhandensein wesentlicher Asymmetrie bez. A, für alle Monate des Jahres. Dieselbe ist, dem Vorzeichen der u gemäß, überall negativ und zeigt auch hinsichtlich ihrer Größe keine erheblichen Schwankungen; denn die relativen Werte der u bez. m, d. i. $u : m$, sind beinahe konstant, und ihre geringen Unterschiede verraten keinen gesetzmäßigen Gang, so dass sie als zufällig zu gelten haben.]

[Weiterhin verdient der Gang der m, A und η in obiger Tabelle beachtet zu werden. Aus den m-Werten folgt, dass die Häufigkeit des Regens zwei Perioden im Verlaufe des Jahres besitzt, deren Minima die Monate Februar und Juli, und deren Maxima die Monate Mai und Oktober bilden, während dazwischen ein ständiges Steigen oder Fallen stattfindet. Nur der September durchbricht die Regelmäßigkeit; diese Störung ist jedoch als zufällig zu betrachten, da sie für die aus PLANTAMOUR's Tabellen[1] zu entnehmenden m-Werte der Jahre 1826—1875 fehlt, wofür dann der Monat Januar störend auftritt. Dies ist aus folgender vergleichender Zusammenstellung der m-Werte für die Zeiträume 1826—1875 und 1845—1892 zu ersehen, wobei die Reihenfolge der Werte von links nach rechts der Reihenfolge der Monate von Januar bis zum Dezember entspricht:

1826—1875	505	413	496	525	589	532	471	503	521	576	539	454
1845—1892	477	437	532	621	637	596	521	531	497	617	572	505

Im Gegensatze zu den m zeigen die A nur eine Periode, die ohne Störung verläuft und ihr Minimum im Februar, ihr Maximum im Oktober hat. Damit parallel gehen die Werte der η, d. i. der mittleren Abweichungen bez. A, deren Minimum gleichfalls auf den Februar fällt, während sie ihr Maximum einen Monat früher, im September, erreichen. Die großen Werte der η, die den A selbst durchweg sehr nahe kommen, lassen die Stärke der Schwankungen, die zwischen den einzelnen Regenhöhen statt hat, erkennen. Die verhältnismäßige mittlere Schwankung ist, wie die Werte $\eta : A$ angeben, annähernd konstant, gleich 0,9.]

---

[1] A. a. O. S. 628.

[Hiernach wächst die Durchschnittshöhe des Regens während des Jahres vom Februar bis zum Oktober, um von da ab wieder bis zum Februar zu fallen. Ein richtiges Bild von der Verteilung des Regens auf die einzelnen Monate erhält man aber auf diesem Wege nicht. Denn hierbei kommt auch die Häufigkeit der Niederschläge in Betracht. Verteilt man dementsprechend die Gesamtmenge des Regens, die in einem Monat während des 48-jährigen Zeitraumes vorkommt, nicht auf die einzelnen, wirklich statt gehabten Regentage, sondern auf alle Tage überhaupt, so erhält man auch für die Regenmenge, ebenso wie für die Häufigkeit des Regens, innerhalb des Jahres eine zweifache Periodizität, wie sie PLANTAMOUR nachgewiesen hat. Man findet nämlich für die einzelnen Monate des Jahres folgende Regenmengen durchschnittlich für jeden Tag des Monates, wobei wiederum den für den Zeitraum 1845—1892 geltenden Werten die von PLANTAMOUR für 1826—1875 gefundenen Werte zum Vergleiche gegenübergestellt werden, und die Reihe der Werte von links nach rechts der Reihe der Monate vom Januar bis zum Dezember entspricht:

1826—1875	1,57	1,29	1,52	1,89	2,55	2,53	2,29	2,59	3,14	3,26	2,47	1,65
1845—1892	1,42	1,34	1,64	2,13	2,62	2,72	2,43	2,83	2,92	3,52	2,42	1,68

In der That fallen hier die beiden Minima übereinstimmend auf die Monate Februar und Juli; das erste Maximum schwankt zwischen Mai und Juni, während das zweite Maximum beidenfalls dem Oktober angehört[1].]

[Um nun das logarithmische Verteilungsgesetz an den Regenhöhen zu bewähren, wähle ich die vier Monate Januar, April, Juli und Oktober, die einen vollständigen Einblick in die auftretenden Verhältnisse gestatten. Der logarithmisch reduzierten Verteilungstafel werden ebenso wie der arithmetisch reduzierten die primären

---

[1] [Hinsichtlich dieser zweifachen Periodizität sagt PLANTAMOUR a. a. O. S. 640]: »Cette division de l'année en deux saisons humides et deux saisons sèches, l'une de celles-ci tombant sur l'été, accuse très-nettement l'influence du climat méditerranéen; en effet, le caractère du climat méditerranéen est la sécheresse de l'été, tandis que dans les autres régions de l'Europe continentale, l'été n'est pas une saison sèche.«]

Tafeln direkt zu Grunde gelegt. Sollen aber beim Übergange zu den logarithmischen Intervallen die Werte 0,0 mm, denen der logarithmische Wert $-\infty$ entsprechen würde, nicht aus der Tafel verschwinden, so muss eine Festsetzung über die Auffassung der mit diesen Werten verzeichneten Regentage getroffen werden. Da nun dieses Maß der Regenhöhe offenbar einen wirklich stattgefundenen, jedoch verschwindend geringen Niederschlag von weniger als 0,1 mm Höhe andeuten soll, erscheint es gerechtfertigt, statt 0,0 vielmehr 0,05 mm zu setzen. Zur Milderung dieser Willkürlichkeit wird zugleich $\log 0{,}05 = -1{,}3$ als Grenze des ersten und zweiten logarithmischen Intervalles gewählt, so dass durchweg die eine Hälfte jener Werte in das erste auftretende Intervall, die andere Hälfte in das nächstfolgende fällt. Die Größe der logarithmischen Intervalle ferner wurde gleich 0,2 festgesetzt. Somit schwanken die a-Werte zwischen den Grenzen 0 und 100 mm, die logarithmischen a-Werte dagegen zwischen den Grenzen $-1{,}5$ und $+2{,}1$, wie aus den folgenden Verteilungstafeln zu ersehen. In der logarithmischen Tafel sind zugleich die theoretischen Werte, wie sie das Gesetz hergiebt, angegeben. Im unmittelbaren Anschlusse werden die Elemente aufgeführt:

III. Arithmetisch reduzierte Tafel der Regenhöhen für Genf während der Monate Januar, April, Juli, Oktober 1845—1892.

Intervalle	Januar	April	Juli	Oktober
mm				
0— 1	133	164,5	112,5	125
1— 2	88	81	78.5	72.5
2— 3	43.5	65	31	60
3— 4	28	49.5	48	31
4— 5	27	51	28	24.5
5— 6	28	20.5	28.5	39
6— 7	27.5	37,5	23	26
7— 8	14.5	25	23,5	19.5
8— 9	16	22	15.5	26,5
9—10	11,5	15.5	11,5	14
10—11	12	16	13	21
11—12	10	15	14	12,5
12—13	6,5	9	10	14,5
13—14	5,5	8,5	8	10,5
14—15	3	3,5	9	11,5
15—16	3	5,5	5	13
16—17	2	3,5	3,5	8,5
17—18	5	3,5	5,5	9
18—19	1	4	3	4,5
19—20	3	3	7	6,5
20—25	5	6	17	22
25—30	1	8	12	17,5
30—40	2,5	4	9	17
40—50	0,5	—	3	2
50—70	—	—	2	6
70-100	—	—	—	3
m =	477	621	521	617

zogener Subſtanzen Statt habende; weil im letzteren Fall die kleinſten Quantitäten dieſer Subſtanzen, welche aneinandergelöthet ſind und keine bemerkbare Veränderung an einander hervorbringen, dem Condenſator eben ſo viel El. mittheilen, als die größten Maſſen; und um dieſen Unterſchied ins vollſte Licht zu ſetzen, braucht man blos die beiden Operationen einmal ſo zu wiederholen, daß man zwei Metallmaſſen, das andremal daß man eine Metallmaſſe und eine tropfbarflüſſige-Maſſe nimmt, und man wird finden, daß die Wirkung des letztern Syſtems in Vergleich zu der des erſtern ganz unmerklich iſt.

Aber eben aus dieſem Grunde können die Flüſſigkeiten dienen, die gegenſeitige Wirkung des Kupfers und Zinks fortzuleiten, ohne ſie durch ihre Berührung zu ſchwächen. Nehmen wir z. B. den zweiten Verſuch, Fig. 52, wieder vor, wo der Zink ſich zwiſchen zwei Kupferſtücken befand, ſo ergab ſich uns, daß vermöge der, bei einem ſolchen Syſtem Statt findenden, Bedingungen des el. Gleichgewichts die beiden Kupferſtücke ſich im natürlichen Zuſtande befinden mußten, ſo daß keine Ladung des Condenſators Statt finden konnte. Wohl aber wird ſich derſelbe laden, wenn man zwiſchen den Zink und den kupfernen Collector eine Schicht eines flüſſigen Leiters anbringt, z. B. einen Waſſertropfen oder ein, mit einer Salzauflöſung befeuchtetes, Papier. Da nämlich dieſer Zwiſchenkörper in Berührung mit dem Zink und der Kupferplatte bleiben kann, ohne eine Entwicklung ihrer natürlichen Elektricitäten in ihnen zu bedingen, ſo kann er nur als Leiter von einem Stück zum andern dienen, während er zugleich ihre unmittelbare Berührung als Zwiſchenkörper verhindert. Geſetzt alſo, das erſte Kupferſtück ſtände mit dem Boden in Verbindung, ſo werden die Bedingungen des el. Gleichgewichts im Syſtem die nämlichen ſeyn, als wenn der Zink iſolirt in der Luft wäre, d. i. der Zink wird über das erſte Kupferſtück den nämlichen Ueberſchuß poſitiver El. +e haben, den er in dieſem Fall gehabt haben würde. Da aber überdies ſeine andre Oberfläche in Berührung mit einem Syſtem von Leitern ſteht, in welche ſein Ueberſchuß von El. ſich frei verbreiten kann, ſo wird ſie ſich wirklich hineinverbreiten; und der Condenſator wird ſich auf dieſe Weiſe laden, bis die Quantität El., welche im Collector ungebunden bleibt, durch ihre Repulſivkraft der El. +e des Zinks das Gleichgewicht hält. Dies wird vollkommen durch die Erfahrung beſtätigt.

Bringt man alſo durch einen ſtarken Druck zwei runde Platten, die eine von Zink, die andre von Kupfer zum Aneinanderhaften, und bedeckt, nachdem man dies Plattenpaar mit der Kupferſeite auf die Hand gelegt hat, ſeine Zinkfläche mit einem feuchten Leiter, deſſen Berührung ſein eigenthümliches el. Gleichgewicht nicht ſtört, z. B. mit

IV. Logarithmisch reduzierte Tafel der Regenhöhen für Genf während der Monate Januar, April, Juli, Oktober 1845—1892.

$i = 0{,}2$.

a	Januar		April		Juli		Oktober	
	emp.	theor.	emp.	theor.	emp.	theor.	emp.	theor.
—	—	5	—	2	—	1	—	3
— 1.4	8	4	10	2	4	2	1	3
— 1,2	8	6	10	5	4	4	1	5
— 1,0	9	9	17	8	12	7	17	7
— 0,8	9	14	10,5	13	9	11	10,5	11
— 0,6	28	19	30,5	21	20	16	23,5	17
— 0.4	14	26	18,5	31	11,5	23	22,5	24
— 0.2	34	34	33.5	42.5	28,5	31	22,5	32
0	45	42	62	55,5	50	39	47	42
+ 0,2	66	50	53,5	68	52	49	52,5	51
+ 0,4	47	56	72,5	78	38	57	65,5	61
+ 0,6	53	60	**95**	85	**72**	63	52	69
+ 0.8	**67**	63	80	85	68	66	80	74
+ 1.0	53	52	74	67	64	64[1]	**82**	77
+ 1.2	27	27	36	38	45	47	72	69
+ 1,4	7	8	14	15	31	26	42	44
+ 1.6	2	2	4	4	10	11	17	20
+ 1,8			—	1	2	3	6	6,5
+ 2.0					—	1	3	1,5
$m =$	477	477	621	621	521	521	617	617

---

[1] [Wenn hier auf das theoretisch dichteste Intervall 0,9—1,1, das den dichtesten Wert $\mathfrak{D}_p$ einschließt, weniger Werte fallen als auf das vorhergehende, so beruht dies nicht auf einem Versehen, sondern auf der Zusammenfassung der theoretischen Werte in die vorgegebenen Intervalle. Werden beide Intervalle in je vier gleiche Teilintervalle von der Größe 0,05 gesondert, so erhält man an Stelle von 66 und 64 vielmehr:

| 16,2 ; 16,3 ; 16,6 ; 16,6 | und | 16,7 ; 16,4 ; 15,6 ; 14,9 | ,

so dass nun in der That das Maximum 16,7 auf das mit $\mathfrak{D}_p$ behaftete Teilintervall 0.9—0.95 fällt.]

V. Elemente der Regenhöhen nach logarithmisch reduzierter Tafel.

	Januar	April	Juli	Oktober
$\mathfrak{G}$	0,313	0,387	0,484	0,563
$\mathfrak{C}$	0,374	0,479	0,588	0,675
$\mathfrak{D}_p$	0,843	0,762	0,901	1,046
$\mathfrak{D}_i$	0,800	0,620	0,679	0,933
G	2,06 mm	2,44 mm	3,05 mm	3,66 mm
C	2,37 mm	3,02 mm	3,87 mm	4,73 mm
$\mathcal{T}_p$	6,97 mm	5,78 mm	7,97 mm	11,1 mm
$\mathcal{T}_i$	6,31 mm	4,17 mm	4,77 mm	8,58 mm
u	−261	−255	−218	−293
$e_,$	0,749	0,645	0,707	0,750
e'	0,219	0,270	0,290	0,267
p	0,885	0,755	0,751	0,772

Den starken Unregelmäßigkeiten der empirischen Werte entsprechend zeigen sich auch zwischen den empirischen und theoretischen Werten mitunter erhebliche Differenzen, die sich jedoch beim Zusammennehmen benachbarter Intervalle mildern. Dieselben sind daher als unwesentliche Störungen aufzufassen, so dass die theoretischen Werte eine Ausgleichung der Zufälligkeiten, die den empirischen Werten anhaften, darstellen. Bemerkenswert ist bezüglich der Elemente, **dass G unterhalb C und somit, mit Rücksicht auf die Tabelle II, C zwischen G und A liegt. Auch hierdurch beweist sich die überaus** große Schwankung der Regenhöhen. Damit hängt ferner zusammen, dass die u-Werte bez. $\mathfrak{D}_p$ ebenso wie die u-Werte bez. A_1 negativ sind. Der relative Wert der Asymmetrie bez. $\mathfrak{D}_p$, d. i. $u : m$, ist wiederum ziemlich konstant und im Durchschnitte gleich 0,46.]

§ 177. [Die Barometerabweichungen vom Normalstande für Utrecht. — Die Asymmetrie der Barometerabweichungen ist bekannt. Quetelet sagt diesbezüglich[1]): »On a reconnu, depuis longtemps, que l'abaissement du mercure au-dessous de la moyenne est en général plus grand que son élévation au-dessus de ce terme«. Es ist hiernach positive Asymmetrie bez. *A* durchweg oder wenigstens in der Mehrzahl der Fälle zu erwarten. Um dies zu erproben und zugleich das zweiseitige G. G. an den Barometerabweichungen zu bewähren, entnehme ich dem Niederländischen Jahrbuche für Meteorologie[1]) die in der Abteilung »Thermo- en Barometer-afwijkingen« mitgeteilten Abweichungswerte vom monatlichen Normalstande, für den Beobachtungsort »Utrecht« und die Beobachtungszeit »2 Uhr nachmittags«, während des zehnjährigen Zeitraumes von 1884 bis 1893. Ich gebe jedoch diese Werte nicht für alle Monate, sondern nur für Januar, April, Juli und August. Ich teile ferner lediglich die reduzierten Verteilungstafeln, sowie die aus ihnen berechneten Elemente mit. Dabei genügt es, die arithmetische Behandlungsweise zu Grunde zu legen; denn der Schwankungsbereich der Abweichungswerte ist nicht so groß, dass die Mühe der logarithmischen Behandlung sich lohnen würde. Es wurden daher auch die den empirischen Werten beigegebenen theoretischen Vergleichswerte aus dem arithmetischen zweiseitigen Verteilungsgesetze abgeleitet. Die Wahl des reduzierten $i = 3$ mm an Stelle des primären $i = 0{,}1$ mm wurde durch die extreme Schwankung des Januar veranlasst. Der einheitlichen Darstellbarkeit wegen wurde dieses Intervall auch für die drei anderen Monate beibehalten. Noch ist zu bemerken, dass im Niederl. Jahrbuche der 31. Januar (wie auch der 1. März) dem

---

[1] Lettres sur la théorie des probabilités. S. 168. — Hierzu ist es von Interesse, die von Quetelet in den angehängten Noten mitgeteilten brieflichen

---

Äußerungen von BRAVAIS über verschiedene Formen möglicher Wahrscheinlichkeitsgesetze zu vergleichen, weil sie zeigen, dass auch BRAVAIS ebenso wie QUETELET selbst die Möglichkeit eines asymmetrischen Verteilungsgesetzes zwar einsah, dabei jedoch dem Mittelwerte irrtümlicherweise die Rolle des dichtesten Wertes zuerteilte und somit die Auffassung des asymmetrischen Gesetzes prinzipiell verfehlte. Die diesbezügliche Stelle des BRAVAIS'schen Briefes lautet (a. a. O. S. 413): »On sait que les plus grands écarts du baromètre vers le haut de la colonne, ne sont guère que la moitié ou les 2/3 des écarts du baromètre vers le bas; de sorte que l'on aura une courbe de possibilité de la forme . . . dont les deux moitiés ne seront pas symmétriques; seulement l'ordonnée moyenne doit toujours partager le segment total en deux aires égales.«).

[1]) Meteorologisch Jaarboek uitgegeven door het Kon. Nederlandsch Meteorologisch Instituut.)

Februar beigezählt wird, woraus sich die für den Januar geltende Gesamtzahl von 300 statt 310 Beobachtungswerten erklärt.]

[Die gewonnenen Resultate sind in den beiden folgenden Tabellen enthalten:

VI. Reduzierte Tafel der Barometerabweichungen vom Normalstand für Utrecht, mittags 2 Uhr, während der Monate Januar, April, Juli und Oktober 1884—1893.

$\mathcal{E} = 1$ mm; $i = 3$.

a	Januar		April		Juli		Oktober	
	emp.	theor.	emp.	theor.	emp.	theor.	emp.	theor.
— 33	1	0.5						
— 30	1	0,5						
— 27	1	1					—	0.5
— 24	2	2					2	1
— 21	4	4	1	0,5			2	3
— 18	6	6	1	2	—	1	8	6
— 15	9	9	6	5,5	2	3	11	12
— 12	16	13,5	16,5	14	12,5	9	23	20,5
— 9	11,5	19	22	28	20,5	21	22	30
— 6	25.5	24	42	43,5	32	39	42	38
— 3	31	30	**59**	54	63.5	58.5	**42,5**	41
0	31	34,5	50	53	**70**	69	34,5	40
+ 3	**39,5**	**38**	**48,5**	43	57	60,5	32	35
+ 6	**44.5**	39	26	29	44,5	34	30	29
+ 9	31	34	19	16	7	12	26	21
+ 12	22	24	7	7.5	1	3	27	14
+ 15	17	13	1	3			5	9
+ 18	7	5.5	1	1			3	5
+ 21	—	2					—	3
+ 23	—	0,5					—	2
$m =$	300	300	300	300	310	310	310	310

VII. Elemente der Barometerabweichungen.

$\mathfrak{E} = 1$ mm.

	Januar	April	Juli	Oktober
Normalstand	760,16	759,64	760,62	759,01
A_z	+ 1,01	− 1,22	− 0,76	− 0,93
C_z	+ 2,34	− 1,35	− 0,45	− 1,28
D_p	+ 6,06	− 1,82	+ 0,71	− 2,60
D_i	+ 5,31	− 2,54	− 0,45	− 4,32
ε[1]	7,72	5,15	4,05	7,15
$\varepsilon_{\prime}$	9,86	4,86	4,93	6,31
ε'	4,81	5,47	3,46	7,98
u	+ 32	− 5	+ 15	− 7
u	− 103	+ 18	− 54	+ 36
p	0,737	0,783	0,789	0,790

Hier zeigt sich nun das Vorhandensein wesentlicher Asymmetrie zugleich mit der Gültigkeit des zweiseitigen G. G. einerseits an der Übereinstimmung der empirischen und theoretischen Werte und andererseits an der Lage der Hauptwerte A, C, D_p, D_i, an den Verhältniswerten p, sowie den Werten von u und u. Zugleich erhellt dass die Successionsabhängigkeit, deren Bestehen im XXIII. Kap. insbesondere für die Barometerabweichungen des Januar zahlenmäßig nachgewiesen wurde, die Bewährung der Verteilungsgesetze jedenfalls nicht unmöglich macht. Indessen lehren die Werte von u und u übereinstimmend, dass die Asymmetrie im Verlaufe des Jahres keineswegs konstant ist. Vielmehr verrät sich ein gesetzmäßiger Gang im Verlaufe des Jahres, wonach die starke Asymmetrie des Winters und die weniger starke des Sommers durch eine verschwindende oder ins Gegenteil umschlagende im Frühjahre und Herbste unterbrochen wird. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die vier Monate nicht ausreichen, um ein vollständiges Bild für das ganze

---

[1] Die Werte der ε wurden, ohne Rücksicht auf die A_z und die hieraus ersichtliche geringe Abweichung des zehnjährigen Mittels vom Normalstande, als Durchschnittswerte der Abweichungen vom Normalstande berechnet.

Jahr mit Sicherheit zu gewinnen. Immerhin wird der Schluss gestattet sein, dass die Asymmetrie während der Wintermonate am stärksten ist und im Verlaufe des Jahres wenigstens die Tendenz zu den angegebenen Schwankungen zeigt. — Auch die Mittelwerte η lassen einen gesetzlichen Verlauf erkennen, wonach die Abweichungen vom Normalstande — wie übrigens schon das Aussehen der Verteilungstafeln zeigt — im Winter durchschnittlich am stärksten, im Sommer am schwächsten sind. Den Gang des Normalstandes selbst, der als Mittel aus vieljährigen Beobachtungen gewonnen wurde, zeigt folgende Zusammenstellung:

Monat	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
Normalstand	760,16	760,62	760,61	759,64	760,09	760,78
Monat	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Normalstand	760,62	760,42	760,71	759.01	759.30	760,34

Somit kommt im Januar der Normalstand dem jährlichen Durchschnittswerte 760,19 sehr nahe; im April und Oktober ist er kleiner, im Juli dagegen größer als der Jahresmittelwert.]

§ 178. [**Die Thermometerabweichungen vom Normalstande für Utrecht.** — In entsprechender Weise, wie es für die Barometerabweichungen geschah, soll nun auch für die Abweichungen des Thermometers vom Normalstande die Asymmetrie untersucht und die Gültigkeit des zweiseitigen G. G. bei arithmetischer Behandlung nachgewiesen werden. Hierzu werden wiederum dem Niederl. Jahrbuche für Meteorologie die für Utrecht während der Jahre 1884—1893, nachmittags 2 Uhr, in den Monaten Januar, April, Juli und Oktober beobachteten Abweichungswerte vom vieljährigen Mittel entnommen. Die Werte sind in Graden der 100-teiligen Skala, und zwar bis auf Zehntelgrade angegeben. Sie beziehen sich jedoch für den Verlauf eines Monats nicht wie die Barometerabweichungen auf den Mittelwert des ganzen Monats, sondern, um dem lebhafteren Gange der Mitteltemperatur Rechnung zu tragen, auf die Normalwerte der ersten, zweiten und dritten Dekade des jeweiligen Monats. Das Steigen und Fallen der letzteren während des Jahres zeigt folgende Zusammenstellung:

Monat		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
Normal-stand	1. Dekade	+ 2°.78	3°.97	6°,56	9°,88	15°.15	18°,97
	2. "	+ 2°.73	4°.95	7°.43	12°.46	16°,15	19°,86
	3. "	+ 3°.30	5°.94	8°.45	14°,26	17°,25	20°,37

Monat		Juli	August	Septbr.	Oktbr.	Novbr.	Dezbr.
Normal-stand	1. Dekade	+ 20°,86	21°,28	19°,05	15°.52	8°,65	4°.71
	2. "	+ 21°.30	20°,94	18°,07	13°.22	6°,82	3°,82
	3. "	+ 21°,50	20°,32	17°,13	10°,94	5°.72	3°,23

Hiernach ist der mittlere Normalstand für Januar, April, Juli und Oktober der Reihe nach: 2°,94; 12°,20; 21°,22 und 13°,23.]

[Bestimmt man nun die Größe des reduzierten Intervalles gleich 1°, so erhält man folgende Ergebnisse:

VIII. Reduzierte Tafel der Thermometerabweichungen vom Normalstande für Utrecht, nachmittags 2 Uhr, während der Monate Januar, April, Juli, Oktober 1884—1893.

b = 1° Celsius; *i* = 1.

a	Januar		April		Juli		Oktober	
	emp.	theor.	emp.	theor.	emp.	theor.	emp.	theor.
— 12	—	1						
— 11	—	1,5						
— 10	2,5	2,5	—	1	1	—		
— 9	4,5	4	2	2,5	1	1	2	0,5
— 8	3,5	6	2	5	1	3	1	1,5
— 7	10	8	11,5	9,5	7,5	7	2	4
— 6	13,5	11	21,5	15	6	13	12,5	11
— 5	18	15	25	22	21	21	20	21
— 4	20,5	19	15,5	26	31,5	29	26,5	32
— 3	26	22,5	37,5	28	38	34	45,5	40
— 2	22,5	26	28	28	48	36	41,5	41
— 1	23,5	28	32	26	38	34	33	38
0	31	30	18	24,5	25	31	42	34
+ 1	25,5	30	17,5	22	14,5	27	27	27
+ 2	32,5	27,5	15	19,5	27	22	24,5	21
+ 3	22,5	23	12	16,5	10,5	17	9,5	15
+ 4	15	17,5	16,5	14	11,5	12,5	5	10
+ 5	14	12	10	11	7	8,5	10	6
+ 6	8,5	7,5	12,5	9	8,5	6	3,5	4
+ 7	4	4,5	5,5	6	4	4	1,5	2
+ 8	1,5	2	6,5	5	5	2	3	1
+ 9	1	1	4,5	3	1,5	1	—	1
+ 10	—	0,5	2	2	2	1		
+ 11			3	2	0,5	—		
+ 12			2	1				
+ 13			—	1				
+ 14			—	0,5				
m =	300	300	300	300	310	310	310	310

IX. Elemente der Thermometerabweichungen.

$\delta = 1^{0}$ Celsius.

	Januar	April	Juli	Oktober
mittl. Normalstand	+ 2,94	+ 12,20	+21,21	+13,23
A_i	— 0,58	— 0,50	— 0,89	— 1,11
C_i	— 0,32	— 1,28	— 1,50	— 1,38
D_p	+ 0,61	— 3,11	— 2,37	— 2,49
D_i	+ 0,08	— 2,80	— 2,00	— 2,67
ε[1]	3,17	3,71	3,08	2,59
$e_,$	3,76	2,09	2,01	1,68
e'	2,57	4,70	3,49	3,06
u	+19	— 50	—46	—18
v	—57	+115	+84	+91
p	0,782	0,701	0,588	0,804

Auch hier ist die Übereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung befriedigend, wenn auch, der relativ kleineren Reduktionsstufe entsprechend, anscheinend weniger gut als für die Barometerabweichungen. Die Asymmetrie ist nur für den Januar positiv bez. A; für die drei anderen Monate dagegen negativ. Jene Ausnahme könnte nun als zufällig angesehen werden, da der beobachtete u-Wert überdies klein ist. Da sich jedoch auch für den Dezember, den ich diesbezüglich zum Vergleiche heranzog, die nämliche Richtung der Asymmetrie, wiederum mit einem ähnlich schwachen Werte, wie für den Januar ergab, so darf man wohl annehmen, dass die Asymmetrie während des größten Teiles des Jahres negativ bez. A ist, während des Winters dagegen dem Nullwerte sich nähert mit der Neigung, ins Positive umzuschlagen. Schließlich verdient noch Erwähnung, dass die durchschnittliche Schwankung ε für die untersuchten Monate (und wohl auch für das ganze Jahr) ziemlich konstant ist.]

§ 179. [**Die täglichen Variationen der Temperatur für Utrecht.** — Während die Thermometerabweichungen auf eine bestimmte Stunde des Tages (2 Uhr nachmittags) sich beziehen, geben die täglichen Variationen die Differenzen zwischen Maximum und Minimum der Tagestemperaturen an. Ihre kollektive Behandlung nach arithmetischem Prinzip hat auf Grund der Bemerkungen in § 21 ein doppeltes Interesse. Denn sie können als frei von Successionsabhängigkeit gelten und gestatten somit eine ungehinderte Bewährung der Verteilungsgesetze. Sie wurden ferner von QUETELET als Unterlage für die Erörterung der Asymmetrie benutzt; es ermöglicht daher der Vergleich zwischen der Behandlung dieser K.-G. nach zweiseitigem G. G. und den Darlegungen QUETELET's in den »Lettres sur la théorie des probabilités« einen unmittelbaren Einblick, in wie weit die Theorie QUETELET's unvollständig oder unzutreffend ist.]

---

[1] [Die ε beziehen sich hier, wie bei den Barometerabweichungen, auf den Normalstand.]

[Zunächst teile ich in den beiden folgenden Tabellen die erhaltenen Resultate mit. Das Untersuchungsmaterial wurde wie für die Barometer- und Thermometerabweichungen dem Niederländischen Jahrbuche für den Zeitraum 1864—1873 und den Beobachtungsort Utrecht unter Beschränkung auf die Monate Januar, April, Juli und Oktober entnommen. Man findet es dort in der Abteilung »driemaaldaagsche Waarnemingen« unter der Rubrik »Temperatuur«. Als reduziertes Intervall wurde (wie in den entsprechenden, von QUETELET für Brüssel gegebenen Verteilungstafeln) 1° Celsius gewählt:

einer Tuchſcheibe, welche mit Waſſer oder mit einer Salzauflöſung getränkt iſt, ſo werden alle Leiter, welche man über dieſem Syſtem anbringt, den Ueberſchuß poſitiver El. theilen, welchen die Zinkfläche und der, ſie bedeckende, feuchte Körper beſitzt. Legt man alſo auf dies erſte Syſtem ein andres, ihm gleiches, ſo daß deſſen Kupferfläche auf der feuchten Scheibe zu liegen kommt, ſo wird das zweite Syſtem zuvörderſt als Leiter den Ueberſchuß poſitiver El. der erſten Zinkfläche theilen, und außerdem wird das zweite Zinkſtück einen neuen Ueberſchuß gleichfalls poſitiver El. annehmen, vermöge der Berührung, in der es mit dem Kupferſtück ſteht, an dem es haftet. Baut man auf dieſe Weiſe mehrere ſolche Syſteme ſucceſſiv über einander, ſo wird man einen Apparat erhalten, in welchem der el. Zuſtand der aufeinanderfolgenden Stücke von Unten nach Oben mit der Zahl der über einander liegenden Plattenpaare zunimmt.

Dies iſt das bewundernswürdige, jetzt allgemein unter dem Namen der Voltaiſchen Säule oder Batterie bekannte, Werkzeug, welchem Phyſik und Chemie ſo erſtaunenswerthe Reſultate verdanken. Zu einer vollſtändigen Einſicht in ſeine Wirkungsart iſt eine genaue Analyſe des el. Zuſtandes erforderlich, in welchen ſich die verſchiedenen Stücke, aus denen er beſteht, ſetzen; ſo wie der Veränderungen, welche darin eintreten können, wenn man einige derſelben in Verbindung mit dem Boden oder mit einem Condenſator ſetzt. Hievon werden die folgenden Capitel handeln.

Sechzehntes Capitel.

Theorie des Voltaiſchen Apparats, unter Vorausſetzung, daß die Leitung darin vollkommen ſey.

Zuvörderſt wollen wir ein einziges Element der Säule betrachten, beſtehend aus einer Kupfer- und einer Zinkplatte von gleichen Dimenſionen, die aneinanderhaften, und wollen deſſen Kupferfläche mit dem Boden in Verbindung geſetzt denken. Dieſe Fläche wird ſich dann im natürlichen Zuſtande befinden, die Zinkfläche aber mit einer Schicht freier poſitiver El. bedeckt ſeyn, deren Totalquantität ich durch +1 ausdrücken will. Der Werth dieſer Einheit wird von der Größe beider Platten abhängen und ihrer Oberfläche proportional ſeyn.

Während nun die Kupferfläche mit dem Boden noch in Verbindung ſteht, lege man auf die Zinkfläche eine Tuchſcheibe, welche mit Salzwaſſer oder ſonſt einer leitenden Flüſſigkeit getränkt iſt, die bei

X. Reduzierte Tafel der täglichen Variationen der Temperatur für Utrecht während der Monate Januar, April, Juli, Oktober 1884—1893.

$\vartheta = 1^\circ$ Celsius; $i = 1$.

n	Januar		April		Juli		Oktober	
	emp.	theor.	emp.	theor.	emp.	theor.	emp.	theor.
—	—	1						
0,5	3,5	5	—	2	1	—	—	1
1,5	22,5	22	4	4	0	0,5	6	5
2,5	49	48	5,5	8	2,5	2	21	18,5
3,5	62	59	18,5	16	8	8,5	32,5	41
4,5	51	53	33,5	25	18,5	24	65,5	58
5,5	48	43	29,5	34	47,5	43	54	57
6,5	29,5	31	38	40	55	54	48	48
7,5	16,5	19	38,5	40	56,5	52	37,5	35
8,5	7,5	11	37	36	43	44	25,5	23
9,5	4,5	5	31	30	29	33	8,5	13
10,5	4	2	17	23	21,5	22,5	7	6
11,5	0	1	24,5	17	15	13,5	4,5	3
12,5	0	—	11	11	4,5	7	—	1,5
13,5	2	—	10	7	5	3,5		
14,5			1	4	2	1,5		
15,5			0	2	1	1		
16,5			1	1				
$m =$	300	300	300	300	310	310	310	310

XI. Elemente der täglichen Variationen der Temperatur.

$\vartheta = 1^\circ$ Celsius.

	Januar	April	Juli	Oktober
A_0	4,53	7,69	7,64	5,75
C_0	4,26	7,55	7,40	5,56
D_p	3,24	6,87	6,59	4,73
D_i	3,54	7,25	7,10	4,74
e_r	0,97	1,95	1,28	1,15
e'	2,26	2,77	2,33	2,17
u	− 28	−11	−27	−21
v	+120	+52	+90	+95
p	0,791	0,829	0,771	0,814

Auf Grund dieser Ergebnisse kann die Gültigkeit des zweiseitigen G. G. nicht bezweifelt werden. Die Differenzen zwischen den empirischen und theoretischen Werten sind hier im Durchschnitte geringer als in den entsprechenden Vergleichstabellen der Barometer- und Thermometerabweichungen. Ebenso genügen die Hauptwerte und die Verhältniswerte der *p* den theoretischen Forderungen, während zugleich die Asymmetrie einesteils durch die Beständigkeit ihrer Richtung, anderenteils durch ihre besonders im *u*-Werte des Januar hervortretende Stärke als wesentliche sich dokumentiert. Indem so die täglichen Variationen im ganzen günstigere Resultate liefern als die Barometer- und Thermometerabweichungen, die beide mit Successionsabhängigkeit behaftet sind, scheint in der That das Fehlen von Successionsabhängigkeit die Entwicklung der Gesetze des reinen Zufalls zu begünstigen.]

[Um ferner hierzu die Erörterungen QUETELET's über Asymmetrie[1] zu vergleichen, ist folgendes über die Methode seiner Untersuchung mitzuteilen. QUETELET geht davon aus, dass bei wesentlicher Symmetrie die W. positiver und negativer Abweichungen vom arithmetischen Mittel gleich groß sind, und knüpft daran den Schluss, dass die Asymmetrie in der Ungleichheit der W. für die beiderseitigen Abweichungen vom Mittel ihren Grund hat. Er illustriert demgemäß die hier auftretenden Wahrscheinlichkeitsverhältnisse durch die Urne, die eine unendlich große Anzahl schwarzer und weißer Kugeln in verschiedenen, aber in jedem Falle bestimmt zu wählenden Verhältnissen enthält. Insbesondere giebt er eine tabellarische Zusammenstellung der W., die beim Ziehen von 16 Kugeln für das Auftreten von Kugeln der einen Art bestehen, wenn 50; 55; 60; .... 90; 95 Kugeln der einen Art unter je 100 Kugeln vorkommen. Mit diesen Tabellen der theoretischen W. vergleicht er nun die Tabellen der empirischen W., die aus den reduzierten Verteilungstafeln für die täglichen Variationen der Temperaturen (für Brüssel) resultieren, indem das z jedes Intervalles durch das zugehörige *m* dividiert wird.

---

[1] [Lettres sur la théorie des prob.; Lettre XXV: Des causes accidentelles quand les chances sont inégales; Lettre XXVI: Loi de sortie de deux événements, dont les chances sont inégales. Hierzu die Tabellen S. 408—411.]

So findet er für den Monat Januar, den er seinen Ausführungen zu Grunde legt, dass der Gang der empirischen W. sich beträchtlich dem Gange derjenigen theoretischen W. nähert, für welche die Anzahlen der weißen und schwarzen Kugeln das Verhältnis 80 zu 20 besitzen, und bemerkt, dass die Analogie noch größer wäre, wenn das Verhältnis 80 : 20 durch 81 : 19 ersetzt würde. Hieraus schließt er mit Rücksicht auf den früher von ihm mitgeteilten Mittelwert folgendes[1]: »1) il existe une variation diurne de température de quatre à cinq degrés, ou plus exactement de 4°,7; elle est donnée par la moyenne de toutes les observations; 2) cette variation subit l'influence de causes inégales; 3) les causes qui tendent à faire tomber la variation diurne à son minimum, ont plus de chances en leur faveur que celles qui tendent à l'élever à son maximum, et les chances sont dans le rapport de 81 à 19, ou plus simplement de 4 à 1; 4) les distances de la moyenne aux deux valeurs limites sont réglées par ce même rapport de 4 à 1«].

[Hieraus ist zu ersehen, dass die Theorie Quetelet's insofern prinzipiell unzulässig ist, als der arithmetische Mittelwert auch bei vorherrschender Asymmetrie als wahrscheinlichster Wert angesehen wird. Wenn aber trotzdem diese irrtümliche Annahme durch die Erfahrung eine Stütze zu erhalten scheint, so ist weiterhin zu beachten, dass der Vergleich zwischen Theorie und Erfahrung nur auf das Aussehen der Tafeln, d. i. die Lage der extremen Werte bezüglich des Mittelwertes und den Gang der dazwischen liegenden Werte, sich stützt. Infolge davon besitzt die ganze Untersuchungsweise nur geringe Schärfe und trägt den Charakter des Unvollständigen. Andererseits ist jedoch hervorzuheben, dass die Auffassungsweise Quetelet's zum zweiseitigen G. G. führt, sobald der dichteste Wert, wie ihn das Proportionalgesetz definiert, an die Stelle des arithmetischen Mittels tritt. Der Zusatz zum XIX. Kapitel (§ 136) stellt diesen Zusammenhang vor Augen.]

---

[1] A. a. O. S. 181.

XXVIII. Die Asymmetrie der Fehlerreihen.

§ 180. [Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Fehlerreihen K.-G. darstellen, welche die nämliche Behandlung wie die K.-G. der vorstehenden Kapitel gestatten. Es ist jedoch fraglich, ob es einerseits prinzipiell geboten sei, andererseits in der Erfahrung sich vorteilhaft zeige, hierfür die Methoden der kollektiven Asymmetrie in Anwendung zu bringen, oder ob nicht vielmehr die Voraussetzung wesentlicher Symmetrie theoretisch und empirisch zu Grunde zu legen sei. Nachdem diese Frage in § 8 offen gelassen worden ist, soll sie hier ihre Beantwortung finden. Dabei ist die Trennung des theoretischen Standpunktes vom empirischen nicht müßig. Denn bei prinzipieller Geltung der Asymmetriegesetze wird zwar die Anwendung derselben stets auch empirische Vorteile mit sich führen, wenn nur die Behandlung eine hinreichend scharfe ist, um die zwischen dem arithmetischen Mittel und dem dichtesten Werte bestehende Differenz hervortreten zu lassen. Es ist aber denkbar, dass das zweiseitige G. G., selbst wenn es nicht von der Theorie gefordert wird, dennoch in der Erfahrung sich bewähre, insofern es — vergl. § 95 — den empirisch verschiedenen m' und m, bez. D Rechnung trägt, wogegen nach einfachem G. G. an Stelle der gleichfalls empirisch verschiedenen μ' und μ, bez. A beiderseits $\frac{1}{2}m$ zu setzen ist.]

[Zur Erledigung der hauptsächlich interessierenden theoretischen Seite der gestellten Frage ist die Asymmetrie von Fehlerreihen zu untersuchen, wozu ein System gleichartiger, den nämlichen Bedingungen unterliegender Reihen von Beobachtungswerten am besten sich eignet. Etwaige bloß empirisch hervortretende Vorteile ferner werden sich zeigen, wenn sowohl das zweiseitige als auch das einfache G. G. an den Verteilungstafeln von Fehlerreihen vergleichsweise erprobt wird; hierbei wird man Reihen mit großem m bevorzugen, weil zu erwarten ist, dass solche die typische Form der Fehlertabellen in möglichster Reinheit zur Entwicklung kommen lassen.]

[Dem einen wie dem anderen Zwecke genügen die in diesem Kapitel untersuchten Reihen astronomischer Beobachtungsfehler, die mir von dem Observator der Sternwarte zu Straßburg, Herrn Dr. Kobold, zugleich mit folgenden Angaben über die Herkunft derselben mitgeteilt wurden.]

[Zu Grunde liegen Beobachtungen am Repsold'schen Meridiankreise der Sternwarte, die in den Jahren 1884—1886 von einem und demselben Beobachter angestellt wurden. Eine solche Beobachtung soll einesteils den Zeitpunkt feststellen, in welchem der beobachtete Stern durch den Meridian geht, anderenteils die Zenithdistanz bestimmen, in welcher der Durchgang stattfindet. Sie ist sonach aus zwei verschiedenen Akten zusammengesetzt. Der erste Akt besteht, da die Durchgangszeit elektrisch registriert wird, in einem Druck auf den Taster in demjenigen Augenblicke, in welchem der Stern einen Vertikalfaden des Instrumentes passiert. Er kann, da dreiundzwanzig solcher Vertikalfäden vorhanden sind, entsprechend oft wiederholt werden, wodurch jedesmal der zugehörige Zeitpunkt fixiert wird. Der zweite Akt dient der genauen Einstellung des Instrumentes, sobald der Stern dem mittleren der 23 Fäden sich nähert. Bezüglich seiner Ausführung ist folgendes zu bemerken. Die Einrichtung des Instrumentes war eine von der gewöhnlichen abweichende, indem die Feineinstellung in Zenithdistanz nicht (wie üblich) mittelst eines Schlüssels ausgeführt, sondern durch einen Kettenlauf vermittelt wurde, der um einen am Klemmarme des Instrumentes befindlichen Knopf lief und, da der Klemmarm in fester Verbindung mit dem Instrumente war, stets in unmittelbarer Nähe des Okulars sich befand. Beide Akte können daher ohne jede gegenseitige Störung ausgeführt werden, wenn das Instrument diejenige Lage hat, in welcher die Klemme auf der Ostseite sich befindet. Dann kann nämlich der Beobachter in der rechten Hand den Taster halten und mit der linken die Feineinstellung besorgen. Hat jedoch das Instrument die entgegengesetzte Lage, so tritt ein Konflikt zwischen beiden Akten insofern ein, als die Einstellung in Zenithdistanz zum Ablegen des Tasters nötigt, der erst nach Ausführung derselben wieder aufgenommen werden kann, um die Durchgangszeit für den Mittelfaden zu registrieren. Hierdurch tritt eine bei verschiedenen Beobachtern verschieden starke Verspätung ein, so dass die Beobachtung für den Mittelfaden durch die Feineinstellung in Zenithdistanz gestört wird. Die beiden Lagen des Instrumentes werden durch die Bezeichnungen »Klemme Ost« und »Klemme West« unterschieden. — Noch ist zu bemerken, dass dieser Konflikt nicht eintreten würde, falls ein Beobachter im stande sein sollte, mit der einen wie mit der anderen Hand gleich sicher zu registrieren, und dass ferner die bezeichneten Verhältnisse gerade umgekehrt liegen würden, wenn der Beobachter mit der linken statt mit der rechten Hand zu registrieren gewohnt wäre.

[Von diesen Beobachtungen wurde der auf die Bestimmung der Durchgangszeit sich beziehende Teil benutzt, um die Distanzen der erwähnten Vertikalfäden, d. i. die Zeit, deren ein Stern im Äquator zum Durchlaufen des Intervalles zweier Fäden bedarf, zu berechnen. Die Fäden wurden der Reihe nach durch die Nummern 1 bis 23 markiert. Bestimmt wurden die Distanzen zwischen dem Mittelfaden 12 und den Fäden 2, 5, 6, 10, 14, 18, 19, 22; sie werden als Fadendistanzen 2—12; 5—12 u. s. w. bezeichnet. Das Beobachtungsmaterial ferner wurde in vier Gruppen geteilt, da einerseits — nach obigen Bemerkungen — die Instrumentlage Klemme Ost von der Lage Klemme West mit Rücksicht auf die gleichzeitig vorzunehmende Bestimmung der Zenithdistanz sich unterscheidet, und andererseits außer den in der Mehrzahl vorhandenen Nachtbeobachtungen auch Tagbeobachtungen vorlagen, bei welchen andere Beleuchtungsverhältnisse obwalten. Allerdings konnte durch Vermeiden des Mittelfadens 12, der allein bei der Störung durch die Feineinstellung in Zenithdistanz in Betracht kommt, der Unterschied zwischen den beiden Lagen Klemme Ost und Klemme West im wesentlichen beseitigt werden; und in der That ergaben die nämlichen Beobachtungsreihen die

Distanzen gegen den Faden 2 in beiden Lagen übereinstimmend. Es schien jedoch gerade von Interesse, jenen Unterschied beizubehalten, um einen etwaigen Einfluss desselben auf die Resultate der folgenden Untersuchung beobachten zu können. Zur Beurteilung der verhältnismäßig großen Beobachtungsfehler ist ferner zu bedenken, dass die Beobachtungen, weil sie zur Ermittelung der Fadendistanzen dienen sollten, aus dem über mehrere Jahre sich erstreckenden Material so ausgewählt sind, dass die verschiedenen Verhältnisse möglichst zur Geltung kommen. Hätte man den mittleren Beobachtungsfehler bestimmen wollen, so wären zeitlich nahe bei einander gelegene Beobachtungen zu wählen gewesen.]

§ 181. [Das zur Verfügung gestellte Material besteht sonach aus vier Gruppen, die wie folgt bezeichnet werden:

α) Klemme Ost; Nachtbeobachtungen
β) Klemme Ost; Tagbeobachtungen
γ) Klemme West; Nachtbeobachtungen
δ) Klemme West; Tagbeobachtungen.

Jede Gruppe enthält, den acht Fadendistanzen entsprechend, ebenso viele Reihen von Beobachtungswerten, deren Form aus folgender, der Gruppe α) entnommener Probe zu ersehen ist. Als Maßeinheit dient hier und im Folgenden durchweg die Zeitsekunde = 1^s.

I. Probe aus der Beobachtungsreihe α) Klemme Ost; Nachtbeobachtungen.

$\mathcal{E} = 1^s$.

Zeit der Beobachtung	Stern	2—12	5—12	6—12	10—12	14—12	18—12	19—12	22—12
1884 Juni 24	δ Ophiuchi	37,28	31,10	22,28	13,87	14,60	22,80	31,70	37,96
Juli 1	ζ Librae	37,34	31,14	22,39	14,07	14,61	22,87	31,70	37,92
1885 Januar 14	α Orionis	37,65	31,31	22,51	14,11	14,48	22,65	31,60	37,98
1886 März 25	ζ Bootis	37,55	31,17	22,35	14,03	14,68	22,77	31,80	38,02

Aus diesen Beobachtungsreihen lassen sich folgende Elemente für die acht Fadendistanzen gewinnen:

II. Elemente der Fadendistanzen.

$\delta = 1^s$.

α) Klemme Ost; Nachtbeobachtungen.

Fadendistanz	2—12	5—12	6—12	10—12	14—12	18—12	19—12	22—12
m	115	115	114	114	115	114	115	112
A	37,428	31,190	22,333	14,036	14,591	22,894	31,711	37,989
η	0,099	0,094	0,084	0,099	0,098	0,099	0,094	0,082
E'	38,09	31,48	22,66	14,38	14,96	23.19	32,00	38,28
$E_,$	37,14	30,91	22,07	13,78	14,30	22,64	31,42	37,73
u	−3	+2	−2	−13	−4	−5	−6	+5
$U'-U_,$	+0,37	+0,01	+0,06	+0,09	+0,08	+0,04	0,00	+0,03

β) Klemme Ost; Tagbeobachtungen.

Fadendistanz	2—12	5—12	6—12	10—12	14—12	18—12	19—12	22—12
m	41	41	40	40	40	40	41	40
A	37,405	31,146	22,314	13,994	14,633	22,938	31,759	38,028
η	0,062	0,077	0,084	0,074	0,080	0,074	0,072	0,069
E'	37,57	31,38	22,54	14,17	14,81	23,21	31,93	38,22
$E_,$	37,16	30,96	22,03	13,78	14,41	22,73	31,56	37,78
u	−4	−3	+5	+1	+2	+2	0	+2
$U'-U_,$	−0,08	+0,05	−0,06	−0,04	+0,05	+0,06	−0,03	−0,06

γ) Klemme West; Nachtbeobachtungen.

Fadendistanz	2—12	5—12	6—12	10—12	14—12	18—12	19—12	22—12
m	124	124	124	124	124	123	123	123
A	37,453	31,229	22,374	14,050	14,593	22,864	31,713	37,976
η	0,090	0,089	0,085	0,089	0,089	0,083	0,105	0,094
E'	37,92	31,53	22,61	14,33	14,91	23,16	31,99	38,28
$E_,$	37,13	30,92	22,10	13,75	14,30	22,62	31,41	37,67
u	−8	+8	+2	−2	+2	−4	0	+6
$U'-U_,$	+0,14	−0,01	−0,04	−0,02	+0,02	+0,05	−0,03	0,00

δ) Klemme West; Tagbeobachtungen.

Faden-distanz	2—12	5—12	6—12	10—12	14—12	18—12	19—12	22—12
m	50	50	49	50	50	49	50	49
A	37,463	31,234	22,406	14,061	14,528	22,836	31,717	37,944
η	0,087	0,092	0,084	0,092	0,091	0,079	0,104	0,098
E'	37,76	31,45	22,62	14,30	14,82	23,06	32,13	38,28
$E_,$	37,25	31,04	22,19	13,75	14,30	22,63	31,42	37,70
n	−5	−1	+2	+10	+2	+2	+1	−1
$U'-U_,$	+0,08	+0,02	0,00	−0,07	+0,06	+0,02	+0,12	+0,09

Hier stellen die A die gesuchten Fadendistanzen dar, indem sie als die arithmetischen Mittel aus den m Beobachtungswerten zugleich die wahrscheinlichsten Werte bezeichnen, falls das einfache G. G. als zutreffend anzusehen ist. Diese Werte weichen für die verschiedenen Gruppen von einander ab, was zunächst wegen der Endlichkeit der m, die der Bestimmung unterliegen, nicht anders zu erwarten ist, außerdem aber auch durch den zwischen den Lagen Klemme Ost und West bestehenden Unterschied bedingt wird. Denn in den Gruppen γ und δ sind die vier ersten Distanzen durchweg größer, die vier letzten in der Mehrzahl der Fälle kleiner als die entsprechenden Distanzen der Gruppen α und β, wie es bei der verspäteten Fixierung des Durchganges durch den Mittelfaden in der Lage Klemme West vorauszusetzen ist. Das Entsprechende zeigt der Vergleich obiger Werte mit den von Herrn Dr. Kobold[1]) aus anderweitigen Beobachtungen mit größerer Zuverlässigkeit gewonnenen Werten, die der folgenden Zusammenstellung zu entnehmen sind:

Fadendistanz	2—12	5—12	6—12	10—12	14—12	18—12	19—12	22—12
A	$37^r,443$	$31^r,195$	$22^r,355$	$14^r,030$	$14^r,591$	$22^r,893$	$31^r,735$	$38^r,006$

Die η geben als Mittelwerte der Differenzen zwischen den beobachteten Werten und den A die einfachen Durchschnittsfehler an.

---

[1]) [Vergl. Annalen der Kaiserl. Universitäts-Sternwarte in Straßburg; I. Bd. 1896. S. XXII: Die Fadendistanzen und die Winkelwerte der Schraube.]

Dieselben zeigen innerhalb der einzelnen Gruppen nur geringe Schwankungen, wonach die acht Fehlerreihen jeder Gruppe ein gleichartiges System bilden, wie schon auf Grund ihrer Entstehung anzunehmen war. Die Schwankungsweite der Fehler ist aus den Differenzen der oberen und unteren Extreme E' und $E_,$ zu ersehen; sie beträgt nur für die Fadendistanz 2—12 der Gruppe α $0^s,95$; die Größe dieses Wertes ist aber wesentlich durch den Betrag der oberen extremen Abweichung $U' = 0^s,66$ bedingt, der den durchschnittlich zu erwartenden Betrag erheblich übersteigt und als abnorm zu betrachten ist.]

[Vor Allem aber interessieren die Werte der u und im Zusammenhange damit diejenigen der $U' - U_,$, da sie eine Beantwortung der Frage gestatten, ob die Asymmetrie der Fehlerreihen als wesentliche oder unwesentliche zu gelten habe. Nun sind die u-Werte durchweg sehr klein und besitzen in ungeregelter Folge bald positives, bald negatives Vorzeichen. Entsprechendes ist von den Differenzen $U' - U_,$ zu sagen, die nur in der Gruppe α keinen Wechsel zwischen den Vorzeichen aufweisen und hier nur in dem einen Werte $0^s,37$ zu einer bedeutenden Höhe ansteigen, der nach den obigen Bemerkungen bezüglich der zugehörigen oberen extremen Abweichung nicht in Betracht kommen kann. Hieraus folgt mit Entschiedenheit der Schluss, dass keine wesentliche Asymmetrie vorhanden ist. Eine Bestätigung hiervon kann man überdies darin finden, dass nur in 18 unter 32 Fällen die Vorzeichen von u und $U' - U_,$ einander entgegengesetzt sind, und somit das Umkehrgesetz der Asymmetrie zwischen der Differenz der Abweichungszahlen und derjenigen der extremen Abweichungen bez. A sich nicht bewährt, während dasselbe bei vorwaltender wesentlicher Asymmetrie erfahrungsgemäß Geltung hat.]

§ 182. [Es ist sonach kein Grund vorhanden, für die Fehlerreihen die Prinzipien der kollektiven Asymmetrie in Anwendung zu bringen. Um jedoch zu zeigen, dass auch bezüglich der Übereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung mit der Anwendung des zweiseitigen G. G. keine Vorteile gegenüber dem einfachen Gesetze verknüpft sind, gebe ich im Folgenden Vergleichstabellen in solcher Form, dass den empirischen Werten sowohl die nach einfachem G. G. bez. A als auch die nach zweiseitigem G. G. bez. D berechneten der Berührung nur durch Mittheilung elektriſirt wird. Dann wird ſich die freie El. der Zinkfläche auf die Oberfläche dieſes Leiters verbreiten; da aber der Zink immer den Ueberſchuß poſitiver El. beſitzen muß, den ſeine Berührung mit dem Kupfer erfordert, ſo wird er ihn dem Kupfer, und dieſes ihn dem Boden wieder entnehmen. Alles dies enthält blos im Abriß das, was die, im vorigen Capitel angeführten, Verſuche uns lehrten.

Unter dieſen Umſtänden nun nehme man ein neues Plattenpaar aus Kupfer und Zink, gleich dem erſten; iſolire es, nachdem man ſeine Kupferfläche berührt hat, und lege es mit ſeiner Kupferfläche auf die feuchte Scheibe, wie Fig. 55 vorſtellt. Jetzt tritt nun nach Volta's Theorie eine doppelte Wirkung ein: 1) die Zinkfläche dieſes zweiten Plattenpaars behält den Ueberſchuß poſitiver El. +1, den ſie vermöge der Berührung mit dem Kupfer beſitzt; 2) das ganze Plattenpaar theilt die freie El. der Scheibe, wie jeder andre leitende Körper thun würde. Die Scheibe erſetzt ihren, hiedurch erlittenen, Verluſt aus dem, unter ihr befindlichen, Zink, dieſer aus dem Kupfer und das Kupfer aus dem Boden; ſo daß nach einem Zeitraum, der, im Fall eines vollkommnen Leitungsvermögens, unendlich klein ſeyn muß, ein beharrlicher el. Zuſtand eintritt, in welchem die Quantitäten freier El. ſich ſo verhalten, wie nachſtehende Tabelle angiebt:

Oberes Plattenpaar	Zinkfläche Z_2 an C_2 haftend	+2
	Kupferfläche C_2 auf der feuchten Scheibe liegend	+1
Unteres Plattenpaar	Zinkfläche Z_1 an C_1 haftend	+1
	Kupferfläche C_1 mit dem Boden in Verbindung ſtehend	0

Auf dies Syſtem lege man eine zweite feuchte Scheibe, und darüber ein drittes Plattenpaar aus Kupfer und Zink, wie vorhin, Fig. 56. Die Zinkplatte dieſes neuen Paars wird den Ueberſchuß poſitiver El. +1 behalten, den ſie vermöge ihrer Berührung mit dem Kupfer beſitzt, überdies aber, als Leiter, die freie El. der untern Plattenpaare theilen, die ſich auf Koſten des Bodens wieder erſetzt. Man wird daher, wenn der el. Zuſtand zum Beharren gekommen iſt, haben:

Plattenpaar 3	Zinkfläche Z_3 an C_3 haftend	+3
	Kupferfläche C_3 auf der feuchten Scheibe l_2 liegend.	+2

theoretischen Werte zur Seite stehen. Die empirischen Werte wurden aus den vier Gruppen von je acht Beobachtungsreihen in der Weise gewonnen, dass zunächst in jeder Beobachtungsreihe die beobachteten Werte durch ihre Differenzen mit dem zugehörigen A d. i. durch die Beobachtungsfehler $\varDelta$ ersetzt und sodann die acht Fehlerreihen jeder Gruppe zu einer einzigen Reihe zusammengelegt wurden. Den vier Gruppen α, β, γ, δ entsprechend enstanden so vier Fehlerreihen, die als die Reihen α, β, γ, δ bezeichnet werden sollen. Das Zusammenlegen der ursprünglichen Reihen unterlag keinem Bedenken, da sie auf Grund der Übereinstimmung zwischen den zugehörigen Durchschnittsfehlern r_i als gleichartig sich erwiesen hatten.]

[Bei Reduktion auf ein $i = 0^s{,}05$ erhält man so folgende Resultate:

III. Reduzierte Verteilungstafeln der Fehlerreihen α, β, γ, δ.

$\mathfrak{E} = 1^s$; $i = 0{,}05$.

Reihe α

$\varDelta$	emp.	theor. bez. A	theor. bez. D_p
— 0,35	—	2.5	2
— 0,30	6	6.5	5.5
— 0,25	21	17	16
— 0,20	38	37	37
— 0,15	59	69	71
— 0,10	108	107	111
— 0,05	154	139	143
0,00	151	152	151.5
+ 0,05	152	140	136
+ 0,10	100	108	104
+ 0,15	55	70	68
+ 0,20	36	38.5	38.5
+ 0,25	18	17.5	18.5
+ 0,30	12	7	8
+ 0,35	3	2	3
+ 0,40	—	1	1
+ 0,65	1	—	—
$m =$	914	914	914

Reihe β

$\varDelta$	emp.	theor. bez. A	theor. bez. D_p
— 0,30	1	0.5	0.5
— 0,25	2	2	2
— 0,20	9	8	8
— 0,15	21	20.5	20.5
— 0,10	29	40	40.5
— 0,05	70	60	60
0,00	67	67.5	67.5
+ 0,05	59	58	57.5
+ 0,10	39	38	38
+ 0,15	17	19	19
+ 0,20	6	7	7
+ 0,25	3	2	2
+ 0,30	—	0.5	0.5
$m =$	323	323	323

Reihe γ

Δ	emp.	theor.	
		bez. A	bez. D_p
− 0,40	—	0,5	0,5
− 0,35	—	2	2
− 0,30	10	6	7
− 0,25	19	17	18
− 0,20	42	39	39
− 0,15	69	74	72,5
− 0,10	101	117	114
− 0,05	159	154,5	151
0,00	174	169	169
+ 0,05	163	154,5	158
+ 0,10	120	117	121
+ 0,15	73	74	75,5
+ 0,20	37	39	38,5
+ 0,25	14	17	16
+ 0,30	7	6	5
+ 0,35	0	2	1,5
+ 0,40	0	0,5	0,5
+ 0,45	1	—	—
$m =$	989	989	989

Reihe δ

Δ	emp.	theor.	
		bez. A	bez. D_p
− 0,35	—	1	1
− 0,30	3	3	3
− 0,25	5	7,5	7
− 0,20	15	16	16
− 0,15	29	30	31
− 0,10	55	47	47,5
− 0,05	61	61	61,5
0,00	64	66	66,5
+ 0,05	71	61	60
+ 0,10	44	47	46
+ 0,15	22	30	30
+ 0,20	17	16	16
+ 0,25	4	7,5	7,5
+ 0,30	5	3	3
+ 0,35	1	1	1
+ 0,40	1	—	—
$m =$	397	397	397

IV. Elemente der Fehlerreihen α, β, γ, δ nach reduzierten Tafeln.

$\delta = 1^\circ$.

	α	β	γ	δ
m	914	323	989	397
A	+ 0,0009	− 0,0025	0,0000	− 0,0004
C	− 0,0015	− 0,0030	+ 0,0022	− 0,0012
D_p	− 0,0111	− 0,0050	+ 0,0094	− 0,0048
D_i	− 0,0281	− 0,0284	+ 0,0038	+ 0,0353
e	0,0949	0,0753	0,0923	0,0946
$e_,$	0,0888	0,0741	0,0969	0,0924
e'	0,1008	0,0766	0,0875	0,0968
u	− 9	− 8	+ 15	− 3
w	+ 58	+ 5	− 50	+ 9
p	0,80	0,80	0,77	0,82

In denselben zeigt sich überall eine so weit gehende Übereinstimmung zwischen den theoretischen Werten des symmetrischen und des asymmetrischen Verteilungsgesetzes, dass es belanglos erscheint, welches von beiden man zu Grunde legen will.]

[Dann wird aber der Vorzug der Einfachheit zu Gunsten des symmetrischen Gesetzes den Ausschlag geben, wobei noch ins Gewicht fällt, dass man zur Berechnung der Elemente nicht auf reduzierte Tafeln zurückgehen muss, sondern den primär bestimmten Durchschnittsfehler η oder (quadratischen) Mittelfehler q bei der Verteilungsrechnung benutzen kann. Im vorliegenden Falle erhält man so aus den primären Verteilungstafeln für die η der Reihen α, β, γ, δ respektiv $0^s,0937$; $0^s,0738$; $0^s,0906$; $0^s,0911$, was zu folgender Vergleichstabelle zwischen Theorie und Erfahrung führt:

V. Vergleich zwischen Theorie und Erfahrung für das einfache G. G.

$\pm \Delta$	α		β		γ		δ	
	emp.	theor.	emp.	theor.	emp.	theor.	emp.	theor.
0,00	151	154	67	69	174	169	64	69
0,05	306	282	129	119	322	309	132	125
0,10	208	216	68	78	221	234	99	94.5
0,15	114	138	38	38	142	148	51	59
0,20	74	74	15	14	79	78	32	30,5
0,25	39	33	5	4	33	34	9	13
0,30	18	12	1	1	17	12	8	5
0,35	3	4			0	4	1	1
0,40	—	1			0	1	1	—
0,45	—	—			1	—		
0,65	1	—						
$m =$	914	914	323	323	989	989	397	397

Hier müsste das durch 0,00 bezeichnete Intervall mit den Grenzen ± 0,025 verdoppelt werden, um mit den anderen Intervallen direkt vergleichbar zu sein, so dass natürlich der theoretische Maximalwert stets auf den Nullwert fällt.]

[Indem nun in der Theorie und Erfahrung das zweiseitige G. G. zwar als anwendbar sich zeigt, aber keinen Vorteil vor dem einfachen G. G. bietet, wird man es als ein charakteristisches Merkmal der Fehlerreihen betrachten dürfen, dass ihre Asymmetrie eine bloß unwesentliche, in den unausgeglichenen Zufälligkeiten begründete ist. Man könnte hiernach, falls man um ein Kriterium für die Beurteilung von Fehlerreihen verlegen wäre, geradezu die Asymmetrie als ein solches benutzen und den Grundsatz aufstellen, dass Fehlerreihen mit den Merkmalen wesentlicher Asymmetrie zu verwerfen seien.]

Anhang.

Die t-Tabelle.

§ 183. [Die t-Tabelle giebt die Werte des G. G., d. i. des Integrals

$$\Phi[t] = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^t \exp\,[-\tau^2]\, d\tau$$

in ihrer Abhängigkeit vom Argumente $t = \Theta : \varepsilon\sqrt{\pi}$. Da vierstellige Integralwerte im allgemeinen den Bedürfnissen der Kollektivmaßlehre genügen, so wird zunächst die vierstellige Tafel, die KÄMPFE in WUNDT's Philosophischen Studien, im IX. Band, S. 147—150, publiziert hat, als t-Tabelle I hier zum Abdrucke gebracht. Um jedoch für besondere Fälle noch eine weitere Stelle zur Verfügung zu haben, wird auch die fünfstellige Tafel als t-Tabelle II in entsprechender Ausdehnung mitgeteilt.]

[Beiden Tabellen liegt in gleicher Weise die siebenstellige Tafel, die sich in MEYER's Vorlesungen über Wahrscheinlichkeitsrechnung S. 545—549 findet, zu Grunde. Da aber dort, wie üblich, die Argumentwerte t nur bis zur zweiten Dezimale aufgeführt sind, müßten in der Regel die zweiten Differenzen zur Interpolation beigezogen werden. Um dies zu ersparen, wurde in der vierstelligen Tafel im Intervalle $t = 0$ bis $t = 1{,}51$, in der fünfstelligen Tafel im Intervalle $t = 0$ bis $t = 2{,}01$ das Argument bis zur dritten Dezimale weitergeführt, so daß man überall mit einfacher Interpolation ausreicht. Zu diesem Zwecke wurde in den bezeichneten Intervallen mittelst der Formel:

$$f(a + xi) = f(a + \tfrac{1}{2}) + (x - \tfrac{1}{2}) f'(a + \tfrac{1}{2}) + \\ + \frac{x(x-1)}{1 \cdot 2} f''(a + \tfrac{1}{2}) + \frac{x(x-1)(x-\tfrac{1}{2})}{1 \cdot 2 \cdot 3} f'''(a + \tfrac{1}{2}) + \cdots$$

auf Grund der siebenstelligen Tafelwerte, unter Benutzung ihrer zweiten Differenzen interpoliert. Die dritten Differenzen konnten unberücksichtigt bleiben.]

[Die Einrichtung der Tabellen ist derjenigen der Logarithmentafeln nachgebildet. Insbesondere haben die Sternchen, die in einzelnen Horizontalreihen der Tafel II sich vorfinden, die Bedeutung, daß die der Zeile vorgedruckte erste Dezimale um 1 zu erhöhen ist.]

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,00	0,0000	0011	0023	0034	0045	0056	0068	0079	0090	0102
01	0,0113	0124	0135	0147	0158	0169	0181	0192	0203	0214
02	0,0226	0237	0248	0259	0271	0282	0293	0305	0316	0327
03	0,0338	0350	0361	0372	0384	0395	0406	0417	0429	0440
04	0,0451	0462	0474	0485	0496	0507	0519	0530	0541	0552
05	0,0564	0575	0586	0597	0609	0620	0631	0642	0654	0665
06	0,0676	0687	0699	0710	0721	0732	0744	0755	0766	0777
07	0,0789	0800	0811	0822	0833	0845	0856	0867	0878	0890
08	0,0901	0912	0923	0934	0946	0957	0968	0979	0990	1002
09	0,1013	1024	1035	1046	1058	1069	1080	1091	1102	1113
0,10	0,1125	1136	1147	1158	1169	1180	1192	1203	1214	1225
11	0,1236	1247	1259	1270	1281	1292	1303	1314	1325	1336
12	0,1348	1359	1370	1381	1392	1403	1414	1425	1436	1448
13	0,1459	1470	1481	1492	1503	1514	1525	1536	1547	1558
14	0,1569	1581	1592	1603	1614	1625	1636	1647	1658	1669
15	0,1680	1691	1702	1713	1724	1735	1746	1757	1768	1779
16	0,1790	1801	1812	1823	1834	1845	1856	1867	1878	1889
17	0,1900	1911	1922	1933	1944	1955	1966	1977	1988	1998
18	0,2009	2020	2031	2042	2053	2064	2075	2086	2097	2108
19	0,2118	2129	2140	2151	2162	2173	2184	2194	2205	2216
0,20	0,2227	2238	2249	2260	2270	2281	2292	2303	2314	2324
21	0,2335	2346	2357	2368	2378	2389	2400	2411	2421	2432
22	0,2443	2454	2464	2475	2486	2497	2507	2518	2529	2540
23	0,2550	2561	2572	2582	2593	2604	2614	2625	2636	2646
24	0,2657	2668	2678	2689	2700	2710	2721	2731	2742	2753
25	0,2763	2774	2784	2795	2806	2816	2827	2837	2848	2858
26	0,2869	2880	2890	2901	2911	2922	2932	2943	2953	2964
27	0,2974	2985	2995	3006	3016	3027	3037	3047	3058	3068
28	0,3079	3089	3100	3110	3120	3131	3141	3152	3162	3172
29	0,3183	3193	3204	3214	3224	3235	3245	3255	3266	3276
0,30	0,3286	3297	3307	3317	3327	3338	3348	3358	3369	3379
31	0,3389	3399	3410	3420	3430	3440	3450	3461	3471	3481
32	0,3491	3501	3512	3522	3532	3542	3552	3562	3573	3583
33	0,3593	3603	3613	3623	3633	3643	3653	3663	3674	3684
34	0,3694	3704	3714	3724	3734	3744	3754	3764	3774	3784
35	0,3794	3804	3814	3824	3834	3844	3854	3864	3873	3883
36	0,3893	3903	3913	3923	3933	3943	3953	3963	3972	3982
37	0,3992	4002	4012	4022	4031	4041	4051	4061	4071	4080
38	0,4090	4100	4110	4119	4129	4139	4149	4158	4168	4178
39	0,4187	4197	4207	4216	4226	4236	4245	4255	4265	4274
0,40	0,4284	4294	4303	4313	4322	4332	4341	4351	4361	4370
41	0,4380	4389	4399	4408	4418	4427	4437	4446	4456	4465
42	0,4475	4484	4494	4503	4512	4522	4531	4541	4550	4559
43	0,4569	4578	4588	4597	4606	4616	4625	4634	4644	4653
44	0,4662	4672	4681	4690	4699	4709	4718	4727	4736	4746
45	0,4755	4764	4773	4782	4792	4801	4810	4819	4828	4837
46	0,4847	4856	4865	4874	4883	4892	4901	4910	4919	4928
47	0,4937	4946	4956	4965	4974	4983	4992	5001	5010	5019
48	0,5027	5036	5045	5054	5063	5072	5081	5090	5099	5108
49	0,5117	5126	5134	5143	5152	5161	5170	5179	5187	5196
0,50	0,5205	5214	5223	5231	5240	5249	5258	5266	5275	5284
t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,50	0,5205	5214	5223	5231	5240	5249	5258	5266	5275	5284
51	0,5292	5301	5310	5318	5327	5336	5344	5353	5362	5370
52	0,5379	5388	5396	5405	5413	5422	5430	5439	5448	5456
53	0,5465	5473	5482	5490	5499	5507	5516	5524	5533	5541
54	0,5549	5558	5566	5575	5583	5591	5600	5608	5617	5625
55	0,5633	5642	5650	5658	5667	5675	5683	5691	5700	5708
56	0,5716	5724	5733	5741	5749	5757	5765	5774	5782	5790
57	0,5798	5806	5814	5823	5831	5839	5847	5855	5863	5871
58	0,5879	5887	5895	5903	5911	5919	5927	5935	5943	5951
59	0,5959	5967	5975	5983	5991	5999	6007	6015	6023	6031
0,60	0,6039	6046	6054	6062	6070	6078	6086	6093	6101	6109
61	0,6117	6125	6132	6140	6148	6156	6163	6171	6179	6186
62	0,6194	6202	6209	6217	6225	6232	6240	6248	6255	6263
63	0,6270	6278	6286	6293	6301	6308	6316	6323	6331	6338
64	0,6346	6353	6361	6368	6376	6383	6391	6398	6405	6413
65	0,6420	6428	6435	6442	6450	6457	6464	6472	6479	6486
66	0,6494	6501	6508	6516	6523	6530	6537	6545	6552	6559
67	0,6566	6573	6581	6588	6595	6602	6609	6616	6624	6631
68	0,6638	6645	6652	6659	6666	6673	6680	6687	6694	6701
69	0,6708	6715	6722	6729	6736	6743	6750	6757	6764	6771
0,70	0,6778	6785	6792	6799	6806	6812	6819	6826	6833	6840
71	0,6847	6853	6860	6867	6874	6881	6887	6894	6901	6908
72	0,6914	6921	6928	6934	6941	6948	6954	6961	6968	6974
73	0,6981	6988	6994	7001	7007	7014	7021	7027	7034	7040
74	0,7047	7053	7060	7066	7073	7079	7086	7092	7099	7105
75	0,7112	7118	7124	7131	7137	7144	7150	7156	7163	7169
76	0,7175	7182	7188	7194	7201	7207	7213	7219	7226	7232
77	0,7238	7244	7251	7257	7263	7269	7275	7282	7288	7294
78	0,7300	7306	7312	7318	7325	7331	7337	7343	7349	7355
79	0,7361	7367	7373	7379	7385	7391	7397	7403	7409	7415
0,80	0,7421	7427	7433	7439	7445	7451	7457	7462	7468	7474
81	0,7480	7486	7492	7498	7503	7509	7515	7521	7527	7532
82	0,7538	7544	7550	7555	7561	7567	7572	7578	7584	7590
83	0,7595	7601	7607	7612	7618	7623	7629	7635	7640	7646
84	0,7651	7657	7663	7668	7674	7679	7685	7690	7696	7701
85	0,7707	7712	7718	7723	7729	7734	7739	7745	7750	7756
86	0,7761	7766	7772	7777	7782	7788	7793	7798	7804	7809
87	0,7814	7820	7825	7830	7835	7841	7846	7851	7856	7862
88	0,7867	7872	7877	7882	7888	7893	7898	7903	7908	7913
89	0,7918	7924	7929	7934	7939	7944	7949	7954	7959	7964
0,90	0,7969	7974	7979	7984	7989	7994	7999	8004	8009	8014
91	0,8019	8024	8029	8034	8038	8043	8048	8053	8058	8063
92	0,8068	8073	8077	8082	8087	8092	8097	8101	8106	8111
93	0,8116	8120	8125	8130	8135	8139	8144	8149	8153	8158
94	0,8163	8167	8172	8177	8181	8186	8191	8195	8200	8204
95	0,8209	8213	8218	8223	8227	8232	8236	8241	8245	8250
96	0,8254	8259	8263	8268	8272	8277	8281	8285	8290	8294
97	0,8299	8303	8307	8312	8316	8321	8325	8329	8334	8338
98	0,8342	8347	8351	8355	8360	8364	8368	8372	8377	8381
99	0,8385	8389	8394	8398	8402	8406	8410	8415	8419	8423
1,00	0,8427	8431	8435	8439	8444	8448	8452	8456	8460	8464
t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,00	0,8427	8431	8435	8439	8444	8448	8452	8456	8460	8464
01	0,8468	8472	8476	8480	8484	8488	8492	8496	8500	8504
02	0,8508	8512	8516	8520	8524	8528	8532	8536	8540	8544
03	0,8548	8552	8556	8560	8563	8567	8571	8575	8579	8583
04	0,8586	8590	8594	8598	8602	8606	8609	8613	8617	8621
05	0,8624	8628	8632	8636	8639	8643	8647	8650	8654	8658
06	0,8661	8665	8669	8672	8676	8680	8683	8687	8691	8694
07	0,8698	8701	8705	8708	8712	8716	8719	8723	8726	8730
08	0,8733	8737	8740	8744	8747	8751	8754	8758	8761	8765
09	0,8768	8771	8775	8778	8782	8785	8789	8792	8795	8799
1,10	0,8802	8805	8809	8812	8815	8819	8822	8825	8829	8832
11	0,8835	8839	8842	8845	8848	8852	8855	8858	8861	8865
12	0,8868	8871	8874	8878	8881	8884	8887	8890	8893	8897
13	0,8900	8903	8906	8909	8912	8915	8918	8922	8925	8928
14	0,8931	8934	8937	8940	8943	8946	8949	8952	8955	8958
15	0,8961	8964	8967	8970	8973	8976	8979	8982	8985	8988
16	0,8991	8994	8997	9000	9003	9006	9008	9011	9014	9017
17	0,9020	9023	9026	9029	9031	9034	9037	9040	9043	9046
18	0,9048	9051	9054	9057	9060	9062	9065	9068	9071	9073
19	0,9076	9079	9082	9084	9087	9090	9092	9095	9098	9100
1,20	0,9103	9106	9108	9111	9114	9116	9119	9122	9124	9127
21	0,9130	9132	9135	9137	9140	9143	9145	9148	9150	9153
22	0,9155	9158	9160	9163	9165	9168	9171	9173	9176	9178
23	0,9181	9183	9185	9188	9190	9193	9195	9198	9200	9203
24	0,9205	9207	9210	9212	9215	9217	9219	9222	9224	9227
25	0,9229	9231	9234	9236	9238	9241	9243	9245	9248	9250
26	0,9252	9255	9257	9259	9262	9264	9266	9268	9271	9273
27	0,9275	9277	9280	9282	9284	9286	9289	9291	9293	9295
28	0,9297	9300	9302	9304	9306	9308	9310	9313	9315	9317
29	0,9319	9321	9323	9325	9327	9330	9332	9334	9336	9338
1,30	0,9340	9342	9344	9346	9348	9350	9352	9355	9357	9359
31	0,9361	9363	9365	9367	9369	9371	9373	9375	9377	9379
32	0,9381	9383	9385	9387	9389	9390	9392	9394	9396	9398
33	0,9400	9402	9404	9406	9408	9410	9412	9413	9415	9417
34	0,9419	9421	9423	9425	9427	9428	9430	9432	9434	9436
35	0,9438	9439	9441	9443	9445	9447	9448	9450	9452	9454
36	0,9456	9457	9459	9461	9463	9464	9466	9468	9470	9471
37	0,9473	9475	9477	9478	9480	9482	9483	9485	9487	9488
38	0,9490	9492	9494	9495	9497	9499	9500	9502	9503	9505
39	0,9507	9508	9510	9512	9513	9515	9516	9518	9520	9521
1,40	0,9523	9524	9526	9528	9529	9531	9532	9534	9535	9537
41	0,9539	9540	9542	9543	9545	9546	9548	9549	9551	9552
42	0,9554	9555	9557	9558	9560	9561	9563	9564	9566	9567
43	0,9569	9570	9571	9573	9574	9576	9577	9579	9580	9582
44	0,9583	9584	9586	9587	9589	9590	9591	9593	9594	9596
45	0,9597	9598	9600	9601	9602	9604	9605	9607	9608	9609
46	0,9611	9612	9613	9615	9616	9617	9618	9620	9621	9622
47	0,9624	9625	9626	9628	9629	9630	9631	9633	9634	9635
48	0,9637	9638	9639	9640	9642	9643	9644	9645	9647	9648
49	0 9649	9650	9651	9653	9654	9655	9656	9657	9659	9660
1,50	0,9661	9662	9663	9665	9666	9667	9668	9669	9670	9672
t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,5	0,9661	9673	9684	9695	9706	9716	9726	9736	9745	9755
1,6	0,9763	9772	9780	9788	9796	9804	9811	9818	9825	9832
1,7	0,9838	9844	9850	9856	9861	9867	9872	9877	9882	9886
1,8	0,9891	9895	9899	9903	9907	9911	9915	9918	9922	9925
1,9	0,9928	9931	9934	9937	9939	9942	9944	9947	9949	9951
2,0	0,9953	9955	9957	9959	9961	9963	9964	9966	9967	9969
2,1	0,9970	9972	9973	9974	9975	9976	9977	9979	9980	9980
2,2	0,9981	9982	9983	9984	9985	9985	9986	9987	9987	9988
2,3	0,9989	9989	9990	9990	9991	9991	9992	9992	9992	9993
2,4	0,9993	9993	9994	9994	9994	9995	9995	9995	9995	9996
2,5	0,9996	9996	9996	9997	9997	9997	9997	9997	9997	9998
2,6	0,9998	9998	9998	9998	9998	9998	9998	9998	9998	9999
2,7	0,9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
2,8	0,9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	0000	0000	0000

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,00	0.0 0000	0113	0226	0339	0451	0564	0677	0790	0903	1016
01	1128	1241	1354	1467	1580	1692	1805	1918	2031	2144
02	2256	2369	2482	2595	2708	2820	2933	3046	3159	3271
03	3384	3497	3610	3722	3835	3948	4060	4173	4286	4398
04	4511	4624	4736	4849	4962	5074	5187	5299	5412	5525
05	0,0 5637	5750	5862	5975	6087	6200	6312	6425	6537	6650
06	6762	6875	6987	7099	7212	7324	7436	7549	7661	777[illegible]
07	7886	7998	8110	8223	8335	8447	8559	8671	8784	8896
08	0,0 9008	9120	9232	9344	9456	9568	9680	9792	9904	*0016
09	0,1 0128	0240	0352	0464	0576	0687	0799	0911	1023	1135
0,10	0.1 1246	1358	1470	1581	1693	1805	1916	2028	2139	2251
11	2362	2474	2585	2697	2808	2919	3031	3142	3253	3365
12	3476	3587	3698	3809	3921	4032	4143	4254	4365	4476
13	4587	4698	4809	4919	5030	5141	5252	5363	5473	5584
14	5695	5805	5916	6027	6137	6248	6358	6468	6579	6689
15	0.1 6800	6910	7020	7130	7241	7351	7461	7571	7681	7791
16	7901	8011	8121	8231	8341	8451	8560	8670	8780	8890
17	0.1 8999	9109	9218	9328	9437	9547	9656	9766	9875	9984
18	0.2 0094	0203	0312	0421	0530	0639	0748	0857	0966	1075
19	1184	1293	1402	1510	1619	1728	1836	1945	2053	2162
0,20	0.2 2270	2379	2487	2595	2704	2812	2920	3028	3136	3244
21	3352	3460	3568	3676	3784	3891	3999	4107	4214	4322
22	4430	4537	4645	4752	4859	4967	5074	5181	5288	5395
23	5502	5609	5716	5823	5930	6037	6144	6250	6357	6463
24	6570	6676	6783	6889	6996	7102	7208	7314	7421	7527
25	0,2 7633	7739	7845	7950	8056	8162	8268	8373	8479	8584
26	8690	8795	8901	9006	9111	9217	9322	9427	9532	9637
27	0,2 9742	9847	9952	*0056	*0161	*0266	*0370	*0475	*0579	*0684
28	0,3 0788	0892	0997	1101	1205	1309	1413	1517	1621	1725
29	1828	1932	2036	2139	2243	2346	2450	2553	2656	2760
0,30	0,3 2863	2966	3069	3172	3275	3378	3480	3583	3686	3788
31	3891	3993	4096	4198	4300	4403	4505	4607	4709	4811
32	4913	5014	5116	5218	5319	5421	5523	5624	5725	5827
33	5928	6029	6130	6231	6332	6433	6534	6635	6735	6836
34	6936	7037	7137	7238	7338	7438	7538	7638	7738	7838
35	0,3 7938	8038	8138	8237	8337	8436	8536	8635	8735	8834
36	8933	9032	9131	9230	9329	9428	9526	9625	9724	9822
37	0,3 9921	*0019	*0117	*0215	*0314	*0412	*0510	*0608	*0705	*0803
38	0,4 0901	0999	1096	1194	1291	1388	1486	1583	1680	1777
39	1874	1971	2068	2164	2261	2357	2454	2550	2647	2743
0,40	0.4 2839	2935	3031	3127	3223	3319	3415	3510	3606	3701
41	3797	3892	3988	4083	4178	4273	4368	4463	4557	4652
42	4747	4841	4936	5030	5124	5219	5313	5407	5501	5595
43	5689	5782	5876	5970	6063	6157	6250	6343	6436	6529
44	6623	6715	6808	6901	6994	7086	7179	7271	7364	7456
45	0.4 7548	7640	7732	7824	7916	8008	8100	8191	8283	8374
46	8466	8557	8648	8739	8830	8921	9012	9103	9193	9284
47	0.4 9375	9465	9555	9646	9736	9826	9916	*0006	*0096	*0185
48	0.5 0275	0365	0454	0543	0633	0722	0811	0900	0989	1078
49	1167	1256	1344	1433	1521	1610	1698	1786	1874	1962
0,50	0.5 2050	2138	2226	2313	2401	2488	2576	2663	2750	2837
t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Plattenpaar 2	Zinkfläche Z_2 an C_2 haftend	+ 2
	Kupferfläche C_2 auf der feuchten Scheibe l_1 liegend	+ 1
Plattenpaar 1	Zinkfläche Z_1 an C_1 haftend	+ 1
	Kupferfläche C_1 mit dem Boden in Verbindung ſtehend	0

Fährt man auf dieſelbe Art fort, immer mehr Plattenpaare übereinander zu legen, ſo werden die Quantitäten freier poſitiver El. von Unten nach Oben in einer arithmetiſchen Progreſſion zunehmen.

Bei dieſer Theorie iſt vorausgeſetzt, daß die Fortleitung der El. durch die feuchten Scheiben ohne alle Schwächung Statt habe, wie im Fall eines vollkommnen Leitungsvermögens derſelben. Ferner liegt die Annahme dabei zu Grunde, daß die, zwiſchen die metallnen Plattenpaare eingeſchichteten, Flüſſigkeiten ſich durchaus nur durch Mittheilung elektriſiren, oder wenigſtens, daß, wenn ſie durch ihre Berührung die freie Mittheilung der El. modificiren, die darin verurſachte Veränderung ſo unbedeutend iſt, um aus der Acht gelaſſen werden zu können. Endlich tritt noch, hinſichtlich des Uebergangs der El. von einem Elemente der Säule zum andern, die dritte Annahme hinzu, daß der Ueberſchuß von El. + 1, den der Zink dem Kupfer nimmt, ſich für dieſe beiden Metalle gleich bleibt, mögen ſie ſich im natürlichen Zuſtande befinden oder nicht. Dieſe letztre Vorausſetzung iſt die einfachſte, die ſich denken läßt; bei alle dem aber bleibt es nur eine Vorausſetzung, für welche die oben angeführten Fundamentalverſuche keinen Beweis liefern. Ich habe von Coulomb gehört, dies Geſetz habe ihm bei einer erfahrungsmäßigen Unterſuchung richtig geſchienen. Offenbar läßt es ſich mit Genauigkeit nur durch die el. Wage nachweiſen, indem man die Quantitäten freier El. in verſchiednen Höhen der Säule mißt; allein hiebei kommt der ſtörende Einfluß der ſtets unvollkommnen Leitungsfähigkeit der feuchten Leiter, ſo wie mehrerer andern, in einem der folgenden Capitel zu erörternden, Urſachen ins Spiel. Wie dem auch ſey, ſo wollen wir doch die Gleichheit der Unterſchiede, um deren Beſtätigung es ſich handelt, als das einfachſte der denkbaren Geſetze, jetzt vorläufig zu Grunde legen, und durch Berechnung die Folgerungen daraus herzuleiten ſuchen.

Zuvörderſt, wenn man mit einer Hand die Grundfläche der Säule berührt und die andre Hand an ihre oberſte Platte bringt, ſo werden alle Ueberſchüſſe der El. + 1, + 2, + 3 . . . . der verſchiednen Plattenpaare ſich durch die Körpertheile hindurch in den allgemeinen Behälter entladen. Geſetzt nun, die Fortleitung der El. im Innern

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,50	0.5 2050	2138	2226	2313	2401	2488	2576	2663	2750	2837
51	2924	3011	3098	3185	3272	3358	3445	3531	3617	3704
52	3790	3876	3962	4048	4134	4219	4305	4390	4476	4561
53	4646	4732	4817	4902	4987	5071	5156	5241	5325	5410
54	5494	5578	5662	5746	5830	5914	5998	6082	6165	6249
55	0.5 6332	6416	6499	6582	6665	6748	6831	6914	6996	7079
56	7162	7244	7326	7409	7491	7573	7655	7737	7818	7900
57	7982	8063	8144	8226	8307	8388	8469	8550	8631	8712
58	8792	8873	8953	9034	9114	9194	9274	9354	9434	9514
59	0.5 9594	9673	9753	9832	9912	9991	°0070	°0149	°0228	°0307
0,60	0.6 0386	0464	0543	0621	0700	0778	0856	0934	1012	1090
61	1168	1246	1323	1401	1478	1556	1633	1710	1787	1864
62	1941	2018	2095	2171	2248	2324	2400	2477	2553	2629
63	2705	2780	2856	2932	3007	3083	3158	3233	3309	3384
64	3459	3533	3608	3683	3757	3832	3906	3981	4055	4129
65	0.6 4203	4277	4351	4424	4498	4571	4645	4718	4791	4865
66	4938	5011	5083	5156	5229	5301	5374	5446	5519	5591
67	5663	5735	5807	5878	5950	6022	6093	6165	6236	6307
68	6378	6449	6520	6591	6662	6732	6803	6873	6944	7014
69	7084	7154	7224	7294	7364	7433	7503	7572	7642	7711
0,70	0.6 7780	7849	7918	7987	8056	8125	8193	8262	8330	8398
71	8467	8535	8603	8671	8738	8806	8874	8941	9009	9076
72	9143	9210	9277	9344	9411	9478	9545	9611	9678	9744
73	0.6 9810	9877	9943	°0009	°0075	°0140	°0206	°0272	°0337	°0402
74	0.7 0468	0533	0598	0663	0728	0793	0858	0922	0987	1051
75	0.7 1116	1180	1244	1308	1372	1436	1500	1563	1627	1690
76	1754	1817	1880	1943	2006	2069	2132	2195	2257	2320
77	2382	2444	2507	2569	2631	2693	2755	2816	2878	2940
78	3001	3062	3124	3185	3246	3307	3368	3429	3489	3550
79	3610	3671	3731	3791	3851	3911	3971	4031	4091	4151
0,80	0.7 4210	4270	4329	4388	4447	4506	4565	4624	4683	4742
81	4800	4859	4917	4976	5034	5092	5150	5208	5266	5323
82	5381	5439	5496	5553	5611	5668	5725	5782	5839	5896
83	5952	6009	6066	6122	6178	6234	6291	6347	6403	6459
84	6514	6570	6626	6681	6736	6792	6847	6902	6957	7012
85	0.7 7067	7122	7176	7231	7285	7340	7394	7448	7502	7556
86	7610	7664	7718	7771	7825	7878	7932	7985	8038	8091
87	8144	8197	8250	8302	8355	8408	8460	8512	8565	8617
88	8669	8721	8773	8824	8876	8928	8979	9031	9082	9133
89	9184	9235	9286	9337	9388	9439	9489	9540	9590	9641
0,90	0.7 9691	9741	9791	9841	9891	9941	9990	°0040	°0090	°0139
91	0.8 0188	0238	0287	0336	0385	0434	0482	0531	0580	0628
92	0677	0725	0773	0822	0870	0918	0966	1013	1061	1109
93	1156	1204	1251	1298	1346	1393	1440	1487	1534	1580
94	1627	1674	1720	1767	1813	1859	1905	1951	1997	2043
95	0.8 2089	2135	2180	2226	2271	2317	2362	2407	2452	2497
96	2542	2587	2632	2677	2721	2766	2810	2855	2899	2943
97	2987	3031	3075	3119	3162	3206	3250	3293	3337	3380
98	3423	3466	3509	3552	3595	3638	3681	3723	3766	3808
99	3851	3893	3935	3977	4020	4061	4103	4145	4187	4229
1,00	0.8 4270	4312	4353	4394	4435	4477	4518	4559	4600	4640
t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,00	0,8 4270	4312	4353	4394	4435	4477	4518	4559	4600	4640
01	4681	4722	4762	4803	4843	4883	4924	4964	5004	5044
02	5084	5124	5163	5203	5243	5282	5322	5361	5400	5439
03	5478	5517	5556	5595	5634	5673	5711	5750	5788	5827
04	5865	5903	5941	5979	6017	6055	6093	6131	6169	6206
05	0,8 6244	6281	6318	6356	6393	6430	6467	6504	6541	6578
06	6614	6651	6688	6724	6760	6797	6833	6869	6905	6941
07	6977	7013	7049	7085	7120	7156	7191	7227	7262	7297
08	7333	7368	7403	7438	7473	7507	7542	7577	7611	7646
09	7680	7715	7749	7783	7817	7851	7885	7919	7953	7987
1,10	0,8 8021	8054	8088	8121	8155	8188	8221	8254	8287	8320
11	8353	8386	8419	8452	8484	8517	8549	8582	8614	8647
12	8679	8711	8743	8775	8807	8839	8871	8902	8934	8966
13	8997	9029	9060	9091	9122	9154	9185	9216	9247	9277
14	9308	9339	9370	9400	9431	9461	9492	9522	9552	9582
15	0,8 9612	9642	9672	9702	9732	9762	9792	9821	9851	9880
16	0,8 9910	9939	9968	9997	*0027	*0056	*0085	*0114	*0142	*0171
17	0,9 0200	0229	0257	0286	0314	0343	0371	0399	0428	0456
18	0484	0512	0540	0568	0595	0623	0651	0678	0706	0733
19	0761	0788	0815	0843	0870	0897	0924	0951	0978	1005
1,20	0,9 1031	1058	1085	1111	1138	1164	1191	1217	1243	1270
21	1296	1322	1348	1374	1399	1425	1451	1477	1502	1528
22	1553	1579	1604	1630	1655	1680	1705	1730	1755	1780
23	1805	1830	1855	1879	1904	1929	1953	1978	2002	2026
24	2051	2075	2099	2123	2147	2171	2195	2219	2243	2266
25	0,9 2290	2314	2337	2361	2384	2408	2431	2454	2477	2500
26	2524	2547	2570	2593	2615	2638	2661	2684	2706	2729
27	2751	2774	2796	2819	2841	2863	2885	2907	2929	2951
28	2973	2995	3017	3039	3061	3082	3104	3126	3147	3168
29	3190	3211	3232	3254	3275	3296	3317	3338	3359	3380
1,30	0,9 3401	3422	3442	3463	3484	3504	3525	3545	3566	3586
31	3606	3627	3647	3667	3687	3707	3727	3747	3767	3787
32	3807	3826	3846	3866	3885	3905	3924	3944	3963	3982
33	4002	4021	4040	4059	4078	4097	4116	4135	4154	4173
34	4191	4210	4229	4247	4266	4284	4303	4321	4340	4358
35	0,9 4376	4394	4413	4431	4449	4467	4485	4503	4521	4538
36	4556	4574	4592	4609	4627	4644	4662	4679	4697	4714
37	4731	4748	4766	4783	4800	4817	4834	4851	4868	4885
38	4902	4918	4935	4952	4968	4985	5002	5018	5035	5051
39	5067	5084	5100	5116	5132	5148	5165	5181	5197	5213
1,40	0,9 5229	5244	5260	5276	5292	5307	5323	5339	5354	5370
41	5385	5401	5416	5431	5447	5462	5477	5492	5507	5523
42	5538	5553	5568	5582	5597	5612	5627	5642	5656	5671
43	5686	5700	5715	5729	5744	5758	5773	5787	5801	5815
44	5830	5844	5858	5872	5886	5900	5914	5928	5942	5956
45	0,9 5970	5983	5997	6011	6024	6038	6051	6065	6078	6092
46	6105	6119	6132	6145	6159	6172	6185	6198	6211	6224
47	6237	6250	6263	6276	6289	6302	6315	6327	6340	6353
48	6365	6378	6391	6403	6416	6428	6440	6453	6465	6478
49	6490	6502	6514	6526	6539	6551	6563	6575	6587	6599
1,50	0,9 6611	6622	6634	6646	6658	6670	6681	6693	6705	6716
t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,50	0.9 6611	6622	6634	6646	6658	6670	6681	6693	6705	6716
51	6728	6739	6751	6762	6774	6785	6796	6808	6819	6830
52	6841	6853	6864	6875	6886	6897	6908	6919	6930	6941
53	6952	6962	6973	6984	6995	7006	7016	7027	7037	7048
54	7059	7069	7080	7090	7100	7111	7121	7131	7142	7152
55	0.9 7162	7172	7183	7193	7203	7213	7223	7233	7243	7253
56	7263	7273	7283	7292	7302	7312	7322	7331	7341	7351
57	7360	7370	7379	7389	7398	7408	7417	7427	7436	7445
58	7455	7464	7473	7482	7492	7501	7510	7519	7528	7537
59	7546	7555	7564	7573	7582	7591	7600	7609	7617	7626
1,60	0.9 7635	7644	7652	7661	7670	7678	7687	7695	7704	7712
61	7721	7729	7738	7746	7754	7763	7771	7779	7787	7796
62	7804	7812	7820	7828	7836	7844	7852	7860	7868	7876
63	7884	7892	7900	7908	7916	7924	7931	7939	7947	7955
64	7962	7970	7977	7985	7993	8000	8008	8015	8023	8030
65	0.9 8038	8045	8052	8060	8067	8074	8082	8089	8096	8103
66	8110	8118	8125	8132	8139	8146	8153	8160	8167	8174
67	8181	8188	8195	8202	8209	8215	8222	8229	8236	8243
68	8249	8256	8263	8269	8276	8283	8289	8296	8302	8309
69	8315	8322	8328	8335	8341	8347	8354	8360	8366	8373
1,70	0.9 8379	8385	8392	8398	8404	8410	8416	8422	8429	8435
71	8441	8447	8453	8459	8465	8471	8477	8483	8489	8494
72	8500	8506	8512	8518	8524	8529	8535	8541	8546	8552
73	8558	8563	8569	8575	8580	8586	8591	8597	8602	8608
74	8613	8619	8624	8630	8635	8641	8646	8651	8657	8662
75	0.9 8667	8672	8678	8683	8688	8693	8699	8704	8709	8714
76	8719	8724	8729	8734	8739	8744	8749	8754	8759	8764
77	8769	8774	8779	8784	8789	8793	8798	8803	8808	8813
78	8817	8822	8827	8832	8836	8841	8846	8850	8855	8859
79	8864	8869	8873	8878	8882	8887	8891	8896	8900	8905
1,80	0.9 8909	8913	8918	8922	8927	8931	8935	8940	8944	8948
81	8952	8957	8961	8965	8969	8974	8978	8982	8986	8990
82	8994	8998	9002	9007	9011	9015	9019	9023	9027	9031
83	9035	9039	9043	9046	9050	9054	9058	9062	9066	9070
84	9074	9077	9081	9085	9089	9093	9096	9100	9104	9107
85	0.9 9111	9115	9118	9122	9126	9129	9133	9137	9140	9144
86	9147	9151	9154	9158	9161	9165	9168	9172	9175	9179
87	9182	9185	9189	9192	9196	9199	9202	9206	9209	9212
88	9216	9219	9222	9225	9229	9232	9235	9238	9242	9245
89	9248	9251	9254	9257	9261	9264	9267	9270	9273	9276
1,90	0.9 9279	9282	9285	9288	9291	9294	9297	9300	9303	9306
91	9309	9312	9315	9318	9321	9324	9326	9329	9332	9335
92	9338	9341	9343	9346	9349	9352	9355	9357	9360	9363
93	9366	9368	9371	9374	9376	9379	9382	9384	9387	9390
94	9392	9395	9397	9400	9403	9405	9408	9410	9413	9415
95	0.9 9418	9420	9423	9425	9428	9430	9433	9435	9438	9440
96	9443	9445	9447	9450	9452	9455	9457	9459	9462	9464
97	9466	9469	9471	9473	9476	9478	9480	9482	9485	9487
98	9489	9491	9494	9496	9498	9500	9502	9505	9507	9509
99	9511	9513	9515	9518	9520	9522	9524	9526	9528	9530
2,00	0.9 9532	9534	9536	9538	9540	9542	9544	9546	9548	9550
t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,0	0,9 9532	9552	9572	9591	9609	9626	9642	9658	9673	9688
2,1	9702	9715	9728	9741	9753	9764	9775	9785	9795	9805
2,2	9814	9822	9831	9839	9846	9854	9861	9867	9874	9880
2,3	9886	9891	9897	9902	9906	9911	9915	9920	9924	9928
2,4	9931	9935	9938	9941	9944	9947	9950	9952	9955	9957
2,5	0,9 9959	9961	9963	9965	9967	9969	9971	9972	9974	9975
2,6	9976	9978	9979	9980	9981	9982	9983	9984	9985	9986
2,7	9987	9987	9988	9989	9989	9990	9991	9991	9992	9992
2,8	9992	9993	9993	9994	9994	9994	9995	9995	9995	9996
2,9	9996	9996	9996	9997	9997	9997	9997	9997	9997	9998
3,0	0,9 9998	9998	9998	9998	9998	9998	9998	9999	9999	9999
3,1	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
3,2	0,9 9999	9999	9999	*0000	*0000	*0000	*0000	*0000	*0000	*0000

BAYERISCHE
STAATS-
BIBLIOTHEK
MUENCHEN

Register.

Abhängigkeit, wechselweise von Dimensionen 372.
Abhängigkeitsmaß 367, 371.
Abhängigkeitsverhältnisse 365—375.
Abnormitäten 51.
Abstandsgesetze 71, 303, für Verhältnisabweichungen 348.
Abstandsverhältnisse 73, 304.
Abweichung, arithmetische 17, von *A* 23, W. ders. 271, von *D* 23, W. ders. 296;
—— extreme 23, W. ders. 332;
—— logarithmische 79, 339, W. ders. 347.
—— mittlere 18, bez. *A* 23, bez. *D* 23, Bestimmung ders. 159;
—— mittlere, zweiter Ordnung 277;
—— quadratische mittlere 21;
—— wahrscheinliche 21;
Abweichungen, extreme, Mittelwert ders. 334, Zentralwert ders. 332, dichtester Wert ders. 333, Unterschied ders. 97.
—— mittlere, Beziehungen zwischen denselben 273.
Abweichungsschwerwert 178, Bestimmung dess. 180.
Abweichungssumme 18, emp. Bestimmung ders. 154, theor. Bestimmung ders. 283.
Abweichungszahlen 18, Unterschied ders. 23, emp. Bestimmung ders. 152, theor. Bestimmung ders. 57, 272.
Adresskarten 29, 41.
Antiparallelismus der Bewegung zweier Größen 382.
Asymmetrie, wesentliche u. zufällige 66; Asymmetrie der Barometerabweichungen 445, 447, der Fehlerreihen 462, 466, der Galleriebilder 429, der Regenhöhen 438, 439, 444, der Rekrutenmaße 137, 202, der Roggenglieder 410—415, der Schädelmaße 135, 197, der Thermometerabweichungen 451, der täglichen Variationen 454, 455.
——, Gründe für 198 flgd.;
——, Merkmale der 67, 97, vergl. W.-Bestimmungen für A.;
——, Mischung von wesentl. und unwesentl. 204;
——, Richtung d. für verschiedene K.-G. 202;
——, W.-Bestimmungen für 208, 213, 217, 218, 250.
Asymmetriegesetze 69 flgd., Ableitung ders. 295 flgd., Bewährung derselben 197 flgd.
Asymmetriewerte vgl. Verzeichnis der Tabellen.
a-Tafel 113.
Ausgangsgesetz 69, Ableitung dess. 295.
Ausgangswert des einfachen G. G. 55, 271, des zweiseitigen G. G. 69, 297.
a-Werte 7, 17; Bestimmung ihrer Summe 143 flgd.; äquidistante *a* 106; leere *a* 107; nackte *a* 110; reduzierte *a* 111 zerstreute *a* 106.

Barometerabweichungen 368, 444 flgd.
Behandlung der K.-G., arithmetische 25, 99 flgd., 271 flgd.

Behandlung der K.-G., logarithmische 25, 80, 339—351.
——, Vergleich zwischen arithm. u. log. 342—346.
Beobachtungsfehler 457.
Berechnung s. Bestimmung.
BERNOULLI's Theorem 217, 243, 367, 370.
BESSEL 55, 89.
Bestimmung von Σa 143; $\Sigma a'$, Σa, 148; m', m, 152; $\Sigma\Theta'$, $\Sigma\Theta$, 154; η 159;
——, fundamentale ideale, normale 52;
——, rohe 11;
—— scharfe 11, 142, der Eingriffssumme 149—151, der Eingriffszahl 152, 153;
——, unwesentliche 9;
——, wesentliche normale 9.
Bestimmungsstück s. Element.
Bewährung des G. G. siehe Verzeichnis der Tabellen.
Beweglichkeit der Rekrutengröße 391.
Bewegung der Rekrutengröße 382; sächsischer Rekruten 387, 390, 398; belgischer Rekruten 396, 399, 400.
Bezeichnungen 7—26, 77—81, 208.
BODIO 65.
BOYD 28, 202.
BRAVAIS 445.
BREUGHEL 435.
BRILL 435.

Charakteristik der K.-G. durch den Mittelwert 87, 89, 90; durch den Zentralwert 87; durch den dichtesten Wert 87, 88, 90, 91; durch Schwankungsweite und mittl. Schwankung 93; durch Asymmetriewerte 97.

Dichtester Wert 12, 17; Eigenschaften dess. 171;
——, empirisch dichtester 182, Bestimmung dess. 184, 185;
——, theoretisch wahrscheinlichster 182, Existenz dess. 188, Eigenschaften dess. 189, Bestimmung dess. 190 flgd.;
——, Zusammenhang mit dem zweiseitigen G. G. 91, 307 flgd.;
——, logarithmisch dichtester 80, 340, Zusammenhang mit dem arithmetisch dichtesten Werte 349.
Dimensionen der K.-G. 4.
Dimensionsverhältnisse 352—361; Kollektive Behandlung ders. 362—364.
DOVE 29, 322, 368.
Durchgang durch den Meridian 457.
Durchschnittsfehler 461, 465.

Eingriffsintervall 142.
Eingriffsmaß 143.
Eingriffssumme 143, Bestimmung ders. 149—151.
Eingriffszahl 143, Bestimmung ders. 152, 153.
Einschieben leerer a 107.
Elemente 17—24, 80, 81; Bestimmungsweise ders. 141 flgd., 161 flgd.; vgl. das Verzeichnis der Tabellen.
ELLIOTT 19, 65, 146, 159.
ENCKE 88, 245, 275, 323.
Endabteilungen 106, Reduktion ders. 118, 119.
EULER 238.
Extreme 22, 93, 321 flgd.; der Rekrutenmaße 35, 36; abnorme E. 323; Mittelwerte der E. 325; vergl. d. Verzeichnis d. Tabellen.
Extremgesetze 74, 330 flgd.

Fadendistanzen 458, 461.
Fehler, mittlerer s. mittl. Abweichung.
—— der ungleichförmigen Schätzung 53, 108.
——, wahrscheinlicher von ε, η, w 275, von A 278; des Abhängigkeitsmaßes 367.
Fehlergesetz s. GAUSS'sches Gesetz.
Fehlerreihen, astronomische 456, 463, Asymmetrie ders. 462, 466.
Fehlertheorie 5, 15, 55, 88.
Funktionsbezeichnung 22.

Galleriegemälde, Dimensionen ders. 29, 49, 418 flgd.; Bilderklassen 419; Verhältnis der Dimensionen 432 flgd.; Flächenraum 434; vergl. das Verzeichnis der Tabellen.
GAUSS 20, 55, 64, 275.
GAUSS'sches Gesetz, einfaches 55 flgd., 271 flgd., beschränkte Gültigkeit dess.

64 flgd., Gültigkeit in der Fehlertheorie 465; Tabelle d. G. G. s. Verzeichnis d. Tabellen.
—, zweiseitiges 69, 271; Vergleich dess. mit dem einfachen G. G. 279; ein empirischer Vorzug dess. 198; theoretische Begründung dess. 306 flgd.; Bewährung dess. siehe Verzeichnis der Tabellen.; Motivierung dess. 65 flgd.
Gauss'sches Gesetz, logarithmische Verallgemeinerung, Motivierung ders. 77; Vergleich mit dem arithm. Gesetze 341 flgd.; Bewährung siehe Verzeichnis der Tabellen.
Genrebilder, Dimensionen ders. 341—344, 423 flgd.
Gesamtzahl 17.
Gewicht der Organe des menschlichen Körpers 28; Asymmetrie 202.
Gliederung des Roggens 408—410.
Gould 65.
Goldener Schnitt 41, 409.

Hagen 319.
Hauber 217.
Hauptabteilungen 108.
Hauptabweichungssumme s. Abweichungssumme.
Hauptabweichungszahl s. Abweichungszahl.
Hauptbestand 106.
Hauptwerte 8, 17; Eigenschaften ders. 160 flgd.
—, logarithmische 80, 340.
Hypothesen zur Ableitung des asymm. Verteilungsgesetzes 307, 313; des logarithmischen Gesetzes 351.

Integralausdruck d. G. G. 272.
Interpolation zur Berechnung des dichtesten Wertes 183—186, der Eingriffssumme 149—151, der Eingriffszahl 152, 153, des Zentralwertes 169.
Intervall 10; primäres 109; reduziertes 111.
Intervalltafel 113.

Jahresabweichungen und Jahreswerte, meteorologische 42.

Kämpfe 64, 467.
Kataloge der Galleriebilder 421.
Kern der Verteilungstafel 122.
Kobold 457, 461.
Kollektivabweichungen 8.
Kollektivgegenstand 3, 31; disparater 33; einheitlicher 33; einstimmiger 33; einwurfsfreier 51; fehlerloser oder normaler 31; reiner, ungemischter 32; verstümmelter 32; vollzahliger 31; zwiespältiger 33; Umfang des K.-G. 3; Weite (räumliche, zeitliche) des K.-G. 38; Merkmal des einheitlichen und zwiespältigen K.-G. 39, 40.
Kollektivgegenstände, Arten ders. 28, 29; artistische 40, meteorologische 42—48; Verteilungstafeln und Elemente der K.-G. s. das Verzeichnis der Tabellen.
Kollektivmaßlehre 6, Verschiedenheit ders. von der Fehlertheorie 15, 16.
Korrektion wegen des endlichen m 20, 95, 96.
Kramp 64.
Kreismittelfehler 296.

Lagengesetz 74, 194, 280, Ableitung dess. 306; der Verhältnisabweichungen 348.
Landschaftsbilder, Dimensionen ders. 423 flgd.
Le Sueur 420.
Lotterielisten (Ziehungslisten sächsischer Lotterien) verwendet zur Bestimmung der Successionsabhängigkeit 45; als Ersatz der Wahrscheinlichkeitsurne 229; zur Bestimmung der Asymmetriewerte 230, 251, 266 flgd.

Maßlehre, astronomische und physikalische, siehe Fehlertheorie.
Meridiankreis 457.
Meyer 63, 217, 240, 467.
Mittel, arithmetisches 17, 86—92, Bestimmung dess. 146, Eigenschaften dess. 161; arithmetisches, von Verhältnissen 353.
—, falsches 207, 237.
—, geometrisches 81, Zusammenhang

dess. mit dem arithm. 349; geom. M. von Verhältnissen 354, 357 flgd.
—, harmonisches v. Verhältnissen 355.
—, logarithmisches 80, 340.
—, prozentisches v. Verhältnissen 353.
—, singuläres 164.
—, summarisches 164, von Verhältnissen 353, 357 flgd.
—, wahres 207, 237.
Mittelfehler 459, 465, s. mittl. Abweichung.
Mittelwert siehe Mittel.
Monatsabweichungen und Monatswerte, thermische 29, 42, 46, 368, 371.
Mythologische Bilder 419, 426 flgd.

Nachsumme 24.
Nachzahl 24.

Parallelismus der Bewegung zweier Größen 382.
— der Bewegung sächsischer Rekrutenmaße 386 flgd.
— der Bewegung belgischer Rekrutenmaße 394 flgd.
π-Gesetze 71, 201; Ableitung ders. 305;
— der Verhältnisabweichungen 348.
P-Gleichung 275.
Plantamour 436, 437, 440.
Poisson 217.
Prinzip, symmetrisches und asymmetrisches 81, 83.
Proportionalgesetz 70, 199; Ableitung dess. 297.
p-Wert 71, 72, 305.

Quetelet 28, 44, 48, 50, 65, 66, 196, 292, 444, 452, 454, 455.

Reduktion d. Verteilungstafeln 111 flgd.
— der Endabteilungen ders. 118.
— des Hauptbestandes ders. 111.
— mit geteilten *i* 115.
Reduktionslage 132; Einfluss ders. auf die Werte der Elemente 135, 137, 138; Wahl ders. 139.
Reduktionsstufe 123; Einfluss ders. auf die Werte der Elemente 127, 130, 132; Vorteile und Nachteile der Größe ders. 124.
Regenhöhen, tägliche für Genf 29, 48, 49, 344—347, 369, 436 flgd..
Regenmesser 437.
Rekrutenmaße 28, 381, 382, sächsische 34—37, 293, 325, 369, 386 flgd.; belgische 394 flgd., französische 292, 397; vergl. das Verzeichnis der Tabellen.
Religiöse Bilder, Dimensionen ders. 419, 420 flgd.
Requisiten der K.-G. 31—52; der Untersuchung 52—54.
Roggenähren s. Roggenhalme.
Roggenhalme 28, 403 flgd.; Gliederung ders. 408—410.
Roggenglieder 404, Verhältnisse ders. 416, 417; vergl. das Verzeichnis der Tabellen.

Schädel, Breitenindex dess. 375.
Schädelmaße 28, 101, 362, 373; vgl. d. Verzeichnis der Tabellen.
Schädelmodulus, Welcker'scher 373.
Schätzung, ungleichförmige 53, 108.
Scheibner 349, 356, 361.
Scheidewert 160, Bestimmung dess. 173, 174.
Schmid 323.
Schwankung 19, 20; starke 76.
Schwankungsweite 92, 93.
Schwankungswert, mittlerer, s. Abweichung, mittlere.
Schwerster Wert 160; Bestimmung dess. 175.
Spezialgesetze wesentlich asymmetrischer Verteilung 69—74; Ableitung ders. 295—306.
Stadtmaße, Leipziger 28.
Stilllebenbilder 419, 424 flgd.
Studentenrekruten 28.
Successionsabhängigkeit 45; Bestimmung ders. 366—372.
Summenformel von Euler oder Mac Laurin 227, 238.
Summengesetz 283, 284; Ableitung dess. 286, 287; vergl. d. Verzeichnis der Tabellen.
Supplementarverfahren 289—293.
S-Verfahren 144—146.
S-Wert 142.

Tafel s. Verteilungstafel.
Tagesabweichungen und Tageswerte, meteorologische 29, 42, 368, 369, 436, 444, 448, 451.
Tagesmittel, allgemeines thermisches 43.
Thermometerabweichungen 368, 448 flgd.
t-Tabelle, Einrichtung ders. 467.
t-Wert 25.

Umkehr der Asymmetrie, bei thermischen Monatsabweichungen 202, bei Barometerabweichungen 447, bei Thermometerabweichungen 451.
— bei [illegible] Roggengliedern 202, 411, 416.
Umkehrgesetz 74; Ableitung dess. 306; der extremen Abweichungen 336, 337.
Umkreisintervall 109.
Unterschied der Abweichungszahlen 23, 97; der extremen Abweichungen 97.
Untersuchungsmaterial 27—30.
Urliste 7, 100.

Variationen der Rekrutengröße 379 flgd.; räumlicher Zusammenhang derselben 386 flgd.; zeitlicher Zusammenhang ders. 398 flgd.; sächsischer Rekruten 387, 390; belgischer Rekruten 396, 397, 400.
—, tägliche der Temperatur 29, 50, 451 flgd., Asymmetrie ders. 454, 455.
Vergleichstabelle, Einrichtung ders. 279.
Verhältnisabweichungen 77, 339.
Verhältnisse, kollektive Behandlung ders. 361 flgd.;
—, mittlere 353 flgd.; siehe Mittel von Verhältnissen.
Verhältniswert, dichtester 81, 340; Eigenschaften dess. 348.
Verhältniszahlen 58, 59, 272.
VERONESE 434.
Verteilung 4; geometrische Darstellung 110; asymmetrische V. 14, 312, 313; symmetrische V. 9, 311, 313.
Verteilungsgesetz 4, 55, Anwendung dess. 57, asymmetrisches 295, 317; logarithmisches 82, 347; s. GAUSS'sches Gesetz.
Verteilungsgesetze, asymmetrische siehe Spezialgesetze.
Verteilungstafel 7, ideale 8, 10, empirische 9, 10, primäre 11, 100, Beispiele 102 flgd., reduzierte 11, 111, Beispiele 121 flgd.
Vertikalfaden des Meridiankreises 457.
Visitenkarten 29, 41, 354.
Vorsumme 24.
Vorzahl 24.

Wahrscheinlichkeit, asymmetrische 14, 66 flgd., 214, 313.
—, symmetrische 10, 14, 60 flgd.; 219.
Wahrscheinlichkeitsbestimmungen für unwesentliche Asymmetrie 208, bez. d. wahren Mittels 217, 218, 227, bez. d. falschen Mittels 230, 258 flgd.; für wesentl. Asymmetrie 213; für Kollektivabweichungen 271, 296, 297; für extreme Abweichungen 332; für logarithm. Abweichungen 347; für Successionsabhängigkeit 366, 371; für Abhängigkeit zwischen Dimens. 372; Anwendung derselben in der Statistik 232 flgd.
Wahrscheinlichkeitsgesetze siehe Wahrscheinlichkeitsbestimmungen.
Wasserhöhen s. Regenhöhen.
WELCKER 28, 101, 362, 373, 374.
Wert, dichtester s. dichtester Wert.
— extremer s. Extrem.
Wertmitte s. Zentralwert.

ZEISING 409.
Zenithdistanz 457.
Zentralwert 13, 17, 165; Bestimmung dess. 167, 169; logarithmischer 80.
Zufall, negativ bestimmt 6.
Zufallsgesetze 5, 31; Störung derselben durch Nebenzwecke 41, durch Periodizität 44, durch Successionsabhängigkeit 45; vergl. Wahrscheinlichkeitsbestimmungen.
Zusammenfallen der Hauptwerte 14, 61, 62, 304.
Zusammenhang der Variationen der Rekrutengröße, räumlicher 386 flgd., zeitlicher 398 flgd.
Zusammenhang der logarithmischen und arithmetischen Hauptwerte 349.
z-Wert 8, 100; reduziertes *z* 110.

Verzeichnis der Tabellen.

a) Verteilungstafeln und Tabellen der Elemente für K.-G.

Primäre Verteilungstafeln:

Rekrutenmaße der Studenten 104.
Roggenhalme, oberstes Glied 105.
Schädelmaße, Vertikalumfang 102, Horizontalumfang 103.
Probe für die Fadendistanzen (Klemme Ost, Nachtbeobachtungen) 459.
Probe für die Galleriegemälde (Genre) 423.
Probe für die Regenhöhen (Januar) 437.

Arithmetisch reduzierte Verteilungstafeln:

Barometerabweichungen 446.
Fehlerreihen, astronomische 463, 464.
Galleriegemälde 342, 424.
Regenhöhen, tägliche 345, 442.
Rekrutenmaße der Studenten 129, 136, extreme Abweichungen 329.
Roggenhalme, oberstes Glied 131, 138, sechsgliedrige Halme 413.
Schädelmaße, Vertikalumfang 121, 123, 124, 134, Abweichungswerte 179, Abweichungssummen 180.
——, Horizontalumfang 121, 123.
Thermometerabweichungen 450.
Variationen, tägliche, der Temperatur 453.
Willkürlich aufgestellte Verteilungstafel 141.

Logarithmisch reduzierte Verteilungstafeln:

Galleriegemälde 343, 430.
Regenhöhen 346, 443.
Verhältnisse der Roggenglieder 417.
Verhältnisse der Schädeldimensionen 363.

Tabellen der Elemente:

Barometerabweichungen 447, 448.
Fadendistanzen 460, 461.
Fehlerreihen 464.
Galleriegemälde 342, 343, 426, 428, 431, 432, 433, 434.
Regenhöhen 345, 346, 438, 444.

der Säule geſchähe vollkommen frei oder wenigſtens ſehr ſchnell im Verhältniß zu ihrer Fortleitung durch die Organe, ſo wird dieſe Entladung eine Erſchütterung hervorbringen müſſen wie die Entladung der Leydner Flaſche, mit dem bemerkenswerthen Unterſchiede jedoch, daß die Empfindung davon anhaltend ſeyn wird. Denn da die Säule ſich auf Koſten des Bodens immer wieder weit ſchneller ladet, als die Organe ſie zu entladen vermögen, ſo wird die oberſte Platte ſich immer faſt eben ſo ſtark, als vor der Berührung, geladen finden. Die Erfahrung ſtimmt mit dieſen Angaben vollkommen überein. Man kann auch auf ſolche Weiſe, aber in ohne Vergleich ſtärkerm Grade, alle Geſchmacks- und Lichtempfindungen hervorrufen, die wir durch ein einziges Plattenpaar erhielten.

Um zu wiſſen, wie viel in dieſem Fall die geſammte Quantität El. beträgt, welche ſich bei jeder Berührung entladet, braucht man nur die Summe von den Quantitäten El. zu nehmen, welche zufolge der obigen Beſtimmungen in freiem Zuſtande in den verſchiednen Plattenpaaren des Apparats vorhanden ſind. Der einfachern Schätzung halber kann man dabei die feuchten Scheiben als unendlich dünn annehmen und die Quantität El. vernachläſſigen, die ſich an ihren äußern Umkreis begiebt; dann werden die vorhin betrachteten Quantitäten, die ſich auf den Oberflächen des Kupfers und Zinks verbreitet haben, die einzigen ſeyn, deren Summe man zu nehmen hat. Man findet auf dieſe Weiſe, daß ihre Summe dem Quadrat der Zahl der Plattenpaare proportional iſt. Wie wir jedoch weiterhin ſehen werden, ſchwächt die Unvollkommenheit der feuchten Leiter dies Reſultat um Vieles.

Wir haben die Säule folgendermaßen aufgebaut angenommen: Kupfer, Zink, feuchter Leiter, Kupfer u. ſ. w., ſo daß die erſte Kupferplatte mit dem Boden in Verbindung ſtand. Man könnte ſie aber auch in entgegengeſetzter Ordnung ſchichten, Zink, Kupfer, feuchter Leiter, Zink u. ſ. w., ſo daß man die erſte Zinkplatte mit dem Boden in leitende Verbindung ſetzte. Die Theorie für dieſen Fall würde ganz die nämliche ſeyn, blos mit dem Unterſchiede, daß unſre Einheit + 1 negativ zu ſetzen wäre, d. h. daß die Quantitäten freier El. negativer Beſchaffenheit ſeyn würden.

Anſtatt die Metallplatten in eine verticale Säule übereinander zu ſchichten, kann man ſie auch parallel neben einander auf iſolirenden Trägern, z. B. gefirnißten Glasſtäben, aufſtellen. Anſtatt aber dann zwiſchen ſie Tuchſcheiben zu bringen, die ſich ſchwer vertical erhalten laſſen würden, ordnet man ſie ſo an, daß ſie eine Art kleiner Zellen zwiſchen ſich laſſen, von denen ſie die äußern Wände bilden; und in dieſe Zellen gießt man alsdann die Flüſſigkeiten, wel-

Rekrutenmaße der Studenten 130, 137. Mittelwerte der Extreme 326, Mittelwerte der extremen Abweichungen 330. Mittelwerte sächsischer Rekruten 387, 388, Größenbewegung ders. 390, Bewegungssumme ders. 393, Größenbewegung belgischer Rekruten 396, 397, Zentralwerte ders. 400.
Roggenglieder 132, 138, 406, 407, 412, 414, Verhältnisse 417.
Schädelmaße 127, 135, roh und scharf bestimmte Werte von μ und $\Sigma\Delta$ 157, 159, Verhältnisse der Dimensionen 363.
Thermometerabweichungen 449, 451.
Variationen, tägliche, der Temperatur 453.

b) Tabellen des Gauss'schen Gesetzes und der Bewährungen desselben.

Tabelle der Abweichungszahlen bezogen auf ε. ε-Tabelle, 58, 59.
—— bezogen auf $\varepsilon\sqrt{\pi}$, t-Tabelle I und II, 468—476.
—— bezogen auf w 235.
Umsetzung der t-Tabelle für Lotterieversuche 269.
Tabelle der Abweichungssummen 285, 286, 291.
Bewährung des einfachen G. G. 280, 281, 463, 464, 465.
—— des zweiseitigen G. G. 280, 281, 342, 345, 413, 446, 450, 453, 463, 464.
—— des logarithmischen Gesetzes 343, 346, 363, 417, 430, 443.
—— des Summengesetzes 289.
—— der Extremgesetze 335.

c) Tabellen der Asymmetriewerte u und v.

Vergleich zwischen genauen und angenäherten Mittelwerten von u 224.
—— —— angenähert berechneten wahrscheinlichen Werten von u 226, 228.
—— —— theoretischen und empirischen u 230, 231.
—— —— theoretischen und empirischen mittleren und wahrscheinlichen u 232.
Empirisch bestimmte Anzahlen der v und u 252, 253, 254.
Vergleich zwischen theoretischen und empirischen v 258.
—— —— theoretischen und empirischen mittleren und wahrscheinlichen v 255.
—— —— empirischen Mittelwerten von u und v 256.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

BAYERISCHE
STAATS-
BIBLIOTHEK
MUENCHEN

che als Leiter dienen ſollen. So eingerichtete Apparate nennt man **Trogapparate** (appareils à auges), Fig. 57. Man kann auch Kupfer- und Zinkſtreifen mit ihren Enden an einander löthen, und an der gelötheten Stelle ſo krümmen, daß jedes Metall in ein, theilweis mit leitender Flüſſigkeit gefülltes, Glas- oder Porzellangefäß tauchen kann. Eine Folge ſolcher Gefäße bildet eine elektromotoriſche Kette, deren Enden zu bequemerer Anſtellung der Verſuche durch kreisförmige Anordnung einander genähert werden können. Dies iſt **Volta's** ſogenannter **Becherapparat** (appareil de tasses à couronne). Weiterhin werden wir unterſuchen, welche Nachtheile und Vorzüge jede dieſer Einrichtungen mit ſich führt, für jetzt genügt es, ihre verſchiedne Einrichtung kennen gelehrt zu haben. Was ihre el. Wirkungsart betrifft, ſo iſt ſie bei allen ganz die nämliche, und die erörterte Theorie auf alle gleich anwendbar.

Wir wollen jetzt an den obern Theil der Säule, oder überhaupt an die letzte Platte des Apparats, einen Condenſator anbringen, deſſen untere Platte mit dem Boden in Verbindung ſteht. Vor der Berührung beſaß jene letzte Platte der Säule, die ich immer als eine Zinkplatte annehme, die freie poſitive El., welche ihr vermöge der Stufe, die ſie in der Säule einnahm, zukam. Der Condenſator entzieht ihr einen Theil derſelben, den ſie ſogleich wieder aus der unter ihr befindlichen Platte erſetzt, dieſe aus der folgenden, u. ſ. f. bis zur letzten Platte, welche Alles aus dem Boden nachzieht. Dieſe Bewegung muß ſomit fortdauern, bis die oberſte Platte die nämliche Quantität freier El. wieder aufgenommen hat, die ſie anfangs beſaß, und die der Stelle, welche ſie einnimmt, zukommt. So wird ſich alſo der Condenſator laden, bis ſein Collector die nämliche Spannung hat, als dieſe Platte.

Wäre die Säule in entgegengeſetzter Ordnung geſchichtet, ſo daß der Zink mit dem Boden in Verbindung ſtände, ſo würde die freie El. an ihrer oberſten Platte negativ ſeyn, und die Ladung des Condenſators der vorigen der Quantität nach gleich, aber ebenfalls negativ.

So wie die El. der Säule ſich im Condenſator anhäuft, eben ſo wird ſie ſich im Innern einer Leydner Flaſche oder einer el. Batterie anhäufen, deren äußere Belegung mit dem allgemeinen Behälter in Verbindung ſteht; und da in dem Maße, als die Säule entladen wird, ſie ſich auch wieder auf Koſten des nämlichen Behälters ladet, ſo wird die Batterie, welches auch immer ihre Capacität ſeyn mag, ſich ebenfalls laden, bis die Repulſivkraft ihrer freien El. derjenigen das Gleichgewicht hält, welche in der oberſten Platte der Säule vorhanden iſt. Zieht man alsdann die Batterie zurück, ſo wird ſie die

Erſchütterung geben, welche dieſem Grade der Repulſivkraft entſpricht; wie dies auch die Erfahrung beſtätigt.

Damit die Wirkung des Condenſators auf die Säule regelmäßig, gleichförmig und möglichſt kräftig ſey, muß man die größte Sorge tragen, zwiſchen ſeinen Platten und den Polen der Säule (ſo nennt man ihre erſte und letzte Platte) eine vollkommene Verbindung zu bewerkſtelligen; denn da die Quantitäten freier El. ausnehmend gering ſind, ſo reicht das geringſte Hinderniß hin, ihre Fortpflanzung zu hemmen oder beträchtlich zu verlangſamen; wo dann der Condenſator ſich weit weniger El. aneignet, als der Fall ſeyn würde, wenn eine vollkommen leitende Verbindung Statt fände. Noch ſchlimmer, wenn die Art der Verbindung ſelbſt veränderlich iſt, wie wenn man den Condenſator in der Hand hält, und ſich begnügt, den Gipfel der Säule mit dem Knopfe ſeines Collectors zu berühren. Thut man dies mehrmals hintereinander bei der nämlichen Säule, ſo können die Quantitäten El., mit denen ſich der Collector ladet, binnen eines Augenblicks zwiſchen dem Einfachen, Dreifachen, ja ſelbſt Vierfachen wechſeln; anſtatt daß ſich hierin eine vollkommene Gleichheit zeigen wird, wenn man die Verbindung auf eine gleichförmigere Weiſe bewerkſtelligt. Jn der That iſt dies durchaus nothwendig, um den elektriſchen Zuſtand der Säule auf genaue Weiſe erforſchen und meſſen zu können.

Nach vielen Verſuchen hat mir folgende Einrichtung des Apparats die zweckmäßigſte geſchienen: Auf einem feſten Tiſch befeſtige ich mit Schrauben ein hölzernes Parallelepipedum AB, Fig. 58, das mit Stanniol belegt iſt. Das Ende A dieſes Parallelepipedums trägt einen, oben abgekürzten und gut polirten, Metallkegel, auf welchem die Säule ruht; das andre Ende B einen verticalen und beweglichen Metallſtab TT, der ſich in eine Metallplatte endigt, auf welcher man durch eine Metallſchraube den Fuß des Condenſators unbeweglich befeſtigt. So kann man dies Jnſtrument bis zur Höhe der Säule, mit der man den Verſuch anſtellt, bringen, ohne der Genauigkeit der Verbindungen Eintrag zu thun. Die Scheiben, deren ich mich bediene, ſind alle von gleichen Dimenſionen; jede Zinkſcheibe iſt mit der entſprechenden Kupferſcheibe durch gewaltſamen Druck vereinigt worden, und haftet mittelſt eines umgebogenen Randes an ihr, ſo daß beide ſtets in vollkommener Berührung unter einander ſind. Man hat dieſe Scheibenpaare, die ſich, wenn ſie neu ſind, als völlig gleich anſehen laſſen, dann blos noch übereinander zu legen, welches, da ſie recht parallel geſchliffene Flächen beſitzen, ohne Hülfe von Seitenſtützen geſchehen kann. Dadurch vermeidet man noch die Art Verbindung, die zwiſchen den Polen der Säule durch das unvollkommene Jſolirungsvermögen dieſer Stützen zum großen Nachtheil des Apparats hervorgebracht werden würde.

Um nun die Verbindung des Condenſators mit dem Gipfel der Säule auf eine, ſich ſtets gleich bleibende, Weiſe zu bewerkſtelligen, ſetze ich auf letztre ein kleines, mit Queckſilber gefülltes, eiſernes Gefäß, das unten recht wohl gereinigt iſt; der Knopf des Condenſators und das Ende ſeines biegſamen Schafts ſind auch von Eiſen. Hat man dann das Inſtrument bis zur Höhe der Säule gebracht, ſo braucht man nur ſeinen Knopf mittelſt einer gefirnißten Glasröhre in das Queckſilber herabzudrücken, und dann den Schaft durch ſeine eigne Elaſticität zurückſpringen zu laſſen; man wird auf dieſe Weiſe ſicher ſeyn können, eine ſo gleichförmige und augenblickliche Berührung zu erhalten, als ſich nur wünſchen läßt. Man kann ſie alsdann, wenn man will, noch weiter verlängern, um zu ſehen, ob die Zeit auf die Ladung des Condenſators Einfluß hat. Wenn der Schaft aus dem Queckſilber heraus iſt, hebt man den Collector recht parallel mit ſich ſelbſt ab, und berührt ihn mit der unbeweglichen und iſolirten Kugel der elektriſchen Wage. Man bringt dieſe Kugel in ihren Glaskaſten zurück; die bewegliche Scheibe, die ich als im natürlichen Zuſtande befindlich anſehe, kommt mit ihr in Berührung und wird ſogleich auf eine gewiſſe Entfernung abgeſtoßen, welche man beobachtet; oder man kann auch den Aufhängungsfaden drehen, bis die Scheibe auf einen feſten Abſtand von der Kugel zurückgebracht iſt. Bei dem einen, wie bei dem andern Verfahren wird, da ſich die Scheibe durch Berührung und auf Koſten der Kugel elektriſirt, der Drehungswinkel das Quadrat der Quantität El. meſſen, welche der Kugel vom Condenſator und dieſem von der Säule mitgetheilt worden iſt. Dieſe Quantität läßt ſich ſonach ſehr genau ſchätzen. Ich habe mich überzeugt, daß man mittelſt dieſes Verfahrens aus einer Reihe hintereinander angeſtellter Verſuche vollkommen vergleichbare Reſultate erhält; was keinesweges der Fall iſt, wenn man ſich der Vorſichtsmaßregeln überhebt, welche die Vollkommenheit und Gleichmäßigkeit der Berührung mit dem Condenſator zu ſichern dienen.

Vergleicht man auf dieſe Weiſe die Ladungen, die durch Säulen von gleich viel Plattenpaaren, aber mit verſchiednen leitenden Flüſſigkeiten aufgebaut, erhalten werden, ſo findet man, daß für das Waſſer, die verdünnten Säuren, die meiſten Salzauflöſungen, überhaupt alle Subſtanzen von kräftigem Leitungsvermögen kein merklicher Unterſchied in der Quantität freier El., welche die, mit ihnen aufgebaute, Säule hergiebt, Statt findet, und daß ſie dieſe durch eine, für uns augenblickliche, Berührung hergiebt. Man kann ſelbſt die Größe der Oberfläche der meiſten dieſer Leiter ausnehmend vergrößern oder verkleinern, ohne daß eine bemerkbare Veränderung in der Ladung die Folge davon iſt, wovon der Grund ohne Zweifel in der beinahe unendlichen Leichtigkeit zu ſuchen iſt, mit welcher ſich die elektriſchen Ströme auf ihrer Oberfläche fortpflanzen. Jedenfalls aber läßt ſich hieraus eine genügende Beſtätigung von Volta's Anſicht ziehen, daß dieſe Subſtanzen durchaus nur die Rolle von Leitern ſpielen, und daß ihre Berührung oder chemiſche Wirkung nicht die bedingende Urſach der Elektricitätserregung iſt. Jedoch findet man auch Flüſſigkeiten, welche bei gleicher Zahl der Plattenpaare ungleiche Ladungen geben, ſey es, daß ſie durch ihr Dazwiſchentreten das Leitungsvermögen zu ſehr ſchwächen, wie wir weiterhin erörtern werden, oder auch, daß ſie die Bedingungen des elektriſchen Gleichgewichts durch ihre Berührung oder durch die Art der chemiſchen Verbindungen, die ſie mit den übrigen Theilen des Apparats eingehen, modificiren. Alle dieſe Verſchiedenheiten haben ſich bei den zahlreichen Verſuchen dargeboten, welche von den Phyſikern ſeit der erſten Zeit der Entdeckung angeſtellt worden ſind.

Bei den vorigen Betrachtungen haben wir ſtets vorausgeſetzt, daß der elektromotoriſche Apparat durch ſeine Baſis mit dem Boden in Verbindung ſtände, und aus dieſem alle Quantitäten freier El. an ſich ziehen könnte, die zum Gleichgewicht ſeiner Theile erforderlich wären. Geſetzt aber, alle Stücke, aus denen der Apparat beſteht, hätten urſprünglich auf einem Iſolatorium gelegen, und die Säule ſelbſt, ſo wie der Beobachter, der ſie aus jenen Stücken aufbaut, wären während des Aufbaues iſolirt, ſo würden die, zum Gleichgewicht erforderlichen, Quantitäten freier El. nicht aus dem Boden angezogen werden können, ſondern die Säule müßte ſie aus ſich ſelbſt durch Zerſetzung der natürlichen Elektricitäten ihrer Platten ziehen. Der Zinkpol würde ſomit einen Ueberſchuß freier poſitiver El. annehmen, dem ein gleicher Ueberſchuß negativer El. am Kupferpol entſpräche, und von dieſen Polen an würden die Quantitäten freier El. bis zur Mitte der Säule abnehmen, die ſich in neutralem Zuſtande befinden müßte. Es iſt nämlich erſichtlich, daß auf ſolche Weiſe der Bedingung gleicher Unterſchiede in der Ladung, von einem Element der Säule zum andern, Genüge geſchieht, und ſo die Rangordnung, die den Elementen im nicht iſolirten Apparat angewieſen war, nicht geſtört wird. Dieſe Betrachtungen finden ſich durch die Erfahrung beſtätigt, wenigſtens ihren allgemeinen Ergebniſſen nach. Alle Säulen, ſelbſt wenn ſie in freier Gemeinſchaft mit dem Boden aufgebaut wurden, ſetzen ſich von ſelbſt in den eben beſchriebenen Zuſtand, wenn man ſie einige Zeit hindurch auf ein Iſolatorium ſtellt; weil die, ſie berührende Luft ihnen allmälig ihre freie El. entzieht, worauf ſie ſich nur auf ihre eignen Koſten wieder laden können; und die, aus dieſer Zerſetzung hervorgehenden, Reſultate ſind dann die einzigen, welche andauern, wenn die Quantitäten El., die urſprünglich aus dem Boden angezogen worden waren, mit der Zeit erſchöpft ſind. Unter dieſen Umſtänden ſind die elektroſkopiſchen Zeichen an den beiden Polen der Säule ſehr ſchwach, und ſelbſt die ſtärkſten Condenſatoren werden nicht merklich dadurch geladen. Dieſe Erſcheinung iſt um ſo bemerkenswerther, da ſie ſich nicht mit der Theorie des Gleichgewichts durch Gleichheit der Unterſchiede verträgt. Denn nach dieſer Theorie muß zwar die Ladung des Condenſators durch die iſolirte Säule geringer ſeyn, als durch die nicht iſolirte; allein das Verhältniß der Schwächung, was nach ihr Statt finden ſollte, reicht bei Weitem nicht an das, was die Erfahrung nachweiſt; wie in meinem größern Werke erörtert zu finden iſt.

In Erwägung dieſes Widerſpruchs bin ich auf den Gedanken geleitet worden, daß die elektriſche Wirkung des elektromotoriſchen Apparats vielleicht nicht blos von den Elektricitätsquantitäten, welche frei auf ſeinen Elementen hervortreten, herrühren könnte, wie Volta's Annahme iſt; ſondern daß zu gleicher Zeit eine ſehr große Menge gebundener El. darin vorhanden ſeyn möchte; und da dieſer Geſichtspunct zu einer ganz andern Anſicht der Wirkungsart der Säule führt, ſo will ich ihn hier näher erörtern.

Nehmen wir zuvörderſt die Fundamentalverſuche von Volta über die Elektricitätserregung durch bloße Berührung zweier iſolirten Metalle wieder vor: was iſt dadurch nachgewieſen? Daß hiebei auf jedem derſelben eine gewiſſe Quantität freier El. von entgegengeſetzter Beſchaffenheit hervortritt. Folgt aber hieraus, daß dieſe Quantitäten die einzigen ſind, die ſich wirklich bei der Berührung entwickeln? Unſtreitig nicht; ja die Zerſetzung der natürlichen Elektricitäten beider Platten bei der Berührung könnte außerordentlich bedeutend ſeyn, ohne ſich nach Außen durch andre Zeichen, als die von uns beobachteten, zu erkennen zu geben. So laſſen ſich die beiden, mit Metall belegten, Flächen einer Glasplatte mit ſehr beträchtlichen Elektricitätsmengen laden, ungeachtet die Antheile dieſer Elektricitäten, welche auf jeder der beiden Flächen ihre Repulſivkraft frei äußern, ſehr gering ſind.

Nach dieſer Anſicht würde ein Plattenpaar aus Kupfer und Zink einer ſolchen Glasplatte ganz gleich zu achten ſeyn, wenn, nachdem dieſelbe iſolirt worden wäre, die abſorbirende Wirkung der Luft die Repulſivkräfte auf ihren beiden Flächen gleich gemacht hätte. Nur würde hier die iſolirende Glaslage durch die unbekannten Kräfte erſetzt, welche die beiden Elektricitäten zu beiden Seiten der Berührungsfläche feſthalten. Dann würde das Elektroſkop und die elektriſche Wage nur die, zu beiden Seiten dieſer Fläche in freiem Zuſtande vorhandnen, Antheile von El. anzeigen können; und die Geſammtmengen der gebundnen Elektricitäten würden nur in dem Augenblick zum Vorſchein kommen, wo man eine unmittelbare Verbindung zwiſchen den Scheiben bewerkſtelligte, eben ſo wie bei der Leydner Flaſche oder der elektriſirten Glasplatte zwiſchen den Belegungen.

Auf ſolche Weiſe würde eine vollkommene Analogie des Voltaiſchen Apparats mit den, im zehnten Cap. betrachteten, elektriſchen Säulen Statt finden. Die Anordnung der El. darin würde ganz die nämliche ſeyn; die nämliche Theorie, die nämlichen Formeln würden ſich darauf anwenden laſſen. Wirklich wird man bemerken, daß die Reſultate, auf welche wir bei Betrachtung dieſer Säulen geführt worden ſind, ganz die elektriſchen Erſcheinungen wiederholen, welche der Voltaiſche Apparat hervorruft, wenn er entweder durch einen Pol mit der Erde in Verbindung ſteht, oder ſich in iſolirtem Zuſtande befindet. Dieſe Anſicht würde auch die Erklärung erleichtern, wie dieſer Apparat ſo ſtarke Erſchütterungen und insbeſondre wie er chemiſche Erſcheinungen hervorzurufen vermag, die ſich ſonſt nur dadurch erhalten laſſen, daß man beträchtliche Quantitäten El. entweder durch Batterieen oder durch ausnehmend feine Spitzen anhäuft. Dieſe Wirkungen würden nämlich hier in der That von einer ſehr großen Quantität El. hervorgebracht, die ſich im elektromotoriſchen Apparat angehäuft hätte. Endlich würde ſich hieraus erklären, warum ſelbſt die ſtärkſten Säulen, wenn ſie an ihrer Grundfläche iſolirt ſind, dem Condenſator faſt gar keine merkliche El. mittheilen, da ſie doch beträchtliche Ladungen, ja ſelbſt Funken hergeben, wenn man einen ihrer Pole einen Augenblick mit dem Boden in Verbindung ſetzt: denn wirklich lehrt die Berechnung, daß zwiſchen den Ladungen unter dieſen verſchiednen Umſtänden ein außerordentliches Mißverhältniß Statt finden muß; wie nach der erſten Anſicht nicht der Fall war.

Siebzehntes Capitel.

Chemiſche Wirkungen des Voltaiſchen Apparats.

Nachdem man die anhaltende Dauer der, durch die Voltaiſche Säule ertheilten, elektriſchen Erſchütterungen, beobachtet hatte, war die Zerſetzung des Waſſers die erſte chemiſche Erſcheinung, die man durch dieſelbe hervorbrachte. Dieſe Entdeckung rührt von Carlisle und Nicholſon her. Fügt man an die Pole des elektromotoriſchen

Apparats Platindrähte, die ſich in ein und das nämliche, theilweis mit Waſſer gefüllte, Glasgefäß begeben, ſo ſieht man an dem Draht, der mit dem poſitiven Pol in Verbindung ſteht, einen ununterbrochenen Strom von Sauerſtoffgas und zu gleicher Zeit am andern, mit dem negativen Pol in Verbindung ſtehenden, Draht *) einen Strom von Waſſerſtoffgas ſich entwickeln. Wendet man anſtatt Platindrähte Drähte von Kupfer, Silber oder ſonſt einem leichter oxydirbaren Metall an, ſo fährt das Waſſerſtoffgas fort, längs des negativen Drahts ſich zu entwickeln; aber das Sauerſtoffgas entbindet ſich nicht mehr in Gasgeſtalt, ſondern verbindet ſich mit dem poſitiven Draht, oxydirt ihn. Es macht keinen Unterſchied, ob die Säule iſolirt iſt oder nicht.

Um zu wiſſen, ob die beiden Gasarten, welche ſich entbinden, wirklich in dem Verhältniß, in dem ſie Waſſer bilden, zum Vorſchein kommen, muß man ſie auffangen und meſſen. Der zweckmäßigſte Apparat hiezu iſt der, in Fig. 20. vorgeſtellte. EE iſt ein gläſerner Trichter, deſſen engerer Theil B durch einen Korkſtöpſel verſchloſſen iſt, durch welchen man zwei kleine Glasröhren gehen läßt, die ungefähr einen Centimeter von einander abſtehen, und mit ihren Enden ſowohl oberhalb als unterhalb des Pfropfs etwas hervorragen. Jede Röhre dient einem Platindraht zur Hülle, der ſo mit Siegellack eingekittet iſt, daß die Röhre völlig verſchloſſen wird. Das Ganze hat die Anordnung, daß die beiden Drähte ſich im Innern des Trichters bis vier oder fünf Centimeter über ſeinen Boden erheben. Man gießt Waſſer in den Trichter und bedeckt jeden Draht mit einer kleinen, gleichfalls mit Waſſer gefüllten, Glasglocke. Darauf ſetzt man die äußern Enden der Drähte, jeden mit einem Pol der Säule, in Ver-

---

*) Man nennt die Metalldrähte, welche von beiden Polen der Säule ausgehen, und eine Verbindung zwiſchen ihnen zu bewerkſtelligen dienen, Verbindungsdrähte, Schließungsdrähte, Leitungsdrähte, oder nach einem neuern Vorſchlag von Ampère Rheophoren (d. i. Träger des Stroms). Werden die Enden beider, mit den Polen der Säulen verbundenen, Schließungsdrähte in Berührung gebracht, oder werden zwiſchen dieſe Enden andere Leiter gebracht, die die Verbindung zwiſchen den Polen ergänzen, ſo ſagt man, der Galvaniſche Kreis oder die Galvaniſche Kette iſt geſchloſſen; und von Körpern, die zwiſchen Theile dieſer verbindenden Leiter gebracht worden ſind, ſie ſeyen in den Kreis oder in die Kette gebracht, eben ſo wie bei der Leidner Flaſche. Man nimmt an, daß bei geſchloſſenem Kreiſe der poſitive Pol die poſitive El. aus der Säule an ſich zieht, ſie dann durch den Schließungsdraht nach dem negativen Pol überſtrömen läßt, von wo ſie wieder durch die Säule zum poſitiven Pol zurückkehrt, um ſo den Kreislauf zu vollenden. Umgekehrt ſtrömt die negative El. in der Säule vom poſitiven zum negativen Pol, von dieſem durch den Schließungsdraht wieder zum poſitiven Pol und von da abermals durch die Säule zum negativen: dieſer Kreislauf dauert ſo lange fort, als die Säule geſchloſſen bleibt.

bindung, worauf der Apparat in Wirkung tritt. Man läßt dieſe einige Zeit dauern, unterbricht ſie alsdann, und mißt das Volumen der, unter jeder Glocke entbundenen, Gasart. Es wird ſich zweimal ſo viel Waſſerſtoffgas als Sauerſtoffgas dem Volumen nach finden; und in der That ſind dies die Verhältniſſe, in welchen das Waſſer aus dieſen Gasarten zuſammengeſetzt iſt; denn bewirkt man durch den elektriſchen Funken ihre Wiedervereinigung mittelſt des kleinen, Fig. 20. vorgeſtellten, Apparats; es bleibt kein Gasrückſtand. Um die volle Wirkung der Säule zu erhalten, muß die Verbindung der Drähte mit den Polen der Säule in vollkommenem Grade Statt haben. Am beſten gelangt man hiezu, wenn man ſie in ein kleines, mit Queckſilber gefülltes, Glasgefäß taucht, in welches auch zwei dicke Eiſendrähte tauchen, die an die äußerſten Platten des elektromotoriſchen Apparats gelöthet ſind.

Beobachtungen, welche Gay-Luſſac und Thénard mit dieſem Apparate anſtellten, gaben das Reſultat, daß die Quantität Gas, welche in einer gegebenen Zeit durch einen und denſelben Apparat, gleichviel ob Scheiben- oder Trogapparat, entbunden wurde, ſich beträchtlich nach der Beſchaffenheit der Subſtanzen abänderte, welche in dem Waſſer des Trichters aufgelöſt waren. In concentrirten Salzauflöſungen, Miſchungen von Säure und Waſſer ging die Entbindung am reichlichſten und ſchnellſten vor ſich. Das Product verminderte ſich in dem Maße, als weniger Salz oder Säure dazu genommen ward, und endlich, wenn der Trichter nur noch gekochtes und ganz reines Waſſer enthielt, entwickelte ſich faſt gar kein Gas mehr. Wie es ſcheint, iſt in dieſem Fall die [illegible] des Waſſers ein hinreichendes Hinderniß, den Umlauf des elektriſchen Stromes von einem Pol der Säule zum andern zu unterbrechen, denn bringt man in den Schließungskreis die empfindlichſten Organe, ſo finden gar keine von den Wirkungen, welche der Voltaiſche Apparat gewöhnlich darauf äußert, mehr Statt, wenigſtens wenn der Kreis durch die Maſſe des Waſſers ſelbſt hindurch (nicht durch ſeine Oberfläche) geſchloſſen iſt. So wird das reine Waſſer, welches eine ſtarke El., wie wir ſie durch unſere gewöhnlichen Maſchinen erregen, durch ſich hindurchläßt, beinahe iſolirend für die ſchwachen Repulſivkräfte, die ſich durch den Voltaiſchen Apparat erhalten laſſen *). Man kann

---

*) Dieſe Thatſache ſcheint einen Gegengrund gegen Davy's, zu Ende des vorigen Capitels angeführte, Theorie von der Wirkungsart des Voltaiſchen Apparats abzugeben; nach welcher im Augenblick, wo beide Pole vereinigt werden, der Kreis mithin geſchloſſen wird, eine große Menge vorher gebundener El. ihre Repulſivkraft frei zu äußern anfangen ſoll. Denn müßte auch die

demnach hier die allgemeinen Geſetze in Anwendung bringen, die wir in Bezug auf die unvollkommen leitenden Subſtanzen aufgefunden hatten. Nämlich einmal wird für einen gegebenen Abſtand der Schließungsdrähte die Iſolirung nur bis zu einem gewiſſen Grade der Repulſivkraft vollkommen ſeyn, welcher von der Zahl der Plattenpaare des Apparats abhängt; und auf der andern Seite, ſo wie für jeden iſolirenden Träger der Grad der Repulſivkraft, wo er vollkommen zu iſoliren beginnt, der Quadratwurzel ſeiner Länge umgekehrt proportional iſt; ſo muß es auch für jeden elektromotoriſchen Apparat einen gewiſſen Abſtand der Drähte geben, bei dem die Schließung des Kreiſes vollkommen unterbrochen iſt. Auch hier wird ſich der Einfluß wieder zeigen müſſen, den die mehr oder minder ausgedehnte Berührung des Trägers mit dem iſolirten Körper auf die Iſolirung äußert. Wirklich haben Gay-Luſſac und Thénard bemerkt, daß, wenn ſie die Drähte (in Fig. 59.) über einen gewiſſen Grad hinaus verkürzten (ſo daß ſie alſo der Berührung der Flüſſigkeit weniger Oberfläche darboten), die Gasentwicklung in der nämlichen Flüſſigkeit ſich bedeutend verminderte, dagegen wieder zunahm, wenn man eine beſſer leitende Flüſſigkeit in den Trichter goß. Dieſer Mangel an Leitungsvermögen des Waſſers läßt ſich auch ſofort durch einen ganz einfachen Verſuch nachweiſen. Man iſolire eine Säule, ſetze die Leitungsdrähte mit ihren beiden Polen in Verbindung, und tauche ſie in ein, zum Theil mit gewöhnlichem Waſſer gefülltes, Glasgefäß. Sogleich wird eine reichliche Gasentbindung erfolgen. Zieht man einen dieſer Drähte aus dem Waſſer heraus, faßt ihn mit einer Hand, und taucht die andre Hand in das Waſſer des Gefäßes, ſo wird man die gewöhnliche Erſchütterung verſpüren. Anſtatt deſſen bewerkſtellige man die Verbindung nun durch eine Waſſerſäule von 4 oder 5 Millimetern im Durchmeſſer und 3 oder 4 Centimetern Länge, was ſich ſo bewerkſtelligen läßt, daß man das Waſſer des Gefäßes durch eine, an den Mund gehaltene, Röhre von den angegebenen Dimenſionen anſaugt, Obwohl nun hier die empfindlichſten Organe in den Schließungskreis gebracht ſind, ſo wird doch kaum ein ſchwacher Geſchmack, nicht aber die geringſte Erſchütterung verſpürt werden. So habe ich eine Säule von 68 Plattenpaaren aufgebaut, deren Pole durch nicht capillare Röhrchen, mit deſtillirtem Waſſer gefüllt, und ungefähr von einem Meter Länge, in Verbindung geſetzt wurden. Der Apparat blieb 24 Stunden lang geſchichtet, ohne daß ſich ein Atom von Gas entband;

ſie das reine Waſſer als guter Leiter wirken, wie es ja auch die Entladung der Leydner Flaſche nicht hemmt, mit der die obige Theorie den Voltaiſchen Apparat zuſammenſtellt.

und verſuchte man, ſich durch die, in den Röhren enthaltenen Waſſermaſſen, mit beiden Polen in Verbindung zu ſetzen, ſo verſpürte man auch ganz und gar keine von den Wirkungen, welche der elektromotoriſche Apparat gewöhnlich hervorruft. Mit einem Wort, alles zeigte ſich ſo, als ob ein iſolirender Körper zwiſchen beide Pole gebracht worden wäre; jedoch kamen alle Wirkungen wieder zum Vorſchein, wenn man ſich unmittelbar durch die freie Oberfläche des Waſſers mit den Polen in Verbindung ſetzte 1). Es wäre deßhalb zu wünſchen, daß Gay-Luſſac und Thénard bei ihren Verſuchen die Drähte auch über die Oberfläche des Waſſers ſelbſt hingeleitet hätten; denn ich glaube, daß in dieſem Fall die leitende Verbindung zwiſchen beiden Polen der Säule würde hergeſtellt worden ſeyn.

Gay-Luſſac und Thénard ſuchten ein Verhältniß zwiſchen den, durch eine Säule entbundenen, Gasmengen, und den, in das Waſſer des Trichters gebrachten, Salzmengen auszumitteln; ſanden jedoch blos für das ſchwefelſaure Natrum ein einfaches Verhältniß. Die Gasmengen, welche ſich in einer gegebenen Zeit entbinden, ſind ganz nahe den Cubicwurzeln der Quantitäten dieſes Salzes proportional, welche ſich im Waſſer befinden, deſſen Zerſetzung vor ſich geht. Bei der Auflöſung von Salpeter zeigte ſich ein entgegengeſetzter Erfolg; mit Salz geſättigt entband ſie weniger Gas, als nicht damit geſättigt. Man muß jedoch hiebei berückſichtigen, daß die Zerſetzung des Waſſers nicht die einzige Erſcheinung iſt, welche bei dieſen Verſuchen vorgeht. Die meiſten Subſtanzen, die ſich in dieſer Flüſſigkeit aufgelöſt befinden, und mit ihr der Wirkung des elektriſchen Stroms ausgeſetzt werden, erleiden ebenfalls Veränderungen in ihrem Zuſtande. Es läßt ſich daher nicht erwarten, daß man ein beſtändiges oder einfaches Verhältniß zwiſchen der abſoluten Stärke des Apparats und der bloßen Gasentbindung auffinden wird.

Das erſte Beiſpiel dieſer Wirkung der Säule auf die, vom Waſſer verſchiednen, Subſtanzen wurde von Cruikshanks bei Wiederholung der Verſuche von Nicholſon und Carlisle beobachtet. Als er als leitendes Mittel Waſſer, mit eſſigſaurem Blei geſchwängert, nahm, ſah er den negativen Draht mit einer Menge kleiner Nadeln von metalliſchem Blei überzogen werden. Einen ähnlichen Erfolg erhielt er durch Auflöſungen von ſchwefelſaurem Kupfer und ſalpeterſaurem Silber. In letzterer ſetzten ſich die kleinen Silbernadeln ſo ab, daß ſie ſich, wie vermöge einer Art Vegetation, aneinander gliederten, und ſo durch ihre Vereinigung das darſtellten, was die Chemiker einen Dianenbaum nennen. Der elektriſche Strom ſchied alſo hier

---

1) Journal de Physique. an 9 (1800).

die Metalle aus ihren Verbindungen mit den Säuern, durch welche ſie aufgelöſt gehalten wurden, und mit dem Sauerſtoff, der ihre Auflöslichkeit darin vermittelt; eben ſo wie er im erſten Verſuche mit dem bloßen Waſſer den Waſſerſtoff von dem, mit ihm verbundenen, Sauerſtoff ſchied; und im einen, wie im andern Fall, entband ſich der Sauerſtoff am poſitiven Pol, während die Subſtanzen, die ihn ſättigten, am negativen frei wurden.

Um zu erfahren, von welcher Art die Urſach ſey, die dieſe Zerſetzungen hervorbringt, ließ Cruikſhanks den Voltaiſchen Strom durch Auflöſungen gehen, die mit blauen Pflanzenfarben geſchwängert waren, indem dieſe die Eigenſchaft beſitzen, durch Säuern geröthet und durch Alkalien grün gefärbt zu werden. Er beobachtete, daß erſtre Wirkung um den poſitiven, letztre um den negativen Draht Statt hatte. Dieſer Verſuch läßt ſich auf eine eben ſo leichte als anziehende Art, welche von Singer in ſeinem Werke über die El. angegeben iſt, folgendergeſtalt anſtellen. Man biege eine etwas weite Glasröhre in Geſtalt eines V und bringe in jeden Schenkel derſelben einen Platindraht, den man mit je einem Pol einer Voltaiſchen Säule in Verbindung ſetzt. Darauf gieße man in die Röhre einen neutraliſirten Aufguß von Braunkohl, der eine ſanft blaue Farbe hat, und gegen die Wirkung von Säuern und Alkalien ſehr empfindlich iſt [1]. Sogleich beginnt die Zerſetzung des Waſſers nach gewöhnlicher Weiſe, und beide Gaſe, aus denen es beſteht, entbinden ſich; aber außerdem ſieht man noch nach wenig Augenblicken die Flüſſigkeit um den poſitiven Pol blau, und um den negativen grün werden. Iſt dieſe Erſcheinung deutlich hervorgetreten, ſo verwechsle man die Verbindung der Drähte mit den Polen, ſo daß der vorher negative Draht poſitiv, der poſitive negativ wird, und laſſe den Apparat abermals wirken; bald wird das Roth auf der einen und das Grün auf der andern Seite verſchwunden ſeyn; die Flüſſigkeit wird in beiden Schenkeln wieder blau werden; und endlich an die Stelle jeder Farbe die ihr entgegenſetzte hervortreten. In den erſten Zeiten, wo dieſe Entdeckung gemacht wurde, glaubte man daraus ſchließen zu können, daß die elektriſche Wirkſamkeit wirklich eine Säure um den poſitiven und ein Alkali um den negativen Draht bilde; durch weitere Unterſuchungen indeß, die namentlich H. Davy angeſtellt hat, iſt nachgewieſen worden, daß dieſe Erſcheinungen nur Folge der Zerſetzungen ſind, die überhaupt durch den elektriſchen Strom in den Mitteln, durch die man ihn gehen läßt, hervorgebracht werden. Dieſer geſchickte Chemiker fand, daß ſich dieſelben nur durch unglaubliche Vorſichtsmaßregeln verhüten laſſen. So erhielt er noch Zeichen von Alkali und Säure, wenn er den Voltaiſchen Strom eine Zeit lang durch ganz reines Waſſer gehen ließ, das in verſchiednen Glasgefäßen enthalten war, welche blos durch unauflösliche faſerige Stoffe, wie feuchte Asbeſtfaſern, mit einander in leitende Verbindung gebracht waren. In dieſem Fall rührt das Alkali von einer theilweiſen Zerſetzung des Glaſes ſelbſt her; die Säure wird durch den, aus dem Waſſer entbundenen, Sauerſtoff gebildet, der während des Entſtehens mit dem Stickſtoff der umgebenden Atmoſphäre zu Salpeterſäure zuſammentritt. Dieſe Spuren von Salpeterſäure waren noch merklich, obwohl ganz ſchwach, wenn man gemeines deſtillirtes Waſſer in goldnen Schalen anwandte; jedoch fand ſich auch, daß ſolches Waſſer noch nicht ganz frei von allem fremden Stoff war. Endlich glückte der Verſuch mit deſtillirtem Waſſer, das ganz langſam in ſilbernen Helmen deſtillirt worden war und dem elektriſchen Strom in goldnen Gefäßen ausgeſetzt wurde. Hier verſchwanden die Spuren von Alkali und Säure vollkommen.

---

[1] Singer giebt folgende Art an, dieſen Aufguß zuzubereiten. Zu einem empfindlichen Reagens auf Säuern oder Alkalien läßt man auf eine kurze Zeit über fein gehackten Braunkohlblättern ſo viel warmes deſtillirtes Waſſer ſtehen, als hinreichend iſt, ſie damit zu bedecken; die dann abgeſeihete Flüſſigkeit iſt ſchön blau, und wird von den Säuern roth, von den Alkalien grün gefärbt: ſie läßt ſich aber nicht lange aufbewahren. Ein mehr dauerhaftes, aber unſtreitig weniger empfindliches, Reagens erhält man, wenn man jeder Pinte Waſſers, die man zum Aufguß nimmt, einige Tropfen Schwefelſäure zuſetzt. Der Aufguß wird hiedurch roth, und, um ſich deſſelben zu bedienen, nimmt man eine kleine Quantität davon und neutraliſirt ſie durch Hineinſchütten einiger Tropfen Ammonium, bis die blaue Farbe wieder erſchienen iſt. Da es jedoch ſchwer hält, den Punct der Neutraliſation gerade zu treffen, ſo muß dies Präparat im Allgemeinen dem vorigen an Empfindlichkeit nachſtehen.

Indem dieſe Verſuche die große Wirkſamkeit des Voltaiſchen Apparats als eines Werkzeugs chemiſcher Zerſetzungen darthaten, machten ſie zugleich auf die Nothwendigkeit aufmerkſam, ſich gegen die Wirkungen dieſer zerſetzenden Kraft auf die Gefäße ſelbſt, worin man die zu unterſuchenden Auflöſungen verſchloß, ſicher zu ſtellen. Verſuche, bei denen Genauigkeit erforderlich war, mußten in Schalen von Gold oder Agat angeſtellt und der Luft der Zutritt dabei verwehrt werden. Man brachte die Auflöſungen in verſchiedne Schalen, und bewerkſtelligte die Verbindung zwiſchen denſelben durch Asbeſtfaſern. Hier nun boten ſich den Beobachtern eben ſo neue, als unerwartete Erſcheinungen dar. Subſtanzen, die erſt gemiſcht und in der leitenden Flüſſigkeit gleichförmig vertheilt waren, trennten ſich unter dem Einfluß des Voltaiſchen Stroms, und jede derſelben fand ſich in einer beſondern Schale wieder. Andre, die ſich erſt in verſchiednen Schalen befunden hatten, verwechſelten ihre Schalen; ſo daß man in dieſem Strom ein eigenthümliches Fortführungsvermögen anerkennen mußte, welches die ſauern Grundſtoffe im Allgemeinen am poſitiven

Pol anſammelte, die ſäuerungsfähigen Baſen am negativen. Dieſe ſchöne Entdeckung wurde von zwei ſchwediſchen Chemikern, Berzelius und Hiſinger, gemacht.

Geſetzt z. B. man nehme nur zwei Schalen, und fülle alle beide mit einer Auflöſung von ſchwefelſaurem Natrum. Nach einigen Stunden Wirkung findet ſich alles Salz zerſetzt; die Schale, welche mit dem poſitiven Pol in Verbindung ſteht, enthält eine Auflöſung von Schwefelſäure, und das Natrum wird in der Schale gefunden, die mit dem negativen Pole Gemeinſchaft hat. Dieſer Erfolg kann nicht anders Statt haben, als daß das Alkali und die Säure ganz und gar aus einer Schale in die andre längs der Asbeſtfaſern, oder vielmehr durch die, dieſelben befeuchtenden, Waſſermolecule übergegangen ſind.

Dieſer Verſuch läßt ſich ſo abändern, daß man drei, mit einander in Verbindung ſtehende, Schalen nimmt, von denen eine der äußerſten blos deſtillirtes, mit einem blauen Kohlaufguß geſchwängertes, Waſſer enthält, während in der mittlern eine Auflöſung von ſchwefelſaurem Kali enthalten iſt. Man ſetzt die äußerſten Schalen mit den beiden Polen einer Voltaiſchen Säule in Verbindung; nach einiger Zeit iſt das Salz in der mittlern Schale zerſetzt, und ſeine geſchiedenen Grundbeſtandtheile ſind in die beiden äußerſten übergeführt. Die Säure hat ſich in die, mit dem poſitiven Pol verbundene, Schale begeben und die, darin enthaltene, blaue Flüſſigkeit geröthet, während das Alkali in die, mit dem negativen Pol in Verbindung ſtehende, Flüſſigkeit übergegangen iſt, und ſie gegrünt hat.

Eine beſonders merkwürdige Eigenthümlichkeit bei den Erſcheinungen dieſes Ueberführens iſt, daß die Subſtanzen dabei manchmal durch Mittel hindurchgehen, zu welchen ſie, im gewöhnlichen Verhalten, eine ſehr ſtarke Verwandtſchaft beſitzen, ohne ſich doch beim Durchgange auf bleibende Weiſe mit denſelben zu verbinden. Hier ein Beiſpiel von vielen: Man nehme die, mit einander in Verbindung ſtehenden, Schalen, fülle die erſte, in welche der negative Draht taucht, mit einer Auflöſung von ſchwefelſaurem Kali, die zweite, in der Mitte befindliche, mit einer Auflöſung von Ammonium, welches eine ſehr ſtarke Verwandtſchaft zur Schwefelſäure beſitzt, die dritte endlich, worein der poſitive Draht taucht, nur mit reinem Waſſer. So wie die Säule zu wirken anfängt, zerſetzt der elektriſche Strom das ſchwefelſaure Salz, hält das Kali in der erſten Schale zurück, und führt die Säure in die dritte über, wo man ſie frei wiederfindet, obwohl ſie, um dahin zu gelangen, das, in Auflöſung befindliche, Ammonium durchſtreichen mußte. Subſtituirt man dem Ammonium eine Säure und läßt den poſitiven Pol in die Auflöſung des ſchwefelſauren Kalis tauchen, ſo wird das Kali übergeführt und begiebt ſich in die Schale, in welche der negative Draht taucht, ohne daß es durch die Verwandtſchaft der Säure, durch welche es ſeinen Weg nehmen muß, feſtgehalten zu werden vermag. Ja, was noch mehr iſt, ſelbſt die empfindlichſten Reagentien ſcheinen von den Produkten der Zerſetzung, wenn dieſe durch ſie hindurchgeführt werden, nicht afficirt zu werden, und können keine Anzeige von denſelben bei ihrem Durchgange geben. Geſetzt z. B. man nehme, wie ſo eben, drei, mit einander in Verbindung ſtehende, Gefäße, von denen zwei, das in der Mitte befindliche und das, in welches der poſitive Draht taucht, neutralen blauen Kohlaufguß enthalten, während das dritte, in welches der negative Draht taucht, mit einer Auflöſung von ſchwefelſaurem Kali gefüllt iſt. Sind die Gefäße durch befeuchtete Asbeſt- oder Baumwollenfäden in Verbindung geſetzt, ſo wird, wenn die Säule auf die, in ihnen enthaltenen, Flüſſigkeiten zu wirken anfängt, das Salz zerſetzt werden, die Säure in die Flüſſigkeit des poſitiven Gefäßes übergehen und dieſes röthen, ohne im Geringſten die Farbe der im mittlern Gefäß befindlichen Flüſſigkeit zu verändern, ungeachtet ſie dieſelbe durchſtreichen muß. Kehrt man die Verbindungen der äuſerſten Gefäße mit der Säule um, ſo wird man einen ähnlichen Erfolg bei der Ueberführung des Kali beobachten *). Es ſcheint ſomit, daß die El., indem ſie ſich hier ſo zu ſagen an die Theilchen, die ſie überführt, anhängt, ihre natürlichen Verwandtſchaften, und zwar verſchieden je nach ihrer Beſchaffenheit, modificirt; ein Reſultat, das um ſo auffallender

---

*) Hinſichtlich der fortführenden Kräfte des Voltaiſchen Apparats iſt noch das bemerkenswerth, daß bei der Ueberführung der Beſtandtheile des Waſſers, des Sauerſtoffs zum poſitiven und des Waſſerſtoffs zum negativen während der Wirkung des Apparats, auch das Waſſer ſelbſt in Maſſe von dem poſitiven zum negativen Pol ſich zu bewegen ſtrebt und dadurch in den Stand geſetzt wird, Körper zu durchdringen, die es ſonſt nicht durchdringt. Porret in London hat bekannt gemacht, daß, wenn man einen gläſernen Cylinder vermittelſt einer Blaſe in zwei Hälften theilt, in eine Hälfte Waſſer füllt, und dieſes mit dem poſitiven Pol einer Säule von dreißig Plattenpaaren verbindet (während wahrſcheinlich ſich der negative Draht in der leeren Zelle, die Blaſenſcheidewand berührend, befindet), das Waſſer in die andre Zelle durch die Blaſe tritt, und endlich in ihr höher (in ſeinem Verſuch um drei Viertelzoll höher), zu ſtehen kommt, als in der poſitiven Zelle. Dieſelbe Erſcheinung bemerkte Müller. Zwei beſondre Glasröhren, die an ihrem untern Ende mit Blaſe waſſerdicht verſchloſſen und bis zur Hälfte mit einer Auflöſung von ſalpeterſaurem Kupfer gefüllt waren, ſtanden in einem, mit etwas deſtillirtem Waſſer gefüllten, Glaſe; und der, in die eine Röhre geſteckte Zinkdraht war mit dem Silberdraht der andern in Berührung. Nach einer Zeit von drei Stunden war die Salpeter-Kupfer-Auflöſung aus der Zinkröhre beinahe völlig herausgetreten, und die Silberröhre hatte ſich beinahe bis zum Ueberfließen damit gefüllt (Müllers Anm. zu Singer. S. 417). — Manche glauben, daß auf ähnliche Weiſe der Uebergang von Flüſſigkeiten durch die geſchloſſenen Zellenwände in Thier- und Pflanzenkörpern vermittelt werde.

iſt, da man bei Unterſuchung der Art, wie ſich die El. zwiſchen Körpern von merklichem Volumen vertheilt, findet, daß ſie ſich darin in Verhältniſſen verbreitet, die blos von der Geſtalt dieſer Körper abhängen, ohne daß ſie eine beſondre Verwandtſchaft zu dem Stoff, aus dem dieſelben beſtehen, äußert. Es wäre jedoch, wie ich ſchon früher angedeutet habe, wohl möglich, daß ſich aus der Kleinheit der materiellen Theilchen, an welche ſich der Voltaiſche Strom anhängt, dieſer anſcheinende Widerſpruch erklärte; denn die abſolute Menge von El., ſowohl poſitiver als negativer, mit der die Theilchen irgend einer Subſtanz ſich in einem gegebenen Mittel laden können, muß von ihrer Geſtalt und ihrem Leitungsvermögen abhängen, ein Vermögen, welches, wie wir weiterhin ſehen werden, manchmal für beide Elektricitäten ſehr verſchieden iſt, wenn die Repulſivkraft auf den Grad der Schwäche herabgebracht iſt, in welchem ſie ſich im Voltaiſchen Strom befindet. So ließe ſich aus der bloßen Verſchiedenheit der Geſtalt und des ſpeciellen Leitungsvermögens, welche zwiſchen verſchiedenartigen Moleculen Statt findet, die Art und Ungleichheit ihrer elektriſchen Ladungen genügend herleiten, ohne daß man die Annahme einer wahren, zwiſchen den Theilchen der Subſtanzen und den Principen der beiden Elektricitäten Statt findenden, Verwandtſchaft nöthig hätte.

Da man nicht unmittelbar zu beobachten vermag, was beim Act des Ueberführens ſelbſt vor ſich geht, weil die fortgeführten Subſtanzen immer während ihres Ueberganges unſichtbar ſind, ſo muß man in den Endreſultaten dieſer Erſcheinung die Bedingungen aufſuchen, von welchen dieſelbe abhängt oder modificirt wird, und hieraus charakteriſtiſche Andeutungen für die Art des Hergangs dabei zu ziehen ſuchen. Leider ſind dieſe Reſultate meiſt chemiſche Effecte, deren Entſtehungsart ſich eben ſo wenig beobachten läßt, und die nur, nachdem ſie entſtanden ſind, von uns wahrgenommen werden. Indeß, obwohl unſre Unwiſſenheit hinſichtlich der Bedingungen, von welchen dieſe Effecte abhängen, und über die beſondern Umſtände, unter denen ſie erfolgen, ihren Gebrauch als Charaktere mißlich und die Herleitung einer vollkommnen Analyſe der, ſie hervorrufenden, elektriſchen Einflüſſe daraus ſelbſt geradezu unmöglich macht, ſo wird doch dadurch noch die Nothwendigkeit erhöht, dieſe Analyſe ſchon jetzt ſo weit, als die bisherigen Data zulaſſen, zu treiben; denn nur, indem man das Gewiſſe vom Wahrſcheinlichen und dem, was noch ganz im Dunkel liegt, ſcheidet, erhält man eine klare Einſicht, wo noch Schwierigkeiten aufzulöſen ſind, wo noch Lücken ausgefüllt werden müſſen, um den Bau der Wiſſenſchaft vollſtändig zu machen, und welches mithin die Puncte ſind, auf welche neue Forſchungen gerichtet werden müſſen, ſollen ſie anders fruchtbar und von wahrem Nutzen ſeyn.

Das erſte, was bei einer ſolchen Analyſe in Betracht kommt, iſt der elektriſche Zuſtand der flüſſigen Mittel, welche zwiſchen die Pole der Säule gebracht ſind, um als Leiter für die Fortpflanzung der El. zu dienen. Dieſer Zuſtand nun wird durch einen Verſuch Volta's bemerklich gemacht, der darin beſteht, die Pole der Säule durch eine Flüſſigkeit von ſo unvollkommnem Leitungsvermögen in Verbindung zu ſetzen, daß bemerkbare Unterſchiede in der Ladung ihrer verſchiednen Theile eintreten. Dieſer Zweck wird z. B. vollkommen durch Anwendung eines langen, mit reinem Waſſer getränkten, Papierſtreifen erreicht. Nachdem mittelſt deſſelben die Verbindung zwiſchen den beiden Polen der Säule einige Augenblicke hindurch bewerkſtelligt worden iſt, berühre man ihn ſucceſſiv an verſchiednen Stellen mit einem, mit dem Condenſator verbundnen, Elektroſkop, um ſeinen elektriſchen Zuſtand zu prüfen. Man wird finden, daß, wenn die Säule iſolirt iſt, jede Hälfte des Streifens ſich mit der Art El. geladen hat, welche dem Pol, mit dem ſie zunächſt in Verbindung ſteht, zugehört; die eine Hälfte zeigt ſich poſitiv, die andere negativ; und die Intenſität dieſer Ladungen nimmt von jedem Pole bis zur Mitte des Streifens ab, welche ſich in neutralem Zuſtande befindet, wenigſtens unter der Vorausſetzung, daß das Leitungsvermögen in der ganzen Länge des Streifens gleich iſt; denn allerdings, wenn man das Ausſtrömen der El. an einer Hälfte vorzugsweiſe vor der andern erleichtert, indem man z. B. einige Tropfen einer Salzauflöſung, welche beſſer als reines Waſſer leitet, darauf bringt, ſo wird die elektriſche Ladung dieſer Hälfte in gleichen Abſtänden vom Pole ſtärker ſeyn, als die der andern, und der neutrale Punct ſich mehr dem entgegengeſetzten Pole nähern. Steht die Säule, anſtatt iſolirt zu ſeyn,, durch einen ihrer Pole mit dem Boden in Verbindung, ſo fällt der neutrale Punct an dieſen Pol ſelbſt und der ganze übrige Theil des Streifens zeigt mit einer, nach dem iſolirten Pol hin progreſſiv zunehmenden, Stärke der Ladung blos die El., die dieſer beſitzt.

Hier, wie im vorigen Fall, muß das Geſetz, nach welchem die progreſſive Abnahme der Ladungen von einem Pole zum andern erfolgt, von dem größern oder geringern Leitungsvermögen der Flüſſigkeit, mit welcher der Streifen befeuchtet iſt, und der mehr oder minder beträchtlichen Ausdehnung der Oberfläche, über welche ſie verbreitet iſt, abhängen. Die Art aber, nach welcher der Abfluß beider Elektricitäten und ihre wechſelſeitige Neutraliſation vor ſich geht, muß ihren allgemeinen Umſtänden nach ſich jedenfalls gleich bleiben, da ſie blos einen einfachen Fall der gewöhnlichen Geſetze darſtellt, welche die El. befolgt, wenn ſie ſich über Leiter vertheilt, die ſie unvollkommen fortpflanzen. Dem muß alſo auch ſo ſeyn, wenn beide

Pole der Säule, anſtatt durch einen einzigen Streifen Feuchtigkeit, durch eine unendliche Menge ſolcher Streifen in Verbindung ſtehn, die zu einer einzigen flüſſigen Maſſe vereinigt und mit Elektricitätsmengen geladen ſind, welche im Verhältniß zu dem Leitungsvermögen der Flüſſigkeit ſo ſchwach ſind, daß ſie nicht ſchnell durch dieſelbe fortgepflanzt zu werden vermögen. Dann läßt ſich jede flüſſige Linie, die an einem Puncte des poſitiven Drahts anfängt und an einem Puncte des negativen endet, als ein unvollkommener Leiter betrachten, auf welchen Alles, was wir in Bezug auf den elektriſchen Zuſtand des Streifens ausgemittelt hatten, anwendbar iſt, abgerechnet die Modificationen, die hinſichtlich der mehr oder minder ſchnellen Abnahme der Intenſitäten noch in Betracht kommen; bei der Strömung der einen ſo wie der andern El. längs jeder ſolcher Linie müſſen nämlich Unterſchiede in der Geſchwindigkeit und Ladung eintreten, abhängig von der Länge der Linien, ihrem Leitungsvermögen, welches ungleich ſeyn kann, und auch ihrer Lage, ſowohl in Bezug zu einander, als zu den Metalldrähten, durch deren Berührung ihnen die El. mitgetheilt wird. Die, zwiſchen beide Pole gebrachte, Flüſſigkeitsmaſſe findet ſich ſo in einem elektriſchen Zuſtande, ähnlich dem der Atmoſphäre, d. h. ſie ſtellt ein ununterbrochenes Mittel dar, innerlich durchdrungen mit freier El., welche wegen Unvollkommenheit des Leitungsvermögens nicht daraus entweichen, und eben ſo wenig ſich gleichförmig darin verbreiten kann, weil ein beſtändiges Nachſtrömen aus der, ſie entbindenden, Quelle Statt findet. Nun findet man in der Atmoſphäre, wenn ſie ruhig und rein iſt, immer blos die nämliche Art freier El. in allen Höhen über dem Boden; wovon das Analoge bei dem feuchten Streifen, wenn die Säule durch einen ihrer Pole mit dem Boden in Verbindung ſteht, Statt hat, dagegen bei Iſolirung der Säule beide Arten freier El. an verſchiednen Stellen des unvollkommen leitenden Mittels, durch welches die Pole in Verbindung ſtehen, gefunden werden. Die Analogie, durch welche ich vom Fall eines einfachen Streifens zu dem einer flüſſigen Maſſe fortgeſchritten bin, läßt ſich nicht unmittelbar, oder wenigſtens nicht ohne ganz beſondre Vorſichtsmaßregeln durch Anwendung des Elektroſkops bewähren. Die Menge der Berührungspuncte der Flüſſigkeit mit den Medalldrähten, und vielleicht auch die vor ſich gehenden chemiſchen Zerſetzungen abſorbiren die, an jedem Pol entwickelte, El. ſo ſchnell und ſchwächen ihre Repulſivkraft ſo bedeutend, daß der Condenſator keine merkliche Ladung mehr dadurch erhält. Indeß können die chemiſchen Erſcheinungen die Stelle dieſer Anzeigen vertreten. Man nehme z. B. vier, in Geſtalt eines V gebogene, Glasröhren A, B, C, D, fülle ſie mit einem neutralen Braunkohlaufguß, ſtelle ſie in eine

Reihe, bewerkſtellige ihre Verbindung unter einander durch einige, mit ihren Enden in die Flüſſigkeit tauchende, Asbeſt- oder Baumwollenfäden, und leite in die äußerſten Glieder der Kette, A und D die beiden Verbindungsdrähte einer Voltaiſchen Säule. Nach einiger Zeit wird die Flüſſigkeit der beiden Heberröhren A, B, welche ſich zur Seite des poſitiven Pols befinden, roth, die der Röhren C, D, welche zunächſt mit dem negativen Pol in Verbindung ſtehen, grün geworden ſeyn; und dieſe Farbenveränderungen werden von den äußerſten Schenkeln nach dem mittlern hin fortſchreiten. Eine ſolche Abänderung der Erſcheinungen in den verſchiedenen Theilen eines und deſſelben, vom elektriſchen Strom durchſtrichenen, Mittels, giebt wohl den vollgültigen Beweis, daß keine gleichförmige Vertheilung der El. darin Statt findet.

Dieſe ungleiche Vertheilung der El. giebt den Schlüſſel zu einer Erſcheinung, die meines Wiſſens bisher noch von Niemand erklärt worden iſt, obwohl man ſie mit Recht als eine der merkwürdigſten, welche der Voltaiſche Apparat darbietet, betrachtet hat. Sie beſteht darin, daß ein Draht, den man in dem, zur Leitung dienenden, Mittel mehr oder minder genau in der Richtung des elektriſchen Stroms ſchwebend erhält, bald an jedem ſeiner Enden eine El. zeigt, welche der entgegengeſetzt iſt, die der Pol, nach dem das Ende hinſieht, beſitzt; und man beobachtet dann an dieſen beiden Enden alle die chemiſchen Erſcheinungen, welche einerſeits dem poſitiven, andrerſeits dem negativen Pol zukommen. Man nehme z. B., wie beim vorigen Verſuch, vier, mit einem neutralen Braunkohlaufguß gefüllte, Röhren, verbinde aber die Flüſſigkeit in den Schenkeln, anſtatt durch Asbeſt- oder Baumwollenfäden, durch Metalldrähte; nach kurzer Zeit wird man die Flüſſigkeit um das, dem negativen Pol zugekehrte, Ende jedes Drahts geröthet, um das, dem poſitiven Pol zugekehrte, deſſelben Drahts gegrünt finden. Die Erklärung hievon ergiebt ſich ſehr leicht aus der Vertheilungsart, die unſern Erörterungen zufolge die El. in der Flüſſigkeit hat. Wir wollen zuvörderſt, größerer Einfachheit halber, annehmen, es werde nur ein einziger Draht, AB, Fig. 60, in die Flüſſigkeit zwiſchen die Leitungsdrähte gebracht. Dieſer nun findet ſich den Einwirkungen zweier Elektricitäten von verſchiedner Art und ungleicher Intenſität ausgeſetzt; die eine, P, wird durch den, zur Seite des poſitiven Pols der Säule, die andre, N, durch den, zur Seite des negativen Pols gelegenen, Theil der Flüſſigkeit ausgeübt. Nun lehrt der bloſe Anblick der Figur, daß dieſe beiden Wirkungen ſich dahin vereinigen, die natürlichen Elektricitäten des Drahts zu zerſetzen, und zwar ſie nach derſelben Richtung zu zerſetzen, ſo, daß das, dem poſitiven Pol zugekehrte, Ende einen negativen, das dem negativen Pol zugekehrte, einen poſitiven Pol erhält. Gerade ſo ſahen wir auch einen langen, vertikal in der Atmoſphäre iſolirten, Metalldraht, Pole darin annehmen, negativ an ſeinem obern, poſitiv an ſeinem untern Theile werden, blos vermöge der ungleichen Vertheilung der El. in der Luftmaſſe. Und eben ſo werden wir auch weiterhin ſehen, daß ein Draht von weichem Eiſen, an einen Magnetſtab, parallel mit deſſen Axe, gelegt, ſelbſt zum Magnet unter deſſen Einfluß wird. Weil nun jeder, in den Voltaiſchen Strom gebrachte, Metalldraht an ſeinen beiden Enden elektriſche Zuſtände annimmt, die in Betreff der Art und der Dauer der El. denen ganz gleich ſind, welche in jedem der, unmittelbar mit den beiden Polen der Säule ſelbſt in Verbindung ſtehenden, Drähte, Statt finden; ſo bedarf es keiner weitern Erklärung, warum das nämliche Zerſetzungsvermögen ſich an denſelben äußert, und warum jedes ihrer Enden Wirkungen der Art hervorbringt, wie ſie immer durch die Art El., die es beſitzt, hervorgebracht werden. Der nämliche Einfluß muß ſich denn nun überhaupt auf jede Zahl Metalldrähte, die man hinter einander zwiſchen die Leitungsdrähte in den Voltaiſchen Strom bringt, äußern, nur wird die Intenſität ihrer Ladung je nach ihrer Lage in der Flüſſigkeit, die der Strom durchſtreicht, verſchieden ausfallen.

Hieraus wird noch keineswegs erklärlich, warum eine Zerſetzung der chemiſchen Verbindungen unter dem Einfluß des Voltaiſchen Stroms erfolgt, oder, warum gewiſſe Subſtanzen, nachdem ſie frei geworden, ſich vorzugsweiſe nach dem poſitiven Pol begeben, während andre zum negativen gehen. Dieſe ausnehmend bemerkenswerthen Eigenthümlichkeiten hängen ohne Zweifel mit den allgemeinen Bedingungen zuſammen, unter welchen die chemiſchen Verbindungen ſtehen, Bedingungen, die bis jetzt noch völlig für uns im Dunkel liegen; da wir noch nicht einmal genau anzugeben wiſſen, was denn eigentlich den Zuſtand chemiſcher Verbindung ausmache. Wird aber die Zerſetzung eines Products einmal als geſchehen angenommen, ſo reicht dann die ungleiche Vertheilung der beiden Elektricitäten in dem leitenden Mittel, wie wir ſie anzunehmen genöthigt waren, vollkommen zur Erklärung der Erſcheinung des Ueberführens hin. Dies zu zeigen, wollen wir von der Thatſache der Beobachtung ausgehen, daß ein ſolches Fortführen der Stoffe Statt hat, und z. B. ein Molecul einer Säure betrachten, das auf ſeinem Wege zum poſitiven Pol begriffen iſt. Um nun dahin durch die, es umgebende Flüſſigkeit geführt werden zu können, muß ihm in dem Augenblick, wo es ſich aus ſeiner chemiſchen Verbindung trennte, eine Ladung der Art verliehen werden, die ſeinen Gang dem gemäß beſtimmt und regulirt. Hiezu reicht hin, daß dieſe Ladung negativ ſey, und ſtärker als die der nicht zerſetzten flüſſigen Molecule, welche den negativen Leitungsdraht umgeben; denn dann wird das Säuretheilchen von dem, dem negativen Pol zunächſt befindlichen, Theil der flüſſigen Maſſe abgeſtoßen, und von dem, zur Seite des poſitiven befindlichen, angezogen werden. Wenn es alſo ſeinen Ueberſchuß von El. nicht unmittelbar durch Mittheilung verliert, was bei der ausnehmenden Schwäche dieſes Ueberſchuſſes ſehr möglich iſt, ſo muß es, da der flüſſige Zuſtand des Mittels, den es ſelbſt theilt, ſeinen Bewegungen in demſelben vollkommene Freiheit läßt, den fortführenden Kräften, durch die es ſollicitirt wird, folgen; und indem es immer auf der Richtung fortgeht, nach der es durch die Geſammtheit dieſer Kräfte getrieben wird, endlich am poſitiven Draht anlangen, wo es die negative El., die es beſitzt, abgiebt, um ſich mit dem Grade poſitiver El. zu laden, welcher den, in dieſem Theile der flüſſigen Maſſe gelegenen, Moleculen zukommt. Hier nun ſieht man denn gewöhnlich neue chemiſche Wirkungen zum Vorſchein kommen, denen entgegengeſetzt, welche man am negativen Pol beobachtet. Gasförmige Producte werden entbunden, neue Verbindungen bilden ſich; dieſe Erſcheinungen jedoch, eben ſo wenig erklärlich als die erſten, liegen außer dem Gebiete der Phyſik.

Einige hieher gehörige Reſultate kann ich jedoch nicht mit Stillſchweigen übergehen, welche auf Bedingungen hinzuweiſen ſcheinen, an welche die Möglichkeit der chemiſchen Verbindungen im Allgemeinen gebunden ſeyn mag. Man hat gefunden, daß eine Säure nicht durch ein Alkali durchgeführt werden kann, mit welchem ſie ein unauflösliches Salz bildet. Sollte dies nicht eine Verallgemeinerung (une extension) des Einfluſſes ſeyn, den die Berührung feſter Körper überhaupt auf die Bildung oder Zerſetzung gewiſſer Producte äußert?*) Man weiß, daß das Waſſer in einem Glasgefäß erſt bei einer höhern Temperatur kocht, als in einem Metallgefäß; eben ſo verzögert die Berührung von Glasſtücken die Entwicklung ſeiner Dämpfe, dagegen die Berührung einiger Metallpartikeln ſie auf der Stelle hervorruft. Wenn ein, mit ſpitzen Rauhigkeiten verſehenes, Metallſtück in eine, mit einem Gas geſättigte, Auflöſung getaucht wird, ſo erfolgt im Allgemeinen die reichlichſte Gasentbindung an den Spitzen. Iſt das Waſſer mit mehrern hundert Malen ſeines Volumens Sauerſtoff eine Verbindung eingegangen, die es Thénard zu bewerkſtelligen geglückt iſt, ſo reicht die bloße Berührung eines Metalls hin, das Band zwiſchen beiden aufzuheben. Sollte es nicht in Folge dieſer allgemeinen Eigenſchaft ſeyn, daß die beiden Pole der Säule die Verbindungen und Entbindungen der Subſtanzen hervorrufen, mit welchen ſie in Berührung treten? Und ſollte nicht dieſe Eigenſchaft von dem Vermögen abhängen, welches ſie vermöge ihrer Beſchaffenheit beſitzen, die El. ſchnell zu entziehen und mitzutheilen? Ließe ſich nicht annehmen, daß die gehemmte Fortführung in dem Fall, wo eine unauflösliche Verbindung während des Uebergangs der einen Subſtanz gebildet wird, auch von der nämlichen Urſach abhienge, von dem gewaltſamen Freiwerden (dégagement) der El., womit ſich dieſe Subſtanz geladen hatte? Und ſollte nicht endlich die Erſcheinung, daß dieſe El. die Subſtanzen hindert, Verbindungen einzugehen, bei denen ſie nicht frei werden würde, darin ihren Grund haben, daß ihre Abſtoßung gegen die gleichartige El., womit das Mittel, das ſie durchſtreicht, geladen iſt, verbunden mit der Kraft, welche ſie von dem einen Pole entfernt und dem andern nähert, ſie hindert, mit den Theilchen des Mittels in eine hinlänglich innige Berührung zu treten, um mit ihnen eine Verbindung einzugehen? Eine erfahrungsgemäße Unterſuchung dieſer verſchiednen Fragen würde den Gegenſtand einer ſehr intereſſanten Arbeit abgeben. *)

---

*) Ich geſtehe, keine ganz klare Beziehung zwiſchen dieſem Einfluſſe und dem erwähnten Reſultat auffinden zu können, die beide als beſondre Fälle eines allgemeinern Geſetzes darſtellte.

Bei vergleichender Betrachtung der Wirkungen, die eine und die nämliche Subſtanz in der Menge von Verbindungen, in die man ſie eingehn laſſen kann, unter dem Einfluß des Voltaiſchen Stroms erfährt, erkennt man im Allgemeinen ein Streben derſelben, ſich nach dem einen oder dem andern Pole der Säule zu begeben, und mithin ſich mit der einen oder der andern El. zu laden. Dieſe Bemerkung iſt ſo gegründet, daß man in einer unendlichen Menge von Fällen zum Voraus daraus ableiten kann, ob die Zerſetzung eines Products leicht oder ſchwer iſt, und nach welcher Richtung ſie Statt haben, d. h. nach welchem Pole hin jedes der getrennten Elemente ſeinen Weg nehmen wird. Dies hat die Chemiker auf die, nicht unwahrſcheinliche, Vermuthung geführt, daß die, vom Voltaiſchen Strom bewirkten, Zerſetzungen von dieſem Streben ſelbſt abhängen, welches, in den Elementen der chemiſchen Verbindung nach entgegengeſetzter Richtung auftretend, die einen nach dem poſitiven die andern nach dem negativen Pol der Säule hin ſollicitirt und ihre Trennung bewerkſtelligt, um ſie dieſe verſchiednen Richtungen annehmen zu laſſen, wofern es ſtark genug iſt, um die, ſie verbindende Verwandtſchaft, zu überwältigen. Man könnte hinzuſetzen, daß die Entgegenſetzung des

---

*) Es wäre nur zu dieſem Behuf zu wünſchen, daß Biot die Fragen etwas deutlicher geſtellt hätte; indem ſie im Original eben ſo unklar ſind, als ſie vielleicht in der Ueberſetzung ſcheinen werden.

el. Zuſtandes vielleicht zur Trennung noch auf eine andre Weiſe wirkt, als durch das mechaniſche Beſtreben, welches nach jedem Pole hin hieraus hervorgeht, z. B. dadurch, daß ſie irgend ein Verhältniß aufhebt, welches zwiſchen den el. Ladungen eines Products beſtehen muß, damit die Stoffe, aus denen es zuſammengeſetzt iſt, in ihrem Aggregatzuſtande verbleiben können; denn da wir die Roelle nicht kennen, welche die El. in den Beziehungen der kleinſten Theilchen der Körper zu einander ſpielt, ſo müſſen wir uns hüten, ihrer Wirkſamkeit in dieſer Hinſicht vorgreifend Gränzen ſtecken zu wollen. Jedenfalls wird aber bei dieſer Anſicht des Zerſetzungsvermögens des Voltaiſchen Stroms, die Möglichkeit dieſer Erſcheinung im Allgemeinen von drei Bedingungen abhängen müſſen: 1) von der mehr oder minder ſtarken Neigung (disposition), welche die Grundbeſtandtheile des Products haben, in jedem ihrer Theilchen entgegengeſetzt el. Zuſtände anzunehmen; 2) von der größern oder geringern Stärke dieſes Gegenſatzes; 3) endlich von dem Verhältniß dieſer Stärke zu der Kraft der chemiſchen Verwandtſchaft, in welcher die Beſtandtheile zu einander ſtehen. Hat man es z. B. mit einem Körper zu thun, deſſen Beſtandtheile leicht in einen ſehr entgegengeſetzten el. Zuſtand gerathen, ſo wird die Säule eine Zerſetzung deſſelben bewirken können, ungeachtet die, ſeine Beſtandtheile vereinigende, chemiſche Verwandtſchaft ſehr mächtig iſt. Iſt umgekehrt die Verwandtſchaft ſehr ſchwach, haben aber die Beſtandtheile der Körper zugleich ein ſehr geringes Beſtreben, ſich in entgegengeſetzt el. Zuſtände zu ſetzen, ſo wird es ſehr möglich ſeyn, daß keine Zerſetzung erfolgt. So wie endlich bei der Reibung der Körper aneinander der Fall eintritt, daß die nämlichen Subſtanzen, je nach der Art des Reibzeugs, mit dem ſie gerieben werden, bald die poſitive, bald die negative El. annehmen, ſo wird es auch geſchehen können, daß der nämliche chemiſche Beſtandtheil, je nach den Verbindungen, in die er eingeht, bald poſitiv, bald negativ wird*); und obwohl im Allgemeinen jeder Beſtandtheil in alle Verbindungen, in die er eingehen mag, die nämliche, ihm von Natur urſprünglich zukommende, Dispoſition (relative Neigung, poſitiv oder negativ zu werden) mit hinübernehmen muß, ſo wird doch das Endreſultat (ob er wirklich das eine oder das andre wird) auch mit davon abhängen, welche analoge oder verſchiedne Dispoſitionen die Beſtandtheile, mit denen er zuſammentritt, beſitzen. In allen, bisher mit dem Voltaiſchen Apparate angeſtellten, Verſuchen ſcheint der

---

*) So zeigt ſich der Waſſerſtoff im Waſſer elektropoſitiv, in allen Waſſerſtoffſäuern elektronegativ.

Sauerſtoff dieſe Diſpoſition zum negativen Zuſtande behauptet zu haben, die er bei der Waſſerzerſetzung bemerken läßt, und die man eben ſo auch bei den, mit der gewöhnlichen El. angeſtellten, Verſuchen wahrnimmt, wo der Sauerſtoff der Luft ſich ſtets nach den poſitiv elektriſirten Flächen hinbegiebt. Ja ſogar, wenn die Körper aus mehrern Beſtandtheilen zuſammengeſetzt waren, (Salze), deren einige eine ſtarke Verwandtſchaft zum Sauerſtoff beſaßen, ſo fanden wir, daß dieſer ihnen ſeine negative Diſpoſition mittheilte und ſie (die Säuern) mit ſich nach dem negativen Pol hinzog, wogegen die andern Beſtandtheile (die Baſen) alsdann poſitiv wurden und ſich nach dem negativen Pol begaben. Vermöge dieſes Geſetzes hat man denn die Zerſetzung aller Oxyde und der Säuern, welche Sauerſtoff enthalten, durch den Voltaiſchen Strom zu bewirken vermocht; wobei ſich der, mit dem Sauerſtoff verbundne, Beſtandtheil nach dem negativen Pol begab, während der Sauerſtoff, ſeiner ſtandhaft feſtgehaltnen Diſpoſition folgend, nach dem poſitiven Pol ging. Dieſe ſchönen Beobachtungen wurden, wie ſchon erwähnt, zuerſt von Hiſinger und Berzelius gemacht. Davy wurde durch Abänderung und Erweiterung derſelben darauf geleitet, die Wirkung des Voltaiſchen Apparats auf die Alkalien zu verſuchen, die man bis dahin als einfache Stoffe betrachtet hatte. Er ſah hier, und machte dadurch das Erſtaunen des ganzen gelehrten Europa rege, daß ſich Sauerſtoffbläschen am poſitiven Pol entbanden, während ſich am negativen glänzende Stoffe von metalliſchem Ausſehn, aber großer Leichtigkeit, anſammelten, welche an der Luft mit Lebhaftigkeit verbrannten, ja ſelbſt die merkwürdige Eigenthümlichkeit zeigten, ſich im Waſſer zu entzünden (durch Bemächtigung ſeines Sauerſtoffs). Es waren dies die metalliſchen Grundlagen des Natrons und Kali's, die ſeitdem unter dem Namen Sodium oder Natronium und Potaſſium oder Kalium bekannt ſind. Allein die erwähnten Eigenſchaften machten, daß ſich nur ſehr kleine Maſſen derſelben erhalten ließen, die, ſo wie ſie gebildet waren, an der Luft wieder zu Grunde gingen. Man mußte mithin ein Mittel ſuchen, ſie vor dem Zutritt der, ſie verzehrenden, Luft zu ſchutzen. Der Dr. Seebeck erfand in dieſer Hinſicht ein ſehr einfach zum Zweck führendes, welches darin beſteht, das Natronium oder Kalium ſo wie es ſich entbindet, mit Queckſilber zu amalgamiren. Man höhlt in ein kleines Stück Natron- oder Kalihydrat eine Vertiefung aus, füllt dieſe mit Queckſilber, legt das Stück auf eine Metallplatte, und läßt in das Queckſiler den negativen Draht eines Voltaiſchen Apparats von wenigſtens zweihundert Plattenpaaren tauchen, während der andere Leitungsdraht mit der metallnen Unterlage in Verbindung geſetzt wird. Das Natron oder Kali wird nun zerſetzt, zugleich mit dem, darin enthaltenen, Waſſer; der Sauerſtoff des Alkali's ſo wie des Waſſers begiebt ſich nach dem poſitiven Pol, wohin ihn ſein el. Zuſtand führt; der Waſſerſtoff und das Natronium oder Kalium dagegen, die aus der Verbindung mit jenen geſchieden ſind, gehen zum negativen Pol. Hier entweicht der Waſſerſtoff in Gasgeſtalt, das Natronium oder Kalium aber verbindet ſich mit dem Queckſilber und wird ſo vor der Einwirkung der Luft geſchützt. Das gewonnene Amalgam ſchüttet man von Zeit zu Zeit in Steinöl und erneuert das Queckſilber. Hat man eine gewiſſe Quantität Amalgam geſammelt, ſo deſtillire man es mit ſo wenig Luft als möglich in einer Retorte. Das Oel geht zuerſt über und dann das Queckſilber, worauf das Natronium oder Kalium frei zurückbleibt. Soll die Zerſetzung des Kali's und Natrons durch das hier beſchriebene Verfahren gelingen, ſo müſſen dieſelben eine hinlängliche Menge Waſſers enthalten, um die El. der Säule durchzuleiten, jedoch nicht ſo viel, daß die ganze durchgeleitete El. zur Zerſetzung deſſelben verwandt wird; weil in dieſem Fall das Kali und Natrum unzerſetzt bleiben würden. Davy und Seebeck haben durch ſolche Verfahrungsarten auch in den übrigen Alkalien unzweideutige Spuren der Zerſetzung wahrgenommen. Jedoch erlaubt der Plan dieſes Lehrbuchs nicht, mich ausführlicher hierüber zu verbreiten. Ich füge blos hinzu, daß es nach der Entdeckung Davy's über die Zuſammenſetzung des Kali's und Natron's Gay-Luſſac und Thénard geglückt iſt, dieſen Subſtanzen den Sauerſtoff blos durch Wirkung chemiſcher Verwandtſchaften zu entziehen (durch Glühen in eiſernem Flintenlauf).

Bisher haben wir blos die zerſetzenden Wirkungen der Säule betrachtet, allein es kommen ihr auch noch andre ſehr merkwürdige zu. Nimmt man z. B. ganz feine Metalldrähte als Schließungsdrähte, und nähert ſie einander allmälig bis zur Berührung, ſo tritt eine Anziehung zwiſchen ihnen ein, die ſie ungeachtet ihrer elaſtiſchen Gegenwirkung an einander feſt hält. Sind dieſe Drähte von Eiſen, ſo ſpringt ein ſichtbarer Funken zwiſchen ihnen über, der, wie wir ſogleich ſehen werden, eine wahre Verbrennung des Eiſens hervorruft. Mit größter Sicherheit gelingt dieſer Verſuch, wenn man das Ende eines der Eiſendrähte mit einem leichten Goldblatt armirt. Dies wird an der Stelle, wo der Funke überſpringt, verzehrt. Man kann durch dieſen Funken die Entzündung von Knallgas und ſelbſt von Phosphor und Schwefel, wie durch die Funken unſrer gewöhnlichen Elektriſirmaſchinen, bewerkſtelligen.

Hier iſt nur die Rede von den Wirkungen, die ſich durch die gewöhnlichſten Säulen erhalten laſſen, deren Scheiben ungefähr den Umfang eines Fünffrankenſtücks haben. Begreiflich müſſen dieſe Wirkungen in einem weit beträchtlicheren Grade auftreten, wenn man Platten von größerer Oberfläche in derſelben Anzahl anwendet; denn in den Säulen, wo die Zahl der Elemente und die Beſchaffenheit der flüſſigen Leiter ſich gleich verhalten, iſt auch die Dicke der el. Schicht auf allen Platten von gleicher Stelle die nämliche, wie die Theorie anzeigt, und die Erfahrung uns weiter oben beſtätigt hat. Es ergiebt ſich daraus, daß die Totalquantitäten El., welche dieſe Säulen im Zuſtande des Gleichgewichts beſitzen, genau den Oberflächen der Platten proportional ſind; ein Verhältniß welches auch noch dann Statt findet, wenn bei geſchloſſenem Kreiſe die El. ſich in Strömung befindet, wenigſtens unter der Vorausſetzung, daß das Leitungsvermögen des feuchten Zwiſchenleiters in den verglichenen Säulen das nämliche iſt, und daß dieſer Leiter, ſo wie die Oberflächen der Platten, im Laufe des Verſuchs nur gleiche Veränderungen erfahren. Wirklich haben auch Gay-Luſſac und Thénard gefunden, daß die, in einer gegebenen Zeit entbundenen, Gasmengen den Oberflächen der verglichenen Platten, oder, was auf das Nämliche hinauskommt, den Totalquantitaten der darauf angeſammelten El. proportional ſind. Das nämliche Verhältniß in der Verſtärkung der Wirkung wird auch bei allen andern chemiſchen Effecten beobachtet. Eine Säule aus Platten mit großer Oberfläche vermag, wenn ſie auch nur aus wenig Paaren beſteht, mehrere Centimeter Eiſendraht zu entzünden. Dieſe Erſcheinung wurde zum erſtenmal von Hachette und Thénard beobachtet, und iſt von den engliſchen Phyſikern auf den höchſten Grad der Stärke gebracht worden, indem ſie dem Voltaiſchen Apparat die, im folgenden Capitel zu beſchreibende, vortheilhafteſte Einrichtung gaben, und mit der Größe der Platten zugleich deren Zahl vergrößerten.

Mit einem ſolchen Apparate laſſen ſich lange Drähte von Eiſen, Platin oder irgend andern Metallen ſo weit erhitzen, daß ſie nicht nur ins Glühen kommen, ſondern ſich ſogar in geſchmolzne Kügelchen zertheilen; und leitet man ſie einem Theile nach durch Flüſſigkeiten, ſo können dieſe bis zum Sieden erhitzt werden. Nimmt man, anſtatt Metalldrähte, dünne Metallblätter, die durch den Hammer oder das Streckwerk getrieben worden ſind, ſo entzünden ſie ſich, und brennen, je nach ihrer Beſchaffenheit mit verſchieden gefärbter Flamme.*) Die

---

*) Dieſe Verſuche laſſen ſich am beſten ſo anſtellen, daß man an einen gebogenen Draht des einen Pols der Batterie die Metallblättchen anhängt und nun mit ihnen eine breite vergoldete Metallplatte, die mit dem entgegengeſetzten Pol verbunden iſt, berührt. Goldblätter brennen mit einem lebhaft weißen, blau nuancirten, Lichte und bringen ein dunkelbraunes Oxyd hervor. Silberblätter ſenden ein brillantes ſmaragdgrünes Licht aus, und laſſen ein

Funken, welche hier zwiſchen den Blättern oder den Leitungsdrähten entſtehn, wenn man ſie einander faſt bis zur Berührung nähert, ſind ſo ſtark, daß ſie ſelbſt im Waſſer ſichtbar werden. Alle dieſe Wirkungen aber werden an Merkwürdigkeit von der Erſcheinung übertroffen, welche ſich darbietet, wenn man die Leitungsdrähte in vollkommen getrocknete Kohlenſpitzen ausgehen läßt. Als dies bei einem großen Apparate, in deſſen Beſitz das königliche Inſtitut zu London iſt, und der aus zweitauſend quadratiſchen Plattenpaaren, jedes von vier Zoll Seite, beſteht, vorgenommen wurde, fieng der el. Funke an, von einer Kohlenſpitze zur andern bei einem Abſtand derſelben von ungefähr $\frac{1}{12}$ Zoll überzuſpringen. Bald darauf aber, als erſt die beiden Spitzen ſtärker glühten, konnte man ſie bis auf vier Zoll von einander entfernen, ohne daß dieſe Erſcheinung unterbrochen wurde. Die Fortdauer der el. Entladungen brachte hier zwiſchen beiden Spitzen einen anhaltenden, bogenförmig gekrümmten, Lichtſtrom hervor, der jede andre Flamme an Glanz übertraf, und von ſo intenſiver Hitze begleitet war, daß ſelbſt die ſonſt ſchwerflüſſigſten Körper darin ſchmolzen. Diamantſtücke und Reisbleiſpitzen verſchwanden und ſchienen ohne einen Anſchein von Schmelzen zu verdunſten. Dicke Platindrähte zerſchmolzen ſchnell in große Kügelchen; Sapphir, Quarz, Talk und Kalk kamen in offenbaren Fluß. Dieſe Wirkungen erfolgten ſelbſt, und zwar mit noch größerer Stärke, wenn die Kohlenſpitzen ſich in einer, durch die Luftpumpe verdünnten, Luft befanden. Dann fuhr der Lichtſtrom fort zwiſchen beiden Spitzen in einem Abſtand von 6 Zoll zu ſpielen, und man konnte ihn ganze Stunden ſo fortdauern laſſen, ohne daß die Kohle ſich um eine merkliche Quantität vermindert fand.

Für den Grund, warum im luftverdünnten Raum und im Verfolg des Verſuchs die Entladung auf eine größere Weite Statt hat, iſt mit vieler Wahrſcheinlichkeit folgender anzugeben: Die erſte, zwiſchen den Spitzen erfolgende, Entladung muß die Luft- oder Dunſtſchicht, die ſich zwiſchen den Kohlenſpitzen befindet, durchbrechen, und kann deshalb nur auf eine kleine Weite Statt finden, iſt ſie aber einmal eingetreten, und hat ſie durch ihre Repulſivkraft die Theilchen des umgebenden Mittels aus dem Wege entfernt, ſo finden die, der erſten ohne Unterbrechung nachfolgenden, Entladungen, da ſie nach derſelben Richtung vor ſich gehen, ihren Weg offen, indem ſie denſel-

---

unkelgrünes Oxyd zurück. Kupfer bewirkt ein bläulichweißes Licht, begleitet on rothen Funken; ſein Oxyd iſt dunkelbraun. Zinn giebt faſt dieſelben rſcheinungen; ſein Oxyd iſt aber von lichter Farbe. Bley brennt mit einem hönen Purpurlicht, und Zink mit einem glänzend weißen, das ins Blaue ält und das mit Roth eingefaßt iſt. (Singers El. S. 234).

den blos noch durch eine verdünnte Luft, oder ſelbſt vielleicht einen faſt ganz leeren Raum zu nehmen haben, den ſie dann nur ſich frei zu erhalten brauchen; was eine Entladung auf größere Weite verſtattet.

Dieſe fortdauernde Entwicklung von Licht und das analoge Freiwerden deſſelben, welches an den Metalldrähten beobachtet wird, wenn der Voltaiſche Strom durch ſie hindurch geht, ſind ausnehmend merkwürdige Erſcheinungen: und dies um ſo mehr, da das Glühen von Metalldrähten, wenn ſie in den leeren Raum oder in Gasarten gebracht werden, mit denen ſie keine Verbindung eingehn können, ganze Stunden fortdauern und beliebig wieder hervorgerufen werden kann, ohne daß ſie das Geringſte an Gewicht verlieren. Es iſt ausnehmend ſchwer, um nicht zu ſagen unmöglich, die Entſtehungsart dieſer Lichterſcheinung und Erhitzung unter ſolchen Umſtänden anzugeben. Soll man ſie von Zuſammendruckung der Subſtanzen herleiten, auf welche die El. wirkt? dann aber ſcheint es, als ob, weil der Strom anhaltend fortgeht, der Druck blos ein für allemal zu Anfange des Verſuchs ausgeübt werden müßte; und ſomit könnte man ihm höchſtens das erſte Hervorbrechen des Lichts, keineswegs aber ſeine fernere Dauer beimeſſen. Sollten wohl die beiden el. Principe unmittelbar durch ihr Zuſammentreffen Licht erzeugen? Wir kennen keine Erſcheinung, welche dieſe Annahme ins Reich der Unmöglichkeiten oder auch nur der Unwahrſcheinlichkeiten verwieſe. Folgender Verſuch ſcheint eine Beſtätigung derſelben zu geben. Wenn ein Trogapparat mit einer Salzauflöſung oder einer, mit Waſſer verdünnten, Säure gefüllt wird, ſo bemerkt man, daß ſeine chemiſche Wirkung in den erſten Augenblicken die größtmögliche Stärke hat, in ſehr kurzer Zeit aber ſchnell abnimmt, ſo daß ſie nach einigen Stunden ganz ſchwach oder ſelbſt unmerklich wird. Bald wird ſich uns die Urſach dieſer Schwächung ergeben; hier führe ich ſie nur als Thatſache an.

Verbindet man nun, wenn der Apparat noch in der erſten vollen Wirkſamkeit iſt, ſeine beiden Pole mit der größten Drahtlänge, die er bei einer gegebenen Dicke zum Glühen bringen kann, ſo wird man finden, daß er bald nachher nur eine geringere Länge zum Glühen bringt, und ſo immer weniger, bis ein Eiſendraht von derſelben Dicke, wie kurz man ihn immer nehmen mag, den Apparat ganz ohne Lichterſcheinung vollſtändig entladet. Geſetzt nun, daß man, anſtatt den verbindenden Eiſendraht ſo ſucceſſiv zu verkürzen, ihm immer ſeine erſte Länge läßt, ſo wird man finden, daß der immer kleiner werdende Theil, welcher noch glüht, ſich in der Mitte dieſer Länge befindet, und daß der glühende Punct, der ſich noch zeigt, wenn die letzte Möglichkeit des Glühens vorhanden iſt, genau die Mitte dieſes Leitungsdrahtes einnimmt, wo die Vereinigung der beiden el. Principe in der That am reichlichſten vor ſich gehn zu müſſen ſcheint.

Immer ſetzten wir im Vorigen voraus, daß ein Voltaiſcher Apparat aus einer mehr oder minder beträchtlichen Anzahl von Plattenpaaren angewandt wurde; man kann jedoch Drähte auch durch ein einziges Plattenpaar zum Glühen bringen, wenn man ihnen im Verhältniß zur Groſe der Oberflächen des Plattenpaars eine ſehr geringe Dicke und Länge giebt. Man nehme z. B. eine Zinkplatte ZZ, Fig. 61. von rechteckiger Geſtalt, die fünf bis ſechs Centimeter in der Breite auf zehn in der Länge hält. Um dieſe ſchlage man ein Kupferblatt CC, und halte beide durch Wülſte von Harz R, R aus einander, ſo daß der Zink das Kupfer nirgends berührt. Die Zinkplatte hat an einer Seite einen, gleichfalls aus Zink beſtehenden, Anhang m, an welchem, parallel mit ſeiner Längenrichtung, ein kupferner Arm t befeſtigt iſt; ein, gleichfalls kupferner, Stab t′, an der äußern Oberfläche der Kupferplatte befeſtigt, erhebt ſich in einer, auf den Arm t ſenkrechten, Richtung, ſo daß die Enden beider ungefähr einen Centimeter von einander entfernt ſind. Man vereinigt dieſe Enden durch einen Platindraht f von der Länge des Abſtands und ungefähr $\frac{1}{10}$ Millimeter Dicke. Dieſe Verbindung bildet offenbar ein Voltaiſches Plattenpaar, deſſen eines Element die Zinkplatte iſt, das andre das Syſtem des Kupferarms t, des Platindrahts f, des Stabs t′ und endlich der großen Kupferplatte C. Die Elektricitätserregung findet in der Berührungsſtelle des Arms t mit dem Anhang m Statt. Geſetzt nun der ganze Apparat werde mittelſt eines, an dieſem Anhang befeſtigten, iſolirenden Schaftes aufgehangen, ſo ſtehen der Zink und das Kupfer nur durch ihre Berührungsfläche in mt in Verbindung, mithin wird der Kreis nicht geſchloſſen ſeyn, und keine Strömung der El. Statt haben. Dies zu bewerkſtelligen, braucht man jedoch nur zwiſchen die großen Platten C und Z einen feuchten Leiter, z. B. eine Salzauflöſung, oder beſſer noch, eine Miſchung aus einem Volumtheil Salpeterſäure, einem Schwefelſäure und 20 bis 60 Waſſer zu bringen. Wirklich, wenn man die großen Platten mit einem Theile ihrer Oberfläche in eine ſolche Miſchung taucht, ſieht man ſogleich in der leitenden Flüſſigkeit ein lebhaftes Aufbrauſen entſtehen; und in wenig Augenblicken erhitzt ſich der, zwiſchen t und t′ geſpannte, Draht bis zum Glühen; welches ſehr lange fortdauern kann, zumal, wenn man dem flüſſigen Leiter einen leichten Zutritt zur Zinkplatte verſtattet, indem man Oeffnungen O, O′, O″ in dem untern Theil der Kupferplatte anbringt; und hat es aufgehört, ſo kann man es wieder anfachen, wenn man die gebrauchte Flüſſigkeit durch neue erſetzt. Wie leicht übrigens zu erachten haben die, hier für die verbundnen Platten angegebenen, Dimenſionen nichts Abſolutes, ſondern müſſen nur in einem angemeſſenen Verhältniß zur Dicke und Länge des Drahts ſtehen, den man zum Glühen bringen will. Verkleinert man den Draht ſehr bedeutend dieſen beiden Dimenſionen nach, ſo wird man ihn auch durch ein Plattenpaar von viel geringerm Umfang ins Glühen bringen können. Wollaſton hat dies aufs Aeußerſte getrieben, indem er als Verbindungsdraht einen der ſo ausnehmend feinen Platindrähte anwendet, die er durch das, S. 10 im erſten Buche beſchriebene, Verfahren erhält. Hier braucht der Apparat nur aus ſehr kleinen Kupfer- und Zinkplatten zu beſtehen; und ſo wie man ihn in ein ſaures Gemiſch taucht, wird der Draht durch ſein Glühen ſichtbar, da er ſich vorher wegen ſeiner Feinheit dem Auge faſt ganz entzog.

Bei dieſem Verſuch treten einige beſondre Umſtände auf, die dem erſten Anblick nach ſich ſchwer mit der Vorſtellung vereinigen laſſen, daß die, dabei Statt findende, Elektricitätserregung von der bloßen Berührung der Metalle herrühre. Da die Erklärung dieſer anſcheinenden Anomalieen mit den Modificationen zuſammenhängt, welche das mehr oder minder vollkommne Leitungsvermögen im Abfluß des el. Stromes hervorbringt, ſo wird ſie am zweckmäßigſten ihre Stelle zu Ende des folgenden Capitels finden.

Achtzehntes Capitel.

Unterſuchung der Veränderungen, welche im Voltaiſchen Apparate durch ſeine Reaction auf ſich ſelbſt hervorgebracht werden. Daraus hervorgehende Modificationen ſeines elektriſchen Zuſtandes.

Die chemiſche Wirkung des Voltaiſchen Apparats äußert ſich nicht blos am Ende der Drähte, welche die Verbindung ſeiner Pole bewerkſtelligen, ſondern hat ſelbſt zwiſchen ſeinen metalliſchen Elementen Statt, indem der feuchte Leiter, durch den ſie getrennt ſind, hier die Stelle der Flüſſigkeit, in welche die Drähte getaucht werden, vertritt. In Folge deſſen treten im Innern des Apparats ſelbſt beträchtliche Veränderungen ein, welche ſeinen el. Zuſtand modificiren, indem ſie entweder die Bedingungen des Gleichgewichts bei der Berührung ſeiner Elemente, oder auch das Leitungsvermögen darin abändern.

Die erſte Folge dieſer Wirkung iſt ein ſchnelles Verſchlucken des Sauerſtoffs der, den Apparat umgebenden, Luft. Ganz einfach kann man ſich hievon überzeugen, indem man eine verticale Säule auf einen, mit Waſſer umgebenen, Unterſatz ſtellt und ſie mit einer cylindriſchen Glasglocke umgiebt, welche mit ihrer Baſis ebenfalls ins Waſſer taucht, Fig. 62. In wenig Augenblicken ſieht man das Waſſer im Innern der Glocke in die Höhe treten, beſonders wenn man den Kreis durch Metalldrähte ſchließt; ſo daß ein Kreislauf der El. in der Säule Statt hat. Auch bei nicht geſchloſſenem Kreiſe findet Verſchluckung Statt, jedoch weit langſamer. In allen Fällen hört nach einer kürzern oder längern Zeit, je nach der Größe der Säule und der Quantität der umgebenden Luft, die Verſchluckung auf, und der Rückſtand von Luft unter der Glocke zeigt keine Spur von Sauerſtoffgas mehr. Dieſe Erſcheinung wurde von Friedrich Cuvier und von mir in den erſten Zeiten nach Bekanntwerdung des Voltaiſchen Apparats in Frankreich entdeckt. Hiebei findet der bemerkenswerthe Umſtand Statt, daß, ſo lange noch Verſchluckung Statt hat, d. h. ſo lange noch nicht aller Sauerſtoff verzehrt iſt, auch die chemiſchen und phyſiologiſchen Wirkungen des Apparats fortdauern, obwohl mit abnehmender Stärke, und man daher, wenn man die Leitungsdrähte von beiden Polen in Glasröhren unter der Glocke hervorleitet, Waſſerzerſetzung dadurch bewirken, und Schläge ertheilen kann. Allein, wenn aller Sauerſtoff der umgebenden Luft erſchöpft iſt, tritt ein vollkommener Stillſtand aller Wirkungen ein. Wie ſich leicht von ſelbſt hieraus folgern läßt, iſt die chemiſche und phyſiologiſche Wirkſamkeit der nämlichen Säule weit kräftiger und dauernder, wenn ſie in reinem Sauerſtoffgas, als wenn ſie in einem eben ſo großen Volumen atmoſphäriſcher Luft eingeſchloſſen wird; ja ſogar, wenn im letzten Fall die fortſchreitende Verſchluckung endlich blos noch eine Stickſtoffatmoſphäre um die Säule zurückgelaſſen hat, und die Wirkung derſelben ganz erlöſchen ſcheint, reicht das Hinzulaſſen einer kleinen Sauerſtoffmenge hin, ſie wieder anzufachen.

Nimmt man eine Säule aus einander, die ſo mehrere Tage hindurch bei vollkommen geſchloſſenem Kreiſe unter einer, mit atmoſphäriſcher Luft oder Sauerſtoffgas gefüllten, Glocke in Wirkung erhalten worden iſt, ſo findet man, daß die Metallſcheiben, aus denen er beſteht, an einander und an den dazwiſchen gelegten Tuchſcheiben ſo feſt haften, daß man ſie nur mit vieler Mühe trennen kann. Nach geſchehener Trennung findet man, daß die Säule eine chemiſche Reaction auf ſich ſelbſt geäußert, und in ihren eignen Elementen auffallende Veränderungen hervorgebracht hat. War die Säule ſo geſchichtet, Zink, feuchter Leiter, Kupfer, Zink . . . . u. ſ. w., Fig. 63, und ſtand ſie auf ihrer Zinkgrundfläche, ſo wird man beſtändig finden, daß ſich von jedem Zinkſtück Zinktheilchen losgemacht, und an das Kupfer des darüber liegenden Plattenpaars begeben haben; und, ſind Kupfer- und Zinkplatten jedes Paars blos über einandergelegt, ſo daß ſie ſich aus einander nehmen laſſen, ſo findet man noch, daß Theilchen vom Kupfer jedes Plattenpaars ſich an das darüberliegende Zink begeben haben, und ſo fort vom untern nach dem obern Theile der Säule. Iſt die Säule auf die umgekehrte Art geſchichtet, Kupfer, feuchter Leiter, Zink, Kupfer . . . u. ſ. w., Fig. 44, ſo ſteigt das Kupfer nach dem darunterliegenden Zink, und das Zink nach dem Kupfer vom obern nach dem untern Theile der Säule herab. Die Richtung des Fortführens in beiden Fällen iſt in Bezug auf die Verticale entgegengeſetzt; bleibt aber die nämliche in Bezug auf die Reihenfolge der Elemente, aus denen der Apparat beſteht.

Bei dieſer Anordnung iſt der Zink genöthigt, um zum Kupfer zu gelangen, die feuchte Tuchſcheibe, die ihn davon trennt, zu durchſtreichen. Bei nicht geſchloſſenem Kreiſe erfolgt kein ſolcher Durchgang. Hier zeigt ſich die Oberfläche des Kupfers glatt und die, ihr entgegenliegende, Zinkfläche blos mit kleinen ſchwarzen Fäden bedeckt, welche die Richtung der Tuchfäden haben. Iſt der Kreis ſeit Kurzem geſchloſſen, ſo fangen einige Theilchen Zinkoxyd an, überzugehen und ſich an das Kupfer zu begeben; ſo daß endlich, wenn die Wirkung ſtark iſt, die ganze Oberfläche des letzteren davon bedeckt wird. Dann hört die chemiſche Wirkſamkeit der Säule auf, ſey es, daß das, auf der einen Fläche des Kupfers abgeſetzte, Zinkoxyd und der, die andre Fläche berührende, metalliſche Zink bei der Berührung gleichen elektromotoriſchen Einfluß äußern, oder auch, daß die Dazwiſchenkunft dieſer Oxydſchicht dem Durchgang der El. ein zu großes Hinderniß entgegenſetzt; oder endlich, was am wahrſcheinlichſten iſt, daß dieſe beiden Wirkungen zugleich Statt haben.

Manchmal ſtellt ſich das Zinkoxyd nach ſeinem Durchgange durch die Tuchſcheibe am Kupfer in metalliſchem Zuſtand wieder her. Dann befinden ſich die Theile des Kupferſtücks, an welchen ſich daſſelbe abgeſetzt hat, an ihren beiden Begrenzflächen mit Zink in Berührung. An dieſen Flächen findet mithin keine Ungleichheit des el. Zuſtandes mehr Statt; und ſo können ſie nur nach Art neutraler Leiter noch in der Säule wirken; was jedoch nicht hindert, daß die Theile des Kupferſtücks, welche vom übergeführten Zink nicht ganz überzogen ſind, mit dem, ſie an ihrer andern Oberfläche berührenden, Zinkſtück in den allgemeinen Beziehungen des Gleichgewichts, welche bei der Berührung Statt haben, ſich behaupten, und ſo die nämlichen Elektricitätsmengen als vorher entwickeln.

Da das Ueberführen in der Richtung vom Zink zum Kupfer durch die feuchten Leiter hindurch Statt hat, ſo geht das Kupfer zum Zink immer an den Flächen über, mit welchen ſie ſich unmittelbar berühren. Wenn hier das Kupfer an dem Zink haftet, ſo behält es ſeinen Metallglanz; manchmal bildet ſich Meſſing. Dieſes Wiederherſtellen im metalliſchem Zuſtand hat nicht Statt, wenn der Kreis der Säule nicht geſchloſſen iſt. Auch dürfen, wenn es erfolgen ſoll, die Tuchſcheiben nicht zu dick, noch von zu dichtem Gewebe ſeyn.

Dies ſind meines Wiſſens die erſten Erſcheinungen eines Ueberführens, welche am Voltaiſchen Apparat beobachtet worden ſind. Cuvier und ich haben ſie bei Ankündigung der oben angeführten Verſuche mit zur öffentlichen Kenntniß gebracht; ohne daß wir jedoch die allgemeine Anwendung derſelben ſchon überſahen. Offenbar ſtimmt ihre Theorie ganz mit der der andern chemiſchen Zerſetzungen überein, welche zwiſchen den Polen der Säule vor ſich gehen. Jedoch findet ſich hiebei der Unterſchied, daß die, an dieſen Polen befeſtigten, Leitungsdrähte den Flüſſigkeiten, worein man ſie tauchen läßt, Elektricitäten von entgegengeſetzter Beſchaffenheit, von einer Seite poſitive, von der andern negative, zuführen, während die Metallſtücken, die ſich im Voltaiſchen Apparat unmittelbar folgen, gleichartige elektriſche Ladungen, nur von ungleicher Intenſität, haben. Eine ſolche Ungleichheit, beſtändig ſich erneuernd, wie es im Innern der Säule geſchieht, reicht alſo hin, zwiſchen den einfachen Grundſtoffen, aus denen die, zwiſchen den Plattenpaaren befindlichen, Leiter beſtehen, ſo wie zwiſchen dem Stoff der Platten ſelbſt, ein Streben zur Trennung hervorzubringen, gleich dem, welches durch die Ungleichartigkeit der Elektricitäten bedingt wird; und in der That muß der ungleiche Einfluß dieſer Ladungen auf die Zwiſchenleiter eine Trennung der natürlichen Elektricitäten derſelben zur Folge haben, welche die Umſtände für beide Fälle ganz gleich macht. Sehr bemerkenswerth iſt, daß dieſe Erſcheinungen des Ueberführens im Innern der Säule vornämlich bei Apparaten aus Platten von ganz geringem Durchmeſſer merkbar werden. Die Reaction ſolcher Säulen auf ſich ſelbſt iſt ohne Vergleich ſtärker und ſchneller als die der Säulen mit Scheiben von großer Oberfläche.

Nach gehöriger Ausmittlung aller dieſer innern Veränderungen iſt nun zu unterſuchen, welchen Einfluß ſie auf den el. Zuſtand und in Folge deſſen auf die Andauer der chemiſchen Wirkſamkeit des Voltaiſchen Apparats zu äußern vermögen.

Betrachten wir zuvörderſt die Verſchluckung des Sauerſtoffs durch welche die chemiſche und phyſiologiſche Wirkſamkeit des Apparats verſtärkt wird. Es leuchtet ein, daß dieſe dazu nichts beitragen könnte, wenn ein vollkommenes Leitungsvermögen in der Säule Statt fände.

Denn dann würde jedes metalliſche Element derſelben augenblicklich und unmittelbar aus dem Boden die Elektricitätsmenge nach ſich ziehen, die ihm vermöge der Stelle, die es einnimmt, zukommt. So würde ſich die Säule fortwährend von ſelbſt und bis zu dem nämlichen Grade wieder laden, ſo wie ſie entladen worden wäre; was die Gleichförmigkeit und Dauer ihrer Wirkung unterhalten müßte. Die, im vorigen Capitel enthaltenen, Verſuche haben uns jedoch gelehrt, daß der Fall eines vollkommnen Leitungsvermögens in der Wirklichkeit nie vorkommt und obwohl es zweckmäßig war, einen ſolchen im Anfange den Betrachtungen zu Grunde zu legen, um eine klare Vorſtellung von der Art wie durch Uebereinanderſchichten mehrerer Paare die Ladung verſtärkt werden kann, zu erhalten, ſo müſſen wir doch nothwendig von dieſem abſtracten Fall zu dem eines unvollkommnen Leitungsvermögens übergehen, um eine der Wirklichkeit entſprechende Vorſtellung von der Säule, wie wir ſie darſtellen können, zu erhalten.

Nach Volta's Anſichten könnte der Sauerſtoff auf keine andre Weiſe wirken, als durch Vermittlung einer innigern Verbindung zwiſchen den metalliſchen Elementen der Säule, indem er ſie durch die Oxydation gleichſam an einander und an die, zwiſchen ihnen befindlichen, unvollkommen leitenden, Scheiben heftete. Wahrſcheinlich iſt allerdings, daß dieſes innigere Anhaften viel zur Verſtärkung der Leitung beiträgt, zumal im Anfange der Wirkung. Iſt es aber ſo weit gediehen, daß die ganze Säule ſo zu ſagen nur eine einzige feſte Maſſe bildet, ſind die, zwiſchen den Platten befindlichen, feuchten Scheiben ausgetrocknet, iſt aller umgebende Sauerſtoff verſchluckt, und ſcheint die chemiſche Wirkung ganz und gar erloſchen, welchen neuen Zuwachs kann dieſes Anhaften dann noch durch den Zutritt einer neuen Quantität Sauerſtoff erhalten? und insbeſondre, wie kann ein ſolcher Erfolg augenblicklich eintreten? das Statthaben dieſes letzten Umſtands ſchließt offenbar jeden Gedanken an eine rein mechaniſche Urſach aus und beweiſt, daß die Wiederbelebung des el. Zuſtands blos von dem Zutritt des Sauerſtoffs zwiſchen die Metallpaare herrührt; ſey es, daß er jedem derſelben durch ſeine bloße Berührung unmittelbar die, ihm ſeiner Rangordnung nach zukommende, el. Ladung wiedergiebt; oder auch, daß er durch die Verbindungen, in die er mit den Stoffen, aus welchen der Apparat beſteht, eingeht, plötzlich das Leitungsvermögen darin wieder herſtellt.

Um die Bedingungen, welchen dieſe Wiederherſtellung des el. Zuſtands Genüge leiſten muß, genau feſt zu ſtellen, wollen wir uns eine Säule folgendermaßen geſchichtet denken: Kupfer, Zink, feuchter Leiter, und ſie durch ihre Kupfergrundfläche mit dem Boden in

Verbindung ſetzen. Im Zuſtand des Gleichgewichts werden alle Stücke dieſer Säule einen Ueberſchuß poſitiver El. beſitzen, der von der Stelle, die ſie einnehmen, abhängt. Berührt man das obere Stück, ſo wird es den Ueberſchuß, den es beſitzt, in den Boden entweichen laſſen, und ihn durch die feuchten Leiter hindurch aus den untern Stücken wieder zu erſetzen ſuchen. Da jedoch dieſe Leiter nicht vollkommen ſind, ſo wird hiezu eine gewiſſe Zeit erforderlich ſeyn; und wiederholt man die Entladung, bevor die Mittheilung hat Statt finden können, ſo wird das obere Stück aus dem Kupferſtück, mit dem es in unmittelbarer Berührung iſt, poſitive El. an ſich ziehen, ſo daß dies einen Ueberſchuß negativer El. erhält; und das Nämliche wird mehr oder minder in allen Plattenpaaren vor ſich gehn. So muß alſo der Zuſtand einer Säule beſchaffen ſeyn, in der, vermöge einer lange Zeit hindurch Statt gehabten Verbindung beider Pole, die, zwiſchen den Plattenpaaren befindlichen, feuchten Leiter ſo modificirt worden ſind, daß ſie die El. gar nicht mehr, oder doch nur zu langſam durchlaſſen, um noch das Entſtehen chemiſcher und phyſiologiſcher Erſcheinungen zu geſtatten.

Unter dieſen Umſtänden wollen wir nun die Scheiben mit einer Sauerſtoff-Atmoſphäre umgeben. Dieſer Sauerſtoff wird von allen Zinkſcheiben, welche ſich in poſitivem Zuſtande befinden, angezogen werden und ſich demnach mit ihrem Stoff, vermöge ſeiner Verwandtſchaft zu demſelben und des elektriſchen Einfluſſes, der ihn dazu beſtimmt, verbinden. Das hiedurch entſtehende Zinkoxyd wird nun aber für ſein Theil nach der Oberfläche des überliegenden Kupferſtücks angezogen werden, welches die Unvollkommenheit der Leiter in negativem Zuſtande läßt. Es wird alſo dieſem Stück die poſitive El. des metalliſchen Zinks, von welchem es ſich losmacht, zuführen; und vermöge dieſer überführenden Bewegung, die von Unten nach Oben durch die ganze Säule hindurchgeht, wird die Fortleitung der El. wieder hergeſtellt werden. Das Nämliche würde auch in einer Säule Statt haben, die durch ihre oberſte Zinkplatte mit dem Boden in Verbindung ſtände, weil die Unvollkommenheit der Leiter ebenfalls den metalliſchen Elementen geſtatten müßte, entgegengeſetzte Zuſtände anzunehmen.

Dieſe Erklärungsart, welche von Davy herrührt, findet ihre Anwendung auch auf alle andre chemiſche Zerſetzungen, die im Innern der Säule vor ſich gehen. Die daraus hervorgehenden Producte nehmen, indem ſie von den verſchieden elektriſirten Oberflächen angezogen werden, ihre El. nach denſelben mit hin, und bringen ſo unmittelbar das nämliche Reſultat hervor, welches durch ein vollkommnes Leitungsvermögen hervorgebracht werden würde.

Wenn man jedoch auch anerkennen muß, daß die Bewegung dieſes Ueberführens zur Wiederherſtellung des el. Gleichgewichts nicht anders als mitwirkend ſeyn kann, ſo läßt ſich doch nicht wohl in ihr die einzige Urſach dieſer Wiederherſtellung ſuchen; denn ſie ſcheint doch nur allmälig und langſam wirken zu können, insbeſondre in Apparaten, in denen, vermöge lange geſchloſſenen Kreiſes, die feuchten Scheiben ganz ausgetrocknet ſind. Wohl möglich daher, daß der Sauerſtoff auch durch ſeine Berührung ſelbſt zur Wiederherſtellung des el. Gleichgewichts beiträgt, vermöge einer Zerſetzung, welche in ſeinen natürlichen Elektricitäten durch Berührung der poſitiv elektriſirten Oberflächen vor ſich geht. Von großem Nutzen würde es ſeyn, hierüber weitere Forſchungen anzuſtellen. Auf welche Art übrigens auch das Wiederanfachen der Wirkſamkeit des Apparats Statt haben mag, immer kann es nur unter Erfüllung der weſentlichen Bedingung geſchehen, daß beide Elektricitäten darin zugleich und in gleichen Mengen entwickelt oder fortgepflanzt werden, d. h. ſo, daß ſie ſich wechſelſeitig neutraliſiren können: denn, wenn ich durch den Condenſator unterſuchte, ob etwa ein Ueberſchuß einer oder der andern El. am Apparate bei geſchloſſenem Kreiſe bemerklich gemacht werden könnte, ſo fand ich ihn auch für die empfindlichſten Prüfungsmittel und an den kräftigſt wirkenden Apparaten ſtets unmerklich.

Ein Rückblick auf die erörterten Thatſachen wird zeigen, daß alle Modificationen, welche im chemiſchen Zuſtande der feuchten Leiter eintreten, von Einfluß auf die Wirkung der Säule ſeyn müſſen, indem ſie entweder die Bedingungen des el. Gleichgewichts bei der Berührung verändern, oder das Leitungsvermögen modificiren. Eine Folge dieſer beiden Urſachen iſt, daß die Quantität El., welche dem Condenſator durch eine einfache Berührung mitgetheilt wird, beträchtliche Abänderungen erleiden kann, wie ſich unmittelbar durch die Erfahrung nachgewieſen findet und noch auffallender durch die Ungleichheiten in der chemiſchen Wirkſamkeit zeigt, welche die nämlichen Säulen zu verſchiednen Zeiten darbieten; ein Umſtand, auf den wir bald Gelegenheit haben werden, zurückzukommen.

Die fortſchreitende und unvermeidliche Schwächung der, mit feuchten Leitern geſchichteten, elektromotoriſchen Apparate hat eine große Menge Verſuche veranlaßt, die Einrichtung einer Säule blos mit ganz trocknen Leitern zu entdecken. Bisher ſind dieſe Bemühungen vergebens geweſen, oder wenigſtens beſaßen die ſo eingerichteten Säulen kein hinlängliches Leitungsvermögen, um chemiſche Erſcheinungen hervorzurufen, welches doch der Hauptzweck iſt, für welchen ein Apparat von dauernder Wirkſamkeit wünſchenswerth wäre.

Volta hat in dieſem Bezug zwiſchen den metalliſchen Subſtanzen eine ſehr merkwürdige Beziehung entdeckt, welche, wenn ſeine Angabe wirklich in voller Genauigkeit wahr iſt, die Errichtung einer Säule blos aus ſolchen Subſtanzen unmöglich macht. Was er darüber ſagt, läuft auf folgendes hinaus, deſſen Wahrheit ich jedoch nicht durch eigne Verſuche verbürgen kann.

Ordnet man die Metalle folgendermaßen: Silber, Kupfer, Eiſen, Zinn, Blei, Zink, ſo wird jedes derſelben poſitiv mit dem, ihm in der Reihe vorhergehenden, negativ mit dem nachfolgenden *). Die poſitive El. wird alſo vom Silber ans Kupfer, vom Kupfer ans Eiſen, vom Eiſen ans Zinn treten und ſo fort.

Die Eigenthümlichkeit, von welcher die Rede iſt, beſteht nun darin, daß die Ungleichheit elektriſcher Ladung zwiſchen dem Silber und Zink gleich der Summe der Unterſchiede iſt, welche den, zwiſchen ihnen in der Reihe begriffenen, Metallen zukommen: woraus folgt, daß, wenn man ſie in obiger, oder in irgend einer andern beliebigen, Ordnung in Berührung bringt, die äußerſten Metalle immer in dem nämlichen Zuſtande ſeyn werden, als wenn ſie ſich unmittelbar berührten. Denkt man ſich alſo eine beliebige Anzahl ſo angeordneter Elemente, deren äußerſte z. B. durch Silber und Silber gebildet werden, ſo wird man das nämliche Reſultat erhalten, als wenn die Elemente blos aus dieſen beiden Metallen beſtänden; d. h. man wird gar keinen Erfolg, oder nur den ſehen, den ein einziges Element hervorgebracht haben würde.

Es ſcheint bis jetzt, daß die angegebene Eigenſchaft ſich auf alle feſte Körper, welche ſehr gute Leiter ſind, erſtreckt; allein ſie hat nicht zwiſchen ihnen und den Flüſſigkeiten Statt, und darum gelingt die Errichtung der Säule mittelſt letztrer. Hierauf gründet ſich **Volta's** Eintheilung der Leiter in zwei Claſſen, deren eine die feſten, die andre die flüſſigen Körper enthält. Bisher hat man einen Voltaiſchen Apparat nur durch angemeſſene Vereinigung von Leitern aus beiden Klaſſen zu errichten vermocht; ſie aus Leitern der erſten Claſſe allein zu erbauen, iſt unmöglich; und die wechſelſeitige Wirkung der

---

*) **Poggendorf** hat mit Hülfe des, ſpäterhin zu beſchreibenden, elektromagnetiſchen Multiplicators eine Ergänzung dieſer Reihe der Elektromotoren gegeben; ſie folgen ſich nach ſeinen Verſuchen, von der poſitiven Seite ausgegangen, in folgender Ordnung: Zink, Cadmium, Mangan, Blei, Zinn, Eiſen, Stahl, Uran (?), Meſſing (Kupfer, Magneteiſenſtein, Kupfernickel), Kobalt, Wismuth, Antimonium, Arſenik, Chrom, Silber, Nickel (Queckſilber, Schwefelkupfer, Schwefelkies), Tellur, Gold (Bleiglanz, Kohle), Platina, Graphit, Manganhyperoxyd.

(Pfaffs Elektromagnetismus S. 107.)

Körper, welche die zweite Claſſe ausmachen, kennt man noch nicht hinreichend, um darüber entſcheiden zu können, ob es ſich hinſichtlich ihrer eben ſo verhalte. Es ſcheint jedoch, daß dem nicht ſo iſt; denn die Natur hat mehrere Säulen aus Flüſſigkeiten in den elektriſchen Apparaten gewiſſer Fiſcharten, namentlich des Zitterrochens, verwirklicht.

Iſt es gleich nicht geglückt, ganz trockne und unzerſetzbare Voltaiſche Apparate darzuſtellen, ſo hat man doch ſolche zu errichten vermocht, in denen, bei ſehr geringer Feuchtigkeit, die Wirkung zwar ſehr ſchwach, aber zugleich von ſehr langer Dauer iſt. Hachette baute eine der Art aus metallnen Plattenpaaren auf, die er durch eine einfache Schicht mit Kochſalz vermengten Mehlkleiſters ſchied. Wenn dieſe Schicht getrocknet war, ſo reichte die Feuchtigkeit, welche ſie aus der Atmoſphäre an ſich zog, hin, ihr ein hinlängliches Leitungsvermögen zu ertheilen, um die Wiederherſtellung des elektriſchen Gleichgewichts zwiſchen den metalliſchen Elementen in einer unmerklichen Zeit zu geſtatten; auch ladet ſie den Condenſator durch eine einmalige augenblickliche Berührung, und behält dieſe Eigenſchaft ganze Monate und Jahre hindurch, wodurch ſie zu einem wahren Elektrophor wird, allein ſie bringt weder Erſchütterung, noch Geſchmacksempfindung, noch chemiſche Wirkung zuwege. Zamboni hat ebenfalls eine Säule errichtet, deren elektriſche Wirkſamkeit ſehr dauerhaft zu ſeyn ſcheint; er baut ſie aus Papierſcheiben auf, die auf einer Fläche vergoldet oder verſilbert, und auf der andern mit einer Schicht pulveriſirten Manganoxyds bedeckt ſind. Bei der Schichtung dieſer Scheiben nun werden die Plattenpaare durch das Gold oder Silber, in Berührung mit dem Manganoxyd dargeſtellt, und das Papier dient als leitender Zwiſchenkörper. Hiebei kann nur eine ſehr ſchwache Fortleitung der El. Statt haben; auch erhält man dadurch blos elektriſche Zeichen, wie durch die Säule mit Mehlkleiſter, aber weder chemiſche Wirkung, noch Erſchütterung, noch auch Geſchmacksempfindung. Dieſe letzte Klaſſe von Erſcheinungen fodert mithin eine raſchere Wiederherſtellung des elektriſchen Gleichgewichts. Um den höchſten Grad dieſer verzögernden Wirkung ins Licht zu ſetzen, errichtete ich Säulen, in welchen die Stelle des feuchten Leiters durch Scheiben von, im Feuer geſchmolzenen, Salpeter erſetzt war. Hier war das Leitungsvermögen ſo gering, daß der Condenſator eine merkliche Zeit brauchte, ſich zu laden, und ſich dann fortſchreitend bis zu einer gewiſſen Gränze lud, welche die nämliche war, als für die am kräftigſten wirkenden Säulen, bei einer gleichen Anzahl Schichtungen. Nach dem Geſetze dieſer Ladungen konnte ich ſchließen, daß die anfängliche Menge von El., welche dem Condenſator durch eine ſolche Säule in einem unendlich kleinen Zeittheil ertheilt wurde, ohne Vergleich geringer war, als bei den gewöhnlichen Säulen; und da es dieſe anfänglichen Ladungen ſind, welche die chemiſchen Zerſetzungen bei geſchloſſenem Voltaiſchen Kreiſe hervorrufen, ſo erhellt, warum ſolche Säulen, in denen das Leitungsvermögen ſehr ſchwach iſt, keine Erſcheinung dieſer Art hervorrufen, und weder chemiſche Wirkung, noch Geſchmacksempfindung, noch Erſchütterung veranlaſſen.

Aus dem nämlichen Geſichtspuncte erklärt ſich auch, warum Voltaiſche Apparate, welche Anfangs, wenn die Plattenpaare, aus denen ſie beſtehen, eben erſt in Berührung mit den flüſſigen Leitern gebracht waren, eine ſehr kräftige chemiſche Wirkung äußerten, ſchnell an Wirkſamkeit abnehmen und bald nur noch einen ganz ſchwachen Grad derſelben äußern, obwohl der Condenſator bei Berührung ihrer Pole immer die nämliche Ladung durch ſie erhält. Der Grund hievon liegt nämlich darin, daß, wie ſchnell man auch die Berührung vornehmen mag, dieſelbe doch nie ganz augenblicklich iſt; ja ſie dauert ſogar, wenn nicht das Leitungsvermögen auf einen ausnehmend geringen Grad herabgebracht iſt, wie in der Säule mit den Salpeterſcheiben, jedenfalls noch lange genug, um dem Condenſator das Maximum der Ladung annehmen zu laſſen, das er zu erlangen vermag. Allein obwohl der Fortgang dieſer Ladung in der Zeit für uns unmerklich ſeyn mag, ſo findet er darum doch nicht minder Statt, und kann im Anfange der Wirkung ohne Vergleich am ſchnellſten geweſen ſeyn: ſo daß die anfänglichen Entladungen des Apparats Erſcheinungen hervorzurufen vermochten, die ſich ſpäter nicht mehr durch ſie erhalten laſſen.

Dieſe Beobachtungen laſſen den Schluß ziehen, daß die vortheilhafteſte Einrichtung des Voltaiſchen Apparats, um kräftige chemiſche Wirkungen hervorzubringen, die ſeyn wird, wo die Elektricitätsmengen, die in jedem Augenblick und ohne Unterlaß durch die Berührung der verſchiednen Metalle jedes Plattenpaars entwickelt werden, möglichſt frei durch die flüſſigen Leiter, durch die ſie geſchieden werden, abfließen können. Man muß alſo zuvörderſt als ſolche Flüſſigkeiten die anwenden, welche die El. am beſten leiten. Es ſcheinen dies ſtark verdünnte Salpeter- und Schwefelſäure zu ſeyn. Eine andre vortheilhafte Bedingung wird die ſeyn, den Metallplatten große Oberflächen zu geben. Eine ſolche Ausdehnung iſt zwar nicht für die Berührungsflächen der Metalle jedes Plattenpaars erforderlich, indem es ſcheint, daß die El. ſich augenblicklich an denſelben entwickelt und mit ſolcher Schnelligkeit von da verbreitet, daß die kleinſte metalliſche Berührungsfläche hinreicht, die vollkommene Ladung der ausgedehnteſten und leitendſten flüſſigen Maſſen, bei einer gegebenen Repulſivkraft, zu unterhalten. Aber eben aus dieſem Grunde muß die Größe der

Berührungsoberflächen mit der Flüſſigkeit von ſehr großem Einfluß auf die abſolute, in gleicher Zeit durchgeleitete, Elektricitätsmenge ſeyn; die Wirkſamkeit wird ſomit mit deren Dimenſionen zunehmen. Endlich müſſen auch die feuchten Zwiſchenleiter ſo viel als möglich in dem Zuſtande ihrer urſprünglichen chemiſchen Zuſammenſetzung und ihres Leitungsvermögens, während der Apparat in Wirkung iſt, erhalten werden, und da ſich dieſe Bedingung nicht blos durch Vermehrung ihrer Maſſen erfüllen läßt, was den Apparat unbequem machen würde und ſelbſt durch Vergrößerung der Abſtände zwiſchen den Plattenpaaren ſchaden könnte, ſo muß man die Einrichtung treffen, daß die leitenden Flüſſigkeiten leicht erneuert und blos in dem Augenblick mit den Plattenpaaren in Berührung geſetzt werden können, wo der Apparat in Wirkung treten ſoll. Alle die angegebenen Vortheile laſſen ſich dadurch erhalten, daß man den Apparat aus einer Folge von Plattenpaaren bildet, wie ſie ſchon bei Fig. 61. beſchrieben wurden. Sämmtliche Paare werden parallel mit einander an einem und demſelben Querholz befeſtigt, welches ſtark genug iſt, um ſich nicht unter ihrem Gewicht zu biegen; und darunter ſtellt man eine gleiche Anzahl hölzerner oder gläſerner Gefäße, die mit den leitenden Flüſſigkeiten angefüllt werden, Fig. 65. Soll der Apparat in Wirkung treten, ſo wird das Querholz herabgelaſſen, wo dann jedes Plattenpaar in die, unter ihm befindliche, Zelle eintaucht. Nach Beendigung der Operation wird das Querholz wieder erhöht, und die Gefäße bleiben für ein anderes Mal mit den Flüſſigkeiten gefüllt; glaubt man jedoch, daß dieſelben einer Erneuerung bedürfen, ſo leert man die Gefäße und füllt ſie von Neuem. Die Erfahrung hat dieſe Einrichtung unter allen bisher gebräuchlichen als die einfachſte, zweckmäßigſte und zugleich wirkſamſte kennen gelehrt.

Man hat Voltaiſche Apparate aus Drähten von einem einzigen Metall zu Stande gebracht, welche bogenförmig gekrümmt waren, und in Gefäße, mit einer einzigen Flüſſigkeit gefüllt, tauchten, unter welche in abwechſelnder Folge Lampen geſetzt wurden, die ſie erhitzten. Die bloße Temperaturungleichheit, die ſo zwiſchen den beiden Schenkeln der nähmlichen Drähte eintritt, reicht, wie man verſichert, hin, eine Ladung mit ungleicher El. darin hervorzurufen. Ich habe nicht Gelegenheit gehabt, Verſuche zur Bewährung dieſer Thatſache anzuſtellen; jedoch fügt ſie ſich der allgemeinen Theorie Volta's ſehr wohl, wenn man die Deutung, die wir von ſeinen Verſuchen gegeben haben, zuläſſig findet.

Ich ſchließe dieſes Capitel mit Erörterung einiger merkwürdigen Erſcheinungen, die ſich ſehr leicht nach den Grundſätzen erklären laſſen, welche wir in Bezug auf den Einfluß des Leitungsvermögens bei den Wirkungen des Voltaiſchen Apparats ſo eben aufgeſtellt haben. Man nehme zwei Drähte, S, Z, Fig. 66, den einen von Silber, den andern von Zink, und tauche beide in Waſſer, welches durch Schwefelſäure oder Salzſäure ſchwach ſäuerlich gemacht iſt. So lange ſich die Drähte mit keinem ihrer Puncte berühren, löſt ſich der Zink in der Säure auf und entbindet Waſſerſtoffgas, während man am Silberdraht keine Gasblaſe beobachtet. Bringt man aber die beiden Drähte mit ihrem nicht eingetauchten Ende in Berührung, ſo erheben ſich Gasblaſen von beiden. Die Erklärung dieſer Erſcheinung iſt ganz einfach. So lange beide Drähte einander nicht berühren, erfolgt keine Störung im Gleichgewicht ihrer natürlichen Elektricitäten; ſo wie aber Berührung eingetreten iſt, findet eine ſolche Störung Statt und es geht von einem zum andern ein elektriſcher Strom durch die Flüſſigkeit hindurch. Bis hieher iſt alles noch in Uebereinſtimmung mit den übrigen Erſcheinungen; folgendes aber könnte mehr außer der Ordnung erſcheinen. Krümmt man den Silberdraht ſo, daß ſein, in die Flüſſigkeit eingetauchtes, Ende den Zink noch einmal berührt, oder auch, löthet man beide ſo aneinander, daß ſie einen zuſammenhängenden Ring, halb von Silber, halb von Zink bilden, Fig. 67, ſo werden alle Wirkungen noch, wie vorhin, Statt haben. Deſſenungeachtet findet ſich hier der Zinkdraht mit dem Silber an ſeinen beiden Enden in Berührung; und müßte nach Volta's Anſichten, da die an beiden Enden geäußerten, elektromotoriſchen Wirkungen ſich das Gegengewicht halten, im natürlichen Zuſtande bleiben, was der Beobachtung entgegen iſt. Dieſer Widerſpruch hebt ſich aber, wenn man, wie von uns geſchehen, den Grundverſuchen ihre wahre Deutung, unabhängig von jeder Hypotheſe, giebt. Wir haben geſehen, daß ſich in dieſen Verſuchen blos eine Bedingung des elektriſchen Gleichgewichts auffinden läßt, welche bei Berührung der Metalle mit einander Statt haben muß, vermöge deren z. B. das Silber bei Berührung mit dem Zink einen Ueberſchuß — e negativer, und der Zink einen Ueberſchuß + e poſitiver El. beſitzen muß. Dieſer Bedingung nun muß in dem Ringe an den beiden Verbindungsſtellen des Silberdrahts mit dem Zinkdraht Genüge geſchehen, und ſo verbreitet ſich der nämliche elektriſche Zuſtand über jeden Draht, wegen des freien Durchganges, den die El. durch ſeine Subſtanz findet. Taucht man nun den Ring in eine leitende Flüſſigkeit bis über die Verbindungsſtellen beider Drähte, ſo daß ein Theil von beiden untergetaucht iſt, ſo vereinigen ſich die beiden entgegengeſetzten Elektricitäten, welche ſich auf dem einen und andern Drahte befinden, durch die leitende Flüſſigkeit hindurch, und da ſie ſich unaufhörlich an den Berührungspuncten beider Metalle erneuern, ſo entſteht hiedurch ein fortdauernder Kreislauf, welcher alle, bei einem Volta'ſchen Plattenpaare vorkommende, Erſcheinungen hervorbringen muß. Der Fall iſt ganz der nämliche, als der, den eine volle Platte, Fig. 61, darbieten würde, deren obere Hälfte von Zink, die untere von Kupfer wäre, und die ſich in einer leitenden Flüſſigkeit bis über die Verbindungsſtelle eingetaucht befände. Nur findet in einer ſolchen Platte die Bedingung der Ladung mit ungleicher El. für alle Puncte der Berührungslinie AB Statt, und die Ladung theilt ſich von da der ganzen Ausdehnung der Platte, vermöge ihrer Leitungsfähigkeit, mit; anſtatt daß in dem Ringe dieſe Bedingung urſprünglich nur in den beiden Puncten, welche die Berührungsſtellen der Drähte ausmachen, Statt findet.

In der erſten Zeit nach Erfindung der Trogapparate wurden zwei der entgegengeſetzten Wandungen jeder Zelle durch die Metallplatten ſelbſt gebildet, und die leitende Flüſſigkeit in die Zwiſchenräume gegoſſen, wodurch man die, in Fig. 69. vorgeſtellte, Anordnung erhielt, in welcher Z die Zinkplatten, C die Kupferplatten und L die dazwiſchen gebrachte leitende Flüſſigkeit bezeichnet. Oefters nun geſchah es, daß, wenn die Flüſſigkeit in die Zellen gegoſſen war, die Gasentbindung ſie bis über die obern Ränder der Zellen hinaustrieb, und dieſe ſo näßte, daß jede Zinkplatte mit der anliegenden Kupferplatte durch eine feuchte Schicht in Verbindung kam. Deſſenungeachtet dauerten die Wirkungen des Stroms im Ganzen noch fort, obwohl mit mindrer Intenſität, als wenn die Platten trocken geweſen wären. Der Grund davon war, daß die, durch eine ſolche feuchte Schicht entſtandene, leitende Verbindung bei Weitem nicht hinreichte, alle El. abfließen zu laſſen, welche durch die Berührung ſämmtlicher Oberflächen der Platten entwickelt wurde. Der übrige Theil gieng alſo durch die Flüſſigkeit der Zellen hindurch, und bildete, durch die Berührung der Metalle beſtändig erneuert, einen anhaltenden elektriſchen Strom, wie gewöhnlich.

Hienach leuchtet ein, daß ein ſolcher Strom auch noch Statt haben würde, wenn jede Zinkplatte mit jeder Kupferplatte durch einen beſſern Leiter, als eine einfache feuchte Schicht, in Verbindung ſtände, nur würden ſeine Wirkungen noch mehr dadurch geſchwächt werden, da ſie dann durch eine geringere Menge El. hervorgebracht würden. Dies nachzuweiſen, nehme man ein einfaches Plattenpaar mit großer Oberfläche, Fig. 70, ſo eingerichtet, wie das, S. 321 beſchriebene, und überzeuge ſich durch Eintauchen in eine Säure, daß es den, das Kupfer mit dem Zink verbindenden, Platindraht zum Glühen bringt. Darauf bringe man irgendwo zwiſchen die Zink- und Kupferplatte einen andern dünnen Metalldraht, wie f', der gegen ſich ſelbſt zurückgerollt iſt, ſo daß er ſich durch ſeine eigne Federkraft zwiſchen den beiden Platten erhält. Man wird alsdann ſehen, daß der Platindraht f deſſenungeachtet noch glüht, obwohl allerdings in einer geringern Länge; oder, wenn man will, wird man auch einen andern dünnern Draht noch in ſeiner ganzen Länge zum Glühen bringen können. Die, durch den zweiten Draht veranſtaltete, Verbindung reicht nämlich nicht hin, alle El. durchzulaſſen, welche durch die geſammte Berührungsfläche der Platten entwickelt wird, und der übrige Theil, der durch den erſten Draht abfließt, iſt noch beträchtlich genug, um ihn ins Glühen zu verſetzen; eben ſo wie im obigen Fall das Durchſtreichen dieſes übrigen Theils durch den flüſſigen Leiter noch eine Gasentwicklung darin veranlaßte; und, ſollte man noch einen Zweifel hegen, daß ſich der elektriſche Strom wirklich ſo zwiſchen die beiden Drähte f, f' vertheilt hat, ſo würde man durch den Umſtand davon überzeugt werden, daß der Draht f', der vermöge ſeines bloßen Angedrücktſeyns die unvollkommenere Verbindung bewerkſtelligt, ſich ſelbſt merklich erhitzt, während der Draht f glüht. Dieſe intereſſanten Verſuche wurden mir von Gay Luſſac, als mit der Voltaiſchen Theorie unvereinbar, mitgetheilt, und ſie ſind es, die mich zu einer Zurückführung derſelben auf einfache Bedingungen des elektriſchen Gleichgewichts geleitet haben, wie auf S. 298 von mir erörtert worden. Die nämlichen Grundſätze erklären auch, warum die Wirkſamkeit einer, mit einer gut leitenden Flüſſigkeit geſchichteten, Säule nicht aufhört, wenn dieſelbe ganz in Waſſer getaucht wird. Die El. circulirt nämlich im Waſſer minder ſchnell, als im Innern der Säule; woraus folgt, daß die, durch das Waſſer bewirkte, leitende Verbindung keine gänzliche Entladung derſelben bewirken kann, ſo lange der Zwiſchenleiter in der Säule nicht verſchwunden iſt.

Neunzehntes Capitel.

Von den ſecundären Säulen.

Während man ſich in Zuſammenſtellungen erſchöpfte, um einen Voltaiſchen Apparat blos aus trocknen, und mithin unveränderlichen, Subſtanzen herzuſtellen, entdeckte Ritter einen Apparat, der unfähig zwar, durch eigne Wirkung ſelbſtſtändig El. zu erzeugen, doch durch die Voltaiſche Säule ſo geladen zu werden vermag, daß er vorübergehend alle Eigenſchaften derſelben annimmt. Dies iſt, was man die Ritterſche ſecundäre Säule oder Ladungsſäule nennt.

Um ſich eine richtige und angemeſſene Vorſtellung davon zu machen, muß man ſich eine Beobachtung Volta's zurückrufen, die wir ſchon auf S. 309 angeführt haben, wodurch das unvollkommene Leitungsvermögen vegetabiliſcher, mit Waſſer getränkter, Subſtanzen nachgewieſen wird. Iſolirt man eine Voltaiſche Säule, deren oberer Pol poſitiv, der untere negativ iſt, und ſetzt dieſe beiden Pole durch einen unvollkommenen Leiter mit einander in Verbindung, dergleichen z. B. für ſolche geringe Elektricitätsmengen ein, mit reinem Waſſer befeuchteter, Papierſtreifen darſtellt, ſo wird jede Hälfte dieſes Streifens die El. des Pols annehmen, mit welchem ſie in Verbindung ſteht, die obere Hälfte wird poſitiv, die untere negativ werden. Wie wir bemerkten, ergiebt ſich dieſe Erſcheinung als klare Folgerung aus den Geſetzen, welche die El. bei ihrer Ausbreitung über Körper, welche ſie unvollkommen leiten, befolgt.

Geſetzt nun, man entferne dieſen unvollkommenen Leiter mittelſt eines iſolirenden Körpers, z. B. eines Glasſtabs, von der Säule; ſo wird ſich das Gleichgewicht zwiſchen ſeine beiden Enden nicht augenblicklich wiederherſtellen; das eine derſelben wird vielmehr noch einige Zeit hindurch poſitiv, das andre negativ bleiben, wie, da ſie noch mit den beiden Polen der Säule in Verbindung ſtanden.

Dieſe Verſchiedenheiten werden allmälig in dem Maße als die entgegengeſetzten Elektricitäten wieder zuſammentreten, ſchwächer werden, und bald wird vermöge ihrer Neutraliſation alle Wirkung derſelben verſchwunden ſeyn.

Ganz hierauf läßt ſich der Fundamentalverſuch von Ritter zurückführen. Hier tritt blos an die Stelle des feuchten Streifens eine Säule, beſtehend aus Kupferſcheiben mit untermiſchten feuchten Pappſcheiben. Dieſe Säule iſt unfähig, ſelbſtſtändig El. zu erregen, wenigſtens wenn man in ihr die Elemente jeder Art als homogen unter einander vorausſetzt; allein ſie vermag durch Mittheilung von der Voltaiſchen Säule geladen zu werden, wie der oben beſprochene feuchte Papierſtreifen. Doch macht Folgendes einen weſentlichen Unterſchied zwiſchen beiden Reſultaten. Es ſcheint daß die El., wenn ſie ſchwach iſt, eine gewiſſe Schwierigkeit erfährt, von einer Oberfläche zur andern überzugehn. Wenigſtens ſcheint dies aus Ritters Verſuchen zu erhellen, und vielleicht wird dieſer Widerſtand durch die unmerkliche nichtleitende Luftſchicht hervorgebracht, welche ſich an die Oberflächen aller Körper anhängt. Die El., welche in die, mit einem einzigen Metall aufgebaute, Säule eingeführt wird, erfährt alſo auch eine ſolche Schwierigkeit, vom Metall zur feuchten Pappe überzugehen, ein Hinderniß, welches mit der Zahl jder Abwechslungen zunimmt. Eine, einmal geladene, Säule dieſer Art muß demnach ihre El. ſehr langſam verlieren, wenn keine unmittelbare Verbindung zwiſchen ihren beiden Polen eingeleitet iſt. Geſchieht dies aber durch einen guten Leiter, ſo wird, da nun der Abfluß und die Vereinigung der Elektricitäten ſchnell darin vor ſich geht, eine Entladung, wie bei der Leydner Flaſche durch eine augenblickliche Erſchütterung erfolgen. Hierauf wird ein neuer Zuſtand von Gleichgewicht eintreten, in welchem die Repulſivkräfte der verſchiednen Platten nach Verhältniß der, augenblicklich neutraliſirten, Elektricitätsmenge vermindert ſeyn werden. Es müſſen alſo bei wiederholter Berührung neue, immer ſchwächer werdende, Entladungen eintreten; ſie hören aber bald auf, merkbar zu ſeyn, eben weil die Gleichartigkeit der Ladung zwiſchen allen Theilen des Apparats durch ſie immer mehr wiederhergeſtellt wird. Mit einem Worte, die Wirkſamkeit der Säule hängt davon ab, daß ſie ſucceſſiv zu einem mehr oder minder guten Leiter wird, je nachdem ihre beiden Enden mit einander in Verbindung ſtehn oder nicht.

Was die Vertheilungsart der El. darin betrifft, ſo muß ſie ſo beſchaffen ſeyn, daß ihre Repulſivkraft auf der Oberfläche jeder Platte, verbunden mit dem Widerſtande der anliegenden Oberflächen den vereinten Wirkungen aller übrigen das Gleichgewicht halte. Geſetzt alſo, die Zahl der Elemente ſey ungleich, und der ganze Apparat iſolirt, ſo werden die Elektricitätsmengen von den beiden Enden an, wo ſie gleich und entgegengeſetzt ſind, bis zur Mitte hin, wo ſie null ſind, abnehmen, wie in der urſprünglichen Säule; ſteht aber der Apparat an ſeiner Baſis mit dem Boden in Verbindung, ſo wird die El. an dieſer Baſis null ſeyn, und von da durch die ganze Länge der Säule bis zum Gipfel zunehmen, wo ſie der Ladung der primären Säule gleich ſeyn wird.

Der eben beſchriebene Apparat bringt, mit einer mindern Intenſität, die Erſchütterungen, Waſſerzerſetzungen und die andern phyſiologiſchen und chemiſchen Wirkungen hervor, die man durch die gewöhnliche Säule erhält. Durch Abänderung der Zahl und Ordnung der Kupfer- und Pappſcheiben gelangte Ritter zu mehrern intereſſanten Reſultaten. So beobachtete er, daß unter allen Anordnungsarten einer gewiſſe Anzahl heterogener Leiter, diejenige, in welcher die wenigſten Abwechſelungen Statt finden, dem Durchlaſſen der El. am günſtigſten iſt. Errichtet man z. B. eine Säule aus vier und ſechzig Kupferſcheiben und vier und ſechzig feuchten Pappſcheiben, die man in drei Maſſen anordnet, ſo daß alle Pappſcheiben eine fortlaufende Maſſe bilden, die zu jeder Seite von zwei und dreißig Metallſcheiben begränzt wird, ſo wird dieſer Apparat die El. der Voltaiſchen Säule ſehr gut leiten, und ſich mithin ſehr wenig oder gar nicht auf dauerhafte Weiſe laden. Schiebt man zwiſchen die feuchten Leiter eine Kupferplatte ein, ſo mindert ſich ſchon das Leitungsvermögen, und wird bei häufigern Unterbrechungen noch mehr geſchwächt; ſo daß man durch Vervielfältigung derſelben zu Syſtemen gelangt, in denen das Leitungsvermögen kaum merklich iſt. Dies ſind die Erſcheinungen, durch welche Ritter auf den Widerſtand aufmerkſam gemacht wurde, den eine ſchwache El. beim Uebergang von einer Oberfläche zur andern findet, ein Widerſtand, der jedoch nur für ſo ſchwache Grade von El. wirkſam iſt; denn, vermöge einer beſondern Eigenthümlichkeit, öffnet ſich eine El., die ſtark genug iſt, ihn zu überwinden, ganz und gar einen freien Durchgang und fließt vollkommen ab.

Wie man ſieht, läßt ſich, durch veränderte Anordnung der Elemente in einer ſecundären Säule, ihr Leitungsvermögen nach Willkür (zwiſchen gewiſſen Gränzen) abändern. Es war zu erwarten, daß dieſe Modificationen einen verſchiednen Einfluß auf die chemiſchen und phyſiologiſchen Wirkungen äußern würden. Um zu ſehen, wie das Fortſchreiten dieſer Abänderungen Statt habe, fing Ritter mit der Anordnung einer gegebenen Anzahl feuchter und feſter Leiter in zwei Gruppen an, und ſchritt bis zu den zahlreichſten Abwechslungen vor. Folgendes ſind die Reſultate, die er erhielt.

Eine ſehr geringe Anzahl von Abwechslungen verſtattet dem elektriſchen Strom der primären Säule, wofern er hinlänglich ſtark iſt, einen leichten Durchgang. Der Apparat ladet ſich daher nicht auf dauerhafte Weiſe, und es treten weder chemiſche, noch phyſiologiſche Wirkungen ein. Vermehrt man die Anzahl der Abwechslungen, während die primäre Säule die nämliche bleibt, ſo fängt die ſecundäre Säule an, ſich zu laden. Sie theilt dem Elektroſkop El. mit, entbindet aus dem Waſſer einige Gasblaſen, bringt aber keine Erſchütterungen in den Organen hervor. Bei noch mehr vermehrter Anzahl der Abwechslungen nimmt die elektriſche Ladung zu; man erhält Waſſerzerſetzung, Geſchmacksempfindung, Erſchütterung. Bei einer gewiſſen Gränze der Abwechslungen jedoch hören die chemiſchen und phyſiologiſchen Wirkungen auf zuzunehmen, obwohl die elektriſche Geſammtladung ſich gleich bleibt, oder ſelbſt noch wächſt. Ueber dieſe Gränze hinaus erhält ſich dieſe Ladung noch immer, allein die andern Wirkungen werden ſchwächer. Die Gasentbindung läßt erſt nach, darauf die Erſchütterung. Man ſieht alsdann das andre Extrem eines zu unvollkommenen Leitungsvermögens herbeigeführt; und die fortſchreitende Abnahme jener Erſcheinungen bei gleich bleibender elektriſcher Ladung beſtätigt denn noch vollends, was wir oben hinſichtlich der Abhängigkeit dieſer Erſcheinungen von der Schnelligkeit der Fortleitung erörterten.

Nach denſelben Grundſätzen ergiebt ſich, warum ſich der Ritter'ſche Apparat mehr als jeder andere eignet, den Unterſchied, den das vollkommnere und unvollkommnere Leitungsvermögen in den Wirkungen bedingt, ins Licht zu ſetzen. In der gewöhnlichen Säule wächſt die Quantität freier El. mit der Anzahl der Schichtungen, und wiegt dadurch den Widerſtand auf, der aus den Abwechslungen hervorgeht; anſtatt daß in der ſecundären Säule die Repulſivkraft der El. an beiden Polen niemals die der primären Säule überſteigen kann; und der Widerſtand, den die Abwechslungen darbieten, ganz dazu verwandt wird, den Abfluß einer nämlichen Elektricitätsmenge zu modificiren.

Wenn endlich die Voltaiſche Säule auf die angegebne Art die Ritterſche ſecundäre Säule zu laden vermag, ſo erhält ſie dies Vermögen dadurch, daß die Repulſivkraft der El. an ihren Polen ausnehmend ſchwach, faſt möchte man ſagen, unmerklich iſt. Eine ſtärkere El., wie z. B. die der gewöhnlichen Elektriſirmaſchinen, würde ſogleich durch das ganze Syſtem der Leiter, aus denen die ſecundäre Säule beſteht, hindurchgehn, und vermöchte mithin keine der Wirkungen hervorzubringen, welche von ihrer Anhäufung herrühren.

Die Verſchiedenheiten, welche ſich in den chemiſchen Wirkungen der gewöhnlichen Säulen je nach der Größe ihrer Platten zeigen, finden ſich auch in den ſecundären Säulen wieder. Die Beſchaffenheit der Pappſcheiben, ihre Dicke, die Art der Auflöſung, mit welcher ſie befeuchtet werden, endlich die Ordnung, in welcher man ſie untereinander mengt, ſo wie noch eine Menge andrer geringfügiger Umſtände, bringen tauſendfältige Modificationen in dieſen Wirkungen hervor, deren Unterſuchung eben ſo belehrend, als intereſſant ſeyn würde.

Da die ſecundäre Säule, wie oben erörtert, aus einem einzigen Metall und einer feuchten Subſtanz zuſammengeſetzt iſt, ſo ſcheint ſie dem erſten Anblick nach keine ſelbſtſtändige El. beſitzen zu können, und in der That iſt ihre eigene Wirkung vor ertheilter Ladung faſt unmerklich. Jedoch läßt ſie ſich merklich machen, wenn man die Muskeln und Nerven eines Froſches mit ihren beiden Enden in Verbindung ſetzt. Dies rührt wahrſcheinlich von einer geringen Ungleichheit der Beſchaffenheit her, die unter einer großen Anzahl von Stücken immer unvermeidlich iſt, wenn ſie auch aus dem nämlichen Metall beſtehen.

Zwanzigſtes Capitel.

Ueber den ungleichen Widerſtand, den die beiden Elektricitäten, wenn ſie ſehr ſchwach ſind, beim Hindurchgehen durch verſchiedne Körper, erfahren.

Bei Unterſuchung der Art, wie ſich die El. durch Körper von verſchiedner Beſchaffenheit entladet, haben wir erkannt, daß ſelbſt diejenigen, welche ſie am beſten zu leiten ſcheinen, doch ihrem Durchgange einen merklichen Widerſtand entgegenſetzen. Durch Zuſammenſtellung dieſer Reſultate mit denen, welche uns die unvollkommen iſolirenden Träger darboten, wurden wir zu dem Schluß geführt, daß die Unvollkommenheit des Leitungsvermögens in dem Maße zunehmen muß, als ſich die Repulſivkraft der durchgelaſſenen El. mindert; ſo daß bei einem gewiſſen, für jeden Körper beſtimmten, Grad der Schwächung, alle Körper, ſelbſt die Metalle, eine vollkommene Iſolirung hervorbringen würden. Der Voltaiſche Apparat, der eine unerſchöpfliche Quelle von El. mit ſehr geringer Repulſivkraft darbot, vereinigte die Bedingungen, die ſich am meiſten zu dieſen Unterſuchungen eigneten; auch hat er uns zur Entdeckung von Verſchiedenheiten und Unvollkommenheiten in den leitenden Eigenſchaften der Flüſſigkeiten geführt, die durch unſre gewöhnlichen Elektriſirmaſchinen nicht bemerklich gemacht zu werden vermochten.

Bei Beſchäftigung mit dieſer Art von Verſuchen machte Ermann die intereſſante Beobachtung, daß das Leitungsvermögen gewiſſer Körper für beide Elektricitäten ungleich ſey; ſo daß man, bei immer ſtärkerer Verminderung ihrer Repulſivkraft, zu einem Grade gelangt, wo der Körper für die eine El. iſolirend iſt, während er die andre noch zu leiten vermag. Dies wird durch folgende Verſuche nachgewieſen.

Ermann iſolirt einen Voltaiſchen Apparat, der mit einer gut leitenden Flüſſigkeit, wie z. B. Kochſalzauflöſung, aufgebaut iſt, und bringt jeden ſeiner Pole mit einem ſehr empfindlichen, gleichfalls iſolirten, Goldblattelektroſkop in Verbindung. Bald hat jedes Elektroſkop den Grad der Divergenz angenommen, der durch die Plattenzahl bedingt wird, und der elektriſche Nullpunkt findet ſich in der Mitte des Apparats.

Darauf nimmt er ein Prisma recht trockner alkaliſcher Seife, und ſteckt in eins ſeiner Enden einen Metalldraht, der mit dem Boden in Verbindung ſteht. Berührt er nun mit dem andern Ende einen von beiden Polen der Säule, ſo wird dieſer ſogleich entladen; die Divergenz des daſelbſt befindlichen Elektroſkops wird null; dagegen nimmt die Divergenz des Elektroſkops am andern Pole zu.

Alles zeigt ſich ſo, als wenn der, vom Prisma berührte, Pol mit dem Boden in leitender Verbindung geſtanden hätte, und die Seife ſcheint hier gleich leitend für eine wie für die andre El. zu wirken.

Während nun die Säule noch iſolirt bleibt, und die Repulſivkräfte ihrer Pole ſich wiederhergeſtellt haben, ſchließe man den Kreis zwiſchen ihnen durch das nämliche Stück Seife, indem man in die beiden Enden deſſelben Metalldrähte ſteckt, die ſich nach beiden Seiten zu den Polen begeben. Ungeachtet dieſer Verbindung werden die Elektroſkope noch wie zuvor divergiren, ſo daß die Seife hier als Nichtleiter zu wirken ſcheint.

Hat man ſich aber von dieſer Iſolirung vollkommen überzeugt, ſo berühre man die Seife einen Augenblick mit einem Metalldraht, der mit dem Boden in Verbindung ſteht; ſogleich wird der negative Pol neutraliſirt ſeyn, und die Repulſivkraft des poſitiven ihr Maximum erreichen. Die Seife erhält alſo ihr Leitungsvermögen jetzt wieder; aber blos um die negative El. abfließen zu laſſen; und immer iſt es dieſe, die ſie vorzugsweiſe durchläßt, ſelbſt wenn man ſie ganz nahe an dem Draht berührt, der ſich zum poſitiven Pol der Säule begiebt. Dieſer bleibt darum um nichts minder iſolirt.

Die Flamme des Alkohols bot Ermann ähnliche Erfolge dar; allein das Leitungsvermögen war hier zu Gunſten der poſitiven El. Alles dies gilt blos für ſehr ſchwache Elektricitätsgrade, wie ſie der elektromotoriſche Apparat entwickelt; denn ſtärkere Grade würden von der Alkoholflamme und der Seife, zwar auf unvollkommene, aber doch nicht merklich verſchiedene, Weiſe geleitet werden.

Bei Wiederholung dieſer Verſuche bot ſich mir am Schwefeläther eine Eigenſchaft dar, welche als Ergänzung der Ermannſchen Entdeckungen betrachtet werden kann. Dieſe Flüſſigkeit, zwiſchen beide Pole der Säule gebracht, ſcheint ſie zu iſoliren, wie die Seife und die Alkoholflamme. Bringt man in den Kreis einen Waſſerzerſetzungsapparat, ſo entbinden ſich keine Blaſen; kurz Alles zeigt eine vollkommene Iſolirung beider Pole an. Berührt man aber den Aether einen Augenblick mit einem Metalldraht, um ihn mit dem Boden in Gemeinſchaft zu ſetzen, während man zugleich einen Condenſator an einem der Pole der Säule, beliebig an welchem, anbringt, ſo ladet ſich dieſer Condenſator vollkommen, als wenn der Aether plötzlich ein Leiter der Art El. geworden wäre, welche dem Pole angehört, an dem ſich der Condenſator befindet.

Bei Auseinanderſetzung dieſer Verſuche habe ich geſagt, die beiden Pole der Säule ſchienen durch die Dazwiſchenkunſt eines Prisma's von alkaliſcher Seife iſolirt. In der That findet nur theilweiſe Iſolirung Statt. Die Bewegung der El. in dem Seifenprisma iſt nicht ganz und gar null; ſondern blos weit langſamer, als in der Säule ſelbſt, welches dieſer verſtattet, ſich immer in merklichem Grade wieder zu laden, und eine Spannung an ihren Polen anzunehmen, während ſie durch die Seife entladen wird. Der Beweis davon iſt, daß das nämliche Seifenprisma alle El. einer minder leitenden Säule, wie der mit dem Kleiſter errichteten, fortführt; indem es die Spannung an ihren Polen gänzlich aufhebt, ſo daß ſich der Condenſator bei Berührung derſelben gar nicht mehr ladet. Die Alkoholflamme, in den Verbindungskreis beider Pole dieſer nämlichen Säule gebracht, bewirkt keine ſo vollſtändige Entladung derſelben. Sie läßt eine Spannung zurück, und man kann die Ermannſchen Verſuche daran wiederholen. Dieſe Flamme leitet alſo die El. minder gut, als die alkaliſche Seife. Ausführlicher habe ich dieſe Verſuche beſchrieben im Bulletin des Sciences, J. 1816. S. 103.

Zuſätze *).

Ueber die Umſtände, nach welchen ſich das Leitungsvermögen der, die Kette ſchließenden, Körper richtet.

Um die volle Wirkung einer Voltaiſchen Batterie hinſichtlich der hervorzurufenden chemiſchen Erſcheinungen und ihres, ſpäter-auseinanderzuſetzenden, Einfluſſes auf Magnete zu erhalten, muß alle El., in dem Maße, als ſie in der Säule entwickelt wird, auch durch die, beide Pole verbindenden, Leiter abfließen, widrigenfalls an den Polen noch ein Rückſtand von El. in Spannung zurückbleibt, der durchs Elektroſkop bemerklich gemacht werden kann, und deſſen Wirkſamkeit hinſichtlich derjenigen Erſcheinungen verloren geht, die blos durch eine, in Strömung befindliche, El. hervorgebracht werden. Es iſt daher von Wichtigkeit, die Umſtände zu kennen, welche auf das Leitungsvermögen der Subſtanzen, welche zur Schließung des Kreiſes gebraucht werden, von Einfluß ſind, um ſie der beabſichtigten Wirkung gemäß einrichten zu können. Von beſonderm Intereſſe ſind in dieſer Hinſicht Davy's neuere Verſuche, durch welche er näher zu beſtimmen ſuchte, in wie weit Länge, Oberfläche, Maſſe, eigenthümliche Beſchaffenheit, Temperatur u. ſ. w. des Leiters, deſſen Leitungsvermögen abändern.

Dieſe Verſuche ſtellte Davy im Allgemeinen ſo an, daß er mit dem Leiter, deſſen Leitungsvermögen er unter abgeänderten Umſtänden prüfen wollte, den Kreis ſchloß, und beobachtete, wenn er die Säule vollſtändig entlud. Um aber zu wiſſen, wenn dies der Fall ſey, machte er noch einen zweiten Schließungsbogen mittelſt zweier Silberdrähte, die er von den beiden Enden der Batterie aus in Waſſer leitete; durch Zerſetzung dieſes Waſſers mußte ſich nämlich jeder Rückſtand von El., der nicht durch den erſten, aus dem zu prüfenden Leiter gebildeten, Schließungskreis abfließen konnte, offenbaren.

Zuvörderſt ward Davy durch ſeine Verſuche zu folgendem allgemeinen Reſultate geführt. *Das Leitungsvermögen der Metalle verändert ſich mit der Temperatur, und zwar nimmt es ab, wenn dieſe wächſt, in irgend einem Verhältniſſe zu derſelben.* Wird z. B. ein drei Zoll langer und

---

*) Ausgezogen aus Gilberts Annalen und Pfaffs Elektromagnetismus.

$\frac{1}{30}$ Zoll dicker Platindraht unter Oel kalt erhalten, ſo entladet er vollſtändig die El. zweier Batterieen oder von 20 Doppelplatten, vermag aber in der Luft, in der die Entladung ihn erhitzt, blos eine Batterie zu entladen.

Hiebei iſt es einerlei, ob die Hitze des Drahtes durch die El. ſelbſt, oder ob ſie von irgend einer andern Urſach hervorgebracht wird. Ein Platindraht z. B., der eine ſolche Länge und Dicke hat, daß er eine gewiſſe Anzahl von Doppelplatten entladet, ohne dadurch bedeutend erhitzt zu werden, verliert, wenn ein Theil deſſelben mitteiſt einer Weingeiſtlampe rothglühend gemacht wird, das Vermögen, die ganze El. dieſer Batterie zu entladen, wie ſich durch die ſtarke Gasentbindung zeigt, die dann in der zweiten, halbſchließenden Kette vor ſich geht, und ſogleich aufhört, wenn man die Quelle der Hitze entfernt.

Es giebt einige Arten, dieſe Thatſache darzuſtellen, bei welchen Wirkungen hervorgebracht werden, die man, ſo lange man ſie nicht ſelbſt geſehen hat, für ganz unmöglich halten ſollte. Hat man z. B. in einem Voltaiſchen Kreiſe einen, 4 bis 5 Zoll langen, ſo dünnen Platindraht angebracht, daß die El., welche durch ihn hindurchgeht, ihn in ſeiner ganzen Länge rothglühen macht, und bringt nun irgend einen Theil deſſelben durch die Flamme einer Spirituslampe, welche man darunter hält, zum Weißglühen, ſo erkaltet augenblicklich der Ueberreſt des Drahtes bis unter die Temperatur des ſichtbaren Glühens. Und hält man umgekehrt an irgend eine Stelle des rothglühenden Drahtes ein Stück Eis, oder treibt auf ſie einen Strom kalter Luft, ſo werden augenblicklich alle andern Theile des Drahts viel heißer, und kommen vom Rothglühn zum Weißglühn.

Das Leitungsvermögen eines Drahtes ſteht bei übrigens gleichen Umſtänden im verkehrten Verhältniß ſeiner Länge. Dieſes zeigte ſich, als von einem Drahte, der unter eine nichtleitende Flüſſigkeit getaucht war, verſchiedne Längen mit mehr und weniger Plattenpaaren derſelben Batterie verbunden wurden. Denn wenn z. B. 6 Zoll Platindraht von [illegible] Zoll Dicke die El. von 10 Plattenpaaren entluden, ſo entluden 3 Zoll die El. von 20 Paaren eben ſo geladener Platten, 1½ Zoll die El. von 40 u. ſ. f.

Die Auffindung dieſes Geſetzes gab nun auch ein bequemes Mittel an die Hand, das verſchiedne Leitungsvermögen der Metalle mit einander zu vergleichen. Davy mittelte hiernach aus, daß beim Entladen der El. von 60 Plattenpaaren gleich wirken

1 Zoll Platindraht
6 Zoll Silberdraht
5½ Zoll Kupferdraht
4 Zoll Golddraht
3, 8 Zoll Bleidraht
0, 9 Zoll Palladiumdraht
0, 8 Zoll Eiſendraht

als alle dieſe Drähte eine gleiche Dicke hatten und ſich in reiner, ſie kalt erhaltender, Flüſſigkeit befanden.

Unter dieſen Metallen zeigt ſich ſomit Silber als das am beſten leitende.

Die Verſuche andrer Phyſiker über das Verhalten verſchiedner feſter Körper, als Leiter gebraucht, ſind weniger wichtig und genau, als die von Davy. Meiſt wurde das Leitungsvermögen hiebei durch die Ablenkung gemeſſen, die der Schließungsbogen an der Magnetnadel hervorbrachte, wenn der zu prüfende Leiter als Glied in denſelben gebracht war; indem einer ſpäterhin noch ausführlich zu erwähnenden Eigenſchaft zu Folge der Schließungsbogen, der beide Pole einer Säule verbindet, die unter ihn gebrachte Magnetnadel aus der Lage ihrer Ruhe abzulenken vermag, und zwar um einen um ſo größern Winkel, je vollſtändiger die El. der Säule durch ihn hindurchgeht. Poggendorf fand auf ſolche Weiſe, daß alle ſtarren Körper, welche ſonſt auch als gute Leiter der El. bekannt ſind, als Glied in die ſchließende Leitung gebracht, den Metallen ſelbſt nachſtanden. Wenn der verbindende Meſſingdraht (als Multiplicator angewandt), deſſen er ſich in allen dieſen Verſuchen bediente, für ſich allein eine Abweichung von 45° bewirkt hatte, ſo betrug dieſe bei Zwiſcheneinbringung zwiſchen das eine Ende des verbindenden Meſſingdrahtes und die Kupferplatte des einfachen galvaniſchen Elements, das er zu dieſen Verſuchen gebrauchte,

von	Bleiglanz in einer Schicht von	2 Linien	40°
—	Magneteiſenſtein — — —	— —	35°
—	Graphit — — —	4 —	30°
—	Holzkohle — — —	2 —	20°
—	Schwefelkupfer — — —	— —	15°
—	Schwefelkies — — —	— —	15°
—	Graubraunſteinerz von Ilefeld	— —	3°

Davy fand ferner durch ſeine Verſuche, daß bei Voltaiſchen Batterieen das Leitungsvermögen eines Drahtes für El. nahe der Maſſe deſſelben direct proportional iſt, bei gleichen Längen mithin der Größe ſeines Querſchnitts oder ſeiner Dicke. Wenn z. B. eine gewiſſe Länge eines Platindrahts eine Batterie entlud, ſo reichte vom ſechsfachen Gewicht Platindrahts dieſelbe Länge hin, 6 ſolche Batterieen zu entladen; und der Erfolg war ganz einerlei, er mochte einen einzelnen

Draht von ſechsfacher Maſſe nehmen, oder 6 kleine Drähte (von einfacher Maſſe), die einander berührten, wofern nur die Drähte kalt erhalten wurden. Dieſes Reſultat iſt inſofern höchſt merkwürdig, als es beweiſt, daß wenigſtens für die galvaniſch erregte El. das Leitungsvermögen nicht im Verhältniß der Oberflächen ſteht. Noch deutlicher that dieſes der folgende directe Verſuch dar. Von zwei gleich langen und gleich viel wiegenden Platindrähten ließ Davy den einen flach walzen, ſo daß er eine 6 bis 7 mal größere Oberfläche erhielt, und verglich nun das Leitungsvermögen beider. In der Luft zeigte ſich der abgeplattete Draht als der beſſere Leiter aus dem Grunde, weil er ſich in ihr ſchneller abkühlte; als aber beide Drähte von Waſſer umgeben waren, ließ ſich keine Verſchiedenheit in ihrem Leitungsvermögen wahrnehmen.

Ob bei ſchon hinlänglich vorhandener Leitung gleichſam ein Uebermaß derſelben günſtig oder ungünſtig für den Effect ſey, darüber fehlt es an genauen Verſuchen. Die Erhitzung der Drähte ſcheint Davy's Verſuchen zufolge nahe in dem umgekehrten Verhältniß, als ihr Leitungsvermögen zu ſtehen; ſo, während das Silber die Temperatur des Oels nur um 4° erhöhte, vermehrte das Platin ſie um 22°. Dieſe Beziehungen auf die Wärme bleiben die nämlichen, welche Intenſität auch die El. hat. Eine ſehr intereſſante Erſcheinung zeigt ſich, wenn man eine Kette aus aneinandergegliederten, abwechſelnden Gliedern Platindraht und 4 bis 5 mal dickerem Silberdraht macht, und ſie in den Schließungskreis einer mächtigen Voltaiſchen Batterie bringt. Es werden dann die Glieder von Silber nicht merklich warm, alle Glieder von Platin aber kommen heftig und gleichmäßig zum Glühen.

Die Flüſſigkeiten ſind zwar in außerordentlichem Grade ſchlechtere Leiter als die Metalle, doch zeigt ſich auch bei Unterbrechung der Kette durch ſie noch die Einwirkung auf die Magnetnadel, welche ihr Leitungsvermögen vergleichungsweiſe zu beſtimmen dient, wenn man nur in dem Verhältniſſe des geringern Leitungsvermögens die übrigen Umſtände, welche auf Leitung Einfluß haben, namentlich die Oberfläche und Maſſe ſo einrichtet, daß durch angemeſſene Vergrößerung derſelben daſſelbe Quantum von Leitung reſultirt, wie in dem Metalldrahte ſelbſt. Hierauf gründete Pfaff ſeine Verſuche, um das Leitungsvermögen verſchiedener Flüſſigkeiten theils in Bezug zu einander, theils in Vergleich mit den Metallen genauer zu prüfen. Zu dieſem Behuf ließ er ſich eine Zelle aus zwei großen, auf der einen Seite in Feuer vergoldeten, Meſſingplatten (damit ſie von keiner Säure angegriffen würden) verfertigen, welche ihre beiden einander gegenüberſtehenden Seitenwandungen bildeten, während die ſchmalen Seitenwände und der Boden aus Glasſtreifen beſtanden, die durch einen trefflichen iſolirenden Kitt unter ſich und mit den Meſſingplatten verbunden waren, ſo daß die Zelle vollkommen dicht war. Dieſe Zelle gewährte den Vortheil, ſie mit jeder beliebigen Flüſſigkeit füllen zu können, durch welche der el. Strom, um von der einen Metallplatte zu der andern zu gelangen, gezwungen war, ſeinen Weg zu nehmen. Je nachdem er die Zelle mehr oder weniger hoch anfüllte, war die Berührungsfläche mit den Meſſingplatten größer oder geringer. Da die Größe der Leitung für einen und denſelben Leiter im Verhältniſſe mit der Größe des Durchſchnittes der Schicht ſteht, welche den Strom durchleitet, ſo konnten die verſchiedenen Höhen, bei welchen verſchiedene Flüſſigkeiten eine gleiche Leitung gewähren, erkennbar an der gleichen Wirkung auf die Magnetnadel, als den Leitungskräften der Flüſſigkeiten umgekehrt proportional betrachtet werden. Die Meſſingplatten hatten übrigens 6 par. Zoll im Quadrat und der Zwiſchenraum zwiſchen beiden oder die Weite der Zelle betrug 7½ Linie. Zur Vergleichung wählte er erſt einen feinen Stahldraht, deſſen Durchmeſſer $\frac{1}{180}$ Zoll betrug, und der ſtatt der Flüſſigkeit in jenen Zwiſchenraum zwiſchen beiden Meſſingplatten als Leiter eingeſchoben wurde. Er fand ſo, daß, um dieſelbe Wirkung auf die Magnetnadel zu erhalten, wenn der Strom durch jenen feinen Stahldraht, alſo durch einen Durchſchnitt von $\frac{1}{41236}$ Quadratzoll, hindurchgieng, eine concentrirte Salmiakauflöſung eine Höhe von 1 Zoll haben müßte. Dies giebt für ein Rechteck von 6 Zoll Länge und 1 Zoll Höhe 6 Quadratzoll Durchſchnitt, woraus denn folgen würde, daß Eiſendraht ein etwa 247416 mal beſſerer Leiter ſeyn würde, als concentrirte Salmiakauflöſung. Hier folgt das Verzeichniß mehrerer Flüſſigkeiten, in der Ordnung, wie Pfaff ihr Leitungsvermögen vergleichungsweiſe fand.

1) Oxydulirte geſättigte ſalzſaure Zinnauflöſung; 2) ſalpeterſaures Queckſilberoxyd; 3) geſättigte ſalpeterſaure Silberauflöſung; 3a) Aetzammoniumflüſſigkeit von 936 ſp. G. 4) eſſigſaures Queckſilberoxydul; 5) ſchwefelſaures Mangan; 6) ſchwefelſaurer Zink; 7) ſchwefelſaures Kupfer; 8) ſchwefelſaures Eiſenoxyd-Oxydul; 9) Salmiak; 10) ſalzſaures Queckſilberoxyd; 11) ſchwefelſaures Natron; 12) Bitterſalz; 13) Alaun; 14) Schwefelkali; 15) Brechweinſtein; 16) eſſigſaures Blei; 17) ſalpeterſaurer Baryt; 18) Salpeter; 19) ſalzſaurer Kalk; 20) Pottaſche; 21) Kochſalz [*]; 22) Waſſer.

Dieſe Beſtimmungen ſind jedoch nur als ungefähre anzuſehen, da die nicht zu umgehende Veränderlichkeit mehrerer in Betracht kommenden Umſtände bei den Verſuchen deren ſtrenger Vergleichungsfähigkeit Eintrag thut.

---

[*] Alle Salzauflöſungen waren im Zuſtande der Sättigung bei mittlerer Temperatur angewandt.

Zuſätze

über die Verbindung der Elektricitätslehre mit der Phyſiologie.

Die Elektricität zeigt nicht nur ſehr merkwürdige Einwirkungen auf organiſche Körper, wozu ſchon die, von **Biot** erwähnten, Erſcheinungen der Muskelzuſammenziehung, die ſie hervorzurufen vermag, Belege geben; ſondern die organiſchen Körper ſcheinen ſelbſt auch einen Circulationsapparat für das el. Fluidum zu enthalten, der in vielen Hinſichten dem Voltaiſchen Apparat ſehr analog iſt, und **Biots** Bemerkungen über die Vollkommenheit, welche die von der Natur gebildeten Verrichtungen vor den unbewußt nachgebildeten des Menſchen voraus haben, ſehr zur Beſtätigung dient.

Es finden einige Unterſchiede in Hinſicht der Wirkungsart der gewöhnlichen und der galvaniſchen El. auf lebende Körper Statt, die ſich indeß nicht auf eine ſpecifiſche Verſchiedenheit beider Agentien, als welche nicht Statt findet, ſondern blos auf den Umſtand gründet, daß die galvaniſche El. bei einer verhältnißmäßig ſehr ſchwachen Repulſivkraft in einem anhaltenden Strome durch die Theile geht, die man in die Voltaiſche Kette bringt. Sie wirkt daher anhaltender, eindringender und empfindlicher, als die blos in einzelnen Funken oder Schlägen ſich äußernde gewöhnliche El.; und kann, eben vermöge ihrer Dauer, manche Erſcheinungen hervorbringen, die ſich durch leztere nicht erhalten laſſen. Da ſie ſonach die umfaſſendern Wirkungen zeigt, in denen die der gewöhnlichen El., nur dem Grade oder der Dauer, nicht dem Weſen nach, mehr oder minder modificirt ſchon enthalten ſind, ſo wird ſich Nachſtehendes hauptſächlich auf die galvaniſche El. beziehen.

Die Anwendung des Galvanismus auf den Körper kann auf verſchiedne Weiſe geſchehen; am einfachſten, wenn man nur die allgemeine Wirkung des Durchſtrömens durch den Körper kennen lernen will, ſo, daß man die Enden beider Schließungsdrähte mit den, mit Salzwaſſer befeuchteten, Händen faßt, oder daß man beide Hände oder beide Füße in zwei verſchiedene, mit Salzwaſſer gefüllte, Gefäße bringt, und in jedes einen Schließungsdraht von einem Pole der Säule leitet, wo denn das Fluidum genöthigt iſt, ſeinen Weg durch den Körper zu nehmen, um von einem Pole der Säule zum andern zu gelangen. Soll die Einwirkung des Galvanismus ſpeciell auf beſondere Theile hingeleitet werden, ſo bedient man ſich gewöhnlich der Armaturen; dies ſind Metallplatten und Stäbe von verſchiedener Form und Größe, welche ſich genau an die Haut an verſchiedenen Theilen anlegen, und einen Stiel haben, der mit einem Häkchen verſehen iſt, in welches der Leitungsdraht eingehängt wird. Sie werden durch Binden oder Heftpflaſter an die Theile des Körpers befeſtigt, und die Stellen wo ſie liegen, mit Salzwaſſer befeuchtet, auch, wenn man eine recht ſtarke Einwirkung bezweckt, vorher durch Blaſenpflaſter wund gemacht.

Bei der Armatur jedes Theils kommt es vorzüglich darauf an, daß man die ganze Nervenpartie dieſes Theils zwiſchen die Kette bekomme, und die Pole da auflege, wo dieſe Nervenpartie am leichteſten vom Galvanismus erreicht werden kann; wobei anatomiſche Kenntniß die beſte Führerin iſt.

Die Empfindungen, welche das Durchſtrömen der galvaniſchen El. durch den Körper erregt, ſind nun im Allgemeinen folgende: Man hat ein Gefühl von Schmerz an der Stelle, wo ſie einwirkt, welches im Moment des Einſtrömens (bei der Schließung der galvaniſchen Kette) und des Aufhebens dieſer Einſtrömung (bei der Trennung der Kette) beſonders heftig, und mit einem Schlage und einer eigenthümlichen zuckenden Empfindung in den Theilen, durch welche der Strom geht, verbunden iſt. Werden dieſe Stoßerſchütterungen (bei abwechſelnder Trennung und Schließung der Kette) öfters an einer Stelle angewendet, ſo wird die Stelle heiß und roth und viel mehr empfindlich; endlich entzündet ſie ſich ſogar, es entſteht förmliche roſenartige Entzündung, auf welcher Bläschen, mit Feuchtigkeit gefüllt, aufſchießen, oder auch eine Blaſe ſich bildet, die mit ſtärkeren Abſonderungen in der Umgebung vergeſellſchaftet iſt. Bleibt die Durchſtrömung dauernd (wirkt die geſchloſſene Kette), ſo fehlt die, bei den Stoßerſchütterungen vorhandene, heftigere Wirkung und nur ein dauerndes Erhoben- und Geſteigertſeyn der organiſchen Functionen iſt vorhanden.

In dieſen Erſcheinungen überhaupt iſt nun eine große Verſchiedenheit der Stärke wahrzunehmen, je nachdem die Stärke und Dauer der Einwirkung der Elektricität und die relative Empfänglichkeit der Individuen verſchieden ſind. Es bildet ſich da gleichſam eine Stufenreihe der Stärke (von dem ſchwächſten Prickeln, welches kaum bemerkt wird, bis zum brennend heißen Schmerz, von der kaum fühlbaren Affection der Muskelfaſern, bis zum heftigſten Schlag und den ſtärkſten Krämpfen und Zuckungen u. ſ. w.) in den Graden der Elektricität, wo noch keine Ueberreizung erfolgt. Erſcheint dieſe, ſo folgen Erſcheinungen von Lähmung, Unempfindlichkeit, Erſchlaffung der Muskeln u. ſ. w. Geht nun endlich gar die Heftigkeit der Wirkung über dieſen Grad hinaus, ſo wird ſelbſt die organiſche Structur verletzt, es werden Zerreißungen und mancherlei andre Zerſtörungen, welchen Brand folgt, gebildet, oder es wird im Augenblick der Einwirkung, wie beim Blitzſtral, das ganze Leben plötzlich vernichtet, wobei die ſchnelle Fäulniß, in welche ſolche Leichen übergehen, deutlich die Zerſetzung beurkundet, welche durch die El. veranlaßt wurde.

Wichtiger noch, als die Unterſchiede nach dem Grade der Wirkung ſind diejenigen, welche nach der Verſchiedenheit der wirkenden Pole Statt finden. Nicht ſo deutlich treten dieſe Verſchiedenheiten hervor, wenn man nur Stoßerſchütterungen wirken läßt; ſie zeigen ſich erſt recht deutlich bei der dauernden Durchſtrömung; doch ſieht man ſie bei der Einwirkung der Voltaiſchen Säule auch klar bei den Stoßerſchütterungen an den Stellen, wo die beiden Pole der Säule einwirken.

Der poſitive Pol afficirt immer vorherrſchend das Muskel- und arterielle Gefäßſyſtem, der negative Pol am ſtärkſten das Nervenſyſtem und Venenſyſtem. Am poſitiven Pol empfindet man den Schlag, ſtärkere und ſtürmiſchere Zuckungen, ein Gefühl von Zuſammenſchnürung und Contraction, zunehmendes Gefühl von Wärme und Beweglichkeit der Theile. Die Blutbewegung in den arteriellen Gefäßen wird dabei lebhafter, ein größerer Zufluß von Säften erfolgt, der Theil wird geröthet, und die ſchneller und kräftiger erfolgenden Muskelcontractionen können bei ſtärkerer Einwirkung leicht bis zum wirklichen Krampfe geſteigert werden. Der negative Pol retardirt die genannten Erſcheinungen und erhöht dagegen die Venoſität. Der Schmerz und die Empfindung iſt an ihm heftiger und ſchneidender, das Organ dehnt ſich mehr aus und ſchwillt auf, die Muskelthätigkeit nimmt ab, der Theil wird weniger beweglich.*) Ueberall ſieht man das Wirkungsvermögen vorzüglich geſteigert am poſitiven Pol, die Receptivität erhoben am negativen Pol, während man gleichzeitig in den abgeſchiednen Flüſſigkeiten, mit welchen beide Pole in Berührung kommen, jene chemiſche Umänderung wahrnimmt, welche auch in der anorganiſchen Natur an den verſchiednen Polen der Säule ſich offenbart. Wendet man El. auf Stellen an, wo Blaſenpflaſter gelegen haben, ſo verwandelt der poſitive Pol die ſeröſe Abſonderung ſehr bald in eine lymphatiſche, endlich gerinnt die Lymphe zu langen ziehbaren Fäden und die Stelle wird trocken und entzündet; am negativen Pol hingegen wird eine dunkel gefärbte, ſehr geſättigte, ſcharfe und ätzende Flüſſigkeit in ziemlicher Menge abgeſondert, welche die Haut, wo ſie herabfließt, excoriirt, und leicht bleibt an der Stelle eine länger dauernde Eiterung. Atoniſche Geſchwülſte werden härter, wenn ſie ſich nicht entzünden, unter dem poſitiven Pol; können aber durch Einwirkung des negativen Pols manchmal zur Zertheilung und Auflöſung gebracht werden u. ſ. w.

---

*) Erläuternd wird in dieſem Bezug folgender Verſuch von Moſt (Ueber die großen Heilkräfte des Galvanismus) ſeyn. „Ich ſetzte meinen Körper der Kraft einer eben aufgebauten, aus 33 Doppelplatten beſtehenden, Voltaſäule aus, indem ich 20 Minuten lang die galvaniſchen Strömungen durch beide Arme gehen ließ. Der linke Arm, der mit dem negativen Pole in Verbindung ſtand, wurde ſteif und ſtarrkrampfähnlich; die Beweglichkeit deſſelben ward beſchwerlich, und das Gefühl darin ungefähr der ſteifen Mattigkeit ähnlich, die bei heftig entzündlichen Fiebern, welche einen Aderlaß erfordern,

Wirkt der Galvanismus in gehörigem Grade und in ununterbrochener Strömung auf das Gehirn, ſo folgt erhöhte Thätigkeit der geiſtigen Functionen jeder Art, behagliches Gefühl, Munterkeit, Aufgelegtſeyn zum Denken u. ſ. w. Sehr leicht jedoch wird auch das Gehirn überreizt, zumal von Stoßerſchütterungen, und dann folgen Schwindel, Kopfweh, Eingenommenheit und andre üble Zufälle. — Im Auge bewirkt der Einfluß des Galvanismus überhaupt ſchon eine hellere Erſcheinung von Licht, wie Blitze, nebſt größerer Zuſammenziehung der Pupille. Wirkt der poſitive Pol auf das Auge, der negative an einen entfernten Theil, ſo entſteht im Momente des Einſtrömens ein lebhafter Blitz und Schlag; während der Dauer der Strömung hat man größere Hellung im Auge, wobei man die äußerſten Gegenſtände in einem blauen Lichte und ſtärkerer Beleuchtung, jedoch in weniger ſcharfen Umriſſen, kleiner und ſchmäler erblickt. Bei umgekehrter Strömung tritt verminderte Hellung im Auge ein, man ſieht die Gegenſtände in rothem, gelbem oder orangefarbenem Lichte, zwar weniger beleuchtet, aber deutlicher, in ſchärſern Umriſſen, grö-

---

Statt findet. Der rechte Arm, der mit dem poſitiven Pole in Berührung ſtand, war dagegen gelenkiger, empfindlicher und beweglicher geworden. Der Puls an meiner rechten Hand gieng ſchnell, etwas zuſammengezogen und klein, ungefähr wie bei einer Hyſteriſchen, der an der linken Hand zeigte ſich dagegen ſtark, voll und kräftiger, ungefähr wie bei einem vollſaftigen, an Pneumonie leidenden Menſchen. Nachdem ich mich 15 Minuten lang von der Voltaſäule entfernt hatte, waren alle Differenzen zwiſchen beiden Armen, ſowohl rückſichtlich des Pulsſchlagens als auch der Steifigkeit und Beweglichkeit der Arme verſchwunden." — Einen ähnlichen Verſuch beſchreibt Ritter (Gilb. Annal. Bd. VII. S. 477 u. f.)

ſer und dicker.*) — Im Ohre bewirkt außer dem Schlage der poſitive Pol eine Abnahme des Gehörs, der negative hingegen eine Schärfung deſſelben, mit brauſendem Geräuſch im Ohre und ſtärkerer Abſonderung des Ohrenſchmalzes. — In der Naſe bewirkt der poſitive Pol einen drückenden, kneipenden Schmerz, ohne Drang zum Nieſen, mit verminderter Abſonderung und entzündlicher Spannung und Reizung; der negative Pol hingegen einen höchſt empfindlichen ſtechenden Schmerz mit einem unaufhörlichen Drange zum Nieſen und ſtärkerer Abſonderung eines flüſſigen Schleims. — An der Zunge bewirkt der poſitive Pol außer dem Schlage ein Gefühl, als wenn man ſie mit heißen Speiſen verbrannt hätte; zugleich wird die Zunge beweglicher, aber der Geſchmacksſinn abgeſtumpft, und ein vorwiegend ſaurer Geſchmack erzeugt; — der negative Pol hingegen bewirkt einen ſcharfen, alkaliſchen Geſchmack, allmälige Unbeweglichkeit, ein Gefühl von Kälte und eine viel ſchärfere Empfänglichkeit des Geſchmacksſinnes. — Vom Rückenmark aus verbreiten ſich die elektriſchen Reizungen am ſtärkſten auf die Muskeln, beſonders wenn die Strömung längs ſeines Verlaufs in der Wirbelſäule geht. Wenn hingegen die umgekehrte Strömung Statt findet, ſo verbreitet ſich die Reizung auch über die Nerven der Sinneswerkzeuge, ſo daß auf der Zunge der metalliſche Geſchmack, im Auge der Blitz, u. ſ. w. empfunden wird. — Im Darmkanal entſtehen lebhaftere Bewegungen, Kolikſchmerzen, Diarrhoe, Verderbniß der Eßluſt u. ſ. w.**)

Die gewöhnliche ſowohl als die galvaniſche El. ſind vielfältig als Heilmittel angeprieſen worden; im Anfange ward ihr Lob in dieſer Hinſicht übertrieben, jetzt ſcheinen ſie zur Ungebühr zurückgeſetzt zu werden. Weniger glückliche Erfolge hiengen vielleicht auch öfters davon ab, daß man die verſchiednen Wirkungen der beiden Elektricitäten nicht gehörig unterſchied. — Am wirkſamſten ſcheinen dieſe Agentien zu ſeyn in Nervenkrankheiten verſchiedener Art, vorzüglich Lähmungen und krampfhaften Krankheiten, Taubheit und ſchwarzem Staar, in allen Uebeln, die von ſtockenden Säften herrühren, kalten Geſchwülſten, langwierigen Rheumatismen, chroniſchen Entzündungen, gegen unterdrückte Ab- und Ausſonderungen aller Art; endlich auch bei dem Scheintod.

---

*) Dies beſtätigen auch Moſt's Verſuche a. a. O. S. 81. „Hält man den poſitiven Pol in der befeuchteten Hand und leitet man den negativen Pol durch einen Conductor an die Stirn, ſo bemerkt man, daß der Kreis, der durch die Reizung der Augennerven als Lichtſchein mit röthlicher Farbe erſcheint, größer iſt, als der ähnliche blaue Lichtkreis, der durch die Berührung des poſitiven Pols entſteht.

**) Dieſer Abſchnitt über die Wirkungen des Galvanismus auf unſern Körper iſt der Hauptſache nach aus Vogts Lehrb. der Pharmakodynamik 1. Th. S. 223 u. ff. ausgezogen.

Ich gehe jetzt zu einer Darſtellung über, in wie fern die organiſchen Körper uns eine, allerdings unendlich vollkommenere und verwickeltere, und darum auch jetzt nur erſt einigen allgemeinen Umſtänden nach klar zu Tage liegende, Wiederholung der Apparate zeigen, durch die wir künſtlich die Erregung und den Kreislauf der El. zu bewirken vermögen. Einen ſolchen Apparat macht das Nervenſyſtem aus. Bevor ich die Gründe angebe, die uns zur Aufſtellung dieſer Analogie berechtigen können, ſchicke ich eine kurze Ueberſicht der Anordnung des Nervenſyſtems, ſo weit ſie zu gegenwärtigem Zweck hinreichend iſt, voraus.

Das Hauptcentralorgan des Nervenſyſtems iſt das Gehirn, das in der Schädelhöhle liegt, und ſich durch ein, im Hinterhaupt befindliches Loch in den Canal der Wirbelſäule als Rückenmark fortſetzt. In dieſem Gehirn und Rückenmark iſt die unmittelbare Anlagerung zweier verſchiednen Maſſen an einander, einer weißen gefäßarmen, und einer röthlichgrauen, durch großen Reichthum von Pulsaderzweigen mit viel ſauerſtoffhaltigem Blut verſehenen, merkwürdig, die zuſammen das ganze Gehirn und Rückenmark ausmachen, und zwar ſo, daß im Gehirn die weiße Maſſe nach Innen, die graue nach Außen liegt, dagegen im Rückenmark das umgekehrte Verhältniß Statt hat. Durch das Mikroſkop betrachtet, zeigen ſich beide Maſſen aus Kügelchen gebildet, die in der weißen Maſſe linienförmig, in der grauen klumpenförmig geordnet ſind; ſo daß wir, wenn wir in der Anlagerung jener Maſſen wirklich eine Aehnlichkeit mit der Anordnung eines Voltaiſchen Plattenpaars finden wollen, ſchon vorgreifend ſchließen können, daß ſich die graue Maſſe als negativ, die weiße als poſitiv verhalten werde; da beide ſich ſonſt gleich ſind, nur die erſtere einen größern Reichthum an Sauerſtoff, der in Verbindungen immer als negativ auftritt, enthält, und zugleich die Geſtaltungsverhältniſſe zeigt, die die negative El. in Verhältniß zur poſitiven zu begleiten pflegen.

Vom Gehirn und Rückenmark laufen nun eine Menge Leiter aus, die Nerven, um ſich in alle Theile hin zu begeben, welche mit dem Gehirn in Wechſelwirkung treten ſollen. Dieſe Nerven ſind Stränge, beſtehend aus vielen nebeneinanderliegenden, auch ſich zum Theil verflechtenden, aber nicht in einander übermündenden, häutigen (durch das ſogenannte Neurilem gebildeten) ganz feinen Canälchen, Nervenfaſern genannt, in denen dieſelbe, aus Kügelchen beſtehende, Markſubſtanz enthalten iſt, welche wir im Gehirn und Rückenmark finden. Dieſe Canälchen treten zu größern Partien und dieſe zuletzt zum ganzen Nerven zuſammen, den eine gemeinſchaftliche Scheide umſchließt. Im weitern Verlauf des Nerven löſen ſich einzelne Partieen von ihm ab, um ſich als Zweige in die Organe zu verbreiten; und dieſe Zweige ſchicken wieder, immer feinere, Zweige aus; ſo daß ſich der ganze Nerv baumförmig zu veräſteln ſcheint, obwohl dieſe Veräſtelung eigentlich nur ein Divergiren der Nervenpartieen und Faſern von einander iſt.

Den Linien von Nervenkügelchen, die die Markmaſſe in den Nervenfaſern ausmachen, kommt keine Bewegung zu, da ſie durch ſeinen Zellſtoff in ihrer Lage erhalten werden; und an die Bewegung eines gröbern materiellen Stoffs in den Canälchen iſt daher nicht zu denken.

Ueber die Art, wie ſich die Nerven in den Organen endigen, iſt man noch ſehr im Dunkeln, obwohl es gerade hier wichtig wäre, genaue Kenntniſſe zu beſitzen. Es ſcheint, daß dieſe Endigung verſchieden iſt, je nach den Theilen, zu denen ſich die Nerven begeben und den Verrichtungen, die ſie in denſelben vermitteln ſollen. Häufig glaubte man, verleitet durch die Endigungsart der Nerven in dem Geſichts- und Gehörorgan, wo ſie klar zu Tage liegt, allenthalben eine flächen- oder hautartige Endigung der Nerven annehmen zu müſſen, doch hat man um ſo weniger Grund, die, in dieſen Sinnesorganen Statt findende, Endigung zu verallgemeinern, da gerade durch die verſchiedne Endigungsart der Nerven am leichteſten eine Erklärung der verſchiednen Functionen derſelben möglich wird, die man häufig durch den dunkeln Begriff einer ſpecifiſchen Reizbarkeit darzuſtellen verſucht hat.

Nach Prevoſt's und Dumas neuern Unterſuchungen endigen ſich die Nerven gar nicht eigentlich in den Muskeln, ſondern die Nervenfaſern beugen ſich zuletzt um, und laufen wieder in den Nerven zurück, in welchem ſie vom Gehirn ausgelaufen waren, ſo daß alſo rücklaufende und auslaufende Faſern in demſelben Nerven beiſammen liegen, und dieſer daher nicht als ein frei ausgehender Leitungsdraht zu betrachten iſt, ſondern als einer, der von der Säule aus- und zu ihr zurückläuft. Um zu wiſſen, ob die Endigungen des Nerven im Centralorgan vielleicht an verſchiedenen Maſſen Statt haben (wenigſtens entſpringen die meiſten daſelbſt mit doppelter Wurzel,) um ſo die Analogie der Nerven, die zu den Muskeln laufen, als Verbindungsdrähte zu vollenden, ſind die anatomiſchen Unterſuchungen noch nicht hinlänglich weit gediehen.

Außer dem Gehirn und Rückenmark, welche ein großes zuſammenhängendes Centralorgan für das Nervenſyſtem bilden, giebt es deren noch viele kleinere, im Körper verſtreute, die Ganglien;

die ſich nach der obigen Theorie als eben ſo viel kleinere, vereinzelte, Voltaiſche Plattenpaare betrachten laſſen, indem auch hier jene doppelte Maſſe ſichtbar iſt. Sie ſind nicht nur unter ſich durch leitende Nerven zu einem Geſammtſyſtem vereinigt, ſondern ſchicken auch zu Gehirn und Rückenmarknerven vielfache Verbindungszweige.

Allerdings fehlt noch ſehr viel, daß wir die ganze Anordnung des Nervenſyſtems, wovon hier nur der alleroberflächlichſte Abriß gegeben iſt, ſchon als die eines elektromotoriſchen Apparats zu deuten vermöchten. Sowohl Anatomie als Phyſiologie bieten zu viel Lücken dar, um eine ſolche durchgeführte Deutung ſchon jetzt für möglich zu halten. Doch entdecken wir theils in der Anordnung nirgends Umſtände, welche jener untergelegten Beziehung derſelben widerſprächen, theils wird ſie durch anderweite Gründe hinlänglich gerechtfertigt, welche zeigen, daß das Wirkſame im Nervenſyſtem mit der El. aufs Vollkommenſte übereinſtimme, wenn ſie uns auch über die Erregungsart und den Kreislauf derſelben in dieſem Syſteme noch viel Aufklärung zu wünſchen übrig laſſen.

Zuvörderſt iſt zu bemerken, daß die Meinung, das in den Nerven Wirkſame ſey El., ſchon oft aufgeſtellt, und von vielen mit mehr oder weniger Beſtimmtheit durchgeführt worden iſt. Nach Kühn (Geſch. der med. El. 2. Th. S. 67) ſcheint Hales der erſte Urheber dieſer Meinung zu ſeyn. Anſtatt indeß, daß man hätte erwarten ſollen, ſie ſey in neuern Zeiten immer mehr ausgebildet worden, hat man ſie, wenigſtens im Schulvortrage, wieder zurückgeſetzt, aus Gründen, die mir leicht zu heben ſcheinen. Doch erkennen auch viele Neuere die Identität des Nervenfluidums und des el. Fluidums geradezu an, die andern geben wenigſtens zu, daß es nach ähnlichen Geſetzen wirke.

Der Haupteinwurf, den man gegen die Identität des, in den Nerven Geleiteten, und der El. gemacht hat, iſt folgender: Man ſagte: Der ganze Nerv iſt feucht und iſt von Feuchtigkeit umgeben; da nun Feuchtigkeit für die El. ein Leiter iſt, ſo könnte die El. in den Nerven nicht auf dieſelben beſchränkt bleiben, ſondern müßte ſich im ganzen Verlauf des Nervens von ihm aus weiter verbreiten, und in die benachbarten Theile überfließen. Ferner ſagte man: die Nervenleitung wird unterbrochen, wenn man den Nerven an einer Stelle durch ein feuchtes Band zuſammenſchnürt; wäre aber die Nervenleitung mit der Leitung für die El. gleichbedeutend, ſo könnte durch ein feuchtes Band keine Unterbrechung derſelben erfolgen.

Dieſe Einwürfe ſind zu heben durch eine Anſicht, die meines Wiſſens Carus (Verſ. einer Darſtell. des Nervenſ. S. 56) zuerſt angedeutet hat;*) daß nämlich die neurilematiſchen Hüllen des Nervenmarks iſolirend wirken.

Wenn man hindern will, daß eine Flüſſigkeit nach allen Seiten zerfließe, ſo ſchließt man ſie in Gefäße ein; will man ihr einen beſtimmten Weg anweiſen, durch den ſie fließen ſoll, ſo bildet man Canäle, durch deren Wände ſie zuſammengehalten wird; ſo iſt es der Fall bei den Gefäßen des menſchlichen Körpers, welche materielle Fluida zu führen beſtimmt ſind. Es giebt nun auch Mittel, das el. Fluidum zuſammenzuhalten, und Canäle zu bilden, durch die es fließen ſoll, indem man nämlich die Canäle von Iſolatoren bildet. So verbreitet ſich z. B. an jedem Conductor der Elektriſirmaſchine die El. in einem Canal, den die, den Conductor umgebende, iſolirende Luft bildet, welche das Entweichen der El. hindert, die wirklich entweicht, wenn man die Luft wegpumpt. Will man mehrere Leitungsdrähte der Voltaiſchen Säule aneinanderlegen und mit einander verbinden, ſo aber, daß jeder ſeine El. für ſich leite, ſo umwickle man jeden für ſich mit Seide, die ſomit eine iſolirende Hülle um ihn bilde; man wird auch hier in den einzelnen ſeidnen Hüllen eben ſo viel, die El. zuſammenhaltende, Gefäßwände haben. Als ſolche Bündel aneinandergelegter, und mit Seide umwickelter, Drähte laſſen ſich denn auch die aneinandergelegten Nervenfaſern betrachten. Was dort die Metalldrähte ſind, das ſind in den Nerven die Reihen Markkügelchen; dieſe geben das eigentlich Leitende ab; was dort die iſolirenden Hüllen ſind, das ſind hier die neurilematiſchen Canäle, von denen das Mark umſchloſſen wird. Es thut nichts zur Sache, daß die einzelnen neurilematiſchen Canäle von feuchtem Dunſt umgeben ſind; die Iſolation der einzelnen Marklinien kann darum um nichts weniger vollkommen ſeyn, wofern nur das Neurilem ſelbſt undurchdringlich für die Feuchtigkeit iſt, wie Injektionen wirklich lehren; denn denkt man ſich z. B. ein Bündel an einander gelegter Drähte, deren jeder aber mit einer iſolirenden Hülle von Siegellack überzogen iſt, ſo wird dann die Iſolation des einen Drahts vom andern immer noch vollkommen Statt finden, wenn ſelbſt das ganze Bündel in Waſſer gelegt wird, weil die Hüllen von Siegellack, welche jeden Draht unmittelbar umgeben, hindern, daß eine Mittheilung der El. von einem zum andern Statt finde. — Daß trockne thieriſche Theile an ſich Nichtleiter ſind, finde ich wenigſtens angezeigt; und wenn auch der neurilematiſche Canal von beiden Seiten feucht iſt, ſo unterbricht doch ſeine, an ſich trockne, Wand ſelbſt die Verbindung von der, auf ſeiner Innenſeite befindlichen, Schicht Feuchtigkeit mit der, an ſeiner äußern befindlichen, und dies um ſo mehr, da die, in den Nerven geleitete, El. wegen ihrer Erregung nach galvaniſcher Art, nur eine ſehr ſchwache Repulſivkraft beſitzen kann, für welche auch ſonſt unvollkommene Iſolatoren vollkommen iſolirend ſeyn können. Sehr gut läßt ſich nun auch hienach die Unterbrechung der Nervenleitung durch Unterbindung der Nerven erklären. Durch das umgelegte Band wird das leitende Mark nach beiden Seiten von der Unterbindungsſtelle ſeitwärts gedrückt; ſo daß nun keine Continuität deſſelben mehr Statt findet; vielmehr müſſen an der Unterbindungsſtelle die gegenüberſtehenden Wandungen der neurilematiſchen Canäle auf einander gepreßt werden, eben wie bei Unterbindung der Blutgefäße die Wände dieſer, und ſomit die Leitung intercipiren.

---

*) Auch Carus nimmt jedoch nicht die El. als das Agens des Nervenſyſtems an; ſondern ſpricht nur von Iſolirung einer Nervenkraft überhaupt durch das Neurilem.

Man könnte fragen, warum nicht in jedem Nerven das ganze Mark ſchlechthin von einem neurilematiſchen Canale umſchloſſen ſey, vielmehr der Nerv aus einem ganzen Bündel von einander iſolirter Markfäden und Stränge beſtehe. Eine ſolche Iſolation der einzelnen Marklinien in demſelben Nerven kann aber in mehr, als einem Bezug von Wichtigkeit ſeyn. Ein Nerv verbreitet ſich oft zu ſehr verſchiednen Theilen; nun ſoll aber mittelſt des Nervens vom Centralorgan aus nicht immer auf alle dieſe Theile zugleich gewirkt, z. B. etwa nur der eine oder andre der Muskeln, zu denen ſich derſelbe Nerv verbreitet, in Bewegung geſetzt werden, während die andern ruhig bleiben; dies wäre nun nicht wohl möglich, wenn die einzelnen Nervenſtränge, welche zu den verſchiednen Theilen gehn, nicht in ihrer Wirkung von einander iſolirt wären. Eben ſo werden durch dieſe Anordnung geſonderte Empfindungen (welche durch Rückleitung von den Organen nach dem Gehirn entſtehen) für einzelne Theile möglich gemacht.

Iſt dieſer Einwurf beſeitigt, den man der Gleichartigkeit der Nervenleitung und der el. Leitung entgegengeſetzt hat, ſo zeigen ſich dieſelben in allen übrigen Stücken identiſch; namentlich giebt die blitzſchnelle Leitung, die für das Nervenfluidum wie für das elektriſche, Statt hat, einen wichtigen Gleichungspunct ab. Im Augenblicke, wo der Wille auf das Centralende des Nervens wirkt, (das Einſtrömen des el. Fluidum darin bewirkt) entſteht auch ſchon Bewegung im Muskel, in dem der Nerv endigt; umgekehrt, im Augenblick, wo ein Reiz auf das peripheriſche Ende wirkt, entſteht auch Empfindung im Centralende. Wir finden auch, daß El. und Galvanismus, auf unſern Körper angewandt, ſich vorzugsweiſe die Nerven zu Leitern wählen, daher man oft die Empfindung längs derſelben ſich fortpflanzen fühlt; nach dem Geſetze, daß die El. den beſten Leitern folgt. Die Nerven ſcheinen mithin vermöge ihrer Organiſation zu Leitern der El. ſchon urſprünglich eingerichtet zu ſeyn. Oefters hat man ſelbſt bei Krankheiten, namentlich ſolchen, die das Gehirn betrafen, Empfindungen verſpürt, ganz denen von el. Schlägen ähnlich, die von freien Stücken eintreten.

Wir bemerken ferner, daß El. u. Galvanismus auf unſern Körper angewandt, den Nervenwirkungen ganz analoge Wirkungen darin hervorrufen; ſo laſſen ſich die Sinnesempfindungen dadurch reproduciren, ſo die Muskelbewegungen, ſo auch vermehrte Abſonderungen hervorrufen. Umgekehrt ſehen wir; daß durch den Galvanismus dieſelben phyſiſchen Proceſſe in der Außenwelt veranlaßt werden, als in dem Organismus durch die Nervenwirkungen. Namentlich hängt die Wärmeentwicklung vom Nerveneinfluß ab, daher ein Glied, deſſen Nerv geſchwunden, oder durchſchnitten iſt, kalt wird; und alle chemiſchen Proceſſe, Scheidungen von Stoffen aus dem Blute, und Zuſammenſetzung neuer daraus, die ſogenannten Secretionen, werden ebenfalls durch den Nerveneinfluß vermittelt; daher hört die Abſonderung auf, wenn man den, zu einem Abſonderungsorgan gehenden Nerven durchſchneidet, oder wird wenigſtens ſo beſchaffen, daß der Stoff, den das Blut mit ſich führt, (das Serum deſſelben) unverändert ausgeſchwitzt wird. Was nun aber ganz vorzüglich bemerkenswerth und als directer Beweis anzuſehen ſcheint, iſt, daß, wenn nach durchſchnittenem Nerven eines Abſonderungsorgans die Abſonderung in demſelben ganz innormal geworden war, ſie wieder zur vorigen Norm zurückkehrt, wenn man die getrennten Nervenenden, nicht etwa unmittelbar mit einander vereinigte, ſondern durch galvaniſche Leiter ſo verband, daß ein el. Strom von einem Ende zum andern lief, oder auch blos wenn man das untere Ende in einen galvaniſchen Kreis brachte. Ein ähnlicher Erſatz der Nervenwirkungen durch Galvanismus iſt in Bezug auf den Kreislauf und die Verdauung beobachtet worden. *)

---

*) Verſuche in dieſem Bezug findet man in Krimers phyſiolog. Unterſuchungen. (S. 22 Verſuch 9. S. 32 V. 14. S. 36. V. 16. S. 38. V. 18. S. 149. V. 8. S. 163. V. 23. u. ſ. w.) und Wilſon Philipps Unterſuchungen über die Geſetze der Functionen des Lebens aus dem Engliſchen überſetzt von Sontheimer (S. 183 u. ff. V. 71, 72, 73, 74).

Oefters hat man Lichterſcheinungen an Menſchen und Thieren beobachtet, die den elektriſchen nicht unähnlich ſchienen. Namentlich dürfte für die, die an den ſogenannten thieriſchen Magnetismus glauben, der Umſtand nicht unwichtig ſcheinen, daß nach der einſtimmigen Verſicherung aller Magnetiſirten die Nerven des Magnetiſeurs ihnen leuchtend erſchienen, und namentlich beobachteten dieſelben, daß Stralenbüſchel von den, vorzugsweiſe nervenreichen, Fingerſpitzen beim Magnetiſiren ausgingen. Ich führe dieſen und den folgenden Grund nur als Hülfsbeweiſe an, da ſie den eigentlichen Phyſiker weniger befriedigen dürften. Selbſt der geſetzmäßige Gang der Natur ſcheint uns in den Nerven Behälter und Leiter für die Imponderabilien anzudeuten; die feſten Stoffe, die flüſſigen, die luftförmigen der Außenwelt werden jede von eignen Canälen in unſerm Körper aufgenommen und umgetrieben, und in eignen Behältern verarbeitet; nun machen die Imponderabilien einen ſehr wichtigen und weſentlichen Beſtandtheil der Außenwelt aus, mit denen der Organismus, wie mit den grob materiellen Stoffen allenthalben in Berührung iſt, und für dieſe bietet ſich nicht nur das Nervenſyſtem als ein ſehr paſſender, ſondern auch außer dieſem kein andrer Circulationsapparat dar; und durch dieſen iſt erſt die Wechſelwirkung mit der Außenwelt wirklich abgeſchloſſen.

Bei der Anordnung des Nervenſyſtems iſt noch insbeſondre darauf aufmerkſam zu machen, daß in allen Centralorganen, von welchen Leitung ausgeht, eine doppelte Maſſe ſich zeigt, während die Nerven, als bloße Leiter, blos einfaches Mark haben.

Wie die Nerven Empfindungen zum Gehirn leiten können, iſt ſo ſchwer nicht zu begreifen. Jeder Körper, mit dem ſie in Berührung kommen, iſt ein heterogener, und muß daher bei ſeiner Berührung El. rege machen, die ſie überleiten. Die geringſte Heterogeneität muß hier ſchon ausreichen, da die Erfahrung zeigt, was für ausnehmend empfindliche Elektroſkope die, mit Nerven begabten, Organe ſelbſt noch nach dem Tode, wie viel mehr im Leben ſind. Auch die Verſchiedenheit der Empfindungen iſt wenigſtens nicht unerklärlich. Ein rauher Körper z. B. muß anders gefühlt werden, als ein glatter, denn bei letzterm trifft die Berührung mehrere Nervenpuncte, oder trifft ſie in gleichförmigem Grade.

Von jeher iſt endlich als ein wichtiger Beweis für die elektriſche Beſchaffenheit der Nerven die Entwicklung freier El. in gewiſſen Fiſchen, und der entſprechende Bau der elektriſchen Organe in denſelben angeführt worden; indem dieſelben einen außerordentlichen Nervenreichthum enthalten. Die bekannteſten Thiere in dieſer Hinſicht ſind der Zitteraal oder Surinamſche Aal (Gymnotus electricus) und der Zitterrochen oder Krampffiſch (Raja torpedo). Beide geben bei Berührung heftige el. Schläge, wie von einer Elektriſirmaſchine, die einen Arm auf einige Zeit zu lähmen vermögen. Der Schlag dieſer Thiere wird durch alle Stoffe, welche elektriſche Leiter ſind, mitgetheilt, geht aber nicht durch Nichtleiter; bei größern Thieren ſoll er ſelbſt einen Funken hervorbringen, wenn ſich in der metalliſchen Kette eine Unterbrechung befindet. Die Schläge ſcheinen übrigens von dem Willen und den Leidenſchaften der Thiere abzuhängen, warum alſo nicht auch bei uns die Muskelcontractionen unter Vorausſetzung daß es Wirkungen der El. ſind? — Das el. Organ des Zitterrochens beſteht aus einer Menge ſenkrechter, meiſt pyramidenförmiger, ſechsſeitiger; häutiger Zellen, die um die Kiemen in den Halsſeiten und zum Theil an den Rückenſeiten unter der Haut liegen, durch die ſie durchſchimmern. Jede ſolche Zelle hat horizontale Scheidewände, welche Zwiſchenräume laſſen, die mit gallertartiger Maſſe ausgefüllt, und ſehr reichlich mit Fäden des herumſchweifenden Nervenpaars und mit Blutgefäßen durchzogen ſind. In der That ſcheinen die Zellen eine Aehnlichkeit mit Voltaiſchen Säulchen zu haben. Das el. Organ des Zitteraals iſt etwas einfacher gebaut, aber auch mit ſehr viel Nerven verſorgt. Außerdem hat man noch el. Eigenſchaften beobachtet, doch wenige unterſucht am elektriſchen Stachelbauch (Tetrodon electricus), dem elektriſchen Riemfiſch (trichiurus electricus), endlich dem Zitterwels (Silurus electricus).

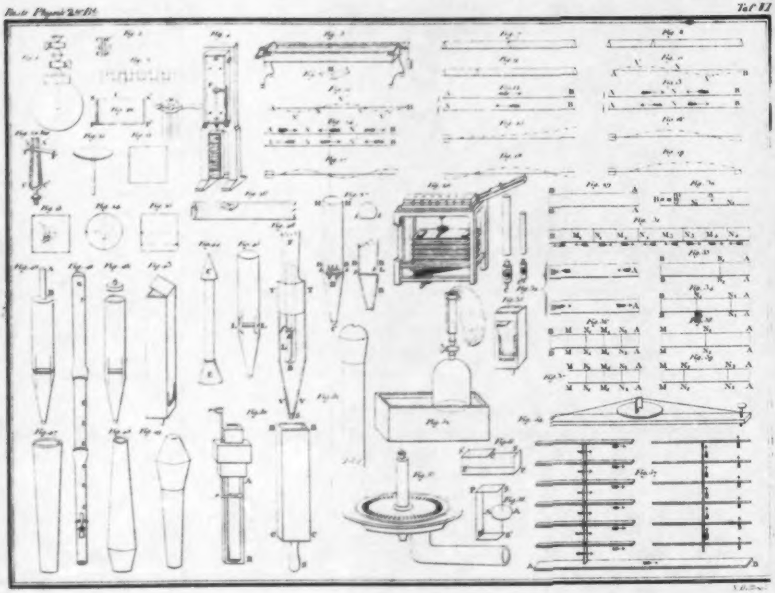
A
B
M
N

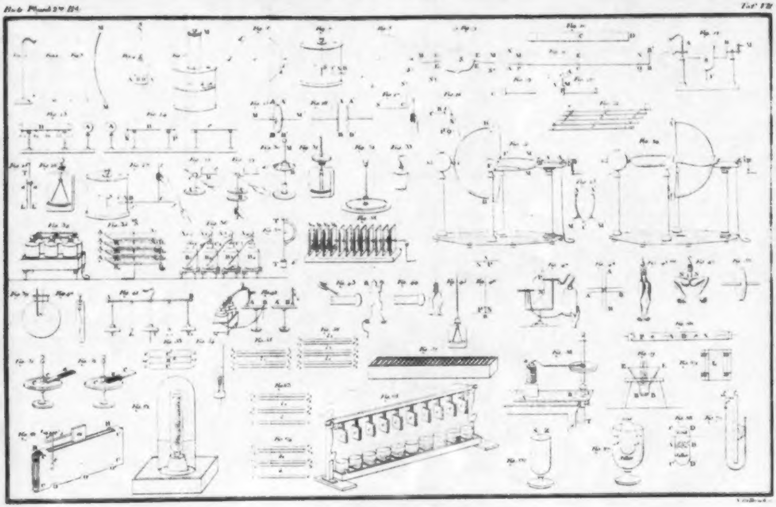

Lehrbuch

der

Experimental-Phyſik.

Dritter Band.

Lehrbuch
der
Experimental-Phyſik
oder
Erfahrungs-Naturlehre

von
J. B. Biot.

Mitgliede der Akademie der Wiſſenſchaften, adjungirtem Aſtronomen am Bureau des Longitudes, Profeſſor der mathematiſchen Phyſik am Collége de France und der Experimentalphyſik an der Facultät der Wiſſenſchaften zu Paris; Inſpector der Militärſchulen; vieler gelehrten Geſellſchaften Mitglied.

> Qui tractaverunt scientias, aut empirici aut dogmatici fuerunt. Empirici, formicae more, congerunt tantum et utuntur; rationales, aranearum more, telas ex se conficiunt. Apis vero ratio media est, quae materiam ex floribus horti et agri elicit, sed tamen eam, propria facultate, vertit ac digerit.
>
> Bacon, Nov. Org. Lib. I. XCIV.

Durch Beſchluß der Commiſſion für den öffentlichen Unterricht vom 22. Febr. 1817 als Lehrbuch in den öffentlichen Lehranſtalten Frankreichs eingeführt.

Dritte Auflage.

Ueberſetzt
von
M. Guſtav Theodor Fechner, med. Bacc.
akademiſchem Docenten zu Leipzig.

Dritter Band.
Mit neun Kupfertafeln.

Leipzig, 1825.
Bei Leopold Voß.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Vorwort des Ueberſetzers

zum

dritten Bande.

Außer mehreren andern Zuſätzen zu dieſem dritten Bande habe ich es für zweckmäßig gehalten, eine gedrängte Darſtellung der Ampèreſchen Theorie des Elektromagnetismus beizufügen; eines Theils, weil von ihrem Standpuncte aus in neuern Zeiten ſo viel zur Erweiterung dieſes Zweiges der Phyſik geſchehen iſt, andern Theils, weil ſie wenigſtens unter allen bisher aufgeſtellten Theorieen die leichteſte Einſicht in den Zuſammenhang der Erſcheinungen zu gewähren ſcheint, und die ihr zu Grunde liegende Hypotheſe daher in ſo fern einen großen Werth behält, ſollte ſie ſelbſt ihrem Grunde nach nicht haltbar ſeyn, worüber noch keineswegs entſchieden iſt. Ich wundre mich daher einigermaßen, wie Biot dieſer Theorie gerade in einer Hinſicht einen Vorwurf machen kann (S. 194), den ſie nach faſt Aller Einſtimmung am wenigſten verdient, daß ſie nämlich wegen großer Verwickelung kaum einer Darſtellung fähig ſey. Auch daß von dieſer Theorie aus am meiſten bis jetzt für die Berechnung der elektromagnetiſchen Erſcheinungen geſchehen iſt, und daß die Erfahrung durchgehends die Reſultate der Berechnung beſtätigt hat, muß derſelben wenigſtens einen ehrenvollen Rang unter den übrigen mehrfachen Verſuchen, die elektromagnetiſchen Erſcheinungen aus einem einfachen Geſichtspuncte zu erklären, ſichern. Die Gränzen dieſes Werks erlaubten mir nicht, bei der Darſtellung den, von Biot im Allgemeinen befolgten, Gang einer erfahrungsmäßigen Nachweiſung der Reſultate hier ebenfalls zu nehmen, was einen unverhältnißmäßigen Raum erfordert haben würde; ich habe mich begnügen müſſen, die Sätze, auf denen die Theorie ruht, zuſammenzuſtellen, und als durch Erfahrung erwieſen vorauszuſetzen, und eben ſo den Weg zur Ableitung der Erſcheinungen daraus anzugeben, ohne die Bewährung derſelben beifügen zu können. Der Gang der Darſtellung iſt im Allgemeinen der von Ampère ſelbſt gewählte und auch von Demonferrand in ſeinem Manuel d'électricité dynamique befolgte. Quellen, um ſich näher über dieſe Erſcheinungen zu unterrichten, ſind theils die bekannten phyſikaliſchen Journale; das Schweiggerſche, das ehemalige Gilbertſche, jetzige Poggendorfiſche, das neuentſtandene Kaſtnerſche; von Ampère der Exposé des nouvelles découvertes sur l'électricité et le magnetisme par Ampère et Babinet. 1822; (überſetzt unter dem Titel Darſtellung der neuen Entdeckungen über die Elektricität und den Magnetiſmus u. ſ. w. Leipzig b. Voß. 1822); einige kleinere Ueberſichten von demſelben: Exposé methodique des phénomènes électrodynamiques et des lois de ces phénomènes; 1823; — Précis de la théorie des phénomènes électrodynamiques pour servir de supplément à son récueil d'Observations électro-dynamiques et au Manuel d'Électricité dynamique de M. Demonferrand. 1824. — Description d'un appareil électrodynamique construit par Ampère, 1824. Endlich ſein Hauptwerk Récueil d'observations électrodynamiques. — Von Demonferrand das erwähnte Werk, von mir überſetzt unter dem Titel: Handbuch der dynamiſchen Elektricität 1824; von Pfaff der Elektromagnetismus, eine hiſtoriſch-kritiſche Darſtellung der bisherigen Entdeckungen auf dem Gebiete deſſelben nebſt eigenthümlichen Verſuchen. 1824.

Die Beifügung namentlich dieſer Zuſätze über den Elektromagnetismus hat die Einſchiebung einer neuen, im Biotſchen Lehrbuch nicht vorhandnen, Kupfertafel, der zwölften, nöthig gemacht; und da ich mit den erläuternden Figuren ſo ſparſam, als mir das Erforderniß der Deutlichkeit zuzulaſſen ſchien, umgegangen bin, ſo habe ich noch Raum gewonnen, auch zu einigen andern Zuſätzen über den Thermomagnetismus und Prechtls Unterſuchungen über den Transverſalmagnetismus einige Figuren beifügen zu können. Die Darſtellung von letztern Unterſuchungen, ſo wie der ſo wichtigen von Becquerel über die elektriſchen Wirkungen, welche durch chemiſche Vorgänge, Capillarität, bei Auflöſungen und bei Berührung flüſſiger mit feſten Stoffen eintreten, wird man indeß erſt als Zuſätze dem vierten Bande beigefügt finden, zugleich mit mehreren andern, die mir eine Aufnahme zu verdienen ſchienen. Auch werde ich dort das Verzeichniß der noch zurückgebliebenen Druckfehler für alle vier Bände beifügen; und ein vollſtändiges Sachregiſter, welches an der franzöſiſchen Ausgabe fehlt, wird dazu beitragen, die Brauchbarkeit des Werks zu erhöhen. Um ihm dieſe auf die Dauer zu ſichern, iſt es meine Abſicht, nach einiger Zeit die neuen Fortſchritte der Phyſik, und vielleicht eine weitere Ausführung einiger, in gegenwärtigem Werke ſchon enthaltenen Abſchnitte, ſupplementariſch nachzutragen.

Inhaltsverzeichniß
zum
dritten Bande.

Fünftes Buch.

Vom Magnetismus.

Seite.
Erſtes Capitel. Allgemeine Erſcheinungen der magnetiſchen Anziehung und Abſtoßung. 1
Zweites Capitel. Allgemeine Beobachtungen über die Erregung des Magnetismus in den Stäben; Analogie der Magnete mit den elektriſchen Säulen. 13
Drittes Capitel. Erforſchung und Wirkung der richtenden Kräfte, welche der Erdkörper auf die Magnetnadeln ausübt. 18
Viertes Capitel. Ueber die verſchiedenen Arten, den Magnetismus rege zu machen. 33
Fünftes Capitel. Allgemeine Vertheilung des freien Magnetismus in den, durch die Methode des Doppelſtrichs magnetiſirten, Drähten. Geſetze der magnetiſchen Anziehungen und Abſtoßungen. 54
Sechſtes Capitel. Unterſuchungen über die Intenſität des freien Magnetismus, der an den verſchiedenen Puncten einer, durch die Methode des Doppelſtrichs bis zur Sättigung magnetiſirten, Nadel vorhanden iſt. 63
Siebentes Capitel. Von der beſten Geſtalt, die man den Compaßnadeln zu geben hat. 69
Achtes Capitel. Von der Wirkung der Magnete auf alle Naturkörper. 71
Neuntes Capitel. Geſetze des Erdmagnetismus unter verſchiedenen Breiten. 74

Zuſätze.

Seite.
Ueber die Geſtalten und Farben des Nordlichts. . 106

Zehntes Capitel. Praktiſche Anweiſungen über die Mittel, die Elemente des Erdmagnetiſmus auf Reiſen zu beobachten 109

Zuſätze.

Ueber die Geſetze, nach welchen weiches Eiſen auf die Magnetnadel wirkt. 123

Eilftes Capitel. Ueber den Magnetiſmus, der durch ſtrömende Elektricität (électricité en mouvement) in den Metallen hervorgerufen wird. 127

Zuſätze.

Der Elektromagnetiſmus nach Ampère's Theorie. . 197
A) Vorerinnerungen. . . . . —
B) Fundamentalſätze. 198
C) Einfluß der Erde auf die Voltaiſchen Leiter. 207
D) Zurückführung der Wirkungen des Magnetiſmus auf die, elektriſcher Ströme. 210
E) Rotationsverſuche durch Einwirkung von Magneten und Leitern auf einander. 213
F) Nachtrag verſchiedner Sätze. . . . 215
G) Beſchränkung und nähere Erörterung einiger der vorigen Sätze. 217

Zuſätze.

Ueber Thermoelektricität. 218

Sechſtes Buch.

Vom Lichte.

Allgemeine Betrachtungen. 225

Katoptrik.

Erſtes Capitel. Allgemeine Geſetze der Zurückwerfung des Lichtes. 231
Zweites Capitel. Vom ebenen Spiegel. 235

Seite.
Drittes Capitel. Von den gekrümmten Spiegeln. . . 240
Viertes Capitel. Vom Heliostat. 246
Fünftes Capitel. Allgemeine Betrachtungen über die Kräfte, welche die Zurückwerfung des Lichts an der Oberfläche der Körper bedingen. 247

Dioptrik.

Erstes Capitel. Allgemeine Geſetze der einfachen Stralenbrechung. 258
Genaue Beſtimmung des Brechungsverhältniſſes in den feſten Subſtanzen. 262
Beſtimmung des Brechungsverhältniſſes in den tropfbaren Flüſſigkeiten. 266
Beſtimmung des Brechungsverhältniſſes der luftförmigen Stoffe. 268
Von den ſphäriſchen Linſen. 272
Beſtimmung der Bilder, welche durch Zerſtreuungsgläſer erhalten werden. Gebrauch derſelben zur Abhülfe der Kurzſichtigkeit. 279
Beſtimmung der Bilder, welche durch Collectivgläſer hervorgebracht werden. Gebrauch derſelben zur Abhülfe der Weitſichtigkeit. 284
Von den Lupen und einfachen Mikroſkopen. . . . 288
Zweites Capitel. Phyſikaliſche Theorie der Brechung. . 293
Drittes Capitel. Von der doppelten Stralenbrechung. . 325
Von der Zurückwerfung auf der zweiten Oberfläche der Kryſtalle. 355
Uebergang des Lichts zwiſchen mehrern aneinander gränzenden, mit doppelter Brechung begabten, Körpern. 359
Viertes Capitel. Einrichtung der Mikrometer mit doppelten Bildern. 362
Von einigen ſonderbaren Erſcheinungen, welche durch die doppelte Brechung hervorgebracht werden. . . 371
Fünftes Capitel. Ueber die doppelte Brechung, welche im zuſammengedrückten Glaſe vor ſich geht. 375

Zerlegung des Lichts.

Erſtes Capitel. Von der, durch die Brechung hervorgebrachten, Farbenzerſtreuung. 377
Wiederzuſammenſetzung der Farben. 394
Von den Miſchungen der einfachen Farben. . . . 399

Seite.
Zweites Capitel. Einfluß der ungleichen Brechbarkeit der Stralen auf das Sehen durch Priſmen. 403
Drittes Capitel. Vom Achromatiſmus. 411
Viertes Capitel. Von der Farbenzerſtreuung, welche die ungewöhnliche Brechung begleitet, und der Trennung der Axen der doppelten Brechung in Bezug auf die verſchiedenen einfachen Stralen. 420
Fünftes Capitel. Von den dioptriſchen Inſtrumenten, welche aus einer Verbindung mehrerer Gläſer gebildet werden. . 422
Vom zuſammengeſetzten Mikroſkop. 423
Hinzufügung des zweiten Ocularglaſes. Einrichtung der achromatiſchen Oculare. 431
Von den dioptriſchen Fernröhren. 435
Von den Inſtrumenten, welche aus einer Verbindung von Spiegeln und ſphäriſchen Linſen gebildet ſind. 438
Allgemeines Verfahren Arago's zur Beſtimmung der Vergrößerung in den optiſchen Inſtrumenten. . 441
Von einigen Apparaten, welche zu optiſchen Verſuchen angewandt werden. 443
Die Camera obscura. . . . . —
Das Megaſkop. 444
Das Sonnenmikroſkop. 445
Die Camera lucida. 446
Vom Geſichtsorgan. 447

Fünftes Buch.

Vom Magnetismus.

Erſtes Capitel.

Allgemeine Erſcheinungen der magnetiſchen Anziehung und Abſtoßung.

Faſt alle Mineralien, die das Eiſen in einem wenig oxydirten Zuſtande enthalten, beſitzen, aus der Erde zu Tage gefördert, die ſonderbare Eigenſchaft, das Eiſen durch eine, unſichtbar in die Ferne wirkende, Kraft anzuziehen. Oft iſt dieſe Anziehungskraft ſo ſchwach, daß ſehr feine Unterſuchungen erforderlich ſind, ſie auszumitteln; zuweilen aber tritt ſie in ſo mächtigem Grade hervor, daß ſie beträchtliche Gewichte zu erheben vermag. Dann erhält das Mineral den Namen *Magnet* (aimant, magnes), griechiſch μαγνης (von der Stadt Magneſia in Kleinaſien, wo die anziehende Kraft des Magnets zuerſt beobachtet worden iſt).

Auf die einfachſte Weiſe läßt ſich das Vermögen und die Vertheilung der anziehenden Kraft in einem Stück eines natürlichen Magneten dadurch bemerklich machen, daß man ihn in Eiſenfeile herumwälzt und dann zurückzieht. Man ſieht alsdann, daß eine mehr oder minder beträchtliche Menge dieſer Eiſenfeile an den verſchiednen Theilen ſeiner Oberfläche, obwohl nicht an allen gleichmäßig, hängen geblieben iſt. Vorzüglich auffallend zeigt ſich dieſer Erfolg an zwei entgegengeſetzten Stellen N, S, Fig. 1, wo die Eiſentheilchen ſich in größerer Maſſe anſammeln und eine unendliche Menge kleiner ſich ſträubender, unter einander paralleler, Nadeln bilden. Man nennt dieſe Stellen *Pole* des Magnets. Zu leichterer Beobachtung ihrer Eigenſchaften will ich annehmen, daß man ihnen die Form zweier ebenen und parallelen Flächen, S, N, Fig. 2, in einer, auf die Richtung der kleinen Nadeln ungefähr ſenkrechten, Richtung gegeben habe. Alsdann laſſen ſich folgende Erſcheinungen wahrnehmen.

Jeder Pol zieht die Eiſenfeile, wenn man ihn derſelben nähert, ſchon *aus der Ferne* an, gerade wie eine geriebene Siegellackſtange die leichten Körper, denen man ſie darbietet. Hängt man horizontal eine kleine Eiſen- oder Stahlnadel an einem Faden von Flachs, Seide oder ſonſt einer biegſamen Subſtanz auf, ſo daß ſie einer völlig freien Beweglichkeit genießt, ſo wird ſie ebenfalls von jedem Pol des Magnets angezogen und zur Drehung um ihren Mittelpunct gebracht werden. Dies Vermögen äußert ſich durch die Körper hindurch, gleichviel ob ſie die El. leiten oder nicht: ſo durch Waſſer, Papier, Flamme u. ſ. w. Auch iſt die Wirkſamkeit des Magnets an keine Iſolirung gebunden, und durch Berührung wird ihm nichts entzogen.

Welches iſt die Beſchaffenheit der Grundurſache, von der dieſe Erſcheinungen abhängen? Wir wiſſen es nicht. Indeß welcher Art ſie auch ſeyn möge, immer wollen wir dieſelbe der Kürze halber mit dem Namen *Magnetismus* bezeichnen; eben ſo wie wir die unbekannte Grundurſache der el. Erſcheinungen *Elektricität* und die nicht minder unbekannte Urſach der Wärme *Caloricum* nannten. Nur werden wir uns zu hüten haben, um uns nicht vom wahren Wege der Wiſſenſchaft zu verirren, der magnetiſchen Grundurſache keine andern Eigenſchaften und Beſchaffenheiten beizulegen, als die durch die Erſcheinungen, welche ſie hervorbringt, ausgeſprochen oder gefodert werden.

Wenn man die Polfläche S eines Magnets ſucceſſiv in Berührung mit den Polflächen S' und N' eines andern Magnets bringt, ſo findet man, daß ſie die eine derſelben, N' z. B. anzieht, die andre S' abſtößt. Umgekehrt zieht die Polfläche N des erſten Magnets, S' an und ſtößt N' ab.*) Das wechſelſeitige Streben der Flächen zur Anziehung äußert ſich nicht allein durch das Aneinanderhaften, welches zwiſchen ihnen eintritt, wenn ſie ſich berühren, ſondern auch durch das bemerkbare Kraftbeſtreben, welches ſie zur Vereinigung zeigen, wenn ſie nicht weit von der Berührung entfernt ſind. Minder leicht würde ſich auf dieſe Weiſe die Abſtoßung wahrnehmen laſſen, doch kann man ſie dadurch bemerkbar machen, daß man einen von beiden Magneten auf ein Bretchen legt, und dies auf dem Waſſer ſchwimmen läßt, ſo daß es ſich frei bewegen kann; bietet man ihm dann den andern Magneten dar, ſo wird er ſich dieſem nähern oder davon entfernen, je nachdem er angezogen oder abgeſtoßen wird. Man ſieht ſonach aus dieſem Verſuche, daß die Kräfte, welche von den beiden

---

*) Man nennt deshalb N und S' in Bezug zu einander *freundſchaftliche* Pole, N und N' dagegen *feindſchaftliche*. Eben ſo ſind S und N' freundſchaftliche, S und S' feindſchaftliche Pole.

Polflächen eines Magnets geäußert werden, ſich nicht gleichen, indem die eine anzieht, was die andre abſtößt, und umgekehrt. Die einfachſte Annahme, auf die wir dieſe Erſcheinungen zurückführen können, wird die zweier Arten von Magnetismus ſeyn, die ſich, wo nicht ihrem phyſiſchen Weſen nach, worüber wir noch nicht einmal beſtimmte Vermuthungen ausſprechen können, doch wenigſtens ihrer nach Außen erkennbaren Wirkung nach unterſcheiden. Eben ſo leiteten uns die Erſcheinungen der el. Anziehung und Abſtoßung zur Unterſcheidung zweier Arten von El., die wir poſitive und negative, oder nach den Hülfsmitteln ihrer Erregung, Glasel. und Harzel. nannten; wobei wir bemerken können, daß jeder der beiden Magnetismen in einem der entgegengeſetzten Pole des Magnetismus herrſcht, eben ſo wie jede der beiden Elektricitäten in einem der entgegengeſetzten Pole eines erwärmten Turmalins vorwaltet.

Unterſucht man die Büſchel von Eiſenfeile, die an den Magnetpolen hängen bleiben, ſo findet man die Strahlen derſelben aus mehrern Theilchen von Feilſpänen zuſammengeſetzt, die mit ihren Enden an einander hängen. Dieſe Erſcheinung verdient vorzügliche Aufmerkſamkeit, indem ſie uns lehrt, daß das Eiſen, in Berührung mit dem Magnet gebracht, ſelbſt magnetiſch wird, eben ſo wie ein iſolirter Körper el. wird, wenn man denſelben einem elektriſirten Körper nähert.

Um dieſe Eigenſchaft ins Licht zu ſetzen, nehme man mehrere Stäbe recht reinen, angelaſſenen (ausgeglühten) Eiſens, das ſich in der Kälte leicht und ohne zu ſpringen nach allen Richtungen biegen und drehen läßt; in welchem Zuſtande es weiches Eiſen oder Stabeiſen genannt wird. Nachdem man ſich überzeugt hat, daß dieſe Stäbe noch keine eigene magnetiſche Kraft beſitzen, was man an ihrem Unvermögen, Eiſenfeile feſtzuhalten, erkennt, hängt man einen derſelben, mn Fig. 3, an dem Pol N eines Magnets auf; ſogleich nimmt das untere Ende n dieſes Stabes alle magnetiſchen Eigenſchaften an. Taucht man es in Eiſenfeile, ſo bleiben dieſe daran hängen. Man kann ſelbſt an den erſten ſo angehangenen Stab einen zweiten, an dieſen einen dritten hängen, u. ſ. f., wie Fig. 3 zeigt; es werden deren ſo viele, immer einer an dem andern, haften bleiben, bis ihr Geſammtgewicht größer wird, als das Gewicht, was der Magnet zu tragen vermag. Dann reißt ſich der erſte Stab mn los, und alle fallen herab, indem ſie ſich von einander trennen. Verſucht man jetzt, ſie wieder zu vereinigen, ſo findet man, daß ſie das Vermögen verloren haben, einander wechſelſeitig zu halten. Jedoch werden ſie gewöhnlich noch einen ſchwachen Ueberreſt von Magnetismus zurückbehalten, wie ſich zeigt, wenn man ſie in Feilſpäne taucht. Dieſe vorübergehende Mittheilung des Magnetismus hat auch noch Statt, wenn der erſte Stab m, anſtatt den Magneten zu berühren, demſelben nur ſehr genähert wird, wie wenn man ihn durch eine Karte oder eine Glasplatte davon getrennt hält. Das Geſammtgewicht jedoch, welches ſo aus der Ferne gehalten wird, iſt geringer, als das, was der Magnet bei unmittelbarer Berührung feſthält, woraus erſichtlich iſt, daß die magnetiſche Anziehung mit der Entfernung abnimmt.

Nimmt man anſtatt weichen Eiſens Stäbe von Stahl oder ſtark gehämmertem Eiſen, ſo läßt ſich das Anhaften derſelben an einander minder leicht und ſchnell bewerkſtelligen, iſt aber von mehr Dauer, und die Stäbe behalten auch nach ihrer Trennung vom Magnet den Magnetismus noch, den ſie durch ihre Berührung unter ſich oder mit dem Magnet erlangt hatten.

Das weiche Eiſen einerſeits und der Stahl anderſeits verhalten ſich bei dieſen Verſuchen, wie eine Metallſtange und eine Siegellackſtange, wenn beide in den Wirkungskreis eines elektriſirten Körpers kommen. Im Metall geſchieht die Zerſetzung der natürlichen Elektricitäten ſchnell, aber eben ſo ſchnell treten ſie auch wieder zum natürlichen Zuſtand zuſammen, ſo wie das Metall aus dem Wirkungskreiſe des elektriſirten Körpers gebracht wird. Im Siegellack dagegen erfolgt die Trennung der natürlichen Elektricitäten ſchwer; ſind ſie aber einmal getrennt, ſo finden ſie eine eben ſo ſtarke Schwierigkeit, ſich wieder zu vereinigen, und der el. Zuſtand bleibt auch nach Entfernung des urſprünglich elektriſirten Körpers noch.

Auf eine noch ſchnellere und wirkſamere Weiſe als durch einen einzigen Magneten läßt ſich der Magnetismus einem Stahlſtabe durch zwei mittheilen, indem man ſeine beiden Enden zugleich in Berührung mit den Polen bringt, mit welchen dieſe Magnete ſich anziehen. Die nämlichen Magnete können auf dieſe Weiſe eine beliebige Anzahl Stäbe magnetiſch machen, ohne etwas von ihrer erſten Kraft zu verlieren, woraus erhellt, daß ſie auf die Stäbe nichts übergehen laſſen, ſondern blos durch ihren Einfluß ein, darin verhehltes, Princip entwickeln. Eben ſo verliert eine geriebene Siegellackſtange nichts von ihrer El. durch die Zerſetzungen, welche ſie durch ihre vertheilende Wirkung aus der Ferne auf die natürlichen Elektricitäten der andern Körper ausübt.

Hängt man einen ſo magnetiſirten Stab oder Draht von Stahl horizontal an einer Vereinigung von ungedrehten Seidenfäden auf, oder läßt man ihn auf dem Waſſer ſchwimmen, indem man ihn auf ein Bretchen von Holz oder Kork legt, ſo kehrt er ſich nicht ohne Unterſchied nach dieſer oder jener Gegend des Raumes; ſondern nimmt eine beſtimmte Richtung an, die in Europa jetzt ziemlich nach Nord=Nord-

Weſt und Süd=Süd=Oſt fällt. Ich ſage, in Europa, denn an manchen Orten auf der Erde weicht das Nordende des Stabs vom Meridian nach Weſt, an andern nach Oſt ab, an andern endlich trifft es mit der Richtung des Meridians ſelbſt zuſammen. Dieſe Abweichung vom Meridian wird die magnetiſche Abweichung oder Declination genannt. Sie bleibt ſich in demſelben Augenblick und an dem nämlichen Orte für alle Magnete gleich, ſo daß ſämmtliche frei aufgehangene Magnetnadeln unter dieſen Umſtänden genau parallele Richtungen annehmen. Dieſe gemeinſchaftliche Richtung erleidet indeß mit der Zeit Abänderungen, Geſetzen zufolge, die wir weiterhin durch die Beobachtung kennen lernen werden. Die Verticalebene, in welche an irgend einem Orte die Richtung der frei beweglichen Magnetnadel fällt, wird der magnetiſche Meridian dieſes Orts genannt, weil er im Allgemeinen wenig von dem aſtronomiſchen Meridian an den Orten der Erde abweicht, die durch die Schiffahrt anfangs am bekannteſten waren. Man hat jedoch ſpäter erkannt, daß an manchen Stellen der Erdkugel, namentlich den Polargegenden, die Abweichung der Magnetnadel ſehr beträchtlich wird, ja ſelbſt auf 90° bis 100° (nach der Kreiseintheilung im 400°) ſteigt; ſo daß hier die Nadel ſich gegen den wahren Oſten und Weſten richtet, anſtatt gegen Norden und Süden gerichtet zu ſeyn.

Schweben auf dieſe Weiſe mehrere Magnetnadeln frei beweglich in horizontaler Richtung, ſo ſind diejenigen ihrer Enden, die ſich nach dem nämlichen Pol der Erde kehren, ſolche, welche bei der Erweckung des Magnetiſmus mit dem nämlichen magnetiſchen Pole in Berührung waren, und mithin einen gleichartigen Magnetiſmus empfiengen. Nähert man dieſe Enden einander, ſo ſieht man, daß ſie ſich wechſelſeitig abſtoßen. Dagegen bemerkt man bei Annäherung der Enden, die einen ungleichartigen Magnetiſmus erhielten, aneinander, eine Anziehung derſelben. Auch hierin alſo verhalten ſich die beiden Magnetiſmen wie die beiden Elektricitäten.

Bietet man einen der Pole eines Magnets einer Magnetnadel von weitem dar, die in ihrer Mitte ſo aufgehangen iſt, daß ſie in horizontaler Lage im Gleichgewicht bleibt, ſo wirken zwar beide Pole des Magnetiſmus zugleich auf die Nadel; allein die Wirkung des nähern überwiegt immer die des entferntern. Die Nadel kehrt alſo dem Magnet denjenigen ihrer Pole zu, welcher angezogen wird, und wendet den zurückgeſtoßenen ab. Hat ſie ſo eine Lage des Gleichgewichts angenommen, und entfernt man ſie nur ganz wenig aus derſelben, ſo kehrt ſie durch eine Folge von Oſcillationen darein zurück, eben ſo wie ein, aus der Verticale entferntes, Pendel durch das Kraftbeſtreben der Schwere in dieſelbe zurückgeführt wird. Ganz gleiche Bewegungen beobachtet man auch an frei aufgehangenen Magnetnadeln, wenn ſie nur um ein Weniges aus ihrem magnetiſchen Meridian entfernt werden. Alſo wirkt die Erdkugel ſowohl in dieſer Hinſicht, als vermöge der beſtändigen Richtung, die ſie den Magnetnadeln ertheilt, gerade ſo auf dieſelben, wie ein wahrer Magnet auf ſie wirken würde; mag ſie nun dieſe Eigenſchaft der Menge von Eiſengängen, die ſie in ihrem Innern enthält, oder auch einer andern noch allgemeinern Urſach verdanken. Dies bietet uns eine treffliche Benennungsart zur Unterſcheidung der beiden Arten von Magnetismus dar, indem wir nördlichen Magnetismus den nennen, der im nördlichen Theil der Erdkugel herrſcht, ſüdlichen den, der in der ſüdlichen Halbkugel herrſcht. Um dann der Analogie hinſichtlich der Anziehungen und Abſtoßungen treu zu bleiben, werden wir das Ende der Nadeln, welches nördlich gerichtet iſt, als ihren Südpol zu betrachten haben, und das ſüdlich gerichtete Ende als ihren Nordpol.*)

Die vorſtehenden Verſuche geben uns blos die Richtung der Verticalebene an, in welcher an jedem Orte die Richtung der Mittelkraft aus den geſammten magnetiſchen Kräften des Erdkörpers fällt; welches aber iſt die abſolute Richtung dieſer Mittelkraft in dieſer Ebene? Dies auszumitteln, verfertigen wir eine recht vollkommen cylindriſche Stahlnadel an, Fig. 4, und befeſtigen in der Mitte ihrer Länge eine Axe in einer auf ihr ſenkrechten Richtung; darauf ſtützen wir ſie mittelſt dieſer Axe auf zwei gut geglättete, genau in Eine Horizontalfläche gebrachte, Ebenen und bringen ſie vor Ertheilung des Magnetismus ſo ins Gleichgewicht, daß ſie ohne Unterſchied in allen Lagen bleibt, die man ihr giebt. Haben wir ſie jetzt magnetiſirt, und ſetzen ſie wieder in der Richtung des magnetiſchen Meridians auf ihr Geſtelle, ſo wird ſie nicht mehr in jeder Lage im Gleichgewicht bleiben. Dasjenige ihrer Enden, welches den ſüdlichen Magnetismus beſitzt, wird ſich gegen den Horizont neigen, wenigſtens in Europa, und nach einigen Oscillationen ſtill ſtehn bleiben, in einer Lage, die mit der Verticale einen gewiſſen beſtändigen Winkel bildet. Dieſer Winkel wird die magnetiſche Neigung oder Inclination genannt. Er bleibt ſich an jedem Orte für alle Magnetnadeln gleich; iſt aber an verſchiednen Orten ſelbſt verſchieden. Am Aequator iſt ein Erdſtrich, wo die Magnetnadel, wenn ſie in den magnetiſchen Meridian geſtellt wird, horizontal bleibt. Nördlich von dieſem Erdſtrich neigt die Magnetnadel dasjenige ihrer Enden, welches den ſüdlichen Magnetismus beſitzt (das nach Norden gekehrte) gegen die Erdoberfläche; ſüdlich dasjenige, welches den nördlichen Magnetismus beſitzt; welches zwei zu beiden Seiten des Erdäquators herrſchende Arten von Kräften andeutet, von denen die einen ſüdlich, die andern nördlich ſind. Weiterhin werden wir die beſondern Geſetze dieſer Erſcheinung näher unterſuchen; hier begnüge ich mich, ſie als eine Thatſache der Beobachtung aufzuſtellen.

---

*) Die franzöſiſchen Benennungen ſind in dieſer Hinſicht das Umgekehrte der Deutſchen, wo, mit Vernachläſſigung jener Analogie, in Bezug auf die unmittelbare Erſcheinung, das nördlich gerichtete Ende der Magnetnadeln Nordpol, das ſüdlich gerichtete, Südpol heißt. Ich werde indeß im Verfolg der Ueberſetzung der franzöſiſchen Bezeichnungsart folgen, wie ſie im Text erklärt iſt, da ſonſt manche Beziehungen minder deutlich hervortreten möchten. Nordpol alſo wird uns das ſüdlich gerichtete Ende oder Südende, Südpol das nördlich gerichtete Ende oder Nordende des Magnets ſeyn.

Um die magnetiſche Neigung genau zu meſſen, bringt man die Axe, um welche die Magnetnadel beweglich iſt, in der Mitte eines verticalen Kupferkreiſes MM, Fig. 5, an, deſſen, in Grade eingetheilter, Rand ſich um eine, gleichfalls verticale, Axe VV dreht, ſo daß er in jede Lage gegen die Cardinalpuncte des Horizonts gebracht werden kann. Die Axe VV iſt ſelbſt in der Mitte eines horizontalen, gleichfalls eingetheilten, Kreiſes HH angebracht, welcher dient, die Richtung anzugeben, in welche man den erſten Kreis MM gedreht hat. Dieſen Apparat nennt man *Inclinatorium*, *Neigungs-* oder *Inclinationsnadel*. Die Art, wie die Nadel zu magnetiſiren, wie ſie ſchwebend zu erhalten, und ſelbſt wie die Neigung derſelben zu meſſen iſt, erfordert mehrere wichtige Vorſichtsmaßregeln; deren nähere Erörterung wir jedoch bis nach Feſtſtellung der Geſetze des Magnetismus verſchieben müſſen.

Kennt man ſo für einen Ort die Richtung der Mittelkraft der magnetiſchen Kräfte, die der Erdkörper ausübt, ſo kann man durch einen ſehr in die Augen fallenden Verſuch die Wirkung derſelben ſogleich nachweiſen. Man hänge eine Magnetnadel sn, Fig. 6, an einer Verbindung ungedrehter Seidenfäden auf, und bringe ſie durch ein kleines, auf ihrem Südende (wenn der Verſuch in unſrer Hemiſphäre angeſtellt wird) angebrachtes, Gegengewicht ins Gleichgewicht, ſo daß ſie vollkommne Freiheit hat, ſich in einer Horizontalebene zu bewegen. Hat ſie ſich von ſelbſt in den magnetiſchen Meridian gedreht und iſt darin zur Ruhe gekommen, ſo nehme man einen Stab weichen unmagnetiſirten Eiſens S′N′ von ungefähr anderthalb Meter Länge und ein bis zwei Quadratcentimetern Durchſchnittsfläche, halte dieſen Stab ziemlich in der Richtung der magnetiſchen Neigung, und nähere ſo ſein unteres Ende S′ dem Nordende der Nadel; es wird Abſtoßung eintreten. Nähert man dagegen das obere Ende N′, indem man den Stab parallel mit ſich ſelbſt herabbewegt, Fig. 7, ſo wird ſich Anziehung zeigen. Man ſieht alſo, daß in dieſer geneigten Lage der Stab plötzlich durch den magnetiſchen Einfluß des Erdkörpers magnetiſirt wird, gerade wie er es durch den Einfluß irgend eines andern Magneten, dem man ihn hingehalten hätte, geworden ſeyn würde; indem ſeine untere Hälfte, welche ſich der Erde zunächſt befindet, einen Magnetismus annimmt, der dem in unſerer Hemiſphäre herrſchenden, entgegengeſetzt iſt, d. i. den ſüdlichen, während die obere Hälfte die andere Art des Magnetismus erhält, d. i. den nördlichen. Die beiden Enden S′, N′ des Stabes finden ſich ſolchergeſtalt in dem nämlichen Zuſtande, als die beiden Enden s, n der Nadel, die nach den nämlichen Erdpolen gekehrt waren; und daher kam es, daß bei Annäherung von s an S′ Abſtoßung, bei Annäherung von s an N′ dagegen Anziehung Statt fand. Um darzuthun, daß der Grund dieſer Erſcheinungen wirklich in einem plötzlichen Magnetiſchwerden des Stabes vermöge der Lage, in die man ihn gebracht hat, liegt, braucht man ihn nur umzukehren, ſo aber daß ſeine Neigung noch die nämliche bleibt; jedes der Enden, unteres ſowohl als oberes, wird dann gerade wieder die Erſcheinungen, die wir in Bezug auf dieſe relative Lage beider Enden angaben, hervorbringen, ſo daß dieſe Erſcheinungen für jedes Ende die den vorigen entgegengeſetzten ſeyn werden. Die magnetiſchen Pole des Stabes werden mithin durch dieſes Umkehren zugleich mit umgekehrt; und deshalb, damit dieſe Umkehrung der Pole augenblicklich erfolgen könne, hat man einen Stab von weichem Eiſen, nicht von Stahl oder von hartem Eiſen zu nehmen. Aus ganz derſelben Urſach erlangen die eiſernen Kreuze auf Thürmen ſo wie andre Eiſenſtangen, die lange in verticaler Lage aufrecht ſtehen, magnetiſche Eigenſchaften. Der Erdkörper magnetiſirt ſie durch ſeinen Einfluß. Dieſe Wirkung würde nur vorübergehend ſeyn, wenn das Eiſen, aus welchem dieſe Stangen beſtehen, ganz weich wäre; aber das Hämmern, welches ſie bei der Bearbeitung erfahren, und ſelbſt die lange fortgeſetzte Einwirkung der Luft verſetzen ſie, zumal an ihrer Oberfläche, in einen ſtarrern Zuſtand. Dann vermag der Magnetismus nicht mehr augenblicklich darin entwickelt zu werden, und nur mit der Zeit kann ihn die Wirkung des Erdkörpers darin hervorrufen; aber eben deshalb iſt er auch bleibend, ſobald er einmal erregt iſt. Nach Gilbert, Baco's Freunde, der im J. 1600 ein geiſtvolles Werk über den Magnetismus ſchrieb, wurde dieſe Bemerkung zum erſten Mal am Stiel der Wetterfahne auf dem Auguſtinerthurm zu Mantua gemacht. Andere ſchreiben Gaſſendi die erſte Beobachtung zu, der ſie am Kreuz des Kirchthurms zu Aix in der Provence machte. Was jedoch die Theorie der Erſcheinung betrifft, auf die es hauptſächlich ankommt, ſo ſcheint ſie mir Gilbert allein anzugehören.

Die Eigenſchaft des Magneten, ſich nach einer beſtimmten Himmelsgegend zu richten, gehört zu den ſchönſten Entdeckungen, die je gemacht worden ſind; in ihr finden die Seefahrer das Mittel, die Richtung ihrer Bahn durch die Unermeßlichkeit der Meere, mitten in den dunkelſten Nächten, und zu Zeiten, wo Nebel und Stürme den Anblick des Himmels verdecken, zu finden. Eine Magnetnadel, im Gleichgewicht auf einem Stifte ſchwebend, wird ihr Führer, der ſie eben ſo ſicher leitet, als es der Anblick der Geſtirne vermag. Dieſe eben ſo nützliche als einfache Erfindung iſt kaum weiter als bis ins zwölfte Jahrhundert zurück zu datiren. Bis dahin durften die Schiffer nicht wagen, ſich weit von den Küſten zu entfernen. Die Entdeckung der Bouſſole oder des Schiffscompaſſes ſetzte ſie in den Stand, in das hohe Meer hineinzuſteuern und neue, von den mächtigſten Nationen des Alterthums ungekannte, Länder aufzuſuchen.

Was für die meiſten der nützlichſten Erfindungen, gilt auch für dieſe; man kennt den Namen deſſen nicht, welchem das menſchliche Geſchlecht eine ſo große Wohlthat verdankt. Man weiß nicht einmal genau, welches die Nation war, die zuerſt die Polarität der Magnetnadel als Mittel benutzte, eine Richtung im Raume ſicher zu bezeichnen. Die Jeſuitiſchen Miſſionarien verſichern, daß man bei den Chineſen Spuren dieſes Gebrauchs, die ſich in ein ſehr hohes Alterthum verlieren, findet; jedoch glauben ſie, daß man ſich deſſelben nur als Mittel, Richtungen des Weges auf der Erde zu finden, bediente, nicht aber daran dachte, auf dem Meere Gebrauch davon zu machen; was unſtreitig viel wichtiger iſt, weniger jedoch es für ein Volk ſeyn konnte, deſſen Schiffahrt immer nur ſehr beſchränkt geweſen zu ſeyn ſcheint. Wie dem auch ſey, ſo findet man ſichere Beweiſe von der Kenntniß und den Gebrauch des Schiffscompaſſes ums Jahr 1150.

Dies ſind die vornehmſten Erſcheinungen der magnetiſchen Anziehung und Abſtoßung. Bevor wir ſie auf eine Theorie zurückführen, will ich noch einige andre Thatſachen näher erörtern, von denen ich deshalb nicht früher ſprach, um den Gang der Darſtellung nicht zu unterbrechen.

Lange Zeit hat man den Stahl und das Eiſen für die einzigen des Magnetismus fähigen Subſtanzen gehalten; jedoch in den neuen Zeiten entdeckt, daß auch Nickel und Kobalt deſſelben theilhaftig gemacht werden können. Wenn ſelbſt dieſe Metalle durch chemiſche Verfahrungsarten aufs Sorgfältigſte gereinigt worden ſind, laſſen ſich die, daraus verfertigten, Nadeln magnetiſch machen, und zeigen dann ein ſehr ſtarkes Beſtreben, die magnetiſche Richtung anzunehmen; vielleicht zwar kein ſo ſtarkes als Stahlnadeln, das ſich jedoch auf keinen Fall einem etwa darin zurückgebliedenen Rückſtand von Eiſen zuſchreiben läßt, der, nach der angewandten Verfahrungsart, wo nicht null, doch ganz unmerklich ſeyn muß. Weiterhin werden wir ſehn, was von dem Magnetismus zu halten iſt, den mehrere Phyſiker dem Kupfer und verſchiednen andern Körpern beigelegt haben.

Ein magnetiſcher Stab, von welchem Metall er immer beſtehen mag, verliert ſeine Eigenſchaft, wenn er bis zum Weißglühen erhitzt wird; er zieht in dieſem Zuſtande das magnetiſche oder unmagnetiſche Eiſen, was man ihm darbietet, nicht mehr an; noch wird er von ſolchem angezogen. Dies läßt ſich auf ganz einfache Weiſe zeigen, indem man einen fein zugeſpitzten Kupferſtift in den Docht einer guten Weingeiſtlampe bringt, und das Ganze mit einem cylindriſchen Glaſe umgiebt, welches die Bewegungen durch die äußere Luft verhütet. Man ſetzt auf dieſen Stift eine kleine magnetiſirte Stahlnadel, die man horizontal macht, und nachdem man ſich durch einen Verſuch überzeugt hat, daß ſie für die Wirkung eines dargebotenen Magnets oder magnetiſchen Stabes empfindlich iſt, zündet man die Lampe an. Die, in die Flamme tauchende, Nadel kommt bald zum Glühen; worauf man ihr den Magnetſtab von Neuem nähert. So lange ſie blos erſt rothbläulich glüht, zeigt ſie ſich gegen deſſen Gegenwart noch empfindlich, wird aber ganz unempfindlich dagegen, wenn ſie ins Weißglühen kommt.

Nach Beendigung dieſer Beobachtung entferne man den Magnet; und nachdem man die Nadel noch einige Zeit in der Flamme gelaſſen hat, löſche man dieſe aus. Die Nadel wird bald erkalten und dunkel werden. Befand ſie ſich nun während dieſer Operation nicht in einer, auf den magnetiſchen Meridian genau ſenkrechten, Richtung, ſo wird ſich zeigen, daß ſie nach dem Erkalten einige Spuren magnetiſcher Kraft wieder angenommen hat, die um ſo merklicher ſeyn werden, je näher die Richtung, in welcher ſich die Nadel beim Erkalten befand, dem magnetiſchen Meridian kam; woraus zu ſchlieſſen iſt, daß ſie derſelben durch dem Einfluß der Erde wieder mitgetheilt wurden. Es zeigt dies, daß im Fortſchreiten des Erkaltens ein gewiſſer Temperaturgrad eintritt, bei welchem die Stahlnadel für die magnetiſche Wirkung wieder empfänglich wird, und wo ſie noch hinlänglich ſtreckbar und weich iſt, um auch durch eine ſehr ſchwache Kraft Einfluß zu erleiden; worauf die, mit dem Erkalten zunehmende, Starrheit ſie fähig macht, in jeder denkbaren Lage den, in jener erſten erlangten, Magnetismus feſtzuhalten. Dieſer Verſuch, der wegen der, daraus zu ziehenden, Folgerungen Beachtung verdient, findet ſich ſchon in Gilberts Werke. Der Doctor Hook bediente ſich des nämlichen Mittels, um Stahlſtangen magnetiſch zu machen, indem er ſie nach vorgängiger Erhitzung bis zum Rothglühen, im Waſſer in der Richtung des magnetiſchen Meridians ſchnell ablöſchte; ein Verfahren, welches Robiſon noch dadurch verbeſſerte, daß er der verhältnißmäßig nur ſchwachen Wirkung des Erdkörpers die zweier ſehr kräftiger Magneten ſubſtituirte, welche an die beiden Enden der glühenden Stangen, im Augenblick des Ablöſchens gebracht wurden. Robiſon verſichert, daß die Stangen auf dieſe Weiſe ſehr ſtark magnetiſch wurden, welches vollkommen in Uebereinſtimmung mit den theoretiſchen Anſichten iſt, die ſich über die Magnetiſirung faſſen laſſen, wie ſich weiter unten zeigen wird. Man ſollte daher dieſe Methode nicht vernachläſſigen, indem ſie, namentlich zur Magnetiſirung dicker Stangen, von großem Nutzen ſeyn könnte.

Bei dieſer, wie bei allen bisher erwähnten, Verfahrungsarten wird der Magnetismus durch den Einfluß entweder eines andern Magneten oder des Erdkörpers erregt. (Man nennt dieſe Art den Magnetismus durch einen andern Magneten oder den, als ſolchem wirkenden, Erdkörper zu erregen, die magnetiſche Vertheilung, wo, wie man ſieht, die Analogie wiederum von der El. hergenommen iſt, indem der urſprüngliche Magnet, der einen andern zum Magneten macht, auch nichts von ſeiner Wirkſamkeit dabei verliert. Ob dieſe magnetiſche Vertheilung aber von denſelben Geſetzen abhänge, als die el., iſt eine andre Frage, auf welche die Antwort erſt weiterhin geſucht werden wird). Man kann aber auch den Magnetismus augenblicklich durch verſchiedene mechaniſche Mittel hervorbringen, wie durch Schlag, Druck, Drehung, el. Entladung, wie dies folgende Verſuche beweiſen.

Man nehme einen gewöhnlichen Eiſendraht von zwei bis drei Linien Durchmeſſer und zwölf bis funfzehn Zoll Länge; zerſtampfe ihn mit einem ſeiner Enden auf einer eiſernen Platte oder zwänge ihn auch durch eine, in eine etwas dicke Eiſenplatte, angebrachte Oeffnung und drehe und biege ihn dann nach verſchiedner Richtung, bis er bricht. Es wird ſich zeigen, daß er in Folge dieſer gewaltſamen Behandlung magnetiſche Eigenſchaften angenommen hat; denn er zieht Eiſenfeile an, und bietet man ſein gedrehtes Ende einer frei ſchwebenden Magnetnadel dar, ſo zieht er den einen Pol derſelben an, und ſtößt den andern ab.

Den nämlichen Erfolg erhält man mit einem Stabe von hartem Eiſen, wenn man ihn vertical hält, und auf ſein oberes Ende leichte Hammerſchläge fallen läßt. Soll ſich der Erfolg recht deutlich zeigen, ſo muß der Stab zwei bis drei Fuß in der Länge halten. Kehrt man ihn alsdann um, und fängt an, auf ſein andres Ende zu ſchlagen, ſo hebt man allmälig den ertheilten Magnetismus auf, und bringt zuletzt den entgegengeſetzten hervor, ſo daß ſich die Pole umkehren. Auch wenn man ihn vertical auf einen harten Körper fallen läßt, tritt dieſe Wirkung ein. Die Werkzeuge, deren ſich Schmiede und Schloſſer bedienen, ſind daher vermöge der wiederholten Schläge, die ſie erleiden, faſt immer magnetiſch. Die Scheeren, Meſſer und alle ſchneidenden Werkzeuge ſind es immer mehr oder minder, zumal wenn ſie Eiſen geſchnitten haben. Um dieſe Eigenſchaft an ihnen nachzuweiſen, braucht man ſie nur einer kleinen Magnetnadel darzubieten, die horizontal an einem einfachen ungedrehten Seidenfaden aufgehangen iſt, und ſich unter einer Glasglocke vor ſtörenden Bewegungen der äußern Luft geſchützt befindet, Fig. 8. Die geringſte magnetiſche Kraft bewirkt hier Anziehung des einen Endes der Nadel und Abſtoßung des andern, und man findet auf dieſe Weiſe alle Eiſenſtücke, die einige Reibung erlitten haben, magnetiſch. Elektriſche Entladungsſchläge endlich entwickeln auch durch ihre ſtoßweiſe Wirkung Magnetismus in den Eiſendrähten, durch die man ſie gehen läßt; und der Blitz äußert denſelben Einfluß auf die Schiffscompaſſe, ſo daß er manchmal ihre Pole umkehrt. Alle dieſe verſchiednen mechaniſchen Mittel wirken übrigens vielleicht auf keine andere Weiſe, als indem ſie die Eiſentheilchen erſchüttern, und ſie dadurch für die Wirkung des Erdmagnetismus empfänglich machen.

Hienach ließe ſich fragen, ob das Magnetiſiren nicht vielleicht auf Bewerkſtelligung einer gewiſſen Lagenveränderung der Molecule, aus denen ein Eiſen- oder Magnetſtab beſteht, beruhe. Um dies auszumitteln, ſuchte Gay-Luſſac zu erfahren, ob dieſe Metalle beim Magnetiſchwerden eine Dimenſionsveränderung erleiden. Er nahm zu dieſem Zweck eine hohle, an beiden Enden verſchloſſene, eiſerne Röhre SN, Fig. 9; und mündete in eins dieſer Enden eine ganz feine, in gleiche Theile abgetheilte, Glasröhre. In dieſen Apparat ließ er Waſſer treten, bis die Glasröhre zum Theil angefüllt war, und nachdem er einige Zeit gewartet hatte, bis die Temperatur der Flüſſigkeit auf einen bleibenden Stand gekommen war, magnetiſirte er die Eiſenröhre. Das Niveau des Waſſers in der engen Röhre blieb unverändert; und die Erregung des Magnetismus war ſonach mit keiner merklichen Aenderung des Volumens im Eiſen verbunden geweſen.

Gleicherweiſe kann man ſich durch die zuverläſſigſten Wagen überzeugen, daß das Magnetiſiren keine merkliche Gewichtsveränderung zur Folge hat; was ſich übrigens ſchon voraus erwarten ließ, vermöge der auffallenden Analogie, welche zwiſchen den magnetiſchen Anziehungen und Abſtoßungen und denen, welche durch die ebenfalls unwägbaren Principe der Elektricität hervorgebracht werden, Statt findet.

Die mehr oder weniger innige Berührung, die zwiſchen den Theilchen eines Eiſen= Nickel= oder Kobaltſtücks Statt hat, iſt von ſehr großem Einfluß auf die Leichtigkeit, mit der ſie ſich magnetiſiren laſſen. Rein und angelaſſen halten dieſe Metalle den Magnetismus nicht feſt, ſondern verlieren ihn eben ſo ſchnell wieder, als ſie ihn angenommen haben. Allein man kann ihnen die Fähigkeit ertheilen, bleibend magnetiſch zu werden, entweder durch mechaniſche Mittel, wie Druck, Drehung, Strecken: oder auch, den Beobachtungen Gay=Luſſac's zufolge, durch chemiſche Verbindung mit nicht magnetiſchen Subſtanzen, wie Kohle, Phosphor, Arſenik, Zinn. In dem Maße als ihr Gehalt an ſolchen Stoffen zunimmt, hält es ſchwerer ſie magnetiſch zu machen, aber um ſo länger halten ſie auch den Magnetismus zurück; endlich tritt ein Grad ein, wo ſich derſelbe durch die bisher von uns beſchriebenen Verfahrungsarten nicht mehr in merklichem Grade entwickeln läßt; und alsdann ſcheint die Verbindung auch keiner Anziehung durch den Magnet mehr fähig zu ſeyn. Jedoch iſt dann dieſe Eigenſchaft nur in einem ſehr hohen Grade darin geſchwächt, ohne gänzlich erloſchen zu ſeyn; denn es laſſen ſich ſelbſt in dieſem Zuſtande noch magnetiſche Wirkungen erhalten, die einer Meſſung durch bald näher anzugebende empfindlichere Prüfungsmittel fähig ſind.

Dieſen Erſcheinungen nach zu urtheilen, läßt ſich erwarten, daß alles, was den Aggregatzuſtand der Metalltheilchen verändert, auch von Einfluß auf ihre magnetiſchen Eigenſchaften ſeyn werde. So haben wir in der Hitze einen ſolchen verändernden Einfluß erkannt. Die Operation des Härtens iſt gleichfalls dahin zu zählen. Um den Grund hievon einzuſehen, braucht man ſich nur zu erinnern, worin das Härten des Stahls eigentlich beſteht. Wenn ein Stahlſtab bis zum Glühen erhitzt worden iſt, und man ihn dann langſam erkalten läßt, ſo kommen ſeine Theilchen, indem ſie ſich allmälig einander nähern, in die Entfernungen und Lagen beharrlichen Gleichgewichts, in welche ſie durch die langſame und progreſſive Wirkung ihrer gegenſeitigen Anziehungen gebracht werden. In dieſem Zuſtande ſagt man der Stahl ſey ausgeglüht oder angelaſſen (recuit). Taucht man aber den glühenden Stab plötzlich in eine Flüſſigkeit, ſo daß ſeine Oberfläche ſchnell abgekühlt wird, ſo ordnen ſich die Theilchen dieſer Oberfläche zuerſt auf eine übereilte Weiſe an, wie es dieſe plötzliche Temperaturveränderung mit ſich bringt; und indem ſie ſofort erſtarren, bilden ſie eine Art Gefäß, in welchem die Molecule der innern Maſſe auch genöthigt werden, ſich auf ſchnelle Weiſe anzuordnen, ſo wie die Abkühlung zu ihnen gelangt. Hieraus geht eine Art Kryſtalliſation hervor, welche vom Zuſtand des beharrlichen Gleichgewichts abweicht; und ſo behandeltes Eiſen nennt man dann gehärtet (trempé). Die reinen Metalle laſſen ſich nicht auf dieſe Weiſe härten, und das langſame oder ſchnelle Abkühlen bringt keine Veränderung in ihren phyſiſchen Eigenſchaften hervor. So tritt das weiche Eiſen nach dem Ablöſchen wieder als weiches Eiſen hervor; das mit Kohle verbundne, und dadurch zu Stahl gewordne, Eiſen aber erfährt beträchtliche Modificationen dadurch. Es wird härter, elaſtiſcher, ſpröder, und dies alles in einem um ſo hervorſtechendern Grade, je ſchneller das Abkühlen geſchahe. Es läßt ſich erwarten, daß eine ſolche Veränderung nicht ohne Einfluß auf die magnetiſchen Eigenſchaften ſeyn werde; auch iſt dem wirklich ſo. Die des Magnetismus fähigen Metalle nehmen denſelben ſchwerer im gehärteten als im ungehärteten Zuſtande an; dafür aber iſt der einmal in ihnen erregte Magnetismus dauernder. Die Schwierigkeit, ſie magnetiſch zu machen, nimmt mit dem Grade ihrer, durch die Operation des Härtens erlangten, Härte zu; und eben ſo iſt dieſe Härte von Einfluß auf die Intenſität des magnetiſchen Zuſtandes, den die Stäbe anzunehmen vermögen.

Da der Erfolg des Härtens von der Verſchiedenheit der Temperaturen abhängt, in welche das Metall plötzlich gebracht wird, ſo muß man Mittel ſuchen, dieſe Temperaturen zu ſchätzen: dies hat keine Schwierigkeit bei der Flüſſigkeit, in welcher das Metall abgelöſcht wird; wohl aber bei dem Metall, deſſen Hitzegrad dabei weit über die Gränzen hinausſteigt, innerhalb welcher wir von unſern Thermometern noch Anzeigen erwarten dürfen. Nach dem gewöhnlichen Verfahren betrachtet man als eine ſich gleichbleibende Anzeige die Farbe, welche das Metall im Glühen annimmt; und ſagt demnach, es ſey in der Weißglühhitze, der Rothglühhitze, der kirſchrothen oder der hellkirſchrothen Glühhitze gehärtet worden, je nachdem es im Augenblick des Eintauchens in die Flüſſigkeit, in der es abgekühlt werden ſoll, die eine oder die andre jener Farbennuancen hat. Obwohl dieſe Anzeige der Natur der Sache nach ſehr unvollkommen ſeyn muß, ſo reicht ſie doch faſt immer für die magnetiſchen Verſuche hin, wo die Verſchiedenheit der Hitzegrade, bei welchen das Härten vorgenommen wird, nur innerhalb gewiſſer Temperaturgränzen einen merklichen Einfluß zu äußern vermag. Die Grade, welche darüber hinausliegen, bringen dann weiter keine Veränderung in der Intenſität des Magnetismus hervor, welchen die Stäbe zu erlangen vermögen, wenigſtens wenn man ſie durch die bisher bekannten Verfahrungsarten magnetiſirt. Dies werden wir weiterhin nachweiſen, wenn wir die Mittel, dieſe Intenſität zu meſſen, angegeben haben werden.

Zweites Capitel.

Allgemeine Beobachtungen über die Erregung des Magnetismus in den Stäben; Analogie der Magnete mit den elektriſchen Säulen.

Die eben beſchriebenen Erſcheinungen ſtehen in ſo auffallender Beziehung mit denen, welche der Turmalin und die iſolirten el. Säulen darbieten, daß man ſich verſucht fühlen muß, ganz die nämliche Theorie auf ſie für anwendbar zu halten. Daß man hieran nicht Unrecht habe, wird eine nähere Zuſammenſtellung beider lehren.

Wir erkennen zuvörderſt zwei unterſchiedne magnetiſche Principe an, deren jedes ſich ſelbſt zurückſtößt und das andre anzieht. Dieſe beiden Principe ſind urſprünglich in jedem Stück Eiſen vorhanden, bevor es magnetiſirt iſt; denn es findet kein Ueberſtrömen derſelben beim Magnetiſiren Statt, und das Eiſen verliert weder noch gewinnt es etwas bei der Berührung. Die Principe ſind alſo noch mit einander verbunden und neutraliſirt im nicht magnetiſchen Eiſen, eben ſo wie die Elektricitäten im natürlichen Zuſtande der Körper; und deshalb äußern ſie in dieſem Zuſtande der Vereinigung keine Wirkung in die Ferne. Eine ſolche aber wird merkbar, wenn ſie durch einen Einfluß von Außen, der ungleich auf beide wirkt, getrennt werden, eben ſo wie die natürlichen Elektricitäten der Körper ihre anziehenden und abſtoßenden Eigenſchaften äußern, wenn ſie durch vertheilende Wirkung eines elektriſirten Körpers getrennt worden ſind. Ich behaupte ferner, daß ſie ſo in jedem Eiſentheilchen beſonders entwickelt ſind, ohne daß ein Uebergang des Magnetismus von einem Theilchen zum andern Statt finde. Denn zerbricht man einen magnetiſirten Eiſenſtab in zwei, drei oder irgend eine beliebige Anzahl von Stücken, ſo zeigt jedes derſelben von ſelbſt zwei Pole, eben ſo wie die Bruchſtücke vom Turmalin oder die Abtheilungen der el. Säulen; und die ungleichnamigen Pole bilden ſich an den Enden der, vorher durch unmittelbare Berührung verbundnen, Theilchen, wie dies auch im Turmalin und den Säulen der Fall iſt. Nun kann die Trennung in mehrere Bruchſtücke keinen Einfluß zur Hervorbringung dieſer Pole äußern; kann ſie vielmehr nur zum Vorſchein bringen; indem ſie dieſelben der Anziehung der Nachbartheilchen entzieht, welche ihre Kraft in der ganzen magnetiſchen Säule gebunden hält, eben wie auch die el. Pole in den Elementen eines Turmalins durch wechſelſeitiges Binden nach Außen ſich zu äußern gehindert werden. Um dies auf ſynthetiſche Weiſe darzuthun, braucht man nur mehrere kleine Eiſenſtäbe mit ihren Enden an einander zu ſetzen, und alle zugleich wie einen einzigen Stab zu magnetiſiren, indem man entweder beide Enden der Kette in Berührung mit den entgegengeſetzten Polen zweier Magnete bringt, oder auch einen der Pole eines einzigen Magnets über ſie in ihrer ganzen Länge hinführt.

Welche Verfahrungsart man auch anwenden mag, immer wird die Reihe der Stäbe auf dieſelbe Art magnetiſch werden, wie ein zuſammenhängender Stab von den nämlichen Dimenſionen, auf den man auf gleiche Weiſe wirkt. Hat man z. B. kleine Stücke von gehärtetem Stahldraht genommen, die einen bis zwei Millimeter im Durchmeſſer haben und zuſammengeſetzt blos eine Länge von zwei bis drei Decimetern bilden, ſo wird man gewöhnlich finden, daß eine Hälfte der Kette den ſüdlichen, die andre den nördlichen Magnetismus äußert. Nimmt man aber die Glieder der Kette aus einander, ſo wird jedes derſelben, dem Einfluß der andern nun entzogen, ſogleich zwei Pole zeigen, und ebenfalls den nördlichen Magnetismus in einer Hälfte, den ſüdlichen in der andern Hälfte ſeiner Länge äußern[1]. Man verkleinere in Gedanken die Dimenſionen dieſer Drahtſtücke, bis ſie auf einfache Partikeln reducirt ſind; ſo wird man eine angemeſſene Vorſtellung von dem Zuſtande der Eiſentheilchen in den Magnetſtäben haben, und begreiflich finden, wie das Syſtem aller dieſer kleinen Kräfte, nach den Verhältniſſen, die ſie in ihrer Aufeinanderfolge haben, an den beiden Enden des Stabes entgegengeſetzte Mittelkräfte hervorbringen kann, deren ſogar manchmal mehr als zwei, die ſich abwechſelnd entgegengeſetzt ſind, an verſchiednen Puncten ſeiner Länge entſtehen können.

Sind nun die beiden Magnetismen in den Theilchen eines gehärteten Stahlſtücks einmal getrennt worden, ſo vereinigen ſie ſich, wie die Erfahrung zeigt, nur mit einer ausnehmenden Langſamkeit wieder. Es muß alſo irgend eine, in dieſem Metall vorhandene und ſeiner Subſtanz eigenthümlich angehörige, Urſach ihrer gegenſeitigen Anziehung widerſtreben. Wir nennen dieſe Urſach, welcher Beſchaffenheit ſie immer ſeyn möge, Coercitivkraft (force coërcitive) und finden eine vollkommene Analogie derſelben mit dem Widerſtand, den die El. bei ihrer Bewegung im Innern und auf der Oberfläche harzartiger Körper erfährt. Je ſtärker ſie iſt, um ſo mehr wird ſie der Ertheilung des Magnetismus hinderlich ſeyn, um ſo feſter aber auch ihn zurückhalten laſſen. Dies iſt der Fall bei ſehr hartem Stahl. Wäre hingegen dieſer Widerſtand null, ſo würden die beiden Magnetismen durch die ſchwächſte Einwirkung in jedem Theilchen eine Trennung erfahren können, ſich aber nach Aufhören der veranlaſſenden Wirkung auch eben ſo ſchnell wieder vereinigen. Dies iſt der Fall bei dem Eiſen, Kobalt und Nickel, wenn ſie in vollkommen weichem Zuſtande ſind. Aber ſelbſt in dieſem Fall kann kein Uebergang des Magnetismus von einem Theilchen zum andern Statt finden. Das ganze Spiel der Vereinigung und Trennung geht im Innern jedes Theilchens ſelbſt vor; und von einem zum andern findet eine völlige Unwegſamkeit Statt. Gerade ſo erfolgen in den el. Säulen aus Glasplatten, welche mit Metall belegt ſind, die Zerſetzungen und Recompoſitionen der natürlichen Elektricitäten aufs Leichteſte zwiſchen den metalliſchen Oberflächen, welche einander zugekehrt ſind, und mit einander im Zuſammenhange ſtehen, ohne daß ſich etwas durch die iſolirenden Platten hindurch fortpflanzt, durch welche ſie vom übrigen Theil der Kette geſchieden ſind.

---

[1] Um dieſen Verſuch auf gehörige Art anzuſtellen, muß man die kleinen Drahtſtücke in einer geradlinigen Rinne, welche in einem hölzernen Bret ausgehöhlt iſt, in Berührung mit einander bringen, und ſie mit Wachs darin befeſtigen, damit ſie während des Magnetiſirens nicht auseinander weichen.

Dieſe hier gegebene Zuſammenſtellung ſcheint mir ganz geeignet, den innern Zuſtand der Magneten und magnetiſirten Stäbe ins vollſte Licht zu ſetzen. Es bleibt uns noch übrig, durch die Erfahrung auszumitteln, welches die Beſchaffenheit und Quantität von freiem Magnetismus an jedem Puncte dieſer Körper ſey und welches Geſetz jede Art des Magnetismus bei ihren Anziehungen und Abſtoßungen befolgt. Dieſe zweite Frage, die uns bei der Elektricitätslehre zuerſt beſchäftigt hatte, kann hier nur nach Erörterung der erſten abgehandelt werden: denn da wir nicht einen der beiden Magnetismen vom andern iſolirt darzuſtellen vermögen, ſo ſind wir genöthigt, die Erſcheinungen, die aus ihrem gleichzeitigen Vorhandenſeyn in den Körpern hervorgehn, in ihrer Zuſammenſetzung zu ſtudiren; und hiezu iſt uns nöthig, die Vertheilungsart derſelben in dieſen Körpern zu kennen.

Bei Unterſuchung der Art, wie ſich die El. in den Leitern im Zuſtande des Gleichgewichts vertheilt, fanden wir, daß dieſe Vertheilungsart an eine einzige Bedingung geknüpft war, nämlich, daß die freie El. keine Wirkung, weder anziehende noch abſtoßende, auf die Puncte im Innern dieſer Körper ausübt. Beim Magnetismus iſt zum Gleichgewicht nicht erforderlich, daß die Wirkung nach Innen null ſey; es reicht hin, wenn ſie ſchwächer iſt, als der Widerſtand, den die Coercitivkraft des Metalls der Trennung oder Vereinigung der natürlichen Magnetismen entgegenſetzt. Dies nun kann auf eine unendliche Menge verſchiedener Arten Statt haben, ſogar mit Unterbrechungen in dem magnetiſchen Zuſtande in verſchiednen Puncten der Länge einer und der nämlichen Stange; ſo daß aus dieſem allgemeinen Geſichtspunct angeſehen, die Frage gänzlich unbeſtimmt iſt.

Jedoch iſt ein Fall auszuheben, der eine beſondre Betrachtung verdient, weil er die Gränze aller möglichen Fälle abgiebt, und zugleich der nutzbarſte von allen iſt: der nämlich, wo die Quantität von freiem Magnetismus ſo beſchaffen iſt, daß die Summe aller anziehenden und abſtoßenden Kräfte, welche für jeden Punct des Stabes daraus hervorgeht, genau dem Widerſtande gleich kommt, den die Coercitivkraft der Vereinigung der natürlichen Magnetismen entgegenſetzt. Befindet ſich ein Stab in dieſem Zuſtande, ſo iſt klar, daß er an jedem ſeiner Puncte die größtmögliche Menge von freiem Magnetismus, den er anzunehmen fähig iſt, beſitzt; auch ſagt man dann, er ſey bis zur Sättigung magnetiſirt.

Das einfachſte und ſicherſte Mittel hiezu zu gelangen, iſt den zu magnetiſirenden Stab ſo kräftigen Einflüſſen auszuſetzen, daß in einem Augenblick in ſeinen Theilchen eine ſtärkere Zerſetzung der natürlichen Magnetismen hervorgerufen wird, als mit dem bloßen Widerſtande der Coercitivkraft zu beſtehen vermag; denn entzieht man ihn nachmals dieſen Einflüſſen, ſo wird ſich, als die erſte Gränze für die Recompoſition der in ihm zerſetzten natürlichen Magnetismen, die der Sättigung mit Magnetismus darbieten.

Bald werden wir dieſe Anſichten zu verwirklichen ſuchen; vorher aber müſſen wir in aller Schärfe die Geſetze nachweiſen, nach denen der Erdmagnetismus auf die frei ſchwebenden Magnetſtäbe wirkt; denn da dieſe Wirkung ſich auf alle die Stäbe, welche man ihr ausſetzt, zugleich zu äußern vermag, ohne durch dieſe Theilung geſchwächt zu werden; ſo wird ſie uns ein vortreffliches Mittel gewähren, die Intenſität des darin erregten Magnetismus zu ſchätzen.

Drittes Capitel.

Erforſchung und Meſſung der richtenden Kräfte, welche der Erdkörper auf die Magnetnadeln ausübt.

Wenn eine, frei in ihrem Schwerpunct aufgehangene, Magnetnadel ſucceſſiv an verſchiedne, im Verhältniß zu den Dimenſionen der Erde wenig von einander entfernte, Orte gebracht wird, ſo laſſen ſich die Richtungen, die ſie vermöge der magnetiſchen Wirkungen der Erde annimmt, ohne merklichen Irrthum als parallel ſehen; und nur wenn man ſich auf große Weiten, mehrere Meilen z. B., entfernt, fängt man an, eine geringe Abweichung darin wahrzunehmen. Daſſelbe gilt, wenn man ſich über die Erdoberfläche erhebt, oder in tiefe Schachten ſteigt, wofern man nur von eiſenhaltigen Körpern entfernt bleibt, die durch unmittelbare Wirkung auf die Nadel eine Ablenkung derſelben hervorbringen könnten. Dieſe Erſcheinung, welche eben ſowohl für die kleinſten, als für die größten Nadeln Statt hat, beweiſt, daß ſich die magnetiſche Kraft des Erdkörpers gleich der der Schwere als nach parallelen Richtungen wirkend anſehen läßt, wenn man ſie mit ſich ſelbſt an wenig von einander entfernten Orten vergleicht. Alle Sätze der Mechanik alſo, nach denen das Gleichgewicht der ſchweren Körper berechnet wird, laſſen eben ſo eine Anwendung auf die magnetiſchen Körper zu. Nur muß man Acht haben, daß ſie ſchwer und magnetiſch zugleich ſind.

Es ſey sn, Fig. 10, eine beliebig geſtaltete Magnetnadel, die an ihrem Schwerpunct C ſo aufgehangen iſt, daß ſie ſich frei darum zu drehen vermag. Das Kraftbeſtreben der Schwere wird durch den Widerſtand der Aufhängungsaxe aufgehoben werden. Man wird mithin die Nadel als nicht ſchwer und blos durch die magnetiſchen Kräfte des Erdkörpers ſollicitirt anſehen können.

Um eine klare Einſicht zu erhalten, was der Erfolg dieſer Wirkung auf dieſelbe ſeyn muß, wollen wir den nämlichen Gang als bei den Erſcheinungen der Schwere befolgen, und in Gedanken die Maſſe der Nadel in ſo kleine Elemente zerlegen, daß ſich in jedem derſelben der magnetiſche Zuſtand als gleichförmig anſehen läßt, obwohl er ſich eigentlich von einem Element zum andern ändert. Betrachten wir nun irgend eins dieſer Elemente, wie M, und nehmen, um von einer feſten Vorſtellung auszugehen, an, daß ſich auf demſelben eine gewiſſe Quantität von freiem ſüdlichen Magnetismus befinde, ſo wird es offenbar von den nördlichen Kräften der Erde angezogen und von den ſüdlichen abgeſtoßen werden. Nehmen wir nun an, die Mittelkraft der erſtern ſey nach MN, die der letztern nach MS gerichtet, und ſtellen wir zugleich durch dieſe Längen ſelbſt die Größen des Kraftbeſtrebens der einen und der andern vor, wenn ſie auf eine gewiſſe Quantität ſüdlichen oder nördlichen Magnetismus wirken, die wir als Einheit magnetiſcher Maſſe ſetzen; ſo werden wir, wenn wir das Parallelogramm MSRN vollenden, unſere beiden partiellen Mittelkräfte zu einer einzigen MR zuſammenziehen können, die ihrer Geſammtwirkung gleich wirkt, und der Punct M wird ſich betrachten laſſen als blos durch dieſe Mittelkraft ſollicitirt, mit einer Stärke, welche der magnetiſchen Maſſe, die er beſitzt, proportional iſt; eben ſo, wie die verſchiedenen Elemente eines ſchweren Körpers ihrer Dichtigkeit proportional durch die Schwere ſollicitirt werden. In unſern Klimaten, wo die nördliche Kraft überwiegend iſt, wird die Mittelkraft MR die, mit freiem ſüdlichen Magnetismus geladenen, Elemente nach der Erde herabziehen, die mit nördlichem Magnetismus geladenen dagegen davon zurückſtoßen. Bezeichnen wir ſie alſo im erſten Fall durch MR, ſo werden wir ſie im zweiten durch eine Länge $M'R'$ vorzuſtellen haben, welche der vorigen gleich und parallel, aber ihr entgegengeſetzt gerichtet iſt.

Da nun alle Puncte der Nadel durch die eine oder die andere dieſer beiden Kräfte mit einer Intenſität, welche ihrer magnetiſchen Maſſe proportional iſt, ſollicitirt werden, ſo folgt, daß ſich hier Alles anwenden läßt, was im erſten Buche S. 10 über das Gleichgewicht der Syſteme von unveränderlicher Geſtalt, die durch Parallelkräfte ſollicitirt werden, geſagt worden iſt. Der Fall iſt hier ganz der nämliche als er bei ſchweren Körpern von ungleichförmiger Dichtigkeit ſeyn würde, wenn es zwei Schwerkräfte gäbe, deren eine für gewiſſe Puncte des Körpers anziehend, die andere für die andern Puncte abſtoßend wirkte. Hieraus fließen ſofort mehrere wichtige Folgerungen, deren Darlegung es nur bedarf, um ihre Wahrheit nach der Analogie ſogleich anzuerkennen.

1) Alle anziehenden Kräfte, jede mit der magnetiſchen ſüdlichen Maſſe des Elements, auf das ſie wirken, multiplicirt, laſſen ſich in eine einzige Mittelkraft GK zuſammenſetzen, welche ihrer Summe gleich, mit ihrer Richtung parallel iſt, und durch einen gewiſſen Punct G der Nadel geht, der in Bezug zu dieſen Kräften das iſt, was der Schwerpunct in Bezug zur Schwerkraft.

2) Alle abſtoßenden Kräfte, eben ſo mit den nördlichen magnetiſchen Maſſen der von ihnen ſollicitirten Elemente multiplicirt, laſſen ſich gleichfalls zu einer einzigen Mittelkraft $G'A'$ zuſammenſetzen, welche ihrer Summe gleich, ihrer Richtung und mithin auch der Richtung der anziehenden Kräfte, parallel iſt. Dieſe Mittelkraft wird auch ihren beſondern Angriffspunct G' haben, deſſen Lage von der Vertheilungsart der Seitenkräfte abhängen und im Allgemeinen von der Lage des andern Angriffspuncts G verſchieden ſeyn wird.

3) Da der magnetiſche Zuſtand der Nadel blos durch Entwicklung ihrer natürlichen Magnetismen ohne irgend einen Verluſt oder einen Hinzutritt von etwas Aeußerem hervorgebracht wird, und da die Quantitäten dieſer Magnetismen ſo beſchaffen ſind, daß ihre Kraftbeſtrebungen ſich an jedem Punct vor ihrer Trennung wechſelſeitig neutraliſiren, ſo folgt, daß ſie im magnetiſchen Zuſtande, der nur auf einer verſchiedenen Vertheilungsart der nämlichen Kraftbeſtrebungen beruht, noch in derſelben Gleichheit der Sum-

iſe noch vorhanden ſeyn müſſen. Mithin wird die Mittelkraft der geſammten anziehenden Kräfte GK der Mittelkraft der geſammten abſtoßenden Kräfte G'A' gleich, und beider Summe null ſeyn müſſen (weil G'A' wegen entgegengeſetzter Richtung das entgegengeſetzte Vorzeichen von GK erhält), ſo daß ſie der Nadel keine Fortbewegung im Raum einzuprägen können. Legt man aber durch ſie eine Ebene KGG'A', in der ſie enthalten ſind, ſo werden ſie ſtreben die Nadel zu einer Drehung um den Punct C' zu bringen, der in der Mitte der Geraden GG' liegt, welche ihre Angriffspuncte verbindet; und dieſer Erfolg wird wirklich Statt haben, wofern nicht die Gerade GG' gleich Anfangs in die Richtung der beiden Mittelkräfte gebracht war, Fig. 11; in welchem Falle ſie kein Streben, dieſelbe daraus abzulenken, äußern könnten. Dies iſt alſo auch die Lage, welche man der Nadel um ihren Aufhängungspunct C zu geben hat, wenn ſie im Gleichgewicht bleiben ſoll. In dieſem Fall heißt die Verticalebene, welche parallel mit der Richtung A'K der magnetiſchen Kräfte gelegt wird, der magnetiſche Meridian des Ortes, und die Gerade GG' die magnetiſche Axe der Nadel. Läßt ſich die Nadel als ein einfacher geradliniger Draht betrachten, Fig. 12, ſo fällt ihre magnetiſche Axe immer mit ihrer Längenrichtung zuſammen; und geht demzufolge durch ihren Schwerpunct.

d) Wenn die Kräfte GK, G'A', Fig. 10, wirklich keine Fortbewegung im Raume veranlaſſen können, ſo braucht auch die Nadel nicht gegen ſie geſichert zu werden, ſondern blos gegen das verticale Kraftbeſtreben der Schwere, was ſie dann ſeyn wird, wenn ihr Schwerpunct vertical unterſtützt oder aufgehangen iſt, wenn er z. B. durch einen unausdehnſamen verticalen Faden feſtgehalten wird, deſſen oberes Ende an einem unverrückbaren Widerhalt angeknüpft iſt. Es wird alſo in dieſem Fall die verticale Richtung des Fadens durch die magnetiſchen Kräfte keine Störung erleiden dürfen, wenn jener Satz wirklich wahr ſeyn ſoll. Um in gehöriger Schärfe nachzuweiſen, daß eine ſolche Störung in der That nicht Statt findet, müſſen wir die Folgerungen, die aus ihr fließen würden, beſonders betrachten. Wir wollen alſo einmal annehmen, die letzte Mittelkraft der geſammten magnetiſchen Kräfte ſey nicht null, und werde durch G''R'', Fig. 13, vorgeſtellt. Dann wird ſie ſich in zwei Kräfte zerlegen laſſen, eine verticale G''V'', und eine horizontale G''H'', welche in die Richtung des magnetiſchen Meridians fällt. Wenn die erſte dieſer Seitenkräfte nicht null iſt, ſo wird ſie zur Schwerkraft hinzutreten oder ihr entgegenwirken, und mithin das Gewicht der Nadeln vermehren oder vermindern müſſen, was nicht der Fall iſt; denn dies Gewicht zeigt ſich durch die zuverläſſigſten Wagen gemeſſen, eben ſo groß vor als nach der Magnetiſirung. Um nun zu unterſuchen, wie es ſich hinſichtlich der horizontalen Seitenkraft verhalte, hängt man an einem ungedrehten Seidenfaden CZ, Fig. 14, einen Papierſtreifen AB auf, und befeſtige an einem Ende deſſelben, ſenkrecht auf ſeine Richtung, eine Magnetnadel ns, der man durch Anbringung eines kleinen Gewichts M an der entgegengeſetzten Seite das Gleichgewicht hält, ſo daß AB horizontal ſey. Darauf drehe man das Syſtem ſo, daß ſich ns genau in der Richtung des magnetiſchen Meridians befinde, der durch Beobachtung einer andern, horizontal in ihrem Schwerpunct aufgehangenen, Magnetnadel beſtimmt wird. Es wird ſich zeigen, daß AB auch in dieſer Lage im Gleichgewicht bleibt. Dies könnte nun nicht der Fall ſeyn, wenn die, nach ns gerichtete, magnetiſche Seitenkraft nicht völlig null wäre, weil ſie ſonſt ſtreben würde, den Hebelarm CA um ſeinen Aufhängungspunct C zu drehen. Dieſe horizontale Seitenkraft iſt alſo eben ſo wohl als die verticale null; mithin iſt auch die letzte Geſammtmittelkraft null, wie uns dies die mechaniſchen Betrachtungen gelehrt hatten, die wir auf die Erregungsart, worin das Magnetiſiren beſteht, gründeten, und deren Beſtätigung auf ſolche Weiſe in völliger Strenge erhalten wird.

Da wir jetzt die Art kennen, wie die magnetiſchen Kräfte der Erde ſich zur Wirkung auf eine, in ihrem Schwerpunct aufgehangene, Magnetnadel zuſammenſetzen, ſo können wir nun berechnen, wie ſtark ſich ihre Kraftbeſtrebungen auf eine ſolche Nadel in jedweder Lage, in der ſich dieſelbe befinden mag, äußern wird; und hieraus das Geſetz der Bewegungen ableiten, welche ihr durch dieſe Kräfte, wofern ſie deren Einwirkung frei überlaſſen bleibt, eingeprägt werden.

Um eine klare Einſicht in den Erfolg dieſer Wirkungen zu erlangen, wollen wir uns, wie ſo eben, die anziehende Mittelkraft GK, Fig. 15, und die abſtoßende, G'A', jede in zwei andre zerlegt denken, eine verticale GV, G'V' und eine horizontale, in die Richtung des magnetiſchen Meridians fallende, GH, G'H'. Der Kürze halber wollen wir die verticalen und die horizontalen Kräfte, welche aus dieſer Zerlegung hervorgehen, reſpective V, V', und H, H' nennen und nun bei jedem Syſtem für ſich unterſuchen, welche Kraftbeſtrebungen es hervorzurufen vermag. Betrachten wir zuvörderſt die horizontalen Kräfte H, H'.

Um ſie allein wirken zu laſſen, wollen wir eine Magnetnadel an, Fig. 16, nehmen, und darin für jetzt die Richtung GG′ der magnetiſchen Axe als bekannt vorausſetzen. Wie ſie zu finden ſey, wird in Kurzem gelehrt werden. Wir hängen dieſe Nadel in ihrem Schwerpunct C an einer Vereinigung von ungedrehten Seidenfäden auf, und bringen ſie durch ein kleines, an ihrem Südende befeſtigtes, Gegengewicht ſo ins Gleichgewicht, daß die Axe GG′ horizontal wird. Dann findet ſich die Wirkung der verticalen Kräfte V, V′ aufgehoben, und es bleibt blos noch die der horizontalen HH′ übrig, deren Beſtreben dahin geht, die Axe GG′ in die Richtung des magnetiſchen Meridians MM′ zurückzuführen, dem ſie parallel ſind. Sie werden alſo dieſer Axe keine Bewegung einpflanzen, wenn ſie ſich ſchon in dieſer Richtung befindet; ſo wie ſie ſich aber nur ein wenig davon entfernt, werden ſie dieſelbe durch eine Folge von Oſcillationen dahin zurückrufen *), eben ſo wie ein, aus der Verticale abgewichenes, Pendel in Schwingungen nach beiden Seiten derſelben durch die Schwere verſetzt wird. Und da in letzterm Falle die Weite der Excurſionen zu beiden Seiten der Verticale gleich iſt, wenn man vom Widerſtande der Luft abſieht, ſo wird auch bei den Schwingungen der Magnetnadel, wenn man dieſen Widerſtand aus der Acht läßt, und den Drehungsfaden ohne merkliche elaſtiſche Gegenwirkung denkt, der magnetiſche Meridian die Bogen, welche die Nadel beſchreibt, mitten durch theilen müſſen. Dieſe Bedingung kann alſo dienen, denſelben während der Dauer der Schwingungen ſelbſt zu erkennen; was von Nutzen auf dem Meere iſt, wo die Nadel nie ruhig bleibt; auf der Erde jedoch kommt ſie zuletzt von ſelbſt darin zur Ruhe, indem der Widerſtand der Luft ihren Bewegungen allmälig Einhalt thut. Iſt die Nadel zur Ruhe gelangt, ſo meſſe man den Winkel, der zwiſchen ihrer Richtung und der Richtung des aſtronomiſchen Meridians enthalten iſt. Hiedurch wird man den magnetiſchen Meridian MM′, und die Abweichung oder Declination der Nadel an dem Beobachtungsorte kennen lernen. Schon weiter oben habe ich geſagt, daß dieſe Abweichung von einem Orte zum andern verſchieden iſt; und daß ſie ſelbſt an dem nämlichen Orte merkliche Veränderungen mit der Zeit erfährt. Hier jedoch beſchäftigen wir uns nicht mit dieſen Veränderungen und begnügen uns, die Bedingungen des Gleichgewichts der Nadel, unter Vorausſetzung, daß die magnetiſche Kraft ſich gleich bleibt, zu unterſuchen.

---

*) Man nennt die ſchwingende Bewegung, in welche die Magnetnadel hiebei geräth, das Traverſiren derſelben.

Die Größe der Kraft, mit welcher die Nadel zum magnetiſchen Meridian zurückgeführt wird, hängt von der abſoluten Intenſität der anziehenden und abſtoßenden Kräfte GH, G′H′ ab, welche auf ſie wirken: zugleich aber auch von der Lage ihrer Angriffspuncte G, G′; denn die magnetiſche Axe läßt ſich als ein, durch dieſe beiden Kräfte gleichzeitig ſollicitirter, Hebel betrachten. Befinden ſich z. B. die Angriffspuncte G, G′ alle beide auf der nämlichen Seite der verticalen Aufhängungsaxe, ſo iſt klar, daß die Beſtrebungen dieſer beiden Kräfte, eine Drehung hervorzubringen, ſich entgegenwirken werden; und daß nur der Unterſchied ihrer ſtatiſchen Momente, in Bezug zu dieſer Axe genommen, zur Hervorbringung der Drehung wirkſam ſeyn kann. Liegen dagegen die Angriffspuncte G, G′ zu beiden Seiten der Aufhängungsaxe, ſo wirken die Beſtrebungen zur Drehung zuſammen, und es geht eine Wirkung hervor gleich der Summe der ſtatiſchen Momente beider Kräfte. Dieſe Anordnung wird alſo weit vortheilhafter ſeyn, die Reibung und Trägheit, welche ſich der Bewegung der Nadeln, wenn ſie auf Stiften ſchweben, widerſetzen, zu überwinden, und man wird mithin Mittel zu ſuchen haben, diejenige Vertheilung des Magnetismus hervorzubringen, bei welcher dieſe Anordnung Statt findet. Dies wird weiterhin geſchehen und wir werden finden, daß man durch eine Art des Magnetiſirens, welche der Doppelſtrich genannt wird, dieſen Zuſtand in den Nadeln hervorrufen kann, deren inneres Gefüge recht gleichförmig, und deren Geſtalt um ihren Schwerpunct ſymmetriſch iſt. Dann geht die magnetiſche Axe GG′ durch dieſe Mitte und die Puncte G, G′ ſind gleichweit davon entfernt. Die Kraftbeſtrebungen zur Drehung werden alſo auf beiden Seiten gleich, und geben den nämlichen Erfolg, als wenn die Nadel durch eine einzige Kraft ſollicitirt wäre, die das Doppelte der vorigen betrüge, und an einem der Puncte G oder G′, blos auf einer Seite der Aufhängungsaxe wirkte.

Ueberhaupt aber, ſchon allein aus dem Grunde, weil die Angriffspuncte ſo wie die Richtungen und Intenſitäten der horizontalen richtenden Kräfte H, H′ für eine und dieſelbe Nadel beſtändig ſind, welche Stellung man ihr auch in der Horizontalebene geben mag, wofern man nur nicht ihren magnetiſchen Zuſtand oder den Beobachtungsort verändert, iſt einleuchtend, daß, wenn man ſie aus dem magnetiſchen Meridian entfernt, das Beſtreben der horizontalen Kräfte H, H′ ſie darein zurückzuführen, ganz ſich ſo wie das der Schwere verhalten wird, um ein Pendel in die Verticale zurückzubringen, d. h. dem Sinus des Ablenkungswinkels proportional ſeyn wird. Bezeichnen wir nämlich ein für allemal die horizontale Richtung des magnetiſchen Meridians durch MM′, Fig. 10, und nehmen an, daß die, urſprünglich in dieſer

Linie zum horizontalen Gleichgewicht gebrachte und ruhende Magnetnadel am durch irgend eine Kraft daraus abgelenkt worden und dadurch in die Richtung KK' gebracht worden ſey; ſo werden die beiden horizontalen richtenden Kräfte GH, $G'H'$, welche an den Puncten G, G', die in dieſer Nadel unveränderlich ſind, wirken, fortfahren parallel mit dem magnetiſchen Meridian zu wirken, und mithin die Nadel in deſſen Richtung zurückzuführen ſtreben. Um die Größe dieſes Kraftbeſtrebens kennen zu lernen, braucht man nur die geſammte Intenſität der beiden richtenden Kräfte durch die Linien GH, $G'H'$ ſelbſt vorzuſtellen, und von den Enden H, H' die Senkrechten HQ, $H'Q'$ auf die verlängerte Richtung der Nadel zu ziehen, dann wird die Größe des Kraftbeſtrebens zur Drehung auf jeder Seite, zufolge der Regel des Parallelogramms der Kräfte, durch dieſe Senkrechten vorgeſtellt werden, d. h. dieſe Kraftbeſtrebungen werden reſpectiv den Producten von GH und von GH' in den Sinus des Winkels KGH, $K'G'H'$ gleich ſeyn, welcher die Weite mißt, um welche die Nadel aus dem magnetiſchen Meridian abgelenkt worden iſt.

Coulomb hat dieſen wichtigen Satz mittelſt der Drehwage bewährt. Dieſer, in Fig. 17 vorgeſtellte, Apparat beſteht im Weſentlichen aus einem, im Drahtzug gezogenen, Metalldraht, an deſſen unterm Ende die Magnetnadel horizontal aufgehangen iſt. Das Ganze wird in einen Glasbehälter eingeſchloſſen. Ein eingetheilter Ring Z, der ſich am obern Befeſtigungspuncte des Drahtes befindet, erlaubt die Anzahl Grade, um die man dieſen dreht, zu beſtimmen. Wenn die, unten angehangene, Nadel durch keine Kraft zurückgehalten würde, ſo iſt klar, daß ſie der Bewegung des Drahtes folgen müßte, und daß man ſie nach einigen Oscillationen gerade um die Anzahl Grade horizontal gedreht finden würde, welche der eingetheilte Ring Z für die vorgenommene Drehung des Drahts angiebt. Da ſie aber zu gleicher Zeit durch die richtenden Kräfte GH, $G'H'$, Fig. 16, gezogen wird, welche ſtreben, ſie in den magnetiſchen Meridian zurückzuführen, ſo dreht ſie den Draht, um darein zurück zu gelangen, und zwar ſo weit, bis er einen Widerſtand leiſtet, welcher der Kraft gleich iſt, mit welcher die Seitenkräfte HQ, $H'Q'$ oder GP, $G'P'$ die Nadel, in der Lage wo ſie ſtehen bleibt, zur Drehung anzutreiben ſtreben. Dreht man nun, wenn dieſes Gleichgewicht eingetreten iſt, den Draht abermals nach der nämlichen Richtung, als das erſtemal und um eine neue Anzahl von Graden, welche am Ringe Z bemerklich wird, ſo iſt die Nadel wiederum genöthigt, dieſer Bewegung zu folgen. Sie gehorcht ihr alſo, und bleibt nach einigen Oscillationen in einer neuen Lage des Gleichgewichts ſtehen, in welcher das ſtatiſche Moment der neuen Drehungskräfte GP, $G'P'$ ſich wiederum der Reaction gleich verhält, welche die ganze Drehung, die der Draht erlitten hat, hervorbringt. Wiederholt man ſo den Verſuch für mehrere Ablenkungen der Nadel, ſo wird man mehrere Drehungen des Drahts finden, welche ihr das Gleichgewicht halten. Nun ergiebt ſich aus der Erfahrung ſowohl, als aus der Theorie der elaſtiſchen Reaction, daß im Allgemeinen, ſo lange der Draht an Elaſticität nicht verliert, die Reaction ſeiner Drehung dem Bogen oder Winkel proportional iſt, um welchen er gedreht worden iſt. Somit wird die Beobachtung der Drehungsbogen das Maß der richtenden Kräfte für verſchiedne Ablenkungen der Nadel aus dem magnetiſchen Meridian geben; und man wird ſehen können, ob dieſe Kräfte wirklich dem Sinus der Ablenkungswinkel proportional ſind, wie die Theorie der Zuſammenſetzung der Kräfte uns gelehrt hat.

Um die Verſuche hierüber auf bequeme Weiſe anſtellen zu können, befeſtigt Coulomb an das untere Ende des Aufhängungsdrahts eine Art kleinen Steigbügels EE, Fig. 18, beſtehend aus ganz leichtem Kupferblech, um die Nadel darin einzulegen. Um ſie ferner immer wieder in die nämliche Lage zu bringen, wird die innere Oberfläche EE der Platte, welche ſie aufnimmt, mit einer Schicht Siegellack überzogen, welche man erweicht, und den Abdruck der Nadel darin nimmt. Vor Anwendung dieſes Apparats legt man eine Nadel von Kupfer oder ſonſt einem nicht magnetiſchen Metall hinein und dreht den Ring Z, bis ſie in der Lage, wo ſich der Draht in Ruhe befindet, von ſelbſt nach dem Nullpunct der, auf den Wänden des Glasgehäuſes verzeichneten, Eintheilung hinweiſt. Nach Erfüllung dieſer Bedingung dreht man den ganzen Apparat, d. h. den Draht, ſo wie er aufgehangen iſt, mit ſammt ſeinem Gehäuſe, bis der Nullpunct und die Kupfernadel ſich genau in der Richtung des zuvor beſtimmten magnetiſchen Meridians befinden. Darauf nimmt man dieſe Nadel weg, und legt ſtatt ihrer eine Magnetnadel ein. Dreht man nun den Aufhängungsdraht um verſchiedne bekannte Winkel, ſo findet man, um wie viel dieſe zweite Nadel von ihrem Meridian abgelenkt bleibt. Dies geht nicht ohne viele Oſcillationen ab, welche um ſo länger dauern, je mehr die Maſſe der angewandten Nadeln im Verhältniß zur Maſſe der Luft beträgt. Um dieſen Bewegungen ſchneller Einhalt zu thun, befeſtigt man unter dem Steigbügel an einem dünnen Kupferſtäbchen eine verticale Platte VV, ebenfalls aus Kupfer und ganz dünn, welche ganz in ein Gefäß voll Waſſer taucht. Der Widerſtand dieſer Flüſſigkeit ſchwächt die Schwingungen ſchnell, ohne jedoch die Nadel zu hindern, zu dem Grade der Ablenkung zu gelangen, den die Drehung des Drahts erfordert. Man muß aber wohl Acht haben, daß das Metallblatt VV ganz eingetaucht ſey, um die Wirkungen der

Krümmung zu verhüten, welche das Waſſer an ſeiner Oberfläche vermöge der Capillarität annehmen würde. Endlich muß man, um Genauigkeit in die Reſultate zu bringen, die Dicke und Elaſticität der Aufhängungsdrähte der magnetiſchen Kraft der Nadeln gemäß einrichten, z. B. dickere Drähte für ſtärkere Nadeln nehmen, und ganz feine Drähte für die Fälle aufſparen, wo die richtende Kraft ſehr ſchwach iſt.

Nachſtehende Reſultate wurden von **Coulomb** an einer Magnetnadel von 22 Zoll Länge und 1¾ Linie Durchmeſſer beobachtet. Der Aufhängungsdraht beſtand aus Kupfer, und hatte die Dimenſion, welche im Handel mit Nr. 12 bezeichnet wird. Sechs Fuß Länge dieſes Drahts wogen 5 Grains.

Anzahl der Drehungen,*) um welche der Draht gedreht worden iſt.	Ablenkungswinkel, bei dem die Nadel ſtehen geblieben iſt.	Daraus ſich ergebende Drehungskraft.**)
0	0°	0°
1	10[illegible]	349[illegible]
2	21[illegible]	698[illegible]
3	33	1047
4	46	1194
5	63[illegible]	1736[illegible]
5, 5	85	1895

---

*) Unter Drehung iſt hier eine einmalige Umdrehung um die ganze Kreiseintheilung von 360° verſtanden.

**) Das Maß der Drehungskraft iſt durch die Anzahl Grade angegeben, um welche der Draht durch die Nadel, vermöge der, an ihr wirkenden, richtenden Kraft zurückgedreht wird, wenn man ihn um eine beſtimmte Anzahl Grade (hier 1 mal, 2 mal, 3 mal 360° u. ſ. f.) vorwärts nach einer gewiſſen Richtung gedreht hat. Dies Maß der Drehungskraft iſt zugleich das Maß für die richtende Kraft ſelbſt.

Wie man ſieht, ſind die drei erſten Drehungskräfte, (349[illegible], 698[illegible], 1047), den Ablenkungswinkeln der Nadel (10[illegible], 21[illegible], 33) faſt genau proportional. In der That muß denn bei kleinen Ablenkungswinkeln ſo ſeyn, wenn die richtende Kraft wirklich dem Sinus des Ablenkungswinkels proportional iſt (weil bei kleinen Winkeln die Bogen, durch welche die Winkel gemeſſen werden, von ihrem Sinus nicht ſehr abweichen). Um zu erfahren, ob dies Verhältniß der richtenden Kraft auch für größere Winkel Statt habe, braucht man nur jede Größe der

Zurückdrehung (die eben das Maß für die richtende Kraft abgiebt); durch den Sinus des entſprechenden Ablenkungswinkels zu dividiren, und zu ſehen, ob der Quotient dieſer Diviſion eine beſtändige Größe iſt*). Stellt man nun dieſe Probe mit einigen der vorigen, aufs Gerathewohl genommenen, Beobachtungen an, ſo findet man folgende Reſultate:

Beobachtete Ablenkung.	Reſultat der Diviſion.
10°½	1917,85
21½	1927,92
33	1922,37
46	1937,89
63½	1940,37
85	1902,24
Mittel	1924,77.

Die Uebereinſtimmung dieſer Reſultate zeigt ſchon die Statthaftigkeit des Geſetzes; es ergiebt ſich daraus, daß die beſtändige Zahl 1924,77 die Drehungskraft ausdrückt, welche erforderlich ſeyn würde, die Nadel in einem Abſtand von 90° vom magnetiſchen Meridian zurückzuhalten, weil der Sinus von 90° der Einheit gleich iſt. Dividirt man nun durch dieſe beſtändige Größe die beobachteten Größen der Zurückdrehung, ſo wird man die Sinus der andern Winkel erhalten, bei welchen die Nadel in den einzelnen Verſuchen hat ſtehen bleiben müſſen, und wird ſie mit den, durch die Beobachtung gefundenen, vergleichen können, wozu folgende Tabelle dient:

---

*) Iſt er überall eine beſtändige Größe, ſo wird die Proportionalität zwiſchen richtender Kraft und Sinus des Ablenkungswinkels wirklich Statt finden; weil je zwei, zu einander in demſelben Verhältniſſe ſtehende, Größen, mit einander dividirt, immer denſelben Quotienten geben; und umgekehrt, wenn ſie denſelben Quotienten geben, auch daſſelbe Verhältniß zu einander haben.

Beobachtete Zurückdrehungen.	Ablenkung.		Differenzen der beob. und ber. Ablenkung.
	Beobachtete.	Berechnete.	
349°, 5	10°, 30′	10°, 28′	— 0°, 2′
698, 75	21, 15	21, 17	+ 0, 2
1047	33	32, 57	— 0, 3
1394	46	46, 24	+ 0, 24
1736, 5	63, 30	64, 27	+ 0, 57
1895	85	79, 55	— 5, 5

Die letzte Differenz iſt die einzige, welche wohl in Betracht kommen könnte; wahrſcheinlich rührt ſie von einer kleinen Störung in der elaſtiſchen Reaction des Drahts durch die ſtarke Drehung, die er in dieſem letzten Verſuche erfahren hatte, her. Die vollkommene Uebereinſtimmung aller andern Reſultate beſtätigt vollends das Geſetz, durch welches ſie ſo treu wiedergegeben werden. Dies Geſetz iſt von ausnehmender Wichtigkeit und beſtändiger Anwendbarkeit, indem es dient, bei allen Verſuchen die Größe der horizontalen richtenden Kraft zu berechnen, welche auf die Magnetnadeln, vom Erdkörper ausgeübt wird, deſſen Wirkung ſich immer mit der aller andern Kräfte verbindet, durch die wir ſonſt noch die Magnetnadeln zu ſollicitiren vermögen.

Jetzt wollen wir zur Unterſuchung der Wirkungen ſchreiten, welche von den verticalen Seitenkräften V, V' hervorgebracht zu werden vermögen; eine Unterſuchung, die ſich ſehr bequem mit Hülfe der Inclinationsnadel anſtellen läßt, von der wir ſchon weiter oben eine Vorſtellung gegeben haben, und die in Fig. 5. vorgeſtellt iſt. Bei dieſem Inſtrumente kann ſich die Nadel nur vertical um ihre horizontale Axe drehen, ohne aus der Verticalebne zu weichen, in die der Kreis gerichtet wird, in welchem ſie ſchwingt. Man denke ſich alſo, dieſer Kreis ſey ſenkrecht auf den magnetiſchen Meridian gerichtet, Fig. 19. Dann werden ſich die horizontalen Kräfte H, H', die immer mit der Ebene des magnetiſchen Meridians parallel ſind, vollkommen durch die Befeſtigungsart der Nadel aufgehoben finden; und die verticalen Kräfte V, V', die mithin allein wirkſam bleiben, werden die magnetiſche Axe nach ihrer Richtung zu bewegen, d. h. ſie vertical zu machen ſtreben; ſo daß ſie, in dieſe Lage gebracht, in Ruhe verharren wird. Hieran hat man alſo zuvörderſt ein Kennzeichen, woran man die, auf den magnetiſchen Meridian ſenkrechte, Richtung erkennen kann. Man drehe den verticalen Kreis, in welchem die Nadel ſich befindet, bis dieſer Bedingung Genüge geſchehen ſey; und nachdem man auf der horizontalen Eintheilung den Punct nachgeſehen hat, bei welchem der Kreis ſtehen geblieben iſt, drehe man ihn um 90° von dieſem Puncte. Er wird ſich alsdann im magnetiſchen Meridian ſelbſt befinden.

Beobachtet man in dieſer neuen Lage am verticalen Kreiſe den Punct der Eintheilung, wo die Magnetaxe ſtehen bleibt, ſo wird der, zwiſchen dieſem Puncte und dem untern Verticalpuncte des nämlichen Kreiſes enthaltene, Bogen die magnetiſche Neigung oder Inclination, von der Verticale des Ortes an gerechnet, geben. Zur Genauigkeit dieſer, ſo wie der vorigen Beobachtung, iſt erforderlich, daß der Azimutalkreis HII, auf welchem das Inſtrument ruht, wirklich vollkommen horizontal ſey. Um ſich hievon überzeugen zu können, iſt der Kreis mit zwei, in auf einander ſenkrechten Richtungen angebrachten, Nivellirwagen verſehen. Findet keine vollkommene Horizontalität Statt, ſo muß man ſie dadurch herſtellen, daß man die Schrauben, welche dem Inſtrument als Füße dienen, erhöht oder erniedrigt.

Geſetzt, die Neigungsnadel ſey in den magnetiſchen Meridian gerichtet, und ihre magnetiſche Axe im Gleichgewicht in der Richtung der Kräfte, die ſie zu bewegen ſtreben. Lenkt man ſie nun, ohne ſie aus der nämlichen Verticalebene zu bringen, aus der Richtung ihres Gleichgewichts, um wie wenig es auch ſeyn mag, ab, ſo iſt klar, daß die magnetiſchen Kräfte ſtreben werden, ſie durch eine Folge von Oscillationen dahin zurückzuführen, deren Geſetze ganz die nämlichen ſeyn müſſen, als die eines durch die Schwere ſollicitirten Pendels. Auch ohne die Vertheilungsart des Magnetismus an jedem Puncte der Nadel zu kennen, begreift man, daß die Schnelligkeit ihrer Schwingungen abhängen wird von dieſer Vertheilungsart, von der abſoluten Menge freien Magnetismus an jedem ihrer Puncte, und endlich von der Stärke, mit welcher die Geſammtwirkung der Erdkräfte ſich auf dieſen Magnetismus äußert. Die beiden erſten Elemente werden für die nämliche Nadel beſtändig ſeyn, wenn ſie immer den nämlichen magnetiſchen Zuſtand beibehält, oder wenn ihr derſelbe, nachdem ſie ihn verloren hat, auf die nämliche Art und bis zu dem nämlichen Grade wieder ertheilt wird. Das dritte, die Einwirkung der Erdkraft, wird ſonach das einzige Element ſeyn, welches ſich ändert, wenn man den Ort verändert; und eben ſo wie bei dem Pendel wird die Dauer dieſer Oscillationen den Quadratwurzeln der Intenſität der Erdkräfte umgekehrt proportional ſeyn. Bringt man alſo eine ſolche Nadel an verſchiedne Orte der Erde, und zählt, wie viel Oscillationen ſie daſelbſt im magnetiſchen Meridian in einer gegebenen Secundenzahl vollbringt, ſo wird man die Intenſitäten der magnetiſchen Erdkraft an dieſen verſchiednen Orten hienach vergleichen können; eben ſo wie man die verſchiednen Intenſitäten der Schwerkraft daſelbſt nach den Schwingungen eines und deſſelben Pendels vergleicht; und es werden für den Magnetismus ſowohl als für die Schwere die Intenſitäten den Quadraten der, in der nämlichen Zeit vollbrachten, Schwingungsmengen proportional ſeyn.

So fand z. B. Humboldt, welcher eine und dieſelbe Inclinationsnadel von Paris nach Peru und von Peru nach Paris mit nahm, daß ſie vor ſeiner Reiſe und nach ſeiner Rückkehr an erſterm Orte 245 Oscillationen in 10′ Zeit vollbrachte, während ſie in Peru nur 211 machte. Die Intenſität der magnetiſchen Kräfte zu Paris verhält ſich alſo zu der zu Peru wie das Quadrat von 245 zu 211, d. i. wie 60025 zu 44521, oder 135 zu 100. Weiterhin werden wir die Geſetze dieſer Abänderungen unterſuchen. Hier begnüge ich mich, dies eine Beiſpiel anzuführen.

Die hier erörterte Beobachtungsart iſt immer nicht ganz genau, weil die Art, wie die Nadel hiebei ſchwebend erhalten wird, immer eine unvermeidliche Reibung mit ſich bringt. Mit Vortheil kann man daher ſtatt ihrer die Beobachtung der horizontalen Schwingungen in Verbindung mit der Beobachtung der magnetiſchen Neigung anwenden. Denn geſetzt, man habe die Oscillationen einer, an einer Vereinigung von ungedrehten Seidenfäden, bei welchen man annehmen kann, daß ſie der Drehung keinen Widerſtand entgegenſetzen, horizontal aufgehangenen, Magnetnadel gezählt, ſo wird es leicht ſeyn, daraus die Anzahl von Oscillationen herzuleiten, welche die nämliche Nadel um die Richtung der magnetiſchen Neigung vorgenommen haben würde, wenn ſie frei aufgehangen geweſen wäre. Denn die horizontalen Kräfte H, H′ ſind nichts anders als der Theil der ganzen Kräfte GK, G′A′, Fig. 15, der durch Zerlegung derſelben nach horizontaler Richtung in der Ebene des magnetiſchen Meridians hervorgeht; und ſo kann man dieſe letztern (GK, G′A′) daraus nach der Regel des Parallelogramms der Kräfte herleiten, wenn ihre Neigung gegen die erſtern (H, H′) bekannt iſt; worauf die Schwingungsmengen, die in gleicher Zeit durch dieſe beiden Arten von Kräften (GK, G′A′ und H, H′) vollbracht werden, den Quadratwurzeln ihrer Intenſitäten gleich ſind. Beobachtet man alſo die horizontalen Oscillationen einer und derſelben Nadel an verſchiednen Orten der Erde, und beſtimmt zu gleicher Zeit durch unmittelbare Beobachtung die Neigung an jedem dieſer Orte, ſo wird man daraus die Intenſitäten der entſprechenden abſoluten Kräfte weit ſicherer herleiten können, als durch die Inclinationsnadeln. Nur darf man die horizontale Richtung der Nadel nicht durch ein Gegengewicht bewerkſtelligen, denn da dies in verſchiednen Breiten veränderlich wird, ſo würde hiedurch zugleich das ſtatiſche Moment der zu bewegenden Maſſe verändert werden. Man muß ihr dieſe Richtung dadurch ertheilen, daß man ſie in den Bug eines kleinen zuſammengebogenen Papierſtreifens legt, der unten am Aufhängungsfaden befeſtigt iſt, und deſſen Steifigkeit hinreicht, ſie horizontal zu erhalten, wie Fig. 20 darſtellt. Da das Gewicht dieſes Streifens faſt null iſt, und ſich ganz nahe an der Aufhängungsaxe befindet, ſo wird es keinen merklichen Einfluß auf die Dauer der Oscillationen der Nadel äußern; und man wird den Streifen mithin am Faden laſſen, oder an jedem Ort erneuern können, ohne daß dadurch der Vergleichbarkeit der Beobachtungen Eintrag geſchehen wird.

Dieſe Methode der horizontalen Oscillationen kann auch dienen, an einem und dem nämlichen Orte die Größe der richtenden Kräfte an einer und derſelben, oder an mehrern gleichen, Nadeln, die nach verſchiednen Methoden magnetiſirt wurden, zu vergleichen; indem ſich dieſe Intenſitäten unter einander verhalten, wie die Quadrate der, in gleicher Zeit vollbrachten, Schwingungsmengen. Dies Verfahren iſt von ſehr häufiger Anwendung.

Nachdem ſo durch das Vorige die Wirkungen vollſtändig ausgemittelt worden ſind, welche von den horizontalen und von den verticalen Seitenkräften der magnetiſchen Erdkraft beſonders ausgeübt werden, wenn ſie für ſich wirken, ſo kann man nun durch Zuſammenſetzung dieſer Wirkungen mittelſt der Rechnung die Bewegungen beſtimmen, die ſie einer, irgend eine Richtung im Raume habenden, magnetiſirten Nadel einpflanzen müſſen. Da jedoch eine genaue Beobachtung dieſer zuſammengeſetzten Bewegungen ſehr viel Schwierigkeiten darbieten würde, ſo überhebt man ſich derſelben immer bei den Unterſuchungen, und begnügt ſich, die angegebnen partiellen Wirkungen zu meſſen. Auch erhellt aus dem Vorſtehenden, daß man hiemit ausreicht, um für jeden Ort alle Elemente des Erdmagnetismus beſtimmen zu können, d. h. die Abweichung, die Neigung und die Intenſität der magnetiſchen Mittelkraft.

Alle unſre bisherigen Beobachtungen der Richtung gelten in Bezug auf die magnetiſche Axe der Nadeln. Man muß alſo dieſe Axe zu beſtimmen oder ſich auf andre Weiſe zu helfen wiſſen. Hiezu gelangt man auf folgende Art;

Wir wollen eine Magnetnadel A'B'C'D', Fig. 21, betrachten, die horizontal an einer Vereinigung ungedrehter Seidenfäden aufgehangen iſt, indem man ſie entweder unmittelbar an dieſe Fäden befeſtigt, oder in einen kleinen, daran angeknüpften, Ring von Papier oder Kupfer eingelegt hat. Wenn dieſe Nadel zur Ruhe gekommen iſt, ſo wird ihre magnetiſche Axe GG' die Richtung vom magnetiſchen Meridian des Orts haben. Dies reicht aber nicht hin, ſie wirklich erkennen zu laſſen, weil ſie keine ſichtbare Spur in der Nadel zeigt; aus den uns bekannten Eigenſchaften jedoch, die dem Mittelpunct paralleler Kräfte zukommen, fließt, daß, welche Lage man auch der Nadel geben mag, dieſe Axe darin feſt bleiben und unveränderlich die nämliche Lage in Bezug zu den Oberflächen, welche die Maſſe der Nadel begränzen, behalten muß. Wir wollen alſo, durch Viſiren nach irgend einem Gegenſtand auf der Erde, die Richtung einer der Seiten AB der Nadel, wenn dieſelbe zur Ruhe gekommen iſt, beobachten; ſie darauf umwenden, ſo daß Oben Unten wird, und dann in horizontaler Lage wieder an ihre vorige Stelle bringen, indem wir ſie an der nämlichen Vereinigung von Fäden als vorhin aufhängen. Die magnetiſche Axe GG′ wird ſich wieder in den magnetiſchen Meridian richten; die Seiten der Nadel aber werden, da ſie im Kreiſe um dieſe Axe gedreht worden ſind, ſich nicht mehr auf den nämlichen Richtungen, als vorher befinden, und was das Weſentlichſte iſt, ſie werden vom magnetiſchen Meridian eben ſo weit, als vorhin abweichen, nur nach der entgegengeſetzten Richtung, wie die Figur zeigt, wo durch die punctirten Linien ABCD die Lage der Seiten nach dem Umwenden vorgeſtellt iſt. Hat man alſo, wie erinnert wurde, die Richtung einer der Seiten A′B′ der Nadel in der erſten Lage beobachtet, und daſſelbe bei der zweiten Lage hinſichtlich derſelben, zu AB gewordenen, Seite gethan, ſo wird die wahre Richtung des magnetiſchen Meridians genau die mittlere zwiſchen dieſen beiden Richtungen ſeyn; man wird ſie ſomit erkennen und auf der Nadel verzeichnen, oder die Puncte des Raums bemerken können, welchen ihre Verlängerung entſpricht.

Ein ähnliches Verfahren hat man bei den Neigungsnadeln anzuwenden, um die wahre Größe ihrer magnetiſchen Neigung zu finden. Es ſey Fig. 22 eine ſolche Nadel, genau in ihrem Schwerpunct C aufgehangen, und man habe den Punct des Verticalkreiſes beobachtet, bei dem ſie ſtehen bleibt, wenn eine ihrer Flächen, die ich durch O bezeichnen will, nach Oſten vom magnetiſchen Meridian gekehrt iſt. Dann wird die magnetiſche Axe GG′ ſich in der Richtung der beiden Mittelkräfte GK, G′A′ der Fig. 11 befinden, und der, von dieſer Axe mit der Verticale gebildete, Winkel wird die geſuchte Neigung ſeyn. Allein die nicht ſichtbare Linie GG′, Fig. 22, verſtattet keine unmittelbare Beobachtung an der gegebenen Nadel. Man drehe alſo das Inſtrument ſo um, daß die, bisher nach Oſten ſehende, Fläche O der Nadel jetzt nach Weſten gerichtet ſey: die Linie GG′ wird, wie vorhin, die Richtung der Mittelkräfte GK, G′A′ annehmen, und ſo die nämliche Neigung gegen die Verticale erhalten. Wenn ſie alſo keine ſymmetriſche Richtung in Bezug zu den geradlinigen Seiten der

der Nadel hat, ſo wird man dieſe Seiten verſchiednen Puncten der Kreiseintheilung entſprechend finden; und nimmt man das Mittel zwiſchen ihren ſucceſſiven Anzeigen vor und nach dem Umwenden, ſo wird man die wahre Neigung haben. Bei dieſer Darſtellung haben wir vorausgeſetzt, daß die Aufhängungsaxe genau durch den Schwerpunct der Nadel gehe. Bei Nichtbeobachtung dieſer Bedingung würde die Beſtimmung der Neigung nach dem hier beſchriebenen Verfahren unrichtig ausfallen. Wir werden jedoch ſogleich ein Mittel zur Correction derſelben angeben.

Gewöhnlich werden die Inclinations- ſowohl als Declinationsnadeln in der Geſtalt von Pfeilen verfertigt. In der That erhält man hiedurch den Vortheil einer bequemern Beobachtung der Puncte der Eintheilung, nach welchen ihre Enden hinweiſen; zugleich beſitzen auch ſolche Nadeln bei gleichem Gewicht eine weit beträchtlichere richtende Kraft, als anders geſtaltete, wie wir weiterhin ſehen werden. Dies überhebt uns jedoch keineswegs der Sorge, auch mit dieſen Nadeln alle die angegebnen Operationen des Umwendens vorzunehmen, indem man niemals ſicher ſeyn kann, daß der Angriffspunct der magnetiſchen Mittelkraft ſich auf der geometriſchen Axe der Nadel befinde, d. h. auf der geraden Linie, welche ihre beiden Spitzen verbindet; blos durch die beſchriebenen Verſuche läßt ſich die wahre Richtung derſelben ausmitteln.

Endlich hat man noch bei den Beobachtungen der Neigung eine letzte Vorſichtsmaßregel zu befolgen, um von ihrer Zuverläſſigkeit ganz überzeugt ſeyn zu können. Bisher haben wir die Nadel als genau in ihrem Schwerpunct C aufgehangen angenommen; welches uns einer Berückſichtigung der Wirkung der Erdſchwere überhob, die in der That dann keinen Einfluß zu ihrer Drehung zu äußern vermag. Bei Ausführung der Verſuche jedoch iſt es ſchwer, wo nicht unmöglich, dieſe Bedingung in voller Strenge zu erfüllen; ihre Nichterfüllung aber bringt einen bedeutenden Uebelſtand mit ſich. Denn da eine Hälfte der Nadel alsdann ein größeres Beſtreben hat, als die andre, nach der Erde zu fallen, ſo ſenkt ſie ſich mehr, als vermöge der bloßen Wirkung des Erdmagnetismus der Fall ſeyn würde, wodurch, je nach der Art des, in dieſer Hälfte vorhandnen, Magnetismus, die wahre Neigung vermehrt oder vermindert werden, und zugleich ein Irrthum in die Beobachtung der Intenſität kommen muß, weil die Oscillationen nicht mehr um die Richtung GK, G′A′, der Mittelkraft blos der magnetiſchen Kräfte, vor ſich gehen. Indeß werden wir in dieſen Umſtänden ſelbſt ein Mittel zur Correction der Irrung finden, die das Verfehlen des Mittelpuncts der Nadel mit ſich bringen kann. Wir brauchen nämlich nur ſucceſſiv die Nadel nach zwei entgegengeſetzten Richtungen zu magnetiſiren, ſo daß ihre Pole umgekehrt werden, und die Neigung und Intenſität zu beobachten, die ſie nach jeder dieſer Operationen anzeigt, wobei wir ſie immer genau auf die nämliche Weiſe und an den nämlichen Puncten aufhängen, eine Bedingung, deren Erfüllung man dadurch ſichert, daß man die Hülſe und die Stifte Fig. 5, mittelſt welcher die Nadel auf ihren Trägern ruht, unveränderlich an ihrer Oberfläche befeſtigt. Wenn die quere Axe, welche ſich in dieſe Stifte endigt, nicht genau durch den Schwerpunct der Nadel geht, ſo wird eine der beobachteten Neigungen zu ſtark, die andere zu ſchwach ſeyn; und die mittlere zwiſchen beiden wird mit faſt völliger Genauigkeit die wahren Werthe der Neigung und Intenſität geben; wenigſtens wenn die beiden Arme der Nadel recht ſymmetriſch ſind, und die Vertheilung des Magnetismus darin bei beiden Operationen die nämliche bleibt.

Die, in dieſem Capitel enthaltenen, Betrachtungen gelten gleich für alle Nadeln, und ſind unabhängig von der Art, wie der freie Magnetismus in ihnen vertheilt iſt. Blos das iſt bei ihnen vorausgeſetzt, daß der magnetiſche Zuſtand jeder Nadel in den verſchiednen Lagen, in welche man ſie bringt, unverändert bleibt. Durch Vergleichung nun der Stärke der Wirkungen, welche die magnetiſchen Erdkräfte auf eine und dieſelbe, ſucceſſiv nach verſchiedner Art magnetiſirte, Nadel äußern, werden wir den Grad, bis zu dem das freie Hervortreten der natürlichen Magnetismen in ihnen gediehen iſt, ſchätzen, und ſo die vortheilhafteſten Verfahrungsarten ausmitteln können, durch welche der Magnetismus entwickelt zu werden vermag. Dies machen wir zum Gegenſtande des folgenden Capitels.

Viertes Capitel.

Ueber die verſchiednen Arten, den Magnetismus rege zu machen.

Unter allen Arten, die magnetiſchen Kräfte rege zu machen, iſt die einfachſte die, welche im erſten Capitel von uns erörtert worden iſt, und durch Fig.23 erläutert wird. Sie beſteht darin, das Ende n eines Stabes von Stahl oder hartem Eiſen bis auf einige Entfernung oder ſelbſt bis zur Berührung dem Süd- oder Nordpol eines Magnets SN zu nähern. Dann wirken die, in S und N in freiem Zuſtande befindlichen, Magnetismen beide auf die natürlichen Magnetismen des Stabes an; da ihnen aber S näher iſt, ſo überwiegt ſeine Wirkung; und es geht eine Zerſetzung in jedem Metalltheilchen von sn vor ſich. Der, mit S gleichnamige, Magnetismus wird abgeſtoßen, der ungleichnamige angezogen; und in Folge dieſer Scheidung erlangt das Ende n des Stabes einen Pol von der, S entgegengeſetzten, Beſchaffenheit (den freundſchaftlichen Pol von S).

Um ſich hievon zu überzeugen, verfertige man aus einem Stahldraht eine kleine Nadel Σν, die nur 5 bis 6 Millimeter in der Länge hält, magnetiſire ſie durch wiederholtes, immer nach der nämlichen Richtung vorgenommenes, Streichen am Pole S; hänge ſie dann in ihrer Mitte an einem einfachen Coconfaden auf und nähere ſie dem Pol S. Eins ihrer Enden, ν z. B., wird angezogen werden, und ſich nach dem Pole hin richten. Jetzt biete man dieſe nämliche Nadel dem Ende n des, mit S in Berührung geweſenen, Stabes dar; ſogleich wird man ſie ſich um ſich ſelbſt drehen ſehen. Ihr Ende ν, welches von S angezogen wurde, wird von n abgeſtoßen, und dagegen Σ angezogen werden.

Man fahre ſo fort, dieſe Nadel den verſchiednen Puncten des Stabes ns darzubieten, indem man vom Ende n anfängt; man wird finden, daß auf einer gewiſſen Länge nc der Magnetismus von der nämlichen Beſchaffenheit, als in n iſt; alsdann aber wird man einen entgegengeſetzten Magnetismus hervortreten ſehen, indem die Nadel, nachdem ſie bei c ein ziemlich gleichgültiges Verhalten gezeigt hat, alsdann ſich um ſich ſelbſt drehen, und dem Stabe ihre andre Spitze darbieten wird. Iſt der Stab kurz, und hat der Magnet kräftig auf ihn eingewirkt, ſo wird dieſer neue Zuſtand ohne Unterbrechung bis zum Ende s Statt haben. In dieſem Fall wird der Stab in ſeinem zweiten Theile sc, einen mit S gleichnamigen, und in ſeinem erſten nc, einen entgegengeſetzten Magnetismus beſitzen. Der Punct c wird ſich in neutralem Zuſtande befinden.

Iſt der Stab ſehr lang, ſo geſchieht es häufig, daß der zweite Zuſtand ſich nicht bis zu ſeinem Ende erſtreckt, ſondern blos bis zu einer gewiſſen Weite c′, Fig. 24. Dann zeigt der neue Magnetismus, der in c aufzutreten anfängt, von dieſem Punct an erſt eine wachſende Stärke, die ſich durch die lebhaften Bewegungen, in die die kleine Nadel hier verſetzt wird, zu erkennen giebt; über eine gewiſſe Weite s′ hinaus aber fängt dieſe Stärke wieder an, abzunehmen, und wird ganz null im c′, wo ſich abermals ein Indifferenzpunct der Nadel zeigt. Darauf erſcheint ein andrer Magnetismus, der wiederum S entgegengeſetzt iſt; und auf dieſen folgt ſelbſt manchmal noch ein vierter, ihm wieder gleicher, u. ſ. f. Die Prüfungsnadel giebt dieſe Abwechslungen im magnetiſchen Zuſtande durch die Umkehrungen zu erkennen, die ſie jedesmal erfährt, wenn ſich die Beſchaffenheit des

Magnetiſmus ändert, und man nennt die Puncte des Stabes, bei welchen dies geſchieht, Folgepuncte, (puncta consequentia, points conséquens).

Hängt man einen ſolchen Stab auf, um ſeine richtende Kraft zu erforſchen, ſo erhellt, daß die, zur nämlichen Seite der Aufhängungsaxe gelegenen, Theile deſſelben, welche entgegengeſetzte Magnetiſmen beſitzen, ſich auch in ihren Kraftäußerungen entgegenſtreben werden, indem die einen dem, auf dieſer Seite gelegenen, Ende des Stabs die Richtung nach dem Südpol, die andern nach dem Nordpol der Erde zu ertheilen ſtreben. Die geſammte richtende Kraft des Stabes wird alſo im Allgemeinen ſchwächer ſeyn, als wenn jede ſeiner Hälften in ihrer ganzen Ausdehnung eine einzige Art von Magnetiſmus beſäße. Es iſt deshalb von der größten Wichtigkeit, ſolche Folgepuncte bei Verfertigung von Compaßnadeln zu vermeiden; und überhaupt muß man dieſelben immer zu verhüten ſuchen, weil ein Stab mit ſolchen nie die volle Wirkung hervorbringt, die man von ihm erwarten könnte, wenn keine Abwechslungen der Art in ſeinem magnetiſchen Zuſtande Statt fänden. Denn zu welcher Art von Verſuchen man ihn auch brauchen mag, jedenfalls werden die ungleichnamigen Pole zugleich wirken, und ſich dabei um ſo mehr entgegenſtreben, als ſie ſelbſt näher an einander ſind, weil ihre Abſtände von den angezognen oder abgeſtoßenen Punkten dann weniger von einander verſchieden ſeyn werden. Die vortheilhafteſte Art zu magnetiſiren wird alſo die ſeyn, wodurch in jeder Hälfte des Stabes blos eine Art des Magnetiſmus hervorgerufen wird; und alle unſre Bemühungen müſſen ſomit dahin geben, eine Trennung in dieſer Art in höchſtmöglichem Grade hervorzubringen.

Wenn man einen Stab sn nach der eben betrachteten Weiſe magnetiſirt, indem man eins ſeiner Enden n mit einem der Pole S eines Magnets in Berührung ſetzt, ſo wird er um ſo leichter hiebei Folgepuncte annehmen, je härter ſein Metall entweder von Natur oder durch künſtliche Zubereitung iſt. Der Grund hievon leuchtet ein: da die Wirkung des Magnets SN mit der Entfernung abnimmt, ſo giebt es immer einen gewiſſen Punct des Stabes, wo ſie blos der Coercitivkraft gleich iſt, welche das Metall dem freien Hervortreten des Magnetiſmus entgegenſetzt. Mithin würden alle Puncte, welche über dieſe Gränze hinaus liegen, keine Zerſetzung ihrer natürlichen Magnetiſmen erfahren, wenn ſie blos dem Einfluß des Magnets SN unterworfen wären. Allein der erſte Theil nc, wo ſich ſchon Magnetiſmus entwickelt hat, wirkt auch auf dieſe Puncte, und ſtrebt einen entgegengeſetzten Magnetiſmus darin zu erregen. Da die Geſammtkraft dieſes Beſtrebens aus größerer Nähe wirkt, als die des Maerſte Abwechslung immer einen Magnetismus von entgegengeſetzter Beſchaffenheit, als der Pol des Magnets, mit dem ſie in Berührung gekommen iſt, erhält; während die erſte Abwechslung der El. auf dem Glaſe mit der El. des Siegellacks gleichartig iſt.

Ueberhaupt laſſen ſich alle Erſcheinungen der Zuſammenſetzung und Zerſetzung, die ſich uns an den beiden Elektricitäten dargeboten haben, auch durch die beiden Magnetismen darſtellen, blos mit den Modificationen, die aus einem abſoluten Mangel an Leitungsvermögen des Magnets hervorgehen. Da dieſe Zuſammenſtellung ſehr geeignet iſt, die Richtigkeit unſrer Theorie ins Licht zu ſetzen, ſo werde ich einige Beiſpiele derſelben geben.

Das erſte entlehne ich aus Gilbert. Man gebe einem natürlichen oder künſtlichen Magneten, SN, Fig. 25, die Stellung, daß ſeine magnetiſche Axe vertical wird, darauf nehme man zwei gleich lange Stücke weichen Eiſendrahts, sn, s'n', von zwei bis drei Centimetern Länge, hänge beide an Faden von ungedrehter Seide fs, f's' auf, und nähere ſie zugleich und allmälig dem Pol S. Wenn ſie nur noch bis auf eine kleine Weite, z. B. von zwei bis drei Millimetern, davon entfernt ſind, werden ſie ſich fliehen, als fände eine Abſtoßung zwiſchen ihnen Statt; wodurch die beiden Aufhängungsfäden zum Divergiren gebracht werden. Der Grund dieſer Erſcheinung iſt ganz einfach. Wenn das Drahtſtück sn in die Nähe des Pols S kommt, ſo werden ſeine natürlichen Magnetismen durch den vorwaltenden Einfluß dieſes Pols zerſetzt; sn wird alſo auch für ſein Theil magnetiſch und erhält zwei Pole, deren einer n, S entgegengeſetzt, der andre s ihm gleichartig iſt. Das Nämliche findet beim andern Drahtſtück s'n' Statt. Die Enden dieſer beiden Drähte, die einander zunächſt befindlich ſind, erhalten alſo auf einmal gleichnamige Magnetismen; ſtoßen ſich mithin ab; und bei ihrer geringen Maſſe und der Beweglichkeit ihrer Aufhängung macht ſich dieſe Abſtoßung ſehr leicht durch die Divergenz derſelben bemerklich. Hierin findet man alſo ganz die Erſcheinungen der el. Vertheilung wieder, mit dem einzigen Unterſchiede, daß keine Fortpflanzung von Magnetismus in den verſchiednen Theilen der Drahtſtücke sn, s'n' Statt findet, ſondern blos eine, auf ihrer Stelle beſchränkte, Zerſetzung der natürlichen Magnetismen in jedem der Eiſentheilchen, aus denen ſie beſtehen; eine Zerſetzung, vermöge deren an jedem Ende dieſer Drähte einer der beiden Magnetismen frei wird, während der entgegengeſetzte daſelbſt gebunden iſt.

Man nehme jetzt zwei ganz dünne und gleich lange Stahlſtreifen SN, S'N' Fig. 26, von der Art z. B., wie ſie zu Verfertigung der Uhrfedern gebraucht werden; und magnetiſire beide auf die nämliche

Weiſe, indem man ſie mit dem nämlichen Pol eines und deſſelben Magnets in Berührung bringt, oder ſie in der nämlichen Richtung auf ſeiner Oberfläche hinführt. Nachdem man nun unterſucht hat, welches Gewicht einer dieſer Streifen, z. B. SN, mit ſeinem Pol S zu tragen vermag, hänge man einen weichen Eiſendraht ns daran auf, deſſen Gewicht funfzig oder hundertmal ſchwächer iſt, als dies Tragvermögen. Darauf nähere man allmälig dieſem erſten Streifen den zweiten S′ N′, als wenn man ihn mit den ungleichnamigen Polen darüber legen wollte. Wenn beide Streifen in Berührung mit einander gekommen ſind, wird das Anhaften des Drahts ns ganz oder faſt ganz aufgehoben ſeyn; ſo daß das Syſtem beider ſo über einandergelegter Streifen nur noch einen ausnehmend kleinen Theil von dem Gewicht wird zu tragen vermögen, das jeder von ihnen für ſich getragen hätte. Die Erklärung hievon ergiebt ſich leicht. Denn nimmt man an, daß beide Streifen, vermöge ihrer gleichen Dimenſionen und der gleichen Art, wie ſie magnetiſirt worden ſind, mit magnetiſchen Kräften von derſelben Intenſität begabt ſind, und läßt ihre entgegengeſetzten Pole gleichzeitig auf Eiſentheilchen wirken, welche von beiden ganz oder faſt ganz gleich entfernt ſind, ſo müſſen ſich, wie leicht erhellt, ihre Wirkungen gegenſeitig aufheben, als wenn die beiden übereinanderliegenden Streifen in ihrer Verbindung ein Syſtem bildeten, in welchem ſüdlicher und nördlicher Magnetismus ſich im Zuſtande der Vereinigung befänden. Dieſer Verſuch iſt ganz dem analog, den wir im vierten Buche mit der Berührung zweier, durch ihre Reibung verſchieden elektriſirter, Glasplatten anſtellten; und ſeine Erklärung ergiebt ſich auch ganz nach den nämlichen Grundſätzen.

Ich habe die Streifen deshalb für ſehr dünn angenommen, damit, wenn ſie über einander gelegt ſind, ihre Abſtände von den verſchiednen Puncten des Drahts sn faſt gleich ausfallen. Allerdings iſt dieſer Abſtand für den zweiten Streifen unvermeidlich um die ganze Dicke des erſten größer; und deshalb können die Wirkungen zweier, ſo übereinanderliegender, gleicher Streifen, einander nicht völlig genau aufheben. Steht es jedoch nicht in unſrer Macht, dieſer Ungleichheit abzuhelfen, ſo können wir ſie wenigſtens dadurch ſchwächen, daß wir die Streifen ſehr dünn machen. Auch könnte man dieſe Vorſicht entbehrlich machen, indem man einen zweiten Streifen S′ N′ nähme, der kräftiger als SN magnetiſirt wäre. Dann würde der Draht von ſelbſt herabfallen, wenn die Wirkung dieſes Streifens S′N′ durch den größern Abſtand ſo weit geſchwächt wäre, daß ſie der Wirkung von SN nur noch gleich käme; ein Fall, der entweder bei der Berührung beider Streifen eintreten würde, oder ſchon vorher. Im letztern Fall würde bei weiterer Annäherung beider Streifen, die

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER, G.T. FN. 01552/005

Wirkung des zweiten über die des erſten das Uebergewicht erhalten, und der Draht an ſich wieder an den Pol S anhängen, allein vermöge des entgegengeſetzten Magnetismus von dem, den er zuvor hatte. Begreiflich laſſen ſich dieſe Verſuche noch auf mannigfache Weiſe abändern; die beiden eben beſchriebenen Verſuche reichen jedoch hin, alle Erörterungen hinſichtlich der übrigen, die ſich noch erdenken laſſen mögen, überflüſſig zu machen.

Wir haben ſchon bemerkt, daß ein Magnet nichts von ſeiner Kraft verliert, wenn man mittelſt deſſelben auch noch ſo viel Stäbe magnetiſirt; ja die Wiederholung dieſer Operation muß, was wir damals noch nicht voraus ſehen konnten, ſeine Stärke vermehren, anſtatt ſie zu mindern. Berührt nämlich der Pol S eines natürlichen oder künſtlichen Magneten, Fig. 23, das Ende n eines Stabes, und entwickelt darin einen, dem ſeinigen entgegengeſetzten, Magnetismus, ſo wirkt dieſer nun für ſeinen Theil auf die natürlichen Magnetismen des Magnets, durch den er erregt worden iſt, und ſtrebt, eine neue Zerſetzung darin hervorzurufen, welche vermehrend zum freien Magnetismus von S hinzu tritt. Dieſer Zuwachs bedingt im Stabe an eine neue Zerſetzung, die wiederum auf den Pol S zurückwirkt; ſo daß beide, vermöge dieſer wechſelſeitigen Gegenwirkung, einen Magnetismus von ſtärkerer Intenſität erlangen, als vermöge der unmittelbaren Wirkung von S allein der Fall ſeyn könnte. Hiemit zeigt ſich ganz analog der Zuwachs der Ladung, den die obere Platte eines Condenſators durch den Einfluß der, in der untern Platte gebundenen, El. annimmt. Allein das el. Gleichgewicht ſtellt ſich augenblicklich in dieſen Platten her, weil ſie aus Subſtanzen beſtehen, welche die El. mit ausnehmender Leichtigkeit durch ſich hindurchzulaſſen vermögen, während das Maximum der Ladung in einem Magneten und den, ihn berührenden, Stäben nur ſehr langſam zu Stande kommt. Denn einerſeits, wenn die Stäbe aus Stahl oder hartem Eiſen beſtehen, widerſtrebt ihre Coercitivkraft einer ſchnellen Zerſetzung ihrer natürlichen Magnetismen, andrerſeits ſetzt die Subſtanz des Magneten der Zunahme ſeines eignen Magnetismus einen eben ſolchen Widerſtand entgegen. Man kann zwar das erſte Hinderniß umgehen, indem man Stäbe aus einem recht weichen Eiſen nimmt, allein das zweite iſt unvermeidlich und hat zur Folge, daß ſelbſt in dieſem Falle das Syſtem noch langer Zeit bedarf, um zum Maximum der Entwicklung des Magnetismus zu gelangen, deſſen es fähig iſt.

Aus dieſer Bemerkung ergiebt ſich die Erklärung mehrerer wichtigen Erſcheinungen. Man applicire an einen der Pole eines natürlichen oder künſtlichen Magneten ein Stück weiches Eiſen, welches daran haften bleibt, und an welchem eine kleine Wagſchale angehängt iſt, in die ſich ſucceſſiv verſchiedene Gewichte legen laſſen. Legt man Anfangs in dieſe Schale die ganze Laſt, die der Magnet zu tragen vermag, und läßt ſie daran hängen, ſo wird man finden, daß ſich dieſe Laſt von Tage zu Tage um eine kleine Quantität vergrößern läßt. Reißt man aber nach Verlauf einiger Wochen oder Monate das Stück Eiſen gewaltſam los, und verſucht es ſogleich mit ſeiner ganzen Ladung wieder anzuhängen, ſo findet man, daß es der Magnet nicht mehr zu tragen vermag; er hat augenblicklich den ganzen Kraftüberſchuß verloren, den er durch den Einfluß des Eiſens erlangt hatte. In der That vermochten unter dieſem Einfluß ſeine beiden Magnetismen, zum Theil durch die des Eiſens gebunden, in einem Zuſtand der Zerſetzung zu verharren, den die Coercitivkraft allein nicht mehr zu unterhalten vermag: der Magnet, ſich ſelbſt überlaſſen, muß alſo zum Maximum magnetiſcher Kraft zurückkehren, das ihm vermöge der Beſchaffenheit ſeiner Subſtanz zukommt, d. i. zum Zuſtande der Sättigung; und, was wohl zu bemerken iſt, es ſcheint, daß dieſe Rückkehr augenblicklich erfolgt.

Man macht von dieſer Thatſache eine nützliche Anwendung, um die Kraft natürlicher oder künſtlicher Magnete zu verſtärken, indem man daran die ſogenannten *Armaturen* anbringt, oder ſie *armirt*. Unter Armaturen verſteht man Stücken von ganz weichem Eiſen, die an die Polflächen des Magnets angelegt werden, und indem ſie durch Vertheilung ſelbſt magnetiſch werden, mit der Zeit ſeine Stärke vermehren. Wir wollen z. B. einen Magnet von viereckiger Form betrachten, wie SSNN, Fig. 27, von dem SS der Südpol, NN der Nordpol iſt. Man verſehe zuvörderſt den erſten dieſer Pole mit einer Armatur von weichem Eiſen S′S″S‴, von der, in der Figur vorgeſtellten, Geſtalt. Die natürlichen Magnetismen dieſer Eiſenplatte werden ſogleich zerſetzt werden, indem der, in SS herrſchende, ſüdliche Magnetismus ihren nördlichen anzieht und den ſüdlichen abſtößt; ſo daß dieſer letztere auf der ganzen äußern Oberfläche S′S″S‴ der Platte herrſchen wird, und namentlich an ihrem entfernteſten Ende S′S″, welches der *Fuß der Armatur* genannt wird. Umgeben wir den andern Pol NN des Magnets mit einer ähnlichen Armatur, ſo wird er eine gleiche Zerſetzung darin hervorrufen, und der Fuß N′N″ wird nördlich magnetiſch werden. Nach Verlauf einiger Zeit wird durch den Einfluß dieſer Armaturen die Zerſetzung des Magnetismus in den Theilchen des Magnets, die davon umgeben werden, merklich verſtärkt worden ſeyn und dieſer dadurch an Kraft zugenommen haben. Dieſe Hüllen dürfen nicht ſehr dünn ſeyn; denn bei übrigens gleichen Verhältniſſen hängt die Entwicklung des Magnetismus, die in einem Stück Eiſen vorgehen kann, von ſeiner Maſſe ab; aber auch nicht zu dick dürfen ſie ſeyn; damit ihre größte Wirkungsſtärke nicht auf ihrer Seitenfläche ſondern in ihren Füßen S′S″, N′N″ Sitz faſſe; ein Umſtand, deſſen Vortheile ſich bald zeigen werden. Uebrigens läßt ſich allein nach der Erfahrung beſtimmen, welche Dicke man den Armaturen eines Magnets am zweckmäßigſten zu geben hat. Jedenfalls aber iſt klar, daß ſie, wie erwähnt, aus weichem Eiſen beſtehen müſſen, um die Zerſetzung des Magnetismus zu erleichtern. Stahl und hartes Eiſen würden ſich hiezu ganz und gar nicht eignen; obwohl ihr Gebrauch von einigen empfohlen worden iſt.

Das Anbringen von Armaturen an die Magnete verſtärkt nicht nur ihre Kraft durch Entwicklung von neuem Magnetismus; ſondern auch dadurch, daß die magnetiſchen Kräfte eine vortheilhaftere Richtung erhalten. Geſetzt z. B. man wolle ſich des Magneten SSNN, unarmirt bedienen, den Stab sn, Fig. 28, zu magnetiſiren, indem man ein Ende des letztern ſeiner nördlichen Fläche NN darbietet. Hier ergiebt ſich aus dem bloßen Anblick der Figur, daß der größte Theil der Puncte dieſer Fläche ſo wie der inwendigen Puncte in einer ſehr ſchiefen Richtung auf den Stab wirken und mithin nur einen ſehr ſchwachen Einfluß zur Zerſetzung des Magnetismus ſeiner Theilchen nach ſeiner Längenrichtung äußern kann. Ueberdies wird die ſüdliche Fläche SS, die ſich der erſtern parallel befindet, dieſem Erfolg durch ihren Einfluß entgegenwirken; und obwohl ihre Wirkung wegen größern Abſtands ſchwächer iſt, ſo wird ſie doch, wie leicht zu ſehen, den Vortheil einer wirkſamern Richtung haben, indem ſie minder große Winkel mit der Länge des Stabes macht. Wenn dagegen die Stärke jedes Pols zum großen Theil in den Fuß der Armatur verſetzt iſt, und man den Stab sn in der Richtung der Verlängerung eines dieſer Füße, z. B. N′N″, Fig. 27, hinhält, ſo erhellt zuvörderſt, daß die Wirkung dieſes Pols, die ſich ſo zu ſagen blos in dem Fuße concentrirt hat, die Theilchen des Stabes in einer weit weniger ſchiefen Richtung treffen wird, als vorher die der großen Oberfläche des Pols NN; dagegen wird die Wirkung des andern Pols SS, die gleichfalls auf den, ihr entſprechenden, Fuß S′S″ übergetragen worden iſt, in einer weit ſchiefern Richtung auf den Stab wirken, als im Fall, wo beide Polflächen parallel ſind. Dieſer Pol wird mithin nur in weit geringerem Grade der unmittelbaren Wirkung des Fußes, welchem der Stab dargeboten wird, entgegenwirken können. Auch vermag man durch dieſes Mittel dem Stabe sn einen weit ſtärkern Magnetismus zu ertheilen, als wenn man das Magnetiſiren mit dem nämlichen, nicht armirten, Magneten vornähme. Hievon kann man ſich leicht ſo überzeugen, daß man durch die Methode der horizontalen Oſcillationen die Intenſitäten der richtenden Kräfte vergleicht, welche die nämlichen Stäbe erlangen, wenn ſie ſucceſſiv mit dem Magneten in dieſen beiden Zuſtänden magnetiſirt werden. Um einen ſolchen Magnet dauerhaft zu erhalten, muß man an ſeine beiden Füße ein Parallelepipedum von weichem Eiſen anlegen, das ihnen zur gemeinſchaftlichen Belegung dient, wie Fig. 29 darſtellt, und blos dann weggenommen wird, wenn man einen Pol für ſich in Wirkung treten laſſen will. Die Wirkung dieſer beweglichen Armaturen iſt ganz von der Art, wie wir ſie auf S. 42 auseinandergeſetzt haben.

Hiemit iſt alles erſchöpft, was ſich durch Magnetiſirung mittelſt bloßer Berührung ausrichten läßt; das Erforderniß indeß, den Bouſſolen die größtmögliche Stärke zu verleihen, hat die Phyſiker auf mehrere andre Verfahrungsarten denken laſſen, die ich nach einander erörtern werde.

Nach der erſten Methode, welche lange Zeit hindurch faſt allein in Gebrauch geweſen iſt, wurde der zu magnetiſirende Stab ns erſt ſenkrecht auf einen der Pole eines natürlichen oder künſtlichen Magnets aufgeſetzt, wie Fig. 30 darſtellt; worauf man ihn der Länge nach über dieſen Pol hinweg zog. Um die Wirkſamkeit dieſer Methode beurtheilen zu können, wollen wir den Stab ns zuvörderſt in dem Zeitpunct betrachten, wo ſein Ende n eben auf den Pol S des Magnets SN aufgeſetzt worden iſt, und um von einer feſten Vorſtellung auszugehen, S für den Südpol des Magnets annehmen. Da in dieſem Fall die ſüdliche Wirkung des Theils CS über die nördliche Wirkung des Theils CN das Uebergewicht hat, ſo wird in n eine Zerſetzung der natürlichen Magnetismen des Stabes vor ſich gehen. Der ſüdliche Magnetismus jedes der Theilchen, aus denen er beſteht, wird nach s abgeſtoßen, der nördliche nach n angezogen werden, und es wird ſich in n ein Nordpol bilden. Wenn aber der Pol S das Ende n verläßt und über die folgenden Punkte des Stabes hinzugleiten anfängt, ſo wird er ſucceſſiv auf jeden derſelben eine ganz gleiche Wirkung ausüben, d. h. er wird den nördlichen Magnetismus jedes Theilchens nach der Stelle anziehen, wo er ſich gerade befindet, und den ſüdlichen Magnetismus abſtoßen. Nun hat dies immer die Folge, daß vermöge dieſer fortgeſetzten Abſtoßung, die erſte Zerſetzung von Magnetismus, welche im Ende n durch unmittelbare Berührung des Pols S hervorgerufen wurde, wieder aufgehoben wird, und gleicherweiſe hebt dieſer Pol in ſeinem Fortſchreiten auf dem Stabe ſucceſſiv durch ſeinen Einfluß alle die Wirkungen auf, die er durch ſeine Berührung in den Puncten, über die er zuvor hingeglitten war, hervorgerufen hatte. Dies gilt blos für das Ende s des Stabes nicht, welches zuletzt in Berührung mit dem Pol S kommt, in der Lage n′s′. Für dieſes Ende iſt der Erfolg der unmittelbaren Berührung bleibend; und es behält nach Entfernung des Magneten den nördlichen Magnetismus, den dieſer in ihm erregt hatte. Auf dieſen letzten Erfolg beſchränkt ſich demnach faſt die ganze Wirkſamkeit dieſer Methode; und man darf daher von derſelben eben nicht mehr erwarten, als von der bloßen Berührung, die wir ſchon in Gebrauch gezogen hatten. Die Erfahrung beſtätigt dies, denn mißt man durch die Methode der horizontalen Oſcillationen die ſo erhaltenen richtenden Kräfte und vergleicht ſie mit denen, die durch die weiter zu beſchreibenden Verfahrungsarten hervorgebracht werden, ſo ergiebt ſich, daß mittelſt ihrer nur Nadeln von ſehr geringer Dicke bis zur Sättigung magnetiſirt zu werden vermögen.

Dabei iſt ſie noch dem Nachtheil unterworfen, oft und leicht zu Folgepuncten Anlaß zu geben, eben ſo wie die bloße Berührung, zumal, wenn der zu magnetiſirende Stab lang, von hartem Stahl iſt, und wenn der Magnet, deſſen man ſich zur Magnetiſirung bedient, an einigen Stellen viel länger, als an andern feſtgehalten wird. Mittelſt dieſes letzten Umſtands laſſen ſich ſogar nach Willkühr Folgepuncte hervorbringen, denn nimmt man einen Eiſenſtab, der ſchon regelmäßig magnetiſirt iſt, d. h., der in jeder ſeiner Hälften nur eine und dieſelbe Art von Magnetismus beſitzt, ſetzt einen der Pole eines Magnets auf irgend eine Stelle ſeiner Länge auf, und zieht ihn nach einer Berührung von einigen Secunden ſenkrecht zurück, ſo wird ſich an dieſer Stelle ein Pol bilden, welcher dem aufgeſetzten des gebrauchten Magnets entgegengeſetzt iſt; wenigſtens wenn dieſer Magnet kräftiger als der Stab iſt. Iſt er ſehr kräftig und der Stab von geringer Dicke, ſo reicht es ſelbſt ſchon hin, ihn in der Mitte von deſſen Länge aufzuſetzen, um an dieſer Stelle einen Pol, und zwei entgegengeſetzte Pole an den beiden Enden hervorzurufen, wie man ſich durch die Prüfungsnadel überzeugen kann, die ſchon oben zu dieſem Zweck angewendet wurde.

Die hier beſchriebene Methode der Magnetiſirung bietet eine ſehr bemerkenswerthe Erſcheinung dar. Wenn der Stab ſn, Fig. 30, über einen der Pole eines ſehr ſtarken Magneten hingeglitten iſt, z. B. über ſeinen Nordpol, und in Folge deſſen einen ziemlich kräftigen Magnetismus erlangt hat: man ihn aber darauf, in ſeiner ganzen Länge und in der nämlichen Richtung, über den gleichnamigen Pol eines ſchwächern Magneten hingleiten läßt, ſo wird man geneigt ſeyn zu glauben, daß dieſe Operation, da ſie nach der nämlichen Richtung als die erſte angeſtellt iſt, den magnetiſchen Zuſtand des Stabes nur erhöhen kann oder höchſtens ihn unverändert laſſen wird. Statt deſſen findet man, daß ſie eine Verminderung deſſelben zur Folge hat, und zwar ihn genau zu dem Grade herabbringt, als wenn der Stab blos durch den ſchwachen Magnet magnetiſirt worden wäre. Um dieſe Erſcheinung begreiflich zu finden, muß man beachten, daß der zweite Magnet, indem er ſo ſucceſſiv über jeden Punct der erſten Hälfte des Stabes hinweggeht, darin momentan durch ſeine Berührung einen Magnetismus hervorruft, welcher dem entgegengeſetzt iſt, den der erſte Magnet darin zurückgelaſſen hatte; wenigſtens bei der Vorausſetzung, daß dieſer zweite Magnet ſelbſt aus ſo hartem Stahl beſteht, daß ſein eigner Magnetismus nicht durch den des Stabes aufgehoben zu werden vermag. Dieſe Umkehrung erfolgt ſtets, obſchon der zweite Magnet ſchwächer als der erſte iſt, weil er ſucceſſiv an jedem Puncte durch ſeine unmittelbare Berührung wirkt; während der erſte Magnet den zuletzt zurückgebliebenen Magnetismus nur durch ſeinen Einfluß in die Ferne hervorgerufen hatte. So wie alſo der zweite Magnet über die erſte Hälfte des Stabes hingleitet, z. B. mit ſeinem Nordpol, wird jeder der davon berührten Puncte erſt zum natürlichen Zuſtand zurückgeführt, geht dann in ſüdlichen Zuſtand über, und nimmt endlich, vermöge des Einfluſſes in die Ferne, den Grad von nördlichem Magnetismus an, den dieſer Magnet ihm zu ertheilen vermag und den er beibehält. Dieſe ſucceſſiven Veränderungen des freien Magnetismus können aber nicht in der erſten Hälfte des Stabes vor ſich gehen, ohne ſogleich entſprechende in der andern Hälfte zu bedingen. Wie man ſieht alſo muß der Stab, nachdem er dieſe ſtörende Wirkung in ſeiner ganzen Länge erfahren hat, ſich genau auf denſelben Grad von Magnetismus herabgebracht finden, als wenn er gleich Anfangs blos von dem zweiten Magneten berührt worden wäre. Zugleich aber erhellt auch, daß dieſe Reduction nicht Statt haben würde, wenn der Nordpol des zweiten Magneten den Stab blos in ſeiner ſüdlichen Hälfte berührte; denn alsdann würde der Magnetismus letzterer dadurch vielmehr verſtärkt, als vermindert werden. Aus demſelben Grunde würde auch keine Verminderung erfolgen, wenn der Magnetismus des Stabes hinlänglich kräftig wäre, um den Magnetismus des zweiten Magnets aufzuheben und ſeine Pole umzukehren. Der äußerſte Fall hievon würde ſeyn, wenn dieſer Magnet aus ſehr weichem Eiſen beſtände, in welchem die Zerſetzung und Wiederherſtellung der natürlichen Magnetismen mit außerordentlicher Leichtigkeit von Statten ginge; denn in dem Maße als dies Eiſen alsdann über die verſchiednen Puncte des Stabes hinglitte, würde es momentan bei der Berührung den entgegengeſetzten Magnetismus von dem des berührten Punctes annehmen; und dem zufolge vermöge ſeiner Gegenwirkung die Art des Magnetismus zu verſtärken ſtreben, die dieſer Punct ſchon beſäße. Es würde alſo gleich einer beweglichen Armatur wirken, die wechſelsweis an verſchiedne Puncte des Stabes angelegt würde; und es ſcheint mir unzweifelhaft, daß ein ſolches wiederholtes Streichen, anſtatt den Magnetismus des Stabes zu vermindern, ihn vielmehr bald bis zu ſeinem Maximum ſteigern würde.

Nach vielen vergeblichen Verſuchen, die Methode der Magnetiſirung durch bloße Berührung abzuändern und zu vervollkommnen, wurde der erſte Schritt zu beſſer combinirten und vortheilhaftern Methoden im J. 1745 von dem engliſchen Phyſiker Knight gethan. Er ſetzte zwei ſtark magnetiſirte Stäbe mit ihren Enden an einander, ſo daß der Nordpol des einen mit dem Südpol des andern in Verbindung war. Darauf legte er auf dieſe dicken Stäbe in der Richtung ihrer Länge einen kleinen, in hell-kirſchrother Glühhitze gehärteten, Stahlſtab, ſo daß ſeine Mitte der Verbindungsſtelle der beiden dicken Stäbe entſprach, und ließ dieſe nun, indem er ſie aus einander zog, jeden von ſeiner Seite bis zu den Enden des kleinen Stabes hingleiten, der ſich durch dies Verfahren bis zu einem, bis dahin unerreichbaren, Grade magnetiſcher Kraft gebracht fand.

Bei dieſer Art, die Magnetiſirung vorzunehmen, wirkt jeder Magnet auf die Hälfte des kleinen Stabes, die er durchläuft, wie ein einziger Magnet bei der ſo eben beſchriebenen Methode der ſucceſſiven Berührung. Bei letzterer aber war blos der Einfluß dieſes einen Magnets auf den Stab in ſeiner ganzen Ausdehnung zur Hervorrufung der beiden Magnetismen thätig, während bei der Knightſchen Methode dieſe Zerſetzung durch die gleichzeitige Wirkung zweier Magnete begünſtigt wird. Denn hinſichtlich aller Puncte, die zwiſchen ſie zu liegen kommen, unterſtützen ſich ihre Wirkungen; indem die Art Magnetismus, die von einem derſelben nach einem Ende des Stabes angezogen wird, zugleich vom andern nach dieſem Ende abgeſtoßen wird. Auch findet man, daß bei Anwendung dicker, ſtark magnetiſirter, Stäbe nach dieſer Methode kleine Stäbe, wenn ſie ganz kurz und nicht ſehr dick ſind, ziemlich das Maximum von Magnetismus erlangen, deſſen ſie fähig ſind; etwas lange Stäbe aber vermag man nicht durch dies Verfahren bis zur Sättigung zu magnetiſiren.

Die Knightſche Entdeckung veranlaßte mehrere Phyſiker, Verfahrungsarten aufzuſuchen, mittelſt deren ſich der nämliche Grad von Magnetismus in größern Stäben hervorrufen ließe. Duhamel, Mitglied der Akademie der Wiſſenſchaften, der ſich zu dieſer Unterſuchung mit Antheaume verband, machte dieſen neuen Fortſchritt mit Hülfe folgender Methode.

Er brachte zwei Stahlſtangen von gleicher Länge SN, S′N′, Fig. 31, in eine parallele Lage und verband ihre Enden durch kleine Parallelepipeda von ganz weichem Eiſen FF, ſo daß ein rechteckiges Parallelogramm entſtand. Darauf nahm er zwei Bündel ſchon magnetiſirter Stäbe sn, $s'n'$, ſetzte ſie, ihre freundſchaftlichen Pole in Verbindung, um die Mitte einer dieſer Stangen auf; neigte ſie alsdann, wie die Figur zeigt, und führte nun jeden von ſeiner Seite bis zum Ende der Stange hin. Durch Wiederholung dieſes Streichens auf beiden Stangen nach einander brachte er einen beträchtlichen Grad von Magnetismus hervor. Die Anwendung zweier Bündel anſtatt eines einzigen gewährt hier denſelben Vortheil, als bei der Knightſchen Methode. Außerdem aber iſt die Armatur der Enden der zu magnetiſirenden Stangen mit weichem Eiſen, eine ſehr wichtige Verbeſſerung. Denn in dem Augenblick, wo die Stahlſtangen irgend einen Grad von Magnetismus angenommen haben, werden auch ihre Belegungen aus weichem Eiſen durch Vertheilung magnetiſch und wirken dann ganz wie die Armaturen. Sie halten den ſchon erregten Magnetismus dieſer Stangen an ihren beiden Enden feſt, binden ihn, und verſtatten ſo den magnetiſirenden Bündeln, bei Wiederholung des Streichens, leichter eine neue Zerſetzung hervorzurufen. Nur noch eins fehlte, um dieſe Methode zum höchſten Grade der Vollkommenheit zu bringen, deren ſie fähig war. Nämlich man hatte nur noch ſtatt der Armaturen aus kleinen Stücken von weichem Eiſen ſtarke, mit ihren Polen entgegengeſetzte, Magnete anzuwenden, die den, durch die ſtreichenden Bündel ſchon zerſetzten, Magnetismus in noch ſtärkerem Grade feſt zu halten und zu binden vermochten. Dies geſchahe von Aepinus, wie wir ſogleich ſehen werden. In Ermangelung ſtarker Magnete iſt jedoch Duhamels Methode die vortheilhafteſte, die ſich zur Magnetiſirung von Compaßnadeln oder Stäben, die nicht über 2 bis 3 Millimeter dick ſind, anwenden läßt, wofern nur die Bündel, deren man ſich zum Streichen bedient, ſtark magnetiſirt ſind.

Ziemlich zur nämlichen Zeit, wo Duhamel in Paris ſich mit dieſer Unterſuchung beſchäftigte, verfolgten Mitchell und Canton in England den nämlichen Gegenſtand.

Mitchell bediente ſich zweier ſtark magnetiſirter Magnetbündel, die parallel zuſammengebunden waren, ſo daß ſich die ungleichnamigen Pole vereint fanden, jedoch ein Zwiſchenraum von 7 bis 8 Millimetern zwiſchen ihnen blieb. Er legte alsdann mehrere gleiche Stäbe in eine gerade Linie hinter einander, ſo daß ſie ſich berührten und ſtrich mit einem der Enden des Doppelbündels ſenkrecht über dieſe Linie hin. Er fand, daß bei dieſer Methode die Mittelglieder der Kette eine große magnetiſche Kraft erlangten; was allerdings gegründet iſt, obwohl dieſer Grad des Magnetismus nie bis zum Maximum ſteigt, das ſie zu erlangen vermögen.

Die verſchiednen, mit ihren Enden in Berührung gebrachten Stäbe äußern hier denſelben Einfluß, als die, von Duhamel angewandten, kleinen Eiſenbelegungen; ſie wirken ganz als Armaturen. Nur, da die Beſchaffenheit ihrer Subſtanz kein freie Erregung von Magnetismus darin zuläßt, ſo werden ſie nicht magnetiſch, und erhalten blos in ſo fern Wirkſamkeit, als ſie von den Bündeln beim Streichen berührt worden ſind. Es wird hieraus begreiflich, warum man blos die Mittelglieder ſtark magnetiſirt findet; weil nämlich ſie allein Armaturen beſitzen. Hierin kommt das Verfahren von Mitchell mit dem Duhamelſchen überein, und ſteht ihm vielleicht noch nach. Allein es bietet eine andere Abänderung dar, die eine nähere Betrachtung verdient; nämlich es werden hier zwei parallele Bündel angewandt, die einander mit ihren entgegengeſetzten Polen bis auf eine gleichbleibende Weite angenähert ſind, und gleichzeitig über die ganze Länge der Stäbe hingleiten. Um den Erfolg dieſer Anordnung klar einzuſehen, ſtelle man ſich dieſe beiden Bündel unter SN, $S'N'$, Fig. 32 und 33 vor, denke ſich, daß ihre Pole über die Stahlſtange $N''S''$ hingeführt werden und unterſuche nun, welche Wirkung ſie auf die Puncte dieſer Stange ausüben, welche ſich innerhalb oder außerhalb des zwiſchen ihnen begriffnen Zwiſchenraums befinden.

Wir wollen zuvörderſt das Bündel SN betrachten, das ich größerer Einfachheit halber frei von Folgepuncten annehmen will, ſo daß ſeine Hälfte CN, welche von der Stange am entfernteſten iſt, den nördlichen Magnetismus beſitzt, und der Theil CS, welcher ſich ihr zunächſt befindet, den ſüdlichen. Mit m wollen wir eins der Theilchen bezeichnen, aus welchen die Stange $S''N''$ beſteht, mag ſich dies nun gerade zwiſchen den Bündeln, Fig. 32, oder außerhalb ihres Zwiſchenraums, Fig. 33, befinden. Alle Puncte des Bündels SN werden auf die natürlichen Magnetismen dieſes Theilchens eine nördliche oder ſüdliche Wirkung äußern, und demzufolge ſie zu trennen ſtreben. Wenn aber die beiden Hälften des Bündels eine ziemlich gleiche magnetiſche Kraft beſitzen, wie der Fall ſeyn muß, wenn jeder der in ihnen hervorgetretenen Magnetismen ſeinen Sitz ganz in einer derſelben genommen hat, ſo iſt klar, daß die ſüdlichen Wirkungen vor den nördlichen das Uebergewicht haben müſſen, weil die Puncte, durch die ſie geäußert werden, ſich dem Molecul m näher befinden; ſo daß die Geſammtwirkung von SN auf eine ſüdliche Kraft herauskommen wird, deren Richtung die einer gewiſſen Linie Om iſt, welche SN in ſeinem ſüdlichen Theil nicht weit von ſeinem Ende ſchneidet. Denn in den Magneten, welche frei von Folgepuncten ſind, befindet ſich die größtmöglichſte Quantität von freiem Magnetismus an ihren Enden, und nimmt von da bis zu ihrer Mitte ausnehmend raſch ab, gerade ſo wie wir es auch hinſichtlich der Vertheilung der beiden freien Elektricitäten im Turmalin und den iſolirten el. Säulen fanden.

Betrachten wir jetzt die Wirkung des andern Bündels S'N' auf das nämliche Theilchen, ſo werden wir ſie gleicherweiſe ſich zu einer einzigen nördlichen Kraft zuſammenſetzen finden, deren Richtung mO' dies Bündel in ſeinem nördlichen Theile nicht weit von ſeinem Ende ſchneidet.

Um zu finden, welchen Erfolg die Wirkung dieſer beiden Kräfte nach der Längenrichtung der Stange S''N'' äußert, muß man ſie nach dieſer Richtung zerlegen. Stellt man ſie nun durch die Geraden mr und mr' vor, ſo wird jede derſelben eine Kraft mf, mf' geben, welche ſenkrecht auf die Länge des Stabes iſt, und eine Kraft mb oder ma, die nördlich oder ſüdlich iſt und dieſer Längenrichtung folgt. Die letztern Seitenkräfte ſind die einzigen, die in Betracht kommen, weil ſie allein die Zerſetzung des Magnetismus nach ſeiner Länge bewerkſtelligen. Nun ergiebt ſich bei Vergleichung der Figuren 32 und 33, daß, wenn das Molecul m zwiſchen den Bündeln liegt, Fig. 32, die beiden Kräfte mb, ma zur Zerſetzung ſeiner natürlichen Magnetismen nach derſelben Richtung an zuſammenwirken; indem der nördliche Magnetismus nach dem Ende n des Theilchens angezogen wird, welches dem Ende N'' der Stange zugekehrt iſt, während der ſüdliche Magnetismus ſich nach dem Ende s hin verbreitet, welches nach dem Ende S'' hinſieht. Es erhellt ferner, daß die nämliche Wirkungsart nach einander alle übrigen Theile der Stange treffen wird, auf die man die Verbindung beider Bündel hinführt. Liegt dagegen das in Betracht gezogene Molecul m außerhalb des Zwiſchenraums, den die Bündel zwiſchen ſich begreifen, wie Fig. 33 darſtellt, ſo ſtreben ſich in Bezug darauf ihre Längenwirkungen entgegen, anſtatt ſich zu unterſtützen; und da die Wirkung des nächſten Bündels das Uebergewicht hat, ſo erfolgt hieraus eine momentane Zerſetzung von Magnetismus, welche der, unter der vorigen Annahme Statt gefundenen, entgegengeſetzt iſt; indem der ſüdliche Magnetismus nach dem, S'' zugekehrten, Ende n des Theilchens geführt wird, der nördliche nach dem, N'' zugewandten, Ende s. Dieſe Zerſetzung wird jedoch, als blos durch den Unterſchied der Kräfte hervorgebracht, jederzeit ſchwächer ſeyn, als die erſte, welche durch ihre Summe erzeugt iſt, zumal dann, wenn die Bündel, mit denen man ſtreicht, nahe aneinander befindlich ſind, weil ihre entgegengeſetzten Wirkungen auf die, noch ſo wenig von ihren Polen S, N' entfernten, Puncte der Stange einander dann faſt gleich werden. Der ſchwache Magnetismus, der ſo im Theilchen m, Fig. 33, hervorgerufen wird, wird daher dem Zuſammenwirken beider Stäbe nicht zu widerſtehen vermögen, wenn er beim Hinführen der

Bündel über die Stange zwiſchen ſie zu liegen kommt. Umgekehrt werden dieſe, wenn ſie im Weitergleiten den Punct m, Fig. 32, hinter ſich laſſen, durch ihre Wirkung aus der Ferne nicht den ganzen Magnetiſmus aufzuheben vermögen, den ſie zuvor in ihm hervorgerufen hatten, da ſie ſich in ihrer Wirkung auf ihn gegenſeitig unterſtützten. Durch mehrmals wiederholtes Streichen dieſer Art von einem Ende der Stange zum andern wird alſo die Erregung des Magnetiſmus immer mehr geſteigert werden, und wirklich zeigt die Erfahrung, daß ſie ſich ſo in ſehr beträchtlichem Grad erhalten läßt. Um eine gleichmäßige Vertheilung des Magnetiſmus in beiden Hälften der Stange zu bewirken, ſetzt man die verbundenen Bündel erſt in ihrer Mitte auf, und ſtreicht eine gleiche Anzahl Male über jede der beiden Hälften hin. Sind dann die Bündel zur Mitte zurückgelangt, ſo hebt man ſie ſenkrecht ab, um die zuvor erregte Wirkung nach der Länge nicht zu ſtören. Dieſes Verfahren, welches man nach Mitchell den Doppelſtrich (la double touche) nennt, hat in großem Anſehn geſtanden.

Canton verſuchte eine Abänderung daran anzubringen, die jedoch nur den Schein der Neuheit hatte. Er bildete zuerſt, wie Duhamel, ein rechteckiges Parallelogramm, indem er die Enden zweier Stahlſtangen durch Stäbe von weichem Eiſen verband; darauf ſtrich er dieſe Stangen mit zwei, nach Mitchell's Methode, vereinigten parallelen Bündeln, und trennte dieſe endlich, indem er ſie nach beiden Seiten gegen die Stangen neigte, um mit dem einen nach der einen, mit dem andern nach der andern Seite bis zu den Enden der Stangen hin zu ſtreichen. Nach dem aber, was wir oben hinſichtlich des Erfolgs fanden, den ein wiederholtes Streichen mit Magneten von ungleicher Kraft hat, erhellt, daß der magnetiſche Zuſtand der Stangen blos von der letzten, mit den geneigten Bündeln vorgenommenen, Operation abhing. Die vorgängige Anwendung des Doppelſtrichs war ſomit ganz nutzlos, und die Methode kam, abgeſehen von dieſem überflüſſigen Zuſatz, ganz auf die Duhameliſche zurück.

Eine weit glücklichere und beſſer berechnete Abänderung des Doppelſtrichs nahm Aepinus vor. Er ließ die Pole beider ſtreichenden Bündel in einem kleinen Abſtand von einander, ohne ſie je zu trennen, neigte aber die Bündel nach entgegengeſetzter Richtung, wie Duhamel gethan hatte, und wie Fig. 34 vorſtellt. Hiedurch erhielt die Geſammtwirkung derſelben auf jedes Molecul m eine ſchiefere Richtung gegen die Oberfläche der Stange, und die Seitenkraft, die ſich durch Zerlegung derſelben nach der Längenrichtung ergab, ward ſomit beträchtlicher. Allerdings kann dies nicht ohne eine gleichzeitige Schwächung der eigenthümlichen Wirkung des Bündels geſchehen, denn da es um geneigt zu werden, um eine ſeiner Kanten gedreht werden muß, ſo wird hiedurch nothwendig jeder ſeiner Puncte von dem Theilchen an, auf welches er wirken ſoll, entfernt. Deſſenungeachtet aber findet man die ſchiefe Lage bis zu einer gewiſſen Gränze der Neigung im Ganzen vortheilhaft. Blos die Erfahrung kann dieſe Gränze beſtimmen. **Aepinus** entſchied ſich für eine Neigung von 15 bis 20 Grad gegen die Oberfläche der Stange; und in der That ſcheint eine ſolche am zweckmäßigſten zu ſeyn; obwohl, vermöge der Natur des Maximums, eine kleine Veränderung im Winkel keine merkliche Veränderung im Erfolg nach ſich zieht. **Aepinus** verband mit dieſer Abänderung den Gebrauch der Armaturen, die **Duhamel** erfunden hatte; jedoch mit der Vervollkommnung, daß er anſtatt weichen Eiſens zwei ſtarke, mit ihren Polen entgegengeſetzte, Magnete anwandte, wie ſchon oben erwähnt wurde. In der Verbindung dieſer beiden Verfahrungsarten beſteht die Methode, die man nach ſeinem Namen benannt hat. Bei Unterſuchung ihrer Wirkungen zeigt ſich, daß ſie vor allen andern Verfahrungsarten den Vorzug behauptet, eine Magnetiſirung ſehr dicker Stäbe mittelſt ſchwacher Bündel zu geſtatten; dabei aber iſt ſie einigen unvermeidlichen Nachtheilen unterworfen, die nicht überſehen werden dürfen. Zuvörderſt läßt ſich durch dieſelbe nie eine vollkommen gleichmäßige Vertheilung des Magnetismus in den beiden Hälften der Stangen, die mittelſt ihrer magnetiſirt werden, hervorrufen. Denn legt man dieſe Stangen nach geſchehener Magnetiſirung horizontal unter ein, mit ganz feiner Eiſenfeile beſtreutes, Blatt Papier, ſo zeigt ſich aus der Art ihrer Gruppirung, daß der neutrale Punct nicht genau in die Mitte des Stabes fällt, ſondern ſich dem zuletzt magnetiſirten Ende um einige Millimeter genähert findet. Dieſe Beobachtung rührt von **Coulomb** her. Zweitens ſcheint die Methode von **Aepinus** leichter Folgepuncte in ſehr langen Stangen hervorzurufen als die von **Duhamel**. Zwar haben dieſe Abwechſelungen des magnetiſchen Zuſtandes wenig Stärke; jedoch vermindern ſie die richtende Kraft; was eben ſo wie die angegebene Ungleichheit in der Vertheilung des Magnetismus bei Verfertigung der Compaß-Nadeln von großem Eintrag iſt. Zur Magnetiſirung letztrer wird man ſich daher zweckmäßiger der Duhamelſchen Methode bedienen, die von dieſen beiden Fehlern völlig frei iſt, und die Methode des **Aepinus** für die dickern Stäbe aufſparen, denen man eine bedeutende magnetiſche Kraft ertheilen will, weil dann nicht viel darauf ankommt, daß ihr magnetiſcher Mittelpunct nicht genau in die Mitte ihrer Länge fällt.

Coulomb, indem er aus allen dieſen Verfahrungsarten das herausnahm, worin ihre größten Vorzüge beſtanden, und zugleich die

Kunſtgriffe, welche die Frucht einer langjährigen Erfahrung ſind, in Anwendung brachte, blieb bei folgenden Anordnungen ſtehen:

Er braucht zwei Paar Bündel, von denen die einen feſtgelegt werden, um den zu magnetiſirenden Stab nach der weiterhin zu beſchreibenden Weiſe mit ihren Enden in Verbindung zu ſetzen, während die andern beiden zum Streichen dieſes Stabes dienen. Zur Verfertigung jedes der feſtliegenden Bündel nimmt er zehn, in hellkirſchrother Glühhitze gehärtete Stahlſtäbe, von 5 bis 6 Decimeter Länge, 15 Millimeter Breite und 5 Millimeter Dicke. Er magnetiſirt ſie zuerſt ſo ſtark als möglich mit einem natürlichen oder künſtlichen Magneten und ſetzt dann, indem er ſie mit ihren gleichnamigen Polen vereinigt, zwei Lagen aus ihnen zuſammen, jede von 5 Stäben, die durch kleine rechteckige Parallelepipeda von ganz weichem Eiſen geſchieden ſind, welche ihnen als gemeinſchaftliche Armatur dienen, und etwas über ihre Enden hervortreten. S. Fig. 35.

Ich habe gefunden, daß ſich dieſen Parallelepipeden mit Vortheil Platten (lames) von weichem Eiſen ſubſtituiren laſſen, die ſich am Ende der Magnete in eine gemeinſchaftliche Maſſe vereinigen, welche in eine abgekürzte Pyramide ausgeht. Dieſe Anordnung, welche ein beſſeres Zuſammenwirken der Kräfte zur Folge hat, iſt in Fig. 36. vorgeſtellt.

Die beweglichen Bündel, mit denen man ſtreicht, werden gewöhnlich aus vier Stäben zuſammengeſetzt, die auch in hellkirſchrother Glühhitze gehärtet ſind, und 400 Millimeter Länge auf 5 Dicke und 15 Breite haben. Nachdem ſie ſo ſtark als möglich magnetiſirt worden ſind, werden zwei davon der Breite, zwei der Dicke nach verbunden, wodurch jedes Bündel 30 Millimeter Breite und 10 Millimeter Dicke erhält. Wie leicht zu erachten, iſt es von Vortheil, auch ſie mit einer gemeinſchaftlichen Armatur aus weichem Eiſen zu verſehen, von der nämlichen Geſtalt als die Armatur der feſtliegenden Bündel. Dieſe Bündel, ſowohl die feſtliegenden, als mit denen geſtrichen wird, beſtehen aus einem, im Handel ſehr gewöhnlichen, Stahl, wo er unter dem Namen des ſiebengeſternten (acier timbré à sept étoiles) vorkommt. Er iſt von mittelmäßiger Güte, aber Coulomb hat beobachtet, wie auch ſchon vor ihm geſchehen, daß alle Arten von Stahl, wofern ſie nicht ſehr ſchlechter Beſchaffenheit ſind, einen ziemlich gleichen Grad von Magnetiſmus annehmen. Ich bemerke blos, daß, da die Stäbe ſich immer beim Härten krümmen, man ſie erſt ſo ſtark als möglich härten und alsdann bis zur erſten Nüance von Gelb anlaſſen kann. Hiedurch erhalten ſie Streckbarkeit genug, um ſich wieder gerade machen zu laſſen, und es bleibt ihnen eine hinlängliche Coercitivkraft, um dauernd magnetiſch zu werden.

Soll ein Stab mit dieſem Apparat magnetiſirt werden, ſo legt man die dicken Bündel in eine gerade Linie, ſo daß ihre ungleichnamigen Pole einander zugekehrt, und von einander ſo weit entfernt ſind, als die Länge des Stabes beträgt, Fig. 37.; darauf legt man die beiden Enden des Stabes auf die Enden der Armaturen, ſo daß dieſe auf jeder Seite in einer Länge von 4 bis 5 Millimetern davon berührt werden. Alsdann ſetzt man die beiden ſtreichenden Bündel in der Mitte des Stabes auf, indem man ſie zu beiden Seiten nach entgegengeſetzter Richtung neigt, ſo daß ſie mit der Oberfläche des Stabes einen Winkel von 20° bis 30° machen. Will man nun nach der Methode von Duhamel verfahren, ſo ſtreicht man mit jedem Bündel über die Seite, zu der es ſich beſindet, bis zum entſprechenden Ende des Stabes hin. Will man dagegen das Verfahren von Aepinus befolgen, ſo trennt man ſie nicht; ſondern bringt blos zwiſchen ſie ein kleines Stück Holz oder Kupfer, welches ihre entgegengeſetzten Pole in einem Abſtand von 5 bis 6 Millimetern erhält. Nachdem man ihnen darauf die nämliche Neigung als bei der vorigen Methode gegeben hat, führt man ſie ſucceſſiv und zu wiederholten Malen von der Mitte des Stabes nach jedem Ende und zurück; wobei man immer Acht hat, daß das Streichen über beide Hälften des Stabes gleich oft vorgenommen werde. Nach dem letzten Strich, durch welchen die Bündel zur Mitte des Stabes zurückgebracht werden, zieht man ſie ſenkrecht auf deſſen Länge zurück und wiederholt die nämliche Operation, wenn ſie auf der einen Oberfläche beendigt iſt, auch auf der andern.

Wenn die Stäbe, aus welchen die Bündel beſtehen, Anfangs nicht bis zur Sättigung magnetiſirt zu werden vermochten, wie gewöhnlich der Fall ſeyn wird, wenn man noch mit keinem ſolchen Apparat verſehen iſt, ſo wird ihre Verbindung in den, ihrer Wirkung unterworfenen, Stäben einen ſtärkern Magnetismus hervorrufen, als den ſie ſelbſt beſitzen. Man wird ſich alsdann dieſer neuen Stäbe bedienen, um andre Bündel daraus zu bilden, welche die erſten an Kraft übertreffen; alsdann wird man dieſe auseinandernehmen, und, indem man ſie der Wirkung der neugebildeten Bündel unterwirft, ihren Magnetismus noch mehr verſtärken. Hat man das Maximum der Stärke noch nicht erreicht, ſo wird man das nämliche Verfahren ein drittes, ein viertes Mal wiederholen, bis man endlich Bündel erhält, ſo kräftig, als man ſie wünſchen kann.

Nach unſerer obigen Angabe beſtand jedes der, zum Streichen angewandten, Bündel nur aus vier Stäben. Um jedoch ſehr dicke Stangen zu magnetiſiren, muß man ſich ſtärkerer Bündel zum Streichen bedienen; dann ſetzt man ſie aus einer größern Zahl Stäbe zuſammen, die man ſtufenweiſe übereinander anordnet, ſo daß eine Stufe um 10 bis 12 Millimeter vor der andern vortritt, wie Fig. 38. darſtellt. Dieſe Anordnung gründet ſich darauf, daß die ſtärkſte Entwicklung von Magnetismus immer nach dem Ende der Magnetſtangen zu Statt hat. Hier ſtrebt nun immer ein Stab, den Magnetismus in dem Ende des, zunächſt vor ihm vorſtehenden, Stabes zu erhalten, und ſelbſt zu verſtärken. Um die Wirkung dieſer Stäbe noch beſſer zu concentriren, kann man ſie durch pyramidale Armaturen aus weichem Eiſen, gleich den eben beſchriebenen, vereinigen.

Wenn man mit dem Syſtem der Bündel, ſowohl der feſtliegenden als der beweglichen, aufgehört hat zu operiren, muß man die beiden Bündel jedes Paars einander parallel legen, ſo daß ihre gleichnamigen Pole einander entgegengeſetzt werden, wie Fig. 39. darſtellt. Darauf bringt man dieſe Pole durch Parallelepipeda von weichem Eiſen in Verbindung, die, indem ſie durch Vertheilung magnetiſch werden, den Magnetismus der gepaarten Bündel binden, und eher verſtärken, als abnehmen laſſen. Sie wirken alſo ganz wie Armaturen, nach der, ſchon früher erörterten, Weiſe.

Alle dieſe theoretiſchen Betrachtungen, bei denen wir bisher verweilt haben, ſind von Coulomb durch ſehr genaue Verſuche beſtätigt worden, in welchen er Stäbe von den nämlichen Dimenſionen und aus derſelben Art Metall nach jenen verſchiednen Methoden magnetiſirte; und dann die Intenſitäten des Magnetismus, den ſie hiedurch erlangt hatten, nach der, auf S. 31 erörterten, Methode der horizontalen Oscillationen ſchätzte.

Aus dieſen Verſuchen, die man in meinem größern Werke angeführt findet, ergiebt ſich, daß die Methoden von Duhamel und Aepinus vor allen andern das voraus haben, daß ſich nach ihnen derſelbe Grad von Magnetismus durch Streichen mit einer weit geringern Menge von Stäben hervorbringen läßt; es erhellt ferner daraus, daß dieſe beiden Methoden gleich viel leiſten, ſo lange die zu magnetiſirenden Stäbe nicht über 1 bis 2 Millimeter in der Dicke halten; für größere Dicken aber erhält die Methode von Aepinus entſchieden den Vorzug. Uebrigens würde es eben nicht zweckmäßig ſeyn, den Stäben in den magnetiſchen Apparaten oder Batterieen eine größere Dicke als von 9 bis 10 Millimetern geben zu wollen; denn die Erfahrung lehrt, daß ein dickes Bündel, welches durch Vereinigung mehrerer, vorher einzeln magnetiſirter Stäbe entſtanden iſt, kräftiger wirkt, was ohne Zweifel daher rührt, daß man jedem dieſer Stäbe für ſich einen weit kräftigern Magnetismus zu ertheilen vermag, als geſchehen könnte, wenn man auf ihn wirken müßte, während er ſich in der Mitte eines dickern Stabes befände.

In allem Bisherigen wurde vorausgeſetzt, daß das Magnetiſiren bei der gewöhnlichen Temperatur der Atmoſphäre geſchähe. Vielleicht aber würde man eine ſtärkere Entwickelung von Magnetismus erlangen, wenn man die Temperatur der Stäbe während des Magnetiſirens erhöhte oder ihren Aggregatzuſtand ſelbſt veränderte. Das erſte Mittel iſt, wie erwähnt, von Robiſon angegeben, das zweite von Knight angewandt worden, und wie es ſcheint, mit hinlänglich glücklichem Erfolge, um eine gründliche Prüfung durch neue Verſuche zu verdienen. Das Verfahren von Knight beſtand darin, anſtatt des Stahls einen künſtlichen Teig anzuwenden, beſtehend aus gepulvertem zerriebenen Eiſenoxyd mit Leinöl gemiſcht. Dieſer Teig, in einer gelinden Wärme getrocknet, wird nach ſeiner Verſicherung im Verlauf einiger Wochen fähig, durch Magnetiſiren einen hohen Grad von Magnetismus anzunehmen, und dieſen dann hartnäckig beizubehalten.

Fünftes Capitel.

Allgemeine Vertheilung des freien Magnetismus in den, durch die Methode des Doppelſtrichs magnetiſirten, Drähten. Geſetze der magnetiſchen Anziehungen und Abſtoßungen.

Wenn man einen Stahldraht von drei bis vier Millimeter im Durchmeſſer und vier bis fünf Decimeter Länge nach der Methode des Duhamel oder Aepinus magnetiſirt hat, und verſucht, wie viel Gewichte er durch ſeine Anziehung an verſchiednen Puncten zu tragen vermag, ſo zeigt ſich, daß das Vermögen von den Enden bis auf eine Weite von acht bis zehn Millimetern zunimmt, darauf aber raſch abnimmt, ſo daß es über eine Weite von ſechs oder acht Centimetern hinaus faſt ganz unmerklich wird. Man findet ferner, daß die Gewichte, die der Magnet ſo zu tragen vermag, nach jedem Ende des Drahts hin gleich ſind. Es ergiebt ſich hieraus, wie wir auch ſchon vorausgeſehen hatten, daß die beträchtlichſten Mengen von freiem Magnetismus ſich in einer kleinen Entfernung von den beiden Enden des Drahts angeſammelt finden, und zwar in gleicher Quantität, eine Vertheilung, welche ganz der der freien Elektricität im Turmalin und den elektriſchen Säulen analog iſt.

Dieſe wichtige Thatſache läßt ſich noch beſſer bewähren, wenn man die Drehung zum Maß der magnetiſchen Kraft anwendet. Coulomb hat dies in einem Verſuch gethan, deſſen Anordnung in Fig. 40. dargeſtellt iſt. Nachdem er an dem Steigbügel Fig. 20. der magnetiſchen Wage einen metallnen Aufhängungsdraht befeſtigt hat, deſſen Drehungskraft aber nur ſehr ſchwach iſt, legt er einen Stahldraht au hinein, der nach der Methode von Aepinus oder Duhamel ſtark magnetiſirt iſt. In der Richtung des magnetiſchen Meridians dieſes Drahts, der auch dem Nullpunct der Drehung entſprechen muß, befeſtigt man vertical ein Lineal RR aus Holz oder Kupfer von drei bis vier Millimeter Dicke, ſo, daß das Ende a des horizontalen Drahtes ſich daran anlegt, wenn er durch die Drehung in ſeinen magnetiſchen Meridian zurückgebracht iſt. Zur andern Seite dieſes Lineals läßt man, längs eines, in ſeiner Oberfläche angebrachten, Falzes, vertical einen zweiten Stahldraht a′u′ herabgehen, der dem erſten ähnlich, auf dieſelbe Weiſe magnetiſirt iſt, und deſſen Pol a′ ich für gleichnamig dem Pol a, welchem er dargeboten wird, annehme. Der Draht au wird erſt vermöge der Abſtoßung, die zwiſchen den gleichartigen Magnetismen Statt findet, fortgetrieben; man führt ihn gewaltſam zur Berührung mit dem Lineal zurück, indem man den Aufhängungsdraht dreht, ſo daß die nächſten Puncte beider Drähte ſich nur um die Dicke des Lineals, d. i. um drei bis vier Millimeter von einander entfernt befinden. Da nun der, an der Hinterſeite des Lineals befindliche, Stahldraht a′u′ vertical, der aufgehangene Draht au dagegen horizontal iſt, ſo tragen alle Puncte, die zu beiden Seiten in einer Entfernung von acht bis zehn Millimetern von der Kreuzungsſtelle liegen, nur ſehr wenig zur Abſtoßung bei, ſowohl ihres Abſtandes als der ſchiefen Richtung ihrer Wirkung halber; ſo daß die Drehungskraft, welche nöthig iſt, die Berührung des Drahts au mit dem Lineal zu unterhalten, hauptſächlich von den Quantitäten freien Magnetismus abhängen muß, die in jedem Draht von der Kreuzungsſtelle ſelbſt bis zu einer Entfernung von 5 bis 6 Millimetern zu beiden Seiten dieſer Stelle vorhanden ſind. Läßt man alſo den Draht a′u′ vertical längs des Lineals hingleiten, ſo daß ſucceſſiv alle ſeine Puncte in einer ſo kleinen Entfernung von dem Draht au vorbeigehn, deſſen Wirkung ſich gleich bleibt, ſo werden die Drehungskräfte, die man anzuwenden hat, um die Berührung von au mit RR zu unterhalten, ein ſehr angenähertes Maß der Intenſität des Magnetismus geben, welcher an dem, der Kreuzungsſtelle entſprechenden, Puncte des Drahtes a′u′ in freiem Zuſtande vorhanden iſt. Nun ergiebt ſich bei Anſtellung dieſes Verſuchs, daß, wenn eine Drehung achtmal im Kreiſe herum erfordert wird, während die Kreuzungsſtelle ſich vier Millimeter vom Ende des Drahts a′u′ befindet, nur eine zwei- oder dreimalige Herumdrehung nöthig iſt, wenn dieſe Entfernung fünf bis ſechs Centimeter beträgt; und, wenn das Ende des Drahts a′u′ um acht Centimeter über die Horizontalebene von au hinausgegangen iſt, wird die Abſtoßung faſt null. Der freie Magnetismus (der einen Art) von $s'n'$ iſt alſo faſt gänzlich in dieſen acht erſten Centimetern, vom Punct s' an gerechnet, vereinigt. Das Nämliche ergiebt ſich für die Anziehung der ungleichnamigen Pole n' und s, wo man beim Verſuche von der Drehung Gebrauch macht, um den Draht sn von dem verticalen Lineal abzulenken, zu dem er durch die Anziehung von $n's'$ zurückgeführt wird; und wenn der Draht $n's'$ nach der Methode des Doppelſtrichs regelmäßig magnetiſirt iſt, ſo zeigen ſich die Größen der Anziehung des Pols n' und der Abſtoßung des Pols s' beim Verſuche gleich. Zu erinnern iſt jedoch, daß man, um auf die Zuverläſſigkeit der Reſultate eines ſolchen Verſuchs rechnen zu können, nur ſtark gehärtete Drähte von ſehr gutem Stahl anwenden, und dabei ihnen keinen ſehr ſtarken Grad von Magnetismus mittheilen darf. Denn ſonſt würden beide Drähte, da ſie ſich an der Kreuzungsſtelle nur in einem Abſtand von 3 bis 4 Millimetern befinden, durch ihren wechſelſeitigen Einfluß neue Quantitäten Magnetismus in einander hervorrufen können; wonach die Größen ihrer Anziehungen ſich während der Dauer der Beobachtungen nicht mehr gleich bleiben würden.

Geſetzt nun, man wende zu dieſem Verſuche zwei ſolche Drähte an, von ungefähr 6½ Decimeter Länge, ordne ſie ſo an, daß ihre Kreuzungsſtelle ſich ungefähr zwanzig bis fünf und zwanzig Millimeter von jedem Ende entfernt findet, und laſſe auf dieſe Weiſe zuvörderſt ihre gleichnamigen Pole auf einander wirken. Es wird Abſtoßung eintreten. Dieſe Abſtoßung wird faſt einzig von den ſechs bis acht Centimetern Länge herrühren, in welchen der Magnetismus am reichlichſten entwickelt iſt, und es werden faſt blos die ſich zugekehrten, Pole dazu mitwirken. Denn die Wirkung der andern wird nur ausnehmend ſchwach ſeyn können, ſowohl wegen der Länge, von der wir hier beide Drähte vorausſetzen, als auch wegen der Richtung der Kraft, die immer ſehr ſchief ſeyn wird, ſo lange die beiden, ſich zugekehrten, Enden ſich nur auf ſehr kleine Weiten von einander entfernen. Dieſe Enden werden alſo dann die günſtigſte Anordnung haben, um eine Meſſung des Geſetzes der Abſtoßungen beider Drähte in verſchiedenen Entfernungen zu verſtatten; denn da ſie ſich dann an den Puncten kreuzen, wo die Abſtoßung am ſtärkſten iſt, ſo werden die andern Theile von freiem Magnetismus, welche dieſen Puncten ganz nahe liegen, hinſichtlich der Abſtoßung ſich faſt gerade ſo äußern, als wenn ſie alle darin concentrirt wären; ſo daß die Erſcheinung faſt ganz auf die wechſelſeitige Wirkung zweier Puncte zurückkommen wird, die mit einer beſtändigen und gegebenen Quantität freien Magnetismus derſelben Beſchaffenheit geladen ſind.

Bei dieſem Verſuch wird die bewegliche Nadel, wenn ſie von der unbeweglichen entfernt worden iſt, wieder zu ihr hin nicht nur durch die Drehungskraft, ſondern auch durch die magnetiſche Anziehung der Erde, die ſie in ihren magnetiſchen Meridian zurückzuführen ſtrebt, ſollicitirt werden. Man wird alſo erſt dieſe richtende Kraft für verſchiedne Ablenkungen für ſich meſſen und ſie dann zur beobachteten Drehung hinzufügen müſſen, um die Totalwirkung der Abſtoßung beider Drähte zu haben.

Folgendes iſt die nähere Darſtellung eines Verſuchs, den Coulomb auf dieſe Weiſe anſtellte. Die Angaben beziehen ſich auf die alten Maße, wie ſie von Coulomb wirklich gebraucht wurden.

Die Drähte hielten vier und zwanzig Zoll in der Länge und anderthalb Linien im Durchmeſſer. Coulomb brachte zuerſt blos den beweglichen horizontalen Draht in die magnetiſche Wage, und unterſuchte, wie wir als Erforderniß angaben, mit welcher Kraft er durch den Erdmagnetismus in ſeinen magnetiſchen Meridian zurückgeführt wird. Zu dieſem Zwecke drehte er das Mikrometer des Aufhängungsdrahts zweimal im Kreiſe herum, d. i. um 720°. Die Nadel ſchritt um 20° vor. Die Drehung, die der Aufhängungsdraht erfuhr, betrug alſo 720° — 20° d. i. 700°. Nun haben wir früher geſehen, daß, wenn ein und die nämliche Nadel auf kleine Weiten aus dem magnetiſchen Meridian abgelenkt iſt, ihre Ablenkungen den, ſie ſollicitirenden, Drehungskräften proportional ſind. Dies auf unſern Fall angewendet, ergiebt ſich, daß um den horizontalen Draht unter den Umſtänden der vorigen Beobachtung um einen Grad abzulenken, die Anwendung einer Drehungskraft gleich $\frac{700°}{20}$ oder 35° erforderlich war.

Coulomb brachte darauf vertical in dieſen nämlichen Meridian einen zweiten magnetiſirten Draht, von der nämlichen Dimenſion als den erſten; ſo daß, wenn beide Drähte ſich bis zur Berührung hätten nähern können, ſie ſich einen Zoll weit von ihren Enden begegnet hätten. Da aber die Pole, die ſie einander ſo zukehrten, gleichnamig waren, ſo wurde der bewegliche horizontale Draht aus ſeinem Meridian getrieben, und kam erſt da zur Ruhe, wo der Abſtoßungskraft der entgegengeſetzten Pole durch die vereinten Kräfte der Drehung und des Erdmagnetismus, die ihn zu dem magnetiſchen Meridian zurückzuführen ſtrebten, das Gleichgewicht gehalten wurde. Folgendes war das Ergebniß der verſchiedenen Verſuche.

Angabe, wie viel Mal das Mikrometer des Aufhängungsdrahtes im Kreiſe herumgedreht ward.	Abſtoßungswinkel, in Graden angegeben.
0	24
3	17
8	12

Der erſte Verſuch giebt den Winkel an, um welchen die bewegliche Nadel unmittelbar, und vom Nullpunct der Drehung an, abgelenkt wurde. Sie fand ſich alſo hier nach dieſem Nullpunct zurückſollicitirt durch eine Drehungskraft von 24° plus der richtenden Kraft der Erde, wie ſie bei einer Ablenkung um 24° aus dem magnetiſchen Meridian Statt findet, d. i. 24 mal 35° oder 840°. Die Abſtoßungskraft durch den Bogen der Drehung ausgedrückt, betrug alſo hier 864°.

Beim zweiten Verſuch ward das Mikrometer dreimal im Kreiſe nach der, den zuerſt durchlaufenen 24° entgegengeſetzten, Richtung gedreht; allein die Nadel kehrte nur bis auf 17° von ihrem Nullpunct zurück; alſo betrug die Drehungskraft hier 3 mal 360° + 17° d. i. 1097°. Hiezu hat man die, für 17° Statt findende, richtende Kraft zu fügen, welche 15 mal 35° oder 595° beträgt, welches für die Geſammtabſtoßungskraft giebt 1097° + 595° oder 1692°.

Im dritten Verſuch wurde der Draht achtmal im Kreiſe herumgedreht. Die Nadel blieb bei 12° von ihrem magnetiſchen Meridian ſtehen; die Drehung betrug alſo 8 mal 360° + 12° oder 2892°. Rechnet man hiezu die richtende Kraft gleich 12 mal 35° oder 420°, ſo erhält man für die Geſammtabſtoßungskraft 3312°.

In dieſen Verſuchen, wo die Bogen der Abſtoßung hinlänglich klein ſind, um mit ihren Sehnen als gleich geachtet zu werden, verhalten ſich demnach die Ablenkungen wie 12; 17; 24
und die entſprechenden Repulſivkräfte wie . . . . . 3312; 1692; 864.

Man ſieht zuvörderſt, daß die Abſtoßungskraft mit der größern Entfernung abnimmt, und zwar in einem raſchern Verhältniſſe, als dem des einfachen Abſtands; denn der dritte Abſtand 21, bis zu welchem die Nadel abgelenkt blieb, iſt das doppelte des erſten, während die Abſtoßungskraft 864 weit weniger, als die Hälfte von 3312 beträgt, vielmehr nur das Viertheil dieſer erſten Kraft iſt. Verſuchen wir es alſo mit dem umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Abſtände. Gehen wir hier von der erſten Kraft 3312 aus, ſo werden die andern ſeyn müſſen 3312. $\frac{(12)^2}{(17)^2}$ und 3312 $\frac{(12)^2}{(24)^2}$, oder 1650 und 828, anſtatt 1692 und 864, wie wir durch den Verſuch gefunden hatten. Die Unterſchiede 42° und 36° entſprechen einer Irrung von ungefähr einem Grad in der beobachteten Lage des beweglichen Drahts, weil die richtende Kraft 35° für jeden Grad der Ablenkung aus dem magnetiſchen Meridian beträgt. Vernachläſſigen wir alſo dieſen Irrthum, der ſich bei Verſuchen dieſer Art als ſehr unbedeutend anſehen läßt, ſo ſind wir aus obigen Verſuchen zu dem Schluſſe berechtigt, daß die wechſelſeitige Wirkung der beiden Nadeln wie das Quadrat des Abſtands abnimmt; und mithin ſtoßen ſich auch die gleichartigen Magnetiſmen, durch welche dieſe Wirkung hervorgebracht wird, nach dem nämlichen Geſetze ab.

Die kleine Abweichung, die ſich hier zwiſchen den beobachteten und den berechneten Abſtoßungen zeigt, braucht ſelbſt nicht einmal auf Rechnung einer Irrung im Verſuche, noch einer Ungenauigkeit des daraus hergeleiteten Geſetzes geſchrieben zu werden; wofern man in Erwägung zieht, daß man es bei den Verſuchen nicht mit magnetiſchen Puncten zu thun hat, ſondern mit Drahtſtücken von einer gewiſſen Ausdehnung, deren Geſtalt auf die Reſultate von Einfluß iſt. In der That war beim letzten Verſuche, wo ſich die beiden Drähte am meiſten genähert fanden, der Einfluß der, der Kreuzungsſtelle zunächſtgelegenen, Puncte durch die Schiefe mehr geſchwächt, als bei den andern Verſuchen; oder, anders dargeſtellt, bei gleicher Schiefe ward der Einfluß mehrerer Puncte wirkſam, wenn die Entfernung groß, als wenn ſie klein war. Laſſen wir alſo dieſen Umſtand bei unſrer Berechnung aus der Acht, ſo müſſen wir finden, daß, wenn wir nach der, beim kleinſten Abſtand beobachteten, Repulſivkraft die Repulſivkraft für größere Abſtände nach dem Verhältniß des Quadrats berechnen, dieſelbe ſich etwas ſchwächer ergiebt, als ſie ſich nach der Beobachtung wirklich zeigt.

Der nämliche Verſuch, mit den ungleichnamigen Polen angeſtellt, giebt zu erkennen, daß ſie ſich wechſelſeitig nach dem nämlichen Geſetz anziehen, nämlich nach dem umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Abſtände. Dieſes Geſetz der Anziehung und Abſtoßung gilt alſo für den Magnetiſmus und die Elektricität gemeinſchaftlich.

Wir ſehen nun auch hiedurch unſre Vernachläſſigung der Wirkung der entfernten Pole bei unſern Verſuchen gerechtfertigt. Denn da die Nadeln zwei Fuß in der Länge hielten, ſo kamen bei dem größten Abſtoßungsbogen, der 24° betrug, die einander zugekehrten Pole in eine Entfernung von 5 Zoll von einander, und mithin befanden ſich die andern Pole wenigſtens viermal entfernter von den einander zugekehrten Polen, als die Entfernung dieſer von einander ſelbſt betrug. Ihre directe Wirkung war alſo wenigſtens ſechzehnmal ſchwächer; verlor aber noch mehr durch die ausnehmend ſchiefe Richtung, in der ſie ſich äußerte. Anders würde ſich die Sache verhalten, wenn man ſich viel kürzerer Nadeln bediente. Dann müßte man bei der Berechnung auf die wechſelſeitige Wirkung aller Pole und auf die Länge des Hebelarms, an dem jede dieſer Wirkungen ſich äußert, Rückſicht nehmen; welches zu verwickelten Rechnungen führen würde, die man durch Anwendung längerer Nadeln umgeht.

Sechſtes Capitel.

Unterſuchungen über die Intenſität des freien Magnetismus, der an den verſchiednen Puncten einer, durch die Methode des Doppelſtrichs bis zur Sättigung magnetiſirten, Nadel vorhanden iſt.

Jetzt, da wir im Beſitze ſichrer Verfahrungsarten ſind, um in Eiſen- oder Stahlſtäben das Maximum von Magnetismus zu erregen, welches ſie dauernd zu behalten vermögen, wollen wir durch die Erfahrung Aufſchluß zu erhalten ſuchen, welches alsdann der magnetiſche Zuſtand jedes ihrer Puncte iſt.

Größerer Einfachheit halber wollen wir zuerſt einen cylindriſchen Stahldraht SN, Fig. 41., von ſehr geringer Dicke, betrachten, der durch die Methode des Doppelſtrichs einen regelmäßigen Magnetismus erlangt hat. Hier wird in jedem ſeiner beiden Hälften der Magnetismus gleich vertheilt und von entgegengeſetzter Beſchaffenheit ſeyn, und in beiden vom Ende nach der Mitte hin ſchnell abnehmen. Errichten wir alſo an verſchiednen Puncten des Drahts, ſenkrecht auf ſeine Länge, Ordinaten, um die Intenſität des freien, ſowohl nördlichen, als ſüdlichen Magnetismus vorzuſtellen, ſo werden dieſe Ordinaten erſt in der Mitte null ſeyn, von da zu beiden Seiten der Axe und bis zu einer gewiſſen Weite davon gleichmäßig und langſam wachſen, darauf aber bis zu den Enden des Drahts ſchnell zunehmen, um hier ihr Maximum zu erreichen. Dies iſt alles, was ſich nach unſern vorgängigen Verſuchen über dieſen Gegenſtand vermuthungsweiſe ausſprechen läßt.

Um nun den Werth dieſer Ordinaten zu beſtimmen, wollen wir an einem einfachen Coconfaden eine kleine, ſchon magnetiſirte, Prüfungsnadel an, Fig. 42., aufhängen und ihr, nachdem ſie in die Richtung des magnetiſchen Meridians gekommen iſt, in dieſem nämlichen Meridian mit dem freundſchaftlichen Pole den magnetiſchen Draht SN darbieten, den wir vertical und in einem beſtändigen Abſtand vom Pol a erhalten, indem wir ihn an ein kleines, vor der Nadel an zuvor angebrachtes, Bretchen anlegen. Hiedurch wird die Richtung dieſer Nadel nicht verändert werden; entfernen wir ſie aber ein wenig aus ihrem Meridian, ſo wird ſie ſchneller darein zurückkehren, als wenn der Draht nicht auf ſie wirkte, weil dann Erde und Draht zuſammenwirken, ſie dahin zurückzuführen. Die Kraft, mit der erſtere wirkt, läßt ſich leicht ſchätzen, indem man die Nadel erſt für ſich unter dem bloßen Einfluß des Erdmagnetismus ſchwingen läßt; wo ſich dieſe Kraft dem Quadrat der Schwingungszahl, welche die Nadel in einer gegebnen Zeit, z. B. einer Minute, unter dieſen Umſtänden vollbringt, proportional findet. Beobachtet man alsdann die Anzahl Schwingungen, welche die Nadel in der nämlichen Zeit macht, wenn ſie zugleich durch dieſe Kraft und durch die Wirkung des Drahts ſollicitirt wird, ſo wird man eben ſo das Quadrat dieſer Zahl der Geſammtkraft, welche dann auf die Nadel wirkt, proportional haben, und zieht man hievon das erſte Quadrat ab, welches in Bezug auf den Erdmagnetismus gefunden wurde, ſo erhält man das Maß der vom Draht geäußerten Wirkung beſonders. Nun wird in dieſem Fall der Punct M, welcher in der Höhe der Nadel an liegt, derjenige ſeyn, deſſen Wirkung am meiſten hervortritt; zuvörderſt, weil er ſich der Nadel am nächſten befindet; dann auch, weil er ſie direct in der Horizontalebene, in welcher ſie oscillirt, anzieht; dagegen die andern oberhalb oder unterhalb gelegenen Puncte aus größerer Ferne und in größerer Schiefe wirken. Allerdings gelten dieſe beiden Urſachen der Schwächung für die, an M zunächſt angränzenden, Puncte nur in ſehr geringem Grade, allein nun tritt folgende Bemerkung hinzu: wenn die Wirkung eines dieſer Puncte ſtärker als die von M iſt, ſo wird die Wirkung des, zur andern Seite in der nämlichen Entfernung gelegenen, um ziemlich gleich viel ſchwächer ſeyn, denn, wie auch die Curve S′C′N′, Fig. 41., welche die verſchiednen Ordinaten verbindet, beſchaffen ſeyn mag, immer läßt ſich ihr, wenn man nur eine ſehr geringe Länge davon betrachtet, die gerade Linie, welche ſie berührt, ſubſtituiren. Vermöge der Zuläſſigkeit dieſer Subſtitution alſo wird die halbe Summe der Wirkungen, welche von den Puncten geäußert werden, die zu beiden Seiten gleich nahe an M liegen, von der Wirkung, die M ſelbſt äußert, immer nur ſehr wenig unterſchieden ſeyn; wonach ſich denn ergiebt, daß in jedem Verſuche der Theil des Drahts, deſſen Wirkung vorwiegt, eine Geſammtkraft äußern wird, welche der Kraft des Puncts M, und mithin der, in freiem Zuſtande darauf befindlichen, Quantität von Magnetismus faſt genau proportional iſt; nur wird man dieſe Verhältnißmäßigkeit nicht bis ans Ende des Drahts, noch ſelbſt bis zu einer ſehr kleinen Weite von dieſem Ende ausdehnen dürfen; denn da alsdann die, über den Draht hinausgelegnen, Puncte nahe genug werden, daß eine Abweſenheit von magnetiſchen Theilchen daſelbſt merklich wird, ſo kann die Nadel hier nicht mehr die nämliche Wirkung erfahren, als wenn der Draht ſich noch weiter erſtreckt hätte. Oscillirt z. B. die Nadel vor dem Ende ſelbſt, ſo iſt die, ſie ſollicitirende, Kraft nur die Hälfte von derjenigen, welche auf ſie wirken würde, wenn dem Draht in ſeiner Verlängerung ein andrer gleicher Draht angeſetzt wäre; und mithin werden die, in dieſem Fall beobachteten, Kräfte ſehr angenähert die Hälfte derer ſeyn, die man erhalten müßte, wenn ſich der Draht mit dem Geſetz des Magnetismus, den er beſitzt, fortgeſetzt hätte. Sollen alſo die, unter dieſen Umſtänden erhaltenen, Reſultate vergleichbar mit denen ſeyn, welche die Nadel darbietet, wenn ſie vor den andern Puncten des Drahts oscillirt, wo Theile deſſelben ſowohl oberhalb als unterhalb ihrer zu liegen kommen und ſie ſollicitiren, ſo wird man das Quadrat ihrer, daſelbſt gefundnen, Schwingungszahl verdoppeln müſſen. So verfuhr Coulomb, und ich habe mich durch eine genaue Berechnung überzeugt, daß dieſe Correction der Wahrheit ſehr nahe kommt.

Einem Einwand muß ich begegnen, der ſich hier leicht von ſelbſt darbietet. Als wir das Geſetz der magnetiſchen Anziehungen und Abſtoßungen für verſchiedne Entfernungen erforſchten, berechneten wir die Wirkung, welche jeder Pol unſrer Drähte äußerte, als wenn aller darin befindliche Magnetismus im Kreuzungspuncte concentrirt geweſen wäre, und ſeine anziehende oder abſtoßende Wirkung in der Horizontalebene des beweglichen Drahts geäußert hätte; dagegen wir jetzt ſagen, die Wirkung der verſchiednen Puncte dieſes Pols, welche oberhalb und unterhalb der Ebene der Nadel liegen, werde durch die Schiefe ihrer Richtung ſehr geſchwächt und gleichſam unmerklich *). Dies erklärt ſich dadurch, daß der Abſtand der Nadel oder des beweglichen Drahts vom unbeweglichen Draht in den beiden Fällen ſehr verſchieden iſt. Bei unſern erſten Verſuchen fand ſich der Pol der beweglichen Nadel von der unbeweglichen immer auf eine Weite entfernt, welche im Verhältniß zu dem Raume, auf welchem der freie Magnetismus vertheilt war, für beträchtlich gelten mußte. Umgekehrt iſt bei unſern jetzigen Verſuchen dieſer Raum im Verhältniß zur Entfernung von der kleinen Nadel beträchtlich. Durch dieſen Umſtand gewinnt der Einfluß der Schiefe bedeutend. Die Wirkung der, oberhalb und un-

---

*) Hierin liegt nämlich ein ſcheinbarer Widerſpruch; im erſten Fall werden alle Wirkungen der verſchiednen Puncte des Pols in Betracht gezogen, nur in einem Puncte concentrirt geſetzt: im andern werden die Wirkungen der oberhalb oder unterhalb des Kreuzungspuncts gelegenen Puncte als unmerklich vernachläſſigt.

terhalb der Ebene der Nadel gelegenen, Puncte nimmt demzufolge weit ſchneller ab, und die Geſammtwirkung iſt immer faſt die nämliche, als wenn ſich der Draht ins Unbeſtimmte zu beiden Seiten der Ebene der Nadel mit derſelben magnetiſchen Intenſität, welche der gerade vor ihr befindliche Punct beſitzt, fortererſtreckte. Daher alſo rührt es, daß dieſe Wirkung, ſo betrachtet, der, an dieſem Punct befindlichen, Quantität von freiem Magnetismus für proportional gerechnet werden kann.

Zwei wichtige Vorſichtsmaßregeln hat man bei dieſen Verſuchen zu nehmen: einmal muß man hinlänglich lange Drähte anwenden, daß bei Beobachtung der Wirkung eines ihrer Enden auf die Nadel die Wirkung des andern Endes außer Acht gelaſſen werden könne; zweitens muß die Nadel, obwohl klein und leicht beweglich, doch ſtark genug und aus hinlänglich hartem Stahl verfertigt ſeyn, daß ihr Magnetismus durch die Wirkung des Drahts keine merkliche Abänderung erleide; widrigenfalls die, vor verſchiednen Puncten angeſtellten, Verſuche nicht mehr unter einander vergleichbar ſeyn würden, weil der Theil der Wirkung, welcher auf Rechnung der Nadel kommt, veränderlich wäre. Dies erfuhr Coulomb bei ſeinen erſten Verſuchen, wo er eine kleine Nadel von zwei Linien Länge anwandte, die er in eine Entfernung von drei Linien vom Draht brachte. Dieſe Nadel, der bloßen Wirkung des Erdmagnetismus überlaſſen, gab nur ſehr ſchwache Zeichen von Magnetismus; ſo wie ſie ſich aber in der drei Linien weiten Entfernung vor dem Draht befand, nahm die Stärke ihres magnetiſchen Zuſtandes beträchtlich zu; und bot man ſie dem einen oder dem andern Ende des Drahts dar, ſo wechſelte ſie plötzlich die Pole.

Gewarnt durch dieſe Erſcheinungen, wandte Coulomb eine ſtärkere Nadel an, welche drei Linien im Durchmeſſer und ſechs Linien in der Länge hatte. Der Durchmeſſer des magnetiſchen Drahts betrug zwei Linien und ſeine Länge ſieben und zwanzig Zoll; ein Fuß Länge von ihm wog 865 Grains. Aus Beſorgniß, er möchte im magnetiſchen Zuſtand der Nadel eine Veränderung hervorbringen, bot er ihn derſelben aus größerer Weite, nämlich in einer Entfernung von 8 Linien dar; und zählte die Oscillationen, die ſie in einer Minute Zeit vollbrachte, wenn ſie ſich in dieſer Entfernung vor verſchiednen Puncten des Drahts befand. Er hatte ferner zuvor die Anzahl Oscillationen gemeſſen, die ſie in der nämlichen Zeit vermöge bloßer Wirkung des Erdmagnetismus vollbrachte; der Unterſchied der Quadrate dieſer Zahlen gab alſo bei jedem Verſuch den Ausdruck für die gegenſeitige Wirkung des Drahts und der Nadel, eine Wirkung, die, unſern obigen Erörterungen zufolge, der Intenſität des Magnetismus faſt genau proportional ſeyn mußte, welcher ſich im freien Zuſtande an dem Puncte des Drahts befand, vor welchem die Nadel oscillirt hatte. Indem Coulomb dieſe Reſultate auf die entſprechenden Abſciſſen auftrug, erhielt er die Vertheilungsart des Magnetismus nach ſeiner verſchiednen Intenſität durch die Curve Fig. 43. dargeſtellt.

Die Art, wie dieſe Curve aufſteigt, giebt uns die Beſtätigung von alle dem, was uns die vorigen Verſuche hinſichtlich der Vertheilung des freien Magnetismus und der großen Intenſität ſeiner Entwicklung nach den Enden der Magnetſtäbe zu, hatten vorherſehen laſſen.

Coulomb wiederholte den Verſuch mit dem nämlichen Draht, nachdem er blos ſeine Länge abgeändert hatte, übrigens aber ganz unter denſelben Umſtänden. Er fand hier, daß, welches auch dieſe Länge ſeyn mochte, woſern ſie nur mehr als ſechs bis ſieben Zoll betrug, die drei erſten und die drei letzten Zolle immer faſt genau ſich eben ſo verhielten, als an dem Draht von 27 Zoll Länge; ſo daß die Intenſität des freien Magnetismus von den Enden dieſer Drähte bis auf 3 Zoll Weite ſich der Beobachtung gleich ergab, worauf ſie auf dem einen, wie auf dem andern gleich ſchwach und unmerklich ward; oder, mit andern Worten, die Curve der Intenſitäten zeigte ſich nur auf die Enden der Drähte hin verſetzt, ohne ihre Geſtalt an dieſer Stelle zu ändern: und erſt nachdem ſie ſehr nach der Axe zu herabgeſtiegen war, blieben ihre Ordinaten ſich mehr oder minder lange gleich, ſo daß ſie erſt in der Mitte des Drahts völlig null wurden. Dieſe Beſtändigkeit der Ordinaten [illegible] äußerſten Enden aller Drähte von dem nämlichen Stoff und der nä[illegible] Dicke, giebt einleuchtend zu erkennen, daß der freie Magnetism[illegible] dieſer Stelle bis zu einem Grade entwickelt iſt, den er nicht zu überſchreiten vermag; ein Ergebniß, welches ſich vollkommen mit der Anſicht in Uebereinſtimmung zeigt, die wir uns vom Zuſtand der Sättigung gemacht hatten. Weniger Beſtändigkeit fand Coulomb in den kleinen Ordinaten der Curve näher an der Mitte der Drähte; er bemerkte ſelbſt, daß in langen Drähten dieſe Ordinaten ſich zufällig verändern, ſo daß ſie manchmal aus dem Poſitiven ins Negative übergehen: wovon ſich die Erklärung ganz einfach ergiebt, wenn man erwägt, daß alle dieſe Umkehrungen eben ſo viel mögliche Zuſtände des Gleichgewichts darſtellen, zu deren Hervorrufung die geringfügigſten Umſtände, wie eine etwas länger ausgehaltene Berührung beim Magnetiſiren oder ſelbſt die Wirkung der eigenen Pole des Drahts auf ſeine Mitte hinreichen können.

Bei Betrachtung der, von Coulomb verzeichneten, Curve der

Intenſitäten erkennt man leicht, daß ſie aus der Verbindung zweier Curven der Art, welche die Mathematiker die logarithmiſche Curve nennen, hervorgeht, die, von den beiden Enden des Drahts ihren Urſprung nehmend, gleiche, aber in der Richtung entgegengeſetzte, Ordinaten haben, Fig. 44.; und in der That findet ſich die Veränderung der Intenſitäten, hienach für verſchiedne Entfernungen von der Mitte der Nadel berechnet, vollkommen mit den Beobachtungen in Uebereinſtimmung. Dies Geſetz, analytiſch betrachtet, führt ganz auf die nämliche Vertheilungsart des freien Magnetiſmus in den Magneten, als hinſichtlich der beiden Elektricitäten in den iſolirten elektriſchen Säulen Statt hat, wenn die abſorbirende Wirkung der Luft die Spannung auf ihren Polen gleich gemacht hat; wie ſich auch in der That nach der durchgreifenden Analogie, die wir oben zwiſchen dieſen Säulen und den Magneten erkannten, ſchon erwarten ließ. Durch die Formeln, welche aus dieſer Zuſammenſtellung hergeleitet ſind, wird es möglich, die Veränderungen der magnetiſchen Ladung in Drähten von der nämlichen Dicke und ungleicher Länge, oder von gleicher Länge und ungleicher Dicke, oder endlich von beliebiger Länge und Dicke, zu verfolgen, vorausgeſetzt, daß ſie immer durch den Doppelſtrich magnetiſirt ſind. Eine Darſtellung dieſer Folgerungen läßt ſich jedoch in dieſem Werke nicht geben, da ſie aus vergleichender Zuſammenſtellung der Beobachtungen mit der Berechnung fließen; man kann aber das Nähere darüber in meinem größern Werke nachleſen.

Die Coulombſchen Verſuche, welche dieſen Berechnungen zur Grundlage dienen, zeigen alle in den beiden Hälften der Nadel eine gleiche und entgegengeſetzte Vertheilung des Magnetiſmus, eine Vertheilung, die in der That am vortheilhafteſten zur Erreichung bedeutender richtender Kräfte iſt, und die man deßhalb ſtets mit allem Fleiß zu erlangen ſuchen muß. Die Erfahrung lehrt aber, daß gehärtete Nadeln, deren Länge im Verhältniß zum Durchmeſſer des Querſchnitts ſehr groß iſt, dies auf keine Weiſe geſtatten. Auf welche Weiſe man auch dergleichen Nadeln magnetiſiren mag, immer bilden ſich in denſelben mehrere Mittelpuncte, deren Entſtehung ſehr wahrſcheinlich von der Rückwirkung ihrer Pole auf die, ihrer Mitte zunächſt gelegenen, Theile herrührt. Unter dieſen Umſtänden fällt die Curve der Intenſitäten in jeder Hälfte der Nadel nicht mehr auf eine Seite der Axe; ſondern ſchlingt ſich nothwendiger Weiſe über und unter dieſelbe, wie Fig. 45. darſtellt; und ihre Geſtalt hat mithin nicht mehr den nämlichen analytiſchen Ausdruck, als vorhin. Glücklicherweiſe ſcheint, mehrfachen Gründen nach, dieſe Einſchränkung nicht von ſehr großem Belang für uns zu ſeyn. Zuvörderſt ſind die

Nadeln von angelaſſenem Stahl ihr nicht unterworfen, es müßte denn bei weit größern Längen ſeyn, als wir ſie gewöhnlich in Gebrauch ziehen; und was die gehärteten Nadeln anlangt, ſo wird es, wofern nicht ein unumgängliches Erforderniß gebietet, ſie ſehr leicht zu machen, immer von Vortheil ſeyn, ihnen eine hinreichende Dicke zu geben, daß jede ihrer Hälften einen Magnetismus von der nämlichen Beſchaffenheit annimmt; denn bei gleicher Stärke der Coercitivkraft, bewirkt das Hervortreten neuer Mittelpuncte immer eine Schwächung des ſtatiſchen Moments der richtenden Kräfte für jede Hälfte der Nadel, und mindert auch die Stärke der Wirkung für einen gleichen Abſtand von den Polen. Im Allgemeinen hängt begreiflicher Weiſe die Vertheilung des Magnetismus in einer Nadel und der abſolute Grad der Sättigung, bei dem ſie ſtehen bleiben muß, nicht allein von ihren Dimenſionen ab, ſondern auch von der mehr oder minder ſtarken Härtung, die man ihr ertheilt. Coulomb hat über den Einfluß dieſes letzten Umſtands eine Reihe von Verſuchen angeſtellt, die man in meinem größern Werke angeführt findet. Es ergiebt ſich daraus, daß man die Nadel immer zuerſt in der Weißglühhitze härten muß, welche Dimenſionen ſie auch haben mag; beträgt dann ihre Länge weniger, als das Dreißigfache ihrer Dicke, ſo kann man ſie ganz in dieſem Zuſtande der Härtung verbleiben laſſen; überſchreitet ſie aber dies Verhältniß, ſo muß man ſie bis zum Dunkelrothglühen anlaſſen, um die mehrfachen Mittelpuncte zu vermeiden, welche ſonſt in Folge ihrer großen Länge entſtehen würden.

Siebentes Capitel.

Von der beſten Geſtalt, die man den Compaßnadeln zu geben hat.

Die, im vorigen Capitel gefundnen, Reſultate müſſen uns bei der Verfertigung der Compaßnadeln leiten. Obwohl dieſe Anwendung leicht iſt, ſo halte ich ſie doch ihrer Wichtigkeit wegen einer beſondern Erörterung hier nicht unwerth.

Die Bouſſolen oder Compaſſe, deren ſich in der Regel die Seeleute, theils zu Waſſer, theils zu Lande, bedienen, beſtehen aus Magnetnadeln, welche in ihrer Mitte mit einem Hütchen verſehen ſind, das auf einem Stift aus einem nicht magnetiſchen Metall ruht. Ein kleines, an einem Arme der Nadel angebrachtes, Gegengewicht erhält ſie horizontal. Man muß deſſen Stelle oder Gewicht verändern, wenn man die Magnetnadel ſucceſſiv unter weit auseinander gelegene Breiten bringt, wo das Moment der vertikalen Kräfte des Erdmagnetismus ſehr verſchieden iſt.

Wie auch die Magnetnadel geſtaltet ſeyn mag, immer wird es leicht ſeyn, mittelſt der, auf S. 33 beſchriebenen, Methode des Umwendens auf ihrer Oberfläche die horizontale Richtung der Mittelkraft der magnetiſchen Kräfte anzugeben. Wäre die Nadel auf ihrem Stifte vollkommen frei beweglich, ſo würde ſie ganz von ſelbſt diejenige Richtung annehmen, bei welcher die ſo verzeichnete Axe genau mit dem magnetiſchen Meridian zuſammenfiele; und dieſe Axe, einmal ausgemittelt, würde ſomit dieſen Meridian immer genau angeben. Die Reibung des Stiftes am Boden des Hütchens widerſetzt ſich aber dieſem Streben, und giebt ſomit ein Hinderniß ab, welches die richtende Kraft zu überwinden hat, um die Nadel in den magnetiſchen Meridian zurückzuführen; woraus erhellt, daß die beſte Einrichtung der Bouſſolen die ſeyn wird, wo die Reibung möglichſt gering, und die richtende Kraft möglichſt groß iſt.

Wenn Stifte und Hütchen von der nämlichen Geſtalt, aus dem nämlichen Stoff und mit gleicher Genauigkeit gearbeitet ſind, ſo giebt nur noch das Gewicht der Nadel den Ausſchlag für die Größe der Reibung. Man kann dieſe verſuchsweiſe meſſen, indem man der, auf ihrem Stift ſchwebenden, Nadel von fern einen Magneten darbietet, der ſie aus ihrem magnetiſchen Meridian ablenkt, und beobachtet, mit welchem Grade der Annäherung ſie dahin zurückkehrt, wenn ſie alsdann ſich ſelbſt überlaſſen wird. Es leuchtet nämlich ein, daß die Weite der Bogen, um die ſie bald nach der einen, bald nach der andern Seite dieſer Ebene bei einer großen Anzahl von Verſuchen abgelenkt bleibt, wenn ſie zur Ruhe kommt, der Stärke der Reibung proportional ſeyn muß. Coulomb hat durch Beobachtungen dieſer Art gefunden, daß für ſehr ſpitzige Stifte und für Hütchen, die aus einem hinlänglich harten Stoffe beſtehen, um keine Veränderung durch die Spitze zu erleiden, die Reibung der Potenz $\frac{3}{2}$ des Drucks ziemlich proportional ſey. Iſt indeß durch einen langen Gebrauch die Spitze der Stifte abgeſtumpft, und hat ſich ſo zu ſagen nach dem Boden des Hütchens bequemt, welches der gewöhnlichſte Fall iſt, ſo fand er die Reibung blos im einfachen Verhältniß mit den Druckkräften ſtehend. Dies iſt die erſte Angabe, von der wir Gebrauch zu machen haben.

Denken wir uns jetzt eine Magnetnadel von beliebiger Geſtalt und Dicke auf einem ſolchen Stifte befindlich; und verdoppeln, ohne in ihren Längendimenſionen etwas zu ändern, blos ihre Dicke, oder legen, was auf daſſelbe hinauskommt, über ſie eine mit ihr ganz gleiche Magnetnadel, ſo wird der Druck auf den Stift, ſo wie die Reibung verdoppelt ſeyn; nicht aber die richtende Kraft. Denn Theorie und Erfahrung zeigen gleich, daß dieſe in einem geringern Verhältniſſe als dem der Dicken wächſt; weil die gegenſeitige Wirkung der gleichnamigen Pole auf einander einen Theil des freien Magnetismus, den jeder derſelben beſaß, aufhebt. Die beiden übereinanderliegenden Nadeln in ihrer Verbindung werden mithin die Richtung des magnetiſchen Meridians minder genau angeben, als die erſte Nadel für ſich; woraus erhellt, daß es, bei Gleichheit aller übrigen Umſtände, von Vortheil ſeyn muß, Nadeln von ſehr geringer Dicke anzuwenden; nur muß man ſie nicht ſo dünn machen, daß ſie ſich krümmen.

Betrachten wir jetzt den Einfluß der Länge, und nehmen zuvörderſt den Fall vor, wo die Nadel, vermöge ihrer Dimenſionen und ihrer phyſiſchen Beſchaffenheit, auf jeder ihrer Hälften nur eine einzige Art von Magnetismus angenommen hat. Dann ergiebt ſich aus dem, eben gefundenen, analytiſchen Geſetz der Intenſitäten, daß, wofern die Nadeln nicht ausnehmend kurz ſind, ihre richtenden Kräfte bei gleichem Durchmeſſer ihrer Länge proportional ſind, wenigſtens wenn man ſie allenthalben von gleichem Querdurchſchnitt annimmt. In dieſem Fall nun iſt das Gewicht, und mithin auch die davon abhängende Reibung der Länge proportional. Mit Ausſchluß der Nadeln von gar zu kleinen Dimenſionen werden mithin alle Nadeln (von gleicher Dicke), welches auch ihre Länge ſeyn mag, eine ziemlich gleiche Genauigkeit gewähren; dies jedoch nur inſofern, als man ihnen eine zu beiden Seiten ihrer Mitte ſymmetriſche und von Folgepuncten freie Vertheilung des Magnetismus zu verleihen vermag. Man wird daher ſolche Verhältniſſe zwiſchen der Dicke und Länge der Nadeln zu beobachten, ſo wie den Zuſtand ihrer Härtung oder Weichheit ſo einzurichten haben, daß dieſe Bedingung erfüllt werden kann; wozu die, im vorigen Capitel enthaltenen, Erfahrungen die Anweiſung geben. Beträgt die Länge der Nadel weniger als das Dreißigfache ihrer Dicke, ſo wird man ſie vor dem Magnetiſiren in der Weißglühhitze zu härten haben. Ueberſchreitet dagegen ihre Länge dies Verhältniß, ſo muß man ſie, nachdem ſie in der Weißglühhitze gehärtet worden, bis zum Dunkelrothglühen wieder anlaſſen. Beim Uebergange von einer dieſer Gränzen zur andern iſt es ziemlich gleichgültig, welcher von beiden Verfahrungsarten man ſich bedienen will.

Der Vorzug, den Nadeln mit einem einzigen magnetiſchen Mittelpuncte vor Nadeln mit mehrern dergleichen beſitzen, iſt unläugbar, wenn man in beiden die nämliche Geſammtmenge von freiem Magnetismus vorausſetzt. Jedoch wäre es nicht unmöglich, daß die Schwächung, welche bei andern Verhältniſſen zwiſchen Länge und Dicke oder andern Graden der Härtung durch Entſtehung mehrerer Mittelpuncte hervorgebracht wird, durch das Daſeyn einer beträchtlichen Coercitivkraft, oder eine ſtärkere Entwicklung von Magnetismus erſetzt werden könnte. Es ſcheint, als ob Coulomb über dieſe verſchiedenen Fragepuncte eine lange Reihe von Verſuchen angeſtellt und ſich vorgenommen habe, ſie tabellariſch zu ordnen, wo man dann zum Voraus für jede Dimenſion der Nadeln hätte finden können, welches die günſtigſten Umſtände für dieſelben wären. Leider aber habe ich in ſeinen Manuſcripten nichts hinlänglich Geordnetes gefunden, wonach ſich dies wichtige Werk wieder aufbauen ließe; weßhalb dieſer Gegenſtand den Unterſuchungen andrer Phyſiker aufbehalten bleibt.

Noch haben wir zu unterſuchen, welche unter allen Geſtalten die günſtigſte iſt, die man den Nadeln geben kann. Die gebräuchlichſten haben die Geſtalt von Parallelogrammen, Cylindern oder Pfeilen. Coulomb fand durch Verſuche, daß die pfeilförmigen Nadeln bei gleichem Gewicht eine ſtärkere richtende Kraft beſaßen, was ſich auch leicht vorausſehen ließ, nach demſelben Grunde, der ihn veranlaßt hatte, ſeine magnetiſchen Bündel aus mehrern, ſtufenweiſe vor einander vorſtehenden, Stäben zuſammenzuſetzen, wie ich auf S. 54 erörtert habe. Derſelbe Grund zeigt auch, warum es von Nachtheil ſeyn würde, den Enden der Nadel eine, der pfeilförmigen entgegengeſetzte, Geſtalt zu geben, bei der ſich nämlich das Ende erweiterte, eine Geſtalt, die daher, obwohl von einigen empfohlen, durchaus verwerflich iſt.

Die Auseinanderſetzungen, die wir ſo eben gegeben haben, finden ihre Anwendung gleicherweiſe auf die Neigungsnadeln: und man wird auch bei ihnen die, S. 33 und 34 erörterten, Correctionsmethoden durch Umwenden nicht vergeſſen.

Achtes Capitel.

Von der Wirkung der Magnete auf alle Naturkörper.

Wir haben die Behauptung aufgeſtellt, daß das Eiſen, der Stahl, der Nickel und Kobalt die einzigen bis jetzt bekannten, des Magnetismus fähigen, Metalle ſeyen. In der That ſind ſie es allein, die einen kräftigen und dauerhaften magnetiſchen Zuſtand anzunehmen vermögen. Jedoch mag man Subſtanzen nehmen, welche man will, ſobald man kleine Nadeln von ſieben bis acht Millimeter Länge auf ungefähr einen Millimeter Dicke aus ihnen formt, und ſie an einem Coconfaden zwiſchen den entgegengeſetzten Polen zweier ſtarken Magnete aufhängt, wie Fig. 46. darſtellt, ſo ſieht man ſtets, daß ſie ſich na dieſen Polen zukehren; und läßt man ſie um die Richtung ihres Gleichgewichts oſcilliren, ſo erfolgen ihre Schwingungen in Gegenwart der Magnete raſcher, als wenn ſie für ſich im Raume aufgehangen wären. Dieſe kleinen Nadeln ſind alſo für die Einwirkung der Magnete empfänglich. Der Verſuch gelingt gleichermaßen mit Nadeln von Gold, Silber, Glas, Holz, und beliebigen organiſchen oder unorganiſchen Subſtanzen. Dieſe merkwürdigen Erſcheinungen wurden von Coulomb entdeckt, und dem Inſtitute im May 1812 von ihm angezeigt. Ihre nähere Auseinanderſetzung mit Berechnung der Kräfte, welche ſie vorausſetzen, habe ich in meinem größern Werke gegeben.

Für den erſten Anblick bieten ſich blos zwei Wege zu einer Erklärung derſelben dar: entweder ſind alle Stoffe in der Natur des Magnetismus fähig, oder alle enthalten Theilchen von Eiſen oder von andern magnetiſchen Metallen, die ihnen dieſe Eigenſchaft mittheilen. Jedoch iſt die Nothwendigkeit, daß einer dieſer beiden Fälle Statt finden müſſe, nicht ſo unumgänglich, als es dem erſten Anblick nach ſcheint: denn ſie enthält ſtillſchweigend die Vorausſetzung, daß die Wirkung welche die Nadeln erfahren, wirklich magnetiſch ſey, wovon die vollkommene Gewißheit mangelt. Wenn wir finden, daß die bloße Berührung ungleichartiger Körper merkliche elektriſche Kräfte hervorruft, von deren Daſeyn man lange Zeit hindurch nicht einmal etwas geahnet hatte, müſſen wir es dann nicht auch für möglich halten, daß andere Umſtände die Entwickelung gleicher oder doch ähnlicher Kräfte bedingen können, deren ausnehmend ſchwache Wirkungen ſich nur durch ſehr ſubtile Apparate zur Wahrnehmung bringen laſſen; und ſollte die Wirkung, welche die kleinen, von Coulomb angewandten, Nadeln erfuhren, nicht von einer, uns noch unbekannten, kleinen Kraft dieſer Art herrühren? Die Entſcheidung dieſer Frage fällt bei dem gegenwärtigen Stande der Wiſſenſchaft unmöglich.

Die Methode der Oſcillationen, wie ſie von Coulomb angewandt und von mir ſo eben beſchrieben worden iſt, iſt unter allen bekannten Mitteln das empfindlichſte und einfachſte, um das Daſeyn von Eiſen in Kunſterzeugniſſen oder Mineralien zu entdecken, ſelbſt wenn es ſich in ausnehmend ſchwachen Verhältniſſen darin findet. Man braucht nur Nadeln aus den zu prüfenden Subſtanzen zu bilden, ſie zwiſchen zwei ſtarken Magneten oſcilliren zu laſſen, und ihre Oſcillationen mit denen einer Nadel zu vergleichen, welche aus einem bekannten Gemiſch von Eiſen und einer andern nicht magnetiſchen Subſtanz verfertigt iſt. In meinem größern Werke findet man alle, zur Ausführung dieſer Methoden nöthigen, Formeln angegeben. Und nicht allein laſſen ſich durch dieſes Mittel ſehr geringe Mengen von Eiſen in metalliſchem Zuſtand erkennbar und meßbar machen; ſondern ich habe mich ſelbſt überzeugt, daß man dadurch die Gegenwart dieſes Minerals ſelbſt dann noch ausmitteln kann, wenn es ſehr innige Verbindungen mit dem Sauerſtoff und andern Körpern eingegangen iſt. Um eine Vorſtellung von dieſer Anwendungsart zu geben, will ich ſie durch ein Beiſpiel erläutern. Unter den Subſtanzen, welche die Mineralogen in eine einzige Klaſſe unter dem generiſchen Namen Glimmer (mica) vereinigt haben, giebt es viele von ſehr verſchiedener chemiſcher Zuſammenſetzung; und die Anwendung der Geſetze der Polariſation des Lichts auf ſie, läßt auch ſehr verſchiedne Kryſtalliſationsſyſteme darin erkennen. Bei einer Unterſuchung, die ich über dieſen Gegenſtand unternommen hatte, und welche ſich in den Memoiren der Akademie der Wiſſenſchaften für das Jahr 1816 gedruckt findet, kam ich darauf, zwei Arten Glimmer mit einander zu vergleichen, deren einer aus Sibirien kam, der andre zu Zinnwald in Böhmen mit Zinnkryſtallen untermiſcht gefunden wird.

Obwohl die Blättchen dieſer beiden Glimmerarten ganz durchſichtig waren, ſo gaben doch chemiſche Prüfungsmittel die Gegenwart von Eiſenoxyd darin zu erkennen, aber in ſehr verſchiednem Verhältniſſe, in weit ſtärkerm nämlich im Glimmer von Zinnwald, in dem ſich nach einer genauen Analyſe von Vauquelin bis 20 Hunderttheile ſeines Gewichts davon fanden. Während man nun zur Analyſe der andern Glimmerart ſchritt, kam ich auf den Gedanken, beide durch den Magnetismus zu prüfen. Ich ſchnitt alſo mehrere kleine rechtwinklige Blätter von gleichen Dimenſionen daraus zu, die ich mit einander parallel in zwei Bündel vereinigte; ließ darauf dieſe Bündel ſucceſſiv zwiſchen zwei ſtarken Magneten oscilliren, indem ich ſie an einer Vereinigung von rohen Seidenfäden, deren Drehung unmerklich war, aufhing, und fand ſo, daß der Glimmer von Zinnwald 12 Oscillationen in 55 Secunden vollbrachte, während das Bündel aus dem andern Glimmer nur 7 in der nämlichen Zeit machte. Die magnetiſchen Kräfte verhielten ſich alſo unter einander, wie die Quadrate dieſer Zahlen, d. i. wie 144 zu 49. Betrachtet man nun dieſe Kräfte als den Mengen von Eiſenoxyd proportional, die ſich im Glimmer in chemiſch gebundnem Zuſtand befanden, welches blos vorausſetzt, daß ſie in beiden Glimmerarten mit der nämlichen Kraft gebunden waren, ſo erhellt, daß, wenn der Glimmer von Zinnwald 20 Hunderttheile dieſes Oxyds enthält, die andre Glimmerart $\frac{20.49}{144}$ d. i. 6, 8 davon enthalten muß. Und wirklich ergab ſich durch die chemiſche Analyſe, deren Reſultat ich erſt nach Anſtellung dieſes Verſuchs erfuhr, ganz das nämliche Verhältniß. Ich zweifle nicht, daß man in vielen Fällen dies Prüfungsmittel mit demſelben Nutzen anwenden und dadurch zu intereſſanten Reſultaten über die Intenſität der chemiſchen Verbindungen des Eiſens mit andern Subſtanzen geführt werden würde. Was ſeine Genauigkeit betrifft, ſo läßt ſich, nach den früher erwähnten Verſuchen von Coulomb kein Zweifel dagegen erheben; wovon ſich auch jeder überzeugen wird, der ſelbſt Verſuche hierüber anſtellen will.

Neuntes Capitel.

Geſetze des Erdmagnetismus unter verſchiednen Breiten.

Wir haben ſchon im dritten Capitel bemerkt, daß die Neigung, die Abweichung und die Intenſität der magnetiſchen Kräfte ſich nicht auf der ganzen Erde gleich verhalten. Jetzt ſind wir im Beſitz der erforderlichen Verfahrungsarten, um zu genauen Beſtimmungen dieſer Abänderungen zu gelangen. Wir haben blos ſucceſſiv eine und dieſelbe, oder verſchiedene, mit einander vergleichbare, Magnetnadeln an die verſchiedenen Orte hinzubringen, und die drei angegebenen Elemente daſelbſt zu beobachten. Ein Verſuch dieſer Art wurde um das Jahr 1700 vom berühmten Aſtronomen Halley unternommen, welchem die Engliſche Regierung ein Schiff blos zu dem Zweck überließ, ihn mit ſeinen Inſtrumenten ſucceſſiv nach den verſchiednen Erdgegenden zu bringen. Da jedoch Halley's Unterſuchungen zum Hauptzweck die Längenbeſtimmungen nach den Abweichungen der Magnetnadel hatten, ſo ließ er ſich vorzugsweiſe die Beobachtung dieſes Elements angelegen ſeyn, welches leider gerade das veränderlichſte ſcheint; ſo daß man, um zu erfahren, wie ſich der Erdmagnetismus in gegenwärtiger Zeit verhält, zu den vereinzelten Beobachtungen neuerer Schiffahrer ſeine Zuflucht zu nehmen genöthigt iſt. Da aber die Nadeln, deren ſich dieſe bedienten, nicht mit einander verglichen waren, und da ſie ihre Beobachtungen auch nicht auf die nämliche Art anſtellten, ſo müſſen begreiflich hieraus viel anſcheinende Anomalieen in den Reſultaten hervorgehen, ſo daß man höchſtens hoffen darf, die Erſcheinungen ihren allgemeinſten Umſtänden nach daraus zu finden, ohne ſie näher durch Meſſung beſtimmen zu können. Was endlich die Schwierigkeiten noch vermehrt, iſt, daß es in einem großen Theil des Erdkörpers noch ganz an Beobachtungen fehlt, wo ſie um ſo nothwendiger ſeyn würden, da die Geſammtheit der Thatſachen darauf hinzudeuten ſcheint, daß dort die Wirkung ganz eigenthümlicher örtlicher Urſachen ins Spiel komme, von denen es unmöglich iſt, anders, als durch Erfahrung, eine Vorſtellung zu erhalten. Ich werde meine

Darſtellung daher auf das beſchränken, was ſich bis jetzt hinſichtlich des allgemeinen Ganges der Erſcheinungen hat ausfindig machen laſſen, ohne eine Verknüpfung derſelben durch den Calcul verſuchen zu wollen, zu dem noch die nöthigſten Data fehlen. Dies wird hinreichen, die Reiſenden aufmerkſam zu machen, auf welche Gegenden der Erde ſie vorzüglich ihre Unterſuchungen zu richten und wo ſie ihre Beobachtungen zu vervielfältigen haben.

Ich werde zuvörderſt die Ungleichheiten der magnetiſchen Neigung in den verſchiednen Erdſtrichen betrachten, indem dieſe Erſcheinung ſich weit weniger als die Abweichung mit der Zeit zu ändern ſcheint. Um ein Geſetz darin aufzufinden, muß man vor allen Dingen die Puncte der Erdkugel zu beſtimmen ſuchen, wo die Neigung null iſt, d. h. wo eine Nadel, die ſich vor dem Magnetiſiren horizontal hielt, auch nach demſelben noch horizontal bleibt. Die Folgereihe dieſer Puncte bildet auf der Erde eine krumme Linie, welche man den magnetiſchen Aequator nennt, und der früher immer als ein, gegen den Erdäquator um ungefähr 12° geneigter, größter Kreis betrachtet worden iſt. In der That iſt dies die Geſtalt, auf welche die zahlreichen Beobachtungen zu deuten ſcheinen, welche auf dem, im atlantiſchen Ocean gelegenen, Theil des magnetiſchen Aequators angeſtellt worden waren, der, da er ſich auf dem Wege der von Europa nach America und nach Indien gehenden, Schiffe befindet, am häufigſten von Seefahrern durchſchnitten worden iſt. Der größte Kreis, den dieſe Beobachtungen zu ergeben ſcheinen, würde den Erdäquator in zwei Puncten oder Knoten ſchneiden, deren einer, der weſtlichſte, unter 115° 34′ weſtl. L. von Paris läge, d. i. im Südmeere bei der Inſel Gallego, neun hundert Lieues von den Küſten Peru's, wodurch der entgegengeſetzte Knoten unter 295° 34′ ebenfalls weſtl. L. zu liegen käme. In der That galt ſonſt dieſe Annahme allgemein. Ich habe indeß nachgewieſen, das dieſe Elemente ihre Gültigkeit völlig in allen den Theilen des Südmeeres verlieren, welche über den weſtlichſten Knoten hinaus, zwiſchen 115° und 270° W. L. liegen, was die Meeresfläche faſt einer ganzen Halbkugel befaßt. In der That findet man aus den Beobachtungen, die mit der größten Sorgfalt auf zwei verſchiednen Schiffen von William Bayley und von Cook, die im J. 1777 das Südmeer vereint befuhren, angeſtellt wurden, daß ſie, einer wie der andre, den magnetiſchen Aequator unter 158° 50′ 9″ W. L. und unter 3° 13′ 40″ ſüdlicher Breite antrafen; da er ſich doch als Verlängerung des größten Kreiſes, den die, im übrigen Theile der Erdkugel angeſtellten, Beobachtungen zu ergeben ſchienen, hier unter 8° 56′ 30″ nördlicher Breite hätte finden ſollen. Dies beweiſt alſo, daß der magnetiſche Aequator, nachdem er mit dem Erdäquator unter 115° W. L. zuſammengetroffen iſt, ſich wieder ſüdwärts herabkrümmt. Und da er ſich nach Bayley's, in dieſer Hinſicht von Dalrymple beſtätigten, Beobachtungen unter 7° nördlicher Breite im Chineſiſchen Meere, unter 236° W. L. von Neuem zeigt, ſo muß er zwiſchen dieſer Länge und der von 138° 50′, welche durch Cook's Beobachtungen gegeben iſt, den Erdäquator wenigſtens noch einmal ſchneiden, und dies erfordert, daß er ihn noch ein andresmal bei den Oſtküſten von Africa ſchneide, weil man ihn im Atlantiſchen Ocean unter ſüdlicher Breite wiederfindet. Der magnetiſche Aequator wird alſo wenigſtens drei Knoten haben, und vielleicht vier, wenn er bei ſeinem weſtlichen Knoten ſich erſt etwas nördlich wenden ſollte, bevor er ſüdlich nach den Societäts-Inſeln heruntergeht. Die Lage dieſer Knoten und die wahre Geſtalt in welcher die Linie ohne Neigung ſich von einem zum andern zieht, ſind mit vielem Scharfſinn von Morlet beſtimmt worden, mittelſt einer Interpolationsmethode, von der ich weiterhin angeben werde, worauf ſie ſich gründet. Hienach erhält die Curve die, auf Taf. IX vorgeſtellte, Geſtalt.

Dieſe Curve durchſchneidet den Erdäquator ein erſtes Mal auf der Weſtküſte Africa's unter ungefähr 16° öſtl. Länge von Paris. Verfolgt man ſie von hier aus immer nach Weſten, ſo wird anfangs ihr Abſtand von dem Erdäquator nach Süden zu immer größer, bis dieſer ſüdliche Abſtand unter 28° weſtl. Länge von Paris ſein Maximum, 14° 10′ betragend, erreicht. Darauf geht ſie dem Erdäquator für einen Augenblick parallel; erhebt ſich aber von dieſem Maximum an fortwährend wieder durch Südamerica hindurch, bis ſie um 98° weſtl. Länge von Paris, im Stillen Meere, 110 Meilen weſtlich von den Gallapagos-Inſeln dem Erdäquator wieder ganz nahe kommt. Hier aber fängt ſie an, ſich zu biegen, wird dem Erdäquator immer mehr parallel, und ſtatt ihn zu durchſchneiden, nähert ſie ſich ihm blos bis zur Berührung, um 120° weſtl. L. von Paris, worauf ſie wieder nach Süden zurückweicht, bis ſie ihr zweites Maximum ſüdlicher Abweichung unter 3° 13′ ſüdlicher Breite und 163° weſtl. Länge von Paris erreicht, d. i. in einem Meridiane, der ziemlich in der Mitte zwiſchen den Freundſchaftsinſeln und Societätsinſeln liegt. Sie nähert ſich dann dem Erdäquator wieder, doch ſehr allmälig, durchſchneidet ihn unter 186° weſtl. oder 174° öſtl. Länge von Paris, unweit des Meridians der Masgraves-Inſeln, und erreicht darauf in der Nähe eines der Meridiane, die durch die Philippiniſchen Inſeln gehn, das erſte Maximum ihrer nördlichen Breite, betragend 8° 57′. Von hier geht ſie wieder etwas nach Süden zurück, doch erreicht ſie bald ein Minimum, in 7° 41′ nördl. Breite, am Eingange des Meerbuſens von Siam; etwas ſüdlich von der Inſel Conber, unter 106° öſtl. Länge von Paris. Während ſich die Linie ohne Neigung nun aufs Neue von dem Aequator weiter nördlich entfernt, zieht ſie ſich durch den Meerbuſen von Bengalen, und über die Südſpitze Indiens dieſſeit des Ganges weg in das Arabiſche Meer, und hier befindet ſich ihr zweites Maximum nördl. Breite, betragend 11° 47′, unter 62° öſtl. Länge von Paris. Darauf nähert ſie ſich dem Erdäquator aufs Neue, tritt etwas ſüdlich von der Meerenge Babel Mandel (der Mündung des rothen Meers) in Africa ein, geht durch das Innere dieſes Feſtlandes hindurch, um den Aequator zuletzt an der Weſtküſte Africa's wieder in dem Puncte zu durchſchneiden, von welchem wir ausgegangen waren.

Bei Unterſuchung der magnetiſchen Neigungen, welche zu beiden Seiten der, von uns gezogenen, Linie beobachtet worden ſind, zeigt ſich, daß ſie in dem Maße zunehmen, als man ſich von derſelben entfernt. Beſchränkt man ſich darauf, die Hälfte des Erdkörpers zu betrachten, für welche der magnetiſche Aequator ziemlich kreisförmig zu ſeyn ſcheint, worin Europa, der Atlantiſche Ocean und die Oſtküſten der beiden Americas begriffen ſind, ſo ſieht man, daß die Neigung unter den Parallelkreiſen, die zu beiden Seiten von dieſem Aequator gleich weit abliegen, ſich ziemlich gleich bleibt, ſo daß, wenn man das nämliche Geſetz weiter verfolgt, das Maximum der Neigung an zwei entgegengeſetzten Puncten der Erde Statt haben würde, von denen der nördlich gelegene ſich unter 25° W. L. und 90° — 14° d. i. 76° N. B. befände, während der andre, ihm diametral entgegengeſetzte, 205° W. L. und 76° S. B. hätte. Dies alſo wären die Pole des magnetiſchen Aequators, im Fall er kreisförmig wäre, und dann müßten ſich die Neigungsnadeln vertical daſelbſt halten. Allein dem iſt nicht ſo; denn die Expedition, welche im J. 1818 von den Engländern nach Norden auf Entdeckungen ausgeſandt wurde, beobachtete, da ſie bis 63° W. L. und bis 75° N. B. vorgedrungen war, allerdings beträchtliche Neigungen, indem ſie 84° überſtiegen; allein die Abweichungen, welche bis 87° giengen, waren noch weſtlich, wie zu London. Woraus erhellt, daß der wahre magnetiſche Pol weſtlicher liegt, als er zufolge der vorigen Angaben liegen würde. Beſchränkt man ſich jedoch darauf, blos die Neigungen zu betrachten, und verſucht man, ſie zu berechnen, entweder für die Nähe an dem Theil des magnetiſchen Aequators, der ſich als kreisförmig anſehen läßt, oder für hinlängliche Weiten von demſelben, daß die Beugungen ſeines Laufs keinen Einfluß mehr äußern, ſo findet man, daß ſie ſich, mit ſehr geringem Irrthum, in Zahlen ausdrücken laſſen, unter der Annahme, daß ſich in der Mitte der Erde ein ganz kleiner Magnet, oder was auf daſſelbe hinauskommt, zwei unendlich nahe magnetiſche

Mittelpuncte befinden, die ihre Wirkungen auf alle Puncte der Erdoberfläche nach den gewöhnlichen Geſetzen der magnetiſchen Kräfte äußern, d. i. nach dem umgekehrten Verhältniſſe des Quadrats des Abſtands. Dies Reſultat findet ſich aus Thatſachen der Beobachtung in einem Memoire hergeleitet, welches von Humboldt und von mir über die Veränderungen des Erdmagnetismus unter verſchiednen Breiten erſchienen iſt. Bezieht man die Puncte der Erdoberfläche, ihrer Länge und Breite nach, auf den magnetiſchen Aequator, als einen größten Kreis der Erde betrachtet, ſo zeigt der Calcul, daß für alle Zonen, wo dieſe Kreisförmigkeit als gültig angeſehen werden kann, die Tangente des Neigungswinkels das Doppelte der Tangente der magnetiſchen Breite iſt [1]).

Leider aber erſtreckt ſich dies Geſetz nicht in ſeiner Reinheit auf die Theile der Erde, in welchen die Einflüſſe, durch welche der magnetiſche Aequator gebeugt wird, ſpürbar ſind. Dieſe Abweichung iſt unvermeidlich; denn die Annahme zweier, einander ſehr nahen, und gleichweit vom Mittelpunct der nämlichen Kugel entfernten, magnetiſchen Centra giebt als magnetiſchen Aequator genau einen größten Kreis, ein Umſtand, den die eben angeführten Beobachtungen unzuläßlich machen. Wirklich, wenn man das Verhältniß der Tangenten auf einige der ſüdlichen Inſeln des Südmeers, z. B. auf Otaheiti, wo Cook ſo viele Beobachtungen angeſtellt hat, anzuwenden ſucht, ſo findet man viel zu ſtarke ſüdliche Neigungen; dagegen ſind für die Länder, welche im Norden von America unter derſelben Breite liegen, die berechneten Neigungen viel zu ſchwach. Dieſe Abweichungen ſind eine nothwendige Folge der Beugung, vermöge deren der magnetiſche Aequator auf dieſem Theile der Erde nach dem Südpol zurückweicht, und ſie geben zugleich eine auffallende Beſtätigung derſelben [2]). Aehnliche Abweichungen zeigen ſich, wenn man verſucht, das Geſetz der Tangenten auf Beobachtungen anzuwenden, welche in Indien angeſtellt wurden.

---

1) Ich hatte anfangs das Verhältniß der Neigung zur magnetiſchen Breite nicht unter dieſer, ſondern unter einer andern zuſammengeſetztern Form ausgeſprochen. Kraft, der zu meinen Berechnungen in den Petersburger Abhandlungen für d. J. 1809 nähere Erörterungen fügte, unterſuchte, ob die Beobachtungen allein, empiriſch betrachtet, nicht zu irgend einem andern Geſetze führten, das auf einfachere Art zu deuten wäre, und ſo kam er auf das hier erwähnte. Er fand indeß nachmals, daß es nur eine ganz einfache Umformung des meinigen ſey, und ich habe dieſe glückliche Bemerkung benutzt.

2) Das wirkliche Vorhandenſeyn einer ſolchen Beugung wird auch durch die Beobachtungen des Capitains Freycinet (bei ſeiner Reiſe um die Welt von 1817 — 1820) beſtätigt. (S. Gilb. Annalen Jahrg. 1822. H. 1).

Man muß alſo, um dieſen Erſcheinungen Genüge zu leiſten, annehmen, daß in der Gegend der Inſelgruppen des Südmeeres irgend eine örtliche ſtörende Urſach vorhanden iſt, wie etwa ein beſonderes Centrum magnetiſcher Kräfte, welches vorzüglich ſeinen Einfluß auf dieſe Hemiſphäre äußert, und die, vom Hauptcentrum ausgehende, Wirkung modificirt. In der That ſcheint dieſe Annahme alle Reſultate mit einander in Uebereinſtimmung zu bringen, und ſie erfordert ſelbſt in dem ſecundären Centrum nur eine ſehr ſchwache, blos von einer großen Nähe deſſelben, herrührende, Kraft. Wahrſcheinlich werden eben ſolche und eben ſo geringfügige Modificationen hinreichen, die Uebereinſtimmung mit den, im Indiſchen Ocean gemachten, Beobachtungen hervorzubringen. Bevor wir jedoch eine Beſtimmung dieſer ſtörenden Mittelpuncte verſuchen, und ihren Einfluß meſſen können, müſſen wir uns näher mit den Veränderungen bekannt machen, welche die Abweichung der Magnetnadel und die Intenſität der magnetiſchen Kräfte unter verſchiedenen Breiten erleiden. Denn da dieſe Erſcheinungen ebenfalls von der magnetiſchen Wirkung des Erdkörpers bedingt werden, ſo müſſen ſie, um eine genaue Darſtellung von letztrer zu erhalten, mit in Betracht gezogen werden.

So wie wir bei Unterſuchung der Neigung unſer Augenmerk zuerſt darauf richteten, die Nähe der Orte ausfindig zu machen, wo ſie null iſt; eben ſo müſſen wir bei einer nähern Betrachtung der Erſcheinungen, welche die Abweichung darbietet, damit anfangen, auf dem Erdkörper die Puncte feſtzuſtellen, wo ſie null iſt, und deren Reihe die Linien bildet, welche man Linien ohne Abweichung nennt[1]). Dieſe Linien folgen den geographiſchen Meridianen nicht; ſchneiden ſie vielmehr in ſehr ſchiefer Richtung und bieten ſehr unregelmäßige Biegungen dar. Nach den neueſten Beobachtungen iſt gegenwärtig eine Linie ohne Abweichung im Atlantiſchen Ocean, zwiſchen der alten und neuen Welt, vorhanden. Sie ſchneidet den Meridian von Paris unter einer ſüdlichen Breite von ungefähr 65°; ſteigt von da nordweſtlich herauf bis gegen 35° L.; wo ſie ſich in der Höhe der Küſten von Paraguay befindet; worauf ſie, faſt wieder nordſüdlich werdend, längs der Küſten von Braſilien hingeht und ſo bis unter die Breite von Cayenne kommt. Von hier aber wendet ſie ſich plötzlich nordweſtlich, nimmt ihre Richtung nach den vereinigten Staaten und von da nach den übrigen nördlichen Theilen des Feſtlandes von America, die ſie, immer der nämlichen Richtung folgend, durchſchneidet.

---

[1]) Die weſentlichen Elemente zu dieſer Unterſuchung ſind mir von Humboldt gegeben worden.

Die Lage dieſer Linie auf der Erde iſt nicht beſtändig; wenigſtens iſt ſie ſeit anderthalb Jahrhunderten bedeutend von Oſt nach Weſt fortgerückt. Sie gieng durch London im Jahre 1657 und durch Paris im Jahre 1664. Nach ihrer gegenwärtigen Richtung alſo hat ſie auf dieſem Parallelkreiſe beinahe 80° L. in 150 Jahren durchlaufen. Es iſt jedoch kein Zweifel, daß dieſes Fortrücken nicht in der ganzen Linie gleichförmig Statt hat, denn auf den Antillen z. B. hat die Abweichung faſt ſeit 140 Jahren keine Veränderung erfahren. Ueberhaupt läßt ſich, bei der jetzigen Langſamkeit dieſer Bewegung, keineswegs mit Beſtimmtheit ſchließen, daß ſie ſtets fortſchreiten, oder daß ſie immer nach einer gewiſſen Richtung fortgehen muß. Die ſehr genauen Beobachtungen, die fortwährend auf mehreren Obſervatorien in England und Frankreich angeſtellt werden, ſchienen ſeit einigen Jahren einen Anfang von rückgängiger Bewegung nach Oſt anzudeuten; allein ſchon in den Jahren 1790 und 1791 hatte man einen ähnlichen Rückgang beobachtet, der ſich ſeitdem nicht fort erhalten hat. Die Zeit allein kann uns über die Folge dieſer Erſcheinungen aufklären.

Sehr genaue, zu verſchiednen Zeiten von Gilpins und Cavendiſh in London angeſtellte, Meſſungen der Neigung haben gezeigt, daß auch ſie veränderlich iſt, obwohl weit weniger, als die Abweichung. Die Neigung in London war im J. 1775, 72° 30′; im J. 1805, 70° 21′. Dies Reſultat wurde in Frankreich durch Humboldt's Unterſuchungen beſtätigt, und auf noch auffallendere Weiſe durch die Meſſungen der Neigung, welche mehrere Seefahrer nach einander ſeit 1751 bis 1792 am Vorgebirge der guten Hoffnung anſtellten, und welche eine wachſende Zunahme der Neigung daſelbſt, die bis auf 5° ſteigt, ergeben.

Eine andre Linie ohne Abweichung iſt vorhanden, welche eine, der vorigen ziemlich entgegengeſetzte, Lage hat. Dieſe, die eine beſtändige Richtung nach Nord-Weſt beibehält, entſpringt im großen Südmeer, ſchneidet die weſtliche Spitze von Neuholland, geht durch das Indiſche Meer hindurch, tritt in das Feſtland von Aſien am Cap Comorin ein, und ſteigt von da durch Perſien und das weſtliche Sibirien nach Lappland auf. Was aber ſehr merkwürdig iſt, bei der Inſelgruppe von Aſien ſpaltet ſich dieſe Linie und giebt einen andern Zweig ab, der in einer faſt ganz ſüdnördlichen Richtung, durch dieſe Inſelgruppe hindurch, dann weiter durch China geht, und im öſtlichen Theil von Sibirien wieder hervortritt. Die beiden Zweige, welche dieſe Linie ſchneiden, verrücken ſich entweder nicht, oder bewegen ſich doch nur ſehr langſam. Wie es ſcheint, hat ſich die Abweichung ſeit 140 Jahren in Neuholland nicht merklich verändert.

Man findet noch Andeutungen einer vierten Linie ohne Abweichung, welche von Cook im Südmeer bei dem Punct der größten Biegung des magnetiſchen Aequators beobachtet worden iſt. Dieſe Linie iſt durch die Seefahrer nicht weiter nördlich verfolgt worden; es iſt jedoch ausnehmend wahrſcheinlich, daß ſie ſich dahin fortſetzt; denn Humboldt hat die ſehr richtige Bemerkung gemacht, daß, weil die Abweichung zu beiden Seiten jeder Linie ohne Abweichung ihr Vorzeichen ändert, und von öſtlich weſtlich wird, nothwendig die Zahl der Linien ohne Abweichnng auf dem ganzen Umfang der Erde gerade ſeyn muß, damit man nach allen Abwechslungen von Plus und Minus wieder auf das nämliche Vorzeichen komme.

Nachdem die Richtung der Linien ohne Abweichung beſtimmt worden iſt, muß man, um die andre Gränze der Erſcheinungen feſtzuſtellen, die Reihe der Orte aufſuchen, wo die Abweichung am größten iſt. Man findet auf dieſe Weiſe eben ſo unregelmäßige Linien, die ihre Lage zwiſchen den vorigen haben. Die größte aller Abweichungen in der ſüdlichen Halbkugel iſt von Cook unter 60° 40′ S. B. und 93° 45′ W. L. von Paris beobachtet worden; ſie betrug 43° 45′. In der nördlichen Halbkugel, wo man dem magnetiſchen Pol viel näher gekommen iſt, hat man viel größere Werthe der Abweichung gefunden, die ſelbſt 90° ganz nahe kamen. Hieher gehören die, am Nordpol auf den Engliſchen Expeditionen beobachteten. Die Magnetnadeln, die ſich in unſern Klimaten immer nach Norden kehren, waren dort nach Weſten gekehrt. Ja ſie würden ſich ganz nach Süden kehren müſſen, wenn man um den magnetiſchen Pol herum käme; und gar keine beſtimmte Richtung mehr haben können, wenn man ſich an dieſem Pole ſelbſt befände; denn da hier die Mittelkraft der magnetiſchen Kräfte vertical würde, ſo könnte ihre Seitenkraft nach horizontaler Richtung nur null ſeyn. Auf jeden Fall ergiebt ſich aus dieſer Darſtellung, daß die horizontale richtende Kraft an den Orten wo die Neigung ſehr groß iſt, ausnehmend ſchwach werden muß; ſo daß dann die geringſte fremde Kraft, mag ſie von nahe an der Erdoberfläche befindlichen Eiſentheilchen oder auch von dem, im Fahrzeuge enthaltenen, Eiſen herrühren, auf die Bouſſolen einen ſehr vorwiegenden Einfluß äußern und ihre eigentliche Richtung ganz verſtecken muß. Hierin liegt wahrſcheinlich der Grund der wunderlichen und ſprungweiſen Veränderungen, welche ſich in der Richtung der Nadel bei Reiſen darboten, wo man bis zu ſehr hohen Breiten drang, wie noch neulich die Engliſchen Beobachter.

Nachdem ſo Alles erörtert worden iſt, was wir nach unſern bisherigen Kenntniſſen über die Richtung der magnetiſchen Kräfte an den verſchiednen Orten der Erde wiſſen, bleibt uns noch ihre abſolute Intenſität zu betrachten übrig. Mit ihr hat man ſich weit weniger beſchäftigt, als mit der Abweichung und Neigung, was ohne Zweifel von der größern Schwierigkeit einer genauen Meſſung derſelben herrührt. Die erſten zuverläſſigen Beobachtungen über dieſen Gegenſtand ſind von Humboldt auf ſeiner großen Reiſe und von Roſſel bei der Expedition des Admirals d'Entrecaſteaux angeſtellt worden. Sehr ſchätzbare Beobachtungen dieſer Art wird man auch durch die Reiſe des Capitains Freycinet um die Welt, und die Engliſchen Expeditionen nach dem Nordpol erhalten, wenn die Berichte über dieſe großen Unternehmungen erſt vollſtändig bekannt gemacht ſeyn werden. Schon jetzt ergeben die Unterſuchungen von Humboldt und Roſſel das ſehr bemerkenswerthe Reſultat, daß die Intenſität der magnetiſchen Erdkräfte im Allgemeinen vom magnetiſchen Aequator nach den Polen hin zunimmt.

In der That machte die nämliche Bouſſole, welche zu Paris bei der Abreiſe Humboldts 245 Oscillationen in 10 Minuten vollbrachte, deren zu Peru nur 211, und ihre Veränderungen fanden immer nach der nämlichen Richtung Statt; d. h. die Zahl ihrer Oscillationen minderte ſich immer mehr mit der Annäherung an den magnetiſchen Aequator und mehrte ſich immer mehr mit der Entfernung nach Norden. Dieſe Verſchiedenheiten laſſen ſich keiner Verminderung der magnetiſchen Kraft der Bouſſole, einer Schwächung derſelben durch die Zeit oder die Wärme beimeſſen; denn nach dreijährigem Aufenthalt in den wärmſten Ländern der Erde gab dieſe Bouſſole in Mexico wieder eben ſo ſchnelle Schwingungen, als in Paris. Endlich vergaß auch Humboldt nichts, was die Genauigkeit ſeiner Beobachtungen ſichern konnte; und ihre Beſtätigung ergiebt ſich noch ferner aus den Reſultaten, die er fand, da er ſeine Nadel ſucceſſiv im magnetiſchen Meridian und in der darauf ſenkrechten Ebene ſchwingen ließ; denn die, aus dieſen Datis hergeleitete, Neigung ſtimmt im Allgemeinen mit der, die er durch die Erfahrung allein fand, überein; obwohl er die, von Laplace ſeither entdeckte, Verknüpfung dieſer Elemente noch nicht kannte. Da ſich die Richtigkeit dieſer Beobachtungen nicht in Zweifel ziehen läßt, ſo muß man auch die Wahrheit der daraus fließenden Folgerung zugeſtehen, daß nämlich die magnetiſche Erdkraft vom magnetiſchen Aequator nach den Polen hin zunimmt. Die, von Roſſel zu Breſt und in Neuholland angeſtellten, Verſuche führten auch zu der nämlichen Folgerung.

Aus der hier gegebenen Darlegung unſrer bisherigen Kenntniſſe über den Erdmagnetiſmus erhellt hinlänglich die Unzulänglichkeit derſelben. Bei dieſer Unkenntniß einer Menge weſentlicher Data, namentlich über die Abweichungen, dürfen wir nicht hoffen, bis zu den wahren Urſachen derſelben zurückgelangen zu können. Es bleibt uns ſomit nichts übrig, als die Erfahrungs-Geſetze aufzuſuchen, welche die größtmögliche Zahl Thatſachen auf einer Weiſe unter ſich faſſen, welche uns eine Erkenntniß ihrer Zahlwerthe möglich macht, und uns auf die Hauptelemente hinweiſt, die noch eine Beobachtung erfodern.

Ich habe ſchon bemerkt, daß ein großer Theil der beobachteten Neigungen, namentlich an den Orten der Erde, wo die Biegungen des magnetiſchen Aequators keinen ſehr merklichen Einfluß äußern, ſich mit ſehr großer Annäherung, durch die Annahme darſtellen läßt, daß nahe am Mittelpunct der Erde zwei ganz nahe an einander befindliche magnetiſche Centra vorhanden ſind. Humboldt und ich kamen auf dies Reſultat in der obenerwähnten Arbeit, und unſer Memoire war ſchon öffentlich erſchienen, als ich erfuhr, daß der berühmte Aſtronom Mayer ſchon vorher bei Unterſuchung der zu ſeiner Zeit bekannten Neigungen auf dieſelbe Folgerung gekommen war, und daß er ſich derſelben ſogar auch zur Darſtellung der Abweichungen bedient hatte, in einer Abhandlung, die in der Göttingiſchen Societät vorgeleſen, aber nicht gedruckt worden iſt. Da die Söhne dieſes großen Aſtronomen die Gefälligkeit gehabt haben, mir einen Auszug aus ſeiner Arbeit zu überſchicken, ſo habe ich mich von dieſer Gleichheit unſrer Anſichten überzeugen können, ſo wie ich auch daraus erſehen habe, daß Mayer ſeinerſeits auf dem Erfahrungswege das Geſetz, daß ſich die magnetiſchen Anziehungskräfte umgekehrt wie das Quadrat des Abſtands verhalten, entdeckt hatte.

Daß wir auf ſo verſchiednen Wegen beide zu der nämliche Folgerung gelangten, ſcheint wohl als Andeutung gelten zu können, daß hier mehr, als ein bloßes empiriſches Geſetz zu Grunde liegt. Wir müſſen alſo näher auf die Unterſuchung derſelben eingehn. Zuvörderſt erhellt leicht, daß ein einziger, im Mittelpunct der Erde ſelbſt befindlicher, Magnet, den Erſcheinungen kein Genüge leiſten kann; denn dann müßte der magnetiſche Aequator ein größter Kreis, ſenkrecht auf die, durch die beiden Mittelpuncte der Wirkung gezogene, gerade Linie ſeyn, und es könnte ſich keine der Biegungen daraus ergeben, welche die Linie ohne Neigung darbietet. Ueberdies müßte ein ſolcher Magnet, welche Lage man ihm immer geben wollte, nothwendig ſymmetriſche Erſcheinungen zu beiden Seiten der, durch ſeine beiden Wirkungsmittelpuncte und den Mittelpunct der Erde gelegten, Ebene hervorbringen; eine Symmetrie, die ſich keineswegs mit den beobachteten Erſcheinungen, namentlich im Südmeer und dem Feſtlande von Aſien, in Uebereinſtimmung zeigt.

Da alſo dieſe einfache Vorſtellung unzuläßlich iſt, ſo wollen wir ſuchen, uns ſo wenig als möglich von derſelben zu entfernen; und da wir gefunden haben, daß ſie den, in Europa und im Atlantiſchen Ocean gemachten, Beobachtungen ganz gut entſpricht, zuvörderſt eine neue Modification damit vorzunehmen ſuchen, die auf dieſen Theil des Erdkörpers von wenig Einfluß ſey, von großem aber für den entgegengeſetzten Theil, wo der magnetiſche Aequator plötzlich ſeine merkwürdigſte Biegung erleidet, ich meine unter 163° L. im großen Ocean. Dieſer Abſicht wird man dadurch entſprechen, daß man in dieſe Gegenden einen zweiten excentriſchen Magnet ſetzt, und deſſen Lage und relative Wirkungsſtärke ſo beſtimmt, daß dadurch den Beobachtungen Genüge geſchieht. Nun findet man, bei Ausführung dieſer Berechnung, daß man dieſem Magnet nur eine ſehr geringe Kraft beizulegen braucht, um die Anomalieen verſchwinden zu machen, welche auf dieſer Seite des Erdkörpers Statt haben, und um die ſchwachen Neigungen, die im ſüdlichen Theil des Südmeers beobachtet worden ſind, mit den ſtarken, im Norden von America Statt findenden, Neigungen in Einſtimmung zu bringen. Wenn man ſo noch einige andre ſecundäre Mittelpuncte an die Stellen der Erde vertheilte, wo die Abweichungen die vorſtechendſten Unregelmäßigkeiten zeigen, ſo wird man wahrſcheinlich dahin gelangen, ſo wohl dieſe, als auch die Neigungen und Intenſitäten überall mit Genauigkeit darſtellen zu können. So wird im Weltſyſtem die Hauptbewegung, welche durch Wirkung der Sonne hervorgebracht wird, durch die Störungen modificirt, die von den kleinen Maſſen der Planeten herrühren. So wie man aber hier die Stellung dieſer Maſſen kennen muß, um ihren Einfluß berechnen zu können, eben ſo müſſen auch genauere Beobachtungen uns erſt Aufſchluß über die Lage der verſchiednen ſecundären magnetiſchen Centra gegeben haben, bevor uns eine Berechnung ihrer Wirkungen möglich fallen wird.

Rührt die, vom Mittelpunct ausgehende, magnetiſche Wirkung, auf welche die obigen Erſcheinungen mit großer Wahrſcheinlichkeit ſchließen laſſen, wirklich von einem, im Innern der Erde eingeſchloßnen, Magnetkern her oder nur von der Geſammtwirkung aller, durch ſie verſtreuten, magnetiſchen Theilchen? Wir wiſſen es nicht; doch ſcheint die letztere Annahme mehr für ſich zu haben. Die ſecundären Mittelpuncte würden ſich alsdann aus dem Vorwiegen einiger örtlichen Anziehungen ergeben. Und in der That zeigen die Beobachtungen auf unzweifelhafte Weiſe, daß das Geſammt-Syſtem der magnetiſchen Neigungen, Abweichungen und Intenſitäten ſehr merklich, und manchmal auf ganz plötzliche und unregelmäßige Weiſe, durch die Nähe großer Bergketten modificirt wird. Dies ſcheint auch in Uebereinſtimmung mit der ſonderbaren Biegung zu ſeyn, welche der magnetiſche Aequator bey den zahlreichen Inſelgruppen der Südſee zeigt.

Bekanntlich nämlich ſind die Inſeln, womit dieſes Meer beſäet iſt, nichts anders als die Gipfel ſehr hoher Berge, welche blos mit der Spitze aus der Tiefe eines ſonſt bodenloſen Oceans heraufreichen. Wenn die Madreporen, aus denen ſie zu beſtehen ſcheinen, wirklich nur eine Schicht von geringer Dicke auf ihnen bilden, und wenn, wie ſehr achtungswerthe Naturforſcher geglaubt haben, der übrige Theil ihrer Maſſe durch die Wirkung unterirdiſcher Feuer hervorgebracht oder geformt worden iſt, ſo würde das Syſtem dieſer Inſeln die ausgedehnteſte vulcaniſche Kette, welche auf der Erde vorhanden iſt, bilden. Dann fände ſich in allen den Unregelmäßigkeiten, die durch dies Syſtem in den allgemeinen Geſetzen des Erdmagnetismus hervorgebracht werden, nichts, was ſich nicht ganz einfach mit den ſonſt beobachteten Erſcheinungen in vulcaniſchen Gegenden in Uebereinſtimmung bringen ließe. Denn nothwendig hat die Wirkung der unterirdiſchen Feuer den chemiſchen Zuſtand und die natürliche Anordnung der Eiſentheilchen an den Orten, wo ſie ſich äußerte, verändern müſſen, was nicht geſchehen konnte, ohne eine Störung in der Richtung der Magnetnadel und eine Modification der allgemeinen Wirkung der Erde an dieſen Orten zur Folge zu haben. Man hat ſelbſt mehrere Beiſpiele, daß ſolche Veränderungen plötzlich eintraten; und Humboldt beobachtete dergleichen in Peru nach einem großen Erdbeben. Es wäre alſo wohl möglich, daß der beſondre magnetiſche Mittelpunct im Südmeer von ſolchen Urſachen herrührte. Ohne Zweifel ſind deren ähnliche in andern Ländern vorhanden; und ließe ſich dann nicht in ihrer Veränderlichkeit der Grund der, ſeit zweihundert Jahren beobachteten, Veränderungen in der Abweichung der Magnetnadel finden, die einen ſo wunderlichen und unregelmäßigen Gang befolgt, daß es bisher unmöglich geweſen iſt, ein Geſetz darin zu entdecken; aus welcher Unregelmäßigkeit man aber eben einen Schluß gegen ihr Hervorgehen aus einer gleichförmig und beſtändig wirkenden Urſach ziehen könnte? Bei dieſer Vorausſetzung würde eine Rückkehr der Nadel nach Oſten für Europa nicht Statt zu finden brauchen; und wirklich hat man, ſeit ſie aufgehört hat, nach Weſten in ihrer Abweichung fortzuſchreiten, keine merkliche Rückkehr derſelben wahrnehmen können; ſo daß nach den bisher angeſtellten Beobachtungen die Entſcheidung unmöglich fällt, ob ſie wieder zurückgehen wird.

Das Syſtem der Vertheilung der magnetiſchen Kräfte, auf welches die Unterſuchung der Neigungen uns geführt hat, erhält eine auffallende Beſtätigung dadurch, daß das Geſetz der Tangenten, welches ſich aus der Wirkung zweier unendlich naher Mittelpuncte ergiebt, deutlich in allen Erſcheinungen dieſer Art, die man unterſuchen mag, hervortritt. So findet man z. B. auffallende Belege dafür in der

Interpolationsmethode, durch welche es Morlet geglückt iſt, die wahre Geſtalt des magnetiſchen Aequators zu beſtimmen, in deſſen Darſtellung ich ihm oben gefolgt bin. Nämlich nicht durch neue Beobachtungen von Orten, wo die Neigung null iſt, gelangte er zu dieſem wichtigen Reſultate, vielmehr durch eine geſchicktere und beſſer geleitete theoretiſche Benutzung der ſchon bekannten Beobachtungen. Eine große Menge Seefahrer haben den magnetiſchen Aequator durchſchnitten, allein nur ſehr wenige genau den Punct ihres Weges beobachtet, wo die Magnetnadel vollkommen horizontal war. Sie beobachteten nur vor oder nach dieſem Aequator Puncte, wo ſich die Neigung ſehr gering zeigte; und ſelbſt Beobachtungen dieſer Art ſind bis jetzt in ſehr geringer Anzahl vorhanden. Man ſieht alſo, daß, um den magnetiſchen Aequator genauer, als man bisher vermocht, zu beſtimmen, das Mittel gefunden werden mußte, ihn aus Beobachtungen herzuleiten, die entfernt vom Aequator, wenigſtens in größerer Ferne von demſelben, als die bisher benutzten, angeſtellt waren. Dies gelang Morlet durch folgende Conſtruction. Geſetzt, man habe an irgend einem Punct der Erde eine nicht ſehr beträchtliche Neigung der Nadel beobachtet, ſo wird dieſer Punct nothwendig dem magnetiſchen Aequator nahe liegen. Angenommen, man habe auch die Abweichung an dieſem Orte beſtimmt, oder es ſey aus dem Syſtem der Abweichungslinien, auf welcher ſich derſelbe befindet, die Richtung ſeines magnetiſchen Meridians bekannt, ſo wird auf der Verlängerung dieſer Richtung irgendwo ein Punct des magnetiſchen Aequators zu finden ſeyn; und ſein Abſtand von dem Orte, den man zur Unterſuchung gewählt hat, wird durch einen Bogen eines größten Kreiſes gemeſſen werden, der in der Ebene des verlängerten magnetiſchen Aequators enthalten iſt. Hievon ausgehend, betrachtet Morlet dieſen Abſtand als eine magnetiſchen Breite im Syſtem zweier Mittelpuncte, und beſtimmt dieſe durch die Bedingung, daß ihre trigonometriſche Tangente die Hälfte der Tangente der beobachteten Neigung ſey.

Da die Aufſtellung eines Erfahrungsgeſetzes den Zweck hat, die Mannigfaltigkeit der Erſcheinungen unter Einem Geſichtspuncte zuſammenzufaſſen, ſo muß es als gültig erachtet werden, ſo bald es dieſem Zweck Genüge leiſtet, auf welche theoretiſche Vorderſätze es übrigens auch gegründet ſeyn mag. Da das, von Morlet angewandte, Verfahren ſich blos als eine einfache Reductions- und Interpolationsmethode darſtellt, ſo muß nach den Reſultaten der Maßſtab an ſeinen Werth gelegt werden; und in dieſer Hinſicht wird man es einer zwiefachen Art der Prüfung unterwerfen können; einmal, indem man ſein Augenmerk auf Orte richtet, wo ſich nach unmittelbaren

Beobachtungen der magnetiſche Aequator zeigt, und zuſieht, ob die Morletſche Regel, von Beobachtungen an entfernten Orten ausgehend, genau dieſe nämlichen Puncte wiedergiebt; das andremal, indem man jeden Punct dieſes Aequators nach einer großen Zahl entfernter Beobachtungen mittelſt der, durch die Regel angegebenen, Zurückführung beſtimmt, und zuſieht, ob er nach ihnen allen die nämliche Lage behält. Morlet hat die eine, wie die andre Prüfungsart angeſtellt, und auf vielfache Beobachtungen angewandt. Beide vereinigten ſich mit einer wahrhaft überraſchenden Genauigkeit zur Beſtätigung der von ihm aufgefundnen Reductionsmethode.

Dies giebt zu einer wichtigen Folgerung Anlaß. Weil in der Nähe des magnetiſchen Aequators dit Tangente der Neigung immer das Doppelte der Tangente der magnetiſchen Breite, auf dem jedesmaligen magnetiſchen Meridian genommen, iſt, ſo folgt, daß, unter dieſen Umſtänden, die Magnetnadel ſich gerade ſo richtet und neigt, wie der Fall ſeyn würde, wenn ſie durch zwei, einander unendlich nahe, magnetiſche Mittelpuncte ſollicitirt wäre, die in einer großen Entfernung unter der Erdoberfläche und in der Richtung der, durch jeden Punct des magnetiſchen Aequators gezogenen, Verticale lägen; oder, mit andern Worten, alle Kräfte, welche die Richtung der Nadel beſtimmen, ſetzen ſich zu einer Mittelkraft zuſammen, welche, innerhalb der angegebenen Gränzen, als von zwei ſolchen Mittelpuncten ausgehend betrachtet werden kann.

Allerdings kann dies Reſultat nur eine Annäherung ſeyn. Wenn, wie man Grund zu glauben hat, die Richtung der Nadel wirklich von einer Hauptcentralkraft, in Verbindung mit mehrern viel geringern Nebenkräften, abhängt, ſo kann die Mittelkraft dieſer ſämmtlichen Kräfte ſich nicht in voller Schärfe in eine einzige, von zwei Mittelpuncten ausgehende, nach dem umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernungen ſich ändernde, Wirkung auflöſen. Für eine, von einem kleinen Winkel begriffene, Ausdehnung, ſo wie für gewiſſe Lagen um die Mittelpuncte der Kräfte, iſt indeß wohl möglich, daß dieſe Zurückführung der Wahrheit hinlänglich nahe kommende Reſultate giebt. Auch findet Morlet ſtets, daß ſeine Regel nur bis zu gewiſſen Werthen der Neigung anwendbar iſt, welche unter den verſchiednen Meridianen, ſo wie zu beiden Seiten des magnetiſchen Aequators nicht die nämlichen ſind; die aber in allen Fällen weit über die Gränzen hinaus liegen, auf welche man ſich beſchränken müßte, wollte man ſich begnügen, eine willkührliche Interpolationsmethode anzuwenden, die in weniger innigem Zuſammenhange mit der geheimen Urſach dieſer Erſcheinungen ſtände.

Die magnetiſche Wirkung des Erdkörpers beſchränkt ſich nicht auf ſein Inneres oder auf ſeine Oberfläche; ſondern erſtreckt ſich darüber hinaus in den Raum; wie Gay-Luſſac und ich bei unſrer Luftfahrt erkannt haben. Es ſcheint ſelbſt, nach unſern Beobachtungen zu ſchließen, daß die Intenſität dieſer Wirkung nur ſehr langſam mit der Entfernung von der Erdoberfläche abnimmt; denn wir konnten keine merkliche Verminderung derſelben in der Höhe, bis zu welcher wir aufſtiegen, entdecken. Wahrſcheinlich folgt ihre Abnahme dem allgemeinen Geſetze der magnetiſchen Anziehungen, d. h. dem umgekehrten Verhältniß des Quadrats des Abſtands, und muß ſich ſo ohne Gränzen in den Raum hinein erſtrecken. Die Analogie macht es wahrſcheinlich, daß der Mond, die Sonne, ſo wie die übrigen Himmelskörper mit eben ſolchen Kräften begabt ſind. Die magnetiſchen Wirkungen aller dieſer Körper müſſen demnach, je nach ihren Lagen und Abſtänden, von Einfluß auf die Richtung der Magnetnadel auf unſrer Erde, ſo wie auf die abſolute Intenſität der richtenden Kraft ſeyn, und da dieſe Lagen und Abſtände vermöge der Bewegungen der Erde und aller Planeten ſteten Veränderungen unterworfen ſind, ſo müſſen hieraus auch in der magnetiſchen Geſammtwirkung auf unſere Erde beſtändige Veränderungen hervorgehn. Vermögen z. B. Sonne und Mond einen merklichen magnetiſchen Einfluß zu äußern, ſo wird die tägliche Bewegung der Erde um ihre Axe, ſo wie ihre jährliche um die Sonne, tägliche und jährliche Oſcillationen zur Folge haben müſſen. Nun ſind nicht allein ſolche Bewegungen vorhanden, ſondern ihre Perioden, durch lange Reihen von Beobachtungen feſtgeſtellt, ſtimmen auch vollkommen wohl mit der Annahme jener Urſachen überein. In Paris ſcheint nach Caſſini das Maximum der täglichen Variation zwiſchen Mittag und 3 Uhr Nachmittag Statt zu haben; dann hält die Nadel inne; darauf nähert ſie ſich dem Erdmeridian bis gegen acht Uhr Abends wo ſie wieder innehält und die ganze Nacht ſtehen bleibt. Allein den andern Tag, gegen acht Uhr Morgens, fängt ſie wieder an, ſich vom Meridian zu entfernen. Wenn dieſe zweite Bewegung ſie weiter als den Tag vorher ablenkt, ſo iſt daraus zu ſchließen, daß die Abweichung von einem Tage zum andern zunimmt; im entgegengeſetzten Fall, daß ſie abnimmt. Die größten täglichen Variationen haben im Allgemeinen während der Monate April, May, Juny, July Statt, d. i. zwiſchen der Frühlings- und Herbſtnachtgleiche. Sie betragen zu Paris von 13′ bis 16′. Die kleinſten ſind 8′ bis 10′ und haben den übrigen Theil des Jahres Statt.*) Vergleicht man nun die analogen Lagen der Nadel zu verſchiednen Tagen, aber in denſelben Stunden, um ihren allgemeinen Gang auszumitteln, ſo findet man, daß von der Frühlingsnachtgleiche an, bis zur darauffolgenden Sonnenwende die Nordſpitze der Nadel nach Oſten zurückgeht, im übrigen Theil des Jahrs aber, d. i. von der Sonnenwende bis zur folgenden Frühlingsnachtgleiche, nach Weſt verrückt. Man verdankt die Kenntniß dieſer Perioden Caſſini, der ſie durch achtjährige, auf dem Pariſer Obſervatorium angeſtellte, Beobachtungen feſtgeſtellt hat.

---

*) Lieutenant Hood unter Cap. Franklin auf deſſen Reiſe nach dem

Vielfältige Beobachtungen beweiſen endlich noch, daß die Magnetnadel plötzlichen und zufälligen Veränderungen ausgeſetzt iſt, welche beim Erſcheinen des Lichtmeteors, welches Nordlicht (aurora borealis) genannt wird, eintreten. Dieſe Veränderungen ſind gewöhnlich vorübergehend; d. h. wenn die Nadel während der Dauer des Lichtmeteors in lebhafte Schwankungen gerathen iſt, ſo kehrt ſie nachher zu ihrer vorigen Lage wieder zurück, und verfolgt wieder ihre gewöhnlichen Bewegungen; zuweilen jedoch geſchieht es auch, daß ſie auf die Dauer verrückt wird. Sehr häufig bemerkt man ferner, daß die Nadel einen Einfluß vom Meteor erfährt, ohne daß dies am Horizonte ſichtbar iſt. Dann aber findet man ſtets, daß es ſich mehr oder minder lebhaft, entweder im nämlichen Augenblicke oder wenige Stunden vor- oder nachher in irgend einer andern, mehr nördlich oder ſüdlich gelegenen, Gegend gezeigt hat, ſo daß Schwankungen der Nadel, die außer der Regel erſcheinen, dienen können, das Daſeyn eines Nordlichts zu erkennen oder ſogar voraus zu ſehen. Die Merkwürdigkeit dieſer Erſcheinungen, verbunden mit der ſeltenen Gelegenheit, die ſich in unſern Klimaten in der Mitte von Europa zu einer

---

Polarmeere in den Wintern 1819 und 1820 fand zu Cumberland-Houſe (53° 56′ 40″ N. B. 102° 16′ 41″ W. L. von Greenwich) zwiſchen 8 und 9 Uhr Morgens die größte Variation und die kleinſte um 1 Uhr Nachmittags. Während der Wärme des Tages war die Nadel faſt ſtationär, dann aber nahm die Abweichung allmälig wieder zu bis am nächſten Morgen. — Auch über die Variation der Neigungsnadel wurden Beobachtungen angeſtellt; im Allgemeinen war ſie Morgens am kleinſten, und um 3 Uhr Nachm. am größten.

Aus Macdonalds Beobachtungen (in den Jahren 1794 — 1796) ſchienen ſich die beiden Folgerungen zu ergeben: Erſtens, daß die täglichen Variationen zwiſchen den Wendekreiſen von merklich kleinerer Ausdehnung, als in Europa ſind; zweitens, daß in denſelben Stunden, wenn in unſern Gegenden das Nordende der Magnetnadel nach Weſten fortrückt, in Fort Malborough und auf St. Helena, die beide ſüdlich vom Aequator liegen, dieſe Bewegung nach entgegengeſetzter Richtung oder nach Oſten zu geſchieht. Des Capitains Freycinet Beobachtungen (auf ſeiner Reiſe 1817 — 20) ſcheinen jedoch darauf hinzuführen, daß nicht der Erdäquator, ſondern der magnetiſche Aequator die Zonen weſtlicher und öſtlicher täglicher Variationen von einander trennt. Noch fehlen hierüber aber ergänzende Beobachtungen (Gilb. Annal. 1822. H. 1.).

vollſtändigen Beobachtung derſelben darbietet, veranlaßt mich, hier eine etwas ausführliche Beſchreibung der Umſtände, mit denen das Meteor eintritt, zu geben *).

Das Nordlicht erſcheint zu unbeſtimmter Zeit die Nacht **), im Norden des Himmels, bald wie ein, nahe am Horizont ins Unbeſtimmte verbreiteter, dem Morgenroth ähnlicher Schein, ein andermal in Geſtalt raketenähnlicher Streifen phosphoriſchen Lichtes, welche die ganze Atmoſphäre in einem Augenblick durchlaufen und erleuchten. Dieſe Lichterſcheinungen waren lange Zeit das Einzige, was man dabei bemerkte; im J. 1740 aber entdeckten zwei Schwediſche Beobachter, Celſius und Hiorter, noch ganz beſondere Umſtände dabei, die durch die Beziehungen, welche ſie mit der weſentlichen Beſchaffenheit des Meteors ſelbſt zu erkennen gaben, die bis dahin darüber gefaßten Anſichten ſehr zu erweitern dienten. Dieſe Männer beobachteten, daß während der Erſcheinung eines Nordlichts frei ſchwebende Magnetnadeln faſt immer in unregelmäßige Schwankungen geriethen, nicht magnetiſche Nadeln, z. B. kupferne, dagegen völlig in Ruhe blieben. Beim Vergleichen von Beobachtungen dieſer Art, die gleichzeitig an ſehr entfernten Orten, wie zu Upſala und zu London, gemacht worden waren, fand ſich, daß dieſelben Bewegungen der Magnetnadel ſich an beiden Orten und zwar deſto ſtärker geäußert hatten, je lebhafter und je weiter verbreitet am Himmel das Nordlicht geweſen war. Ein blaſſer, niedriger und ruhiger Schein am nördlichen Horizonte ſtörte die Nadel nur ſehr wenig oder kaum merklich; und daſſelbe war der Fall, wenn das Meteor zwar hoch am Himmel ſtand, ſeinen Hauptſitz aber in der Verlängerung der lothrechten Ebene hatte, in welcher die Magnetnadel, wenn ſie in Ruhe iſt, ſchwebt; welche Ebene man, wie wir wiſſen, den *magnetiſchen Meridian* nennt *).

---

*) In Gilb. Annalen, Jahrg. 1821. St. 1 und 2 findet man Biots ausführlichere Darſtellung von Gilbert im freien Auszuge wiedergegeben, dem ich in der Ueberſetzung in den Ausdrücken gefolgt bin. Sehr intereſſante Beobachtungen über das Nordlicht ſind auch auf der Entdeckungsreiſe zu Lande nach dem Polarmeere unter Capt. Franklin vom Dr. Richardſon und vom Lieut. Hood in den Wintern 1819 und 1820 im ſog. Fort Enterpriſe und zu Cumberland-Houſe angeſtellt worden. Einen vollſtändigen Auszug dieſer Beobachtungen mit Beſchreibung vieler einzelnen Nordlichter findet man in Gilb. Annal. Jahrg. 1823 St. 5 und 9. In letzterm Hefte ſind auch die Folgerungen enthalten, die Thienemann aus den Beobachtungen über das Nordlicht auf ſeiner Reiſe nach Island in den J. 1820 und 1821 zog. — Ich werde dieſe Darſtellungen zu mehrern Anmerkungen benutzen, und durch die Buchſtaben R. H. Th. die Namen der Beobachter, von denen ſie entlehnt ſind, unterſcheiden.

**) Das Nordlicht erſchien nicht oft unmittelbar nach dem Untergang der Sonne. Es ſcheint, daß eine mehrſtündige Abweſenheit dieſes Himmelskörpers allgemein erfordert werde, um in der Atmoſphäre einen, der Erzeugung des Nordlichts günſtigen Zuſtand hervorzurufen. Nur ein einziges Mal habe ich es deutlich vor Verſchwinden des Tageslichts wahrgenommen. R. — Dagegen Th folgendes: Das Nordlicht iſt nicht an die Wintermonate, oder an die Nacht gebunden, ſondern kann jederzeit, unter günſtigen Umſtänden, da ſeyn, wird aber nur in der Abweſenheit des Sonnenlichts deutlich ſichtbar. Th. zieht dieſe Folgerung daraus, daß er im Frühjahr die Nordlichter unter gleichen Umſtänden, wo ſie im Winter ſehr hell erſchienen, ganz blaß erblickte, und erſt gegen Mitternacht, da ſie im Winter oft ſchon gegen 5 Uhr Nachm. ſichtbar werden. Er findet ferner aus ſeinen Beobachtungen das Reſultat, daß das Nordlicht in keiner beſtimmten Beziehung auf die Witterung ſteht.

Dieſe Bemerkungen führten noch auf andre derſelben Gattung. Wenn nämlich die leuchtenden Stralen in Menge erſcheinen, und entweder die Luft ganz ruhig iſt oder der Wind gleichförmig bläſt, ſo ordnet ſich die Subſtanz des Meteors faſt immer in einen oder mehrere concentriſche, dem Regenbogen ähnliche, *Kreisbogen*, die bald weiß, bald in den lebhafteſten Farbennüancen erſcheinen. Faſt immer findet man, daß der gemeinſchaftliche Mittelpunct dieſer Bogen, und ihre höchſten Puncte in dem magnetiſchen Meridian des Beobachtungsortes liegen, ſo daß ſie ſymmetriſch zu beiden Seiten dieſer Ebene geordnet ſind. Und es findet nicht etwa dieſes Zuſammenfallen mit dem magnetiſchen Meridiane erſt jetzt Statt, ſondern es wurde ſchon bei den erſten Beobachtungen wahrgenommen, obwohl ſich die Richtung der magnetiſchen Meridiane ſeitdem in Europa bedeutend geändert hat. Die mittlere Richtung des Meteors über dem Horizonte eines jeden Orts muß ſich alſo ſeitdem nach derſelben Seite zu und um dieſelbe Größe, als die magnetiſche Abweichung, verändert haben.

Ferner ereignet es ſich nicht ſelten, daß die leuchtenden Stralen, welche von allen Theilen des öſtlichen, nördlichen und weſtlichen Horizonts auflodern, bis über den Scheitel des Beobachters vertical hinaufſchießen oder hinaufzuſchießen ſcheinen, bis zu ſeinem Zenith, und noch darüber hinaus, wo ſie dann durch ihre Vereinigung eine glänzende *Krone* bilden, deren Mittelpunct einige Grade oberwärts vom Zenith, nach Südoſten zu, wenigſtens in allen den Ländern liegt, wo man dieſe merkwürdige Eigenthümlichkeit der Erſcheinung bis jetzt beobachtet hat. Beſtimmt man die ſcheinbare Lage dieſer Krone mit Hülfe eines aſtronomiſchen Inſtrumentes oder durch Beobachtung der Sterne, die ſich bei ihrem Entſtehen in ihm zeigen, ſo findet ſich allemal, daß ihr Mittelpunkt genau an der Stelle des Himmels iſt, nach welcher an dem Beobachtungsorte eine frei ſchwebende Magnetnadel hinweiſt, die blos in ihrem Schwerpuncte ſo aufgehangen iſt, daß ſie ſich ungehindert in diejenige Richtung drehen kann, welche ihr durch die Mittelkraft aller, auf ſie wirkenden, magnetiſchen Kräfte des Erdkörpers beſtimmt wird. Ich habe ſelbſt Gelegenheit gehabt, die meiſten dieſer beſondern Umſtände bei einem großen Nordlicht beſtätigt zu finden, welches auf den Shetländiſchen Inſeln während meiner Anweſenheit daſelbſt, am 27ſten Auguſt 1817 ſichtbar war.

---

*) Nie wurde die Magnetnadel beim Nordlicht plötzlich in Bewegung und nur einmal in Schwingungen verſetzt. Manchmal fieng zwar die Bewegung der Nadel zugleich mit der Bildung der Bogen des Nordlichts an, und mit der Verlängerung der Stralen oder andern Veränderungen der Geſtalt oder der Lebhaftigkeit des Nordlichts; gemeiniglich jedoch war die Einwirkung des Meteors auf die Nadel nicht unmittelbar wahrzunehmen, hatte aber nach ungefähr einer halben oder einer ganzen Stunde ihr Maximum erreicht. Aus dieſer größern Ablenkung kehrte die Magnetnadel nur ſehr allmälig zu ihrer vorigen Lage zurück und ſelten befand ſie ſich in dieſer eher als am andern Morgen, oft erſt am Nachmittag, es ſey denn, daß ein andrer Nordlichtsbogen ſie nach entgegengeſetzter Richtung als der erſte abgetrieben habe. R.

Man erblickte zuerſt in Nordoſt einige ſchmale Lichtſtralen (jets de lumière), die nicht hoch über den Horizont hinaufſtiegen, und, nachdem ſie eine Zeit lang da geſtanden hatten, verloſchten. Aber anderthalb Stunden darauf erſchienen ſie wieder, in derſelben Himmelsgegend, aber ſehr viel ſtärker, glänzender und ausgedehnter. Bald fiengen ſie an, über dem Horizonte einen regelmäßigen Bogen, nach Art eines Regenbogens, zu bilden. Anfangs war der Umkreis deſſelben nicht vollendet; aber nach und nach nahm er an Oeffnung oder Weite (amplitude) zu, und nach einigen Augenblicken ſah ich von Weſten her die andre Hälfte ankommen, die ſich bildete, und ſich in einem Augenblicke erhob, begleitet von einer Menge leuchtender Stralen, die von allen Theilen des nördlichen Horizonts hinzuliefen; wo ſich dann der höchſte Punct des Bogens bis an das Zenith erhob. Dieſer Punct war anfangs ſchwankend und unentſchieden, als habe ſich die Materie, die ihn bildete, noch nicht feſt und bleibend geordnet; aber bald kam er zur Ruhe *), und nun erhielt er ſich in ſeiner ganzen Schönheit über eine Stunde lang, wobei er nur eine faſt unmerklich fortſchreitende Bewegung nach Südoſt hatte, als wenn ihn der ſanfte Nordweſtwind, der damals blies, dorthin führte. Ich hatte daher volle Zeit, ihn mit Muße zu betrachten, und ſeine Lage mit dem Vervielfältigungskreiſe, der mir zu den aſtronomiſchen Beobachtungen diente, zu beſtimmen. Er umſpannte einen Bogen des Horizonts von 120° 42′, und ſein Mittelpunct befand ſich genau in der Richtung der Magnetnadel. Der ganze Himmelsraum, den dieſer große Bogen nach Nordweſt zu begränzte, wurde unaufhörlich nach allen Richtungen von leuchtenden Stralen durchkreuzt, deren verſchiedne

---

*) Cet arc fut d'abord flottant et indécis, comme si la matière, qui le composoit, n'avoit pas encore pris un arrangement stable, mais bientôt toute son agitation se calma.

Geſtalten, Farben und Dauer meinen Geiſt nicht weniger, als meine Augen beſchäftigten. Gewöhnlich war jeder dieſer Stralen, wenn er anfieng zu erſcheinen, ein bloßer Strich weißlichen Lichtes; ſchnell aber nahm er an Größe und an Glanz zu, wobei er manchmal ſonderbare Veränderungen in Richtung und Krümmung zeigte. Hatte er ſeine vollkommene Entwicklung erreicht, ſo verengerte er ſich zu einem dünnen geradlinigen Faden, deſſen in der Regel äußerſt lebhaftes und glänzendes Licht von ſehr beſtimmter rother Farbe war, dann allmälig ſchwächer ward und endlich erloſch, häufig genau an derſelben Stelle, wo der Stral angefangen hatte zu erſcheinen. Daß eine ſo große Menge Stralen fortdauert, jeder an ſeinem ſcheinbaren Orte, während der Glanz derſelben unendlich viele Abwechſelungen erleidet, ſcheint zu beweiſen, daß das Licht, womit dieſe Stralen leuchten, kein zurückgeworfenes, ſondern directes Licht iſt, und ſich an dem Orte ſelbſt entwickelt, wo man es ſieht, auch habe ich darin nicht die geringſte Spur der phyſiſchen Eigenſchaften entdecken können, welche das zurückgeworfene Licht characteriſiren und in der Optik durch den Namen Polariſation des Lichts bezeichnet werden. Alle dieſe Feuer, und der Bogen ſelbſt, der ſie in ſeinem Umfang umſchloß, befanden ſich in einer größern Höhe, als die Wolken: denn dieſe bedeckten ſie von Zeit zu Zeit, und die Ränder dieſer Wolken ſchienen von ihnen erhellt zu ſeyn, war dieſes anders nicht Täuſchung. Auch der Mond, der damals ſehr hoch über dem Horizont ſtand, erleuchtete dieſes erhabene Schauſpiel, und die Ruhe ſeines Silberlichts bildete den ſanfteſten Contraſt mit der lebhaften Bewegung der glänzenden Stralengarben, mit denen das Meteor die Luft übergoß.

Dieſes betraf die allgemeinſten Umſtände der Erſcheinung. Wir müſſen nun aus ihnen die Bedingungen ableiten, von denen ihr Daſeyn abhängt, und zwar vor allen Dingen ausmachen, ob wir den Ort des Nordlichts in unſrer Atmoſphäre oder außerhalb derſelben zu ſuchen haben.

Hierüber läßt ſich durch ein einfaches Mittel entſcheiden. Hat es ſeinen Sitz außer unſrer Atmoſphäre, ſo kann es an der täglichen Bewegung der Erde um ihre Axe keinen Theil nehmen, und es müſſen alſo die Stralen, Bogen und glänzenden Kronen ſich wie die Sterne von Oſten nach Weſten fortzubewegen und um die Himmelspole zu drehen ſcheinen. Befindet ſich dagegen das Meteor in unſrer Atmoſphäre, ſo muß es an der Axendrehung der Erde ſo gut als die Wolken Theil nehmen und in Bezug auf die Gegenſtände auf der Erde eben ſo gut unbeweglich erſcheinen oder gleich dem Wolken nur zufällige Bewegungen zeigen. Alle Beobachtungen beweiſen, daß das Letztere der Fall iſt, und die lange Unbeweglichkeit des Bogens, den ich von den Shetlandsinſeln aus ſahe, würde allein ſchon hinreichen, dies außer allen Streit zu ſetzen. Wir können daher mit Gewißheit behaupten, daß das Nordlicht eine Erſcheinung ſey, die ihren Sitz in unſerer Atmoſphäre hat.

Nun aber iſt es eine allgemein bekannte Sache, daß doch in der Atmoſphäre befindliche Gegenſtände uns unter mehreren Täuſchungen der Perſpective erſcheinen, die wir in unſer Urtheil über ihre wahre Geſtalt und Entfernung nicht hinüber nehmen dürfen. So z. B. erſcheinen uns alle Sterne als an einer und derſelben hohlen Kugelfläche, welche wir das Himmelsgewölbe nennen, befindlich und doch ſtehen ſie in unendlich verſchiednen Entfernungen von uns. Die ungeheuern Maſſen leuchtenden Dunſtes, welchen die Kometen hinter ſich her ziehen, und die ihre Schweiſe bilden, erſcheinen uns auch bogenförmig gekrümmt an dieſem Gewölbe, obgleich ſie ſich geradlinig in den Himmelsraum erſtrecken. Vermöge einer andern Art von Täuſchung ſcheint es uns, wenn die Sonne hinter Gewölk ſteht und durch mehrere Oeffnungen deſſelben hindurchſcheint und die Luft erleuchtet, als liefen alle dieſe Stralen nach der Stelle hin zuſammen, wo die Sonne verborgen ſteht, obgleich ſie in der That alle parallel ſind.

Durch dieſe allgemeinen Wirkungen der Luftperſpective müſſen auch die Erſcheinungen der leuchtenden Stralen modificirt werden, welche bei dem Nordlicht aufſchießen, was in Ueberlegung zu ziehen iſt, wenn man die Umſtände, wie ſie in der Wirklichkeit ſind, entziffern will.

Die leuchtenden Stralen des Nordlichts nun ſcheinen, von welcher Seite her man ſie auch betrachtet, ſtets größte Kreiſe an dem Himmelsgewölbe zu beſchreiben, welche alle gegen den Punct des Himmels zuſammen laufen, nach welchem eine ganz frei ſchwebende Magnetnadel (Inclinations- und Declinationsnadel zugleich), wenn ſie in Ruhe iſt, hinweiſt. Daraus muß man ſchließen, daß dieſe Stralen in der Wirklichkeit cylindriſch, und der Richtung der Nadel parallel ſind. Aber überdies zeigt jeder Stral in ſeiner Länge Ungleichheiten der Dicke und des Lichts von der Art, daß wir ſchließen müſſen, er ſey aus einer Menge kürzerer Cylinder zuſammengeſetzt, die von einander unabhängig ſind, und einander zum Theil bedecken. Dehnt man dieſe partiellen Anzeigen auf den ganzen Raum aus, in welchem das Meteor verbreitet iſt, ſo läßt ſich daraus mit geometriſcher Strenge folgendes ſchließen: das Nordlicht beſteht aus einem Walde leuchtender Säulen, die alle mit der mittlern Richtung der magnetiſchen Kräfte und folglich unter einander ſelbſt parallel ſind, und in der Luft in faſt gleicher Höhe zu verſchiednen Seiten des Horizonts ſchweben. Da dieſe Säulen in verſchiednen Abſtänden von dem Beobachter ſind, ſo müſſen ſie ihm, den Regeln der Perſpective zufolge, in verſchiednen Höhen zu ſchweben, ſich auch einander zu bedecken ſcheinen und zum Theil eine auf die andre projiciren, beſonders wenn ſie ſehr nahe am Horizont erſcheinen, weil dann die Geſichtsſtralen faſt ſenkrecht auf ihre Längen werden; dagegen müſſen ſie von einander getrennt erſcheinen, wenn ſie ſich weit genug über den Horizont erhoben haben, daß das Auge ihre Zwiſchenräume gewahr werden kann. Wenn dann eine gemeinſame Bewegung eine gewiſſen Zahl derſelben über den Scheitel des Beobachters hinführt, ſo daß ſie über den Punct hinausgehen, nach welchem die, ihnen parallele, Neigungsnadel hinweiſt, ſo muß die Projection dieſer ſämmtlichen Säulen auf das Himmelsgewölbe um den eben genannten Punct eine Krone oder einen leuchtenden Heiligenſchein bilden, und es wird das Anſehn haben, als giengen von ihr nach allen Seiten Stralen nach dem Horizonte bis zu der ſcheinbaren Höhe herab, bis zu welcher die meteoriſchen Säulen von ſelbſt vermöge ihrer fortſchreitenden Bewegung werden herabgeſtiegen ſeyn. Dieſe Beſchaffenheit des Nordlichts, auf welche uns die optiſche Betrachtung führt, wird durch mehrere beſondre merkwürdige Umſtände beſtätigt, welche verſchiedne Beobachter zuweilen zu ſehen Gelegenheit gehabt haben, und die ſich auf die Lagen beziehen, welche die verſchiednen Theile des Meteors zufällig zu denſelben hatten.

Wenn z. B. die meteoriſche Säulenreihe (colonnade), nachdem ſie ſchon leuchtend geworden iſt, ſich noch ganz im Norden des Beobachters und dem Horizonte nahe befindet, und nun nach Süden fortgetrieben wird, ſich alſo dem Beobachter nähert, ohne daß die Säulen, aus denen ſie beſteht, verſchwinden oder ihre Anordnung verändern, ſo muß dieſelbe optiſche Wirkung Statt finden, als bei den Bäumen eines Waldes, dem man ſich nähert; das heißt, die öſtlich und die weſtlich von dem magnetiſchen Meridian befindlichen Säulen müſſen ſich, jene nach Oſten, dieſe nach Weſten zu bewegen und dabei alle von einander zu entfernen ſcheinen, während die Säulen, die ſich in der Ebene des magnetiſchen Meridians befinden, den Anſchein haben werden, unbeweglich dazuſtehen, oder gerade nach dem Zenith hinauf zu ſteigen. Gerade ſo iſt die Erſcheinung von F. C. Mayer in Petersburg bei einem großen Nordlicht am 16ten November 1726 beobachtet worden. Ich ſetze ſeine Worte ſelbſt hieher; mit trabs bezeichnet er einen verticalen Stral oder eine unſrer leuchtenden Säulen. Er beſchreibt zuerſt das Entſtehen eines Lichtbogens, deſſen höchſter Punct ſich nicht genau in Norden befand, ſondern davon ſehr merklich nach Weſten abwich. Dann fügt er hinzu: Motus trabium mirus erat; quae enim in occidentali arcus parte extabant, versus occidentem ferebantur; ad orientem ferebantur, quae in orientali arcus parte sitae erant: boreales autem trabes stabant immobiles. Ex hoc phaenomeno intellexi, lucem moveri ex nordwest versus verticem meum, id quod sequentibus phaenomenis confirmatum est. Man ſieht; daß Mayer daraus gerade dieſelbe Folgerung zog, welche ſich nach den Regeln der Perſpective ergiebt.

Ein andrer Fall, der allerdings nur unter beſondern, ſehr ſeltenen, Umſtänden eintreten kann, iſt, daß die meteoriſche Säulenreihe nicht mit einem Male leuchtend wird (denn die Erleuchtung ſcheint ſtets nur etwas Zufälliges zu ſeyn), ſondern daß zuerſt nur eine gewiſſe Anzahl derſelben leuchten. Stehen dieſe Säulen ſo weit von einander ab, daß ſie einander nicht bedecken, ſo kann man ſie getrennt, ſelbſt einzeln wahrnehmen. Dieſes war der Fall bei dem großen Nordlichte im J. 1716, wie man aus Halley's Beſchreibung ſieht (Philos. Transact. No. 347, pag. 411 und 415). Es zeigten ſich kleine, parallele Säulen von gleicher Länge, deutlich von einander getrennt in einem Himmelsraume, den zwei leuchtende faſt horizontale Streifen umſchrieben. Eine ähnliche Erſcheinung dieſer Art findet ſich in einer andern Abhandlung Halleys aus dem Jahr 1719 aufgezeichnet (Philos. Transact. No. 363, pag. 1099). Er ſagt darin, daß man von Zeit zu Zeit in großer Höhe Syſteme von Säulen oder leuchtenden Streifen erſcheinen ſehe, die einer neben dem andern wie die Orgelpfeifen ſtänden, und ſo plötzlich zum Vorſchein kämen, als hätten ſie hinter einem Vorhang geſtanden, der ſchnell aufgezogen würde. Nimmt man ſich überhaupt die Mühe, die vielen Beobachtungen mit Aufmerkſamkeit zu leſen, welche uns Beobachter in den nördlichen Ländern von Nordlichtern gegeben haben, ſo findet man darin eine Menge Einzelheiten, die der Beſchaffenheit des Meteors, wie wir ſie nach den Geſetzen der Perſpective gefolgert haben, vollkommen entſprechen, und nicht eine, die ihr widerſpräche. Dieſe geometriſchen Ableitungen ſind von Dalton ſehr gut dargeſtellt und entwickelt worden, wahrſcheinlich ohne daß er wußte, daß ſchon im J. 1716 Cotes, von welchem Newtons Ausſpruch bekannt iſt, daß, wäre er leben geblieben, wir etwas wiſſen würden, dieſelben Folgerungen gezogen, und daß Cavendiſh, ein Mann, der mit Genialität die ſtrengſte Gründlichkeit verbindet, ſie auch nachher angenommen hatte; welches ich blos in der Abſicht bemerke, um zu zeigen, daß man ſie als vollkommen begründet annehmen darf.

Nächſt dieſer allgemeinen Beſchaffenheit iſt die wahre Höhe des Meteors über der Oberfläche der Erde einer der wichtigſten Umſtände, die wir kennen müſſen. Es iſt ſehr häufig verſucht worden, ſie durch dieſelben Mittel zu beſtimmen, deren ſich die Geometer bedienen, um Entfernungen unzugänglicher Gegenſtände durch gleichzeitige Winkel-

Meſſung mit aſtronomiſchen Inſtrumenten zu finden. Aber die Schwierigkeit, dieſelbe Zeit und denſelben Augenpunct zu treffen macht die Anwendung dieſes Verfahrens hier ſehr unſicher; auch hat es zu ſehr ungleichen Reſultaten geführt, die von 20 bis 100 und mehr franz. Meilen differirten. Eine noch größere Ungewißheit herrſcht über die Länge der meteoriſchen Säulen ſelbſt, welche man durch ein ähnliches Verfahren zu meſſen verſucht hat.

Wenn indeſſen auch einige von den Schätzungen, die man auf dieſe Art unter günſtigen Umſtänden über die Höhe des Nordlichts erhalten hat, einiges Vertrauen verdienen, ſo kann ihnen doch auf keinen Fall allgemeine Gültigkeit zugeſprochen werden, und es läßt ſich behaupten, daß das Meteor, manchmal wenigſtens, bei weitem tiefer herabſteigt, als man dieſen Schätzungen zufolge glauben ſollte *). Darauf ſcheint mir nicht nur die lebhafte und beſtändige Bewegung der leuchtenden Stralen zu deuten, ſondern auch das gleichzeitige Fortſchreiten der Bogen, als würden ſie von einem leichten Winde fortgetrieben, und die langſame und regelmäßige Bewegung der Flokken leuchtender Materie, welche nach Verſicherung von Bewohnern des hohen Nordens man dort nicht ſelten einzeln in der Atmoſphäre ſchweben ſieht. Ich habe ſelbſt am 6ten September 1817 eine Erſcheinung dieſer Art auf den Shetländſchen Inſeln erlebt. Eine dicke Wolke ſtieg langſam aus Nordweſt an dem Horizonte herauf: ſie trug in ihren Seiten (dans ses flancs) den Herd des phosphoriſchen Scheins, der bald hinter ihr zurückzubleiben und zu erlöſchen bald voranzuſchießen und ihre Ränder zu erleuchten ſchien. Ich weiß von dieſer phosphorescirenden Wolke keine richtigere Vorſtellung zu geben, als indem ich ſie mit den undurchſichtigen, von hinten durch Lampen erleuchteten, Wolken unſrer Theater vergleiche. Indeß bemerkte ich während einiger Augenblicke auf ihrer untern Fläche eine kleine Stelle, wo das Licht zwiſchen ihr und mir zu ſeyn ſchien. Als dieſe Wolke bis ungefähr 45° Höhe angeſtiegen war, blieb ſie eine Zeit lang ſtehen und zog dann langſam nach Weſten, immer von dem leuchtenden Weſen begleitet (toujours accompagnée de son phosphore); und einige Feuerſtralen (jets de feu), welche auch von dem Horizonte an

---

*) Richardſon und Hood fanden durch gleichzeitige Meſſung von verſchiednen Standpuncten aus, die ſie bei verſchiednen Nordlichtern anſtellten, die Höhe derſelben im Allg. nur 6 bis 7 engliſche Meilen. Richardſon glaubt durch ſeine Beobachtungen für erwieſen halten zu können, daß das Nordlicht zu Zeiten ſeinen Sitz hat in Luftregionen unterhalb einer Art von Wolken, von der bekannt iſt, daß ſie in keiner großen Höhe ſchweben; nämlich unter der Modification des Cirro-stratus, die ſo tief in der Luft herabſteigt, daß ſie eine dunſt- oder nebelartige zuſammenhängende Wolkenfläche im Zenith, oder eine Nebelſchicht im Horizont bildet.

der Nordſeite aufſchoſſen, beugten ſich ebenfalls nach Weſten, als wenn ein, in der Höhe aus Südoſt kommender, Wind das Meteor hier nach andern Gegenden geführt hätte. Aehnliche Erſcheinungen habe ich am 14ten September wiedergeſehen.

Dieſe Beobachtungen, nach denen das Nordlicht bis in die Region der hohen Wolken, geſchähe es auch nur durch Zufall, herabzukommen ſcheint, geben, wie mich dünkt, einer, in allen Gegenden des hohen Norden allgemein verbreiteten, Meinung viel Wahrſcheinlichkeit, daß man nämlich bei ſehr lebhaften Nordlichtern ein Brauſen (bruissement) höre, welches manchmal ſehr ſtark werde. Ich weiß hinlänglich, wie wenig Vertrauen Ausſagen des Volks verdienen, welche durch Furcht eingegeben, oder durch den täuſchenden Schein ſchneller Bewegungen veranlaßt ſeyn können: doch giebt es auch bei Ausſagen dieſer Art Grade der Wahrſcheinlichkeit, und es würde eben ſo unphiloſophiſch ſeyn, ſie ohne Unterſuchung zu verwerfen, als ſie ungeprüft für wahr anzunehmen. Wer ſich in den letzten dreißig Jahren mit weiter nichts beſchäftigt hätte, als das zu prüfen und zu ſichten, was man Volksvorurtheile nannte, würde daraus eine gute Anzahl ſchöner Entdeckungen haben hervorziehen können. Ich für meinen Theil nehme keinen Anſtand, zu erklären, daß man, wenn man die Sache ohne Vorurtheil unterſucht, bei der ſo auffallenden Uebereinſtimmung der Zeugniſſe nicht umhin könne, an das Brauſen des Nordlichts als Thatſache zu glauben. Der vortreffliche Phyſiker Muſchenbroek, der um die Mitte des vorigen Jahrhunderts in Holland ſchrieb, führt an, alle Matroſen der Grönlandsfahrer verſicherten die Thatſache einſtimmig. Noch beſtimmter drückt ſich darüber Gmelin in ſeiner Reiſe durch Sibirien aus. „So ſchön auch, ſagt er, das Schauſpiel eines Nordlichts iſt, ſo glaube ich doch, daß man es ſchwerlich, das erſte Mal wenigſtens, ohne Furcht ſehen würde; ein ſolches Getöſe begleitet daſſelbe, wie mir unterrichtete Leute verſichern; ein Ziſchen und Brauſen, wie von den größten Feuerwerken. Die Jäger, welche an der Küſte des Eismeers auf die Jagd der blauen Füchſe gehen, werden häufig von dem Nordlicht überfallen, und ihre Hunde erſchreckt es ſo, daß ſie nicht von der Stelle zu bewegen ſind, und ſich an die Erde legen, bis das Geräuſch vorüber iſt. Es giebt in der Landesſprache einen eigenen Volksausdruck, um den Eindruck, den die Erſcheinung macht, zu bezeichnen. Gmelin fügt hinzu, daß er für dieſe Thatſache lauter übereinſtimmende Zeugniſſe erhalten habe *).

---

*) Patrin hat den Berichten Gmelins in Gilb. Annalen, Bd. 37. S. 346 widerſprochen; ſie beruhten, meinte er, blos auf einem Mährchen, das ihm in Jeniſeisk 1741 erzählt worden ſey, und bei 3 Nordlichtern, die

Ich kann verſichern, daß die Uebereinſtimmung auf den Shetländiſchen Inſeln nicht minder allgemein iſt, obgleich man dort dem Meteore nicht eine ſo große Heftigkeit zuſchreibt, wahrſcheinlich, weil dieſe Inſeln nicht ſo weit nach Norden liegen. Hr. Edmonſton, dem dieſe Stelle Gmelin's eben ſo unbekannt war, als mir, beſchrieb uns das Geräuſch des Nordlichts mit denſelben Characteren, und ſprach davon als von etwas, das er gar manches Mal ſelbſt gehört habe; er verglich es vorzüglich mit dem Geräuſch (bruissement) eines großen Feuers.- Bei dem großen Nordlichte, das ich in Unſt beobachtet habe, war die Brandung des Meers an der Küſte der Inſel, an welcher ich mich befand, zu heftig, als daß ein ſolches Geräuſch hätte können bemerkt werden. Auch wird nicht behauptet, daß man immer das Geräuſch des Meteors höre, ſondern nur, daß dieſes manchmal der Fall ſey, wenn gerade die leuchtenden Stralen in großer Anzahl vorhanden ſind, und ſich mit der größten Lebhaftigkeit bewegen, durchkreuzen und vermiſchen. Man kann hierüber aufs Gerathewohl jeden Einwohner der Shetländiſchen Inſeln befragen; nicht leicht wird ſich einer finden, der nicht verſicherte, dieſes Geräuſch gehört zu haben, der es nicht auf ganz gleiche Weiſe, wie die andern beſchreiben, und den es nicht verwundern ſollte, daß irgend jemand daran zweifeln könne. Einige Grade weiter nördlich ſcheint jedoch dieſes Meteor noch ſehr viel ſtärker zu ſeyn. In einem Briefe, in welchem mir Hr. Edmonſton Nachricht von einem großen Nordlichte gab, das er am 1ſten November 1818 in Unſt beobachtete, führt er an, er habe gerade zwei glaubwürdige Perſonen in ſeinem Hauſe, welche auf der Fahrt von London nach den Shetländiſchen Inſeln vom Winde bis 63½ Grad Breite, alſo faſt bis zur Höhe von Island hinaufgetrieben worden ſeyen, als dieſes Nordlicht eintrat. Es machte ein ſolches Geräuſch, daß die Matroſen ſich fürchteten, auf dem Verdeck zu bleiben, und

---

Gmelin ſelbſt geſehen habe, erwähne er keines Geräuſches. Pallas habe bei ſeinem ſechsjährigen und er ſelbſt (Patrin) bei ſeinem neunjährigen Aufenthalt in Sibirien viele Nordlichter, keins mit Geräuſch geſehen. Weder Egede, der 15 Jahr in Grönland lebte, noch Horrebow, der 116 Nordlichter in Island beobachtete und beſchrieb, erwähnen eines Geräuſches dabei. Buch auf ſeiner Reiſe durch Norwegen erhielt nur Zeugniſſe für ſtille Nordlichter. Auch Thienemann verſichert, nie ein Geräuſch bei einem Nordlicht in Island ſelbſt vernommen, oder ein Zeugniß dafür von ſolchen, die es häufig in der größten Stärke beobachtet hatten erhalten zu haben. Richardſon ſagt: „Nie habe ich einen Schall gehört, von dem ſich mit Zuverläſſigkeit hätte behaupten laſſen, daß er von dem Nordlicht ausgehe; das einſtimmige Zeugniß aber der Eingebornen, ſowohl der Creeks, Kupfer-Indianer und Esquimaux, als auch aller ältern Reſidenten in dieſen Gegenden, beſtimmen mich zu glauben, daß die Bewegung deſſelben zu Zeiten hörbar iſt. Dieſe Fälle müſſen aber ſehr ſelten ſeyn, da ich die Erſcheinung nun in mehr als 200 verſchiednen Nächten geſehen habe. Gilbert.

verbreitete ein ſo ſtarkes Licht, daß es hinreichte, um dabei den Schiffscompaß zu beobachten. Dieſen vielen Zeugniſſen zufolge halte ich es für wahrſcheinlich, daß das Meteor manchmal ſo tief herabkommt, daß es hörbar wird. Und es ſcheinen mir die Reiſenden Glauben zu verdienen, welche, wie Torbern Bergmann (opusc. phys. et chim. t. 5. p. 297) anführt, verſicherten, auf dem norwegiſchen Gebirge von dem Nordlichte umhüllt worden zu ſeyn, und dabei einen ſtarken Schwefelgeruch verſpürt zu haben.

Faſſen wir die hier entwickelten phyſiſchen Charactere zuſammen, die ich, wie ich glaube, bis hieher rein von jeder Hypotheſe gegeben habe, ſo ſehen wir uns genöthigt, Folgendes anzuerkennen: das Nordlicht beſteht aus wahren Wolken (de veritables nuées), welche gewöhnlich aus Norden kommen, und eine ziemlich leichte Materie, oder ein ſo feiner Stoff ſind, daß ſie ſich lange Zeit in der Luft ſchwebend zu erhalten vermögen; ſie können unter Umſtänden leuchtend werden, und ſind, was man beſonders nicht überſehen darf, für den Erdmagnetismus empfindlich, und ordnen ſich demzufolge von ſelbſt in Säulen, welche ſich gerade ſo gegen die Erde richten, wie es wahre Magnetnadeln thun würden. Nun aber kennen wir bis jetzt unter den irdiſchen Materien keine andern, deren Theilchen des Magnetismus fähig ſind, als einige Metalle. Es iſt daher wahrſcheinlich, daß die Säulen des Meteors, wenigſtens großentheils, aus metalliſchen Theilchen von äußerſter Feinheit beſtehen. Daraus ergiebt ſich aber ſogleich eine andere Folgerung. Alle bekannte Metalle ſind gute elektriſche Leiter; die verſchiednen Luftſchichten aber ſind gewöhnlich mit ſehr ungleichen Mengen von Elektricität angefüllt. Ein elektriſcher Drache giebt am untern Ende ſeiner metalliſchen Schnur gewöhnlich Zeichen poſitiver Electricität, indeß wir, Gay-Luſſac und ich, bei unſrer gemeinſchaftlichen Luftfahrt an dem obern Ende eines Drahts, den wir aus der Gondel in die tiefer liegenden Luftſchichten herabgelaſſen hatten, Zeichen von negativer Elektricität erhielten. Es bieten daher die in der Luft ſchwebenden, aus metalliſchen Theilchen beſtehenden, Säulen des Nordlichts, welche in den Gegenden um den magnetiſchen Pol faſt vertical hängen, den ungleichen Electricitäten der Luftſchichten in verſchiednen Höhen, mehr oder minder vollkommne Leitung dar. Uebertrifft das Beſtreben dieſer Elektricitäten, ſich gleichmäßig zu verbreiten, den Widerſtand, den ihnen die Unvollkommenheit des Leitungsvermögens der Säulen entgegenſtellt, ſo müſſen die Elektricitäten längs dieſer Säulen hinfließen, und dabei muß ihr Weg leuchtend erſcheinen, wie das allgemein bei nicht ſtetigem Zuſammenhang der Leitung geſchieht. Geht dieſes Ueberſtrömen in ſehr hohen Regionen der Atmoſphäre vor, wo die Luft bei ihrer Dünnheit der Bewegung der Elektricität nur wenig Widerſtand leiſten kann, ſo iſt das Ueberſtrömen von keinem Geräuſche begleitet, gerade ſo, wie in unſern luftleeren Röhren; erſtreckt es ſich aber bis in die untern Luftregionen hinab, ſo muß hier nothwendig das Blaſen und das Kniſtern (ce souffle et ces petillemens) entſtehen, welche in der That das Nordlicht zu begleiten ſcheinen, wenn es bis zu der Oberfläche der Erde herabkommt. Noch folgt hieraus, daß, da das Meteor nur durch dieſe zufällige Urſach ſichtbar wird, es in der Luft vorhanden ſeyn, und auf die Magnetnadel wirken könne, ohne daß man es gewahr wird. Auch iſt es möglich, daß es nur an gewiſſen Stellen glänzend wird, an allen andern dunkel bleibt, indeß in andern Fällen, wenn das elektriſche Gleichgewicht plötzlich und allgemein aufgehoben wird, ſich die ganze meteoriſche Säulenreihe in einem Augenblicke zu entzünden vermag. Endlich überſieht man hieraus, warum das Meteor an Stärke in dem Maße abnehmen muß, als die meteoriſchen Wolken weiter nach den ſüdlichen Gegenden hinziehen. Dort können ſie ſich nicht nur weiter ausbreiten; ſondern es müſſen auch die, die Elektricität leitenden, Säulen, welche überall die Richtung der Magnetnadel annehmen, dort der horizontalen Lage ſich immer mehr nähern, und folglich ihre beiden entgegengeſetzten Enden in minder von einander entfernten Luftſchichten haben, die eben deßhalb mit minder verſchiedenen Mengen von Elektricität geladen ſind. Ueberdies giebt in dieſen ſüdlichen Gegenden die größere Feuchtigkeit der Luftſchichten viel häufigere Gelegenheit, ſich zu entladen, als in den nördlicheren.

Alle dieſe, den Beobachtungen völlig entſprechenden, Folgerungen ergeben ſich, wie man ſieht, aus der einzigen Grundanſicht, daß die Säulen, welche das Nordlicht ausmachen, wenigſtens großentheils metalliſcher Natur ſind. Ihre Uebereinſtimmung mit den Erſcheinungen erhöht daher gar ſehr die Wahrſcheinlichkeit dieſer Annahme, auf welche der Magnetismus der meteoriſchen Säulen uns zuerſt hingewieſen hat; und die innere Verbindung und genaue Abhängigkeit, in welche die ſo zahlreichen und ſo verſchiedenartigen Eigenheiten des Nordlichts mit einander unter dieſer Idee treten, geben ihr einen Charakter von Realität, welchen man ſelten in denjenigen phyſikaliſchen Betrachtungen antrifft, die nicht der Wahrheit gemäß ſind.

Aber außer den leuchtenden Stralen, die durch das bloße Ueberſtrömen der Elektricität zu entſtehen ſcheinen, kommt in den Nordlichtern noch ein andres Leuchten vor, das man ſich ſchwerlich erwehren kann, für eine Erſcheinung wahren Verbrennens in denjenigen phosphoriſchen Wolken anzuerkennen, die, wie viele Beobachter bezeugen, und ich ſelbſt geſehen habe, ſich manchmal von dem Herde des Meteors ablöſen, das Prinzip ihrer Phosphorenz mit ſich führen und von Zeit zu Zeit leuchtende Stralen ausſtoßen, welche Raketenartig eine Spur weißen Lichts in der Luft hinter ſich laſſen. Man muß es daher wenigſtens als etwas Wahrſcheinliches zugeben, daß die Materie des Nordlichts Subſtanzen enthalten kann, die fähig ſind, ſich zufällig zu entzünden, ſey es von ſelbſt, oder durch elektriſche Entladungen, welche in der Subſtanz, die dieſe Wolken in ſich ſchließen vorgehen, und von deren mächtiger chemiſch verbindender Kraft unſre Laboratorien uns täglich Beweiſe geben.

Von dieſer Art ſind die phyſiſchen Bedingungen, welche das Nordlicht charakteriſiren, und die unmittelbar aus den verſchiedenen, beſondern Umſtänden fließen, die in Begleitung deſſelben vorkommen. Woher aber rührt dieſer Stoff, aus dem es beſteht? Dies iſt eine Frage, auf die ſich bis jetzt nur durch Vermuthungen antworten läßt, die aber wahrſcheinlich einer Entſcheidung würde fähig ſeyn, wenn ein geſchickter Beobachter einige Winter hindurch die beſondern Eigenthümlichkeiten des Meteors in einer recht nördlich gelegenen Gegend aufmerkſam verfolgte, unter Zuziehung aller Hülfsmittel, welche Chemie und Phyſik gegenwärtig zur Unterſuchung derſelben darbieten *).

---

*) Früher hat Biot die Hypotheſe ausgeſprochen, die Metalltheilchen, die er als die Subſtanz des Nordlichts annimmt, möchten wohl nichts anders, als eine Maſſe der feinſten Auswürfe der Vulkane im hohen Norden ſeyn; ohne jedoch dieſe Anſicht durch andre, als ſehr ſchwache Gründe zu unterſtützen, auch ſcheint er jetzt ſelbſt davon zurückgekommen zu ſeyn, da er hier nichts davon erwähnt. Selbſt die Hypotheſe, daß die Subſtanz des Nordlichts Metalltheilchen ſeyn, läßt, abgerechnet die Unerklärbarkeit, woher ſie rühren, gegründete Einwürfe zu. Gilbert bemerkt in dieſer Hinſicht: „Wie iſt es möglich, daß Metalltheile, auf die der Magnet wirkt, ſeyen ſie auch noch ſo fein, in ſolchen großen Maſſen und Höhen, als die Nordlichtſäulen vorkommen, geraume Zeit lang in der Atmoſphäre ſchweben könnten, ohne zur Erde herab zu ſinken? und wie wäre es möglich, daß durch ſie hindurch, bei einer ſolchen Beſchaffenheit, Fixſterne noch ſichtbar bleiben könnten, wie das doch bei den Bogen und Stralen des Nordlichts wirklich der Fall iſt."

Thienemann ſpricht folgende Anſicht aus: das Subſtrat des Nordlichts ſind die leichten, im oberſten Theile unſrer Atmoſphäre befindlichen, als Bogen, Streifen oder Flocken ſichtbaren Wolkenſchichten. Er bemerkte nämlich bei Betrachtung des Nordlichts die auffallendſte Aehnlichkeit hinſichtlich ſeiner Geſtalt mit der jener Wolken, welche man im gemeinen Leben Wetterbäume, Windbäume und Wolkenſchäfchen zu nennen pflegt. Die Vermuthung, die ihm hieraus entſtand, daß dieſe Wolken ſelbſt das Nordlicht enthielten, fand er bald dadurch beſtätigt, daß er bei klarem Wetter ſahe, wie dieſe Wolken im Mittage ſich bildeten, und ihre gewöhnliche Geſtalt annahmen, und, ſobald es anfieng, etwas finſter zu werden, allmälig an Beleuchtung zunahmen, bis ſie als gewöhnliche Nordlichter erſchienen. Bei Annäherung des Morgens wurden ſie bläſſer, und erſchienen nach und nach als gewöhnliche Wolken. Dieſe Anſicht ſcheint dadurch an Wahrſcheinlichkeit zu gewinnen, daß die Nordlichter im

Alle periodiſchen oder zufälligen Veränderungen, welche die Abweichung erfährt, laſſen ſich mit ausnehmender Genauigkeit mit Hülfe eines von Coulomb angegebenen, und in Fig. 47. vorgeſtellten, Apparats meſſen. Er beſteht aus einem Kaſten aus Holz oder Kupfer, mit gläſerner Decke, der an ſeinen beiden Enden zwei verticale Mikroſkope trägt, im Innern mit ſich kreuzenden Fäden verſehen, und längs einer, auf dem Kaſten angebrachten, kupfernen Eintheilung beweglich. Die Nadel, von Fäden von ungedrehter Seide mit ihrem Durchſchnitt aufgehangen (d. h. wie in Fig. 18 oder 20) und horizontal erhalten durch die Starrheit der Hülſe, in der ſie ruht, hat eine hinlängliche Länge, daß ihre Enden unter die Mikroſkope treten, und ihre Oscillationen daſelbſt beobachtet werden können. Ein ausnehmend feiner, auf jedes Ende gezogener, Strich dient als Viſirpunct oder noch beſſer, wie unſer geſchickter Künſtler Hr. Gambey verfährt, man befeſtigt an jedes Ende der Nadel einen kleinen Kupferring, und ſpannt ganz feine Metalldrähte darin aus, deren Kreuzungspunct zum Viſirpunct dient. Nachdem man den Draht auf einen vollkommen feſt ſtehenden ſteinernen Unterſatz geſtellt hat, dreht man erſt den Kaſten, ſo daß ſeine langen Seiten ſich ziemlich im magnetiſchen Meridian befinden, damit die Nadel ungefähr nach der Mitte der Eintheilungen hinweiſe. Nach Erfüllung dieſer Bedingung befeſtigt man den Apparat unverrückbar auf ſeinen Unterſatz; ſetzt, wenn die Nadel zur Ruhe gekommen iſt, die Mikroſkope langſam durch die Schrauben, die zu dieſem Zweck angebracht ſind, in Bewegung, bis der Kreuzungspunct ihrer Fäden genau mit dem Zeichen zuſammenfällt, nach dem man an der Nadel hinviſirt, und merkt die Stunde der Beobachtung an. Man ſieht wieder zu einer andern Stunde nach den Mikroſkopen; und wenn man eine Verrückung der Nadel bemerkt, ſo führt man die Fäden wieder über das Zeichen; und der Gang der Mikroſkope, an der Eintheilung, längs deren ſie ſich hinbewegen, gemeſſen, giebt die Verrückung an, welche die Nadel erfahren hat.

Dieſer nämliche Apparat kann auch dienen, die Veränderungen der Intenſität der magnetiſchen Kräfte zu meſſen. Man braucht zu

---

Allgemeinen in Gegenden vorkommen, wo keine Gewitter mehr erſcheinen, und ſie daher ihre Stellvertreter abgeben mögen.

Hanſteen glaubt darthun zu können, daß das Nordlicht durch vereinigte Wirkung der entgegengeſetzten magnetiſchen Kräfte der Erde eben ſo, als ein ganz ähnliches Lichtphänomen durch vereinigte Wirkung der entgegengeſetzten elektriſchen Kräfte bewirkt werde, und er hat verſprochen, die optiſchen Erſcheinungen des Nordlichts nach den, von ihm in ſeinem Werke über den Magnetismus der Erde in der mathematiſchen Theorie der Magneten gegebenen. Formeln, aus den magnetiſchen Zurückſtoßungen der Erde zu erklären.

dieſem Zweck blos die Nadel ein wenig aus der Richtung ihres Gleichgewichts abzulenken, indem man ihr einen Augenblick hindurch ein kleines Stück weichen Eiſens von Weitem darbietet, und nach Entfernung deſſelben mit einer guten Secundenuhr die Zeit beobachtet, welche die Nadel braucht, eine beſtimmte Anzahl Oscillationen zu vollbringen. Ein geſchickter norwegiſcher Beobachter, Hanſteen, hat auf dieſe Weiſe gefunden, daß die Intenſität eben ſo, wie die Abweichung, ihre täglichen und jährlichen Variationen hat.

Sie nimmt im Allgemeinen ab vom Morgen bis gegen 11 Uhr, wächſt darauf bis gegen 4 Uhr Nachmittags im Winter, und ſechs bis acht Uhr im Sommer. Ihr abſolutes Minimum hat Statt im Januar, ihr Maximum im July. Ohne Zweifel iſt auch die Inclination nicht unveränderlich und dann muß man, zufolge deſſen, was S. 31 geſagt worden iſt, ihre Veränderungen, ſo wie ſelbſt die der Temperatur in Rechnung ziehen, um die Veränderungen der Intenſität nach der Dauer der Oscillationen ſchätzen zu können. Ich weiß nicht, ob Hanſteen auf dieſe unerläßlichen Correctionen Acht gehabt hat.

Ich will hier ein Verfahren angeben, mittelſt deſſen ſich die täglichen Variationen faſt ins Unbeſtimmte vergrößern laſſen würden. Es beſteht darin, daß man zur Seite, in einiger Entfernung von der beweglichen Nadel, eine andre, ebenfalls bewegliche oder unbewegliche, Nadel anbringt, die aber hinlänglich lang ſeyn muß, daß blos die Wirkung eines ihrer Pole vorwiege. Da die gegenſeitige Wirkung dieſer beiden Nadeln eine Anziehung oder Abſtoßung hauptſächlich ihrer, einander zugekehrten, Pole mit ſich bringt, ſo verbindet ſich dies Beſtreben mit dem der richtenden Erdkraft, welches ſie in den magnetiſchen Meridian zurückzuführen ſtrebt, und die Lage, wo jede der Nadeln ſtehen bleibt, wird beſtimmt durch die Mittelkraft dieſer drei Arten von Kräften. Wenn nun die Richtung der Seitenkraft, mit der die Erde zur Geſammtmittelkraft beiträgt, ſich ändert, ſo wird dadurch zugleich die Richtung dieſer Mittelkraft geändert; und die Rechnung zeigt, daß in gewiſſen Fällen dieſe Veränderungen beträchtlich größer werden können, als die der Erdkraft für ſich. Man braucht alſo blos dieſe Anordnung auf die vortheilhafteſte Weiſe ins Werk zu ſetzen; und wenn man noch dabei Sorge trüge, Nadeln von recht ſtark gehärtetem Stahl anzuwenden, und ihnen keinen ſehr ſtarken Grad von Magnetismus zu ertheilen, damit ſie ihn auf gleichförmigere Weiſe behalten könnten, ſo würde man ohne Zweifel einen Apparat erhalten, der vermöge ſeiner ausnehmenden Empfindlichkeit geeignet wäre, uns ſehr intereſſante Erſcheinungen zu Wahrnehmung zu bringen, die uns wahrſcheinlich wegen der Kleinheit der täglichen Veränderungen nicht ſo leicht ins Auge fallen.

Es würde von Wichtigkeit für die künftigen Fortſchritte der Phyſik ſeyn, die gegenwärtige Intenſität des Erdmagnetiſmus mit Genauigkeit zu beſtimmen, ſo wie man den abſoluten Druck der Atmoſphäre und die Temperatur der verſchiedenen Klimate für die jetzige Zeit beſtimmt hat. Aus einer Wiederholung der nämlichen Beobachtung mehrere Jahrhunderte hindurch würde ſich ergeben, ob die magnetiſchen Kräfte ſich ihrer Intenſität nach ändern, wie ſie ſich ihrer Richtung nach ſicher geändert haben.

Das erſte Mittel, was ſich zu dieſem Zweck darböte, wäre, die Abweichung, die Neigung und die Intenſität in gegenwärtiger Zeit mittelſt dreier, hiezu geeigneter, Nadeln zu beobachten, und dieſe ſorgfältig aufzubewahren, um die Beobachtungen mit ihnen von Jahrhundert zu Jahrhundert zu wiederholen. Da ſie in dieſem Zeitraum an Magnetiſmus verlieren könnten, ſo müßte man ihnen denſelben bis zum nämlichen Grade durch ein erneuertes Magnetiſiren ertheilen, und ſich hiezu ſehr ſtarker, nach der Methode des Doppelſtrichs vereint angewandter, Stäbe bedienen. Denn bei der Anwendung dieſes Verfahrens werden die Nadeln durch den Einfluß der äußerſten Stäbe momentan auf einen weit ſtärkern Grad des Magnetiſmus gebracht, als den ſie, ſich ſelbſt überlaſſen, zu behaupten vermögen; ſo daß, wenn ihr innerer Grundzuſtand ſich nicht ändert, der Grad des Magnetiſmus, bei dem ſie ſtehen bleiben, immer der nämliche ſeyn muß; worauf die Veränderungen ihrer richtenden Kraft nur noch von den, im Magnetiſmus des Erdkörpers eingetretenen, Veränderungen werden herrühren können. Eine noch weit größere Sicherheit würde dieſe Methode dadurch erhalten, daß man ſo eine gewiſſe Anzahl wohl geprüfter Nadeln aufbewahrte; nur müßte man immer ſicher ſeyn, ſie unverändert in ihrem Zuſtande aufbehalten zu können. Dieſe Sorge würde überflüſſig ſeyn, wenn man ein Mittel fände, zu jeder Zeit zwei vollkommen vergleichbare Nadeln zu verfertigen. Hiebei darf man aber nicht an eine Anwendung von Stahl denken, der als eine Legirung von Kohle und Eiſen nothwendig veränderlich in ſeinen Verhältniſſen iſt. Mit Vortheil aber ließen ſich cylindriſche Nadeln gebrauchen, beſtehend aus Wachs und dem zweiten Oxyd des Eiſens, in bekannten Verhältniſſen gemiſcht; denn dieſes Oxyd, welches zum großen Theil die natürlichen Gänge des Magnets bildet, nimmt den Magnetiſmus ſehr wohl an, und iſt immer mit ſich vergleichbar. Es würde alſo hinreichend ſeyn, zu verſchiednen Zeiten ſolche Nadeln zu verfertigen, ſie bis zur Sättigung zu magnetiſiren, und dann die Wirkungen zu meſſen, die ſie von den Erdkräften erfahren könnten.

Zuſätze.

Ueber die Geſtalten und Farben des Nordlichts. *)

Hood giebt folgende allgemeine Beſchreibung.

Die Geſtalt, in der das Nordlicht über den Horizont hervortritt, und die, welche es bei ſeinem Fortſchreiten über den Himmel annimmt, läßt ſich unter zwei allgemeine Beſchreibungen bringen. Zur erſten Claſſe rechne ich die, welche Anfangs wie Regenbogen oder andre Bogen erſcheinen. Sie ſteigen dann aufwärts, wobei ihr mittlerer höchſter Theil immerfort im magnetiſchen Meridiane bleibt, oder ſich einige Grade öſtlich oder weſtlich von demſelben dieſem parallel fortbewegt. Selten ſind zugleich mehr als 5 ſolcher Bogen, und ebenfalls iſt ſelten nur einer zu ſehen. Nie iſt die Höhe auch des niedrigſten, wenn man ihn zuerſt erblickt, unter 4°. Beim höhern Hinaufziehn wird der Abſtand ihres öſtlichen und weſtlichen Endes (am Horizonte) größer, und die Bogen werden in dem Zenithe unregelmäßigbreite Ströme (streams), von denen jeder den Himmel in zwei ungleiche Theile theilt, doch nie einer den andern durchkreuzt, bevor ſie ſich in Theile trennen. Die Bogen, welche am Horizonte hell glänzen, nehmen an Glanz im Zenithe zu, und man wird die Stralen (beams) [1]) gewahr, aus denen ſie zuſammengeſetzt ſind, wenn die innere Bewegung ſchnell iſt. Dieſe innere Bewegung iſt ein plötzliches Aufglühen (glow), das nicht von irgend einer ſichtbaren Concentrirung der Materie herrührt, ſondern an verſchiednen Theilen des Bogens losbricht, als wenn eine verbrennliche Materie entzündet worden wäre, und verbreitet ſich ſchnell nach beiden Enden. In dieſer Bewegung werden die Stralen (beams) gebildet, (ſo wie ſie in der Anmerkung beſchrieben worden ſind.) Sie haben zweierlei Bewegung: die eine rechtwinklig auf ihre Länge oder ſeitwärts, und vermöge dieſer gehn Kränze, geſchlängelte Geſtalten, oder unregelmäßig gebrochene Curven aus ihnen aus (by the first they project themselves into wreaths, serpentine forms, or irregular broken curves), welche Kränze (wreaths), wenn ſie im Zenith ſind, die Erſcheinung der Nordlichtskronen darſtellen. Ihre zweite Bewegung iſt ein kurzes

---

*) Ich füge dieſe nach den Beſchreibungen der erwähnten drei Beobachter bei, da es hiedurch vielleicht erleichtert wird, ſich ein Bild von einer, freilich wohl kaum eine Beſchreibung zulaſſenden, Erſcheinung zu machen.

[1]) Beams beſchreibt H. als etwas koniſche Lichtpinſel (pencils of light), in parallelen Linien neben einander (ranged in parallel lines), mit ihrem zugeſpitzten Ende der Erde zugekehrt, in der Regel (generally) in der Richtung der Neigungsnadel.

zitterndes Vibriren, bei dem ſie ihren Parallelismus nicht genau behalten, welches Flackern allezeit von Farben begleitet iſt. Denn oft entſtehen auch Stralen ohne Farben, in welchem Fall ich die vibrirende Bewegung nicht bemerkt habe. Die Stralen haben in verſchiedenen Nordlichtern, (manchmal ſogar in demſelben) verſchiedene Größen, wahrſcheinlich nach Verſchiedenheit ihres Abſtandes von dem Beobachter. Wiederholt ſich die angegebene Evolution oft, ſo zerſtört ſie die Geſtalt und den Zuſammenhang der Bogen, ob ſchon auch dann das Nordlicht einem Beobachter am ſüdlichen Horizonte ohne Zweifel noch immerfort bogenförmig erſcheint. Während die Bogen nach dem Zenithe hinaufziehen, nimmt ihre Anzahl oft zu oder ab, durch ein Zerſtückeln, deſſen beſondre Umſtände ihre zu große Entfernung nicht gewahr werden läßt; aber auch dann gehn ihre verſchiednen Theile allmälig nach Süden über, wo ich ſie habe die Geſtalt eines Bogens wieder annehmen ſehen. Sie werden auch manchmal in Flammen *) und andre abgeriſſene Theile zerriſſen (distributet); die nach Süden oſtwärts fortziehn (which passed to the south eastward). Auf das Fortbewegen eines Bogens vom nördlichen zum ſüdlichen Himmel pflegt eine Zeit von 20 Minuten bis 2 Stunden hinzugehn. Die am Horizonte lichtſchwachen Bogen giengen häufig über das Zenith weg, ohne alles Zunehmen an Glanz und ohne alle ſichtbare innere Bewegung.

Die zweite Claſſe von Nordlichtern machen diejenigen aus, welche ſich aus verſchiednen Strichen des Compaſſes zwiſchen Nord und Weſt, nach den entgegengeſetzten Strichen zu fortpflanzen, manchmal auch am ſüdöſtlichen Viertel des Himmels entſtehen und ſich nach Nord-Weſt verbreiten. Sie laſſen ſich, wie die vorigen, unterabtheilen, in entfernte Bogen, welche nach dem Süd-Himmel ohne eine recht ſichtbare Veränderung ihrer Geſtalt hinüberziehen, und in ſolche, welche dabei Stralen entfalten und ſich in Zwiſchenräumen in Kränze (wreaths), Flammen und unregelmäßige Segmente trennend, alle oben beſchriebene Erſcheinungen zeigen.

Um die Art deutlich zu machen, wie die beiden Claſſen der Nordlichter nach dem Horizont zu geführt werden, nenne ich directe Bewegung der Bogen diejenige, welche in Richtungen vor ſich geht, die ſelten über 2 Striche vom magnetiſchen Meridian abweichen, Seiten-Bewegung der Bogen aber diejenige, durch welche das Nordlicht ſich beinahe rechtwinklig auf den magnetiſchen Meridian fort-

---

*) Unter Flammen (flashes) verſteht Hood einzeln zerſtreute Stralen, die eine ähnliche Geſtalt als die beams haben, aber unendlich breiter ſind, plötzlich erſcheinen, und ſelten eine lange Dauer haben.

pflanzt. Man denke ſich eine Maſſe Nordlicht, welche beim Entſtehn des Meteors von länglicher Geſtalt ſey und ihrer Länge nach die Meridiane rechtwinklig durchſchneide, in directer Bewegung nach dem magnetiſchen Süd, doch mit verſchiedner Geſchwindigkeit ihrer Theile, und zugleich mit ihren beiden Enden durch Seitenbewegung von dem Mittelpuncte ſich fortdauernd entfernend und ſo die Maſſe verlängernd. Tritt der mittelſte Theil der Maſſe zuerſt über den nördlichen Horizont hervor, ſo muß er wie ein Bogen erſcheinen, weil die wahren Enden unſichtbar ſind, und die directe Bewegung führt ihn in dieſer Geſtalt nach Süden. Wenn dagegen eines ihrer Enden zuerſt über dem Horizonte hervortritt ſo wird es ſich durch ſeine Seitenbewegung nach entgegengeſetzten Strichen ausdehnen und zugleich vermöge ſeiner directen Bewegung nach Süden gehen.

Es giebt noch zwei andere, nicht häufig vorkommende, Geſtalten des Nordlichts, welche unter keine dieſer beiden Beſchreibungen paſſen. Die erſte iſt eine kleine, hoch über dem Horizonte ſtehende, Lichtmaſſe, manchmal mit glänzenden Stralen, und dann verſchwindend oder nach dem Südhimmel hinübergehend; vermuthlich ein, bei heftiger Bewegung losgeriſſener, Theil von einer, unter dem Horizont befindlichen, Nordlichtmaſſe. Die zweite iſt ein, von Nord nach Süd gerichteter, Bogen; in einem ſolchen gehn die directe Bewegung und die Seitenbewegung nach einerlei Richtung vor.

Die Flammen und Stralen ſind meiner Meinung nach allgemein der Neigungsnadel parallel, wie ſich ergiebt, wenn man bedenkt, daß ſie ſich nach den Regeln der Perſpective zeigen müſſen. Denn nahe am magnetiſchen Meridian erſcheinen ſie lothrecht, in einiger Entfernung öſtlich oder weſtlich von demſelben aber ſind ſie gegen den Horizont unter verſchiednen Winkeln geneigt. Die Kronen (Coronae) und Kränze (wreaths) des Nordlichts kommen dem Beobachter oft ſo nahe, daß die Stralen unter Geſichtswinkeln von 10° oder 12° geſehn werden, und dieſe zeigen ſich dann von den Flammen durch nichts verſchieden, als durch minder lange Dauer. Die Farben, welche die Stralen bei ſchneller innerer Bewegung haben, ſind erbſengrün an den obern, und Purpur und Violet untermengt an den untern Enden; (die nämlichen drei Farben bemerkte Morgan an dem Lichte elektriſcher Funken, die er in eine luftleer gepumpte Glaskugel hineinſchlagen ließ).

Aus Richardſons Beſchreibungen entlehne ich Folgendes:

Was die Meinung Daltons betrifft, daß die Bogen des Nordlichts den magnetiſchen Meridian immer ſenkrecht durchſchneiden ſollen, ſo findet zwar ſehr häufig ein ſcheinbares Convergiren der Theile des Nordlichts nach dem magnetiſchen Oſt oder Weſt oder nach

Puncten in ihrer Nachbarſchaft Statt, ſehr ſelten jedoch erſcheint das Nordlicht, wenn es quer über den Himmel, ja ſelbſt durch den Zenith geht, dem Auge als ein Kreisbogen, ſondern iſt entweder elliptiſch oder bildet verſchiedne irreguläre Curven und Biegungen.

Die ſchmalen Stralen Licht, (the slender beams of light), aus welchen das Nordlicht beſteht, wenn es ſich ſehr ſchnell bewegt, ſind vollkommen einer ſchnellen Folge elektriſcher Funken ähnlich, die aus einem geladenen Cylinder mittelſt eines, mit einer Reihe Spitzen beſetzten, Körpers, den man ſchnell vor ihn hin und her bewegt, ausgelockt werden. Man denke ſich eine lang geſtreckte Wolke, welche am einen Ende ihrer Oberfläche aus einer Reihe von Spitzen ihre el. Ladung einer ähnlichen, ihre parallelen, Wolkenmaſſe mitzutheilen anfange. Es wird dann ſcheinen, als ſehe man einen Lichtſtrom, der aus lauter parallelen, auf ſeine Richtung ſenkrechten, Stralen beſtehe.

Wenn das Nordlicht ſchwach war, ſo hatte es allgemein eine ſtahlgraue Farbe (steel-gray) oder die Farbe der Milchſtraße. Befand ſich am Himmel die niedrigſtehende nebelartige Abart des Cirro-Stratus, ſo war das Licht größtentheils bald bläſſer, bald ſtärker goldgelb; und bei klarem Himmel, oder wenn nur wenige Streifen oder dünne Streifen von Wolken ſichtbar waren, erſchienen ſehr lebhafte und prismatiſche Farben.

Thienemann. Die gewöhnlichſte Geſtalt des Nordlichts iſt in Island die bogenförmige und zwar in der Richtung von Nordoſt nach Südweſt, etwas nach der einen oder andern Seite oft abweichend.

Es erſcheint die Erleuchtung in zitternder, gleichmäßiger Bewegung, oder in einem unruhigen Aufflackern, und oft in einer unbeſchreiblich geſchwinden theils partiellen, theils allgemeinen, rollenden Bewegung der leuchtenden Theilchen nach verſchiednen Richtungen und in verſchiednen Geſtalten.

Zehntes Capitel.

Praktiſche Anweiſungen über die Mittel, die Elemente des Erdmagnetismus auf Reiſen zu beobachten.

Da die Beobachtungen über den Magnetismus zu den Gegenſtänden gehören, welche der Aufmerkſamkeit der Reiſenden am meiſten anzuempfehlen ſind, ſo halte ich es für zweckmäßig, hier einige praktiſche Anweiſungen über die Art, wie ſie mit Genauigkeit anzuſtellen ſind, beizufügen.

Um mit dem einfachſten Fall anzufangen, will ich zuerſt annehmen, die Beobachtungen ſollen zu Lande angeſtellt werden. Die Vorſichtsmaßregeln, welche außerdem noch zu beobachten ſind, wenn man ſeine Unterſuchungen auf dem Meere anzuſtellen hat, in Fahrzeugen, die immer mehr oder weniger durch die Wellen bewegt werden, und die ſelbſt vermöge der Eiſenmaſſen, die zu ihrem Bau oder ihrer Ausrüſtung erforderlich ſind, einen ſtörenden Einfluß auf die Magnetnadel äußern können, will ich ſodann hinzufügen.

Das erſte Element, was man zu beſtimmen hat, iſt immer die Declination, d. i. der Azimutalwinkel, den die magnetiſche Axe der Magnetnadeln mit dem aſtronomiſchen Meridian bildet.

Die, zu dieſem Gebrauch beſtimmten, Inſtrumente werden Declinations-Bouſſolen oder Nadeln genannt. Unter den verſchiednen Geſtalten, die man ihnen gegeben hat, ſcheint mir die, von Caſſini vorgeſchlagene, die beſte zu ſeyn, deren Vortheile noch durch eine, von unſerm geſchickten Künſtler Hrn Gambey daran gemachte, Abänderung gehoben werden. Sie iſt in Fig. 48 Taf. IX dargeſtellt.

Dieſe Bouſſole beſteht im Weſentlichen aus einer langen Magnetnadel von rechteckiger Form, welche horizontal mit ihrem Durchſchnitt an einer Verbindung roher Seidenfäden ohne merkliche Drehung aufgehangen und mit einem eingetheilten horizontalen Kreiſe EOV umgeben iſt, welcher die Weiten ihrer Bewegungen zu meſſen dient. Der Befeſtigungspunct der Aufhängung iſt in C an einer Querleiſte von Kupfer, welche von zwei Säulen von demſelben Metall getragen wird; und dieſe Säulen ſind an ihrer Grundfläche in eine und dieſelbe, gleichfalls kupferne, Platte eingefügt, die auf einem, in der Mitte des Kreiſes angebrachten, Stift ruht, ſo daß das ganze Syſtem ſich um dieſe Mitte, wie eine gewöhnliche Alhidade, drehen kann. Ein kupferner Arm B, der an einer der Säulen befeſtigt iſt, führt auf dem eingetheilten Kreiſe EO einen Vernier V hin, der dieſe Bewegung zu meſſen dient. Um endlich die Aufhängung mit der Nadel vor ſtörenden Bewegungen der Luft ſicher zu ſtellen, umgiebt man ſie vollſtändig mit einem hölzernen oder kupfernen Gehäuſe mit einer Glasdecke, die auch von den nämlichen metallnen Stücken getragen wird. Iſt man auf dieſe Weiſe der vollkommnen Beweglichkeit der Nadel verſichert, ſo braucht man nur noch den Punct des Horizonts zu beſtimmen, nach welchem ſie ſich richtet. Zu dieſem Zweck legt man quer über die Gipfel der beiden Säulen eine Axe AA′, welche ein Fernrohr LL trägt, das ſich ſolchergeſtalt in einer verticalen Ebene bewegen kann, wenn die Axe AA′ eine horizontale Richtung hat. Um ihr dieſe Richtung zu geben, macht man zuvörderſt den eingetheilten Kreis EOV ſelbſt horizontal, indem man ſeine Stellſchrauben vvv herauf-

oder herabſchraubt, bis Nivellirwagen, welche man auf ſeine Oberfläche ſetzt, zu erkennen geben, daß er horizontal ſey; darauf hängt man eine dergleichen Nivellirwage mittelſt zweier Haken an die Axe AA' auf; und wenn ſie ſich noch nicht horizontal zeigt, regulirt man ſie noch vollends mittelſt eines kleinen Apparats aus beweglichen Stücken, der an die Säulen befeſtigt iſt, und in den Stand ſetzt ein Ende A der Axe ſowohl vertical als horizontal zu bewegen. Nun muß man wiſſen, daß das Fernrohr LL in ſeinem Innern zwey ganz feine kreuzweiſe Fäden (das Fadenkreuz) trägt, welche im Brennpunct des, dem Auge zunächſt befindlichen, Glaſes befindlich ſind, und deren Kreuzungspunct dient, genau die Richtung der Geſichtslinie zu fixiren, nach welcher man hinſieht. Der Künſtler nun hat dieſe Fäden mit Hülfe von Operationen, welche man das Umwenden (les rétournemens) nennt, ſo angebracht, daß der Geſichtsſtral, welcher durch ihren Kreuzungspunct geht, ſenkrecht auf die Axe AA' iſt und genau durch die Mitte derſelben geht. Das Fernrohr LL hat ferner nicht ein einfaches ſphäriſches Glas zum Objectivglaſe, ſondern zwei ſolche übereinander liegende Gläſer, die ſowohl ihrer Krümmung als Dimenſion nach ſehr ungleich ſind; und deren eines, welches die ganze Weite des Fernrohrs einnimmt, ſo beſchaffen iſt, daß es ein klares Bild der entfernten Gegenſtände auf die Fäden fallen läßt, während das andre kleinere der Art iſt, daß es, in Verbindung mit dem großen Glaſe, auf die nämlichen Fäden das Bild naher Gegenſtände bringt. Der Geſichtsſtral, der durch den Kreuzungspunct der Fäden geht, wird übrigens durch beide Gläſer auf dieſelbe Weiſe gerichtet. Demzufolge, wenn man blos nahe Gegenſtände mittelſt des Fernrohrs beobachten will, braucht man nur den ganzen Theil des großen Glaſes, welcher unnütz wird, zu bedecken, indem man an das Ende des Fernrohrs einen undurchſichtigen, in ſeiner Mitte aufgeſchnittenen, Deckel Fig. 49, anbringt; dagegen, um entfernte Gegenſtände zu erblicken, hat man einen andern Deckel zu ſubſtituiren, der in der Mitte undurchſichtig und an den Rändern aufgeſchnitten iſt, Fig. 50, ſo daß er das kleine centrale Glas ganz verdeckt. Dies wohl verſtanden, wird man, um mittelſt dieſes Apparats die Richtung der Magnetnadel zu beobachten, erſt das Gehäuſe derſelben ſo drehen, daß ſie ſich frei darin befindet (nicht an den Wänden des Gehäuſes anſtößt, wofern es zu weit aus der Richtung des magnetiſchen Meridians entfernt wäre). Iſt nun die Nadel zur Ruhe gekommen, ſo richte man das Fernrohr, nachdem man es zum Sehen naher Gegenſtände eingerichtet (mit dem Deckel Fig. 49 verſehen) hat, ſucceſſiv auf die beiden Enden der Nadel, wo ſich die feinen Kreuzfäden befinden, welche, wie bei der, zur Meſſung der täglichen Variationen beſtimmten, Nadel den Viſirpunct geben. Faſt nie wird es ſich treffen, daß man den Kreuzungspunct dieſer Fäden gleich Anfangs im Kreuzungspuncte der Fäden des Fernrohrs erblickt. Da man jedoch die Axe dieſes letztern horizontal, mittelſt der zum Stellen derſelben dienenden, Stücke verrücken, und eben ſo ſie drehen kann, indem man den, an die Säulen befeſtigten, Arm B in Gang ſetzt, ſo iſt es immer möglich, das Bild des Viſirpuncts an der Nadel zum Zuſammenfallen mit dem Kreuzungspuncte der Fäden des Fernrohrs zu bringen; ja dies Zuſammenfallen wird ſelbſt gleichermaßen Statt haben müſſen, mag man nach dem einen oder dem andern Ende der Nadel hinſehen. Iſt dieſe Bedingung erfüllt, ſo wird ſich die optiſche Axe des Fernrohrs d. i. der Geſichtsſtral, der durch den Kreuzungspunct der Fäden hindurchgeht, offenbar in der nämlichen Verticalebene mit der Linie befinden, welche durch die beiden, an den Enden der Nadel befindlichen, Kreuzungspuncte gezogen wird. Dieſe Ebene wird mithin der magnetiſche Meridian ſeyn, wofern nämlich die in Rede ſtehende Linie wirklich die magnetiſche Axe der Nadel ſelbſt iſt. Nehmen wir vor der Hand an, daß dem ſo ſey, ſo brauchen wir nur nur vom Fernrohr den Deckel hinwegzunehmen, der zum Naheſehen gedient hatte, und ſtatt deſſen den andern einzuſetzen, der das kleine Glas verdeckt, darauf das, ſolchergeſtalt dem Fernſehen angepaßte, Fernrohr nach Gegenſtänden hinzurichten, welche nahe am Horizont liegen und irgend einen recht deutlichen Punct aufzuſuchen, der genau unter dem Kreuzungspunct der innern Fäden erſcheint. Dieſer Punct wird im magnetiſchen Meridian liegen; und man wird mithin die Declination der Nadel erfahren können, indem man mit Muße den Winkel mißt, den er mit dem geographiſchen Meridian des Ortes macht, was eine der Aſtronomie angehörige Operation iſt. Nun aber kann man nie ſicher ſeyn, daß die, durch die beiden Viſirpuncte der Nadel gezogene, Linie ihr magnetiſcher Meridian iſt; man kommt mithin hier in den Fall, die auf S. 33 beſchriebene Berichtigung durch das Umwenden vorzunehmen. Sie iſt in dieſem Fall ſehr leicht. Denn der Nadel dient ein hohler Ring als Hülſe, in welchem ein kupferner Cylinder, der die Nadel umgiebt, genau eingepaßt wird. Um alſo die Nadel umzuwenden, braucht man nur den Cylinder umzudrehen, wodurch ſie zugleich mit umgekehrt wird, worauf man ihre Richtung von Neuem beobachtet. Giebt ſie den nämlichen Punct als zuvor am Horizont an, ſo hat man weiter nichts vorzunehmen. Iſt aber die zweite Richtung verſchieden von der erſten, wie dies faſt immer der Fall ſeyn wird, ſo muß man beide Richtungen in Bezug zum geographiſchen Meridian aufnehmen, und das Mittel aus den ſo beobachteten Winkeln ziehen. Dies wird die wahre Declination angeben.

Man kann dieſe Aufnahme der Winkel ſehr genau mit dem Inſtrument ſelbſt anſtellen. Zu dieſem Zweck ſuche man, nachdem man einen Punct des Horizonts gefunden hat, der in der optiſchen Axe des Fernrohrs liegt, die Zahl der horizontalen Kreiseintheilung, welcher dann der Vernier des Armes B entſpricht. Ohne jetzt dieſen Kreis weiter zu berühren, und ihn im Mindeſten aus ſeiner Lage zu bringen, mache man das Syſtem des Gehäuſes und der Säulen frei, ſich weiter um die Nadel nicht bekümmernd, und drehe den Arm B, bis das Fernrohr ſich auf ein bekanntes, gerade nahe am Horizonte befindliches, Geſtirn gerichtet findet. Man beobachte mittelſt einer guten Uhr genau den Augenblick, wo dies Geſtirn ſich hinter dem Kreuzungspunct der Fäden verbirgt; woraus man dann durch Berechnung den Winkel wird herleiten können, den der geographiſche Meridian mit der Verticalebene bildet, in welcher das Geſtirn ſich in dieſem Augenblick befand. Beobachtet man nun auch, welchem Punct des eingetheilten Kreiſes der Vernier des Arms B dann entſpricht, ſo wird man daraus den Winkel erfahren, den dieſe nämliche Ebene mit dem magnetiſchen Meridian bildet, in welchem das Fernrohr ſich erſt gerichtet befand; und ſomit wird man auch den Winkel haben, den dieſer Meridian mit dem geographiſchen Meridian bildet.

Da, wie wir gefunden haben, die Magnetnadel an dem nämlichen Ort kleine periodiſche Variationen erfährt, ſo wird man, um auf ſolche Weiſe eine ganz genaue Beſtimmung der Declination zu erhalten, die Beobachtungen in ſolchen Tagen und Stunden zu wiederholen haben, daß dieſe Variationen vermöge ſtrenger Entgegenſetzung ſich ausgleichen; auch wird man Umſtänden ausweichen müſſen, unter welchen die für die täglichen Variationen beſtimmte Nadel auf Urſachen zufälliger Störungen deutet. Ueberhaupt iſt, wenn man auf einige Genauigkeit Anſpruch machen will, unerläßlich, Tag und Stunde der Beobachtungen zu bemerken. Was die täglichen Variationen ſelbſt betrifft, deren Kenntniß für verſchiedne Orte und unter recht verſchiedenen Breiten gleichfalls ſehr wünſchenswerth wäre, ſo giebt es zu ihrer Beobachtung keinen vollkommenern Apparat, als den in vorigem Capitel beſchriebenen, Coulombſchen.

Die hier auseinandergeſetzte Methode zur Beobachtung der abſoluten Declination iſt im Grunde die nämliche, welche man auch zur Beſtimmung der Declinationen der Magnetnadel auf dem Meere anwendet; jedoch müſſen hier mehrere Modificationen damit vorgenommen werden, um ſie ausführbar zu machen. Zuvörderſt iſt das Fernrohr wegzulaſſen; denn wegen der Bewegungen des Schiffes würde das Hindurchſehen mit Schwierigkeit verbunden ſeyn; ſtatt deſſen hat man bloße Diopterlineale (pinnules) anzuwenden, welches longitudinale kupferne Platten ſind, verſehen mit einem Längenſpalt, längs deſſen ſich ein einfacher Faden ausgeſpannt befindet. Zwei ſolcher Diopterlineale werden am Umkreis eines innern Gehäuſes, welches ſich frei im äußern Gehäuſe des Apparats drehen kann, einander gegenüber vertical ſo angebracht, daß die Fäden derſelben, nach welchen man hinviſiren ſoll, ſich an den beiden entgegengeſetzten Enden eines und deſſelben Durchmeſſers der Kreiseintheilung befinden. Dieſe Eintheilung iſt aber hier nicht mehr auf einem befeſtigten Kreis verzeichnet, vielmehr auf einer leichten Scheibe von Pappe oder Horn (Windroſe oder Schiffsroſe), die von der Nadel ſelbſt getragen und gerichtet wird (weshalb man ſie an die Nadel anklebt): die Nordſpitze der Nadel iſt auf den Nullpunct der Eintheilung geſtellt. Da es ferner unmöglich iſt, dem Inſtrument eine unbewegliche Stellung auf einer feſten Ebene zu ſichern, ſo muß man es auf eine Art aufhängen, daß es ſo wenig als möglich an den Bewegungen des Schiffes Theil nimmt, und immer durch ſein eignes Gewicht die, zu den Beobachtungen erforderliche, horizontale Lage anzunehmen ſtrebt. In dieſer Abſicht bedient man ſich einer Aufhängungsart mittelſt gekreuzter Axen, welche in Fig. 51 vorgeſtellt iſt. Am Inſtrument iſt zuvörderſt die erſte Axe aa befindlich, welche ſich frei in zwei entgegengeſetzten Puncten eines kupfernen Ringes drehen kann; und dieſer Ring iſt wieder ſeinerſeits an einer andern, rechtwinklig gegen die erſte gerichteten, Axe bb aufgehangen. Auf dieſe Weiſe kann das, an der erſten Axe aa aufgehangene, äußere Gehäuſe bei jedweder Neigung, die man den äußern Trägern dieſes Syſtems geben will, wofern man nur gewiſſe Gränzen hierin nicht überſchreitet, in verticaler Lage bleiben; und wirklich wird es bei jedweder Lage, die das Schiff annimmt, mehr oder minder ſchnell durch ſein eignes Gewicht in dieſe Lage zurückgeführt; ſo daß die Nadel ſo wenig Störung als möglich erfährt, insbeſondre, wenn man Sorge trägt, ſie ſo anzubringen, daß ihr Schwerpunct ſich im Kreuzungspuncte beider Axen befindet. Um einen Gegenſtand mit dieſem Inſtrument aufzunehmen, dreht man das innere Gehäuſe, bis die Fäden der Diopterlineale genau nach dem Gegenſtande hingerichtet ſind; und da die Nadel vermöge ihrer richtenden Kraft an dieſer Bewegung nicht Theil nimmt, ſo giebt der Durchmeſſer der Kreiseintheilung, welcher die verbindende Linie der Diopterfäden bezeichnet, den Winkel an, welchen die Richtung des Gegenſtandes mit derjenigen bildet, die die Nadel behält. Zur Erleichterung dieſer Beobachtung ſind auf der Innenwand des innern Gehäuſes zwei feſte Linien in gleicher Höhe mit der Eintheilung, welche die Nadel trägt, gezogen. Man mittelt zuerſt ein für allemal durch einen Verſuch die Zahlen der Eintheilung aus, welchen dieſe Striche entſprechen, wenn der, die Fäden verbindende, Durchmeſſer in die Richtung der Nadel fällt; alsdann meſſen die verſchiednen Zahlen, vor welchen die Striche zu ſtehen kommen, wenn man das innere Gehäuſe um einen gewiſſen Winkel gedreht hat, die Größe dieſes Winkels. Auf dem Meere erfordert die Anwendung dieſes Inſtruments allemal zwei Beobachter; deren einer durch die Diopter viſirt, während der andre den mitteln Ort der, wegen der Bewegung des Fahrzeugs immer ſchwankenden, Nadel am Gehäuſe aufſucht und beſtimmt.

Ich kann dieſen Abſchnitt über den Seecompaß nicht ſchließen, ohne eine ſinnreiche Verbeſſerung anzuführen, die der Capitain Kater an dieſem Inſtrument angebracht hat, wodurch die Genauigkeit ſowohl als Leichtigkeit ſeiner Anwendung gewinnt. Das Weſentliche dieſer Verbeſſerung liegt darin, daß der Beobachter in den Stand geſetzt wird, zur nämlichen Zeit und mit demſelben Auge einen ganz feinen Faden, der ſich auf den Gegenſtand, deſſen Lage man aufnehmen will, projicirt, und zugleich den Punct der Kreiseintheilung, welcher der Richtung der, zu dieſem Gegenſtande führenden, Geſichtslinie entſpricht, zu erblicken. Man erhält dieſe doppelte Wirkung; indem man das Bild des entfernten Gegenſtandes durch das directe Sehen in die Pupille fallen läßt, das der kreisförmigen Eintheilung aber durch einen geneigten Spiegel.

Nächſt dieſer Bemerkung wird folgende Beſchreibung dienen, die Einrichtung dieſes Katerſchen Inſtruments noch vollends zu erläutern. Seine Darſtellung iſt in Fig. 52 gegeben. Es beſteht aus einem kupfernen Gehäuſe von ungefähr 63 Millimeter im Durchmeſſer, deſſen kreisförmiger Boden in der Mitte einen fein zugeſpitzten Stahlſtift trägt, auf den die Magnetnadel mit ihrer Mitte mittelſt eines Agathütchens aufgeſetzt wird, um ſich frei drehen zu können. Dieſe Nadel trägt, wie bei den Seecompaſſen, einen Kreis von leichter Pappe oder Horn, deſſen Umkreis in Grade eingetheilt iſt und an deſſen Nullpunct ſich die Nordſpitze der Nadel befindet. Das Ganze iſt mit einem Deckel von recht durchſichtigem Spiegelglaſe verſehen, welcher die Nadel vor ſtörenden Bewegungen der Luft ſchützt. Die Vorrichtung zum Viſiren nach den Gegenſtänden beſteht aus zwei Stücken, A und B. Erſtres A. iſt eine, auf die Ebene des Gehäuſes ſenkrechte, Kupferplatte, in der Mitte mit einer Längenöffnung durchbrochen, in deren Mitte ſich ein ganz feiner Faden geſpannt befindet, der während der Beobachtungen vertical und ſenkrecht auf die Ebene der Kreiseintheilung bleiben muß. Man erhält die Erfüllung dieſer Bedingung, indem man ihn durch ein kleines Gewicht ſpannt, und die Stellung des Gehäuſes ſo regulirt, daß dies Gewicht an einen feſten Strich F', welcher auf dem Fuß der Platte verzeichnet iſt, antrifft. Dieſem Theil gegenüber befindet ſich der Theil B, an welchen das Auge gebracht wird. Er beſteht im Weſentlichen 1) aus einem kleinen Loch T, durch welches man direct nach dem Faden F. und dem Gegenſtande, der zum Viſirpunct genommen werden ſoll, hinſieht; 2) aus einem kleinen halbrunden Stück einer biconvexen Linſe, in der Figur mit C bezeichnet, beſtimmt, das Bild der Grade der Kreiseintheilung, welches durch einen kleinen ſilbernen Spiegel M zurückgeworfen wird, dem Auge näher zu bringen und zu vergrößern. Da die Oeffnung der Pupille einen merklichen Durchmeſſer hat, ſo vermag man auf dieſe beiden Arten zu gleicher Zeit zu ſehen. Der verticale Faden erſcheint dann als ein dünner Strich auf dem zurückgeworfenen Bilde der, ihm diametral entgegengeſetzten, Eintheilungen: und giebt durch dies Uebereinanderfallen die Beſtimmung der Geſichtslinie mit eben ſo viel Leichtigkeit als Genauigkeit. Wenn man z. B. das Inſtrument, nachdem es horizontal gemacht worden iſt, dreht, bis der Faden ſich auf 180° projicirt, ſo wird die Geſichtslinie mit der Richtung der Nadel ſelbſt zuſammenfallen, und die Abweichung der, auf dieſer Richtung gelegenen, Gegenſtände null ſeyn. Dreht man aber das Gehäuſe horizontal um einen gewiſſen Winkel, und läßt ſo die Geſichtslinie auf andre Gegenſtände fallen, ſo wird die Nadel, die ſtets nach dem nämlichen Puncte des Raums gekehrt bleibt, die Kreiseintheilung in der nämlichen Lage feſt halten: und der Faden des Diopterlineals wird ſich auf eine andre Zahl Grade projiciren, wodurch der Winkel, um den die Drehung erfolgt iſt, gemeſſen wird.

Jetzt wollen wir zur Beobachtung der magnetiſchen Neigung kommen. Das Inſtrument, deſſen man ſich hiezu bedient, Inclinationsnadel genannt, iſt ſchon S. 7 ausführlich genug beſchrieben worden, um hier einer weitern Betrachtung ſeiner Einrichtung überhoben ſeyn zu können. Ich führe nur noch an, daß ſeine Lage auf dieſelbe Weiſe geſichert wird, als die der Declinationsnadel, und daß man es ebenfalls auf einem feſten Fuß anbringt, wenn man ſich zu Lande befindet. Zu Schiffe aber hängt man es frei auf mittelſt eines, an ſeinem obern Theil befeſtigten, Ringes, der zu einem Syſtem mit gekreuzten Axen gehört.

Zur Beobachtung der Neigung im einen wie im andern Fall iſt zuvörderſt erforderlich, die Verticalebene, in welcher die Nadel enthalten iſt, und die durch die Oberflächen des kreisförmigen Randes, in deren Mitte die Nadel aufgehangen iſt, bezeichnet wird, in die Richtung des magnetiſchen Meridians zu bringen. Dies läßt ſich auf dreifache Weiſe bewerkſtelligen: 1) Indem man die Richtung dieſer

Ebene nach der zuvor beſtimmten Richtung des magnetiſchen Meridians regulirt; 2) indem man erſt das Azimuth aufſucht, in welchem die Nadel genau vertical wird, und dann die Ebene um 90° davon dreht; 3) endlich, indem man den Rand in das Azimuth dreht, und erhält, wo die Neigung der Nadel gegen die Erde die möglichſt kleinſte iſt. Letztres Mittel, obwohl weniger genau als die beiden andern, hat jedoch keine bedeutenden Irrungen in den Reſultaten zur Folge, weil innerhalb eines Raums von einigen Graden zu beiden Seiten des magnetiſchen Meridians die Neigung faſt die nämliche bleibt, als in dieſem Meridian. Uebrigens iſt es das einzige, das ſich auf dem Meere anwenden läßt, weil die beſtändige Bewegung des Schiffes hier hindert, einen feſten Bezug zwiſchen zwei ſucceſſiven abſoluten Lagen der Kreisebene ſicher zu beſtimmen.

Iſt nun der kreisförmige Rand des Inſtruments nach einer dieſer Methoden genau oder faſt genau in die Richtung des magnetiſchen Meridians gebracht, ſo möge O diejenige der Flächen der Nadel heißen, welche ſich dann nach einem beſtimmten Puncte des Raumes, z. B. nach Oſten gekehrt findet. In dieſer Lage bemerke man den Punct der Eintheilung, bei welchem die Nadel ſtehen bleibt, wenn man ſich zu Lande befindet; oder, was wenigſtens eben ſo genau, und ſelbſt auf dem Meere anwendbar iſt, man bemerke die äußerſten Puncte ihrer Oscillationen, wenn ſie nur noch in einer kleinen Weite ſchwingt: man beobachte in dieſem Bezug *ihre beiden Enden*, und nehme ein Mittel zwiſchen dieſen Reſultaten, welches den Vortheil gewährt, den Irrthum zu berichtigen, der daraus entſtehen könnte, wenn die Nadel nicht ganz genau in der Mitte der Kreiseintheilung aufgehangen wäre. Dies ſetzt voraus, daß die beiden Puncte Zenith und Nadir der Eintheilung genau in die Verticale fallen. Zu Lande bringt man ſie darein, indem man der Lage des Inſtruments durch die Stellſchrauben ſo nachhilft, daß die Nivellirwagen des Kreiſes, welcher zur Baſis dient, die horizontale Lage deſſelben bezeugen. Zu Schiffe läßt ſich dieſe Richtung nur durch ein Mittel aus zehn bis zwölf Beobachtungen erhalten, bei welchen, vermöge der ſchwankenden Bewegung des Schiffes, das Zenith der Eintheilung abwechſelnd nach der einen und der andern Seite des wahren Zeniths hinübergeht. Hat man ſo die Neigung in der Lage der Nadel beobachtet, wo ihre Fläche O nach Oſten gekehrt iſt, ſo wiederhole man die Operation bei nach Weſten gekehrter Lage der nämlichen Fläche O, mit Beobachtung derſelben Vorſichtsmaßregeln als beim erſten Verſuch und nehme wiederum das Mittel aus den Reſultaten.

Dieſes Umwenden hat hier, wie bei der Declinationsnadel, den Zweck, eine Abhülfe wegen Nichtkenntniß der magnetiſchen Axe der

Nadel zu gewähren, denn obwohl dieſelbe gewöhnlich von der Mittellinie der Nadel nicht ſehr abweicht, ſo fällt ſie doch nicht immer genau damit zuſammen. Deshalb darf man dieſe Vorſichtsmaßregel nie aus der Acht laſſen.

Das Mittel aus den vier, ſo erhaltenen, Beobachtungen würde die wahre Neigung geben, wenn die Nadel völlig genau in ihrem Schwerpunct aufgehangen wäre. Allein wie ſehr auch bei Verfertigung des Inſtruments auf Erfüllung dieſer Bedingung Bedacht genommen ſeyn mag, darf man doch nie erwarten, daß derſelben in mathematiſcher Schärfe Genüge geleiſtet ſey; und dann wird die Neigung durch die Uebermacht des einen Arms der Nadel vermehrt oder vermindert werden. Man kann indeß den Einfluß dieſer Ungenauigkeit dadurch heben, daß man ihn ſich ſelbſt entgegenſetzt, wie auf S. 34 gezeigt worden. In dieſer Abſicht nimmt man die Nadel weg, kehrt ihre Pole durch neues Magnetiſiren mittelſt ſtarker Magnete um, und wiederholt dann die vier Beobachtungen nach der obigen Weiſe. Dann wird man einen neuen Werth für die Neigung erhalten, die, wenn die Nadel mit Sorgfalt verfertigt iſt, eben ſo weit nach der einen Seite von der Wahrheit abweichen wird, als die vorige nach der entgegengeſetzten, ſo daß das Mittel zwiſchen beiden die wahre Neigung geben muß. Auch dieſe Umkehrung der Pole wird man möglichſt oft vorzunehmen haben.

Noch bleibt uns von der Intenſität der magnetiſchen Kräfte zu ſprechen übrig. Man leitet ihren Werth aus der Oscillationszahl einer horizontalen Nadel in Verbindung mit der beobachteten Größe ihrer Neigung her.

Es heiße N die Secundenzahl, welche die Nadel braucht, um eine gewiſſe Anzahl horizontaler Oscillationen an einem Orte zu vollbringen, wo die Intenſität der Kräfte durch R und der Abſtand der Magnetaxe vom Zenith durch Z ausgedrückt iſt; und n, r, z mögen die entſprechenden Größen für irgend einen andern Ort ſeyn. Man wird dann haben

$$r = R . \frac{N^2 \sin Z}{n^2 \sin z}$$

Dieſe Methode iſt vorzüglich in ſolchen Gegenden anwendbar, die den magnetiſchen Polen der Erde nicht zu nahe liegen. Zu ihrer Genauigkeit ſind aber mehrere Vorſichtsmaßregeln erforderlich.

Zuvörderſt muß alle merkliche Reibung bei der Aufhängung vermieden werden; wozu man gelangt, indem man ſie durch eine Verbindung roher ungedrehter Seidenfäden bewerkſtelligt. Alsdann iſt der Nadel, gemäß dem, was ſchon S. 22 hierüber geſagt worden iſt, eine horizontale Lage zu ſichern, indem man ſie in eine einfache Papierhülſe von unmerklichem Gewicht einlegt. Unter allen Geſtalten, die man der Nadel geben kann, eignet ſich die eines langen und dünnen Parallelepipedums zu Beobachtungen dieſer Art am beſten. Man muß Sorge tragen, die Nadel mit ihrer flachen Seite, nicht mit der Schneide, in die kleine Hülſe einzulegen, um den Widerſtand zu ſchwächen, den die Luft ihren Oscillationen entgegenſetzt.

Bisher haben wir immer den Erdmagnetismus als die einzige, auf die Magnetnadeln, deren Bewegungen wir beobachteten, wirkenden, Kraft angeſehen. Auch laſſen ſich in der That die Verſuche immer auf dieſen einfachen Fall zurückbringen, wenn ſie zu Lande angeſtellt werden; indem man dann nur Sorge zu tragen hat, ſich von jeder magnetiſchen Subſtanz entfernt zu halten, und zur Zeit der Beobachtung weder Schlüſſel noch ſonſt ein andres eiſernes Inſtrument an ſich zu tragen. Dieſe Freiheit hat man aber nicht mehr am Bord der Schiffe, deren Bau ſowohl als Ausrüſtung mit Waffen, Kanonen und Geräthſchaften aller Art eine Menge Eiſens nöthig macht. Dieſe Maſſen in ihrer Geſammtheit müſſen auf die Compaßnadeln eine Wirkung äußern, die ſich mit der magnetiſchen Kraft des Erdkörpers zuſammenſetzt, und demzufolge ihre Richtung und Bewegung modificiren muß.

Um eine klare Einſicht in den Erfolg, den dieſe Wirkung haben kann, zu erlangen, muß man zuvörderſt drei Urſachen, von denen ſie abhängen kann, unterſcheiden. Sie kann herrühren von einem dauernden Magnetismus, der den Eiſenmaſſen durch ihre Bearbeitung ertheilt worden iſt; oder von dem zufälligen Magnetismus, den dieſe Eiſenmaſſen durch den magnetiſchen Einfluß des Erdkörpers erlangt haben; oder endlich von einem eben ſolchen Magnetismus, der durch den Einfluß der Compaßnadel in den, ſie umgebenden, Eiſenmaſſen hervorgerufen worden iſt. Dieſe drei Urſachen können vereint oder getrennt vorkommen, und zuſammen- oder ſich entgegenwirken.

Die dritte läßt ſich allerdings ſo weit ſchwächen, daß ihr Einfluß unmerklich wird, indem man die Bouſſole an einen ſolchen Ort des Schiffes ſtellt, wo ſich keine beträchtliche Eiſenmaſſe in der Nähe befindet. Nicht ſo aber verhält es ſich hinſichtlich der beiden andern Urſachen. Da ihre Wirkungsſtärke unabhängig von der Nadel iſt, ſo laſſen ſich ihre Gränzen nicht vorausſehen. Glücklicherweiſe kann die verſchiedene Beſchaffenheit der Wirkungen, die ſie hervorzubringen fähig ſind, zu ihrer Unterſcheidung dienen.

Wir wollen uns zuvörderſt mit der erſten Art der Wirkung beſchäftigen, die von einem, den Eiſenmaſſen auf die Dauer angehörigen, Magnetismus herrühren könnte. Für dieſen Fall wird man, wie auch dieſe Maſſen im Schiffe vertheilt ſeyn mögen, und von welcher Beſchaffenheit und Intenſität immer der freie Magnetiſmus auf den verſchiedenen Puncten jeder derſelben ſeyn mag, wofern ſie, wie unſre erſte Bedingung vorausſetzt, hinlänglich entfernt von der Nadel ſind, ihre Wirkungen ſtets in zwei Mittelkräfte zuſammenſetzen können, eine nördliche und eine ſüdliche von gleicher Intenſität, und deren relative Richtung gegen die Axe des Fahrzeuges von der Vertheilung des Magnetiſmus in dieſen Maſſen, ſo wie ihrer Lage gegen die Bouſſole und unter ſich ſelbſt abhängen wird. Dieſe Intenſität und relative Richtung werden ſich alſo gleich bleiben, in welche Richtung man immer die Axe des Fahrzeugs bringen mag, ſey es, daß man ſie nach Oſt, nach Weſt, nach Nord oder Süd kehre. Die Mittelkraft, von der die Rede iſt, wird ſich immer nur mit ihr drehen, indem ſie die nämliche Anzahl Grade um die Verticale beſchreibt. Dem iſt aber nicht ſo hinſichtlich der richtenden Kraft der Erde. Da dieſe immer nach der nämlichen Richtung wirkt, weil ſie von den Bewegungen des Schiffes unabhängig iſt, ſo wird ſie auch immer ſtreben, die Nadel in die nämliche Richtung zurückzuführen, die ſie ſelbſt hat, d. i. in den magnetiſchen Meridian des Beobachtungsortes. Die Nadel wird ſich alſo zu gleicher Zeit durch zwei richtende Kräfte von beſtändiger Intenſität ſollicitirt finden, deren aber blos eine eine feſte Richtung hat, während die andre ſich ſtets mit dem Schiffe, und zwar mit ihm um dieſelbe Anzahl Grade, dreht. Dieſe Kenntniß reicht hin, das Geſetz für alle Ablenkungen, welche die Nadel durch ein ſolches Zuſammenwirken beider Kräfte erfahren muß, in Zahlwerthen anzugeben.

Die Bewährung dieſes Geſetzes iſt ſehr leicht. Man braucht nur einen Augenblick zu benutzen, wo das Schiff in einer ſichern und ruhigen Bucht vor Anker liegt. Hier ſucht man am Horizont irgend einen entfernten Gegenſtand auf, der als Viſirpunct dienen kann, richtet die Axe des Fahrzeugs genau nach ihm hin, und mißt den Winkel, den dieſelbe alsdann mit der Richtung der Magnetnadel bildet. Darauf dreht man das Fahrzeug um eine gewiſſe Anzahl Grade, die man durch Beziehen auf den feſten Viſirpunct mißt, und beſtimmt auch den neuen Winkel, den ſeine Axe jetzt mit der Nadel bildet. Die nämlichen Beobachtungen wiederholt man im ganzen Umkreis des Horizonts, bis das Fahrzeug zu ſeiner erſten Lage zurückgekehrt iſt. Zu gleicher Zeit befindet ſich ein andrer Beobachter am Viſirpunct ſelbſt, mit einer andern Bouſſole, die mit der erſten wohl verglichen iſt, und nimmt den Winkel auf, den die Richtung der Nadel mit der, vom Viſirpuncte zum Schiffe gezogenen, Geſichtslinie bildet. Aus der Uebertragung dieſes Winkels aufs Schiff ergiebt ſich die

Größe, um welche die Viſirlinie wirklich von dem, durch die bloße Wirkung des Erdmagnetiſmus beſtimmten, magnetiſchen Meridian abwich, woraus ſich dann die Richtung und Größe der örtlichen Ablenkung herleiten läßt, welche die Bouſſole am Bord in jeder der Lagen, in welche das Schiff gebracht worden iſt, erfahren hat. Wendet man auf Beobachtungen dieſer Art die Formel an, welche ſich theoretiſch aus der Annahme einer beſtändigen ſtörenden Kraft ergiebt, ſo findet man ſie unter Breiten, welche vom magnetiſchen Aequator nicht ſehr entfernt ſind, ganz gut damit in Uebereinſtimmung; allein der Irrthum nimmt mit der Annäherung an höhere Breiten zu.

Daß jedoch die ſo beobachteten Ablenkungen vom wahren magnetiſchen Meridian nicht einzig auf Rechnung der ſich gleichbleibenden Wirkung eines dauerhaften, den Eiſenmaſſen im Schiffe eigenthümlichen, Magnetiſmus zu ſchreiben ſind, dafür liegt ein augenſcheinlicher Beweis darin, daß in dem nämlichen und auf die nämliche Weiſe betrachteten, Schiffe die Größe und Geſetze der Veränderungen, welche eine und dieſelbe Bouſſole in ihrer Ablenkung erfährt, in dem Maße verwickelter werden, als man ſich zu höhern Breiten erhebt. Allerdings müßte auch, wenn die dem Schiffe ſelbſt innwohnende und unter allen Breiten ſich gleich bleibende magnetiſche Wirkung die ganze Schuld jener Ablenkung trüge, der Erfolg davon mit der Annäherung an die magnetiſchen Pole der Erde ſich verſtärkt zeigen; denn da ſich hier die Mittelkraft der Erdkräfte der Verticale immer mehr nähert, ſo muß ihre horizontale Seitenkraft, welche die richtende Kraft der Magnetnadeln iſt, nothwendig entſprechend immer ſchwächer werden, und hierin iſt ſelbſt eine der Urſachen zu ſuchen, durch welche die Beobachtungen der Abweichung unter hohen Breiten ſo unſicher werden, indem hier die Wirkung der ſchwächſten fremden magnetiſchen Kraft auf die Magnetnadel hinreicht, große Irrungen zu veranlaſſen. Allein dieſe Schwächung der horizontalen Seitenkraft läßt ſich immer noch nach der beobachteten Neigung berechnen, und man kann mithin ihren Einfluß ſchätzen. Nun findet man, daß dieſelbe zur Erklärung der Veränderungen, welche in den abſoluten Größen der Ablenkungen und in der Art, wie ſie nach den Lagen des Schiffes variiren, eintreten, keineswegs ausreicht.

Die Erſcheinung muß alſo, wenigſtens zum Theil, von der augenblicklichen Erregung des Magnetiſmus in den Eiſenmaſſen des Schiffes durch vertheilende Wirkung des Erdkörpers abhängen. Erinnert man ſich nun, welche Schwierigkeit es hat, die Art, wie bei ſolcher Erregung die Elektricität oder der Magnetiſmus ſich in den Körpern vertheilt, ſelbſt für Körper von ganz einfacher Geſtalt, als

Theile von Cylindern oder Kegeln, zu beſtimmen, ſo läßt ſich vorausſehen, welche Verwicklung ſich in dieſer Hinſicht bei unregelmäßigen Maſſen, die in Bezug zur Bouſſole ohne Ordnung und Geſetz angeordnet ſind, darbieten wird. Es iſt nur zu einleuchtend, daß hier von der Berechnung gar nichts zu erwarten iſt: es bleibt alſo in dieſem Fall nichts übrig, als das Geſetz der Ablenkungen durch die Erfahrung zu beſtimmen, indem man die Richtungen der Bouſſole am Bord und zu Lande für verſchiedne Lagen des Fahrzeuges vergleicht, wie wir oben erörterten. Auf dieſe Weiſe verfuhren die engliſchen Seeofficiere bei ihrer erſten Expedition nach dem Nordpol. Man findet auf dieſe Weiſe, daß nicht nur die abſolute Größe der Ablenkung, ſondern ſelbſt ihr Geſetz ſich von einem Orte zum andern ändert; wie dies in der That nach der Theorie ſo ſeyn muß, denn da die Bewegung des Schiffes um die Verticale vorgeht, ſo bietet es ſeine Eiſenmaſſen dem Einfluß des Erdmagnetismus ſucceſſiv unter verſchiedenen Richtungen dar, wodurch Magnetismus von verſchiedner Intenſität erweckt werden muß. Nur auf dem magnetiſchen Aequator ſelbſt und in geringem Abſtande von dieſem Aequator können die Geſetze dieſer Veränderung ſich vereinfachen; denn da hier die Richtung der Erdkräfte horizontal iſt, ſo wird in allen Lagen des Schiffes, welche einander um 180° entgegengeſetzt ſind, ein Magnetismus von der nämlichen Intenſität, obwohl entgegengeſetzter Beſchaffenheit erregt. Nimmt man alſo die halbe Summe der, in je zwei ſolchen Lagen beobachteten, Ablenkungen, ſo werden die Irrthümer ſich wechſelſeitig aufheben, und das Mittel unter den Beobachtungen wird die wahre Abweichung geben. Dies Ergebniß ſtimmt mit den Beobachtungen des Capitain Flinders, eines berühmten Seemanns überein, der dieſe Berichtigungsart durch Umwenden zuerſt angegeben und in Gebrauch gezogen hat.

Da in der Zuſammenſetzung der Chronometer oder Uhren, deren man ſich am Bord der Schiffe zur Zeitmeſſung bedient, mehrere ſtählerne Theile eingehen, deren einige beweglich ſind, ſo würde begreiflich der Gang derſelben eine Störung erleiden können, wenn man ſie in die Nähe magnetiſcher Stangen brächte, die vertheilend auf die in Rede ſtehenden Stücken wirken könnten. In der That beſtätigt dies die Erfahrung; und der nämliche Erfolg muß daher auch bis zu gewiſſem Grade bei den Seereiſen eintreten, ſowohl vermöge der conſtanten Wirkung der Erde, als vermöge des magnetiſchen Einfluſſes der Eiſenmaſſen, durch welche die Bouſſolen abgelenkt werden. Es iſt für die Sicherheit der Schiffahrt von großer Wichtigkeit, dieſe Störungen im Gange der Uhren ſo ſehr als möglich zu ſchwächen, und man wird dieſen Zweck unſtreitig zum großen Theil erlangen, wenn man dieſe

Inſtrumente immer an einen und denſelben, von den Bouſſolen und magnetiſchen Stäben entfernten, Ort ſtellt. Denn bei Beobachtung dieſer Vorſicht können die Störungen, die ſie erfahren, nur ſehr ſchwach und ziemlich gleichförmig ſeyn, ſo daß ſie ſich leicht durch Beobachtungen am Himmel berichtigen laſſen. Dieſe nützliche Bemerkung iſt neulich in England gemacht worden.

Zuſätze

über die Geſetze nach welchen weiches Eiſen auf die Magnetnadel wirkt *).

Barlow ſtellte Verſuche und Berechnungen über die Wirkung von Kugeln aus weichem Eiſen auf die Magnetnadel an, und gelangte dabei zu folgenden Reſultaten.

1) Wenn man eine empfindliche Declinationsbouſſole an eine aus Eiſen beſtehende Kugel anhält, ſo wird die Compaßnadel in verſchiedenen Stellen von dem magnetiſchen Meridian abgelenkt.

2) An jeder eiſernen Kugel giebt es jedoch zwei größte Kreiſe, welche die Eigenſchaft haben, daß, wenn man eine Declinationsnadel mit ihrem Mittelpuncte in die Ebenen dieſer Kreiſe bringt, die Kugeln gar keinen Einfluß auf die Lage der Nadel äußern. Die erſte dieſer Ebenen iſt die des magnetiſchen Meridians; die zweite ſteht ſenkrecht auf der Richtung der Neigungsnadel, und dieſe letztere nennt Barlow die Ebene keiner Anziehung (of no attraction).

3) Wenn man dieſen Indifferenzkreis als den magnetiſchen Aequator der eiſernen Kugel betrachtet, ſo finden auf ihr auch magnetiſche Pole, Breitenkreiſe und Längen demſelben entſprechend Statt. Man nehme als erſten Meridian die Ebene des, auf den magnetiſchen Meridian ſenkrechten, größten Kreiſes, der durch die magnetiſchen Pole und den magnetiſchen Oſt- und Weſtpunct geht. Dann iſt die Tangente der Ablenkung 1) dem Producte aus dem Sinus und dem Coſinus der Breite, oder, was auf eins hinauskommt, dem Sinus der doppelten Breite proportional, 2) iſt ſie bei übrigens

---

*) Die Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand ſind zwar noch keineswegs geſchloſſen; jedoch bei dem Intereſſe, das er erregt hat, waren hier wohl dieſe Zuſätze nicht überflüſſig. Sie ſind ausgezogen aus Gilberts Annalen Jahrg. 1823. H. 1. (Verſuche und Sätze über den Magnetismus des Eiſens von Peter Barlow und Verſuch über die magnetiſche Anziehung); ferner H. 7. (Prüfende Unterſuchungen der Barlowſchen Geſetze von Dr. G. G. Schmidt).

gleichen Umſtänden dem Coſinus der Länge proportional *); ſteht alſo im zuſammengeſetzten Verhältniſſe des Sinus der doppelten Breite und des Coſinus der Länge.

4) Das nämliche Geſetz findet Statt, wenn man ſich die Mitte der Compaßnadel als das Centrum einer Kugel vorſtellt, die auf dieſe Art (nach Länge, Breite u. ſ. w.) eingetheilt wäre, und an deren Oberfläche ſich der Mittelpunct der Eiſenkugel, oder wenn es ein Körper von andrer Geſtalt iſt, der magnetiſche Schwerpunct deſſelben befände. Hieraus laſſen ſich auch bei jedem unregelmäßigen Körper die ſtörenden Kräfte, je nach ſeiner Lage gegen den Compaß und den magnetiſchen Meridian beſtimmen.

5) Die Tangenten der Ablenkung verhalten ſich umgekehrt, wie die Cuben der Entfernungen beider Mittelpuncte (der Kugel und Magnetnadel) von einander; und nehmen wir, Coulombs Verſuchen zufolge, an, daß die Stärke der magnetiſchen Anziehung abnimmt, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen, ſo wird dies Geſetz zu folgendem: die Tangenten der Ablenkung ſtehn im geraden Verhältniſſe der Kraft und im umgekehrten der Entfernung.

6) Bei Eiſenkugeln von verſchiedener Größe verhalten ſich die Tangenten der Ablenkung gerade wie die Cuben der Durchmeſſer der Kugeln [1]). (Schmidt glaubt aus ſeinen Verſuchen auf ein quadratiſches Verhältniß ſchließen zu müſſen).

7) Die Anziehungskraft der eiſernen Kugeln richtet ſich nicht nach ihrer Maſſe, ſondern nach ihrer Oberfläche. Daher iſt die Anziehungskraft einer hohlen Kugel von ſehr geringer Dicke gleich derjenigen einer vollen ſoliden Kugel von eben demſelben äußern Durchmeſſer. Dieſen Satz hat Barlow durch directe Verſuche bewährt. Eine ſehr

---

*) Heißt daher b die Breite, l die Länge auf der Kugel nach der Beſtimmung in 3), ſo wird der Ausdruck für die Tangente der Ablenkung ſeyn sin. 2 b. cos. l.

[1]) Es bezeichne d den Durchmeſſer der Kugel, D die Diſtanz ihres Centrums von der Mitte der Nadel, A einen beſtändigen Coefficienten, der durch Verſuche zu beſtimmen iſt, Δ die Ablenkung, ſo hat man

$$\text{tang.}\,\Delta = \frac{\sin 2\,b.\ \cos l.\ d^3}{A.\ D^3}$$

Dies gilt für eine beſtimmte dirigirende Kraft der Magnetnadel, die von der magnetiſchen Neigung (I) abhängig iſt. Ändert ſich dieſe letztere aus I in I' (an einem andern Beobachtungsorte) ſo wird

$$\text{tang}\,\Delta = \frac{d^3}{A.\ D^3}\,(\sin 2\,b.\ \cos l)\,\frac{\cos m\,I}{\cos m\,I'}$$

Ueber den Werth des Coefficienten m iſt Barlow noch ungewiß; und wahrſcheinlich muß auch noch eine zweite unbeſtimmte Größe, welche von dem Geſetze der Intenſität der magnetiſchen Kraft in verſchiedenen Breiten abhängt, in die allgemeine Formel eingeführt werden.

dünne Kugel aus Eiſen von 10 Zoll Durchmeſſer, die nicht über 23 Unzen wog, bewies die nämliche Anziehungskraft auf die Declinationsnadel, wie eine ſolide Kugel von eben dem Durchmeſſer, deren Gewicht 128 Pfund betrug 1).

8) Da die Tangenten der Ablenkung ſich wie die Cuben der Durchmeſſer der anziehenden Körper verhalten, während die anziehende Kraft ſelbſt nach der Oberfläche der Kugeln oder nach dem Quadrat ihrer Durchmeſſer ſich richtet, ſo folgt, daß die Quadrate der Tangenten der Ablenkung ſich wie die Cuben der Kräfte verhalten.

9) Eben dieſes ergiebt ſich auch aus dem Geſetze der Entfernungen, wenn wir annehmen, daß die Kraft im umgekehrten Verhältniß der Quadrate der Entfernungen ab- und zunehme. Denn da die Tangenten der Ablenkung ſich umgekehrt, wie die Cuben der Entfernungen verhalten, die anziehenden Kräfte aber umgekehrt wie die Quadrate dieſer Entfernungen, ſo folgt, wie vorhin, daß die Quadrate der Tangenten der Ablenkung zu den Cuben der Kräfte in geradem Verhältniß ſtehen.

Zu bemerken iſt, daß **Barlow** bei ſeinen Verſuchen Nadeln von gewöhnlichen Dimenſionen anwandte, große Eiſenmaſſen nahm, und dieſe in ſo große Entfernungen von den Nadeln ſtellte, als es die Natur der Unterſuchung zuließ. Die Beobachtung dieſer Umſtände iſt von Wichtigkeit, wenn man die obigen Reſultate, die von Wirkungen des Erdmagnetismus in den großen Eiſenmaſſen herrühren, möglichſt rein erhalten will. Die Erläuterung hiezu giebt das dritte der folgenden, von **Schmidt** theils auf Erfahrungswege, theils auf theoretiſchem Wege gefundnen, Reſultate.

1) Jedes Stück weiches geſchmeidiges Eiſen, gleichviel, von welcher Geſtalt es iſt, wird durch den Einfluß des Erdmagnetismus in zwei entgegengeſetzt magnetiſche Hälften getheilt, die durch eine Ebene der Indifferenz, parallel dem magnetiſchen Aequator (der bei Schmidts Verſuchen auf die Nadel bezogen, nach Barlows Geſetze 4), gedacht wird) von einander getrennt ſind. Jede der entgegengeſetzt magnetiſchen Hälften hat einen Mittelpunct der Anziehung (Pol), und die Kraft, womit ein ſolches Stück Eiſen auf die Magnetnadel wirkt, iſt, bei übrigens gleichen Umſtänden, dem Abſtande jener Pole von einander proportional.

2) Die Vorſtellung von der Trennung eines, unter dem Einfluß

---

1) Späterhin fand indeß **Barlow**, daß dies Geſetz der Unabhängigkeit von der Maſſe dahin einzuſchränken iſt, daß die Metalldicke über $\frac{1}{25}$ Zoll betragen muß, wenn die magnetiſche Flüſſigkeit ſich kräftig entwickeln und das Maximum ihres Effects erreichen ſoll.

des Erdmagnetismus ſtehenden, Stückes Eiſen in zwei entgegengeſetzt magnetiſche Hälften, reicht hin, um die, von Barlow entdeckten Geſetze der Einwirkung des Eiſens auf die Magnetnadel zu erklären.

3) Wenn ein, unter dem Einfluſſe des Erdmagnetismus ſtehendes, Stück Eiſen zugleich einem künſtlichen Magneten nahe genug gebracht wird, ſo bilden ſich auch durch die Kraft des Magneten in dem Eiſen zwei entgegengeſetzt magnetiſche Hälften, deren Indifferenz-Ebene ſenkrecht auf der Axe des Magneten ſteht, wodurch dann die, von dem Erdmagnetismus herrührenden, Erſcheinungen mehr oder weniger modificirt werden.

Schmidt bediente ſich zu ſeinen Verſuchen nicht einer Kugel, ſondern meiſt eines eiſernen Würfelzolles; und bezog daher den magnetiſchen Aequator nicht auf dieſen, ſondern nach 4) ſ. S. 124, auf die, um die Magnetnadel gedachte, Kugel, um welche er den Würfel bei ſeinen Verſuchen herumführte.

So lange der Mittelpunct des Würfels oder ſonſt einer regulär geſtalteten Eiſenmaſſe längs des Umfanges des magnetiſchen Aequators der Nadel hingeht, bleibt die Magnetnadel ganz ruhig ſtehen, der Mittelpunct der Eiſenmaſſe mag ſich innerhalb des magnetiſchen Aequators befinden, wo es ſey. Rückt hingegen der Mittelpunct außerhalb des magnetiſchen Aequators, ſo iſt ſogleich eine Ablenkung der Magnetnadel da, es ſey denn, daß ſich die Eiſenmaſſe in einem der vier Cardinalpuncte der magnetiſchen Windroſe befinde; in welchen Lagen in keinem Fall eine Ablenkung Statt findet.

Die Art der Ablenkung kann im Allgemeinen auf folgende Weiſe dargeſtellt werden. Wenn der Mittelpunct der ſtörenden Eiſenmaſſe ſich in der nördlichen Hälfte des magnetiſchen Compaſſes befindet, ſo tritt, je nachdem er unter oder über dem magnetiſchen Aequator liegt, Anziehung des Nordpols der Magnetnadel im erſten, und Abſtoßung deſſelben im zweiten Fall ein. In der ſüdlichen Hälfte des Compaſſes findet über dem magnetiſchen Aequator die Anziehung des Südpols, unter demſelben die Abſtoßung dieſes Pols Statt.

Um dieſe, hier kurz angedeuteten, Wirkungen ſtörender Eiſenmaſſen auf die Magnetnadel, wenigſtens im Allgemeinen auf die bisher angenommenen Geſetze der magnetiſchen Vertheilung durch die Kraft des Erdkörpers zurückzuführen, ſtellt Schmidt folgende Betrachtung an.

Es mögen bezeichnen acb eine horizontal ſchwebende Magnetnadel, cd die, durch den Mittelpunct der Nadel gehende, Ebene des magnetiſchen Aequators, und I, II, III die drei verſchiednen Arten der Lage der, auf die Magnetnadel ſtörend einwirkenden, Eiſenmaſſe. Die Lage I werde ſo gedacht, daß die Ebene des magnetiſchen Aequators zugleich durch den Mittelpunct der Nadel und der Eiſenmaſſe gehe. Beide Körper ſind dann durch dieſe Ebene (die Magnetnadel vermöge ihres eigenthümlichen Magnetiſmus, die Eiſenmaſſe vermöge der vertheilenden Kraft des Erdkörpers) in zwei entgegengeſetzt magnetiſche Hälften getheilt, und es mögen (die Puncte) x, y die Pole der erſteren, n, s die Pole der letzteren ſeyn. Nach den bekannten Geſetzen der vertheilenden Wirkung des Erdkörpers iſt in der Eiſenmaſſe y ein Südpol, x ein Nordpol (wie bisher nach der franzöſiſchen Terminologie genommen), daher x und n, und eben ſo y und s feindſchaftliche Pole ſind. Es wirkt folglich y auf s abſtoßend und auf n anziehend, dagegen x auf s anziehend und auf n abſtoßend; und beide Pole der Eiſenmaſſe, x und y, wirken genau um ſo vielmal ſtärker auf den Pol s, als ſo vielmal ſie ſchwächer auf den Pol n derſelben wirken, im Vergleich ihrer Wirkung mit dem Fall, wenn beide Pole, x und y, ſich in dem Mittelpunct c der Nadel fänden. Man denke ſich daher s und n in c vereinigt, und ſehe nach, wie nun x und y auf c wirken. Es fällt in die Augen, daß für den Fall I die beiden Pole x und y in Beziehung auf den magnetiſchen Aequator gleich ſtark aber entgegengeſetzt auf den Punct c wirken müſſen; in dem Fall II iſt dagegen der Pol x vorherrſchend, weil er c näher liegt; und in der Lage III herrſcht der Pol y aus gleichem Grunde vor. Daher wird die Eiſenmaſſe in der Lage I keine Wirkung auf die Magnetnadel äußern; in der Lage II wird ſie den Südpol anziehen, und in der Lage III ihn abſtoßen, wie es der Verſuch giebt. Auch der Einfluß der Eiſenmaſſen auf die Neigungsnadeln beſtätigt dieſe Theorie.

Ob dieſe allgemeine Betrachtung mit Hülfe der Rechnung genau dieſelbe Größe der Anziehungen und dieſelben Geſetze geben werde, wie ſie Barlow aus ſeinen Beobachtungen gefolgert hat, vermochte Schmidt noch nicht zu beſtimmen.

Eilftes Capitel.

Ueber den Magnetiſmus, der durch ſtrömende Elektricität (électricité en mouvement) in den Metallen hervorgerufen wird.

Im erſten Bande dieſes Werkes ſind bei Betrachtung des Voltaiſchen Apparats die phyſiologiſchen und chemiſchen Wirkungen erörtert worden, welche ein ſtetiger Strom von Elektricität hervorbringt, wenn er mit hinlänglicher Geſchwindigkeit entweder durch die Organe lebender Körper, oder durch leitende Flüſſigkeiten hindurchgeht, welche trennbare Grundſtoffe enthalten. Oerſted, Profeſſor der Chemie in Kopenhagen, hat an dieſem Strom noch ein andres Vermögen entdeckt. Wenn er Metalle, welcher Art ſie auch ſeyen, durchläuft, ſo ertheilt er ihnen momentan die magnetiſche Kraft, und macht ſie fähig, weiches unmagnetiſirtes Eiſen anzuziehen. Bietet man ihnen eine ſchon magnetiſirte Stahlnadel dar, ſo ziehen ſie einen ihrer Pole an, und ſtoßen den andern ab, aber auf verſchiedne Weiſe, je nachdem man die Nadel dieſer oder jener Seite derſelben zukehrt. Was endlich vollends darthut, daß dieſe Wirkungen magnetiſch ſind, iſt, daß die, ſo vom Strom durchlaufenen, Metalle ſich wirkungslos auf Silber- oder Kupfernadeln zeigen, und blos auf ſolche Subſtanzen Wirkungen äußern, die entweder ſchon magnetiſch oder doch fähig, es durch Vertheilung zu werden, ſind. Dieſe Erſcheinungen haben nur ſo lange Statt, als der elektriſche Strom die Metalle durchläuft. Hemmt man den Kreislauf der Elektricität, indem man die Kette der Voltaiſchen Batterie unterbricht, oder auch, mindert man nur ſeine Geſchwindigkeit ſehr bedeutend, indem man die Pole der Batterie durch ſchlechte Leiter in Verbindung ſetzt, ſo erlöſcht ſogleich das magnetiſche Vermögen, und die Körper, welche daſſelbe durch den Strom erhalten hatten, kehren in den Zuſtand ihrer gewöhnlichen Indifferenz zurück.

Dieſer einfache Ueberblick läßt uns ſchon eine Menge neuer Eigenſchaften entdecken. Alle, bisher angewandte, Verfahrungsarten, die Körper magnetiſch zu machen, vermochten dieſe Wirkung nur in drei reinen Metallen, dem Eiſen, Nickel, Kobalt und einigen ihrer Legirungen hervorzubringen, wie z. B. dem Stahl, der nichts anders als eine Legirung von Eiſen mit einer kleinen Menge von Kohle iſt. Aber weder in Silber, noch Kupfer, noch ſonſt irgend einem andern Metall hatte man bisher Magnetismus zu erregen vermocht. Der elektriſche Strom verleiht ihnen denſelben. Er ertheilt ihnen denſelben ferner nur vorübergehend, ſo lange er ſie durchſtreicht, und endlich, wie wir ſogleich finden werden, er vertheilt ihn durch ihre ganze Maſſe auf eine gleich ſonderbare Weiſe, die in nichts der Vertheilungsart nahe kommt, welche wir durch das Magnetiſiren nach unſern gewöhnlichen Verfahrungsarten, die im Streichen nach der Länge mit Magneten beſtehen, hervorrufen.

Um dieſe neuen Erſcheinungen auf die einfachſte Weiſe hervorzurufen, muß man, wie Oerſted that, den Voltaiſchen Kreis durch einen einfachen Metalldraht oder eine Metallſaite, ZMC, Fig. 1., Taf. X. ſchließen, der (oder die) ſich leicht nach allen Richtungen wenden und biegen läßt. Darauf ſetzt man auf einen fein zugeſpitzten Stift eine horizontale recht bewegliche Magnetnadel SN, und wenn ſie in der Richtung zur Ruhe gekommen iſt, die ſie vermöge der Wirkung des Erdmagnetismus annehmen muß, nimmt man ein biegſames Stück des Schließungsdrahtes, ſpannt es parallel mit der Nadel aus, und nähert es ihr langſam, entweder oberhalb oder unterhalb, links oder rechts. Sogleich ſieht man die Nadel von ihrer Richtung abgelenkt werden. Was aber dieſe Erſcheinung noch merkwürdiger macht, iſt, daß die Richtung, nach der ſie abgelenkt wird, verſchieden iſt, je nach der Seite, an welcher ihr der Schließungsdraht dargeboten wird. Um die nähern Umſtände dieſer erſtaunenswürdigen Erſcheinungen ſich leichter begreiflich zu machen, und ſie auf beſtimmte Ausdrücke zu bringen, nehme man an, daß ſich der Schließungsdraht horizontal von Norden nach Süden in der Richtung des magnetiſchen Meridians ſelbſt, in dem die Nadel zur Ruhe kommt, erſtrecke, und daß ſein Nordende an den Kupferpol, ſein Südende an den Zinkpol des Voltaiſchen Apparats befeſtigt ſey. Man ſtelle ſich ferner vor, daß die Perſon, welche den Verſuch anſtellt, nach Norden, mithin nach dem Kupferpol des Drahts hinſieht. Wird nun der Draht über die Nadel gebracht, Fig. 2., ſo weicht der Südpol derſelben weſtwärts: wird er unter ſie gebracht, Fig. 4., ſo geht er nach Oſten; bringt man den Draht an die rechte oder linke Seite der Nadel, ſo wird ſie nicht mehr nach der Seite abgelenkt, aber ſie verliert ihre horizontale Richtung. Im erſten Fall erhebt ſich ihr Südpol, Fig. 3., im zweiten ſenkt er ſich, Fig. 5. Führt man nun ſo den Schließungsdraht rings um die Nadel in parallel bleibender Richtung herum, ſo thut man dabei im Grunde weiter nichts, als daß man ihr denſelben mit verſchiednen Seiten ſeines kreisförmigen Umfangs darbietet, ohne in etwas das eigenthümliche Streben der Nadel nach den magnetiſchen Erdpolen zu verändern. Weil nun die Abweichung des Arms MS der Nadel, die bei dieſen ſucceſſiven Lagen eintritt, erſt von Rechts nach Links geht, wenn der Draht ſich über der Nadel befindet; dann von Unten nach Oben, wenn er rechts iſt; von Links nach Rechts, wenn er unten iſt, und endlich von Oben nach Unten, wenn er ſich links befindet, in der Richtung der Drehung, welche durch die Scheibe in Fig. 6. angedeutet wird, ſo ſieht man ſich durch dieſe Erſcheinungen zu dem Schluſſe genöthigt, daß der Verbindungsdraht die Nadel vermöge einer, aus ihm ſelbſt ausſtrömenden (emanée), Kraft ablenkt, welche eine quere Richtung auf die Länge des Drahts hat, ſeine Axe umkreiſt, und immer parallel mit dem Theil ſeines kreisförmigen Umfangs iſt, nach welchem die Nadel hinſieht. Wirklich iſt dies die Folgerung, welche Oerſted aus ſeinen erſten Beobachtungen zog. Dieſer Charakter einer kreiſenden Bewegung der Kraft, die noch dazu nach einer beſtimmten Richtung geht, in einem Mittel, welches, wie das Silber und Kupfer oder jedes andre Metall, allen ſeinen Theilen nach vollkommen gleichartig ſcheint, iſt nun aber eine ausnehmend merkwürdige Erſcheinung, von der ſich bisher nur ein einziges Beiſpiel gezeigt hat, welches der Theorie des Lichts angehört, und wie ich weiterhin erörtern werde, in den Ablenkungen erkennbar iſt, welche gewiſſe Flüſſigkeiten den Polariſationsebenen der Lichtſtralen einpflanzen.

In den eben beſchriebenen Verſuchen Oerſteds wird der Schließungsdraht Nadeln, welche ſchon magnetiſirt ſind, dargeboten. Es läßt ſich alſo fragen, ob die ſich hier äußernde Wirkung dem Schließungsdraht eigenthümlich iſt, eben ſo wie die Wirkung eines gehärteten und magnetiſirten Stahlſtabes dieſem eigenthümlich angehört, oder ob ſie dem Draht durch die Gegenwart der Magnetnadel mitgetheilt wird, eben ſo wie man das weiche Eiſen, welches an ſich keinen magnetiſchen Einfluß ausübt, in Gegenwart von Magneten vorübergehend dies Vermögen annehmen ſieht. Um dieſe Frage zu entſcheiden, mußte man ſehen, ob ein, an ſich nicht magnetiſcher, aber es durch Vertheilung zu werden fähiger, Körper, wie das weiche Eiſen, eine merkliche Wirkung bei Annäherung eines, vom Voltaiſchen Strom durchlaufenen, Drahtes zeigen würde. Arago und Davy ſtellten dieſen Verſuch faſt zu gleicher Zeit an, wobei ſich zeigte, daß die Eiſenfeile ſich an dieſe Drähte anhängt; eine Thatſache, die, obwohl einfach, doch dadurch von Wichtigkeit wird, daß ſie noch einen der Charaktere für die Kraft feſtſtellt, welche den Grund für die Erſcheinung abgiebt.

Ueberhaupt ſind die Charaktere der Kräfte bei allen Naturwirkungen dasjenige, auf deſſen Ausmittlung und Feſtſtellung es am meiſten ankommt. Denn iſt man dahin gelangt, ſie ausfindig machen und auf ſcharfe Beſtimmungen bringen zu können, ſo wird man, da alle einzelnen Erſcheinungen ſich dann als bloße Folgerungen nach den Geſetzen der Mechanik daraus ergeben, in ihnen einen ſichern Führer für den weitern Verfolg der Erſcheinungen haben, und wie verwickelt auch ihre Ableitung ſeyn mag, wird man doch ſicher ſeyn können, früher oder ſpäter zu derſelben zu gelangen. Iſt man dagegen über die eigenthümliche Beſchaffenheit der Kräfte nicht im Klaren, ſo ſchreitet man blindlings unter den Erſcheinungen umher; nimmt zuſammengeſetzte Reſultate für einfache Wirkungen, glaubt neue Thatſachen zu ſehen, wo nur Wiederholungen oder höchſtens geringe Modificationen der nämlichen vorhanden ſind; und meint oft, weit in dieſem Labyrinth vorgeſchritten zu ſeyn, wenn man noch nicht viel weiter als beim Anfange ſteht.

Um ähnliche Mißgriffe zu vermeiden, verlaſſe ich ganz die hiſtoriſche Ordnung der Entdeckungen, und gebe in einem raſchen Ueberblick, was bisher zur Vervollſtändigung der Analyſe der elektromagnetiſchen Kräfte geſchehn iſt, welche Oerſted ſo glücklich begonnen hatte.

Das Nächſte, worauf die Unterſuchungen gerichtet werden mußten, war die Beſtimmung des Geſetzes, nach welchem die, vom Schließungsdraht ausgehende Kraft, je nach verſchiedenen Entfernungen von ſeiner Axe, abnimmt. Dieſe Unterſuchungen wurden der Gegenſtand einer Arbeit, die ich mit Savart unternahm, von dem ich ſchon ſo viel intereſſante Entdeckungen im Abſchnitt über die Akuſtik angeführt habe. Wir nahmen eine magnetiſirte Stahlnadel, von der Geſtalt eines ganz kurzen Parallelogramms, wie SN, Fig. 7.; und hiengen ſie, um ihr eine vollkommene Beweglichkeit zu ertheilen, in einem Glasgehäuſe an einem einfachen Conconfaden in horizontaler Richtung auf. Um ihr dabei völlig-Freiheit zu verſtatten, der, vom Schließungsdraht ausgehenden, Kraft zu gehorchen, entzogen wir ſie der Kraft des Erdmagnetismus, indem wir einen magnetiſirten Eiſenſtab S'N' in eine ſolche Entfernung und eine ſolche Richtung davon anbrachten, daß dieſe Wirkung ganz dadurch compenſirt wurde. Eine ſolche Compenſation läßt ſich immer bewerkſtelligen; denn welcher Art auch die Urſach der magnetiſchen Wirkung, die von der Erde auf die magnetiſirten Körper ausgeübt wird, ſo wie die daraus hervorgehende Vertheilung der Kräfte ſeyn mag, ſo bleibt jedenfalls ſoviel gewiß, daß die Wirkung dieſer Kräfte ſich an jedem Orte blos durch eine Mittelkraft äußert, welche die integrirenden Theilchen dieſer Körper nach einer gewiſſen beſtimmten Richtung ſollicitirt; woraus folgt, daß dieſem, immer nur ſehr ſchwachen, Kraftbeſtreben dadurch entgegengewirkt und die Wage gehalten werden kann, daß man einen Magnet in einer ſolchen Lage anbringt, daß er auf den in Betracht gezogenen Körper eine gleich ſtarke aber direct entgegengeſetzte, Wirkung ausübt. Um dies Gleichgewicht in unſrer Hemiſphäre hervorzubringen, wo die magnetiſche Mittelkraft des Erdkörpers als nördliche Kraft wirkt, muß man zuvörderſt, wenn die Nadel, die man zu ſeinen Verſuchen anwendet, horizontal iſt, ſie frei die Richtung des magnetiſchen Meridians annehmen laſſen und mit einer guten Secundenuhr die Zahl Oscillationen beobachten, die ſie in einer gegebenen Zeit unter dem bloßen Einfluß der Erdkraft vollbringt. Darauf nehme man einen magnetiſirten Stab von recht unveränderlichem Zuſtande, und möglichſt großer Länge und Wirkungsſtärke, bringe ihn horizontal in die Höhe der Nadel und in die Verlängerung ihres magnetiſchen Meridians, entweder nördlich oder ſüdlich, ſo daß er immer die der Wirkung des Erdkörpers entgegenwirkende Richtung hat, d. h. daß ſein Nordpol nördlich, ſein Südpol ſüdlich gekehrt ſey. Iſt nun der Stab erſt ſehr weit von der Nadel entfernt, ſo wird ſeine Geſammtwirkung auf ſie ſehr ſchwach, ja wohl unmerklich ſeyn; wie man erkennt, wenn man die Nadel in Oscillation verſetzt, die hier faſt eben ſo ſchnell, als unter dem bloßen Einfluß der Erde ſeyn wird. Mit allmäliger Annäherung des Stabs aber werden die Oscillationen der Nadel immer langſamer, ſo daß man zuletzt zu einer Lage des Stabs gelangt, wo ſie dies in dem Grade werden, daß die Geſammtkraft, die ſie noch ſollicitirt, ganz vernachläſſigt werden darf. Dieſer Grad wird ſich leicht aus den Oscillationen ſelbſt beurtheilen laſſen; wenigſtens, wenn der Stab hinlänglich kräftig iſt, daß die Entfernung, wo er die Compenſation bewirkt, noch ſehr beträchtlich im Verhältniß zur Länge der Nadel iſt, wie wir als Bedingung angaben. Denn findet dieſe Bedingung Statt, ſo werden die Wirkungen des Stabes auf jeden der Pole nicht merklich verſchieden, und die Richtungen dieſer Wirkungen in allen Lagen, in welche die Nadel durch die Oscillationsbewegungen gebracht werden kann, nicht merklich vom Parallelismus abweichend ſeyn *). Dieſer Parallelismus der Richtung nun hat auch für die Erdkraft Statt, und zwar noch in unendlich größerer Schärfe (weil die wirkenden Mittelpuncte in der Erde unendlich entfernter, als der Stab von der Nadel ſich befinden). Die Oscillationsbewegung, welche durch den Unterſchied dieſer beiden Wirkungen hervorgebracht wird, wird alſo gleich derjenigen ſeyn, die man durch die Wirkung einer einzigen ganz ſchwachen richtenden Kraft hervorbrächte, die immer nach, gleichfalls unter einander parallelen, Richtungen wirkte; welches mit ſich bringt, daß die Quadrate der Oscillationszeiten den Intenſitäten der Kraft umgekehrt proportional ſind, wenn die Oscillationen innerhalb ganz kleiner Bogen vor ſich gehen **). Hienach wird man bei jedem Grade der Annäherung des Stabes den noch vorhandnen Rückſtand richtender Kraft beſtimmen können, und wird bei dem Grade ſtehen bleiben, wo die Oſcillationen hinlänglich langſam werden, daß die Erdkraft als aufgehoben betrachtet werden kann. Iſt alsdann die Entfernung des Stabes noch ſehr groß, im Verhältniß zu den Dimenſionen der Nadel, wie wir vorausgeſetzt haben, ſo wird die nämliche Ausgleichung der Wirkung in nicht merklich unterſchiednem Grade für alle Lagen Statt haben, welche die Nadel um ihren Mittelpunct vermöge der Einwirkung jeder andern Kraft, die ihren eigenthümlichen magnetiſchen Zuſtand nicht verändert, anzunehmen vermag; und man wird alsdann die Nadel für ganz eben ſo frei annehmen können, als wenn kein Erdkörper vorhanden wäre, der auf ſie wirkte, und man ſich mit ihr in den weiten Raum hinein begeben hätte. Wir werden weiterhin ſehen, wie ſich ſelbſt noch das, was an der völligen Schärfe dieſer Ausgleichung fehlt, berichtigen ließe.

---

*) Da nämlich die magnetiſche Kraft nach dem Quadrat der Entfernungen abnimmt, ſo wird der Kraftüberſchuß, mit dem der Stab auf den, ihm nähern, Pol der Nadel wirkt, in jedem Fall um ſo kleiner ſeyn müſſen, und um ſo eher vernachläſſigt werden können, je weiter ſich der Stab ſelbſt von der Nadel entfernt findet. Eben ſo muß der Parallelismus der Kräfte mit größerer Entfernung des Körpers auf den ſie wirken, zunehmen, indem ihre Richtungen dadurch auf immer kleinere Winkel gebracht werden; daher z. B. alle, von der als unendlich entfernt betrachteten Sonne auf die Erde fallende, Stralen ſich geradezu als parallel anſehn laſſen.

**) Bei weitern Excurſionen der Nadel nämlich würde der Parallelismus der, vom Stabe ausgehenden, Kräfte ſich in minderer Schärfe behaupten.

Dies iſt der Indifferenzzuſtand, in den wir zuvörderſt die, uns zu unſern Beobachtungen dienende, Nadel verſetzten. Nachdem wir uns von der Vollkommenheit deſſelben zur Genüge überzeugt hatten, ließen wir den Voltaiſchen Strom durch einen recht cylindriſchen kupfernen Schließungsdraht ZC hindurchgehen, den wir zuvor vertical vor der Nadel in einer bekannten Entfernung von derſelben ausgeſpannt hatten, und der hinlänglich lang war, daß ſeine Enden, welche gekrümmt werden mußten, um ſie an die Pole des Voltaiſchen Apparats befeſtigen zu können, auf die Nadel wegen ihrer Entfernung nur eine ſo ſchwache Wirkung äußerten, daß dieſe ſich ungeſtraft vernachläſſigen ließ. Dieſe Anordnung diente ſonach den Erfolg der Wirkung eines ins Unbeſtimmte ausgedehnten verticalen Drahts auf eine horizontale und freie Magnetnadel zu zeigen. So wie der Voltaiſche Strom den Draht zu durchlaufen begann, drehte ſich die Nadel in eine, auf die Axe des Drahts quere, Richtung, dem von Oerſted angegebnen Charakter der Umkreiſung gemäß, und gerieth darauf in oſcillirende Bewegungen zu beiden Seiten dieſer Richtung, nach Art eines, aus der Verticale abgelenkten, und nach beiden Seiten derſelben vermöge der Wirkung der Schwere oſcillirenden, Pendels; endlich kam ſie in dieſer Richtung zur Ruhe, als ihren Excurſionen durch den Widerſtand der Luft nach und nach Einhalt gethan worden war. Die progreſſive Art, wie ſich die Nadel dieſer Lage, in der ſie zur Ruhe kommen ſollte, allmälig angenähert hatte, gab zur Genüge zu erkennen, daß der, in derſelben Statt findende, Zuſtand des Gleichgewichts ein beharrlicher ſey, und wirklich, wenn man ſie nur ein wenig daraus ablenkte, und dann ſich ſelbſt überließ, kehrte ſie, wie vorhin, durch eine Folge von Oſcillationen darein zurück. Um nun die Charaktere der Mittelkraft zu beſtimmen, die ſie dahin zurückführte, brachten wir ſie auf dieſe Weiſe zu Excurſionen von geringer

Weite; beobachteten darauf mit Hülfe einer vortrefflichen Breguetſchen Uhr mit doppelter Feder, welche halbe Secunden angab, die Zeit, die zur Vollbringung einer gewiſſen Zahl von Oscillationen, z. B. von zwanzig, erfordert wurde, und ſetzten dieſe Beobachtungen auch für die Dauer der folgenden Oscillationen, immer nach Gruppen von je zwanzig fort, ſo lange die Weite der Excurſionen ſolche noch geſtattete. Wir überzeugten uns hiedurch, daß ihre Dauer, innerhalb der Gränzen der Excurſionen, auf die wir uns beſchränkten, in keiner merklichen Abhängigkeit von ihrer Weite ſtand. Wenn nun ein feſter Körper, von prismatiſcher Geſtalt, wie unſre Nadel, der ſich um eine, durch ſeine Mitte gehende, Axe frei drehen kann, und um eine gewiſſe Lage des Gleichgewichts oscillirt, in den, ihn darein zurückführenden, kleinen Oscillationen dieſen Iſochronismus zeigt, ſo kann man daraus ſchließen, daß die Kraft, die ſeine Drehung bewirkt, in allen Lagen, die er ſucceſſiv annimmt, genau oder faſt genau der Größe des Winkels proportional iſt, um welche er dabei aus dieſer Lage des Gleichgewichts abgelenkt iſt; und es iſt ſelbſt hierin der Grund des Iſochronismus ſeiner Bewegungen zu finden: indem er ſich ſtets nach der Lage ſeiner Ruhe mit einer Kraft zurückgezogen findet, welche dem Winkel, der ihm bis zu derſelben noch zu durchlaufen bleibt, ſo gut als proportional iſt. Die Bewegung des feſten Körpers, in ſo geringen Weiten, läßt ſich hienach ganz auf die eines einfachen Pendels zurückführen, welches zu beiden Seiten derſelben Lage des Gleichgewichts durch die Wirkung der Erdſchwere in Schwingung verſetzt würde. Nun weiß man, daß die Dauer der Schwingungen eines ſolchen Pendels, deſſen Länge beſtändig iſt, ſich nach der Intenſität der, daſſelbe ſollicitirenden, Schwerkraft abändert, und daß dieſe Intenſität den Quadraten der Zeit, welche das Pendel braucht, um eine und dieſelbe Zahl Oscillationen von ganz geringer Weite zu vollbringen, umgekehrt proportional iſt. Eben ſo wird man durch Vergleichung der Quadrate dieſer Zeiten für verſchiedne Abſtände des Schließungsdrahtes von der Nadel, wobei immer die Bedingung des Iſochronismus als erfüllt vorausgeſetzt wird, die Verhältniſſe der Seitenkräfte kennen lernen, welche in dieſen verſchiednen Fällen vom Schließungsdrahte parallel mit der Richtung der Lage des Gleichgewichts, um welche die Nadel oscillirt, ausgeübt werden. Dieſe Verhältniſſe, ſo wie ſelbſt die Möglichkeit des Gleichgewichts in der beobachteten Lage werden alſo ſchon eben ſo viele Bedingungen ſeyn, welchen die, vom Draht ausgehende, Geſammtkraft oder Mittelkraft Genüge leiſten muß, und man wird hiedurch Licht zur Auffindung des abſoluten Geſetzes erhalten, welches dieſe Kraft befolgen muß, wenn die angegebenen Bedingungen Statt haben ſollen.

Um aber ſo bis zum Weſen der Kraft ſelbſt zurückgehen zu können, müſſen wir zuvor die Art, wie ſie ihren Angriffspunct an der Nadel erhalten und ſie zu Bewegungen veranlaſſen kann, näher unterſuchen. Ich habe ſchon erwähnt, daß die Nadel, deren wir uns bedienten, ſehr kurz war. Wir hatten ſie überdies ſo magnetiſirt, daß ſie keine Folgepuncte zeigte. Die Quantitäten von ſüdlichem und nördlichem Magnetismus, die ſich frei in derſelben befanden, ließen ſich alſo als in zwei Puncten oder Polen concentrirt betrachten, die nahe an jedem Ende der Nadel und in gleichen Abſtänden von demſelben lagen, Abſtände, welche, wenn die Nadel ein einfacher ganz feiner und cylindriſcher Draht geweſen wäre, dem ſechſten Theil ihrer ganzen Länge hätten gleich ſeyn müſſen. Da nun dieſe beiden Pole von entgegengeſetzter Beſchaffenheit ſind, ſo wird die Wirkung des Drahtes, welcher Art ſie immer ſeyn mag, auch auf jeden derſelben entgegengeſetzt ſeyn müſſen: d. h. wenn die gleichen Quantitäten von ſüdlichem und nördlichem Magnetismus, welche ihren Sitz in den Polen haben, ſich in dem nämlichen Puncte befänden, und die Einwirkung des Drahtes die eine derſelben nach einer gewiſſen Richtung ſollicitirte, ſo würde ſie die andre Quantität nach der gerade entgegengeſetzten Richtung und mit gleicher Stärke ſollicitiren müſſen. Auf dieſe Bedingung der Entgegenſetzung hat man daraus zu ſchließen, daß die Verbindungsdrähte die ihnen dargebotenen nicht magnetiſirten Nadeln erſt dann in Bewegung ſetzen, nachdem ſie ihre natürlichen Magnetismen getrennt haben, ſo daß ſie wirkungslos auf Nadeln aus gehärtetem Stahl oder andern ſehr harten Legirungen bleiben, in welchen die Trennung der natürlichen Magnetismen nicht zuvor bewerkſtelligt worden iſt, und einen zu ſtarken Widerſtand entgegenſetzt, um von der Wirkung der Schließungsdrähte überwunden zu werden. In der That konnte ein ſolches Unvermögen nicht Statt haben, wenn die Molecule der verbundnen Magnetismen blos nach verſchiednen, nicht aber direct entgegengeſetzten, Richtungen ſollicitirt würden; denn dann würde die Mittelkraft der verſchiednen Kraftbeſtrebungen, welche der Draht auf die äußern Körper, in denen ſich die Magnetismen im Zuſtande ihrer natürlichen Verbindung befinden, äußert, nicht null ſeyn, und die, aus magnetiſchen Metallen verfertigten, Nadeln würden mithin unter dem Einfluß der Schließungsdrähte in Bewegung gerathen, ohne auch ſelbſt nur einmal vorübergehend magnetiſirt zu ſeyn, welches den Erſcheinungen zuwiderläuft. Das gleichgültige Verharren dieſer Nadeln in ihrer Lage, ſo lange als ihre natürlichen Magnetismen nicht getrennt ſind, beweiſt gleichfalls die Gleichheit der Wirkungen, welche von den Schließungsdrähten auf gleiche Quantitäten beider Magnetismen ausgeubt werden; denn fände eine ſolche

Gleichheit nicht Statt, ſo würden ſelbſt Nadeln, die aus des Magnetismus fähigen Metallen beſtänden, aber gerade nicht magnetiſirt wären, im Wirkungskreiſe dieſer Drähte eine abſolute Fortbewegung im Raume annehmen müſſen.

Nach Feſtſtellung dieſer Grundſätze ſchreiten wir weiter in unſern Unterſuchungen vor. Nachdem unſre Nadel in der Lage des Gleichgewichts zur Ruhe gekommen iſt, welche ſie vermöge der Wirkung des Schließungsdrahtes annehmen muß, legen wir durch ihre magnetiſche Axe eine Horizontalebene, die mithin ſenkrecht auf den Draht ſeyn wird. In dieſer Ebene werden alle Kräfte enthalten ſeyn, durch welche das Gleichgewicht hervorgebracht wird: denn zuvörderſt ſind die beiden Pole der Nadel darin enthalten, worin die beiden Quantitäten von freiem Magnetismus, welche die Wirkung des Drahtes erfahren, ihren Sitz haben; ferner wird die Mittelkraft dieſer Wirkung auf jeden Pol darin enthalten ſeyn, wie ſie auch übrigens beſchaffen ſeyn mag; denn da ſich der Draht als unbegränzt anſehen läßt, und da die Wirkungen, die er hervorbringt, die nämlichen bleiben, welchem Theil ſeiner Länge man auch die Nadel darbieten mag, ſo äußern die beiden Theile des Drahts, welche oberhalb und unterhalb der, durch die Mitte der Nadel gelegten, Horizontalebene befindlich ſind, nothwendig eine gleiche Wirkung auf ſie; woraus folgt, daß ihre gemeinſchaftliche Mittelkraft für jeden Pol die Richtung dieſer Ebene ſelbſt haben muß. Wir wollen die Reſultate dieſer Wirkung in Fig. 8. darſtellen, wo SN die magnetiſche Axe der Nadel iſt; S und N ihre beiden Pole, C ihre Mitte und F die Projection des Drahts auf die Horizontalebene oder ſein Durchſchnitt mit derſelben (man denke ſich nämlich den Draht vertical durch F durch die Fläche des Papiers hindurchgehend). Welcher Art nun auch die Wirkung ſeyn mag, welche der Draht auf den Pol N äußert, jedenfalls wird dieſelbe irgend eine Richtung in der Ebene FNS haben. Geſetzt, dieſe Richtung ſey ND, ſo daß die Quantität von freiem nördlichen Magnetismus, welche ſich in N befindet, nach der Richtung von ND vermöge dieſer Kraft ſollicitirt werde. Offenbar wird man annehmen müſſen, daß, wenn ſich an dem nämlichen Punct N eine gleiche Quantität von ſüdlichem Magnetismus befände, dieſer mit einer gleichen Kraft und nach der direct entgegengeſetzten Richtung, d. i. nach ND′, der Verlängerung von ND ſollicitirt werden würde. Hieraus ergiebt ſich ſogleich die Richtung und Intenſität der Wirkung, welche vom Draht auf den Südpol S der Nadel ausgeübt wird; denn dieſer Pol enthält eine der Quantität N gleiche Quantität von freiem Magnetismus, und befindet ſich überdies vom Draht um eine Größe FS entfernt, welche bei der Lage, in welcher die Nadel ins Gleichgewicht kommt, gleich FN iſt. Nun kann man ſich leicht überzeugen, daß dieſe, vom Draht geäußerten, Wirkungen, bei gleichbleibendem Abſtande von ſeiner Mitte, die nämlichen bleiben, vor welchem Puncte ſeines Umkreiſes auch die Nadel zu ſtehen kommt, denn wenn man den Draht ſo um ſich ſelbſt dreht, daß ſeine Längenrichtung ſo wie ſein Abſtand von der Nadel ungeändert bleiben, ſo geht in der Oſcillationsbewegung letztrer, ſo wie in der relativen Lage ihres Gleichgewichts keine Veränderung vor. Um alſo die Wirkung zu erhalten, welche in S auf ein Molecul von beliebigem Magnetismus, nördlichem oder ſüdlichem, ausgeübt wird, braucht man daſelbſt nur die nämliche Conſtruction, als im Punct N zu wiederholen, d. h. man ziehe daſelbſt eine Linie DSD′, die mit FS=FN einen Winkel FSD gleich dem Winkel FND mache; und nimmt man alsdann auf dieſer Linie vom Punct S an zwei entgegengeſetzte, unter einander gleiche, Längen SD, SD′, ſo wird die erſte die Kraft vorſtellen, durch welche eine, in S befindliche, Quantität N von nördlichem Magnetismus ſollicitirt werden würde; und die zweite die Kraft, welche eine eben ſo große, an dem nämlichen Puncte befindliche, Quantität von ſüdlichem Magnetismus ſollicitiren würde. Dies iſt ganz der Fall, den uns die Nadel in der Lage ihres Gleichgewichts darbietet. Ihre Maſſe wird ſich ſonach wirklich durch zwei Mittelkräfte ſollicitirt befinden, die unter einander die obigen Beziehungen haben, d. h. deren eine ND, welche am Pole N wirkt, ihn von N nach D zu ziehen ſtrebt, während die andre SD′, welche der erſten gleich iſt, aber ihren Angriffspunct am Pol S hat, dieſen von S nach D′ mit gleicher Stärke zieht. Nun erhellt aus den einfachſten Grundſätzen der Statik, daß die beiden Kräfte ND, SD′, da ſie gleich ſind, da ſie an Hebelärmen von gleicher Länge CS, CN wirken, und zugleich ſtreben, die Nadel nach entgegengeſetzter Richtung zu drehen, dieſelbe in der, auf FC ſenkrechten, Lage NCS nicht anders im Gleichgewicht laſſen können, als wenn ihre Richtungen ND, SD′ gleich gegen die Nadel geneigt ſind, d. h. nicht anders, als wenn die Winkel DNC, D′SC, gleich ſind; welches erfordert, daß DNF gleich D′SF ſey. D′SF aber iſt vermöge der Conſtruction mit D′NF an ſich ſchon gleich, weil das Syſtem der Linien FS und DSD′ kein andres iſt, als das der Linien FN und DND′ von N nach S übergetragen. Mithin ſind in dieſem Zuſtande des Gleichgewichts, den die Beobachtung in der Wirklichkeit nachweiſt, die beiden Winkel DNF, D′NF unter einander gleich; woraus folgt daß ſie beide Rechte ſind, da ſie Nebenwinkel auf der nämlichen Geraden darſtellen. Demnach: Wenn ein, vom Voltaiſchen Strom durchlaufener, unbegränzter (indéfini) Schließungsdraht auf ein Molecul von ſüdlichem oder nördlichem Magnetismus wirkt, welches in einem gewiſſen Abſtand FS oder FN von ſeiner Mitte liegt, ſo iſt die Mittelkraft der von ihm darauf ausgeübten Kräfte ſenkrecht auf den kürzeſten Abſtand des Moleculs vom Drahte.

Wir haben hier nicht zu unterſuchen, wie die verſchiednen Durchſchnitte des Drahts zur Zuſammenſetzung dieſer Mittelkraft beitragen, noch, wie die unendlich kleinen Molecule jedes Durchſchnitts Mittelkräfte geben können, welche eine quere Richtung auf den Draht haben. Dieſe beſondern Umſtände hängen nothwendigerweiſe von der Beſchaffenheit der Kräfte ab, welche der el. Strom in jedem der integrirenden Molecule, woraus die Maſſe des Drahts beſteht, entwickelt. Die Kenntniß dieſe Molecularkräfte würde ohne Zweifel ſehr nützlich und deshalb wohl ſehr wünſchenswerth ſeyn, iſt jedoch keinesweges zur Nachweiſung des Daſeyns oder der Richtung ihrer Mittelkraft erforderlich, die ſich nach der bloßen Beobachtung der zuſammengeſetzten Reſultate mit Schärfe ausmitteln läßt, wie wir ſo eben geſehen.

Wir müſſen jetzt beſtimmen, welches die abſolute Richtung iſt, nach welcher dieſe Mittelkraft ihre Wirkung auf jede Art des Magnetismus ausübt; d. h. ob ſie dieſelbe nach Rechts oder Links von den Linien FS, und FN fortzuziehen ſtrebt. Ueberdies iſt das Geſetz aufzuſuchen, nach welchem ſie ſich mit der Entfernung ändert. Beides haben wir, Savart und ich, mittelſt zwei Reihen von Verſuchen geleiſtet, die ich nach einander darſtellen werde.

Die erſte wird mit Hülfe des eben beſchriebenen Apparats angeſtellt. Man braucht blos den Träger, welcher den Verbindungsdraht trägt, beweglich einzurichten, ſo daß er ſich der Nadel beliebig auf verſchiedne und bekannte Weiten ſucceſſiv darbieten läßt. Man erreicht dieſen doppelten Zweck, indem man an den Fuß dieſes Trägers eine horizontale Eintheilung applicirt, längs deren er ſich bewegen kann, und dieſe auf unbewegliche Art in der Richtung nach dem Aufhängungsfaden der oscillirenden Nadel zu befeſtigt. Mißt man dann unmittelbar den Horizontalabſtand dieſes Fadens oder der Mitte der Nadel vom Verbindungsdraht bei einer einzigen Lage dieſes letztern, ſo iſt klar, daß man alle andre Abſtände erhalten wird, indem man die Quantitäten, um die der Träger des Verbindungsdrahts längs ſeiner horizontalen Eintheilung bewegt wird, zu jenem erſten Abſtand hinzufügt oder von ihm abzieht. Um ferner die Wirkung des Drahts rein beobachten zu können, neutraliſirt man die Wirkung des Erdmagnetismus auf die Nadel mittelſt eines, in großer Entfernung nach der erörterten Weiſe gehörig angebrachten, ſtarken Magnets. Nach ſo getroffener Anordnung bringt man den Verbindungsdraht ſucceſſiv in verſchiedene Entfernungen von der Nadel, die jedoch immer noch groß genug bleiben müſſen, daß die Dauer der kleinen Oscillationen der Nadel unter ſeinem Einfluß nicht merklich an ihrem Iſochronismus verliere; wovon man ſich durch die Erfahrung ſelbſt überzeugt. Dabei zählt man mit aller möglichen Sorgfalt die Menge von Secunden und halben Secunden, welche die Nadel braucht, um eine gewiſſe beſtändige Zahl von Oscillationen, z. B. zehn, bei jedem, ſucceſſiv gewählten, Abſtande zu vollbringen, welche Dauer man, größerer Genauigkeit halber, aus beträchtlichern Zahlen herleitet. Da nun der Iſochronismus der Schwingungen erlaubt, die Bewegung als durch eine, mit der Richtung der Lage des Gleichgewichts, in der die Nadel zur Ruhe gelangt, parallele Kraft hervorgebracht anzuſehen, ſo folgt, daß die Nadel ſich ganz in dem Fall eines Pendels befindet, welches ſucceſſiv unter verſchiednen Breiten unter dem Einfluß von Schwerkräften verſchiedner Intenſität in Schwingung zu beiden Seiten der Verticale verſetzt würde. So daß, für die Nadel wie für das Pendel, die Stärke der ſo gerichteten Seitenkraft den Quadraten der Schwingungszeiten umgekehrt proportional iſt. Wenn man ſich alſo eine Kraft vorſtellt, vermöge deren die Nadel auf dieſe Art genau zehn Oscillationen in einer Secunde vollbringen würde, und dieſe durch F bezeichnet; ſo wird, wenn in einer andern Lage des Verbindungsdrahts die nämliche Zahl von Oscillationen in einer andern Zahl von Secunden N vor ſich geht, die Kraft in dieſem zweiten Fall nicht mehr F, ſondern $\frac{100\,F}{N^2}$ ſeyn. Man braucht hienach blos noch dieſe Kräfte mit den ihnen entſprechenden Abſtänden zu vergleichen und ihr gegenſeitiges Verhältniß zu erforſchen.

Bei Ausführung dieſer Verſuche ſind jedoch einige Vorſichtsmaßregeln unerläßlich, wenn die ſucceſſiv erhaltenen Reſultate vergleichbar ausfallen ſollen; und eine Nichtbeobachtung derſelben würde die bedeutendſten Irrthümer mit ſich bringen. Zuvörderſt darf der el. Strom nicht beſtändig in Wirkung bleiben, wodurch der Voltaiſche Apparat, deſſen man ſich bedient, zwecklos abgenutzt, und allmälig in ſeiner Wirkſamkeit ſo geſchwächt werden würde, daß er keine vergleichbaren Reſultate nach einander geben könnte. Man muß alſo einen Trogapparat in Gebrauch ziehen, und die Platten blos während der Zeit der Beobachtung eingetaucht laſſen. Um alsdann den Strom auf eine gleichförmige Weiſe durch verſchiedne Verbindungsdrähte, wie ZMC, Z′M′C′, Fig. 9, oder durch den nämlichen Draht zu verſchiednen Malen hindurchlaſſen zu können, ohne von den Ungleichheiten einer mehr oder minder vollkommen leitenden Verbindung etwas fürchten zu dürfen, müſſen die Enden Z,C, Z',C' dieſer Drähte ſich in abgeſonderte, mit Queckſilber gefüllte, Glasgefäße begeben, worin ſie auf unveränderliche Art eingetaucht erhalten werden; und um dann den el. Strom durch dieſe Drähte nach der einen oder der andern Richtung durchleiten zu können, wird es hinreichen, momentan in die nämlichen Gefäße die Enden der, von den beiden Polen des Voltaiſchen Apparats ausgehenden, Leitungsdrähte eintauchen zu laſſen, welche an die Endplatten nicht angehängt, ſondern angelöthet ſeyn müſſen. Auch muß man, wenn die Nadel nicht von ſelbſt ſchnell genug in Oſcillation kommt, ſich hüten, dieſe durch Anſtoßen mit einem feſten Körper hervorzurufen, wodurch ſie immer in Schwankungen gerathen würde, die eine Verrückung ihres Mittelpuncts zur Folge haben, und um ſo länger anhalten würden, da die Aufhängung an einem einfachen Coconfaden eine außerordentliche Beweglichkeit zuläßt; vielmehr muß man die Nadel dadurch aus der Lage ihres Gleichgewichts ablenken, daß man einem ihrer Pole von Weitem und für einen Augenblick ein Stück weiches Eiſen darbietet, welches, durch Vertheilung von ihr magnetiſirt, ſie ſogleich anzieht. Auch darf man, um die Zeit der Oſcillationen beſtimmt angeben zu können, ihre Dauer nicht zwiſchen den Augenblicken nehmen, wo ſie beginnen und wo ſie aufhören; denn da hier die Bewegung ihre Richtung ändert, ſo bleibt die Nadel einige Zeit daſelbſt ſtill; ſo daß es unmöglich fallen würde, genau den Augenblick anzugeben, in den gerade das Ende oder der Anfang der Oſcillation fällt. Dieſe Ungewißheit wird ganz vermieden, wenn man vertical zwei ganz feine Seidenfäden in der Verlängerung der Lage des Gleichgewichts der Nadel ausſpannt, und die Dauer ihrer Oſcillationen von dem Augenblick an rechnet, wo ſie vor dieſem Faden vorbeigeht, bis zu dem Augenblick, wo ſie dahin zurückkehrt; denn da in dieſen beiden Augenblicken ihre Bewegung am ſchnellſten iſt, ſo läßt ſich der Zeitpunct des Uebergangs von einer Oſcillation zu einer andern hier ſicherer feſtſetzen, als an jeder andern Stelle der Excurſion. Hiemit muß man indeß noch eine andre, ſehr leicht zu beobachtende, Vorſicht verbinden, nämlich immer eine gerade, nicht eine ungerade Zahl Oſcillationen zu zählen; denn wenn der Faden, der als Gegenſtand des Viſirens dient, nicht in voller Schärfe in der Mitte der Totalweite der Oſcillation befindlich iſt, welches zu leiſten unmöglich iſt, ſo wird die Zeit, welche die Nadel braucht, vor dem Faden vorbei und zu ihm zurückzukehren, entweder zu kurz oder zu lang ausfallen; allein ſie wird um eben ſo viel zu kurz einerſeits ſeyn, als ſie zu lang auf der andern Seite iſt, ſo daß ſich der Irrthum in jedem Paar aufeinanderfolgender Oſcillationen genau ausgleichen wird, und mithin auch in jeder geraden Zahl von Oſcilſationen ausgeglichen ſeyn wird. Um endlich eine vollkommne Vergleichbarkeit der Reſultate der nach einander angeſtellten Verſuche zu erhalten, ungeachtet der progreſſiven Schwächung, die die Wirkſamkeit des Voltaiſchen Apparats erleiden kann, muß man eine Methode abwechſelnder Beobachtungen anwenden, gleich der bei den Elektricitätsverſuchen, Th. II. S. 174, empfohlnen; d. h. will man z. B. die Wirkungen eines nämlichen Drahts auf verſchiedne Weiten vergleichen, ſo muß man zuvörderſt die Nadel in einem gewiſſen Abſtand D von dieſem Draht in Schwingung verſetzen; dann in einem andern Abſtand D′; darauf wieder im erſten Abſtand D u. ſ. f., indem man immer wieder auf den erſten Abſtand D zurückgeht und Sorge trägt, daß die Dauer der partiellen Verſuche ſo viel als möglich gleich ausfalle. Nimmt man alsdann das Mittel aus der erſten und dritten Beobachtung, ſo wird man für den Abſtand D ein Reſultat erhalten, welches der, im Abſtand D′ gemachten Beobachtung vergleichbar ſeyn wird, u. ſ. f. für alle fernern Beobachtungen. Unter allen dieſen, ſo eben beſchriebenen, Vorſichtsmaßregeln ſtellten wir, Savart und ich, unſre Meſſungsverſuche an. Die prismatiſche Nadel, deren wir uns bedienten, hatte 20^{mm} Länge, 10^{mm} Höhe und 1^{mm} Dicke, welches 10 Millimeter für die Länge jedes, zu beiden Seiten ihrer Mitte oscillirenden, Arms giebt. Den Geſetzen der Vertheilung des freien Magnetismus in magnetiſirten Körpern zufolge konnte aber jeder Theil dieſer Arme nicht gleichviel Magnetismus enthalten. Wäre unſre Nadel ein cylindriſcher Draht geweſen, ſo würden ihre Pole, d. i. die magnetiſchen Schwerpunkte ihrer beiden Arme um zwei Drittheile jedes derſelben, d. i. um 6^{mm}, 6 von der Mitte abgelegen haben, und man würde es ſomit haben ſo anſehen können, als wenn die, vom Verbindungsdraht auf die beiden Pole geäußerten, Kräfte blos am Ende der ſo reducirten Länge gewirkt hätten; wir hatten jedoch Grund zu glauben, daß der wirkliche Abſtand der Pole von der Mitte der Nadel noch geringer war, als dieſe Gränze, mochte dies nun von ihrer prismatiſchen Geſtalt herrühren, oder daher, daß ſie lange ihrer eignen magnetiſchen Reaction überlaſſen worden war, welche die Ueberſchüſſe magnetiſcher Ladung vorzugsweiſe an den Enden hatte ſchwächen müſſen, wo die Entwicklung des Magnetismus immer am beträchtlichſten iſt. Wenigſtens mußten wir dies aus unſern Verſuchen ſelbſt ſchließen, da wir ſahen, daß die Oscillationen der Nadel ihren Iſochronismus und ihre Unabhängigkeit von der Weite der Excurſionen bei Abſtänden vom Draht behaupteten, welche im Verhältniß zu ihrer halben Länge nicht als ſehr groß betrachtet werden konnten. Folgendes ſind übrigens die, von uns angeſtellten, Beobachtungen. Ich habe zur

Seite die Verhältniſſe der Kräfte beigefügt, wie ſie ſich nach den Quadraten der Schwingungsdauer heraus ergeben, wobei ich zum Maßſtab der Vergleichung die, im Abſtand von 30^{mm} erhaltenen, Reſultate zu Grunde lege.

Reihenfolge der Beobachtungen.	Abſtände des Verbindungsdrahtes von der Mitte der Nadel.	Dauer von zehn Oscillationen.	Verhältniß der beobachteten Kräfte im Vergleich mit der, bei 30^{mm} Abſtand Statt findenden.
1	30^{mm}	42.25	
2	40	48.45	$\frac{3}{4}$ (1 — 0,009500)
3	30	42.00	
4	20	34.10	$\frac{3}{2}$ (1 + 0,022030)
5	30	41,00	
6	50	54.75	$\frac{3}{5}$ (1 — 0,035673)
7	30	42.25	
8	60	58,75	$\frac{3}{6}$ (1 + 0,035400)
9	30	41.75	
10	120	89.00	$\frac{3}{12}$ (1 — 0,103052)
11	30	42.50	
12	15	30,00	$\frac{6}{3}$ (1 + 0,067080)
13	30	43,15	

Die, in der letzten Spalte enthaltenen, Zahlen zeigen, daß die beobachteten Kräfte ſich faſt genau umgekehrt, wie die Abſtände vom Verbindungsdraht verhalten. Um zu erfahren, ob dies einfache Geſetz als gültig innerhalb der Gränzen des Irrthums, der auf Rechnung der Beobachtungen zu ſchreiben iſt, zugelaſſen werden könne, braucht man blos danach hypothetiſch die, jedem Verſuch zugehörige, Dauer der Oscillationen zu berechnen, indem man ſie mit der, bei 30^{mm} Abſtand Statt gefundenen, vergleicht; denn wenn N die Secundenzahl für dieſen Abſtand D. iſt und N' die Zahl, welche man für den Abſtand D' ſucht, ſo wird man alsdann haben müſſen

$$\frac{N'^2}{N^2} = \frac{D'}{D} \text{ woraus man zieht } N' = N\sqrt{\frac{D'}{D}}$$

Auf dieſe Weiſe iſt folgende Tabelle berechnet worden.

Reihenfolge der Beobachtungen.	Abſtände vom Draht.	Dauer von zehn Oscillationen.		Differenz der Rechnung.
		Berechnete.	Beobachtete.	
2	40	48,″62	48,″85	— 0,″23
4	20	33,88	33,50	+ 0, 38
6	50	53,74	54,75	— 1, 01
8	60	59,40	56,75	+ 2, 65
10	120	84,25	89,00	— 4, 75
12	15	30,99	30,00	+ 0, 99

Die Irrthümer ſind abwechſelnd poſitiv und negativ, ohne ein beſtimmtes Geſetz; vorzüglich merklich ſind ſie für die größern Abſtände, wie dies in der That ſeyn muß. Denn bei dieſen erſten Verſuchen hatten wir nicht daran gedacht, den Apparat, welcher den Verbindungsdraht trug, ſelbſt beweglich einzurichten; vielmehr ſetzten wir die Nadel in Bewegung, um ſie auf die verſchiednen Abſtände zu bringen, und ſtellten die Compenſation bei jedem Verſuch wieder her, indem wir die Magnete fortbewegten. Die ſchwache Wirkung nun, welche noch übrig bleiben kann, nachdem man ſie ſo gut als möglich die Erdkraft compenſirt hat, muß ſich von mehr Einfluß bei den größern Entfernungen zeigen, wo die Wirkung des Verbindungsdrahtes ſchwächer iſt, als bei den kleinen, wo ſie ſtärker iſt. Da dieſe geringen Abweichungen hierin ihre hinlängliche Erklärung finden, ſo können wir ſie ohne Furcht vernachläſſigen, und das vorige Geſetz für eben ſo zuverläſſig als die Beobachtungen ſelbſt halten; wir können aber auch, ohne die Gränzen dieſer Zuverläſſigkeit zu überſchreiten, dem Verhältnißgeſetz, welches ſich uns hiebei zeigt, eine noch weit wahrſcheinlichere phyſiſche Deutung geben, indem wir annehmen, daß es nicht auf die Abſtände der Mitte der Nadel vom Verbindungsdraht geht, ſondern auf die Abſtände dieſes Drahts von den beiden Polen der Nadel. Denn dieſe letztern Abſtände müſſen zwar nothwendig von den erſtern unterſchieden ſeyn; wenn jedoch die magnetiſchen Schwerpuncte der beiden Arme unſrer prismatiſchen Nadel der Mitte noch näher liegen, als es in einem cylindriſchen Draht der Fall ſeyn würde, wie wir Grund anzunehmen haben, ſo können die Abſtände des Verbindungsdrahtes von der Mitte und von dieſen Polen hinlänglich wenig bei unſern Verſuchen von einander abweichen, daß ihre Ungleichheit bei den Berechnungen nicht ſpürbar werde. Dann wird das Geſetz, ſo dargeſtellt, darauf hinauskommen, daß die Geſammtwirkung des Verbindungsdrahtes auf irgend ein magnetiſches, ſüdliches oder nördliches, Element ſich umgekehrt wie der geradlinige Abſtand dieſes Elements vom Draht verhält.

Um dieſem Reſultat ſeine Gültigkeit vollkommen zu ſichern, habe ich die nämlichen Verſuche mit einer priſmatiſchen parallelogrammiſchen Nadel, wie der vorigen, wiederholt, die aber viel kürzer war; ihre Länge nämlich betrug nur 10^{mm}, ihre Höhe 5^{mm}, und ihre Dicke 0^{mm}, 5. Da die magnetiſchen Schwerpuncte jedes ihrer Arme ſich nothwendig der Mitte weit näher befanden, als in der, bei den vorigen Verſuchen angewandten, Nadel, ſo mußte die Annäherung offenbar durch dieſen Umſtand gewinnen. Ich hieng dieſe neue Nadel an einem Coconfaden, wie die erſte, auf und ließ ſie eben ſo in verſchiednen Abſtänden vom verticalen Verbindungsdraht oscilliren. Anſtatt aber die Wirkung der Erde auf ſie vollſtändig durch Entgegenſetzung eines entfernten Magneten zu neutraliſiren, ſchwächte ich ſie blos ſehr, indem ich Sorge trug, den Magnet in einer ſolchen Richtung anzunähern, daß die Nadel ihren natürlichen magnetiſchen Meridian nicht verließ, und den Apparat, der den verticalen Verbindungsdraht trug, ſtellte ich ſo, daß dieſer ſich genau in der, durch die Mitte der Nadel ſenkrecht auf dieſen nämlichen Meridian gelegten, Ebene enthalten fand. Bei dieſer Anordnung konnte die, vom Verbindungsdraht ausgehende, Kraft kein Streben äußern, die Nadel aus ihrem magnetiſchen Meridian abzulenken, ſondern vergrößerte oder ſchwächte nur die Mittelkraft, vermöge deren ſie ſchon darein gerichtet war. Bevor ich nun den Draht auf die Nadel wirken ließ, maß ich erſt dieſe Mittelkraft, indem ich die Oscillationen zählte, die die Nadel vermöge deren Wirkung in einer gegebenen Zeit vollbrachte, oder vielmehr, welches den Vortheil einer größern Genauigkeit gewährt, indem ich zählte, wie viel Secunden zu einer gegebenen Anzahl von Oscillationen erforderlich waren. Die Zahl dieſer Secunden heiße N: die nämliche Beobachtung, an der Nadel wiederholt, wenn zugleich der Verbindungsdraht auf ſie wirkt, dient eben ſo, die Summe aller Kräfte zu meſſen, durch welche ſie in dieſem neuen Zuſtande ſollicitirt wird. Dieſe zweite Zahl wollen wir durch N′ vorſtellen; dann läßt ſich, nach den Geſetzen der Oscillationsbewegung das erſte Syſtem von Kräften durch $\frac{K}{N^2}$, das zweite durch $\frac{K}{N'^2}$ vorhalten, wo K eine und dieſelbe beſtändige Größe iſt, welche von den Dimenſionen der Nadel abhängt; der Unterſchied $\frac{K}{N'^2} - \frac{K}{N^2}$ oder $\frac{K\,(N - N')\,(N + N')}{N^2\,N'^2}$ mißt alſo die Kraft, welche vom Verbindungsdraht für ſich ausgeübt wird.

Reihenfolge der Beobachtungen.	Abſtände des Verbindungsdrahtes v. d. Mitte d. Nadel.	Dauer von 40 Oscillationen.		Eigene Wirkung des Verbindungsdrahtes	Verhältniß der Wirkungen des Drahtes in den Abſtänden von $32^{mm},9$ u. $62^{mm},9$.
		Ohne den Verbindungsdraht N.	Mit dem Verbindungsdraht N'.		
1	$32^{mm},9$	$67'',5$	$101'',0$	1,21449	$\frac{32,9}{62,9}$ (1 + 0,03781)
2	62,9	66,0	78,5	0,67290	
3	32,9	66,0	98,5	1,26499	

Hier, wie bei den vorigen Verſuchen, wurde die Methode der abwechſelnden Beobachtungen angewandt, um die Irrthümer zu vermeiden, die ſonſt aus der Veränderung, welche der Voltaiſche Apparat während der Dauer der Verſuche in ſeiner Wirkſamkeit erfahren konnte, hervorgehen mußten. Von dieſer rührt der kleine Unterſchied zwiſchen dem erſten und dritten Reſultat her, obgleich ihre Beobachtung in gleichen Abſtänden vom Draht geſchahe. Aus der Geringfügigkeit dieſer Verſchiedenheit ſelbſt erhellt, daß der Apparat nur wenig veränderlich war. Um ihm dieſen Vortheil zu geben, hatte ich ihn aus einem einzigen Voltaiſchen Element von ſehr großen Dimenſionen gebildet, das ſich beliebig in eine große kreisförmige Wanne eintauchen ließ. Ich ließ ihn darin während der ganzen Dauer der drei Verſuche, weil ſich aus der Beobachtung der Oscillationen, ſo wie aus den Erſcheinungen des Glühens Voltaiſcher Verbindungsdrähte ergiebt, daß der Apparat in den erſten Augenblicken des Eintauchens immer eine weit kräftigere Wirkſamkeit beſitzt, als die er nachher äußert, und bei welcher er nach kurzer Zeit ſtehen bleibt. Offenbar muß man dieſen gleichförmigen Zuſtand für Verſuche, die vergleichbar ſeyn ſollen, vorziehen. Der Irrthum, den die auch noch weiterhin etwa Statt habende Veränderlichkeit des Apparats mit ſich bringen könnte, wird dann noch völlig dadurch ausgeglichen, daß man das Mittel aus zwei zu verſchiednen Zeiten angeſtellten Beobachtungen nimmt; das dann dem, in der Mittelzeit zwiſchen beiden beobachteten, Reſultate vergleichbar iſt. Hier iſt die Vergleichung in der letzten Spalte unſrer Tabelle angeſtellt worden, und man wird ſehen, um welchen kleinen Bruch das Verhältniß der Kräfte von dem umgekehrten Verhältniſſe der Abſtände abweicht. Hiedurch wird alſo vollends die phyſiſche Deutung beſtätigt, die wir dieſem Geſetze gegeben haben, indem wir es auf die magnetiſchen Elemente ſelbſt bezogen.

Bei den, ſolchergeſtalt in großen Abſtänden angeſtellten, Oscillationsverſuchen zeigt ſich noch ein beſondrer Umſtand, welcher die abſolute Richtung, nach der ſich dieſe Wirkung äußert, erkennen läßt. Wenn der untere Theil des Drahts vom Zinkpol herkommt, während ſich der obere nach dem Kupferpol begiebt, wie Fig. 10 darſtellt, ſo kehrt die Nadel, vom Draht ausgeſehen, ihren Südpol nach der linken, ihren Nordpol nach der rechten Seite des Drahts. Wenn hingegen der obere Theil des Drahts vom Zinkpol kommt, und mithin der untere ſich nach dem Kupferpol begiebt, wie Fig. 11 darſtellt, ſo kehrt die Nadel ihren Südpol nach der rechten und ihren Nordpol nach der linken Seite des Drahts, ſo daß, wenn man von einem dieſer Zuſtände zum andern übergeht, indem man die Verbindungen der beiden Enden des Drahts mit dem Zink- und Kupferpol des Voltaiſchen Apparats verwechſelt, die Nadel ſich von ſelbſt umkehrt, und ihre Richtung ſo in die entgegengeſetzte verwandelt, wie es der vorſtehenden Regel gemäß iſt, worauf ſie ruhig um die neu gewählte Lage des Gleichgewichts zu ſchwingen vermag. Dieſer Character der Stabilität oder Nichtſtabilität in ihren Oscillationen iſt gerade dasjenige, woran man die abſolute Richtung der, auf ſie wirkenden, Kräfte erkennen kann. Denn geſetzt, dieſe Kräfte ſeyen in Bezug zu den beiden Polen der Nadel entweder, wie Fig. 12 darſtellt, oder wie Fig. 13 zeigt, gerichtet, ſo erhellt ſchon daraus, daß ſie gleich bei gleichen Abſtänden vom Draht F ſind, und überdies reſpectiv ſenkrecht auf den Radien FS, FN ſtehen, welche von dieſem Draht nach jedem der beiden Pole S und N der Nadel gezogen ſind, ſchon daraus alſo erhellt, daß dieſe Nadel, wenn man ihre beiden Arme als gleich annimmt, mathematiſch geſprochen, in Gleichgewicht in den beiden, durch dieſe Figuren vorgeſtellten, Lagen wird bleiben können, d. h., wenn ſie ſich ſenkrecht auf die Linie des Abſtands CF befindet, welche von ihrer Mitte an den Draht gezogen wird. Denn denkt man ſie ſich unmittelbar ſo in dieſe Lage gebracht, daß ihr dabei weder nach Rechts noch nach Links irgend eine anfängliche Bewegung ertheilt worden ſey, und dann der bloßen Wirkung der, vom Draht F ausgehenden, Kräfte überlaſſen, ſo iſt klar, daß ſie ſich durch dieſe Kräfte nach ſymmetriſchen Richtungen und mit gleicher Intenſität zu beiden

Seiten ihrer Mitte ſollicitirt finden wird, ſo daß ſie in Ruhe bleiben muß. Dieſe beiden Lagen jedoch, die hinſichtlich des Gleichgewichts gleichgeltend ſind, ſind es keineswegs hinſichtlich der Bewegung. Denn was die erſte Fig. 12. betrifft, denkt man ſich hier die Nadel nur ein wenig aus derſelben entfernt, wie Fig. 14 darſtellt, ſo ſieht man, daß die abſolute Wirkung des Drahts auf den Pol S vermöge der Zunahme des Abſtands geringer geworden iſt, dagegen aber iſt das Kraftbeſtreben, mit der er die Nadel zu drehen, und in die Lage ihres Gleichgewichts zurückzuführen ſtrebt, durch die Zunahme der Neigung gegen dieſelbe verſtärkt worden. Nun zeigt die Berechnung nach dem Geſetz des umgekehrten Verhältniſſes der Entfernung, wie es ſich aus den Erſcheinungen ergeben hat, daß, *wenn der Draht F ſich außerhalb des Kreiſes befindet, der von den Polen S, N der Nadel beſchrieben wird*, wie dies immer bei den, von uns beſchriebenen, Oſcillationsverſuchen Statt fand, die zweite Urſach über die erſte das Uebergewicht erhält, und daß ſomit die definitive Seitenkraft, welche den Arm CS, Fig. 14, zu drehen ſtrebt, größer iſt, als im Zuſtande des Gleichgewichts der Fig. 12. Das Gegentheil hat Statt für den andern Arm CN, der dem Draht F näher gekommen iſt, weil bei dieſem die Zunahme, welche aus der Verminderung des Abſtands hervorgeht, keinen Erſatz giebt für die Schwächung, welche aus der Verminderung der Schiefe entſteht, welches zum Endreſultat eine geringere Rotationskraft giebt.

Demnach, wenn die ſtatiſchen Momente dieſer beiden entgegengeſetzten Kräfte in der urſprünglichen, in Fig. 12 vorgeſtellten, Lage unter einander gleich waren, ſo ſind ſie es jetzt nicht mehr in Fig. 14, und die ſtärkere, welche das Uebergewicht über die andere erhält, muß die Nadel in die urſprüngliche Lage ihres Gleichgewichts ECE′ zurückführen. Das nämliche Reſultat würde ſich ergeben, wenn man ſich die Nadel nach der entgegengeſetzten Richtung, obwohl immer nur um ganz wenig, abgelenkt dächte, wie Fig. 14 bis darſtellt. Dann wird es das, auf den Pol N ausgeübte, Kraftbeſtreben zur Drehung ſeyn, welches das Uebergewicht erhält, und die Nadel zur urſprünglichen Lage ihres Gleichgewichts ECE′ zurückführt. Wie man ſieht alſo, muß bei ſo beſchaffener Richtung und Intenſitat der Kräfte die Nadel, wenn auch nur ganz wenig nach Rechts oder Links aus ihrer Lage des Gleichgewichts ECE′ abgelenkt, nothwendigerweiſe von ſelbſt durch eine Folge von Oſcillationen darein zurückkehren, deren Weite allmälig abnehmen wird, in dem Maße, als der Widerſtand der Luft ihre Bewegung ſchwächt, bis ſie endlich in dieſer Lage wieder zur Ruhe kommt. Nun aber wollen wir die nämliche Betrachtungsart auf den Fall anwenden, wo die abſolute Richtung der, vom Draht F ausgehenden, Kräfte der bisher angenommenen entgegengeſetzt und ſo beſchaffen iſt, wie Fig. 15 zeigt.

Wenn hier die Nadel nach der einen oder der andern Seite von der Lage des Gleichgewichts ECE' abgelenkt wird, wie man in Fig. 15 und Fig. 15 bis ſieht, ſo wird ſich noch die nämliche Ungleichheit zwiſchen den, an den beiden Polen wirkenden, ſenkrechten Seitenkräften zeigen; die ſtärkere derſelben aber, anſtatt die Nadel zur urſprünglichen Lage ihres Gleichgewichts zurückzuführen, wird ſie vielmehr davon zu entfernen ſtreben, ein Streben, deſſen Uebergewicht nur noch mehr zunehmen wird, je weiter ſich die Nadel ſchon gedreht hat; ſo daß eine völlige Umkehrung und ſomit Rückkehr derſelben in die, in Fig. 16, dargeſtellte, Lage erfolgen muß, welche der in Fig. 12 analog iſt, in welcher ſie dann die Lage ihres beharrlichen Gleichgewichts gefunden hat, um die ſie zu oſcilliren vermag. Dieſe Erſcheinungen, welche ſich auf die Stabilität oder Nichtſtabilität des Gleichgewichts beziehen, geben alſo ein phyſiſches Merkmal ab, nach dem ſich von der abſoluten Richtung urtheilen läßt, in welcher die, vom Draht ausgehenden, Kräfte auf jeden der beiden Pole der Nadel, und mithin auf die beiden Arten von daſelbſt befindlichem ſüdlichen oder nördlichen Magnetismus wirken. Machen wir die Anwendung hievon auf Fig. 10 und 11, welche die wahren Lagen des beharrlichen Gleichgewichts vorſtellen, in welchen die Nadel, je nach der Richtung, die man den Voltaiſchen Strom durch den Schließungsdraht nehmen läßt, zur Ruhe kommt, ſo ergiebt ſich folgende Beſtimmung. Wenn man ſich einen Beobachter im Draht ſelbſt liegend denkt, mit dem Kopf nach dem Kupferende, mit den Füßen nach dem Zinkende, mit dem Geſichte nach der Nadel zugekehrt, ſo wird die, vom Draht ausgehende, Kraft die Elemente von ſüdlichem Magnetismus von der rechten nach der linken Seite dieſes Beobachters hin ſollicitiren, und die Elemente von nördlichem Magnetismus von ſeiner Linken nach ſeiner Rechten, ſenkrecht auf die kürzeſten Abſtände dieſer Elemente von Draht. Dieſer Satz iſt in vollkommener Uebereinſtimmung mit den Ergebniſſen der erſten Beobachtungen von Oerſted, die durch Fig. 2, 3, 4 und 5 vorgeſtellt ſind.

Ich ſagte nur eben bei Erörterung der Intenſitäten der Drehungskräfte, welche die, aus ihrer Lage des Gleichgewichts abgelenkte, Nadel ſollicitiren, Fig. 14 und 14 bis, daß die ſtärkere dieſer Kräfte diejenige wäre, welche an dem, vom Draht entfernteſten, Pol der Nadel wirkt, wenn dieſer Draht ſich außerhalb des, von dieſen Polen beſchriebenen, Kreiſes befände. Eine ſolche

Einſchränkung war nothwendig; denn, wenn der Draht ſich innerhalb dieſes Kreiſes z. B. zwiſchen C und I, befindet, ſo überwiegt die Veränderung, welche in den ſenkrechten Seitenkräften durch die Veränderung der Schiefe bedingt wird, nicht mehr die, von der Veränderung des Abſtands abhängende, wird vielmehr davon überwogen; ſo daß es alsdann der, dem Draht F zunächſt befindliche, Pol iſt, der durch die ſtärkere Drehungskraft ſollicitirt wird. Wenn alſo die Nadel innerhalb der Gränze dieſer Nähe ſich in Bezug auf die, vom Draht ausgehenden, Kräfte in der Lage befindet, welche Fig. 15 und 15 bis darſtellen, ſo wird ſie ſtets nach der urſprünglichen Lage ihres Gleichgewichts ECE′ zurückgeführt werden; hat ſie dagegen die, durch Fig. 14 und 14 bis angegebene, Lage, ſo wird ſie ſich ſtets davon entfernen und ſich umkehren, um in die entgegengeſetzte Richtung zu gelangen; ſo daß alſo die Bedingungen der Stabilität und Nichtſtabilität hier gerade die entgegengeſetzten von denen ſind, welche Statt hatten, da der Draht F ſich außerhalb des, von den Polen der Nadel zu beſchreibenden, Kreiſes befand. Steht endlich der Draht in I auf dieſem Kreiſe ſelbſt, ſo hat keins von jenen beiden Beſtrebungen das Uebergewicht; und da die beiden ſenkrechten Seitenkräfte, welche die Pole der Nadel ſollicitiren, dann ſtets gleich ſind, ſo kann dieſe ohne Unterſchied in allen Lagen im Gleichgewicht bleiben, worein man ſie willkührlich bringen mag. Alle dieſe Folgerungen, welche ſich aus dem Geſetz der Kraft ergeben, ſind vollkommen in Uebereinſtimmung mit der Erfahrung, wie Pouillet durch ſorgfältige und ſehr mannichfach abgeänderte Verſuche nachgewieſen hat, die ſomit eben ſo viel Beſtätigungen für dieſes Geſetz abgeben.

Alle Reſultate dieſer Unterſuchung laſſen ſich mit einem Blick überſehen, wenn man die ſenkrechten Seitenkräfte, durch welche die Bewegung der Nadel bedingt wird, auf ihre algebraiſchen Ausdrücke bringt. Man braucht ſelbſt dieſe Ausdrücke nur für einen einzigen Fall zu finden, z. B. den der Fig. 14; alle andern laſſen ſich alsdann daraus ableiten, indem man blos die Vorzeichen in der Formel, gemäß der veränderten Richtung der Kräfte oder der Ablenkung der Nadel aus der Lage ihres Gleichgewichts ändert. Es heiße alſo Fig. 17 *) D der Abſtand CF des Drahts von der Mitte der Nadel, in welcher ſie aufgehangen iſt, r der gemeinſchaftliche Abſtand (CS und CN) dieſer Mitte von jedem der beiden Magnetpole, Θ der Winkel ECS, um welchen die Nadel

---

*) Dieſe Fig. 17 fehlte ganz im Original, und mußte nach dem Text hinzugefügt werden. Sie iſt jedoch nicht ſonderlich ausgefallen; nämlich CN ſoll gleich CS, und SD ſenkrecht auf SF ſeyn. Auch in den meiſten übrigen Figuren ſollte der Buchſtabe Θ mehr in der Winkelſpitze von ECS ſtehen.

abgelenkt iſt, wobei der Pol S dem Punct F genähert iſt; endlich K eine beſtändige Größe, welche die abſolute Intenſität der Kraft vorſtellt, die der Draht bei der Einheit des Abſtandes auf eine Quantität von ſüdlichem oder nördlichem Magnetismus, gleich der, in jedem der beiden Pole S oder N befindlichen, ausüben würde. Nennt man ferner Δ den Abſtand FS und Δ' den Abſtand FN, ſo werden die abſoluten Kräfte, die der Draht auf dieſe beiden Pole in der Lage, wie ſie die Figur darſtellt, ausübt, zum Ausdruck haben $\frac{K}{\Delta}$ und $\frac{K}{\Delta'}$, von denen die erſte nach SD, die andre nach ND' wirkt. Um die ſich daraus ergebenden ſenkrechten Seitenkräfte zu erhalten, muß man die Werthe dieſer Kräfte durch die Sinus der Winkel LSD und, L'ND' multipliciren, welche mit der Nadel durch die Richtung jeder derſelben gebildet werden. Nennt man nun ω den Winkel SFC, und ω' den Winkel NFC, ſo iſt leicht zu ſehen, daß der Winkel LSD gleich $\omega - \Theta$ *) und der Winkel L'ND' gleich $\omega' + \Theta$ iſt, welches zum Ausdruck für die erſte ſenkrechte in S wirkende Seitenkraft giebt $\frac{K}{\Delta} \sin(\omega - \Theta)$ und zum Ausdruck für die zweite, in N wirkende, $\frac{K}{\Delta'} \sin(\omega' + \Theta)$. Dies vorausgeſetzt hat man in den Dreiecken CSF, CNF zufolge allgemeiner trigonometriſcher Sätze

$$\mathrm{Sin}\ \omega = \frac{r}{\Delta}\ \mathrm{Cos}\ \Theta \text{ **)}; \quad \mathrm{Cos}\ \omega = \frac{D - r\ \mathrm{Sin}\ \Theta}{\Delta}$$

$$\mathrm{Sin}\ \omega' = \frac{r}{\Delta'}\ \mathrm{Cos}\ \Theta; \quad \mathrm{Cos}\ \omega' = \frac{D + r\ \mathrm{Sin}\ \Theta}{\Delta'}$$

Entwickelt man die Ausdrücke der beiden Seitenkräfte und ſubſtituirt dieſe Werthe darein, ſo verwandeln ſie ſich in K $\left(\frac{r - D \sin \Theta}{\Delta^2}\right)$ und K $\left(\frac{r + D \sin \Theta}{\Delta'^2}\right)$.

---

*) Dies ergiebt ſich folgendergeſtalt:

Der Winkel CSF heiße α; SCF, β; LSD, γ; ſo iſt $\alpha + \gamma =$ einem Rechten; weil dieſer übrig bleibt, wenn man von den zwei Rechten über der Geraden LCL' den Rechten FSD hinwegnimmt; auch $\Theta + \beta$ iſt $=$ einem Rechten vermöge der Conſtruction; mithin iſt $\alpha + \gamma + \Theta + \beta = 2\,R$ aber auch $\omega + \alpha + \beta = 2\,R$; weil ſie die drei Winkel eines Dreiecks ſind; mithin $\alpha + \gamma + \Theta + \beta = \omega + \alpha + \beta$; $\gamma + \Theta = \omega$; $\omega - \Theta = \gamma$, d. i. $=$ LSD, wie zu beweiſen war.

**) Dies ergiebt ſich durch eine einfache Conſtruction:

$\Delta \sin \omega$ würde die. von S auf CF herabgelaſſene, Senkrechte ſeyn; $r \cos \Theta$ das Stück von CE, welches eine, von S darauf herabgelaſſene, Senkrechte abſchnitte; beide würden, als parallel und zwiſchen Parallelen befindlich, gleich ſeyn; alſo, da $\Delta \sin \omega = r \cos \Theta$, ſo auch $\sin \omega = \frac{r}{\Delta} \cos \Theta$; auf die nämliche Weiſe ergiebt ſich die Herleitung der folgenden Gleichungen.

Man hat aber ferner in dieſen nämlichen Dreiecken $\Delta^2 = D^2 + r^2 - 2 D r \sin \Theta$ *); $\Delta'^2 = D^2 + r^2 + 2 D r \sin \Theta$

Subſtituirt man alſo dieſe Werthe in die Ausdrücke der beiden Seitenkräfte und nennt die erſte S', die andre N', ſo erhält man zum Endausdruck

$$S' = \frac{K (r - D \sin \Theta)}{D^2 + r^2 - 2 D r \sin \Theta}; \quad N' = \frac{K (r + D \sin \Theta)}{D^2 + r^2 + 2 D r \sin \Theta}$$

Jeder dieſer Ausdrücke wird, im Fall er poſitiv iſt, anzeigen, daß die Seitenkraft, der er zugehört, in einer Richtung wirkt, wie ſie der Conſtruction der hier dargeſtellten Figur angemeſſen iſt, d. h., daß ſie ſtrebt, eine Annäherung der Puncte S oder N an den Punct F zu bewirken; ſind die Ausdrücke dagegen negativ, ſo werden ſie eine Wirkung der nämlichen Kräfte nach entgegengeſetzter Richtung anzeigen; in allen Fällen aber wird, weil dieſe beiden Kräfte ihre Angriffspuncte in gleichen Entfernungen von der Mitte der Nadel haben, die abſolute Richtung der Bewegung durch die ſtärkere von beiden beſtimmt werden. So wird man dieſe Richtung in allen möglichen Fällen kennen lernen können, indem man die vorigen Ausdrücke auf Zahlen bringt, je nach den beſondern Werthen, welche r, D und Θ beigelegt werden.

Setzt man Θ gleich null, welches für die urſprüngliche Lage der Nadel ECE' gilt, wo ſie ſenkrecht auf CF iſt, ſo werden die beiden vorigen Ausdrücke zu

$$S' = \frac{K r}{D^2 + r^2} \quad N' = \frac{K r}{D^2 + r^2}$$

Sie ſind alſo dann ſowohl hinſichtlich des Vorzeichens als hinſichtlich des Werthes unter einander gleich; und ihre Wirkungen, die Nadel nach entgegengeſetzten Richtungen zu drehen, halten ſich ſomit einander das Gleichgewicht, welches Vorzeichen man auch der beſtändigen Größe K geben mag, d. h., welches auch die abſolute Richtung ſeyn mag, die man für die Wirkung der Kräfte SD, ND' annimmt, ſey es die der Fig. 14 oder die der Fig. 15. Wirklich haben wir gefunden, daß, mathematiſch genommen, die Nadel in dieſen beiden

---

*) Nämlich sin Θ iſt gleich dem Coſinus des Complements von Θ, d. i. SCF, wo dann die bekannte Formel gilt $\cos SCF = \frac{D^2 + r^2 - \Delta^2}{2 D r}$, welche auf obige zurückkommt.

Fällen in Gleichgewicht bleiben mußte, wenn ſie urſprünglich und genau die Lage ECE′ hatte.

So wie man ſie aber aus dieſer Lage ablenkt, d. h. ſo wie man Θ irgend einen Werth beilegt, fangen auch die beiden Seitenkräfte, von denen die Nadel gelenkt wird, an, ungleich zu werden. Um zu ſehen, nach welcher Richtung dieſe Veränderungen den Ausſchlag geben, und wie ſie ſich allgemein bei beiden Kräften entſprechen, muß man von ihren Ausdrücken den beſtändigen Theil gleich $\frac{K\,r}{D^2 + r^2}$ abſondern, welches leicht durch die Diviſion geſchieht, indem man das erſte Glied des Quotienten ſucht, welches unabhängig von Θ iſt. Man findet ſo, daß die beiden allgemeinen Ausdrücke von S' und N' ſich unter folgender Form darſtellen

$$S' = \frac{K\,r}{D^2 + r^2} - \frac{K\,D\,(D^2 - r^2)\,\mathrm{Sin}\,\Theta}{(D^2 + r^2)\,(D^2 + r^2 - 2\,D\,r\,\mathrm{Sin}\,\Theta)}$$

$$N' = \frac{K\,r}{D^2 + r^2} + \frac{K\,D\,(D^2 - r^2)\,\mathrm{Sin}\,\Theta}{(D^2 + r^2)\,(D^2 + r^2 + 2\,D\,r\,\mathrm{Sin}\,\Theta)}$$

Das erſte Glied iſt ſich in beiden Ausdrücken gleich; wie nicht anders ſeyn kann, da es den urſprünglichen Werth der beiden Seitenkräfte in dem urſprünglichen Fall des Gleichgewichts, wo Θ gleich null iſt, darſtellt. Was die zweiten Glieder betrifft, welche den Unterſchied der beiden Kräfte darſtellen, ſo iſt zuvörderſt die Bemerkung weſentlich, daß ihre Nenner nie von Einfluß auf ihr Vorzeichen ſeyn können; denn ſie ſind immer poſitiv, wie auch Θ beſchaffen ſeyn mag; nicht ſo aber verhält es ſich mit den Zählern; denn ihr Vorzeichen kann ſich mit dem ihrer Factoren $\sin\Theta$ und $D^2 - r^2$ ändern, deren erſtrer von der Richtung der Ablenkung der Nadel und der zweite vom Abſtand ihrer Mitte vom Punct F abhängt. Verändert man dieſe beiden Elemente den verſchiednen Vorausſetzungen gemäß, die oben erörtert worden ſind, ſo wird ſich daraus die Herleitung aller von uns aufgeſtellten Folgerungen nach Zahlwerthen ergeben. Der Fall von Indifferenz, wo der Draht F ſich auf dem Kreiſe ſelbſt befindet, den die Pole der Nadel beſchreiben, entſpricht dem Werthe $D = r$. Auch ſieht man, daß, da bei dieſer Annahme die zweiten Glieder von S' und N' verſchwinden, beide Größen ſtets gleich und gleichen Vorzeichens bleiben, welches auch der Winkel Θ ſeyn mag, d. h. daß die Nadel alsdann ohne Unterſchied in allen Lagen im Gleichgewicht bleiben kann, in die man ſie bringen mag.]

Nach unſrer bisherigen Annahme lagen beide Pole der Nadel gleichweit von ihrem Aufhängungspuncte ab; es könnte aber auch hierin eine Ungleichheit Statt finden; ja ſtreng genommen findet ſie immer Statt. Dieſer beſondre Umſtand würde keine Veränderung in den Ausdrücken der ſenkrechten Seitenkräfte, wie wir ſie ſo eben beſtimmt haben, mit ſich bringen; nur hätte man, da ſie ihre Wirkung alsdann am Ende zweier Hebelärme r, r' von ungleicher Länge äußern, zur Ausmittlung des Erfolgs, den ſie hervorbringen, nicht ihre unmittelbaren Werthe, ſondern ihre ſtatiſchen Momente s', n' zu vergleichen, die man erhält, indem man reſpectiv dieſe Werthe mit den Abſtänden r und r' multiplicirt. Man würde auf dieſe Weiſe, wenn man bei der, in Fig. 17 vorgeſtellten, Conſtruction ſtehen bleibt, erhalten:

$$s' = \frac{Kr\,(r - D \sin \Theta)}{D^2 + r^2 - 2\,Dr \sin \Theta};\quad n' = \frac{Kr'\,(r' + D \sin \Theta)}{D^2 + r'^2 + 2\,Dr' \sin \Theta}.$$

Und durch Vergleichung dieſer Werthe würde man, wie vorhin, die Bewegungen, welche die Nadel erfahren kann, allen ihren Umſtänden nach beſtimmen können. So ſieht man z. B., daß alsdann das Gleichgewicht nicht mehr Statt haben kann für den Fall, wenn Θ gleich null, d. h. wenn die Nadel ſenkrecht iſt auf die Linie des Abſtands, welche von ihrem Aufhängungspunct zum Draht gezogen wird, weil dieſer Werth von Θ ungleiche Werthe für s' und n' giebt; der Fall des Gleichgewichts entſpricht vielmehr dem beſondern Werthe von Θ, der das reſultirende Moment n' — s' verſchwinden macht. Nun kommt der Ausdruck dieſes Moments durch Reduction zurück auf

$$\frac{K\,D\,(r' + r)\,[D\,(r' - r) + (D^2 - rr') \sin \Theta]}{(D^2 + r^2 - 2\,Dr \sin \Theta)\,(D^2 + r'^2 - 2\,Dr' \sin \Theta)}$$

wird alſo null, wenn der veränderliche Factor des Zählers null wird; welches giebt

$$\sin \Theta = -\frac{D\,(r' - r)}{D^2 - rr'}$$

Die Erſcheinung wird möglich ſeyn, wenn dieſer Ausdruck für sin Θ einen Werth giebt, welcher der Verwirklichung fähig iſt, d. h. der poſitiv oder negativ ſeyn kann, aber geringer ſeyn muß, als die Einheit. Im Gegenfall wird ſie unmöglich ſeyn. Bildet man nun das Quadrat dieſes Ausdrucks, und ſondert die Einheit davon ab, ſo ſieht man leicht, daß er ſich unter folgende Form bringen läßt:

$$\sin^2 \Theta = 1 - \frac{(D^2 - r^2)\,(D^2 - r'^2)}{(D^2 - rr')^2}$$

woraus man ſchließen muß, daß $\sin^2 \Theta$ geringer ſeyn wird, als r, wenn die beiden Factoren $D^2 - r^2$ und $D^2 - r'^2$ das nämliche Vorzeichen haben, alle beide poſitiv oder alle beide negativ ſind, und daß er r überſteigen wird, wenn ſie mit ungleichen Vorzeichen behaftet ſind, welches, auf die entſprechenden Lagen des Drahts und der Nadel angewandt, zeigt: 1) daß das Gleichgewicht möglich ſeyn wird, wenn der Schließungsdraht ſich außerhalb oder innerhalb der beiden

Kreiſe befindet, die von jedem der Arme der Nadel beſchrieben werden; 2) daß, wenn der Draht in den ringförmigen Raum gebracht wird, der zwiſchen den beiden Kreiſen enthalten iſt, die Nadel in *gar keiner Lage* im Gleichgewicht bleiben kann. Für dieſen zweiten Fall zeigt nämlich der allgemeine Ausdruck des reſultirenden Moments n′ — s′, daß in allen Lagen, welche die Nadel um ihren Aufhängungspunct zu nehmen vermöchte, die, auf den längern Arm ausgeübte, Kraft das Uebergewicht hat, ſo daß die Nadel beſtändig die Richtung der Drehung verfolgen muß, welche dieſe Kraft ihr einzupflanzen ſtrebt; 3) in dem Fall, wo ſich der Draht genau auf einem der beiden Umkreiſe befände, welche von den Armen der Nadel beſchrieben werden, wird der veränderliche Factor, der in den Nenner des reſultirenden Moments eingeht, ſeinem Zähler gemein; ſo daß er unterdrückt werden muß; und dann kann dies Moment nicht mehr null ſeyn, ausgenommen in dem Fall, wo die beiden Arme der Nadel gleich ſind; d. h. die Nadel kann alsdann nie ins Gleichgewicht kommen, ausgenommen wenn man hat r′ = r, wo ſie in jeder Lage im Gleichgewicht bleibt, wie wir eben geſehen.

Man könnte noch, anſtatt zweier Pole, eine Nadel mit mehrern entgegengeſetzten Polen betrachten, die nämlich Folgepuncte beſäße. Die Bedingungen ihrer Bewegung und ihres Gleichgewichts würden ſich mit derſelben Leichtigkeit durch Berechnung der Kraft ergeben, mit der jeder Pol zufolge des umgekehrten Verhältniſſes des Abſtands zur Drehung angetrieben wird; und die ſo erhaltenen Reſultate zeigen ſich immer mit der Erfahrung in Uebereinſtimmung, wie ſich *Pouillet* überzeugt hat.

Obwohl die durchgängige Einſtimmung der Rechnung mit den Erſcheinungen, die ihrem Anſchein nach ſo verſchiedenartig ſind, die Deutung vollkommen zu rechtfertigen ſchien, die wir von der Wirkung des Schließungsdrahts gegeben hatten, indem wir ſie anſahen als ſich auf jedes einzelne, in freiem Zuſtande in der oscillirenden Nadel vorhandne, Element von ſüdlichem oder nördlichem Magnetiſmus beſonders äußernd, ſo wollten wir doch auch noch eine directe Prüfung hierüber anſtellen, indem wir dem Schließungsdraht nicht mehr eine ganz kurze Nadel darboten, wie in den vorigen Verſuchen, ſondern vielmehr eine, im Verhältniß zu ihren queren Dimenſionen ſehr lange, Nadel, in welcher mithin die beiden Pole oder magnetiſchen Schwerpuncte ungleicher Beſchaffenheit merklich aus einander lagen.

Zu dieſem Zweck ſpannten wir den Schließungsdraht in eine, auf den magnetiſchen Meridian ſenkrechte, horizontale Richtung, und hiengen vor ihm eine, aus einem dünnen Draht von gehärtetem Stahl beſtehende, 100 Millimeter lange, und durch den Doppelſtrich magnetiſirte, Nadel mittelſt einer Vereinigung von rohen Seidenfäden, die nicht merklich gedreht waren, auf. Ueberdies war der Apparat, der ſie trug, ſo beſchaffen, daß man die Nadel in der, durch ihre Mitte gezogenen, Verticallinie beliebig erhöhen oder ſenken konnte, um ſie ſucceſſiv in verſchiedene Höhen ſowohl oberhalb als unterhalb des Drahts bringen zu können, ohne ſie aus dieſer Verticale zu entfernen. Fig. 18. ſtellt den Durchſchnitt dieſes Apparats in einer Verticalebene CHF vor, welche durch die, im Gleichgewicht angenommene, Nadel SN gelegt und mithin ſenkrecht auf den, ſich ganz nach F projicirenden, Verbindungsdraht iſt. Betrachtet man bei dieſer Anordnung irgend ein Element der Nadel, wie M, ſo wird die kleine Quantität von freiem Magnetismus, welche in dieſem Element vorhanden iſt, von Seiten des Verbindungsdrahts F eine Geſammtwirkung erfahren, welche die, auf den radius vector FM ſenkrechte Richtung MDD′ hat, und dies Element mit einer, ſich umgekehrt wie FM verhaltenden, Kraft nach MD oder nach MD′ fortzuziehen ſtrebt, wobei es auf die Richtung, in welcher der Strom den Draht F durchläuft, und die ſüdliche oder nördliche Beſchaffenheit des, im Element M in freiem Zuſtande vorhandnen, Magnetismus ankommen wird, welche von jeden beiden Richtungen vorzugsweiſe befolgt werden wird. Da aber der Nadel vermöge ihrer Aufhängung, durch die ſie nach der Vorausſetzung in horizontaler Lage erhalten wird, jede verticale Bewegung verſagt iſt, ſo wird der einzige, in Kraft bleibende, Theil der ſie zur Bewegung ſollicitirenden Wirkung die horizontale, von der Kraft MD oder MD′ gegebene, Seitenkraft ſeyn. Dieſe erhält man, indem man die Geſammtkraft, die ſchon FM umgekehrt proportional iſt, mit dem Coſinus des Winkels DMH oder D′MH multiplicirt, welcher Coſinus gleich $\frac{FH}{FM}$ oder $\frac{h}{R}$ iſt, wenn man R den Abſtand FM nennt und mit h die Höhe bezeichnet, in welche die Nadel entweder über oder unter den Verbindungsdraht gebracht wird. Wenn endlich μ die relative Menge von freiem Magnetismus, welche in M vorhanden iſt, vorſtellt, und mit K die abſolute Intenſität der Wirkung bezeichnet wird, die der Verbindungsdraht direct auf eine gewiſſe feſtgeſetzte Menge dieſes Magnetismus, in deren Theilen man μ ausdrückt, äußern würde, ſo wird man zum Ausdruck für die horizontale, vom Draht auf den Punct M geäußerte, Seitenkraft haben $\frac{K\mu h}{R^2}$; und ſtellt man durch dm einen ganz kleinen Querſchnitt der Nadel vor, der eine hinreichend dünne Schicht bildet, daß die Intenſität μ darin für gleichförmig angeſehen werden kann, ſo wird das

Product $\frac{K\mu h dm}{R^2}$ die horizontale Kraft ausdrücken, welche dieſe elementare Schicht in der Richtung MS oder MN, je nach den oben erörterten Umſtänden, ſollicitirt. Nach welcher von dieſen beiden Richtungen auch der Ausſchlag erfolgen mag, jedenfalls werden die beiden Arme der Nadel hinſichtlich derſelben ein entgegengeſetztes Streben äußern, wegen der entgegengeſetzten Beſchaffenheit und gleichen Vertheilung der Magnetismen, welche in jedem von ihnen, zufolge der ſymmetriſchen Methode, deren Anwendung wir zum Magnetiſiren derſelben angewandt vorausſetzten, Statt hat; aber eben aus dieſer Entgegenſetzung der Wirkung geht hervor, daß, wenn man die Nadel auch nur ganz wenig aus ihrer urſprünglichen Lage SN abgelenkt denkt, die beiden Seitenkräfte ihrer Arme zu einer Drehung nach der nämlichen Richtung ſollicitiren, und ſich ſo in Hervorbringung ihrer Rotationsbewegung einander unterſtützen werden.

Fig. 18. ſtellt die Nadel SN über den Draht F erhoben vor. Wir wollen ſie uns jetzt darunter erniedrigt denken, Fig. 19., übrigens aber ihre abſolute Richtung im Raume noch für die nämliche annehmen. Jedes ihrer Elemente, wie M, wird noch von Seiten des Drahts eben ſolche Wirkungen erfahren, die immer ſenkrecht auf den radius vector FM gerichtet ſind; aber eben vermöge dieſes Umſtands wird die beſondre Richtung jeder horizontalen Seitenkraft derjenigen entgegengeſetzt ſeyn, die für den vorigen Fall Statt hatte; und obwohl ſie ſich noch einander zur Hervorbringung der Drehungsbewegung der Nadel unterſtützen, ſo werden ſie doch dieſe Bewegung nach einer entgegengeſetzten Richtung hervorzubringen ſtreben, als da die Nadel über das Niveau des Drahts erhoben war. In dem mittlern Fälle, wo die Nadel ſich im Niveau des Drahtes ſelbſt befindet, wird jede der horizontalen Seitenkräfte null, und der Schließungsdraht, obwohl vom Voltaiſchen Strom durchlaufen, vermag ſomit keine Wirkung mehr auf die Drehungs- oder Oscillationsbewegungen zu äußern, in die man die Nadel um ihre Mitte verſetzen kann.

Die Beſtätigung dieſes neutralen Verhaltens läßt ſich leicht erhalten. Nachdem man die Verbindung des Schließungsdrahtes mit den Polen der Voltaiſchen Säule unterbrochen hat, bringe man die Nadel genau in ſeine Höhe, laſſe ſie frei die Richtung des magnetiſchen Meridians annehmen, wo ſie ſich ſenkrecht auf dem Draht befindet, verſetze ſie dann blos durch die Wirkung der Erde in Schwingungen um dieſen Meridian, und zähle die Zeit derſelben. Darauf ſtelle man die Verbindung des Drahts mit dem Voltaiſchen Apparat wieder her und beginne die nämliche Beobachtung von Neuem. Die

Dauer der Oscillationen in beiden Fällen wird ſich ganz gleich bleiben müſſen, wie ſich auch durch die Erfahrung ſehr genau beſtätigt zeigt.

Man bringe nun die Nadel entweder über oder unter das Niveau des Verbindungsdrahts in bekannte Höhen, und laſſe ihn aus ſolchen Fernen auf ſie einwirken, daß dieſe Wirkung immer von der Erdkraft überwogen werde. Dann wird die Nadel niemals eine Umkehrung erfahren; allein zu einer Seite der Niveauebene wird ſie durch eine Kraft, welche größer iſt, als die Erdkraft, und zur andern durch eine geringere Kraft ſollicitirt werden, obwohl immer in der Richtung ihres urſprünglichen magnetiſchen Meridians. Läßt man ſie alſo oscilliren, ſo wird man finden müſſen, daß ihre Oscillationen im erſten Fall raſcher, im zweiten Fall langſamer werden, übrigens aber in gleichen Weiten zu beiden Seiten der Niveauebenen des Drahts gleich beſchleunigt und verzögert ſind. Bei Veränderung dieſes Abſtands nun ändert ſich auch die Einwirkung des Drahts und zwar vermöge zweier entgegengeſetzten Urſachen; denn einerſeits wird die abſolute Intenſität ſeiner Wirkung auf jedes Element der Nadel durch die Entfernung geſchwächt; zugleich aber bringt die Veränderung der Schiefe einen größern Werth ihrer horizontalen Seitenkräfte hervor, wie der Ausdruck ſelbſt zeigt, dem dieſelben proportional ſind. Es ergiebt ſich hieraus, daß dieſe Seitenkräfte, die zuerſt null ſind, wenn h null iſt, an Intenſität zu wachſen anfangen, in dem Maße als h wächſt, dann bei einem gewiſſen Werthe von h, bei dem ſie ihren größten Werth erlangt haben, merklich ſtehen bleiben, und dann ohne Aufhören abnehmen, ſo daß ſie null werden, wenn h unendlich iſt. Dieſe verſchiednen Perioden der Intenſität müſſen alſo auch an den Oscillationen der Nadel um ihren magnetiſchen Meridian bemerklich werden, wenn man ſie in verſchiednen Höhen zu beiden Seiten der Niveauebene des Drahts beobachtet, und wirklich zeigt ſich dies durch die Erfahrung vollkommen beſtätigt.

Es ließen ſich ſelbſt nach dem Ausdruck der Kräfte, wie wir ihn gegeben haben, die abſoluten Grade der Beſchleunigung oder Verzögerung berechnen, welche derſelbe Schließungsdraht der nämlichen Nadel in verſchiednen Höhen einpflanzt. Allein die Schnelligkeit der Veränderungen, welche die Kräfte durch die gleichzeitigen Veränderungen der Schiefe und des Abſtandes erfahren, erlaubt nicht mehr, die freien Magnetismen der Nadel blos als an zwei Puncten oder Polen, die in einem gewiſſen Abſtand von ihren Enden liegen, concentrirt anzuſehen; und um eine völlige Schärfe zu erhalten, müßte man die Wirkungsſtärke der Kräfte für jeden Punct der Nadel nach der bekannten Vertheilung des Magnetismus, welche die Art, wie ſie magnetiſirt wurde, mit ſich bringt, berechnen. Immer jedoch giebt ſchon die Betrachtung der Pole hinlänglich angenäherte Reſultate, um auf die Genauigkeit einer vollkommenern Annäherung ſchließen zu können; und zur Probe kann folgende Reihe von Beobachtungen dienen, welche mit der Nadel von 100^{mm}, von der oben die Rede war, angeſtellt wurden. Dieſe Nadel, blos durch die Erdkraft ſollicitirt, machte 10 Schwingungen in 25″. Während der Verſuche wurde ſie beſtändig in einem Abſtand von 59^{mm}, 7 von der, durch den Verbindungsdraht gelegten, Verticalebene erhalten.

Reihenfolge der Beobachtungen.	Succeſſive Höhen h der Nadel über und unter dem Niveau des Drahts h.	Dauer von 10 Oscillationen.
1	+ 0	25
2	5	27
3	10	29
5	10	29
6	15	$29\frac{1}{2}$
7	20	$29\frac{3}{4}$
8	30	$28\frac{1}{2}$
9	35	$28\frac{1}{3}$
10	45	$27\frac{3}{4}$
11	65	27
12	20	29
4	− 10	$22\frac{1}{4}$

Die Beobachtung No. 4, wo die Nadel 10^{mm} unter die Niveauebene des Drahts gebracht wurde, ſteht zwiſchen den Beobachtungen 3 und 5 zwiſchen inne, wo die Nadel in einen gleichen Abſtand über dieſe Ebene gebracht war. Nennt man nun T die Intenſität der Erdkraft und F die des Drahts bei dieſem Abſtand, und iſt die Zeit von 10 Oscillationen für T allein N und für die vereinte Wirkung des Drahts und der Erde N′, wenn die Nadel ſich oberhalb des Drahts befindet; N″, wenn ſie ſich unterhalb befindet, ſo wird man haben müſſen:

$$\text{im 1ſten Fall } \frac{T-F}{T} = \frac{N^2}{N'^2} \quad \text{im 2ten Fall } \frac{T+F}{T} = \frac{N^2}{N''^2}$$

woraus man zieht:

$$1) \ldots\ldots F = T\,\frac{(N'^2 - N^2)}{N'^2}; \quad 2) \ldots\ldots F = T\,\frac{(N^2 - N''^2)}{N''^2}.$$

Und, für dieſe beiden Fälle, werden die ſo erhaltenen Werthe von F gleich ſeyn müſſen. Führt man nun die, in unſrer Tabelle enthaltenen, Zahlen ein, ſo findet man

$$1) \ldots\ldots F = T.\ 0{,}2568. \quad 2) \ldots\ldots F = T.\ 0{,}2621$$

d. h. für den einen, wie für den andern Werth war die horizontale richtende Kraft, welche vom Draht ausgeübt wurde, mit ſehr geringer Abweichung das Viertheil von der der Erde; und der kleine Unterſchied beider Reſultate überſteigt die Gränzen des Irrthums nicht, den man bei ſolchen Beobachtungen immer für erträglich halten muß.

Alle andern Zahlen unſerer Tabelle kommen ſchon mit großer Annäherung heraus, wenn man die Wirkung des Verbindungsdrahtes als blos auf die magnetiſchen Mittelpuncte der beiden Arme der Nadel gehend, betrachtet. Und hieraus läßt ſich abnehmen, daß man ſich der völligen Schärfe weit mehr noch nähern würde, wenn man die wahre Vertheilung des Magnetismus berückſichtigte, wie ſie ſich aus den Verſuchen über Nadeln von ſolchen Dimenſionen ergiebt. Bei Ausführung dieſer Rechnung müßte man Acht haben, daß die Beobachtung No. 12, welche nach allen andern angeſtellt wurde, beſtimmt iſt, die progreſſiven Abänderungen zu berichtigen, welche die Wirkſamkeit des Voltaiſchen Apparats während der ganzen Zeit, die zu der Reihe der Verſuche erfordert wurde, erfahren mußte.

Wenn man, anſtatt den elektriſchen Strom durch einen einfachen Metalldraht hindurchgehen zu laſſen, wie bisher von uns geſchehen, ihn durch Röhren, Streifen oder andre Körper von merklicher Breite hindurchgehen läßt, deren Oberflächen ſich als durch gerade parallele Linien gebildet betrachten laſſen, ſo findet man, daß alle dieſe Körper auf die Magnetnadel wirken, wie Drahtbündel, die mit ihrer Länge parallel wären, ſo daß man hienach die Geſetze ihrer Wirkungen zum Voraus berechnen und vorherſagen kann. Wendet man dieſen Grundſatz auf cylindriſche Röhren mit kreisförmiger Grundfläche an, die hinlänglich lang ſind, um als unbegränzt betrachtet werden zu können, ſo findet man, daß ſie auf die Magnetnadel wirken müſſen, wie ein einfacher, längs ihrer Axe ausgeſpannter Verbindungsdraht. Daß dem wirklich ſo ſey, lehrt folgender, von Savart und von mir angeſtellter, Verſuch.

Die Röhre, deren wir uns bedienten, beſtand aus Kupfer, hatte 43^{mm} im Durchmeſſer und mehr als 2 Meter in der Länge. Nachdem wir an ihre Enden Metalldrähte gelöthet hatten, beſtimmt, die Verbindung mit den Polen der Säule mittelſt Glasgefäßen voll Queckſilbers zu bewerkſtelligen, richteten wir die Röhre vertical auf, und um für ihre Wirkung immer einen feſten Maßſtab der Vergleichung zu haben, der die langwierige Methode der abwechſelnden Beobachtungen entbehrlich machte, ſpannten wir parallel mit der Länge der Röhre und ganz nahe an ihrer Oberfläche, doch außer Berührung mit derſelben, einen einfachen Kupferdraht aus. Der Durchmeſſer dieſes Drahts betrug 0^{mm}, 84; und der Zwiſchenraum zwiſchen ſeiner Oberfläche und der der Röhre $0^{\text{mm}},5$; ſo daß, wenn man mit d irgend einen beliebigen, bis zur Axe des Drahts gemeſſenen, Abſtand bezeichnet, der entſprechende Abſtand bis zur Oberfläche der Röhre $d + 0^{\text{mm}},92$ betrug, und der Abſtand von ihrer Mitte $d + 22^{\text{mm}},42$. Vor dieſes Syſtem ſtellten wir die kleine parallelogrammiſche Magnetnadel, die uns zur Unterſuchung der Wirkung der Drähte gedient hatte, und brachten ſie ſucceſſiv in verſchiedne Entfernungen, wobei wir Sorge trugen, die Wirkung der Erdkraft auf ſie in jeder dieſer Lagen zu compenſiren. Nennt man nun, unter Vorausſetzung ſo getroffener Maßregeln, die Wirkung des Drahts auf die kleine Nadel, wenn die Mitte dieſer ſich in einem Abſtand d von ſeiner Axe befindet, A, und drückt man durch R die Wirkung der Röhre in dieſer nämlichen Lage aus, wo der Abſtand D der Nadel von der Axe der Röhre $d + 22^{\text{mm}},42$ beträgt; und zählt man alsdann die Secundenmengen n, N, welche die Nadel braucht, eine gleiche Anzahl Schwingungen unter dem ſucceſſiven Einfluß des Drahts und der Röhre zu vollenden, ſo werden die Intenſitäten der richtenden Kräfte R und A ſich umgekehrt, wie die Quadrate dieſer Zahlen verhalten, wonach man haben wird:

$$R = A . \frac{n^2}{N^2}$$

welches erlaubt, R in Theilen von A auszudrücken. Geſetzt nun, man entferne die Nadel von der Axe des Drahts auf einen Abſtand 2 d, der genau das Doppelte des vorigen iſt, wodurch ſie in eine Entfernung D′ von der Axe der Röhre gleich $2d + 22^{\text{mm}},42$ gelangt, und man zähle in dieſer neuen Lage abermals die Secundenmengen n′, N′, welche die Nadel braucht, um eine gleiche Anzahl Schwingungen erſt vor dem Draht, dann vor der Röhre, zu vollbringen, ſo wird das Verhältniß der gleichzeitigen Intenſitäten R′, A′ geben

$$R' = A' \frac{n'^2}{N'^2}$$

Das Verhältniß $\frac{R'}{A'}$ iſt unabhängig von der abſoluten Wirkungsſtärke des Voltaiſchen Apparats, deſſen man ſich bedient. Bliebe ſich aber dieſe Wirkungsſtärke in vollkommener Strenge gleich, ſo würde, wie wir aus unſern Beobachtungen über die Drähte wiſſen, A′ genau gleich $\frac{1}{2}$ A ſeyn. Schreibt man alſo $\frac{1}{2}$ A anſtatt A′, ſo wird der Werth

$$R' = \frac{1}{2} A \frac{n'^2}{N'^2}$$

den genauen Werth von R′ geben, der mit R verglichen werden muß. Durch dieſen Kunſtgriff macht man ſich unabhängig von allen zufälligen Veränderungen, die der, zum Verſuch gebrauchte, Apparat während des Uebergangs von einem Abſtand zum andern erfahren könnte. Nur muß dann auch die Vergleichung der Röhre und des Drahts für jeden Abſtand unabhängig von dieſen Veränderungen Statt haben, wozu man gelangt, indem man für jeden Abſtand die Methoden der abwechſelnden Beobachtungen in Gebrauch zieht. Auf eine analoge Weiſe würde die Zurückführung geſchehen, wenn die ſucceſſiven Abſtände A, A′ unter einander irgend ein andres Verhältniß als das von 1 zu 2 hätten.

Nach dieſen Erörterungen wird das Verſtändniß folgender Tabelle nicht ſchwer fallen, welche die einfache Darlegung von Verſuchen, die nach einander bei drei verſchiednen Abſtänden angeſtellt wurden, enthält. Die Buchſtaben Dr, R, DrR bezeichnen reſpectiv die Durchleitung durch den Draht allein, durch die Röhre allein und durch den Draht und die Röhre zugleich.

Abſtände von der Axe des Drahts in Millimetern.	Zeit von 10 Oscillationen.	
30, 42	Dr	45″, 50
	R	52, 50
	Dr	45, 00
	R	52, 50
	Dr R	52, 25
60, 42	Dr	63, 00
	R	67, 25
	Dr	63, 00
	R	66, 50
	Dr R	65, 50
15, 42	Dr	33, 25
	R	46, 25
	Dr	33, 75
	R	47, 25
	Dr R	45.

Man kann zuvörderſt bemerken, daß die abſolute Wirkung der Röhre allein immer ſchwächer iſt, als die des Drahts, insbeſondre bei kleinen Abſtänden, welches, wie wir gleich ſehen werden, eine Folge der größern Entfernung von ihrer Axe iſt. Zugleich aber wird auch in die Augen fallen, daß die Summe der Wirkungen der Röhre und des Drahts, wenn der elektriſche Strom ſie zuſammen durchläuft, faſt genau gleich der der Röhre für ſich, oder kaum etwas größer iſt, welches ohne Zweifel daher rührt, daß, da die ganze Menge von Elektricität, welche der Apparat hergiebt, ſich zwiſchen der Röhre und dem Drahte in einem Verhältniſſe vertheilt, welches entweder von ihren Oberflächen, oder ihren Maſſen abhängig iſt, der Draht blos noch ſo viel davon zurückbehält, als einer Seitenlinie der Oberfläche der Röhre angehören muß; wonach denn ſeine gröſsere Nähe an der Magnetnadel kaum noch im Erfolge bemerklich werden kann.

Berechnet man nach dieſen Reſultaten das Zahlenverhältniß der Kräfte, die einerſeits von der Röhre, andrerſeits vom Drahte in den verſchiednen Abſtänden geäußert werden, in welche die Nadel ſucceſſiv gebracht worden iſt, ſo erhält man daraus folgende Tabelle, die ihre Erklärung in ſich ſelbſt trägt.

Abſtände von der Axe des Drahts d.	Abſtände von der Axe der Röhre D.	Beobachtetes Verhältniß zwiſchen den Wirkungen der Röhren und des Drahts.	Verhältnißmäßige Wirkung des Drahts.	Verhältnißmäßige Wirkung der Röhre, mit ſich ſelbſt verglichen.	Verhältniß der Wirkungen der Röhre in verſchiednen Abſtänden.
$15^{mm}, 42$	$37^{mm}, 84$	$R = Dr\,\frac{112225}{218556}$	$\frac{3042}{1542}\;A$	$R = A\,\frac{221393}{218556}$	1
30, 42	52, 84	$R' = Dr'\,\frac{20365}{27563}$	A	$R' = A\,\frac{20365}{27563}$	$\frac{RD}{D''}\left\{1 + 0{,}018891\right\}$
60, 42	82, 84	$R'' = Dr''\,\frac{39690}{44723}$	$\frac{3042}{6042}\;A$	$R'' = A\,\frac{39690}{88529}$	$\frac{RD}{D''}\left\{1 - 0{,}021822\right\}$

Aus der letzten Spalte erhellt, daß die Wirkung der Röhre ſich umgekehrt verhält, wie der Abſtand ihrer Axe von den magnetiſchen Theilchen, auf welche ſich ihr Einfluß äußert. In dieſem Bezug nimmt ihre Wirkung ab wie die eines Drahts, der mit dieſer Axe ſelbſt zuſammenfiele. Ihre abſolute Wirkungsſtärke aber iſt größer, als die des Drahts bei gleichem Abſtand; denn nimmt man die Werthe von R, R', R'', welche in der dritten Spalte enthalten ſind, und multiplicirt ſie mit dem umgekehrten Verhältniß der Abſtände $\frac{D}{d}$, $\frac{D'}{d'}$, $\frac{D''}{d''}$, wodurch die Wirkung der Röhre genau auf dieſelben Abſtände zurückgeführt wird, bei welchen die Wirkungen des Drahts ſucceſſiv beobachtet wurden, ſo findet man:

1ſter Verſuch $R = Dr\ 1{,}28952$
2ter $R' = Dr'\ 1{,}28344$
3ter $R'' = Dr''\ 1{,}21677$

Mittel . . $R = Dr\ 1{,}25324$

woraus man ſieht, daß ſich das Verhältniß zwiſchen der Wirkung der Röhre und der des Drahts bei gleichem Abſtand nicht merklich ändert, und alſo die Wirkung der Röhre demſelben Geſetz der Abnahme mit der Entfernung unterworfen iſt, als die des Drahts, dagegen die abſolute Wirkungsſtärke der Röhre ſtärker iſt als die des Drahts in dem Verhältniß von 1,25324 zu 1, d. i. faſt genau von 5 zu 4. Nun wurde der, durch den in Gebrauch gezogenen Apparat entwickelte, Strom zum Draht und zur Röhre durch dieſelben Verbindungen zugeleitet, es mußte alſo die Einbringung der Röhre in den elektriſchen Schließungskreis entweder einen reichlichern Umlauf von Elektricität bewirken, oder eine günſtigere Vertheilung bei der daraus hervorgehenden Molecular-Magnetiſirung.

Die Wirkung eines unbegränzten und geradlinigen Schließungsdrahtes auf ein magnetiſches Element, wie ſie ſich uns aus den vorigen Verſuchen ergeben hat, iſt nur erſt ein zuſammengeſetztes Reſultat; denn theilen wir in Gedanken die ganze Länge des Drahts in eine unendliche Menge Schnitte von ganz geringer Dicke, ſo ſieht man, daß jeder Schnitt auf die Nadel, je nach ſeinem Abſtand und nach der Richtung ſeiner Wirkung mit verſchiedner Kraft wirken muß. Gerade dieſe elementaren Kräfte nun ſind es, um deren Kenntniß uns vorzüglich zu thun ſeyn muß, da die, vom Draht ausgeübte, Geſammtwirkung nur die arithmetiſche Summe ihrer einzelnen Wirkungen iſt. Man vermag aber durch Berechnung von dieſer Geſammtwirkung zur einfachen Wirkung zurückzugelangen; und dies iſt durch Laplace geſchehen. Er hat aus unſern Beobachtungen auf mathematiſchem Wege das Geſetz der Kraft hergeleitet, welches von jedem einzelnen Schnitt des Drahts auf jedes einzelne, ihm dargebotene, magnetiſche Molecul ausgeübt wird. Die Richtung dieſer Kraft iſt, gleich der der Geſammtwirkung, ſenkrecht auf die Ebene, welche durch das longitudinale Element des Drahts und die Linie des kürzeſten Abſtands dieſes Elements vom ſollicitirten magnetiſchen Molecul gelegt wird. Ihre Intenſität verhält ſich, wie bei allen andern magnetiſchen Wirkungen, umgekehrt, wie das Quadrat dieſes Abſtands ſelbſt. Das Verhältniß des Abſtands kann nun aber noch dabei durch einen Coefficienten modificirt ſeyn, welcher von der Neigung jedes Abſtands gegen die allgemeine Richtung des Drahts abhängig iſt, ein Coefficient, der, wie er auch zuſammengeſetzt ſeyn möchte, nicht hindern würde, daß die Geſammtwirkung eines unbegränzten und geradlinigen Drahts ſeinem kürzeſten Abſtand vom magnetiſchen Element umgekehrt proportional wäre, wie unſre Beobachtungen gezeigt haben. Es waren alſo noch neue Verſuche anzuſtellen, um zu erfahren, ob ein ſolcher Coefficient wirklich Statt habe, und um ſeine Zuſammenſetzung auszumitteln; und das einfachſte ſo wie am nächſten zum Ziele führende Mittel hiezu war offenbar, die Wirkungen zu vergleichen, welche von zwei gleichen aber verſchieden gerichteten Theilen unbegränzter Drähte auf ein magnetiſches Element ausgeübt werden. Zu dieſem Zweck ſpannte ich in einer Verticalebene Taf. X. Fig. 6. einen langen Kupferdraht ZMC aus, den ich in M bog, ſo daß die beiden Schenkel ZM, MC mit der Horizontale MH gleiche Winkel machten. Vor dieſen Draht ſpannte man einen andern Z'M'C', von dem nämlichen Metall, dem nämlichen Durchmeſſer, und der von dem nämlichen Stück genommen war, aus; gab ihm aber eine verticale Stellung, wobei er vom erſten in MM' nur durch einen ganz dünnen Papierſtreif geſchieden blieb. Ich hieng darauf die kleine parallelogrammiſche Magnetnadel SN vor dieſem Syſtem auf, ſo daß ihre Längenaxe ſich genau in der Höhe der Puncte M, M' befand, und beobachtete ihre Oscillationen in verſchiednen Abſtänden, indem ich den Voltaiſchen Strom ſucceſſiv durch den gebogenen und durch den geraden Draht laufen ließ. Um dieſe Vergleichungen anzuſtellen, muß man ſich immer der Methode der abwechſelnden Beobachtungen bedienen; d. h. wenn man bei einer gegebenen Lage der Nadel zuerſt die Oscillationen beobachtet hat, wenn der elektriſche Strom durch den ſchiefen, und dann, wenn er durch den geraden Draht gieng, ſo muß man ſie ein drittesmal beobachten, indem man den Strom wieder durch den ſchiefen Draht gehen läßt, und dann das Mittel aus den Reſultaten nehmen, welche durch dieſe letzte und die erſte Beobachtung gefunden wurden, um die Wirkung des ſchiefen Drahts vollkommen vergleichbar mit der des geraden zu erhalten, unabhängig von den fortſchreitenden Veränderungen, die der Voltaiſche Apparat, deſſen man ſich bedient, erfährt. Zur Genauigkeit dieſer Art von Verſuchen ſind aber noch mehrere andere Vorſichtsmaßregeln unerläßlich: erſtens müſſen die beiden Drähte von vollkommen gleicher Beſchaffenheit ſeyn, was man am ſicherſten ſo erreicht, daß man dazu zwei aufeinanderfolgende Stücke des nämlichen, auf einmal gezogenen, Drahts nimmt; zweitens muß der ſchiefe Draht in einer vollkommen verticalen Ebene aufgeſpannt ſeyn, welche auch den geraden Draht enthält, und die Mitte der Nadel muß ſich bei allen Abſtänden, in die man ſie ſucceſſiv bringt, gleichfalls immer in der Verlängerung dieſer nämlichen Ebene befinden. Damit endlich die Linie der Ruhe, um welche die Oſcillationen der Nadel vor ſich gehen, unveränderlich die nämliche bleibe, welchen von beiden Drähten man auch auf ſie wirken laſſen mag, was weſentlich nothwendig iſt, wenn die Reſultate ihrer Wirkungen bei jedem Abſtand vergleichbar bleiben ſollen, muß man der Ebene der beiden Drähte eine ſenkrechte Richtung auf den natürlichen magnetiſchen Meridian der Nadel geben, und ſich begnügen die Kraft der Erde, welche ſie ſollicitirt, mittelſt eines künſtlichen Magnets zu ſchwächen, ohne im Mindeſten die Nadel aus ihrer Richtung zu bringen. Bei dieſer Anordnung wird nämlich die Wirkung, welche die Drähte, ſey es der ſchiefe oder der verticale, auf die Nadel ausüben, auch in dieſer Richtung Statt haben, und die Kraft, womit die Nadel in dieſelbe zurückgeführt wird, ſomit nur mehr oder minder in ihrer Stärke verändert werden, wovon man durch die Schnelligkeit der Oſcillationen urtheilen kann, wie bei allen andern, von uns unterſuchten, Fällen. Bei getreuer Beobachtung aller dieſer Vorſichtsmaßregeln erhält man für die Wirkungen jedes Drahts Reſultate, die vollkommen mit einander in Einſtimmung ſind, nachdem man von ihnen die, von den Drähten unabhängige, urſprüngliche richtende Kraft, die man noch übrig gelaſſen hatte, abgerechnet hat; eine Uebereinſtimmung, die bei jeder Intenſität oder Richtung dieſer Kraft Statt hat, wofern ſie nur nicht ſo ſchwach iſt, daß die Lage der Nadel durch die Wirkung der Drähte umgekehrt zu werden vermag, wenn dieſelben vom elektriſchen Strom in der Richtung durchlaufen werden, welche jener Kraft entgegenwirkt: denn, wofern der fremde Magnet, der die richtende Kraft der Erde zu ſchwächen dient, nicht im Verhältniß zu den Dimenſionen der Nadel ausnehmend entfernt von ihr iſt, ſo wird eine ſolche Umkehrung immer einige Veränderung ſeiner Wirkung auf ſie mit ſich bringen, und ſomit der Strenge von Reſultaten, die ohnehin ſchon ſo zart behandelt werden müſſen, um ſie in ihrer völligen Reinheit zu bewahren, Eintrag thun.

Nur nach und nach ward ich gewahr, wie unumgänglich nothwendig die Beobachtung aller dieſer hier beſchriebenen Vorſichtsmaßregeln ſey. Schon aus den erſten Verſuchen hatte ich leicht abnehmen können, daß die Wirkung des ſchiefen Drahts ſich zugleich mit dem, zwiſchen ſeinen beiden Schenkeln begriffenen, Winkel minderte, und ihm proportional zu ſeyn ſchien: in der That war auch dies Geſetz für die Gränzen der Erſcheinung zuläſſig; denn offenbar muß die Wirkung null ſeyn, wenn der Winkel null iſt, da alsdann die beiden umgebogenen Hälften des Drahts auf einander zu liegen kommen und vom elektriſchen Strom in entgegengeſetzter Richtung durchlaufen werden; und die nämliche Wirkung muß gleich der eines geraden Drahts werden, wenn die Neigung jedes Schenkels gegen die Horizontale 90° beträgt, weil beide Schenkel zuſammen dann eine einzige gerade Verticale bilden. Wegen der Unvollkommenheit der Verſuche laſſen ſich jedoch noch andere Geſetze als zuläſſig denken, und man hätte z. B. der Neigung i gegen die Horizontale die Tangente der Hälfte dieſer Neigung, d. i. tang ½i ſubſtituiren können, ſo daß, wenn man Dv die beobachtete Wirkung des verticalen Drahts auf die Nadel bei einem gewiſſen Abſtand nennt, Dv. tang ½ i die Wirkung eines, von dem nämlichen Strom durchlaufenen, ſchiefen Drahts geweſen wäre; anſtatt daß ſie nach der vorigen Annahme zum Ausdruck gehabt hätte $\frac{Dv\ i}{90^\circ}$, ein Werth, der vom vorigen nie mehr als um Hunderttheile differiren kann. Um zu entſcheiden, welchem Geſetze der Vorzug zu geben ſey, brauchte der Verſuch nur unter einem einzigen Winkel aber mit der größten Schärfe wiederholt zu werden. Ich wählte zu dieſem Endzweck den Fall von i = 45°, wodurch die Wirkung des ſchiefen Drahts gleich Dv. tang 22° 30′ d. i. gleich Dv 0,414214 gemacht wird. Da der Coefficient von Dv dann von ½ wenig unterſchieden iſt, ſo bog ich den ſchiefen Draht gegen ſich ſelbſt um, mit Vermeidung aller Berührung zwiſchen ſeinen Theilen, damit er, wegen zweimaligen Vorbeigehens an der Nadel, auf ſie eine doppelte Wirkung ausüben könnte, die ſomit ihrer Vergrößerung wegen leichter zu beobachten wäre. Auch trug ich Sorge, die Verbindungen der beiden Drähte mit den Polen des Voltaiſchen Apparats zu wechſeln, ſo daß ſich jeder dieſer Pole abwechſelnd mit dem untern dann mit dem obern Ende jedes Drahts in Verbindung befand, welches ich durch die Buchſtaben ZU, CO, und CU, ZO angedeutet habe. Da die Wirkung der Drähte auf die Nadel durch einen ſolchen Wechſel der Verbindungen, jedesmal umgekehrt wurde, ſo erhellt, daß, wenn ſie bei der einen Verbindungsart die urſprüngliche richtende Kraft vermehrte, ſie dieſelbe bei der andern verminderte. Geſetzt alſo, N wäre die Secundenzahl, welche die Nadel brauchte, um eine feſtgeſetzte Zahl Oscillationen unter dem Einfluß der urſprünglichen richtenden Kraft allein zu vollbringen, und N' die analoge Zahl, wenn die Wirkung des Drahts verſtärkend hinzugetreten iſt; ſo erhellt leicht, daß die eigenthümliche Wirkung des Drahts zum Ausdruck haben mußte $\frac{K}{N'^2} - \frac{K}{N^2}$ oder $K\,\frac{(N - N')\,(N + N')}{N^2\,N'^2}$, wo K eine, von den Dimenſionen der Nadel abhängige, beſtändige Größe bedeutet; dagegen dieſer Ausdruck werden mußte $\frac{K}{N^2} - \frac{K}{N'^2}$ oder $K\,\frac{(N' - N)\,(N + N')}{N^2\,N'^2}$, wenn die Wirkung des Drahts der urſprünglichen richtenden Kraft entgegen war; wonach ſich ihr Werth im einen wie im andern Falle ſchätzen läßt. Auf dieſe Weiſe wurden folgende Tabellen gebildet, denen Verſuche zum Grunde liegen, angeſtellt mit den beiden kleinen parallelogrammiſchen Nadeln von den oben beſchriebenen Dimenſionen.

Länge der Nadel in Millimetern.	Zeit von 20 Oscillationen außer dem Einfluß der Drähte N.	Zeit von 20 Oscillationen unter dem Einfluß der Drähte N'.	Verhältniß der Wirkung des doppelten ſchiefen Drahts zu der des verticalen $\frac{Sch.}{V}$.
20	58'', 375	ZO ſchief. 80'', 25	
		vert. 87, 75	0,841713
		ſchief. 80, 00	0,844503
		vert. 87, 00	
	58, 875	ZU. ſchief. 48, 19	
		vert. 47, 08	0,846444
		ſchief. 48, 68	0,830426
		vert. 47, 27	
		Mittel	0,840780

Länge der Nadel in Millimetern.	Zeit von 40 Oſcillationen außer dem Einfluß der Drähte N.	Zeit von 40 Oſcillationen unter dem Einfluß der Drähte N'.	Verhältniß der Wirkung des doppelten ſchiefen Drahts zu der des verticalen $\frac{Sch.}{V}$.
10	67	ZO vert. 102'', 00	
		ſchief. 90, 50	0,806987
		vert. 100, 00	0,827775
		ſchief. 89, 50	
		ZU. vert 54, 00	
		ſchief. 56, 00	0,789370
		vert. 53, 75	0,802303
		ſchief. 55, 50	
		Mittel	0,806309
		Voriges Mittel .	0,840780
		Letztes Mittel . .	0,823694

Der Werth von 2 Dr. tang ½ i würde für dies Verhältniß geben 0,828427; wovon der Unterſchied bei dieſen Verſuchen ſich ſchon nicht mehr ſchätzen läßt. Noch mehr aber muß er an Bedeutung verlieren, wenn man erwägt, daß, da jeder der beiden Schenkel des ſchiefen Drahts um 3^{mm} rechts und links vom verticalen Draht entfernt war, ihr Abſtand von der Mitte der Nadel nicht d wie für dieſen Draht, ſondern $(d^2 + 9)^{\frac{1}{2}}$ oder $d\left(1 + \frac{9}{d^2}\right)^{\frac{1}{2}}$ betrug, welches man auf $d\left(1 + \frac{9}{2d^2}\right)$ reduciren kann, wegen der Kleinheit des Bruchs $\frac{9}{d^2}$. Um alſo die entſprechenden Beobachtungen von beiden Drähten auf den nämlichen Abſtand zurückzuführen, muß man das unmittelbar erhaltene Verhältniß $\frac{Sch.}{V}$ mit dem umgekehrten Verhältniß der Abſtände $1 + \frac{9}{2d^2}$ multipliciren. Nun war der Werth von d beim erſten Verſuch 28^{mm} ½; beim zweiten 33^{mm}; wonach der Bruch $\frac{9}{2d^2}$ beim einen $\frac{1}{180}$; beim andern $\frac{1}{242}$ betrug, um welche Werthe die beiden unmittelbar gefundnen Mittelzahlen zu vermehren ſind. Durch dieſe Berichtigung wird die erſte zu 0,845451, die zweite zu 0,809641, und ihre definitive Mittelzahl 0,827545 fällt alsdann faſt ganz genau mit 0,828427, dem Werth von Dr. tang ½ i zuſammen. Es iſt ſomit nicht zu bezweifeln, daß dies der allgemeine Ausdruck für die Geſammtwirkung eines, in zwei Schenkel gebogenen, Drahtes ſey, welche den Winkel i mit einander bilden. Betrachten wir nun einen in μ Fig. 9. gelegenen, unendlich dünnen Schnitt eines ſolchen Drahts, deſſen Abſtand von einem Theilchen m ſüdlichen oder nördlichen Magnetismus μm oder R iſt, ſo verhält ſich, wie wir aus unſern erſteren Verſuchen hergeleitet haben, die Wirkung dieſes Schnitts auf das Theilchen umgekehrt wie das Quadrat des Abſtands μm, multiplicirt mit einer unbekannten Function des Winkels $m \mu M$, den wir hier durch ω bezeichnen wollen. Wir brauchen ſomit nur noch auszumitteln, welche Geſtalt dieſe Function zu geben iſt, damit die Totalſumme der Wirkungen, welche ſolchergeſtalt auf m von ſämmtlichen Schnitten des Drahts ſenkrecht auf die Ebene CMZ geäußert werden, eine Mittelkraft gebe, welche $\frac{\text{Tang}\,\frac{1}{2}i}{R}$ proportional ſey. Dieſer Bedingung geſchieht Genüge, wenn man $\sin \omega$ für die geſuchte Function nimmt; wodurch die Wirkung jedes elementaren Schnitts proportional $\frac{\sin \omega}{R^2}$ wird; und aus der Kenntniß dieſes, auf die Erfahrung gegründeten, Ausdrucks, verbunden mit der der abſoluten Richtung der Kraft, welche ſenkrecht iſt auf die Ebene, die durch die Linie des jedesmaligen Abſtands und die Richtung jedes in Betracht gezogenen Längenelements des Drahts gelegt wird, ergiebt ſich durch Berechnung die Geſammtwirkung, die ein Draht oder ein beliebiger Theil eines Drahts, mag er gerade oder gekrümmt, begränzt oder unbegränzt ſeyn, ausübt.

Denken wir uns z. B., man habe einen Metalldraht von ſehr großer Länge genommen, und ihn innerhalb eines ſehr kleinen Raums mehrere Windungen um ſich ſelbſt machen laſſen, wie Fig. 20 darſtellt, nachdem man zuvor Sorge getragen, ihn ganz und gar mit Seide oder einem andern, für ſchwache Grade der El. undurchdringlichen, Stoff zu bekleiden, um die Berührung ſeiner verſchiedenen Windungen zu verhindern. Hängt man eine Magnetnadel SN in dem Raum auf, den dieſe Windungen umfaſſen, und ſetzt die Enden Z, C des Drahts mit den Polen eines Voltaiſchen Apparats in Verbindung, ſo erhellt, daß alle unendlich kleinen Elemente jeder Windung auf den Pol S parallel und gleichgerichtete Wirkungen äußern, deren Stärke blos je nach ihrer Entfernung ſo wie nach dem, für jedes Element relativen, Werthe des Winkels ω ungleich ſeyn wird. Vermöge ihres Parallelismus werden alſo alle dieſe ungleichen Wirkungen eine einzige Mittelkraft geben, mit dem Streben, den Magnetismus von S nach der einen oder der andern Seite der Ebene der Figur abzuſtoſen, immer aber nach einer, auf die Windungen des Drahts ſenkrechten Richtung. Da die nämliche Betrachtung ihre Anwendung auch auf den Pol N findet, ſo wird hieraus eine der vorigen ähnliche und ſogar gleiche Kraft auf dieſen Pol hervorgehen, wenn die Lage der Nadel in den Windungen ſymmetriſch iſt; allein die abſolute Richtung dieſer Kraft wird der der vorigen entgegengeſetzt ſeyn, wegen der entgegengeſetzten Beſchaffenheit der, in S und N vorhandnen, Magnetismen. Dieſe beiden, ſo angebrachten, Kräfte werden alſo eine Drehung der Nadel nach der nämlichen Richtung zu bewerkſtelligen ſtreben; und dies Streben wird um ſo kräftiger ſeyn, je zahlreicher und je näher an der Nadel die Windungen des Drahts ſind, und je beträchtlicher die abſolute Intenſität des, ihn durchlaufenden, el. Stroms iſt. Man kann alſo mittelſt dieſer ſinnreichen Anordnung, die Wirkung eines gegebenen el. Stroms nach Willkühr verſtärken, und ſo zu ſagen, ins Unbegränzte vervielfältigen.*) Auch hat Schweigger, der dieſen Apparat im Anfange des Septembers 1820, kurze Zeit nachdem die große Entdeckung Oerſteds ans Licht getreten war, erfand, ihm den paſſenden Namen des elektromagnetiſchen Multiplicators beigelegt, den er auch nach der Uebereinſtimmung aller Phyſiker ſeitdem behalten hat. Um ihm alle Empfindlichkeit zu ertheilen, deren er fähig iſt, und ſeine Anwendung bequem zu machen, muß man zuvörderſt die Nadel in einer kleinen Hülſe von Papier anbringen, welche an einem einfachen Coconfaden aufgehangen iſt, und den Windungen des Multiplicators die Richtung ihres natürlichen magnetiſchen Meridians geben, Fig. 21. Darauf bringt man unter der Nadel eine horizontale Kreiseintheilung an, um ihre Ablenkungen zu meſſen, welches ſo geſchehen kann, daß man an der Nadel, ſenkrecht auf ihre Länge, einen kleinen Zeiger aus einem Kartenblatt befeſtigt, deſſen Spitze, die auf dieſe Weiſe außerhalb der Windungen des Drahts hervortritt, ſich über einen ſichtbaren Theil der Kreiseintheilung hinbewegt. Man bedeckt das Ganze mit einer Glasglocke, um die Nadel vor Störungen durch die Bewegungen der Luft zu ſchützen, und läßt blos unter dieſer Glocke die beiden Enden des Verbindungsdrahts hervortreten, welche man in kleine, mit Queckſilber gefüllte, Glasgefäße taucht, die auf dem Tiſch, auf welchem man operirt, befeſtigt ſind. Um alsdann den, durch irgend einen elektromotoriſchen Apparat entwickelten, Strom durch den Multiplicator hindurchgehen zu laſſen, braucht man blos eine Verbindung zwiſchen den Polen dieſes Apparats und dem Queckſilber der kleinen Gefäße einzuleiten. Wenn der Multiplicator nach der beſchriebenen Weiſe mit einer hinlänglichen Zahl von Windungen angeordnet iſt, ſo zeigt er ſich von ſo ausnehmender Empfindlichkeit, daß es hinreicht, die beiden Enden des Drahts mit den beiden leicht befeuchteten Gegenflächen eines einzigen Plattenpaars aus Kupfer und Zink in Berührung zu ſetzen, um ſogleich eine beträchtliche Ablenkung der Nadel hervorzurufen, durch die ſie faſt bis auf einen rechten Winkel aus ihrem magnetiſchen Meridian fortgetrieben zu werden vermag; ja man könnte die Empfindlichkeit dieſes Apparats noch dadurch erhöhen, daß man durch die Gegenwart eines künſtlichen Magneten die Erdkraft ſchwächte, welche die Nadel in dieſen Meridian zurückzuführen ſtrebt.

---

*) Darin, daß bei einer großen Zahl von Windungen die äußerſten in eine zu große Entfernung von der Nadel kommen, um noch merklich wirkſam auf ſie zu ſeyn, liegt allerdings eine Gränze der Wirkſamkeit dieſes Apparats.

Dieſes bewundernswerthe Inſtrument hat auf ſolche Art die Entwicklung der beiden Elektricitäten unter einer unendlichen Menge von Umſtänden ſichtbar und meßbar gemacht, wo ſich durch alle andern elektrometriſchen Mittel nur unſichre und keine Schätzung zulaſſende Zeichen derſelben ergaben, und man ſieht hiedurch auch für die Zukunft den Weg noch für eine große Anzahl wichtiger Entdeckungen geöffnet.

So hatten mehrere Phyſiker ſchon vor langer Zeit behauptet, daß bloße Temperaturungleichheit zwiſchen ſich berührenden Subſtanzen eine Entwicklung von El. hervorzurufen vermögend ſey. Seebeck ſetzte dieſe Thatſache außer Zweifel, indem er zeigte, daß ein geſchloſſener Bogen aus zwei verſchiedenen Metallen die Magnetnadel ablenkt, wenn er an einem oder auch an mehrern Puncten, aber auf nicht ſymmetriſche Weiſe, erhitzt wird. Weit ſtärker tritt dieſer Erfolg hervor, wenn man ſich des Multiplicators dabei bedient; und er hat ſelbſt bei einem Bogen aus einem einzigen Metall Statt, wie von Becquerel nachgewieſen worden iſt. Den Verſuch hierüber anzuſtellen, tauche man in die beiden Gefäße V, V', Fig. 21, zwei ganz feine Kupferdrähte F, F', deren Enden, der Vergrößerung der Oberfläche halber, ſpiralförmig gewunden ſind. Unter eine dieſer Spiralen ſtelle man eine brennende Alkohollampe, ſo daß ſie von der Flamme derſelben umgeben wird, und berühre ſie, wenn ſie roth glüht, nur einen Augenblick mit der andern Spirale, ſogleich wird die Magnetnadel des Multiplicators kräftig abgelenkt werden.

Becquerel hat dieſen Verſuch noch intereſſanter gemacht, indem er zeigte, daß der Erfolg auch dann Statt hat, wenn die beiden Drähte FF' beſtändig in Berührung bleiben, oder auch nur einen und denſelben zuſammenhängenden Draht ausmachen, ſobald man denſelben erſt blos in einem ganz kleinen Theil ſeiner Länge erhitzt, und dann plötzlich, aber partiell, an irgend einem Puncte dieſes Theils durch Berührung mit einem Stück kaltem Metall von einem gewiſſen Volumen erkältet. Bei Unterſuchung der Wirkungen, welche die Berührung verſchiedner phyſiſch oder chemiſch auf einander wirkenden Subſtanzen zur Folge hatte, fanden Avogrado und Michelotti, Poggendorf, Oerſted und Becquerel, mit Hülfe des Multiplicators, daß ſich auch hier elektriſche Ströme entwickelten, deren Richtung und Intenſität für jeden Fall beſtimmt waren. Man nehme z. B. die beiden Drähte F. F' wie vorhin von Kupfer, umhülle das Ende eines von ihnen mit einem Kügelchen Schwefel; bringe alsdann den andern in der Alkoholflamme, wie vorhin, zum Glühen, und berühre ihn nun mit dem Schwefelkügelchen; ſogleich wird die Magnetnadel eine ausnehmend ſtarke Ablenkung erfahren, die, wie Becquerel meint, vom Schmelzen des Schwefels und der Bildung von ſchwefelſaurem Kupfer am glühenden Draht herrührt. Ein andres Beiſpiel. Man laſſe das freie Ende von F ungerollt, und rolle das Ende von F' ſpiralförmig, um ſeine Oberfläche zu vergrößern; darauf tauche man beide gleichzeitig in ein kleines Glas, welches Salpeterſäure enthält, alle beide werden angegriffen werden, F' aber wegen ſeiner größern Oberfläche ſtärker als F; und ſogleich wird die Nadel durch ihre Ablenkung die Entwicklung eines el. Stroms anzeigen, in welchem der am ſtärkſten angegriffene Draht ſich wie das Zink verhält. Aehnliche Erfolge erhielt Becquerel durch alle andern chemiſchen Wirkungen, woraus ſich viel Aufſchluß über die Verwandtſchaften erwarten läßt. Endlich beobachtete er dergleichen auch bei ſehr kräftigen capillaren Wirkungen, z. B. wenn man ſchwammiges Platin oder Kohle in vollkommen ausgetrocknetem Zuſtande in eine Säure taucht. Nicht unwahrſcheinlich dürfte meines Erachtens die Annahme ſeyn, daß dieſe El. durch die Zuſammendrückung entwickelt wird, welche die feſten Körper der, ſich an ihre Oberflächen anhängenden, kleinen Schicht Flüſſigkeit erfahren laſſen. Denn daß wirklich hiebei Zuſammendrückung Statt habe, darauf ſcheint mir mit Beſtimmtheit die Wärmeentwicklung zu deuten, welche Pouillet bei der capillaren Einſaugung von Flüſſigkeiten durch Körper von ſonſt ganz gleichgültigem Verhalten, wie Sand und Glasſtücke, entdeckt hat.

Die quere Richtung der Kraft, welche von den Verbindungsdrähten ausgeübt wird und die Gleichheit ihrer Wirkung auf alle Puncte des Raums, welche in dem nämlichen Abſtande von ihrer Mitte liegen, eignen ſich, wie leicht zu erſehen, zur Hervorbringung anhaltender Drehungsbewegungen. Denn, denkt man ſich in M, Fig. 22, ein Theilchen von Magnetismus, ſüdlichem oder nördlichem, welches frei und in einem Abſtand FM von einem unbegränzten Verbindungsdraht

F liegt, der ſenkrecht auf der Ebene der Figur ſteht, ſo wird, wie wir wiſſen, im Augenblick, wo dieſer Draht vom Voltaiſchen Strom durchlaufen wird, das Molecul M ſich dadurch ſenkrecht auf den Radius FM, nach MD oder MD′ ſollicitirt finden, je nachdem die Verbindungen des einen und andern Endes des Drahts mit dem Zink- oder dem Kupferpol Statt haben. Man denke ſich, daß das Theilchen, welchem eine freie Beweglichkeit geſtattet iſt, wirklich dieſem Impuls gehorche und nach D oder D′ um eine unendlich kleine Größe Md oder Md′ fortſchreite. So wie es in dieſe Bewegung geräth, wird auch die Kraft, welche es ſollicitirt, ſich mit ihm drehen, und fortfahren, es auf die nämliche Weiſe, ſenkrecht auf die neue Richtung ſeines Abſtands vom Draht, und mit einer, dieſem neuen Abſtande umgekehrt proportionalen, Stärke zu ſollicitiren. Das Theilchen wird ſolchergeſtalt genöthigt ſeyn, ein neues Kreiselement von einem Halbmeſſer Fd zu beſchreiben, unmittelbar darauf ein drittes, u. ſ. f. ins Unbeſtimmte, d. h. es wird um den Draht eine anhaltende Winkelbewegung annehmen müſſen, welche es unaufhörlich davon entfernt, ſo daß ſein Radius vector Flächenräume beſchreibt, welche dem Quadrat der verfloſſenen Zeiten umgekehrt proportional ſind, wenigſtens unter der Annahme, daß das Theilchen vollkommen frei iſt, und keinen Widerſtand in dem Raume erfährt, worin es ſich bewegt. Und wenn das Theilchen in einem beſtändigen Abſtand vom Draht zurückgehalten wird, ſo wird es ſich ſolchergeſtalt um ihn herumbewegen, indem es die ganze Fläche des Kreiſes durchläuft, den es zu beſchreiben vermag. Nachdem wir hierüber im Klaren ſind, wollen wir uns denken, daß, anſtatt das magnetiſche Theilchen für beweglich und den Draht für unbeweglich anzunehmen, man hingegen letztren beweglich einrichte und das Theilchen befeſtige; dann wird, vermöge des allgemeinen Geſetzes der Gleichheit, welches in allen Naturerſcheinungen zwiſchen der Wirkung und der Gegenwirkung beobachtet wird, das Theilchen gerade ſo auf den Draht wirken, wie der Draht auf das Theilchen wirkt; ſo daß man auf den Draht alle Bewegungen, die das Theilchen machte, nach entgegengeſetzter Richtung übertragen haben wird. Dann alſo wird es der Draht ſeyn, welcher ſtrebt, eine Winkelbewegung um das Theilchen anzunehmen, unter ſteter Beibehaltung des Parallelismus mit ſich ſelbſt.

Dieſe Folgerungen ſind theils an ſich klar, theils ergeben ſie ſich mit Nothwendigkeit durch mathematiſche Herleitung. Ihrer Nachweiſung in der Wirklichkeit tritt jedoch eine Schwierigkeit entgegen, welche darin liegt, daß man durch kein, bisher bekanntes, Verfahren ein Theilchen oder ein Syſtem magnetiſcher Theilchen M von blos Einer Beſchaffenheit, entweder der ſüdlichen oder nördlichen, geſondert zu erhalten weiß, indem man nicht vermag, die magnetiſchen Principe aus dem Innern der Körper heraustreten zu laſſen, und ſich ſomit darauf beſchränken muß, ſie in dieſem Innern ſelbſt zu trennen, und blos in verſchiednen Theilen des nämlichen Körpers in gleichen Verhältniſſen frei zu machen. Es wird uns hiedurch unmöglich gemacht, die Drehung für ſich zu beobachten, zu welcher ein Verbindungsdraht ein Syſtem von magnetiſchen Theilchen blos einer Art ſollicitiren würde, und wir können daher dieſe Art der Wirkung blos inſofern zur Erſcheinung bringen, als wir magnetiſche Syſteme ſo anordnen, daß die Kraft, welche gleichzeitig von ihren verſchiednen Polen geäußert wird, das ganze Syſtem der Verbindungsdrähte nach der nämlichen Richtung zu drehen ſtrebe, oder daß die, ſo von gewiſſen Polen geäußerte, Kraft ein hinlängliches Uebergewicht erhalte, um das Syſtem ungeachtet der widerſtrebenden Wirkung der entgegengeſetzten Pole in Drehung zu verſetzen; und da ferner alle Verſuche dieſer Art nur in widerſtehenden Mitteln angeſtellt werden können, ſo wird man noch überdies erwarten müſſen, die Geſetze der Bewegungen durch dieſen Widerſtand, wenn auch nicht ihrem Statthaben überhaupt, ſo doch den beſondern Verhältniſſen der Abſtände und Zeiten nach modificirt zu ſehen.

Dies iſt der allgemeine Grundſatz, auf welchem die Wirkung folgender Apparate beruht, die ſich jetzt nach der bloßen Beſchreibung ihrer Einrichtung begreifen laſſen wird.

VV, Fig. 23, iſt ein Glasgefäß, bis A mit Queckſilber gefüllt. CAF iſt ein begränzter Theil eines Verbindungsdrahtes, deſſen freies Ende C mit einem der Pole eines Voltaiſchen Apparats in Verbindung ſteht, während das andere F vertical in das Queckſilber eintaucht, ſo daß es blos einige Millimeter tief unter die Oberfläche A herabtritt. Ziemlich in der Höhe des Puncts F iſt die Seitenwand des Gefäßes in T ſo durchbohrt, daß ein zweiter Metalldraht F′ Z in das Queckſilber hineintreten kann, der ſich zum andern Pole des Voltaiſchen Apparats begiebt. Der übrige Theil der Oeffnung iſt genau zugekittet, damit das Queckſilber nicht ausfließe. SN iſt ein magnetiſcher Stahlſtab, unten mit einem Gegengewicht von Platin M verſehen, welches, mit dem eigenen Gewichte des Magnetſtabes verbunden, nicht hinreicht, ihn zum völligen Einſinken ins Queckſilber zu bringen, ſondern blos, ihn vertical darin ſchwebend zu erhalten. Man richtet die Maſſe M ſo ein, daß der obere Pol S des Stabes ſich um einige Centimeter über die Queckſilberoberfläche erhebt, und ſo der Wirkung des Drahts frei ausgeſetzt iſt. So wie der el. Strom durch den Draht hindurchgelaſſen wird, fängt der Stab an, ſich im Queckſilber um ihn zu drehen, und zwar jedesmal nach einer beſtimmten Richtung, welche von der Beſchaffenheit des Voltaiſchen Pols abhängt, mit welchem jedes Ende des Drahts in Verbindung ſteht, ſo wie von der Beſchaffenheit des, in S befindlichen, Magnetismus.

Zur vollkommnen Einſicht in dieſe Erſcheinung muß man wiſſen, daß, wenn ein Voltaiſcher Strom einen unterbrochenen metalliſchen Leiter durchläuft, deſſen Lücken durch einen flüſſigen Leiter ausgefüllt ſind, wie dies hier an den Puncten F, F′ Statt hat, wo unſere beiden Drähte ſich in das Queckſilber endigen, die Fortleitung durch die Flüſſigkeit wo nicht genau durch die Reihe von Moleculen vor ſich geht, welche in der Linie des kürzeſten Abſtandes liegen, doch durch eine mehr oder weniger beträchtliche Zahl ſolcher Linien, die ſich wenig von jener entfernen. Daß dieſe Art der Fortleitung Statt habe, läßt ſich zuvörderſt, worauf Pouillet aufmerkſam gemacht hat, indirect daraus ſchließen, daß die, durch den electromotoriſchen Apparat hervorgebrachten, chemiſchen Erſcheinungen blos in einer geringen Ausdehnung um dieſe Linie des kürzeſten Abſtandes vor ſich gehen, und mit der Entfernung davon immer ſchwächer werden. Geſetzt z. B. man laſſe, wie Pouillet gethan, einen Voltaiſchen Strom durch eine, mit geſäuertem Waſſer bedeckte, Maſſe Queckſilbers hindurchgehen, in welches (Waſſer) ſenkrecht das Ende eines, vom negativen Pol ausgehenden, Drahtes tauche. Zufolge der, im Th. II. S. 300 u. ff. angeführten Verſuche weiß man, daß in dieſem Fall der Sauerſtoff ſich nach dem poſitiven Pol begiebt, d. i. hier auf das Queckſilber, mit welchem er eine Verbindung eingeht. Nun ſah Pouillet bei Beobachtung der Art, wie dieſe Oxydation fortſchreitet, daß ſie zuerſt an dem, dem Draht zunächſt befindlichen, Theil der Queckſilberoberfläche, man möchte ſagen, unter dem Draht ſelbſt, begann, und ſich von da allmälig kreisförmig um dieſen Punct ausbreitete, um ſo weiter, je länger die Wirkung andauerte. Vergrößert oder verkleinert man den Abſtand des Leitungsdrahts von Queckſilber, ſo bringt man zugleich eine Veränderung im Durchmeſſer des Oxydationskreiſes hervor. Und kehrt man, nachdem er recht deutlich erſchienen iſt, die Verbindungen mit den Polen des Voltaiſchen Apparats um, welches die Reduction des Oxyds herbeiführt, ſo ſieht man auch dieſe kreisförmig geſchehen und diesmal in der Mitte anfangen; und wenn ſie in dieſem Puncte vorgegangen iſt, ſo gleitet die ganze Schicht von Oxyd auf der Oberfläche des Queckſilbers hin, um den kreisförmigen Raum wieder zu bedecken, der glänzend bleiben würde, wenn die Oxydſchicht nicht dieſe Beweglichkeit hätte. Hiedurch wird die Symmetrie der Wirkungen und die fortſchreitende Schwächung ihrer Intenſität um die Linie des geringſten Abſtands in volles Licht geſetzt. Zu derſelben

Folgerung gelangt man, wenn man, wie ich gethan habe, die verſchiedenen Theile einer Queckſilbermaſſe VV, welche die, in Fig. 24 vorgeſtellte, Anordnung hat, einer Magnetnadel SN darbietet, welche an einem Coconfaden aufgehangen und außer Abhängigkeit von der Wirkung des Erdmagnetismus geſetzt worden iſt. Denn die Theile dieſer Maſſe, welche etwas unterhalb der Durchſchnitte liegen, in welche die Leitungsdrähte tauchen, üben auf die Nadel keine wahrnehmbare Wirkung aus. Bei Anwendung dieſer Reſultate auf den ſo eben beſchriebenen Rotations-Verſuch, Fig. 23, ergiebt ſich, daß der directe Schließungsbogen CFF′Z ſich als der Weg betrachten läßt, in deſſen Linie der Strom fortgeht, ſo daß man blos noch die Richtung der davon ausgehenden transverſalen Kräfte zu unterſuchen haben wird, um ihre Wirkungsart voraus beſtimmen und berechnen zu können. Zuvörderſt nun wird der verticale Theil CF auf den Magnetismus des Pols S eine Kraft ſolcher Art ausüben, daß derſelbe zu einer Drehung nach einer gewiſſen Richtung ſollicitirt wird, gemäß den, in Bezug auf Fig. 2 — 7 aufgeſtellten, Geſetzen; d. h. ſteht z. B. das Ende C mit dem Kupferpol in Verbindung und iſt S das Ende des Stabes, in welchem ſich der ſüdliche Magnetismus frei befindet, ſo wird S von der rechten nach der linken Seite eines Beobachters ſollicitirt werden, der den Kopf in C und die Füße in F hätte. Allerdings wird dieſer nämliche Theil des Drahts eine entgegengeſetzte Wirkung auf den Pol N äußern, welcher der Sitz von entgegengeſetztem Magnetismus iſt; allein der größere Abſtand dieſes zweiten Pols vom Draht, verbunden mit der ſchiefern Richtung der davon ausgehenden radii vectores, wird dieſes zweite Streben vom erſten überwältigt werden laſſen, ſo lange der Stab SN vertical bleibt; ſo daß, wenn das Gegengewicht M ſchwer genug iſt, um zu verhindern, daß der Stab umfalle, und der Pol N ſich dem Draht CF nähere, die Wirkung, welche von dieſem auf den Pol S geäußert wird, nothwendig die vorwiegende ſeyn wird. Was den Theil des Schließungsbogens FF′Z betrifft, den wir der größern Einfachheit halber für horizontal, wenigſtens bis auf eine große Weite vom Gefäß anſehen können, ſo werden ſich die, von ihm ausgehenden, Kräfte anſehen laſſen, als giengen ſie von einem unbegränzten horizontalen Drahte C′FF′Z aus, deſſen Ende C′ mit dem Kupferpol des Voltaiſchen Apparats in Verbindung ſtände. Die transverſale Wirkung dieſes fingirten Drahts auf den ſüdlichen Magnetismus von S wird alſo auch ſtets das Streben äußern, S von der rechten nach der linken Seite eines Beobachters, der den Kopf in C′ und die Füße in Z hätte, anzutreiben. Allein ein entgegengeſetztes Streben wird ſich auf den Pol N äußern, und zwar ſogar mit gleicher Stärke, wenn die Horizontallinie CFF′Z ſich genau in der Höhe der Mitte des Stabes befindet; ſo daß im Ganzen hieraus kein Impuls zur Fortbewegung hervorgehn kann. Blos alſo die, von CF ausgeübte, Kraft wird den Ausſchlag für die Drehung des Stabes SN geben; und wirklich iſt die Richtung dieſer Drehung, wie ſie ſich der Beobachtung ergiebt, ſtets ſo, wie ſie zufolge der, von CF ausgehenden, transverſalen Kraft beſchaffen ſeyn muß. Faſt überflüſſig ſcheint die Bemerkung, daß die Bewegung auch dann noch fortgeht, wenn der Stab zwiſchen die Puncte F und F′ gelangt iſt, weil der Kreis nicht einzig durch die flüſſige Linie geſchloſſen wird, die er durch ſeine Gegenwart unterbricht, ſondern auch durch alle benachbarten Linien. Da überdies der Stab metalliſch iſt, ſo dient er ſelbſt als Leiter. Allein die Schließung des Kreiſes, und mithin die, davon abhängige, Erſcheinung der Rotation würden auch noch Statt haben, wenn man ſelbſt den Stab ganz und gar mit einem iſolirenden Firniß überzöge.

Man kann dieſen Verſuch auf ſolche Weiſe abändern, daß man den Draht CF in ein kleines, mit Queckſilber gefülltes, metallnes Becherchen tauchen läßt, welches auf dem obern Pol des Stabes ſelbſt befeſtigt iſt, Fig. 25; wobei die Schließung des Kreiſes durch den ſeitlich angebrachten Draht F′ Z wie vorhin bewerkſtelligt wird. In dieſem Fall dient der obere Theil des Stabes dem Voltaiſchen Strom ſelbſt als Leiter, und die Kräfte, welche zur Seite davon ausgehen, bringen ihn vermöge ihrer Wirkung auf den Pol S zu einer raſchen Drehung um ſich ſelbſt. Dieſer Erfolg würde nicht mehr Statt haben, wenn das Ende F′ des zweiten Leitungsdrahtes, anſtatt zur Seite etwas unterhalb S angebracht zu ſeyn, ſich unmittelbar unter dem entgegengeſetzten Pol N des Stabes befände; denn da alsdann der Strom den Stab in ſeiner ganzen Länge durchliefe, ſo würde er auf ſeine beiden Pole mit gleicher Stärke wirken, und indem er ſie nach entgegengeſetzter Richtung zu drehen ſtrebte, eine Geſammtwirkung gleich Null geben, ſo daß gar keine Drehung des Stabes erfolgen würde.

Faraday war es, der dieſe ſinnreiche Anwendung der transverſalen Kraft, die ein, vom Voltaiſchen Strom durchlaufener, Verbindungsdraht ausübt, zuerſt verwirklichte. Man hat ſeinen Verſuch ſeitdem mit den mannichfachſten Abänderungen wiederholt, die nach den, von uns gegebenen, Erörterungen ohne Weiteres verſtändlich ſeyn werden. Da ſich ein Magnet durch die Wirkung eines Verbindungsdrahtes in Drehung verſetzen läßt, ſo muß ſich umgekehrt dieſer Draht durch die Gegenwirkung des Magneten zu einer Drehung bringen laſſen. Unter den vielfältigen Anordnungen, durch die man dieſen Zweck erreichen kann, wählen wir die folgenden aus, weil ſie die

Erſcheinung unter dem einfachſten Geſichtspuncte darſtellen. Sie rühren von Pouillet her, der meines Erachtens zuerſt eine genügende Analyſe dieſer Bewegungen gegeben und mit Schärfe nachgewieſen hat, wie ſie von der transverſalen Kraft abhängen.

VV, V′V′, Fig. 26, ſind zwei Metallgefäße mit flachem Boden, in der Mitte mit einem runden Loche durchbohrt, an welche eine anpaſſende Dille (douille) gefügt wird, die inwendig mit einem nicht leitenden Stoffe ausgekleidet iſt. Dieſe Dillen nehmen den Metallſtab TT′ auf, der mit ſtarker Reibung hindurchgeht, und dazu dient, die beiden Gefäße in einem beſtändigen Abſtand, wie man ihn bezweckt, feſtzuhalten. Der obere Theil dieſes Stabes trägt ein kleines, inwendig gut polirtes, Glas- oder Agatgefäß, in welches man eine metallne Spitze einſetzt, die allen Syſtemen von Leitern, welche in Drehung um den centralen Stab TT′ kommen ſollen, als Zapfen dient; damit aber die El. von dieſer Spitze zum Stabe einen ungehinderten Uebergang finde, iſt das kleine Gefäß zum Theil mit Queckſilber angefüllt, in welches ein metallner Streifen oder Draht taucht, der an ſeiner Oberfläche mit einer nicht leitenden Subſtanz überzogen, und mit ſeinem andern Ende an den Stab gelöthet iſt.[1])

Um zuvörderſt die Drehung eines verticalen Leiters für ſich zu bewirken, legt Pouillet auf den Zapfen eine einfache horizontale Nadel LL′ aus Fiſchbein oder ſonſt einer nicht leitenden Subſtanz. An das Ende L hängt er mit ſeinem hakenförmig gebogenen obern Theil L den Kupferdraht F, deſſen unteres Ende vertical in das Gefäß VV herabſteigt, das zu dieſem Zweck etwas weiter, als V′V′ ſeyn muß. Beide Gefäße enthalten geſäuertes Waſſer, in welches man die Enden des Drahts F tauchen läßt, ſo daß derſelbe die Verbindung zwiſchen den Gefäßen vermittelt. Da ferner die Dillen, welche den Metallſtab TT′ aufnehmen, aus nicht leitender Subſtanz beſtehen, oder inwendig damit ausgekleidet ſind, ſo folgt, daß, wenn man den untern Theil T mit einem der Pole eines Voltaiſchen Apparats, z. B. mit dem Kupferpol, in Verbindung ſetzt, während man zu gleicher Zeit das Metall des untern Gefäßes VV mit dem Zinkpol mittelſt eines Drahts VZ in Gemeinſchaft bringt, der el. Strom, ſeiner Richtung vom Zink zum Kupfer nach betrachtet, erſt in das Gefäß VV und das darin enthaltne geſäuerte Waſſer eintritt, dann aus dieſem Waſſer in den Draht F übergeht, ihn durchläuft, in das geſäuerte Waſſer des obern Gefäßes V'V' und die Subſtanz dieſes Gefäßes ſelbſt gelangt, an deſſen Boden das Ende l eines biegſamen Metallſtreifens angelöthet iſt, deſſen andres Ende l' man in das Queckſilber des Schälchens G tauchen läßt. Der Strom, ſo im Queckſilber angelangt, ſteigt nun von T' nach T längs des, von den Gefäßen iſolirten, Stabes wieder herab, um ſich endlich zum Kupferpol des Voltaiſchen Apparats zu begeben. Iſt nun ſolchergeſtalt der Kreis geſchloſſen und der Strom im Gange, ſo wird an irgend einem Puncte des Stabes TT' oder ſeiner Verlängerung ein langer Magnetſtab angelegt und vertical längs des Stabes gehalten. Die beiden Pole S und N dieſes Stabes werden offenbar nach entgegengeſetzter Richtung auf den Draht F wirken, indem der eine ihn nach einer, der andre nach der entgegengeſetzten Richtung zu drehen ſtrebt. Befindet ſich aber der Pol S dem Draht am nächſten, wie die Figur darſtellt, ſo wird dadurch, ſo wie durch die geringere Neigung der von ihm ausgehenden radii vectores, ſeine Wirkung überwiegend werden. Demzufolge wird der Draht, ſo betrachtet, als ob er mit ſeinem obern Ende mit einem Kupferpol C' in Verbindung ſtände, den Pol S von der Linken nach der Rechten zu drehen ſtreben, wie in Fig. 23; woraus folgt, daß die Gegenwirkung des Stabes, welcher unbeweglich iſt, den beweglich eingerichteten Draht vermögen wird, in Bezug auf ihn (den Stab) dieſe nämliche Bewegung (die Drehung von Links nach Rechts) anzunehmen; und in der That findet ſich dies durch die Beobachtung beſtätigt, wie ſich Pouillet überzeugt hat; und die Richtung der Bewegung ändert ſich, wenn man die Verbindungen des Drahts F mit den Polen der Voltaiſchen Apparats umkehrt, während der Pol S an ſeiner Stelle bleibt, oder auch, wenn man den Stab umkehrt, ohne in der Art, wie der Kreis geſchloſſen iſt, etwas zu verändern.

---

[1]) Der von Pouillet angewandte Apparat unterſchied ſich von dem hier beſchriebenen in einigen Kleinigkeiten, die ich ohne Uebelſtand glaubte ändern zu dürfen, um die Darſtellung zu vereinfachen.

Da bei dieſer Anordnung des Verſuchs das ganze Gewicht des Drahtes F auf eins der Enden L der Fiſchbeinnadel fällt, ſo muß man am andern Ende L' ein kleines Gegengewicht anbringen, um die Horizontalität herzuſtellen. Man könnte aber auch, wie in Fig. 27, einen zweiten, dem erſten gleichen, Leitungsdraht F' daſelbſt anbringen. Dann theilt ſich der Voltaiſche Strom, nachdem er das geſäuerte Waſſer des untern Gefäßes durchdrungen hat, zwiſchen den beiden Drähten, durchläuft ſie nach der nämlichen Richtung, und ſteigt durch den Stab TT' wieder herab. Bringt man bei dieſer Anordnung in die Axe des Syſtems den verticalen Stab SN, wie beim vorigen Verſuch, d. h. ſo, daß die Wirkung des Pols S überwiegend iſt, ſo werden, wie leicht erſichtlich, die beiden Drähte immer transverſale Kräfte auf S äußern, deren abſolute Richtungen im Raume ſich genau entgegengeſetzt ſind, wonach auch die Gegenwirkung von S auf ſie entgegengeſetzt ſeyn wird; d. h. wenn S ſtrebt, F nach der einen Seite der Ebene der Figur zu bewegen, ſo wird ſie zugleich F′ nach der andern Seite antreiben. Dieſe beiden Kraftbeſtrebungen werden alſo dazu zuſammenwirken, die Fiſchbeinnadel in eine Drehung nach der nämlichen Richtung zu verſetzen; und die Statthabende Bewegung wird ſomit lebhafter vor ſich gehen, als wenn blos ein Draht vorhanden wäre. Daß dem wirklich ſo ſey, hat ſich durch Pouillet's Beobachtungen beſtätigt gefunden.

Man laſſe nun aber den Voltaiſchen Strom nicht ſich zwiſchen den beiden Drähten theilen, ſo daß er ſie in der nämlichen Richtung durchläuft, ſondern ihn in dem einen Drahte aufſteigen, um ihn in dem andern wieder herabſteigen zu laſſen, indem man die Verbindung durch die Axe TT′ aufhebt, was man ſo bewerkſtelligen kann, daß man den Streifen ll′ und den Draht F aus dem Queckſilberſchälchen G zurückzieht, und die untern Enden der beiden Drähte FF′ in zwei abgeſonderte ringförmige Gefäße tauchen läßt, deren eins mit dem Kupfer- das andre mit dem Zinkpol in Verbindung ſteht, Fig. 28; dann werden die transverſalen Wirkungen, welche die beiden Drähte F, F′ auf den, in der Axe des Syſtems befindlichen, Pol S äußern, ihrer abſoluten Richtung nach zuſammenfallen, und mithin die Gegenwirkungen von S auf die beiden Drähte gleicherweiſe nach der nämlichen Richtung Statt haben, ſo daß, wenn vermöge der einen das Syſtem ſich von Links nach Rechts zu drehen ſtrebt, die andre zu einer Drehung von Rechts nach Links antreiben wird. Es wird daher, angenommen, daß alles ſymmetriſch um die Axe TT′ iſt, gar keine Bewegung erfolgen, wie Pouillet ebenfalls beſtätigt gefunden hat.

Die beiden Drähte F, F′ müſſen an den Stellen, wo ſie an die Fiſchbeinnadel angehängt werden, nur eine ſehr geringe horizontale Krümmung haben, um die Wirkung der verticalen Theile ſo rein als möglich zu beobachten. Um aber auch die Wirkung der horizontalen Theile kennen zu lernen, wollen wir die, durch den Streifen ll′ bewerkſtelligte, Verbindung aufheben, und der Fiſchbeinnadel der Fig. 26 eine kupferne Nadel ſubſtituiren, an deren beiden Enden die beiden Leitungsdrähte FF′ angehängt werden, ohne dieſesmal in das geſäuerte Waſſer des obern Gefäßes zu tauchen, Fig. 29 und 29 bis. Tritt alsdann der Voltaiſche Strom in dies Syſtem durch den Draht ZV ein, ſo wird er erſt in das untre Gefäß dringen, dann ſich zwiſchen beiden Drähten theilen, ſie in parallelen Richtungen durchlaufen, von da durch die beiden Arme der Nadel in das Schälchen G zurückkehren und endlich durch den centralen Stab TT′ wieder herabſteigen.

Legt man nun nach ſo getroffener Anordnung einen Magnetſtab SN irgendwo an die Axe TT′ an, ſo daß ſich der Pol S den beweglichen Leitern immer zunächſt befindet, wie bei den vorigen Verſuchen, ſo wird der verticale Theil jedes Drahts immer auf S eine transverſale Wirkung von der nämlichen Richtung äußern, auf welche Seite man ihn auch bringen mag; die Wirkung jedes horizontalen Arms aber wird ſich der abſoluten Richtung im Raum nach ändern, je nachdem der Pol S oberhalb oder unterhalb der Nadel LL′ befindlich iſt, befindet er ſich unterhalb derſelben, Fig. 29, ſo wird jeder verticale Draht und der damit in Verbindung ſtehende Arm der Nadel auf S Wirkungen von der nämlichen Richtung ausüben; und dieſe Richtung wird für die beiden Hälften des Syſtems entgegengeſetzt ſeyn, welches auch entgegengeſetzte Gegenwirkungen hervorrufen wird; es wird mithin in dieſem Fall eine Drehungsbewegung nach der nämlichen Richtung erfolgen, als durch die Drähte F, F′ allein hervorgebracht worden wäre; wenn der Strom, nachdem er ſie durchlaufen, zum centralen Stabe TT′ durch das geſäuerte Waſſer des obern Gefäßes, anſtatt durch die Kupfernadel, zurückgekehrt wäre. Aber ſelbſt bei dieſer Lage, wo ſich der Pol S unterhalb der Nadel befindet, wird keine Drehung Statt haben, wenn der Strom, anſtatt die beiden Drähte in derſelben Richtung zu durchlaufen, erſt einen derſelben durchläuft, wie in Fig. 28, dann zum andern durch die, für iſolirt auf der Fiſchbeinnadel angenommene, Kupfernadel gelangt, und endlich in ein unteres, von VV abgeſondertes, Gefäß herabſteigt, worein der erſte Draht taucht. Denn dann wird jede Hälfte dieſes Schließungskreiſes auf den Pol S transverſale Kräfte äußern, deren abſolute Richtungen im Raum einander parallel ſind, woraus nun auch parallele Gegenwirkungen hervorgehen werden, welche eine Drehung der beiden Hälften des Syſtems nach entgegengeſetzter Richtung zu bewerkſtelligen ſtreben; ſo daß, wenn das ganze Syſtem um ſeine Axe und den Pol S ſymmetriſch iſt, keine Drehungsbewegung erfolgen wird. Fände hingegen keine Symmetrie Statt, ſo würde auch in dieſem Fall noch Drehung entſtehen, allein blos vermöge des Unterſchieds der, nach entgegenſetzter Richtung wirkenden, Kräfte.

Denken wir uns jetzt den Pol S, anſtatt unter die horizontale Nadel LL′, über dieſelbe gebracht, ſo daß der Pol N immer noch entfernter als er vom beweglichen Syſtem bleibt, wie Fig. 29 bis vorſtellt, ſo wird, wie leicht erhellt, in dieſem Fall, welches auch die Art, wie die Ströme das Syſtem durchlaufen, ſeyn mag, der horizontale Theil jedes Leiters auf S eine transverſale Wirkung äußern, welche der des verticalen Theils entgegengeſetzt iſt, ſo daß die geſammte Gegenwirkung von S blos ihrem Unterſchiede entſprechen wird. Man wird alſo die, ſo von jedem dieſer Theile ausgehenden, Kräfte beſonders ſchätzen und zuſehen müſſen, ob ihre Geſammtwirkungen gleich oder ungleich, zuſammen- oder entgegenwirkend in jeder Hälfte des beweglichen Syſtems ſind, um zu wiſſen, ob Drehung erfolgen wird, oder nicht.

Um überhaupt einen leichten und ſichern Anhalt im Verfolgen der Modificationen zu haben, welche in der Richtung der transverſalen Kräfte durch die mehr oder minder mannichfachen Beugungen der Leiter hervorgebracht werden, braucht man nur jedes longitudinale Element, woraus ſie beſtehen, als einen Theil eines unbegränzten geradlinigen Drahts zu betrachten, deſſen Verbindungen mit dem Kupfer- und Zinkpol nach den nämlichen Seiten des Raums, nach denen die Richtung des Elements geht, liegen, alsdann wird die Berechnung der elementaren Wirkung dieſes Theils für jeden, damit in Wechſelwirkung ſtehenden, Süd- oder Nordpol nach den, auf S. 169 gegebenen, Regeln, auf den Leiter, welcher Beſchaffenheit er immer ſeyn mag, ſeine Anwendung finden können.

Da die Temperaturungleichheit zwiſchen den verſchiedenen Theilen eines metalliſchen Bogens hinreicht, einen el. Strom darin hervorzurufen, wie uns die Verſuche von Seebeck gelehrt haben, ſo wird offenbar ein ſolcher Strom, ſo lange er im Gange iſt, den verſchiednen Theilen des Bogens auch einen ſolchen Magnetismus einpflanzen müſſen, als der in den Schließungsdrähten hervortritt, durch welche die beiden Pole der gewöhnlichen Voltaiſchen Apparate verbunden werden; wonach die verſchiedenen Theile ſolcher Bogen auch eine transverſale magnetiſche Kraft äußern müſſen, welche nach denſelben Geſetzen, die bisher von uns entwickelt worden ſind, wirkt. Hängt man alſo ſolche Bogen ſo auf, daß ſie der Gegenwirkung eines, innerhalb oder außerhalb des, von ihnen gebildeten, Kreiſes angebrachten, Magneten zu gehorchen vermögen, ſo werden ſie unter dieſem Einfluß in Bewegungen gerathen, die ſich, wie bei den Verbindungsdrähten, vorausſehen laſſen, wenn man die Wirkung der bekannten Kräfte, die in jedem Fall zu ihrer Hervorrufung mitwirken, in Betracht zieht. Dieſe Anwendung iſt ſo einfach, daß ich mich begnüge, ſie durch ein einziges Beiſpiel zu erläutern, welches von einem Verſuche hergenommen iſt, der zuerſt von Cumming angeſtellt und von Marſh in einigen Einzelnheiten modificirt worden iſt, um die Erſcheinungen in die Augen fallender zu machen.

Der Apparat iſt in Fig. 30 vorgeſtellt: aaa'a'' iſt ein Rechteck, von welchen drei Seiten, die durch dickere Linien angegeben ſind, aus Silberdrähten beſtehen. Die vierte a'ppa'' iſt aus einem Platindraht gebildet, der in der Mitte ringförmig zuſammengebogen iſt, um den verticalen Schaft $T'T'$ durchzulaſſen, der an ſeinem obern Ende eine Agatſchale trägt, in welcher die Spitze P ruht, die dem ganzen Apparat als Zapfen dient, ſo daß er ſich iſolirt befindet und ſehr leicht um den Punct P drehen kann. SN ferner iſt ein langer Magnetſtab, der vertical, aber nur in ſehr geringer Entfernung außerhalb des Kreiſes, den die verticalen Arme des Rechtecks beſchreiben, angebracht wird. Um von einer feſten Vorſtellung auszugehen, wollen wir annehmen, das obere Ende dieſes Stabes, welches ſich dem Rechteck zunächſt befindet, ſey der Nordpol deſſelben. Stellt man nun nahe an den Stab eine Alkohollampe, welche die Wärme zuerſt an a' gelangen läßt, ſo geräth der Apparat in eine Drehung nach der linken Seite des Stabes und ſetzt dieſe ſehr raſch und gleichmäßig fort, ſo lange man die Lampe an dieſer Stelle läßt. Wird die Lampe dem Stabe direct entgegengeſetzt, und alſo unter den Arm des Rechtecks geſtellt, wo ſich Anfangs a'' befindet, ſo geht die Bewegung noch mit gleicher Schnelligkeit aber nach entgegengeſetzter Richtung, vor ſich.

Dies ſind die Erſcheinungen, wie ſie Marſh beſchreibt. Zu ihrer Erklärung reicht die Annahme hin, daß bei Erhitzung der Stelle, wo das Silber und Platin zuſammengelöthet ſind, das Silber poſitiv, das Platin negativ el. wird. Wenn dann durch die fortdauernde Wirkung einer ſolchen Berührung ein el. Strom entſteht, ſo müſſen alle Wirkungen, die er auf ſeinem Wege auszuüben vermag, ſich eben ſo verhalten, als wenn das Silber aa', welches dem Berührungspuncte zunächſt befindlich iſt, vom Zinkpol Z eines gewöhnlichen Voltaiſchen Apparats überkäme, während ſich das Platin $a'a''$ zum Kupferpol c' begäbe. So wie alſo die Löthſtelle a' durch eine darunter geſtellte Lampe erhitzt wird, wird der Arm $a'a$ magnetiſch, als wäre er ein einfacher Verbindungsdraht $Zaa'c$; und die Gegenwirkung des Pols N des Stabes auf den Arm $a'a$ muß dieſen mithin nach Links von NS treiben. Wenn das Rechteck unveränderlich auf dieſelbe Art magnetiſirt bliebe, ſo würde die Wirkung, die der Pol N ſolchergeſtalt auf daſſelbe ausübt, nicht vermögend ſeyn, es in Drehung zu verſetzen, weil er ſich außerhalb des Kreiſes befindet, den es zu beſchreiben vermag; ſo wie aber der Arm aa' ſich nicht mehr über der Lampe befindet, mindert ſich der Temperaturunterſchied, und zugleich wird der Kreislauf des dadurch hervorgebrachten el. Stroms ſchwächer, ſo daß die Bewegung des Rechtecks zum Theil nur noch in Folge der Geſchwindigkeit, die es durch den erſten Impuls erlangt hat, fort geht. Iſt nun die Beweglichkeit des Apparats, vermöge der Art, wie ſeine Aufhängung bewerkſtelligt iſt, ſo groß, daß dieſe Geſchwindigkeit hinreicht, ihn einen völligen Halbkreis beſchreiben zu laſſen, ſo daß der entgegengeſetzte Arm $a''a$ über die Lampe tritt, ſo erzeugt die Wirkung derſelben ſogleich wieder einen Strom der nämlichen Richtung als im erſten Augenblick, wovon ein neuer Impuls des Rechtecks nach der linken Seite von NS und mithin eine Rückkehr des Arms $a'a$, darauf eine abermalige Wiederkehr des Arms $a''a$ die Folge iſt, u. ſ. f., woraus eine gleichförmige Drehung hervorgeht, die man dadurch beſchleunigen kann, daß man die Zahl der Arme des Rechtecks ſo wie die der Pole, welche man darauf wirken läßt, vermehrt, gemäß der Richtung, welche der Strom beim Hindurchgehen durch ſie nimmt.

Wenn man der Lampe die diametral entgegengeſetzte Stellung giebt, indem man ſie unter den, vom Magnet entfernteſten, Arm aa'' ſetzt, ſo finden ganz die vorigen Schlußfolgen ihre Anwendung; nur iſt die Richtung des elektriſchen Stroms, oder vielmehr die, der dadurch hervorgerufenen, Magnetiſirung dann in Bezug zum Magneten NS die umgekehrte; die Drehung muß alſo auch hier noch eintreten, nur in entgegengeſetzter Richtung als im vorigen Fall, wie in der That die Beobachtung zeigt.

Alle dieſe verſchiedenen Bewegungen, die wir in den Verbindungsdrähten mittelſt eines zweckmäßig angebrachten Magnetſtabes hervorzubringen vermochten, müſſen ſich auch durch die Wirkung der magnetiſchen Erdkräfte hervorbringen laſſen; auch hat man in der That eine große Menge verſchiedener Apparate erſonnen, die unter dem Einfluß dieſer Kräfte ſich in eine beſtimmte Lage richten, oder eine anhaltende Drehungsbewegung annehmen. Niemand aber hatte vor **Pouillet** meines Wiſſens eine genaue Theorie dieſer Bewegungen gegeben. Um dies zu leiſten, hatte er blos nöthig, an jedem Ort die Richtung der magnetiſchen Mittelkraft zu betrachten, ſo wie die ſüdliche oder nördliche Beſchaffenheit der von ihr ausgeübten Wirkung, und zu unterſuchen, welchen Erfolg ein magnetiſcher Mittelpunct von der nämlichen Beſchaffenheit hervorbringen würde, der ſich in einer unendlichen Entfernung von den beweglichen Verbindungsdrähten befände. Hiebei muß man ſich zurückrufen, daß dieſe Wirkung nördlich an allen den Stellen der Erdoberfläche iſt, welche nördlich vom magnetiſchen Aequator liegen, ſüdlich aber in den ſüdlich davon gelegenen. Was ihre Richtung betrifft, ſo iſt ſie auf dem magnetiſchen Aequator horizontal, und wird mit der Entfernung davon nach Norden oder Süden immer mehr vertical. Denken wir uns nun zuvörderſt auf einem Punct dieſes Aequators ſelbſt befindlich, und geben hier einem einfachen verticalen Verbindungsdraht die Einrichtung, daß er um eine, ihm parallele Axe beweglich iſt, wie in Fig. 26., ſo wird er durch die Wirkung der Erdkraft ſollicitirt werden, wie durch einen langen horizontalen Magneten, der die Richtung des magnetiſchen Meridians hätte, und deſſen Mitte in die Drehungsaxe des Syſtems fiele, während ſeine beiden, auf der nämlichen Horizontallinie befindlichen, Pole ausnehmend entfernt lägen. Dieſe beiden Pole würden alſo dahin zuſammenwirken, dem Draht eine Bewegung entweder nach Rechts oder nach Links von der Richtung dieſes langen Magneten einzupflanzen, je nach der Richtung, in welcher der Voltaiſche Kreis geſchloſſen wäre; und da er bei der von uns vorausgeſetzten Anordnung ſich nur um ſeine verticale Axe drehen kann, ſo wird er durch dieſe Drehung wenigſtens ſo weit als möglich gebracht werden, d. h. bis an das Ende des Durchmeſſers, welcher ſenkrecht auf den magnetiſchen Meridian iſt. Nun wird ſich auch unter jeder andern, ſüdlichern oder nördlichern, Breite die Kraft der Erde auf die eines langen Magneten zurückführen laſſen, der in der Richtung der magnetiſchen Mittelkraft liegt; nur wird man alsdann die beiden Pole dieſes Magneten als in ungleichen Entfernungen liegend anſehen müſſen; ſo daß einer von ihnen das Uebergewicht erhält: welches z. B. nördlich vom magnetiſchen Aequator der nördliche Pol ſeyn wird. Die Kraft dieſes Pols wird alſo, wie vorhin, auf den Verbindungsdraht wirken und denſelben zu einer Bewegung ſeitlicher Ablenkung veranlaſſen müſſen; jedoch mit geringerer Wirkungsſtärke als unter dem magnetiſchen Aequator, weil ſie nur durch ihre horizontale Seitenkraft dazu wirken kann, indem die verticale auf keine Weiſe dazu beiträgt, da ihre Richtung mit der des Drahts ſelbſt zuſammenfällt; woraus erhellt, daß der Erfolg am magnetiſchen Pol ganz und gar null wird, wo die horizontale Seitenkraft verſchwindet. Aber eben deshalb wird dieſer Pol der Ort ſeyn, wo die Erdkraft am vortheilhafteſten wirkt, einem horizontalen, um einen ſeiner Puncte beweglichen, Verbindungsdraht eine anhaltende Drehungsbewegung einzupflanzen. Sie wird ſolchergeſtalt hier Syſteme in Drehung verſetzen können, welche aus horizontalen und verticalen Theilen beſtehen, wie den Apparat Fig. 29, und die nämliche Erſcheinung wird ſich auch noch unter Breiten hervorbringen laſſen, wo die magnetiſche Mittelkraft eine ſchiefe Richtung gegen die Verticale hat; aber hier mit mindrer Stärke, weil das Streben der verticalen Theile, in der Lage ihres Gleichgewichts zur Ruhe zu kommen, dem Streben der horizontalen Theile ſich anhaltend zu drehen, entgegenwirken wird. Eben ſo leicht würden ſich die analogen Bewegungen ausmitteln und berechnen laſſen, zu welchen durch die Erdkraft ein Draht oder ein Syſtem gerader oder krummer Verbindungsdrähte veranlaßt wird, die irgend eine Anordnung zu einander haben, und zwiſchen denen man einen und denſelben Voltaiſchen Strom nach Willkühr vertheilt. Dieſer einfache und allgemeine Geſichtspunct, aus dem ſich der Einfluß der Erde auf dieſe Art von Erſcheinungen betrachten läßt, iſt von Pouillet in derſelben Abhandlung dargelegt worden, worin er mit ſoviel Schärfe den Einfluß, den die Magnete auf die Bewegungen der Verbindungsdrähte äußern, erörtert hat.

Die feſten Körper ſind nicht die einzigen, die ſich auf ſolche Art durch die magnetiſchen Kräfte in Bewegung verſetzen laſſen, wenn ſie vom Voltaiſchen Strom durchlaufen werden. Aehnliche Wirkungen bringt man auch in den unzerſetzbaren Flüſſigkeiten hervor, wenn man den Voltaiſchen Strom durch das Syſtem ihrer Theilchen hindurchgehn läßt. Obwohl aber hier wahrſcheinlich die nämlichen Kräfte im Spiele ſind, ſo ſind doch die Geſetze dieſer Wirkungen noch nicht hinlänglich beobachtet, um eine Herleitung daraus verſuchen zu können. Ich begnüge mich deshalb, blos zwei der auffallendſten Erſcheinungen dieſer Art hier anzuführen. Die erſte wurde von Davy beobachtet. Um ſie hervorzubringen, nahm er zwei Kupferdrähte von ungefähr 1^{mm} im Durchmeſſer, deren Enden abgeplattet und ſorgfältig polirt waren. Er ließ ſie durch zwei Löcher hindurchgehn, welche im Boden eines Glasgefäßes angebracht waren, wo ſie ſenkrecht eingekittet wurden; worauf er ihre Oberflächen durch Ueberziehen mit Siegellack iſolirte, ſo daß nur ihre polirten Enden frei blieben. Darauf füllte er das Gefäß mit Queckſilber, bis die Oberfläche dieſer Flüſſigkeit ungefähr zwei Millimeter hoch über den freien Enden der Drähte ſtand, und ſetzte nun die auswendigen Theile der Drähte mit den Polen eines ſehr kräftigen Voltaiſchen Drahts in Verbindung. Es leuchtet ein, daß der Uebergang des Stroms von einem Draht zum andern durch das Syſtem der flüſſigen Theilchen erfolgte, der ſich zwiſchen ihren Spitzen befand. So wie nun der Kreis auf dieſe Weiſe geſchloſſen war, beobachtete Davy eine heftige Bewegung im Queckſilber, und die Oberfläche dieſer Flüſſigkeit erhob ſich über jedem Drahte in zwei kleine kegelförmige Vorragungen, von wo aus kreisförmig um jede Spitze ſymmetriſche Wellen ausgiengen; ſo daß nur Ruhe in der einzigen geraden Linie Statt fand, die genau in der Mitte zwiſchen beiden Spitzen, und ſenkrecht auf der Linie ihres Abſtands hindurchgieng. Hielt er von Weitem über einen dieſer Kegel einen der Pole eines langen Magnetſtabes hin, ſo ſenkte ſich die Spitze und die Grundfläche erweiterte ſich mehr. Bei größerer Annäherung flachte ſich der Kegel noch mehr ab, und die Wellenbewegungen wurden ſchwächer. Bei noch kleinerem Abſtande ward die Oberfläche des Queckſilbers ganz eben; und eine ſehr langſame Drehungswegung ſchien horizontal um den Leiter einzutreten. Fuhr man fort, den Magnet weiter anzunähern, ſo ward die Bewegung beſchleunigt; und endlich, wenn ſich der Magnet nur noch zwei bis drei Millimeter von der Queckſilberoberfläche befand, bemerkte man über dem Draht eine große Einſenkung und einen kegelförmigen Wirbel, von ſolcher Tiefe, daß er faſt bis an das Ende des Drahts reichte. In dem Auszuge, aus welchem wir dieſe Reſultate entlehnen, iſt nicht angegeben, ob die beiden Pole des Magnets, abwechſelnd hingehalten, gleiche oder entgegengeſetzte Erfolge hervorbrachten; eben ſo wenig ob die beiden Kegel vom nämlichen Pol dieſelben oder verſchiedene Wirkungen erfuhren.

Die zweite Erſcheinung, die ich hier anführen will, wurde von Herſchell dem Sohn beobachtet, als er gleichfalls einen Voltaiſchen Strom durch Platindrähte hindurchgehn ließ, die mit Ausnahme ihrer Spitzen mit einem iſolirenden Ueberzuge verſehen und horizontal in eine zerſetzbare Flüſſigkeit, wie ein Alkali oder eine Säure, getaucht waren, die auf der Oberfläche eines Queckſilberbades ruhte. Wenn der Voltaiſche Strom durch das Syſtem der Drähte und der dazwiſchen befindlichen Flüſſigkeit hindurchgelaſſen wurde, ſo geriethen in der Regel die Queckſilbertheilchen in ſehr lebhafte Kreisbewegungen, die ſich ihrer Richtung und Intenſität nach verſchieden verhielten, je nach der verſchiedenen Beſchaffenheit des Queckſilbers und der Art Flüſſigkeit, welche es bedeckte. War z. B. dieſe Flüſſigkeit ein Alkali, und das Queckſilber vollkommen rein, ſo beobachtete man keine Bewegung an der Oberfläche. Miſchte man aber nur $\frac{1}{10}$ten Kalium darunter, ſo begannen ſogleich die Bewegungen, und ließen ſich aufs deutlichſte wahrnehmen.

Wenn man den Strom eines ſolchen kräftigen Voltaiſchen Apparats durch kleine, kegelförmig zugeſchnittene, Kohlenſtückchen hindurchgehen läßt, die an den Enden zweier Leitungsdrähte befeſtigt ſind, ſo ſpielt von einem dieſer Kegel zum andern eine Garbe ausnehmend lebhaften Lichtes hinüber, die auch dann noch fortdauert, wenn die beiden Spitzen der Kegel ſich nicht mehr in Berührung mit einander befinden, und zwar bis auf deſto größere Weiten, je verdünnter der luftförmige Zwiſchenkörper zwiſchen beiden Spitzen bei der Entladung iſt. Als Davy dieſen Verſuch im leeren Raum der Luftpumpe mit dem großen Voltaiſchen Apparate anſtellte, welcher der Institution royale zu London gehört, beobachtete er, daß die Lichtgarbe eine Drehungsbewegung annahm, wenn man ihr unter einer ſehr ſchiefen Richtung einen der Pole eines ſtarken Magneten darbot. Nahm man ſtatt eines Magneten einen Körper, der blos fähig war, durch Vertheilung magnetiſirt zu werden, wie z. B. weiches Eiſen, ſo ließ ſich kein Zeichen einer Wirkung wahrnehmen. Sehr wünſchenswerth würde eine genauere Unterſuchung dieſer bemerkenswerthen Erſcheinungen ſeyn, damit man mit Sicherheit entſcheiden könnte, ob ſie der Elektricität ſelbſt eigenthümlich ſind, wenn ſie in ihrem Fortſtrömen leuchtend und ſichtbar geworden iſt, oder ob ſie von einer Magnetiſirung herrühren, entweder der losgelöſten Kohlentheilchen, welche die elektriſche Entladung mit fort reißt, oder der Lufttheilchen ſelbſt, durch welche dieſe Entladung geht. Bei dieſer letztern Annahme, die ich blos als phyſiſch möglich hieher zu ſetzen wage, würde ſich leicht begreiflich finden laſſen, warum die Lichtgarben von der Gegenwart nicht wirklich magnetiſirter und blos des Magnetiſmus fähiger Körper keinen Einfluß erfahren; denn der Magnetiſmus, der in dieſen Körpern durch ſo ausnehmend geringe Quantitäten von Materie, als die ſind, aus denen die Garbe gebildet wird, hervorgerufen zu werden vermöchte, müßte nothwendig ausnehmend ſchwach ſeyn, ſo ſchwach, daß ſeine Wirkung nicht einmal der der ſchwächſten Magneten verglichen werden könnte; da hingegen die Lichtgarbe nur dann in Drehung geräth, wenn ihr ſehr kräftige Magnete und dieſe in der günſtigſten Lage hingehalten wurden. Ueberdies, wenn die Theilchen der Garbe das nämliche Vermögen, Magnetiſmus zu erwecken, annähmen, welches der Voltaiſche Strom überhaupt den Leitern, die er durchläuft, einpflanzt, ſo würde ein ſolches Syſtem ſich in nicht ſehr günſtigen Umſtänden befinden, den Magnetiſmus durch Vertheilung in den Körpern zu erregen, die ihm blos ſeitlich dargeboten würden. Um uns davon zu überzeugen, wollen wir einen metallnen Verbindungsdraht ZC, Fig. 31., betrachten, der von einem Voltaiſchen Strom durchlaufen wird, und annehmen, daß man ihm in einiger Entfernung, oder auch, wenn man will, ganz nahe an ſeiner Oberfläche, eine Nadel SN von Stahl oder Eiſen, oder überhaupt einer, durch Vertheilung magnetiſch zu werden fähigen, Subſtanz der Quere nach darbiete. Zerlegen wir in Gedanken den Draht in eine unendliche Menge unendlich dünner Schnitte, ſo wird jeder derſelben auf die natürlichen Magnetiſmen von SN die ſeitliche Wirkung äußern, die wir ſchon ſo oft kennen gelernt haben; und da dieſe Wirkung auf die natürlichen Magnetiſmen verſchiedener Art, die in jedem Theilchen M enthalten ſind, entgegengeſetzter Richtung iſt, ſo wird hieraus in jedem dieſer Theilchen eine allgemeine Trennung beider Flüſſigkeiten vor ſich gehen, die, da ſie nach der Richtung der transverſalen Kraft Statt hat, welche der Draht äußert, ſtreben wird, SN ſeiner Länge nach magnetiſch zu machen. Dieſer Zuſtand wird aber vornämlich von der Wirkung des Schnitts vom Verbindungsdrahte abhängen, vor welchem ſich SN befindet, ſo wie von den Wirkungen der benachbarten Schnitte; denn in dem Maße, als ſie entfernter zu liegen kommen, werden ſie aus doppelter Urſache an Wirkſamkeit verlieren, einmal wegen des größern Abſtands und dann wegen der zunehmenden Schiefe der radii vectores gegen die Richtung des Drahts; und die Gegenwart eines einzigen ſolchen Drahts oder einer einfachen Reihe gleichartig magnefernter Theilchen könnte im Allgemeinen nur einen ſehr ſchwachen magnetiſchen Einfluß auf die, ihnen dargebotenen, Körper äußern. Gar ſehr aber würde man die Wirkſamkeit dieſer entfernteren Schnitte erhöhen, wenn man ſie der Nadel mehr nähern, und die Schiefe ihrer radii vectores vermindern könnte. Hiezu gelangt man durch ein, von Ampère und Arago angegebenes, Verfahren, indem man den Draht ſpiralförmig um die Nadel windet, wie Fig. 32. darſtellt, wo denn alle Schnitte des Drahts einander parallel nach der vortheilhafteſten Richtung wirken. In der That findet man, daß bei dieſer Anordnung ſelbſt ſehr ſchwache Voltaiſche Apparate hinreichen, ſehr ſchnell Nadeln von jedwedem, des Magnetiſmus fähigem, Metall, nicht blos in weichem Zuſtande, wie Eiſen, ſondern auch im harten, wie Stahl, zu magnetiſiren, und die Richtung der Pole, welche dieſe Nadeln erhalten, iſt ſtets ſo, wie ſie ſich nach den oben aufgeſtellten Grundſätzen aus der Richtung der transverſalen Kraft ergiebt.

Alle bisher betrachteten elektromagnetiſchen Erſcheinungen ließen ſich mit vollkommener Beſtimmtheit aus der Wirkung ableiten, welche auf die Molecule der beiden magnetiſchen Principe durch einen unendlich dünnen Verbindungsdraht von unbegränzter Länge ausgeübt wird. Die Erfahrung hatte uns zuerſt gelehrt, daß dieſe Wirkung eine quere Richtung auf den Draht hat, und ſeinem kürzeſten Abſtand von dem magnetiſchen Molecul, auf das er wirkt, umgekehrt proportional iſt. Allein die Geſammtwirkung eines ſolchen Drahts iſt ſelbſt nichts anders als die Mittelkraft aller einzelnen Kräfte, welche von den ſämmtlichen unendlich dünnen Schnitten ausgehen, aus denen man den Draht zuſammengeſetzt anſehen kann. Wir ſuchten in der Berechnung und in neuen Verſuchen die Mittel, das für dieſe elementaren Kräfte beſonders geltende Geſetz kennen zu lernen; und gelangten ſo zu der Nachweiſung, daß die Intenſität jeder derſelben, bei gleicher Dicke, dem Quadrat ihres Abſtands vom magnetiſchen Molecul, auf welches ſie wirkt, umgekehrt proportional iſt; und daß ſie überdies dem Sinus des Winkels direct proportional iſt, den dieſer Abſtand mit der allgemeinen Richtung des Drahts bildet, deſſen Schnitte als Elemente in Betracht gezogen werden. Dies iſt uns hinreichend geweſen, alle die zuſammengeſetzten Wirkungen auszumitteln und zu berechnen, welche auf irgend ein magnetiſches Syſtem von einem ſolchen Drahte, oder überhaupt von allen Leitern, die ſich als Verbindungen unter einander paralleler Leitungsdrähte anſehen laſſen, ausgeübt werden. Die Beobachtungen an Röhren und Streifen haben ſich mit dieſen Beſtimmungen der Theorie in Uebereinſtimmung gezeigt. Wir vermochten ferner mittelſt der nämlichen Geſetze die Wirkungsart eines, auf irgend eine Weiſe gekrümmten, Drahts oder Leiters zu beſtimmen, indem wir im Ausdruck der elementaren Kräfte die Neigung der Abſtände gegen die Tangenten der Curven, ihrer Neigung gegen die Totallänge der geraden Drähte ſubſtituiren. Hiedurch werden wir in den Stand geſetzt, alle Wirkungen zu berechnen, welche auf magnetiſche Syſteme jeder Art von krummlinigen Leitern, die ſich als Verbindungen paralleler und gleichzeitig gekrümmter Leitungsdrähte betrachten laſſen, ausgeübt werden.

In der Geſammtheit der Reſultate, die wir hier zurückrufen, ſind ſomit vollſtändig und mit Schärfe alle Geſetze gegeben, welche die Wirkung betreffen, die jeder einzelne, unendlich dünne, Schnitt eines Verbindungsdrahtes nach jeder Richtung und unter allen beliebigen Neigungen äußert; dieſe Schnitte aber, ſo klein man ſie immer annehmen will, ſind immer noch ausgedehnte, geſtaltete Maſſen, beſtehend aus der Verbindung einer unendlichen Menge materieller Theilchen, welche die Elemente des Metalls ſelbſt ſind. Ihre Wirkung, die wir bisher als einfach betrachteten, iſt alſo eigentlich immer noch zuſammengeſetzt. Um daher das reine Geſetz der Kräfte zu erhalten, dasjenige, welches das letzte Princip und die beſtimmende Grundurſache aller Wirkungen, die durch elektromagnetiſche Körper beliebiger Geſtalt hervorgebracht werden, ſeyn muß, bleibt noch zu erforſchen übrig, in wie fern jedes unendlich kleine Molecul des Verbindungsdrahtes zur Geſammtwirkung des Schnitts, dem es angehört, beiträgt; und dieſe Beſtimmung wird ſelbſt das einzige Mittel ſeyn, uns eine ſichere Kenntniß zu verſchaffen, welche Art Modification die Metalltheilchen durch den elektriſchen Strom erfahren, und wie die elektromagnetiſchen Erſcheinungen davon abhängen. So z. B. werden wir nur auf dieſem Wege erfahren können, ob dieſe Erſcheinungen von einer Wirkung herrühren, welche die ſtrömende Elektricität durch ſich ſelbſt unmittelbar auf die, ihr dargebotenen, magnetiſchen Molecule äußert, oder ob, wie alle Analogieen uns zu ſchließen auffordern, ſie nur ſecundär von Erregung eines magnetiſchen Zuſtandes in den metalliſchen Leitern durch den elektriſchen Strom abhängen, und zwar eines Molecularmagnetismus, der nicht dem Weſen, ſondern nur der Vertheilung nach von dem longitudinalen Magnetismus verſchieden iſt, den wir bis jetzt blos durch Streichen in einigen Metallen hervorzubringen wiſſen. Die Entſcheidung, ob der eine oder der andre dieſer Fälle Statt habe, iſt offenbar von äußerſter Wichtigkeit für die philoſophiſche Kenntniß des Elektromagnetismus, oder vielmehr dieſe ganze Kenntniß ruht auf ihr. Leider aber läßt ſie ſich nicht zum Gegenſtande einer unmittelbar erfahrungsmäßigen Unterſuchung machen, weil die unendliche Kleinheit der materiellen Molecule uns hindert, ſie einzeln für ſich zu unterſuchen, und weil der Charakter der kreiſenden Wirkung, der ſich ſelbſt in den dünnſten Dräthen zeigt, keine Bildung materieller Syſteme von merklicher Dimenſion, welche die nämliche Wirkungsart, als die Theilchen äußern, zuzulaſſen ſcheint *). Man wird alſo hier, wie bei vielen andern phyſikaliſchen Unterſuchungen, den directen Erfahrungsweg verlaſſen müſſen, welcher die einfachen Wirkungen ins Licht zu ſetzen ſtrebt, um daraus die Beſtimmung der Kräfte, von welchen ſie abhängen, zu erhalten, und zur umgekehrten Methode ſchreiten, welche, unvermögend bis zu den einfachen Wirkungen zu gelangen, verſucht, durch Nachdenken und Combiniren auf eine ſolche Vorſtellung von den Elementarkräften zu kommen, welche ſich zur Hervorbringung aller zuſammengeſetzten Reſultate eignet.

Die Schwierigkeit, welche der Erforſchung des Weſens der Kräfte auf dieſem indirecten Wege entgegenſtehen mag, kann offenbar ganz und gar keinen Gegengrund gegen ihr Daſeyn, und eben ſo wenig gegen die phyſiſchen Charaktere abgeben, welche uns die Erfahrung an den, aus ihrer Zuſammenſetzung hervorgegangenen, Wirkungen hat kennen lehren. So iſt außer Zweifel, daß die Mittelkraft aller Wirkungen eines Drahts von unbeſtimmter Länge ſenkrecht auf deſſen Länge iſt. Man wird alſo Syſteme von Molecularkräften ſuchen müſſen, mit welchen eine ſolche Richtung der Mittelkraft vereinbar iſt. Einige Phyſiker haben behauptet, es ſey unmöglich, ſie durch eine Molecularwirkung zu erhalten; richtiger hätten ſie geſagt, ſie wüßten ſie nicht aus einer ſolchen abzuleiten. Denn die Wirklichkeit einer Thatſache läßt ſich nicht läugnen, und Thatſache iſt es, daß die, von den Schnitten eines Drahts unbeſtimmter Länge geäußerte, Wirkung auf ihn transverſal iſt. Auch iſt uns keineswegs die Erklärung abgeſchnitten, wie eine ſolche Kraft aus einer Molecularwirkung hervorgehen kann. Wenn man die Wirkung berechnet, welche eine Magnetnadel von unendlich kleiner Länge, und die faſt auf ein Molecul zurückkäme, ausüben würde, ſo wird man leicht ſehen, daß ſich Verbindungen ſolcher Nadeln bilden laſſen, die transverſaler Kräfte fähig ſind. Die einzige, aber freilich ſehr große, Schwierigkeit iſt die, ſolche Syſteme ſo zu combiniren, daß für die Schnitte eines Verbindungsdrahts von merklicher Dicke genau die Geſetze transverſaler Wirkungen herauskommen, welche uns die Erfahrung hat kennen gelehrt, und die wir oben erörtert haben.

---

*) Puisque le caractère révolutif de l'action, même dans les fils les plus minces, semble s'opposer à ce, que l'on forme des systèmes materielles de dimension sensible, qui offrent le même mode d'action, que les particules.

In Erwartung, daß wir zu dieſer letzten Kenntniß der Elementarkräfte gelangen, dürfen wir keine der, ſich auf dem Erfahrungswege darbietenden, Analogieen aus der Acht laſſen, durch welche wir auf eine Verknüpfung der zuſammengeſetzten Erſcheinungen geführt werden können, zumal wenn ſie ſo beſchaffen ſind, daß ſie zu einer Begründung der einfachen Bedingungen dienen können, welchen dieſe Kräfte Genüge leiſten müſſen. Von dieſer Art iſt folgende, von Ampère entdeckte Thatſache.

In Fig. 33. ſtelle der Kreis F den Durchſchnitt eines cylindriſchen Verbindungsdrahts von unbeſtimmter Länge vor, der horizontal von einem Pole des Voltaiſchen Apparats zum andern geht. Durch die Pfeile, welche an dem Umfang des Kreiſes verzeichnet ſind, wollen wir die Richtung der transverſalen Wirkungen andeuten, die der Draht auf ein Molecul Magnetismus von gegebener, z. B. ſüdlicher, Beſchaffenheit äußern würde, welches ihm von Weitem in der Ebene des Durchſchnitts ſelbſt dargeboten wäre. Alle unſre Erfahrungen haben ſich dahin vereinigt, zu zeigen, daß die Geſammtwirkung des Drahts auf ein ſolches, in A gelegenes, Theilchen, genau derjenigen gleich iſt, welche eine unendlich kleine Magnetnadel s'n' äußern würde, die berührend am kreisförmigen Durchſchnitt F wäre, und deren Mitte c' ſich in der Geraden AF befände, die das magnetiſche Molecul mit dem Mittelpunct des Drahtdurchſchnittes verbindet.

Wir wollen jetzt parallel mit dem Draht F einen zweiten Verbindungsdraht F' anbringen, der auf die nämliche Weiſe mit den Polen des Voltaiſchen Apparats verbunden iſt. Die kreiſende Richtung der Kraft, die dieſer zweite Draht äußert, wird alſo auch die nämliche, als für den erſten ſeyn; was wir durch die nämliche Richtung der Pfeile andeuten. Subſtituirt man nun in Gedanken der unbekannten Wirkungsart dieſer Drähte, die ihnen gleichgeltenden Wirkungen tangentieller Magnetnadeln, ſo ergiebt ſich aus dem bloßen Anblick der Figur, daß ſie einander wechſelſeitig die Flächen zukehren, wo die Nadeln einander anzuziehen ſtreben, während im Gegentheil, wenn der zweite Draht auf die umgekehrte Weiſe, als der erſte, mit den Polen des Voltaiſchen Apparats verbunden wäre, wie in Fig. 34., die beiden Drähte einander die Flächen zukehren würden, wo die Nadeln ſich abzuſtoßen ſtreben. Wenn demnach die Drähte auf die magnetiſirten Körper vermöge einer momentanen Magnetiſirung ihrer Molecule wirken, wofür alle Analogieen ſprechen, ſo ſteht zu erwarten, daß dieſe nämlichen Wirkungen ſich auch noch nach den nämlichen Geſetzen von einem Draht auf den andern äußern werden. Sind alſo die beiden Drähte der Fig. 33. und 34. ſo aufgehangen, daß ſie ihrem wechſelſeitigen Einfluß folgen können, ſo werden ſie, dieſen Erfahrungsſchlüſſen zufolge, im Fall der Fig. 33., wie die kreiſende Richtung der Kraft in beiden die nämliche iſt, ſich anziehen; und im Fall der Fig. 34. ſich abſtoßen müſſen, wo die Kraft die Drähte nach entgegengeſetzter Richtung umkreiſt. Hiemit zeigt ſich auch ganz das Reſultat der Erfahrung in Uebereinſtimmung, wie Ampère gezeigt hat, indem er Theile ZOZ, Z′O′C′ cylindriſcher Leiter einander parallel aufhieng, die zu beiden Seiten einer horizontalen Axe ins Gleichgewicht gebracht waren, und deren umgebogene Enden Z, C, Z′, C′, in Schälchen voll Queckſilber tauchten, ſo daß ſie bei dieſer Anordnung ſehr leicht durch eine hin- und wiedergehende Bewegung ſich einander nähern oder von einander entfernen konnten. Auch braucht man nur das Queckſilber dieſer Schälchen oder ihrer Träger mit den Polen eines Voltaiſchen Apparats in Verbindung zu bringen, um die beiden, in Fig. 33. und 34. dargeſtellten, Anordnungen ins Werk zu ſetzen. Immer verhalten ſich hiebei die Anziehungen oder Abſtoßungen dieſer Leiter, nach Ampères Beobachtung, wie ſie ſich nach der Conſtruction der beigefügten Figuren ergeben und vorausbeſtimmen laſſen.

Ampère hat auf dieſe Erſcheinungen die ganze Theorie des Elektromagnetismus gründen wollen, indem er ſie nicht als zuſammengeſetzte Reſultate, wie wir gethan, anſehen wollte, ſondern im Gegentheil als einfache Wirkungen, hervorgehend aus einer Anziehung und einer Abſtoßung, welche die elektriſchen Ströme ohne merkliche Spannung unmittelbar auf einander äußern ſollen, je nachdem ſie die metalliſchen Leiter nach derſelben oder nach entgegengeſetzten Richtungen durchlaufen. Dieſe Hypotheſe, welcher zufolge flüſſige Ströme ein Anziehungsvermögen beſitzen würden, welches von ihrer verſchiedenen oder gleichen abſoluten Richtung abhienge, widerſpricht zuvörderſt an ſich ganz und gar den Analogieen, welche uns alle übrigen Geſetze der Anziehung darbieten. Ueberdies müßte ſie durch einen andern, ganz willkürlichen, beſondern Umſtand noch modificirt werden, um die Veränderlichkeit der Intenſität daraus herleiten zu können, die in der transverſalen Wirkung der elementaren Schnitte der Verbindungsdrähte beobachtet wird, je nach der Schiefe ihrer Richtung in Bezug zu den Linien ihres Abſtands von den magnetiſchen Moleculen, auf welche dieſe Schnitte wirken; während dieſer beſondre Umſtand blos als ein zuſammengeſetztes Reſultat aus der unbekannten Vertheilung der Molecular-Magnetiſirung erſcheint, wenn man die magnetiſche Wirkung der Drähte von einer ſolchen abhängig denkt. Endlich tritt bei dieſer letztern Annahme der Einfluß der Verbindungsdrähte auf die Magneten unter die allgemeine Analogie der Wirkungen magnetiſirter Körper auf einander, während Ampère, um dieſen Einfluß zu erklären, ſeine Hypotheſe durch eine andere oder vielmehr noch durch eine Menge andrer, weit verwickelterer, unterſtützen muß; denn er iſt zu der Annahme genöthigt, daß alle gegenſeitigen Wirkungen magnetiſirter Körper überhaupt durch Voltaiſche Ströme hervorgebracht werden, welche die metalliſchen Theilchen derſelben umkreiſen, faſt nach Art der Descartiſchen Wirbel; woraus eine ſolche Verwickelung von Anordnungen und Annahmen hervorgeht, daß ſie faſt keiner Darſtellung fähig iſt; während alle dieſe Erſcheinungen, wenn auch wegen ihrer Zuſammenſetzung noch keiner Berechnung fähig, ſo fern man ſie von einer Magnetiſirung der Molecule durch den Voltaiſchen Strom abhängig denkt, doch an ſich nichts darbieten, was nicht ſehr leicht begreiflich erſchiene. Dies iſt der Grund, warum ich mich mit bloßer Anführung der Ampèreſchen Beobachtungen begnügt habe, ohne ſeiner, darauf gegründeten, Theorie zu folgen; indem ich ſie blos als zuſammengeſetzte Reſultate nach den einfachern Erſcheinungen aufführe, anſtatt mit Ampère darin ein einfaches Grundprincip zu ſehen, von dem alle Reſultate abhängig gemacht werden müßten.

Anmerkung. Ich habe die Erſcheinungen des Elektromagnetismus hier in der Ordnung dargeſtellt, die mir die natürlichſte geſchienen hat, indem ich Verzicht darauf leiſte, die Entdeckungen in ihrer hiſtoriſchen Ordnung aufgeführt und den Antheil feſtgeſtellt zu haben, den jeder Phyſiker Europa's an der weitern Entwicklung der ſich an die, von Oerſted entdeckte, Grundeigenſchaft knüpfenden Thatſachen gehabt hat. Ein ſo großes Unternehmen läge gewiß weit außer den Gränzen eines Elementarwerks, und würde überdies nur einer ſehr unvollſtändigen Ausführung fähig geweſen ſeyn, da die Leiſtungen der Gelehrten im Norden Europas nur zu häufig erſt ſehr ſpät zur Kenntniß derer im Süden gelangen. So blieb noch nach der Zeit der zweiten Ausgabe dieſes Werks, welche im Jahr 1820 erſchien, die ſo höchſt wichtige Entdeckung des Schweiggerſchen Multiplicators in Frankreich unbekannt, obwohl derſelbe ſchon ein Jahr vorher in ganz Deutſchland bekannt und in Gebrauch war; bis ſie erſt im J. 1823 durch Oerſted uns mitgetheilt wurde, und dieſe Unkenntniß, in der wir uns befanden, wird mir bei dem geiſtreichen Erfinder dieſes Inſtruments zur Entſchuldigung dienen, daß ich damals daſſelbe noch nicht erwähnte, ſondern andere Apparate anführte, die nur unvollkommen die nämlichen Eigenſchaften beſaßen. Erinnert durch dieſes Beiſpiel ſehe ich mich veranlaßt, um eigene Anſprüche zu ſichern, hier das Datum der Unterſuchungen beizufügen, nach denen ich Savart und mir glaube das Verdienſt beimeſſen zu können, das Geſetz der transverſalen Kräfte ſo wie die Herleitung mathematiſcher Folgerungen daraus, nach denen ſich die Erſcheinungen deuten laſſen, gegeben zu haben. Die Reſultate dieſer Unterſuchungen wurden am 30ſten October 1820 in der Akademie der Wiſſenſchaften vorgeleſen, und zur Kenntniß des Publicums in einer Note gebracht, die in dem funfzehnten Theil der Annales de Chimie et de Physique, für das nämliche Jahr, S. 222, eingerückt ward. Nach Auseinanderſetzung unſerer Beobachtungsmethode, welche die nämliche iſt, als die, die ich nachher in der zweiten Ausgabe meines Précis de Physique beſchrieben habe, ſchließt ſich die Note folgendermaßen:

„Mittelſt dieſer Verfahrungsarten wurden die Hrn. Biot und
„Savart zu folgendem Reſultate geführt, welches die genaue Be-
„ſtimmung für die Wirkung enthält, die ein Molecul ſüdlichen oder
„nördlichen Magnetiſmus erfährt, wenn es ſich in irgend einem Ab-
„ſtande von einem ganz feinen Draht unbeſtimmter Länge, der durch
„den Voltaiſchen Strom magnetiſch geworden iſt, befindet. Durch
„den Punct, wo dieſes Molecul vorhanden iſt, ziehe man eine Senk-
„rechte auf die Axe des Drahts: die Kraft, welche das Molecul ſol-
„licitirt, iſt ſenkrecht auf dieſer Linie und auf der Axe des Drahts;
„ihre Intenſität iſt dem einfachen Abſtand umgekehrt proportional;
„ihre Wirkung verhält ſich gerade ſo, wie die einer Magnetnadel, die
„ſich am Umkreis des Drahts in einer beſtimmten, und in Bezug zur
„Richtung des Voltaiſchen Stroms ſtets gleichbleibenden, Richtung
„befände, welche ſo beſchaffen wäre, daß ein Molecul von nördlichem
„und ein Molecul von ſüdlichem Magnetiſmus nach entgegengeſetzter
„Richtung davon ſollicitirt würden, obwohl immer nach der Richtung
„der nämlichen, durch die vorige Conſtruction beſtimmten, Graden.“

„Mittelſt dieſes Geſetzes laſſen ſich alle Bewegungen, welche den
„Magnetnadeln durch den Verbindungsdraht eingepflanzt werden, vor-
„ausſehen und berechnen, welche Richtung immer der Draht in Be-
„zug zu ihnen haben mag. So auch läßt ſich nach den gewöhnlichen
„Geſetzen des Magnetiſmus daraus herleiten, welche Richtung und
„Art des Magnetiſmus durch den Verbindungsdraht Eiſen- oder
„Stahldrähten ertheilt zu werden vermag, welche ſich ſeiner Wirkung
„auf andauernde Weiſe in einer, in Bezug zu ſeiner Länge gegebenen,
„Richtung ausgeſetzt befinden.“

Wie man ſieht, iſt durch dieſe Ausdrücke der Charakter der Kraft, welche ein Verbindungsdraht unbeſtimmter Länge auf ein magnetiſches Molecul äußert, vollſtändig beſtimmt. Wenige Tage darauf leitete Laplace hieraus ab, daß die Wirkung jedes unendlich dünnen Schnittes des Drahts dem Quadrat des Abſtands umgekehrt proportional ſey, und überdies noch eine, von der Neigung der radii vectores abhängigen, Coefficienten, zulaſſen könne. Um hievon die Anwendung auf die begränzten Theile gerader oder krummer Leiter machen zu können, mußte noch die erfahrungsmäßige Beſtimmung dieſes Coefficienten hinzutreten, welche ich in einer Abhandlung über die Wirkung der ſchiefen Drähte zu geben verſuchte, die am 18ten December 1820 in der Academie vorgeleſen wurde. Meine Verſuche waren damals noch nicht genau genug, um ſich nicht zwei verſchiednen Annahmen zu fügen, wie ich S. 166, geſagt habe. Um dieſen Zweifel zu löſen, ſtellte ich die neue Reihe von Verſuchen an, die ich auf S. 167 angeführt habe. Dieſe letztern in Verbindung mit den erſtern geben, wie im Texte dieſes Werks gezeigt worden iſt, die Berechnung aller Wirkungen gerader oder gekrümmter Leiter an die Hand, ohne daß man dazu irgend einer Hypotheſe benöthigt iſt; wie ich durch Anwendung dieſer Grundſätze auf alle bis jetzt bekannte Erſcheinungen zu zeigen geſucht habe.

Die oben angeführte Note kann zum Zeugniß dienen, daß wir, Savart und ich, ſchon ſeit der Bekanntmachung unſrer erſten Abhandlung über den Elektromagnetismus, denſelben von einer wahren Molecular-Magnetiſirung ableiteten, welche den Theilchen der metalliſchen Körper durch den, ſie durchlaufenden, Strom eingepflanzt wird. Die nämliche Meinung habe ich weiter in einer Abhandlung ausgeführt, die am 2ten April 1821 in der öffentlichen Sitzung der Akademie der Wiſſenſchaften vorgeleſen ward, unter dem Titel: Ueber die Magnetiſirung, welche den Metallen durch die ſtrömende Elektricität eingepflanzt wird (sur l'Aimantation imprimée aux métaux par l'électricité en mouvement). Dieſe Abhandlung ward im Journal des Savans, im Aprilhefte 1821 abgedruckt. Wenn, wie ich nicht anders erwarte, die Phyſiker in Kurzem die verſchiedenen Hypotheſen wieder aufgeben werden, die man über den Elektromagnetismus aufgeſtellt hat, um zu der ſo einfachen Anſicht einer Molecularmagnetiſirung zurückzukehren, ſo werden ſie mir hoffentlich das Zeugniß nicht verſagen, daß ich dieſe große Claſſe von Erſcheinungen nie aus einem andern Geſichtspuncte aufgefaßt habe.

Barlow in Woolwich hat auch das nämliche Geſetz der elektromagnetiſchen Kräfte zur öffentlichen Kunde gebracht, welches Savart und ich aufgefunden hatten; aber erſt zwei Jahr nach uns.

Zuſätze.

Der Elektromagnetismus nach Ampère's Theorie.

A) Vorerinnerungen.

Ampère hat vorgeſchlagen, alle Erſcheinungen, welche durch die, zwiſchen ihrer eignen Repulſivkraft und dem Widerſtande der iſolirenden Körper im Gleichgewicht befindliche, Elektricität (Elektricität in Spannung) hervorgebracht werden, unter dem Namen der elektroſtatiſchen zuſammen zu faſſen; die dagegen der, durch einen Kreis von Leitern ſich frei bewegenden, Elektricität ihren Urſprung verdanken, elektrodynamiſche zu nennen. Zu erſtern gehören die Erſcheinungen, welche durch die gewöhnliche, im Gleichgewicht befindliche, Elektricität, ſo wie durch die Elektricität der Pole einer Voltaiſchen Batterie, wenn die leitende Verbindung zwiſchen denſelben unterbrochen iſt, hervorgebracht werden; zu den letztern die Erſcheinungen, welche bei geſchloſſenem Kreiſe der Voltaiſchen Batterie aus den Wechſelwirkungen der Theile der ſchließenden Leiter auf einander, oder auf Magnete hervorgehn, und die man gewöhnlich ſchlechthin unter dem Namen der elektromagnetiſchen zuſammenfaßt, obwohl dieſer Name zu eng iſt; ferner gehören zu dieſen elektrodynamiſchen Erſcheinungen die, in den folgenden Zuſätzen zu erörternden, thermoelektriſchen, in ſo weit ſie durch geſchloſſene Umläufe erregt werden.

Wenn im Folgenden von Richtung des Stroms ſchlechthin die Rede iſt, ſo iſt darunter allemal die Richtung des poſitiven Stroms zu verſtehen; die Richtung des negativen Stroms iſt hiedurch zugleich mit bezeichnet, indem ſie immer der des poſitiven entgegengeſetzt iſt. Man folgt dieſer, von Ampère zur Beförderung der Kürze vorgeſchlagenen, Bezeichnungsart jetzt ziemlich allgemein.

Um die Anziehungen und Abſtoßungen, welche die Theile der verbindenden Leiter auf einander ausüben, beobachten zu können; iſt es unerläßlich, dieſe Theile ſo einzurichten, daß ihnen wenigſtens eine freie Beweglichkeit nach gewiſſen Richtungen geſtattet ſey, unbeſchadet der vollkommenen Schließung der Kette. Man erreicht dieſen Zweck durch verſchiedene Vorrichtungen. Fig. 2. auf Taf. XII. dient zur Erläuterung einer ſolchen, die jedoch nach den anzuſtellenden Verſuchen abgeändert werden muß.

An beiden Enden des Drahtes, welcher den beweglichen Theil des verbindenden Leiters ausmachen ſoll, ſind ſenkrechte Stahlſpitzen angelöthet, mittelſt deren er in zwei, vertical unter einander befindlichen, Metallſchälchen, A, B eingehangen wird; und zwar ſo, daß die obere Spitze ſich wirklich auf dem Boden des Schälchens A aufſtützt, die untere aber, um die freie Beweglichkeit des Apparats nicht zu hindern, nur mittelſt etwas Queckſilber, das man in das Schälchen B gegoſſen hat, mit dieſem in Verbindung ſteht, ohne ſich auf ſeinem Boden aufzuſtützen. Der elektriſche Strom langt durch die metallne, mit dem poſitiven Ende der Säule verbundene, Schale Z an, geht durch den gebogenen Metallſchaft ZA zu dem Schälchen A und durch den Draht AaD, nach der, durch die Pfeile angegebenen, Richtung, an der einen Seite des Stücks Elfenbein oder lackirten Holzes K, das den Draht feſtzuhalten und ſeine nahen Theile von einander zu iſoliren dient, hinweg. Man denke ſich nun die Figur ſo ergänzt, daß der Draht von D herab, dann horizontal nach Rechts, dann aufwärts zurück nach M laufend, ein Rechteck vollendet. Nachdem der Strom dieſen ganzen Draht von B bis M durchlaufen hat, gelangt er, an der andern Seite des Stückes K hingehend, zum Schälchen B, von wo aus er durch den Metallſchaft BQC in die Schale C übergeht, die mit dem negativen Pole der Säule in Verbindung ſteht. Auf dieſe Art iſt der Kreis geſchloſſen; und das, als Rechteck geſtaltete Drahtſtück kann ſich ohne Unterbrechung deſſelben frei auf der, in A ſich aufſtützenden, Spitze drehen. Der iſolirende Träger U dient, die Metallſchäfte, die durch ihn hindurchgehn, in ihrer Lage zu erhalten. Dieſer Apparat ſoll übrigens nur ein Beiſpiel geben, wie ſich ein Theil der verbindenden Leiter, ohne Unterbrechung des Schließungskreiſes, beweglich einrichten läßt, indem man ſich zur Bewährung vieler der weiterhin anzuführenden Reſultate abgeänderter Vorrichtungen bedienen muß.

B) Fundamentalſätze.

Ich ſchreite jetzt zu einer Aufſtellung der einfachen Fundamentalſätze, von welchen aus Ampères Theorie eine Erklärung der verwickeltſten Erſcheinungen des Elektromagnetismus möglich macht; ſie ſtehen ſämmtlich theils in theoretiſchem Zuſammenhange unter ſich, theils ſind ſie durch die Erfahrung für ſich einzeln nachgewieſen. Es würde jedoch zu weit führen, die Verſuche, wodurch dies geſchehen iſt, hier ausführlich darzuſtellen; und ich muß mich begnügen, die Erfahrungsbeweiſe als wirklich gegeben vorauszuſetzen *).

---

*) Ich verweiſe in dieſer Hinſicht auf: Darſtellung der neueſten Entdeckungen über die Elektricität und den Magnetismus u. ſ. w. durch Ampère und Babinet, aus dem Franzöſiſchen. Leipzig, bei Leopold Voß, 1822. und Handbuch der dynamiſchen Elektricität von Demonferrand überſetzt von Fechner, Leipzig, im Induſtriecomptoir, 1824.

Es iſt übrigens noch im Voraus zu bemerken, daß, wenn hier von Anziehungen und Abſtoßungen der Ströme auf ſich ſelbſt die Rede iſt, dieſe nur in der Anziehung und Abſtoßung der von ihnen durchlaufenen Theile der verbindenden Leiter zu Tage kommen; eben ſo wie bei den Erſcheinungen der gewöhnlichen El., wo es nicht zum Durchbruch derſelben durch die Nichtleiter kommt, das Entſprechende Statt hat.

1) Alle Theile eines geradlinigen el. Stroms ſtoßen ſich wechſelſeitig ab.

2) Zwei Ströme, deren Richtungen unter irgend einem Winkel zuſammentreffen, ſtoßen ſich ab, wenn einer derſelben nach der Spitze des Winkels hin, der andre von ihr abläuft; ſo daß, wenn ein Schenkel des Winkels, den die vom Strom durchlaufenen Leiter bilden, beweglich iſt, er ſich um die Spitze des Winkels drehen wird, um ſich vom andern Schenkel zu entfernen. Im Grunde kann man den vorigen Satz als einen beſondern Fall des jetzigen betrachten; wenn man nämlich hier den Winkel gleich 2 Rechten ſetzt. Durch die Erfahrung iſt jedoch jeder Satz auch für ſich bewährt worden. Dieſer zweite Satz thut zugleich dar, daß die in Rede ſtehende Abſtoßung nicht allein zwiſchen den unmittelbar auf einanderfolgenden Theilen des el. Stroms Statt hat, ſondern auch in die Ferne (von einem Schenkel des Winkels zum andern hinüber) wirkt, und zwar folgt die Richtung der Wirkung die je zwei Theilchen beider Ströme auf einander ausüben, der ſie verbindenden Geraden.

3) Es findet gleichfalls wechſelſeitige Abſtoßung Statt, wenn die beiden Theile des el. Stroms, die auf einander wirken, ſich in verſchiedenen Ebenen befinden, wofern nur immer einer der Ströme nach der gemeinſchaftlichen, den kürzeſten Abſtand ihrer Richtungen meſſenden, Senkrechten hin, der andre davon abläuft. Dieſer Satz iſt wiederum der allgemeinere des vorigen, wo blos die gemeinſchaftliche Senkrechte null iſt.

4) Die wechſelſeitige Abſtoßung findet auch noch Statt, wenn der, durch dieſe Richtungen gebildete, Winkel null wird, d. h. wenn die Ströme zwei parallele Leiter in entgegengeſetzter Richtung durchlaufen.

5) Wenn man die Richtung eines dieſer Ströme in den vorigen Sätzen verändert, ſo tritt ſtatt der Abſtoßung eine eben ſo große Anziehung ein. Hienach ziehen ſich zwei Ströme an, wenn ſie beide nach derſelben

Winkelſpitze hin, oder von ihr ab, oder beide nach dem ſie verbindenden gemeinſchaftlichen Perpendikel hin oder von ihm ab, oder beide durch Parallelen nach derſelben Richtung laufen.

6) Es ergiebt ſich aus den vorigen Sätzen von ſelbſt, daß, **wenn man die Richtung beider Ströme zugleich umkehrt, ihre Wirkung auf einander die nämliche, als vorher bleibt**; da es hiebei blos auf die Beziehung beider Richtungen zu einander ankommt, die bei gleichzeitiger Umkehrung ungeändert bleibt.

Es wird ſich weiterhin zeigen, daß die Erde einen richtenden Einfluß auf die beweglichen Theile der verbindenden Leiter äußert, den man aber ausſchließen muß, wenn man die reine Wirkung dieſer Leiter auf einander ſelbſt beobachten will. Die vorſtehenden Grundſätze geben hierzu ein Mittel an die Hand. Man muß nämlich den Apparat, welcher den beweglichen Theil der verbindenden Leiter ausmachen ſoll, aus mehrern gleichen Theilen ſo zuſammenſetzen, daß ſie in entgegengeſetzter Richtung vom Strom durchlaufen werden. Die Richtung, die der Einfluß der Erde dem einen Theil des Apparats einzupflanzen ſtrebt, wird dann durch die eben ſo ſtarke entgegengeſetzte Wirkung der Erde auf den gleichen, in entgegengeſetzter Richtung durchlaufenen, Theil aufgehoben. Zwar, wenn die Wirkung eines unbeweglichen Theils der verbindenden Leiter auf dieſen beweglichen beobachtet werden ſoll, wird ſie ſich auch entgegengeſetzt auf die entgegengeſetzt durchlaufenen Theile deſſelben äußern, dann aber trägt man Sorge, die, nach einer Richtung durchlaufenen, Theile zu dem unbeweglichen Leiter in weit größere Nähe, als die entgegengeſetzt durchlaufenen zu bringen, ſo daß die Wirkung auf erſtere überwiegt, und die auf letztre vernachläſſigt werden kann, ein Unterſchied im Abſtand, der bei der Wirkung der Erde, wegen ihrer großen Dimenſionen, die ſie im Verhältniß zum Leiter hat, nicht in Betracht kommt. Apparate dieſer Art nennt man **aſtatiſche**; ſie laſſen ſich auf ſehr verſchiedne Weiſe ins Werk ſetzen. Fig. 3 giebt ein Beiſpiel eines ſolchen, der in die Schälchen A, B von Fig. 2 eingehangen werden kann. Der Strom darin folgt der Richtung der Pfeile nach der Ordnung der Buchſtaben.

7) **Wenn man einem geradlinigen Theil der Voltaiſchen Verbindungskette einen buchtigen, geknickten, oder auf irgend eine Art gebogenen, Theil ſubſtituirt, deſſen Biegungen nur ſehr wenig von der Richtung des Theils, dem er ſubſtituirt wird, abweichen, ſo wird er**

immer noch die nämliche Wirkung als dieſer auf den beweglichen Theil der Kette*) äußern.

Dieſer Satz liegt der Berechnung der mathematiſchen Geſetze der elektrodynamiſchen Erſcheinungen nach Ampères Theorie zu Grunde, und kann deshalb, weil dieſe hier übergangen werden müſſen, wenig von uns benutzt werden.

Man macht einen Unterſchied zwiſchen begränzten und unbegränzten Strömen und Leitern, in Bezug zu einander. Begränzter Strom heißt von zwei Strömen der, der ſich nicht über die gemeinſchaftliche Winkelſpitze ihrer Richtungen, oder ihr gemeinſchaftliches Perpendikel hinaus verlängert, wohl nicht einmal bis dahin reicht; unbegränzter Strom dagegen heißt der, der ſich über die gemeinſchaftliche Winkelſpitze oder das gemeinſchaftliche Perpendikel hinaus verlängert: ein ſolcher kann auch krumm ſeyn.

8) Wenn ein geradliniger oder kreisförmiger unbegränzter Leiter, wie ab, Fig. 4 und 5. auf einen beweglichen begränzten dc wirkt, deſſen Richtung irgend einen Winkel $d\gamma a$ mit der ſeinigen macht, ſo iſt die Geſammtwirkung des erſtern (des unbegränzten Leiters) auf jedes Theilchen des letztern ſtets ſenkrecht auf deſſen Richtung, ſo daß z. B. jedes Theilchen e des letztern (mithin der ganze Leiter dc als die Geſammtheit dieſer Theilchen) nach ef oder eg oder (wenn cd mit ab nicht in einer Ebene iſt) nach ſonſt andern, auf das Theilchen e ſenkrechten, Richtungen ſollicitirt werden wird. Um nun zu wiſſen, welcher unter allen dieſen, auf ihm ſenkrechten, Richtungen der Leiter cd in jedem Falle wirklich folgen wird, ſtelle man nachſtehende, auf die erſten Grundſätze ſich ſtützende, Betrachtungen an; wobei der Einfachheit halber zuvörderſt dc mit ab als in derſelben Ebene befindlich angenommen werden mag.

Es findet nach Satz 2) in Fig. 4 zwiſchen dc und dem Theile γb des unbegränzten Leiters Abſtoßung Statt; zwiſchen dc und $a\gamma$ aber nach Satz 5) Anziehung, indem dort die, durch die Pfeile bezeichnete, Richtung des einen Stroms nach der Spitze des Winkels γ hin, die des andern davon abgeht; hier aber beide danach hingehn. Alſo wird in Fig. 4 der begränzte Leiter das Beſtreben annehmen müſſen, in der, dem unbegränzten Strom in ab entgegengeſetzten, Richtung ſich fortzubewegen, indem jedes ſeiner Theilchen e nach $a\gamma$ hin, in einer, auf dc ſenkrechten, Richtung ef angezogen wird. In

---

*) Ich werde künftig der Kürze halber die Theile der Verbindungskette ſchlechthin Leiter nennen, die man ſich alſo nicht als außer dem Kreiſe der Voltaiſchen Strömung begriffen denken muß.

Fig. 5 dagegen, wo ſich der Strom im begränzten Leiter vom unbegränzten entfernt, wird nach denſelben Grundſätzen der begränzte Leiter ſtreben müſſen, auf der Richtung des unbegränzten Stroms fortzugehen: und iſt der begränzte Leiter in d befeſtigt, ſo daß er ſich darum drehen kann, ſo wird er ſich in Fig. 4 nach chi, in Fig. 5 entgegengeſetzt nach chi drehen, indem ſeine Befeſtigung in d der Anziehung nur erlaubt, in eine ſolche Bewegung auszuſchlagen.

Auch wenn der begränzte Strom cd mit dem unbegränzten ab nicht in einer Ebene liegt, wird nach denſelben Grundſätzen, (beſ. Satz 3) die Richtung ſeiner Bewegung in Bezug zum Strom ab immer davon abhängen, ob er ſich ihm (oder vielmehr dem gemeinſchaftlichen Perpendikel ihrer beiderſeitigen Richtungen) nähert, oder davon entfernt.

Man kann dieſe Reſultate in folgenden Sätzen ausſprechen.

Ein begränzter beweglicher Leiter, deſſen Strom nach einem unbegränzten Leiter hingeht, ſtrebt auf der Richtung des Ströms in letzterm zurückzugehn.

Ein begränzter beweglicher Leiter dagegen, deſſen Strom ſich von einem unbegränzten entfernt, ſtrebt auf der Richtung des Stroms in letzterm fortzugehn.

Wie hienach durch Wirkung eines unbegränzten Leiters auf einen, um eine Axe beweglichen begränzten, eine anhaltende Drehung hervorgebracht werden könne, wird durch Folgendes noch mehr erläutert werden.

E'G' Fig. 6 ſey ein unbegränzter Leiter; Sδ die urſprüngliche Lage des begränzten, der um S als Drehpunct beweglich iſt. Da ſich der Strom in Sδ dem unbegränzten Leiter E'G' nähert, ſo muß er zufolge der vorigen Sätze auf der Richtung des Stroms in letzterm zurückzugehen ſtreben, und zwar dies in allen den Lagen, wie Sδ', wo der Strom des begränzten Leiters nach dem unbegränzten zuläuft. Er dreht ſich alſo nach δ'δ''. Iſt er in die Lage Sδ'' gelangt, welche mit E'G' parallel iſt, ſo befinden ſich der beweglichen Leiter und der Leiter E'G' im Fall zweier, parallel und in entgegengeſetzter Richtung laufenden, Ströme; ſie ſtoßen ſich mithin ab; und Sδ'' muß ſich über die Parallele erheben. In allen Lagen Sδ,''' Sδiv, Sδv über dieſer Parallele entfernt ſich der Strom im begränzten Leiter vom unbegränzten, und muß mithin ſeiner Richtung nachgehen, was ihn nach Sδvi führt, wo er vom Strom im unbegränzten Leiter angezogen wird, der ihm parallel und gleich gerichtet iſt. Sobald endlich der bewegliche Strom Lagen wie Sδvii angenommen hat, nähert er ſich abermals dem unbegränzten Leiter, und muß, indem er auf der Richtung deſſelben zurückgeht, ſeine urſprüngliche Lage wieder annehmen, mithin, da er immer in die erſten Bedingungen wieder kommt, ohne Unterlaß fortfahren, ſich zu drehen.

Eine ſolche Drehung würde auch Statt haben, wenn der begränzte Leiter aus den beiden Schenkeln Sδ und Sδιν beſtände, die, indem der Strom in S, dem Drehpuncte deſſelben einträte, in entgegengeſetzter Richtung durchlaufen würden; denn es erhellt ſchon aus dem vorigen, daß beide dann die Kreisbewegung nach der nämlichen Richtung anzunehmen ſtreben müſſen.

Auf dieſes Beſtreben, welches ein beweglicher begränzter Leiter zeigt, unter dem Einfluß eines unbegränzten in fortdauernde Drehung zu kommen, laſſen ſich viele intereſſante Verſuche gründen:

So hänge man den, in Fig. 7, vorgeſtellten kupfernen Leiter, mit der Spitze ς in ein Schälchen ein, und laſſe ſeinen Reif in ein, mit geſäuertem Waſſer gefülltes, metallnes Gefäß tauchen, das mit einem, in Bezug auf die Schenkel δγ oder ζα unbegränzten, Leiter in Verbindung ſteht, ſo wird der Strom, wenn man ihn in ς eintreten läßt, durch ςζα und ςδγ in den Reif; von da durch das geſäuerte Waſſer des Gefäßes, in das der Reif taucht und durch die Gefäßwände hindurch in den unbegränzten Leiter übergehn; und da alsdann ζα und δγ ſich in Bezug zum unbegränzten Leiter ganz unter den nämlichen Umſtänden befinden, als in der vorigen Figur Sδιν und Sδ in Bezug zu E′G′, ſo werden ſie den ganzen Reif in eine anhaltende Drehung verſetzen.

9) In Fig. 4 und 5 ſey der begränzte Leiter dc unbeweglich, der unbegränzte dagegen beweglich; ſo werden ſich, wenn man die Anziehungen und Abſtoßungen in den verſchiednen Winkeln, wie in 8) betrachtet, leicht folgende Sätze ergeben:

Wenn ein unbegränzter beweglicher Leiter der Wirkung eines unbeweglichen begränzten ausgeſetzt wird, ſo ſtrebt er nach der Richtung ſeines eignen Stroms fortzugehn, wenn der Strom des begränzten Leiters nach ihm hinläuft; dagegen ſtrebt er, nach der, ſeinem eignen Strom entgegengeſetzten Richtung fortzugehn, wenn der Strom des beweglichen Leiters ſich von ihm entfernt.

Um ein Beiſpiel von dieſer Wirkung zu geben, bediene man ſich des Leiters, Fig. 8, beſtehend aus einem ſpiralförmigen Kupferdraht, deſſen Windungen durch drei kleine hölzerne Lineale in einer Ebene erhalten werden. Das innere Ende der letzten Windung krümmt ſich aufwärts in einen Haken um, der mittelſt der Spitze S den Apparat in ein Schälchen aufzuhängen dient, ſo daß die Spirale, wie beim vorigen Verſuche in ein Gefäß mit geſäuertem Waſſer taucht. Läßt man nun den Strom in S eintreten, ſo durchläuft er die Spirale, und geht dann von hier aus durch das geſäuerte Waſſer in die Gefäßwände über. Alle durch das geſäuerte Waſſer gehenden Ströme entfernen ſich mithin von dem Strome in der Spirale, die hier in Bezug auf die, durch das geſäuerte Waſſer von ihr ausgehenden, Ströme einen unbegränzten Leiter darſtellt. Die Spirale wird ſich alſo nach der Richtung αβγ bewegen, der Richtung ihres eignen Stroms entgegengeſetzt. Läßt man umgekehrt den Strom von den Gefäßwänden durch das geſäuerte Waſſer nach der Spirale hingehen, ſo nähern ſich alle begränzte Ströme der Spirale, dieſe wird alſo nach der Richtung ihres eignen Stroms ſich zu drehen ſtreben müſſen, alſo wieder nach αβγ. weil bei dieſer Anordnung des Verſuchs auch der Strom in der Spirale nach αβγδ S läuft. Will man die Richtung dieſer Bewegung ändern, ſo muß man der Spirale eine entgegengeſetzt gewundene Spirale ſubſtituiren.

Dieſer Verſuch zeigt zugleich, daß Ströme, welche durch flüſſige Leiter hindurchgehn, dieſelben Eigenſchaften haben, als die durch feſte Metalle gehen.

10) **Zwei geradlinige unbegränzte, um ihr gemeinſchaftliches Perpendikel bewegliche, Leiter werden durch ihre wechſelſeitige Wirkung zu einer Drehung um ihr gemeinſchaftliches Perpendikel gebracht, bis ſie parallel, und die in ihnen laufenden, Ströme gleich gerichtet ſind.** Ergiebt ſich durch Betrachtung der Anziehungen und Abſtoßungen aus Satz 3 und 5.

11) Aus der Zuſammenſtellung der vorigen Sätze ergiebt ſich nun leicht die wechſelſeitige Wirkung, welche zwei Leiter, deren einer unbeweglich, der andre um eine, mit ihrem gemeinſchaftlichen Perpendikel parallele, Gerade beweglich iſt, auf einander ausüben, für alle beſondre Fälle.

Es ſey ςδ, Fig. 9, ein horizontaler, um den Punct ς beweglicher Leiter. Wir wollen annehmen, daß man ihm einen zweiten Leiter darbiete 1) außerhalb des, vom Radius ςδ zu beſchreibenden, Kreiſes; 2) ſo daß das gemeinſchaftliche Perpendikel in den Mittelpunct dieſes Kreiſes eintrifft, z. B. indem der Leiter über und parallel mit EG gehalten wird; 3) ſo, daß das gemeinſchaftliche Perpendikel irgend einen andern Punct des Kreiſes trifft; z. B. ς′ in der Lage des Leiters E′G′. Im erſten Fall wird nach 8) der bewegliche Leiter ςδ ſich beſtändig nach der nämlichen Richtung drehen müſſen; im zweiten Fall wird er in allen möglichen Lagen, die er erhalten kann, von ς G angezogen und von δE abgeſtoßen werden, er wird mithin blos in der, mit dem unbeweglichen Leiter parallelen, Lage ζG ruhig bleiben können. Im dritten Fall wird zwiſchen $\zeta\zeta'$ und $\zeta'E'$ Anziehung, zwiſchen $\zeta\zeta'$ und $\zeta'G$ Abſtoßung Statt finden, und hieraus wird ein Streben hervorgehn, $\zeta\delta$ nach der Richtung $\delta\alpha$ zu drehen; andrerſeits aber wird die Anziehung zwiſchen den Theilen $\delta\zeta'$ und $\zeta'G'$ und die Abſtoßung zwiſchen $\delta\zeta'$ und $\zeta'E'$ ſich zu einer Wirkung vereinigen, die $\zeta\delta$ in der Richtung $\delta\gamma$, alſo entgegengeſetzt, zu drehen ſtrebt, und welche über die Wirkung der beiden andern Kräfte den Vortheil hat, an einem längern Hebelarm zu wirken. Sind die Momente beider Wirkungen gleich, ſo wird ſich $\zeta\delta$ im Gleichgewicht befinden. Hierzu iſt erforderlich, daß der Theil $\zeta\zeta'$ länger als $\zeta'\delta$ ſey; damit die Größe der Anziehung und Abſtoßung für erſtern Theil mehr betrage, als für letztern; und dadurch das Wirken des letztern an einem längern Hebelarm compenſirt werde. Nähert man alſo dem Mittelpunct ζ langſam einen Leiter, ſo muß man einen Punct finden, wo die anhaltende Drehung von $\zeta\delta$ aufhört und $\zeta\delta$ eine Lage beharrlichen Gleichgewichts annimmt, die dem, mit dem feſtgehaltenen Leiter parallelen, Durchmeſſer EG um ſo näher liegen wird, je näher ſich dieſer Leiter ſelbſt am Mittelpuncte befindet.

Es erhellt hieraus, daß ein beweglicher Leiter nur dann durch den Einfluß eines unbegränzten Leiters in anhaltend drehende Bewegung verſetzt werden kann, wenn letztrer ſich außerhalb der Gränzen des Cylinders befindet, der zur Grundfläche den, vom beweglichen Leiter als Radius beſchriebenen, Kreis hat. Sonſt dreht ſich der bewegliche Leiter nur ſo weit, bis er in die Lage ſeines Gleichgewichts gekommen iſt.

Man kann der kreisförmigen Bewegung eines horizontalen Leiters dadurch mehr Schnelligkeit und Regelmäßigkeit verleihen, daß man dem unbeweglichen geradlinigen Leiter, der in Fig. 6 durch E'G' vorgeſtellt iſt, einen kreisförmigen Leiter ſubſtituirt, deſſen Mitte dem Aufhängungspunct des beweglichen Leiters entſpricht (der z. B. concentriſch um den Reif in Fig. 7 gelegt wird); weil dann dieſer letztre immer ſenkrecht auf den, ſeinem Ende δ nächſten Theil des unbeweglichen Leiters iſt*), welche Richtung für die Wirkung den meiſten Vortheil gewährt, und weil dann der Abſtand beider Leiter ſich gleich bleibt. Man bedient ſich zu dieſem Zweck eines Apparats, wie er in Fig. 10 vorgeſtellt iſt.

---

*) Dann hat nämlich $\zeta\delta$, Fig. 6 immer die Richtung eines Radius des kreisförmigen Leiters; der Radius ſteht aber auf dem ihm entſprechenden Element des Kreisbogens jedenfalls ſenkrecht.

Er beſteht aus einem, mit Seidenband bekleideten und ſpiralförmig gewickelten, Kupferſtreifen, deſſen innerer Durchmeſſer etwas größer iſt, als der des runden Gefäßes, in welches man den Reif, Fig. 7, tauchen läßt. Da die Windungen einander ſehr genähert ſind, ſo iſt jede derſelben von einem wirklichen Kreiſe kaum zu unterſcheiden, und alle zuſammengenommen wirken wie ein einfacher kreisförmiger Leiter, nur mit größerer Stärke. Um dieſe Spirale in den Schließurgskreis zu bringen, läßt man ihre beiden Enden in zwei, nicht mit Seide bekleidete, Anhänge ϖ und ϕ ausgehen, die in, mit Queckſilber gefüllte, Schälchen tauchen. Man umgiebt mit der Spirale das, mit geſäuertem Waſſer gefüllte, Kupfergefäß, in welches der, der Drehung fähige, Apparat, Fig. 7, taucht; und bewerkſtelligt zwiſchen dieſem Kupfergefäße und dem einen Schälchen, in welches ein Anhang taucht, eine leitende Verbindung, während das andre Schälchen mit einem Pole der Säule in Verbindung ſteht. Tritt nun der Strom durch ς, Fig. 7, ein, ſo geht er durch die Schenkel $\varsigma\zeta\alpha$ und $\varsigma\delta\gamma$ durch den Reif, das geſäuerte Waſſer und die Gefäßwände in das mit dem Gefäß in leitender Verbindung ſtehende Schälchen über, in welches ein Anhang der Spirale Fig. 10 taucht, durchläuft die Spirale, und geht dann durch den andern Anhang in das mit einem Pole der Säule in Verbindung ſtehende Schälchen über, um ſo den Kreis zu ſchließen.

Hier nähert ſich der Strom in $\zeta\alpha$ und $\delta\gamma$ dem unbegränzten Strom der Spirale, mithin muß ſich der Reif in der entgegengeſetzten Richtung von dieſem drehen. Geht der Strom aus dem Kupfergefäß in den Anhang ϕ über, ſo wird er die Spirale in der Richtung $\phi\mu\chi$ durchlaufen; der Reif ſich alſo entgegengeſetzt nach $\chi\mu\phi$ drehen. Läßt man dagegen den Strom in den innern Anhang ϖ eintreten, ſo daß er die Richtung $\varpi\chi\mu\phi$ hat, ſo wird der Reif ſich nach $\phi\mu\chi$ drehen.

12) In genauem Zuſammenhange mit den vorigen Sätzen und aus ihnen der Ableitung fähig, ſo wie auch für ſich durch die Erfahrung nachgewieſen ſind noch folgende Sätze; die ich hier blos nahmhaft mache.

Ein kreisförmiger Strom bringt auch einen, mit der Axe des Kreiſes parallelen, und um dieſe Axe beweglichen, Leiter zu einer Drehung immer nach der nämlichen Richtung. Welches dieſe Richtung ſey, hängt davon ab, ob ſich der Strom im beweglichen Leiter dem kreisförmigen nähert, oder davon entfernt, nach den erörterten Grundſätzen.

Wenn aber der bewegliche Leiter ſeine beiden Enden in der Axe hat, um die er ſich zu drehen vermag, ſo kann er zu keiner Drehung durch die Wirkung eines Stroms gebracht werden, der in einer, auf dieſer Axe ſenkrechten, Ebene einen Kreisbogen durchläuft, deſſen Mitte ſich in dieſer Axe ſelbſt befindet.

Ueberhaupt: ein Strom, der ſich in irgend einem Kreisbogen bewegt, vermag nicht um die Axe dieſes Kreiſes einen geſchloſſenen Leiter in Drehung zu verſetzen, welche Lage derſelbe auch im Raume haben mag.

Umgekehrt vermag ein geſchloſſener Leiter, welche Lage derſelbe auch im Raum haben mag, keinen Kreisbogen um eine, auf ſeine Ebene ſenkrechte, und durch ſeinen Mittelpunct gehende, Axe in Drehung zu verſetzen.

C. Einfluß der Erde auf die Voltaiſchen Leiter.

Die Voltaiſchen Ströme äußern nicht allein anziehende und abſtoßende Kräfte auf einander, aus denen die erörterten Bewegungen beweglicher Leiter hervorgehn, ſondern ſie erleiden auch von Seiten der Erde einen Einfluß.

13) Der Erdkörper wirkt hiebei in allen Fällen auf die beweglichen Leiter, als wenn in oder um ihn unbegränzte elektriſche Ströme kreiſten, in der Richtung des magnetiſchen Aequators von Oſt nach Weſt, (die, wo es auf Betrachtung ihrer Geſammtwirkung ankommt, ſich in einen einzigen, im magnetiſchen Aequator liegenden Strom vereinigt denken laſſen). So daß es mithin hinreicht, nach den angegebenen Grundſätzen zu unterſuchen, welche Wirkung eine ſolche Anordnung von Strömen haben muß, um für alle Fälle auszumitteln, welchen Einfluß der Erdkörper auf die beweglichen Leiter zu äußern vermag.

Es ergeben ſich hieraus unmittelbar nachſtehende, durch die Erfahrung beſtätigte, Folgerungen für den Einfluß der Erde auf die beweglichen Leiter in unſrer Hemiſphäre.

a) Ein horizontaler, um eine verticale Axe beweglicher, Leiter wird durch die Wirkung der Erde zu einer Drehung immer nach der nämlichen Richtung gebracht. Die drehende Bewegung hat Statt von Oſt nach Weſt durch Süd, wenn der Strom vom beweglichen Ende des Leiters nach ſeinem Drehpunct hinläuft; bei entgegengeſetzter Richtung deſſelben geht die Drehung von Weſt nach Oſt durch Süd.

Denkt man ſich nämlich die Erdſtröme in einem einzigen, im magnetiſchen Aequator liegenden, unbegränzten Strom vereinigt, ſo hat man ganz den, für Fig. 6 in 8) erörterten Fall.

b) Ein, um eine verticale Axe beweglicher, verticaler Leiter wird durch den Einfluß der Erde nach Weſt gerichtet, wenn der Strom in ihm aufſteigend iſt, nach Oſt, wenn er abſteigend iſt.

Im erſten Fall nämlich entfernt er ſich von den unbegränzten Erdſtrömen; der verticale Leiter muß alſo nach 8) auf der Richtung derſelben fortzugehen ſtreben. Da er aber blos um eine verticale Axe beweglich iſt, ſo kann ſich dies Streben nur durch eine Drehung nach dieſer Richtung äußern, (wie ſich aus der Zerlegung der Kräfte ergiebt) bis der Leiter nach Weſt gekommen iſt, worüber er nicht hinausgehen kann (außer vermöge der erlangten Geſchwindigkeit) weil er ſich, um weiter zu gehen, nach der, den Erdſtrömen entgegengeſetzten Richtung drehen müßte. Iſt der Strom im verticalen Leiter abſteigend, ſo ergiebt ſich die Richtung, die er annehmen muß, daraus, daß er ſich dann den Erdſtrömen nähert.

c) Ein horizontaler frei aufgehangener Leiter kann keine Bewegung nach der Richtung ſeiner Länge annehmen, ſondern muß ſich parallel mit ſich ſelbſt von ſeiner Rechten nach ſeiner Linken*) bewegen.

Daß er ſich parallel mit ſich ſelbſt, d. h. nach der Richtung einer auf ihn ſenkrechten Linie bewegen muß, ergiebt ſich aus dem Satze 8, daß die Wirkung eines unbegränzten geraden oder kreisförmigen Stroms, den hier der Erdſtrom des magnetiſchen Aequators darſtellt, ſenkrecht auf jeden Theil eines begränzten Stroms iſt. Die abſolute Bewegung der Richtung aber ergiebt ſich nach den erſten Sätzen, wenn man für jeden einzelnen Fall die Richtung des Stroms im begränzten Leiter in Bezug zu der oſtweſtlichen des Erdſtroms in Betracht zieht.

11) **Ein Leiter, der die Geſtalt einer geſchloſſenen ebenen Curve hat, (wie ein Kreis) und um eine verticale Axe beweglich iſt, nimmt durch den Einfluß des Erdkörpers die Richtung an, welche ſenkrecht auf den magnetiſchen Meridian iſt, und in welcher der Strom**

---

*) Um zu wiſſen, was bei Betrachtung dieſer Erſcheinungen unter Rechts und Links verſtanden wird, diene folgende Erklärung. Man denke ſich einen Menſchen ſo im Strom liegend, daß dieſer in der Richtung von ſeinen Füßen nach ſeinem Kopf läuft, und ſein Geſicht der Erde zugekehrt ſey; dann gelten die obigen Ausdrücke für das, was zu ſeiner rechten und linken Hand liegt.

in ſeinem unterſten Theile mit den Erdſtrömen parallel (alſo faſt oſtweſtlich) läuft.

Dieſes iſt ein, für die Folge höchſt wichtiger Satz, ihn zu erweiſen, diene Fig. 11, wo der einfachern Betrachtung halber der geſchloſſenen Curve zuvörderſt ein Rechteck $\gamma\alpha\delta\gamma\beta\alpha$ ſubſtituirt iſt.

Die horizontalen Theile des Rechtecks $\alpha\gamma\alpha\beta$ und $\delta\gamma$ können zur Ertheilung einer Richtung nichts beitragen; denn da ſie jedenfalls in entgegengeſetzter Richtung vom Strom durchlaufen werden, mag dieſer in y oder in y′ eintreten, ſo werden ſie immer, da ſie gleich ſind, und gegen die Drehungsaxe die nämliche Lage haben, eine gleich ſtarke Drehung nach entgegengeſetzter Richtung hervorzubringen ſtreben, mithin ſich wechſelſeitig das Gleichgewicht halten. Es bleibt alſo noch die Wirkung der Erde auf die beiden verticalen Theile $\beta\gamma$ und $\alpha\delta$ übrig. Folgt nun der Strom der Richtung $\beta\gamma\delta\alpha$. ſo wird der abſteigende $\beta\gamma$ ſich nach Oſt, der aufſteigende $\delta\alpha$ nach Weſt zu drehen ſtreben (ſ. S. 208); durchläuft hingegen der Strom den Leiter nach der Richtung $\alpha\delta\gamma\beta$. ſo wird $\alpha\delta$ nach Oſt und $\gamma\delta$ nach Weſt getrieben werden. In beiden Fällen wirken die, die verticalen Theile antreibenden, Kräfte zuſammen, dem ganzen Syſtem die angegebene Richtung zu ertheilen, in welcher der Strom des untern Theils von Oſt nach Weſt (oder ſtrenger genommen, parallel mit der Richtung des magnetiſchen Aequators) geht.

Betrachtet man nun aber einen Strom, der die Geſtalt irgend einer geſchloſſenen Curve hat, ſo kann man die Richtung jedes ſeiner Elemente in zwei Theile einen horizontalen und einen verticalen, zerlegen. Die horizontalen Theile werden, je nach ihrer Richtung, eine drehende Bewegung nach der einen oder nach der andern Richtung hervorzubringen ſtreben; allein für jede geſchloſſene Curve wird die Summe der horizontalen, nach einer Richtung durchlaufenen, Elemente, gleich der Summe der horizontalen, in entgegengeſetzter Richtung durchlaufenen, Elemente ſeyn; mithin wird für dieſen Theil des Syſtems Gleichgewicht Statt finden, während die verticalen Elemente alle dazu zuſammenwirken werden, dem Syſtem die erwähnte Richtung zu geben. Man hat hier eigentlich zwei Fälle zu unterſcheiden. Der eine iſt der, wo die Curve, wie in Fig. 11 das Rechteck, ſich um eine Axe dreht, durch welche ſie in zwei Theile getheilt wird; wo dann, wie wir am Rechteck auseinandergeſetzt haben, die verticalen, zu beiden Seiten der Axe gelegenen, Elemente alle zuſammenwirken, die Curve in eine Lage zu bringen, wo der Strom im untern Theile von Oſt nach Weſt geht. Der andre Fall iſt der, wo ſich die Curve um eine Axe dreht, die ſie ganz auf einer Seite läßt. Dann wirkt der verticale Theil, welcher von der Drehungsaxe am entfernteſten iſt, an einem längern Hebelarm, als der entgegengeſetzte Theil der Curve und beſtimmt mithin die Bewegung derſelben. Iſt alſo der Strom in dieſem entfernteſten Theile aufſteigend, ſo richtet ſich das Syſtem nach Weſt von der Drehungsaxe; iſt er abſteigend, nach Oſt. In beiden Fällen geht der Strom im untern Theile von Oſten nach Weſten.

D. Zurückführung der Wirkungen des Magnetismus auf die elektriſchen Ströme.

Der Einfluß des Erdkörpers auf die Leiter iſt immer verhältnißmäßig nur ſchwach; man kann ihn aber dadurch verſtärken, daß man den Leiter ſchraubenförmig windet; in dieſem Fall wirkt jede Windung des ſo gebildeten ſchraubenförmigen Cylinders wie ein, auf der Axe deſſelben ſenkrechter, Kreis und ein kleiner, der Axe paralleler und der Höhe des Schraubengangs an Länge gleicher, Strom; die ganze Schraube alſo in jenem Fall wie eine Reihe paralleler Kreiſe von der nämlichen Zahl als die Windungen der Schraube, und wie ein, in der Axe befindlicher, geradliniger Strom (die Summe der Höhen der einzelnen Schraubengänge). Läßt man den leitenden Draht in entgegengeſetzter Richtung durch die Axe zurückkehren, ſo hebt ſeine Wirkung die Wirkung aller der kleinen, der Höhe der Schraubengänge gleichen, Ströme auf. und es bleibt blos der Wirkung nach noch ein Apparat übrig, beſtehend aus parallelen, nach der nämlichen Richtung durchlaufenen Kreiſen. Einen ſolchen Apparat nennt man einen **elektrodynamiſchen Cylinder** oder **elektrodynamiſche Schraube**.

Die beiden Enden des Cylinders laſſen ſich als die gemeinſchaftlichen Pole aller Kreiſe, aus denen er beſteht, betrachten. Da in allen Kreiſen der Strom die nämliche Richtung verfolgt, ſo wird die Geſammtheit derſelben, d. i. der ganze elektrodynamiſche Cylinder ſich ſo richten, daß die Ströme in ſeinem untern Theile von Oſt nach Weſt gehn, ſo daß mithin einer ſeiner Pole nach Norden, der andre nach Süden, die Axe des Cylinders in den magnetiſchen Meridian zu ſtehen kommt. Mit einem Worte der elektrodynamiſche Cylinder wird durch die Wirkung des Erdkörpers ganz die nämliche Richtung, als eine Magnetnadel annehmen; und eben ſo einen, nach Norden gerichteten, Südpol, und einen nach Süden gerichteten, Nordpol zeigen.

Ueberhaupt folgt aus den angeführten Grundſätzen, daß ein elektrodynamiſcher Cylinder ſich in allen Stücken ſo verhalten muß, wie eine Magnetnadel, und dies wird auch durch die Erfahrung beſtätigt.

Umgekehrt ſchließt man daher, daß 16) jede Magnetnadel nichts anders ſey, als ein elektrodynamiſcher Cylinder, d. h. daß um ihre Axe in Ebenen, die mehr oder weniger auf derſelben ſenkrecht ſind, elektriſche Ströme kreiſen, von welchen alle ſogenannte magnetiſche Wirkungen derſelben herrühren.

So ergiebt ſich aus den angeführten Sätzen, daß zwei elektrodynamiſche Schrauben ſich mit ihren gleichnamigen Polen abſtoßen müſſen und mit den ungleichnamigen anziehen, welche Richtung auch ihre Axen gegen einander haben mögen. Dies an einem einfachen Fall nachzuweiſen, denke man ſich zwei elektrodynamiſche Schrauben ſo gelegt, daß die Richtung ihrer Axen in eine Linie falle; kehren ſie ſich alsdann die ungleichnamigen Pole zu, ſo werden die Kreiſe beider Schrauben parallel und in der nämlichen Richtung durchlaufen werden; mithin wird Anziehung zwiſchen ihnen Statt haben müſſen. Kehren ſich dagegen die Schrauben die gleichnamigen Pole zu, d. h. die beide durch die Erde nach derſelben Gegend gerichtet werden würden, ſo werden die beiden Schrauben von der El. in entgegengeſetzter Richtung durchlaufen, und müſſen ſich mithin mit dem zugekehrten Ende abſtoßen. Die Erfahrung beſtätigt dies Reſultat nicht nur für dieſe, ſondern für alle mögliche Lagen beider Schrauben gegen einander. Jedesmal gehen die Erſcheinungen ſo vor ſich, als ob die Schrauben ſich mit ihren gleichnamigen Polen abſtießen, mit ihren ungleichnamigen anzögen. Dieſelben Erſcheinungen erfolgen auch bei Einwirkung eines Magnets und einer elektrodynamiſchen Schraube auf einander.

Betrachtet man alſo den Magnet als einen elektrodynamiſchen Cylinder, ſo wird man in jedem Fall nach den angegebenen Grundſätzen vorausſehen können, welche Wirkung er und ein Leiter, den der el. Strom durchläuft, auf einander ausüben müſſen, und die Erfahrung beſtätigt die Vorausſagungen der Theorie auf überraſchende Weiſe. Jedenfalls werden Magnet und Leiter eine ſolche Richtung zu einander anzunehmen ſtreben, daß der Strom in ihnen parallel und gleichgerichtet wird, jedenfalls wird ſich ihre Anziehung und Abſtoßung nach der gegenſeitigen Richtung ihrer Ströme unter obiger Vorausſetzung ergeben. Nachſtehende Sätze ſind nur Folgerungen dieſer Grundanſicht, deren Zuſammenhang damit man ſich leicht ſelbſt verdeutlichen kann.

Ein geradliniger beweglicher Leiter, der einem Magnet zwiſchen ſeinen beiden Polen dargeboten wird (d. i. ſo, daß der Fußpunct des, dem Leiter und der Magnetaxe gemeinſchaftlichen, Perpendikels zwiſchen beide Pole fällt) dreht ſich in eine, auf den Magnet ſenkrechte, Richtung, ſo, daß ſeine linke*) Seite nach deſſen Südpol hinſieht.

Ein Magnet zieht einen Leiter an, wenn dieſer ſich zwiſchen ſeinen beiden Polen (nach der im vorigen Satze angegebenen Beſtimmung) ſo befindet, daß die linke Seite deſſelben nach dem Südpol des Magnets hinſieht. Abſtoßung findet dagegen Statt, wenn, während die übrigen Umſtände die nämlichen bleiben, die linke Seite des Stroms nach dem Nordpol des Magnets hinſieht.

Ein horizontaler, um eine verticale Axe beweglicher, Leiter wird in eine Drehung um dieſe immer nach der nämlichen Richtung durch die Wirkung eines Magnets verſetzt, deſſen einer Pol ſich in dieſer Axe in einer kleinen Entfernung vom beweglichen Leiter befindet, mag übrigens die Axe des Magnets vertical, horizontal oder geneigt ſeyn.

Zu dieſen, ſämmtlich durch Erfahrung, wie durch Theorie gleich nachgewieſenen, Reſultaten ließen ſich noch mehrere fügen. Folgendes aber verdient vorzügliche Aufmerkſamkeit:

16) Eine Declinationsnadel wird aus ihrer Richtung durch einen, mit ihrer Axe parallelen, Strom ſo abgelenkt, daß ihr Südpol**) nach links vom Strome weicht.

Dies Reſultat befaßt die, auf S. 129 von Biot angegebenen, Erſcheinungen der Ablenkung der Nadel durch den Voltaiſchen Verbindungsdraht ſämmtlich unter ſich, und zum Theil auf daſſelbe iſt die Einrichtung eines Inſtruments gegründet, welches jetzt zu den unentbehrlichſten der Phyſik gehört, des, vom Profeſſor Schweigger in Halle erfundnen, und nach ihm benannten, Schweiggerſchen (elektrodynamiſchen) Multiplicators, Galvanoſkops, oder Galvanometers, auch wohl Voltimeters.

Um die Einſicht in ſeine Wirkung zu erlangen, bemerke man zuvörderſt, daß nach obigem Satze ein Strom, der über der Nadel hingeht, und ein Strom der unter ihr in entgegengeſetzter Richtung hingeht, ſie beide nach der nämlichen Richtung, d. i. den Südpol derſelben links von ſich abzulenken ſtreben.

Geſetzt nun, ein Theil des Verbindungsdrahtes ſey krumm, wie abc in Fig. 12, die beiden Schenkel ab und bc in einer Verticalebene, und eine Magnetnadel in der nämlichen Ebene zwiſchen beiden Schenkeln aufgehangen, ſo wird begreiflich die Nadel einen doppelt ſo großen Impuls erhalten müſſen, als wenn blos der eine Schenkel des Verbindungsdrahtes auf ſie gewirkt hätte. Dieſe Wirkung wird noch erhöht werden, wenn man den Draht noch mehrere Windungen um die Nadel machen läſt, wie Taf. XI Fig. 20 zeigt; indem dann jede Windung mit dazu beiträgt, die Nadel nach derſelben Richtung abzulenken. Da die Windungen der Nadel ſämmtlich möglichſt angenähert ſeyn müſſen, ſo bekleidet man ſie mit Seide, um eine unmittelbare Berührung derſelben unter einander zu verhüten. Die weitere Beſchreibung dieſes Inſtruments giebt Biot S. 170, in Bezug zu Fig. 21, Taf. XI.*)

---

*) Hier ſtellt man ſich den Beobachter abermal mit dem Geſicht nach der Magnetnadel zugekehrt vor, übrigens aber, wie erwähnt, ſo im Strome liegend, daß dieſer von ſeinen Füßen nach ſeinem Kopf geht.

**) Immer muß man nicht vergeſſen, daß unter Südpol das nördlich gerichtete Ende der Nadel zu verſtehen iſt.

E. Rotationsverſuche durch Einwirkung von Magneten und Leitern auf einander.

Die nächſten Sätze betreffen die Drehung, in die ſich Voltaiſche Leiter und Magnete wechſelſeitig zu verſetzen vermögen.

Ein verticaler Magnet, der Wirkung von horizontalen Strömen ausgeſetzt, welche entweder alle nach ſeiner Axe convergiren, oder alle von ſeiner Axe divergiren, dreht ſich um dieſe Axe immer nach der nämlichen Richtung. Jeder Horizontaldurchſchnitt des Magnets läſt ſich hier nämlich als ein kreisförmiger unbegränzter Strom betrachten; die von ihm divergirenden, oder nach ihm convergirenden Ströme dagegen als begränzte, die ſich nach ihm hinbewegen, oder von ihm entfernen. Der Magnet tritt alſo unter den Fall des unbegränzten Leiters Satz 9.

Auf S. 177 hat Biot einen Apparat in Bezug zu Taf. XI. Fig. 22 beſchrieben, durch den ſich dieſe Drehung verwirklichen läſt. Der Strom tritt durch C ein, geht durch den Magnet bis A herab, und ſtralt dann von ihm divergirend durch das Queckſilber des Gefäßes aus. Die Richtung der jedesmaligen Drehung ergiebt ſich nach 9).

Es läſt ſich aber auch eine Drehung eines Magnets um eine, mit ſeiner Axe parallele, und außerhalb ihm liegende, Linie hervorbringen. Ein Apparat hierzu iſt auf Taf. XI Fig. 23 abgebildet, und auf S. 174 beſchrieben. Der Strom tritt durch C ein und ſtralt bei A durch das Queckſilber des Gefäßes zum Magnet über, ſo daß mitdie nicht alle Ströme zu ihm convergiren, oder von ihm divergiren, ſondern die einen an ſeinem Umkreis berührend hingehen, die andern durch ihn hindurchgehen, die dritten ihm gar nicht begegnen.

---

*) Ueber die, bei Verfertigung des Multiplicators in Betracht kommenden, nöthigen Handgriffe ſ. Schweiggers Journal, N. J. I. Bd. 1. S. 35.

Die Erklärung, warum in jedem ſolchen Falle eine rotirende Bewegung des Magneten entſtehen muß, ergiebt ſich ebenfalls nach der Ampère'ſchen Theorie ohne Schwierigkeit, iſt aber etwas zuſammengeſetzter.

Man kann umgekehrt einen Voltaiſchen Leiter durch einen Magneten in Bewegung verſetzen. Die Apparate hiezu ſind auf Taf. XI. von Fig. 26 bis 29 bis dargeſtellt und von Biot beſchrieben worden. Ueberall ergiebt ſich hier das Reſultat, wenn man auf die Vorausſetzung, daß der Magnet eine Verbindung kreisförmiger um ſeine Axe laufender Ströme ſey, die Ampère'ſchen Fundamentalgrundſätze anwendet.

Eben ſo leicht wird ſich danach folgendes Reſultat eines, von Davy zuerſt angeſtellten, Verſuches begreifen laſſen, daß Queckſilber, welches von einem Puncte aus von el. Strömen durchſtrahlt wird, dieſen Punct umkreiſt, wenn man einen Magneten darüber hält. Die kreisförmigen Ströme des Magneten wirken nämlich hier wiederum als unbegränzte Ströme; die von dem Puncte ausſtrahlenden, als begränzte, deren Drehung nach 63 erfolgen muß. Dieſe Drehung des Queckſilbers erfolgt daher auch bei dem angegebenen Verſuche, wo der Magnet in Queckſilber durch el. Ströme zur Drehung um ſeine eigne Axe gebracht wird.

Noch erwähne ich, daß Ampère's Theorie auch eine ſehr einfache Ableitung der Magnetiſirung von unmagnetiſchem Eiſen durch Magnete, ſo wie durch Voltaiſche Leiter verſtattet, die ſich auf den, ebenfalls durch Erfahrung nachgewieſenen, Grundſatz ſtützt, *daß ein el. Strom in Leitern, bei denen er vorbei geht und die nicht im Kreiſe der Voltaiſchen Strömung begriffen ſind, einen Strom in der nämlichen Richtung hervorzurufen ſtrebt, als die er ſelbſt hat.* Eine wichtige Erfahrungsthatſache, die aber nur durch ſtarke el. Ströme wahrnehmbar gemacht werden kann; daher man Anfangs das Gegentheil derſelben glaubte.

Man kann die Magnetiſirung des Eiſens durch einen Magneten dadurch nachahmen, daß man letzterem eine ebene (Archimedeiſche) Spirale ſubſtituirt, die dann wie ein Durchſchnitt des Magnets ſelbſt wirkt, indem jede Windung derſelben einen kreisförmigen Strom des Magneten darſtellt.

F. Nachtrag verſchiedner Sätze.

Folgende Reſultate mache ich blos nahmhaft. Sie ſind durch den Calcul gefunden worden, und meiſt auch ſchon durch die Erfahrung als begründet nachgewieſen.

1) Ein geradliniger unbegränzter Leiter ſtrebt immer mit der nämlichen Kraft einen kreisförmigen Strom, der in einer Ebene liegt, ſenkrecht auf der, welche durch den Leiter und die Mitte des, von dieſem Strom durchlaufenen, Kreiſes geht, zur Drehung um den gemeinſchaftlichen Durchſchnitt dieſer beiden Ebenen zu bringen, wenn man, bei unverändertem Abſtand des Kreismittelpuncts vom Leiter, dieſen ſucceſſiv in verſchiedne Lagen gegen dieſen Durchſchnitt bringt.

2) Die Kraft, womit ein geradliniger und unbegränzter Leiter einen, um eins ſeiner Enden in einer Horizontalebene beweglichen, Leiter zur Drehung immer nach der nämlichen Richtung antreibt, iſt unabhängig von dem Winkel, der durch die Richtungen der beiden Leiter gebildet wird, wenn der letztere kurz genug iſt, daß ſein Abſtand vom unbegränzten Leiter bei Veränderung dieſes Winkels als conſtant betrachtet werden könne, und dies nicht allein in dem Fall, wo die Rotationsebene durch den unbegränzten Leiter hindurchgeht, ſondern auch wenn ſie ober- oder unterhalb deſſelben weggeht.

3) Die Wirkung eines kleinen Kreiſes auf einen unbegränzten, mit ſeiner Ebene parallelen, Strom iſt hinſichtlich ihrer Intenſität unabhängig von den Lagen des Kreiſes und Stroms gegen einander: ſie iſt der Oberfläche des Kreiſes direct, und dem Quadrat des Abſtands umgekehrt proportional. Der Winkel, welcher durch die Richtung dieſer Kraft mit der Ebene des Kreiſes gebildet wird, iſt immer das Doppelte von dem Winkel, den mit der nämlichen Ebene die Senkrechte bildet, welche von der Mitte des Kreiſes auf den unbegränzten Leiter herabgelaſſen wird.

4) Stellt man ſich vor, daß die Wirkung der Erdſtröme vereinigt ſey in einem mittlern, in der Ebene des magnetiſchen Aequators liegenden, Strom, der um den Mittelpunct der Erde einen Umkreis beſchreibe, deſſen Radius im Verhältniß zu dem unſrer Erde ſo klein ſey, daß die vierte Potenz ihres Verhältniſſes bei der Rechnung vernachläſſigt werden könne, ſo muß eine, der Wirkung dieſer Ströme unterworfene, Schraube eine ſolche Neigung annehmen, daß ihre Axe mit dem Horizont einen Winkel bildet, deſſen Tangente das Doppelte der Tangente der magnetiſchen Breite ſey; gerade wie es beim Magnet der Fall iſt.

5) Die Wirkung eines elektrodynamiſchen Cylinders von ganz kleinem Durchmeſſer auf ein Stromelement reducirt ſich auf zwei Kräf

te, welche ſenkrecht ſind auf zwei Ebenen, die beide durch dies Element, und jede insbeſondre durch ein Ende der Axe des Cylinders gehen. Jede Kraft verhält ſich umgekehrt, wie das Quadrat des Abſtands des Elements von dem einen Ende der Cylinderaxe und direct, wie der Sinus des Winkels, den die Gerade, welche das Element und dies Ende verbindet, mit der Richtung des nämlichen Elements macht. Woraus folgt, daß, wenn man den elektrodynamiſchen Cylinder von unendlicher Länge annimmt, ſeine Wirkung auf ein Stromelement nur von der reſpectiven Lage des Elements und des in Betracht gezogenen Cylinderendes abhängt, keineswegs aber von der Richtung der Axe des Cylinders im Raum. Eben ſo verhält es ſich mit der Wirkung eines ſolchen Cylinders auf einen Leiter von beliebiger Geſtalt und Größe. Dieſe Wirkung hängt nur von der Lage des in Betracht gezogenen Endes gegen den Leiter ab, und bleibt die nämliche, welches auch die Richtung der Cylinderaxe ſey.

6) Wenn die Richtungen der Axen zweier Schrauben einen rechten Winkel mit einander bilden, ſo läßt ſich ihre wechſelſeitige Wirkung immer auf vier Kräfte zurückführen, zwei anziehende und zwei abſtoßende, die nach dem umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernung und in der Richtung der Linien wirken, durch welche je ein Ende eines Cylinders mit je einem des andern verbunden wird.

8) Die Wirkung einer Schraube, deren Axe, wie die eines hufeiſenförmigen Magneten, eine Curve bildet, welche ſymmetriſch zu beiden Seiten einer Ebene iſt, ſtrebt immer in dieſe Ebene einen geradlinigen unbegränzten Leiter zu bringen, welcher um eine, in der nämlichen Ebene gelegene, Axe beweglich iſt.

9) Denkt man ſich einen elektrodynamiſchen Cylinder ſo zuſammengebogen, daß ſeine Axe eine geſchloſſene Curve bilde, während die Ebenen der Kreisſtröme die ſenkrechte Richtung auf dieſe Axe behalten, ſo erhält man einen *elektrodynamiſchen Ring*. Ein ſolcher vermag keine Wirkung nach Außen zu äußern.

10) Denkt man ſich einen elektrodynamiſchen Cylinder von ganz kleinem Durchmeſſer in eine beliebige (nicht geſchloſſene) Curve zuſammengebogen, ſo daß wie vorhin die Ebenen der Kreisſtröme ſenkrecht auf die krummlinig gewordene Axe bleiben, ſo wird die Wirkung, die er auf ein el. Stromelement ausübt, ganz dieſelbe ſeyn, als die eines elektrodynamiſchen Cylinders mit Kreisſtrömen vom nämlichen Durchmeſſer und von der nämlichen Intenſität, die zur Axe die gerade Linie hätte, welche die beiden Enden der Curve verbindet.

G) Beſchränkung und nähere Erörterung einiger der vorigen Sätze.

Wir haben in den vorigen Sätzen immer angenommen, daß die elektriſchen Ströme den Magnet als ein Ganzes, gleichſam ſeine Maſſe, umkreiſen. Mit dieſer Annahme waren jedoch die Reſultate einiger Verſuche im Widerſpruche, die aber mit der Theorie vereinbar werden, ſobald man annimmt, daß die elektriſchen Ströme nur die Molecule eines Magnets in Ebenen, die auf ſeiner Axe mehr oder weniger ſenkrecht ſind, umkreiſen; eine Modification die Ampère auch wirklich ſeiner Theorie ſpäterhin gab. Dies ändert nur die Wirkungen in Bezug auf das Innere der Magnete, nicht aber die auf Leiter, oder andere Magnete, die außerhalb denſelben befindlich ſind. Und wenn man ſich Fig. 13. als einen Durchſchnitt eines cylindriſchen Magneten vorſtellt, und die kleinen Kreiſe als Ströme, die um ſeine Theilchen nach derſelben Richtung laufen (eben ſolche Theilchen muß man ſich durch den ganzen Durchſchnitt hindurch denken), ſo wird ſich der Geſammtheit der einzelnen Ströme in jeder Kreisſchicht ihrer Wirkung nach Außen noch immer ein einziger kreisförmiger Strom αβγ, in dem ſie ſämmtlich gereiht liegen, ſubſtituiren laſſen, wodurch wir auf unſre frühern Vorſtellungen hinſichtlich aller Wirkungen, die der Magnet nach Außen zu äußern vermag, zurückgeführt werden.

Wir haben ferner in unſern vorigen Sätzen ſchlechthin von einer Gleichheit in der Wirkung der elektrodynamiſchen Cylinder und Magnete geſprochen. Ein weſentlicher Unterſchied findet jedoch in beiden darin Statt, daß in den elektrodynamiſchen Cylindern die Pole genau an den Enden liegen, in den Magneten aber in einiger Entfernung davon. Dieſes Verhalten in den Magneten findet unter der Vorausſetzung ſeine Erklärung, daß die Ströme hier nicht alle in Ebenen liegen, welche ſenkrecht auf die Axe des Magnets, ſondern je nach ihrer Lage im Magnet mehr oder weniger dagegen geneigt ſind.

Es fragt ſich, welche Urſach die elektriſchen Ströme in den Magneten und dem Erdkörper hervorbringen und unterhalten könne. In letztrer Hinſicht ſind mehrere, welche der Ampèreſchen Theorie folgen, der Meinung, daß ſie von der ungleichen Erwärmung der Erde bei ihrer Rotationsbewegung herrühren; eine Meinung, die durch die bald näher zu erörternden thermoelektriſchen Verſuche, ſo wie durch den genauen Zuſammenhang, den die Erſcheinungen des Erdmagnetismus mit den kosmiſchen Verhältniſſen der Erde zeigen, wenigſtens nicht ganz unwahrſcheinlich wird. Was die elektriſchen Ströme im Magneten bleibend machen könne, iſt ein noch unerörterter Punct der Ampèreſchen Theorie. — Noch einige Einwürfe gegen dieſelbe findet man in Pfaffs Elektromagnetismus S. 242.

Uebrigens hat man ſchon viele andre Theorieen der elektromagnetiſchen Erſcheinungen aufgeſtellt, die jedoch alle mehr oder weniger ebenfalls Einwürfen ausgeſetzt ſind, und deren keine wenigſtens den klaren Ueberblick über die Erſcheinungen geſtattet, als die Ampèreſche.

Zuſätze

über Thermoelektricität *).

Seebeck, Mitglied der Berliner Academie, hat entdeckt, daß ſich in den Metallen ein elektriſcher Kreislauf hervorbringen läßt, ohne daß man irgend eine Flüſſigkeit zwiſchen ſie zu bringen nöthig hat, durch bloßes Aufheben des Gleichgewichts der Temperatur. Dieſe Wirkung läßt ſich durch einen ſehr einfachen Apparat ſichtbar machen. Er beſteht aus zwei Bogen verſchiedner Metalle, z. B. Kupfer und Wismuth, die an beiden Enden zuſammengelöthet ſind, ſo daß ſie einen einzigen Kreis bilden. Es iſt jedoch nicht nöthig, daß die beiden Metalle die Geſtalt von Kreisbogen und vereinigt die eines Kreiſes haben; bilden ſie nur einen geſchloſſenen Ring, ſo iſt es im Uebrigen gleichgültig, von welcher Geſtalt dieſer iſt.

Um die Elektricität in Kreislauf zu verſetzen, erwärmt man den Ring an einer der Stellen, wo die beiden Metalle einander berühren. In zwei Kreiſen, die aus Kupfer und Wismuth der eine, und aus Kupfer und Spießglas der andre beſtehn, ſtrömt dann die poſitive Elektricität in dem nicht erwärmten Theile in jenem vom Kupfer zum Wismuth, in dieſem vom Spießglanz zum Kupfer. Dieſer elektriſche Strom iſt auf keine andre Art zu entdecken, als durch ſeine Wirkung auf die Magnetnadel, welche er merklich ablenkt. Man nennt dieſe neue Art von elektriſchem Kreiſe oder elektriſcher Kette thermoelektriſchen, thermelektriſchen oder nach Yelin thermomagnetiſchen Kreis, und zum Unterſchiede davon den Galvaniſchen hydroelektriſchen Kreis.

Die Reihenfolge der Leiter nach ihrer thermoelektriſchen Wirkſamkeit iſt eine ganz andre, als die nach ihrer hydroelektriſchen Wirkſamkeit. In jener ſind Wismuth (nach Cumming Bleiglanz) und Spießglanz die beiden äußerſten Glieder, und Silber ſteht

---

*) Aus mehreren Abhandlungen in Gilberts Annalen und Schweigg. Journal ausgezogen.

weit von beiden Enden ab, indeß es das äußerſte Glied von der negativen Seite in der hydroelektriſchen Reihe ausmacht *). (Gilberts Annal. der Phyſ. J. 1823. St. 4. S. 430).

Eine einfache Art, den Seebeckſchen Fundamentalverſuch zu wiederholen, iſt folgende:

Man löthe eine Wismuthſtange aWb, mit einem gebogenen Streifen ſtarken Kupferblechs aKb, in der Form, wie Fig. 14. zeigt, zuſammen. Hierdurch erhält man eine Kette, welche ſchon durch die Wärme der Hand oder der Fingerſpitzen, womit man eine der gelötheten Stellen (a oder b) berührt, eine magnetiſch reagirende Kraft erhält, ſo daß eine, zwiſchen beide Metalle K und W, wie die Figur zeigt, gebrachte, Magnetnadel, zu einer öſtlichen oder weſtlichen Abweichung von 10 bis 15° gebracht wird. Dieſe Abweichungen ſteigen bis 50, 60, ja 70°, wenn man einige Augenblicke lang die Wärme der Flamme einer Spirituslampe auf eine der gelötheten Stellen wirken läßt, und je nachdem dies bei a oder b geſchieht, wird in der Magnetnadel die eine oder die entgegengeſetzte Ablenkung bewirkt. (Gilb. Annal. Jahrg. 1823. H. 1. S. 115). Wohl zu bemerken iſt, daß keineswegs beide gelöthete Stellen erhitzt werden dürfen; indem dies von derſelben Wirkung ſeyn würde, als wenn man eine Kupferplatte zwiſchen zwei Zinkplatten legt.

Man kann dieſen Verſuch erweitern, indem man eine Kette aus mehrern Abwechslungen aneinandergelötheter Metalle bildet; z. B. indem man drei Stäbe Wismuth und drei Stäbe Spießglanz abwechſelnd zuſammenlöthet, ſo daß die, ſo aus drei Elementen beſtehende, thermoelektriſche Kette ein Sechseck darſtellt. Man legt dieſe Kette horizontal auf zwei Träger, bringt die eine Seite des Sechsecks in den magnetiſchen Meridian, und ſtellt eine Magnetnadel ſo nahe als möglich unter dieſe Seite. Auch hier dürfen, wenn man der Wirkung nicht hinderlich ſeyn will, nie zwei aneinandergränzende Löthſtellen erhitzt werden, ſondern nur immer die abwechſelnden, ſo daß eine

---

*) Cumming giebt die thermoelektriſche Reihe nach ſeinen Verſuchen folgendermaßen an:

1) Bleiglanz.
2) Wismuth.
3) Queckſilber.
   Nickel.
4) Platin.
5) Palladium.
6) Kobalt.
   Mangan.
7) Zinn.
8) Blei.
9) Meſſing.
10) Rhodium.
11) Gold.
12) Kupfer.
13) Iridium und Osmium.
14) Silber.
15) Zink.
16) Kohle.
   Graphit.
17) Eiſen.
18) Arſenik.
19) Spießglanz.

nicht erwärmte zwiſchen je zwei erwärmten zu liegen kommt. Unter Beobachtung dieſer Bedingung nimmt die Ablenkung der Magnetnadel mit der Zahl der erwärmten Stellen zu.

Die nämliche Wirkung, als durch Erhitzung, läßt ſich auch auf umgekehrte Weiſe durch Erkältung der abwechſelnden Löthſtellen hervorbringen, wobei natürlich die zwiſchen liegenden in Bezug zu dieſen als erwärmt erſcheinen. Am ſtärkſten aber wird die Wirkung, wenn die Erhitzung und Erkältung zugleich angewandt werden; wenn man z. B drei Ecken des Sechsecks, wo die Metalle zuſammengelöthet ſind, erhitzt, und zugleich auf die drei dazwiſchen liegenden Eis legt.

Es ergiebt ſich aus den Verſuchen, daß die Summe der Wirkungen aller Elemente einer zuſammengeſetzten elektromagnetiſchen Kette weit geringer iſt, als die Summe der einzelnen Wirkungen, welche hervorgebracht werden, wenn man dieſelben Elemente anwendet, um einfache Ketten zu bilden.

Je mehr die Länge der ganzen Kette bei gleichbleibender Zahl der Abwechslungen beträgt (je länger man mithin die einzelnen Elemente derſelben nimmt), um ſo ſchwächer zeigt ſich ihre Wirkung auf die Magnetnadel. Umgekehrt (und wie ſchon oben erwähnt): je mehr die Zahl der Abwechslungen bei gleichbleibender Länge der ganzen Kette beträgt, um ſo mehr nimmt die Wirkung auf die Magnetnadel zu. Dieſe Wirkungen halten einander ſo im Gleichgewicht, daß die Wirkung einer Kette nicht geändert wird, wenn die Länge des Umfanges in demſelben Verhältniſſe, als die Zahl der Elemente wächſt; oder mit andern Worten: Ketten aus Elementen von gleicher Länge werden immer eine gleiche Ablenkung erzeugen, aus wie vielen ſolcher Elemente ſie immer beſtehen mögen. Fourier und Oerſted fanden dies Geſetz beſtätigt, indem ſie die Wirkungen von zwei, drei, vier, ſechs, dreizehn und zwei und zwanzig Elementen verglichen.

Um daher zuſammengeſetzte Ketten zu bilden, welche eine große Wirkung auf die Magnetnadel äußern, iſt es nöthig, die Elementarſtäbe recht kurz zu machen; und um die Unbequemlichkeit zu vermeiden, welche aus der zu ſchnellen Herſtellung des Gleichgewichts der Temperaturen bei ſo kleinen Elementen entſteht, muß man die Stellen, an welchen die Stäbe verbunden ſind, in abwechſelnder Folge mit beſtändiger Wärme- und Kältequellen verbinden.

Fourier und Oerſted unterſuchten die Wirkungen der Ketten, indem ſie zuerſt eine, dann zwei, drei u. ſ. w. der Löthſtellen, welche in Thätigkeit geſetzt wurden, erkälteten; und fanden nach verſchiednen Verſuchen folgende Mittelzahlen: Nahmen ſie eine Kette aus 2 Elementen und erkälteten eine Verbindungsſtelle, ſo war die Ablenkung 21°; bei zwei erkälteten Stellen 32½°. In einer Kette aus 3 Elementen gab eine erkältete Stelle eine Ablenkung von 15½, zwei 25⅔°, drei 31°. In einer, aus 4 Elementen gebildeten, Kette gab eine erkältete Stelle 13¾°, zwei 19, drei 25°, vier 31¼. Bei 6 Elementen eine Stelle 9°, zwei 13¼°, drei 18¼°, vier 22°, fünf 25⅛°, alle ſechs 23⅔°.

Man bemerkt, daß die Ablenkung, welche die erſte erkältete Verbindungsſtelle erzeugt, nahe ausgedrückt wird durch den doppelten Quotienten, welchen man erhält, wenn man die totalen Ablenkungen, welche durch die Kette hervorgebracht werden, wenn alle Elemente in Thätigkeit geſetzt ſind, durch die Anzahl der Elemente plus eins dividirt. Eben ſo ſieht man, daß die andern Zahlen dem Werthe des einfachen Quotienten ſehr nahe kommen; doch ſcheinen ſie eine abnehmende Reihe zu bilden. Uebrigens iſt hier nur von der, durch die Winkel gemeſſenen, Ablenkung, nicht von der wirklichen Größe der Wirkungen die Rede.

Die thermoelektriſchen Wirkungen können auch durch den elektromagnetiſchen Multiplicator bemerklich gemacht werden. Zu dieſem Zweck verbinde man Fig. 15. einen Stab a von einem Metall mit zwei Stäben b von dem andern, ſo daß eine ungeſchloſſene Kette gebildet wird, deren Enden aus demſelben Metall beſtehen. Nachdem nun auf eine Stelle Eis gelegt worden iſt, verbinde man die beiden Stäbe b mittelſt des Drahts des Multiplicators.

Die Wirkung auf die Magnetnadel zeigt ſich hier zwar noch merklich, aber ausnehmend ſchwach; ſchwächer z. B., ob als ein Kupfer- und Silberſtück, zwiſchen denen der Kreis durch Waſſer, als feuchten Leiter, geſchloſſen iſt, auf dieſelbe wirkten. Dagegen ergaben die obigen Verſuche, daß, wenn die freien Enden der Stäbe von b durch einen kurzen und dicken Metallſtab verbunden waren, eine ſtarke Wirkung hervortrat; ſtärker, als ſie der Voltaiſche Strom unter gleichen Umſtänden hervorbringt; denn verbindet man das nämliche Voltaiſche Plattenpaar, das auf die Nadel des Multiplicators einen weit ſtärkern Einfluß äußerte, als der thermoelektriſche Strom unter gleichen Umſtänden, auch durch den beſten und kürzeſten Leiter, der aber nicht als Multiplicator wirkt, ſo wird es kaum eine merkliche Wirkung auf die Magnetnadel äußern.

Dies führt zu einem wichtigen Unterſchiede zwiſchen den thermoelektriſchen und Voltaiſchen oder hydroelektriſchen Strömen, der darin liegt, daß erſtere eine weit größere Quantität Elektricität als letztre enthalten (d. h. in einer gegebenen Zeit mehr Elektricität mit ſich führen); dagegen eine weit geringere Intenſität oder Repulſivkraft beſitzen (d. h. daß die Elektricität eine weit geringere Gewalt äußert, den Widerſtand, den die Körper ihrem Durchgange entgegenſetzen, zu überwinden). Das Folgende wird hierzu die Erörterung geben.

Schon bei den erſten elektromagnetiſchen Verſuchen erkannte man, daß die, durch den elektriſchen Strom bewirkte, Ablenkung der Nadel von der Quantität und nicht von der Intenſität der elektriſchen Kraft abhieng *). Wenn alſo die, durch einen kurzen und dicken Leiter geſchloſſene, thermoelektriſche Kette eine weit ſtärkere Ablenkung hervorbringt, als die eben ſo geſchloſſene Voltaiſche, ſo wird man ſchließen können, daß unter dieſen Umſtänden die Quantität der, durch den verbindende Leiter ſtrömenden Electricität ſtärker in erſtrer als in der letztern ſey. Warum bringt nun aber, wenn die Schließung durch den Multiplicator bewerkſtelligt wird, der Voltaiſche Strom eine ſtärkere Ablenkung hervor als der thermoelektriſche, wenn er doch an ſich weniger Quantität beſitzt? Deßhalb, weil hier die Quantität der, auf die Magnetnadel wirkenden, Elektricität durch die Windungen vervielfacht wird, ſo daß um ſo mehr Elektricität zu gleicher Zeit auf die Nadel wirkt, als Windungen neben einander ſind. Gilt dies nicht aber auch eben ſo für den thermoelektriſchen Strom; wird nicht auch deſſen Quantität durch die Windungen noch verſtärkt? Allerdings an ſich müßte dies Statt finden; aber weil es ſich doch in der Erfahrung nicht ſo zeigt, ſo hat man zu ſchließen, daß die bedeutende Länge und Dünne **), die der Draht des Multiplicators hat, dem Durchſtrömen der Quantität des thermoelektriſchen Stroms zu viel Widerſtand darbietet, ſo daß im Ganzen doch eine geringere Quantität hindurchgeht.

Ein andrer Beweis für dieſe geringere Intenſität des thermoelektriſchen Stroms, vermöge deren ein Leiter von Natur gut leitend, kurz und dick ſeyn muß, wenn der thermoeleitriſche Strom vollkommen durch ihn durchgehen ſoll, liegt in folgendem Verſuche. Eine thermoelektriſche, aus 13 Elementen beſtehende, Kette, welche, wenn ſie vollſtändig war, die Nadel um 28° aus dem Meridian ablenkte, konnte, wenn ſie unterbrochen, und dann durch einen Platindraht von 0,1 Millimeter Dicke (0,003 Zoll) geſchloſſen wurde, dieſen nicht zum Glühen bringen; obwohl er durch eine hydroelektriſche Kette zum Glühen gebracht wurde, die nur die nämliche Wirkung auf die Bouſſole, als die volle thermoelektriſche Kette äußerte. Wenn letztre durch den Draht geſchloſſen wurde, ſo zeigte die Nadel nur 2° bis 3° Ablenkung. So auch ſpricht fur die geringere Intenſität des thermoelektriſchen Stroms, die ihn hindert, ſchlechte Leiter zu durchdringen, der Umſtand, daß es bisher noch nicht gelang, die Kette durch Flüſſigkeiten ſo zu ſchließen, daß chemiſche Wirkungen in ihnen eintreten. Vergebens wurden in dieſer Hinſicht die ſonſt beſten flüſſigen Leiter, Salpeterſäure, Natrumauflöſung und einige Metallauflöſungen verſucht.

---

*) Dies zeigt ſich vorzüglich dadurch, daß eine Vervielfältigung der Plattenpaare der Voltaiſchen Säule wenig zur Verſtärkung der Ablenkung beiträgt; ſehr viel aber die Vergrößerung ihrer Oberfläche. Es iſt aber aus den frühern Erörterungen bekannt, daß die Quantität der Elektricität mit der Oberfläche, die Intenſität mit der Zahl der angewandten Plattenpaare wächſt. Ich führe als Beſtätigung einen Verſuch von Schrader an. Fünf Plattenpaare, von 3½″ Quadrat, von denen jedes einzelne mit Hülfe des Multiplicators die Magnetnadel um 25° abweichen machte, brachten, zu einer Säule mit einander verbunden, die Abweichung nicht weiter, als bis 27°, während zwei ſo mit einander verbunden, daß ſie nur ein einziges Element von doppelter Oberfläche bildeten, 35°. drei, eben ſo verbunden, 37°, vier 40°, und endlich alle fünf auf dieſe Weiſe zu einem Plattenpaar mit fünffacher Oberfläche verbunden, 43° Abweichung bewirkten. Aehnliche Verſuche wurden mit ähnlichem Erfolg von andern angeſtellt. (Pfaffs Elektrom. S. 73.)

**) S. über deren Einfluß, Zuſätze zu dem 2ten Bande, S. 344.

Endlich iſt auch in dieſer geringen Intenſität der Grund zu ſuchen, warum überhaupt bei vermehrter Länge der Elemente der thermoelektriſchen Kette ihre Wirkſamkeit abnimmt.

An die Zunge gebracht, erregte die thermoelektriſche Kette faſt gar keinen Geſchmack; an einem Froſchpräparate brachte ſie Wirkungen hervor, wie zwei nicht ſehr heterogene Metalle; ein neuer Beweis für die vortreffliche Leitungsfähigkeit der Froſchnerven. (Schweigger's Journal 1824. H. 1. S. 48. Fouriers und Oerſteds Unterſuchungen).

Das Bisherige bezog ſich auf geſchloſſene thermoelektriſche Ketten aus zwei Metallen. Weitere Verſuche, namentlich von **Yelin**, haben indeß dargethan, daß durch ungleiche Erwärmung überhaupt alle Metalle mehr oder minder magnetomotoriſche Eigenſchaften annehmen, mögen ſie nun in geſchloſſenen Ketten, oder als Stäbe, je zwei mit einander verbunden, oder blos einzeln für ſich ungleichen Temperaturen ausgeſetzt werden.

Belege hierzu geben zuvörderſt folgende Verſuche von **Yelin**. (Gilb. Annal. J. 1823. St. 4).

1) Man nehme einen ganz geſchloſſenen Bogen von Kupfer, wie Fig. 16., welcher bei a hart eingelöthet, oder auch nur ſehr gut und feſt durchgeniethet ſey. Erhitzt man den Theil ab über einer Lichtflamme, und taucht, noch ehe die Wärme bei f und c fühlbar iſt, den Theil fdgc in kaltes, beſſer in Eiswaſſer, ſo zeigt der ganze Bogen eado magnetomotoriſche Eigenſchaften. Hält man den Theil ac, wie in Fig. 17., **unter** eine feine, an einem Spinnfaden hängende, Magnetnadel von Nord nach Süd, ſo fängt das Nordende der Nadel an, gegen **Weſten** auszuſchwenken, und man kann durch taktmäßig erfolgendes Annähern und Wiederentfernen des Bogens die Anfangs kleinen Schwankungen bald nach Weſten zu vergrößern, aber nicht

entgegengeſetzt. Bringt man dagegen ac über die Nadel von Nord nach Süd zu, ſo erfolgen die Schwankungen nach Oſten u. ſ. w. Der Theil ab (Fig. 16.) am Bogen, ſo wie die Geſtalt des Bogens ſelbſt iſt nichts Weſentliches bei dem Verſuche.

2) Yelin ließ ſich Metallſtäbe machen 1 Fuß lang, ¼ Zoll breit und ⅛ Zoll dick, von Wismuth, Kupfer, Zink, Meſſing, Spießglas, Zinn, Blei. Alle dieſe Metallſtäbe äußerten, wenn ſie an dem einen Ende erkältet, an dem andern erhitzt waren, magnetomotoriſche Eigenſchaften, und zwar nach Yelin's vorläufiger Schätzung in der Reihenfolge, wie ſie oben aufgeführt wurden, von der ſtärkſten bis zur ſchwächſten Wirkung.

Nennt man das eine Ende eines ſolchen Stabes A, das andre B, ſo bringt in allen Fällen die Lage A — B und die entgegengeſetzte B — A des Stabs unter der Nadel, bei ſonſt gleichen Umſtänden entgegengeſetzte Ablenkungen der Pole der Magnetnadel hervor.

Die thermoelektriſchen Erſcheinungen haben ſich durch mannichfaltige Verſuche ſchon ſehr gehäuft, und man iſt dabei auf viele intereſſante Thatſachen geſtoßen, deren nähere Auseinanderſetzung hier zu weit führen würde. An einer Theorie, welche alle dieſe Erſcheinungen unter einen allgemeinen Geſichtspunct brächte, fehlt es noch; doch hat Yelin eine ſolche nach den Geſetzen des Elektromagnetismus zu geben verſprochen, obwohl die Thermoelektricität viele ſcheinbare Abweichungen von dieſem zeigt. In England hat beſonders Cumming viele Verſuche über die Thermoelektricität angeſtellt, und unter andern auch die Rotation einer thermoelektriſchen Kette durch Magnete hervorgebracht. (Schweigger's Journal 1824. H. 3. S. 319). Ein Apparat dazu iſt auf Taf. XI. Fig. 30. vorgeſtellt und S. 182 von **Biot** beſchrieben.

Sechſtes Buch.

Vom Lichte.

Allgemeine Betrachtungen.

Wenn die Sonne, nachdem ſie unter dem Horizont verborgen geweſen iſt, aufgeht und plötzlich unſern Augen ſichtbar wird, ſo muß begreiflich zwiſchen ihr und uns eine gewiſſe Art der Mittheilung Statt finden, die uns die Gegenwart derſelben zu erkennen giebt, ohne daß wir nöthig haben ſie zu berühren. Das Mittel, vermöge deſſen dieſe Mittheilung in die Ferne durch Einwirkung auf unſre Augen geſchieht, iſt, was wir Licht (lumen, lumière) nennen. Die Körper, welche daſſelbe unmittelbar hervorzurufen und uns ſo ihre Gegenwart zu offenbaren vermögen, nennen wir ſelbſtleuchtende Körper; dergleichen ſind die Sonne, die Firſterne. Ueberhaupt alle körperlichen Subſtanzen werden bei hinlänglicher Temperaturerhöhung ſelbſtleuchtend, und verlieren dies Vermögen beim Erkalten. Wenn ſie jedoch auch deſſelben nicht mehr genießen, ſo ſind ſie doch fähig, ſo bald ein leuchtender Körper ſie erhellt, uns ſein Licht zurückzuſenden, als wenn es ihr eigenes wäre, und in dieſem Fall werden ſie uns durch Zurückwerfung ſichtbar. Auf ſolche Art nehmen wir die uns umgebenden Gegenſtände wahr, während die Sonne ſich über dem Horizont befindet, und vermöge Mangels eines ſolchen zurückwerfenden Lichts wird Alles dunkel und unſichtbar, wenn dies Geſtirn ſich unter den Horizont begeben hat.

In allen Fällen, wenn wir durch das Licht von dem Daſeyn eines Gegenſtandes Kunde erhalten, geſchieht dies durch eine Fortpflanzung dieſes Mittels in gerader Linie; denn ſpannt man ganz feine Seiden- oder Metallfäden mit einander parallel und in der nämlichen Ebene aus, ſo wird ein, in dieſer Ebene weit hinter dieſen Fäden befindlicher, leuchtender Punct durch ſie (für das, in der nämlichen Ebene vor den Fäden befindliche, Auge eines Beobachters) verfinſtert werden; ſo wie ſich das Auge aber etwas aus der Richtung dieſer Ebene entfernt, wieder ſichtbar erſcheinen. Desgleichen, wenn man zwei recht eben geſchliffene Metallplatten nimmt, und, während man ſie einander nähert, das Licht des Himmels durch den Zwiſchenraum, der ſie trennt, betrachtet, wird man es immer noch wahrnehmen, wie gering auch der Abſtand beider Platten ſeyn mag, bis ſie ſich endlich berühren; ſo wie aber die eine derſelben nur etwas concav und die andere convex iſt, werden ſie das Sehen ſchon vor der Berührung hindern. Die tägliche Erfahrung beſtätigt dieſe Wahrheit noch auf hundertfache Weiſe; und da ſie von beſtändiger Anwendung iſt, ſo müſſen wir ſie auf einfache Ausdrücke bringen. Deshalb bezeichnen wir jede gerade Linie, die von irgend einem Puncte eines leuchtenden Körpers zum Auge gezogen wird, durch eine beſondre Benennung; nennen ſie einen Lichtſtral und denken uns das directe Sehen als in der Richtung dieſer Stralen vor ſich gehend. Dieſer eigentlich abſtracten Bedeutung kann man ſelbſt einen phyſiſchen Sinn unterlegen, indem man darunter die (linienförmigen) Theile verſteht, aus denen ein Lichtbündel zuſammengeſetzt iſt, wenigſtens bis auf die letzten Gränzen der Theilung, wo ſie unſern Sinnen noch faßbar ſind. Denn wie dünn auch dieſe Theile ſeyn mögen, ſo lange ſie nur noch von unſern Sinnen wahrgenommen werden können, findet man an ihnen immer ganz die nämlichen Eigenſchaften wieder, welche die dickern Bündel beſitzen.

Aſtronomiſche Beobachtungen lehren, daß die Mittheilung, welche durch das Licht zwiſchen den leuchtenden Körpern und uns geſchieht, nicht augenblicklich iſt. Wenn die Sonne ſich in einem Puncte ihrer (ſcheinbaren) Bahn befindet, ſo erhalten wir die Wahrnehmung ihrer Gegenwart daſelbſt erſt ungefähr 8′ 13″, nachdem ſie dort angelangt iſt. Wenn die Trabanten des Jupiter, welches eben ſo viel kleine, durch die Sonne erhellte, Monde ſind, hinter dem Körper ihres Planeten verfinſtert werden, und dann aus ſeinem Schatten hervortreten, ſo verfließt eine gewiſſe Zeit von dem phyſiſchen Augenblick an, wo letztres geſchieht, bis zu dem, wo ihre Wahrnehmung für uns beginnt. Die Verzögerung iſt mehr oder minder lang, je nachdem die Erde ſich mehr oder weniger entfernt vom Jupiter befindet, und zwar iſt ſie ihrem Abſtand genau proportional.

Hieraus hat man geſchloſſen, daß die Geſchwindigkeit, mit der das Licht ſich fortpflanzt, in der ganzen Ausdehnung der Erdbahn und ſelbſt der Jupitersbahn, durchaus gleichförmig iſt.

Es ergiebt ſich ferner aus dieſen Erſcheinungen, daß wir die Trabanten des Jupiters in dem phyſiſchen Augenblick, wo ſie in den Schatten ihres Planeten treten, noch außerhalb deſſelben erblicken, weil die Wahrnehmung, die wir in dieſem Zeitpunct von denſelben erhalten, noch von ihrer vorgängigen Gegenwart an dem Ort ihrer Bahn herrührt, wo ſie ſich einige Augenblicke vorher befanden; und eben ſo ſind ſie in dem Augenblick, wo ſie uns zu verſchwinden ſcheinen, in der That ſchon lange ins Dunkel getreten. Die Mittheilung alſo, vermöge deren ſich ihre Gegenwart an einem Orte kund thut, pflanzt ſich auch noch, nachdem ſie denſelben verlaſſen haben, fort. Entweder alſo muß dieſe Mittheilung durch Pulſationen (Wellenſchläge) in einer elaſtiſchen Flüſſigkeit, die ſie von den leuchtenden Körpern bis zu uns fortpflanzt, wie der Schall durch die Luft fortgepflanzt wird, oder durch ein wahres Ausſtrömen materieller, von den leuchtenden Körpern ausgeſtoßenen, Theilchen Statt finden. Jedenfalls, da die Wahrnehmung des Sehens ſelbſt durch die Maſſe gewiſſer Körper hindurch Statt hat, die man durchſichtig nennt, müſſen die Pulſationen der elaſtiſchen Flüſſigkeit auch durch die Poren dieſer Subſtanzen ſich fortpflanzen, oder die Lichttheilchen ſich darin und ſelbſt hindurch fortbewegen können.

Beide Meinungen (Emanations- und Undulationstheorie) zählen ihre Anhänger. Die, welche der Annahme einer elaſtiſchen Flüſſigkeit geneigt ſind, führen zu Gunſten ihrer Anſicht die Leichtigkeit an, mit der dieſe Vorſtellung die ſchnelle und gleichförmige Fortpflanzung erklärt. Sie finden Schwierigkeiten darin, ſich Körpertheilchen zu denken, welche mit einer Geſchwindigkeit, wie ſie den Lichttheilchen zukommen müßte, begabt wären, und zugleich ſo fein ſeyn müßten, um einen leichten Durchgang durch die Poren der durchſichtigen Körper zu finden. Hierüber müſſen wir durch die Erſcheinungen Belehrung zu erhalten ſuchen; denn an ſich iſt nichts ſchnell oder langſam, noch groß oder klein. Die Geſchwindigkeit einer Kanonenkugel erſcheint uns ſo ſchnell, daß unſere Augen ihr nicht zu folgen vermögen; doch iſt ſie ſehr langſam im Verhältniß zur Axendrehung der Erde; dieſe wieder ſehr langſam im Verhältniß zur Geſchwindigkeit der jährlichen Bewegung und dieſe letzte endlich weit geringer, als die Geſchwindigkeit der Fortpflanzung des Lichtes. Allerdings fällt es uns ſchwerer, einem Körper eine große Geſchwindigkeit einzupflanzen, als eine kleine, weil unſre Kräfte beſchränkt ſind; was hat aber der beſchränkte Umfang unſrer Kräfte und der Umfang und die Art der, in der Natur wirkſamen, Kräfte mit einander gemein oder Vergleichbares? Nichts, gar nichts. Wenn man nun mit Beiſeitſetzung dieſes Vorurtheils durch die Erſcheinungen Aufſchluß ſucht, ſo wird man finden, daß eine ſehr große Zahl derſelben auf eine, der Anſicht des Ausſtrömens genau entſprechende, Weiſe vor ſich geht. Das Licht verhält ſich bei ſeinem Durchgange durch die durchſichtigen Körper gerade ſo, als wenn es aus Theilchen beſtände, die von den Moleculen dieſer Körper angezogen zu werden vermöchten. Beobachtet man ſeine Bewegungen in gasförmigen oder tropfbaren Subſtanzen von verſchiedener Beſchaffenheit, und miſcht alsdenn dieſe Subſtanzen, die ich als ohne chemiſche Einwirkung auf einander vorausſetze, ſo wird die Bewegung des Lichts durch das Gemiſch ſich noch nach den zuvor bekannten Geſetzen der Anziehungen der einzelnen Beſtandtheile berechnen laſſen, und das Reſultat mit der Beobachtung ganz in Uebereinſtimmung ſeyn. Wer kann ſagen, auf welche Weiſe ſich hier Undulationen zuſammenſetzen müßten? Sehr verwickelte Geſetze dürften wenigſtens hiebei ins Spiel kommen. Aus andern Erſcheinungen erhellt ferner, daß die Lichtſtralen ſo modificirt und unter ſolche Umſtände gebracht werden können, daß ihre verſchiednen Seiten verſchiedne phyſiſche Eigenſchaften zeigen; eine Erſcheinung, die ſich mit der Vorſtellung einer Reihe von Theilchen ſehr wohl vereinigen läßt, weit ſchwerer aber begreiflich und weit minder der Darſtellung fähig wird, wenn man ſie einer Reihe von Pulſationen beimeſſen will. Deſſenungeachtet gehören den Stralen dieſe, auf ihre Seitenflächen bezüglichen, Eigenſchaften ſo weſentlich an, daß ſie ſich auch noch bei dem Durchgange durch gewiſſe vollkommen homogene Flüſſigkeiten, wie das weſentliche Citronen- und Terpentinöl, äußern, und wenn die Stralen dieſe Flüſſigkeiten in einer, auf ihre freie Oberfläche ſenkrechten, Richtung durchdringen, wobei für die Pulſationen alle Bedingungen einer vollkommenen Symmetrie Statt finden zu müſſen ſcheinen, ſo zeigen ſie deſſenungeachtet bei ihrem Durchgange unſymmetriſche Erſcheinungen um die, auf die Einfallsfläche, ſenkrecht gezogene Linie; welches ſich ſchwer nach der Vorſtellung von hindurch fortgepflanzten Pulſationen erklären läßt, ſehr wohl aber zur Annahme von Lichttheilchen paßt, welche an ihren verſchiedenen Flächen mit verſchiedenen Eigenſchaften begabt ſind, und ſucceſſiv den Wirkungen der Theilchen eines homogenen Mittels, denen ſie begegnen, ausgeſetzt werden. Da ſich demnach nach dieſer Hypotheſe, welche im Lichte einen materiellen Stoff ſieht, faſt alle Erſcheinungen leichter begreiflich machen und darſtellen laſſen, ſo werde ich ihr im Allgemeinen künftig folgen; alsdann erſt, wenn wir das Studium der Erſcheinungen nach dieſer Weiſe beendet haben, die Betrachtungen angeben, die man anſtatt dieſer Anſichten in das Syſtem der Undulationen einführen müßte, und die Anwendung davon auf einige Erſcheinungen machen, die ſich vorzugsweiſe mit Leichtigkeit nach dieſem Syſtem darſtellen laſſen, während man ſie bisher noch nicht aus der Materialität des Lichtes hat herzuleiten vermocht.

Zu dieſen Erörterungen haben wir das Sehen als vom Gegenſtand zum Auge fortgepflanzt angeſehen. Die Sinneswahrnehmung geſchieht aber nicht an der äußern Oberfläche dieſes Organs, ſondern in ſeinem Innern, und wie man glaubt, auf einer Haut aus Nervenmark, welche den Grund deſſelben auskleidet, und Netzhaut oder

Retina genannt wird. Wirklich, wenn die verſchiedenen Flüſſigkeiten, welche den übrigen Theil des Auges ausmachen, krankhaft verhärtet oder getrübt werden, ſo daß das Licht nicht mehr zur Netzhaut gelangen kann, ſo geht das Sehvermögen verloren; wird aber wiederhergeſtellt, wenn man die undurchſichtig gewordenen Theile des Auges aus demſelben entfernt. Jeder dieſer Theile kann auf ſolche Weiſe beſonders entfernt werden, ohne daß das Geſicht gänzlich aufgehoben wird; für immer aber wird es durch Leiden der Netzhaut vernichtet. Ueberdies endigt ſich bekanntlich in die Netzhaut jeder Seite ein dicker, vom Gehirn herkommender, Nerv; ja die Netzhaut iſt eigentlich nur eine Fortſetzung und Ausbreitung deſſelben. Nun pflanzt ſich, wie man weiß, in allen andern Organen die Sinneswahrnehmung durch die Nerven fort. Dieſe Analogie beſtätigt alſo noch vollends, daß die Geſichtsempfindung auf der Retina ſelbſt vor ſich geht, vermittelt entweder durch die, von der elaſtiſchen Flüſſigkeit fortgepflanzten, Pulſationen, wenn das Licht in Undulationen beſteht, oder durch directen Eindruck der Lichtkügelchen, wenn das Licht materiell iſt. Ausführlicher werde ich vom innern Bau des Auges handeln, wenn wir uns erſt mit den optiſchen Inſtrumenten werden bekannt gemacht haben; denn das Auge iſt ſelbſt ein optiſches Inſtrument; aber von einer ſo bewundernswerthen Vollkommenheit, daß die tiefblickendſte Theorie kaum das ganze Wunder ſeiner Einrichtung zu faſſen, noch die Kunſt es nachzuahmen vermag. Für jetzt werden dieſe vorläufigen Kenntniſſe uns genügen; da wir noch weiter nichts in Betracht ziehen, als den Grund des Auges oder die Netzhaut, welche das weſentlichſte Organ zum Sehen iſt.

Betrachten wir einen Körper von merklicher Größe, ſo gelangen die Stralen, die von ſeinen entgegengeſetzten Rändern ausgehen, in verſchiedenen Richtungen zum Auge, und kreuzen ſich mithin unter einem gewiſſen Winkel bei ihrem Einfallen vor der Pupille. Dieſer Winkel wird der Geſichtswinkel oder der ſcheinbare Durchmeſſer der Gegenſtände genannt, weil wir in der That, wie ſich uns noch weiterhin aus einer Menge von Beiſpielen ergeben wird, ihre abſolute Größe nach der Größe des Geſichtswinkels ſchätzen, den ſie ſo in unſerm Auge unterſpannen, verbunden mit der Entfernung, in die wir ſie in der Vorſtellung verſetzen.

Das Licht hat bei ſeiner Fortpflanzung von den leuchtenden Körpern zu uns immer verſchiedne Mittel zu durchlaufen, wie Luft, Waſſer, oder andre durchſichtige Körper, die ihm einen mehr oder minder freien Durchgang verſtatten. Die Stralen verfolgen beim Eintritt in dieſe Körper manchmal ihren Weg in gerader Linie, gewöhnlich aber werden ſie von ihrer urſprünglichen Richtung abgelenkt; eine Erſcheinung, welche man die Brechung oder Refraction des Lichtes nennt. Außer dieſer Urſach der Ablenkung geſchieht es oft, daß das Licht auf glatte Oberflächen trifft, die es zurückwerfen oder reflectiren, und uns die Gegenſtände auf dieſe mittelbare Weiſe zu Geſicht bringen, wenn wir uns auf der Bahn der ſo zurückgeſendeten Stralen befinden. Die Brechung und Zurückwerfung des Lichts werden uns alſo nach einander beſchäftigen. Die erſte dieſer beiden Erſcheinungen ſcheint ſich der Betrachtung zuerſt darzubieten, denn da uns ſelbſt eine materielle Flüſſigkeit umgiebt, die Luft, ſo kann kein Sehen erfolgen, ohne daß dieſe auf die Lichtſtralen wirkt. Da jedoch ihre Wirkung ſehr ſchwach iſt, und kaum eine merkliche Ablenkung der Stralen von ihrer natürlichen Richtung hervorzubringen vermag, ſo werden wir erſt davon abſehen, und mit Unterſuchung der Erſcheinungen der Zurückwerfung beginnen, welche ohnehin weit einfacher ſind. Die Geſammtheit derſelben bildet einen erſten Zweig der optiſchen Wiſſenſchaften, welchen man die Katoptrik nennt.

Katoptrik.

Erſtes Capitel.

Allgemeine Geſetze der Zurückwerfung des Lichtes.

Soll die Oberfläche eines Körpers das Licht regelmäßig zurückwerfen und ein deutliches Bild der leuchtenden Puncte, von denen ſie erhellt iſt, geben, ſo muß man ſie poliren, d. h. alle ihre kleinen Unebenheiten ſo ſorgſam als möglich abreiben. In dieſen Zuſtand werden Glas, Kryſtalle und Metalle durch die Kunſt gebracht. Wir werden zuerſt die Erſcheinungen betrachten, welche die ſo zubereiteten Oberflächen darbieten; alsdann unterſuchen, in wieſern die Glätte zu ihrer Wirkung beiträgt.

Um das Studium der Geſetze der Zurückwerfung methodiſch zu beginnen, werden wir ſie zuerſt in Bezug auf ebene Oberflächen zu beſtimmen ſuchen; worauf es leicht ſeyn wird, ſie auf krumme Oberflächen auszudehnen. Denn bei allen Modificationen, die wir dem Lichte einpflanzen mögen, indem wir Körper von merklicher Ausdehnung darauf wirken laſſen, verhalten ſich die Lichtſtralen wenigſtens für unſre Sinne genau ſo, wie unendlich dünne, gerade, mathematiſche Linien; ſo daß z. B. die Zurückwerfung an jedem Punct einer krummen Oberfläche gerade ſo vor ſich geht, wie auf einer, dieſen Punct berührenden, Ebene; und da ſich die Lage dieſer für alle Puncte einer gegebenen Oberfläche immer berechnen läßt, ſo wird begreiflich die Zurückwerfung des Lichtes auf Oberflächen jedweder Art nur ein Gegenſtand der Berechnung ſeyn, woſern man weiß, wie ſie auf den ebenen Oberflächen vor ſich geht.

Zu dieſer Unterſuchung, wie überhaupt zu allen optiſchen Verſuchen, iſt unerläßlich, dieſelbe in einem Zimmer anſtellen zu können, welches die Stralen der Sonne, wenigſtens während einer gewiſſen Tageszeit, empfängt, und deſſen Fenſter durch gut ſchließende Laden verſchloſſen werden können, ſo daß ſich eine vollkommene Dunkelheit hervorbringen läßt. In dieſe Laden wird dann eine mehr oder minder breite Oeffnung angebracht, und darein eine Metallplatte eingefügt, welche mit verſchiednen Löchern ungleicher Größe durchbrochen iſt, die ſich nach Willkuhr öffnen und ſchließen laſſen. Oeffnet man ein einziges dieſer Löcher, wenn die Sonne die Fenſterladen beſcheint, ſo wird das Licht derſelben in Geſtalt eines dünnen Strals in das Zimmer hineinfallen, der durch Erleuchtung der kleinen, immer in der Luft ſchwebenden, Staubtheilchen bemerklich werden wird. Weiterhin werden wir bequemere und auf tiefere Kenntniſſe gegründete Apparate zuſammenſetzen; für jetzt genügt die beſchriebene Einrichtung.

Läßt man nun dieſen Stral Sonnenlicht auf die erſte Oberfläche einer horizontalen, polirten, durchſichtigen, und gegen ſeine Richtung geneigten, Glasplatte fallen, ſo beobachtet man folgende Erſcheinungen:

1) Der Lichtſtral geht nicht ganz durch die Oberfläche hindurch. Ein Theil wird nach oben unter einer Richtung zurückgeworfen, welche von ſeiner Schiefe gegen die Oberfläche abhängt. Bringt man das Auge auf dieſe Richtung, ſo erblickt man ein lebhaftes und glänzendes Bild der Sonne, welches unter dem Glaſe vom Fußboden herzukommen ſcheint.

2) Die Stelle, wo der Stral in die polirte Oberfläche eintrifft, iſt auch an allen andern Orten außerhalb der Richtung des zurückgeworfenen Strals ſichtbar; erſcheint aber ſo ohne Vergleich ſchwächer, als wenn man ſie auf dieſer Richtung ſelbſt betrachtet; ſie iſt die einzige, welche ein ordentliches Bild der Sonne, oder der andern Körper, die ſich eben ſo durch Zurückwerfung auf der polirten Platte erblicken laſſen, giebt.

3) Ein Theil des einfallenden Lichts entgeht der Zurückwerfung auf der erſten Oberfläche der Platte und dringt in ihr Inneres. Angelangt an der zweiten Oberfläche, erleidet er wiederum eine theilweiſe Zurückwerfung, und der übrige Theil tritt unter dem Glaſe in die Luft aus.

Bleiben wir bei den Erſcheinungen ſtehen, welche die erſte Oberfläche darbietet, ſo ſehen wir hier drei verſchiedene Vorgänge Statt haben. Ein Theil des einfallenden Lichtes wird nach einer beſonderen Richtung; ein anderer Theil nach allen Seiten ohne Unterſchied zurückgeworfen, und verſtreut, als wenn der Körper keine Politur beſäße; der übrige Theil endlich geht, ohne zurückgeworfen zu werden, hindurch. Um dieſe beiden Arten der Zurückwerfung, welche auf dem nämlichen Körper Statt haben, zu unterſcheiden, werde ich die erſte ſpiegelnde Zurückwerfung (reflexion spéculaire) nennen, weil vermöge derſelben auf den zurückwerfenden Oberflächen jeder Art regelmäßige Bilder wie auf einem Spiegel entſtehen, die andre ſtralende Zurückwerfung, weil ſie das Licht nach allen Seiten um den Einfallspunct verſtreut, als wenn dieſer Punct an ſich ſelbſt ſtralend wäre.

Nimmt man anſtatt der Glasplatte eine ebene Metallplatte, ſo werden die beiden erſten Erſcheinungen auch noch Statt haben, aber die dritte nicht mehr. Das polirte Metall wirft alſo durch Spiegelung einen Theil des auffallenden Lichtes zurück, verſtreut einen andern Theil, und verſchluckt oder löſcht den übrigen Theil aus. Dieſer letzte Theil iſt dem analog, welcher von dem durchſichtigen Körper durchgelaſſen wird.

Bleiben wir alſo für jetzt bei den beiden erſten Erſcheinungen ſtehen, welche die Zurückwerfung ausmachen und unterſuchen zuvörderſt dieſe Verſtreuung von Licht, welche den Einfallspunct von allen Seiten in dem dunkeln Zimmer ſichtbar macht. Bei einer Wiederholung des Verſuchs mit verſchiedenen zurückwerfenden Körpern, oder dem nämlichen Körper mit verſchiedenen Graden der Politur zeigt ſich bald, daß die Unvollkommenheit der Politur die bedingende Urſach dieſer Erſcheinung iſt. Denn je größer dieſe Unvollkommenheit iſt, bei übrigens gleicher Beſchaffenheit der zurückwerfenden Körper, um ſo beträchtlicher iſt der Theil des Lichts, der ſo verſtreut wird, um ſo mehr tritt dagegen die ſpiegelnde Zurückwerfung zurück. Um ſich hievon zu überzeugen, braucht man nur eine Glasplatte mit ebener aber mattgeſchliffener Oberfläche zu nehmen, und ſie ſucceſſiv unter verſchiedenen Neigungen einem, in das finſtre Zimmer einfallenden Sonnenſtral darzubieten. Wenn der Stral die Platte faſt ſenkrecht auf ihrer Oberfläche trifft, ſo wird der, durch Spiegelung zurückgeworfene, Theil des Lichts faſt unmerklich ſeyn, der ſtralende Theil dagegen ſehr lebhaft erſcheinen, und dem Einfallspunct einen blendenden Glanz geben. Neigt man aber die zurückwerfende Oberfläche gegen den Stral, ſo wird man dieſen Theil ſchwächer werden und durch die ſpiegelnde Zurückwerfung erſt einen ſchwachen röthlichen Schein hervorgebracht ſehen: bei weiterer Neigung wird dieſer Schein an Helligkeit zunehmen, und endlich, wenn der Stral mit der Oberfläche der Platte faſt parallel wird, faſt eben ſo glänzend und weiß werden, als auf Glas mit der beſten Politur. Aehnliche Reſultate werden ſich ergeben, wenn man, anſtatt die Zurückwerfung eines Sonnenſtrals zu beobachten, verſucht, durch Zurückwerfung auf der mattgeſchliffenen Platte das Bild irgend eines ſehr hellen Gegenſtandes zu Geſicht zu bekommen, z. B. das eines, von der Sonne beſchienenen, Gebäudes. So lange nämlich die Stralen unter groſſen Winkeln auf die mattgeſchliffene Oberfläche auffallen, wird kein deutliches Bild von den Gegenſtänden entſtehen. Allmälich aber wird ein ſolches ſich zu bilden beginnen, wenn die Stralen ſich gegen die zurückwerfende Oberfläche zu neigen anfangen; und endlich, wenn der Neigungswinkel ganz klein iſt, wird das Bild vollkommen klar und beſtimmt erſcheinen.

Schreiten wir jetzt zu der Unterſuchung, wenn die Richtung des einfallenden Strals in Bezug zur zurückwerfenden Oberfläche gegeben iſt, welche Richtung der durch Spiegelung zurückgeworfene Theil des Lichtes nimmt. Hiezu werden wir, mit Hülfe des, in Fig. 1. vorgeſtellten, Apparats gelangen. Dieſer Apparat, der uns bald noch zu vielen andern Zwecken behülflich ſeyn wird, iſt von Cauchoix erfunden worden. Er beſteht zuvörderſt aus einer kreisförmigen Ebene AZB, die vertical auf einem feſten Fuß angebracht iſt, den man durch Schrauben zu ſtellen vermag. Der Umkreis AZB iſt eingetheilt und trägt zwei metallne Laufer, S, O; die mit ihm concentriſch ſind, und deren jeder mit einem kleinen Loch S', O' in gleichem Abſtand von der Ebene des Kreiſes durchbohrt iſt. Vor der Mitte C bringt man ein polirtes Spiegelglas an, deſſen Lage man durch Stellſchrauben ſo regulirt, daß es auf jene nämliche Ebene ſenkrecht, mithin horizontal, wenn dieſe vertical, iſt, wovon man ſich überzeugen kann, indem man eine Nivellirwage auf die obere Fläche des Glaſes ſetzt und zuſieht, ob dieſe eine horizontale Richtung deſſelben zu erkennen giebt, wenn die Richtung der Ebene des Kreiſes nach irgend einem verticalen Gegenſtande, wie den Rahmen eines Fenſters oder den Seitenkanten eines Gebäudes regulirt worden iſt. Ueber dieſem Glaſe endlich und vor der Mitte ſelbſt befeſtigt man bleibend einen ebenen Metallſtreifen (lame de métal), deſſen geradliniger Rand CL, welchem man die Form einer ſcharfen Schneide gegeben hat, auf der Oberfläche des Glaſes eine gerade Linie darſtellt, welche von der Mitte C, ſenkrecht auf die Ebene des Kreiſes, ausgeht; und auf dieſer Linie giebt man noch einen Strich C' an, genau in der Entfernung, in welcher die Löcher in den Laufern gebohrt ſind, ſo daß die drei Puncte S'O'C' ſich immer in der nämlichen, dem eingetheilten Kreiſe parallelen, Ebene befinden. Nach ſo getroffener Einrichtung ſtellt man den Apparat vor ein offenes Fenſter, ſo daß das Licht der Sonne durch das Loch S' eintreten, und auf das Glas unter verſchiedenen Winkeln fallen kann. Darauf verſchiebt man den Laufer O, bis man beim Hindurchſehen durch das Loch O' das Bild des Lochs S' genau am Rande der ſcharfen Kante CL des von der Mitte ausgehenden zugeſchnittenen Streifens erblickt. Die Erfahrung zeigt, daß die Erfüllung dieſer Bedingung immer möglich iſt; und dann findet man ſtets, daß der Einfallpunct genau auf den Strich C' fällt. Mithin ſind der einfallende und der zurückgeworfene Stral in einer und derſelben, auf der zurückwerfenden Oberfläche ſenkrechten, Ebene (Zurückwerfungsebene genannt) begriffen. Dieß iſt das erſte Grundgeſetz der Zurückwerfung. Da ferner dieſe beiden Stralen auf der Axe CC' des eingetheilten Kreiſes zuſammentreffen, ſo werden ihre Neigungen gegen die Oberfläche durch die Bogen BS, AO gemeſſen, deren Werth ſich auf der

Eintheilung ſelbſt ableſen läßt, indem man vom horizontalen Durchmeſſer AB ausgeht. Hiebei ergiebt ſich für alle mögliche Lagen der Tafel, daß der einfallende und der zurückgeworfene Stral ſtets gleiche Winkel mit der zurückwerfenden Oberfläche bilden. Dies iſt das zweite allgemeine Geſetz der Zurückwerfung und reicht in Verbindung mit dem vorigen vollkommen zur Beſtimmung aller Umſtände dieſer Erſcheinung hin.

Durch den Einfallspunct C' wollen wir uns eine Linie $C'Z'$, ſenkrecht auf die zurückwerfende Oberfläche, denken. (Dieſe Linie wird das Einfallsloth oder Einfallsperpendikel genannt). Den Winkel $S\,C'Z'$, der vom einfallenden Stral $S'C'$ mit dieſer Senkrechten gebildet wird, nennt man gewöhnlich den Einfalls- oder Incidenzwinkel, oder ſchlechthin die Incidenz, und den Winkel $O'C'Z'$, den Zurückwerfungs- oder Reflexionswinkel. Das zweite allgemeine Geſetz der Zurückwerfung, welches aus den vorigen Beobachtungen fließt, läßt ſich demnach auch ſo ausſprechen: der Zurückwerfungs- und der Einfallswinkel ſind unter einander gleich.

Zweites Capitel.

Vom ebenen Spiegel.

Aus der Kenntniß der Geſetze der Zurückwerfung ergiebt ſich nun die Herleitung aller Erſcheinungen, welche durch ebene zurückwerfende Oberflächen hervorgebracht werden müſſen.

Es ſey Fig. 2 S ein ſtralender Punct, O das Auge, und AB die zurückwerfende Ebene, die ich erſt von unbeſtimmter Größe vorausſetzen will. Unter allen, von S ausgehenden, Lichtſtralen wird es einen, wie SI, geben, der nach ſeiner Zurückwerfung vom Spiegel das Auge in O in der Richtung IO treffen wird. Für dieſen Stral nun werden die Winkel SIA, OIB unter einander gleich ſeyn müſſen, eine Bedingung, die zu ſeiner Beſtimmung hinreichen wird, welche man mittelſt folgender, durch die Geometrie an die Hand gegebnen, Regel erhält. Man ziehe vom ſtralenden Punct aus eine Senkrechte SA, welche der zurückwerfenden Oberfläche in A begegnet; verlängere dieſe Senkrechte auf der andern Seite des Spiegels, bis AD gleich SA iſt, und ziehe darauf vom Punct D aus die Linie DO in der Richtung nach dem Auge. DO wird die Richtung des zurückgeworfenen Strals ſeyn, und I, wo derſelbe die Oberfläche des Spiegels ſchneidet, der Einfallspunct. Nimmt man ferner den leuchtenden Gegenſtand und das Auge für mathematiſche Puncte ohne wirkliche Ausdehnung an; ſo wird der, nach voriger Regel beſtimmte, Stral der einzige ſeyn, der ins Auge zurückgeworfen zu werden vermag.

Die Oeffnung der Pupille, durch welche die Stralen ins Auge fallen, iſt aber kein mathematiſcher Punct, ſondern ein Raum, der im Menſchen ungefähr zwei Millimeter im Durchmeſſer hält, und den wir durch LL, Fig. 3 vorſtellen können. Alle zurückgeworfenen Stralen, welche in dieſe Oeffnung eintreten können, werden mithin zur Netzhaut gelangen und zum Sehen beitragen. Jeder derſelben nun wird durch die nämliche Conſtruction gegeben, die wir ſo eben angewandt hatten; woraus erhellt, daß ſie einen Kegel mit kreisförmiger Baſis LL bilden werden, deſſen Spitze D iſt. Es iſt Thatſache, daß das Auge, wenn es den Abſtand der leuchtenden Puncte ſelbſt ſchätzen kann, ſie als an dem Puncte befindlich annimmt, von welchem die Stralen, die ſie ihm zuſenden, divergiren. Befindet ſich alſo das Auge in O, ſo wird der, durch Zurückwerfung erblickte, leuchtende Punct in D erſcheinen, d. i. eben ſo weit hinter dem Spiegel, als er ſich in der Wirklichkeit vor dem Spiegel befindet.

Hat der ſtralende Gegenſtand eine gewiſſe Ausdehnung, ſo wird jeder der ſtralenden Puncte, aus denen er zuſammengeſetzt iſt, ſein Bild für ſich nach den eben erörterten Geſetzen geben; und aus der Geſammtheit dieſer Bilder wird das Bild des ganzen Gegenſtandes hervorgehn. Geſetzt z. B. dieſer Gegenſtand ſey ein Pfeil SS', Fig. 4, ſo wird die Baſis S des Pfeils ihr Bild in D hervorbringen, die Spitze S' das ihrige in D', und die dazwiſchen liegenden Puncte ihres in der Geraden DD'. Somit wird das ganze Bild zwiſchen den äußerſten zurückgeworfenen Lichtlinien DO, D'O begriffen ſeyn, ſeine abſolute Größe DD' wird SS', d. h. der Größe des Gegenſtands ſelbſt gleichkommen, es ſelbſt aber von rechts nach links umgekehrt erſcheinen.

Nach dem, ſo eben in Bezug auf Fig. 3 Erwähnten, verſetzt das Auge jeden Punct dieſes Bildes an den Ort, wo es durch unſre geometriſche Conſtruction wirklich feſtgeſtellt wird. Wenn man alſo an ſeine Stelle einen wirklichen und ähnlichen Gegenſtand brächte, d. h. einen Pfeil, der SS' ganz gleich wäre, ihn mit ſeiner Spitze nach D', ſeiner Baſis nach D legte, und vom Punct O aus, nach Hinwegnahme des Spiegels, betrachtete, ſo würde man ihn ganz ſo, wie das Bild DD' erblicken, in der nämlichen Größe, unter den nämlichen Geſichtswinkeln und mit demſelben Grade der Helligkeit, weil alle leuchtenden Puncte, aus denen der wirkliche Gegenſtand beſtände, zum Auge Stralenkegel ſenden würden, ganz gleich denen, welche ihm das Bild zuſchickte. Es folgt hieraus, daß die Gegenſtände in den ebezen Spiegeln mit der nämlichen Geſtalt, der nämlichen Klarheit und in der nämlichen Entfernung erſcheinen, als wenn man ſie in der Luft erblickte, woferne ſie blos von dem Theil zurückgeworfenen Lichts, aus welchem das Bild beſteht, erhellt wären; denn man muß hiebei von dem Theil abſehen, welcher durchgelaſſen wird, wenn der zurückwerfende Körper durchſichtig iſt, oder verſchluckt wird, im Fall er undurchſichtig iſt.

Das Vorſtehende reicht zur Auflöſung aller Fragen hin, die man hinſichtlich der Zurückwerfung des Lichts und des Sehens der Gegenſtände durch ebene Spiegel aufwerfen kann.

Da die Zurückwerfung des Lichts in mathematiſcher Strenge nach dem von uns nachgewieſenen Geſetze vor ſich geht, ſo läßt ſie ſich mit ausnehmendem Vortheil zur Meſſung der Winkel anwenden, welche von zwei ebenen und glatten Oberflächen gebildet werden. Da ſich eine ſolche Meſſung bei einer ſehr großen Menge phyſikaliſcher Unterſuchungen nöthig macht, und da alle andern Mittel, durch die man dieſelbe ſonſt zu bewerkſtelligen vermöchte, außerordentlich grob im Vergleich mit der Zurückwerfung des Lichtes ſind, ſo will ich einige einfache Beiſpiele dieſer Verfahrungsart beibringen.

Hat man es zuvörderſt mit Körpern zu thun, deren Flächen einige Ausdehnung haben, z. B. mit Prismen, welche künſtlich zugeſchnitten und polirt ſind, wie die, welche zu phyſikaliſchen Unterſuchungen dienen, ſo kann man hiezu den Apparat benutzen, von dem wir zur Auffindung der Geſetze der Zurückwerfung Gebrauch machten, Fig. 1. Zu dieſem Zweck erhalten wir das Spiegelglas GG, anſtatt es mit der Kante CL in Berührung zu bringen, in einer Entfernung von zwei bis drei Millimetern davon, unbeſchadet ſeiner ſenkrechten Richtung auf die Ebene des Kreiſes, die ſich ihm leicht durch die Stellſchrauben, durch welche es in Bewegung geſetzt wird, geben läßt. Um bequem von der Erfüllung dieſer Bedingung ohne eine andere Mithülfe als die des Inſtruments ſelbſt urtheilen zu können, bringe man den Laufer O, Fig. 1, ungefähr an den höchſten Punct des Kreiſes; bringe alsdann das Auge hinter dieſen Laufer, betrachte das Glas dadurch, und regulire ſeine Stellung ſo, daß das zurückgeworfene Bild des Loches O' und des Auges durch dieſes nämliche Loch wieder austritt, indem es das, auf der Kante CL angegebene feſte Merkzeichen C' trifft. Iſt dies der Fall, ſo kann man ſicher ſeyn, daß der Stral O'C', welcher dem Kreiſe parallel iſt, zugleich ſenkrecht auf dem Spiegel ſteht, woraus umgekehrt folgt, daß dieſer auf der Ebene des Kreiſes ſenkrecht iſt. Hat man ſich hievon ſolchergeſtalt überzeugt, ſo lege man auf das Spiegelglas eine der beiden Flächen des Prismas', deren Neigung gegen einander man meſſen will; ſchiebe die ſcharfe Kante des Prismas unter den ſcharfen Rand CL, Fig. 6, indem man es ſo dreht, daß ſeine obere Fläche ebenfalls ſenkrecht auf die Ebene des Kreiſes iſt, welches Statt haben wird, wenn, nachdem das Fernrohr an irgend eine Stelle des Umkreiſes gebracht iſt, das, von dieſer Fläche zurückgeworfene, Bild des Fadens S' ſich durch das andere Fernrohr am Rande des feſten Merkzeichens C' erblicken läßt. O ſey die Lage des zweiten Fernrohrs, welche dieſer Bedingung Genüge leiſtet, während das erſte ſich in S befindet. Dann wird der Punct N, die Mitte des Bogens OS, welche an der Eintheilung nachgeleſen werden kann, die Richtung der Senkrechten ergeben, welche vom Mittelpunct C auf die zurückwerfende Oberfläche des Prismas fällt. Nun iſt CZ die Senkrechte auf der andern Fläche des Prismas; mithin der, durch den Bogen ZN gemeſſene, Winkel ZCN der, von den beiden prismatiſchen Oberflächen begriffene, um deſſen Beſtimmung es ſich handelte. Dieſe ſinnreiche Einrichtung, welche wir Cauchoix verdanken, gewährt ſchnelle und ſichere Reſultate.

Auf demſelben Grundſatz, mit verſchiedener Anwendung, beruht die Einrichtung vieler andern ähnlichen Inſtrumente, welche den Namen Goniometer, d. i. Winkelmeſſer, führen. Das Verſtändniß derſelben wird nach dem Vorhergehenden keine Schwierigkeit haben; denn die Mittel der Beobachtung und Bewährung kommen im Grunde immer auf die im Vorigen angegebenen zurück. Jedoch darf ich eine nähere Beſchreibung des, von Wollaſton erfundenen, Goniometers nicht wohl übergehen, da er vorzüglich in der Mineralogie anwendbar iſt.

Dieſer, in Fig. 7 vorgeſtellte, Apparat beſteht aus einem verticalen kupfernen Kreiſe, mit eingetheiltem Rande und horizontaler, von einem verticalen Fuße CP getragener, Axe AA, um welche er (der Kreis) ſich drehen kann. Die Axe AA iſt in ihrer ganzen Länge durchbohrt, um eine andere innere Axe aa hindurchzulaſſen, deren hervortretendes Ende mehrere, ſich rechtwinklig an einander bewegende, Theile trägt, auf welche man mit einer kleinen Pincette den Kryſtall legt, deſſen Winkel gemeſſen werden ſollen. Um ſich dieſes Goniometers zu bedienen, muß man ſich gegen die Vorderfläche eines Gebäudes ſtellen, an welchem mehrere, einander parallele, Horizontallinien vorhanden ſind. Dann ſetzt man das Inſtrument mit ſeiner Baſis auf eine Horizontalebene, ſo daß ſein eingetheilter Rand vertical und ſenkrecht oder faſt ſenkrecht auf die Linien, welche zum Viſiren dienen ſollen, iſt. Die erſte Bedingung iſt leicht zu erfüllen, indem man die Ebene des Kreiſes nach einer oder der andern der Verticallinien richtet, welche das Gebäude darbietet. Darauf hält man das Auge ganz nahe hinter den Kryſtall, und indem man das Gebäude durch Zurückwerfung auf einer der Flächen des Kryſtalls betrachtet, dreht man dieſe ſo, daß eine der höchſten Horizontallinien, auf dieſe Weiſe wahrgenommen, mit einer der untern, direct geſehenen, zuſammenfällt. Ich werde ſogleich angeben, wie ſich dieſer Bedingung Genüge leiſten läßt. Iſt ſie erfüllt, ſo dreht man wieder die innere Axe aa, bis die nämliche Coincidenz auf der andern Fläche, deren Neigung gegen die erſte man meſſen will, wahrgenommen wird; wozu man ebenfalls nach einigen Verſuchen gelangt. Läßt ſich nun ſo dieſe Coincidenz ſucceſſiv auf beiden Flächen ohne Ortsveränderung des Auges, ohne Anrühren des Kryſtalls, durch bloße Drehung der Axe aa erhalten, ſo iſt man ſicher, daß der Durchſchnitt der beiden Oberflächen ſelbſt genau horizontal und mithin der Axe aa parallel iſt. Von jetzt an berührt man den Kryſtall nicht weiter; ſondern, indem man von einer der Lagen ausgeht, in welcher die Coincidenz der Zurückwerfung auf einer der beiden Oberflächen beobachtet wird,. dreht man, bis die Coincidenz der nämlichen Linien auch auf der andern wahrgenommen wird. Dieſe Bewegung geſchieht mittelſt der großen Axe AA, mit welcher ſich zugleich die Axe aa, der Kryſtall und der kreisförmige Rand dreht. Der Bogen, um den ſich dieſer gedreht hat, wird durch die, auf dem Rande verzeichnete, Eintheilung gemeſſen, und iſt offenbar dem Supplement des Neigungswinkels gleich, den beide Oberflächen mit einander machen. Die Eintheilung auf dem Rande iſt aber ſo verzeichnet, daß ſie den Winkel ſelbſt angiebt, wenigſtens wenn man den Zeiger zuerſt auf den Nullpunct geſtellt hat.

Zur leichten und ſichern Anwendung dieſer Verfahrungsart iſt erforderlich, daß ſich die Dimenſionen des Kryſtalls und ſein Abſtand vom Auge als unendlich klein im Verhältniß zur Entfernung der Gegenſtände, nach denen man viſirt, betrachten laſſen. Denn in dieſem Fall iſt die Unverrückbarkeit kein nothwendiges Erforderniß mehr: eben ſo wenig als z. B. bei den mit Reflexionsinſtrumenten auf dem Meere angeſtellten Beobachtungen. Bringt man alſo das Auge ganz nahe an den Kryſtall, ſo wird man auch die Viſirlinien gewiſſermaßen ſo nahe nehmen können, als man will. Wollaſton begnügt ſich, das Inſtrument in ein Zimmer zu ſetzen, in einiger Entfernung von einem Fenſter, nach deſſen queren Stäben er viſirt, während er nach den verticalen Theilen des Rahmens die Ebene des Kreiſes vertical richtet. Bei mindrer Geſchicklichkeit indeſſen, als dieſer gewandte Beobachter beſitzt, darf man ſich auf ſo nahe Viſirpuncte nicht verlaſſen; denn die Gefahr der Irrung nimmt in jeder Hinſicht mit ihrer Annäherung zu. Man wird im Allgemeinen wohlthun, die horizontalen ſowohl als verticalen Linien, nach denen man ſich zu richten hat, an einem, ſechzig bis achtzig Meter entfernten, Gebäude zu erwählen. Um dann die erſte Fläche des Kryſtalls auf den eingetheilten Kreis ſenkrecht zu machen, richte man zuvörderſt den Stiel to parallel mit deſſen Oberfläche, Fig. 8, drehe ihn alsdann, ohne ihn aus dieſer Richtung zu bringen, um ſeine Axe, bis das zurückgeworfene Bild einer der Horizontallinien dem direct geſehenen Bilde parallel wird, und durch bloße Drehung der Axe aa zur Coincidenz damit gebracht werden kann. Darauf verſucht man, ob die andre Fläche des Kryſtalls der nämlichen Bedingung Genüge leiſtet, und da dies in der Regel nicht der Fall ſeyn wird, ſo dreht man, um ſie zu erfüllen, den Arm bc um den Punct c, ohne den Stiel to anzurühren. Da dieſe Bewegung ſenkrecht auf der Ebene des Kreiſes iſt, ſo wird ſie die Perpendicularität der erſten Fläche nicht ſtören dürfen. Größerer Sicherheit halber jedoch drehe man die Axe aa, um ſie (die erſte Fläche) zur Coincidenz zurückzuführen; und ſollte, wie dies faſt immer der Fall iſt, eine geringe Verrückung Statt gefunden haben, ſo würde man ſie durch bloße Drehung des Stiels to um ſeine eigene Axe beſeitigen. Nach einmaliger oder zweimaliger Wiederholung dieſer Prüfung wird die Coincidenz auf beiden Flächen genau Statt haben, und ihr Neigungswinkel ſich beobachten laſſen. Zu den Vorzügen dieſes Goniometers gehört namentlich, ſich deſſelben zur Meſſung der Winkel der kleinſten Kryſtallfragmente bedienen zu können, für welche allein es ſelbſt genau anwendbar iſt; was um ſo vortheilhafter iſt, da die kleinen Kryſtalle auch die einzigen ſcheinen, in welchen man eine vollkommene Regelmäßigkeit der innern Geſtaltung erwarten darf.

Drittes Capitel.

Von den gekrümmten Spiegeln.

Zu allgemeiner Ausmittlung und Beſtimmung des ſcheinbaren Ortes, der Geſtalt und Größe der Bilder, welche von gekrümmten Spiegeln, wie ſie auch geſtaltet ſeyn mögen, zurückgeworfen werden, reicht es hin, die Vorſtellung zu Grunde zu legen, daß die Zurückwerfung jedes Lichtſtrals auf der Berührungsebene des Einfallspunctes vor ſich geht. Dann laſſen ſich durch Berechnung die, für den ebenen Spiegel aufgefundenen, Beſtimmungen auf Oberflächen jedweder Art ausdehnen. Bei der Ausübung hat man jedoch nicht nöthig, es bis zu dieſer Allgemeinheit zu treiben; indem hier immer nur ſphäriſche concave oder convexe Spiegel in Gebrauch gezogen werden, die einzigen, die ſich mit Genauigkeit verfertigen und poliren laſſen. Selbſt von dieſen erhält man nur in dem Fall klare und beſtimmte Bilder, wo die Lichtſtralen faſt ſenkrecht auf ihre Oberfläche einfallen. Mithin werden wir unſre Unterſuchungen auf dieſen Fall zu beſchränken haben.

Um die Umſtände hievon genau feſt zu ſtellen, wollen wir uns im Raume einen leuchtenden Punct denken, der ſeine Stralen auf die verſchiedenen Theile irgend einer ſphäriſchen, concaven oder convexen, Oberfläche fallen läßt, einen derſelben uns geſondert vorſtellen, und unterſuchen, in welcher Richtung er davon zurückgeworfen wird. Erinnern wir uns hiebei, daß die Zurückwerfung immer in der Ebene vor ſich geht, welche durch den leuchtenden Punct und das Einfallsloth gelegt wird. Hier iſt dieſes Einfallsloth der Halbmeſſer des Kugelſpiegels ſelbſt; mithin wird die Zurückwerfung in der Ebene des größten Kreiſes vor ſich gehen, welcher durch den Einfallspunct und den leuchtenden Punct geht.

Es ſey MAM', Fig. 9, der Durchſchnitt des Spiegels mit dieſer Ebene. In S befinde ſich der leuchtende Punct, und SI ſtelle den einfallenden Stral vor, den wir beſonders betrachten. Vom Punct C zur Mitte der Kugel ziehen wie die Normale (auf die Berührungsebene Senkrechte) oder das Einfallsloth IC, und nehmen wir dann den Winkel CIR gleich CIS zur andern Seite dieſes Einfallsloths, ſo wird IR die Richtung des zurückgeworfenen Strals ſeyn.

Da wir uns auf Stralen, die faſt ſenkrecht einfallen, beſchränken wollen, ſo werden die Winkel CIR, CIS ſehr klein ſeyn müſſen, ſelbſt für nahe am Rande des Spiegels einfallende Stralen. Hiezu wird zweierlei erfordert: 1) daß die Oberfläche des Spiegels nur eine kleine Anzahl Grade von der Kugelfläche enthalte, nach welcher ſie gearbeitet iſt; 2) daß der einfallende Stral SA, der vom ſtralenden Punct S zur Mitte A der Figur des Spiegels geht, einen ſehr kleinen Winkel SAC mit der, durch den Mittelpunct gehenden, Normale AC mache, welche man die Axe des Spiegels nennt.

Wiederholt man nun, wenn dieſe beiden Bedingungen erfüllt ſind, für alle, von S ausgegangenen, Stralen die, auf SI angewandte Conſtruction, ſo zeigt ſich, ſowohl durch Verzeichnung, als durch Rechnung, daß die zurückgeworfenen Stralen ganz nahe aneinander in einem kleinen Raum f vorbeigehn, den man gewiſſermaßen als einen einfachen Punct betrachten kann; ſo daß, wenn er ſich vor dem Spiegel befindet, daſelbſt eine Concentration von Licht erfolgen muß, welche das Bild des Puncts S darin hervorbringt. In der That beſtätigt dies die Erfahrung, wie wir ſogleich ſehen werden; zuvor aber müſſen wir wiſſen, wo dieſer Brennpunct oder Focus f für jede gegebene Lage des leuchtenden Puncts gelegen ſeyn muß.

Betrachten wir zuvörderſt den Fall, wo der leuchtende Punkt auf der Verlängerung der centralen Axe AC ſelbſt liegt, und zwar in ſo großer Entfernung, daß alle davon ausgehenden Stralen ſich in der Breite des Spiegels für parallel dieſer Axe annehmen laſſen, Fig. 10 und 11. Dann findet man, daß der Brennpunct F genau in der Mitte des Halbmeſſers der Krümmung AC des Spiegels, zur Hälfte Weges zwiſchen ſeiner Oberfläche und ſeinem Mittelpuncte liegt. Der ſo beſtimmte Zwiſchenraum AF wird die Haupt-Brennweite oder der Haupt-Focalabſtand des Spiegels genannt, und der Punct F der Haupt-Brennpunct oder Haupt-Focus (auch ſchlechthin Brennweite und Brennpunct). Iſt der Spiegel concav gegen den ſtralenden Punct, Fig. 10, ſo liegt der Hauptbrennpunct mit ihm auf derſelben Seite vor dem Spiegel, und es findet eine wirkliche Concentration von Licht darin Statt. Iſt hingegen der Spiegel convex, Fig. 11, ſo fällt der Hauptbrennpunct hinter ſeine Oberfläche; die zurückgeworfenen Stralen können alſo nicht durch den Spiegel hindurchdringen, um zu ihm zu gelangen; und hier ſtellt mithin der Brennpunct F blos den Punct vor, in dem ſie in der Vorſtellung verlängert zuſammentreffen würden.

Nachdem wir die allgemeine Auflöſung für dieſen Fall haben, iſt nichts leichter, als den Ort des Brennpuncts für alle andern möglichen Lagen des ſtralenden Puncts zu finden. Es ſey S dieſer Punct, Fig. 12 und 13. Unter allen davon ausgehenden Stralen wollen [illegible] SI parallel mit der Axe CA des Spiegels nehmen. SI wird du[illegible] die Zurückwerfung zum Brennpunct der parallelen Stralen gelangen, der in F, in der Mitte von CA liegt; wonach der zurückgeworfene Stral IF ſeyn wird. Ferner wollen wir SA zur Mitte der Figur des Spiegels ziehen. Offenbar wird dieſer Stral nach der andern Seite der Axe CA zurückgeworfen werden, ſo daß er damit einen gleichen Winkel bildet; wonach der zurückgeworfene Stral Af ſeyn wird. Verlängern wir IF und Af, bis ſie ſich ſchneiden; der Punct f wird ihr Brennpunct ſeyn, ſo wie der Brennpunct aller andern, von S ausgegangenen, Stralen. Aus dieſer Conſtruction, in die Analyſe übergetragen, fließt eine allgemeine Formel, welche die Beſtimmung aller ſucceſſiven Werthe der Brennweiten für alle mögliche Krümmungen des Spiegels und alle Abſtände der ſtralenden Puncte von ſeiner Oberfläche giebt; woraus ſich dann leicht der Ort, die Lage und Geſtalt der Bilder, welche ein Gegenſtand von merklicher Ausdehnung hervorbringt, herleiten läßt; denn jeder Punct des Gegenſtands ſendet zum Spiegel einen Kegel von Lichtſtralen, der ſeinen Brennpunct an dem, von der Formel vorgeſchriebenen, Orte hat und die Geſammtheit aller dieſer Brennpuncte ſetzt das Bild des Gegenſtandes zuſammen.

Um dieſe Anzeigen durch die Erfahrung bewährt zu finden, muß man zum Gegenſtande einen Körper von kleiner Dimenſion wählen, damit ſelbſt bei ziemlich bedeutender Annäherung deſſelben an den Spiegel die Neigungen der äußerſten, davon ausgehenden, Stralen die Gränzen nicht überſchreiten, welche unſre Annäherungen vorausſetzen. Auch muß dieſer kleine Gegenſtand recht leuchtend ſeyn und ſo geſtaltet, daß ſich leicht erkennen läßt, ob ſein Bild gerade ſteht oder umgekehrt iſt. Nichts genügt allen dieſen Bedingungen beſſer, als die Flamme einer, ungefähr auf der Axe des Spiegels gehaltenen, und ſucceſſiv in verſchiedene Abſtände von ſeiner Oberfläche gebrachten, Kerze.

Nehmen wir zuerſt den Spiegel für concav an, Fig. 14, und bringen die Kerze SS in eine, im Verhältniß zum Durchmeſſer ſeiner Concavität bedeutende, Entfernung. Dann laſſen ſich die einfallenden Stralen als faſt parallel anſehen; und das Bild ſſ' wird ſich ſomit ziemlich im Hauptbrennpunct des Spiegels, in der Mitte zwiſchen dem Mittelpunct ſeiner Krümmung und ſeiner Oberfläche bilden. Um dieſe Erſcheinung wahrnehmbar zu machen, darf man die Flamme nicht ganz auf die Axe CA bringen, ſondern etwas nach Rechts oder nach Links, Fig. 15, damit das Bild auf der, ihm entgegengeſetzten, Seite der Axe entſtehe. Bringt man dann in den Brennpunct ein mattgeſchliffenes Glas und betrachtet dieſes von hinten, ſo ſieht man in der That ein kleines ſehr helles und überdies umgekehrtes Bild der Kerze darauf ſich malen, ein Umſtand, der ſich ſowohl zufolge der Berechnung als der Verzeichnung als eine Folge der Zurückwerfung der Stralen bei der Lage, in der wir den Gegenſtand befindlich angenommen haben, ergiebt. Man kann auch das mattgeſchliffene Glas weglaſſen und dies Bild mit bloßem Auge betrachten, indem man ſich in die Verlängerung der, davon ausgehenden Bündel ſtellt, in der nämlichen Weite, in die man ſich ſtellen müßte, um einen wirklichen Gegenſtand klar und beſtimmt zu erblicken. Nähert man nun, nach ſo geſchehener Beobachtung, den Gegenſtand dem Spiegel allmälig, ſo vergrößert ſich der Focalabſtand: das Bild rückt dem Mittelpunct der Krümmung näher, und nimmt an Größe zu ohne ſeine umgekehrte Stellung zu ändern. Iſt der Gegenſtand in den Mittelpunct der Krümmung gelangt; ſo fällt ſein Bild mit ihm ſelbſt zuſammen; nähert er ſich noch mehr, ſo geht es hinter ihn hinaus, entfernt ſich immer größer werdend und ſeine umgekehrte Lage beibehaltend, wovon man ſich, wie ſo eben, überzeugen kann, indem man es mit bloßem Auge oder durch das mattgeſchliffene Glas betrachtet. In dieſer Art erhält ſich die Erſcheinung, bis der Gegenſtand in den Hauptbrennpunct F gelangt, wo dann das Bild in eine unendliche Entfernung vom Spiegel fällt, und unendlich groß wird, ſo daß es unmöglich iſt, ſich in die erforderlichen Bedingungen zu verſetzen, um es zu ſehen. Fährt der Gegenſtand aber fort, ſich der Oberfläche des Spiegels noch mehr zu nähern, ſo erſcheint das Bild von Neuem, aber jenſeit dieſer Oberfläche, auf der, dem Beobachter entgegengeſetzten, Seite, Fig. 16. Man erblickt es ſolchergeſtalt erſt ſehr groß und aufrecht; bei weiterer Annäherung des Gegenſtandes wird es kleiner, ohne ſich umzukehren; und endlich wenn jener die Oberfläche berührt, wird es ihm gleich und bildet ſich auf dieſer Oberfläche ſelbſt. In dieſer zweiten Reihe der Erſcheinungen jenſeit des Spiegels entſteht das Bild nicht mehr durch eine wirkliche Vereinigung des Lichts, ſondern bezeichnet den ideellen Ort, von welchem aus die zurückgeworfenen Stralen divergiren würden, wenn ſie in Gedanken jenſeits über den Spiegel hinaus, jeder in der Richtung verlängert würden, die ihm durch ſeine Zurückwerfung gegeben wird, wie die Figur darſtellt.

Weit minder mannichfaltig ſind die Erſcheinungen, welche durch die convexen Spiegel hervorgebracht werden. Hier iſt das Bild immer blos ideell und bildet ſich jenſeit des Spiegels, ſo daß es ſich nur mit bloſſem Auge erblicken, nicht aber auf einem mattgeſchliffenen Glaſe auffangen läßt. Anfangs, wenn ſich der Gegenſtand in einer ſehr groſſen Entfernung vom Spiegel befindet, iſt es aufrecht und ſcheint ſich im Hauptbrennpunct des Spiegels Fig. 17 zu bilden; man erblickt es dann immer kleiner, als der Gegenſtand in gleicher Entfernung erſcheinen würde. In dem Maße, als ſich der Gegenſtand der Oberfläche des Spiegels nähert, nähert es ſich derſelben auch, wobei es aufrecht bleibt und an Größe zunimmt, bis es endlich mit dem Gegenſtande auf dieſer Oberfläche ſelbſt zuſammenfällt.

Will man ſich ſphäriſcher Spiegel zu Unterſuchungen, welche Genauigkeit erfordern, bedienen, ſo muß man ihren Brennpunct zu beſtimmen wiſſen. Iſt der Spiegel concav, ſo bringt man ihn in ein nicht ſehr helles Zimmer in einige Entfernung von einem Fenſter, von wo aus ſich verſchiedene hinlänglich entfernte Gegenſtände erblicken laſſen. Man kehrt ihn mit ſeiner Concavität gegen das Fenſter, indem man ihn etwas nach Rechts oder nach Links neigt, wie man in Fig. 15 ſieht, ſo daß der Brennpunct der zurückgeworfenen Stralen ſich in den dunkeln Theil des Zimmers projicirt. Darauf hält man in dieſer Richtung ein mattgeſchliffenes Glas oder ein weißes Stück Kartenblatt ff' hin, und nähert oder entfernt es vom Spiegel, bis ſich die Bilder der Gegenſtände rein und beſtimmt darauf zeichnen

Hat man den Punct, in dem dies geſchieht, gefunden, ſo mißt man ſeinen Abſtand von der Mitte der Figur des Spiegels, und dieſer Abſtand doppelt genommen, giebt den Krümmungshalbmeſſer des Spiegels. Dieſe Methode erfordert aber, gemäß unſern Vorausſetzungen, daß die Oberfläche des Spiegels nur einen ſehr kleinen Theil der Kugel umfaſſe, nach der ſie gearbeitet iſt; widrigenfalls keine genaue Vereinigung der Stralen in einem einzigen Brennpunct mehr Statt findet, und die von uns gebrauchten Annäherungen ihre Anwendbarkeit verlieren würden.

Wenn der Spiegel convex iſt, ſo hat die Ausmittelung mehr Schwierigkeiten. Dann muß man auf einen ſeiner Durchmeſſer einen ſchwarzen Papierſtreifen DO, Fig. 18, kleben, und an zwei Puncten deſſelben kleine kreisförmige Oeffnungen gleichweit von der Mitte der Figur anbringen Man läßt alsdann das Sonnenlicht auf den Spiegel fallen. Die, durch die beiden Oeffnungen zurückgeworfenen, Lichtſtralen divergiren (verlängert) von dem nämlichen Puncte aus, welcher der Brennpunct der parallelen Stralen iſt. Man mißt demnach ihre Entfernung in verſchiednen Abſtänden von der Oberfläche des Spiegels, und leitet daraus den Punct ihres Zuſammentreffens her, deſſen Abſtand von der Oberfläche die Mitte des Halbmeſſers der Kugel ſeyn muß. Dieſe Methode läßt natürlich nur eine geringe Genauigkeit zu; bedürfte man aber genauerer Maße, was jedoch bei dieſer Art Spiegel ſehr ſelten der Fall iſt, ſo ließe ſie ſich mittelſt des, S. 138, Th. I, beſchriebenen, Sphärometers erhalten. Man könnte auch die zurückgeworfenen Stralen auf einem concaven Spiegel auffangen, ihren Convergenzpunct beſtimmen, und daraus den Brennpunct, von dem ſie urſprünglich divergiren, herleiten, welcher dann der Brennpunct des in Rede ſtehenden convexen Spiegels ſeyn würde.

Hat man blos zum Zweck, die verſchiednen Reſultate, die wir, als aus den mathematiſchen Formeln fließend, angegeben haben, durch die Erfahrung zu bewähren, ſo wird es ziemlich gleichgültig ſeyn, ob man ſich metalliſcher oder gläſerner Spiegel bedient. Zu bemerken iſt jedoch, daß man durch dieſe letztern immer zwei Bilder erhält, deren eines von der erſten, das andre von der zweiten Oberfläche zurückgeworfen wird. Letztres iſt ſogar gewöhnlich das hellere, weil man, um die Reflexion zu verſtärken, die hintere Oberfläche des Glaſes mit einem Metallüberzuge belegt, beſtehend aus einem Amalgam von Zinn und Queckſilber, welches man Spiegelfolie (tain) nennt; ſo daß im Grunde ein ſolcher Spiegel eigentlich aus einem vordern gläſernen und einem hintern metallnen Spiegel beſteht. Dieſe Verdoppelung der Bilder iſt ohne beſondern Nachtheil, wenn man blos die allgemeinen Reſultate der Zurückwerfung zu beobachten beabſichtigt; würde aber unerträglich ſeyn, wo es auf genaue Beobachtungen ankommt, zumal wenn man die Bilder durch ganz nahe ans Auge gebrachte Lupen vergrößern wollte, wie bei aſtronomiſchen Beobachtungen erforderlich iſt. Auch bedient man ſich hier einzig der Metallſpiegel. Man wird in einem der folgenden Capitel erörtert finden, auf welche Weiſe ſie zu Verfertigung der Inſtrumente, welche man katoptriſche Teleſkope nennt, anzuwenden ſind.

Viertes Capitel.

Vom Helioſtat.

Die meiſten optiſchen Verſuche, namentlich die das Studium der phyſiſchen Eigenſchaften des Lichts zum Zweck haben, werden mit Sonnenſtralen angeſtellt, welche man durch eine kleine, in einen Fenſterladen angebrachte, Oeffnung in ein dunkles Zimmer fallen läßt. Hiebei aber hat man mit zwei Uebelſtänden zu kämpfen; einmal mit der Schiefe der Stralen gegen den Horizont, das andremal mit der beſtändigen Bewegung der Sonne.

Die Schiefe der Stralen hat zur Folge, daß ſie ſich nach ihrem Eintritt in das dunkle Zimmer gegen den Fußboden richten, ſo daß man in einer gewöhnlich nur ſehr kleinen Länge Verſuche mit ihnen anſtellen kann. Eine andre Folge davon iſt, daß der Stral ins Zimmer nur während einer kleinen Zahl von Stunden eintreten kann, welches die Dauer und Leichtigkeit der Verſuche beſchränkt. Endlich bewirkt die beſtändige Bewegung der Sonne, daß ſich die Richtung der Stralen unaufhörlich ändert; ſo daß man den Ort der ihnen darzubietenden Körper alle Augenblicke verändern muß.

Man umgeht dieſen Uebelſtand mittelſt einer, von S'Graveſande erfundenen, Maſchine, welche von ihm den Namen Helioſtat erhalten hat, weil ſie erlaubt, dem Sonnenſtral nach Willkühr eine bezweckte Richtung zu geben, und ihn darin zu erhalten.

Die hauptſächlichſten Theile dieſer, in Fig. 19 vorgeſtellten, Maſchine ſind ein ebener Metallſpiegel MM und ein Uhrwerk, welches dieſen Spiegel in eine ſolche Bewegung verſetzt, daß der zurückgeworfene Sonnenſtral vollkommen unverrückt bleibt und immer die nämliche Richtung behält, ungeachtet der beſtändigen Bewegung der Sonne.

Man bedient ſich eines Metallſpiegels und nicht eines Glasſpiegels, um die Wirkungen der doppelten Zurückwerfung zu vermeiden. Damit er frei alle Bewegungen annehmen könne, richtet man ſein

Geſtelle ſo ein, daß er zweier auf einander rechtwinkligen Drehungsbewegungen fähig ſey, einer um eine horizontale Axe AA, der andern um eine verticale Axe CP, die ihm als Träger dient.

Damit ihn das Uhrwerk in Gang verſetzen könne, befeſtigt man ſenkrecht auf ſeine hintere Fläche einen Stab CQ, den man das Schwanzſtück (la queue) des Spiegels nennt, und deſſen Ende Q durch den Zeiger C'R des Zifferblatts, mittelſt eines Theils FF gelenkt wird, der in Fig. 20 beſonders vorgeſtellt iſt. Dieſer gabelförmig geſtaltete Theil trägt an ſeiner Grundfläche einen cylindriſchen Stiel qq, der frei in einen, am Ende R des Zeigers gebohrten, Canal ſenkrecht auf ſeine Richtung, eintritt; eine Einrichtung, vermöge deren ſich ſchon die Gabel FF um die Axe qq zu drehen vermag. Zwiſchen den Armen dieſer Gabel ſchwebt eine kleine cylindriſche Röhre tt, welche ſich frei um eine, auf der Längenrichtung der Arme ſenkrechte, Drehungsaxe aa dreht; ſo daß durch Verbindung dieſer Bewegung mit der, welche die Gabel ſelbſt um ihren Stiel qq hat, die kleine Röhre alle mögliche Richtungen im Raume annehmen kann. Um nun das Schwanzſtück des Spiegels mit dem Uhrwerk in Verbindung zu ſetzen, nimmt man die Gabel FF ab; ſteckt das Ende Q des Schwanzſtücks CQ durch die kleine Röhre tt, deren Canal genau von dem nämlichen Durchmeſſer iſt, und ſetzt den Stiel der Gabel wieder in den Canal am Ende des Zeigers ein, deſſen Bewegung ſich dann den Spiegel mittheilt. Um aber dem letzten einen ſolchen Gang zu ertheilen, daß der zurückgeworfene Stral unverrückt bleibe, muß das Zifferblatt des Uhrwerks ſeine Richtung in der Aequatorebene haben, und es müſſen zwiſchen der Lage des Spiegels und des Uhrwerks gewiſſe Verhältniſſe Statt finden, die ſich nur mittelſt der Berechnung herleiten oder auch erklären laſſen, weßhalb man ſich hierüber aus meinem größern Werke belehren muß.

Fünftes Capitel.

Allgemeine Betrachtungen über die Kräfte, welche die Zurückwerfung des Lichts an der Oberfläche der Körper bedingen.

Wenn man die Erfahrungsgeſetze der Erſcheinungen aufgefunden hat, muß man ſuchen, ſie auf mechaniſche Bedingungen zurückzuführen, d. h. Syſteme von Kräften anzugeben, welche zur Hervorbringung der nämlichen Wirkungen geeignet ſind. Denn vermag man hiezu zu gelangen, ſo ſieht man ſich dadurch zur Quelle aller Erſcheinungen ſelbſt erhoben; vermag ihre natürlichen und nothwendigen Beziehungen daraus herzuleiten, und anſtatt ſich in den Einzelnheiten derſelben zu verirren, braucht man ſie blos noch in ihren Grundgeſetzen zu betrachten, was ohne Vergleich einfacher iſt. Bemühen wir uns alſo, dieſen Zweck in den Erſcheinungen der Zurückwerfung zu erreichen, und ſuchen, da wir das Licht als eine ausgeſtralte Materie anſehen, die Bedingungen auf, welchen ſeine Theilchen gehorchen müſſen, damit die Erſcheinungen der Beobachtung gemäß erfolgen können. Wenn wir bei dieſer Unterſuchung mit Schärfe zu Werke gehen, ſo werden wir in den Bedingungen, auf die wir gerathen, eben ſo viel Eigenſchaften erhalten, welche dem Licht, oder den darauf wirkenden Körpern angehören, und ſomit dienen können, ſein Weſen, und die Art der Wirkung, welche es von Seiten der Körper erfährt, zu charakteriſiren. Wollen wir nachmals das Licht als Wirkung von Pulſationen betrachten, welche einem ſehr elaſtiſchen Mittel eingepflanzt werden, ſo werden dieſe Reſultate nichts von ihrer Gültigkeit verlieren; vielmehr zu eben ſo viel charakteriſtiſchen Bedingungen werden, denen dieſe Pulſationen und die Art der Fortpflanzung, die ihnen durch die Körper hindurch geſtattet iſt, genügen müſſen. Hierin eben liegt der Nutzen, den Hypotheſen in der Phyſik haben können, daß ſie Mittel zur vorläufigen Verknüpfung von Erſcheinungen unter einander abgeben, deren Urſache uns unbekannt iſt; und die Eigenthümlichkeit unſers Geiſtes bringt es ſo mit ſich, daß er ohne ein ſolches Hulfsmittel unfähig iſt, den Zuſammenhang einer Reihe von Erſcheinungen zu erfaſſen, von denen er die wahre Grundurſache nicht kennt. Auf ſolche Weiſe berechnet der Aſtronom, wenn er den Lauf eines Geſtirns wegen zu großer Verwickelung nicht unter ſeine allgemeinen Formeln zu bringen vermag, nach einander die verſchiedenen Theile ſeines Weges in verſchiedenen Bahnen, die er jedesmal nur auf eine kleine Länge anwendet, und ſo wie er bemerkt, daß ſie Fehler geben, abändert.

Betrachtet man das Licht als eine ausgeſtralte Materie, ſo fühlt man ſich auf den erſten Anblick verſucht, die Erſcheinungen der ſpiegelnden Zurückwerfung als reine Reſultate der Elaſticität anzuſehen, welche die Lichtmolecule nöthigt, von der Oberfläche der polirten Körper abzuprallen, wie eine Billardkugel von einer Marmorplatte, ſo daß der Winkel, unter dem ſie zurückprallen, dem Winkel, unter dem ſie auffallen, gleich iſt. Dieſe Vorſtellung jedoch, welche ſich zuerſt darbietet, und auch zuerſt angenommen worden iſt, hält eine nähere Prüfung nicht aus.

Ohne noch die abſoluten Dimenſionen der Lichtmolecule zu kennen, werden wir ſie doch begreiflicher Weiſe nur von ausnehmender Kleinheit annehmen dürfen, ſo daß ſie ſelbſt durch unſre beſten Mikroſkope nicht hinlänglich vergrößert zu werden vermögen, um in unſere Sinne zu fallen. Wäre dem anders, wie vermöchten ſie große Maſſen Waſſer, Glas und andre durchſichtige Subſtanzen, wie ſie doch thun, zu durchdringen? Wie vermöchten ſie ferner einen ſo freien Durchgang durch die Poren dieſer Subſtanzen zu finden, daß ihre Geſchwindigkeit dadurch nicht nur nicht geſchwächt wird, ſondern vielmehr noch darin beſchleunigt zu werden vermag, wie wir bald zeigen werden? Und endlich, wenn in jedem Augenblicke Millionen derſelben mit einer ſo ungeheuern Geſchwindigkeit auf die ſo zarten Häute unſerer Augen treffen, müßten ſie dieſelben nicht in tauſend Stücke zerreißen, und uns die größten Schmerzen erregen, wenn ihr Stoß nicht durch ihre ausnehmende Feinheit faſt unmerklich gemacht würde? Nun aber frage ich hienach, welches Verhältniß kann zwiſchen der Kleinheit dieſer Körperchen und den Dimenſionen der Rauhigkeiten Statt finden, welche noch an der Oberfläche der, durch unſre Kunſt polirten, Körper befindlich ſind. Kann in dieſem Bezug noch ein Unterſchied zwiſchen denen, welche wir polirt nennen, und denen, die es nicht ſind, angenommen werden? denn wir bewerkſtelligen die Politur der Körper auf keine andre Weiſe, als daß wir ihre hervortretendſten Rauhigkeiten durch kleine harte Pulvertheilchen abreiben und abſchaben, indem wir damit nach allen Richtungen über ſie hin und herfahren. Sind nicht aber dieſe Pulvertheilchen, die ſich leicht mit dem Mikroſkop oder ſelbſt mit den bloßen Augen unterſcheiden laſſen, ungeheure Maſſen in Verhältniß zu den Dimenſionen der Lichttheilchen? und müßten die Furchen, die ſie in den Körpern zurücklaſſen, nicht auch in Verhältniß dazu von unmeßbarer Tiefe ſeyn? Wenn alſo das Licht nach Art der elaſtiſchen Körper zurückgeworfen würde, ſo daß es gegen die Oberfläche des Körper ſelbſt anträfe, ſo müßten die Theilchen, aus denen es beſteht, nach allen Richtungen auf den Erhabenheiten dieſer Körper abgelenkt werden, oder ſich in ihren tiefen Höhlungen verlieren; und die Zurückwerfung auf den, durch unſre Kunſt beſtmöglichſt polirten Körpern könnte eben nicht weniger grob ſeyn, als auf den unebenſten. Im Gegentheil aber iſt ſie darauf ohne Vergleich reichlicher, regelmäßiger und vollkommener, ein Beweis, daß der Vorgang hier ein andrer iſt, als bei der mechaniſchen Zurückwerfung der elaſtiſchen Körper, und daß die Lichttheilchen, welche zurückgeworfen werden, nicht bis zur Berührung der Körper gelangen.

Die Kraft, welche ſie abſtößt, wirkt alſo in die Weite über dieſe Oberfläche hinaus. Sie wirkt ferner im Allgemeinen auf ungleiche

Weiſe auf die verſchiedenen Molecule eines und deſſelben Strals. Denn in den meiſten Fällen der Zurückwerfung wird nur ein Theil des einfallenden Lichtes zurückgeworfen, und der andere hindurchgelaſſen, ſey es, daß die zurückſtoßende Kraft eigentlich in ihrer Wirkung periodiſch nachläßt, ſo daß ſie bald ſtärker bald ſchwächer iſt; oder, was wahrſcheinlicher ſcheint, daß alle Lichtmolecule, die ſich im nämlichen Stral folgen, ſich im Augenblick ihres Einfallens nicht unter den nämlichen, die Zurückſtoßung begünſtigenden, phyſiſchen Bedingungen befinden.

Was das Weſen der zurückſtoßenden Kraft ſelbſt betrifft, ſo iſt es uns gänzlich unbekannt. Wir wiſſen nicht, ob ſie eigentlich den Theilchen der Körper oder denen des Lichts angehört; ob ſie eigentlich durch Abſtoßung oder durch Anziehung wirkt; und, blos ihren allgemeinen Wirkungen nach betrachtet, würden ſich ihr eine Menge mechaniſcher Vorſtellungen anpaſſen laſſen. Ohne indeß hierüber etwas entſcheiden zu wollen, können wir ſie jedenfalls als eine abſtoßende Kraft darſtellen, welche von der Einfallsfläche ausgeht, und eine gewiſſe Anzahl der Theilchen, aus welchen der einfallende Stral beſteht, zurückzuſtoßen ſtrebt.

Stellen wir uns alſo unter der wellenförmigen Linie AB, Fig. 21., die ebene Oberfläche eines Körpers vor, die noch mit ihren natürlichen, oder ihr durch die Kunſt nicht zu raubenden, Rauhigkeiten verſehen iſt, und denken uns, daß alle Puncte dieſer Oberfläche, oder allgemeiner, daß alle Molecule der beiden Mittel, in deren Angränzung ſie beſteht, in die Ferne auf die, ſich ihnen annähernden, Lichtmolecule eine Abſtoßung äußern. Dieſe Kraft wird in der Weite, in welcher die Zurückwerfung erfolgt, ſehr kräftig ſeyn müſſen, weil ſie hier die ungeheure Geſchwindigkeit, welche den Lichtmoleculen eingepflanzt iſt, zu vernichten, und ſie dann nach entgegengeſetzter Richtung ihren Weg zurücknehmen zu laſſen vermag; ſie wird ſich aber mit Zunahme der Entfernung ausnehmend ſchnell mindern müſſen; widrigenfalls die Richtung der zurückgeworfenen Stralen von dem Theile des zurückwerfenden Körpers, der ſich in merklicher Weite vom Einfallspunct befände, Einfluß erleiden müßte; wo dann dieſe Richtung von der allgemeinen Geſtalt der zurückwerfenden Oberfläche abhängen würde, da ſie doch blos durch die Richtung des Elements der Oberfläche, auf welches der Stral fällt, beſtimmt wird; ſo daß ſie in der That ſo vor ſich geht, als wenn der ganze übrige Theil der Oberfläche gar nicht vorhanden wäre. Ueberdies, wenn man die Dicke des zurückwerfenden Körpers vermindert, indem man von ſeiner zweiten Oberfläche A'B' allmälig immer mehr abnimmt, ohne an die erſte anzutreffen, ſo erleiden die Regelmäßigkeit und Quantität des zurückgeworfenen Lichtes nicht die geringſte Veränderung, wofern man nicht den Körper auf einen ausnehmend großen Grad von Dünne herabbringt, den es faſt unmöglich iſt, durch die Kunſt zu erreichen. Alle Molecule alſo, welche die Gränze dieſer Tiefe überſchreiten, vermögen ihren abſtoßenden Einfluß nicht bis auf die zurückwerfende Oberfläche zu erſtrecken, oder wenigſtens nicht bis auf die Weite von dieſer Oberfläche, wo die Abſtoßung vor ſich geht; und weil die, von ihnen geäußerte Kraft, welche ſo kräftig bei kleinen Weiten iſt, hier in dem Maße abnimmt, daß ſie bei geringer Tiefe ſchon unmerklich iſt, ſo folgt nothwendig, daß ſie durch die Entfernung ausnehmend ſchnell geſchwächt wird. Hierin iſt uns alſo einer der phyſiſchen Charaktere gegeben, den wir an ihr anerkennen müſſen.

Denken wir uns jetzt, ein Bündel paralleler Lichtſtralen SM, SM′ falle in irgend einer Richtung auf die zurückwerfende Oberfläche AB, welche wir von unbeſtimmter Ausdehnung annehmen, und unterſuchen, was mit den Lichttheilchen M, M′ vorgehen wird, wenn ſie derſelben nahe genug gekommen ſind, um die abſtoßende Wirkung der Körpertheilchen zu erfahren. Wenn die Oberfläche vollkommen eben iſt, wie AB, Fig. 22., oder was daſſelbe ſagen will, wenn die Ungleichheiten derſelben unmerklich im Verhältniß zur Weite ſind, auf welche ſich die Abſtoßungskraft erſtreckt, ſo wird ſich dieſe Kraft an allen Theilen der Oberfläche gleich ſtark äußern; und die Zurückwerfung mithin ſich auf die nämliche Art an allen denen Lichttheilchen MM′ verhalten, deren Richtungen, Geſchwindigkeiten und Dispoſitionen gleich ſind. Dies iſt der Fall auf den glatten Körpern. Iſt aber die zurückwerfende Oberfläche durch ſtarke Erhöhungen, zwiſchen welchen ſich tiefe Höhlungen FF′ befinden, ſehr ungleich, wie EE′E″, Fig. 23., ſo wird die Stärke der Abſtoßungskraft nicht an allen dieſen Puncten gleich ſeyn können. Begreiflich z. B. können die Lichtmolecule, welche in die Höhlungen dringen, nicht in derſelben Richtung zurückgeworfen werden, als diejenigen, welche auf die geneigten Seitenflächen der Erhöhungen treffen, noch die, welche an dieſe Seitenflächen treffen eben ſo wie die, welche auf die Gipfel fallen. Noch mehr, es wird ſelbſt geſchehen können, daß die Stralen, welche in die Höhlen eingetreten ſind, nicht mehr außerhalb zurückgeworfen werden können; indem ſie durch die, von den Gipfeln ausgehenden, Abſtoßungen zurückgetrieben werden. Eine ſolche Anordnung kann daher nur eine ſchwache und unregelmäßige Zurückwerfung zur Folge haben, wie die, welche an der Oberfläche der nicht geglätteten Körper vor ſich geht; und hiezu iſt nicht erforderlich, daß die Ungleichheiten der Oberfläche grob genug ſeyen, um dem Gefühl wahrnehmbar zu werden, oder merkliche Schatten auf einander zu werfen; es reicht ſchon hin, wenn ihre Dimenſionen im Verhältniß zur Weite, auf welche ſich die Abſtoßungskräfte erſtrecken, in Betracht kommen. Dieſe Vorſtellung haben wir uns z. B. von den ebenen Glasplatten zu machen, welchen noch keine Politur gegeben iſt. Sie ſind eben, wenn man nur die allgemeine Richtung ihrer Oberfläche in Betracht zieht, und die Höhe ihrer Rauhigkeiten ließe ſich weder meſſen, noch hinlänglich feine Spitzen finden, um ſie in die Höhlen, von denen ſie gefurcht ſind, einzuſenken; allein für das Licht ſind dieſe Ungleichheiten immer noch zu ſtark; und die Entgegenſetzungen, die in der Richtung der Abſtoßungskräfte daraus hervorgehen, ſchwächen die allgemeine Abſtoßung der Oberfläche, während ſie dieſelbe zugleich unregelmäßig machen. Um dieſem Uebelſtand abzuhelfen, ſucht man dieſe Unebenheiten auszugleichen, oder wenigſtens zu vermindern, indem man die Oberfläche des Glaſes mit Körpern reibt, deren eigne Rauhigkeiten ſich leicht zerſtören laſſen, wie Papier oder Taffet, die ausgeſpannt und durch Reiben glatt gemacht wurden; zum nämlichen Zweck aber würde man auch durch Verminderung der Geſchwindigkeit der Lichttheilchen gelangen, welche die Abſtoßung der Oberfläche beſiegen muß, um die Zurückwerfung hervorzubringen. Dies läßt ſich dadurch bewerkſtelligen, daß man die Stralen in einer ſchiefern Richtung auf die zurückwerfende Oberfläche auffallen läßt, ſo daß ſie mit der Richtung der letztern einen kleinern Winkel bilden. Denn denkt man ſich die Geſchwindigkeit der Lichtmolecule nach zwei, auf einander ſenkrechten, Richtungen zerlegt, deren eine parallel mit der zurückwerfenden Oberfläche, die andre auf ſie ſenkrecht iſt, ſo iſt klar, daß blos letztre, welche, wie leicht erhellt, ſich in dem Maße mindert, als die einfallenden Stralen ſchiefer werden, von der Abſtoßung der Oberfläche zu überwinden ſeyn wird. Hierin alſo muß die Schiefe der Zurückwerfung günſtig ſeyn; ſie erleichtert dieſelbe aber auch noch dadurch, daß die Lichtmolecule nicht ſo geradezu in die Höhlungen der Oberfläche des zurückwerfenden Körpers eindringen können, dagegen der Wirkung der Gipfel mehr ausgeſetzt werden, welche, da ſie vermöge der Art, wie der Körper bearbeitet worden iſt, eine ebene Oberfläche darſtellen, eine, in der ganzen Ausdehnung derſelben gleichförmige, Abſtoßungskraft hervorbringen. Auch zeigt ſich durch die Erfahrung, daß die Zurückwerfung auf mattgeſchliffenen Gläſern wie auf polirten vor ſich geht, wenn man die Lichtſtralen unter großen Neigungen darauf auffängt. Am beſten läßt ſich dieſer Verſuch ſo anſtellen, daß man auf ſolche Weiſe die Flamme einer Kerze durch Zurückwerfung betrachtet. Iſt das zurückwerfende Glas gut polirt, ſo erfolgt die ſpiegelnde Zurückwerfung unter allen Einfallswinkeln; bei unvollkommener Politur iſt ſie ſchwach oder ſelbſt null, wenn die Incidenz ſenkrecht iſt, nimmt aber in dem Maße, als die Stralen ſchiefer auffallen, allmälig zu, und wird bald eben ſo ſtark, als auf jedem andern polirten Glaſe. Iſt endlich die Oberfläche blos glatt abgeſchliffen (doucie), nicht aber polirt, ſo bemerkt man von der ſenkrechten Incidenz an bis zu einem gewiſſen Grade der Schiefe gar keine regelmäßige Zurückwerfung; dann fängt die Zurückwerfung an, regelmäßige Bilder von ſehr ſchwacher Helligkeit zu geben. Dieſe Helligkeit nimmt mit der Schiefe zu; ſo daß endlich die Zurückwerfung eben ſo vollkommen darauf wird, als auf den Gläſern von der ſchönſten Politur.

Wenn wir die Möglichkeit der Zurückwerfung an die Vernichtung des Theils der Geſchwindigkeit knüpfen, der auf die Oberfläche ſenkrecht iſt, ſo könnte man hiegegen einen Einwand machen, der nicht ungehoben bleiben darf. Da dieſe ſenkrechte Geſchwindigkeit an ſich null für alle Lichtmolecule iſt, wenn die einfallenden Stralen mit der Oberfläche des Körpers parallel ſind, ſo ſcheint es, als ob hier alles einfallende Licht zurückgeworfen werden müßte, da man doch aus Erfahrung weiß, daß ſelbſt in dieſem Fall ein ſehr großer Theil deſſelben vom Körper angezogen und gebrochen wird, wofern derſelbe durchſichtig iſt, oder ausgelöſcht und verſchluckt, wofern er undurchſichtig iſt. Um dieſe beiden, ſcheinbar im Widerſpruch ſtehenden, Reſultate in Uebereinſtimmung zu bringen, müſſen wir auf einen beſondern, ſchon oben angedeuteten, und weiterhin noch ſtreng zu erweiſenden, Umſtand Acht haben: daß nämlich nicht alle Molecule, aus welchen ein geradliniger Lichtſtral zuſammengeſetzt iſt, wenn ſchon mit der nämlichen Fortbewegungsgeſchwindigkeit begabt, gleich geeignet ſind, die Zurückwerfung zu erfahren; weil in ihren phyſiſchen Eigenſchaften ſelbſt periodiſch geregelte Unterbrechungen eintreten, vermöge deren ſie, gleich wie durch vorübergehende Magnetiſirung, bald geeigneter werden, von den Oberflächen der Körper Anziehung, bald auch Abſtoßung zu erleiden. Alle unſre bisherigen Erörterungen aber über die Wirkungen der Abſtoßung gelten blos für die Lichttheilchen, welche ſich im letztern Fall befinden und die Abſtoßung wirklich erleiden. Denn was die andern betrifft, ſo werden ſie entweder von der Wirkung der abſtoßenden Kräfte gar nicht verabreicht, vermöge der Diſpoſition, in der ſie ſich befinden, oder ſucceſſiv davon nach zwei entgegengeſetzten Richtungen vor und nach ihrem Durchgange durch die Oberfläche des brechenden Mittels abgelenkt; denn ihre definitive Richtung in dem Mittel, in welches ſie dringen, erleidet gar keinen Einfluß dadurch, wie wir ebenfalls nachweiſen werden.

Bleiben wir alſo für jetzt bei Betrachtung blos derer Molecule ſtehen, welche wirklich zurückgeworfen werden, und verſuchen, die allgemeinen Umſtände ihres Ganges auf geometriſche Beſtimmungen zurückzuführen, indem wir blos von der Bedingung ausgehen, daß eine, mit der Entfernung ſchnell abnehmende, Abſtoßungskraft vorhanden iſt, wobei der größern Einfachheit halber die zurückwerfende Oberfläche für eben angenommen werden ſoll. M, Fig. 24., ſey die Lage eines Lichttheilchens, welches ſich im leeren Raum bewegt, und, indem es ſich der Oberfläche AB nach der Richtung SI nähert, anfängt, den Einfluß der Abſtoßungskraft zu erleiden. Wir wollen die eigenthümliche Geſchwindigkeit dieſes Theilchens durch IM vorſtellen, und ſie, wie wir ſo eben geſagt, in zwei andre, auf einander rechtwinklige, Geſchwindigkeiten zerlegen, deren eine IN auf die zurückwerfende Oberfläche AB ſenkrecht, die andre MN ihr parallel ſey. Da die zurückwerfende Oberfläche für vollkommen eben angenommen iſt, ſo erhellt, daß die Mittelkraft der davon ausgehenden abſtoßenden Kräfte immer eine ſenkrechte Richtung auf ſie, und mithin auf MN haben wird, denn wegen der kleinen Entfernung, auf welche dieſe Kraft merklich iſt, läßt ſich, wie in der Theorie der Capillarwirkung, annehmen, daß ſie von einer, ins Unbeſtimmte ausgedehnten, Ebene ausgeht; wo dann kein Grund vorhanden iſt, ſie mehr nach der einen, als nach der andern Seite gegen die Ebene geneigt zu denken. Sie wird alſo ſenkrecht auf dieſelbe ſeyn, und nur an den äußerſten Endrändern der Oberfläche wird hievon eine Ausnahme Statt finden; indem die unendlich kleine Ausdehnung dieſer Endränder eine beſondre Betrachtung erfordert. Da nun im ganzen übrigen Theil der Oberfläche die Abſtoßungskraft ſenkrecht auf MN iſt, ſo folgt, daß während des ganzen Laufs der Lichttheilchen der Theil MN der Geſchwindigkeit, welcher der Oberfläche parallel iſt, in ſeiner ganzen Kraft beſtehen wird, ohne weder Zunahme noch Abnahme zu erleiden. Nicht ſo aber wird es ſich mit der Geſchwindigkeit IN verhalten, welche auf der Oberfläche ſenkrecht iſt. Dieſe iſt der abſtoßenden Kraft direct entgegengeſetzt und wird unmittelbar davon bekämpft, erſt nur ſchwach, wenn der Abſtand ſo groß iſt, daß die Wirkung der Abſtoßungskraft beginnt; dann aber mit wachſender Stärke, bis endlich die ganze Bewegung des Lichttheilchens in dieſer Richtung völlig aufgehoben iſt. Sobald dies Statt hat, wird das Lichttheilchen ſich nicht weiter vorwärts bewegen können, ſondern von der Abſtoßungskraft, die jetzt allein auf daſſelbe wirkt, genöthigt werden, ſeinen Weg rückwärts zu nehmen, und ſo allmälig von einer Weite zur andern alle Grade der Geſchwindigkeit, die ihm erſt geraubt worden waren, wiedererlangen; bis das Theilchen endlich, wenn es ſo in eine ſolche Entfernung von der Oberfläche gelangt iſt, daß die Abſtoßungskraft keine merkliche Wirkung mehr auf daſſelbe hat, ſeine Bewegung in gerader Linie mit den wiedererlangten Geſchwindigkeiten für immer fortſetzt.

Vom erſten Augenblick an alſo, wo das Lichttheilchen die Wirkung der Abſtoßungskraft zu ſpüren anfängt, bis zu dem, wo es in die kleinſte Entfernung von der zurückwerfenden Oberfläche gelangt, wird es durch zwei Geſchwindigkeiten ſollicitirt, deren eine MN gleichförmig und mit der Oberfläche parallel, die andre ſenkrecht auf dieſe nämliche Oberfläche und dem Ueberſchuß von NI über die Intenſität der Abſtoßungskraft in der Entfernung, in welcher ſich das Theilchen befindet, gleich iſt. Wenn dieſe Kraft keine Unterbrechungen in ihrer Wirkungsart erfährt, ſo wird die Geſchwindigkeit IN immerfort verzögert werden. Dann wird, nach Grundſätzen der Mechanik, das Lichtmolecul einen erſten Arm einer Curve beſchreiben, welche gegen die zurückwerfende Oberfläche convex iſt, anfangs zur Tangente die urſprüngliche Richtung des Theilchens hat, und ſich im Punct s endigt, wo die, auf die Oberfläche ſenkrechte, Geſchwindigkeit völlig aufgehoben iſt. Wenn aber die Abſtoßungskraft in ihrer Wirkungsart Unterbrechungen erfährt, vermöge deren ſie in gewiſſen kleinen Abſtänden geſchwächt wird, was nicht ohne einige Wahrſcheinlichkeit iſt, ſo wird die, vom Lichttheilchen beſchriebene, Bahn wellenförmig ſeyn müſſen, wie Fig. 25. darſtellt, bis ſeine Bewegung endlich der Oberfläche in s parallel wird, wo es nur noch durch die gleichförmige Geſchwindigkeit MN ſollicitirt iſt. Nach dieſem Zeitpunct wird das Molecul, auf immer abgeſtoßen, anfangen ſich von der Oberfläche mit einer gleichförmig oder periodiſch beſchleunigten Geſchwindigkeit zu entfernen; und da ſeine Geſchwindigkeit nach der, mit der Oberfläche parallelen, Richtung immer ſich gleich bleibt, ſo folgt, daß es einen zweiten Arm einer Curve beſchreiben wird, der gleich dem erſten gegen die Oberfläche convex oder wellenförmig, aber immer mit ihm ſymmetriſch iſt, weil die Kräfte, welche das Theilchen ſollicitiren, in gleichen Weiten von der Oberfläche zu beiden Seiten des Puncts s die nämlichen ſind. Zufolge der ſymmetriſchen Geſtalt der Curve wird die letzte Tangente RT' mit der zurückwerfenden Ebene den nämlichen Winkel, als die erſte, machen; und, da der Abſtand, in welchem die Abſtoßungskraft anfängt und aufhört merklich zu ſeyn, ausnehmend klein iſt, ſo wird der krummlinige Theil der Bahn, der auch zwiſchen den nämlichen Gränzen enthalten iſt, gleicherweiſe ſehr klein ſeyn; ſo daß es den Anſchein haben wird, als erfolgte die Zurückwerfung plötzlich in einem einzigen Punct s, im gemeinſchaftlichen Durchſchnitt des einfallenden Strals mit dem zurückgeworfenen.

Bisher haben wir den zurückwerfenden Körper als allein und abgeſondert im leeren Raum angeſehen; und mithin ließ ſich die ganze Zurückwerfung der bloßen Abſtoßungskraft ſeiner Theilchen beimeſſen. Denken wir ihn uns aber mit Luft oder Waſſer oder ſonſt einem materiellen Mittel umgeben, ſo werden wir auch annehmen müſſen, daß von den Theilchen dieſes Mittels ähnliche Wirkungen auf das Licht geäußert werden. Was wird hier der Erfolg ſeyn? Dies auszumitteln, wollen wir uns ein Lichttheilchen in das erſte Mittel bis auf eine gewiſſe Weite von der gemeinſchaftlichen Oberfläche gelangt denken. Wir können ſtets in Gedanken die Wirkung der Molecule des zweiten Mittels, mag ſie anziehend oder abſtoßend ſeyn, in zwei Theile M und $M' - M$ zerlegen; deren eine M gleich derjenigen Kraft iſt, welche die Molecule des erſten Mittels in gleicher Entfernung äußern, während der andre $M' - M$ den Ueberſchuß der Wirkung des zweiten Mittels über die des erſten ausdrückt. Wiefern nun das zweite Mittel blos die Kraft M beſäße, ſo würde es gerade ſo ſeyn, als wenn keine Veränderung des Mittels Statt hätte; und die Lichtmolecule, auf dieſelbe Weiſe in jeder Richtung durch das eine wie durch das andre Mittel ſollicitirt, würden ihre Bahn mit der zuvor erlangten Geſchwindigkeit fortſetzen. Dies iſt der Fall in homogenen Mitteln, wie Waſſer oder Glas, in deren Innerem in der That keine Zurückwerfung erfolgt. Die Wirkung dieſes erſten Theils hebt ſich alſo immer von ſelbſt auf, und es bleibt nur noch der Ueberſchuß $M' - M$ der Wirkung des zweiten Mittels zu betrachten übrig, was auf den, ſchon von uns zu erörterten, Fall zurückkommt.

Anlangend den größern oder geringern Werth dieſes Unterſchiedes, ſo zeigt die Erfahrung, daß er nicht von der Dichtigkeit allein abhängt; denn wir werden bald Mittel kennen lernen, die mit andern gleich dicht oder ſelbſt von geringerer Dichte ſind, und doch ſtärker auf das Licht wirken. Dies alles zeigt ſich mit dem gewöhnlichen Gange der Erſcheinungen in Uebereinſtimmung; denn wenn die Wirkung der Körper auf das Licht und des Lichts auf die Körper den chemiſchen Verwandtſchaften analog iſt, ſo ergiebt ſich von ſelbſt, daß ſie von der chemiſchen Beſchaffenheit und ſelbſt der Form der Theilchen abhängen muß.

Dieſen Erörterungen zufolge muß es möglich ſeyn, künſtlich heterogene Mittel zu bilden, in deren Innerm deſſen ungeachtet keine Zurückwerfung erfolgt. Dies hat z. B., wenigſtens mit ſehr großer Annäherung, Statt, wenn man zwei Glasſtücke mittelſt einer Schicht verdickten Terpentinöls zuſammenleimt; denn, iſt die Verbindung gut gerathen, ſo bemerkt man durchaus nichts von der Oberfläche, welche die beiden Glasſtücken geſchieden hält, und es hat keine merkliche Zurückwerfung darauf Statt. Das Terpentinöl wirkt alſo in dieſem Fall dem Glaſe gleich; auch macht es keinen Unterſchied, ob die Oberflächen, welche die Glasſtücken einander zuwenden, polirt oder mattgeſchliffen ſind. Im letztern Falle füllt das Terpentinöl alle ihre kleinen Höhlungen aus, erſetzt dadurch die fehlenden Gliedtheilchen, und giebt ihnen ſo eine vollkommenere Politur, als die Kunſt zu ertheilen vermöchte. Ein andres Beiſpiel erhält man, wenn man unregelmäßig geſtaltete Boraxſtücke in Olivenöl wirft. Dieſe Stücke nämlich laſſen wegen ihrer Ungleichheiten und der mangelnden Politur ihrer Oberfläche das Licht nicht auf regelmäßige Weiſe durch, wenn ſie in die Luft getaucht ſind; erſcheinen aber, in Olivenöl eingetaucht, vollkommen hell und durchſichtig; weil dieſe Flüſſigkeit alle ihre Unebenheiten ausgleicht, und die Zurückwerfung an der gemeinſchaftlichen Oberfläche beider Subſtanzen iſt ſo gering, daß es ſchwer hält, die Gränzen, durch welche ſie getrennt ſind, zu unterſcheiden.

Man wird hienach begreifen, wie ein, an ſich durchſichtiger, Körper ſehr an Durchſichtigkeit verlieren und ſelbſt undurchſichtig werden kann, wenn man ſeine Theilchen von einander entfernt, und ihre Zwiſchenräume mit einem Mittel ausfüllt, deſſen Wirkung auf das Licht von der ihrigen ſehr verſchieden iſt. Dieſer Fall tritt z. B. in den durchſichtigen Flüſſigkeiten ein, die man durch Einbringung von Luft ins Schäumen verſetzt; denn es iſt kein Zweifel, daß die Wirkung der Luft von der Wirkung dieſer Flüſſigkeiten auf das Licht ſehr abweicht; weil, wenn ihre Oberfläche mit Luft bedeckt iſt, noch eine lebhafte Zurückwerfung darauf erfolgt. Wenn alſo dieſe Luft zwiſchen die Theilchen der Flüſſigkeit tritt, ſo erfolgt eine Zurückwerfung an ſo viel Stellen, als Lücken in der Flüſſigkeit entſtehn; und da vermöge dieſer mannigfaltigen Zurückwerfung endlich alles einfallende Licht zurückgeſtoßen oder im Innern des Körpers zerſtreut wird, ſo verliert er ſeine Durchſichtigkeit; erhält ſie aber wieder, wenn der Zuſammenhang ſeiner Theile wiederhergeſtellt wird; wie bei dem Schaume der Fall iſt, wenn er nach dem Entweichen der Luft wieder zu Waſſer wird. Etwas Aehnliches beobachtet man auch bei einem poröſen Stein, Hydrophan genannt, der in trocknem Zuſtande vollkommen undurchſichtig iſt, mit Waſſer getränkt aber durchſcheinend wird; weil ſeine Wirkung auf das Licht der des Waſſers näher ſteht, als der der Luft; woraus erhellt, daß die Durchſichtigkeit und Undurchſichtigkeit der Körper keine, der Materie derſelben an ſich angehörige Eigenſchaften ſind, ſondern blos von der Anordnung ihrer Theilchen abhängen. Auf noch auffallendere Weiſe werden wir dies beſtätigt ſehen, wenn wir erſt auf dem Erfahrungswege zur Unterſuchung des Zuſammenhangs gelangt ſind, in dem der Urſprung und das Wachsthum der abſtoßenden Kraft mit der Dicke der Körper bis zu einer Gränze ſteht, wo der Zuſatz neuer Schichten aufhört, einen merklichen Einfluß auf die Abſtoßung zu äußern.

Dioptrik.

Erſtes Capitel.

Allgemeine Geſetze der einfachen Stralenbrechung.

Unſre bisherigen Unterſuchungen betrafen den Theil des einfallenden Lichts, der an der erſten Oberfläche der Körper zurückgeworfen wird; jetzt wollen wir dieſelben in Bezug auf den andern Theil fortſetzen, der in ihr Inneres dringt.

Dieſer Theil ſetzt, wenn die Incidenz ſchief iſt, ſeinen Weg nicht in derſelben geraden Linie fort, ſondern weicht von ſeiner Richtung ab, was man die Brechung der Lichtſtralen (réfraction de la lumière refractio luminis.) nennt.

In allen nicht kryſtalliſirten Körpern iſt der gebrochene Stral einfach und geht in der Verlängerung der Einfallsebene fort. Was die Größe der Ablenkung betrifft, ſo hängt ſie von dem Unterſchiede, der zwiſchen der Dichtigkeit und chemiſchen Beſchaffenheit des Mittels, welches das Licht verläßt, und in welches es eintritt, Statt findet, ab.

Wenn Dichtigkeit und chemiſche Beſchaffenheit beider Mittel gleich ſind, ſo erfolgt keine Brechung und der Stral ſetzt ſeinen Weg in derſelben geraden Linie fort. Iſt ihre Beſchaffenheit ſonſt gleich, aber ihre Dichtigkeit verſchieden, ſo nähert ſich der Lichtſtral beim Eintritt in das dichtere Mittel, der, auf die gemeinſchaftliche Oberfläche ſenkrechten, Linie (dem Einfallsloth). Sind endlich beide Mittel ſowohl ihrer chemiſchen Beſchaffenheit als ihrer Dichtigkeit nach verſchieden, ſo wirken dieſe beiden Elemente zur Erſcheinung zuſammen, und der Stral nähert ſich dem Einfallslothe in dem Mittel, deſſen Wirkung auf das Licht die ſtärkere iſt. Dieſe Thatſachen ſollen nun zuvörderſt durch die Erfahrung feſtgeſtellt werden.

Legt man ein Geldſtück M auf den Boden eines Gefäßes AB, Fig. 26., mit undurchſichtigen Wänden, ſo läßt ſich dies Geldſtück nur erblicken, wenn man das Auge in den direct davon ausgeſtralten Lichtkegel RR′ bringt, der in A und B durch die Gefäßwände begränzt iſt. Füllt man aber das Gefäß mit Flüſſigkeit an, ſo erweitert ſich die Oeffnung des Kegels für die Sichtbarkeit des Geldſtücks bedeutend, wird z. B. OSO′. Deſſen ungeachtet iſt es immer noch der nämliche Stralenkegel als vorhin, der vom Punct M ausſtrömt. Die Stralen beugen ſich alſo bei ihrem Eintritt in die Luft auswärts vom Gefäße; entfernen ſich mithin vom Einfallsloth AN, ohne jedoch dabei die Verticalebene zu verlaſſen, in welcher der einfallende Stral AM und das Einfallsloth AN begriffen iſt.

Ein nicht minder alltägliches Beiſpiel iſt folgendes. Taucht man einen geraden Stab TT′ ſchief in ein ruhiges Waſſer, deſſen Oberfläche AB iſt, Fig. 27. ſo erſcheint dieſer Stab im Punct I, wo er in die Flüſſigkeit eintritt, gebrochen, und der eingetauchte Theil, obwohl noch in derſelben Verticalebene, als der außerhalb befindliche begriffen, ſcheint der horizontalen Richtung näher zu kommen. Um die Folgerungen aus dieſer Beobachtung weiter zu entwickeln, wollen wir das Auge im Punct T befindlich annehmen, d. i. gerade da, wo ſich der Stab in der Luft endigt. Gelangten die, aus der Flüſſigkeit hervortretenden, Stralen in gerader Linie zum Auge, ſo müßte es das andere Ende T′ in der Verlängerung vom Ende T erblicken; da ihm doch daſſelbe höher, z. B. in T″, erſcheint. Wie ſchon bemerkt, verſetzen wir die Gegenſtände in die Verlängerung der Lichtſtralen, die uns von denſelben zugeſandt werden; da wir nun den Punct T′ höher erblicken, als er ſich eigentlich befindet, ſo muß der Stral T′I′, der uns ihn ſichtbar macht, oberhalb T′I hingehn, und eine gebrochene Richtung, wie T′I′T verfolgen. Zieht man mithin vom Einfallspuncte I′ das Einfallsloth N′I′N ſenkrecht auf die Oberfläche AB, ſo ſieht man, daß der Lichtſtral T′I′ bei ſeinem Austritt aus dem Waſſer in die Luft ſich, wie im vorigen Beiſpiel, von dieſem Einfallsloth entfernt hat, ohne jedoch die Ebene, welche den Einfallswinkel enthielt (Brechungs- oder Refractionsebene), zu verlaſſen.

Nach entgegengeſetzter Richtung würde die Ablenkung Statt haben, wenn der Stral aus der Luft in das Waſſer träte; in dieſem Fall nämlich würde er nach dem Einfallslothe zu gebrochen werden. Dies darzuthun, nehme man eine Wanne von der Geſtalt eines Rechtecks mit gläſernen Wänden, von dem ABCD, Fig. 28., einen horizontalen Durchſchnitt darſtellt; fülle es mit Waſſer und richte dann durch einen Helioſtat einen Lichtſtral ſchief gegen die Wand AB. Verdunkelt man alsdann durch Schließen der Laden das Zimmer, ſo wird es leicht ſeyn, die Richtung des gebrochenen Strals IR zu finden. Denn es reicht hiezu hin, auf der, dem Einfallspunct entgegengeſetzten, Wand CD ein Scheibchen von Pappe oder mattgeſchliffenem Glaſe hinzubewegen, bis der austretende Stral dadurch aufgefangen wird. Hat man dieſen Punct R gefunden und zieht RI zum Einfallspuncte, ſo wird dies die Richtung des gebrochenen Strals ſeyn; und aus der Vergleichung derſelben mit der des einfallenden Strals SI wird ſich ſogleich ergeben, daß er nach der Senkrechten N′IN, welche vom Punct I zur Einfallsfläche AB gezogen wird, zu gebrochen worden iſt.

Hat man auf dieſe Weiſe ſich von der Wirklichkeit der Erſcheinung überzeugt, ſo muß man nun zunächſt unterſuchen, welches Verhältniß für jede Incidenz zwiſchen der Neigung des einfallenden und der des gebrochenen Strals gegen das Einfallsloth Statt findet; um die eine dieſer Richtungen berechnen zu können, wenn die andre gegeben iſt. Dieſe Unterſuchung macht erforderlich, die Winkel, auf die es hiebei ankommt, meſſen zu können. Zu dieſem Zweck mißt man, nachdem die Puncte S und R an dem einfallenden und an dem zurückgeworfenen Stral recht genau fixirt ſind, ihre Abſtände SN, RN' von dem Einfallsloth NIN', ſo wie die Theile IN, IN' dieſes Einfallsloths, welche von den, darauf Senkrechten, SN, RN' abgeſchnitten werden. Aus der Conſtruction der beiden rechtwinkligen Dreiecke SIN, RIN' ergiebt ſich denn der Winkel SIN, den der einfallende Stral mit dem Einfallsloth bildet, hier, wie bei der Zurückwerfung, Einfallswinkel genannt; eben ſo der Winkel RIN', der im Innern der Flüſſigkeit durch die Verlängerung des nämlichen Einfallsloths mit dem gebrochenen Stral IR gebildet wird, und Brechungswinkel (nach andern auch gebrochener Winkel) heißt. Hierdurch wird man auf folgende zwei, von Descartes entdeckte, Geſetze geführt: 1) Der einfallende und der gebrochene Stral ſind immer in der nämlichen, auf die gemeinſchaftliche Oberfläche beider Mittel ſenkrechten, Ebene (der Brechungsebene) enthalten. 2) Der Sinus des Brechungswinkels und der Sinus des Einfallswinkels ſtehen unter allen Incidenzen für die nämlichen Mittel in einem beſtändigen Verhältniſſe zu einander *). Dies Verhältniß führt in der Phyſik den Namen des Brechungsverhältniſſes (rapport de réfraction).

Auf dieſem ſchönen Geſetz beruht die ganze Dioptrik. Iſt nämlich die Richtung der einfallenden Stralen, ſo wie die Lage der brechenden Oberfläche, gegeben, ſo wird ſich hieraus immer die Richtung der gebrochenen Stralen ableiten laſſen, entweder unmittelbar, wenn die Oberfläche eben iſt, oder im Fall ſie krumm iſt, dadurch, daß man

---

*) Man nennt in der Geometrie Sinus eines Bogens die Senkrechte PM, Fig. 29., welche von einem Ende M dieſes Bogens auf den, durch ſein anderes Ende A gehenden, Halbmeſſer CA herabgelaſſen wird. Die Linie CP, welche die Entfernung des Mittelpuncts des Kreiſes vom Fußpunct des Sinus angiebt, heißt der Coſinus des Bogens; und der Theil AT der Berührungslinie, welcher zwiſchen dem Berührungspuncte A und der Verlängerung des Halbmeſſers CM enthalten iſt, die trigonometriſche Tangente des Bogens AM.

die Incidenz als auf ihrer Berührungsebene Statt habend betrachtet. Hienach wird man, bei gegebener Geſtalt des brechenden Mittels, indem man den Stral durch das Innere deſſelben verfolgt, den Ort ſeines Austritts, ſo wie den Winkel, den er hier mit der Berührungsebene bildet, beſtimmen können, woraus ſich dann wiederum der Winkel, unter dem er austritt und ſeine Richtung nach dem Austritt ergeben.

Die Fruchtbarkeit dieſes Grundſatzes fordert uns auf, keine Sorgfalt zu ſparen, um ihn mit der größten Genauigkeit zu erweiſen. Wir werden ſogleich die Mittel dazu angeben. Vorher aber müſſen wir auf eine bemerkenswerthe Erſcheinung aufmerkſam machen, welche den Vorgang der Brechung immer begleitet.

Dieſe Erſcheinung beſteht darin, daß der gebrochene Stral ſich in der Brechungsebene ausbreitet und darin innerhalb eines Winkels zerſtreut wird, deſſen Spitze der Einfallspunct iſt. Dieſer Winkel zeigt ſich dann mit verſchiedenfarbigen Stralen erfüllt; denn bringt man ein weißes Kartenblatt oder ein mattgeſchliffenes Glas in denſelben, welches alles gebrochene Licht auffängt, ſo ſieht man auf ſeiner Oberfläche ein längliches Spectrum (Farbenbild) entſtehen, worin man hauptſächlich Violet und Roth an den Enden, Grün und Gelb in der Mitte unterſcheidet, eben ſo wie in dem, ſich am Himmel bildenden, Regenbogen. Die violetten Stralen erleiden die größte Brechung, die rothen die kleinſte; die grünen liegen zwiſchen beiden in dieſer Hinſicht in der Mitte. Der Kürze halber bezeichne ich hier dieſe Stralen durch die Farben, mit denen ſie die Körper erſcheinen laſſen. Es leuchtet übrigens ein, daß ſie an ſich weder violet noch grün noch roth ſind, und daß dieſe Benennungen blos auf die beſondern Eindrücke gehen, die wir durch dieſelben erhalten.

Die in Rede ſtehende Erſcheinung wird die Zerſtreuung des Lichts genannt. Sie nimmt in einem und demſelben Mittel mit dem Brechungswinkel zu, und iſt in verſchiedenen Mitteln im Allgemeinen um ſo ſtärker, bei gleicher Incidenz, je bedeutender die Brechung darin iſt. Man kann keinen Verſuch über die Brechung anſtellen, ohne dieſe Erſcheinung zum Begleiter zu haben; weshalb ich ſchon jetzt auf ſie habe aufmerkſam machen wollen. Ihr näheres Studium indeß verſparen wir auf Weiterhin, und nehmen in allem Folgenden die Beobachtungen über die Brechung als auf die gelben oder grünen Stralen bezogen an, welche ungefähr in der Mitte zwiſchen allen übrigen befindlich ſind.

Ich bemerke auch ſchon jetzt, daß es Subſtanzen giebt, in welchen das Licht ſich nicht in ein einziges Bündel bricht, ſondern in zwei abgeſonderte und unterſchiedene, deren jedem auch eine beſondere

Zerſtreuung zukommt. Dies iſt der Fall in allen regelmäßig kryſtalliſirten Körpern, deren Primitivgeſtalt keine geometriſche Zurückführung auf den Würfel geſtattet. Hier folgt blos einer der Bündel dem, von Descartes entdeckten, Geſetz; der Gang des andern hängt von einem weit zuſammengeſetztern ab, welches Huyghens für eine große Claſſe von Kryſtallen nachgewieſen hat, deſſen Allgemeingültigkeit für ſämmtliche Kryſtalle aber erſt jetzt darzuthun geglückt iſt. Weiterhin das Nähere über dieſes Geſetz. Für jetzt beſchränken wir uns darauf, die erſte Art Brechung zu betrachten, welche in allen (durchſichtigen) Körpern vorgeht, und gewöhnliche oder einfache Stralenbrechung genannt wird; während man die andre, die nur in gewiſſen Körpern Statt hat, mit dem Namen der doppelten oder ungewöhnlichen Stralenbrechung bezeichnet.

Genaue Beſtimmung des Brechungsverhältniſſes in den feſten Subſtanzen.

Die Art, wie wir vorhin das Brechungsverhältniß gemeſſen und ſeine Beſtändigkeit erkannt haben, kann nur annäherungsweiſe dienen, eine Andeutung des allgemeinen Geſetzes der Erſcheinung zu geben. Jetzt handelt es ſich um eine genaue Feſtſtellung deſſelben. Das einfachſte Mittel, hierzu zu gelangen, iſt, ein gerades, dreiſeitiges, Prisma aus der zu beobachtenden Subſtanz zu verfertigen, und dann die Ablenkungen zu meſſen, welche ein Lichtſtral beim Durchgang durch daſſelbe bei verſchiedenen Einfallswinkeln erfährt, um zu ſehen, ob ſie ſich alle nach einem beſtändigen Brechungsverhältniß berechnen laſſen.

Es ſey ABC, Fig. 10., ein Durchſchnitt des Prisma's mit einer, auf ſeine Kanten, ſenkrechten, Ebene. In dieſer Ebene wollen wir uns einen Lichtſtral SI denken, der auf die erſte Oberfläche des Prisma's im Punct I auffällt, und nach II' gebrochen wird. Zufolge des erſten Geſetzes der Brechung müſſen die beiden Geraden SI, II' in einer und derſelben, auf die brechende Oberfläche ſenkrechten, Ebene enthalten ſeyn; ſie werden alſo in der Durchſchnittsebene ABC, welche dieſe Bedingungen erfüllt, zu liegen kommen. Der gebrochene Stral, nachdem er durch die Subſtanz des Prisma's hindurchgegangen iſt, wird in I' auf die zweite Oberfläche treffen, und dort, bei ſeinem Uebergange in die Luft, eine neue Brechung nach einer Richtung I'O erleiden, die ebenfalls in der Durchſchnittsebene ABC enthalten ſeyn muß. Ein Beobachter nun, der ſich in irgend einem Punct dieſer Richtung befände, müßte zugleich den gebrochenen Stral I'O und den, unmitteltelbar vom lichtgebenden Gegenſtande in gerader Richtung kommenden, OS empfangen. Wenn das Licht beim Durchgange durch das Prisma keine Ablenkung erführe, ſo würden dieſe beiden Stralen in einen verſchmelzen (oder vielmehr, der Beobachter würde Statt der beiden Stralen SO und SII'O nur den einen SO vom Punct S empfangen; von der Brechung des Strals SI im Prisma aber rührt es her, daß er, vom andern um den Winkel SOI' abweichend, ebenfalls zum Auge gelangt). Ihre Abweichung SOI' von einander rührt ſomit von der Brechung her, die der erſte erlitten hat; und bei jeder gegebenen Lage des leuchtenden Gegenſtandes, des Prisma's und des Beobachters wird daher die Ablenkung SOI' unmittelbar von dem Geſetz der Brechung abhängen; ſo daß man, um die Gültigkeit des, von Descartes angegebenen, zu prüfen, nur nöthig hat, es in die Rechnung einzuführen, und die dadurch erhaltenen Reſultate mit der Beobachtung zu vergleichen. In der That läßt ſich ſo der Winkel CI'O beſtimmen, unter dem der Stral austritt, wenn man den Winkel BIS, unter welchem er auffällt, und das Brechungsverhältniß kennt; oder, umgekehrt, läßt ſich das Brechungsverhältniß aus der Kenntniß dieſer beiden Winkel herleiten. Aus der Berechnung dieſes Verhältniſſes unter verſchiednen Incidenzen muß ſich alſo ergeben, ob es unter allen Incidenzen beſtändig iſt, wie das Descartesſche Geſetz ausſagt; und in der That zeigt ſich dies aufs Genaueſte ſo.

Iſt dieſe Wahrheit einmal feſtgeſtellt, ſo braucht man blos ein für allemal die Ablenkung I'OS zu meſſen, welche durch ein Prisma von einem gegebenen Winkel bei einem bekannten Einfallswinkel hervorgebracht wird, um danach das Brechungsverhältniß der Subſtanz, aus welcher das Prisma beſteht, zu berechnen. Jene Meſſung läßt ſich auf mehrfache Art anſtellen. Hat man es z. B. mit einer feſten Subſtanz zu thun, ſo braucht man nur ein Prisma daraus zu bilden, und zuvörderſt ſeine Winkel durch die Zurückwerfung des Lichts zu meſſen. Darauf befeſtige man es mit ſeiner Baſis auf einen Träger, der durch Schrauben in verſchiedne Höhen geſtellt werden kann und ſtelle es in Bezug zu einem entfernten Signal S, wie Fig. 30. darſtellt. Bringt man nun in O ein mit einer Gradeintheilung verſehenes Inſtrument an, von der Einrichtung, daß ſich ſucceſſiv mit dem nämlichen Perſpective der Gegenſtand S erſt direct, dann durch das Prisma erblicken läßt, ſo wird man an der Eintheilung den Ablenkungswinkel SOI' meſſen können (durch die Anzahl Grade nämlich, um welche das Perſpectiv, wenn es erſt direct auf den Gegenſtand gerichtet war, gedreht werden muß, um dann das gebrochene Bild dadurch erblicken zu können); und eben ſo durch Beobachtung die Winkel SIB, OI'C, unter denen der Stral auf das Prisma auffällt und aus ihm austritt, beſtimmen. Mittelſt dieſer Data und der Kenntniß des brechenden Winkels (ſo heißt der Winkel BAC) des Prisma's läßt ſich das Brechungsverhältniß nach einer, in meinem größern Werke angeführten, Formel berechnen.

Zur nämlichen Beſtimmung könnte man auch, ohne eines entfernten Signals zu bedürfen, gelangen, indem man ſich des kreisförmigen Goniometers bediente, von dem wir zur Meſſung der Neigung von Flächen gegen einander Gebrauch machten, Fig. 31. Zu dieſem Zweck lege man das Prisma auf das Glas GG, indem man alle oben angegebenen Maßregeln trifft, um die Durchſchnittskante beider Flächen mit der Centralaxe des Kreiſes zuſammenfallen zu machen; wobei noch die Vorſicht anzuwenden iſt, daß das an der Mitte als Unterlage angebrachte Glas dünn ſey, und zwei ganz parallele Flächen beſitze. Hat man dann den Laufer S, durch welchen das Licht eintritt, in eine der Lagen gebracht, wo es vom Prisma gebrochen werden kann *), ſo verſchiebe man den andern Laufer O, bis das, hinter dem Loch O' befindliche, Auge das Loch S' durch den gebrochenen Stral wahrnimmt. Wenn dies Statt hat, ſo wird die Kreiseintheilung das Maß der Winkel geben, welche der einfallende und gebrochene Stral S'C', O'C' mit den beiden Oberflächen des Prisma's machen, deren Lage und Neigungswinkel bekannt ſind. Nach dieſen Daten wird ſich durch Berechnung das Brechungsverhältniß für die Subſtanz, aus welcher das Prisma beſteht, beſtimmen laſſen.

Wenn das, durch die kleine Oeffnung des Laufers S eingelaſſene, Sonnenlicht nach der Brechung zu geſchwächt wäre, um in O ein recht deutliches Bild hervorzubringen, ſo könnte man den Gang der Stralen umkehren, indem man unter O die Flamme einer recht hell brennenden Lampe, oder ſonſt ein lebhaftes Licht brächte, und das Auge ſeine Lage in S', hinter dem andern Laufer, nehmen ließe, den man verſchöbe, bis der Lichtſtral durch die Brechung zur Wahrnehmung gelangte.

Ich habe als Erforderniß angegeben, daß das, an der Mitte des Kreiſes angebrachte, Glas zwei ganz parallele Oberflächen beſäße. Dies deshalb, weil es, im Fall ſeine Geſtalt prismatiſch wäre, den Lichtſtralen für ſein Theil eine Ablenkung einpflanzen würde, die dann fälſchlich auf Rechnung der zu unterſuchenden Subſtanz geſchrieben werden könnte; dagegen der Stral im Fall des Parallelismus beider Oberflächen beim Wiederaustritt in die Luft wieder die nämliche Rich-

---

*) Nämlich wenn man das Licht zu ſchief auf das Prisma auffallen ließe, ſo würde es, ſtatt gebrochen, zurückgeworfen werden, wie aus ſpätern Auseinanderſetzungen erhellen wird.

tung annehmen wird, die er vor ſeinem Auffallen hatte; oder wenn er durch das darübergelegte Prisma zu dringen hat, ſo wird die Richtung, die er darin annimmt, die nämliche ſeyn, als wenn er unmittelbar hineingetreten wäre, ohne erſt durch das Glas gegangen zu ſeyn, Dieſe Eigenſchaften fließen aus der Beſtändigkeit des Brechungsverhältniſſes, werden als Folgerungen daraus durch die Berechnung hergeleitet und durch die Erfahrung beſtätigt.

Das Glas muß ferner dünn ſeyn, und die Brechung nahe am Rande des Prismas geſchehen, damit ſich annehmen läßt, als giengen die einfallenden und gebrochenen Stralen genau von der Mitte der Kreiseintheilung aus. Bezweckt man übrigens die äußerſte Genauigkeit, ſo wird es leicht ſeyn, ihre geringe Abweichung von der Mitte durch die Berechnung zu corrigiren. Ich beſchränke mich hier auf die bloße Andeutung dieſes Mittels zur Beobachtung, da wir ſchon bei der Zurückwerfung davon gehandelt haben. Weiterhin werde ich Gelegenheit haben, noch ein andres kennen zu lehren, deſſen Anwendung ſichrer und eben ſo leicht iſt.

Bei dieſen Verſuchen theilt ſich das gebrochne Lichtbündel vermöge der Zerſtreuung, die es erfährt, in eine unendliche Menge Farbennuancen, unter denen man, wenn das gebrochne Bündel recht lebhaft iſt und in einem dunkeln Zimmer aufgefangen wird, ſieben, ſich vor den andern vorhebende, unterſcheiden kann, nämlich roth, orange, gelb, grün, blau, indigo und violet. Weil dieſe Farben ſich im austretenden Stral geſchieden zeigen, ſo iſt klar, daß die Theile des einfallenden Strals, von denen ſie hervorgebracht werden, ein verſchiednes Brechungsvermögen beſitzen, das ſich nach der Größe ihrer Ablenkung ſchätzen läßt. Es ergiebt ſich ſo, daß das kleinſte Brechungsvermögen im Roth Statt hat, und daß es von da bis zum Violet zunimmt. Man findet auch, bei Abänderung der Einfallswinkel, daß der Sinus des Brechungswinkels (Brechungsſinus) zum Sinus des Einfallswinkels (Einfallsſinus) für jede Farbe in einem beſtändigen, obwohl hinſichtlich der verſchiednen Farben verſchiednen, Verhältniſſe ſteht; doch läßt ſich dieſe Beſtändigkeit nicht wohl durch bloße Beobachtung der abſoluten Ablenkungen nachweiſen, weil man niemals ſicher iſt, das Auge bei den verſchiednen Verſuchen auf dieſelbe Nuance zurückzubringen. Ich führe deshalb auch hier dieſe Beſtändigkeit des Brechungsverhältniſſes nur als einen ſehr wahrſcheinlichen Umſtand an; weiterhin werden wir andre Mittel ſuchen, ſie ſicher nachzuweiſen.

Schon jetzt aber können wir aus der bloßen Kenntniß des ungleichen Brechungsvermögens der verſchiednen Farben eine ſehr wichtige

Bemerkung über die Art ziehen, wie ſie ſich angeordnet zeigen müſſen, wenn man einen leuchtenden Punct durch ein brechendes Prisma betrachtet. Es ſey, Fig. 32. SI ein weißer unendlich dünner Stral, der von einem unendlich entfernten Gegenſtand S herkommt und durch das Prisma ABC gebrochen wird. Bei ſeinem Austritt wird er ſich in ein Bündel VI'R theilen, deſſen äußerſter, am meiſten gebrochener, Theil I'V violet, der andere äußerſte, mindeſt gebrochene, I'R roth iſt, während die andern Farbennuancen ſich zwiſchen dieſen beiden verbreiten. Bringt nun ein Beobachter ſein Auge irgendwo in die Verlängerung des rothen Strals nach O, ſo iſt klar, daß keiner der andern farbigen Stralen, welche im Bündel RI'V enthalten ſind, zu ihm gelangen wird. Zieht man aber durch den Punct O eine Linie Oi' parallel mit I'V, ſo wird der Beobachter in dieſer Richtung einen violetten Stral empfangen, welcher von einem andern einfallenden Stral Si, der gleichfalls vom Gegenſtand S hergekommen iſt, herrührt: und eben ſo wie das erſte, aus SI hervorgegangene, Bündel ihm nur einen rothen Stral IR zukommen ließ, wird das, von Si ausgegangene, Bündel ihm blos den violetten Stral i'O zuſenden. Andre, zwiſchen SI und Si einfallende, Stralen aber werden ihm die Zwiſchennuancen zuſchicken; ſo daß er mithin die Wahrnehmung aller Farben des Spectrums empfangen wird, gerade ſo, als wenn er auf einem weißen Papierblatt das ganze gebrochene Bündel RI'V aufgefangen hätte. Nur werden die Stralen, welche das ſtärkſte Brechungsvermögen beſitzen, ihm immer am meiſten von ihrer urſprünglichen Richtung abgelenkt erſcheinen, mithin am entfernteſten von der Grundfläche BC des Prisma's; und dies Merkmal, nach welchem er die Anordnung der Farben wird beſtimmen können, wird ihm zugleich ein Zeichen ihres größern oder geringern Brechungsvermögens abgeben.

Dieſe, obwohl ſehr einfache, Bemerkung, verdient deſſen ungeachtet eine beſondere Beachtung; indem ſie in ſehr vielen Fällen ihre Anwendung findet, wo man aus der Stelle, welche die Farben im Spectrum einnehmen, auf die größere oder geringere Brechung, die ſie erlitten haben, ſchließen muß.

Beſtimmung des Brechungsverhältniſſes in den tropfbaren Flüſſigkeiten.

Die eben auseinandergeſetzte Methode würde eben ſo gut ihre Anwendung auf die tropfbar flüſſigen Subſtanzen finden, wenn ſich Prismen daraus bilden ließen. Dies aber iſt ſehr leicht dadurch zu bewerkſtelligen, daß man ſie in prismatiſche Gefäße faßt, deren Wände aus ebenen und parallelflächigen Spiegelgläſern beſtehen. Denn da ſolche Gläſer die endliche Richtung der hindurchgehenden Stralen ungeändert laſſen, ſo rührt die erfolgende Brechung, welche man beobachtet, ganz und gar von der Flüſſigkeit her. Auch bringen ſolche Gefäße, wenn ſie leer ſind, keine merkliche Verrückung der Bilder der Gegenſtände hervor, wenigſtens wenn die Spiegelgläſer gut gearbeitet ſind, und der leuchtende Punct ſich im Verhältniß zu ihrer Dicke in einer ſehr großen Entfernung befindet.

Um aber dieſe Gläſer zuſammenzufügen, und ein Gefäß daraus zu bilden, welches Flüſſigkeiten zu enthalten vermag, muß man ſie an einander befeſtigen oder ſie zuſammenkitten. Durch bloße Befeſtigung mittelſt Schrauben vermag die Flüſſigkeit ſchwer inne gehalten zu werden. Kittet man aber die Gläſer zuſammen, ſo wird der Kitt von der Flüſſigkeit angegriffen werden, und die Brechung dadurch Einfluß erleiden können. In noch größere Verlegenheit kommt man, wenn man flüchtige Flüſſigkeiten, wie Ammonium, weſentliche Oele und viele Säuren, beobachten will. Glücklicherweiſe laſſen ſich alle dieſe Schwierigkeiten durch eine Verfahrungsart umgehen, welche von Cauchoix und mir erfunden worden iſt, und eine ganz einfache Abhülfe darbietet.

Man nimmt zuvörderſt eine rechteckige Glasplatte, von ungefähr einem Centimeter Dicke und vier bis fünf Breite. Es kommt nicht viel darauf an, ob das Glas rein oder unrein, durchſichtig oder undurchſichtig iſt. Man durchbohrt die Platte in ihrer Mitte, ſo daß ein cylindriſcher Canal von ungefähr zwei Centimeter im Durchmeſſer darin entſteht, ſchneidet ſie dann vollends prismatiſch zu, wie Fig. 33 Taf. XIV darſtellt,*) und trägt Sorge, daß ihre beiden (durchbohrten) Flächen recht eben und polirt ſind. Legt man nun auf dieſe Flächen Spiegelplatten, die ebenfalls eben ſind, ſo bleiben dieſe, bei Anwendung eines leichten Drucks, von ſelbſt daran haften, vermöge der Anziehungskraft auf kleine Weiten, von der wir, als von der Capillarität die Rede war, ausführlicher geſprochen haben. Auf dieſe Weiſe erhält man ein wahres hohles Glasprisma ohne Kitt, worin man alle mögliche Flüſſigkeiten einſchließen kann, ohne eine chemiſche Veränderung derſelben fürchten zu dürfen.

---

*) Die obere Fläche, wo der Stöpſel eingeſetzt iſt, iſt nämlich breiter, als die untere, was in der Figur nicht gut hervortritt; oder auch: die Figur ſtellt ein dreiſeitiges Prisma dar, deſſen brechender Winkel unten aber abgeſchnitten iſt.

Um dieſe Flüſſigkeiten mit Leichtigkeit einbringen zu können, ohne nöthig zu haben, die Spiegelplatten jedesmal loszumachen, bringt man in der Dicke des Prisma's einen Canal ab an, der durch einen, mit Schmirgel eingeriebenen, Glasſtöpſel verſchloſſen wird; und endlich, um das Anhaften der Spiegelplatten noch mehr zu ſichern, und zu hindern, daß ſie nicht über die feſte Fläche des Prisma's bei den Bewegungen, die man ihnen zu ertheilen genöthigt iſt, hingleiten, hält man ſie durch kupferne Schienen feſt, welche durch Schrauben gegen ihre Oberflächen leicht angedrückt werden.

Unter der Vorausſetzung, daß die gebrauchten Spiegelplatten recht parallele Flächen haben, wird man offenbar in dieſem Apparat ein wahres Flüſſigkeitsprisma haben, durch welches ſich das Brechungsvermögen der Flüſſigkeiten eben ſo beobachten läßt, als wenn es feſte Stoffe wären; ohne daß ſie eine chemiſche Veränderung dabei erleiden. Man legt es auf das Goniometer, Fig. 31, oder bringt es ſonſt an Apparate an, die zur Meſſung der Brechung dienen können; und beobachtet die Ablenkung der Lichtſtralen darin, wie in einem feſten Prisma, indem man blos Sorge trägt, daß ſie durch die Höhle hindurchgehen, worin die Flüſſigkeit enthalten iſt.

Beſtimmung des Brechungsverhältniſſes der luftförmigen Stoffe.

Das Brechungsvermögen der Gasarten wird auf die nämliche Weiſe, als das der tropfbaren Flüſſigkeiten beobachtet; indem man ſie nämlich in prismatiſche Gefäße einſchließt, die durch parallelflächige Spiegelplatten geſchloſſen ſind. Doch macht der gasförmige Zuſtand hiebei einige Abänderungen nöthig.

Die Gaſe beſitzen eine weit geringere Dichtigkeit, als die feſten und tropfbar flüſſigen Körper; ihr Brechungsvermögen iſt bei gleichem Winkel (des aus ihnen gebildeten Luftprisma's) weit ſchwächer. Um es bemerklich zu machen, muß man daher den brechenden Winkel des Prisma's, mit dem man die Beobachtung vornimmt, ſehr groß einrichten. Borda hatte ſich eins verfertigen laſſen, deſſen Winkel 143° 7′ 28″ betrug. Es iſt das nämliche, mit dem wir, Arago und ich, eine Reihe Verſuche über das Brechungsvermögen der verſchiednen Gasarten anſtellten, die ich im Auszuge in meinem größern Werke mitgetheilt habe. Es beſteht aus einer dicken cylindriſchen Glasröhre, Fig. 34, deren beide Enden A, B prismatiſch*) zugeſchnitten und durch parallelflächige Spiegelplatten verſchloſſen ſind, die man ſorgſam damit verkittet hat. Die Röhre iſt unten durchbohrt, und mit einem Hahn R verſehen, der an eine Luftpumpe oder auf Recipienten angefügt werden kann, wodurch man in den Stand geſetzt wird, das Prisma luftleer zu machen und die zu beobachtenden Gasarten hineinzubringen. Ich habe ſchon angegeben, daß die Brechung für eine und dieſelbe Subſtanz bei veränderter Dichtigkeit derſelben ſich nicht gleich bleibt: nun ändert ſich dieſe bei den Gasarten in ſehr beträchtlichem Verhältniß, je nachdem Druck und Temperatur verſchieden werden. Um alle Verſuche auf vergleichbare Beſtimmungen zurückzuführen, muß man daher dieſe beiden Elemente beobachten.

Um den Druck zu meſſen, fügt man an das Prisma eine verticale Röhre TV, welche mit ſeinem Innern Gemeinſchaft hat, und ein Heberbarometer in ſich ſchließt, deſſen offener Schenkel hinreichend lang iſt, daß das Queckſilber darin bei bewirkter Luftleere im Prisma mit dem Queckſilber im andern Schenkel ins Niveau kommen kann. Die Höhe, in welcher das Queckſilber dieſes Barometers durch das inwendige Gas erhalten wird, mißt den Druck. Um zur Kenntniß der Temperatur zu gelangen, könnte man auch in das Prisma ein kleines Thermometer einſenken; allein es würde erforderlich ſeyn, daſſelbe in der Mitte ſeines Innenraums anzubringen, was ein Hinderniß für das Sehen abgeben würde. Zweckmäßiger iſt es daher, zwei ſehr empfindliche Thermometer auswendig am Prisma und ganz nahe an ſeinen Flächen, oder ſelbſt in Berührung damit, aufzuhängen. Die Temperatur dieſer Flächen, wie ſie vom Thermometer angegeben wird, läßt ſich ohne merklichen Irrthum für die der Gasart, welche die Flächen inwendig, ſo wie der Luft, welche ſie auswendig berührt, annehmen; da man weiß, mit welcher außerordentlichen Leichtigkeit die Gasarten ſich mit der Temperatur der umgebenden Körper gleich ſetzen. Ueberdies wendet man alle mögliche Vorſicht an, daß die Temperatur am Orte des Verſuchs wenig Abänderungen erleide, und daß insbeſondre dieſe nur langſam erfolgen können.

Dies Prisma iſt auf einem, auf ſeiner Länge ſenkrechten, Fuße angebracht, der es in einer horizontalen Lage hält. Der Ort der Beobachtung und der Gegenſtand, welcher als Signal dient, müſſen ſo gewählt ſeyn, daß beide in der nämlichen Horizontalebene liegen, welche durch die Mitte des Prisma's geht. Man beobachtet die Ablenkung mittelſt eines Vervielfältigungskreiſes, deſſen Rand man auch in die nämliche Ebene ſtellt, erſt annäherungsweiſe, dann genau, durch Erfüllung der Bedingung, daß, wenn das obere Fernrohr ſeines Randes erſt nach dem direct geſehenen Gegenſtande, dann nach dem gebrochenen Bilde gerichtet wird, beide ſich immer auf dem nämlichen, im Innern des Rohrs horizontal ausgeſpannten, Faden befinden. Um ſich von dieſer Horizontalität der Fäden überzeugen zu können, iſt es gut, wenn das Signal an einer der Flächen eines großen Gebäudes befindlich iſt, welches vermöge ſeiner Bauart lange Horizontallinien darbietet, nach welchen man ſich richten kann. Dann wird man keinen beſſern Viſirpunct wählen können, als einen verticalen Blitzableiter, der ſich als eine ſchwarze Linie an das Himmelsgewölbe projicirt.

---

*) Der Verfaſſer meint hiemit, ſchief gegen die Axe des Cylinders; der brechende Winkel würde der ſeyn, unter welchem die Flächen A und B verlängert zuſammenſtießen.

Hier, wie bei den feſten und tropfbaren flüſſigen Körpern, ſtellt man die Beobachtung immer ſo an, daß man das obere Fernrohr des Kreiſes abwechſelnd auf den directen Gegenſtand und das gebrochene Bild richtet, um den Ablenkungswinkel zu meſſen. Da aber die, durch die gasförmigen Subſtanzen hervorgebrachte, Ablenkung immer ausnehmend gering iſt, ſelbſt bei dem großen Prisma, deſſen wir uns bedienten, ſo muß man, um ihren Werth mit Genauigkeit zu erhalten, die Beobachtungen vervielfältigen und ein Mittel finden, die nach einander erhaltenen Reſultate derſelben zu einander zu fügen, damit die zwiſchen ſie fallenden Irrthümer ſich ausgleichen. Hiezu gelangt man durch eine Methode der Wiederholung, die ich in meinem größern Werke beſchrieben habe, und welche ſich hauptſächlich auf das abwechſelnde Umkehren des Prisma's von Rechts nach Links und von Links nach Rechts gründet, ſo daß man die Beobachtungen ſucceſſiv mit dem nämlichen Fernrohr in dieſen beiden Lagen anſtellt, wie Fig. 35 erläutert.

Zunächſt wird man die Brechung der atmoſphäriſchen Luft zu unterſuchen haben. Zu dieſem Zweck entfernt man die Luft aus dem Prisma mittelſt der Luftpumpe. Hiedurch erhält man zwar keine vollkommene Leere; wenn jedoch die Dichtigkeit der inwendigen Luft ausnehmend vermindert iſt, ſo daß ſie die Barometerſäule nur noch bis zu einer Höhe von einigen Millimetern zu tragen vermag, ſo beobachtet man dieſe Höhe, und zieht ſie mit in Rechnung. Man hat alſo auf dieſe Weiſe ein luftleeres, oder beinahe luftleeres, Prisma, eingetaucht in die atmoſphäriſche Luft: die Lichtſtralen müſſen alſo, wenn ſie in daſſelbe eindringen, eine Ablenkung erfahren, bedingt durch den Ueberſchuß der brechenden Kraft der äußern Luft; und dem iſt in der That ſo. Wenn das obere Fernrohr des Kreiſes erſt unmittelbar auf das Signal durch die Luft hindurch gerichtet wird, und man dann das Prisma dazwiſchen bringt, ſo zeigt ſich das Bild bedeutend verrückt. Stellt man das Fernrohr wieder auf den Viſirpunct, indem man den Rand in Bewegung ſetzt, und kehrt das Prisma Punct für Punct um, ſo wird die Ablenkung ſo wie die Verrückung des Signals verdoppelt. Bei unſern Verſuchen z. B. befand ſich das Prisma in einem der Zimmer des Schloſſes Luxemburg, dem Obſervatorium gegenüber, deſſen Blitzableiter uns zum Viſiren dienten. Das Umkehren des Prisma's verſetzte den Faden des Fernrohrs von einem Ende des Gebäudes zum andern; oder richtiger geſprochen, während das Fernrohr unverrückt blieb, ſchien ſich das Gebäude um dieſe ganze Weite von der rechten nach der linken Seite des Fadens zu verrücken. Uebrigens zeigte ſich keine merkliche Zerſtreuung dabei, obſchon ohne Zweifel eine ſolche entſtand, nur daß ſie zu ſchwach war, um beobachtet zu werden.

Um die Brechung der Luft von verſchiednen Dichtigkeiten zu beobachten, verfährt man auf die nämliche Art: nur muß man die Luft blos bis zu der Gränze entleeren, für welche die Beobachtung angeſtellt werden ſoll und welche vom inwendigen Barometer angegeben wird.

Will man Unterſuchungen über andre Gasarten als die atmoſphäriſche Luft anſtellen, ſo muß man erſt das Prisma von dieſer ſo weit als möglich entleeren, die Dichtigkeit des noch übrig gebliebenen Rückſtands derſelben beobachten, und dann die Gasart hineinbringen. Dies bewerkſtelligt man über einer pneumatiſchen Wanne mit Waſſer, oder mit Queckſilber, wenn das Gas ſich im Waſſer aufzulöſen vermag. Das Prisma und die Glocke, welche das Gas enthält, müſſen, wie bei der Wägung der Gasarten, mit einander durch einen doppelten Hahn in Verbindung ſtehen, um zu verhüten, daß keine Waſſerblaſen in den Hals des Inſtruments mit hineingeriſſen werden können.

Um im Prisma eine trockne Leere oder trockne Gasarten zu erhalten, müßte man in die Glasröhre, welche über ihr aufgeſetzt iſt, eine gewiſſe Menge kauſtiſchen Kali's einbringen, welche alle Feuchtigkeit einzuſaugen vermöchte. Dieſe wirkt im leeren Raum ſchnell und verſchluckt die Feuchtigkeit augenblicklich; in der atmoſphäriſchen Luft oder andern Gasarten aber bedarf es einer gewiſſen Zeit, daß die Dünſte ſich niederſchlagen und mit dem Alkali verbinden. Wollte man hingegen das Brechungsvermögen der Waſſerdünſte beobachten, ſo hätte man alle mögliche Mittel anzuwenden, um die Luft an dem Beobachtungsorte feucht zu machen, indem man Waſſer daſelbſt verbreitete, feuchte Tücher aufhinge, und vornämlich die Temperatur erhöhte; man dürfte aber dieſe Dünſte nicht in das Prisma hineinbringen;

denn durch Niederſchlagen an ſeinen Flächen würden ſie das Sehen ſtören.

In allem Bisherigen haben wir vorausgeſetzt, daß die beiden Oberflächen jeder der Spiegelplatten, welche das Prisma zu verſchließen dienen, genau mit einander parallel wären. Es läßt ſich annehmen, daß man durch ſorgfältige Bearbeitung des Glaſes ſich der Erfüllung dieſer Bedingung ſehr annähern kann; allein ſehr wenig Wahrſcheinlichkeit iſt vorhanden, daß ihr in aller Strenge Genüge geſchehen wird. Da nun das Glas ein ſehr kräftiges, die Luft aber nur ein ſehr ſchwaches Brechungsvermögen beſitzt, ſo muß begreiflich von einem Irrthum dieſer Art, vermöge ſeines großen Einfluſſes auf die Ergebniſſe, viel zu fürchten ſeyn. Um die Größe dieſes Einfluſſes zu beſtimmen, öffne man den Hahn des Prisma's oder nehme auch die darüberſtehende Röhre ab, um der äußern Luft einen freien Zutritt dazu zu verſchaffen. Darauf beobachte man die Ablenkung unter dieſen Umſtänden auf die nämliche Art, wie man mit dem leeren oder mit einer Gasart gefüllten Prisma verfahren würde. Sind die Oberflächen der Spiegelplatten einander genau parallel, ſo wird das Signal durch Umkehren des Prisma's keine Verrückung erfahren dürfen, weil die Luft, die ſich innerhalb des Prisma's befindet, mit der außerhalb deſſelben befindlichen, vollkommen gleichartig und von gleicher Dichtigkeit iſt. Zeigt ſich aber eine Ablenkung, ſo wird ſie nur Folge eines mangelnden Parallelismus ſeyn können, und man wird die Größe derſelben mit ihrem Vorzeichen zu allen andern Beobachtungen hinzuzufügen haben: denn es verhält ſich hiemit, wie mit allen ſehr kleinen Größen, deren partielle Wirkungen ſich in der Geſammtwirkung nur zu einander hinzufügen.

Nachdem nun Alles erörtert worden iſt, was die Einrichtung der Apparate und die Art, die Beobachtungen anzuſtellen, betrifft, bleibt blos übrig, die Brechungsverhältniſſe der atmoſphäriſchen und andern Luftarten daraus herzuleiten; wozu es blos noch der Rechnung bedarf. In meinem größern Werke findet man man alle, hierauf bezügliche, Formeln angegeben.

Von den ſphäriſchen Linſen.

Die Methoden, die wir zur Berechnung der Ablenkung, welche die Lichtſtralen beim Hindurchgehen durch Prismen, die von ebenen Oberflächen begränzt ſind, erfahren, laſſen eine Anwendung auf den allgemeinen Fall zu, wo das brechende Mittel durch beliebig gekrümmte Oberflächen begränzt iſt. Denn hier, wie bei der Zurückwerfung des Lichts, laſſen ſich die Stralen als gerade mathematiſche Linien betrachten, deren Brechung auf jedem Punct einer Oberfläche gerade ſo vor ſich geht, wie ſie auf der Berührungsebene dieſes Punctes vor ſich gehen würde. Man braucht alſo nur die Lage dieſer Ebene für jeden Einfallspunct zu berechnen, um die Ablenkung beſtimmen zu können, die der Lichtſtral daſelbſt erfahren muß, eine Berechnung, die ſich bei gegebener Geſtalt der Oberfläche immer ausführen läßt.

Für die gewöhnlichen Anwendungen der Optik iſt es keinesweges nöthig, ſich bis zu dieſer Allgemeinheit zu erheben; denn hier bedient man ſich immer nur ſphäriſcher Gläſer (das ſind ſolche, deren Oberflächen Theile einer Kugeloberfläche ſind), weil dies die einzigen ſind, die ſich mit Genauigkeit und Leichtigkeit verfertigen laſſen. Wir werden uns alſo auf eine nähere Betrachtung und Berechnung der Brechung, welche durch dieſe Gläſer hervorgebracht wird, beſchränken können. Um dies auf die möglichſt einfache Weiſe zu thun und zugleich auch, um eine gehörige Einſicht in die Reſultate zu erlangen, auf welche uns unſre Unterſuchungen führen können, wird es zuvörderſt nöthig ſeyn, uns mit dieſer Art Gläſer und ihren hauptſächlichſten Eigenſchaften im Allgemeinen bekannt zu machen.

Denkt man ſich eine gerade Linie oder **Axe** durch die Mitte zweier ſphäriſchen Oberflächen, welche ein ſolches Glas begränzen, gezogen, und legt dann eine ſchneidende Ebene durch dieſe Axe, ſo erhält man das **Profil** des Glaſes, welches, je nach der verſchiednen Richtung der Krümmung, die ſich den beiden Oberflächen geben läßt, nothwendigerweiſe eine der, von Fig. 36 bis 41 vorgeſtellten, Geſtalten haben wird. Dieſe verſchiedne Geſtalten unterſcheidet man durch gewiſſe, allgemein angenommene, Benennungen.

1) **Doppelt convexes, biconvexes oder convex-convexes Glas.** Fig. 36. Vermöge der Aehnlichkeit, welche dieſes Glas mit einer Linſe zeigt, hat man ihr den Namen derſelben gegeben, und dieſen nachher auch auf alle andern ſphäriſchen Gläſer übergetragen.

2) **Plan-convex,** Fig. 37. Die Concavität oder Convexität wird immer in Bezug auf Gegenſtände, welche außerhalb des Glaſes liegen, betrachtet.

3) **Concav-convex,** Fig. 38 und 39. Dieſe beiden Geſtalten unterſcheiden ſich darin von einander, daß die erſte dünner am Rande als in der Mitte, die zweite umgekehrt dünner in der Mitte als am Rande iſt. Wir werden bald die Eigenthümlichkeiten kennen lernen, welche aus dieſen verſchiednen Verhältniſſen hervorgehen.

4) **Plan-concav**, Fig. 40.

5) **Doppelt-concav** oder **concav-concav**, Fig. 41.*) Alle dieſe verſchieden geſtalteten Gläſer kommen darin überein, daß die Berührungsebenen an den beiden ſphäriſchen Oberflächen, die ihre Begränzung abgeben, erſt an den Puncten A_1 A_2, wo die Axe durch die Linſe geht, unter einander parallel ſind; und daß von da bis zu den Rändern des Glaſes der Winkel, den beide Berührungsebenen mit einander machen, immer mehr zunimmt, ſymmetriſch zu jeder Seite der Axe. Ein Lichtſtral, der durch ein ſolches Glas hindurchgeht, wird gerade ſo gebrochen, wie in einem Prisma, welches durch die beiden Berührungsebenen gebildet wäre, die an den Einfallspunct und den Austrittspunct gelegt werden. Jede ſphäriſche Linſe, wie ſie auch immer geſtaltet ſeyn mag, läßt ſich demnach als eine Verbindung ſolcher Prismen oder als ein Prisma mit veränderlicher Oeffnung anſehen, deſſen brechender Winkel erſt auf die Axe A_1 A_2 der Linſe null iſt, und dann bis zu ihren Rändern zunimmt.

Hienach laſſen ſich alle ſphäriſchen Gläſer von den oben beſchriebenen verſchiednen Geſtalten in zwei Claſſen theilen, je nachdem die Baſis oder die Spitze der brechenden Prismen nach der Axe A_1 A_2 der Linſe zugekehrt iſt. Die erſte Claſſe wird die Fig. 36, 37, 38, die andre die Fig. 39, 40, 41 unter ſich befaſſen.

Es iſt leicht einzuſehen, welchen Einfluß dieſe verſchiedne Anordnung der Prismen auf den Gang der Lichtſtralen haben muß. Denn denkt man ſich ein Bündel Stralen unter ſich und mit der Axe A_1 A_2 der Linſen parallel einfallend, ſo iſt klar, daß alle Linſen der erſten Gattung dieſe Stralen nach der Axe A_1 A_2 zu brechen werden, während die der zweiten dagegen ſie davon ablenken müſſen. Somit werden die erſten eine Convergenz der einfallenden Lichtſtralen, die andern eine Divergenz derſelben bewirken. Man nennt daher auch die erſten **Sammlungs-** oder **Collectivgläſer** (verres convergens); die zweiten **Zerſtreuungsgläſer** (verres divergens).

Wir wollen jetzt die Art. wie dieſe Erſcheinungen erfolgen, näher ins Auge faſſen, und zuvörderſt die erſte Art Linſen betrachten, deren allgemeine Grundform in Fig. 42 dargeſtellt iſt. Unter der Menge Stralen, aus welchen das, mit der Axe A_1 A_2 parallel einfallende, Bündel beſteht, giebt es einen SA_1, der mit der Axe ſelbſt zuſammenfällt. Dieſer ſchneidet die Oberflächen der Linſe an den Puncten, wo ſie parallel ſind; und ſein Einfallen und Austreten geſchieht überdieß ſenkrecht auf dieſe beiden Oberflächen. Er erleidet alſo nicht die

---

*) Die drei letzten begreift man auch unter dem Namen der **hohlen Linſen** oder **Hohlgläſer**.

mindeſte Ablenkung und geht unter Beibehaltung ſeiner urſprünglichen Richtung $SA_1\ A_2\ F$ hindurch. Nicht ſo aber verhält es ſich hinſichtlich der, in einer kleinen Entfernung von der Axe einfallenden, Stralen. Dieſe erleiden eine Brechung, welche allerdings nur ſehr klein iſt, weil der brechende Winkel des Prisma, durch den ſie gebeugt werden, nicht bedeutend iſt. Sie werden alſo den erſten Stral irgendwo in F ſchneiden. In dem Maße, als die Stralen entfernter voh der Axe einfallen, nimmt die Ablenkung, die ſie erleiden, zu. Sie ſchneiden ſich alſo ſucceſſiv einander in $F_1\ F_2$ . . . . , und die Geſammtheit aller dieſer Durchſchnittspuncte, die ſich einander als unendlich genähert anſehen laſſen, bildet im Allgemeinen zwei Arme einer Curve, die im Punct F anfangen, wo ſich die, ganz nahe an der Axe einfallenden, Stralen ſchneiden, und ſich in F_2 endigen, auf der Verlängerung des letzten Strals, der am äußerſten Rande durch die Linſe hindurchgeht. Dieſe Curven werden Brennlinien (curvae causticae, courbes caustiques) genannt. Wenn aber die Oberflächen der Linſe nur eine ſehr kleine Anzahl Grade von den Kugeln befaſſen, nach denen ſie gearbeitet ſind, ſo ſammeln ſich zufolge der Erfahrung weit mehr Stralen im Punct F, als in jedem andern: ſo daß die Curve $FF_1\ F_2$ ſich alsdann faſt ganz darin concentrirt. Auch giebt man dieſem Puncte den Namen des Hauptbrennpuncts. Man findet bei allen Linſen, daß ſich ſein Abſtand nicht merklich ändert, mag man ſie mit der einen oder der andern Fläche den einfallenden Stralen darbieten.

Wendet man die nämlichen Schlußfolgen auf die hohlen Linſen an, deren allgemeine Grundform in Fig. 43 dargeſtellt iſt, ſo wird ſich ergeben, daß auch ſie zwei Arme einer Curve F*) $F_1\ F_2$ erzeugen müſſen, die eben ſo ſymmetriſch über und unter der Axe ſind; allein der Hauptbrennpunct F der nahe an der Axe einfallenden Stralen kommt auf der nämlichen Seite von der Linſe, als die einfallenden Stralen, zu liegen, ſo daß keine wirkliche Concentration von Licht an dieſem Puncte Statt hat, eben ſo wenig, als auf irgend einem andern Puncte der Curve der Durchſchnitte. Dieſe Curve bezeichnet hier blos den Ort, wo die Richtungen der austretenden Stralen, in der Vorſtellung verlängert, zuſammentreffen.

In allen bisher betrachteten Figuren ſind die Linſen als vollkommen ſymmetriſch um die Axe $A_1\ A_2$ vorgeſtellt, ſo daß dieſe Axe auch die Mitte des äußern Umkreiſes der Figur enthält. Wenn dies Statt hat, ſagt man, das Glas ſey richtig centrirt, eine Bedingung, die ſehr wichtig für die Anwendung iſt, wie ſich bald zeigen wird. Wenn ſie nicht erfüllt iſt, ſo muß die Linſe an ihren Rändern nothwendig von ungleicher Dicke ſeyn, wie Fig. 44 zeigt, in welcher A_1 A_2 die wahre gemeinſchaftliche Axe beider ſphäriſchen Oberflächen iſt, während B_1 B_2 die ſcheinbare Axe darſtellt, die durch die Mitte der beiden Kreiſe gezogen iſt, welche den äußern Umkreis des Glaſes bilden.

---

*) Das F in der Figur ſteht etwas zu tief.

Es folgt hieraus, daß die hohlen Linſen nothwendig centrirt ſind, wenn ſie ſchneidende Ränder haben; denn ihre Dicke an dieſen Rändern iſt dann null, mithin allenthalben gleich. Wenn wir übrigens die Kenntniß erlangt haben werden, wie ſich durch Erfahrung die Lage der Brennpuncte beſtimmen läßt, ſo werden wir finden, daß man hieran ein ſehr genaues Mittel hat, die Centricität in jeder Art von Linſen zu prüfen.

Aus dem, was wir oben über die Bildung der Brennlinien geſagt haben, wird man einſehen, daß die Concentration der Stralen durch Linſen, wie durch Spiegel, immer um ſo genauer erfolgen wird, je näher an der Axe derſelben ſie einfallen; auch wird es bei optiſchen Inſtrumenten oft erforderlich, die Ränder der Linſen und einen Theil ihrer Oberfläche mit undurchſichtigen kreisförmigen Ringen zu bedecken, die man Blendungen (diaphragmes) nennt. Die Lichtſtralen fallen alsdann nur noch auf den mittlern kreisförmigen Theil der Oberfläche, welcher unbedeckt geblieben iſt, und den man die Apertur oder Oeffnung des Glaſes (ouverture du verre) nennt.

Im Allgemeinen giebt man den Linſen zu optiſchen Anwendungen, welche Genauigkeit erfordern, immer nur ſehr kleine Oeffnungen im Verhältniß zu den Halbmeſſern ihrer Krümmung, und läßt nur Lichtſtralen hineinfallen, welche ſehr wenig gegen die Axe, die die Mitten ihrer Oberflächen verbindet, geneigt ſind. Dies ſind die einzigen Mittel, ein deutliches und beſtimmtes Sehen möglich zu machen. Die Folge hievon iſt, daß die Bündel ſowohl bei ihrem Einfallen, als ihrem Austreten die Oberflächen der Linſe faſt ſenkrecht ſchneiden; welches eine geringere Ablenkung derſelben mit ſich bringt, und die Berechnungen, durch die ſich dieſe beſtimmen läßt, ausnehmend erleichtert.

Um dieſe Einrichtung auf geometriſche Beſtimmungen zurückzuführen, wollen wir zuerſt einen einzigen ſtralenden Punct S, Fig. 45, in Betracht ziehen, der ſich vor der erſten Oberfläche eines ſphäriſchen Glaſes befindet. Durch dieſen Punct und die Axe des Glaſes legen wir eine Ebene, welche einen Profilſchnitt $A_1 A_2$ MM des Glaſes hervorbringt. Immer müſſen wir annehmen, daß die, vom Punct S ausgehenden, Stralen während ihres ganzen Laufs ſehr wenig gegen die Axe $A_1 A_2$ X geneigt ſind, und daß ihre Einfalls- und Austrittspuncte I_1 I_2 ſich im Verhältniß zu den Halbmeſſern der beiden Kugeln, aus deren Abſchnitten das Glas gebildet iſt, in ſehr geringer Entfernung von dieſer Axe befinden.

Wenn mehrere ſphäriſche Linſen auf der nämlichen Axe als die erſte angebracht ſind, ſo daß das, vom Punct S ausgegangene, Bündel ſucceſſiv durch ſie hindurchgehen muß, ſo erhellt, daß diejenigen der einfallenden Stralen, welche in der Ebene der Figur begriffen ſind, immer darin verbleiben werden, weil dieſelbe ſenkrecht auf allen Oberflächen iſt, durch welche die Stralen hindurchzugehen haben. Die Stralen aber, welche oberhalb oder unterhalb dieſer Ebene*) weggehen, werden ſucceſſiv in verſchiedne Einfalls- und Brechungsebenen übergehen, welches die Berechnung ihres Laufs erſchweren zu müſſen ſcheint. Glücklicherweiſe bedarf es dieſer Berechnung gar nicht, wenn die Einfalls- und Austrittswinkel klein ſind, wie man immer bei den optiſchen Inſtrumenten vorausſetzen muß; denn der Brennpunct für dieſe Stralen weicht dann nicht merklich von dem der andern ab, ſo daß es hinreicht, die erſten zu verfolgen, um den Ort zu finden, wo das Bild jedes ſtralenden Puncts entſteht. Hienach werden wir blos noch den Gang der Stralen in Betracht zu ziehen haben, welche in der Ebene begriffen ſind, die durch den ſtralenden Punct und die gemeinſchaftliche Axe aller Linſen gelegt wird.

Hier, wie bei den ſphäriſchen Spiegeln, laſſen ſich alle Beſtimmungen aus der Hauptbrennweite herleiten, und zwar nach der nämlichen Methode. Dieſe Brennweite muß man alſo zunächſt kennen lernen, was keine Schwierigkeit hat, wenn man die Krümmungshalbmeſſer beider Oberflächen der Linſe und das Brechungsverhältniß der Subſtanz, aus der ſie beſteht, kennt. Die Brennweite iſt gleich dem Product dieſer beiden Halbmeſſer, dividirt durch ihren Unterſchied und durch das, um die Einheit verminderte, Brechungsverhältniß. Hiebei iſt vorausgeſetzt, daß die Krümmungen nach der nämlichen Richtung gekehrt ſind, Fig. 38 und 39. Sind die Oberflächen nach entgegengeſetzter Richtung gekrümmt, Fig. 38 und 41, ſo muß man die Summe der Halbmeſſer, anſtatt ihres Unterſchiedes nehmen.

Mittelſt dieſer Angabe läßt ſich leicht der Brennpunct**) jedes beliebigen, in der Axe oder außer der Axe gelegenen, ſtralenden

---

*) Wenn man ſich nämlich den Profildurchſchnitt horizontal liegend denkt.

**) Gewöhnlich bedient man ſich der Benennungen Brennpunct und Brennweite nur in Bezug auf die unter ſich und mit der Axe parallel einfallenden Stralen, ſchlechthin alſo anſtatt Hauptbrennpunct und Hauptbrennweite. Dagegen in Fig. 46 und 47, wo Stralen, die von einem in endlicher Ferne von der Linſe gelegenen Punct S ausgehen, mithin nicht parallel auf die Linſe auffallen, heißt der Ort f ihres Wiederzuſammeintreffens Vereinigungspunct, wenn, wie bei den Concavgläſern, Fig. 46, Puncts finden. Mag z. B. dieſer Punct S ſeyn, Fig. 46 und 47, und M AA_1 M der Profilſchnitt der Linſe, den ich durch eine einfache Linie darſtelle, um anzudeuten, daß er ſehr dünn iſt. Durch den Punct S wollen wir erſt den Stral SI parallel mit der Axe AA_1 X einfallen laſſen; derſelbe wird nach zweimaliger Brechung zum Hauptbrennpunct F gelangen; ſo daß IF die Richtung des Strals bei ſeinem Austritt ſeyn wird Jetzt falle ein andrer Stral SA in der Richtung nach der Mitte der Figur der Linſe ein. Dieſer wird ohne Ablenkung zu erleiden hindurchgehen; denn da die Dicke der Linſe für unendlich klein angenommen iſt, und die beiden Oberflächen in AA_1 für parallel, ſo wirkt die Linſe an dieſer Stelle wie ein unendlich dünnes Planglas. Man braucht alſo nur noch den Stral SA in gerader Linie zu verlängern, bis er den zuerſt betrachteten austretenden Stral in f ſchneidet. Der Punct f wird der gemeinſchaftliche Vereinigungs= oder Zerſtreuungspunct dieſer beiden Stralen ſeyn; ſo wie auch aller der, welche ſonſt noch vom nämlichen ſtralenden Punct S ausgehen. Fig. 46 ſtellt dieſe Conſtruction für ein Sammlungsglas und Fig. 47 für ein Zerſtreuungsglas dar. Nimmt man die Analyſe zu Hülfe, ſo erhält man eine allgemeine Formel, welche zur Beſtimmung der Vereinigungs= oder Zerſtreuungsweite Af und der Lage des Vereinigungs= oder Zerſtreuungspunctes für alle mögliche Krümmungen der Oberflächen und alle Lagen des ſtralenden Puncts dient. Hieraus laſſen ſich dann leicht die Beſtimmungen für die Bilder von Gegenſtänden, welche eine begränzte Dimenſion haben, herleiten; denn man braucht nur die nämliche Conſtruction auf alle Stralenkegel, welche von den verſchiednen Puncten dieſer Gegenſtände ausgehen, anzuwenden. Auf dieſe Weiſe werden ſich die Vereinigungs= oder Zerſtreuungspuncte dieſer ſämmtlichen Kegel finden laſſen, und ihre Geſammtheit wird das Bild des Gegenſtandes darſtellen.[1])

---

darin wirklich eine Wiedervereinigung der Stralen Statt hat; dagegen Zerſtreuungspunct, wenn die Wiedervereinigung darin nur ideal iſt, inſofern nicht die gebrochenen Stralen ſelbſt, ſondern nur ihre rückwärts verlängerten Richtungen darin zuſammenſtoßen. Der Vereinigungspunct liegt in Bezug auf den ſtralenden Punct jenſeit der Linſe, der Zerſtreuungspunct dieſſeits. Der Abſtand des Vereinigungspuncts fA, Fig. 46 von der Mitte der Figur der Linſe heißt die Vereinigungsweite, und entſprechend fA in Fig. 47 die Zerſtreuungsweite.

1) Da die, im Text erwähnte, Formel von ſehr häufigem Gebrauch iſt. ſo will ich ſie hier anführen, wobei ich Fig. 47 zu Grunde gelegt denke. Es heiße Δ der Abſtand AS des ſtralenden Puncts von der Mitte der, als unendlich dünn angenommenen, Linſe; Δ' der Abſtand dieſer Mitte vom Zerſtreuungspunct f, der mit S als auf der nämlichen Seite liegend angenommen wird; r der Krümmungshalbmeſſer der vordern Oberfläche der Linſe, welche

Beſtimmung der Bilder, welche durch Zerſtreuungsgläſer erhalten werden. Gebrauch derſelben zur Abhülfe der Kurzſichtigkeit.

Wir wollen zuvörderſt dieſe Herleitungsart auf die Zerſtreuungsgläſer anwenden. Es ſey MAM Fig. 48 ein ſolches Glas, von deſſen Figur A die Mitte iſt; und der Gegenſtand SS′ befinde ſich vor ſeiner Oberfläche in einem beliebigen Abſtand, der aber doch im Verhältniß zur Größe des Glaſes ſo beſchaffen ſey, daß die Gränzen der Einfallswinkel auf ſeiner Oberfläche unſre Annäherungen nicht überſchreiten. (Der Gegenſtand darf nicht ſo nahe an der Linſe ſeyn, daß die Stralen zu ſehr vom ſenkrechten Einfallen, ſelbſt am Rande, abweichen). Ziehen wir vom Ende S des Gegenſtands die Linie SA zur Mitte der Figur des Glaſes, ſo wird der Kegel einfallender Stralen, welcher vom Punct S ausgeht, dieſe Linie zur Axe haben, und ſein Zerſtreuungspunct ſich irgendwo auf derſelben zur nämlichen Seite der Linſe finden, weil ſie hohl iſt, z. B. in f. Eben ſo wird ſich der

---

auf der Seite des ſtralenden Puncts S liegt, r′ der Krümmungshalbmeſſer der zweiten Oberfläche, deren beider Concavität nach S zugekehrt angenommen wird. Endlich bedeute n das Brechungsverhältniß für die Art Glas, aus dem die Linſe verfertigt iſt. Die Weite Δ′ wird immer durch folgende Beziehung mit Δ verknüpft ſeyn:

$$\frac{1}{\Delta'} = \frac{1}{\Delta} + (n-1)\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r'}\right)$$

In dieſer Formel werden die Halbmeſſer r, r′ als poſitiv angenommen, wenn die Oberflächen, denen ſie angehören, gegen den ſtralenden Punct S concav ſind, wie in Fig. 47. Wäre hingegen eine von ihnen convex gegen dieſen Punct, ſo müßte man ihrem Halbmeſſer das negatice Vorzeichen geben. Eben ſo werden die Weiten Δ, Δ′ für poſitiv angenommen, wenn ſie auf der Seite des ſtralenden Puncts liegen, wie in Fig. 47. Würde alſo eine derſelben, Δ′ z. B, negativ vermöge der Beziehung zu gewiſſen Werthen von Δ, r, r′, ſo wäre dies bedeuten, daß der Punct f auf die entgegengeſetzte Seite der Linſe, mithin jenſeit derſelben, fällt, wie in Fig. 46, nicht dieſſeits, wie in Fig. 47: (daß er mithin ein Vereinigungspunct iſt) dies wird z. B. immer der Fall bei den Sammlungsgläſern ſeyn, wenn Δ unendlich iſt, wodurch $\frac{1}{\Delta}$ null wird. Denn dann wird, nach Fig. 36, 37, 38, der Halbmeſſer r der vordern Oberfläche negativ werden; und, mag nun die andre Oberfläche convex, oder concav ſeyn, $\frac{1}{r} - \frac{1}{r'}$ wird negativ bleiben. Man wird alſo dann haben

$$\Delta' = \frac{r\,r'}{(n-1)\,(r-r')};$$

welches der genaue Ausdruck für die Regel iſt, die im Text zur Berechnung der Hauptbrennweite AF angegeben wurde.

Zerſtreuungspunct des, von S' ausgehenden, Stralenkegels auf $S'A$ befinden, z. B. in ſ′; und da dieſe beiden Zerſtreuungspuncte alle andern zwiſchen ſich faſſen, ſo wird ſſ′ das Bild des Gegenſtandes ſeyn. Man wird dies ſtets aufrecht und kleiner als den Gegenſtand ſelbſt erblicken, weil es zwiſchen den Schenkeln des nämlichen Winkels SAS', als dieſer, enthalten iſt, ſeiner Spitze A aber näher liegt. Die abſolute Entfernung des Bildes von der Linſe wird dabei ſtets kleiner ſeyn, als die Größe der Hauptbrennweite AF, und zwar um ſo kleiner, als ſich der Gegenſtand ſelbſt näher am Glaſe befindet.

Zufolge dieſer Conſtruction iſt der Gang der Lichtſtralen, wenn ſie vom nämlichen Punct S oder S' des Gegenſtandes aus, durch das Glas hindurchgegangen ſind, genau der nämliche, als wenn ſie wirklich vom Punct ſ oder ſ′, der ihnen im Bilde entſpricht, ausgiengen. Befände ſich alſo das Auge eines Beobachters in OO, zur andern Seite des Glaſes, ſo daß er alle dieſe Stralen oder blos einen Theil derſelben empfienge, ſo würde er nicht die Puncte SS', noch die zwiſchen ſie fallenden, erblicken, ſondern blos ihre Bilder ſſ′; und ſein Auge würde ganz den nämlichen Eindruck erhalten, als wenn der Gegenſtand verkleinert und wirklich an die Stelle, wo die Bildung der Zerſtreuungspuncte erfolgt, verſetzt worden wäre. Derſelbe wird ihm alſo aufrecht, verkleinert und genähert erſcheinen. Obwohl indeß die Wahrnehmung, die in ſeinem Auge erfolgt, einzig durch dieſe Umſtände beſtimmt wird, ſo wird doch das Urtheil, was er von der Entfernung und Größe des Gegenſtandes fällt, ganz anders ſeyn können, als in jenen Umſtänden begründet liegt, weil es zugleich noch durch andre Beweggründe beſtimmt werden kann, die von der Richtung der Lichtſtralen ganz unabhängig ſind.

Sich hievon zu überzeugen, nehme man irgend ein Zerſtreuungsglas, z. B. das Ocularglas eines Theaterperſpectivs, welches gewöhnlich doppelt concav iſt; und betrachte dadurch Gegenſtände, die ich erſt als ſehr entfernt in Verhältniß zu ſeiner Brennweite annehmen will. Befindet ſich das Auge in dem rechten Abſtand von der hintern Oberfläche, ſo wird man ein ſehr klares und beſtimmtes Bild dieſer Gegenſtände erblicken. Es wird aufrecht ſeyn, gleich ihnen, und kleiner erſcheinen; anſtatt es aber nahe am Glaſe und im Zerſtreuungspunct ſſ′ anzunehmen, wo es ſich wirklich bildet, wird man es für entfernter, als den Gegenſtand ſelbſt halten. Dies hängt damit zuſammen, daß die Wahrnehmung des Geſichtswinkels und der größern oder geringern Divergenz der Lichtſtralen, die zu uns gelangen, nicht die einzigen Umſtände ſind, nach denen wir die Entfernungen ſchätzen. Wir verbinden damit noch, ohne ſelbſt daran zu denken, die Vorſtellungen, die wir außerdem etwa über die abſoluten Dimenſionen der Gegenſtände haben. Ein Menſch, den wir ſucceſſiv in einer Entfernung von zwanzig, dann von vierzig, dann von ſechzig Meters betrachten, ſcheint uns immer die nämliche abſolute Größe zu haben; obwohl die Stralenbündel, die ihn in dieſen verſchiednen Entfernungen ſichtbar machen, ſich beim Eintritt in unſer Auge unter ſehr verſchiednen Winkeln kreuzen, die ſich unter einander faſt wie 1, ½, ⅓ verhalten; ſo daß, wenn wir unſer Urtheil blos durch die Oeffnungen dieſer Winkel beſtimmen ließen, die ſcheinbaren Größen uns in demſelben Verhältniß abzunehmen ſcheinen würden.

Dieſe unſre Gewohnheit, die Vorſtellung von der abſoluten Größe der Gegenſtände mit der Wahrnehmung des Geſichtswinkels, unter dem ſie uns erſcheinen, zu verbinden, um von ihrer Entfernung zu urtheilen, iſt durch die ſtete Erfahrung unſers Lebens entſtanden, und ſo raſch, als dieſe Wahrnehmung ſelbſt, geworden; oder vielmehr, die Wahrnehmung, die uns zum Bewußtſeyn kommt, wenn wir einen äußern Gegenſtand betrachten, iſt das zuſammengeſetzte Reſultat dieſer beiden Elemente; die unwillkührliche Anwendung aber, die wir davon machen, täuſcht uns beim Hindurchſehen durch Zerſtreuungsgläſer; denn da ſich alsdenn Gegenſtände, die wir eben erſt mit bloßem Auge erblickten, und deren Entfernung und Größe wir ſonach ungefähr ſchätzen konnten, plötzlich unſerm Auge mit weit kleinern Dimenſionen darſtellen, ſo bleiben wir nicht bei dem einfachen Schluſſe ſtehn, daß ihre Bilder ſich verkleinert haben, wir wollen auch ihre Entfernung größer finden; und der Verſtand ſelbſt vermag die Wirkung dieſes Schluſſes nicht aufzuheben, obwohl er theoretiſch ſeine Irrigkeit einſehen kann.

Dieſen Umſtand abgerechnet, bei welchem dem Urtheil unſrer Sinne nicht zu trauen iſt, beſtätigt die Beobachtung vollkommen alle, von der Theorie angegebene, Reſultate; wovon man ſich überzeugen kann, nicht nur, wenn der Gegenſtand ſehr entfernt iſt, wie wir vorhin vorausſetzten, ſondern auch, wenn er ſich allmälig nähert. Käme er jedoch der Linſe ganz nahe, ſo müßte er ſehr klein ſeyn und die brechenden Oberflächen faſt ſenkrecht auf die von ihm ausgehenden Stralen gehalten werden, widrigenfalls die Gränzen der Einfalls- und Austrittswinkel, welche unſere Annäherungen umfaſſen, überſchritten werden würden.

Beim Anſtellen dieſer Verſuche findet man, daß, um ein deutliches Bild zu ſehen, das Auge in eine gewiſſe Entfernung von der Linſe gebracht werden muß, welche im Allgemeinen für jedes Auge verſchieden iſt. Bringt man das Auge in größere Nähe, ſo trübt ſich das Bild und wird verworren. Entfernt man es dagegen mehr vom Glaſe, ſo wird das Bild kleiner und läßt ſich nicht mehr deutlich erblicken. Dies hat ſeinen Grund darin, daß das Auge ſelbſt ein optiſches Inſtrument iſt, welches die Stralen nur dann mit hinlänglicher Genauigkeit zu concentriren vermag, wenn die Winkel, unter denen ſie auf ſeine Oberfläche auffallen, gewiſſe Gränzen nicht überſchreiten; und man kann auf der andern Seite in jener angegebenen Thatſache einen einleuchtenden Beweis für eine ſolche Einrichtung des Auges finden. Geſetzt z. B., der leuchtende Punct S bringe ſein Bild in F, Fig. 49 hervor, und dies Bild erſchiene deutlich, wenn ſich das Auge in OO befindet, ſo wird das Sehen deſſelben durch einen Stralenkegel FOO bewirkt, der die Oberfläche OO der Pupille zur Baſis und den Punct F zur Spitze hat. Kommt das Auge dem Glaſe näher, z. B. bis O′O′, ſo ſchneidet die Pupille einen mehr geöfneten Stralenkegel ab, und die Stralen, wie FO′, welche den äußern Umkreis dieſes Kegels bilden, fallen mithin unter einem beträchtlichern Einfallswinkel auf ihre Oberfläche auf. Wird dieſer Einfallswinkel groß genug, daß nicht mehr alle Stralen vom Auge auf der Retina hinlänglich concentrirt werden, ſo entſteht nothwendig verworrenes Sehen; auch findet man, daß dem wirklich ſo iſt, wenn das Auge der Linſe, und mithin dem Zerſtreuungspunct F, dem gemeinſchaftlichen Mittelpunct der austretenden Stralen, zu nahe kommt. Wenn dagegen das Auge vom Punct, wo das Sehen am deutlichſten iſt, weiter zurücktritt, ſo kommt das Bild, welches immer an der nämlichen Stelle bleibt, in einer größern Entfernung von ihm zu ſtehen, und muß alſo kleiner und ſeinen einzelnen Theilen nach weniger deutlich erſcheinen, wie dies überhaupt bei allen Gegenſtänden, von denen man ſich entfernt, Statt hat: auch beſtätigt dies in der That die Erfahrung.

Dieſe Gränze des Abſtands, in welcher jeder Beobachter ſein Auge zu halten genöthigt iſt, um ſo deutlich als möglich zu ſehen, iſt bei verſchiednem Geſicht verſchieden. Die Perſonen, welche, wie man ſagt, kurzſichtig ſind, müſſen ſich dem Zerſtreuungspunct F mehr nähern; die weitſichtigen dagegen ſich entfernter davon halten. Alles dies findet ſehr leicht ſeine Erklärung darin, daß dieſer Zerſtreuungspunct, von welchem aus die Stralen divergiren, wirklich ganz die Stelle eines, in F befindlichen, Gegenſtandes vertritt. Dieſen zu ſehen nun, muß jeder ſein Auge in die Entfernung bringen, worin er es gewöhnlich hält, um einen Gegenſtand möglichſt deutlich zu erblicken. Gewöhnlich beträgt dieſe Entfernung (Sehweite) acht bis zehn Zoll (210 bis 270 Millimeter), wenn es ſich um deutliches Sehen kleiner Gegenſtände handelt; weit größer aber wird ſie für manche Leute, welche Gegenſtände in einer ſo kleinen Entfernung gar nicht zu unterſcheiden vermögen; dagegen ſie ſich bei andern, die ein ſehr ſchlechtes Geſicht haben, wohl bis auf zwei bis drei Zoll (50 bis 80 Millimeter) verkürzt. Hierauf beruht der Unterſchied zwiſchen *Weitſichtigen* und *Kurzſichtigen*.

Hiermit iſt nicht geſagt, daß das Vermögen deutlich zu ſehen für jedes Auge auf eine einzige Gränze des Abſtandes beſchränkt ſey. Vielmehr beſitzt das Auge eine gewiſſe Fähigkeit, ſich den Entfernungen der Gegenſtände, bis zu einem gewiſſen Grade, anzupaſſen. Will man aber ſeinen Gebrauch über die Gränzen, die ihm in dieſer Hinſicht vorgeſteckt ſind (*Gränzen des deutlichen Sehens*), hinaus ausdehnen, ſo werden die Bilder verworren, und es hat kein vollkommenes Sehen mehr Statt. Auch vermögen ſelbſt die weitſichtigſten Leute gleich den andern die Gegenſtände ihren einzelnen Theilen nach nicht mehr zu unterſcheiden, wenn ſie in zu groſe Entfernung von denſelben kommen. Für Kurzſichtige aber hört das deutliche Erblicken derſelben ſchon in viel geringerer Entfernung auf.

Man kann dieſem Mangel dadurch abhelfen, daß man ein Zerſtreuungsglas zwiſchen die Gegenſtände und das Auge bringt, wie Fig. 40 darſtellt. Denn da ein ſolches Glas den wirklichen Gegenſtänden die, in ihrem Zerſtreuungspunct entſtehenden, Bilder derſelben unterſchiebt, ſo braucht man die Brennweite nur ſo einzurichten, daß ſie der Sehweite des Auges, für welches man das Glas beſtimmt, gleich iſt. Bringt man alsdann das Glas ganz nahe vor das Auge, ſo wird der Kurzſichtige die entfernten Gegenſtände eben ſo deutlich erblicken, als wenn ſie ſich ihm ganz nahe befänden; obwohl er ſie in Gedanken immer wieder in die wirklichen Entfernungen verſetzt, wo er ihre eigentliche Gegenwart annehmen muß. Die nämlichen Gläſer aber wird er, wenigſtens wenn er ſie ganz nahe am Auge anbringt, nicht zum Sehen ſehr naher Gegenſtände gebrauchen können; denn da alsdann die Zerſtreuungspuncte der davon ausgehenden Stralen ſich näher am Glaſe bilden, ſo würden ihre Bilder dem Auge zu nahe kommen, um noch eine deutliche Wahrnehmung ohne Ermüdung dieſes Organs zu geſtatten. Man wird alſo für ſolche Gegenſtände Gläſer von gröſſerer Brennweite anzuwenden haben, oder beſſer, ſich lieber derſelben enthalten; und nur für entfernte Gegenſtände ſich der Hülfe von Hohlgläſern bedienen, indem der Kurzſichtige nahe Gegenſtände ohnehin mit bloſem Auge deutlich erblickt. Es wird ſelbſt von Nutzen ſeyn, wenn die Hauptbrennweite dieſer Gläſer ein wenig die Weite, in der kleine Gegenſtände am deutlichſten erſcheinen, überſchreitet; indem ſich die Augen durch eine ſo groſe Nähe der Bilder bald ermüdet finden würden. Hierauf beruht der Zweck und die Einrichtung der *Brillen* (lunettes), in deren Gebrauch man eine Abhülfe für zu ſchlechtes Geſicht ſucht.

Begreiflich würden Gläſer dieſer Art unvortheilhaft für Weitſichtige ſeyn, die ohnehin ſchon nahe Gegenſtände nicht deutlich zu erkennen vermögen, weil ſie ſich in zu geringer Entfernung von ihrem Auge finden. Denn da der Zerſtreuungspunct der Hohlgläſer dem Auge, das einen Gegenſtand dadurch anſieht, immer näher liegt, als dieſer Gegenſtand ſelbſt, ſo würde für den Weitſichtigen die Schwierigkeit, deutlich zu ſehen, durch den Gebrauch derſelben nur noch erhöht werden. Man muß vielmehr in dieſem Fall ein Mittel ſuchen, die Bilder weiter als den Gegenſtand ſelbſt, von dem ſie herrühren, zurücktreten zu laſſen; und dieſen Zweck erreicht man mittelſt der Sammlungsgläſer, wie ſich aus einer Unterſuchung ihrer Eigenſchaften bald ergeben wird.

Beſtimmung der Bilder, welche durch Collectivgläſer hervorgebracht werden. Gebrauch derſelben zur Abhülfe der Weitſichtigkeit.

Es ſey MAM, Fig. 10., das Glas, welches wir jetzt für convex annehmen, und SS' der Gegenſtand, den ich erſt über die Brennweite der parallelen Stralen hinaus liegend annehmen will. Von ſeinem obern Ende S ziehe man einen Stral SA zur Mitte der Linſe. Dieſer wird die Axe des, vom Punct S ausgehenden, Lichtbündels darſtellen; und, vorausgeſetzt, daß die Linſe ſehr dünn iſt, wird ſich der Vereinigungspunct dieſes Bündels irgendwo auf der Verlängerung von SA, jenſeit der Linſe, etwa in f bilden, wie die allgemeine Conſtruction zeigt. Alle Stralen nun, welche von S ausgehen, werden ſich in dieſem Punct vereinigen, und darauf divergiren, als wenn ſie von einem wirklichen, daſelbſt befindlichen, Gegenſtande ausgingen. Wiederholt man die nämliche Conſtruction für das andere Ende S', ſo wird man ebenfalls ſeinen Vereinigungspunct f' auf der Verlängerung der Axe $S'A$ finden; und nach derſelben Weiſe auch die Vereinigungspuncte aller, zwiſchen S und S' befindlichen, Puncte erhalten. Hiedurch wird in ff' ein umgekehrtes Bild des Gegenſtandes hervorgebracht werden; und wie man ſieht, hängt die Umkehrung davon ab, daß die Vereinigungspuncte jenſeit des Brennungspunctes der Axen der Lichtpinſel zu liegen kommen.

Dies Bild wird ſichtbar werden, wenn man die gebrochenen Stralen auf einem Blatt weißes Papier oder einem mattgeſchliffenen Glaſe in ff' auffängt; ja man wird es mit bloßem Auge erblicken können, wenn man das Auge jenſeit dieſes Puncts in den gehörigen

Abſtand bringt, in welchem ein, daſelbſt befindlicher, wirklicher Gegenſtand deutlich erſcheinen würde.

Wenn der Gegenſtand SS', deſſen Bild man ſo betrachtet, ſich in einer ſehr großen Entfernung befindet, ſo wird das Bild auf die andere Seite der Linſe, faſt in ihren Brennpunct F fallen. Hiedurch erhält man alſo ein Mittel, auf dem Verſuchswege die Brennweite convexer Gläſer zu beſtimmen. Mit größerer Annäherung des Gegenſtandes an das Glas wird ſich das Bild weiter entfernen, indem es zugleich an Größe zunimmt. Iſt der Gegenſtand nur noch um das Doppelte der Brennweite entfernt, Fig. 11., ſo wird das Bild ihm an Größe gleich kommen. Nähert er ſich noch weiter, ſo wird es fortfahren, ſich zu entfernen und an Größe zuzunehmen; kommt er endlich bis zum Ende der Brennweite, Fig. 12., ſo wird es ſich bis ins Unendliche entfernen. Dies Reſultat war auch ſchon leicht vorherzuſehen, weil der Gegenſtand und ſein Bild ihre Lagen immer vertauſchen können; wenn der Gegenſtand, in unendlicher Ferne von der Linſe befindlich, ſein Bildniß im Brennpunct F hervorbringt, ſo muß umgekehrt der Gegenſtand, wenn er ſich in dieſem Brennpunct befindet, ſein Bild in unendliche Weite zurücktreten laſſen. Zwiſchen dieſen beiden Gränzen behält das Bild immer ſeine umgekehrte Lage.

Rückt jetzt der Gegenſtand der Linſe noch näher, ſo tritt er zwiſchen den Brennpunct und die Oberfläche der Linſe. Fig. 13. Dann geht das Bild, immer zufolge unſerer allgemeinen Conſtruction, auf die nämliche Seite als der Gegenſtand ſelbſt über; und erſcheint größer, entfernter und aufrecht. Bei weiterer Annäherung des Gegenſtandes an das Glas, nähert es ſich dieſem gleichfalls, an Größe abnehmend; berührt endlich der Gegenſtand das Glas, ſo berührt es gleichfalls deſſen Oberfläche, und fällt mit allen Puncten des Gegenſtandes zuſammen.

Dies ſind die Ergebniſſe, welche aus der Theorie fließen. Die Erfahrung beſtätigt ſie durchgehends. Sich davon zu überzeugen, nehme man irgend ein Convexglas, z. B. das Objectivglas eines Theaterperſpectivs und betrachte durch daſſelbe Gegenſtände, die ich zuerſt ſehr entfernt im Verhältniß zu ſeiner Brennweite annehmen will. Fig. 10. Hält man hier das Auge in dem gehörigen Abſtande, ſo erblickt man ein umgekehrtes Bild dieſer Gegenſtände, welches man, wie ſchon geſagt, durch Auffangen auf einem Blatt Papier oder einem mattgeſchliffenen Glaſe ſichtbar machen kann. Obwohl indeß dies Bild ſich in der That mit dem Beobachter auf der nämlichen Seite der Linſe befindet, ſo glaubt er es doch nicht an dieſer Stelle zu ſehen; es ſcheint ihm vielmehr auf der nämlichen Seite mit dem Gegenſtande, und in größerer Entfernung oder größerer Nähe als dieſer zu liegen, je nach den Beweggründen, die ſein Urtheil in dieſer Hinſicht anderweitig beſtimmen.

Hat man ſolchergeſtalt das Auge in die Lage gebracht, wo das Bild am deutlichſten erſcheint, und mißt den Abſtand des Auges von der Linſe, ſo findet man, daß er der Brennweite der Parallelſtralen, plus dem Abſtande, in welchem gewöhnlich das deutliche Sehen Statt hat, gleich iſt. Dies iſt eine fernere Beſtätigung des Satzes, daß das Auge ſich gerade ſo ſtellen muß, um das Bild zu betrachten, als wenn daſſelbe ein wirklicher Gegenſtand wäre, und daß es den nämlichen Eindruck davon empfängt. Auch alles Andre ſpricht hiefür. Denn entfernt man ſich weiter vom Glaſe, ſo erſcheint das Bild kleiner, und ſeinen einzelnen Theilen nach minder deutlich unterſcheidbar. Nähert man ſich dagegen mehr, ſo trübt ſich das Bild und wird verworren, als wenn man es mit Betrachtung eines zu nahen Gegenſtandes zu thun hätte. In dieſem letztern Fall ſcheint auch ſeine Größe zuzunehmen, wie die eines Gegenſtandes, dem man nahe kommt, und man fühlt ſich verſucht, es für minder entfernt anzunehmen. Ganz verworren und undeutlich endlich wird es, wenn das Auge in den Brennpunct ſelbſt gelangt. Aber, was vorzüglich bemerkenswerth iſt, wenn man das Auge dem Glaſe noch mehr nähert, ſo ſieht man das Bild von neuem ſich geſtalten; wo es dann aufrecht und ſehr trübe iſt. Seine Richtung ändert ſich nun bei weiterer Annäherung des Auges ans Glas nicht mehr; allein ſeine Verworrenheit mindert ſich; und endlich erblickt man den Gegenſtand mit ſeinen Umriſſen und ſeinen natürlichen Dimenſionen ziemlich wohl, wenn das Auge ſeine Stellung auf der Oberfläche des Glaſes ſelbſt nimmt, zumal wenn man die Oeffnung der Pupille verengert, indem man durch ein kleines, in ein Kartenblatt geſtochenes, Loch hindurchblickt.

Bei dieſem letzten Verfahren gelangen die Stralen convergirend zum Auge; und, weil das Bild auch hier noch zur Wahrnehmung gelangt, ſo hat man zu ſchließen, daß das Sehen auch auf ſolche Weiſe Statt haben kann, obwohl mit ohne Vergleich minderer Deutlichkeit, als wenn es durch divergirende Stralen bewirkt wird.

Hier entſteht nun aber die Frage, warum das Bild aufrecht erſcheint, und in dem Maße deutlicher wird, als ſich das Auge dem Glaſe nähert. Dieſe Fragen gründlich aufzulöſen, müſſen wir zuvörderſt den einfachen Fall unterſuchen, wo der ſtralende Gegenſtand ſich auf einen ſehr entfernten leuchtenden Punct reducirt. Dieſer Fall wird z. B. verwirklicht, wenn man durch ein Collectivglas die Venus oder irgend einen ſehr glänzenden Stern betrachtet. Befindet ſich für dieſen Fall, welcher durch Fig. 14. verſinnlicht wird, das Auge in OO, jenſeit des Brennpuncts der Parallelſtralen, und in der gehörigen Weite des deutlichen Sehens von dieſem Punct, ſo erblickt es das Bild dieſes Sterns ſehr deutlich und ſcharf begränzt. Es erhält dieſe Wahrnehmung durch einen Kegel divergirender Stralen, der zur Spitze den Brennpunkt F, zur Baſis die Oeffnung OO der Pupille hat. In dem Maße, als man ſich dem Glaſe nähert, ſchneidet die Baſis dieſes Kegels, die immer von der nämlichen Größe bleibt, eine größere Anzahl Stralen, und zwar ſtärker divergirender Stralen, ab, d. h. ſolcher, die einen größern Winkel unter einander bilden. Das Auge vermag ſie, eben wegen dieſer Divergenz, nicht mehr alle auf der Retina in einem und demſelben Brennpunct zu vereinigen; und ſie bilden mithin auf dieſer Haut einen kleinen kreisförmigen Abdruck (empreinte), wie ihn ein kleiner, außerhalb des Auges befindlicher, Stralen ausſendender, Kreis hervorbringen würde. Auch ſieht man das Bild des Sterns ſich erweitern und eine Scheibe darſtellen, deren Größe mit der Annäherung des Auges an den Brennpunct zunimmt. Gelangt es endlich in den Brennpunct ſelbſt, d. i. nach O'O', ſo kommt dieſe Scheibe der Linſe ſelbſt an Größe gleich, weil dann die Oeffnung der Pupille alle Stralen einfallen läßt, welche die Linſe gebrochen hat. Bei noch weiterer Annäherung an das Glas aber gehen dem Auge wieder eine gewiſſe Anzahl Stralen verloren, und zwar betrifft dies zuerſt diejenigen, welche, weil ſie am entfernteſten von der Axe der Linſe liegen, die ſtärkſte Convergenz haben. Hieraus ergiebt ſich, daß die Stralen, welche, wenn das Auge dem Glaſe ganz nahe gekommen iſt, noch in die Pupille einzutreten vermögen, nur noch eine ſehr ſchwache Convergenz zeigen können; und deshalb fängt das Bild an, wieder deutlicher zu erſcheinen. Dieſe Betrachtung, ſucceſſiv auf alle Puncte eines ausgedehnten Gegenſtandes angewandt, macht erklärlich, warum derſelbe mit der Annäherung des Auges ans Glas minder undeutlich erſcheint. Was ſeine aufrechte Lage betrifft, ſo rührt ſie davon her, daß die Axen der Lichtpinſel ſich nicht mehr kreuzen, bevor ſie zum Auge gelangen.

Nachdem man ſo die Erſcheinungen, welche ſich hinſichtlich ſehr entfernter Gegenſtände aus der Theorie ergeben, vollſtändig bewährt hat, muß man ſeine Unterſuchungen auf die minder entfernten wenden. Auch hier findet man durchgehends die Angaben der Theorie beſtätigt, und beobachtet, daß kein Unterſchied in den Erſcheinungen Statt hat, mag man den einfallenden Stralen die eine oder die andre Fläche der Linſe darbieten.

Leicht wird jetzt der Nutzen erklärlich ſeyn, den Weitſichtige, welche nahe Gegenſtände undeutlich ſehen, vom Gebrauch der Collectivgläſer ziehen. Befindet ſich z. B. der Gegenſtand SS', Fig. 55., zu nahe am Auge OO, als daß dieſes eine Vereinigung der davon ausgehenden Stralen auf der Retina bewirken könnte, ſo braucht man nur dieſe Stralen durch ein Collectivglas MAM brechen zu laſſen, das dem Gegenſtande SS' nahe genug gebracht wird, daß dieſer ſich innerhalb der Brennweite AF der parallelen Stralen befinde, und deſſen Krümmung ſo beſchaffen ſey, daß die Bilder der Puncte S, S' in die Vereinigungspuncte f, f', genau in der Entfernung fO, f'O fallen, bei welcher das Auge am deutlichſten ſieht. Auch bedienen ſich Weitſichtige ſolcher Gläſer zum Sehen naher Gegenſtände, die ſie deutlich wahrnehmen wollen. Von der Art ſind daher gewöhnlich die Brillen, zu denen alte Leute zur Verbeſſerung ihres Geſichts ihre Zuflucht nehmen, weil der Fehler derſelben gewöhnlich in Weitſichtigkeit beſteht. Dieſe nützliche Erfindung ſetzt ſie in den Stand, zu leſen, zu ſchreiben, zu nähen, und überhaupt alle Arbeiten zu verrichten, die nahe am Auge vorgenommen werden müſſen, gerade ſo, als wenn ihre Sehweite durch das Alter nicht verlängert worden wäre. Um aber entfernte Gegenſtände deutlich zu ſehen, müſſen ſie dieſe Gläſer bei Seite legen, weil in dieſem Fall durch dieſelben eine Convergenz der Stralen auf der Seite des Auges bewirkt wird, was, unſern obigen Erörterungen zufolge, der Deutlichkeit des Sehens weſentlich hinderlich iſt.

Von den Lupen und einfachen Mikroſkopen.

Des nämlichen Hülfsmittels bedienen ſich auch die Uhrmacher und überhaupt alle Leute, welche mit ſorgfältiger Bearbeitung kleiner Gegenſtände zu thun haben; hier jedoch nicht in der Abſicht, einen Geſichtsfehler zu verbeſſern, indem ihr Geſicht vortrefflich ſeyn kann, ſondern, um die Bilder der Gegenſtände zu vergrößern, und ihre einzelnen Theile dadurch beſſer zu unterſcheiden. Um uns eine nähere Einſicht in dieſe nützliche Anwendung zu erwerben, wollen wir uns, in Fig. 56., unter OO das Auge und unter SS' den Gegenſtand vorſtellen, um deſſen deutliches Sehen in vergrößerten Dimenſionen es zu thun iſt. Käme es blos auf dieſe Vergrößerung an, ſo ließe ſich dadurch zum Zweck gelangen, daß man den Gegenſtand ganz nahe ans Auge brächte; indem der Geſichtswinkel, den das Bild eines Gegenſtandes unterſpannt, mit der Annäherung des letztern an unſer Auge zunimmt. Allein das Bild würde hier verworren erſcheinen, weil ſich der Gegenſtand dann dieſſeit der Gränzen des deutlichen Sehens befände. Was alſo zu thun, um dieſem Uebelſtand abzuhelfen? Man bringe nur ganz nahe ans Auge ein Collectivglas, und gebe dem Gegenſtand innerhalb der Brennweite deſſelben ſeine Stelle, gerade in der Entfernung vom Glaſe, daß ſein Bild ff' in die Weite Of, Of' zurückgeworfen werde, bei welcher das vollkommene Sehen von Natur Statt findet. Dieſer Bedingung kann immer Genüge geſchehen; da die Entfernung des Bildes vom Glaſe von Null bis ins Unendliche, je nach der Entfernung des Gegenſtandes, ſich abändern kann. Hat man durch einige Verſuche dieſe angemeſſene Entfernung gefunden, ſo wird man das Bild ff' deutlich erblicken; und der Geſichtswinkel fAf', den es in dem, gegen das Glas gehaltenen, Auge unterſpannt, wird überdies dem Winkel SAS' gleich ſeyn, unter welchem der Gegenſtand dem bloßen Auge erſcheinen würde, wenn man ihn unbeſchadet der Deutlichkeit aus der Nähe AP, ſehen könnte. Man wird alſo ſolchergeſtalt den doppelten Vortheil erhalten, deutlich und unter einem größern Geſichtswinkel als gewöhnlich zu ſehen. Aber eben deshalb, weil wir den Gegenſtand, den wir beobachten, nie auf ſolche Weiſe geſehen haben, wird die Vorſtellung, die wir uns von ſeiner wirklichen Größe machen, durch keine vorgängige Erfahrung über die Verhältniſſe der Entfernungen zu den Geſichtswinkeln modificirt werden; und da wir den Gegenſtand unter einem unverhältnißmäßig größern Geſichtswinkel als mit bloßem Auge erblicken, obwohl mit derſelben Schärfe und in derſelben Entfernung, wohin wir ihn zu bringen ſuchen würden, um ihn deutlich wahrzunehmen, ſo werden wir ihn wirklich allen ſeinen Dimenſionen nach vergrößert zu ſehen glauben. Auch beſtätigt dies die Erfahrung in allen Fällen. Die Collectivlinſen, welche beſtimmt ſind, dieſe Wirkung hervorzubringen, werden Lupen oder Vergrößerungsgläſer genannt.

Das Verhältniß der abſoluten Größe des Bildes zu der des Gegenſtandes giebt offenbar das Maß des Vergrößerungsverhältniſſes ab. Aus der Conſtruction der Figur ergiebt ſich, daß dies Verhältniß zugleich das nämliche iſt, als das, in dem Bild und Gegenſtand vom Glaſe abſtehen, weil beide zwiſchen den Schenkeln des nämlichen Winkels fAf' enthalten ſind. Die Vergrößerung hängt ſomit davon ab, daß das Bild weiter vom Glaſe als der Gegenſtand und auf die nämliche Seite fällt. Dieſe beiden Bedingungen laſſen ſich nur durch Collectivgläſer erfüllen.

Wir haben die Lage des Auges der Oberfläche der Gläſer für ganz gegenüber angenommen. In der That verſtattet dieſe Lage die einfachſten Betrachtungen und gewährt das größte Geſichtsfeld, d. h. ſie erlaubt, mit dem nämlichen Glaſe eine größere Ausdehnung von Gegenſtänden zu umfaſſen. Nach den vorigen Erörterungen wird man jedoch begreifen, daß dieſe Bedingung nicht unerläßlich iſt, um vergrößerte Bilder zu erhalten. In der That wird man jedesmal, wenn das Bild, obwohl größer und entfernter als der Gegenſtand, ſich dem Glaſe näher befindet, als ſich mit dem deutlichen Sehen verträgt, dadurch, daß man ſich weiter davon entfernt, den Punct finden können, den das Auge gerade einnehmen muß, um das Bild mit Schärfe wahrzunehmen.

Alte Leute bedienen ſich manchmal auf dieſe Weiſe großer Lupen zum Leſen, indem ſie dieſelben in einiger Entfernung von ihren beiden Augen halten. Auch gebraucht man ſie als Hülfsmittel, wenn man öfters ſehr ausgeführte Landcharten nachzuſehen genöthigt iſt. Begreiflich müſſen ſolche Vergrößerungsgläſer ſehr breit ſeyn, damit beide Augen zugleich hindurchſehen können. Auch müſſen ſie eine hinlänglich große Brennweite beſitzen, daß die Axen der Lichtbündel, welche von einem und demſelben Gegenſtande in beide Augen fallen, keine zu großen Winkel mit der gemeinſchaftlichen Axe beider Oberflächen machen. Die Vergrößerung, welche ſolche Lupen hervorbringen, ändert ſich nothwendig mit der Entfernung, in welcher man ſie von den zu betrachtenden Gegenſtänden hält, wie dies aus den vorigen Betrachtungen hervorgeht; und ihre Wirkung iſt um ſo minder mangelhaft, je näher daran ſie gehalten werden; indem dann, vorausgeſetzt, daß man durch die Mitte der Lupe ſieht, die, in die Pupille jedes Auges eintretenden, Lichtpinſel unter kleinen Einfallswinkeln durch die Lupe hindurchgehn, wie unſre Annäherungen vorausſetzen. Im Allgemeinen aber nöthigt die Bedingung des Sehens mit beiden Augen, die Lichtpinſel ſchiefer gegen die Axe der Linſe einfallen zu laſſen, als wenn man blos mit einem einzigen ſähe; und dieſer Umſtand verbunden mit der Leichtigkeit, die Vergrößerung nach Belieben zu verſtärken, indem man die Entfernung des Gegenſtandes von der Linſe und der Linſe vom Auge abändert, macht das Inſtrument gefährlich für das Geſicht. Auch bedient man ſich deſſelben heutzutage nur noch ſelten und zieht ihm mit Recht getrennte Gläſer vor, die an jedes Auge beſonders angebracht werden.

Ueberhaupt nimmt man beim Gebrauch von Lupen und andern optiſchen Inſtrumenten, durch die man eine beträchtliche Vergrößerung mit möglichſter Deutlichkeit zu erhalten ſucht, immer nur Ein Auge zu Hülfe; wo denn die Erfahrung zeigt, daß die vortheilhafteſte Lage deſſelben ganz nahe am Glaſe iſt. Es bleibt alſo nur noch übrig, den Gegenſtand dieſſeit des Brennpuncts in eine ſolche Entfernung von der Linſe zu bringen, daß das Bild gerade in die Weite zurücktritt, welche dem deutlichen Sehen entſpricht; wozu man durch einige Verſuche gelangt. Die Rechnung giebt ebenfalls Regeln an die Hand, dieſe Lage für jede Linſe und jede Sehweite zu beſtimmen, ſo wie ſich auch das Verhältniß der dabei Statt findenden Vergrößerung berechnen läßt. Man wird hiedurch auf folgende einfache Regel geführt. Um eine Lupe zu erhalten, die eine beliebige Anzahl Male m vergrößert, wenn ſie ganz nahe an das Auge gehalten wird, muß man derſelben eine Brennweite geben gleich der Weite des deutlichen Sehens, dividirt durch die Vergrößerungszahl weniger der Einheit, d. i. durch $m-1$. Nimmt man z. B. für die mittlere Weite des deutlichen Sehens 8 Zoll oder 96 Linien an, welches die gewöhnliche Sehweite iſt, und verlangt eine Lupe, welche eine 50malige Vergrößerung giebt, ſo wird ihre Brennweite ſeyn müſſen $\frac{96}{49}$ oder 1,96 Linie; ſoll ſie hundertmal vergrößern, $\frac{96}{99}$ oder 0,9697 Linien: welches, unter Vorausſetzung, daß man die nämliche Krümmungsart beibehielte, erfordern würde, jede Oberfläche von einem kürzern Halbmeſſer zu machen. Ueberhaupt werden die Halbmeſſer der Oberflächen um ſo kürzer, je höher die Vergrößerung ſteigt. Dies giebt ein Hinderniß ab, die Vergrößerung mit einer einfachen Linſe ſehr weit zu treiben. Wie man ſieht, würde die Brennweite (für dieſelbe Vergrößerung) auch kleiner werden müſſen, wenn die Sehweite nicht bis 96 Linien reichte; und deshalb vergrößert im Allgemeinen die nämliche Linſe minder ſtark für Kurzſichtige als für Weitſichtige.

Hiemit iſt ſo ziemlich Alles geſagt, was ſich durch ein einfaches Vergrößerungsglas erhalten läßt. Durch Zuſammenſtellung ſolcher Gläſer aber mit andern minder gekrümmten laſſen ſich weit beträchtlichere Wirkungen erhalten. Auch vermag man durch ähnliche Verbindungen großer Gläſer oder Spiegel und Lupen Syſteme zu bilden, welche die Bilder entfernter Gegenſtände näher rücken und vergrößern. Auf dieſe Weiſe erhält man die dioptriſchen und katoptriſchen Fernröhre. Wir werden die hauptſächlichſten dieſer Inſtrumente kennen lehren, wenn wir erſt von Beſeitigung der Farben geſprochen haben, welche die einfachen Linſen durch Zerſetzung des Lichts hervorbringen, indem dieſe Farben, wenn man keine Abhülfe gegen dieſelben träfe, ihren Gebrauch auf eine unerträgliche Weiſe beſchränken würden.

Auf eine ganz einfache Weiſe kann man ſich ein ziemlich ſtarkes Mikroſkop dadurch verſchaffen, daß man mit einer Stecknadel eine kleine runde Oeffnung in eine dünne Metallplatte bohrt, und einen Waſſertropfen hineinbringt. Indem dieſer Tropfen ſich in der Oeffnung wie in einem ganz engen und ganz kurzen haarförmigen Cylinder befindet, ſo bildet er zu beiden Seiten der Oberfläche der Platte zwei faſt genau kugelförmige Wölbungen von gleichem Durchmeſſer mit der Oeffnung. Die Stralen nun, welche durch dieſes Waſſerkügelchen hindurchgehen, werden darin, wie in einem Collectivglaſe von ſehr kurzer Brennweite gebrochen. Auch findet man, wenn man das Auge ganz nahe an die Oeffnung hält, und kleine, zur andern Seite der Platte in ſehr geringer Entfernung davon gelegene, Gegenſtände durch dieſelbe betrachtet, einen Punct, wo man ſie ſehr deutlich und ſtark vergrößert erblickt.

Die Linſen, welche man durch dies Verfahren erhält, haben den Nachtheil, unaufhörlich ihre Krümmung zu ändern, und in kurzer Zeit durch Verdunſtung zu verſchwinden; welches ihren Gebrauch für fortgeſetzte Beobachtungen unzuläſſig macht. Doctor Brewſter hat ein Mittel zur Abhülfe in dieſem Bezug vorgeſchlagen. Man ſoll nämlich auf eine Glasplatte Tropfen eines durchſichtigen Firniſſes bringen, die vermöge der gegenſeitigen Anziehung ihrer Theile von ſelbſt die Kugelgeſtalt annehmen. In der That erhält man auf ſolche Weiſe ſehr ſcharfe Linſen, nur hält es ſchwer, ſie in einer metallnen Faſſung zu befeſtigen, und noch ſchwerer, ſie in gutem Zuſtande zu erhalten. Durch eine geringe Abänderung dieſes Vorſchlags iſt Sivright in Edinburg auf ein Verfahren gekommen, welches keinen der angegebenen Nachtheile zeigt. Es beſteht darin, kleine Glasſtücke über Löcher zu legen, welche in ein dünnes Platinblatt gebohrt ſind, und ſie dann durch einen, mittelſt des Löthrohrs darauf geblaſenen, Feuerſtral zu ſchmelzen. Das ſo geſchmolzene Glas nimmt die Geſtalt einer Kugel an, gleich dem Waſſer- oder Firnißtropfen; behält aber, wenn es einmal erkaltet iſt, ſeine Form, und ſtellt ſo eine Linſe gleich mit der Faſſung dar. Man kann auch anſtatt eines Platinblatts einen Platindraht als Träger anwenden, den man um Glasſtücke rollt, ſo daß ſie, wie in einem Ringe darin zurückgehalten werden. Das Platin iſt jedem andern Metall zu dieſem Behuf vorzuziehen; denn da es ſich unter der Flamme des Löthrohrs nicht oxydirt, ſo haftet es ſtärker am Umkreis der kleinen Linſe: auch iſt ſein Schmelzgrad weit höher, als der des Glaſes, und man kann ſich daher ſehr dünner Blätter davon bedienen, ſo daß ſeine Berührung der Schmelzung des Glaskügelchens minder hinderlich iſt.

Bei dieſen verſchiedenen Anwendungen der Theorie liegt die Vorausſetzung zu Grunde, daß die Linſen, deren man ſich bedient, die auf ihre Oberfläche fallenden Parallelſtralen in einen einzigen Brennpunct vereinigen. Dieſe Bedingung kann jedoch nur in ſo fern erfüllt werden, als die Dicke der Linſe und ihre Oeffnung klein im Verhältniß zur Größe der Halbmeſſer ihrer Oberflächen ſind; auch gelten, wie wir oben gezeigt, unſre theoretiſchen Annäherungen nur für dieſen Fall. Begreiflich muß man ſich in der Ausübung, um deutliche Bilder zu erhalten, dieſen Bedingungen fügen; und die Erfahrung lehrt ſehr bald die Gränzen kennen, innerhalb deren man ſich zu halten hat. Bei einer glücklichen Wahl der Krümmungen, welche zur Verminderung der Abirrungen vom Brennpunct wirkt, läßt ſich jedoch auch den Gläſern eine größere Oeffnung geben. Man kann ſelbſt [illegible] Abirrungen faſt ganz heben, indem man zuſammengeſetzte Linſen aus mehrern Gläſern bildet: die Einrichtungen aber, welche dieſen Vortheil gewähren, laſſen ohne Hülfe der Rechnung keine Einſicht zu. Hier begnügen wir uns zu ſagen, daß ihr Zweck im Allgemeinen dahin geht, die Einfalls= und Austrittswinkel der Stralen auf den verſchiednen Oberflächen, durch die man ſie nach einander hindurchgehn läßt, zu verkleinern.

Zweites Capitel.

Phyſikaliſche Theorie der Brechung.

Durch die eben auseinandergeſetzten Methoden läßt ſich das Brechungsverhältniß beſtimmen, welches jeder Subſtanz in dem Zuſtande, in welchem ſie beobachtet wird, zukommt. Wir haben aber ſchon bemerkt, daß dies Verhältniß für eine und dieſelbe Subſtanz ſich mit ihrer Dichtigkeit ändert. Bei den feſten und tropfbarflüſſigen Körpern iſt die Abänderung nicht ſehr merklich, weil die Ausdehnungen und Verdichtungen, die ſie erfahren können, nicht ſehr beträchtlich ſind; ganz anders verhält es ſich aber in dieſer Hinſicht mit den luftförmigen Stoffen, deren Dichtigkeit man in jedem Verhältniß durch Abänderung des Drucks und der Temperatur zunehmen oder abnehmen laſſen kann. So lange wir nicht über die Beziehung im Klaren ſind, welche zwiſchen der Dichtigkeit einer Subſtanz und der Brechung, die das Licht durch ſie erfährt, Statt findet, werden wir nicht im Stande ſeyn, die Beobachtungen, die wir an einer Subſtanz machen, auf vergleichbare Beſtimmungen zurückzuführen; ſie werden alle vereinzelt daſtehen, weil die Umſtände bei ihnen nicht gleich waren. Eben ſo wenig werden wir das Brechungsvermögen verſchiedner Subſtanzen mit einander vergleichen, und auf keine Weiſe unterſcheiden können, was auf Rechnung der Dichtigkeit und chemiſchen Beſchaffenheit der Theilchen oder ihrer Anordnung zu ſchreiben iſt.

Wie man ſieht, wird es nöthig, um tiefer in dieſe Erſcheinungen einzudringen, nach den Bewegungen des Lichtſtrales die auf ihn wirkenden Kräfte zu erforſchen, und dann durch Berechnung die Herleitung zu verſuchen, wie die beſondern Reſultate aus dieſen Kräften hervorgehen.

Es ſey AB, Fig. 57., die erſte Oberfläche eines Körpers oder lichtbrechenden Mittels von beliebiger Beſchaffenheit. Wir wollen, zuerſt einen Lichtſtral SI betrachten, der, nachdem er ſich erſt im leeren Raum in einer, mit der Oberfläche des Mittels faſt parallelen, Rich=

tung bewegt hat, endlich im Punct I auf ſie trifft. Er wird jetzt ſeinen Weg nicht weiter in gerader Linie fortſetzen, ſondern nach einer gewiſſen Richtung IR gebrochen werden, welche vom Brechungsverhältniß des Mittels, in das er einfällt, abhängt. Für das Waſſer z. B. wird der Winkel BIR, den der gebrochene Stral mit der brechenden Oberfläche bildet, 41° 18′ 36″ betragen, ſo daß der einfallende Stral ſich um dieſe ganze Größe abgelenkt finden wird. Da nun ein ſich bewegender Körper nicht anders von ſeiner Bahn abgelenkt zu werden vermag, als durch eine, gegen ſeine Richtung ſchiefe, Kraft, ſo ergiebt ſich, daß die Lichtmolecule bei Annäherung an die Oberfläche des Mittels durch Kräfte ſollicitirt werden, welche ſie zum Eintreten in dieſelbe zu beſtimmen ſtreben. Dieſe Kräfte haben eine ſenkrechte Richtung auf die Oberfläche; denn der Fall, wo der Stral ſenkrecht einfällt, iſt der einzige, wo ſie ſeine Richtung nicht verändern.

Es iſt klar, daß dieſe Kräfte nur auf ſehr kleine Weiten von der Oberfläche, ſowohl innerhalb, als außerhalb des Körpers merklich ſeyn können. Denn der Lichtſtral muß ſich von dem Augenblick zu krümmen anfangen, wo ihre Wirkung auf denſelben beginnt, und zur beſtändigen und geradlinigen Richtung zurückkehren, wenn ſie aufhören, ihn zu ſollicitiren. Nun iſt der Raum, in welchem dieſe Beugung erfolgt, ſo klein, daß er von unſern Sinnen gar nicht wahrgenommen zu werden vermag und der Stral im Einfallspuncte plötzlich gebrochen zu werden ſcheint: die Wirkung der brechenden Kräfte iſt alſo auf keine größere Weite merklich.

Alle dieſe Reſultate vereinigen ſich dahin, zu zeigen, daß die Brechung der Lichtſtralen durch die Verwandtſchaft der Molecule der Körper gegen die Molecule des Lichts hervorgebracht wird; eine Verwandtſchaft, ähnlich der Capillarwirkung, und welche gleich ihr nur auf ſehr kleine Weiten merklich iſt. Dieſer Schluß, zu dem uns die Erſcheinungen führen, ſcheint dem erſten Anblick nach in Widerſpruch mit dem, den wir aus den Erfahrungen über die Zurückwerfung ableiteten. Denn dort ſchienen die Lichtmolecule vom zurückwerfenden Körper abgeſtoßen zu werden, nicht aber angezogen, wie wir hier vorausſetzen. Man muß indeß bemerken, daß die Molecule, welche zurückgeworfen werden, vielleicht ſich nicht in dem nämlichen phyſiſchen Zuſtande oder unter den nämlichen Umſtänden der Bewegung befinden, als die, welche die Brechung erleiden; und die Möglichkeit einer ſolchen Verſchiedenheit reicht hin, die Nothwendigkeit eines Widerſpruchs zwiſchen den beiden entgegengeſetzten Folgerungen aufzuheben, die wir aus den Erſcheinungen in Bezug auf dieſe beiden Zuſtände der Theilchen ziehen; denn wirkt ein Körper A auf irgend eine Weiſe auf einen andern Körper B, ſo hängt dieſe Wirkung nicht blos von dem Zuſtande und der Beſchaffenheit A's, ſondern auch vom Zuſtande und der Beſchaffenheit B's ab. Wir werden weiterhin dieſe Verſchiedenheit im Zuſtande der Lichtmolecule noch durch eine Menge Beweiſe beſtätigt finden, und kennen lernen, worauf ſie beruht.

Wir wollen jetzt, nachdem wir über die Erſcheinungen im Reinen ſind, die Bedingungen feſtſtellen, an welche die Wirkung der anziehenden Kräfte gebunden iſt; und zu dieſem Zweck erſt ein Lichtmolecul M, Fig. 58., betrachten, welches ſich in irgend einer Entfernung außerhalb eines gleichförmigen brechenden Mittels befindet, und der Modification theilhaftig iſt, vermöge deren es der abſtoßenden Wirkung der zurückwerfenden Kräfte entgeht. Dies Molecul wird dann blos noch für die Anziehung des Mittels empfänglich ſeyn, durch welche es ſenkrecht nach deſſen Oberfläche AB hin, wie wir eben geſehen, ſollicitirt wird; und zwar wird es bei gleicher Entfernung gleich ſtark ſollicitirt werden, vor welchem Theil der Oberfläche es ſich auch befinden mag, ſey dieſer M, oder m oder μ. Denn da dieſe Wirkungsart blos auf ſehr kleine Weiten merklich iſt, ſo werden die Lichtmolecule, wofern nur die Puncte M, m, μ, in denen man ſie befindlich denkt, den Enden A und B des Mittels nicht unendlich nahe liegen, mit eben ſo viel Kraft vom Mittel angezogen werden, als wenn dies ins Unbeſtimmte ausgedehnt wäre; und die Intenſitäten dieſer Anziehungen müſſen allenthalben gleich ſeyn, weil das Mittel als homogen vorausgeſetzt iſt. Ja, damit uns bei ſeiner Wirkung nichts zu betrachten übrig bleibe, als die progreſſiven Veränderungen, welche die Veränderung der Abſtände mit ſich bringt, wollen wir es als nicht kryſtalliſirt annehmen, ſo daß die Modificationen der anziehenden Kraft, die von der Geſtalt ſeiner Theilchen abhängen könnten, durch die verworrene Anordnung derſelben ausgeglichen werden. Nehmen wir alsdann den Abſtand aA für denjenigen an, bei welchem die Anziehung des Mittels beginnt, die Molecule abzulenken, ſo wird die, mit AB parallele, Linie ab die außerhalb des Mittels gelegene Gränze darſtellen, bei welcher der Lichtſtral ſich zu krümmen anfängt. Es verſteht ſich, daß man dieſe Gränze nicht für eine ſcharf und mathematiſch beſtimmte halten darf; denn in mathematiſchem Sinne muß ſich die Anziehung des Mittels auf alle Weiten erſtrecken; da ſie aber über eine ſehr kleine Weite hinaus ſo ausnehmend ſchwach wird, daß ſie keine merkliche Wirkung mehr hervorbringt, ſo drücken wir in der Verzeichnung dieſen Umſtand dadurch aus, daß wir nahe an der Oberfläche eine gewiſſe ganz kleine Weite als die Gränze abmarken, bei welcher ſich der Stral merklich zu krümmen beginnt.

Geſetzt nun, das Lichttheilchen nähere ſich nach Ueberſchreitung dieſer Gränze dem Mittel mehr: ſo wird es ſtärker dadurch angezogen werden, und zwar wird die Anziehung ſolchergeſtalt zunehmen, bis das Lichttheilchen auf die Oberfläche des Körpers ſelbſt gelangt.

Nachdem es aber durch dieſe hindurchgegangen iſt, wird die Anziehung des Mittels anfangen abzunehmen, und ſo fortfahren ſchwächer zu werden, je tiefer das Theilchen in das Mittel eindringt. Mag z. B. die Tiefe, bis zu der es ſchon eingedrungen iſt, M′ ſeyn. Um die relative Intenſität der Kraft, durch welche es hier ſollicitirt wird, kennen zu lernen, wollen wir durch den Punct M′, parallel mit der Oberfläche AB die Linie o′d′, und unterhalb dieſer Linie eine andere Parallele A′B′ ziehen, die von M′ eben ſo entfernt, als die Oberfläche AB zur andern Seite, ſey. Dann werden die beiden gleichen Theile des Mittels, welche einerſeits durch die Linie c′d′, andrerſeits durch die Linien AB, A′B′ begränzt werden, das Molecul M′ nach entgegengeſetzter Richtung und mit gleicher Stärke anziehen. Dieſe beiden Theile werden ſich alſo wechſelſeitig das Gleichgewicht halten; und das Molecul ſich mithin nur noch durch den Theil des Mittels in Ueberſchuß ſollicitirt finden, der über A′B′ hinaus liegt, und um eine Größe c′A′ gleich c′A davon entfernt iſt. Wenn die Dicke dieſes Ueberſchuſſes die Gränze überſchreitet, bei welcher die Wirkung der Anziehungskräfte bemerklich wird so wird die Intenſität der Anziehung die nämliche ſeyn, als wenn das Molecul ſich außerhalb des Mittels und eben ſo weit davon entfernt fände, als es jetzt darin eingetaucht iſt. Denn wegen der kleinen Weite, auf welche die Anziehung merklich iſt, iſt der Theil des Mittels, welcher durch die Ebene A′B′ abgeſchnitten wird, immer nur unendlich dünn, und der übrige Theil des Mittels, ſo bald ſeine Dicke den Wirkungskreis der Kräfte überſteigt, läßt ſich als unbegränzt anſehen.

Es ergiebt ſich aus dieſer Herleitung, daß die Gränzen innerer und äußerer Anziehung von der Oberfläche gleich weit entfernt liegen. Iſt das Molecul bis in dieſe Tiefe gelangt, und man ſchneidet vom Mittel die Theile ab, die ſich oberhalb und unterhalb derſelben das Gleichgewicht halten, ſo wird der übrige Theil des Mittels zu entfernt ſeyn, um noch eine merkliche Anziehung auf das Molecul zu äußern.

Aus einem Rückblick auf die Reſultate, zu denen wir ſo eben gelangt ſind, ergiebt ſich, daß der einfallende Stral SI ſeine geradlinige Richtung, bis zur erſten Gränze ab, wo die anziehenden Kräfte merklich zu werden anfangen, beibehält: von hier an beginnt die Wirkung dieſer Kräfte ihn in eine krummlinige Richtung zu biegen, an der ſeine urſprüngliche Richtung in I berührend iſt, und deren Concavität nach dem Innern des Mittels gekehrt iſt, wie die Figur darſtellt. Dieſe Curve ſetzt ſich ſo bis zur innern Gränze a^2b^2 fort, wo die Veränderlichkeit der anziehenden Kräfte abermals unmerklich zu werden anfängt. Hier nimmt nun der Stral die geradlinige Richtung an, die ihm durch die Brechung endlich ertheilt wird, und welche die Verlängerung der letzten Tangente der von ihm beſchriebenen Curve ik. Die Ausdehnung dieſer Curve iſt zu klein, um unſern Sinnen wahrnehmbar zu ſeyn; der Gedanke aber vergrößert ſie; und ihre Betrachtung iſt nothwendig, um die Richtung des einfallenden Strals mit der des gebrochenen in Zuſammenhang zu bringen. Dies vollſtändig zu leiſten, müſſe man das Geſetz kennen, nach welchem die Anziehungskraft mit der Annäherung der Lichtmolecule an die brechende Oberfläche zunimmt. Wir wiſſen aber nichts von dieſem Geſetze, außer, daß es eine ſehr raſche, und für gleiche Entfernungen auf der ganzen Ausdehnung der Oberfläche gleiche, Zunahme der Geſchwindigkeit hervorbringen muß. Zum Glück reichen dieſe allgemeinen Data zur Herleitung der Reſultate, um die es uns am meiſten zu thun ſeyn muß, hin.

Um die Zunahme der Anziehungskraft auf die allgemeinſte Weiſe darzuſtellen, wollen wir den Raum, innerhalb deſſen ihre Wirkung merklich iſt, in eine unendliche Menge ſehr dünner Schichten durch Linien cd, ef, gh, u. ſ. w., welche mit der Oberfläche des Mittels und der erſten Gränzlinie ab parallel ſind, theilen, Fig. 59., und annehmen, daß ſich innerhalb jeder dieſer Schichten die Intenſität der Anziehungskraft nicht merklich ändere, mithin nur beim Uebergang des Lichtmoleculs aus einer Schicht in die folgende zunehme. Dieſe Conſtruction wollen wir auch ins Innere des Mittels bis zur zweiten Gränze, wo die Anziehungskraft aufhört, merklich zu ſeyn, fortſetzen. Wenn wir nun, nach dieſen Vorausſetzungen, das Verhältniß zwiſchen den ſucceſſiven Werthen der Kraft für dieſe verſchiednen Schichten gänzlich unbeſtimmt laſſen, ſo wird auch das allgemeinſte Geſetz ſeine Darſtellung noch auf dieſe Weiſe finden können; die Genauigkeit der Darſtellung wird mit der Anzahl der Schichten, in die man die Wirkungsſphäre getheilt denkt, zunehmen, und ganz vollkommen werden, wenn man dieſe Anzahl unendlich ſetzt. Wir können uns alſo dieſer Fiction zur Darſtellung der Zunahme der Anziehungskräfte wohl bedienen; und, wenn ſich uns Reſultate daraus ergeben, welche von der Anzahl der Schichten unabhängig ſind, ſo können wir ſicher ſeyn, daß ſie auch für die Anziehungskräfte ſelbſt gelten werden, welches immer ihr Geſetz ſeyn mag.

Alles kommt alſo auf die Unterſuchung zurück, was erfolgen muß, wenn ein unendlich kleines Molecul, welches im leeren Raum nach einer gewiſſen Richtung und mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit fortgeſchleudert worden iſt, durch die Zwiſchenſchicht zweier Parallelebenen hindurchgeht, zwiſchen denen es durch eine gleichförmig beſchleunigende Kraft ſollicitirt wird. Denn mit der Löſung dieſer Aufgabe für die erſte Schicht iſt uns die Berechnung der Richtung, welche das Lichtmolecul darin angenommen hat, ſo wie der Zunahme ſeiner Geſchwindigkeit gegeben. Wir brauchen alſo nur die Berechnung mit dieſen Datis für die zweite Schicht von Neuem vorzunehmen, hievon zur Berechnung der dritten überzugehen, u. ſ. f. durch die ganze Dicke, in welcher die Anziehungskräfte merklich ſind.

Dieſe Aufgabe kommt ganz mit der überein, welche Bewegung geworfene Körper im leeren Raume annehmen, wenn ſie blos durch die Schwere ſollicitirt ſind. Durch die Auflöſung ergiebt ſich, daß für eine und dieſelbe Subſtanz das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels unter allen möglichen Neigungen beſtändig iſt; wie uns die Erfahrung hatte entdecken laſſen. Man findet ferner, daß dies Verhältniß das nämliche iſt, als das der Geſchwindigkeiten, welche das Licht hat, nachdem es in den Körper bis zu einer merklichen Tiefe hineingedrungen iſt, und bevor es eindrang. Dieſe Geſchwindigkeit, die es zu Anfange hatte, iſt (mithin) immer ſchwächer, als die andre, wenn es aus dem Leeren in eine materielle Subſtanz übergeht, ſo daß es bei der Brechung darin beſchleunigt wird.

Endlich lehrt uns die Analyſe, durch Eingehen in alle einzelnen Umſtände der Erſcheinung, aus den Erfahrungen, wo nicht den abſoluten Werth der Anziehungskraft, wenigſtens eine, ihrer Intenſität in jedem Körper proportionale, Größe finden. Dieſe Größe iſt das, um Eins verminderte und durch die Dichtigkeit des brechenden Mittels dividirte, Brechungsverhältniß. Newton hat ihr den Namen der brechenden Kraft oder des Brechungsvermögens (pouvoir réfringent) beigelegt. Ihrer Berechnung liegt die Annahme zu Grunde, daß die Lichtmolecule bei ihrem Durchgange durch die Körper blos durch Kräfte ſollicitirt werden, welche den wägbaren materiellen Theilchen eigenthümlich angehören, ohne daß die unwägbaren und untaſtbaren Principe, wie die der El. und der Wärme, mittelbar oder unmittelbar zur Hervorbringung oder Modificirung dieſer Wirkung etwas beitragen. Die Vergleichung der beobachteten Reſultate mit denen, welche dieſe Vorausſetzung giebt, kann allein zur Entſcheidung führen, ob ſie ſtatthaft ſey oder nicht.

Wir wollen jetzt unterſuchen, was mit dem Lichtmolecul vorgehen muß, wenn es ſich der Austrittsoberfläche A_2 B_2, Fig. 60. nähert, die wir, der größern Einfachheit halber, zuerſt als parallel mit der erſten Oberfläche anſehen wollen. Die, vom Körper in der Nähe dieſer beiden Oberflächen geäußerten, Anziehungskräfte werden Wirkungsſphären von der nämlichen Ausdehnung haben. Wir wollen alſo wiederum die Gränzen, wo ſie innerhalb und außerhalb des Körpers aufhören merklich zu ſeyn, durch die Parallelen a_2 b_2, a_3 b_3 darſtellen. So lange nun das Lichtmolecul die innere Gränze a_2 b_2 noch nicht erreicht hat, wird es fortfahren, ſich in gerader Linie mit der gleichförmigen Geſchwindigkeit, die es bei der Brechung erlangt hat, weiter zu bewegen; hat es aber dieſe Gränze überſchritten, ſo wird es anfangen, wiederum nach dem Innern des brechenden Körpers durch veränderliche Kräfte, je nach den Schichten, durch die es ſucceſſiv zu gehen hat, zurückgerufen zu werden. Um den Erfolg zu berechnen, den die Wirkung dieſer Kräfte auf daſſelbe hervorbringen wird, braucht man nur ſeine Geſchwindigkeit nach zwei Richtungen zu zerlegen, deren eine mit der Austrittsoberfläche A_2 B_2 parallel, die andre auf ihr ſenkrecht iſt. Nun leuchtet ein, daß die Wirkung der Anziehungskräfte den Theil der Geſchwindigkeit, der durch Zerlegung nach der erſten Richtung hervorgegangen iſt, unverändert laſſen wird, weil er auf ſie ſenkrecht iſt; dagegen dieſelbe Wirkung unaufhörlich ſtreben wird, den auf der Oberfläche ſenkrechten Theil der Geſchwindigkeit zu vermindern, dem ſie parallel und entgegengeſetzt iſt; indem nämlich dieſer das Lichtmolecul zum Austritt aus dem Körper ſollicitirt, während die Anziehungskräfte es zur Rückkehr in denſelben zu bewegen ſtreben.

Demzufolge wird die Bahn des Lichtmoleculs von dem Augenblick an, wo die Wirkung dieſer Kräfte merklich zu werden anfängt, ſich krümmen, ſo daß ſie convex gegen die Austrittsoberfläche wird. Wegen der Symmetrie aber, die wir zwiſchen der Lage dieſer Oberfläche und der der Eintrittsoberfläche vorausſetzten, werden die Wirkungen, die das Molecul daſelbſt erfährt, ganz gleich ſeyn, ſo daß es bei Annäherung an die zweite Oberfläche nur ſo viel von ſeiner Geſchwindigkeit verlieren wird, als es bei Entfernung von der erſten gewonnen hatte. Es wird alſo ſolchergeſtalt in A_2 B_2 mit der nämlichen Geſchwindigkeit ankommen, die es in AB hatte. Iſt es darauf über dieſe Gränze hinausgegangen, ſo wird es immer noch durch die Wirkung des Mittels AB A_2 B_2 fortſollicitirt, immer noch in ſeiner Geſchwindigkeit verzögert werden, indem das Mittel es nach ſeinem Innern zurückzurufen ſtrebt, jedoch mit immer mehr abnehmender Stärke, je weiter es ſich entfernt, bis endlich dieſe Wirkung ganz und gar aufhört, merklich zu ſeyn, wenn das Molecul in a_3 b_3 der äußern Gränze der anziehenden Kräfte angelangt iſt, nachdem es nach und nach den ganzen Zuwachs von Geſchwindigkeit verloren hat, den es bei ſeinem Eintritt in's brechende Mittel erlangt hatte. Von jetzt an wird das Molecul, dem Einfluſſe der Anziehung dieſes Mittels nunmehr entzogen, ſich mit ſeiner urſprünglichen Geſchwindigkeit weiter bewegen, in der Richtung der Berührungslinie am letzten Element der Curve, welche es beſchrieben hat; und dieſe Berührungslinie wird, wegen des Parallelismus beider Oberflächen ſich der urſprünglichen Richtung parallel zeigen, welcher das Molecul vor dem Eindringen in das brechende Mittel folgte.

Jetzt wollen wir den Fall betrachten, wo die Austrittsoberfläche $A_2 B_2$, anſtatt mit der Einfallsoberfläche parallel zu ſeyn, unter einem gewiſſen Winkel gegen ſie geneigt iſt, Fig. 61. Dann werden die Gränzen, bis zu welchen ſich die Wirkung des Mittels erſtreckt, noch die nämlichen als vorhin bei dieſer Oberfläche ſeyn, und wir werden ſie eben ſo durch Gerade $a_2 b_2$, $a_3 b_3$, die in denſelben Abſtand, als vorhin gezogen ſind, darſtellen können. Ferner wird auch die Aufeinanderfolge der Wirkungen, welche vom Mittel in verſchiedenen Entfernungen von der Austrittsoberfläche geäußert werden, noch die nämliche ſeyn als vorhin, aber die ſenkrechten Geſchwindigkeiten, welche dieſe Wirkungen zu bekämpfen haben, werden ſich anders verhalten; denn wiederholt man hier die Zerlegung, aus welcher dieſe Geſchwindigkeiten hervorgehn, ſo ergiebt ſich, daß ſie um ſo ſchwächer ſeyn werden, je näher die Richtung des Strals der der Austrittsfläche kommt. Iſt ihr Werth noch ſo groß, daß die Anziehungskräfte nicht hinreichen, ſie aufzuheben, ſo wird das Lichtmolecul durch alle Schichten, wo dieſe Kräfte merklich ſind, hindurchgehen, ihre äußeren Gränzen überſchreiten und nachdem es ſeine ganze urſprüngliche Geſchwindigkeit wieder angenommen hat, ſich in gerader Linie auf ſolche Art davon entfernen, daß der Sinus des Winkels, unter dem es austritt, in einem beſtändigen Verhältniſſe zum Sinus ſeines innern Einfallwinkels ſteht; dem nämlichen, das an der Eintrittsoberfläche Statt fand. Es wird aber auch der Fall eintreten können, daß das Lichtmolecul zur Austrittsoberfläche unter einer ſolchen Neigung gelangt, daß der darauf ſenkrechte Theil ſeiner Geſchwindigkeit, vermöge deſſen allein es auszutreten ſtrebt, durch die zunehmende und fortwirkende Anziehung des Mittels ganz aufgehoben wird, bevor es noch dieſe Oberfläche überſchritten hat; oder auch, es wird geſchehen können, daß ihr hinlängliche Geſchwindigkeit bleibt, um über dieſe Oberfläche hinauszugehen, daß aber der Ueberreſt derſelben durch die verzögernde Wirkung des Mittels aufgehoben wird, noch bevor es die äußere Gränze $a_2 b_2$ erreicht hat, wo dieſe Wirkung aufhört merklich zu ſeyn.

Im einen, wie im andern Fall wird das Lichtmolecul, in dem Maße als die ſenkrechte Geſchwindigkeit abnimmt, der Wirkung des andern, der Austrittsoberfläche parallelen, Theils der Geſchwindigkeit mehr gehorchen, deſſen Intenſität keinen Abbruch erleidet; ſo daß ſeine Bahnlinie ſich immer mehr gegen dieſe Oberfläche umbeugen wird. In dem Augenblick endlich, wo dieſer parallele Theil der Geſchwindigkeit, nach aufgehobenem ſenkrechten, allein noch übrig iſt, wird er das Lichtmolecul ein kleines geradliniges Element, parallel mit der Austrittsoberfläche beſchreiben laſſen, worauf die anziehende Wirkung des Mittels, nun durch keine Gegenwirkung mehr gehemmt, die Richtung dieſer Bewegung umbeugen, und das Lichtmolecul nach Innen durch eine Bahn zurückrufen wird, welche mit derjenigen ſymmetriſch iſt, die es bei Annäherung an die Austrittsoberfläche beſchrieben hatte; wobei dieſe Anziehung dem Molecul allmälig nach entgegengeſetzter Richtung die nämlichen Grade ſenkrechter Geſchwindigkeit wieder ertheilen wird, die ſie ihm geraubt hatte, bis endlich das Theilchen, nachdem es zur innern Gränze $a_2\, b_2$ zurückgelangt iſt, wo die Anziehungskräfte aufhören, merklich zu ſeyn, ſeine Bahn von da in gerader Linie mit der nämlichen Geſchwindigkeit fortſetzt, die es vor ſeinem Eintritte in die Schichten veränderlicher Anziehung beſaß, und in ſymmetriſcher Richtung, ſo daß Zurückwerfungs- und Einfallswinkel gleich ſind.

Man wird nach dieſer Auseinanderſetzung erklärlich finden, woher die Verwandlung der Brechung in Zurückwerfung rührt, welche in der That unter gewiſſen Umſtänden auf der zweiten Oberfläche der Körper beobachtet wird; es erhellt ferner, daß dieſe Verwandlung nicht auf einen einzigen Einfallswinkel beſchränkt iſt, ſondern daß man hiebei drei verſchiedene Grade unterſcheiden kann 1) den, wo die Zurückwerfung in der Subſtanz des brechenden Mittels, zwiſchen der innern Gränze der Anziehungskräfte und der Austrittsoberfläche erfolgt; 2) wo ſie auf der Austrittsoberfläche vor ſich geht, 3) wo ſie zwiſchen dieſer Oberfläche und der äußern Gränze der Anziehungskräfte Statt hat; ſo daß das Molecul erſt aus dem brechenden Mittel heraus, nachher wieder hinein tritt. Der letzte Fall iſt der, wo der Austrittswinkel, nach dem Verhältniß der Sinus berechnet, gleich 90° wird; auch iſt es unter den Fällen, wo der ganze Stral zurückgeworfen wird, derjenige, wo der Stral bei ſeinem innern Einfallen dem Einfallsperpendikel am nächſten kommt. Es wird ſich übrigens ergeben, daß dieſe verſchiednen Gränzen bei der Beobachtung ſehr wohl einer Schätzung fähig ſind; obgleich die Dicken ſelbſt, die zwiſchen ihnen liegen, ganz unmerklich ſind, ſo daß die Beugung des Strals immer plötzlich und im nämlichen Punct in dieſen verſchiednen Fällen zu erfolgen ſcheint.

In allem Bisherigen haben wir die, dem Verſuch unterworfenen, Körper als an das Leere gränzend angenommen: jetzt werden wir zu unterſuchen haben, was geſchieht, wenn das Licht aus einem brechenden Mittel in ein andres, an das erſte gränzende, übergeht. Es hat übrigens keine Schwierigkeit, dieſe beiden Erſcheinungen in Verbindung mit einander zu bringen; indem hiezu die Bemerkung hinreicht, daß das Lichtmolecul alsdann nicht mehr blos durch das Mittel, aus dem es auszutreten im Begriff iſt, angezogen wird, ſondern auch durch das, in welches es eintreten will.

Es ſey, Fig. 62, M das erſte Mittel, M′ das zweite und A′B′ ihre gemeinſchaftliche Oberfläche. So lange ſich das Molecul in M, hinlänglich fern von dieſer Oberfläche findet, daß die Anziehung des erſten Mittels auf daſſelbe von allen Seiten gleich, die des zweiten aber noch unmerklich iſt, wird es ſich in gerader Linie mit der gleichförmigen Geſchwindigkeit fortbewegen, welche die Wirkung des erſten Mittels ihm eingepflanzt hat. Iſt es aber in die Gränzen eingetreten, wo die Intenſität der Anziehungskräfte veränderlich wird, ſo fängt es an, gleichzeitig die Wirkung beider Mittel zu ſpüren, welche es nach entgegengeſetzter Richtung ſollicitiren; indem das Mittel, aus dem es auszutreten im Begriff iſt, es zu verzögern, dasjenige aber, nach dem es ſeinen Lauf zu nimmt, es zu beſchleunigen ſtrebt. Der endliche Erfolg wird alſo nur durch den Unterſchied dieſer Wirkungen bedingt werden, welche beide ſenkrecht auf die gemeinſchaftliche Oberfläche A′B′ gerichtet ſind. Hienach erhellt, daß, wenn das Mittel, nach dem es ſeinen Lauf zunimmt, in gleicher Entfernung eine ſtärkere Wirkung auf daſſelbe äußert, es immer hineindringen, über die innere Gränze $a_2 b_2$ der Anziehungskräfte, in gekrümmter Bahn, hinausgehen und endlich ſeinen Lauf in gerader Linie mit gleichförmiger Geſchwindigkeit weiter fortſetzen wird. Wirkt dagegen das erſte Mittel ſtärker auf das Licht, als das zweite, ſo wird man das Molecul als in einem Mittel ſich bewegend betrachten können, deſſen Wirkung blos der Unterſchied der Wirkungen beider Mittel, und mithin verzögernd iſt, wenn A′B′ zur Austrittsoberfläche wird. Dann werden ſich alle die Fälle des Austritts und der innern Zurückwerfung ergeben, die wir vorhin erkannt hatten. Je nach der Beſchaffenheit des Einfallswinkels wird es demnach geſchehen können, daß das Lichtmolecul gebrochen wird, und ſich dann im zweiten Mittel in gerader Linie fortbewegt; oder auch, daß die Brechung ſich in Zurückwerfung verwandelt; und dann wird hier, wie bei der Angränzung des erſten

Mittels an den leeren Raum, dieſe Zurückwerfung Statt haben können, entweder im Innern des erſten Mittels, zwiſchen der innern Gränze $a_1 b_1$ der anziehenden Kräfte und der gemeinſchaftlichen Oberfläche $A'B'$; oder auf der Oberfläche $A'B'$ ſelbſt; oder auch im Innern des zweiten Mittels bis zur zweiten Gränze $a_2 b_2$ der Anziehungskräfte. Allgemein aber gilt, daß wenn der Stral aus einem Mittel in das andre übergeht, welches von beiden auch das ſtärker wirkende ſeyn mag, das Verhältniß des Einfallsſinus zum Brechungsſinus beſtändig und dem Verhältniß der Geſchwindigkeiten in den beiden Mitteln umgekehrt proportional iſt.

Wir müſſen jetzt dieſe Reſultate, die wir auf theoretiſchem Wege erhalten haben, durch die Erfahrung zu verwirklichen ſuchen, um zu ſehen, ob ſie ſich allen Umſtänden nach mit derſelben in Uebereinſtimmung zeigen. Anlangend zuvörderſt die Beſtändigkeit des Brechungsverhältniſſes und ſeinen Werth, wenn das Licht aus einem Mittel in ein andres übergeht, ſo läßt ſich die Nachweiſung derſelben leicht auf folgende Weiſe erhalten. Nachdem man die Ablenkung gemeſſen hat, welche ein Prisma unter einem beſtimmten Einfallswinkel der Lichtſtralen hervorbringt, breite man über eine ſeiner Oberflächen eine Schicht irgend einer durchſichtigen Subſtanz aus, und gebe dieſer allenthalben eine gleiche Dicke, indem man ſie mit einer polirten Spiegelplatte preßt, oder auch ſie ſelbſt abreibt und polirt. Man wird finden, daß die Hinzufügung dieſer Schicht zum Prisma nichts in der beobachteten Ablenkung ändert, wofern der Einfallswinkel der nämliche bleibt; die Brechung, welche das Licht beim Eintritt in die Schicht erfährt, wird ſomit genau durch diejenige ausgeglichen, welche an der zweiten Oberfläche, wo die Schicht mit dem Glaſe in Berührung iſt, erfolgt; ſo daß das Licht in dieſes gerade ſo eindringt, als wenn es unmittelbar hineingetreten wäre, welches zugleich eine Folgerung und ein Beweis der angegebnen Eigenſchaften iſt.

Um nun zu beobachten, wie mit Veränderung des Einfallswinkels die innere Zurückwerfung entſteht und ſich abändert, bilde man ein prismatiſches Gefäß AA, BB, Fig. 64, deſſen vordere und hintere, aus Spiegelglas beſtehende, Wände um beſtimmte Grade gegen einander geneigt werden konnen, wobei ſie aber immer genau zwiſchen zwei parallelen Kupferplatten enthalten bleiben, ſo daß ſie ein prismatiſches Gefäß mit veränderlichem Winkel darſtellen. Nachdem man nun dies Gefäß mit Waſſer oder irgend einer andern Flüſſigkeit angefüllt hat, gebe man der vordern Wand BB eine verticale Stellung, und laſſe ſenkrecht auf ſie einen horizontalen, von einem Helioſtat in unveränderlicher Richtung zurückgeworfenen, Stral fallen. Der Stral, der ſonach unter einem ſenkrechten Einfallswinkel in die Flüſſigkeit eindringt, wird ſeine Bahn darin in gerader Linie bis zur zweiten Oberfläche des Prisma fortſetzen, und dort in der Regel eine theilweiſe Zurückwerfung erfahren, vermöge deren ein Theil von ihm in das Innere der Flüſſigkeit zurückkehrt, und von da durch ihre horizontale Oberfläche, in der Richtung gegen O″, nach Außen übertritt. Der übrige Theil, welcher die Wirkung der brechenden Kräfte erfährt, wird vermöge derſelben nach der Richtung I'O austreten, wofern der Austritt möglich iſt, oder, im entgegengeſetzten Fall ebenfalls ins Innere ſo zurückkehren, daß ſein Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich iſt, um ſich in der Richtung nach O″ zu mit dem partiell zurückgeworfenen Theil zu verbinden. Um die fortſchreitenden Veränderungen der Erſcheinung vollkommen zu beobachten, richte man zuerſt die zweite Wand AA vertical wie die erſte BB. Man wird ſo eine flüſſige Platte mit parallelen Flächen erhalten, und den Stral ohne alle Ablenkung hindurchgehn ſehn, als wenn er gar kein Prisma auf ſeinem Wege gefunden hätte. So wie man aber den Winkel nur um etwas zu öffnen anfängt, wird auch die Brechung bemerklich, und wirft den austretenden Stral nach Oben. Dieſe Ablenkung nimmt in dem Maße zu, als man den Winkel mehr öffnet, wodurch die Richtung des Strals bei ſeinem innern Einfallen der Richtung der zweiten Oberfläche immer näher gebracht wird. Endlich wird ein Punct eintreten, wo die Schiefe ſo groß iſt, daß der Austritt kaum noch Statt finden kann, indem der Stral bei ſeinem Austreten an der Oberfläche der zweiten Wand hinſtreift, Fig. 65. Ueber dieſe Gränze hinaus wird er gar nicht mehr austreten, ſondern ganz nach Innen zurückgeworfen werden, Fig. 66, was dann Statt zu haben anfangen wird, wenn der Sinus des innern Einfallswinkels, von dem Einfallsloth an gerechnet, gleich der Einheit, dividirt durch das Brechungsverhältniß, iſt. Von dieſer Gränze an wird auch bei jeder größern Oeffnung des Prisma's der ganze Stral fortfahren nach Innen zurückgeworfen zu werden; indem durch dieſe Vergrößerung der Oeffnung der Stral, bei ſeinem innern Einfallen auf der zweiten Oberfläche, der Richtung dieſer letzten immer näher gebracht wird. Dieſe Umſtände zeigen ſich bis ins Einzelnſte den Beſtimmungen entſprechend, die wir theoretiſch aus der Betrachtung der Anziehungskräfte herleiteten.

Auf einen Umſtand muß ich noch beſonders aufmerkſam machen, auf den wir bei künftigen Betrachtungen zurückkommen werden. In dem Augenblick nämlich, wo der Austritt auf dem Puncte iſt, unmöglich zu werden, Fig. 65, hört er nicht plötzlich für den ganzen Stral auf einmal auf, ſondern der Theil dieſes Strals, welcher die Empfindung des Roth hervorbringt, verſchwindet erſt nach den andern.

In der That muß dem ſo ſeyn, wenn, wie wir ſchon früher bemerkten, dieſer Theil aus minder brechbaren Stralen als der andre beſteht, ſein Brechungsverhältniß mithin weniger von der Einheit abweicht.

Man könnte noch die Frage aufwerfen, woher es rühre, daß eine gewiſſe Anzahl Molecule unter allen Einfallswinkeln nach Innen zurückgeworfen wird, ſelbſt wenn der Theil ihrer Fortbewegungsgeſchwindigkeit, welcher durch Zerlegung nach der, auf die brechende Oberfläche ſenkrechten, Richtung hervorgeht, hinreichend iſt, ihren Austritt zu bewirken. Der Grund davon liegt darin, daß dieſe Molecule, außer ihrer Fortbewegung, die wir bisher allein berückſichtigt haben, noch mit beſondern phyſiſchen Eigenthümlichkeiten begabt ſind, über die wir uns weiterhin näher erklären werden, und welche die Wirkung begünſtigen, die auf ſie von den zurückwerfenden Kräften der zweiten Oberfläche ausgeübt wird, eine Wirkung, die nichts über die andern Theilchen vermag, welche nicht eben ſo wohl vorbereitet ſind, ihr Folge zu leiſten.

In Ermangelung eines Prisma mit veränderlichem Winkel, wie wir es ſo eben beſchrieben haben, kann man auch die Erſcheinung der innern Zurückwerfung auf eine ſehr einfache Weiſe beobachten, indem man ein dreiſeitiges Prisma ABC, Fig. 67., zwiſchen das Licht und das Auge bringt, ſo daß die einfallenden Stralen SI, welche durch die erſte Fläche AB eingetreten ſind, auf der Grundfläche BC zurückgeworfen werden, und dann durch die hintere Oberfläche AC austreten. Um allen ſtufenweiſen Abänderungen der Erſcheinung zu folgen, muß man das Auge erſt hoch genug bringen, daß die, unter der Grundfläche BC gelegenen, Gegenſtände vermöge der Brechung durch den Winkel BCA ſichtbar werden. In dieſer Lage werden die Stralen SII', welche von oberhalb AB gelegenen Gegenſtänden herkommen, auch in I' gebrochen, und treten in die Luft unter dem Prisma aus; mit Ausnahme blos des ſchwachen Theils, der in I' die partielle Zurückwerfung erleidet. Bringt man aber das Auge etwas tiefer herab, ſo tritt ein Punct ein, wo die, unter BC gelegenen, Gegenſtände aufhören, durch Brechung ſichtbar zu ſeyn; dagegen die äußern Gegenſtände, welche oberhalb BC liegen, ſich auf der Grundfläche BC, wie auf einem Spiegel malen. Dies rührt daher, daß alsdann die gebrochenen Stralen II' zu ſchief auf BC werden, um in die Luft austreten zu können, daher ſie alle nach Innen zurückgeworfen werden; und da kein Stral, welcher von Gegenſtänden, die unterhalb BC liegen, herkommt, bei der Brechung im Prisma, ſich ſo weit als ſie vom Einfallsloth I'N' entfernen kann, ſo kann keiner derſelben mehr zum Auge gelangen. Auch hat dieſe Totalzurückwerfung, ſobald ſie einmal eingetreten iſt, dann noch für alle gröſſern Schiefen Statt.

Um die Gränzen dieſes Verſchwindens genau zu beſtimmen, wollen wir uns denken, $NI'I''$ ſey der gröſte Brechungswinkel, der für die Stralen, die durch die Grundfläche BC in das Prisma eintreten, noch Statt finden kann; und wollen den austretenden Stral $I''O$ ziehen, der nach der zweiten Brechung durch die Fläche AC daraus hervorgeht. Wenn man durch die Spitze des Winkels C, CO' parallel mit $I''O$ zieht, ſo erhellt, daß keiner der, zur Fläche BC eingetretenen, Stralen in den Winkel $O'CC'$ dringen kann, der zwiſchen dieſer Geraden und der Verlängerung der Grundfläche des Prisma enthalten iſt. So lange ſich alſo das Auge in dieſem Raum befindet, wird keiner der, unterhalb BC gelegenen, Gegenſtände durch Brechung von ihm erblickt werden können.

Nicht überflüſſig wird die Bemerkung ſeyn, daß die Erſcheinungen der Totalzurückwerfung (d. i. der Zurückwerfung, wo der ganze einfallende Stral zurückgeworfen, nicht ein Theil deſſelben gebrochen wird) ſich niemals auf ſolche Weiſe beobachten laſſen, daß man durch die nämliche Fläche des Prismas hindurchſieht, durch welche die einfallenden Stralen eintreten, wie bei der Anordnung in Fig. 68 und 69 Statt hat. Denn iſt das Prisma wie in der erſten dieſer Figuren gedreht, ſo wird der gebrochene Stral II' niemals auf der zweiten Oberfläche CB die Totalzurückwerfung erleiden können; hat hingegen das Prisma die Lage, wie in Fig. 69, ſo wird der zurückgeworfene Stral $I'I''$ ſchon nicht mehr durch die erſte Oberfläche AB austreten können, wenn er eine Totalzurückwerfung auf der zweiten zu erfahren anfängt.

Wir wollen jetzt wieder zu der vorhin angewandten Beobachtungsart zurückkehren, Fig. 67; anſtatt aber die ganze Grundfläche BC mit der Luft in Berührung zu laſſen, einen Waſſertropfen auf einen ihrer Puncte, wie E, Fig. 70, bringen. Dreht man dann das Prisma langſam um ſeine Axe, und bringt das Auge nach O, ſo daß es die, vom Himmel kommenden, zurückgeworfenen Stralen SII' empfängt, ſo wird man bemerken, daß die Totalzurückwerfung auf dem ganzen Theil der Grundfläche BC, welcher mit der Luft in Berührung iſt, eher eintritt, als auf der Stelle E, wo ſich der Waſſertropfen befindet; ſo daß dieſer noch lange durch die Dicke des Prismas hindurch mittelſt der, direct davon ausgehenden, Stralen ſichtbar bleibt. Senkt man aber allmälig das Auge nach der Grundfläche BC zu, ſo daß die Stralen ſchiefer werden, ſo tritt die Totalzurückwerfung nun auch im Punct E ein, und der Tropfen E verſchwindet.

Alle dieſe Erſcheinungen ergeben ſich als nothwendige Folgerungen aus der Theorie. Wenn die gebrochenen Stralen IK auf die Grundfläche BC nahe perpendicular auffallen, ſo erleiden ſie keine innere Totalzurückwerfung, ſelbſt nicht an den, mit der Luft in Berührung befindlichen, Stellen der Grundfläche. Umgekehrt, jeder Stral, der von den äußern, unterhalb der Grundfläche des Prismas gelegenen, Gegenſtänden herkommt, und unter einer, der ſenkrechten nahen, Richtung darauf fällt, dringt hinein und gelangt zum Auge. Wenn aber bei Senkung des Auges die gebrochenen Stralen IF ſchiefer gegen die Grundfläche BC werden, ſo tritt eine Gränze ein, wo die (anziehende) Wirkung der, mit dieſer Grundfläche in Berührung befindlichen, Luft nicht mehr ſtark genug iſt, dieſe Stralen zum Durchgehen zu nöthigen; ſie werden alſo dann total zurückgeworfen, nachdem ſie aus dem Prisma bis zu der äußern Gränze der Anziehungskräfte des Glaſes und der Luft ausgetreten ſind. Der Einfallswinkel, bei welchem dieſe Erſcheinung eintritt, iſt aber ein anderer für den Punct E, wo der Waſſertropfen anhängt, weil die anziehende Wirkung des Waſſers für das Licht weit ſtärker als die der Luft iſt; wodurch die ſenkrechten Kräfte, welche die Lichttheilchen zum Austritt ſollicitiren, an Gewalt ſehr gewinnen. Auch muß man wirklich das Auge mehr nach der Grundfläche BC ſenken, um den Erfolg der innern Zurückwerfung am Punct E, wo ſich der Tropfen befindet, zu erblicken; und erſt, wenn man bis zu dieſer Neigung gelangt iſt, verſchwindet der Tropfen gänzlich. In dieſem Augenblick giebt es eine gewiſſe Anzahl Stralen SI, welche, von den äußern Gegenſtänden ausgegangen, in den Tropfen auf eine unendlich kleine Weite von der Grundfläche des Prisma hineindringen, und dann zum Auge gelangen, nachdem ſie ins Innere des Prisma durch die Zurückwerfung zurückgeführt worden ſind. Beſteht der Tropfen aus einer durchſichtigen Flüſſigkeit, ſo erleiden dieſe Stralen bei ihrem kurzen Durchgange durch ſeine Subſtanz nur eine unmerkliche Schwächung; und ihr Glanz verhindert dann, das ſchwache Licht zu unterſcheiden, das noch zum Auge von der unendlich dünnen flüſſigen Schicht geſandt wird, welche die Anziehungskräfte umfaßen. Hierin liegt der Grund, warum der Tropfen verſchwindet.

Die Gränze würde offenbar eine andere ſeyn, wenn die, auf der Grundfläche des Prisma gebrachte, Subſtanz undurchſichtig wäre, oder nicht übrigens mit derſelben brechenden Kraft, als das Waſſer, begabt. Denn dann würden die Stralen SI, deren Zurückwerfung nur nach dem Eintritt in dieſelbe Statt haben könnte, durch ihre Undurchſichtigkeit zurückgehalten werden und nicht zum Auge gelangen können. Man würde alſo die Totalzurückwerfung erſt in dem Augenblick zu ſehen anfangen, wo die gebrochenen Stralen IR auf der Gränze beider Mittel ſelbſt zurückgeworfen würden, welches ein, dieſer Gränzfläche mehr angenähertes, Einfallen erfordert. Obſchon die Dicke, welche den Unterſchied zwiſchen dieſem und dem vorigen Fall der Zurückwerfung macht, gewiſſermaßen unendlich klein, wenigſtens keiner Schätzung durch unſre Sinne fähig iſt, ſo iſt doch ihr Einfluß auf die Einfalls- und Zurückwerfungswinkel ſehr bedeutend. Hat man z. B. Bienenwachs auf das Prisma gebracht, welches ſich ſucceſſiv durchſichtig und undurchſichtig machen läßt, indem man es durch eine Lichtflamme ſchmilzt und dann durch Kaltwerden geſtehen läßt, ſo zeigt ſich, daß die Totalzurückwerfung in dieſem letzten Falle bei einem Einfallswinkel anfängt, der der zurückwerfenden Oberfläche wenigſtens um acht Grad näher als im andern Fall kommt. Laplace hat auf dieſen Unterſchied, der zwiſchen der Gränze, wo die innere Zurückwerfung auf den durchſichtigen und wo ſie auf den undurchſichtigen Körpern anfängt, zuerſt aufmerkſam gemacht, und den Weg angegeben, die Einfallswinkel für den einen und den andern Fall nach der Theorie der Anziehungskräfte zu berechnen. Dieſe Angaben ſind von Malus durch den eben angeführten Verſuch als in der Wirklichkeit gegründet nachgewieſen worden, indem er durch genaue Winkelmeſſungen, die er damit verband, zeigte, daß die Gränzen der Einfallswinkel, welche ſich der Beobachtung ergaben, vollkommen mit der Theorie in Uebereinſtimmung ſind. Dieſe Uebereinſtimmung und die Beſtändigkeit des Brechungsverhältniſſes ſind Thatſachen, welche gar ſtark zu Gunſten des Emanationsſyſtems ſprechen, zumal wenn man in Erwägung zieht, wie verborgen der Zuſammenhang zwiſchen dieſen beiden Reſultaten iſt.

Malus ſtellte noch einen andern Verſuch an, der, ohne beſtimmte Meſſungen zuzulaſſen, ein auffallendes Beiſpiel vom Spiel der brechenden Kräfte beim Act der Totalzurückwerfung gab. Er brachte auf die Grundfläche eines Prisma von Crownglas einen Tropfen flüſſiger Dinte, der, anfangs durchſichtig, die Totalzurückwerfung unter gewiſſen Neigungen geſtattete. Indem er aber durch das Eintrocknen allmälig an Dichtigkeit zunahm, erforderte er eine immer größere Schiefe der auffallenden Stralen, um zum Verſchwinden gebracht zu werden; und als er endlich ganz undurchſichtig geworden war, fand das Verſchwinden unter keinem Einfallswinkel mehr Statt, wegen der großen brechenden Kraft der Metalltheilchen, aus denen er zum Theil beſtand. Wäre ein Prisma aus einem Glaſe von ſtärkerm Brechungsvermögen angewandt worden, ſo hätte vielleicht noch Zurückwerfung erfolgen können; und dann hätte der Einfallswinkel, unter dem ſie Statt gehabt hätte, zur Beſtimmung des Brechungsver-

[illegible] der, obſchon für das Licht undurchgängiger geworden, Dinte dienen können. Ueberhaupt begreift man, daß ſich nach dieſer Methode das Brechungsverhältniß der Körper, ſelbſt der undurchſichtigen, ausmitteln läßt, wenn man ſie auf die zweite Oberfläche eines durchſichtigen Prisma von ſtärkerem Brechungsvermögen, als das ihrige, bringen kann. Man muß aber dann Sorge tragen, die Berechnung ſo zu führen, als wenn die Totalzurückwerfung auf der gemeinſchaftlichen Oberfläche des Körpers und des Prisma's Statt zu haben begönne. Dieſe ſinnreiche Verfahrungsart iſt von Wollaſton angegeben und in Anwendung gezogen worden; Malus aber war es, der zuerſt auf die Nothwendigkeit aufmerkſam machte, die Berechnung nach den Reſultaten der Erfahrung verſchieden zu führen, je nachdem der, auf das Prisma gebrachte, Körper durchſichtig oder undurchſichtig iſt, wobei er die, von Laplace für die beiden Zurückwerfungsarten gegebenen, Formeln zu Grunde legt.

Dies gewährt ein ſehr einfaches Mittel, mit ziemlich großer Annäherung das Brechungsverhältniß einer gegebenen Flüſſigkeit zu finden, wenn man nur in Beſitz ſehr kleiner Quantitäten derſelben iſt. Man braucht nämlich nur einen Tropfen davon auf die zweite Oberfläche eines Prismas zu bringen, und zu beobachten, ob er eher oder ſpäter als die Tropfen anderer Flüſſigkeiten von bekanntem Brechungsverhältniß verſchwindet.

Nachdem ſo der Weg gefunden iſt, durch Erfahrung das Brechungsvermögen aller durchſichtigen Körper, und ſelbſt der undurchſichtigen, auszumitteln, wenn ſie ſich in Berührung mit einem durchſichtigen Körper von ſtärkerem Brechungsvermögen, als das ihrige, bringen laſſen, muß man die Reſultate, welche ſich ſo bei der Beobachtung in verſchiedenen Klaſſen von Körpern ergeben haben, zuſammenſtellen, um zu ſehen, ob ſich irgend eine Beziehung zwiſchen ihrem Brechungsvermögen und ihrer chemiſchen Zuſammenſetzung entdecken läßt; zu welchem Zweck folgende, von Newton herrührende, Tabelle beſtimmt iſt.

Namen der brechenden Subſtanzen.	Verhältniß des Einfallsſinus zum Brechungsſinus für das gelbe Licht n.	Werthe des Quadrats $n^2 - 1$.	Dichtigkeit der brechenden Subſtanz ρ	Ihre brechende Kraft $\frac{n^2 - 1}{\rho}$ (a)
Ein falſcher Topas (ſchwefelſaurer Baryt)	23 zu 14	1,699	4,27	3979
Atmoſphäriſche Luft.	3201 — 3200	0,000625	0,0012	5208
Spießglasglas	17 — 9	2,568	5,28	4864
Ein Selenit (ſchwefelſaurer Kalk)	61 — 41	1,213	2,252	5386
Gemeines Glas.	31 — 20	1,4025	2,58	5436
Bergkryſtall.	25 — 16	1,445	2,65	5450
Isländiſcher Spath.	5 — 3	1,778	2,72	6536
Steinſalz (ſalzſaures Natrum).	17 — 11	1,388	2,143	6477
Alaun (ſchwefelſ. Kali).	35 — 24	1,1267	1,714	6570
Borax (boraxſ. Natrum)	22 — 15	1,1511	1,714	6716
Salpeter (ſalpeterſ. Kali)	32 — 21	1,345	1,9	7079
Danziger Vitriol (ſchwefelſ. Eiſen)	303 — 200	1,295	1,715	7551
Vitriolöl (Schwefelſäure mit Waſſer).	10 — 7	1,041	1,7	6124
Regenwaſſer	529 — 396	0,7845	1,00	7845
Gummi arabicum	31 — 21	1,179	1,375	8574
Gut rectificirter Weingeiſt	100 — 73	0,8765	0,866	10121
Campher.	3 — 2	1,25	0,996	12551
Olivenöl	22 — 15	1,1511	0,913	12607
Leinöl.	40 — 27	1,1948	0,932	12819
Terpentinöl.	25 — 17	1,1626	0,874	13222
Ambra.	14 — 9	1,42	1,04	13654
Diamant.	100 — 41	4,949	3,4	14556

(a) Die in dieſer letzten Spalte enthaltenen Zahlen ſind mit 10,000 multiplicirt, um Decimalbrüche zu vermeiden. — Die Benennung, falſcher Topas, die Newton in der erſten Spalte braucht, gilt unſtreitig für den kryſtalliſirten Baryt oder Schwerſpath, wie die große Schwere dieſes Steins zu erkennen giebt.

Aus einem Blick auf dieſe Tabelle ergiebt ſich, daß Subſtanzen von ſehr verſchiedner Dichtigkeit ein gleiches Brechungsvermögen beſitzen können, ſo wie, daß eine Subſtanz, die an Dichtigkeit von einer andern übertroffen wird, deſſen ungeachtet ein ſtärkeres Brechungsvermögen haben kann. Die Wirkung der Körper auf das Licht hängt ſomit, wie wir ſchon oben bemerkten, nicht allein von ihrer Dichtigkeit, ſondern auch von der chemiſchen Beſchaffenheit ihrer Theilchen ab. Es zeigt ſich ferner, daß die Subſtanzen von dem kräftigſten Brechungsvermögen im Allgemeinen Harze und Oele ſind; und da das deſtillirte Waſſer ihnen hierin eben nicht ſehr nachſteht, ſo iſt der Schluß natürlich, das im Waſſer ein brennbarer Stoff, ähnlich dem, aus welchem die Oele und Harze beſtehen, enthalten ſeyn müſſe; ein Schluß, der auch auf den Diamant auszudehnen iſt, deſſen Brechungsvermögen noch viel beträchtlicher iſt. Dieſe kühnen Blicke entgiengen Newton's Scharfſinn nicht, und er nahm keinen Anſtand ſich darüber auszuſprechen. Denn dieſer große Mann, der bei ſeinen Verſuchen mit der größten Strenge verfuhr, und in ſeinen Vermuthungen die weiſeſte Zurückhaltung beobachtete, ließ ſich doch nie abhalten, den Folgerungen einer Wahrheit, ſo weit als immer thunlich war, nachzugehen.

Welches iſt nun wohl dieſer den Oelen und Harzen gemeinſchaftliche Stoff, der ihnen eine ſo ſtarke Wirkung auf das Licht verleiht? Dies auszumitteln, giebt es keinen beſſern Weg, als das Brechungsvermögen der gasförmigen Stoffe zu beſtimmen; denn da faſt alle Körper, mit denen man es zu thun hat, aus der Verbindung ſolcher Stoffe beſtehen, ſo erhält man hiedurch den Vortheil, daß ihre Unterſuchung auf die ihrer allgemeinſten Elemente zurückkommt; auch haben wir, Arago und ich, dies in der vorerwähnten Abhandlung uns zum Zweck geſetzt.

Ich habe ſchon geſagt, auf welche Weiſe unſre Beobachtungen angeſtellt wurden, und welches die unmittelbaren Ergebniſſe derſelben waren. Es bleibt jetzt noch übrig, die daraus hergeleiteten brechenden Kräfte nahmhaft zu machen.

Brechungsvermögen der Gasarten bei der Temperatur 0° und dem Druck $0^{m}, 76$, aus der Geſammtheit der Beobachtungen hergeleitet.

Name der Gasart.	Dichtigkeit der Gasart; die der atmoſphäriſchen Luft als Einheit geſetzt.	Werth von $n^2 - 1$.	Brechende Kräfte der Gasarten, die der atmoſphär. Luft gleich 1 geſetzt.
Atmoſphäriſche Luft. . .	1,00000	0,000589171	1,00000
Sauerſtoff.	1,10359	0,000560204	0,86161
Stickſtoff.	0,96913	0,000590436	1,03408
Waſſerſtoff.	0,07321	0,000285315	6,61436
Ammonium.	0,59669	0,000762349	2,16851
Kohlenſäure.	1,51961	0,000899573	1,00476
Gekohlter Waſſerſtoff. . .	0,57072	0,000703669	2,09270
Doppelt gekohlter Waſſerſtoff.	0,58825	0,000630300	1,81860
Salzſaures Gas. . . .	1,24740	0,000879066	1,19625

Die Dichtigkeiten in dieſer Tabelle ſind ſämmtlich nach unſern eignen Verſuchen beſtimmt. Etwas verſchieden würden die Werthe der brechenden Kräfte ausfallen, wenn man die, von **Dulong** und **Berzelius** gefundnen, und Th. I. S. 301 angeführten Dichtigkeiten den hier zu Grunde gelegten ſubſtituirte.

Aus einem Hinblick auf dieſe Tabelle ergiebt ſich, daß die brechende Kraft des Waſſerſtoffgaſes die aller andern Gasarten, ja aller, bisher noch beobachteten, Subſtanzen bei Weitem überſteigt. Nun iſt dieſer Grundſtoff ſehr reichlich in den Harzen, den Oelen und den Gummiarten vorhanden, wo er ſich mit Kohlenſtoff und Sauerſtoff in Verbindung findet; auf ſeine Rechnung alſo hat man hauptſächlich jene große brechende Kraft zu ſchreiben, die **Newton** ſo richtig beobachtet hatte. Dieſen Einfluß des Waſſerſtoffgaſes findet man auch in hohem Grade im Ammonium wieder, welches aus Waſſerſtoff und Stickſtoff beſteht. Das Brechungsvermögen dieſer Gasart iſt doppelt ſo groß, als das der atmoſphäriſchen Luft, größer demnach, zufolge der Tabelle auf S. 310, als das des Waſſers.

Indeß wollen wir hiebei noch nicht ſtehen bleiben. Da jede Subſtanz in ihre Verbindungen den ihr eigenthümlichen Character mit hinüberzunehmen, und ſelbſt bis zu einem gewiſſen Puncte den Grad der Stärke, mit welchem ſie auf das Licht wirkte, darin zu behaupten ſcheint, ſo wollen wir verſuchen, von dieſem Geſichtspuncte aus den Einfluß der Beſtandtheile, welche in ein gegebenes Gemiſch oder eine gegebene Verbindung eingehn, auf die Wirkung dieſer zu berechnen.

Wäre unſre Abſicht, dieſe Verhältniſſe für irgend eine andre Subſtanz, als das Licht, zu berechnen, ſo würden wir uns bald durch unbeſiegbare Hinderniſſe aufgehalten finden, hervorgehend aus der Art der chemiſchen Vereinigung und dem Grade der Verdichtung der Beſtandtheile ſelbſt; denn, obwohl die chemiſche Wirkung ſich nur auf ſehr kleine Weiten erſtreckt, ſo ſind doch dieſe Weiten unter einander vergleichbar; mithin kann die größere oder geringere Entfernung der Theilchen von einander nicht ermangeln, die Intenſität dieſer Wirkung abzuändern. Dieſe Veränderungen, noch durch die Geſtalt der Theilchen modificirt, müſſen die Verhältniſſe, in denen die Wirkungen der Zuſammenſetzungen zu denen ihrer Beſtandtheile ſtehen, ausnehmend verwickelt machen; und, ohne den Erfolg hievon berechnen zu können, erhellt doch, daß hierin der Grund der Verſchiedenheit ihrer Eigenſchaften liegt. Dagegen ſind, wie ſich mit der größten Wahrſcheinlichkeit annehmen läßt, die Theilchen des Lichts ſo klein in Verhältniß zu den Abſtänden der Körpermolecule, daß ſchwache Veränderungen in dieſen Abſtänden von minder merklichem Einfluß auf die Lichttheilchen ſeyn müſſen. In Folge deſſen kann das Brechungsvermögen eines Körpers nur wenig von dem ſeiner Beſtandtheile abweichen, wenigſtens wenn die brechenden Kräfte blos auf der Wirkung der wägbaren materiellen Theilchen beruhen, nicht aber ihre Stärke durch das mehr oder minder reichliche Vorhandenſeyn imponderabler, damit in Verbindung befindlicher, Stoffe modificirt wird, mit denen beim Act der Verbindung faſt immer eine Veränderung vorgeht.

Um nun zu beſtimmen, welches der Einfluß jedes Beſtandtheils ſeyn muß, iſt zu erwägen, daß das Brechungsvermögen eines Körpers proportional der Summe der Anziehungskräfte iſt, die er auf das Licht, in verſchiednen Abſtänden, bei einer Dichtigkeit gleich 1, äußert, wenn man dieſe Summe von dem Augenblick an nimmt, wo das Lichtmolecul anfängt, merklich vom Körper angezogen zu werden, bis zu dem Augenblick, wo es auf ſeiner Oberfläche anlangt. Setzt man nun voraus, daß jeder Beſtandtheil in die Verbindung, in die er eingeht, ſeine eigenthümliche Wirkung mit hinüber nimmt, ſo folgt, daß bei jedem, innerhalb dieſer Gränzen genommenen, Abſtande, die Geſammtanziehung, welche das Lichtmolecul erfährt, proportional ſeyn wird der Summe der Anziehungen, welche auf daſſelbe von den verſchiedenen Beſtandtheilen, aus denen der Körper beſteht, geäußert werden; und der Theil der Wirkung, welcher auf Rechnung jedes Beſtandtheils kommt, wird dem Product ſeines eigenthümlichen Brechungsvermögens in ſeine Maſſe, d. i. in die Quantität wägbarer Materie, die von ihm in die Verbindung eingeht, proportional ſeyn.

Wir wollen dies Geſetz erſt an einfachen Fällen erproben, wo die Beſtandtheile bei ihrer Verbindung wenig oder keine Verdichtung erfahren. Die atmoſphäriſche Luft wird uns zum Beiſpiel dienen. Bekanntlich enthält dieſe Luft im trocknen Zuſtande 0,21 Sauerſtoffgas an Volumen; der übrige Theil beſteht aus einer Miſchung von Stickſtoff, Kohlenſäure und vielleicht noch einigen andern Gasarten in unmerklichen Verhältniſſen. Größerer Einfachheit halber wollen wir nur den Stickſtoff und die Kohlenſäure berückſichtigen; und vom erſten 0,784, vom zweiten 0,006 Volumtheile als in die Verbindung eingehend annehmen. Ich erkläre mich für dieſe Verhältniſſe, weil ſie mit den Analyſen der atmoſphäriſchen Luft ſehr wohl in Uebereinſtimmung ſind, und, wie ſich ergeben wird, auch den, durch unſre Verſuche ausgemittelten, Dichtigkeitswerthen Genüge leiſten. Um nun zu finden, wie viel an wägbarer Materie von jedem Beſtandtheil in das Volumen 1 eingeht, muß man jeden Bruchtheil dieſes Volumens mit der Dichtigkeit der Gasart, aus der er beſteht, multipliciren; man erhält ſo:

Sauerſtoff . . 0,210 × 1,10359 = 0,231754
Stickſtoff . . 0,784 × 0,96913 = 0,759798
Kohlenſäure . 0,006 × 1,51901 = 0,009114

1,000666

Wie man ſieht, iſt die Summe der Einheit faſt gleich; auch muß dem ſo ſeyn, da ſie den Ausdruck für das ſpecifiſche Gewicht der Miſchung, d. i. der atmoſphäriſchen Luft, welches wir in der That als Einheit geſetzt hatten, geben ſoll. Der Irrthum fällt in ſolche Decimalſtellen, für deren Genauigkeit man bei den Beobachtungen nicht ſtehen kann. Vernachläſſigt man ihn, ſo wird man in den oben berechneten Reſultaten genau die wägbaren Quantitäten der drei Beſtandtheile haben, aus denen eine, der Einheit gleiche, Maſſe atmoſphäriſcher Luft beſteht. Es bleibt alſo nur noch übrig, jeden derſelben mit dem, ihrer

Beſchaffenheit zukommenden, Brechungsvermögen zu multipliciren, wodurch man findet:

Sauerſtoff . . .	0,199682
Stickſtoff	0,785693
Kohlenſäure . . .	0,009157
	0,994532

Die Summe dieſer Zahlen drückt das Brechungsvermögen der atmoſphäriſchen Luft aus, wie es ſich durch Berechnung nach dem Brechungsvermögen ihrer einzelnen Beſtandtheile ergiebt. Um vollkommen genau zu ſeyn, müßte es der Einheit gleich kommen. Der Irrthum beträgt ſomit 0,005468, d. i. ungefähr 5 Tauſendtheile des Geſammtwerthes, und läßt ſich auf Rechnung faſt unvermeidlicher Irrthümer in den Verſuchen ſchreiben; denn da vorſtehendes Reſultat vom ſpeciſiſchen Gewicht der Gasarten, ihrer Reinheit und den Brechungen, die ſie hervorbringen, abhängt, ſo können ſich die Irrthümer bei der großen Menge von Operationen, die zur Ausmittlung jener Umſtände nöthig ſind, leicht vervielfältigen.

Genaue und oft wiederholte Analyſen der atmoſphäriſchen Luft, unter verſchiedenen Klimaten und unter den wechſelndſten Umſtänden angeſtellt, haben gezeigt, daß ſeine wägbaren Beſtandtheile allenthalben die nämlichen ſind und daß ſie immer in den nämlichen Verhältniſſen darin vorkommen *). Es folgt hieraus, daß auch das Brechungsvermögen der atmoſphäriſchen Luft allenthalben auf der Erde ſich gleich bleibt, weil es von dem partiellen Brechungsvermögen ſeiner Beſtandtheile abhängt; mithin laſſen ſich die Refractionstafeln, welche für eine Breite berechnet ſind, für alle Klimate benutzen, wofern man nur die Dichtigkeitsveränderungen berückſichtigt, welche durch die Veränderungen in Druck und Temperatur bedingt werden. Was die Verſchiedenheiten betrifft, die von der, in der Luft vorhandenen, Feuchtigkeit abhängen könnten, ſo werden wir weiterhin darthun, daß ſie als unmerklich aus der Acht gelaſſen werden können.

Jetzt wollen wir Fälle betrachten, wo die Beſtandtheile durch eine wirklich chemiſche Verbindung mit einander vereinigt ſind; und um in der gehörigen Stufenfolge fortzuſchreiten, erſt ſolche Verbindungen aufſuchen, die durch keine ſehr ſtarke Verwandtſchaft zuſammengehalten werden. Ein ſehr paſſendes Beiſpiel in dieſer Hinſicht wird uns das Ammoniumgas liefern, beſtehend aus Waſſerſtoff und Stickſtoff, deren gasförmiger Zuſtand nicht durch ihre chemiſche Verbindung auf-

---

*) Nach neuern Beobachtungen ſoll indeß die Meeresluft keine Kohlenſäure beſitzen.

gebeben wird. Führt man hier die Rechnung ganz wie vorhin, indem man die, von Berthollet gegebene, Analyſe des Ammoniums zu Grunde legt, ſo zeigt ſich eine ſo genaue Uebereinſtimmung, daß, wäre dieſe Subſtanz nicht analyſirt geweſen, und man hätte blos die Beſchaffenheit ihrer Beſtandtheile gekannt, ihr Brechungsvermögen zur genauen Beſtimmung ihrer Zuſammenſetzung hätte dienen können.

Um endlich auch Verbindungen zu betrachten, die durch eine ſehr innige Verwandtſchaft vereinigt worden, wollen wir auf dieſelbe Weiſe das Brechungsvermögen des Waſſers nach dem ſeiner Beſtandtheile, welche Waſſerſtoff und Sauerſtoff ſind, berechnen. Zufolge der ſehr genauen, von Gay-Luſſac und Humboldt angeſtellten, Verſuche, beſteht das Waſſer aus zwei Volumtheilen Waſſerſtoff gegen einen Volumtheil Sauerſtoff, welches, auf Gewichtstheile reducirt, in 1000 Theilen auf 117 des erſten, 883 des zweiten Beſtandtheils giebt. Wird jede dieſer Größen mit dem Werthe des ihr entſprechenden Brechungsvermögens multiplicirt, ſo erhält man als Summe 1,33345 für das Brechungsvermögen des Waſſers, bezogen auf das der atmoſphäriſchen Luft als Einheit des, von Newton wirklich beobachteten, Brechungsvermögen, ebenfalls hierauf zurückgebracht, zeigt es ſich ungefähr um ⅓ ſeines Totalwerths ſtärker. Mithin äußern das Sauerſtoff- und Waſſerſtoffgas, nach ihrer Verdichtung zu Waſſer, auf das Licht eine merklich ſtärkere Wirkung, als im Zuſtande der bloßen Mengung. Andre feſte Subſtanzen, auf die nämliche Art geprüft, geben ähnliche Reſultate; d. h. der Uebergang vom gasförmigen zum feſten Zuſtande bringt immer eine merkliche Zunahme der Verwandtſchaft zum Licht mit ſich. Vorzüglich auffallend zeigt ſich dies beim Diamant, der zufolge der Erfahrung ein beträchtliches Brechungsvermögen beſitzt, obwohl die genaueſte Analyſe nur Kohle als Beſtandtheil deſſelben entdecken läßt, eine Subſtanz, welche im gasförmigen Zuſtande nur eine ziemlich ſchwache Wirkung auf das Licht äußert, wenigſtens nach der Wirkung der Kohlenſäure zu urtheilen, zu deren Beſtandtheilen ſie gehört.

Eben nach dieſen Verſuchen aber wird die Herleitung des Brechungsvermögens aus der chemiſchen Zuſammenſetzung nur ſehr geringem oder gar keinem Irrthum unterworfen ſeyn, wenn die Dichtigkeit der Körper nur ſchwache Veränderungen bei der Verbindung erfährt. Wirklich habe ich mich überzeugt, daß man mit Sicherheit davon bei Mengungen tropfbarer Flüſſigkeiten Gebrauch machen kann, ſelbſt ſolcher, die eine beträchtliche Wirkung auf einander äußern, wie Waſſer und Alkohol. Wie wir oben fanden, ergab ſich die nämliche Uebereinſtimmung bei den Gasgemengen.

Hienach iſt wahrſcheinlich, daß das Brechungsvermögen des Waſſerdunſtes ſehr wenig von dem des tropfbarflüſſigen Waſſers unterſchieden ſeyn wird; welches erlaubt, den Einfluß zu berechnen, den ſeine Gegenwart in der Luft auf die atmoſphäriſche Stralenbrechung zu äußern vermag. Man findet ſolchergeſtalt, daß der Ueberſchuß brechender Kraft, den dieſer Dunſt vor der Luft voraus hat, faſt genau durch ſeine mindre Dichtigkeit ausgeglichen wird, ſo daß im Ganzen die Brechung, welche eine Luftmaſſe hervorbringt, wenn ſie trocken und wenn ſie feucht iſt, nicht merklich von einander verſchieden iſt, vorausgeſetzt, daß Druck und Temperatur übrigens gleich ſind. Ich habe in der That dieſe Gleichheit auf dem Verſuchswege bewährt gefunden, und zwar ſo genau, daß ich nicht die geringſte merkliche Abweichung dabei zu entdecken vermochte. Hieraus fließt die, für die Aſtronomen wichtige, Folgerung, daß ihre Beobachtungen vom hygrometriſchen Zuſtande der Luft unabhängig ſind, der, wenn er einen in Betracht kommenden Einfluß hätte, eine große Verwicklung in ihre Reſultate bringen würde. Jedoch hat Arago durch eine noch feinere Beobachtungsart, als deren ich mich bediente, gefunden, daß der Waſſerdunſt ein etwas geringeres Brechungsvermögen, als das tropfbarflüſſige Waſſer, beſitzt, und daß in dieſem Bezug auch Unterſchiede hinſichtlich aller andern Dünſte in Vergleich mit den tropfbaren Flüſſigkeiten, denen ſie ihren Urſprung verdanken, Statt finden. Glücklicherweiſe iſt dieſer Unterſchied beim Waſſer ſo ſchwach, daß, wenn auch die Schärfe ihn anzunehmen gebietet, doch die Erfahrung ihn zu vernachläſſigen geſtattet.

Ich habe mich auf dieſelbe Weiſe überzeugt, daß die Temperaturveränderung keine merklichen Veränderungen im Brechungsvermögen der atmoſphäriſchen Luft, ſo wie der übrigen Gasarten bedingt (außer inſofern ſie ihre Dichtigkeit abändert): denn die Ablenkungen, die ich im Sommer und in einem Zimmer beobachtete, wo ich Feuchtigkeit und Temperatur künſtlich abänderte, zeigten ſich vollkommen ſo, wie die Berechnung ſie nach den, im Winter beobachteten, brechenden Kräften ergab. Es iſt jedoch anzunehmen, daß man in dieſer Hinſicht zuletzt auf Unterſchiede ſtoßen würde, wenn man Verſuche bei ſolchen Kältegraden anſtellen könnte, daß die wechſelſeitige Wirkung der Gasmolecule durch ihre Annäherung merklich würde; ſo wie es auch möglich iſt, daß bei Verdichtung einer tropfbaren Flüſſigkeit durch die Kälte die Anziehungen, welche von der Geſtalt der Theilchen abhängen, deren Wirkung auf das Licht merklich modificiren. Sollte man nicht hierin den Grund jener merkwürdigen, von Arago beobachteten, Erſcheinung finden, daß das Brechungsvermögen des tropfbarflüſſigen Waſſers mit ſeiner Erkältung zunimmt, ſelbſt wenn ſeine Dichtigkeit durch die Ausdehnung, die es unter der Temperatur von 4° erfährt, vermindert wird.

Bisher haben wir die Bewegung des Lichts blos in homogenen Mitteln betrachtet; man kann ſich aber auch Mittel zuſammengeſetzt aus verſchiedenen Schichten und von veränderlicher chemiſcher Beſchaffenheit denken, und ſich die Aufgabe vorlegen, wie ſich ein Lichtſtral beim Durchgang durch dieſelbe verhalten muß. Die Löſung ergiebt ſich nach denſelben Grundbetrachtungen, nach denen wir früher den Gang der Lichtmolecule berechneten, wenn ſie ſich der Oberfläche der Körper nähern, oder bis zu einer geringen Tiefe in ihre Subſtanz eindringen. Man theilt das Mittel, durch welches das Licht hindurchzugehen hat, in eine hinlängliche Anzahl Schichten, daß die Dichtigkeit oder chemiſche Beſchaffenheit jeder derſelben als gleichförmig angeſehen werden könne. Dann läßt ſich in jeder dieſer Schichten die Bahnlinie der Lichtmolecule als eine Parabel betrachten, deren Richtung man nach der Intenſität der, der jedesmaligen Schicht gerade zukommenden, brechenden Kraft beſtimmt; und führt man dieſe Rechnung von Schicht zu Schicht fort, ſo erfährt man nach und nach den ganzen Gang, den jedes Lichtmolecul, je nach der Richtung in der es angelangt iſt, nehmen muß.

Wir wollen uns ein ſolches Mittel ABCD, Fig. 71., als aus horizontalen Schichten beſtehend denken, deren Brechungsverhältniß erſt bis zu einer gewiſſen Höhe beſtändig iſt, von da an in unmerklichen Abſtufungen allmälig abnimmt, bis es endlich wieder beſtändig wird, aber ſchwächer als Anfangs. Das Beiſpiel eines ſolchen Mittels erhält man, wenn man ſich in dem nämlichen Gefäß eine dicke Schicht Schwefelſäure mit einer Schicht reinen Waſſers bedeckt denkt; eine Anordnung, die ſich ſehr leicht dadurch verwirklichen läßt, daß man erſt das Waſſer eingießt, dann die Schwefelſäure darunter treten läßt, indem man ſie durch einen gläſernen Trichter einfüllt, deſſen röhrenförmig ausgezogenes Ende bis auf den Boden des Gefäßes herabgeht. Die Säure, da ſie ſchwerer als das Waſſer iſt, breitet ſich unter deſſen Oberfläche aus, und hebt es, in dem Maße als mehr von ihr zutritt, empor. Da nun dieſe beiden Subſtanzen eine ſehr ſtarke Verwandtſchaft zu einander beſitzen, ſo ſtreben ſie, eine Verbindung mit einander einzugehen, welche auch wirklich mit den niedrigſten Schichten Waſſers, die unmittelbar auf der Säure ruhen, erfolgt. Da ſie aber an der Berührungsfläche die Geſtalt einer zuſammenhängenden Ebene haben, ſo giebt die Anziehung, die ſie auf ſich ſelbſt äußern, ſo wie die Verſchiedenheit ihres ſpecifiſchen Gewichts ein Hinderniß für ſie ab, ſich zu theilen; und da die Schichten beider Subſtanzen, welche in Berührung mit einander ſind, immer die nämlichen bleiben, ſo kann die Verbindung nur ſehr langſam von einer zur andern fortſchreiten. Auch findet man, wofern man den Verſuch nicht in einem ſehr weiten Gefäße anſtellt, daß, ungeachtet der großen Verwandtſchaft des Waſſers und der Schwefelſäure zu einander, oft nach einem ganzen Tage die obern Schichten des Waſſers noch nicht mit Säure vermiſcht ſind. Hier hat man alſo ein Mittel, beſtehend aus parallelen, ungleichartigen Schichten, von verſchiedenem und zwar mit der Höhe abnehmenden Brechungsvermögen. Denn das Brechungsverhältniß der concentrirten Schwefelſäure iſt größer als das des reinen Waſſers, und nimmt dieſen Ueberſchuß auch in die Schichten mit hinüber, mit denen ſie in Verbindung tritt. Wir wollen nun annehmen, der Verſuch werde in einem rechteckigen Gefäße von dünnem Glaſe angeſtellt, deſſen verticale Wände durchſichtige parallele Oberflächen darſtellen, die die Regelmäßigkeit oder den Gang der Lichtſtralen nicht abändern, Fig. 71. Denken wir uns nun einen ſtralenden Punct in A, an einer Wand des Gefäßes, in einer Höhe befindlich, in welcher die Schichten Säure noch nicht merklich mit Waſſer vermiſcht ſind; ſo wird dieſer Punct durch die Säure hindurch einen horizontalen Stral ſenden können, der geraden Weges durch die Dicke des Gefäßes hindurchgeht, und von einem, zur andern Seite in O befindlichen, Auge empfangen wird. Zugleich aber wird auch ein andrer Stral nach O gelangen können, der vom nämlichen Punct, als der erſte ausgehend, erſt ſeine Richtung nach den obern Schichten, in welchen Waſſer mit der Säure vermiſcht iſt, genommen hat. Denn da er in dieſen Schichten eine immer mehr abnehmende brechende Kraft antrifft, ſo wird die Anziehung der untern Schichten ihn immerfort zurückzurufen und nach ſich hin zu beugen ſtreben; und, iſt die Neigung zweckmäßig gewählt, ſo wird die Wirkung dieſer Anziehung ſo weit gehen können, um ihn ganz und gar zurückzubringen, und zu einer Zurückwerfung nach unten zu nöthigen, ſo daß er noch einmal durch die nämlichen Schichten in entgegengeſetzter Richtung dringt, und nach dem Punct O umlenkt, wohin der erſte Stral ſeine Richtung genommen hatte. Dieſer Erfolg kommt ganz mit dem überein, der in der Berührung zweier Mittel von verſchieden brechender Kraft eintritt; nur, daß in letzterm Falle die innere Zurückwerfung in einem ſehr kleinen Raum vor ſich geht, vermöge der ſehr raſchen Verminderung, welche die Anziehungskräfte mit der Entfernung von der gemeinſchaftlichen Oberfläche erfahren; dagegen bei der Vermiſchung des Waſſers mit der Säure die Abnahme der Anziehungskräfte durch die Abſtufung in den Verhältniſſen der Verbindung ſehr verlangſamt wird. Es ergiebt ſich aber daraus, daß man auch hier vom Punct O aus, innerhalb gewiſſer Gränzen der Neigung, zwei Bilder des ſtralenden Puncts erblicken kann, ein unteres, herrührend von dem in gerader Richtung anlangenden Stral, und ein oberes, durch den krummlinig gehenden Stral erzeugt. Um dieſe Folgerungen in der Wirklichkeit nachzuweiſen, klebe man auf eine Wand des Gefäßes, etwas unterhalb der ſich miſchenden Schichten, einen kleinen, mit Buchſtaben beſchriebenen, Papierſtreif horizontal auf. Bringt man alsdann das Auge zur andern Seite des Gefäßes in ziemlich die nämliche Höhe, ſo wird man zwei deutliche Bilder dieſer Buchſtaben erblicken; ein unteres, welches aufrecht, und ein oberes, welches umgekehrt iſt. Dieſe ſinnreiche Art, den Verſuch anzuſtellen, iſt von Wollaſton angegeben.

Eine ähnliche Erſcheinung wird man beobachten, wenn man im Sommer ſein Auge an das Ende einer horizontalen geſchwärzten Eiſen- oder Holzſtange bringt, die der Sonne ausgeſetzt iſt, und in deren Verlängerung ſich kleine, deutlich unterſcheidbare, Gegenſtände in einer Entfernung von hundert bis zweihundert Schritten befinden. Die geſchwärzte Oberfläche wird durch die Sonnenſtralen beträchtlich erwärmt, theilt ihre Temperatur den, ſie unmittelbar berührenden, Luftſchichten mit, dehnt ſie aus, und erhöht ihre Spannkraft ſo weit, daß ſie bei einer geringern Dichtigkeit das Gewicht der obern Schichten zu tragen vermögen. Wie wir geſehen nun, hängt das Brechungsverhältniß der Luft einzig von ihrer Dichtigkeit ab; mithin werden die Schichten, welche unmittelbar auf der Stange ruhen, das Licht minder ſtark brechen, als die ſich weiter über derſelben befinden; dieſe wiederum ſchwächer als die noch weiter nach Oben folgenden; bis man, durch eine fortſchreitende, aber ſchnelle, Abſtufung zu Schichten gelangt, die ſo entfernt von der Stange ſind, um keinen Einfluß mehr von ihrer Temperatur zu erfahren; wo dann das Brechungsverhältniß nicht mehr merklich von der Gleichförmigkeit abweicht. Wenn man nun alſo in einem ſolchen Mittel horizontal nach entfernten Gegenſtänden hinblickt, die ſich in der Richtung der Stange und etwas oberhalb derſelben befinden, ſo wird man begreiflich auch zwei Bilder derſelben erblicken können, ein oberes und aufrechtes, durch die Schicht von gleichförmiger Dichte hindurch, und ein unteres und umgekehrtes durch die Schichten von veränderlicher Dichte. Dieſe intereſſante Beobachtung, ſo wie viele andre, auf dieſen Gegenſtand Bezug habende, verdanken wir gleichfalls Wollaſton.

Da wir über den Grund dieſer Erſcheinungen im Klaren ſind, ſo vermögen wir nun auch leicht, ſie durch künſtliche Mittel hervorzubringen, welche neben dem Vortheil einer ſicheren Verwirklichung derſelben zugleich den gewähren, ſie in ihrer ganzen Entwicklung darzuſtellen. Ich bediene mich zu dieſem Zweck in meinen Vorleſungen bei der Facultät der Wiſſenſchaften folgenden Apparats. Eine Wanne von Eiſenblech, in der Geſtalt eines Rechtecks wird ungefähr in einer Höhe von anderthalb Metern über dem Boden mittelſt Eiſendrähten aufgehangen. In der Verlängerung der Wände dieſer Wanne, in funfzehn bis zwanzig Meter Entfernung davon, werden kleine Signale von Papier, in Geſtalt von Dreiecken, angebracht, deren Spitze faſt genau in die Richtung der Geſichtslinie fällt, welche an dieſen Wänden hinſtreicht. Man füllt nun die Wanne mit Kohlen und zündet dieſe an. Bringt man alsdann das Auge in die Verlängerung der Wanne, zu der, den Signalen entgegengeſetzten, Seite, ſo ſieht man, ſo wie die Temperatur ſteigt, ein zweites, umgekehrtes, Bild derſelben entſtehen, ſo daß jetzt deutlich zwei weiße Spitzen wahrgenommen werden, eine in directer, die andre in umgekehrter Lage, die ſich, in dem Maße, als die Geſichtslinien näher an den Wänden hinſtreifen, einander nähern und endlich zuſammenrücken; und dieſe Zurückwerfung, welche durch den Temperaturüberſchuß der, mit dem erhitzten Blech in Berührung befindlichen, Luft hervorgebracht wird, geht ebenſowohl an den verticalen Wänden der Wanne, als an ihrem horizontalen Boden vor ſich.

Der nämliche Erfolg zeigt ſich manchmal im Großen in den Luftſchichten, welche mit einem trocknen und ſandigen, von der Sonne ſtark erhitzten, Boden in Berührung befindlich ſind. Hier nimmt die Dichtigkeit der Luft von der Oberfläche des Bodens bis zu einer gewiſſen, gewöhnlich ſehr kleinen, Höhe zu, worauf ſie gleichförmig erſcheint, und endlich ſehr langſam, wie es der Zuſtand der Atmoſphäre ſo mit ſich bringt, abnimmt. Denkt man ſich einen Beobachter in der Schicht von mittlerer Dichte befindlich, der nach einem entfernten, auch in dieſer Schicht gelegnen, Gegenſtand hinſieht, ſo wird er ihn auf zweierlei Weiſe erblicken können; einmal direct durch die Luftſchicht von gleichförmiger Dichte, durch die er davon getrennt iſt, zweitens indirect durch Stralen, welche in der untern Schicht zurückgeworfen werden. Dieſe Stralen, welche erſt vom Gegenſtande nach der Erdoberfläche unter einer gewiſſen Neigung gerichtet ſind, treten in Schichten von geringerer Dichte ein, nehmen durch die Brechung hierin eine, ſich der horizontalen mehr annähernde, Richtung an, lenken dann nach oben um, den höhern Schichten zu, deren Dichtigkeit ſie anzieht, und gelangen ſo auf ihrem Rückwege in das Auge des Beobachters. Dieſer erblickt dann zwei Bilder des Gegenſtandes, ein aufrechtes mittelſt des directen Sehens, und ein umgekehrtes durch Zurückwerfung. Wenn der Gegenſtand den Himmel zum Hintergrunde hat, ſo wird das umgekehrte Bild des Himmels auch deſſen zurückgeworfenes Bild umgeben, gerade ſo, wie wenn die Gegenſtände ſich durch Zurückwerfung im Waſſe[illegible]alen.

Hierin iſt der Grund einer merkwürdigen Erſcheinung zu ſuchen, welche unter dem Namen der Luftſpiegelung (Kimmung, Fata Morgana, mirage) namentlich den Seefahrern bekannt iſt, und welche die franzöſiſche Armee bei der Expedition nach Aegypten mehrmals zu beobachten Gelegenheit gehabt hat. Das Land von Nieder-Aegypten iſt eine weite, vollkommen horizontale Ebene, deren Gleichförmigkeit nur durch einige Erhöhungen unterbrochen iſt, auf welchen die Dörfer liegen, die ſich dadurch vor den Ueberſchwemmungen des Nils geſchützt befinden. Am Abend und Morgen iſt der Anblick des Landes ſo, wie ihn die wirkliche Anordnung und Entfernung der Gegenſtände mit ſich bringt: iſt aber die Oberfläche des Bodens durch die Gegenwart der Sonne erhitzt, ſo ſcheint das Land in einer gewiſſen Entfernung durch eine allgemeine Ueberſchwemmung umgränzt; und die darüber hinausgelegnen Dörfer ſehen wie Inſeln in der Mitte eines großen Sees aus. Unter jedem Dorfe erblickt man ſein umgekehrtes Bild, wie es wirklich im Waſſer erſcheinen würde. So wie man näher kommt, rücken die Gränzen dieſer ſcheinbaren Ueberſchwemmung weiter hinaus; das täuſchende Bild des Sees, von welchem das Dorf umgeben zu ſeyn ſchien, weicht zurück; verſchwindet endlich ganz, und die Täuſchung wiederholt ſich für ein andres entfernteres Dorf. Auf dieſe Weiſe ſtimmen, wie Monge, von dem ich dieſe Beſchreibung entlehne, bemerkt, alle Umſtände dahin zuſammen, eine Täuſchung hervorzubringen, die manchmal grauſam genug iſt, beſonders in der Wüſte, weil ſie den Anſchein von Waſſer giebt, gerade zu der Zeit, wo man deſſelben am meiſten benöthigt wäre.

Ziemlich ähnliche Erſcheinungem beobachtet man bei ſehr ruhigem Wetter auf dem Meer. Ein Fahrzeug, von Ferne und am Horizont erblickt, zeigt manchmal zwei Bilder, ein aufrechtes und ein umgekehrtes, welches letztre dem erſtern vollkommen gleich, oft eben ſo hell iſt, mit einem Wort ſich ganz ſo verhält, als wäre es durch Zurückwerfung in einem Spiegel hervorgebracht. Daher auch der Name Luftſpiegelung (mirage). Da dieſe Erſcheinung ihren Grund in der Temperaturverſchiedenheit des Waſſers und der Luft hat, ſo tritt ſie gewöhnlich bei ſchnellem Wechſel der Temperatur ein, indem wegen größerer Dichtigkeit des Waſſers das Meer an ſeiner Oberfläche dieſe Veränderungen nicht ſo ſchnell theilen kann, als die Luft. Auf der andern Seite jedoch wird das Waſſer durch die Verdunſtung, die beſtändig an ſeiner Oberfläche Statt hat, verhindert, eine ſo hohe Temperatur, als die ſandige Oberfläche eines trocknen Erdreichs anzunehmen. Deshalb zeigt ſich die Luftſpiegelung ſeltner auf dem

Meere und iſt nur von kurzer Dauer daſelbſt, dagegen ſie in Aegypten und auf einigen ſandigen Ebenen, wo die nämlichen Umſtände bei der nämlichen Höhe der Sonne faſt täglich wiederkehren, auch eine tägliche Erſcheinung iſt.

Wir, Mathieu und ich, haben Erſcheinungen dieſer Art in großer Häufigkeit zu Dünkirchen an der Küſte des Meeres beobachtet, und ich habe die mathematiſche Theorie davon in den Memoiren des Inſtituts für das J. 1809 gegeben. Daſelbſt iſt gezeigt, daß die Bahnlinien des Lichts, welche vom Auge des Beobachters nach den conſecutiven Puncten der Gegenſtände hingehen, einander mit ihren zweiten Armen ſchneiden, ſo daß ſie eine Brennlinie bilden, unter welcher kein Punct wahrnehmbar iſt. In Fig. 72. ſtellt die Curve LT dieſe Brennlinie dar, und DMS iſt die begränzende Bahnlinie (trajectoire limite), welche vom Auge des Beobachters den Boden berührend gezogen iſt. Begränzend nenne ich ſie deshalb, weil ſie die Höhe begränzt, bis zu welcher die Umkehrung erfolgt. In der angeführten Figur können alle, über dieſer Gränzlinie gelegenen, Puncte dem Beobachter nur ein einziges Bild zuſenden; die, im Raum SLT befindlichen ſchicken ihm deren zwei zu, ein oberes, welches aufrecht iſt, und ein unteres verkehrtes. Die, unter der Brennlinie, im Raum MLT gelegenen, Puncte endlich ſind, da ſie gar kein Bild zuſchicken können, unſichtbar, ſo daß ein beweglicher Gegenſtand, ein Menſch z. B., bei ſucceſſiver Entfernung in verſchiednen Weiten, die in Fig. 73. nach einander dargeſtellten Anſichten giebt. (Bei der erſten Anſicht links ſteht er in M, Fig. 72.)

Theorie und Erfahrung zeigen gleich, daß es zur Hervorbringung dieſer Erſcheinungen keiner bedeutenden Temperaturverſchiedenheit bedarf. Ein bis zwei Grad des Centeſimalthermometers reichen ſchon dazu hin, wenn die Beobachtung auf einem gleichförmigen und ausgedehnten Stück Landes vorgenommen wird, welches den Lichtſtralen geſtattet, ſich ohne Hinderniß zu verlängern, und ſo die Krümmung der Bahnlinie, welche ſie beſchreiben, zu offenbaren. Einen ſolchen Standpunct fanden wie zu Dünkirchen auf einer, in den Dünen gelegenen, Strecke; wobei unſern Beobachtungen noch der Umſtand zu Statten kam, daß ſich in ſehr bedeutender Entfernung eine große Menge Gegenſtände, als Thürme, Bäume, Hütten befanden, die ſich wie eben ſo viel Signale über dies dürre Land erhoben, und durch die Art ihres Erſcheinens den Gang der Lichtſtralen kund machten. Auch zeigte ſich hier faſt alle Tage eine wahrnehmbare Verdoppelung und Umkehrung der Bilder, herrührend von Temperaturverſchiedenheiten, die nicht über zwei Grad des Centeſimalthermometers betrugen.

Im Fall eine ſolche Temperaturverſchiedenheit zwiſchen zwei, nicht vertical übereinander liegenden, ſondern ſeitlich aneinander gränzenden, Schichten Statt fände, müßte begreiflich die Luftſpiegelung gleicherweiſe darin erfolgen, nur würde ſie immer ſenkrecht auf die gemeinſchaftliche Gränze beider Schichten, mithin hier in horizontaler Richtung Statt haben. Der verſtorbene Jurine und Sorrel haben eine ſolche Erſcheinung auf dem Genferſee an einer Stelle beobachtet, wo die Näherung der entgegengeſetzten Ufer ihn ſehr einengt. Erwägt man nun die Geſtaltungsverhältniſſe dieſer Ufer, deren eines auf der Sommerſeite gelegen, mit hohen Bergen eingefaßt iſt, während das andre, nördlich den See begränzend, den Stralen dieſes Geſtirns blos liegt, ſo muß man ſehr begreiflich finden, wie ein ſolcher Unterſchied in der Art, wie ſie von der Sonne beſchienen werden, momentan bei ruhigem Wetter, oder ſelbſt einem, mit der Richtung der Ufer parallelen, Winde in der, auf dem See ruhenden, Luftmaſſe eine ſeitliche Verſchiedenheit der Temperatur und mithin der Dichtigkeit hervorbringen konnte; welche dann die Beugung der Lichtſtralen zur Folge hatte, die durch die Luftmaſſe der Länge nach, und hinlänglich nahe an der Gränze, wo die ſeitliche Dichtigkeitsveränderung Statt hatte, hingiengen.

Manchmal ereignet es ſich auch, daß entfernte Gegenſtände blos in der Luft ſchwebend erſcheinen. Dann iſt ihr Bild einfach, aufrecht, und wenigſtens dem Anſcheine nach von keinem umgekehrten Bilde begleitet. Ich habe jedoch in der angeführten Abhandlung gezeigt, daß ſelbſt in dieſem Fall das zweite umgekehrte Bild vorhanden iſt, nur aber unendlich verſchmälert (amincie). Dann bemerkt man nur das directe Bild auf dem umgekehrten Bilde des Himmels als Grund. Geſchieht das Sehen ſolchergeſtalt durch Geſichtslinien, welche nach der Erde oder dem Meere zu convex ſind, ſo iſt die Zurückwerfung negativ; der ſcheinbare Horizont kommt viel tiefer zu liegen, als er in Verhältniß der Hohe, wo man beobachtet, ſeyn ſollte. Die Seefahrer müſſen ſich alſo wegen dieſer Erſcheinung vorſehen, die in ihre Beſtimmungen der Breite beträchtliche Irrthümer bringen könnte; denn ich habe durch Erfahrung gefunden, daß dieſe Irrthümer oft auf 4 bis 5 Minuten ſteigen können. Der ſcheinbare Horizont wird auf ſolche Weiſe niedriger zu liegen kommen, wenn das Meer wärmer als die Luft iſt; iſt es dagegen kälter, ſo findet die Abnahme der Dichtigkeit von unten nach oben Statt, wie gewöhnlich, nur nach einer viel raſchern Progreſſion, und der ſcheinbare Horizont erhebt ſich manchmal bedeutend hoch. Dieſe Irrthümer würden ſich dadurch vermeiden laſſen, daß man die Beobachtungen über die Höhe der Geſtirne nicht in Bezug zum Horizont des Meers, ſondern in Bezug zu einem künſtlichen Horizont anſtellte, der ſich außerhalb der untern

Schichten befände, wo die außergewöhnliche Dichtigkeitsveränderung immer vor ſich geht. Jedoch hat dies Mittel ſeine Schwierigkeiten, ſelbſt zu Lande, und iſt am Bord der Schiffe, wegen der Bewegung des Meers ganz unausführbar. In dieſem Fall wird man den Irrthum berichtigen, indem man, wofern es geſchehen kann, den Abſtand beider entgegengeſetzter Puncte des Meereshorizonts (als Bogen eines größten Kreiſes am Himmel) mißt. Der Ueberſchuß dieſes Ergebniſſes über zwei rechte Winkel wird das Doppelte der Größe ſeyn, um welche der Horizont zu tief erſcheint; und man wird dieſe mithin finden, indem man die Hälfte jenes Ueberſchuſſes nimmt. Leider ſcheint dieſer Abſtand der beiden Puncte des Horizonts ſehr ſchwer eine genaue Beobachtung zuzulaſſen; überdies kann man ſelten hoffen, daß die Temperaturverſchiedenheiten zwiſchen dem Waſſer und der Atmoſphäre nach den entgegengeſetzten Himmelsgegenden ſo gleich ſind, daß eine gleiche Senkung des Horizonts daraus hervorgehe. Liegt es jedoch außer unſerm Vermögen, den Irrthum zu berichtigen, der unter dieſen Umſtänden entſteht, ſo iſt es wenigſtens gut, auf ſein Daſeyn und die Richtung, nach der er ſeinen Einfluß äußern kann, aufmerkſam gemacht zu ſeyn, um ſich deshalb vorſehen zu können; aus dieſem Grunde habe ich auch einige Worte über jene Erſcheinungen nicht für überflüſſig gehalten.

Drittes Capitel.

Von der doppelten Stralenbrechung.

Ich habe ſchon angeführt, daß die Lichtſtralen beim Durchgang durch die meiſten kryſtalliſirten Körper ſich in der Regel in zwei Bündel darin ſpalten, deren eines, welches das gewöhnliche Bündel genannt wird, dem gewöhnlichen, von Descartes aufgeſtellten, Geſetze der Brechung folgt, während das andre, ungewöhnliches Bündel genannt, ſich nach ganz andern Geſetzen richtet. Einer ſehr ſchönen, zuerſt von Dufay gemachten und durch alle nachherige Beobachtungen beſtätigten, Bemerkung zufolge findet dieſe Erſcheinung in allen Kryſtallen Statt, ausgenommen denen, deren Grundgeſtalt der Würfel, oder eine, geometriſch daraus herzuleitende, Geſtalt iſt. Die Spaltung der einfallenden Stralen bei der Brechung iſt mehr oder minder ſtark, je nach der Beſchaffenheit des Kryſtalls, und der Richtung, in der das Licht durch ihn hindurchgeht; dieſe letzte Art der Abänderung aber iſt an ein beſtimmtes, für alle Subſtanzen geltendes, Geſetz geknüpft. Im Allgemeinen giebt es zwei und nur zwei

Legt man ein ſolches Stück rhomboidalen Kalkſpaths auf die Buchſtaben eines gedruckten Buches, oder auf ein Papier, worauf Linien und Puncte verzeichnet ſind, und ſieht alsdann durch die Dicke des Kryſtalls hindurch, ſo erblickt man Alles gedoppelt; ſo daß jeder, unter dem Kryſtall befindliche, ſtralende Punct dem Auge zwei Bilder zuſendet, und mithin zwei Stralen zu ihm gelangen läßt. Dies zeigt ſomit an, daß, umgekehrt, jeder einfallende, urſprünglich einfache, Stral ſich beim Hindurchgehen durch das Rhomboid in zwei Bündel theilt. Auch kann man dies wirklich nachweiſen, indem man einen Stral Sonnenlichts mittelſt des Helioſtats auf den Kryſtall fallen läßt; man wird ihn, in zwei unterſchiedene Stralen geſpalten, austreten ſehen. Um nun das Auseinanderweichen dieſer Stralen zu meſſen, und ihre Bahn zu beſtimmen, dient folgendes, ganz einfache, von Malus angegebene, Mittel. Man laſſe auf eine große Elfenbeinplatte, auf welche der Doppelſpath gelegt werden ſoll, ein rechtwinkliges Dreieck ABC, Fig. 75., mit recht feinem und ſchwarzem Zuge eingraben, deſſen kleine Seite BC, z. B. ein Zehntheil von AC iſt. Durch den Kalkſpath angeſehen wird dies Dreieck doppelt erſcheinen, in welche Lage man auch das Auge bringen mag; und für jede Lage wird es einen Punct F geben, in welchem die Linie A'C', das ungewöhnliche Bild von AC, die Hypotenuſe AB ſchneidet, die ſich dem gewöhnlichen Bilde angehörig ſetze. Nimmt man alſo auf dem Dreieck ſelbſt eine Länge AF' gleich A'F, ſo wird der Punct F' derjenige ſeyn, deſſen ungewöhnliches Bild mit dem gewöhnlichen Bilde des, als der Hypotenuſe AB angehörig betrachteten, Puncts F zuſammenfällt. Der von F ausgegangene gewöhnliche, und der von F' herkommende ungewöhnliche, Stral verſchmelzen alſo nach ihrem Austritt und geben nur einen einzigen, in der Richtung nach dem Auge austretenden, Stral. Umgekehrt, ein natürlicher Stral, der nach dieſer letzten Richtung vom Orte, wo ſich das Auge befindet, ausgegangen wäre, und auf den Kryſtall fiele, würde ſich in zwei Bündel darin brechen, deren eines zum Punct F, das andre zum Punct F' des, unter der Grundfläche des Rhomboides verzeichneten, Dreiecks gelangen würde. In der That zeigt ſich bei den Bewegungen des Lichts allgemein ein ſolches wechſelſeitiges Verhältniß zwiſchen den Modificationen der Stralen bei ihrem Hin- und Hergang auf der nämlichen Bahn, ſo daß die nämliche Aufeinanderfolge der Wirkungen, nur in entgegengeſetzter Ordnung, ſie trifft. Man kann jedoch hier, und dies iſt von Nutzen, die Erſcheinung direct durch Verſuche mittelſt des Helioſtats bewahren. Hienach, wenn die Linien AB, AC, jede, z. B. in tauſend gleiche Theile, getheilt iſt, deren Zahlen von zehn zu zehn angegeben ſind, ſo wird ſich aus der

Anſicht dieſer Zahlen immer ergeben, welches die Puncte von AB und AC ſind, deren gewöhnliche und ungewöhnliche Bilder zuſammenfallen; mithin, wenn die Lage dieſer Linien ſo wie die des Dreiecks in Bezug zu den Kanten der Grundfläche des Rhomboids bekannt iſt, ſo wird man in jedem Fall wiſſen kennen, welchem Ort dieſer Grundfläche der Punct I, welchem andern der Punct F′ entſpricht. Zur vollſtändigen Conſtruction der gebrochenen Stralen wird alſo nur noch erforderlich ſeyn, auf der obern Fläche die Lage ihres gemeinſchaftlichen Austrittspuncts I, Fig. 74., zu beſtimmen. Hiezu wird man gelangen, indem man über die obere Fläche des Rhomboids zwei, rechtwinklig über einander ſich kreuzende, ganz feine Seidenfäden ausſpannt, und beobachtet, wie weit die Bilder auseinanderweichen, wenn der gemeinſchaftliche austretende Stral durch den Punct der Oberfläche, wo die Fäden ſich kreuzen, hindurchgeht. Aber auch die Richtung dieſes Strals muß man kennen, damit man anzugeben wiſſe, unter welchem Einfallswinkel das beobachtete Auseinanderweichen Statt gehabt habe. Zu dieſem Zweck braucht man blos in der Ebene des Dreiecks, nach welchem man viſirt, vier gerade, eingetheilte, und in Geſtalt eines Rechtecks angeordnete Linien zu ziehen, die ſich aber außerhalb des Raums befinden, den das Rhomboid bedeckt. Im Augenblick, wo man das Auseinanderweichen der Bilder beobachtet, bemerke man nun, auf welche Puncte dieſer Eintheilungen die Fäden ſich projiciren. Der gemeinſchaftliche Durchſchnitt der, durch dieſe Puncte und durch die Fäden gelegten, und nach dem Auge verlängerten, Ebenen wird offenbar die Richtung des austretenden Strals angeben. Weiterhin werde ich andre Verfahrungsarten von viel ausgedehnterer Anwendung und weit größerer Genauigkeit kennen lehren. Für jetzt wird jedoch die beſchriebene hinreichend ſeyn, die vornehmſten Erſcheinungen der doppelten Brechung durch den Isländiſchen Spath uns zur Kenntniß zu bringen; von wo aus ſich uns dann der Weg zur Auffindung der, zur weitern Beſtimmung dieſer Art Wirkung geeignetſten, allgemeinen Methoden eröffnen wird.

Geſetzt alſo man habe ſich einen Apparat nach der beſchriebenen Weiſe eingerichtet, und wende ihn zuvörderſt bei einem, durch natürliche Rhomboidalflächen begränzten, Doppelſpath an. Unter allen Lagen, die man dem Rhomboid auf der untergelegten Ebene geben kann, iſt eine, welche eine vorzügliche Aufmerkſamkeit verdient, weil hier die ungewöhnliche Brechung gleich der gewöhnlichen in der Einfallsebene ſelbſt vor ſich geht. Dieſe Lage aufzufinden, muß man ſich, durch eine Seite des eingetheilten Dreiecks ABC, z. B. durch AC, eine, auf die obere und untere Fläche des Rhomboids ſenkrechte, Ebene denken, darauf das Auge in dieſe Ebene bringen, und den Kryſtall

saur
BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01553/006

allmälig auf ſeiner Grundfläche herumdrehen, bis die beiden Bilder der geraden Linie AC eine gemeinſame Richtung annehmen, und zum Theil übereinanderfallen, Fig. 76. Da nun, wie wir wiſſen, das gewöhnliche Bild immer in der gemeinſchaftlichen Einfalls- und Austrittsebene bleibt, ſo wird ſich in dieſem Fall das, mit ihm zuſammenfallende, außerordentliche Bild gleichfalls darin befinden. Dieſes Zuſammenfallen beobachtet man, wenn die Gerade AC, nach welcher man hin viſirt, einen der ſtumpfen ebenen Winkel des Rhomboids in zwei gleiche Theile theilt, oder der Richtung, in welcher dieſe Theilung geſchehen würde, parallel iſt. Dann wird das Auseinanderweichen der Bilder nach der, auf die Einfallsebene ſenkrechten, Richtung null; und welches mithin auch die Kräfte ſeyn mögen, durch die die ungewöhnliche Brechung hervorgerufen wird, jedenfalls kann man ſicher ſeyn, daß ihre Mittelkraft ganz in dieſer Ebene enthalten iſt. Auch hat man ihr einen beſondern Namen gegeben: man nennt ſie den **Hauptſchnitt des Rhomboids** (section principale du rhomboide). Nähme man an, der Kryſtall, mit welchem man dieſe Verſuche vornimmt, hätte genau die Kerngeſtalt, welche dem kohlenſauren Kalk angehört, ſo würden die Grundflächen des Rhomboids vollkommen geſchobene Vierecke ſeyn, und der Hauptſchnitt würde dann die kleinen Diagonalen enthalten, welche auf jeder Grundfläche durch die Spitzen der ſtumpfen Winkel gezogen werden. Die Ebene dieſes Schnitts wird alſo mit dem Rhomboid einen Durchſchnitt von der Geſtalt eines Parallelogramms AB A′B′, Fig. 77.*), bilden, in welchem die Seiten AB, A′B′, die kleinen Diagonalen der entgegengeſetzt gelegenen Rhomben darſtellen, und AB′, A′B die Kanten, durch welche ſie im Rhomboid verbunden werden. Die Linie AA′, welche durch die beiden ſtumpfen Ecken A, A′ gezogen wird, heißt die **Axe des Kryſtalls**; ſie iſt gegen alle Flächen gleich geneigt, und bildet mit ihnen einen Winkel A′AB von 45° 23′ 25″, während der Winkel B′AA′ 63° 44′ 45″ beträgt. Auf dieſe Axe ſind alle Erſcheinungen der ungewöhnlichen Brechung zu beziehen, wenn man ſymmetriſche und einfache Geſetze darin finden will. Dieſe Linie nun iſt nicht blos in den Kryſtallen des Isländiſchen Spaths vorhanden, deren Geſtalt äußerlich die, der Kerngeſtalt zukommenden, ſymmetriſchen Verhältniſſe zeigt; vielmehr muß man ſie ſich gleicherweiſe in jedem kleinen Element aller ſolcher Kryſtalle vorhanden denken, welche Geſtalt auch übrigens ihr Aggregat äußerlich durch Kunſt oder Natur erhalten haben mag; und ſie bildet hier den nämlichen Winkel mit ihren Flächen. Denkt man ſich in einem dieſer kleinen Elementen-Rhomboëden eine Ebene ſenkrecht auf eine ſeiner Flächen, und welche ſeinen ſtumpfen Winkel in zwei gleiche Theile theilt, ſo iſt dieſe Ebene allen ſolchen Ebenen parallel, die ſich durch ſämmtliche andere Elemente der ganzen Maſſe legen laſſen, welche Geſtalt immer die ſie begränzende gemeinſchaftliche Oberfläche haben mag; und dieſe Richtung, ſolchergeſtalt in den Elementen ſelbſt betrachtet, iſt es, welche den Hauptſchnitt des Kryſtalls ausmacht, und die, von uns an dieſe Benennung geknüpfte, Eigenſchaft beſitzt. Ueberhaupt beſteht jeder Kryſtall von merklicher Größe immer nur aus der Vereinigung einer unendlichen Menge kleiner Kryſtalle, die ſämmtlich von der nämlichen Geſtalt ſind, und auf ähnliche Weiſe aneinander liegen, ſo daß ihre homologen Seiten alle nach den nämlichen Seiten des Raums hin ſehen. Eine Maſſe von dieſer Art des Aggregatzuſtandes muß alſo in allen ihren kleinſten Theilen, die man dem Verſuch unterwerfen mag, ganz die nämlichen Eigenſchaften darbieten. Und umgekehrt iſt dieſe vollkommene Gleichheit der Eigenſchaften in allen Theilen das eigenthümliche und charakteriſtiſche Kennzeichen, welches den weſentlichen Unterſchied des kryſtalliniſchen Zuſtandes ausmacht.

---

*) Man wird ſich am leichteſten dieſe Darſtellung verdeutlichen können, wenn man ſich ein Rhomboid aus Rüben oder Möhren ausſchneidet, und hieran die Schnitte hervorbringt.

Dies wohlverſtanden, wollen wir nun ein beliebiges Rhomboid eines Isländiſchen Spaths wieder vornehmen, und zuvörderſt unterſuchen, wie die doppelte Brechung in der Ebene des Hauptſchnitts ſelbſt vor ſich geht. Man ſieht ſie allein ihren allgemeinen Erſcheinungen nach in Fig. 78 vorgeſtellt, wo SI den einfallenden Stral bedeutet, IO den gebrochenen gewöhnlichen Stral und NI die Richtung des Einfallsloths. Geſchieht das Einfallen ſenkrecht, ſo fällt der gewöhnliche Stral in die Verlängerung des Einfallsloths und geht durch den Kryſtall ohne Ablenkung zu erleiden hindurch; der ungewöhnliche Stral aber wird am Einfallspuncte gebrochen und mehr oder weniger nach E, gegen die kleine Ecke B′, abgelenkt. Dieſer Erfolg hat auch für alle andre Einfallswinkel Statt, wie die Figur zeigt, woraus ſich dann immer die Lage des ungewöhnlichen Strals in Bezug zum gewöhnlichen ergiebt.

Die Folgerung, welche wir hieraus zu ziehen haben, iſt, daß im Kryſtall eine beſondre Kraft wirkſam iſt, welche ſich eines Theils der Molecule des gewöhnlichen Strals bemächtigt, um ſie nach B′ zurückzutreiben. Welcher Art aber iſt dieſe Kraft? Es wird ſich bald zeigen, daß ſie von der Axe des Kryſtalls ſelbſt auszugehen ſcheint, d. h., wenn man durch jeden Einfallspunct eine Linie IA′ zieht, welche dieſer Axe parallel iſt, und mithin die Lage der Axe in den erſten Schichten, wo ſich der Stral theilt, vorſtellt*), ſo geben alle Erſcheinungen ſo vor ſich, als wenn von dieſer Linie eine abſtoßende Kraft ausgienge, welche blos auf einen gewiſſen Theil der Lichtmolecule wirkte und dieſen von ſeiner Richtung abzulenken ſtrebte. Dieſe Kraft treibt immer die Stralen gegen B′ zurück, weil ſie vermöge der Brechung, die ſie im Kryſtall erfahren, immer nach dieſer Seite der Axe zu liegen kommen, zu welcher Seite des Einfallsloths auch ihr Einfallen Statt gefunden haben mag.

Wir wollen dieſe Anſicht weiter verfolgen, da ſie den wenigen Beobachtungen, die wir bisher angeſtellt haben, nicht widerſtreitet; und, um ſie durch einen directen Verſuch zu bewähren, den Kryſtall mit zwei, auf ſeine Axe ſenkrechten, Ebenen durchſchneiden, Fig. 79 ſo daß wir neue, unter einander parallele, Flächen abc, a′b′c′ erhalten. Laſſen wir nun einen Stral SI ſenkrecht auf dieſe Flächen fallen, ſo wird er durch ihre Schichten parallel mit der Axe des Kryſtalls dringen. Geſetzt alſo, die abſtoßende Kraft gehe von dieſer Axe aus, ſo wird ſie ſich null finden, und der ungewöhnliche Stral, da er von der Axe keine Abweichung erleiden kann, mit dem gewöhnlichen Stral zuſammenfallen. In der That findet auch dies Statt; denn man bemerkt in dieſem Fall nur ein einziges Bild, gelegen in der Verlängerung der Senkrechten auf die Einfalls- und Austrittsfläche.

Es zeigt ſich ſelbſt bei Anſtellung des Verſuchs, daß das Bild einfach bleibt, wenn die zweite Fläche des geſchnittenen Kryſtalls gegen die Axe geneigt iſt, wofern nur die erſte immer ſenkrecht auf dieſe Axe und auf den einfallenden Stral bleibt. Dieſen Fall würde man z. B. haben, wenn man nur die erſte Ecke A von der Kerngeſtalt des Rhomboids hinwegnähme. Ein Stral SI, welcher auf die vordere Fläche abc ſenkrecht auffiele, würde ſeine Bahn parallel mit der Axe, wie im vorigen Falle, fortſetzen, und beim Austritt durch die zweite Fläche in die Luft nach einer einzigen Richtung I′R′ gebrochen werden, gemäß dem Geſetz der gewöhnlichen Brechung, d. h. nach dem beſtändigen Verhältniſſe der Sinus. Hieraus iſt zu ſchließen, daß, umgekehrt, ein einfallender Stral R′I′, der unter dem nämlichen Einfallswinkel aus der Luft in ein ſolches Prisma übergienge, darin parallel mit der Axe als ein einziger Stral gebrochen und eben ſo in I daraus hervortreten würde. Auch dies wird durch die Erfahrung beſtätigt. Wenn man ein ſolches Prisma zugeſchnitten hat, und deſſen, auf die Axe ſenkrechte, Fläche vors Auge hält, ſo daß es nur die, in dieſer Richtung ankommenden, Stralen empfängt, ſo erſcheinen ihm alle Bilder der äußern Gegenſtände einfach, und es zeigt ſich blos an ihren Rändern jene Farbenzerſtreuung, auf die ich ſchon aufmerkſam gemacht habe, und welche von der allgemeinen Eigenſchaft der Prismen, das Licht zu zerſetzen, herrührt.

---

*) Man muß nämlich immer die Lage der Axe nicht auf das ganze Stück Kryſtall beziehen, das man vor ſich hat, ſondern auf die Elementarkryſtalle, aus welchen das größere Stück zuſammengeſetzt iſt, und durch welche der Lichtſtral hindurchgeht.

Wenn aber die Abſtoßungskraft, welche die ungewöhnliche Brechung hervorruft, wirklich von der Axe ausgeht, wie die Erſcheinungen ſchließen laſſen, ſo kann ſie nur dann null werden, wenn der gebrochne Stral dieſer Axe parallel wird. Der von uns beſtimmte Schnitt muß alſo der einzige ſeyn, in welchem ein, aus einem einaxigen Kryſtall gebildetes, Prisma einfache Bilder geben kann. Auch beſtätigt dies die Erfahrung und man kann ſich dieſes Kennzeichens bedienen, die Lage der Axe in jedem beliebigen Stück eines ſolchen Kryſtalls aufzufinden.

Nehmen wir jetzt unſer, mit parallelen Flächen ſenkrecht auf die Axe geſchnittenes, Stück Kryſtall wiederum vor. Wir haben geſehen, daß ein, von Außen auffallender Stral ſich nicht ſpaltet, wenn er unter einem ſenkrechten Einfallswinkel hineindringt; unter ſchiefen Einfallswinkeln aber muß er ſich ſpalten, weil er dann einen gewiſſen Winkel mit der Axe bildet, von welcher die Abſtoßungskraft ausgeht; und überdies muß im Isländiſchen Spath das ungewöhnliche Bündel weiter von der Axe ab, als das gewöhnliche gebrochen werden. In der That zeigt ſich dies ſo; und zwar verhält ſich bei gleichem Einfallswinkel die ungewöhnliche Brechung allenthalben um die Axe gleich, woraus wir erkennen, daß die Abſtoßungskraft von der Axe aus nach allen Seiten gleich wirkt.

In jedem Kryſtall mit blos Einer Axe iſt nur eine einzige Richtung vorhanden, welche ſolche Erſcheinungen giebt; nämlich daß Stralen, die nach dieſer Richtung hindurchgehen, ſich nicht ſpalten, ſelbſt wenn ſie durch eine prismatiſche Fläche austreten; ſo wie ſie aber dieſe Richtung verlaſſen auseinanderweichen, als wenn ſie durch eine, von der Axe ausgehende, Kraft getrennt würden. Die Wirkung dieſer Kraft iſt jedoch nicht immer abſtoßend. Ich habe entdeckt, daß es Kryſtalle giebt, wo das ungewöhnliche Bündel nach der Axe angezogen wird, anſtatt davon abgeſtoßen zu werden. Dies macht eine Eintheilung der einaxigen Kryſtalle in zwei Claſſen erforderlich, eine mit anziehender doppelter Brechung, die andre mit abſtoßender doppelter Brechung; Benennungen, die nichts als den reinen Ausdruck der beobachteten Thatſache geben.

Schneidet man aus einem Kryſtall der einen oder andern dieſer Klaſſen, **nach beliebiger Richtung**, eine Platte mit parallelen Flächen zu, ſo wird man finden, daß dieſe Platte auch einen Schnitt beſitzt, in welchem beide Brechungen in der Einfallsebene vor ſich gehen, und gemäß dem, was wir beim Rhomboid des Doppelſpaths beobachteten, iſt dieſer Schnitt immer derjenige, welcher durch die Axe des Kryſtalls ſenkrecht auf die beiden Flächen der Platte gemacht wird. Dies verallgemeinernd nennt man überhaupt **Hauptſchnitt irgend einer Fläche** bei den Kryſtallen mit einer einzigen Axe die Ebene, welche durch die Axe des Kryſtalls ſenkrecht auf dieſe Fläche gelegt wird.

In allen dieſen Kryſtallen tritt der Zuſammenhang der Erſcheinungen mit einer von der Axe ausgehenden, entweder abſtoßenden oder anziehenden, Mittelkraft aufs Klarſte hervor, und der Einfluß dieſer Kraft zeigt ſich deutlich nach allen Richtungen, wohin man den relativen Gang der beiden gebrochnen Stralen verfolgen mag. Dies an einem einfachen, und zugleich an nützlichen Anwendungen fruchtbaren, Beiſpiel nachzuweiſen, wollen wir eine, in Form eines rechteckigen Parallelepipedums zugeſchnittene, Platte Fig. 80. betrachten, von der eine Kante AA' die Richtung der Axe des Kryſtalls ſelbſt hat, und hier die beiden Brechungen in den zwei, auf einander ſenkrechten, Richtungen AB, AA' meſſen, indem wir die Einfallsebene erſt ſenkrecht auf die Axe AA', dann mit ihr parallel machen. Dies kann man leicht mittelſt des oben beſchriebenen Apparats bewerkſtelligen, ſo wie durch Hülfe verſchiedener andern ähnlichen Verfahrungsarten, die ſich leicht erdenken laſſen. Unter dieſen Vorausſetzungen führt die Erfahrung zu folgenden Reſultaten.

In der erſten Lage, wo das Einfallen in der Richtung der, auf die Axe AA' ſenkrechten, Ebene AB ab Statt hat, bleiben beide gebrochene Stralen, der ungewöhnliche wie der gewöhnliche, in dieſer Ebene; und werden darin nach dem Geſetz von **Descartes** gebrochen, ſo daß der Sinus des Brechungswinkels und der Sinus des Einfallswinkels auf das Einfallsloth IN bezogen, zu einander in einem beſtändigen Verhältniſſe ſtehen. Dies Verhältniß iſt aber nicht für beide Brechungen das nämliche: im Isländiſchen Spath z. B. und in allen Kryſtallen mit doppelter abſtoßender Brechung wird der gewöhnliche Stral bei gleichem Einfallswinkel mehr nach dem Einfallsloth zu gebrochen, als der ungewöhnliche, wie Fig. 81 zeigt, wo die, in der Fläche AB ab vor ſich gehende, Brechung beſonders vorgeſtellt iſt, (und wo IE den ungewöhnlichen, IO den gewöhnlichen Stral anzeigt). Das Gegentheil findet Statt in den Kryſtallen mit doppelter anziehender Brechung, Fig. 82: indem hier der ungewöhnliche Stral ſtärker und mehr nach dem Einfallsloth zu gebrochen wird, als der andre.

Zur Nachweiſung der Beſtändigkeit des Brechungsverhältniſſes für beide gebrochene Bündel kann die Beobachtung der Größe ihres Auseinanderweichens EO bei ihrem Austritt durch die zweite Oberfläche der Platte dienen. Hiezu wird jedoch noch beſſer nachſtehende, unmittelbar ſich daraus ergebende, Folgerung führen, nämlich: wenn für den ungewöhnlichen Stral nach dieſer Richtung wirklich ein beſtändiges Brechungsverhältniß Statt hat, ſo läßt ſich daſſelbe, wie bei der gewöhnlichen Brechung, ausmitteln, indem man ein Prisma ABD A'B'D', Fig. 81, zuſchneidet, deſſen Kanten mit der Axe parallel ſind, und die Abweichung beobachtet, die es zwiſchen den beiden Bildern eines und des nämlichen äußern Gegenſtandes hervorbringt. Weil ferner die Richtung des Schnitts für die gewöhnliche Brechung gleichgültig iſt, ſo erhellt, daß dies Eine Prisma zur Auffindung des Brechungsverhältniſſes beider Bündel zugleich dienen kann. Für eins wie das andre wird die Beſtändigkeit des Brechungsverhältniſſes dargethan ſeyn, wenn ſich bei allen Einfallswinkeln der nämliche Werth deſſelben zeigt, und wenn dieſer Werth auch noch der nämliche für alle andre Prismen bleibt, die ſich ſo um die Axe bilden laſſen. Dies bemerkenswerthe Reſultat hat ſich in der That für alle bisher beobachtete einarige Kryſtalle ergeben. Im Isländiſchen Spath z. B. fand Malus das Verhältniß des Einfallsſinus zum Brechungsſinus für den gewöhnlichen Stral gleich 1, 654295 und für den ungewöhnlichen gleich 1, 4833015. Wie man ſieht alſo, erfährt der ungewöhnliche Stral bei ſeiner Brechung eine geringere Ablenkung als der andre, was, wie ich ſchon anführte, bei allen Kryſtallen mit doppelter abſtoßender Brechung in der, hier vorausgeſetzten, Richtung des Schnitts und Einfallens Statt hat; ein Reſultat, welches ſehr wohl zu der Anſicht einer, von der Axe ausgehenden, Abſtoßungskraft ſtimmt; denn in dem, hier von uns betrachteten, Falle bleibt der ungewöhnlich gebrochene Stral, in ſeinem ganzen Laufe durch den Kryſtall hindurch, ſenkrecht auf dieſe Axe; und die davon ausgehende Abſtoßungskraft kann ſomit kein Streben äußern, ihn aus der Einfallsebene abzulenken; ſie wirkt blos der Bewegung der Lichtmolecule entgegen, und verzögert ſie in dem Maße, als ſie in den Kryſtall hineinzudringen beginnen. Ihre Wirkung in dieſem Bezug iſt alſo der der gewöhnlichen Anziehungskräfte, welche die Theilchen zu beſchleunigen ſtreben, direct entgegengeſetzt; und der Erfolg hinſichtlich des Verhaltens der Theilchen wird der nämliche ſeyn müſſen, als wenn die brechende Kraft des Kryſtalls vermindert wäre; d. h. der Stral wird eine geringere Ablenkung erfahren, wie auch die Beobachtung zeigt.

Jn den Kryſtallen mit doppelter anziehender Brechung dagegen vereinigt ſich die, von der Axe ausgehende, Anziehungskraft mit der brechenden Kraft des Mittels zur Vermehrung der Geſchwindigkeit der Lichttheilchen, und die Ablenkung nimmt zu; ſo daß der ungewöhnliche Stral mehr als der gewöhnliche nach dem Einfallsloth zu gebrochen wird. Jm Bergkryſtall z. B. fand ich das Brechungsverhältniß des gewöhnlichen Strals gleich 1, 547897, das des ungewöhnlichen gleich 1, 557106, gemäß den vorigen Erörterungen.

Nehmen wir jetzt unſre rechteckige Platte wieder vor und verlegen die Einfallsebene in die Fläche AA′aa′, welche die Axe enthält. Die von der Axe AA′ ausgehende Kraft äußert ſich noch in dieſer Ebene; ſie wird alſo kein Streben äußern, den ungewöhnlichen Stral daraus zu entfernen: auch findet man, daß er darin enthalten bleibt. Es wird zugleich leicht ſeyn, voraus zu ſehen, ob er mehr oder minder, als der gewöhnliche Stral abgelenkt wird; denn ſtellen wir uns den Durchſchnitt unſrer Platte mit der neuen Einfallsebene beſonders vor, Fig. 84 und 85, wo AA′ die Axe, SI der einfallende Stral und IO der gewöhnliche Stral iſt, ſo erhellt, daß die, von der Axe ausgehende, Kraft ſtreben wird, den Winkel AIO zu vergrößern, wenn der Kryſtall abſtoßender Natur iſt, Fig. 84, zu verkleinern dagegen, wenn er anziehender Natur iſt, Fig 85; ſo daß der ungewöhnliche Stral IE im erſten Fall näher nach dem Einfallsloth zu, im zweiten Fall weiter davon ab, als der gewöhnliche gebrochen werden muß, wie es ſich in der That in der Erfahrung nachweiſt.

Alle andere Beiſpiele, die man noch aufſtellen könnte, würden nur wiederholte Anwendungen der nämlichen Grundſätze ſeyn. Die Betrachtung der von der Axe ausgehenden Anziehungs- oder Abſtoßungskraft wird die Richtung der Ablenkungen immer getreu angeben, anſtatt uns aber bei dieſen Wiederholungen aufzuhalten, wollen wir lieber zu dem allgemeinern Fall übergeben, wo der Kryſtall zwei, durch einen merklichen Winkel geſchiedene, Axen hat. Dann bleiben alle Stralen, welche der Richtung der einen oder andern dieſer Axen folgen, ungeſpalten bei ihrem Austritt, durch welche Flächen derſelbe auch Statt haben mag. Bei jeder andern Richtung erfahren die Stralen innerhalb des Kryſtalls eine Spaltung, welche eine Ungleichheit ihrer Geſchwindigkeiten anzeigt und die Größe ſowohl als Richtung ihres Auseinanderweichens iſt für gleiche Abweichungen von jeder der beiden Axen vollkommen gleich; woraus zu ſchließen iſt, daß die, ſie ſpaltende, Kraft um jede dieſer beiden Linien gleich wirkt.

Hier tritt nun aber ein neuer, den Kryſtallen mit zwei Axen eigenthümlicher, Umſtand hinzu, welcher Verwicklung in die Erſcheinungen bringt und die Erforſchung ihres allgemeinen Geſetzes erſchwert. Dieſer, von Fresnel entdeckte, Umſtand beſteht darin, daß hier keiner der beiden gebrochenen Stralen dem einfachen Descartesſchen Geſetze der Brechung folgt, nach welchem der Sinus des Brechungswinkels in einem (unter allen Richtungen des Einfallens) beſtändigen Verhältniß zum Sinus des Einfallswinkels ſteht; woraus folgt, daß keinem derſelben im Kryſtall eine für alle Richtungen, nach denen er hindurchgehen mag, ſich gleichbleibende Geſchwindigkeit zukommend gedacht werden kann, indem dieſe Beſtändigkeit der Geſchwindigkeit weſentlich mit der Beſtändigkeit des Brechungsverhältniſſes zuſammen hängt.

Die Thatſache dieſer Veränderlichkeit der beiden Geſchwindigkeiten (je nach den Richtungen, in denen die beiden Stralen durch den Kryſtall hindurchgehen), läßt ſich, nach Fresnels Vorgange, auf einem einfachen und ganz apagogiſchen Wege nachweiſen. Geht nämlich im Innern eines Körpers eine Brechung mit beſtändiger*) Geſchwindigkeit vor ſich, ſo müſſen die Stralen bei gleichem Einfallswinkel darin vollkommen gleiche Ablenkungen erfahren, nach welcher Durchſchnittsrichtung ſie auch übrigens eingetreten ſeyn mögen. Schneidet man demnach aus der zu prüfenden Subſtanz mehrere Stücke nach verſchiedenen Richtungen aus, leimt ſie mit ihren Seitenflächen aneinander und arbeitet dann aus ihrer ſo hervorgebrachten Verbindung ein Prisma, mit vollkommen ebenen Flächen aus, ſo werden die Lichtſtralen beim Hindurchgehen durch dies Prisma in allen ſeinen Stücken bei gleichem Einfallswinkel gleiche Ablenkungen erfahren müſſen, ſo z. B: daß das Bild einer geraden, dem Prisma parallelen, Linie nicht geknickt, ſondern auch durch die Brechung geſehen, noch als gerade Linie erſcheinen wird. Formt man nun ſolche Prismen aus Stücken eines und des nämlichen Topas oder irgend eines andern zweiaxigen Kryſtalls, die man nach verſchiedenen Richtungen herausgeſchnitten hat, ſo zeigt ſich, da eine ſolche Gleichheit der Ablenkung für keine eine der beiden Brechungen Statt hat, ſo daß man ſchließen muß, daß keine derſelben durch eine beſtändige Geſchwindigkeit hervorgebracht wird.

Wenn jedoch dieſer Verſuch hinreicht, die Veränderlichkeit der Geſchwindigkeit (im Allgemeinen) darzuthun, ſo würden ſich doch ſchwer dadurch abſolute Maßbeſtimmungen in hinlänglicher Genauigkeit erhalten laſſen; indem, wenn man die Brechungen der, durch die aneinander gränzenden Stücke des Prisma's hindurchgegangenen, Bilder mit einander vergleichen wollte man großen Unſicherheiten ausgeſetzt ſeyn würde, herrührend von der Schwierigkeit, vollkommen ebene Einfalls- und Austrittsoberflächen hervorzubringen, ſo wie von den Unregelmäßigkeiten, die in der Brechung der Bilder nahe an den Rändern der aneinander gränzenden Stücke vorgehen, wohin man ſie doch bringen muß, um ſie mit einander vergleichen zu können. Eben ſo wenig kann man daran denken, die abſoluten Werthe der verſchiedenen Ablenkungen zu beobachten, weil die Irrthümer, denen man bei Schätzung derſelben ausgeſetzt wäre, den immer nur ſehr geringen Unterſchieden in der Brechung, um deren Meſſung es zu thun iſt, vergleichbar werden könnten. Ein Umſtand jedoch, der eine leichte Beobachtung zuläßt, kann wegen ſeines genauen Zuſammenhangs mit dem Geſetze der Geſchwindigkeiten auf indirectem Wege zur Entdeckung deſſelben führen, indem er abgeänderte Bedingungen darbietet, denen es genügen muß. Dieſer Umſtand liegt in dem Auseinanderweichen der beiden gebrochenen Bündel, herrührend von der Spaltung eines und des nämlichen, von Außen einfallenden, Strals, welcher in den Kryſtall durch Flächen, natürliche oder künſtliche, eindringt, von denen man die Richtung, nach denen ſie geſchnitten ſind, kennt. Da nämlich dieſes Auseinanderweichen in allen bisher beobachteten Subſtanzen nur ſehr gering iſt, und da ſeine Veränderung um jede Richtung des Einfallens nur ſehr langſam fortſchreitet, ſo ergiebt ſich, daß der Unterſchied der beiden Geſchwindigkeiten, von dem es abhängt, auch immer nur ſehr ſchwach in Vergleich mit ihrem abſoluten Werthe ſeyn muß, ſo daß man die Größe des Auseinanderweichens beider Stralen als dieſem Unterſchied ſelbſt proportional annehmen kann; daß man ferner in den analytiſchen Formeln, die ſeinen Ausdruck geben, die Veränderungen der beiden Geſchwindigkeiten vernachläſſigen, und mithin ihre abſoluten Werthe als beſtändig und ſo wie ſie ſich aus einigen Meſſungen abſoluter Ablenkungen nach der Regel von Descartes ergeben würden, in die Rechnung einführen kann. Dies nun, daß ſich die Beobachtung des Auseinanderweichens der Stralen als ein ſo geeignetes Mittel zeigt, uns das Geſetz des Unterſchiedes der Geſchwindigkeiten entdecken zu laſſen, muß uns veranlaſſen, Wege aufzuſuchen, um dieſe Beobachtung mit der äußerſten Genauigkeit anzuſtellen.

---

*) Unter beſtändig hat man hier immer zu verſtehen: unter allen Richtungen, unter welchen der Stral durch den Kryſtall hindurchgeht, und eben ſo gilt der Ausdruck veränderlich hier immer in dieſem Bezug.

Dieſen Zweck erreicht man, ſelbſt bei Kryſtallen, wo die doppelte Brechung am ſchwächſten iſt, durch Hülfe folgenden Apparats, mit welchem ich eine ſehr große Menge Verſuche an allen Arten von Kryſtallen, ſowohl ein- als zweiaxigen, angeſtellt habe.

Sein Hauptthe il beſteht aus zwei Linealen von Elfenbein AX, AZ, (Fig. 1. Taf. XVIII.) welche in gleiche Theile abgetheilt und rechtwinklig an einander gefügt ſind. Das erſte AX kommt auf ein horizontales Tiſchblatt zu liegen; wo dann das andre AZ vertical wird. Eine Säule Hh, deren obere und untere Endflächen parallel und aus zwei ebenen Spiegelplatten gebildet ſind, läßt ſich über die Eintheilung AX hinführen und ſo in verſchiedene bekannte Abſtände von der Eintheilung AZ bringen.

Dieſe Anordnung genügt, wenn die beiden Brechungen, die man beobachten will, in der Verlängerung der Einfallsebene erfolgen, wie dies bei der gewöhnlichen Brechung Statt hat. Nun tritt dieſer Fall bei allen Kryſtallen für gewiſſe Einfallswinkel und Richtungen des Schnitts ein. Da er der einfachſte iſt, und zum Verſtändlichmachen der Methode ausreicht, ſo will ich ihn zuerſt erörtern.

Wenn die zu beobachtende Subſtanz eine ſehr kräftige Brechung beſäße, ſo könnte man, wie Malus gethan, ſich begnügen, parallelflächige Platten daraus zu bilden und damit nach der zu erörternden Weiſe zu verfahren. Da aber dieſer Fall ausnehmend ſelten iſt, ſo will ich im Allgemeinen vorausſetzen, der Kryſtall werde als Prisma zugeſchnitten; ich gebe ſelbſt, um die Brechung merklicher zu machen, dieſem Prisma gewöhnlich einen großen Winkel BCD, einen rechten z. B., womit der beſondre Vortheil einer Vereinfachung der Rechnungen verbunden iſt. Allerdings vermag das Licht nicht unmittelbar durch die beiden Flächen eines ſolchen Prisma's hindurchzudringen, wenn dies ſich in einem ſo ſchwach brechenden Mittel, als die Luft iſt, befindet, weil die, durch die erſte Fläche BC eingetretenen, Stralen nach Innen zurückgeworfen werden, wenn ſie auf die zweite auffallen (weil ſie unter einem ſehr ſchiefen Winkel auffallen müſſen). Deshalb befeſtige ich an dieſer zweiten Fläche, welche in der Figur durch CD vorgeſtellt iſt, ein Prisma oder Parallelepipedum von Glas CDFG, deſſen brechender Winkel D dem Winkel C des Kryſtall-Prisma's ungefähr gleich iſt, ſo daß die vordere Fläche CB des Kryſtalls und die hintere DG des Glaſes einander ziemlich parallel ſind. Die Vereinigung beider Prismen wird ſo bewerkſtelligt, daß man ſie erwärmt, und zwiſchen ihren Oberflächen einige recht reine Körner Maſtix (mastix in lacrymis) ſchmelzen läßt, die durch den Druck in eine ganz dünne und ſehr durchſichtige Schicht ausgebreitet werden. Dieſe Schicht reicht nach dem Erkalten hin, ein ſtarkes Anhaften beider Oberflächen zu bewerkſtelligen und das Licht zum Durchgang von einer zur andern zu beſtimmen, ſo daß das Sehen durch das Doppelprisma möglich wird. Man legt dies alsdann mit ſeiner Fläche BC auf die obere Endfläche der Säule Hh; welches erfordert, daß die Fläche CF des

Glaſes ein wenig vor BC hervortritt oder in ihre Verlängerung fällt; und, damit der Kryſtall unverrückt vor der Scale AZ in der Lage bleibt, die man für zweckmäßig zu den Verſuchen erachtet, bringt man im Voraus auf den Rand der Spiegelplatte einige Tröpfchen verdicktes Terpentinöl, welche hinreichen, ſein Anhaften daran zu bewirken. Darauf bringt man ſein Auge nach V, hinter die hintere Fläche des Glaſes und blickt durch das Doppelprisma nach der verticalen Scale AZ hin. Sie erſcheint doppelt, vermöge der doppelten Brechung, welche jeder der davon ausgehenden Stralen durch den Kryſtall erfährt: ſo daß man eigentlich zwei Scalen erblickt, welche in einer gemeinſchaftlichen Richtung übereinanderfallen, wenigſtens wenn die ſeitliche Ablenkung null iſt, wie wir für jetzt vorausſetzen. Ueberdies aber bewirkt die Ungleichheit der beiden Brechungen, verbunden mit der des Abſtands (nämlich der Ungleichheit des Abſtands der Eintheilungsſtriche vom Prisma), daß die homologen Bilder der Eintheilungsſtriche, welche von den beiden Brechungen herrühren, nicht allenthalben gleich weit aus einander zu liegen kommen. Beträgt ihre Entfernung an gewiſſen Stellen ein halbes Intervall der Theilungsſtriche, ſo beträgt er weiterhin einen ganzen, und hier fallen zwei Striche beider Scalen, obwohl nicht die homologen, zuſammen. Weiterhin hört das Zuſammenfallen wieder auf, die Theilungsſtriche beider Scalen treten abermals aus einander; nachdem aber in einiger Entfernung von da ihr Auseinanderweichen wieder bis zu einem ganzen Intervalle der Scale zugenommen hat, fallen ſie wieder zuſammen, und es tritt ein abermaliges Zuſammentreffen beider Scalen ein. Fiele z. B., im erſten Falle, der 451ſte Strich der einen Scale mit dem 450ſten der andern zuſammen, ſo daß beide Scalen hier um einen Grad aus einander wichen, ſo wird, wie ich z. B. annehmen will, das zweite Zuſammentreffen mit 502 und 500 eintreten, und ſonach wird, unter dieſem Einfallswinkel, das Auseinanderweichen zwei Abtheilungen der Scale betragen; drei ſolcher wird es betragen, wenn die zuſammenfallenden Theilungsſtriche um drei Einheiten verſchieden ſind, und ſo fort. Um nun den Folgerungen hieraus nachzugehen, wollen wir einen dieſer Fälle, z. B. den zweiten, wieder vornehmen. Daraus, daß die Striche 502 und 500 zuſammenfallen, wenn ſie durch das Doppelprisma geſehen werden, folgt, daß der vom Strich 502 ausgegangene Stral, nachdem er in den Bereich des Syſtems der Brechung gekommen iſt, welches das Bild e hervorruft, zu dem, in V befindlichen, Auge in derſelben Richtung gelangt, als der Stral, welcher vom 500ſten Theilſtrich hergekommen iſt, und den Einfluß des Brechungsſyſtems erfahren hat, welches das Bild o hervorruft; und, da das Auseinanderweichen dieſer beiden Stralen nicht durch das Glasprisma hat hervorgebracht oder modificirt werden können, weil dies Prisma, ſeines nicht kryſtalliniſchen Zuſtandes halber, nur eine und die nämliche Art Brechung auf ſie ausübt, ſo folgt, daß, wenn die beiden, vom 502ten und 500ſten Striche herkommenden, Stralen bei ihrer Ankunft im Auge zuſammenfallen, ſie auch ſchon beim Durchgang durch das Glas zuſammengefallen ſind, mithin ſchon bei ihrem Austritte aus dem Kryſtall zuſammenfielen: eine Bedingung, welche ein ſehr genaues Mittel darbietet, das Geſetz zu bewähren, welchem das, vom Geſchwindigkeitsunterſchiede beider Stralen bedingte, Auseinanderweichen derſelben im Kryſtall folgt. Zuvörderſt nämlich läßt ſich die Richtung, unter welcher jeder dieſer beiden Stralen einfällt, beſtimmen; denn OI z. B. anlangend, weiß man, daß er vom Punct O ausgeht, deſſen Lage auf der verticalen Scale bekannt iſt, und daß er von da zum Einfallspuncte I gelangt, deſſen Lage gleichfalls auf der Säule durch ihre Höhe und ihren Abſtand von der verticalen Scale gegeben iſt. Aehnliche Data hat man für den einfallenden Stral Es, der das andre Syſtem der Brechung erfährt, mag man nun ſeinen Einfallspunct für den nämlichen als den von OI annehmen, oder auch die kleine Verſchiedenheit dieſer Puncte durch die Berechnung ausmitteln, indem man die Dicke des Kryſtall-Prisma's berückſichtigt, wie ich weiterhin angeben werde. Geſetzt nun, die Geſetze der beiden Brechungen o, e wären bekannt, oder auch blos durch irgend eine hypothetiſche Analogie angedeutet, deren Statthaftigkeit man nachzuweiſen ſich vorgeſetzt hätte, ſo braucht man nur zuvörderſt dem Stral OI, welcher die Brechung o erfährt, durch den Kryſtall hindurch zu folgen, welches nach dem Geſetze geſchehen kann, das man als gültig für dieſe Brechung vorausſetzt, und ihn ſo bis zu ſeinem Austritt an der Oberfläche in I′ zu führen. Darauf berechne man den Lauf eines Strals e, der durch dieſe Oberfläche in den Kryſtall hineinträte, nachdem er von demſelben äußern Stral I′I″ ausgegangen wäre; leite ihn durch das Prisma bis zur erſten Oberfläche nach dem, hypothetiſch für die Brechung e zu Grunde gelegten, Geſetze hindurch, und er wird, beim Wiederaustritt durch dieſe Oberfläche, mit dem einfallenden Stral Es zuſammenfallen müſſen. Nicht überflüſſig wird die Bemerkung ſeyn, daß dieſe Bedingung und die ganze Beobachtung an ſich völlig unabhängig von der ſtärkern oder ſchwächern brechenden Kraft des Glasprisma's ſind. Dies Prisma dient durchaus zu weiter nichts, als die, im Kryſtall gebrochenen, Stralen aufzunehmen und ihnen den Austritt möglich zu machen.

Bei dieſem Beiſpiele habe ich das Prisma ſo geſchnitten angenommen, daß die Brechung, gleich der gewöhnlichen, in der Einfallsebene vor ſich gieng. Dies iſt der einfachſte Fall, und der, welcher bei weitem die meiſte Bequemlichkeit zur Beſtimmung der Elemente der doppelten Brechung in allen Kryſtallen darbietet, wenn man das Geſetz dieſer Brechung als gegeben zu Grunde legt. Um aber das Geſetz ſelbſt zu bewähren, oder einige ſeiner beſondern Folgerungen ins Licht zu ſetzen, kann man wünſchen, es auch in Ebenen, welche ſchief auf den Schnitt des Prisma's ſind, zu beobachten. Dann füge ich an die verticale Scale den, Fig. 2. Taf. XVIII. vorgeſtellten, Hülfsapparat. A′C′ iſt ein, in Millimeter abgetheiltes, metallnes Lineal, das ſich bei C′ in eine kreisförmige Ebene P′P″P‴ endigt, die in halbe Grade abgetheilt iſt. RR iſt ein andres, auch in Millimeter abgetheiltes, um die Mitte C′ der Kreiseintheilung bewegliches, Lineal. Auf dieſem Lineal iſt in der Richtung ſeiner Länge eine gerade feſte Linie RR gezogen, welche durch die Mitte C′ geht. Wenn man ſeitliche Ablenkungen beobachten will, ſo fügt man den Arm A′C′ horizontal an die verticale Scale AZ des großen Apparats und befeſtigt ihn daran durch eine Zwinge, welche ihn in einer, auf dieſe Scale ſenkrechten Richtung erhält, wie Fig. 2. zeigt. Während man darauf ſchief nach dem Lineal RR durch das Kryſtallprisma hindurchſieht und zwar durch einen Einfallspunct, den man auf dieſem Prisma durch einen Strich oder ſonſt ein kleines Zeichen angegeben hat, dreht man langſam das Lineal um ſeine Mitte, bis ſeine Axe RR genau die Richtung der Ebene, in welcher die doppelte Brechung an der betrachteten Stelle vor ſich geht, einnimmt, welches dann Statt hat, wenn dieſe Axe, durchs Prisma geſehen, nicht mehr ſeitlich verdoppelt erſcheint, indem ſich ihr Bild o, an dieſer Stelle, auf ihr Bild e projicirt. Hat man dieſe Lage gefunden, ſo läßt man das Lineal darin, und bemerkt diejenigen ſeiner Eintheilungen, deren Auseinanderweichen ſo beſchaffen iſt, daß ein Zuſammenfallen derſelben Statt hat. Geſetzt dieß zeige ſich in möglichſt vollkommenem Grade in E′O′; dann wird der Abſtand der Striche E′, O′ von der Mitte C′ durch die beiſtehenden Zahlen angegeben; die Neigung ihrer Axe RR gegen die horizontale Axe C′A′ wird durch die Kreiseintheilung gemeſſen, und der Abſtand des Mittelpuncts C′ von der verticalen Scale AZ ergiebt ſich durch die, auf dieſer Axe C′A′ verzeichnete, Eintheilung. Hienach wird die Lage der beiden Puncte E′O′ in Bezug zur verticalen Scale bekannt, und ihr Auseinanderweichen durch das, auf RR beobachtete, Zuſammenfallen gegeben ſeyn. Man wird ſomit im Beſitz aller Elemente der doppelten Brechung ſeyn, die in der Lage des Prisma und bei der Richtung der Stralen, die man zum Verſuch gewählt hat, entſteht, und wird dieſe Reſultate mit der Theorie vergleichen können.

Bei Ausführung dieſer Operation darf man nicht vergeſſen, die

Lage des Einfallspuncts auf der vordern Fläche des Kryſtalls ſorgſam zu fixiren: indem dieſe Lage zu den unentbehrlichen Elementen der Berechnung gehört, da ſie die Richtung der Einfallsebene beſtimmt. Hiezu kann, wie ſchon geſagt, ein, auf dem Prisma ſelbſt verzeichneter, Strich dienen, oder ein über ſeine Oberfläche geſpannter Seidenfaden, oder auch ein kleines, darauf geklebtes Papierſtreifchen, welches die Stralen, deren gleichzeitiges Einfallen man beobachtet, abgränzt. Aehnlicher Mittel bedient man ſich, die Höhen der Einfallspuncte zu fixiren, wenn man die Coincidenzen an der verticalen Scale ſelbſt, ohne ſeitliche Ablenkung, beobachtet; dann muß aber das, die Gränze ziehende, Papierſtreifchen eine horizontale Richtung erhalten.

Es laſſen ſich auch Coincidenzen auf der horizontalen Scale AX, welche der Säule Hh als Baſis dient, beobachten. Die Einfallspuncte auf der erſten Oberfläche des Prisma's werden hier durch die nämlichen Verfahrungsarten abgegränzt.

Endlich muß man die Ränder des Prisma ſo ſcharf und dünn als möglich machen, damit die Abweichungen von der Genauigkeit, welche durch ſeine Dicke veranlaßt werden, nur ganz gering oder ſelbſt unmerklich ſeyen. Ganz null würden ſie in der That ſeyn, wenn man durch die Schärfe des Randes ſelbſt beobachtete, weil dann die beiden gebrochenen Stralen nur einen unendlich kleinen Weg im Kryſtall zu durchlaufen hätten, um zur zweiten Oberfläche zu gelangen, wo ſie ſich vereinigen und gleichzeitig hervortreten. Aus dem nämlichen Grunde darf man bei den Verſuchen die Säule Hh nicht ſehr nahe an die verticale Scale ſtellen, an welcher die Coincidenzen beobachtet werden, oder eine zu niedrige Säule anwenden, wenn man die Beobachtung auf der horizontalen Scale vornimmt, weil die Irrungen wegen der Dicke, die bei einem mäßigen Abſtande ſehr wenig merklich ſind, es weit mehr werden, wenn der Abſtand ſehr klein iſt.

Mit dieſen Vorſichtsmaßregeln hat man noch die zu verbinden, die Flächen der Prismen recht eben zu machen, welches auf die Klarheit des Sehens von großem Einfluß iſt. Auch muß man die Neigungen ihrer Flächen gegen einander durch die Zurückwerfung des Lichtes mittelſt des Goniometers von Wollaſton, von Malus oder ſonſt eines ähnlichen Inſtruments meſſen.

Die Vortheile der hier auseinandergeſetzten Methode liegen in folgenden zwei Umſtänden: einmal in der größern Genauigkeit der Meſſung, welche dadurch erlangt wird, daß man ſie auf das Auseinanderweichen der zwei Stralen ſelbſt bezieht, nicht aber auf die abſolute Richtung ihres Einfallens, bei welcher in der That ein kleiner Irrthum faſt nie von einiger Bedeutung iſt: zweitens darin, daß das abwechſelnde Uebereinanderfallen und Auseinanderweichen der Eintheilungsſtriche ſo zu ſagen die Stelle von Verniers vertritt, und man hiedurch in den Stand geſetzt wird, allemal mit der äußerſten Schärfe den Punct anzugeben, wo die Coincidenz am vollkommenſten iſt; worin man ſich noch dadurch unterſtützt ſieht, daß ſich die Säule Hh von der verticalen Eintheilung mehr oder weniger entfernen läßt; indem dies geſtattet, durch veränderten Abſtand die Weite der Coincidenzen abzuändern, und ſo ganz genau den Abſtand zu fixiren, wo ſich jede derſelben am vollkommenſten zeigt.

Unſern obigen Erörterungen zufolge iſt der Gang des Strals, welcher die eine von beiden Brechungen erfährt, das Element, von welchem man ausgeht, um den Gang des andern Strals, welcher der andern Brechung gehorcht, zu berechnen. Erſtre Beſtimmung hat in den Kryſtallen mit Einer Axe keine Schwierigkeit, indem hier immer eine der beiden Brechungen dem Descartesſchen Geſetze folgt, und dann iſt es dieſe gewöhnliche Brechung, von der man, als von der einfachern, auszugehen hat. Man hat alſo das beſtändige Verhältniß, durch welches ſie charakteriſirt wird, auszumitteln. Dies kann man gleich am Apparate ſelbſt. Man braucht nämlich nur dem Prisma durch Zuſchneiden einer Fläche einen ſolchen brechenden Winkel zu geben, daß ſich die Brechung durch denſelben unmittelbar (ohne Hülfe des Glasprisma's) beobachten läßt (Fig. 3. Taf. XVIII). Man legt darauf dies Prisma mit einer ſeiner Flächen auf die Säule Hh, bringt das Auge hinter die andre, z. B. nach V, und beobachtet nun durch Brechung das gewöhnliche Bild eines Striches O auf einer der Scalen, während man zugleich Acht hat, nach welchem Strich R die Verlängerung des austretenden Strals I'V, welcher zum Auge gelangt, hingeht. Sind auf dieſe Weiſe die Lagen O,R, nebſt der Höhe des Einfallspuncts und dem brechenden Winkel des Prisma's gegeben, ſo läßt ſich alsdann das Brechungsverhältniß nach den, in meinem größern Werke (Tom. III. pag. 209) vorzufindenden, Formeln berechnen. Man muß nur die gehörige Sicherheit haben, daß die Brechung, welche man beobachtet, auch die gewöhnliche iſt. Hierzu läßt ſich gelangen, entweder, indem man ſich von der Beſtändigkeit des Verhältniſſes, dem ſie unter verſchiednen Einfallswinkeln und für beliebig gerichtete Schnitte folgt, überzeugt; oder durch Betrachtung der Lage, welche der ſo gebrochene Stral gegen den andern, vermöge des als bekannt vorausgeſetzten, Geſetzes der ungewöhnlichen Brechung annimmt; oder endlich, mittelſt einer Modification, welche die Lichtſtralen beim Vorgang der doppelten Brechung erhalten, und welcher *Malus*, dem man die Entdeckung davon verdankt, die *Polariſation* des Lichts genannt hat. Da dieſe Modification für die beiden Bündel verſchieden iſt, ſo kann ſie zu Unterſcheidung derſelben dienen; und es reicht hiezu hin, wie wir weiterhin nachweiſen werden, das gebrochene Bild der Scale durch ein dünnes Turmalinplättchen zu betrachten. Die Beobachtung der Brechung, nach obiger Weiſe angeſtellt, läßt zwar die Zerſtreuung beſtehen; wenn jedoch der brechende Winkel des Prisma's nicht ſehr geöffnet iſt, und man ſich von der Scale, nach der man hinſieht, in keinem zu groſſen Abſtande befindet, ſo verhindert dies nicht, die Striche, deren Bilder die Brechung erleiden, noch hinlänglich deutlich und ſcharf zu unterſcheiden. Uebrigens läßt ſich dieſer Uebelſtand auch ſo umgehen, daß man an das Auge ein gefärbtes Glas bringt, welches nur eine einzige Art einfachen Lichts, z. B. eine einzige Art Roth, hindurchläßt. Nur muß man dann die Reſultate durch Berechnung auf die wahre Brechung der mittlern Stralen zurückführen.

In den zweiaxigen Kryſtallen, wo beide Geſchwindigkeiten veränderlich ſind, giebt es doch auch Durchſchnittsrichtungen, in welchen eine derſelben bei allen, in einer ſolchen Durchſchnittsebene enthaltenen, Richtungen einen beſtändigen Werth behält; ſo daß man hier auf eben ſo leichte Weiſe als in den einaxigen Kryſtallen die beſtändigen Größen der doppelten Brechung zu beſtimmen vermag. Denkt man ſich z. B. in der Ebene der beiden Axen zwei auf einander rechtwinklige Gerade, die eine zwiſchen den Axen mitten durchgehend (d. i. ihren gegenſeitigen Neigungswinkel mitten durch theilend) die andre, welche ich die ſupplementare nennen will, ſo gezogen, daß ſie das Supplement (Ergänzung zu zwei rechten Winkeln) ihrer gegenſeitigen Neigung mitten durch theilt, und legt nun durch den Kryſtall zwei Durchſchnittsebenen ſenkrecht auf einander, ſo daß eine auf die zwiſchen beiden Axen durchgehende, die andre auf die ſupplementare Linie ſenkrecht iſt, ſo wird die eine Geſchwindigkeit in der erſten, die andre in der zweiten Durchſchnittsebene beſtändig ſeyn: ſo daß ſich für jede derſelben nach einer dieſer Richtungen das Verhältniß der Sinus beſtändig zeigen wird. Dieſe bemerkenswerthen Reſultate wurden zum erſten Male von Fresnel als Folgerungen angezeigt, die er aus ſeinen Anſichten über die Natur des Lichts hergeleitet hatte, und von demſelben durch eine beſondre Art Verſuche nachgewieſen, von denen wir weiterhin ſprechen werden, wenn wir zur Interferenz der Lichtſtralen kommen.

Es giebt jedoch ein andres und zwar directes Mittel, dieſe Beſtändigkeit der Geſchwindigkeiten in gewiſſen Durchſchnittsrichtungen eines Kryſtalls oder ſonſt einer andern Subſtanz nachzuweiſen. Man ſchneide nämlich eine künſtliche Fläche ſenkrecht auf jeden dieſer Durchſchnitte zu, laſſe darin einen Stral bei verſchiedenen Einfallswinkeln eine innere Zurückwerfung erfahren, und ſehe zu, ob der Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel unter allen Neigungen darin gleich bleibt, indem dieſe Gleichheit als Folgerung aus der Beſtändigkeit der Geſchwindigkeit hervorgeht, und ſie zu charakteriſiren dient. Um nun auszumitteln, ob ſie wirklich Statt hat, braucht man nur an das, aus der zu prüfenden Subſtanz gebildete, Parallelepipedum ein andres Parallelepipedum von Glas oder ſonſt einer Subſtanz mit einfacher Brechung zu leimen, welches gleichzeitig mit dem andern gearbeitet worden iſt, ſo daß es alle dieſe Flächen mit ihm gemein hat, und mit einem Blick die Richtungen der Bilder eines kleinen entfernten Gegenſtandes, z. B. einer Lichtflamme zu vergleichen, die durch innere Zurückwerfung von der zweiten Oberfläche des einen und des andern Körpers entſtanden ſind. Denn wenn, wie wir vorausſetzten, die Entfernung des Gegenſtandes ſehr groß im Verhältniß zu den Dimenſionen des doppelten Parallelepipedums iſt, ſo werden die beiden zurückgeworfenen Bilder gleich abgelenkt erſcheinen müſſen, wenn die Geſchwindigkeit des zurückgeworfenen Strals in jeder der beiden aneinandergeleimten Subſtanzen beſtändig iſt, und ein kleiner Unterſchied zwiſchen dieſen Geſchwindigkeiten, wie er durch die bisher bekannten Subſtanzen hervorgebracht zu werden vermag, wird dieſer Gleichheit durchaus keinen merklichen Eintrag thun können, wovon man ſich leicht durch Berechnung überzeugen kann. Es wird alſo hinreichen, zu beobachten, ob dieſe Gleichheit unter allen verſchiednen Neigungen, die man den einfallenden und zurückgeworfnen Stralen progreſſiv geben kann, indem man das doppelte Parallelepipedum vor dem Auge bewegt, Statt hat und ſich fort erhält.

Um eine fruchtbare Anwendung von obigen, oder ſonſt andern ähnlichen, Methoden machen zu können, muß man in jedem zu beobachtenden Stück der Subſtanz, mit der man ſich beſchäftigt, die Lage der Axen genau kennen. Dies hat keine Schwierigkeit, wenn dieſe Subſtanz ſchon unterſucht und die Richtung ihrer Axen in Bezug zu einigen ihrer natürlichen Flächen angegeben iſt; denn dann braucht man nur durch Spalten nach den Blätterdurchgängen ein Stück davon loszutrennen, wodurch entweder dieſe Fläche ſelbſt zum Vorſchein kommen wird oder irgend eine andre, deren Beziehung zu ihr durch die Geſetze der Kryſtalliſation gegeben iſt; ſo daß die Lage der Axen in dem ſo erhaltenen Fragment, und mithin auch im ganzen übrigen Theil der Maſſe, von der es genommen iſt, bekannt ſeyn wird. Iſt die zu beobachtende Subſtanz noch neu, oder die Lage der Axen darin noch nicht bekannt, ſo wird ein Verſuch, dieſe Linien blos durch die doppelte Brechung beſtimmen zu wollen, auf ein ſehr unſichres Greifen herauskommen, insbeſondre wegen der Abirrung, welche durch die ſeitlichen Ablenkungen verurſacht wird; weiterhin aber werden wir ſehen, daß die Polariſation der Stralen, welche eine doppelte Brechung erlitten haben, hiezu eben ſo einfache als ſichre Anzeigen giebt, mittelſt deren ſich dann die Auſſuchung der Axen direct mit Genauigkeit und Leichtigkeit anſtellen läßt. Wir konnen alſo immer vorausſetzen, daß ihre Richtung durch dieſes oder ſonſt irgend ein andres Verfahren beſtimmt, und mithin in den, unſern Beobachtungen zu unterwerſenden, Kryſtallen jedesmal ſchon bekannt ſey.

Dies vorausgeſetzt, wollen wir uns vorſtellen, man habe mittelſt des oben beſchriebenen Apparats oder irgend eines ähnlichem für einen gewiſſen Kryſtall das Auseinanderweichen der Stralen nach verſchiedenen Richtungen um ſeine Axen gemeſſen: ſo iſt nun die Progreſſion der Größe dieſes Auseinanderweichens, und ihr allgemeiner Ausdruck in Bezug zu den Axen des Kryſtalls zu ſuchen. Dies hat, wie oben erwähnt, Huyghens für den Iſländiſchen Spath geleiſtet, durch Aufſtellung eines merkwürdigen Geſetzes, das er in Bezug mit der Undulationstheorie des Lichtes gebracht hat. Das nämliche Geſetz iſt aber nachher auch von Laplace aus der Anſicht der Materialität des Lichtes hergeleitet worden.

Nach der Vorſtellung, daß das Licht ein ausgeſtralter Stoff iſt, wird die Brechung der Stralen, welche durch durchſichtige Körper gehen, durch die Anziehungskräfte hervorgebracht, welche die Theilchen dieſer Körper auf die Lichtmolecule äußern, Kräfte, deren Wirkung nur auf ſehr kleine Weiten merklich iſt, und die vermöge dieſer Eigenthümlichkeit ganz denen gleichen, von welchen die chemiſchen Verwandtſchaften abhängen. In Folge deſſen hat der krumme Theil der Bahn, welche ein Lichtſtral beſchreibt, wenn er ſchief durch eine brechende Oberfläche dringt, nur eine unendlich kleine, für unſre Sinne gar nicht wahrnehmbare, Ausdehnung, ſo daß der Stral an der Stelle, wo er gebrochen wird, geknikt zu werden und plötzlich ſeine Richtung zu ändern ſcheint. Aber eben deshalb, weil die Curve, die er beſchreibt, unſrer Wahrnehmung entgeht, läßt ſich aus der Geſtalt derſelben nichts für die Beſchaffenheit der Kräfte, durch welche die Lichttheilchen an jedem Puncte ſollicitirt werden, entnehmen, wie das Geſetz der allgemeinen Gravitation aus der Geſtalt der Bahnen hergeleitet wurde, welche die Planeten und die Kometen durchlaufen; und man ſieht ſich mithin darauf verwieſen, Hypotheſen über die Beſchaffenheit dieſer Kräfte nach indirecten Erfahrungsſchlüſſen zu Grunde zu legen, und deren Beſtätigung durch Uebereinſtimmung der Reſultate, die aus ihnen fließen, mit den Ergebniſſen der Erfahrung nachzuſuchen. Dies gelang Newton hinſichtlich der gewöhnlichen Brechung, bei der die Geſchwindigkeit beſtändig iſt, indem er jedoch, durch eine brechende Oberfläche hindurchgehende, Molecul ſo betrachtete, als ſey es vor, während und nach ſeinem Durchgange durch Anziehungskräfte ſollicitirt, die nur auf ſehr geringe Weiten wirkten, und von allen Moleculen des brechenden Mittels ausgiengen. Dieſe Grundvorſtellung läßt das Geſetz der Abnahme dieſer Kräfte innerhalb der Weite, wo ſie merklich veränderlich ſind, unbeſtimmt, ſie erlaubt blos, ihre Mittelkraft für jede Weite zu berechnen, und ſie, wenn der Abſtand merklich wird, für conſtant anzunehmen. Dieſe Data nun reichen hin zur Berechnung, nicht der veränderlichen Geſchwindigkeit, mit der ſich die Lichttheilchen durch den krummlinigen Theil ihrer Bahn bewegen, noch der Beſchaffenheit dieſer Bewegung, ſondern blos der Verhältniſſe der endlichen Geſchwindigkeiten und Richtungen, welche dann eintreten, wenn der Abſtand der Lichttheilchen von der brechenden Oberfläche, ſey es innerhalb oder außerhalb des brechenden Mittels, beträchtlich genug geworden iſt, um die Bahn des Strals als nicht merklich mehr von der geradlinigen abweichend annehmen zu können; welches die Gränzen der Weite, innerhalb welcher noch Beobachtung Statt haben kann, vollkommen umfaßt.

Anlangend die ungewöhnliche, durch die Kryſtallkörper hervorgebrachte, Brechung, ſo hat man hier nicht einmal dieſen Vortheil, eine Anſicht über den Urſprung der Molecularkraft oder die Art, wie ſie von jedem Theilchen des Kryſtalls beſonders ausgeht, zu Grunde legen zu können; denn wenn wir oben die Erſcheinungen durch Anziehungs- oder Abſtoßungskräfte, welche von Axen ausgehen, zu erklären ſuchten, ſo war es immer nur ein zuſammengeſetztes Reſultat, nicht der Ausdruck der Molecularwirkung, was wir zu Grunde legten *). Was man alſo für dieſen Fall weiß, oder wenigſtens vorausſetzen muß, wenn man der Anſicht der Materialität des Lichts folgt, iſt, daß die, die Lichtſtralen ſollicitirenden, Kräfte, welcher Beſchaffenheit ſie auch ſeyn mögen, in dieſem Fall, wie in jedem andern, von den Moleculen der brechenden Körper ausgehen, und anziehend oder abſtoßend ſind, mögen ſie nun gleichartig auf alle Lichttheilchen wirken, oder verſchieden je nach den beſondern Modificationen, welche die Lichtmolecule darbieten. In allen Fällen nun, wo ein materielles Theilchen durch ſolche Kräfte ſollicitirt wird, iſt ſeine Bewegung an

---

*) Nämlich im Grunde wirkt nicht die Axe an ſich in den Kryſtallen, ſondern jedes einzelne Theilchen der Kryſtalle äußert ſeine eigne individuelle Wirkung auf das Licht, und nur aus der Zuſammenſetzung der Wirkungen aller dieſer einzelnen Theilchen geht eine Geſammtwirkung hervor, wie ſie von einer ſolchen Axe ausgehend gedacht werden kann. Um auf den Grund der Erſcheinungen zu dringen, müßten aber die Geſetze der Kräfte, wie ſie von jedem einzelnen Theilchen geäußert werden (Molecularkräfte), bekannt ſeyn.

eine allgemeine Bedingung der Mechanik gebunden, welche man Satz der kleinſten Wirkung (principe de la moindre action) nennt. Durch Anwendung dieſes Satzes auf unſere Aufgabe, mit Hinzufügung der beſondern Bedingung, daß die Kräfte nur auf ſehr kleine Weiten merklich ſeyen, hat Laplace zwei Gleichungen hergeleitet, in welchen die vollſtändige und allgemeine Beſtimmung der Richtung des gebrochenen Strals für jede gegebene Einfallsrichtung enthalten iſt, ſo bald man das Geſetz der endlichen Geſchwindigkeit der Lichttheilchen, im Innern des brechenden Mittels, in einer merklichen Weite von ſeinen Oberflächen kennt.

Im Fall der gewöhnlichen Brechung iſt die endliche Geſchwindigkeit beſtändig; indem die Ablenkung des gewöhnlichen Strals in einem und demſelben Körper ſich gleich bleibt, nach welcher Richtung man ihn auch prüfen mag, ſo bald der Einfallswinkel gleich bleibt, und im umgebenden Mittel keine Veränderung eintritt. Auch ergiebt ſich, für die Annahme einer beſtändigen Geſchwindigkeit im Innern des brechenden Körpers, aus den Gleichungen, zu denen der Satz der kleinſten Wirkung geführt hat, daß die Brechung in der Verlängerung der Einfallsebene ſelbſt nach dem beſtändigen Verhältniß der Sinus vor ſich geht; welches in der That das phyſiſche Geſetz der gewöhnlichen Brechung in allen bisher bekannten Korpern iſt.

Hienach mußte man leicht auf den Gedanken kommen, daß die ungewöhnliche Brechung ihren Grund in einer, je nach der Richtung des Strals zu den Axen des Kryſtalls veränderlichen, Geſchwindigkeit habe. Was nun zuvörderſt die Kryſtalle mit einer einzigen Axe betrifft, ſo fanden wir, daß die doppelte Brechung ſymmetriſch um ihre Axe Statt hat, und daß ſie, erſt null nach der Richtung dieſer Axe ſelbſt, ihr Maximum erreichte, wenn die Stralen ſie unter rechten Winkeln ſchnitten. Man muß alſo für dieſe Kryſtalle bei den Geſetzen ſtehen bleiben, welche dieſen Charakteren genügen. Laplace verſuchte es mit folgendem:

$$v'^2 = v^2 + k \sin^2 U.$$

wo v die gewöhnliche, v' die ungewöhnliche Geſchwindigkeit, U den Winkel, den der ungewöhnliche Stral mit der Axe bildet, und k einen, für jeden Kryſtall beſtändigen, Coefficienten bedeutet. Durch Subſtitution dieſes Geſetzes der Geſchwindigkeit in die Gleichungen des Satzes der kleinſten Wirkung kam er ſogleich auf das Huyghensſchen Geſetz. Dies Geſetz war vollſtändig bisher nur für den Isländiſchen Spath in der Erfahrung nachgewieſen worden, ich habe es auch für den Bergkryſtall und mehrere andere Subſtanzen nachgewieſen. Im Allgemeinen iſt der Coefficient k in den Kryſtallen mit doppelter anziehender Brechung poſitiv, wohin der Bergkryſtall gehört, in den andern negativ. Sein abſoluter Werth ändert ſich überdies von einer Subſtanz zur andern, zeigt ſelbſt manchmal Veränderungen in Proben einer und derſelben mineralogiſchen Art, welches von leichten Verſchiedenheiten in der Zuſammenſetzung oder dem Gefüge herrühren kann; aber unter dieſen Modificationen gilt das nämliche Geſetz der Geſchwindigkeiten für alle bis jetzt beolachtete einaxige Kryſtalle.

Was nun die zweiaxigen Kryſtalle betrifft, ſo erhellt, daß die ungewöhnliche Geſchwindigkeit v′ von den beiden Winkeln U, U′ abhängen muß, welche jede der Axen mit dem gebrochenen Stral bildet. Man wird ſich ſonach durch die Analogie bewogen finden, zu verſuchen, ob das Quadrat dieſer Geſchwindigkeit hier nicht auch durch eine Function zweiter Ordnung, nur aber eine allgemeinere, auf beide Winkel Bezug habende, ausgedrückt werden könne. Nun werden in jedem zweiaxigen Kryſtall die Brechungen gleich, wenn der gebrochene Stral der einen oder der andern beider Axen folgt. Dies erfodert, daß dann die ungewöhnliche Geſchwindigkeit der gewöhnlichen gleich werde. Dieſe Bedingung beſchränkt die Allgemeinheit der Function der zweiten Ordnung und bringt ſie auf folgende Form:

$$v'^2 = v^2 + k \sin U \sin U',$$

d. h. es bleibt blos das Product der beiden Sinus darin [1]).

Durch Einführung dieſer Formeln in die Gleichungen des Satzes der kleinſten Wirkung erhält man die Beſtimmung des Ganges der Stralen für alle Fälle, und es bleibt blos noch zu unterſuchen übrig, ob ſie ſich mit der Erfahrung in Uebereinſtimmung zeigt. Dieſe Unterſuchung mit Schärfe anzuſtellen, habe ich, mittelſt der Methode der Coincidenzen und mit Hülfe des, S. 338 beſchriebenen, Apparats eine ſehr große Menge Beobachtungen am weißen Sächſiſchen Topas, am gelben Topas von Braſilien, dem waſſerloſen ſchwefelſauren Kalk und dem Euklas angeſtellt, welches zweiaxige Kryſtalle von ganz abweichender Geſtalt und Zuſammenſetzung ſind. Die durch die Erfahrung erhaltenen Maße zeigten ſich in durchgängiger und vollkommener Einſtimmung mit den Formeln. Die nämliche Uebereinſtimmung fand ich für mehrere andere Kryſtalle, bei Anwendung deſſelben Geſetzes auf eine andre, aber doch mit der doppelten Brechung in Bezug ſtehende, Klaſſe von Erſcheinungen. Die Geſammtheit dieſer Unterſuchungen ſcheint keinen Zweifel übrig zu laſſen, daß dies Geſetz, auf welches ohnehin ſo ſtarke Analogien deuten, in der Natur gegründet ſey. Man kann bemerken, daß das Huyghensſche Geſetz für die einaxigen Kryſtalle als beſondrer Fall darin enthalten iſt, wenn man nämlich dieſe Kryſtalle als mit zwei zuſammenfallenden Axen, deren Neigungswinkel mithin null iſt, verſehen betrachtet. Dann nämlich werden die beiden Winkel U, U′, welche der gebrochene Stral mit den beiden Axen bildet, gleich, und das Quadrat der Geſchwindigkeit findet ſich blos noch durch das Quadrat ihres Sinus vermehrt. Was dieſe Uebereinſtimmung noch vollſtändig macht, iſt, daß dieſe Analogie ſich auch, wie wir noch weiterhin ſehen werden, auf eine andere Wirkungsart erſtreckt, welche die kryſtalliſirten Körper auf das Licht äußern, und die ich ſchon unter dem Namen Polariſation des Lichtes erwähnt habe. Bei dieſer Unterſuchung hatte ich aber vorausgeſetzt, daß immer eine der beiden Geſchwindigkeiten in einem und demſelben Kryſtall, unter welcher Richtung auch der Stral durchgehn möchte, beſtändig ſey. In der That hatte man dieſe Anſicht damals noch allgemein, und da ſich, wenn dieſelbe zu Grunde gelegt und der Satz der kleinſten Wirkung darauf angewandt ward, alle von mir beobachteten Erſcheinungen des Auseinanderweichens mit einer Genauigkeit danach ergeben, welche, ſelbſt in den Kryſtallen, wo die doppelte Brechung am ſtärkſten iſt, von merklichen Irrthümern frei ſchien, ſo ließ ich es bei einigen directen Verſuchen zu Bewährung dieſer Beſtändigkeit bewenden, und da ſie dieſelbe zu beſtätigen ſchienen, hielt ich mich meiner Sache in dieſem Bezug für ganz gewiß. Aus den Verſuchen von Freſnel indeß, deren Richtigkeit ſich mir durch eigne Verſuche bewährt hat, die ich theils nach ſeiner Methode, theils nach der oben erörterten der innern Zurückwerfungen anſtellte, hat ſich ergeben, daß die Annahme einer beſtändigen Geſchwindigkeit unzuläſſig ſey. Vermöge eines ſonderbaren doppelten Zuſammentreffens aber, woraus zugleich erklärlich wird, wie jene Annahme doch die Reſultate der Beobachtung ſo getreu wiederzugeben vermochte, war einerſeits die Veränderlichkeit der Geſchwindigkeiten, welche mit der Oeffnung der Axen zunimmt, ausnehmend ſchwach, faſt möchte man ſagen, unmerklich in den kräftigſten der, meinen Beobachtungen unterworfenen, Kryſtalle; andrerſeits iſt dieſe Veränderlichkeit ſo beſchaffen, daß der Unterſchied der Quadrate der Geſchwindigkeiten die Form behält, die ich demſelben beigelegt hatte, d. h. daß er, für jedes Paar Stralen, welche beim innern Durchgange eine und dieſelbe Richtung verfolgen, ſich, Freſnel zufolge, wirklich dem Product aus den Sinus der Winkel, welche dieſe Richtung mit jeder der beiden Axen des Kryſtalls bildet, proportional verhält; woraus zu erſehen, daß wegen der Schwäche der doppelten Brechung in allen bekannten Subſtanzen das Auseinanderweichen der Stralen, welches dem Unterſchiede der Geſchwindigkeiten ganz nahe proportional iſt, unter der falſchen Vorausſetzung einer beſtändigen Geſchwindigkeit ſich eben ſo genau ausgedrückt finden müßte, als unter der richtigen Annahme ihrer Veränderlichkeit.

---

[1]) Ich habe dies Geſetz mit den Beobachtungen, auf die es ſich ſtützt, dem Inſtitut am 29ſten März 1819 vorgelegt.

Fresnel hat aus ſeinen Anſichten über die Natur des Lichts eine geometriſche Conſtruction hergeleitet, welche eine allgemeine Darſtellung der Geſchwindigkeiten der, durch irgend einen Kryſtall gebrochenen, Stralen gewährt. Dieſe Conſtruction, in die Analyſe übergetragen, giebt folgenden Ausdruck für die Geſchwindigkeiten zweier Stralen, die ſich in ihrem Durchgang durch den Kryſtall begleiten, d. h. die durch den Kryſtall nach einer und derſelben Richtung hindurchgehen. Es ſeyen v, v' die Geſchwindigkeiten dieſer beiden Stralen, U, U' die Winkel, die ſie mit jeder der beiden Axen des Kryſtalls bilden; endlich n und k zwei, jeder Subſtanz eigenthümliche, beſtändige Größen; man wird haben:

$$v^2 = n^2 + k \sin^2 \tfrac{1}{2} [U' - U]; \; v'^2 = n^2 + k \sin^2 \tfrac{1}{2} (U' + U).$$

Hieraus fließt der allgemeine Ausdruck

$$v'^2 - v^2 = k [\sin^2 \tfrac{1}{2} (U' + U) - \sin^2 \tfrac{1}{2} (U' - U)]$$

oder, wenn man die Sinus des zweiten Gliedes entwickelt,

$$v'^2 - v^2 = k \sin U \sin U',$$

d. h. der Unterſchied der Quadrate der Geſchwindigkeiten iſt dem Product aus den Sinus der Winkel proportional, welche von den Stralen mit jeder der beiden Axen gebildet werden, gemäß dem, was auch die Erfahrung vorher hatte entdecken laſſen. Iſt der Kryſtall ein einaxiger, ſo fallen die Winkel U, U' zuſammen, und haben nur einen und denſelben Werth, wodurch U' − U immer null wird. Hieraus folgt, daß die Geſchwindigkeit v ſich auf n reducirt, und dann unter allen Richtungen beſtändig iſt. Dieſe Geſchwindigkeit, die im allgemeinen Fall vom Unterſchiede der beiden Winkel U, U' abhängt, entſpricht alſo der, welche wir die gewöhnliche nannten; die andre v' dagegen, welche von ihrer Summe abhängig iſt, der ſogenannten ungewöhnlichen, Benennungen, die wir auch künftighin der Kürze halber beibehalten werden.

Obwohl die Geſchwindigkeit v, allgemein geſprochen, in den zweiaxigen Kryſtallen veränderlich iſt, ſo wird ſie doch ſelbſt in dieſen Kryſtallen beſtändig, wenn der gebrochene Stral in einer, zwiſchen den Axen mitten durchgehenden und auf die ſupplementare Linie ſenkrechten, Ebene enthalten bleibt; wie ſich dies auch aus der Formel ergiebt; denn da alsdann U = U', ſo reducirt ſich der Ausdruck von v auf die beſtändige Größe n. Legt man dagegen durch die Supplementarlinie ſenkrecht auf die, zwiſchen den Axen durchgehende, Linie eine Ebene, ſo werden alle Stralen, welche in dieſer Durchſchnittsebene enthalten ſind, mit den beiden Axen Winkel U, U' bilden, die einander zu zwei rechten ergänzen, deren Summe mithin immer beſtändig und gleich 180° ſeyn wird. In dieſer Durchſchnittsebene wird ſomit der Sinus des Winkels ½ (U′ + U) einen der Einheit gleichen Werth haben, woraus erhellt, daß die Geſchwindigkeit v′ hier beſtändig wird, und daß ihr Quadrat hier ſtets gleich $n^2 + k$ iſt. Hierin findet man ganz die erſten Reſultate von Fresnel wieder.

Wollte man dieſen beſondern Werth der Geſchwindigkeit v durch n′ ausdrücken, ſo würde k zum Ausdruck erhalten $n'^2 - n^2$ und die allgemeinen Ausdrucke der beiden Geſchwindigkeiten v, v′ würden ſich verwandeln in

$$v^2 = n^2 + (n'^2 - n^2) \sin^2 \tfrac{1}{2} (U' - U),$$
$$v'^2 = n^2 + (n'^2 - n^2) \sin^2 \tfrac{1}{2} (U' + U),$$

wo die beiden beſtändigen Größen n, n′ nun eine phyſiſche Bedeutung haben.

Ohne behaupten zu wollen, daß das, von dieſem Phyſiker aufgeſtellte, Geſetz die Erſcheinungen in ihrer völligen Geſammtheit umfaſſe, was bei dem Mangel an hinreichenden Prüfungen voreilig ſeyn würde, iſt wenigſtens ſo viel gewiß, daß es der Erſcheinungen eine ſehr große Anzahl unter ſich befaßt, und namentlich allen denen Genüge thut, welche das Auseinanderweichen der gleichzeitig gebrochenen Stralen betreffen. Wir werden es deshalb allen unſern künftigen Auseinanderſetzungen, die uns über dieſe Erſcheinungen zu geben übrig ſind, zu Grunde legen.

Aus den vorigen Betrachtungen fließt, daß es, um den Gang der Lichtſtralen und ihre Ablenkungen nach allen möglichen Richtungen in einer, mit doppelter Brechung begabten, kryſtalliniſchen Subſtanz angeben zu können, hinreicht, dieſe Ablenkungen in einem einzigen Stück dieſer Subſtanz nach Richtungen, deren Bezug zu den Axen bekannt iſt, zu beobachten, und durch Vergleichung der Ablenkungen mit den theoretiſchen Formeln die beiden beſtändigen Größen n und n′ daraus herzuleiten, deren eine die gewöhnliche, und die andre die ungewöhnliche Geſchwindigkeit darſtellt, wenn die Winkel U, U′ alle beide rechte ſind, d. h. wenn die Stralen durch den Kryſtall ſenkrecht auf die Ebene, welche die beiden Axen enthält, hindurchgehen.

Hier, wie bei der einfachen Brechung, ſind ſich die Geſchwindigkeiten v′, v für die verſchiedenen einfachen Stralen, aus welchen das weiße Licht zuſammengeſetzt iſt, nicht in aller Strenge gleich. Auch erſcheinen die Bilder, welche durch die Doppelbrechung hervorgebracht werden, im Allgemeinen farbig, vermöge dabei Statt findender Zerſtreuung des Lichts, gleich den gewöhnlichen Bildern, obwohl nicht auf dieſelbe Weiſe. Weiterhin werden wir die Geſetze dieſer Erſcheinung näher unterſuchen, wenn erſt von der Zerſetzung des Lichts und der Theorie der Farben gehandelt ſeyn wird.

Bis dahin müſſen wir auch die nähere Auseinanderſetzung einer merkwürdigen Thatſache verſchieben, welche von J. F. W. Herſchell, Sohn des berühmten Aſtronomen, entdeckt worden iſt. Nämlich in einem und demſelben Kryſtall ſind die Axen, in Bezug zu welchen die doppelte Brechung der verſchiedenen einfachen Stralen Statt hat, oft von einander geſchieden und ſtellen für jede Art Licht ungleich geneigte Paare dar, die jedoch immer in einer und der nämlichen Ebene enthalten, und ſymmetriſch um eine und dieſelbe Gerade angeordnet ſind, welche die Winkel aller Paare in zwei gleiche Theile theilt. Dieſe Art Zerſtreuung iſt bisher nur in den zweiaxigen Kryſtallen angetroffen worden. Folge derſelben iſt, daß bei Gleichheit des Einfallswinkels die Winkel U, U', welche von den gebrochenen Stralen mit den Axen gebildet werden, je nach der Beſchaffenheit der Stralen verſchieden ſind, welches auf die Ablenkungen, die ſie erleiden, von Einfluß ſeyn muß. Es erhellt hieraus, daß zu einer ſcharfen Beſtimmung der Erſcheinungen die Angabe der beſondern Art von Stralen erforderlich iſt, an welchen man dieſelben beobachtet hat. Hinfort wird man, wenn wir keine beſondern Beſtimmungen hinzufügen, wie bei der gewöhnlichen Brechung, allemal anzunehmen haben, daß von den mittlern Stralen des Farbenbildes, d. i. den grünen oder gelben, die Rede iſt, oder daß bei der betrachteten Erſcheinung die Farbenzerſtreuung unmerklich oder eine Berückſichtigung derſelben nutzlos iſt.

Im Allgemeinen ſind für eine und dieſelbe Art einfacher Stralen die Werthe des Coefficienten k oder $n'^2 - n^2$ verſchieden in Kryſtallen von verſchiedner Geſtalt oder verſchiedner chemiſcher Beſchaffenheit; woraus folgt, daß die doppelte Brechung in dieſen Körpern ſich in ſehr ungleicher Stärke äußert. Man findet ſelbſt, daß Subſtanzen von faſt gleicher chemiſcher Zuſammenſetzung in dieſem Bezug ſehr verſchieden wirken. Der gewöhnliche ſchwefelſaure Kalk z. B. hat eine ſehr ſchwache doppelte Brechung, der waſſerloſe ſchwefelſaure Kalk dagegen eine ſehr ſtarke. Freilich ſind die Primitivgeſtalten dieſer beiden Subſtanzen ſehr von einander verſchieden. Allein auch der reine kohlenſaure Kalk und der magneſiahaltige kohlenſaure Kalk, die beide Rhomboiden zu Primitivgeſtalten haben, und zwar Rhomboiden von ſo nahe kommenden Winkeln, daß ihre Verſchiedenheit, obwohl wirklich Statt findend und meßbar, beſtritten worden iſt, äußern merklich ungleiche doppelte Brechungen, wie ich mich überzeugt habe. Denn der mittlere Werth von k, der für erſtern meinen Verſuchen zufolge 0,543 iſt, wechſelt bei letzterm von 0,581 bis 0,591; und es iſt wahrſcheinlich, daß ſelbſt dieſe letztre Veränderlichkeit von einer kleinen Verſchiedenheit in der chemiſchen Zuſammenſetzung herrührt. Berylle, die ſich äußerlich nur in der Farbe unterſcheiden, gaben mir auch ſehr merklich ungleiche Werthe von k, und in mehrern Stucken derſelben bemerkte ich ſelbſt Erſcheinungen, die das Vorhandenſeyn zweier Axen darin anzudeuten ſchienen. Dies leitet zu dem Schluſſe, daß überhaupt, wenn zwei kryſtalliniſche Subſtanzen in ihrer chemiſchen Zuſammenſetzung oder ihrer Primitivgeſtalt abweichen, ſie ſich auch in ihrer doppelten Brechung unterſcheiden, und, umgekehrt, daß eine Verſchiedenheit in der doppelten Brechung ſtets auch eine Verſchiedenheit in der Zuſammenſetzung oder dem Gefüge vorausſetzt; wodurch dieſe Art Erſcheinungen von großem Nutzen zur Charakteriſirung der Mineralien wird.

Aber nicht einmal blos ſeinem Werthe, auch ſeinem Vorzeichen nach, ändert ſich der Coefficient k von einer Subſtanz zur andern, indem er in manchen poſitiv, in andern negativ iſt. Die Unterſcheidung der doppelten Brechung in zwei Arten, eine anziehende und eine abſtoßende, muß ſonach auch auf die zweiarigen Kryſtalle ausgedehnt werden.

Da Dr. **Brewſter** ein Mittel gefunden hatte, die einarigen Kryſtalle von den zweiarigen mittelſt gewiſſer daran ſich zeigenden Farbenerſcheinungen, von denen wir weiterhin noch ſprechen werden, zu unterſcheiden, ſo unterwarf [illegible] dieſer Prüfung eine große Menge kryſtalliſirter Subſtanzen, und fand, daß im Allgemeinen alle die, welche nur eine Axe beſitzen, ſo [illegible]ene Primitivgeſtalten zeigen, daß die Flächen, welche die Axen umgeben, ähnlich um ſie angeordnet ſind. Dieſe Geſtalten ſind das Rhomboid, das regelmäßige Hexaeder, das gleichſchenklige Octaeder mit quadratiſcher Baſis und das gerade Prisma mit quadratiſcher Baſis. Alle andern Geſtalten haben zwei Axen oder ſind ohne doppelte Brechung. Ein geſchickter Mineralog, **Sorrel**, dem wir eine ſehr gründliche Arbeit über die Anordnung der Axen der doppelten Brechung in Bezug zu den Flächen der Primitivgeſtalten verdanken, hat gefunden, daß die Ebene, welche die Axen enthält, immer ſymmetriſch in dem, als Primitivgeſtalt angenommenen, Solidum oder den davon kryſtallographiſch abzuleitenden, liegt; und die Axen ſelbſt haben eine ſolche Richtung in dieſer Ebene, daß ſie mit den Flächen des Solidums gleiche Winkel bilden. Dieſe, von der Symmetrie hergenommenen, Charaktere laſſen gewöhnlich über die Lage der Axen in jeder Art von Geſtalt nur wenig Unbeſtimmtheit obwalten; und ſind ſomit von Nutzen, indem ſie den Verſuchen, die man zu ihrer Auffindung anzuſtellen nöthig hat, die Richtung anweiſen und ſie abkürzen.

Bei Unterſuchung der Erſcheinungen, welche die einaxigen Kryſtalle darbieten, bemerkten wir, daß ſie mit vollkommener Symmetrie zu beiden Seiten der Ebene vor ſich gehen, welche wir den Hauptſchnitt nannten, und die durch die Axe des Kryſtalls und das Perpendikel auf die Einfallsfläche, durch welche der Stral eindringt, gelegt war. In den zweiaxigen Kryſtallen hat dieſe Symmetrie nicht mehr allgemein Statt, zeigt ſich jedoch wieder, wenn die Richtungen der beiden Axen gegen die Einfallsfläche gleich geneigt ſind. Dann denke man ſich durch jede der Axen des Kryſtalls und durch das Perpendikel auf dieſe Fläche eine Ebene, und noch eine dritte durch daſſelbe Perpendikel gelegt, welche den Neigungswinkel der beiden erſten in zwei gleiche Theile theilt. Alle Erſcheinungen im Kryſtall gehen ſymmetriſch zu beiden Seiten dieſer mittlern Ebene vor ſich, und die beiden Brechungen erfolgen darin ohne ſeitliche Ablenkung wie im Hauptſchnitt der einaxigen Kryſtalle. Auch liegt in der Beſtimmung, wie wir ſie von jener Ebene gegeben haben, die Conſtruction dieſes Hauptſchnitts ſchon mit enthalten. Denn denkt man ſich, daß die beiden Axen ſich einander ſo nähern, daß ſie in eine einzige Linie zuſammenfallen, ſo werden auch die drei angegebenen Ebenen in eine zuſammenfallen, welche durch die jetzt allein vorhandene Axe und das Perpendikel auf die betrachtete Einfallsfläche geht; eine Conſtruction, die ganz mit der übereinſtimmt, nach der wir früher den Hauptſchnitt der einaxigen Kryſtalle beſtimmten.

Von der Zurückwerfung auf der zweiten Oberfläche der Kryſtalle.

Die hier auseinandergeſetzte Theorie iſt nicht blos für die Stralen, welche ungewöhnlich durch die Kryſtalle gebrochen werden, gültig, ſondern findet ihre Anwendung auch auf diejenigen, welche auf ihrer zweiten Oberfläche eine Zurückwerfung nach Innen erfahren. Bevor wir aber dieſe Anwendung weiter verfolgen können, müſſen wir erſt die Hauptcharaktere dieſer Art von Erſcheinungen durch die Erfahrung feſtſtellen.

Wenn ein Lichtſtral aus dem leeren Raum oder irgend einem andern nicht kryſtalliſirten Mittel auf die erſte Oberfläche eines Kryſtalls fällt, wird er partiell in einem einzigen Bündel zurückgeworfen, ſo daß der Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich iſt. Die Anziehungs- oder Abſtoßungskraft, welche von den Axen des Kryſtalls ausgeht, ſcheint durchaus ohne Einfluß auf dieſe Erſcheinung zu ſeyn; denn man kann den Kryſtall auf ſeiner Ebene in alle mögliche Richtungen drehen, ohne daß die Intenſität oder Richtung des gebrochenen

Strals dadurch eine Abänderung erfährt. Dem iſt aber nicht ſo hinſichtlich der innern Zurückwerfung, welche auf der zweiten Oberfläche des Kryſtalls vor ſich geht. Jeder Stral theilt ſich bei ſeiner Zurückwerfung auf dieſer Oberfläche im Allgemeinen in zwei Bündel, die in den Kryſtall zurücktreten, und deren einer die gewöhnliche, der andre die ungewöhnliche Brechung erfährt, dieſe Ausdrücke ſo allgemein verſtanden, wie wir ſie S. 351 erklärten (der Verfaſſer nennt auch das, was eigentlich innere Zurückwerfung iſt, hier Brechung, gewöhnliche, die mit der gewöhnlichen, ungewöhnliche, die mit der ungewöhnlichen Geſchwindigkeit erfolgt).

Um die Urſach dieſer Theilung einzuſehen, iſt zu wiſſen nöthig, daß die Stralen, welche eine Brechung, ſey es die gewöhnliche oder ungewöhnliche, durch den Kryſtall erfahren haben, ſo bald ſie bis zu einer merklichen Tiefe in ihn eingedrungen ſind, in ihren Moleculen eine ſolche Anordnung annehmen, daß ſie bei weiterer Fortſetzung ihrer Bahn in dieſem nämlichen Kryſtall ſich nicht mehr theilen können; und die Erfahrung zeigt, daß ſie ſich eben ſo wenig weiter theilen würden, wenn ſie durch einen zweiten Kryſtall hindurchgiengen, der an dem erſten anläge, und deſſen Hauptſchnitt in die Verlängerung des ſeinigen fiele. Dieſe eigenthümliche Anordnungsart macht das aus, was *Malus Polariſation des Lichtes* nennt. Bald werden wir ſie in der Erfahrung nachweiſen, jetzt ſpreche ich von ihr blos als von einer Thatſache. Wenn nun die Molecule, aus denen ein und der nämliche, gewöhnliche oder ungewöhnliche, gebrochene Stral beſteht, der zweiten Oberfläche eines Kryſtalls hinlänglich nahe kommen, um den Einfluß der davon ausgehenden Zurückwerfungskräfte zu erfahren, ſo geſchieht es im Allgemeinen, daß eine gewiſſe Anzahl Molecule durch dieſe Kräfte in Richtungen gedreht werden, welche von der, ihnen durch die Brechung ertheilten, verſchieden ſind; ſo daß ſie, bei ihrer Rückkehr in den Kryſtall, vermöge partieller oder totaler Zurückwerfung, aufs neue fähig werden, ſich zwiſchen zwei Brechungen, einer gewöhnlichen und einer ungewöhnlichen, zu theilen. Ich ſage, daß dieſes im Allgemeinen der Fall iſt, denn es giebt auch gewiſſe beſondre Lagen, in welchen die Zurückwerfungskräfte die Anordnung, die den Lichtmoleculen durch die Brechung urſprünglich ertheilt worden iſt, ungeſtört laſſen; und dann wird der Stral zurückgeworfen, ohne ſich zu ſpalten, oder auch er wird gar nicht zurückgeworfen. Weiterhin werden wir ins Einzelne dieſer beſondern Umſtände näher eingehen; hier aber können wir davon abſehen, denn ihr Einfluß betrifft bloß die Intenſität des zurückgeworfenen Strals, nicht aber die Richtung, die er bei der Zurückwerfung annimmt. Ein Stral, der einfach zurückgeworfen wird, oder auch, der aus dem Kryſtall ohne zurückgeworfen zu werden, austritt, würde bei einer andern Anordnung der Molecule, aus denen er beſteht, die doppelte Brechung erleiden; was ſich ſelbſt durch die Erfahrung nachweiſen läßt. Die Richtung der Zurückwerfung iſt ſomit das Erſte, was uns jetzt zu beſtimmen nöthig iſt.

Dies hat in den einaxigen Kryſtallen, wo eine der beiden Geſchwindigkeiten beſtändig iſt, keine Schwierigkeit. Man braucht blos immer davon auszugehen, daß der zurückgeworfene Stral beim Rücktritt in den Kryſtall ſich gerade ſo verhalten muß, wie ein von Außen gekommener Stral, deſſen Molecule nicht urſprünglich eine beſondre Anordnung erhalten hätten. Nun iſt in dem Fall, wo der Kryſtall nur Eine Axe hat, die Richtung des Zurückkehrens durch die bekannte Zurückwerfung des gewöhnlichen Strals mit beſtändiger Geſchwindigkeit gegeben. Es ſey, Fig. 86., I' der innere Einfallspunct, $O'I'$ der einfallende Stral. Hat er die gewöhnliche Brechung erlitten, ſo conſtruire man den gewöhnlichen zurückgeworfenen Stral $I'O''$, deſſen Zurückwerfungswinkel dem, zur andern Seite des Einfallsloths $I'N'$ gelegenen, Einfallswinkel gleich iſt; darauf berechne man nach den Formeln der Theorie die Richtung des, ihm am Zurückwerfungspunct I' zugehörigen, ungewöhnlichen Strals $I'E''$, d. h. den der nämliche, von Außen auffallende, Stral hervorgebracht haben würde. Man wird hierin die beiden zurückgeworfenen Stralen haben, welche aus der Spaltung des einfallenden Strals $O'I'$ nach ſeiner Zurückwerfung hervorgehen.

Iſt dagegen dieſer Stral ein ungewöhnlicher, Fig. 87., ſo verfolge man ihn zum Einfallspunct I', berechne darauf nach den theoretiſchen Formeln den gewöhnlichen Stral $I'O'$, der ihm auf der nämlichen Seite des Einfallsloths zugehört; und iſt dieſer gegeben, ſo ſtelle man wieder die Berechnung wie vorhin an; man wird auf dieſe Weiſe die beiden Stralen $I'O''$, $I'E''$ erhalten, in welche ſich der gegebene Stral bei ſeiner Zurückwerfung ſpaltet. Die Regel iſt im Allgemeinen folgende: ein gewöhnlicher und ein ungewöhnlicher Stral, die ſich bei ihrem innern Einfallen begleiten, begleiten ſich auch nach ihrer Zurückwerfung.

In dem Falle, wo der Kryſtall zwei Axen hat, läßt ſich die Richtung der innern Zurückwerfung für keinen der beiden Stralen mehr nach bloſen Gründen der Symmetrie angegeben; denn da ihre Geſchwindigkeiten veränderlich ſind, ſo iſt im Allgemeinen für keinen derſelben der Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich. Iſt aber in dieſem Falle der inwendig einfallende, gewöhnliche oder ungewöhnliche, Stral gegeben, ſo berechne man den austretenden Stral der daraus hervorgehen würde, trage darauf dieſen austretenden Stral auf die andre Seite des Einfallslothes unter einem gleichen Einfallswinkel über, und berechne die gebrochenen Stralen, die aus ihm entſtehen würden, wenn er in den Kryſtall nach dieſer Richtung zurücktrite. Es werden die nämlichen ſeyn, in die ſich die nach innen zurückgeworfenen Stralen ſpalten müſſen. Alles deutet nämlich darauf hin, daß die innere Zurückwerfung in einer weit geringern Entfernung von der Oberfläche vor ſich geht, als die iſt, bis zu welcher ſich die Kräfte, die den Stral ſpalten, erſtrecken; ſo daß der Stral bei ſeiner Zurückwerfung Anfangs eine ſolche Richtung annehmen muß, als wenn das Mittel nicht kryſtalliſirt wäre. Nur erſt beim weitern Vordringen auf ſeinem Rückweg durch den Kryſtall muß er ſich abermals ſpalten, als wenn er von Außen käme. Seine urſprüngliche Richtung nach der Zurückwerfung ſcheint ſomit aus der Umkehrung ſeines Austritts hervorzugehen, wie bei den nicht kryſtalliſirten Subſtanzen. Wie man ſieht, iſt in dieſer Betrachtungsweiſe die ſo eben für die einaxigen Kryſtalle aufgeſtellte als beſonderer Fall enthalten. Ungeachtet dieſer Analogie aber gebe ich ſie doch nur mit Mißtrauen, und es wäre zu wünſchen, daß man ſie durch Verſuche zu bewähren ſuchte.

Dies ſind die allgemeinen Geſetze der Zurückwerfung im Innern der Kryſtalle; mag nun blos ein Theil der Lichtmolecule nach Innen zurückgeworfen werden und der übrige vermöge der Brechung nach Außen treten, oder mögen vermöge überwiegender innerer Anziehung alle einfallenden Molecule durch die Kräfte, welche die Brechung hervorrufen, nach Innen zurückgeführt werden.

Hier, wie bei der gewöhnlichen Brechung, hängt der Einfallswinkel, wo dieſe totale Zurückwerfung anfängt, in jedem Kryſtall von ſeiner mehr oder weniger brechenden Eigenſchaft, ſo wie von der des äußern Mittels ab. Wir können aber die Gränze derſelben hier nicht eben ſo nach der Theorie berechnen, weil uns die Kenntniß mangelt, wie ſich die Anziehungs- oder Abſtoßungskraft, welche von den Axen des Kryſtall ausgeht, nahe an ſeiner Oberfläche verändert. Man muß ſich alſo an die Erfahrung halten, und den Anfang der totalen Zurückwerfung durch die Unmöglichkeit, einen austretenden Stral zu erhalten, beſtimmen. Man findet dieſe Berechnung für die einaxigen Kryſtalle in meinem größern Werke ausgeführt, wo ich auch die merkwürdigen Folgerungen entwickelt habe, die ſich daraus in Bezug auf die Veränderungen ergeben, welche die von den Axen ausgehenden Kräfte nahe an der äußern Oberfläche der Kryſtalle erfahren. Die zweiaxigen Kryſtalle würden zu ähnlichen Betrachtungen Anlaß geben. Eins der geeignetſten Mittel, die Natur dieſer Kräfte ins Licht zu ſetzen, würde ſeyn, die Oberfläche der Kryſtalle in Berührung mit durchſichtigen Mitteln von ſtärkerm Brechungsvermögen, als das ihrige, z. B. mit Phosphor in Fluß, zu bringen und die Gränzen ſo wie alle andere beſondern Umſtände der innern Zurückwerfung in den ſo begränzten Mitteln zu beobachten. Vielleicht würde man durch dieſes Verfahren in den Stand geſetzt werden, die doppelte Brechung der undurchſichtigen Körper zu meſſen, wie dies Wollaſton hinſichtlich ihrer einfachen Brechung geleiſtet hat. Dieſe Unterſuchung erfordert einige theoretiſche Vorderſätze, die ſich in folgendem Abſchnitt auseinandergeſetzt finden.

Uebergang des Lichts zwiſchen mehreren aneinander gränzenden, mit doppelter Brechung begabten, Körpern.

Bei allen vorigen Verſuchen wurde angenommen, ſie ſeyen im leeren Raum oder in der Luft angeſtellt, deren eigenthümliche Wirkung auf das Licht ſchwach genug iſt, um vernachläſſigt werden zu können. Jetzt wird die Unterſuchung nöthig, was erfolgen muß, wenn die, in einen, mit doppelter Brechung begabten, Kryſtall eindringenden, Stralen nicht aus dem leeren Raum herkommen, ſondern aus einem materiellen Mittel, dem ſelbſt doppelte oder einfache Brechung zukommt.

Wir wollen mit letzterm Falle, als dem minder verwickelten, den Anfang machen, und größerer Einfachheit halber noch vorausſetzen, der Kryſtall, in welchen der Stral übergehen ſoll, habe nur Eine Axe, ſo daß die gewöhnliche Geſchwindigkeit darin beſtändig iſt. Es ſey AB, Fig. 88., die gemeinſchaftliche Oberfläche des Mittels und des Kryſtalls, SI der einfallende Stral. Man berechne oder conſtruire nach den theoretiſchen Formeln den Stral IO, der durch die gewöhnliche Brechung daraus hervorgeht, die gewöhnlichen Brechungsverhältniſſe beider Subſtanzen zu Grunde legend, und gerade ſo, als wenn das zweite Mittel nicht kryſtalliſirt wäre. Kennt man darauf IO, ſo ſuche man nach den theoretiſchen Formeln den ungewöhnlichen Stral IE, der ihn begleitet, und durchaus nur von der Lage von IO zu den Axen des Kryſtalls abhängt; die beiden Stralen IO, IE werden diejenigen ſeyn, in welche ſich der einfallende Stral SI auflöſt.

Gehen wir jetzt zu dem Fall über, wo das erſte Mittel ſelbſt kryſtalliſirt iſt, immer noch unter der Vorausſetzung, daß es einaxig iſt. Der einfallende Stral SI, welcher uns gegeben iſt, wird in dieſem Mittel der gewöhnlichen oder ungewöhnlichen Brechung angehören können. Im erſten Falle kann man, wie ſo eben, verfahren, indem man das gewöhnliche Brechungsverhältniß des erſten Mittels zu Grunde legt, und die Rechnung ausführt, als wäre es nicht kryſtalliſirt. Gehört aber der gegebene Stral SI ſelbſt der ungewöhnlichen Brechung an Fig. 89. ſo berechne man zuerſt nach den theoretiſchen Formeln die Richtung des, ihn im erſten Mittel begleitenden, gewöhnlichen Strals S′I. Iſt dieſer Stral bekannt, ſo bediene man ſich deſſelben, wie ſo eben, zur Berechnung der beiden Stralen IO, IE, welche im zweiten Kryſtall daraus hervorgehen. Dies werden die beiden geſuchten Richtungen ſeyn.

Es erhellt aus dieſer Auseinanderſetzung, daß, die Fälle ausgenommen, wo vermöge zu großer anziehender Kraft des erſten Mittels der Stral gar nicht in das zweite übertritt, immer durch dieſe Conſtructionen zwei Stralen, ein gewöhnlicher und ein ungewöhnlicher, erhalten werden. Die Erfahrung ſcheint jedoch der Beſtändigkeit dieſes Reſultates zu widerſprechen, wenigſtens wenn das erſte Mittel kryſtalliſirt und mit der doppelten Brechung begabt iſt. Denn dann hängt die Untertheilung der daraus hervortretenden Stralen ſowohl als die Art Brechung, gewöhnlicher oder ungewöhnlicher, die ſie im zweiten Kryſtall erfahren, von der Lage dieſes zum erſten ab. Um dies gegenſeitige Lagenverhältniß klarer beſtimmen zu konnen, wollen wir bei Betrachtung der einaxigen Kryſtalle ſtehen bleiben. Wenn in dieſem Falle die Hauptſchnitte der übereinanderliegenden Kryſtalle parallel ſind, ſo bleibt jeder, gewöhnliche oder ungewöhnliche, Stral des erſten Kryſtalls beim Uebergang in den zweiten einfach, und untergeht dort die nämliche Art Brechung, die er im erſten erfahren hatte. Befinden ſich dagegen die Hauptſchnitte, anſtatt parallel zu ſeyn, in einer, auf einander rechtwinkligen, Lage, ſo bleibt jeder Stral bei ſeinem Austritt aus dem erſten Kryſtall noch einfach, tauſcht aber ſeine Brechung um, d. h. er wird ungewöhnlich im zweiten Kryſtall, wenn er im erſten gewöhnlich war, und umgekehrt. Zwiſchen dieſen beiden Gränzen der Lage ſpaltet ſich jeder, gewöhnliche oder ungewöhnliche, Stral beim Austritt aus dem erſten Kryſtall, und die zwei Bündel, die aus ihm hervorgehn, folgen den, durch die vorigen Conſtructionen ausgedrückten, Geſetzen. Aber auch die Intenſität jedes Bündels hängt von dem Winkel ab, den beide Hauptſchnitte mit einander bilden, nimmt nämlich zu oder mindert ſich mit dieſem Winkel, je nachdem beim Drehen der Hauptſchnitte das Bündel ſich von der Gränze, wo es verſchwinden würde, mehr entfernt oder ihr nähert. Hieraus iſt zu ſchließen, daß das Entſtehen oder Nicht-Entſtehen zweier Bündel im zweiten Kryſtall von den phyſiſchen Modificationen abhängt, welche die Molecule im erſten Kryſtall erlangt haben, Modificationen, vermöge deren ſie geſchickter werden, die eine oder die andre Brechung im zweiten zu erfahren, je nach der Richtung, in welcher ſie ihre Flächen ſeinen Axen darbieten. Dabei aber vermag die Theorie immer noch genau zu beſtimmen, nach welchen Richtungen ſich dieſe Theilchen fortbewegen würden, wenn ihr phyſiſcher Zuſtand ihnen geſtattete, ſich zwiſchen den beiden Brechungen zu theilen. Schon die Zurückwerfung auf der zweiten Oberfläche der Kryſtalle bot uns ähnliche Fälle dar; indem nämlich ein, von der zweiten Oberfläche eines Kryſtalls nach Innen zurückgeworfener, Stral die nämlichen Einflüſſe erfährt, als wenn er ganz aus dem Kryſtall herausgetreten wäre, um in einen andern oder in dieſen ſelbſt zurückzutreten.

Bisher haben wir uns unter den aneinander gränzenden Mitteln immer nur einarige Kryſtalle gedacht. Da in dieſen die Geſchwindigkeit eines der beiden Stralen, die durch die doppelte Brechung hervorgehn, beſtändig iſt, ſo vermochten wir deſſen Fortpflanzung nach dem Descartesſchen Geſetz, in ſo fern es auf aneinander gränzende Mittel von verſchiedenem Brechungsvermögen ausgedehnt wird, zu berechnen (und von ihm ausgehend auch den andern Stral zu beſtimmen). Dies iſt uns aber nicht mehr verſtattet, wenn eins der übereinanderliegenden Mittel ein zweiariger Kryſtall iſt, weil dann im Allgemeinen beide Stralen eine veränderliche Geſchwindigkeit haben; hier wird uns indeß die Betrachtung zum Zweck führen, daß ſich die Stralen, im Augenblick, wo ſie durch die Berührungsfläche hindurchgehen, außerhalb des Wirkungskreiſes der Kräfte befinden, durch welche die doppelte Brechung hervorgebracht wird; ſo daß ſie ſich im Grunde in dem nämlichen Fall befinden, als wenn ſie mit ihrer zuvor erlangten Geſchwindigkeit aus einem nicht kryſtalliſirten Körper in einen ebenfalls nicht kryſtalliſirten, aber mit verſchiedenem Brechungsvermögen begabten, übergiengen. Nun würde in dieſem Fall ihr endlicher Gang noch der nämliche ſeyn, wenn man, anſtatt ſie ſo unmittelbar in das zweite Mittel übertreten zu laſſen, daſſelbe vom erſten durch eine kleine, ihrer gemeinſchaftlichen Oberfläche parallele, Schicht leeren Raums ſchiede. Dies auf die Kryſtalle angewandt, muß man dann auch nach dieſer Annahme die endliche Richtung der, aus einem Kryſtall in einen unmittelbar anliegenden übergehenden, Stralen erhalten. Iſt alſo ein Stral mit irgend einem Geſetz der Geſchwindigkeit im erſten Mittel gegeben, ſo berechne man den austretenden Stral, der daraus hervorgehen würde, wenn man den Austritt in den leeren Raum Statt finden ließe, welches durch Anwendung des Satzes der kleinſten Wirkung auf die allgemeinen Ausdrücke der Geſchwindigkeiten geſchieht. Darauf berechne man mittelſt deſſelben Satzes die Richtung, welche dieſer austretende Stral verfolgen müßte, wenn er in der nämlichen

Richtung, in der er aus dem erſter Mittel austritt, in das zweite einfiele; dies wird die Richtung ſeyn müſſen, die er wirklich darin annehmen würde, wenn er aus dem erſten Mittel, ohne erſt durch ein Zwiſchenmittel zu gehen, hineinträte. Ungeachtet jedoch dieſe Regel durch die Analogieen, auf die ſie ſich ſtützt, eine ausnehmende Wahrſcheinlichkeit erhält, wurde es immer wichtig ſeyn, Verſuche zu ihrer Bewährung anzuſtellen.

Viertes Capitel.

Einrichtung der Mikrometer mit doppelten Bildern.

Rochon hat von der doppelten Brechung der Kryſtalle eine Anwendung auf die Meſſung kleiner Winkel gemacht, die für Aſtronomie und Phyſik von zu großem Nutzen iſt, um nicht hier eine nähere Auseinanderſetzung zu verdienen, um ſo mehr, da die nämliche Vorrichtung uns ein einfaches Mittel darbieten wird, zu erkennen, ob die, von einem gegebenen Kryſtall hervorgebrachte, Brechung anziehend oder abſtoßend ſey.

Wir wollen uns zwei Prismen, A, B, Fig. 90 und 91 denken, die aus einem und dem nämlichen einaxigen Kryſtall gebildet und ſo zugeſchnitten ſind, daß im erſten A, die Vorderfläche AB ſenkrecht auf die Axe AA′ des Kryſtalls iſt, während im zweiten B dieſe Axe der gemeinſchaftliche Durchſchnitt der beiden Flächen A′B, A′B′ iſt. Wir wollen ferner annehmen, daß die beiden Prismen hinſichtlich der Dimenſionen ihrer Theile und der Größe ihrer Winkel einander gleich ſind. Endlich wollen wir ſie in vollkommene Berührung mit einander bringen, indem wir ihre brechenden Winkel einander, wie die Figur zeigt, entgegenſetzen, ſo daß ſie in ihrer Verbindung eine Platte mit auswendigen parallelen Flächen darſtellen. Betrachten wir darauf einen einfallenden Stral LI, der ſenkrecht auf die Oberfläche des erſten Prisma gerichtet iſt, ſo finden wir, daß er ſich auf folgende Weiſe verhält.

Zuerſt wird der Stral durch das ganze Innere des erſten Prisma's ſeinen Weg in gerader Linie fortſetzen, ohne ſich zu ſpalten. Er wird nämlich durch die erſte Oberfläche nicht gebrochen werden, weil er ſenkrecht auf ſie einfällt; noch wird er ſich im Prisma ſpalten, weil er der Axe des Kryſtalls parallel iſt, mithin die abſtoßende oder anziehende Kraft, welche von ihr ausgeht, für ihn null iſt.

In I', an der gemeinſchaftlichen Oberfläche beider, als in unmittelbarer Berührung befindlich angenommenen, Prismen angelangt, wird ſich der Stral beim Eintritt in das zweite in zwei Bündel ſpalten. Das gewöhnliche wird keine Ablenkung erleiden, weil es aus einem Mittel in ein andres von der nämlichen brechenden Kraft übergeht; es wird alſo ſeinen Weg in gerader Linie fortſetzen, und durch die zweite Fläche A'B' in auf ihr ſenkrechter Richtung austreten, ſich ſo auf der Verlängerung ſeiner urſprünglichen Richtung wiederfindend. Nicht ſo aber wird es ſich hinſichtlich des ungewöhnlichen Bündels verhalten. Denn da dieſes bei ſeinem Eintritt ins zweite Prisma außer der gewöhnlichen brechenden Wirkung die der Anziehungs- oder Abſtoßungskraft, welche von der Axe ausgeht, erfährt, ſo erleidet es die neue Brechung, welche daraus hervorgeht, und die nach der Art, wie unſre Prismen zugeſchnitten ſind, gleich der andern dem einfachen Descartesſchen Geſetz folgt. Beſitzt der Kryſtall, aus dem die Prismen gebildet ſind, eine abſtoßende Axe, Fig. 90, ſo wird dieſe zweite Brechung ſchwächer als die erſte ſeyn, und der ungewöhnliche Stral I'I'' wird ſich beim Durchgang durch das zweite Prisma von der auf die gemeinſchaftliche Oberfläche Senkrechten N'N'' (dem Einfallsloth) weiter entfernen, als der gewöhnliche Stral I'O, und daher nach ſeinem Austritt in die Luft ſeine Richtung nach der Seite nehmen, nach welcher das Prisma ſeine Spitze kehrt. Das Umgekehrte wird in den Kryſtallen mit anziehender Axe Statt haben, Fig. 91: da die ungewöhnliche Brechung im zweiten Prisma ſtärker als die gewöhnliche im erſten iſt, ſo wird der ungewöhnliche Stral I'I'' bei der Brechung darin ſich vom Einfallsloth weniger entfernen, als der gewöhnliche Stral, mithin nach ſeinem Austritt in die Luft ſich der Baſis des Prisma's zuwenden.

Wir haben die beiden Prismen als in unmittelbarer Berührung mit einander befindlich angenommen; da ſich jedoch in der Ausübung eine ſolche nie würde in vollkommenem Grade erhalten laſſen, ſo leimt man die beiden Oberflächen mittelſt einer Schicht verdickten Terpentinöls oder Maſtix in lacrymis an einander, welches durchſichtige Subſtanzen ſind, deren Brechungsvermögen dem des Crownglaſes ungefähr gleich kommt. Da man dieſe Schicht ſehr dünne macht, indem man die beiden Prismen möglichſt aneinanderdrückt, ſo laſſen ſich ihre beiden Oberflächen für parallel annehmen. Dann erfährt der gewöhnliche Stral II' beim Ein- und Austritt durch dieſelbe gleiche und genau entgegengeſetzte Brechungen; ſo daß er beim Eindringen ins zweite Prisma ſeine urſprüngliche Richtung völlig wieder erlangt; und der ungewöhnliche Stral, welcher von ihm abhängt, nimmt mithin auch in dieſem Prisma die nämliche Richtung an, als wenn er unmittelbar hineingedrungen wäre. Die Zwiſchenſchicht äuſert eigentlich keine andre Wirkung, als durch ihre Anziehungskraft den Austritt der Stralen aus dem erſten Prisma und ihren Eintritt in das zweite unter Einfallswinkeln zu bedingen, wo dieſe Erſcheinungen nicht Statt haben konnten, wenn der Stral, um von einem Prisma ins andre überzugehen, erſt in die Luft austreten müßte.

Weil der gewöhnliche Stral nach ſeinem Austritt aus dem zweiten Prisma ſeine urſprüngliche Richtung behält, während der andre daraus abgelenkt wird, ſo erhellt ohne Weiteres, daß ein, in O, Fig. 90 und 91, auf der Verlängerung des erſten dieſer Stralen befindliches, Auge den zweiten nicht zu gleicher Zeit zu empfangen vermöchte; zieht man aber durch den Punct O eine Linie Ol'' parallel mit dem austretenden ungewöhnlichen Stral El'' und leitet dieſelbe durch die beiden Prismen nach den Geſetzen der ungewöhnlichen Brechung hindurch, wodurch man einen, auf der Oberfläche des erſten Prisma's ſenkrecht austretenden, Stral erhält, ſo iſt klar, daß dieſe Linie die Richtung eines, mit dem zuerſt von uns betrachteten, Stral parallel einfallenden Strals angeben wird, der ſich ſo verhält, daß der von ihm herrührende ungewöhnliche Stral durch den Punct O, wo ſich das Auge des Beobachters befindet, hindurchgeht, während der ihm zugehörige gewöhnliche Stral nicht dahin gelangt. Iſt demnach der Gegenſtand L entfernt genug, um auf dieſe Weiſe zwei Stralen parallel oder doch ſo gut als parallel einfallen zu laſſen, ſo wird der, in O befindliche, Beobachter zwei Bilder deſſelben erblicken, ein gewöhnliches und ein ungewöhnliches, die aber von verſchiedenen einfallenden Bündeln herrühren. Sind die Prismen aus einem Kryſtall mit abſtoßender Axe geſchnitten, Fig. 90, ſo wird das ungewöhnliche Bild minder ſtark als das gewöhnliche durch das zweite Prisma gebrochen werden, mithin näher nach der Baſis BB' zu erſcheinen; ſind dagegen die Prismen aus einem Kryſtall mit anziehender Axe gebildet, Fig. 91, ſo wird dies ungewöhnliche Bild ſtärker als das gewöhnliche gebrochen werden und entfernter von der Baſis des zweiten Prisma's erſcheinen. Hat man mithin eine Vereinigung zweier ſolchen, aus irgend einem einaxigen Kryſtall gebildeten, Prismen bewerkſtelligt, ſo wird man in den angegebenen Erſcheinungen ein Kennzeichen haben, ob die Axe des Kryſtalls anziehender oder abſtoßender Beſchaffenheit iſt. Bald werde ich einfachere, aber minder directe, Mittel zum nämlichen Zweck zu gelangen, angeben.

Wie aber unterſcheiden, welches von beiden Bildern das gewöhnliche und welches das ungewöhnliche iſt? Die Erſcheinung der Polariſation des Lichts, von der wir weiterhin ausführlicher ſprechen werden, bietet hiezu ſehr einfache Prüfungsmittel dar; will man ſich aber blos der Kennzeichen bedienen, welche die doppelte Brechung ſelbſt gewährt, ſo braucht man nur die erſte Oberfläche AB an eine verticale Glasplatte, z. B. an eine Fenſtertafel anzulegen, und in den Umgebungen irgend einen, von einer geradlinigen Kante begränzten, Gegenſtand aufzuſuchen, die ſo gelegen iſt, daß die von ihr ausgehenden Stralen ſenkrecht auf das Glas einfallen. Eine Kante von einem Dache, die dem Fenſter, an welchem man ſeinen Verſuch vornimmt, parallel und ungefähr in der nämlichen Höhe gelegen iſt, erfüllt dieſe Bedingung ſehr wohl. Sieht man nun hier durch das doppelte Prisma danach hin, ſo wird man zwei Bilder derſelben erblicken; ſind aber beide Prismen von recht gleichem Winkel, wie wir immer vorausgeſetzt haben, ſo wird eins von beiden Bildern ſich immer genau auf die Verlängerung des directen Bildes, wie es durch das Glas allein erſcheint, befinden. Dies wird alſo das gewöhnliche Bild ſeyn; denn blos die gewöhnlichen Stralen können nach ihrem Austritt den einfallenden Stralen wieder parallel werden. Das andre, abgelenkte, Bild wird mithin das ungewöhnliche ſeyn. Um die Richtung, nach welcher es abgelenkt iſt, zu beſtimmen, drehe man das Doppelprisma auf dem Glaſe herum, bis es (das ungewöhnliche Bild) auch dem directen Bilde parallel wird, und beobachte, ob es mehr nach der Baſis oder mehr nach der Spitze des Prisma's zu fällt, als das gewöhnliche Bild. Im erſten Falle wird der Kryſtall eine abſtoßende, im letztern eine anziehende Axe beſitzen. Das gewöhnliche Bild wird auch noch durch eine andre Eigenſchaft charakteriſirt; es iſt nämlich vollkommen achromatiſch, d. h. frei von Färbung (in ſo weit ſie von Farbenzerſtreuung abhängt); indem die Stralen, welche es bilden, durch das Doppelprisma eben ſo wenig zerſetzt werden, als wenn ſie durch eine Platte mit parallelen Flächen hindurchgegangen wären. Nicht ſo verhält es ſich mit den ungewöhnlichen Stralen. Dieſe erfahren eine Farbenzerſtreuung, weil ſich ihre ſucceſſiven Brechungen einander nicht ausgleichen, und daher iſt das ungewöhnliche Bild nicht achromatiſch.

Bei den vorigen Beobachtungen wird der Winkelabſtand beider Bilder durch den Winkel $I'O'i''$ gemeſſen, unter welchem die Richtung der gewöhnlichen Stralen nach ihrem Austritt von der der ungewöhnlichen geſchnitten wird. Dieſer Winkel ändert ſich mit der Beſchaffenheit des Kryſtalls, aus welchem die beiden Prismen gebildet ſind, und mit der Winkelöffnung ABC, die man ihnen gegeben hat. Leicht läßt ſich derſelbe berechnen, wenn man dieſe Oeffnung und die beiden Brechungsverhältniſſe kennt; man findet ſolchergeſtalt, daß er mit der Oeffnung der Prismen und der Verſchiedenheit der beiden Brechungsverhältniſſe von einander zunimmt. Der Isländiſche Spath, als mit der ſtärkſten doppelten Brechung begabt, giebt daher auch unter allen bekannten Subſtanzen, bei gleicher Oeffnung der Prismen, die ſtärkſten Ablenkungen; und das Auseinanderweichen beider Bilder, was ſich durch Prismen, die aus demſelben geſchnitten ſind, erreichen läßt, kann bis 43° 26′ 50″ ſteigen. Lange glaubte man, die Doppelprismen aus Bergkryſtall vermöchten nur ein Auseinanderweichen von 30′ oder höchſtens 40′ hervorzubringen. Malus hatte als Gränze 28′ angegeben; dies rührte aber daher, daß man die Prismen immer als durch eine Luftſchicht von einander getrennt annahm. Dieſe Schicht war ohne Einfluß auf die Richtung, welche die Stralen nehmen mußten, wenn ſie einmal ins zweite Prisma eingetreten waren; ihre geringe brechende Kraft aber ſetzte dem Austritt derſelben aus dem vordern Prisma ein Hinderniß entgegen, und die Berechnung gab als Gränze des Winkels diejenige an, bei welcher der Stral noch vermochte, aus dieſem Prisma in die Luft auszutreten. Theorie und Erfahrung haben mir gleich beſtätigt, daß jene Gränze unrichtig ſey. Das Auseinanderweichen konnte bei Doppelprismen aus Bergkryſtall höher als auf 10° ſteigen.

Man konnte auch Prismen, die nach andern Richtungen, als den betrachteten, geſchnitten wären, einander entgegenſetzen. Verfolgte man dann den Gang der Stralen durch ihr Syſtem, wie ſo eben, mit Berückſichtigung blos der neuen Richtungen, welche die von den Axen ausgehenden Kräfte hätten, ſo würde man mit gleicher Leichtigkeit die Richtungen der austretenden Stralen beſtimmen können. Nur iſt hiebei nicht zu überſehen, daß vermöge der Modificationen, welche den Lichtſtralen durch die mit doppelter Brechung begabten Subſtanzen ertheilt werden, und deren nähere Betrachtung wir an die der Polariſation des Lichts knüpfen werden, die, ſo von einem erſten Prisma gebrochenen, Stralen durch ein zweites Prisma theilbar oder nicht theilbar ſind und die gewöhnliche oder die ungewöhnliche Brechung darin erfahren, je nach den relativen Lagen der Axe des Kryſtalls in den beiden übereinanderliegenden Prismen; ein Umſtand, der bei der, von Rochon gewählten Richtung des Schnitts nicht in Betracht kommt; denn da der Gang des Strals im erſten Mittel der Axe des Kryſtalls parallel iſt, ſo kann er durch dieſelbe nicht vorwaltend geſchickt gemacht werden, ſich mehr nach der einen, als nach der andern Weiſe im zweiten Prisma zu brechen, und verhält ſich demzufolge darin wie ein Stral von natürlicher Beſchaffenheit.

Geſetzt überhaupt, man habe zwei Prismen aus irgend einem Kryſtall auf die angegebene Art vereinigt, und durch Erfahrung oder durch Berechnung den beſtändigen Winkel beſtimmt, den der gewöhnliche und ungewöhnliche Stral, welche von einem und demſelben, auf die erſte Oberfläche ſenkrecht einfallenden, Stral herrühren, bei ihrem Austritt mit einander bilden. Verlängert man dieſe Stralen, bis ſie ſich irgendwo in C, Fig. 92, ſchneiden, ſo wird man ſie als die Arme eines Zirkels betrachten können, deren Oeffnung beſtimmt und deren Winkelſpitze bekannt iſt. Hat man nun eine kreisförmige Scheibe, deren Durchmeſſer man kennen lernen will, ſo braucht man ſie nur zwiſchen dieſe beiden Arme ſo einzuſchieben, daß ſie dieſelben berührt; wo ſich dann ihr Durchmeſſer nach ihrem Abſtande von der Winkelſpitze berechnen laſſen wird. Dies Verfahren wird mit der Kleinheit des Winkels an Genauigkeit zunehmen, indem dann ſchon ein ſehr kleiner Unterſchied im Durchmeſſer der Scheibe zu einer ſehr ſtarken Verſchiedenheit in dem Orte der Berührung Anlaß geben wird.

Rochon hat dies Verfahren ſehr ſinnreich zur Meſſung der ſcheinbaren Durchmeſſen der Himmelskörper angewandt. Zu dieſem Zweck ſetzt er das Syſtem der beiden Prismen in das Innere eines aſtronomiſchen Fernrohrs ein. Es ſey, Fig. 93, A das Objectivglas dieſes Fernrohrs, AF ſeine Axe, F ſein Brennpunct, SS′ ein ſehr entfernter Gegenſtand, deſſen erſten Rand S ich als genau auf der Verlängerung der Axe AF befindlich annehme. Der Lichtpinſel, der von S ausgegangen iſt, und die Oberfläche des Objectivglaſes überſtralt, wird von dieſem im Brennpunct F, auf der Axe dieſes Pinſels ſelbſt, concentrirt, und bringt daſelbſt ein leuchtendes Bild des Puncts S hervor. Der von S′ ausgegangene Lichtpinſel wird gleichfalls auf der Verlängerung AF′ ſeiner Axe concentrirt und giebt in F′ ein kleines Bild des Puncts S′. Da ein Aehnliches hinſichtlich aller andern, von den zwiſchenliegenden ſtralenden Puncten ausgehenden, Lichtpinſel erfolgt, ſo entſteht aus der Reihe der Brennpuncte in FF′ ein kleines Bild des Gegenſtandes. Iſt ferner der Winkel FAF′ oder SAS′, den der Gegenſtand unterſpannt, ſehr klein, und der Gegenſtand ſelbſt ſehr entfernt, ſo laſſen ſich alle Puncte des Bildes als in der nämlichen Entfernung vom Objectivglaſe A liegend betrachten; ſo daß man es in der Figur als eine kleine gerade, auf die Axe AF des Objectivglaſes ſenkrechte, Linie FF′ darſtellen kann. Dann wird der Winkel FAF′ oder der ihm gleiche SAS′ der ſcheinbare Durchmeſſer des Gegenſtandes, vom Punct A aus geſehen, ſeyn. Dies wohl verſtanden, wollen wir nun zwiſchen das Objectivglas A und ſeinen Brennpunct unſern Apparat mit doppeltem Bilde bringen, ſo daß ſeine erſte Oberfläche ſenkrecht auf die Axe AF ſey, Fig. 94. Dies wird die Größe des Bildes FF′ nicht merklich ändern, wenigſtens wenn die äußern Oberflächen des Apparats recht parallel ſind. Klar aber iſt, daß zwei Bilder dadurch im Brennpunct hervorgebracht werden müſſen. Nämlich jeder einfallende Stral AF, AF′ wird ſich beim

Eintritt in das zweite Prisma ſpalten, und einen ungewöhnlichen Stral cf, c′f′ nach der, durch die doppelte Brechung bedingten, Richtung austreten laſſen. Es werden ferner, wenn man ſich darauf beſchränkt, die Axen der Bündel in Betracht zu ziehen, die Puncte c,c′, von wo aus die Divergenz für die Axen jedes Bündels Statt hat, unverrückt im prismatiſchen Apparate bleiben, in welche Entfernung vom Objectivglaſe man ihn auch bringen mag, und eben ſo werden die Ablenkungswinkel Fcf, F′c′f′ unverändert bleiben. Hieraus ergiebt ſich, daß, wenn man den prismatiſchen Apparat vom Brennpunct des Objectivglaſes entfernt, das ungewöhnliche Bild ff′, welches immer in der nämlichen Ebene mit FF′ bleibt, ſich vom gewöhnlichen Bilde entfernen wird, ihm dagegen näher rücken, wenn man den prismatiſchen Apparat dem Brennpunct nähert. Setzt man dieſe Bewegung ſo weit fort, daß die Puncte c, c′ zuletzt auf die Linie FF′ in den Brennpunct ſelbſt fallen, ſo werden die austretenden, gewöhnlichen ſowohl als ungewöhnlichen, Stralen, welche von einem und demſelben Stralenpinſel herkommen, zuſammen von dem nämlichen Punct aus divergiren, und dem Auge nur noch den Eindruck eines einzigen ſtralenden Punets gewähren, ſo daß die beiden Bilder genau allen ihren Puncten nach zuſammenfallen werden.

Geht man von dieſer Lage aus, ſo wird, wenn der beſtändige Ablenkungswinkel Fcf größer als FAF′, d. i. größer als der ſcheinbare Durchmeſſer der Scheibe iſt, es zwiſchen A und F eine Lage geben, bei welcher die beiden Bilder FF′, ff′ genau mit einander in Berührung ſind, Fig. 95. In dieſem Fall wird ſich das gewöhnliche Bild FF′ genau zwiſchen den beiden Schenkeln des Winkels Fcf, der die beſtändige, durch die ungewöhnliche Brechung hervorgebrachte, Ablenkung ausdrückt, enthalten finden. Mißt man mithin ſeinen Abſtand Fc von der Winkelſpitze, wozu wir ſogleich das Mittel angeben werden, ſo wird man daraus ſeine abſolute Größe FF′ haben; und da man auch den Abſtand AF kennt, welcher der Brennweite des Objectivglaſes gleich iſt, ſo wird man im Beſitz aller erforderlichen Elemente zur Berechnung des Winkels FAF′ ſeyn, den es am Punct A unterſpannt. Dies wird der ſcheinbare Durchmeſſer des Gegenſtandes ſeyn. Wenn dieſer Durchmeſſer nur einen ſehr kleinen Winkel befaßt, ſo iſt er, wie ſich nach der Berechnung ergiebt, dem Abſtand Fc proportional, wenigſtens wenn man ſich immer des nämlichen Objectivglaſes und des nämlichen Doppelprisma's bedient.

Der Abſtand Fc läßt ſich mittelſt einer, außen am Rohr des Perſpectivs verzeichneten, gleich abgetheilten, Längeneintheilung meſſen. Dies Rohr iſt mit einem Längenſpalt verſehen, damit man das Syſtem der beiden Prismen nach Belieben in der ganzen Länge der

Brennweite AF hinbewegen könne. Zuerſt beſtimmt man deſſen Lage im Brennpunct. Zu dieſem Zweck richtet man das Fernrohr auf den Gegenſtand, und führt die Priſmen nach dem Auge hin, bis die beiden, im Brennpunct entſtehenden, Bilder genau zuſammenfallen. Man lieſt darauf, bei welchem Punct der ſeitlichen Eintheilung der Zeiger, den der priſmatiſche Apparat mit ſich fortbewegt, ſtehen geblieben iſt. Dies wird der Nullpunct ſeyn, von welchem aus die Abſtände Fc gerechnet werden müſſen. Geſetzt z. B. er falle auf die Zahl 50 der Eintheilung. Beobachtet man nun irgend einen Gegenſtand, ſo ſehe man, nachdem man beide Bilder in Berührung mit einander hat kommen laſſen, abermals zu, nach welchem Punct der Eintheilung der Zeiger des priſmatiſchen Apparats hinweiſt. Geſetzt er falle auf die Zahl 120; ſo wird, für dieſen Werth des ſcheinbaren Durchmeſſers, Fc offenbar gleich 125 — 50 d. i. gleich 75 Theilen der Eintheilung ſeyn.

Um nun ein für allemal das Verhältniß dieſer Zahl zum ſcheinbaren Durchmeſſer kennen zu lernen, bringt man einen kreisförmigen oder ſphäriſchen Gegenſtand SS′ Fig. 96. von bekanntem Durchmeſſer in einen Abſtand AC, den man entweder unmittelbar mißt, oder durch ein trigonometriſches Verfahren beſtimmt. Hieraus läßt ſich durch Berechnung der ſcheinbare Durchmeſſer SAS′ herleiten, den dieſer Gegenſtand, aus der Weite AS geſehen, unterſpannt. Man ſieht darauf nach dem nämlichen Gegenſtand durch das, mit den Priſmen verſehene, Perſpectiv hin, indem man das Objectivglas an denſelben Punct A bringt; und hat man beide Bilder durch die Bewegung der Priſmen zur Berührung gebracht, ſo mißt man an der ſeitlichen Eintheilung den Abſtand Fc. Dann iſt das Verhältniß dieſes Abſtands zum ſcheinbaren Durchmeſſer SAS′ für immer bekannt, und man kann es bei allen andern Beobachtungen der Berechnung zu Grunde legen. Oder auch, man kann zum Voraus danach die ſcheinbaren Durchmeſſer berechnen, welche einer gewiſſen Zahl Werthe von Fc entſprechen, und ſie auf das Rohr ſelbſt, zur Seite jedes Abſtands ſtechen laſſen. Auf dieſe Weiſe ſind meiſtens die gewöhnlichen Inſtrumente eingerichtet. Anſtatt aber die ſcheinbaren Durchmeſſer in Minuten und Secunden darauf auszudrücken, giebt man das Verhältniß des Abſtandes des Gegenſtandes zu ſeiner Größe darauf an, welches geſtattet, eins dieſer Elemente aus dem andern herzuleiten. So vermag man nach der mittlern Statur der Soldaten, welche ein Truppencorps ausmachen, ihre Entfernung zu ſchätzen; eben ſo läßt ſich auf dem Meere die Entfernung eines Schiffes finden, wenn man ſeine Maſte von einer gewiſſen Höhe annimmt. Dieſe Reſultate ſind indeß um ſo mehr dem Irrthum unterworfen, je größer der Abſtand und je kleiner der Gegenſtand iſt, ſo daß man z. B. nicht daran denken darf, von dieſer Methode Gebrauch zur Beſtimmung der Entfernung der Geſtirne zu machen, obwohl man ſie zuweilen hiezu vorgeſchlagen hat. Ihr ſcheinbarer Durchmeſſer iſt das einzige aſtronomiſche Element, das man daraus herleiten darf.

In allem Bisherigen haben wir vorausgeſetzt, daß der erſte Rand F des gewöhnlichen Bildes FF' ſich genau auf der Axe des Objectivglaſes finde in dem Augenblick, wo man es in Berührung mit dem andern Bilde erblickt. Dieſe Bedingung iſt unerläßlich, wenn der einfallende Stral AI, der nach ſeiner Spaltung das gewöhnliche Bild umfaßt, durch den prismatiſchen Apparat ſenkrecht auf ſeine äußern Oberflächen hindurchgehen ſoll, der einzige Fall, den wir bisher betrachtet haben. Iſt aber der beobachtete Gegenſtand ein Geſtirn, welches vermöge ſeiner Bewegung über das ganze Sehefeld des Perſpectivs hingehen muß, was wird dann erfolgen? Mathematiſch genommen, wird dann die Größe des Winkels Fcf während der Zeit, wo das Geſtirn vorüber geht, nicht mehr beſtändig ſeyn. Sind dieſe Veränderungen unmerklich, wie der Fall ſeyn wird, wenn die brechenden Winkel der Prismen ſehr klein ſind, ſo wird man die Berührung beider Bilder gleich beim Eintritt des Geſtirns in das Sehefeld des Fernrohrs eintreten laſſen können, und ſie wird ſich deſſen ungeachtet noch in der ganzen Ausdehnung des Sehefeldes fort erhalten; bei ſtarker Vergrößerung der Oeffnung der Prismen und der daraus erfolgenden Ablenkung aber wird der Winkel Fcf für die verſchiedenen Einfallswinkel, welche das Sehefeld des Fernrohrs geſtattet, ſich merklich ändern, und die Bilder werden ſich, nachdem ſie zuvor in Berührung waren, beim Durchgang durch daſſelbe trennen. Um dieſen Uebelſtand zu umgehen, hat Rochon die Abhülfe getroffen, ſtatt der Doppelprismen mit großem Winkel eine Verbindung mehrerer ſolchen Prismen anzuwenden, die aber ſämmtlich von ſehr kleinem Winkel und ſo aneinander geleimt ſind, daß alle Hauptſchnitte genau auf derſelben Richtung zuſammenfallen. In einem ſolchen Syſtem nämlich nimmt die Spaltung der Stralen mit der Zahl der Doppelprismen zu; und der Einfluß der veränderlichen Einfallswinkel auf das Auseinanderweichen der Bilder iſt dabei weit weniger merklich, als bei einem einzigen Prisma, welches ein gleiches Auseinanderweichen hervorbringen würde, wovon man ſich leicht durch die Theorie den Grund angeben kann. Man muß aber die größte Sorge tragen, daß die Prismen genau nach der Richtung ihrer Hauptſchnitte übereinander zu liegen kommen; damit nicht mehr Bilder als zwei entſtehen, auch ſind gewiſſe Vorſichtsmaßregeln beim Schneiden der Prismen zu beobachten, damit ſie keine Färbung hervorbringen. Die

Menge dieſer zu beobachtenden Umſtände macht dies Verfahren beinahe unausführbar, wenigſtens für aſtronomiſche Unterſuchungen.

Alle unſere Erörterungen waren in der Vorausſetzung geführt, daß man die Bilder FF′, ff′ welche das Objectivglas in ſeinem Brennpunct bildet, mit bloßem Auge beobachtete. In der Regel betrachtet man dieſe Bilder durch eine Lupe, oder ein Syſtem von Lupen, welches ſo angeordnet iſt, daß es eine Vergrößerung der Bilder gewährt, ohne ſie undeutlich zu machen. Dies Syſtem wird das Oculare genannt, weil man es nahe ans Auge bringt, ſo wie anderſeits das vorderſte Glas des Fernrohrs den Namen Vorderglas oder Objectivglas führt, weil es den Gegenſtänden zugekehrt iſt. Aber eben aus dem Grunde, weil die Wirkung des Ocularglaſes erſt nach Entſtehung der doppelten Bilder eintritt, kann es begreiflich auf das Statthaben oder Nicht-Statthaben ihrer Berührung von keinem Einfluß ſeyn, dient vielmehr blos, daſſelbe mit größerer Schärfe erkennen zu laſſen. Alle unſre Erörterungen, die wir unter der Vorausſetzung des Sehens mit bloßem Auge machten, gelten mithin auch noch, wenn das Auge ſich der Hülfe eines Ocularglaſes bedient; und deshalb haben wir dieſe Modification bei der Auseinanderſetzung der Reſultate in keinen beſondern Betracht gezogen.

Bei der Berühmtheit, die das Rochonſche Mikrometer erlangt hat, und den häufigen Anwendungen, die man von dem zu Grunde liegenden Verfahren macht, glaubte ich mich einer ausführlichen Auseinanderſetzung in Bezug darauf nicht überheben zu dürfen. Immer jedoch führt es auch ſeine Uebelſtände mit ſich, zumal wenn es bei ſtarken Vergrößerungen, wie ſie aſtronomiſche Beobachtungen erfordern, angewandt wird. Für dieſen Fall hat Arago eine andre Anwendungsart der doppelten Brechung erfunden, die durchaus vorzuziehen iſt, und auf die ich weiterhin zurückkommen werde.

Von einigen ſonderbaren Erſcheinungen, welche durch die doppelte Brechung hervorgebracht werden.

Wenn man kleine Gegenſtände durch ein Rhomboid aus Isländiſchem Spath betrachtet, ſo zeigen ſich in der Anordnung der beiden Bilder einige Sonderbarkeiten, die jedoch ihre vollſtändige Ableitung aus der Theorie finden. Sie waren Huyghens nicht entgangen, der ſie ſämmtlich ins Licht geſetzt hat. Da manche, welchen dieſe Art Betrachtungen nicht geläufig iſt, hiebei einen Anſtoß finden könnten, ſo halte ich eine kurze Auseinanderſetzung derſelben nicht für nutzlos.

Es ſey Fig. 97, L der ſtralende Punct, und S das Auge, das ich größerer Einfachheit halber in der Ebene des Hauptſchnitts AB, A'B' des Rhomboids befindlich annehmen will. Wie wird unter dieſen Umſtänden das Sehen erfolgen?

Zuvörderſt wird es hier, wie bei jedem andern durchſichtigen Körper, einen gewöhnlichen Stral geben, der durch das Rhomboid zum Auge gelangen kann. Es ſey LII' dieſer Stral. Bei ſeinem Eintritt in I durch die erſte Fläche des Rhomboids wird er einen ungewöhnlichen Stral II_1' abgeben, der aber nicht zum Auge gelangen kann. Um ſich hievon zu überzeugen, braucht man nur durch den Einfallspunct I die Linie IA, parallel mit der Axe des Rhomboids zu ziehen. Da die, von dieſer Axe ausgehende, Kraft die Lichtmolecule zurückſtößt, ſo müſſen diejenigen, welche ihr gehorchen, über den gewöhnlichen Stral hinausgetrieben werden, und z. B. nach der Richtung II_1' fortgehen. In I_1', an der zweiten Oberfläche angelangt aber, müſſen ſie parallel mit ihrer urſprünglichen Richtung LI austreten. Es wird mithin ein Stral $I_1'S'$ daraus hervorgehn, der, da er mit I'S parallel iſt, nicht in den Punct, wo ſich das Auge befindet, eintreffen kann. Das Nämliche würde ſich für jeden andern ungewöhnlichen Stral erweiſen laſſen, der von, näher am ſtumpfen Winkel A' einfallenden, Stralen herrührte.

Das ungewöhnliche Bild wird alſo durch Stralen hervorgebracht werden, die an der entgegengeſetzten Seite von LI einfallen, d. h. näher an der Ecke B'. Unter dieſen wird ſich einer, Li, befinden, deſſen gewöhnliches Bündel nicht zum Auge gelangen kann, deſſen ungewöhnliches ii' aber nach ſeinem Austritt dahin wird gelangen können, ſo daß das Auge zwei Bilder empfangen muß, ein gewöhnliches, nach der Richtung SI' und ein ungewöhnliches nach Si', ſo daß das erſte immer der kleinen Ecke B' näher erſcheinen wird. Nähme man die Lagen des Auges und des ſtralenden Punctes in Bezug zum Rhomboid für gegeben an, ſo könnte man die Richtungen dieſer beiden Stralen leicht berechnen, indem man die Einfalls- und Austrittswinkel, die ſie mit der Eintritts- und Austrittsfläche bilden, als die zu findenden Größen ſetzte. Denn für jeden, ſowohl gewöhnlichen, als ungewöhnlichen, Stral müſſen dieſe Winkel einander gleich ſeyn. Da jedoch hievon weiter keine Anwendung zu machen iſt, ſo mag es genügen, den Gang der Lichtſtralen im Allgemeinen angegeben zu haben. Die Kreuzung dieſer Stralen im Innern des Rhomboids läßt ſich durch einen ſehr einfachen, von Monge angegebenen, Verſuch nachweiſen. Man laſſe die Anordnung ſo, wie ſie vorige Figur darſtellt, und ſchiebe langſam eine Karte über die Fläche A'B', welche auf der Seite des ſtralenden Puncts gelegen iſt. Wenn ſie bis i gelangt iſt, wird ſie den einfallenden Stral Li, welcher das ungewöhnliche Bild giebt, intercipiren. Man wird alſo den austretenden Stral Si' verſchwinden ſehen, obwohl man, nach der Richtung, wo er herzukommen ſcheint, erwarten ſollte, daß der Stral SI' vorher verſchwinden müßte. Soll jenes frühere Verſchwinden recht deutlich ſeyn, ſo muß man das Auge ganz nahe an das Rhomboid bringen, wodurch der Winkel S vergrößert wird. Um einen hellen Gegenſtand von kleinem Durchmeſſer zu haben, kann man das Sonnenlicht durch ein kleines, in eine Karte geſtochenes, Loch fallen laſſen, und dies betrachten, oder auch einen ſchwarzen Punct auf weißem Papier dazu gebrauchen. In jedem Fall muß man ſich in einiger Entfernung davon ſtellen. Denn je mehr ſich der ſtralende Punct L der Oberfläche des Rhomboids nähert, um ſo näher rückt auch der Punct R, wo die Stralen ſich kreuzen, dieſer Oberfläche. Wie nahe man indeß auch den Punct L daran annehmen mag, wofern er nur noch außerhalb des Kryſtalls befindlich iſt, ſo daß die Huyghensſchen Formeln ihre Anwendung auf die davon ausgehenden Lichtſtralen finden, wird die Kreuzung der beiden Stralen ſtets ins Innere des Rhomboids fallen, und mithin die erörterte Erſcheinung noch Statt haben, obwohl mit verſchiednen Graden des Auseinanderweichens. Die Fig. 98 ſtellt den Fall vor, wo der ſtralende Punct und das Auge in einer und der nämlichen, auf den Flächen des Rhomboids ſenkrechten, Linie befindlich ſind.

Betrachtet man ſo die beiden Bilder eines leuchtenden Puncts durch ein Rhomboid, ſo erſcheint, welche Lage man auch übrigens dem Rhomboid geben mag, das gewöhnliche Bild dem Auge immer näher als das ungewöhnliche: wie ſich ebenfalls als Folgerung aus der Theorie ergiebt.

Um uns den Grund davon klar zu machen, wollen wir Fig. 99 betrachten, wo, wie vorhin, L der ſtralende Punct, S *) die Mitte des Auges und SI' der gewöhnliche Stral iſt, der durch die Brechung, die er bei ſeinem Durchgange durch das Mittel ABA'B', deſſen Gegenflächen parallel ſind, erfährt, die Richtung nach dem Auge erhält. Wäre das Auge nur ein mathematiſcher Punct, ſo würde der Stral I'S der einzige ſeiner Art ſeyn, der zu ihm gelangen könnte; da aber die Pupille eine gewiſſe Ausdehnung hat, ſo muß ſie begreiflich noch eine gewiſſe Anzahl andrer gewöhnlicher, SI' nahe liegender Stralen

---

*) Dieſer, in der Figur vergeſſene, Buchſtabe, ſoll bei dem kleinen punctirten Kreiſe ſtehen; auch fehlt der Buchſtabe I da, wo der mittelſte Stral des, von L ausgehenden, Stralenkegels in die Oberfläche B'A' eintrifft.

empfangen, die mithin durch in der Nähe von LI einfallende Stralen hervorgebracht werden. Dieſe Stralen bilden, indem ſie von L ausgehen, einen Kegel, deſſen Spitze L iſt; einen andern bilden ſie bei ihrer Brechung im Mittel, und noch einen andern bei ihrem Wiederaustritt durch die zweite Fläche AB, (wenn man ſich nämlich ihre Richtungen verlängert denkt, wie in der Figur durch die punctirten Linien angedeutet iſt). Erforſcht man nun durch Berechnung den Abſtand SL″ des Auges von der Spitze dieſes letzten Kegels, ſo findet man, mag übrigens die zwiſchenliegende Platte kryſtalliſirt ſeyn oder nicht, daß der Punct L″ dem Auge immer näher liegt, als der Punct L, und zwar um ſo mehr, je ſtärker das Mittel bricht, weil ſeine Brechung die Divergenz der austretenden Stralen vermehrt. Gerade dieſe Divergenz aber iſt es, welche im Allgemeinen unſer Urtheil über die Entfernung der leuchtenden Puncte und ihrer Bilder beſtimmt: das gebrochene Bild muß mithin dem Auge immer näher erſcheinen, als das directe. Nun gehen im Rhomboid des Isländiſchen Spaths auf dieſe Weiſe zwei Brechungen vor ſich, von denen die gewöhnliche immer die ſtärkere iſt, weil die Geſchwindigkeit, welche durch dieſelbe den Lichtmoleculen eingepflanzt wird, ſich bei der andern durch die Abſtoßungskraft verringert findet. Die gewöhnlichen Bilder werden ſonach dem Auge immer näher erſcheinen müſſen, wenigſtens ſo lange die Brechung durch Platten mit ebenen parallelen Flächen vor ſich geht, wie wir voraus ſetzten. Den entgegengeſetzten Erfolg würde man in einem Rhomboid aus einem Kryſtall mit anziehender Axe beobachten, weil hier die ungewöhnliche Brechung ſtärker als die gewöhnliche wäre.

Bei Unterſuchung des Ganges, den die beiden verſchieden gebrochenen Stralen in der Ebene des Hauptſchnitts eines Isländiſchen Spaths verfolgen, ſahen wir, daß der ungewöhnliche Stral immer nach der ſpitzen Ecke der zweiten Fläche zu gebrochen wird. Wenn in dieſem Fall der einfallende Stral SI auch nach dieſer Ecke zu gerichtet iſt, Fig. 100., ſo kann er unter einem Winkel einfallen, unter welchem die, von der Axe IA′ ausgehende, Abſtoßung genau die Wirkung aufhebt, welche die gewöhnlichen Kräfte hervor zu bringen ſtreben; wo mithin der ungewöhnliche Stral bei der Brechung nicht gebogen wird. Durch Rechnung läßt ſich der Einfallswinkel, bei welchem dieſe Erſcheinung Statt hat, beſtimmen und man findet ihn gleich 16° 45′. Sie kann nur zu der Seite des Einfallsloths, welche wir hier betrachtet haben, eintreten; denn auf der andern wirkt die Abſtoßungskraft nach der nämlichen Richtung als die gewöhnlichen brechenden Kräfte, und vergrößert die gewöhnliche Ablenkung des Strals. Wäre aber der Kryſtall mit anziehender Axe begabt, ſo würde die Erſcheinung auf dieſer Seite eintreten.

Fünftes Capitel.

Ueber die doppelte Brechung, welche im zuſammengedrückten Glaſe vor ſich geht.

Subſtanzen, denen im gewöhnlichen Zuſtande die Fähigkeit der doppelten Brechung nicht zukommt, können ſie doch erlangen, wenn ihr Aggregatzuſtand durch einen äußern Druck künſtlich verändert wird. Dieſe wichtige Thatſache, welche ſchon vorher durch die phyſiſchen Charaktere, die die Lichtſtralen nach ihrem Durchgange durch ſolche Körper darboten, eine ausnehmende Wahrſcheinlichkeit erhielt, iſt von Fresnel durch nachſtehenden Verſuch vollends außer Zweifel geſetzt worden.

Fresnel legte vier gläſerne Prismen, AAAA, Fig. 100. bis, deren brechender Winkel ein rechter war, parallel neben einander, ſo daß die Endflächen A auf die nämliche gerade Linie zu liegen kamen und in dieſelbe Ebene fielen, die Längenkanten aber ſich in Berührung mit einander befanden. Zu jeder Seite legte er einen langen Streif Pappe an ihre Endflächen an, der ſie ſämmtlich bedeckte: an dieſen Streif legte er einen von Holz, an dieſen wiederum einen von Stahl. Darauf brachte er dies Syſtem in eine Art Schraubſtock, ſo daß deſſen Backen gegen die Stahlſtreifen andrückten, ſie gegen die entgegengeſetzten Enden der Prismen preßten, und mithin auf dieſe nach der Richtung ihrer Axe einen ziemlich gleichförmigen longitudinalen Druck ausübten. Darauf brachte er zwiſchen die vier ſo zuſammengedrückten Prismen vier andre Prismen von demſelben Winkel BBBB, die aus der nämlichen Art Glas beſtanden, aber in ihrem gewöhnlichen Aggregatzuſtande gelaſſen waren. Sie wurden an die erſten durch eine Schicht im Feuer verdickten Terpentinöls geleimt, welche, indem ſie eine unmittelbare Berührung zwiſchen ihren Oberflächen herſtellte, den Durchgang des Lichts durch das Syſtem der acht Prismen ungeachtet der Größe ihres brechenden Winkels möglich machte. Wirklich, wenn ein ſehr dünner Lichtſtral ſenkrecht durch die erſte Oberfläche dieſes Apparats eingelaſſen war, trat er frei und faſt ſenkrecht durch die letzte wieder aus; und zwar, was die Hauptſache bei dieſem Verſuch iſt, er trat in zwei Bündel geſpalten aus, deren bemerkbares Auseinanderweichen für einen und denſelben Abſtand mit der Verſtärkung des äußern Druckes zunahm. In manchen Fällen ſtieg das Auseinanderweichen auf anderthalb Millimeter bei einem Meter Abſtand, ſo daß es ſich auf keine Weiſe verkennen ließ; und eben ſo wenig ließ ſich der Grund davon in einer Verdoppelung der Bahnlinie des Lichts, wie ſie in Mitteln von veränderlicher Dichtigkeit entſteht, ſuchen; denn wegen der Anzahl der Prismen hätten ſonſt noch mehr als zwei Bilder entſtehen müſſen. Was aber jeden Verdacht einer ſolchen Urſach noch vollends ausſchließt, iſt, daß die beiden austretenden Bündel ſo wohl in den Eigenſchaften, die ihnen an ſich, als die ihnen in Verhältniß zu einander zukommen, die nämlichen phyſiſchen Modificationen zeigten, durch welche die beiden, aus einem, mit doppelter Brechung begabten, Kryſtall ausgetretenen, Stralen charakteriſirt werden.

Dieſer Verſuch von Fresnel beweiſt ſomit vollſtändig, daß ein äußerer Druck dem Glaſe das Vermögen ertheilt, die Lichtſtralen doppelt zu brechen. Hierin iſt uns aber noch kein Aufſchluß gegeben, auf welche Weiſe der Druck dieſes Vermögen entwickelt, und eben ſo wenig können wir aus jenem Verſuche ſchließen, daß die doppelte Brechung der von Natur kryſtalliniſchen Körper von der nämlichen Urſach abhänge. Es leuchtet allerdings ein, daß dieſes Vermögen auf dem Aggregationszuſtande ihrer Theilchen beruht, weil es durch Veränderung dieſes Zuſtandes aufgehoben wird, indem es ſich auch in vielen Kryſtallen dadurch vernichten läßt, daß man ſie im Feuer in Fluß bringt oder in Flüſſigkeiten auflöſt; allein in welchem Zuſammenhange dieſe beiden Umſtände mit einander ſtehen, iſt uns unbekannt. Wir würden nicht einmal beſtimmt anzugeben wiſſen, was in einem biegſamen und elaſtiſchen Körper, wie das Glas iſt, bei ſeiner Zuſammendrückung vor ſich geht, und welche beſondre Modification dabei im Aggregationsſyſtem ſeiner Theile eintritt. Jedenfalls iſt indeß ſehr wahrſcheinlich, daß jeder Theil nicht blos für ſich, nach einer einzigen Richtung, der nämlich, nach welcher die äußere Kraft wirkt, zuſammengedrückt wird; ſondern daß vielmehr der ſo geäußerte Druck mehr oder minder kräftig nach allen Richtungen vermöge der Biegſamkeit des Mittels, verbunden mit ſeiner Cohäſion, wirkt. In dieſem Fall aber wird es, nach dem jetzigen Stande unſerer Kenntniſſe, ſchwer, wo nicht unmöglich, den Zuſtand, in dem ſich jedes Theilchen beſonders befinden muß, vorauszuſehen, wegen der großen Verwicklung der Umſtände, die dabei in Betracht kommen. Dies ſchmälert jedoch keineswegs das Verdienſt der Verſuche, welche auf die Geſammtheit der Theilchen gehen, erhöht vielmehr noch ihren Werth.

Zerlegung des Lichts.

Erſtes Capitel.

Von der, durch die Brechung hervorgebrachten, Farbenzerſtreuung.

Bisher haben wir, ſo zu ſagen, nur die Axen der gebrochnen Bündel in Betracht gezogen, ohne die *Zerſtreuung* zu berückſichtigen, die ſie beim Hindurchgange durch brechende Körper erfahren. Jetzt werden wir uns mit den Erſcheinungen dieſer Zerſtreuung beſchäftigen, deren gründliche und vollſtändige Unterſuchung zu den ſchönſten Arbeiten *Newtons* gehört.

Bekanntlich erſcheinen die Bilder von Gegenſtänden, die man durch ein brechendes Prisma betrachtet, nicht an ihrer wahren Stelle, ſondern werden nach der Spitze ſeines brechenden Winkels abgelenkt. Es ſey Fig. 101. O das Auge des Beobachters, ACB der Durchſchnitt, der durch das Prisma mit einer Ebene ſenkrecht auf ſeine Kanten gemacht iſt, und welche durch den Punct O geht, endlich SS' der, in dieſer Ebene befindliche, Gegenſtand. Das Bild ss' wird ſich nach dem Winkel C erhoben darſtellen, weil es nach der Richtung OR, OR' erblickt wird, in welcher die Lichtſtralen aus dem Prisma austreten, nachdem ſie ſucceſſiv zwei Brechungen auf den Flächen AC, BC erfahren haben. Die Geſetze dieſer Ablenkung ſind in den vorigen Capiteln hinlänglich von uns erörtert und die Mittel angegeben worden, den Gang des Strals ſowohl innerhalb als außerhalb des Prisma's zu berechnen.

Schon damals aber bemerkten wir, daß die Umriſſe des Bildes nicht ſcharf und kantig ſind wie die des Gegenſtandes; das Bild verlängert ſich nach der Richtung ss', ſenkrecht auf die Kanten des Prisma, und zeigt Regenbogenfarben. Dieſe Färbung werden wir jetzt zum Gegenſtande unſerer Unterſuchungen machen.

Um von einer feſten Vorſtellung auszugehen, wollen wir die Kanten des Prisma's für horizontal annehmen, wodurch die Linie S' vertical wird; überdies uns die Spitze des brechenden Winkels nach Oben gekehrt denken, wie die Figur darſtellt. Endlich ſey hinter dem Gegenſtande ein ſchwarzes Tuch befindlich, damit ſeine Stralen ſich nicht mit fremdem Lichte vermiſchen. Unter dieſen Umſtänden erſcheint der untere Rand des Bildes ſtets roth, der obere blau und violet geſäumt.

Beobachtet man auf dieſe Weiſe einen ganz dünnen weißen Körper, z. B. eine weiße Nadel, einen Silberdraht, einen Faden weiße Seide oder einen ganz ſchmalen Papierſtreif, SS′, Fig. 102., auf einem ſchwarzen Grunde parallel mit den Kanten des Prisma's liegend, und hat dieſes ein hinlänglich ſtarkes Brechungsvermögen, ſo bemerkt man kein Weiß mehr im Bilde ss′; ſondern es findet ſich ganz in parallele Streifen von verſchiedenen Farben abgetheilt, unter welchen man namentlich drei unterſcheidet, das Roth zu unterſt, das Blau oben und das Grün in der Mitte [1]). Welches auch die Beſchaffenheit der Subſtanzen ſeyn mag, deren Bilder man auf ſolche Art beobachtet, wofern ſie nur weiß ſind, werden ſie immer, durch das Prisma angeſehen, die nämliche Farbenreihe zeigen; und wenn ihre Dimenſionen gleich ſind, ſich auf keine Weiſe unterſcheiden laſſen.

Wir wollen jezt dieſe Erſcheinung näher ins Auge faſſen und ſehen, zu welchen Folgerungen ſie leitet. Der erſte Umſtand, den wir zu bemerken haben, iſt die Ausdehnung, die das Bild nach der Richtung ſeiner Höhe erfährt. Wäre nämlich der Gegenſtand SS′ eine gerade, mit den Kanten des Prisma's parallele, mathematiſche Linie, und würden alle davon ausgehenden Lichtſtralen nach demſelben Verhältniß des Einfallsſinus zum Brechungsſinus gebrochen, ſo würde das Bild der gebrochenen Linie ss′ auch eine gerade Linie ohne Breite ſeyn müſſen; und obwohl man den Gegenſtand nicht wirklich völlig auf eine mathematiſche Linie zu reduciren vermag, ſo iſt doch leicht zu ſehen, daß, wenn er ſchon ſehr dünn iſt, wie z. B. eine Stecknadel, eine weitere Verdünnung deſſelben die Breite des beobachteten Bildes nicht mehr merklich ändert. Ja was mehr iſt, wie auch die Länge SS′ des Gegenſtandes beſchaffen ſey, Fig. 101., wofern alle Stralen, die er ausſendet, durch das Prisma nach dem nämlichen Verhältniß des Einfallsſinus zum Brechungsſinus gebrochen würden, ſo müßte man, wie die Berechnung lehrt, immer eine ſolche Lage für dieſelben finden können, daß der Winkel ROR′, welcher zwiſchen den beiden, von ſeinen Enden hergekommenen, austretenden Stralen enthalten iſt, genau dem Winkel SKS′ zwiſchen den beiden einfallenden

---

[1]) Soll dieſer Verſuch gut gelingen, ſo muß man ſich eines Prisma's von Flintglas bedienen, deſſen brechender Winkel wenigſtens 60° beträgt. Dann erſcheinen die Streifen vollkommen gefärbt, und ſcharf und deutlich unterſcheidbar. In Ermanglung eines ſolchen Prisma's könnte man eins aus zwei gegen einander ungefähr um 60° oder mehr geneigten, Spiegelgläſern bilden, zwiſchen die man reines oder, um die brechende Kraft zu verſtärken, mit eſſigſaurem Blei geſchwängertes, Waſſer gieße.

Stralen, von welchen jene herrühren, gleich wäre, d. i. dem ſcheinbaren Durchmeſſer ſelbſt, wenigſtens unter der Vorausſetzung einer hinlänglichen Entfernung des Gegenſtandes, bei welcher die Entfernungen des Puncts K und des Beobachters vom Prisma als null im Verhältniß zu SI, SI' betrachtet werden können. Die Lage, von der wir ſprechen, iſt diejenige, in welcher der Winkel SIA dem Winkel OR'B gleich iſt. Nun erfolgt die Sache keinesweges auf dieſe Art in der Wirklichkeit; denn welche Lage man auch dem Prisma geben mag, welche Neigung man es gegen die einfallenden Stralen annehmen laſſen mag, nie kann man dahin gelangen, das gebrochene Bild auf dieſe Weiſe mit dem directen von gleicher Dünne hervorzubringen; und der Unterſchied iſt um ſo merklicher, je geringer die Breite des Gegenſtandes ſelbſt iſt. Dies Reſultat, welches durch alle folgenden Verſuche noch beſtätigt und in ſeiner Allgemeinheit nachgewieſen werden wird, nöthigt uns ſomit zu dem Schluſſe: *daß nicht alle, von den irdiſchen Gegenſtänden ausgegangenen, Stralen bei ihrer Brechung das nämliche Verhältniß des Einfallsſinus zum Brechungsſinus befolgen.*

Wir haben überdies geſehen, daß das Bild der Nadel, des Seidenfadens u. ſ. w. aus parallelen Streifen von verſchiedenen Farben beſteht. Wir müſſen demnach ſchließen, daß die Brechung für die Stralen, welche die Empfindung dieſer verſchiedenen Farben hervorbringen, ungleich iſt; ſo daß die Erweiterung des Bildes durch das verſchiedne Brechungsvermögen derſelben bedingt wird.

Da ferner das Licht der Nadel, welches alle dieſe Farben erzeugt, weiß erſchien, als das Auge es direct empfing, bevor es durch das Prisma geſpalten war, ſo erhellt, daß dasjenige, was wir weißes Licht nennen, nichts anders ſeyn kann, als die Vereinigung einer gewiſſen Anzahl Stralen, die jeder, für ſich betrachtet, die Empfindung verſchiedner Farben hervorrufen, vereint aber die Empfindung des Weiß geben. Dies läßt ſich nachweiſen. Man braucht nur zu dieſem Zweck die Nadel oder den weißen Papierſtreif ſo zu drehen, daß ſeine Richtung ſenkrecht auf die Kanten des brechenden Prisma's wird, anſtatt ihnen parallel zu ſeyn. Dann erſcheint das obere Ende des Bildes violett, und das entgegengeſetzte Ende roth; und iſt der Gegenſtand in ſeiner ganzen Länge von gleicher Dicke, ſo ſind jenes zugleich die einzigen Theile des Bildes, welche gefärbt erſcheinen, das ganze Innere aber iſt weiß, als wenn die Stralen davon direct ins Auge fielen. Nun leuchtet ein, daß man durch das Drehen der Nadel oder des Streifens keine Veränderung in der Art, wie das Licht davon ausſtrömt, hervorbringt. Die Stralen, welche von jedem der Puncte dieſer Gegenſtände ausgehen, erfahren mithin noch die nämlichen

Modificationen im Prisma, als vorher; d. h. die rothen Stralen werden am ſchwächſten, die blauen und violetten am ſtärkſten gebrochen. Wenn man alſo in der Mitte der Bilder keine ſolche Zerſetzung in verſchiedne Stralen beobachtet, ſo liegt darin ein Beweis, daß die Stralen, welche von den verſchiedenen hintereinander liegenden Puncten des Gegenſtandes herkommen, durch ihr Uebereinanderfallen wieder Weiß zuſammenſetzen, und ſo durch ihre Geſammtheit die weiße Farbe wieder hervorbringen, welche die Brechung für jeden derſelben aufgehoben hatte. Deshalb muß auch die Nadel oder der Papierſtreif allenthalben von gleichem Durchmeſſer ſeyn, wenn der Verſuch gelingen ſoll.

Bisher haben wir nur das zurückgeworfene Licht betrachtet; das, welches unmittelbar von brennenden Körpern herkommt, bietet auch ähnliche Erſcheinungen dar, wovon man ſich leicht überzeugen kann, indem man die Flamme einer Kerze durch ein Prisma betrachtet. Das Bild dieſer Flamme, ſo wie das jedes andern Gegenſtandes, iſt an ſeinen beiden entgegengeſetzten Enden mit Roth und Blau eingefaßt. Um jedoch dieſe Erſcheinungen in ihrer ganzen Schönheit zu beobachten, muß man das Sonnenlicht ſelbſt auf dieſe Weiſe durch das Prisma zerlegen.

Um hiebei Bequemlichkeit und Genauigkeit möglichſt zu verbinden, hat man das Sonnenlicht von dem Spiegel eines Helioſtats zurückwerfen und durch ein ganz kleines Loch in ein vollkommen dunkles Zimmer von ſieben bis acht Meter Länge eintreten zu laſſen, wo man es auf einem weißen, auf den zurückgeworfenen Stral ſenkrechten, Blatt Papier auffängt. Dies Bild, welches vollkommen unbeweglich iſt, und vom lebhafteſten ſo wie reinſten Lichte glänzt, bietet zu den Verſuchen die vortheilhafteſten Bedingungen dar, die man nur wünſchen kann. Bei aufmerkſamer Betrachtung wird man zuvörderſt bemerken, daß der Glanz des Lichts nicht an allen Stellen deſſelben gleich iſt; lebhafter iſt er im Innern des Bildes und nimmt von da nach den Rändern zu ab, wo ſeine Intenſität zuletzt bis zum völligen Unmerklichwerden geſchwächt wird. Wir müſſen uns von allen dieſen Umſtänden erſt genaue Rechenſchaft geben, bevor wir an weitere Verſuche über die Brechung dieſes Lichtes gehen können.

Es ſey alſo SS′, Fig. 103., der Durchmeſſer der für rund angenommenen Sonnenſcheibe, VV′ der Durchmeſſer des Lochs, das wir ebenfalls für kreisförmig annehmen, und TT′ die Ebene der Tafel, auf welcher das Farbenbild aufgefangen wird. Die Verhältniſſe dieſer Gröſen müſſen in der Figur freilich ſehr entſtellt werden, um ſie überhaupt darſtellen zu können; dies hat jedoch auf den Gang unſerer Schlußfolgen keinen Einfluß. Um nun zu ſehen, wie das Bild der

Sonne, welches durch die Oeffnung hindurchfällt, ſich geſtaltet, und wie das Licht darin vertheilt iſt, wollen wir uns durch jedes der Enden S, S' des Durchmeſſers dieſes Geſtirns zwei Gerade berührend an den Rändern vv' der Oeffnung gezogen denken. Wir erhal[illegible] auf dieſe Weiſe die beiden Kegel TVT', tvt', deren einer ſeine Spitze außerhalb, der andre innerhalb des Zimmers hat. Der erſte dieſer Kegel begränzt den Raum, in welchen die Sonnenſtralen dringen können; und ſein Durchſchnitt mit der Ebene der Tafel gränzt ſomit die Größe des Bildes ab, deſſen Geſammtausdehnung auf dieſe Weiſe gleich TT' ſeyn wird; allein dieſe ganze Ausdehnung wird nicht gleich erhellt ſeyn. Man betrachte z. B. irgend einen Punct M, der zwiſchen t und t', d. i. im innern Kegel enthalten, iſt. Ein, an dieſem Punct befindliches, Auge wird das Bild des Loches ganz auf die Sonnenſcheibe projicirt erblicken, weil, wenn man ſich vom Punct M zwei Gerade berührend an die Ränder vv' gezogen denkt, dieſe Geraden in die Gerade SS' zwiſchen den Puncten S und S' eintreffen werden. Befände ſich aber das Auge außerhalb des innern Kegels, z. B. in N oder N', ſo würde es blos einen Theil des Lochs auf die Sonnenſcheibe projicirt erblicken, und zwar einen immer kleinern, je mehr es ſich den Enden T, T' näherte, bis endlich, wenn es nach T oder T' ſelbſt käme, die Sonne ihm nur noch an ihrem äußerſten Rande ſichtbar ſeyn würde. Es ergiebt ſich hieraus, daß das reine, von der ganzen Sonnenſcheibe erhellte, Bild zwiſchen den Puncten t und t' enthalten und von einem ringförmigen Halblichte (pénombre) von der Breite Tt oder T't', umgeben iſt. Die Dimenſionen aller dieſer Elemente laſſen ſich leicht berechnen, wenn man den Durchmeſſer vv' der Oeffnung, ihren Abſtand CC' von der Tafel und den Winkel SVS', den die Sonnenſcheibe unterſpannt, d. i. ihren ſcheinbaren Durchmeſſer, kennt, welcher wegen der, im Verhältniß zum Abſtand CC' faſt unendlichen, Entfernung dieſes Geſtirns, ohne merklichen Unterſchied der nämliche für die Puncte V, v, v, v' iſt. Man findet auf dieſe Weiſe, daß der Totaldurchmeſſer TT' des erleuchteten Raumes gleich dem Durchmeſſer T't oder Tt' des Sonnenbildes von der Oeffnung aus auf der Tafel geſehen, plus dem Durchmeſſer Tt oder T't' der Oeffnung iſt; immer dabei vorausgeſetzt, daß die Lichtſtralen frei zur Tafel gelangen, ohne von der geraden Linie abgelenkt zu werden, und ohne durch ein andres Mittel, als die Luft hindurchzugehen.

Jetzt, da wir über alle dieſe Beſtimmungen im Klaren ſind, wollen wir an die Unterſuchung gehn, welche Veränderungen mit dem Bilde vorgehn, wenn man die Lichtſtralen durch ein Prisma fallen läßt. Hierzu wird es zweckmäßig ſeyn, ſich mit einem Prisma ABC, Fig. 104., zu verſehen, welches aus recht reinem Glaſe beſteht, einen brechenden Winkel von wenigſtens 60° beſitzt, und einen Fuß mit einem Charnier zum Geſtelle hat, um nach allen Richtungen um ſeine Axe gedreht werden zu können. Um von einer beſtimmten Vorſtellung auszugehen, wollen wir den Sonnenſtral VS für horizontal annehmen. Man ſtelle das Priſma ganz nahe an die Oeffnung, damit alles Licht, was jenen Stral bildend durch dieſelbe hineintritt, von ihm aufgefangen werde, und gebe ſeinen Kanten eine verticale Richtung, welches zur Folge hat, daß der Stral in einer, mit dem Horizont parallelen, Ebene abgelenkt wird. Auf die Verlängerung des gebrochenen Strals ſtelle man die Tafel hin, welche aus ſchönem weißen Papier beſtehen, und auf einem beweglichen Fuße angebracht ſeyn muß, um ſie vor- und zurückſtellen, wie auch erheben oder ſenken zu können. Damit das, vom Priſma hervorgebrachte, Farbenbild recht deutlich und die Farben darin recht unterſchieden erſcheinen, muß man die Tafel in eine Entfernung von fünf bis ſechs Meters bringen. Nach ſo getroffenen Maßregeln bringt man das Priſma wieder langſam zur Drehung um ſeine Axe, und zwar abwechſelnd von Links nach Rechts und von Rechts nach Links. Man findet ſo, daß, nachdem man das Bild immer mehr nach einer Seite hat fortrücken laſſen, eine gewiſſe Gränze eintritt, von wo, wenn man noch weiter dreht, das Bild nach der entgegengeſetzten Richtung zurückgeht; ſo daß es zwiſchen dieſen beiden entgegengeſetzten Bewegungen einen Augenblick ſtationär bleibt. Wenn man dieſen Punct des Gleichgewichtes gefunden hat, ſo befeſtigt man das Priſma darin; und die Berechnung zeigt, daß es ſich alsdann, mit ſehr geringer Abweichung, in der, Fig. 101. angegebenen, Lage befindet, d. h. wo die Einfallswinkel den Austrittswinkeln gleich ſind. Dieſe Lage gewährt daher ſehr große Vortheile. Denn nicht allein kennt man unmittelbar durch Berechnung die Einfalls- und Austrittswinkel, welche derſelben entſprechen, und ſieht ſich hiedurch einer Meſſung derſelben überhoben; ſondern man weiß auch, daß, wenn alle Stralen, aus welchen das einfallende Licht beſteht, das nämliche Verhältniß des Brechungsſinus zum Einfallsſinus befolgen, ſie nach der Brechung ein gebrochenes Bild des Gegenſtandes geben müſſen, welches ſeinem directen gleich iſt, d. h. in unſerm Fall, ein rundes Bild, welches an Größe den ſcheinbaren Durchmeſſer der Sonnenſcheibe, wie ſie vom Punct F aus erſcheint, gleich und noch um ein Halblicht vergrößert iſt, gleich dem Durchmeſſer FF' der Oeffnung, wo ſich die Stralen kreuzen.

Nun zeigt ſich, wenn man den Verſuch unter ſo getroffenen Maßregeln anſtellt, das gebrochene Bild VR keinesweges kreisförmig; es ſtellt vielmehr auf der weißen Tafel, auf welcher es ſich projicirt, ein längliches Farbenbild dar, welches zwei horizontale Gerade zu Seiten hat und an ſeinen beiden Enden von zwei Halbkreiſen begränzt iſt. Das am wenigſten abgelenkte Ende R iſt tiefroth gefärbt, das andre Ende V, wo die Brechung am ſtärkſten iſt, dunkel violet, zwiſchen dieſen äußerſten Farben entdeckt man eine unendliche Menge Abſtufungen. Dieſe Verlängerung des Bildes rührt nicht etwa von einer Unvollkommenheit des Prisma's her, wie etwa Unreinigkeiten in ſeiner Maſſe, oder Ungleichheiten in ſeiner Politur; denn alle durchſichtigen Prismen, aus was für Stoffe ſie auch beſtehen mögen, ſelbſt wenn ſie hohl und mit den klarſten Flüſſigkeiten gefüllt ſind, bringen einen ähnlichen Erfolg hervor; die Unterſchiede betreffen blos die abſolute Länge des Farbenbildes, die je nach dem Brechungsvermögen und dem brechenden Winkel des Prisma's mehr oder minder beträchtlich iſt. Die Verlängerung des gebrochenen Bildes iſt ſonach eine ſtandhaft vorkommende Erſcheinung, welche mit dem Weſen der Brechung ſelbſt zuſammenhängt, und man ſieht ſich demzufolge genöthigt, den Schluß zu ziehen, daß nicht alle Stralen, welche das Sonnenlicht ausmachen, eine gleiche Brechbarkeit beſitzen, denn wäre dies, ſo würde das Bild, in der Lage, in welcher ſich unſer Prisma befindet, nicht länglich, ſondern kreisförmig erſcheinen.

Newton wiederholte dieſen Verſuch noch auf eine andre Weiſe: er betrachtete durch das Prisma das, durch die Oeffnung einfallende, Sonnenbild, wie wir oben das Bild der Nadel, und erkannte die nämliche Färbung und Anordnung der Farben darin.

Noch ſuchte er dieſe wichtige Wahrheit in allen Folgerungen, die ſich daraus herleiten ließen, zu bewähren. Wenn die vom Prisma hervorgebrachte Ausbreitung des Bildes von einer ungleichen Brechbarkeit der Lichtſtralen herrührt, ſo ſind diejenigen dieſer Stralen, welche ſich auf ſolche Weiſe gleich abgelenkt durch die Brechung finden, gleich brechbar. Geſetzt nun, in Fig. 105. ſtelle S die Mitte des directen Sonnenbildes vor und VR das längliche und farbige Bild, welches durch die verticale Brechung eines Prisma, deſſen Kanten horizontal ſind, hervorgebracht wird, und man ziehe in dieſem Bilde Horizontallinien, wie II, BB, Gr Gr, ſo werden dieſe Geraden Gränzen gleicher Brechbarkeit darſtellen. Läßt man ſonach das Bild RV eine zweite Brechung nach der Seite durch ein Prisma, deſſen Kanten vertical gerichtet ſind, erfahren, ſo werden die Stralen, welche in jeder der Linien II, BB ... u. ſ. w. enthalten ſind, vermöge ihrer gleichen Brechbarkeit, durch die Brechung nicht mehr getrennt werden können. Iſt indeß das zweite Prisma dem erſten in aller Hinſicht gleich und gegen das einfallende Licht auf dieſelbe Weiſe geneigt, ſo wird ſeine Wirkung auf jeden der, in dieſen Linien enthaltenen, Stralen auch ganz gleich der vorigen Wirkung ſeyn 1). Mithin wird das untere Ende R' des zweiten Bildes vom untern Ende R des erſten eben ſo weit abgelenkt ſeyn, als dies ſelbſt bei der erſten Brechung vom directen Bilde S abgelenkt war. Und da das Nämliche in Bezug auf alle andern Puncte des erſten Bildes VR gilt, ſo folgt, daß, wenn man die Horizontallinien II, BB, Gr Gr ... verlängert, man nach der zweiten Brechung RR' gleich SR, Gr Gr' gleich S Gr, BB' gleich SB finden muß, u. ſ. f.; woraus ſich ergiebt, daß das zweite Bild noch zwiſchen den nämlichen Horizontallinien enthalten ſeyn muß, als das erſte, ohne irgends an Breite zuzunehmen. Der untere Theil des erſten Bildes, der die ſchwächſte Brechung erfuhr und roth erſchien, muß auch noch den rothen Theil des zweiten Bildes darſtellen, und auch die geringſte Brechung daſelbſt erfahren. Das nämliche Verhältniß muß für das entgegengeſetzte Ende Statt finden, welches violet erſcheint. Ferner müſſen wegen der Gleichheit von SR und RR' die Seitenränder des neuen Bildes um 45° gegen die Verticale VS geneigt ſeyn, und endlich muß ſeine Axe V'R' verlängert durch die Mitte S des directen Bildes gehen. Die Anſtellung des Verſuchs lehrt, daß alle dieſe Folgerungen ſich in der Erfahrung aufs Vollkommenſte beſtätigt finden, wie ſich Newton überzeugt hat; eine Uebereinſtimmung, welche die ungleiche Brechbarkeit der Lichtſtralen auf das Unzweifelhafteſte darthut, und zeigt, daß dieſe Eigenſchaft den Stralen nicht blos zufällig zukommt, ſondern zu ihrer weſentlichen Beſchaffenheit gehört, weil ſie jeder derſelben unveränderlich nach der erſten, und ſelbſt nach einer zweiten und dritten, Brechung beibehält, wie ſich Newton ebenfalls überzeugt hat.

Wir haben ſchon bemerkt, daß die Breite des Lochs, durch welches die Stralen gehen, ſelbſt im directen Bilde, zu einem Halblichte Anlaß geben muß, welches macht, daß die Ränder dieſes Bildes allmälig matter werden, in einer Abſtufung vom hellſten Lichte bis zum vollkommenen Dunkel. Da nun das ſchwache Licht, welches dieſes Halblicht bildet ganz von der nämlichen Beſchaffenheit, als im übrigen Theil des Bildes iſt, ſo muß es auch durch die Brechung auf die nämliche Weiſe modificirt werden, mithin ſich an den geradlinigen Seiten des länglichen Bildes, deſſen Beſtimmtheit es auf dieſe Weiſe beeinträchtigt, wiederfinden. In der That zeigt ſich dies durch die Erfahrung beſtätigt. Um der daraus hervorgehenden Unbeſtimmtheit

---

1) Wir ſetzen voraus, daß das zweite Prisma, wie das erſte, in die Lage gebracht iſt, wo die Austritts- und Einfallswinkel gleich ſind. Denn nur in dieſer Lage wird ein, von gleich brechbaren Stralen hervorgebrachtes, Bild durch die Brechung weder verkleinert noch erweitert.

der Umriſſe des Bildes abzuhelfen, befeſtigte Newton vor dem Loch im Fenſterladen eine Linſe, welche durch ihre Brechung alle, von ſämmtlichen Puncten der Sonnenſcheibe ausgehenden, Stralen ſo gut als in einen einzigen Brennpunct vereinigte, was dann ein weißes, kreisförmiges, von Halblicht ganz freies, Bild dieſes Geſtirns gab. Darauf fieng er dies Stralenbündel durch ein, hinter die Linſe gebrachtes, Prisma auf, worauf das, durch die Brechung hervorgebrachte, längliche Bild ſich ganz frei von Halblicht an ſeinen geradlinigen Seiten zeigte: ſo daß dieſe Seiten eben ſo deutlich begränzt erſchienen, als das directe Bild ſelbſt, welches die Linſe projicirte.

In dem eben beſchriebenen Verſuch der ſeitlichen Brechung hatte Newton das Mittel gefunden, gewiſſermaßen mit jedem der Stralen von gleicher Brechbarkeit für ſich zu operiren. Zum nämlichen Zweck gelangt man durch folgendes, gleichfalls von ihm angewandtes, Verfahren.

SF ſey ein Stral von Sonnenlicht, der in das dunkle Zimmer durch die Oeffnung F, Fig. 106. fällt. Nahe an dieſe Oeffnung wollen wir ein Prisma ABC ſtellen, welches, indem es die Stralen von ungleicher Brechbarkeit, die in dieſem Lichtbündel enthalten ſind, ungleich bricht, auf der Tafel TT das längliche und farbige Bild hervorbringt, welches wir in den vorigen Verſuchen beobachtet haben. Um die Stralen von ungleicher Brechbarkeit, aus denen dies Bild beſteht, beſonders unterſuchen zu können, wollen wir in die Tafel TT eine ganz kleine kreisförmige Oeffnung O bohren, welche einem Puncte der Länge des Bildes entſpricht. Dann wird durch dieſe Oeffnung ein kleiner Kegel von ziemlich gleichartigen Stralen hindurchgehen, der bei ſeinem Auffallen auf eine andre, der erſten parallele, Tafel T′T′ ein kleines kreisförmiges Bild der Oeffnung O daſelbſt hervorbringen wird. Dies Bild wird von einer einzigen Farbe ſeyn, roth z. B., wenn die Oeffnung O in den Ort derjenigen Stralen des erſten Bildes fällt, welche die Empfindung des Roth erregen; grün, wenn ſie den grünen Stralen entſpricht, u. ſ. f. Jetzt nun, da dies homogene Licht ſich auf ſolche Weiſe vom übrigen Theil des Spectrums abgeſondert findet, können wir es nach unſrer Bequemlichkeit unterſuchen. Zu dieſem Zweck wollen wir ein kleines Loch in O′ in die zweite Tafel bohren, ſo daß ein kleines Bündel unſers homogenen Lichts hindurchtritt, und dies Bündel durch ein zweites Prisma abc gehen laſſen. Iſt nun die ungleiche Brechbarkeit der, im natürlichen Licht enthaltenen, Stralen die einzige Urſach der Verlängerung der Bilder und der Färbung, die ſie durch die Brechung erhalten, ſo kann hier kein Erfolg dieſer Art von Neuem eintreten. Das homogene Bündel kann durch ſeine Brechung im zweiten Prisma nicht mehr in der Farbe verändert werden; und, wenn die Neigung dieſes Prisma ſo beſchaffen iſt, daß die Einfalls- und Austrittswinkel gleich ſind, ſo muß das, von dieſem Bündel an der Wand hervorgebrachte, Bild rund wie die Oeffnung ſelbſt ſeyn. Wirklich zeigt ſich dies durch die Beobachtungen Newtons, ſo wie aller andern Phyſiker nach ihm, in der Erfahrung beſtätigt.

Dreht man nun langſam das erſte Prisma um ſeine Axe, ſo werden die Stralen, welche die Empfindung der verſchiedenen Farben hervorrufen, nach einander durch das Loch O hindurchgehen, und ſo ſucceſſiv zum zweiten Prisma abc gelangen, genau nach einer und derſelben Richtung OO' und mithin auch unter demſelben Einfallswinkel. Man wird auf dieſe Weiſe nach einander auf der Wand rothe, gelbe, grüne Bilder u. ſ. w. entſtehen ſehen, je nachdem die Stralen, welche gerade durch die Oeffnung O hindurchgehen, ſolche ſind, die die Empfindung des Roth, des Gelb, des Grün u. ſ. w. erwecken. Beſitzen nun dieſe Stralen wirklich eine ungleiche Brechbarkeit, und gehört dieſe zu ihrer weſentlichen Beſchaffenheit, ſo müſſen ſie im zweiten Prisma ungleiche Brechungen erleiden, eine ſtärkere die violetten, eine ſchwächere die rothen, und mittlere die Stralen, welche die dazwiſchenfallenden Farben hervorbringen; was man leicht an der ungleichen Höhe der Bilder und ihrem Herauf- und Herabſteigen beim Drehen des erſten Prisma erkennen kann. Auch dieſe Folgerungen zeigen ſich ſämmtlich durch die Erfahrung beſtätigt.

Dieſe ungleiche Brechbarkeit muß nothwendig bei Brechung des Lichts durch ſphäriſche Linſen in Wirkung treten. Denn, was ſind Linſen anders, als eine kreisförmige Vereinigung einer unendlichen Menge Prismen von ungleicher Oeffnung? Jede Art Stralen muß demnach eine verſchiedene Brennweite erhalten, indem die am meiſten brechbaren ihren Brennpunct näher an der Linſe, die andern entfernter davon bilden. Dies wird durch die Erfahrung nur zu ſehr beſtätigt; denn die dadurch veranlaßte Zerſtreuung der Brennpuncte hat der Vervollkommnung der Fernröhre lange ſehr im Wege geſtanden. Newton, dem die Entdeckung dieſer Erſcheinung gebührt, machte ſie direct durch einen Verſuch wahrnehmbar, der mit Hülfe des Helioſtats leicht gelingt, und den ich in meinem größern Werke beſchrieben habe.

Bisher haben wir blos die Eigenſchaften der Stralen unterſucht, welche von ihrer ungleichen Brechbarkeit abhängen. Jetzt kommen wir zur Betrachtung einer andern, gleichfalls von Newton entdeckten, Eigenſchaft; nämlich auch die Leichtigkeit, mit der ſie durch Brechung nach Innen zurückgeworfen werden, findet in ungleichen Graden für ſie Statt, und nimmt mit ihrer Brechbarkeit zu. Zu dieſer Entdeckung gelangte er auf folgende Weiſe.

Er nahm ein Prisma ABC, Fig. 107., deſſen Winkel B und C jeder 45° betrugen, während der dritte A ein Rechter war, und ließ auf AC einen Lichtſtral FM fallen, der durch die Oeffnung F in ſein dunkles Zimmer eintrat. Der Stral trat nach ſeiner Brechung bei M aus, und brachte unter dem Prisma ein farbiges Bild VR, wie bei den vorigen Verſuchen, hervor. Dreht man dies Prisma langſam nach der Richtung ABC um ſeine Axe, ſo fallen die gebrochenen Stralen immer ſchiefer auf die Grundfläche BC auf, und treten auch immer ſchiefer aus, indem ſie immer näher an dieſer Grundfläche hingehen. Läßt man die Schiefe immer mehr zunehmen, ſo können die gebrochenen Stralen endlich gar nicht mehr austreten, und werden, wie oben erörtert, ganz nach Innen durch die Brechung zurückgeführt. Im gewöhnlichen Glaſe tritt dieſe Erſcheinung ein, wenn der innere Einfallswinkel der Stralen gegen die Grundfläche ungefähr 40° beträgt. Beträgt demnach der brechende Winkel C 45°, wie in dem, von Newton angewandten, Prisma, ſo ſind alsdann die einfallenden Stralen faſt ſenkrecht auf die erſte Fläche AC des Prisma's, und die Zerſtreuung, welche ſie durch die erſte Brechung erfahren, mithin faſt null, ſo daß ſie unter faſt völlig gleichen Einfallswinkeln auf BC treffen. Ungeachtet dieſer Gleichheit aber tritt doch die innere Zurückwerfung erſt für einen nach dem andern ein; denn beobachtet man während der Bewegung des Prisma's aufmerkſam das gefärbte Bild VR, ſo ſieht man, daß zuerſt das Violet daran verſchwindet, während die andern Farben noch bleiben. Nach dem Violet ſchwindet das Blau, darauf das Grün, das Gelb, zuletzt das Roth; und erſt nach deſſen Verſchwinden iſt die innere Zurückwerfung total. Dieſe, ſucceſſiv zurückgeworfenen, Stralen treten durch die Seite BA des Prisma's aus, auf welche ſie ſich ebenfalls faſt ſenkrecht finden. Wären ſie die einzigen, die dieſe Richtung nähmen, ſo würde man hieran ein ſehr einfaches Mittel haben, ſie ganz von den andern zu trennen; dem iſt aber nicht ſo; denn das gebrochene Bündel erfährt immer in M eine partielle Zurückwerfung, welche, ſich ohne Unterſchied auf alles einfallende Licht äußernd, direct einen gewiſſen Verhältnißtheil davon nach der Fläche AB des Prisma's zurückſendet, ſo daß die farbigen Theile des Bündels VR, welche man nachher zur Zurückwerfung beſtimmt, zu dieſen nur hinzutreten. Jedoch läßt ſich der Einfluß ihres Hinzutritts noch erkennen. Zu dieſem Zweck wollen wir das Prisma ABC erſt in eine ſolche Lage bringen, daß das gebrochene Bündel VR ganz austritt; darauf auf der Richtung MN des, durch die partielle Zurückwerfung hervorgegangenen, austretenden Bündels ein zweites

Prisma A B C' anbringen, das durch Brechung deſſelben auf der Tafel TT ein andres längliches und gefärbtes Bild R'V' hervorbringt. Geben wir wohl Acht, welche Intenſität dies Bild hat und drehen nun langſam das erſte Prisma ABC um ſeine Axe, ſo daß die Schiefe der gebrochenen Stralen gegen ſeine Grundfläche allmälig zunimmt. In dem Augenblick, wo die violetten Stralen nicht mehr durch BC austreten können, wird der violette Theil des Bildes R'V' ſehr merklich in Verhältniß zu den andern Farben, aus denen es beſteht, an Intenſität zunehmen. Darauf wird die Intenſität des Blau verſtärkt werden, dann die des Grün, des Gelb, und endlich des Roth, wenn vermöge fortgeſetzter Bewegung des Prisma die Zurückwerfung total geworden iſt. *Newton* hat dieſen Verſuch mehrern Abänderungen unterworfen, die im Weſentlichen ſämmtlich auf das hier beſchriebene Verfahren zurückkommen.

Dieſe ganze Mannichfaltigkeit von Verſuchen, denen man das, von den Naturkörpern zurückgeſandte, oder von ſpiegelnden Oberflächen zurückgeworfene, oder endlich das gebrochene, Licht unterworfen hat, bietet uns jederzeit Stralen dar, die, bei gleichen Einfallswinkeln im nämlichen Mittel, ungleiche Brechungen erleiden, während kein einfacher Stral mehr eine Zerſtreuung erfährt. Wir ſehen ferner, daß dieſe Erſcheinung nicht von zufälligen Unvollkommenheiten in den brechenden Mitteln herrührt, ſondern regelmäßige Geſetze befolgt, welche von der Lage der brechenden Prismen, ihren Winkeln, und dem Stoff, aus dem ſie beſtehen, abhängen. Dies zuſammen beweiſt alſo ohne Widerſtreit: *daß das Sonnenlicht, ſo wie alle andre Arten Licht, die wir den nämlichen Verſuchen zu unterwerfen vermögen, eine Miſchung ungleichartiger Stralen iſt, von denen die einen immer ſtärker brechbar als die andern ſind, und die, für ſich genommen, unſerm Sinne die Empfindung verſchiedener Farben zu erregen vermögen.* Da ferner die violetten Stralen ins Innere des Prisma's unter innern Einfallswinkeln zurückgeführt werden, bei welchem die andern noch austreten, ſo können wir ferner ſchließen, *daß dieſe Stralen ſich auch hinſichtlich ihrer Fähigkeit, zurückgeworfen zu werden, unterſcheiden, und daß die am ſtärkſten brechbaren auch am meiſten fähig ſind, durch Brechung die innere Zurückwerfung zu erfahren.* Aus der Theorie der Anziehungskräfte ergiebt ſich dies als eine Folgerung der ungleichen Brechbarkeit.

Eine andre Folgerung aus dieſer Ungleichheit iſt, daß das, durch ein Prisma hervorgebrachte, Sonnenbild, eigentlich nur aus der Aufeinanderfolge einer unendlichen Menge kleiner, immer mit einem

Theile übereinanderfallender, Kreiſe vom Ende des Violet bis zu den äußerſten Gränzen des Roth, beſteht. Zur Erläuterung dient Fig. 108., wo man ſich nur vorſtellen muß, daß vom Violet bis zum äußerſten Roth eine unendliche Menge Kreiſe vorhanden ſind, anſtatt der wenigen, welche die Abbildung zeigt.

Wenn das ſo zerſtreute Bild das Bild der Sonne iſt, deren ſcheinbarer Durchmeſſer ungefähr einen halben Grad beträgt, ſo wird jeder dieſer verſchiedenen Kreiſe, von der Mitte der, als unendlich klein angenommenen, Oeffnung aus geſehen, ebenfalls einen Winkel von ungefähr einem halben Grad unterſpannen. Denn jede Art einfacher, von den entgegengeſetzten Rändern der Sonne herkommender, Stralen bildet beim Durchgang durch die Oeffnung einen Kegel, deſſen Winkel auf die Mitte der Oeffnung bezogen, dem ſcheinbaren Durchmeſſer der Scheibe dieſes Geſtirns gleich iſt; und, wenn ſie im Prisma ſo gebrochen werden, daß ihre Austrittswinkel den Einfallswinkeln gleich ſind, ſo iſt die Oeffnung, welche der gebrochene Kegel (jeder Art einfacher Stralen) erhält, nicht merklich von der verſchiedenen, die er erhalten haben würde, wenn er direct (ohne gebrochen zu werden), ſeinen Weg fortgeſetzt hätte. Da dieſe aufeinanderfolgenden Bilder wegen ihrer Größe nothwendig in einander greifen, ſo ergiebt ſich, daß das Licht, ſtreng genommen, nirgends völlig homogen iſt, es ſey denn ganz nahe an den Rändern des geradlinigen Bildes, wo die Kreiſe ſich von einander löſen.

Das Mittel, es zu vereinfachen, beſteht ſonach darin, die Durchmeſſer dieſer Kreiſe zu verkleinern, um ſie mehr von einander abzuſondern, während man ihre Mittelpuncte in denſelben Abſtänden läßt. Hiezu gelangt man dadurch, daß man das Licht durch recht enge Oeffnungen in das dunkle Zimmer fallen läßt, oder auch dadurch, daß man ihnen die Geſtalt ganz feiner Spalten giebt, deren kleiner Durchmeſſer die Richtung hat, nach welcher die Brechung vor ſich geht. In meinem größern Werke kann man die Angabe der mannichfaltigen Vorſichtsmaßregeln finden, die Newton genommen hat, um dieſe Trennung zu bewerkſtelligen. Eine der ſicherſten iſt, den Stral durch eine Linſe zu concentriren, bevor man ihn auf das Prisma fallen läßt. Noch muß man hiemit die Maßregel verbinden, nach Außen von der Oeffnung, in der Richtung des Sonnenſtrals, eine enge und geſchwärzte Röhre anzubringen, um das fremde Licht abzuhalten, welches, von den ſeitlichen Theilen des Himmels aus großer Entfernung herkommend, in dem dunkeln Zimmer weite Kegel bilden und mithin nach der Brechung große Kreiſe hervorbringen würde, die durch Miſchung unter einander und mit dem Hauptbilde VR der Reinheit von deſſen Farben Eintrag thun würden.

So gereinigt muß das Licht ſeyn, um den, S. 384 beſchriebenen, entſcheidenden Verſuch über die Unveränderlichkeit der Farben damit anzuſtellen. Dieſe bemerkenswerthe Erſcheinung erhält ſich dann nicht blos für Eine Brechung, ſondern für alle Brechungen, die man den Stral homogenen Lichts nach einander erfahren laſſen kann. Eben ſo wenig wird ſie durch die Zurückwerfung aufgehoben, denn bringt man in dies Licht Fliegen oder andre kleine Gegenſtände und betrachtet ſie dann durch ein Prisma, das ſelbſt ſehr ſtark brechend ſeyn kann, ſo ſieht man ſie gerade ſo deutlich als mit bloßen Augen, und blos von der Farbe des Lichts, das ſie erhellt; dagegen ſie ganz ununterſcheidbar werden, wenn man ſie ſo durch das Prisma betrachtet, während das ganze zuſammengeſetzte Sonnenlicht ſie erhellt, indem dann die Bilder ihrer verſchiedenen Theile vermöge der ungleichen Brechbarkeit der verſchiedenen, davon ausgehenden, Stralen verlängert und verunſtaltet erſcheinen. Man kann den nämlichen Verſuch mit einem gedruckten Buche anſtellen. Wenn es durch homogenes Licht erhellt wird, ſo wird man die Buchſtaben, wie fein auch der Druck ſeyn mag, ſehr gut durch ein Prisma leſen können, während ſie ſich, wenn ſie von zuſammengeſetztem Lichte erhellt ſind, nach der Brechung gar nicht mehr unterſcheiden laſſen.

Verfolgt man den Gang der, auf ſolche Weiſe rein dargeſtellten, Lichtbündel durch eine und dieſelbe brechende Oberfläche unter verſchiedenen Einfallswinkeln, ſo findet man, wie ich ſchon angegeben habe, daß der Brechungsſinus immer in einem beſtändigen Verhältniſſe zum Einfallsſinus ſteht. Weiterhin werden wir dieſe Thatſache durch noch feinere Prüfungen nachgewieſen ſehen, obwohl ſie ſich übrigens im Emanationsſyſtem ſchon als nothwendige Folgerung aus der Verwandtſchaft ergiebt, welche von den brechenden Körpern auf die Lichtmolecule geäußert wird.

Was die Urſach anlangt, welche bewirkt, daß gewiſſe Lichttheilchen mehr, andre weniger, durch die Brechung abgelenkt werden, ſo läßt ſich mit Beſtimmtheit darüber nichts angeben. Man könnte verſucht ſeyn zu ſchließen, daß dieſe Ungleichheit von einer Verſchiedenheit in der Maſſe oder Geſchwindigkeit herrühre; dann aber müßten die Körper, welche in der Brechung einer und derſelben Klaſſe von Stralen übereinſtimmen, auch in der aller andern ſich gleich kommen. Dies aber findet nicht Statt, wie wir bald durch poſitive Verſuche nachgewieſen ſehen werden. So giebt es Körper, welche die grünen Stralen nur eben ſo ſtark oder ſelbſt ſchwächer als andre Körper brechen, während ſie die violetten Stralen ſtärker brechen. Man muß alſo glauben, daß die chemiſche Beſchaffenheit der Lichtmolecule, vielleicht auch ihre Geſtalt, an dieſer Erſcheinung Theil hat, und bewirkt, daß bei ihrem Hindurchgange durch verſchiedene Körper, ihre Verwandtſchaften nicht in beſtändigen Verhältniſſen unter einander bleiben.

Wir haben in manchen kryſtalliſirten Körpern die merkwürdige Eigenſchaft wahrgenommen, die durch ſie hindurchgehenden Lichtbündel in zwei zu ſpalten, eine Erſcheinung, die wir die doppelte Brechung nannten. Hier nun erfährt jeder der gebrochenen Stralen die Farbenzerſtreuung. In den einaxigen Kryſtallen, wo die Geſchwindigkeit des gewöhnlichen Strals beſtändig iſt, iſt das allgemeine Geſetz ſeiner Zerſtreuung das nämliche, als in den Körpern, welche das Licht einfach brechen. Was den ungewöhnlichen Stral betrifft, ſo iſt das Geſetz ſeiner Zerſtreuung zuſammengeſetzter, weil auf ihn zugleich die gewöhnlichen brechenden Kräfte und die Anziehungs- oder Abſtoßungskräfte, welche von den Axen des Kryſtalls ausgehen, wirken. In den zweiaxigen Kryſtallen erſtreckt ſich dieſe Verwickelung auf beide Geſchwindigkeiten. Wir werden verſuchen, die Erfolge dieſer zuſammengeſetzten Wirkungen auszumitteln, wenn wir erſt vollſtändig im Klaren über die Erſcheinungen ſind, welche die gewöhnliche Brechung hervorruft. Hier mag die Bemerkung genügen, daß die, jedem Stral eigenthümliche, Brechbarkeit und Farbe durch die doppelte Brechung keine Abänderung erleiden.

Weil uns auf dieſe Weiſe immer je eine Art Farbe mit einer Art Stralen von eigenthümlicher Brechbarkeit in Verbindung erſcheint, ſo können wir der Kürze halber jeden Stral nach der Art Farbe benennen, deren Empfindung er uns erregt. Wir werden daher rothe Stralen diejenigen nennen, welche am ſchwächſten brechbar ſind und die Empfindung des Roth erregen; gelbe Stralen die, welche die Empfindung das Gelb erwecken; und endlich violette Stralen die, welche die Empfindung des Violet hervorbringen; womit wir aber keineswegs geſagt haben wollen, daß dieſe Stralen an ſich roth, violet oder gelb ſind, oder, daß ſie dieſe Farbe in ſich enthalten, ſo wenig als die ſchallenden Körper den Ton in ſich enthalten: es ſoll damit nur die Empfindung ausgedrückt werden, die ſie zu erregen vermögend ſind, und in gut organiſirten Augen jederzeit erregen.

Es würde indeß ganz unausführbar ſeyn, allen Stralen auf dieſe Weiſe beſondere Benennungen beilegen zu wollen; denn da jeder, mit verſchiedener Brechbarkeit begabte, Stral in unſern Augen die Empfindung einer eigenthümlichen Farbe hervorruft, ſo muß die Zahl der, im Spectrum auf einanderfolgenden, Farbenabſtufungen unendlich ſeyn, gleich der Zahl der Stralen, durch die ſie hervorgebracht werden. Da aber auch das geübteſte Auge keine deutlich unterſcheidende Wahrnehmung ſo vieler ſo wenig unterſchiedenen Farbennuancen haben kann, ſo iſt es hinreichend, eine beſtimmte Anzahl Abtheilungen unter ihnen feſtzuſetzen, die, indem ſie alle Nuancen zwiſchen ſich faſſen, uns in den Stand ſetzen, die Stelle und die erkennbare Beſchaffenheit derſelben mit einer, unſerer Wahrnehmungsgabe angemeſſenen, Genauigkeit zu beſtimmen. Dies iſt durch Newton geſchehen. Er ſetzte im Farbenbilde ſieben Hauptſcheidelinien, von den Stralen an, welche am ſtärkſten brechbar ſind, bis zu den mindeſt brechbaren, feſt. Dieſe Abtheilungen, nach der ihnen eigenthümlichen Art der Färbung benannt, folgen ſo auf einander:

Violet, Indigo, Blau, Grün, Gelb, Orange, Roth.

(Im Franzöſiſchen bilden dieſe Farbenbenennungen Violet, Indigo, Bleu, Vert, Jaune, Orange, Rouge nach Biots Bemerkung einen Alexandriner, und laſſen ſich deshalb leichter im Gedächtniß behalten).

Nicht allein beſitzt jeder der, zwiſchen dieſen verſchiedenen Gränzen enthaltenen, homogenen Stralen ſeinen eigenthümlichen und unveränderlichen Grad der Brechbarkeit mit der entſprechenden Farbe, die er unter jeder Brechung, die man ihn erfahren läßt, beibehält; ſondern, was nicht minder bemerkenswerth iſt, dieſe Farben erfahren auch durch die, auf den Naturkörpern vor ſich gehende, ſtralende Zurückwerfung keine Veränderung. „Denn, ſagt Newton, jeder weiße, graue, rothe, grüne, blaue, violette Körper, wie das Papier, die Aſche, der Mennig, das Auripigment, der Indigo, die Smalte, das Gold, Silber, Kupfer, Gras, die blauen Blumen, die Pfauenfedern, die Tinctur von Braſilienholz u. ſ. w.; dieſe ſämmtlichen Dinge erſcheinen, einem homogenen rothen Lichte ausgeſetzt, gänzlich roth; in einem homogenen blauen Lichte gänzlich blau; in einem grünen Lichte gänzlich grün u. ſ. f. Mit einem Worte, in dem homogenen Lichte, von welcher Farbe es auch ſeyn mochte, erſcheinen alle Körper blos von der Farbe dieſes Lichts; mit dem einzigen Unterſchiede, daß einige es in ſtärkerm, andre in ſchwächerm Grade zurückwerfen.

„Aber, fügt er hinzu, noch habe ich keinen Körper gefunden, der die Farbe eines homogenen Lichtſtrals bei der Zurückwerfung deſſelben merklich zu verändern vermochte.“ Begreiflich gilt dies blos für das vollkommen homogene Licht, und man muß demnach, um dieſe Verſuche zu wiederholen, das Sonnenbild mit vieler Sorgfalt durch die oben beſchriebenen Verfahrungsarten gereinigt haben. Denn ſelbſt unter den Naturkörpern, welche von den lebhafteſten Farben glänzen, giebt es keinen, der blos einfache und homogene Farben durch die ſtralende Zurückwerfung zurückſendete, wie theils dieſe Verſuche ſelbſt lehren, theils dadurch nachgewieſen wird, daß alle dieſe Farben ſich noch durch das Prisma zerlegen, und in ein Spectrum auflöſen laſſen, worin man mehrere Arten Nuancen erkennt. Wenn alſo verſchiedene, von einem und demſelben weißen Licht erhellte, Gegenſtände uns beſtimmte Farben zu haben ſcheinen, ſo rührt dies einzig daher, daß ſie dieſe Stralen, welche die Empfindung gerade der einen Farbe erregen, reichlicher als die andern zurückſenden. Setzt man ſie nun aber einem recht homogenen Lichte aus, wo ſie nur noch Stralen einer einzigen Art zurückzuwerfen finden, ſo müſſen ſie wohl in der Farbe erſcheinen, welche dieſen Stralen eigenthümlich iſt, und es kann nur noch ein Unterſchied hinſichtlich der Menge, die ſie davon zurückzuſenden vermögen, zwiſchen ihnen Statt finden. Setzt man ſie aber einem nicht rein geſonderten Lichte aus, ſo wählen ſie unter den Stralen, von denen ſie getroffen werden, vorzugsweiſe die aus, zu deren Zurückwerfung ſie am geeignetſten ſind; und da dieſe Stralen ſonach in größerm Verhältniß im zurückgeworfenen Lichte als im einfallenden enthalten ſind, ſo ändern ſie deſſen Farbe merklich ab; ein Erfolg, der nie eintritt, wenn man die Körper einem recht homogenen Lichte ausſetzt.

Man kann dieſe Prüfung gewiſſermaßen noch auf eine umgekehrte Weiſe anſtellen. Nimmt man zwei Körper von verſchiedenen Farben, und erhellt ſie mit einem und dem nämlichen Lichte, aus welchem man gerade dieſe Farben ausgeſchieden hat, ſo werden beide einerlei gefärbt erſcheinen. So iſt z. B. die Farbe des Goldes ein faſt reines Gelb, die des Silbers ein Weiß, welches alle Farben enthält. Man beleuchte Silber und Gold mit einem und demſelben natürlichen Lichte, in dem nur das Gelb fehlt, ſie werden gleich gefärbt erſcheinen.

Um Schärfe in dieſe Beſtimmungen zu bringen, muß man im Spectrum die verhältnißmäßige Ausdehnung, welche jede dieſer Farben einnimmt, feſtſetzen. Dies iſt durch Newton geſchehen. Allein die Verhältniſſe, die er erhalten hat, kommen nothwendig nur der Art Glas, deſſen er ſich bediente, eigenthümlich zu, und können für andre Subſtanzen nur eine allgemeine Andeutung der Vertheilungsart der Farben geben. Unter dieſer Einſchränkung, welche die allgemeine Anwendbarkeit dieſer Reſultate trifft, wollen wir uns die Totallänge des Spectrums in 360 gleiche Theile getheilt denken; dann werden die Zwiſchenräume, welche von den verſchiednen Farben eingenommen werden, Newton zufolge, nachſtehende Werthe haben:

Violet	80
Indig	40
Blau	60
Grün	60
Gelb	48
Orange	27
Roth	45

Wir werden weiterhin ein ſehr ſichres Verfahren angeben, dieſe Zwiſchenräume bei verſchiedenen brechenden Mitteln mit einander zu vergleichen. Newton glaubte, ihr Verhältniß ſey ſtets beſtändig; ein Irrthum, der, weil er ſich auf eine ſo große Autorität gründete, lange Zeit die Entdeckung der achromatiſchen Fernröhre verzögert hat.

Wiederzuſammenſetzung der Farben.

Wir haben geſehen, daß die Brechbarkeit und Farbe der einzelnen homogenen Stralen weder durch die Brechung, noch durch die Zurückwerfung verändert werden. Jetzt werden wir nachweiſen, daß dieſe Eigenſchaften eben ſo wenig durch Vermiſchung der verſchiedenfarbigen Stralen eine Veränderung erleiden, ſondern daß jeder derſelben ſie in die Miſchung mit ſich hinüber nimmt, und unveränderlich darin feſt hält. Dieſe wichtige Wahrheit iſt durch nachſtehende Verſuche von Newton dargethan worden.

Man läßt einen Stral Sonnenlicht in das dunkle Zimmer treten, bricht ihn durch ein Prisma, *Fig.* 109. und fängt das Spectrum VR auf einer Linſe L auf, welche vertical in einem Abſtande vom Prisma gleich dem Doppelten ſeiner Brennweite angebracht iſt. Dieſe Linſe vereinigt nun die Stralen in einen Punct, der ſich zur andern Seite ihrer Oberfläche, in einem Abſtande gleich dem des Punkts P befindet, von welchem aus die gebrochenen Stralen divergiren. Dies iſt oben nachgewieſen worden, als von den Wirkungen, die durch Linſen hervorgebracht werden, die Rede war. Ueber den Vereinigungspunct F hinaus, divergiren die Stralen von Neuem und ſtellen auf der weißen Tafel T ein andres Spectrum V′R′ dar, welches die umgekehrte Lage von dem erſten VR hat, weil durch das Zwiſcheneinbringen der Linſe die Farbenreihe umgekehrt worden iſt. Wir wollen nun unterſuchen, welche verſchiedene Modificationen die Stralen durch die ſo getroffene Anordnung erfahren. Zuvörderſt ſehen wir ſie in RV durch eine erſte Brechung zerſtreut (wenn man ſie nämlich, ſtatt auf die Linſe, auf eine weiße Tafel daſelbſt fallen ließe), eine Zerſtreuung, die auch nach ihrem Durchgange durch die Linſe fort beſteht, ohne daß die Farben, welche jedem Stral angehören, dabei eine Veränderung erlitten haben; denn wenn man eine weiße Tafel nahe an die hintere Oberfläche der Linſe L bringt, ſo erblickt man ein Spectrum darauf, welches RV gleich iſt und in welchem dieſelbe Ordnung der Farben Statt findet. In dem Maße, als man die Tafel von der Linſe entfernt, nimmt die Größe dieſes Spectrums ab, weil die Stralen, vermöge der Convergenz, zu der ſie durch die Linſe gebracht ſind, ſich einander immer mehr nähern; endlich treffen ſie im Vereinigungspunct F zuſammen und ſtellen hier auf dem Papier ein weißes und kreisförmiges Bild dar. Deſſen ungeachtet treten ſie nach dieſem Zuſammentreffen aufs Neue mit ihren urſprünglichen Eigenſchaften geſondert hervor; denn ſie nehmen dieſe Eigenſchaften zur Bildung des Spectrums R′V′ mit hinüber, an welchem ſich alle Verſuche, die man an einem andern Spectrum, welches nicht durch die Linſe L gegangen wäre, und deſſen Stralen ſich nicht im Vereinigungspunct F gekreuzt hätten, anſtellen kann, mit demſelben Erfolge vornehmen laſſen; woraus erhellt, daß ihr Begegnen in dieſem Punct weder in ihrer Brechbarkeit noch ihrer Färbung die geringſte Veränderung veranlaßt hat, wie doch hätte geſchehen müſſen, wenn ſie bei ihrer Kreuzung irgend eine Wirkung auf einander geäußert hätten.

Kehren wir jetzt zu dem Bilde zurück, welches ſich im Vereinigungspunct F bildet; es entſteht durch den gleichzeitigen Eindruck, den auf unſer Geſichtsorgan alle die verſchiedenen Stralen, welche ſich in dieſem Raum vereinigen, hervorbringen. Dieſe Vereinigung iſt mithin nothwendige Bedingung, um die Empfindung des Weiß zu erregen; und die Stralen ſind, nachdem ſie durch das Prisma P zerſtreut und durch die Linſe L wieder vereinigt wurden, noch eben ſo gut fähig, dieſelbe hervorzubringen, als in ihrer urſprünglichen Vereinigung im einfallenden Bündel.

Es wurde ſchon bemerkt, daß die verſchieden gefärbten Stralen durch die Linſe allerdings nicht ganz genau in denſelben Punct zuſammengebrochen werden, ſondern daß ſie, von ihrer zweiten Oberfläche an, Kegel von verſchiedener Länge bilden, welches zur Folge hat, daß ihre Miſchung hier minder innig als im einfallenden Bündel iſt. Dieſe Vereinigung jedoch, welche im Zuſammentreffen der Stralen ſelbſt noch mangelhaft iſt, wird noch vollends durch die weiße Tafel, auf welche ſie fallen, bewirkt; indem dieſe ſie von allen Seiten zurückwirft, als wenn ſie unmittelbar von ihr ausſtralten, und dadurch eine eben ſo vollkommene Vermiſchung derſelben, als im einfallenden Licht Statt hat, hervorbringt. Auch bemerkt man hier keine Färbung, ausgenommen an den äußern Rändern des Bildes, wo die Kegel, welche von den am ſtärkſten brechbaren Stralen gebildet werden, immer etwas vor den andern vortreten.

Nach der Anſicht, die wir dieſem Verſuch zufolge über die Entſtehung des Weiß faſſen müſſen, läßt ſich ſchließen, daß in der Empfindung deſſelben eine Modification eintreten wird, wenn man einige der Stralen welche zu ſeiner Bildung beitragen, ausſchließt. In der That iſt dies der Fall. Denn hat man die Tafel im Vereinigungspuncte F, wo das weiße und kreisförmige Bild entſteht, befeſtigt, und verwehrt einigen dieſer Stralen den Durchgang durch die Linſe, indem man den Raum, auf welchen ſie fallen, mit einem ſchwarzen, quer über das Spectrum gelegten, Streifen bedeckt, ſo hört das, im Brennpunct ſich zeigende, Bild ſogleich auf, weiß zu ſeyn, und die Farbe, die es annimmt, iſt ſo beſchaffen, wie ſie aus der Miſchung der übrigbleibenden Farben hervorgehen muß.

Nimmt man aber den Streif hinweg, ſo daß die von ihm abgehaltenen Stralen abermals frei durch die Linſe hindurchgehen und auf dieſe zuſammengeſetzte Farbe fallen, ſo wird ſie ſich wieder in Weiß verwandeln. Würde z. B. Violet, Blau und Grün der Hinzutritt verwehrt, ſo wird durch das übrig bleibende Gelb, Orange und Roth eine Art Orange auf der Tafel zuſammengeſetzt werden; läßt man aber dann die abgehaltenen Stralen wieder hinzutreten, ſo geben ſie durch ihre Vermiſchung mit dem Orange wieder Weiß. Eben ſo, wenn Roth und Violet abgehalten werden, ſo bildet das übrigbleibende Gelb, Grün und Blau eine Art Grün auf der Tafel, läßt man aber das Roth und Violet wieder hinzutreten, ſo entſteht durch ihre Vermiſchung mit dem Grün wieder Weiß. Man kann dieſe Zerſetzung und Wiedervereinigung ſo oft wiederholen, als man will, ſtets wird ſich der Erfolg gleich bleiben, ſtets werden dadurch ähnliche Abwechslungen hervorgerufen werden, wofern nur das Auge Zeit genug hat, ſie als unterſchieden aufzufaſſen. Denn bewegt man den Streifen ſehr raſch über das Spectrum RV hin, ſo kann das Auge bei einem gewiſſen Grade dieſer Schnelligkeit die Verſchiedenheit der ſich ſuccedirenden Farben, zwiſchen denen in Zwiſchenräumen immer wieder Weiß eintritt, nicht mehr faſſen und glaubt dann blos Weiß zu ſehen. Dieſer Verſuch gelingt noch beſſer, wenn man ſtatt der Streifen ein geſchwärztes Kartenblatt CC nimmt, aus welchem mehrere Längenſtreifen einander parallel herausgeſchnitten ſind.

Wir haben nachgewieſen, daß die Farbeneigenthümlichkeiten der homogenen Lichtſtralen keine Veränderung, weder durch die Kräfte, welche die ſtralende, noch welche die ſpiegelnde Zurückwerfung hervorbringen, erleiden. Wir können alſo ſchon im Voraus ſchließen, daß dieſe Kräfte eben ſo auch die Eigenſchaft derſelben, nach ihrer Trennung ſich wieder zu Weiß durch Miſchung zuſammenzuſetzen, beſtehen laſſen werden. In der That lehrt dies die Erfahrung. SI ſey ein, in das dunkle Zimmer eingelaſſener Stral, Fig. 110. Er werde durch ein Prisma ABC gebrochen, welches durch die Zerſtreuung, die es dabei bewirkt, das Spectrum RV auf einer, im Hintergrunde des Zimmers, in einem Abſtand von 5 bis 6 Metres aufgeſtellten, Tafel hervorbringt. Geſetzt nun, ein, in O ganz nahe am erſten Prisma befindlicher, Beobachter halte ein eben ſolches Prisma A′B′C′, welches aus der nämlichen Subſtanz beſteht, und den nämlichen brechenden Winkel hat, vor die Augen. Geſchieht dies in einer, mit der des erſten parallelen Lage, ſo werden die verſchiedenfarbigen Stralen, welche von den verſchiedenen Puncten des Spectrums RV ausgehen, auf das Prisma A′B′C′ faſt genau unter denſelben Winkeln treffen, als die ſie bei ihrem Austritt aus den Oberflächen des erſten Prisma's bildeten; und da, wie wir ſchon früher zeigten, ihre Brechbarkeit durch die ſtralende Zurückwerfung keine Veränderung erleidet, ſo werden ſie hier noch daſſelbe Verhalten als im erſten Prisma befolgen, auf die nämliche Weiſe darin, nur mit entgegengeſetzter Richtung des Durchgehens, gebrochen werden, und endlich bei ihrem Austritt in O wieder ein Bündel paralleler Stralen darſtellen, wie ſie bei ihrem Einfallen in I bildeten. Indem dieſe Stralen alle vereint ins Auge des Beobachters gelangen, müſſen ſie ihm wiederum die Empfindung des Weiß erregen; wofern nämlich das Vermögen dazu durch die ſtralende Zurückwerfung keinen Eintrag erfährt. In der That zeigt ſich dies beim Verſuche beſtätigt; um ihn jedoch mit Genauigkeit anzuſtellen, ſind verſchiedene Vorſichtsmaßregeln erforderlich, über die man das Nähere in meinem größern Werke nachleſen kann.

Dieſe Wiederzuſammenſetzung des weißen Lichts aus dem farbigen durch Bewirken einer gleichen Brechung nach der umgekehrten Richtung läßt ſich auch durch ein einziges Prisma mittelſt innerer Zurückwerfung hervorbringen. Hievon rühren die vielfachen weißen Bilder her, welche ein Sonnenſtral nach mehrmaliger Zurückwerfung von den verſchiedenen Flächen eines Prisma, das man ihm ausgeſetzt hat, giebt, Bilder, die oft ſtörend für die Genauigkeit der Verſuche ſind. Die Art wie in dieſen Bildern die Wiederzuſammenſetzung bewirkt wird, findet ſich in meinem größern Werke erörtert.

Ich nehme hier Gelegenheit, einen Verſuch anzuführen, der dem erſten Anblick nach zu beweiſen ſcheint, daß die Farbeneigenthümlichkeiten der Stralen durch die Zurückwerfung verändert werden können, obwohl er eigentlich das Gegentheil bezeugt. Wir wollen zu dieſem Zweck den Apparat wieder vornehmen, deſſen wir uns vorhin bedienten, und bei welchem die gebrochenen Stralen durch eine Linſe vereinigt wurden Fig. 109. Bringt man ein weißes Blatt Papier in den Vereinigungspunct ſenkrecht auf die Axe des Lichtbündels, ſo wird das Licht, welches dieſes Papier zurückſendet, weiß erſcheinen; nimmt man aber ſtatt des Papiers eine polirte Metallplatte, welche das Licht nach einigen Stellen des Zimmers zurückwirft, ſo wird man es gefärbt erblicken. Es ſcheint alſo, als ob die Eigenſchaften, welche die Stralen beim Auffallen auf den Spiegel beſaßen, hier durch die Zurückwerfung verändert worden wären; eine Meinung, die aber durch eine aufmerkſamere Betrachtung gehoben wird. Die Lichtſtralen fallen allerdings faſt genau auf den nämlichen Punct des Metallſpiegels auf, aber nicht unter den nämlichen Neigungen. Da ſie die ſpiegelnde Zurückwerfung erleiden, bei welcher der Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich iſt, ſo müſſen ſie durch dieſelbe nothwendig geſchieden werden, indem ſie in derſelben Divergenz vom Spiegel zurückſtralen, in der ſie über den Vereinigungspunct F hinaus fortgegangen ſeyn würden, wenn man ihren Lauf nicht durch den Spiegel gehemmt hätte. Als die Stralen vereint und ſenkrecht auf das Papier auffielen, geſchah ihre Zurückwerfung nicht auf dieſe Weiſe, weil das Papier keine Politur beſitzt. Hier wurde jeder derſelben vom Einfallspuncte aus nach allen Richtungen zerſtreut; und da jeder Punct des Papiers auf dieſe Weiſe alle auf ihn fallende Stralen zugleich zerſtreute, ſo mußten dieſelben auch zuſammen zum Auge gelangen. Aber ſelbſt in dieſem Fall wird noch eine Trennung der Stralen bemerklich, wenn das Papier gegen die Stralen ſehr geneigt iſt; denn obwohl nicht polirt, iſt es doch auch nicht völlig matt, und wirft wenigſtens einen Theil des einfallenden Lichtes ſpiegelnd zurück, zumal wenn die Stralen beim Einfallen kleine Winkel mit ſeiner Oberfläche machen. Dieſe Eigenſchaft iſt allen Körpern gemein, ſelbſt dem Glaſe, dem man die Politur durch Abreiben ſeiner Oberfläche mit Sand vorſätzlich benommen hat; wie wir dies ſchon im Abſchnitt über die Zurückwerfung erörtert haben.

In den vorſtehenden Verſuchen wurde Weiß durch Vereinigung heterogener Stralen, welche durch ein erſtes Prisma zerſtreut worden waren, hervorgebracht, eben ſo wohl aber läßt es ſich dadurch hervorbringen, daß man die verſchiednen Farben, welche von verſchiednen Prismen herrühren, vereinigt; woraus ſich die progreſſive Zerſetzung erklärt, welche ein und das nämliche Bündel von merklicher Dicke in ſeinen verſchiednen Theilen in dem Maße, als es ſich von dem Prisma, wo es gebrochen wurde, erfährt, erklären läßt. Hierüber ſehe man mein größeres Werk nach.

Von den Miſchungen der einfachen Farben.

Die angeführten Verſuche beweiſen auf das Unwiderleglichſte, daß jeder Stral ſeine beſondre farbige Eigenſchaft (faculté colorifique, eigentlich, das Vermögen, den Eindruck einer Farbe hervorzubringen) an ſich hat, die er unveränderlich, eben wie ſeine Brechbarkeit, behält. Aber, was ſehr bemerkenswerth iſt, dieſe farbige Eigenſchaft kommt ihm nicht eigenthümlich zu; denn es laſſen ſich Farbenmiſchungen künſtlich zuſammenſetzen, welche in unſern Augen die nämliche Empfindung erregen, als eine einzige homogene Farbe. Dies läßt ſich auf mehrfache Weiſe bewerkſtelligen. Sehr einfach z. B. mittelſt des, S. 394, Fig. 109 beſchriebenen Apparats, wo die, durch ein Prisma zerſtreuten, Stralen in einen farbloſen Punct vereinigt werden. Vor die Linſe bringe man eine geſchwärzte Tafel TT, Fig. 111, an, die in der Mitte mit mehrern rechteckigen Oeffnungen VV, II durchbrochen iſt, welche durch Schieber beliebig geöffnet oder verſchloſſen werden können. Stellt man nun die Tafel ſo, daß das Farbenbild auf dieſe Oeffnungen fällt, ſo kann man beliebig nur der einen oder andern Art Stralen, in einem gegebenen Verhältniſſe, den Durchgang verſtatten; und dieſe werden dann bei ihrem Zuſammentreffen im Vereinigungspunct F an der daſelbſt angebrachten Tafel jedesmal die Farbe erſcheinen laſſen, welche aus ihrer Miſchung hervorgeht. Man findet ſolchergeſtalt zuvörderſt, daß jede Farbe ſich durch Vermiſchung ihrer beiden Nachbarfarben nachahmen läßt. So entſteht aus der Vermiſchung des Orange und Grünlichgelb Gelb; aus der Vermiſchung von Grünlichgelb und Bläulichgrün Hellgrün. Dies läßt ſich auch, doch minder gut, durch Vermiſchung von Gelb und Blau hervorbringen. Blau wird durch Miſchung von Bläulichgrün und Indig nachgeahmt; das Violet endlich ſelbſt, was ſehr bemerkenswerth iſt, durch Miſchung von Blau und Roth. Alle dieſe Miſchungen aber löſen ſich, durch ein Prisma betrachtet, in ihre Grundfarben auf, indem ſie durch die Brechung geſchieden werden; während die, durch homogene Stralen hervorgebrachten, Farben keine Veränderung dadurch erleiden; welches der weſentlich unterſcheidende Charakter beider iſt.

Man kann die einfachen Farben auch mehr oder minder vollkommen durch Vermiſchung verſchiedengefärbter pulveriger Subſtanzen nachahmen; und auf dieſe Weiſe ſetzen die Maler ihre Farben zuſammen. Dieſe Miſchungen kommen jedoch nie der Lebhaftigkeit der Lichtfarben nahe; auch weiſt das Prisma ihre Zuſammenſetzung durch Trennung derſelben nach.

Selbſt die weiße Farbe läßt ſich durch ſolche Miſchungen nachahmen, aber ebenfalls nur unvollkommen: denn die gefärbten Pulver, deren man ſich hierzu bedient, verſchlucken immer einen großen Theil des auf ſie fallenden Lichts, und ſelbſt nur weil ſie dies thun, erſcheinen ſie farbig, nämlich mit derjenigen Farbe gefärbt, welche die verſchluckte zum weißen Lichte ergänzt. Auch läßt ſich durch ſolche Miſchungen gewöhnlich nur ein ſchmuziges Grauweiß hervorbringen, wie es aus Vermiſchung eines vollkommen weißen Pulvers mit einem ſchwarzen entſtehen würde; durch Beleuchtung indeß mit recht hellem Lichte läßt ſich auch ihr Glanz erhöhen und dem der weißeſten Körper gleich machen, z. B. des Papiers, doch nur eines ſolchen, das ſich bei ſchwacher Beleuchtung und in einem ungünſtigen Lichte befände.

Dieſe Miſchungen laſſen ſich ins Unendliche abändern und führen ſo zu einer unendlichen Menge verſchiedener Farbenabſtufungen, die ſich nicht unter den einfachen Farben des Spectrums finden. Dagegen giebt es keine dieſer Farbenabſtufungen, die ſich nicht durch eine gehörige Miſchung einfacher Farben, mit dem Vorzuge eines unendlich ſchönern Glanzes, wieder hervorbringen ließe. Indem Newton die verſchiedenen Antheile einfachen Lichts, welche zuſammen das Farbenbild ausmachen, als eben ſo viel Kräfte, die auf das Auge wirken, betrachtete und den Einfluß dieſer Kräfte in den verſchiedenen Gemiſchen, die ſich nach dem eben angegebenen Verfahren, durch Sammlung der prismatiſchen Farben im Vereinigungspunct einer Linſe bilden laſſen, maß, erhielt er eine empiriſche Regel, nach welcher ſich zum Voraus die Art Farbe berechnen läßt, welche aus einer Vermiſchung einfacher Stralen von gegebener Art und in gegebenen Verhältniſſen, hervorgehn muß.

Man beſchreibe vom Mittelpunct C, Fig. 112 aus einen Kreis mit einem der Einheit gleich geſetzten, Halbmeſſer; theile ſeinen Umkreis in ſieben Theile, welche ſich wie die Zahlen $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{9}$, verhalten; ſo daß man, durch Zurückführung dieſer Theile auf Grade, hat [1]):

---

[1] Dieſe Zurückführung erfordert nur eine einfache Geſellſchaftsrechnung. Wie ſich die Summe aller Brüche zu 360° verhält, ſo verhält ſich ein Bruch zu dem, ihm entſprechenden, Bogen. Die Summe der Brüche iſt $\frac{3}{9} + \frac{2}{10} + \frac{2}{16}$ d. i. $\frac{79}{120}$. So erhält man z. B. für den Bogen, welcher dem Bruch $\frac{1}{10}$ entſpricht, den Werth

$$\frac{\frac{1}{10} \cdot 360^\circ}{\frac{79}{120}} \text{ d. i. } 54^\circ\ 41'\ 1''$$

R O = 60° 45′ 34″
O G = 34 10 38
G Gr. = 54 41 1
Gr. B = 60 45 34
B I = 54 41 1
I V = 34 10 38
V R = 60 45 34

Man betrachte jetzt dieſe verſchiedenen Bogen nach der Reihe, in der ſie ſich folgen, als die ſieben Hauptfarben des einfachen Lichts, welche das Spectrum zuſammenſetzen, darſtellend; ſo daß der volle Umkreis die ganze Reihe von Farbenabſtufungen, durch welche dies Licht von den erſten rothen bis zu den letzten violetten Stralen hindurchgeht, vorſtellt. Darauf beſtimme man die Schwerpuncte r o g gr b i v aller dieſer hinter einander folgenden Bogen, denke ſich an jedem derſelben ein Gewicht, der Totallänge des ihm entſprechenden Bogens proportional, befindlich, und betrachte dieſe Gewichte als eben ſo viel Kräfte, welche den Mittelpunct C und das als daſelbſt befindlich angenommene, Auge an ſich zu ziehen ſtreben. Bei der gegenwärtigen Annahme iſt offenbar, daß das Auge in Ruhe bleiben wird, als im Schwerpunct aller Gewichte befindlich; und dieſe Ruhe wird der vollkommenen Weiße entſprechen, deren Empfindung ihm durch den gleichzeitigen Eindruck aller Farbenabſtufungen einfachen Lichts, bei einer Miſchung nach Verhältniſſen, wie ſie ſich von Natur im Spectrum befinden, erweckt wird. Geſetzt aber, die Miſchung fände nicht nach dieſen Verhältniſſen Statt, wie in allen Farbenmiſchungen, welche kein Weiß geben, ſo wird man auf jeden partiellen Schwerpunct nicht mehr das Totalgewicht des entſprechenden Bogens gelegt zu denken haben, ſondern die Hälfte, das Drittheil oder überhaupt den nten Theil dieſes Gewichts, je nachdem die gegebene Miſchung die Hälfte, das Drittheil, Viertheil oder überhaupt den nten Theil von alle dem Licht enthält, welches dieſe Farbe im Spectrum ausmacht. Sucht man jetzt den gemeinſchaftlichen Schwerpunct aller dieſer partiellen Gewichte, ſo wird er in der Regel nicht mehr mit dem Mittelpunct des ganzen Kreiſes zuſammenfallen. Fällt er indeß damit zuſammen, ſo wird die Farbe der Miſchung immer noch Weiß ſeyn; nähert er ſich dagegen ſehr einem der partiellen Mittelpuncte, ſo wird in der Miſchung die Farbe herrſchen, welche dieſem Mittelpunct angehört. Nach welcher Seite er endlich auch fallen mag, z.

Weiterhin wird man ſehen, in welchem innigen Zuſammenhange dieſe ſonderbare Vertheilungsart der Farben mit den weſentlichſten Eigenthümlichkeiten des Lichts ſteht.

B. nach S, immer wird man nur von dem Mittelpunct zu dieſem Punct die Linie CS zu ziehen haben; worauf die Richtung dieſer Linie die herrſchende Farbe der Miſchung und ihre Länge oder die Entfernung des Punctes S von der Mitte die Lebhaftigkeit der Farbe angeben wird. Fällt z. B. CS genau zwiſchen CGr und CG ſo wird die Farbe das reinſte Gelb ſeyn: nähert ſich dagegen CS mehr CG oder CGr, ſo wird ſich dies Gelb mehr ins Orange oder Grün ziehen.

Fällt, bei der erſten Vorausſetzung, der Punct S ganz nahe an den Umkreis, ſo wird die Farbe im höchſten Grade ſtark und lebhaft ſeyn; fällt er mittelweges zwiſchen den Umkreis und den Mittelpunct, ſo wird die Farbe nur halb ſo ſtark ſeyn, gleich einer Miſchung des lebhafteſten Gelb mit eben ſo viel Weiß. Drückt man im Allgemeinen den Abſtand CS durch Δ aus, während man den Halbmeſſer des Kreiſes gleich 1 ſetzt, ſo wird 1 — Δ mit großer Annäherung den Verhältnißtheil Weiß ausdrücken, den man mit dem Verhältnißtheil Δ der einfachen Farbe, nach welcher CS gerichtet iſt, vermiſchen müßte, um die vorliegende Farbe dem Auge darzuſtellen. Die Beſchaffenheit und Intenſität derſelben wird ſich alſo auf dieſe Weiſe beſtimmen laſſen. Jedoch iſt hiebei die Einſchränkung nicht zu überſehen, daß, wenn der Punct S auf die Linie CR oder ganz nahe daran fällt, die zuſammengeſetzte Farbe, deren Hauptelemente dann Roth und Violet ſind, keiner der prismatiſchen Farben mehr entſprechen kann, ſondern eine Purpurfarbe giebt, welche ſich ins Roth oder ins Violet zieht, je nachdem der Punct S von der Linie CR mehr nach der einen oder nach der andern dieſer Farben hin zu liegen kommt; und in beiden Fällen wird die zuſammengeſetzte Purpur- oder violette Farbe mehr Feuer und Glanz, als die einfache, zeigen. Ueberhaupt bemerkt man die größte Analogie zwiſchen den Wirkungen des Violet und des Roths, welche ſo weit geht, daß ſich z. B. aus Blau und Roth Gemiſche hervorbringen laſſen, welche dem Auge den Eindruck eines ſchönen Violet gewähren; und wahrſcheinlich iſt es dieſe Rückkehr der Farbenreihe zu ihrem Anfange, ganz ähnlich der Wiederkehr, welche ſich in der Conſonanz der Octaven ausſpricht, die Newton veranlaßte, die verſchiedenen Eindrücke der Farben mit denen, welche wir durch die muſikaliſchen Intervalle erhalten, zuſammenzuſtellen, wie er öfters gethan.

Bei der Länge, die Newtons Regel den Bogen zuertheilt, welche die ſieben Hauptfarben des Spectrums darſtellen, giebt es nicht zwei, deren Schwerpuncte einander diametral entgegengeſetzt liegen. In welchem Verhältniß alſo auch zwei dieſer Farben gemiſcht werden mögen, nie wird ihr gemeinſchaftlicher Schwerpunct in den Mittelpunct des Umkreiſes ſelbſt fallen können; wonach ſie nie Weiß werden geben können, ſondern höchſtens eine, dem Weiß ſich ſehr nähernde, blaſſe Farbe. Auch beſtätigt dies die Erfahrung: „Denn, ſagt Newton, durch Vermiſchung blos zweier Grundfarben vermochte ich noch nie ein wahres Weiß hervorzubringen. Ich weiß nicht einmal, ob man es mit dreien vermag; dies ſind indeß blos Gegenſtände der Curioſität, die wenig oder nichts zur Einſicht in die Naturerſcheinungen beitragen; denn in allem Weiß, was die Natur hervorbringt, findet gewöhnlich eine Miſchung aller urſprünglichen Farben, und mithin eine Zuſammenſetzung aller Farben Statt; welches die oben angegebene Methode der Zuſammenſetzung anwendbar macht.

Es bleibt uns jetzt blos noch übrig, dieſe Methode auf eine analytiſche Formel zu bringen. Dies habe ich in meinem größern Werke gethan, und dort zugleich die Anwendung davon gezeigt. Man kann ſich der Newtonſchen Regel bedienen, um die Empfindung des Weiß durch eine ſchnelle Aufeinanderfolge verſchiedner Farben, die man auf Papier gemalt hat, hervorzubringen. Man braucht nur eine Scheibe von Pappe nach den, auf S. 401 angegebenen, Verhältniſſen einzutheilen, darauf mit der reinſten Farbe, die man erhalten kann, zu bemalen und endlich ſie zu einer raſchen Drehung um ihre Mitte zu bringen. Da jedoch die hier angewandten Farben niemals einfach ſind, ſo darf man auch nicht erwarten, auf dieſe Art ein reines Weiß zu erhalten.

Zweites Capitel.

Einfluß der ungleichen Brechbarkeit der Stralen auf das Sehen durch Priſmen.

Schon bei den Verſuchen über die Brechung, S. 261 und 266, wo ſich uns die Erſcheinung der Zerſtreuung darbot, ſahen wir den Erfolg, der daraus für das Sehen durch dreiſeitige Priſmen hervorgehen mußte, ſeinen allgemeinen Umſtänden nach voraus. Die Kenntniſſe, in deren Beſitz wir jetzt über die beſondern Beſchaffenheiten der einfachen Stralen und über die Beſtändigkeit ihrer farbigen Eigenſchaften ſind, ſind mit dieſen erſten Anſichten vollkommen in Uebereinſtimmung und geſtatten, ſie auf beſtimmtere Ausdrücke zu bringen.

Wenn ein unendlich kleiner leuchtender Punct mittelſt Brechung durch ein dreiſeitiges Priſma geſehen wird, ſo giebt jede Art einfacher Stralen, welche von dieſem Punct ausgeht, ein Bild deſſelben mit der ihr eigenthümlichen Farbe gefärbt. Die ungleiche Brechbarkeit der verſchiedenartigen Stralen bewirkt, daß dieſe Bilder von einander abgeſondert und in der Ordnung neben einander zu liegen kommen, welche ihre Farben im Spectrum einnehmen, ſo daß die.

welche von den brechbarſten Stralen gebildet ſind, am meiſten abgelenkt werden. Wenn man nun anſtatt eines einzigen unendlich kleinen ſtralenden Puncts mehrere dergleichen neben einander liegende betrachtet; ſo bringt jeder derſelben ebenfalls noch ein ſolches Spectrum zuwege; dieſe Spectra können aber zum Theil über einander fallen, ſo daß ſie an der Stelle, wo ſie ſich vermiſchen, Weiß hervorbringen; wie im Allgemeinen der Fall iſt, wenn man Gegenſtände von merklicher Dimenſion auf dieſe Weiſe betrachtet. Auch erſcheinen, wenn die Oberfläche dieſer Gegenſtände weiß und gleich erhellt iſt, die innern Theile des gebrochenen Bildes weiß, und die Färbung wird nur an dem Ende deſſelben nach der allgemeinen Richtung der Brechung bemerklich.

Newton führt eine leicht zu beobachtende Thatſache an, welche ſich dem erſten Anblick nach dieſer Theorie nicht zu fügen ſcheint, obwohl ſie in der That als eine Folgerung daraus hervorgeht. Man bringe ein Prisma ABC, Fig. 113, vor ein offnes Fenſter, ſo daß ſeine Grundfläche horizontal ſey; und gebe dem Auge ſeine Stellung in O, ſo daß es das, von der Grundfläche des Prisma's nach Innen zurückgeworfene, Wolkenlicht empfangen kann. Bilden nun hier die zurückgeworfenen Stralen mit dieſer Grundfläche einen Winkel von ungefähr 50°, ſo wird man einen blauen Bogen von einer gewiſſen Breite SS′ darauf erblicken, der ſich in der ganzen Länge des Prisma fort erſtreckt, und dabei ſeine Concavität nach dem Auge zu kehrt. Zugleich wird der Theil der Grundfläche SB, welcher jenſeit dieſes Bogens liegt, weit glänzender erſcheinen als der dießſeits befindliche. Um ſich dieſe ſonderbare Erſcheinung zu erklären, denke man ſich, der Zurückwerfungswinkel NSI, welche dem convexen Theile des Bogens zugehört, ſey der kleinſte Winkel, bei welchem die Totalzurückwerfung der mindeſt brechbaren rothen Stralen Statt haben kann, ſo daß ſie, bei größerer Annäherung an das Einfallsloth SN nicht mehr total zurückgeworfen werden können. Man ſetze ferner, N′S′I′ ſey der kleinſte Winkel, bei welchem die letzten violetten Stralen noch total zurückgeworfen werden können; dann wird es von B bis nach S Stralen jeder Art geben, die die totale Zurückwerfung erleiden und nachher zum Auge gelangen können; dießſeit S aber wird ſich, weil dann der Einfallswinkel zu klein wird, keiner von den äußerſten rothen Stralen mehr ſo erblicken laſſen. Desgleichen wird in dem Maße, als der innere Einfallspunct näher an A zu liegen kommt, auch ſucceſſiv für die andern Stralen die Möglichkeit der totalen Zurückwerfung nach dem Auge hin aufhören; bis in S′, von wo an ſelbſt die äußerſten violetten Stralen nicht mehr total zurückgeworfen zu werden vermögen; ſo daß zwiſchen S′ und A für keinen Stral eb ne totale Zurückwerfung Statt haben wird. Aus dem Rückblick auf dieſe Reſultate ergiebt ſich ſomit, daß von B bis S die Zurückwerfung lebhaft und glänzend ſeyn muß, weil ſie total iſt, und die Stralen von allen Farben begreift. Von S bis nach S' wird die totale Zurückwerfung immer ſchwächer werden und ſich immer nur auf die brechbarſten Stralen beſchränken, was eine Zone geben muß, worin die Farben dieſer Stralen herrſchen; endlich, von S' bis zu jedem andern, näher nach dem Auge gelegenen, Punct wird für keinen Stral mehr eine totale Zurückwerfung Statt haben. Das Auge wird alſo von dieſem Raum nur den ſchwachen Antheil Lichts empfangen, der durch die ſtralende Zurückwerfung zurückgeſandt wird; und derſelbe wird ihm daher dunkel im Verhältniß zum hellen Glanze von BS erſcheinen. Mittelſt der Berechnung laſſen ſich alle Gränzen dieſer Erſcheinung beſtimmen, wie in meinem größern Werke geſchehen iſt.

Eben ſo ergiebt ſich, daß durch die, unter dem Prisma austretenden, Ergänzungsfarben des Bogens SS' nach dem Austritt ein Bogen hervorgebracht werden muß, worin das Roth vorherrſcht, ungefähr wie in dem, S. 367 angeführten, Verſuch von Newton.

In dieſer Theorie iſt zugleich die Erklärung und das Maß der Erſcheinungen des Regenbogens gegeben. Bekanntlich zeigt ſich dies Meteor in Geſtalt eines, manchmal zweier, Bogen, die von allen prismatiſchen Farben glänzen. Es entſteht nur bei gleichzeitigem Regen und Sonnenſchein; jedoch reicht die Vereinigung dieſer beiden Umſtände noch nicht hin, ſein Erſcheinen zu bedingen; vielmehr ſind gewiſſe Lagenverhältniſſe der Wolken, des Beobachters und der Sonne nothwendige Erforderniſſe dabei. Eins ſeiner Charactere iſt, daß der Mittelpunct des Bogens ſich der Sonne immer diametral entgegengeſetzt findet (ſo, daß eine, von der Sonne durch das Auge des Beobachters gezogene gerade Linie in den Mittelpunct des Bogens eintrifft; daher bei hohem Stande der Sonne kein Regenbogen erblickt werden kann). Aus dieſen Verhältniſſen hat man ſchon lange geſchloſſen, daß der Regenbogen von der Brechung des Lichts in den Regentropfen herrühre; und wirklich ſieht man ihn auch in der Art von künſtlichem Regen entſtehen, welchen die Springbrunnen und Waſſerfälle verbreiten, zumal wenn der Wind ſie bewegt. Um zur Einſicht zu gelangen, wie die Zerſtreuung von der Brechung hiebei abhängt, wollen wir ein kugliches Waſſertröpfchen betrachten, auf welches ein unendlich dünner Sonnenſtral SI, Fig. 116. fällt, und ſehen, welchen Gang dieſer Stral nimmt. Zuerſt wird er in I eine Brechung erleiden, welche ihn nach I' führt; hier wird ein Theil des Lichts abermals gebrochen werden und in die Luft nach der Richtung I'L' austreten, während der übrige Theil ins Innere des Tröpfchens nach I'' zurückgeworfen wird, wo wiederum derſelbe Erfolg als in I' eintritt: ein Theil des Strals nämlich tritt in die Luft aus, während der übrige Theil nach Innen gegen I''' hin zurückgeworfen wird, wo abermals eine ſolche Theilung erfolgt, und ſo fort ins Unbeſtimmte. Man kann dieſe Vorſtellung durch die Erfahrung verwirklichen, indem man einen ganz dünnen Sonnenſtral, der von einem Helioſtat gerichtet wird, in ein dunkles Zimmer auf einen, mit Waſſer gefüllten, Glascylinder fallen läßt. Der Gang des Strals im Innern des Waſſers wird durch die partielle Zurückwerfung des Lichts, welche die Waſſermolecule mit ſich bringen, vollkommen ſichtbar, und eben ſo laſſen ſich die austretenden Stralen, die er ſucceſſiv abgiebt, ſehr wol beobachten, indem man das Auge oder ein matt geſchliffenes Glas auf die Richtung derſelben bringt. Es zeigt ſich hiebei, daß dieſe Stralen zerſtreut werden, und die prismatiſche Farbenreihe geben; ihre Intenſität nimmt in dem Maße ab, je mehreremale der Stral ſich ſchon getheilt hatte; bis ſie endlich zu ſchwach werden, um noch wahrnehmbar zu ſeyn.

Die Erſcheinung des Regenbogens wird durch die Farbenſpectra hervorgebracht, welche ſolchergeſtalt aus verſchiedenen Waſſertropfen nach zweimaliger, durch ein oder zwei dazwiſchen fallende Zurückwerfungen geſchiedener, Brechung hervortreten. Wie aber gehen aus dem Uebereinanderfallen dieſer partiellen Spectra die Farben des Regenbogens hervor, und wie wird ſeine Breite dadurch beſtimmt? Dies haben wir jetzt zu unterſuchen.

Der Einfachheit wegen wollen wir zuerſt einen einzigen einfallenden Stral von einfacher Farbe, z. B. einen rothen, betrachten. Derſelbe wird, wenn er im Waſſertröpfchen gebrochen und ein- oder mehreremale nach Innen zurückgeworfen worden iſt, bei ſeinem endlichen Austritt im Allgemeinen einen Winkel mit ſeiner urſprünglichen Richtung bilden. Dieſer Winkel wird für alle Stralen von der nämlichen Beſchaffenheit, welche unter demſelben Einfallswinkel in das Kügelchen dringen, der nämliche ſeyn; ſich aber mit Veränderung des Einfallswinkels auch ändern. Um ſich eine klare Vorſtellung von dieſen Veränderungen zu machen, betrachte man erſt den beſondern Fall, wo der Stral nach blos einmal erlittener innerer Zurückwerfung aus dem Kügelchen in die Luft zurücktritt, Fig. 113. Berechnet man nun nach Zahlwerthen die Größe der Ablenkung, welche mehrere parallel einfallende Stralen, die in kleinen Abſtänden über die Oberfläche des Kügelchens vertheilt ſind, erleiden, ſo findet man dieſelbe erſt null bei dem ſenkrechten Einfallen, wo der Stral durch die Mitte des Kügelchens hindurchgeht; darauf nimmt ſie immer mehr zu, bis zu einer gewiſſen Gränze des Einfallswinkels, der ungefähr 54°¾ für die rothen Strahlen beträgt, ſo daß ein kleiner Pinſel von parallel unter dieſem Winkel in I einfallenden Stralen, nachdem er einmal von dem Boden des Tröpſchens zurückgeworfen worden iſt, auch wieder mit paralleler Richtung ſeiner Stralen in I'' austritt; obwohl die allgemeine Richtung des Strals um 42° abgelenkt worden iſt. Bei beträchtlichern Einfallswinkeln aber nimmt die Ablenkung ab, wie ſie vorher zugenommen hatte, und zwar bis zu den äußerſten Stralen, welche das Kügelchen berühren. Empfängt nun das Auge alle austretenden Stralen in einer hinlänglich großen Entfernung vom Kügelchen, daß dieſes ſich als ein Punct betrachten läßt, ſo erhellt, daß alle die Stralen, welche ungleiche Ablenkungen erfahren haben, mit der Entfernung vom Kügelchen immer weiter auseinander weichen, und ſonach zuletzt zu geſchwächt ſeyn werden, um einem Auge, das ſich auf ihrem Wege befindet, noch die Wahrnehmung des Kügelchens zu geſtatten; während dies Auge noch von den austretenden Stralen, welche dem Maximum der Ablenkung entſprechen, einen Eindruck, und zwar auf jede Weite, wird erhalten können, weil ſie wegen ihres Parallelismus in jede Entfernung, ohne ſich zu trennen, fortgehen. Ja ihr Eindruck wird um ſo ſtärker ſeyn, da ſie, wenn ſie bei ihrer Incidenz von gleichförmiger Dichte ſind, ſich zuſammendrängen und verdichten, wie die Berechnung zeigt, wenn ſie auf jene Art austreten. Man denke ſich nun eine Reihe ſolcher Kügelchen in kreisförmiger Anordnung neben einander befindlich, ſo daß die gebrochnen Stralen, welche daraus austreten, und die ich als von der nämlichen Farbe annehme, auf jene Weiſe zum Auge gelangen können. Sie werden die Empfindung einer erleuchteten Linie gewähren; und mehrere ſolche, neben einander geordnete, Reihen werden, wegen der merklichen Oeffnung der Pupille, einen ihr an Breite gleichen, farbigen Streiſen hervorbringen.

Die nämlichen Betrachtungen finden ihre Anwendung auch auf die Fälle, wo die Zurückwerfungen und Brechungen in größerer Zahl vorkommen. Immer giebt es für jeden derſelben eine gewiſſe Gränze des Einfallswinkels, bei welcher ein faſt paralleles Austreten der, in einem und demſelben Lichtpinſel nahe aneinander einfallenden, Stralen Statt hat, ſo daß eine Fortpflanzung derſelben in die Ferne ohne merkliche Schwächung möglich wird.

Um nun die Folgerungen aus dieſen Sätzen zu entwickeln, denke man ſich, daß ein, in O befindlicher, Beobachter, Fig. 116, eine große Wolke betrachte, beſtehend aus einer Menge von Waſſerkügelchen. Durch ſein Auge ziehe man zur Mitte der Sonne die Linie SQC, um die Richtung der einfallenden Stralen zu bezeichnen, welche wir erſt für vollkommen parallel annehmen wollen, was darauf zurückkommt, die Sonne als einen unendlich entfernten Punct zu betrachten. Unter dieſen Umſtänden wird zuvörderſt auf der erſten Oberfläche der Kügelchen eine theilweiſe Zurückwerfung aller Farben, welche das einfallende Licht ausmachen, erfolgen, und hiedurch ein, mehr oder minder dünner, weißlicher Schein über die ganze Oberfläche der Wolke verbreitet werden; außerdem aber wird man, wenn ſie von hinlänglicher Ausdehnung iſt, noch zwei, mit allen prismatiſchen Farben geſchmückte concentriſche Bogen darauf erblicken. Denn zieht man durch das Auge O die Gerade OV, unter einem Winkel von 40° 17′ gegen OC, und läßt ſie ſich ſo um OC drehen, daß ſie die Oberfläche eines Kegels beſchreibt, ſo werden alle Waſſerkügelchen, welche ſich auf der Verlängerung dieſer Oberfläche befinden, genau die erforderliche Lage beſitzen, daß die brechbarſten violetten Stralen, nachdem ſie zwei Brechungen und dazwiſchen eine Zurückwerfung erlitten haben, parallel daraus hervortreten und zum Auge in O gelangen können. Dies aber wird an keinem andern Ort der Wolke Statt haben, ſo daß der Beobachter blos vermöge dieſer Stralen auf der Wolke einen violetten Bogen erblicken wird, von dem OC die Axe und C der Mittelpunct iſt. Außerdem aber wird er noch eine unendliche Menge andrer, mit dieſem concentriſcher und außerhalb deſſelben liegender, Bogen erblicken, von denen jeder durch eine einzige Art einfacher Stralen gebildet wird; und in dem Maße, als dieſe Stralen minder brechbar ſind, wird der Durchmeſſer ihrer Bogen zunehmen; ſo daß der weitſte, den das äußerſte Roth bildet, einen Winkel ROC von 42° 2′ unterſpannt. Die ganze Breite des gefärbten bogenförmigen Streifens wird ſomit 42° 2′ — 40° 17′ d. i. 1° 45′ betragen und das Roth wird in demſelben nach Außen, das Violet nach Innen liegen.

Das Entgegengeſetzte wird nach zweimaliger Zurückwerfung Statt haben. Zieht man nämlich durch das Auge die Linien OR′, OV′ welche mit OC Winkel von 50° 59′ und 54° 9′ bilden, und läßt ſie ſich dann beide unter dieſen Neigungen um OB als Axe drehen, ſo wird die erſte alle die Kügelchen treffen, von denen die äußerſten rothen Stralen, nach erlittener zweimaliger Brechung, zwiſchen welche zwei Zurückwerfungen fallen, parallel unter einander zum Auge zurückgeſandt zu werden vermögen, und die zweite wird die entſprechende Gränze für die äußerſten violetten Stralen angeben. Zwiſchen dieſen beiden Bogen wird es andre von allen prismatiſchen Zwiſchenfarben geben, ſo daß ſie in ihrer Geſammtheit einen zweiten Farbenſtreifen bilden, der zur Breite 54° 9′ — 50° 59′ oder 3° 10′ hat. In dieſem Streifen werden die Farben in umgekehrter Ordnung, als im erſten liegen, d. h. das Roth wird inwendig, das Violet auswendig ſeyn, und der Abſtand der beiden rothen Bogen wird 50° 59′ — 42° 2′ oder 8° 57′ betragen.

So alſo müßten die Dimenſionen und Abſtände beider, in den Wolken erſcheinenden, Regenbogen beſchaffen ſeyn, wenn die Sonne nur ein Punct wäre. Allein dies Geſtirn hat einen ſcheinbaren Durchmeſſer von merklicher Größe, deſſen mittlerer Werth ſich ungefähr für 30′ annehmen läßt. Hienach, wenn man die ſo eben beſtimmten Bogen als durch die, von der Mitte der Sonnenſcheibe ausgehenden, Stralen hervorgebracht betrachtet, werden die, von den Rändern und vom Innern ausgehenden Stralen eben ſo viel dergleichen Bogen von derſelben Größe bilden, deren jeder aber zur Axe die Linie hat, welche vom Auge des Beobachters zu dem Punct der Scheibe, von dem ſie ausgegangen ſind, gezogen wird. Beſchreibt man alſo vom Punct C einen Kreisumfang C′C″C‴ gleich dem ſcheinbaren Durchmeſſer der Sonne, vom Punct O aus geſehen, ſo wird ſich nicht blos um dieſen Mittelpunct ein innerer violetter Bogen bilden, in der Entfernung von 40° 17′; ſondern es wird eben ſo viel ſolcher Bogen geben, als Puncte im Kreiſe C′C″C‴ vorhanden ſind, welche für ihr Theil Mittelpuncte darſtellen können; d. h. es wird ſich ein violetter kreisförmiger Streifen von einer Breite gleich dem ſcheinbaren Durchmeſſer der Sonne bilden, deſſen innerer Stral einen Winkel von 40° 17′ — 15′ d. i. 40° 2′, der äußere von 40° 17′ + 15′ d. i. 40° 32′ mit OC macht.

Eben ſo wird der rothe Bogen, der ſich um 42° 2′ von OC entfernt fand, zu einem rothen Streifen werden, deſſen innerer Rand zum Radius 41° 47′, der äußere 42° 17′ hat, ſo daß die geſammte Breite des, zwiſchen dieſen äußerſten Gränzen begriffenen, Regenbogens ſeyn wird 42° 17′ — 40° 2′ d. i. 2° 15′, um 30′ größer alſo, als wenn die Sonne nur ein Punct wäre. Eben ſo wird ſich die Breite des äußern Regenbogens von 3° 10′ auf 3° 40′ vergrößern; ſein innerer Halbmeſſer, den wir 50° 59′ gefunden hatten, wird 50° 44′ werden, und der äußere, der 54° 9′ betrug, wird 54° 24′ werden; der Abſtand endlich beider Regenbogen, welcher erſt 8° 57′ war, wird auf 8° 27′ reducirt werden. Wegen der Breite und des Uebereinanderfallens der partiellen Bogen, aus welchen die ganzen Regenbogen beſtehen, werden ihre Farben weit minder ſcharf ſich unterſcheiden, als bei der erſten Annahme. Dieſe Dimenſionen nun, welche blos durch Berechnung gefunden wurden, zeigen ſich genau mit den beobachteten in Uebereinſtimmung, wenigſtens wenn die Regenbogenfarben recht lebhaft und deutlich ſind. Denn als Newton eines Tages einen Regenbogen mittelſt der Inſtrumente, welche er damals beſaß, maß, fand er, daß der äußere Halbmeſſer des innern Regenbogens ungefähr 42° betrug, und daß das Roth, Gelb und Grün deſſelben zuſammengenommen, ungefähr 63 oder 64 Minuten zur Breite hatte, wozu man noch 3 oder 4 Minuten rechnen konnte, in Erwägung, daß das äußere Roth durch den Schein der Wolken in der Umgebung geſchwächt und verdunkelt war. Die Breite des Blau betrug zum Wenigſten ungefähr 40 Minuten, das Violet ungerechnet, welches durch den Schein der Wolken ſo ſtark verdunkelt war, daß er ſeine Breite nicht zu meſſen vermochte. Setzt man aber die Breite des Blau und Violet zuſammengenommen der des Roth, des Gelb und Grün zuſammengenommen gleich, ſo müßte die Breite dieſes innern Regenbogens ungefähr 2° 15′ ſeyn, wie oben. Der kleinſte Abſtand zwiſchen dieſem und dem äußern Regenbogen betrug ungefähr 8° 30′. Jener hatte eine größere Breite, als dieſer, allein ſeine Färbung war ſo ſchwach, daß es nicht möglich war, ſeine Breite beſtimmt zu meſſen. Ein andres Mal, wo die beiden Bogen deutlicher erſchienen, fand Newton die Breite des innern Regenbogens 2° 10′, und im äußern verhielt ſich die Breite des Roth, Gelb und Grün zuſammengenommen zur Breite derſelben Farben im innern Regenbogen wie 3 zu 2.

Newton ſchreibt an der Stelle der Optik, wo er dieſe bewundernswerthe Theorie auseinanderſetzt, die erſte Idee einer ſolchen Erklärung des Regenbogens dem Marcus Antonius de Dominis, Erzbiſchof von Spalatro zu, der ſie nach ſeiner Angabe durch Beobachtungen beſtätigte, welche er an einer mit Waſſer gefüllten Glaskugel anſtellte, die er in verſchiedene Lagen zur Sonne und zu ſeinem Auge brachte. Newton fügt hinzu, daß Descartes die Erklärung des äußern Bogens berichtigt hat. Wahrſcheinlich aber hatte er das Werk von Dominis nicht ſelbſt geleſen, ſonſt würde er gefunden haben, daß dieſer Prälat ſich blos auf unbeſtimmte Weiſe dachte, der Regenbogen könne durch Brechung in den Waſſertropfen hervorgebracht werden, ohne aber dieſe Anſicht durch ſolche Verſuche, wie ſie ihm Newton zuſchreibt, zu bewähren; und die Art, wie er die Bildung dieſes Meteors auseinanderſetzt, iſt der Wahrheit ganz fremd. Descartes eigentlich und Descartes allein iſt es, dem dieſe Verſuche angehören. Dieſer Philoſoph leiſtete für die wahre Theorie des Regenbogens alles, was ſich zu einer Zeit leiſten ließ, wo die ungleiche Brechbarkeit der Lichtſtralen noch nicht bekannt war; indem er durch Berechnung nach Zahlwerthen den Gang der Lichtſtralen beſtimmte, welche in einen Waſſertropfen dringen, und dann nach ein- oder mehrmaliger Brechung wieder daraus hervortreten. Er fand durch dieſe Berechnung, daß unter allen Stralen, welche ſolchergeſtalt auf dieſen Tropfen fallen können, nur diejenigen, welche unter einem gewiſſen Winkel hineindringen, zum Auge des Beobachters zurückgelangen können, ohne auseinander zu weichen und mithin geſchwächt zu werden. Hieraus ergaben ſich ihm die wahren Bedingungen, unter welchen die Erſcheinung des Regenbogens Statt haben kann, ihren allgemeinen Umſtänden nach, und directe Verſuche überzeugten ihn von ihrer Uebereinſtimmung mit der Beobachtung. Noch war die Urſach der Farbenerſcheinung anzugeben übrig. **Descartes**, ohne ſie zu kennen, führt ſie mit vielem Scharfſinn auf eine andre einfachere Erſcheinung, die Zerſetzung des Lichts durch das Prisma, zurück; und zeigt, daß der Theil des Waſſertropfens, in welchem das Licht gebrochen wird, eine Zerſtreuung deſſelben mit ſich bringen muß, wie ein Waſſerprisma mit ebenen Flächen, von einem brechenden Winkel gleich dem, welchen die Berührungsebenen des Tropfens an den Puncten, wo die Stralen ein- und austreten, bilden. Er beſtätigte dieſe Theorie durch einen, alle Einzelnheiten berückſichtigenden, Verſuch, der ſich in meinem größern Werke beſchrieben findet.

Außer dem Regenbogen erſcheinen manchmal noch in der Atmoſphäre andre Lichtmeteore, wie große weißliche Höfe um die Sonne und den Mond, gewöhnlich in einem Winkelabſtand von 45 , ferner die Nebenſonnen und Nebenmonde, welches Bilder der Sonne und des Mondes ſind, die ſich gewöhnlich in Begleitung einer Menge ſehr bemerkenswerther Umſtände zeigen. In meinem größern Werke kann man die ausführliche Beſchreibung dieſer Erſcheinungen nachleſen, ſo wie die ziemlich hypothetiſchen Wege, welche **Huyghens** zu ihrer Erklärung verſucht hat.

Drittes Capitel.

Vom Achromatiſmus.

Achromatiſch nennt man eine Verbindung zweier oder mehrerer Prismen der Art, daß die Bilder der dadurch betrachteten Gegenſtände farblos erſcheinen. Sollten dieſe Prismen alle von der nämlichen Beſchaffenheit ſeyn, ſo würde die Ausgleichung ihrer Brechungen erfolgen, wenn ſie gleiche und in der Richtung entgegengeſetzte Winkel hätten, ſo daß ſie in ihrer Verbindung eine Platte mit parallelen Flächen darſtellten. Dann würden die Stralen nach ihrem Durchgange durch dieſelben die urſprüngliche Richtung, die ſie vor der Brechung hatten, auch wieder annehmen. Gäbe es aber Subſtanzen, die bei ungleichen abſoluten Brechungen gleiche Zerſtreuungen hervorzubringen vermöchten, ſo würde man begreiflich durch Zuſammenſetzung eines ſolchen Syſtems von Prismen aus ihnen Bilder erhalten, die farblos aber doch zugleich abgelenkt wären. Es würden ſich alſo dadurch, daß man eine ſolche Entgegenſetzung bei den krummen Prismen, welche die Ränder der ſphäriſchen Linſen bilden, anbrächte, zuſammengeſetzte Objectivgläſer erhalten laſſen, die, bei einer begränzten Brennweite, hinter ſich farbloſe Bilder der Gegenſtände hervorbringen müßten, was ihrer Anwendung einen unendlichen Vorzug vor der der einfachen Objectivgläſer geben würde. Giebt es in der Natur Subſtanzen, die ſich in der Farbenzerſtreuung auf dieſe Weiſe compenſiren, oder kann man, in Ermangelung ihrer, ſich durch eine angenäherte Compenſation helfen? Und dann, auf welche Grundſätze hin iſt dieſe Annäherung zu bewerkſtelligen? Wie muß man zu Werke gehen, um ſie durch gegebene Subſtanzen zu erlangen? und iſt ſie leichter durch die einen als durch die andern hervorzubringen? Dies ſind eben ſo viel Fragen von Wichtigkeit, die wir jetzt zu ergründen haben.

Zu dieſem Zweck wollen wir zuerſt einen vollkommen homogenen Stral SI, Fig. 117., betrachten, der, nachdem er durch irgend eine Anzahl Prismen aus beliebigem Stoff und von beliebigem Winkel hindurchgegangen iſt, in O zum Auge des Beobachters gelangt. Von dieſem Punct aus wollen wir eine Linie OS zu dem Gegenſtande ziehen, von welchem der Stral ausgeht, und denſelben, größerer Einfachheit halber, ins Unendliche entfernt ſetzen, damit die Linie OS der Einfallsrichtung SI für parallel angenommen werden könne. Es leuchtet ein, daß man, wenn dieſe Richtung ſo wie die Lage der Prismen, der Stoff, aus dem ſie beſtehen, ihre Winkel und der Ort des Beobachters gegeben ſind, durch Berechnung den Ablenkungswinkel ROS wird beſtimmen können, den die urſprüngliche Richtung OS und der austretende Stral OR im Auge einſchließen. Man denke ſich nun den Stral SI nicht mehr einfach, ſondern zuſammengeſetzt wie das weiße Licht; dann wird er nach ſeinem Durchgange durch das Syſtem der Prismen, Fig. 118., in eine unendliche Menge austretender Stralen zerſtreut werden, die vom Roth an bis zum Violet im Allgemeinen verſchiedene Richtungen uu′, oo′, rr″ haben werden; ſo daß das Auge des Beobachters nur den Stral wahrnehmen kann, auf deſſen Richtung es ſich befindet. Denkt man ſich aber, daß eine unendliche Menge weißer, ſämmtlich vom leuchtenden Punct ausgegangener, Bündel zuſammen auf der erſten Oberfläche des Prisma anlangen, ſo wird der, in O befindliche, Beobachter Stralen von allen verſchiednen Arten durch verſchiedne Austrittspuncte empfangen können, die ſich ergeben, wenn man vom Punct O Linien OR′, OO′, OU′, reſpectiv parallel mit rr′, oo′, uu′, bis zur Austrittsfläche des letzten Prisma's zieht; denn leitet man dieſe Stralen durch die aufeinanderfolgenden Prismen hindurch, jeden nach dem ihm zukommenden Brechungsverhältniß, ſo werden ſie parallel mit der Richtung des einfallenden Lichts wieder austreten, und mithin ſich wirklich in dieſem Lichte finden. Damit nun die geſonderte Wahrnehmung dieſer verſchiednen Stralen aufgehoben werde, braucht man nur das Syſtem der Prismen ſo einzurichten, daß ſie alle unter einander parallel daraus hervortreten; denn da alsdann die Winkel O'OU', O'OR' u. ſ. w. unter welchen ſie ſich im Auge kreuzen, null ſind, ſo fallen die Einfallspuncte U', O', R' zuſammen, und der ins Auge tretende Lichtpinſel iſt mithin farblos.

Es erhellt aus dieſen Auseinanderſetzungen, daß jeder Stral ſeine beſondre Bedingung mit ſich bringt, der das Syſtem der Prismen genügen muß, wenn vollkommener Achromatiſmus Statt haben ſoll; und weil es nun eine unendliche Menge ungleich brechbarer Stralen giebt, ſo werden ſtreng genommen auch eine unendliche Menge Bedingungen zu erfüllen ſeyn. Dieß macht eine allgemeine Löſung der Aufgabe unmöglich, da man immer nur eine beſchränkte Anzahl Prismen anwenden kann; wohl aber wird ſie möglich, wenn man, anſtatt den Parallelismus aller Stralen zuwege bringen zu wollen, ihn blos für zwei, drei oder mehrere bezweckt, wo ſich dann durch eine gehörige Verbindung eben ſo vieler Prismen die Abſicht erreichen läßt. Und bringen wir ſo zwei der äußerſten Stralen des Spectrums, z. B. den violetten und rothen, zum Parallelismus oder zwei äußerſte und einen mittlern, wie den rothen, den violetten und den grünen, ſo wird begreiflich in den dazwiſchenliegenden die Färbung noch bis zu einem hinlänglichen Grade aufgehoben ſeyn können, um vom Auge nicht mehr merklich empfunden zu werden; ſo daß ſich alſo der Achromatismus phyſiſch ins Werk ſetzen läßt, obwohl es unmöglich iſt, ihn in vollkommener Schärfe zu erhalten.

Wirklich geht man auch auf dieſe Art zu Werke und die Berechnung zeigt, daß ſich durch Anwendung zweier Prismen auf dieſe Art zwei Stralen in parallele Richtung bringen laſſen, und im Allgemeinen eben ſo viele Stralen, als man Prismen anwendet. Zieht man blos zwei Prismen in Gebrauch, ſo müſſen ſie mit ihren Grundflächen ſo entgegengeſetzt ſeyn, wie Fig. 119. darſtellt, damit ihre Brechungen einander entgegengeſetzt werden. Wirklich fanden wir auch, daß zwei Prismen aus derſelben Subſtanz nebſt Gleichheit der Winkel dieſe Lage haben müßten, um ſich wechſelſeitig zu achromatiſiren.

Wie aber laſſen ſich die Verhältniſſe der brechenden Winkel beſtimmen, unter welchen Compenſation Statt haben kann, wenn der Stoff, aus dem die Prismen beſtehen, nicht der nämliche iſt? Wie leicht zu erachten, wird man zuvörderſt annäherungsweiſe dazu durch vergleichende Betrachtung der Größe des Spectrums gelangen können, welches Prismen, die man aus beiden Subſtanzen mit gleichen Winkeln geſchnitten hat, geben. Eine noch größere Annäherung läßt ſich dann dadurch erhalten, daß man dasjenige beider Prismen, welches die ſtärkere Zerſtreuung ausübt, und hiedurch in der Verbindung eine Färbung der Bilder nach der Richtung, nach welcher ſeine Zerſtreuung geht, hervorbringt, allmälig ſchwächt. Wenn man ſo zu einem Anfange von Compenſation gelangt iſt, ſo läßt ſie ſich auf die möglichſt vollendete Weiſe noch durch folgenden Apparat zu Stande bringen, den wir, Cauchoix und ich, mit dem gelungenſten Erfolge bei einer großen Anzahl genauer Verſuche in Gebrauch gezogen haben.

An das Ende eines guten achromatiſchen Fernrohrs und parallel mit ſeiner Axe befeſtigt man zwei Metallſtäbe TT, Fig. 120., in diametral entgegengeſetzter Lage. Sie ſind in der Quere mit zwei Löchern A durchbohrt, welche die Axen zweier kupfernen Rahmen CC aufnehmen, die ſich auf dieſe Weiſe frei um gerade Linien A, A ſenkrecht auf die Axe des Fernrohrs drehen können, und deren Bewegungen durch eingetheilte Kreiſe gemeſſen werden. Auf dieſe Rahmen befeſtigt man die Prismen, deren Compenſation bewerkſtelligt werden ſoll, wo dann die Anordnung des Apparats ſo iſt, wie ſie die Figur darſtellt. Soll der Verſuch vollkommen gelingen, ſo müſſen die Winkel der Prismen ſchon ſo beſchaffen ſeyn, daß ſie bei ihrer Entgegenſetzung beinahe ein achromatiſches Syſtem bilden; wozu man, wie erwähnt, durch Verſuche gelangt. Zufolge der oben erlangten Einſichten hängt die Zerſtreuung, die jedes dieſer Prismen hervorbringt, nicht blos von ſeiner Oeffnung und der chemiſchen Beſchaffenheit des Stoffes, woraus es beſteht, ab, ſondern ändert ſich auch mit dem Einfallswinkel der Stralen auf ſeinen beiden Oberflächen, und dieſer Einfallswinkel geht als Element in die analytiſchen Bedingungen mit ein, denen man Genüge leiſten muß, um die verſchiedenartigen Stralen parallel mit einander austreten zu machen. Man findet in dieſer Veränderlichkeit das Mittel, verſuchsweiſe genau die Lage zu beſtimmen, bei welcher die vollkommenſte Compenſation Statt hat. Geſetzt, man habe das Fernrohr und die beiden Prismen ſo angeordnet, daß ſich ein weißer ſehr entfernter Gegenſtand durch dies Syſtem betrachten läßt. Iſt das Bild dieſer Gegenſtände ebenfalls weiß, ſo ſind die Prismen in der rechten Lage, wie ſie wirklich zum Achromatismus erforderlich iſt; begreiflich aber wird man dieſe Lage nicht ſo leicht auf das erſte Mal treffen; in der Regel vielmehr wird, nachdem man die brechenden Winkel beider Prismen einander entgegengeſetzt hat, das Bild des Gegenſtandes noch ſehr merklich gefärbt erſcheinen. Dann drehe man langſam eins der beiden Prismen nach der Richtung, bei welcher man eine Verminderung der Färbung eintreten ſieht. Reicht die Drehung Eines Prismas nicht hin, ſo ſetze man beide nach einander auf dieſe Weiſe in Bewegung, und man wird endlich die Lage finden, bei welcher die Compenſation am vollkommenſten Statt hat. Man befeſtige die Prismen in dieſer Lage und hat nun nur noch die Winkel zu meſſen, die ſie unter ſich und mit den hindurchgehenden Stralen bilden. Hiezu dienen die eingetheilten Kreiſe, welche die Bewegungen der Rahmen meſſen. Man hat nur einige vorläufige Vorſichtsmaßregeln zu nehmen, um genau den Punct an jeder Eintheilung zu beſtimmen, bei welchem die Rahmen ſenkrecht auf die Axe des Fernrohrs ſind, ſo wie, um den Prismen eine ſolche Stellung zu geben, daß ihre brechenden Winkel genau in einer und derſelben Ebene enthalten ſind. Bei den Verſuchen, die wir, Cauchoix und ich, anſtellten, ſahen wir nach einem weißen, auf eine ſchwarze Tafel geklebten, Papierſtreifen von ungefähr einem Decimeter Breite und einem Meter Länge hin, um zu beſtimmen, wenn Achromatismus des Bildes Statt habe. Wir ſtellen die Tafel vertical in eine Entfernung von ungefähr hundert Metern, ſo daß der weiße Streifen ſeiner Länge nach horizontal liegt, und geben den Prismen eine ſolche Stellung, daß die Ebenen ihrer brechenden Winkel, in welchen die Zerſtreuung vor ſich geht, vertical ſind; zu welchem Endzweck wir ihre Lage nach der Seitenlinie eines Thurms oder entfernten Gebäudes reguliren, und ſie auf ihren Rahmen drehen, bis ſie keine ſeitliche Ablenkung mehr hervorbringen. Hat man die zweckmäßige Lage gefunden, ſo befeſtigt man die Prismen darin, und eben ſo bringt man auch am Fuß des Fernrohrs einen Halter an, der jede horizontale Verrückung deſſelben unmöglich macht. Alle dieſe Maßregeln tragen zur Erleichterung der Operation, welche zur Beſtimmung des Achromatismus führt, ſehr viel bei. Denn erſcheint das Bild des weißen Gegenſtandes im Fernrohr, ſo kann es nur noch nach verticaler Richtung ſeine Lage verändern, und während man alſo mit einer Hand langſam eines der Prismen dreht, um die Färbung zum Verſchwinden zu bringen, wodurch nothwendig eine Lagenveränderung des Bildes hervorgebracht wird, kann man mit der andern Hand durch Erhebung oder Senkung des Fernrohrs ſehr leicht bewirken, daß das Bild wieder hinein tritt. Weichen die brechenden Winkel beider Prismen zu unverhältnißmäßig von einander ab, als daß die Färbung durch bloße Veränderung des Einfallswinkels zum Verſchwinden gebracht werden könnte, ſo wird man dies leicht bemerken können; denn geſetzt z. B. das zweite Prisma breche zu ſtark, und die Kante ſeines brechenden Winkels ſey nach der Erde gerichtet, ſo würde daſſelbe, wenn es allein auf das Licht wirkte, ein farbiges Bild des Gegenſtandes hervorbringen, in welchem die rothen Stralen, als die mindeſt brechbaren, zu oberſt, die violetten, als die von der ſtärkſten Brechbarkeit zu unterſt erſcheinen würden, wie aus dem, was S. 261 und 268 erörtert worden iſt, erhellt. Zeigt nun das Bild des Gegenſtandes, durch die beiden entgegengeſetzten Priſmen betrachtet, bei allen Lagen, die man dieſen ertheilen kann, eine ſolche Anordnung der Farben, ſo dient dies zum ſichern Beweiſe, daß die Zerſtreuung des erſten Priſmas, welche nach der entgegengeſetzten Richtung der, vom zweiten Priſma hervorgebrachten, Zerſtreuung wirkt, nie ſo ſtark wird, um ſie auszugleichen, noch weniger, ſie zu überſteigen; und die Farbenſchwächung, die ſich durch eine Verbindung dieſer beiden Priſmen hervorbringen läßt, wird daher hinter der erreichbaren Vollkommenheit weit zurückbleiben. In dieſem Fall muß man den brechenden Winkel des zweiten Priſmas, das ſich als zu ſtark zu erkennen gegeben hat, etwas ſchwächen, und es ſodann wieder auf den Apparat zurückbringen. Hat die Verminderung in hinreichendem Grade Statt gefunden, ſo findet man, wenn man beide Priſmen wechſelsweis dreht, daß ſich einmal Bilder des Gegenſtandes erhalten laſſen, in welchen der rothe Saum nach Oben gekehrt iſt, ein andermal, in welchen dieſer nämliche Saum nach Unten ſieht. Bei den erſten wiegt die Wirkung des hintern Priſma, bei den letztern die des vordern vor. Zwiſchen dieſen entgegengeſetzten Zuſtänden findet man eine oder mehrere Lagen, wo die farbigen Ränder, welche das Bild ſäumen, möglichſt ſchwach ſind; und dieſe gewähren die vortheilhafteſten Compenſationen. Man bleibt bei der ſtehen, welche die beſte ſcheint, d. h. in welcher die farbigen Säume am kürzeſten und insbeſondre am wenigſten lebhaft erſcheinen; und befeſtigt darauf die Priſmen und das Fernrohr ſelbſt durch ihre Stellſchrauben in dieſer Lage. Mit größter Sorgfalt muß man die gelben oder rothen Säume vermeiden, denn da dieſe beiden Farben lebhafter ſind, als die andern, ſo würden ſie bei Anwendung der erörterten Reſultate auf die Verfertigung von Fernröhren, welche man hauptſächlich dabei im Auge hat, ſtärker ins Auge fallen. Man hat vielmehr vorzugsweiſe bei den Lagen der Priſmen ſtehen zu bleiben, welche dunkelfarbige Säume geben, z. B. von Ziegelroth oder Grünlichblau; denn da dieſe Farben minder lebhaft ins Auge fallen, ſo werden ſie auch in den Fernröhren minder leicht bemerklich werden, ja in den, zur Nachtzeit angeſtellten, Beobachtungen ganz unmerklich ſeyn.

Hat man die Lage gefunden, welche ſich als die vortheilhafteſte zu erkennen giebt, ſo ſieht man an den eingetheilten Kreiſen, welche Stellung die beiden Priſmen haben; und leitet hieraus die Einfalls- und Austrittswinkel der mittlern Stralen auf ihren beiden Oberflächen ab. Durch Einführung dieſer Elemente in die Formeln des Achromatismus laſſen ſich dann die Verhältniſſe der brechenden Winkel beſtimmen, bei welchen die beiden Prismen ſich auf die nämliche Art compenſiren würden, wenn ſie übereinandergelegt und den Lichtſtralen ſenkrecht ausgeſetzt wären. Bei den erſten Verſuchen über die Zerſtreuung, welche S. 379 und 382 angeführt wurden, bemerkten wir, daß es für jedes Prisma eine Lage giebt, bei welcher das gebrochene Bild ſtationär wird; und daß vor wie nach dieſer Gränze Brechung und Zerſtreuung gleichzeitig zunehmen. Hienach muß man bei den Verſuchen zur Beſtimmung des Achromatismus für jedes Prisma mehrere gleichgeltende Lagen finden, wo es auf das durchgehende Licht die nämliche Wirkung äußert. Auch iſt dem wirklich ſo; berechnet man aber den Gang der Stralen für alle dieſe verſchiedenen Lagen, unter der Annahme eines beſtändigen Brechungsverhältniſſes bei Verſchiedenheit der Einfallswinkel, ſo kommt man zuletzt immer auf das nämliche Verhältniß der Compenſation, und dies mit einer unglaublichen Genauigkeit, wie man in meinem größern Werke finden kann. Dieſes Zuſammenſtimmen giebt den ſicherſten und feinſten Beweis für die Beſtändigkeit des Brechungsverhältniſſes jedes einfachen Strals ab.

Welche Sorgfalt man aber auch auf dieſe Verſuche wenden mag, wenn man ein Fernrohr nimmt, welches die Gegenſtände funfzig bis ſechzig mal vergrößert, und Prismen, deren brechender Winkel wenigſtens funfzehn Grad beträgt, Umſtände, die weſentlich erforderlich ſind, um die farbigen Säume recht bemerklich zu machen, ſo wird man ſich bald von der Unmöglichkeit eines vollkommenen Achromatismus überzeugen, den einzigen Fall ausgenommen, wo die beiden Prismen aus einem und dem nämlichen Stoff beſtehen. Denn wenn die brechenden Winkel derſelben dem Verhältniß ſehr nahe kommen, wo der möglichſte Grad von Achromatismus Statt hat, ſo kann man ſucceſſiv jede Farbe von einer Seite des Bildes auf die andre übergehen machen, ohne eine Lage dazwiſchen zu finden, in welcher die farbigen Säume ganz verſchwinden. Dieſe Unmöglichkeit weiſt auf das Sprechendſte nach, daß die Zerſtreuung der Lichtſtralen keineswegs nach den nämlichen Geſetzen in Subſtanzen von verſchiedener chemiſcher Beſchaffenheit vor ſich geht, und daß, wenn man irgend zwei von den homogenen Stralen zum Parallelismus, bei ihrem Austritt aus den Prismen gebracht hat, die homogenen Stralen anderer Art gegen einander geneigt bleiben, und Säume an den Rändern der Bilder hervorbringen. Es erhellt hienach, daß zur Erlangung vollkommenerer Compenſationen eine Anwendung von mehr als zwei Prismen erforderlich ſeyn würde. Bei der Verfertigung gewiſſer achromatiſcher Fernröhre ſteigt man bis auf drei; eine größere Anzahl würde eine zu ſtarke Schwächung des Lichts vermöge der ſucceſſiven Zurückwerfungen, die es von ihren Oberflächen erführe, bewirken; überdies rühren, wenn der Achromatismus dieſer Inſtrumente mit Sorgfalt durch die angegebenen Verfahrungsweiſen bewerkſtelligt worden iſt, ihre Unvollkommenheiten nicht mehr von der ungleichen Brechbarkeit der Lichtſtralen her, ſondern daher, daß ſphäriſche Linſen von merklicher Oeffnung die auf ihre ganze Oberfläche fallenden Lichtbündel nicht mehr vollkommen in einen einzigen Brennpunct vereinigen.

Endlich zeigt ſich auch die abſolute Größe der Zerſtreuung, zwiſchen zwei beſtimmten Farben gemeſſen, eben ſo veränderlich, als das Geſetz ſelbſt, nach welchem die verſchiedenen Stralen ſich in jedem Spectrum folgen. Dies erhellt bei unſerm Verfahren deutlich aus der verſchiedenen Beſchaffenheit der farbigen Säume, welche man erhält, wenn man verſchiedene Subſtanzen durch einander compenſirt.

Vergleicht man auf dieſe Weiſe Subſtanzen, deren brechende Kräfte ſehr ungleich ſind, ſo findet man dieſelbe Ungleichheit auch in ihren zerſtreuenden Kräften und zwar in der Art, daß die Subſtanzen von dem ſtärkſten Brechungsvermögen auch die ſtärkſte zerſtreuende Kraft beſitzen. So bringt das Bleioxyd, wenn es in die Zuſammenſetzung des Glaſes eingeht, eine beträchtliche Vermehrung ſeiner zerſtreuenden Kraft hervor, und damit zugleich ſeiner brechenden Kraft, obwohl in einem geringern Verhältniß. Unter allen Subſtanzen, die wir, Cauchoix und ich, unterſuchten, ſchien uns die, in der Chemie unter dem Namen Schwefelkohlenſtoff bekannte, Subſtanz die größte zerſtreuende Kraft zu beſitzen. Die Zerſtreuung, die ſie hervorruft, iſt zehnmal ſo groß als die des Waſſers unter gleichen Umſtänden; auch ſind die brechenden Kräfte ſowohl des Schwefels als der feſten Kohle ſehr beträchtlich. Dieſes Entſprechen zwiſchen den Zunahmen der Brechung und denen der Zerſtreuung iſt jedoch keineswegs allgemein, zumal, wenn die Brechungsverhältniſſe wenig von einander unterſchieden ſind. Das ätheriſche Zitronen- und Terpentinöl, die Salzſäure, rein oder mit ſalzſaurem Queckſilber-Ammonium geſättigt, beſitzen ein ſtärkeres Zerſtreuungsvermögen bei einem ſchwächern Brechungsvermögen, als das Crownglas, wie wir uns überzeugt haben. Bei vielen andern Subſtanzen zeigt ſich gleichfalls ein ſolches umgekehrtes Verhältniß; und die Beziehungen der zerſtreuenden Kräfte der Körper zu ihrer chemiſchen Zuſammenſetzung ſcheinen ſomit noch weit ſchwerer vorauszubeſtimmen, als die ihrer brechenden Kräfte.

Johann Dollond, ein berühmter engliſcher Optikus, war der erſte, der durch Verſuche Newtons Irrthum nachwies, wenn dieſer behauptete, daß ſich keine genau achromatiſche Compenſation erhalten laſſe, ohne zugleich die Brechungen zu compenſiren. Eulern war ſchon die Vermuthung einer ſolchen Möglichkeit aufgeſtiegen, da er in Betracht zog, daß ſie wenigſtens mit großer Annäherung im Baue des Auges verwirklicht ſey. In der That vereinigt dieſes, wenn es recht gut organiſirt iſt, alle Stralen, die es bricht, auf dem Hintergrunde der Netzhaut, und malt die Bilder mit ihren eigenthümlichen Farben darauf, wovon man ſich überzeugen kann, indem man den hintern Theil des Auges ſeiner Hüllen entkleidet, und von hinten durch die Netzhaut die Bilder, die ſich darauf malen, betrachtet. Dieſe Bemerkung an einem ſo zuſammengeſetzten Organe gemacht, reichte jedoch nicht hin, die wahren Principien, auf welchen die Compenſation der Zerſtreuungen beruht, aufzuhellen. Euler gab mehrere hypothetiſche Geſetze an, welche zu dieſem Zweck zu führen vermochten. Bei Prüfung derſelben kam Dollond darauf, den Newtonſchen Verſuch über die Compenſation durch Prismen aus verſchiedenem Stoff zu wiederholen; und da Zufall oder ein glücklicher Gedanke ihn darauf brachte, ſehr verſchiedene, wie Crownglas und Flintglas, in dieſer Hinſicht zu prüfen, ſo erkannte er, daß die, vom Crownglaſe hervorgebrachte, Brechung noch vorwog, wenn die Winkel der Prismen ſo beſchaffen waren, daß die Färbung für compenſirt gelten konnte. Indem nun Dollond nach dieſem Verhältniß die Ränder concaver und convexer Linſen, die er aus dieſen beiden Subſtanzen verfertigt hatte, einrichtete, glückte es ihm achromatiſche Objectivgläſer zu erhalten; welches eine ausnehmende Vergrößerung der Oeffnungen geſtattete, bei denen man bis dahin hatte ſtehen bleiben müſſen. Obwohl dieſe Entdeckung ſeitdem ſehr benutzt worden iſt, ſo hat man ſich doch eine Vervollkommnung derſelben nicht ſehr angelegen ſeyn laſſen, vielmehr begnügte man ſich gewöhnlich, die von Dollond angegebenen Verhältniſſe zur Compenſation anzuwenden, ſelbſt wo ſie nicht mehr anwendbar waren; und wenn wegen der großen Verſchiedenheit der Subſtanzen die Nothwendigkeit, davon abzugehen, zu dringend wurde, ſo nahm man ſeine Zuflucht zu zeitraubenden und unangemeſſenen Verſuchen, um die rechten Verhältniſſe zu treffen. Dies veranlaßte uns, Cauchoix und mich, zu dieſem Zweck ein genaues Verfahren aufzuſuchen, wie wir es oben beſchrieben haben.

Viertes Capitel.

Von der Farbenzerſtreuung, welche die ungewöhnliche Brechung begleitet, und der Trennung der Axen der doppelten Brechung in Bezug auf die verſchiedenen einfachen Stralen.

Ich habe auf S. 352 angemerkt, daß in den, mit doppelter Brechung begabten, Kryſtallen das ungewöhnliche Bild im Allgemeinen eben ſo wohl farbig iſt, als das gewöhnliche; ein Beweis, daß die ungewöhnlichen Geſchwindigkeiten für die verſchiedenen einfachen Stralen bei gleichem Einfallswinkel ungleich ſind, wie es auch nach der bloßen Analogie ſchon vorauszuſehen war; dabei iſt aber leicht zu erweiſen, daß die hievon abhängende Zerſtreuungsart im Allgemeinen weit verwickelter ſeyn muß, als bei den Bildern, die durch Stralen von beſtändiger Geſchwindigkeit hervorgebracht werden.

Größerer Einfachheit halber wollen wir uns auf Betrachtung der einaxigen Kryſtalle beſchränken. Nennt man nun v die gewöhnliche Geſchwindigkeit und U den Winkel, den der ungewöhnliche Stral mit der einen Axe bildet, ſo ergiebt ſich, wie oben gezeigt, die ungewöhnliche Geſchwindigkeit v′ aus der Formel

$$v'^2 = v^2 + k \sin^2 U,$$

in welcher k einen, jedem Kryſtall beſonders eigenthümlichen, beſtändigen Coefficienten bedeutet, der in einigen poſitiv, in den andern negativ iſt. Nun ergiebt ſich aus den Erſcheinungen, daß dieſer Coefficient im Allgemeinen für die verſchiedenen einfachen Stralen merklich verſchiedene Werthe hat, die mit ihrer Brechbarkeit zunehmen. Ihre Veränderungen, oder vielmehr die davon abhängigen des Products $k \sin^2 U$ ſetzen ſich alſo mit denen des Quadrats der gewöhnlichen Geſchwindigkeit zuſammen, um v′ zu geben, und da die Werthe von v ebenfalls mit der Brechbarkeit der Stralen zunehmen, ſo erhellt, daß, wenn der Coefficient k poſitiv iſt, wie in allen Kryſtallen mit anziehender Axe, beide Urſachen zur Veränderung der ungewöhnlichen Geſchwindigkeit zuſammenwirken, ſich dagegen wechſelſeitig bekämpfen, wenn k negativ iſt, wie in den Kryſtallen mit abſtoßender Axe. In letzterm Falle wird es alſo geſchehen können, daß ſie ſich ganz oder faſt ganz aufheben; wo dann das ungewöhnliche Bild, obwohl ſehr ſtark gebrochen, doch ohne merkliche Färbung erſcheinen kann. In der That hat dieſe merkwürdige Erſcheinung in den Rhomboiden des Isländiſchen Spaths Statt, wenn der einfallende Stral, SI, Fig. 78., nach der ſpitzen Ecke B′ gerichtet iſt, weil dann die gewöhnliche Brechung das Spectrum ſo zu zerſtreuen ſtrebt, daß die brechbarſten Stralen dem Einfallslothe genähert werden, während die, von der Axe IA' ausgehende, Abſtoßungskraft ihre Zerſtreuung nach der entgegengeſetzten Richtung zu bewerkſtelligen ſtrebt. Malus hat gefunden, daß dieſe beiden entgegengeſetzten Urſachen ſich ausgleichen, wenn der Einfallswinkel ungefähr 40° beträgt. Dann bleibt blos das gewöhnliche Bild zerſtreut, das ungewöhnliche aber, obwohl ſtark gebrochen, erſcheint nicht merklich farbig.

Ich habe auch auf S. 353 angegeben, daß einer ſehr ſchönen Entdeckung Herſchels des Sohns zufolge, die Axen der doppelten Brechung in den Kryſtallen nicht immer allen Arten einfacher Stralen gemein ſind, ſondern verſchiedene, ungleich für dieſe verſchiednen Stralen gegen einander geneigte, Lagen haben. Dieſe Axenzerſtreuung iſt bisher nur in den zweiaxigen Kryſtallen beobachtet worden, auch kann ſie, wie leicht erhellt, in den andern nicht Statt finden, eben wegen der Bedingung der Symmetrie der Flächen, an welche das Daſeyn einer einzigen Axe gebunden iſt (S. 354). Aus dem nämlichen Grunde ſind in den Kryſtallen mit zerſtreuten Axen alle Axenpaare in einer und derſelben Ebene begriffen, und haben eine und dieſelbe Zwiſchenlinie gemein. Die Richtung der Zerſtreuung aber iſt keinem Geſetz unterworfen. In manchen Kryſtallen, wie dem ſchwefelſauren Baryt (Schwerſpath), dem ſalpeterſauren Kali (Salpeter), dem Arragonit, dem Zucker, dem unterſchwefligſauren Strontian, ſind die Axen der rothen Stralen weniger gegen einander geneigt, als die den violetten zugehörigen. Das Umgekehrte findet Statt im Borax, dem Sibiriſchen Glimmer, der ſchwefelſauren Magneſie (Bitterſalz), dem weißen Topas, dem weinſteinſauren Kali-Natrum. Vorzüglich in letzterm Salze iſt die Erſcheinung auffallend. Nach Herſchel beträgt hier die Neigung der Axen 55° 14′ für die violetten und 75° 42′ für die rothen Stralen, beide an den Enden des Spectrums genommen. Begreiflich müſſen dieſe Verſchiedenheiten in der Lage und den Winkeln auf den Gang der gebrochenen Stralen, wie er nach dem, S. 352 erörterten, Geſetze berechnet wurde, von Einfluß ſeyn, und man darf daher bei Kryſtallen, wo ſie merklich ſind, nicht unterlaſſen, die Art Stralen beſonders zu beſtimmen, auf welche man die Formeln anwenden will. Offenbar müſſen dieſe Umſtände die Erſcheinung der Zerſtreuung in den zweiaxigen Kryſtallen noch verwickelter machen. Jedoch war dies nicht der Umſtand, der Herſcheln zur Entdeckung dieſer Zerſtreuung der Axen führte. Das weinſteinſaure Kali-Natrum, wo ſie ſo beträchtlich iſt, hat nur eine ſo ausnehmend ſchwache doppelte Brechung, daß ſie kaum meßbar iſt; und in den bis jetzt bekannten Kryſtallen, wo die doppelte Brechung am ſtärkſten iſt, ſind die Axen im Allgemeinen ſehr wenig zerſtreut; allein die Erſcheinung ihrer Zerſtreuung wird, unabhängig von der Verdoppelung der Bilder, durch gewiſſe Farbenerſcheinungen ſehr bemerklich gemacht, von denen ich weiterhin ſprechen werde; und hiedurch wurde Herſchel zur Entdeckung derſelben geleitet.

Fünftes Capitel.

Von den dioptriſchen Inſtrumenten, welche aus einer Verbindung mehrerer Gläſer gebildet werden.

Selbſt die zuſammengeſetzteſten dioptriſchen Inſtrumente laſſen ſich im Weſentlichen als aus zwei Gläſern beſtehend anſehen. Das erſte, welches den Namen des Objectivglaſes oder Vorderglaſes führt, erhält das Licht unmittelbar vom Gegenſtande, und bringt ein Bild deſſelben in ſeinem Brennpunct hervor. Das zweite, welches man das Ocularglas oder Augenglas, auch ſchlechthin Ocular (wenn es aus einem Glaſe beſteht, einfaches, beſteht es aus einer Verbindung mehrerer Gläſer, zuſammengeſetztes Ocular) nennt, wird nahe am Auge angebracht, und dient zur Betrachtung dieſes Bildes, welches, je nach den Brennweiten beider Gläſer, und der Stelle, die man ihnen giebt, aufrecht oder umgekehrt, verkleinert oder vergrößert erſcheint. Vervollkommt wird dieſe erſte Einrichtung dadurch, daß man das Ocularglas durch zweckmäßige Verbindung mehrerer Gläſer erſetzt, und das Objectivglas achromatiſirt, wofern es möglich iſt. Man gewinnt hiedurch an Klarheit im Sehen und an Vergrößerung; die Einrichtung kommt aber auf dieſelben Grundſätze wie bei dem einfachen Fall zurück, auf den man mithin alle andere Fälle zurückzuführen hat. Wie auch Zahl und Krümmung der Gläſer, welche in die Zuſammenſetzung eines dioptriſchen Inſtruments eingehen, beſchaffen ſeyn mögen, immer müſſen ſie genau auf der nämlichen Axe angeordnet und feſt in ein Rohr eingefügt ſeyn, welches aus mehrern Stücken beſteht, die ſich in einander ſchieben laſſen, um den Abſtand des Ocularglaſes vom Objectivglaſe verändern zu können. Dieſes Rohr muß inwendig geſchwärzt ſeyn, um alles Licht zu verſchlucken, welches in ſchiefer Richtung anlangend auf ſeine Wände fallen könnte. Denn blos dasjenige, was faſt in der Richtung der gemeinſchaftlichen Axe der Linſen einfällt, kann mit Vortheil zum Sehen dienen. Auch bringt man, um dies noch reiner darzuſtellen, im Innern des Rohrs kreisförmige geſchwärzte Blendungen an, die vermöge ihrer Undurchſichtigkeit die zu ſchiefen Stralen aufhalten; ſo daß ſich im Allgemeinen alle dieſe Inſtrumente als wahre finſtre Zimmer anſehen laſſen, deren Inneres ſehr klein und deren Feld ſehr beſchränkt iſt. Dieſe letztere Beſchränkung wird durch die Vergrößerung nothwendig gemacht, die das Bild erfahren ſoll; indem es, wenn es nicht ſehr kleine Dimenſionen hätte, zu ſehr verunſtaltet werden würde.

Jede Art Inſtrument iſt eigens zu einem beſondern Zweck eingerichtet: die einen ſind dazu beſtimmt, ſehr kleine Gegenſtände ganz aus der Nähe mit ſtarker Vergrößerung ihrer Bilder zu Geſicht zu bringen; dies ſind die Mikroſkope; die andern dagegen haben den Zweck, entfernte Gegenſtände unter einem größern Winkel als beim einfachen Sehen und mit gleicher Deutlichkeit erſcheinen zu laſſen; dieſe nennt man Teleſkope oder Fernröhre; (kleinere Fernröhre führen den Namen Perſpective). Alle dieſe Fälle ſind unter den nämlichen Grundgeſetzen begriffen; welche man daher nur dem beabſichtigten Zweck gemäß anzuwenden hat, indem man die, jedem Inſtrument zukommenden, Eigenthümlichkeiten berückſichtigt. Dies werden wir bei den folgenden Betrachtungen über die gebräuchlichſten und nutzbarſten dieſer Inſtrumente thun.

Vom zuſammengeſetzten Mikroſkop.

Das Objectivglas dieſes Inſtruments iſt eine kleine Linſe A_1, Fig. 121, von ſehr kurzer Brennweite, vor welche man kleine Gegenſtände $S\Sigma$ in einen Abſtand A_1P oder Δ legt, der ihre Hauptbrennweite nur ganz wenig übertrifft. Hiedurch wird hinter dieſer Linſe ein umgekehrtes Bild $f_1\ \Phi_1$ in einem Abſtand $A_1\ P_1$ oder S, der viel größer als Δ iſt, hervorgebracht; und, wenn die Größe von $S\Sigma$ durch I ausgedrückt wird, ſo hat die von $f_1\ \Phi_1$ $I\frac{S}{\Delta}$ zum Ausdruck, ſo daß dies Bild ebenfalls weit größer als der Gegenſtand $S\Sigma$ iſt. Wollte man ſich mit dieſem Grade der Vergrößerung begnügen, ſo könnte man das Bild auf einem, in f_1 Φ_1 angebrachten, mattgeſchliffenen Glaſe auffangen und es dann mit bloßem Auge betrachten. Offenbar indeß wird ſich die Vergrößerung noch verſtärken laſſen, wenn man das Auge zu dieſem Zweck mit einer Lupe A_2 bewaffnet, die man ſo anbringt, daß das Bild $f_1\ \Phi_1$ ein wenig dieſſeit ſeines Hauptfocalabſtandes fällt, denn es wird hiedurch ein zweites Bild $f_2\ \Phi_2$ hervorgebracht werden, das ebenfalls umgekehrt, aber noch größer, als $f_1\ \Phi_1$ iſt. Dann wird man des mattgeſchliffenen Glaſes nicht mehr bedürfen, welches einen großen Theil des Lichts verſchlucken würde; denn die beſondern Brennpuncte, deren Vereinigung das Bild $f_1\ \Phi_1$ ausmachte, werden für die Lupe die Wirkung eben ſo vieler weit hellerer Puncte thun. Eine ſolche, Einrichtung trifft man mit dem Ocularglaſe A_2 im zuſammengeſetzten Mikroſkop. Die beiden Linſen ſind an den Enden eines Rohrs befeſtigt, deſſen verſchiedene Theile ſich in einander ſchieben laſſen, um den Abſtand, der beide Gläſer trennt, verändern zu konnen.

Hier, wie beim einfachen Mikroſkop, iſt die ſcheinbare Vergrößerung dem Verhältniß der abſoluten Dimenſionen des Gegenſtandes $S\Sigma$ und des letzten Bildes $f_2\ \Phi_2$ gleich. Sie wächſt alſo bei übrigens gleichen Umſtänden mit der Kürze der Brennweite beider Linſen. Bei Verminderung der Brennweite $A_1\ F_1$ des Objectivglaſes wird das, hinter demſelben entſtehende, Bild $f_1\ \Phi_1$ größer bei gleichem Abſtand. Durch Verkürzung der Brennweite $A_2\ F_2$ des Ocularglaſes nimmt die Vergrößerung des Bildes $f_2\ \Phi_2$, welches durch $f_1\ \Phi_1$ hervorgebracht wird für die nämliche Weite des deutlichen Sehens zu. Der erſtern Art der Vergrößerung werden indeß Schranken geſetzt durch die Schwierigkeit einer regelmäßigen Verfertigung ſehr kleiner Linſen, die nachtheilige Wirkung größerer Einfalls- und Austrittswinkel der Stralen auf ihren Oberflächen, endlich, die ausnehmende Schwächung des Lichts, welches ſie aufzunehmen und durchzulaſſen vermögen. Dem Wachsthum der Vergrößerung, welches ſich durch Verkürzung der Brennweite des Ocularglaſes erhalten läßt, werden aber noch engere Schranken durch die Nothwendigkeit geſetzt, in der man ſich befindet, ihm hinlängliche große Dimenſionen zu laſſen. Wenn nämlich die Oberfläche des Objectivglaſes ſehr klein iſt, ſo kann von jedem Puncte des Gegenſtandes nur ein ſehr dünner Lichtpinſel durch daſſelbe gebrochen werden; ſo daß, wenn dieſer ſich in einem der Puncte des Bildes $f_1\Phi_1$ concentrirt hat, und von da von Neuem ausſtralt, er keineswegs das ganze Ocularglas zu bedecken vermag, vielmehr nur auf einen ſehr kleinen Theil ſeiner Oberfläche fällt; und wenn ſonach das Ocularglas ſo verengert iſt, daß der Pinſel gar nicht in daſſelbe eintrifft, ſo wird er ganz für das Auge verloren gehen. Das **Sehefeld** oder **Geſichtsfeld** des Inſtruments, d. h. der Raum, den man durch die Linſen, aus denen daſſelbe zuſammengeſetzt iſt, überſehen kann, wird ſolchergeſtalt durch die letzten Stralen begränzt, welche dem äußerſten Rande des Ocularglaſes begegnen; und man kann dies ſonach nicht ins Unbeſtimmte nach Willkühr verkleinern.

Man kann ſelbſt, wegen der Dünnheit der gebrochenen Pinſel das Sehefeld als durch diejenigen dieſer Pinſel begränzt anſehen, deren Axen $A_2\ f_2$, $A_2\ \Phi_2$ die Ränder des Ocularglaſes ſtreifen. Die ſchiefer anlangenden Pinſel, von denen blos ein kleiner Theil auf das Ocularglas fällt, können zu wenig Licht geben, um bei dieſer Schätzung in Betracht zu kommen, um ſo mehr, da man Sorge trägt, ſie durch eine, zwiſchen den Gläſern an der Stelle, wo das Bild $f_1\ \Phi_1$ entſteht, angebrachte Blendung auszuſchließen. Hienach wird, wenn SA_2, ΣA_2 die Axen der äußerſten Bündel vorſtellen, die Größe des Sehefeldes gleich dem Winkel $SA_2\Sigma$ oder $I_2A_2i_2$ ſeyn; ſich mithin leicht berechnen laſſen; denn, nennt man den Abſtand A_1A_2 beider Linſen h_1 und den halben Durchmeſſer $I_2\ A_2$ der zweiten Z_2, ſo wird die Hälfte dieſes Winkels oder $I_2A_1A_2$ zur trigonometriſchen Tangente das Verhältniß $\frac{Z_2}{h_1}$ haben, woraus man durch die trigonometriſchen Tafeln den Winkel ſelbſt herleiten kann.

Damit das Auge dieſes Feld ganz überſehen kann, muß es im Punct O der Axe befindlich ſeyn, nach welchem die äußerſten austretenden Bündel, und überhaupt alle die ſehr dünnen Pinſel, welche von den verſchiedenen Puncten des letzten Bildes $f_2\ \Phi_2$ herkommen, zuſammenlaufen. Dies erfordert alſo, daß die Entfernung dieſes Bildes vom Punct O genau der Weite D gleich ſey, in welcher deutliches Sehen Statt hat. Jeder Beobachter gelangt zur Erfüllung dieſer Bedingung, indem er, je nach ſeiner Sehweite, den Abſtand h_1 beider Linſen, oder den Abſtand Δ des Gegenſtandes verändert, wodurch zugleich die Vergrößerung, die das Inſtrument hervorbringt, und ſein Sehefeld abgeändert wird. Hat das Auge einmal ſeine Stellung am gehörigen Punct in O gefunden, ſo überſieht es das ganze Sehefeld, und würde es auch noch dann überſehen, wenn ſelbſt die Pupille nur eine unendlich kleine Oeffnung hätte. In dieſem Fall aber würde es, ſo wie es nur um ein Weniges aus dieſem Punct wiche, faſt weiter keine Stralen mehr wahrnehmen, als die in der Axe anlangten, und das Geſichtsfeld würde verſchwinden, anſtatt, daß die merkliche Größe der Pupille ein weit leichteres Sehen geſtattet, indem ſie das Auge in den Stand ſetzt, auch dann noch, wenn es ſich nicht genau im Punct O befindet, das größtmögliche Sehefeld zu umfaſſen.

Unterwirft man die verſchiedenen beſondern Umſtände dieſer Einrichtung den allgemeinen Formeln, welche den Gang eines Lichtſtrals durch mehrere, auf derſelben Axe angeordnete, ſphäriſche Gläſer ausdrücken, ſo erhält man die genauen Maßbeſtimmungen für alle die ſo eben angegebenen Erſcheinungen. Doch laſſen ſich dieſelben, auch ohne Berechnung, durch Verſuche finden.

Was zuvörderſt die Größe des Sehefeldes betrifft, ſo läßt ſie ſich unmittelbar dadurch beſtimmen, daß man die Gränzen des Raums, den man bei einem bekannten Abſtand A_1P überſehen kann, ziebt. Die Vergrößerung anlangend, ſo iſt zu ihrer Meſſung eine etwas nähere Kenntniß der Einrichtung des Mikroſkops erforderlich, die ich im Folgenden geben will.

Der Körper des Mikroſkops iſt in der Regel aus drei Röhren zuſammengeſetzt, die in einander hineintreten, Fig. 122. Das obere GE, in welchem das Ocularglas befeſtigt iſt, und welches aus dieſem Grunde den Namen des Ocularrohrs (porte-oculaire) führt; läßt ſich mit ſtarker Reibung im Rohr FC verſchieben; welches wieder für ſein Theil in das untere Rohr BA, eingeſchoben werden kann, an deſſen unterm Ende das Objectivglas A, mit Schrauben befeſtigt iſt; daher es auch den Namen des Objectivrohrs (porte-objectif) führt.

Man nehme nun das Ocularrohr GE weg, und bringe nach DD eine kreisförmige Blendung von bekanntem Durchmeſſer, ſetze darauf das Ocularrohr wieder ein, und ſchiebe es ſo tief herab, daß man die Ränder der Blendung deutlich erblickt. Dann findet ſich dieſe genau an dem nämlichen Punct, wohin das, vom Objectivglas hervorgebrachte, Bild der Gegenſtände fallen muß, um durch das Ocularglas deutlich geſehen zu werden. Gewöhnlich iſt der Blendung DD im Rohr FC eine feſte Stelle gegeben; und man bewerkſtelligt durch Ausziehen oder Einſchieben des Rohrs GE den, für die verſchiedenen Geſichtsweiten erforderlichen, Abſtand zwiſchen dem Ocularglaſe und der Blendung.

Noch iſt zu wiſſen nöthig, daß ſich vor dem Objectivglaſe A, ein doppelter kreisförmiger Ring von Metall SS (Objectenträger) befindet, auf welchen man die kleinen Gegenſtände legt, die man mit dem Mikroſkop betrachten will, oder richtiger geſprochen, man befeſtigt dieſelben auf einem Glasſtreifen, den man zwiſchen die beiden Theile dieſes Ringes einſchiebt. Das Geſtelle des Inſtruments iſt ſo eingerichtet, daß man den Ring SS dem Objectivglaſe nähern oder ihn davon entfernen kann, um die Gegenſtände in den gehörigen Abſtand von dieſem Glaſe zu bringen. Um nun die Vergrößerung zu meſſen, ſchiebt man in den Ring, anſtatt eines Gegenſtandes, einen Glasſtreifen ein, auf welchem mit Diamant parallele Eintheilungsſtriche gezogen ſind, deren Zwiſchenräume man genau kennt. Mögen ſie z. B. Zehntheile von Millimetern betragen. Man nennt dies eingetheilte Glas das Objectivmikrometer (micromètre-objectif). Iſt es an ſeine Stelle gebracht, ſo ſchiebt man erſt das mittlere Rohr FC bis an einen feſten Haltepunct ein; und, ohne weiter an das Ocularrohr zu rühren (d. h. ohne es aus der Stelle, die es im Rohr FC hat, und in welcher die Ränder der Blendung am deutlichſten erſcheinen, zu bringen), erhebt und ſenkt man dann den ganzen Körzer GFC des Inſtruments, bis das Bild der, auf dem Objectivmikrometer verzeichneten, Eintheilungen durch das Ocularglas mit der größten Deutlichkeit erſcheint. Dies Bild findet ſich alſo dann in der Blendung DD enthalten, weil blos die hier befindlichen Gegenſtände durch das Ocularglas deutlich erſcheinen. Man zählt, wie viel Abtheilungen davon befaßt werden. Geſetzt die Zahl derſelben ſey m und der wahre Durchmeſſer der Blendung M; ſo werden hienach m, durch das Objectivglas vergrößerte, Abtheilungen M an Größe gleich ſeyn. Mithin iſt die Vergrößerung, welche das Objectivglas, bei dieſer Entfernung der Blendung, hervorbringt, $\frac{M}{m}$. Geſetzt z. B., das Objectivmikrometer ſey in Zehntheile von Millimetern abgetheilt, und der Durchmeſſer der Blendung betrage 10 Millimeter. Nachdem das Inſtrument auf den richtigen Punct des deutlichen Sehens gebracht iſt, ſo enthalte der Durchmeſſer DD 20 parallele Abtheilungen; d. i. 20 Zehntheile von Millimetern, die durch die vergrößernde Eigenſchaft des Objectivglaſes zu 10 Millimetern oder 100 Zehntheil-Millimetern werden. Mithin iſt die Zahl, welche die, durch das Objectivglas bei dieſem Abſtand der Blendung hervorgebrachte, Vergrößerung ausdrückt, $\frac{100}{20}$ d. i. 5: wonach das, hinter dem Objectivglaſe entſtehende, erſte Bild $f_2\ \Phi$, im Allgemeinen 5mal ſo groß iſt, als der Gegenſtand, von dem es herrührt.

Die Vergrößerung nun, welche das Ocularglas an dieſem Bilde $f_2\ \Phi$, hervorbringt, wird man nach den Grundſätzen, welche für eine einfache Lupe dienen, aus ſeiner Brennweite und der Weite des deutlichen Sehens, durch Umkehrung der, auf S. 291 gegebenen, Regel berechnen. Die Totalvergrößerung, welche das zuſammengeſetzte Mikroſkop gewährt, wird ſonach das Product dieſer beiden partiellen Vergrößerungen ſeyn. Wenn z. B. der Gegenſtand in der Lage, worin er ſich befindet, durch das Objectivglas allein 5mal und ſein Bild dann noch durch das Ocularglas um das Zehnfache vergrößert wird, ſo wird die zuſammengeſetzte Vergrößerung dem Product von 5 in 10, d. i. 50 gleich ſeyn.

Jedes, ſo berechnete, Vergrößerungsverhältniß gilt immer nur für den Abſtand A, in welchen der Gegenſtand vor das Objectivglas gebracht iſt; nimmt zu mit der Annäherung deſſelben an den Hauptbrennpunct F, ab mit Entfernung davon; denn im erſten Fall rückt das Bild $f_2\ \Phi$, weiter vom Objectivglas A, zurück, nähert ſich ihm dagegen mehr im zweiten. In beiden Fällen wird man, wenn man das Ocularrohr unverrückt laſſen will, das Mittelſtück FC bewegen müſſen, um das Rohr in dem Grade zu verlängern oder zu verkürzen, daß das neue Bild immer zwiſchen die Ränder der Blendung DD fällt, und ſich ſo in dem beſtändigen Abſtand befindet, welcher für das deutliche Sehen erforderlich iſt. Man könnte für jede dieſer neuen Lagen die Beſtimmung der Vergrößerung, welche das Objectivglas hervorbringt, wiederholen; doch hat man dies nicht nöthig, indem die Berechnung zeigt, daß für eine und die nämliche Geſichtsweite die Werthe der Totalvergrößerung dem Abſtand, der ſich zwiſchen dem Objectivglaſe und Ocularglaſe befindet, weniger der Brennweite des letztern, für proportional geſetzt werden können. Man wird alſo nur dieſe Weiten bei dem erſten Verſuche, nachdem man das Mittelſtück FC bis dahin eingeſchoben hat, wo man es ruhig läßt, zu meſſen, und dann auf dem Rohr eine gleich abgetheilte Eintheilung, welche den Grad ſeiner Verlängerung für alle andern Fälle anzugeben dient, zu verzeichnen haben, um nach dem aufgeſtellten Verhältniß die Vergrößerung, welche das Mikroſkop zuwege bringt, herleiten zu können. Oder man kann auch, wenn man will, die Vergrößerungszahlen gleich auf dem Rohr ſelbſt neben eine gewiſſe Anzahl Eintheilungsgrade ſtechen laſſen, die einander ſo nahe liegen, daß die dazwiſchen fallenden Vergrößerungen ſich als bloße Mittelzahlen berechnen laſſen. Da aber dieſe Werthe von der gemeinſchaftlichen Wirkung des Objectivglaſes und Ocularglaſes abhängen, ſo werden ſie nach Verſchiedenheit des Geſichts ſich auch proportional den Weiten des deutlichen Sehens verändern, weil man, um das Inſtrument dieſen verſchiednen Sehweiten anzupaſſen, den Abſtand des Ocularglaſes von der Blendung zu vergrößern oder zu verkleinern hat; ſo daß ſomit das nämliche Inſtrument für Weitſichtige immer eine ſtärkere Vergrößerung als für Kurzſichtige gewähren wird, wie auch bei den einfachen Vergrößerungsgläſern der Fall war.

Iſt das Mikroſkop einmal auf die hier beſchriebene Weiſe regulirt, ſo läßt es ſich auch anwenden, die abſoluten Dimenſionen kleiner Gegenſtände zu finden; und zwar giebt es ſeine Reſultate hier nicht ohne Genauigkeit. Man könnte zuvörderſt dieſe Gegenſtände auf das Objectivmikrometer legen, und mit dem Mikroſkop beobachten, wieviel Abtheilungen es davon bedeckt. Allein die Dicke dieſer Gegenſtände, wie klein man ſie auch annehmen mag, iſt doch immer von außerordentlichem Einfluß auf den Ort ihres Bildes, wegen der Nähe, in der ſie ſich am Hauptbrennpunct der Objectivlinſe finden; ſo daß man ſie durch das Ocularglas faſt nie zu gleicher Zeit deutlich mit den Abtheilungen des Mikrometers, auf welchem ſie ruhen, zu erblicken vermag. Um dieſen Uebelſtand zu umgehen, bringt man ein andres Mikrometer im Innern des Mikroſkops ſelbſt, genau an der Stelle an, wo man das erſte Bild erhält, d.h. auf der Blendung DD, welche dem Brennpunct des Ocularglaſes entſpricht. Dann läßt ſich leicht beobachten, wieviel Abtheilungen das Bild des Gegenſtandes auf dieſem innern Mikrometer einnimmt. Dieſe Zahl, dividirt durch die Vergrößerung, welche das Objectivglas allein, für ſeinen, in dieſem Fall Statt findenden, Abſtand vom Bilde $f_2 O_2$, d. h. vom Mikrometer hervorbringt, giebt die abſolute Größe des Gegenſtandes.

Alles dies iſt ſchon vor längerer Zeit von Charles ausgeführt worden. Es würde die Gränzen dieſes Lehrbuchs überſchreiten, alle andern Vervollkommnungen, die dieſer geſchickte Beobachter gleichfalls angebracht hat, hier näher zu beſchreiben; dagegen werden einige Bemerkungen, wie man mit dem Mikroſkop umzugehen hat, um ſich deſſelben mit Vortheil bedienen zu können, hier nicht am unrechten Orte ſtehen.

Ein unumgängliches Erforderniß iſt zuvörderſt eine ſtarke Beleuchtung der zu beobachtenden Gegenſtände. Da dieſe faſt nie ſelbſtleuchtend ſind, ſo ſenden ſie direct ſehr wenig Strahlen aus, von denen nur eine ſehr geringe Zahl ins Mikroſkop gelangt; wegen der geringen Oeffnung, die man den Objectivlinſen zu geben genöthigt iſt. Wollte man ſich alſo begnügen, dies wenige Licht aufzufangen, ſo würden die Bilder ſo ſchwach erſcheinen, daß man ſie kaum wahrnehmen könnte, wofern ſie durch die Vergrößerung nur um etwas ausgedehnt würden. Deshalb beleuchtet man die Gegenſtände ſtark, indem man auf ſie das gewöhnliche Sonnenlicht durch Zurückwerfung von einem mäßig concaven Spiegel oder das Licht einer Kerze mittelſt eines Collectivglaſes fallen läßt. Sind ſie undurchſichtig, ſo erhellt man ſie auf dieſe Art von Oben; ſind ſie aber durchſichtig, ſo läßt man das Lichtbündel gewöhnlich von Unten darauf fallen; ich ſage, gewöhnlich, denn es giebt Fälle, wo es vortheilhafter iſt, dem Licht eine andre Richtung zu geben. Will man z. B. die Abtheilungen des Objectivmikrometers beobachten, um das Vergrößerungsverhältniß auszumitteln, ſo kann man ſie nicht beſſer zu Geſicht bringen, als wenn man das zurückgeworfene Licht in ſchiefer Richtung darauf fallen läßt; dann erſcheinen ſie ſchwarz auf dem Glaſe, auf welchem ſie verzeichnet ſind. Man hat ſolche Mikrometer, die bis auf 100 ſichtbare Striche in der Ausdehnung einer Linie des alten franzöſiſchen Fußmaßes enthalten.

Eine andre unerläßliche Vorſichtsmaßregel iſt, im Innern des Inſtruments ſelbſt Blendungen anzubringen, welche das Sehfeld beſchränken, und den ganzen Theil der Bilder wegfallen machen, welcher zu undeutlich begränzt ſeyn würde. Denn bei allen bisher angeſtellten Betrachtungen haben wir die Einfalls- und Austrittswinkel für unendlich klein angenommen. Dies ſind ſie aber nicht in der Wirklichkeit, und zwar um ſo weniger, je mehr Oeffnung man den Linſen giebt. Hier hat die Concentration der Strahlen in einem einzigen Vereinpuncte, die Regelmäßigkeit der entſtehenden Bilder, ihre vollkommene Uebereinſtimmung mit dem Gegenſtande, und Alles, was ſonſt noch von ſehr kleinen Einfallswinkeln abhängt, nur annäherungsweiſe, und zwar mit deſto geringerer Annäherung Statt, je mehr Oeffnung die Gläſer erhalten. Dieſe Abweichungen darf man nur ſo weit treiben, daß das Sehen nicht zu ſehr dadurch leidet; und man entſpricht ſeiner Abſicht dadurch, daß man das Sehefeld durch Blendungen von verſchiedener Weite, je nachdem ſie ſich nöthig machen, beſchränkt; wovon man ein einfaches Mittel hat, das Bild von alle dem zu entkleiden, was der Reinheit ſeiner Umriſſe Eintrag thun könnte.

Der Dr. Brewſter hat eine ſehr ſinnreiche Anwendung vom Mikroſkop zur Meſſung der Brechungsverhältniſſe tropfbarflüſſiger ſo wie einer großen Menge halb feſter Körper, wie des Wachſes, elaſtiſchen Gummi's u. ſ. w., welche in Maſſe undurchſichtig ſind, hinlänglich verdünnt aber durchſcheinend oder ſelbſt durchſichtig werden, gemacht. Zu dieſem Zweck befeſtigt er vor der Objectivlinſe und faſt in Berührung mit ihr eine ganz dünne Glasplatte mit parallelen Flächen, bringt das Mikroſkop auf den erforderlichen Abſtand, um durch dies Syſtem die Striche des Objectivmikrometers deutlich erblicken zu können, und läßt dann zwiſchen die Glasplatte und Linſe einen Tropfen der Flüſſigkeit treten, deren Brechung er unterſuchen will, oder, wenn er es mit einer feſten Subſtanz zu thun hat, ſo trennt er ein ganz dünnes Blättchen davon ab, und drückt es ſtark zwiſchen dies Glas und die Linſe, bis es ſich ganz nach deren Oberfläche abformt. Hiedurch erhält ſonach die gedrückte Subſtanz völlig die Geſtalt eines zerſtreuenden Meniskus *), deſſen vordere Fläche eben iſt, die hintere aber die nämliche Krümmung hat, als die vordere Fläche der Objectivlinſe. Dadurch daß die Strahlen noch durch die ſo geformte Subſtanz hindurchgehen müſſen, wird nothwendig der Abſtand vergrößert, in welchem das Bild des Gegenſtandes hinter der Objectivlinſe entſteht; ſo daß man, wenn man das Objectivmikrometer in dem nämlichen Abſtand vor dem Mikroſkope läßt, die Röhren dieſes ausziehen muß, um das Bild deutlich in der Blendung zu erblicken; oder, was von derſelben Wirkung iſt, man muß den Abſtand des Gegenſtandes von der Objectivlinſe vergrößern, ohne an der Länge des Körpers des Mikroſkops etwas zu ändern. Die Größe, um welche dieſe Verlänge-

---

*) Meniskus heißt eine Linſe, die auf einer Seite hohl, auf der andern erhaben iſt, doch ſo, daß der Halbmeſſer der erhabenen Seite kleiner iſt als der Halbmeſſer der hohlen.

rung vorzunehmen iſt, hängt von der Krümmung der Objectivlinſe und der Beſchaffenheit der zwiſcheneingebrachten Subſtanz ab. Iſt die Krümmung bekannt, ſo ergiebt ſich daraus die Herleitung des Brechungsverhältniſſes der Subſtanz. Iſt ſie nicht bekannt, was man immer beſſer voraus ſetzt, ſo bringt man erſt einen Tropfen reinen Waſſers zwiſchen ein, deſſen Brechungsverhältniß bekannt, und zwar nach **Newton** gleich $\frac{529}{396}$ oder 1, 33586 iſt; beobachtet die Verlängerung, die hiedurch nothwendig gemacht wird, und leitet dann durch Vergleichung derſelben mit derjenigen, welche die eigentlich zu unterſuchende Subſtanz erfordert, das Brechungsverhältniß her, das dieſelbe in Vergleich mit dem Waſſer hat. Die Anwendung dieſes Verfahrens verlangt eine große Geſchicklichkeit, indem ſeine Genauigkeit von der mehrern oder mindern Sicherheit abhängt, mit welcher man das Bild in die Blendung bringt, blos durch die Bedingung geleitet, daß es hier mit der größten Deutlichkeit erſcheint. Jedoch kann man ſehr großen Nutzen davon ziehen, theils bei Subſtanzen, die nur durchſichtig werden, wenn ſie auf dünne Blättchen reducirt ſind, theils bei Flüſſigkeiten, von denen man ſich nur ſehr geringe Mengen verſchaffen kann, indem ein einziger Tropfen zur Beobachtung hinreicht[1].

Hinzufügung des zweiten Ocularglaſes. Einrichtung der achromatiſchen Oculare.

Die Unvollkommenheiten des Mikroſkops hängen großen Theils vom Mangel an Achromatiſmus ab, der um ſo unerträglicher wird, je weiter man die Vergrößerungen treiben will. Leider kann eine voll-

---

[1] Da ich von dieſer Verfahrungsart in meinem größern Werke nicht geſprochen habe; ſo will ich hier die mathematiſche Formel dafür geben, ſie auf den Fall beſchränkend, wo man blos die Entfernung des Gegenſtandes von der Linſe verändert, um das Bild in die Blendung zurückzuführen, ohne die Röhren des Mikroſkops auszuziehen, welches für die gewöhnlichſten Inſtrumente thunlich iſt. Nennen wir alſo Δ den Abſtand des Gegenſtandes von der Objectivlinſe, wenn nur Luft zwiſchen ihr und der kleinen Glasplatte befindlich iſt; Δ', den Abſtand, in den Δ verwandelt werden muß, wenn man zwiſchen Glas und Linſe ſtatt der Luft einen Meniscus von reinem Waſſer einbringt, und Δ'' den analogen Werth, wenn die Subſtanz, deren Brechungsverhältniß n zu beſtimmen iſt, dazwiſchen gebracht wird, ſo werden wir haben

$$n = 1 + 0{,}33586 \frac{(\Delta'' - \Delta).\ \Delta'}{(\Delta' - \Delta)\ \Delta''}$$

lige Correction deſſelben nicht Statt finden, weil ſich nicht daran denken läßt, Linſen von einer Kleinheit, wie ſie das Mikroſkop erfordert, zu achromatiſiren. Jedoch kann man ihn ſehr durch ein Mittel vermindern, welches die Erfahrung den Praktikern kennen gelehrt hatte, bevor noch die Theorie Rechenſchaft von ſeiner Wirkung gab, und die vortheilhafteſte Anwendungsart deſſelben finden ließ.

Dies Mittel beſteht darin, im Innern des Mikroſkops ſelbſt, hinter oder vor dem erſten Bilde $f_1 \Phi_1$, ein drittes Collectivglas von gehörig angemeſſener Brennweite anzubringen, wo dann der Gang der Stralen ſo iſt, wie ihn Fig. 123 und Fig. 124 darſtellt. Die erſte Einrichtung, Fig. 123, iſt von Campani, die andre, Fig. 124, von Ramsden angegeben worden.

Dieſes Glas, welches den Namen des zweiten Augenglaſes oder zweiten Oculars führt, iſt von allgemeiner Anwendung bei allen dioptriſchen Inſtrumenten. Der gleich in die Augen fallende Nutzen deſſelben iſt, die, durch das Objectivglas auseinandergebrochenen, Bündel zu ſammeln, in einen kleinern Raum zu concentriren, das Bild dadurch in ſchärfern Umriſſen und kleiner erſchei-

---

Die Differenzen $\Delta' - \Delta, \Delta'' - \Delta$ ſind ſehr leicht am Inſtrument ſelbſt zu beobachten, indem es gewöhnlich eine ſeitliche Eintheilung trägt, mittelſt deren ſich meſſen läßt, um wie viel man den Objectenträger bei der zweiten und dritten Beobachtung verſchoben hat. Schwieriger aber würde eine genaue Beobachtung des Abſtandes Δ fallen: glücklicherweiſe läßt er ſich mit großer Schärfe dadurch finden, daß man den weit beträchtlichern Abſtand der Blendung von der Linſe mißt, und beobachtet, welche Zahl Abtheilungen des Objectiomikrometers in der, von einem gegebenen Durchmeſſer angenommenen, Blendung enthalten ſind. Das Verhältniß dieſer beiden Größen nämlich, welches die, durch das Mikroſkop hervorgebrachte, Vergrößerung mißt, drückt zugleich das Verhältniß aus, welches zwiſchen dem Abſtand der Linſe von der Blendung und vom Gegenſtande Statt hat. Woraus folgt, daß man durch Diviſion des erſten Abſtandes mit der ſo erhaltenen Vergrößerung, den zweiten oder Δ finden wird.

So z. B. betrug in einem, von Cauchoix angeſtellten, Verſuche, der Abſtand der Linſe von der Blendung 158 Millimeter: der Durchmeſſer der Blendung betrug 15^{mm}, und umfaßte $10\frac{1}{10}$ Abtheilungen des Objectiomikrometers, welche in Zehntheilmillimetern beſtanden. Hienach war die Vergrößerungszahl $\frac{150}{10,1}$ oder $\frac{1500}{101}$; und dies in 158 dividirt gab $\Delta = \frac{158.101}{1500}$ oder $\Delta = 10^{\mathrm{mm}},638$.

Nach Zwiſcheneinbringung reinen Waſſers ward eine Verlängerung von Δ um $4^{\mathrm{mm}},6$ erforderlich; bei Terpentinöl um $7^{\mathrm{mm}},8$; bei Leinöl um $8^{\mathrm{mm}},53$. Aus dieſen Datis ergiebt ſich für das Terpentinöl $n = 1,47066$; für das Leinöl $n = 1,49111$; deren erſteres Newton zu 1,47059, letzteres zu 1,48150 anſetzt. Die Irrung iſt nicht größer, als ſie Beobachtungen dieſer Art unvermeidlich mit ſich führen.

non zu laſſen, und auf dieſe Art einen größern Theil des Gegenſtandes durch ein gegebenes Augenglas zu Geſicht zu bringen. Allein es hat auch noch einen andern verborgenern Nutzen, der in dem Einfluß beſteht, welchen es auf den Achromatismus äußert.

Wenn die, von einem Gegenſtand hergekommenen, Stralen durch irgend ein Syſtem ſphäriſcher Linſen gebrochen worden ſind, ſo daß dadurch Bilder um die Axe AX, Fig. 125, entſtehen, ſo hat die ungleiche Brechbarkeit des Lichts im Allgemeinen zur Folge, daß die Vereinigungspuncte der verſchiedenfarbigen Stralen nicht in den nämlichen Abſtand fallen; ſo daß, wenn Φ_1 der Vereinigungspunct der violetten Stralen iſt, Φ_2 der der indigfarbenen, Φ_3 der der blauen und endlich Φ_7 der der rothen ſeyn wird; und in Folge deſſen wird, da die nämliche Eigenſchaft für alle, außerhalb der Axe gelegenen, ſtralenden Puncte Statt hat, in Φ_1 ein violettes Bild VV, in Φ_3 ein blaues Bild BB, in Φ_7 ein rothes Bild RR entſtehen; und die nämliche Urſach, die ſie in verſchiedene Entfernungen treten läßt, wird auch machen, daß ſie verſchiedene Dimenſionen erhalten. Bringt man nun das Auge irgends auf einen Punct der Axe nach O, um dieſe Bilder zu betrachten, ſo wird zuvörderſt ihre ungleiche Entfernung einen Uebelſtand darbieten, indem ſie verhindert, alle zugleich in der rechten Weite des deutlichen Sehens zu erblicken. Ueberdies aber wird auch die Ungleichheit ihrer Größe einen unangenehmen Eindruck auf das Auge bewirken; denn da immer eins über das andre hervortritt, ſo werden ſie die Umriſſe der Gegenſtände mit farbigen Säumen eingefaßt zeigen, die roth, violet oder mit den Zwiſchenfarben erſcheinen, je nachdem die eine oder andre dieſer Farben in Folge der Art, wie im Syſtem die Brechungen erfolgen, zum Vorherrſchen kommt. Es würde ſonach von großem Vortheil ſeyn, wenn man die Größen dieſer Bilder ſo reguliren könnte, daß ſie ihren Abſtänden vom Auge genau proportional wären, wie Fig. 126 darſtellt; denn da dies alsdann die Ränder aller auf einer und derſelben geraden Linie VRO erblickte, ſo würde es von dieſen Rändern die Empfindung aller farbigen Stralen zugleich erhalten, und die gefärbten Säume würden ſomit verſchwinden. Eine ſolche Einrichtung nun, welche ins Werk zu ſetzen eine ſehr verwickelte Aufgabe ſcheint, läßt ſich gerade aufs Einfachſte von der Welt bewerkſtelligen; und zwar iſt es eben das zweite Augenglas, welches dieſen Zweck erfüllt, wenn ſeine Brennweite und ſeine Lage in Bezug zu den andern Gläſern gehörig regulirt ſind. Dies kann nur mit Hülfe der Berechnung geſchehen; weßhalb ich hier in die Bedingungen nicht näher eingehn kann. Ich bemerke blos, daß, um den Achromatismus auf dieſe Weiſe zu bewerkſtelligen, außer dem Objectivglaſe A_1 wenigſtens noch zwei Gläſer A_2, A_3

im Inſtrument vorhanden ſeyn müſſen, indem man mit dem Objectivglaſe und einem Ocularglaſe allein hiezu keineswegs ausreicht, es ſey denn bei einer einzigen beſondern Lage des Gegenſtandes. Bei allen, künftig von uns zu machenden, Anwendungen alſo werden die achromatiſchen Oculare immer wenigſtens aus zwei Gläſern zuſammengeſetzt ſeyn müſſen.

Das achromatiſche Ocular von Campani, Fig. 123, iſt dasjenige, von dem man immer bei den zuſammengeſetzten Mikroſkopen und überhaupt allen Inſtrumenten Gebrauch macht, wo keine feſten Fäden über das, vom Objectivglaſe hervorgebrachte, Bild geſpannt werden ſollen. Wenn aber ſolche Fäden erforderlich werden, wie bei allen aſtronomiſchen Meßinſtrumenten, wo es ſich um ſcharfe Fixirung der Richtung handelt, in der die Lichtſtralen in einem gegebenen Augenblick vom Geſtirn zum Auge gelangen, läßt ſich dieſe Anordnung nicht mehr gebrauchen; denn durch das Ausziehen oder Einſchieben des Ocularrohrs, welches erfordert wird, um es den verſchiedenen Geſichtsweiten anzupaſſen, würden nothwendig zugleich die Fäden in Bewegung geſetzt werden; und wofern dieſe Bewegung nicht ganz genau in der Axe des Fernrohrs erfolgte, was faſt unmöglich vorauszuſetzen iſt, würden die ſucceſſiven Durchgänge des Geſtirns nicht mehr unter einander vergleichbar ſeyn. In dieſem Fall zeigt ſich die Ramsdenſche Einrichtung, Fig. 124, ausnehmend anwendbar, denn da hier das zweite Augenglas ganz jenſeit des erſten Bildes f, O_2 liegt, ſo läßt es ſich vorwärts und zurückverſchieben, ohne zugleich die Fäden in Bewegung zu ſetzen, welche an der Stelle, wo das erſte Bild entſteht, ausgeſpannt ſind. Auch war dies die Abſicht, in welcher jener berühmte Künſtler dieſe Anordnung traf; und man bedient ſich derſelben ſtets unter den angegebenen Umſtänden. Bei Unterſuchung der Wirkungen, welche die Campaniſche Einrichtung in den Mikroſkopen leiſtet, fand Cauchoix, daß es von Vortheil iſt, dem zweiten Augenglaſe die Geſtalt eines, gegen die Objectivlinſe convexen, Meniscus zu geben. Was die Vergrößerung betrifft, welche durch dieſe Vorrichtung zu erlangen iſt, ſo werde ich weiterhin zeigen, wie ſie ſich durch eine Verfahrungsart beſtimmen läßt, welche von Arago angegeben worden, und für alle optiſche Inſtrumente anwendbar iſt. Man wiederhole dieſe Beobachtung für zwei verſchiedene Abſtände des Gegenſtandes vom Objectivglaſe; wodurch das Bild vor- oder zurücktritt und die Nothwendigkeit entſteht, die beiden Gläſer des zuſammengeſetzten Ocular's zuſammen zu bewegen, um das Bild auf die wahre Weite des deutlichen Sehens zurückzuführen. Auf dieſe Weiſe wird man für eine bekannte Verlängerung des Rohrs zwei bekannte Vergrößerungen haben, und ihr Unterſchied, gleichmäſich auf alle dazwiſchenfallende Verlängerungen vertheilt, wird die entſprechenden mittlern Vergrößerungen geben, die man längs des Rohrs einzeichnen laſſen kann.

Aus dem bloßen Anblick der Fig. 123 und 124 ergiebt ſich, daß dieſe beiden Oculare die Umkehrung des Gegenſtandes im Bilde, welche das Objectivglas hervorgebracht hatte, ungeändert laſſen; durch Anwendung jedoch von mehr als zwei Augengläſern, laſſen ſich auch die Bilder in ihrer rechten Lage darſtellen, wie wir weiterhin ſehen werden; auch trifft man dieſe Einrichtung in manchen Fällen bei den Fernröhren, zu deren Betrachtung wir jetzt kommen.

Von den dioptriſchen Fernröhren.

Man vergrößere das Objectivglas des Mikroſkops und entferne den Gegenſtand auf eine große Weite, ſo hat man das dioptriſche Fernrohr, welches man eben ſo aus zwei, drei, oder einer noch größern Anzahl von Gläſern zuſammenſetzen kann. Nur wird die Vorderlinſe A_1, da ſie nicht mehr ganz kleine Dimenſionen hat, ſich aus einer achromatiſchen Verbindung mehrerer in Berührung gebrachter Gläſer bilden laſſen; wodurch alle, dadurch hervorgebrachte, Bilder die nämliche Brennweite erhalten; allerdings werden ſich dieſe Bilder dann im weitern Fortgange durch die Augengläſer, durch die ſie zum Auge gelangen, trennen; allein abgerechnet, daß dieſe Trennung nur ſehr unbedeutend ſeyn kann, wegen des kurzen Wegs, den ſie zu machen haben, wird auch die Wirkung derſelben ganz unmerklich werden, wenn die Augengläſer nach den, im vorigen Kapitel entwickelten, Grundſätzen gehörig combinirt ſind; denn alsdann werden die farbigen Bilder, welche ſich dem Auge darbieten, abgerechnet, daß ſie einander ſehr nahe liegen, zugleich Dimenſionen haben, welche ihren Abſtänden proportional ſind, ſo daß man ſie vollkommen achromatiſch erblicken wird. In der That trifft man gewöhnlich dieſe Einrichtung.

Die erſte und einfachſte Art des Fernrohrs iſt die, welche man das aſtronomiſche nennt. Sie iſt in Fig. 127 dargeſtellt. Das Objectivglas A_1 iſt ein Collectivglas, und muß ſtets ein ſolches ſeyn, um hinter ſich Bilder nach dem Auge zu hervor zu bringen. Das Augenglas A_2 wird auch als ein Collectivglas angenommen, und das letzte Bild $f_2\ \varphi_2$ iſt umgekehrt.

Dieſe Einrichtung ſtimmt ganz mit der des Mikroſkops mit zwei Gläſern, Fig. 121 überein; der einzige Unterſchied beruht im gröſern Durchmeſſer des Vorderglaſes A_1. Die Folge davon iſt ein Auffallen breiterer Lichtpinſel und eine beträchtlichere Anſammlung von Licht. Betrachten wir aber die Axen dieſer Pinſel, welche durch die Mitte des Objectivglaſes eintreten, ſo iſt ihr Gang ganz der nämliche als dort, und die Bedingungen, denen ſie genügen müſſen, um im Auge ein deutliches Sehen hervorzubringen, müſſen mithin auch die obigen ſeyn. Nur, da hier die Gegenſtände ſehr entfernt von dem Objectivglaſe liegen, entſteht ihr Bild hinter demſelben in einem faſt unveränderlichen Abſtand, welcher der ſeines Hauptbrennpuncts iſt. Da ferner ihre Entfernung keine genaue unmittelbare Beurtheilung ihres wahren Abſtands mehr geſtattet, während ihr letztes Bild $f_2\ c_2$ dem Auge unverhältnißmäßig näher gerückt iſt, ſo wird das Maß der Vergrößerung nicht mehr durch die wirklichen Größenverhältniſſe des Gegenſtands und ſeines Bildes, ſondern durch das Verhältniß der Geſichtswinkel $SA_1\ \Sigma$, $f_2\ O\ \Phi_2$, welche beide, ein jedes an ſeinem Orte, im Auge unterſpannen, gegeben. Gehen nur zwei Gläſer in die Zuſammenſetzung des Inſtruments ein, ſo läßt ſich dies Verhältniß der Brennweite des Objectivglaſes, dividirt durch die Brennweite des Ocularglaſes, gleich ſetzen, wenigſtens wenn man letztre als ſehr klein im Verhältniß zur Weite des deutlichen Sehens anſehen kann. Dies iſt alſo auch in dieſem Fall der Werth der Vergrößerung. Hier jedoch, wie beim einfachen Mikroſkop, bedient man ſich faſt niemals des einfachen Ocular's, wegen der Färbung, die es an den Rändern des letzten Bildes $f_2\ \Phi_2$ hervorbringt, ſelbſt wenn das Objectivglas und mithin das Bild $f_1\ \Phi_1$ achromatiſch ſind. Iſt das Inſtrument zu aſtronomiſchen Beobachtungen beſtimmt, wo Schärfe der Bilder und reichliches Licht die einzigen weſentlichen Erforderniſſe ſind, ſo macht man vom zuſammengeſetzten Ramsdenſchen oder Campaniſchen Ocular Gebrauch. Allerdings laſſen ſie das Bild in verkehrter Lage erſcheinen; dies iſt jedoch bei dieſer Art Beobachtungen ohne Nachtheil.

Dem iſt aber nicht ſo bei den Fernröhren, welche zur Beobachtung von Gegenſtänden auf der Erde beſtimmt ſind, und die man deshalb Erdfernröhre nennt. Hier iſt es ein weſentliches Erforderniß, daß das letzte, dem Auge zunächſt gelegene, Bild, die Gegenſtände aufrecht darſtelle. Man erreicht dieſen Zweck dadurch, daß man das Ocular aus vier getrennten Gläſern, Fig. 128, zuſammenſetzt, von denen die beiden erſten, A_2, A_3, welche dem Objectivglas zunächſt befindlich ſind, blos die Beſtimmung haben, das Bild in ſeine aufrechte Lage zu bringen, während die beiden letzten A_4, A_5, die dem Auge zunächſt liegen, den Achromatismus der Ränder noch vollenden, und auch unter einander in den nämlichen Verhältniſſen ſtehen, als im Ramsdenſchen oder Campaniſchen Ocular. Die Vergrößerung, welche das Fernrohr zuwege bringt, hängt von den Brennweiten dieſer fünf Gläſer und ihren Abſtänden ab. Läßt man nun die beiden letzten, dem Auge zunächſt befindlichen, in den Abſtänden, welche der Achromatismus der Ränder erfordert, ſo kann man noch die Lagen der andern innerhalb gewiſſer Gränzen verändern, ohne daß das Inſtrument deshalb aufhört, eine gute Wirkung zu thun. Dann wird ſich aber zugleich die Vergrößerung ändern, und man kann blos durch dieſe Bewegung dieſelbe alle ihre Grade durchlaufen laſſen. Dieſe Einrichtung hat Cauchoix in ſeinen Erdfernröhren verwirklicht, und er nennt ſie deshalb polyaldiſche. Man kann ſolchergeſtalt nach Belieben eine ſchwächere oder ſtärkere Vergrößerung durch dieſelben erhalten; was oft von Vortheil iſt, indem erſtre bei trübem, letztre bei heiterm Wetter zweckmäßiger ſind. In den Fernröhren mit dieſer Einrichtung, welche tragbar zu ſeyn beſtimmt ſind, läßt ſich die Vergrößerung vom 20fachen aufs 40fache oder vom 30fachen aufs 50fache verändern. Die der größten, bis jetzt bekannten, Fernröhre kann aufs 1000- oder 1200fache gehen, dieſe, wie die vorigen, auf die ſcheinbaren Durchmeſſer der Gegenſtände bezogen. Man bringt jedoch an letztern keinen polyaldiſchen Apparat an, weil die vielfachen Zurückwerfungen von den Gläſern eine zu ſtarke Schwächung des Lichtes zur Folge haben würden, vielmehr ſetzt man ein anderes Ocular ein, wenn man eine andre Vergrößerung wünſcht.

Man verfertigt auch Fernröhre, wo das Objectivglas, zu dem man immer ein Sammlungsglas nimmt, mit einem einfachen Glaſe, das aber zerſtreuend wirkt, combinirt iſt, Fig. 129. Dieſe, von Galilei herrührende, Einrichtung iſt noch jetzt für die Theaterperſpective im Gebrauch; ſie läßt die Gegenſtände aufrecht erſcheinen.

In dieſem Falle kommt das erſte Bild f_1 φ_1, welches vom Objectivglaſe A_1 herrührt, nicht wirklich zu Stande, obwohl man bei Conſtruction der Reſultate ſo verfahren muß, als wäre es wirklich vorhanden. Vor dem Brennpunct P_1, wo es entſtehen ſollte, bringt man das zerſtreuende Augenglas A_2 in einer ſolchen Entfernung an, daß die Convergenz der Lichtpinſel nach den Puncten f_1, φ_1 hin ſich in eine Divergenz von andern Puncten f_2 φ_2 aus verwandelt, welche vor dem Augenglaſe und in der Weite des deutlichen Sehens befindlich ſind. Dieſe Puncte ſtellen dann das letzte, vom Auge wahrzunehmende, Bild dar. Die Ablenkung, welche die Axen der Lichtbündel, aus denen es beſteht, durch das Augenglas erfahren, bewirkt, daß das Bild aufrecht erſcheint, weil ihre Richtungen ſich, bevor ſie zum Auge gelangen, ſchneiden. Aber eben deshalb kann das Auge nicht mehr im Punct O ihres Zuſammentreffens, welcher in das Innere des Fernrohrs ſelbſt fällt, ſeine Stelle nehmen, muß vielmehr, da es genöthigt iſt, auf dieſe günſtige Bedingung Verzicht zu leiſten, irgends außerhalb des Fernrohrs auf die Axe der Gläſer gebracht werden, z. B. nach O', wo blos der divergirende Theil jedes Lichtbündels in daſſelbe gelangt, der an dieſer Stelle nahe genug an der Axe $A_1 X$ hingeht, um in die Pupille eintreten zu können. In Folge dieſer Anordnung wird die Zahl der Lichtpinſel, welche außerhalb des Raums hingehn, den die Oeffnung der Pupille umſpannt, und mithin gar nicht in ſie treten können, mit der Entfernung des Auges vom Puncte des Zuſammentreffens O immer mehr zunehmen müſſen; und da dies Verſchwinden nothwendigerweiſe diejenigen Stralen, welche ſich am meiſten von der Axe entfernen und die Ränder des Bildes geben, zuerſt betreffen muß, ſo folgt, daß das Sehefeld mit der Entfernung des Auges abnimmt. Die Lage des Auges, wo es ſich dem Augenglaſe zunächſt befindet, gewährt mithin das größte Sehefeld. Ungeachtet dieſer ungünſtigen Umſtände behält doch der Gebrauch von Zerſtreuungsgläſern für Theaterperſpective ſeine Zweckmäßigkeit, der beiden Vortheile halber, die ſie beſitzen, einmal, daß ſie die Gegenſtände aufrecht erſcheinen laſſen, zweitens daß ſie eine Verkürzung des ganzen Fernrohrs geſtatten, indem ſie dieſſeit des Brennpuncts des Vorderglaſes ihre Lage finden, während ſammelnde Oculare eine Verlängerung des Rohrs nöthig machen, da ſie jenſeit deſſelben zu liegen kommen. Man begnügt ſich auch bei dieſer Art Perſpectiven mit dem einfachen Ocular, obwohl es, ſelbſt wenn das Objectivglas achromatiſch iſt, nothwendig Farben erzeugt; denn da man nur des Abends an Orten, die immer weniger als durch das Tageslicht erhellt ſind, ihrer Beſtimmung nach Gebrauch von denſelben zu machen hat, ſo laſſen ſie, wenn ſie gut gearbeitet ſind, die Farben nicht ſehr lebhaft erſcheinen; zumal wenn man Sorge trägt, die Pupille auf die Axe zu bringen: und der Gebrauch von zuſammengeſetzten Ocularen würde eine zu ſtarke Schwächung des Lichts herbeiführen.

Von den Inſtrumenten, welche aus einer Verbindung von Spiegeln und ſphäriſchen Linſen gebildet ſind.

Alle erdenkbaren katoptriſchen Inſtrumente ſind Verbindungen concaver oder convexer Spiegel, mit der Anordnung, daß ſie durch Zurückwerfung deutliche Bilder der Gegenſtände geben, welche man dann mit einem einfachen oder einem zuſammengeſetzten Ocular betrachtet. Sowohl Mikroſkope als Teleſkope laſſen ſich auf dieſe Art zuſammenſetzen. Wir werden hier nur letztre betrachten, da bei den andern eine ſolche Einrichtung nicht mehr in Gebrauch iſt; auch wollen wir uns darauf beſchränken, für jene nur den gewöhnlichſten Fall zu erörtern, wo ſich der Abſtand des Gegenſtandes als unendlich anſehen läßt. Man wird leicht dieſelbe Methode dann auch auf die übrigen Fälle ausdehnen können.

Das einfachſte aller Teleſkope oder Fernröhre dieſer Art iſt das, in Fig. 130 vorgeſtellte. Es wird von einem einzigen concaven Spiegel MM gebildet, der die Stralen von einem entfernten Gegenſtande $S\Sigma$ empfängt und in ſeinem Brennpunct ein Bild $f_1\,\varphi_1$ deſſelben hervorbringt, welches man dann mit einem einfachen Ocular betrachtet, um es zu vergrößern. Da aber hier der Beobachter zwiſchen den Gegenſtand und den Spiegel tritt, ſo verſperrt er nothwendig einem Theil der einfallenden Stralen den Weg zum Spiegel; weshalb ſich von dieſer Einrichtung nur bei ſehr großen Spiegeln Gebrauch machen läßt. Um den Verluſt an Licht dabei möglichſt zu vermeiden, richtet man die Axe des Inſtruments etwas ſchief gegen den Gegenſtand, ſo daß das Bild außerhalb der Axe entſteht, und blos der Scheitel des Kopfs den Stralen in den Weg tritt. Wenn dann der Spiegel ſehr groß iſt, ſo hat nur ein ſehr geringer Verluſt an Licht in Vergleich mit dem Statt, welchen vermehrfachte Zurückwerfungen und Brechungen zur Folge haben würden. Herſchel hat auf dieſe Weiſe ein großes Teleſkop von 40 Fuß Brennweite verfertigt, welches ihn zu einem Theil ſeiner Entdeckungen geführt hat. Ein ähnliches befand ſich auf dem Obſervatorium zu Lilienthal in den Händen Schröters. Die Schwierigkeit, ſo große Maſchinen zu bewegen, erſchwert ihren Gebrauch ſehr.

Nach der ſo eben beſchriebenen Einrichtung iſt die einfachſte diejenige, welche von Newton herrührt, Fig. 131. Hier bringt man im Innern des Teleſkops und nahe an ſeinem Hauptbrennpunct F_1 einen kleinen, um 45° gegen die Axe geneigten, ebenen Spiegel mm an, der gerade groß genug iſt, um alle zurückgeworfenen Stralen aufzufangen. Dieſer Spiegel ſendet ſomit die Stralen ſeitwärts zurück, wobei er ihre Convergenz durchaus ungeändert läßt. Er hat blos die Wirkung, den Brennpunct nach einer auf die Axe ſenkrechten Richtung in den nämlichen Abſtand zu verſetzen, wo er ſich in der Verlängerung derſelben gebildet haben würde. Auf dieſer neuen Richtung bringt man im Rohr des Teleſkops eine ſeitliche Oeffnung an, um die Stralen austreten zu laſſen, und betrachtet das Bild mit einem einfachen oder zuſammengeſetzten Ocular. Bei dieſer Anordnung wird das unmittelbare Dazwiſchentreten des Beobachters vermieden, ſo daß ſich Spiegel von jeder Dimenſion anwenden laſſen. Allein die zweite Zurückwerfung, die hiezu erforderlich iſt, veranlaßt einen beträchtlichen Verluſt an Licht, zumal wenn dieſelbe durch eine metalliſche Oberfläche geſchieht, deren Verſchluckungsvermögen immer ſehr bedeutend iſt. Daher bewerkſtelligte auch Newton in den Teleſkopen dieſer Art, die er ſelbſt verfertigte, die Ablenkung des Bildes lieber durch totale innere Zurückwerfung von einem rechtwinkligen Glasprisma, das mit einer Seite des rechten Winkes ſenkrecht auf die Axe in das Teleſkop gebracht war, wie Fig. 132. darſtellt.

Die Stellung des Beobachters zur Seite des Teleſkops iſt unbequem, wenn er die zu beobachtenden Geſtirne zu ſuchen hat; und es gewährt weit mehr Vortheil, wenn er in die Richtung der Axe des Inſtruments ſelbſt treten kann. Dies wird durch die Gregory'ſche Einrichtung möglich gemacht, welche in Fig. 133. dargeſtellt iſt. Hier wird ſtatt des ebenen Spiegels ein kleiner concaver Spiegel mm angewandt, der die, vom großen Spiegel hergekommenen, Stralen zurückwirft, und zwar ſie nach ſeiner Mitte zurückſendet, wo man eine Oeffnung anbringt, um ſie hindurchgehen zu laſſen. Es entſteht alſo hinter dieſer Oeffnung ein zweites Bild der Gegenſtände im zuſammengeſetzten Brennpuncte der beiden Spiegel, welches man mit einem, auf der Axe angebrachten, Augenglaſe betrachtet. Nimmt man die einfallenden Stralen für parallel an, ſo entſteht das erſte Bild in F_2, im Hauptbrennpunct des großen Spiegels, und wirkt dann als Gegenſtand für den zweiten. Zufolge der, auf S. 243 gegebenen, Erörterungen muß es ſich daher zwiſchen dem Mittelpunct ſeiner Krümmung und ſeinem Hauptbrennpunct befinden, damit das zweite Bild über das erſte hinaus nach dem Beobachter zu falle.

Caſſegrain modificirte dieſe Einrichtung noch dadurch, daß er ſtatt des kleinen concaven Spiegels einen kleinen convexen Spiegel mm, Fig. 134., anwendete, damit die Abweichungen wegen der Kugelgeſtalt, die durch die beiden Spiegel hervorgebracht werden, ſich wechſelſeitig ausgleichen. In dieſem Fall darf, wenn das zweite Bild auf der Seite des Beobachters entſtehen ſoll, das erſte ſich nicht in der Wirklichkeit bilden, ſondern ſein idealer Ort muß über den kleinen Spiegel hinaus, zwiſchen ſeinen Hauptbrennpunct und ſeine Oberfläche fallen. Dieſes Ergebniß, deſſen Erörterung auf S. 244 übergangen worden iſt, weil dabei Stralen, die nach dem Spiegel zu convergirend einfallen, in Betracht kommen, läßt ſich leicht durch die allgemeine Methode der S. 242 darthun.

In den Fig. 130, 131, 133 und 134 iſt, um Verwicklung zu vermeiden, blos ein einfaches Ocular vorgeſtellt. Der Achromatiſmus des zweiten Bildes macht jedoch erforderlich, daß das Ocular aus zwei Gläſern nach den, oben erörterten, Grundſätzen zuſammengeſetzt ſey. Auch ward es nöthig, in den Figuren die wahren Dimenſionen des Oculars in Verhältniß zu denen des Spiegels MM ſehr zu vergrößern, um die Maſſe der Stralen und die Aufeinanderfolge der Bilder erkennbar darzuſtellen.

Kaum bedarf es einer Erwähnung, daß die Spiegel dieſer Teleſkope feſt in der Axe eines Rohrs eingefügt ſind, welches lang genug iſt, um nur faſt ſenkrechte Stralen auf ihre Oberfläche gelangen zu laſſen; auch verengt man dieſe Oeffnung oft noch durch Blendungen, wäre es auch nur, um die Stralen abzuhalten, die auf die Ränder des Spiegels fallen würden, welche immer minder gut, als ſeine Mitte gearbeitet ſind. Die Röhren müſſen inwendig gleich den dioptriſchen Fernröhren geſchwärzt ſeyn, um das Licht, was unregelmäßig von ihren Wänden zurückgeworfen werden würde, beſſer zu verſchlucken. Endlich hat man ſie auf Füßen anzubringen, welche eine Drehung geſtatten, um ſie beliebig nach verſchiedenen Seiten des Raums richten zu können.

Allgemeines Verfahren Arago's zur Beſtimmung der Vergrößerung in den optiſchen Inſtrumenten.

Weiter oben habe ich geſagt, daß in den Inſtrumenten, welche beſtimmt ſind, entfernte Gegenſtände zu Geſicht zu bringen, die Vergrößerung gleich iſt dem Verhältniß der Geſichtswinkel, unter welchem der nämliche Gegenſtand mit bloßem Auge, und unter welchem er durch das Syſtem der Gläſer, aus denen das Inſtrument zuſammengeſetzt iſt, erſcheint. Befindet ſich der Gegenſtand dem Auge nahe genug, um eine Vergleichung ſeines Abſtands in dieſen beiden Fällen zu geſtatten, ſo muß man das Verhältniß der Geſichtswinkel zugleich mit dem Verhältniß der wahren und ſcheinbaren Abſtände des Gegenſtandes in Rechnung ziehen, um daraus das Verhältniß ſeiner wahren und ſcheinbaren Größen, beide in der Weite des deutlichen Sehens genommen, herleiten zu können.

Das Verfahren **Arago's** giebt unmittelbar das Verhältniß der Geſichtswinkel. Man nehme ein Doppelprisma von Bergkryſtall, wie wir es bei Fig. 92. beſchrieben haben, und wie es zu den Mikrometern mit doppelten Bildern dient. Man meſſe den Winkel OCE oder C, unter welchem es das Licht ſpaltet; welches ſich, wie wir ſogleich ſehen werden, auf ganz einfache Weiſe bewerkſtelligen läßt; bringe es darauf hinter das Ocularglas des Inſtruments, an dem die Beſtimmung vorgenommen werden ſoll, und welches wir zuerſt für ein dioptriſches oder katoptriſches Fernrohr annehmen wollen. Sieht man durch dies Syſtem nach einem entfernten kreisförmigen Gegenſtande hin, ſo wird man ihn doppelt erblicken, und ſeine Bilder werden im Allgemeinen von einander geſchieden ſeyn. Man entferne ſich von demſelben oder nähere ſich ihm, bis ſeine beiden Bilder ſich mit ihren entgegengeſetzten Rändern berühren. Findet dies Statt, ſo iſt man ſicher, daß die Stralen, welche von den Rändern dieſes Gegenſtandes herkommen, nach ihrem Durchgange durch das Inſtrument ſo hervortreten, daß ſie einen Winkel unter einander genau gleich C bilden. Da man nun den Durchmeſſer M des Gegenſtandes und ſeinen Abſtand, den ich Δ nennen will, kennt, ſo kann man leicht den Geſichtswinkel a berechnen, unter welchem die nämlichen Stralen ſich bei ihrem Einfallen auf dem erſten Glaſe kreuzen; denn $\frac{M}{\Delta}$ giebt den Ausdruck für ſeine trigonometriſche Tangente. Das Verhältniß dieſer Winkel oder $\frac{C}{a}$ wird ſonach die, durch das Inſtrument hervorgebrachte, Vergrößerung geben.

Um nun den Winkel C genau zu beſtimmen, kann man den runden Gegenſtand mit bloßem Auge, allein durch das Doppelprisma, betrachten, und ſich von demſelben entfernen oder ihm nähern, bis ſeine beiden Bilder ſich zu berühren ſcheinen, Fig. 135. Dann läßt ſich nach dem bekannten Durchmeſſer des Gegenſtandes und ſeinem gegenwärtigen Abſtande der Geſichtswinkel berechnen, den er umfaßt, und dies iſt der Werth von C. Arago befördert aber die Genauigkeit dieſer Beobachtung noch dadurch, daß er die beiden Bilder durch ein kleines Perſpectiv betrachtet, vor welchem er das Doppelprisma in Berührung mit ſeinem Objectivglaſe anbringt; welches eine größere Schärfe der Bilder gewährt, ohne ihre Coincidenz zu beeinträchtigen. Außerdem wendet er ſtatt eines einzigen Gegenſtandes zum Viſiren deren mehrere von verſchiednen Durchmeſſern in demſelben Abſtande an, oder giebt ihnen auch eine dreieckige Form, um ohne Ortsveränderung bei jedem Verſuche den Geſichtswinkel ausfinden zu können, welcher dem Doppelprisma zukommt und deſſen Weite er beſtimmen will.

Das Verfahren Arago's findet ſeine Anwendung auch auf das Mikroſkop, mag das daran angebrachte Ocular-Syſtem mehr oder minder zuſammengeſetzt ſeyn. Nur wird man die Beobachtung durch das Inſtrument an einem ſehr nahen Gegenſtande, der in kleine Theile, wie z. B. das, früherhin beſchriebene, Objectivmikrometer, eingetheilt iſt, anſtellen müſſen. Nachdem man dies Mikrometer vor die Objectivlinſe, Fig. 136., in einen erforderlichen Abſtand gebracht hat, um durch das Ocularglas das Bild der darauf verzeichneten Eintheilungen mit Deutlichkeit zu erblicken, bringt man das Doppelprisma zwiſchen das Ocularglas und das Auge, richtet es ſo ein, daß die doppelte Brechung ſenkrecht auf die Reihe RR der, auf dem Glaſe verzeichneten, Striche vor ſich gehet, und beobachtet, welche Zahl von Eintheilungen RR′ von der Spaltung der beiden Bündel befaßt wird. Mag dieſe Zahl m heißen. Dies wird alſo die wahre Größe des Gegenſtandes ſeyn, der, durch das Inſtrument betrachtet, und durch daſſelbe auf die Weite D des deutlichen Sehens gebracht, im Auge den beſtändigen Winkel C unterſpannt; ſeine ſcheinbare Größe, wie ſie das Inſtrument erſcheinen läßt, wird alſo gleich ſeyn dem Abſtand D, multiplicirt mit der trigonometriſchen Tangente des Winkels C, d. i. gleich D tang C, ein Ausdruck, den man auf $\frac{DC}{206265}$ reduciren kann, wenn man den Winkel a in Gradſecunden verwandelt denkt. Man wird alſo nur noch dieſe ſcheinbare Größe durch die wahre Größe m des Gegenſtandes, wie beim Fall einer einfachen Lupe, S. 289 und 291 zu dividiren haben, wo dann der Quotient $\frac{DC}{206265m}$ die Vergrößerung ausdrückt. Faſt überflüſſig iſt die Bemerkung, daß die Abſtände D und m alle beide in Einheiten der nämlichen Art ausgedrückt ſeyn müſſen.

Von einigen Apparaten, welche zu optiſchen Verſuchen angewandt werden.

Nach Beſchreibung der Inſtrumente, welche durch Vergrößerung der Gegenſtände der Sehkraft zu Hülfe kommen, will ich jetzt noch ein paar Worte über einige optiſche Apparate hinzufügen, welche durch die Schönheit oder Sonderbarkeit ihrer Wirkungen ſich auszeichnen.

Die Camera obscura.

Ein ſammelndes Objectivglas, in dem Laden eines finſtern Zimmers angebracht, vereinigt hinter ſich die Stralen, welche von den äußern Gegenſtänden herkommen; und ſind dieſe ſehr entfernt in Verhältniß zu ſeiner Brennweite und ziemlich auf der Richtung ſeiner Axe gelegen; ſo bringt es deutliche Bilder derſelben hervor, die man auf einem weißen Blatte auffangen kann. Dieſe Bilder ſind umgekehrt; um ſie jedoch aufrecht darzuſtellen, braucht man nur zum Objectivglaſe anſtatt des directen Lichts der Gegenſtände ihr, von einem Metallſpiegel MM, Fig. 137, ſchon zurückgeworfenes und umgekehrtes, Bild gelangen zu laſſen. Man nennt eine ſolche Vorrichtung eine Camera obscura. Man hat deren, wo das Papierblatt durch eine mattgeſchliffene Glasplatte erſetzt iſt, und das Zimmer durch ein Behältniß, in welches man den Kopf, mit einem Vorhang umhüllt, bringt, Fig. 138. Dann iſt ſie tragbar und läßt ſich zum Landſchaftszeichnen anwenden.

Wollaſton hat bemerkt, daß die vortheilhafteſte Geſtalt für das Objectivglas der Camera obscura die eines, nach dem Bilde zu convexen und nach dem Gegenſtänden concaven, Meniscus iſt, wie ſie die Figur darſtellt; und glückliche Verſuche, welche Cauchoix angeſtellt hat, ſcheinen anzudeuten, daß das günſtigſte Verhältniß der Krümmungen das von 5 zu 8 iſt. Diejenige beider Oberflächen, welche den kürzeſten Krümmungshalbmeſſer hat, muß nach dem Bilde zugekehrt ſeyn, weil die Linſe als Sammlungsglas wirken ſoll.

Das Megaſkop.

Man denke ſich wiederum ein Objectivglas in den Fenſterladen eingefügt, wie bei der Camera obscura; anſtatt aber durch daſſelbe Bilder von entfernten Gegenſtänden zu bezwecken, bringe man außerhalb des Zimmers in geringer Entfernung in der Richtung der Axe des Glaſes einen, ſtark vom Sonnenlicht, gleichviel ob es direct oder von mehrern Spiegeln zurückgeworfen iſt, erleuchteten Gegenſtand an. Hat dieſer Gegenſtand keine zu großen Dimenſionen, ſo wird im Zimmer ein deutliches Bild deſſelben entſtehen, deſſen Entfernung und Größe von der Brennweite des Objectivglaſes und dem Abſtand, in welchen der Gegenſtand vor daſſelbe gebracht iſt, abhängen. Durch immer größere Annäherung des Gegenſtandes an den Hauptbrennpunct laſſen ſich ſomit immer größere Bilder erhalten; da ſie ſich aber auch zugleich immer mehr entfernen würden, ſo muß man bei ſolchen Abſtänden ſtehen bleiben, wie ſie das Local, in dem man operirt, geſtattet, und bei welchen die Bilder hinreichend vergrößert, obwohl noch gehörig begränzt erſcheinen. Sie werden umgekehrt ſeyn; dagegen wird man ſie aufrecht erſcheinen laſſen, wenn man den Gegenſtand umkehrt. Auf dieſe Weiſe iſt das Megaſkop Fig. 139 beſchaffen. Anſtatt einer einzigen Objectivlinſe kann man deren mehrere anwenden und ſie achromatiſiren. Dann ſind die Gränzen, innerhalb welcher die Bilder deutlich erſcheinen, hinlänglich weit, um auf dieſe Weiſe vergrößerte oder verkleinerte Copieen von Gemälden, Büſten oder ſelbſt natürlichen Figuren nehmen zu können. Charles, Erfinder dieſes Apparats, bringt eine zwei bis zwanzigmalige Vergrößerung dadurch hervor. Dieſe Einrichtung macht ſeine Anwendung ſehr nützlich bei einer großen Menge phyſikaliſcher oder naturhiſtoriſcher Unterſuchungen, wo es erforderlich wird, die Geſtalten und Umriſſe von Gegenſtänden genau kennen zu lernen, die wegen ihrer Kleinheit oder Zartheit keine unmittelbare Meſſung zulaſſen. Dann fängt man die Bilder auf einem mattgeſchliffenen Glaſe auf, und zeichnet ihre Umriſſe hinter dem Glaſe auf ſeiner Oberfläche ſelbſt, oder auf durchſcheinendem Papier, das man daran hält. Dieſes Verfahren läßt, obwohl es nur graphiſch iſt, doch eine große Genauigkeit zu.

Die Laterna magica iſt nichts anders als ein tragbares Megaſkop, wo durchſichtige Gegenſtände durch das Licht einer oder mehrerer Lampen beleuchtet werden. Die Fantasmagorie iſt eine Laterna magica, wo man den Abſtand des Gegenſtandes vom Collectivglaſe und dadurch die Größe des Bildes ſich ändern läßt, um den Anſchein eines ſich nähernden oder entfernenden Gegenſtandes hervorzubringen. Um aber die Täuſchung zu begünſtigen, müßte man auch die Beleuchtung des Gegenſtandes verändern, ſo daß ſie mit ſeiner Entfernung abzunehmen ſchiene: allein gerade das Gegentheil findet in den Apparaten dieſer Art Statt, wo man das Licht des Bildes ſo concentrirt läßt, wie es die Wirkung des Glaſes mit ſich bringt.

Das Sonnenmikroſkop.

Anſtatt eines Objectivglaſes von großen Dimenſionen, füge man in ein Rohr, welches in ein Loch im Fenſterladen eingepaßt iſt, eine Lupe A_2, Fig. 140, von kurzer Brennweite ein, und bringe vor dieſelbe etwas über ſeine Hauptbrennweite hinaus einen kleinen Gegenſtand $s\,\sigma$. Die Stralen, welche von dieſem Gegenſtande ausgehen, werden nach ihrem Durchgange durch die Lupe hinter ihr ein vergrößertes Bild hervorbringen, deſſen Dimenſionen und Abſtand um ſo mehr zunehmen, je näher der Gegenſtand an den Hauptbrennpunct gebracht wird. Fängt man nun dies große Bild auf einer weißen Tafel auf; die man im verfinſterten Zimmer angebracht hat, ſo wird man es dann mit Muße betrachten, und näher unterſuchen können. Dies macht jedoch erforderlich, daß das Bild ungeachtet ſeiner Vergrößerung noch hinlänglich hell ſey. Man muß daher den Gegenſtand ſehr ſtark beleuchten. In dieſer Abſicht bringt man jenſeit deſſelben außerhalb des Zimmers eine andre Lupe A_1, Fig. 141, in einem ſolchen Abſtand an, daß ſie ein dickes Bündel Sonnenſtralen, welches durch einen Helioſtat gerichtet wird, auf den Gegenſtand concentrirt. Dann erſcheint, wenn der Gegenſtand durchſichtig iſt, das auf die Tafel geworfene Bild ſehr hell. Auf dieſe Weiſe laſſen ſich kleine Gegenſtände, wie Infuſionsthierchen oder Organe von Inſecten in einem erſtaunlichen Verhältniſſe vergrößern. Die ſchönſte Anwendung aber, die ſich von dieſem Inſtrument machen läßt, iſt, auf den Glasſtreifen, welcher als Objectenträger dient, ein Tröpfchen irgend einer Salzauflöſung zu bringen. In wenig Augenblicken geht, indem die Flüſſigkeit durch die Wärme, die ſie erfährt, verflüchtigt wird, die Kryſtalliſation vor ſich; und man kann dieſem Proceß auf der Tafel ganz genau folgen, ſo wie auch die Geſtalt der gebildeten Kryſtalle erblicken. Vorzüglich leicht erhält man dieſen Erfolg mit dem ſalzſauern Ammonium und dem ſchwefelſauern Natrum. Wir verdanken ebenfalls **Charles** die Vervollkommnung dieſes Apparats.

Die Camera lucida.

Man denke ſich ein vierſeitiges Prisma, Fig. 142, ſo geſchnitten, daß die, von entfernten Gegenſtänden herkommenden, Stralen, nachdem ſie ziemlich ſenkrecht auf ſeine erſte Oberfläche aufgefallen ſind, zweimal eine totale Zurückwerfung von ſeinen innern Flächen erfahren, dann ſenkrecht durch ſeine letzte Oberfläche austreten, und ſo zu dem, in O befindlichen, Auge gelangen. Dieſes Auge wird ſomit ein horizontales Bild der Gegenſtände in nicht verkehrter Lage erblicken, welches ihm durch das Prisma herzukommen ſcheint. Geſetzt aber, man gebe ſeiner Pupille eine ſolche Lage, daß die ſo zurückgeworfenen Stralen nur die Hälfte derſelben einnehmen, und daß die andre, etwas hinter das Prisma zurücktretende, Hälfte die Stralen empfangen kann, welche unmittelbar von einem daruntergelegten weißen Blatt herkommen, ſo wird der Beobachter offenbar mit dem nämlichen Auge das Bild und das Blatt, auf welches es projicirt erſcheint, erblicken können. Sucht er alſo die Umriſſe deſſelben mit einem fein zugeſpitzten Bleiſtifte nach zu ziehen, ſo wird er zugleich die Spitze dieſes Bleiſtifts und das Bild erblicken, und ſomit im Stande ſeyn, es zu zeichnen. Hiebei wird er auch noch ein Sammlungs- oder Zerſtreuungsglas, das er vor das Prisma bringt, zu Hülfe nehmen können, wenn ſein Geſicht eines ſolchen bedarf. **Wollaſton** iſt der Erfinder dieſes ſinnreichen Inſtruments. Sein Gebrauch läßt ſich noch weiter ausdehnen, indem man hinter dem Ocular eines Teleſkops einen geneigten und ſehr dünnen Metallſpiegel anbringt, an deſſen

Rand man auch mit der Hälfte der Pupille hinſieht, welches in den Stand ſetzt, entfernte Gegenſtände zu zeichnen.

Vom Geſichtsorgan.

Das Geſichtsorgan im Menſchen iſt ein optiſches Inſtrument, zuſammengeſetzt aus verſchiedenen durchſichtigen Mitteln, deren Krümmungen und brechende Kräfte in ſolchen Beziehungen zu einander ſtehen, daß die Abweichungen wegen der Kugelgeſtalt und Brechbarkeit unmerklich werden. Dieſer Apparat concentrirt die Lichtſtralen, welche von den Gegenſtänden herkommen, und wirft ihre Bilder auf eine nervige Haut, auf welcher die Empfindung des Sehens vor ſich geht, und von wo ſie zum Gehirn übergeleitet wird. Bei der nachſtehenden Darſtellung, welche zum Zweck hat, eine allgemeine Einſicht in dieſen bewundernswürdigen Mechanismus zu gewähren, werde ich hauptſächlich das Lehrbuch Magendie's über Phyſiologie benutzen; der eine ſehr klare und beſtimmte Beſchreibung davon gegeben hat.

Da ein optiſches Inſtrument, wie vollkommen es immer ſeyn mag, ſtets mit größerm Vortheil die Stralen zu concentriren vermag, welche ſeiner Axe nahe einfallen, ſo iſt das Auge mit, der Willkühr unterworfenen, Muskeln verſehen worden, die es nach den zu betrachtenden Gegenſtänden hin richten. Die nämliche Vorſicht, die ihm einen ſo bewundernswürdigen Bau gegeben hat, hat auch für ſeinen Schutz auf die mannichfachſte Weiſe geſorgt. Angebracht am vordern Theil des Geſichts, um die Gliedmaßen bei ihren Bewegungen zu leiten, hat es ſeinen Sitz in einer Höhle genommen, deren knöcherne Wandungen ihm Schutz gewähren, und iſt von zuſammendrückbaren fettigen Subſtanzen eingehüllt, die ihm verſtatten, der Wirkung der Muskeln Folge zu leiſten, ohne ſich bei ſeinen Bewegungen irgend Schaden zufügen zu können. Um ſich vor plötzlicher Berührung von Körpern, durch die es verletzt werden könnte, zu bewahren, iſt es mit beweglichen Decken verſehen, die ſich mit Gedankenſchnelle vor ihm ausbreiten. Dieſe Decken, Augenlieder (paupières, palpebrae) genannt, ſind mit Haaren beſetzt, um ſich dem zufälligen Eintritt aller der kleinen Staubtheilchen zu widerſetzen, die der Integrität oder Durchſichtigkeit der Oberfläche des Auges Eintrag thun könnten; und iſt durch Zufall wirklich etwas hineingetreten, ſo ergießen ſogleich eigens dazu eingerichtete Organe in reichlichem Maße Thränen, die es wieder ausſpülen. Dieſe nämlichen Organe haben im gewöhnlichen Zuſtande nur den Zweck, die Oberfläche des Augapfels immer mäßig feucht zu erhalten, damit ſie nicht durch den Luftzutritt ausgetrocknet werde, und dadurch die Glätte derſelben zu ſchützen, welche zur Regelmäßigkeit der Brechungen ſo weſentlich iſt. Damit endlich der Schweiß, der bei Anſtrengungen von der Stirn des Menſchen herabfließt, nicht in ſeine Augen komme und ſie reize, iſt die Höhle, von der ſie umſchloſſen ſind, oben mit zwei convexen Bogen aus ſteifen Haaren, Augenbraunen (sourcils, supercilia) genannt, beſetzt, die dadurch, daß an ihrer Wurzel ein fetter Stoff abgeſondert wird, immer fähig erhalten werden, ſich der Befeuchtung zu widerſetzen.

Dies ſind die Umgebungen des Auges. Was dies Organ ſelbſt betrifft, ſo zeigt es aus ſeiner Höhle genommen ziemlich die Geſtalt einer Kugel, in welche Arterien und Venen (Pulsadern und Blutadern) treten, die ſie ernähren, und an welche Muskeln befeſtigt ſind, um ſie zu bewegen. Spaltet man das Auge von Vorn nach Hinten in der Richtung ſeiner Axe, nachdem man es hat gefrieren laſſen, damit alle ſeine Theile feſt werden, ſo zeigt ſein innerer Durchſchnitt ſich ſo beſchaffen, wie Fig. 143 darſtellt. Man unterſcheidet alsdann drei Mittel darin von verſchiedener Geſtalt und verſchiedenem Brechungsvermögen; das erſte, von Außen anzufangen, iſt ein convex-concaver Meniscus AA, angefüllt mit einer durchſichtigen Flüſſigkeit, die dem Anſchein nach dem Waſſer ähnlich iſt, und daher auch den Namen der wäßrigen Feuchtigkeit (humeur aqueuse, humor aqueus,) führt. Darauf folgt ein feſter durchſichtiger Körper CC, der die Geſtalt einer Collectivlinſe hat, und Kryſtalllinſe (crystallin, lens crystallina,) genannt wird. Er iſt vorn flacher als hinten, und flacht ſich mit dem Alter immer mehr ab. Den ganzen hintern Raum der Höhle endlich füllt eine zähe Feuchtigkeit aus, welche geſchmolzenem Glaſe ähnlich ſcheint, und deshalb Glaskörper oder Glasfeuchtigkeit (humeur vitrée, humor vitreus) genannt wird. Die Hüllen, welche dies ganze Syſtem umgeben, laſſen ſich betrachten als gebildet durch eine Fortſetzung und Erweiterung der Hüllen des Sehnerven N. Die äußerſte Hülle deſſelben iſt Urſprung der äußern Hülle des Auges NSA, welche hart, undurchſichtig, aber doch biegſam wie Horn iſt, und welche man deshalb die harte Augenhaut oder undurchſichtige Hornhaut des Auges (sclérotique ou cornée opaque, tunica sclerotica) genannt hat. Da aber, wo ſie nach A, an die Vorderfläche des Auges gelangt, verdünnt ſie ſich, und wird durchſichtig, wie ein Uhrglas, welches erforderlich war, um dem Licht freien Durchgang zu gewähren; hier erhält ſie dann den Namen der durchſichtigen Hornhaut oder Hornhaut ſchlechthin (cornée transparente, cornea). Sie wird an dieſer Stelle äußerlich von einer Fortſetzung der äußern Haut überzogen, welche hier ausnehmend dünn wird. Die zweite Umhüllung des Sehnerven breitet ſich unter der vorigen aus und bildet die Hülle, welche man die Aderhaut (choroïde, tunica choroidea) nennt. Sie iſt mit einem ſchwarzen Stoff überzogen; denn, ſo wie wir das Innere unſrer Fernröhre ſchwärzen, mußte auch das Innere des Auges geſchwärzt ſeyn, um die Verwirrung zu verhüten, welche die vielfachen Zurückwerfungen der Stralen ſonſt mit ſich gebracht haben würden. Endlich, da auch der innere, markige Theil des Sehnerven ſich ausbreitet, gleich den vorigen, ſo entſteht hiedurch eine nervige Membran RR von weißlichgrauer Farbe, welche an der Aderhaut inwendig anliegt, und Netzhaut (rétine, retina) genannt wird. Man nimmt an, daß auf dieſer die Empfindung des Sehens erfolgt.

Die Art, wie dieſer Apparat wirkt, ergiebt ſich ihren allgemeinen Umſtänden nach von ſelbſt ſchon aus der vorigen Beſchreibung. Die Stralen, welche von den entfernten Gegenſtänden herkommen, fallen auf die Hornhaut, gehen durch die wäßrige Feuchtigkeit, die Kryſtalllinſe, den Glaskörper hindurch und concentriren ſich auf der Netzhaut im Brennpunct des Inſtruments, wo ſie ein kleines verkehrtes Bild darſtellen. Hievon kann man ſich an einem Menſchen- oder Schweinsauge, das man kurz nach dem Tode herausgenommen hat, überzeugen. Denn, verdünnt man (si l'on amincit) den hintern Theil der harten Augenhaut und bringt vor die Hornhaut in einiger Entfernung davon einen hellen Gegenſtand, z. B. die Flamme einer Kerze, ſo erblickt man von Hinten auf dem Grunde des Auges ein kleines ſehr ſcharfes Bild mit derſelben Farbe als den Gegenſtand, welches an Größe zu- oder abnimmt, je nachdem man denſelben nähert oder entfernt, wie Magendie gezeigt hat. Dieſer Phyſiolog hat ſelbſt ein Mittel angegeben, die Beobachtung ſehr zu erleichtern, indem man ſie an den Augen weißſüchtiger Thiere, z. B. weißer Kaninchen oder weißer Mäuſe anſtellt; denn hier fehlt der ſchwarze Ueberzug der Aderhaut, der hintere Theil der harten Augenhaut iſt durchſichtig, und die Bilder, die ſich auf dem Grunde des Auges darſtellen, laſſen ſich ſomit unmittelbar wahrnehmen.

Aber nicht nur zur Hervorbringung dieſer Bilder iſt das Auge eingerichtet, ſondern auch dazu, ſie ſo deutlich und regelmäßig erſcheinen zu laſſen, als man immer wünſchen kann. Bekanntlich leiden alle unſere optiſchen Inſtrumente an zwei Unvollkommenheiten, welche das Sehefeld und die Leiſtungen derſelben ausnehmend beſchränken. Die eine beruht darin, daß die Ränder der Linſen die Stralen nicht ganz in dem nämlichen Brennpunct concentriren, als ihre Mitte, was man die Abweichung wegen der Kugelgeſtalt nennt, die andre darin, daß die nämliche Linſe die Stralen von verſchiedner Brechbarkeit in größerer oder geringerer Entfernung von ihrer Axe concentrirt, was eine Zerſtreuung des Brennpuncts zur Folge hat, die man die Abweichung wegen der Brechbarkeit nennt. Was letztre betrifft, ſo vermochten wir ſie, wo nicht völlig aufzuheben, doch in den Fernröhren unmerklich zu machen, indem wir jede Linſe aus mehrern verſchiedenartigen Gläſern von ungleicher und entgegengeſetzter Zerſtreuungskraft zuſammenſetzten. Wie es ſcheint, ſind die wäßrige Feuchtigkeit, die Kryſtalllinſe und der Glaskörper ſo mit einander combinirt, daß ſie ungefähr eine gleiche Compenſation hervorbringen, weil die Bilder, welche auf der Netzhaut entſtehen, gewöhnlich mit den eigenthümlichen Farben der Körper, von denen ſie ausgehen, gefärbt erſcheinen; und wenn man manchmal eine merkliche Färbung darin entdeckt, ſo geſchieht dies nur unter beſondern Umſtänden, wo das Auge aus ſeinem gewöhnlichen Zuſtande gebracht iſt. Auch die andre Art Abweichung, die wegen der Kugelgeſtalt, ſcheint im Bau des Auges compenſirt oder wenigſtens ſehr geſchwächt zu ſeyn, indem wir die Gegenſtände noch mit hinlänglicher Deutlichkeit in einem ſehr großen Winkelabſtand rings um ſeine Axe erblicken können, ja ſelbſt, wenn wir ſie ganz von der Seite betrachten, in welchem Fall die Lichtſtralen ſehr ſchief hineinfallen. Es iſt möglich, daß dieſe Compenſation zum Theil in der Structur der Kryſtalllinſe begründet liegt, die ſich aus einer unendlichen Menge unterſchiedener Schichten, wahrſcheinlich von ungleichem Brechungsvermögen, gebildet findet. Außerdem zeigt die Einrichtung des Auges noch mehrere Eigenthümlichkeiten, die offenbar eben dahin abzwecken. Hieher gehört z. B. das Daſeyn einer Blendung PP, welche etwas vor der Kryſtalllinſe liegt, und vermöge ihrer Undurchſichtigkeit die Stralen abhält, welche zu große Winkel mit der Axe bilden würden. Dieſe Blendung, welche den Namen der Iris oder Regenbogenhaut führt, bietet, von Außen geſehen, den Anblick eines Ringes dar, deſſen Farbe ſelbſt beim Menſchen ſich in den verſchiedenen Individuen abändert; das runde Loch, welches in der Mitte derſelben befindlich iſt, und die Stralen zum Grund des Auges hindurch läßt, heißt die Pupille. Die innere Structur dieſer Blendung ſo wie die Art, wie ſie angebracht iſt, ſind nicht minder erſtaunenswürdig, als der ganze übrige Bau des Auges. Zuvörderſt zeigt ihre hintere, mit einer Fortſetzung der Aderhaut überzogene, Fläche die ſchönſte ſchwarze Farbe; ſo daß ſie alle Stralen verſchluckt, welche von der innern Fläche der Kryſtalllinſe oder auch vom Grunde des Auges zurückgeworfen, ſonſt von ihr zurückprallen und die Dunkelheit des innern Augenraums ſtören könnten. Ueberdies hat die Membran, durch welche ſie gebildet wird, über alle unſre künſtlichen Blendungen den bewundernswürdigen Vortheil, ausdehnſam zu ſeyn, ſo daß die Pupille erweitert oder verengert werden kann, um nach Bedürfniß mehr oder weniger Licht zuzulaſſen; welches durch bloße Reizung, die das Licht ſelbſt hervorbringt, veranlaßt wird, ohne alles willkührliche Zuthun von unſrer Seite. Endlich auch der Platz dieſer Blendung im Innern der wäßrigen Feuchtigkeit zeigt von der größten Zweckmäßigkeit. Beim Sehen nämlich ſendet jeder Punct der ſichtbaren Gegenſtände zum Auge einen Kegel Lichtſtralen, der dieſen Punct zur Spitze und die ganze äußere Oberfläche der Hornhaut zur Grundfläche hat. Dieſer Kegel verwandelt ſich durch ſeine Brechung in der wäßrigen Feuchtigkeit in einen kürzern Kegel, deſſen Spitze ins Innere des Auges fällt. Da er nun genöthigt iſt, durch ein kleines rundes, der Augenaxe concentriſches, Loch, Fig. 144, hindurchzugehen, ſo verliert er alle diejenigen ſeiner Stralen, die vermöge der Schiefe, in der ſie urſprünglich auf die Hornhaut auffielen, eine zu ſtarke Abweichung wegen der Kugelgeſtalt hervorgebracht haben würden; und die Nähe, in der dieſe Ausſchließung an der Spitze der innern Kegel Statt hat, bewirkt, daß ſie mit gleichem Vortheil vor ſich geht, welches auch die Einfallsrichtung der Kegel ſeyn mag, wie aus dem Anblick der Figur ſelbſt erhellt. Anſtatt deſſen nehme man an, die Blendung ſey, mit Beibehaltung derſelben Oeffnung, außerhalb des Auges, vor der Oberfläche der Hornhaut ſelbſt, angebracht worden, Fig. 145. Dann würde ſie ſich zwar noch von Vortheil hinſichtlich der, ganz nahe an der Axe einfallenden, Kegel zeigen, für die ſchiefen aber ſehr mangelhaft ſeyn; indem ſie gerade die Stralen eintreten ließe, welche am entfernteſten von der Axe und am ſchiefſten auf die Oberfläche der Hornhaut auffielen, da doch dieſe gerade auszuſchließen ſind und wirklich von der Blendung bei ihrer inwendigen Lage ausgeſchloſſen werden; und es würde, um die nämliche Ausſchließung bei der auswendigen Lage derſelben zu erhalten, kein andres Mittel geben, als den Durchmeſſer ihres Loches ausnehmend zu verkleinern. Durch dieſe Lage der Blendung im Innern des erſten Stralenbrechenden Mittels wird ſomit der Vortheil gewonnen, daß eine größere Menge Lichts bei einer geringern Abweichung wegen der Kugelgeſtalt eintreten kann. Dies iſt unſtreitig die Abſicht, warum ſie auf dieſe Weiſe in einem Organ angebracht wurde, deſſen Bau in allen ſeinen Theilen das Gepräge einer ſo großen Vollkommenheit zeigt; und ſelbſt unſre Kunſt, wie grob ihre Arbeiten gegen die der Künſtlerin Natur ſeyn mögen, hat den nämlichen Kunſtgriff angewandt, wahrſcheinlich ohne an jenes Vorbild zu denken; denn ganz die nämliche Einrichtung haben die periſkopiſchen, vom berühmten Wollaſton erfundnen, Lupen, welche aus zwei Segmenten ſphäriſcher planconvexer Linſen beſtehen, die mit ihrer ebenen Fläche an einander liegen und durch eine Blendung geſchieden ſind, Fig. 146. Auch findet man, daß dieſe Zuſammenſetzung von unzweifelhaftem Vortheil hinſichtlich der Menge von Licht, und des Abſtands von der Axe, auf welchen ſie das Sehen geſtattet, iſt.

Noch finden ſich im Bau des Auges zwei Einrichtungen, welche mit dazu beizutragen ſcheinen, die Abweichung wegen der Kugelgeſtalt für die gegen die Axe ſchiefen Pinſel zu ſchwächen. Erſtens gehört hieher die eigenthümliche Geſtalt der hintern Oberfläche der Kryſtallinſe, welche, nach den Abbildungen der Anatomen zu urtheilen, nicht genau ſphäriſch iſt, ſondern flacher in der Mitte, als an den Rändern; welches zur Folge hat, daß die ſchiefen Pinſel ſie unter kleinern Einfallswinkeln treffen. Ferner erſcheint als ſolches Hülfsmittel die Concavität der Netzhaut, vermöge deren ſie dem eigenthümlichen Brennpunct jedes Pinſels ſo zu ſagen entgegen tritt (se présente).

Endlich zeigt ſich uns in den Wirkungen dieſes Mechanismus, dem wir nicht umhin können unſere volle Bewunderung zu zollen, noch manches Unerklärliche. Unſre optiſchen Inſtrumente haben für nahe und für entfernte Gegenſtände ungleiche Brennweiten. Nur dadurch vermögen wir ſie verſchiedenen Entfernungen anzupaſſen, daß wir die Zwiſchenräume zwiſchen den Gläſern, aus denen ſie beſtehen, vergrößern oder verkleinern. Es muß alſo im Auge irgend ein ähnlicher Mechanismus vorhanden ſeyn, weil das Sehen mit der größten Deutlichkeit und Beſtimmtheit für ſehr verſchiedene Weiten, z. B. von einigen Zollen und einigen Fußen, Statt hat; und ſelbſt bei ſehr entfernten Gegenſtänden iſt die Unbeſtimmtheit, mit der ſie ins Auge fallen, bei Weitem nicht mit der vergleichbar, mit welcher man ſie durch ein, für kleine Weiten eingerichtetes, Fernrohr erblicken würde. Man kann ſich davon überzeugen, daß es dem Auge eine wirkliche Anſtrengung koſtet, ſeine Geſichtsweite ſo zu verändern; denn bringt man in geringe Entfernung von einem Auge einen kleinen Gegenſtand, wie ein Haar, das ſich auf einen größern und entferntern Gegenſtand projicirt, ſo wird man nie beide zugleich deutlich erblicken können, und es wird eine wirkliche Anſtrengung und ſelbſt etwas Zeit erforderlich ſeyn, um von einem zum andern überzugehn. Deſſenungeachtet hat die ſorgfältigſte Zergliederung im Auge nichts entdecken laſſen, wodurch in dieſer Hinſicht ſeine Wirkungen abgeändert zu werden vermöchten. Man glaubte annehmen zu können, daß ſich die Convexität oder Concavität der Hornhaut nach Willkühr etwas abändern laſſe; allein die ſehr genauen Verſuche von Young haben nachgewieſen, daß ſie bei außerordentlich verſchiedenen Geſichtsweiten keine merkliche Veränderung erfährt. Man hat die Erklärung durch Annahme einer Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung der Kryſtallinſe oder einer Veränderung in ihrer Krümmung verſucht; allein man findet keinen Muskel, welcher dieſen Erfolg hervorzurufen vermöchte. Die Kryſtallinſe hängt an keinem Körper an, der eine Veränderung ihrer Lage bewirken könnte; ſondern iſt blos von einem Ringe umgeben, der aus ſtralenförmigen Fibern beſteht, denen man den Namen der Ciliarfortſätze (procès ciliaires, processus ciliares) gegeben hat, weil ſie in der That einige Aehnlichkeit mit Augenwimpern zeigen. Man weiß nicht, ob ſie zum Theil contractil ſind, welches der Kryſtallinſe verſtatten würde, ihre Lage nach einer, auf die Augenaxe ſenkrechten, Richtung zu verändern, eine Bewegung, die jedoch nicht geeignet ſcheint, die Brennweite des Auges zu modificiren. Am beſten iſt es daher, zu geſtehen, daß man bis jetzt nicht weiß, wie das Auge ſeine Wirkung der Entfernung der Gegenſtände anzupaſſen vermag. Sollte die geringe Tiefe dieſes Organs die Veränderungen in der Krümmung oder die Verlängerung, die es erfordert, unmerklich machen? oder ſollte die Abweichung des Brennpuncts bei den verſchiedenen Entfernungen auch gleich den andern Abweichungen durch einen beſondern Kunſtgriff compenſirt ſeyn?

Noch kann Folgendes dienen, die bewundernswerthe Vorſicht erkennen zu laſſen, die bei der Einrichtung dieſes Apparats angewandt wurde. Wenn man in irgend einem unſrer optiſchen Inſtrumente in die Lage der Gläſer ſtörend eingreift, ſo iſt ſogleich die ganze Wirkung vernichtet, das Auge aber, gleich den andern Sinnesorganen, iſt minder leicht einer Störung unterworfen. Sticht man in das Auge eines lebenden Menſchen ein, ſo daß die wäßrige und gläſerne Feuchtigkeit zum Theil ausfließen, was bei manchen Krankheiten erforderlich wird, ſo ſtellen ſich dieſelben in ſehr kurzer Zeit wieder her. Wenn die Pupille ſich verſchließt, ſo kann man ſie durch einen Einſchnitt in die Iris wieder öffnen, und auf dieſe Weiſe eine künſtliche Pupille bilden. Endlich, wenn die Kryſtallinſe ſelbſt undurchſichtig wird, (wodurch die Blindheit entſteht, welche man den grauen Staar nennt), ſo daß ſie hinweggenommen werden muß, um dem Licht wieder freien Durchgang zu verſtatten, ſo findet das Sehen auch ohne dieſelbe Statt; nur verlängert ſich dann die Weite des deutlichen Sehens ausnehmend, wie nicht anders zu erwarten, da das Auge jetzt einer Sammlungslinſe beraubt iſt; allein man hilft dieſem Mangel dadurch ab, daß man vor das Auge ein Sammlungsglas von einer zweckmäßigen Krümmung bringt, wo denn das Sehen faſt eben ſo deutlich, als mit der Linſe Statt hat. Dies Fortbeſtehen der Functionen bei Mangel einzelner Theile ſcheint allen Sinnesorganen zuzukommen.

Bisher haben wir nur den Mechanismus des Sehens in Betracht gezogen. Seine Beziehungen zur Seelenwahrnehmung (Sensation) bieten ein noch unerklärlicheres Geheimniß dar. Alles, was wir wiſſen, iſt, daß der, auf der Netzhaut hervorgebrachte, Eindruck ſich zum Sehnerven*) und von da zum Gehirn fortpflanzt. Anlangend den Umſtand, daß unſrer Wahrnehmung die Gegenſtände aufrecht erſcheinen, obwohl wir im Grunde des Auges ein umgekehrtes Bild derſelben erhalten, ſo dürfen wir hierin nichts Sonderbares finden. Das Bild, die Urſach der Wahrnehmung, darf nämlich nicht mit der Wahrnehmung ſelbſt verwechſelt werden. Die Strahlen, welche von den Feuchtigkeiten des Auges gebrochen worden ſind, haben beim Anlangen auf der Netzhaut ganz verſchiedene Richtungen von denen, die ſie beim Eintreffen von den Gegenſtänden auf der Hornhaut hatten; deſſen ungeachtet verſetzen wir in Gedanken die Gegenſtände immer auf die Verlängerung dieſer urſprünglichen Richtung. Dies rührt daher, daß die tägliche Erfahrung uns gelehrt hat, die Gegenſtände immer auf dieſer Richtung zu finden, ein Erfahrungsergebniß, welches ſich mit der Wahrnehmung wie eine ſtete, jeden Augenblick von unſerm Geiſte gezogene, Folgerung verbindet. Auch läßt ſich der Geiſt täuſchen, wenn man ihm künſtlich die nämlichen Anzeigen darbietet, ohne daß ſie von wirklichen Gegenſtänden herrühren. So ſcheinen uns die Gegenſtände, die uns durch Zurückwerfung von einem ebenen Spiegel ſichtbar werden, hinter ſeiner Oberfläche befindlich, obſchon ſowohl Schluß als Erfahrung, aber eine Erfahrung, die ſpäter eintritt, als die erſte Angewöhnung unſerer Sinne, uns den Irrthum erkennen laſſen. Dieſe Anſicht verſtattet eine einfache und natürliche Erklärung aller optiſchen Täuſchungen, die ſich durch Gläſer oder Spiegel hervorbringen laſſen.

---

*) Merkwürdig und wahrſcheinlich in Bezug zu ſeiner Function ſtehend iſt die Structur des Sehnerven im Verhältniß zu der der andern Nerven. In den meiſten andern nämlich verflechten ſich die Nervenfaſern, aus denen ſie beſtehen, mannichfaltig, und ſammeln ſich zu Bündeln, die erſt zum ganzen Nerven zuſammentreten. Dagegen beſteht der Sehnerv aus gerade neben einander verlaufenden, nicht mit einander verflochtenen Faſern, die ſich nicht erſt in größere Bündel ſammeln. Ein ſolcher Bau ſcheint geeignet, eine Fortleitung des Bildes ſelbſt in ſeiner vollen Regelmäßigkeit zum Gehirn zu geſtatten; nur iſt nicht wohl abzuſehen, wie eine Leitung von Licht durch den Nerven hindurch erfolgen könne. Da die Markſubſtanz der Nerven aus durchſichtigen Kügelchen beſteht (die blos durch ihre [illegible] und vielleicht erſt nach dem Tode durch Gerinnung weiß erſcheinen) ſo ließe ſich vielleicht entfernt hierin eine Möglichkeit der Erſcheinung finden; allein das Licht müßte beim Durchgange durch eine ganze Reihe ſolcher Kügelchen wohl zu ſehr durch die vielfachen Zurückwerfungen geſchwächt werden.

Betrachtet man die Gegenſtände mit einem einzigen Auge, ohne ihre Entfernung zuvor zu kennen, ſo nimmt man ſie an der Spitze des Lichtkegels befindlich an, der die Oeffnung der Pupille zur Baſis und jeden Punct des Gegenſtands zur Spitze hat. Auch findet bei dieſer Schätzung nur in ſo fern Sicherheit Statt, als die Gegenſtände nahe genug ſind, daß der Winkel, unter welchem die, den Kegel bildenden, Stralen divergiren, merklich wird. Sehen wir mit beiden Augen zugleich, ſo verſetzen wir aus demſelben Grunde die Gegenſtände an den Punct, wo die Pinſel zuſammentreffen, welche zu jedem Auge gelangen, d. i. an die gemeinſchaftliche Spitze ihrer beiderſeitigen Kegel. Dann iſt die Baſis, nach welcher der Abſtand gemeſſen wird, der Zwiſchenraum zwiſchen beiden Augen; beträchtlicher alſo, als im vorigen Falle. Auch iſt die Schätzung hier weit ſichrer; wovon unter andern der Umſtand einen Beweis giebt, daß es ſehr ſchwer hält, eine Nähnadel einzufädeln, wenn man blos mit Einem Auge darauf ſieht, während nichts leichter iſt, wenn man beide zu Hülfe nimmt. Um jedoch die Bilder einfach zu erblicken, müſſen ſie alle beide auf diejenigen einander entſprechenden Puncte der Netzhaut in jedem Auge auffallen, wo wir gewohnt ſind, ſie zu ſehen, wenn ſie von einem und demſelben Gegenſtande herkommen. Denn drückt man das Auge im Augenwinkel mit dem Finger ein wenig zur Seite, ſo erblickt man ſogleich zwei Bilder, deren eins an der nämlichen Stelle, als das einfache Bild befindlich, das andre aber nach der Richtung hin abgelenkt iſt, nach welcher man das Auge gedrückt hat. Setzt man aber den Druck einige Zeit fort, ſo wird das Nebenbild ſchwächer, verſchwindet endlich und man erblickt abermals das einfache Bild an der nämlichen Stelle, als vorher.

Die Erfahrung lehrt, daß ein ſolcher Druck, wenn er mit Gewalt ausgeübt wird, im Sehnerven Erſchütterungen hervorruft, welche die Empfindung des Lichts geben. Auch durch Vergleichung kann das Auge modificirte Lichtempfindungen erhalten. Hat man z. B. das Auge lange auf eine ausgedehnte einfarbige Fläche geheftet, ſo ſcheint es, als wenn es dann beim Hinblicken auf einen andern Gegenſtand von dieſer Farbe abſtrahirte. Man erblickt alsdann auf demſelben einen Fleck, deſſen Farbe die *Ergänzungsfarbe* von der iſt, auf welche das Auge zuerſt geheftet war, d. h. die aus denjenigen Stralen des Gegenſtandes beſteht, welche nicht zu dieſer Farbe gehören. Dieſe Erſcheinungen, welche durch Contraſt hervorgerufen werden, bezeichnet man mit dem Namen der *zufälligen Farben*.

Manchmal wird auch das Auge noch auf andre Weiſe getäuſcht, indem es an den Gegenſtänden regenbogenartig gefärbte Streifen, oder farbige Kreiſe mit divergirenden Stralen erblickt. Dieſe Erſcheinungen rühren von der Zerſtreuung her, welche das Licht in den kleinen Tröpfchen Feuchtigkeit erfährt, die ſich zufällig zwiſchen den Augenwimpern befinden, ſo wie von der Beugung, die es wegen der Feinheit dieſer Haare daran erleidet.

Wie bewundernswürdig ſich auch der Mechanismus des Sehens im Menſchen zeigt, ſo iſt er doch keineswegs auf die einzige Art der Einrichtung, wie ſie bei dieſem Statt findet, beſchränkt. Die Natur hat bei den verſchiednen Thierclaſſen mannichfaltige Abänderungen im Einzelnen daran gemacht, theils indem ſie Theile wegließ, welche unter den Umſtänden, wo dieſe Thiere zu leben haben, unnütz wurden, theils indem ſie andre beſondre Einrichtungen hinzufügte, welche dieſen Umſtänden mehr angepaßt waren. Andremal endlich hat ſie einen ganz neuen Plan befolgt, von dem die Beweggründe uns gänzlich verborgen liegen. Ich führe in dieſem Bezug eine kleine Anzahl allgemeiner Reſultate an, die ich aus dem Lehrbuch über vergleichende Anatomie (Leçons d'anatomie comparée) von Cuvier entlehne.

Bei allen rothblütigen Thieren iſt im Allgemeinen der nämliche Plan im Bau des Auges befolgt, als beim Menſchen, jedoch mit mehr oder minder bedeutenden Modificationen.

Bei vielen Säugthieren hat die Pupille während des Tages die Geſtalt einer länglichen Spalte; während der Nacht aber zieht ſich ihre Iris zuſammen; die Pupille erweitert ſich, indem ſie kreisförmig wird, und erlangt eine weit größere Oeffnung. Dies iſt beim Ochſen, dem Pferde, der Katze der Fall. Auch ſehen dieſe Thiere, da ſie verhältnißmäßig weit mehr Lichtſtralen zu concentriren vermögen, als der Menſch, weit beſſer im Dunkeln.

Das Gleiche findet bei denjenigen Vögeln Statt, welche des Nachts ihre Beute ſuchen, wie die Kauze, Eulen u. ſ. w. Ueberhaupt nimmt das Auge der Vögel einen beträchtlichen Theil vom Volumen ihres Kopfes ein. Es bietet auch mehrere andre wichtige Modificationen dar. Ihr, faſt gallertartiger, Kryſtallkörper iſt weit abgeplatteter, als der des Menſchen, dafür aber ihre Hornhaut weit convexer, zugleich verhältnißmäßig kleiner, ohne Zweifel um die Vergrößerung der Abirrung wegen der Kugelgeſtalt, durch die Zunahme der Krümmung bedingt, zu verhüten. Dieſe kleine, ſtark convexe, Hornhaut iſt auf das Ende eines ſehr kurzen Kegels aufgepfropft, der vor das Auge hervortritt, wie das Rohr eines kleinen Perſpectivs, Fig. 147. Man weiß eben ſo wenig hier, wie beim Menſchen, durch welches Mittel die Sehweite den verſchiedenen Entfernungen angepaßt wird. Indeß welchen Umfang müſſen nicht dieſe Veränderungen im Raubvogel haben, der das kleine Thier, auf welches er ſich ſtürzen will, aus den hohen Lüften unterſcheidet, weite Kreiſe im Fluge um daſſelbe beſchreibt, ſich allmälig ihm nähert, und endlich mit der Schnelligkeit eines Blitzes auf daſſelbe herabſtürzend, es zugleich mit dem Geſicht und den Klauen erfaßt. Im Innern des Auges iſt ein beſondres Organ enthalten, welches vielleicht zu dieſer Abſicht beſtimmt iſt. Es iſt in Fig. 148 vorgeſtellt. Dies iſt eine Art ſchwarzer Membran, von derſelben Beſchaffenheit als die Aderhaut, und wie ein Fächer gefaltet, mit dem Unterſchiede, daß ſeine Blätter, anſtatt in einem und dem nämlichen Mittelpunct zuſammenzutreffen, von verſchiedenen Puncten eines gemeinſchaftlichen Stiels ausgehn, welcher die Fortſetzung des Sehnerven ſelbſt iſt, die ſich ins Innere des Auges verlängert, und an ſeine Concavität (als Netzhaut) anlegt. Die Richtung dieſer Membran iſt ſchief gegen die Augenaxe; ſie erſtreckt ſich ins Innere der Glasfeuchtigkeit hinein faſt bis hinter die Kryſtallinſe, an welche ſie manchmal wie durch einen Faden angeheftet erſcheint, der die Enden ihrer Blätter verbindet. Die Naturforſcher nennen dies Organ den Kamm (peigne, pecten s. marsupium). Sollte man nicht, ſeiner gefäßartigen Beſchaffenheit, und der Menge von Gefäßen, die es auskleiden, nach ſchließen können, daß es vielleicht die Beſtimmung habe, durch ſein Aufblähen den hintern Augenraum auszudehnen, und durch ſein Zuſammenſinken die Spannung deſſelben wieder aufzuheben, ſo daß durch Druck die Krümmung der Kryſtallinſe oder ihr Abſtand von der Netzhaut verändert würde, um es den verſchiedenen Entfernungen der Gegenſtände anzupaſſen.

Das Auge der Fiſche, in Fig. 149 vorgeſtellt, zeigt andre Eigenthümlichkeiten. Da dieſe Thiere in einem Mittel zu leben haben, deſſen brechende Kraft der der wäßrigen Feuchtigkeit im menſchlichen Auge ungefähr gleich iſt, ſo würde dieſe Flüſſigkeit ihnen nutzlos geweſen ſeyn. Auch iſt ſie in ihrem Auge durch eine klebrige Flüſſigkeit erſetzt, die wahrſcheinlich ein ſtärkeres Brechungsvermögen, als das reine Waſſer beſitzt, und nur in ſehr geringer Menge vorhanden iſt. Hiedurch kommt ihre Pupille der Hornhaut ausnehmend nahe zu liegen, was ſie eines Theils der Vortheile beraubt, die ihre Lage im Menſchen gewährt. Jedoch bedurfte es deren auch bei Weitem nicht in demſelben Grade wegen der geringen Brechung, welche die Stralen beim Eindringen aus dem Waſſer in die Feuchtigkeiten des Auges erfahren. Die Pupille der Fiſche ferner iſt keiner Erweiterung fähig, und ihre Iris gewöhnlich auswendig mit den lebhafteſten Farben gefärbt, obwohl ſchwarz an ihrer hintern Fläche. Die Kryſtallinſe, die faſt unmittelbar an der Hornhaut anliegt, iſt faſt genau kugelförmig. Man weiß durchaus nicht, warum ihr die Natur dieſe Geſtalt verliehen hat; doch ſcheint es, daß ſie einen zweckmäßigen Bezug zu dem flüſſigen Mittel hat, in welchem das Sehen der Fiſche erfolgt; indem man ſie auch in den meiſten der tauchenden Vögel wieder findet, deren Kryſtalllinſe gleichfalls kugelförmig iſt. Uebrigens iſt ſie gleich der der andern Thiere aus concentriſchen Schichten zuſammengeſetzt.

Um endlich das Räthſel für unſern Geiſt zu vollenden, ſo giebt es auch Thiere, deren, in mehrer oder minderer Anzahl vorhandne, Augen, nur aus einer einzigen durchſichtigen und linſenförmigen Hornhaut beſtehen, hinter welcher ſich Nervenfäden ausbreiten. Hieher gehören die Inſecten. Manchmal ſind die Augen glatt und einzelnſtehend; andremal zeigen ſie ſich wie mit Facetten zugeſchnitten. Die Zergliederung lehrt jedoch, daß in dieſem letztern Fall jede Facette ein wirkliches Auge iſt, welches ſeine beſondre Hornhaut und ſeinen beſondern, von einem gemeinſchaftlichen Stamme herkommenden, Nervenfaden hat. Hienach hat man letztre Art Augen zuſammengeſetzte oder vielfache, erſtre einfache genannt. Beide ſind in den Inſecten immer unbeweglich, und jedes bringt nur die Gegenſtände zu Geſicht, die von ſelbſt in das, davon umfaßte, Sehefeld treten. Es iſt durchaus unerklärlich, wie ein ſolcher Apparat deutliche Bilder zu geben vermag; deſſen ungeachtet unterliegt es keinem Zweifel, daß er weſentlich zum Sehen beſtimmt iſt. Denn überzieht man die Inſectenaugen mit einem ſchwarzen Ueberzuge, der ſie jedoch nicht zu verletzen vermag, ſo benehmen ſie ſich ganz, als wenn ſie blind wären, und wiſſen keinem der Hinderniſſe, die ihnen in den Weg kommen, mehr auszuweichen. Im Gegenſatz mit dieſen vielfachen Augen giebt es ganze Thierklaſſen, welche deren gar keine haben; ſo die kopfloſen Weichthiere, die Zoophyten und die Würmer.

(Unter den Weichthieren beſitzen nach Stiebels (Meckels Archiv V. 2) Unterſuchungen die Schnecken (Bauchfüßler) ſchon ziemlich ausgebildete Augen, nämlich mit Kryſtalllinſe, Netzhaut, Aderhaut und Iris, aber ohne Hornhaut. Merkwürdig iſt es, wie ſie hier mit dem Sinn des Getaſtes in Verbindung ſtehen, ſo wie überhaupt in den untern Thierklaſſen ein immer größeres Verſchmelzen der Functionen Statt hat; ſie befinden ſich nämlich an der Spitze der hohlen Fühlhörner, die zugleich als Augenlieder für dieſelben wirken, indem die Augen durch Umſtülpen derſelben nach innen gezogen werden können. — Sehr ausgebildet iſt das Auge ſchon bei den Sepien).

Zum Schluß dieſer Darſtellung noch eine Bemerkung. Viele Thiere vermögen noch bei einem Grade des Lichts zu ſehen, der für uns eine ſehr tiefe Dunkelheit ſeyn würde. Es iſt kein Zweifel, daß die Katzen und Eulen ihre Beute des Nachts erblicken, da ſie dieſelbe hier zu verfolgen und einzuholen wiſſen. Die Fiſche, welche in den Abgründen des Meers, in einer Tiefe von zwei bis dreitauſend Fuß, leben, befinden ſich in einer noch tiefern Nacht; denn durch die ungeheure Waſſermaſſe, welche ſie bedeckt, vermögen ſie nur unendlich ſchwache Lichtmengen zu empfangen. Deſſen ungeachtet iſt kein Zweifel, daß ſie ihre Beute erblicken, ſie mit Sicherheit verfolgen, und mit Nachdruck angreifen. Auch haben ſie, ſo wie die Katzen und Nachtvögel, ſämmtlich ſehr große Augen, Sollte nicht bei dieſen Thieren das Sehen noch durch Stralen Statt finden können, welche für unſer Auge nur noch Wärmeſtralen ſind? Weiterhin, wo von der Beziehung der Wärme und des Lichts die Rede ſeyn wird, wird ſich zeigen, daß dieſe Anſicht nicht ohne Wahrſcheinlichkeit iſt.

Bibl. Phys. 3te Bd. Taf. VIII

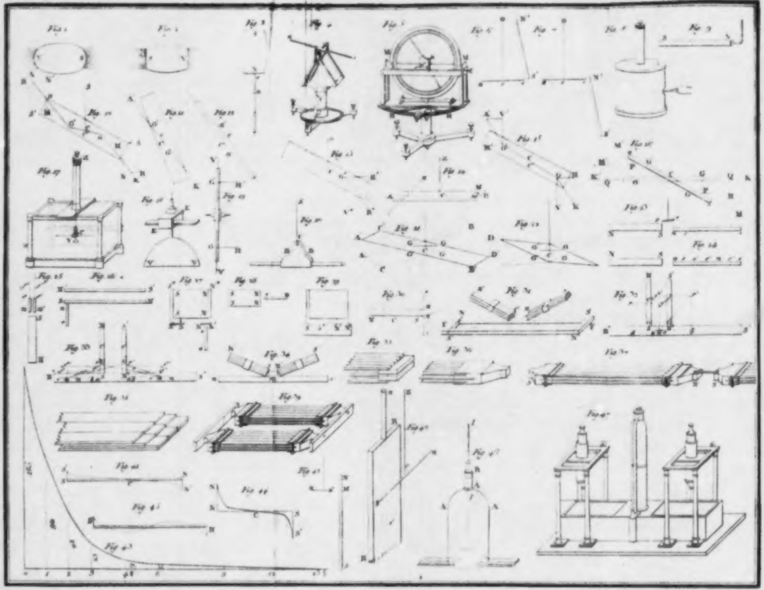
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 15
Fig. 16
Fig. 17
Fig. 18
Fig. 19
Fig. 20
Fig. 21
Fig. 22
Fig. 23
Fig. 24
Fig. 25
Fig. 26
Fig. 27
Fig. 28
Fig. 29
Fig. 30
Fig. 31
Fig. 32
Fig. 33
Fig. 34
Fig. 35
Fig. 36
Fig. 37
Fig. 38
Fig. 39
Fig. 41
Fig. 42
Fig. 43
Fig. 44
Fig. 45
Fig. 46
Fig. 47
N
S
A
B
C
D
G
M
0
1
2
3
4
6
9
12
15

N. [illegible]

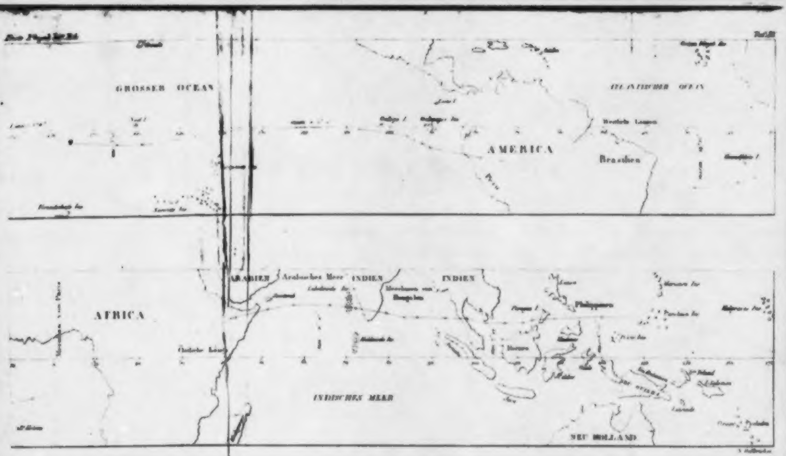
GROSSER OCEAN
AMERICA
Peru
Brasilien
ARABIEN
Arabisches Meer
INDIEN
Meerbusen von Bengalen
INDIEN
AFRICA
Luzon
Philippinen
Borneo
Marianen Ins
INDISCHES MEER
NEU HOLLAND

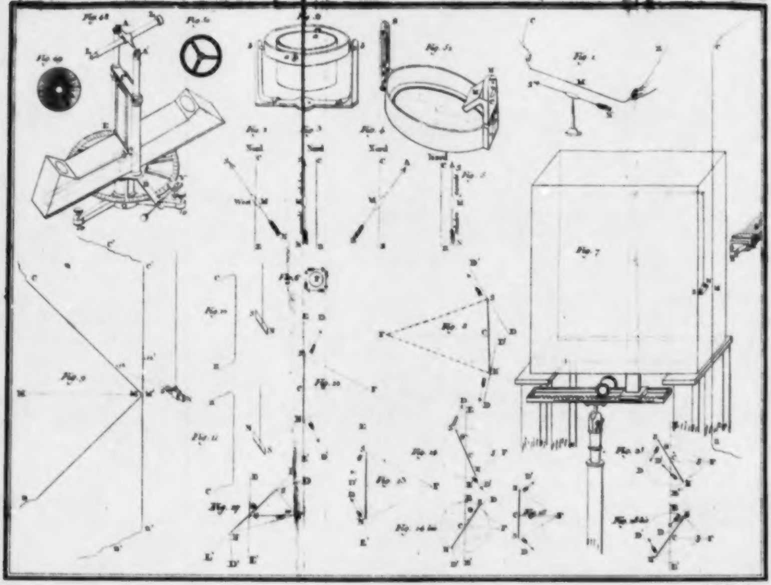
Fig. 18
Fig. 19
Fig. 20
Fig. 6
Fig. 5a
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Nord
West
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14
Fig. 14 bis
Fig. 15
Fig. 16
Fig. 17
Fig. 21
Fig. 21 bis

N. Dellbrück sc.

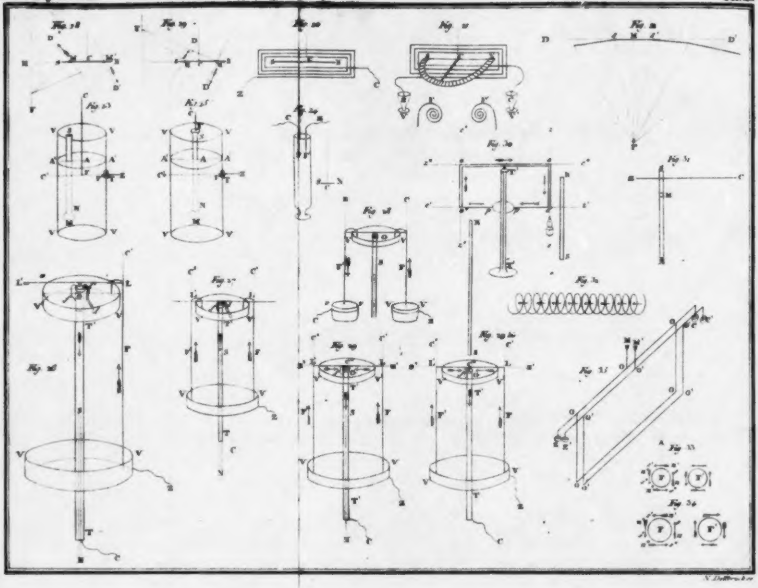
Fig. 18
Fig. 19
Fig. 20
Fig. 21
Fig. 22
Fig. 23
Fig. 24
Fig. 25
Fig. 26
Fig. 27
Fig. 28
Fig. 29
Fig. 29 bis
Fig. 30
Fig. 31
Fig. 32
Fig. 33
Fig. 34
D
D'
N
S
C
Z
V
A
A'
M
T
T'
L
F
F'
O
O'

N. Delbrück sc.

Taf. XII

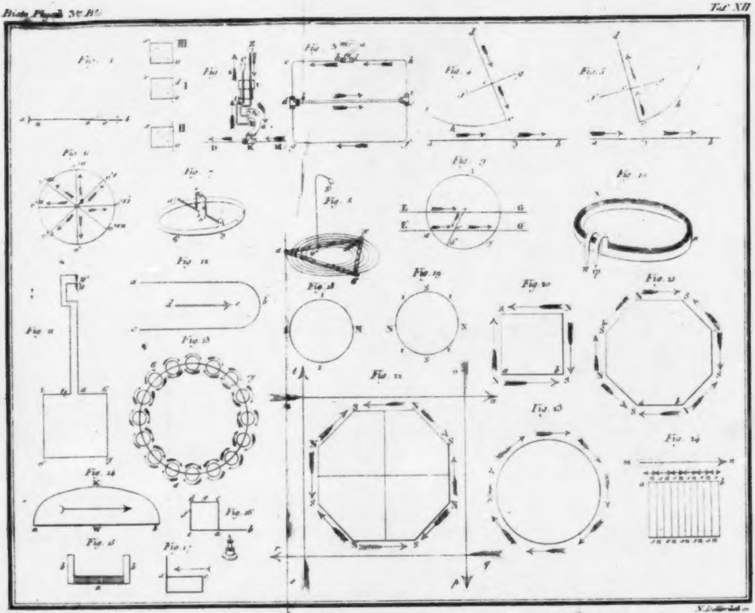
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14
Fig. 15
Fig. 16
Fig. 17
Fig. 18
Fig. 19
Fig. 20
Fig. 21
Fig. 22
Fig. 23
Fig. 24
I
II
III
Z
C
D
K
M
E
G
E'
G'
S
N
a
b
c
d
n
m
o
p
q
r
t

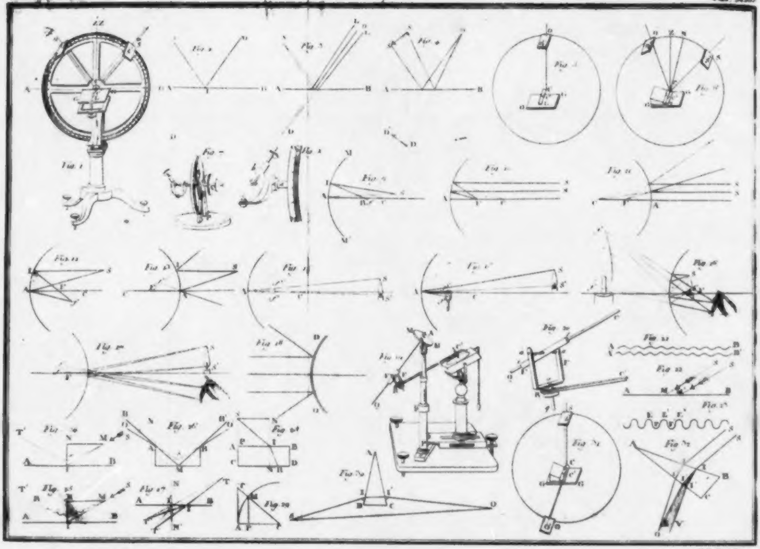
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14
Fig. 15
Fig. 16
Fig. 17
Fig. 18
Fig. 19
Fig. 20
Fig. 21
Fig. 22
Fig. 23
Fig. 24
Fig. 25
Fig. 26
Fig. 27
Fig. 28
Fig. 29
Fig. 30
Fig. 31
Fig. 32
A
B
D
S
S'
F
C
M
M'
N
T
T'
O
I
I'

N. Bellbrich sc.

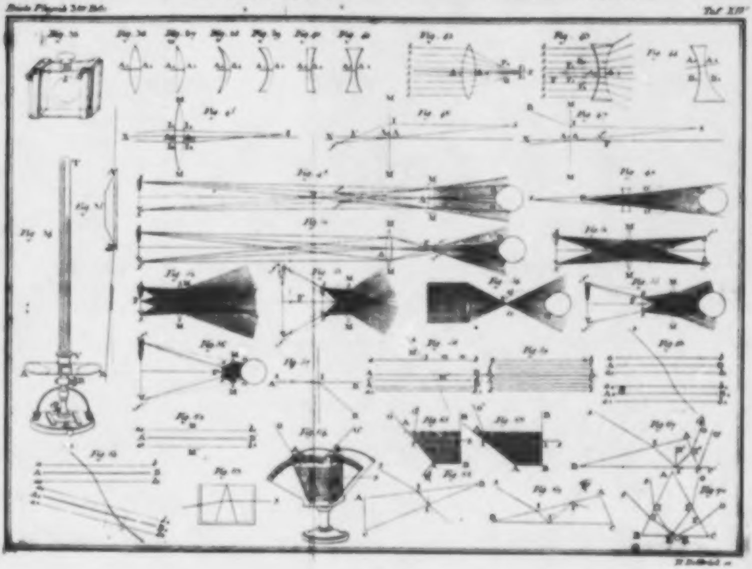

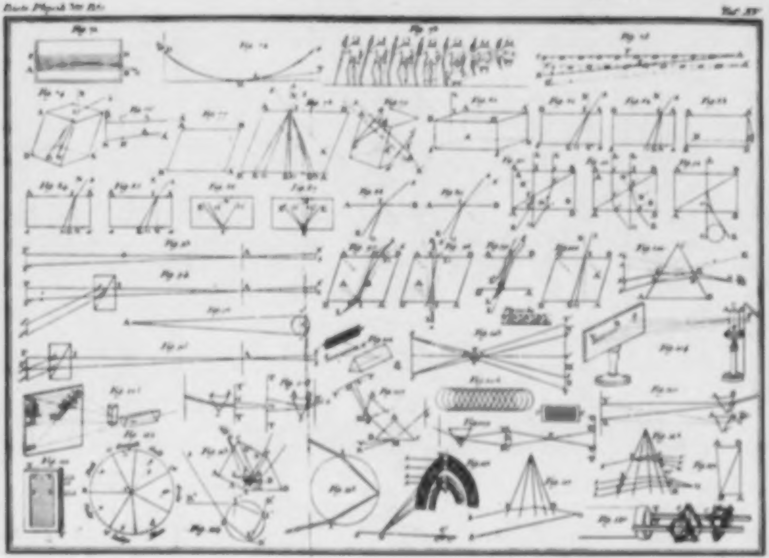

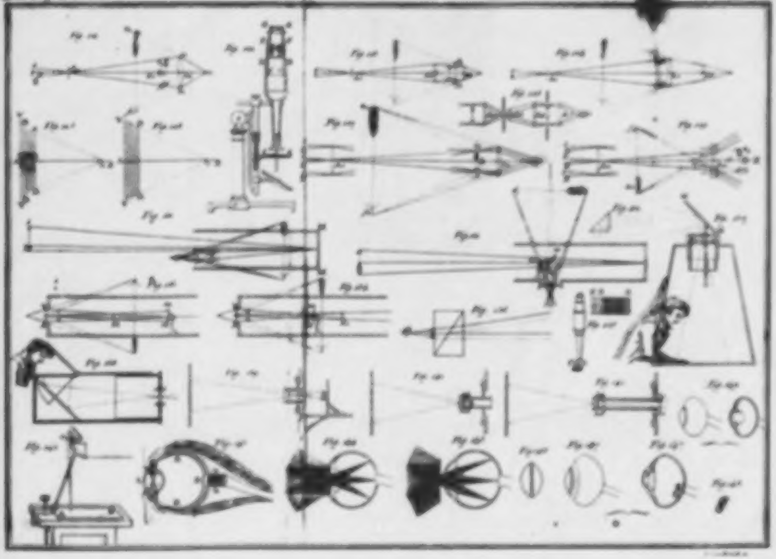

Lehrbuch

der

Experimental-Phyſik.

Vierter Band.

Lehrbuch
der
Experimental-Phyſik
oder
Erfahrungs-Naturlehre

von

J. B. Biot.

Mitgliede der Akademie der Wiſſenſchaften, adjungirtem Aſtronomen
am Bureau des Longitudes, Profeſſor der mathematiſchen Phyſik am
Collége de France und der Experimentalphyſik an der Facultät der
Wiſſenſchaften zu Paris; Inſpector der Militärſchulen; vieler
gelehrten Geſellſchaften Mitglied.

> Qui tractaverunt scientias, aut empirici aut dogmatici fuerunt. Empirici, formicae more, congerunt tantum et utuntur; rationales, aranearum more, telas ex se conficiunt. Apis vero ratio media est, quae materiam ex floribus horti et agri elicit, sed tamen eam, propria facultate, vertit ac digerit.
>
> Bacon, Nov. Org. Lib. I. XCIV.

Durch Beſchluß der Commiſſion für den öffentlichen Unterricht
vom 22. Febr. 1817 als Lehrbuch in den öffentlichen Lehranſtalten Frankreichs eingeführt.

Dritte Auflage.

Ueberſetzt

von

M. Guſtav Theodor Fechner, med. Bacc.
akademiſchem Docenten zu Leipzig.

Vierter Band.
Mit vier Kupfertafeln.

Leipzig, 1825.
Bei Leopold Voß.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Inhaltsverzeichniß
zum
vierten Bande.

Zerlegung des Lichts.

Seite.

Sechſtes Capitel. Ueber die Zurückwerfungen, die Brechungen und die Farben der dünnen durchſichtigen Körper . . 1

Ueber die Anwandlungen des leichtern Durchgehens und des leichtern Zurückgehens 47

Siebentes Capitel. Anwendung der vorigen Theorie auf die Zurückwerſung der Lichtſtralen, welche durch dicke Mittel hindurchgegangen ſind 64

Achtes Capitel. Erklärung der den Körpern eigenthümlichen und bleibenden Farben 71

Neuntes Capitel. Von der Rückkehr der, innerlich auf der zweiten Oberfläche dicker durchſichtiger Mittel zurückgeworfenen, Stralen 77

Zehntes Capitel. Erklärung der Farbenringe und Anwandlungen nach der Hypotheſe der Undulationen. Princip der Interferenzen 77

Eilftes Capitel. Ueber die Beugung des Lichts . . . 88

Siebentes Buch.

Ueber die Polariſation des Lichts, allgemeine Betrachtungen . 96

Erſtes Capitel. Allgemeine Verfahrungsweiſe, die feſte Polariſation hervorzubringen 99

Seite.

Zweites Capitel. Von den Perioden, nach welchen die Polariſation in den, mit doppelter Brechung begabten, kryſtalliſirten Körpern erfolgt 127

Drittes Capitel. Oſcillatoriſche Bewegung der Polariſationsaxe, aus den vorigen Erſcheinungen hergeleitet 150

Viertes Capitel. Unterſuchung der Modificationen, welche die Lichtmolecule erfahren, wenn ſie ſucceſſiv durch mehrere Plättchen hindurchgehen, welche die bewegliche Polariſation bewirken, daraus ſich ergebende Verfahrungsarten, um farbige Bilder in dicken Platten durch Kreuzung ihrer Axen hervorzubringen 170

Fünftes Capitel. Von den Veränderungen in den polariſirenden Kräften, welche von der verſchiedenen Neigung der gebrochenen Stralen gegen die Axen der Kryſtalle abhängen. 175

Sechſtes Capitel. Von den Farbenringen, welche durch die bewegliche Polariſation um die Axen der doppelten Brechung der Kryſtalle erzeugt werden, wenn ein kegelförmiges Bündel polariſirter Stralen nach dieſer Richtung durch ſie hindurchgeht. 191

Von der Polariſation durch Drehung, welche gewiſſe feſte, tropfbarflüſſige und gasförmige Körper hervorrufen 203

Siebentes Capitel. Erſcheinungen der Polariſation, welche man in den unvollkommen kryſtalliſirten Körpern beobachtet. 210

Achtes Capitel. Beſtimmung der Geſetze, nach welchen das Licht durch Zurückwerfung auf der Oberfläche der Metalle polariſirt wird 218

Neuntes Capitel. Anwendung der vorſtehenden Grundſätze zur Verfertigung einer vergleichbaren Farbenſcale . . . 222

Zehntes Capitel. Von den Modificationen, welche durch die Polariſation in den Erſcheinungen der Interferenz hervorgebracht werden. 227

Eilftes Capitel. Maß der Intenſitäten des Lichts . . 233

Achtes Buch.

Vom Caloricum.

Erſtes Capitel. Ueber die Beziehungen des Lichts und des Caloricums 237

Zweites Capitel. Geſetze der Erkältung und Erwärmung der Körper in unbegränzten Mitteln 250

Seite.
Drittes Capitel. Einfluß des Zuſtandes und der Natur der Oberflächen auf die Stralung des Caloricums. Theorie ſeines Gleichgewichtes durch Austauſch 256
Viertes Capitel. Geſetze der Fortpflanzung der Wärme durch die feſten Körper 265
Fünftes Capitel. Von der Capacität der Körper für das Caloricum 270
Sechſtes Capitel. Von den Dampfmaſchinen 301

Zuſätze.

Ueber die Zuſammenziehung, welche durch Wärme in den Kryſtallen hervorgebracht wird 316
Wollaſton über die Gränze der Expanſion der Atmoſphäre . 316
Feuerſchwamm als Elektricitätsleiter 318
Unterſcheidung der poſitiven und negativen El. . . 318
Ueber die Elektricität des Papiers 319
Ueber die Elektricitätserregung durch Wärme in den Kryſtallen. 320
Ueber die galvaniſche Reihenfolge der Körper . . 322
Darſtellung der elektriſchen Erſcheinungen, welche in Begleitung chemiſcher Vorgänge auftreten, von Becquerel 324
I. Von den verſchiedenen elektrochemiſchen Theorieen. 324
II. Elektriſche Erſcheinungen beim Zerklüften von Kryſtallen 330
III. Von den Erſcheinungen der Contactelektricität . 331
IV. Von den elektriſchen Erſcheinungen, welche bei chemiſchen Vorgängen im Allgemeinen eintreten . 336
V. Von den elektriſchen Wirkungen, welche bei der Verbrennung und verſchiednen andern chemiſchen Vorgängen Statt haben 344
VI. Erklärung verſchiedener elektrochemiſcher Erſcheinungen 347
VII. Vom Maß der chemiſchen Wirkung durch die elektriſchen Erſcheinungen, die ihre Folge ſind . . 350

Seite.

VIII. Ueber die, durch capillare Thätigkeit hervorgehenden, elektriſchen Erſcheinungen 353

Ueber den Urſprung der Rückenmarksnerven in Bezug auf die Zuſätze Th. II. 348 354

Ueber magnetiſche oder analoge Wirkungen, welche in allen Körpern durch den Einfluß elektriſcher Ströme erzeugt werden. 357

Ueber den Transverſalmagnetismus 358

Pouillet über Wärmeentwicklung durch Benetzung 363

Namenregiſter der vorkommenden Schriftſteller 365

Sachregiſter 369

Zerlegung des Lichts.

Sechſtes Capitel.

Ueber die Zurückwerfungen, die Brechungen und die Farben der dünnen durchſichtigen Körper.

In allen bisher betrachteten Körpern konnte die Dicke der Körper, welche die Brechung, Zerſtreuung oder Zurückwerfung des Lichts bewirkten, als unendlich in Verhältniß zu dem Abſtande gelten, auf welchen dieſe Wirkung ſich in merklichem Grade erſtreckt. So würde die Brechung unter keinem beträchtlichern Winkel mehr Statt haben, wenn man ſich dickerer Prismen bediente; und die Zurückwerfung von den Oberflächen der Metallſpiegel oder Spiegelgläſer würde gleichfalls durch Vergrößerung von deren Dicke keine Veränderung erfahren. Werden aber dieſe Körper in ausnehmend dünne Blättchen verwandelt, ſo ändern ſich die Reſultate; ſie werfen weniger Licht von ihrer erſten Oberfläche zurück, und auf der zweiten werfen ſie vorzugsweiſe gewiſſe Farben zurück oder laſſen ſie durch, je nach ihrer chemiſchen Beſchaffenheit oder dem Grade der Dünnheit, auf die ſie herabgebracht ſind. Dieſe, in ihren Folgerungen ſehr wichtige, Erſcheinung iſt von Newton durch die nachſtehenden Verſuche in näheres Licht geſetzt worden.

Legt man zwei Prismen von polirtem Glaſe auf einander, ohne ſie zu drücken, ſo hat die kleine Luftſchicht, welche immer zwiſchen ihrer Oberfläche zurückbleibt, gewöhnlich ſchon ganz die, zu einer vollſtändigen Wirkung auf das Licht hinreichende, Dicke; denn die Erſcheinungen der Zurückwerfung und Brechung durch zwei ſolche Prismen und die dazwiſchen befindliche Luftſchicht befolgen ganz die, in den vorigen Capiteln erörterten, Geſetze; und wenn man die nahen Oberflächen dann auch noch weiter von einander entfernte, ſo würde die größere Dicke der Zwiſchenſchicht von Luft keine weitere Veränderung zur Folge haben. Reibt man aber die Prismen gegen einander, und druckt ſie dabei mit Kraft auf einander, um einen Theil dieſer, zwiſchen ihnen befindlichen, Luft auszutreiben, ſo bemerkt man bald ein Anhaften zwiſchen ihnen, welches gemeiniglich an einigen Stellen ſtärker, als an andern iſt, ſey es, weil ihre Oberflächen doch immer etwas gekrümmt ſind, oder auch, weil man ſie durch ſtarken Druck immer etwas biegt. Auf dieſe Weiſe erhält man eine Zwiſchenſchicht, dünner als die vorige, und deren Dicke von dem Puncte, wo die beiden Oberflächen ſich wirklich berühren, oder der Berührung am Nächſten kommen, nach allen Seiten hin bis zu den Stellen, wo ſie am weiteſten von einander entfernt ſind, zunimmt. Hält man alsdann die Prismen ins volle Licht, und dreht ſie dabei ſo, daß das Auge das Licht, welches partiell in der trennenden Zwiſchenſchicht zurückgeworfen wird, empfangen kann, ſo bemerkt man eine größere oder geringere Anzahl farbiger Ringe, die, wenn der Druck auf die Prismen hinlänglich iſt, einen ſchwarzen, am Berührungspuncte befindlichen, Fleck umgeben.

Um die Ordnung dieſer Ringe und die Aufeinanderfolge ihrer Farben gut beobachten zu können, muß man Prismen von einem kleinen brechenden Winkel nehmen, damit die hindurchgehenden Lichtſtralen keine merkliche Zerſtreuung erfahren, bevor ſie zur Luftſchicht gelangen, wo die farbigen Ringe entſtehen ſollen. Zweckmäßig iſt es, dieſe Prismen über einem ſchwarzen Körper anzubringen, damit kein fremdes, von äußern Gegenſtänden herkommendes, Licht, ſich beim Hindurchgehn mit dem der zu unterſuchenden Ringe vermiſche. Alsdann muß man ſich vor ein offenes Fenſter ſtellen; die Kante B des obern Prisma's nach Innen kehrend, Taf. XVII. Fig. 1., und das Auge darüber bringen, auf ſolche Art, daß es blos das, von der geneigten Oberfläche BC zurückgeworfene Licht empfängt, das von der obern Fläche A zurückgeworfene aber vorbeigehen läßt. Die vortheilhafteſte Lage iſt die, in welcher die, von der Zwiſchenſchicht der beiden Prismen zurückgeworfenen, Stralen ſenkrecht durch die erſte Oberfläche hindurchgehen; während das einfallende Licht RI, welches partiell von dieſer nämlichen Oberfläche zurückgeworfen wird, ſeine Richtung nach R' nimmt, ohne zum Auge des Beobachters zu gelangen, das man hinreichend erhoben über die Ebene AB annimmt, um keinen der ſchief zurückgeworfenen Stralen zu empfangen. Liegt nun ferner das untere Prisma über einem ſchwarzen Körper, wie wir zu Anfange anempfohlen, ſo werden die Ringe die lebhafteſten Farben zurückwerfen; und der centrale Fleck wird durch ſeine Undurchſichtigkeit das Ausſehn eines, in ihrer Mitte befindlichen, Lochs erhalten. Noch deutlicher aber wird man ſie unterſcheiden, wenn man ſie in ihrer Breite dadurch vergrößert, daß man ſie durch eine einfache Linſe oder ein Vergrößerungsglas von kurzer Brennweite betrachtet.

Die ſo gebildeten Ringe können nicht von dem, an der obern Fläche der Prismen zurückgeworfenen, Lichte herrühren, weil dies in der angezeigten Lage gar nicht zum Auge des Beobachters gelangt. Aus demſelben Grunde kann man ihre Bildung eben ſo wenig als auf der untern Fläche CA′ des zweiten Prisma's vor ſich gehend denken; und überdies läßt ſich dieſe Fläche mit chineſiſcher Tuſche, oder irgend einer andern, das Licht zu verſchlucken fähigen, Subſtanz ſchwärzen, ohne daß die Ringe eine Schwächung dadurch erfahren. Man kann alſo nicht anders annehmen, als daß ſie durch Zurückwerfung des Lichts von der Zwiſchenſchicht der beiden übereinanderliegenden Prismen hervorgebracht werden.

Das Licht, welches durch die Luftſchicht hindurchgeht, bildet ebenfalls farbige Ringe, wie man ſich überzeugen kann, wenn man die Wolken durch das Syſtem beider, in einige Entfernung vom Auge geſtellter, Prismen betrachtet. Dieſe zweite Art Ringe zeigt dieſelben Umriſſe, als die vorige; allein ihre Farben ſind verſchieden, und weit ſchwächer. Wir werden weiterhin zur Unterſuchung derſelben zurückkommen, wenn wir die der, durch Zurückwerfung entſtandnen, bemerkt haben werden.

Dieſe farbigen Ringe entſtehn immer beim Zuſammendrücken zweier Prismen, welches auch ihre Subſtanz ſeyn mag. Sie entſtehen, wenn man eine Glasfläche auf eine Tafel von Harz, von Metall, von Metallglas oder ſonſt einem glatten Stoffe legt. Sie zeigen ſich ſelbſt noch in der vollkommenſten Leere, die wir durch unſre Luftpumpen hervorzubringen vermögen; ſie verſchwinden ſelbſt dann nicht, wenn man die Gläſer bis zu dem Grade erhitzt, daß ſie weich und an einander geſchweißt werden. Wäre es möglich, durch dieſe Verfahrungsarten alle Luft auszuſchließen, ſo müßte man daraus ſchließen, daß die Ringe nicht durch die eigenthümliche Wirkung der Zwiſchenſchicht an Luft hervorgebracht werden; aber, obwohl es unmöglich iſt, phyſiſch dieſe Gränze zu erreichen, ſo deutet wenigſtens das Fortbeſtehen der Erſcheinungen bei Annäherung an dieſelbe deutlich darauf hin, daß ſie auch noch dann fortdauern würden, wenn die Luft ganz zwiſchen beiden Oberflächen entfernt wäre. In der That zeigen die, von Newton gefundenen, Geſetze, daß in dieſem äußerſten Fall die Dimenſionen der Ringe blos einen ſehr kleinen, und für die feinſten Verſuche faſt unmerklichen Zuſatz erhalten würden.

Es iſt auch keineswegs erforderlich, daß die dünne Zwiſchenſchicht aus Luft beſtehe, oder zwiſchen zwei feſten Körpern enthalten ſey. Eine Schicht Waſſer, Alkohol, Aether, oder ſonſt einer verdunſtbaren Flüſſigkeit bringt, wenn ſie über ein ſchwarzes Glas ausgebreitet und durch die Verdunſtung gehörig dünn geworden iſt, eben ſolche Farben hervor; nur, da ſich die Dicke einer ſolchen Schicht immer auf unregelmäßige Weiſe verändert, zeigen ſich auch entſprechende wellenartige Veränderungen in den, dadurch hervorgebrachten, Farben. Den nämlichen Erfolg gewähren Glimmer- und Glasblättchen, wenn ſie hinlänglich dünn ſind [1]).

Ueberhaupt erhält man durch alle Subſtanzen und alle Combinirungen derſelben, die man immer wählen mag, um die Ringe hervorzubringen, ſtets nur die nämlichen Farben und dieſe in der nämlichen Reihenfolge von den geringſten Dicken bis zu den ſtärkſten. Nur in der abſoluten Ausdehnung, welche die Farben jedes Rings einnehmen, zeigt ſich ein Unterſchied, indem ſich dieſelben nach der Beſchaffenheit der Subſtanz und der mehr oder minder raſchen Abſtufung der Dicken ändert. Hienach wird die naturgemäße Ordnung, in der wir unſre Unterſuchungen über dieſe Erſcheinungen weiter vorzunehmen haben, die ſeyn, 1) die Reihenfolge der Farben der Ringe in einer Schicht aus irgend einer Subſtanz, deren Dicken ſich aber nach einem bekannten Geſetz ändern, auszumitteln; 2) für dieſe Subſtanz das Verhältniß der Dicken zu den Farben zu beſtimmen; 3) endlich, dieſe Verhältniſſe in verſchiednen Subſtanzen zu vergleichen, um zu ſehen, was ſie Gemeinſchaftliches oder Verſchiedenes haben.

Die Reihenfolge, nach welcher die Farben der verſchiedenen Ringe geordnet ſind, läßt ſich ſchon ziemlich gut an denen beobachten, welche ſich zwiſchen zwei Prismen bilden, zumal in ſolchen Fällen, wo dieſe Ringe breit ſind, und noch dadurch vergrößert werden, daß man ſie mit einer Lupe betrachtet. Dies Verfahren läßt indeß keine große Schärfe zu; denn da die Prismen gewöhnlich durch einen gewaltſamen und unregelmäßigen Druck zum Anhaften gebracht werden, ſo ſind auch die dadurch entſtehenden Ringe faſt immer unregelmäßig. Manchmal bilden ſich mehrere Mittelpuncte des Drucks und mithin mehrere ſchwarze Flecken, von welchen aus die Farben ſich immer mehr abſtufen, und Reihen von Ringen zuſammenſetzen, die ſich mit einander vermiſchen. Um alſo weiter zu gehen, als wir durch die erſten Beobachtungen geführt worden ſind, müſſen wir uns irgend einer andern Vorrichtung bedienen, welche die nämlichen Erſcheinungen mit mehr Regelmäßigkeit hervorzubringen vermag. Hiezu gelangen wir, indem wir zwei ſphäriſche Gläſer von ungleicher Krümmung über einander legen. Wenn die Oberflächen dieſer Gläſer recht genau gearbeitet ſind, ſo können ſie nur einen einzigen Berührungspunct haben, von welchem aus die zwiſchen ihnen befindlichen Räume immer mehr an Dicke zunehmen, nach geometriſchen Geſetzen, welche von dem Unterſchiede ihrer Halbmeſſer abhängen. Ueberdies gelangt vermöge der geringen Krümmung, die man dieſen Gläſern gewöhnlich giebt, das hindurchgehende Licht zur Luftſchicht, ohne vorher merklich zerſtreut zu werden. Dieſe Anordnung eignet ſich daher ausnehmend, eine genaue Meſſung der Dimenſionen der Ringe zu geſtatten, und ihre Farben mit den entſprechenden Dicken zu vergleichen. Newton verfuhr auf dieſe Weiſe. Unter allen möglichen Combinationen von Krümmungen blieb er immer bei der ſtehen, wo eins der beiden Gläſer eben, das andre auf ſeinen beiden Oberflächen von gleicher Convexität iſt, weil dieſe Anordnung am leichteſten eine genaue Beſtimmung der Krümmungen geſtattet. Denn man kann ſich leicht durch die Zurückwerfung davon überzeugen, daß ein Glas eben iſt, ſo wie ſich auch der Halbmeſſer eines, auf beiden Seiten gleich convexen, Glaſes beſtimmen läßt, indem man den Abſtand mißt, in welchem es die, parallel auf einer ſeiner Oberflächen auffallenden einfachen Stralen concentrirt.

---

[1]) Die dünnen Glimmerblättchen erhält man dadurch, daß man ſie mittelſt einer Lanzette von den dickern Blättchen lostrennt. Was die dünnen Glasblättchen betrifft, ſo ſchmilzt man, um ſie zu erhalten, an der Lampe das Ende einer hohlen Glasröhre, bläſt darauf in dieſe Röhre, während ihr Ende glüht, und treibt es dadurch in eine Kugel auseinander, die man ſo weit anſchwellt, bis ſie wegen ihrer Dünne platzt.

Wird nun alſo ein Convexglas von großem Halbmeſſer auf eine ebene Glastafel gelegt, und ſanft dagegen gedrückt, um die Berührung beſſer zu bewerkſtelligen, ſo zeigen ſich die Farbenringe ſogleich regelmäßig und deutlich mit dem ſchwarzen Fleck in ihrer Mitte. Jeder kreisförmige Gürtel der Luftſchicht wirft hier die, ſeiner Dicke eigenthümlich zukommende, Farbe zurück; mithin, wenn man allmälig dieſe Dicke vergrößert, wie ſich durch ſanftes Lüften des oberen Glaſes bewirken läßt, müſſen die, in einer und derſelben Entfernung von der Mitte zurückgeworfenen, Farben ſich ändern, und diejenigen, welche anfangs die, von der Mitte entfernteſten, Ringe bildeten, müſſen ſich allmälig gegen die Mitte zurückziehen, bis die Dicke der Luftſchicht ſelbſt hier zu ſtark für ſie wird, wo ſie dann verſchwinden, und wiederum die vorher entferntern an ihre Stelle treten laſſen. Da aber an dieſer letztern Stelle, wo ſie verſchwinden, der Abſtand der Gläſer faſt nur unmerkliche Abſtufungen zeigt, weil die Gläſer hier einander berühren, ſo folgt, daß jede Farbe, wenn ſie dahin gelangt iſt, den ganzen Raum von merklich gleicher Dicke darum einnehmen und ihre ſtärkſte Breite erlangen muß, wodurch ſie leichter zu unterſcheiden wird. Dieſe Aufeinanderfolge, die man beliebig raſch oder langſam vorſchreiten laſſen kann, bietet demnach ein eben ſo einfaches als genaues Mittel zur Beſtimmung der Art und Anordnung der Farben dar, welche die Reihe der Ringe bilden.

Newton bediente ſich bei dieſem Verſuche eines Convexglaſes, deſſen beide Oberflächen, nach der nämlichen Kugel gearbeitet, 51 engl. Fuß zum Krümmungs-Halbmeſſer hatten; und theils nach Reſultaten, welche er hiedurch erhielt, theils nach zuvor angeſtellten Verſuchen mit Prismen beſtimmte er die Ordnung der Reihenfolge der Farben, aus denen die kreisförmigen Ringe beſtanden, in folgenden Worten:

„Nach dem durchſichtigen Fleck in der Mitte, der ſich am Berührungspuncte beider Gläſer bildete, kam Blau, Weiß, Gelb und Roth. Des Blau's war ſo wenig vorhanden, daß ich es in den, durch die Prismen hervorgebrachten, Ringen nicht zu unterſcheiden vermochte; eben ſo wenig konnte ich Violet darin erkennen; das Gelb und Roth aber waren ziemlich reichlich vorhanden, und ſie nahmen zuſammen ungefähr ſo viel Platz als das Weiß und vier- bis fünfmal ſo viel, als das Blau ein. Unmittelbar auf dieſe erſte Reihe folgte eine andre, worin man Violet, Blau, Grün, Gelb und Roth unterſchied. Alle dieſe Farben waren reichlich und lebhaft, ausgenommen das Grün, welches nur in ſehr geringer Quantität vorhanden war und weit bläſſer und ſchwächer, als die übrigen erſchien. Das Violet nahm weniger Raum ein, als jede der vier andern Farben, und das Blau weniger, als das Gelb oder Roth. Die dritte Farbenreihe war Purpur, Blau, Grün, Gelb und Roth: der Purpur erſchien hier röthlicher als das Violet der vorigen Reihe und das Grün zeigte ſich weit ſichtbarer, indem es eben ſo lebhaft und in eben ſo großer Quantität vorhanden war, als jede der andern Farben, das Gelb ausgenommen; das Roth aber fieng an, etwas unſcheinbar zu werden (à se ternir), indem es ſich ausnehmend in das Purpurfarbene zog. Hierauf folgte die vierte Reihe, beſtehend aus Grün und Roth; das Grün war ſehr reichlich und lebhaft, und zog ſich auf der einen Seite ins Blau, auf der andern ins Gelb; aber weder Violet noch Blau, noch Gelb war in dieſer vierten Reihe vorhanden, und das Roth erſchien ſehr unvollkommen. Die Farben, welche auf dieſe folgten, wurden immer ſchwächer und unentſchiedener, bis ſie nach drei- bis viermaliger Wiederkehr allmälig in Weiß übergiengen. In Fig. 2. ſind durch die Folge der Buchſtaben des Alphabets die verſchiedenen Plätze angegeben, welche ſämmtliche Farben einnahmen, wenn die Gläſer gegen einander gedrückt wurden, ſo daß ſie alle zugleich mit dem ſchwarzen Fleck in ihrer Mitte erſchienen. In dieſem Fall war ihre Reihenfolge von dieſer Mitte aus folgende: *Schwarz*, Blau, Weiß, Gelb, Roth; *Violet*, Blau, Grün, Gelb, Roth; *Purpur*, Blau, Grün, Gelb, Roth; *Grün*, Roth; *Grünlichblau*, roth; *Grünlichblau*, blaßroth; *Grünlichblau*, röthlichweiß 1) *).

---

1) Die Farben, deren Namen im Druck hervorgehoben ſind, ſind diejenigen, welche den Anfang jedes Ringes, von der Mitte an gerechnet, bilden;

Nach dieſen Beobachtungen gieng Newton daran, die Durchmeſſer der Ringe zu meſſen, wobei er ſich der nämlichen Gläſer bediente. Hier aber nahm er ſorgfältig in Obacht, dieſelben blos über einander zu legen, ohne ſie auf einander zu drücken, wodurch ſie hätten verbogen und ihre Krümmung geändert werden können. Darauf brachte er ſein Auge über die Ringe ſo ſenkrecht als möglich, und maß die Durchmeſſer der ſechs erſten bis zu den Stellen, wo ſie am glänzendſten ſchienen, was für den erſten und innerſten ungefähr in der Angränzung des Gelb und Weiß, für den zweiten zwiſchen dem Orange und Gelb; für den dritten im Gelb ſelbſt; für den vierten zwiſchen dem Gelblichgrün und Roth; für den fünften und ſechſten zwiſchen dem Grünlichblau und Roth, faſt immer in der Mitte des Raums, den jeder Ring einnahm, Statt hatte. Nun weiſt die Geometrie nach, daß der Zwiſchenraum zweier Kugeln, oder einer Ebene und einer Kugel, welche ſich berühren, wie das Quadrat der Abſtände vom Berührungspuncte zunimmt. Newton bildete ſonach die Quadrate aller Durchmeſſer, welche er gemeſſen hatte, und fand durch Vergleichung derſelben mit einander, daß ſie, vom Kleinſten unter ihnen an gerechnet, die Progreſſion der ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9 ...., befolgten, wonach die Dicken der Luftſchicht an den Stellen, wo die Ringe durch jene Durchmeſſer begränzt wurden, in den nämlichen Verhältniſſen ſtanden.

Zur Genauigkeit dieſer Beobachtungen iſt erforderlich, das Auge ſo nahe als möglich an die Verticale zu bringen, welche durch die Mitte aller Ringe hindurchgeht, um zu vermeiden, daß ſie nicht durch die Schiefe der Stralen gegen die Oberfläche der Gläſer in die Breite gedehnt werden. Aus demſelben Grunde muß man die Durchmeſſer nicht in der Einfallsebene meſſen, in welcher das Licht anlangt, wo

---

und die dunkelſten Ringe ſind die, welche in der Figur 1. durch Schraffirung angedeutet ſind.

[*] Ich bemerke hier zum Verſtändniß von Ausdrücken, welche in der Folge öfters vorkommen daß jede der angegebenen Folgen einen zuſammengeſetzten Ring bildet, und daß Biot dieſe nach Ordnungen unterſcheidet. So bildet Schwarz, Blau, Weiß, Gelb, Roth in ihrer unmittelbaren Aufeinanderfolge den zuſammengeſetzten Ring der erſten Ordnung; darauf beginnt mit Violet der zuſammengeſetzte Ring der zweiten Ordnung u. ſ. f. Auf dieſelbe Weiſe unterſcheidet er auch die beſondern Farben in den Ringen; ſo iſt ein Gelb der dritten Ordnung ein ſolches, wie es ſich im zuſammengeſetzten Ringe dritter Ordnung (Purpur, Blau, Grün, Gelb, Roth) zeigt. Die Ringe der verſchiedenen Ordnungen ſcheiden ſich durch Dunklerwerden der Farben von einander ab, die Biot dann öfters beſonders als dunkle Ringe unterſcheidet. So iſt der erſte dunkle Ring das Schwarz des Mittelflecks; der zweite hat zur Mitte das Dunkelviolet ſ. weiter unten.

die, von den Enden eines und deſſelben Durchmeſſers zum Auge gelangenden Stralen ungleiche Schiefen haben würden, ſondern quer auf die Einfallsrichtung und ſenkrecht auf ihre Ebene, wie Fig. 3. darſtellt. Endlich, da die Durchmeſſer auf der obern Oberfläche des Glaſes gemeſſen werden, während die Ringe ſich eigentlich auf ſeiner untern Oberfläche bilden, muß man auch noch die Brechungen mit in Rechnung ziehen, die die Stralen beim Hindurchgehen durch das Glas erfahren, und deßhalb Correctionen anbringen. Newton hat keine dieſer Vorſichtsmaßregeln übergangen, wie man in meinem größern Werke nachleſen kann; und man wird die Unerläßlichkeit derſelben leicht zugeſtehen, wenn man erwägt, wie ausnehmend klein die Dicken ſind, um deren Schätzung es ſich handelt.

Newton maß eben ſo auch den Durchmeſſer der Ringe bis zu ihren dunkelſten Stellen (oder, in ſo fern man, wie von Biot öfters geſchieht, dieſe dunkeln Stellen, als beſondre Ringe betrachtet, die zwiſchen die hellen Ringe fallen, er maß die Durchmeſſer der dunkeln Ringe bis zu ihren dunkelſten Stellen), welche für den erſten in die Mitte des centralen Flecks fiel; für den zweiten in das dunkel Violet; für den dritten in das Tiefblau; für den vierten, fünften und ſechſten zu Anfange des Grünlichblau. Er bildete auch hier die Quadrate dieſer Durchmeſſer, um die entſprechenden Dicken der Luftſchicht zu erhalten, und fand, daß ſie der Progreſſion der geraden Zahlen 0, 2, 4, 6 .... folgten, wenn man 0 für den Fleck in der Mitte ſetzt. Mithin befolgten auch die Dicken der Luftſchicht an den dunkelſten Stellen der ſechs erſten Ringe die nämliche Progreſſion. „Und, fügt Newton hinzu, da es eine mißliche Sache um ſo feine „Meſſungen iſt, ſo nahm ich ſie zu verſchiednen Malen und auf verſchiedenen Stellen des Glaſes, um in ihrer Uebereinſtimmung das „Zeugniß ihrer Zuverläſſigkeit zu finden. Eben ſo verfuhr ich auch „bei einigen der folgenden Beobachtungen.“ Man wird finden, daß ſich dieſer ausgezeichnete Geiſt nicht ſo leicht zufrieden ſtellen ließ.

Aber ſchon das vorige Geſetz reicht hin, uns Rechenſchaft von einer Erſcheinung zu geben, die ſich leicht beobachten läßt, ſelbſt wenn man die Ringe durch Objectivgläſer von nicht ſehr beträchtlichem Halbmeſſer hervorbringt. Die Ringe rücken nämlich in dem Maße näher zuſammen, als ſie weiter vom Mittelfleck abliegen. In der That, da die Quadrate ihrer Durchmeſſer der Progreſſion der ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 .... folgen, ſo werden die Durchmeſſer ſelbſt den Quadratwurzeln dieſer Zahlen proportional ſeyn; ſo daß ſie folgende Reihe bilden, in welcher der Durchmeſſer des erſten Ringes in ſeiner glänzendſten Stelle durch die Einheit ausgedrückt iſt.

Quadrate der Durchmeſſer.	Durchmeſſer.	Unterſchiede der aufeinanderfolgenden Durchmeſſer.
1	1,00000	0,73205
3	1,73205	0,50402
5	2,23607	0,40968
7	2,64575	0,35425
9	3,00000	0,31663
11	3,31663	0,28892
13	3,60555	0,26743
15	3,87298	
101	10,04988	
103	10,14890	0,09902

Man ſieht ſomit, wie der Unterſchied der Durchmeſſer der aufeinanderfolgenden Ringe vom Mittelfleck aus immer mehr abnimmt, in Uebereinſtimmung mit der Beobachtung.

Wir haben bisher nur von dem Geſetz geſprochen, nach welchem ſich die Durchmeſſer der ſucceſſiven Ringe ändern; zur Vollſtändigkeit der Ergebniſſe iſt noch zu wiſſen nöthig, welche abſolute Größe jeder derſelben hat. Durch außerordentlich ſorgſame Meſſung, angeſtellt auf den, zu den vorigen Verſuchen gebrauchten, Gläſern fand Newton, daß ſie für den hellſten Theil des ſechſten Ringes gleich $\frac{55}{100}$ engl. Zoll war. Einige Zeit nachher aber, beſorgend, er möchte den Durchmeſſer des convexen Glaſes nicht mit hinlänglicher Genauigkeit für einen ſo feinen Verſuch beſtimmt haben, ſtellte er die Beobachtung von Neuem an einem andern, doppelt convexen Objectivglaſe an, deſſen beide Flächen nach der nämlichen Kugel gearbeitet waren. Die mittlere Brennweite dieſes Glaſes betrug 83, 4 Zoll und ſein Brechungsverhältniß $\frac{17}{11}$, woraus ſich nach der, auf S. 279. Th. III. angegebenen, Formel ergiebt, daß jede ſeiner beiden Oberflächen zum Durchmeſſer (der Krümmung) 181,964 Zoll oder in runden Zahlen 182 Zoll hatte. Newton legte dieſes convexe Glas auf ein andres ebenes, ſo daß der ſchwarze Fleck in der Mitte der Farbenringe erſchien, ohne Mitwirkung eines andern Drucks, als den das Gewicht des Glaſes ſelbſt mit ſich brachte. Als er nun darauf den Durchmeſſer des fünften dunkeln Ringes mit der möglichſten Genauigkeit maß, fand er ihn genau dem fünften Theile eines Zolls gleich. Er nahm dies Maß mit einem Zirkel auf der obern Fläche des Convexglaſes, indem er das Auge ungefähr acht bis neun Zoll darüber erhoben hielt und zwar faſt ſenkrecht über der Mitte des Glaſes, welches ein Sechstheil Zoll in der Dicke hielt. Bei dieſer Anordnung mußte der wahre Durchmeſſer des Ringes, wie er eigentlich auf der zweiten Oberfläche des Glaſes

Statt fand, etwas verkleinert erſcheinen, und es ergiebt ſich durch Berechnung, daß, um den wahren Durchmeſſer zu erhalten, man den ſcheinbaren um ſeinen 79ſten Theil vermehren, oder, was auf daſſelbe hinauskommt, ihn mit $\frac{80}{79}$ multipliciren müſſe. Da er nun gleich $\frac{1}{5}$ Zoll gefunden worden war, ſo bringt ihn dieſer Zuwachs auf $\frac{1}{5} \cdot \frac{80}{79}$ oder $\frac{16}{79}$ Zoll, wonach der wahre Halbmeſſer gleich der Hälfte dieſer Größe, d. i. $\frac{8}{79}$ Zoll war.

Wenn nun ein convexes Glas auf ein ebenes gelegt wird; ſo iſt die Dicke der Luftſchicht oder der Abſtand der Gläſer im Perimeter (Umkreis) irgend eines Ringes gleich dem Quadrate des halben Durchmeſſers des Ringes, dividirt durch den Durchmeſſer der Kugel, nach welcher das Glas gearbeitet worden iſt. Dies ergiebt ſich durch mathematiſche Herleitung. Wenden wir dieſe Regel auf unſern Fall an, ſo iſt, da der halbe Durchmeſſer des fünften dunkeln Ringes $\frac{8}{79}$ Zoll beträgt, ſein Quadrat $\frac{64}{6241}$, welches, durch 182, die Größe des Durchmeſſers der Kugel, dividirt, $\frac{64}{6241.182}$ d. i. $\frac{64}{11\,35862}$ Theile eines Zolls giebt; ein Bruch, der durch Reduction auf $\frac{1}{17747,84}$ Theil eines Zolls zurückkommt. Nach der vorigen Beobachtung nun folgen die Dicken der Luftſchicht in den Perimetern der verſchiedenen dunkeln Ringe der Progreſſion 0, 2, 4, 6, 8, 10 . . . ., wo der fünfte durch 10 und der Mittelfleck durch 0 ausgedrückt iſt. Man ſieht hienach, daß, wenn man den fünften Theil von der Dicke, welche die Luftſchicht an der Stelle des fünften Ringes hat, wo ſie gleich 10 iſt, nimmt, man die Dicke an der Stelle des erſten Ringes erhält, wo ſie gleich 2 iſt. Nimmt man alſo den fünften Theil von dem Bruch $\frac{1}{17747,84}$, ſo erhält man $\frac{1}{88739}$ Theile eines Zolls für die Dicke der Luftſchicht im Perimeter des erſten der dunkeln Ringe. Newton ſtellte die nämlichen Prüfungen noch mit vielen andern convexen Gläſern von verſchiednen Krümmungen, und ſelbſt mit Theilen convexer Gläſer an, um die Irrthümer auszuſchließen, welche von den Ungleichheiten in der Bearbeitung dieſer Gläſer hätten herrühren können, und immer waren die Reſultate mit den vorigen in Uebereinſtimmung.

Nun iſt anzunehmen, daß alle dieſe Gläſer nicht ſtreng von der nämlichen chemiſchen Zuſammenſetzung waren, es mußten alſo Verſchiedenheiten zwiſchen ihren brechenden Kräften Statt finden. Wenn ſie ungeachtet dieſer Verſchiedenheiten ſich alle dahin vereinigten, die nämlichen Dicken für die nämlichen Ringe erkennen zu laſſen, ſo kann man nicht umhin, zu ſchließen, daß die Farben, die ſo von den verſchiedenen Dicken der Luftſchicht zurückgeworfen werden, weſentlich von dieſen Dicken und nicht von der Beſchaffenheit des umgebenden Mittels abhängen, Wir werden in der Folge ſehen, daß dieſe Folgerung allgemeine Gültigkeit hat. Welcher Art auch die zurückwerfende Subſtanz ſeyn mag, die Farbe, welche ſie bei ſenkrechtem Einfallen und bei einer gegebenen Dicke zurückwirft, iſt unabhängig von der Beſchaffenheit des umgebenden Mittels, blos die Intenſität dieſer Farbe iſt veränderlich.

Die hier angeführten Maße wurden auf die, bei Fig. 3. angezeigte, Weiſe genommen, ſenkrecht auf die, durch den Mittelfleck gelegte, Zurückwerfungsebene, ſo daß die Einfalls- und Zurückwerfungswinkel der Stralen auf der Luftſchicht für die verſchiedenen Ringe faſt ganz die nämlichen waren. Es bleibt alſo nur noch übrig, zu beſtimmen, welches dieſe Winkel waren, um den Einfallswinkel angeben zu können, unter welchem dieſe Beobachtungen angeſtellt wurden. Denn, wie ſchon erwähnt, werden die Ringe in dem Maße breiter, als ſie von ſchiefer gegen die Luftſchicht einfallenden Stralen gebildet werden. Nun berichtet Newton, daß, als er dieſe Beobachtungen anſtellte, ſein Auge um acht bis neun Zoll über der Ebene der Ringe erhoben war, und ſich von den einfallenden Stralen um 1,25 Zoll entfernt befand; woraus ſich berechnen läßt, daß der Einfallswinkel der Lichtſtralen auf die Luftſchicht ungefähr 4° betrug. Nach den ſogleich darzulegenden Geſetzen des Wachsthums der Ringe nun ergiebt ſich, daß es bei der Kleinheit dieſes Winkels hinreicht, um die Ringe auf den Fall der ſenkrechten Incidenz zurückzuführen, ſie nach dem Verhältniß des Halbmeſſers zur Secante von 4 Grad zu verkleinern, d. i. nach dem Verhältniß von 10000 zu 10024; oder, was auf das Nämliche hinauskommt, ſie mit dem Bruch $\frac{10000}{10024}$ zu multipliciren. Hiedurch reducirt ſich die Dicke des erſten dunkeln Ringes für den Fall des ſenkrechten Einfallens auf $\frac{1}{88952}$ Zoll; ein anderer Verſuch, deſſen nähere Beſchreibung wir übergehen, gab $\frac{1}{86021}$. Das arithmetiſche Mittel davon würde ziemlich $\frac{1}{89000}$ Zoll ſeyn, ein Reſultat, bei welchem auch Newton ſtehen geblieben iſt. Da nun der erſte dunkle Ring durch 2 ausgedrückt wird, während der erſte Ring in ſeiner glänzendſten Stelle 1 zum Ausdruck hat, ſo folgt, daß, wenn man die Hälfte von $\frac{1}{89000}$ nimmt, man die Dicke der Luft an der glänzendſten Stelle des erſten Ringes erhält, welche ſomit $\frac{1}{178000}$ Zoll beträgt.

Und da im Allgemeinen die Dicken der Luftſchicht an den glänzendſten Stellen der Ringe die arithmetiſche Progreſſion 1, 3, 5, 7, 9 befolgen, während die Dicken dieſer nämlichen Schicht an den dunkelſten Stellen, nach der dazwiſchenfallenden Reihe 2, 4, 6, 8, 10 fortgeben, ſo erhellt, daß, wenn die Dicke des erſten oder irgend eines beliebigen dieſer Ringe bekannt iſt, damit zugleich die Kenntniß aller übrigen gegeben iſt; ſo daß die verſchiedenen Werthe dieſer Dicken, in Bruchtheilen des Engliſchen Zolls ausgedrückt, ſeyn werden,

für die glänzendſten Stellen der Ringe,

$\frac{1}{178000}$, $\frac{3}{178000}$, $\frac{5}{178000}$, $\frac{7}{178000}$;

für ihre dunkelſten Stellen,

$\frac{2}{178000}$, $\frac{4}{178000}$, $\frac{6}{178000}$, $\frac{8}{178000}$;

welche Werthe ſich jedoch nur auf die ſenkrechte Incidenz beziehen. Um ihnen Allgemeinheit zu verleihen, muß man die Veränderungen in der Breite der Ringe beſtimmen, welche bei geänderter Neigung der Stralen auf die ſie zurückwerfende Luftſchicht eintreten.

Dieſe Veränderungen zu beobachten, hat gar keine Schwierigkeit. Man braucht nur erſt die Ringe ſo zu betrachten, daß man das Auge möglichſt nahe an die, auf ihrer Oberfläche Senkrechte bringt, und ſich dann allmälig aus dieſer Lage zu entfernen, um ſie in immer ſchieferer Richtung zu erblicken, wo man ſie dann ſich kreisförmig nach allen Seiten erweitert ſieht. Newton maß, um das Geſetz dieſes Anwachſens kennen zu lernen, den Durchmeſſer eines und des nämlichen Ringes bei verſchiedenen Graden der Schiefe, wobei er den Maßſtab an irgend eine beliebige, nur allemal die nämliche, Farbe legte; und ſchloß hieraus auf die Dicke der Luft, durch welche bei den verſchiedenen Graden der Schiefe dieſe Farbe zurückgeworfen ward. Um aber dieſe Meſſungen bis auf die größten Einfallswinkel auszudehnen, wo die Geſichtslinien ſehr ſchief gegen die Luftſchicht werden, ſah er ſich genöthigt, vom Gebrauch der Objectivgläſer abzugehen und Statt ihrer Prismen anzuwenden. Denn wegen der geringen Krümmung der Objectivgläſer ſind die Lichtſtralen, welche von ihrer zweiten Oberfläche in die Luftſchicht übertreten, den einfallenden Stralen immer beinahe parallel. Wenn ſie alſo ſehr ſchief gegen die Luftſchicht werden ſollen, müſſen die Geſichtsſtralen beinahe ganz die nämliche Schiefe gegen die Einfallsoberflächen haben. Dann verunſtaltet die Krümmung des obern Glaſes die Ringe; und ſowohl vermöge dieſes Umſtands, als wegen der ungünſtigen Lage des Auges, werden die Meſſungen der Durchmeſſer ſchwierig und unſicher. Man umgeht dieſe Quellen der Irrung dadurch, daß man die Ringe zwiſchen Prismen durch ein gebrochenes Licht hervorbringen läßt, welches, durch eine Fläche ein- und durch eine andre austretend, unter den größten Einfallswinkeln in die dünne Schicht eintreffen kann. Um ſich aber hiebei durch die Wirkungen der Zerſtreuung nicht geſtört zu ſehen, muß dies Licht einfach und homogen ſeyn. Ausführlichere Erörterungen über das hiebei anzuwendende Verfahren findet man in meinem größern Werke. Hier ſage ich blos eine Tabelle bei, welche Newton durch Verbindung der Reſultate dieſer Methode mit denen, die er durch die Objectivgläſer erhalten hatte, fand. Sie erſtreckt ſich auf alle mögliche Winkel, unter denen die Stralen in die Luftſchicht austreten können, von 0°, bis 100°.

Einfallswinkel auf der zweiten Glasoberfläche.	Austrittswinkel in die Luftſchicht.	Durchmeſſer des Ringes.	Dicke der Luftſchicht.
0° 00′	0° 00′	10	10
6 26	10 00	$10\frac{1}{13}$	$10\frac{2}{13}$
12 45	20 00	$10\frac{1}{6}$	$10\frac{1}{3}$
18 49	30 00	$10\frac{2}{3}$	$11\frac{1}{3}$
24 30	40 00	$11\frac{2}{5}$	13
29 37	50 00	$12\frac{1}{2}$	$15\frac{1}{2}$
33 58	60 00	14	20
35 47	65 00	$15\frac{1}{5}$	$23\frac{1}{4}$
37 19	70 00	$16\frac{4}{5}$	$28\frac{1}{5}$
38 33	75 00	$19\frac{1}{4}$	37
39 27	80 00	$22\frac{6}{7}$	$52\frac{1}{4}$
40 00	85 00	29	$84\frac{1}{12}$
40 11	90 00	35	$122\frac{1}{2}$

Die beiden erſten Spalten bedürfen keiner Erklärung: nur will ich bemerken, daß zufolge der Art, wie die Beobachtungen angeſtellt wurden, die Einfalls- und Austrittswinkel eben ſowohl auf den einfallenden als den gebrochenen Stral bezogen werden können. Denn da die Maße der Ringe von M nach M, Fig. 4., auf dem queren Durchmeſſer genommen ſind, welcher ſenkrecht auf die, durch die Mitte gehende, Einfallsebene OCH iſt, ſo gehen die Geſichtslinien, welche die Ringe an dieſen Enden begränzen, durch die beiden Oberflächen der Luftſchicht an Puncten, wo ihre Tangenten für parallel gelten können, hindurch. Es folgt hieraus, daß die Beobachtungen Newtons, obwohl an gekrümmten Schichten angeſtellt, eigentlich für Schichten von gleicher Dicke gelten. Die Ergebniſſe derſelben laſſen ſich indeß auch auf krumme Schichten anwenden, wenn die Krümmungen ihrer Oberflächen, an den Stellen, wo der Lichtſtral durch ſie hindurchgeht, ſo wenig verſchieden ſind, daß die Einfalls- und Austrittswinkel, auf der einen oder auf der andern gemeſſen, nach unſerer Tabelle nur unmerkliche Verſchiedenheiten in den Durchmeſſern der Ringe geben. Dies würde z. B. der Fall bei dünnen Luftſchichten ſeyn, welche zwiſchen ſehr wenig gekrümmten Objectivgläſern enthalten wären, wenn man auch ſelbſt die Maße der darin gebildeten Ringe auf dem, in der Einfallsebene gelegenen, Durchmeſſer nähme; nur müßte man verſchiedene Correctionen an ſeinen beiden Enden anbringen, um das ungleiche Einfallen der Stralen an dieſen Stellen nicht unberückſichtigt zu laſſen.

Die dritte Spalte der Tabelle drückt die Durchmeſſer aus, welche ein und der nämliche Ring erhält, je nachdem er unter verſchiedenen Schiefen erblickt wird, wobei ſein Durchmeſſer bei dem ſenkrechten Einfallen durch 10 vorgeſtellt iſt. Die vierte Spalte endlich, welche die Quadrate der dritten, durch 10 dividirt, enthält, giebt die Dicken der Luftſchicht an, von welcher ſucceſſiv dieſer nämliche Ring unter den verſchiedenen Schiefen zurückgeworfen wird, wenn man 10 für die Dicke ſetzt, in welcher er bei dem ſenkrechten Einfallen durch Zurückwerfung erſcheint. Dieſe Tabelle gilt für alle Ringe gemeinſchaftlich; welches auch ihr Abſtand vom Mittelſteck ſeyn mag; denn vermöge einer ſehr bemerkenswerthen Eigenſchaft iſt das Verhältniß, nach welchem der Durchmeſſer jedes Ringes wächſt, unabhängig von der Stelle, die er in der Reihenfolge einnimmt, ſo wie von der beſondern Farbe, die er zurückwirft,

Es erhellt aus dieſer Tabelle, daß die Dicke, von welcher die nämliche Farbe zurückgeworfen wird, immer mehr mit der Schiefe der einfallenden Stralen zunimmt; mithin, wenn man einen und den nämlichen Punct der Luftſchicht ſucceſſiv unter verſchiedenen Schiefen betrachtet, wird dieſer Punct durch ſolche Farben ſchreiten, welche vorher von geringern Dicken zurückgeworfen waren. Man kann ſonach ſagen, daß durch ſchieferes Einfallen der Stralen auf die Luftſchicht dieſelbe Wirkung hervorgebracht wird, als wenn dieſe Schicht dünner würde.

Um von dieſen Ergebniſſen einen bequemen und ſichern Gebrauch machen zu können, muß man ſie durch ein analytiſches Geſetz zu verknüpfen ſuchen, welches ſie, wo nicht auf eine in aller Schärfe genaue, doch für die Beobachtung hinlänglich angenäherte, Weiſe unter ſich befaßt. Dies hat Newton gethan, und man kann in meinem größern Werke ſeine Reſultate in Formeln dargeſtellt finden.

Hiedurch zum Ueberblick bequemer gemacht, geben ſie zu erkennen, daß die abſolute Zunahme des Durchmeſſers jedes Ringes durch die Schiefe um ſo geringer iſt, je näher ſich derſelbe an dem Mittelſteck befindet, ſo daß die aneinandergränzenden Ringe bei ihrer Ausdehnung ſich von einander heben und mithin deutlicher werden müſſen, wie in der That die Beobachtung beſtätigt zeigt.

Zufolge dieſes Geſetzes kann die Erweiterung der Ringe völlig null nur in der Mitte des Mittelſtecks ſelbſt ſeyn, wo ſich die Gläſer berühren, und in der That bemerkt man eine zwar nicht ſehr beträchtliche, doch noch merkliche, Erweiterung im Perimeter des Mittelſtecks, wenn man ihn ſehr ſchief betrachtet. Durch dieſe Ausbreitung nun gewinnt er die Theile der Luftſchicht, welche bei dem ſenkrechten Einfallen die, dem Schwarz am nächſten befindliche, Farbe, d. i. Weiß zurückwarfen. Mithin wird die Zurückwerfung von der Luftſchicht dann null an dieſen Stellen, obwohl es ihre Dicke nicht völlig iſt. Man muß ſich ſomit vorſtellen, daß auch bei jeder andern Neigung, und ſelbſt bei dem ſenkrechten Einfallen das totale Durchgehen des Lichts nicht blos an dem einzigen Puncte, wo ſich die Gläſer genau berühren, Statt hat, ſondern auch noch in einiger Entfernung um dieſen Punct. Hieraus erklärt ſich, warum, wenn die Gläſer nicht ſehr gekrümmt ſind, wie vollkommen auch die ſphäriſche Geſtalt derſelben übrigens ſeyn mag, der ſchwarze Fleck gewöhnlich eine weit größere Ausdehnung hat, als ſich mit Fug dem Berührungspunct beimeſſen läßt. Dieſer, dem Anſchein nach unbedeutende, Umſtand iſt doch von großer Wichtigkeit; denn er ſcheint mit der Undulationstheorie in geradem Widerſpruch zu ſtehen, indem nach dieſer die Zurückwerfung in der Mitte der Ringe nur in ſo fern null werden kann, als die Dicke auch null daſelbſt wird. Auch ſah dies Euler, der eifrigſte Verfechter dieſer Theorie, wohl ein, und wußte dieſelbe nicht anders gegen dieſe Thatſache zu vertheidigen, als daß er die Beſtändigkeit der Erſcheinung ableugnete, und meinte, Newton habe ſich vielleicht bei Beobachtung derſelben getäuſcht.

Bisher haben wir nur die Ringe unterſucht, welche von der Zurückwerfung hervorgebracht werden, jetzt müſſen wir uns zur Betrachtung derer wenden, welche durch das durchgelaſſene Licht ihren Urſprung erhalten. Hier iſt der Mittelfleck weiß, umgeben von einem ſchwärzlichen Kreiſe, worauf ein anderer weißlicher Kreis, dann verſchiedne andre verſchieden gefärbte Kreiſe folgen. Dieſe Farben ſind aber weit ſchwächer, als die, welche die Zurückwerfung erzeugt, und es hält ſchwer, die Arten derſelben wohl zu unterſcheiden, wenn man nicht die Stralen ſehr ſchief auf die Luftſchicht auffallen läßt, wodurch die Lebhaftigkeit der Farben erhöht wird. Newton beobachtete ſie durch ſeine großen Objectivgläſer, und fand, daß ſie vom weißen Mittelfleck aus in nachſtehender Reihenfolge ſtanden: Weiß, Gelblichroth, Schwarz, Violet, Blau; Weiß, Gelb, Roth, Violet, Blau; Grün, Gelb, Roth; Bläulich Grün, Roth; worauf die Färbung unmerklich wird. Das erſte Gelblichroth, zwiſchen dem weißen Mittelfleck und dem ſchwärzlichen Ringe, war ſo blaß und ſo wenig vom Weiß unterſchieden, daß es Mühe koſtete, es zu unterſcheiden. Das Nämliche gilt vom erſten Blau, welches den ſchwarzen Fleck in den zurückgeworfenen Ringen umgiebt, wie bei den erſten Beobachtungen dieſer Ringe ſchon erwähnt wurde.

Aus der Vergleichung der Reihenfolge dieſer Farben mit der, welche die zurückgeworfenen Ringe bilden, erhellt, daß ſie die Ergänzungsfarben derſelben darſtellen. So iſt der weiße Mittelfleck die Ergänzung des ſchwarzen Mittelflecks der zurückgeworfenen Ringe, indem er durch das Licht gebildet wird, welches an dieſer Stelle durch die Luftſchicht hindurchgeht, ohne an ihrer zweiten Oberfläche eine Zurückwerfung zu erfahren. Eben ſo iſt der ſchwärzliche Kreis, welcher das Gelblichroth umgiebt, die nothwendig geforderte Ergänzungsfarbe des weißen Kreiſes, welcher den ſchwarzen Fleck in den zurückgeworfenen Ringen umgiebt; und der eine dieſer Kreiſe muß dem andern entgegengeſetzt ſeyn, da er ſeine Bildung dem Theile weißen Lichts verdankt, welcher ſich an dieſer Stelle der Zurückwerfung entzieht; ſo daß eine je ſtärkere Zurückwerfung auf der dünnen Schicht Statt hat, um ſo dunkler der ſchwarze Kreis, welcher von dem durchgelaſſenen Lichte herrührt, ſeyn wird; ja ganz ſchwarz würde er ſeyn, wenn alles Licht zurückgeworfen werden könnte. Dieſer äußerſte Fall tritt jedoch bei Weitem nicht ein, denn in allen durchſichtigen Körpern, mit welchem Mittel man ſie auch umgeben mag, iſt die Zurückwerfung bei dem ſenkrechten Einfallen ſtets nur ſehr ſchwach. Daß auch die folgenden Ringe einander gegenüber liegen, ergiebt ſich gleichfalls daraus, daß die Farben in der Ordnung, in der ſie in beiden Reihen aufeinander folgen, Ergänzungsfarben von einander ſind. Ueberdies aber iſt dieſe Entgegenſetzung auch noch von Newton direct nachgewieſen worden, indem er die Durchmeſſer der Ringe von durchgelaſſenem Lichte an ihren glänzendſten und dunkelſten Stellen maß. Er verzeichnete das Reſultat dieſer Meſſung in Fig. 5, wo A, B, A' B' die Oberflächen der Gläſer, eines convexen und eines ebenen, ſind, die ſich in C berühren. Die ſchwarzen Linien, welche zwiſchen beiden gezogen ſind, ſind die Abſtände dieſer Oberflächen in arithmetiſcher Progreſſion; die oberhalb geſchriebenen Farben kommen durch zurückgeworfenes Licht, die unterhalb geſchriebenen durch durchgelaſſenes zum Vorſchein.

Bisher haben wir nur die Farbenringe betrachtet, welche in dünnen, zwiſchen zwei Gläſern enthaltenen, Luftſchichten entſtehen; und haben durch genaue Meſſungen die Dicken beſtimmt, in welchen ſie ſich bilden, theils bei ſenkrechtem, theils bei ſchiefem Einfallen. Um unſre Kenntniſſe über dieſe Erſcheinung zu erweitern, wollen wir ſie nun auch in andern Subſtanzen, z. B. in Waſſer beobachten. Hierbei auf die einfachſte Weiſe zu Werke zu gehen, legte Newton erſt zwei Objectivgläſer, ein planes und ein convexes übereinander, als wollte er Farbenringe in einer dünnen Luftſchicht hervorbringen; und befeuchtete nach dem Erſcheinen dieſer Ringe die Ränder der Gläſer leicht, ohne ſie aus der Lage zu verrücken. Das Waſſer glitt ſogleich vermöge capillarer Angießung zwiſchen ſie hinein; und nahm, indem es die Luft allmälig verdrängte, die Geſtalt des Zwiſchenraumes an, den dieſe vorher ausgefüllt hatte. Hierdurch entſtand alſo eine dünne Waſſerſchicht zwiſchen zwei Glasoberflächen, und es zeigten ſich Farbenringe in derſelben, wie vorher in der dünnen Luftſchicht. Ihre Reihenfolge, ſo wie die Anordnung ihrer Farben war die nämliche; ihre Ausdehnung aber kleiner und ihre Farben ſchwächer. Newton maß ihre Durchmeſſer an ihren glänzendſten Stellen; die Quadrate dieſer Durchmeſſer folgten der arithmetiſchen Progreſſion der ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7... Er maß ſie auch an den dunkelſten Stellen, und hier ſtanden ihre Quadrate in der Progreſſion der geraden Zahlen 0, 2, 4, 6...., gerade wie bei der Luftſchicht. Aber die Durchmeſſer der Ringe von der nämlichen Stelle in der Reihenfolge waren kleiner als in der Luftſchicht, im Verhältniß von 7 zu 8; wonach die entſprechenden Dicken, welche den Quadraten der Durchmeſſer proportional ſind, ſich zu einander wie 49 zu 64 verhielten, oder, mit wenig Abweichung, wie 3 zu 4, d. i. ſie ſtanden im Verhältniß, das der Einfallsſinus zum Brechungsſinus hat, wenn das Licht aus dem Waſſer in die Luft übergeht; und vielleicht, fügt Newton hinzu, laſſe ſich als allgemeines Geſetz annehmen, daß, wenn andre Stoffe von beliebiger Beſchaffenheit zwiſchen beide Gläſer gebracht werden, die Dicken, in welchen die nämlichen Ringe ſich bilden, den Sinus der Brechungen proportional ſind, welche die Stralen in dieſen Stoffen erfahren, wenn ſie unter einem gleichen Einfallswinkel hineintreten; ſo daß jeder Ring eine um ſo kleinere Dicke erfordert, je ſtärker das Brechungsvermögen der zwiſchen den Gläſern befindlichen Subſtanz iſt.

Bei allen vorigen Verſuchen waren die dünnen Waſſer- oder Luftſchichten zwiſchen Subſtanzen enthalten, welche das Licht ſtärker brechen, als ſie ſelbſt. Zur Vervollſtändigung dieſer Beobachtungen blieb noch zu unterſuchen übrig, wie ſich die Farben verhalten, die unter den entgegengeſetzten Verhältniſſen entſtehen, nämlich in dünnen Schichten von ſtärkerem Brechungsvermögen, als das umgebende Mittel. Auf dieſe Weiſe ſetzte Newton ſeine Unterſuchungen fort; und namentlich unterſuchte er in dieſer Hinſicht die Farben, welche in Seifenblaſen entſtehen; als Mittel zu wichtigen Entdeckungen benutzend, was vorher nur ein Spiel für Kinder geweſen war.

Newton hielt nicht allein dieſe Blaſen ſeiner beſondern Aufmerkſamkeit nicht für unwerth, ſondern ſuchte auch ſie auf eine Weiſe hervorzubringen, die ſie zum Gegenſtande einer genauen Beobachtung eignete. Hiezu ſind einige Vorſichtsmaßregeln erforderlich. Zuvörderſt muß man in deſtillirtem oder in Regenwaſſer ein Stück guter feiner Seife in ſolcher Quantität auflöſen, daß die Auflöſung nicht ganz geſättigt ſey. Darauf taucht man das Ende eines Pfeifenrohrs oder eines Glasrohrs hinein, welches vermöge capillarer Anziehung eine kleine Säule Flüſſigkeit mit ſich nimmt; man zieht die Röhre zurück und bläſt, nachdem man ſie äußerlich abgetrocknet hat, ſanft zum andern Ende hinein. Die flüſſige Säule, dieſem Druck nachgebend, tritt aus der Röhre heraus, und da ſie durch die Klebrigkeit ihrer Theilchen gehindert wird, zu reißen, ſo wird ſie zu einer Kugel angeſchwellt, welche am untern Ende der Röhre anhängt. Hört man alsdann auf zu blaſen, ohne die Röhre zu verſchließen, ſo bewirkt die capillare Anziehung, die dieſe auf das Waſſer der Kugel äußert, verbunden mit dem Druck, den dieſe gegen ihre eigene Oberfläche ausübt, daß ſie ſich allmälig verengert, und endlich ganz in die Röhre zurücktritt. Man kann jedoch dieſe Veränderungen verhüten, indem man entweder die Röhre mit etwas weichem Wachs verſchließt, um die Luft, nachdem die Blaſe entſtanden iſt, am Austritt zu verhindern, oder indem man ſie, ſtatt ſie am Ende einer Röhre ſchweben zu laſſen, auf der Oberfläche des Seifenwaſſers ſelbſt hervorbringt und frei darauf ſchwimmen läßt. Bei Anwendung dieſer letztern Methode muß das Gefäß, in welchem die Auflöſung enthalten iſt, hinlänglich weit ſeyn, daß die capillare Wirkung ſeiner Wände der Oberfläche nur eine unmerkliche Krümmung ertheile. Ferner muß das Gefäß bis an ſeine Ränder angefüllt ſeyn, widrigenfalls die Blaſe allmälig bis an dieſelben hingeführt wird und daran zerplatzt. Alle dieſe Vorſichtsmaßregeln würden jedoch nicht ausreichend ſeyn, wenn man die Blaſen der freien Luft ausgeſetzt ließe; indem dieſelbe vermöge ihrer ſteten Bewegungen das Gleichgewicht der Blaſen ſtört, ſie durch beſchleunigte Verdunſtung des Waſſerhäutchens, aus dem ſie beſtehen, ſchnell austrocknet und dadurch in kurzer Zeit zum Platzen bringt. Um ihre Dauer zu verlängern, und ſie in einem gleichförmigen und ruhigen Zuſtande zu beobachten, muß man, wenn man ſie am Ende des Röhrchens hängen laſſen will, dies, mit der aufgenommenen Flüſſigkeit, in eine dünne Glasflaſche Fig. 6 einbringen, deren obere Mündung mit einem durchbohrten, um das Röhrchen feſt anſchließenden, Stöpſel verſchloſſen wird, welchen man mit dem Röhrchen wegnimmt oder einſetzt. Bläſt man dann die Blaſe in der Flaſche ſelbſt und verſtopft das Röhrchen mit Wachs, ſo kann ſie ſich manchmal ganze Stunden hindurch ohne merkliche Veränderung des Volumens erhalten. Da bei ſo getroffenen Maßregeln die Flüſſigkeit immer nach der tiefſten Stelle der Blaſe herabzufließen ſtrebt, ſo findet hier die größte Dicke Statt; und das Häutchen wird von da nach Oben immer dünner bis zu einer geringen Entfernung von ſeinem Anheftungspuncte, wo die capillare Wirkung des Röhrchens eine neue Zunahme der Dicke mit ſich bringt. Dieſe letzte Urſach der Ungleichheit wird bei der erſten Methode, wo man die Blaſe frei auf der Flüſſigkeit ſelbſt ſchwimmen läßt, vermieden; dieſelbe zeigt hier eine vollkommen halbkugelförmige Geſtalt, und da die Abnahme ihrer Dicke von der Baſis nach dem Gipfel blos durch die Schwere beſtimmt wird, ſo hat ſie in der vollkommenſten Regelmäßigkeit Statt. Auch war es dieſe Methode, welche Newton bei Hervorbringung ſeiner Blaſen befolgte, womit er immer die Vorſicht verband, ſie mit einer dünnen und durchſichtigen Glasglocke zu bedecken, um ſie vor der Einwirkung der Luft zu ſchützen. Der bequemern Beobachtung halber iſt erforderlich, den Apparat vor ein offenes Fenſter zu ſtellen, von wo aus ſich eine große Ausdehnung des Horizonts überſehen läßt, und das weiße Licht der Wolken von der Blaſe zurückwerfen zu laſſen. Damit ſich hiemit kein fremdes Licht vermiſche, muß überdies das Gefäß, welches die Auflöſung enthält, von einer dunkeln Farbe ſeyn; endlich iſt jenſeit der Blaſe auf der dem Auge entgegengeſetzten Seite ein ſchwarzes Tuch aufzuhängen, um die Lichtſtralen abzuhalten, welche, in dieſer Richtung von den äußern Gegenſtänden herkommend, durch die Blaſe hindurchgehen und zu gleicher Zeit, als die zurückgeworfenen Farben, welche man beobachten will, zum Auge gelangen könnten. Iſt alles auf dieſe Weiſe eingerichtet, ſo zeigen ſich auf der Blaſe mehrere concentriſche horizontale Ringe von ſehr lebhaften Farben und vollkommen regelmäßiger Anordnung. Zuerſt erblickt man ſie an dem Gipfel der Blaſe, da, wo ſie am dünnſten iſt; in dem Maße aber, als ihre Dicke durch Herabfließen des Waſſers vermindert wird, ſieht man die Ringe ſich immer mehr ausbreitend und ihre ganze Oberfläche einnehmen. Nachdem ſo nach einander verſchiedene Folgen von Farben in der Mitte der Ringe erſchienen ſind, bildet ſich ein ſchwarzer Fleck darin, der erſt ſehr klein iſt; alsdann ſich auch für ſein Theil ausbreitet, bis endlich die Blaſe platzt; welches immer die Art iſt, wie ihr Ende herbeigeführt wird. Da dieſe Farben ſich in größerer Lebhaftigkeit und Ausdehnung zeigen, als diejenigen, welche in den dünnen Luftſchichten entſtehen, ſo laſſen ſich die Ordnung, die Aufeinanderfolge und die verſchiedenen Arten derſelben beſſer unterſcheiden. Dieſe Beobachtung, eine der ſchönſten im Bereich der Phyſik, iſt ein unerläßliches Erforderniß, um mit den, jeder Farbenabſtufung eigenthümlichen, Charakteren vertraut zu werden, eine richtige Vorſtellung von ihrer Aufeinanderfolge zu erhalten, und die Geſetze zu verfolgen, die Newton hinſichtlich ihrer Entſtehungsart entdeckt hat. Folgendes iſt die Beſchreibung, die er ſelbſt gegeben hat.

„Im Aufſteigen vom niedrigſten, mithin dickſten, Theile der

Blaſe zum höchſten und zugleich dünnſten, ergaben ſich der Beobachtung zugleich oder nach einander ſieben unterſchiedene Farbenreihen in folgender Ordnung: Roth blau; Roth blau; Roth blau; Roth grün; Roth gelb, grün, blau, purpur; Roth gelb, grün, blau, violet; Roth gelb, weiß, blau, ſchwarz. Die Zahl dieſer Reihen, die Art, wie ihre Farben ſich folgen, ſelbſt die Beſchaffenheit derſelben, alles verhält ſich ganz in Uebereinſtimmung mit unſern frühern Beobachtungen über die, zwiſchen zwei Glasoberflächen enthaltenen, dünnen Luft- und Waſſerſchichten.“

„Die drei erſten Folgen von Roth und Blau waren, ſagt Newton, von einer ſehr ſchwachen und unreinen Farbe, namentlich die erſte, wo das Roth faſt weiß erſchien. In dieſen drei Folgen war kaum eine andre Farbe bemerklich als Roth und Blau; blos das Blau (namentlich in der zweiten Folge) zog ſich etwas ins Grün.“

„Das vierte Roth war auch ſchwach und unrein; nicht ſo ſehr aber als die drei vorigen. Hierauf folgte wenig oder kein Gelb, aber eine Quantität Grün, welches ſich erſt etwas ins Gelb zog und hernach in ein ziemlich lebhaftes und deutlich markirtes Weidengrün (vert de saule) verwandelte, das alsdann in eine bläuliche Farbe ausartete, aber weder Blau noch Violet zur Folge hatte.“

„In der fünften Folge zog ſich das Grün erſt ſehr in Purpur und ward alsdann glänzender (plus éclatant) und lebhafter, aber doch nicht ganz rein. Auf dieſes Roth folgte ein ſehr glänzendes und tiefes Gelb, aber in geringer Quantität, und welches ſich bald in ein reichliches Grün verwandelte, das etwas reiner, geſättigter und lebhafter als das vorige Grün war. Hierauf folgte ein vortreffliches Blau, ein ſehr glänzendes Himmelblau; darauf ein Purpur, in geringerer Quantität als das Blau und ſehr dem Roth ſich annähernd.“

„In der ſechſten Folge zeigte ſich das Roth erſt von einer ſehr ſchönen und ſehr lebhaften Ponceaufarbe und ward bald darauf glänzender, wobei es ſehr rein, ſehr lebhaft und das ſchönſte von allem Roth war. Darauf kam ein lebhaftes Orange und nach ihm ein glänzendes (brillant) und reichliches tiefes Gelb, ebenfalls das ſchönſte von allen Arten des Gelb, welches ſich erſt in Grünlichgelb, dann in Grünlichblau verwandelte; aber das Grün zwiſchen dem Gelb und dem Blau war in ſo kleiner Quantität vorhanden und ſo verwaſchen (si lavé), daß es mehr einem Grünlichweiß, als einem wirklichen Grün glich. Das unmittelbar danach erſcheinende Blau ward ſehr ſchön und ſehr lebhaft Himmelblau, obwohl es dem vorigen Himmelblau etwas nachſtand; und das Violet war tief, mit wenig oder gar keinem Roth, und in geringerer Quantität vorhanden, als das Blau.“

„In der letzten Folge erſchien das Roth erſt mit einem bräunlichen Anſtrich (d'un teinte mordorée), welcher ſich dem Violet näherte, und bald in eine glänzendere, ins Orange ſich ziehende, Farbe verwandelte; das darauf folgende Gelb war erſt ziemlich rein und lebhaft, ward aber in der Folge ſchwächer, ſo daß es ſtufenweiſe zuletzt in ein vollkommenes Weiß übergieng; und, wenn das Waſſer hinlängliche Klebrigkeit hatte, daß die Blaſe ſich bei einer ſo kleinen Dicke zu erhalten vermochte, ſo breitete ſich dies Weiß langſam über den größten Theil der Blaſe aus, immer bläſſer werdend nach Oben, wo es ſich endlich an mehrern Stellen ſpaltete; und in dem Maße als dieſe Spalten ſich erweitern, erſchienen ſie von einem ziemlich ſchönen, aber dunkeln Himmelblau. Das Weiß zwiſchen den blauen Flecken nahm ab, bis es den Maſchen eines unregelmäßigen Netzes ähnlich ward, und verſchwand bald darauf, auf dem ganzen obern Theil der Blaſe ein dunkles Blau, wie ich es eben beſchrieben, zurücklaſſend. Dies Blau breitete ſich nach Unten aus, auf dieſelbe Art als das ebenerwähnte Weiß, bis es manchmal die ganze Blaſe einhüllte. Oben indeß, wo ſich das Blau etwas dunkler zeigte, als unten, und wo auch mehrere blaue Flecken von runder Geſtalt ſich durch etwas mehr Düſterheit vor dem übrigen Blau auszeichneten, bemerkte man einen oder mehrere außerordentlich ſchwarze Flecken, und innerhalb dieſer noch andre von einem tiefern Schwarz. Dieſe letztern dehnten ſich immer mehr aus, bis die Blaſe zerplatzte.“

„Wenn das Waſſer nicht ſehr klebrig war, ſo traten ſchwarze Flecken im Weiß hervor ohne eine merkliche Zumiſchung von Blau; manchmal auch traten ſie im Gelb oder im vorhergehenden Roth oder wohl ſelbſt im Blau der zweiten Ordnung hervor, ohne daß die mittleren Farben Zeit gehabt hätten ſich zu entwickeln.“

„Es erhellt aus dieſer Beſchreibung, welche große Verwandtſchaft zwiſchen dieſen Farben und denen, die ſich in den zuvor beſchriebenen Luftſchichten erzeugen, Statt hat; denn die Reihe der Farben, von den größten Dicken bis zu den kleinſten betrachtet, iſt ganz die nämliche.“

„Wenn ich das Auge in verſchiedne ſchiefe Lagen gegen den obern Theil der Blaſe brachte, ſo fand ich, daß die darauf erſcheinenden Farbenringe ſich merklich erweiterten, in dem Maße, als die ſchiefe Richtung des Auges zunahm, obwohl dieſe Erweiterung bei Weitem nicht an denſelben Grad reichte, als in den dünnen Luftſchichten. Denn bei unſern Unterſuchungen über die Farbenringe, die ſich in letztern erzeugen, fanden wir, daß, wenn man ſie in einer ſehr ſchiefen Richtung betrachtet, ſie ſich bis zu einem Theil der Luftſchicht ausbreiten, der zwölfmal ſo dick iſt, als der, in welchem ſie beim ſenkrechten Daraufſehen erſchienen, dagegen ſich im gegenwärtigen Fall die Ringe, unter der ſchiefſten Richtung betrachtet, an einer Stelle zeigten, wo ſich die Dicke des Waſſers zu der Dicke, die daſſelbe an den Stellen hatte, wo die nämlichen Ringe beim ſenkrechten Daraufſehen erſchienen, in einem etwas geringern Verhältniß, als von 8 zu 5 ſtand. Meinen zuverläſſigſten Beobachtungen zufolge fiel es zwiſchen 15 und 15½ zu 10; wonach das Wachsthum dieſer Ringe vierundzwanzigmal geringer iſt, als das der Ringe, welche in der Luftſchicht erſcheinen.“

Manchmal ward die Blaſe allenthalben von gleichförmiger Dicke, ausgenommen um den Gipfel ganz nahe am ſchwarzen Fleck, welches ich daraus ſchloß, daß die Blaſe in allen Lagen des Auges die nämlichen Farbenerſcheinungen gab; und alsdann waren die Farben, welche man auf dem ſcheinbaren Umkreis durch die ſchiefſten Stralen erblickte, verſchieden von denen, welche von andern Stellen durch weniger gegen die Blaſe geneigte Stralen zu Geſicht kamen*). Der nämliche Theil dieſer Blaſe erſchien verſchiedenen Beobachtern, welche ſie unter bedeutend verſchiedenen Schiefen betrachteten, von verſchiedenen Farben.“

„Durch Beobachtung der Farben an verſchiednen Stellen der Blaſe unter ſenkrechter Incidenz, und Vergleichung mit denen der nämlichen Ordnung und der nämlichen Beſchaffenheit in einer, zwiſchen zwei Gläſern enthaltenen, dünnen Waſſer- oder Luftſchicht, vermochte Newton nun die Verhältniſſe der Dicke der Blaſe an ihren verſchiedenen Stellen herzuleiten; alsdann hatte er in der Beobachtung der verſchiedenen Stellen, wohin eine und dieſelbe Farbe ſich zog, wenn man ſie unter verſchiedenen Schiefen betrachtete, das Mittel, die Dicke des Waſſers zu finden, welche dieſer Farbe unter verſchiedenen Schiefen zukam; und, theils mittelſt dieſer Beobachtungen theils verſchiedener andern Prüfungen, welche ſich auf die nämlichen Grundſätze gründeten, gelangte er zu folgender Tabelle, analog der, welche er für die dünneren Luftſchichten gebildet hatte.

---

*) Erläuterung. Welches auch die Lage des Auges ſeyn mochte, immer hatte der, demſelben gegenüber befindliche, Punct die nämliche Farbe, und die andern Farben reihten ſich darum in derſelben Ordnung; wegen gleichförmiger Dicke der Blaſe konnte nämlich die Verſchiedenheit der Farben nur noch durch die Schiefe der, von der Blaſe zum Auge gelangenden, Stralen beſtimmt werden; ſo daß jedesmal der Punct der Blaſe, auf welchen die Geſichtslinie ſenkrecht war, die nämliche Farbe hatte, und überhaupt jeder Punct, auf den die Geſichtslinie gleich geneigt war, ſich gleich gefärbt zeigen mußte und verſchieden von dem, auf welchen ſie eine andere Neigung hatte. Mit dem ſcheinbaren Umkreis der Blaſe iſt bei jeder Lage des Auges der Umkreis derſelben gemeint, an dem die Geſichtslinien berührend hingehen.

Einfallswinkel der Stralen auf das Waſſer.	Ihre Brechung beim Uebergang in das Waſſer.	Die Dicke des Waſſers.
0° 0′	0° 0′	10
15 0	11 11	10 $\frac{1}{4}$
30 0	22 1	10 $\frac{4}{5}$
45 0	32 2	11 $\frac{4}{5}$
60 0	40 30	13
75 0	46 25	14 $\frac{1}{2}$
90 0	48 35	15 $\frac{1}{5}$

Die beiden erſten Spalten enthalten die Angaben der Schiefe der Stralen gegen die Oberfläche des Waſſers; d. h. ihre Einfalls- und Brechungswinkel: die Berechnung iſt unter der Vorausſetzung vorgenommen, daß die Sinus dieſer Winkel ſich zu einander, wie 3 zu 4 verhalten, ſo wie, daß das Waſſer rein iſt, obwohl die darin aufgelöſte Seife ſeine brechende Kraft wahrſcheinlich etwas modificirt. In der dritten Spalte iſt die Dicke der Blaſe, durch welche jede Farbe hervorgebracht wird, in Theilen ausgedrückt, von welchen 10 die Dicke ausmachen, die bei ſenkrechtem Einfallen der Stralen ſich zur Hervorbringung dieſer Farbe eignet. Es erhellt aus dieſer Tabelle, daß die nämliche Farbe von einer immer größern Dicke zurückgeworfen wird, je ſchiefer die einfallenden Stralen werden; und wenn man mithin die Farben an einer Schicht von beſtändiger Dicke beobachtete, ſo würden die Gränzen dieſer Farben, in dem Maße als die Schiefe zunähme, nach der Mitte der Ringe hinrücken, als wenn die Schicht dünner würde.

Nicht allein ſind dieſe Reſultate denjenigen analog, welche wir S. 16 für die dünnen Luftſchichten fanden, ſondern ſie laſſen ſich auch durch das nämliche Geſetz, welches uns dort diente, mit einander in Verbindung bringen; man braucht nur das beſtändige Verhältniß des Einfallsſinus zum Brechungsſinus darin zu verändern, welches für den Uebergang des Lichts aus dem Glaſe in die Luft $\frac{31}{20}$ war, und, nach Newtons Verſuch gleich $\frac{3}{4}$ iſt, wenn das Licht aus der Luft in das Waſſer übergeht, wie in unſerm jetzigen Fall. Dieſe einzige Veränderung reicht hin, alle Zahlen der Tabelle wieder zum Vorſchein kommen zu laſſen; eine Uebereinſtimmung, welche eine neue und ſehr wichtige Beſtätigung der Identität giebt, welche zwiſchen den Farbenerſcheinungen herrſcht, die in dünnen, von Luft umgebenen, Waſſerſchichten entſtehen, und denen, die man in Luft- oder Waſſerſchichten, die zwiſchen zwei Objectivgläſern enthalten ſind, beobachtet.

Aehnliche Farbenveränderungen beobachtet man durch Zurückwerfung von den dünnen Glasblättchen, die man durch Blaſen des Glaſes an der Lampe bis zum Zerſpringen hervorbringt, ſo wie den Glimmerblättchen, die man bis auf einen ausnehmenden Grad der Dünnheit gebracht hat. Denn legt man ſolche Blättchen horizontal über einen ſchwarzen Grund, und beobachtet daran die Zurückwerfung des weißen Lichts des Himmels unter verſchiednen Einfallswinkeln, indem man das Auge erhebt oder ſenkt, ſo findet man ebenfalls, daß ihre Farben ſich ändern, und zwar in der nämlichen Art ſich ändern, als man die der Luft- oder Waſſerſchichten ſich ändern ſieht, wenn man die Folge der Ringe beobachtet, welche ſucceſſiv in eine und dieſelbe Entfernung vom Mittelfleck, mithin in dieſelbe Dicke, gelangen. Wenn wir aber das Fortſchreiten und den Umfang dieſer Veränderungen ſchon weit geringer in den Waſſer- als in den Luftſchichten, für gleiche Veränderungen den Incidenz, fanden, des großen Unterſchieds der Brechungen halber, welche die Stralen darin erfahren, ſo zeigen ſie ſich nun noch etwas ſchwächer in den Glas- und Glimmerblättchen als im Waſſer, weil dieſe Subſtanzen ein etwas ſtärkeres Brechungsvermögen als letztres beſitzen. Endlich nimmt man noch ähnliche, aber weit ſchwächere und beinahe unmerkliche Veränderungen in den Farben wahr, welche auf den oxydirbaren Metallen, insbeſondere dem polirten Stahl und dem Kupfer, erſcheinen, wenn man ſie an der freien Luft erhitzt hat. Auch muß dem ſo ſeyn. Dieſe Metalle überziehen ſich hiebei nämlich mit einer dünnen Oxydſchicht, welche, da ſie in Folge der geringen brechenden Kraft, die wir am Sauerſtoff erkannt haben, nur eine ſchwächere Wirkung auf das Licht äußern kann, als das reine Metall, eine Zurückwerfung hervorrufen muß, obwohl auf ſeiner Oberfläche aufliegend, und mithin zur Erſcheinung von Farben Anlaß geben, im Fall ſie hinreichend dünn iſt. Dieſe Farben können ſich dabei nur ſehr wenig mit dem Einfallswinkel ändern, da ſie durch einen Stoff von ſehr kräftiger Wirkung auf das Licht hervorgerufen werden. Man vermag ſelbſt, wenn das Brechungsverhältniß des Stoffs, aus dem die dünne Schicht beſteht, gegeben iſt, die Gränzen dieſer Veränderungen zu berechnen; und findet das Reſultat mit der Beobachtung ganz in Uebereinſtimmung; oder, iſt das Brechungsverhältniß nicht bekannt, ſo kann man es aus dieſer Vergleichung herleiten, ſo wie auch die Dicke der Schicht danach beſtimmen, welche dieſe oder jene Farbe zurückwirft.

Eine ſo vollkommene Uebereinſtimmung der Reſultate bei Körpern von ſo verſchiednem Stoff und Brechungsverhältniß läßt keinen Zweifel übrig, daß die Reihenfolge der Ringe, ihre Anordnung und die Beſchaffenheit ihrer Farben in allen Arten dünner Schichten ſtets den nämlichen Geſetzen folgen. Der Unterſchied betrifft blos die abſolute Größe der Dicken, in welchen ſie ſich bilden, und das mehr oder minder ſchnelle Fortſchreiten der Veränderungen, welches ſie bei Veränderungen der Schiefe des Einfallens der Lichtſtralen erfahren. Ihre allgemeinen Geſetze ſind uns ſomit vollſtändig bekannt; jedoch ſind dies nur erſt zuſammengeſetzte Geſetze, weil die Erſcheinungen ſelbſt es ſind. In der That, da alle bisher angeführten Verſuche mit dem weißen Wolkenlichte angeſtellt wurden, welches ſämmtliche Arten ungleich brechbarer Stralen enthält, ſo giebt die Verſchiedenheit der Farben, welche in verſchiedentn Dicken daraus hervorgehen, zu erkennen, daß die Zurückwerfung nicht gleicherweiſe für alle Arten Stralen in jeder Dicke Statt hat. Zu einer vollſtändigen Unterſuchung der Erſcheinungen iſt ſonach noch übrig auszumitteln, welches die Beſchaffenheit der Ringe iſt, welche jede Art Stralen für ſich bildet. Wenn das Geſetz dieſer einfachen Reſultate uns bekannt ſeyn wird, ſo werden wir daraus die Effecte herzuleiten vermögen, welche durch die Miſchung aller Stralen, aus denen das weiße Licht beſteht, hervorgebracht werden, und ſomit im Stande ſeyn, die Erſcheinung wieder zuſammenzuſetzen, nachdem wir ſie zerlegt haben.

Durch Newton iſt dies geſchehen. Er wiederholte in dem dunkeln Zimmer ſeine Verſuche an den, zwiſchen zwei Gläſern enthaltenen, dünnen Luftſchichten. Nachdem er einen Stral weißen Lichts durch das Prisma in ſeine verſchiednen einfachen Stralen geſpalten hatte, ließ er ſie nach einander auf ein Blatt weißes Papier fallen, welches ſie durch ſtralende Zurückwerfung nach allen Seiten zurückſendete, und brachte ſein Auge in eine ſolche Lage, daß er das gefärbte Papier durch Zurückwerfung von den Gläſern und der dazwiſchen befindlichen Luftſchicht zu erblicken vermochte. Auf dieſe Weiſe ergaben ſich ihm folgende Erſcheinungen, die er allen ihren Umſtänden nach mit der größten Sorgfalt feſtſtellte, und welche wir ziemlich mit ſeinen Ausdrücken hier wiedergeben.

1) Jeder einfache Stral brachte Ringe von ſeiner Farbe, ſowohl durch Zurückwerfung als mittelſt Durchgehens hervor; die Ringe waren ganz roth im rothen Lichte, gelb im gelben Lichte u. ſ. f.

2) Bei jeder Art Licht waren die zurückgeworfenen Ringe durch dunkle Zwiſchenräume geſchieden, welches ſie viel deutlicher als in vollem Lichte machte und bewirkte, daß man eine weit größere Anzahl derſelben zu unterſcheiden vermochte. Sie näherten ſich einander immer mehr, je weiter ſie von ihrer Mitte ablagen, welche den erſten und innerſten der dunkeln Ringe ausmachte.

Man bemerke, daß Newton nicht ſagt, dieſe Ringe zwiſchen den hellen Ringen, welche man durch Zurückwerfung erblickte, ſeyen ſchwarz geweſen, ſondern blos dunkel (dark). Denn um ſie ganz ſchwarz zu erblicken, hätten die erſte und die zweite Oberfläche des, zur Seite des Auges befindlichen, Glaſes gar kein Licht zurückwerfen müſſen. Eine ſolche, der eigentlich in Betracht gezogenen Erſcheinung fremde, Zurückwerfung iſt aber unvermeidlich und würde ſelbſt dann noch Statt haben, wenn man nur ein einziges dünnes Blättchen für ſich anwendete, weil die erſte Oberfläche eines ſolchen Blättchens noch eine partielle Zurückwerfung hervorrufen müßte, die vom Auge zu gleicher Zeit als das Licht der Ringe wahrgenommen werden würde. Dem Verſtande bleibt hier überlaſſen, dasjenige zu trennen, was der Verſuch nothwendigerweiſe vereint zur Wahrnehmung bringt. Man kann jedoch in dieſer Bemerkung einen neuen Beweis finden, mit welcher gewiſſenhaften Treue Newton in ſeinen Ausdrücken die Erſcheinungen wieder gab.

3) Die dunkeln Zwiſchenräume, welche die zurückgeworfenen hellen Ringe ſchieden, erſchienen ihrerſeits als helle Ringe, wenn man das durchgehende Licht ins Auge fallen ließ; und es fanden zwiſchen ihnen alsdann dunklere Zwiſchenräume Statt, welche den Stellen entſprachen, an welchen das Licht am reichlichſten zurückgeworfen ward. Dieſe dunkeln Zwiſchenräume waren jedoch nicht ſchwarz, weil die Zurückwerfung auf einer Luftſchicht keineswegs total iſt, ſelbſt an der glänzendſten Stelle der zurückgeworfenen Ringe, und das nämliche gilt für alle dünne durchſichtige Schichten jedweder Beſchaffenheit, wie ſchon bemerkt.

4) Bei Beobachtung der zurückgeworfenen hellen Ringe fand Newton, daß ſie keine einfachen mathematiſchen Linien darſtellten; jeder derſelben nahm einen gewiſſen kreisförmigen Raum ein, in welchem die Intenſität des Lichts ſich nach beiden Seiten ins Unbeſtimmte abſtufte.

5) Durch Meſſung der Durchmeſſer der zurückgeworfenen Ringe an ihren hellſten Stellen fand er, daß für jede beſondre Art Stralen die Quadrate dieſer Durchmeſſer der arithmetiſchen Progreſſion der ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 .... folgten; mithin bildeten auch die Dicken der Luftſchicht in den Perimetern der aufeinanderfolgenden Ringe eine ſolche Proportion, indem die Dicken den Quadraten der Durchmeſſer proportional ſind. Wenn die Gläſer durch den glänzendſten Theil des Spectrums erleuchtet wurden, welcher der Gränze des Gelb und des Orange entſpricht, ſo zeigte ſich der abſolute Durchmeſſer des ſechſten Ringes ziemlich von der nämlichen Größe, als er bei den, in vollem Lichte angeſtellten, Verſuchen gefunden wurde, wenn

man ihn bis zu der glänzendſten Stelle des zuſammengeſetzten Ringes maß.

6) Durch Meſſung der Durchmeſſer der dunkeln Ringe, welche zwiſchen den ſo eben beſprochenen enthalten waren, ergab ſich, daß für jede beſondre Art Stralen die Quadrate ihrer Durchmeſſer der arithmetiſchen Progreſſion der geraden Zahlen 2, 4, 6, 8 . . . ., folgten, wonach auch die Dicken der Luftſchicht in dem Perimeter dieſer Ringe in einer ſolchen Progreſſion ſtanden.

7) Durch andre Meſſungen, welche an den, vom durchgehenden Lichte herrührenden, Ringen angeſtellt wurden, ergab ſich, daß ihre glänzendſten Stellen den dunkelſten Stellen der Zwiſchenräume zwiſchen den zurückgeworfenen Ringen entſprachen; daß dagegen die dunkelſten Stellen zwiſchen ihnen den glänzendſten Stellen dieſer nämlichen Ringe entſprachen. Woraus erhellt, daß in den, vom durchgehenden Lichte herrührenden, Ringen die Dicken der Luftſchicht an den glänzendſten Stellen der Progreſſion der geraden Zahlen 2, 4, 6, 8 . . . . folgen, und in den dunkeln Zwiſchenräumen der Progreſſion der ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 . . . .

8) Die abſoluten Dimenſionen eines und des nämlichen Ringes oder vielmehr eines Ringes von der nämlichen Ordnung waren verſchieden für die verſchiedenen Farben. So war z. B. der äußere Durchmeſſer des fünften Ringes, wenn er von den erſten Graden des äuſſerſten Roth gebildet wurde, größer als der des nämlichen Ringes, wenn ihn die Stralen bildeten, welche in die Mitte des Roth fallen; dieſer letztere war wiederum größer, als wenn der Ring durch die erſten Stralen des Orange gebildet wurde, und ſo fort nach der Reihe, wie die Stralen an Brechbarkeit zunehmen, bis zum Violet, welches die kleinſten Ringe bildet. Die Breite der Ringe in ihrem Perimeter, d. h. die Ausdehnung, welche von allen Graden ihres Lichts eingenommen wurde, war ebenfalls je nach den verſchiedenen Farben verſchieden; größer bei den erſten rothen Stralen, geringer bei denen, die in die Mitte des Roth fielen, noch geringer im Orange, u. ſ. f. bis zum Violet, wo ſie die geringſte unter allen war.

9) Die einfachen Ringe, welche von jeder Farbe gebildet wurden, waren die kleinſtmöglichen, wenn die Stralen ſenkrecht durch die Luftſchicht hindurchgiengen, und vergrößerten ſich mit der Schiefe des Einfallswinkels, in Uebereinſtimmung mit dem, was S. 13 erörtert wurde.

In den vorſtehenden Beobachtungen iſt die vollſtändige Erklärung der zuſammengeſetzten Erſcheinung erhalten, welche die, vom natürlichen Licht hervorgebrachten, Ringe darbieten; denn da dieſes Licht nur eine Miſchung von verſchiedenfarbigen Stralen in beſtimmten Verhältniſſen iſt, ſo muß, wenn ein Bündel einer ſolchen Miſchung auf die dünne, zwiſchen den Gläſern befindliche, Luftſchicht fällt, jeder einfache Stral Ringe nach den ihm eigenthümlichen Geſetzen hervorbringen; und da die abſolute Größe dieſer Ringe verſchieden für die verſchiedenfarbigen Stralen iſt, ſo muß in Folge davon eine Trennung derſelben eintreten, welche ihre beſondere Unterſcheidung geſtattet. Dieſe Trennung wird nicht ſo rein ſeyn können, als bei den, mit den einfachen Stralen angeſtellten, Beobachtungen, weil die verſchiedenfarbigen Ringe einander zum Theil decken und in einer gewiſſen Weite, welche bei ihren verſchiedenen Aufeinanderfolgen verſchieden ſeyn kann, in einander eingreifen können, ſo daß hieraus dieſe unendliche Mannichfaltigkeit verſchiedener Farbenabſtufungen hervorgeht, welche wir beim Verſuche daran wahrnehmen. Aber obwohl dieſes ſucceſſive Uebereinanderfallen der einfachen Ringe die Erklärung der Erſcheinungen wirklich zu enthalten ſcheint, ſo können wir doch nicht eher vollkommen von der Richtigkeit dieſer Anſicht überzeugt ſeyn, bevor wir nicht mit Genauigkeit die abſolute Größe der Durchmeſſer und der Breiten der verſchiednen, von dieſen (einfachen) Stralen gebildeten, Ringe gemeſſen haben; denn ſind wir erſt im Beſitz dieſer Beſtimmungen, ſo wird es alsdann nur noch die Löſung einer einfachen arithmetiſchen Aufgabe koſten, um zu erfahren, was für einfache Farben und in was für Quantität in jeder beſtimmten Dicke zurückgeworfen oder durchgelaſſen werden müſſen; und berechnen wir alsdann nach den, im erſten Theil der Optik, S. 400 gegebenen, Regeln, was aus der Zuſammenſetzung der ſämmtlichen Farben, welche auf eine und dieſelbe Stelle fallen, hervorgehen muß, ſo werden wir dadurch mit der äußerſten Schärfe die Zahlausdrücke für die Intenſitäten und Beſchaffenheiten der Farben erhalten, welche an jedem Puncte der zuſammengeſetzten Ringe vorhanden ſeyn müſſen, Folgerungen, die es alsdann leicht ſeyn wird, mit der Erfahrung zuſammenzuhalten. Mit einem Worte, da wir jetzt dahin gelangt ſind, eine mögliche Urſach der uns beſchäftigenden Erſcheinungen mit ziemlicher Sicherheit anzuerkennen, ſo handelt es ſich nur noch darum, durch genaue Meſſungen nachzuweiſen, daß ſie auch in der Wirklichkeit begründet ſey, um ſo unſern Anſichten das Gepräge der Gewißheit zu geben.

Dies wurde von Newton nicht vernachläſſigt. Er maß die Durchmeſſer der einfachen Ringe der nämlichen Ordnung am innern und äußern Theile ihres Perimeters; indem er dieſe Ringe ſucceſſiv durch Stralen, welche an den Gränzen der verſchiednen Farben im Spectrum liegen, hervorbrachte, mit den äußerſten violetten den Anfang machend. (Nämlich er brachte erſt blos durch die äußerſten violetten Stralen Ringe hervor, und wenn er dann von dieſen z. B.

den ſechſten gemeſſen hatte, ſo maß er dann auch den ſechſten der Ringe, welche er durch die äußerſten indigfarbenen Stralen hervorgebracht hatte u. ſ. f.) Wie er immer zu thun pflegte, trug er Sorge, die hierbei gefundenen Ergebniſſe durch ein mathematiſches Geſetz zu verknüpfen, welches ſie mit hinlänglicher Genauigkeit darſtellte. Er fand auf dieſe Weiſe, daß die Durchmeſſer, ſowohl innere als äußere, ſich unter einander zu verhalten ſchienen, wie die Cubicwurzeln der Zahlen $\frac{1}{2}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{8}{9}$, 1, welche Zahlen die Längen ausdrücken, die eine Muſikſaite haben muß, um die Töne der Molltonleiter hervorzubringen; das heißt, wenn man durch 1 den innern Durchmeſſer eines gewiſſen Ringes ausdrückt, der durch die, an den äußerſten Gränzen des Spectrums liegenden rothen Stralen hervorgebracht wird, ſo drückt $\sqrt[3]{\frac{8}{9}}$ den innern Durchmeſſer des nämlichen Ringes aus, wenn er von den Stralen gebildet wird, welche die Gränze des Roth und des Orange ſind, u. ſ. f. bis $\sqrt[3]{\frac{1}{2}}$, welches den innern Durchmeſſer des nämlichen Ringes ausdrückt, wenn er durch die letzten violetten, am andern Ende des Spectrums genommenen, Stralen gebildet wird.[1])

Da nun Newton die Verhältniſſe der Durchmeſſer kannte, ſo erhob er dieſe Verhältniſſe zum Quadrat, und erhielt ſo die Verhältniſſe der Dicken, welche die Luftſchicht zu Anfange und am Ende der beobachteten Ringe haben mußte. Aehnliche Meſſungen, an den aufeinanderfolgenden Ringen, welche von einer und derſelben einfachen Farbe hervorgebracht waren, vorgenommen, zeigten ihm, daß in den Zwiſchenräumen, wo die Zurückwerfung erfolgte, die Dicke ſich merklich um eben ſo viel abſtufte, als in denen, wo das Licht durchgieng; ſo daß, wenn man allgemein durch e_1 die Dicke der Luftſchicht zu Anfange des erſten hellen, von irgend einer Art einfachen Lichts gebildeten, Ringes bezeichnet, dieſer Ring in der Dicke $3e_1$ endigte, und ſomit einen Zwiſchenraum einnahm, in dem ſich die Dicke um $2e_1$ abſtufte; worauf der erſte dunkle Ring kam, der ebenfalls einen Zwiſchenraum einnahm, in dem ſich die Dicke um $2e_1$ abſtufte. Ihm folgte der zweite helle Ring, der in der Dicke $3e_1$ anfing und in der Dicke $5e_1$ endigte, u. ſ. f. Verbindet man dies Geſetz, durch welches den Ringen ihre Stellen in der Aufeinanderfolge beſtimmt wer-

---

1) Die hier von Newton angegebenen Zahlen ſtehen in einer merkwürdigen Beziehung zu einander, welche von Blanc zuerſt bemerkt worden iſt. Nämlich, wenn man je zwei Glieder, die gleich weit von den äußerſten abliegen, z. B. $\frac{9}{16}$ und $\frac{8}{9}$ oder $\frac{3}{5}$ und $\frac{5}{6}$ oder $\frac{2}{3}$ und $\frac{3}{4}$ mit einander multiplicirt, ſo erhält man immer das beſtändige Product $\frac{1}{2}$, welches gleich dem der beiden äußerſten Glieder iſt. Weiterhin werde ich die bemerkenswerthen Folgerungen, die aus dieſer Beziehung fließen, auseinanderſetzen.

den, mit dem, nach welchem die Vertheilung der verſchiedenen Farben in den Ringen von derſelben Ordnung Statt hat, ſo ſieht man ſich begreiflich in den Stand geſetzt, wenn man nur eine einzige abſolute Dicke zu Anfange, in der Mitte oder am Ende irgend eines, von einer gewiſſen einfachen Farbe gebildeten, Ringes gemeſſen hat, den Werth der erſten Dicke e_1 für dieſe Farbe, ſo wie für alle andern, zu berechnen, und dann die Gränz-Dicken $3e_1$, $5e_1$, $7e_1 \ldots$ für Ringe von jeder beliebigen Stelle daraus herzuleiten.

Man kann ſich ſonach für dieſen Zweck des ſehr genauen Werthes bedienen, den Newton für die Dicke fand, welche die Luftſchicht in der Mitte des erſten hellen, von den zwiſchen Orange und Gelb liegenden Stralen hervorgebrachten, Ringes hatte; eine Dicke, die wir gleich $\frac{1}{178000}$ engl. Zoll, oder gleich $\frac{1000}{178}$ fanden, wenn man den Millionentheil eines engl. Zolls als Einheit nimmt. Dies wird der Werth von $2e_1$ für dieſe Farbe ſeyn; und mithin wird man für e_1 haben $\frac{500}{178}$ oder 2,80899. Auf dieſes Grundreſultat, verbunden mit den, zwiſchen den verſchiedenen Farben aufgefundenen, Verhältniſſen iſt folgende Tabelle gegründet, worin durch e_n, E_n die Dicken bezeichnet ſind, in welchen der Ring der $n$ten Stelle anfängt und endigt.

Tabelle

über die Dicken der Luftſchicht, in welchen die verſchiedenen Ringe anfangen und aufhören, ausgedrückt in Millionentheilen eines engliſchen Zolls.

Allgemeine Ausdrücke der Dicken e_n, E_n, in welchen jeder Ring von der Ordnung n anfängt und aufhört.	Aeußerſtes Violet.	Gränze des Violet und Indigo.	Gränze des Indigo und Blau.	Gränze des Blau und Grün.	Gränze des Grün und Gelb.	Gränze des Gelb und Orange.	Gränze des Orange und Roth.	Aeußerſtes Roth.
1ſter Ring e_1	1,99849	2,16154	2,25671	2,42071	2,61866	2,80899	2,93207	3,172206
$E_1 = 3e_1$	5,99547	6,48462	6,77013	7,26213	7,85598	8,42697	8,79621	9,516618
2ter Ring $e_2 = 5e_1$	9,99245	10,80770	11,28355	12,10355	13,09330	14,04495	14,66035	15,861030
$E_2 = 7e_1$	13,98943	15,13078	15,79697	16,94497	18,33062	19,66293	20,52449	22,205442
3ter Ring $e_3 = 9e_1$	17,98641	19,45386	20,31039	21,78639	23,56794	25,28091	26,38863	28,549854
$E_3 = 11e_1$	21,98339	23,77694	24,82381	26,62781	28,80526	30,89889	32.25277	34,894266
4ter Ring $e_4 = 13e_1$	25,98037	28,10002	29,33723	31,46923	34,04258	36,51687	38,11691	41,238678
$E_4 = 15e_1$	29,97735	32,42310	33,85065	36,31065	39,27990	42,13485	43,98105	47,583090
5ter Ring $e_5 = 17e_1$	33,97433	36,74618	38,36407	41,15207	44,51722	47,75283	49,84519	53,927502
$E_5 = 19e_1$	37,97131	41,06926	42,87749	45,99349	49,75454	53,37081	55,70923	60,271914
6ter Ring $6_6 = 21e_1$	41,96829	45,39234	47,39091	50,83491	54,99186	58,98879	61,57347	66,616326
$E_6 = 23e_1$	45,96527	49,71542	51,90433	55,67633	60.22918	64,60677	67,43761	72.960738
7ter Ring $e_7 = 25e_1$	49,96225	54,03850	56,41775	60,51775	65,46650	70,22475	73,30175	79,305150
$E_7 = 27e_1$	53,95923	58,36158	60,93117	65,35917	70,70382	75,84273	79,16589	85,649562

Die Reſultate dieſer Tabelle laſſen ſich mittelſt einer geometriſchen Conſtruction darſtellen, welche ihre Ueberſchauung mit einem einzigen Blick geſtattet. Wir ſetzen ſie hier ſo auseinander, wie ſie Newton gegeben hat.

Bemerken wir zuvörderſt, daß die Folge der Größen e_1, E_1, e_2, E_2, e_3, E_3 ...., für jede Farbe eine arithmetiſche Progreſſion e_1, $3e_1$, $5e_1$, $7e_1$ ... bildet, deren Unterſchied $2e_1$ iſt und welche der Reihe der ungeraden Zahlen folgt. Um hiefür eine entſprechende geometriſche Darſtellung zu erhalten, brauchen wir nur eine, ins Unbeſtimmte ausgedehnte, Gerade ZZ', Fig. 7, in eine unbeſtimmte Zahl unter ſich und mit e_1 gleicher Theile zu theilen, darauf die aufeinanderfolgenden Eintheilungspuncte durch die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6 .... zu bezeichnen. Dann werden die Stralen dieſer Farbe von der Dicke 0 an bis zur Dicke $Z\,1 = e_1$ durchgelaſſen; von der Dicke Z 1 bis zur Dicke Z 3 zurückgeworfen; dann von Z 3 bis Z 5 wieder durchgelaſſen, und ſo fort werden ſie in der ganzen Ausdehnung der Geraden ZZ' abwechſelnd durchgelaſſen und zurückgeworfen. Das Maximum der Zurückwerfung wird in den Dicken Z 2, Z 6, Z 10 .... Statt haben, welche der arithmetiſchen Progreſſion der ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 ... folgen; und das Maximum des Durchgehens in den Dicken Z 4, Z 8, Z 12, welche der arithmetiſchen Progreſſion der geraden Zahlen 0, 2, 4, 6 .... folgen; ſo daß man, um zu erfahren, welche Wirkung irgend eine gegebene, und durch ZX vorgeſtellte, Dicke hervorbringt, dieſe Länge blos auf die Gerade ZZ' von Z an aufzutragen hat, wo dann der Punct X, an dem ſie endet, zu erkennen giebt, ob in ihr Zurückwerfung oder Durchgehen Statt findet, und von welcher Ordnung der in ihr entſtehende Ring iſt.

Dieſe Conſtruction auf einer einzigen geraden Linie iſt aber nur für die Stralen von einer einzigen Farbe, und zwar nur für diejenigen dieſer Farbe, welche einer beſtimmten Stelle des Spectrums entſprechen, anwendbar. Um ſie allgemein zu machen, braucht man nur in Betracht zu ziehen, daß die Werthe von e_n und von E_n für die verſchiedenen Farben, wenn n gleich bleibt, den Werthen von e_1, welche dieſen Farben zukommen, proportional ſind: ſie laſſen ſich ſonach durch die Ordinaten einer geraden Linie vorſtellen, von der die e_1 die Abſciſſen wären. Hierauf gründet ſich folgende, von Newton gegebene, Conſtruction.

Auf einer ins Unbeſtimmte verlängerten Axe CZR, Fig. 8. nehme man von einem beliebigen Puncte C an die Abſciſſen CZ, CV, CI, CB, CGr, CG, CO, CR, proportional den Zahlen 0,6300; 0,6814; 0,7114; 0,7631; 0,8255; 0,8855; 0,9243; 1, welche der Erfahrung zufolge die Verhältniſſe der verſchiedenen Werthe von e_1 für die Gränzen der ſieben Hauptfarben des Spectrums ausdrücken. Alsdann richte man durch die Endpunkte dieſer Abſciſſen Z, I, ... R, und ſenkrecht auf die Axe CZR die Ordinaten ZZ′, VV′ . . . RR′ in unbeſtimmter Höhe auf; nehme darauf auf der erſten eine Länge Z 1 gleich dem Werth von e_1 für die letzten violetten Stralen des Spectrums, welche ans Schwarz gränzen; trage ſucceſſiv dieſen nämlichen Zwiſchenraum an die Puncte 2, 3, 4, 5 . . . . der nämlichen Ordinate, und ziehe endlich vom Puncte C die punctirten Linien C_1, C_3, C_5 . . . ., welche in alle ungeraden Abtheilungen eintreffen. Die Durchſchnittspuncte dieſer Geraden mit den Ordinaten, welche ſich auf jede Farbe beziehen, werden die Werthe von e_n und von E_n begränzen, in welchen die Zurückwerfung dieſer Farbe in den Ringen jeder Ordnung anfängt und aufhört. So geben die Räume 11′ 33′, 55′ 77′ . . . ., welche zwiſchen C_1 und C_3, C_5 und C_7 . . . . enthalten ſind, die Abſtufungen der Dicken an, wo eine Zurückwerfung vor ſich geht, und die Räume dazwiſchen, 00′ 11′, 33′ 55′ . . . geben die Abſtufungen an, wo alles einfallende Licht durchgeht. Die trapezoidiſchen Quadrate endlich, die in dieſen Räumen zwiſchen den Ordinaten enthalten ſind, welche die ſieben Abtheilungen des Spectrums begränzen, geben noch beſonders die Abſtufungen der Dicke an, welche der Zurückwerfung oder dem Durchgehen aller der Grade einfachen Lichts, die die Empfindung einer und der nämlichen Farbe hervorrufen, angehören. Die Trapeze z. B., welche zwiſchen den Ordinaten ZZ′ und VV′ enthalten ſind, gelten für alle Grade des Violet; die, zwiſchen VV′ und II′ enthaltenen, für alle Grade des Indigo, u. ſ. f. Bei dieſen geometriſchen Gränzbeſtimmungen iſt jedoch eine wichtige Modification noch mit zuzuziehen.

Nämlich das Durchgehen geſchieht vollſtändig an allen Stellen, die demſelben zuertheilt ſind, dagegen die Zurückwerfung, erſt unmerklich an den Gränzen, wo ſie beginnt, dann bis zu einem gewiſſen Maximum zunimmt, für welches die Dicke durch die mittlern Linien 22′, 66′, 10 10′ . . . bezeichnet iſt, worauf ſie eben ſo ſtufenweiſe wieder abnimmt; und ſelbſt in dieſen Dicken, wo ſie am kräftigſten iſt, iſt ſie nur partiell. Auch müſſen wir bemerken, daß die Abſtufungen der Dicke, in welchen die Zurückwerfung vor ſich geht, ſich in der Wirklichkeit immer etwas größer, als diejenigen finden, in welchen das Durchlaſſen Statt hat, beſonders in den Ringen der erſten Ordnungen. Newton, der dieſen Unterſchied wohl bemerkte, hielt ihn indeß für zu unbedeutend und für zu wenig einer genauen Schätzung fähig, um ihn in Betracht zu ziehen.

Obwohl wir bei Conſtruction dieſer Figur, ſo wie der Tabelle, deren verſinnlichende Darſtellung ſie iſt, nur die Zurückwerfung der Farben durch dünne Luftſchichten im Auge gehabt haben, ſo iſt doch ſowohl die eine als die andre auch auf Schichten von jedweder andern Beſchaffenheit anwendbar; da wir ja fanden, daß die Farbenringe ſich in allen Subſtanzen nach den nämlichen Geſetzen bilden. Die Veränderung betrifft blos die abſoluten Werthe der Dicken e_x, in welchen ſie ſich bilden, und welche um ſo geringer ſind, je ſtärker das Brechungsvermögen der Subſtanz iſt. Mit Zuziehung dieſer einzigen Modification können wir ſonach den Folgerungen, welche ſich aus unſrer Conſtruction ziehen laſſen, allgemeine Gültigkeit beimeſſen.

Mit Hülfe derſelben läßt ſich ſofort finden, ob dieſe oder jene Farbe von einer gewiſſen Dicke zurückgeworfen oder durchgelaſſen wird; denn ſtellen wir dieſe Dicke durch ZX vor, ſo brauchen wir ſie nur auf die Ordinate ZZ' aufzutragen, darauf durch den Punct X, wo ſie ſich endigt, eine Gerade XX' mit der Axe CZR parallel zu ziehen, und endlich zu unterſuchen, ob dieſe Parallele durch einen der Räume hindurchgeht, welche das Durchlaſſen oder die Zurückwerfung der gegebenen Farbe andeuten. Eben ſo, um zu erfahren, welche Arten Farben in dieſer Dicke ZX durchgelaſſen oder zurückgeworfen zu werden vermögen, braucht man nur zu beobachten, ob Theile dieſer Linie irgendwo durch einen der Räume 00' 11', 33' 55' ... wo Durchlaſſen Statt findet, hindurchgehen; indem dieſe Theile wirklich das Durchlaſſen der ihnen zugehörigen Farben andeuten werden; dagegen werden die Theile, welche durch die dazwiſchenliegenden Räume 11' 33', 55' 77' .... hindurchgehen, auf eine Stattfindende Zurückwerfung deuten, welche um ſo reichlicher für jeden Durchſchnitt ſeyn wird, je näher die Linie XX' dieſe Räume an ihrer Mitte durchſchneidet, wo die mittlern Linien 22', 66', 10 10' .... u. ſ. w. durch ſie hindurchgehen. Geſetzt z. B. man verlange zu wiſſen, welche Art Grün durch Zurückwerfung im dritten Ringe an der Stelle erſcheinen wird, wo die Zurückwerfung dieſer Farbe am lebhafteſten iſt; ſo markire man auf der Querlinie 10, 10' die Mitte des Quadrats, welches dem Grün angehört; und ziehe durch dieſen Punct eine Gerade v' m v parallel mit CZR. Man wird finden, daß ſie durch das untere Ende des Raums, welcher dem Gelb angehört, und das obere Ende deſſen, welcher dem Blau in dieſem nämlichen Ringe anheim fällt, hingeht. Den ganzen übrigen Theil ihres Laufs aber wird die Linie v' m v? durch Räume nehmen, in welchen Durchlaſſen Statt findet; woraus man zu ſchließen hat, daß die Art Grün, welche von dieſer Dicke zurückgeworfen wird, hauptſächlich aus einfachem Grün, vermiſcht mit etwas Blau und Gelb, beſteht, was noch ein ſehr gutes Grün giebt.

Dieſe Figur gewährt ein ſehr gutes Hülfsmittel zur Erklärung aller einzelnen Umſtände, welche bei Erſcheinung der Farbenringe in Betracht kommen, die das natürliche Licht hervorbringt, wenn es durch eine dünne Schicht von Luft oder irgend einer andern Subſtanz zurückgeworfen wird; denn indem alle einfachen Stralen, aus welchen dieſes Licht beſteht, in die dünne Schicht zuſammen unter einem gleichen Einfallswinkel dringen, muß jeder derſelben ſeine Ringe darin nach ſeinen eigenen Geſetzen hervorbringen; und die zweite Oberfläche der Schicht muß ſie in den nämlichen Dicken zurückwerfen oder durchlaſſen, bei welchen dies geſchehen ſeyn würde, wenn die Stralen geſondert oder ſucceſſiv hindurchgegangen wären. Da nun, wie wir geſehen, die nämliche Dicke verſchiedene Arten Stralen getrennt zurückzuwerfen vermag, ſo wird ſie dieſelben auch noch gleichzeitig zurückwerfen, während ſie alle übrigen durchgehen läßt. Es ergiebt ſich hieraus, daß die dünne Schicht, wenn ſie allenthalben von gleicher Dicke iſt, an allen ihren Stellen eine und dieſelbe Miſchung von Stralen, unter jeder gegebenen Schiefe des Einfallens, zurückwerfen wird; und ſie wird mithin, wenn man ſie aus ſo großer Ferne betrachtet, daß die Stralen, welche ſie zum Auge von ihren verſchiedenen Puncten zurückſendet, für parallel gelten können, einfarbig erſcheinen. Bei Veränderungen in der Dicke werden ſich aber auch die Farben entſprechend an den verſchiednen Stellen der Schicht ändern. Iſt mithin die Schicht zwiſchen ſphäriſchen Objectivgläſern enthalten, deren Zwiſchenraum ſich vom Berührungspunct aus kreisförmig immer mehr vergrößert, ſo werden ſich um dieſen Punct eine unendliche Menge kreisförmiger Ringe von verſchiedenen Farbenabſtufungen bilden müſſen, wie man in der That an den, am Tageslicht gebildeten, Farbenringen beobachtet.

Wir können ſelbſt die Ordnung angeben, nach welcher die Farben dieſer Ringe ſich von ihrer gemeinſchaftlichen Mitte an folgen müſſen. Zu dieſem Zweck braucht man ſich nur eine gerade Linie vorzuſtellen, welche Anfangs mit CZR zuſammenfällt, dann allmälig, immer mit ihr parallel bleibend, ſich davon entfernt, und ſo durch alle Räume fortſchreitet, in welchen abwechſelnd Durchgang und Zurückwerfung des Lichts Statt hat. Zuerſt, wenn dieſe Linie CZR verläßt, geht ſie durch einen Raum hindurch, in welchem wegen ausnehmender Dünne der Schichten wenig oder gar keine Zurückwerfung Statt hat; dann gelangt ſie nach 1, wo ſich das äußerſte Violet ganz ſchwach zu zeigen beginnt. So wie ſie aber nur ein wenig in den Raum eintritt, der dieſer Farbe angehört, begegnet ſie auch den Räumen, welche das Blau und das Grün enthalten, die mit dem Violet eine Art Blau zuſammenſetzen; dann tritt ſie auch in das Gelb und Roth ein, welche mit dieſem Blau Weiß geben. Zufolge der geringen Neigung, welche die Linie 11′ gegen die Axe CZR hat, muß dieſer Uebergang zum Weiß immer ſehr raſch eintreten. In den Luftſchichten z. B. fängt das Violet des erſten Ringes in der Dicke 1, 99849 an, wie die Tabelle auf S. 31 zu erkennen giebt; und der Anfang des Roth dieſes nämlichen Ringes, als an der Gränze zwiſchen Roth und Orange befindlich, entſpricht der Dicke 2,93207; woraus ſich ergiebt, daß die Trennung der Farben nur in einer Abſtufung der Dicke gleich 2,93207 — 1,99849, d. i. gleich 0,93358 Statt hat, und mithin ſehr ſchwer zu erkennen ſeyn muß, wenn die Veränderung der Dicke nicht ausnehmend langſam fortſchreitet. Sobald das Weiß einmal im erſten Ringe hervorgetreten iſt, fährt es fort, mehr oder minder vollkommen zurückgeworfen zu werden, während die bewegliche Linie von 1 bis 3 fortſchreitet; da aber von da an die Farben, aus denen es beſteht, eine nach der andern wegzubleiben beginnen, ſo verwandelt es ſich erſt in ein zuſammengeſetztes Gelb, dann in Roth, und dies Roth verſchwindet endlich in 3′. Darauf fangen die Farben des zweiten Ringes an, und zwiſchen ihnen und denen des erſten bleibt ein kleiner ſchwarzer Zwiſchenraum, wenigſtens wenn man die Beſtimmungen für die Gränzen der Zurückwerfung, wie ſie Newton gegeben hat, für gültig anerkennt. Denn die äußerſte Gränze der Dicke, wo das Roth des erſten Ringes endigt, iſt nach unſrer Tabelle 9,516618, und die Dicke, wo das Violet des zweiten Ringes beginnt, 9,99245; wonach zwiſchen dieſen beiden Gränzen eine Abſtufung der Dicke gleich 9,99245 — 9,516618, d. i. gleich 0,475832 übrig bleibt, in welcher keine Farbe zurückgeworfen wird; und wo ſonach das durchgehende Licht einen ſehr dünnen weißen Ring hervorbringen muß. Das Statthaben einer ſolchen Trennung der beiden Ringe durch einen Zwiſchenraum wird jedoch durch die größere oder geringere Ausdehnung der merklichen Gränzen der Zurückwerfung modificirt werden können. Denn wenn die dünne Luftſchicht, für welche die obigen Gränzbeſtimmungen gelten, plötzlich ein ſtärkeres Zurückwerfungsvermögen erhielte, ohne Veränderung ihrer übrigen Eigenſchaften, ſo würde man noch merkliche Quantitäten von Licht an den nämlichen Stellen wahrnehmen, wo man zuvor nichts davon entdecken konnte; und indem dann die Abſtufungen der Dicke, welche von den zurückgeworfenen hellen Ringen eingenommen werden, zunehmen, werden die beiden erſten Ringe hinlänglich breit werden können, um den dünnen ſchwarzen Ring, der ſie nach Newtons Beſtimmungen ſchied, verſchwinden zu machen. In der That werden wir in der Folge Subſtanzen finden, in welchen ſich dies Uebereinanderfallen hinlänglich deutlich zeigt, um in die Beobachtung zu fallen; zwar nicht in der

Erſcheinung der Ringe ſelbſt, aber doch in einer andern Reihe von Erſcheinungen, welche ganz dieſelben Geſetze der Periodicität bei einer viel ausgedehntern Stufenfolge der Dicken befolgt. Wie dem aber auch ſey, um wieder auf die Newtonſchen Verſuche zurückzukommen, ſehen wir, daß nach dem dünnen ſchwarzen Ring, den wir ſo eben als vorhanden anerkannt haben, die Farben des zweiten Ringes anfangen, welche ſich nach der Reihe folgen, während die bewegliche Linie von 5 nach 7 fortſchreitet. Dieſe ſind lebhafter, als im erſten Ringe, weil ſie ausgebreiteter und mehr von einander geſondert ſind, wie die Figur ſelbſt durch die größere Neigung der Linie 77′ gegen die Axe CZR zu erkennen giebt. Vermöge dieſer Sonderung kommt zwiſchen dem Blau und Gelb dieſes Ringes nicht mehr Weiß, wie im erſten Ringe, zu liegen, ſondern eine Miſchung von Orange, Gelb, Grün, Blau und Indigo, welche Farben zuſammengenommen ein verwaſchenes (lavé) und unvollkommenes Grün geben. Eben ſo folgen ſich die Farben des dritten Ringes nach der Reihe; erſt kommt das Violet, welches ſich ein wenig mit dem Roth des zweiten Ringes vermiſcht, denn es fängt in der Dicke 17,98641 an und hört in 21,98419 auf, während das Roth zweiter Ordnung erſt in der Dicke 22,205442 endigt; woraus folgt, daß dies Roth noch mit dem ganzen Violet des dritten Ringes zuſammen zurückgeworfen wird. Deshalb erblickt man dies Violet nicht geſondert, und es verwandelt ſich in einen röthlichen Purpur. Alsdann kommen Blau und Grün, welche weniger mit andern Farben vermiſcht und deshalb lebhafter, als in den vorigen Ringen ſind, insbeſondre das Grün. Darauf folgt das Gelb, von welchem ein Theil, zunächſt am Grün, deutlich unterſchieden und ſchön iſt; der andre Theil aber, zunächſt dem Roth, welcher unmittelbar danach kommt, ein Gelb darſtellt, welches, ſo wie auch das Roth, mit dem Violet und Blau des vierten Ringes vermiſcht iſt, woraus verſchiedne Grade eines, ſich ausnehmend ins Purpurfarbene ziehenden, Roth hervorgehen. Das Violet und Blau, welche dieſem Roth folgen ſollten, zeigen ſich mit ihm vermiſcht und verſchmelzen, welches macht, daß anſtatt ihrer ein Grün folgt. Dieſes Grün zieht ſich erſt ins Blaue, wird aber bald ein gutes Grün; und dies iſt die einzige unvermiſchte und lebhafte Farbe, welche im vierten Ringe erſcheint; denn ſo wie es anfängt, ſich ins Gelbe zu ziehen, vermiſcht es ſich auch ſchon mit den Farben des fünften Ringes, durch welche Vermiſchung das unmittelbar darauf folgende Gelb und Roth ſehr ſchwach und unrein werden, namentlich das Gelb, welches als die ſchwächſte Farbe, kaum wahrgenommen zu werden vermag. Hierauf vermiſchen und verſchmelzen ſich die verſchiednen Ringe und Farben immer mehr, bis nach drei oder vier Folgen, in denen ſämmtlich Roth und Blau herrſcht, alle Arten Farben, vermöge ziemlich gleichförmiger Miſchung, ein einförmiges Weiß zuſammenſetzen.

Da zufolge unſrer Beobachtungen die Stralen einer Farbe an derſelben Stelle durchgehen, wo die einer andern zurückgeworfen werden, ſo wird man begreiflich in den Ergänzungsfarben der zurückgeworfenen Farben, deren Aufeinanderfolge wir ſo eben beſchrieben haben, die Reihenfolge der durchgehenden Farben erhalten. So fanden wir, da wir die bewegliche Linie parallel mit ZR von Z bis 1 fortſchreiten ließen, daß die Zurückwerfung in dieſem Raum null oder unmerklich war; mithin wird hier totales Durchgehen Statt finden, und dadurch der weiße Mittelfleck entſtehen, den man in den, vom durchgehenden Lichte hervorgebrachten, Ringen wahrnimmt. Iſt die bewegliche Linie nach 1 gelangt, ſo fangen die violetten und blauen Stralen an, zurückgeworfen zu werden, ihre Ergänzungsfarben in den durchgehenden Ringen werden mithin ein Gelblichweiß und dann ein Gelblichroth bilden; Farben, die aber ausnehmend ſchwach und ſchwer zu erblicken ſeyn werden, weil die erſten violetten Stralen anfangs nicht ſehr reichlich zurückgeworfen werden, der Entfernung halber, in welcher die bewegliche Linie ſich von ZZ' befindet; und, ſo wie ſie anfängt, näher heran zu rücken, gelangt ſie auch faſt ſogleich nach 1' zum Anfange des Roth; ſo daß, da das weiße durchgehende Licht von allen ſeinen Farben einen Theil verliert, und in einem Verhältniß, welches nicht ſehr von dem unterſchieden iſt, durch welches Weiß hervorgebracht wird, es weiß bleibt, wie zuvor, oder wenigſtens keine ſehr hervorſtechende Färbung erfährt. Zugleich aber nimmt ſeine Intenſität ab, und iſt die kleinſtmögliche in den Dicken, wo die Zurückwerfung am lebhafteſten iſt, d. i. da, wohin die Mitte des Weiß im erſten der zurückgeworfenen Ringe fällt. Dies iſt die Urſach des ſchwarzen oder vielmehr dunkelgrauen Ringes, welcher auf den erſten gelblichrothen in der Reihe der, vom durchgehenden Lichte herrührenden, Ringe folgt.

Bei ihrem weitern Fortſchreiten gelangt die bewegliche Linie nach 2. Hier fängt die Zurückwerfung der violetten Stralen an ganz aufzuhören, dann nach der Reihe die der blauen, der grünen, der gelben und der rothen. Weil aber die Linie 11' noch ſehr wenig gegen ZR geneigt iſt, ſo tritt hier derſelbe Fall ein, als beim Fortſchreiten der Linie von 1 nach 1'; d. h. man kann dieſe verſchiednen Farben nicht in ihrer Aufeinanderfolge unterſcheiden, ſowohl des geringen Unterſchieds der Dicken halber, von denen ſie hervorgebracht werden, als auch wegen ihrer Schwäche: ſo daß man höchſtens etwas Violet und Blau erkennt, welches ſich bald in Weiß verwandelt, wenn die Linie nach z' gelangt; denn wir haben geſehen, daß ſie alsdann s noch nicht erreicht hat, weil Rz' von Zs um eine Länge gleich 0,475832 Millionentheil Zoll übertroffen wird. Hiedurch entſteht der zweite weiße Ring von durchgehendem Lichte, und dieſer erhält ſich, während die bewegliche Linie von z' nach s fortſchreitet. Indem alsdann die Zurückwerfung der Farben des zweiten Ringes beginnt, ſcheiden ſich ſucceſſiv aus jenem Weiß die verſchiedenen Beſtandtheile ab: erſt das Violet, dann das Violet und Blau; dann das Violet, Blau und Grün u. ſ. f., wodurch das Weiß ſucceſſiv in die Ergänzungsfarben der angegebenen umgewandelt wird, nämlich in Gelb, Roth, Violet und Blau. Dies ſind die Farben des zweiten Ringes von durchgehendem Lichte, und ſie erſcheinen deutlicher als die der erſten, weil die ſie begränzende Linie geneigter gegen ZR iſt, als zz' war, welches eine größere Sonderung derſelben mit ſich bringt. Läßt man ſo die Linie immer weiter fortſchreiten, ſo wird man in den Ergänzungsfarben der zurückgeworfenen Ringe ſucceſſiv die Farben aller durchgehenden, in der, auf S. 15 angegebenen und durch die Beobachtung gefundenen, Reihenfolge erhalten.

Man wird nach dieſen Erörterungen begreiflich finden, warum die Ringe vom durchgehenden Lichte immer weit bläſſer ſind, als die vom zurückgeworfenen. Die Ringe nämlich, welche durch die verſchiedenen Arten einfachen durchgehenden Lichts gebildet werden, ſind nicht durch ſchwarze Zwiſchenräume geſchieden, weil die Zurückwerfung an keiner Stelle der dünnen Schicht total iſt; daher nur periodiſche Ab- und Zunahmen der Intenſität in ihrer Aufeinanderfolge ſich zeigen; da hingegen die einfachen Ringe vom zurückgeworfenen Lichte durch ganz ſchwarze Zwiſchenräume geſchieden ſind, weshalb ſie nicht ſo ſehr in einander übergreifen können, wenn ſie alle zugleich zurückgeworfen werden. Aus dieſem Grunde werden die Ringe von durchgehendem Lichte deutlicher erſcheinen müſſen, wenn man das Zurückwerfungsvermögen der dünnen Schicht erhöht, weil dann die einfachen Ringe, aus welchen ſie zuſammengeſetzt ſind, beträchtlichere Abänderungen der Intenſität an ihren verſchiedenen Stellen zeigen müſſen, wodurch ihre Miſchung weniger gleichförmig wird. Man erreicht dieſen Zweck dadurch, daß man den Stralen eine ſehr große Neigung gegen die dünne Schicht giebt, indem man ſie ſehr ſchief betrachtet, wodurch die Zurückwerfung bis funfzehn- und zwanzigmal ſtärker wird, als bei ſenkrechtem Einfallen. Auch ſieht man dann die Farben der Ringe vom durchgehenden Lichte weit merklicher werden, als zuvor; die der zurückgeworfenen dagegen etwas an Deutlichkeit abnehmen, weil die einfachen Ringe, aus denen ſie zuſammengeſetzt ſind, dann ſich etwas ausbreiten, und in einander übergreifen.

Alle dieſe Anzeigen der Theorie laſſen ſich mit größter Leichtigkeit durch Beobachtung der Farben, die in den Seifenblaſen theils vom zurückgeworfenen, theils vom durchgehenden Lichte entſtehen, bewähren. Um dies aber allen nähern Umſtänden nach zu vermögen, muß man dieſe Blaſen nach der auf S. 10 erörterten Weiſe hervorbringen, indem man ſie in einem geſchloſſenen Gefäße bläſt, und am Ende der Röhre hängen läßt, mit welcher ſie geblaſen worden ſind. Da ſie bei ſo getroffenen Maßregeln ganze Stunden hindurch dauern können, ſo ſieht man ſich hiedurch in den Stand geſetzt, ſie nach und nach alle Abſtufungen der Dicke und alle verſchiedenen Färbungen durchlaufen zu ſehen. Man kann ſelbſt dies Verfahren noch dadurch vervollkommnen, daß man zwei Blaſen über einander bläſt, die nur durch eine ganz dünne Waſſerſchicht getrennt bleiben, wie Fig. 9 darſtellt. Zu dieſem Zweck bringt man, wenn man die erſte Blaſe geblaſen hat, mit dem Finger in die obere Mündung der Röhre einen kleinen Waſſertropfen, der bald bis zur andern Mündung herabſinkt. Bläſt man alsdann langſam in dieſen Tropfen, ſo entſteht eine zweite Blaſe daraus, welche an der erſten anhängt. Die Scheidewand von Waſſer, welche ſie trennt, iſt gewöhnlich eben und mehr oder minder gegen den Horizont geneigt. Da vermöge dieſer Schiefe das Waſſer, aus welchem ſie beſteht, abfließt, ſo verdünnt ſich die Fläche mit der Zeit immer mehr und zwar in ſtärkerem Maße an ihrer höchſten Stelle. In Folge deſſen entſtehen nach einander breite gefärbte Streifen von allen Farbenabſtufungen, welche ſich in den Ringen zeigen; ſie erſcheinen erſt an der oberſten Stelle der Fläche, ſteigen allmälig herab, indem ſie einen immer größern Farbenreichthum entwickeln; und bieten in ihrer ſucceſſiven Bildung ſowohl als ihren verſchiedenen Veränderungen alle Varietäten der Färbung dar, die uns die Theorie ſo eben hatte kennen lehren.

Bisher haben wir nur die Ordnung und Beſchaffenheit der einfachen Farben, welche in jeder Dicke zurückgeworfen oder durchgelaſſen werden, in Betracht gezogen. Zu einer vollſtändigen Theorie der Erſcheinung gehört aber noch, die Beſchaffenheit der zuſammengeſetzten Farben angeben zu können, welche aus jenen Vermiſchungen hervorgehen. Dies erfordert die Kenntniß des Geſetzes, nach welchem die Intenſität der Antheile ſich in der Ausdehnung jedes einfachen Ringes ändert; denn ſind dieſe Intenſitäten bekannt, ſo ergiebt ſich die Zuſammenſetzung der Farben nach dem, S. 100 Th. III auseinandergeſetzten Verfahren. Auf dieſe Weiſe würde es möglich ſeyn, mit Genauigkeit die Dicken anzugeben, in welchen die deutlichſten Nuancen jedes Ringes erſcheinen müſſen. Dies iſt durch Newton geſchehen, und er hat ſeine Reſultate über die ſieben Ringe, wo die Färbung merklich iſt, in eine Tabelle gebracht, welche ich ſo wiedergebe, wie ſie ſich in ſeiner Optik findet. Ich kann hier nicht in nähere Erörterungen über die Art, wie die Zahlwerthe darin gefunden wurden, eingehn, und Newton ſelbſt hat ſich in ſeiner Optik darüber nicht ausgelaſſen. Ich glaube jedoch dieſelbe wieder aufgefunden zu haben, und werde ſie anderweit zum Gegenſtande einer beſondern Auseinanderſetzung machen. Hier führe ich nur ſoviel an, daß Newton dieſe Tabelle erſt blos für die Luftſchichten berechnete und alsdann auf die Schichten von Glas und Waſſer ausdehnte, zufolge der oben gemachten Bemerkung, daß die nämliche Farbe in den verſchiedenen Subſtanzen von Dicken zurückgeworfen wird, welche ſich umgekehrt wie ihr Brechungsverhältniß verhalten. Wonach z. B., wenn dies Verhältniß $\frac{4}{3}$ für die Strahlen iſt, welche aus Luft in Waſſer übergehen, die Waſſerſchichten, um eine gewiſſe Farbe zurückzuwerfen, auch $\frac{3}{4}$ der Dicke haben müſſen, welche die Luftſchichten haben würden. Man kann dies Verhältniß in Newtons Tabelle bemerken; und bald anzuführende Erfahrungen werden die Allgemeinheit des Geſetzes darthun.

Ordnungszahl des Ringes.	Zurückgeworfene Farben.	Dicke der Schichten in Millionentheilen des Engliſchen Zolls.			Bezeichnung der Farben.
		Luſt.	Waſſer.	Glas.	
1ſter	Sehr ſchwarz .	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{10}{31}$	
	Schwarz . . .	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{20}{31}$	
	Anfang des Schwarz. . .	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{2}{7}$	
	Blau	$2\frac{2}{5}$	$1\frac{4}{5}$	$1\frac{11}{22}$	Weißliches Himmelblau.
	Weiß	$5\frac{1}{4}$	$3\frac{7}{8}$	$3\frac{2}{5}$	Mattes Silberweiß.
	Gelb	$7\frac{1}{9}$	$5\frac{1}{3}$	$4\frac{3}{5}$	Strohgelb.
	Orange . . .	8	6	$5\frac{1}{6}$	Getrocknete Orangenſchale.
	Roth	9	$6\frac{3}{4}$	$5\frac{4}{5}$	Geranium sanguineum.
2ter	Violet. . . .	$11\frac{1}{6}$	$8\frac{3}{8}$	$7\frac{1}{5}$	Jodine.
	Indigo . . .	$12\frac{5}{6}$	$9\frac{5}{8}$	$8\frac{2}{11}$	Indigo.
	Blau	14	$10\frac{1}{2}$	9	Cobaltblau.
	Grün	$15\frac{1}{8}$	$11\frac{2}{3}$	$9\frac{5}{7}$	Meergrün.
	Gelb	$16\frac{2}{7}$	$12\frac{1}{5}$	$10\frac{2}{5}$	Citronengelb.
	Orange . . .	$17\frac{2}{9}$	13	$11\frac{1}{9}$	Orange.
	Glänzendes Roth (r. éclatant).	$18\frac{1}{3}$	$13\frac{3}{4}$	$11\frac{5}{6}$	(oeillets de mai).
	Ponceauroth .	$19\frac{2}{3}$	$14\frac{3}{4}$	$12\frac{2}{3}$	Blutroth.
3ter	Purpur . . .	21	$15\frac{3}{4}$	$13\frac{11}{20}$	Flachsblüte (fleur du lin).
	Indigo . . .	$22\frac{1}{10}$	$16\frac{4}{7}$	$14\frac{1}{4}$	Indigo.
	Blau	$23\frac{2}{5}$	$17\frac{11}{20}$	$15\frac{1}{10}$	Berlinerblau.
	Grün	$25\frac{1}{5}$	$18\frac{9}{10}$	$16\frac{1}{4}$	Grasgrün.
	Gelb	$27\frac{1}{7}$	$20\frac{1}{3}$	$17\frac{1}{2}$	Weißlichgelb; Holzweiß.
	Roth	29	$21\frac{3}{4}$	$18\frac{5}{7}$	Roſenroth
	Bläulichroth .	32	24	$20\frac{2}{3}$	Mehr Purpurroth.
4ter	Bläulichgrün .	34	$25\frac{1}{2}$	22	
	Grün	$35\frac{2}{7}$	$26\frac{1}{2}$	$22\frac{3}{4}$	Smaragdgrün
	Gelblichgrün .	36	27	$23\frac{2}{9}$	
	Roth.	$40\frac{1}{3}$	$30\frac{1}{4}$	26	Blaßroth
5ter	Grünlichblau .	46	$34\frac{1}{2}$	$29\frac{2}{3}$	Meergrün.
	Roth	$52\frac{1}{2}$	$39\frac{3}{8}$	34	Blaßroſenroth.
6ter	Grünlichblau .	$58\frac{3}{4}$	44	38	Lichtes Meergrün.
	Roth	65	$48\frac{3}{4}$	42	Noch blaßres Roſenroth.
7ter	Grünlichblau .	71	$53\frac{1}{4}$	$45\frac{4}{5}$	Sehr blaß.
	Röthlichweiß. .	77	$57\frac{3}{4}$	$49\frac{2}{3}$	Sehr blaß.

Durch Zuſammenſtellung dieſer Tabelle mit Figur 8 ergiebt ſich die Art, wie jede der darin enthaltenen Farben aus ihren einfachen Elementen zuſammengeſetzt iſt. Sie dient noch zu vielen andern Zwecken, die wir in der Folge erörtern werden; mehrere derſelben aber können wir auch ſchon jetzt auseinanderſetzen.

Der erſte und einfachſte iſt, die Dicke einer dünnen Schicht aus der Farbe, welche ſie bei ſenkrechtem Einfallen zurückwirft, zu beſtimmen, wenn ihr Brechungsverhältniß bekannt iſt. Iſt nämlich dieſe Farbe gegeben, ſo findet ſich in der Tabelle die entſprechende Dicke, in der ſie zurückgeworfen wird, für eine Luftſchicht beſtimmt; und dieſe Dicke, mit dem Brechungsverhältniß der betrachteten Schicht dividirt, giebt die Dicke dieſer. So läßt ſich z. B. zufolge der ſogleich anzuführenden Verſuche das Brechungsverhältniß des gewöhnlichen zweiarigen Sibiriſchen Glimmers zu 1, 53 anſetzen, wenn man das der Luft gleich 1 nimmt. Man löſe nun ein Blättchen dieſer Subſtanz ab, welches ſo dünn iſt, daß es bei ſenkrechtem Einfallen das Blau der dritten Ordnung zurückwirft. Die Dicke der Luftſchicht, welche dieſes Blau ebenfalls zurückwerfen würde, iſt nach Newtons Tabelle 23, 4; die des Glimmerblättchens wird mithin $\frac{23,4}{1,53}$ oder 15, 3 ſeyn d. i., 153 Zehnmillionentheile eines engliſchen Zolls. Dieſe Dicke iſt ſehr wenig von der verſchieden, die ein Glasblättchen haben würde, welches die nämliche Farbe zurückwürfe, wie dies der geringe Unterſchied, der zwiſchen den Brechungsverhältniſſen des Glimmers und des Glaſes Statt findet, ſo mit ſich bringt.

Ein andrer Nutzen, den man aus dieſer Tabelle ziehen kann, iſt, daß ſich zugleich das Brechungsverhältniß und die Dicke der Blättchen dadurch beſtimmen läßt, wenn man die Farben beobachtet hat, die unter zwei bekannten Einfallswinkeln davon zurückgeworfen werden, z. B. wenn die einfallenden Stralen einmal parallel, das andremal ſenkrecht auf ihre Oberfläche waren. Man braucht nur die Anzeigen, welche die Tabelle giebt, mit dem allgemeinen Geſetze, welches Newton für die Veränderungen der Farben unter verſchiedenen Einfallswinkeln gegeben hat, in Verbindung zu ſetzen. In meinem größern Werke findet man die Formeln, durch welche dieſe Verbindung ausgedrückt wird, und ihre Anwendung auf ein Glimmerblättchen, an welchem eine ſolche Beobachtung vorgenommen worden iſt. Hieraus habe ich das, ſo eben für dieſe Subſtanz angezeigte, Brechungsverhältniß hergeleitet. Es muß jedoch noch erklärt werden, wie man erkennen kann, daß eine beobachtete Farbe von der ſo- oder ſovielteſten Ordnung iſt. Dies wird weiterhin geſchehen.

Die Theorie der Farbenringe, die wir ſo eben nach Newton auseinandergeſetzt haben, giebt keinen Aufſchluß über die phyſiſche Urſach, durch welche die Zerſetzung des Lichts in ſehr dünnen Schichten bewirkt wird; nimmt man aber dieſe Zerſetzung als Thatſache an, ſo bringt ſie dieſelbe auf ihre einfachſten Elemente zurück; ſie zeigt, warum die verſchiedenfarbigen Ringe in einander übergreifen; ſie giebt die Geſetze davon an, und leitet die ganze Verſchiedenheit der, aus ihrer Miſchung hervorgehenden, Farben daraus ab. Dieſe Eigenſchaften in Verbindung mit den andern optiſchen Geſetzen, d. h. mit denen der Brechung und Zurückwerfung, müſſen nothwendig ausreichen, und reichen wirklich aus zur vollſtändigen Erklärung aller Modificationen, welche die Farben der Ringe erfahren können, wenn man ſie die brechende oder zurückwerfende Wirkung der Körper untergehen läßt. Wenn man geglaubt hat, daß einige neuerlich entdeckte Erſcheinungen aus dieſen Geſetzen heraustraten, ſo lag der Grund davon darin, daß man die Urſachen, welche die Intenſität des Lichts modificiren, nicht gehörig von denen unterſchied, welche ſeine Zerſetzung in Ringe bedingen. Dieſe Unterſcheidung iſt aber ſehr wichtig, denn wir haben ſchon bemerkt, daß ſich die Intenſität der Ringe ſchwächen läßt, ohne Veränderung ihrer eigenthümlichen Farben; und wir werden in der Folge ſehen, daß dieſe Schwächung bis zu ihrem vollſtändigen Verſchwinden geſteigert werden kann. Durch dieſe Erſcheinungen werden aber die Geſetze, die wir über die Entſtehung der Ringe aufgeſtellt haben, keinesweges ungültig gemacht; denn dieſelben beziehen ſich einzig auf die Art der Trennung und Vertheilung der Farben, nicht aber auf die abſolute Quantität des zurückgeworfenen Lichtes, welche durch Urſachen abgeändert werden kann, die mit dieſen Geſetzen in gar keinem Bezug ſtehen.

Newton, um ſeine Entdeckungen über die Ringe auf alle mögliche Weiſe zu erproben, hat in ſeinem Werke eine große Menge dem Anſchein nach ſehr ſonderbarer Erſcheinungen aufgeführt, die durch die Theorie analyſirt, ſich aufs leichteſte erklären. Wir folgen ihm nicht in allen dieſen Einzelnheiten; es genügt uns, dargethan zu haben, daß alle Thatſachen, welche auf die Zuſammenſetzung der Farben gehen, nothwendig unter ſeine Theorie treten müſſen. Doch wollen wir eine dieſer Thatſachen nicht übergehen, welche zeigt, daß die Abwechslungen der Zurückwerfung und des Durchgehens noch weit über die Dicke hinaus Statt finden, in welcher ſich Ringe mit dem zuſammengeſetzten Lichte bemerken laſſen.

Dieſe Thatſache beſteht darin, daß, wenn man dünne Luft- Waſſer- oder Glasſchichten durch ein Prisma betrachtet, man weit mehr Ringe als beim Betrachten mit bloßen Augen, darin entdeckt; ſo daß man anſtatt acht oder höchſtens neun Ringen, die man gewöhnlich erkennt, mit Hülfe des Prisma's mehr als dreißig oder vierzig ſehr dünner und einander genäherter Ringe zählen kann; und man kann aus ihrer Nähe, und dem Raum, den ſie einnehmen, urtheilen, daß ſie ſich auf dieſe Weiſe in noch weit beträchtlicherer Anzahl und bis zum Hundertfältigen fortſetzen. Um uns den Grund dieſer Erſcheinung zu erklären, wollen wir zuerſt zu dem einfachſten Fall zurückgehen, wo die Ringe durch Stralen blos einer und der nämlichen Farbe, z. B. der rothen, gebildet werden. Betrachten wir nun dieſelben auf einer Schicht, deren Dicke von der Mitte nach dem Umkreis immer mehr zunimmt, wie dies bei den, zwiſchen zwei ſphäriſchen Oberflächen enthaltenen, Waſſer- und Luftſchichten der Fall iſt, ſo ſehen wir, daß die ſtärkſte Sonderung zwiſchen den erſten Ringen Statt findet; und daß die Unterſchiede zwiſchen ihren Durchmeſſern immer kleiner werden, je weiter ſie von dem Mittelfleck zu liegen kommen, bis ſie ſich endlich in einer gewiſſen Entfernung von dieſem Fleck einander ſo nähern, daß das Auge ihre Zwiſchenräume nicht mehr zu unterſcheiden vermag, und ſie eine einzige zuſammenhängende Farbe darzuſtellen ſcheinen. Durch ein Prisma betrachtet, werden dieſe Ringe keine merkliche Sonderung erfahren; denn da die Stralen, von welchen ſie gebildet werden, durch das Prisma gleich ſtark gebrochen werden, ſo werden alle ihre Bilder um gleich viel verrückt, wenigſtens wenn man von den kleinen Verſchiedenheiten abſieht, welche vom ungleichen Einfallen dieſer Stralen auf den Flächen des Prisma's herrühren. Laſſen wir nun auf dieſe nämlichen Schichten alle Farben, welche das weiße Licht ausmachen, zugleich fallen, ſo werden wir, wenn wir ſie noch mit bloßem Auge betrachten, weit weniger unterſchiedene Ringe erblicken, als vorher, welches von dem Uebereinanderfallen und Uebergreifen dieſer Ringe in einander herrührt, wie wir oben aus einanderſetzten, als von den Verſuchen geſprochen wurde, welche Newton über dieſen Gegenſtand in dem dunkeln Zimmer anſtellte. Betrachten wir nun die Schichten durch ein Prisma, ſo werden vermöge der Brechung der Bilder aller Ringe ihre Lage nach der nämlichen Richtung, aber nicht um gleich viel verändern; und dieſe Veränderung wird mehr für die violetten Stralen betragen, welche am ſtärkſten brechbar ſind, als für die rothen, die es am wenigſten ſind. Nehmen wir nun die Lage des Prisma's ſo an, wie ſie Fig. 12 darſtellt, ſo werden die violetten Ringe, welche vorher ihrer Natur nach allenthalben kleiner als die rothen Ringe waren, ſich denſelben in dem ganzen Theile, der jenſeit des Mittelpuncts C liegt, genähert finden, und wenn der Unterſchied der Zerſtreuung hinreichend ſtark iſt, um das urſprüngliche Zurückbleiben derſelben ganz auszugleichen, ſo werden ſie endlich mit denſelben zuſammentreffen können.

Da nun das Nämliche, wenigſtens in ſehr angenähertem Grade, auch für die mittlern, zwiſchen den violetten und den rothen Ringen begriffenen, Farben der Fall ſeyn wird, ſo werden alle dieſe Ringe, ſolchergeſtalt zuſammengedrängt, weiß, und von den Ringen der andern Ordnungen durch dunkle Zwiſchenräume geſchieden erſcheinen. Man wird ſich alſo dann im nämlichen Falle befinden, als wenn ſie von den Stralen einer einzigen Farbe gebildet wären, und wird mithin eine weit größere Anzahl derſelben zu entdecken vermögen, als bevor das Prisma zu Hülfe genommen wurde. Dieſe Zunahme der Deutlichkeit wird jedoch in der Lage, in welcher wir das Prisma befindlich angenommen haben, nur für die Theile der Ringe-Statt haben, welche in Bezug zum Prisma jenſeit ihres Mittelpuncts liegen; in den dieſſeits gelegenen dagegen wird durch das Prisma die Undeutlichkeit nur noch erhöht werden; indem es hier die Wirkung hat, daß die violetten Ringe, welche der Mitte ſchon am nächſten lagen, ſich noch mehr derſelben nähern, und dadurch von den rothen Ringen noch entfernter zu liegen kommen; und da dies zur Folge hat, daß die Ringe noch mehr in einander übergreifen, ſo nimmt ihre Vermiſchung zu, und es entſteht vielmehr eine gleichförmige weiße Färbung, in welcher keine Farbe deutlich genug hervortritt, um beſonders unterſchieden zu werden. Begreiflich müßte man daher, um an dieſem Theile die Ringe von einander zu ſondern, das Prisma nach umgekehrter Richtung drehen; wie in Figur 13 dargeſtellt iſt. Dann aber werden hinwiederum die jenſeit des Mittelpuncts gelegenen Theile der Ringe mehr gemiſcht und undeutlicher werden, wie in der That die Beobachtung beſtätigt.

Da man nun auf ſolche Weiſe Ringe noch in dem Theile der Luftſchicht zu entdecken vermag, wo dem bloßen Auge keine erſcheinen, ſo erhellt, daß, wenn auch das Auge eine ſolche Schicht von einem einförmigen Weiß erblickt, doch in Wahrheit Ringe durch das Licht darin gebildet werden, die das Prisma durch Sonderung derſelben bemerklich macht. Auch läßt ſich dies nicht allein an den, zwiſchen zwei Objectivgläſern enthaltenen, Luftſchichten beobachten, ſondern auch an den Seifenblaſen; denn ſchon bevor ſie den Grad der Dünne erreicht haben, welcher erforderlich iſt, um eine merkliche Farbenzurückwerfung zu geſtatten, werden durch das Prisma concentriſche Ringe darin erkennbar gemacht. Und eben ſo zeigen dünne Glimmer-, Waſſer- oder Glasblättchen, welche an der Lampe geblaſen worden ſind, wenn ſie auch noch nicht ſo dünn ſind, um dem bloßen Auge merklich gefärbt zu erſcheinen, durch das Prisma betrachtet, eine unendliche Menge kleiner unregelmäßiger Ringe, die auf der Oberfläche derſelben aufs Mannichfachſte unduliren, indem ſie den unmerklichen Ungleichheiten der Dicke folgen. Und, ſagt Newton, man wird den Grund dieſer Erſcheinungen leicht begreiflich finden, wenn man bedenkt, daß alle dieſe Ringe, in unendlicher Anzahl, ſchon in den, mit bloßem Auge betrachteten, Schichten vorhanden ſind, nur daß ſie wegen der Breite ihres Umringes und der hohen Ordnung, der ſie angehören, ſo ſtark mit einander vermiſcht und verſchmolzen ſind, daß ſie ein einförmiges Weiß zuſammenzuſetzen ſcheinen; eine Verſchmelzung, welche das Prisma aufhebt, indem es dieſelben mehr ſondert. Zu gehöriger Anſtellung dieſes Verſuches iſt erforderlich, die dünnen Schichten oder Blätter über einen ſchwarzen Körper zu bringen, und durch das Prisma in der Art zu betrachten, wie Fig. 14 darſtellt.

Alle Erſcheinungen endlich, die in Newtons Theorie über die Farbenringe beſchrieben ſind, vereinigen ſich zur Beſtätigung der Folgerungen über die Natur der Lichtſtralen ſelbſt, zu denen wir ſchon früher gelangt waren; nämlich daß die Eigenſchaften der Stralen, Farben zu erzeugen, nicht von irgend einer Veränderung oder Modification herrühren, die ihnen durch die Mittel eingepflanzt werden, durch welche ſie hindurchgehen, ſondern daß ſie ihnen inhärirend, ihrem Weſen angehörig ſind, daß ſie dieſelben ſchon bei ihrem Ausſtralen von den leuchtenden Körpern beſitzen, alsdann ohne Ende und auf alle Weiten mit ſich nehmen, und ohne Veränderung in allen Mitteln, durch die man ſie hindurchgehen läßt, behaupten.

Ueber die Anwandlungen des leichtern Durchgehens und des leichtern Zurückgehens. (Vices facilioris transmissionis et reflexionis; accès de facile reflexion et transmission, engl. fits of easy transmission and reflexion.)

Nachdem Newton auf dem Erfahrungswege die Grundgeſetze der Anordnung und Vertheilung der in dünnen Schichten ſich bildenden Ringe feſtgeſtellt hatte, folgerte er aus der Geſammtheit derſelben eine neue phyſiſche Eigenſchaft der Lichtmolecule; eine Eigenſchaft, die nicht allein den, von dieſem großen Manne beobachteten, Erſcheinungen allen ihren Umſtänden nach völliges Genüge leiſtet, ſondern auch zur Erklärung einer Menge anderer Thatſachen von dem Anſcheine nach ganz verſchiedener Natur ausreicht, die ihm noch gänzlich unbekannt waren. Um die gehörige Einſicht zu gewähren, daß dieſe Eigenſchaft nothwendig aus den Erſcheinungen, ohne Zuziehung irgend einer Hypotheſe, hervorgeht, werde ich die Newtoniſchen Sätze einen nach dem andern anführen, blos mit Hinzufügung der erforderlichen Erörterungen, um ihre Allgemeinheit nachzuweiſen; und ich werde ſodann für jeden derſelben zeigen, wie er nur der getreue Ausdruck dieſer oder jener, in den Ringen beobachteten, Erſcheinung iſt.

Erinnnern wir uns zuvörderſt, daß das Licht eine wirlich fortſchreitende Bewegung hat. Dies iſt eine Thatſache, auf deren Entdeckung man durch die Verfinſterungen der Trabanten des Jupiters geführt worden iſt, und welche nachher durch die Aberration der Firſterne ihre Beſtätigung erhalten hat. Beide Erſcheinungen führen auf gleiche Weiſe zu der Folgerung, daß die Lichtmolecule 8′ 13″ Sexageſimal Zeit brauchen, um die mittlere Weite der Sonne von der Erde zu durchlaufen. Man findet überdies, daß ihre Bewegung in dieſer ganzen Weite, und ſelbſt in der ganzen Weite der Bahn des Jupiters gleichförmig iſt. Hiebei ſind keine merklichen Verſchiedenheiten zwiſchen den Geſchwindigkeiten der Lichtmolecule von verſchiedener Brechbarkeit zu erkennen; denn fänden ſolche Statt, ſo müßte, wenn ein Trabant in den Schatten ein- oder heraustråte, ſeine Scheibe ſucceſſiv mit den verſchiedenen prismatiſchen Farben gefärbt erſcheinen, welches nicht der Fall iſt. Die gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit ſämmtlicher Stralen, auf ſolche Art beſtimmt, iſt die, welche das Licht im leeren Raum hat; denn die Himmelsräume laſſen ſich als leer von aller wägbaren und brechenden Materie anſehen. Wenn die Lichtmolecule durch Mittel hindurchgehen, deren Theile auf ſie durch Anziehungen auf kleine Weite wirken, ſo verhält ſich ihre Geſchwindigkeit in dieſen Mitteln zu ihrer Geſchwindigkeit in der Leere, wie der Sinus des Einfallswinkels im Leeren zum Sinus des Brechungswinkels im materiellen Mittel. Hieraus folgt, daß die Geſchwindigkeit des Lichts in den Körpern ſtets größer iſt, als im leeren Raume und mit ihrem Brechungsvermögen zunimmt.

Folgendes nun ſind die neuen Eigenſchaften des Lichts, welche Newton aus ſeinen Beobachtungen über die dünnen Schichten folgert.

Erſter Satz. Jedes Lichtmolecul, welches durch irgend eine brechende Oberfläche hindurchgegangen iſt, hat während dieſes Acts ſelbſt eine gewiſſe vorübergehende Dispoſition angenommen, welche ſich alsdann während des ganzen Laufs des Moleculs im nämlichen Mittel periodiſch in gleichen Zwiſchenräumen wieder erzeugt; und in Folge deſſen wird das Lichtmolecul bei jeder Wiederkehr dieſer Dispoſition durch eine zweite brechende Oberfläche, wenn ſich eine ſolche dann gerade gegenwärtig findet, leicht durchgelaſſen; dagegen bei jedem periodiſchen Nachlaß dieſer Dispoſition leicht, obwohl nicht nothwendig, durch eine ſolche Oberfläche zurückgeworfen. Dieſe abwechſelnden Zuſtände oder Dispoſitionen nennt Newton Anwandlungen des leichtern Durchgehens, Anwandlungen des leichtern Zurückgehens; und die Weite, welche vom Molecul zwiſchen der Wiederkehr zweier gleichnamigen Anwandlungen durchlaufen wird, nennt er das Intervall der Anwandlungen (intervalle des accès), wonach die Länge jeder Anwandlung die Hälfte eines ſolchen Intervalls iſt. Dieſe Beſtimmungen, in die Analyſe aufgenommen, verſtatten, die Art und die Phaſe der Anwandlung anzugeben, in welcher ſich ein Lichtmolecul zu jedem beliebigen Augenblick in einem gegebenen Mittel befindet, wenn man dieſe Elemente für den Augenblick ſeines Eintritts in das Mittel kennt, und weiß, welches die Länge der Anwandlungen für dieſes Molecul iſt. Ich habe in meinem größern Werke die Formeln zu dieſer Ableitung angegeben.

Hierin iſt im Grunde weiter nichts ausgeſprochen, als die allgemeine Thatſache und Geſetzmäßigkeit der Abwechslungen im Durchgehen und der Zurückwerfung, welche in verſchiednen Dicken an einer und derſelben Stelle unter jedem gegebenen Einfallswinkel erfolgen. Nur erklärt Newton dieſe Abwechslungen als ins Unbegränzte fortgehend und mißt ſie einer phyſiſchen Eigenſchaft der Lichttheilchen bei, vermöge deren dieſelben auf ſolche Weiſe durch die brechenden Oberflächen der Körper modificirt werden können. Dies ſind zwei Puncte, deren Unterſuchung uns jetzt obliegt.

Als wir die zuſammengeſetzten Ringe mit bloßem Auge betrachteten, vermochten wir nicht mehr als ſieben bis acht recht deutliche Aufeinanderfolgen oder Abwechslungen derſelben zu entdecken; und ich kann zum Voraus erwähnen, daß man auch in jeder andern Reihe von Erſcheinungen, welche ähnlichen Geſetzen folgt, deren nie mehr unterſcheidet. Die Analyſe, und, wenn man ſo ſagen darf, die Zergliederung, welche wir mit der Erſcheinung vornahmen, hat uns aber gelehrt, daß dieſe Beſchränkung blos in dem Uebergreifen und Uebereinanderfallen der Ringe ſämmtlicher Farben, welche von den verſchiedenen einfachen Stralen, aus denen das weiße Licht beſteht, gebildet werden, ſeinen Grund hat. Auch unterſchieden wir eine weit größere Anzahl Ringe, wenn wir ſie durch ein Bündel einfachen Lichts hervorbrachten; und vermochten den nämlichen Zweck auf noch leichtere Weiſe an den zuſammengeſetzten Ringen ſelbſt zu erreichen, indem wir ſie durch das Prisma, vermöge ihrer ungleichen Brechbarkeit, ſonderten. Aus dieſen Beobachtungen erhellte, daß die Abwechslungen der Zurückwerfung und des Durchgehens ſich auf weit größere Dicken erſtrecken, als wir anfangs vermuthen konnten, und wir ſind aus der Art, wie die Ringe ſich bei zunehmender Dicke zuſammendrängen, berechtigt, zu urtheilen, daß deren auch noch in viel größern Dicken

Statt finden, als die ſind, bei welchen wir aufhören, ſelbſt mit Hülfe des Prismas ſie zu erkennen. In der That geben anderweite Verſuche von Newton, über welche man mein größeres Werk nachſehen kann, zu erkennen, daß dieſe Abwechslungen im Glaſe ſelbſt noch in Dicken bis von ein Viertheil Zoll Statt haben; und das nämliche Verfahren kann dienen, ihr Vorhandenſeyn noch viel weiter wahrnehmen zu laſſen. Da nun ſo große Dicken die Ferne, auf welche ſich die Veränderlichkeit der anziehenden oder abſtoßenden Kräfte der Mittel auf das Licht merklich äußern kann, mehrere tauſendmal überſteigen, ſo iſt zu ſchließen, daß die Abwechslungen des Zurückwerfens und Durchgehens, wenn ſie einmal ſo weit reichen, auch ſich ins Unbegränzte fortſetzen.

Dies macht es denn einleuchtend, daß dieſe Abwechslungen von irgend einer phyſiſchen Modification abhängen, welche den Lichtmoleculen bei ihrem Durchgange durch die erſte brechende Oberfläche eingepflanzt wird, und welche ſie dann in der ganzen Ausdehnung des Mittels, welches man ſie durchlaufen läßt, beibehalten. Denn ſonſt würde es, wenn die Lichtmolecule zur zweiten Oberfläche dieſes Mittels gelangten, nicht mehr von ihrer Entfernung von der erſten Oberfläche abhängen, ob ſie zurückgeworfen werden oder durchgehen ſollten, zumal bei Dicken, in denen ſich eine unmittelbare Wirkung der erſten Oberfläche auf die Lichtmolecule nicht mehr als ſpürbar annehmen läßt. Die Abhängigkeit, in welcher die Molecule noch von dieſer erſten Oberfläche in Bezug auf ihre Fähigkeit, zurückgeworfen oder durchgelaſſen zu werden, ſtehen, wenn ſie doch keinen wirklichen Einfluß mehr von derſelben erleiden, beweiſt unbeſtreitbar das Statthaben einer dauernden Modification, die ihnen durch dieſelbe ertheilt worden iſt, ſo wie Newtons Satz es beſagt.

Sehr wichtig iſt hiebei die Bemerkung, daß dieſe Modificationen keine abſolute Nothwendigkeit für die Lichtmolecule mit ſich führen, in dieſem oder jenem Intervall zurückgeworfen oder durchgelaſſen zu werden, ſondern daß ſie ihnen bloß eine Neigung oder Leichtigkeit, ſich ſo oder ſo zu verhalten, ertheilen. Denn ſehr dünne Blättchen von Glimmer oder von Glas, die in der Luft ſehr lebhafte Farben durch Zurückwerfung geben, zeigen, wenn ſie an ihrer zweiten Oberfläche benetzt ſind, die nämlichen Farben, aber weit ſchwächer; ſo daß eine gewiſſe Anzahl Lichtmolecule, welche Anfangs von dieſer zweiten Oberfläche zurückgeworfen wurden, durchgehen, wenn ihre Abſtoßungskraft durch die Gegenwart des äußern Mittels geſchwächt oder ihr entgegengewirkt wird. Dies gilt nicht allein für die zweite Oberfläche der dünnen Körper, ſondern ſelbſt für die dicker Körper, indem hier gleichfalls die Intenſität der Zurückwerfung abnimmt, wenn man ſie in Berührung mit einem Mittel ſetzt, deſſen ſtärkeres oder ſchwächeres Brechungsvermögen weniger von dem ihrigen unterſchieden iſt, als das der Luft oder des leeren Raums. Und die Zuſammenſetzung der zurückgeworfenen Farben bleibt in dieſem wie im vorigen Falle, wie ſich auch die Intenſität der Zurückwerfung an der zweiten Oberfläche ändern mag, die nämliche, wie ſie die Dicke oder Dünne des Körpers mit ſich bringt (d. h. auch hier werden die Farben nur ſtärker oder ſchwächer zurückgeworfen, nicht aber ihre Beſchaffenheit verändert, wenn die zweite Oberfläche des Körpers mit einem Mittel von anderm Brechungsvermögen in Berührung kommt). Eben ſo, wenn ein Stral weißen Lichts, nachdem er durch einen gewiſſen Raum Luft hindurchgegangen iſt, auf die Oberfläche eines andern Mittels, wie des Waſſers, trifft, ſo wird ein Theil der Lichtmolecule, aus welchen dieſer Stral beſteht, disponirt, von der gemeinſchaftlichen Oberfläche des Waſſers und der Luft zurückgeworfen zu werden; und war die Dicke der Luft ſehr groß in Verhältniß zu den Dicken, welche Farbenringe geben, ſo befindet ſich, wie wir in der Folge zeigen werden, ziemlich eine gleiche Menge von Moleculen in der einen und in der andern dieſer beiden Dispoſitionen. Auch erfolgt eine reichliche Zurückwerfung, wenn die zweite Oberfläche der Luft durch eine dicke Schicht Waſſer begränzt iſt; ſie wird aber ſehr ſchwach und beinah unmerklich, wenn dieſe Schicht ſo dünn iſt, daß ihre Dicke nicht über einen Millionentheil eines engliſchen Zolls reicht. Denn unſern Beobachtungen an den Waſſerblaſen zufolge, wirft eine ſolche Schicht gar kein Licht an ihrer zweiten, und faſt keins an ihrer erſten Oberfläche zurück. Somit bleibt in dieſem Fall die Neigung, welche die einfallenden Molecule etwa haben mögen, beim Anlangen an dieſer erſten Oberfläche zurückgeworfen zu werden, ohne Erfolg, und bedingt mithin nur die Leichtigkeit, nicht die Nothwendigkeit der Zurückwerfung. Damit dieſe wirklich vor ſich gehe, iſt nicht hinreichend, daß das Lichtmolecul günſtig dazu disponirt ſey; ſondern die zurückwerfende Kraft muß auch noch ſtark genug ſeyn, daß ſie, bei dieſer günſtigen Dispoſition des Lichtmoleculs, ſeine Geſchwindigkeit vollkommen aufheben, und es ſeinen Weg nach entgegengeſetzter Richtung zurücknehmen laſſen kann. Eben ſo iſt das Streben zum Durchgehen ohne Erfolg, wenn die zurückwerfende Kraft ſtark genug iſt, um ſelbſt die damit begabten Theilchen zurückzutreiben; wie bei ſehr ſchiefer Zurückwerfung auf den meiſten glatten Körpern, vornämlich den Metallen, der Fall iſt, indem hier mehr als die Hälfte des einfallenden Lichts zurückgeworfen wird, wie wir weiterhin zeigen werden. Man ſieht aus dieſen Beiſpielen, daß Newton dem Gang der Erſcheinungen ſehr getreu geblieben iſt, indem er den Anwandlungen Benennungen gab, welche, nicht eine abſolute Nothwendigkeit der Zurückwerfung oder des Durchgehens ausdrückten, ſondern blos eine bedingungsweiſe (conditionelle) Neigung dazu, wie in den Worten Anwandlungen des leichtern Durchgehens und des leichtern Zurückgehens ſelbſt liegt.

Noch mehr, ich behaupte, daß, wenn ein einfacher, von einem ſelbſtleuchtenden Körper ausgegangener, Stral direct oder gebrochen auf ein brechendes Mittel fällt, in welches er hineindringt, die Lichtmolecule, welche beim Durchgang durch die Oberfläche wirklich alle die Neigung zum leichtern Durchgehen annehmen, doch dieſelbe nicht alle auf eine gleich vollkommene Weiſe erhalten. Fände nämlich eine ſolche Gleichheit Statt, ſo iſt klar, daß, da ſämmtliche Theilchen des Strals Anwandlungen von gleicher Länge und gleichen Geſchwindigkeiten haben, weil der Stral für homogen angenommen wird, ſie ſich noch in jeder Weite ganz auf dieſelbe Weiſe modificirt wieder finden und mithin beim Anlangen an der zweiten Oberfläche des brechenden Körpers, in welchem ſie ſich bewegen, entweder alle zurückgeworfen oder alle durchgelaſſen werden müßten. Dies aber findet nicht Statt; denn ſelbſt wenn man das homogenſte Licht wählt, wird immer nur ein gewiſſer Verhältnißtheil davon zurückgeworfen, welcher von der Beſchaffenheit des brechenden Körpers und der des umgebenden Mittels abhängt 1). Weil alſo, je nachdem man Mittel von verſchiedenem Brechungsvermögen mit der zweiten Oberfläche des nämlichen Körpers in Berührung bringt, mehr oder weniger von einem und demſelben, auf dieſe Oberfläche anlangenden, homogenen Stral zurückgeworfen wird, ſo muß eine beſtimmende Urſach vorhanden ſeyn, welche die Wahl der Lichtmolecule, die nur einer ſtärkern oder die ſchon einer ſchwächern Zurückwerfungskraft gehorchen, entſcheidet, und weil eine ſolche Wahl ſelbſt unter vollkommen homogenen Moleculen Statt hat, ſo muß ſie von irgend einer Ungleichheit in den phyſiſchen Dispoſitionen abhängen, welche die Molecule zur Zurückwerfung oder zum Durchgehen auf die nämliche Oberfläche mit hinbringen. Da nun dieſe Molecule gleiche Geſchwindigkeiten und Anwandlungen von gleicher Länge haben, ſo kann man hinſichtlich des Grundes ihrer Ungleichheit nicht anders als bis zur erſten brechenden Oberfläche, und von da, dem erſten Urſprung nach, bis zu ihrem Ausſtralen von den leuchtenden Körpern zurückgehen.

---

1) Dieſe Theilung des Lichtes hat nicht blos in den dicken Körpern Statt, ſondern erfolgt auch in den dünnen Schichten; denn bei Betrachtung der Farbenringe, welche ſich durch Zurückwerfung auf ihrer zweiten Oberfläche bilden, bemerkten wir, daß ihre Zurückwerfung bei weitem nicht total iſt, ſelbſt nicht in der Mitte jedes einfachen Ringes.

Um zu entdecken, worin dieſe Ungleichheit beſtehe, muß man in Betracht ziehen, daß, wenn die Lichtmolecule von einer Anwandlung leichtern Durchgehens zu einer Anwandlung leichtern Zurückgehens übergehn, mit ausnehmender Wahrſcheinlichkeit anzunehmen iſt, daß ſie dies nicht auf eine plözliche Art thun, ſondern daß der Uebergang allmälig und in Abſtufungen erfolgt; indem ſich ihre Diſpoſition zum Durchgehn allmälig vermindert, dann völlig verſchwindet, und endlich in die entgegengeſetzte Diſpoſition, nämlich eine Neigung zur Zurückwerfung übergeht, die, anfangs nur ſehr ſchwach, dann allmälig bis zu einem gewiſſen Maximum zunimmt, worauf ſie ſich eben ſo gradweiſe wieder mindert. Denken wir uns nun, daß eine unendliche Menge homogener Lichtmolecule, welche gleichzeitig oder faſt gleichzeitig von einem leuchtenden Körper ausgeſtralt werden, ſich beim Ausgehen von ſeiner Oberfläche in allen verſchiedenen Perioden der beiden Arten Anwandlungen befinden, ſey es vermöge des Acts der Ausſtralung ſelbſt, oder weil ſie von verſchiednen Puncten der unendlich dünnen glühenden Schicht, durch welche die Stralung immer erfolgen kann, ausgehen; ſo wird dies hinreichen, auf der ganzen Bahn dieſer Molecule die Unterſchiede in der Diſpoſition hervorzurufen, die uns die Erfahrung kennen gelehrt hat. In der That wird ſich, wenn ſie zuſammen auf die erſte Oberfläche des zurückwerfenden Körpers gelangen, der einen Theil davon zurückwirſt, den andern bricht, die Zurückwerfung unſtreitig vorzugsweiſe an denjenigen einfallenden Moleculen äußern müſſen, die am meiſten zu ihr disponirt ſind. So daß z. B. bei einer unendlich ſtarken Zurückwerfungskraft alle dieſe Molecule zurückgeworfen werden würden, in welcher Art der Anwandlung ſie ſich auch befinden möchten. Bei einer ſchwächern Zurückwerfungskraft aber würden die Molecule, welche ſich im Augenblick ihres Einfallens in einer Anwandlung leichtern Durchgehens befinden, die erſten ſeyn, welche durchgelaſſen werden; und man kann ſich einen ſolchen Grad der Stärke denken, wo dieſe ſämmtlich durchgiengen, während die Molecule, die ſich in einer Anwandlung des leichtern Zurückgehens befinden, ſämmtlich zurückgeworfen würden, möchten ſie ſich nun im Anfange, der Mitte oder am Ende dieſer Anwandlung befinden. Endlich werden bei einem noch ſchwächern Grade der Zurückwerfungskraft auch die Molecule, welche ſich zu Anfange oder am Ende einer ſolchen Anwandlung befinden, durchgelaſſen werden, und blos diejenigen zurückgeworfen, die ſich in dem ſtärkern Theil dieſer nämlichen Anwandlung befinden. So wird ſich die Zahl dieſer leztern bei Abnahme der Zurückwerfungskraft immer mehr vermindern, bis dieſe Kraft auf ihre letzten Grade herabgekommen iſt, wo nur noch die Theilchen, in unendlich kleiner Anzahl, zurückgeworfen werden, die ſich gerade genau in der Mitte und größten Stärke ihrer Anwandlung befinden. In allen Fällen werden von dem Augenblick an, wo eine gewiſſe Anzahl Lichtmolecule durch die erſte brechende Oberfläche eines Körpers hindurchgegangen ſind, ſie ſämmtlich durch dieſen Act ſelbſt der Neigung zum leichtern Durchgehen theilhaftig geworden ſeyn; nur aber auf eine mehr oder minder vollſtändige Weiſe, je nach den mehr oder weniger günſtigen Dispoſitionen, in welchen ſie ſich im Augenblick ihres Einfallens befanden; und da dieſe anfängliche Ungleichheit ſich in der ganzen Ausdehnung des brechenden Körpers, den ſie durchlaufen, bis zur zweiten Oberfläche forterhält, ſo wird hiedurch die Wahl der Molecule beſtimmt werden, welche einer gegebenen Zurückwerfungskraft vorzugsweiſe daſelbſt gehorchen.

Um dies noch vollends ins Licht zu ſetzen, wollen wir durch AB, Fig. 15, die Länge der Anwandlungen einer gewiſſen Art Lichtmolecule in einem gegebenen Mittel darſtellen, und die veränderliche Stärke jeder Anwandlung in ihren verſchiedenen Perioden durch die Ordinaten einer Curve AMB bezeichnen, deren Beſchaffenheit wir ganz unbeſtimmt laſſen. Erforderniſſe für dieſe Curve ſind, daß ſie durch die Endpuncte A und B der Anwandlung gehe, daß ihre Ordinaten daſelbſt null ſeyen, und von da auf eine gleiche Weiſe fortwährend bis zur Mitte O der Anwandlung zunehmen, wo ſie ihr Maximum OM erreichen. Wollen wir dieſe Conſtruction auf alle Abwechſelungen in den Anwandlungen, welche das Molecul während ſeines ganzen Laufs durch das gegebene Mittel erfährt, ausdehnen, ſo brauchen wir nur auf ſeiner Richtung vom Punct B an hinter einander Längen BC, CD . . . . zu nehmen, welche unter ſich und mit der Länge AB der erſten Anwandlung gleich ſind. Conſtruiren wir alsdann auf jeder derſelben die Curve der Intenſitäten AMB, abwechſelnd auf der einen und auf der andern Seite der Axe ABCD, ſo wird die buchtige Linie AMBM′C . . . ., welche hiedurch entſteht, die Art und Intenſität der Anwandlung bezeichnen, durch welche das Molecul an jedem Puncte ſeiner Bahn belebt wird.

Denken wir uns nun, daß ein Stral, welcher ganz aus Lichtmoleculen beſteht, die dieſem gleich ſind, auf die erſte Oberfläche des Mittels fällt und zum Theil durch dieſelbe hindurchgeht: ſo werden alle Molecule dieſes hindurchgehenden Theils durch die brechende Oberfläche in einen Zuſtand des leichtern Durchgehens gebracht; aber zufolge deſſen, was wir hinſichtlich ihrer urſprünglichen Ungleichheiten fanden, werden ſie dieſen Zuſtand nicht alle auf die nämliche Weiſe annehmen; und, bei der Unendlichkeit ihrer Anzahl, alle mögliche Perioden deſſelben vom Anfange bis zum Ende darbieten können. Wir wollen alſo für jedes derſelben die Reihe der aufeinanderfolgenden Anwandlungen, wie ſie von der brechenden Oberfläche SS, Fig. 16, aus fortgehen, conſtruiren und unterſuchen, was geſchehen muß, wenn eine zweite Oberfläche ſich ſucceſſiv in verſchiednen Abſtänden von der erſten darbietet.

Um mit einem äußerſten Fall anzufangen, will ich zuerſt annehmen, das, mit dieſer zweiten Oberfläche in Berührung befindliche, Mittel ſey von der Art, daß die Zurückwerfung an allen Lichtmoleculen vor ſich geht, die ſich ihr in irgend einem Theil (ſey's zu Anfange, zu Ende oder in der Mitte) einer Anwandlung leichtern Zurückgehens darbieten; ein Fall, deſſen Möglichkeit, wie wir weiter oben geſehen, blos von dem Verhältniß abhängt, welches zwiſchen den brechenden Kräften des Körpers und des anliegenden Mittels Statt findet. Läßt man dann in unſerer Conſtruction eine Linie S'S' ſich parallel mit SS bewegen, um die Gränze der zweiten Oberfläche dadurch darzuſtellen, ſo leuchtet ein, daß die Zurückwerfung nie gänzlich null ſeyn wird, welche geringe Dicke man auch immer dem brechenden Körper geben mag, wofern nur dieſe Dicke nicht ſelbſt null iſt. Denn von dem Augenblick an, wo die Linie S'S' ſich von SS entfernt, wird es eine gewiſſe Anzahl Lichtmolecule geben, welche vermögend ſind zurückgeworfen zu werden. Dieſe, anfangs ſehr geringe Zahl, wird in dem Maße, als ſich die Linie S'S' von S entfernt, immer mehr zunehmen, bis endlich, wenn ſie nach I_1, in einen Abſtand von der Oberfläche, welcher gleich der Länge i einer Anwandlung iſt, gekommen, alles durchgegangene Licht ſich im Zuſtande leichter Zurückwerfung befinden, und mithin die Zurückwerfung total ſeyn wird. Doch wird dies nur genau gerade in dieſem Abſtande Statt finden; denn von dem Augenblicke an, wo S'S' ſich mehr von SS entfernt, wird eine gewiſſe Anzahl Theilchen in den Zuſtand leichtern Durchgehens übergehen, und ſofort den zurückwerfenden Kräften entzogen ſeyn, weil wir die Möglichkeit der Zurückwerfung auf diejenigen beſchränkt haben, die ſich in irgend einer Phaſe des entgegengeſetzten Zuſtandes befinden. Mithin wird das Verhältniß des zurückgeworfenen Lichtes immer mehr abnehmen, je weiter ſich S'S' von I_1 entfernt; und wird endlich ganz null in I_2 werden, d. i. in einem Abſtand gleich 2i von der erſten Oberfläche. Von hier an wird die Zurückwerfung wieder anfangen, nach denſelben Perioden zuzunehmen, ſie wird in I_3 total werden, null in I_4 und ſo fort durch die ganze Ausdehnung des brechenden Körpers; ſo daß alle Erſcheinungen theils des Durchgehens, theils der Zurückwerfung die aufeinanderfolgenden Glieder der beiden nachſtehenden Reihen zu Gränzen haben:

Totales Hindurchgehen 0 2i 4i 6i . . .
Totale Zurückwerfung i 3i 5i 7i . . .

Die erſte Reihe giebt die Dicken an, in welchen die Zurückwerfung genau null iſt, die zweite diejenigen, wo ſie total wird.

Wenn man, anſtatt die Eintritts- und Austrittsoberfläche einander für genau parallel anzunehmen, ſie um einen ſo kleinen Winkel gegen einander geneigt denkt, daß die Intenſität der zurückwerfenden Kräfte keine merkliche Aenderung dadurch erleidet, ſo wird die bloße Veränderlichkeit der Dicke, welche von dieſer Neigung bedingt wird, zwiſchen der erſten und zweiten Oberfläche alle die verſchiedenen Abſtände, die wir bei unſrer Conſtruction in Betracht zogen, ſo wie alle daraus hervorgehenden Abwechslungen der Zurückwerfung und des Durchgehens, zuwege bringen, d. h. das, ſenkrecht durch die erſte Oberfläche hindurchgegangene, Licht wird an der zweiten zurückgeworfen oder durchgelaſſen werden, je nach der Dicke, nach welcher es auf dieſelbe trifft. Somit wird dieſe zweite Oberfläche, mittelſt zurückgeworfenen oder durchgelaſſenen Lichts betrachtet, an ihren verſchiedenen Stellen Abwechslungen des Lichts zeigen, ganz analog den verſchiedenen Ordnungen von Ringen, die ein homogenes Licht in Waſſer- oder Luftſchichten, welche zwiſchen zwei Objectivgläſern enthalten ſind, hervorbringt. Nur wird es ſich zufolge der Stärke, die wir hier den zurückwerfenden Kräften beigemeſſen haben, zeigen, daß die durchgelaſſenen und zurückgeworfenen Lichtſtreifen gleiche Breiten haben, und in jeder Reihe durch unendlich dünne ſchwarze Linien geſchieden ſind; zwei Umſtände, die nicht in den Farbenringen Statt haben, welche wir durch die brechenden Körpern, die ſich in der Natur finden, hervorzubringen vermögen.

Dies rührt daher, daß dieſe Körper in Bezug zu den ſie umgebenden Mitteln keine ſo ſtarke Zurückſtoßungskraft beſitzen, als ſie hier vorausgeſetzt wurde. Denn welches Verhältniß man auch ihrer Dicke geben mag, die Zurückwerfung auf ihrer zweiten Oberfläche iſt nie total, wenigſtens nicht bei ſenkrechtem Einfallen, auf welches wir jetzt unſre Betrachtungen beſchränken. Wenn mithin dieſe zweite Oberfläche ſich in einem der, zur Hervorbringung der reichlichſten Zurückwerfung, angemeſſenen, Abſtände befindet, wie in $I_1\ I_3\ I_5$ . . . ., wo alles einfallende Licht ſich in einer Periode leichter Zurückwerfung befindet, ſo giebt es doch noch eine gewiſſe Anzahl Lichtmolecule, welche ſich der Wirkung der zurückwerfenden Kräfte entziehen, ungeachtet der günſtigen Dispoſition, in welcher ſie ſich befinden; woraus erhellt, daß dieſe Dispoſition wirkungslos iſt, wenn ſie nicht einen gewiſſen Grad der Stärke überſtiegen hat. Geſetzt z. B. alles einfallende Licht ſey gleichförmig zwiſchen allen Phaſen der Anwandlung vertheilt (d. h. z. B. es befänden ſich gleich viel Lichtmolecule beim Einfallen am Anfange, in der Mitte und am Ende der Anwandlung), ſo wird, wenn die Hälfte derſelben ſich der Zurückwerfung entzieht, dies ein Beweis ſeyn, daß dieſe nur an den Lichtmoleculen vor ſich geht, welche mehr als die Hälfte und weniger als drei Viertheile ihrer Anwandlung erfahren haben; entgeht das Viertheil der Zurückwerfung, ſo werden die Gränzen derſelben ſeyn $\frac{i}{8}$ und $\frac{7i}{8}$ u. ſ. f. Allgemein: wenn man die erſte dieſer Gränzen mit e bezeichnet, ſo wird die zweite $i - e$ ſeyn, weil beide Gränzen immer gleich weit von der Mitte der Anwandlung abliegen müſſen. Wenn wir nun auf dieſe neuen Bedingungen die geometriſche Conſtruction anwenden, von der wir ſo eben Gebrauch machten, ſo leuchtet ein, daß die Intenſität der Zurückwerfung nicht mehr blos null ſeyn wird, wenn die zweite Oberfläche $S'S'$ mit der erſtern SS zuſammenfällt, ſondern auch in der ganzen Abſtufung der Dicke, wo ſie um weniger als die Weite e von ihr entfernt iſt. Genau in dieſer Dicke wird erſt ein einziges der gebrochenen Molecule zurückgeworfen zu werden vermögen, dasjenige nämlich, welches bei ſeinem Eintritt gerade eine Anwandlung leichtern Durchgehens beendigte. Denn da es von da an eine Anwandlung leichtern Zurückgehens beginnt, ſo findet es ſich, wenn es alsdann bis zur Dicke e gelangt, auch um dieſe Weite e in der Periode ſeiner Anwandlung fortgeſchritten, und dadurch vermögend, wirklich zurückgeworfen zu werden; und dies Vermögen bleibt ihm von dieſem Moment an, bis es zur Dicke $i - e$ gelangt iſt, wo es ſich in der nämlichen Entfernung vom Ende ſeiner Anwandlung findet. Die andern Molecule, welche in ihrer anfänglichen Anwandlung des Durchgehens urſprünglich weniger vorgeſchritten waren, werden ſucceſſiv in größere Dicken als e gelangen müſſen, um zurückgeworfen werden zu können; ſo daß die Intenſität der Zurückwerfung von e an immer mehr zunehmen wird, bis zur Dicke $i - e$, wo das erſte Molecul den wirkſamen Theil ſeiner Anwandlung zu überſchreiten beginnt. Ueber $i - e$ hinaus, wird dies Molecul durchgelaſſen; weil wir aber vorausſetzen, daß alle Molecule bei ihrem Eintritt zwiſchen die verſchiedenen Perioden des Durchgehens gleich vertheilt ſind, ſo wird es in demſelben Augenblicke ein andres, urſprünglich weniger in ſeinem anfänglichen Zuſtande des Durchgehens vorgeſchrittenes, Molecul geben, welches anfängt, das gehörige Zurückwerfungsvermögen zu erlangen, und zum Erſatz des erſtern zurückgeworfen wird; die Intenſität des zurückgeworfenen Lichtes wird daher in dieſer Dicke beſtändig und bleibt es bis zur Dicke $i + e$, wo die Zurückwerfung ſelbſt für dasjenige Molecul einzutreten beginnt, welches bei ſeinem Eintritt in den Körper eine Anwandlung leichtern Durchgehens begann. Ueber dieſe Gränze hinaus aber werden ſich keine neuen

Molecule mehr zum Erſatz derer, welche ſich der Zurückwerfung ſucceſſiv entziehen, darbieten, ſo daß die Intenſität des zurückgeworfenen Lichts anfangen wird, abzunehmen, und ſo bis zur Dicke $2i - e$ abnehmen wird, wo ſie ganz null wird, da ſich dann keins der gebrochenen Molecule mehr im wirkſamen Theile einer Anwandlung leichtern Zurückgehens befindet. Dann wird mithin das Durchgehen total ſeyn und wird es bis zur Dicke $2i + e$ bleiben, wo eine neue Periode der Zurückwerfungen einzutreten beginnt und ſo fort durch die ganze Ausdehnung des Mittels.

Um dieſe Abwechslungen an einer und derſelben Platte eines brechenden Körpers zu verwirklichen, braucht man nur den beiden Oberflächen derſelben eine ganz geringe Neigung gegen einander zu geben. Läßt man dann ſenkrecht auf die erſte ein Bündel einfachen Lichts fallen, ſo wird man durch Zurückwerfung auf der zweiten eine abwechſelnde Folge heller und ſchwarzer Streifen erblicken, welche ihre Gränzen in den verſchiedenen Dicken haben, die unſre Rechnungen angeben. Hierin hat man ganz die Erſcheinung der zurückgeworfenen Ringe aus homogenem Lichte. Auch vermöge des durchgelaſſenen Lichts wird man Abwechslungen des Hellen und Dunkeln beobachten, welche den durchgelaſſenen Ringen analog ſind; allein die die dunkeln Streifen werden nirgends ganz ſchwarz ſeyn, weil ſelbſt in den mittlern Dicken i, $3i$, $5i$ . . . ., in welchen die Zurückwerfung am reichlichſten iſt, noch ein gewiſſer Antheil Licht durchgelaſſen wird.

Das Verhältniß des Lichts, welches gerade an dieſen Stellen noch durchgeht, läßt ſich berechnen, wenn man den anfänglichen Zuſtand jedes der gebrochenen Molecule und den Abſtand von den Enden jeder Anwandlung kennt, in welchem die Zurückwerfung anfängt und aufhört. Man findet ſolchergeſtalt, daß in dem Maße, als die Zurückwerfungskräfte ſchwächer werden, die, von den hellen Ringen eingenommenen, Abſtufungen der Dicke, ſich mindern, und weniger unterſchieden von den Abſtufungen des Durchgehens werden, mit denen völlige Gleichheit eintritt, wenn die Zurückwerfungskräfte unendlich ſchwach geworden ſind. Dieſer Fall iſt die Gränze derer, welche die Verſuche nachzuweiſen vermögen; er läßt ſich aber durch die Schwäche des Zurückwerfungsvermögens der meiſten durchſichtigen Körper bei ſenkrechtem Einfallen faſt vollkommen verwirklichen. Hierin liegt der Grund der Gleichheit, welche Newton bemerkte, und die ihm der Genauigkeit hinlänglich nahe zu kommen ſchien, um ſich bei Annahme derſelben zu begnügen.

Bei allen, bisher gegebenen, Erörterungen betrachteten wir das Licht als gleichförmig vertheilt zwiſchen allen ungleichen Graden einer Anwandlung leichten Durchgehens. Es iſt möglich, daß eine ſolche Gleichförmigkeit nicht ſtreng genommen Statt hat, und, ich ſetze hinzu, ſelbſt ſehr wahrſcheinlich. Denn die Brechung erfolgt immer nur erſt, nachdem eine äußere Zurückwerfung vorausgegangen iſt, wodurch namentlich diejenigen der einfallenden Molecule zurückgetrieben werden müſſen, welche ſich gerade in den kräftigſten Phaſen einer Anwandlung leichter Zurückwerfung befinden, und die mithin, wenn ſie gebrochen worden wären, ſich gerade am wenigſten disponirt gefunden hätten, den entgegengeſetzten Zuſtand anzunehmen; welches zu der Annahme führt, daß das durchgehende Licht im Augenblick ſeines Eintritts in den es brechenden Körper ein überwiegendes Verhältniß von Moleculen enthält, die ſich in den kräftigſten Perioden einer Anwandlung des Durchgehens befinden, und vielleicht ſehr wenig oder gar keine, in den ſchwächſten Phaſen zu Anfange oder Ende einer ſolchen Anwandlung. Dieſer ſehr wahrſcheinliche Umſtand würde noch mehr dahin wirken, die Intervalle der Dicke, e, 2i — e, in welchen Durchgehen und Zurückwerfung Statt findet, einander gleich zu machen. Uebrigens ändert er in allen andern, von uns aufgeſtellten, Folgerungen nichts weiter, als in ſo fern er ein andres Geſetz der Intenſität in die Verhältniſſe der Zurückwerfung in den verſchiedenen Perioden jedes hellen Ringes bringt.

Bisher ſetzten wir voraus, daß das Licht, das zurückgeworfene wie das gebrochene, blos aus einer einzigen Art Lichtmolecule beſtände. Nehmen wir jetzt an, daß es deren verſchiedenartige enthält, ſo wird ſich jede Art Molecule in ihrem Verhalten nach ganz den nämlichen Geſetzen richten, nur werden die Anwandlungen nicht mehr für alle die nämliche Länge haben. Es bleibt uns alſo noch übrig, dieſe zu beſtimmen, wozu folgende, von Newton aufgeſtellte, Sätze dienen.

Wenn die Lichtmolecule, welche die acht Gränzen der Farben des Spectrums bilden, nach dem Durchgange durch eine und die nämliche brechende Oberfläche in das nämliche Mittel unter ſenkrechtem Einfallen, oder überhaupt unter einem gemeinſchaftlichen Einfallswinkel, treten, ſo verhalten ſich die Intervalle der folgenden Anwandlungen leichtern Durchgehens und leichtern Zurückgehens für dieſe verſchiedenen Arten Theilchen, genau oder faſt genau, wie die Cubikwurzeln der Quadrate der Zahlen 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{1}{2}$, welche Wurzeln reſpective zu Werthen haben 1; 0,9243; 0,8855; 0,8255; 0,7631; 0,7114; 0,6814; 0,6300; wenn der erſte die Länge der Anwandlung ausdrückt, welche dem äußerſten Roth zukommt; und für die Lichtmolecule, die ihrer Beſchaffenheit nach zwiſchen dieſe Gränzen fallen, ſind auch die Intervalle der Anwandlungen zwiſchen den ſo berechneten Gränzen begriffen. Dies ergiebt ſich durch mathematiſche Folgerung aus den eben durch die Erfahrung gefundenen Verhältniſſen zwiſchen den Dicken der Schichten, welche die verſchiedenen Farben eines und deſſelben nämlichen Ringes, bei einer gemeinſchaftlichen Schiefe des Einfallens, zurückwerfen oder durchlaſſen [1]).

---

[1]) Es wird hier der Ort ſeyn, auf den merkwürdigen Bezug aufmerkſam zu machen, welcher zwiſchen dieſen Zahlen Statt findet, und von Blanc zuerſt bemerkt worden iſt. Multiplicirt man die beiden äußerſten Glieder, oder irgend zwei andre, in gleichen Abſtänden von dieſen äußerſten genommene, mit einander, wie $\frac{8}{9}$ und $\frac{9}{16}$, $\frac{5}{6}$ und $\frac{3}{5}$, $\frac{3}{4}$ und $\frac{2}{3}$, ſo erhält man immer zum Product $\frac{1}{2}$. Mithin, wenn man je zwei und zwei Werthe der Anwandlungen, welche dieſen nämlichen Gliedern entſprechen, mit einander multiplicirt, wird man eben ſo auch ein beſtändiges Product erhalten, welches die Cubicwurzel des Quadrats von $\frac{1}{2}$ d. i. 0,6300 iſt; wie man auch in der That an den Zahlen ſelbſt, die wir ſo eben für die Längen der Anwandlungen an den verſchiedenen Gränzen der einfachen Stralen angegeben haben, beſtätigt finden kann. Hienach wird, wenn man ſich alle Nuancen des Spectrums hinter einander auf einen und den nämlichen Kreisumfang vertheilt denkt, nach einer ähnlichen Conſtruction, wie ſie Newton zur Berechnung ihrer Miſchungen anwandte, und wie ſie von uns auf S. 400 Th. III. Fig. 112, auseinandergeſetzt worden iſt, hienach wird, ſage ich, die Länge der Anwandlung, welche der Anzahl Grade n (d. i. der nach der Conſtruction dorthin fallenden Farbe) angehört, mit der Länge der Anwandlung, welche 360° — n zugehört, multiplicirt, zum beſtändigen Product geben $\frac{1}{2^{\frac{2}{3}}}$ oder 0,6300, gemäß der vorigen Bemerkung. Die einfachſte Art, dieſer Bedingung Genüge zu leiſten, iſt, den Werth irgend einer Anwandlung durch $\frac{1}{2^{\frac{2n}{3c}}}$ darzuſtellen, wo c den ganzen Kreisumfang und n die Anzahl Theile dieſes Umfangs ausdrückt, welcher die zu betrachtende beſondre Art einfacher Stralen entſpricht. Setzt man dieſen Ausdruck ſucceſſiv den Werthen der Anwandlungen gleich, welche den verſchiedenen Gränzen der einfachen Farben entſprechen, ſo ergeben ſich daraus die Werthe von n, welche jeder dieſer Gränzen zukommen. Stellt man z. B. den ganzen Umkreis c durch den Bruch $\frac{79}{120}$ dar, wie Newton an dem angeführten Orte gethan hat, ſo findet man, daß die reſpectiven Antheile des Umkreiſes, welche jede dieſer Farben einnimmt, um vom Roth anzufangen, durch die Brüche $\frac{1}{8{,}939}$; $\frac{1}{16{,}313}$; $\frac{1}{9{,}993}$; $\frac{1}{8{,}939}$; $\frac{1}{9{,}993}$; $\frac{1}{16{,}313}$; $\frac{1}{8{,}939}$ ausgedrückt werden; welche außerordentlich wenig von den Zahlen, die Newton gebraucht hat, unterſchieden ſind, und führt man ſie auf Grade zurück, wie auf S. 401, ſo ſind die Längen der daraus hervorgehenden Bogen:

RO = 61°. 10'. 23
OG = 33. 31. 10
G Gr = 54. 43. 15
Gr B = 61. 10. 23
BI = 54. 43. 15
I V = 33. 31. 10
VR = 61. 10. 23

Dieſe Bogen nun ſind ſo wenig von denen Newtons unterſchieden, daß

Noch haben wir nur erſt immer ein und das nämliche Mittel in Betracht gezogen. Um die für ein Mittel gültigen Beſtimmungen der Anwandlungen auch auf ein andres auszudehnen, ſtellte Newton folgenden Satz feſt:

Wenn die Lichtmolecule, welcher Beſchaffenheit ſie auch ſeyn mögen, ſenkrecht in verſchiedene Mittel dringen, ſo verhalten ſich die Intervalle der Anwandlungen leichtern Durchgehens und leichtern Zurückgehens in zwei beliebigen dieſer Mittel zu einander, wie der Einfallsſinus zum Brechungsſinus beim Uebergange der betrachteten Molecule aus dem einen Mittel in das andre. Dies iſt die mathematiſche Verallgemeinerung der Verhältniſſe, welche wir früherhin zwiſchen den Dicken der Waſſer- und Luftſchichten beobachteten, die eine und dieſelbe Farbe bei ſenkrechtem Einfallen zurückwerfen oder durchlaſſen. Es folgt hieraus, daß die Länge der Anwandlungen, bei ſenkrechtem Einfallen, für jede Art Lichtmolecule im nämlichen Mittel immer die nämliche iſt, durch welche Körper immer das Licht hindurchgegangen ſeyn mag, bevor es in dieſes Mittel gelangte.

Es ergiebt ſich nach dieſer Regel, daß, wenn man als Einheit die Dicke der Luft nimmt, welche, ſenkrecht betrachtet, eine gewiſſe Farbe zurückwirft, die Dicke des leeren Raums, welche dieſe nämliche Farbe zurückwirſt, nach dem Verhältniß des Brechungsverhältniſſes der Luft größer ſeyn, d. h. ſich wie 3389 zu 3388 verhalten würde; ſo daß Mittel von einer unglaublichen Genauigkeit erforderlich ſeyn würden, um einen Unterſchied darin wahrzunehmen. Auch ſcheinen Farbenringe, welche man dadurch hervorgebracht hat, daß man eine Luftſchicht zwiſchen zwei Objectivgläſer faßt, keine Veränderung zu erleiden, wenn man die Objectivgläſer in den leeren Raum bringt, oder ſtark erhitzt, um die Luft zwiſchen ihnen auszutreiben. Mazeas, der dieſe Verſuche zuerſt anſtellte, war ſehr erſtaunt, ſie fruchtlos zu finden, und man ermangelte nicht, hierin einen groſen Einwurf gegen Newtons Theorie zu finden, aus der ſie aber vielmehr, wie wir ſehen, als eine Folgerung fließen.

Mittelſt der beiden letzten angeführten Sätze wird ſich die Länge der Anwandlungen bei ſenkrechtem Einfallen allgemein für jede Art brechenden Mittels und jede Art Lichtmolecule beſtimmen laſſen, wenn

---

man ſie ihnen ſubſtituiren könnte, ohne daß eine merkliche Veränderung in den Schätzungen der zuſammengeſetzten Farben die Folge davon ſeyn würde. Es erhellt ſomit, daß dieſe, dem Anſcheine nach ſo ſonderbare, Vertheilungsart, mit den Werthen der Anwandlungen ſelbſt im Zuſammenhange ſteht; mag nun Newton dieſen Zuſammenhang gekannt und verfolgt haben, oder mag er blos aus der Natur der Zahlenergebniſſe ſchließen, zu welchen die Erfahrung ihn geführt hatte.

ihr Werth für einen einzigen bekannten Fall gegeben iſt. Ein ſolches Datum aber geben die Beobachtungen Newtons über die Dicken der Luft, welche irgend eine Farbe bei ſenkrechtem Einfallen zurückwerfen oder durchlaſſen, leicht an die Hand. Nehmen wir z. B. die Lichtmolecule, welche im Spectrum die Gränze des Gelb und des Orange bilden. Wir fanden, daß die Abwechslungen ihres Durchgehens und ihrer Zurückwerfung ſich in nachſtehenden mittleren Dicken, welche in Theilen des engliſchen Zolls ausgedrückt ſind, folgen:

Durchgehen . . . 0 $\frac{2}{178000}$ $\frac{4}{178000}$
Zurückwerfung . . $\frac{1}{178000}$ $\frac{3}{178000}$ $\frac{5}{178000}$

Hienach wird die Länge einer Anwandlung für dieſe Art Licht $\frac{1}{178000}$ eines engliſchen Zolls ſeyn; und das Doppelte davon, oder $\frac{2}{178000}$, welches auf $\frac{1}{89000}$ zurückkommt, wird das Intervall zweier gleichnamigen Anwandlungen des Durchgehens oder des Zurückgehens ſeyn. Dieſes Ergebniß in Verbindung mit einem der vorigen Sätze führt zur Herleitung der Intervalle der Anwandlungen für die verſchiednen Arten Molecule, welche die acht Gränzen der Farben des Spectrums bilden. Folgendes ſind ihre Werthe in Millionentheilen des engliſchen Zolls.

Längen der Anwandlungen der verſchiedenen Lichtmolecule.

	Im leeren Raum.	In der Luft.	Im Waſſer.	Im Glaſe.
Aeußerſtes Violet . .	3,99816	3,99698	2,99773	2,57870
Gränze des Violet und Indigo	4,32436	4,32306	3,24231	2,78900
des Indigo und Blau	4,51475	4,51342	3,38507	2,91188
des Blau und Grün	4,84284	4,84142	3,63107	3,12350
des Grün und Gelb	5,23886	5,23732	3,92799	3,37891
des Gelb und Orange	5,61963	5,61798	4,21349	3,62450
des Orange und Roth.	5,96586	5,96414	4,47311	3,84783
Aeußerſtes Roth . . .	6,34628	6,34441	4,75831	4,09317

Die Zahlen, welche die Anwandlungen in der Luft ausdrücken, ſind aus der Tabelle S. 21 hergeleitet, durch Verdoppelung aller, auf die Gränzen der verſchiedenen Farben, bezüglichen Werthe von e'. Die Zahlen der andern Spalten ſind alsdann durch Multiplication dieſer erſten mit [illegible] für den leeren Raum, mit ¾ für das Waſſer und mit $\frac{20}{31}$ für das Glas, deſſen ſich Newton bediente, erhalten worden.

Jetzt nun iſt anzugeben, wie ſich dieſe Beſtimmungen bei verſchiedenen Schiefen des Einfallens modificiren. Zu dieſem Zweck ändert Newton die Intervalle der Anwandlungen nach der Tabelle der Seite 2 oder vielmehr nach dem, daraus hergeleiteten, Geſetze ab, welches er, wie S. 21 erörtert worden, für das Waſſer und alle andern Subſtanzen anwendbar gefunden hatte.

Obwohl dieſe Verhältniſſe nach Beobachtungen an gekrümmten Schichten feſtgeſtellt worden ſind, ſo iſt doch die Anwendung, welche Newton davon auf Schichten mit parallelen Oberflächen macht, darum nicht minder gültig, weil die verglichenen Dicken alle aus Meſſungen hergeleitet wurden, die auf dem queren Durchmeſſer der Ringe genommen waren; ſo daß die Stralen, welche jeden Durchmeſſer begränzten, durch die dünne Schicht an den Stellen hindurchgiengen, wo die Tangenten ihrer beiden Oberflächen einander ſo gut als parallel waren, wodurch die Dicke, welche ſie trennte, beſtändig wurde.

Nicht mehr anwendbar aber würden die Werthe der ſchiefen Anwandlungen, wie ſie aus dieſen Beobachtungen hergeleitet wurden, ſeyn, wenn die beiden Oberflächen, durch welche der Stral hindurchgeht, hinlänglich geneigt gegen einander wären, daß die Längen der Anwandlungen beim Eintritt und Austritt, merklich verſchieden werden mußten. Durch die Newtonſchen Verſuche wird nichts darüber entſchieden, wie ſich dann die Anwandlungen bei dieſer zweiten Oberfläche ändern würden; und dies iſt ſomit ein Punct, der noch künftigen Unterſuchungen aufbehalten bleibt.

Die vorigen Beſtimmungen, welche aus der Erfahrung ſelbſt gezogen ſind, enthalten alle Abänderungen unter ſich, welche die Anwandlungen beim Vorgange der Brechung erleiden. Jetzt müſſen wir diejenigen ausmitteln, die ſie bei der Zurückwerfung erfahren. Allein die bis hieher angeführten Beobachtungen können zur Löſung dieſer Aufgabe nicht dienen, weil die Dünne der angewandten Schichten ein Hinderniß abgiebt, die Einflüſſe, welche die Stralen vor und nach ihrer Zurückwerfung von der zweiten Oberfläche darin erfahren, beſonders zu beobachten; oder wenigſtens laſſen ſich die Anzeigen, welche man aus ſolchen Verſuchen entnehmen kann, nicht eher auffaſſen, als bis man ſchon durch irgend eine andre Methode über die verſchiederen, hier eintretenden, Wirkungen des Körpers gekommen iſt. Dies iſt Newton durch eine andere Reihe von Beobachtungen geglückt, wo er die Ringe in dicken Schichten wahrnehmbar machte, in denen ſich der Hin- und Hergang der Stralen vor und nach der innern Zurückwerfung unterſcheiden ließ. Die Geſammtheit dieſer neuen Erſcheinungen führte ihn zu folgendem Satze:

Wenn die Lichtmolecule, welcher Art ſie auch ſeyn mögen, beim Anlangen an der zweiten Oberfläche des Körpers, in dem ſie ſich bewegen, eine Zurückwerfung, ſey es die ſpiegelnde oder die ſtreuende, erfahren, ſo erhalten ſie nach der Zurückwerfung von der zurückwerfenden Oberfläche an wieder neue Anwandlungen; und die Längen dieſer Anwandlungen ſind eben ſo beſchaffen, wie es der Fall geweſen ſeyn würde, wenn die Molecule aus dem äußern Mittel in den Körper, in dem ſie ſich befinden, mit der Schiefe eingetreten wären, die ihnen die Zurückwerfung ertheilt. Dieſer letztere Satz vervollſtändigt die Charaktere der Anwandlungen.

Siebentes Capitel.

Anwendung der vorigen Theorie auf die Zurückwerfung der Lichtſtralen, welche durch dicke Mittel hindurchgegangen ſind.

Nachdem im Vorigen alle Beſtimmungen für die Anwandlungen der Lichtmolecule vollſtändig entwickelt worden ſind, wollen wir nun ſehen, welche Folgerungen ſich daraus für die Zurückwerfung und Brechung des Lichts an der zweiten Oberfläche der dicken Körper ergeben, um zu unterſuchen, ob dieſe Folgerungen mit den Beobachtungen in Uebereinſtimmung ſind.

Um dieſe Erſcheinungen von ihrer Quelle aus zu verfolgen, wollen wir erſt einen leuchtenden Körper betrachten, der ſich in einem unbegränzten Mittel, wie die Luft, befindet; und wollen, indem wir in Gedanken den verſchiedenen, davon ausgehenden, Lichtmoleculen folgen, ſehen, welches in jedem Abſtand ihr Streben zur Zurückwerfung und zum Durchgehen ſeyn muß. Zur Löſung dieſer Aufgabe iſt erforderlich, daß die Beſchaffenheit des Mittels, die der ausgeſtralten Lichttheilchen, die Richtung ihres Eintretens und der urſprüngliche Zuſtand jedes derſelben in dem Augenblick wo es der Wirkung des ſtralenden Körpers entflieht, gegeben ſeyen. Mittelſt der beiden erſten Angaben wird man die Länge der Anwandlungen jedes Theilchens beandern, und indem man dieſe Länge einmal nach dem andern zu ſich ſelbſt hinzuzieht, von der urſprünglichen Lage und dem urſprünglichen Zuſtand ausgehend, wird man ſämmtliche darauf folgende Perioden, wo der nämliche oder der entgegengeſetzte Zuſtand wiederkehrt, beſtimmen können. Bringt man dann an irgend einem Punct eine Oberfläche an, deren Zurückwerfungskraft in Bezug zum umgebenden Mittel gegeben iſt, ſo wird man nach dem Zuſtande jedes Lichtmolecüls beurtheilen können, ob es der Zurückwerfung Folge leiſten wird, oder nicht. Dies werden die Modificationen ſeyn, die in Bezug zu jedem Molecül beſonders zu betrachten ſind. Um dann die Erſcheinungen der Färbung vorauszuſehen, welche aus ihrer Miſchung hervorgehen können, wird man ihre farbenerzeugenden Kräfte nach Newtons Methode zuſammenſetzen müſſen, deren wir uns ſchon zu einem gleichen Zweck bedienten.

Eine ſolche Zuſammenſetzung wird jedoch nur in ſo fern erforderlich ſeyn, als das, vom Licht durchlaufene, Mittel ſehr dünn iſt; denn wenn es eine hinlängliche Ausdehnung darbietet, daß auch nur die mindeſt brechbaren Lichtmolecüle darin zwölf bis funfzehn Umwandlungen erleiden, ſo äußert die Zurückwerfung bloß noch einen beſtändigen Erfolg, der es wenigſtens für unſere Sinne iſt, und der zurückgeworfene Strahl erſcheint immer von der nämlichen Farbe, als das einfallende Licht.

Um dies erklärlich zu finden, muß man ſich erinnern, daß, bei der allgemeinen Eintheilung des Spectrums, eine gewiſſe Ausdehnung vom Violet, eine andre vom Indigo, eine andre vom Blau, u. ſ. f. von jeder der ſieben Hauptfarben des Spectrums eingenommen wird: das heißt, das Vermögen, den Eindruck einer ſolchen Farbe zu erregen, iſt nicht ſtreng auf eine einzige Art Strahlen von mathematiſch ſcharfem Brechungsvermögen beſchränkt, ſondern kommt Strahlen von ſehr wenig unterſchiedenem Brechungsvermögen mit hinreichender Annäherung zu, daß wir ſie für gleichartig halten. Wir können hiernach bei den Erſcheinungen der Färbung die Wirkung dieſer verſchiedenen Gruppen im Ganzen betrachten. Nehmen wir alſo zuerſt irgend eine derſelben, z. B. die Gruppe der violetten Nuancen, und ſetzen, daß das ausgeſtrahlte Licht bloß ſolche Theilchen enthält, welche eine Empfindung von Nuancen dieſer Art hervorzubringen vermögen; denken wir uns alsdann, daß alle dieſe Theilchen den leuchtenden Körper gleichzeitig und in der nämlichen Periode einer gleichnamigen Umwandlung verlaſſen; ſo wird ihre ungleiche Brechbarkeit ſofort ihren Umwandlungen ungleiche Längen ertheilen, und nach der Tabelle auf S. 23 wird, wenn die Länge für die brechbarſten 1,00000 iſt, die für die mindeſt brechbaren 1,22200 ſeyn; welches für jede Umwandlung einen Unterſchied Weges gleich 0,3261 ausmacht. Mithin werden in einer gewiſſen Entfernung vom leuchtenden Körper die brechbarſten violetten Molecule durch mehr Abwechslungen hindurchgeſchritten ſeyn, als die mindeſt brechbaren; und es iſt leicht auszurechnen, daß nach 13 und ungefähr ¼ Anwandlungen der immer wiederkehrende Unterſchied 0,3261 gleich 4,32308, d. i. gleich einer ganzen Abwechslung wird geworden ſeyn; ſo daß, wenn die einen ſich in einer Anwandlung leichtern Durchgehens befinden, die andern ſich in einer Anwandlung leichterer Zurückwerfung befinden werden. In dieſem Abſtand vom ſtralenden Körper werden mithin die, zwiſchen die vorigen fallenden, violetten Molecule ſich in allen möglichen Phaſen der beiden Arten von Anwandlungen befinden. Wenn ſich daher eine zurückwerfende Oberfläche in dieſer Entfernung auf ihrem Wege darbietet, ſo wird, wofern ihre zurückwerfende Kraft nur nicht ganz null iſt, es eine gewiſſe Anzahl violetter Theilchen geben, welche die Zurückwerfung erfahren, während die andern durchgehen.

Dieſes Ergebniß läßt ſich durch die nämliche Conſtruction anſchaulich machen, deren ſich Newton bediente, um die Beziehungen der Dicken der Körper zu den dadurch zurückgeworfenen Farben darzuſtellen, Fig. 8. Man braucht blos anzunehmen, daß durch die Abtheilungen 1 — 3; 3 — 5 jeder Verticallinie die Längen der Anwandlungen der Lichttheilchen, welchen dieſe Verticallinie angehört, vorgeſtellt werden. In dem beſondern Fall, der durch die Figur dargeſtellt wird, iſt der Punct, von dem die Lichttheilchen gemeinſchaftlich ausgehen, in ZR, in der Mitte einer Anwandlung des Durchgehens fixirt; und jede dergleichen Abtheilungen, welche zwiſchen zwei Querlinien 00′ 11′, 11′ 22′; 22′ 33′ . . . enthalten ſind, gilt für die Länge einer halben Anwandlung. Hier fällt der Werth, den wir ſo eben für die Anzahl Anwandlungen, nach welcher die brechbarſten violetten Stralen ſich gerade im entgegengeſetzten Zuſtande, als die mindeſt brechbaren befinden, angegeben haben, zwiſchen der 26ſten und 27ſten Abtheilung der erſten Spalte ZZ′. Zieht man nun durch dieſen Punct eine Linie XX′ parallel mit der Axe ZR, ſo ſieht man, daß ſie wirklich die Verticale VV′ faſt genau auf der Querlinie ſchneidet, welche der Abtheilung 24 24′ entſprechen würde; das heißt, daß die brechbarſten violetten Molecule faſt in die Mitte einer Anwandlung leichtern Zurückgehens zurückgekehrt ſind, während die mindeſt brechbaren, weil ſie eine Abwechslung weniger erfahren haben, ſich noch in der Mitte der unmittelbar vorhergehenden Anwandlung leichtern Durchgehens befinden.

Wiederholt man die nämliche Conſtruction auch für beträchtlichere Dicken, ſo wird man ſtets violette Molecule finden, die auf ſolche

Weiſe in den nämlichen Phaſen zweier aufeinanderfolgenden Anwandlungen und mithin in gerade entgegengeſetzten Zuſtänden begriffen ſind; weil ſich aber hier die Quadrate verlängern, die jede Farbe einnimmt, wird die Entgegenſetzung Molecule betreffen, die zwiſchen der ſtärkſten und ſchwächſten Brechbarkeit inne liegen (während ſie das erſtemal zwiſchen den am meiſten und am mindeſten brechbaren Moleculen ſelbſt Statt fand).

Ferner wird über dieſe Gränze hinaus die nämliche Parallele durch Quadrate verſchiedner Ordnungen, welche der nämlichen Farbe angehören, hindurchgehen können, ſo daß Molecule von gleicher Farbe in der nämlichen Dicke werden zurückgeworfen oder durchgelaſſen werden können, je nachdem ſie dieſer oder jener der verſchiedenen Ordnungen angehören. Endlich wird bei immer zunehmender Dicke die Zahl der ſich ſo vermiſchenden Farbenordnungen und die Verlängerung ihrer Quadrate ſo beträchtlich werden, daß den Zurückwerfungskräften immer eine für beſtändig zu achtende Menge Lichts dargeboten wird, deren Theilchen ſich in allen möglichen Phaſen beider Arten Anwandlungen befinden. Von da an wird für jeden gegebenen Werth dieſer Kräfte die Intenſität der Zurückwerfung bei allen größern Dicken beſtändig werden, und da die Molecule, welche in dieſelben treten, zwiſchen allen möglichen Phaſen der Anwandlungen verſchiedener Ordnungen vertheilt ſind, ſo wird die Geſammtmenge zurückgeworfenen Lichts gleich derjenigen ſeyn, welche die nämliche, dieſelben Mittel begränzende, Oberfläche in der ganzen Ausdehnung einer einzigen Ordnung, d. i. in der ganzen Breite eines einzigen einfachen Ringes, zurückwerfen würde.

Was wir hier in Bezug auf die violetten Theilchen erörtert haben, findet eben ſo ſeine Anwendung auf jede der Farben, welche die andern Abtheilungen des Spectrums einnehmen. Es wird alſo für jede derſelben Gränzen der Dicke geben, über welche hinaus die Anzahl der zurückgeworfenen Theilchen für jeden gegebenen Werth der Zurückwerfungskräfte beſtändig und der Geſammtzahl derer gleich wird, welche durch dieſe nämlichen Kräfte in der ganzen Breite eines einzigen einfachen Ringes zurückgeworfen werden würden.

Wenn man nun alle Quantitäten der ſieben Arten Lichts, die ſo in jedem einfachen Ringe zurückgeworfen werden, vereinigte, ſo würde man dadurch Weiß hervorbringen; es wird demnach auch Weiß ſeyn, welches alle zurückwerfende Oberflächen, welcher Beſchaffenheit ſie immer ſeyn mögen, zurückwerfen, wofern die Abſtände, in die ſie von dem leuchtenden Körper gebracht ſind, beträchtlich genug ſind, um den Anwandlungen Raum zur vollen Entfaltung ihrer Verſchiedenheit zu laſſen. Ferner wird die Intenſität dieſes Weiß von da an für jede

Art zurückwerfenden Körpers beſtändig werden, in welche Entfernung man ihn auch noch verſetzen mag; verſchieden aber für die verſchiedenen Körper, je nach der größern oder geringern Stärke des Zurückwerfungsvermögens, welches ihre Beſchaffenheit und die des umgebenden Mittels mit ſich bringt.

Dieſe Ergebniſſe zeigen ſich vollkommen durch die Erfahrung beſtätigt. Wenn ein Lichtſtral durch einen großen Raum Luft hindurchgegangen iſt, und man ihn auf einem glatten Körper von beliebiger Farbe, ſey er weiß, ſchwarz, grau, grün, gelb, roth, auffängt, ſo iſt der ſpiegelnd zurückgeworfene Antheil Lichts, d. h. deſſen Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich iſt, immer weiß. Allerdings ſendet der zurückwerfende Körper, wenn er hinreichend dicht iſt, auch einen merklichen Antheil farbigen Lichtes zurück, welches er nach allen Seiten im Raume zerſtreut, als wenn er es ſelbſt ausſtralte. Allein eben dieſe Zerſtreuung zeigt eine, von der vorigen verſchiedene, Art der Zurückwerfung an; und in der That werden wir weiterhin zeigen, daß beſondre Charactere an dem, auf dieſe Weiſe zurückgeworfenen, Antheil Lichts zu erkennen geben, daß er in den zurückwerfenden Körper hineingedrungen iſt, und aus einer gewiſſen Tiefe in ſeiner Subſtanz zurückgeworfen wird. Man kann alſo auf denſelben nicht mehr die bloßen Betrachtungen anwenden, welche aus der Aufeinanderfolge der Anwandlungen im erſten Mittel gezogen ſind, indem dieſe nur für diejenigen Lichttheilchen gelten können, deren Zurückwerfung in dieſem Mittel ſelbſt, durch alleinigen Einfluß des zurückwerfenden Körpers in die Ferne bewirkt wird. Nun lehrt die Erfahrung, in Uebereinſtimmung mit der Theorie, daß dieſe erſte Zurückwerfung immer einen Stral von der nämlichen Farbe, als das einfallende Licht, giebt, und zwar unabhängig von der Beſchaffenheit des zurückwerfenden Körpers, durch welchen das erſte Mittel begränzt iſt.

Um die Verſchiedenheit der Charaktere dieſer beiden Arten Zurückwerfung in volles Licht zu ſetzen, gieße man das klarſte Waſſer und die ſchwärzeſte Dinte in zwei undurchſichtige Gefäße, die inwendig geſchwärzt ſind, damit ſie kein farbiges Licht ins Auge zurückſtralen; und betrachte dann die Bilder der äußern Gegenſtände durch Zurückwerfung auf dieſen Flüſſigkeiten: man wird ſie mit ihren gewöhnlichen Farben erblicken, und keinen bemerkbaren Unterſchied in ihrer Färbung auf beiden Flüſſigkeiten wahrnehmen. Hier hat man alſo zwei Körper, von denen der eine durchſichtig, der andre ſchwarz erſcheint, und die deſſen ungeachtet einer wie der andre alle Farben zurückwerfen. Der Vorgang, durch welchen dieſe erſte Art Zurückwerfung zu Stande kommt, iſt ſomit unabhängig von der Eigenſchaft, die der zurückwerfende Körper beſitzen mag, gefärbt zu erſcheinen. Es wird ganz gleich ſeyn, ob man anſtatt der Dinte in eins der Gefäße Auflöſungen von Karmin, von Indigo oder irgend einem andern Farbeſtoff gießt; alle dieſe Flüſſigkeiten werden gleiche Bilder hervorbringen. In Maſſe betrachtet dagegen würden ſie ſehr verſchiedene Farben zeigen; die Karminauflöſung würde roth, die Indigoauflöſung blau erſcheinen. Allerdings würden dieſe Auflöſungen, wenn ſie ſehr geſättigt wären, vielleicht auch endlich den Bildern der Gegenſtände einen Anſtrich von ihrer eignen Farbe geben, und zwar einen um ſo ſtärkern, je concentrirter ſie wären; allein immer würde hiedurch die Weiße, welche durch die erſte Art der Zurückwerfung hervorgebracht wird, höchſtens nur etwas geſchwächt, keineswegs aber aufgehoben werden; und gewöhnlich geſchieht derſelben nicht einmal dadurch merklicher Abbruch. So wird eine cylindriſche Siegellackſtange vom lebhafteſten Roth, dem weißen Sonnenlicht ausgeſetzt, in ihrer ganzen Länge ſtets eine Linie weißen Lichts zurückwerfen, welche immer auf den Theilen ihrer Oberfläche erſcheint, von wo die Stralen ſo nach dem Auge zurückgeſandt werden können, daß ihr Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich iſt; und der Glanz dieſer Linie iſt ſo bedeutend, daß man an den Stellen, wo ſie erſcheint, kaum die eigenthümliche Farbe des Siegellacks unterſcheiden kann, die doch ſonſt allenthalben auf das Lebhafteſte hervortritt.

In dieſen verſchiedenen Beiſpielen ſind die Antheile einfallenden Lichts, welche die ſieben Hauptfarben geben, gleich disponirt zur Zurückwerfung, wenn ſie durch eine hinreichende Dicke eines und deſſelben Mittels, welches die Luft iſt, hindurchgegangen ſind, woraus die Gleichheit hervorgeht, die für alle Körper hinſichtlich der, von ihnen *aus der Ferne* zurückgeworfenen, Farben Statt findet. Jeder Körper aber ſendet beim Angränzen an das nämliche Mittel eine größere oder geringere Anzahl Molecule von jeder Farbe zurück, je nach den Phaſen ihrer Anwandlungen, in welchen er ſie zurückzuwerfen vermag (er ſendet z. B. mehr Molecule zurück, wenn er alle Molecule, die ſich überhaupt in einer Anwandlung leichterer Zurückwerfung befinden, zurückzuwerfen vermag, als wenn er blos die, die ſich in der Mitte oder dem kräftigſten Theile dieſer Anwandlung befinden, zurückwerfen kann). Hievon rührt die ungleiche Intenſität der Zurückwerfung bei verſchiednen Körpern her, während die zurückgeworfene Farbe die nämliche bleibt. Eine ſolche Veränderung der Intenſität läßt ſich auch an einem und demſelben Körper bei fortbeſtehender Angränzung an die zweite Oberfläche des nämlichen dicken Mittels, erhalten. Man braucht deshalb nur dieſen Körper ſo weit zu verdünnen, daß ſeine Dicke geringer wird, als der Abſtand, auf welchen die Zurückwerfungskräfte merklich ſind; denn da alsdann durch weitere Wegnahme von Schichten, ſein Zurückwerfungsvermögen vermindert wird, ſo wird ein Theil der Molecule, die er zuerſt zurückwarf, nun nicht mehr zurückgeworfen werden können, der nämlich, welcher ſich in Verhältniß zu dem noch übrig gebliebenen Grade des Zurückwerfungsvermögens des Körpers zu entfernt von der Mitte einer Anwandlung leichtern Zurückgebens befindet, um demſelben noch zu gehorchen. Die Intenſität der Zurückwerfung wird auf ſolche Weiſe mit zunehmender Dünne des Körpers immer ſchwächer werden, wie wir dies in der That an den Waſſerblaſen beobachteten. Wenn ſie auch hinlänglich dünn geworden ſind, um kein merkliches Licht mehr auf ihrer zweiten Oberfläche zurückzuwerfen, erſcheinen ſie doch nicht völlig ſchwarz; man beobachtet noch eine ſchwache Zurückwerfung an ihrer erſten Oberfläche, welche einen weißen Stral giebt, wenn das einfallende Licht weiß iſt, und überhaupt die natürlichen Farben der Gegenſtände ungeändert zurückgiebt.

Dieſe unveränderlichen Regeln, nach welchen ſich die Zurückwerfung in allen möglichen Fällen richtet, und bei welchen es auf den Zuſtand ankommt, in dem ſich die Lichtmolecule beim Anlangen an die zurückwerfenden Oberflächen befinden, dieſe Regeln, ſage ich, geben überzeugende Beweiſe an die Hand, daß die Zurückwerfung nicht durch Anſtoß der Lichtmolecule an die Materie der Körper ſelbſt hervorgebracht wird. Denn wenn der Grund der Erſcheinung in einem ſolchen unmittelbaren Antreffen läge; ſo würde ſie mit zunehmender Dicke der Körper, bis zu dem Grade, wo ſie undurchſichtig wurden, leichter und häufiger werden müſſen. Und wenn dann bei einer gewiſſen Dicke alle Molecule durchgiengen, ſo konnte es deren nicht geben, die bei geringern Dicken zurückgeworfen würden. Deſſen ungeachtet haben wir gefunden, daß dies Statt hat, wenn man eine dünne Schicht von irgend einem Stoff mit einer einzigen Art einfachen Lichts beleuchtet; denn, wenn dieſe Schicht eine veränderliche Dicke hat, ſo bilden ſich dann durch Zurückwerfung helle Ringe, welche von einander durch dunkle Zwiſchenräume geſchieden ſind. Eben ſo würde ſich bei der Annahme eines Anſtoßes nicht begreifen laſſen, wie es käme, daß eine und die nämliche Dicke von Waſſer, Oel, Luft oder Glas, dem Licht unter einem gewiſſen Einfallswinkel ausgeſetzt, genug materielle Molecule darbieten könnte, um gewiſſe Arten Stralen zurückzuwerfen, während ſie dieſe unter einer andern Schiefe durchläßt, und dafür andre Arten zurückwirft. Endlich ließe ſich eben ſo wenig einſehen, warum, wenn zwei Gläſer ſich berühren, oder ſich ganz nahe an einander befinden, nicht an dem Berührungspunct und in einiger Entfernung um denſelben genug Glas-Molecule vorhanden ſeyn ſollten, um eine merkliche Quantität Lichts zurückzuwerfen; da ſich doch deren gleich in der Nähe, wo die Oberflächen der Gläſer nur um ein Weniges weiter abſtehen, eine hinreichende Menge befinden. Alle dieſe Erſcheinungen, welche in vollkommenſtem Bezug zur Annahme einer Zurückwerfung in die Ferne ſtehen, und nothwendige Folgerungen daraus ſind, werden zu eben ſo viel phyſiſchen Unmöglichkeiten, wenn man von der Hypotheſe eines unmittelbaren Antreffens der Lichttheilchen an die Theilchen des zurückwerfenden Körpers ausgeht.

Achtes Capitel.

Erklärung der den Körpern eigenthümlichen und bleibenden Farben.

Nachdem Newton die Erſcheinungen der ſpiegelnden Zurückwerfung ſowohl in dünnen Schichten, als in dicken Mitteln vollſtändig ins Klare gebracht hatte, ſuchte er auch die ſtralende Zurückwerfung an die nämlichen Geſetze zu knüpfen, dieſe Eigenſchaft, vermöge deren die Körper ſich immer einen gewiſſen Antheil einfallenden Lichts aneignen, dieſen dann wie durch eine wirkliche Stralung in den Raum zurückſenden, und ſo den Körper mit der, dieſem Licht zukommenden, Farbe erſcheinen laſſen. Um zu begreifen, wie dieſe Trennung vor ſich gehen kann, muß zuvörderſt bemerkt werden, daß eine Menge Erfahrungen im Gebiete der Chemie und Phyſik ſich dahin vereinigen, zu zeigen, daß die materiellen Theilchen der Körper in Verhältniß zu den Abſtänden, durch die ſie geſchieden werden, ausnehmend kleine Dimenſionen beſitzen. Ja es wäre wohl möglich, daß in den Körpern, welche uns am dichteſten ſcheinen, der Rauminhalt der Zwiſchenräume das Volumen der undurchdringlichen Elementartheilchen, aus welchen die materiellen Grundſtoffe beſtehen, mehrere tauſend Mal überträfe. Denkt man ſich z. B. die letzten Theilchen der Körper in Gruppen zu zwei und zwei, zu drei und drei, zu vier und vier, oder mehrern, mit einander vereinigt, ſo daß ſie in jeder Gruppe durch gewiſſe Zwiſchenräume getrennt ſind; und daß die verſchiedenen Gruppen noch durch weit größere Zwiſchenräume geſchieden werden; ſo werden ſich nun dieſe Gruppen wieder für ihr Theil zu zwei und zwei, zu drei und drei, zu vier und vier zuſammen betrachten laſſen, ſo daß dadurch noch größere, und durch noch weitere Zwiſchenräume von einander getrennte Gruppen entſtehen. Nimmt man nun die Elementarmolecule für ſehr dicht an, ſo wird man durch eine ſolche Vervielfältigung von Abſtufungen der Gruppen Syſteme hervorbringen können, welche alle beliebige Grade der Dichte und Dünne darbieten. Geſetzt z. B. die Summe der, zwiſchen den Gruppen jeder Ordnung enthaltenen, Räume ſey blos ihrem Totalvolumen gleich, ſo wird ein Körper, der nur Gruppen einer ſolchen Ordnung enthält, nur $\frac{1}{2}$ ſeines Volumens an Materie beſitzen: bei zwei Ordnungen wird er nur $\frac{1}{4}$; bei dreien $\frac{1}{8}$; bei vieren $\frac{1}{16}$; bei fünfen $\frac{1}{32}$ davon enthalten; ſo daß ſich durch immer ſtärkere Vervielfachung der Zahl von Ordnungen die Verdünnung der Syſteme ſoweit, als man nur immer will, treiben ließe. Auf ſolche Art bilden in den Himmelsräumen die Molecule eines Planeten, obwohl von einander getrennt, eine Gruppe von einer gewiſſen Dichte, welche den Körper des Planeten bildet. Mehrere Planeten, unendlich entfernt von einander in Verhältniß zu den Zwiſchenräumen ihrer Molecule, aber unendlich nahe in Verhältniß zu den Abſtänden von den andern Weltkörpern, bilden ein Syſtem von größerer Dünne, eine Gruppe von einer zuſammengeſetztern Ordnung. Die Vereinigung ſolcher Syſteme, welche von einander wiederum durch Zwiſchenräume geſchieden ſind, die faſt unendlich in Verhältniß zu den Bahnen jedes Planeten zu nennen ſind, werden ein andres, noch dünneres, Syſtem bilden, wovon wir in den Nebelflecken ein Beiſpiel haben. Endlich laſſen ſich auch noch ſolche Verbindungen von Nebelflecken denken, und ſ. f. ohne Ende.

Wenn man einmal annimmt, daß die Theilchen der Körper ſich in Entfernungen von einander befinden, ſo iſt die hier angegebene Vorſtellung davon offenbar die allgemeinſte, welche Statt finden kann. Um nun zu erklären, wie ſolche Syſteme eigenthümliche Farben haben können, die unter jedem Anblick die nämlichen bleiben, reicht die Annahme hin, daß die zuſammengeſetzteſten Gruppen von Theilchen darin ſehr klein ſind, und daß ſie wegen ihrer Dichtigkeit oder chemiſchen Beſchaffenheit das Licht weit ſtärker brechen, als das Mittel, oder die Mittel, welche immer die Zwiſchenräume zwiſchen ihnen ausfüllen mögen. Die Annahme der erſten Bedingung wird durch die Unmöglichkeit gerechtfertigt, in welcher wir uns befinden, mit den beſten Mikroſkopen dieſe Elementargruppen zu unterſcheiden; die zweite iſt, wie ſogleich erhellen wird, erforderlich, damit die Farben unter allen Neigungen bleibend ſeyn können.

Wenn ein Lichtbündel in ein ſolches Syſtem hineindringt, ſo wird eine gewiſſe Anzahl Stralen zwiſchen allen Gruppen ſeinen Weg hindurch nehmen können, ohne durch die Gruppe ſelbſt zu gehn, und von da in die Luſt wieder austreten. Dies wird der Antheil Lichts ſeyn, welchen der Körper durchzulaſſen vermag; eine gewiſſe Anzahl

Stralen aber wird auch auf dieſe Gruppen ſelbſt treffen, und ſeinen Weg durch ſie hindurch nehmen müſſen. Dieſe Stralen werden beim Anlangen an die erſte Oberfläche jeder Gruppe erſt eine partielle Zurückwerfung daſelbſt erfahren, deren Wirkung aber wegen der vollkommenen Homogeneität der vor und nach ihnen befindlichen Gruppen unmerklich ſeyn muß. Indem alsdann die Lichttheilchen in die Gruppe hineindringen, und ihre Wirkung verſpüren, die wir für ſehr kräftig annehmen, werden ihre Anwandlungen weit kürzer werden, und weit raſcher auf einander folgen als da ſie ſich noch im umgebenden Mittel befanden. Es wird deshalb beim Anlangen an die zweite Oberfläche der Gruppe unter ihnen Molecule geben, welche ſich zur Zurückwerfung oder welche ſich zum Durchgehen disponirt finden. Diejenigen, welche wirklich die Zurückwerfung erfahren, werden die, jeder Gruppe eigenthümliche, Farbe bilden, deren Intenſität in vielen Fällen nur ſehr ſchwach ſeyn können wird, wegen der Anziehung, welche die umgebenden Gruppen in ſehr merklichem Grade äußern können. Uebrigens wird dieſe Farbe unter allen Einfallswinkeln die nämliche ſeyn, wenn, wie wir vorausſetzten, das Brechungsvermögen der Gruppe ſehr kräftig iſt, (welches nicht hindert, daß das Brechungsvermögen des ganzen Körpers ſehr ſchwach ſey), und wenn überdies das Licht nur nahe an ihrer Mitte hindurchzugehen vermag, indem das Durchgehen an den Seiten durch die Beugung, welche das Licht immer erfährt, wenn es nahe an den Enden der Körper hingeht, verhindert und abgelenkt wird. Der Antheil Lichts, der ſo durch eine erſte Gruppe hindurchgegangen iſt, ohne auf ihrer zweiten Oberfläche zurückgeworfen zu werden, wird nun ſeine Bahn weiter fortſetzen, bis er eine zweite Gruppe antrifft, welche gleiche Wirkungen auf ihn äußert. Wenn nun die erſte Gruppe noch nicht alle Stralen zurückgeworfen hat, die im einfallenden Lichte geeignet waren, ihre Farbe zuſammenzuſetzen, ſo wird die zweite Gruppe einen Theil der übrigen zurückwerfen u. ſ. f. von Gruppe zu Gruppe, bis die Geſammtheit der Stralen, welche dieſe Farbe im einfallenden Licht bilden können, vollſtändig erſchöpft iſt. Die Summe dieſer Zurückwerfungen wird ſomit die Geſammtfärbung des ganzen Körpers zuſammenſetzen, die daher an Intenſität mit der Dicke zunehmen wird, ſo lange als den Gruppen, welche das einfallende Licht zuletzt empfangen, noch etwas zurückzuwerfen übrig iſt. Und der Antheil dieſes Lichts, der von den ſucceſſiven Zurückwerfungen übrig gelaſſen wird, wird die, durch den Körper durchgehende, Farbe bilden.

Wenn die Erſcheinung rein auf die hier beſchriebene Weiſe vor ſich gienge, ſo müßte die eigenthümliche Farbe der Körper immer in aller Strenge eine der Nuancen der zurückgeworfenen Farbenringe zeigen, und die durchgehende Farbe genau die Ergänzungsfarbe von dieſer ſeyn. Selten aber findet eine ſo vollſtändige Uebereinkunft der eigenthümlichen Farbe mit einem der Ringe Statt, und noch ſeltener iſt die durchgehende Farbe die Ergänzungsfarbe der zurückgeworfenen. Man muß indeß berückſichtigen, daß das Licht ſelbſt durch die durchſichtigſten Körper nicht mit der vollkommenen Freiheit hindurchgeht, die wir unſeren Erörterungen zu Grunde legten; ein Theil wird immer durch den Körper verſchluckt, mag er ſich nun mit ſeinen materiellen Moleculen verbinden, oder durch ihre Wirkung ſo modificirt werden, daß er die Empfindung des Sehens nicht mehr in unſern Augen hervorzurufen vermag. Nun kann man ſich leicht überzeugen, daß dieſe verſchluckende Wirkung ſich auf die verſchiedenen einfachen Stralen mit ungleicher Stärke äußert, und daß jede Subſtanz ſich in dieſer Hinſicht eigenthümlich verhält, indem ſie theils im Allgemeinen mehr oder weniger Licht, theils vorzugsweiſe dieſe oder jene Stralen mehr als andere verſchluckt. Gießt man nämlich verſchieden gefärbte Flüſſigkeiten in kegelförmige Gläſer, und betrachtet ſie mittelſt durchgelaſſenen Lichts, ſo erſcheint die Farbe jeder derſelben faſt immer verſchieden, je nach der größeren oder geringeren Dicke, durch welche die Stralen hindurchgegangen ſind; und ſowohl die Fortſchritte der Verſchluckung (bei zunehmender Dicke), als auch die Reihefolge, in welcher die verſchiedenen Stralen ſucceſſiv verſchluckt werden, verhalten ſich im Allgemeinen verſchieden nach Verſchiedenheit der Flüſſigkeiten. Dieſe Urſache nun, indem ſie die Beſchaffenheit des durchgehenden Lichtes modificirt, muß ſein Verhältniß (als Ergänzungsfarbe) zur zurückgeworfenen Farbe nothwendigerweiſe faſt immer aufheben, und ſelbſt dieſe kann auch bis zu einem gewiſſen, obwohl unſtreitig nicht bis zum nämlichen Grade, durch eine ähnliche Urſache verändert werden, nämlich durch die Verſchluckung, welche die Stralen, aus denen ſie beſteht, bei dem Zurückkehren von der zweiten Oberfläche der Gruppen zu der der äußeren Oberfläche der Körper erfahren. Jedoch muß die geringe Ausdehnung dieſes Weges im Allgemeinen eine geringere Entartung der zurückgeworfenen Farben mit ſich bringen, als die durchgelaſſene erfährt; und in der That zeigt ſich ihr Verhältniß zu den zurückgeworfenen Ringen in einer ſehr großen Menge Fällen vollkommen deutlich, wovon man ſich ſowohl durch die Beſchaffenheit der beobachteten Farbe ſelbſt überzeugen kann, als durch die Beſchaffenheit derer, in welche ſie ausartet, wenn die Zuſammenſetzung oder innere Structur der Subſtanz langſame und fortſchreitende Veränderungen erfährt. Ich habe in meinem größeren Werke eine große Menge Beiſpiele dieſer Verhältniſſe angeführt, die theils von den Farbenveränderungen hergenommen ſind, welche ſich in den Körpern durch chemiſche Operationen hervorrufen laſſen, theils durch die Natur ſelbſt, mittelſt analoger Operationen in der Vegetation, von freien Stücken hervorgebracht werden.

Alle dieſe Beiſpiele weiſen auf das Deutlichſte nach, daß die eigenthümliche Farbe der Körper nur etwas Zufälliges iſt, abhängig von der Größe ihrer Theilchen, ſo wie ihrer Anordnung. Dies wird ins vollſte Licht durch folgende, von Thénard herrührende, Beobachtung geſetzt. Da dieſer geſchickte Chemiker zu ſieben bis acht wiederholten Malen Phosphor mit großer Sorgfalt, in der Abſicht, ihn möglichſt rein zu erhalten, deſtillirt hatte, fand er ihn durch dieſe Operationen zum Beſitz einer neuen und unerwarteten Eigenſchaft gelangt. Schmolz man ihn in warmem Waſſer, ſo ward er durchſichtig und gelblichweiß, wie man ihn gewöhnlich erhält. Ließ man ihn langſam erkalten, ſo erſtarrte er mit Beibehaltung dieſer Farbe, und blieb halbdurchſichtig; warf man ihn aber, während er geſchmolzen war, in kaltes Waſſer, und rührte ihn mit einem Glasſtäbchen um, um ihn recht ſchnell zu erkälten, ſo ward er plötzlich undurchſichtig und vollkommen ſchwarz. Und doch war in ſeiner Beſchaffenheit keine Veränderung vorgegangen; denn ließ man ihn abermals ſchmelzen, ſo nahm er ſeine Farbe und Durchſichtigkeit wieder an, und behielt ſie nach dem Feſtwerden, wenn man ihn langſam erkalten ließ, ſo daß ſich das nämliche Stück Phosphor nach Belieben ſucceſſiv gelb und ſchwarz, durchſichtig und undurchſichtig machen ließ. Dieſe Beobachtung zeigt wohl auf das Handgreiflichſte, daß Durchſichtigkeit und Undurchſichtigkeit, Färbung oder Farbloſigkeit nur Modificationen ſind, welche auf der Anordnung und den Dimenſionen der materiellen Gruppen, aus denen die Körper beſtehen, beruhen. Als Clement und ich dieſen Verſuch mit einer gewiſſen Quantität dieſes Phosphors, den wir von Thénard erhalten hatten, wiederholten, zeigte ſich uns eine Erſcheinung, welche dieſen Uebergang aus einem Zuſtand in den anderen noch auffallender macht. Nachdem wir unſern geſchmolzenen Phosphor in kaltes Waſſer geworfen hatten, blieb eine gewiſſe Anzahl Kügelchen, zehn oder zwölf vielleicht, nach verſchiedenen Seiten zerſtreut, ohne ihre Flüſſigkeit oder Durchſichtigkeit zu verlieren; wie es ſcheint, weil entweder wegen der geringen Kälte des Waſſers, oder wegen irgend einer anderen Urſache, ihre Molecule ſich allmälig wie vermöge eines langſamen Erkaltens anordneten. Berührte man aber eins derſelben nur mit dem Ende eines Glasſtäbchens, ſo bewirkte dieſe leichte Bewegung, oder vielleicht auch der bloße Erfolg der Anziehung der feſten Materie des Glaſes, ſogleich das Feſtwerden des Kügelchens, welches zugleich ganz ſchwarz ward. Dieſer Verſuch, ſucceſſiv an allen wiederholt, zeigte ſich ſtets von dem nämlichen Erfolg. Die geringſte Erſchütterung reichte alſo hier hin, die Theilchen zu veranlaſſen, ſich auf die eine oder andere Weiſe anzuordnen. Auf ähnliche Weiſe bewirkt, wenn das Waſſer um einige Grade unter den Punct des ſchmelzenden Eiſes erkältet worden iſt, ohne ſeine Flüſſigkeit verloren zu haben, das Hineinwerfen des kleinſten Eiskryſtalls, oder, wie ich glaube, ſelbſt jedes beliebigen kleinen feſten Körpers, der durch das noch flüſſige Waſſer genetzt zu werden vermag, augenblicklich das Gefrieren darin.

Ich will dies Kapitel mit einem Verſuch von Brewſter beſchließen, der mir vorzüglich geeignet ſcheint, den Einfluß zu beſtätigen, den die Anwendung der materiellen Theilchen unter ſehr vielen Umſtänden auf die Färbung zu äußern vermag. Jedermann kennt die lebhaften und glänzenden Farben der Perlmutter. Es ſcheint zwar, daß ſie dieſer Subſtanz eben ſo gut eigenthümlich angehören, als jedem andern Naturkörper die ſeinigen; deſſen ungeachtet haben ſie ihren Grund blos in der Beſchaffenheit der Oberfläche der Perlmutter und kleinen unbemerkbaren Furchen, welche auf derſelben befindlich ſind, ohne allen Bezug zur Beſchaffenheit ihrer Theilchen. Denn drückt man die Perlenmutter, wie ein Petſchaft, in recht feines ſchwarzes Wachs, in geſchmolzenes Darcetiſches Metallgemiſch, oder ſonſt einer Subſtanz, ab, welche den Abdruck ihrer gewellten Oberfläche aufzunehmen vermag, ſo erhalten alle dieſe Subſtanzen an ihren Oberflächen das nämliche Vermögen, als die Perlenmutter, und zeigen die nämlichen Farben.

Um dieſe Anzeigen über die Charaktere, welche die verſchiedenen Farben in der Reihe der Ringe unterſcheiden, zu vervollſtändigen, werde ich weiterhin einen Apparat beſchreiben, welcher geſtattet, ſie alle ſucceſſiv auf eine ausnehmend deutliche Weiſe, und auf einer ſehr ausgedehnten Stufenleiter wieder hervorzubringen. Man wird ſomit in dieſem Inſtrumente eine Farbenſcale (colorigrade) haben, mit welcher ſich auf genaue und vergleichbare Weiſe die Farben der Körper beſtimmen laſſen.

Neuntes Capitel.

Von der Rückkehr der, innerlich auf der zweiten Oberfläche dicker durchſichtiger Mittel zurückgeworfenen, Stralen.

Wenn ein Lichtſtral, nachdem er ſchief in eine Platte mit parallelen Flächen von irgend einer Dicke hineingedrungen iſt, an ihrer zweiten Oberfläche die ſpiegelnde Zurückwerfung erfährt, und ſeinen Weg zurücknimmt, um durch die erſte wieder auszutreten, ſo bringt die Gleichheit ſeines Laufs in der Platte vor und nach der Zurückwerfung gewiſſe Bedingungen mit ſich, von welchen die Möglichkeit oder Unmöglichkeit ſeines Austritts abhängt. Man kann dieſe Bedingungen auf abſtracte Weiſe nach den Charakteren, welche Newton den Anwandlungen beigelegt hat, feſtſtellen; und die ſo erhaltenen Reſultate mit der Erfahrung vergleichen.

Man findet hiedurch den Erfolg, den die Zurückwerfung auf die Anwandlungen äußert, Newtons Beſtimmungen gemäß beſtätiget, und vermag, durch Anwendung derſelben auf die dünnen Schichten mit faſt parallelen Flächen, in welchen ſich die Farbenringe bilden, zur klaren Entwickelung deſſen zu gelangen, was vor und nach der inneren Zurückwerfung, durch welche ſie hervorgebracht werden, darin vorgeht. Dieſe ins Feinere gehenden Unterſuchungen können indeß hier nur angedeutet werden, und ich muß diejenigen, welche ſich näher damit vertraut machen wollen, deshalb auf mein größeres Werk verweiſen.

Zehntes Capitel.

Erklärung der Farbenringe und Anwandlungen nach der Hypotheſe der Undulationen. Princip der Interferenzen.

Wenn das Licht wirklich ein ausgeſtralter Stoff iſt, ſo muß man die Anwandlungen als nothwendige Eigenſchaft deſſelben anerkennen, da ſie nur ein wörtlicher Ausdruck für die Abwechslungen der Zurückwerfung und des Durchgehens ſind, welche die Farbenringe darbieten. Legt man aber dem Lichte eine andere Grundbeſchaffenheit bei, ſo kann man auch dieſe Abwechslungen unter einem anderen Geſichtspuncte darſtellen.

Descartes und nach ihm Huyghens und viele andere Phyſiker haben die Urſache der Lichtempfindung in Undulationen (Wellenſchlägen) geſucht, die in einem ſehr elaſtiſchen Mittel vor ſich gehend und bis zu unſerm Auge fortgepflanzt, in dieſem den Sinneseindruck des Sehens erregten, eben ſo wie die, in der Luft erregten und bis zu unſerm Ohre fortgepflanzten, Undulationen in dieſem die Empfindung des Schalls hervorbringen. Dies Mittel, wenn wirklich ein ſolches vorhanden iſt, muß alle Himmelsräume erfüllen, weil durch dieſelben das Licht der Geſtirne zu unſern Augen gelangt; es muß ferner ſehr elaſtiſch ſeyn, da die Fortpflanzung des Lichts mit ſo ungeheurer Schnelligkeit erfolgt; und überdies kann ſeine Dichtigkeit nur unendlich gering ſeyn, da ſich aus den älteren und neueren aſtronomiſchen Beobachtungen nach den genaueſten Unterſuchungen keine merkliche Spur eines Widerſtandes in den Bewegungen der Planeten ergeben hat. Was das Verhalten dieſes Mittels zu den Körpern auf der Erde anlangt, ſo muß es, wie man ſieht, alle durchdringen, weil ſie ſämmtlich das Licht hindurch laſſen, wenn ſie hinlänglich verdünnt ſind, und durch ihre Berührung die innere Zurückwerfung deſſelben abändern. Seine Dichtigkeit darin muß ferner nach Beſchaffenheit der Subſtanzen verſchieden ſeyn, indem aus der ungleichen Brechung, welche die nämlichen Stralen durch verſchiedene Subſtanzen erfahren, erhellt, daß die Fortpflanzung derſelben darin mit ungleicher Geſchwindigkeit vor ſich geht. Welches aber müſſen die Verhältniſſe dieſer Dichtigkeiten für die verſchiedenen kryſtalliſirten und nicht kryſtalliſirten Subſtanzen ſeyn? Auf welche Weiſe wird der Lichtäther in jeder derſelben in dieſen Zuſtand gebracht und zurückgehalten? Wie vermag er darin eingeſchloſſen und feſtgehalten zu bleiben, ſo daß er ſich nicht nach Außen zu verbreiten vermag? Ferner, auf welche Weiſe vermag dies ſo wenig widerſtehende, ſo dünne, ſo unfühlbare, Mittel durch die Molecule der uns leuchtend erſcheinenden Körper erſchüttert zu werden? Dies ſind eben ſo viel Charaktere, deren genaue Kenntniß oder wenigſtens genaue Beſtimmung gar ſehr erforderlich ſeyn würde, um von ſicheren Vorſtellungen hinſichtlich der Bedingungen ausgehen zu können, nach welchen die Undulationen darin ſich bilden und fortpflanzen müſſen; allein bisher hat man hierüber noch keine klaren Beſtimmungen zu geben vermocht.

Wie dem auch ſey, wenn man ſich einen Körper mit dem Vermögen begabt denkt, eine augenblickliche Erſchütterung an irgend einem Puncte eines ſolchen Mittels hervorzurufen, welches zuerſt in ſeiner ganzen Ausdehnung von gleichförmiger Dichte angenommen wird, ſo wird ſich dieſe Erſchütterung darin kugelförmig nach den nämlichen Geſetzen als in der Luft fortpflanzen, mit Ausnahme der weit größeren Geſchwindigkeit, welche darin Statt finden muß. Jedes Molecul des erſchütterten Mittels wird alſo für ſeinen Theil erſchüttert werden, wenn die Reihe an daſſelbe kommt, und nachher in den Ruheſtand zurückkehren.

Wiederholen ſich dieſe Erſchütterungen an dem nämlichen Puncte, ſo wird daraus, eben wie in der Luft, eine Folge von Wellen hervorgehen, welche den Schallwellen analog ſind; und ſo wie man in dieſen periodiſche Abwechſelungen der Verdichtung und Verdünnung beobachtet, welche den Abwechſelungen des Hin- und Hergehens, worin die Schwingungen des ſchallenden Körpers beſtehen, entſprechen, ſo muß man ſich auch denken, daß die aufeinanderfolgenden und periodiſchen Vibrationen der Lichtkörper einen ähnlichen Erfolg in den Lichtwellen hervorzurufen vermögen: endlich, ſo wie die Aufeinanderfolge der Schallwellen, wenn ſie hinlänglich raſch geſchieht, in unſerm Ohre die Empfindung eines anhaltenden Tons hervorbringt, deſſen Beſchaffenheit von der Schnelligkeit der hin- und wiedergehenden Schwingungen und den Geſetzen der, dadurch in jeder Schallwelle hervorgerufenen, Verdichtung und Geſchwindigkeit abhängt; ſo werden, unter analogen Bedingungen, die Aetherwellen Empfindungen des Lichts in unſerm Auge hervorzurufen vermögen, und zwar Empfindungen, die ſich je nach der Verſchiedenheit dieſer Bedingungen unterſcheiden. Dies iſt der Grund der Farbenverſchiedenheiten. In dieſem Syſteme entſprechen die Längen der Lichtwellen den Anwandlungen Newtons, und zwar iſt ihre Länge, wie wir in der Folge ſehen werden, gerade das Vierfache: ihre Fortpflanzungsgeſchwindigkeit hängt, wie in der Luft, von dem Verhältniß der Spannkraft der Flüſſigkeit zu ihrer Dichtigkeit ab.

Wenn eine, in der Luft erregte, Schallwelle an die Oberfläche eines feſten Körpers antrifft, ſo bringt ihr Stoß in den Theilen dieſes Körpers eine, allerdings unmerkliche, aber doch wirkliche, Bewegung hervor, wodurch ſie zurückgeſandt wird. Iſt der Körper, anſtatt feſt zu ſeyn, eine Gasart, ſo hat die Zurückwerfung gleichfalls Statt, allein es entſteht in dem zurückwerfenden Gaſe eine merkliche Undulation, herrührend von dem Eindruck, den ſeine Oberfläche empfangen hat 1). Die Lichtundulationen müſſen alſo eine gleiche Wirkung her-

---

1) Man beobachtet dieſe Erſcheinung bei den Tönen, welche durch Orgelpfeifen hervorgebracht werden, in die man ſucceſſiv Gasſchichten von ungleicher Dichtigkeit, z. B. von atmoſphäriſcher Luft und von Waſſerſtoffgas treten läßt. Die Töne, welche man durch ein ſolches Syſtem zu erhalten vermag, ſind von Poiſſon berechnet worden, und das Geſetz ihrer Aufeinanderfolge hat ſich vollkommen in Uebereinſtimmung mit dem gezeigt, zu welchem mich unmittelbare Verſuche geführt hatten. Nach der nämlichen Theorie nun ergiebt ſich die Art und Weiſe, nach welcher die, in einer Flüſſigkeit erregten, Erſchütterungen ſich mittheilen, wenn ſie an eine andere, an die erſte angränzende, Flüſſigkeit gelangen.

vorrufen, wenn das Mittel, in welchem ſie ſich bewegen, von einem Körper begränzt wird, in welchem die Aetherflüſſigkeit eine andere Dichtigkeit hat; d. h. es wird eine zurückgeworfene und eine durchgehende Welle entſtehen müſſen. Dies der Grund der Zurückwerfung und der Brechung. Nach dieſem Syſteme müſſen die Intenſitäten der Stralen gemeſſen werden durch die lebendige Kraft der in Bewegung befindlichen Flüſſigkeit, d. h. durch das Product der Dichtigkeit der Flüſſigkeit in das Quadrat der Geſchwindigkeit, welche ihren Theilchen eigen iſt.

Um dieſe ſchon ſehr bemerkenswerthen Analogieen als gegründet nachzuweiſen, muß man den Folgerungen daraus durch die Berechnung weiter nachgehen: man muß nach dem Geſetze der Mechanik der Flüſſigkeiten beſtimmen, wie ſich die directen Wellen bei dem Uebergange aus einem Mittel in ein anderes brechen müſſen; in welchem Verhältniſſe der Brechungswinkel zu dem Einfallswinkel in den kryſtalliſirten und nicht kryſtalliſirten Subſtanzen ſteht, und welches der Werth dieſes Verhältniſſes für jeden einfachen Stral, je nach der Beſchaffenheit der ihm zukommenden Schwingungen iſt. Es iſt Poiſſon geglückt, die vollſtändige Löſung der beiden erſten Aufgaben zu erhalten, und ſeine Analyſe hat ihn ganz zu den nämlichen Geſetzen der Brechung geführt, welche die Erfahrung nachweiſt. Er hat ſelbſt die Erſcheinung der inneren Zurückwerfung an der Berührungsoberfläche ungleich brechender Mittel daraus hergeleitet; eine Erſcheinung, die man für unverträglich mit dem Undulationsſyſteme halten konnte, weil ſie zu erfordern ſcheint, daß die Undulationen, welche in einem erſten Mittel erregt worden ſind, darin zurückgeworfen werden, ohne einer anderen, mit der erſten in Berührung befindlichen, Flüſſigkeit eine Bewegung mitzutheilen. Durch die Analyſe von Poiſſon wird dieſe, dem Anſchein nach unlösbare, Schwierigkeit gehoben, indem er zeigt, daß das zweite Mittel in der That wirkliche Verdichtungen und Geſchwindigkeiten empfängt, die aber ſo klein ſind, und ſo ſchnell mit der Entfernung abnehmen, daß ſie in jeder, eine phyſiſche Schätzung noch zulaſſenden, Entfernung ſchon aufhören, merklich zu ſeyn. Dieſe nämliche Analyſe aber, welche das Verhalten der Lichtwellen allen ihren beſonderen Umſtänden nach mit ſolcher Genauigkeit und Vollſtändigkeit darſtellt, giebt keinen Erklärungsgrund für die Erſcheinung der Zerſtreuung; oder alles in ihr widerſpricht vielmehr einer ſolchen Erſcheinung, woraus gegen das Undulationsſyſtem ein neuer um ſo erheblicherer Einwurf zu entnehmen iſt, mit je mehr Schärfe und Vollſtändigkeit die Analyſe, welche dieſe Erſcheinung nicht unter ſich zu befaſſen vermag, geführt iſt. Poiſſon giebt bei Berechnung der Zurückwerfung noch einen anderen Umſtand an, auf den das Undula=

tionsſyſtem hinführt, und den die Erfahrung nicht nachweiſt; er bewirkt jedoch, daß der Mangel an Uebereinſtimmung in dieſer letztern Hinſicht verſchwinden könnte, wenn man den beſondern Zuſtand der beiden Mittel in den, nahe an ihrer gemeinſchaftlichen Oberfläche befindlichen, Schichten in Betracht zöge, ſo daß ſich hieraus kein poſitiver Einwurf ziehen läßt. Poiſſon hat dieſe Analyſe auch auf die Berechnung der, von einem homogenen Lichte gebildeten, Farbenringe angewandt, wobei er jeden derſelben nicht als durch Abwechſelungen der Zurückwerfung und des Durchgehens, welche das Licht auf der zweiten Oberfläche der dünnen Schicht erfährt, hervorgebracht anſahe, wie dies in dem Emanationsſyſteme geſchieht, ſondern durch die gleichzeitige Rückkehr der Wellen in das Auge, welche auf den beiden Oberflächen der dünnen Schicht in entgegengeſetzten Phaſen undulatoriſcher Bewegung zurückgeworfen werden, wovon wir ſogleich das Nähere ſehen werden, wenn wir auf die ſogenannten Erſcheinungen der Interferenz zu ſprechen kommen. Die Gränzen dieſes Werkes verſtatten mir nicht, mich ausführlicher über dieſe ſchöne Arbeit zu verbreiten; diejenigen indeß, die ſich näher damit bekannt machen wollen, werden einen, von dem Verfaſſer ſelbſt herrührenden, Auszug davon in Theil XXII. der Annales de Chimie et de Physique finden. In demſelben Bande ſind auch die Reſultate der Erörterungen enthalten, welche zwiſchen Poiſſon und Fresnel über den Geſichtspunct, aus dem das Undulationsſyſtem zu betrachten ſey, Statt gefunden haben, und die ich gleichfalls der Aufmerkſamkeit jener Leſer empfehle.

Wenn das Ohr zu gleicher Zeit zwei regelmäßige und anhaltende Töne vernimmt, ſo unterſcheidet es außer den beiden Tönen auch die Epochen, in welchen die gleichartigen Undulationen zugleich oder getrennt zu ihm gelangen (Siehe Theil II. Seite 28). Folgen die Perioden dieſer Wiederkehr ſehr ſchnell auf einander, ſo vernimmt man noch einen dritten Ton, deſſen Tonhöhe ſich nach den Epochen der Coincidenzen zum Voraus berechnen läßt; kehren aber die Coincidenzen ſeltener wieder, ſo daß das Ohr ſie einzeln zu unterſcheiden vermag, ſo hört man eine Reihe Schläge, die ſich mit größerer oder geringerer Schnelligkeit folgen. Die Vermiſchung zweier Stralen, welche unter zweckmäßig gewählten Umſtänden zugleich zu dem Auge gelangen, bringt eine Wirkung der nämlichen Art hervor, die ſchon von Grimaldi bemerkt worden war, von dem Doctor Young aber zuerſt in zahlreichen Anwendungen nachgewieſen wurde. Am deutlichſten läßt ſich dieſe Erſcheinung durch folgende, von Fresnel erdachte, Verfahrungsweiſe machen.

Man läßt in ein dunkles Zimmer einen Sonnenſtral fallen, der durch den Spiegel eines Helioſtats in unverrückbarer Richtung zurückgeworfen wird, ſo daß er ſeinen Weg durch eine Lupe von ſehr kurzer Brennweite zu nehmen genöthigt iſt, die ihn in ihrem Brennpuncte faſt in einen einzigen mathematiſchen Punct concentrirt. Indem alsdann die Stralen, aus welchen dieſes Bündel beſteht, von dieſem Puncte aus nach allen Richtungen divergiren, bilden ſie einen Kegel, der mit der Entfernung eine immer größere Oeffnung erhält. In dieſem Kegel bringt man in einem Abſtande von zwei bis drei Metern (von dem Vereinigungspuncte) zwei Metallſpiegel an, die unter einem ſehr kleinen Winkel gegen einander geneigt ſind, ſo daß ſie die Stralen unter faſt gleichen Einfallswinkeln empfangen; und betrachtet aus einer gewiſſen Entfernung das Bild des leuchtenden Punctes auf beiden Spiegeln zugleich. Man erblickt ſo zwei Bilder deſſelben, getrennt durch einen Winkelabſtand, welcher von der Neigung der beiden Spiegel, ihren Abſtänden von dem leuchtenden Puncte und der Entfernung, in welcher ſich der Beobachter befindet, abhängt. Außerdem aber — und dies iſt das Weſentliche bei der Erſcheinung — bemerkt man, wenn man das Auge mit einer Lupe von kurzer Brennweite bewaffnet, zwiſchen den Orten der beiden Bilder eine Reihe heller, unter einander paralleler, Streifen von verſchiedenen Farben, deren Richtung ſenkrecht auf die, beide Bilder verbindende, Linie iſt. Iſt das einfallende Licht einfach, ſo zeigen ſich die Streifen von der Farbe dieſes Lichtes, und durch dunkle Zwiſchenräume geſchieden. Ihre Richtung hängt nur von der Richtung der Spiegelebenen ab, nicht aber von irgend einem, durch die ſie begränzenden phyſiſchen Ränder geäußerten, Einfluß. Denn man kann jeden der Spiegel um ſich ſelbſt drehen, wodurch die Lage ſeiner Ränder geändert wird, ohne Veränderung des gemeinſchaftlichen Durchſchnittes der beiden Ebenen, und die Streifen bleiben wie vordem.

Der größeren Einfachheit halber wollen wir bei dem Falle ſtehen bleiben, wo das einfallende Licht homogen iſt; ein Fall, der ſich leicht an jeder Farbe verwirklichen läßt, indem man einen, durch den Helioſtat fixirten, Sonnenſtral durch das Prisma zerſetzt; der nämlichen Bedingung läßt ſich auch dadurch genügen, aber nur für das Roth, daß man die Streifen durch gewiſſe farbige Gläſer betrachtet, welche nur dieſe einzige Art Farben hindurchgehen laſſen. Betrachtet man nun irgend einen der, zwiſchen den beiden Bildern ſichtbaren, glänzenden Streifen, ſo kann man nach den Lagen der Lupe, der Spiegel und des Auges die Richtung und den Gang der Lichtſtralen berechnen, welche dieſen Streifen bilden, und ſowohl von dem einen als von dem anderen Spiegel herkommen. Durch dieſe Berechnung nun kommt man zu folgenden Reſultaten: 1) Die Mitte des, zwiſchen den beiden Lichtpuncten begriffenen, Raumes nimmt ein glänzender Streifen ein, gebildet von Stralen, deren Wege vom Lichtpuncte bis zum Auge von gleicher Länge ſind, ſo daß der Unterſchied dieſer Wege gleich null iſt. 2) Der erſte glänzende Streifen, rechts und links von dieſem, wird durch Stralen gebildet, deren Wegesunterſchied beſtändig und von einer gewiſſen Größe, die ich durch l bezeichnen will, iſt. 3) Der zweite glänzende Streifen wird durch Stralen hervorgebracht, deren Unterſchied gleich 2 l iſt. 4) Im Allgemeinen iſt der Unterſchied der Wege für jeden glänzenden Streifen eines der Glieder der Reihe 0, l, 2 l, 3 l, 4 l ... u. ſ. w. 5) Die dunklen Streifen, welche zwiſchen den vorigen liegen, entſprechen den Unterſchieden im Wege, welche zum Ausdruck haben $\frac{1}{2}$ l, $\frac{3}{2}$ l, $\frac{5}{2}$ l ... u. ſ. w. 6) Der Zahlwerth von l endlich iſt genau das Vierfache der Länge, welche Newton den Anwandlungen beilegt, für die Art einfachen Lichtes, an welchem man die Beobachtung anſtellt.

Die Analogie dieſer Geſetze mit denen der Ringe fällt von ſelbſt in die Augen. Folgendes iſt die Erklärung, die man nach dem Undulationsſyſteme davon giebt: Der Zwiſchenraum l iſt genau gleich der Länge einer Lichtwelle, d. h. gleich dem Abſtande der Punkte des Aethers, welche in der Aufeinanderfolge der Wellen ſich in dem nämlichen Augenblicke in gleicher Bewegung und gleichem Zuſtande befinden. Wenn die Wege der beiden interferirenden Stralen genau um die Hälfte dieſer Länge an dem Orte, wo ſie ſich kreuzen, unterſchieden ſind, ſo verhalten ſich ihre Bewegungen und Zuſtände daſelbſt gerade entgegengeſetzt, während die Phaſen dieſer Zuſtände einander ganz gleich ſind. Ferner gehen die Bewegungen, welche von dieſen partiellen Undulationen hervorgebracht werden, faſt nach der nämlichen Richtung vor ſich, wegen der geringen Neigung, welche die beiden Stralen gegen einander haben. Auf dieſe Weiſe ziehen ſich die Bewegungen, die ſie hervorzubringen ſtreben, von einander ab, und heben ſich, da ſie genau gleich ſind, einander wechſelſeitig auf, ſo daß der Punct des Aethers, wo dieſe Erſcheinung Statt hat, gar nicht erſchüttert wird. Das, an dieſem Punct befindliche, Auge kann alſo keine Lichtwahrnehmung erhalten. Das nämliche Reſultat muß an allen Puncten des Raumes Statt haben, wo die Verſchiedenheit der Wege der interferirenden Stralen $\frac{1}{2}$ l, $\frac{3}{2}$ l, $\frac{5}{2}$ l .... beträgt, weil ſie gleicherweiſe in gerade entgegengeſetzten Zuſtänden dahin gelangen. Was dagegen die glänzenden Streifen betrifft, wo die Verſchiedenheit der Wege l, 2 l, 4 l .... u. ſ. w. beträgt, ſo langen die Stralen, durch welche ſie gebildet werden, in ganz gleichen Phaſen der Bewegung und des Zuſtandes an. Mithin addiren ſich die dadurch hervorgebrachten Bewegungen zu einander, und geben die Erſcheinung des Lichtes. Dieſe Anſicht eines Zuſammentreffens der Lichtwellen und der daraus hervorgehenden Abwechſelungen von Schatten und Licht iſt von Young das Princip der Interferenz genannt worden.

Die Erſcheinung der Abwechſelungen von Schatten und Licht iſt gewiß; wäre ſie blos nach dem Undulationsſyſteme möglich, ſo würde dies Syſtem dadurch begründet und das Emanationsſyſtem widerlegt ſeyn. Jedoch ſcheint ſie mir keinesweges einen ſo entſcheidenden Charakter an ſich zu tragen, als zur Erkenntniß der Wahrheit wohl wünſchenswerth ſeyn möchte, zu Gunſten welches Syſtemes auch die Entſcheidung ausfiele. Man kann, ohne eine Regel der Logik zu verletzen, auch das Princip der Interferenzen in dem Emanationsſyſteme ſtatthaft finden, wenn man das dadurch ausgedrückte Reſultat zu einer Bedingung der Sichtbarkeit macht.

In der That liegt in der Erſcheinung der Streifen kein Beweis, daß die Lichtſtralen unter gewiſſen Umſtänden phyſiſch auf einander einwirken; vielmehr erkennen wir blos daraus, daß das Auge die Empfindung des Lichtes hat oder nicht hat, wenn es ſich an dem Puncte befindet, wo die Stralen mit dieſen Umſtänden zuſammentreffen; ſo wie ſich auch daraus ergiebt, daß eine dahin gebrachte matte Oberfläche, von fern betrachtet, glänzend oder dunkel erſcheint. Was nun den erſten Fall betrifft, ſo iſt möglich, daß das Sehen aufhört, wenn die Netzhaut gleichzeitig Stralen empfängt, die ſich in entgegengeſetzten Phaſen ihrer Anwandlungen befinden; und den zweiten anlangend, ſo leuchtet ein, daß, wenn ſolche Stralen zuſammen auf eine matte Oberfläche treffen, und dann durch Stralung nach allen Seiten zerſtreut werden, ſie, weil ſie von jedem Puncte dieſer Oberfläche bis zum Auge die nämlichen Wege zu durchlaufen haben, beim Anlangen an die Netzhaut noch das nämliche Verhältniß der Phaſen behalten werden, welches ſie beim Anlangen an die zurückwerfende Oberfläche hatten; ſo daß, wenn ſie ſich hier in einem entgegengeſetzten Zuſtande der Anwandlung befanden, ihre Entgegenſetzung auch beim Anlangen an die Netzhaut noch die nämliche ſeyn, und mithin kein Sehen Statt haben wird. Ich behaupte nicht, daß dieſe Erklärung in ſich ſelbſt gewiß und nothwendig ſey; ſie wird eins und das andere, wenn das Licht wirklich ein Stoff iſt, weil ſie nur die Uebertragung der Erſcheinung in Worte iſt; es reicht aber ſchon hin, daß ſie nur keinen phyſiſchen Widerſpruch enthalte, um in der Erſcheinung, auf welche ſie ſich bezieht, keinen entſcheidenden Gegengrund gegen das Emanationsſyſtem mehr finden zu können.

Der Dr. Young hat das Princip der Interferenzen auch zur Erklärung der Farbenringe, welche von dünnen Schichten theils zurückgeworfen, theils durchgelaſſen werden, angewandt. Nach dieſem Phyſiker interferirt, wenn man eine ſolche Schicht durch Zurückwerfung betrachtet, das, von der erſten Oberfläche zurückgeworfene, Licht in dem Auge mit dem, von der zweiten Oberfläche zurückgeworfenen. Dieſe Interferenz bringt alſo die Empfindung des Lichtes hervor oder nicht, je nachdem die beiden Stralen durch die Verſchiedenheit der von ihnen durchlaufenen Bahnen in gleichartige oder entgegengeſetzte Phaſen der Undulation kommen. Hier aber iſt an dem Puncte, wo die Dicke der Schicht null iſt, auch der Unterſchied der Wege null, mithin müßte ſich hier ein glänzender Fleck zeigen, da ſich doch ein ſchwarzer Fleck bildet. Deßhalb ſtellt der Dr. Young für dieſen Fall einen neuen Grundſatz auf; nämlich, daß die Zurückwerfung in der dünnen Schicht den Stralen ein Intervall ½l, genau gleich der halben Länge einer Welle, verlieren läßt. Vermöge dieſer Modification erlangen die beiden Stralen, welche von den beiden Oberflächen der dünnen Schicht zurückgeworfen werden, an der Stelle, wo die Dicke null iſt, entgegengeſetzte Dispoſitionen, und bringen mithin, wenn ſie in dem Auge zuſammen anlangen, keine Lichtempfindung hervor; worauf dann für die anderen Dicken in der Umgebung das Geſetz der Periodicität der Undulationen die Periodicität der hellen und der dunklen Ringe bedingt. Dies Geſetz, ſo modificirt, genügt den Meſſungen der Farbenringe, die unter ſenkrechtem Einfallen beobachtet werden; ſtimmt aber hinſichtlich der ſchiefen Incidenzen nicht ganz mit den, von Newton gefundenen, Geſetzen überein. Der Unterſchied zeigt ſich bei den ſchiefſten Einfallswinkeln. Auch führt dies Geſetz, hinſichtlich der Intenſität der Ringe, einige Schwierigkeiten mit ſich, welche die relativen Verhältniſſe der beiden Antheile Lichts, die durch ihre Interferenz die Ringe bilden, betreffen. Sehr intereſſante Erörterungen, zu welchen dieſer Gegenſtand zwiſchen Poiſſon und Fresnel Anlaß gegeben hat, findet man in Theil XXII. und XXIII. der Annales de Chimie et de Physique.

Wir ſprachen bisher nur von den Ringen, welche durch Zurückwerfung beobachtet werden; die durchgelaſſenen entſtehen nach dem Undulationsſyſteme durch Interferenz der direct durchgehenden Stralen mit denen, die ein erſtes Mal von der zweiten Oberfläche der dünnen Schicht zurückgeworfen, und dann noch einmal von der erſten zurückgeworfen werden, wenn ſie an dieſelbe zurückgelangt ſind, von wo ſie das Auge ohne anderweite Modification empfängt. In dieſem Falle giebt der Punct der dünnen Schicht, wo die Dicke null iſt, einen weißen Fleck, in Uebereinſtimmung mit der Erfahrung, und man hat ſomit keine beſtändige Größe hinzuzufügen, wie bei den zurückgeworfenen Ringen; das Abziehen oder Zuſetzen einer beſtändigen Größe iſt aber in vielen anderen Fällen erforderlich. Woraus erhellt, daß der Grundſatz, von welchem hier die Erſcheinungen abhängig gemacht werden, im Grunde nur ihre Periodicität erklärt und ausdrückt.

Nach dieſem Syſteme zeigen die Dicken, in welchen die Ringe ſich bilden, die Länge der Undulationen in jeder Subſtanz an. Nun muß für eine und dieſelbe Schwingungsart des leuchtenden Körpers die Länge der Wellen gleich dem Wege ſeyn, den das Licht während der Dauer dieſer Schwingung durchläuft. Weil man nun die Wellen in den ſtärker brechenden Subſtanzen kürzer findet, ſo muß die Geſchwindigkeit des Durchgehens darin nach demſelben Geſetze geringer ſeyn, d. h. ſich umgekehrt, wie ihr Brechungsverhältniß, verhalten.

Betrachtet man die Abwechſelungen von Schatten und Licht als hervorgebracht durch das Aufeinanderfallen von Lichtwellen gleicher oder verſchiedener Art, ſo erhält dieſe Erſcheinung eine phyſiſche Bedeutung, und auf ſolche Weiſe hat Young das Princip der Interferenzen zuerſt dargeſtellt; man kann es indeß, wie er ſelbſt gethan, von jeder fremdartigen Betrachtung entkleiden, und als ein Erfahrungsgeſetz aufſtellen; wo es dann in folgendem Satze enthalten iſt.

1) Wenn zwei gleiche Antheile Licht, die ſich unter ganz gleichen Umſtänden befinden, getrennt wurden, (nachdem ſie von derſelben Quelle ausgegangen), und wiederum ziemlich in einer und derſelben Richtung zuſammenfallen, ſo addiren ſich die Wirkungen, die ſie einzeln in der Sinneswahrnehmung hervorbringen würden, zu einander, oder heben ſich wechſelſeitig auf, je nachdem der Unterſchied der Zeiten, die ſie zu der Vollbringung ihrer geſonderten Wege gebraucht haben, ein gerades oder ungerades Vielfache eines gewiſſen Halb-Intervalls iſt, welches für die verſchiedenen Farben verſchieden, beſtändig aber für jede Art einfachen Lichtes, iſt.

2) Bei Anwendung dieſes Geſetzes auf verſchiedene Mittel müſſen die Geſchwindigkeiten des Lichtes den Brechungsverhältniſſen der Mittel für umgekehrt proportional angenommen werden, ſo daß die Stralen ſich, in Folge dieſer Verhältniſſe, langſamer in den dichteren und ſchneller in den dünneren Mitteln bewegen.

3) Bei der Zurückwerfung von der Oberfläche eines dünnern Mittels, von einigen Metallen und unter

mehrern andern Umſtänden geht ein halbes Intervall verloren.

4) Endlich kann man noch hinzufügen, daß die Längen dieſer Intervalle immer das Vierfache von den Längen ſind, welche Newton den Anwandlungen der nämlichen Farben beilegt.

Um ein Beiſpiel von dieſen Geſetzen zu geben, wollen wir annehmen, daß, wenn zwei einfache homogene Stralen im Verſuche mit den beiden Spiegeln interferiren und Streifen bilden, man auf dem Wege eines dieſer Stralen eine ganz dünne Glasplatte anbringt, durch welche derſelbe allein hindurchgeht. Zufolge der zweiten Bedingung wird ſein Gang in der Glasplatte nach dem Verhältniß des Brechungsverhältniſſes minder raſch als in der Luft ſeyn. Wenn er alſo nach ſeinem Austritte aus der Platte und bei weiterer Fortſetzung ſeiner Bahn mit dem Stral zuſammentrifft, mit welchem er interferirte, ſo werden ihre beiderſeitigen Intervalle nun in einem andern Verhältniß zu einander ſtehen, als vorher, und um auf das nämliche Verhältniß zurückzukommen, wird man einen andern Stral betrachten müſſen, der eine ſolche Richtung hat, daß ſeine Verzögerung in der Glasplatte durch die Verkürzung des Weges, den er bei ſeiner neuen Richtung zu durchlaufen hat, compenſirt wird; mithin wird die Stelle, welche die Farbenſtreifen vor der Zwiſcheneinbringung der Glasplatte einnahmen, verrückt werden, und zwar um eine Weite, welche ſich nach der Dicke der Platte und ihrem Brechungsverhältniß berechnen läßt; und in der That zeigt ſich hiemit die Beobachtung in unglaublich genauer Übereinſtimmung, wie Arago beobachtet hat, von welchem dieſer Verſuch herrührt.

Offenbar wird man hienach aus der Beobachtung der Verrückung, welche die Streifen ſo durch eine gegebene Platte erfahren, eine Beobachtung, welche eine ausnehmende Genauigkeit zuläßt, das Brechungsverhältniß der Platte herleiten können. Auch wird ſich das Brechungsvermögen verſchiedener Subſtanzen mittelſt dieſes Verfahrens mit einander vergleichen laſſen, indem man gleiche oder ungleiche Platten von jeder derſelben auf der Richtung der beiden interferirenden Stralen anbringt. Arago und Fresnel haben dieſe Methode verſucht, und ſie ſo genau gefunden, daß ſie noch Verſchiedenheiten im Brechungsvermögen zu erkennen gab, die durch kein anderes Mittel wahrnehmbar gemacht zu werden vermochten.

Eilftes Capitel.

Ueber die Beugung des Lichts.

Die Beugung oder Diffraction iſt eine Modification, welche die Lichtſtralen erfahren, wenn ſie nahe an den Enden der Körper vorbeigehn; ſie werden nämlich hier gebogen und von ihrer geraden Bahn abgelenkt und zwar ungleich je nach ihrer verſchiedenen Brechbarkeit. Dieſe Erſcheinung läßt ſich durch folgenden Verſuch zum Augenſchein bringen. Man laſſe in das dunkle Zimmer einen Sonnenſtral fallen, der in unveränderlicher Richtung horizontal durch einen Helioſtat zurückgeworfen wird, und fange ihn ſenkrecht auf einer weißen, verticalen, vom Fenſter ungefähr 3 bis 4 Meter entfernten, Tafel auf. Wenn unter dieſen Umſtänden das Loch, durch welches der Stral eintritt, kreisförmig iſt, und wenigſtens einen Millimeter im Durchmeſſer hat, ſo wird man keine merkliche Störung in der Weiſe des, auf die Tafel projicirten, kreisförmigen Sonnenbildes wahrnehmen. Nun aber bringe man in die Axe des Lichtſtrals, in zwei bis drei Meter Entfernung vom Fenſter, eine runde Metallplatte, in die mittelſt einer ganz feinen Nadel ein kleines Loch gebohrt iſt, und welche allem andern Licht den Weg verſperrt, außer demjenigen, welches durch dieſes Loch hindurchgeht. Fängt man nun dieſes letztre auf der nämlichen weißen Tafel, oder beſſer noch auf einer Glasplatte auf, die auf einer Seite leicht mattgeſchliffen, in die nämliche Entfernung geſtellt iſt, und hinter welche das Auge gebracht wird, ſo wird man nicht mehr blos einen einzigen und kreisförmigen Fleck von weißem Licht erblicken; ſondern dieſer Fleck wird von mehrern farbigen, mit ihm concentriſchen, Ringen umgeben ſeyn, deren Geſammtausdehnung bei weitem mehr betragen wird, als der Fleck hätte ſeyn können, wenn die Stralen, durch welche er gebildet wird, ihre geradlinige Richtung verfolgt hätten; denn zufolge der von uns getroffenen Anordnungen machen dieſelben nur unbedeutend kleine Winkel mit einander. Man muß alſo ſchließen, daß ſie beim Durchgang durch das kleine Loch eine Modification erfahren haben, durch welche ſie in einen Kegel von einer weit größern Oeffnung, oder vielmehr in mehrere Kegel, je nach ihrer verſchiedenen Brechbarkeit, ausgebreitet worden ſind. Und, zum Beweiſe, daß die Beugung im Loch ſelbſt, oder in einer, faſt unmerklichen, Weite davon vorgegangen iſt, braucht man nur das mattgeſchliffene Glas, auf welches man die Ringe fallen ließ, demſelben allmälig zu nähern; man wird ſie ſich dabei immer mehr verengern und zuſammendrängen ſehen, als wenn die Kegel, durch welche ſie gebildet werden, vom Loch ausgiengen. Und daß die Strahlen, ſchon wenn ſie ſich auf ganz geringe Weite vom Loch entfernt haben, zur vollen Beugung gelangt ſind, die ſie anzunehmen haben, zeigt ſich daraus, daß, wenn man das Auge ganz nahe an das Loch bringt und hindurchſieht, man die erſte Oeffnung mit eben ſolchen Farbenſäumen eingefaßt erblickt, welche nichts anders ſind als die Bilder, die das Auge durch die zu ihm gelangenden gebeugten Strahlen empfängt. Iſt ferner das Loch nur im Geringſten unregelmäßig gebohrt, ſo daß kleine Zacken an den Rändern zurückgeblieben ſind, ſo wird man dieſe Metalltheilchen in mannichfaltigen Farben glänzen ſehen, herrührend von den ungleichen Beugungen, die den verſchiedenen Lichtſtralen dadurch eingeprägt werden.

Man bringe jetzt das mattgeſchliffene Glas wieder in eine hinlängliche Weite vom Loch, daß die Ringe recht merklich erſcheinen, und unterſuche aufmerkſam die Reihenfolge ihrer Farben. Man wird finden, daß ſich in jedem Ringe das Blau und das Violet inwendig, das Orange und das Roth auswendig befinden, gerade wie in den, zwiſchen zwei ſphäriſchen Objectivgläſern zurückgeworfenen, Ringen; ſo daß alſo die nämlichen Lichtmolecule, deren Zurückwerfung dort in den Ringen jeder Ordnung in den größern Dicken erfolgte, zugleich die ſind, welche hier, bei gleichem Abſtande von der Mitte des Bildes, ſtärkere Ablenkungen erfahren.

Um dieſe Analogie näher zu unterſuchen, muß man, nach Newtons Vorgange, den Sonnenſtral mittelſt eines Prisma's brechen, und ſucceſſive die verſchiedenen einfachen Stralen auf das kleine Loch fallen laſſen, und zwar ſo, daß ſie immer ſenkrecht auf die Platte bleiben, in welche das Loch gebohrt iſt. Dann zeigen ſich nur noch Ringe, welche von je einer dieſer Farben gebildet ſind, getrennt durch ganz ſchwarze Zwiſchenräume. Es ergiebt ſich hieraus, daß die Beugung nicht allein jede Art einfachen Lichts ablenkt, ſondern auch verſchiedene, nicht in einander übergehende, Grade dieſer Ablenkung Statt finden; ſo daß jede, durch Wirkung des kleinen Lochs abgelenkte, Art von Licht zum Theil auf den erſten, auf den zweiten, auf den dritten, dieſer Farbe zukommenden, Ring fällt, nie aber auf die Zwiſchenräume, durch welche dieſelben geſchieden werden. Hierin hat man wiederum eine Analogie mit den periodiſchen Unterbrechungen, welche ſich in der Zurückwerfung in dünnen wie in dicken Schichten zeigen; und wie hier beobachtet man auch bei den, durch Beugung entſtandenen, Ringen, daß die einfachen blauen Ringe größer als die violetten ſind, die grünen größer als die blauen, u. ſ. f. bis zum Roth, welches die größten Ringe bildet.

Weiterhin werde ich die Größenverhältniſſe dieſer Ringe für die verſchiedenen Ordnungen und verſchiedenen Farben angeben; aber ſchon das bisher Angeführte reicht hin, uns zu lehren, wie wir die Erſcheinungen abändern können. Denn ſo wie die capillare Wirkung, welche vom innern Umfang kreisförmiger Röhren geäußert wird, auch an den innern Oberflächen jedweder andern Röhren, welcher Geſtalt ſie immer ſeyn mögen, hervortritt, wegen der kleinen Weite, worauf ſie merklich iſt, ſo muß auch die beugende Wirkung, welche vom Perimeter eines runden Loches auf die ganz nahe an ſeinen Rändern vorbeigehenden Molecule geäußert wird, nach gleichen Geſetzen, obwohl vielleicht in ungleicher Stärke, an allen Enden der Körper hervortreten und ſich äußern, durch welche geraden oder krummen Linien dieſelben auch begränzt ſeyn mögen: und in der That bilden ſich ſtets um dieſe Linien Säume von Licht, deren Farben die nämliche Anordnung zeigen, die wir ſo eben an den Ringen beobachteten, welche durch Beugung des Lichts mittelſt der Ränder eines runden Lochs entſtehen.

Wir wollen z. B. zwei gleichbeſchaffene Platten einander ſo gegenüber ſtellen, daß ihre geradlinigen zugeſchärften Ränder in einer geringen Entfernung von einander parallel laufen, und, um in ihrem Abſtand auch noch ganz kleine Veränderungen bringen zu können, die eine dieſer Platten unbeweglich einrichten, die andre aber auf einem, durch eine Schraube beweglichen, Rahmen anbringen, ſo daß ſie der erſten Platte gradweiſe angenähert werden kann, wie der bewegliche Faden eines Mikrometers ſich gradweiſe den feſten Fäden annähern läßt. Man wird auf ſolche Art den, in Fig. 4, Taf. XVIII vorgeſtellten von 's Graveſande erfundnen, Apparat erhalten. Dieſen nun ſubſtituire man den einfachen, mit einem runden Loch durchbrochenen, Platten, deren wir uns zuerſt bedient hatten, und laſſe ebenfalls ſenkrecht zwiſchen die ſcharfen Ränder der Platten die der Axe zunächſt liegenden Stralen eines zuſammengeſetzten Lichtbündels einfallen. Entfernt man dann die Ränder auf eine große Weite, z. B. auf zehn bis zwölf Millimeter, von einander; während der Abſtand der Tafel oder des mattgeſchliffenen Glaſes, auf welchem man die Bilder auffängt, noch der nämliche bleibt, wie wir ihn anfangs vorausſetzten, ſo wird man im hindurchgegangenen Bündel keine merklichen Spuren von Färbung wahrnehmen, und es wird vielmehr auf der Tafel blos ein weißes rechteckiges Bild, von der Geſtalt des Zwiſchenraums beider Platten, entſtehen. Nähert man dieſe einander aber allmälig und ſo, daß ſie parallel bleiben, ſo wird man die Längenſeiten des Bildes ſich nach Innen mit mehrern ganz feinen weißen Linien ſäumen ſehn, welche heller ſind, als der übrige Theil; bei noch weiterer Annäherung der Platten werden dieſe hellen Linien zu farbigen Säumen, die von einander geſchieden ſind, und nach beiden Schattenſeiten in große Weiten zurücktreten, wobei ſie noch ein weißes rechteckiges Bild zwiſchen ſich laſſen, welches breiter iſt als zuvor. Unterſucht man die Farben dieſer Säume, wenn ſie recht deutlich hervorgetreten ſind, ſo wird man genau die nämliche Reihenfolge derſelben wahrnehmen, die ſich in den kreisförmigen Ringen zeigte; d. h. das Violet wird inwendig, das Roth auswendig, und die zwiſchenliegenden Farben in den Zwiſchenlinien jedes Streifens enthalten ſeyn. Nähert man jetzt die Platten einander noch mehr, ſo wird man die Säume immer mehr in den Schatten zurückweichen ſehen; zum Zeichen, daß die Beugungen, durch welche dieſelben hervorgebracht werden, immer mehr zunehmen; eine Zunahme, die ſo lange, als die ſcharfen Ränder einander näher rücken, fort geht.

Bei dieſer Darſtellung iſt vorausgeſetzt, daß die entgegengeſetzten Ränder der Platten beſtändig parallel zu einander bleiben. Wenn der Rahmen, welcher die eine Platte fortbewegt, dieſer Bedingung nicht Genüge leiſtet, ſo ſtellen ſich die Säume nicht mehr als parallele Streifen dar, ſondern nehmen je nach der Richtung der ſcharfen Ränder, durch welche ſie hervorgebracht werden, eine trapezoidiſche Form an, Fig. 5 Taf. XVIII, indem ſie breiter auf der Seite werden, wo die Platten einander näher ſind, ſchmäler da, wo ſie weiter von einander ſtehen. Um dieſe verſchiedenen Grade der Neigung beliebig ins Werk ſetzen zu können, ertheilt man der befeſtigten Platte eine Drehungsbewegung mit ſtarker Reibung um einen ihrer Puncte, wie C, Fig. 6 Taf. XVIII, mittelſt eines metallnen (als Axe dienenden) Stabes, der an ihrem Träger befeſtigt iſt, und an dieſem Puncte durch ſie hindurchgeht. Dadurch, daß man auf das Schwanzſtück M der Platte drückt, oder es durch eine Schraube in Bewegung ſetzt, vermag man dem ſcharfen Rande die bezweckte Schiefe zu ertheilen, ſo wie ſich eben dadurch auch der vollkommene Parallelismus bewerkſtelligen läßt; denn bringt man die bewegliche Platte L erſt zur Berührung mit der andern L′, der eine hinreichende Beweglichkeit um die Axe C verſtattet ſeyn muß, um leicht gedreht werden zu können, ſo werden die beiden ſcharfen Ränder ſich nothwendig in ihrer ganzen Ausdehnung an einander legen; und befeſtigt man L′ in dieſer Lage, bewegt alsdann die Platte L mittelſt der dazu beſtimmten Schraube zurück, ſo wird ſie noch mit L′ parallel bleiben; wovon man ſich durch den Parallelismus der Säume ſelbſt überzeugen kann, der in dieſer Hinſicht ein ſehr empfindliches Merkzeichen abgiebt. Man muß ſich indeß in Acht nehmen, wenn man die ſcharfen Ränder in Berührung mit einander bringt, ſie nicht durch die bewegliche Schraube ſtark gegen einander zu drücken, denn wenn ſie ſehr dünn ſind, wie der Fall ſeyn muß, damit ihre Schneide recht geradlinig ſey, ſo würde hiedurch eine Verunſtaltung ihrer Ränder und in Folge deſſen eine unregelmäßige Geſtalt der Säume entſtehen.

Wenn man die ſcharfen Ränder parallel macht, und das mattgeſchliffene Glas in Verhältniß zu ihrem gegenſeitigen Abſtande in große Entfernung bringt, ſo daß die Zahl der Säume bei weiterer Entfernung deſſelben nicht zunimmt, ſo gelangt man zu folgendem bemerkenswerthen Reſultate, welches wir, *Pouillet* und ich, mittelſt einer großen Anzahl von Verſuchen feſtgeſtellt haben: *die Ablenkungen, welche jede Art von Lichtmoleculen in irgend einem Mittel unter ſenkrechtem Einfallen und bei einem gegebenen Abſtande der ſcharfen Ränder von einander erfährt, werden durch die Längen der Anwandlungen der Lichtmolecule in dieſem Mittel beſtimmt, und ſind ihnen proportional.* Woraus folgt, daß ſie ſich je nach den Mitteln ändern, wie die Anwandlungen ſelbſt, d. h. im umgekehrten Verhältniſſe der Brechungsverhältniſſe ſtehen. Die Fig. 7 und 8 auf Taf. XVIII ſtellen die Verhältniſſe und Anordnung der parallelen Säume dar, wie ſich ihre Conſtruction nach dem vorigen Geſetze für verſchiedene Arten einfacher Farben ergiebt.

Entfernt man die beiden Ränder, zwiſchen welche das Licht hindurchgeht, immer mehr von einander, ſo ziehen ſich die Säume immer mehr ins Enge, bis zu einer gewiſſen Gränze, nach welcher ihre Ablenkung beſtändig bleibt, ſelbſt wenn der andre Rand ganz entfernt wird. Dies zeigt, daß ein einziger Rand noch Säume in dem, bei ihm vorbeigehenden, Licht hervorzubringen vermag; woraus zu ſchließen iſt, daß alle Enden der Korper, welche das Mittel, in dem ſich das Licht bewegt, begränzen, der nämlichen Wirkung fähig ſind. In der That findet man, wenn man einen einfachen Lichtſtral in ein dunkles Zimmer fallen läßt und in großer Entfernung auf einem mattgeſchliffenen Glaſe auffängt, daß die Enden aller Körper, bei welchen dieſer Lichtſtral vorbeigeht, ſich ſo geſäumt zeigen, wie zwei ſehr entfernte ſcharfe Ränder, die dem Lichtſtral ſenkrecht ausgeſetzt wären. Die Hinzufügung dieſer letzteren Bedingung iſt weſentlich, wenn der Ausſpruch ſeine Schärfe haben ſoll; denn es laſſen ſich ſehr breite Säume zwiſchen zwei entfernten ſcharfen Rändern beobachten, wenn man ihnen eine große Neigung gegen das einfallende Licht giebt; und aus demſelben Grunde bilden ſich auch ſolche Säume bei der Zurückwerfung, wenn der einfallende Stral die Ränder der Oberflächen unter einer ſehr großen Schiefe ſtreift.

Werden die Säume blos durch einen einzigen Körper gebildet und hat dieſer hinlänglich kleine Dimenſionen, daß das Lichtbündel ihn ganz einhüllt und zu ſeinen beiden entgegengeſetzten Seiten hervortritt, ſo entſtehn durch den gleichzeitigen Einfluß dieſer Ränder neue Erſcheinungen, die in einem um ſo geringern Abſtande bemerklich werden, je dünner der intercipirte Theil des Bündels iſt. Um von einer feſten Vorſtellung auszugehen, wollen wir annehmen, der Körper ſey ein kleiner undurchſichtiger rechteckiger Streifen von blos einigen Millimetern Breite. Dann erblickt man außer den äußern Säumen, die ſich zu beiden Seiten nach dem Lichte zu bilden, wie ſie ſich auch bilden würden, wenn der Körper irgend eine größere Breite hätte, andre Säume innerhalb des Schattens. Wenn das einfallende Licht einfach iſt, ſo ſind dieſe Säume mit ihm von gleicher Farbe und durch ganz ſchwarze Zwiſchenräume von einander getrennt. Ihre Zahl iſt immer ungerade, ſo daß ſich immer einer derſelben in der Mitte des Schattens befindet. Fängt man ſie erſt in ſehr kleinen, allmälig immer größern, Abſtänden auf, ſo erblickt man ſie erſt ganz fein und faſt unmerklich; allmälig breiten ſie ſich aus, werden deutlicher, und ihre Zwiſchenräume erweitern ſich mit ihnen.

Man kann die Bildung dieſer Streifen beobachten und die angegebenen Eigenthümlichkeiten daran wahrnehmen, indem man ſie auf einem mattgeſchliffenen Glaſe auffängt; allein ohne Vergleich mehr Schärfe und Deutlichkeit erhalten die Beobachtungen durch verſchiedne, von **Fresnel** erſonnene, Anordnungen, die ſich mit gleichem Vortheil zu allen andern Verſuchen über die Beugung anwenden laſſen. Nachdem **Fresnel** dem Lichtſtral durch Zurückwerfung von einem Helioſtat eine unveränderliche Richtung geſichert hat, concentrirt er ihn durch eine ſtarke Lupe in einen faſt mathematiſchen ſtralenden Punct, wie in dem Fundamentalverſuch über die Interferenzen und bringt die undurchſichtigen Körper in den divergirenden Kegel, der von dieſem Bündel gebildet wird; welchem Bündel er entweder alle ſeine Stralen läßt, oder auch, wenn er mit einem homogenen Lichte den Verſuch anſtellen will, blos die rothen, indem er ihn durch ein Glas hindurchleitet, welches blos dieſen Stralen den Durchgang verſtattet. Anſtatt ferner die, durch Beugung entſtandenen, Streifen auf einem mattgeſchliffenen Glaſe aufzufangen, fängt er ſie unmittelbar im Auge ſelbſt auf, wodurch ihnen weit mehr Glanz bewahrt wird. Um endlich mit dieſer Beobachtungsart auch ein Mittel der Meſſung zu verbinden, bewaffnet er das Auge mit einer Lupe, welche auf einem maſſiven Fuße befeſtigt und mittelſt einer Schraube horizontal längs einer, in gleiche Theile getheilten, Scale beweglich iſt. So vermag er ſucceſſiv die Axe dieſer Lupe vor jeden glänzenden oder dunkeln Streifen zu bringen, deſſen Lage er dann genau fixirt, indem er ſie auf einem ganz feinen, vor der Lupe in ihren Brennpunct ſelbſt ausgeſpannten, Faden bezieht. Auf dieſe Weiſe iſt er im Stande an der eingetheilten Scale die Zwiſchenräume der Streifen durch den Weg zu meſſen, den der Faden zu machen hat, um ſich auf jeden derſelben zu projiciren; eine Verfahrungsart, die ſo genau iſt, daß keiner der geringfügigſten Umſtände der Erſcheinung ihr zu entgehen vermag; ſo daß alſo nichts hindert, die phyſiſchen Geſetze derſelben aufzuſuchen und feſtzuſtellen.

Zufolge einer ſehr ſchönen Bemerkung des Dr. Thomas Young nun ergiebt ſich die Beſchaffenheit und Anordnung der Streifen immer mit ſehr großer Annäherung nach der Annahme, daß das Licht, welches auf die Ränder der, in das Lichtbündel gebrachten, Körper fällt, ſtralend nach allen Seiten von dieſen Rändern zurückprallt, und theils mit ſich ſelbſt, theils mit dem Lichte, welches in gerader Linie fortgegangen iſt, interferirt.

Als Beiſpiel diene der Fall, wo der, in den Lichtkegel gebrachte, Körper ein einfacher undurchſichtiger Streifen mit geradlinigen Rändern iſt. Wir haben geſehen, daß ſich hier zwei Syſteme von Säumen bilden, deren eines innerhalb, das andre außerhalb des Schattens fällt. Nach Young werden die innern Säume durch die wechſelſeitige Interferenz der Lichtbündel gebildet, welche von den entgegengeſetzten Rändern des Streifens vermöge der ſtralenden Zurückwerfung zurückprallen. In der That befinden ſich dieſe beiden Lichter ganz in dem nämlichen Fall als die beiden zurückgeworfenen leuchtenden Puncte bei dem, mit den Spiegeln angeſtellten, Verſuche; auch verhält ſich die Anordnung der innern, ſowohl hellen als dunkeln, Streifen ſo wie die Verhältniſſe ihrer Zwiſchenräume ganz wie dort. Hält man in Gedanken die Folge der Puncte im Raume feſt, wo die nämliche Art Interferenz in verſchiedenen Abſtänden hinter dem undurchſichtigen Streifen erfolgt, welches den Ort giebt, wo ſucceſſiv ein und der nämliche Farbenſtreifen erſcheint, ſo findet man, daß dieſe Puncte in einer geraden Linie liegen, und ihre Zwiſchenräume zeigen ſich durch Meſſung mit großer Genauigkeit der Berechnung der Interferenzen entſprechend.

Was die äußern Streifen betrifft, ſo laſſen ſie ſich betrachten als entſtanden durch die Interferenz des direct fortgehenden Lichts mit dem, von jedem Rande ausgeſtralten; man muß jedoch hier, wie bei den zurückgeworfenen Ringen, einen Verluſt von einem Intervall ½ l vorausſetzen. Man findet ſolchergeſtalt, daß die ſucceſſiven Lagen, in welchen jeder Streifen bei verſchiedenen Abſtänden erſcheinen muß, nicht in eine und dieſelbe gerade Linie fallen, ſondern auf Hyperbeln des zweiten Grades zu liegen kommen, welches die Erfahrung vollkommen beſtätigt. Man darf hieraus nicht den Schluß ziehen, daß die Bewegung des Lichtes nicht geradlinig ſey; denn es iſt nicht der nämliche Lichtſtral, welcher den Streifen der nämlichen Ordnung bei verſchiedenen Abſtänden bildet; und blos die Stralen ſind der geradlinigen Bewegung unterworfen. Daß, ſo wie man ſich entfernt, andre Stralen ins Spiel kommen, läßt ſich ſelbſt ſchon allein daraus ſchließen, daß man die Streifen im Raume mit bloßem Auge ſowohl als mit einer Lupe, erblicken kann; denn die Stralen, von welchen dieſelben gebildet werden, müſſen wohl convergiren und ſich danach wieder trennen, wenn die Lupe ſie auffangen und ein wahrnehmbares Bild des Puncts, in dem ſie zuſammentreffen, geben ſoll.

In dem Fall, wo die Streifen durch den Durchgang des Lichtbündels zwiſchen zwei ſcharfen geradlinigen Rändern hervorgebracht werden, laßen ſie ſich gleichfalls mit ſehr großer Annäherung der Interferenz zweier Antheile Lichts beimeßen, welche auf die entgegengeſetzten Ränder fallen.

Jedoch ergiebt ſich die Erklärung mehrerer phyſiſcher Eigenthümlichkeiten der Erſcheinung ſchwer nach dieſer Hypotheſe. Fresnel hat ſelbſt gefunden, daß ſie den Meſſungen der Streifen, wenn ſie mit ſehr großer Schärfe angeſtellt werden, nicht völlig genügt; er erkannte, daß der ſchwache Antheil Lichts, den die Ränder der Körper zurückzuwerfen vermögen, nicht hinreicht, die Intenſitäten der beobachteten Streifen hervorzubringen; und daß man die Mitwirkung der außer Berührung mit dieſen Rändern hingehenden Stralen noch hinzuziehen müſſe. Dies führte ihn darauf, alle Theile der directen Lichtwelle als eben ſo viel unterſchiedene Mittelpuncte von Erſchütterungen zu betrachten, deren Wirkungen ſich kugelförmig nach allen Puncten des Raums verbreiten, zu denen ihre Wirkungen ſich fortzupflanzen vermögen; wonach für jeden dieſer Puncte die Endwirkung von den Interferenzen aller partiellen Erſchütterungen, welche dahin gelangen, abhienge. Dieſe Berechnung, auf die freie Fortpflanzung einer kugelförmigen Welle in einem gleichförmigen Mittel angewandt, giebt ihm die Schwächung des Lichts dem Quadrat des Abſtands umgekehrt proportional, wie es die Beobachtung beſtätigt: wird aber ein Theil der Wellen intercipirt, ſo müßen, nach derſelben Berechnung, an den verſchiedenen Puncten des Raums, wohin ſie ſich alsdann fortpflanzt, Abwechſelungen von Schatten und Licht entſtehen, welche ſich hinſichtlich ihrer Anordnung und Intenſität bis auf die kleinſten Umſtände mit den Streifen, wie ſie durch die Beugung entſtehen, in Uebereinſtimmung zeigen. Von dieſem Grundſatze ausgehend vermochte Fresnel alle Fälle der Beugung mit ausnehmender Schärfe unter Einen Geſichtspunct zu faßen, und unter Formeln zu bringen, durch welche für jetzt und für immer ihre wechſelſeitige Abhängigkeit feſtgeſtellt wird. Eine Darlegung dieſer ſchönen Reſultate würde jedoch die Gränzen, auf die wir uns in dieſem Elementarwerke beſchränken müſſen, nothwendig überſchreiten. Auch darf ich nicht verhehlen, daß, wenn man ihnen auch alle Realität zugeſteht, die ihnen in der That durch ihre Uebereinſtimmung mit der Erfahrung geſichert wird, doch ihre theoretiſche Ableitung aus dem Grundſatz der partiellen Erſchütterungen, wie ſie durch Fresnel gegeben worden iſt, von Mathematikern des erſten Ranges, namentlich von Poiſſon, Widerſpruch gefunden hat (Annales de Chimie et de Physique, 1823).

Ich will hier noch eine ſonderbare Erſcheinung anführen, die ihre Erklärung ſehr wohl durch das Princip der Interferenzen findet. Wenn ein ſchmaler und undurchſichtiger Streif Säume innerhalb ſeines Schattens bildet, ſo kann man dieſe zum Verſchwinden bringen, indem man einen undurchſichtigen Schirm blos mit einem der Ränder des Streifens in Berührung bringt, oder dieſen Schirm bis zu einer gewiſſen Tiefe in das Stralenbündel, entweder vor oder hinter dem undurchſichtigen Streifen, taucht. Dieſe Erſcheinung wurde von Young entdeckt. Arago hat den beſondern Umſtand hinzugefügt, daß das Verſchwinden ſich auch durch Annäherung eines hinreichend dicken durchſichtigen Schirms bewerkſtelligen läßt, und mit der Dicke fortſchreitet, indem die dünnen Schirme erſt nur ein Hinrücken der Säume nach der Seite, wo ſie ſich befinden, bewirken. Es iſt bemerkenswerth, daß die Größe dieſes Fortrückens ſich nach den Geſetzen der Interferenzen berechnen läßt, wenn man die Dicke und das Brechungsvermögen der zwiſcheneingebrachten Tafel trennt. Werden zwei Schirme zu beiden Seiten des undurchſichtigen Streifens angebracht, ſo iſt der Erfolg gleich dem Unterſchiede der Fortrückungen, welche jeder derſelben für ſich hervorgebracht haben würde. Arago und Fresnel haben dies Verfahren zur Meſſung des Brechungsvermögens der gasförmigen Subſtanzen, mit einer, durch kein andres Mittel erreichbaren, Genauigkeit angewandt. (S. die Annales de Chimie et de Physique, 1816 und 1817).

Das Princip der Interferenzen iſt bis jetzt das einzige, durch welches man die beſondern Umſtände, welche bei der Beugung vorkommen, zu erklären vermocht hat; und begünſtigt inſofern das Undulationsſyſtem. Geht man jedoch in alle Einzelnheiten dieſer Erklärung gründlich ein, ſo wird man finden, daß ſie vielmehr eine Darſtellung der Erſcheinung, als eine auf ſtrenge mechaniſche Principien ſich ſtützende, Theorie derſelben gewährt. Es würde deshalb eine ſchöne und wichtige Entdeckung ſeyn, dieſe Erſcheinung mit der Anſicht von der Materialität des Lichts in Uebereinſtimmung zu bringen, welche ſchon über die Bewegungen des Lichts in ſo vielem andern Bezug ſo klare Begriſſe und ſo genaue Maßbeſtimmungen an die Hand gegeben hat. Hiezu würde erforderlich ſeyn, die Art von Kräften auszumitteln, welche die Theilchen der Körper auf die Lichtmolecule äußern müſſen, um ſie ſo zu beugen, wie es zur Entſtehung der Farbenſtreifen nöthig iſt, und dies unabhängig von der chemiſchen Beſchaffenheit dieſer Körper blos je nach der Geſtalt der, ſie begränzenden, Ränder. Dies aber ſcheint ſehr ſchwierig; und es iſt wahrſcheinlich, daß, wenn es ſolche Kräfte giebt, ihre Charaktere verſchieden von allen denen ſind, welche uns die gewöhnlichen Erſcheinungen der Brechung und Zurückwerfung darbieten.

Siebentes Buch.

Ueber die Polariſation des Lichts. Allgemeine Betrachtungen.

Wenn die Lichtmolecule durch kryſtalliſirte Körper hindurchgehen, welche mit doppelter Brechung begabt ſind, ſo erleiden ſie um ihren Schwerpunct verſchiedene Bewegungen, abhängig von der Natur der Kräfte, welche die Kryſtalltheilchen auf ſie äußern. Manchmal kommt die Wirkung dieſer Kräfte blos darauf hinaus, alle Molecule eines und deſſelben Strals in eine mit einander parallele Lage zu bringen, ſo daß ihre homologen Flächen nach den nämlichen Seiten des Raums hinſehen. Dies iſt die Erſcheinung, welche *Malus* *Polariſation* benannt hat, indem er die Wirkung der hiebei thätigen Kräfte dem Einfluß eines Magneten verglich, der die Pole einer Reihe magnetiſcher Nadeln alle nach der nämlichen Richtung kehrt. Haben die Lichtmolecule dieſe Anordnung angenommen, ſo verbleiben ſie in derſelben bei ihrem Lauf durch den ganzen Kryſtall hindurch, ohne weiter eine Bewegung um ihren Schwerpunct zu erleiden. Es giebt aber auch andre Fälle, wo die, durch den Kryſtall hindurchgehenden, Molecule keine bleibende und beſtändige Richtung annehmen. Während der ganzen Zeit ihres Durchgangs oscilliren ſie um ihren Schwerpunct mit Geſchwindigkeiten und nach Perioden, die einer Berechnung fähig ſind. Manchmal endlich drehen ſie ſich um ſich ſelbſt. Die, in dieſem Buche enthaltenen, Unterſuchungen haben zum Zweck, durch directe Erfahrungen das Daſeyn der verſchiedenen ſo eben angegebenen, Bewegungen darzuthun; nachzuweiſen, daß ſie wirklich bis zu ſehr merklichen Tiefen in das Innere der Körper ſelbſt fortgehen, und ihre hauptſächlichſten Geſetze kennen zu lehren.

Dieſe Claſſe Unterſuchungen verdankt den Bemühungen von *Malus* ihren Urſprung; er war es, der den Phyſikern eine neue Bahn öffnete, die ſo reich und fruchtbar iſt, daß dem, der ſie einmal betreten und den Faden der Erſcheinungen gefaßt hat, die Entdeckungen ſich auf jedem Schritt von ſelbſt darbieten. Vor allem alſo werde ich die Grundeigenſchaften auseinanderſetzen, die er in den Wirkungen der Körper auf das Licht erkannt hat; und die zu ihrer Beobachtung und genauen Meſſung erforderlichen Apparate beſchreiben. Ich werde ſodann das anführen, was neu hinzugekommen iſt.

Erſtes Capitel.

Allgemeine Verfahrungsweiſe, die feſte Polariſation hervorzubringen.

Die hauptſächlichſte Entdeckung von Malus beſteht darin, den Lichtſtralen eine ſolche Modification zu ertheilen, daß die Molecule, welche einen und den nämlichen Stral ausmachen, zuſammen der Zurückwerfung entgehen, wenn man ſie auf die zurückwerfenden Oberflächen mit gewiſſen Seiten und unter gewiſſen Einfallswinkeln treffen läßt.

Hievon ein Beiſpiel zu geben, wollen wir annehmen, ein Sonnenſtral SI, Taf. XVII, Fig. 1 (unten), falle auf die erſte Oberfläche LL einer polirten und unbelegten Glasplatte, ſo daß er einen Winkel von 35° 25′ damit bildet; er wird nach der Richtung einer geraden Linie II′ zurückgeworfen werden, ſo daß ſein Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich iſt. An irgend einer Stelle ſeines Weges fange man ihn auf einer andern Glasplatte L′L′ auf, die ebenfalls polirt und unbelegt iſt; auch hier wird er in der Regel noch eine abermalige partielle Zurückwerfung erfahren. Dieſe Zurückwerfung aber wird null werden, wenn die zweite Glasplatte auch einen Winkel von 35° 25′ mit der Geraden II′ bildet, und wenn ſie noch überdies ſo gedreht iſt, daß die zweite Zurückwerfung in einer Ebene II′L′ vor ſich gehen würde, die ſenkrecht iſt auf der Ebene SIL, in welcher die erſte Brechung erfolgte.

Um die Einſicht in dieſe Anordnung der beiden Spiegel zu erleichtern, wollen wir uns denken, II′ ſey eine Verticallinie und die erſte Zurückwerfungsebene SIL ſey der Meridian; dann wird die zweite Zurückwerfungsebene II′L′ die Verticalebene ſeyn, welche durch den Oſt- und Weſtpunct geht.

Bevor ich den Folgerungen aus dieſem merkwürdigen Verſuche weiter nachgehe, will ich mich noch etwas näher über die Art verbreiten, ihn mit Leichtigkeit und Genauigkeit anzuſtellen.

Es laſſen ſich viele, zu dieſem Zweck geeignete, Apparate erſinnen. Der gewöhnlich von mir angewandte iſt in Fig. 2 vorgeſtellt. Er iſt ſehr einfach und reicht zu allen Verſuchen über die Polariſation aus. TT′ iſt ein Rohr, an deſſen beide Enden man zwei Trommeln (tambours, cylinderförmige Anſätze) anfügt, die mit feſter Reibung daran herumgedreht werden können. Jede derſelben trägt eine Kreiseintheilung, welche die Grade zur Meſſung dieſer Bewegung angiebt. Von den beiden entgegengeſetzten Puncten ihres Umkreiſes gehen zwei kupferne Arme TV, T′V′, aus, welche mit der Axe des Rohrs parallel ſind, und zwiſchen welchen ein kupferner Ring AA angebracht iſt der ſich um eine, auf die gemeinſchaftliche Richtung beider Arme ſenkrechte, Axe XX drehen kann. Die Bewegung dieſes Ringes wird ebenfalls durch eine Kreiseintheilung gemeſſen, und vermag durch Druckſchrauben auf einen feſten Stand gebracht zu werden. Wenn man irgend eine Platte den Lichtſtralen ausſetzen will, legt man ſie auf die Oberfläche des Ringes auf und befeſtigt ſie daran; wo ſich ihr dann alle mögliche Lagen in Bezug zu dem, durch die Axe des Rohrs gehenden, Lichtſtral geben laſſen. Denn durch kreisförmige Bewegung der Trommel um das Rohr vermag die Zurückwerfungsebene in alle mögliche Azimuts gebracht zu werden; und die Bewegung des Ringes um ſeine Axe XX verſtattet, die Platte dem einfallenden Stral unter allen Neigungen darzubieten. Die Eintheilung, nach welcher dieſe Bewegung regulirt wird, muß Null zeigen, wenn die Ebene des Ringes ſenkrecht auf die Axe des Rohrs iſt; und die Eintheilungen der Trommeln müſſen ihren Nullpunct auf einer und der nämlichen, mit der Axe des Rohrs parallelen, Geraden haben. Vor Anwendung des Apparats wird man ſich ſonach von Erfüllung dieſer Bedingungen überzeugen, und wenn man eine Abweichung etwa bemerkte, ſie bei den Beobachtungen in Betracht nehmen müſſen.

Um z. B. den oben angeführten Verſuch von Malus zu wiederholen, befeſtige man eine Glasplatte auf jeden Ring, und gebe ihnen eine ſolche Stellung, daß ſie jede einen Winkel von 35° 25′ mit der Axe des Rohrs bilden. Darauf bringe man die Eintheilung der einen Trommel auf den Nullpunct, und die andre auf 90°, damit die Zurückwerfungsebnen der beiden Spiegel rechtwinklig auf einander ſeyen. Alsdann befeſtige man das Rohr, und bringe ein brennendes Licht in einige Entfernung davon, deſſen Abſtand man ſo lange abändert, bis einer der davon ausgehenden Stralen in der Richtung der Axe TT′ zurückgeworfen wird; welches dann der Fall iſt, wenn man beim Hindurchſehen durch das Rohr das Bild des Lichts durch Zurückwerfung auf dem erſten Glaſe erblickt. Bei ſo getroffenen Maßregeln wird der zurückgeworfene Stral auch auf das zweite Glas unter dem nämlichen Winkel von 35° 25′ treffen. Je nach den verſchiedenen Lagen, die man alsdann der Trommel TT′, welche dieſes Glas trägt, giebt, wird der, von der zweiten Zurückwerfung herrührende, Stral verſchiedne Grade der Intenſität haben, und es wird zwei entgegengeſetzte Lagen der Trommel geben, wo dieſe Intenſität ganz null wird, wenigſtens wenn man nur den ſpiegelnd von den Gläſern zurückgeworfenen Antheil Lichts in Betracht zieht. Man muß Sorge tragen, einen ſchwarzen Körper hinter das Glas L'L' auf der, dem zurückgeworfenen Licht entgegengeſetzten, Seite anzubringen, um die fremden Stralen abzuhalten, die, von dieſer Seite durch die äußern Gegenſtände ausgeſandt, durch das Glas hindurchgehn und zum Auge gelangen konnten, wo ſie ſich mit den zurückgeworfenen Stralen vermiſchen würden, deren Beobachtung man beabſichtigt. Die nämliche Vorſicht hat man auch bei dem erſten zurückwerfenden Glaſe LL anzuwenden; ja man kann ſelbſt, da dies immer nur in Bezug auf die, durch ſeine erſte Oberfläche hervorgebrachte, Zurückwerfung angewendet wird, ſeine hintere Oberfläche ein für allemal mit chineſiſcher Tuſche oder dadurch, daß man ſie dem Rauch einer Lampe ausſetzt, ſchwärzen, keineswegs aber darf man dieſelbe mit einem metalliſchen Belege überziehen; denn das, von dieſem Belege zurückgeworfene, Licht würde, wie ſich durch den Verſuch ſelbſt ergiebt, nie ſo modificirt werden, daß es der zweiten Zurückwerfung ganz entgienge.

Anſtatt die Flamme eines Lichtes als leuchtenden Körper anzuwenden, kann man auch vom Wolkenlicht Gebrauch machen, welches man nach der Zurückwerfung vom erſten Spiegel LL in das Glas eintreten läßt; man muß aber dann das Feld, welches vom Rohr befaßt wird, dadurch beſchränken, daß man in ſein Inneres einige Blendungen von ſehr kleiner Oeffnung bringt. Auch hat man, wie vorhin, ein ſchwarzes Tuch unter das zurückwerfende Glas zu bringen, oder beſſer noch, ſeine untere Fläche mit chineſiſcher Tuſche zu überziehen, um die Stralen abzuhalten, welche durch Brechung von den unterhalb befindlichen Gegenſtänden herkommen könnten. Auf dieſe Weiſe wird man beim Hineinſehen in das Rohr, während das Glas LL nach dem Himmel gekehrt iſt, einen kleinen vollkommen weißen und glänzenden Raum erblicken, an dem ſich alle Verſuche anſtellen laſſen. Dieſe vollkommene Weiße iſt ein großer Vortheil, und in einer großen Menge Fällen, wo verſchiedene Farben zu beobachten und zu vergleichen ſind, ſogar unerläßliches Erforderniß. Nie vermag man ſie in ſo vollkommenem Grade zu erreichen, wenn man ſich der Flamme einer Kerze oder irgend einer andern brennenden Subſtanz bedient, da keine dieſer Flammen weiß iſt. Endlich hat man in der Regel die Lebhaftigkeit des einfallenden Strals zu mäßigen, ſo daß der Theil, welcher auf den beiden Gläſern die ſtralende Zurückwerfung erfährt, dem Auge nicht merklich wird; indem dieſer Theil, der, wie erwähnt, aus dem Innern der Körper ſelbſt, nicht von ihrer Oberfläche zurückprallt, anders modificirt wird, als der, welcher die ſpiegelnde Zurückwerfung erfährt, und demzufolge nicht gleich ihm bei ſeinem Auffallen auf das zweite Glas der Zurückwerfung entgehen kann.

Welchen Apparat man auch übrigens in Anwendung ziehen mag, das Verfahren wird immer das nämliche bleiben, und man wird die nämlichen Erſcheinungen der Zurückwerfung auf dem zweiten Glaſe beobachten. Um ſie auf folgerechte Art, ſo daß ein leichter Ueberblick über dieſelben möglich wird, auseinanderzuſetzen, will ich, wie vorhin, annehmen, die Einfallsebene SIL des Strals auf dem erſten Glaſe falle mit der Ebene des Meridians zuſammen und der zurückgeworfene Stral II′ ſey vertical. Dreht man dann die Trommel T′T′, welche das zweite Glas trägt, ſo wird ſich dies Glas auch um den zurückgeworfenen Stral drehen, ſo daß es immer mit ihm den nämlichen Winkel bildet; und die Ebene, in welcher die zweite Zurückwerfung vor ſich geht, wird ſucceſſiv nach den verſchiedenen Puncten des Horizonts oder in die verſchiedenen Azimuts gerichtet werden. Unter dieſen Umſtänden wird man nun folgende Erſcheinungen beobachten.

Wenn die zweite Zurückwerfungsebene in den Meridian gerichtet iſt, mithin mit der erſten zuſammenfällt, ſo iſt die Intenſität des, vom zweiten Glaſe zurückgeworfenen, Lichts in ihrem Maximum.

So wie die zweite Ebene durch das Herumdrehen ſich vom Parallelismus mit der erſten mehr und mehr entfernt, nimmt die Intenſität des zurückgeworfenen Lichtes ab.

Endlich, wenn die zweite Zurückwerfungsebene ſich in der Verticalebene von Oſt nach Weſt, mithin ſenkrecht auf der erſten befindet, ſo iſt die Intenſität des ſpiegelnd zurückgeworfenen Lichts für beide Oberflächen des zweiten Glaſes völlig null; das Licht geht ganz und gar hindurch.

Wenn man die Trommel noch über das erſte Viertheil des Umkreiſes hinausdreht, ſo kehren die nämlichen Erſcheinungen in umgekehrter Ordnung wieder; d. h. die Intenſität des zurückgeworfenen Lichtes wächſt gerade ſo, wie ſie abgenommen hatte; und wird in demſelben Abſtande von der oſtweſtlichen Verticalebene wieder eben ſo ſtark. Wenn mithin die zweite Zurückwerfungsebene wieder in den Meridian zurückgelangt, ſo tritt ein zweites, dem erſten gleiches, Maximum der Intenſität ein. Dann hat die zurückwerfende Oberfläche des zweiten Glaſes um den Stral einen halben Umkreis beſchrieben, und dieſer bietet ſich ihr mit der entgegengeſetzten Fläche als anfangs dar. Fährt man jetzt noch fort, die Trommel weiter zu drehen, ſo ändert ſich die Intenſität des zurückgeworfenen Lichtes gerade ſo, wie auf der andern Seite des Meridians. Sie nimmt beſtändig mit der Entfernung der zweiten Zurückwerfungsebene vom Meridian ab, wird ganz null in der Verticalebene von Oſt nach Weſt und nimmt dann wieder bis zum Meridian zu, wo ſie ihr leztes Maximum, wie das erſte Mal, erreicht.

Man ſieht ſomit, wie bei der vollſtändigen Herumdrehung des Glaſes die Intenſität des zurückgeworfenen Lichtes zwei *Maxima* darbietet, welche den Azimuts 0 und 180° zugehören, und zwei *Minima*, die den Azimuts 90° und 270° entſprechen; und wie noch überdies um dieſe verſchiedenen Gränzen die Veränderungen in den verſchiednen Quadranten die nämlichen bleiben. Allen dieſen Bedingungen genügt man durch die Annahme, daß die Intenſität des zurückgeworfenen Bündels ſtets dem Quadrat des Coſinus des Winkels, welchen die zweite Zurückwerfungsebene mit der erſten bildet, proportional iſt.

Die Reſultate dieſer ſchönen Beobachtung, ſo unter einem Geſichtspunct vereinigt, führen nun zu folgender allgemeinen Folgerung, daß jeder, vom erſten Glaſe zurückgeworfene, Stral vom zweiten unter einem Einfallswinkel nicht zurückgeworfen wird, wenn er ſich ihm mit ſeiner öſtlichen und weſtlichen Seitenfläche darbietet; zum Theil aber wenigſtens, wenn er ſich ihm mit irgend zwei andern ſeiner entgegengeſetzten Seitenflächen darbietet. Betrachtet man nun den Stral als gebildet durch die unendlich raſche Aufeinanderfolge einer Reihe von Lichtmoleculen, ſo ſind ſeine Seitenflächen nichts andres als die Folge der Seitenflächen ſeiner Molecule. Man muß alſo nothwendig ſchließen, daß dieſe Flächen beſitzen, welche mit verſchiedenen phyſiſchen Eigenſchaften begabt ſind, und daß unter gegenwärtigen Umſtänden durch die erſte Zurückwerfung wo nicht gleiche, doch wenigſtens gleichermaßen mit der in Rede ſtehenden Eigenſchaft begabte, Flächen nach den nämlichen Seiten des Raums gekehrt worden ſind. Dies iſt die Anordnung der Molecule, welche *Malus Polariſation des Lichts* genannt hat, indem er die Wirkung des erſten Spiegels derjenigen ähnlich erachtete, welche ein Magnet äußert, wenn er die Pole einer Reihe von Magnetnadeln alle nach der nämlichen Richtung kehrt.

Bisher haben wir vorausgeſetzt, daß der Stral, ſowohl der einfallende, als der zurückgeworfene, mit den beiden Spiegelgläſern einen Winkel von 35° 25′ machte; und in der That hat nur unter dieſem Winkel die Erſcheinung vollſtändig Statt. Wenn man, ohne Veränderung der Neigung des Strals gegen das erſte Glas, erſt ſeine Neigung gegen das zweite nur um etwas verändert, ſo iſt die Intenſität des zurückgeworfenen Lichts unter keinem Azimut mehr null, wird aber die ſchwächſtmögliche in der Verticalebene von Oſt nach Weſt, wo ſie vorher null war. Aendert man dagegen, bei ungeändert bleibender Neigung des zurückgeworfenen Strals gegen das zweite Glas, blos ſeine Neigung gegen das erſte, ſo wird man wiederum finden, daß derſelbe beim Auffallen auf das zweite Glas nicht ganz hindurchgeht; vielmehr auf ſeiner erſten und zweiten Oberfläche eine partielle Zurückwerfung erfährt, die, wenn man das erſte Glas nicht ſehr aus der Lage gebracht hat, ihr Minimum in der Verticalebene von Oſt nach Weſt erreicht.

Man erhält die angeführten Erſcheinungen nicht blos durch Glasplatten, ſondern auch durch polirte Platten aus den meiſten andern durchſichtigen Subſtanzen. Immer müſſen hiebei die beiden Ebenen, in welchen ſucceſſiv die Brechung vor ſich geht, auf einander rechtwinklich bleiben; allein man muß die Platten den Lichtſtralen je nach ihrer Beſchaffenheit und der des umgebenden Mittels, durch welches das Licht zu ihnen gelangt, unter verſchiedenen Winkeln darbieten. Je nachdem die Subſtanz der Platten ſtärker, oder eben ſo ſehr, oder weniger als dies Mittel bricht, iſt der Polariſationswinkel, von der gemeinſchaftlichen Oberfläche (der Platte und des Mittels) an gerechnet, kleiner, gleich, oder größer als 45°; und nähert ſich der erſten oder letzten Gränze um ſo mehr, je ſtärker der Unterſchied der Brechungsverhältniſſe nach der einen oder der andern Seite iſt. So fanden wir, daß, wenn die Zurückwerfung auf der erſten Oberfläche eines polirten, von Luft umgebenen, Glasſtücks vor ſich geht, der Polariſationswinkel (Winkel unter dem der Stral auf eine Oberfläche auffallen muß, um vollſtändig polariſirt zu werden) von der Oberfläche an gerechnet, 35° 25′ beträgt; blos 32° würde er betragen, wenn man anſtatt des Glaſes ein Stück ſchwefelſauren Baryts (Schwerſpath) anwendete; und beim Diamant auf 23° zurückkommen. Man wende nun anſtatt der Luft Terpentinöl an, welches faſt genau daſſelbe Brechungsvermögen, als das Glas beſitzt; dann wird der Polariſationswinkel, auf der erſten wie auf der zweiten Oberfläche des Glaſes ausnehmend wenig von 45° abweichen. An der zweiten Oberfläche wird die Zurückwerfung als auf dem Mittel, welches das Glas begränzt, vor ſich gehend, angeſehen. Iſt nun dieſes Mittel Luft, ſo wird der innere Einfallswinkel im Glaſe, immer auf die Oberfläche (nicht auf das Einfallsloth, wie ſonſt) bezogen, größer als 45° ſeyn müſſen, damit vollſtändige Polariſation erfolge. Auch beträgt er für dieſen Fall 57° 25′ 30″; und er würde 72° 21′ 50″ beim Austritt aus dem Diamant betragen. Im Allgemeinen iſt, einer ſehr intereſſanten Bemerkung Brewſters zufolge, der Einfallswinkel der vollkommenen Polariſation immer genau oder mit der größten Annäherung ſo beſchaffen, daß der zurückgeworfene Stral ſenkrecht auf den gebrochenen iſt. Die durch dieſe Bedingung beſtimmten Winkel treffen auf merkwürdige Weiſe mit der Erfahrung überein, und genügen auch den weiter oben feſtgeſtellten Gränzen. Denn wenn man durch SI, IR, IR′, Fig. 3, 4, 5 reſpectiv die einfallenden, zurückgeworfenen und gebrochenen Stralen vorſtellt, wie ſie ſich nach jener Bedingung in den drei von uns unterſchiedenen Fällen ergeben, ſo ſieht man wohl, daß der Polariſationswinkel SIA mit 45° in ſolchen Verhältniſſen des Unterſchiedes oder der Gleichheit ſtehen wird, wie wir ſie zufolge der Erfahrung angaben. Das Geſetz gilt ſelbſt für die Subſtanzen, die, wie der Diamant und der Schwefel, immer nur eine unvollſtändige Polariſation hervorbringen. Hier iſt der, durch die Conſtruction ſich ergebende, Winkel derjenige, unter welchem das wenigſte nicht polariſirte Licht im zurückgeworfenen Stral bleibt.

Die Beobachtungsart, die wir auf die polirten Gläſer angewandt haben, kann, allgemein gemacht, dazu dienen darzuthun, daß die Polariſation, wenn ſie vollſtändig iſt, immer eine ganz auf die nämliche Weiſe erfolgende Modification iſt, von welcher Subſtanz man auch bei ihrer Beſtimmung ausgegangen ſeyn mag. Denn hat man zwei Platten von irgend einer Subſtanz ſo geordnet, daß der, von der erſten zurückgeworfene Stral, der Zurückwerfung auf der zweiten entgeht, in welchem Fall dieſe Subſtanz das Licht vollſtändig polariſirt, ſo kann man der zweiten Platte ein polirtes Glas ſubſtituiren; und wenn man ihm eine ſolche Stellung in Bezug zum zurückgeworfenen Stral giebt, wie bei unſern erſten Verſuchen, ſo wird dieſer Stral immer noch hindurchgehn. Umgekehrt kann man die Stelle der erſten Platte durch ein polirtes Glas erſetzen, welches die einfallenden Stralen unter einer Neigung von 35° 25′ gegen ſeine Oberfläche auffängt, und der davon zurückgeworfene Stral wird ſich immer noch der Zurückwerfung von der zweiten Platte unter den, für den Stoff, aus dem ſie beſteht, geeigneten, Umſtänden entziehen. Endlich ſind auch die Veränderungen der Intenſität des zurückgeworfenen Strals je nach den verſchiedenen Azimuts der zweiten Platte immer den nämlichen Geſetzen unterworfen. Allein beträchtliche Verſchiedenheiten finden in dem verhältnißmäßigen Antheil zurückgeworfenen Lichts Statt, welchem die Polariſation eingepflanzt wird. Von allen feſten Subſtanzen, die ich unterſucht habe, fand ich keine, welche das Licht ſo vollſtändig und ſo reichlich polariſirte, als das vulkaniſche Glas von einer dunkelgrünen Farbe, welches den Namen Obſidian führt. Deshalb iſt es von großem Vortheil, ſich ſeiner in den Apparaten anſtatt eines Spiegelglaſes zur Hervorbringung der erſten Zurückwerfung zu bedienen. Die künſtlichen metalliſchen Gläſer ſind bei weitem nicht ſo zweckmäßig; denn ihre Zurückwerfung iſt zwar reichlich und lebhaft; allein ſie werfen durch Stralung einen beträchtlichen Antheil Lichts zurück, der, da er nicht gleich dem andern polariſirt iſt, alle Deutlichkeit der Beobachtungen aufhebt. Am höchſten geſteigert iſt dieſe Wirkung in ganz metalliſchen Körpern.

Wenn ein Lichtſtral die Polariſation nach einer gewiſſen Richtung durch die eben beſchriebenen Verfahrungsweiſen erlangt hat, ſo nimmt er dieſe Eigenſchaft mit ſich in den Raum hinein, und behält ſie ohne merkliche Veränderung bey, wenn man ihn ſenkrecht ſelbſt durch beträchtliche Dicken von Luft, Waſſer und überhaupt faſt allen Subſtanzen, welche die einfache Brechung äußern, hindurchgehen läßt [1]). Diejenigen aber, welche das Vermögen der doppelten Brechung beſitzen, verändern in der Regel die Polariſation des Strals, und zwar auf eine, dem Anſchein nach plötzliche, Weiſe, um ihm eine neue gleichartige nach einer anderen Richtung zu ertheilen. Nur bei gewiſſen Richtungen des Hauptſchnitts vermag dieſer ſtörende Einfluß nichts über den Stral. Wir wollen auf die Vergleichung dieſer beiden Wirkungsarten näher eingehen, und der größeren Einfachheit halber erſt die Erſcheinungen in den einaxigen Kryſtallen unterſuchen.

Wenn ein, von einem leuchtenden Körper urſprünglich ausgegangener, Stral ſenkrecht auf eine Platte aus einem ſolchen Kryſtalle fällt, deren beide Gegenflächen parallel ſind, wie z. B. ein Rhomboid von Isländiſchem Spathe, ſo theilt er ſich immer in zwei Stralen von gleicher Intenſität, deren einer die gewöhnliche, der andere die ungewöhnliche Brechung erleidet. Dieſe beiden Stralen erfahren vor ihrem Austritte aus der Platte im Allgemeinen auf der Austrittsoberfläche innere, etwas ungleiche, Zurückwerfungen, wodurch ihre Intenſitäten verſchieden modificirt werden. Bei der beſondern Art, wie wir hier den Verſuch angeſtellt vorausſetzen, iſt jedoch dieſer Unterſchied ſo gering, daß er aus der Acht gelaſſen werden kann, und dies um ſo eher, da er in keinem Bezuge zu der neuen Erſcheinung, die ich kennen lehren will, ſteht. Dieſe Erſcheinung zeigt ſich darin, daß die austretenden Bündel durch die Brechung eine phyſiſche Eigenſchaft angenommen haben, die ſie weſentlich von dem directen Lichte unterſcheidet. Wenn ſie ſenkrecht auf die Oberfläche eines zweiten Rhomboids oder überhaupt eines einaxigen Kryſtalls fallen, ſo giebt jeder derſelben *nicht mehr allgemein* zwei gleiche Bündel; ſondern er ſpaltet ſich in zwei gleiche Bündel, oder in zwei Bündel von ungleicher Intenſität, oder auch er ſpaltet ſich gar nicht und bleibt einfach je nach dem Winkel, der den Hauptſchnitt des zweiten Kryſtalls mit dem des erſten bildet [1]).

---

[1]) Ich ſage *faſt allen*, weil es nicht kryſtalliſirte Subſtanzen und ſelbſt Flüſſigkeiten giebt, welche die Polariſation vermöge gewiſſer Kräfte ſtören, die ihren Theilchen eigenthümlich und unabhängig von ihrem Aggregatzuſtande ſind. Wir werden weiterhin auf dieſe Erſcheinung zurückkommen.

Dieſe Thatſachen wurden ſchon in dem Abſchnitte über die doppelte Brechung angegeben. Um die Geſetze derſelben auf klare Beſtimmungen zu bringen, wollen wir durch Fg den, aus dem erſten Kryſtalle austretenden, gewöhnlichen, durch Fu den ungewöhnlichen austretenden Stral bezeichnen, und die Perioden ihrer Trennung in dem zweiten Kryſtalle betrachten, das Licht, welches durch die, auf den beiden Oberflächen jedes Kryſtalls vor ſich gehende, partielle Zurückwerfung verloren geht, dabei aus der Acht laſſend. Fangen wir mit dem Strale Fg an. Dieſer wird ſich im Allgemeinen in zwei ſpalten, einen Fgg, der die gewöhnliche Brechung durch den zweiten Kryſtall erfährt, und einen zweiten, Fgu, der die ungewöhnliche Brechung erleidet. Der erſte Fgg wird Fg gleich ſeyn, wenn der Winkel, den die Hauptſchnitte mit einander bilden, null iſt, und dann alles durchgegangene Licht allein enthalten. Von dieſer Gränze an wird ſeine Intenſität mit zunehmendem Winkel beider Hauptſchnitte ſich mindern, und endlich null werden, wenn dieſer Winkel ein rechter iſt. Dahingegen wird der Stral Fgu null ſeyn, wenn die beiden Hauptſchnitte parallel ſind; von da mit dem Winkel, den ſie mit einander machen, zunehmen und endlich ſein Maximum erreichen, wenn ſie ſenkrecht auf einander ſind; und da alsdann der andere Stral Fgg null iſt, ſo wird er (Fgu) Fg gleich werden. Die nämlichen Erſcheinungen endlich werden ſich in der nämlichen Ordnung in den verſchiedenen Quadranten wiederholen. Die Berechnung dieſer Reſultate durch die Erfahrung iſt ſehr leicht. Man braucht nur zwei Rhomboide von Isländiſchem Spath zu beſitzen, die hinlänglich rein ſind, daß die hindurchgehenden Stralen einen regelmäßigen Gang nehmen können, und hinlänglich polirt, daß die Intenſität des Lichts durch ihre Oberflächen nicht zu ſehr geſchwächt werde. Man macht auf einem Blatte weißen Papiers einen runden Punct mit recht ſchwarzer Tinte, und legt, wenn er trocken iſt, eins der beiden Rhomboiden darüber. Bei verticaler Stellung des Auges erblickt man alsdann zwei Bilder des ſchwarzen Punctes, auf einer und der nämlichen geraden Linie liegend, welche der kleinen Diagonale der Flächen des Rhomboids parallel iſt, wie in der Theorie der doppelten Brechung gezeigt wird. Dieſe beiden Bilder ſind an Helligkeit nicht merklich verſchieden, und die, ſie verbindende, Linie dreht ſich, ſo wie man den Kryſtall dreht. Nun lege man auf dieſen das andere Rhomboid, ſo daß alle ſeine Flächen mit denen des erſten parallel werden: man wird wiederum nur zwei Bilder des ſchwarzen Punctes beobachten, die aber weiter auseinander treten, als zuvor. Dreht man nun das obere Rhomboid langſam, ſo daß die beiden Hauptſchnitte auseinander weichen, ſo wird jetzt jedes dieſer beiden Bilder durch Spaltung ein anderes abgeben, und dadurch geſchwächt werden. Dieſe Schwächung wird mit dem Winkel, um den beide Hauptſchnitte auseinander weichen, zunehmen, und endlich, wenn ſie ſenkrecht auf einander geworden ſind, werden die erſten Bilder völlig erloſchen ſeyn. Dreht man das obere Rhomboid über die Lage, wo ſein Hauptſchnitt auf den des andern ſenkrecht iſt, noch weiter hinaus, ſo werden die nämlichen Erſcheinungen, den obigen Angaben gemäß, ſich in allen Quadranten wiederholen. Vergleicht man nun dieſe Erſcheinungen mit denen, welche man an den ſich kreuzenden Spiegelgläſern beobachtet, wenn man ſie den Stralen unter der Neigung von 35° 25′ darbietet, ſo erhellt, daß der, vom zweiten Glaſe zurückgeworfene, Stral dem Stral Fgg ganz analog iſt; denn die Veränderungen dieſer beiden Stralen befolgen ganz die nämlichen Perioden; indem hinſichtlich ihrer bei den Spiegeln ganz derſelbe Bezug zu dem Neigungswinkel, den die beiden ſucceſſiven Zurückwerfungsebenen mit einander bilden, Statt findet, als bei den Kryſtallen zu dem Winkel, den die beiden Hauptſchnitte mit einander machen. Ja die Analogie geht noch weit tiefer, als es nach dieſen Umſtänden ſcheint; ſie hat nicht blos hinſichtlich der Art, wie ſich die Intenſität periodiſch ändert, Statt; ſondern das Weſen der Modificationen ſelbſt, welche den Stralen durch dieſe zwei verſchiedenen Operationen eingedrückt werden, iſt ſich ganz gleich. Dieſe ſchöne Entdeckung, welche wir ebenfalls Malus verdanken, ergiebt ſich durch nachſtehende Verſuche.

---

[1] Da der Ausdruck Hauptſchnitt oft vorkommen wird, ſo glaube ich zurückrufen zu müſſen, daß man in den einaxigen Kryſtallen ſo die Ebene nennt, welche durch die Axe eines Kryſtalls ſenkrecht auf die natürliche oder künſtliche Fläche, durch welche der Stral ein- oder austritt, gelegt wird. In dieſer Ebene geht die ungewöhnliche Brechung der Stralen vor ſich, welche unter ſenkrechtem Einfallen in den Kryſtall dringen. In den Rhomboiden des Isländiſchen Spaths ſchneidet der Hauptſchnitt die natürlichen Flächen in der Richtung einer geraden Linie, welche die ſtumpfen Winkel dieſer Flächen in zwei gleiche Theile theilt.

Wenn ein Lichtſtral durch Zurückwerfung polariſirt worden iſt, indem man ihn auf ein polirtes Spiegelglas unter einer Neigung von 35° 25′ fallen ließ, und man läßt ihn dann ſenkrecht durch ein Rhomboid von Isländiſchem Spath hindurchgehen, ſo verhält er ſich gerade ſo, als wenn er die gewöhnliche Brechung durch ein erſtes Rhomboid erlitten hätte, deſſen Hauptſchnitt mit der Zurückwerfungsebene parallel wäre. Iſt der Hauptſchnitt des Rhomboids, welches man ihm darbietet, mit dieſer Ebene parallel, ſo ſpaltet ſich der Stral nicht;

und alle Molecule, aus denen er beſteht, erfahren in dieſem Rhomboid die gewöhnliche Brechung. Weicht der Hauptſchnitt von der Richtung der Zurückwerfungsebene ab, ſo ſpaltet ſich der Stral beim Eindringen in das Rhomboid in zwei, welche den Stralen Fgg und Fgu analog ſind, indem der eine die gewöhnliche, der andere die ungewöhnliche Brechung erfährt. Dieſer letztere, der erſt nur ſehr ſchwach iſt, nimmt in dem Maße an Intenſität zu, als der Hauptſchnitt des Rhomboids einen größern Winkel mit der Zurückwerfungsebene bildet; zu gleicher Zeit mindert ſich die Intenſität des gewöhnlichen Strals und wird endlich null, wenn der Hauptſchnitt des Rhomboids ſenkrecht auf die Zurückwerfungsebene wird. Dann enthält der ungewöhnliche Stral alle hindurchgehenden Molecule. Mit einem Worte, wenn ein Lichtſtral durch eine erſte Zurückwerfung von einem Spiegelglaſe auf die angegebene Weiſe modificirt worden iſt, ſo hat er alle Charaktere eines gewöhnlichen Strals Fg, der ſich beim Hindurchgehen durch ein erſtes Rhomboid, deſſen Hauptſchnitt der Zurückwerfungsebene parallel wäre, gebildet haben würde, und es giebt kein Kennzeichen, ihn davon zu unterſcheiden. Dies durch die Erfahrung zu bewähren, müßte man Sorge tragen, ein Rhomboid anzuwenden, welches dick genug wäre, daß die beiden Bündel, in welche der polariſirte Stral ſich ſpaltet, recht unterſcheidbar zum Vorſchein kämen und eine geſonderte Beobachtung geſtatteten; oder, was eben dahin führen würde, man müßte den Durchmeſſer des, vom Glaſe zurückgeworfenen, Bündels ſo weit vermindern, daß eine ſolche Spaltung in dem Rhomboid, welches dem Beobachter zu Gebote ſteht, erfolgte. Da aber der Stral bei einer ſolchen Dünne an Lebhaftigkeit verlieren würde, und da es anderſeits ſehr ſchwer hält, dicke und zugleich recht reine Rhomboiden zu erhalten, ſo hilft man ſich dadurch, daß man ein Prisma von Isländiſchem Spath mit einem brechenden Winkel von nur einer kleinen Anzahl Grade, und deſſen vordere Fläche (Eintrittsfläche des Strals) eine der natürlichen Flächen eines Rhomboids iſt, anwendet. Durch dieſes Mittel vergrößert man das Auseinanderweichen der beiden austretenden Bündel; und wegen der Kleinheit des brechenden Winkels des Prismas ſind ihre Intenſitäten faſt noch die nämlichen, als wenn man ein vollkommenes Rhomboid angewandt hätte (wegen der Kleinheit des brechenden Winkels weichen nämlich die Eintritts- und Austrittsflächen des Strals am Prisma nicht ſehr vom Parallelismus, der beim Rhomboid in vollkommenem Grade Statt findet, ab). Um die größtmögliche Genauigkeit und Bequemlichkeit bei den Verſuchen zu erhalten, achromatiſire ich dies Prisma, indem ich an ſeine Hinterfläche ein anderes Prisma von Crownglas von zweckmäßig gewähltem Winkel, und mit der

Baſis der Spitze entgegengeſetzt, applicire. Das Ganze befeſtige ich in der Mitte eines kreisförmigen Ringes, der an eine Alhidade gefügt iſt, welche ſich auf einem in Grade eingetheilten kupfernen Kreiſe dreht; und ſtelle dieſen Apparat ſenkrecht auf die Richtung des zurückgeworfenen Strals, deſſen Spaltung ich beobachten will, z. B. ſenkrecht auf das Rohr TT' der Fig. 2, Tafel XVII. Fängt man alsdann das weiße Wolkenlicht auf dem erſten Spiegelglaſe AA auf, das wir für geneigt um 35° 25' gegen die Axe des Rohrs annehmen, und läßt das zweite Glas bei Seite, ſo braucht man nur die Alhidade, welche das Kryſtallprisma trägt, zu drehen, um die Spaltung des zurückgeworfenen Strals, ſo wie die verſchiedenen Perioden der Intenſität der Bündel, in welche er ſich beim Durchgang durch das Prisma theilt, aufs Deutlichſte und Bequemſte zu beobachten. Dieſe Perioden bleiben die nämlichen, wenn man auch ſtatt des Glaſes irgend eine andere Platte anwendet, welche das Licht vollſtändig zu polariſiren vermag, wofern man ſie unter den Winkel ſtellt, bei dem ſie zur Hervorbringung dieſer Erſcheinung geeignet iſt; ein Reſultat, welches eine offenbare Folgerung daraus iſt, daß die, den zurückgeworfenen Stralen eingepflanzten, Eigenſchaften in allen dieſen Fällen die nämlichen ſind. In den Apparaten, deren ich mich bediene, wende ich anſtatt des Glaſes aus den, Seite 105 erörterten, Gründen eine Platte Obſidian an.

Unſere jetzigen Unterſuchungen bezogen ſich auf das Verhalten eines, durch die ſpiegelnde Zurückwerfung polariſirten, Strals bei der Brechung durch einen Kryſtall. Umgekehrt kann man unterſuchen, wie ſich das, durch Brechung in einem Kryſtall modificirte, Licht bei der ſpiegelnden Zurückwerfung verhält, und dies iſt ebenfalls durch Malus geſchehen. Er brachte den Hauptſchnitt eines Rhomboids von Isländiſchem Spath in verticale Lage,, und nachdem er einen Lichtſtral durch die doppelte Brechung in dieſem Kryſtall geſpalten hatte, ließ er die beiden, dadurch entſtandenen, Bündel auf ein polirtes Spiegelglas fallen, ſo daß ſie einen Winkel von 35° 25' mit ſeiner Oberfläche bildeten, und daß die Einfallsebene dem Hauptſchnitte des Rhomboids parallel war. Der gewöhnliche Stral erfuhr die partielle Zurückwerfung, wie es bei einem Bündel directen Lichts der Fall geweſen ſeyn würde; der ungewöhnliche Stral aber drang ganz in das Glas und gieng hindurch, gerade ſo, als wenn er zuvor durch Zurückwerfung in einer, auf den Hauptſchnitt des Rhomboids ſenkrechten, Ebene polariſirt worden wäre.

Dieſe Verſuche beweiſen, daß ein, durch Zurückwerfung von einem Spiegelglaſe polariſirter, Lichtſtral gerade ſo modificirt wird, als wenn er die gewöhnliche Brechung in einem Rhomboid von Isländiſchem Spath erfahren hätte, deſſen Hauptſchnitt mit der Zurückwerfungsebene parallel wäre, oder auch, als wenn er die ungewöhnliche Brechung in einem Rhomboid erlitten hätte, deſſen Hauptſchnitt ſenkrecht auf dieſe nämliche Ebene wäre; ſo daß ſich kein Unterſchied zwiſchen den Dispoſitionen zu erkennen giebt, welche den Lichtmoleculen durch die eine oder die andere dieſer Verfahrungsarten eingepflanzt werden.

Noch mehr: dieſe nämlichen Dispoſitionen laſſen ſich gleicherweiſe durch alle mit doppelter Brechung begabte Kryſtalle hervorrufen. Alle dieſe Körper, welches auch ihre chemiſche Beſchaffenheit ſeyn mag, ertheilen dem Lichte in der angegebenen Art das Vermögen, ſich in einem anderen Kryſtall in zwei Bündel oder in ein einziges zu ſpalten, je nach der Richtung, in welche der letztere gedreht wird. Es iſt nicht einmal hiezu erforderlich, daß die übereinandergelegten Kryſtalle von derſelben Art, oder daß ſie beide ein- oder zweiaxig ſeyen; der erſte könnte z. B. kohlenſaures Bley oder ſchwefelſaurer Baryt und der andere Isländiſcher Spath; der erſte ein Bergkryſtall, der andere ein Schwefelkryſtall ſeyn. Alle dieſe Subſtanzen verhalten ſich in Bezug auf die Spaltung oder Nichtſpaltung der Strahlen zu einander, wie zwei Rhomboiden von Isländiſchem Spath; d. h. man findet immer zwei Lagen des zweiten Kryſtalls, in welchen jeder der, aus dem erſten ausgetretenen, Strahlen einfach bleibt; und dieſe Lagen ſind überall rechtwinklig unter einander. Endlich hängt die Bedingung, welcher zufolge ſich jeder Stral im zweiten Kryſtall in zwei Bündel oder in ein einziges theilt, nur von den beziehungsweiſen Lagen der Axen der in Gebrauch gezogenen Kryſtalle ab, welches übrigens auch ihre chemiſchen Beſtandtheile ſeyn mögen, und durch welche natürlichen oder künſtlichen Flächen derſelben man die Brechung zu Wege bringen mag. Alle dieſe ſchönen Reſultate ſind von Malus entdeckt worden, obwohl er ſie allerdings nur durch Induction feſtſtellen konnte; denn da er die Unterſcheidung der beiden Arten doppelter Brechung in eine anziehende und abſtoßende, ſo wie die der Kryſtalle in einaxige und zweiaxige noch nicht kannte, ſo vermochte er nicht mit Sicherheit anzugeben, welches Bündel in den ſucceſſiven Brechungen das gewöhnliche und welches das ungewöhnliche war.

Selbſt heut zu Tage hat man die Richtung der Ebene in den zweiaxigen Kryſtallen noch nicht allgemein ausgemittelt, die man dem Hauptſchnitte des erſten Rhomboids parallel zu machen hat, damit der, gewöhnliche oder ungewöhnliche, Stral, welcher aus der erſten Brechung hervorgeht, beim Erleiden der zweiten ungeſpalten bleibe. Ja man wird ſehen, wenn ich die Richtung und das Geſetz der Abdiſcutiren werde können geleſen haben, welche die Strahlen im Innern dieſer Kryſtalle empfangen, daß es mit großer Wahrſcheinlichkeit ſehr viele Richtungen des Schnitts giebt, für welche ſie ſich ſtets bei ſenkrechtem Einfallen ſpalten müſſen, welche Richtung man auch dem erſten Kryſtalle, aus welchem ſie austreten, geben mag. Jedoch läßt ſich die verlangte Richtung für einen Fall angeben: den nämlich, wo die Einfallsoberfläche auf dem zweiten Kryſtall gleiche Winkel mit ſeinen beiden Axen bildet. Legt man alsdann durch das, beiden Kryſtallen gemeinſchaftliche, Einfallsloth eine Ebene, die zwiſchen den Axen des zweiten Kryſtalls mitten hindurchgeht, ſo wird die Lage dieſer Ebene auf das Erfolgen oder Nichterfolgen der Spaltung der gebrochenen Strahlen einen ähnlichen Einfluß äußern, als die des Hauptſchnitts der einaxigen Kryſtalle. D. h. ein Strahl, der, durch ein Rhomboid von Isländiſchem Spath gewöhnlich gebrochen, ſenkrecht auf die erſte Oberfläche eines zweiaxigen Kryſtalls fällt und in ſein Inneres dringt, bleibt darin einfach und gewöhnlich, wenn die ſo eben beſtimmte Ebene dem Hauptſchnitt des Rhomboids parallel iſt; dagegen, wenn dieſe Ebene ſenkrecht auf dem Hauptſchnitt des Rhomboids wird, der Strahl, noch einfach bleibend, im zweiten Kryſtall die ungewöhnliche Brechung erleidet; und in den dazwiſchenfallenden Lagen beider Kryſtalle, theilt er ſich zwiſchen beiden Brechungen. Man kann bemerken, daß dieſe Ebene, ihrer gegebenen Beſtimmung zufolge, von ſelbſt für die einaxigen Kryſtalle der Hauptſchnitt wird. Um ſomit alle Erſcheinung der Spaltung und Nichtſpaltung unter einem einzigen Satze zuſammenfaſſen zu können, wird man nur allgemein *Hauptſchnitt in irgend einem Kryſtall die Ebene ungewöhnlicher Brechung zu nennen haben, welche einem ſenkrecht einfallenden Strahl zugehört.*

Um dieſe Bedingungen der Spaltung und Nichtſpaltung zum Augenſchein zu bringen, ließ *Malus* die Flamme einer Kerze durch zwei übereinandergelegte Prismen von einem kleinen brechenden Winkel, beſtehend aus verſchiedenen, mit dem Vermögen der doppelten Brechung begabten, Subſtanzen, beobachten. Man erblickt ſo in der Regel vier Bilder der Flamme; läßt man aber eins der Prismen ſich langſam um den Geſichtsſtrahl als Axe drehen, ſo reduciren ſich die vier Bilder jedesmal auf zwei, wenn die Hauptſchnitte *) der beiden ſich berührenden Flächen parallel oder rechtwinklig auf einander werden. Die beiden verſchwindenden Bilder gehen nicht durch Ver-

---

*) Immer hat man dieſen Ausdruck *Hauptſchnitt* ſo zu verſtehen, wie er im vorigen Abſatz erklärt worden iſt, und mit den dort gegebenen Einſchränkungen.

[illegible] mit dem anderen verlieren, ſondern man ſieht ſie allmälig erlöſchen, während die Helligkeit der anderen zunimmt. Wenn die beiden Hauptſchnitte parallel ſind, ſo wird eins der Bilder durch Strahlen, welche in beiden Prismen gewöhnlich gebrochen worden ſind, hervorgebracht; das zweite durch ungewöhnlich gebrochene Strahlen. Sind die beiden Hauptſchnitte rechtwinklich auf einander, ſo verdankt eins der Bilder ſeine Entſtehung Strahlen, die im erſten Prisma gewöhnlich, und ungewöhnlich im zweiten gebrochen worden ſind; dagegen das andere Bild durch Strahlen gebildet wird, die durch das erſte Prisma die ungewöhnliche und durch das zweite die gewöhnliche Brechung erfahren haben. Ich habe mich überzeugt, daß dieſe Eigenſchaften ſtets Statt fanden, mochte die doppelte Brechung der vereinigten Kryſtalle gleicher oder verſchiedener Natur ſeyn.

Wir werden ſonach durch die Erſcheinungen darauf hingeführt, eine vollkommene Ähnlichkeit zwiſchen der Modification, welche die Zurückwerfung den Strahlen unter einem gewiſſen Einfallswinkel einpflanzt und derjenigen, die ihnen durch die, mit dem Vermögen der doppelten Brechung begabten, Kryſtallkörper ertheilt wird, anzuerkennen. Wir ſehen überdieß, daß dieſe Modification ſich auf die Seitentheile der Strahlen bezieht, indem dieſelben den zurückwerfenden Kräften wie denen, durch die die doppelte Brechung hervorgebracht wird, ſich nicht auf gleiche Weiſe fügen. Um dieſe Eigenthümlichkeiten auf geometriſche Beſtimmungen zurückzubringen, wollen wir einen Strahl II', Fig. 1 bis, Tafel XVIII, betrachten, der durch Zurückwerfung von einem Spiegelglaſe LL polariſirt worden iſt; und wollen in jedem der, ihn zuſammenſetzenden, Molecule drei auf einander rechtwinkliche Axen ex, en, ey, ziehen, deren erſte ex nach der Richtung, nach welcher ſich die Molecule fortbewegen, geht, die zweite en, ſenkrecht auf der erſten, in der Zurückwerfungsebene liegt, und die dritte ey ſenkrecht auf die beiden vorigen iſt. Wenn nun der Strahl II' auf ein zweites Spiegelglas L' L' trifft, welches ſo gedreht iſt, daß es keine Zurückwerfung deſſelben zuwege bringt, ſo werden die, ſenkrecht von dieſem Glaſe ausgehenden, zurückwerfenden Kräfte ſich auch ſenkrecht auf die Axe en finden, und überdieß gleich auf den Theil der Molecule, der nach en und auf den, der nach en' hinſieht, wirken; da, wenn man das Glas etwas aus der Lage ſeiner Zurückwerfung dreht, die Erſcheinungen zu beiden Seiten dieſer Lage ſymmetriſch erfolgen. Somit wird die Wirkung der Zurückwerfungskräfte unter dieſem Einfallswinkel keine Drehung der Axe nen', weder nach Rechts, noch nach Links hervorbringen können, eben ſo wenig als die Schwerkraft einen horizontalen Hebel, deſſen beide Arme gleich ſind (eine an beiden Armen gleich belaſtete

Wage z. B.), in Drehung zu verſetzen vermag. Während alſo dieſe Axe ſich in der Ebene der Zurückwerfungskräfte, durch welche die Polariſation auf dem Spiegel LL bewirkt wurde, befand, werden dagegen die vpn dem zweiten Glaſe ausgehenden Zurückwerfungskräfte unvermögend ſeyn, ſie ihrerſeits in ihre Zurückwerfungsebene zu bringen. Hieraus erhellt, daß dieſe Axe die Eigenſchaften der Lichtmolecule begründet. Deshalb werden wir ſie *Polariſationsaxe* (axe de polarisation) nennen und uns ihre Richtung in jedem Molecul auf gleiche Weiſe und unveränderlich beſtimmt denken. Außerdem wollen wir der Kürze halber die Axe ex *Fortbewegungsaxe* (axe de translation) nennen; dieſe aber nicht für unveränderlich in jedem Molecul annehmen, ſondern blos in Bezug zu ſeiner jedesmal beſtehenden Richtung betrachten, um dem Molecul Freiheit zu laſſen, ſich um ſeine Polariſationsaxe zu drehen. Nach dieſen Erörterungen laſſen ſich alle, bisher von uns erhaltenen, Reſultate ſehr einfach und deutlich in folgendem Satze ausſprechen:

Wenn ein Lichtſtral durch eine polirte Oberfläche, unter dem zur vollſtändigen Polariſation erforderlichen, Einfallswinkel, zurückgeworfen wird, ſo iſt die Polariſationsaxe aller zurückgeworfenen Molecule in der Zurückwerfungsebene gelegen und ſenkrecht auf die gerade beſtehende Fortbewegungsaxe dieſer Theilchen.

Wenn die Lichtmolecule ſo gedreht ſind, daß die Erfüllung dieſer Bedingung unmöglich wird, ſo werden ſie gar nicht zurückgeworfen, *wenigſtens nicht unter dem Einfallswinkel, der der vollſtändigen Polariſation zugehört.* Dieſer Fall tritt ein, wenn die Polariſationsaxe der einfallenden Molecule ſenkrecht auf die Einfallsebene iſt, bei übrigens gehörig beſtimmtem Einfallswinkel.

Allgemein, wenn eine polirte Oberfläche einen polariſirten Stral unter dem Einfallswinkel empfängt, wo ſie ſelbſt die vollſtändige Polariſation bewirken wurde, und man läßt ſie ſich ſo um dieſen Stral drehen, daß deſſen Neigung gegen ſie unverändert bleibt, ſo iſt die Quantität Lichts, welche ſie in den Lagen, worein man ſie ſucceſſiv bringt, zurückwirft, dem Quadrat des Coſinus des Winkels proportional, den die Einfallsebene auf dieſer Oberfläche mit der Polariſationsaxe bildet. (Der Fall, wo die Zurückwerfung null iſt, iſt unter dieſem Geſetze als beſonderer Fall enthalten; da, wenn der genannte Winkel ein rechter iſt, ſein Coſinus null wird).

Wenn das Licht durch einaxige Kryſtalle hindurchgeht, ſo werden die verſchieden gebrochenen Lichtmolecule auch verſchieden polariſirt. Die Polariſationsaxe derjenigen, welche den gewöhnlichen Stral ausma-

chen, kommt in eine Ebene zu liegen, welche durch die Fortbewegungsaxe dieſes Strals und eine, mit der Axe des Kryſtalls parallele, Gerade gelegt iſt, die Polariſationsaxe derjenigen, aus welchen der ungewöhnliche Stral beſteht, iſt ſenkrecht auf die Ebene, die eben ſo durch ihre Fortbewegungsaxe und eine, mit der Axe des Kryſtalls parallele, Gerade gelegt wird.

Hienach, wenn wir ſagen, ein Lichtſtral ſey in einer Ebene oder in Bezug zu einer Ebene gewöhnlich polariſirt, ſo wird das heißen, die Molecule, aus denen er beſteht, haben ihre Polariſationsaxe in dieſer Ebene; oder auch, wir können, um Kürze in die Ausdrücke zu bringen, ſagen, dieſe Ebene ſey ihre Polariſationsebene (plan de polarisation); ſagen wir dagegen, der Stral ſey ungewöhnlich in Bezug zu einer Ebene polariſirt, ſo wollen wir dadurch ausdrücken, daß die Polariſationsaxe der Lichtmolecule, aus denen er beſteht, ſenkrecht auf dieſe Ebene ſey.

Die Analogie, die ich weiter oben zwiſchen der Art, nach welcher die doppelte Brechung in den ein- und zweiaxigen Kryſtallen vor ſich geht, nachgewieſen habe, führt uns darauf hin, wie ſich obiges Geſetz verallgemeinern läßt, um ſeine Anwendbarkeit auch auf letztre auszudehnen. Da nämlich im Fall einer einzigen Axe der gewöhnliche Stral in der Ebene polariſirt wird, welche durch ſeine Richtung und durch dieſe Axe ſelbſt gelegt wird, ſo muß, wenn zwei Axen vorhanden ſind, welche, wie wir oben ſahen, die nämliche Rolle in den Erſcheinungen der doppelten Brechung ſpielen, die Richtung der Polariſation zwiſchen ſie fallen; woraus ſich folgende Regel ergiebt:

Man denke ſich durch jede der Axen des Kryſtalls und durch den Stral, welcher die gewöhnliche Brechung erfährt, eine Ebene gelegt. Durch dieſen nämlichen Stral denke man ſich eine dritte Ebene, welche den Neigungswinkel, den die beiden erſten bilden, mitten durch theilt. Die Lichtmolecule, welche die gewöhnliche Brechung erfahren haben, werden in der Richtung dieſer mittleren Ebene polariſirt; die Molecule dagegen, die ungewöhnlich gebrochen worden ſind, werden ſenkrecht auf die mittlere Ebene polariſirt, die man ſich nach derſelben Weiſe durch den ungewöhnlichen Stral gelegt denkt. In dem Fall, wo beide Axen in Eine zuſammenfallen, tritt dieſe Conſtruction unter die von Malus.

Dieſer Methode bin ich bei allen Verſuchen, die ich an zweiaxigen Kryſtallen zur Beſtimmung der Richtung der Polariſation angeſtellt habe, gefolgt; und immer fand ich ſie genügend. Da jedoch in den meiſten der Platten, mit denen ich meine Verſuche anſtellte, die Flächen ſenkrecht auf die Ebene der Axen oder gleich gegen ihre Richtung geneigt waren, eine Einrichtung, die ich zur Vereinfachung der Erſcheinungen traf, und da ich in derſelben Abſicht dieſe Platten in den meiſten Fällen in eine ſolche Lage brachte, daß die Richtung der gebrochenen Stralen ſymmetriſch in Bezug zu dieſen nämlichen Axen war, ſo würde ich nicht dafür haben ſtehen können, daß obige Conſtruction allgemein ſey, bevor ich nicht ihre Statthaftigkeit auch hinlänglich für andere Fälle nachgewieſen. Dies iſt von mir durch eine Reihe von Erſcheinungen geſchehen, welche ſpeciell von der Richtung innerer Polariſation der, durch die Kryſtalle gebrochenen, Stralen abhängen. Ich habe dieſe Verallgemeinerung der Akademie der Wiſſenſchaften am 21ſten May 1821 vorgelegt, und Fresnel wurde nachmals auf daſſelbe Geſetz durch ſeine Anſicht über das Licht geführt.

Wenn ein, ſchon polariſirter, Lichtſtral ſenkrecht durch ein Rhomboid von Iſländiſchem Spath, oder überhaupt einem einaxigen Kryſtall, hindurchgeht, ſo iſt die Quantität von Licht, welche ſich bei ſeinem Durchgange als gewöhnlicher Stral verhält, dem Quadrat des Coſinus des Winkels, den der Hauptſchnitt des Kryſtalls mit der Polariſationsaxe des Strals bildet, proportional; und die Quantität Lichts, welche als ungewöhnlicher Stral hindurchgeht, verhält ſich dem Quadrat des Sinus des nämlichen Winkels proportional. Beide Arten von Polariſation finden in Bezug auf die Ebene des Hauptſchnittes Statt. Noch hat man nicht ausgemittelt, ob das, von Malus entdeckte, Geſetz ſich auf die zweiaxigen Kryſtalle erſtreckt, oder ob es, um allgemeine Anwendbarkeit zu erhalten, noch irgend einer Modification bedarf.

Die Zurückwerfung und doppelte Brechung ſind nicht die einzigen Umſtände, welche ſich zur Hervorbringung der feſten Polariſation eignen. Sie tritt auch bei der Brechung, welche von nicht kryſtalliniſchen Körpern geäußert wird, hervor. Dieſe Erſcheinung wurde von Malus und mir zu gleicher Zeit entdeckt und beſchrieben 1); er allein aber hat das Geſetz derſelben gefunden und ihre Analyſe gegeben. Ich werde ſie hier nach den Verſuchen, durch die ich zu ihrer Kenntniß gelangt bin, darſtellen, da ſie dieſelbe ſehr in die Augen fallend und leicht zu beobachten machen.

---

1) Die Verſuche von Malus und die meinigen wurden dem Inſtitute am 11ten März 1811 vorgeleſen und kurz darauf im Moniteur zur Kenntniß des Publikums gebracht.

Hier zuvörderſt die Angabe, worin ſie beſteht. Wenn man eine Säule aus mehreren parallelen Glasplatten errichtet, die von einander durch Luftzwiſchenräume geſchieden ſind, und dieſer Säule einen noch unmodificirten Lichtſtral ſchief darbietet, ſo zeigt ſich das hindurchgegangene Licht ganz oder theilweiſe ſo modificirt, als wenn es durch einen kryſtalliſirten Körper gegangen wäre. Denn wenn man es bei ſeinem Austritte durch ein Rhomboid von Isländiſchem Spath hindurchgehen läßt, ſo theilt es ſich in der Regel in zwei Bündel von ungleicher Intenſität: und es finden ſelbſt, wenn man die Zahl der übereinanderliegenden Gläſer hinlänglich vermehrt, vier auf einander rechtwinkliche Lagen des Rhomboids Statt, in welchen es ſich nicht ſpaltet; und wo dann das durchgegangene Licht ſich ſo verhält, als wäre es vollſtändig nach einer einzigen Richtung polariſirt worden.

Dieſe Erſcheinung hat nicht blos für einen beſonderen Einfallswinkel des Strals auf die Glasplatten Statt; ſie beginnt, ſo wie die Incidenz aufhört, ſenkrecht zu ſeyn; der Antheil durchgegangenen Lichts, welcher die Charaktere des directen Lichts behält, mindert ſich, je größer die Schiefe des Einfallens auf die Platten wird; endlich, wenn deren eine hinlängliche Anzahl in Verhältniß zur Intenſität des einfallenden Strals vorhanden iſt, tritt eine Gränze ein, wo, wie erwähnt, alles durchgegangene Licht nach einer einzigen Richtung polariſirt iſt; und, wenn dieſe Gränze einmal erreicht iſt, ſo erhält ſich die nämliche Eigenſchaft auch noch für alle andere Schiefen fort, bei denen der einfallende Stral dem Parallelismus mit den Platten noch näher kommt.

Die Menge von Platten, welche erforderlich iſt, um auf ſolche Art die vollſtändige Polariſation zu erlangen, hängt von der Intenſität des einfallenden Lichts und der Art des Stoffs ab, aus dem die Platten beſtehen. Zehn Glasplatten ſind hinreichend, um das Licht der untergehenden Sonne vollſtändig zu polariſiren; dagegen reichen zwei Blätter Blattgold hin, die nämliche Wirkung bei jedem Stande der Sonne zu erreichen. Man muß Sorge tragen, dieſe Blätter oder Platten in Entfernung von einander und mit einander parallel anzuordnen. Das Licht läßt ſich auch auf dieſe Weiſe durch flüſſige Schichten polariſiren, z. B. ſolche, die mit Seifenwaſſer entſtehen, wenn man ein inwendig geſchlitztes Stück Pappe hineintaucht; doch hält es ſchwer eine hinlängliche Anzahl derſelben gleichzeitig hervorzubringen, um die vollkommene Polariſation ſelbſt eines ſchwachen Lichtes zu erhalten.

Wenn man eine groſe Anzahl Glasplatten, z. B. vierzig oder funfzig anwendet, und ſie auf das, durch eine Kerzenflamme hervorgebrachte, Licht wirken läßt, ſo bemerkt man ſehr große Verſchiedenheiten in der Intenſität des Lichtes, was unter verſchiednen Schiefen durchgeht. Dieſe Intenſität, welche bei ſenkrechtem Einfallen erſt ſehr ſchwach iſt, nimmt mit der Schiefe des einfallenden Strals gegen die Platten zu. Sie erreicht ihr Maximum, wenn der Stral einen Winkel von 35° 25′ mit deren Oberfläche macht; welches der nämliche Winkel iſt, unter welchem die Zurückwerfung vom Glaſe das Licht vollſtändig polariſirt. Nimmt nach Ueberſchreitung dieſer Gränze die Schiefe noch mehr zu, ſo mindert ſich die Intenſität wiederum, und zwar noch raſcher als ſie Anfangs zugenommen hatte.

Verweilen wir einen Augenblick bei dieſem Maximum. Hier wird alles, von den aufeinanderfolgenden Platten zurückgeworfene, Licht völlig polariſirt; und zwar, wie wir eben bei Betrachtung der Polariſation durch Zurückwerfung ſahen, ſo, daß die Polariſationsaxe der zurückgeworfenen Molecule ſich in der Zurückwerfungsebene befindet. Verdoppelt oder verdreifacht man nun unter dieſem Einfallswinkel die Anzahl der Platten, aus denen die Säule beſteht, ſo ändert ſich, wenn das durchgegangene Licht einmal vollſtändig polariſirt worden iſt, ſeine Intenſität ganz und gar nicht mehr; ſondern behält ganz den nämlichen Glanz, welches auch jene Anzahl ſeyn mag; das Licht muß ſich alſo dann ſo polariſirt finden, daß es der ſtetigen und ſucceſſiven Zurückwerfung entgeht, welche die Platten darauf zu äußern ſtreben.

In der That, wenn man die letzte Platte von den andern, mit fortbeſtehendem Parallelismus, ſo weit entfernt, daß ſich die, durch dieſelbe hervorzubringende, Zurückwerfung beobachten läßt, findet man ſie ganz null. Dies giebt uns Aufſchluß über die Richtung, nach welcher das durchgegangene Licht ſich hier polariſirt findet. Weil es frei durch die nachfolgenden Platten hindurchgeht, ſo muß es ſenkrecht auf die Ebene, in welcher die Brechung vor ſich geht, polariſirt ſeyn. Obwohl ſich dieſe Folgerung nach dem Vorſtehenden von ſelbſt darbietet, ſo hatte ich ſie doch damals nicht aus den Erſcheinungen gezogen; ſie gehört Malus an, der ſie auf einem andern Wege entdeckt hat, indem er erſt die Wirkung einer einfachen Platte beſonders unterſuchte und danach die mehrerer aufeinanderfolgenden. Ich habe dieſe Methode in meinem größern Werke auseinandergeſetzt, ſo wie auch die Erfahrungsſchlüſſe, die ſich hinſichtlich der Natur und Wirkungsart der Zurückwerfungs- und Brechungskräfte auf die Erſcheinung ſelbſt gründen laſſen.

Man beobachtet auch Erſcheinungen feſter Polariſation in den blättrigen, ſelbſt den kryſtalliſirten, Körpern, wenn das Licht nach der Richtung ihrer Schichten durch ſie hindurchgeht. Die Kräfte, welche dieſe Erſcheinungen hervorrufen, ſind dann von der Elementarkryſtalliſation unabhängig und modificiren ihre Wirkungen.

Es iſt allbekannt, daß der Stein, welchen man Agat nennt, durch Quarzſchichten gebildet wird, die ſich ſucceſſiv durch Infiltration abgeſetzt haben. Wenn man eine Platte daraus ſenkrecht auf ſeine Schichten ſchneidet, ſo findet man, daß ſie einen großen Theil des hindurchgehenden Lichts parallel mit ihrer Oberfläche polariſirt, ja ſelbſt alles, wenn ſie hinlänglich dick iſt, oder wenn der Stral, dem man ſie ausſetzt, nicht eine zu ſtarke Intenſität beſitzt. Dieſe Beobachtung rührt von Brewſter her. Es ergiebt ſich hieraus, daß, wenn man die Platte einem Stral ausſetzt, der ſenkrecht auf die Richtung ihrer Adern polariſirt iſt, ſie keins der Lichtmolecule nach der erforderlichen Richtung zu drehen vermag, um es durchzulaſſen, mithin daß ſie es ganz aufhält. Iſt dagegen die Polariſationsebene parallel mit den Adern des Agats, ſo finden ſich die Lichtmolecule von ſelbſt ſo disponirt, wie ſie durch die Wirkung des Agats geſtellt werden würden, und mithin geht der Stral durch, jedoch mit Erleidung einer Schwächung in Folge der unvollkommenen Durchſichtigkeit. Dreht man den Agat aus der einen dieſer Lagen in die andre, ſo nimmt die Intenſität des durchgehenden Lichts immer mehr ab. Indeß habe ich mich überzeugt, daß dieſe Erſcheinungen nur bis zu gewiſſen Gränzen der Dicke Statt haben.

Wenn der Agat hinlänglich dünn iſt, ſo läßt er mit einer dem Anſchein nach gleichen Leichtigkeit alle Lichtmolecule zu, nach welcher Richtung ſie auch polariſirt ſeyn mögen; und nimmt alle Eigenſchaften der, mit doppelter Brechung begabten, Kryſtalle wieder an. Weiterhin werde ich die Beweiſe dieſer Thatſache geben. Erkennt man ſie als gegründet an, ſo muß man begreiflich im Agat zwei beſondre Arten polariſirender Kräfte unterſcheiden, deren eine von der Kryſtalliſationsweiſe ſeiner Theilchen, die andre von der Anordnung und Heterogeneität der Schichten, aus denen er beſteht, abhängt.

Aehnliche Eigenſchaften habe ich im Turmalin entdeckt, wo ſie ſelbſt noch weit ſonderbarer ſind; denn, wenn der Turmalin rein iſt, ſo entdeckt das Auge keinen Anſchein heterogener Schichten darin; er iſt dann ſogar ſehr klar (limpide) und blos ſeine Farbe, gewöhnlich ein dunkles Grün, ſcheint ſeiner Durchſichtigkeit einigen Eintrag zu thun. Schneidet man nun aus dem Turmalin ein Prisma der Art zu, daß ſeine Kanten ſeiner Axe parallel ſind, und betrachtet einen dünnen Gegenſtand, z. B. eine Nadel, durch daſſelbe, indem man es größerer Leichtigkeit halber durch ein Glasprisma achromatiſirt, ſo wird man finden, daß der dünnſte Theil des Turmalins zwei gebrochene Bilder der Nadel hindurchläßt, die ſelbſt, durch gehöriges

Drehen der Einfallsoberfläche, auf eine ziemlich gleiche Intenſität gebracht werden können; ändert aber das Auge allmälig ſeine Stelle, ſo daß die Geſichtslinie durch den dickſten Theil geht, ſo ſieht man eins der beiden Bilder allmälig ſchwächer werden, und endlich ganz verlöſchen. Das andre Bild aber geht immer noch durch, blos mit der Verminderung der Helligkeit, welche eine Folge der unvollkommnen Durchſichtigkeit ſeyn muß; und bei Prüfung der Lichtmolecule, von welchen es gebildet wird, zeigen ſie ſich ſenkrecht auf die Kanten des Prismas polariſirt, welche ſelbſt mit der Kryſtalliſationsaxe parallel ſind. Sonach äußert der, nach dieſer Richtung geſchnittene, Turmalin die doppelte Brechung, wenn er dünn iſt und die einfache, wenn er dick iſt; diejenige aber, welche er beibehält, iſt die ungewöhnliche, wovon man ſich durch ein, weiter unten anzugebendes Mittel überzeugen kann. Dieſe Eigenſchaft giebt den Grund, ſo wie, wenn ſie bekannt iſt, die leichte Erklärung mehrerer andern Erſcheinungen, die, wenn ſie vereinzelt daſtänden, ſehr ſonderbar erſcheinen würden.

Geſetzt man habe die beiden Gegenflächen eines Turmalins polirt, ſo daß er eine Platte mit parallelen Flächen darſtellt, deren Dicke mehr beträgt, als die, bei welcher die beiden Brechungen durch ſeine Subſtanz hindurch ſichtbar ſind, eine Dicke die je nach ſeiner ſtärkern oder ſchwächern Färbung im Allgemeinen verſchieden iſt. Läßt man nun auf eine ſolche Platte ſenkrecht Stralen fallen, die von einem ſelbſtleuchtenden Körper, wie einer brennenden Kerze, ausgegangen ſind, und keine vorgängige Polariſation erfahren haben, ſo findet ſich alles durchgegangene Licht nach einer einzigen Richtung, ſenkrecht auf die Axe der Nadel, polariſirt. Die Wirkung der Turmalinplatte auf die, durch ſie hindurchgehenden, Molecule geht alſo dahin, ihre Polariſationsaxen nach dieſer Richtung zu drehen. Wirklich, wenn man dieſen Platten einen polariſirten Stral darbietet, deſſen Polariſationsebene ſenkrecht auf ihre Axe iſt, laſſen ſie ihn durch; verwehren ihm dagegen völlig den Durchgang, wenn dieſe Ebene mit ihrer Axe parallel iſt. Im Uebergange von der erſten Lage zur zweiten nimmt die Intenſität des durchgehenden Lichts, ſo wie man die Platte dreht, ab, wenn man die Incidenz immer ſenkrecht erhält. Es ergiebt ſich hieraus, daß, wenn man zwei ſolcher Platten ſo übereinander legt, daß ſich ihre Axen rechtwinklich kreuzen, der ganze Raum, den die ſich bedeckenden Theile der Platten einnehmen, undurchſichtig wird, von welcher Art auch das einfallende Licht ſeyn, und welche Modificationen man ihm auch zuvor eingepflanzt haben mag; indem die zweite Platte nothwendig denjenigen Stralen den Durchgang verwehrt, welche die erſte durchgelaſſen hatte.

Dieſe Erſcheinungen haben nur in ſo weit Statt, als die Dicke der Platten gewiſſe Gränzen überſchreitet, die je nach der Klarheit ihrer Subſtanz und der Intenſität des Lichts, dem man ſie ausſetzt, verſchieden ſind. Bei größerer Dünne fangen ſie an, einige Stralen in der Richtung ihrer Axe polariſirt hindurchzulaſſen; endlich, bei noch geringern Dicken laſſen ſie dieſe Stralen faſt eben ſo gut, als die andern durch, und treten alsdann unter die gewöhnlichen Geſetze der andern, mit doppelter Brechung begabten, Kryſtalle.

Nehmen wir das, bei unſern erſten Verſuchen gebrauchte, achromatiſirte Turmalinprisma wieder vor, ſo entdecken wir daran noch eine andre ſehr bemerkenswerthe, Eigenſchaft, nämlich daß die beiden, durch ſeinen dünnſten Theil ſichtbaren, Bilder eines weißen Gegenſtandes nicht von der nämlichen Farbe ſind. Das gewöhnliche, welches in größern Dicken verſchwindet, iſt gelblichgrün; das ungewöhnliche, welches dann noch bleibt, für den Augenſchein weiß. Mag man dieſen Verſuch an dem weißen Wolkenlicht anſtellen, welches man durch Zurückwerfung von einem ſchwarzen Spiegel polariſirt hat, oder an dem ſtralenden Licht einer weißen Stecknadel, der Erfolg iſt immer der nämliche. Da ſich die Weiße des Bildes noch fort erhält, wenn das andre ſchon gefärbt iſt, ſo kann dieſe Erſcheinung nicht von einer ungleichen Vertheilung der Lichtmolecule zwiſchen beiden Brechungen, der gewöhnlichen und ungewöhnlichen, herrühren, wie man dem erſten Anblick nach zu glauben verſucht ſeyn könnte; denn dann müßte das bleibende Bild die Ergänzungsfarbe des andern zeigen. Die Färbung des letztern entſteht alſo erſt nach ſeiner Spaltung vom erſtern; und man muß daraus ſchließen, daß die violetten und blauen Molecule, welche zuerſt in dieſem Bilde vermißt werden, weit leichter von der Subſtanz des Turmalins verſchluckt werden, wenn ſie parallel mit ſeiner Axe, als wenn ſie ſenkrecht darauf polariſirt ſind.

Von ſelbſt folgt aus dieſer Eigenſchaft, daß, wenn man eine Turmalinplatte bildet, welche dieſes Vermögen ungleicher Verſchluckung beſitzt, indem man ihr keine ſo ſtarke Dicke giebt, daß das gewöhnliche Bündel ganz verſchluckt werde, und man dann ſenkrecht auf ſie einen weißen Stral fallen läßt, der zuvor nach einer einzigen Richtung polariſirt worden iſt, der Theil dieſes Strals, welcher durch die Platte hindurchgeht, ſeine Farben ändern wird, ſo wie man die Platte in ihrer Ebene herumdreht. Denn wenn der Hauptſchnitt mit der urſprünglichen Polariſationsebene des Strals zuſammenfällt; ſo wird alles durchgehende Licht dem gewöhnlichen Bündel angehören; dem ungewöhnlichen dagegen, wenn der Hauptſchnitt ſenkrecht auf die urſprüngliche Polariſationsebene wird; woraus folgt, daß man in dieſen beiden Fällen eine verſchiedene Farbe beobachten wird. Die Zwiſchenlagen endlich werden eine Vermiſchung dieſer beiden Stralen, und mithin eine Vermiſchung der beiden Farben, geben.

Eine Folge eben dieſer Eigenſchaft iſt auch, daß, wenn man durch den Turmalin ein weißes, nicht polariſirtes, Licht betrachtet, z. B. das der Wolken und den durchgegangenen Theil mittelſt eines Prisma's von Isländiſchem Spath, deſſen Hauptſchnitt mit der Axe des Turmalins parallel iſt, analyſirt, die Bündel, auf welche der Turmalin verſchiedene Brechungen geäußert hat, ſich im Prisma von Spath trennen, und ſo geſondert mit ihren eigenthümlichen Farben zeigen werden, insbeſondere, wenn man jedes fremde Licht ausſchließt, indem man das Mineral vor ein kleines, in eine Karte geſtochenes, Loch bringt. Es wird ſelbſt geſchehen können, daß dieſe beiden Bündel in ihrer Geſammtheit ſchon dem bloßen Auge beſonders gefärbt erſcheinen, und zwar mit der Art Farbe, welche im gewöhnlichen Bündel vorwaltet, weil die Molecule, die dieſes verloren hat, keine Ergänzung durch das andre Bündel erhalten; auch wird es leicht ſeyn, dieſe Erſcheinung der Färbung von der Wirkung einer bloßen Verbreitung eines Farbenſtoffs zu unterſcheiden: denn da ſie von der doppelten Brechung des Kryſtalls abhängt, ſo wird die Intenſität und manchmal ſelbſt die Beſchaffenheit der beobachteten Farben nach verſchiednen Richtungen verſchieden ſeyn.

Die Farbenerſcheinungen, welche in den beiden vorigen Abſätzen beſchrieben worden ſind, waren von Arago an gewiſſen Stücken Schwerſpaths (ſchwefelſauren Baryts) lange vor meinen Beobachtungen am Turmalin bemerkt worden. Die Umſtände aber, die ſich in Begleitung derſelben zeigten, ließen ihn kein entſchiednes Urtheil über die Urſach, von der ſie abhängen, fällen. Eben ſolche Erſcheinungen beobachtet man im gelben Topas, im Beryll, Smaragd, Corund und überhaupt allen Arten farbiger Kryſtalle, welche mit dem Vermögen der doppelten Brechung begabt ſind. Die Verſchluckung, welche ſich ungleich an den beiden Bündeln, in welchen das Licht in dieſen Kryſtalle geſpalten wird, äußert, modificirt die örtliche Farbe, die ſie durchlaſſen; und da dieſe Modification nach der Richtung der Stralen in Bezug zu den Axen des Kryſtalls verſchieden iſt, ſo bringt ſie die Verſchiedenheit der Färbung, oder, wie man es nennt, den Dychroismus, mit ſich, den eine große Menge dieſer Kryſtalle, durch verſchiedene Flächen betrachtet, zeigen. Zur Entſtehung dieſer Erſcheinung reicht aber nicht hin, daß die Subſtanzen gefärbt ſeyen. Denn ſie kommt nicht in allen gefärbten Exemplaren eines und deſſelben Minerals vor, und die, nicht mit doppelter Brechung begabten, Subſtanzen zeigen ſie niemals, wie lebhaft ſie auch gefärbt ſeyn mögen. Von ſelbſt ergiebt ſich, daß man die Farbenverſchiedenheiten in den Kryſtallen, in welchen ſie vorkommen, nie nach der Richtung der Axen beobachtet, weil nämlich die doppelte Brechung und alle davon abhängige Wirkungen hier Statt zu haben aufhören. Wird in dieſem Fall das durchgegangene Licht durch ein Prisma aus Isländiſchem Spath analyſirt, ſo zeigt es zwei Bündel von gleicher Farbe. Man hat noch keine gehörige Kenntniß darüber, wie nach den andern Richtungen die Farben ſich mit der Richtung der Bündel gegen die Axen jedes Kryſtalls ändern, und das Geſetz dieſer Veränderung ſcheint um ſo ſchwerer auszumitteln, da ſie nicht in allen Exemplaren eines und des nämlichen Minerals beſtändig iſt, und oft die Beſchaffenheit nicht minder als die Intenſität der Farbe betrifft. So wenn man in einem Würfel von Baryt, den Arago mir die Gefälligkeit gehabt hat, zu Verſuchen zu überlaſſen, und welches der nämliche iſt, an welchem er dieſe Erſcheinungen zuerſt beobachtete, ſucceſſiv einen weißen Strgl durch die drei Paare gegenüberliegender Flächen gehen läßt, und die Bündel durch ein achromatiſirtes Prisma Isländiſchen Spaths analyſirt, ſo zeigen ſich die Farben der beiden Bündel für das erſte Paar dunkel violet und gelblich grün; für das zweite bläulichviolet und faſt vollkommen weiß; endlich für das dritte grünlichgelb und violet von kaum merklicher Intenſität.

Dieſer Dychroismus der, aus einem Kryſtall ausgetretenen, Bündel iſt, wo er ſich zeigt, ein ſichres Kennzeichen der doppelten Brechung. Er kann alſo von Nutzen ſeyn, um zur Entdeckung dieſer Eigenſchaft zu führen, insbeſondre, wenn man nur ein ſehr kleines Fragment von einem Mineral beſitzt, welches dabei nicht geſchnitten zu ſeyn braucht. Man kann ſelbſt, je nachdem ſich in den, nach verſchiednen Richtungen durchgehenden, Farben Dychroismus oder Gleichartigkeit zeigt, von der Zahl und Lage der Axen urtheilen. So erkennt man z. B. auf ſolche Weiſe, daß die Turmalinkryſtalle nur eine einzige, und mit ihrer Länge parallele, Axe haben. Denn die Farbe, welche ſie der Quere nach durchlaſſen, ändert ſich nicht, wenn man auch den Kryſtall rings um dreht, wofern die Dicke ſich gleich bleibt. Dagegen erkennt man in den Kryſtallen von Piſtazit auf dieſe Weiſe zwei Axen, weil die Farbe, die ſie quer durchlaſſen, ſich ändert, ſo wie man ſie dreht.

Einer intereſſanten Bemerkung Brewſters zufolge modificirt die Wirkung der Wärme den Dychroismus der Mineralien auf dauerhafte Weiſe; bald ihn vernichtend, bald hingegen erregend [1]). Die

---

[1]) Der Dr. Brewſter hat in dieſem Bezug eine große Menge wichtigen Beobachtungen gemacht, die in den Philosophical Transactions vom J. 1819 zur Kenntniß des Publicums gebracht ſind. Da er in ſeiner Abhand-

Wirkungsart, welche die Turmalinplatten auf das Licht äußern, eignet ſie ausnehmend zu einer leichten und unzweideutigen Ausmittelung, nach welcher Richtung ein Stral polariſirt iſt; indem man nur die Richtung aufzuſuchen braucht, in welcher ſie ihn zurückwerfen, wo dann die Axe der Platte der Polariſationsaxe parallel ſeyn wird. Leicht läßt ſich dieſer Verſuch an einem Stral anſtellen, den man eigens deshalb durch Zurückwerfung nach einer bekannten Richtung polariſirt hat.

Wenn man auf dieſe Weiſe die beiden Bilder eines Gegenſtandes analyſirt, den man durch ein, parallel mit der Kryſtalliſationsaxe geſchnittenes, Stück isländiſchen Spaths betrachtet, ſo findet man das am ſtärkſten abgelenkte Bild parallel mit dieſer Axe polariſirt, das mindeſt abgelenkte ſenkrecht darauf. Ganz das Entgegengeſetzte beobachtet man an einem, nach der nämlichen Richtung geſchnittenen, Prisma von Bergkryſtall. Hier iſt das, am ſtärkſten abgelenkte, Bild ſenkrecht auf die Axe polariſirt, das am wenigſten abgelenkte parallel damit. Dies rührt daher, daß die doppelte Brechung des Isländiſchen Spaths abſtoßender, die des Bergkryſtalls anziehender Beſchaffenheit iſt. In Folge dieſes Umſtands erfährt das gewöhnliche Bild im Prisma von Spath die ſtärkſte von beiden Brechungen, und im Bergkryſtall die ſchwächſte. Wir ſehen ſomit, daß ſich dies Bild im einen, wie im andern parallel mit der Axe des Kryſtalls polariſirt findet,

---

lung auf keine der Unterſuchungen, welche den ſeinigen vorangegangen ſind, hinweiſt, ſo glaube ich, hier ihre Zeitfolge angeben zu müſſen. Brewſter hat das Datum ſeiner Unterſuchungen ſelbſt in einer Note, die in No. IV des Edinb. philosoph. Journ. S. 348 eingerückt iſt, angegeben. Er erklärt, daß ſeine Verſuche im Januar 1817 angeſtellt wurden, und vom Präſidenten der königlichen Societät in Edinburg am 24ſten des nämlichen Monats in ſein Regiſter eingezeichnet. Meine Beobachtungen über den Dichroismus des Turmalins und die genaue Bemerkung des Einfluſſes, den die doppelte Brechung in dieſem Fall auf die ungleiche Verſchluckung der Stralen äußert, d. i. die Thatſache und die Angabe ihrer Urſachen, wurden von mir im J. 1816 im vierten Theile meines größern Werkes über Phyſik S. 1526 zur öffentlichen Kenntniß gebracht; und die Ausdrücke, deren ich mich dort bediente, ſind wörtlich die nämlichen, aus denen der erſte Abſatz der Seite 121 des gegenwärtigen Werkes beſteht. Ungeachtet der Anſprüche indeß, die ich auf eine ſo klar zu Tage liegende Priorität glaube machen zu dürfen, kann ich doch nicht anders, als anerkennen, daß die Verallgemeinerung dieſer Bemerkungen in Bezug auf die meiſten, mit doppelter Brechung begabten, Subſtanzen, wie ſie von mir auf den vorigen Seiten auseinandergeſetzt wurden, von Brewſter ſchon lange vor mir geſchehen, obwohl auf verſchiedenem Wege, und ohne daß ich von ſeiner Abhandlung hätte Kenntniß erlangen können. Denn ich wurde erſt durch Zufall auf dieſe Verallgemeinerung im J. 1819 geführt, und brachte ſie im Bulletin des sciences des nämlichen Jahres, S. 109 und 129 zur Kenntniß des Publicums, indem ich die noch unbekannte Arbeit des Dr. Brewſter anzeigte.

das ungewöhnliche Bild dagegen ſenkrecht darauf. Daſſelbe Verhalten hat man bisher in allen einaxigen Kryſtallen beobachtet, mögen ſie eine doppelte Brechung anziehender oder abſtoßender Natur äußern; und die nämliche Eigenſchaft beobachtet man auch in allen zweiaxigen Kryſtallen, wenn die Flächen der Prismen ſo ſymmetriſch in Bezug zu den Axen angeordnet ſind, wie auf S. 112 angegeben worden iſt. Wir können alſo dieſe Erſcheinung zu einem Kennzeichen machen, um auszumitteln, welches Bild das gewöhnliche und welches das ungewöhnliche iſt, nach bloßer Unterſuchung ſeiner Polariſation; und das nämliche Kennzeichen wird uns auch dienen können, um zu entſcheiden, ob ein gegebener Kryſtall anziehend oder abſtoßend iſt; ohne daß man erſt nöthig hat, ein Mikrometer mit doppeltem Bilde daraus zu verfertigen. Man wird nämlich nur ein Prisma parallel mit der Axe, wenn der Kryſtall nur eine beſitzt, oder mit der, zwiſchen beiden Axen mitten durchgehenden, Linie, wenn der Kryſtall ein zweiaxiger iſt, zu ſchneiden und die Richtung, nach welcher die dadurch erblickten Bilder polariſirt werden, zu beobachten haben. Wenn das am ſtärkſten abgelenkte parallel mit der Axe des Prisma's polariſirt iſt, ſo iſt die gewöhnliche Brechung die ſtärkere und der Kryſtall abſtoßender Beſchaffenheit; iſt dies nämliche Bild dagegen ſenkrecht auf die Axe polariſirt, ſo iſt der Kryſtall anziehend. Die Turmalinplatte wird zu dieſem Zweck ſehr gut zu gebrauchen ſeyn.

Mittelſt einer ſolchen Platte läßt ſich leicht eine Thatſache nachweiſen, welche Arago durch andre Verfahrungsarten entdeckt hat; nämlich daß bei der Erſcheinung der Zurückwerfung der Antheil Lichts, welcher nach allen Richtungen ohne Unterſchied zurückgeſtralt wird, ſich zum großen Theil ſenkrecht auf die Zurückſtralungsebene (plan d'émergence, die Ebene, welche das Einfallsloth und den in Betracht gezogenen Theil des zurückgeſtralten Lichts enthält) polariſirt findet. Um ſich hievon zu überzeugen, braucht man nur einen Sonnenſtral in ein finſtres Zimmer treten und auf die Oberfläche irgend eines, undurchſichtigen oder durchſichtigen, Körpers fallen zu laſſen; worauf man den Einfallspunct von einem beliebigen Orte, aber außer der Richtung der ſpiegelnden Zurückwerfung, durch eine Turmalinplatte betrachte.

Dreht man alsdann dieſe Platte allmälig um die Richtung der Stralen, durch welche dieſer Punct ſichtbar wird, ſo wird man in der Helligkeit des Bildes eine ſehr merkliche Veränderung wahrnehmen. Es wird ſich am glänzendſten zeigen, wenn der Turmalin die Stralen durchläßt, welche ſich parallel mit der Einfallsoberfläche (des zurückwerfenden Körpers) polariſirt finden, und am dunkelſten, wenn dieſe Stralen zurückgeworfen werden. Dies Verhalten wird man beobachten, von welchem Ort aus man auch den Einfallspunct beobachten mag, in welche Zurückſtralungsebene man ſich mithin auch ſtellen mag. Woraus erhellt, daß das, in jeder dieſer Ebnen durch die ſtralende Zurückwerfung verſtreute, Licht in überwiegendem Verhältniß aus Theilchen beſteht, welche ſenkrecht auf die Richtung dieſer Ebenen polariſirt ſind; gerade ſo, als wenn die Verſtreuung dieſes Lichts durch eine ſehr ſchiefe Brechung hervorgebracht wäre, die ſich in der Richtung jeder Zurückſtralungsebene auf dieſelbe geäußert hätte, während es bis zu einer unendlich kleinen Tiefe in die zurückwerfende Subſtanz eindrang.

Ich habe dieſen Verſuch an der äußern Oberfläche mehrerer Rhomboiden von Isländiſchem Spath wiederholt, indem ich der Einfallsebene des Strals verſchiedene Richtungen gegen den Hauptſchnitt gab; welches durch Herumdrehen des Kryſtalls bewerkſtelligt ward. Der Verhältnißtheil Licht, der vermöge der ſtralenden Zurückwerfung in der Richtung der Oberfläche polariſirt wurde, blieb immer der nämliche. Ich befeſtigte auch mehrere Stücke von Isländiſchem Spath, die in ſehr verſchiednen Richtungen gegen die Axe genommen waren, mit den Seiten an einander, und ließ alle zuſammen poliren, ſo daß ſie eine gemeinſchaftliche ebene Oberfläche erhielten. Der Winkel der vollſtändigen Polariſation fand ſich ganz gleich, auf welchem dieſer Stücke auch die Zurückwerfung geſchehen mochte; und eben ſo wenig fand dabei eine Verſchiedenheit hinſichtlich der Richtung oder Intenſität der, durch die ſtralende Zurückwerfung hervorgebrachten, Polariſation Statt. Ich ſchließe hieraus, daß dieſe letztre Art der Zurückwerfung, obwohl an Lichtmoleculen vor ſich gehend, die in die erſten Schichten des Kryſtalls gedrungen ſind, doch in Tiefen erfolgt, wo die aus der Kryſtalliſation reſultirenden Kräfte noch nicht merklich ſind. Das nämliche Beſtehen hat auch hinſichtlich der ſpiegelnden Zurückwerfung Statt; da dieſe aber außerhalb des Kryſtalls erfolgt, ſo konnte dies weniger unerwartet ſcheinen. Dies gilt jedoch nur für die, zuvor durch Kunſt polirten, Oberflächen. Der Doctor Brewſter hat bemerkt, daß, wenn man das Licht von Flächen zurückwerfen läßt, welche die natürliche Politur beſitzen, die ihnen die Kryſtalliſation ertheilt, und welche manchmal von einer großen Vollkommenheit iſt, der Winkel, unter welchem die vollſtändige Polariſation auf dieſen Oberflächen zu Stande kommt, von ihrer Neigung gegen die Axen des Kryſtalls, dem ſie angehören, abhängt, und ſich auch noch auf der nämlichen Oberfläche je nach der Richtung der Einfallsebene ändert. Dieſe Bemerkung, wiewohl ſie ſehr unerwartet ſcheinen kann, ſteht doch nicht in Widerſpruch mit der vorigen. Denn in den Oberflächen, welche die Kryſtalliſation erzeugt, kann die Politur von einer regelmäßigen und eigenthümlichen Anordnung der Elementarmolecule herrühren, welche die künſtliche Bearbeitung vielleicht zerſtört.

Zweites Capitel.

Von den Perioden, nach welchen die Polariſation in den, mit doppelter Brechung begabten, kryſtalliſirten Körpern erfolgt.

In allen bisher angeführten Verſuchen über die doppelte Brechung zeigten ſich die beiden Stralen, der gewöhnliche und der ungewöhnliche, immer nach zwei, auf einander ſenkrechten, Richtungen polariſirt. In der That ſind dies die definitiven Dispoſitionen, welche die Axen der Lichtmolecule im Innern der Kryſtalle annehmen, und wenn ſie ſie einmal beſitzen, dann in jeder beträchtlichern Tiefe beibehalten. Ich habe indeß entdeckt, daß ſie dieſe Stellung nicht gleich bei ihrem Eintritt in den Kryſtall annehmen; ſondern nur nach und nach zu derſelben gelangen, in um ſo größern Tiefen, je geringer die, ſie ſollicitirende, Anziehungs- oder Abſtoßungskraft iſt, ſo daß man durch zweckmäßige Abänderung der Richtung des einfallenden Strals gegen die Axen des, zum Verſuche dienenden, Kryſtalls, dieſe Tiefe immer merkbar und unſren Maßen zugänglich machen kann. Bis hieher iſt die Richtung der Polariſation, obwohl regelmäßig, nicht feſt. Die Lichtmolecule drehen, während ſie fortſchreiten, ihre Axen, wie vermöge einer Art Oscillation, abwechſelnd nach einer und der andern Seite der Ebenen, in deren Richtung ſie zuletzt kommen ſollen. Ich werde dieſen Zuſtand mit dem Namen *bewegliche* oder *wechſelnde Polariſation* (polarisation mobile) bezeichnen, und den Namen *feſte* oder *beſtändige Polariſation* (polarisation fixe) auf den Definitivzuſtand der Theilchen anwenden.

Ich wurde zu dieſen Reſultaten durch eine ſchöne Beobachtung *Arago's* über die dünnen Blättchen von Glimmer und ſchwefelſaurem Kalk (blättrigem Gyps, Fraueneis) geführt. Da dieſer Phyſiker ſolche Blättchen einem polariſirten Stral ausſetzte und durch ein Prisma von Isländiſchem Spath das daraus hervorgehende durchgegangene Bild betrachtete, bemerkte er, daß es ſich in zwei verſchieden gefärbte Bündel auflöſte, deren, manchmal regelmäßig, manchmal auf wunderliche Weiſe ſich ändernde, Farben ſich mit der Dicke der Blättchen und ihrer Lage gegen die Axen der, durch ſie hindurchgehenden, Lichtmolecule änderten. Dies waren Wirkungen der beweglichen Polariſation, wie ſich weiterhin zeigen wird. Arago fand auch, daß ſich ähnliche Farben erzeugten, wenn das polariſirte Licht durch gewiſſe dicke Platten von Bergkryſtall und ſelbſt von Flintglas hindurchgegangen war. Auch dies waren Wirkungen derſelben Art; nur waren die Kräfte, von denen ſie abhiengen, ſo ſchwach, daß die bewegliche Polariſation ſich durch die ganze Dicke der Platten erhielt; und dieſe Schwäche rührte im Kryſtall von der Richtung des Schnitts, im Flintglas von einer anfangenden Kryſtalliſation her.

Um die Geſetze dieſer Erſcheinungen zu entdecken, iſt unerläßlich, ſie mittelſt eines Apparats zu beobachten, welcher geſtattet, die kryſtalliſirten Blättchen in alle mögliche bekannte Lagen in Bezug zu den Axen der Lichtmolecule zu bringen. Von dieſer Art iſt der, weiter oben beſchriebene, und Taf. XVII. Fig. 2 vorgeſtellte, Apparat. Ein Stral, der durch Zurückwerfung von einem erſten Spiegelglaſe polariſirt worden iſt, fällt ſenkrecht auf ein rhomboidales Prisma von Isländiſchem Spath, welches achromatiſirt und auf einem eingetheilten Kreiſe beweglich iſt. Man dreht erſt das Prisma ſo, daß das durchgehende Licht durchaus nur ein einziges und zwar gewöhnliches Bild giebt, in welchem Fall der Hauptſchnitt des Prisma's der Polariſationsebene des Strals parallel wird [1]; darauf bringt man das Kryſtallblättchen zwiſchen (das Spiegelglas und den Spath) ein, indem man es in einer bekannten Lage auf dem zweiten Ringe des Apparats befeſtigt. Seine Wirkung als Kryſtall bringt dann im Allgemeinen eine Ablenkung der Axen einer gewiſſen Anzahl Lichtmolecule mit ſich, läßt ein ungewöhnliches Bild im rhomboidalen Prisma entſtehen, und, wenn man die Umſtände beobachtet, wo dieſes Bild verſchwindet, ſo wie die Perioden, durch welche ſeine Intenſität in den verſchiedenen Lagen des Blättchens und des Rhomboids hindurchſchreitet, ſo gelangt man dazu, die neue Richtung der Polariſation, welche dem Lichtſtral eingepflanzt iſt, zu beſtimmen. Man kann auch dem Rhomboid ein zweites Spiegelglas ſubſtituiren, welches ſo gerichtet iſt, daß der, vom erſten polariſirte, Stral, der Zurückwerfung denn dies iſt das Kennzeichen der Richtung der Axe, wie wir ſahen, als von der doppelten Brechung die Rede war.

---

[1] Um dieſe Lage leicht von derjenigen zu unterſcheiden, welche auch ein einziges, aber ungewöhnliches Bild, giebt, iſt es zweckmäßig, ein Prisma anzuwenden, deſſen Seitenflächen noch die Form des Rhomboids behalten, aus dem man das Prisma verfertigt. Denn bekanntlich iſt in einem Rhomboid von Isländiſchem Spath der Hauptſchnitt der kleinen Diagonale parallel. Er wird mithin noch dieſe Richtung behalten, wenn man das Prisma ſo ſchneidet, daß blos die hintere Fläche des Rhomboids gegen die Vorderfläche etwas geneigt wird, und dieſe Neigung der Richtung der kleinen Diagonale folgt. Hat man mit einem ſolchen Prisma die Spaltung der beiden Bilder beobachtet, ſo wird man leicht ſehen, welches fortbeſteht, wenn die kleine Diagonale der urſprünglichen Ebene parallel wird. Dies wird das gewöhnliche Bild ſeyn.

Dieſe Methode, welche für die einaxigen Kryſtalle anwendbar iſt, hat Malus zum Urheber. Um ſie auf die zweiaxigen Kryſtalle anwendbar zu machen, braucht man nur in ihren Primitiv- oder ſecundären Geſtalten eine einzige Fläche zu ſuchen, in Bezug zu welcher dieſe Axen eine ſymmetriſche Lage haben, welches gewöhnlich nicht ſchwer auszumitteln iſt nach den Verhältniſſen der Symmetrie, welche die Flächen der Geſtalt ſchon von ſelbſt darbieten. Schneidet man dann eine Platte parallel mit dieſer Fläche zu, und läßt einen polariſirten Stral ſenkrecht darauf fallen, ſo wird man, wie in den einaxigen Kryſtallen, zwei auf einander rechtwinkliche Ebenen finden, in welchen die urſprüngliche Polariſation ungeſtört bleibt; und eine dieſer Ebenen wird die zwiſchen beiden Axen mitten durchgehende Linie enthalten. Nimmt man Schnitte nach der Richtung dieſer Ebenen vor, ſo wird man neue Platten mit parallelen Flächen erhalten, an welchen die nämliche Bedingung der Symmetrie eine Wiederholung der nämlichen Prüfung geſtatten wird. Die zwiſchen den Axen durchgehende Linie wird ſomit der gemeinſchaftliche Durchſchnitt der beiden ſo auf einander rechtwinklich gemachten Schnitte ſeyn. Man wird dann eine Platte ſchneiden können, deren Flächen ſenkrecht auf dieſe Linie ſind und die völlige Beſtimmung der Richtung der Axen gegen ihre Seiten wird ſich dann noch mit Leichtigkeit durch Kennzeichen erlangen laſſen, von denen ich weiterhin ſprechen werde, und die auf den Geſetzen beruhen, nach welchen die bewegliche Polariſation in verſchiednen Entfernungen von den Axen, d. h. bei verſchiedenen Neigungen der gebrochenen Bündel gegen ihre Richtung, vor ſich geht.

Für jetzt aber wollen wir, um die Erſcheinungen zu vereinfachen, die Neigung unabgeändert laſſen; und uns auf die erfahrungsmäßige Unterſuchung beſchränken, wie ein weißer, zuvor nach einer einzigen Richtung polariſirter, Stral ſich theilt, wenn er ſenkrecht durch ſehr dünne Blätter, welche von einem und dem nämlichen Kryſtall nach einer und derſelben Richtung des Schnittes genommen ſind, und ſich blos in der Dicke unterſcheiden, hindurchgeht. Das einzige Mittel nun, dieſe völlige Uebereinſtimmung der Richtung des Schnitts, ſo wie den vollkommnen Parallelismus zwiſchen den Flächen der Platten zu erhalten, iſt, zu den Verſuchen Subſtanzen zu wählen, welche von Natur blättrig ſind, und deren Blätter ſich leicht von einander trennen laſſen. Man findet dieſe Eigenſchaft im Fraueneis oder blättrigen Gyps und einer großen Menge Subſtanzen, welche die Mineralogen unter dem generiſchen Namen Glimmer vereinigt haben, obwohl ihr innerer Aggregatzuſtand und ihre chemiſche Beſchaffenheit viel Mannichfaltigkeit zeigt. Wir werden alſo unſre Beiſpiele aus dem Geſchlecht dieſer Körper entnehmen.

Die Primitivgeſtalt, welche Hauy dem Frauencis beilegt, iſt ein gerades vierſeitiges Prisma, deſſen Grundflächen ſchiefwinkliche Parallelogramme ſind, deren Winkel 113° 7′ 48″ und 66° 52′ 12″ betragen. Dieſe Grundflächen liegen in der Ebene der Blätter ſelbſt, in deren Richtung ſich die Subſtanz mit ausnehmender Nettigkeit ſpalten läſst, zumal wenn ſie von einem klaren Gelb und etwas ſpröde iſt, wie die Varietät, welche man zu Montmartre bei Paris findet. Das Syſtem der ſecundären Kryſtalle zeigt, daſs die Kryſtalliſation mit vollkommener Symmetrie zu beiden Seiten der Ebene dieſer Blätter erfolgt; woher es rührt, daſs das, als Primitivgeſtalt angegebene, Prisma ſeine Kanten ſenkrecht auf ſeine Grundfläche hat. Hieraus aber iſt zu ſchlieſsen, daſs die Lage der Axe oder der Axen der doppelten Brechung auch an dieſer Symmetrie Theil haben, d. h. in der Ebene der Blätter, oder in einer darauf ſenkrechten Ebene enthalten ſeyn muſs. Auf Verſuchswege erfährt man, daſs die erſte Lage diejenige iſt, welche die Natur verwirklicht hat. Der blättrige Gyps hat in der That zwei Axen der doppelten Brechung, welche in der Ebene ſeine Blätter enthalten und gegen einander um 60° geneigt ſind[1]). Um ihre Richtung in Bezug zu den Seitenflächen des urſprünglichen Prisma's angeben zu können, muſs man wiſſen, daſs durch

---

[1]) Dieſe Beſtimmung rührt vom Dr. Brewſter her. Zu der Zeit, wo ich meine erſten Unterſuchungen über die bewegliche Polariſation anſtellte, hatte die überraſchende Uebereinſtimmung, welche man hinſichtlich des Huyghensſchen Geſetzes in den Erſcheinungen am Isländiſchen Kryſtall beobachtete, verleitet, dieſem Geſetze eine weit gröſsere Allgemeinheit beizulegen, als es wirklich beſitzt; und man fand ſich ſo von ſelbſt geneigt, in den Kryſtallen, deren Eigenſchaften man damals zu unterſuchen begann, nur eine einzige Axe der doppelten Brechung vorauszuſetzen. Laplace machte jedoch theoretiſch auf die Möglichkeit mehrerer gleichzeitig im nämlichen Kryſtall vorhandnen Axen aufmerkſam. Ich ſelbſt wies bei Unterſuchung der Farbenerſcheinungen, welche durch den Sibiriſchen Glimmer hervorgebracht werden, durch die Formeln, welche den Ausdruck für dieſelben geben, nach, daſs ſie vom Huyghensſchen Geſetze abweichen, und ſchloſs auf das Vorhandenſeyn zweier Axen in dieſer Subſtanz. Ungeachtet ich indeſs durch ſehr ins Einzelne gehende Verſuche auch die Abweichung des blättrigen Gypſes vom Huyghensſchen Geſetze aufgefunden hatte, dachte ich doch nicht daran, zwei Axen darin anzunehmen. Da der Dr. Brewſter nachmals ein erfahrungsmäſsiges Mittel gefunden hatte, mit Sicherheit das Vorhandenſeyn einer oder zweier Axen ſelbſt in den Kryſtallen, wo die doppelte Brechung am ſchwächſten iſt, zu unterſcheiden, ſo unterwarf er die Kryſtalle des blättrigen Gipſes dieſer Prüfung; und wurde ſo dahin geführt, zwei Axen darin anzuerkennen, welche in der Ebene der Blätter liegen, und jede einen Winkel von 30° mit der zwiſchen ihnen durchgehenden Linie, die ich für die einzige Axe angeſehen hatte, bilden.

saur
BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01554/007

die Theorie der Kryſtalliſation blos die gegenſeitigen Neigungen dieſer Seiten beſtimmt werden, ſo wie wir ſie oben angegeben haben; und, was das Verhältniß ihrer Längen betrifft, ſo nimmt man ſie ſo, daß ſie mit der möglichſten Einfachheit zur Darſtellung der ſecundären Formen führen. Hauy hat das Verhältniß von 12 zu 13 gewählt. Ich habe mich überzeugt, daß die, den Axenwinkel theilende, Linie in keinem ſymmetriſchen Verhältniſſe zu einem ſolchen Parallelogramme ſteht. Verdreifacht man aber die Seite 12, während man die andre unverändert läßt, ſo daß ein neues Parallelogramm entſteht, deſſen Seiten ſich unter einander verhalten, wie 36 zu 13, ſo fällt ſie mit ſeiner größten Diagonale zuſammen, ſo daß ſie mit der Seite 36 einen Winkel von 16° 13′ macht, eine Beſtimmung, die hinreicht, ihre Lage in jedem Blatte Fraueneis nach der der Seiten des Parallelogramms auszumitteln, welche Seiten ſich leicht erkennen laſſen, weil das Blatt von ſelbſt nach ihren Richtungen bricht. Weil die Mittel, welche ich anwandte, dieſe Lage der zwiſchen den Axen durchgehenden Linie zu entdecken, rein auf Verzeichnung beruhten, wie ſie von der Theorie der doppelten Brechung an die Hand gegeben werden, ſo konnte ich Anfangs die Beſtimmung nicht in der Genauigkeit erlangen, mit der ich ſie hier gegeben habe. Da aber die Werthe, welche ich erhielt, zwiſchen 16° und 17° fielen, ſo beſtimmte ich ſie noch vollends dadurch genau, daß ich ſie von der Bedingung abhängig machte, daß die den Winkel der Axen theilende Linie, wo nicht in dem, von Hauy angegebenen Parallelogramme, doch in einem ſeiner Multipla, ſymmetriſch gelegen wäre.

Wenn man aus dem blättrigen Gyps, der ſomit zwei unterſchiedene Axen der Brechung hat, ein Prisma ſchneidet, deſſen eine Fläche ſenkrecht auf die Zwiſchenlinie der Axen iſt, während die andre ſchief dagegen gerichtet iſt, ſo werden die Lichtſtralen, welche durch dies Prisma nach der Richtung der Zwiſchenlinie hindurchgehen, ſchief gegen die Axen ſeyn, und werden mithin eine doppelte Brechung erleiden müſſen, die ſich nach ihrem Austritt durch eine Verdopplung der Bilder offenbaren wird. In der That verhält ſich dies ſtreng genommen ſo. Allein die doppelte Brechung im blättrigen Gyps iſt ſo ſchwach, daß die Schiefe der Stralen gegen die Axen, obwohl ſie in dieſem Fall 30° beträgt, in den austretenden Bündeln nur eine ausnehmend geringe Spaltung veranlaßt, die nur dadurch bemerklich werden könnte, daß man den brechenden Winkel des Prismas ſehr ſtumpf machte; und wenn man daher blos bei dieſem Verſuche ſtehen bliebe, ſo könnte man verſucht werden, zu glauben, daß der blättrige Gyps nur eine einzige nach der Zwiſchenlinie der Axen gerichtete Axe hat. In der That war ich bei meinen erſten Verſuchen in dieſen Irrthum verfallen. Ein ſolcher würde jetzt unmöglich ſeyn; denn zufolge der oben aufgeſtellten Geſetze der feſten Polariſation, werden die polariſirten Stralen, welche durch einen zweiaxigen Kryſtall nach der Richtung der Zwiſchenlinie hindurchgehen, in ihrer Polariſation modificirt, wenn man den Kryſtall um ſich ſelbſt dreht; dahingegen dies nicht der Fall iſt, wenn der Kryſtall nur eine Axe hat, welches ein leichtes Unterſcheidungsmittel für dieſe beiden Fälle gewährt. Dieſen Erfolg beobachtet man z. B., wenn man einen polariſirten Stral durch eine Platte blättrigen Gypſes gehen läßt, welche ſenkrecht auf die Zwiſchenlinie der Axen geſchnitten iſt; und die Erkenntniß davon fällt nicht ſchwer, wenn man das durchgegangene Licht mittelſt eines achromatiſirten Prismas von Isländiſchem Spath beobachtet. Auch hatte ich dieſe Veränderungen bei meinen erſten Beobachtungen bemerkt und aufgezeichnet; aber nicht die ſich natürlich daraus ergebende Folgerung, daß ſie von der Gegenwart zweier Axen herrührten, gezogen. Endlich würde ſich auch der Fall zweier Axen, abgeſehen von dieſer Verfahrungsart, leicht und ſicher von dem einer einzigen nach den Geſetzen der Verdoppelung der Bilder unterſcheiden laſſen, welche man nach andern Richtungen als die Zwiſchenlinie beobachtet, durch die S. 337 Th. III auseinandergeſetzte Methode.

Die Lage der Axen der doppelten Brechung des blättrigen Gypſes in der Ebene der Blätter iſt ein Umſtand, welcher die Regelmäßigkeit der, mit dünnen Blättchen dieſer Subſtanz anzuſtellenden, Verſuche ſehr begünſtigt. Jedes ſolcher Blättchen, hätte es auch nur die Dicke eines Hunderttheil Millimeters, iſt ein eben ſo vollkommener Kryſtall, als der ganze Kryſtall. Verbindet man mit dieſer natürlichen Diſpoſition noch die Vorſicht, nur Kryſtalle anzuwenden, welche vollkommen regelmäßig und von beſtimmten Umriſſen ſind, ſo wird es nicht ſchwer halten, die Blättchen, aus denen ſie beſtehen, nach einander abzulöſen, ohne irgend eine Beeinträchtigung ihrer Regelmäßigkeit. Man braucht nur mit einem ganz feinen Inſtrumente, z. B. einer Lanzette, den Anfang, wo die Blätter ſich löſen ſollen, anzudeuten, worauf ſie ſich mit der Hand abheben laſſen, wie man ein Stück Goldſchlägerhäutchen, welches an einer polirten Marmortafel anläge, abheben würde. Ich bin genöthigt, alles dies ſo ausführlich anzugeben; denn die beſprochenen Vorſichtsmaßregeln ſind unerläßlich, um die Geſetze, welchen die Farbenerſcheinungen gehorchen, mit Schärfe feſtſtellen, ja ſelbſt nur zu ihrer Beobachtung gelangen zu können.

Nachdem wir alſo ein ſolches Blättchen abgelöſt haben, wollen wir es auf den Ring unſers Apparats mit zwei Spiegelgläſern bringen. Um eine feſte Vorſtellung zu Grunde zu legen, ſey der Stral, welchem man es darbietet; weiß, vertical, und in der Richtung des Meridians polariſirt. Dann wird zufolge der, auf S. 111 angegebnen, Regel die Zurückwerfungsebene auf dem zweiten Spiegelglaſe die Richtung der Verticalebene von Oſt nach Weſt haben müſſen. Wenn nun das Blättchen zwiſcheneingebracht und z. B. unter ſenkrechtem Einfallswinkel geſtellt worden iſt, wird das hindurchgegangene Licht noch weiß erſcheinen, und auch ſo bleiben, mag man es direct ins Auge fallen laſſen, oder ſenkrecht auf einem weißen Blatt Papier auffangen, welches die verſchiednen Theilchen, ohne Unterſchied, gleich viel nach welcher Richtung ſie polariſirt ſind, zurückwirft. Wenn man aber den Stral, anſtatt ihn nach ſeinem Durchgange durch das Blättchen aufzufangen, zum zweiten Spiegelglaſe gelangen läßt, welches ſo geſtellt iſt, daß es ihn vor Zwiſcheneinbringung des Blättchens ganz durchließ, ſo wird ein gewiſſer Theil deſſelben mit einer eigenthümlichen Färbung zurückgeworfen werden. Dies iſt Arago's Verſuch. Dreht man das Blättchen in ſeiner Ebene herum, ſo wird dieſe Färbung ihrer Beſchaffenheit nach die nämliche bleiben, ſich aber der Intenſität nach ändern. Sie wird null werden, wenn die Zwiſchenlinie zwiſchen den Axen, die ich künftig der Kürze halber ſchlechthin Zwiſchenlinie nennen will, nach einem der vier Cardinalpuncte des Horizonts gerichtet iſt, und ihr Maximum in den Lagen erreichen, welche zwiſchen dieſen in der Mitte liegen, d. h. wenn die Zwiſchenlinie ihre Richtung in den Azimuts von 45°, 135°, 225°, 315° hat. Alles dies ſetzt voraus, daß das Blättchen allenthalben von vollkommen gleicher Dicke und regelmäßig kryſtalliſirt iſt, d. i. auf gleichförmige Weiſe in der ganzen Ausdehnung ſeiner Subſtanz, durch welche die Stralen hindurch zu gehen haben; eine unerläßliche Bedingung, von deren Erfüllung man blos in der vollkommenen Aehnlichkeit der Wirkungen, welche durch die verſchiednen Puncte des Blättchens hervorgebracht werden, ein Zeugniß finden kann.

Welches auch die Zahl und Dicke der Blätter ſeyn mag, die man ſo von einem und demſelben Stück Fraueneis loslöſt, ſobald die Kryſtalliſation deſſelben regelmäßig iſt, werden die Farbenerſcheinungen, die dadurch auf dem zweiten Spiegelglaſe hervorgebracht werden, dieſelben Gränzen haben, und in allen Azimuts die nämlichen periodiſchen Abänderungen der Intenſität befolgen: mit einem Wort, dieſe Blätter und der ganze Kryſtall, werden ſich nur hinſichtlich der Beſchaffenheit der Farben, welche ſie geben, unterſcheiden, indem ſich dieſe Beſchaffenheit mit ihrer Dicke ändert, bis ſie in ein vollkommenes Weiß übergeht, bei einer gewiſſen Gränze der Dicke, welche ſich in den reinſten Stücken auf $\frac{45}{100}$ Millimeter feſtſetzen läßt, wie man weiterhin ſehen wird.

Da jedes dünne und homogene Blatt von Fraueneis das zweite Spiegelglas in allen Azimuts nur mit einer einzigen Farbe färbt, ſo folgt, daß es alle Stralen, welche die Ergänzungsfarbe derſelben geben, hindurchläßt, oder wenigſtens ihre urſprüngliche Polariſation nicht ändert. Man kann alſo das geſammte Licht als aus dieſen beiden Farben beſtehend betrachten, deren eine, frei hindurchgehend, in Bezug zur urſprünglichen Polariſationsebene polariſirt bleibt, die andre aber, welches die iſt, auf die das Blatt wirkt, von ſeiner Seite eine neue Polariſation erfährt, deren Richtung wir zu beſtimmen haben. Auf dieſelbe Folgerung würde man auch geführt werden, wenn man, anſtatt ſich eines Spiegelglaſes zur Analyſirung des durchgegangenen Lichtes zu bedienen, ein achromatiſirtes rhomboidales Prisma dazu anwendete, deſſen Hauptſchnitt parallel mit der urſprünglichen Polariſationsebene gerichtet wäre. Dann würde die Zwiſcheneinbringung des Blattes im Prisma ein farbiges ungewöhnliches Bild zur Folge haben, ganz übereinſtimmend mit dem, welches das Glas zurückwirft, d. h. welches immer die nämliche Farbe mit verſchiedenen Intenſitäten behielte, in welchen Azimut man auch die Zwiſchenlinie bringen möchte. Man könnte auch zur Analyſirung eine farbloſe Turmalinplatte oder eine Säule von Spiegelgläſern anwenden. Die hiedurch erhaltenen Anzeigen werden immer mit denen übereinſtimmen, welche ſich uns mittelſt der Zurückwerfung ergeben haben.

Um nun die Richtung der neuen Polariſation zu beſtimmen, wollen wir zuerſt annehmen, es ſey nur eine einzige, d. h. daß alle Lichttheilchen, welche ihre urſprüngliche Polariſation verlieren, ihre Axen in die Richtung einer und der nämlichen geraden Linie kehren, welche, bei einer gegebenen Lage des Blattes, einen unbekannten Winkel 2 x mit der Ebene der urſprünglichen Polariſation bildet. Dieſe Vorausſetzung iſt wenigſtens die einfachſte, die man verſuchsweiſe zu Grunde legen kann, und man wird ſehen, daß ſie allen Erſcheinungen vollkommen Genüge leiſtet. Um die Vorſtellungen zu fixiren, wollen wir die Geſammtheit aller Molecule, welche ihre urſprüngliche Polariſation beibehalten, G nennen, und U die Geſammtheit derer, welche abgelenkt werden. Wir wiſſen, daß die vollſtändige Miſchung G + U dieſer beiden Theile Weiß geben muß, weil das durchgegangene Bündel keine Spur von Färbung zeigt, wenn man es ganz im Auge oder auf einem weißen Papier aufängt, welches ſeine verſchieden polariſirten Theile nicht trennt. Wenn alſo die Richtungen der Axen der beiden Theile G, U unter einander einen Winkel 2 x bilden, ſo braucht man nur die Zurückwerfungsebene des zweiten Spiegelglaſes in das Azimut x, das dieſen Winkel genau mitten durch theilt, zu drehen, und da alsdann die Zurückwerfung in dem nämlichen Verhältniß an den beiden Theilen G, U vor ſich geht, ſo wird das, vom Spiegelglaſe zurückgeworfene, Geſammtbündel noch weiß bleiben müſſen, wie es die Miſchung G+U aller durchgegangenen Theilchen iſt. Hieran hat man alſo ein Merkmal, an welchem ſich die Richtung x bei jeder gegebenen Lage des Blattes um den polariſirten Stral erkennen läßt. Wenn man ſucht, ſie in der Erfahrung zu verwirklichen, findet man, daß dieſe Richtung ſtets genau mit der Zwiſchenlinie der Axen zuſammenfällt; d. h. daß, wenn dieſe Linie einen Winkel i mit der Ebene der urſprünglichen Polariſation bildet, das, vom zweiten Spiegel zurückgeworfene, Bild weiß iſt, wenn die Zurückwerfungsebene auf ſeiner Oberfläche in das Azimut i gerichtet iſt. Mithin iſt 2i das Azimut der neuen Polariſation, welche die Farbe U beim Hindurchgehen durch das Kryſtallblatt annimmt. Die nämliche Erſcheinung einer farbloſen Zurückwerfung kehrt auch in den Azimuts 90° + i, 180° + i, 270° + i, d. i. einmal in jedem Quadranten wieder; welches, wie man in der Folge ſehen wird, eine Folge von der Polariſationsrichtung iſt, die wir hier an den beiden, durch das Blatt hindurchgegangenen, Farben finden.

Zum nämlichen Reſultat über die Richtung der neuen Polariſation gelangt man, wenn man ſich zur Analyſirung des durchgegangenen Lichtes eines rhomboidalen Prisma's von Isländiſchem Spath, einer farbloſen Turmalinplatte oder einer Säule von Glasplatten bedient. Iſt die Zwiſchenlinie der Axen des Blattes in das Azimut i gerichtet, ſo giebt das Prisma zwei weiße Bilder, wenn man ſeinen Hauptſchnitt in das Azimut i richtet. Ein einziges, aber ebenfalls weißes erhält man, wenn man die Axe der Turmalinplatte oder die Zurückwerfungsebene der Säule darein richtet. Dieſe Uebereinſtimmung iſt eine nothwendige Folge der Gleichheit, die wir zwiſchen den Modificationen anerkannt haben, welche dem Licht durch dieſe verſchiedenen Verfahrungsarten eingepflanzt werden.

Die Erfahrung hat uns ſomit dahin geleitet, folgende Grundeigenſchaft der beweglichen Polariſation anzuerkennen: Wenn ein weißer, nach der Richtung CX. Fig. 7 bis Taf. XVIII, polariſirter Stral ſenkrecht auf ein Blatt Frauenéis fällt, deſſen Dicke nicht über $\frac{44}{100}$ Millimeter beträgt, und in welchem die Zwiſchenlinie CM irgend einen Winkel i mit der Richtung CX der urſprünglichen Polariſation bildet, ſo findet ſich der Stral nach ſeinem Durchgange aus zwei Antheilen Lichts zuſammengeſetzt, welche ſich bei den Verſuchen, denen man ſie ſey es durch Zurückwerfung von durchſichtigen Spiegelgläſern oder durch doppelte Brechung in Kryſtallen unterwerfen mag, ſo verhalten, als wären ſie verſchieden polariſirt, nämlich der eine im Azimut Null, d. h. nach der Richtung CX der urſprünglichen

Polariſation; der andre im Azimut 2i, d. i. nach der Richtung CX', welche gleich weit von der Zwiſchenlinie CM entfernt iſt; woraus ſich ſchon ein ſehr bedeutender Unterſchied, wenigſtens der in die Augen fallenden Erſcheinung nach, zwiſchen dieſer Art der Polariſation und der beſtändigen Polariſation ergiebt, indem bei letzterer, während eins der durchgegangenen Bündel ſich nach der Richtung CM ſelbſt polariſirt findet, das andre ſenkrecht darauf polariſirt werden würde.

Hieraus wird nun ſchon erklärlich, warum bei unſerm erſten, mit dem Apparat mit zwei Spiegeln angeſtellten, auf S. 131 beſchriebenen, Verſuche die Farbe U, welche vom zweiten Spiegel zurückgeworfen wird, das Maximum der Intenſität im erſten Quadranten erreichte, wenn die Zwiſchenlinie des Blattes einen Winkel von 45° mit der urſprünglichen Polariſationsebene bildete. Nämlich dann kehrte der Theil U, der immer im doppelten Azimut polariſirt iſt, ſeine Polariſationsaxen nach CY, rechtwinklich auf CX. Da nun die Zurückwerfungsebene des zweiten Glaſes auch die Richtung von CY, in der Verticalebene von Oſt und Weſt, hatte, ſo fand ſie ſich denn in der günſtigſten Lage, um U reichlich zurückzuwerfen, während ſie G immer durchließ. Nach denſelben Gründen werden die drei andern Maxima erklärlich, welche in den folgenden Quadranten, in den Azimuts 135°, 225°, 315° Statt haben; denn da die Verdoppelungen dieſer Zahlen immer blos paarige Multipla von 45°, vermehrt um eine gewiſſe Anzahl vollſtändiger halber Umkreiſe ſind, ſo kommen bei ihnen die Polariſationsaxen der Farbe U immer in der Richtung CY oder CY', rechtwinklich auf CX zu liegen. Endlich, wenn das durchgegangene Licht, anſtatt durch ein Spiegelglas, durch ein mit dem Hauptſchnitt in das Azimut Null gerichtetes, rhomboidales Prisma analyſirt würde, ſo würden noch die nämlichen Maxima in den nämlichen Azimuts, in dem, durch das Prisma beobachteten, ungewöhnlichen Bilde Statt haben, wie ſich auf gleiche Weiſe ergiebt. In jeder dieſer Lagen würden ferner die Farben G, U vollkommen durch das Rhomboid von einander getrennt werden, indem die erſte ganz gewöhnlich von ihm gebrochen wird, und die zweite ganz ungewöhnlich. Die Azimuts von 45°, 135°, 225°, 315°, ſind alſo diejenigen, in welche man die Zwiſchenlinie der Blätter zu drehen hat, damit die Brechung die beiden Farben G, U möglichſt gut ſcheide, wenn das Prisma die angegebene Richtung hat; und dies wird auch durch die Erfahrung beſtätigt.

Um vorausſehen zu können, in welchem Grade die Trennung in den anderen Azimuts erfolgen wird, wollen wir die Zwiſchenlinie CM erſt in das Azimut Null ſtellen, d. h. in die Richtung der urſprünglichen Polariſation ſelbſt; dann werden die beiden Theile O, U auf dieſelbe Weiſe durch das Blatt polariſirt, und nichts wird ſie nach ihrem Durchgange trennen können. Dieſer Fall wird daher immer weiße Bilder geben. Dreht man aber die Zwiſchenlinie CM um irgend einen Winkel i, wie klein er auch ſeyn mag, ſo beginnt die Möglichkeit einer Trennung, weil die beiden Polariſationsrichtungen CX, CX' dann nicht mehr zuſammenfallen. Bedient man ſich zur Analyſirung eines rhomboidalen Prisma's, deſſen Hauptſchnitt in das Azimut Null gebracht iſt, ſo wird es den ganzen Theil G gewöhnlich brechen, zugleich aber auch noch einen großen Theil von U, wegen der geringen Verſchiedenheit der Richtungen CX', CX; mithin wird das gewöhnliche Bild faſt weiß ſeyn, und das ungewöhnliche Bild, als blos aus den Theilen von U beſtehend, welche das andere fahren läßt, ſehr ſchwach. Mit zunehmendem Winkel i aber wird die Intenſität dieſes Bildes zunehmen, weil dann die Richtungen CX, CX' ſich mehr von einander entfernen werden, und mithin wird das gewöhnliche, aus dieſer Miſchung rein hervortretende, Bild ſich immer mehr mit der Farbe der Molecule des Theils G färben. Das Maximum der Trennung wird, wie erwähnt, Statt haben, wenn i gleich 45° Grad wird, welches den Winkel XCX' zu einem rechten macht. Nimmt dann i noch ferner zu, ſo wird CX' ſich Cx nähern, und endlich es erreichen, wenn i unendlich wenig von 90° verſchieden iſt. Dann werden die Lichtmolecule diametral umgekehrt ſeyn; und da die periodiſche Symmetrie der Wirkungen, welche ſie bei der Zurückwerfung von durchſichtigen Spiegelgläſern oder bei der doppelten Brechung erfahren, zeigt, daß ihre entgegengeſetzten Seitenflächen im Allgemeinen gleicher Modification fähig ſind, ſo wird die Miſchung der Farben im Fortſchreiten von dieſer umgekehrten Lage aus die nämliche ſeyn, als von CX aus.

Man kann ſelbſt in aller Schärfe durch Berechnung die Verhältnißtheile dieſer verſchiedenen Miſchungen: bei jeder gegebenen Lage des Blattes und des Kryſtalls, der zur Analyſirung des Lichts dient, angeben. Man braucht nur auf jede der Farben G, U die allgemeinen Grundregeln anzuwenden, nach welchen ſich die Spaltung der, durch ein Rhomboid gebrochenen, Stralen richtet. Geſetzt im Allgemeinen, die Axe des Rhomboids ſey in das Azimut α gedreht, und die Zwiſchenlinie CM der Axen im Blatte in das Azimut i; bezeichnet man nun durch die Buchſtaben G, U die Summe der verſchiedenfarbigen Stralen, aus welchen die beiden, durch dies Blatt hervorzubringenden, Farben zuſammengeſetzt werden, ſo werden die Intenſitäten Fg, Fu der beiden, theils gewöhnlich, theils ungewöhnlich vom Rhomboid gebrochenen, Bündel folgenden Ausdruck erhalten:

$$Fg = G \cos^2 \alpha + U \cos^2 (\alpha - 2i)$$
$$Fu = G \sin^2 \alpha + U \sin^2 (\alpha - 2i)$$

Dieſe Ausdrücke zeigen ſich allen ihren Folgerungen nach mit den Erſcheinungen in Uebereinſtimmung; und es iſt leicht darzuthun, daß die Polariſationsart, welche ſie anzeigen, die einzige iſt, welcher dieſe Eigenſchaft zukommen kann.

Eine der intereſſanteſten Folgerungen aus dieſen Formeln iſt, daß, wenn man, anſtatt einen einzigen polariſirten Stral durch die Blätter durchgehen zu laſſen, deren zwei von gleicher Intenſität und die in aufeinander ſenkrechten Richtungen polariſirt ſind, durchgehen ließe, die vier daraus hervorgehenden farbigen Bündel ihre Polariſationsaxen nach ſolchen Richtungen gekehrt haben würden, daß das rhomboidale Prisma bei Brechung derſelben, die Ergänzungsfarben vereinigen, und ſomit nur zwei an Intenſität gleiche Bilder geben würde. Dieſe Wiederzuſammenſetzung hat Statt, welches auch der Winkel ſeyn mag, den die Kryſtalliſationsaxe des Blattes mit der Ebene der urſprünglichen Polariſation der Stralen macht. Sie würde alſo auch noch dann erfolgen, wenn man, anſtatt ein einziges Paar Stralen durch das Blatt durchgehen zu laſſen, eine beliebige Anzahl ſolcher Paare, die nach allen möglichen Richtungen polariſirt wären, hindurchgehen ließe. Ganz in dieſem Falle befinden ſich die Stralen, welche direct von ſelbſtleuchtenden Körpern ausgehen; denn da die Polariſationsaxen der Molecule, welche ſie enthalten, ohne Unterſchied nach allen Richtungen gegen die Fortbewegungsaxe gekehrt ſind, ſo kann man ſich jenes Licht in Gedanken vorſtellen, als zuſammengeſetzt aus einer unendlichen Menge Paaren Stralen von unendlich geringer Intenſität, die rechtwinklich auf einander nach allen möglichen Richtungen polariſirt ſind. Eine ſolche Vereinigung, wenn ſie durch unſere Blätter hindurchgeht, kann daher nur weiße Bilder von gleicher Intenſität geben, auf welche Weiſe man ſie auch analyſiren mag; wie dieß in der That die Erfahrung beſtätiget.

Hierdurch iſt aber nur erſt die Polariſationsrichtung der beiden Farben G und U, ſo wie die Art ihres Zuſammentretens in den, durch das rhomboidale Prisma beobachteten, Bildern beſtimmt. Jetzt müſſen wir unterſuchen, welche Beſchaffenheit dieſe Farben für jedes gegebene Blatt haben, und wie ſie ſich mit ſeiner Dicke ändern. Nun zeigt ſich für die Beobachtung, daß ſie ſich denen der Farbenringe gleich verhalten, welche durch weißes Licht zwiſchen zwei Objectivgläſern hervorgebracht werden, hiebei jedoch vorausgeſetzt, daß man von den, durch das durchgelaſſene Licht hervorgebrachten, Ringen den Antheil weißen Lichts abrechnet, welcher der Zurückwerfung entgangen iſt, und ſie durch ſeine Vermiſchung ſchwächt. Die Farbe U iſt immer die eines zurückgeworfenen, die Farbe G die des entſprechenden durchgelaſſenen Ringes, wenn er auf den gehörigen Ergänzungsantheil des erſteren reducirt iſt. Die Dicken, in welchen die verſchiedenen Farben U ſich in den Blättern eines und deſſelben recht reinen Kryſtalls bilden, ſcheinen genau denen proportional zu ſeyn, welche in der Newton'ſchen Tabelle Seite 42 für die dünnen Schichten nicht kryſtalliſirter Körper angegeben ſind; die abſoluten Werthe der Dicken aber ſind bei weitem größer, als in dieſer Tabelle, bei gleicher Dichtigkeit. Ich habe dieſe Verhältniſſe durch eine große Anzahl Verſuche feſtgeſtellt, in welchen ich einerſeits die Dicken der Blättchen mit dem Sphärometer maß, anderſeits ihre Farben durch ſehr genaue Verfahrungsarten vergleichungsweiſe beſtimmte. Ueber das Nähere dieſer Verfahrungsarten kann man mein größeres Werk nachleſen; ſie gewähren eins der ſchönſten Schauſpiele, welche die Phyſik darzubieten vermag.

In den Blättern von Fraueneis, die ich von den reinſten Kryſtallen erhalten hatte, betrug die Dicke, bei welcher der urſprünglichen Polariſation das Blau der erſten Ordnung entzogen wurde, 36¾ Theile meines Sphärometers, welche, auf Tauſendtheile von Millimetern reducirt, deren 82,44036 ausmachen. Nun findet ſich die Dicke, bei welcher dies Blau in den Glasplatten auf die gewöhnliche Weiſe zurückgeworfen wird, in der oben angeführten Newton'ſchen Tabelle durch 9 ausgedrückt. Um mithin jede andere Dicke recht reinen Fraueneiſes auf dieſen nämlichen Maßſtab zu bringen, wenn ſie, wie die vorigen, in Tauſendtheilen des Millimeters ausgedrückt war, muß man ſie mit dem Verhältniß dieſer beiden entſprechenden Werthe multipliciren, das iſt mit $\frac{9}{82,44036}$ oder 0, 10917, welches ziemlich auf ⅑ zurückkommt. Nimmt man dieſe Zurückführung mit den Dicken aller recht reinen dünnen Blätter von Fraueneis vor, ſo zeigt ſich, daß die Farbe, welche die Newton'ſche Tabelle ihnen beilegt, immer genau die iſt, die ſie der urſprünglichen Polariſation unter ſenkrechter Incidenz entziehen.

Nach allgemeiner Feſtſtellung dieſer Reſultate muß ich auf einige beſondere Umſtände zurückkommen, welche die Intenſität der Farben U in den verſchiedenen Ordnungen von Ringen betreffen; indem dieſe ganz eigenthümlichen und ſelbſt dem Anſcheine nach ſonderbaren Umſtände vollkommen mit unſern theoretiſchen Deutungen in Uebereinſtimmung ſind, und ſie auf überraſchende Weiſe beſtätigen. Wenn man eine große Menge Blätter von verſchiedener Dicke hinſichtlich ihres durchgelaſſenen Lichtes vergleicht, indem man daſſelbe mittelſt eines achromatiſchen rhomboidalen Prismas analyſirt, ſo bemerkt man bald, daß ſich in der Lage, wo die Trennung des gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strals am vollſtändigſten erfolgt, die Intenſität eben ſo wohl als die Farbe des Strals U von einem Blatte zum anderen ändert. Der Grund dieſer Verſchiedenheiten ergiebt ſich, nachdem, was wir feſtgeſtellt haben, von ſelbſt. Wenn der Stral U dem Lichte der zurückgeworfenen Ringe entſpricht, ſo entſpricht der Stral G, welcher ſeine Ergänzung iſt, genau dem Lichte der durchgegangenen Ringe. Nun verhalten ſich die durchgegangenen und die zurückgeworfenen Ringe bei einer und derſelben Dicke ſehr ungleich hinſichtlich ihrer Intenſität zu einander, ſelbſt wenn man nur den Antheil Lichts, welcher wirklich gefärbt iſt, vergleicht. Dieſe Ungleichheit wird minder bemerklich in den letzten Ordnungen von Ringen; wo die beiden Farben (durchgelaſſene und zurückgeworfene) gleichermaßen ſich dem zuſammengeſetzten Weiß annähern, welches ſie im Unendlichen erreichen; in den Farben der erſten Ordnungen aber, wo die Gränzen nicht die nämlichen ſind, verhalten ſich die Intenſitäten ſehr verſchieden. So z. B., da das zurückgeworfene Weiß der erſten Ordnung dem Schwarz entgegengeſetzt iſt, folgt, daß ein dünnes Blatt Fraueneis, welches, ſeinem durchgelaſſenen Lichte nach betrachtet, das vollkommene Weiß der erſten Ordnung für U geben würde, zugleich einen Stral G geben muß, der völlig null iſt in der Lage, wo die Trennung der beiden Farben am vollkommenſten erfolgt. Blos der Zufall, und zwar ein ſehr außerordentlicher Zufall könnte es mit ſich bringen, daß man genau auf dieſe Gränze ſiele; mittelſt einer kleinen Anzahl Verſuche, mit etwas Geſchicklichkeit angeſtellt, läßt ſich ihr indeß ſehr nahe kommen. So habe ich oft Blätter erhalten, die nur ausnehmend ſchwache Stralen G gaben, von blauer oder gelblichrother Farbe, je nachdem die Dicke des beobachteten Blattes etwas größer oder geringer als die war, welche dem vollkommenſten Weiß zugehört, das übrigens, zufolge der Geſetze der Anwandlungen ſelbſt, niemals ſtreng alles durchgegangene Licht befaſſen kann. Um die mittleren Werthe der Dicken, welche dieſe Erſcheinungen abgränzen, zu berechnen, braucht man nur von der Dicke 82, 44036 auszugehen, welche eben für das Blau der zweiten Ordnung gefunden wurde; vergleicht man ſie mit der Zahl 9, welche Newton's Tabelle für dieſelbe Farbe angiebt, ſo wird man durch Anſatz von Proportionen folgende Gränzen in Bruchtheilen des Millimeter erhalten:

Dicke, bei welcher die bewegliche Polariſation noch nicht vorhanden iſt. } 0^{mm}, 011777 Anfang des Schwarz in der Newton'ſchen Tabelle.

Weiß der erſten Ordnung . . . . . 0^{mm}, 031144.

Weiß zuſammengeſetzt aus einer Miſchung von Farben verſchiedener Ringe.	0^{mm}, 45493.

Unſtreitig iſt es eine ſehr bemerkenswerthe Erſcheinung, daß ein Blatt von einer Dicke gleich 0^{mm}, 031144 in einer beſtimmten Lage alle oder faſt alle Molecule eines hindurchgehenden polariſirten Strals nach einer einzigen Richtung zu polariſiren vermag, während ein Blatt aus demſelben Stoffe aber von größerer Dicke, in einer ganz gleichen Lage, dieſe Wirkung nur noch auf eine gewiſſe Klaſſe dieſer Molecule äußert. Dies iſt ganz den Unterbrechungen analog, welche wir in der Zurückwerfung Seite 35 u. ff. bemerkten.

Die Zerbrechlichkeit der dünnen Blätter Fraueneis hat mir nicht erlaubt, ſie hinlänglich zu verdünnen, um ſo das Violet der erſten Ordnung daran zu beobachten, mit welchem die Polariſation beginnt. Dieſe Farbe muß wegen ihrer Schwäche und ihrer Lage zu Anfange der Ringe immer am ſchwerſten zu entdecken ſeyn. Newton hatte ſie nur vermuthet, als er ſeine Unterſuchungen über die Farbenringe zwiſchen zwei Objectivgläſern anſtellte; blos bei den Waſſerblaſen gelang es ihm, ſie deutlich zu erblicken. Wenn ich nicht bis zu dieſer Gränze bei ſenkrechtem Einfallen zu gelangen vermochte, ſo iſt dieſe Farbe wenigſtens die einzige unter dieſem Einfallswinkel, welche meinen Beobachtungen entgangen iſt; denn oft habe ich Blätter bis auf das Blau der erſten Ordnung, welches vor dem Weiß vorhergeht, und auf das beſprochene Violet folgt, herabgebracht. Ich hatte gehofft, die Blätter Fraueneis dadurch auf einen größeren Grad der Dünne zu bringen, daß ich ſie der langſam auflöſenden Kraft einer großen Menge Waſſers unterwarf; und in der That hatte dies Verfahren zur Folge, daß wegen zunehmender Dünne ihre Farben in der Reihe der Ringe aufwärts ſtiegen (mit ſolchen übereinſtimmten, welche dem Mittelfleck näher lagen). Ich erhielt auf dieſe Weiſe ſehr intenſives Blau der erſten Ordnung; allein die Zerbrechlichkeit der Blätter war dann ſo groß, daß ſie kaum eine Berührung derſelben zuließ, und ſie zerfielen zwiſchen den Fingern wie Staub; ihre Dicke mußte hier ungefähr 0^{mm}, 01476 betragen. Dieſe Prüfungen, welche faſt bis auf die letzte, durch die obigen Geſetze angegebene, Gränze gehen, bezeugen die Richtigkeit dieſer Geſetze; und berechtigen uns zu ſchließen, daß, wenn man die Blätter Fraueneis, parallel mit der Zwiſchenlinie der Axen, ſo weit zu verdünnen vermöchte, daß ihre Dicke nicht mehr 0^{mm}, 011777 betrüge, ſie alsdann die polariſirende Wirkung, welche aus ihrer kryſtalliniſchen Structur hervorgeht, faſt gänzlich verloren haben würden. Man wird in der Folge ſehen, daß die Blätter, welche nach irgend anderen Richtungen geſchnitten ſind, ähnliche Gränzen haben, die aber in dem Maße an Ausdehnung zunehmen, als die Schiefe des Schnittes gegen die Kryſtalliſationsaxen die Anziehungs- oder Abſtoßungskraft in ihnen ſchwächt; ſo daß man durch zweckmäßig gewählte Schnitte zu Gränzen der Dicke gelangen kann, welche durch die Kunſt erreichbar ſind. Dies Reſultat, indem es den vorigen Analogieen weſentlich zur Beſtätigung dient, ſcheint mir mit ausnehmender Wahrſcheinlichkeit darauf hinzudeuten, daß die integrirenden Molecule der Kryſtalle nicht nothwendig die doppelte Brechung beſitzen müſſen, wenn ihre Geſammtheit ſie beſitzt; wonach man denn dieſe Eigenſchaft nicht zu einer Bedingung für die Theilchen doppelt brechender Subſtanzen machen darf, welcher ihre Primitivgeſtalt genügen müßte.

Die Uebereinſtimmung der, durch die vorigen Verſuche erhaltenen, Farben G, U mit denen der zurückgeworfenen und durchgegangenen Ringe gewährt ein vortreffliches Mittel, direct und ſo zu ſagen handgreiflich die Wirklichkeit der Polariſationsart in den Azimuts 0 und 2i darzuthun, die wir aus der Geſammtheit der Erſcheinungen hergeleitet haben. Zu dieſem Zwecke braucht man nur zwei dünne Blätter A und B zu wählen, deren Dicken reſpectiv ſo beſchaffen ſind, daß die rothen Stralen gänzlich in der Farbe U der einen und in der Farbe G der anderen mangeln. Dies wird für das Blatt A der Fall ſeyn, wenn die Farbe U, die es giebt, z. B. das Indigo der zweiten Ordnung oder das Grün der dritten iſt; und für das Blatt B, wenn die Farbe U das Weiß der erſten Ordnung iſt, welches zur Ergänzung ein dunkles Violet hat, oder das etwas röthliche Orange der zweiten Ordnung, deſſen Ergänzung ein dunkles Indigo iſt. Wir wollen nun ſucceſſiv jedes dieſer Blätter auf den Ring XX, Fig. 2, Tafel XVII. unſers allgemeinen Polariſationsapparates bringen, ſo daß die Stralen ſenkrecht darauf fallen; und hinter dem Kryſtallpriſma, welches zur Analyſirung der durchgegangenen Bilder dient, ein farbiges Glas befeſtigen, welches nur die rothen Stralen durchgehen läßt. Wenn man das, durch dies Syſtem durchgegangene, Licht beobachtet, ſo wird dasjenige der beiden gebrochenen Bündel, welches keine rothen Stralen enthält, für das Auge verloren ſeyn. Somit wird man durch das Blatt A nur das Bündel G und durch das Blatt B nur das Bündel U empfangen. Dreht man nun im erſten Falle die Trommel T·T', ſo daß die Axen von A ſucceſſiv in alle Azimuts kommen, ſo wird man finden, daß das durchgegangene Bündel G unveränderlich die urſprüngliche Polariſationsrichtung beibehält, die es vor dem Hindurchgehen durch das dünne Blatt hatte; denn wenn das

Kryſtallprisma zuvor ſo geſtellt wurde, daß es den ganzen polariſirten Stral gewöhnlich oder ganz ungewöhnlich vor Zwiſcheneinbringung des Blattes brach; ſo findet das Nämliche auch noch nach ſeiner Zwiſcheneinbringung Statt; und dreht man den Hauptſchnitt des Kryſtallprismas ſucceſſiv in verſchiedene, zwiſchen dieſen Gränzen (wo das Prisma den Stral ganz gewöhnlich oder ganz ungewöhnlich bricht) enthaltene, Azimuts, ſo iſt die Art, wie ſich der Stral G untertheilt, ganz die nämliche, als wenn das dünne Blatt nicht vorhanden wäre. Man entferne nun das Blatt A, und nachdem man den Hauptſchnitt des Kryſtallprismas in die Richtung der urſprünglichen Polariſation zurückgeführt hat, in welchem Fall der polariſirte Stral ganz als ein einziges gewöhnliches Bündel darin gebrochen wird, bringe man das Blatt B auf den Ring XX, und drehe ſucceſſiv ſeine Axen in die verſchiedenen Azimuts: diesmal werden ſich die Erſcheinungen ganz anders verhalten. Denn wenn die Linie CM Fig. 7, Tafel XVIII., welche zwiſchen dieſen Axen mitten durch geht, ſich erſt in die Richtung CX der urſprünglichen Polariſation gedreht findet, ſo wird das durchgegangene Licht im Kryſtallprisma noch als ein einziges gewöhnliches Bild gebrochen werden, wie vor Zwiſcheneinbringung des dünnen Blattes; wenn man aber durch Bewegung der Trommel T'T' die Zwiſchenlinie CM um 10° oder 20°, oder überhaupt irgend eine Anzahl i Grade um den einfallenden Stral dreht, ſo wird ſogleich ein ungewöhnliches Bild entſtehen, und das durchgegangene Bündel ſich mithin beim Durchgange durch das Kryſtallprisma ſpalten; wonach ſeine urſprüngliche Polariſation durch Wirkung des Blattes geändert worden ſeyn wird. Sie wird aber ganz und gar geändert ſeyn, ſo daß das Bündel ſich ſolchergeſtalt noch nach einer einzigen Richtung polariſirt findet, in genau dem doppelten Azimut von dem, in welchen man CM gebracht hat. Denn dreht man das Kryſtallprisma, ſo findet man immer eine Lage, wo das durchgegangene Bündel ganz die gewöhnliche Brechung erfährt; und dann findet ſich der Hauptſchnitt des Prismas in das Azimut von 20° oder 40° oder allgemein 2i Grad gerichtet; d. h. in ein Azimut, welches das Doppelte von dem iſt, in welches die Axen des durchgegangenen Bündels hätten gebracht werden müſſen, wofern ſie die feſte Polariſation im dünnen Blatte erfahren hätten; ein Reſultat, welches ganz mit dem übereinkommt, das wir vorhin aus der Art geſchloſſen hatten, wie die zuſammengeſetzten Farben G, U, welche ein und daſſelbe dünne Blatt giebt, ſich in den verſchiedenen Azimuts miſchen.

Verſucht man nun, nachdem man die Blätter A und B ſo gewählt hat, daß die rothen Stralen in der einen der beiden Farben G, U fehlen, auch andere, von dazwiſchenfallenden Dicken, ſo daß dieſe nämlichen Stralen in beiden Farben bleiben, ſo werden ſie durch das rothe Glas zwei Bilder G, U geben, deren individuelle Polariſationsart nicht mehr unmittelbar nachweisbar ſeyn wird, weil ſie im Allgemeinen für jedes dieſer Blätter verſchieden ſeyn muß. Man wird ſich aber hier dadurch helfen, daß man die Art beobachtet, wie die reſpectiven Intenſitäten dieſer Bilder ſich ändern, wenn man das Kryſtallblatt in ſeiner eigenen Ebene dreht, ohne das Doppelprisma anzurühren, welches zur Analyſirung des durchgegangenen Lichts dient; indem man z. B. das Azimut ſucht, in welches das Blatt gebracht werden muß, damit die beiden Bilder eine gleiche Intenſität erhalten; denn dieſe Veränderungen hängen offenbar von der Polariſationsart ab, welche das Blatt auf das hindurchgehende Licht äußert. Nun findet man hiebei, daß vom erſten Zuſtande der Schwäche jedes Bildes bis zu ihrer vollkommenen Gleichheit die Charaktere, welche aus der Polariſation im Winkel $2i$ gezogen ſind, immer mit einer vollkommenen Stetigkeit zum Vorſchein kommen, wie ſie durch die Formeln Seite 138 ausgedrückt werden.

Bisher habe ich dieſe Erſcheinungen nur in Bezug auf die Blätter von Fraueneis beſchrieben; ſie ſind jedoch dieſem Minerale keineswegs ausſchließlich eigen. Um ein zweites Beiſpiel der nämlichen Polariſationsart bei einer andern Lage der Axen zu geben, will ich den Sibiriſchen Glimmer wählen. Dieſes Mineral, blätterig wie das Fraueneis, läßt ſich leicht in noch feinere Blätter ſpalten. Seine Kryſtalle ſtellen ſich faſt immer unter der Geſtalt eines geraden Prismas dar, welches ein Sechseck oder ein geſchobenes Viereck zur Grundfläche hat, zwei Figuren, welche ſich kryſtallographiſch auf einander zurückführen laſſen. Manche zeigen überdieß mitunter eine oder zwei Facetten, welche ſchief gegen die Axe des Prismas ſind. In allen bis jetzt bekannten Exemplaren aber haben dieſe Facetten ſtets eine gleiche Neigung, ſo daß es wirklich immer die nämliche Art Facetten iſt, die bei ihnen vorkommt; und zwar kommt ſie ohne Unterſchied am einen oder am andern Ende des Prismas, manchmal an allen beiden, vor. Nach dieſen Datis legt Hauy dem Sibiriſchen Glimmer als Primitivgeſtalt ein gerades Prisma mit rautenförmiger Baſis, welches ſenkrecht auf die Ebene der Blätter ſteht, bey. Zufolge der, auf Seite 354 Th. III erörterten, Geſetze der Symmetrie läßt uns dieſe Unordnung ſchließen, daß die Axe der doppelten Brechung, wenn blos Eine vorhanden iſt, oder die Axen, wenn es deren zwei giebt, ſich in der Ebene der Blätter ſelbſt oder einer darauf ſenkrechten Ebene finden müſſen. Nun vereinigen ſich alle Erſcheinungen dahin zu zeigen, daß dieſe letzte Lage diejenige iſt, welche in der Wirklichkeit Statt hat. Der Sibiriſche Glimmer hat zwei Axen, in der

Ebene befindlich, die man durch die Axe des Primitivprisma's und eine der Diagonalen des, ihm als Grundfläche dienenden, Rhombus gelegt denkt. Dieſe beiden Axen ſind ſymmetriſch in Bezug zur Axe des Prismas angeordnet, und bilden mit ihr gleiche Winkel, deren Größe 20° 20′ 55″ iſt. Beobachtungen zufolge, die ich Gelegenheit gehabt habe, an vollſtändigen Kryſtallen anzuſtellen, wo das gewöhnliche Brechungsverhältniß 1,6081 betrug. Wenn man hiernach ſucceſſiv verſchiedene ganz dünne Blätter dieſes Glimmers ablöſt, und ſenkrecht einem Stral darbietet, der zuvor nach einer einzigen Richtung polariſirt worden iſt, ſo müßten ſie, nach den Geſetzen der feſten Polariſation, dieſem Stral zwei neue auf einander ſenkrechte Polariſationsrichtungen einpflanzen, deren eine in die Ebene fiele, welche die Axen des Blattes enthält, die andere ſenkrecht auf dieſe Ebene wäre. Nun verhält es ſich aber nicht ſo: allerdings ſpaltet ſich der durchgehende Stral nach zwei Polariſationsrichtungen; allein die eine dieſer Richtungen fällt mit der der urſprünglichen Polariſation zuſammen; und die andere iſt in das Azimut 2 i gerichtet, wenn man i den Winkel nennt, den die Richtung der urſprunglichen Polariſation mit der Ebene bildet, welche die Axen des Kryſtalls enthält. Dies iſt ganz die nämliche Art der Polariſirung, die wir eben im Fraueneis beobachteten, mit Berückſichtigung blos der verſchiedenen Richtungen, welche die feſte Polariſation in den Blättern dieſer beiden Subſtanzen nach der Lage ihrer Axen haben muß. Die nämliche Uebereinſtimmung findet man auch in der Beſchaffenheit der Farben und der Ordnung ihrer Aufeinanderfolge. Das Bündel, welches ſeine urſprüngliche Polariſation behält, zeigt immer die Farbe eines von Newton's durchgegangenen Ringen; und dasjenige, welches eine neue Polariſation empfängt, die Farbe des entſprechenden zurückgeworfenen Ringes. Das Verhältniß der ſucceſſiven Dicken, welche dieſe verſchiedenen Farben geben, iſt auch ſtreng das nämliche. Mit einem Worte, alle Geſetze der Erſcheinung ſind ganz dieſelben. Blos in dem abſoluten Werthe der Dicken findet ein Unterſchied Statt, indem dieſer Werth für den reinſten Sibiriſchen Glimmer, wie der, von dem ſo eben die Rede war, größer als für das Fraueneis im Verhältniß von 696 zu 365 iſt.

Viele andere, ebenfalls unter dem Namen Glimmer begriffene, Subſtanzen wirken auf das polariſirte Licht mit dem Sibiriſchen Glimmer auf gleiche Weiſe, weil ſie auch zwei, eben ſo in Bezug zu der Ebene ihrer Blätter gelegene, Axen beſitzen. Aber die Winkel dieſer Axen und die abſolute Stärke ihrer Wirkung ſind verſchieden; wonach die Dicken, bei welchen die verſchiedenen Farben erſcheinen, es auch ſind, obwohl die Verhältniſſe der Dicken in Bezug zu den ſucceſſiven Farben unveränderlich bleiben.

Endlich giebt es auch noch andere Mineralien, ebenfalls Glimmer genannt, die nur eine einzige, auf die Ebene ihrer Blätter ſenkrechte, Axe beſitzen. Hieher gehört z. B. eine grünliche Varietät, die häufig unter den vulcaniſchen Auswürfen des Veſuvs anzutreffen iſt. Solche Blätter laſſen, wenn ſie auf die Ringe unſeres Apparates gebracht und dem polariſirten Stral ſenkrecht ausgeſetzt werden, ihn durchgehen ohne ihm irgend eine Modification einzupflanzen, welche Lage man auch den verſchiedenen Theilen des Blattes auf ihrer eigenen Ebene geben mag. In der That iſt dies gleichgültige Verhalten eine nothwendige Folge daraus, daß der Stral dann durch das Kryſtallblatt nach der Richtung der einzigen Axe hindurchgeht, weil die Kräfte, welche die Polariſation hervorrufen, nach der Richtung dieſer Axe ſelbſt null werden, eben ſowohl als die, welche die doppelte Geſchwindigkeit der Stralen bewirken.

Dies ſind die einzigen Axen-Anordnungen, die man bisher in den Subſtanzen, die ſich von Natur in dünne Blätter ſpalten laſſen, gefunden hat. Die Beobachtung der Erſcheinung läßt ſich aber viel mehr verallgemeinern, wenn man durch Kunſt geſchnittene Blätter in Anwendung ziehen will. So laſſen ſich Blätter von Beryll und Bergkryſtall, welche parallel mit der Axe der Kryſtallform dieſer Subſtanzen, die zugleich ihre einzige Axe doppelter Brechung iſt, zugeſchnitten ſind, künſtlich ſo weit verdünnen, daß ſie Bündel geben, welche bemerkbar gefärbt erſcheinen, wenn man ſie ſenkrecht einem polariſirten Stral auf unſerm Apparate ausſetzt. Dann befolgen die Farben dieſer Bündel ganz die obigen Geſetze, ſowohl hinſichtlich ihrer Beſchaffenheit, welche immer mit der der Ringe übereinkommt, als hinſichtlich der Abſtufungen der Dicke, bei welcher ſie ſich zeigen, und des Azimuts, in welchem das ungewöhnliche Bild polariſirt iſt. Dieſes Azimut iſt immer das Doppelte von demjenigen, in welches man die Axe des Blattes dreht, und in welchem die feſte Polariſation erfolgen ſollte. Es hält aber ſehr ſchwer, bei dieſen Verſuchen das erforderliche Zuſammentreffen einer ausnehmenden Dünne der Blätter mit einem vollkommenen Parallelismus ihrer Flächen zu erreichen; und nur dadurch vermag man zum Zweck zu gelangen, daß man ſie auf Glasplatten leimt, wenn ſie noch eine hinlänglich große Dicke haben, und ſie dann bis zu dem, zur Hervorbringung der Farben erforderlichen, Grade verdünnt.

Durch dieſe Prüfungen und viele andere von noch allgemeinerer Anwendung, die ich in der Folge ihren Gründen nach erörtern werde, habe ich gefunden, daß bei allen Kryſtallen, welche dieſe Farbenerſcheiungen hervorrufen, und zwar nach den obigen Geſetzen hervorrufen, die Dicken, bei welchen die nämlichen Farben unter ſenkrechter Jnciden zerſcheinen, ſich dem Gliede $k \sin U \sin U'$ umgekehrt proportional verhalten, welches in den, Seite 348 Th. III angeführten Formeln der doppelten Brechung den Zuwachs oder die Verminderung ausdrückt, welche die, der ungewöhnlichen Brechung untergebenen, Molecule im Quadrat ihrer Geſchwindigkeit erfahren, je nach der Richtung Weges, die man ſie nehmen, und der Beſchaffenheit des Kryſtalls, durch den man ſie gehen läßt. Beim Fraueneis z. B. bleibt, wenn die Stralen durch die Blätter unter ſenkrechtem Einfallen hindurchgehen, wie bei obigen Verſuchen, der ungewöhnlich gebrochene Stral während ſeines Durchganges ſenkrecht auf die beiden, in der Ebene des Blattes gelegenen, Axen. Somit ſind hier die Winkel U und U′ alle beide rechte: welches giebt $\sin U = 1$; $\sin U' = 1$; wonach die Reihe der Dicken dem bloßen Coefficienten k umgekehrt proportional wird. Jm Bergkryſtall, der nur eine einzige Axe hat, ſind die Winkel U und U′ immer unter einander gleich; wenn ſomit die Blätter parallel mit dieſer Axe geſchnitten ſind, und das Einfallen ſenkrecht geſchieht, wie wir ſo eben vorausſetzten, ſo werden dieſe Winkel auch rechte. Dann iſt die Reihe der Dicken ebenfalls dem Coefficienten k umgekehrt proportional. Vermöge einer zufälligen Eigenthümlichkeit des Fraueneiſes und Bergkryſtalles ſind dieſe beiden Werthe von k nicht merklich von einander verſchieden; ſo daß, um die nämlichen Farben unter ſenkrechtem Einfallen durch Blätter, welche auf die angegebene Art aus dieſen beiden Subſtanzen geſchnitten ſind, zu erhalten, man ihnen gleiche Dicken geben muß. Dieſe Bedingung macht ſchon einen Grad der Dünne nöthig, der durch die Kunſt ziemlich ſchwer erreichbar iſt. Weit größer aber noch würde die Schwierigkeit werden, wenn man die nämlichen Erſcheinungen durch Blätter von Jsländiſchem Spath, die ebenfalls mit der Axe parallel geſchnitten wären, hervorbringen wollte. Da nämlich dieſe Subſtanz nur eine einzige Axe beſitzt, ſo würden auch hier die Dicken bei ſenkrechtem Einfallen ihrem Coefficienten k umgekehrt proportional ſich verhalten. Dieſer aber iſt nach der unmittelbaren Schätzung, welche die Beobachtungen der doppelten Brechung ergeben, ungefähr achtzehnmal ſo ſtark als der des Bergkryſtalles. Somit müſſen die Dicken der Blätter von Jsländiſchem Spath bei der vorausgeſetzten Richtung des Schnittes achtzehnmal weniger betragen, als die der Blätter des Bergkryſtalles, um die nämliche Farbe U hervor zu bringen. Da alſo in dieſen letzten Kryſtallen, welche ſo wenig Kraft haben, die Farbenerſcheinung in den, den Axen parallelen Blättern, ſich nur bis auf ſehr kleine Dicken zeigt, ſo muß es begreiflich beinahe ſo gut als unmöglich ſeyn, ſie durch daſſelbe Verfahren in einem achtzehnmal kräftigern Kryſtalle wahrnehmbar zu machen, der ſich nicht von Natur in Blätter ſpalten läßt. Man wird jedoch dazu gelangen, wenn man Platten daraus nach andern Richtungen ſchneidet, welche ſo beſchaffen ſind, daß der veränderliche Factor $\sin U \sin U'$, der für den Isländiſchen Spath zu $\sin^2 U$ wird, weil dieſer Kryſtall einaxig iſt, nur den Werth eines ſehr kleinen Bruches erhält, anſtatt der Einheit gleich zu ſeyn, wie ſo eben. Dies wird der Fall ſeyn, wenn die Winkel U U′ alle beide ſehr klein ſind, d. h. wenn die gebrochenen Stralen während ihres Durchganges ſehr wenig gegen die Axe des Kryſtalls geneigt ſind. In der That geben ſelbſt ſehr dicke Platten von Isländiſchem Spath, wenn ſie faſt ſenkrecht auf die Axe geſchnitten ſind, Farben, und man erhält deren durch denſelben Kunſtgriff in Platten von allen Arten Kryſtallen, wenn ihr Aggregatzuſtand nicht erlaubt, durch ein natürliches Spalten hinlänglich dünne Blätter davon abzulöſen, um zwiſchen die Gränzen der Dicke, wo die Erſcheinung Statt hat, zu kommen.

Für alle Kryſtalle, welcher Art ſie ſeyen, wenn ſie auf den Grad der Dünne herabgebracht ſind, wo die Farben erſcheinen, bleibt ſich das Geſetz der Polariſation der durchgegangenen Bündel unwandelbar gleich, und ſo beſchaffen, wie wir es durch unſere Erörterungen nach den vorigen Beiſpielen feſtſtellten. Das eine der Bündel behält ſeine urſprüngliche Polariſation unverändert bei; das andre erhält eine neue Polariſation in einem Azimut, welches das doppelte von dem iſt, in das die Axen ſeiner Theilchen gerichtet worden ſeyn würden, wenn es im nämlichen Blatt die feſte Polariſation erfahren hätte. Aber die Reihe der Farben G, U, die ſich ſucceſſiv in den verſchiedenen Dicken der, nach einer und derſelben Richtung geſchnittenen, Blätter zeigen, iſt nicht immer die der Newtonſchen Ringe. Zwei ganz verſchiedene Umſtände bringen dies mit ſich. Der erſte liegt in der merklichen Trennung, die oft zwiſchen den Axen der doppelten Brechung, welche den verſchiedne einfachen Stralen des Spectrums angehören, Statt findet; der zweite darin, daß in einigen, im Allgemeinen mit einer ausnehmend ſchwachen doppelten Brechung begabten, Kryſtallen die Dicken, bei welchen die verſchiedenen einfachen Stralen ihre Abwechslungen der Polariſation erfahren, unter einander ganz andre Verhältniſſe befolgen, als man in der ſehr großen Anzahl kryſtalliſirter Körper, welche mit einer ſtärkern Kraft der doppelten Brechung begabt ſind, beobachtet. Dieſe zwei wichtigen Thatſachen ſind von Herſchel dem Sohn entdeckt worden. Um zu begreifen, wie die Beſchaffenheit der Farben G, U dadurch modificirt werden kann, muß man die Wirkungen beſtimmt haben, welche ein und der nämliche einfache Stral bei verſchiedenen Dicken eines und deſſelben Kryſtalls unter einer gegebenen Lage der Axen und bei einer beſtimmten brechenden Kraft erfährt. Dies wollen wir zuerſt aus dem Fall herleiten, wo die Farben G, U, eine gleiche Beſchaffenheit mit denen der Farbenringe und mithin eine bekannte Zuſammenſetzung haben, worauf wir dieſe Grundſätze nur noch anzuwenden haben werden, mit gehöriger Berückſichtigung der beſondern Umſtände der Brechung und Lage der Axen, welche jedem der zu betrachtenden Kryſtalle eigen ſind.

Drittes Capitel.

Oscillatoriſche Bewegung der Polariſationsaxe, aus den vorigen Erſcheinungen hergeleitet.

Indem Newton die Erſcheinungen der Zurückwerfung und des Durchgehens, welche er in dünnen Plättchen beobachtet hatte, zuſammenfaßte, gelangte er zur Herleitung der Anwandlungen, durch welche alle jene Erſcheinungen erklärlich werden. Eben ſo werden wir, wenn wir die allgemeinen Erſcheinungen der beweglichen Polariſation zuſammenfaſſen, uns darauf geführt ſehen, daß ſie ſämmtlich auf eine oscillatoriſche Bewegung der Polariſationsaxe der Lichttheilchen zurückkommen.

Die erſte dieſer Erſcheinungen betrifft die Richtung, nach welcher die Polariſirung erfolgt. Um von beſtimmten Vorſtellungen auszugehen, wollen wir uns auf die Erſcheinungen beſchränken, die wir am Fraueneis beobachtet haben. Wenn ein weißer, zuvor polariſirter, Stral ſenkrecht durch ein dünnes Blatt dieſer Subſtanz hindurchgegangen iſt, ſo findet er ſich aus zwei farbigen Bündeln G, U zuſammengeſetzt, die durch die doppelte Brechung eines Kryſtallprisma's oder durch Zurückwerfung von einem Spiegelglaſe analyſirt, die Charaktere zweier verſchieden polariſirten Stralen darbieten. Wenn CX, Fig. 8 Taf. XVIII die Richtung der urſprünglichen Polariſation und CM die Zwiſchenlinie der Axen des dünnen Blatts iſt, welche mit CX einen Winkel i bildet, ſo verhält ſich das Bündel, welches wir mit G bezeichnet haben ſo, als wenn es für ſich nach der Richtung CX polariſirt wäre, und das ergänzende Bündel U, als wäre es gleichfalls polariſirt, nach einer Richtung XX', in gleichem Winkelabſtande zur andern Seite der Linie CM.

Wenn das, durch das Blatt hindurchgehende Licht einfarbig iſt, ſo theilt es ſich ebenfalls zwiſchen den beiden angegebenen Polariſationsrichtungen, und zwar in einem mit der Dicke des Blatts veränderlichen Verhältniſſe. Jedes der beiden Bilder G, U iſt hier null bei gewiſſen Dicken; wächſt dann mit zunehmender Dicke allmälig an Intenſität, wird dem andern gleich, übertrifft es, und zieht endlich alles durchgehende Licht an ſich, wodurch nun das andre Bild für ſein Theil null wird. Dieſe Abwechslungen in der Intenſität folgen ſich für beide Bilder in gleichen und jederzeit periodiſchen Abſtufungen der Dicke. In allen dieſen Phaſen aber zeigt immer eins der Bilder die Kennzeichen der Polariſation in der Richtung des Azimuts 0, das andre in der von 2i. Dies erkennt man entweder unmittelbar, indem man die beiden farbloſen Bündel den, auf S. 143 und 144 beſchriebenen, Prüfungen unterwirft, oder mittelbar, wie auf S. 138, indem man die Art betrachtet, wie die Bilder G, U durch ein Prisma von Isländiſchem Spath gemiſcht werden, wenn ſie, ſofern ſie durch Zerſetzung des weißen Lichts entſtanden ſind, jedes eine beſtimm[illegible] und beſtändige Miſchung einfacher Stralen darbieten, welche das [illegible]ge auf eine eigenthümliche Weiſe afficirt; wonach ſich der Verhältnißtheil unterſcheiden läßt, den das rhomboidale Prisma von jedem derſelben gewöhnlich und ungewöhnlich in den verſchiednen Lagen, die man dem Hauptſchnitt geben kann, bricht.

Die Theilung des durchgehenden Lichts zwiſchen den beiden Polariſationsrichtungen 0 und 2i geſchieht nicht blos beim Austritt des Lichts aus den Blättern; ſie geht progreſſiv und mit den nämlichen Perioden im Innern ihrer Subſtanz vor, in dem Maße als der hindurchgehende Stral zu den nämlichen Dicken gelangt. Dies thut folgender Verſuch dar, der gleichermaßen mit dem einfarbigen und dem weißen, aus allen Farben zuſammengeſetzten, Lichte gelingt.

Man nehme ein dünnes Blatt Frauenеis und nachdem man ſorgſam mittelſt unſers Apparates die Farben G, U beobachtet hat, die es bei ſenkrechtem Einfallen giebt, ſpalte man es geſchickt in einem Theile ſeiner Länge, ſo daß dieſer Theil allein in mehrere dünne Blätter zertrennt wird, welche man dadurch entfernt von einander hält, daß man kleine Streifen von ſchwarzem Papier zwiſchen ſie bringt. Bietet man dann das Blatt von neuem einem polariſirten Stral unter ſenkrechter Incidenz dar, ſo wird man finden, daß ſie immer noch die nämlichen Farben G, U, als im erſten Verſuch giebt; und es wird in dieſem Bezug kein Unterſchied weder im Verhältniß der Intenſität noch in der Farbe zwiſchen dem geſchlitzten und dem ganz gebliebenen Theile Statt finden; nur wird der erſte etwas minder durchſichtig erſcheinen, wegen der vielfachen Zurückwerfungen, welche das Licht darin erfährt. Da alſo die definitive Farbe und relative Intenſität der Bündel unabhängig von der Contiguität oder

Trennung der Elementarblätter ſind, ſo hat man zu ſchließen, daß der Stral beim Anlangen in den ſucceſſiven Dicken der Kryſtallſubſtanz in beiden Fällen gleichbedeutende Modificationen darin erfährt, die ſich in derſelben Abſtufung folgen, und jede Art Lichtmolecule durch dieſelben abwechſelnden Polariſationszuſtände hindurchgehen laſſen, welche ihr durch die Ordnung und Aufeinanderfolge der Farben in den getrennten Platten angewieſen werden; nur daß in letztern dieſe aufeinanderfolgenden Zuſtände zur Wahrnehmung kommen, während ſie in den, zu einer Maſſe verbundnen, Blättern ſich nicht unmittelbar bemerken laſſen. Es folgt hieraus, daß der Definitivzuſtand jedes Moleculs in einer beſtimmten Tiefe einzig von der Quantität kryſtalliſirter Materie abhängen muß, durch die es hindurchgegangen iſt, um zu dieſer Tiefe zu gelangen und von der Intenſität der Kräfte, mit denen dieſe Materie begabt iſt, keineswegs aber von der Art, wie ſie ſich auf dem Wege des Moleculs vertheilt findet. Auch findet man, wenn man ein Blatt ſeiner ganzen Länge nach in eine gewiſſe Anzahl dünnerer Blätter zerſpalten hat, daß ſich dieſe in beliebiger Ordnung mit einander vermiſchen und auf alle mögliche Weiſe verwechſeln laſſen, wofern man nur ihre Axen immer genau parallel mit einander erhält, ohne daß die definitiven Farben G, U, welche durch ihre Summe bei ſenkrechtem Einfallen hervorgebracht werden, ſich ändern, daß ſie ſich vielmehr immer von derſelben Beſchaffenheit zeigen, wie ſie die nämliche Dicke vor der Spaltung gab¹); was aber hat man durch dieſe verſchiednen Anordnungen der Blätter dargethan, als die Vertheilungsart einer und derſelben Dicke willkührlich abzuändern?

Nachdem die Periodicität und Stetigkeit der Abwechslungen in der Polariſation ſolchergeſtalt dargethan ſind, ſowohl für die einfarbigen Bündel als für ihre Miſchungen, wenn die Bilder G, U, von Auflöſung eines weißen einfallenden Lichts herrühren, müſſen wir ſuchen, die Verhältniſſe der Dicken zu beſtimmen, in welchen dieſe Abwechslungen für jede Art Licht von beſtimmter Brechbarkeit Statt haben; wozu uns die Analogie wird leiten können, die ſich uns zwiſchen den, durch Auflöſung eines weißen Lichts entſtandnen, Farben G, U und den, von Newton beobachteten, Farbenringen zu erkennen gegeben hat. Wir ſahen, daß U immer faſt ganz mit der Farbe eines zurückgeworfenen Ringes übereinkommt, während G der eines durchgelaſſenen, dieſe als Ergänzungsfarbe der andern angenommen,

---

[1] Ich beſchränke hier die Prüfung auf das ſenkrechte Einfallen, um die Wirkung der Polariſation durch Brechung zu umgehen.

entſpricht. Somit muß die Farbe U hinſichtlich der verſchiednen Dicken die Verhältniſſe befolgen, welche durch die Newtonſche Tabelle den, von dünnen Schichten zurückgeworfenen, Farben beigelegt werden, welches ſich in der That ſo verhält. Blos die abſoluten Dicken, in welchen jede Farbe nach der andern ſich zeigt, ſind in unſerm Falle weit größer, und mithin weit leichter meßbar, als bei der Erſcheinung der Ringe.

Wenn dieſe Uebereinſtimmung der Farben bei beiden Erſcheinungen, für proportionale Dicken, ſich als mathematiſch ſtreng annehmen ließe, ſo würde ſich daraus mit Sicherheit ſchließen laſſen, daß das nämliche Entſprechen nothwendig auch für jeden der einfachen Stralen insbeſondre, deren Geſammtheit die Farben, von denen es ſich handelt, bildet, Statt finde. Dann würden die periodiſchen Unterbrechungen im Durchgehen und Zurückgehen, durch welche dieſe Farben in den Schichten hervorgerufen werden, hier für jeden einfachen Stral zu Abwechslungen in der Polariſation werden, welche ganz eben ſolchen und für die verſchiednen Farben in dem nämlichen Verhältniſſe ſtehenden Perioden unterworfen wären. Nun hat Newton bei Analyſirung der Farben der Ringe gefunden, daß jede Art Licht von beſtimmter Brechbarkeit, welche an ihrer Zuſammenſetzung Antheil hat, abwechſelnd in Abſtufungen der Dicke durchgelaſſen und zurückgeworfen wird, welche zwiſchen Gliedern der Reihe 0, e_1, $3e_1$, $5e_1$, $7e_1$ u. ſ. w. enthalten ſind; d. h. daß Durchgehen von 0 bis e_1, dann Zurückwerfung von e_1 bis $3e_1$, darauf wieder Durchgehen von $3e_1$ bis $5e_1$ u. ſ. ſ. Statt findet; ſo daß die Abſtufungen der Dicke, durch die jede Phaſe hindurch dauert, ſich der Beobachtung alle unter einander und mit $2e_1$ gleich ergeben, die erſte abgerechnet, die blos gleich e_1 mithin die Hälfte der andern iſt. Dies iſt, wie man S. 28 geſehen hat, die reine Analyſe der Erſcheinung, wie ſie die Erfahrung giebt, unabhängig von jeder Hypotheſe über ihre Urſach. Der Werth der fundamentalen Dicke e_1 iſt ſelbſt von Newton für jede Art einfachen Lichts und jede Beſchaffenheit des brechenden Mittels feſtgeſtellt worden. Das beſtändige Intervall $2e_1$ iſt das, was er die Länge einer Umwandlung nennt. Wenn alſo bei unſern Polariſationserſcheinungen eine ſtrenge Uebereinſtimmung der Farben G, U mit denen der Ringe nachgewieſen wäre, ſo müßte man aus dieſer Vergleichung nachſtehende Folgerungen ziehen: wenn das nämliche einfache Licht durch Blätter von Fraueneis hindurchgeht, nachdem es zuvor nach einer einzigen Richtung polariſirt war, ſo dringen die Molecule, aus denen es beſteht, erſt von der Dicke 0 bis zu einer gewiſſen Dicke, ohne ihre urſprüngliche Polariſation zu verlieren, ein; angelangt in dieſer Dicke, verlaſſen ſie die urſprüngliche Polariſation und nehmen eine neue im Azimut 2i an, welche von der Dicke e bis 3e bleibt. In 3e kehren ſie zur urſprünglichen Polariſation im Azimut 0 zurück, und behalten ſie bis 5e bei; und ſo erſcheinen ſie abwechſelnd im Azimut 0 oder im Azimut 2i polariſirt, je nachdem die Abſtufungen der Dicke, nach welchen man ſie beobachtet, einer Epoche des Durchgehens oder des Zurückgehens entſprechen, ſo daß die Polariſationsaxe des Bündels abwechſelnd, wie vermöge einer oscillirenden Bewegung, von einer dieſer Gränzen zur andern ſich zu wenden ſcheint; welches ſie auf zweifache Weiſe vermag, einmal, indem ſie nach der Richtung Xx′ von 0 nach 2i geht, Fig. 8, oder, nach der Richtung XX′ von 0 nach — 2 (90° — i). Im erſten Fall würde die Oscillation um die Zwiſchenlinie CM der Axen des Blatts ſelbſt erfolgen, im andern um die darauf ſenkrechte CN. Zufolge der nämlichen Analogieen würden die Dicken e der Abwechslungen auch für die verſchiedenen einfachen Stralen von ungleicher Brechbarkeit die nämlichen Verhältniſſe haben als ihre analogen e_1 in den Farbenringen; d. h. ſie würden den reſpectiven Längen der Anwandlungen der Stralen proportional ſeyn.

Die Farbenähnlichkeit, auf welche wir dieſe Vergleichung ſo eben gegründet haben, ſcheint ſo handgreiflich, und wird insbeſondre durch die vollkommene Gleichheit der Ordnung und Reihenfolge, mit welcher die gleichen Farben nach einander zum Vorſchein kommen, ſo unterſtützt, daß man die Elementargeſetze, auf welche wir dadurch geführt worden ſind, wo nicht für vollkommen ſtreng, doch wenigſtens für außerordentlich angenähert anzuſehen berechtigt iſt. Da jedoch auch ziemlich verſchiedene Vereinigungen einfacher Stralen im Auge gleichgeltende Empfindungen hervorzurufen vermögen, ſo iſt erforderlich, um dieſen Geſetzen ihre Gewißheit vollends zu ſichern, ſie auf dem Erfahrungswege in der Anwendung auf ein oder mehrere Bündel einfarbigen Lichtes zu bewähren, um zu ſehen, ob ſie nicht einigen beſondern feinen Umſtänden nach modificirt werden müſſen, deren Wahrnehmung in den, aus der Vermiſchung aller Stralen hervorgegangenen, Farben vielleicht verloren gegangen ſeyn könnte. Stellt man dieſe Prüfung an Blättern von Fraueneis oder ſolchen von Sibiriſchem Glimmer an, entweder mit Hülfe farbiger Gläſer, die ſo gut als nur eine einzige Farbe des Spectrums durchlaſſen, oder indem man ſolche Dicken wählt, wo irgend eine dieſer Farben offenbar in einem der beiden Theile G oder U mangelt, ſo findet man, daß die Beſtändigkeit der Dicken-Abſtufungen 2e, nach welchen eine vollſtändige Abwechslung in der Polariſation jedes einfarbigen Strals eintritt, völlig richtig zutrifft; daß die Verhältniſſe dieſer Dicken unter einander für die verſchiedenen Stralen auch ſich als die nämlichen ergeben, welche bei der Zurückwerfung von dünnen Schichten Statt finden, d. h. daß ſie den Längen der Anwandlungen der Stralen umgekehrt proportional ſind. Blos in der Art, wie ſich die Grade der Intenſität ſuccediren, durch welche die beiden Bilder G, U von einer Polariſationsrichtung zur andern übergehen, findet ein Unterſchied Statt, wenigſtens in den eben erwähnten Arten von Kryſtallblättern, denn, wie ſchon weiter oben, S. 144 und 150 bemerkt, ſelbſt wenn man mit einem ſo einfarbigen Lichte operirt, als nur immer zu erlangen iſt, erfolgt dieſe ſucceſſive Veränderung der Intenſitäten immer in ſtetiger Fortſchreitung, dagegen bei der Zurückwerfung von dünnen Schichten, wenn das einfallende Licht einfarbig iſt, die zurückgeworfenen Ringe während gleicher Intervalle der Dicken abwechſelnd ſchwarz und hell ſind; ſo daß die Veränderungen ihrer Intenſitäten für das Auge Unterbrechungen in der Stetigkeit zeigen, wie ſich in der That nach der Conſtruction Taf. XVII, Fig. 8 ergiebt, durch welche Newton ſie dargeſtellt hat.

Dieſe Conſtruction ſelbſt aber ſowohl als die Geſetze der Unterbrechungen, worauf ſie ſich gründet, wurden von Newton blos für den Fall feſtgeſtellt, wo die Ringe durch ſehr ſchwache zurückwerfende Kräfte hervorgebracht werden, welchem ſich immer ein beträchtlicher Antheil des einfallenden Lichts entzieht, ſelbſt an der glänzendſten Stelle jedes zurückgeworfenen Ringes; unter welchen Fall in der That alle durchſichtigen Subſtanzen gehören, insbeſondre, wenn man ihre Ringe unter faſt ſenkrechten Incidenzen beobachtet, wie Newton faſt immer that. Es iſt alſo natürlich, daß die Geſetze, welche für dieſen beſondern Fall gültig ſind, keine uneingeſchränkte Anwendung auf unſre Polariſationserſcheinungen zulaſſen, bei welchen jede Art durchgehenden Lichts, nicht partiell, ſondern ganz und gar die eine oder andre Abwechslung erfährt. Newton ſelbſt entging dieſe Einſchränkung der Geſetze, welche er für die Ringe aufgeſtellt hatte, nicht. Wenn er die Abſtufungen der Dicke für die hellen Ringe gleich denen für die dunkeln und die erſte Abſtufung des Durchgehens e_1 gleich der Hälfte ihrer allgemeinen Weite ſetzte, ſo vergaß er dabei nicht zu bemerken, daß er dieſe Schätzungen blos als ſehr genäherte gäbe, und die hinreichend wären, um die Farben mit aller Genauigkeit, deren das Auge fähig iſt, wieder herzuſtellen; daß ihm jedoch eigentlich die Abſtufungen der Dicke, welche den hellen Ringen zugehörten, immer etwas größer geſchienen hätten, als die den dunkeln Ringen zugehörigen, zumal in den erſten Ordnungen der Ringe. Bei der nähern Erörterung dieſer Bemerkung S. 55 u. ff. machten wir begreiflich, daß die, von Newton beobachtete, Verſchiedenheit auf der Art ſelbſt beruhte, nach welcher der Theorie der Anwandlungen zufolge das Licht durch die auf es wirkenden Kräfte zwiſchen dem Durchgehen und Zurückgeben getheilt wird; daß die Größe dieſer Verſchiedenheit von der Stärke der zurückwerfenden Kräfte abhienge, indem er mit ihrer Intenſität zunähme und bei ihrer Schwächung abnähme; ſo daß ſich nach dem ſtrengen Verhältniſſe der Abſtufungen der Dicke, wie ſie wirklich ſind, der Verhältnißtheil von Licht berechnen ließe, der ſich der Zurückwerfung am glänzendſten Theile jedes Ringes entziehen muß, unter der Vorausſetzung, daß dies Licht ſich bei ſeinem Eintritte in das brechende Mittel gleichförmig zwiſchen allen Phaſen einer Anwandlung des Durchgehens vertheilt findet. Es ergab ſich uns dort durch dieſe Berechnung, daß die genaue Gleichheit der Abſtufungen der Vorausſetzung ſehr ſchwacher Zurückwerfungskräfte entſpräche, von welcher Art immer diejenigen waren, deren Wirkungen Newton hauptſächlich beobachtete und maß; dagegen, wenn man ſtärker wirkende Kräfte in Betracht zöge, z. B. ſolche, die wirklich alle Lichtmolecule zurückzuwerfen vermöchten, welche ſich ihnen in irgend einer Phaſe einer Anwandlung leichtern Zurückgehens darböten, die Zwiſchenräume, wo kein Licht zurückgeworfen, vielmehr alles durchgelaſſen würde, auf bloße Ebenen ohne Dicke zurückkommen würden, welche um die Abſtufungen 0, $4e_1$, $8e_1$ u. ſ. w. auseinanderlägen. Dann würde jede dieſer Abſtufungen von ihren Enden bis zu ihrer Mitte eine immer zunehmende Intenſität der Zurückwerfung zeigen, welche in dieſer Mitte ſelbſt, d. h. in den Dicken $2e_1$, $6e_1$, $10e_1$ u. ſ. w. total werden würde, wenn man immer unter $2e_1$ die ganze Länge einer Anwandlung des beobachteten Lichtes verſteht; und, andrerſeits, würde dann für das Durchgehen eine ganz gleiche und die vorige ergänzende Reihe von Intenſitäten Statt haben, deren aufeinanderfolgende Minima auf die Abſtufungen $2e_1$, $6e_1$, $10e_1$, u. ſ. w. treffen würden, in welchen alles einfallende Licht zurückgeworfen wird, und deren Maxima den dazwiſchenfallenden Dicken 0, $4e_1$, $8e_1$ u. ſ. w. entſprechen würden, wo alles Licht durchgelaſſen wird. Man würde alſo auf dieſe Weiſe ein Syſtem periodiſcher Zurückwerfung und Durchlaſſung erhalten, welches unſern Abwechslungen in der Polariſation ganz analog wäre, weil alles einfallende Licht progreſſiv und ganz und gar in jede Art Phaſe übergeben würde. Nun würden in dieſem äußerſten Falle die Mitten der Abſtufungen ſowohl für die Zurückwerfung als für das Durchgehen noch ſeyn 0, $2e_1$, $4e_1$, $6e_1$, $8e_1$ u. ſ. w. gerade wie in dem entgegengeſetzten äußerſten Fall, wo die Zurückwerfungskräfte ſehr ſchwach ſind; woraus erhellt, daß die Beſtändigkeit dieſer mittlern Abſtände ein, allen Syſtemen periodiſcher Unterbrechungen, welche ſich in der Zurückwerfung zeigen können, gemeinſames Element iſt; und wir ſehen ſomit erklärt, wie dies Element auch in den Abwechslungen der beweglichen Polariſation nachweisbar ſeyn konnte, ſelbſt wenn wir ſie mit einem periodiſchen Syſtem der Zurückwerfung verglichen, das, da es blos auf einen Theil des einfallenden Lichts gieng, nicht vollkommen ſich mit ihnen zuſammenſtellen ließ.

Wenn aber die Abwechslungen in der Polariſation, welche durch die Blätter von Fraueneis hervorgerufen werden, ſolchen Unterbrechungen in der Zurückwerfung und dem Durchgehen, welche in gewiſſen Dicken total werden, analog ſind, wie können die zuſammengeſetzten Farben, welche ſie darbieten, ſo viel Aehnlichkeit mit denen der Farbenringe zeigen, die durch partielle Unterbrechungen entſtanden ſind. Dies erfordert eine nähere Erörterung.

Wir wollen uns zu dieſem Zweck denken, man habe durch irgend ein Mittel vermocht, ſo ſtarke Zurückwerfungskräfte in der Wirklichkeit hervorzubringen, als die ſind, deren Wirkungen wir zuletzt charakteriſirt haben. Es iſt einleuchtend, daß die Ringe, die ſie in einer dünnen Schicht aus den verſchiedenen Arten einfacher Farben hervorbringen würden, anders übereinanderfallen würden als im Fall ſehr ſchwacher Zurückwerfungskräfte, und daß ihr ſucceſſives Ineinandergreifen zu Reihen zurückgeworfener Farben Anlaß geben würde, welche mathematiſch genommen anders wären. Jedoch würde dieſer Umſtand allein noch nicht hinreichen, die aus dieſem Uebereinanderfallen hervorgehenden zuſammengeſetzten Ringe an ihren glänzendſten und dunkelſten Stellen deutlich verſchieden von denen erſcheinen zu laſſen, welche im Allgemeinen bei ſchwächern Zurückwerfungskräften beobachtet werden. Denn wenn die Lichtmolecule bei ihrem Eintritt in das brechende Mittel ſo modificirt wären, daß ſich blos eine ſehr kleine Anzahl derſelben in den letzten Phaſen ihrer Anwandlung des Durchgehens, eine ſehr großen Anzahl dagegen in den erſten Phaſen dieſer Anwandlung befände; ſo würden zwar die, von jeder einfachen Farbe gebildeten, zurückgeworfenen Ringe in der That vom Beginn des brechenden Mittels an anfangen, und in ihrer Aufeinanderfolge nur unendlich dünne Zwiſchenräume zwiſchen ſich laſſen, wodurch die ſie trennenden dunklen Ringe blos auf einfache ſchwarze Linien ohne merkliche Breite zurückkommen würden; allein die Schwäche dieſer zurückgeworfenen Ringe bei ihrem Ende und Beginn könnte deſſenungeachtet ſo groß ſeyn, daß das Auge vom Einfluß dieſer Theile in den Farben der, durch ein weißes Licht hervorgebrachten, zuſammengeſetzten Ringe gar nicht afficirt zu werden vermochte, und daß ſomit dieſe Farben für die Wahrnehmung denen der Ringe gleich erſchienen, welche ihren Urſprung ſehr ſchwachen Zurückwerfungskräften verdankten, obwohl ihre Ungleichheit ſehr leicht ins Auge fallen würde, wofern man jede Claſſe zurückgeworfener Ringe, wenn ſie blos durch ein homogenes Licht gebildet wäre, für ſich beobachtete. Dann würde die nämliche Analogie auch noch hinſichtlich der Farben der durchgelaſſenen Ringe für die beiden Syſteme beſtehen; wofern man nur in dem Syſtem, wo die Zurückwerfung blos partiell iſt, von dem Antheil einfallenden Lichts abſähe, welcher ſich der Zurückwerfung an dem ſtärkſten Theile jedes einfachen Ringes entzieht; denn da dieſer Antheil ein beſtändiger Bruchtheil jeder Art einfacher Farbe iſt, ſo muß die Geſammtheit aller ein einformiges weißes Licht bilden, und bildet es wirklich, welches, indem es ſich über alle durchgelaſſenen Ringe verbreitet, ihre Färbung, die immer die ergänzende der zurückgeworfenen Ringe iſt, ſchwächer und minder merklich macht. Nun zeigt ſich, ſelbſt bis auf dieſen letzten Umſtand, dieß in Uebereinſtimmung mit dem Verhalten der Farben G, U. welche in den Blättern von Fraueneis durch die Abwechslungen der Polariſation entwickelt werden. Denn wenn dieſe Farben durch Auflöſung eines weißen Lichtes entſtanden ſind, ſo zeigen ſie für die Wahrnehmung dieſelben Nuancen und die nämlichen Folgen von Nuancen, als die zurückgeworfenen und durchgelaſſenen Farbenringe, die in dünnen Schichten durch ſehr ſchwache Zurückwerfungskräfte hervorgebracht werden, wofern man nur in letztern von dem Antheil weißen einfallenden Lichts, welcher ſich der Zurückwerfung entzieht, abſieht; und doch, wenn man eine der einfachen Farben, aus welchen dieſe zuſammengeſetzten beſtehen, beſonders betrachtet, wie ſich mit ſehr großer Annäherung für das rothe Licht verwirklichen läßt, indem man durch gewiſſe Gläſer durchſieht, welche beinahe blos dieſe Farbe durch ſich hindurchlaſſen, ſo erkennt man, wie ſchon angeführt, eine Art und Fortſchreitung der Vertheilung zwiſchen den Azimuts 0 und 2 i, welche ganz mit der Periodicität der Ringe übereinkommt, die ſehr ſtarken Zurückwerfungskräften ihren Urſprung verdankten. Da nun alſo eine ſolche Art der Theilung, welche von den, der Stetigkeit ermangelnden, Unterbrechungen, die die gewöhnlichen Farbenringe zeigen, ſo ſehr abweicht, deſſen ungeachtet zu zuſammengeſetzten Farben Anlaß giebt, die eine ſo große Uebereinſtimmung mit denen dieſer Ringe zeigen, muß man nicht unausweichlich ſchließen, daß die Lichtmolecule, die für das Auge einen Stral von homogener Farbe bilden, beim Eindringen in die Kryſtallblätter, wo dieſe Erſcheinungen beobachtet werden, in dieſem Stral eigenthümliche Dispoſitionen der Art annehmen, daß die bei Weitem überwiegende Anzahl derſelben, bei den verſchiedenen Dicken, wo dieſe Veränderungen auf die vollſtändigſte Weiſe erfolgen, zuſammen oder faſt zuſammen von einer Polariſationsrichtung zur andern übergeht; während ſich nur eine ſehr kleine Anzahl von der Geſammtheit abſondert, um jede Abwechslung zu beendigen oder zu beginnen; welches macht, daß die zuſammengeſetzten Farben G, U dem Auge nicht anders erſcheinen, als wenn dieſer geringe Verhältnißantheil gar nicht vorhanden wäre?

Ich muß hier bemerken, daß dieſe Vertheilungsart der Lichtmolecule zwiſchen den verſchiedenen Phaſen der Umwandlung, die ſie zu einer oder der andern Abwechslung der Polariſation hinführt, in den Kryſtallen von verſchiedenartiger Beſchaffenheit ſich nicht gleich bleibt; und ſelbſt in einem und demſelben Kryſtall ſtreng genommen nicht für alle Richtungen beſtändig iſt, nach welchen die Stralen durch ihn hindurchgehn können. Denn wie weiterhin durch Erſcheinungen, die die Sache aufs Augenſcheinlichſte darthun, erhellen wird, das nämliche Licht, welches die eben beſchriebene Zertrennung (diffusion) erfährt, wenn es durch einen Kryſtall unter großen Winkeln gegen die Axen der doppelten Brechung hindurchgeht, zeigt oft, wenn es parallel oder faſt parallel mit dieſen Axen durchgeht, ganz abgebrochene (intermittentes) Abwechſelungen der Polariſation, vermöge deren es Reihen ſucceſſiv ſchwarzer und heller Ringe bildet, die eben ſo breit, eben ſo von einander geſchieden ſind, als diejenigen, welche die Zurückwerfung in dünnen Waſſer- oder Luftſchichten hervorruft. Man ſieht ſich alſo unausweichlich genöthigt anzuerkennen, daß unter dieſen Umſtänden die verſchiedenen Theile der homogenen Stralen, die ſich in den Abwechslungen der Polariſation, welche ſie erfahren, nicht trennen, ſich in andern Diſpoſitionen befinden müſſen, als in dem Falle, wo ſie ſich trennten.

Im Allgemeinen jedesmal, wenn an einem einfarbigen Licht Erſcheinungen, welche periodiſche Abwechslungen zeigen, hervorgebracht werden, offenbaren ſich in den Theilen, aus denen es beſteht, eigenthümliche Affectionen, welche, ohne der Gleichheit der ihnen gemeinſamen Perioden Eintrag zu thun, den abſoluten Zeitpunct regeln, wo ſie dieſelben beginnen, und ſo auf das Geſetz der Intenſität, nach welchem das ganze Bündel ſich in den verſchiednen Phaſen der Abwechslungen, die es erfährt, ausbreitet oder zuſammendrängt, von Einfluß ſind. Allerdings, welches Verfahren man auch anwenden mag, um einfarbige Bündel zu erhalten, immer werden ſie dies nur für die ſinnliche Wahrnehmung des Auges ſeyn, die keineswegs berechtigen kann, den verſchiedenen Theilen dieſer Bündel eine wirklich mathematiſch gleiche Brechbarkeit beizulegen; allein die Wirkungen der in Rede ſtehenden Affectionen unterſcheiden ſich ſehr leicht von denen, welche eine ungleiche Brechbarkeit zur Folge hat, indem dieſe letztern, ihrem Weſen nach, immer mehr an Ausdehnung und Umfang gewinnen, je weiter ſich die Erſcheinungen von ihrem Urſprunge entfernen, dagegen die Wirkung der urſprünglichen Diſpoſitionen ſich in der ganzen Aufeinanderfolge der periodiſchen Abwechslungen gleich bleibt. Nimmt man z. B. ein Lichtbündel, welches alles wahrnehmbare Roth des Spectrums begreift, und läßt es einige Abwechslungen der Zurückwerfung und des Durchgehens erfahren, ſo wird leicht zu ſehen ſeyn, daß die verſchiedenen Theile des Bündels ſich in dem Maße mehr ausbreiten und von einander trennen, als die Abwechslungen zahlreicher werden; und man wird ſie ſo zahlreich machen können, daß die Theile, die hinſichtlich ihrer Brechbarkeit am meiſten von einander verſchieden ſind, ſich um eine oder mehrere ganze Abwechslungen von einander entfernen. Hierin hat man das Kennzeichen der ungleichen Brechbarkeit. Nun aber wähle man eine Art einfachen Lichts, die man aufs Sorgſamſte durch das Prisma gereinigt hat, nehme z. B. blos das äußerſte Roth des Spectrums und laſſe es bei ſenkrechtem Einfallen in einer, zwiſchen zwei ſich berührenden Objectivgläſern, enthaltenen dünnen Luftſchicht Abwechslungen der Zurückwerfung und des Durchgehens erfahren. Es werden ſich in dieſer Schicht abwechſelnd ſchwarze und helle zurückgeworfene Ringe bilden, die in ihrer Breite Abſtufungen der Dicke entſprechen, welche man einander und der Länge einer Anwandlung der Art Licht, welches man in Anwendung gezogen hat, gleich finden wird. Alſo, wie homogen das Bündel immer ſeyn mag, ſeine verſchiedenen Theile werden ſich immer getrennt, und über dieſes beſtändige Intervall vertheilt zeigen. Hierin hat man die Wirkung der anfänglichen Diſpoſitionen, welche die Theorie der Anwandlungen durch die verſchiedenen Phaſen der Anwandlung des Durchgehens erklärt, in welchen die Lichtmolecule von gleicher Brechbarkeit ſich bei ihrem Eintritt in das Mittel, aus welchem die dünne Schicht beſteht, befinden. Ganz gleiche Prüfungen können dazu dienen, in den Phaſen der Intenſität der Bilder G, U unſrer Kryſtallblätter unterſcheiden zu laſſen, was von der ungleichen Brechbarkeit abhängen kann, und was eigenthümlichen Diſpoſitionen der Lichtmolecule beigemeſſen werden muß.

Nach den vorigen Erörterungen laſſen ſich alle Erſcheinungen, welche unſre Blätter darbieten, unter folgenden Sätzen zuſammenfaſſen, die ihren allgemeinſten Ausdruck geben.

1) Wenn ein Stral mathematiſch homogenen Lichts, der nach einer feſten Richtung polariſirt iſt, ſenkrecht durch ein Blatt Fraueneis hindurchgeht, ſo dringen die Molecule, aus denen er beſteht, erſt bis zu einer gewiſſen Tiefe hinein, ohne ihre urſprüngliche Polariſation zu verlieren; worauf ſie, wenn ſie ſich noch weiter fortbewegen, periodiſch um ihre Fortbewegungsaxe zu oſcilliren anfangen, ſo daß ihre Polariſationsaxe abwechſelnd nach einer oder der andern Seite

der Axe des Kryſtalls oder der darauf ſenkrechten Linie in gleicher Weite hinübergeht, wie ein Pendel nach beiden Seiten der Verticale oſcillirt, aus der man es abgelenkt hat. Jede dieſer Oſcillationen geht in einer Dicke $2e$ vor ſich, welche für jede Art Licht von beſtimmter Brechbarkeit beſtändig iſt; aber die erſte Dicke, wo die Oſcillationen einzutreten beginnen, iſt im Allgemeinen ungleich für die verſchiedenen Molecule, aus denen dieſes Licht beſteht.

2) Für Stralen von anderer Brechbarkeit ändert ſich das periodiſche Intervall $2e$ in einem Verhältniß, welches den Längen der Anwandlungen der Lichttheilchen für proportional gelten kann. Aber die Gränzen (die Weite) der Oſcillationen ſind die nämlichen für alle Theilchen, welche eine und die nämliche Richtung der Bewegung verfolgen, wenn ihre Polariſationsaxen von einer gemeinſchaftlichen urſprünglichen Richtung ausgehen.

3) Dieſe Oſcillationsbewegung wird gehemmt, wenn die Lichtmolecule, angelangt an der zweiten Oberfläche des Blattes, in die Luft oder in irgend ein anderes Mittel austreten, welches der doppelten Brechung nicht theilhaftig iſt. Unterwirft man dann den austretenden Stral der Wirkung eines Prismas von Isländiſchem Spath oder eines geneigten Spiegelglaſes oder ſonſt irgend eines Syſtems, welches die feſte Polariſation hervorzurufen vermag, ſo verhalten ſich die Lichtmolecule gerade ſo, als wenn ſie vollſtändig die Polariſationsrichtung beſäßen, nach welcher ſie ihre letzte Oſcillation hinführte, mögen ſie dieſelbe in dem Augenblick ihres Austritts aus dem Kryſtall gänzlich vollendet, oder blos angefangen haben.

Da die drei hier aufgeſtellten Sätze nur den einfachen obwohl vollſtändigen Ausdruck der Erſcheinungen enthalten, ſo iſt von ſelbſt klar, daß ihre Entwicklung wieder auf dieſe Erſcheinungen führen muß. Da indeß eine ſolche Herleitung ihren Gebrauch erläutert, und ihre Zuverläſſigkeit überzeugender macht, ſo werde ich mich jetzt mit derſelben beſchäftigen.

Wir wollen alſo einen polariſirten, zuſammengeſetzten oder einfachen, Stral betrachten, der ſenkrecht in ein dünnes Blatt Fraueneis dringt, und dies Blatt ſo gedreht annehmen, daß die Zwiſchenlinie CM irgend einen Winkel i mit der Ebene der urſprünglichen Polariſation, welche durch CX angedeutet iſt, bilde; darauf unterſuchen, welches der Zuſtand des Strals nach ſeinem Austritt ſeyn muß.

Zuvörderſt werden vermöge der Oſcillationsbewegung die Polariſationsaxen aller Lichtmolecule auf die beiden Gränzen der Oſcillation, d. i. in die Azimuts 0 oder 2i, vertheilt ſeyn, entweder in der Wirklichkeit, wie die, welche eine ganze Zahl Oſcillationen beim Austritt aus dem Blatt vollendet haben, oder virtualiter, wie die, die ihre letzte Oscillation noch nicht völlig zu Ende gebracht haben. Wir wollen die Geſammtheit der Molecule, welche die eine und die andre dieſer beiden Gruppen bilden, G, U nennen, von denen die erſte alle die Molecule begreiſt, welche beim Austritt aus dem Blatt eine gerade Anzahl von Oscillationen vollbringen, die andern alle die, welche eine ungerade Anzahl vollbringen. Analyſirt man dann den austretenden Stral durch ein Prisma von Isländiſchem Spath, deſſen Hauptſchnitt in irgend ein Azimut gerichtet iſt, ſo werden die relativen Intenſitäten der beiden, von jedem homogenen Bündel hervorgebrachten, Bilder ſich nach dem allgemeinen Geſetze der Untertheilung, welches auf S. 116 auseinandergeſetzt wurde, berechnen laſſen, d. h. ſie werden reſpectiv dem Quadrat des Sinus und dem Quadrat des Coſinus des Winkels, den der Hauptſchnitt des rhomboidalen Prismas mit der Richtung der, dem beobachteten Bündel neu eingepflanzten, Polariſation bildet, proportional ſeyn. Schon hiedurch nun kommt man genau auf die nämlichen Formeln zurück, welche die Erfahrung für die Verbindung der Farben G, U, S. 138 hatte kennen lehren; man braucht alſo nur noch die Beſchaffenheit dieſer Farben zu beſtimmen. Dies mit völliger Schärfe zu leiſten, mußte man das Geſetz der Intenſitäten genau kennen, nach welchem die verſchiedenen Lichttheilchen, aus welchen ein und das nämliche Bündel von feſter Brechbarkeit beſteht, ſich progreſſiv beim Uebergange von einer Abwechslung zur andern trennen; eben ſo wie es ſich, wenn man die Farben der Ringe, welche durch beliebige Zurückwerfungskräfte hervorgebracht werden, mit Schärfe zu beſtimmen bezweckt, darum handelt, das Geſetz der Intenſität zu kennen, nach welchem ihre Wirkung ſucceſſiv die homogenen Theilchen erfaßt, welche einen und denſelben einfachen Ring bilden ſollen. Da zum Glück dieſe Geſetze für alle Fälle, wo die Zurückwerfungskräfte ſchwach ſind, nur ſehr wenig von einander abweichend gefunden worden ſind, ſo hat Newton ihre Abweichung vernachläſſigen und die Zuſammenſetzung der Ringe für alle dieſe verſchiedenen Fälle nach den Geſetzen der Aufeinanderfolge berechnen können, welche für ihre gemeinſame Gränze, d. h. für unendliche ſchwache Zurückwerfungskräfte, gelten, worauf ſich in der That ſeine, in Taf. XVII Fig. 8 verzeichnete, Conſtruction gründet. Da nun das Auge zwiſchen den Farben ſolcher Ringe und den Farben G, U, die durch die Abwechslungen der Polariſation in unſern Blättern hervorgerufen werden, keinen merklichen Unterſchied wahrzunehmen vermag, ſo wird es eine gleiche Annäherung gewähren, wenn wir auch auf ſie die nämlichen Geſetze der Abwechslung anwenden, die ſich aus dieſer Conſtruction ergeben, welches darauf zurückkommt, wegen ihrer kleinen Anzahl die erſten und die letzten Lichttheilchen zu vernachläſſigen, die ſich von jedem homogenen Bündel u in dem erſten und letzten Viertheile jeder Abwechslung der Polariſation trennen; d. h. von der Dicke 0 bis zur Dicke e und von 3e bis 4e, in der erſten Abwechslung; von 4e bis 5e und von 7e bis 8e in der zweiten u. ſ. f. Unter dieſer Beſchränkung der Intenſitäten wird die Newtonſche Conſtruction vollkommen anwendbar auf die Bildung unſrer Farben G, U, weil dann alle Geſetze der Periodicität in den beiden Claſſen von Erſcheinungen ſowohl für jeden homogenen Stral als für die von verſchiedener Brechbarkeit die nämlichen werden. Man wird blos den Längen der Anwandlungen, mit welchen es dieſe Conſtruction zu thun hat, die weit größern aber proportionalen Dicken zu ſubſtituiren haben, durch welche die Lichtmolecule in unſern Blättern während der Dauer einer Oscillation hindurchgehen. So dringen bei der Erſcheinung der Zurückwerfung die Molecule zuſammen bis in eine geringe Tiefe ein, ohne eine Neigung zur Zurückwerfung zu erfahren; und gehen, wenn die Dicke des Körpers weniger als dieſe Tiefe beträgt, frei hindurch: gleichermaßen dringen bei den Polariſationserſcheinungen alle oder faſt alle Molecule zuſammen bis in eine geringe Tiefe ein, ohne eine Verrückung ihrer Polariſationsaxen zu erfahren, und behalten, wenn die Dicke der Blätter dieſe Gränze nicht erreicht, ihre urſprüngliche Polariſation völlig bei. Bei der Zurückwerfung, wenn ſie durch ſehr ſchwache Zurückwerfungskräfte zu Stande kommt, iſt dieſe erſte Abſtufung der Hälfte der Länge einer Anwandlung gleich, und ändert ſich im Allgemeinen mit Veränderung der Intenſität der Kräfte. In den Erſcheinungen der Polariſation wird ihre Länge eine, jedem Lichttheilchen eigenthümliche, beſtändige Größe ſeyn, welche vom anfänglichen Zuſtande des Theilchens ſo wie der Wirkungsart des Kryſtalls auf daſſelbe abhängt. Aber aus den ſo eben erörterten Gründen werden wir ſie auch, nach unſrer gegenwärtigen annähernden Methode, als gleich e oder gleich der Hälfte des Intervalls einer Abwechslung betrachten können. Bei der Zurückwerfung fangen nach Ueberſchreitung dieſer Gränze die violetten Molecule an zurückgeworfen zu werden; dann die violetten und die blauen; dann die violetten, die blauen und die grünen, u. ſ. f. bis zu den rothen, deren Zurückwerfung zuletzt, aber doch in ſehr wenig Entfernung von den andern eintritt. Dadurch wird der zurückgeworfene Stral ſucceſſiv violet, blau und faſt ſofort weiß, vermöge zuſammengeſchehender Zurückwerfung aller Farben. Eben ſo iſt in unſern Blättern der erſte Stral U, der ſich der urſprünglichen Polariſation entzieht, violet; dann, bei etwas größerer Dicke miſcht ſich das Indig zu dieſem Violet und bildet ein Blau, welches ſich faſt ſofort in Weiß, durch Vermiſchung mit allen andern Farben verwandelt, ein Weiß, welches Newtons Weiß der erſten Ordnung iſt. Und wie bei den Ringen eine Dicke eintritt, wo dies Weiß in möglichſt reichlichem Grade zurückgeworfen wird, ſo daß Nichts oder faſt Nichts mehr von dem Antheil einfallenden Lichts, der zur Bildung der Ringe verwandt wird, hindurchgeht; eben ſo giebt es für unſre Blätter eine gewiſſe Dicke, bei welcher der durch ſie polariſirte weiße Stral alles oder faſt alles einfallende Licht enthält, ſo daß kein oder faſt kein Theil dieſes Lichts übrig bleibt, der ſeine urſprüngliche Polariſation beibehielte. Bei der Zurückwerfung trennen ſich, wenn die Dicke etwas größer wird, die verſchiedenen Farben, welche das Weiß der erſten Ordnung zuſammenſetzten, nach der Reihe davon, in derſelben Ordnung, in der ſie dazu traten, d. h. erſt die brechbarſten violetten Stralen, weil ihre Anwandlungen am kürzeſten ſind: dann die violetten und die blauen; dann die blauen, die grünen und endlich die rothen; wodurch ſich dies Weiß ſucceſſiv in Blaßgelb, in Röthlichorange und in ein Roth verwandelt, welches endlich in abſoluten Mangel des Lichts, d. i. in Schwarz übergehen würde, wenn nicht, faſt in der nämlichen Dicke, die zweite Anwandlung der violetten Stralen begönne; welches macht, daß unmittelbar auf dieſes Dunkelroth ein ſehr ſchwaches Purpur folgt, worauf wieder ein Violet, ein Blau, ein Grün, und alle Farben des zweiten Ringes, die nach der Reihe im Gemiſch vorwalten, eintreten, und zwar geſonderter darin, als im erſten Ringe erſcheinen, weil die Größenverſchiedenheit ihrer Anwandlungen mehr Raum gehabt hat, ſich darin zu entwickeln. Entſprechend und zwar völlig genau entſprechend müſſen begreiflich in unſern Blättern, da die Dicken, welche den Oscillationen der verſchiedenen Molecule zugehören, ungleich, und den Längen ihrer Anwandlungen proportional ſind, ſolche Farbenmodificationen auch hier wieder zum Vorſchein kommen, welches in der That mit der größten Uebereinſtimmung Statt hat; d. h. nach der Dicke, wo die Lichtmolecule alle zuſammen in ihrer erſten Oscillation begriffen ſind, fangen die brechbarſten violetten Molecule an, ſich von den andern zu trennen, überholen ſie, und beginnen eine zweite Oscillation, die ſie zur urſprünglichen Polariſation zurückführt, wenn die blauen, die orangefarbenen und die rothen Molecule ihre erſte Oscillation noch nicht ganz beendigt haben. Löſt man dann das Blatt in dieſer Dicke ab, ſo findet man, daß das Bündel, welches ſeine urſprüngliche Polariſation verloren hat, ein leicht gelbliches Weiß iſt; dann, in einer etwas größern Dicke, verwandelt ſich dies Gelb in Orange; es hat alsdann violette und blaue und grüne Molecule verloren, die ſich ſchon in ihrer zweiten Oscillation befinden; bald darauf hält es nur noch eine kleine

Anzahl Stralen von einem dunkeln Roth zurück; alle andern Molecule ſind ſchon in ihre zweite Oscillation eingetreten, und mithin bildet der Antheil Lichts, der beim Durchgehn durch das Rhomboid der Richtung der urſprünglichen Polariſation folgt, die Art Farbe, welche aus der Vermiſchung aller Farben mit Ausnahme einer kleinen Anzahl rother Stralen, hervorgeht, d. i. ein Bläulichweiß. Nach dieſer Gränze fängt eine gewiſſe Anzahl der brechbarſten violetten Molecule ſchon ihre dritte Oscillation an, wenn die mindeſt brechbaren rothen die erſte noch nicht geendet haben. Dann iſt die Farbe, welche das Blatt der urſprünglichen Polariſation in dieſer Dicke abwendig macht, ein Violet oder vielmehr eine ausnehmend ſchwache und dunkle Purpurfarbe, die bald ins Blau, ins Grün und in alle Farben des zweiten Ringes übergeht. Geht man in Gedanken mit dieſer Folge oscillatoriſcher Bewegungen, deren Geſchwindigkeiten für die verſchiedenartigen Lichtmolecule ungleich ſind, immer weiter fort, ſo begreift man, daß die verſchiedenen Farben, deren jede eine gewiſſe Ausdehnung im Spectrum einnimmt, ſich immer mehr, in ihren Gränzen, an den beiden Enden der Oscillation vermiſchen, und daſelbſt endlich zwei weiße Bilder hervorbringen müſſen, wie dies bei den zurückgeworfenen und durchgelaſſenen Ringen vermöge der ungleichen Länge der Anwandlungen geſchieht, wenn die Dicke des Körpers beträchtlich genug geworden iſt, daß alle Farben zu gleicher Zeit, in Ringen von verſchiedenen Ordnungen, durchgehen und zurückgeworfen werden. Dieſe vollkommene Identität in der Aufeinanderfolge der Farben, in ihren progreſſiven Miſchungen, in den Perioden ihrer Intenſitäten, endlich in den kleinſten Umſtänden ihrer Nuancenveränderungen, würde hinreichend ſeyn, die Uebereinſtimmung nachzuweiſen, welche zwiſchen den, dieſe beiden Klaſſen von Erſcheinungen verknüpfenden, Geſetzen der Periodicität herrſcht, wenn ſelbſt die Meſſungen der Dicken, die für die eine wie für die andre Claſſe mit der größten Sorgfalt angeſtellt und aufs Gewiſſenhafteſte verglichen worden ſind, das Statthaben ihrer Beziehungen nicht ſchon aufs Schärfſte dargethan hätten *).

---

*) Da über das Statthaben der Abwechslung der Polariſation und ihre Zurückführung auf eine oscillirende Bewegung der Lichttheilchen neuerlich hin und hergeſtritten worden iſt, ſo glaube ich hier auf die Aufſätze hinweiſen zu müſſen, in denen man das Weſentlichſte dieſes Streits erörtert finden kann. Sie finden ſich im 17ten Bande der Annales de Chimie et de Physique, p. 80, 102, 167, 225, 258 und 393. Der unpartheiſche Leſer wird unterſcheiden, was in dieſen Aufſätzen wirklich auf Rechnung wiſſenſchaftlicher Forſchung, was auf die perſönlicher Leidenſchaften kommt. Da mir die jetzige neue Auflage dieſes Werks die Verbindlichkeit auferlegte, dieſen Gegenſtand von Neuem zu behandeln, ſo habe ich die experimentale Analyſe der Er-

Wir ſetzten eben die Beſtimmung feſt, daß die Weite der Oscillationen nach Einer Richtung dieſelbe für alle Lichtmolecule, und zwar gleich $2i$ oder gleich $-2(90-i)$ iſt, d. i. gleich dem Doppelten des Winkels, den die Zwiſchenlinie der Axen oder die darauf ſenkrechte Linie mit der urſprünglichen Polariſationsrichtung bildet. In der That ſehen wir uns durch die Erfahrung zu dieſer Annahme genöthigt; denn wenn man eins unſrer Blätter ſenkrecht einem polariſirten Stral ausſetzt, und dabei die Linie CM in alle Azimuts von 0 bis 360° dreht, ſo findet man, daß die Farbe U, welche ihre urſprüngliche Polariſation verliert, und die Farbe G, welche ſie behält, ſtreng die nämlichen bleiben (blos ihre Intenſität nämlich ändert ſich). Dieſe Beſtändigkeit könnte aber nicht Statt haben, wenn die verſchiedenen einfachen Stralen, aus denen U beſteht, nach verſchiedenen Richtungen polariſirt würden. Die Zeiten der Oscillationen der Lichtmolecule ſind alſo auch in allen dieſen Fällen gleich, weil von ihrer Dauer allein die Beſchaffenheit der Farben abhängt, welche die Polariſation nach der einen oder nach der andern Richtung annehmen ſollen. Die Kraft, welche die Oscillationen hervorruft, iſt mithin von der Art, daß ſie die Dauer derſelben von ihrer Weite ganz unabhängig läßt. Dieſe Bedingung erfordert, daß die Wirkung der Kraft in jedem Augenblick dem Bogen proportional ſey, den die Molecule zu beſchreiben haben, um zur Mitte ihrer Oscillation, d. h. zur Zwiſchenlinie der Axen oder der darauf ſenkrechten Linie zu gelangen.

Die Geſetze, zu denen wir ſo eben gelangt ſind, ergeben ſich, wie man ſieht, als eben ſo viel ſtrenge und mathematiſche Folgerungen aus den Erſcheinungen, welche die dünnen Blätter von Frauenseis dar-

---

ſcheinungen, wie man ſie oben dargeſtellt findet, noch einmal ganz von Neuem unternommen, ohne irgend einen auch nur der geringfügigſten Umſtände unberückſichtigt zu laſſen. Dieſe Unterſuchung ſchien mir mit der vollkommenſten Evidenz zu ergeben, daß das abwechſelnde Hin- und Wiedergehen der Polariſationsebene der Lichtmolecule nicht allein die unmittelbare Folgerung aus den Erſcheinungen und ihr getreuer Ausdruck iſt, ſondern auch, daß es die *einzige* Art iſt, wie ſich die Erſcheinungen nach der Hypotheſe der Materialität des Lichtes, der ich bei ihrer Auseinanderſetzung gefolgt bin, darſtellen laſſen. Wenn andre Syſteme über die Grundbeſchaffenheit des Lichtprincips andre Betrachtungs- oder Deutungsarten der nämlichen Thatſachen erfordern, ſo werden diejenigen, die ſich an dieſe Syſteme halten, ohne Zweifel ſich bemühen müſſen, die Erſcheinungen mit derſelben Schärfe bis in ihre innerſten Eigenthümlichkeiten danach zu erklären und darzuſtellen; und wenn es ihnen gelingt, werden ſie ein nützliches Werk vollbracht haben, dem ich meinen Beifall nicht verſagen werde. Aber geradezu unmöglich ſcheint es mir, daß ihre Art, die Erſcheinungen zu deuten, wofern ſie dieſen getreu iſt, jemals in Widerſpruch mit einem eben ſo genauen, nur in einer andern Sprache gegebenen, Ausdruck der Thatſachen, wie man ſie hier dargeſtellt findet, ſtehen, noch weniger ihn widerlegen könne.

bieten, wenn man ſenkrecht durch ſie einen, zuvor nach einer einzigen Richtung polariſirten, Lichtſtral hindurchgehen läßt. Wir haben jetzt zu unterſuchen, ob dieſe Geſetze den Fraueneisblättern, die mit der Ebene der Axen parallel ſind, eigenthümlich zukommen, oder ob ſie auch noch für andre Richtungen des Schnitts und für andre Arten Kryſtalle beſtehen.

Man kann zuvörderſt ohne Schwierigkeit ihre Gültigkeit auf die Kryſtalle ausdehnen, die, wie die Glimmerarten, der Beryll, der Bergkryſtall, der Isländiſche Spath und viele andre, eben ſolche periodiſche Abwechslungen der Polariſation und Färbung zeigen, wenn ſie auf hinreichend dünne Blättchen reducirt werden. Denn da die Erſcheinungen ſich hier ganz auf gleiche Weiſe verhalten, mit Ausnahme der abſoluten Größe der Dicken, in welchen ſie bei jeder Richtung des Schnitts zum Vorſchein kommen, ſo kann die nämliche Analyſe, der wir die Erſcheinungen am Fraueneis unterworfen haben, hier überall ihre Anwendung finden; und wird eben ſo dahin führen, an der Polariſationsaxe der durchgegangenen Lichttheilchen das Statthaben einer periodiſchen Oscillationsbewegung erkennen zu laſſen, deren Abwechslungen in Abſtufungen der Dicke vollendet werden, welche den Längen der Anwandlungen jeder einfachen Farbe proportional ſind. Nur werden dieſe Oscillationen nicht mehr allgemein um die Zwiſchenlinie der Axen vorgehen, wie in den Blättern von Fraueneis, ſondern um den Hauptſchnitt, in deſſen Richtung das, vom Blättchen gewöhnlich gebrochene, Bündel die Axen ſeiner Theilchen würde haben kehren müſſen, wenn es die feſte Polariſation erfahren hätte. Auch werden die, den Abwechslungen der Polariſation entſprechenden, Abſtufungen der Dicke nicht mehr den nämlichen Werth, als in den Blättern von Fraueneis haben, ſondern proportional ſeyn dem Product $k \sin U \sin U'$, welches den Unterſchied der Quadrate der beiden Geſchwindigkeiten, der gewöhnlichen und ungewöhnlichen, in der Art Kryſtall und der Richtung des Schnitts, die man betrachtet, ausdrückt. Alles dies zeigt ſich in der That mit der Beobachtung in Uebereinſtimmung.

Wir wollen jetzt unterſuchen, was geſchehen würde, wenn man, während jede Art von Lichttheilchen ganz die vorigen Geſetze hinſichtlich der periodiſchen Abwechſelung der Polariſation befolgte, einen weißen polariſirten Stral durch ein Kryſtallblättchen gehen ließe, deſſen Axen doppelter Brechung merklich verſchiedene Richtungen für die verſchiedenfarbigen Lichttheilchen hätten. Dann würden in dem Product $k \sin U \sin U'$ die, auf dieſe Theilchen bezüglichen, Werthe des Factors k noch untereinander dieſelben Verhältniſſe, wie ſo eben behaupten können, d. h. den Längen der Anwandlungen proportional bleiben. Aber der Factor sin U sin U′, der vorhin für alle der nämliche war, wenigſtens, wenn man von der Zerſtreuung der Bündel abſah, würde hier für die verſchiedenen einfachen Farben verſchieden werden, wegen verſchiedener Lage der ihnen zugehörigen Axen im Kryſtalle und der ungleichen Neigung derſelben. Weil alſo in dem Falle, wo dies Product (sin U sin U′) beſtändig iſt, die Verhältniſſe der Werthe von k, welche mit den Verhältniſſen der Längen der Anwandlungen übereinkommen, der Art ſind, daß die Theilchen, welche der urſprünglichen Polariſation entzogen werden, für jede Dicke eine der Farben der Newton'ſchen Ringe darſtellen, ſo erhellt, daß in dem Falle, wo das Product sin U sin U′ veränderlich iſt, dieſe Uebereinſtimmung im Allgemeinen nicht mehr wird Statt finden können; d. h. die, der urſprünglichen Polariſation entzogenen, Farben werden hier anders als im vorigen Falle erſcheinen; gerade ſo wie ſie auch bei den Plättchen der anderen Kryſtalle, wo dieſelben Axen allen Theilen des Spectrums gemeinſchaftlich ſind, anders erſcheinen würden, wenn man die Dicke derſelben für die verſchiedenen einfachen Stralen verſchieden einrichten, oder die Verhältniſſe der Dicken, in welchen dieſe Stralen ihre Polariſationsabwechſelungen erfahren, darin modificiren könnte. Man müßte alſo dann, um die Geſetze der beweglichen Polariſation zu erkennen, die Farben G, U, ſo wie ſie wirklich entſtanden wären (nicht nach der Analogie mit den Farbenringen), analyſiren, und daraus die Abwechſelungen der Polariſation für jeden einfachen Stral beſonders herleiten, oder die Beſtimmung dieſer Abwechſelungen unmittelbar dadurch zu erhalten ſuchen, daß man ſucceſſiv jeden einfachen Stral für ſich durch Plättchen von verſchiedener Dicke gehen ließe. Dies iſt durch Herſchel den Sohn geſchehen, und er hat auf dieſe Weiſe genau die nämlichen Geſetze der Oscillation und beweglichen Polariſation wiedergefunden, die ich durch Beobachtungen hergeleitet hatte, welche an Kryſtallen angeſtellt waren, deren Axen für die verſchiedenfarbigen Stralen nicht merklich getrennt waren.

Jedoch hat Herſchel zwei Beiſpiele von Kryſtallen entdeckt, in welchen die Unähnlichkeit der Farben G, U mit den Farbenringen nicht, oder wenigſtens nicht ganz von der Zerſtreuung der, den verſchiedenen einfachen Stralen angehörigen, Axen der doppelten Brechung herrühren kann. Der eine dieſer Körper iſt der Apophyllit, der andere das weinſteinſaure Kali-Natrum. Der Apophyllit hat nur eine einzige Axe, welche nothwendig den Stralen aller Farben gemeinſam iſt, weil nach der Geſtalt dieſes Minerals die, auf S. 354 Th. III aufgeſtellte, Bedingung der Symmetrie ſeiner Axe nur die Möglichkeit einer einzigen Lage übrig läßt. Deſſen ungeachtet hat die

Reihe der Farben, welche man durch Platten des Apophyllits von verſchiedenen Dicken beobachtet, keine Aehnlichkeit mit denen der Farbenringe. Was das weinſteinſaure Kali-Natrum anlangt, ſo hat es allerdings zwei Axen, deren Lage und gegenſeitige Neigung für die verſchiedenen einfachen Stralen ſehr verſchieden ſind; allein Herſchel hat ſich durch genaue Meſſungen überzeugt, daß dieſe Trennung der Axen nicht zur Darſtellung der Reihe der Farben ausreicht. Er hat alſo direct für dieſe beiden Subſtanzen die vollſtändige Analyſe der Erſcheinung, d. i. die Beobachtung der Abwechſelungen in der Polariſation und die Meſſung der Abſtufungen der Dicke, in welchen ſie Statt haben, von Neuem unternommen. Er fand ſo, daß dieſe Abwechſelungen auch hier noch für jeden einfachen Stral in vollkommen gleichen Abſtufungen der Dicke erfolgten, und in den Gränzen der Weite, die allgemein durch die Geſetze der beweglichen Polariſation beſtimmt werden; aber die abſoluten Werthe dieſer Abſtufungen verhielten ſich für die verſchiedenen einfachen Stralen nicht mehr untereinander, wie die Längen der Anwandlungen.

Man kann bemerken, daß die beiden Subſtanzen, in welchen dieſe Ausnahme vom allgemeinen Geſetze ſich bis jetzt auf das Deutlichſte offenbart hat, eine ausnehmend ſchwache doppelte Brechung beſitzen, welche es in dem Grade iſt, daß ſie unter den günſtigſten Umſtänden durch die Verlängerung der gebrochenen Bilder verſteckt wird, ſo daß ſich die Trennung dieſer Bilder nicht eher deutlich bemerken läßt, als bis man die Zerſtreuung der Prismen, worin man ſie beobachtet, durch Entgegenſetzung eines Glasprismas von ziemlich gleichem Winkel compenſirt. Es wäre hienach möglich, daß die mangelnde Uebereinſtimmung, die man hier zwiſchen den Werthen von k und den Anwandlungen beobachtet, von dieſer Schwäche ſelbſt herrührte. Denn in anderen Kryſtallen von ebenfalls ſehr ſchwacher doppelter Brechung, Beryllen z. B., findet man den Werth des Coefficienten k von nahmhaft verſchiedenen Werthen, ſo daß er manchmal im Verhältniß von 15 zu 17 verſchieden gefunden wird, ohne eine andere anſcheinende Urſache, als eine leichte Verſchiedenheit in der Zuſammenſetzung oder dem Aggregatzuſtande der Theilchen, auf welche die Färbung des Minerals ſchließen läßt. Wäre es zu verwundern, wenn bei einer noch ſchwächeren und kaum ſich zu zeigen beginnenden doppelten Brechung jeder einfache Stral ungleichen Einflüſſen ausgeſetzt wäre? oder auch, wäre es nicht möglich, daß der Coefficient k überhaupt Ungleichheiten, analog der, durch die gewöhnliche Brechung hervorgerufenen, Zerſtreuung ausgeſetzt wäre, Ungleichheiten, die nicht wahrnehmbar würden, wenn ſie in Verhältniß zu dem Theil dieſes Coefficienten, der den Längen der Anwandlungen beſtändig proportional ſeyn muß, ſehr klein wären, die aber merklich und ſelbſt vorwiegend werden könnten, wenn dieſer Antheil ausnehmend ſchwach würde, wie in den eben angezeigten Kryſtallen? dies ſind eben ſo viel Fragen, deren Löſung auf dem Erfahrungswege von großem Nutzen ſeyn müßte, und die, weit entfernt, dem Verdienſte der Entdeckung Herſchel's etwas zu benehmen, vielmehr geeignet ſind, ihr ein noch höheres Intereſſe zu geben.

Die in dieſem Capitel enthaltenen Beobachtungen haben uns die Art abwechſelnder Polariſation kennen gelehrt, welche die Lichtmolecule erfahren, wenn ſie in doppelt brechende Kryſtalle zu dringen beginnen. Andererſeits, wenn die Lichtmolecule aus einem ſolchen Kryſtalle austreten, nachdem ſie in zwei unterſchiedene Bündel darin geſpalten worden ſind, ſo zeigen dieſe Bündel, für ſich unterſucht, zwei Richtungen der Polariſation, die auf einander ſenkrecht, und in Bezug auf den Hauptſchnitt des Kryſtalls ganz unveränderlich ſind. Man weiß nicht, wie der Uebergang aus einem dieſer Zuſtände in den anderen erfolgt, ob ſucceſſiv und ſtufenweiſe oder plötzlich und in dem Acte ſelbſt, durch welchen die Bündel ſich trennen. Man wird aber im folgenden Capitel durch unbeſtreitbare Erfahrungen nachgewieſen ſehen, daß die Abwechſelungen der Polariſation noch in viel größern Tiefen Statt haben, oder wenigſtens ſich wieder erzeugen können, als die ſind, wo man aufhört, unmittelbar Farben durch die Aufeinanderfolge und Miſchung der Oscillationen wahrzunehmen.

Viertes Capitel.

Unterſuchung der Modificationen, welche die Lichtmolecule erfahren, wenn ſie ſucceſſiv durch mehrere Plättchen hindurchgehen, welche die bewegliche Polariſation bewirken. Daraus ſich ergebende Verfahrungsarten, um farbige Bilder in dicken Platten, durch Kreuzung ihrer Axen hervorzubringen.

Durch die eben aufgeſtellten Sätze iſt beſtimmt worden, was mit den Lichtmoleculen vorgeht, wenn ſie von der feſten Polariſation zur beweglichen übergehen, und umgekehrt. Wir müſſen jetzt unterſuchen, was geſchieht, wenn die Lichtmolecule, nachdem ſie die bewegliche Polariſation in einem erſten Plättchen erfahren haben, dieſelbe nun auch noch in einem zweiten von derſelben oder von verſchiedener Beſchaffenheit erleiden. Man findet hiebei, daß die Oſcillationen im zweiten Plättchen mit der nämlichen Dauer, den nämlichen Gränzen, den nämlichen Weiten wieder beginnen, als wenn jedes aus dem erſten hervorgetretene Bündel die feſte Polariſation beſäße; aber die Tiefen, in welchen dieſe Oſcillationen wieder beginnen, ändern ſich nach der Beſchaffenheit des zweiten Plättchens und der Richtung ſeiner Axen gegen die Polariſationsaxen der Bündel.

Es folgt hieraus, daß die definitive Polariſationsart des austretenden Bündels ſich auch noch nach den bloßen Grundgeſetzen der oſcillatoriſchen Bewegung beſtimmen läßt. Aber die Beſchaffenheit der definitiven Farben hängt von der Tiefe ab, in welcher die Oſcillationen von einem Plättchen zum anderen wieder anfangen und ſich erneuern. Die Erfahrung allein kann uns weiteres Licht hierüber geben. Man kann in meinem größeren Werke die ausführlicheren Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand nachleſen, ſo wie die wichtigen Folgerungen, die ſich daraus für die Eigenſchaften des Lichtes ſelbſt ergeben. Hier werde ich mich begnügen, zwei Erfahrungsgeſetze darzulegen, die bei dieſen Erſcheinungen Statt haben, und deren Anwendungen ſich eignen, alles bisher Geſagte ins Licht zu ſetzen und zu verallgemeinern. Da dieſe Geſetze, obwohl für alle Kryſtalle gültig, eines einfachern Ausdruckes und einer leichtern Bewährung fähig werden, wenn man ſie auf die Kryſtalle anwendet, deren Farben G, U mit den Newton'ſchen Ringen übereinſtimmen, ſo werde ich dieſen Fall zuerſt in Betracht ziehen.

Das erſte Geſetz bezieht ſich auf kryſtalliniſche Plättchen, deren ungewöhnliche brechende Kräfte von derſelben Beſchaffenheit, alle beide anziehend, oder alle beide abſtoßend, ſind. Wenn ein polariſirter Stral ſucceſſiv und ſenkrecht durch zwei ſolche Plättchen hindurchgeht, deren Hauptſchnitte parallel ſind, ſo hat die Farbe U'', welche das Syſtem der beiden Platten der urſprünglichen Polariſation entzieht, zum Zahlwerth in der Newton'ſchen Tabelle die Summe $U + U'$ der Zahlen, welche den beſonderen Farben U, U' entſprechen, auf welche jede der beiden Platten für ſich die nämliche Wirkung würde geäußert haben. Kreuzen ſich aber die Hauptſchnitte der Plättchen unter rechten Winkeln, ſo wird der Zahlwerth von U'' gleich der Differenz $U - U'$ der Zahlen ſeyn, welche die partiellen Farben darſtellen.

Geſetzt z. B., eins der beiden Plättchen habe, auf Newton's Scale reducirt, zur Dicke 14, 25; ſo daß, wenn es allein auf den polariſirten Stral wirkte, die Farbe U, die es der urſprünglichen Polariſation entzieht, das Indigo der dritten Ordnung iſt; und ſie werde nun mit einem anderen Plättchen verbunden, deſſen Dicke, ſo reducirt, 9, 35 beträgt, ſo daß ſeine Wirkung für ſich der urſprünglichen Polariſation eine Farbe U′, die zwiſchen das Blau und Grün der zweiten Ordnung fiele, entziehen würde. Macht man die Hauptſchnitte dieſer Plättchen parallel, ſo wird die Farbe U″, die ihr Syſtem der urſprünglichen Polariſation entzieht, zum Zahlwerth haben 14, 25 + 9, 35 oder 23, 6, welcher Werth ziemlich dem Roth der vierten Ordnung entſpricht. Kreuzt man aber die Hauptſchnitte der beiden Plättchen rechtwinklig, ſo wird die Farbe U″ zum Werth erhalten 14, 25 — 9, 35, d. i. 4, 90, welcher etwas über das Orange der erſten Ordnung, zwiſchen dieſes Orange und das Blaßgelb, fällt. Wären in dieſem letzten Falle (der gekreuzten Hauptſchnitte) beide Plättchen von derſelben Beſchaffenheit und hätten ganz gleiche Dicken, ſo würden ihre Wirkungen auf die Oscillationen der Lichtbündel ſich genau compenſiren, und man ſomit am durchgegangenen Stral ſeine urſprüngliche Polariſation vollkommen wiederfinden. Man bringt es zu dieſer völligen Gleichheit, indem man ein dünnes Blatt Fraueneis von einem recht reinen Kryſtalle loslöſt, und es in zwei Stücke zerbricht, die man mit gekreuzten Axen übereinander legt.

Das zweite Geſetz bezieht ſich auf Plättchen oder Blätter, deren ungewöhnlich brechende Kräfte verſchiedener, die des einen abſtoßender, des andern anziehender Beſchaffenheit ſind. Hier erfolgen die Erſcheinungen, welche ſie, mit einander verbunden, geben, auf die umgekehrte Art. Wenn ihre Hauptſchnitte parallel ſind, ſo iſt die Farbe U″, welche durch dies Syſtem der urſprünglichen Polariſation entzogen wird, der Unterſchied der Werthe der partiellen Farben, d. i. U — U′; ſind die Hauptſchnitte rechtwinklig gekreuzt, ſo iſt der Werth von U″ gleich der Summe der partiellen Werthe, d. i. gleich U + U′.

Dieſe Geſetze, die ſich leicht durch die Erfahrung bewähren laſſen, ſind gültig, mögen die Plättchen ſich berühren oder in irgend einem Abſtande von einander angebracht ſeyn; auch behalten ſie ihre Gültigkeit für die Farben aller Ordnungen von Ringen.

Dies letzte Reſultat giebt zu einer ſehr bemerkenswerthen Folgerung Anlaß, welche zum Prüfſtein alles Vorſtehenden dienen kann. Nämlich, wenn das Geſetz für alle Ordnungen von Ringen ſeinen Beſtand hat, ſo muß es ſich auf alle Dicken erſtrecken, wo die bewegliche Polariſation noch Statt hat, wenn man auch keine Farben mehr darin wahrnehmen kann; denn, worin ſind dieſe Dicken anders (von geringeren Dicken) verſchieden, als daß ſie zuſammengeſetztern Ringen entſprechen? Mithin, wenn man ſolche Plättchen ſo kreuzt, daß ihre Hauptſchnitte eine rechtwinklige Richtung auf einander erhalten, wenn ihre ungewöhnlichen brechenden Kräfte gleichartig ſind, oder eine parallele, wenn ſie ungleichartig ſind, ſo müſſen ſie ebenfalls farbige Bündel geben, wenn der Unterſchied ihrer Dicken kleiner iſt, als die Dicke, welche weiße Bilder giebt. In der That beſtätiget dies die Erfahrung; und dieſer Verſuch, auf welchen ich direct durch die vorigen Reſultate geführt wurde, hat mir dazu gedient, die, auf Seite 161 angeführten Geſetze vollſtändig feſtzuſtellen. Ich habe ſie an allen Arten von Kryſtallen bewährt.

Ich fand auf dieſe Weiſe, daß die bewegliche Polariſation ſich auf weit beträchtlichere Tiefen erſtreckt, als nach der bloßen Beobachtung dünner Plättchen zu glauben ſtand. Denn ich habe die Farben der Bündel durch Kreuzung der Axen in Stücken von Bergkryſtall, die mit der Axe parallel geſchnitten waren, mehr als einen Centimeter in der Dicke hielten, und für ſich nur vollkommen weiße, an Intenſität gleiche, Bilder gaben, zum Vorſchein gebracht; indem dieſe Stücke, rechtwinklig mit ihren Axen gekreuzt, beliebig (je nachdem ich beliebig das Verhältniß ihrer Dicken abänderte) alle Farben im ungewöhnlichen Stral erſcheinen ließen. Dieſe Farben, ihrer Aufeinanderfolge und ihren Veränderungen nach mit den, auf den dünnen Körpern gebildeten, Ringen verglichen, beſtätigten immer das, durch unſere erſten Unterſuchungen gefundene, Reſultat, nämlich, daß der Theil des einfallenden Strals, der ſeine urſprüngliche Polariſation verliert, der Reihe der zurückgeworfenen Ringe folgt, während der Theil des nämlichen Strals, der ſie beibehält, in den Perioden der Intenſität und Färbung ſich nach den durchgegangenen Ringen richtet. Hier aber findet ſich dies Ergebniß für Platten von einer großen Dicke feſtgeſtellt, während meine erſten Verſuche ſeine Statthaftigkeit eigentlich nur für Plättchen von einer beſchränkten und nothwendig ſehr kleinen, Dicke darthaten. Um hier, ſowohl der Autorität als des Beiſpiels halber, eine Analogie anzuführen: ſo begann auch Newton in ſeiner Optik damit, die Theorie der Anwandlungen auf die Zurückwerfung und das Durchgehen des Lichtes durch dünne Schichten zu gründen, und beſtätigte ſie nachmals durch Anwendung auf Platten von einem Viertheil Zoll und mehr Dicke, in welchen er die Verſchiedenheiten der Ringe noch bemerkbar zu machen und ſie von der, durch die Rechnung angegebenen, Größe nachzuweiſen vermochte; obwohl die Lichtmolecule beim Hindurchgehen durch dieſe Platten ihre Abwechſelungen in den Anwandlungen mehrere hundertmale und ſelbſt mehrere tauſendmale erfuhren.

Bisher ſind wir mit unſeren Verſuchen blos bei dem Falle ſtehen geblieben, wo die übereinandergelegten Kryſtalle, jeder ſeinerſeits, Farben G, U gaben, die mit ſolchen, wie ſie die Newton'ſchen Ringe zeigen, übereinſtimmten. Erinnert man ſich aber, daß dieſe

Farben in den anderen Kryſtallen von denen der Ringe nur wegen der Zerſtreuung der Axen der doppelten Brechung für die verſchiedenen einfachen Stralen oder deshalb verſchieden ſind, weil die Abwechſelungen der Polariſation, obwohl für jeden einfachen Stral beſtändig, untereinander in anderen Verhältniſſen, als die Anwandlungen ſtehen, ſo wird man leicht begreifen, daß auch noch Farben entſtehen müſſen, wenn man Platten aus dieſen Kryſtallen auf die angezeigte Art übereinander legt, d. h. wenn man ihre Hauptſchnitte untereinander parallel macht, wofern die Wirkungen beider Kryſtalle gleichartig, beide anziehend oder abſtoßend ſind, und ſie rechtwinklig kreuzt, wenn ſie entgegengeſetzte Wirkungen äußern. In der That iſt dies der Fall. Da aber dann die zuſammengeſetzten Farben G, U, welche jede Platte für ſich giebt, eines einfachen Ausdruckes nicht mehr fähig ſind, noch ſelbſt im Allgemeinen die, welche die beiden Platten (zuſammen) geben, ſo muß man begreiflich die Bedingungen, nach denen man die Summe oder den Unterſchied zu nehmen hat, wie wir ſie ſo eben für die Kryſtalle, deren Farben mit denen der Newton'ſchen Ringe übereinſtimmen, angegeben haben, auf die Oscillationen der einfachen Stralen (nicht ſofort auf die ganzen aus ihnen zuſammengeſetzten Farben G, U) anwenden; und die Summe dieſer Reſultate für alle einfache Stralen wird die Totalfarbe des Syſtems angeben.

Das Kreuzen der Hauptſchnitte iſt die directeſte und einfachſte Verfahrungsart, mittelſt deren ſich erkennen läßt, ob ein Kryſtall anziehender oder abſtoßender Beſchaffenheit ſey. Man braucht nur eine Platte mit parallelen Flächen daraus zu ſchneiden, ſie ſenkrecht einem polariſirten Stral auszuſetzen, mit einer Platte Fraueneis, Bergkryſtall oder ſonſt einer Subſtanz von bekannter Wirkungsart zu kreuzen, und endlich das durchgegangene Bündel mittelſt eines achromatiſirten Prismas von Isländiſchem Spath zu analyſiren. Erhält man Farben durch rechtwinklige Kreuzung der Hauptſchnitte, ſo äußern die beiden übereinandergelegten Kryſtalle Wirkungen gleicher Beſchaffenheit; erhält man deren bei paralleler Lage der Hauptſchnitte, ſo ſind ihre Wirkungen entgegengeſetzter Art. Dieſe Prüfung erfordert, wie wir gleich ſehen werden, nicht, daß die beiden Platten parallel mit den Axen ihres Kryſtalles geſchnitten ſind, noch ſelbſt, daß beide eine und die nämliche Richtung des Schnittes haben. Es reicht hin, wenn man nur in jeder die Richtung des Hauptſchnittes kennt.

Um dieſe Anzeige auf eine bequeme Weiſe zu erlangen, habe ich mehrere Platten Bergkryſtall leicht prismatiſch und alle parallel mit der Richtung der Axe zuſchneiden laſſen, welche in dieſer Subſtanz durch die Axe der Kryſtallgeſtalt ſelbſt angegeben wird. In jeder dieſer Platten habe ich ſo eine Reihe langſam ſich ändernder Dicken (weil eine Fläche der Platte gegen die andere leicht geneigt iſt), und mache ſo Gebrauch davon, Farben in den zu prüfenden Kryſtallen hervorzubringen. Habe ich ſolchergeſtalt die Dicke genau erkannt, welche ſie erſcheinen läßt, ſo löſe ich von einer Platte Fraueneis, deren Hauptſchnitt ich gleichfalls ausfindig mache, Plättchen von der gehörigen Dicke los, um die nämlichen Erſcheinungen bei einem vollkommenen Parallelismus der Flächen hervorzubringen, und ſo die Verhältniſſe der Wirkungen meſſen zu können.

Fünftes Capitel.

Von den Veränderungen in den polariſirenden Kräften, welche von der verſchiedenen Neigung der gebrochenen Stralen gegen die Axen der Kryſtalle abhängen.

Die eben aufgeſtellten Geſetze umfaſſen alle Erſcheinungen der Färbung, welche die Kryſtallplättchen bei ſenkrechtem Einfallen hervorzurufen vermögen. Neigt man aber dieſe Plättchen gegen die durch ſie hindurchgehenden Stralen, ſo erfahren die, durch dieſelben im rhomboidalen Prisma (welches zu ihrer Analyſirung dient) hervorgebrachten, Farben im Allgemeinen Veränderungen, abhängig von Veränderung der Intenſität der, von den Axen ausgehenden, Anziehungs- oder Abſtoßungskraft, und der Zunahme des Weges, während deſſen der durchgehende Stral ſich ihrer Wirkung ausgeſetzt findet.

Einige Beiſpiele werden hinreichen, dies zu erläutern. Geſetzt zuvörderſt, man ſetze eine dünne, parallel mit der Axe zugeſchnittene, Platte von Beryll oder Bergkryſtall ſenkrecht einem polariſirten Stral aus, wie in den vorigen Verſuchen, und drehe, um ſeine Wirkungen bemerklicher zu machen, ſeine Axe CA, Fig. 10, Tafel XVIII. ſo, daß ſie einen Winkel von 45° mit der Richtung CX der urſprünglichen Polariſation bilde; wodurch der Stral in zwei farbige Bündel G, U zerlegt wird, die rechtwinklig auf einander, der eine nach der Richtung CX, der andere nach CY polariſirt ſind. Endlich analyſire man das durchgegangene Licht mittelſt eines achromatiſirten rhomboidalen Prismas, deſſen Hauptſchnitt in die Richtung CX fällt. Dann wird das ganze Farbenbündel G die gewöhnliche Brechung in dieſem Prisma erfahren, und das ganze Bündel U die ungewöhnliche, wie wir ſchon oft nachgewieſen haben. Neigt man jetzt, ohne an das Prisma zu rühren, das Plättchen in der Richtung CA, ſo daß ſeine Axe CA ſich dem polariſirten Stral nähert, während ſie in der Einfallsebene bleibt, ſo wird die Farbe U, durch das Prisma beobachtet, in der Reihe der Ringe aufwärts ſteigen (der Farbe eines, mehr nach dem Mittelflecke zu gelegenen, Ringes entſprechen), als wenn das Plättchen dünner würde; neigt man dagegen das Plättchen in der, auf CA ſenkrechten, Richtung CB, ſo daß CA ſenkrecht auf die Einfallsebene bleibt, ſo wird die Farbe U in der Reihe der Ringe abwärts ſteigen, als wenn das Plättchen an Dicke zunähme.

Wir wollen mit der Unterſuchung dieſes zweiten Falles, welches der einfachere iſt, beginnen. Weil die Axe CA immer ſenkrecht auf die Ebene bleibt, in deren Richtung ſich das Plättchen neigt, ſo macht der in letzterem gebrochene Stral immer mit ihr einen rechten Winkel. Mithin wirkt die, von dieſer Axe ausgehende, anziehende oder abſtoßende, Kraft auf den Stral mit derſelben Intenſität, als bei ſenkrechtem Einfallen. Aber ſie wirkt längere Zeit, weil der Weg des Strals durch die Schiefe zunimmt; die Lichttheilchen machen alſo im Plättchen eben ſo raſche und zahlreichere Oscillationen; und die Farben U müſſen deshalb in der Reihe der Ringe abſteigen, als wenn das Plättchen dicker würde. Auch findet man, wenn man beobachtet, wie ſie für die verſchiedenen Einfallswinkel auf einander folgen, und die, ihnen in der Newton'ſchen Tabelle entſprechenden, Zahlwerthe damit zuſammenhält, daß dieſe Werthe genau, oder faſt ganz genau, der Länge des Weges proportional ſind, den das Licht im Kryſtall durchläuft, eine Länge, die man eben ſowohl nach dem Gange des gewöhnlichen, als des ungewöhnlichen Strals berechnen kann, weil die wirklich Statt findende Ungleichheit der Wege, welche von dieſen beiden Stralen verfolgt werden, keine dem Auge wahrnehmbare Veränderung in den Zahlausdrücken der Farben veranlaſſen würde.

In dem anderen Falle, wo man die Neigung des Plättchens in der Richtung ſeiner Axe vornimmt, treten zwei Wirkungen ein. Die Länge Weges nimmt, wie im vorigen Falle, zu; die von der Axe ausgehende Kraft aber wird ſchwächer, weil die Axe einen kleinen Winkel mit dem einfallenden Stral und mithin auch den gebrochenen Stralen bildet. Dieſe beiden Urſachen wirken ſich alſo entgegen, die eine zur Vermehrung, die andere zur Verminderung der Wirkung des Plättchens. Die Erfahrung aber zeigt, daß die letztere das Uebergewicht erhält, ſo daß die Totalzahl der Oscillationen kleiner wird, als unter ſenkrechtem Einfallen. Die Farben U müſſen alſo in der Reihe der Ringe aufwärts ſteigen, als wenn das Plättchen dünner würde; und vergleicht man nun auch ihre Zahlwerthe für verſchiedene Einfallswinkel, ſo findet man ſie allgemein proportional der Länge des Weges, den das Licht durch das Plättchen zu nehmen hat, multiplicirt mit dem Quadrat des Sinus des Winkels, den die Axe des Kryſtalls bei jedem Verſuche mit dem gebrochenen, gewöhnlichen oder ungewöhnlichen, Stral bildet: indem die Ungleichheit der Richtung dieſer beiden Stralen hier, wie im vorigen Falle, von keinem wahrnehmbaren Einfluß ſeyn kann.

Nun drückt in einem einaxigen Kryſtalle dies Quadrat auch den Unterſchied der Quadrate der Geſchwindigkeiten der beiden Stralen aus, ein Unterſchied, der im Allgemeinen in den zweiaxigen Kryſtallen durch $k \sin U \sin U'$ dargeſtellt, ſich in den einaxigen auf $k \sin^2 U$ reducirt, weil hier die Winkel U, U', welche der gebrochene Stral mit jeden beider der Axen bildet, gleich werden. Ueberdies erhellt leicht, daß, wenn ein Lichtſtral $S\,II'$, Fig. 11., beim Hindurchgehen durch eine parallelflächige Platte, deren Dicke IL durch e ausgedrückt werden mag, mit dem Einfallsloth IL den Brechungswinkel Θ' bildet, die Länge ſeines Weges II' durch dieſelbe ſeyn wird $\frac{e}{\cos \Theta'}$. Es ergiebt ſich mithin nach den vorſtehenden Analogieen der Satz: wenn man aus irgend einem ein- oder zweiaxigen Kryſtall, deſſen Farben G, U mit den Newton'ſchen Farbenringen übereinſtimmen, nach irgend einer Richtung parallelflächige Platten ſchneidet, deren verſchiedene Dicke im Allgemeinen mit e bezeichnet werden mag, und ſie dann in beliebigen Richtungen einem weißen polariſirten Stral darbietet, ſo wird man den Farben U, welche man durch dieſe Platten erhält, beim Uebertragen in die Newton'ſche Tabelle, Zahlen entſprechend finden müſſen, welche dem allgemeinen Ausdrucke

$$\frac{k\, e \sin U \sin U'}{\cos \Theta'}$$

proportional ſind, und, wenn die Farben G, U nicht mit den Newton'ſchen Ringen übereinſtimmen, ſo wird dieſer Ausdruck auf die vollſtändigen Polariſationsabwechſelungen der verſchiedenen einfachen Stralen, in welchen das Bild U null wird oder alles durchgehende Licht an ſich zieht, beſonders angewandt werden müſſen, wo dann die, durch die Formel gegebenen Zahlen die Reihe $0, 2e, 4e, 6e, 8e, 10e \ldots$, u. ſ. w., werden bilden müſſen. In der That beſtätigt dies die Beobachtung auf das Genaueſte in allen Kryſtallen und nach allen Richtungen des Schnittes, die man bisher in dieſer Hinſicht geprüft hat.

Hierdurch erhält man ein ausnehmend einfaches und directes Mittel, die Lage der Axen in einem Kryſtalle und ihre gegenſeitige Neigung kennen zu lernen, wenn ſich von dieſem Kryſtall dünne Blättchen ablöſen laſſen, welche die Axen in ihrer Ebene enthalten, wie die natürlichen Blätter des Fraueneiſes oder welche ſenkrecht auf die Ebene der Axen ſind, wie die der Topaſe, der Glimmerarten; oder auch wie alle die, welche nach irgend einer Richtung aus beliebigen einaxigen Kryſtallen abgelöſt oder geſchnitten werden können; weil wegen Vereinigung der beiden Axen in eine einzige hier die, durch ihre Richtung ſenkrecht auf die Flächen der Platten gelegte, Ebene, die angezeigte Bedingung erfüllt.

Da die Anwendung dieſer Methode ſich insbeſondere dann auf leichte Ausdrücke bringen läßt, wenn die, von den Platten gegebenen, Farben G, U mit den Newton'ſchen Ringen übereinſtimmen, ſo werde ich mich hier auf ihre Auseinanderſetzung für dieſen Fall beſchränken. Wir wollen zuvörderſt als Beiſpiel das Fraueneis nehmen. Nachdem man von dieſer Subſtanz ein Blatt abgelöſt hat, welches dünn genug iſt, um bei ſenkrechtem Einfallen eines polariſirten Strals Farben zu geben, mittle man zuerſt die beiden, auf einander rechtwinkligen, Lagen aus, in welche man dies Blatt in ſeiner Ebene zu drehen hat, damit es dieſen Stral nicht von ſeiner urſprünglichen Polariſation ablenke; darauf bringe man ſucceſſiv dieſe beiden Durchſchnitte in das Azimut von 45°, und neige die Platte nach einander in den beiden Richtungen, die dieſe Durchſchnitte beſtimmen. Man wird alsdann ſehen, daß bei der einen derſelben die Farben in der Reihe der Ringe aufwärts ſteigen, als wenn die Platte dünner würde, bei der anderen dagegen abwärts ſteigen, als nähme ſie an Dicke zu. Man wird alſo hieraus ſchließen, daß im erſten Falle die gebrochenen Stralen ſich den Axen nähern und im zweiten ſich davon entfernen. Man wird aber außerdem noch bemerken, daß die Veränderung der Farben bei gleichem Einfallswinkel gleich bleibt, nach welcher Seite des Einfallsloths im nämlichen Durchſchnitt man die Platte neigen mag; und wird ſomit aus dieſer Symmetrie der Wirkungen noch ferner zu ſchließen haben, daß die Axen ſymmetriſch um die, auf die Oberflächen des Blattes, Senkrechte (die Normale) liegen, d. h. daß ſie in der Ebene dieſer Oberflächen ſelbſt oder in einer darauf ſenkrechten Ebene befindlich ſind. Nun erhellt leicht aus der näheren Betrachtung der Formel, welche den Ausdruck für die Farben giebt, daß ihre Aenderung mit dem Einfallswinkel in dieſen beiden Fällen auf ſehr verſchiedene Weiſe erfolgen muß. Man wird es alſo ſucceſſiv mit beiden verſuchen, und indem man als unbekannte Größe den Winkel der Axen mit der Normale nimmt, wird man leicht mittelſt der ſphäriſchen Trigonometrie die Winkel U, U' als Functionen dieſer Unbekannten und des Brechungswinkels Θ' ausdrücken. Wählt man dann beliebig zwei der Farben, die man unter einem gegebenen Einfallswinkel in den beiden auf einander rechtwinkligen Durchſchnitten, in deren Richtung die Platte geneigt wurde, beobachtet hat, ſo wird das Verhältniß der Zahlen, durch welche dieſe Farben in der Newton'ſchen Tabelle ausgedrückt werden, gleich dem ſeyn müſſen, welches die algebraiſche Formel $\frac{k\,e \sin U \sin U'}{\cos \Theta'}$, auf die beiden beobachteten Einfallswinkel angewandt, giebt. Durch dieſe Bedingung der Gleichheit wird ſich ſomit der unbekannte Winkel beſtimmen laſſen, den jede der Axen mit der Normale bildet; und durch Verdoppelung deſſelben wird man ihre wechſelſeitige Neigung erhalten. Unternimmt man die nämliche Rechnung nun auch noch für zwei andre beobachtete Farben, ſo wird man einen neuen Werth dieſes Elements erhalten, der mit dem erſten in Uebereinſtimmung ſeyn muß, wenigſtens innerhalb der Gränzen der Irrung, welche die Beobachtung mit ſich bringt. Wenn dieſe Uebereinſtimmung Statt hat, ſo wird man daraus ſchließen, daß die, für die Axe angenommene, Lage die wahre iſt; und wiederholt man die nämliche Berechnung für noch einige andere Farben, ſo wird man einen mittleren Werth für die Neigung der Axen von großer Genauigkeit erhalten. Will man z. B. dieſe Methode auf einige der Farben-Beobachtungen anwenden, die ich in meinem größeren Werke angeführt habe, und dort in Tabellen gebracht hatte, da ich ihr phyſiſches Geſetz noch nicht kannte, ſo wird man finden, daß die beiden Axen der Fraueneis-Blätter um ungefähr 59° 15′ anſtatt um 60°, wie die Angabe Brewſters nach einer directen Verfahrungsart war, gegen einander geneigt ſind; auch kann der Unterſchied daher rühren, daß das Brechungsverhältniß, das ich bei der Berechnung zu Grunde legte, nicht für den Kryſtall ſelbſt, von dem ich die Blätter nahm, beſtimmt worden war, ſondern blos ſo von mir angenommen wurde, wie es Newton für das Fraueneis beſtimmt hat. Iſt dies Element bekannt, ſo reicht die Formel $\frac{k\,e \sin U \sin U'}{\cos \Theta'}$ hin, überhaupt alle Farben zu berechnen, welche das nämliche Blatt unter beliebigen Einfallswinkeln und Azimuts geben kann [1]).

---

[1]) Der Dr. Brewſter hat zuerſt ein, allerdings empiriſches, aber genaues, Verfahren entdeckt und kennen gelehrt, die Farben U, welche durch die dünnen Blättchen zweiaxiger Kryſtalle in beliebigen Lagen hervorgebracht werden, allgemein zu berechnen. Das einfache Geſetz, welches ich ſpäter für den Unterſchied der Quadrate der Geſchwindigkeiten fand, erlaubte mir, der Farbe U dem hier angeführten Ausdruck zu geben.

Wendet man aber ſolche Betrachtungen auf die natürlichen Blätter der Topaſe und zweiaxigen Glimmerarten an, ſo wird man zuvörderſt ſehen, daß ſie gleichfalls zwei, auf einander rechtwinklige Durchſchnitte darbieten, in deren Richtung ſie die urſprüngliche Polariſation der durchgehenden Stralen nicht ſtören. Richtet man ſucceſſiv jeden dieſer beiden Durchſchnitte in das Azimut von 45°, und neigt darin die Blätter, ſo wird man wiederum ſehen, daß für den einen derſelben die Farben U in der Reihe der Ringe dann aufwärts ſteigen, für den anderen dagegen abwärts. Endlich wird man finden, daß die Wirkungen in jedem Durchſchnitte auf die nämliche Art erfolgen, nach welcher Seite der Normale man die Neigung vornehmen mag; woraus man, wie vorhin, ſchließen wird, daß die Axen dieſer Blätter eine ſymmetriſche Lage gegen ihre Oberflächen haben, d. h. daß ſie in einer Ebene liegen, die ihnen entweder parallel oder ſenkrecht darauf iſt. Verſucht man es erſt mit der erſten Annahme, ſo wird man finden, daß ſie der Aufeinanderfolge der, durch die Neigung nach den zwei auf einander ſenkrechten Durchſchnitten entwickelten, Farben nicht Genüge leiſtet, und wird daraus ſchließen, daß die andere Annahme die richtige iſt; d. h. daß die Axen dieſer Subſtanzen in einer, auf ihre natürlichen Blattflächen ſenkrechten, Ebene gelegen ſind, und mit ihrer Normale gleiche Winkel bilden, deren Werth man entdeckt, indem man die Verhältniſſe der Zahlwerthe der beobachteten Farben mit denen vergleicht, welche in dieſem Falle durch die algebraiſche Formel angegeben werden."

Dieſe Ausmittelung wird keine Schwierigkeit für die Glimmerblättchen haben, weil ihre Farben mit denen der Ringe eine ſehr genaue Uebereinſtimmung zeigen. Aber eben dieſe Uebereinſtimmung geſtattet, die Neigung der Axen gegen die Normale durch einen noch directern Verſuch zu entdecken. Der allgemeine Ausdruck der Farbe U zeigt nämlich, daß ihr Zahlwerth null wird, wenn einer der Winkel U, U′ null iſt, d. h. wenn der gebrochene Stral die Richtung einer von beiden Axen hat. Man braucht alſo nur der Reihe der Farben in demjenigen beider Durchſchnitte zu folgen, in welchem die Neigung des einfallenden Strals ihr Aufſteigen in der Ordnung der Ringe bewirkt. Wenn man, nachdem ſucceſſiv die Farben der erſten Ordnung zum Vorſchein gekommen ſind, zum Schwarz gelangt iſt, welches die erſte von allen iſt, ſo wird man zu ſchließen haben, daß dann der gebrochene Stral die Richtung einer der Axen des Blattes verfolgt, wie Fig. 12. darſtellt, wo SII′ der Gang des Strals iſt, und I′A, I′B die beiden Axen. Man wird alſo nur noch den Brechungswinkel II′N′ oder Θ′ nach dem äußern Einfallswinkel SIN und dem als bekannt angenommenen gewöhnlichen Brechungsverhältniß zu berechnen haben. Dies wird zugleich der Winkel ſeyn, den die Axen mit der Normale I'N' bilden, und durch Verdoppelung deſſelben wird man die wechſelſeitige Neigung AI'B dieſer Axen untereinander erhalten.

Die Anwendung dieſer Methode ſetzt voraus, daß man, durch Neigung des Blattes gegen den gebrochenen Stral, ihn ſtets dazu beſtimmen kann, in der Richtung der Axe IA gebrochen zu werden, wie groß auch die Neigung dieſer Axe gegen die Normale IN ſeyn mag. In der That iſt dies immer möglich, zwar nicht durch Beobachtung in der Luft, wo die Brechungswinkel II'N' immer ſehr beſchränkt ſind, aber dadurch, daß man die Blätter in ein flüſſiges Mittel von faſt eben ſo ſtarkem Brechungsvermögen als das ihrige einſchließt, wie z. B. Terpentinöl, welches ſich mittelſt eines, in Fig. 13. dargeſtellten, und zu Ende dieſes Capitels zu beſchreibenden, Apparates bewerkſtelligen läßt.

In allen, bisher unterſuchten, Arten von Glimmer, iſt der Winkel AI'N' der Axen mit der Normale hinlänglich klein, daß die Brechung bei Beobachtung in der Luft den Stral in die Richtungen AI' BI' dieſer Axen zu bringen vermag. Bei Berechnung ihrer gegenſeitigen Neigung AI'B findet man dann, daß ſie in allen Blättern eines und des nämlichen regelmäßigen Kryſtalls unwandelbar die nämliche iſt, wie es die Gleichheit der Zuſammenſetzung und des Aggregatzuſtandes ſo mit ſich bringt; aber in verſchiedenen Kryſtallen, welche bisher von den Mineralogen als bloße zufällige Varietäten angeſehen worden ſind, findet man ſie von gar verſchiedenen Werthen, deren jeder jedoch allen Stücken, welche den nämlichen Urſprung haben, unveränderlich angehört. Im Sibiriſchen Glimmer z. B., der wegen der Größe und Elaſticität ſeiner Blätter in Rußland zu Fenſterſcheiben benutzt wird, beträgt die Neigung der Axen 40° 41′ 55″. In einer anderen, ebenfalls durchſichtigen, Art, die ſich zu Zinnwald in Böhmen findet, iſt die Neigung blos 30° 28′ 20″. Endlich bei anderen Glimmerarten, denen des Veſuvs z. B., iſt ſie ganz null; d. h. ſie beſitzen nur eine einzige, auf ihre Blattflächen ſenkrechte, Axe; ſo daß ein ſolches Blatt, wenn man es einem polariſirten Stral ſenkrecht ausſetzt, deſſen urſprüngliche Polariſation nicht im Mindeſten ſtört, wie man es auch in ſeiner eigenen Ebene herumdrehen mag; aber es wirkt auf den Stral, wenn man es gegen denſelben neigt, und zwar ganz auf die nämliche Weiſe, welchen ſeiner Durchſchnitte man auch in die Einfallsebene richten mag. Bei chemiſcher Analyſe nun ſolcher Subſtanzen, in denen uns die Polariſation einen verſchiedenen kryſtalliniſchen Aggregatzuſtand erkennen läßt, findet man ſie auch in ihrer chemiſchen Zuſammenſetzung von einander verſchieden.

Man ſieht ſich ſomit durch die Geſammtheit dieſer Eigenſchaften genöthigt, ſie als eben ſo viel wirklich verſchiedene Arten anzuſehen, nicht als Varietäten einer und derſelben Art, wie man ſich nach einigen äußeren Analogieen zu thun berechtiget glaubte, in Ermangelung hinlänglich vollſtändiger Kryſtalle, um ſie nach gründlichen Grundſätzen der Kryſtallographie unterſcheiden zu können.

Um zu den vorigen Beſtimmungen zu gelangen, reicht es hin, die Blätter bis zu dem Grade der Neigung zu bringen, wo der Werth der Farbe U null wird, vermöge Zuſammenfallens des gebrochenen Strals mit einer der Axen, wie es Fig. 12. darſtellt. Wenn man aber, nachdem man dieſen Einfallswinkel getroffen hat, denſelben noch überſchreitet, was wird dann eintreten? Dies läßt ſich leicht nach dem allgemeinen Geſetze dieſer Erſcheinungen vorausſehen. Nämlich bei noch weiterer Zunahme des Einfallswinkels wird der gebrochene Stral wieder gegen die Axe $I'A$ geneigt zu werden beginnen, und es wird dann keiner der beiden Winkel U, U' mehr null ſeyn. Mithin wird das Product $\sin U \sin U'$ wieder anfangen zu wachſen; der Weg, den der Stral durch das Blatt zu vollbringen hat, wird ebenfalls größer werden, mithin wird der Zahlwerth der Farbe wieder zuzunehmen beginnen, und die Farbe U wird wieder in der Ordnung der Ringe abwärts ſteigen, wie ſie vorher aufwärts geſtiegen war. Ihre Veränderungen in dieſer zweiten Reihe werden aber raſcher als in der erſten für gleiche Aenderungen des Einfallswinkels ſeyn; weil, da die Bahn des Strals ſchiefer geworden iſt, ihre Totallänge ſich ſchneller ändern wird. Dieſen Folgerungen ſieht man auf das Genaueſte in allen Blättern der zweiaxigen Glimmerarten durch die Erfahrung entſprochen.

Die nämliche Anordnung der Axen, welche in den Blättern dieſer Glimmerarten Statt hat, findet ſich auch in denen der Topaſe wieder, wie wir ſo eben geſagt haben. Da aber in dieſen letzteren die Axen für die verſchiedenen einfachen Stralen merklich geſchieden ſind, und da ſie auch eine ſtarke Zerſtreuung äußern, ſo läßt ſich der Nullpunct der Färbung darin nicht für alle Stralen zugleich erhalten, und mithin erliſcht die Farbe U nie gänzlich darin. Jedoch kann man ſich dadurch helfen, daß man entweder beobachtet, bei welchen Einfallswinkeln die nämlichen Farben wieder zum Vorſchein kommen, nach einem Einfallswinkel, wo die Schwächung von U am ſtärkſten war, oder daß man einen und denſelben einfachen Stral unter verſchiedenen Einfallswinkeln verfolgt, und die ſucceſſiven Perioden ſeines Erſcheinens und Verſchwindens in der Farbe U beſtimmt. Denn wenn man dieſe Perioden von dem entkleidet, was auf Rechnung der progreſſiven und beſtimmbaren Zunahme der Dicken kommt, ſo bleibt blos die Neigung des gebrochenen Strals gegen die Axen dadurch angedeutet, und reicht zur Beſtimmung ihrer Richtung hin.

Streng genommen iſt dieſe letzte Methode für alle Kryſtalle erforderlich, in welchen die Brechungsaxen der verſchiedenen einfachen Stralen merklich von einander getrennt ſind. In den Topaſen jedoch, wo dieſe Trennung nicht ſehr beträchtlich iſt, gewährt oft auch die unmittelbare Beobachtung der zuſammengeſetzten Farben noch eine hinlängliche Annäherung. Man findet ſo z. B. auf unzweifelhafte Weiſe, daß ein ſehr beträchtlicher Unterſchied hinſichtlich der Neigung der Axen zwiſchen den vollkommen weißen Sächſiſchen oder Neuholländiſchen und den gelben Braſilianiſchen Topaſen Statt findet. Denn unterſucht man dicke Platten von beiden, ſo fangen die Farben in denen vom gelben Topas unter weit geringeren Schiefen an zu erſcheinen, als in denen vom weißen. Auch erhält man durch Anwendung der Methode der Coincidenzen auf dieſe beiden Subſtanzen ſehr verſchiedene Elemente der doppelten Brechung für ſie. Ich fand ſo, daß der Werth des Coefficienten k im gelben Topas 0, 0248136 und der Winkel der Axen 49° 1′ 20″ iſt; während der Werth von k für den weißen Topas 0, 0319723 und der Axenwinkel 64° 14′ 2″ iſt; Reſultate, die, da ſie ſich ſtandhaft für dieſe beiden Subſtanzen ergeben, offenbar eine innere Verſchiedenheit des Gefüges in ihnen anzeigen.

Es bleibt mir nur noch ein Wort über die ſpecielle Anwendung der vorſtehenden Methoden auf die Blätter der einaxigen Kryſtalle zu ſagen übrig. Begreiflich braucht man nur die Richtung der beiden auf einander rechtwinkligen Durchſchnitte darin zu erforſchen, in welcher ſie die urſprüngliche Polariſation ungeſtört laſſen, darauf dieſe beiden Durchſchnitte ſucceſſiv in das Azimut von 45° zu bringen, und das Blatt darin zu neigen, wo man dann ſehen wird, daß im einen Durchſchnitte die Farben in der Ordnung der Ringe abwärts, im anderen dagegen aufwärts ſteigen. Die Beobachtung der Art dieſer Veränderungen und ihre Einführung in die allgemeine Formel wird dann nicht allein zur Beſtimmung desjenigen von beiden Durchſchnitten hinreichen, in welchem ſich die Axe befindet, ſondern auch zur Beſtimmung ihrer Schiefe gegen die Oberfläche des Blattes und mithin ihrer abſoluten Lage. Man wird alsdann mittelſt der, auf Seite 174 erörterten, Methode, d. i. durch Beobachtung der Art, wie ſeine Wirkungen ſich mit denen des Fraueneiſes oder Bergkryſtalles verbinden, ausmitteln, ob der Kryſtall anziehend oder abſtoßend iſt. Auf dieſe Art wird ein einziges ſolches Blatt, aus einem Stück von beliebiger Geſtalt, ohne irgend ein Anzeichen natürlicher Flächen, genommen, hinreichen, alle Elemente der doppelten Brechung darin vollſtändig wieder zu finden.

Die nämlichen Veränderungen der Wirkungen, welche die dünnen Kryſtallplatten darbieten, wenn man einen polariſirten Stral, unter verſchiedenen Richtungen, durch ſie hindurchgehen läßt, erfolgen auch in den dicken Platten, wenigſtens bis zu den Gränzen, bis zu welchen ſich die bewegliche Polariſation erſtrecken kann, und ſtehen unter den nämlichen Geſetzen darin. Da aber vermöge fortſchreitender Vermiſchung der Oscillationen der verſchiedenen Stralen immer jedes der beiden Bündel G, U verſchiedener Polariſation zu Weiß wird, ſo laſſen ſich die Veränderungen der Wirkung nicht mehr unmittelbar daran erkennen; und es iſt erforderlich, um ſie wahrnehmbar zu machen, das, zu dieſen Platten gelangende, Licht ſo zu modificiren, daß ſie ungeachtet ihrer Dicke Farbenbündel beim Durchgange durch das rhomboidale Prisma geben. Dieſen Zweck erreicht man dadurch, daß man dies Licht vorher durch eine erſte Platte von Fraueneis oder Bergkryſtall gehen läßt, deren Totalwirkung wenig von der zu unterſuchenden abweicht, und die ſo geſtellt iſt, daß die Hauptſchnitte der beiden Platten ſich parallel finden, wenn ſie entgegengeſetzter Beſchaffenheit, die eine anziehender, die andere abſtoßender, iſt; oder ſich rechtwinklig kreuzen, wenn ſie gleichartiger Wirkung ſind. Dies iſt nur eine Ausdehnung der, auf Seite 172 angeführten, Verſuche.

Man kann ſelbſt durch dieſe Methode die Intenſität der doppelten Brechung beſtimmen, welche von der Subſtanz der zweiten Platte geäußert wird, wenigſtens wenn ſie von der Beſchaffenheit iſt, daß die Farben U darin dem Geſetze der Ringe folgen, wie im gewöhnlichſten Falle. Zu dieſem Zwecke wollen wir ſetzen, e bezeichne die Dicke dieſer Platte, in Theilen der Newton'ſchen Tabelle für die in Rede ſtehende Subſtanz ausgedrückt; wonach die Zahl e in dieſer Tabelle die Farbe U angiebt, welche dieſe Platte der urſprünglichen Polariſation entziehen müßte, wenn ſie bei ihrer beſtehenden Dicke den Axen ihrer Subſtanz parallel geſchnitten, und dem polariſirten Lichtſtral ſenkrecht ausgeſetzt wäre. Nennt man nun U, U' die Winkel, welche der gebrochene Stral mit den Axen der Platte, bei der ihr gegebenen Richtung des Schnittes und dem Einfallswinkel, unter dem man ſie geſtellt hat, bildet; nennt man ferner Θ' den Brechungswinkel dieſes Strals, auf das Einfallsloth bezogen, ſo wird die Farbe U, welche die, auf die angegebene Art geſchnittene und geſtellte, Platte der urſprünglichen Polariſation entzieht, in der Newton'ſchen Tabelle durch $\frac{e \sin U \sin U'}{\cos \Theta'}$ ausgedrückt ſeyn. Findet man alſo, daß ſie durch ein natürliches Blatt von Fraueneis oder eine parallel mit der Axe zugeſchnittene Platte Bergkryſtall von einer Dicke e' compenſirt wird, ſo wird man zu ſchließen haben, daß e', ebenfalls in Theilen der Newton'ſchen Tabelle ausgedrückt, dem vorigen Ausdruck gleich iſt; und, da die Winkel V, V', θ' bei gegebener Lage der Axen und gegebenem Einfallswinkel als bekannt anzuſehen ſind, ſo wird durch dieſe Gleichung e gefunden werden. Dividirt man alsdann den Werth von e mit der abſoluten Dicke der Platte in Millimetern, ſo wird man die Zahl der Newton'ſchen Tabelle erhalten, welcher eine Dicke von einem Millimeter der beobachteten Subſtanz, parallel mit ihren Axen genommen, entſpricht. Nun ſind dieſe Zahlen für die verſchiedenen Subſtanzen den Coefficienten k, welche die Intenſität der von ihnen geäußerten doppelten Brechung meſſen, umgekehrt proportional. Man wird alſo ſolchergeſtalt die Verhältniſſe dieſer Intenſitäten finden, und daraus ihre abſoluten Werthe herleiten können, wofern man nur einen unter ihnen als bekannt annimmt.

Das folgende Beiſpiel wird die Anwendung dieſer Methode zeigen. Ich hatte zwei Platten von Fraueneis, deren Dicken, mit dem Sphärometer gemeſſen, und auf Newtons Maßſtab nach der, auf S. 140 angegebenen, Proportion reducirt, für die eine 249, für die andre 266 Theile betrugen. Der Kürze halber will ich die erſte A, die zweite B nennen. Der Unterſchied B — A betrug alſo 17 Theile, welche, in der dritten Spalte der Newtonſchen Tabelle, einer Farbe entſprechen, die zwiſchen dem lebhaften Grün der dritten Ordnung und dem darauf folgenden Weißlichgelb inne ſteht. In der That war dies die Farbe V, welche das Syſtem der beiden Platten der urſprünglichen Polariſation entzog, wenn ſie zugleich unter ſenkrechter Incidenz mit rechtwinklig gekreuzten Axen einem polariſirten Stral ausgeſetzt wurden. Wir haben geſehen, daß, um dieſe Erſcheinung mit größter Deutlichkeit zu beobachten, die Hauptſchnitte der Platten um 45° aus der Ebene der urſprünglichen Polariſation gedreht, dagegen der Hauptſchnitt des, zur Analyſirung des durchgegangenen Lichtes dienenden, achromatiſchen rhomboidalen Prismas in dieſe Ebene gerichtet werden mußte.

Nachdem ich dieſe Anordnung getroffen, laſſe ich A, die dünnere von beiden Platten, unter ſenkrechter Incidenz; neige aber die dickere B gegen den einfallenden Stral in der Richtung des Hauptſchnitts, d. h. ſo daß die Zwiſchenlinie der Axen CM in der Einfallsebene bleibt. Um vorauszuſehn, was der Erfolg dieſer Neigung ſeyn wird, muß man ſich zurückrufen, daß die beiden Axen des Fraueneiſes in der Ebene ſeiner Blätter liegen, und um 30 Grad zu beiden Seiten gegen die Zwiſchenlinie geneigt ſind. Neigt man nun die Platte B in der Richtung der Zwiſchenlinie, ſo nähert ſich der gebrochene Stral den Axen; die Winkel U, U′ nehmen ſchnell ab, und die Berechnung ergiebt, daß die Verminderung bei Weitem nicht durch die Zunahme des Factors $\frac{1}{\cos \Theta'}$ ausgeglichen wird, welcher die Länge Weges, den der Stral im Kryſtall zu durchlaufen hat, ausdrückt. Das Totalproduct $\frac{266.\ \sin U \sin U'}{\cos \Theta'}$, welches die, der urſprünglichen Polariſation durch B entzogene, Farbe ausdrückt, mindert ſich alſo, während die Wirkung von A die nämliche bleibt. Der Unterſchied B — A muß ſomit kleiner werden, als bei ſenkrechtem Einfallen, und die Farbe U, welche der urſprünglichen Polariſation vom Syſtem entzogen wird, muß in der Ordnung der Ringe aufwärts ſteigen, als wenn ſie von einem dünnern Blatt herrührte. Kommt man, bei vorſchreitender Neigung, auf einen Einfallswinkel, wo der ſo geſchwächte Werth von B nur noch dem Werth von A gleich kommt, ſo müſſen ſich die Wirkungen dieſer beiden Platten ausgleichen: der Stral wird ſich ſonach, nachdem er durch alle beide hindurchgegangen iſt, ganz wieder zu ſeiner urſprünglichen Polariſation zurückgeführt finden, als wenn das Syſtem wirkungslos auf ihn geweſen wäre. Schwächt man über dieſe Gränze hinaus B noch mehr, indem man die Neigung ſeiner Zwiſchenlinie vergrößert, ſo wird die Totalwirkung der Platte A überwiegen und die Farben werden anfangen in der Ordnung der Ringe abwärts zu ſteigen, wie ſie vorher aufwärts geſtiegen waren. Um nun zu urtheilen, mit welcher Genauigkeit die Erfahrung mit dieſen Betrachtungen übereinſtimmt, braucht man nur einen Blick auf folgende, nach wirklich angeſtellten Beobachtungen verfertigte, Tabelle zu werfen.

Beobachtete Einfallswinkel. Θ.	Brechungswinkel. Θ′.	Beobachtete Farbe des gewöhnlichen Strals G.	Beobachtete Farbe des ungewöhnlichen Strals U.	Werth von U, nach der beobachteten Farbe.	Ordnung der Farben.
0° 0′ 0″	0 0 0	Veilchenfarb.	Gelblichgrün.	17,00	3te Ordnung.
12 30 40	8 18 10	Roth.	Lebhaft Grün	16,25	
17 35 40	11 37 30	Gelb	Blau.	15,10	
19 38 20	12 56 50	Orangegelb.	Indigo.	14,25	
24 18 0	15 55 20	Grün.	Lebhaft roth.	12,25	2te Ordnung.
26 37 20	17 22 50	Blau.	Orange.	11,11	
33 22 20	21 30 50	Orange.	Blau.	9,00	
36 4 50	23 7 0	Blaßgelb.	Indigo.	8,17	
37 19 20	23 50 30	Bläulichweiß.	Veilchenfarb.	7,10	
37 50 40	24 8 30	Grünlichweiß.	Roth.	5,60	1ſte Ordnung.
39 24 40	25 2 30	Etwas bläuliches Weiß.	Orange.	5,11	
41 8 50	26 1 10	Weißlich.	Blaßgelb.	4,60	
44 7 40	27 39 20	Schwarz.	Glänzendweiß.	3,40	
51 25 0	31 24 30	Glänzendweiß.	Schwarz od. sehr dunkles Blau.	0	1ſte Ordnung:
58 18 10	34 33 20	Sehr dunkles Violet.	Etwas gelbliches Weiß.	3,40	
63 13 20	36 31 30	Blau.	Orange.	5,10	
66 11 40	37 35 0	Weißlichgrün.	Braunroth.	5,80	
70 56 20	39 8 30	Gelb.	Indigo.	8,20	2te Ordnung.
75 24 10	40 10 40	Roth.	Weißlichgrün.	9,71	

Wir wollen jetzt das Syſtem ſo drehen, daß der Hauptſchnitt der dickern Platte B ſenkrecht auf die Einfallsebene wird, und wollen B neigen. Die Winkel U, U′, welche der, gewöhnlich oder ungewöhnlich, durch dieſe Platte gebrochene Stral mit ihren Axen bildet, mindern ſich auch hier, aber weit weniger als vorher, und die Berechnung zeigt, daß dieſe Verminderung mehr als ausgeglichen wird durch die Zunahme des Factors $\frac{1}{\cos.\Theta'}$, welcher die Länge des Weges, den der Stral in der Platte zu durchlaufen hat, ausdrückt. das Product, welches dieſe beiden Factoren zuſammen geben, nimmt alſo mit der Neigung der Platte zu; und, da die Wirkung von A ungeändert bleibt, ſo muß die, der urſprünglichen Polariſation entzogene, Farbe in der Ordnung der Ringe abwärts ſteigen. In der That zeigt dies die folgende Tabelle, welche Beobachtungen enthält, die an den nämlichen Platten, welche ich ſo eben als Beiſpiel nahm, angeſtellt wurden.

Beobachteter Einfallswinkel Θ	Brechungswinkel. Θ'	Beobachtete Farbe des gewöhnlichen Strals G.	Beobachtete Farbe des ungewöhnlichen Strals U.	Werth von U nach der beobachteten Farbe.	Ordnung der Farben.
0° 0′ 0″	0° 0′ 0″	Roth-Violet.	Gelblich-grün.	17,00	3te Ordnung.
7 12 0		Blau.	Blaßgelb.	17,50	
5 51 0		Grün.	Roth.	19,67	
22 50 0	14 59 30	Roth.	Lebhaft-grün	22,75	4te Ordnung.
30 29 0	19 46 0	Grün.	Roth.	26,00	
36 22 10		Roth.	Grünlich-blau.	29,67	5te Ordnung.
42 11 30	26 35 50	Grünlich-blau.	Roth.	34,00	
46 7 30		Roth.	Grünlich-blau.	38,00	6te Ordnung.
50 6 40	30 45 50	Grünlich-blau.	Roth.	42,00	
53 45 30		Röthlich-weiß.	Grünlich-blau.	45,80	7te Ordnung.
59 20 10	34 59 30	Grünlich-blau.	Röthlich-weiß.	49,67	

Bei dieſen Verſuchen hatten die Axen der beiden gekreuzten Platten die Richtung von der Ebene ihrer Oberfläche; jedoch iſt dieſe Richtung keineswegs zum Entſtehen der Farben durch die Kreuzung nothwendig; denn zufolge unſrer ſo eben angeſtellten Beobachtungen hängen die Wirkungen, welche das Licht in jeder Platte erfährt, nur von der Länge Weges, die es darin durchläuft und der Richtung ſeiner Bahn gegen die Axen des Kryſtalls ab, unabhängig von den natürlichen oder künſtlichen Flächen, durch die es ein- oder austritt. Wir können alſo das Ergebniß im Allgemeinen auf folgende Weiſe ausſprechen: damit die Kreuzung der beiden Platten Farben hervorbringe, iſt blos erforderlich, daß der Unterſchied ihrer Wirkungen, für jede derſelben nach der allgemeinen Formel $\frac{e \sin U \sin U'}{\cos \Theta'}$ berechnet, in die Gränzen der Newtonſchen Tabelle trete. Dieſe Regel trifft ſo genau zu, daß ſie dazu dienen kann, die Richtung der Axen in dicken Platten zu beſtimmen, gerade ſo wie ich dies eben für dünne Blätter auseinandergeſetzt habe, und ſogar mit noch mehr Schärfe.

Zufolge des früher Bemerkten aber iſt zur allgemeinen Anwendbarkeit dieſer Methode erforderlich, daß man einen Stral in die Kryſtallplatte unter allen möglichen Neigungen gegen ihre Oberfläche eintreten laſſen könne. Dies geſtattet aber nicht immer, die Verſuche in der Luft anzuſtellen, weil wegen des geringen Brechungsvermögens dieſer Flüſſigkeit die Stralen, welche aus ihr in einen Kryſtall treten, immer ſehr nach dem Einfallsloth zu gebrochen werden. Man hilft ſich hier dadurch, daß man die Platte in eine Röhre TT, Fig. 13 einſchließt, welche an ihren beiden Enden durch Spiegelgläſer geſchloſſen und mit einer Flüſſigkeit von beträchtlichem Brechungsvermögen, z. B. Terpentinöl angefüllt wird. Seitlich durch dieſe Röhre geht ein Stäbchen hindurch, welches man von Außen in Bewegung ſetzt und deſſen inneres Ende eine kleine Zange trägt, an welche man die Platte ſo befeſtigt, daß ihre Ebene in die Verlängerung des Stäbchens fällt. Läßt man alsdann einen polariſirten Stral durch die Flüſſigkeit und die Platte hindurchgehen, ſo kann man durch Drehung des Stäbchens letztere unter alle mögliche Einfallswinkel bringen, und mithin den Stral unter allen möglichen Neigungen in ſie eintreten laſſen, wenigſtens wenn die Flüſſigkeit eben ſo ſtark oder ſtärker als ſie (die Platte) bricht. Geſetzt alſo eine der Axen fände ſich in der Einfallsebene, in welcher man die Platte neigt, ſo müßte man nothwendig bei einer gewiſſen Neigung ihre Richtung treffen. Es bleibt alſo nur noch übrig, verſchiedene Durchſchnitte der Platte in dieſer Hinſicht, (ob ſie bei einer gewiſſen Neigung die Richtung der Axe zu erkennen geben) zu prüfen, bis man denjenigen auffindet, in welchem die Richtung wirklich getroffen wird. Um dieſen Verſuch auf eine bequeme Weiſe anzuſtellen, bringe man, wenn die Platte in der Glasröhre befeſtigt iſt, dieſe noch offen auf den allgemeinen Polariſationsapparat, ſtelle ſie dort ſenkrecht auf den polariſirten Stral (ſo daß er ſenkrecht durch eine Cylinderwand hindurchgeht); drehe ſie dann in ihrer Ebene (um ihre Axe), bis die Platte in eine Lage kommt, wo ſie die urſprüngliche Polariſation nicht mehr ſtört, verſuche, ob ſich dieſe Bedingung bei der ganzen Umdrehung der Zange erhält, und führe, wenn es erforderlich iſt, die Platte wieder in die Lage, wo dieſe Bedingung erfüllt iſt, zurück; darauf ohne die Röhre wegzunehmen, ſtelle man ſie wieder gerade, fülle ſie an, verſchließe ſie, drehe den Hauptſchnitt der Platte um 45° aus der Richtung der urſprünglichen Polariſation und beginne die Beobachtungen. Wenn die Lage der Platte gefunden iſt, in welcher der Stral nach der Richtung einer ihrer Axen hindurchgeht, ſo wird man den Einfallswinkel durch die, an der Zange angebrachte, Eintheilung beſtimmt finden, und nach dem Verhältniß der brechenden Kräfte des Kryſtalls und der Flüſſigkeit die Richtung des gebrochenen Strals und ſomit zugleich die der Axe in der unterſuchten Platte herleiten. Ich habe dieſe Methode ſelbſt auf Platten Isländiſchen Spaths von mehrern Millimetern Dicke angewandt. Wenn man zu den Neigungen gelangt iſt, welche Farben geben, ſo kann man ſofort beſtimmen, ob der Kryſtall anziehender oder abſtoßender Beſchaffenheit iſt; man braucht nämlich nur den durchgegangenen Stral, bevor er zum rhomboidalen Prisma gelangt, durch eine kleine, parallel mit der Axe zugeſchnittene, ein bis zwei Millimeter dicke, Platte Bergkryſtall gehen zu laſſen, und dieſe ſucceſſiv in der Richtung der Einfallsebene und in der darauf ſenkrechten Richtung zu neigen. Dieſe kleine Platte für ſich würde keine farbigen Bilder hervorbringen; man beſtimmt ſie aber dazu, indem man die zu unterſuchende Kryſtallplatte zweckmäßig gegen ſie neigt. Wofern dieſe Farben ſich zeigen, wenn die Axe der kleinen Prüfungsplatte parallel mit dem Hauptſchnitt der Kryſtallplatte iſt, ſo wird dieſe von entgegengeſetzter Beſchaffenheit als der Bergkryſtall, mithin abſtoßend ſeyn; anziehend dagegen, wenn man, um dieſelben Erſcheinungen hervorzubringen, die Axe des Bergkryſtalls ſenkrecht auf dieſen Schnitt drehen muß.

Sechſtes Capitel.

Von den Farbenringen, welche durch die bewegliche Polariſation um die Axen der doppelten Brechung der Kryſtalle erzeugt werden, wenn ein kegelförmiges Bündel polariſirter Stralen nach dieſer Richtung durch ſie hindurchgeht.

Die, im vorigen Capitel auseinandergeſetzten, Geſetze und Formeln geſtatten eine Vorausbeſtimmung mittelſt Berechnung und eine Verwirklichung auf dem Erfahrungswege aller Farben G. U. welche eine gegebene Platte irgend eines Kryſtalls ſucceſſiv durch bewegliche Polariſation in irgend einer Lage hervorzubringen vermag, unter der man ſie einem, aus parallelen, ſämmtlich unter gleichen Winkeln auf ſie auffallenden, Pinſeln beſtehenden, polariſirten Stral darbieten mag. Man betrachte nun aber ein polariſirtes Bündel, das, anſtatt aus parallelen, aus convergirenden Pinſeln beſteht, und bringe, nachdem man es durch die Kryſtallplatte hat hindurchgehen laſſen, das Auge, mit einem achromatiſirten Prisma von Isländiſchem Spath oder einem Turmalin zur Analyſirung der Polariſation des durchgegangenen Lichtes bewaffnet, an die Spitze dieſes Kegels. Es leuchtet ein, daß die Farben U, welche durch die verſchiedenen Pinſel dieſes Lichts hervorgebracht werden, nicht mehr einförmig werden ſeyn können, ſondern ſich von einander in ihrer Zuſammenſetzung unterſcheiden müſſen, wegen der ungleichen Einfallswinkel, unter denen die Pinſel durch die Kryſtallplatte hindurchzugehn haben, ſo wie auch ihre Intenſität verſchieden ſeyn muß, vermöge der verſchiedenen Polariſationsrichtungen, welche dieſe nämlichen Pinſel gegen den Hauptſchnitt der Platte vor dem Anlangen an das Kryſtallprisma gehabt haben. In der That ſtimmt hiermit die Beobachtung überein; vorzüglich bemerkenswerthe Erſcheinungen aber ergeben ſich dann, wenn die Axe des Lichtkegels mit einer der Axen des beobachteten Kryſtalls zuſammenfällt. Denn da die polariſirenden Kräfte auf dieſer Axe ſelbſt null ſind, und dann um ihre Richtung zunehmen, ſo bilden die Farben derſelben Beſchaffenheit krumme Linien um dieſelbe, die durch ihre Geſtalt dem Auge das ganze Fortſchreiten der vom Kryſtall geäußerten Wirkung offenbaren. Die erſten Ringe dieſer Art wurden von Arago in Platten von Bergkryſtall beobachtet. Aehnliche hat der Dr. Brewſter im Topas und Wollaſton im Isländiſchen Spath bemerkt; ohne daß ſie jedoch die Theorie ihres Entſtehens und ihrer Geſtalt, welche ſich auf die Geſetze der beweglichen Polariſation gründet, damals ſchon kannten. Sie wurde zuerſt in meinem größern Werke gegeben.

Um die Einſicht in dieſe Theorie zu erleichtern, will ich ſie erſt für die einaxigen Kryſtalle auseinanderſetzen und als Beiſpiel den Isländiſchen Spath nehmen. Dieſes Mineral, welches die Vortheile vereinigt, ſich ſehr rein und leicht nach den Blätterdurchgängen ſpalten zu laſſen, und oft vollkommen rein und durchſichtig zu ſeyn, iſt das beſte, welches man anwenden kann, um die Ergebniſſe der Theorie bis in ihre einzelſten Umſtände in der Erfahrung aufzuſuchen, welche ihr immer entſpricht. Nur macht die große Stärke der doppelten Brechung, die es äußert, erforderlich, die gehörigen Maßregeln zu treffen, um ihre Wirkungen auf die Oscillationen der Lichttheilchen ſo weit zu ſchwächen, daß die Farben in die Gränzen, welche die Newtonſche Tabelle umfaßt, treten. Offenbar wird man ſeinen Zweck erreichen, wenn man durch den Kryſtall zwei auf ſeine Axe ſenkrechte Schnitte macht, und die polariſirten Stralen (durch dieſe Schnittflächen) in der Richtung dieſer Axe ſelbſt oder wenig dagegen geneigter Richtungen hindurchgehen läßt. Dieſe verſchiedenen Fälle wird man zugleich verwirklichen, wenn man durch eine ſolche Platte ein kegelförmiges Bündel nach einer und derſelben Richtung polariſirter Stralen hindurchgehen läßt, welche zur gemeinſchaftlichen Axe die der Platte ſelbſt haben. Denn dann wird der unendlich dünne Stral, welcher dieſer Axe folgt, da er keine Wirkung von derſelben erfahren kann, ſeine urſprüngliche Polariſation beibehalten; die ihm nahe liegenden aber werden, weil ſie mit der Axe ſchon einen kleinen Winkel machen, ſich, gemäß den Geſetzen der Oscillationen, in zwei verſchieden polariſirte farbige Bündel zu theilen anfangen, und die Farben, in welche jeder derſelben ſich auf dieſe Weiſe ſpaltet, werden ſich mit dem Abſtand von der Axe ändern, nach allen Seiten aber auf die nämliche Weiſe. Wenn man alſo, während das Auge ſeine Stellung an der Spitze des Kegels hat, das durchgegangene Licht mittelſt eines rhomboidalen Prismas analyſirt, deſſen Hauptſchnitt der Ebne der urſprünglichen Polariſation parallel iſt, oder mittelſt eines zweckmäßig geneigten und ſo geſtellten Spiegelglaſes, daß es den Theil der Farbe, welcher ſeine urſprüngliche Polariſation beibehalten hat, nicht zurückwirft, ſo wird man um die Axe eine Reihenfolge von Farbenringen, deren gemeinſchaftliche Mitte ſie iſt, erblicken müſſen. Da die Farben U dieſer Ringe durch die Geſetze der beweglichen Polariſation gegeben ſind, ſo laſſen ſich die Maxima und die Minima der Abwechslungen, die ſie bilden, für jeden einfachen Stral nach der allgemeinen Formel $\frac{e \sin U \sin U'}{\cos \Theta'}$ berechnen, welche ſich hier auf

$e \sin^2 U$ reducirt, weil wegen blos Einer Axe des Kryſtalls die Winkel U, U' immer gleich ſind, und weil die Beobachtung immer nur bis zu einem ſo kleinen Abſtand um die Axe geht, daß wegen der Kleinheit des Winkels Θ' ſein Coſinus immer der Einheit gleich geſetzt werden kann. Da nun die Spaltung der beiden gebrochenen Stralen bei dieſen Verſuchen unmerklich iſt, ſo kann man für $\sin \Theta'$ den, dem gewöhnlichen Stral zukommenden, Werth von $\sin \Theta'$ nehmen, welcher dem Sinus des Einfallswinkels Θ proportional iſt; wegen der Kleinheit der Einfallswinkel aber, unter welchen die Ringe deutlich in die Wahrnehmung fallen, kann dieſer letztre Sinus dem halben Durchmeſſer jedes Ringes für proportional gelten, wodurch der vorige Ausdruck auf die Form $m e D^2$ zurückkommt, wo D dieſen Durchmeſſer und m einen beſtändigen Coefficienten bedeutet. Es wird alſo für die verſchiednen Werthe von D dieſe Größe eine Aufeinanderfolge von Werthen 0, $4e$, $8e$ . . . u. ſ. w. darbieten müſſen, wenn U null wird, und von $2e$, $6e$, $10e$ . . . u. ſ. w., wenn U total wird. Nun iſt dies gerade auch die nämliche Beziehung, welche bei den durchgegangenen und den zurückgeworfenen Farbenringen zwiſchen ihren Durchmeſſern und den Dicken, in welchen ſie ſich bilden, Statt findet, wenn ſie in einer, zwiſchen zwei ſich berührenden ſphäriſchen Objectivgläſern enthaltenen, dünnen Waſſer- oder Luftſchicht hervorgebracht werden. Die Aufeinanderfolge der Maxima und Minima wird ſomit bei beiden Erſcheinungen auf die nämliche Weiſe angeordnet ſeyn. Die Analogie geht aber noch weiter; indem die Abwechslungen der Polariſation des Bündels U, anſtatt ſtetig fortſchreitend zu ſeyn, wie bei den Farben, welche durch, der Ebene der Axen parallele, Blätter Fraueneis hervorgebracht werden, hier ganz beſtimmte Unterbrechungen der Stetigkeit zeigen, ſo daß die hellen Ringe ſich hier vollkommen durch ſchwarze Ringe geſchieden finden, welche faſt gleiche Intervalle der Unterbrechung einnehmen, eben ſo wie bei den, durch ein einfarbiges Licht hervorgebrachten, Ringen; und da überdies im Isländiſchen Spath die Werthe von e, welche den verſchiedenen einfachen Stralen angehören, nicht merklich von dem Verhältniß der Anwandlungen abzuweichen ſcheinen, ſo ergiebt ſich, daß die zuſammengeſetzten Ringe, welche in dieſem Kryſtall durch die Farben U gebildet werden, genau die nämlichen Farbenfolgen darbieten müſſen, welche die Newtonſche Tabelle angiebt. Alle dieſe Schlüſſe finden ſich in der That vollkommen durch die Erfahrung beſtätigt.

Die zweckmäßigſte Vorrichtung zur Beobachtung der Erſcheinung iſt in Fig. 14 vorgeſtellt. MM iſt eine große horizontale Scheibe von ſchwarzem Glaſe oder von Obſidian, auf welcher man ein ſtarkes Bündel weißen Wolkenlichts durch Zurückwerfung polariſirt. Man fängt alsdann dies Bündel auf einer andern ähnlichen aber kleinern Platte VV auf, welche ſo geſtellt iſt, daß ſie nichts vom polariſirten Stral zurückwirft; eine Bedingung, deren Erfüllung man daran erkennt, daß das Auge, wenn es ſich in O befindet, beim Hineinſehen in die Platte VV, die Oberfläche der Scheibe M ganz dunkel erblickt. Nach ſo getroffener Einrichtung bringt man auf dem Wege der Stralen eine Platte von Isländiſchem Spath LL an, die ſenkrecht auf die Kryſtalliſationsaxe zugeſchnitten iſt, und drebt ſie ſo, daß das polariſirte Bündel ſenkrecht auf ſie einfällt. Fixirt man alsdann die Lage des Auges in O durch die Bedingung, daß man es durch eine kleine, an dieſem Punct angebrachte, Blendung hindurchſehen läßt, ſo bilden die Lichtſtralen, welche, von den verſchiedenen Seiten herkommend, durch das Loch der Blendung hindurchgehen, einen Kegel polariſirter Stralen, an deſſen Spitze das Auge ſeine Lage hat, wie wir ſo eben vorausſetzten. Auch bemerkt man unter dieſen Umſtänden in der Platte VV eine Menge concentriſcher Farbenringe, welche in vier Quadranten durch ein großes ſchwarzes Kreuz geſchieden ſind, deſſen Arme ſich wie die Kometenſchweiſe mit der Entfernung vom Mittelpunct ausbreiten. Die ganze Erſcheinung zeigt ſich ſo, wie ſie Fig. 15 darſtellt. Die nämlichen Erfolge erhält man auch, und zwar mit noch mehr Lebhaftigkeit, wenn man ſtatt des Wolkenlichts die Flamme einer Lampe mit Luftzug anwendet, die mit einer Kugel von mattgeſchliffenem Glaſe oder einer einfachen kugelförmigen Hülle von recht weißem Papier umgeben iſt, um ein breites Lichtbündel zu erhalten. Fig. 16. In dieſem Fall iſt es von Vortheil, der Scheibe MM eine verticale Stellung zu geben und ſie in die Höhe der Mitte der Flamme zu bringen. Dann iſt das zurückgeworſene Bündel horizontal und man kann die Platte von Isländiſchem Spath auf ſeinem Wege anbringen, indem man ſie auf einem Träger in die nämliche Höhe ſtellt. Da ſich ſolchergeſtalt die Ebene der urſprünglichen Polariſation horizontal findet, ſo muß die Einfallsebene auf der Platte VV vertical und die Neigung dieſer Platte ſo beſchaffen ſeyn, daß der Lichtkegel beim Auffallen auf ihre Oberfläche keine merkliche Zurückwerfung erfährt.

Unterſucht man zuvörderſt die Farben der Ringe, zumal wenn ſie vom Licht der Wolken gebildet werden, welches vollkommen weiß iſt, ſo findet man in der Mitte einen ſchwarzen Fleck, geſäumt mit einem dunkeln Blau, welches bald in ein Bläulichweiß, dann in vollkommenes Weiß, darauf in Blaßgelb, in Orange und in Braunroth übergeht, gerade wie in dem erſten der Newtonſchen zurückgeworfenen Ringe. Die Farben der andern Ringe folgen ſich ebenfalls in der nämlichen Ordnung, ſo weit ſie die Wahrnehmung erreichen kann. Das ſchwarze Kreuz, deſſen auf einander rechtwinklige Arme ſich ganz quer durchziehen, hat an ihren Nuancen keinen Theil, und dieſelben verlieren ſich darin nach einander mit einer raſchen Abnahme der Intenſität.

Die Größe dieſer Ringe ſcheint ſich mit dem Abſtand des Auges von der Kryſtallplatte zu ändern, zuzunehmen mit ſeiner Entfernung, abzunehmen mit ſeiner Näherung. Bewegt man aber das Auge parallel mit der Platte hin, ſo bleiben ſich, wenn dieſelbe ein gleichförmiges kryſtalliniſches Gefüge hat, die Ringe gleich und von gleicher Größe, durch welchen Punct derſelben auch die Stralen durchgegangen ſeyn mögen.

Man kann in meinem größern Werke erörtert finden, wie ſich alle dieſe Reſultate als nothwendige Folgerungen aus der Theorie der beweglichen Polariſation ergeben; man vermag ſelbſt von ihr ausgehend die Durchmeſſer der Ringe in Millimetern für jede Platte von einer gegebenen Dicke zu berechnen, und die Maße, welche die Erfahrung an die Hand giebt, zeigen ſich immer aufs Schärfſte damit in Uebereinſtimmung.

Erſcheinungen dieſer Art zeigen ſich in allen einaxigen Kryſtallen und laſſen ſich eben ſo allen ihren beſondern Umſtänden nach berechnen. Blos der Apophyllit ſcheint hier eine Ausnahme zu machen. In dieſem Mineral bieten die Ringe, welche die Polariſation um die Axen der doppelten Brechung hervorruft, nicht die Farben der gewöhnlichen Farbenringe dar, ſondern ſind abwechſelnd weiß und dunkelviolet, beinahe ſchwarz. Man muß ſich aber erinnern, daß nach Herſchels Beobachtungen die Abſtufungen der Dicke, in welchen die Abwechslungen der Polariſation im Apophyllit vor ſich gehen, nicht, wie im Isländiſchen Spath und den meiſten andern einaxigen Kryſtallen, den Längen der Anwandlungen der verſchiedenen einfachen Stralen proportional ſind; ſie verhalten ſich vielmehr für alle Stralen faſt gleich unter einander. Dieſer Umſtand muß mithin zur Folge haben, daß die verſchiedenen einfachen Stralen zu den (zuſammengeſetzten) Ringen jeder Ordnung homogene Ringe von faſt gleichem Durchmeſſer geben, die, indem ſie faſt gänzlich übereinanderfallen, durch ihre Vereinigung faſt weiße, blos an ihren Rändern gefärbte, Ringe zuſammenſetzen, welche durch faſt ſchwarze Zwiſchenräume von einander geſchieden ſind. In der That iſt dies ganz ſo, wie es uns die Beobachtung lehrt

Beabſichtigt man nicht die Durchmeſſer der Ringe zu meſſen, ſondern blos ſie zu ſehen und ihre Nuancen zu betrachten, ſo erreicht man ſeinen Zweck ſehr gut, indem man die Platte, worin ſie ſich bilden, zwiſchen zwei etwas bräunliche Turmalinplättchen bringt, die parallel mit der Kryſtallaxe zugeſchnitten und hinreichend dick ſind, um jede die durch ſie hindurchgehenden Lichtbündel vollſtändig zu polariſiren. Wie wir früher ſahen, erfolgt dieſe Polariſation ſenkrecht auf die Axe der Turmaline; ſo daß, wenn man die beiden Platten mit ihren Axen rechtwinklig kreuzt, ein völlig undurchſichtiges Syſtem entſteht, indem die, durch die erſte Platte hindurchgegangenen, Stralen ſich ſo polariſirt finden, daß ihnen der Durchgang durch die zweite verwehrt iſt. Ihr Durchgang aber wird möglich, wenigſtens partiell, wenn ſie vor dem Anlangen an die zweite Turmalinplatte durch eine, mit doppelter Brechung begabte, Kryſtallplatte hindurchgegangen ſind; denn da ein Theil des Strals beim Hindurchgehn durch dieſelbe eine neue Polariſation annimmt, ſo vermag vermöge dieſer veränderten Richtung in Bezug zum zweiten Turmalin nun eine gewiſſe Anzahl ſeiner Molecule hindurchzugehen. Man bringe alſo die Kryſtallplatte, in welcher man die Ringe beobachten will, zwiſchen die Turmalinplatten, gebe dem Auge ſeine Stellung unmittelbar hinter der zweiten Turmalinplatte, und betrachte durch dies Syſtem das weiße Licht der Wolken. Man wird die, um die Axe der Platte concentriſch angeordneten, Ringe eben ſo erblicken, als wenn das durchgegangne Licht durch Zurückwerfung von einem Spiegelglaſe analyſirt worden wäre, und ihre Erſcheinung wird mithin ganz mit der oben beſchriebenen übereinſtimmen.

Um dem durchgehenden Licht mehr Lebhaftigkeit zu geben, bringt Herſchel vor die erſte Turmalinplatte eine biconvexe Linſe von kurzer Brennweite, mittelſt deren er einen Sonnenſtral auf die Kryſtallplatte concentrirt. Dieſe Linſe iſt in ein Rohr befeſtigt, welches eine gehörige Abänderung ihres Abſtands verſtattet, und die Turmalinplatten ſelbſt haben Ringe zu Trägern, um im Kreiſe herumgedreht und ſo genau in die Lage der Axenkreuzung gebracht werden zu können, in welcher ihr Syſtem dem polariſirten Lichte den Durchgang verwehrt. Der ganze, in Fig. 17, Taf. XIX vorgeſtellte, Apparat wird ſo ein wahres Sonnenmikroſkop, in welchem die Kryſtallplatte die Stelle des Objects vertritt. Bringt man ihn im Laden eines dunkeln Zimmers an, und läßt in die Linſe einen, von einem Helioſtat zurückgeworfenen, Stral einfallen, ſo wird man die Ringe auf einem, in die Entfernung geſtellten, weißen Papiere oder mattgeſchliffenen Glaſe, auffangen können, gerade ſo, wie man die Bilder der, durch das Sonnenmikroſkop vergrößerten, Gegenſtände auffängt; und will man anſtatt deſſen die Ringe direct betrachten, ſo wird man ſeiner Abſicht dadurch entſprechen, daß man das Auge gegen die zweite Turmalinplatte hält; nur wird man dann zwiſchen die erſte Turmalinplatte und die Linſe ein mattgeſchliffenes Glas zu bringen haben, um das Licht zu ſchwächen, welches das Auge direct nicht würde zu ertragen vermögen.

Aus der Anwendung der vorſtehenden Betrachtungen auf die zweiarigen Kryſtalle ergiebt ſich leicht, daß die bewegliche Polariſation darin Ringe nach zwei verſchiedenen Richtungen, denen der Axen ſelbſt nämlich, zum Vorſchein bringen muß; und die Farben U, welche jeden Ring bilden, laſſen ſich auch noch nach den nämlichen Grundſätzen berechnen; indem ihr allgemeiner Ausdruck gleicherweiſe in der Formel $\frac{e \sin U \sin U'}{\cos \Theta'}$ liegt, in welcher e die Dicke der beobachteten Platte, ausgedrückt in Theilen der Newtonſchen Tabelle für den Fall, wo ſie der Ebene der Axen parallel wäre, wie S. 184 erörtert, darſtellt. Wenn die Platte ſenkrecht auf eine ihrer Axen geſchnitten iſt, und man auch ſenkrecht den Kegel von Lichtſtralen hindurchgehen läßt, an deſſen Spitze ſich das Auge befindet, ſo müſſen den Ergebniſſen der Berechnung zufolge die Ringe kreisförmig ſeyn, wie in den einarigen Kryſtallen, wenigſtens wenn der Winkel, den beide Axen mit einander bilden, ſehr groß im Verhältniß zu den Winkeln iſt, die ſie unterſpannen; und dies iſt in der That mit der Beobachtung in Uebereinſtimmung. Die Zahlwerthe aber der, von den einfachen Stralen gebildeten, Farben U, anſtatt den Quadraten der Durchmeſſer der Ringe, welchen ſie angehören, proportional zu ſeyn, wie dies in den Platten aus einarigen Kryſtallen der Fall war, finden ſich hier blos dieſen Durchmeſſern ſelbſt proportional; woraus folgt, daß die zuſammengeſetzten Farben, welche aus ihrem partiellen Uebereinanderfallen hervorgehen, nicht mehr mit denen der gewöhnlichen Farbenringe übereinkommen können, ſelbſt nicht in den Kryſtallen, wo die Axen der doppelten Brechung für die verſchiedenen einfachen Stralen ungetrennt ſind; und auch dies beſtätigt die Beobachtung.

Obwohl in allen Kryſtallen die, durch die Polariſation hervorzurufenden, Ringe nothwendig um die Axen der doppelten Brechung entſtehen, ſo erfordert die Beobachtung derſelben doch nicht, daß die Platten, deren man ſich bedient, ſenkrecht auf eine dieſer Axen zugeſchnitten ſeyen; wofern man nur den polariſirten Stralen immer eine ſolche Richtung ertheilt, daß ſie um eine der Axen ſehr kleine Winkel bilden. Man gelangt hiezu, indem man die Neigung der Platten gegen dieſe Stralen entweder in der Luft oder in Flüſſigkeiten ſo lange abändert, bis die angegebene Bedingung erfüllt iſt. In Folge der ungleichen Brechungen, welche die Stralen in den verſchiedenen Theilen eines und des nämlichen Ringes vermöge der Verſchiedenheit der Einfallswinkel erfahren, wird dann die Kreisform der

Ringe geſtört. Stellt man z. B. die Beobachtung an natürlichen Blättern von Topas oder Sibiriſchem Glimmer an, deren Oberflächen gleich gegen beide Axen geneigt ſind, ſo erſcheinen die Ringe unter der Geſtalt von Ellipſen, deren große Axe in der Ebene gelegen iſt, welche die beiden Axen des Kryſtalls enthält, Fig. 18; und zwar zeigen ſie ſich auf die nämliche Art bei gleichen Einfallswinkeln, mag man die Stralen gegen die eine oder gegen die andre Axe der doppelten Brechung neigen, welches daher rührt, daß die Oberflächen der Blätter ſenkrecht auf die, den Winkel dieſer Axen mitten durch theilende, Zwiſchenlinie ſind. In gewiſſen Glimmerarten, wo die Axen ſehr wenig gegen einander geneigt ſind, kann man ſo die beiden Syſteme von Ringen unter ſenkrechtem Einfallen zugleich erblicken; daſſelbe iſt auch der Fall beim Salpeter und beim Arragonit, wenn man Platten ebenfalls ſenkrecht auf die Zwiſchenlinie daraus ſchneidet. In dieſem Fall haben die Curven von gleicher Farbe die gekräuſelte Geſtalt (forme bouclée), wie ſie in Fig. 19 dargeſtellt iſt; und die Berechnung, angeſtellt nach der allgemeinen Formel $\frac{e \sin U \sin U'}{\cos \Theta'}$ zeigt, daß dieſe Geſtalt mit der einer, in der Geometrie berühmten, Curve, welche den Namen Lemniſcate führt, übereinkommt. Genaue Meſſungen haben Herſcheln überzeugt, daß dem wirklich ſo iſt.

Ueberhaupt unterſcheiden ſich die Ringe, welche die Polariſation in den zweiaxigen Kryſtallen zum Vorſchein bringt, von denen, welche die einaxigen Kryſtalle darbieten, durch ein hervorſtechendes und leicht erkennbares Merkmal; nämlich durch den, jeder Axe zugehörigen, Pol geht bei jenen nur eine einzige ſchwarze, gerade oder krumme Linie, anſtatt daß bei dieſen durch den einzigen Pol ein ſchwarzes Kreuz mit vier auf einander rechtwinkligen Armen geht. Beobachtet man die Lage dieſer ſchwarzen Linie in einer Platte, welche ſenkrecht auf eine der Axen iſt, und bilden dieſe nur einen ſehr kleinen Winkel mit einander, ſo zeigt ſie ſich nicht merklich von der geradlinigen abweichend.

Ihre Richtung fällt erſt mit der Ebene der Axen zuſammen, wenn dieſe mit der Richtung der urſprünglichen Polariſation zuſammenfällt; ſie dreht ſich aber, ſo wie man die Platte in ihrer eigenen Ebene herumdreht, und zwar genau um gleichviel und nach entgegengeſetzter Richtung, ſo daß, wenn nach einer Drehung um 90° die Ebene der Axen ſenkrecht auf die Richtung der urſprünglichen Polariſation geworden iſt, die ſchwarze Linie wieder in dieſe Ebene zurückgekehrt iſt. Iſt die beobachtete Platte gleich ſchief gegen die beiden Axen, und man neigt ſie wechſelsweis nach der einen oder nach der andern hin, ſo daß die beiden Syſteme von Ringen abwechſelnd zum Vorſchein kommen, ſo findet man, daß die einzige ſchwarze Linie gleicherweiſe in jedem derſelben vorhanden iſt, mit der nämlichen Lage und den nämlichen Bewegungen, die wir ihr ſo eben beilegten, wenigſtens wenn die beiden Axen einander nicht ſehr genähert ſind. Denn findet eine ſolche Näherung Statt, ſo daß man die beiden Syſteme von Ringen bei ſenkrechtem Einfallen in einer, auf die Zwiſchenlinie ſenkrechten, Platte zugleich zu erblicken vermag, wie dies der Fall z. B. beim Salpeter iſt, ſo krümmt ſich jetzt jede der beiden ſchwarzen Linien, welche einem und dem nämlichen Syſtem von Ringen angehört, und nimmt die Geſtalt eines Hyperbelarms an, deſſen große Axe immer durch die Mitte der Ringe geht.

Um dieſe Veränderungen leicht zu verfolgen und ihren Gang durch Meſſungen beſtimmen zu können, bediene ich mich eines Apparats, ähnlich dem Herſchelſchen, welcher Fig. 19 bis vorgeſtellt iſt. T, T′ ſind zwei Turmalinplatten, jede in einem Rohr AA, CC befeſtigt, welche Röhre ſich in einander herumdrehen laſſen, ſo daß man eine genaue Kreuzung der Platten bewerkſtelligen kann. Zwiſchen dieſen beiden Platten, in BL, iſt inwendig eine Blendung, auf welche man die Kryſtallplatte applicirt, in der die Ringe beobachtet werden ſollen; und das Rohr A iſt an dieſer Stelle in einem Theile ſeines Umkreiſes, welcher 90° beträgt, durchbrochen, ſo daß ſich die Blendung und die Kryſtallplatte mittelſt des nach Außen reichenden Knopfs B um dieſe ganze Größe in ihrer eignen Ebene herumdrehen laſſen. In V iſt ein ebenes mattgeſchliffenes Glas befindlich. Will man ſich dieſes Apparats bedienen; ſo befeſtigt man erſt die beiden Turmalinplatten in irgend einer Lage darin; ohne die Kryſtallplatte zwiſchen ſie zu bringen; darauf bringt man das Auge nach T, richtet die Röhren gegen das Licht der Wolken, welches vom mattgeſchliffenen Glaſe V gleich vertheilt wird, und dreht das Rohr C, bis die vollkommen rechtwinklige Kreuzung der Axen der beiden Turmaline dies Licht zum Verſchwinden bringt. Darauf markirt man dieſe reſpective Lage der Röhren durch ein Merkzeichen auf ihrem Umkreiſe, bringt die Kryſtallplatte hinein, und befeſtigt ſie auf ihrer Blendung. Dann hat man nur noch die Röhren in ihre vorige Lage zurückzubringen, und den Knopf B zu drehen, um alle Veränderungen der Ringe und der hindurchgehenden ſchwarzen Linien für jede Richtung, die man den Axen der Kryſtallplatte ſucceſſiv giebt, zu beobachten.

In allen Fällen bezeichnen dieſe ſchwarzen Linien, ſo wie die Arme des ſchwarzen Kreuzes, welches man in den einaxigen Kryſtallen bemerkt, in der Kryſtallplatte den Ort aller Puncte, die eine ſolche Lage zum Auge haben, daß die hindurchgehenden Stralen ihre urſprüngliche Polariſation nicht verlieren, oder vielmehr ſie beim Austritt aus der Platte wieder annehmen, nachdem ſie eine gerade Anzahl von Oſcillationen darin vollbracht haben. Ihr Daſeyn und ihre Geſtalt hängen ſomit vom Geſetze der beweglichen Polariſation ab, welche der Kryſtall äußert, und müſſen ſich als Folgerungen daraus herleiten laſſen. In der That iſt dies der Fall, und die beſondern Geſtaltungsverhältniſſe ſo wie ſelbſt die Bewegung der ſchwarzen Linien, welche immer der des Hauptſchnitts der Platte gleich und entgegengeſetzt iſt, laſſen ſich auf ſolche Art nach dem, S. 114 und 115 erörterten, allgemeinen Geſetze der innern Polariſation berechnen. Dies war ſogar der Weg, auf welchem ich mich vollkommen von der Statthaftigkeit dieſes Geſetzes zu überzeugen vermochte, auf welches überdieß die Analogie ſo ſtark deutet, wenn man den einfachen Ausdruck des Unterſchieds der Quadrate der Geſchwindigkeiten kennt. Die Nachweiſung dieſer Beziehungen aber erfodert zu verwickelte Betrachtungen, um hier ihre Auseinanderſetzung verſuchen zu können. Ich begnüge mich, das Vorhandenſeyn eines ſchwarzen Kreuzes mit vier Armen oder das zweier unterſchiedenen durch die Pole gehenden Linien, als ein ſich allgemein eignendes Merkmal anzugeben, um zu unterſcheiden, ob ein Kryſtall nur eine einzige Axe oder zwei unterſchiedene Axen beſitzt, wenn man durch Zufall oder glückliche Verſuche Platten daraus erhalten hat, in welchen ſich das Syſtem der Ringe beobachten läßt.

In den Kryſtallen, wo die, den verſchiedenen einfachen Stralen angehörigen, Axen nicht merklich getrennt ſind, bringt eine, auf eine der Axen ſenkrecht geſchnittene, Platte, wie ſchon erwähnt, concentriſche kreisförmige Ringe hervor, deren Farbenabſtufungen nach allen Richtungen um die gemeinſchaftliche Axe gleich erſcheinen; haben aber die, den verſchiedenen einfachen Farben angehörigen, Axen nicht den nämlichen Pol, ſo kann die nämliche Platte nicht ſenkrecht auf alle zugleich ſeyn, und da jeder einfache Stral ſeine Ringe für ſich um den, ihm zugehörigen Pol bildet, ſo muß ihr excentriſches Uebereinanderfallen bei der Bildung der zuſammengeſetzten Ringe die Erſcheinung modificiren. In der That zeigt ſich dies ſo in mehr oder minder hervorſtechendem Grade in allen zweiaxigen Kryſtallen. Unmittelbar läßt ſich dieſer Umſtand in der Beobachtung nachweiſen, wenn man ſucceſſiv durch die nämliche Platte die Ringe betrachtet, wie ſie von einfachen Stralen verſchiedener Beſchaffenheit gebildet werden; indem ſie ſich hiebei der Lage wie der Größe nach ändern. Eben ſo leicht aber fällt die Wahrnehmung an den zuſammengeſetzten Ringen ſelbſt, durch die Art wie ſich ihre Farben abſtufen. Vorzüglich deutlich zeigt ſich die Wirkung am erſten Ringe, dem kleinſten von allen, der, durch die mitten durchgehende ſchwarze Linie in zwei

Hälften geſchieden, eben wegen ſeiner Kleinheit nur das Syſtem zweier an einanderliegenden farbigen Flecken darzuſtellen ſcheint, wie man in AB, Fig. 20 ſieht. Beobachtet man nun dieſe beiden Flecken in einer, auf eine ihrer beiden Axen ſenkrechten Platte, ſo erſcheinen ſie nach der Richtung der ſchwarzen Linie MM′ immer etwas verlängert und ſind ungleichmäßig gefärbt. Das Roth insbeſondre herrſcht an einem ihrer Enden vor, entweder bei M oder bei M′. In den Kryſtallen, wo die den rothen Stralen angehörigen Axen am wenigſten auseinanderweichen, wie im Zucker und dem Arragonit, nähert ſich das Roth des Flecken AB der gegen die Platte ſchiefen Axe; dagegen entfernt es ſich von dieſer Axe in den Kryſtallen, wo die Axen der rothen Stralen am weitſten aus einander ſtehen. Dies hat z. B. in den Topaſen Statt und im höchſten Grade im dreifachen Salze aus Weinſteinſäure, Kali und Natrum. Die große Zerſtreuung der Axen in dieſem Mineral bewirkt eine Verlängerung des Ringes AB in ein Oval, deſſen eines Ende den Anſtrich von Roth, das andre von Violet und Grün hat. Dieſe Erſcheinung läßt ſich auch zum Augenſchein bringen, und vielleicht ſelbſt mit noch größerer Deutlichkeit, wenn man Platten anwendet, welche ſenkrecht auf die Linie zugeſchnitten ſind, die durch die Winkel aller Axenpaare mitten durchgeht. Denn bringt man eine ſolche Platte zwiſchen zwei gekreuzte Turmaline, ſo daß die Ebene der Axen der, vom erſten Turmalin eingepflanzten, Polariſationsrichtung parallel wird, und neigt die Platte in dieſer Richtung entweder nach der einen oder nach der andern Seite der Normale, bis die Ringe zum Vorſchein kommen, ſo wird man nicht allein den Mangel an gleichförmiger Färbung im Mittelringe beobachten, ſondern auch ſehen, daß dasjenige ſeiner Enden, wo das Roth vorherrſcht, zu beiden Seiten auf die nämliche Weiſe, entweder inwendig, oder auswendig, gelegen iſt. Dies war die Art, wie Herſchel die Erſcheinung entdeckte; und indem er eben die Maße ſowohl der zuſammengeſetzten als der einfachen Ringe nahm, gelangte er dazu, die Anordnung der Axen ſo wie die Ungleichheit ihrer Neigung auszumitteln.

Abgeſehen von dieſer Wirkung hat Herſchel gefunden, daß die Geſtaltung der Ringe faſt immer zufällige Unregelmäßigkeiten darbietet, welche auf entſprechende Unregelmäßigkeiten im Gefüge ſchließen laſſen. Sehr merkbar erſchienen ſie ihm beſonders mittelſt des, auf Seite 196 beſchriebenen, Turmalin-Apparates. Ich hatte meinerſeits die nämliche Bemerkung bei bloßer Unterſuchung der Ringe mittelſt des unbewaffneten Auges gemacht. Der Isländiſche Spath zeigt ſich unter allen Kryſtallen faſt allein hinlänglich rein und unabhängig von fremdartigen Umſtänden, um die Ringe mit aller Regelmäßigkeit erſcheinen zu laſſen. Es giebt ſelbſt Kryſtalle, wie z. B. die Berylle, die, obwohl ſie nur eine einzige Axe beſitzen können, wenigſtens nach der Geſtalt zu urtheilen, welche ihnen die Kryſtallographie beilegt, doch niemals, oder faſt niemals, eine ordentliche Bildung des ſchwarzen Kreuzes in den auf die Axe ſenkrechten, Platten zeigen; ſondern ſchwarze hyperboliſche Arme von verſchiedenen Richtungen darbieten, wie ſie durch Axen hervorgebracht werden würden, welche nicht gänzlich zuſammenfielen, und in den verſchiedenen Theilen einer und derſelben Platte ihre Lage gegen einander auf zufällige Weiſe änderten. Auch muß in der That bei dieſem Zuſtande ausnehmender Schwäche, in welchem ſich immer die doppelte Brechung bei Beobachtung der Ringe befindet, weil dieſe ſtets ganz nahe an den Axen geſchieht, die kleinſte Unregelmäßigkeit im Gefüge des Kryſtalles oder in ſeiner chemiſchen Zuſammenſetzung, oder in den fremden Kräften, die unabhängig von der Kryſtalliſation auf ihn einwirken, hinreichen, ſehr beträchtliche Veränderungen, theils in der Stärke der brechenden Kräfte, theils in der Polariſationsrichtung ſelbſt hervorzubringen, die mithin enorme Unregelmäßigkeiten in der Geſtaltung der Ringe zur Folge haben müſſen. Die Molecule des Bergkryſtalles z. B. beſitzen, wie man ſogleich ſehen wird, ein ihnen eigenthümliches Vermögen, vermittelſt deſſen ſie das Streben äußern, den Lichtmoleculen eine beſondere Polariſation zu ertheilen. Wollte man dieſe Erſcheinung Kräften der nämlichen Art beimeſſen, als die ſind, welche die doppelte Brechung hervorrufen, ſo müßte man ſie für tauſend- oder zwölfhundertmal ſchwächer annehmen, als die vom Bergkryſtalle geäußerte Hauptkraft. Deſſen ungeachtet reicht dieſe ſo ſchwache Urſache hin, durch die Veränderung der Polariſation, die ſie den durchgehenden Lichttheilchen einpflanzt, zu verhindern, daß das ſchwarze Kreuz in der Mitte der Ringe, ſelbſt in den dünnſten, ſenkrecht auf die Axe zugeſchnittenen, Platten zum Vorſchein kommt, und in hinreichend dicken Ringen hindert ſie gar die Bildung der Ringe überhaupt. Es erhellt aus dieſen Betrachtungen, daß die Erſcheinung der Ringe, obwohl an ſich ſehr merkwürdig und von großem Nutzen, um über die Geſammtheit der polariſirenden Wirkungen, welche jeder Kryſtall äußert, zu deutlichen Vorſtellungen zu führen, doch weder hinlänglich regelmäßig noch ſtandhaft in ihrem Vorkommen iſt, um mit Sicherheit zur Feſtſtellung des Geſetzes der doppelten Brechung dienen zu können, obwohl ſie ſich durch die Allgemeinheit der aus ihr zu ziehenden Folgerungen zu einer Bewährung dieſes Geſetzes eignet, wenn es einmal bekannt und gründlich dargethan iſt, wie durch directe Meſſung der Ablenkungen und des Auseinanderweichens der Stralen mittelſt der Methode der Coincidenzen geſchehen kann.

Der Dr. Brewſter iſt der erſte, der eine allgemeine und mit der Erfahrung zutreffende Methode angegeben hat, um die ſonderbaren Geſtaltungsverhältniſſe der, durch die Polariſation in den zweiarigen Kryſtallen zum Vorſchein kommenden, Ringe darzuſtellen; wozu er dadurch gelangte, daß er zu ihrer Beſtimmung das empiriſche Verfahren anwandte, welches er zur Berechnung der Farben U aufgefunden hatte. Nach ihm fand Herſchel, durch ſorgfältige Meſſung der Geſtalten der Ringe, das Geſetz der Sinus darin wieder, das ich ihm mitgetheilt hatte. Umgekehrt, wenn man von dieſem Geſetze, und den zuvor für die Berechnung der Farben in den einarigen Kryſtallen gegebenen, ausgeht, ſo findet man darin die Geſtalt der Ringe in allen Fällen und allen ihren beſonderen Umſtänden nach wieder. So daß ſonach alle dieſe, dem Anſcheine nach ſo verſchiedenartigen und manchmal ſo ſonderbaren, Erſcheinungen unter einander auf dem Erfahrungswege verknüpft und ſämmtlich unter dem nämlichen Geſetze begriffen daſtehen.

Von der Polariſation durch Drehung, welche gewiſſe feſte, tropfbarflüſſige und gasförmige Körper hervorrufen.

Wenn eine, ſenkrecht auf die Axe der doppelten Brechung zugeſchnittene, Platte von Bergkryſtall zwiſchen zwei rechtwinklig gekreuzte Turmalinplatten gebracht wird, ſo geht durch die Ringe, welche die Polariſation um ihre Axe zum Vorſchein bringt, kein vollſtändiges vierarmiges ſchwarzes Kreuz hindurch wie dies bei den anderen einarigen Kryſtallen der Fall iſt; ſondern die Mitte des Kreuzes fehlt, der mittlere Theil der Arme iſt gleichfalls in einer, je nach der Dicke der Platte, mehr oder weniger beträchtlichen, Länge verſchwunden, und der ganze Raum, durch den ſich die fehlenden Theile erſtreckten, wird von einem runden Flecke von gleichförmiger Farbe eingenommen, welche ſich ebenfalls mit der Dicke ändert, Fig. 21. Dies lehrt uns alſo, daß im Bergkryſtalle Urſachen der Polariſation vorhanden ſind, welche auf die in der Richtung der Axe durchgehenden Stralen wirken, und ſich durch dies Merkmal, ſo wie durch ihre Beſchränkung ſelbſt, weſentlich von den allgemeinen Polariſationskräften unterſcheiden, die von der doppelten Brechung abhängen.

Um dieſe neuen Erſcheinungen näher zu unterſuchen, hat man die Platten von Bergkryſtall auf einen der Ringe unſeres allgemeinen Polariſationsapparates zu bringen, ſie unter ſenkrechte Incidenz zu ſtellen, damit der polariſirte Stral nach der Richtung ihrer Axe hindurchgehe, und die Beſchaffenheit, ſo wie die Art der Aufeinanderfolge und Polariſation der Bilder zu beobachten, welche ſie in dem, zur Analyſirung des durchgegangenen Lichtes dienenden, rhomboidalen Prisma hervorbringen. Man findet hiebei, daß dieſe Bilder ganz andere Geſetze befolgen, als diejenigen, welche durch die, von der doppelten Brechung abhängigen, Haupt-Polariſirungskräfte hervorgebracht werden. Denn zuvörderſt erfahren ſie keine Veränderung der Intenſität oder Farbe, wenn man die Platte von Bergkryſtall in ihrer eigenen Ebene herumdreht, während das rhomboidale Prisma in ſeiner Lage bleibt; auch ſtimmen ihre Farben nicht mit denen der Newton'ſchen Ringe überein; endlich, wenn man das rhomboidale Prisma von Rechts nach Links, oder von Links nach Rechts dreht, ſo ändern ſie ſich in der nämlichen Platte nach einer Progreſſion, welche in offenbarem Bezuge zu dem Grade der Brechbarkeit ſteht, den die Stralen, aus welchen jede Farbe beſteht, beſitzen. Dieſe Veränderungen erfolgen nach der nämlichen Richtung für alle Platten, die ſich aus einem und dem nämlichen regelmäßig gebildeten Kryſtalle der angegebenen Subſtanz ſchneiden laſſen; aber was ſehr bemerkenswerth iſt, nicht nach der nämlichen Richtung für alle ſolche Kryſtalle. Die einen geben bei der Drehung des Prismas von Rechts nach Links die nämliche Aufeinanderfolge von Farben, welche bei anderen durch die Drehung von Links nach Rechts hervorgebracht wird; und legt man zwei ſolche Platten übereinander, welche bei entgegengeſetzten Drehungen die nämlichen Farben geben, wozu im Allgemeinen eine gleiche Dicke derſelben erforderlich iſt, ſo findet man den durch dies Syſtem hindurchgegangenen Stral ganz zu ſeiner urſprünglichen Polariſation zurückgekehrt, als wenn die entgegengeſetzten Wirkungen der beiden Platten ſich wechſelſeitig ausgeglichen hätten.

Um dieſe Beobachtungen weiter auszuführen, muß man durch die Platten einfache Stralen von verſchiedener Beſchaffenheit hindurchgehen laſſen, und die Erſcheinungen der Polariſation, die ſie erfahren, für jede Art beſonders beobachten. Dies habe ich zuerſt hinſichtlich der rothen Stralen gethan, mittelſt Anwendung des nämlichen Mittels, deſſen ich mich bediente, um die, durch die bewegliche Polariſation bewirkten Verrückungen der Polariſationsaxen direct zu beobachten, Seite 113, d. h. indem ich die durchgegangenen Bilder durch ein rothes Glas betrachtete, welches nur die Stralen von dieſer Farbe hindurchließ. Ich fand ſo, daß alle, aus einem und dem nämlichen Kryſtalle geſchnittenen, Platten den Stral nach einer und der nämlichen Richtung aus ſeiner urſprünglichen Polariſation ablenkten, und zwar um einen, ihrer Dicke genau proportionalen, Winkel; ſo daß er ſich nach ſeinem Durchgange noch vollſtändig nach dieſer neuen Richkung polariſirt fand. Ich maß die Größe dieſer Ablenkung in einer und der nämlichen Platte für verſchiedene einfache, durch die Zerſetzung des Sonnenlichtes erhaltene, Stralen; und fand ſie zunehmend mit ihrer Brechbarkeit, und den Längen ihrer Anwandlungen umgekehrt proportional: wonach ſich für eine Dicke von einem Millimeter folgende Werthe ergeben:

Drehungsbogen (der Polariſationsaxe) der verſchiedenen einfachen Stralen (beim Durchgange) durch eine, ſenkrecht auf die Axe zugeſchnittene, Platte Bergkryſtall von einem Millimeter Dicke.

Benennung des einfachen Strals.	Drehungsbogen in Sexageſimalgraden.
Aeußerſtes Roth	17°, 4964
Gränze des Roth und des Orange	20 , 4798
— des Orange und Gelb	22 , 3138
— des Gelb und Grün	25 , 6752
— des Grün und Blau	30 , 0460
— des Blau und Indigo	34 , 5717
— des Indigo und Violet	37 , 6828
— des äußerſten Violet	44 , 0827

Nach dieſen Werthen und dem angegebenen Geſetze der Proportionalität läßt ſich der Drehungsbogen jedes einfachen Strals für eine Platte von beliebiger Dicke berechnen. Gehen nun alle Stralen zugleich durch die Platte in dem Verhältniſſe der Intenſität, in welchem ſie das weiße Licht zuſammenſetzen, hindurch, ſo wird jeder derſelben ſeine Polariſationsrichtung um die Winkelgröße ändern, welche ſeine Beſchaffenheit mit ſich bringt. Läßt man ſie alſo dann gleichzeitig durch ein achromatiſirtes rhomboidales Prisma brechen, ſo wird dieſes jeden derſelben in zwei Bündel, ein gewöhnliches und ein ungewöhnliches, ſpalten, deren Intenſitäten reſpectiv proportional ſind dem Quadrat des Coſinus und dem Quadrat des Sinus des Winkels, den der Hauptſchnitt des Prismas gerade mit der neuen, vom Strale erlangten, Polariſationsrichtung bildet. Die Summe aller partiellen, einer und der nämlichen Brechung angehörigen, Bündel wird das, gewöhnliche oder ungewöhnliche, Bild darſtellen, welches die Platte in der angegebenen Lage des Prismas geben muß. Die Färbung dieſer Bilder wird ſich ſomit nach dem, auf S. 400 Th. III. erörterten, Geſetze der Zuſammenſetzung der Farben berechnen, und mit der beobachteten vergleichen laſſen. Dies habe ich hinſichtlich einer ſehr großen Menge Platten gethan, deren Farben in verſchiedenen Azimuts ich ſelbſt lange zuvor beobachtet und zur öffentlichen Kenntniß gebracht hatte, ehe ich mit dieſer Analyſe der Erſcheinung im Reinen war; und die Angaben der Berechnung haben bis in die geringfügigſten Umſtände ſich mit den beobachteten Farben in Uebereinſtimmung gezeigt.

Dieſe Geſetze gelten gleichermaßen für die beiden entgegengeſetzten Richtungen der Drehung, welche die Kryſtalle zuwege bringen. Die Verhältniſſe der Ablenkungen der verſchiedenen einfachen Stralen, ſo wie ihre abſoluten Werthe ſind ſich dabei gleich, bei gleicher Dicke der Platten; der Unterſchied betrifft blos die Richtung, nach welcher man die Drehung vor ſich gehend anzunehmen hat. Wenn ein und der nämliche einfache Stral auf ſolche Art ſucceſſiv durch zwei Platten, welche entgegengeſetzte Drehungen hervorbringen, hindurchgeht, ſo iſt die definitive Ablenkung ſeiner Polariſation der Unterſchied dieſer beiden Wirkungen; verhält ſich mithin eben ſo, als wenn der Stral durch eine einzige Platte hindurchgegangen wäre, von einer Dicke gleich dem Unterſchiede der beiden vereinigten Platten; und da dies gleichermaßen für alle Arten einfacher Stralen gilt, ſo gilt es auch für ihre Geſammtheit; d. h. wenn ein weißer polariſirter Stral durch das Syſtem zweier Platten, welche entgegengeſetzte Drehungen zu Wege bringen, hindurchgeht, ſo giebt er genau die nämlichen Farben, als wenn er durch eine einzige Platte von der Dicke ihres Unterſchiedes hindurchgegangen wäre. Woraus erhellt, daß, wenn die ſo verbundenen Platten von gleicher Dicke ſind, eine vollkommene Compenſation der Drehungen Statt haben, und das Bündel ſich nach dem Durchgange vollkommen zur urſprünglichen Polariſation zurückgeführt finden wird.

Das Vorhandenſeyn ſolcher, nach der Richtung der Axe wirkenden, Drehungskräfte, wo die von der doppelten Brechung abhängigen Kräfte null ſind, gab zur Genüge zu erkennen, daß ſie nicht auf dem kryſtalliniſchen Zuſtande beruhten. Auch habe ich ſie in Subſtanzen, die nicht allein keine regelmäßige Kryſtalliſation beſaßen, ſondern ſelbſt in vollkommen flüſſigen wiedergefunden, wie dem Terpentinöl und Zitronenöl, den Auflöſungen des Kamphers in Alkohol, dem Zuckerſyrup u. ſ. w.; und, was ſehr merkwürdig iſt, die Modificationen, welche den Lichtſtralen durch dieſe Flüſſigkeiten eingepflanzt werden, ſind ganz die nämlichen und ganz den nämlichen Geſetzen unterworfen, als diejenigen, welche der Bergkryſtall hervorbringt. Man kann dieſe Uebereinſtimmung nachweiſen, indem man die zu prüfenden Flüſſigkeiten in Kupferröhren von verſchiedenen Längen bringt, welche inwendig verzinnt, und an ihren beiden Enden durch parallelflächige Glasplatten verſchloſſen ſind; wodurch man wahre flüſſige Platten erhält, denen man verſchiedene Dicken geben kann. Läßt man dann einen polariſirten Stral durch dieſe Platten hindurchgehen, ſo laſſen ſich die nämlichen Verſuche daran wiederholen, als an den Kryſtallplatten, und man erkennt die nämliche Wirkungsart an ihnen. Blos die Dikken, welche die nämlichen Farben geben, ſind in ihrem abſoluten Werthe verſchieden. Z. B. die Ablenkung, welche das Terpentinöl hervorbringt, verhält ſich zu derjenigen, welche man durch den Bergkryſtall bei gleicher Dicke erhält, wie 1 zu 68, 88; und dies Verhältniß iſt für alle einfachen Stralen derſelben Art beſtändig; woraus folgt, daß eine flüſſige Platte Terpentinöl genau dieſelben Wirkungen hervorbringt, welche eine (faſt) 69 mal dünnere Platte von Bergkryſtall geben würde. Die Wirkung des ätheriſchen Zitronenöls iſt nicht ſo ſchwach; indem ſie ſich zu der des Terpentinöls wie 55 zu 35 verhält. Hier ſtimmt die nämliche Flüſſigkeit immer in ihren Wirkungen mit ſich ſelbſt überein, und bewirkt die Drehung ſtets nach der nämlichen Richtung; allein die Entgegenſetzung der Wirkung, welche beim Bergkryſtalle zwiſchen verſchiedenen Kryſtallen Statt findet, findet ſich hier zwiſchen Flüſſigkeiten von verſchiedener Beſchaffenheit wieder. So lenkt das Terpentinöl die Polariſationsebenen von Rechts nach Links in Bezug zu dem Beobachter, deſſen Auge die Stralen empfängt, ab; das ätheriſche Zitronenöl dagegen von Links nach Rechts, und die nämliche Entgegenſetzung findet in einer großen Menge andrer Subſtanzen Statt. Gewiß eine ſehr merkwürdige Erſcheinung, einen Lichtſtral, der urſprünglich mit ſymmetriſchen Eigenſchaften rechts und links von ſeiner Zurückwerfungsebene begabt iſt, dieſe Symmetrie in einer homogenen Flüſſigkeit verlieren zu ſehen, in welche er unter ſenkrechter Incidenz eindringt. Die Veränderung, welche ſolchergeſtalt immer nach einer und der nämlichen Richtung durch eine und dieſelbe Flüſſigkeit, nach verſchiedenen aber durch verſchiedene Flüſſigkeiten bewirkt wird, ſcheint mir auf's Stärkſte für die Materialität des Lichts zu ſprechen. Denn leicht läßt ſich eine ſolche Wirkung als an Lichttheilchen vorgehend denken, die an ihren verſchiedenen Flächen mit verſchiedenen Eigenſchaften begabt ſeyn können; dagegen man ſich nur ſehr ſchwierig ſo verwickelte Modificationen vorſtellen könnte, als derſelbe Erfolg bei den Undulationen erfodern müßte.

Verſuchen wir jetzt, uns von den Geſetzen dieſer Erſcheinungen zur Kenntniß der Kräfte, von denen dieſelben abhängen, zu erheben, ſo treffen wir auf mehrere beſondere Umſtände, die mit ausnehmender Wahrſcheinlichkeit dahin zu deuten ſcheinen, daß ſie auf einem, den Theilchen gewiſſer Korper ſelbſt inhärirenden, Vermögen beruhen. Denn zuvörderſt, wenn man ſie in feſten Körpern beobachtet, ſo kann man ſie nur dann darin wahrnehmen, wenn man die Stralen nach

Richtungen hindurchgehen läßt, für welche die, vom Aggregatzuſtande abhängenden, Kräfte null oder nur ſehr ſchwach ſind. Wir finden ſie auch in Flüſſigkeiten wieder, deren Theilchen frei und unabhängig von einander ſind; und ſie haben ihren Beſtand darin ohne Störung, auch wenn man die Ordnung und Anlagerung der Theilchen durch Bewegung der Flüſſigkeit ändert. Endlich iſt in dieſem letzteren, wie in allen anderen, Fällen die, den Lichtſtralen eingepflanzte, Drehung der Dicke der Subſtanz, mithin der Zahl ihrer Theilchen proportional. Alles dies ſcheint auf's Einleuchtendſte ein Vermögen anzudeuten, welches von den einzelnen Theilchen ſelbſt unmittelbar abhängt. Und wirklich geben alle Verſuche, die man von dieſer Anſicht ausgehend anſtellen kann, auf's Vollkommenſte ihre Beſtätigung. Aendert man beliebig die natürlichen Abſtände der Theilchen des Terpentinöls oder irgend einer anderen Subſtanz, welche mit dem Vermögen, die Drehung hervorzubringen, begabt iſt, wie ſich durch Vermiſchung derſelben mit anderen, von dieſem Vermögen entblößten, Flüſſigkeiten bewerkſtelligen läßt, ſo bleibt die, der Polariſation eingepflanzte, Ablenkung unwandelbar die nämliche für die nämliche Zahl wirkſamer, auf dem Wege des Lichtſtrals vertheilter, Molecule. Auch verlieren die, mit entgegengeſetztem Vermögen begabten, Flüſſigkeiten nichts von ihrer eigenthümlichen Wirkung durch Vermiſchung mit einander; und der Erfolg iſt der nämliche, als wenn ſie (in Maſſe) nach einander auf die hindurchgehenden Stralen wirkten (da, wenn ſie vermiſcht ſind, immer nur die einzelnen Molecule jeder Flüſſigkeit nach einander auf den Lichtſtral wirken). Woraus folgt, daß, wenn man ſie in Verhältniſſen des Volumens miſcht, welche ſich umgekehrt verhalten, wie ihre, für einen und denſelben einfachen Stral gemeſſenen, Drehungskräfte, die Miſchung neutral werden muß, d. h. ſo beſchaffen, daß der hindurchgehende Stral, nachdem er ſucceſſiv die entgegengeſetzten Wirkungen aller Theilchen beider Subſtanzen erfahren hat, ſich vollſtändig zu ſeiner urſprünglichen Polariſation zurückgeführt findet; welches in der That in der vollkommenſten Schärfe Statt hat, wie ich mich überzeugt habe. Dieſem Fortbeſtehen der Wirkung geſchieht ſelbſt durch die kräftigſten chemiſchen Verbindungen kein Eintrag, wie ich ebenfalls beſtätigt gefunden habe, indem ich das Drehungsvermögen des künſtlichen Camphers maß, welches eine Verbindung von Terpentinöl mit Salzſäure in feſtem Zuſtande iſt; denn dies Vermögen zeigte ſich genau ſo, wie es die angewandte Quantität Terpentinöl mit ſich bringen mußte. Und ſelbſt die Verdunſtung, dieſes andere Extrem von Trennung und Unabhängigkeit der Theilchen, raubt ihnen dieſe Eigenheit eben ſo wenig. Denn da ich einen polariſirten Stral durch ein langes Syſtem von Röhren hindurchgehen lich, in welchem ein, auf einer hohen Temperatur erhaltener, Strom von Terpentinöl-Dämpfen circulirte, fand ich, daß dieſe Dämpfe noch ein Drehungsvermögen der nämlichen Beſchaffenheit äußerten, als da ſie in tropfbar flüſſigem Zuſtande waren. Ich habe dieſe Verſuche, ſo wie die ganze vorſtehende Theorie, in den Memoiren des Inſtituts für 1817 zur öffentlichen Kenntniß gebracht.

Die Eigenheit, daß dieſe Kräfte den Moleculen der Körper ſelbſt angehören, ohne in Abhängigkeit von ihrem Aggregatzuſtande zu ſtehen, macht ihr Vorkommen im Bergkryſtall, zumal mit entgegengeſetzten Richtungen der Drehung, noch merkwürdiger. Sollte es für die Molecule dieſes Kryſtalls zwei mögliche Arten der Geſtaltung geben; oder ſollte er beſtändig mit zwei Subſtanzen vermiſcht ſeyn, die ihm das eine oder das andere dieſer Vermögen ertheilten? Hierüber könnte die Chemie entſcheiden. Die Ungewißheit, in welcher wir uns in dieſer Hinſicht befinden, giebt einer Entdeckung, welche Herſchel der Sohn gemacht hat, großen Werth. Eine große Menge Kryſtalle des Bergkryſtalls zeigen an ihren Seitenflächen kleine ſecundäre Facetten, deren Richtung ſchief gegen ihre Kanten iſt, weshalb man ſie plagiedriſch nennt. Herſchel hat gefunden, daß die Richtung dieſer Schiefe gegen die Kanten der Kryſtalle immer in Bezug zur Richtung der Drehung ſteht, die ſie den Polariſationsebenen der Lichtſtralen einpflanzen.

Fresnel iſt es geglückt, die Polariſation durch Drehung dadurch nachzuahmen, daß er die, im Glaſe vorgehende, totale Zurückwerfung mit der Wirkung von Fraueneisblättern verband. Zu dieſem Behufe bedient er ſich ſchiefwinkliger Parallelepipeden von Glas, wie ABCD, Fig. 22, der Art, daß ein polariſirter Stral SI, der erſt durch die Fläche AB unter ſenkrechter Incidenz eingetreten iſt, dann wieder auch ſenkrecht durch die entgegengeſetzte Fläche CD austritt, nachdem er inwendig in I und I' zwei totale Zurückwerfungen erlitten hat. Zwei Parallelepipeden dieſer Art ordnet er ſo an, daß die Ebene der, im einen und andern vorgehenden, ſucceſſiven Zurückwerfungen auf einander ſenkrecht ſind. Darauf bringt er zwiſchen ſie ein Blatt Fraueneis in die Lage, daß ſein Hauptſchnitt einen Winkel von 45° mit jeder der auf einander rechtwinkligen Zurückwerfungsebenen bildet. Die Analyſe des, durch dies Syſtem hindurchgegangenen, Strals zeigte Fresnel ähnliche Eigenſchaften an demſelben, als die Stralen darbieten, welche durch eine, ſenkrecht auf die Axe zugeſchnittene, Platte Bergkryſtall oder eine gewiſſe Dicke Terpentinöl hindurchgegangen ſind. Er hat die Bedingungen ausgemittelt, welche erforderlich ſind, daß die Richtung dieſer Drehung derjenigen, welche das Terpentinöl hervorbringt, entgegengeſetzt werde; und dann, durch eine natürliche, aber entſcheidende, Folgerung gefunden, daß die, dem Lichte ſolchergeſtalt eingepflanzte, Modification mittelſt Hindurchlaſſens durch eine gewiſſe Dicke Terpentinöl, welche ſich nach der Dicke des angewandten Kryſtallblattes richtete, compenſirt zu werden vermochte. Dieſer Verſuch verknüpft ſomit auf erfahrungsmäßige Weiſe jene beiden Klaſſen von Erſcheinungen. Es iſt Fresnel gelungen, Formeln für dieſe Verknüpfung aufzuſtellen, wodurch ſie ihre feſten Beſtimmungen erhält. Hier kann ich jedoch ihrer nur erwähnen.

Siebentes Capitel.

Erſcheinungen der Polariſation, welche man in den unvollkommen kryſtalliſirten Körpern beobachtet.

Unſere bisherigen Unterſuchungen betrafen blos Körper, die in ihrer ganzen Dicke eine gleichförmige Kryſtalliſation und (chemiſche) Beſchaffenheit beſaßen; und es war nöthig, hiermit den Anfang zu machen, um die Geſetze, nach welchen die Polariſation progreſſiv zu Stande kommt, entdecken und feſtſtellen zu können. Jetzt aber, da wir im Beſitze ihrer Kenntniß ſind, wird uns eine Anwendung derſelben auf die unvollkommen kryſtalliſirten Körper von großem Nutzen ſeyn, um zu entdecken, von welchem Einfluß der Aggregatzuſtand und die mehrere oder mindere Abhängigkeit der materiellen Theilchen von einander auf die Beſchaffenheit und Stärke der Polariſatien ſeyn mag, welche den Lichtſtralen durch ihre Geſammtmaſſe eingepflanzt wird.

Die erſten Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand wurden von Malus über organiſche, thieriſche und vegetabiliſche, Subſtanzen angeſtellt, und im Bulletin de la Société plilomatique zur öffentlichen Kenntniß gebracht. Als er unter verſchiedenen Einfallswinkeln dünne Plättchen von ſolchen Subſtanzen einem polariſirten Stral ausſetzte, und das hindurchgegangene Licht mittelſt eines rhomboidalen Prisma's analyſirte, fand er, daß ſie ſämmtlich Axen zu erkennen gaben, welche der urſprünglichen Polariſation einen Theil des hindurchgegangenen Strals entzogen. In der That kann man dies an dünnen Blättern von Horn, von Elfenbein, an den durchſcheinenden Theilen der Federn, an den Haaren und überhaupt an Allem, was durchſichtig und regelmäßig organiſirt iſt, beſtätiget finden. Aber, ſey es wegen der geringen Dichtigkeit dieſer Subſtanzen oder weil die Art der Anlagerung, welche durch die Kräfte der Organiſation bedingt wird, minder beſtändig und regelmäßig als in den Mineralien iſt, faſt niemals bemerkt man Anzeichen von Axen, ohne zugleich die, der beweglichen Polariſation eigenthümlichen, Farbenerſcheinungen zu beobachten; welches in der That die progreſſive Art, wie ſie in allen Körpern zu Stande kommt, ſo mit ſich bringt. Man muß alſo zur Vervollſtändigung der von Malus erhaltenen Reſultate, den beſonderen Umſtand einer ſolchen Färbung hinzufügen, von dem er nichts erwähnt, ungeachtet er ihn ohne Zweifel wahrgenommen hat, um ſo mehr, da Arago ihm zu dieſer Zeit ſeine Entdeckung mitgetheilt hatte; und noch iſt zu bemerken, daß das Daſeyn der Axen ſich nicht immer unter ſenkrechtem Einfallen wahrnehmen läßt, ſondern oft nur bei Neigung der Platten gegen den polariſirten Stral. Es ſcheint außerdem, daß in der Structur der organiſchen Subſtanzen jedes Syſtem materieller Molecule, welches ein Ganzes für ſich bildet, auch für ſich, vermöge ſeiner eigenthümlichen Anordnung, auf die Lichtſtralen wirkt. Denn als ich Beobachtungen dieſer Art an dünnen Platten von Gallert anſtellte, welche aus dünnen Elfenbeinplatten gezogen waren, die Darcet durch Salzſäure ihrer mineraliſchen Theilchen beraubt hatte, erkannte ich darin farbige, parallele und regelmäßige Streifen, welche den ſymmetriſchen Richtungen der Theilchen folgten, die noch in vollkommener Regelmäßigkeit beſtanden, nachdem der phosphorſaure Kalk und die anderen Salze, welche verſchiedene, zwiſchen ſie eingeſchobene Syſteme gebildet hatten, daraus entfernt waren.

Ueberhaupt jedes feſte oder unvollkommen flüſſige Syſtem, deſſen Theilchen ſich in einer Ordnung ohne gegenſeitige Abhängigkeit befinden, übt keine Polariſation nach feſten Axen aus. Aber die geringſte Modification in dieſer Unregelmäßigkeit, die geringſte wechſelſeitige Beziehung zwiſchen der Lage der Molecule, durch irgend ein Mittel zu Stande gebracht, reicht zur Erweckung dieſes Vermögens hin.

Einen ſehr ſchönen Beleg hiezu geben die Wirkungen der beweglichen Polariſation, welche das Glas und die übrigen geſchmolzenen Körper äußern, wenn man ſie ſchnell hat erkalten laſſen. Dieſe Erſcheinungen, deren Entdecker Seebeck iſt, ſind nachmals von Brewſter entwickelt und in's Licht geſetzt worden.

Um ſie hervorzubringen, laſſe man Glasplatten glühen und ſchnell erkalten, entweder in freier Luft, oder indem man ſie mit der ſchmalen Seite auf eine kalte Metallmaſſe legt. Dann verſchafft man ſich ein ſtarkes Bündel polariſirten Lichtes, indem man von einem zweckmäßig geſtellten großen geſchwärzten Spiegelglaſe das Licht der Wolken oder das einer, mit einer Kugel von mattgeſchliffenem Glaſe umgebenen, Lampe mit Luftzug zurückwerfen läßt, Fig. 14 und 16, Tafel XVIII. Man fange das polariſirte Bündel auf einem zweiten ſchwarzen Spiegelglaſe auf, welches ſo geſtellt iſt, daß es nichts davon zurückwirft, gerade wie bei den Verſuchen, die wir, Seite 194, mit den Farbenringen anſtellten, die in den, ſenkrecht auf die Axe zugeſchnittenen, Platten von Isländiſchem Spath beobachtet werden. Gleicherweiſe, wenn man hier zwiſchen die beiden Spiegelgläſer irgend ein kryſtalliniſches Blättchen oder überhaupt einen Körper, welcher fähig iſt, die bewegliche Polariſation hervorzurufen, bringt, wird die Zurückwerfung auf dem zweiten Glaſe wieder möglich, und man erblickt darauf wieder, entweder eine einzige gleichförmige Farbe, wenn die zwiſcheneingebrachte Platte in ihrer ganzen Ausdehnung von gleicher Wirkung iſt, oder mehrere verſchiedene Farben, wenn ſie an verſchiedenen Stellen verſchiedener Wirkung iſt, unter Vorausſetzung, daß ſie allenthalben eine gleiche Dicke hat. Nimmt man zu dieſem Verſuche Glasplatten mit parallelen Flächen, welche auf die beſchriebene Weiſe zubereitet ſind, ſo erblickt man auf dem zweiten Spiegelglaſe farbige Bilder, deren Farben, verſchieden an den verſchiedenen Stellen jeder Platte, faſt immer regelmäßige Anordnungen zeigen, welche in Abhängigkeit von der Geſtalt der Platte, ſo wie der ſchnelleren oder langſameren Art ihres Erkaltens ſtehen. Eine quadratiſche Platte erzeugt in ihren vier Winkeln vier Pfauenaugen ähnliche Flekken, welche durch ein großes ſchwarzes Kreuz geſchieden ſind, Fig. 23, Tafel XIX. Eine längliche rechteckige Platte bringt auch vier ähnliche Augen in ihren vier Winkeln hervor, Fig. 24; bietet aber außerdem noch farbige Streifen dar, deren jeder von gleichförmiger Farbe iſt, und die ſich in ihrer ganzen Länge parallel mit ihren größeren Seiten erſtrecken. Iſt die Platte rund, ſo erblickt man darin kreisförmige, mit ihren Rändern concentriſche, Ringe, die durch ein großes ſchwarzes Kreuz in vier Quadranten geſchieden ſind, gleich denen, die wir, Fig. 15, in den ſenkrecht auf die Axe geſchnittenen, Platten von Isländiſchem Spath beobachteten; mit dem Unterſchiede jedoch, daß die Ringe im Spath ihre Stelle zugleich mit dem Auge ändern, und immer auf dieſelbe Weiſe erſcheinen, durch welchen Punct der Platte auch der Durchgang der Lichtſtralen Statt haben mag; dagegen in den runden Glasplatten der Punct, wo jeder Ring erſcheint, beſtändig iſt, und bei allen Lagen des Auges der nämliche bleibt: welches anzeigt, daß ſich die Platten nicht in einem gleichförmigen Zuſtande, wie der eines gleichförmig-kryſtalliſirten Körpers iſt, befindet. Endlich, was ſehr bemerkenswerth iſt, die Bilder, welche jede Platte hervorbringt, ändern ſich, wenn ſie anders zugeſchnitten wird; denn nimmt man z. B. eine Ecke der Quadratplatte, z. B. ABD, Fig. 23, weg, ſo ſieht man erſt die ganze Figur ſich verunſtalten, und ganz dünne Ringe ſich längs der Krümmung, welche den weggenommenen Theil begränzt, hinziehen, wie Fig. 25 darſtellt. Nimmt man die nämliche Operation an allen vier Ecken vor, und rundet den Umkreis der Platte ab, indem man ſie mit ihren Rändern auf einer, mit Schmirgel bedeckten, Metallplatte abreibt, ſo kommt mit mehrerer oder minderer Regelmäßigkeit die Fig. 15 zum Vorſchein, welche einer runden Platte angehört; und giebt man ihr durch Zuſchneiden ihre rechteckige Geſtalt wieder, ſo zeigen ſich die, einer ſolchen angehörigen, Erſcheinungen von Neuem darauf.

Dies ſind die hauptſächlichſten Erſcheinungen, welche von Seebeck entdeckt wurden *). Bei nachheriger Unterſuchung derſelben fand Brewſter, daß die Farben mit denen der Newton'ſchen Ringe übereinſtimmten, und daß, wenn man die Platten in ihrer eigenen Ebene um den Winkel i von der Lage aus dreht, in welcher der durchgelaſſene Stral ſeine urſprüngliche Polariſation beibehält, die neuerlangte Polariſation in das Azimut 2i gerichtet iſt, wie in den dünnen Kryſtallplatten; Reſultate, die in der Natur der Sache liegen, da ſie allen Syſtemen, welche die bewegliche Polariſation hervorrufen, gemeinſam ſind, und da ihre Verknüpfung durch die Geſetze derſelben gegeben iſt. Eben ſo hat auch Brewſter nachgewieſen, daß, wenn man mehrere gleiche Platten übereinander legt, welche die Farben U, U′ geben, und ſie ſo dreht, daß ihre entſprechenden Seiten parallel werden, die Farbe U″, deren Axen vom Syſteme abgelenkt werden, durch die Summe der Zahlen ausgedrückt wird, welche in der Newton'ſchen Tabelle U, U′ darſtellen; und anderſeits, wenn man ſolche Platten ſo kreuzt, daß ihre entſprechenden Seiten rechtwinklig auf einander werden, iſt die Farbe U″ ihrer Differenz gleich. Dieſe Erſcheinungen ergeben ſich gleichfalls als nothwendige Folgerungen aus dem allgemeinen, weiter oben Seite 171 für die gekreuzten Platten von gleichartiger Wirkung aufgeſtellten, Geſetze; verdienen aber im gegenwärtigen Falle vorzügliche Aufmerkſamkeit wegen der Treue, mit der ſie dem Augenſchein dieſe Geſetze verwirklicht darſtellen. Zur Genauigkeit iſt es zweckmäßig, Platten genau von demſelben Umriß zu nehmen; ſind ſie quadratiſch, ſo wird man dann bei ihrem Uebereinanderlegen die, den verſchiedenen Ordnungen der Ringe entſprechenden, Farbenlinien ſich auf ihrer Oberfläche vervielfältigen ſehen, während das ſchwarze Kreuz immer in der Mitte bleibt, und nur dünnere Arme erhält. Wie viel ſolcher Platten, und in welcher Richtung der Seiten man ſie auch übereinanderlegen mag, die Ringe

---

*) Man begreift ſie im Allgemeinen unter dem Namen entoptiſche Figuren.

vervielfältigen ſich dabei immer mehr, und die äußerſten Farben ſteigen in der Newton'ſchen Tabelle abwärts. Eben ſo verhält es ſich, wenn gleiche rechteckige Platten mit ihren entſprechenden Seiten übereinander gelegt werden; ſind ſie aber rechtwinklig gekreuzt, ſo bringt die Entgegenſetzung ihrer Wirkungen die Fig. 26 hervor, in welcher die gleichfarbigen Linien Hyperbeln ſind.

Man wird alle dieſe Erſcheinungen leicht erklärlich finden, wenn man erwägt, daß das Glas eine ſehr elaſtiſche, der Härtung, gleich dem Stahl, durch ſchnelles Erkalten fähige, Subſtanz iſt, wie uns die Springgläſer zu erkennen geben, die in dieſem Zuſtande alle Zeichen eines gezwungenen Aggregatzuſtandes darbieten, in welchem, ſämmtliche Molecule in gegenſeitiger Abhängigkeit ihrer Lage ſtehen ſo daß die Lagenveränderung manchmal blos eines derſelben hinreicht, ſogleich die Trennung des Zuſammenhanges aller übrigen mit Exploſion zu bewirken. Dieſe, bei den Springgläſern ſo bekannte, Eigenſchaft kommt auch den Glasplatten, welche, nachdem ſie bis zum Glühen erhitzt waren, mit der ſchmalen Seite auf eine kalte Metallmaſſe gelegt wurden, in ſehr merklichem Grade zu. Denn dieſe Operation härtet ſie in der Maße, daß ſie hart, ſpröde werden, und ſich faſt nicht mehr bearbeiten laſſen, ohne gewaltſam zu zerſpringen. Wenn alſo bei dem gewöhnlichen Aggregatzuſtande, den ein langſames Erkalten hervorbringt, die polariſirenden Wirkungen ſich ausgleichen, welche ſucceſſiv an allen Glastheilchen auf einen, durch ihr Syſtem hindurchgehenden, Stral geäußert werden, ſo wird eine ſolche Ausgleichung nicht mehr Statt haben können, wenn man ſtatt deſſen den beſprochenen gezwungenen Zuſtand eintreten läßt; und es werden alle Erſcheinungen der beweglichen Polariſation die Folge eines ſolchen ſeyn müſſen, mit mehrerer oder minderer Intenſität, je nach der mehr oder minder vollkommenen Regelmäßigkeit des Aggregatzuſtandes und mit Richtungen der Axen, welche in den verſchiedenen Theilen jedes Syſtems, je nach der daſelbſt herrſchenden Anordnung, verſchieden ſeyn müſſen. Auch beobachtet man dieſe Erſcheinungen in den Springgläſern, wenn es glückt, ihren Bauch zu poliren, ohne daß ſie ſpringen, eben ſo wie ſie in den andern ſchnell erkalteten Glasplatten zum Vorſchein kommen. Anderſeits bringt man ſie vollkommen zum Verſchwinden, ſelbſt in den Maſſen, die ſie am ſtärkſten erregten, wenn man ſie abermals bis zum Glühen erhitzt, und dann ausnehmend langſam erkalten läßt, mit allen erforderlichen Vorſichtsmaßregeln, daß der Verluſt der Wärme an allen ihren Theilen ſo gleichförmig als möglich vor ſich gehe. Dies hat Seebeck gefunden und ich nach ihm beſtätiget.

Begreiflich muß überhaupt jede Urſach, welche einen gezwungenen Zuſtand der Theilchen veranlaßt, ſich eben ſo gut zur Hervorbringung ſolcher Erſcheinungen eignen. Auch hat ſie Seebeck durch Platten aus geſchmolzenem und ſchnell erkaltetem Borax, durch ſchnell getrocknete Platten aus Kochſalz, durch Platten aus arabiſchem Gummi, die durch ſchnelle Abdampfung gewonnen wurden, erhalten. Dieſer Urſach mögen auch wohl die Anzeichen von Polariſirungsvermögen beizumeſſen ſeyn, welche Brewſter in manchen Stücken von Kryſtallen beobachtet hat, die gleich dem Kochſalz von Natur ohne doppelte Brechung ſind. Endlich, was dieſer Anſicht noch vollends zur Beſtätigung dient, hat auch Brewſter die nämlichen Eigenſchaften Platten von thieriſcher Gallert und ſelbſt Glasplatten dadurch eingepflanzt, daß er auf ſie äußerlich einen vorübergehenden Druck anwandte; ſo daß die Farben wahrnehmbar waren, ſo lange der Druck dauerte, mit ihm ſich änderten und bei ſeinem Nachlaſſen verſchwanden. Auch Seebeck wurde ſeinerſeits, aber erſt ſpäter, auf die nämliche Erſcheinung geführt. Da alle dieſe Thatſachen aus einer gezwungenen Abhängigkeit der gegenſeitigen Lagen der Theilchen von einander hervorgehen, da ſie überdieß Polariſationserſcheinungen zur Folge haben, welche in aller Hinſicht mit den, durch die doppelte Brechung entwickelten, ſo vollſtändig übereinſtimmen, ſo war der größte Grund da, zu vermuthen, daß dieſe letztere Eigenſchaft auch in ihnen Statt finde, obwohl in einem Zuſtand von Schwäche, der ihre Wirkſamkeit unmerklich macht. Indeß war doch eine erfahrungsmäßige Beſtätigung dieſes Schluſſes höchſt wünſchenswerth, und wir haben weiter oben, Th. III. S. 375 geſehen, durch welchen ſinnreichen Verſuch Fresnel hierzu gelangte.

Schnelle und ungleiche Temperaturveränderungen äußern einen gleichen Einfluß auf die Glasplatten. Werden ſolche Platten, wenn ſie noch im vollſtändigen und gleichförmigen Glühen ſind, dem polariſirten Stral dargeboten, ſo zeigen ſie ſich ohne Wirkung auf denſelben; ſo wie ſie aber zu erkalten beginnen, ſieht man die Farben zum Vorſchein kommen, wie Seebeck zuerſt beobachtet hat; und zwar zuerſt an den Stellen, welche ſich zuerſt abkühlen. Die Zuführung von Wärme wirkt eben ſo; wie man ſich überzeugen kann, wenn man eine recht heiße Metallplatte dem polariſirten Lichtſtral parallel legt, und eine wohl angelaſſene Glasplatte mit der ſchmalen Seite darauf ſtellt. Dieſe Platte nämlich, welche kalt keine Farbe auf dem ſchwarzen Glaſe hervorbrachte, wird deren ſogleich zum Vorſchein bringen, wenn die Hitze des Metalls merklich darein überzugehen beginnt. Dieſer intereſſante Verſuch rührt von Brewſter her.

Der nämliche Phyſiker hat den ſinnreichen Gedanken gehabt, zu unterſuchen, welchen Einfluß Druck und Temperaturungleichheit auf Kryſtallplatten äußern, welche parallel mit der Kryſtalliſationsaxe zugeſchnitten ſind, und einem polariſirten Stral ſo ausgeſetzt werden, daß er nach der Richtung dieſer Axe ſelbſt, oder wenigſtens unter einer ganz geringen Neigung gegen dieſelbe hindurchgeht. Er ſah hierbei eben ſolche Farbenerſcheinungen eintreten, als im Glaſe Statt haben; und fand, daß, wenn er die Kryſtallplatten neigte, um die Stralen ſchief gegen die Axen durchgehen zu laſſen, und ſo das ihnen eigne Polariſationsvermögen in Wirkſamkeit zu ſetzen, die durch den Druck hervorgebrachten Farben abgeändert wurden. In der That müſſen ſie dies vermöge zunehmender Wirkſamkeit der Platten werden, wie ſie auch durch die Wirkung jeder andern polariſirenden Kraft abgeändert werden würden, welche ſchwach genug wäre, um ſie die Gränzen der Newtonſchen Tabelle nicht überſchreiten zu laſſen. Denn wäre letztres der Fall, ſo würden nur noch weiße Bilder entſtehen, und keine Wahrnehmung des Einfluſſes, den der Druck äußert, mehr geſtattet ſeyn. Dies iſt die Urſach, warum die Phyſiker keine Farben auf ſolche Art in, nach andern Richtungen geſchnittenen, Kryſtallplatten zum Vorſchein zu bringen vermochten. Sollen jedoch deren dadurch entſtehen, ſo braucht man nur, wie ich gezeigt habe, ſolche Platten mit irgend einer andern von ſo wenig unterſchiedener Wirkung zu kreuzen, daß durch die Geſammtwirkung des Syſtems Farben, welche innerhalb der Newtonſchen Tabelle fallen, hervorgebracht werden. Drückt man alsdann eine dieſer Platten zuſammen, ſo wird der Einfluß des Drucks ſogleich auf die Farben bemerklich, und äußert ſich, wie in den nicht kryſtalliſirten Platten. Ich habe dieſe Verſuche in den Annales de Chimie et de Physique, Dec. 1816 zur öffentlichen Kenntniß gebracht.

Bei Anwendung des nämlichen Verfahrens einer ſolchen Kreuzung der Platten zur Unterſuchung des Einfluſſes, den die Wärme auf die polariſirenden Kräfte äußert, fand Fresnel, daß derſelbe ſehr deutlich in denjenigen Subſtanzen hervortritt, welche durch die Wärme zerſetzt werden, wie z. B. im Fraueneiſe. Mit Veränderung der Temperatur ſieht man die Farben ſchnell ihre Stelle in der Ordnung der Ringe ändern, was ſelbſt dann noch erfolgt, wenn die Erhitzung durch Eintauchen in ein homogenes Mittel bewerkſtelligt wird. Hierin, ſo wie in der Beſchaffenheit und Gleichförmigkeit der ſich zeigenden Farben ſcheint dieſe Erſcheinung weſentlich von denjenigen verſchieden, welche die ungleiche Fortpflanzung der Wärme in den nicht veränderlichen Kryſtallplatten hervorbringt, und die blos den, von nicht kryſtalliſirten Platten hervorgebrachten, Erſcheinungen analog ſind.

Endlich reicht die bloße Erzitterung (frémissement), welche die Glasplatten erfahren, wenn man Längenſchwingungen in ihnen erweckt, hin, ihre Theilchen in eine wechſelſeitige Abhängigkeit der Lage und Bewegung zu verſetzen, welche ihnen das Vermögen ertheilt, die Polariſation der, während ſie ſich in dieſem Zuſtand befinden, durch ſie hindurchgehenden, Stralen zu modificiren. Um dieſe Erſcheinung zur Wahrnehmung zu bringen, nehme man eine etwas lange Platte z. B. von zwei Meters, bringe ſie auf die Richtung eines polariſirten Strals, gerade als wenn es eine gehärtete Glasplatte wäre, die man prüfen wollte; darauf, nachdem man ſich gehörig überzeugt hat, daß ſie kein Polariſirungsvermögen äußert, wenn ſie ſich in Ruhe befindet, oder blos ſo ſchwache Spuren deſſelben, wie ſie in einer etwas dicken Glasplatte kaum zu vermeiden ſind, ſtreiche man eine ihrer Hälften der Länge nach, während man die andre immer auf der Richtung der Stralen feſthält. Jeder Strich bringt einen ſehr lebhaften Blitz auf dem ſchwarzen Glaſe hervor, welches zur Verſchluckung der, bei ihrer urſprünglichen Polariſation verbliebenen, Stralen angebracht iſt. Die Farben, welche ſich hierbei zeigen, ſind gleich denen angeordnet, welche durch die Härtung entſtehen würden; und ändern ſich mit der Art, ſo wie mit der Stärke der Schwingungsbewegung, in welche man die Platte verſetzt. Verſucht man, dieſe Farben durch die von dünnen Kryſtallblättchen zu compenſiren, ſo findet man, daß ſie im ſchwingenden Glasſtreifen zwei Aufeinanderfolgen abwechſelnder Zuſtände andeuten, die ſich in der Richtung ihrer Axen rechtwinklig einander entgegenſtehen oder ſucceſſiv in der Beſchaffenheit ihrer Wirkungen einander entgegengeſetzt ſind: ein Ergebniß, welches ſehr wohl zu der Wirkungsart ſtimmt, die ſich von abwechſelnden Verdichtungen und Ausdehnungen, wie die ſind, welche die Schwingungsbewegung ausmachen, erwarten läßt. Ich habe dieſe Erſcheinungen im Bulletin des sciences, Nov. 1819 beſchrieben.

Bei der ausnehmenden Leichtigkeit, mit welcher die Erſcheinungen der beweglichen Polariſation ſolchergeſtalt durch jede bleibende oder vorübergehende Urſach, die den Aggregatzuſtand ihrer Theilchen zu modificiren fähig iſt, erregt zu werden vermögen, ſteht zu erwarten, daß die Natur uns häufig Syſteme darbieten wird, in denen wir, vermöge der Unregelmäßigkeit ihrer Structur oder vermöge unbekannter Kräfte, die bei ihrer Bildung wirkſam geweſen ſind, mannichfache und ſonderbare Erſcheinungen dieſer Art wahrnehmen können; und dies mit um ſo größerer Leichtigkeit, je weniger die Beſchaffenheit der ſo modificirten Körper ſie zu einer ſtarken doppelten Brechung eignet. Der Dr. Brewſter hat im Apophyllit, dem Quarz, dem Amethyſt und mehrern andern Subſtanzen eine Menge intereſſanter Erſcheinungen aufgefunden, die mir von ſolchen Wirkungen abzuhängen ſcheinen.

Achtes Capitel.

Beſtimmung der Geſetze, nach welchen das Licht durch Zurückwerfung auf der Oberfläche der Metalle polariſirt wird.

Als **Malus** die Polariſirung entdeckt hatte, welche das Licht bei der Zurückwerfung von der Oberfläche durchſichtiger Körper erfährt, erkannte er auch, daß dieſe Erſcheinung nicht, wenigſtens nicht auf dieſelbe Weiſe, bei der Zurückwerfung von metalliſchen Oberflächen eintritt. Seit dieſer, für die Wiſſenſchaft denkwürdigen, Epoche kam er zweimal auf dieſe ſonderbare Ausnahme zurück; unſtreitig jedoch, wenn ihm Zeit genug geblieben wäre, würde er das Erforderniß gefühlt haben, ſeine zuerſt hierüber ausgeſprochenen Anſichten abzuändern, und nicht verfehlt haben, die wahren Geſetze der metalliſchen Polariſation aufzufinden.

Bevor wir zu ihrer Aufſuchung ſchreiten, wollen wir uns zurückrufen, daß im Allgemeinen zwei Arten Zurückwerfung auf der Oberfläche der Körper vor ſich gehen; die eine, welche wir die ſpiegelnde nannten, ſcheint außer ihrer Subſtanz zu erfolgen, und bringt, da ſie ſich ohne Unterſchied auf alle Lichtmolecule äußert, einen weißen Stral hervor, wenn das einfallende Licht weiß iſt; die andre, welche ſich von Innen aus äußert, wirkt blos auf diejenigen Lichtmolecule, welche die eigenthümliche Farbe des Körpers zuſammenſetzen, und verſtreut ſie nach allen Richtungen wie durch wirkliche Stralung; die erſte polariſirt bei einem gewiſſen Einfallswinkel ſtets zum großen Theil des Lichts in der Richtung der Einfallsebene, nach Art der durchſichtigen Körper; die zweite dagegen äußert dieſe Wirkung nicht. Hieraus ergiebt ſich leicht, daß, wenn man ein Spiegelglas ſo ſtellt, daß es die erſte Art Licht durchläßt oder verſchluckt, es die andre partiell zurückwerfen wird, ſo daß man den Körper mit ſeiner eigenthümlichen Farbe, ohne alle Zumiſchung von fremdartigem Weiß zu erblicken vermag. Dies Verfahren, deſſen Anwendung ich in meinem größern Werke zur Beobachtung der, von den Haueneisblättern zurückgeworfenen, Farben gezeigt habe, hat mir auch gedient, die eigenthümlichen Farben des Goldes, des Eiſens und des Kupfers rein zu erhalten. Ich glaubte aber damals, daß der Antheil Licht, aus welchem dieſe Farben beſtehen, aus den Körpern mit ganz verworrener Polariſation träte; dahingegen Arago bemerkt hat, daß ein ſehr beträchtlicher Antheil nach allen Seiten, mit der Oberfläche der Körper parallel und ſenkrecht auf die Zurückſtralungsebene austritt, wovon man in der That die Beſtätigung leicht erhalten kann, wenn man dies Licht in einem dunkeln Zimmer mittelſt einer Turmalinplatte analyſirt. In derſelben Unkenntniß befanden wir uns hinſichtlich der Polariſationsart, welche die Metalle äußern, als Brewſter mir ſchrieb, daß, wenn man einen urſprünglich polariſirten Lichtſtral mehrmals von Silber- oder Goldplatten zurückwerfen ließe, dies Licht ſo modificirt würde, daß es ſich bei der Analyſirung durch ein Prisma Isländiſchen Spaths in zwei verſchiedenfarbige Bündel ſpaltete. Ich beeilte mich, dieſe bemerkenswerthe Beobachtung mittelſt meines allgemeinen Apparats Fig. 2 Taf. XVII zu bewähren, indem ich dergleichen Platten auf der Bahn des polariſirten Strals anbrachte; und, um die Beſchaffenheit der Farben beſſer zu unterſcheiden, ließ ich auf den erſten Spiegel das weiße Wolkenlicht fallen. Indem ich darauf die Einfallswinkel der Stralen gegen die Platten abänderte, ergab ſich ohne Schwierigkeit, daß die Farben, in welche das zurückgeworfene Bündel ſich ſpaltet, genau mit denen der zurückgeworfenen und durchgegangenen Farbenringe übereinſtimmten; und daß dieſe Erſcheinungen ſowohl in dieſem Bezug als in der Richtung der Polariſation ganz den Geſetzen der beweglichen Polariſation folgten, welche ſich der Beobachtung in den dünnern Kryſtallplatten ergeben. Durch weitere Unterſuchung dieſer Wirkungen gelangte ich zu der Einſicht, daß das Silber ſo wie die andern Metalle das Licht, welches ſie zurückwerfen, gerade ſo modiſiciren, wie die mit doppelter Brechung begabten Kryſtalle dasjenige, welches ſie brechen; wobei die Zahl der ſucceſſiven Zurückwerfungen von derſelben Wirkung iſt als die größere oder geringere Dicke des Kryſtalls. Die Art, wie die metalliſche Oberfläche zubereitet iſt, hat aber einen großen Einfluß auf die Reſultate.

Man kann einem Metall auf zwiefache Art Politur verleihen, durch Hämmern und durch Abreiben. Die erſte Art beſteht darin, die Metallplatte auf einem polirten Ambos mit einem polirten Hammer zu ſchlagen; und dann ihre Oberfläche noch vollends dadurch glänzend zu machen, daß man ſie mit einem Handſchuhleder reibt, welches mit einem ganz feinen Politurroth geſchwängert iſt. Mittelſt Anwendung dieſes Verfahrens vermag man dem Silber eine ſehr große Weiße zu ertheilen, allein die zurückgeworfenen Bilder ſind immer etwas wellenartig und an ihren Rändern gleichſam abgeſtumpft (émoussées). Man vermißt bei der, reichlich erfolgenden, Zurückwerfung von Licht die lebhafte und glänzende Politur der Spiegel.

Mittelſt Abreiben werden die Spiegel der Teleſkope polirt. Man reibt ſie erſt auf einem blauen Stein von ſehr weichem Korn, und giebt ihrer Oberfläche dann noch vollends den erforderlichen Glanz, indem man ſie auf Pech reibt, welches mit Zinnaſche überzogen iſt. Sind ſie auf ſolche Weiſe gut bearbeitet worden, ſo geben ſie deutliche lebhafte Bilder, mit dem vollen Anſchein der ſpiegelnden Zurückwerfung.

Einer ſehr bemerkenswerthen Eigenthümlichkeit zufolge nun ſind dieſe beiden Arten der Politur nicht von gleicher Wirkung auf das einfallende Licht. Ich ſpreche nicht von dem Unterſchiede in der Menge, welche die Oberflächen davon zurückwerfen, ſondern von der Art, wie ſie auf die Lichttheilchen ſelbſt wirken, und der Richtung, nach welcher ſie dieſelben polariſiren. Wenn die Oberfläche des Silbers oder irgend eines andern Metalls die ſpiegelnde Politur empfangen hat, ſo bringt ſie bei der regelmäßigen Zurückwerfung zwei unterſchiedene Wirkungen hervor. Zuvörderſt pflanzt ſie einem Theil des einfallenden Lichts die bewegliche Polariſation um die Einfallsebene ein, d. h. ſie läßt die Axen der Lichttheilchen nach beiden Seiten dieſer Ebene oscilliren, gleichwie eine Kryſtallplatte von geringer Dicke oder ſchwachem Polariſirungsvermögen ſie zur Oscillation nach beiden Seiten des Hauptſchnitts beſtimmt; und im einen Fall wie im andern ſchreiten die Farben durch die ganze Reihe der Newtonſchen zurückgeworfenen und durchgelaſſenen Ringe hindurch. Außerdem aber pflanzt die metalliſche Oberfläche einem weißen Theil des einfallenden Lichts die feſte Polariſation in der Einfallsebene ein, gleichwie eine Kryſtallplatte, welche die Lichtſtralen merklich zwiſchen ihren beiden Brechungen theilt, dem durch ſie hindurchgehenden Lichte die Polariſation nach zwei auf einander ſenkrechten Richtungen einpflanzt; und eben ſo wie in allen Kryſtallkörpern die Lichtmolecule progreſſiv von der beweglichen Polariſation zur feſten übergehen, wenn ſie bis zu einer gewiſſen Tiefe gedrungen ſind, eben ſo beobachtet man auch, daß bei jeder Zurückwerfung zwiſchen Metallplatten ein Theil des Lichts, der bei den vorhergehenden Zurückwerfungen die bewegliche Polariſirung erlitten hatte, die feſte Polariſation annimmt, die er dann nicht mehr verlaſſen kann, wenn die nachfolgenden Zurückwerfungen noch in der nämlichen Ebene vor ſich gehn, ſo daß man in dieſem Fall nach einer, je nach der Beſchaffenheit des Metalls und der ihm ertheilten Art der Politur größerer oder geringerer, Anzahl Zurückwerfungen faſt alles Licht in der Richtung der Zurückwerfungsebene polariſirt finden muß und wirklich findet. Bei der Zurückwerfung von dem Stahl und wahrſcheinlich auch den übrigen Metallen, welche eine ſehr lebhafte Spiegelpolitur annehmen, iſt der Verhältnißtheil weißen Lichts, welcher ſolchergeſtalt der beweglichen Polariſation entzogen wird, obne Vergleich der ſtärkere; ſo daß die Erſcheinung der Farben, welche die bewegliche Polariſation allein hervorzurufen vermag, hier unmerklich wird, oder nur noch in gewiſſen beſondern Lagen wahrgenommen werden kann, über welche nur die Theorie Aufſchluß giebt. Auch lautete Brewſters Nachricht an mich anfangs dahin, daß dieſe Erſcheinung auf dem Stahl nicht Statt habe, und eben ſo wenig auf der Legirung, aus welcher man die Spiegel verfertigt; durch die Grundſätze der beweglichen Polariſation jedoch geleitet, bin ich dahin gelangt, ſie auf unzweifelhafte Weiſe ſelbſt auf Stahl von der beſtmöglichen Politur zu beobachten; und Brewſter hat mir nachmals geſchrieben, ihm ſey es ebenfalls geglückt, ſo wie er auch die Polariſation in dem doppelten Azimut erkannt habe. Auf Silberplatten, welchen man die Spiegelpolitur gegeben hat, iſt der Verhältnißtheil Licht, welcher bei jeder Zurückwerfung die feſte Polariſation annimmt, noch ſehr beträchtlich, weit ſchwächer jedoch, als bei den beiden genannten Metallen. Dafür aber iſt der Antheil, welcher der beweglichen Polariſation anheim fällt, um ſo größer, und die Farbenerſcheinung fällt hier ſehr leicht und ſchön in die Augen. Da aber die Polariſationsrichtung des weißen Bündels genau zwiſchen denen der farbigen mitten inne liegt, ſo ergiebt ſich, daß er ſich noch mit ihnen bei der, durch das Prisma bewirkten, Brechung miſchen muß, und nur, indem man ihre Brechung nach beſondern, durch die Theorie angedeuteten, Richtungen bewerkſtelligt, vermag man das Geſetz ihrer Färbung dem Augenſchein vollkommen klar darzuſtellen. Auch dieſe Schwierigkeit verſchwindet aber in den, mittelſt Hämmern polirten, Silberplatten.

Hier iſt der Antheil Licht, welcher bei jeder Zurückwerfung die feſte Polariſation annimmt, ausnehmend ſchwach in Verhältniß zu dem, der die bewegliche beibehält, wenigſtens wenn man die Platten den einfallenden Stralen nicht unter ſehr großer Schiefe darbietet; indem bekanntlich in dieſem Fall alle ebenen Oberflächen, ſelbſt die mit Fleiß mattgeſchliffenen, ſolchen, welche die Spiegelpolitur erhalten haben, gleich wirken. Auch laſſen ſich, wenn man die letzten Neigungen vermeidet, und bei nicht ſehr zahlreichen Zurückwerfungen ſtehen bleibt, die Geſetze der beweglichen Polariſation für ſich beobachten; und die Farben der Bündel treten, durch nichts geſtört, mit der größten Regelmäßigkeit, der Ordnung der Ringe folgend, auf. Glücklicherweiſe war dies der Fall, welcher ſich meinen Beobachtungen zuerſt darbot; und durch ihn wurde ich auf den zuſammengeſetzten Fall geleitet, wo die bewegliche Polariſation zurücktritt und die feſte die Oberhand erhält. Da nun die bloße Verſchiedenheit in der Politur Urſach iſt, daß das zurückgeworfene Licht in reichlicherem Maße den einen oder andern dieſer Zuſtände annimmt, ſo ſieht man dadurch den Schluß angedeutet, daß hier, wie in den, mit doppelter Brechung begabten, Kryſtallen die bewegliche Polariſation der feſten vorangeht, ſich nämlich dann äußert, wenn die Lichtmolecule ſich von der zurückwerfenden Oberfläche noch in hinlänglicher Entfernung befinden, daß die Rauhigkeiten derſelben keinen merklichen Einfluß auf ſie äußern können. Wenn nun aber bei immer abnehmender Entfernung die Wirkung der Ungleichheiten der Oberfläche merklicher wird, ſo geſchieht es, im Fall ſie ſehr klein ſind, daß die Zurückwerfungskraft Stärke genug gewinnt, um einem großen Theil der Lichtmolecule die feſte Polariſation einzupflanzen; dagegen, wenn dieſe Rauhigkeiten ſtärker ſind, und mithin die Zurückwerfungskraft ſchwächer iſt, eine größere Anzahl dieſer Theilchen fortfährt zu oscilliren, ohne zu einer feſten Richtung zu kommen. Man hat ſomit in der Wirkung der Körper auf das Licht das Beiſpiel einer ähnlichen Wirkung, als ſich in den Erſcheinungen der Capillarität äußert. Denn wenn, wie Laplace gezeigt hat, dieſe letztern auf der ſtärkern oder ſchwächern Anziehung beruhen, welche ein Körper an ſeiner Oberfläche äußert, je nachdem ſie eben, concav oder convex iſt, ſo äußert gleicherweiſe bei den neuen, von mir nahmhaft gemachten Erſcheinungen, die verſchiedene Geſtaltung der zurückwerfenden Oberflächen auf die Lichtmolecule eine verſchiedene Art der Polariſirung. Die Erſcheinungen der Capillarität aber rühren von Verſchiedenheiten der Krümmung her, welche für unſere Sinne und ſelbſt unſere Maße eine Schätzung zulaſſen; dagegen man, um die Wirkungsart der Körper auf das Licht zu ändern, faſt unmerkliche Undulationen hervorrufen muß, wie ſie uns die ungleiche Beſchaffenheit der Politur gewährt; auch würden ſich wahrſcheinlich ſolche Erfolge nie bei den gewöhnlichen Erſcheinungen der Brechung haben erhalten laſſen; weil ſie in zu geringen Abſtänden vor ſich gehen; dagegen ſie bei den Erſcheinungen der Polariſation möglich werden, welche, von den Zurückwerfungskräften abhängig, in weit beträchtlichern Abſtänden erfolgen, wie ich durch mehrere früher angeführte Verſuche nachgewieſen habe.

Neuntes Capitel.

Anwendung der vorſtehenden Grundſätze zur Verfertigung einer vergleichbaren Farbenſcale (colorigrade).

Man ſieht ſich in den phyſikaliſchen Wiſſenſchaften häufig veranlaßt, Farbenbeſtimmungen zu geben. In der Naturgeſchichte z. B.

wird dies oft bei Beſchreibung von Thieren, Pflanzen und Mineralien erforderlich; in der Chemie ſollen die Farben der Producte angegeben werden, von denen ſie handelt, die Phyſik ſelbſt bedarf oft ſolcher Angaben zur Beſtimmung der Erſcheinungen, die ſie beobachtet. Auch haben die Naturforſcher, für welche vorzugsweiſe Beſtimmungen dieſer Art ein dringendes Erforderniß ſind, ſchon längſt das Bedürfniß gefühlt, Genauigkeit in dieſelben zu bringen, und ihnen eine Vergleichbarkeit unter einander zu ſichern, von welchen Beobachtern ſie auch aufgezeichnet ſeyn mögen. Allein die Arten, wie man ſich hier zu helfen geſucht hat, um beſtimmte Muſterfarben anzugeben, ermangelten immer in der Anwendung der Beſtändigkeit und ſomit der Vergleichbarkeit; zugleich waren ſie zu verwickelt, um eine regelmäßige Progreſſion von Farben gewähren zu können, unter denen ſich einer vorgelegten Nuance ſicher eine Stelle anweiſen ließe. Die Reihe der Farbenringe bietet in beiden Hinſichten ein vorzügliches Mittel dar; und es handelt ſich ſomit blos noch um die Verfahrungsarten, ſie zu allen Zeiten und aller Orten hervorzubringen. Dies kann mittelſt der beweglichen Polariſation auf die einfachſte Weiſe geſchehen. Man braucht ſich zu dieſem Zweck nur einen, nach einer einzigen Richtung polariſirten, Stral zu verſchaffen, ihn durch ein dünnes einaxiges Glimmerblatt unter verſchiedenen Einfallswinkeln hindurchgehen zu laſſen, indem man zum Azimut der Einfallsebene das von 45° nimmt, wo die Trennung der Farben G, U am vollſtändigſten erfolgt; und endlich dieſe Farben durch Analyſirung des durchgegangenen Strals mittelſt eines rhomboidalen Prismas zu trennen, deſſen Hauptſchnitt mit der urſprünglichen Richtung der Polariſation zuſammenfällt. Der allgemeine Apparat, welcher in Fig. 2 Taf. XVII vorgeſtellt iſt, und uns ſchon im Vorſtehenden ſo häufige Dienſte geleiſtet hat, eignet ſich vollkommen zu dieſer Beſtimmung. Ein ſolches Inſtrument kann alle Dienſte einer Farbenſcale leiſten, da es jedoch theuer und von großem Umfang iſt, habe ich es dadurch zu vereinfachen geſucht, daß ich es blos auf die Art der Bewegung einſchränkte, die zu unſerm gegenwärtigen Zweck erforderlich iſt. So erhält der Apparat die, in Fig. 27, Taf. XIX vorgeſtellte, Einrichtung.

Zuvörderſt beſteht er aus einem ſchwarzen Glaſe, welches vor einem Perſpectivrohr angebracht iſt, und mittelſt einer Schraube ſo geneigt wird, daß die, von ſeiner Oberfläche zurückgeworfenen Stralen polariſirt in die Röhre treten. Die Erfüllung dieſer Bedingung erkennt man daran, daß, bei Analyſirung des zurückgeworfenen Bündels mittelſt eines achromatiſirten Prismas von Isländiſchem Spath, welches die Stelle des Oculars vertritt, vier Lagen des Prisma zu finden ſind, in welchen ſich der Stral nicht mehr ſpaltet, ſondern ganz nach einer einzigen Richtung gebrochen wird. Damit eine recht vollſtändige Polariſation auf ſolche Art erlangt werden könne, muß die Größe des zurückgeworfenen Bündels ſo beſchränkt ſeyn, daß die Pinſel, aus denen es beſteht, zum Auge in ziemlich parallelen Richtungen gelangen. Dieſe Beſchränkung wird mittelſt kreisförmiger, in der Länge des Rohrs vertheilter, Blendungen bewerkſtelligt: womit man noch die Maßregel verbinden kann, die zurückwerfende Platte von Obſidian zu nehmen, einer Art grünen vulcaniſchen Glaſes, auf welchem, wie ſchon erwähnt, die Polariſation vollſtändiger erfolgt, als auf den künſtlichen ſchwarzen Gläſern, bei eben ſo großer Reichlichkeit der Zurückwerfung. Dieſe Anordnung dient nur, die feſte Polariſation hervorzubringen. Zur Erzeugung der Farben aber befindet ſich zwiſchen dem zurückwerfenden Glaſe und dem Prisma ein dünnes Blatt einarigen Glimmers, welches ſich durch eine Drehungsbewegung unter verſchiedne Winkel neigen läßt, doch immer ſo, daß ſeine Einfallsebene einen Winkel von 45° mit der urſprünglichen Polariſationsrichtung bildet. Zuerſt nun, wenn dies Blatt unter ſenkrechte Incidenz geſtellt iſt, geht der polariſirte Stral in der Richtung ſeiner Axe hindurch, und da er ſomit ſeine urſprüngliche Polariſation beibehält, ſo entſtehen keine Farben, oder, richtiger, die Farbe U des ungewöhnlichen Bildes iſt ſchwarz, wie es in der That dem Anfange der Newtonſchen Ringe entſprechend iſt. Neigt man allmälig das Kryſtallblatt gegen den Stral, ſo kommen die Farben der andern Ringe mit vollkommener Regelmäßigkeit zum Vorſchein. Iſt überdieß das angewandte Blatt recht rein, von recht gleicher Dicke, und hat man zum einfallenden Licht das weiße Licht der Wolken benutzt, zumal wenn ſie von der Sonne erhellt ſind, ſo erhält man Farben von ſolcher Schönheit und ſolcher Lebhaftigkeit, daß das Auge ihren Glanz kaum zu ertragen vermag.

Ich ziehe die natürlichen Blätter von einarigem Glimmer allen andern vor, weil, wenn ſie mit Sorgfalt abgelöſt ſind, ihre Oberflächen ſich genau unter einander parallel und ſenkrecht auf die Axe der doppelten Brechung zeigen, eine Bedingung, deren Erfüllung unmöglich fallen würde, wenn man Platten künſtlich zuſchneiden wollte. Um aber Farben zu erhalten, die in langſamer Stufenfolge fortſchreiten, und in der ganzen Ausdehnung der Blendungen von einer vollkommen gleichen Nuance ſind, muß das bewegliche Glimmerblatt ſehr dünn ſeyn; und iſt dies der Fall, ſo wird es, ſelbſt wenn man ihm die verſchiedenſten Neigungen giebt, nur eine kleine Zahl Glieder in der Reihe der Farbenringe durchlaufen. Um die übrigen zu erhalten, ohne die Vortheile aufzugeben, welche die Dünne der Blätter gewährt, verſchaffe ich mir mehrere andre Blätter von verſchiedenen Dicken, wozu ich gewöhnlich den Sibiriſchen Glimmer nehme, der zwei Axen beſitzt, und befeſtige ſie auf kupfernen Blendungen von rechteckiger Geſtalt, Fig. 28, indem ich ihrem Hauptſchnitt die Richtung gebe, daß er ſich mit einer der Seiten des Rechtecks parallel findet. Um dieſe Bedingung zu erfüllen, drehe ich erſt das Gehäuſe (la boite), in welchem die Blendungen angebracht werden, bis zu einem feſten Merkzeichen, welches vom Verfertiger auf dem Umkreis des Rohrs angegeben iſt; dies Merkzeichen beſtimmt die Lage, in welcher ihre Seitenflächen der Zurückwerfungsebene und mithin auch der Polariſationsebene des zurückgeworfenen Strals parallel werden. Nach Erreichung dieſes Punctes drehe ich die Glimmerblätter in ihren Faſſungen, bis ſie bei einer ſolchen Lage der Blendungen die urſprüngliche Polariſation nicht mehr ſtören. Dreht man alsdann das Gehäuſe abermals um 45°, eine Weite, die auf dem Rohr durch ein andres feſtes Merkzeichen angegeben iſt, ſo erhält der Hauptſchnitt der neuen Blätter ſeine Richtung in dieſem nämlichen Azimut, und jedes derſelben giebt ſonach im Kryſtallprisma die beiden Farben G, U des Ringes, welchem ſeine Dicke entſpricht. Neigt man nach ſo getroffener Anordnung das erſte einaxige Blatt, ſo wird ſeine durch die Schiefe zunehmende Wirkung ſich zu der des zweiaxigen, in der angegebenen Lage befindlichen, hinzufügen, wenigſtens wenn der Hauptſchnitt des letztern mit der Einfallsebene parallel iſt, wie wir ſo eben vorausſetzten; und dann wird die, vom Syſtem gegebene, Farbe U in der Reihe der Ringe abwärts ſteigen. Hingegen, wenn dieſer Hauptſchnitt ſenkrecht auf die Einfallsebene gedreht iſt, welches ſich bewerkſtelligen läßt, indem man die rechteckige Blendung mit einem andern Rande in das Gehäuſe einfügt, ſo wird die Wirkung des feſten Blatts um die des beweglichen vermindert werden, und die Farbe U wird in der Ordnung der Ringe aufwärts ſteigen. Man wird alſo ſolchergeſtalt eine ſehr langſame Abſtufung von Nuancen erhalten, ſowohl oberhalb als unterhalb der Farbe U, welche das feſte Blatt allein giebt; wonach ſich dann der Zahlwerth, den man ihr unter den Gliedern der Newtonſchen Tabelle anzuweiſen hat, genau beſtimmen laſſen wird. Die nämliche Operation, an den verſchiednen feſt anzubringenden Blättern, die man zubereitet hat, vorgenommen, wird eben ſo viel ſolche abgeſtufte Reihen geben. Man wird die Dicken ſo wählen, daß dieſe Reihen einander folgen, und immer durch einige gemeinſchaftliche Glieder in einander übergehen; was man entweder durch einzelne Blätter bewerkſtelligen kann, oder dadurch, daß man mehrere derſelben zugleich auf dem Wege der polariſirten Stralen anbringt, um die Farben tiefer herabſteigen zu laſſen; und durch ſo vermannichfachte zuſammenſtellungen und Verbindungen wird man leicht dahin gelangen, die Farbe U durch faſt unmerkliche Abſtufungen die ganze Reihe der Ringe durchlaufen zu laſſen.

Geſetzt nun, man habe irgend einen Gegenſtand, eine Blume z. B. oder einen Stoff oder ein Mineral vor ſich, und wolle die eigenthümliche Farbe eines ſeiner Theile beſtimmen; ſo bringe man den Gegenſtand in ein dunkles Zimmer, und erhelle ihn darin durch ein recht gleichförmiges weißes Licht, wie das der Wolken; nehme darauf ſeine Stellung außer der Richtung der ſpiegelnden Zurückwerfung, und vergleiche ſeine Farbe mit den Nuancen, welche die, auf die nämliche Weiſe erhellte, Farbenſcale ſucceſſiv giebt. Hat man die Farbe U gefunden, welche ihr am nächſten zu kommen ſcheint, ſo beſtimme man ſie nach den Gliedern der Newtonſchen Tabelle, welche ihr entſprechen oder zunächſt ſtehen, und füge größerer Genauigkeit halber die Angabe der Farbe G hinzu, welche ſie begleitet, und den Farben der durchgelaſſenen Ringe angehört. Dann wird jeder andre Beobachter im Stande ſeyn, dieſe Farbe, ohne ſie geſehen zu haben, nach der gegebenen Beſtimmung eben ſo genau wieder hervorzubringen, als der ſie unmittelbar mit dem Gegenſtande verglichen hat; gerade ſo wie er auch eine Temperatur würde wieder hervorzubringen vermögen, deren Angabe nach einem Thermometer von bekannter Scale und Eintheilungsart ihm gegeben wäre. Und gleichwie die Angaben des Thermometers unter einander vergleichbar ſind, unabhängig von den Beziehungen, in denen ſie zu den Zunahmen der Wärmequantitäten ſtehen mögen, ſo erhält man auch durch die Farbenſcale vergleichbare Beſtimmungen der Farben, in welchen Verhältniſſen immer die einfachen Stralen zur Zuſammenſetzung derſelben beitragen mögen.

Nach Newtons Anſichten ſtimmen die, den Körpern eigenthümlichen, Farben immer nothwendig mit Gliedern aus der Reihe der Farbenringe überein. Vielleicht indeß geſchieht einer ſo vollkommenen Uebereinſtimmung größerer Abbruch, als Newton annahm, durch die Verſchluckung, welche die Stralen erfahren, wenn ſie in die Körper eindringen, um von ihren Theilchen zurückgeworfen zu werden, und wenn ſie von da in die Luft wieder zurücktreten. Mehrere, von Arago beobachtete, Erſcheinungen geben dieſer Vermuthung große Wahrſcheinlichkeit. In dieſem Fall würden die Angaben der Farbenſcale bloße Näherungen ſeyn, dagegen ſie ohne Verſchluckung eine vollkommene Uebereinſtimmung gewähren würden. Indeß iſt eine ſolche Näherung vollkommen ausreichend zu dem Zweck der Vergleichung, welche die Beſtimmung des Inſtruments iſt.

Zehntes Capitel.

Von den Modificationen, welche durch die Polariſation in den Erſcheinungen der Interferenz hervorgebracht werden.

Die Eigenſchaften der Lichttheilchen ſind ſo fein, und treten, bei der geringen Einſicht, die wir erſt über ſie und über die Natur des Lichts ſelbſt beſitzen, oft auf ſo unvorhergeſehene Weiſe hervor, daß es von höchſter Wichtigkeit ſeyn muß, auf ſie alle die Prüfungen anzuwenden, welche durch neue Arten der Beobachtung an die Hand gegeben werden können, und ſelbſt die entfernten und manchmal unerklärlichen Beziehungen aufzuzeichnen, zu deren Entdeckung man hiebei gelangt. Von dieſer Art ſind die, unſtreitig nur erſt ſehr unvollkommen ausgemittelten, gewiß aber ſehr merkwürdigen, Beziehungen zwiſchen den Polariſationserſcheinungen und dem Princip der Interferenzen.

Das erſte Beiſpiel ſolcher Beziehungen wurde vom Doctor Young gegeben. Ueberraſcht von der Uebereinſtimmung, die ich zwiſchen den Farben der Newtonſchen Farbenringe und denen, welche die bewegliche Polariſation in den dünnen Blättern einer großen Menge Kryſtalle zum Vorſchein bringt, beobachtet, glaubte er, die letzten müßten ſich auf daſſelbe Princip als die andern zurückführen, ſich nämlich von der Interferenz der beiden Lichtbündel abhängig machen laſſen, welche verſchiedene Brechungen in dem dünnen Blatt erfahren haben; wobei zwar nicht, wie bei den gewöhnlichen Interferenzen, der bloße Unterſchied der durchlaufenen Wege in Anſpruch genommen werden kann, der in gewiſſen Fällen null iſt, wiewohl noch farbige Bilder entſtehen, wie dies z. B. in den natürlichen Glimmer- oder Fraueneisblättern Statt hat, wenn man ſie dem polariſirten Stral ſenkrecht darbietet; ſondern auch die Verſchiedenheit der beiden Geſchwindigkeiten, der gewöhnlichen und ungewöhnlichen, welche die beiden Bündel im Blatt erlangen, eine Verſchiedenheit, welche eine relative Verzögerung in der Aufeinanderfolge ihrer Undulationen bedingt, wonach, wenn man dieſe beiden Elemente, den durchlaufenen Raum und die Geſchwindigkeit, zuſammennimmt, der Zahlwerth der, den zurückgeworfenen Ringen entſprechenden, Farbe U dem Unterſchiede der beiden Geſchwindigkeiten, multiplicirt mit der Länge Weges des Lichts im Kryſtall proportional ſeyn müßte. Wirklich ſtimmt dies Reſultat ſehr gut mit dem allgemeinen Ausdruck der Farbe U überein, der uns durch die Erfahrung S. 184 gegeben wurde, und deſſen Form war $\frac{k\ e\ \sin U\ \sin U'}{\cos \Theta'}$. Denn der Factor $\frac{e}{\cos \Theta'}$

ſtellt die Länge des Weges dar, und der Coefficient $k \sin U \sin U'$, welcher den Unterſchied der Quadrate der Geſchwindigkeiten vorſtellt, iſt mit ſehr großer Annäherung dem Unterſchiede der Geſchwindigkeiten ſelbſt proportional, wenn der Coefficient k ſehr klein in Verhältniß zu den abſoluten Geſchwindigkeiten iſt, wie dies ſich ſo im Fraueneiſe, dem Bergkryſtalle und allen bisher beobachteten Kryſtallen verhält.

Die Analogie aber geht noch tiefer, als es nach dieſer erſten Betrachtung ſcheinen mag. Wenn nämlich das in Rede ſtehende Product nur die Bedeutung hat, das Zurückbleiben der Undulationen eines der Stralen hinter dem anderen zu meſſen, ſo muß es bei den gewöhnlichen Farbenringen dem Zurückbleiben entſprechen, welches aus der Verſchiedenheit der Wege der Stralen hervorgeht, welche interferiren, nachdem ſie, der eine von der erſten, der andere von der zweiten Oberfläche der dünnen Schichten zurückgeworfen worden ſind; eine Verſchiedenheit, die, wie wir Seite 85 u. ff. ſahen, nach dem Undulationsſyſteme gleich iſt dem Doppelten der Dicke dieſer Schichten, multiplicirt mit der Geſchwindigkeit des Hindurchgehens. Hiernach werden bei beiden Erſcheinungen die nämlichen Farben zum Vorſchein kommen müſſen, wenn das Zurückbleiben, ſo verglichen, bei beiden gleich iſt. Kennt man alſo aus der Newton'ſchen Tabelle die Dicken, bei welchen ſich jede Farbe in den gewöhnlichen Farbenringen zeigt, wenn ſie in einer Subſtanz von gegebener Beſchaffenheit hervorgebracht werden; kennt man anderſeits für einen gegebenen Kryſtall den Unterſchied der beiden Geſchwindigkeiten, der gewöhnlichen und ungewöhnlichen, ſo wie den Einfallswinkel, unter welchem ein Plättchen dieſes Kryſtalles geſtellt worden iſt, ſo wird man die Dicke angeben können, die es haben muß, um mittelſt der beweglichen Polariſation die Farbe, um die es ſich handelt, hervorzubringen. In der That zeigt ſich dies ſo bei den Kryſtallen, in welchen dieſe Farben mit denen der Farbenringe übereinſtimmen; und die Rechnung, auf die angegebene Weiſe eingeleitet, ſtimmt mit der Beobachtung zu genau überein, als daß man hier blos ein Spiel des Zufalls erblicken könnte [1]).

---

1) Ich will hier ein Beiſpiel der Anwendung dieſer Berechnung auf die, mit der Axe parallelen, Plättchen Bergkryſtall bei ſenkrechtem Einfallen des polariſirten Strals geben, welches hinreichen wird, die Anwendung des Youngſchen Princips im Allgemeinen zu zeigen; indem nach dieſem Principe die Zahlausdrücke der, von verſchiedenen Kryſtallen hervorgebrachten, Farben U bei gleichen Dicken und gleichen Richtungen des Schnittes ſich dem Coefficienten k proportional ſetzen laſſen, was, wie wir ſahen, in der That mit der Erfahrung in Uebereinſtimmung iſt. Drückt man nun für den beſonderen Fall

Dieſe Zuſammenſtellung geht blos auf die Beſchaffenheit der Farben, wiefern ſie als durch die Interferenzen hervorgebracht ange-

---

des Bergkryſtalles die gewöhnliche Geſchwindigkeit durch v, die ungewöhnliche durch v', und die Dicke der Kryſtallplatte durch e aus, ſo wird der Ausdruck der Zahl von Undulationen, um welche ein Strahl hinter dem anderen zurückbleibt, ſeyn $\frac{e\,(v' - v)}{l}$, wo l die Länge einer Undulation bedeutet. Betrachtet man nun bei den gewöhnlichen zurückgeworfenen Ringen eine dünne Schicht von einer Dicke (e), in welcher die Fortbewegungsgeſchwindigkeit (v) iſt, ſo wird der Ausdruck für das entſprechende Zurückbleiben ſeyn 2 (e) (v); und man wird ſomit, damit die beiden Farben gleich ſeyen, haben müſſen

$$e\,(v' - v) = 2\,(e)\,(v)$$

eine Gleichung, welche die Dicke e der Kryſtallplatte als Function der entſprechenden Dicke (e) giebt, die man in der Newton'ſchen Tabelle findet. Oder umgekehrt, wenn e gegeben iſt, wird man dadurch den Werth der Dicke (e) herleiten, der ihr in der Tabelle entſpricht.

Geſetzt, wir wollten unſere Farben mit denen der dritten Spalte dieſer Tabelle vergleichen, in welcher die Dicken (e) für Glasplatten berechnet ſind, deren Brechungsverhältniß $\frac{31}{20}$ iſt, ſo wird man (v) dieſer Zahl gleich zu nehmen haben, welches 2 (v) gleich $\frac{31}{10}$ giebt. Nun habe ich durch die Methode der Coincidenzen den Unterſchied der Quadrate der Geſchwindigkeiten, d. i. $v'^2 - v^2$, für den, mit der Axe parallel zugeſchnittenen, Bergkryſtall gleich, 0, 028596 gefunden. Dividirt man dieſen Unterſchied durch die Summe dieſer nämlichen Geſchwindigkeiten, welche nach den, Seite 335, Theil III. angegebenen, Zahlen 3, 105003 iſt, ſo wird man (weil $v'^2 - v^2 = (v' + v)\,(v' - v)$) als Quotienten den Unterſchied $v' - v$ erhalten, d. i. 0, 0092097; und zwar findet man ihn durch dieſe Berechnungsart mit großer Genauigkeit. Man braucht ihn alſo blos noch mit 2 (v) oder $\frac{31}{10}$ zu dividiren, wo dann der Quotient 0, 00297087 das Verhältniß von (e) zu e für den Bergkryſtall ausdrücken wird, d. h. man wird haben

$$e \times 0,\ 00297087 = (e).$$

Vergleichen wir dies Reſultat mit der Beobachtung. Alle meine Verſuche ſtimmten dahin überein, daß die, mit der Axe parallel geſchnittenen, Platten Bergkryſtall bei der beweglichen Polariſation unter ſenkrechtem Einfallen gerade ſo wirkten, wie die natürlichen Fraueneisblätter. Bei dieſen nun reichte es hin, die durch das Sphärometer gefundene Dicke derſelben mit dem Factor ¼ oder 0, 25 zu multipliciren, um die ihnen in der dritten Spalte der Newton'ſchen Tabelle zugehörigen Farben zu erhalten. Nun waren die Abtheilungen meines Sphärometers ſo beſchaffen, daß 250 derſelben $0^{mm}, 56466$ betrugen, welches für eine einzige $0^{mm}, 00225864$ ausmacht; wonach, wenn die Dicke e eine gewiſſe Anzahl n ſolcher Abtheilungen befaßte, ihr Werth in Millimetern war $n.\ 0^{mm}, 00225864$. Dieſen Werth hat man jetzt auf Millionentheile des engliſchen Zolls zurückzuführen, da die Newton'ſche Tabelle in ſolchen ausgedrückt iſt. Nun beträgt ein Millimeter in engliſch. Zollen $\frac{1}{25,\ 3999}$ und in Millionentheilen des engliſchen Zolls $\frac{1000000}{25,\ 3999}$. Multiplicirt man unſern, in Millimetern gefundenen, Ausdruck von e mit dieſer Zahl, ſo wird das Product $\frac{n.\ 2258,\ 64}{25,\ 3999}$ die nämliche Dicke ausdrücken, reducirt ſehen werden, ohne alle Rückſicht auf die Polariſationsrichtung, welche die gebrochenen Bündel in der Platte ſelbſt und in dem, zur Analyſirung des durchgegangenen Lichtes dienenden, rhomboidalen Prisma erlangen. Indeß iſt klar, daß dieſe Polariſationsart gerade die Urſache iſt, welche gewiſſe Theile der gebrochenen Bündel beſtimmt, einer und der nämlichen Brechung im Rhomboid zu gehorchen: und in dieſer Vereinigung gleich gebrochener Theile iſt es, in welcher die Interferenz der Stralen Statt hat, welche ein und das nämliche Bild zuſammenſetzen. Wie man ſieht alſo, muß man, um die Erſcheinung nach dieſem Syſteme zu erklären, den im Prisma verſchieden gebrochenen Bündeln phyſiſche Bedingungen beimeſſen, welche an ihre Polariſationsrichtung geknüpft ſind, und die Brechung ſo geſtalten, wie es erfoderlich iſt, um die Farben durch die Interferenzen ihrer Stralen zum Vorſchein kommen zu laſſen. Dieſe Aufgabe hat **Fresnel** mit vieler Gewandtheit gelöſt. Allein die Reſultate, auf welche er gekommen iſt, und auf welche die in die Beobachtung fallenden Abwechſelungen der Polariſation nothwendig führen, machen es nöthig, den Lichtwellen mehrere ſehr verwickelte Charaktere beizulegen, die, da ſie auf dem Erfahrungswege aus den Thatſachen, nicht aber auf mathematiſche Weiſe aus den mechaniſchen Principien der Bewegung nach dem Undulationsſyſteme abgeleitet ſind, eben ſo viel phyſiſche Data dieſes Syſtemes, wie es durch **Fresnel's** Anſicht geſtaltet wird, ſind. Jedoch würden dieſe Modification allein noch nicht hinreichen, die Farbenerſcheinungen, welche die Polariſation in den Kryſtallblättern zum Vorſchein bringt, vollſtändig zu erklären. Nothwendig müßte man auch den polariſirten Wellen innere Bedingungen der Energie und der Geſchwindigkeit beilegen, der Art, daß aus ihrer wechſelſeitigen Interferenz nicht allein das Erſcheinen oder Nichter-

---

auf die, von **Newton** angewandte, Art Einheit. Dies Reſultat wird man nun nur noch mit dem Factor 0, 00297087 zu multipliciren haben, und durch Wiedereinführung deſſelben in unſere obige Gleichung erhalten

$$n.\ 0,\ 26418 = (e).$$

D. h. zufolge dieſer Berechnung muß man, um die Dicken von Glas zu erhalten, welchen die nämlichen Farbenringe in den gewöhnlichen Farbenringen entſprechen, das, vom Sphärometer gegebene, Maß der Dicke der Kryſtallplatten mit 0, 26418 multipliciren. Wie oben angegeben, hatte ich durch die Beobachtung als mittleren Werth erhalten 0, 25; der Unterſchied würde nur eine Einheit der **Newton'ſchen** Tabelle auf die Farben der vierten Ordnung betragen; kaum dürfte es möglich ſeyn, ihn wahrzunehmen, und es läßt ſich mit großer Wahrſcheinlichkeit vermuthen, daß er in der Schätzung der Farben ſelbſt begründet liegt, die ſich nur mittelbar durch das Fraueneis für den Bergkryſtall vornehmen ließ. Eine ſolche Uebereinſtimmung deutet auf eine tiefe Beziehung, und dürfte ſich nicht wohl dem bloßen Zufalle beimeſſen laſſen.

ſcheinen der Farben erklärlich würde, ſondern auch ihre relative Intenſität in allen Fällen, wo ſie zum Vorſchein kommen, und in allen Perioden ihrer Bildung. Nach dem, von **Fresnel** angenommenen, analytiſchen Ausdrucke ſind dieſe Intenſitäten und dieſe Perioden dem Geſetze einer ſtetigen Fortſchreitung unterworfen, das für alle Kryſtalle, für alle Richtungen des Schnittes das nämliche iſt, und immer mit demjenigen übereinſtimmt, welchem die, durch Zurückwerfung in dünnen nicht kryſtalliſirten Schichten entſtandenen, Farbenringe folgen. Man hat uns die wirkliche Beobachtung der Erſcheinungen weiter oben gezeigt, daß weder dieſe Stetigkeit, noch dieſe Beſtändigkeit, noch dieſe Uebereinſtimmung ſtandhaft und allgemein Statt finden. Man muß ſomit in das phyſiſche Princip, welches man als Urſache annimmt, empiriſche Ungleichheiten, um dieſen Veränderungen zu entſprechen, einführen. Dies hat im Emanationsſyſteme keine Schwierigkeiten, da hier alle Modificationen auf jedes unabhängige Lichtmolecul beſonders bezogen und in's Unbeſtimmte abgeändert werden können, um ſie den Erſcheinungen anzupaſſen. Weit ſchwieriger aber wird die Sache im Undulationsſyſteme, wo die, durch eine und dieſelbe Welle hervorgebrachten, Wirkungen dem Geſetze der mechaniſchen Stetigkeit unterworfen ſeyn müſſen. Ich will damit nicht behaupten, daß das erſte Syſtem eine größere Gewißheit in ſich trage, da im Gegentheil der Vortheil ſeiner Fügſamkeit nur auf ſeine Unbeſtimmtheit und mithin ſeine Unſicherheit ſich gründet. Blos darauf will ich aufmerkſam machen, daß das Syſtem der Undulationen, in der Art, wie es von den gewandteſten Phyſikern bis jetzt dargeſtellt worden iſt, nicht, wie man glauben könnte, durch eine nothwendige und ſtrenge Entwickelung der bloßen Geſetze der mechaniſchen Bewegung hervorgeht; ſondern daß es, bei der ausnehmenden Beſchränktheit unſerer Kenntniſſe über die Natur und ſelbſt über die Eigenſchaften des Lichtes, gleich dem anderen Syſteme, nur erſt eine empiriſche Darſtellungsart gewährt, die eben ſo gut nach den beſonderen Umſtänden der Erſcheinungen modificirt werden, und durch Hinzufügung beſonderer Bedingungen mit ihnen in Uebereinſtimmung gebracht werden muß, um ihnen zu genügen.

Man mußte nothwendig hiedurch veranlaßt werden, durch directe Verſuche auszumitteln, welchen Einfluß die Polariſation der Stralen auf ihr Vermögen äußern möchte, Säume durch wechſelſeitige Interferenz zu bilden. In der That haben **Arago** und **Fresnel** dieſe Unterſuchung zuſammen angeſtellt. Zu dieſem Zwecke concentrirten ſie einen Sonnenſtral durch eine Lupe von kurzer Brennweite, ſo daß der Brennpunct faſt zu einem mathematiſchen ſtralenden Puncte ward, wie **Fresnel** vorher bei ſeinen Unterſuchungen über die Beugung verſchieden war; und nachdem ſie dieſen Stral mittelſt Durchlaſſens durch ein achromatiſirtes Prisma aus Isländiſchem Spath, das ihn in zwei unterſchiedene Kegel, mit auf einander rechtwinkligen Polariſationen ſchied, polariſirt hatten, brachten ſie in jeden dieſer Kegel einen Metallcylinder von hinlänglicher Dünne, um ſehr merkliche Erſcheinungen der Beugung im gewöhnlichen Lichte hervorzurufen. Dieſe Erſcheinungen zeigten ſich auch jetzt noch und zwar ganz auf dieſelbe Weiſe mit jedem der beiden polariſirten Kegel.

Für einen und denſelben Kegel fanden die Interferenzen Statt: 1) zwiſchen den Stralen, welche nahe an den entgegengeſetzten Rändern des Cylinders vorbeigingen; 2) zwiſchen dem direkten Lichte und den, nahe an jedem Rande hingehenden, Stralen. Die erſte Art brachte ein Syſtem innerer Säume hervor; die zweite zwei Syſteme äußerer, unter einander gleicher und ſymmetriſch angeordneter, Säume. In allen dieſen Fällen hatten die interferirenden Stralen parallele Polariſationen. Arago und Fresnel hoben dieſen Parallelismus auf, und ertheilten dagegen den, bei jedem Rande des Cylinders vorbeigehenden, Stralen auf einander rechtwinklige Polariſationen, mittelſt verſchiedener Verfahrungsarten, als verſchiedene Brechungen im nämlichen Kryſtalle, oder ſchiefes Hindurchlaſſen durch Säulen aus gleichen, rechtwinklig auf einander angeordneten Platten. In dieſem Falle brachte die Beugung nie einen innern Saum hervor; woraus ſie ſchloſſen, daß die, auf einander rechtwinklig polariſirten, Stralen nicht mit einander interferiren, oder wenigſtens durch ihre Interferenz kein Verſchwinden von Licht zu Wege bringen.

Für dieſen letzteren Fall ſuchten Arago und Fresnel die Bündel dadurch zur Interferenz zu beſtimmen, daß ſie dieſelben durch Brechung mittelſt eines Kryſtallprisma's auf eine und dieſelbe Polariſation zurückführten. Sie fanden, daß die Interferenz wirklich erfolgte, wenn die beiden Bündel urſprünglich von einem einzigen Bündel herrührten, deſſen ſämmtliche Theilchen eine gemeinſchaftliche Polariſation erfahren hatten, bevor ſie geſpalten worden waren, niemals aber fand die Interferenz Statt, wenn die vereinigten Bündel von urſprünglich verſchiedenen Bündeln herrührten.

Bei dieſen Verſuchen wandten Arago und Fresnel oft natürliche Frauenseisblätter an, die ſie den polariſirten Lichtſtralen ſenkrecht ausſetzten, und die, durch dieſe Blätter gebrochenen, Bündel verhielten ſich bei der Bildung der Beugungs-Säume gerade ſo, wie Bündel mit auf einander rechtwinkliger Polariſation. Wenn man jedoch die Polariſationsrichtung der, durch ſolche Blätter hindurchgegangenen, Bündel unmittelbar beobachtet, ſo findet man, wie wir Seite 133 u. f. gezeigt haben, daß die Rechtwinkligkeit der Polariſationen blos in gewiſſen Lagen des Kryſtallblattes gegen die Richtung der urſprünglichen Polariſation Statt hat. Was hat man aus dieſer anſcheinenden Entgegenſetzung zu ſchließen? Unſtreitig nicht, daß eine Thatſache der andern widerſpricht, welches unmöglich wäre, ſondern blos, daß das Vermögen, keine Säume durch Interferenz zu bilden, nicht blos den Bündeln mit auf einander rechtwinkliger Polariſation eigenthümlich iſt, ſondern außer dieſen auch allen denen zukommt, welche überhaupt verſchiedene Brechungen in Kryſtallplatten, die mit der doppelten Brechung begabt ſind, erfahren haben, mag ihnen darin die feſte oder die bewegliche Polariſation zu Theil geworden ſeyn.

Eilftes Capitel.

Maß der Intenſitäten des Lichts.

Oft wird es bei optiſchen Unterſuchungen erfoderlich, die Intenſitäten zweier, gleichzeitig oder nach einander ſichtbaren, Lichter zu vergleichen. Im erſten Falle, welcher der einfachere iſt, erhelle man mit jedem dieſer beiden Lichter beſonders gleiche Scheiben von recht weißem Papiere oder irgend einem anderen Körper mit matter Oberfläche und ſtarkem Zurückwerfungsvermögen: und entferne darauf, während man die beiden Scheiben zugleich betrachtet, das ſtärkere der beiden Lichter, bis beide Scheiben gleich erhellt erſcheinen. Dann werden ſich die Intenſitäten verhalten, wie die Quadrate der Abſtände der Lichter von den Scheiben. Dieſe partielle Beleuchtung kann man ſo erhalten, daß man einen weißen Raum durch die beiden Lichter erhellt, und eine kleine undurchſichtige Scheibe davor bringt, deren Schatten dann von je einem Lichte beſonders erhellt werden. Man braucht alſo nur dieſe Schatten auf eine gleiche Intenſität zu bringen, indem man die Abſtände der leuchtenden Körper von der Tafel abändert. Man kann auch die beiden Lichter geſondert in's Auge durch zwei kegelförmige Röhren kommen laſſen, die an ihrer Spitze vereinigt ſind, Fig. 20; und dort durch zwei gleiche Papierſcheiben begränzt werden. Mit umhülltem Kopfe, der Ausſchließung alles fremden Lichtes halber, betrachtet man dann die beiden Scheiben zugleich und ruft einem zweiten Beobachter zu, welcher von beiden leuchtenden Gegenſtänden zu entfernen oder zu nähern iſt, bis die Intenſitäten der beiden Scheiben gleich erſcheinen. Wenn dieſe Gleichheit erreicht iſt, ſo verhalten ſich die Stärken der beiden Lichter wie die Quadrate ihrer Abſtände von jeder Scheibe. Handelt es ſich nun darum, eine ſolche

Vergleichung zwiſchen zwei Lichtern anzuſtellen, die nicht gleichzeitig ſichtbar ſind, ſo braucht man nur ein drittes zu Hülfe zu nehmen, von der Beſchaffenheit, daß ſich ſein Glanz unverändert erhält, und es ſucceſſiv mit jedem der beiden anderen zu vergleichen. Durch Anwendung dieſer und verſchiedener anderen ähnlichen Verfahrungsarten hat **Bouguer** eine groſe Menge intereſſanter Reſultate gefunden, die er in einem beſonderen Werke bekannt gemacht hat, aus welchem man hier einige der allgemein anwendbarſten entlehnt finden wird.

Tabelle

über die Quantitäten Lichts, welche von der Oberfläche des Waſſers unter verſchiedenen Schiefen zurückgeworfen werden.

1000 drückt die Anzahl der einfallenden Stralen aus.

Schiefen gegen die Oberfläche.	Anzahl der zurückgeworfenen Stralen.	Schiefen gegen die Oberfläche.	Anzahl der zurückgeworfenen Stralen.	Schiefen gegen die Oberfläche.	Anzahl der zurückgeworfenen Stralen.	Schiefen gegen die Oberfläche.	Anzahl der zurückgeworfenen Stralen.
0° 30′	721	5° 0′	501	17° 30′	178	50°	22
1	692	7 30	409	20	145	60	19
1 30	669	10	333	25	97	70	18
2	639	12 30	271	30	65	80	18
2 30	614	15	211	40	34	90	18

Tabelle

über die Quantitäten Lichts, welche von der erſten Oberfläche des, zur Verfertigung von Spiegeln dienenden, Glaſes zurückgeworfen werden.

1000 drückt die Anzahl der einfallenden Stralen aus.

Schiefe des Einfallens gegen die Oberfläche.	Anzahl der zurückgeworfenen Stralen.	Schiefe des Einfallens gegen die Oberfläche.	Anzahl der zurückgeworfenen Stralen.	Schiefe des Einfallens gegen die Oberfläche.	Anzahl der zurückgeworfenen Stralen.
2° 30′	584	15°	299	50°	34
5	543	20	222	60	27
7 30	474	25	157	70	25
10	412	30	112	80	25
12 30	356	40	57	90	25

Tabelle

über die Quantitäten Lichts, welche vom polirten ſchwarzen Marmor zurückgeworfen werden.

Winkel der einfallenden Stralen mit der Oberfläche des Marmors.	Anzahl der zurückgeworfenen Stralen von 1000.
3° 35′	600
15 0	156
30	51
80	23

Die erſte Zurückwerfung unter dem Winkel von 3° 35′ war auf dem Marmor beinahe eben ſo ſtark als auf dem Queckſilber. Dies gilt für alle ebene Körper, wie ſie immer beſchaffen ſeyn mögen. Sie beſitzen ſämmtlich ein ſehr gutes Zurückwerfungsvermögen, wenn die Stralen unter ſehr kleinen Winkeln gegen ihre Oberfläche einfallen, allein dies Vermögen nimmt mit der Erhebung der Stralen und ihrer Näherung an das ſenkrechte Einfallen ſchnell ab. Hierin unterſcheiden ſie ſich von den Körpern mit kräftigem Zurückwerfungsvermögen; denn bei dieſen erfährt die Intenſität des zurückgeworfenen Lichtes bei den verſchiedenen Schiefen des Einfallens nur ſehr ſchwache Veränderungen. Auf dem Queckſilber und den Teleſcop-Spiegeln z. B. überſteigt der geſammte Umfang dieſer Veränderung kaum [illegible] oder [illegible] von 0° bis 90° des Einfallswinkels. Nun wirft nach Bouguer's Verſuchen bei 21° Schiefe des Einfallens gegen die Oberfläche das Queckſilber ungefähr 637 Stralen von 1000 zurück. Die Zurückwerfung auf ſeiner Oberfläche für alle andern Winkel kann ſomit bis ungefähr 700 ſteigen und bis 600 ſich mindern. Dies Metall, welches vielleicht von allen Körpern das ſtärkſte Zurückwerfungsvermögen beſitzt, ſchluckt alſo doch noch mehr als das Viertheil des Lichtes ein, von welchem es getroffen wird; eine Verſchluckung, die bei Körpern von ſchwächerem Zurückwerfungsvermögen noch weit beträchtlicher iſt.

Arago hat von den Eigenſchaften der beweglichen Polariſation eine Anwendung zur vergleichenden Meſſung der Intenſitäten des Lichtes gemacht; ſeine Verfahrungsart jedoch noch nicht näher beſchrieben. Indeß hat er mich verſichert, daß die Bouguer'ſchen Reſultate ihm ihre Gültigkeit zu haben geſchienen.

Achtes Buch.

Vom Caloricum.

Erſtes Capitel.

Ueber die Beziehungen des Lichts und des Caloricums (Wärmeprincips).

Bisher haben wir uns nur mit denjenigen Eigenſchaften des Lichtes beſchäftiget, die ſich uns durch das Sehen offenbaren, wobei wir zur Entdeckung einer großen Menge phyſiſcher Charaktere der Lichtmolecule gelangten. Jetzt werden wir anderweite Unterſuchungen über das dem Lichte eigenthümliche Vermögen anſtellen, die, ſeiner Wirkung ausgeſetzten, Körper zu erwärmen, und werden darüber in's Klare zu kommen ſuchen, ob dieſe Erſcheinung ſich auf eine Identität des Lichtes und des Wärmeprincips gründet, oder blos auf ein gleichzeitiges Vorhandenſeyn beider Principe in den Lichtſtralen.

Zu dieſem Bezuge iſt folgende, vom großen Aſtronomen Herſchel entdeckte, Thatſache von höchſter Wichtigkeit. Dieſer berühmte Gelehrte ſtellte in der Abſicht, das Wärmvermögen der verſchiedenen Stralen des Sonnenſpectrums zu meſſen, verſchiedene ſehr empfindliche Thermometer in jede der ſieben, von Newton beſtimmten, Farben-Abtheilungen [1]; und beobachtete darauf, bis zu welchem Grade ſich der Thermometerſtand in jeder dieſer Abtheilungen über den, in der umgebenden Luft Statt findenden, erhöhete. Er fand ſo, daß dieſer Grad im Blau höher war, als im Violet, im Grün höher als im Blau u. ſ. f. bis zum Roth, in welchem eine höhere Temperatur als in allen anderen Farben Statt fand. Aber, was die

---

[1] Die erſte Idee dieſes Verſuchs rührt von Rochon her, wie in ſeinen, im Jahre 1783 herausgekommenen, Opusculis zu finden iſt; allein die Thermometer, deren er ſich bediente, waren wahrſcheinlich nicht richtig oder nicht empfindlich genug, um ſo kleine Unterſchiede mit Genauigkeit anzugeben; denn er fand das Maximum der Wärme im Gelb, da es ſich doch eigentlich im Roth findet, und entdeckte keine merkliche Wärme über den ſichtbaren Theil des Spectrums hinaus.

Hauptſache iſt, auch hier hatte das Maximum der Temperatur noch nicht Statt, ſondern es lag noch etwas über das äußerſte Roth hinaus, außerhalb des ganzen ſichtbaren Theiles des Spectrums. Hiedurch ſahe ſich Herſchel zu dem Schluſſe veranlaßt, daß das Wärmevermögen nicht blos den Stralen, welche in uns die Empfindung des Lichtes hervorrufen, ausſchließlich inhärirte, ſondern daß es unter dieſen Stralen noch andere von minderer Brechbarkeit gäbe, die blos das Vermögen zu wärmen beſäßen.

Dieſe ſeine Verſuche wurden von den Phyſikern mit verſchiedenem Erfolge wiederholt. Die einen entdeckten, gleich Herſchel, Spuren merklicher Wärme jenſeit des ſichtbaren Theiles des Spectrums, andere konnten gar keine, oder doch keine Schätzung zulaſſende auffinden. Bei dieſem Anlaß machten drei unter ihnen, Wollaſton, Ritter und Beckmann das entgegengeſetzte Ende des Spectrums zum Gegenſtande einer beſonderen Unterſuchung, und fanden an dieſem Ende, deſſen Wärmvermögen unmerklich war, andere beſondere Eigenſchaften, die man chemiſche nennen kann, weil ihr Einfluß chemiſche Verbindungen zu Wege bringt, welche das rothe Ende des Spectrums nicht bewirkt; und eben ſo wie bei dieſen letzteren das Maximum der Wärme etwas über die äußerſten rothen Stralen hinausliegt, ſo äußerte ſich auch am anderen Ende das Maximum der chemiſchen Wirkung etwas jenſeit der merklichen Gränze des letzten Violet. Dies machte die Phyſiker geneigt, das Sonnenlicht als eine Miſchung dreier Arten von Stralen anzuſehen, die man farbenerzeugende, wärmende und chemiſche nennen könnte, nach den beſonderen Wirkungen, die ſie hervorbringen.

Wir werden ſogleich unterſuchen, in welchem Grade dieſe Annahme für ſcharf begründet, oder auch nur für wahrſcheinlich angeſehen werden kann; zuvor aber muß ich anführen, daß die ſo eben beſprochenen Thatſachen neuerdings von Berard mit vieler Sorgfalt bewährt und ganz außer Zweifel geſetzt worden ſind. Dieſer Phyſiker ſahe die Nothwendigkeit ein, den Verſuchen eine längere Dauer zu geben, um ſie ſicherer, und ihre Erfolge bemerkbarer zu machen; er wandte daher einen, von einem Helioſtat zurückgeworfenen, Sonnenſtral an, und erhielt durch Brechung deſſelben mittelſt eines Prismas ein ſehr zerſtreutes und vollkommen unverrückbares Spectrum. Um die, das Wärmvermögen betreffenden, Eigenſchaften zu beſtimmen, brachte er ſehr empfindliche Thermometer in die ſie eben, von den verſchiedenen Farben eingenommenen, Räume, und um die chemiſchen Eigenſchaften auszumitteln, brachte er in dieſe nämlichen Räume, entweder unmittelbar oder in durchſichtigen Fläſchchen, verſchiedene leicht veränderliche chemiſche Verbindungen.

Durch dieſe Verſuche fand **Berard** **Herſchel's** Angabe hinſichtlich der Zunahme des Wärmevermögens vom Violet bis zum Roth beſtätiget; allein das Maximum der Wärme zeigte ſich ihm am Ende des Spectrums ſelbſt, nicht außerhalb deſſelben. Er giebt als ſeine Stelle den Punct an, wo die Kugel ſeines Thermometers noch ganz von den äußerſten rothen Stralen bedeckt war; mit dem Eintritte der Thermometerkugel in die Dunkelheit ſahe er die Temperatur immer mehr abnehmen; wenn er endlich das Thermometer ganz außerhalb des ſichtbaren Spectrums brachte, wohin **Herſchel** das Maximum der Wärme verlegt, ſo betrug die Erhöhung der Temperatur über die der äußeren Luft nur noch das Fünftheil von der in den äußerſten rothen Stralen Statt gefundenen. Die abſolute Intenſität der erzeugten Wärme zeigte ſich ebenfalls ſchwächer in den Verſuchen von **Berard** als in den **Herſchel'ſchen**. Rühren dieſe Verſchiedenheiten von Unterſchieden im Stoffe, aus dem die Prismen beſtehen, und von Verſchiedenheiten in den Apparaten oder von irgend einem anderen phyſiſchen, bei der Erſcheinung weſentlich in's Spiel kommenden, Umſtände her *)? Wir vermögen nicht darüber zu entſcheiden.

Berard ſuchte zu erforſchen, ob dieſe Eigenſchaften in jedem der Bündel, in die ſich das Licht beim Hindurchgehen durch einen, mit doppelter Brechung begabten, Körper ſpaltet, noch beſonders Statt haben würden. Er ließ in dieſer Abſicht den Sonnenſtral durch

---

*) Hierüber ſcheinen **Seebeck's** Verſuche (Schweiggers Journal für Phyſik und Chemie 10ter Band 2tes Heft. 1824) Licht zu verbreiten.

Es ergiebt ſich daraus, daß die Reſultate in den obigen Hinſichten wirklich durch brechende Mittel von verſchiedener Natur und Beſchaffenheit und nicht minder durch äußere Einflüſſe mannichfach abgeändert werden.

Als Hauptreſultate ſeiner Verſuche giebt **Seebeck** folgende an: 1) In allen prismatiſchen Farbenbildern findet Wärmeerregung Statt, und dieſe iſt jederzeit am ſchwächſten an der äußerſten Gränze des Violet. — 2) Von dort an nimmt ſie, wie man durch Blau und Grün nach der gelben und rothen Seite fortſchreitet, zu, und — 3) erreicht bei einigen Prismen ihr Maximum im Gelb, namentlich bei einem, mit Waſſer gefüllten Prisma, und, nach **Wünſch's** Erfahrungen auch bei, mit Weingeiſt und Terpentinöl gefüllten, Prismen. — 4) Einige andere Flüſſigkeiten, namentlich eine ganz klare Auflöſung von Salmiak und Queckſilberſublimat, desgleichen concentrirte farbloſe Schwefelſäure, hatten das Maximum der Wärme in der Mitte zwiſchen Gelb und Roth. — 5) Prismen von Crownglas und gewöhnlichem weißen Glaſe haben die größte Wärme im vollen Roth. — 6) Bei einigen Glasprismen fällt das Maximum der Wärme in die Gränze des Roths, und dieſe ſcheinen ſchon bleihaltig zu ſeyn. — 7) Prismen von Flintglas haben das Maximum der Wärme jenſeit des Roths, wenn die Kugel des Thermoſkops außerhalb des wohlbegränzten Farbenbildes ſteht. — 8) Die Wärme nimmt jenſeit des Roths ſtetig ab, und bei allen Prismen ohne Ausnahme findet noch einige Zeit unter der Gränze des Roths Wärmeerregung Statt.

Die Verſuche **Seebeck's** wurden mit einem Luftthermometer angeſtellt.

ein Prisma aus Isländiſchem Spath hindurchgehen. Vermöge der Spaltung des Strals entſtanden zwei Spectra, welche die nämlichen Eigenſchaften darboten; in beiden nahm das Wärmvermögen vom Violet bis zum Roth ab, und erhielt ſich noch über die letzten rothen Stralen hinaus. Mithin, wenn der Stral ſich beim Hindurchgehen durch den Kryſtall theilt, theilt ſich auch das Wärmvermögen zwiſchen den beiden Lichtbündeln.

Bei dieſem Vorgange werden die Lichtmolecule durch den Kryſtall polariſirt. Geht etwas Aehnliches mit den dunkeln Wärmeſtralen vor? Dies zu erforſchen fieng **Berard** den Sonnenſtral auf einem polirten und durchſichtigen Glaſe unter einem Einfallswinkel von 35° 25′ auf, damit der zurückgeworfene Antheil die vollſtändige Polariſation erlangen möchte. Der zurückgeworfene Stral ward darauf auf einem anderen Spiegelglaſe aufgefangen, das mit ihm den nämlichen Winkel von 35° 25′ bildete, und ſo eingerichtet war, daß es ſich unter Fortbeſtehen dieſes Einfallswinkels kegelförmig drehen konnte; wie man ſieht, ganz die **Malus**'ſche Vorrichtung mit zwei Spiegeln, deren wir uns ſchon ſo oft bedient haben. Bekanntlich findet man beim Herumdrehen des zweiten Glaſes zwei Lagen, wo es kein Licht mehr zurückwirft. Es war nur noch zu unterſuchen, ob es Wärme darin zurückwerfen würde. Zu dieſem Zwecke brachte **Berard** einen concaven Metallſpiegel ſo an, daß er die, von dieſem Glaſe zurückgeworfenen, Stralen ſammeln und concentrirt auf ein, in ſeinen Brennpunct geſtelltes, Thermometer werfen mußte. Um aber die verſchiedenen Perioden der Erſcheinung leicht verfolgen zu können, brachte er das Thermometer mit dem Spiegel und den Spiegel mit dem Glaſe in feſte Verbindung; ſo daß beim Herumdrehen des letzteren die beiden anderen Stücke ſich zugleich mit drehten, dieſelbe relative Lage zu ihm ſtets beibehaltend. Nach ſo getroffener Einrichtung brachte **Berard** ſucceſſiv das zweite Glas in alle mögliche Azimuts um den Stral, und fand, daß es in den Lagen, wo es kein Licht zurückwarf, eben ſo wenig Caloricum zurückſandte; denn das in dem Brennpuncte des Spiegels befindliche Thermometer ſtieg nicht: wohl aber ſtieg es, und zwar ſehr merklich, wenn das Glas in die Azimuts gedreht war, wo eine Zurückwerfung des Lichtes von ſeiner Oberfläche Statt finden konnte. Bei dieſem Verſuche ſonach wie bei dem vorigen, wo das Licht durch den Isländiſchen Spath gelaſſen wurde, begleitet das dunkle Wärmeprincip die Lichtmolecule, und fügt ſich denſelben Wirkungen.

Hier nun findet ſich dies Princip freilich wenig vom Lichte ſelbſt getrennt, da es ſich nur in einem ſehr kleinen Raum jenſeit des rothen Endes des Farbenbildes frei zeigt; indeß giebt es eine unendliche

Menge anderer Umſtände, wo wir es ſehr reichlich und faſt geſondert erhalten; wie überall, wo wir ſehr warme Körper ohne merkliche Lichterſcheinung beobachten. In dieſem Zuſtande befindet ſich z. B. eine Eiſenkugel, die unterhalb des Grades erwärmt iſt, wo das Eiſen zu glühen beginnt, oder beſſer noch, ein mit kochendem Waſſer angefüllter, zinnerner oder gläſerner Kolben. Die Wärme, welche dieſe Körper in die Ferne auf unſere Organe oder auf das Thermometer äußern, läßt ſich nicht allgemein einer Fortpflanzung durch Berührung mittelſt der Luft- oder Dunſt-Molecule, die zwiſchen uns und ihnen befindlich ſind, beimeſſen. Denn ſie äußert ſich in horizontaler Richtung und ſelbſt von Oben nach Unten ſehr wahrnehmbar, welches der Bewegungsrichtung ganz entgegen iſt, in die die Molecule der Luft, des Dunſtes oder irgend anderer Flüſſigkeiten bei ihrer Erwärmung gerathen; indem ſie durch die Ausdehnung, welche ſie erfahren, genöthigt werden, ſich von Unten nach Oben zu erheben, wie von uns durch Erfahrung wie durch Theorie nachgewieſen worden iſt. Nothwendig alſo muß unter dieſen, wie allen ähnlichen, Umſtänden eine unmittelbare Fortpflanzung dunkeln Caloricums Statt finden; mag nun daſſelbe eine materielle Exiſtenz und die Eigenſchaft auszuſtralen gleich dem Lichte beſitzen, oder auch blos in Schwingungen, welche ſich durch ein imponderables Mittel hindurch fortpflanzen, beſtehen; zwei Arten, welche, wenn dies Mittel ſehr elaſtiſch iſt, ungefähr die nämlichen Erfolge geben. Als nun Berard ſolche warme und dunkle Körper die Stelle des Spectrums vertreten ließ, mit dem er zuerſt den Verſuch angeſtellt hatte, fand er, daß die Wirkungen auf das Thermometer noch nach den nämlichen Geſetzen erfolgten. Bevor wir jedoch weitere Folgerungen aus dieſem Verſuche ziehen, müſſen wir die Geſetze auseinander ſetzen, nach denen das Caloricum zurückgeworfen wird.

Wird einer der eben beſprochenen warmen Körper vor den concaven Metallſpiegel gebracht, ſo findet man, daß er durch Zurückwerfung einen Wärmefocus giebt, der ſich gerade an dem nämlichen Puncte bildet, als wenn der Körper leuchtend wäre. Dies lehrt uns, daß das, was als Wärme ausſtrömt, gleich dem Lichte eine ſpiegelnde Zurückwerfung der Art erfährt, daß der Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich iſt; und ſo wie die ſpiegelnde Zurückwerfung des Lichtes null oder faſt null auf den Körpern mit rauher Oberfläche iſt, wenn es nicht ſehr ſchief gegen dieſelben einfällt; ſo werfen auch manche Oberflächen das dunkle Caloricum mehr, andere minder gut zurück. Sehr gut wird es z. B. von der Oberfläche polirter Metalle zurückgeworfen, weit minder gut von der des Glaſes, wie vollkommen auch ſeine Politur ſeyn mag. Dies iſt die Urſache, warum Berard bei dem oben angeführten Verſuche über die Zurückwerfung einen Metallſpiegel anwandte. Ich deute hier dieſe Umſtände nur an, indem ich ihre nähere Erörterung auf Weiterhin verſpare.

Die beſte Art, die Wirkungen der Zurückwerfung des Caloricums zur Wahrnehmung zu bringen, iſt, zwei ſich entgegengekehrte, concave Metallſpiegel, Fig. 1, Tafel XX, in einem gewiſſen Abſtande einen vor dem anderen auf der nämlichen Axe anzubringen. In den Hauptbrennpunct des erſten A bringt man einen warmen und dunkeln Körper, z. B. einen, mit kochendem Waſſer gefüllten, Kolben M. Die Wärmeſtralen, welche davon ausgehen und auf den Spiegel A fallen, werden gleich den Lichtſtralen parallel mit der Axe zurückgeworfen, und nachdem ſie ſich ſo bis zum Spiegel B fortgepflanzt haben, wieder von ihm in ſeinem Hauptbrennpunct F vereinigt. Bringt man alſo ein empfindliches Thermometer an dieſen Punct, ſo wird es durch ihre Wirkung zum Steigen gebracht, und zwar um ſo mehr, eine je größere Wärmequantität der, in den Brennpunct von A gebrachte, Körper hergiebt. Damit der Verſuch entſcheidend ſey, muß man die beiden Spiegel ſo weit von einander entfernen, daß der Kolben M direct keinen merklichen Einfluß auf das, im Brennpuncte des Spiegels B befindliche, Thermometer zu äußern vermag; wovon man ſich ſo überzeugt, daß man den Verſuch erſt in dem nämlichen Abſtande des Kolbens vom Thermometer wiederholt, aber ohne die Spiegel oder indem man die Oberfläche eines derſelben theilweis oder ganz verdeckt. Sind nämlich die Spiegel gut gearbeitet und angeordnet, ſo wird man die Erhöhung des Thermometerſtandes dem unverdeckt bleibenden Theil ihrer Oberfläche proportional finden. Iſt die Anordnung angegebenermaßen vollſtändig getroffen, ſo kann man, wenn man will, die Fortpflanzung des Caloricums plötzlich durch Zwiſcheneinbringung eines undurchſichtigen Schirmes unterbrechen und durch Zurückziehung deſſelben wieder von Statten gehen laſſen. Man hat ſich auf dieſe Weiſe überzeugt, daß ſie ausnehmend ſchnell geſchieht; denn in welchen Abſtand auch die beiden Spiegel gebracht ſeyn mögen, ſobald man ein recht empfindliches Luftthermometer anwendet, wird man beim Hinwegziehen des Schirmes die Wirkung auf's Thermometer augenblicklich wieder zum Vorſchein kommen ſehen. Dieſer Verſuch, ſo wie die Anordnung der beiden in Verbindung angewandten Spiegel, rührt von Sauſſure und Pictet in Genf her. Die erſte Beobachtung aber über die Zurückwerfung des Caloricums verdanken wir Mariotte, der auch auf die Nothwendigkeit aufmerkſam machte, das dunkle und das leuchtende Caloricum zu unterſcheiden (Traité de couleurs, pag. 288, Ed. 1717).

Es iſt hier der Ort, zwei ſehr ſinnreiche und zu dieſer Art Unterſuchungen ſehr geeignete, thermometriſche Inſtrumente zu beſchreiben. Um einzuſehen, worin ihr Nutzen liegt, muß man in Betracht ziehen, daß das einfache Thermometer, welche Empfindlichkeit man ihm auch ertheilen mag, hier immer einiger Unſicherheit unterliegt; denn wenn man es um eine Quantität ſteigen ſieht, welche manchmal ſehr klein iſt, kann man nie ſicher ſeyn, daß dies Steigen blos von der wärmeerregenden Urſach, deren Beobachtung man ſich vorgeſetzt hat, herrühre, und nicht vielmehr von einer ganz geringen Temperaturveränderung im umgebenden Mittel. Begreiflich würde dieſe Unſicherheit bei einem Inſtrumente wegfallen, welches blos durch den Einfluß dieſer Wärmequelle, oder vielmehr durch den Ueberſchuß ihres Einfluſſes über den der umgebenden Luft afficirt zu werden vermöchte. Dieſen Vortheil gewährt das Differenzial-Thermometer von Leslie und das Thermoſkop von Rumford.

Das erſte dieſer Inſtrumente iſt in Fig. 2 vorgeſtellt. Man nimmt zu ſeiner Verfertigung zwei Glasröhren von ungleicher Länge, die ſich jede in eine hohle Kugel endigen und am entgegengeſetzten Ende etwas an Weite zunehmen. In die Kugel der längern Röhre wird eine kleine Menge mit Karmin gefärbter Schwefelſäure gebracht. Man ſchmilzt darauf dieſe Röhren an der Flamme des Löthrohrs zuſammen, und krümmt ſie ſo, daß ihre Verbindung die Geſtalt eines U annimmt. Werden nun die beiden Schenkel des Inſtruments, welche zu beiden Seiten der flüſſigen Blaſe gelegen ſind, einer und der nämlichen Temperatur ausgeſetzt, ſo wird die, in jedem dieſer Schenkel enthaltene Luft wegen ihrer, mit der andern gleichen, Erhitzung ein gleiches Kraftbeſtreben gegen die flüſſige Blaſe äußern und ſie ſomit nicht aus der Stelle rücken; wird aber einer der Schenkel mehr als der andre erwärmt, ſo erhält die Elaſticität der davon befaßten Luft das Uebergewicht und treibt die Blaſe nach der entgegengeſetzten Seite. Das Thermometer wird ſomit blos für die Temperaturunterſchiede, welche zwiſchen dieſen beiden Kugeln Statt finden, empfindlich ſeyn, und deshalb hat es auch ſeinen Namen erhalten.

Das Rumfordſche Thermoſkop, Fig. 3, unterſcheidet ſich vom Leslieſchen Differenzialthermometer blos darin, daß der längere Theil des Rohrs horizontal iſt, und daß ſeine beiden Kugeln in einen größern Abſtand von einander gebracht ſind. Hiedurch erhält man mehr Leichtigkeit, auf jede derſelben beſonders zu wirken, indem man ſie durch Schirme von Pappe, mit Goldpapier überzogen, trennt.

Die Empfindlichkeit dieſes Inſtruments hängt von der Dicke der Kugeln und der Kleinheit der Röhre ſo wie der Dünne des Glaſes ab. Sie kann ſo bedeutend ſeyn, daß die bloße Wärme der, in zwei bis drei Meter Entfernung hingehaltenen, Hand hinreicht, die Blaſe nach der andern Kugel um ein ſehr Merkliches fortſchreiten zu laſſen. Iſt hingegen der dargebotene Körper kälter als die Kugel, der man ihn nähert, ſo ſchreitet die Blaſe gegen dieſe zurück, wie man nach der Analogie der getroffenen Anordnungen ſchon vorausſehen konnte, obwohl es vielleicht dem erſten Anblick nach nicht ganz ſo leicht iſt, ſich Rechenſchaft davon zu geben.

Weiterhin werden wir uns mit den Folgerungen, die ſich aus dieſem umgekehrten Einfluß ergeben, näher beſchäftigen. Für jetzt betrachten wir denſelben blos als eine Thatſache, welche die ausnehmende Empfindlichkeit des Thermoſkops nachweiſt und zeigt, zu welcher beſondern Art von Unterſuchungen es ſich eignet.

Da wir ſomit im Stande ſind, Wärmeſtralungen für ſich mittelſt warmer und zugleich dunkler Körper hervorzubringen, da wir uns ferner im Beſitz hinreichend empfindlicher Inſtrumente ſehen, um die ſchwächſten Wirkungen derſelben erkennbar zu machen, ſo können wir mit Vortheil wieder an den beſchriebenen Verſuch über das Spectrum gehen, um die Polariſation des dunkeln Caloricums zu unterſuchen. So geſchah es durch Berard. Er ließ von dem erſten Glaſe des Malusſchen Apparats nicht mehr einen Sonnenſtral ſondern die Stralwärme (les émanations calorifiques) eines ſehr heißen, kaum glühenden oder auch ganz dunkeln Körpers zurückwerfen. Sie wurde gleich dem Lichte polariſirt; denn das zweite Glas warf Wärme in allen Lagen zurück, wo Zurückwerfung des Lichts möglich geweſen wäre, keine aber in den Lagen, wo auch keine Zurückwerfung des Lichts Statt gehabt hätte. Nimmt man alſo an, daß den dunkeln Wärmeſtralungen gleich dem Lichte materielle, mit einer großen Geſchwindigkeit begabte, Molecule zu Grunde liegen, ſo erhellt, daß dieſelben durch die Zurückwerfung auf die nämliche Art, als das Licht modificirt werden; und man wird demzufolge alle geometriſchen und phyſikaliſchen Betrachtungen auf ſie anwenden können, auf welche uns die Erſcheinungen der Polariſation für die Lichttheilchen geführt hatten.

Dieſe, ſchon ſehr weit gehende, Analogie wird durch eine andre nicht minder bemerkenswerthe unterſtützt, welche von De Laroche aufgefunden worden iſt, einem jungen und geſchickten Beobachter, deſſen frühzeitigen Tod die Wiſſenſchaft zu beklagen hat. Schon längſt hatten die Phyſiker bemerkt, daß das Glas die dunkle Stralwärme ſehr unvollkommen oder ſelbſt gar nicht, die Lichtſtralen dagegen, insbeſondre die der Sonne, ſehr reichlich mit der ſie begleitenden Eigenſchaft zu wärmen hindurch läßt. De Laroche hat die Urſach dieſer Verſchiedenheit auszumitteln geſucht und durch eine zahlreiche Reihe von Verſuchen, von denen ich bald weiter ſprechen werde, gefunden, daß, ſo lange die Wärmequelle eine Temperatur unter der des kochenden Waſſers hat, die davon ausgehenden Wärmeſtralen kaum oder gar nicht durch eine Glasplatte, wie dünn ſie immer ſeyn mag, hindurchgehen, dagegen ſie nach dem Ueberſteigen dieſer Temperaturgänge in merklichem Maße durchzugehen beginnen und zwar in einem um ſo ſtärkern Verhältniß, je höher die Temperatur der Quelle iſt; bis endlich, wenn dieſe Quelle ſich dem leuchtenden Zuſtand nähert, das Durchgehen noch reichlicher und leichter wird. Aber auch unter dieſen Umſtänden finden noch Verſchiedenheiten Statt; denn wenn man, nach **Mariotte's** Beobachtung, das Sonnenlicht durch einen concaven Metallſpiegel in ſeinen Brennpunct zurückwerfen läßt, und dann vor dieſen Spiegel einen Glasſchirm bringt, ſo wird dadurch in der Temperatur des Brennpuncts nur eine ſchwache Verminderung hervorgebracht werden, die etwa ¼ bis ⅕ beträgt; ſtellt man aber den nämlichen Verſuch mit dem Feuer eines Heerdes oder eines Ofens an, ſo wird man finden, daß, während die directe Zurückwerfung vom Spiegel ohne Schirm eine ſehr lebhafte Wärme hervorruft, nach Zwiſcheneinbringung des Glasſchirms nur eine ſehr ſchwache oder unmerkliche entſteht, ſelbſt wenn man ſich dem Feuer ſo weit nähert, daß das, im Brennpunct entſtehende, Lichtbild lebhafter als zuvor wird. Dies Reſultat nun, was ich hier blos geradehin ausſpreche, iſt von höchſter Wichtigkeit; denn zuvörderſt zeigt die Ungleichheit des Durchgehens bei verſchiedenen Temperaturen der ſtralenden Quelle, daß die davon ausgehenden Wärmeſtralungen unter dieſen verſchiedenen Umſtänden verſchieden modificirt ſind; und zweitens ſcheint der Umſtand, daß das Durchgehen um ſo reichlicher Statt findet, je näher die Stralwärme dem leuchtenden Zuſtande kommt, anzudeuten, daß hiebei nur ein Fortſchreiten in der nämlichen Erſcheinung Statt findet, die in ihren verſchiedenen Modificationen ungleich auf uns wirkt; gleich als wenn die Stralwärme nur dunkles Licht und das Licht nur leuchtendes Caloricum wäre.

Dieſe Beziehung wird uns gleich näher beſchäftigen; zuvor aber iſt es zweckmäßig, mit der Unterſuchung der beſondern Eigenſchaften, welche die verſchiedenen Theile des Sonnenſpectrums darbieten, noch vollends ins Reine zu kommen. Bisher haben wir nur die Farben- oder Wärme-erzeugenden Eigenſchaften deſſelben betrachtet; jetzt wollen wir uns mit ſeiner chemiſchen Wirkung beſchäftigen. Auch hierüber haben **Berards** Unterſuchungen vollkommenes Licht verbreitet. Schon ſeit langer Zeit hatten die Chemiker gefunden, daß das ſalzſaure Silber und verſchiedene andre Salze, dem Lichte ausgeſetzt, in ſehr kurzer Zeit ſchwarz werden. Das Gummi Guajac geht nach **Wollaſtons** Beobachtung hiebei aus dem Gelb ins Grün über.

Gay Luſſac und **Thénard** endlich haben eine noch ſchnellere und kräftigere Wirkung dieſer Art kennen gelehrt. Setzt man nämlich ein Gemenge aus gleichen Raumtheilen Waſſerſtoffgas und Chlorine einem Stral Sonnenlichts aus, ſo entſteht im nämlichen Augenblick eine Detonation, deren Product Salzſäure iſt. Dieſe verſchiedenen Eigenſchaften haben **Berard** als Prüfungsmittel zur Unterſuchung und Kenntlichmachung der chemiſchen Eigenſchaften der verſchiedenen Stralen des Spectrums gedient. Bringt man nämlich in die Räume, welche von den verſchiedenen Farben eingenommen werden, kleine Stücken Pappe, die mit ſalzſaurem Silber geſchwängert ſind, oder Fläſchchen, gefüllt mit einem Gemenge der beiden angegebenen Gasarten, ſo kann die Intenſität und Schnelligkeit der chemiſchen Veränderungen, welche die Subſtanzen hiebei erfahren, als Maßſtab der Energie der Einwirkung dienen. **Berard** fand auf dieſe Weiſe, daß die chemiſchen Eigenſchaften wirklich die größte Intenſität am violetten Ende des Spectrums hatten, und ſich ſelbſt, übereinſtimmend mit **Ritters** und **Wollaſtons** Angabe, etwas über dies Ende hinaus erſtreckten. Ließ er aber die Subſtanzen der Wirkung jedes Strals eine Weile ausgeſetzt, welches ihm die Unbeweglichkeit ſeines Spectrums geſtattete, ſo glückte es ihm, bemerkbare Wirkungen, obwohl in immer abnehmender Intenſität, auch in den indigfarbenen und blauen Stralen zu beobachten, wodurch ausnehmend wahrſcheinlich wird, daß die Anwendung noch empfindlicherer Reagentien ihn ähnliche, obwohl ſchwächere, Wirkungen ſelbſt in den andern Stralen würde haben beobachten laſſen. Um das ausnehmende Mißverhältniß, welches in dieſem Bezug zwiſchen der Wirkſamkeit der verſchiedenen Stralen Statt findet, deutlich in die Augen fallen zu machen, concentrirte **Berard** durch eine Linſe den ganzen Theil des Spectrums, der ſich vom Grün bis zum äußerſten Violet erſtreckt und eben ſo durch eine andre Linſe den ganzen Theil, der vom Grün bis zum Ende des Roth reicht. Dies letzte Bündel vereinigte ſich in einen einzigen, für den Augenſchein weißen, Punct, deſſen Glanz die Augen kaum zu ertragen vermochten; deſſenungeachtet blieb das ſalzſaure Silber über zwei Stunden dieſem lebhaften Lichte ausgeſetzt, ohne eine merkliche Veränderung zu zeigen. Brachte er es dagegen in das andre Bündel, deſſen Licht weit minder lebhaft und weiß erſchien, ſo fand es ſich in weniger als 10 Minuten geſchwärzt. **Berard** ſchließt aus dieſem Verſuch, daß die chemiſchen Wirkungen des Lichts nicht blos von der Wärme abhängen, die es in den Körpern entwickelt, indem es in Verbindung mit ihrer Subſtanz tritt, weil nach dieſer Annahme das Vermögen, chemiſche Verbindungen hervorzurufen, ſtärker in den Stralen ſeyn müßte, welche die Kraft zu erwärmen im höchſten Grade beſitzen. Vielleicht werden indeß dieſe beiden Anſichten minder widerſprechend ſcheinen, wenn man erwägt, daß, nach De Laroche's Verſuchen, weſentliche Verſchiedenheiten zwiſchen dem dunkeln Caloricum, welches die Chemiker zur Veränderung gewiſſer Verbindungen, namentlich der Pflanzenfarben anwenden, und dem Caloricum des Spectrums in dem Theil, der ſolche Wirkungen nicht hervorbringt, Statt finden können. Die Schwierigkeit würde z. B. verſchwinden, wenn das dunkle Caloricum, welches man durch eine künſtliche Wärme erhält, den ebenfalls dunkeln Stralungen, welche am violetten Ende des Spectrums Statt haben, zum Theil oder ganz ähnlich wäre, eine Anſicht, in welcher nichts Unmögliches liegt.

Dieſe Berardſchen Verſuche vollenden den Beweis, daß die verſchiedenen Theile eines, durch das Prisma zerſtreuten, Sonnenſtrals in ſehr ungleichem Grade das Vermögen beſitzen, Geſichtsempfindung, Wärme und chemiſche Verbindungen hervorzurufen. Sollen wir nun dieſe drei Vermögen drei beſondern Arten von Stralen beimeſſen, die unabhängig von einander exiſtiren, und deren jede nur zur Hervorbringung einer einzigen Art von Wirkung geeignet iſt? Wenn dem ſo iſt, ſo wird auch jede dieſer Arten Stralen durch das Prisma in eine unendliche Menge verſchiedener Modificationen, gleich dem Lichte ſelbſt, trennbar ſeyn müſſen, weil die Erfahrung zeigt, daß jede der drei Eigenſchaften, chemiſche, erleuchtende und wärmende, über eine gewiſſe Ausdehnung des Spectrums, obſchon in ſehr ungleichen Verhältniſſen, vertheilt iſt. Dieſe Annahme führt ſomit nothwendig die Vorſtellung mit ſich, daß eigentlich drei übereinanderfallende Spectra, nämlich eins von Wärmeſtralen, eines von chemiſchen Stralen und eins von Lichtſtralen Statt finden. Ferner wird man anzunehmen haben, daß jede der Subſtanzen, aus welchen das Spectrum beſteht, ja ſelbſt jedes der Molecule von ungleicher Brechbarkeit, aus welchen dieſe Subſtanzen beſtehen, gleich den Moleculen des ſichtbaren Lichts mit der Eigenſchaft begabt iſt, durch Zurückwerfung polariſirt zu werden, und dann ſich der Zurückwerfungskraft unter den nämlichen Umſtänden zu entziehen, als die Lichtmolecule u. ſ. f. Anſtatt in dieſe Verwicklung von Vorſtellungen einzugehen, wollen wir uns, in Uebereinſtimmung mit den Erſcheinungen, denken, das Sonnenlicht beſtehe aus einer Vereinigung von Stralen, die eine ungleiche Brechbarkeit beſitzen, und mithin ungleicher Modificationen durch die Körper fähig ſind, welches urſprüngliche Verſchiedenheiten in ihren Maſſen und Geſchwindigkeiten oder ihren Verwandtſchaften vorausſetzt. Warum ſollten dieſe Stralen, die ſchon in ſo vieler Hinſicht ſich von einander unterſcheiden, ſämmtlich auf die Thermometer und unſre Sinne, die nämlichen Wärme- und Lichteindrücke äußern? Warum ſollten ſie die nämliche Wirkſamkeit beſitzen, chemiſche Verbindungen hervorzubringen oder zu trennen? Iſt die Annahme nicht ſehr natürlich, daß das Sehen mittelſt unſrer Augen nur innerhalb gewiſſer Gränzen der Brechbarkeit Statt finden kann, und daß das Zuviel oder das Zuwenig die Stralen gleich ungeſchickt macht, dieſe Wirkung hervorzubringen? (ſo findet ja auch das Hören, eine andre Sinnesempfindung, nur innerhalb gewiſſer Gränzen der Schnelligkeit der Schwingungen Statt). Vielleicht würden ſolche Stralen für andre Augen als die unſrigen ſichtbar ſeyn; vielleicht ſind ſie es ſelbſt für gewiſſe Thiere, und dann würde das Wunderbare ihrer Wirkung verſchwinden, oder vielmehr ſich der allgemeinen Wirkungsart des Lichts anſchließen. Mit einem Worte, man kann ſich vorſtellen, daß das Wärmvermögen und das chemiſche Vermögen in der ganzen Ausdehnung des Spectrums zugleich mit der Brechbarkeit ſich ändern, aber nach verſchiednen Functionen; indem das Minimum des Wärmvermögens am violetten Ende des Spectrums Statt findet, und ſein Maximum am rothen Ende; dahingegen das chemiſche Vermögen, durch eine andre Funckion gegeben, ſein Minimum am rothen Ende hat und ſein Maximum am violetten Ende oder ſelbſt etwas darüber hinaus. Dieſe Annahme, die nur der einfachſte Ausdruck der Erſcheinungen iſt, genügt vollkommen allen denen, die wir in dieſem Kapitel angeführt haben, und geſtattet ſelbſt, nach bloßen Analogieen die meiſten derſelben vorauszuſehen. Sind nämlich alle Stralen, welche die Geſichtsempfindung, die Wärme und die chemiſchen Verbindungen hervorrufen, gleichermaßen Licht, ſo muß wohl eine Zurückwerfung aller derſelben von den glatten Körpern und zwar nach dem nämlichen Geſetze Statt finden, ſo daß der Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich iſt; woraus folgt, daß ſie auf gleiche Weiſe durch die Concav- oder Convex-Spiegel concentrirt oder zerſtreut werden müſſen. Eben ſo werden ſie auch alle beim Hindurchgehen durch einen, mit doppelter Brechung begabten, Kryſtall oder bei der Zurückwerfung von einem Spiegelglaſe unter einem gewiſſen Einfallswinkel polariſirt werden, und, nachdem ſie dieſer Modification theilhaftig geworden, von einem andern Glaſe zurückgeworfen werden müſſen, wenn man dieſem die gehörige Stellung gegeben hat, daß ſeine Zurückwerfungskraft auf die Molecule in Wirkſamkeit treten kann. Unter Umſtänden hingegen, wo dieſe Kraft auf die ſichtbaren Molecule wirkungslos iſt, wird auch das unſichtbare Licht eben ſo wenig zurückgeworfen werden; denn die Urſach, von welcher das Erfolgen oder nicht Erfolgen der Brechung abhängt, ſcheint ſich gleichermaßen auf alle Molecule zu äußern, welches auch ihre Brechbarkeit ſeyn mag; und muß ſich ſomit auch auf die Molecule unſichtbaren Lichts äußern, da die Bedingung der Unſichtbarkeit oder der Sichtbarkeit nur in Bezug zu unſern Augen Statt hat, nicht aber auf der Grundbeſchaffenheit der Molecule ſelbſt, welche dieſe Wahrnehmungen in uns hervorrufen, beruht. Weil endlich zufolge De Laroche's Beobachtungen das dunkle Caloricum, welches von einem Körper, den man allmälig erhitzt, ausſtrömt, auch allmälig ſich den Bedingungen und Eigenſchaften, in deren Beſitz das leuchtende Caloricum iſt, annähert, ſo muß begreiflich die Wärmeſtralung beim Beginn ihres Sichtbarwerdens erſt dem Theil des Spectrums ähnlich erſcheinen, der das mindeſte Wärmvermögen hat, d. i., der ſich am violetten Ende befindet. Auch beobachtet man, daß alle Flammen bei ihrem Entſtehen erſt violet oder blau ſind, und nur, wenn ſie einen höhern Grad der Intenſität erreicht haben, weiß werden1). Aber eben weil uns dieſe Zuſammenſtellung einen fortſchreitenden Zuſtand erkennen läßt, ſo werden dadurch nicht die beſondern Eigenſchaften ausgeſchloſſen, welche ausſchließlich der einen oder andern Phaſe des Fortſchreitens angehören können. So werden ſich die Wärmeſtralungen von verſchiedenen Temperaturen und die Lichtſtralungen von verſchiednen Farben von einander unterſcheiden können in dem Vermögen, Geſichtsempfindung, chemiſche Wirkung hervorzurufen, in der Fähigkeit, durch die durchſichtigen Subſtanzen hindurchzugehen, und vielleicht noch in vielen andern, von den Phyſikern bisher nicht unterſuchten, Charakteren. Wenn dieſe Induction auch nicht ihre Stelle unter den ausgemachten Wahrheiten finden darf, ſo ſieht man doch, daß ſie zu einem ziemlich ſichern Führer dienen kann, uns in den Beziehungen der Thatſachen zurecht zu finden, auch werden wir zu dieſem Zweck Gebrauch von ihr machen. Um jedoch unſern Unterſuchungen keine andre Grundlage, als die Erfahrung zu geben, wollen wir dieſe hypothetiſche Identität für jetzt noch nicht einführen, und die dunklen Wärmeſtralungen, die ſich in die Ferne bemerklich machen, durch die beſondre Benennung des ſtralenden Caloricums unterſcheiden, deſſen Hauptgeſetze wir ſomit jetzt unterſuchen wollen.

---

1) Dieſes Fortſchreiten in den Farbenabſtufungen zeigt ſich ſelbſt an dem Lichte, welches der elektriſche Funken in der Luft hervorruft. Ich habe mich hievon überzeugt, indem ich ſolche Funken auf verſchiedene Weiten zwiſchen einer ſtumpfen Spitze und einer Metallkugel überſpringen ließ; durch welche Anordnung man einen beſtändigen Funkenſtrom erhält, deſſen Intenſität ſich beliebig durch die Entfernung mäßigen läßt.

Zweites Capitel.

Geſetze der Erkältung und Erwärmung der Körper in unbegränzten Mitteln.

Faſt alle unſre Kenntniſſe über die Stralung des Caloricums fließen aus der Beobachtung der fortſchreitenden Erwärmung oder Erkältung der Körper in verſchiednen Mitteln von gleichförmiger Temperatur; mögen nun dieſe Modificationen blos von dem freien Ausſtrömen des Caloricums und der Berührung des Mittels herrühren, oder auch die nahe Einwirkung eines andern Körpers zur Urſach haben. Da der erſtere Fall der einfachere iſt, ſo machen wir billig mit ihm den Anfang.

Um denſelben zu verwirklichen, müſſen wir einen Körper nehmen, deſſen mittlere Temperatur wir in jedem Augenblick erfahren können, und nachdem wir ihn bis zu einem gewiſſen Grade erhitzt haben, ihn in einer ruhigen Luft aufhängen, worauf wir mit einer Secundenuhr die Fortſchritte ſeiner Abkühlung beobachten. Zu dieſem Zweck iſt nichts geeigneter, als ein cylindriſches Gefäß AB, Fig. 4, von dünnem Metall, durch deſſen ganze Länge das gleichfalls cylindriſche Reſervoir eines Thermometers hindurchgeht, deſſen eingetheilte Röhre nach Außen hervortritt. Ein kleines, im obern Theil des Gefäßes angebrachtes, Röhrchen dient, kochendes Waſſer oder irgend eine andre Flüſſigkeit einzufüllen, worauf man es mit einem genau paſſenden Stöpſel verſchließt, um die Abkühlung zu verhüten, welche durch die Verdunſtung hervorgebracht werden würde. Iſt dies geſchehen, ſo bringt man den Apparat in ein Zimmer, welches hinlänglich geräumig iſt, daß ſeine Temperatur keine merkliche Veränderung dadurch zu erfahren vermag, und hängt ihn mittelſt dreier dünnen Schnüre darin auf oder ſetzt ihn auf einen hölzernen Fuß, der ihn mittelſt ſehr weniger Puncte berührt, ſo daß er ihm nur einen unmerklichen Theil ſeiner Wärme entzieht. Man ſieht alsdann den Stand des innern Thermometers immer mehr fallen und bemerkt mittelſt einer guten Uhr die Augenblicke, in welchen er zu den verſchiedenen Graden der Scale herabkommt. Auch beobachtet man die Temperatur des Zimmers mittelſt eines, außerhalb des Einfluſſes des Gefäßes befeſtigten, Thermometers.

Zur völligen Genauigkeit des Verſuches endlich iſt erforderlich, in der Zwiſchenzeit der Beobachtungen das Zimmer zu verlaſſen, um nicht durch ſeine Gegenwart die Temperatur der Luft und die Fortſchritte in der Abkühlung des Gefäßes zu modificiren: man braucht ſich blos von Zeit zu Zeit hineinzuverfügen, um den Zuſtand des

Thermometers zu beobachten, welches von Weitem mittelſt eines feſt angebrachten Perſpectivs geſchehen kann; es iſt ſelbſt zweckmäßig, die Fenſterladen in der Zwiſchenzeit der Beobachtungen geſchloſſen zu halten, um die Bewegungen zu verhüten, welche die Wirkung des äußern Lichts in der Luft hervorrufen könnte.

Folgendes ſind die nähern Reſultate eines Verſuchs, den *Rumford* auf ſolche Weiſe mit zwei Gefäßen aus Meſſingblech anſtellte, welche 4 Zoll Durchmeſſer und 4 Zoll Höhe hatten. Die Oberflächen ihrer Böden waren vollkommen gleich; aber die Seitenwände von No. 1 *unbedeckt*, die von No. 2 mit feiner weißer Leinwand *bekleidet*, die zum feſten Anliegen an die Metalloberfläche gebracht war. Die Zeiten ſind in Stunden und Sexageſimal-Minuten, die Temperaturen in Fahrenheitſchen Graden ausgedrückt.

Zeiten.		Temperatur.		Temperatur der Luft.
St.	M.	No. 1 unbedeckt.	No. 2 bedeckt.	
10	10	126° ½	126°	43° ½
—	30	109 ½	106 ½	43 ½
—	45	105	100 ½	43 ¾
11	—	101 ⅝	94 ¾	41
—	2½	—	94	—
—	15	97 ½	90 ¼	—
—	30	94	86 ¾	—
—	39	—	84	—
—	45	91 ¼	82 ½	—
12	—	88 ½	79 ⅜	—
—	15	85 ½	76	—
—	25	84	—	—
—	30	—	74 ½	—
—	45	80	70	—
1	—	78	68 ¼	—
—	30	74 ¼	64 ¾	—
2	—	71 ⅝	61 ½	43 ¾
—	30	68 ⅜	58 ¼	43 ½
3	—	65 ¾	56 ¾	—
—	30	63 ½	54 ¾	—
4	—	61° ½	53° ½	34° ½
—	30	59 ½	52	—
5	30	57	49 ¾	42 ½
6	—	55 ½	49 ¼	—
—	30	54 ¾	48 ¼	—
7	—	53 ½	47 ½	42
8	—	51 ½	46 ½	—
9	—	50	45 ½	—
10	—	49	45	—
8	12 März.	43	42	40
	Man bringt die Inſtrumente in ein eingeheiztes Zimmer.			
8	2	43	42	62
—	32	44 ½	44 ½	62 ½
—	47	46	46 ½	63
9	24	48	49 ½	—
10	—	50	52	—
—	41	51 ½	53 ⅞	—
12	—	54	56 ½	—
12	26	54 ½	57	—
	Man ſchließt den Verſuch.			

Aus dem bloßen Anblick dieſer Tabelle ergiebt ſich der ſehr ungleiche Gang beider Inſtrumente. Das mit Leinwand umhüllte erkaltete weit ſchneller als das andre. Wir werden ſogleich auf dieſe Thatſache zurückkommen, welche mit einem der bemerkenswertheſten Geſetze der Wärmeſtralung zuſammenhängt. Für jetzt betrachten wir blos den Gang jedes Apparats für ſich, und fangen mit No. 1 an.

Die erſte Bemerkung, welche ſich darbietet, iſt, daß die Temperatur des Apparats in den erſten Augenblicken, wo ſie viel höher als die der umgebenden Luft war, ſehr ſchnell abnahm; alsdann verzögerte ſich ihr Sinken in dem Maße, als dieſer Ueberſchuß kleiner ward; wonach die ſtrenge Gleichheit der Temperaturen eine Gränze zu ſeyn ſcheint, die nur im Unendlichen erreicht werden kann. Dies iſt ganz analog mit der Art, wie wir die El. durch Berührung der Luft verloren gehen ſahen; auch findet hiebei das nämliche Geſetz Statt. Das Sinken des Thermometers im Apparat in einer unendlich kleinen Zeit läßt ſich dem jedesmaligen Ueberſchuß ſeiner Temperatur über die der umgebenden Luft proportional ſetzen. Dies Geſetz beobachtet man auch bei der Erwärmung der Körper, wenn ihre Temperatur niedriger als die des umgebenden Mittels iſt. Bringt man ſeinen Ausdruck auf eine Formel, ſo vermag man danach vorauszuſehen, auf welchem Grade ſich das Thermometer des Apparats in irgend einem Zeitpunct befinden wird, ſobald man blos die Grade kennt, die es für zwei bekannte Zeitpuncte gezeigt hat. Eine einfache Logarithmenrechnung reicht hiezu hin, wie ſich in meinem größern Werke erörtert findet, wo die zu befolgende Rechnungsmethode auf die vorſtehenden Verſuche und viele andre, welche in der Luft und in verſchiednen tropfbaren Flüſſigkeiten angeſtellt wurden, angewandt iſt. Denn die Art des Fortſchreitens iſt in allen Mitteln die nämliche, blos ſeine abſolute Schnelligkeit ändert ſich.

Die Entdeckung dieſer ſchönen Reſultate verdanken wir Newton, der, von der Anſicht ausgehend, daß die Temperatur das Reſultat der ganzen freien Wärme eines Körpers ſey, den Schluß zog, daß zwei ſich berührende Körper ſich in jedem unendlich kleinen Augenblicke wechſelſeitig Quantitäten derſelben mittheilen müßten, welche denen, die jeder beſitzt, proportional wären. Newton bewährte dies Geſetz durch directe Verſuche; dehnte es aber zu weit aus, indem er es durch die ganze Stufenfolge der Temperaturen für daraus zu ziehende Folgerungen gültig hielt. Durch eine zahlreiche Reihe von Verſuchen, welche De Laroche angeſtellt hat, iſt indeß auf unbeſtreitbare Weiſe erwieſen, daß die, von Newton angenommene, Proportionalität nur annäherungsweiſe gültig iſt, und zwar ſo lange für ſtatthaft angeſehen werden kann, als der Temperaturunterſchied der ſich berührenden Körper ſehr gering iſt, in dem Maße aber, als dieſer zunimmt, ſich immer mehr von der Wahrheit entfernt. In dieſem Fall wächſt der Verluſt des wärmern Körpers an Caloricum in einer weit raſchern Progreſſion, als zufolge jenes einfachen Verhältniſſes der Fall ſeyn würde. Da jedoch die Abweichung für die Temperaturverſchiedenheiten unter 100° unmerklich iſt, ſo iſt ſie Newton ſo wie den andern Beobachtern entgangen, deren Verſuche gewöhnlich dieſe Gränze nicht überſchritten. Eine eben ſolche Beſchleunigung hat auch Statt, wenn die Mittheilung der Wärme, anſtatt durch Berührung zu erfolgen, in die Ferne durch Stralung eines Körpers auf einen andern, direct oder mittelſt Zurückwerfung, geſchieht. Das Newtonſche Geſetz iſt ebenfalls noch auf dieſen Fall anwendbar, ſo lange die Temperaturverſchiedenheit der auf einander einwirkenden Körper nicht ſehr beträchtlich iſt; führt aber zu Irrungen, wenn ſie 100° überſteigt. In meinem größern Werke ſind die Originalbeobachtungen von De Laroche zu finden, durch welche dieſe Thatſache feſtgeſtellt wird. Es war von ausnehmender Wichtigkeit, ihr Geſetz auszumitteln; und dies haben Petit und Dulong durch eine ſchöne Reihe von Verſuchen geleiſtet, die in dem 11ten Theil des Journal de l'Ecole Polytechnique und in dem 104ten der Annales de Chimie eingerückt iſt. Indem ſie alle beſondern Umſtände des Erkaltens nach einander analyſirten, glückte es ihnen, eine Formel zu erhalten, welche die Fortſchritte der Abkühlung für alle Körper, welche in den leeren Raum oder in beliebige Mittel getaucht ſind, zu berechnen verſtattet.

Bei dieſer nämlichen Reihe von Verſuchen, welche ich ſo eben erwähnte, war es, wo De Laroche die ſchon oben beſprochene wichtige Thatſache entdeckte: daß nämlich der Verhältnißtheil ſtralenden Caloricums, der durch eine Glasplatte hindurchgeht, in dem Maße zunimmt, als dies Caloricum aus einem wärmern Körper ausſtrömt. Anfangs unmerklich, wenn der Körper nur eine niedre Temperatur beſitzt, nimmt es immer mehr zu, bis er in leuchtenden Zuſtand gerathen iſt, und wächſt ſelbſt dann noch mit der Verſtärkung ſeines Lichts. Macht dies nicht, wie ſchon bemerkt, eine Uebereinſtimmung des Caloricums und Lichts in ihrer Natur ſehr wahrſcheinlich, ſo daß letztres nichts andres wäre als ſtralendes Caloricum, ausſtrömend aus einer hinlänglich warmen Quelle, um unſern Augen bemerkbar zu werden?

Um zur Feſtſtellung dieſer bemerkenswerthen Reſultate zu gelangen, fieng De Laroche damit an, ſich in Beſitz ſicherer Mittel zu ſetzen, um ſucceſſiv einen und den nämlichen Körper auf verſchiedne feſte Temperaturen zu erheben. Dann beobachtete er für jede dieſer

Temperaturen den erwärmenden Einfluß, den der Körper in die Weite auf ein befeſtigtes Thermometer oder auf Würfel ſchmelzenden Eiſes von bekanntem Volumen äußerte, erſt blos direct durch die Luft, dann durch die Luft und einen zwiſcheneingebrachten Glasſchirm hindurch. Um jedoch das, in letzterm Fall erhaltene, Reſultat rein von dem zu erhalten, was ſich auf Rechnung der eignen Erwärmung und Stralung der Glasplatte ſchreiben ließ, ſtellte er einen dritten Verſuch ſo an, daß er die erſte Fläche dieſes Glaſes ſchwärzte, wodurch alles directe Hindurchgehen unmöglich gemacht wurde, und die, in dieſem Fall auf das Thermometer beobachtete, Wirkung von der beobachteten Totalwirkung (welche Statt fand, wenn bei ungeſchwärzter Glasplatte die Stralung frei hindurchging) abzog, ſie der, im freien Glaſe Stattfindenden, Erwärmung zum wenigſten für gleichgeltend achtend. Nach dieſem Abziehen mußte ein Reſt bleiben, welcher der Wirkung des Durchgehens allein gewiß eher nachſtand als ſie übertraf; und deſſenungeachtet zeigte dieſer Reſt, mit der Totaldifferenz der Temperaturen des warmen Körpers und des Thermometers verglichen, eine Zunahme in ſo raſch ſteigendem Verhältniſſe. Von allen Verſuchen, die De Laroche auf ſolche Weiſe anſtellte, iſt der überzeugendſte und ſicherſte folgender. Er vermittelte durch Anbringen von Blendungen, daß immer nur ſo viel Wärmeſtralen zum Thermometer gelangen konnten, daß die Wirkung auf dieſes Inſtrument durch die Luft allein hindurch bei verſchiednen Temperaturen ſich gleich blieb: er mittelte dieſe Gleichheit durch Verſuche aus, was begreiflich immer ausführbar iſt. Wäre nun das Verhältniß, in welchem das Caloricum durch das Glas hindurchgeht, beſtändig geweſen, ſo hätte ſich dieſelbe Gleichheit der Wirkungen auch noch zeigen müſſen, wenn man einen Glasſchirm auf den Weg der Stralen gebracht hätte, nach Abzug des kleinen Theils der Wirkung, der auf Rechnung der eigenen Erwärmung dieſer Platte kommt. Im Gegentheil aber nahm der Verhältnißtheil Wärme, der durch den Schirm hindurchgieng, raſch zugleich mit der Temperatur der Quelle zu, obwohl die directe Wirkung durch die Luft allein hindurch ſich in allen dieſen Fällen gleich blieb. Ohne Zweifel iſt es eine Folge dieſer Eigenſchaft, daß die Wärme der Sonnenſtralen ungleich weniger bei ihrem Durchgange durch das Glas geſchwächt wird, als die, welche von brennenden irdiſchen Körpern ausſtrömt; und es wird hierdurch ſehr wahrſcheinlich, daß die Temperatur der Sonne eine unendlich höhere Intenſität beſitzt, als alle die Temperaturen, welche wir hervorzubringen vermögen. Wenn ein Phyſiker die Verſuche von De Laroche wieder einmal vornimmt, ſo wird er als einen Gegenſtand intereſſanter Unterſuchung zu berückſichtigen haben, ob die Fortſchreitung im vermehrten Hindurchgehen nicht bei gleichen Temperaturen je nach der Subſtanz des ſtralenden Körpers und dem Zuſtand ſeiner Oberfläche verſchieden ſeyn ſollte. Denn da durch die angegebenen Verſuche erwieſen iſt, daß die, von einem warmen Körper ausſtrömenden, Wärmemolecule nicht bei jeder Temperatur alle auf die nämliche Weiſe modificirt werden, indem die einen leichter als die andern durch das Glas hindurchgehen, ſo wäre es wohl möglich, daß gewiſſe Körper reichlicher dieſe oder jene Art ſolcher Molecule ausſtrömten, gleich wie gewiſſe Flammen mehr blaue, oder mehr grüne Stralen ausſenden, ſo daß ſie vergleichungsweiſe blau oder grün erſcheinen; und dann wäre es denkbar, daß der Wärmeeinfluß des einen Körpers ſich mehr als der eines andern zur Hervorbringung gewiſſer Erſcheinungen eignete, z. B. zum Bewirken chemiſcher Verbindungen, in Bezug zu welchen vorzüglich das dunkle Caloricum am violetten Ende des Spectrums ein wirkſames Vermögen zu beſitzen ſcheint. Die Steigerung im Durchgehen der Wärmeſtralen durch das Glas und wahrſcheinlich überhaupt durch alle durchſichtigen Körper mit der Temperaturerhöhung kann auch eine wenigſtens mitwirkende Urſach der ſchnellen Zunahme ſeyn, welche man im erwärmenden Einfluß der Körper im Maße als ihre Temperatur ſich erhöht, wahrnimmt. Denn wenn, wie Alles zu ſchließen auffordert, die Stralung nicht blos von der Oberfläche, ſondern auch bis zu einer kleinen Tiefe vom Innern der Körper ausgeht, ſo wird dieſe Tiefe mit der Temperaturerhöhung zunehmen müſſen, weil der Stoff, aus dem der Körper beſteht, hierbei den Wärmeſtralen leichtern Durchgang geſtattet; und vermöge dieſes doppelten Umſtandes wird eine reichlichere Stralung entſtehen müſſen.

De Laroche hat in dieſem Bezug noch einen andern wichtigen Satz feſtgeſtellt, daß nämlich die Wärmeſtralen, welche ſenkrecht durch eine erſte Glasplatte hindurchgegangen ſind, dadurch verhältnißmäßig geeigneter geworden ſind, durch eine zweite hindurchzugehen; denn das, durch die erſte Platte durchgegangene, Bündel erfährt beim Durchgang durch die zweite einen weit geringern Verluſt. Die Beweiſe dieſer Thatſache erhält man ganz durch die nämlichen Verfahrungsarten, welche für eine einzige in Gebrauch gezogen wurden, und ſind eben ſo überzeugend. Man hat daraus den Schluß zu ziehen, daß die Wärmeſtralen, welche durch das erſte Glas hindurchgegangen ſind, entweder von einer gewiſſen eigenthümlichen Beſchaffenheit ſind, oder daß ſie durch dieſelbe in einen, der Polariſation ähnlichen, Zuſtand verſetzt werden, welcher ſie geeigneter macht, durch eine andre Platte hindurchzugehen.

Endlich hat auch De Laroche mittelſt der nämlichen Verfahrungsarten vergleichungsweiſe die Quantitäten ſtralenden Caloricums gemeſſen, welche durch Glasplatten von verſchiedenen Dicken hindurchgehen, wenn ſie unter gleichen Umſtänden dem Einfluß eines und deſſelben warmen Körpers ausgeſetzt werden; und gefunden, daß die größere Dicke das Durchgehen in einem beträchtlichen Verhältniſſe ſchwächte, ſo daß die Vortheile einer vollkommnern Durchſichtigkeit dadurch aufgewogen ja ſelbſt überwogen zu werden vermochten. Eine $1^{mm},7$ Millimeter (0,75 par. Lin.) dicke Platte von gewöhnlichem Glaſe ließ weit mehr Caloricum durch, als eine Tafel von ſehr ſchönem Glaſe von 9^{mm}, (3,962 Lin.) Dicke.

Dies ſind die Reſultate, die wir dem ſcharfen und unermüdeten Forſchungsgeiſte De Laroche's verdanken; und die nicht nur an ſich von der höchſten Wichtigkeit ſind, ſondern es noch mehr dadurch werden, daß ſie den Weg zu neuen Entdeckungen eröffnen. Die Phyſiker, welche denſelben verfolgen wollen, werden unſtreitig Stoff zu ſehr wichtigen Unterſuchungen auf demſelben finden; welche Verdienſte ſie ſich aber auch hiebei erwerben mögen, immer wird De Laroche das bleiben, ihnen vorangegangen zu ſeyn.

Drittes Capitel.

Einfluß des Zuſtandes und der Natur der Oberflächen auf die Stralung des Caloricums. Theorie ſeines Gleichgewichts durch Austauſch.

Bei dem erſten Verſuche, den wir über die Erwärmung und Erkältung der Körper anſtellten, fanden wir, daß zwei Gefäße von demſelben Metall, derſelben Form, mit Waſſer von gleicher Temperatur angefüllt, und blos darin unterſchieden, daß eins unbekleidet, das andre mit einer feinen Hülle von holländiſcher Leinwand umgeben war, unter den nämlichen Umſtänden eines ſchneller als das andre erkalteten, und zwar ſchneller das bekleidete. Offenbar rührte dieſe Ungleichheit von der Hülle her, weil die beiden Apparate blos hierin ſich unterſchieden. Wie aber konnte durch ſie eine ſolche Wirkung hervorgebracht werden? hierüber geben die ſchönen Verſuche von Leslie und Rumford Aufſchluß, die wir jetzt anführen wollen, und zwar ſo zuſammengeſtellt, daß ſie den Beweis in voller Stärke darlegen.

Man nehme zwei polirte Metallgefäße, gleich denen, deren ſich Rumford bei dem angeführten Verſuche bediente. Man ſuche ſie in allen ihren einzelnen Theilen einander aufs Vollkommenſte ähnlich zu machen; fülle ſie darauf beide mit Waſſer von der nämlichen Temperatur an, und überzeuge ſich, daß ihre Abkühlung und ihre Erwärmung unter den nämlichen Umſtänden mit völlig gleicher Geſchwindigkeit erfolgen. Darauf modificire man die Oberfläche eines derſelben auf irgend eine Weiſe; z. B. dadurch, daß man ſie mit irgend einer thieriſchen oder vegetabiliſchen Hülle bekleidet, oder ſie mit irgend einem Firniß überzieht, oder auch ſie an der Flamme einer Lampe ſchwärzt, wodurch ſie mit einer ſchwarzen Rußſchicht von faſt unmerklicher Dicke bedeckt wird. Sogleich wird die Gleichheit geſtört ſeyn und das bekleidete Gefäß im Allgemeinen ſchneller erkalten oder warm werden, als dasjenige, deſſen metalliſcher Oberfläche man ihre natürliche Politur gelaſſen hat. Da nun die wägbaren Quantitäten Materie, welche dazu angewandt worden ſind, die Oberfläche des andern Gefäßes zu modificiren, kaum in einigen Betracht kommen können, und da ihre Dicke ſo gering iſt, daß ihnen kein merklich verändernder Einfluß hinſichtlich der Fortpflanzung der Wärme durch Mittheilung beigemeſſen werden kann, ſo muß man nothwendig ſchließen, daß die bloße Modification, die ſie im Zuſtand der Oberflächen hervorgebracht haben, Urſach der Veränderung in der Geſchwindigkeit iſt, mit welcher der Verluſt durch Stralung erfolgt und daß ſie im Allgemeinen zu ſeiner Beſchleunigung gewirkt hat. Dieſer Einfluß der Beſchaffenheit der Oberflächen läßt ſich noch auf eine andre Art nachweiſen, welche von Leslie herrührt. Man nehme ein hohles Metallgefäß, gleich dem, deſſen ſich Rumford bediente, blos mit dem Unterſchiede, daß ſeine Seitenwände, anſtatt cylindriſch zu ſeyn, aus vier vollkommen gleichen Rechtecken beſtehen, die wir durch die Buchſtaben a, b, c, d unterſcheiden wollen. Man bedecke das Rechteck a mit einer thieriſchen Hülle, z. B. mit Goldſchlägerhäutchen oder mit einem Blatt Schreibpapier; das Rechteck b mit einer Platte aus polirtem Glaſe, das Rechteck c mit einer Schicht Ruß, und laſſe endlich der vierten metalliſchen Fläche ihren natürlichen Glanz und die natürliche Politur. Darauf fülle man das Gefäß mit Waſſer von ziemlich hoher Temperatur, z. B. von 60°. Nachdem man alsdann dem Apparat einige Minuten Zeit gelaſſen hat, um ſich allen ſeinen Theilen nach auf die nämliche Temperatur zu ſetzen, bringe man ihn in ein Zimmer von der gewöhnlichen Temperatur, von 10° z. B., und biete ihn aus einiger Entfernung mit einer ſeiner Flächen einem ſehr empfindlichen Thermoſkop dar, welches ſich ſeit langer Zeit mit dem Orte auf gleiche Temperatur geſetzt hat, ſo wie es Fig. 5 darſtellt. Sogleich wird die Blaſe des Thermoſkops vermöge Erwärmung und Ausdehnung der, in der, dem warmen Gefäß zunächſt befindlichen, Kugel enthaltenen, Luft zurückgetrieben werden. Aber — und dies iſt der

Punct, worauf es hiebei ankommt — die Quantität, um die ſie weicht, wird ungleich ſeyn, je nachdem man ihr die eine oder die andre der Oberflächen des Apparats darbietet; am größtmöglichſten wird die Abſtoßung ſeyn, wenn die, mit Ruß bedeckte, Fläche nach dem Thermoſkop hingekehrt iſt; etwas weniger wird ſie betragen, wenn die, mit Goldſchlägerhäutchen oder mit Glas bedeckte, Fläche ihm zugekehrt wird, und am allerwenigſten, wenn man ihm die glatte und blanke Metallfläche darbietet. Aus dieſem ungleichen Einfluß, den die verſchiedenen Theile eines und deſſelben Körpers äußern, wenn ſie doch ſtets auf einer gemeinſchaftlichen Temperatur erhalten werden, ſieht man ſich offenbar zu ſchließen genöthigt, daß die Quantitäten ſtralenden Caloricums, welche ein Körper in einer gegebenen Zeit ausſtrömt, nicht blos von der Geſtalt, Ausdehnung und Temperatur dieſes Körpers abhängen, ſondern auch von der Beſchaffenheit ſeiner Oberfläche; und nächſtdem zeigen die vorſtehenden Verſuche, daß unter allen Oberflächen diejenigen, welche die metalliſche Politur beſitzen, am wenigſten bei gleicher Temperatur ſtralen, diejenigen dagegen, welche aus vegetabiliſchen Subſtanzen, wie aus Ruß, beſtehen, am meiſten. Endlich, da wir gefunden haben, daß jeder Körper, der ſchneller als ein andrer erkaltet auch ſchneller warm wird, ſo ergiebt ſich noch folgende allgemeine Eigenſchaft daraus: die Oberflächen, welche unter gleichen Umſtänden das Caloricum reichlicher ausſtrömen laſſen als andre, laſſen es auch reichlicher in ſich einſtrömen. Folgendes iſt eine Tabelle über die Stralungs- und Zurückwerfungsvermögen verſchiedener Subſtanzen, welche Leslie gegeben hat.

Stralungsvermögen.		Zurückwerfungsvermögen.	
Ruß	100	Meſſing (cuivre jaune)	100
Waſſer	100	Silber	90
Schreibpapier	98	Zinnblech	80
Crownglas	90	Stahl	70
Chineſiſche Tuſche	88	Blei	60
Eis	85	Zinn mit Queckſilber befeuchtet	10
Queckſilber	20	Glas	10
Glänzendes Blei	19	Geöltes Glas	5
Polirtes Eiſen	15		
Zinn, Silber, Kupfer, Gold	12		

Anmerkung. Man darf dieſe Beſtimmungen nicht für abſolute anſehen, ſondern blos zur Anzeige von Unterſchieden gültig.

Der Einfluß, den der Zuſtand der Oberflächen auf das Abgeben von Caloricum hat, läßt ſich nicht allein wahrnehmbar ſondern auch meßbar machen, indem man ſucceſſiv mehrere Schichten eines und des nämlichen Firniſſes auf Metallkugeln applicirt, in deren Mitte ein Thermometer angebracht iſt, und beobachtet, wie das Erkalten für dieſe verſchiedenen Zuſtände der Oberflächen zwiſchen beſtimmten Temperaturgränzen fortſchreitet. Man findet ſolchergeſtalt, daß die erſten Schichten das Erkalten anfangs immer mehr beſchleunigen, je zahlreicher ſie werden. Dann tritt eine Gränze ein, wo der Erfolg ſich gleich zu bleiben ſcheint, worauf das Hinzufügen neuer Schichten das Erkalten verzögert, anſtatt es zu beſchleunigen. Dieſen Rückgang wird man leicht erklärlich finden, wenn man erwägt, daß im Allgemeinen jede Firnißſchicht ſich auf das Erkalten von Einfluß zeigt nicht nur durch ihr äußeres Stralungsvermögen, ſondern auch durch die größere oder geringere Leichtigkeit, mit welcher ſich die Wärme durch das Innere ihrer Subſtanz fortpflanzt. Dieſes letzte Element ihres Einfluſſes iſt unmerklich, ſo lange die Dicke der ſämmtlichen Schichten zuſammengenommen hinlänglich klein iſt, daß die Fortpflanzung der Wärme beinahe augenblicklich erfolgt, ſie kommt aber weſentlich in Rechnung, wenn die Dicke zunimmt. **Rumford** iſt auf dieſen Umſtand zuerſt aufmerkſam geworden, und **Despretz** hat ihn durch Verſuche beſtätigt gefunden, die er im CIII. Th. der Annales de Chimie et de

Physique bekannt gemacht. Folgendes iſt ein Beiſpiel, welches wir aus ſeiner Arbeit entnehmen. Die beobachteten Zeiten gehören einem und demſelben Grade der Temperaturerniedrigung zu, welche 10° C. von der urſprünglichen Temperatur ab, betrug.

Name der Metalle.	1ſte Schicht.	2te Schicht.	3te Schicht.	4te Schicht.
Zinn	4' 37''	2' 43''	2' 37''	2' 37''
Eiſen	9' 56''	5 44''	5' 40''	5' 40''

Wie man ſieht, reichten hier ſchon zwei Schichten hin, die Ausſtralung auf ihr Maximum zu bringen, da die Hinzufügung neuer Schichten keine Veränderung mehr darin zu wege brachte. Ferner bleiben ſich die Verhältniſſe der Zeiten, in welchen die nämliche Kugel polirt und nicht polirt, erkaltet für alle Metalle gleich. So iſt z. B. hier dies Verhältniß für das Zinn $\frac{4'\ 37''}{2'\ 37''}$ d. i. 1, 76 und für das Eiſen $\frac{9'\ 56''}{5'\ 40''}$ d. i. 1, 75. Jedoch ändert ſich der Werth dieſes Verhältniſſes für alle Körper mit dem mehr oder minder beträchtlichen Ueberſchuſſe ihrer Temperatur über die des umgebenden Mittels ab.

Unter den Beobachtungen, welche uns zur Kenntniß dieſer Verſchiedenheiten in der Intenſität des Stralungsvermögens führen, zeigt uns keine einen Körper, in welchem dies Vermögen ganz null ſey. Selbſt das Eis, welches uns bei der Berührung ſo kalt erſcheint, würde erwärmend werden, wenn wir es in ein Zimmer brächten, in dem die Temperatur der Luft 20° unter Null wäre; und eine Maſſe ſchmelzenden Eiſes, hier der Kugel eines Thermoſkops dargeboten, würde die Blaſe zurücktreiben, wie das, mit warmem Waſſer gefüllte, Gefäß, in den oben angezeigten Verſuchen. Ein Gemiſch von Schnee und Salz, bis auf 20° unter Null erkaltet, würde ebenfalls ein warmer Körper werden, wenn man es in eine Atmoſphäre von — 40° brächte. In allem dieſen, wie unſern Empfindungen ſelbſt, darf man nichts Abſolutes ſehen, ſondern blos einfache Unterſchiede. Wir finden uns ſolchergeſtalt zu der Anſicht geführt, daß alle Körper das Caloricum bei jeder Temperatur ausſtralen, nur mit ungleichen Graden der Intenſität, welche von ihrer Natur, von dem Zuſtande ihrer

Oberflächen und der Temperatur, auf die ſie gebracht ſind, abhängen. Hiernach nun wird die Beſtändigkeit der Temperatur eines Körpers in der Gleichheit der Quantitäten ſtralenden Caloricums beſtehen, die er in gleicher Zeit ausſtrömt und in ſich einſtrömen läßt; und die Gleichheit der Temperatur zwiſchen mehreren, durch wechſelſeitige Stralung auf einander Einfluß äußernden, Körpern wird auf der vollkommenen Compenſation der Quantitäten beruhen, die die Geſammtheit derſelben und jeder einzelne durch wechſelſeitigen Austauſch in jedem Augenblick einander mittheilen. Dies iſt das ſinnreiche Princip des beweglichen Gleichgewichts, welches der Profeſſor Prevoſt in Genf aufgefunden hat, ein Princip, das, richtig angewandt, und mit den beſondern Eigenſchaften der verſchiedenen Oberflächen in gehörigen Bezug geſetzt, zur Erklärung aller Erſcheinungen, welche man bei der Vertheilung des ſtralenden Caloricums beobachtet, vollkommen ausreicht.

Genöthigt, auf die Hülfsleiſtung der Berechnung hiebei Verzicht zu leiſten, mittelſt deren allein ſich dieſe Erklärung ins Einzelne verfolgen läßt, beſchränke ich mich darauf, durch einige Beiſpiele die allgemeinſten, ſich daraus ergebenden, Folgerungen nachzuweiſen. Fangen wir mit dem Gleichgewicht der Temperatur an. Wir wollen uns denken, ein Thermoſkop ſey in ein Zimmer gebracht, deſſen Theile alle eine gleiche Temperatur beſitzen, und es werde lange genug darin gelaſſen, um dieſe Temperatur zu theilen. In dem nämlichen Zimmer habe man eine undurchſichtige Scheibe von beliebigem Stoff und beliebiger Geſtalt, welche ebenfalls dieſe Temperatur beſitze. Bietet man ſie einer der Kugeln des Elektroſkops von Nahe oder von Fern dar, ſo wird die Blaſe nicht aus der Stelle weichen. Der Grund davon ergiebt ſich leicht. Vor der Annäherung der Scheibe empfieng die Kugel in jedem Augenblicke von den Wänden und von der Luft des Zimmers eine gewiſſe Quantität theils direct ſtralender theils zurückgeworfener Wärmeſtralen, und ſandte auf dieſe zwiefache Art auch eine ganz gleiche Quantität zurück, weil ihre Temperatur auf demſelben Stande blieb. Bietet man ihr nun die undurchſichtige Scheibe dar, ſo ſchneidet dieſe jedem Puncte der Kugel alle die Wärmeſtralen ab, die ſich in dem Kegel enthalten finden, welchen die Scheibe für dieſen Punct als Spitze unterſpannt. Zum Erſatz aber empfängt der nämliche Punct eine gewiſſe Anzahl Stralen von der Scheibe, die ſie ihm innerhalb des eben betrachteten Kegels zuſendet; und, wegen der vorausgeſetzten Temperaturgleichheit, iſt dieſe Zahl ganz gleich derjenigen, welche von dem Theile der Wände herkam, auf welchen ſich die Scheibe projicirt. Mithin empfängt nach der Dazwiſchenkunſt der Scheibe jeder Punct der Kugel noch eben ſo viel Wärme in gleicher

Zeit, als er zuvor empfieng; und da die Quantität, welche er ausſtrömt, ungeändert geblieben iſt, ſo muß natürlich ſeine Temperatur ſo wie die der Kugel beſtändig bleiben. Anders wird ſich die Sache verhalten, wenn man dem Thermoſkop eine Scheibe darbietet, deren Temperatur höher oder niedriger als die des umgebenden Mittels iſt; denn dann wird die Zahl Stralen, welche dieſe Scheibe direct ausſtrömen läßt oder zurückwirft, im erſten Fall größer, im zweiten Fall kleiner ſeyn, als die, welche von dem Theil der Wände herkam, der durch die Scheibe verdeckt wird. Geſetzt ſomit, ihr Wärmeeinfluß äußere ſich auf eine einzige der Kugeln des Thermoſkops, während die andre durch einen undurchſichtigen Schirm, z. B. von Goldpapier, dagegen geſchützt iſt, ſo wird die Kugel, welcher die Scheibe dargeboten iſt, von dieſer mehr oder weniger Wärme empfangen, als ſie ausſtrömen läßt, und ihre Temperatur wird mithin ſteigen oder ſinken müſſen, wodurch der Zeiger (die Blaſe) in Bewegung gerathen muß. Der Erfolg wird um ſo merkbarer ſeyn, jemehr die Temperatur der Scheibe von der des Thermoſkops unterſchieden iſt, und ein je ſtärkeres Stralungsvermögen ſie beſitzt.

Der Gang dieſer Schlußfolge wird noch der nämliche ſeyn, wenn man die Wirkung des Caloricums mittelſt des Apparats der verbundenen Metallſpiegel fortpflanzt. Man ſtelle z. B. ein Thermometer mit geſchwärzter Kugel in den Brennpunct eines der Spiegel; und wenn es, ſo wie die Spiegel ſelbſt, die Temperatur des umgebenden Mittels angenommen hat, bringe man in den andern Brennpunct irgend einen Körper, der ſich auch auf dieſer nämlichen Temperatur befindet. Das Thermometer wird ſeinen Stand unverändert beibehalten. Als nämlich der Weg durch den andern Brennpunct noch frei war, gelangte zu dieſem Puncte von allen Seiten des Raums eine gewiſſe Anzahl Wärmeſtralen, die, nachdem ſie ſich darin gekreuzt hatten, auf den zweiten Spiegel fielen, von ihm nach dem erſten zurückgeworfen, und von da auf das Thermometer concentrirt wurden. Dieſen Stralen nun wird allerdings der Weg durch den undurchſichtigen Körper verſperrt, den man in den Brennpunct gebracht hat; da er jedoch von gleicher Temperatur als der Raum vorausgeſetzt iſt, ſo ſendet er theils durch Stralung theils durch Zurückwerfung eine ganz gleiche Anzahl Stralen aus, die ebenfalls auf den zweiten Spiegel fallen, von da zum erſten gelangen und auf das Thermometer zurückgeworfen werden; ſo daß dieſes in dem Einfluß, für den es empfänglich iſt, keine Veränderung erfährt. Anders würde ſich aber die Sache verhalten, wenn der, in den Brennpunct gebrachte, Körper eine höhere oder niedrigere Temperatur beſäße als der Raum und das Thermometer; denn dann würde dieſes nach dem Dazwiſchentritt des

Körpers mittelbar durch die Spiegel Mehr oder Weniger als zuvor empfangen und auch Mehr oder Weniger, als es in gleicher Zeit durch Zurückwerfung oder eigene Stralung abgiebt; wonach ſeine Temperatur im erſten Falle ſteigen und im zweiten ſinken müßte. Dies beſtätigt auch die Erfahrung; bringt man z. B., während ſich das Zimmer auf der Temperatur von + 20° befindet, in den zweiten Brennpunct einen, mit kochendem Waſſer gefüllten, Kolben, ſo wird man das, im erſten Brennpunct angebrachte, Thermometer ſogleich ſteigen ſehen. Dagegen wird es ſinken, wenn man in den zweiten Brennpunct ein Stück Eis legt, und noch mehr wird dieſes Sinken betragen, wenn man dem Eiſe ein Gemiſch aus Salz und Schnee von einer niedern Temperatur ſubſtituirt. Alle dieſe Erſcheinungen ſind, wie man ſieht, nothwendige Folgerungen aus der Gleichheit des Austauſches, und dienen ihr zu einer auffallenden Beſtätigung, wie der ſinnreiche Urheber dieſer Theorie zuerſt gezeigt hat. Nur macht ſie die Annahme nöthig, daß alle Körper bei den niedrigſten Temperaturen, in die wir ſie verſetzen können, noch Wärmeſtralen abgeben. Es iſt jedoch hierin nichts, was uns Wunder nehmen dürfte, und nicht vielmehr der Analogie vollkommen angemeſſen wäre. Denn in den Begriffen von Warm und Kalt liegt nichts Abſolutes; ſie drücken blos Unterſchiede aus. Das Eis iſt kalt für ein Thermometer, welches aus dem kochenden Waſſer herausgezogen wird, ſehr warm dagegen für ein ſolches, welches aus einem Gemiſch von ſalzſaurem Ammonium und Schnee von — 20° hervorkommt. Alle relativen Einflüſſe dieſer Körper auf einander erklären ſich ſolchergeſtalt aufs Einfachſte durch die bloße Betrachtung der verſchiedenen Quantitäten Caloricums, welche ſie ausſtrömen laſſen, ohne daß hiebei erforderlich iſt, wie einige Phyſiker gethan haben, zur Hypotheſe einer angeblichen erkältenden Stralung (rayonnement frigorifique) ſeine Zuflucht zu nehmen, welche durch Thatſachen weder erfordert noch ſelbſt angedeutet wird.

Dieſe Ungleichheit im Abgeben von Caloricum läßt ſich durch eine ſehr leicht zur Wahrnehmung zu bringende Erſcheinung, welche daraus fließt, auf's deutlichſte nachweiſen. Man braucht nämlich nur einen Körper des Nachts dem freien Anblicke eines heiteren Himmels auszuſetzen, und ihn dabei ſo gut als möglich von jeder Urſache, die ihn von der Erde aus erwärmen könnte, zu iſoliren. Denn dann wird alles Caloricum, was dieſer Körper nach den Himmelsräumen ausſtralt, für ihn verloren ſeyn; und wenn das, was er durch die Berührung der Luft und der umgebenden Körper empfängt, nicht hinreicht, dieſen Verluſt zu erſetzen, ſo wird ſeine Temperatur ſinken müſſen. In der That verhält ſich dies ſo, wie Ch. Weels zuerſt nachgewieſen hat, indem er Thermometer mit ebenem Reſervoir unmittelbar auf ſo ausgeſetzte Körper applicirte. Begreiflich wird Reinheit des Himmels erfodert, daß der Verluſt des ſtralenden Caloricums von Statten gehen könne; denn die Wolken müſſen, gleich allen anderen durchſichtigen Körpern, de Laroche's Verſuchen zu Folge, das Caloricum aufhalten, welches nicht von ſehr warmen Körpern ausſtrömt. Die beſte Art, den Verſuch anzuſtellen, iſt, die Kugel eines Thermometers in dem Brennpuncte eines concaven, gegen den Himmel gekehrten, Metallſpiegels anzubringen. Das Metall, welches an ſich ſelbſt wenig Wärme ausſtralt, erwärmt das Thermometer nicht ſehr; und da es ein gutes Zurückwerfungsvermögen beſitzt, ſetzt es daſſelbe in ſchnelle Communication mit einem größeren Theile des Raumes, und beſchleuniget ſo das Erkalten. Dieſe Anordnung des Verſuches rührt von Wollaſton her. Begreiflich muß der Verſuch beſſer bei ruhigem Wetter, als bei bewegter Luft gelingen, weil in dieſem letztern Falle der beſtändig erneuerte Zutritt dieſer Flüſſigkeit den Verluſt, den das Thermometer erfährt, in reichlicherm Maße erſetzen muß. Das Vorſtehende wird indeß jetzt hinreichen, die Fruchtbarkeit des obigen Prinzipes zu zeigen.

Ch. Weels führt hierauf auch die Urſache des Thaues und Reifes zurück. Wenn die Körper, welche dem Anblicke eines heiteren Himmels ausgeſetzt ſind, ſich hiedurch bis zu einem hinlänglichen Grade unter die Temperatur der umgebenden Luft abgekühlt haben, ſo rufen ſie auf ihrer Oberfläche eine Niederſchlagung von Waſſer hervor, welches nichts anders als der Thau ſelbſt iſt; und iſt die Abkühlung wirkſam genug, oder ſind ſie von jeder Gemeinſchaft mit anderen Körpern hinlänglich getrennt, ſo bringen ſie dies Waſſer zum Gefrieren. Auf dieſe Weiſe verſchafft man ſich ſeit undenklichen Zeiten in Bengalen Eis im Großen. Begreiflich müſſen hiernach die Körper von geringerm Stralungsvermögen, wie die polirten Metalle, minder leicht mit Thau beſchlagen, weil ſie durch die Luft leichter erwärmt zu werden vermögen. Auch ſieht man ſehr ſelten Thau auf denſelben abgeſetzt, reichlich dagegen auf dem Glaſe, welches eine ſehr ſtark ſtralende Subſtanz iſt. Eben ſo begreift man auch, warum der Thau nur bei heiterem Himmel und ruhiger Luft beobachtet wird. Ausführlichere Erörterungen über dieſen intereſſanten Gegenſtand finden ſich in meinem größeren Werke.

Viertes Capitel.

Geſetze der Fortpflanzung der Wärme durch die feſten Körper.

Wenn eine Metallſtange mit einem ihrer Enden in ein Mittel, welches wärmer iſt, als die ſie umgebende Luft, getaucht wird, z. B. in das Schmiedefeuer oder in ein ſchmelzendes Metall, ſo pflanzt ſich, wie bekannt, die Wärme nicht augenblicklich bis zu ihrem anderen Ende fort; ſie wird erſt nach einer längeren oder kürzeren Zeit daſelbſt bemerklich, deren Dauer von dem Stoff und den Dimenſionen der Stange abhängt. Wir wollen dieſe Wirkung näher unterſuchen.

Betrachten wir zu dieſem Zwecke eine cylindriſche Stange AB, Fig. 6, von unbeſtimmter Länge, welche hinlänglich dünn iſt, daß alle Puncte irgend eines beliebigen ihrer Querſchnitte in jedem Augenblicke als im Beſitze einer gemeinſchaftlichen Temperatur angeſehen werden können; und nehmen wir das Ende A als in Berührung mit einer beſtändigen Wärmequelle an, welche unmittelbar nur auf dieſes Ende wirken kann, während der übrige Theil der Stange durch polirte Schirme gegen ihre Stralung geſchützt iſt. Bei ſo getroffener Anordnung wird die Wärme anfangen, ſich allmälig von A nach B durch den Stoff der Stange hindurch fortzupflanzen; und wenn man an verſchiedenen Stellen ihrer Länge Thermometer anbringt, deren Kugeln in Löcher eingeſenkt werden, die in das Metall ſelbſt gebohrt und mit Queckſilber zur Vermittelung einer innigeren Berührung angefüllt ſind, ſo wird man dieſe Thermometer ſucceſſiv ſteigen ſehen, und zwar jedes derſelben um ſo eher, je näher es ſich der Wärmequelle befindet. Während dieſes Vorganges nun wollen wir in der Stange die aneinandergränzenden cylindriſchen Elemente 'M, M, M' betrachten, die hinlänglich dünn ſind, um ſich für einfache Puncte anſehen zu laſſen. Das mittlere Element M wird in jedem Augenblicke Wärme von dem, ihm vorangehenden, erhalten, und dem nachfolgenden ſeinerſeits Wärme mittheilen. Nimmt man nun die Temperaturen für ſo wenig erhöht an, daß das, von Newton beobachtete, Geſetz noch zuläſſig iſt, ſo wird das Thermometer M, allein vermöge dieſer Urſache, zugleich eine kleine Erhöhung, welche dem Ueberſchuß der Temperatur von 'M über ſeine eigene proportional iſt, und eine kleine Erniedrigung, proportional dem Ueberſchuß ſeiner Temperatur über die von M', erfahren müſſen, ſo daß ihm blos der Unterſchied verbleiben wird. Wenn mithin kein Verluſt von Wärme Statt fände, ſo würde offenbar jedes Thermometer ſtetig ſteigen müſſen, bis es die Temperatur der Quelle ſelbſt erreicht hätte, was in aller Strenge erſt nach unendlicher Zeit geſchehen könnte. Allein dies Reſultat wird bei allen Verſuchen durch die Stralung abgeändert; denn jedes Element, ſo wie es über die Temperatur der umgebenden Luft erwärmt worden iſt, giebt durch alle Puncte ſeiner Oberfläche mehr ſtralendes Caloricum ab, als es von Außen in gleicher Zeit empfängt; und, innerhalb der von uns vorausgeſetzten Temperaturgränzen, bewirkt dieſe Urſache in jedem Augenblicke im Thermometer M ein kleines Sinken, proportional dem Ueberſchuß ſeiner jedesmaligen Temperatur über die der Luft. Dies hat zur Folge, daß die Thermometer minder ſchnell, als nach der vorigen Annahme, ſteigen, und, ſelbſt nach einer unendlichen Zeit, nie die Temperatur der Quelle erreichen können; da ihrem Steigen offenbar Einhalt geſchehen muß, wenn der Temperaturüberſchuß, der ihnen in jedem Augenblicke durch das vorangehende Element 'M mitgetheilt wird, nur noch genau das erſetzt, was ſie durch Berührung des folgenden Elements M' oder durch Ausſtralung in die Luft verlieren. Dann wird der thermometriſche Zuſtand der Stange ſtationär, und die Temperatur ihrer verſchiedenen Puncte nimmt mit der Entfernung von der beſtändigen Wärmequelle immer mehr ab.

Algebraiſch werden die vorſtehenden Bedingungen durch eine Formel ausgedrückt, mittelſt deren ſich für eine beliebige Zeit die Temperatur jedes Thermometers als Function ſeines Abſtandes von der Quelle und der Temperatur der letzteren angeben läßt; ſucht man ſie aber durch die Erfahrung zu begründen, ſo findet man, daß den Regeln der Berechnung kein Genüge geſchehen kann, wenn man annimmt, daß jeder materielle und unendlich kleine Punct der Stange nur Wärme durch Berührung des ihm vorangehenden empfängt, und nur an den auf ihn folgenden abgiebt. Dieſe Schwierigkeit läßt ſich nur durch die Annahme heben, welche Laplace aufſtellt, daß ein und der nämliche Punct nicht allein von den, unmittelbar mit ihm in Berührung befindlichen, Puncten Einfluß erleidet, ſondern auch von denen, die in einer kleinen Weite vor und hinter ihm liegen. Hierdurch findet ſich die Homogeneität hergeſtellt, und allen Regeln der Differenzialrechnung geſchieht Genüge. Damit nun ein ſolcher Wärmeeinfluß im Innern der Stange in die Ferne Statt haben könne, muß durch die Subſtanz der feſten Elemente ſelbſt eine wahre Stralung erfolgen, ähnlich der, welche wir durch die durchſichtigen Subſtanzen beobachteten, nur mit dem Unterſchiede, daß ihr bemerkbarer Einfluß ſich blos auf unverhältnißmäßig kleinere Weiten erſtreckt. Alles dies iſt ganz naturgemäß. Durch Newton nämlich wiſſen wir, daß alle, ſelbſt die undurchſichtigſten, Körper bei hinlänglicher

Verdünnung durchſichtig werden, und ſchon alle unſere Beobachtungen über das ſtralende Caloricum deuteten dahin, daß es nicht blos von der äußeren Oberfläche der Körper ausſtrömt, ſondern auch von den, unter dieſer Oberfläche gelegenen, materiellen Moleculen, immer ſchwächer hiebei werdend, bis es in einer ſehr kleinen Tiefe, welche wahrſcheinlich in einem und dem nämlichen Körper mit ſeiner Temperatur veränderlich iſt, unmerklich wird. Alle dieſe Betrachtungen führen von ſo verſchiedenen Umſtänden, wie man ſieht, zu demſelben Reſultate und aus dem Mechanismus der Berechnung ſelbſt ergiebt ſich noch vollends deſſen Nothwendigkeit. In meinem größeren Werke findet man auseinandergeſetzt, wie die, aus dieſen Grundſätzen hergeleitete, Formel den Beobachtungen vollkommen Genüge leiſtet, nicht nur für den Fall, wo der Zuſtand der Stange ſtationär geworden iſt, ſondern auch in den verſchiedenen Phaſen, welche die Wärme bei der Mittheilung zwiſchen ihren verſchiedenen Puncten durchläuft.

Die Fortpflanzung der Wärme durch die feſten Körper, deren ſämmtliche Dimenſionen in Betracht kommen, richtet ſich ebenfalls nach den nämlichen Principien. Hier theilt jeder Punct im Innern des Körpers allen denen Wärme mit, welche ihn in einer kleinen Entfernung umgeben, und empfängt ſeinerſeits Wärme von ihnen. Was er zurückbehält, und wodurch die verhältnißmäßige Zunahme ſeiner eigenen Temperatur in jedem Augenblicke beſtimmt wird, iſt der Ueberſchuß dieſer zweiten Quantität über die erſte. Die Puncte aber anlangend, welche an der Oberfläche des Körpers befindlich ſind, ſo bleibt ihnen dieſer Ueberſchuß nicht ganz; ſondern wird durch die Stralung nach Verhältniß des Temperaturüberſchuſſes der Oberfläche über die des umgebenden Mittels geſchwächt, welches nöthig macht, für dieſe Puncte noch eine Bedingung mehr zur allgemeinen Gleichung der Fortpflanzung hinzuzufügen. Fourier hatte dieſe Bedingung zuerſt für eine Kugel, für einen Cylinder angegeben, und ſie durch Analogie auf Körper jeder Geſtalt ausgedehnt. Poiſſon hat ſie folgendergeſtalt allgemein nachgewieſen. Indem er den erwärmten Körper als eine Maſſe von unbeſtimmter Geſtalt und Größe betrachtet, ſtellt er in Gedanken im Innern deſſelben eine ideale Scheidewand von irgend einer Geſtalt feſt, die ihn in zwei getrennte Abtheilungen ſcheidet; darauf berechnet er die Geſammtquantität Wärme, welche in jedem Augenblicke von einer dieſer Abtheilungen zur anderen durch die Scheidewand hinübergeht. Läßt man nun eine der beiden Abtheilungen weg, und entzieht der anderen durch die Stralung die nämlichen Wärmequantitäten, die ſie der weggelaſſenen mittheilte, ſo erhellt, daß das Gleichgewicht der Wärme in dem zurückgelaſſenen Theile keine Störung erfahren kann; und ihre Vertheilung ſo wie ihre Bewegung noch die nämliche, als zuvor, darin bleiben wird. Man ſieht hiernach, wie die analytiſche Bedingung für die Puncte der als ſtralend angenommenen Oberfläche ſo gefunden wird, daß man den Temperaturzuwachs, der in jedem Augenblicke von Innen jedem dieſer Puncte mitgetheilt wird, berechnet, und dieſe Quantität dem augenblicklichen Sinken, welches durch die Stralung hervorgerufen werden muß, gleich ſetzt. In der That iſt Poiſſon auf dieſem Wege zu der Gleichung gekommen, die Fourier ſchon früher erhalten hatte. Nachher aber gelangte er zu ihr noch durch eine andere, in unmittelbarerm Bezuge zu der phyſiſchen Art, wie die Stralung erfolgt, ſtehende Betrachtungsweiſe. Dieſe beruht auf der, durch alle Umſtände wahrſcheinlich gemachten, Annahme, daß die Quantität Wärme, welche ein feſter Körper an den, ihn umgebenden, Raum abgiebt, nicht blos von den Puncten ſeiner Oberfläche, ſondern auch von den, in einer gewiſſen Tiefe ſeiner Maſſe liegenden, Puncten ausſtrömt, ſo zwar, daß die Intenſität dieſes Ausſtrömens mit zunehmendem inneren Abſtande von der Oberfläche abnimmt, und in einer ſehr kleinen Tiefe merklich zu ſeyn aufhört.

Poiſſon nimmt an, daß jedes Molecul der ſo nahe an der Oberfläche befindlichen Maſſe zu jedem Molecul des äußeren Mittels eine Quantität Wärme ſendet, welche dem gerade Statt findenden Ueberſchuß ſeiner Temperatur über die dieſes Punctes proportional iſt; ferner ſetzt er voraus, daß dieſe Quantität von den Längen abhängt, welche die Wärmeſtralen zu durchlaufen haben, und von dem Stoff, durch den ſie hindurchgehen, theils im äußeren Mittel, theils im Inneren der Maſſe, daß ſie aber keines Weges von dem Winkel abhängt, unter welchem die Stralen die Oberfläche ſchneiden. Dieſe Vorausſetzungen, die ſämmtlich mit den phyſiſchen, auf dieſe Art von Erſcheinung bezüglichen, Analogieen in Uebereinſtimmung ſind, ließen ihn ebenfalls zu der, urſprünglich von Fourier erhaltenen, Bedingungsgleichung gelangen.

Dieſe ganze mathematiſche Theorie von der Bewegung der Wärme iſt ihren allgemeinen Principien nach unabhängig von dem beſonderen Geſetze, nach welchem ſich die Wärme von einem Elemente zum anderen fortpflanzt oder aus den Körpern durch Stralung entweicht. Wie erwähnt aber, iſt man genöthiget, dieſe Allgemeinheit zu beſchränken, um Reſultate in Zahlwerthen daraus herzuleiten. Die Differenzialgleichungen, durch welche dieſelben gegeben werden, laſſen ſich, bei dem gegenwärtigen Zuſtande der Analyſe, nur für den Fall der Statthaftigkeit des einfachen, von Newton aufgeſtellten, Verhältnißgeſetzes integriren; und die Zahlwerthe, die man durch dieſe Gleichungen erhält, können daher in Temperaturen, wo dies Geſetz ſeine

Gültigkeit verliert, nicht mehr zuläſſig ſeyn. Die Formeln ſetzen überdies voraus, daß die phyſiſchen Beſchaffenheiten, von welchen das Leitungsvermögen und die Stralung abhängen, in der ganzen Ausdehnung der Stange ſich gleich ſind. Nun aber habe ich mich durch Erfahrung überzeugt, daß eine ſolche Beſtändigkeit ſelbſt in den homogenen Stangen ſich nicht zeigt, wenn ihre verſchiedenen Theile ungleiche Temperaturen beſitzen, die, ohne ſehr hoch zu ſeyn, doch mit der vergleichbar ſind, bei welcher ſie ſchmelzen würden. Ungeachtet dieſer unvermeidlichen Einſchränkung indeß iſt die mathematiſche Theorie der Bewegung der Wärme doch noch von ausnehmender Wichtigkeit, da ſie auf eine klare und beſtimmte Weiſe die verborgenen Beziehungen der verſchiedenen Elemente, von welchen dieſe Fortpflanzung ſowohl im Innern der Körper als nach Außen abhängt, in einem großen Umfange von Temperaturen, in welchen die Reſultate einer Verwirklichung durch Erfahrung fähig ſind, offenbart; da ſie hierin das Mittel giebt, dieſe Elemente mit Genauigkeit, innerhalb der Gränzen, für die ſie gültig iſt, zu beſtimmen; da ſie endlich beſtimmte Andeutungen für den Einfluß giebt, den ihre bekannte Abänderung auf die Erſcheinungen bei höheren Temperaturen haben muß. Von dieſem Geſichtspuncte aus wird ſomit die Theorie als die einzige ſichere Führerin zu betrachten ſeyn, in welcher die Phyſiker einen Anhalt finden können. Vollſtändig können ſie ſich darüber aus dem Werke, welches Fourier über die Wärme geſchrieben hat, belehren, ſo wie aus zwei Abhandlungen von Poiſſon, die in die Sammlung des Journal de l'Ecole Polytechnique aufgenommen ſind.

Die Erfahrung lehrt, daß verſchiedene, ſelbſt metalliſche, Stangen, wenn ſie mit einem Ende in eine gleichbleibende Temperatur eingetaucht werden, die Wärme mit ungleicher Schnelligkeit fortpflanzen. Nach Ingenhous Verſuchen ſind Silber und Gold die Metalle, welche das beſte Leitungsvermögen für die Wärme beſitzen; darauf folgen, ziemlich auf gleicher Stufe ſtehend, Kupfer, Zinn, Platin; endlich Eiſen, Stahl und Bley, welche den andern ſehr weit nachſtehen.

Das Glas, Porzellan und Steingut leiten minder gut als irgend ein Metall; die Kohle und die verſchiedenen Arten Holz, wenn ſie trocken ſind, vielleicht noch ſchlechter. Nichts aber leitet, einer ſehr gemeinnützigen Beobachtung Rumfords zu Folge, die Wärme ſchlechter bei gleichem Gewicht, als die Subſtanzen, welche aus ſehr feinen Fäden, oder aus kleinen, ſich an ſehr wenig Puncten berührenden, Stückchen zuſammengeſetzt ſind, wie das Leder, die Wolle in Flocken, die Seide in Fäden (en brins), die Flaumfedern, die Kleyen

u. ſ. w. Dies kann daher rühren, daß, weil die Theilchen, aus denen dieſe Subſtanzen beſtehen, ſehr klein und getrennt ſind, zahlreiche Zurückwerfungen zwiſchen ihnen erfolgen; ſo wie auch daher, daß ſie die Luft in ihren Umgebungen gleichſam gefangen zurückhalten, theils vermöge einer eigenthümlichen Anziehung, durch die ſie auf ihren Oberflächen eine dünne Schicht dieſer Flüſſigkeit feſthalten, theils vermöge des blos mechaniſchen Hinderniſſes, das ſie ihrem Ausweichen entgegenſetzen; zwei Urſachen, durch die ſie gleich verhindert werden muß, ſich zu erneuern und die Wärme mit ſich fort zu nehmen.

Fünftes Capitel.

Von der Capacität der Körper für das Caloricum.

In allen bisher angeführten Verſuchen über die Fortpflanzung und Mittheilung der Wärme waren es nur Temperatur-Zunahmen oder Abnahmen, die wir betrachteten. Jetzt haben wir zu unterſuchen, welche Beziehungen zwiſchen dieſen Veränderungen und den abſoluten Wärmequantitäten, welche von dem Körper aufgenommen oder abgegeben werden, Statt finden; eine Unterſuchung, die ſich in der That vorzugsweiſe eignen wird, uns Aufklärung über die Beſchaffenheit des Princips, welches die Wärme hervorbringt, zu verſchaffen.

Der directeſte Weg zur Auffindung dieſer Beziehungen beſteht darin, einen und den nämlichen Körper ſucceſſiv um mehrere bekannte Gradzahlen erkalten zu laſſen, und das ſich daraus entbindende Caloricum zur Hervorbringung eines immer auf gleiche Weiſe vor ſich gehenden Erfolgs anzuwenden, deſſen Wiederholung zu ſeiner Meſſung dienen kann. Dieſen Vortheil gewährt die Schmelzung des Eiſes. Wir haben gefunden, daß das ſchmelzende Eis eine beſtändige Temperatur beſitzt, und daß alle Wärme, welche man ihm mittheilt, blos zu ſeiner Schmelzung verwandt wird. Entfernt man alſo in jedem Augenblick das, hiedurch entſtehende, Waſſer, und bietet der Wirkung des Caloricums ungeſäumt eine neue Quantität Eis dar, ſo wird der Erfolg ſich immer vollkommen gleich bleiben, und eine doppelte oder dreifache Quantität von Eis wird zu ſeiner Schmelzung offenbar eine doppelte oder dreifache Wärmemenge bedürfen; ſo daß ſich das Verhältniß dieſer letztern, welche man nicht ſehen kann, nach der Quantität geſchmolzenen Eiſes, die man wiegen kann, ſchätzen läßt. Man hat ſomit dieſen Gedanken nur noch auszuführen; zu welchem Zweck ein, von Lavoiſier und Laplace erfundnes, Inſtrument dient, das den Namen des Calorimeters führt.

Es beſteht aus zwei ähnlichen Metallgefäßen ABCD, A′B′C′D′, Fig. 7, die in einander enthalten und durch kleine Metallſtäbe von einander geſchieden ſind. Der Zwiſchenraum zwiſchen beiden Gefäßen iſt mit Eis angefüllt; welches in Stücken zerſtoßen und ſo gehäuft iſt, daß es eine zuſammenhängende Hülle bildet. Um es einzubringen, nimmt man den Deckel AB ab und ſetzt ihn nach Füllung des Apparates wieder auf. Es erhellt, daß, wenn man Sorge trägt, dies Eis ſtets zu erneuern, ſo wie es durch die Temperatur der Atmoſphäre, die wir für höher als 0° annehmen, geſchmolzen wird, das innere Gefäß A′B′C′D′ ſo wie ſein Innenraum ſtets auf dem Nullpunct verbleiben werden. Um jedoch eine ſolche Erneuerung ins Werk ſetzen zu können, muß man das Waſſer, welches durch dieſe fortgehende Schmelzung gebildet wird, entfernen; welches mittelſt eines, ſeitlich am untern Theile des Zwiſchenraums beider Gefäße angebrachten, Hahnes geſchieht.

Jetzt nun hängt man im innern Gefäße ein andres dergleichen kleineres A″B″C″D″ auf, welches aus einem bloßen Eiſendrahtgitter beſteht und beſtimmt iſt, die Körper aufzunehmen, die man erkalten laſſen will. Der Zwiſchenraum zwiſchen dieſem dritten Gefäße und A′B′C′D′ iſt gleichfalls mit ſehr fein geſtoßenem Eiſe angefüllt, welches man ebenfalls mittelſt Abheben des Deckels A′B′ einbringt; und das Waſſer, welches daraus durch Schmelzung entſteht, fließt durch einen untern Hahn R′ in ein Gefäß ab, in welchem man es auffängt, um es genau zu meſſen. Dies vorausgeſetzt, wollen wir nun für einen Augenblick annehmen, die äußere Luft habe keinen Zutritt zum Innern des Calorimeters. Dann wird nach einer mehr oder minder beträchtlichen Zeit die Temperatur des innern Eiſes mit dem äußern Zwiſchenraume auf gleichen Stand, d. i. auf 0°, kommen, und ſich unveränderlich auf dieſem Grade erhalten, ſo lange die äußere Eishülle nicht gänzlich geſchmolzen iſt. Nun aber bringe man in das Gefäß A″B″C″D″ einen Körper, deſſen Temperatur über Null erhoben ſey; derſelbe wird allmälig erkalten, und beim Erkalten das umgebende Eis ſchmelzen, wodurch eine gewiſſe Quantität Waſſers hervorgehn muß, die durch den untern Hahn R′ abfließt. Dies Waſſer, aufgefangen und gewogen, wird offenbar zum Maß der Wärmequantität dienen können, welche der Körper bei ſeinem Erkalten bis zu 0° entbindet.

Zur gehörigen Anſtellung des Verſuchs ſind einige Vorſichtsmaßregeln erforderlich. Zuvörderſt muß man ſich wohl hüten, Eis anzuwenden, welches unter 0° erkaltet iſt; denn in dieſem Fall würde alle, vom inwendigen Körper entbundene, Wärme dazu verwandt werden, das Eis, bevor es ſchmölze, auf dieſe Temperatur zu bringen, und die Wirkung würde ſomit verſteckt werden. Man ſichert ſich hiegegen, indem man Eis anwendet, welches im Schmelzen begriffen oder eben geſchickt zu ſchmelzen iſt, und indem man in einer Atmoſphäre operirt, die eher um ein bis zwei Grad über als unter 0° ſteht. Denn dann kann man ſicher ſeyn, daß die Temperatur des, zum Verſuch angewandten, Eiſes wirklich 0° iſt, wie man verlangt, weil es auf dieſem Grade ſtandhaft bleibt, ſo lange es nicht völlig geſchmolzen iſt. Dies iſt noch in einer andern Hinſicht von Vortheil. Immer vermag man den Zutritt der äußern Luft in das Calorimeter nicht völlig zu hindern; wäre ſie nun viel wärmer, als das inwendige Eis, ſo würde ſie eine Quantität deſſelben ſchmelzen, die in Betracht kommen und die Reinheit der Reſultate ſtören könnte; wäre ſie dagegen kälter als 0°, ſo würde ſie die Temperatur des Eiſes erniedrigen und ſeine Schmelzung verhindern. Wegen der geringen Dichtigkeit der Luft ſind zwei bis drei Grad darüber in dieſer Hinſicht von geringem Einfluß, wodurch man um ſo öfter Gelegenheit erhält, den Verſuch anzuſtellen. Seine Genauigkeit wird aber noch gar ſehr dadurch befördert, daß man, während man immer in Temperaturen operirt, die etwas höher als 0° ſind, ein zweites Calorimeter zu Hülfe nimmt, welches dem erſten in allen Stücken ähnlich und eben ſo gefüllt iſt, nur mit dem Unterſchiede, daß man keinen warmen Körper in ſein Inneres bringt. Dann wird die Quantität Eis, welche in dieſem ſchmilzt, unmittelbar zeigen, wie viel auf Rechnung der Schmelzung durch die Luft zu ſetzen iſt. Es kommt nur darauf an, dieſe beiden Calorimeter recht vergleichbar zu machen; und man laſſe zu dieſem Zweck, nachdem man ſie gefüllt hat, das Waſſer aus beiden einige Zeit hindurch, z. B. eine Stunde, abtropfen (wo man dann ſieht, ob wirklich in ihnen gleich viel Eis durch die Lufttemperatur in gleicher Zeit geſchmolzen wird, oder wenigſtens, welches Verhältniß in dieſer Hinſicht zwiſchen ihnen Statt findet). Man ſchütte darauf das Waſſer, welches jedes derſelben gegeben hat, weg; bringe den warmen Körper in eins derſelben hinein und fange an, ſie beide von Neuem zu beobachten. Wenn die Abkühlung beendigt iſt, welches man an der Langſamkeit des Schmelzens erkennt, wiege man die Quantitäten Waſſer, die ſich in den beiden Calorimetern gebildet haben, und wenn man dann die eine von der andern abzieht, ſo wird der Unterſchied (vorausgeſetzt, daß die Calorimeter völlig gleich waren) dasjenige ausdrücken, was durch die Wirkung des, in das eine derſelben eingebrachten, warmen Körpers allein geſchmolzen wurde. Um dem Verſuch dann noch die völlige Vergleichbarkeit zu ſichern, wiederhole man ihn ſo, daß man dieſen Körper abwechſelnd in jedes der beiden Calorimeter bringt.

Hier bietet ſich eine Schwierigkeit dar. Beim Zurückziehen dieſes Körpers hält jedes Stück feſten Eiſes, welches im Apparate bleibt, an ſeiner Oberfläche eine kleine Schicht des Waſſers feſt, das es durch Schmelzung hergegeben hat. Obwohl nun dieſe Schicht an jedem Stücke nur ſehr dünn iſt, ſo muß ſie doch für die Geſammtmaſſe Eiſes, welche im Calorimeter enthalten iſt, eine beträchtliche Quantität ausmachen. Dies iſt nicht in Abrede zu ſtellen. Wenn man jedoch den Verſuch mit den angegebenen Vorſichtsmaßregeln anſtellte, d. h. bei einer Lufttemperatur von einigen Graden über dem Puncte des ſchmelzenden Eiſes, ſo haftete eine ganz gleiche Waſſerſchicht ſchon an der Oberfläche jedes Stückes Eiſes, als man den warmen Körper hineinbrachte. Dieſe Schicht, welche zuerſt abfließen mußte, compenſirt ſomit genau die, welche das Eis nach vollendeter Abkühlung zurückhält.

Noch iſt die Bemerkung weſentlich, daß die Hauptſache in dieſem Apparate auf der Wirkung der äußeren Eishülle, welche zwiſchen den beiden Metallgefäßen, ABCD, A′B′C′D′ enthalten iſt, beruhet; indem ſie es iſt, welche durch ihre Gegenwart die Temperatur des inneren Eiſes auf Null erhält, und daſſelbe hindert, auf andere Art, als durch Wirkung des, in ſeinen Innenraum gebrachten, Körpers zu ſchmelzen.

Geſetzt, dieſer Körper ſey feſt und ſo beſchaffen, daß er ſeinen Zuſtand von der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes bis zu der des kochenden Waſſers nicht ändert. Wir wollen ihn nun, nachdem wir ihn auf irgend eine, zwiſchen dieſen Gränzen enthaltene, Temperatur gebracht haben, in das Calorimeter legen, und darin bis 0° erkalten laſſen. Wenn ſeine Temperatur ſo weit herabgekommen iſt, wird ſich zeigen, daß die Quantität Eis, welche er geſchmolzen hat, der Anzahl Grade proportional iſt, um welche ſeine Temperatur über die des Calorimeters erhöhet war, ſo daß, wenn er beim Erkalten von 10° auf 0° einen Kilogramme Eis geſchmolzen hat, er beim Erkalten von 20° auf 0° zwei Kilogrammen davon ſchmelzen wird, drei beim Erkalten von 30° bis 0° u. ſ. f. in der ganzen Ausdehnung der Thermometerſcale. Dies beſtändige Verhältniß wird ſich jedoch nicht auf die nämlichen Größen bei verſchiedenen Körpern von gleicher Maſſe beziehen. Z. B. wenn ein gewiſſes Gewicht von Eiſenblech, auf 30° erwärmt, 11 Kilogrammen Waſſers gegeben hat, ſo wird das nämliche Gewicht Queckſilber, auf die nämliche Temperatur gebracht, deren nur 3 liefern. Die Beſtimmung der Maſſe iſt hiebei ein weſentliches Element; denn eine doppelte oder dreifache Maſſe eines und deſſelben Körpers ſchmilzt unter gleichen Umſtänden eine doppelte oder dreifache Menge Eis.

Um dieſe Ergebniſſe auf klare Vorſtellungen zu bringen, und die Folgerungen daraus mit Sicherheit zu entwickeln, wollen wir als Einheit für das Caloricum die unbekannte Quantität dieſes Principes annehmen, welche zur Schmelzung eines Kilogrammes Eis von 0° erforderlich iſt; darauf durch x die geſammte und unbekannte Zahl ſolcher Einheiten ausdrücken, welche bei der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes in jedem Kilogramme eines Körpers A enthalten ſind, auf welche Weiſe auch dies Caloricum darin ſich finden mag, gebunden und feſtgehalten oder beweglich und eines wechſelſeitigen Austauſches durch Stralung mit andern Körper fähig, oder endlich theilweiſe in beiden dieſer Zuſtände befindlich. Erhöhen wir die Temperatur des Körpers A bis auf T Grade des Queckſilberthermometers, und laſſen wir ihn alsdann bis auf Null im Calorimeter erkalten, ſo wird er eine gewiſſe Zahl Kilogrammen Eis darin ſchmelzen, die wir N nennen können; mithin wird nach unſerer vorigen Uebereinkunft N auch die neue Quantität Caloricum ausdrücken, welche man in den Körper hat bringen müſſen, um ſeine Temperatur von 0° auf T Grade zu erhöhen. Nun lehrt die Erfahrung, daß zwiſchen 0 und 100° die Zahl N der Gradzahl T proportional iſt, wenigſtens wenn der Körper ſeinen Zuſtand nicht ändert. Mithin, wenn wir N mit T dividiren, ſo wird der Quotient $\frac{N}{T}$, den wir c nennen wollen, innerhalb dieſer Gränzen, die Anzahl Kilogrammen Eis ausdrücken, welche der Körper bei ſeinem Erkalten um Einen Grad zu ſchmelzen vermag; und dieſer nämliche Quotient wird auch, als Function unſerer urſprünglichen Einheit, die Quantität Caloricum ausdrücken, welche erforderlich iſt, ſeine Temperatur um einen Grad zum Steigen oder zum Sinken zu bringen. Hienach wird für jede andere Temperatur t, welche auch zwiſchen den Gränzen der Thermometerſcale enthalten iſt, $x + ct$ die Geſammtquantität Caloricum ausdrücken, welche in A enthalten iſt; und ct wird die Anzahl Kilogrammen Eis von 0° ſeyn, welche A bei der Abkühlung bis auf 0° zu ſchmelzen vermag. Wenn die Maſſe des Körpers, anſtatt einen Kilogramme zu betragen, deren m betrüge, während der Stoff derſelben der nämliche bliebe, ſo hätte man ſie als aus m, dem vorigen ganz gleichen, Kilogrammen beſtehend zu betrachten. Dann würde die urſprüngliche Quantität Caloricum, welche er bei 0° enthielte, mx ſeyn, die er bei t Grad enthielte, $mx + mct$; und mct würde die Anzahl Kilogrammen Eis von 0° ausdrücken, die er bei der Abkühlung von t Grad auf 0° im Calorimeter zu ſchmelzen vermöchte. Man ſieht aus dieſem Beiſpiele, daß man ſeine Betrachtungen blos mit der Maſſeneinheit vorzunehmen hat, und nur die Reſultate dann noch mit der

Anzahl dieſer Einheiten, welche der in Betracht gezogene Körper enthält, multipliciren muß.

Nach dem, was ich oben vergleichungsweiſe über das Eiſenblech und das Queckſilber bemerkte, ſieht man, daß die Zahl c ſich von einer Subſtanz zur andern ändert. Sie bleibt ſich ſelbſt für die nämliche Subſtanz nicht gleich, wenn dieſe in einen anderen Zuſtand übergeht, d. h. wenn ſie aus der feſten Geſtalt in die tropfbarflüſſige, aus dieſer in die luftförmige, oder umgekehrt, übergeht. Es iſt ſelbſt wahrſcheinlich, daß dieſe Veränderungen merklich zu werden beginnen, ſchon bevor die Zuſtandsänderung eintritt. Man hat ſomit die Zahl c durch Beobachtung unter dieſen verſchiedenen Umſtänden auszumitteln. Dies iſt geſchehen und man nennt ſie *die ſpecifiſche Wärme oder die Wärmecapacität der Körper.*

Iſt der Körper feſt, ſo nimmt man eine bekannte Maſſe davon, erhöhet ſie auf eine bekannte Temperatur, bringt ſie in das Calorimeter, und mißt durch Wägung die Anzahl Kilogrammen Eis von 0°, die ſie bei der Abkühlung bis 0° geſchmolzen hat. Man dividirt dieſe Zahl durch das Product der Maſſe des Körpers und der Anzahl Grade, welche die ihm urſprünglich ertheilte Temperatur ausdrückt, d. i. durch mt, und hat dann im Quotienten die ſpecifiſche Wärme des Körpers auf die Maſſeneinheit bezogen.

So wurde z. B. in das Calorimeter eine Maſſe Eiſenblech gebracht, welche 3, 772640 Kilogrammen wog, und deren Temperatur mittelſt eines Bades ſiedenden Waſſers auf 97°, 5 des Centeſimalthermometers gebracht war. Nach Verfluß von 11 Stunden war die ganze Maſſe bis 0° erkaltet, und das Calorimeter gab, nachdem man es wohl hatte austropfen laſſen, 0, 542004 geſchmolzenes Eis. Hiernach wird, unſeren obigen Beſtimmungen gemäß, die ſpecifiſche Wärme des Eiſenblechs ſeyn

$$\frac{0,\ 542004}{3,\ 77264 \cdot 97,5} \text{ d. i. } 0,0014735.$$

In der That iſt dieſer Verſuch von *Lavoiſier* und *Laplace* angeſtellt worden, nur mit anderen Gewichts- und Temperatureinheiten. Als erſtere dienten ihnen Pfunde, als letztere Reaumurſche Grade. Sie hatten 7, 7070319 Pfunde Eiſenblech angewandt, welche, auf 78° R. gebracht, ihnen 1, 109795 Pfund geſchmolzenes Eis gegeben hatten. Mithin iſt die ſpecifiſche Wärme des Eiſenblechs in dieſem Syſteme von Einheiten,

$$\frac{1,\ 109795}{7,\ 7070319 \cdot 78} \text{ d. i. } 0,001841875.$$

Es erhellt aus dieſem Beiſpiele, daß der Zahlwerth von c unabhängig von der Gewichtseinheit iſt, welche man gewählt hat, weil ſich die nämliche Einheit im Zähler und im Nenner des Bruches, durch den c ausgedrückt wird, findet. Dem iſt aber nicht ſo hinſichtlich der Thermometereintheilung, welche man wählt; dieſe iſt von Einfluß auf den Zahlausdruck von c, da ſie ſich blos im Diviſor deſſelben findet. Nach dieſer Bemerkung vermag man leicht die Reſultate in einander zu verwandeln, indem man jeden Werth von c, den man bei einer gewiſſen Eintheilungsart erhalten hat, mit dem Verhältniß multiplicirt, welches dieſe Eintheilungsart zu derjenigen hat, in welche man ihn übertragen will. Multiplicirt man z. B. unſeren erſten Werth von c mit $\frac{100^\circ}{80}$, ſo wird man den zweiten erhalten, weil dies darauf zurückkommt, im Nenner an die Stelle des Factors 97,5, der die Temperatur nach der Centeſimalſcale ausdrückt, den Factor $\frac{97,5 \cdot 80}{100}$, d. i. 78 zu ſetzen, der ihr in der Octogeſimalſcale entſpricht.

Man kann ſelbſt die Zahlwerthe von c auch von dieſer Reduction unabhängig machen, indem man ſie alle auf einen von ihnen als Einheit bezogen ausdrückt. Dann fällt auch jede beſondere Eintheilungsart für die Temperatur weg; und die Reſultate gelten gleich für alle Thermometerſcalen. In der That ſchlagen die Phyſiker gewöhnlich dieſen Weg ein. Um jedoch dann dieſe Reſultate zur Herleitung der abſoluten Quantitäten Eis benutzen zu können, welche jede Subſtanz beim Erkalten innerhalb gegebener Gränzen zu ſchmelzen vermag, muß man auch noch den abſoluten Werth von c für die Subſtanz angeben, auf welche man alle andere bezieht; und hier wird es erforderlich, die Eintheilungsart, welche man beim Ausdruck der Temperatur zu Grunde gelegt hat, anzugeben.

Um die ſpecifiſche Wärme der tropfbaren Flüſſigkeiten auszumitteln, bringt man ſie in das Calorimeter in Gefäßen, deren Abkühlung man zuvor beobachtet, und hiernach ihre eigenthümliche ſpecifiſche Wärme beſtimmt hat. Wenn das ganze Syſtem bis auf Null erkaltet iſt, ſo beobachtet man das Totalgewicht des geſchmolzenen Eiſes, zieht davon das ab, was durch das Gefäß allein hätte geſchmolzen werden müſſen, und dividirt den Reſt durch das Product aus der Maſſe und Temperatur der Flüſſigkeit.

So brachten Lavoiſier und Laplace, in der Abſicht, die ſpecifiſche Wärme der ſalpetrigen Säure zu beſtimmen, vier Pfund derſelben in einen Kolben aus Glas ohne Bley, welcher 0,53125 Pfund wog, und deſſen ſpecifiſche Wärme c, auf die Octogeſimalſcale für die Einheit der Maſſe bezogen, 0,003215 war. Das Syſtem ward in ein Bad kochenden Waſſers von der Temperatur von 80° R. geſetzt und darauf in das Calorimeter gebracht. Nach Verlauf von zwanzig

Stunden war die Abkühlung vollendet, und als Product derſelben gab die Maſchine, nachdem man ſie wohl austropfen laſſen, 3, 66406 Pfund geſchmolzenen Eiſes. Nun hätte das Gefäß für ſich eine Anzahl Kilogrammen gleich 0, 53125. 0, 003215. 80 Pfund, d. i. 0, 1366 Pfund ſchmelzen müſſen, welche, von 3, 66406 Pfund abgezogen, für die Quantität Eiſes, welches von der Flüſſigkeit allein geſchmolzen war, 3, 5274 Pfund übrig laſſen; und dieſe Quantität, dividirt mit 320, dem Product der Maſſe der Flüſſigkeit in ihre Temperatur, giebt für ihre ſpecifiſche Wärme 0, 0110232. Bei dieſer Berechnung iſt die Reaumurſche Scale zu Grunde gelegt. Um das Ergebniß auf die Centeſimalſcale zurückzuführen, hat man es mit $\frac{80}{100}$ zu multipliciren, wo man dann erhält 0, 00881856.

Indem Lavoiſier und Laplace das tropfbar flüſſige Waſſer dem gleichen Verſuche unterwarfen, fanden ſie, daß ein Pfund deſſelben, auf 60° R., oder 75 C. gebracht, beim Erkalten bis 0° genau ein Pfund Eis ſchmolz. Mithin wird die abſolute ſpecifiſche Wärme des Waſſers, auf die Octogeſimaleintheilung bezogen, $\frac{1}{60}$ oder 0, 0166666] ſeyn; auf die Centeſimalſcale bezogen $\frac{1}{75}$ oder 0, 013333].

Dividirt man die abſoluten ſpecifiſchen Wärmen anderer Körper, nach der einen oder anderen Eintheilungsart berechnet, reſpectiv mit einer dieſer Größen, ſo wird man ihre relativen ſpecifiſchen Wärmen erhalten, d. h. ihre ſpecifiſchen Wärmen bezogen auf die des Waſſers als Einheit. Um jedoch von dieſen Werthen auf die abſoluten Reſultate zurückkommen zu können, muß man immer die Angabe der abſoluten ſpecifiſchen Wärme des Waſſers damit verbinden. Folgendes ſind einige Reſultate dieſer Art, welche von Lavoiſier und Laplace aufgefunden wurden.

Benennung der Subſtanzen.	Relative ſpec. Wärme.
Gemeines Waſſer	1, 00000
Eiſenblech	0, 11051
Glas ohne Bley	0, 19290
Queckſilber	0, 02900
Rothes Queckſilberoxyd	0, 05011
Bley	0, 02819
Rothes Bleyoxyd (Mennig)	0, 06227
Zinn	0, 04754
Schwefel	0, 20850
Olivenöl	0, 30961
Verkäuflicher lebendiger Kalk	0, 21689

Benennung der Subſtanzen.	Relative ſpec. Wärme.
Gemenge von Waſſer und lebendigem Kalk im Verhältniß von 9 zu 10	0, 43912
Schwefelſäure vom ſpeciſiſchen Gewicht 1, 87058	0, 33460
Nicht rauchende ſalpetrige Säure, vom ſpeciſiſchen Gewicht 1, 29895	0, 66139

In Folge der Bedeutung, die wir dem Coefficienten c beigelegt haben, können die Verhältniſſe, welche in dieſer Tabelle aufgeführt ſind, dienen, das Caloricum unmittelbar von einer der darin aufgeführten Subſtanzen auf die andere in Zahlwerthen überzutragen. So zeigt die, dem Queckſilber zugehörige, Zahl 0, 029 an, daß eine Maſſe Queckſilber beim Erkalten um einen Grad eine Quantität Caloricum abgiebt, welche hinreichend iſt, die Temperatur einer gleichen Waſſermaſſe um 0°, 029 zu erhöhen. Eine Maſſe lebendigen Kalks würde bei ihrer Abkühlung gleichfalls um einen Grad die Temperatur einer gleichen Waſſermaſſe um 0°, 21689 erhöhen; woraus dann folgt, daß das Caloricum, welches ſich aus einer Maſſe Queckſilber beim Erkalten derſelben um einen Grad entbindet, die Temperatur einer gleichen Maſſe lebendigen Kalks um $\frac{0,\ 029}{0,\ 21689}$ Grad, d. i. um 0°, 134 erhöhen würde. Hier iſt die Scale, nach welcher man die Grade rechnet, willkührlich, weil es ſich nur um Verhältniſſe derſelben handelt.

Multiplicirt man ferner die Zahlen dieſer Tabelle mit $\frac{1}{60}$, welches die abſolute ſpeciſiſche Wärme des Waſſers, in Reaumurſchen Graden ausgedrückt, iſt, ſo erhält man die Gewichtsangaben für die Mengen Eis, welche ein Gewicht 1 dieſer Subſtanzen beim Erkalten um einen Grad dieſer nämlichen Eintheilung zu ſchmelzen vermag. Die nämliche Multiplication, mit $\frac{1}{75}$ oder $\frac{4}{300}$ angeſtellt, würde das entſprechende Reſultat für einen Centeſimalgrad geben; dies würden ſomit die abſoluten ſpeciſiſchen Wärmen der, in der Tabelle aufgeführten, Subſtanzen ſeyn. Dividirt man ſo z. B. mit 60 die Zahl 0, 66139, welche der ſalpetrigen Säure zugehört, ſo kommt man wieder auf die Zahl 0, 0110232, die wir vorhin für den abſoluten Werth ihrer ſpeciſiſchen Wärme erhielten.

Das Queckſilber hat, wie man ſieht, eine ſehr ſchwache ſpeciſiſche Wärme. Um die Temperatur dieſer Flüſſigkeit um 1° zu erhöhen, bedarf es blos $\frac{29}{1000}$ von dem, was ein gleiches Gewicht Waſſer erfodern würde. Die Beſtändigkeit des Werthes von c für das Queckſilder im ganzen Umfange der Thermometerſcale iſt auch ein ſehr bemerkenswerther Umſtand; denn es folgt daraus, daß zwiſchen dieſen Gränzen die Wärmequantitäten, welche in dieſe Subſtanz eingeführt werden, den Zahlen von Graden proportional ſind, um welche ihre Temperatur ſteigt. Nun werden dieſe Grade ſelbſt durch die Ausdehnungen des Queckſilbers gemeſſen, und ſind ihnen proportional; mithin ſind die Ausdehnungen des Queckſilbers im Umfange der Thermometerſcale den Zunahmen des darin enthaltenen Caloricums proportional.

Mehrere Phyſiker, namentlich de Luc und Crawford, haben dieſe Wahrheit auf eine andere Weiſe außer Zweifel zu ſetzen geſucht. Sie nahmen gleiche Maſſen a und b von einer und derſelben Flüſſigkeit, die auf verſchiedene Temperaturen gebracht waren, miſchten ſie ſchnell mit einander, und ſahen dann zu, ob die nach der Vermiſchung Statt findende Temperatur das arithmetiſche Mittel zwiſchen den Temperaturen der beiden Maſſen war. In der That muß dies bei der Annahme der von uns unterſuchten Proportionalität Statt finden, und die Erfahrung zeigt, daß das Reſultat um ſo übereinſtimmender damit ausfällt, je mehr Sorge man getragen hat, den Verluſt an Wärme bei der Bewerkſtelligung der Mengung und der Schätzung ihrer Temperatur zu verhüten.

Dieſe Methode iſt auch häufig zur Meſſung ſpecifiſcher Wärmen und zur Schätzung von Temperaturen, für welche die gewöhnlichen Thermometer unzulänglich ſind, angewandt worden. Hiebei ſetzt man ſtets voraus, daß der Coefficient c für jeden der zu vermiſchenden Körper in allen Temperaturen, die man denſelben durchlaufen laſſen mag, beſtändig iſt, und ſucht auszumitteln, was er zur Hervorbringung der mittleren Temperatur beigetragen hat. Denken wir uns z. B., man habe einen Kilogramme gewöhnliches Glas bis 86° C. erhitzt, und werfe es in 10 Kilogrammen Waſſer von der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes, deſſen Temperatur dadurch um 1°, 470 erhöht werde; ſo folgt unter Vorausſetzung der Beſtändigkeit der ſpecifiſchen Wärmen, daß die nämliche Wärmeentbindung einen einzigen Kilogrammen Waſſer von 0° auf 14°, 70 erhöht haben würde. Nun entſpricht dieſe Erhöhung einer Erniedrigung um 86° — 1°, 470, d. i. um 84°, 53 in der Temperatur einer Glasmaſſe ebenfalls von einem Kilogramme Gewicht; und die ſpecifiſche Wärme des eingetauchten Glaſes wird ſonach $\frac{14,70}{84,53}$ d. i. 0, 1739 ſeyn müſſen, die des Waſſers gleich 1 geſetzt.

Umgekehrt, wenn durch andere Verſuche das Verhältniß 0, 1739 der ſpecifiſchen Wärmen bekannt wäre, ſo könnte man durch Umkehrung der Rechnung auf die Temperatur des Glaſes zurückkommen. Denn nachdem man, wie ſo eben, die Temperaturerhöhung um 1°, 470 auf den Fall der Maſſengleichheit reducirt hätte, wodurch ſie in 14°, 70 verwandelt würde, brauchte man nur dieſe Zahl mit der ſpec. Wärme des hineingetauchten Körpers gleich 0, 1739 zu dividiren, wo dann der Quotient 84°, 53 im Allgemeinen die Anzahl Grade ausdrücken wird, um welche die Temperatur dieſes Körpers durch das Eintauchen erniedrigt worden iſt. Fügt man alſo hierzu die rückſtändige Temperatur des Syſtems 1°, 47, ſo wird man die urſprüngliche Temperatur des eingetauchten Körpers haben, welche in unſerm Fall 86° betrug. Wir haben die Temperatur des Waſſers vor dem Eintauchen zu null Grad angenommen. Die Rechnung würde jedoch die nämliche ſeyn, wenn man auch bei irgend einer andern Temperatur operirte. Nur müßte man bei der Operation alle andern Thermometerangaben von dieſer Temperatur an rechnen, um ſie dann darauf zurückzuführen, von 0° wie gewöhnlich gerechnet zu werden.

Auf dieſe Weiſe verfuhr Coulomb bei ſeinen Verſuchen über den Magnetismus, um die Temperaturen zu beſtimmen, in welchen er ſeine Stäbe härtete; eben ſo auch De Laroche bei ſeinen Verſuchen über das ſtralende Caloricum, um die Temperaturen der Kupfermaſſen auszumitteln, die er in die Brennpuncte ſeiner Spiegel brachte.

Zur Genauigkeit dieſer Methode ſind jedoch zwei Vorſichtsmaßregeln unerläßlich. Da die Flüſſigkeit, in welche das Eintauchen vorgenommen wird, immer in einem Gefäße enthalten iſt, ſo muß man den Antheil Caloricums in Rückſicht nehmen, welcher der Mengung durch den Stoff dieſes Gefäßes entzogen oder mitgetheilt wird. Auch iſt die progreſſive Abkühlung und Erwärmung in Rechnung zu ziehen, welche das Gemenge durch Stralung zwiſchen dem Augenblicke, wo das Eintauchen vorgenommen wird, und wo man ſeine Temperatur mißt, erfährt. In meinem größern Werke findet man den Weg zur Berechnung dieſer beiden Correctionen angegeben. Die erſte läßt ſich auch leicht mittelſt einer, von Rumford angegebenen, Compenſationsmethode bewerkſtelligen, von der ich weiterhin noch ſprechen werde. Jedenfalls muß man es einzurichten ſuchen, daß die Correctionen ſo geringfügig als möglich werden; wozu man durch Anwendung von Gefäßen, die eine ſehr geringe Maſſe beſitzen und ſehr raſches Vollbringen der Mengung gelangt. Außerdem muß man Sorge tragen, die Temperaturen der Flüſſigkeiten vor und nach dem Eintauchen mittelſt Thermometer zu ſchätzen, deren cylindriſches Reſervoir die ganze

Höhe des Gefäßes einnimmt, um ein Mittel zwiſchen den Temperaturen aller Zwiſchenzeiten zu erhalten, welche gewöhnlich verſchieden ſind.

Vergleicht man nach allem dieſem die Vortheile und Nachtheile dieſer Methode mit denen, welche das Eis-Calorimeter darbietet, ſo wird letzteres, obwohl von ſchwieriger Anwendung, doch noch hinſichtlich der Genauigkeit vorzuziehen ſcheinen. Auch iſt es mehrerer anderer Anwendungen fähig, welche die Methode der Mengungen nicht geſtattet.

Man weiß z. B., daß eine große Menge Subſtanzen bei ihrer chemiſchen Vereinigung Wärme entbinden. Ihre Quantität zu meſſen, braucht man nur dieſe Subſtanzen jede für ſich bis auf 0° erkalten zu laſſen, darauf ihre Vereinigung im Calorimeter zu bewerkſtelligen, und das Syſtem wiederum bis Null ſich abkühlen laſſen. Die Quantität geſchmolzenen Eiſes wird der Quantität entbundenen Caloricums zum Maß dienen.

Wenn dagegen die Subſtanzen bei ihrer Vereinigung Wärme verſchlucken, anſtatt ſolche zu entbinden, ſo muß man ſie, bevor man ſie die Verbindung eingehen läßt, auf eine gemeinſchaftliche erhöhte Temperatur bringen, von einem Grade, daß ſie ſich auch nach ihrer Verbindung noch wärmer als das Eis finden. Darauf vermiſcht man ſie im Innern des Calorimeters und mißt die Quantität Eis, welche die Verbindung, nachdem ſie zu Stande gekommen iſt, beim Abkühlen bis auf 0° geſchmolzen hat. Man meſſe ferner die eigenthümliche ſpec. Wärme der ſchon gebildeten Verbindung für ſich, welches durch einen nachfolgenden Verſuch geſchieht, indem man beobachtet, wie viel Kilogrammen Eis ſie beim Abkühlen um eine bekannte Anzahl Grade zu ſchmelzen vermag; und leite hieraus die verhältnißmäßige Zahl Kilogrammen ab, die ſie würde haben ſchmelzen müſſen, wenn ſie ebenfalls von dem Punct an erkaltet wäre, auf welchem ſich die Beſtandtheile im Augenblick befanden, wo ſie getrennt in das Calorimeter gebracht wurden. Zieht man alsdann dies Reſultat von der Totalmenge Eiſes ab, welches beim erſtern Verſuch durch vereinte Wirkung der Abkühlung und der verſchluckten oder entbundenen Wärme geſchmolzen worden war, ſo hat man im Reſt die Anzahl Kilogrammen, welche durch den Act der Verbindung geſchmolzen oder am Schmelzen gehindert wurde. Auf dieſe Art laſſen ſich die Quantitäten Caloricum finden, welche die Körper beim Uebergange vom flüſſigen Zuſtande zum feſten abgeben, wenigſtens für ſolche, welche über der Temperatur des Calorimeters, d. i. über null Grad erſtarren. Endlich kann auch das Calorimeter dienen, die Quantitäten Caloricum zu beſtimmen, welche durch die Verbrennung und das Athmen entwickelt werden; man braucht nur im Calorimeter Körper verbrennen oder Thiere athmen zu laſſen und die Quantitäten dadurch geſchmolzenen Eiſes zu meſſen. In meinem größern Werke habe ich Beiſpiele zu allen dieſen Anwendungen gegeben.

Die mathematiſche Theorie der Bewegung der Wärme, wie ſie im vorigen Capitel feſtgeſtellt worden iſt, gewährt auch ein eben ſo einfaches als zuverläſſiges Mittel, die ſpecifiſchen Wärmen der feſten Körper durch Vergleichung der Zeiten ihrer Abkühlung zu finden. Geſetzt z. B., wir hätten irgend eine Anzahl ſolcher Körper aus verſchiedenem Stoff, aber ſämmtlich von gleicher, z. B. kugliger, Geſtalt und hinlänglich kleiner Dimenſion, um die Zeit, während ſich die Wärme durch ſie hindurchfortpflanzt, als unmerklich anſehen zu können, ſo daß der Zuſtand ihrer innern Temperatur ſich immer durch ihre ganze Maſſe als gleichförmig anſehen laſſe. Werden dieſe Körper ſucceſſiv bis zu demſelben Grade erhöht, und dann dem Erkalten in einem und demſelben unbegränzten luftförmigen Mittel ausgeſetzt, ſo werden ihre Temperaturen mit ungleicher Geſchwindigkeit ſinken. Dieſe verſchiednen Geſchwindigkeiten nun können wegen des geringen Umfangs der Körper in keiner merklichen Abhängigkeit von dem Wärmeleitungsvermögen ihrer innern Maſſe ſtehen, dagegen hängen ſie von der Dichtigkeit jedes Körpers, ſeiner Capacität für das Caloricum und dem Stralungsvermögen ſeiner Oberfläche ab. Von dieſem letztern Element kann man ſich jedoch dadurch unabhängig machen, daß man die Oberflächen der Körper mit einem und demſelben Firniß von ſehr geringer Dicke überzieht, die aber doch hinreichend iſt, die Stralung auf ihr Maximum zu bringen, wodurch der Zuſtand der Oberflächen gleich gemacht wird. Hat man alsdann die Zeit beobachtet, welche dieſe verſchiedenen Körper brauchen, um ſich zwiſchen den nämlichen Temperaturgränzen um eine gleiche Anzahl Grade abzukühlen, ſo iſt, wie die Theorie zeigt, ihre ſpecifiſche Wärme dieſer beobachteten Zeit, dividirt durch die Dichtigkeit, proportional. Dieſe Methode iſt von Despretz auf eine ziemlich große Menge metalliſcher Subſtanzen angewandt worden; und die, von ihm erhaltenen, Reſultate haben ſich mit denen, welche andre Phyſiker durch die oben erörterten directen Verfahrungsarten gefunden haben, in Uebereinſtimmung gezeigt.

Bisher haben wir keine Erwähnung von der Temperatur gethan, bei welcher die Körper, deren ſpecifiſche Wärmen von uns angegeben worden ſind, beobachtet wurden. Die Uebereinſtimmung der angeführten Reſultate, die von verſchiedenen Phyſikern unter unſtreitig abweichenden Umſtänden erhalten wurden, giebt zu erkennen, daß der Einfluß dieſes Elements nicht ſehr beträchtlich ſeyn kann. Jedoch würde es ſehr wenig Wahrſcheinlichkeit haben, daß er ganz null ſey und daß der nämliche Körper bei allen Temperaturſtufen genau die nämliche ſpecifiſche Wärme behielte. Wirklich haben auch **Dulong** und **Petit** bei Prüfung der Metalle unter ſehr verſchiednen Temperaturen gefunden, daß eine ſolche Beſtändigkeit nicht Statt habe, und daß ihre ſpecifiſchen Wärmen merkbar mit der Temperatur ſteigen, wie das Nämliche auch für die Ausdehnungen gilt. Wenn nun dieſer Erfolg ſchon für die Metallſubſtanzen Statt hat, welche unter den Umſtänden, wo ſie beobachtet wurden, ſo entfernt von einer Zuſtandsänderung waren, ſo muß er um ſo mehr für alle andre Körper wirkſam ſeyn.

Die wichtige Erſcheinung, daß die Körper bei Veränderungen ihres Zuſtandes Caloricum entbinden oder verſchlucken, wurde zum erſten Male von **Black** um d. J. 1760 beobachtet. Er kam auf dieſe große Entdeckung dadurch, daß er bemerkte, wie langſam Eis und Schnee ohne Temperaturveränderung in einer Atmoſphäre ſchmelzen, wo gleiche Maſſen tropfbar flüſſigen Waſſers, urſprünglich eben ſo kalt als jene, ſchnell erwärmt werden. Da nämlich die Quantitäten Wärme, welche in jedem Augenblick vom umgebenden Mittel mitgetheilt werden, bei Gleichheit der Temperatur in beiden Fällen die nämlichen ſind, ſo kann es nicht anders ſeyn, als daß diejenigen, welche in den Schnee oder das Eis treten, zu ſeiner Schmelzung verwandt werden, da ſeine Temperatur, durch das Thermometer gemeſſen, bis zu ſeiner völligen Schmelzung auf dem nämlichen Stande bleibt. **Black** verſuchte ſelbſt, dieſe Quantität verſchluckter Wärme durch Vergleichung der relativen Geſchwindigkeit, mit der ſich Waſſer und Schnee erwärmen, zu meſſen. Bald aber fand er in der Methode der Vermiſchungen, die er erſann, ein unendlich zuverläſſigeres Mittel, zum nämlichen Zweck zu gelangen; wobei er nicht vergaß, die Quantitäten Caloricum, welche von den Gefäßen verſchluckt wurden, in Rückſicht zu nehmen; und ſo mußte er nothwendig zur Entdeckung der Ungleichheiten der ſpecifiſchen Wärmen der verſchiedenen Subſtanzen geführt werden. Mit vollem Rechte daher kann man ihn als den Schöpfer dieſes neuen Zweiges der Phyſik betrachten, der theils an ſich ſo ſchön, theils durch ſeine Anwendbarkeit auf die Künſte ſo fruchtbar iſt.

Black fand bei einem ſeiner Verſuche, daß 143 Gewichtstheile tropfbarflüſſigen Waſſers von der Temperatur 87°, 777 C., mit 119 Eis von 0° vermiſcht, 262 Theile tropfbaren Waſſers von 11°, 666 geben. Dies gilt gleich 261. $11\frac{2}{3}$ oder $3056\frac{2}{3}$ Th. tropfbaren Waſſers, welches auf die Temperatur von 1° erhoben iſt; nun galt das angewandte Waſſer gleich 143. 87, 777 oder $12552\frac{2}{9}$ Th., auch von der Temperatur 1°. Der Unterſchied 9495, 556 iſt ſomit von den

119 Th. Eis verſchluckt werden, ſo daß 79, 79 Th. Waſſers von 1° oder 1 Th. Waſſer von 79°, 79 auf jeden Theil geſchmolzenen Eiſes kommen. Eine Reihe Verſuche dieſer Art führte **Black** zu dem Reſultate, daß eine Maſſe tropfbar flüſſigen Waſſers beim Erkalten um 80° C. ein gleiches Gewicht Eis von 0° ſchmilzt. Nach **Lavoiſier** und **Laplace** reicht ein Erkalten um 75° zur Hervorbringung dieſer Wirkung hin. Der Unterſchied iſt nicht beträchtlich, obwohl unſtreitig die letzte Schätzung die zuverläſſigere iſt.

Black maß durch dieſe Methode der Vermiſchung die Quantitäten Caloricum, welche beim Schmelzen verſchiedener Körper gebunden oder latent gemacht wurden und nannte ſie **Wärmeſtoff der Flüſſigkeit**, indem er ſie als Ergänzung der Totalſumme von Caloricum betrachtete, welche zum Verharren jedes Körpers in flüſſigem Zuſtande erforderlich iſt. Er drückte ſie als Function der Anzahl Grade aus, auf welche ſie die Temperatur einer Waſſermaſſe von einem, dem des Körpers gleichen, Gewicht zu bringen vermocht hätten*). Auf dieſe Weiſe fand er die folgenden Reſultate, denen ich die, von **Lavoiſier** und **Laplace** gegebene, Beſtimmung für das Waſſer beigefügt habe.

Benennung der Subſtanzen.	Temperatur nach Centeſimalgraden, bei welcher ſie ſchmelzen.	Wärmeſtoff der Flüſſigkeit.
Waſſer	0°	75°, 00
Wallrath . . .	56	82 , 222
Bienenwachs . .	60	97 , 22
Zinn	219	277 , 777

---

*) **Erläuterung.** Waſſer von 0° kann nicht eher ganz gefrieren, als bis es ſo viel Caloricum fahren gelaſſen hat, als hingereicht haben würde, die Temperatur einer Waſſermaſſe von gleichem Gewicht um 75° C. zu erhöhen; und Eis von 0° kann nicht eher ganz ſchmelzen, als bis es 75° C (eben ſo betrachtet) verſchluckt hat. Dieſes verſchluckte und dadurch für das Thermometer verſchwundene Caloricum iſt es, was **Black** Wärmeſtoff der Flüſſigkeit nennt; was jedoch gewöhnlicher **latenter**, **verborgener** oder **gebundener Wärmeſtoff** genannt wird. Eis iſt alſo Waſſer weniger 75° C. Caloricum, auf obige Art betrachtet; d. h. weniger ſo viel Caloricum, als hingereicht haben würde, die Temperatur einer gleichen Waſſermaſſe um 75° C. zu erhöhen; und Waſſer iſt Eis plus 75° C.

Wie man ſieht, ſcheint die Quantität verſchluckten Caloricums mit Erhöhung des Schmelzgrades zuzunehmen.

Wollten wir dieſe Quantitäten verſchluckten Caloricums unſrer frühern Uebereinkunſt gemäß ausdrücken, d. h. in Kilogrammen geſchmolzenen Eiſes, ſo würde dies gar keine Schwierigkeit haben; denn weil die Maſſen Waſſers und der Subſtanz, für die man die Beſtimmung verlangt, jedesmal durch Berechnung gleich gemacht ſind, ſo wird, wenn man c die ſpecifiſche Wärme des Waſſers nennt, und t die, in der letzten Spalte angegebene, Temperatur, ct die Quantität Eis ſeyn, welche der, von einer Maſſe gleich 1 verſchluckte, Flüſſigkeitswärmeſtoff zu ſchmelzen vermöchte. Führt man dieſe Rechnung aus, indem man für c den, von Lavoiſier und Laplace nach der Centeſimaleintheilung beſtimmten, Werth $\frac{1}{75}$ ſubſtituirt, ſo wird das Waſſer als Reſultat geben 1; der Wallrath $\frac{1}{75} \cdot 82,22$ oder 1,0963; und eben ſo wird man für das Wachs erhalten 1,2963; für das Zinn 3,7037. Dies ſind die Zahlen für die Kilogrammen Eis, welche durch den, jedem Kilogramme dieſer Subſtanzen zugehörigen, Flüſſigkeitswärmeſtoff geſchmolzen zu werden vermöchten.

Black erkannte gleicherweiſe, daß auch die tropfbarflüſſigen Körper beim Uebergang in Gaszuſtand Caloricum verſchlucken, und daſſelbe bei der Rückkehr aus letzterm in tropfbaren Zuſtand ganz wiedergeben; eine Thatſache, die er durch Verſuche aufs Unwiderleglichſte bewies. Er verſuchte ſelbſt, die abſolute Quantität von Caloricum zu meſſen, welche bei der Verwandlung des Waſſerdampfs in Waſſer entbunden wurde. Da er ſich jedoch nicht ganz auf die Verfahrungsarten, welche er in Anwendung gezogen hatte, glaubte verlaſſen zu können, ſo bat er ſeinen Zögling **Watt**, den Verſuch von Neuem anzuſtellen. Dieſer, welchem derſelbe in Bezug auf die Einrichtung und Theorie der Dampfmaſchinen von großer Wichtigkeit war, benahm ſich mit vieler Sorgfalt dabei, und fand, daß das Caloricum, welches vom Dampf beim Uebergang in tropfbaren Zuſtand entbunden wurde, ſo viel betrug, um die Temperatur einer gleichen Waſſermaſſe um 950° F. zu erhöhen, oder was daſſelbe ſagen will, um eine 950fache Waſſermaſſe um 1° F. zu erhöhen.

Zu faſt den nämlichen Reſultaten gelangte **Rumford** durch ein ausnehmend ſinnreiches Verfahren, das wir hier um ſo weniger übergeben dürfen, da es auch eine ſehr zuverläſſige und leichte Anwendung auf die Meſſung der, durch das Verbrennen entbundnen, Quantitäten von Caloricum zuläßt. Als Calorimeters bedient er ſich eines Metallgefäßes, welches mit Waſſer von einer bekannten Temperatur gefüllt wird. Dies Gefäß, welches aus ſehr dünnem rothen Kupferblech beſteht, hat 8 Zoll Länge auf 4½ Zoll Breite und 4½ Zoll Höhe,

Fig. 8. Sein Inneres enthält ein Spiralrohr (serpentin) ebenfalls aus Kupfer, welches drei horizontale Windungen darin macht, und beſtimmt iſt, die gasförmigen Producte aufzunehmen, durch welche das Waſſer erhitzt werden ſoll. Dieſes Spiralrohr hat die Geſtalt einer platten Röhre, deren Höhe oder Dicke allenthalben ¾ Zoll, die Breite beim Eingang 1¾ Zoll und beim Ausgang 1 Zoll iſt. Sein Mundſtück iſt ein cylindriſches Rohr von 1 Zoll Durchmeſſer und 1 Zoll Höhe, welches die Producte eintreten läßt und ſich vertical im Innern des Spiralrohrs ſelbſt bis zu einer Höhe von ¾ Zoll über ſeinen Boden erhebt. Das andre Ende des Spiralrohrs tritt vertical nahe an der Wand des Gefäßes hervor, welche derjenigen entgegengeſetzt iſt, durch welche die Producte eintreten. Ein Thermometer mit cylindriſchem Reſervoir von einer, dem Calorimeter gleichen, Höhe giebt in jedem Augenblick die mittlere Temperatur alles darin enthaltenen Waſſers an. Endlich wird der ganze Apparat durch vier dünne Stäbe von trockenem Holze getragen.

Nun erhellt, daß, wenn Subſtanzen unter dem Mundſtück des Spiralrohrs verbrannt werden, die daraus entſtehenden gasförmigen Producte, ſo wie die, durch ihre Berührung erhitzte, Luft ſelbſt, in die Windungen dieſes Apparats hineinſteigen, und durch Abgeben ihres Temperaturüberſchuſſes an das umgebende Waſſer deſſen Temperatur um eine gewiſſe Anzahl Grade erhöhen werden. Damit der Verſuch zuverläſſig ſey, müſſen die ſo vorgenommenen Verbrennungen vollſtändig geſchehen, welches man daran erkennt, daß die verbrannte Subſtanz ſich ganz und gar mit einer ſchönen Flamme und ohne merklichen Geruch verzehrt. Bedient man ſich hiebei Kerzen oder Lichter, ſo muß man ſie vor und nach der Operation wiegen, und große Sorge tragen, Flamme und Docht ſo einzurichten, daß kein Rauch entſteht. Was die Hölzer betrifft, ſo zerſchneide man ſie in ganz feine Späne von 5 bis 6 Linien Breite und brenne ſie unter dem Mundſtück des Spiralrohrs an, während man ſie mit der Hand oder mit einer Pincette hält. Sie werden ſo mit der größten Leichtigkeit verbrennen. Um ſpirituöſe Flüſſigkeiten, wie Alkohol und Aether, zu verbrennen, muß man, wenn die Verbrennung vollſtändig ausfallen ſoll, beſondre Vorſichtsmaßregeln anwenden, von welchen wir weiterhin ſprechen werden.

Doch noch nicht genug; um alle Wärme, welche ſich entbindet, ſchätzen zu können, muß man die Temperatur kennen, welche die Producte, nachdem ſie durch alle Windungen des Spiralrohrs hindurchgegangen ſind, bei ihrem Austritt beſitzen. Zu dieſem Zweck ſetzte Rumford den Ausgang dieſes Spiralrohrs mit dem Mundſtück eines andern dergleichen Apparats in Verbindung und fand, daß, wenn er im erſten Calorimeter nur wenig beträchtliche Temperaturveränderungen zu wege brachte, wie die in Rede ſtehende Methode erfordert, das im zweiten Calorimeter enthaltene Waſſer nicht merklich erwärm- wurde. Hiernach hielt er beim Stehenbleiben zwiſchen dieſen Gränzen die Anwendung des zweiten Calorimeters für überflüſſig und überhob ſich derſelben.

Dieſes Verfahren iſt, wie leicht erhellt, nur eine Vervollkommnung der Methode der Miſchungen. Es iſt daher auch erforderlich, die Quantitäten Caloricum dabei in Rückſicht zu nehmen, welche vom Spiralrohr und den Wänden des Calorimeters verſchluckt werden. Hiezu führen entweder directe Verſuche, indem man ausmittelt, um wie viel eine gegebene Waſſermaſſe ſich abkühlt oder erwärmt, wenn ſie in den Apparat gebracht wird, oder die Berechnung, gegründet auf die Kenntniß des Gewichtes und der ſpec. Wärme des zum Apparat angewandten Kupferblechs. Rumford fand, nachdem er dieſe Correction an ſeinem Calorimeter vorgenommen hatte, daß deſſen eigne Maſſe mit der des darin enthaltenen Waſſers zuſammengenommen 2781 Grammen Waſſers gleich kamen; eine Zahl, die er ſtets bei ſeinen Reſultaten angewandt hat.

Wie wir ſahen, iſt aber die Beſeitigung oder Correction noch einer andern Urſach der Irrung erforderlich, derjenigen nämlich, welche die fortſchreitende Erwärmung oder Abkühlung des Apparats vermöge Stralung und Berührung mit der umgebenden Atmoſphäre zur Folge hat. Hiegegen hat ſich Rumford auf eine eben ſo ſichere, als ſinnreiche Weiſe verwahrt. Er erniedrigt zuvörderſt die Temperatur ſeines Apparates um einige Grade, z. B. 5 bis 6, unter die der umgebenden Atmoſphäre und läßt dann die, dem Verſuch zu unterwerfenden Producte hineintreten. Dieſe theilen der Spiralröhre bei ihrer Abkühlung darin Wärme mit, welche dann wieder an das, die Röhre umgebende Waſſer, übergebt. So lange dies Waſſer die Temperatur der äußern Luft nicht erreicht hat, empfängt es von den umgebenden Körpern mehr Caloricum, als es in gleicher Zeit denſelben zuſendet; es wird ganz eigentlich von ihnen erwärmt. Das Entgegengeſetzte aber tritt ein, wenn es dieſe Temperatur überſtiegen hat; dann ſendet es mehr Caloricum aus, als es in gleicher Zeit empfängt, und erwärmt nun ſeinerſeits die umgebenden Körper. Geſetzt nun, die Operation werde ſo geleitet, daß eben ſo viel Zeit darüber in einem dieſer Zuſtände, als im andern hingeht, ſo wird ſich die Quantität des empfangenen und des abgegebenen ſtralenden Caloricums ungefähr ausgleichen, und die Quantität des, vom Calorimeter zurückbehaltenen, Caloricums ſo beſchaffen ſeyn, als wenn es weder Wärme von Außen empfangen, noch nach Außen abgegeben hätte. Auf dieſe

Weiſe gieng **Rumford** zu Werke, und der glückliche Erfolg ſeiner Verſuche iſt unſtreitig zum ſehr großen Theil auf Rechnung dieſer ſinnreich getroffenen Vorſichtsmaßregel zu ſetzen.

Um dies Verfahren auf die Verdichtung des Waſſerdampfs anzuwenden, ließ Rumford eine bekannte Quantität Waſſer in einer langhalſigen Retorte kochen, welche ſich unter dem Mundſtück der Spiralröhre aufwärts krümmte. Das Ende ihres Halſes war mit der Spiralröhre mittelſt eines ſehr genau paſſenden Korkſtöpſels in Verbindung gebracht, der oben mit vier kleinen horizontalen Löchern durchbohrt war, die ſich etwas über den flachen Boden der Spiralröhre erhoben. Solchergeſtalt fiel der Dampf, der ſich beim Austritt aus den Löchern verdichtete, auf dieſen Boden, ohne das Nachſteigen neuen Dampfs durch die Löcher zu verhindern. Die Retorte ward durch einen kleinen tragbaren Ofen erhitzt, der hinlänglich entfernt und durch verſchiedene Schirme vom Calorimeter geſchieden war. Das Gewicht des verdichteten Dampfes wurde daraus hergeleitet, daß man die Retorte vor und nach der Operation, welche im Allgemeinen 10 bis 11 Minuten dauerte, wog. Vor Anfang derſelben ließ man jedoch immer das Waſſer in der Retorte ſieden, um die Luft herauszutreiben, welche darin enthalten ſeyn konnte.

Wendet man auf das ſo erhaltne Reſultat die Formeln an, die ich in meinem größern Werke gegeben habe, ſo findet man, daß ein Gramme Waſſerdampf von 100° C. beim Tropfbarwerden in dieſer Temperatur eine 567 und $\frac{195}{1000}$ mal ſo große Quantität Caloricum entbindet, als erforderlich iſt, die Temperatur eines Grammes tropfbarflüſſigen Waſſers um 1° zu erhöhen; oder auch, dies Caloricum vermöchte 567, 195 Grammen Waſſer um 1° C. zu erhöhen. Begreiflich iſt dieſe Beſtimmung der Grammenzahl keine abſolute, ſondern ändert ſich mit der angewandten Thermometereintheilung; ſo daß man ſie, um ſie auf eine andre Eintheilung zu beziehen, mit dem Werthe eines Centeſimalgrades, als Function der neuen Grade ausgedrückt, multipliciren müßte. Um ſie z. B. in Fahrenheitſchen Graden auszudrücken, müßte man ſie mit $\frac{180}{100}$ oder 1, 8 multipliciren, wodurch ſich der Factor 567, 195 in 1020, 951 verwandeln würde. Mithin würde die Quantität Caloricum, welche ſich aus einem Gramme Waſſerdunſt, der bei 212° F., welches 100° C. entſpricht, tropfbar wird, entbindet, einen Gramme tropfbar flüſſigen Waſſers um 1021° F. in ſeiner Temperatur erhöhen oder, was auf daſſelbe hinauskommt, 1021 Grammen um 1 ſolchen Grad erhöhen. Um dies auf die Weiſe der engliſchen Phyſiker auszudrücken, müßte man ſagen, daß der Waſſerdampf, wenn er bei 212°F. tropfbar wird, 1021° Wärme entbindet. Die Verſuche, welche Watt in den Dampfkeſſeln der Dampfmaſchinen anſtellte, gaben ihm 900 bis 950; allein die Rumfordſche Methode ſcheint einer größern Genauigkeit fähig. Auch ſind die Verſuche von Gay-Luſſac, ſo wie andre von Clement und Desormes damit in Uebereinſtimmung, deren Mittel 550° C. anſtatt 567°, wie Rumford fand, giebt; ſo daß alſo über die Beſtimmung dieſes wichtigen Puncts nur eine ſehr geringe Unſicherheit obwalten kann 1).

Wollte man wiſſen, wie viel Grammen Waſſers von 0° dieſe Quantität Caloricum zum kochen bringen könnte, ſo braucht man nur unſern erſten Werth 567^g, 195 wieder vorzunehmen und mit der Zahl Centeſimalgrade zu dividiren, welche die Temperatur des kochenden Waſſers ausdrückt, d. i. mit 100. Sie würde dadurch auf 5, 67195 zurückkommen. Sonach würde ein Gramme, bei 100° tropfbar werdenden Waſſerdampfs 5, 67195 Grammen tropfbarflüſſigen Waſſers von der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes auf den Siedpunct zu erhöhen vermögen.

Um endlich die nämliche Beſtimmung nach Grammen geſchmolzenen Eiſes zu geben, braucht man nur 567^g, 195 mit dem Bruch $\frac{1}{75}$ zu multipliciren, welcher die Quantität Eis, die ein Gramme tropfbaren Waſſers beim Erkalten um 1° C. zu ſchmelzen vermag, in Theilen des Grammes ausdrückt. Hier wird das Ergebniß ſeyn 7, 5626; d. h. das Caloricum, welches von einem Gramme, bei 100° C. tropfbar werdenden, Waſſerdunſtes entbunden wird, vermag 7^g, 5626 Eis von der Temperatur 0° zu ſchmelzen.

Durch Anwendung des Rumfordſchen Verfahrens auf verſchiedne andre Flüſſigkeiten, als Waſſer hat Despretz gleichfalls ihren Verdünſtungswärmeſtoff ausgemittelt. Da aber die Dünſte der verſchiedenen tropfbaren Flüſſigkeiten bei der nämlichen Temperatur ſehr ungleiche Spannkräfte beſitzen, ſo vermag man ihre Verdichtung nicht unter ſolchen Umſtänden zu bewirken, daß man, wie beim Waſſerdampf zugleich den Druck von 0^m, 76 und die Temperatur von 100° hat; wenigſtens muß eins dieſer beiden Elemente abweichen. Despretz hat den Verdünſtungswärmeſtoff des Terpentinöls gleich 76°, 8, den

---

1) Nicht zu vergeſſen iſt, daß bei dieſer Schätzung vorausgeſetzt wird, daß das tropfbar gewordene Waſſer ſich bei 100° C. bildet und bei dieſer Temperatur verharrt. Denn nähme man an, daß es ſich dann bis 0° C. abkühlte, ſo würde es 100° C. Wärme mehr entbinden, ſo daß man, um dieſe 100° in der Schätzung der entbundnen Wärme mit zu begreifen, dieſelbe durch 650° anſtatt 550° auszudrücken hätte, wie einige Phyſiker thun. Mir ſcheint jedoch der erſte Ausdruck vorzuziehen, weil er zwei weſentlich ganz verſchiedne Erſcheinungen trennt, die durch den erſten vermiſcht werden.

des Schwefeläthers gleich 172° und den des Alkohols gleich 207°, 7 gefunden. Die Siedpuncte dieſer drei Flüſſigkeiten unter dem gewöhnlichen Druck von 0^{m}, 76 waren reſpectiv 157°, 4; 35°, 5 und 78°, 7. Der Alkohol war vollkommen homogen (waſſerfrei); denn ſein Siedpunct blieb, während ſeine Maſſe durch die Verflüchtigung ſchwand, genau auf der nämlichen Stufe. Wie man ſieht, iſt für dieſe Flüſſigkeiten die Quantität des Verdünſtungswärmeſtoffs weit geringer, als für das Waſſer. Despretz findet auch für das Waſſer eine geringere Zahl, als ihm im Allgemeinen die andern Phyſiker beilegen, nämlich nur 530°, 5.

Zur genauen Vergleichbarkeit aller dieſer Reſultate unter einander würde nun erforderlich ſeyn, zu wiſſen, welches für jede Art Dampf die relativen Quantitäten von Verdünſtungswärmeſtoff bei ungleichen Temperaturen und mithin verſchiedenen Spannkräften wären. Die Wichtigkeit dieſer Frage in Bezug auf die Anwendung des Waſſerdampfs als bewegender Kraft, hat mehrere ausgezeichnete engliſche und franzöſiſche Phyſiker bewogen, ſich damit zu beſchäftigen; und ſie ſind gleichermaßen zu dem bemerkenswerthen Reſultate gelangt, daß ein und daſſelbe Gewicht Waſſerdampf immer genau, oder doch faſt ganz genau, durch ſein Tropfbarwerden eine und dieſelbe Quantität Caloricum entbindet, welches auch die Temperatur und mithin Spannkraft ſeyn mag, die es im Augenblick, wo ſeine Abkühlung beginnt, äußert, woraus dann umgekehrt folgt, daß eine und die nämliche Quantität Caloricum hinreicht, einen Kilogramme Waſſerdunſt auf jeden beliebigen Grad der Spannkraft zu erhöhen; welches ohne Zweifel daher rührt, daß der Dunſt beim Wärmerwerden zugleich dichter wird, ſo daß die Verminderung des von ihm eingenommenen Raums ihm geſtattet, bei einer gleichen Quantität von Caloricum eine größere Spannkraft zu äußern. Despretz hat ein gleiches Reſultat für das Terpentinöl, den Alkohol und den Schwefeläther gefunden. Jedoch ſind die Phyſiker nicht einſtimmig über die völlige Schärfe dieſer Compenſation. Die einen, wie Clement und Deſormes nehmen ſie für ſtreng an, d. h. nach ihnen würde ein Kilogramme Dunſt, im Eiscalorimeter verdichtet und ſo in tropfbare Flüſſigkeit von 0° verwandelt, ſtets die nämliche Quantität geſchmolzenen Eiſes geben, wie weit man auch vorher ſeine Temperatur erdöht haben möchte. Andre hingegen glauben, daß dieſe Beſtändigkeit nur in ſo fern Statt hat, als man von den Totalquantitäten Caloricum, welche der Dunſt hergiebt, den Antheil abzieht, den er fahren läßt, indem er ſich als Dunſt zuſammenzieht, um auf die Temperatur herabzuſteigen, in welcher man ihn tropfbar macht. Dieſe Meinung iſt namentlich von Southern, einem engliſchen Phyſiker, aufgeſtellt worden, der die Beſtändigkeit des Verflüſſigungscaloricums im Waſſerdunſt zuerſt bemerkte und bekannt machte. Die Verſchiedenheit dieſer Anſichten kann bei practiſchen Anwendungen von keinem Belang ſeyn, da die Quantität des Caloricums, welches durch die Zuſammenziehung des Dunſtes als Dunſt frei wird, immer nur ein ſehr kleiner Antheil des Caloricums iſt, welches ſich im Act des Flüſſigwerdens ſelbſt entbindet; allein von großer Wichtigkeit iſt ſie für die Phyſik, der Folgerungen halber, die ſie hinſichtlich der Beſchaffenheit des Dunſtzuſtandes mit ſich führt.

Man kann auch mittelſt des Rumfordſchen Calorimeters die Wärme ſchätzen, welche durch die Verbrennung frei wird; wozu er ſelbſt Beiſpiele gegeben hat, die man in meinem größern Werke finden kann. Man braucht nur zu dieſem Zweck die Subſtanz, welche man dem Verſuch unterwerfen will, einige Zeit hindurch unter dem Mundſtück der Schlangenröhre brennen zu laſſen, ſie vor und nach der Verbrennung zu wägen, und zu beobachten, um wie viel Grade die Temperatur des Calorimeters durch die verbrannte Maſſe erhöht worden iſt. Dabei hat man die nämlichen Vorſichtsmaßregeln als bei dem Verſuch mit dem Waſſerdampf anzuwenden, und die Ergebniſſe nach den nämlichen Formeln zu berechnen.

In nachſtehender Tabelle ſind die Reſultate enthalten, welche Rumford mittelſt ſeines Apparats bei der Verbrennung verſchiedner Körper erhielt. Ich habe diejenigen hinzugefügt, welche aus den Verſuchen von Lavoiſier und Laplace fließen. Alle Angaben ſind in Centeſimalgraden ausgedrückt, den Werth von c für das Waſſer als Einheit geſetzt.

Name der Subſtanzen.	Temperaturerhöhung, welche die Verbrennung von 1 Gramme, einem Gramme Waſſer mittheilen würde.	Bemerkungen.
Waſſerſtoffgas . .	23400° L. L.	
Olivenöl . . .	11166 L. L.	
	9044 R.	
Weiſſes Wachs . .	10500 L. L.	
	9479 R.	
Gereinigtes Rübsöl	9307 R.	
Seife	8369 R.	
	7186 L. L.	
Schwefeläther . .	8030 R.	ſpec. Gwcht 0,72834 bei 20°
Phosphor . . .	7500 L. L.	
Kohle	7226 L. L.	
Naphtha	7338 R.	. . 0,82731 bei 13]
Alkohol von 42° des Ar.	6195 R.	. . 0,817624 b. 15, 5
Desgl. mit mehr Waſſer	5422 R.	. . 0,84714
Desgl. von 33° des Ar.	5261 R.	. . 0,85324
Eichenholz . . .	3146 R.	

Die Reſultate von Lavoiſier und Laplace ſind mit L. L., die Rumfordſchen mit R. bezeichnet. Letztre ſind im Allgemeinen etwas ſchwächer. Sollte dies nicht daher rühren, daß das Eiscalorimeter alle, auch die durch Stralung entbundene, Wärme verſchluckt, während dieſer letztre Antheil bei allen andern Verfahrungsarten verloren geht?

Clement und Desormes haben gefunden daß die Holzarten nur nach Verhältniß der Quantität Kohle, die in ihnen enthalten iſt, erwärmen, die, da ſie in allen der Hälfte ihres Gewichtes gleich iſt, auch ungefähr die Hälfte von 7226 d. i. 3600° Wärme giebt. Rührt nicht, wenn Rumford weniger für das Eichenholz gefunden hat, der Unterſchied gleichfalls vom Verluſt an Stralungswärme her?

Dividirt man die Zahlen dieſer Tabelle durch 100, ſo erhält man die Anzahl Grammen Waſſers von 0°, welche ein Gramme von jeder Subſtanz durch ſein Verbrennen zum Sieden bringen würde, und dividirt man ſie mit 75, ſo hat man die Anzahl Grammen Eis von 0°, die durch dieſe Verbrennung geſchmolzen werden würden.

Zur Vervollſtändigung der, in dieſem Capitel auseinandergeſetzten, Reſultate iſt noch übrig, die ſpecifiſchen Wärmen der, am häufigſten angewandten, Gasarten kennen zu lehren. Die geringe Dichtigkeit dieſer Subſtanzen, welche zur Folge hat, daß ſie ſelbſt beim Erkalten um eine beträchtliche Anzahl Grade nur eine geringe Menge Caloricum entbinden, legte jedoch der Ausmittlung derſelben ſehr große Schwierigkeiten in den Weg; auch zeigten die Reſultate, welche verſchiedne in dieſer Abſicht von den Phyſikern unternommene, Verſuche gegeben hatten, ſehr wenig Uebereinſtimmung, dies veranlaßte die Akademie der Wiſſenſchaften, die Erforſchung der ſpecifiſchen Wärme der Gasarten zum Gegenſtande einer Preisaufgabe zu machen, und die Arbeit von De Laroche und Berard, von der ich in meinem größern Werke den Auszug geliefert habe, wurde gekrönt. Ich begnüge mich hier die Reſultate derſelben anzuführen.

Specifiſche Wärme der verſchiedenen Gasarten unter dem nämlichen Druck, die der atmoſphäriſchen Luft als Einheit geſetzt.

	Bei gleichem Volumen.	Bei gleichem Gewicht.
Atmoſphäriſche Luft .	1,0000	1,0000
Waſſerſtoffgas . . .	0,9033	12,3401
Kohlenſaures Gas . .	1,2583	0,8280
Sauerſtoffgas	0,9765	0,8848
Stickſtoffgas	1,0000	1,0318
Oxydirtes Stickgas . .	1,3503	0,8878
Oelerzeugendes Gas .	1,5530	1,5763
Kohlenſtoffoxyd . . .	1,0340	1,0805
Waſſerdampf	1,9600	3,1360

Man ſieht aus dieſer Tabelle, daß die ſpecifiſche Wärme des Waſſerſtoffgaſes bei gleichem Gewicht weit ſtärker, als die der atmoſphäriſchen Luft iſt. Die nämliche Quantität Caloricum, durch welche die Temperatur einer Maſſe dieſer Luft um 12°, 3401 erhoben zu werden vermöchte, würde die einer gleichen Maſſe Waſſerſtoffgas nur um 1° erhöhen. Man wird es bemerkenswerth finden, daß ſich das Waſſerſtoffgas überhaupt immer bedeutend von den Werthen entfernt, welche für die andern gasförmigen Subſtanzen, bei jeder Art Verſuchen, denen man ſie unterwerfen mag, gefunden werden.

Folgendes ſind die nämlichen Reſultate, auf die ſpecifiſche Wärme des Waſſers als Einheit bezogen, zufolge eines unmittelbaren Verſuches, in welchem De Laroche und Berard die Erwärmungen verglichen, welche in einem Calorimeter durch gleiche Maſſen Waſſers und atmoſphäriſcher Luft hervorgerufen wurden.

	Specifiſche Wärme.
Waſſer	1, 0000
Atmoſphäriſche Luft	0, 2669
Waſſerſtoffgas	3, 2936
Kohlenſäure	0, 2210
Sauerſtoff	0, 2361
Stickſtoff	0, 2754
Oxydirter Stickſtoff	0, 2369
Oelerzeugendes Gas	0, 4207
Kohlenſtoffoxyd	0, 2884
Waſſerdampf	0, 8470

Dieſe Reſultate drücken die Temperaturerhöhung aus, welche ein Gramme jeder Gasart beim Erkalten um 1° C. in einem Gramme tropfbaren Waſſers zuwege bringen würde. Durch Diviſion derſelben mit 75 wird man die Anzahl Grammen Eis von 0° erhalten, welche durch dies nämliche Erkalten geſchmolzen zu werden vermöchten; und die Diviſion mit 100 wird die Anzahl Grammen tropfbaren Waſſers geben, die dadurch von der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes auf die des Siedens gebracht zu werden vermöchten.

Uebrigens muß man bemerken, daß dieſe Reſultate der Ausdruck einer ſehr zuſammengeſetzten Erſcheinung ſind. Bei der Art, wie die Verſuche angeſtellt werden, ziehen ſich die Gasarten während ihres Erkaltens in ſich ſelbſt zuſammen, weil ſie immer dem nämlichen Druck das Gleichgewicht halten müſſen, und ihre Dichtigkeit beim Eintritt in das Calorimeter iſt ſomit geringer als beim Austritt aus demſelben. Die Erwärmung, die ſie im Apparat zuwege bringen, iſt daher die zuſammengeſetzte Wirkung der Wärme, die ſie ſowohl durch das Erkalten, als durch die gleichzeitige Zuſammenziehung entbinden; dagegen man, um einfache Reſultate zu erhalten, dieſe Wirkungen geſondert müßte beobachten können. Zuvörderſt müßte man die Wärmequantität beſtimmen, welche jedes Gas beim Erkalten in einem gegebenen Raum und mithin unter gleich bleibendem Volumen entbindet, alsdann die Wärme, die es bei Veränderung ſeines Volumens und gleichbleibender äußerer Temperatur hergiebt. Die Trennung dieſer beiden Erſcheinungen ſcheint ausnehmend ſchwierig, iſt aber unerläßlich, um einfache Reſultate zu erlangen, und die wahren Geſetze, unter welchen dieſe Wirkungen ſtehen, ans Licht zu bringen. Freilich iſt man auch einem Uebelſtande der nämlichen Art bei den Verſuchen über die ſpecifiſchen Wärmen der tropfbarflüſſigen und feſten Körper ausgeſetzt, weil ſie ſich ebenfalls beim Erkalten nothwendig zuſammenziehen; da jedoch ihre Umfangsveränderung weit geringer iſt, ſo nimmt man die dadurch bedingte Wärmeentbindung auch nur für ſehr ſchwach in Verhältniß zu der, welche von der Temperaturerniedrigung herrührt, an. Indeß beweiſt allerdings nichts, daß dem wirklich ſo ſey; und man könnte vielmehr das Gegentheil vermuthen, wenn man daran denkt, welche enorme Wärmequantitäten aus den Körpern durch bloße Trennung ihrer Theilchen von einander entbunden zu werden vermögen mittelſt Reiben, Drehen, Bohren oder Feilen, welches nichts anders iſt, als eine Reibung von hinlänglicher Stärke, um die Molecule einer Oberfläche von den darunter liegenden loszureißen. Denn als Rumford aus dieſem Geſichtspuncte die Feilſpäne unterſuchte, welche aus dem Lauf der bronzenen Kanonen beim Bohren derſelben hervorkommen, zeigten ſie ſich ihm im Beſitz der nämlichen ſpecifiſchen Wärme, als die Bronze ſelbſt, obwohl ſich während ihrer Bildung eine enorme Quantität Wärme entbunden hatte; woraus zu ſchließen iſt, daß dieſe Wärme blos zwiſchen den feſten Bronzetheilchen, d. h. zwiſchen den kleinen Gruppen dieſer Theilchen, welche das Werkzeug losgetrennt hatte, vorhanden war. Iſt dem nun ſo, ſo muß ſich dieſe Quantität ebenfalls bei jeder Ausdehnung oder Zuſammenziehung des Körpers ändern; und dieſer Erfolg, der zu der, durch bloße Temperaturveränderung bedingten, Wärmeentbindung hinzutritt, braucht gar nicht ſo ſchwach zu ſeyn, als man gemeinhin meint. Dieſe Betrachtungen, die namentlich für die Dünſte und Gasarten einleuchten, haben Dulong veranlaßt, auf Verfahrungsarten zu denken, welche zu einfachen Erfolgen führen; und dies iſt ihm für die Dünſte mittelſt eines ausnehmend ſinnreichen Apparats geglückt, von dem ich in meinem größern Werke die Beſchreibung gegeben habe.

Ihrerſeits haben nun auch die Mathematiker, ſich im Beſitz ſo vieler, neuerlich über die phyſiſchen Eigenſchaften der gasförmigen Subſtanzen gefundenen, Erfahrungsdata ſehend, ſich bemüht, ſie durch Rechnung unter einander zu verknüpfen, einmal, indem ſie dieſelben mit mathematiſcher Strenge in Verbindung zu bringen ſuchten, anderntheils, indem ſie wahrſcheinliche Hypotheſen über den Grundzuſtand der Gasarten erdachten, welchen ſich alle Erſcheinungen fügten. Nur mit dem höchſten Intereſſe kann man dieſe neuen Beſtrebungen der mathematiſchen Analyſe erblicken, die Phyſik durch Entdeckung von Beziehungen aufzuhellen, welche der Beobachtung allein unzugänglich geweſen wären. So wird man mit dem größten Nutzen die Unterſuchungen leſen, welche Laplace über dieſen Gegenſtand im zwölften Buche ſeiner Mechanik des Himmels und Poiſſon in den Annales de Chimie et de Physique, 1823. bekannt gemacht hat.

Beim Ueberblick über die Reſultate, welche wir in dieſem Capitel hinſichtlich der ſpecifiſchen Wärmen der verſchiedenen feſten, tropfbarflüſſigen und luftförmigen Körper gefunden haben, wird man verwundert ſeyn, keine in die Augen fallende Beziehung zwiſchen den Zahlen, durch welche ſie ausgedrückt werden, und der Beſchaffenheit oder dem Zuſtande der angewandten Subſtanzen entdecken zu können. Es iſt jedoch ausnehmend wahrſcheinlich, daß dieſe Beziehungsloſigkeit der Natur der Dinge nicht weſentlich und inhärirend iſt, wie die zufälligen Eigenſchaften, welche den verſchiedenen Körpern weſentlich angehören; denn Dulong und Petit haben ſie ſchon für die einfachen feſten Körper gehoben, indem ſie die beobachteten Reſultate von der Verwickelung befreiten, welche der zufällige Aggregatzuſtand dieſer Körper darin bedingte, und zu den ſpecifiſchen Wärmen ihrer Theilchen ſelbſt zurückgiengen. Zur Einſicht in dieſe Entdeckung iſt jedoch eine kurze Auseinanderſetzung der Principien der atomiſtiſchen Theorie erforderlich, welche heutzutage bei allen chemiſchen Betrachtungen von ſo allgemeiner Anwendung iſt, und aus welcher für dieſe Wiſſenſchaft ſchon mehrere, durch ihre Genauigkeit und Einfachheit gleich bemerkenswerthe, Ergebniſſe gefloſſen ſind.

Die allgemeinſte Vorſtellungsart, welche ſich vom innern Zuſtande der Körper faſſen läßt, iſt die, ſie ſich als aus materiellen Theilchen zuſammengeſetzt zu denken, die für unſre Sinne unendlich klein ſind, und in deren Geſtalten und beſondern Eigenſchaften die chemiſche Beſchaffenheit der Körper gegründet iſt. Die größere oder geringere Entfernung, welche zufällig zwiſchen dieſen Theilchen eintritt, beſtimmt den phyſiſchen Zuſtand des Körpers, der hienach feſt, tropfbarflüſſig oder luftförmig ſeyn kann; und der größere oder geringere Reichthum an Caloricum, ſo wie an andern unwägbaren Principen, der jedem dieſer Zuſtände zukommt, kann die phyſiſchen Eigenſchaften, welche der Körper darbietet, modificiren; allein die Natur ſeiner eigenen Subſtanz, beruhend auf der weſentlichen Beſchaffenheit ſeiner

Theilchen bleibt in allen den verſchiedenen Geſtalten, unter welchen der ſinnliche Stoff ſich darbieten mag, unverändert.

Dies vorausgeſetzt, wenn zwei Körper ſich chemiſch verbinden, muß man ſich nothwendig vorſtellen, daß dieſe Verbindung zwiſchen ihren Theilchen erfolgt, und wenn das Product derſelben ein, in allen ſeinen phyſiſchen und chemiſchen Eigenſchaften homogener, Körper iſt, ſo muß auch die Art der Verbindung in allen Theilen der ſinnlichen Maſſe gleich geweſen ſeyn; d. h. das neue Product geht hervor aus der Vereinigung einer gewiſſen Anzahl Theilchen der einen Subſtanz mit einer gewiſſen Anzahl Theilchen der andern, ſo daß das Verhältniß, nach dem ſich die Theilchen vereinigen, durch die ganze Maſſe das nämliche iſt. (So z. B. in der Kohlenſäure iſt durch die ganze Maſſe derſelben immer je ein Kohlenſtoffatom mit zwei Sauerſtoffatomen verbunden.)

Die ſo gebildeten chemiſchen Producte zuſammengenommen nun laſſen auf unzweifelhafte Weiſe erkennen, daß in den Verbindungen, die ſich frei durch bloße wechſelſeitige Verwandtſchaft der Subſtanzen gebildet haben, die Zahlverhältniſſe, nach denen die Theilchen oder Atome ſich vereinigen, größtentheils ſehr einfach ſind, als z. B. 1 Atom mit 2 Atomen, 1 mit 3, 1 mit 4 oder 2 mit 3, 3 mit 4; und dies iſt namentlich für kräftige Verbindungen gültig, wie die meiſten unorganiſchen Subſtanzen ſind, denn die organiſchen Subſtanzen bieten Beiſpiele weit zuſammengeſetzterer Verbindungen dar. Hievon ausgehend nun kann man, wenn zwei Subſtanzen ſich in verſchiedenen Verhältniſſen mit einander zu mehrern Producten verſchiedener Beſchaffenheit verbinden, mit ziemlicher Leichtigkeit eben durch die Beziehungen dieſer Verhältniſſe entdecken, welches die einfachen Zahlen ſind, nach welchen die Theilchen oder Atome in jeder Verbindung zuſammengetreten ſind; und ſind dieſe Zahlen einmal bekannt, ſo laſſen ſich die relativen Gewichte oder Dichtigkeiten jeder Art Atome nach den Verhältniſſen wägbarer Materie, welche von jedem Stoff in die Verbindung eingeht, berechnen.

So ſahen wir z. B. im erſten Bande, S. 299, daß der Kohlenſtoff ſich mit dem Sauerſtoff in zwei verſchiedenen Verhältniſſen verbindet, einmal zu Kohlenſtoffoxyd, welches aus einem Volumen Kohlenſtoffdunſt, vom Gewicht 0,41602 und ½ Volumen Sauerſtoff, vom Gewicht 0,55179 zuſammengeſetzt iſt; zweitens zur Kohlenſäure, welche aus einem Volumen Kohlenſtoffdunſt, wiederum vom Gewicht 0,41602 und 1 Volumen Sauerſtoff, vom Gewicht 1,10359, beſteht. Nehmen wir nun an, daß die erſte Verbindung, in welche der Sauerſtoff in geringerm Verhältniß eingeht, aus dem Zuſammentreten eines Atoms Kohlenſtoff mit einem Atom Sauerſtoff hervorgeht, und drücken wir das Gewicht eines Atoms Sauerſtoff durch 1 aus, ſo wird das Gewicht eines Atoms Kohlenſtoff ſich zu dem eines Atoms Sauerſtoff verhalten, wie das Gewicht des geſammten, in der Verbindung befindlichen, Kohlenſtoffs, d. i. wie 0,461602 zum Gewichte des geſammten Sauerſtoffs 0,55179, welches für das Gewicht des Atoms Kohlenſtoff giebt $\frac{1.0,41602}{0,55179}$ oder 0,75395.

Zu dieſer Berechnung iſt nicht erforderlich, die Verhältniſſe der Beſtandtheile, welche zur Verbindung zuſammentreten, nach Raumtheilen zu kennen; es reicht hin, das Verhältniß der wägbaren Quantitäten, mit welchen ſie darein eingehen, auf irgend eine Weiſe zu wiſſen, und auf die Zahlen, nach denen ſich die Atome verbinden, aus der Beſchaffenheit und der größern oder geringern Einfachheit der Verhältniſſe, die ſich nach jeder Annahme für die andern Verbindungen des nämlichen Stoffs ergeben, ſchließen zu können. So vereinigen ſich z. B. die Verſuche von Gay-Luſſac und Berzelius dahin, zu zeigen, daß zur Bildung des Zinnoxyds 100 wägbare Theile Zink mit 24,8 Sauerſtoff zuſammentreten. Anderweite chemiſche Betrachtungen deuten alsdann an, daß dieſe Verbindung aus einem Atom von jedem dieſer beiden Stoffe beſteht. Drückt man mithin immer das Gewicht eines Atoms Sauerſtoff durch 1 aus, ſo wird das Gewicht eines Atoms Zink ſich zu dem eines Atoms Sauerſtoff verhalten wie 100 zu 24,8; welches für das Atomengewicht des Zinks giebt $\frac{1.100}{24,8}$ oder 4,032.

Wie man ſieht, kann man bei dieſer Schätzung blos über die Verhältnißzahlen der Atome, nach denen man die Verbindung zuſammengeſetzt denkt, in Ungewißheit ſeyn. Auch weichen dieſes Umſtandes halber die Annahmen der verſchiedenen Phyſiker hinſichtlich der abſoluten Werthe von einander ab. Wenn ſich jedoch ihre Schätzungen auf die nämliche chemiſche Analyſe gründen, ſo kann dieſe Verſchiedenheit keine Irrung bei ihrer Anwendung zur Berechnung von Reſultaten zur Folge haben; denn da die Abweichung blos in ſofern Statt findet, als z. B. in einer Subſtanz eine doppelte oder dreifache Zahl Atome ſtatt einer einfachen vorhanden angenommen wird, ſo folgt, daß das daraus hergeleitete Atomengewicht blos $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ oder überhaupt einfacher Bruch von dem Werthe iſt, den ihm andere Chemiker beilegen; eine Verſchiedenheit, die bei den Anwendungen verſchwindet, wo jedes Atomengewicht immer mit der Zahl Atome gebraucht wird, aus welcher es hergeleitet iſt. Es erhellt hieraus, daß im Grunde genommen, blos das wirkliche Reſultat der chemiſchen Analyſe in die Berechnung eingeht; und das Erfahrungsgeſetz, welches durch die atomiſtiſche Theorie dargeſtellt wird, eigentlich darauf zurückkommt, daß die einfachen Stoffe in die verſchiedenen zuſammengeſetzten Producte, welche wir kennen, nach Gewichtsverhältniſſen eingehen, die ſich in der Regel durch einfache Zahlen zu einander ausdrücken laſſen. Der geſchickte Chemiker **Welter** hat darauf aufmerkſam gemacht, daß dies Geſetz ſich auch auf die Quantitäten Caloricum erſtreckt, welche ein und das nämliche Gewicht Sauerſtoff entbindet, wenn es zur Verbrennung verſchiedener zuſammengeſetzter oder einfacher Subſtanzen angewandt wird. Für den Waſſerſtoff, den Alkohol, den Schwefeläther, das Olivenöl, das Wachs, das trockne Holz iſt die Quantität des ſich entbindenden Caloricums faſt gleich; das doppelte iſt ſie für den Phosphor. Berechnet man ferner die Gewichte der verſchiedenen zuſammengeſetzten oder einfachen Beſtandtheile, die in das Totalgewicht der, durch ein und das nämliche Gewicht Sauerſtoff verbrannten, Subſtanzen eingehen, ſo findet man, daß jeder Beſtandtheil, der mehreren derſelben gemeinſam iſt, immer nach Verhältniſſen, die ſelbſt in ſehr einfachen Verhältniſſen unter einander ſtehen, eingeht. Offenbar ſind dieſe Bemerkungen von großer Wichtigkeit für die Chemie wegen des Lichts, das ſie in der Folge auf die Atomenzuſammenſetzung der Körper werfen können, wenn ſie erſt größere Allgemeinheit erlangt haben werden. Damit ihnen jedoch ihre Nutzbarkeit bleibe, muß man auch die Ausnahmen nicht unbeachtet laſſen, die ſie darbieten können. Nun ergiebt ſich aus der Ueberſicht der chemiſchen Analyſen, daß dieſe Einfachheit der Verhältniſſe allerdings bei den Producten vorkommt, die nur aus einer kleinen Zahl verſchiedener Beſtandtheile beſtehen; nicht mehr aber bei den zuſammengeſetzten Producten Statt zu finden ſcheint, wohin die meiſten derer gehören, die durch die thieriſche oder pflanzliche Organiſation hervorgebracht werden, und ſelbſt einige derer, welche das Mineralreich darbietet.

Nach Vorausſchickung dieſer Erörterungen wollen wir nun wieder auf die Entdeckung von **Du Long** und **Petit** über die ſpecifiſchen Wärmen zurückkommen. Sie iſt folgende: Wenn man die Atomengewichte der einfachen feſten Stoffe nach den genaueſten chemiſchen Analyſen und den wahrſcheinlichſten Zahlenverhältniſſen beſtimmt, ſo kommt man zu dem bemerkenswerthen Reſultate, daß die ſpecifiſche Wärme jeder Subſtanz, mit dem Gewichte eines der Atome, aus welchen ſie beſteht, multiplicirt, ein beſtändiges Product giebt, welches die ſpecifiſche Wärme jedes Atomes iſt. Dieſe merkwürdige Eigenſchaft wird durch folgende Tabelle außer Zweifel geſetzt, in welcher die ſpecifiſchen Wärmen nach den eigenen Verſuchen von **Dulong** und **Petit** beſtimmt, und die Atomengewichte ſo angenommen ſind, wie ſie ſich ihnen aus den chemiſchen Analyſen am wahrſcheinlichſten als die richtigen zu ergeben ſchienen.

Specifiſche Wärmen 1).		Relative Atomengewichte 2).	Producte der Gewichte jedes Atoms in der zugehörigen Wärmecapacität.
Wismuth	0, 0288	13, 30	0, 3830
Bley	0, 0293	12, 95	0, 3794
Gold	0, 0298	12, 43	0, 3704
Platin	0, 0314	11, 16	0, 3740
Zinn	0, 0514	7, 35	0, 3779
Silber	0, 0557	6, 75	0, 3759
Zink	0, 0927	4, 03	0, 3736
Tellur	0, 0912	4, 03	0, 3675
Kupfer	0, 0949	3, 957	0, 3755
Nickel	0, 1035	3, 69	0, 3819
Eiſen	0, 1100	3, 392	0, 3731
Kobalt	0, 1498	2, 46	0, 3685
Schwefel	0, 1880	2, 011	0, 3780

Nimmt man die Summe aller Zahlen, welche in der letzten Spalte enthalten ſind, und dividirt ſie durch 13, ſo findet man als mittleres Reſultat 0, 37524. Mittelſt dieſer Zahl und des Geſetzes, welches die Tabelle ſelbſt angiebt, läßt ſich die ſpecifiſche Wärme jedes einfachen Körpers finden, deſſen Atomengewicht bekannt iſt. Wenn z. B. Petit und Dulong die ſpecifiſche Wärme des Schwefels unbeſtimmt gelaſſen hätten, ſo hätte man ſie durch Diviſion des Productes 0, 37524 mit dem Atomengewicht des Schwefels gleich 2, 011 finden können; der Quotient, der ſie ausdrückte, wäre 0, 1866 geweſen, welches von 0, 1880 ſehr wenig unterſchieden iſt. Wendet man dies auf den Sauerſtoff an, ſo ergiebt ſich, da ſein Atomengewicht hier als Einheit angenommen worden iſt, die ſpecifiſche Wärme deſſelben gleich $\frac{0,\ 37524}{1}$, d. i. gleich der beſtändigen Größe 0, 37524 ſelbſt. Dem Obigen zu Folge hatten De Laroche und Berard

---

1) Die ſpecifiſche Wärme des Waſſers iſt als Einheit angenommen.

2) Das Atomengewicht des Sauerſtoffes gleich 1 geſetzt.

durch ihre Verſuche 0, 2361 gefunden, welche Zahl ſchwächer iſt. Eben ſo, wenn man das erſte Stickſtoffoxyd als aus einem Atome Stickſtoff und einem Atome Sauerſtoff beſtehend betrachtet, wird das Gewicht eines Stickſtoffatomes ſeyn $\frac{0,\ 96913}{0,\ 55179}$, oder 1, 7563, und durch Diviſion der beſtändigen Zahl 0, 37524 mit dieſer Zahl wird man für die ſpecifiſche Wärme des Stickſtoffs 0, 2137 anſtatt 0, 2754, welches die von De Laroche und Berard gefundene Zahl iſt, erhalten. Hier zeigt ſich das Reſultat der letzteren ſchwächer. Berechnet man endlich das Gewicht eines Waſſerſtoffatoms nach der Analyſe des Waſſers, zufolge welcher es 100 Sauerſtoff auf 12, 435 Waſſerſtoff enthält, ſo wird das Gewicht eines Atoms Waſſerſtoff ſeyn $\frac{12,\ 435}{100}$ oder 0, 12435, wenn man die Verbindung als aus einer gleichen Atomenzahl beſtehend annimmt; und man wird dann für die ſpecifiſche Wärme des Waſſerſtoffgaſes erhalten $\frac{0,\ 37524}{0,\ 12435}$ oder 3, 0176 anſtatt 3, 2936, wie De Laroche und Berard fanden. Eine ſolche Uebereinſtimmung iſt gewiß ſehr merkwürdig; indem die Reſultate um nicht mehr von einander abweichen, als man bei ſo feinen Verſuchen, wie zur Erforſchung der ſpecifiſchen Wärmen der Gasarten erforderlich ſind, erwarten muß.

Sechſtes Capitel.

Von den Dampfmaſchinen.

Das ganze Spiel der Dampfmaſchinen gründet ſich auf zwei Principien, die Entwickelung der Spannkraft des Waſſerdampfes durch die Wärme und ſein plötzliches Niederſchlagen durch die Abkühlung. Der ausgebreitete Nutzen dieſer Maſchinen in den Künſten und die vielfachen Anwendungen, die ſie von den ſpeciellſten Grundſätzen der Wärmetheorie darbieten, legen mir die Verbindlichkeit auf, hier etwas ausführlich davon zu handeln.

Obwohl es in der Mechanik im Allgemeinen hinreicht, irgend eine bewegende Kraft zu erzeugen, um dann durch dieſelbe jedwede Art von Bewegungen hervorbringen zu können, ſo will ich doch, damit man gleich eine beſtimmte Vorſtellung zu Grunde legen könne, zuvörderſt annehmen, man ſetze ſich vor, das Waſſer aus einem Grubenwerke mittelſt einer Saugpumpe TT′, Fig. 9, zu entfernen, wo es ſich mithin darum handelt, den Kolben P′ zu erheben. In dieſer Abſicht wollen wir die Stange dieſes Kolbens an eine Kette befeſtigen, welche um eins der Enden A′ eines, um ſeine Mitte C beweglichen, Bogenhebels (levier arqué) gerollt iſt. Es leuchtet ein, daß, wenn man an den entgegengeſetzten Arm des Hebels eine eben ſolche Kette befeſtigt, die in der Figur durch AD vorgeſtellt iſt, man nur an dieſer Kette eine Zugkraft anzubringen brauchen wird, um den Kolben P′ zu erheben, und das Waſſer durch den äußeren Druck der Atmoſphäre in den Pumpenſtiefel TT′ ſteigen zu laſſen. Haben ſich darauf die, am unteren Theile dieſes Pumpenſtiefels angebrachten, Ventile geſchloſſen, und iſt der Apparat ſich ſelbſt überlaſſen, ſo wird, vorausgeſetzt, daß das Gewicht des Kolbens P′ verbunden mit dem der ihn haltenden Kette, das Totalgewicht von AD und P überſteigt, der Kolben P′ offenbar vermöge ſeines eigenen Gewichts in dies Waſſer herabſteigen, es nöthigen, die, in ſeiner Mitte angebrachte, Klappe zu erheben, und, an den Boden des Pumpenſtiefels gelangt, es ganz von dem unterhalb befindlichen Waſſer abſondern; ſo daß durch abermaliges Ziehen an der Kette AD dies Waſſer mit dem Kolben erhoben werden, und zugleich anderes Waſſer in den Pumpenſtiefel nachſteigen wird, worauf der Kolben durch ſein eigenes Gewicht auf dieſelbe Art wieder herabſteigen wird, u. ſ. f. Man hat alſo nur die Bewegung der Kette AD zu vermitteln. Zu dieſem Zwecke wollen wir ihr unteres Ende D an einen anderen Kolben P befeſtigen, der ſich, gleich dem erſten, in einem ebenfalls cylindriſchen Pumpenſtiefel bewegt; dabei aber annehmen, daß der untere Theil dieſes Pumpenſtiefels, anſtatt mit ſeiner Baſis in das Waſſer zu tauchen, mit einer Luftpumpe Gemeinſchaft hat, mittelſt deren er ſich luftleer machen läßt. Offenbar nun wird, nach bewirkter Luftleere, der Druck der Atmoſphäre auf die obere Fläche des Kolbens P ihn herabzutreiben ſtreben, und wirklich herabtreiben, wenn er breit genug iſt, daß der, auf ſeine Oberfläche wirkende, Geſammtdruck mehr beträgt, als das Gewicht des Kolbens P′ verbunden mit der dadurch zu erhebenden Waſſerſäule. Iſt nun ſolchergeſtalt der Kolben P bis zum unteren Ende ſeines Pumpenſtiefels herabgetrieben, ſo denke man ſich, die Luft werde von unten wieder zugelaſſen; dann wird der Druck der Atmoſphäre gegen ſeine beiden Oberflächen ſich von ſelbſt die Wage halten; und P vermöge des Gewichtsüberſchuſſes des Kolbens P′, der nun wieder in Kraft tritt, in die Höhe zurückſteigen; worauf, wenn man wieder unter P einen leeren Raum hervorbringt, P abermals herab- und P′ heraufſteigen wird; Abwechslungen, die ſich ſo lange fortſetzen laſſen, als man immer will. Begreiflich aber würde die Anwendung einer Luftpumpe im Großen unausführbar ſeyn; und hier nun dient das Einlaſſen von Dampf in den Pumpenſtiefel TT′ zum Erſeh ihrer Wirkung. Die einfachſte Art, dies zu bewerkſtelligen, welche, obwohl jetzt nicht mehr im gewöhnlichen Gebrauch, doch unter einigen beſonderen Umſtänden noch von vortheilhafter Anwendung iſt, iſt folgende: Unter dem Pumpenſtiefel TT befindet ſich ein Dampfkeſſel F, Fig. 10, zum Theil mit kochendem Waſſer gefüllt, deſſen Dampf, dem Luftdrucke an Spannkraft gleich kommend oder ſehr wenig ihn übertreffend, man nach Willkühr in den Cylinder TT durch Oeffnung des Hahns R, welcher die Gemeinſchaft ſeines Bodens mit dem Dampfkeſſel vermittelt, eintreten laſſen kann. Auch befindet ſich unten am Cylinder eine kleine Seitenröhre VS, welche durch ein ſich von Innen nach Außen öffnendes, Ventil S verſchloſſen wird. Wenn nun bei dieſer Einrichtung der Stempel P bis zum Boden oder faſt bis zum Boden des Cylinders TT herabgeſenkt, und der Raum unter ihm voll Luft iſt, ſo öffne man den Hahn R, der die Gemeinſchaft mit dem Dampfkeſſel vermittelt; ſogleich wird der Dampf in den Cylinder hinauf dringen, und eben ſowohl durch die Gewalt, womit dies geſchieht, als durch die Spannkraft, die er beſitzt, die darin befindliche Luft zum Theil hinaustreiben, indem er ſie nöthiget, das Ventil S zu erheben. Hiebei wird Anfangs eine große Menge Dunſt durch die kalte Oberfläche des Cylinders TT und des Stempels P verdichtet; woraus tropfbares Waſſer entſteht, welchem man durch eine abwärts gehende Röhre EGS' den Ausgang verſtattet, deren unteres Ende ſich aufwärts krümmt und durch eine Klappe S' begränzt wird, die ſich von Innen nach Außen öffnet. Dieſes Verdichten und dadurch bewirkte Verſchwinden des Dampfes in Folge der Erkaltung dauern ſo lange fort, bis der Stempel, und der Theil des Cylinders, der ſich zwiſchen ihm und dem Dampfkeſſel befindet, auf die Temperatur des Dampfes ſelbſt gebracht ſind. Indem dann der Dampf ſeine elaſtiſch-flüſſige Geſtalt unter dem Stempel P behält, hält er dem Druck, den die Atmoſphäre auf des letztern obere Fläche äußert, ganz oder faſt ganz das Gleichgewicht. Da nun der Wirkung des Gewichtsüberſchuſſes von P'' nichts mehr im Wege ſteht, ſo bringt er A'P' zum Herabſteigen, und ſetzt AP zugleich mit in Bewegung, wodurch im Cylinder ein leerer Raum hervorgebracht werden würde, wenn nicht der, aus dem Dampfkeſſel aufſteigende, Dampf ſogleich nachſtürzte, bis endlich, wenn der Stempel T den höchſten Punct ſeiner Bahn erreicht hat, der ganze Cylinder mit Dampf erfüllt iſt. Iſt es ſo weit gekommen, ſo erhebt der Dampf das Ventil S und ſtrömt heraus, anfangs ſehr langſam und wolkig, weil er noch mit viel Luft und Waſſertropfen vermiſcht iſt, allmälig aber, ſo wie die Luft zum größeren Theile verjagt iſt, mit größerer Kraft und durchſichtiger. Wenn derjenige, welchem die Leitung der Maſchine obliegt, bemerkt, daß dieſer Zeitpunct eingetreten iſt, ſo verſchließt er den Hahn R, wo denn das ganze Innere des Pumpenſtiefels mit reinem Dampfe angefüllt iſt, den man nur noch durch ſchnelles Abkühlen zu verdichten hat, um eine Leere unter dem Stempel P hervorzubringen. Dies bewerkſtelligt man durch das Einlaſſen eines Strals von kaltem Waſſer, welchen man aus einem erhöheten Reſervoir Z durch die Röhre ZR'I (Einſpritzröhre) herabſteigen läßt, welche in R' durch einen Hahn, Einſpritzungshahn (robinet d'injection) genannt, verſchloſſen iſt. Beim Herumdrehen deſſelben ſpritzt das Waſſer in den Cylinder TT, ſchlägt den darin befindlichen Dampf ganz oder zum Theil nieder, und fließt mit dem Waſſer, welches aus dieſer Verdichtung hervorgeht, durch die Röhre EGS' ab, worauf der Stempel P wegen der, nun unter ihm entſtandenen, Luftleere durch den Druck der Atmoſphäre zum Abſteigen vermocht wird. Man erhebt ihn abermals durch neues Einlaſſen von Dampf; denn wenn, wie wir vorausſetzten, das Waſſer in dem Dampfkeſſel kochend erhalten wird, ſo hat der Dampf eine Spannkraft, welche der der Luft wenigſtens gleich kommt: und ſein Zutritt unter den Stempel P reicht ſomit hin, dem Drucke der Atmoſphäre die Wage zu halten; worauf der Gewichtsüberſchuß von P' das Aufſteigen von P bewirkt, wie bei unſeren früheren Vorausſetzungen. Anderſeits aber könnte der Dampf, wenn er zu warm würde, durch die Macht ſeiner Elaſticität das Zerſpringen des Dampfkeſſels bewirken; deshalb bringt man an ſeinem oberen Theile ein Sicherheitsventil S'' an, das von Innen nach Außen durch eine bekannte und beſtimmte Kraft erhoben zu werden vermag. So lange die Spannkraft des Dampfes der der äußeren Luft gleich oder ſchwächer iſt, bleibt das Ventil geſchloſſen, ſo wie aber dieſe Kraft gleich der der Atmoſphäre plus dem Widerſtande, den das Ventil leidet, geworden iſt, ſo entweicht der Dampf, und man hat keine Exploſion zu fürchten. Deſſen ungeachtet aber müſſen die Wände des Dampfkeſſels noch ſtärker ſeyn, als dieſe Gränze des Widerſtandes zu erfordern ſcheint. Denn wenn der Dampf in den kalten Cylinder hineinſtrömt, und ſich verdichtet, ſo geſchieht dies mit ſo reißender Schnelligkeit, daß der neue Dampf, der ſich im Dampfkeſſel bildet, oft nicht zum augenblicklichen Erſatze deſſelben hinreicht. Es entſteht für den Augenblick ein leerer Raum im Dampfkeſſel, und dieſer kann nun, wenn ſeine Wände nicht hinreichende Feſtigkeit beſitzen, durch den äußeren Luftdruck, der ſeines Gegenhaltes beraubt iſt, zerſprengt werden, wie wirklich einige Male geſchehen iſt. Dieſer Unfall läßt ſich jedoch durch Anbringung eines zweiten Sicherheitsventils verhüten, welches ſich, wenn der äußere Druck zu ſehr die Oberhand gewinnt, von Außen nach Innen öffnet.

Nach dieſer Auseinanderſetzung ſcheint es, als ob, wenn die Maſchine einmal im Gange iſt, im Stempel und Pumpenſtiefel nichts weiter mehr vorhanden ſeyn könnte, als leerer Raum oder Waſſerdunſt. Allein man muß nicht außer Acht laſſen, daß das Einſpritzwaſſer auch Luft gebunden hält und dieſe im Pumpenſtiefel fahren läßt, weil es ſich darin faſt wie im leeren Raum befindet, und noch außerdem, weil es darin durch die große Wärmemenge, die der Dunſt beim Tropfbarwerden entbindet, beträchtlich erwärmt wird. Glücklicherweiſe indeß wird dieſe Luft, da ſie nur in kleiner Menge und in einem kleinen Raume vorhanden iſt, mit dem erſten Stoß des hinzugelaſſenen Dunſtes leicht durch das Ventil b ausgetrieben.

Die hier beſchriebene Einrichtung der Dampfmaſchine weicht von der zuerſt erfundenen etwas ab. Anfangs ſcheint man blos daran gedacht zu haben, von der Spannkraft des Dampfes als bewegender Kraft Gebrauch zu machen. Das ſinnreichere Verfahren aber, den Dampf durch Erkalten zu verdichten, um einen leeren Raum zu Stande zu bringen, läßt ſich nur bis 1696 zurückdatiren, und die Engländer ſchreiben ſeine Erfindung dem Capitän Savary zu, der es in einer Schrift, betitelt der Freund des Minirers (l'Ami du Mineur) bekannt machte. Die Art, wie er es in Anwendung zog, war noch ſehr mangelhaft. Im J. 1705 gab ein anderer Engländer, Namens Newcommen, der Maſchine erſt die hier beſchriebene Einrichtung, mit der ſie, unter dem Namen der atmoſphäriſchen Maſchine lange und zweckmäßig in Gebrauch war.

Die Fortſchritte jedoch, die die Phyſik und Mechanik in jetziger Zeit gemacht hat, müſſen uns theoretiſch auf zahlreiche Mängel in dieſer Einrichtung hinweiſen. Als ein ſehr großer war zuvörderſt der anzuführen, daß bei der Maſchine ein Arbeiter, und zwar ein verſtändiger Arbeiter angeſtellt werden mußte, um den Einſpritzungshahn und den Dampfhahn jedesmal, wenn der Stempel ſeinen Lauf vollendet hatte, zu rechter Zeit zu öffnen und zu ſchließen. Eine gute Mechanik aber muß alle ihre Stücke durch bloße Wirkung ihres erſten Motors von ſelbſt ohne fremde Beihülfe in Bewegung ſetzen. Einen andern wichtigen Uebelſtand brachte der Eintritt des Dampfs in den kalten Cylinder mit ſich, vermöge deſſen eine große Menge Dampfes nutzlos verloren gieng, ein Verluſt der bei jedem Kolbenzuge von Neuem eintrat, weil der Cylinder durch den Strom kalten Waſſers, welcher das Verdichten bewerkſtelligte, immer wieder erkältet wurde. Dieſe Mängel, welche beim jetzigen Stande der Phyſik leicht in die Augen fallen, konnten jedoch damals der Aufmerkſamkeit weit leichter entgehen. Sie wurden im J. 1764 von Watt, einem Zöglinge und Freunde Black's, wahrgenommen und verbeſſert. Da er ſich zu ihner Zeit in Glasgow befand, wo er Verfertiger mathematiſcher Inſtrumente war, übertrug man ihm die Ausbeſſerung eines kleinen Modells der Newcommenſchen Maſchine, welches der Univerſität dieſer Stadt gehörte; und im Laufe der Verſuche, durch die er ſie wieder in gehörigen Gang zu bringen ſuchte, bemerkte er, daß ſie verhältnißmäßig mehr Kohle als die großen Maſchinen verbrauchte. Begierig, die Urſach dieſer Verſchiedenheit zu erfahren, und in der Abſicht, einem ſo großen Mangel abzuhelfen, ſtellte Watt eine Menge Verſuche über die Wahl der zweckmäßigſten Stoffe zur Verfertigung der Cylinder; die geeignetſten Mittel, eine vollkommene Leere hervorzubringen; die Wärme, bei welcher das Waſſer unter verſchiedenem Druck ins Sieden kommt, und die Waſſermenge, welche erforderlich iſt, unter dem gewöhnlichen Luftdruck ein gegebenes Volumen Dampf zu erzeugen, an. Eben ſo beſtimmte er auch mit Schärfe die Menge Kohle, welche zur Abdampfung eines bekannten Gewichts Waſſer erfordert wird und die Menge kalten Waſſers, die ein gegebenes Gewicht Dampf niederzuſchlagen vermag. Da er über dieſe Puncte zu genauen Beſtimmungen gelangt war, konnten ihm die Mängel des Newcommenſchen Apparats nicht mehr verborgen bleiben; und er vermochte von jedem den Grund anzugeben. Er ſah, daß ſich der Dampf nicht ſo weit verdichten ließ, um auch nur eine angenäherte Leere hervorzubringen, wofern nicht der Cylinder und das Waſſer, welches theils durch Einſpritzen, theils durch Niederſchlagung hinein kam, wenigſtens bis zur Temperatur von 37 oder 38° C. erkältet wurden; und daß bei einer höhern Temperatur der rückbleibende Dampf noch Spannkraft genug behielt, um dem Gewicht der Atmoſphäre einen ſehr nahmhaften Widerſtand entgegen zu ſetzen. Andrerſeits mußte, wenn man vollkommenere Grade der Leere erreichen wollte, die Menge des Einſpritzwaſſers in einem ſehr raſchen Verhältniß vermehrt werden, welches dann, beim neuen Füllen des Cylinders, einen beträchtlichern Verluſt von Dampf nach ſich zog. Aus dieſen Beobachtungen zog Watt die Folgerung, daß, um eine möglichſt vollkommene Leere mit dem möglichſt geringen Aufwande von Dampf zu erhalten, der Cylinder ſtets eben ſo warm als der Dampf erhalten werden und das Einſpritzen des kalten Waſſers in einem abgeſonderten Gefäße vorgenommen werden müſſe, welches er den Condenſator (die Kühlvorrichtung) nannte, und deſſen Gemeinſchaft mit dem Cylinder im Augenblick des Einſpritzens ſchnell zu vermitteln ſey. In der That erhellt nach unſern jetzigen Kenntniſſen über das Gleichgewicht der Dämpfe, daß, wenn der Condenſator luftleer iſt, der Dampf des Cylinders im Augenblick, wo man ihm die Gemeinſchaft damit eröffnet, vermöge ſeiner eigenen Expanſivkraft hineindringen wird; und ein, in demſelben Augenblicke vorgenommenes, Einſpritzen von kaltem Waſſer wird nicht allein den eingetretenen Dampf, ſondern auch aus derſelben Urſach allen, im Cylinder enthaltenen, Dampf verdichten, indem dieſer, in dem Maße als durch die Verdichtung im Condenſator ein leerer Raum entſteht, zwar ſucceſſiv, aber doch in einem faſt untheilbaren Augenblick, nachdringt und ebenfalls verdichtet wird. Man braucht ſonach nur noch dies Waſſer und die entbundene Luft zu entfernen, um den Condenſator immer leer zu erhalten. Watt übertrug dieſe Verrichtung einer Pumpe, welche durch die Maſchine ſelbſt in Bewegung geſetzt wird, und (deren Stempel) ununterbrochen in einer luftleeren Röhre ſpielt, deren untres Ende in das Waſſer des Condenſators taucht. Endlich ließ ſich die Bedingung, den Cylinder warm zu erhalten, nicht mit dem freien Zutritt der atmoſphäriſchen Luft zur obern Fläche des Stempels vereinigen, wodurch in der Newcommenſchen Maſchine das Herabſteigen des letztern vermittelt wurde; zumal da man dieſen gewöhnlich noch um das Durchſtreichen des Dampfs zwiſchen ihm und dem Cylinder zu verhüten, mit einer Schicht kalten Waſſers bedeckte, welche das Innere des Cylinders netzte. Watt kam auf den ſinnreichen und kühnen Gedanken, den Luftdruck ganz aus dem Spiele zu laſſen, und den Stempel durch die Kraft des Dampfs allein in Bewegung zu ſetzen, indem man ihn wechſelsweiſe über und unter dem Stempel zutreten läßt, und im nämlichen Augenblick durch Einſpritzung auf der entgegengeſetzten Seite einen leeren Raum hervorbringt. Er ſchloß daher die Stange ſeines Stempels in eine lederne Hülſe (boite) ein, um der Luft allen Zutritt in das Innere des Cylinders zu verwehren; und erhielt nun, durch Anwendung eines Dampfes von einer, dem Gewicht der Luft gleichen, oder ſelbſt etwas ſtärkern Spannkraft, wechſelsweis eine von Unten nach Oben und von Oben nach Unten wirkende Kraft, von einer gleichen oder noch etwas größern Stärke, als ſie die Atmoſphäre auf den leeren Raum äußert. So vermochte er nun, durch Mittheilung dieſer Bewegung mittelſt ſtarrer Stangen, eine Kraft nach jeder dieſer beiden Richtungen hervorzubringen; dagegen beim Newcommenſchen Apparat die Zeit, in welcher der Stempel im Cylinder aufſtieg, gänzlich für die Wirkung verloren war, weil er hier nur durch den Gewichtsüberſchuß des andern Hebelarms gehoben wurde. Dies brachte nicht nur Zeit- ſondern auch Koſtenerſparniß mit ſich, weil der Stempel nun nicht mehr blos beim Niederſteigen ſondern auch beim Aufſteigen ſeine Wirkung that und daher die Quantität Wärme, welche erfordert wurde, ihn während ſeines Aufſteigens warm zu erhalten, nicht mehr nutzlos verloren gieng. Noch trug Watt Sorge, den Cylinder mit einer Hülle von Holz oder ſonſt einer, die Wärme ſchlecht leitenden, Subſtanz zu umgeben, in deren Inneres er ſelbſt manchmal den Dampf als Erwärmungsmittel leitete. Auch brachte er bei der Verfertigung der verſchiedenen Theile der Maſchine bedeutende Verbeſſerungen an, durch welche Mittel es ihm dann gelang, mehr als zwei Dritttheile des Dampfs zu erſparen, den die Newcommenſche Maſchine erforderte. Die ſo vervollkommte Dampfmaſchine iſt in Fig. 11 vorgeſtellt, und ihre Erklärung wird nun weiter keine Schwierigkeit haben.

FD iſt der Dampfkeſſel, in welchem das Waſſer durch die Wärme des darunter angebrachten Ofens in Dampf verwandelt wird. Manchmal wird er aus Kupfer, häufiger aber aus Eiſen gemacht. Sein Boden iſt concav und die Flamme ſpielt darum. Nach oben iſt er mit einem Sicherheitsventil S'' verſehen, welches man je nach dem Grade, bis zu welchem man die Elaſticität des Dampfs ſteigen laſſen will, mehr oder minder belaſtet. Um die Verdampfung in gleichmäßigem Gange zu erhalten, muß das Waſſer im Dampfkeſſel immer in der nämlichen Höhe erhalten, und daher, ſo wie es verdampft, durch neues erſetzt werden. Dies geſchieht durch eine Röhre v v, welche in den Dampfkeſſel das Waſſer eines kleinen Behälters x führt, der mit dem ſchon heißen Waſſer angefüllt wird, welches die Pumpe t t aus dem Condenſator aufzieht und in die Seitenröhre t′ t′ übertreten läßt. Damit jedoch der Zutritt dieſes Waſſers in den Dampfkeſſel blos, wenn es erforderlich iſt, geſchehe, ſo iſt die obere Mündung der Röhre v v durch einen Stöpſel geſchloſſen, der mittelſt des kleinen Hebels a b gehoben oder geſenkt wird, und am andern Arm b dieſes Hebels hängt ein Metalldraht b m, nach unten durch ein Gewicht m gezogen, dem ſeine Stelle im Dampfkeſſel ſo gegeben iſt, daß es ſich in genauer Berührung mit dem obern Niveau des Waſſers befindet. Sinkt nun das Waſſer unter dies Niveau, ſo ſteigt das Gewicht m, welches von ihm zum Theil getragen wird, mit ihm herab; der Hebel a b dreht ſich und geſtattet durch Erhebung des Stöpſels dem Waſſer Zutritt in den Keſſel; ſo wie aber das Niveau wieder hergeſtellt iſt, nimmt der Hebel ſeine horizontale Lage wieder an, und bringt den Stöpſel an ſeine Stelle zurück. Vom Gipfel des Dampfkeſſels geht die Dampfröhre V V aus, welche den Dampf nach dem obern Theil des Cylinders durch das Ventil S, nach dem untern durch das Ventil S' leitet. Die Gemeinſchaft von S nach S' wird durch eine gekrümmte Röhre vermittelt, deren Krümmungsebene ſenkrecht auf die Projectionsebene der Fig. 11 iſt. Von dieſer Röhre iſt blos ein Theil in Fig. 11 vorgeſtellt, um die beiden andern Ventile S_2, S'_2 nicht zu verdecken, von denen wir ſogleich weiter ſprechen werden; ganz zu ſehen aber iſt ſie in Fig. 12, welche ſie im Profil darſtellt. Die Ventile S_2, S'_2 ſind die, durch welche der Dampf des Cylinders Gemeinſchaft mit dem Condenſator von der einen und der andern Seite des Stempels erhält; ſie werden zu den gehörigen Zeitpuncten durch die Maſchine ſelbſt mittelſt zweier Dorne (chevilles) 1, 2 geöffnet oder geſchloſſen, welche an der Kolbenſtange t t der, zur Entleerung des Condenſators dienenden, Pumpe befeſtigt ſind. Dieſe Bewegung erfolgt etwas früher, als der Stempel ſeinen Lauf ganz vollendet hat, und dann tritt Communication zwiſchen ſeinen beiden Oberflächen ein, damit die dadurch bedingte Gleichheit des Drucks die Gewalt des vorher blos von einer Seite wirkſamen Kraftbeſtrebens ſchwäche und dadurch den heftigen Stoß abwende, welcher entſtehen würde, wenn der Stempel ohne Hinderniß bis zum Boden des Cylinders ſeinen Weg fortſetzen könnte. Dies ſind die vornehmſten Stücke, welche beim Spiel des Dampfs in Betracht kommen; andre aber ſind vorhanden, welche ſich auf die Art, ihn in Thätigkeit zu ſetzen, beziehen. So ergiebt ſich ſchon durch den bloßen Augenſchein bei Betrachtung der Figur, daß die Kolbenſtange des großen Stempels, ſo wie die der Pumpe, welche den Condenſator leert, weil ſie unbiegſam ſind, nicht unmittelbar an die Arme des großen Hebels A B (Balancier genannt) befeſtigt werden dürfen; denn da jeder Punct dieſes Hebels um ſeinen Drehpunct einen Kreisbogen beſchreibt, ſo würde hiedurch ein Beſtreben entſtehen, den Befeſtigungspunct aus der Verticale abzulenken, und die Zertrümmerung der betheiligten Stücke der Maſchine die Folge davon ſeyn. Deshalb war in der Newcommenſchen Maſchine, wo der Stempel nur beim Herabſteigen wirkte, die Verbindung deſſelben mit dem großen Hebel durch eine, über einen Kreisbogen gerollte Kette bewerkſtelligt. Bei unſere Maſchine jedoch macht die Starrheit der Stangen eine andre Verbindungsart erforderlich. Watt hat eine ſolche durch eine beſondre Verbindung von Metallſtangen erreicht, welche an einander beweglich und ſo combinirt ſind, daß ſie durch ihr Spiel den Mangel einer vollkommen verticalen Bewegung des großen Hebels ausgleichen. In der Figur ſind noch mehrere andre, für eine gute Einrichtung der Maſchine ſehr zweckmäßige Stücke dargeſtellt, wie z. B. Räderwerk, um die Bewegung regelmäßiger zu machen und fortzuſtanzen. Auch ſieht man darin ein ſehr weſentliches, mit G bezeichnetes, Stück, welches der Gubernator genannt wird. Es beſteht in einer verticalen Stange, die durch die Maſchine in beſtändiger Drehung erhalten wird, und oben ein Parallelogramm aus Metallſtäben trägt, die ſich frei an einander drehen, ſo daß das Parallelogramm ſich nach horizontaler Richtung mehr oder minder öffnen kann, je nachdem die Stäbe ſich mehr oder weniger von der Axe entfernen. Dieſe Entfernung nun kommt von ſelbſt durch die Centrifugalkraft zu Stande, welche die Axe hervorbringt, wenn ſie ſich unter dem Einfluß der Maſchine mehr oder minder raſch dreht; wonach bei ſchnellerm Gange der Maſchine die obere Spitze des Parallelograms tiefer herab, bei langſamern höher hinauf tritt. Um dieſer aufſteigenden und abſteigenden Bewegung eine größere Gewalt zu verleihen, belaſtet man die Enden der Stäbe mit maſſiven Metallkugeln und benutzt ihre Kraftäußerung, einen Hebel in Bewegung zu ſetzen, deſſen andrer Arm ſich zu einer Platte begiebt, welche quer in den Röhren, durch die der Dampf aus dem Keſſel in den Cylinder tritt, angebracht iſt; ſo daß bei zu langſamen Gange der Maſchine die Platte durch ihre Drehung dem Dampfe einen freiern Weg verſtattet, bei zu ſchnellem Gange dagegen zu ihrer queren Richtung mehr zurückkehrt, um ſo den Canal, durch welchen der Dampf gehen muß, zu verengern. Auf ſolche Art lenkt und regelt ſich die Maſchine von ſelbſt, ſo daß alle Bewegungen mit der erforderlichen Gleichförmigkeit von Statten gehen. Eine Menge andre Einzelnheiten würden nicht weniger Intereſſe darbieten; da ſie jedoch der Mechanik angehören, ſo muß ich ſie übergehen, um andre Puncte berückſichtigen zu können, welche in den Bereich der Phyſik fallen, und nicht weniger weſentlich ſind*).

Der wichtigſte Punct iſt die Beſtimmung der Temperatur, von welcher der Dampf ſeyn muß, um die vortheilhafteſte Anwendung zu gewähren. Je wärmer er nämlich iſt, um ſo beträchtlicher iſt ſeine Spannkraft, und um ſo ſtärker die Gewalt des Drucks, den er auf die eine Oberfläche des Stempels zu äußern vermag, an deſſen andrer der leere Raum vorhanden iſt. Zufolge der oben angeführten Verſuche von Southern, Clement, Deſormes und Despretz iſt die Totalmenge Caloricum, welche erfordert wird, eine und die nämliche Waſſermaſſe in Dampfgeſtalt darzuſtellen, genau oder faſt völlig genau die nämliche bei allen Temperaturen. In dieſem Bezug mithin wird kein größerer Verbrauch von Kohle nöthig ſeyn, um einen wärmern und elaſtiſchern Dampf zu bilden, als um ihn kälter und ſchwächer darzuſtellen; zu gleicher Zeit aber, als der Dampf wärmer wird, nimmt er auch an Dichtigkeit zu, ſo daß ein größeres Gewicht deſſelben erfordert wird, um den Innenraum des nämlichen Cylinders auszufüllen. Dieſer zweite Umſtand bringt ſomit unausweichlich einen beträchtlichern Verbrauch von Kohle für die nämliche Maſchine bei ſteigender Temperatur des Dampfs mit ſich, ſo daß man ſomit nur noch auszumitteln hat, ob für dieſen Zuwachs im Verbrauch die entſprechende Zunahme der Spannkraft einen genügenden Erſatz giebt oder nicht. Dies aber iſt leicht zu entſcheiden, wenn man ſich erinnert, daß die Dünſte von Waſſer und allen andern Flüſſigkeiten, ſo lange ſie in Dampfzuſtand verbleiben, den nämlichen phyſiſchen Geſetzen hinſichtlich des Drucks und der Ausdehnung unterworfen ſind, als die bleibenden Gasarten. Bezeichnen wir alſo mit ϖ das Gewicht, was ein Cubikcentimeter Waſſerdampf unter dem Druck von $0^m, 76$ und durch Fiction auf die Temperatur des ſchmelzenden Eiſes reducirt, haben würde; ferner durch ϖ' das Gewicht eines gleichen Volumens, das heißt, eines Cubikcentimeters des nämlichen Dunſtes, wie es eine andre Temperatur t und die, dem Maximum der Dichtigkeit, welches dieſe Temperatur zuläßt, zugehörige oder geringere, Spannkraft F mit ſich bringt, ſo wird man nach den Geſetzen der Ausdehnung der bleibenden Gasarten haben:

---

*) Eine ſehr ausführliche Beſchreibung und Abbildung der Dampfmaſchine, welche in der königl. preuß. Eiſengießerei bei Berlin das Cylindergebläſe in der Cupolohütte betreibt, ſowohl dem Ganzen, als ihren einzelnen Theilen nach, findet man in Gilb. Annal. 1821. VII. S. 49.

$$\varpi' = \frac{\varpi . F}{0^m, 76 \, (1 + t . 0,00375)}.$$

Die Erfahrungen ſämmtlicher Phyſiker über den Waſſerdampf und die von Despretz über die Dünſte mehrerer andern Flüſſigkeiten zeigen, daß dieſe Formel wirklich auf ſie anwendbar iſt, ſo daß man ſie als vollkommen erfahrungsgemäß betrachten und ſicher gebrauchen kann. Nennen wir nun c' die Quantität Caloricum, welche erforderlich iſt, einen Gramme tropfbarflüſſigen Waſſers von 0° in Dampf von der Temperatur t zu verwandeln; ſo wird $c' \varpi'$ die abſolute Quantität Caloricum ſeyn, welche man braucht, das Gewicht ϖ' eines ſolchen Dunſtes darzuſtellen; und demzufolge wird, wenn n die Anzahl Cubikcentimeter iſt, welche von der Capacität des zu füllenden Cylinders befaßt wird, der Totalaufwand des hiezu erforderlichen Caloricums ſeyn

$$\frac{c' \, n \, \varpi \, F}{0^m \, 76 \, (1 + t . 0,00375)}$$

Da ſo alle verſchiedenen Elemente, welche bei dieſem Aufwande in Betracht kommen, vor uns liegen, können wir den Einfluß, den jedes derſelben für ſich hat, nun beſonders unterſuchen. Zuvörderſt iſt nach den angeführten Verſuchen von Clement, Southern und Despretz c' bei allen Temperaturen, bei welchen man bis jetzt zu operiren vermocht hat, beſtändig, ſo daß unter dieſem Bezug der Aufwand immer der nämliche ſeyn wird. Anlangend die Spannkraft F, ſo wiſſen wir, daß ſie mit der Temperaturerhöhung zunimmt. Aus unſerer Formel aber ergiebt ſich, daß die Dichtigkeit ϖ' und mithin der

Aufwand von Caloricum proportional mit F wächſt; und wenn man daher vom Factor 1 + t. 0,00375 abſieht, welcher von der, durch die Temperaturwärme bedingten, Ausdehnung herrührt, ſo würde der Aufwand Caloricum, welcher erforderlich iſt, die Kraft F hervorzubringen, dieſer Kraft genau proportional ſeyn, und man mithin weder Gewinn noch Verluſt davon haben, wenn man ihr einen größern Grad der Stärke geben wollte. Allein der Einfluß des Nenners 1 + t. 0,00375, der mit der Temperaturzunahme wächſt, ſchwächt den Aufwand in dem Maße, als die Temperatur wärmer wird, immer mehr. Denn operirt man z. B. bei 100°, ſo wird dieſer Nenner 1,375, operirt man bei 160, ſo wird er 1,600: wonach der Aufwand für letztern Fall ſich zum Aufwand für erſtern bei erlangter gleicher Spannkraft wie 1375 zu 1600, d. i. ziemlich wie 6 zu 7, verhält. Hierin alſo hat man das Maß der Erſparniß, welche ſich bei der Bildung des Dampfs zwiſchen den äußerſten Temperaturgränzen, zwiſchen welchen man bisher zu operiren vermocht hat, erlangen läßt. Wäre es alſo gewiß, daß die Maſchinen, worin der Dampf unter hohen Druckkräften angewandt wird, über die, welche über den gewöhnlichen Druck der Atmoſphäre nicht ſehr hinausgehen, ſo große Vortheile hätten, als nach dem Zeugniß derer, welche ihren Gebrauch zuerſt vorgeſchlagen haben, der Fall ſeyn ſoll, ſo müßte man dieſe Vortheile in etwas anderm ſuchen, als der Erſparniß an dem, zur bloßen Bildung des Dampfes erforderlichen, Brennmaterial. Um jedoch dieſe Maſchinen richtig würdigen zu können, muß man noch ein andres Element berückſichtigen, welches die fernere Entwicklung von Spannkraft iſt, die der ſo gebildete Dampf zu gewähren vermag, wenn man ihn, nachdem man ihn zuerſt mit ſeiner urſprünglichen Energie in einem erſten Cylinder angewandt hat, in einen größern Cylinder übergehn läßt, wo er ſich von ſelbſt ausdehnt und dabei allmälig in ſeiner Temperatur ſinkt, ſo daß er den, ihm dargebotenen, Raum immer ſättigt; bis man ihn endlich durch Einſpritzung verdichtet, wenn er nur noch eine, dem Druck der Atmoſphäre gleiche oder geringere Spannkraft hat. Es iſt klar, daß dieſe fernere Kraftentwicklung, bei der Schätzung des Totaleffects zur mechaniſchen Gewalt des Eindringens hinzugefügt werden muß, und nicht minder einleuchtend, daß ein Vortheil davon namentlich bei ſolchen Maſchinen zu erwarten iſt, welche den Dampf, bevor ſie ihn verdichten, bei einer hohen Temperatur anwenden. Die zahlreichen Unterſuchungen jedoch, welche, zum Theil mit ſorgſamen Meſſungen begleitet, ſeit wenig Jahren über Maſchinen dieſer Art angeſtellt worden ſind, haben das günſtige Vorurtheil, was man anfangs dafür zu erwecken geſucht hatte, nicht zu beſtätigen geſchienen; und wenn man auch gefunden hat, daß ſie eine wirkliche Erſparniß von Brennmaterial in

Verhältniß zur entwickelten wirkſamen Kraft gewähren, ſo ſcheint doch dieſe ſich nur innerhalb der engen Gränze zu halten, wie ſie nach den ebenangeſtellten Erörterungen auf Rechnung des Ausdehnungscaloricums geſetzt werden kann. Ein ſo ſchwacher Vortheil aber würde nur einen ſehr unzulänglichen Erſatz für die beträchtliche Menge neuer Vorſichtsmaßregeln, welche dieſe Maſchinen erfordern, die Gefahren, denen ſie ausſetzen, und die zahlreichen Urſachen, durch welche ſie ſchadhaft werden können, gewähren. Begreiflich nämlich müſſen Dampfkeſſel und Pumpenſtiefel ausnehmend feſt eingerichtet werden, um vermögend zu ſeyn, der Expanſivgewalt, welche der Dampf gegen ihre Wände äußert, zu widerſtehen *). Auch iſt auf die Verfertigung der Stempel größere Sorgfalt zu wenden, und das Fett, welches ihr Anſchließen vollends ſichert, öfter zu erneuern, daher ſie wegen Häufigkeit der erforderlichen Reparaturen an wirkſamen Gebrauch ſehr verlieren müſſen. Man hat eine Abhülfe dieſes Uebelſtandes in der Erneuerung einer alten Erfindung, welche zur Verbeſſerung der urſprünglichen Savaryſchen Erfindung dienen ſollte, geſucht. Sie beſteht darin, daß der Stempel, anſtatt in unmittelbarer Berührung mit dem Waſſerdampf zu ſeyn, der das Fett, womit man ihn ſchwängert, ſchmilzt und auflöſt, die Bewegung durch das Zwiſchenmittel einer Säule Oel oder irgend eines andern fetten, wenig verdunſtbaren, Körpers mitgetheilt erhält, auf welche der Dampf durch Druck wirkt. Zu dieſem Zweck iſt der Cylinder, in welchem ſich der Stempel bewegt, mit einem dickern, mit ihm in Gemeinſchaft ſtehenden, Cylinder umgeben, in welchen man das Oel bringt, das, unaufhörlich im innern Cylinder auf- und abſteigend, denſelben ſtets ſchlüpfrig erhält.

Wenn jedoch auch dieſe ſinnreiche Maßregel noch nutzbar ſeyn kann, ſo läßt ſich wenigſtens ſchwer denken, daß ihre Anwendung bei hohen Temperaturen Statt finden kann; denn einer ſehr richtigen Bemerkung Watts zufolge müßte das Oel dann durch die auflöſende Kraft des Dampfs zerſetzt werden. Man hat auch die Einrichtung von Maſchinen mit hohem Druck vorgeſchlagen, die eine ſehr große Kraft bei einem ſehr kleinen Volumen geben ſollen. Man ſoll nämlich ſehr kleine Dampfkeſſel von ſehr kräftigem Widerſtande anwenden,

---

*) Die von Perkins ausgeführte Maſchine dieſer Art hat ſtatt Keſſels eine gegoſſene Röhre, von ihm Generator genannt, von ungefähr 2 Fuß Höhe u. 15 Zoll Durchmeſſer, deren Wände ungefähr 3 Zoll dick ſind, und einen innern Druck von 8000 bis 9000 Pfund auf den Quadratzoll zu ertragen vermögen. Ausführlichere Beſchreibungen dieſer Maſchine findet man in Gilb. Ann. 1823. XV. S. 117 u. ff.

die ſich ſo zu ſagen bis zum Rothglühen erhitzen laſſen, ſo daß Dämpfe von einer ausnehmend hohen Temperatur erhalten werden, die auch, nachdem ſie ſich durch ihre Expanſivkraft im großen Cylinder ausgedehnt haben, noch eine hinreichend kräftige Spannkraft gewähren. Eine ganz ähnliche Einrichtung hatte man auch ſchon ſonſt getroffen, um die Savaryſche Maſchine mit Dampf zu verſehen; ihre Anordnung ſcheint jedoch nicht vortheilhaft genug zu ſeyn, um ſich zu erhalten; und man ſieht aus den Berechnungen, die wir über den, zur Bildung des Dampfs von jeder Temperatur erforderlichen, Verbrauch von Caloricum angeſtellt haben, daß man wahrſcheinlich in dieſem Bezug von ſolchen Maſchinen keine Erſparniß erwarten darf, welche für ihre anderweiten Mängel genügend entſchädigen konnte. Vortheile ganz andrer Stufen würden ſich erlangen laſſen, wenn man ohne Verluſt irgend eine, vom Waſſer verſchiedene, Flüſſigkeit anzuwenden vermöchte, deren Spannkraft bei gleicher Temperatur kräftiger wäre.

Eine unausweichliche Folge der erhöhten Temperaturen iſt, daß der Verluſt an Caloricum durch Stralung dabei zunimmt; was man bei der Schätzung der Reſultate nicht außer Acht laſſen darf. Um uns eine Vorſtellung zu machen, in wie fern dieſelben hiedurch geſchwächt werden können, wollen wir uns zurückrufen, daß nach den Verſuchen von Lavoiſier und Laplace ein Gramme Kohle beim Verbrennen 7226 Grad Wärme entwickelt. Nun verſchluckt ein Gramme Waſſers, um ſich in Dampf zu verwandeln, 567°, mithin müßte ein Gramme Kohle beinahe 13 Grammen Waſſer in Dampf verwandeln, unter der Vorausſetzung, daß alle ſeine Wärme wirkſam angewandt würde, und das Waſſer ſich ſchon auf der Temperatur von 100° befände. Durch eine große Menge Verſuche aber, angeſtellt an den vollkommenſten Maſchinen gewöhnlicher Einrichtung und mit Oefen vom vortheilhafteſten Bau, hat Clement gefunden, daß ein Kilogramme Holzkohle nur 6 bis 7 Kilogrammen Dampf giebt, ein Kilogramme der beſten Steinkohle aber nie mehr als 6, woraus erhellt, daß ziemlich die Hälfte der Wärme durch Stralung und Mittheilung vom Dampfkeſſel an die umgebenden Körper verloren geht; ein Verluſt, der bei den Maſchinen mit hohem Druck ohne Zweifel noch beträchtlicher iſt.

Kennt man die Spannkraft, mit welcher man den Dampf unter die Oberfläche des Stempels treten läßt, ſo iſt es leicht, den dadurch bewirkten Totaldruck zu ſchätzen, wobei man jedoch die Spannung des Dampfs, der auf der andern Oberfläche zurückbleibt, wenn die Leere daſelbſt nicht vollkommen iſt, mit in Rechnung ziehen muß. Immer giebt jedoch dieſe Schätzung nur erſt die urſprüngliche Stärke der an=

gewandten Kraft; worauf es aber hauptſächlich ankommt, iſt die Kenntniß des Theils dieſes Kraftbeſtrebens, der noch disponibel bleibt, nachdem aller, von der Reibung abhängige Widerſtand überwunden iſt, und alle, zum Spiel des Apparats erforderliche, Stücke in Gang geſetzt ſind. Zu dieſem Zweck hat De Prony eine ſehr ſinnreiche Vorrichtung erfunden, von ihm Frein genannt, die ſich im XIX Bande der Annales de Chimie et de Physique beſchrieben findet. Uebrigens läßt ſich dieſer wirkſame Theil der Kraft auch a posteriori durch die Leiſtungen der Maſchine ſelbſt meſſen. Gewöhnlich vergleicht man dieſe Leiſtungen mit denen, welche man durch eine gewiſſe Anzahl Pferde von mittlerer Särke erhalten würde, und ſchätzt ſie nach dieſer Zahl. In Folge einer großen Menge Verſuche dieſer Art nahmen Watt und Boulton an, daß ein Pferd mittlerer Stärke bei achtſtündiger täglicher Arbeit in einer Stunde ein Gewicht von 265630 Kilogrammen, welches ungefähr 265 Cubikmetern Waſſer gleichkommt, zur Höhe von einem Meter zu erheben vermag. Smeathon ſchätzt dieſe Kraft nur auf 190 Cubikmeter und Clement auf noch weniger, nämlich nur auf 100. Nimmt man alſo als Einheit der Kraft einen, ſo um einen Meter erhobenen, Cubikcentimeter Waſſer an, ſo wird man nach Watts Schätzung ſagen können, ein Pferd gebe in der Stunde 265 Einheiten Kraft. Vermag eine Maſchine in der Stunde 2650 Cubikmeter Waſſer zur Höhe von einem Meter zu erheben, oder, was auf das Nämliche herauskommt, 265 zur Höhe von 10 Metern, oder 26,5 zur Höhe von 100 Metern, ſo können wir ihr die Kraft von 10 Pferden beilegen. Man hat Maſchinen, die ſolchergeſtalt die Kraft von 20, von 30 Pferden und mehr beſitzen. Die ſtärkſte, welche man kennt, iſt wie man verſichert in den Minen von Cornwallis vorhanden. Sie beſitzt die Kraft von 1010 Pferden und dient einen Schacht von 180 Meter Tiefe auszupumpen. Es leuchtet ein, daß es blos auf Schätzung dieſer wirkſamen Kraft ankommt, worauf man ſie zu beliebigen Zwecken verwenden kann, Waſſer zu erheben, Räder in Bewegung zu ſetzen, Spulen in Spinnmanufacturen zu drehen u. ſ. w. Die Fortpflanzung der erſten Bewegung läßt ſich immer durch Mittel bewerkſtelligen, worüber die Mechanik nähere Auskunft giebt, und deren Erörterung nicht in unſer Gebiet fällt.

Zuſätze.

Ueber die Zuſammenziehung, welche durch Wärme in den Kryſtallen hervorgebracht wird (Bullet. de la Soc. Phil. mars 1824, p. 40.)

Mitſcherlich hat beobachtet, daß die gegenſeitige Neigung der Flächen des Isländiſchen Spaths durch Wirkung der Wärme eine merkliche Veränderung erfährt, und daß zwiſchen 0° und 100° der Veränderung der Kantenwinkel an den Enden der Axe des Rhomboids 8′½ betrug. Hienach würde, wenn man die Ausdehnung des Kryſtalls nach der, auf ſeine Axe ſenkrechten, Richtung null ſetzt, ſeine cubiſche Ausdehnung die des Glaſes faſt noch um die Hälfte übertreffen. Nun aber hat Mitſcherlich durch Meſſungen der cubiſchen Ausdehnung des Isländiſchen Spaths, die er mit Dulong anſtellte, gefunden, daß ſie vielmehr geringer, als die des Glaſes iſt; woraus ſich denn die bemerkenswerthe Folgerung ergiebt, daß die Wärme, während ſie den Kryſtall nach der, mit ſeiner Axe parallelen, Richtung ausdehnt, zugleich ſeine Molecule in den, darauf ſenkrechten Richtungen einander nähert. Hievon überzeugte ſich auch Mitſcherlich durch Meſſung der Dicke einer, mit der Axe parallel geſchnittenen, Platte von Isländiſchem Spath mittelſt des Sphärometers.

Wollaſton über die Gränze der Expanſion der Atmoſphäre (Schweigers Journ. 1822. S. 196. Ausführlicher in Gilb. Annalen 1822. XII. 1. St. S. 37).

Wenn die Luft aus Theilchen beſteht, deren Theilbarkeit eine Gränze hat, ſo muß auch die, aus ſolche Theilchen beſtehende, Atmoſphäre eine begränzte Ausdehnung haben, weil ſie ſich nicht über die Entfernung hinaus ausdehnen kann, über welche die Kraft der Schwere jedes Theilchens gleich iſt dem, aus der Repulſivkraft des Mediums entſtehenden, Widerſtande*). Um nun zu erfahren, ob ſich unſre Atmoſphäre auf dieſe Weiſe verhält, unterſucht Dr. Wollaſton, was wohl die Wirkung einer unbegränzten Ausdehnung einer Atmoſphäre ſeyn würde, und indem er findet, daß eine ſolche Wirkung ſich an keinem Körper des Planetenſyſtems zeigt, ſo folgert er daraus, daß dieſe Körper keine ſolche unbegränzt ausdehnbare Atmoſphäre haben können, daß auch die Erdatmoſphäre von beſchränkter Ausdehnung und folglich auch die Theilbarkeit der Materie begränzt ſey, wodurch denn die Theilbarkeit der Atome einen indirecten Gegenbeweis erhielte.

---

*) Auch der Prof. Schmidt in Gießen hat ſcharfſinnige „Ideen über die Urſach der Begränzung unſers Luftkreiſes und über die Beſtimmung der Höhe deſſelben" (Gilb. Annal. 1819 St. 7 oder Bd. 62 S. 309) bekannt gemacht. Er denkt ſich die Gränze unſrer Atmoſphäre da, wo die ſpecifiſche

Wenn die Expanſion einer Atmoſphäre keine Gränzen hat, ſo muß dieſelbe Art Materie den ganzen Himmelsraum durchdringen, und Sonne, Mond und alle Planeten müſſen dieſe Materie um ſich her anſammeln, je nach der Stärke ihrer Anziehung. Um nun zu beſtimmen, ob eine ſolche Anhäufung um einen planetariſchen Körper Statt hat, fängt Wollaſton an mit der Sonne, welche als die größte Maſſe noch die meiſte Menge atmoſphäriſcher Materie um ſich ſammeln müßte.

Die Maſſe der Sonne angenommen als das 330 000fache der Erde, und ihren Radius als den 111,5fachen, findet man die Entfernung von dem Mittelpuncte der Sonne, in welcher ihre Atmoſphäre die Dichtigkeit der unſrigen hat, und wo alſo ein Lichtſtral um mehr als einen Grad gebrochen wird, gleich $\sqrt{330\,000} = 575$mal dem Erdradius $= \frac{575}{111{,}5}$mal $= 5{,}15$mal dem Sonnenradius; d. i. einen Punct, deſſen Winkelentfernung von dem Sonnenmittelpunct $15' \, 49'' \times 5{,} \, 15 = 1^\circ \, 21' \, 29''$ beträgt.

Wenn nun ein Planet oder andrer Stern bei Annäherung zur Sonnenſcheibe durchaus keine Refraction bei ſorgfältiger Beobachtung in obiger Entfernung oder bei geringerm Abſtande erleidet, ſo können wir auf das Nichtdaſeyn einer ſolchen Atmoſphäre mit Sicherheit ſchließen.

Um dieſen Hauptpunct zu beſtimmen, ſtellte Capitän Kater eine Reihe Beobachtungen an der Venus am 18ten und 19ten May 1821 an, als dieſe ſich nahe ihrer Conjunction befand, und Wolla-

---

Elaſticität der Luft mit der Kraft der Schwere im Gleichgewicht iſt. Die Berechnung (gemäß Gay-Luſſacs Verſuchen über die Ausdehnbarkeit der Luft durch die Wärme und von Humboldts Geſetze der Wärmeabnahme der Luft mit der Höhe), giebt als Reſultat, daß da, wo die mittlere Temperatur an der Erdfläche 22°, 4 R. iſt, die Höhe unſers Luftkreiſes 7,22 deutſche Meilen, dagegen da, wo ſie 0° iſt, dieſe Höhe 6,6 deutſche Meilen beträgt. Ueber dieſe Höhe hinaus wäre, dieſer Vorſtellung zufolge, keine Luft weiter vorhanden (Gilbert).

ſton that daſſelbe nach ihrer Conjunction. Erſterer endigte ſeine Beobachtungen, als die Venus nur 65′ 50″ vom Sonnenmittelpunct ſtand, und Wollaſton ſtellte ſeine letzte Beobachtung bei ihrem Abſtande um 53′ 15″ an; zu beiden Zeiten aber fand ſich weder ihre Bewegung, noch ihre Stellung im Geringſten durch die Sonnenatmoſphäre geändert. Im Jahre 1805 hat Vidal zu Montpellier die Venus bei einem Abſtande von 46′ und den Merkur bei 65′ beobachtet, ohne die geringſte Abweichung von den berechneten Ständen bemerken zu können.

Wenn noch mehr Beweiſe nöthig wären, könnte man auch die Phänomene bei den Bedeckungen der Jupiterstrabanten anführen. Dieſe Körper rücken regelmäßig und ohne durch Refraction bewirkte Zögerung der wahren Scheibe des Planeten näher, ſo daß auch der Jupiter keine ſolche Atmoſphäre haben kann, als er gemäß ſeiner Anziehung haben müßte, wenn ein unendlich theilbares Medium den Raum erfüllte.

Daraus folgert nun Wollaſton, daß alle Phänomene ganz mit der Annahme einer begränzten Atmoſphäre der Erde übereinſtimmen, und daß deren Ausdehnung begränzt iſt durch das Gewicht der letzten Atome von beſtimmter Größe und nicht weiterer Theilbarkeit durch die Repulſion.

Feuerſchwamm als Elektricitätsleiter.

Einen guten Beleg zum Vermögen der Spitzen, die El. an ſich zu ziehen, giebt der Feuerſchwamm. Sowohl ein ſpitzes, als ein rund über einen Finger geſpanntes Stück Feuerſchwamm leitet in noch größerer Entfernung als eine Metallſpitze die El. während der Ladung ab, ſo daß der Conductor keine Funken giebt, während ſich die Faſern des Schwamms emporrichten. Ein durch Feuchtigkeit geglätteter Schwamm äußert weniger Wirkung. Verſuche hierüber von Blainville und Lefevre-Guineau finden ſich in dem Journ. de Phys. XCIV. 397.

Unterſcheidung der poſitiven und negativen Elektricität.

Die poſitive und negative El. laſſen ſich leicht durch den Geſchmack unterſcheiden, wenn man die El. aus einer Spitze auf die Zunge ausſtrömen läßt. Der Geſchmack der poſitiven El. iſt ſauer;

der der negativen cauſtiſcher und ſo zu ſagen alkaliſch. **Berzelius** (Bullet. des sciences. Juillet. 1824. p. 108).

Ueber die Elektricität des Papiers.

Als einfache, leicht anzuſtellende Verſuche über die El. verdienen folgende eine Erwähnung, die ein Ungenannter in Tilloch's philos. magazine bekannt gemacht hat.

1) Wenn man einen halben Bogen Briefpapier am Feuer wohl erwärmt, ihn dann platt auf einen Tiſch (oder eine Schiefertafel) legt, und an einer Ecke mit der linken Hand hält, während man ihn mit der rechten Hand mit einem Stück ſogenannten elaſtiſchen Gummi reibt; ſo fängt er an, an dem Tiſch zu kleben, als wäre er naß, und man hört ein Kniſtern, wenn man ihn bei zwei entgegengeſetzten Ecken faßt und in mit dem Tiſche paralleler Lage von demſelben aufzuheben ſucht.

2) Hat man ihn ſolchergeſtalt ganz vom Tiſche losgemacht, und nähert nun demſelben den Knöchel, ſo erhält dieſer kleine Funken, welche jedoch zu ſchwach ſind, um bei Tage ſichtbar zu ſeyn.

3) Beſſer geräth der Verſuch, wenn man ſtatt des Tiſches ein, am Feuer ſtark erwärmtes, Bretchen anwendet, und auf dieſem das Papier reibt.

4) Klebt man zwei Quartblätter Briefpapier zuſammen, und gerade in die Mitte zwiſchen beide ein Blatt Schaumgold (etwa 2½ Zoll ins Gevierte), und behandelt nun dieſes ſo armirte Papier wie in 3, ſo erhält man davon glänzende Funken gegen den Knöchel, ½ bis 1 Zoll lang. Zeichnet man überdies auf dem Papier von einer Ecke des Goldplattes bis zur nächſten des Papiers eine gebrochene Linie mit ſchwarzem Bleiſtifte, wie VVV, und zieht bei dieſer Papierecke nach dem Erwärmen und Reiben das Papier in die Höhe, ſo erhält man einen Funken in der Hand, welcher zugleich die ganze Linie auf dem Papier erleuchtet.

5) Legt man zwei gleich große Stücke Schreibpapier auf einander und reibt wie in 3 das oberſte, ſo kleben beide Blätter an einander, auf dem Tiſche aber kaum merklich an. Nimmt man ſie auseinander, ſo zeigt das oberſte poſitive, das unterſte negative El.

6) Ueberhaupt zeigt ein erwärmtes Blatt Papier, es mag auf einer Unterlage von Holz, Glas oder Metall gerieben ſeyn, ſo lange es auf erſtrer feſt aufliegt und anhängt, negative, wenn es aufgehoben iſt, poſitive El.

Yelin erwähnt bei Anführung dieſer Verſuche mehrere andre, durch die er ſelbſt ſchon früher das Elektriſiren eines Platts Papier durch **bloße Erwärmung** nachwies. Ein ſolcher Verſuch iſt nachſtehender: Man nehme eine Scheibe von etwa 4 Zoll Durchmeſſer und ½ Zoll Dicke aus trocknem Holze, und befeſtige in der Mitte ein Stängchen Siegellack als Handgriff darauf, um es iſolirt aufheben zu können. Man lege dann eine etwas größere Marmortafel auf einen Tiſch, bedecke ſie mit einem gleich großen Blatte feinen und erwärmten Schreibpapiers und ſetze mittelſt des iſolirenden Griffes die ſtark erwärmte Holzſcheibe darauf. Hebt man ſie noch warm wieder ab, ſo zeigt ſie keine Spur von El.; läßt man ſie aber auf der Platte nach und nach erkalten, und drückt ſie mit dem Finger etwas ſtark auf das Papier, ſo zeigt das Papier nach dem Abheben am Bennetſchen Elektrometer deutlich poſitive El., und zwar ſo ſtark, daß man mittelſt des, zwiſchen die Finger gebrachten, Papiers den Goldſtreiſen mehrere mal hintereinander, ja noch nach einigen Stunden zum Anſchlagen bringen kann. Gilb. Annalen 1823. XV. 201.

Ueber die Elektricitätserregung durch Wärme in den Kryſtallen. Von Brewſter. Ausgezogen aus Schweigg. Journ. 1823. XIII. 87. Als Zuſatz zu Th. II. S. 242.

Die Mineralien, die man bisher im Beſitz des Vermögens wußte, durch Wärme elektriſch zu werden, waren der Turmalin, der Topas, der Axinit, der Boracit, der Meſotyp, der Prehnit, das Zinkoxyd, der Sphin (Titanit), von denen die vier letztern durch **Hauy** dem Verzeichniſſe beigefügt worden ſind.

Hauy bemerkt, daß bei einem gewiſſen Grad der Hitze der Turmalin keine Zeichen der El. mehr giebt, beim Abkühlen aber wieder elektriſch wird; wenn dann ſeine Temperatur bis zum Eispuncte ſinkt, ſo verſchwindet ſeine Elektricität aufs Neue, bei Anwendung eines größern Kältegrades aber erſcheint ſie wieder mit entgegengeſetzten Charakteren, indem das Ende des Turmalins, welches zuvor negative Elektricität zeigte, nun poſitive El. zeigt. Auch am Galmey beobachtete **Hauy** dieſe polariſche Umkehrung durch Kälte.

Brewſter, um die Exiſtenz einer durch Wärme erregten, Elektricität in Mineralien, worin ihre Stärke nur gering iſt, zu beſtimmen, wandte die dünne innere Membran von Arundo phragmites an, welche mit einem ſcharfen Inſtrumente in die kleinſten Stücken geſchnitten wurde. Dieſe kleinſten Stücken wurden gut getrocknet und die durch Wärme erregte Elektricität eines Minerals wurde durch die Kraft deſſelben beſtimmt, nach der Erwärmung eines oder mehrere dieſer leichten Körperchen zu erheben. Auch gebrauchte er eine zarte Nadel von Meſſing, welche auf einem höchſt fein polirten Granat oscillirte und durch einen ſehr ſchwachen Grad der Elektricität bewegt wurde. Auf dieſem Wege mittelte er die Erregung der El. durch Wärme in folgenden Mineralien aus.

Scolecit.
Meſolit.
Grönländiſcher Meſotyp.
Kalkſpath.
Gelber Beryll.
Schwerſpath.
Schwefelſaurer Strontian.
Kohlenſaures Bley.
Diopſid.
Rother und blauer Flußſpath.

Diamant.
Auripigment (yellow Orpiment).
Analcim.
Amethyſt.
Quarz aus der Dauphiné.
Idokras.
Honigſtein (?).
Schwefel, prismatiſcher.
Granat.
Dichroit.

Aber nicht blos bei dieſen natürlichen Mineralien, ſondern auch bei vielen aus wäſſeriger Auflöſung gewonnenen Kryſtallen fand Brewſter die beſprochene Eigenſchaft in beträchtlichem Grade. Folgendes iſt das Verzeichniß der Kryſtalle, worin er ſie entdeckte.

Weinſteinſaures Kali-Natrum (Seignetteſalz) — Weinſteinſäure — Kleeſaures Ammoniak — Chlorinſaures Kali (oxymuriate of potash) — Schwefelſaure Magneſia mit Natrum — Schwefelſaures Ammoniak — Eiſenvitriol — Schwefelſaure Magneſia — Blauſaures Kali — Zucker — Eſſigſaures Bley — Kohlenſaures Kali — Zitronenſäure — Queckſilberſublimat.

Unter dieſen Kryſtallen ſind das Seignetteſalz ſo wie die Weinſteinſäure in einem ſehr beträchtlichen Grade elektriſch; aber die Wirkung mehrerer anderer von den Salzen iſt verhältnißmäßig nur ſchwach.

Der Turmalin behält ſeine Eigenſchaft auch noch im gepulverten Zuſtande; wie Brewſter durch folgenden Verſuch nachwies: Er pulverte ein Stück eines großen undurchſichtigen Turmalins in einem ſtählernen Mörſer, bis ſich daſſelbe in den feinſten Staub verwandelt hatte. Darauf brachte er das Pulver auf eine Glasplatte, von welcher es bei Neigung derſelben gleich andern harten Pulvern herabglitt, ohne daß ein Zeichen der Cohäſion mit dem Glaſe oder der Theilchen unter ſich zu erkennen war. Wurde aber das Glas zur geeigneten Temperatur erwärmt, ſo hieng das Pulver an dem Glaſe und wenn man darin herumrührte mit irgend einer trocknen Subſtanz, ſo häufte es ſich in Maſſen und hieng feſt an dem Körper, womit es gerührt wurde. Dieſe Zähigkeit, ſo zu ſagen, oder Neigung zuſammenhängende Maſſen zu bilden, minderte ſich mit der Wärme und bei der gemeinen atmoſphäriſchen Temperatur trat wieder der urſprüngliche Mangel an Cohärenz ein.

Brewſter erweiterte nun ſeinen Verſuch, indem er mehrere Kryſtalle vom Scolecit und Meſolit durch Erhitzung ihres Kryſtallwaſſers beraubte und dadurch in ein weißes Pulver verwandelte. Die Erſcheinungen blieben dieſelben wie beim Turmalinpulver.

Ueber die Galvaniſche Reihenfolge der Körper. (Traité de Chimie par Thénard. p. 156 u. ff.)

Außer der unmittelbaren Beobachtung der Elektricität, welche jeder von zwei in Berührung mit einander gebrachten Körpern annimmt, und der Beobachtung der Richtung, welche die Subſtanzen, durch den zerſetzenden Einfluß des Voltaiſchen Apparats aus ihren Verbindungen geſchieden, nach dem einen oder andern Pole hin nehmen, hat man noch in dem elektromagnetiſchen Multiplicator ein Mittel, ihr elektriſches Verhältniß auszumitteln, indem man nämlich an demſelben die Richtung beobachtet, welche der durch Berührung zweier Subſtanzen entſtandne Strom verfolgt. Durch dies Mittel gelangte Pouillet zu den, in folgender Tabelle enthaltenen, Reſultaten; wo jeder Körper poſitiv mit allen, in der Reihe auf ihn folgenden, negativ mit allen voranſtehenden wird. Der Buchſtabe V bedeutet dabei, daß die Verhältniſſe der Legirung ſehr veränderlich ſeyn können, A dagegen, daß die Zuſammenſetzung eine Legirung in den, durch die Zahlen angegebenen, Verhältniſſen iſt.

Zink . . . }
Queckſilber . } V.
Zink . . . }
Zinn . . . } V.
Queckſilber. }
Zink
Bley . . 1 }
Queckſilber. 4 } A.
D'Arcetſches Gemiſch.
Schnelloth.
Bley.
Zinn . . 1 }
Queckſilber 10 } A.
Wismuth 1 }
Zinn . . 20 } A.
Zinn.
Schriftgießermiſchung.
Eiſen.
Stahl.

Spießglanz. 1 } A.
Eiſen . . 2 }

Wismuth . 1 } A.
Queckſilber 4 }

Reines Spießglanz.
Wismuth.
Meſſing.
Kupfer.
Bronze.
Schwefelſpießglanz.
Glockenſpeiſe.
Arſenik.
Spießglanz 1 } A.
Kupfer . 2 }

Zinn . . 1 } A.
Spießglanz. 1 }
Queckſilber.
Schwefelwismuth.
Phosphorkupfer.
Spießglanz.
Plumbago.
Schwefelkupfer.
Schwefelbley.
Phosphoreiſen.
Silber.
Gold.
Tellurium.
Palladium.
Platina.

Oft geſchieht es, daß die elektriſche Spannung, welche durch die chemiſche Einwirkung eines feuchten Leiters auf ein Metall hervorgebracht wird, ſtärker iſt, als die durch die Berührung dieſes Metalls mit einem andern Metall entſteht. So bringen die Schwefelſäure und Salpeterſäure bei ihrer Einwirkung auf das Zink eine ſtärkere Spannung zuwege, als dies Metall bei ſeiner Berührung mit Blei, Silber, und mehreren andern Leitern. Die Salpeterſäure mit Zinn bringt ebenfalls mehr El. hervor, als das Zinn mit dem Blei; die Alkalien mehr mit dem Spießglanz, als das Spießglanz mit einer großen Menge andrer Körper u. ſ. w.

Dies bringt mit ſich, daß die obige Reihenfolge durch die Beſchaffenheit des flüſſigen Leiters, den man in Anwendung zieht, Abänderungen erleidet; denn bei dem einen Leiter erhält die, durch die Wechſelberührung der Metalle entwickelte, El. das Uebergewicht und beſtimmt die Richtung des Stroms; bei Anwendung eines andern Leiters dagegen kann die, durch ſeine Einwirkung auf eins der Metalle, entwickelte El. überwiegend werden und die urſprüngliche Richtung umkehren.

So ſcheint das Zinn vor dem Bley zu ſtehen, wenn Schwefelſäure, Salzſäure oder Kali der feuchte Leiter iſt. Das Spießglanz nimmt ſeine Stelle vor dem Stahl ein, wenn man ein Alkali als feuchten Leiter anwendet; und mehrere andre Körper der Reihe ändern ebenfalls ihre Stelle, je nach der Beſchaffenheit des angewandten Leiters mehr oder minder. Im Allgemeinen jedoch überwiegt die Wirkung der Berührung der Metalle; und die obige Reihe behält daher immer ihren Beſtand ohne ſonderliche Irrung.

(Vergl. hiemit die von Poggendorf ebenfalls mittelſt des Multiplicators gefundene, Reihe Th. II. S. 329. Anm. Alvegrado's Reihe ebenfalls durch den elektromagnetiſchen Multiplicator gefunden, iſt folgende: Zink, Bley, Zinn, Eiſen, Wismuth, Kupfer, Nickel, Cobalt, Spießglanz, Arſenik, Queckſilber, Silber, Gold, Platin. Die Abweichungen von der obigen ſind nicht beträchtlich).

Darſtellung der elektriſchen Erſcheinungen, welche in Begleitung chemiſcher Vorgänge auftreten, von Becquerel. *)

I.

Von den verſchiedenen elektrochemiſchen Theorieen.

Nachdem man die Erſcheinungen der Anziehung und Abſtoßung, welche durch die El. hervorgerufen werden, kennen gelernt hatte, kamen die Phyſiker auf den Gedanken, auch die chemiſchen Anziehungen oder Verwandtſchaften vom Spiel elektriſcher Kräfte abhängig zu machen, durch die Annahme, daß die Molecule zweier Körper ſich im Augenblick ihrer Verbindung in zwei entgegengeſetzt el. Zuſtänden befänden. Hierin lag nichts Unwahrſcheinliches, da man wohl erwarten konnte, daß das, durch die ganze Natur verbreitete, el. Fluidum auch bei dieſen Erſcheinungen eine wichtige Rolle ſpielen möchte. Wenn man alſo ſeine Wirkung an die Stelle der Verwandtſchaften ſetzte, ſo vertauſchte man zwar eine Kraft, von der keine phyſiſche Eigenſchaft bekannt war, mit einer andern, ihrem letzten Weſen nach nicht minder dunkeln, die aber doch ihren Erſcheinungen nach auf phyſikaliſche Geſetze zurückgeführt war.

Da jedoch die Thatſachen zur Begründung einer elektrochemiſchen Theorie noch nicht ausreichten; ſo mußten die erſten Syſteme der Chemiker in dieſer Hinſicht noch unzulänglich ausfallen; ſie öffneten aber und zeichneten andern wenigſtens eine Laufbahn vor, auf der durch neue Entdeckungen, namentlich im Gefolge der von Volta gemachten, nachmals hinlänglicher Stoff zur Grundlegung einer der wiſſenſchaftlichen Darſtellung fähigen, Theorie gewonnen wurde.

---

*) Dieſe Darſtellung iſt, mit einigen Abänderungen nach Becquerel's Originalabhandlungen, die ſich ſämmtlich in den Annales de Chimie et de Physique und überſetzt in Schweigg. Journal finden, aus dem Traité de Chimie par Thénard Tom V. p. 328 entlehnt.

Ein kurzer Ueberblick über die Anſichten und Verſuche, welche in Betreff dieſes Gegenſtands aufgeſtellt worden ſind, mag der Darſtellung der unſrigen vorausgehen.

Die erſten Verſuche, Elektricität bei chemiſchen Wirkungen aufzuſammeln, wurden in Frankreich von Lavoiſier und Laplace angeſtellt (S. Th. II. 288). Sie mußten es jedoch unentſchieden laſſen, ob das hiebei beobachtete Freiwerden von El. vom Act der chemiſchen Verbindung ſelbſt oder von der Reibung der in Effervescenz befindlichen Theilchen an einander und an den Gefäßwänden herrühren möchte. Um dieſe Zeit, noch vor Entdeckung des Galvanismus, hatten ſich Ritter und Winterl mit einer elektrochemiſchen Theorie beſchäftigt; der erſte die Idee derſelben gefaßt, und der zweite die Identität der chemiſchen und elektriſchen Kräfte nachzuweiſen verſucht. Die Voltaiſche Säule gab dann dieſer Theorie noch mehr Ausdehnung: denn da man die zerſetzende Wirkung derſelben vermöge Anziehung der Beſtandtheile nach den entgegengeſetzten El. Polen beobachtet hatte, mußte man auch geneigt ſeyn, das Umgekehrte anzunehmen, daß nämlich zwei Körper ſich im Augenblick ihrer Verbindung in entgegengeſetzt el. Zuſtänden befinden.

Unter den Phyſikern, welche dieſer elektrochemiſchen Theorie Beifall gaben, war Oerſted einer ihrer wärmſten Vertheidiger, und er wurde ſelbſt vom Standpunct ſeines Syſtems aus, nach dem er die chemiſchen Verwandtſchaften, das Caloricum, das Licht, den Magnetismus und die Elektricität als von demſelben Princip abhängig betrachtet, auf die wichtige Entdeckung des Elektromagnetismus geführt. Doch iſt ſein Syſtem nicht auf die erforderlichen ſichern Grundlagen gebaut.

Davy, der mit Oerſteds Anſichten übereinſtimmte, ſuchte dieſe Identität der chemiſchen und elektriſchen Kräfte durch eine Reihe wichtiger Verſuche darzuthun; deren Reſultate folgende ſind: (Ann. de Chimie. Tom LXIII. p. 230 u. ff.).

Alkaliſche und ſaure Subſtanzen, die in trockner und feſter Form vorkommen können, werden durch Berührung mit Metallen elektriſch; ſo die Sauerklee-Bernſteinſäure und andre vollkommen trockne Säuren, ſie mögen gepulvert oder in Stücken auf eine Kupferplatte gelegt werden, erhalten die poſitive El., und theilen dem Metalle die negative El. mit; ſehr trockner Kalk, Strontian und mehrere, laden ſich, mit einer Metallſcheibe in Berührung geſetzt, mit poſitiver El.*).

Kali und Natrum geben, wegen der Schwierigkeit, ſie von Waſſer zu befreien, im Allgemeinen keine el. Wirkungen durch Berührung; erhalten aber durch eine ſtarke Calcinirung momentan die Eigenſchaft, durch Berührung mit einem Metalle elektriſch zu werden.

Davy verſuchte auch, durch Anwendung ſehr feiner Inſtrumente den elektriſchen Zuſtand einer ſauren oder alkaliſchen einfachen liquiden Auflöſung nach ihrer Berührung mit den Metallen zu beſtimmen; erhielt jedoch keine befriedigenden Reſultate. Er ſagt auch, daß in den einfachen Fällen chemiſcher Veränderung keine El. hervortritt, und führt das Eiſen als Beleg an, welches während ſeiner Verbrennung in Sauerſtoffgas mit einem condenſirenden Elektroſkop in Verbindung geſetzt, ihm keine Ladung gab u. ſ. w. Endlich ſchließt Davy aus ſeinen Verſuchen, daß unter den Subſtanzen, die ſich chemiſch mit einander verbinden, alle die, deren elektriſche Wirkſamkeit gehörig bekannt iſt, entgegengeſetzt elektriſche Zuſtände äußern**) So das Kupfer und das Zink, das Gold und das Queckſilber, der Schwefel und die Metalle, die ſauren und die alkaliſchen Subſtanzen. Endlich zieht er hieraus die Folgerung, daß eine chemiſche Verbindung dann erfolgt, wenn die Molecule zweier (in Berührung gebrachter) Körper ſich in entgegengeſetzt el. Zuſtänden befinden, und wenn dieſe Zuſtände hinlänglich erhöht ſind, daß die daraus hervorgehende wechſelſeitige Anziehung der

---

*) Dieſem Reſultate kommt jedoch keine Allgemeingültigkeit zu und verſchiedene Umſtände können auch einen Ausſchlag nach der entgegengeſetzten Seite bedingen, ſo mehrere oder mindere Reinheit der angewandten Subſtanzen und namentlich Temperaturveränderungen. Obiges Reſultat wurde unter den Umſtänden erhalten, daß die genannten Alkalien gleiche Temperatur mit der Atmoſphäre hatten. In einigen Verſuchen dagegen, die Davy mit ihnen während ihres Erkaltens nach dem Glühen anſtellte, und wo ſich ſehr ſtarke Spuren von El. zu erkennen gaben, wurden die, mit ihnen in Berührung geſetzten, Leiter poſitiv. Gmelin (Edinb. philos. Journ. N. XI. Jan. 1822) führt an, daß bei ſeinen Verſuchen chemiſch-reine Magneſia in jeder Temperatur die Elektrometerplatte (des Elektrometers von Bohnenberger) durch Berührung poſitiv elektriſch machte; aber geglühte Magneſia, wie ſie im Handel vorkommt (durch ein wenig Kalk verunreinigt) noch ganz warm, erregte negative El.; bald darauf trat Indifferenz ein und es zeigte ſich keine Spur von El., bei weiterer Erkaltung kam poſitive El. zum Vorſchein, die dann ſogar mehrere Tage anhielt. Ähnlich verhielten ſich auch andre Körper (Anm. v. Schweigger).

**) Que, parmi les substances, qui se combinent chimiquement, toutes celles, dont les énergies électriques sont bien connues, manifestent des états électriques opposés.

Molecule ihre Aggregationskraft (Cohäſion) überwindet. Dies iſt der Schlüſſel zur elektrochemiſchen Theorie nach Davys Anſicht.

Das nämliche Syſtem iſt von Berzelius in ſeinem Essai sur la Théorie des proportions chimiques et sur l'influence chimique de l'électricité entwickelt worden. Nach ſeiner Annahme iſt zuvörderſt das Feuer, welches den elektriſchen Entladungsſchlag begleitet, kein anderes, als welches auch bei den chemiſchen Verbindungen hervortritt. Er drückt ſich ſo aus: „Bei jedem Act chemiſcher Verbindung findet Neutraliſation der beiden entgegengeſetzten Elektricitäten Statt; und dieſe Neutraliſation bringt das Feuer auf die nämliche Weiſe hervor, als dies bei den Entladungen der Leidner Flaſche, der Voltaiſchen Säule und der Gewitterwolken ohne chemiſchen Act der Fall iſt.“

Er geht dann näher auf die Unterſuchung folgender Fragen ein: Auf welche Art iſt die El. in den Körpern vorhanden? Worauf beruht der elektropoſitive und elektronegative Zuſtand eines Körpers? Nachdem er an die el. Polarität des Turmalins erinnert hat, eine Polarität, welche in den kleinſten Theilchen deſſelben vorhanden ſeyn muß (wie Brewſters, in dieſen Zuſätzen angeführte, Verſuche beſtätigen), macht er hievon die Anwendung, daß ſich ſehr wohl denken laſſe, daß, wenn man die Körper als aus Atomen zuſammengeſetzt annimmt, jedes dieſer Atome eine el. Polarität beſitzt, von welcher die elektrochemiſchen Erſcheinungen in ihrer Maſſe abhängen, und deren ungleiche Intenſität die Urſach des Kraftunterſchiedes iſt, mit welchem ſich ihre Verwandtſchaften äußern. Mittelſt dieſes Princips erklärt der berühmte ſchwediſche Chemiker, wie ein Körper bald elektropoſitiv mit dem einem, bald elektronegativ mit dem andern werden kann. Hinſichtlich der weitern Entwicklung ſeiner Theorie verweiſen wir auf die Théorie des proportions chimiques.

Die vorigen Theorieen führen die Vorſtellung mit ſich, daß zwei Körper, welche ſich verbinden wollen, erſt in zwei verſchiedne elektriſche Zuſtände gerathen; daß dieſe Zuſtände bis zum Augenblick der Verbindung zunehmen, und daß alsdann Neutraliſation der beiden Elektricitäten Statt findet, welche ein Freiwerden von Wärme veranlaßt. Hienach erklärt ſich aber nicht, welche Urſach die Molecule nach Verſchwinden ihrer beiderſeitigen Elektricitäten noch zuſammenhalten kann. Dies iſt einer der Gründe, welche Ampère in der Anſicht befeſtigt haben, die er ſich ſchon ſeit langer Zeit von der Art, wie die Elektricität bei den chemiſchen Verbindungen wirkt, entworfen hatte.

Nach der Meinung dieſes Phyſikers, die er in ſeinem Briefe an Van-Beck, im Octoberheft des Journal de Physique 1821 ausgeſprochen, befänden ſich die Molecule der Körper in einem bleibenden elektriſchen Zuſtande, der von ihrer Natur abhängt: ein Sauerſtofftheilchen z. B. iſt ſtets in elektronegativem Zuſtande, zerſetzt dadurch das umgebende neutrale Fluidum, ſtößt die negative El. zurück und zieht die poſitive an, welche um daſſelbe eine Art Atmoſphäre bildet, die die negative El. des Theilchens gebunden hält und es dadurch am freien Hervortreten ihrer Wirkung nach Außen hindert. Ein Waſſerſtofftheilchen dagegen, welches beſtändig poſitiv iſt, iſt mit einer Atmoſphäre negativer El. umgeben; und eben ſo befinden ſich alle Körper, welche ſich zur Säure neigen, im Fall des Sauerſtoffs, alle, welche ſich zur Alkalität neigen, im Fall des Waſſerſtoffs. Dieſem Princip nun zufolge, wenn zwei Metalle in Berührung mit einander kommen, wird, da das el. Fluidum, welches die Theilchen jedes Metalls umgiebt, wegen ihrer verſchiedenartigen Beſchaffenheit, in verſchiedenen Verhältniſſen aus poſitiver und negativer El. zuſammengeſetzt iſt, das Fluidum, welches die Atmoſphären der Theilchen des einen Metalls bildet, ſich zum Theil mit dem Fluidum der Atmoſphäre des andern Metalls zu verbinden ſtreben, und da dieſe Atmoſphären ſolchergeſtalt partiell verſchwinden, ſo werden nur die, den Theilchen eigenthümlichen, Elektricitäten aufhören gebunden zu ſeyn, und ſofort ſich nach Außen wirkſam äußern.

Geſetzt nun, das Zink und das Kupfer befänden ſich mit den beiden Enden des Drahts eines Galvanometers (elektromagnetiſchen Multiplicators) durch einen Körper, deſſen elektromotoriſche Wirkung ſich vernachläſſigen läßt, in Verbindung, ſo wird das Kupfer, welches ſich gegen das Zink in elektronegativem Zuſtande befindet, die poſitive El. des Drahts anziehen und die andere abſtoßen, die dagegen, die Windungen durchlaufend, vom Zink angezogen wird. So wird das neutrale Fluidum im Draht zerſetzt, und ſeine Beſtandtheile bilden um die Theilchen des Zinks und Kupfers ähnliche Atmoſphären als die, welche die Theilchen beſaßen, bevor ſie in Berührung mit einander gebracht waren: dauert aber die Berührung fort, ſo vernichten ſie ſich abermals, und machen ſo, daß ein fortdauernder elektriſcher Strom entſteht, welcher vom Zink zum Kupfer geht.

Man ſetze nun an die Stelle des Kupfers eine ſaure und an die Stelle des Zinks eine alkaliſche Subſtanz. Käme die Säure mit dem Alkali blos ſo in Berührung, daß keine Verbindung zwiſchen ihnen einträte, ſo würden die Erfolge noch die vorigen ſeyn; verbinden ſich aber die ſauren und alkaliſchen Theilchen zum Neutralſalze, ſo werden, da die jedem derſelben eigenthümliche El. nun ſchon durch die der andern gebunden wird, die Theilchen des Neutralſalzes keiner elektriſchen Atmoſphären mehr bedürfen. Die Theilchen des Alkali's und der Säure laſſen daher die ſie umgebende El. fahren; ein Theil dieſer vereinigt ſich in der Auflöſung und bringt eine Temperaturerſetzung derſelben hervor; wenn aber die Säure und das Alkali mit den beiden Enden des Galvanometerdrahts in Verbindung ſtehen, ſo folgt ein Theil auch dem Draht, um in dieſem ſich zu vereinigen, und dann wird die poſitive El. der Atmoſphären der Säuretheilchen in den Draht auf der Seite übergehen, wo er mit der Säure in Verbindung ſteht; während die negative El., welche die Alkalitheilchen umgab, im nämlichen Draht die Richtung vom Alkali zur Säure verfolgt, wodurch ein umgekehrter elektriſcher Strom, als der entſteht, welchen man bei der einfachen Berührung beobachtet.

Dies ſind die, über die elektrochemiſche Theorie aufgeſtellten, Anſichten*). Jetzt ſoll eine bündige Darſtellung aller der elektriſchen Erſcheinungen folgen, welche bis jetzt bei der Berührung zweier, ſich zu verbinden fähigen, Körper beobachtet worden ſind; wodurch dem Leſer die, zur Beurtheilung der vorſtehenden Theorieen erforderlichen, Data an die Hand gegeben werden.

---

*) Nahe an die Berzeliusſche ſchließt ſich auch die Schweiggerſche kryſtallelektriſche Theorie (nach des Verfaſſers Ausdruck), welche Schweigger (ſ. dem Journal 1823. IX. 216 — 220; X. S. 227 u. f.) zur Erklärung der Erſcheinungen der Säulen, Ketten und Kryſtalliſationen aufgeſtellt, und womit er auch die chemiſchen Erſcheinungen abhängig gemacht hat. [illegible]

Nach dieſer Hypotheſe, [illegible]

II.

Elektriſche Erſcheinungen beim Zerklüften von Kryſtallen.

Wenn ein Chemiker Behufs einer chemiſchen Analyſe einen Körper in unfühlbaren Staub verwandelt; ſo zeigen ſich während dieſer Operation elektriſche Erſcheinungen, welche mit der Aggregationskraft, d. h. mit der Urſach, welche die gleichartigen Molecule verbunden hält, im Zuſammenhange zu ſtehen ſcheinen. (Ann. de Chimie, Tom. XXII. pag. 16). Schon ſeit langer Zeit war es bekannt, daß bei ſchneller Trennung zweier Glimmerblätter im Dunkeln eine Lichtentwicklung Statt fand. Verbindet man hiemit die Vorſicht, an jedes Blatt mittelſt etwas Kitt einen iſolirenden Handgriff zu befeſtigen, ſo wird man finden, daß jedes derſelben nach der Trennung einen Ueberſchuß entgegengeſetzter-El. zurückbehält, der um ſo größer iſt, je ſchneller die Trennung vorgenommen wurde. Dieſer Erfolg iſt beſtän-

---

ge Gleichgewicht dieſer Atmoſphären nicht mehr beſtehen; ſie müßten ſich verdünnen auf der, zwiſchen beiden Atomen inneliegenden Linie, weil ſich hier die Anziehungen der Atome auf die Atmoſphäre entgegenwirken und zum Theil aufheben, verdichten dagegen um die, von einander abgekehrten, Enden beider Atome; weil hier die anziehende Kraft beider nach der nämlichen Richtung wirkt. Im Allgemeinen aber könnte die anziehende Kraft des Syſtems nicht ſo groß ſeyn, als die Summe der Anziehungen der einzelnen Molecule, eben weil ſich ein Theil durch Entgegenwirken aufhebt; die Atmoſphären müßten ſich alſo weiter von den Moleculen aus expandiren, und der Theil, der ſo über die Wirkungsſphäre des Syſtems hinaus (d. h. ſo weit, daß ihn eine andre Wirkungsſphäre kräftiger anzöge) gelangte, würde das bei ſolchen Vorgängen frei werdende Licht und Caloricum darſtellen können. — Es leuchtet von ſelbſt ein, wie heterogene Körper, d. h. ſolche, in denen die Molecule verſchiedne Maſſen und Dimenſionen zeigen, in Berührung mit einander gebracht, immer zu einer ſolchen Störung des el. Gleichgewichts durch die ganze Maſſe Anlaß geben müßten; dagegen in einem Syſtem in Berührung gebrachter homogener Körper nur dieſelbe Art des Gleichgewichts Statt finden kann, die ſchon in jedem einzelnen Stück für ſich Statt findet; daher hier keine Störung des Gleichgewichts erfolgen kann; übereinſtimmend mit der Erfahrung. Dieſe Theorie würde nicht am Mangel der Berzeliuſchen leiden; indem ſie die Cohäſion durch die allgemeine, ſich durch Wechſelanziehung im Gleichgewicht haltende, Gravitation der Atome gegen einander erklärte.

dig, wie dünn auch das Glimmerblatt ſeyn mag, und würde daher auch wahrſcheinlich noch Statt finden, wenn man blos zwei Molecule von einander trennte.

Der blättrige Talk von St. Gotthard, das Fraueneis geben bei der Abblätterung ähnliche el. Reſultate. Man kann ſelbſt behaupten, daß überhaupt alle regelmäßig kryſtalliſirten Körper die nämliche Eigenſchaft beſitzen, wenn ſie nicht gute Leiter der El. ſind, und mit einer gewiſſen Nettigkeit und Schnelligkeit zerklüftet werden.

Das Fraueneis und mehrere andre Subſtanzen geben nur in ſo fern deutliche Reſultate, als ſie vor der mechaniſchen Spaltung erwärmt worden ſind. Eine Temperaturerhöhung ſteigert ſomit ihre elektriſchen Eigenſchaften, wie beim Turmalin und der boraxſauren Magneſia, welche dann zwei Pole erlangen.

Dieſe Beobachtungen ſind der Theorie von Berzelius günſtig, inſofern die Wärme, welche die Molecule der Körper von einander zu entfernen ſtrebt, ihre el. Polarität um eben ſo viel erhöht; unter der Annahme, daß die Aggregation der gleichartigen Molecule durch das Spiel der elektriſchen Kräfte hervorgebracht wird.

Alle Körper, welche kein regelmäßiges kryſtalliniſches Gefüge beſitzen, wie z. B. das Glas, die Steine u. ſ. w. geben oft beim Zerbrechen kein Zeichen von El.; denn da dieſe Körper ſich als unregelmäßige Zuſammenhäufungen von Kryſtallen betrachten laſſen, ſo müſſen die Oberflächen, welche durch das Zerbrechen oder Zerreißen bloß gelegt werden, aus Facetten (der Molecule) zuſammengeſetzt ſeyn, welche zum Theil poſitive, zum Theil negative El. beſitzen, ſo daß ihre Summe oft null ſeyn wird. Das, beim Zerklüften der Kryſtalle zum Vorſchein kommende Licht rührt unſtreitig von der Recompoſition der beiden elektriſchen Fluida her. Auch iſt ohne Zweifel der phosphorähnliche Schein, den man beim Zerbrechen von Zucker und verſchiedenen andern Subſtanzen bemerkt, und der ſich dem vorerwähnten ganz ähnlich zeigt, auf Rechnung der Elektricität zu ſchreiben.

III.

Von den Erſcheinungen der Contactelectricität.

Volta vernachläſſigte bei der Theorie ſeiner Säule die elektromotoriſchen Wirkungen, welche durch die Berührung und chemiſche Action flüſſiger Körper mit feſten hervorgehen. Daß ſolche aber wirklich in Betracht kommen, lehren die nachſtehenden Verſuche.

Der Apparat, deſſen ſich Becquerel zur Bemerklichmachung der frei werdenden El. bediente, iſt ein condenſirendes Elektroſkop von ausnehmender Empfindlichkeit, das zuerſt von Behrens angegeben und von Bohnenberger, nach dem es auch gewöhnlich benannt wird, verbeſſert und genau beſchrieben worden iſt. Es beſteht aus zwei vertical aufgeſtellten, trocknen Säulen (S. Th. II. S. 330), deren entgegengeſetzte Pole einander gegenüber liegen. Die beiden obern (alſo ungleichnamigen) Pole ſtehen durch eine Metallplatte mit einander in Verbindung, die in der Mitte mit einer Oeffnung durchbohrt iſt, durch welche eine Glasröhre hindurchgeht. Ein Goldblatt, welches mit der untern Platte eines Condenſators vermittelſt eines, durch die Glasröhre gehenden, Metallſtreifens Gemeinſchaft hat, hängt zwiſchen den beiden untern Polen. Das Ganze iſt mit der Glasglocke bedeckt, welche den Condenſator trägt. So wie das Goldblatt eine auch nur ganz geringe Elektricitätsmenge aufgenommen hat, wird es vom Pol der Säule, welcher die ungleichnamige El. beſitzt, angezogen und von dem andern abgeſtoßen. (Die genaue Beſchreibung dieſes Inſtruments ſ. in den Annales de Chimie et de Physique T. XVI. wie auch in Schweigg. J. Bd. 25. alte Reihe S. 160 — 164; eine Einrichtung, es tragbar zu machen, ebend. Bd. 43. Neue Reihe 1825 S. 74. Anm).

Statt dieſer Bohnenbergerſchen Einrichtung bediente ſich jedoch Becquerel einer andern, welche die Empfindlichkeit des Apparats erhöhte. Er nahm blos Eine Zamboniſche Säule, befeſtigte dieſe auf einem hölzernen Träger in horizontaler Lage, und befeſtigte an jedem ihrer Pole in verticaler Richtung eine Metallplatte von ungefähr 7 bis 8 Centimeter (ungefähr 3 Zoll) Länge, wo ſich dann das Goldblatt zwiſchen dieſen beiden Platten aufgehangen befand. Da es ihnen auf dieſe Weiſe alle ſeine Puncte darbot, ſo mußte die Einwirkung, die es von denſelben erfuhr, weit beträchtlicher ſeyn, als da es der Wirkung der beiden Enden jener kleinern Säulen ausgeſetzt war. Die Platten des Condenſators hatten übrigens 9 Zoll im Durchmeſſer. Die Empfindlichkeit dieſes Apparats iſt bei der angegebenen Einrichtung ſo groß, daß eine, mit Tuch geriebene, Glasröhre bei trockenem Wetter ſchon darauf wirkt, wenn man ſie nur in einer Entfernung von 8 bis 10 Fuß darüber hält, während bei der Bohnenbergerſchen Einrichtung die Wirkung erſt ſpürbar wird, wenn man die nämliche Röhre auf drei Fuß nähert. Der elektriſche Zuſtand der Hand oder der Haare zeigt ſich ſchon auf mehrere Fuß Entfernung von Einfluß darauf; und es iſt ſonach unerläßlich, dieſen Einflüſſen vorzubeugen, wenn man ſich mit ins Feine gehenden Unterſuchungen beſchäftigt.

Mittelſt dieſes Apparats beobachteten wir zuvörderſt die elektromotoriſchen Wirkungen der ſauren und alkaliniſchen Auflöſungen auf die Metalle.

Ein Schälchen von Kupfer ward auf die obere Platte des Condenſators geſetzt, mit einer Auflöſung von fixem oder flüchtigem Alkali gefüllt und dieſe durch Eintauchung des Fingers oder durch einen feuchten Streifen Goldſchlagerhäutchen mit dem Erdboden in Verbindung geſetzt, ſo wie auch die untere Platte des Condenſators mit dem Erdboden in Verbindung ſtand. Als wenige Augenblicke nachher die obere Platte abgehoben wurde, zeigte ſich durch die Bewegung des Goldblatts, daß die alkaliniſche Auflöſung bei ihrer Berührung mit dem Kupfer poſitive und das Metall negative El. angenommen hatte.

Die Anwendung von Schwefelſäure anſtatt der alkaliniſchen Auflöſung gab entgegengeſetzt elektriſche Wirkungen. Die Säure nahm negative, das Metall poſitive El. an.

Alle andre Metalle gaben ähnliche Reſultate, wenn man Sorge trug, ſich vor den elektromotoriſchen Wirkungen der Metalle auf einander zu ſichern.

Im Allgemeinen nimmt bei Berührung einer ſauren Auflöſung mit einem Metall, wenn ſie von keiner chemiſchen Wirkung begleitet iſt, das Metall die poſitive El. an und die Säure die negative; dagegen bei Berührung einer alkaliniſchen Auflöſung der umgekehrte Erfolg Statt hat. Wir ſagen, daß dies im Allgemeinen geſchieht, denn zuweilen, wie z. B. beim Silber, treten nicht einmal recht merkliche elektromotoriſche Wirkungen hervor; wo ſie ſich aber bemerklich machen laſſen, verhalten ſie ſich immer auf die angegebene Art. Wie man ſieht, laſſen ſich die Reſultate, welche Davy für die Berührung einer trocknen Säure oder eines trocknen Alkalis mit einem Metall fand, auf die Berührung ſämmtlicher Metalle mit ſauren oder alkaliſchen Auflöſungen ausdehnen.

Becquerel unterſuchte nun, welche elektriſchen Wirkungen in Folge der Berührung von Waſſer mit Metallen eintreten. Ein kleines etwas feuchtes Schälchen von Holz wurde auf die obere Platte des Condenſators geſetzt, wo es dann die El. vollkommen leitete; darauf füllte man es mit diſtillirtem Waſſer, in welches verſchiedene Metalle getaucht wurden, mit Vorſicht, daß ſie die Wände des Schälchens nicht berührten. Es zeigte ſich, daß das Zink, das Eiſen, das Bley, das Kupfer dem Waſſer poſitive El. ertheilten, das Platin, das Gold, das Silber dagegen negative. Das Waſſer verhält ſich demnach mit den Metallen, die es zu oxydiren vermag, wie die Metalle bei ihrer Berührung mit den Säuren.

Dieſe Erſcheinungen treten nicht immer in derſelben Stärke auf; manchmal ſind ſie ſogar kaum merklich; jedesmal aber, wenn ſie hervertreten, iſt es in der angegebenen Art. In einem andern Abſchnitt wird von den Urſachen die Rede ſeyn, welche dieſen Erſcheinungen mehr Stärke zu verleihen vermögen.

Wenn das Waſſer eine kleine Quantität Schwefelſäure enthält, ſo verhalten ſich die Reſultate noch auf gleiche Weiſe, obwohl mehrere Metalle dadurch angegriffen werden.

Becquerel unterſuchte auch, welchen Erfolg die Berührung eines Metalls mit einer Salzauflöſung hatte. Er nahm hiezu Kupfer und Meerwaſſer, wo ſich dann zeigte, daß letztres die poſitive, erſtes die negative El. annahm. Wir werden ſpäterhin ſehen, in welchem Bezug dies Reſultat zu Davys neuentdecktem Verfahren, das Anfreſſen des kupfernen Beſchlags der Schiffe durch das Meerwaſſer zu verhüten, ſteht.

Nach Ausmittelung des elektriſchen Zuſtandes, den eine ſaure oder alkaliniſche Auflöſung bei Berührung mit einem Metall annimmt, bietet ſich zunächſt die Unterſuchung dar, was erfolgt, wenn dieſe nämliche Auflöſung zwiſchen zwei verſchiedne Metalle gebracht wird, worüber man nothwendig im Reinen ſeyn muß, um ſich gehörige Rechenſchaft von dem Einfluſſe der Flüſſigkeiten in der Voltaiſchen Säule geben und beurtheilen zu können, ob ſie wirklich blos als leitende Körper die elektromotoriſchen Wirkungen der Metalle fortpflanzen.

Man nehme wiederum das ſchon vorhin angewandte Kupferſchälchen, ſetze es auf die obere Platte des Condenſators, fülle es mit einer, ſtark mit Waſſer verdünnten, Auflöſung von Alkali oder Schwefelſäure an, berühre dieſe mit einem Zinkblech, ſorgfältig ein Antreffen deſſelben an das Kupferſchälchen vermeidend, und bringe den Finger an die untere Platte. Zwanzig Secunden darauf hebe man die obere Platte ab: das Goldblatt wird ſich zum poſitiven Pole hinbegeben, zum Zeichen, daß das Kupferſchälchen poſitiv el. geworden iſt.

Man wiederhole nun den Verſuch auch auf die umgekehrte Weiſe: ſetze auf die obere Platte ein Zinkſchälchen, welches man mit einer von beiden Auflöſungen angefüllt hat; berühre die untere Platte mit einem Zinkblech, um die elektromotoriſchen Wirkungen zwiſchen dieſem Metall und dem Kupfer aufzuheben, und tauche in die Flüſſigkeit ein, zwiſchen den Fingern gehaltenes, Kupferblech. Hebt man darauf die obere Platte ab, ſo ſieht man das Goldblatt ſich nach dem negativen Pole hinbegeben, zum Beweiſe, daß das Zinkſchälchen negativ elektriſch geworden. Es erhellt aus dieſen beiden Verſuchen, daß, wenn Kupfer und Zink durch eine ſaure oder alkaliniſche Auflöſung geſchieden ſind, Zink negativ und Kupfer poſitiv elektriſch wird, umgekehrt alſo, als wenn beide ſich in unmittelbarer Berührung befänden.

Es ergiebt ſich nach dieſem Reſultate leicht, daß die elektromotoriſchen Wirkungen der Flüſſigkeiten auf die Metallſcheiben zur Verſtärkung der elektriſchen Spannungen der verſchiedenen Elemente der Säule wirken müſſen; wobei keineswegs die Rede vom Einfluß der chemiſchen Wirkung auf die Ladung iſt. Auch gewiſſe Flammen haben die Eigenſchaft, durch Berührung mit den Metallen el. zu werden und faſt eben ſo deutliche Wirkungen zu geben, als die aus der Berührung zweier Metalle hervorgehen.

Becquerel wandte zu ſeinen Verſuchen die Flamme des Waſſerſtoffgaſes, des Alkohols oder eines Papierblatts an.

Man lege auf ein hölzernes Schälchen, welches mit der obern Platte des Condenſators in Verbindung ſteht, einen Draht von Platin oder einen Blechſtreifen von demſelben Metall von einem Decimeter Länge, ſo daß er über den Rand der Platte hinausragt; bringe die untere Platte in leitende Verbindung mit dem Erdboden und tauche eins der Enden des Drahts oder der Platte in eine der genannten Flammen. Wenn das Metall bis zum Glühen kommt, ſo nimmt es die negative El. an; widrigenfalls wird es poſitiv el. werden können. In beiden Fällen hat die Flamme immer die, der des Metalls entgegengeſetzte, El. Um letztre zu ſammeln, legt man auf das Schälchen (anſtatt des Drahts, der dann außer Verbindung mit der Condenſatorplatte in die Flamme zu tauchen iſt) ein Stück befeuchteten Holzes, welches, da es keine Verbrennung erfährt, als Leiter dient und zum Condenſator die El. fortpflanzt, die es von der Flamme empfangen hat.

Ein Kupferdraht gewährt ähnliche Erfolge. Ueberhaupt ſcheinen alle Metalle mehr oder minder die Eigenſchaft zu beſitzen, die wir am Platin wahrnehmen: taucht man ein Metall in eine, durch einen Strom Waſſerſtoffgas genährte, Flamme, ſo nimmt es je nach der mehr oder minder erhöhten Temperatur die poſitive oder negative El. an, und theilt der Flamme die entgegengeſetzte mit. Es bleibt noch zu beſtimmen übrig, bei welchen Temperaturen der Eintritt dieſer Erſcheinungen in jedem Metall Statt hat. Da man dieſe Temperaturgrade noch nicht kennt, ſo geſchieht es manchmal, daß man gar keinen elektriſchen Erfolg bemerkt, weil es wirklich eine Uebergangstemperatur geben muß, in welcher das Metall weder poſitiv noch negativ iſt.

IV.

Von den elektriſchen Erſcheinungen, welche bei chemiſchen Vorgängen im Allgemeinen auftreten.

Seit den Verſuchen Davy's ſcheint es ausgemacht, daß zwei Körper, welche eine Verbindung eingehen wollen, damit anfangen, ſich in entgegengeſetzt elektriſche Zuſtände zu ſetzen; daß dieſe elektriſchen Zuſtände bis zum Augenblick der erfolgenden Verbindung zunehmen, daß dann Neutraliſation der beiden Elektricitäten mit daraus erfolgender Temperaturerhöhung Statt hat, und daß ſodann alle elektriſchen Erſcheinungen ſogleich aufhören.

Dieſe Thatſachen ſind richtig, mit Ausnahme jedoch deſſen, was das Verſchwinden der elektriſchen Erſcheinungen im Augenblick der beginnenden chemiſchen Wirkung betrifft.

Iſt es möglich, im Augenblick der erfolgenden chemiſchen Verbindung El. mittelſt eines ſehr empfindlichen Condenſators aufzuſammeln? Wenn die chemiſche Wirkung ſchwach iſt, ſo vermag man es, wie z. B. wenn man Eiſen oder Zink in Waſſer oder in [illegible] verdünnte Schwefelſäure taucht. In dieſem Fall zeigt das Metall freie negative, das Waſſer freie poſitive El., das Platin, das Gold u. ſ. w., welche nicht durch dieſe beiden Flüſſigkeiten angegriffen werden, nehmen hingegen die poſitive El. an.

Bei kräftiger chemiſcher Wirkung aber hält es ausnehmend ſchwer, Spuren von El. mittelſt des Condenſators zu entdecken: es ſcheint, als ob die hiebei frei werdende El. keine hinlängliche Spannung beſitzt, um ſich auf dem Condenſator anhäufen zu laſſen: ſollte nicht unter dieſen Umſtänden ſtrömende El. erzeugt werden? könnte es nicht z. B. beim Act der Verbindung einer Säure mit einem Alkali der Fall ſeyn, daß die Säuremolecule eine Elektricität frei werden ließen, die Alkalimolecule die andre, und daß beide ſich faſt ſofort in der Flüſſigkeit wieder vereinigten? der Condenſator könnte zur Kenntlichmachung ſolcher Wirkungen nicht tauglich ſeyn, und es würde hiezu eines Apparats bedürfen, der ſich eignete, ſehr ſchwache el. Ströme bemerklich zu machen. Der Schweiggerſche Multiplicator (Galeometer) entſpricht dieſem Zweck vollkommen; und ſeiner bediente ſich daher Becquerel zu den nachfolgenden Verſuchen.

Vor Auseinanderſetzung der Reſultate, zu denen er gelangte, wird es erforderlich ſeyn, einige Umſtände anzudeuten, gegen die man ſich zu ſichern hat, um Zuſammenſetzung der Wirkungen zu verhüten Die chemiſchen Wirkungen z. B. veranlaſſen Temperaturveränderungen, welche an ſich ſelbſt el. Effecte zuwege bringen; wir müſſen daher, um uns dagegen ſicher zu ſtellen, damit anfangen, die elektriſchen Ströme zu ſtudiren, welche man in einer ganz metalliſchen Kette in Folge einer Temperaturverſchiedenheit beobachtet. Wir haben gezeigt (Th. III. S. 171), daß, wenn man einen Kupfer- oder einen Platindraht nimmt, die beiden Enden des nämlichen Drahts mittelſt zweier an einander gehakter Haken verbindet, und die Verbindungsſtellen rechts oder links erhitzt, ein Strom der Art entſteht, daß die nicht erhitzte Seite die poſitive El. hergiebt, die andre die negative.

Im Fall, wo die beiden Enden eines Metalldrahts, welche ſich nicht auf der nämlichen Temperatur befinden, durch eine, die El. leitende, Flüſſigkeit geſchieden ſind, entſteht auch noch ein el. Strom, deſſen Richtung aber der von vorhin entgegengeſetzt iſt; d. h. die poſitive El. geht von dem Ende aus, deſſen Temperatur die höhere iſt.

Da ferner die ſauren und alkaliſchen Auflöſungen elektrometriſche Wirkungen auf die Metallgefäße äußern, in denen ſie enthalten ſind, ſo wird man auch ſolche Vorkehrungen treffen müſſen, um gegen ſie geſichert zu ſeyn.

Beſchäftigen wir uns zuvörderſt mit der Verbindung der Säuren mit den Alkalien. Wir nehmen zwei Schälchen von Porzellan von gleichen Dimenſionen; gießen in die eine eine alkaliſche, in die andre eine ſaure Auflöſung und verbinden beide Flüſſigkeiten durch eine Platinplatte. Tauchen wir nun in jedes Schälchen eines der Enden des Galvanometerdrahts (jedes dieſer Enden geht in eine Platinplatte aus), ſo wird kein elektrodynamiſcher Erfolg ſichtbar ſeyn, weil die elektrometriſchen Wirkungen der Platinplatte durch Eintauchen der beiden Drahtenden vom nämlichen Metall aufgehoben werden. Legen wir jetzt auf die verbindende Platte einen Docht von Amiant, ſo daß er mit jedem ſeiner Enden in eine der Flüſſigkeiten taucht; ſofort werden die Molecule beider Flüſſigkeiten vermöge capillarer Wirkung der Amiantfäden in denſelben aufſteigen; die chemiſche Wirkung wird ſogleich beginnen und man wird einen el. Strom erhalten, welcher, den metalliſchen Wirkungen folgend, von der Säure zum Alkali geht. Die Säuremolecule geben ſomit zu dieſem Strom die poſitive, die Alkalimolecule die negative El.

Wollen wir jetzt ausmitteln, was während der Verbindung einer Säure mit einem Metall unabhängig von jeder elektromotoriſchen Wirkung von Seiten der, beim Verſuch angewandten Agentien, vorgeht; ſo verfahren wir auf folgende Weiſe: Eine Goldplatte (une lame d'or), umgeben mit einem Streifen Joſephpapier, wird zwiſchen die beiden Schenkel einer Platinzange (pince de platine) befeſtigt, die an eins der Enden des Galvanometerdrahts gefügt iſt; das Ganze taucht man in ein Porzellanſchälchen, welches mit Salpeterſäure gefüllt iſt, und ſetzt das andre Ende des Drahts, welches ebenfalls aus Platin beſteht, mit der nämlichen Säure in Verbindung. Es wird kein el. Erfolg wahrzunehmen ſeyn; wie auch leicht vorauszuſehen war, weil einerſeits keine chemiſche Wirkung Statt hat, andrerſeits die elektromotoriſche Wirkung der Säure auf das Gold ſchwach iſt, und endlich die Wirkung der nämlichen Säure auf das Platin wegen des damit getränkten Papiers zu beiden Seiten gleich iſt; ſetzt man aber einen einzigen Tropfen Salzſäure zu, ſo wird das Gold im nämlichen Augenblick angegriffen, und die Magnetnadel giebt durch ihre Ablenkung zu erkennen, daß die Säure, wie beim vorigen Verſuch, die poſitive und das Gold die negative El. angenommen hat. Da die Gegenwart eines einzigen Tropfens Salzſäure zur Hervorbringung dieſer Wirkung hingereicht hat, ſo iſt hiedurch nachgewieſen, daß die chemiſche Wirkung die einzige Urſach des Stroms iſt. Wir machen hiebei bemerklich, daß die ſehr geringe Menge Salzſäure, welche zugeſetzt wurde, nur dazu dienen konnte, das Gold anzugreifen; denn das Platin erfordert zu ſeiner Auflöſung eine zweckmäßige Miſchung von Salpeterſäure und Salzſäure. Vor Anſtellung des Verſuches muß man Acht haben, daß das Papier, welches die Platinplatten umgiebt, vollkommen mit der, mit einigen Tropfen Salzſäure verſetzten, Salpeterſäure getränkt ſey; widrigenfalls man einen, aus der Vermiſchung beider Säuren hervorgehenden, Strom erhalten würde.

Das nämliche Verfahren kann man befolgen, um die el. Wirkungen zu beobachten, die bei der Wirkung einer Säure auf irgend ein andres Metall entſtehen; oder auch man kann ſich zweier Porzellanſchälchen bedienen, in das eine derſelben Salpeterſäure gießen, in das andre die nämliche Säure, ſehr mit Waſſer verdünnt, und beide Auflöſungen durch eine Platinplatte mit einander in Verbindung ſetzen. Man taucht alsdann in jedes Schälchen eine Platte von demſelben Metall, mit der Vorſicht, diejenige, welche mit der verdünnten Säure in Berührung gebracht wird, mit einer leichten Firnißſchicht von Gummilack zu überziehen, um die chemiſche Wirkung von dieſer Seite zu verhüten. Wir ziehen jedoch der größern Einfachheit halber das gleich anzugebende Verfahren vor. Unterſuchen wir, was bei der Wirkung der Salpeterſäure auf das Kupfer vorgeht. Wir bedienen uns zu dieſem Zweck der beiden Enden eines Kupferdrahts, welcher die Windungen eines Galvanometers bildet; bringen eins dieſer Enden zum Glühen, und tauchen es in eine Auflöſung von Gummilack in Alkohol. Die leichte Firnißſchicht, mit der es ſich überzieht, wird es vor der Wirkung der Säure ſchützen, wofern die Berührung nur kurze Zeit dauert, ihm aber ſeine leitende Eigenſchaft nicht ganz rauben. Tauchen wir jetzt die beiden Enden des Drahts in concentrirte Salpeterſäure: es wird nur auf einer Seite chemiſche Wirkung Statt haben, und ein elektriſcher Strom die Folge derſelben ſeyn, welcher den Windungen des Galvanometers in der Richtung vom Metall zur Säure folgt; wobei das, mit Firniß überzogene, Ende die El. annimmt, welche die Säuremolecule frei werden laſſen. Wenn die Säure mit ungefähr der Hälfte ihres Gewichts Waſſer verdünnt iſt, ſo wird der Strom eine entgegengeſetzte Richtung verfolgen, d. h. nach der nämlichen Richtung gehen, als da die Salpeterſalzſäure auf das Gold wirkte.

Wir haben oben geſagt, daß die Temperaturveränderungen in den metalliſchen Umläufen el. Ströme hervorrufen. Es iſt nun darzuthun, daß die erhaltenen Wirkungen keiner ſolchen Urſache ihren Urſprung verdanken. Dies hat keine Schwierigkeit; man braucht ſich nämlich nur der, während der chemiſchen Wirkung entbundenen, Wärme zu bemächtigen. Befeſtigen wir an eins der Enden eines Kupferdrahts einen gleichfalls kupfernen Löffel; bringen ihn in ein, mit Eis gefülltes Porzellanſchälchen, und gießen einmal concentrirte, das andremal verdünnte Salpeterſäure hinein. Taucht man nun in die Säure das andre mit der Firnißſchicht überzogene, Drahtende, ſo wird in beiden Fällen noch dieſelbe Art des Erfolgs als bei den vorigen Verſuchen zu beobachten ſeyn. Nun mußte die, während der chemiſchen Wirkung frei gewordene, Wärme zur Schmelzung des Eiſes verwandt werden: der kupferne Löffel und das Drahtende beſaßen ſomit ungefähr die nämliche Temperatur, und der entſtandne Strom läßt ſich ſomit nicht auf Rechnung einer Temperaturverſchiedenheit ſchreiben, wie man zu thun verſucht ſeyn könnte.

Wir ſetzen noch hinzu, daß, wenn die Temperaturerhöhung Urſach des Stroms wäre, die poſitive El. nach einem früher angeführten Verſuch immer von dem angegriffenen Drahtende hätte ausgehen müſſen, weil bei der Wirkung der Salpeterſäure auf das Kupfer unſtreitig die Platte ſich raſcher erwärmen muß, als die Säure, angeſehen, daß die Metalle beſſere Wärmeleiter ſind, als die Flüſſigkeiten. Dieſer Erfolg aber hat nur in dem Falle, wo die Säure concentrirt iſt, Statt; ſo daß ſich ſomit alles dahin vereinigt, zu beweiſen, daß die el. Erſcheinungen, welche während der chemiſchen Wirkungen Statt haben, wirklich vom Spiel der Verwandtſchaften herrühren.

Den nämlichen Weg wird man einſchlagen, um zu entdecken, was bei der Wirkung irgend andrer Säuren auf beliebige Metalle vor ſich geht. Die concentrirte Salpeterſäure giebt ebenfalls bei ihrer Wirkung auf Zink, Silber u. ſ. w. negative El. her, poſitive dagegen, wenn ſie mit Waſſer verdünnt iſt. Die Salzſäure zeigt concentrirt oder mit Waſſer verdünnt ähnliche Wirkungen auf die meiſten Metalle. Wie man ſieht alſo, nimmt eine Säure während ihrer Wirkung auf ein Metall im Allgemeinen die negative oder die poſitive El. an, je nachdem ſie concentrirt oder mit Waſſer verdünnt iſt. Wir ſagen im Allgemeinen; denn es geſchieht zuweilen, wie beim Eiſen, daß ein Theil des Oxyds, welches ſich während der Wirkung der concentrirten Salpeterſäure bildet, an der Oberfläche des Metalls hängen bleibt und eine Zuſammenſetzung der el. Erſcheinungen veranlaßt, vermöge deren der Strom von der Säure zum Metall geht. Dieſe Reſultate laſſen ſich weder nach der Theorie von Davy noch nach der von Berzelius erklären; indem nach dieſen beiden Chemikern aller el. Effect im Augenblick der erfolgenden Verbindung verſchwinden muß. Die Theorie von Ampère dagegen giebt davon Rechenſchaft: obwohl ſie geradezu behauptet, daß die el. Effecte, welche bei den chemiſchen Wirkungen hervortreten, die umgekehrten von denen ſind, welche man bei der Berührung beobachtet; wir aber gefunden haben, daß dies ſich nicht immer ſo verhält, wie z. B. wenn die concentrirte Salpeterſäure auf das Kupfer wirkt, ſo hat doch Ampère eine ſinnreiche Erklärung dieſer Art Anomalie zu geben vermocht. Er nimmt zuerſt als Grundſatz an, wie oben erörtert, daß bei der chemiſchen Wirkung einer Säure auf eine Baſe oder auf ein Metall die elektriſchen Atmoſphären der ſauren und der alkaliniſchen Theilchen ſich entweder durch die Flüſſigkeit oder durch den Metalldraht, welcher die beiden Körper verbindet, hindurch vereinigen. Die erſten laſſen poſitive, die andern negative El. entweichen. Iſt aber die Flüſſigkeit ein vortrefflicher Leiter, wie die meiſten concentrirten Säuren, ſo wird es nach Ampère geſchehen können, daß die beiden Atmoſphären ſich ſchneller vereinigen, als die materiellen Theilchen, die wegen ihrer Trägheit eine gewiſſe, obwohl nur ausnehmend kurze Zeit dazu erfordern.

Bei dieſer Annahme finden ſich dieſe Theilchen während einer ganz kurzen Zeit im nämlichen Fall, als wenn keine Verbindung Statt hätte; und da dieſer Wirkungsart Stetigkeit zukommt, ſo folgt, daß die concentrirte Säure negative El. hergeben muß. Was dieſer Anſicht Wahrſcheinlichkeit giebt, iſt, daß, wenn die ſehr mit Waſſer verdünnte Säure viel ſalpeterſaures Kupfer enthält, die Säure das Streben zur Annahme der poſitiven El. zeigt, welches ſich durch die Annahme erklärt, daß die Gegenwart eines Salzes das Leitungsvermögen der Auflöſung verſtärkt: wodurch ſie unter den Fall der concentrirten Salpeterſäure tritt.

Die Miſchung einer concentrirten ſauren Auflöſung mit einer andern minder concentrirten der nämlichen Beſchaffenheit bringt elektriſche Effecte hervor, in deren Folge die erſte poſitive, die zweite negative El. hergiebt. Iſt die Auflöſung alkaliniſch, ſo iſt der Erfolg umgekehrt. Somit verhält ſich von zwei gleichartigen Säuren die concentrirtere zu der minder concentrirten wie eine Säure bei ihrer Verbindung mit einem Alkali oder einer Baſe; während bei der Vereinigung zweier Alkalien die minder concentrirte Auflöſung die Rolle der Säure ſpielt. Dieſe Verſuche ſtellt man mittelſt des nämlichen Verfahrens an, welches wir oben auseinanderſetzten, um die elektriſchen Effecte zu erkennen, welche bei der Verbindung der Säuren mit den Alkalien zum Vorſchein kommen *)

Von dieſen Erſcheinungen kann man ſich Rechenſchaft geben. Wenn man eine concentrirte ſaure Auflöſung mit einer andern vermiſcht, welche mit Waſſer verdünnt iſt; ſo erfolgt Verbindung der Säure mit dem Waſſer: nun ſpielt letztres die Rolle eines Alkali gegen die Säure; man muß mithin die nämlichen elektriſchen Erfolge erhalten, welche man bei der Verbindung der Säuren mit den Alkalien beobachtet; und dies iſt in der That der Fall, indem die concentrirte Säure die poſitive El. zum Strom hergiebt. Bei der Miſchung einer concentrirten alkaliſchen Auflöſung mit einer andern minder concentrirten werden dagegen die elektriſchen Erfolge ſich umgekehrt verhalten müſſen, weil hier das Waſſer die Rolle der Säure gegen das Alkali ſpielt.

Die Miſchung der Auflöſungen von Neutralſalz von verſchiednen Graden der Concentrirung hat kein recht entſchiednes Reſultat gegeben, welches ohne Zweifel vom Mangel an hinreichendem Leitungsvermögen der Auflöſungen herrührt.

Becquerel unterſuchte auch die Wirkungen, welche bei der Bildung von Auflöſungen, Niederſchlägen und Vermiſchung verſchiedenartiger Säuren entſtehen.

Bekanntlich löſen ſich mehrere Metalloxyde in Alkalien auf und gehen eine Verbindung mit einander ein. Bei dieſem Proceß entſteht ein el. Strom, bei welchem ſich die Oxyde wie Säuren verhalten; und die Alkalien ſind immer, wie bei ihrer Einwirkung auf die Säuren, mit einer negativ elektriſchen Atmoſphäre umgeben. Der el. Strom, welcher ſich im Augenblicke der Verbindung des Oxyds und des Kali zeigt, iſt jedoch lange nicht ſo ſtark, als bei der Einwirkung einer Säure auf ein Alkali.

Um die elektriſchen Wirkungen, die im Augenblick der Bildung der Niederſchläge eintreten, wahrnehmbar darzuſtellen, ſind gewiſſe

---

*) Einer Anmerkung von Becquerel zufolge werden dieſe letzten Reſultate durch neue Verſuche, die er jedoch wegen beſchränkten Raums nicht anführt, etwas modificirt.

Vorſichtsmaßregeln erforderlich. Man muß es möglichſt vermeiden, daß die Entſtehung des Niederſchlages augenblicklich ſey; denn der el. Strom würde dann unmerklich ſeyn. Wenn man z. B. eine neutrale Auflöſung von Baryt in den Löffel, (der an das eine Ende des Galvanometerdrahts befeſtigt iſt) bringt, und dann die (am andern Ende befeſtigte) kleine Zange mit etwas Schwefelſäure befeuchtet hineintaucht, ſo wird die Magnetnadel wenig abweichen. Dieſe ſchwache Wirkung hängt davon ab, daß die beiden Elektricitäten durch Vermittelung der beiden zwiſchenliegenden Flüſſigkeiten ſich wieder vereinigen, ohne durch den Draht zu gehen, der den Draht des Multiplicators bildet. Läßt man aber den einen Körper in ſeinem feſten Zuſtande, und befeſtigt ihn an der kleinen Zange: ſo kann man die Berührung mit dem flüſſigen Körper bis zum Augenblick ſeiner völligen Auflöſung oft wiederholen. Um die Auflöſung zu verzögern, kann man auch den feſten Körper in ein Bläschen von Goldſchlägerhaut ſtecken, eine Vorſichtsmaßregel, die ſelbſt unumgänglich nöthig iſt, wenn die Einwirkung ſehr raſch beginnt.

Als Becquerel ſchwefelſaures Eiſen auf einen Galläpfelaufguß wirken ließ, bildete ſich ein Strom, der vom Aufguß zum ſchwefelſauren Salze gieng. — Bei der Einwirkung des ſchwefelſauren Eiſens auf blauſaures Kali gieng der el. Strom von jenem zu dieſem. Hiebei bediente ſich Becquerel ſaurer Salze. Man nehme nun vollkommen neutrale Salze, z. B. ſchwefelſaure Magneſia, löſe ſie auf und bringe ſie in Berührung mit kauſtiſchem Kali, welches in ein Bläschen von Goldſchlägerhaut geſteckt iſt. Die Magnetnadel weicht ein wenig aus ihrer Richtung und der elektriſche Strom läuft von dem ſchwefelſauren Salze zum Alkali, d. h. das ſchwefelſaure Salz entwickelt poſitive Elektricität. Wenn man ſalpeterſauren Baryt auf Schwefelſäure einwirken läßt, ſo geht der Strom von der Säure zum ſalpeterſauren Salze. Bei den Niederſchlägen, die aus einer doppelten Zerſetzung folgen, wie der, welcher Statt findet, wenn man vollkommen neutrales ſchwefelſaures Natrum mit vollkommen neutralem ſalpeterſauren Baryt behandelt, fand es Becquerel unmöglich, die geringſte Spur von einem el. Strome wahrzunehmen. Auf jeden Fall findet zwar auch hier ein Spiel elektriſcher Kräfte Statt, die ſich aber zwiſchen den ſich zerſetzenden Subſtanzen ſelbſt ausgleichen, und daher nicht auf den Multiplicator wirken.

Bei Auflöſungen von Alkalien oder Säuren in Waſſer glückte es Becquerel anfangs nicht, elektriſche Ströme wahrzunehmen; da er jedoch nachmals durch eine beſondre Vorrichtung (ſ. die Beſchreibung davon Schweiggers Journal 1824. H. 4) ſeinem Multiplicator eine größere Empfindlichkeit ertheilt hatte, ſo gab ſich auch hiebei das Entſtehen elektriſcher Ströme durch Wirkung auf die Magnetnadel kund. Das Waſſer verhielt ſich hierbei als der elektropoſitive Factor oder wie ein Alkali in Beziehung auf Salpeterſäure und Schwefelſäure, als der elektronegative hingegen für die ſchwachen Säuren (Citronenſäure, Sauerkleeſäure, Boraxſäure u. ſ. w.) und für die Salzſäure; indem dort der Strom von der Säure nach dem Waſſer, hier vom Waſſer nach der Säure gieng.

Bei Auflöſung von Alkalien in Waſſer geht der Strom vom Waſſer nach dem Alkali.

Bei Auflöſung neutraler Salze in Waſſer erhält man im Durchſchnitt nur ſehr wenig bemerkbare elektriſche Erſcheinungen. Es ergab ſich bei Auflöſung von ſalzſaurem Baryt oder ſchwefelſaurem Natrum nur eine ſehr ſchwache el. Strömung von dem Waſſer nach dem Salze.

Dieſe Unterſuchungen über die Auflöſungen wurden im Allgemeinen ſo angeſtellt; daß der aufzulöſende Körper, wenn er feſt war, zwiſchen die Schenkel der Platinzange gebracht, und in das, im Platinſchälchen befindliche, Waſſer eingetaucht wurde, oder wenn er flüſſig war, ein mit ihm getränkter Platinſchwamm zum Eintauchen angewandt ward.

Bemerkenswerthe Reſultate ergeben ſich bei Miſchung einer Säure mit einer andern Säure.

Man tränke den Platinſchwamm mit Salpeterſäure und tauche ihn alsdann in zur Hälfte ſeines Volumens mit Waſſer verdünnte Schwefelſäure; man wird ſogleich eine ſehr ſtarke elektriſche Strömung, welche von der Salpeterſäure zur Schwefelſäure geht, bemerken. Wenn die Schwefelſäure concentrirt iſt, ſo hat die Strömung gleichfalls viel Energie, aber eine andre Richtung. Hienach muß es alſo ein ſolches Gemiſch von Schwefelſäure und Waſſer geben, daß, wenn man den Platinſchwamm damit tränkt und ihn alsdann in Salpeterſäure taucht, gar keine Strömung erfolgt. Dieſes verſchiedene Verhalten hat ſeinen Grund unſtreitig darin, daß die Schwefelſäure und die Salpeterſäure auf das Waſſer nicht gleichförmige Einwirkung hat. In der That, wenn der Schwamm mit concentrirter Schwefelſäure gefüllt iſt und man ihn alsdann in Salpeterſäure taucht, ſo wirkt die Schwefelſäure alsbald mit viel Energie auf das, in der andern Säure enthaltene, Waſſer und ſodann auf die Säure ſelbſt. Nach den vorgehenden Erfahrungen müſſen daraus zwei Strömungen entſtehen: die eine, welche aus der Verbindung der Schwefelſäure und des Waſſers hervorgeht, wird ſich von erſtrer zur letztern erſtrecken und die andre von der Salpeterſäure nach der Schwefelſäure, alſo in entgegengeſetzter Richtung. Weil nun die Wirkung der Salpeterſäure aufs Waſſer die ſtärkſte iſt, ſo wird von dieſer die Richtung der Strömung abhängen; aber weil ſie in dem Maße aufhört, als die Schwefelſäure ſich mit Waſſer ſättigt, ſo ſieht man wohl ein, daß ein Augenblick eintreten wird, wo die andre Wirkung die Oberhand erhält und alsdann wird die Strömung eine andre Richtung annehmen. Das Ganze erfolgt in der Art, daß man daraus mit vieler Wahrſcheinlichkeit folgern kann, die Wirkung der Schwefelſäure auf die Salpeterſäure ſey ſehr ſchwach, ſo daß ſie lange Zeit nur das Gegengewicht gegen die Kraft abgebe, welche die Schwefelſäure in den Zwiſchenräumen des Platinſchwammes erhält; denn, wenn man den, in (mit Waſſer verdünnter) Schwefelſäure getauchten Schwamm in Salpeterſäure bringt, ſo hält die Strömung lange Zeit an, woraus hervorgeht, daß die Miſchung der beiden Säuren ſehr ſchwierig von Statten geht und daß ſie durch die capillare Wirkung des Platins auf die Schwefelſäure verzögert werde. Wenn die Salpeterſäure mit deſtillirtem Waſſer vertauſcht wird; ſo erfolgt die Miſchung augenblicklich und die Strömung verſchwindet unmittelbar darauf.

Dieſe Erfahrungen beweiſen den Nutzen metalliſcher Schwämme, um chemiſche Wirkungen zu verzögern und zu gleicher Zeit einer der beiden Elektricitäten ſich zu bemächtigen, welche in dem Augenblicke, wo jene eintreten, frei wird.

Ein mit Sauerkleeſäure getränkter Schwamm, der in Salpeterſäure getaucht wird, bringt eine Strömung hervor, welche von letztrer nach erſtrer geht.

V.

Von den el. Wirkungen, welche bei der Verbrennung und verſchiednen andern chemiſchen Vorgängen Statt haben.

Die el. Erſcheinungen, welche von der Verbrennung herrühren, ſind ziemlich ſchwer zu beobachten, weil die, bei den chemiſchen Wirkungen frei werdende El. eine ausnehmend ſchwache Spannung beſitzt. Man legt zuvörderſt auf die obere Platte des Condenſators ein Blatt Papier, welches man rollt und mit Alkohol befeuchtet, um ihm während der Verbrennung Leitungsvermögen für die El. zu ertheilen. Ohne dieſe Vorſicht würde das Papier ſchnell trocknen und kein Zeichen von El. geben. Das im Alkohol enthaltene Waſſer verleiht ihm ſeine leitende Eigenſchaft. Man zündet dies gerollte Papier an und berührt alsdann die Flamme mit einem Stück befeuchteten Holzes, um ein ſchnelleres Abfließen ihrer Elektricität in den Boden zu bewerkſtelligen; wo dann das Papier poſitive Elektricität zu erkennen giebt. Verfährt man umgekehrt, indem man das Papier mit der Hand faßt, und die Flamme in Berührung mit einem Stück feuchten Holzes ſetzt, welches auf ein, mit einer der Platten in Verbindung ſtehendes, hölzernes oder porzellanenes Schälchen gelegt iſt, ſo findet man, daß die Flamme negative El. an die Platte abgiebt. Man kann ſomit aus dieſen beiden Verſuchen ſchließen, daß bei der Verbrennung eines Papierſtücks das Papier poſitiv und die Flamme negativ el. wird. Die Verbrennung des Alkohol giebt ganz gleiche Reſultate.

Dies neue Ergebniß iſt wiederum der Hypotheſe der elektriſchen Atmoſphären günſtig. Da nämlich die von uns betrachteten Flammen Waſſerſtoff zur Baſis haben, ſo müſſen ihre Theilchen, in dem Maße als ſich dies Gas mit dem umgebenden Sauerſtoff verbindet, die umhüllenden Atmoſphären negativer El. verlieren, und der Condenſator kann alſo nur dieſe letztre El. aufſammeln, wie in der That die Erfahrung beſtätigt.

Man vermag mittelſt der El. die Veränderungen zu erkennen, welche gewiſſe Auflöſungen durch den Luftzutritt erfahren.

Geſetzt z. B. man habe Eiſen in Salpeterſäure aufgelöſt und die Flüſſigkeit ſey filtrirt worden. Tauchen wir nun zwei Platinplatten hinein; deren jede ſich mit einem der Enden des Galvanometerdrahts in Verbindung befindet, laſſen die eine derſelben in der Auflöſung, ziehen die andre zurück und tauchen ſie abermals ein. Es wird jetzt ein el. Strom entſtehen, der ſeine Richtung von der zuletzt eingetauchten Platte zur andern nimmt; d. h. letztre wird negativ el. werden. Bei umgekehrtem Verfahren würde der Strom die entgegengeſetzte Richtung verfolgt haben. Jedenfalls nimmt die Platte, welche aus der Auflöſung zurückgezogen und wieder eingetaucht wurde, die poſitive El. an.

Die friſch bereitete ſalpeterſaure Kupfer- und Bleyauflöſung zeigen ein ähnliches Reſultat; verlieren aber dieſe Eigenſchaft allmälig, ſo daß ſie nach Verlauf einiger Stunden aufhört, merkbar zu ſeyn. Das friſch bereitete ſalpeterſaure Zink zeigt nichts Aehnliches.

Man konnte vermuthen, daß der Grund der beſchriebenen Erſcheinung in den Veränderungen lag, welche durch die atmoſphäriſche Luft in der Flüſſigkeit hervorgebracht wurden, die man aus der Auflöſung herauszog. Um ſich davon zu überzeugen, mußte nachgewieſen werden, daß der nämliche Erfolg nicht in einem, mit Waſſerſtoffgas gefüllten, Raume eintrat. Man nahm eine Glasröhre von 6 Millimeter im Durchmeſſer und verſchloß eines ihrer Enden (welches beim Verſuch zu oberſt gekehrt ward) mit einem Korkſtöpſel, durch welchen man das eine, in eine Platinplatte ſich endigende, Ende des Galvanometerdrahts hindurchgehen ließ. Dieſe Röhre wurde mit Waſſerſtoffgas gefüllt und in die ſalpeterſaure Auflöſung getaucht. Die Platte reichte blos ſo tief herab, daß, wenn man die Röhre ein wenig aus der Auflöſung zurückzog, dieſe nicht mehr daran rührte. Bei dieſem Verfahren zeigte ſich kein Strom, wiewohl alle Umſtände noch die nämlichen als oben waren, abgerechnet den Zutritt der atmoſphäriſchen Luft.

Es iſt hiedurch nachgewieſen, daß die atmoſphäriſche Luft ein unumgängliches Erforderniß zur Hervorbringung des el. Stroms iſt, den man bei der Eintauchung der Platinplatten in mehrere friſch bereitete ſalpeterſaure Auflöſungen beobachtet. Welches aber iſt die Modification, die ſo augenblicklich in der Flüſſigkeit vor ſich geht, welche an der, aus der Auflöſung zurückgezogenen, Platte haften geblieben iſt? Wir können uns bis zu einem gewiſſen Grade davon Rechenſchaft geben. Die Auflöſung eines Metalls in der Salpeterſäure giebt zur Entſtehung mehrerer Verbindungen Anlaß. Nehmen wir das Eiſen. Es bildet ſich zweites Stickſtoffoxyd und kurz darauf ſalpetrige Säure, ſalpeterſaures Oxydul und ſalpeterſaures Oxyd; allmälig geht das zweite Stickſtoffoxyd in den Zuſtand der ſalpetrigen Säure über; das ſalpeterſaure Oxydul in den von ſalpeterſaurem Oxyd, und nach Verlauf einer gewiſſen Zeit bleibt in der Flüſſigkeit nur noch ſalpeterſaures Oxyd. Hiernach wird, wenn man aus der Auflöſung eine der Platinplatten zurückzieht die Flüſſigkeit, welche ſie mit ſich nimmt, angeſehen die geringe Dicke ihrer Schicht, auf der Stelle von Seiten der Luft die Veränderungen erfahren, die erſt nach mehrern Stunden in der Maſſe der Auflöſung eintreten; die Folge davon wird ſeyn, daß man beim Wiedereintauchen der Platte eigentlich zwei Flüſſigkeiten in Berührung bringt, die nicht genau dieſelben Beſtandtheile enthalten, wo dann alle Bedingungen zur Entſtehung eines Stroms vorhanden ſind.

Wenn andererſeits die ſalpeterſaure Zinkauflöſung bei Eintauchen der Platinplatten keinen ähnlichen Erfolg zeigt, obwohl dieſe Auflöſung zweites Stickſtoffoxyd und ſalpetriges Gas enthält, ſo iſt der Grund davon wahrſcheinlich darin zu ſuchen, daß, weil das Zink nur einer Oxydationsſtufe fähig iſt, ſein ſalpeterſaures Salz keine Veränderung an der Luft erfahren kann.

Die beſchriebenen Erſcheinungen laſſen ſich ſomit leicht deuten.

Wenn nämlich zwei Platinplatten in eine friſch zubereitete ſalpeterſaure Eiſenauflöſung getaucht werden, und man ſogleich eine zurückzieht, ſo daß die atmoſphäriſche Luft Zutritt zu ihr erhält, ſo oxydirt ſich das Eiſen, welches in der, ihre Oberfläche bedeckenden, Schicht ſalpeterſaurer Auflöſung enthalten iſt, und beim Wiedereintauchen müſſen ſonach die oxydirten Theile an die minder oxydirten Sauerſtoff abgeben. Dies muß dieſelbe Art der Elektriſirung für dieſe Platten mit ſich bringen, als für die Säuren bei ihrer Verbindung mit den Metallen Statt hat: auch beſtätigt dies die Erfahrung, indem der Strom von der zuletzt eingetauchten Platte ausgeht.

VI.

Erklärung verſchiedener elektrochemiſcher Erſcheinungen.

Als wir die elektromotoriſchen Wirkungen der Metalle auf das Waſſer unterſuchten, fanden wir, daß diejenigen, welche es zerſetzten, die negative El. zu erkennen gaben; die dagegen dieſe Eigenſchaft nicht beſaßen, poſitiv el. wurden. Hier ſieht man alſo, daß entgegengeſetzte Wirkungen durch Körper hervorgebracht werden, die man alle als mehr oder minder elektropoſitiv gegen das Waſſer annimmt, und dies blos vermöge des Unterſchieds, daß die einen ohne chemiſche Wirkung auf daſſelbe ſind, während es die andern zerſetzen. Dieſe Ergebniſſe ſind mit den übrigen Thatſachen, welche wir beobachtet haben, in Uebereinſtimmung. In der That, da die Erſcheinungen der Contactelektricität ſich umgekehrt als die verhalten, welche Statt haben, wenn die Berührung eine wenig intenſive chemiſche Wirkung zur Folge hat, ſo iſt es im Zuſammenhange damit, daß die Metalle, welche keiner Waſſerzerſetzung fähig ſind, poſitiv el. werden, während die leicht oxydirbaren negative El. geben, wie ſich durch die Erfahrung zeigt. Man vermag nur darum El. mit Spannung bei der Berührung des Eiſens oder des Zinks mit Waſſer anzuſammeln, weil die chemiſche Wirkung ausnehmend ſchwach iſt; denn wenn dieſe Wirkung einen gewiſſen Grad der Stärke erreicht, ſo hört der Condenſator, wie ſchon erwähnt auf, Anzeichen für die Gegenwart der ſtrömenden El. zu geben; man muß ſich dann des Galvanometers bedienen, um die Ströme bemerklich zu machen.

Man vermag die Eigenſchaften des Platins und Goldes dadurch ſehr zu ſteigern, daß man dieſe Metalle in Salpeterſäure taucht und dann wäſcht, oder auch, daß man ſie einer hohen Temperatur ausſetzt, bevor man ſie in Berührung mit dem Waſſer bringt. Die Modificationen, welche hiebei an den Oberflächen dieſer Metalle vorgehen, ſind unſtreitig die nämlichen, als die, durch welche die Verbindung des Sauerſtoffs und Waſſerſtoffs in einem detonirenden Gemenge von Seiten eines neuen Platindrahts bewirkt wird, der zuvor geglüht und dann abgekühlt oder einige Augenblicke hindurch in eine Säure getaucht worden iſt. (S. Th. I. S. 341. Anm.). Das Platin oxydirt ſich zwar nicht merklich in freier Luft; doch wäre es wohl möglich, daß eine geringe unmerkliche Oxydation deſſenungeachtet auf ſeiner Oberfläche dadurch bewirkt würde. In dieſem Fall könnte die Salpeterſäure dadurch wirkſam werden, daß ſie die ausnehmend dünne Oxydſchicht, welche ſich gebildet, auflöſte, die Glühhitze dadurch, daß ſie dieſelbe reducirte. Es könnte auch wohl ſeyn, daß die Säure oder das Feuer nur durch Zerſtörung der fremden Körpertheilchen wirkſam würden, welche ſich gewöhnlich an die Oberfläche aller Körper anhängen. Nach beiden Annahmen würde das Platin durch ſolche Vorbereitung in den geeignetſten Zuſtand gebracht werden, um ſeine el. Effecte auf das Waſſer merklich zu äußern.

Wir vermögen jetzt nach der neuen elektrochemiſchen Theorie uns Rechenſchaft von der ſchönen Entdeckung zu geben, die Davy neuerlich gemacht hat, das Kupfer, welches zum Beſchlagen der Schiffe dient, vor der zerfreſſenden Wirkung des Meerwaſſers zu ſchützen.

Dieſer berühmte Chemiker hat gefunden, (Annales de Chim. et de Phys. tom. XXVI, p. 89.), daß ein erbſengroßes Stück Zink vollkommen hinreicht, vierzig bis funfzig Quadratzoll Kupfer im Meerwaſſer vollkommen unverſehrt zu erhalten, und das, an welche Stelle es auch gebracht wird.

Folgendes iſt die Erklärung, die er nach ſeiner Theorie hievon giebt: das Kupfer, iſt ein in der elektrochemiſchen Reihe ſchwach poſitives Metall, es kann alſo auf das Meerwaſſer nur wirken, inſofern es ſich in einem poſitiven Zuſtande befindet; wenn man es mithin leicht negativ machte, ſo könnte das Meerwaſſer keine zerfreſſende Wirkung mehr darauf äußern.

Dieſe Erklärung iſt, wenn man Davy's Theorie annimmt, ſehr natürlich; jedoch erfordert ſie einige nähere Beſtimmung, um ſie mit der Erfahrung in Uebereinkunft zu bringen. Zuvörderſt äußert das Kupfer bei ſeiner Berührung mit dem Meerwaſſer keine poſitive El.; wir haben vielmehr gefunden, daß es negativ el. wird; da jedoch eine chemiſche, allerdings nur ausnehmend ſchwache, Wirkung Statt hat, und hier die elektriſchen Effecte die umgekehrten von denen ſind, welche man im Fall bloßer Berührung ohne chemiſche Wirkung wahrnimmt, ſo folgt, daß die Molecule des Kupfers ſich eigentlich wirklich elektropoſitiv zu denen des Meerwaſſers verhalten, und dem Condenſator negative El. abgeben müſſen, nach Ampère's Theorie, welche el. Atmoſphären um die Atome annimmt. Berührt man nun das Kupfer mit einem elektropoſitiven Metall, wie dem Zink, ſo wird es bekanntlich negativ; es befindet ſich alſo dann in einem geeigneten Zuſtande, die Molecule des Meerwaſſers zurückzuſtoßen, welche ſelbſt elektronegativ ſind; auch wird ſo eine chemiſche Vereinigung unmöglich gemacht.

„Es bleibt jetzt noch eine Schwierigkeit zu erklären übrig. Wie können die Molecule eines Körpers bald die Rolle elektronegativer, bald die elektropoſitiver Elemente gegen verſchiedene Körper ſpielen? Ampère löſt dieſe Schwierigkeit folgendergeſtalt: Wenn man ſagt, daß ein Molecul elektropoſitiv iſt, behauptet man damit nicht, daß es nur poſitive El. enthält, ſondern blos, daß es mehr poſitive als negative El. beſitzt: übrigens aber mit neutralem Fluidum, gleich allen Körpern verſehen iſt. Wenn mithin zwei elektropoſitive Theilchen in die Wirkungsſphäre von einander kommen, ſo wird das nämliche eintreten können, als bei der Erſcheinung, wo die Abſtoßung ſich in Anziehung verwandelt: das Molecul, welches minder poſitiv iſt, wird ſich dann als ein elektronegatives Element verhalten. Die Gränzen dieſes Werks verſtatten nicht, uns ausführlicher über dieſe Erklärung zu verbreiten, welche nicht frei von Einwürfen iſt. Berzelius, welcher annimmt, daß die Atome der Körper jedes zwei el. Pole beſitzen, welche durch die Wärme verſtärkt zu werden vermögen, und deren ungleiche Intenſität Urſach der verſchiednen Stärke iſt, mit welcher ſich ihre Verwandtſchaften äußern, erklärt durch dieſe Anſicht, wie ein Körper in einer Verbindung als elektropoſitiv, in einer andern als elektronegativ auftreten kann. Allein dieſe Theorie vermag keine Rechenſchaft von den Thatſachen, die wir beobachtet haben, zu geben. Damit ſie dies könnte, wäre anzunehmen erforderlich, daß der el. Zuſtand jedes Pols bleibend ſey, und daß jedes Atom eines Körpers mit el. Atmoſphären umgeben iſt, welche durch die Atmoſphären der Atome des Körpers, mit dem ſich jener verbindet, neutraliſirt zu werden vermöchten. Durch eine ſolche Vereinigung der Berzeliusſchen Theorie mit der Ampèreſchen laſſen ſich viele Schwierigkeiten heben. Die el. Polarität in den Atomen iſt um ſo annehmbarer, je mehr ſie durch die Polarität gerechtfertigt ſcheint, welche gewiſſe Mineralſubſtanzen durch die Wärme erlangen, und welche in den geringſten Theilchen dieſer Subſtanzen, Berzelius Bemerkung zufolge, vorhanden ſeyn muß. Die el. Erſcheinungen, welche wir beim Zerklüften der kryſtalliſirten Subſtanzen beobachtet haben, kommen der Hypotheſe, daß die Körperatome zwei Pole beſitzen, noch mehr zu Hülfe: denn wenn zwei Blätter, die man von einander trennt, zwei verſchiedene el. Zuſtände zeigen, ſo ſetzt dies zwei entgegengeſetzte Zuſtände in den einander gegenüber gelegenen Facetten der Molecule voraus.

VII.

Vom Maß der chemiſchen Wirkung durch die elektriſchen Erſcheinungen, die ihre Folge ſind.

Wir wollen jetzt verſuchen, eine gewiſſe Beziehung zwiſchen dem Grade der Stärke feſtzuſetzen, mit welchem zwei Körper ſich verbinden und der Quantität oder Art von El., welche während der chemiſchen Wirkung frei wird.

Der folgende Verſuch wird uns als Führer bei dieſen Unterſuchungen dienen. Wenn man ſucceſſiv in die concentrirte Salpeterſäure die beiden gleich blank gemachten (decapés) Enden eines Kupferdrahts taucht, ſo verhält ſich das zuerſt eingetauchte Ende poſitiv zum andern, ſo daß, wenn jedes derſelben mit einem der Enden eines Galvanometerdrahts in Verbindung ſteht, der el. Strom in ihm die Richtung vom zuerſt eingetauchten Ende nach dem andern zeigt.

Zu der Zeit, wo Oerſted dieſen Verſuch zu Paris bekannt machte, gelangten wir zu dem nämlichen Ergebniß durch unſre elektrochemiſchen Unterſuchungen. Wir wußten es anfangs nicht mit der Annahme, die damals noch bei uns feſt ſtand, daß bei der Wirkung einer Säure auf ein Metall die Säure immer poſitive El. zu erkennen giebt, in Uebereinſtimmung zu bringen. Denn der Erfolg hätte hienach entgegengeſetzt ſeyn müſſen, weil, wenn jedes Ende negative und die Säure poſitive El. annahm, als Endreſultat eine Differenz elektriſcher Effecte eintreten mußte, in deren Folge die ſtärker angegriffene Seite negativ geworden wäre. Da wir aber nachher gefunden haben, daß der el. Zuſtand der Säuremolecule oft von dem Grade der Concentrirung dieſer Säure abhängt, ſo fällt die Erklärung der Erſcheinung, die wir als eine Anomalie betrachtet hatten, jetzt leicht. Taucht man nämlich ſucceſſiv in concentrirte Salpeterſäure die beiden Enden eines Kupferdrahts, ſo läßt jedes dieſer Enden eine Quantität poſitiver El. entweichen, welche unſtreitig der Stärke proportional iſt, mit der die chemiſche Wirkung erfolgt: das zuerſt eingetauchte wird alſo die meiſte zu erkennen geben, es wird ſich wirklich als poſitiver Körper gegen das andre verhalten, welches eine geringere

Quantität davon fahren läßt: letztere wird ſich ſchnell durch die negative El. neutraliſirt finden, welche die Säure während ihrer Wirkung auf das eine und das andre Ende hervorgebracht hat, das zuletzt eingetauchte Ende wird ſonach einen Theil der negativen El. der Säure fortpflanzen.

Wir haben gefunden, daß, wenn die Salpeterſäure mit Waſſer verdünnt war und man ſucceſſiv die beiden Enden eines Kupferdrahts hineintauchte, das zuerſt eingetauchte ſich hingegen negativ zum andern verhielt. Dieſes Ergebniß findet ebenfalls ſeine Erklärung durch die oben auseinandergeſetzten Thatſachen, zufolge deren das Kupfer, wenn es in, mit Waſſer verdünnte, Salpeterſäure getaucht wird, die negative El. annimmt, ſo daß im Fall der concentrirten, wie der mit Waſſer verdünnten, Säure der el. Strom ſich nach der nämlichen Richtung bildet, als wenn zwiſchen dem Kupfer und der Säure nur auf der Seite Wirkung Statt fände, auf welcher die chemiſche Wirkung am ſtärkſten iſt.

Gehen wir von dem Princip aus, daß, wenn eine concentrirte Säure ungleich auf beide Enden eines Metalldrahts wirkt, der dadurch bedingte el. Strom vom ſtärker angegriffenen Ende zum andern geht, und machen davon die Anwendung, um zu beſtimmen, welche von zwei Säuren, wie Salzſäure und Salpeterſäure, ein Metall, z. B. das Zink lebhafter angreift. Nehmen wir zwei Platinſchälchen, gießen in das eine Salpeterſäure, in das andre Salzſäure, ſetzen dann die beiden Flüſſigkeiten durch eine Platinplatte in Verbindung, um einen ununterbrochenen Umlauf hervorzubringen und die elektromotoriſchen Wirkungen der beiden Säuren auf die Platingefäße aufzuheben; tauchen wir jetzt zu gleicher Zeit in jedes der Schälchen eine vollkommen blanke Zinkplatte, um ſie dem Verſuch im nämlichen Zuſtande zu unterwerfen: im Augenblick des Eintauchens wird man einen el. Strom haben, der von der Salzſäure zur Salpeterſäure geht: die el. Erſcheinungen ſind mithin unter dieſen Umſtänden die nämlichen als bei den Verſuchen, wo wir die Salpeterſäure ungleich auf die beiden Enden eines Kupferdrahts wirken ließen. Die Salzſäure verhält ſich wie die Salpeterſäure, welche die ſtärkere chemiſche Wirkung äußerte; und wir glauben aus dieſer Vergleichung zu der Folgerung berechtigt zu ſeyn, daß die concentrirte Salzſäure das Zink ſtärker angreift, als die ebenfalls concentrirte Salpeterſäure.

Wir fanden ſo, daß die Salzſäure auch ſtärker auf das Kupfer, das Eiſen und das Zinn wirkt, als die Salpeterſäure.

Kann aber wohl die Stärke, mit der eine Säure auf eine Baſe wirkt, zum Maß ihrer gegenſeitigen Verwandtſchaft dienen? dieſe Frage läßt ſich jetzt noch nicht entſcheiden. Blos ſoviel läßt ſich einſehen, daß eine ſehr genaue Beziehung zwiſchen dieſen beiden Umſtänden obwalten muß; weil aller Wahrſcheinlichkeit nach die Moleküle einer Subſtanz ſich um ſo ſchneller nach denen einer andern hinbegeben müſſen, je mehr Verwandtſchaft zwiſchen ihnen Statt findet; ſo daß ſich ſonach von den obigen Reſultaten einige ſichere Beſtimmungen über das Maß der Verwandtſchaft erwarten laſſen.

Ueber die, durch capillare Thätigkeit hervorgehenden, elektriſchen Erſcheinungen von Becquerel.

In ſo fern es ſich als erwieſen anſehen läßt, daß der Grund der Erſcheinungen der Capillarität in der Anziehung unendlich kleiner Theile auf geringe Entfernungen liegt, konnte man die Vermuthung faſſen, daß im Augenblicke, wo ſie eintreten, auch elektriſche Strömungen aufzufinden ſeyn möchten, da ſolche die von gleichen Urſachen herrührende chemiſche Wechſelwirkung begleiten. Wirklich findet ſich dieſe Vermuthung durch nachſtehende Verſuche beſtätigt.

Bei gegenwärtigem Zuſtande der Wiſſenſchaft vermögen wir noch nicht die, von der gegenſeitigen Anziehung der Flüſſigkeit unter ihren Theilen herrührenden, elektriſchen Erſcheinungen von denjenigen zu unterſcheiden, welche aus der Anziehung der Flüſſigkeit auf den Körper, der die Haarröhrchen-Erſcheinung giebt, hervorgehen; wir werden uns daher begnügen müſſen, die elektriſche Strömung, welche durch die vereinte Wirkung beider Anziehungen entſteht, zu betrachten.

Eine, für den Erfolg der Verſuche weſentliche, Bedingung iſt die, nur Subſtanzen anzuwenden, welche hinlängliche Leiter der Elektricität ſind, daß die Strömung der beiden Elektricitäten frei Statt finden könne. Glas iſt alſo zu verwerfen. Wir werden uns deshalb nicht mit der Erhebung der Flüſſigkeit in Röhrchen von dieſer Subſtanz beſchäftigen können. Aber wir haben den Platinſchwamm (durch Glühen von ſalzſaurem Ammoniumplatin zu gewinnen) und die Kohle, welche ſich beide durchaus zu Unterſuchungen dieſer Art eignen. Wir wollen unſre Unterſuchungen mit dem Platinſchwamm beginnen.

Man gieße irgend eine Säure, z. B. Salzſäure, welche durch ihr fünfzigfaches Gewicht deſtillirtes Waſſer verdünnt iſt, in die Platinſchale, welche mit einem der Enddrähte des Multiplicators in Verbindung ſteht und tauche in dieſelbe einen Platinſchwamm, der von einer ebenfalls aus Platina verfertigten Zange gehalten wird, welche an das andre Ende des Drahtes gelöthet wird. (Dieſer

Schwamm iſt ſorgfältig vorgeglühet, um keine fremdartigen Theile zu enthalten). In demſelben Augenblicke nun wird eine elektriſche Strömung eintreten, welche vom Schwamme nach der Säure geht, deren Richtung alſo der Strömung entgegengeſetzt iſt, welche man in dem Falle erhalten haben würde, wenn die Säure das Metall angegriffen hätte. In dem Maße aber, als die Zwiſchenräumchen ſich mit Flüſſigkeiten füllen, wird ſich die Intenſität der Strömung vermindern und es wird ein Augenblick eintreten, wo ſie durchaus aufhört, nämlich dann, wenn der Platinſchwamm alle Flüſſigkeit, welche er aufnehmen kann, in ſich geſogen hat. Bei Anwendung von concentrirter Säure iſt die Strömung weniger lebhaft.

Bisweilen tritt der Fall ein, daß die elektriſche Strömung von der Säure nach dem Metalle zu geht, welches ohne Zweifel davon herrührt, daß in dem Platinaſchwamme Theilchen enthalten waren, welche von der Säure angegriffen werden konnten. Vielleicht hängt es auch von Umſtänden ab, die wir bis jetzt noch nicht haben bemerken können.

Wendet man Salpeterſäure ſtatt der Salzſäure an, ſo zeigen ſich die elektriſchen Erſcheinungen allerdings auch; aber ſie ſind weniger beſtimmt; die concentrirte Säure giebt in dieſem Falle die lebhafteſte Strömung.

Hat ein Platinſchwamm bei einem Verſuch ſeine Dienſte geleiſtet, ſo muß man ihn einige Zeit lang in ein, mit deſtillirtem Waſſer gefülltes, Gefäß hängen und muß dieſes oft erneuern, um die Säure zu entfernen; zuletzt wendet man die Hitze des Löthrohres an, um alle Flüſſigkeit zu entfernen.

Es iſt gut, den Schwamm zur Hälfte mit einem ſehr dünnen Platinblättchen zu umwickeln, welches, indem es ihn an vielen Puncten berührt, die Circulation des elektriſchen Stromes erleichtert.

Außer dem Platinſchwamm eignet ſich zu Verſuchen dieſer Art beſonders gut recht trockne Kohle. Man nehme ein erbſengroßes Stück davon, umwickle es zur Hälfte mit einem kleinen Streifen von Filtrirpapier, welches man wieder mit einem dünnen Platinblättchen bedeckt; ſo zubereitet bringe man es in die Platinzange und tauche es in die, in dem Platinſchälchen befindliche, Salpeterſäure, ſo wird man eine elektriſche Strömung haben, welche von der Säure zur Kohle geht. Beim Eintauchen in verdünnte Schwefelſäure geht die Strömung ebenfalls von der Säure nach der Kohle.

Die, durch capillare Thätigkeit der Säure auf die Kohle erfolgende, el. Strömung hält lange Zeit an, ſie dauert bisweilen zwölf Stunden, nimmt aber allmälig an Intenſität ab. Dieſes rührt ohne

Zweifel daher, daß die Kohle eine gewiſſe Zeit braucht, um alle Flüſſigkeit, welche ſie aufnehmen kann, zu abſorbiren.

Zum Schluſſe dieſes Abſchnitts wollen wir ein Mittel angeben, um das Verhältniß der capillaren Erſcheinungen zu beſtimmen. Angenommen, man wolle wiſſen, wie ſich zwei Säuren in Beziehung auf einen hineingetauchten Platinſchwamm verhalten; ſo befeſtige man an jedes Ende des Multiplicatordrahtes einen Platinſchwamm; die beiden Schwämme ſeyen ſich ſo gleich als möglich. Dann nehme man zwei kleine Platingefäße, ſetze ſie auf ein Blech von demſelben Metall, gieße alsdann in das eine Säure, in das andre eine andre Säure, tauche darauf zu gleicher Zeit einen jeden Schwamm in eines der Gefäße, ſo findet meiſtens eine elektriſche Strömung Statt, welche von dem Gefäße, wo die Wirkung die ſtärkſte iſt, nach dem andern geht; und man ſieht hieraus, an welcher Seite die capillare Kraft die meiſte Energie hatte. Indem man auf dieſe Weiſe verfährt, findet man, daß eine ſtärkere capillare Wirkung auf das Platin von Seiten der Salzſäure als von Seiten der Salpeterſäure Statt findet.

Ueber den Urſprung der Rückenmarksnerven in Bezug auf die Zuſätze. II. Th. 348.

Ich habe im 2ten Theile S. 354 auf die Analogie der Nerven mit Verbindungsdrähten der Voltaiſchen Säule aufmerkſam gemacht. Es fehlte jedoch zur Vollendung dieſer Analogie noch ein wichtiges Element, nämlich die Nachweiſung, daß derſelbe Nerv ſeine Endigungen an zwei verſchiednen Subſtanzen, der grauen und weißen hätte; und ich ſagte, die anatomiſchen Unterſuchungen wären in dieſem Bezug noch nicht hinlänglich weit gediehen. Dem erſten Anſchein nach ſcheinen zwar die meiſten Nerven blos von der weißen Subſtanz zu entſpringen, und früher war dies auch allgemeine Annahme. Gall und Keuffel indeß verſicherten, die Nervenurſprünge bis durch die weiße Subſtanz des Rückenmarks hindurch zur grauen verfolgt zu haben; ohne aber anzugeben, ob ſie wirklich ſämmtliche Nervenurſprünge, oder blos einen Theil derſelben bis dahin verfolgt hatten, und der Mangel einer ſolchen ſpeciellen Angabe ließ ſomit eine ſehr bedeutende Ungewißheit in dieſer Hinſicht zurück; zumal wenn man die Schwierigkeiten erwägt, welche die Struktur des Rückenmarks ſeiner Unterſuchung entgegenſetzt.

Ueberraſchend war mir daher, die anatomiſche Beſtätigung der oben ausgeſprochenen, Anſicht in einem neuern Werke von Bellingheri zu finden, der das Rückenmark vier Jahre hindurch zum Gegenſtand ſehr ſorgfältiger Unterſuchungen gemacht hat. (De medulla spinali nervisque ex ea prodeuntibus annotationes anatomico-physiologicae auctore Carolo Francisco Bellingheri. Augustae Taurinorum. MDCCCXXIII). Da der erwähnte Umſtand im Bezug auf die phyſikaliſche Erklärung phyſiologiſcher Functionen von höchſter Wichtigkeit iſt, und da das genannte Werk in Weniger Händen ſeyn dürfte, ſo nehme ich keinen Anſtand, die wichtigſte, hieher gehörige Stelle, daraus wörtlich beizufügen, wiewohl ſie nur dem, in der Anatomie Bewanderten, verſtändlich ſeyn dürfte. Sie findet ſich pagina 49 et sequ.

„Indicata methodo auferendi piam matrem, conspicitur, quomodo se habeat nervorum origo; cernuntur enim filamenta radicum anteriorum nervorum spinalium, partim exoriri a fasciculis anterioribus medullae spinalis, et quidem filamenta aliqua nervea directe secedunt a superficie medullae spinalis atque ex ipsius substantia albida, subeunt piam matrem et involucrum ab ipsa recipiunt; alia vero filamenta nervea per canaliculum, a pia matre suppeditatum, profunde descendunt in substantiam albidam medullae, et fortasse nonnulla usque ad cineream substantiam perveniunt; filamenta ista (unter ista verſteht der Verfaſſer die letztern) dirumpuntur avellendo piam matrem; prima vero filamenta, ablata etiam pia matre, medullae quandoque adhaerent, praesertim si pia mater auferatur prima methodo in capite antecedenti indicata. Talia (die einen) igitur filamenta exoriuntur directe a substantia albida medullae spinalis, non vero a cinerea. Alia (die andern) filamenta radicum anteriorum, quae nempe media sunt in dictis radicibus, in regione scissurarum collateralium anteriorum, per canaliculum, a pia matre efformatum, alte penetrant in substantiam medullae et fortasse usque ad contactum cornuum anteriorum substantiae cinereae perveniunt; directe enim coram istis posita sunt. Sunt denique filamenta alia radicum anteriorum, quae filamenta magis in latere externo medullae posita sunt, quaeque, auferendo piam matrem, conspiciuntur exoriri a fasciculis lateralibus medullae; ita tamen ut horum aliqua, per canaliculum piae matris, intime substantiam medullae subintrent, alia vero directe secedant a superficie medullae, nempe ex ipsius substantia albida, a qua exoriuntur, et dein piam matrem subeunt, et primum involucrum ab ipsa recipiunt; atque filamenta ista medullae quandoque adhaerent, postquam ablata fuit pia mater, prima methodo, in capite antecedente indicata.“

„Piam matrem avellendo haec observantur quoad originem

radicum posteriorum: nempe filamenta ea, quae prodeunt directe a sulcis collateralibus posterioribus, quoties dicti adsunt sulci, canaliculum recipiunt, a pia matre suppeditatum, penetrant in sulcos collaterales posteriores, et perveniunt usque ad contactum cornuum posteriorum substantiae cinereae. si vero dicta cornua producantur usque ad peripheriam medullae, tunc memorata fila primigenia radicum posteriorum directe secedunt a cornubus posterioribus, subeunt piam matrem, et involucrum ab ipsa recipiunt. Observantur alia filamenta dictarum radicum, quae a fasciculis posterioribus enascuntur, alia vero a fasciculis lateralibus medullae, sed admodum prope sulcos collaterales posteriores: horum omnium filamentorum origo duplici modo varia, ut supra dictum est de filamentis radicum anteriorum; aliqua nempe canaliculum subintrant, a pia matre efformatum, et sic profunde penetrant in substantiam medullae, et, dum aufertur pia mater, dirumpuntur dicti canaliculi, et superius descripta punctula relinquunt in superficie medullae; alia vero filamenta nervea, tum a fasciculis posterioribus, tum a lateralibus exorientia, directe secedunt a superficie substantiae albidae medullae spinalis, subeunt piam matrem, et primum involucrum ab ipsa recipiunt; filamenta ista adhaerent quandoque superficiei medullae, praesertim quum methodo supradicta pia mater evellitur."

„Ex his igitur, quae dicta sunt, patet, duplici modo fieri originem filamentorum nerveorum radicum anteriorum et posteriorum; sunt nempe quaedam filamenta, quae a superficie medullae exoriuntur, et quidem ab ipsius substantia albida vel medullari; sunt alia, quae originem habent in intima parte ipsius medullae, quorum nonnulla a substantia albida, alia vero a cinerea substantia enascuntur, quemadmodum id manifestum est in radicibus posterioribus. Immerito igitur Gall adseruit et demonstrare adgressus est, omnia filamenta nervea, etiam in medulla spinali, a cinerea substantia enasci."

Ueber magnetiſche oder analoge Wirkungen, welche in allen Körpern durch den Einfluß elektriſcher Ströme erzeugt werden, von Becquerel.*) In Bezug auf Th. III. S.

Da Coulomb eine Wirkung der entgegenſtehenden Pole zweier ſtarken Magneten auf alle Naturkörper wahrgenommen hatte, ſo verſuchte nun Becquerel die Wirkung des Schweiggerſchen Multiplicators, d. i. eines ſehr kräftig wirkenden elektriſchen Stroms auf dieſelben. Trotz der unbeſtreitbaren Verwandtſchaft beider Kraftäußerungen zeigten ſich einige bemerkenswerthe Verſchiedenheiten in der Wirkung.

Die zu prüfenden Körper wurden, nachdem ihnen im Allgemeinen die Geſtalt einer Nadel gegeben, (doch nicht mittelſt eiſerner Werkzeuge) in den Windungen des Multiplicators nach Art einer Magnetnadel aufgehangen.

Eine Nadel aus weichem Eiſen dreht ſich hiebei augenblicklich in eine auf die Windungen des Drahtes ſenkrechte Richtung, wie eine gewöhnliche Magnetnadel; eben ſo eine, mit feinen Feilſpänen von weichem Eiſen gefüllte, kleine Patrone. Eine kleine Patrone dagegen mit Eiſendeutoxyd gefüllt ſtellt ſich in eine, mit den Umkreiſen des Drahtes parallele, Richtung. Dieſe, unter dem Einfluſſe des el. Stroms ſich entgegengeſetzt verhaltenden, Subſtanzen zeigten aber das nämliche Verhalten, zwiſchen die beiden entgegengeſetzten Pole eines ſtarken Magneten gebracht; denn ſie ſtellten ſich beide in die Richtung dieſer Magnete.

Auf Nadeln von Kupfer, Holz und Gumilack ſcheint der el. Strom eben ſo zu wirken, wie auf die, mit Eiſendeutoxyd gefüllte, Patrone, nur in viel geringerm Grade. Störungen durch den Luftzug müſſen ſorgfältig vermieden werden, um hier das Reſultat zu erhalten.

Prüft man die dem Strom ausgeſetzten Subſtanzen durch einen hingehaltenen Magnet; ſo verhält ſich die Nadel von weichem Eiſen gerade wie eine durch Vertheilung wirklich magnetiſch gewordene Nadel. Hält man einen Pol eines Magnets an die mit dem Deutoxyd gefüllte kleine Patrone, ſo ſieht man, daß dieſer Pol auf alle Puncte, die auf einer und derſelben Seite des Galvanometers liegen, gleichmäßig einwirkt. Mit dem entgegengeſetzten Pole erhält man die entgegengeſetzte Wirkung. Alſo aller Südmagnetismus wird auf der einen, und aller Nordmagnetismus auf der andern Seite ſeyn, und der Durchſchnitt der Patrone, welcher keinen freien Magnetismus enthält, wird ſich in der Ebene befinden, welche durch ſeine Axe ſenkrecht auf die Grundfläche des Apparats gelegt werden kann.

---

*) Ausgezogen aus Schweigg. Journ. 1824 XII. S. 439. Urſprünglich in den Annales de Chimie et de Physique Tom XXV. Mars 1824. S. 269.

Ueber die Wirkung des Magnets auf die Nadeln aus anderweiten Subſtanzen, wenn ſie dem Einfluß des el. Stroms ausgeſetzt waren, hatte **Becquerel** noch keine beſtimmte Reſultate finden können.

Ueber den Transverſalmagnetismus.

Die hieher gehörigen Unterſuchungen ſind von **Prechtl** angeſtellt und die Reſultate derſelben von mir aus **Schweiggers** Journ. J. 1822. S. 399 und ff. nebſt Bemerkungen aus **Pfaffs** Elektromagnetismus entlehnt worden. Sie ſind auch ohne den noch hypothetiſchen Bezug, den der Verfaſſer ihnen zu einer Theorie des Elektromagnetismus unterlegt, für ſich intereſſant genug, um unter den neuen Bereicherungen der Wiſſenſchaft mit aufgeführt zu werden. Die, zu dieſem Abſchnitt gehörige, Figuren ſind auf Taf. XII. Bd. III. enthalten.

Erſtens. Wenn man einen geradlinigen Eiſendraht nimmt, und das eine Ende deſſelben einem magnetiſchen Pole gegenüber hält; ſo wird er, wie bekannt, magnetiſirt, oder ſeine beiden Enden bilden magnetiſche Pole von einer gewiſſen Intenſität. Unter gleichen Umſtänden iſt die Intenſität dieſer Polariſirung größer in einem völlig geraden Drahte, als in einem ſolchen, der in ſeiner Länge mit Winkeln und Ungleichheiten verſehen iſt.

Zweitens. Richtet man einen Eiſendraht dergeſtalt zu, daß ſeine beiden Enden durch Zuſammenſchweißen im Feuer feſt mit einander verbunden werden und magnetiſirt man denſelben auf die nachfolgende Art; ſo erhält man einen **Magnet ohne Ende**, der in ſich ſelbſt zurückgeht, und auf deſſen Peripherie die ungleichnamigen Pole abwechſelnd auf einander folgen.

Drittens. Giebt man einem ſolchen Eiſendrahte die kreisrunde Form ſo genau wie möglich, und hängt man ihn vertical auf; ſo findet man, indem man ihn mittelſt einer ſehr kleinen Magnetnadel unterſucht, daß ſein untrer Theil den Nordpol, der obere aber den Südpol (nach der deutſchen Bezeichnungsart?) angenommen hat (durch vertheilende Wirkung des Erdkörpers). Berührt man irgend einen Punct eines ſolchen kreisförmigen Ringes einige Zeit mit einem Pole eines Magneten; ſo findet man gleichfalls, daß dieſer Ring dergeſtalt magnetiſirt iſt, daß ſeine Peripherie zwei ungleichnamige Pole, die ſich nach dem Durchmeſſer entgegengeſetzt ſind, darſtellt, wie man in Fig. 18 Taf. XII ſieht. In den Puncten ii iſt Indifferenz. Zuweilen geſchieht es, daß die ungleichnamigen Pole ſich von 90° zu 90° feſtſetzen. Dann liegen die Indifferenzpuncte in iiii Fig. 19.

Viertens. Wenn ein Magnet ohne Ende in eine viereckige Form gebogen wird, wie Fig. 20, und man magnetiſirt ihn, indem man die ungleichnamigen Pole eines Magneten an zwei Winkel deſſelben, a und b, anſetzt; ſo ſind dadurch alle vier Winkel in der Art magnetiſirt, daß die ungleichnamigen Pole abwechſelnd auf einander folgen, wie man in Fig. 20 ſieht. Iſt der Magnet, den man zum Magnetiſiren braucht, ſtark genug, und der Eiſendraht ſehr weich und gleich; ſo tritt dieſe magnetiſche Dispoſition ſchon dann ein, wenn auch nur Ein Winkel des Magnets ohne Ende durch einen magnetiſchen Pol berührt wird, z. B. der Winkel b.

Fünftens. Giebt man einem Magneten ohne Ende die Form eines Achtecks, wie in Fig. 21, und verfährt man, wie vorher, d. h. ſetzt man die ungleichnamigen Pole eines Magneten an die beiden Winkel a, b; ſo erfolgt dieſelbe magnetiſche Dispoſition wie vorher, nämlich an den Winkeln folgen die ungleichnamigen Pole abwechſelnd auf einander, oder auf jeden Nordpol folgt ein Südpol und umgekehrt. Dieſes iſt der Fall bei jedem Polygone. Wenn man in der Fig. 21 dieſe magnetiſche Dispoſition durch die Lagen von Magnetnadeln bezeichnet; ſo ſieht man, daß die Hälfte dieſer Nadeln ihre Richtung nach Rechts, und die andre Hälfte ihre Richtung nach Links hat.

Dieſe Thatſachen beweiſen, daß die magnetiſche Polariſirung eine Tendenz beſitzt, ſich in der geraden Linie zu etabliren, und man ſieht, daß beim vieleckigen Magnete ohne Ende eine einzige magnetiſche Impulſion auf einen einzigen Punct ſeiner Peripherie hinreicht, um eine Menge ungleichnamiger Pole hervorzubringen, welche abwechſelnd auf einander folgen.

Sechstens. Die in Fig. 21 angedeutete Dispoſition der Magnetnadeln bezeichnet die Elementarwirkung jeder einzelnen Seite des Polygons, indem jede ſolche Seite einen Linearmagneten vorſtellt. Jedoch kann dieſe Elementarwirkung nur dann für ſich beobachtet werden, wenn die Seiten des Polygons eine bemerkbare Länge haben, ſo daß eine ſehr kleine Magnetnadel nach der Wirkung der getrennten Pole einer Seite folgen kann. Nehmen wir an, 1) dieſe Linearmagneten, welche die Seiten des Polygons bilden, ſeyen ſehr klein, welches der Fall ſeyn wird, wenn der Durchmeſſer des Polygons ſehr klein iſt, oder wenn die Zahl ſeiner Seiten ſehr groß iſt, oder, was auf Eins hinausläuft, wenn das Polygon von einem endlichen Durchmeſſer ein Kreis wird; 2) oder daß die Länge der Magnetnadel, welche zur Unterſuchung dient, in Verhältniß zur Länge einer Seite des Polygons ſehr groß ſey: dann kann dieſe Elementarwirkung der Seiten des Polygons nicht mehr beobachtet werden, ſondern es tritt nunmehr auf die Nadel die combinirte Wirkung aller Polaritäten ein, welche auf jenen Seiten des Polygons vertheilt ſind, die über dem, mit der Nadel parallelen, Durchmeſſer deſſelben liegen. Durch dieſe combinirte Wirkung zeigt die Nadel eine ſcheinbare Diſpoſition der Polaritäten in dem Magnet ohne Ende.

Es findet dieſes ganz auf dieſelbe Weiſe Statt, wenn man eine Reihe Magnete mit ihren ungleichnamigen Polen aneinander legt, wie Fig. 24 dieſes vorſtellt. Dieſe Magnete liegen einer an dem andern, ſo, daß die ungleichnamigen Pole ſich berühren und nach der Länge ab abwechſelnd auf einander folgen. Unterſucht man dieſes magnetiſche Syſtem mittelſt einer ſehr kleinen Magnetnadel, ſo wird man alle einzelnen Elementarwirkungen beobachten, wie dieſes in der Figur vorgeſtellt iſt. Wendet man aber eine Magnetnadel an, deren Länge der Länge ab gleich iſt, oder ſie übertrifft; ſo nimmt dieſe Nadel eine conſtante Richtung an, welche durch die combinirte Wirkung aller Pole ſollicitirt, und durch die Beſchaffenheit der beiden äußerſten Pole dieſes magnetiſchen Syſtems beſtimmt iſt. Dieſe, durch die Nadel mn angezeigte, magnetiſche Diſpoſition iſt jedoch nur ſcheinbar, und man würde irren, wenn man daraus ſchließen wollte, daß ein Syſtem ab ein gewöhnlicher Magnet ſey mit den beiden Polen am Ende und dem Indifferenzpuncte in der Mitte. Nehmen wir an, die Linie ab ſey ſehr klein; dann wird es unmöglich, die partiellen Wirkungen zu beobachten, und man muß ſich mit der Beobachtung der Geſammt- oder ſcheinbaren Wirkung begnügen.

Siebentens. Man ſieht nun leicht, wie ſich der Magnet ohne Ende in Beziehung auf die Diſpoſition der Magnetnadel rings um ſeine Peripherie für den Fall verhalten müſſe, als die Länge der Seiten des Polygons im Verhältniß zur Länge der Unterſuchungsnadel ſehr klein wird. In der Fig. 22 wird die Nadel mn durch die Pole NS NS = NS, die Nadel op durch die Pole NS NS = NS, die Nadel qr durch die Pole NS NS = NS, die Nadel st durch die Pole NS NS = NS ſollicitirt. Die Magnetnadel behält daher immer dieſelbe Richtung rings um die Peripherie des Polygons, was immer auch dann der Fall ſeyn wird, wenn das Polygon eine unendliche Zahl von Seiten hat, oder ein Kreis iſt, wie in Fig. 23, ſo daß es hienach ſcheint, als würde die Magnetnadel durch eine rings um die Peripherie nach Einer Richtung gehende Strömung getrieben.

Achtens. Eine Reihe von Magneten ohne Ende auf derſelben

Axe ſenkrecht bildet den Transverſalmagneten, d. i. in dem Transverſalmagneten iſt jede, auf ſeine Axe ſenkrechte, Durchſchnittsfläche ein Magnet ohne Ende. Der Transverſalmagnet hat daher an ſeinen Enden keine Pole, aber die ungleichnamigen Pole folgen auf der Peripherie ſeiner Querſchnitte abwechſelnd aufeinander.

Der einfachſte Transverſalmagnet iſt der zweipolige; wo jeder Querſchnitt blos zwei ungleichnamige Pole an entgegengeſetzten Enden ſeiner Peripherie hat. Man kann ſich einen ſolchen auch als eine unendliche Menge der Quere des Magnets nach neben einander gelagerter gewöhnlicher Längenmagnete von der Länge des Querdurchmeſſers vorſtellen, die durch ihre gleichnamigen Pole zwei Streifen bilden, zwiſchen denen durch die Längenaxe des Stabes eine Indifferenzlinie verläuft. Am Ende jeder Länge befinden ſich demnach beide Pole zugleich neben einander und in dieſer Richtung heben ſich alſo die Wirkungen derſelben wechſelſeitig auf, dagegen wirkt in jedem Querſchnitte auf der einen Seite oder an dem einen Ende ein Nordpol, auf der andern Seite oder an dem entgegengeſetzten Ende ein Südpol. Ein ſolcher Transverſalmagnet in der horizontalen Ebene um eine verticale Axe frei ſchwingend, wird ſich demnach mit der einen Seite ſeiner Breite nach Norden, mit der andern Seite nach Süden richten, und das eine Ende ſeiner Länge wird nach dem magnetiſchen Oſten, das andre nach dem magnetiſchen Weſten gekehrt ſeyn. Schon Beccaria hatte ſolche Magnete durch elektriſche Schläge dargeſtellt, indem er Nadeln oder Stäbe ihrer Länge nach in die Richtung von Oſten nach Weſten ſtellte und den el. Schlag der Flaſchen oder Batterieen der Quere nach von Norden nach Süden durch ſie hindurchgehen ließ. Prechtl lehrt einen einfachen zweipoligen Transverſalmagneten auf folgende Weiſe hervorbringen: Man wickle auf eine Glasröhre oder einen hölzernen Cylinder feinern oder gröbern Stahldraht in Spiralen auf, ſo daß ſich dieſe einander berühren und als ein zuſammenhängender Ueberzug den Cylinder bedecken. Man ſetze alsdann an das eine Ende dieſes überſponnenen Cylinders den Süd- oder Nordpol eines Magnets und führe ihn nach der Länge des Cylinders, jedoch ſo über ihn hin, daß die Richtung des Strichs in einer Ebene mit der Axe des Cylinders bleibe. So erhält man einen Transverſalmagnet: deſſen eine Längenſeite den Nordpol, die entgegengeſetzte den Südpol darſtellt. Hiebei liegt die, oben 3) angegebene Thatſache zu Grunde, indem nämlich jede Windung der Spirale einen Kreis darſtellt.

Auch eine ſolide Eiſenſtange kann man dadurch transverſal magnetiſiren, daß man auf zwei entgegengeſetzten Seiten ihrer Länge zwei gleichnamige magnetiſche Pole in der Ebene der Axe hinführt.

Indem man auf dieſe Art eine z. B. vierkantige Eiſenſtange behandelt, zeigen ihre vier Kanten nach der ganzen Länge die im Vorigen für den viereckigen Magneten ohne Ende angegebene magnetiſche Dispoſition, nämlich eine Kante zeigt nach ihrer ganzen Länge den Nordpol, die nächſtfolgende den Südpol, die dritte den Nordpol, die vierte den Südpol, und die beiden Enden geben kein Zeichen einer relativen Polarität.

Prechtl ſucht auf dieſe Erſcheinungen des Transverſalmagnetismus die des Elektromagnetismus zurückzuführen. Nach ihm iſt der cylindriſche Schließungsdraht der Voltaiſchen Säule ein Transverſalmagnet; jeder Querſchnitt deſſelben mithin ein Magnet ohne Ende von unendlich vielen Seiten, deren Elementarwirkung wegen ihrer großen Näherung aber nicht für ſich, ſondern nur deren Geſammtwirkung nach der 7) erörterten Weiſe ſich auf Magnetnadeln von endlicher Länge bemerklich machen kann.

Mit dieſer Darſtellung ſtimmen nun alle Wirkungen, ſowohl horizontaler, als lothrechter Schließungsdrähte auf Magnetnadeln, alle Bewegungen derſelben, eben ſo die anziehenden und abſtoßenden Wirkungen der Schließungsdrähte auf einander, die Erſcheinungen des Magnetiſirens von Stahlnadeln, die Vertheilung ihrer Pole, die Richtung von kreisförmigen, ſchraubenförmig gewundenen Schließungsdrähten durch den Erdmagnetismus ſehr gut überein, wenn man nur immer die Geſammtwirkung der, mit ihren ungleichnamigen Polen an einander liegenden, kleinen Magnete als eines größern, einen Durchmeſſer nach jeder Seite darſtellenden, Magnets berückſichtigt. Nach der einen Seite wirken ſo rund um den Schließungsdraht Nordpole, nach der entgegengeſetzten Seite Südpole, ohne eine eigentliche Strömung rund um den Schließungsdraht herum zu Hülfe zu nehmen.

Jedoch iſt die Prechtlſche Theorie auch vielen bis jetzt noch unbeantworteten Einwürfen ausgeſetzt, die man in Pfaffs Elektromagnetismus S. 254 u. ff. nebſt einer ausführlichern Darſtellung von Prechtls Theorie auseinandergeſetzt findet, und wovon ich nur folgenden anführen will.

Die Verſtärkung der Wirkungen durch den Multiplicator ſcheint aus der Theorie des Transverſalmagnetismus durchaus nicht begreiflich. Laſſen wir die Windungen in der lothrechten Ebene beſchrieben ſeyn, ſo daß die einzelnen Windungen ſelbſt neben einander liegen, ſo kommen z. B. fünf Durchſchnitte NS, NS u. ſ. w. neben einander, von denen gleichfalls nur die beiden äußerſten Puncte zur Wirkſamkeit kommen, ſo daß aus dieſen fünf magnetiſchen Durchmeſſern ein Totalmagnet NS reſultirt. Wie kommt es nun, daß die Wirkſamkeit dieſes NS fünf Mal ſtärker geworden iſt, da die nach Innen gelegenen Pole einander binden, oder wenigſtens ihre Wirkung auf die Magnetnadel wechſelſeitig aufheben müſſen?

Pouillet über Wärmeentwicklung durch Benetzung. (Schweiggers Journ. 1822. S. 195).

In den Annales de Ch. XX. 141 zeigt **Pouillet** durch eine große Reihe Verſuche, daß alle feſten Körper, ſowohl unorganiſche, als organiſche durch Benetzung mit verſchiedenen Flüſſigkeiten in ihrer Temperatur erhöht werden, unabhängig von chemiſchem Einfluß oder Feſtwerden der Flüſſigkeiten, blos durch Wirkung der Capillarität, und daß dieſe allgemeine Temperaturerhöhung nur deshalb bisher nicht bemerkt worden war, weil ſie, beſonders an unorganiſchen Körpern, oft nur gering iſt. Um ſie zu finden, wurden äußerſt empfindliche kleine Thermometer, wovon ein Grad C. 30 bis 50 Millimeter Länge einnahm, in die gepulverten Subſtanzen während ihrer Benetzung mit Waſſer, Olivenöl, Alkohol und Eſſigäther getaucht.

Die Reſultate ſind folgende:

Unorganiſche Körper.	Temperaturerhöhung in Cent. Gr. durch			
	Waſſer.	Oel.	Alkohol.	Aether.
Glaspulver	0,258	0,261	0,232	0,277
Eiſen	0,215	0,190	0,229	0,330
Kupfer	0,195	0,183	0,141	0,304
Zink	0,234	0,208	0,250	0,231
Wismuth	0,230	0,220	0,246	0,193
Spießglanz	0,221	0,225	0,308	0,286
Zinn	0,310	0,254	0,329	0,219
Porzellan	0,549	0,493	0,530	0,474
Ziegelmehl	0,572	0,480	0,322	0,458
Thon	0,940	0,912	0,867	0,780
Kieſelerde	0,350	0,179	0,248	0,417
Alaunerde	0,204	0,187	0,217	0,341
Bittererde	0,212	0,148	0,208	0,229
Eiſenoxyd	0,286	0,215	0,300	0,424
Manganhyperoxyd	0,307	0,236	0,341	0,430
Zinkoxyd	0,198	0,166	0,211	0,271
Kupferoxyd	0,221	0,219	0,195	0,261
Bleiglätte	0,241	0,263	0,232	0,452
Chromoxyd	0,160	0,153	0,219	0,318
Schwefel	. .	. .	0,173	0,216

Organiſche Subſtanzen.	Temperaturerhöhung in Cent. Gr. durch			
	Waſſer.	Oel.	Alkohol.	Aether.
Kohle	1,16	0,96	1,27	1,41
Stärke	9,70	3,52	4,77	6,18
Sägeſpäne	2,17	2,80	3,02	2,52
Rinde von Saxifraga	5,49	4,27	5,98	6,37
— — Pareira brava	5,21	3,38	4,61	5,88
— — Süßholz	10,20	4,19	7,17	6,54
— — Valeriana	4,26	3,84	4,66	4,10
— — Bistorta	5,72	3,13	6,07	6,43
— — Iris	6,12	1,00	3,75	6,48
Mehl von Weizen	2,72	1,19	3,40	4,10
— — Mais	2,32	1,22	3,32	3,72
— — Gerſte	2,22	1,15	2,87	3,83
— — Roggen	2,55	1,43	2,92	4,50
— — Hafer	2,42	0,91	2,75	4,32
— — Leinkraut	2,07	. . .	1,73	3,48
— — Grütze	2,13	. . .	2,44	. . .
Körner von Weizen	1,92	. . .	2,21	2,25
— — Mais	1,10	. . .	2,00	2,36
— — Gerſte	1,12	. . .	1,82	. . .
— — Roggen	1,62	. . .	1,60	. . .
— — Hafer	1,19	. . .	1,56	. . .
— — Canariens	1,15	. . .	1,29	. . .
— — Mohn	1,27	. . .	1,11	1,39
— — Hirſe	0,94	. . .	1,26	0,84
Rübſamen	1,10	. . .	1,28	0,94
Baumwolle	0,97	1,25	0,83	1,67
Flachsfäden	2,11	1,17	2,78	3,18
Papier	1,45	. . .	. . .	. . .
Daſſ. getrocknet	4,52	2,12	3,60	. . .
Haare	2,06	2,31	1,28	3,45
Wolle	3,17	3,38	2,54	3,12
Elfenbein	3,14	1,18	1,49	. . .
Fiſchbein	2,86	2,15	1,56	3,25
Leder	2,43	. . .	2,41	. . .
Daſſ. gebrannt	4,37	. . .	. . .	. . .
Schwamm	1,90	. . .	. . .	. . .
Schweinsblaſe	2,40	1,84	2,58	3,60
Rindsſehnen	3,16	1,17	3,31	3,24
Schafdarmhaut	9,63	. . .	10,12	8,38

Namenregiſter
der
vorkommenden Schriftſteller.

A.

Achard. I. 12.
Aepinus. II. 148. 196. 228. III. 48. 51. 54. 56 u. f.
Amati. II. 110.
Ampere. III. 189. 193. u. f. 197. IV. 327. 340.
Antheaume. III. 47.
Aquapendente (Fabr. ab.) II. 134 (Anmerk.).
Arago. I. 300. III. 130. 189. 311. 317. 434. 441. IV. 87. IV. 96. 122. 125. 127. 191. 211. 218. 226. 231. u. f.
d'Arcet. I. 168. 329.
Atwood. I. 78.
Autenrieth. II. 125. (Anmerk.).
Avogrado. III. 172. IV. 24.

B.

Babinet. III. 198. (Anmerk.).
Barlow. III. 123. 196.
Bayley. III. 75.
Beccaria. II. 250.
Beckmann. IV. 238.
Becquerel. II. 274. 276. III. 171 u. f. IV. 331. 336. 341. 357.
Behrens. IV. 332.
Bellingheri. IV. 354.
Bennet. II. 215.
Benzenberg. II. 5. 9.
Berard. IV. 238. 240. 244. 246. 293. 300.
Bergmann. II. 272. III. 100.
Bernoulli. (Daniel) II. 92. 94.
Berthollet. III. 316.
Berzelius. I. 301. II. 306. 316. IV. 298. 319. 327. 331. 340. 349.
Black. IV. 283.
Blainville. IV. 318.
Blagden. I. 247.
Blanc. II. 57.
Blanchard. I. 305 (Anmerk.).
Bohnenberger. IV. 326 (Anmerk.) 332.
Borda. I. 147. III. 268.
Bouguer. IV. 224. 236.
Boulton. IV. 315.
Boyle. I. 207.
Breguet. I. 236. II. 114.
Brewſter. III. 292. 354. 430. IV. 76. 119. 122. 131 (Anmerk.) 179. 191. 203. 211. 213. 215. 217. 221. 310.
Brongniart. I. 227.
Brook. II. 251.
Buch. III. 99 (Anmerk.)

C.

Cagniard-Latour. I. 337. II. 105.
Campani. III. 532. 434.
Canton. I. 336. II. 252. 254. III. 48. 51.
Carlisle. II. 799.
Carus. I. 183. (Anmerk.) II. 126. (Anmerk.) 355.
Caſſegrain. III. 440.
Caſſini. III. 88. 110.
Cat (Le) II. 125 (Anmerk.)
Cauchoix. I. 138. III. 234. 238. 266 u. f. 414. 418. 432 (Anmerk.) 434. 437. 444.
Cavendiſh. I. 190. (Anmerk.) 332. II. 196. III. 80. 96.
Chanteau. II. 96.
Charles. I. 802. 304. 312. II. 254. III. 429. 445. u. f.
Chladni. II. 32. 42. 52. 59. 60. 66. 74.
Celſius. III. 90.
Clement. IV. 75. 189. 292. 310. 314.
Cook. III. 75. 81.
Cotes. III. 96.

Coulomb. I. 327. 330. 330. II. 150. 152. 159. 175. 216. 260. 272. 274. 392. III. 25 u. f. 51. 54. 56. 59. 64. 69. 71. 103. IV. 280. 357.
Crawford. IV. 279.
Croſſe. (Andrew) II. 264.
Cruikſhank. II. 303. u. f.
Cumming. III. 181. 219. 224.
Cunäus. II. 235.
Cuthberſon. II. 251.
Cuvier. II. 119. 127. 323. III. 456.

D.

Dalibard. II. 252.
Dalrymple. III. 76.
Dalton. I. 207. 241. 251. 254. 256. 260. 265. 268. 271. 277. 279. 281. III. 96.
Darcet. IV. 211.
Davy. II. 201 (Anmerk.) 305. 317. 327. 343 u. f. 346. III. 130. 186. 214. IV. 325. 336. 340. 348.
Deluc. I. 245. 277. 279.
Descartes. III. 262. 325. 333. 337. 410.
Desormes. IV. 289. 292. 310.
Despretz. I. 261. IV. 259. 282. 289. 310.
Deſſaignes. II. 276.
Döbereiner. I. 340.
Dodart. II. 130 (Anmerk.).
Dollond (Johann). III. 418.
Dominis (Marc. Anton de). III. 410.
Drebbel (Cornelius). I. 165.
Dubuat. I. 322.
Dufay. II. 144. III. 325.
Duhamel. III. 47 folg. 51. 54. 56.
Dulong. I. 173. 230. 242. 245. 248. 257. 301. IV. 253. 283. 295. 299.
Dumas. II. 354.
Dumeril. I. 124.

E.

Edmonſton. III. 99.
Eacde. III. 99 (Anmerk.).
d'Entrecaſteaux. III. 82.
Ermann. II. 340 folg.
Euler. II. 10. III. 449. IV. 15.

F.

Fahrenheit. I. 165. 308.
Faraday. I. 338. III. 177.
Ferrein. II. 130 (Anmerk.). 133.
Flaguergues. I. 341.
Flinders. III. 122.
Fortin. I. 144. 215= 221. 328.
Fourier. III. 220. IV. 267 folg.
Franklin. II. 3. 495. 252 folg.
Fresnel. III. 336. 344. 351. 375. IV. 81. 85. 93. 95. 116. 209.
Freycinet. III. 78 (Anmerk.). 82. 88 (Anmerk.).

G.

Galilei. I. 78. 165. 479. II. 52. III. 437.
Gall. IV. 354.
Galvani. II. 277 folg.
Gambey. III. 110.
Garnerin. I 305.
Gaſſendi. III. 8.
Gay=Luſſac. I. 158. 168. 171. 191. 193. 238 folg. 264. 267. 272. 281. 285. 298. 304. 320. II. 261. 301. 302 folg. 317. 318. 335. III. 12. 13. 88. 100. 316. IV. 246. 298.
Gilbert. I. 112. II. 5. 23 (Anmerk.). III. 8. 39. 102 (Anmerk.).
Gilpins. III. 80.
Gmelin. III. 98. IV. 326 (Anmerkung).
Goldingham. II. 5.
Guarnerius. II. 100.
S'Graveſand. I. 327. IV. 90.
Gregory. III. 440.
Grenié. II. 103. 104. 131 folg.
Grey. II. 140.
Grimaldi. IV. 81.

H.

Hachette. I. 122. 124. II. 318. 330.
Hales. II. 355.
Halley. III. 74. 96.
Hamel. II. 93. 118.
Hanſteen. III. 103 (Anmerk.).
Hauy. I. 18. II. 242. 274. III. 326. IV. 131 folg. 145. 320.
Henley. II. 240. 248.
Hermann. II. 262.
Herſchell jun. III. 187. 421. 439. IV. 149. 168 folg. 196. 201. 201. 203. 209. 237. 138.
Hiorter. III. 90.
Hiſinger. II. 306. 316.
Hood. II. 267. III. 88 (Anmerk.). 90 (Anmerk.). 97 (Anmerk.). 106.

Hook. III. 10.
Hot (Le). I. 321.
Horrebow. III. 99 (Anmerk.).
Humboldt. III. 21. 78. 80 folg. 85. 316.
Huyghens. III. 262. 346. 371. IV. 77.

J.

Jngenhous. IV. 269.
Jurine. III. 324.

K.

Kaſtner. II. 277 (Anmerk).
Kater. IV. 317.
Kempelen. II. 130 (Anmerk.).
Kepler. I. 101.
Kerner. II. 125 (Anmerk.).
Keuffel. IV. 354.
Kircher. II. 6 (Anmerk.).
Knight. III. 47. 56.
Kühn. II. 255 (Anmerk.).
Krimer. II. 358 (Anmerk.).

L.

Lagrange. II. 12.
Laplace. I. 317. 319. II. 8. 12. 59. III. 82. 195. 308. 346 folg. IV. 131 (Anmerk.).
Laroche (De). IV. 244. 247. 249. 252. 254 folg. 264. 280. 293 folg. 300.
Lavoiſier und Laplace. I. 228. 238. II. 288. IV. 270. 275 folg. 284 folg. 292. 314. 525.
Lefevre-Guineau. IV. 318.
Leslie. IV. 243. 257.
Leuwenhoek. I. 14.
Lichtenberg. II. 234.
Libes. II. 273. 175.
Luc (De). IV. 279.

M.

Macdonald. III. 89 (Anmerk.).
Magendie. II. 119. 128. 129. III. 449.
Malus. III. 308 folg. 326. 334. 338. 366. IV. 111. 113. 116. 130. 211. 218.
Marcet. I. 341.
Mariotte. I. 123. 202. 205. 207. 223. 243. 276. II. 8. IV. 242.
Marſh. III. 182 folg.
Martin. I. 234.
Mathieu. III. 323.
Mayer. III. 83. 95.
Mazeas. IV. 61.
Michelotti. III. 172.
Mitchell. III. 48. 57.
Mitſcherlich. IV. 316.
Monge. III. 322. 372.
Montgolfier. I. 302.
Morlet. III. 76. 86 folg.
Moſt. II. 350 (Anmerk.).
Müller. II. 307 (Anmerk.).
Muſchenbroek. I. 12. 334. II. 235. III. 98.

N.

Newcommen. IV. 305.
Newton. I. 166. II. 253. III. 96. 298. 309. 312. 313. 377. 383. 388. 393 folg. 400. 402 folg. 431. 439. IV. 1. 5. 7 — 51. 58 — 66. 71. 77. 79. 89. 142. 150. 152 folg. 155. 179. 226. 237. 252. 265.
Nicholſon. I. 313. II. 299.
Nollet. II. 248.

O.

Oerſted. II. 277 (Anmerk.). III. 128. 131. 194. 218. IV. 325. 350.

P.

Pallas. III. 99.
Papin. I. 169.
Pascal. I. 194 (Anmerk.).
Patrin. III. 98.
Perkins. I. 336. 340. IV. 313. (Anmerk.).
Petit. (Siehe Dulong).
Pfaff. II. 346 folg. III. 218.
Pictet. IV. 242.
Pilatre de Rozier. I. 304.
Poggendorf. II. 329 (Anmerk.). 345.
Poiſſon. I. 126. II. 95 folg. 192 folg. IV. 79. 80, folg. 85. 96. 267. 279. 296.
Pond. I. 42.
Porret. II. 307 (Anmerk.).
Pouillet. III. 149. 154. 172. 175. 178. 184. IV. 263.
Prechtl. II. 9 (Anmerk.). IV. 358.
Prevoſt. II. 354. IV. 261.
Prony. I. 120. IV. 515.

R.

Ramond. I. 196.
Ramsden. III. 438.
Reaumur. I. 10. 13. 164.
Reimarus. II. 266.
Richardſon. III. 90. 97 (Anmerk.). 99 (Anmerk.). 108.
Ritter. II. 335 folg. 357 (Anmerk.). IV. 237. 325.
Rive (de la). I. 341.
Robert. I. 802.
Robiſon. III. 11. 56.
Rochon. III. 366 folg. IV. 237 (Anmerk.).
Rohault. I. 195.
Romas. II. 254.
Roſſel. III. 82.
Rudolphi. II. 128 (Anmerk.).
Rumford. IV. 343. 257. 256 folg. 259. 269. 280. 285 — 88. 295.

S.

Sanctorius. I. 165.
Sauſſure. I. 277. 282. 286. II. 260. IV. 242.
Sauveur. II. 27.
Savart (Felix). II. 53. 57. 63. folg. 107 folg. 122 folg. III. 131. 138. 141. 195.
Savary. IV. 305.
Scarpa. II. 125 (Anmerk.).
Schmidt. III. 124. IV. 316.
Schrader. III. 222. (Anmerk.).
Schroter. III. 439.
Schubler. II. 265.
Schweigger. III. 170. 212. IV. 329.
Seebeck. II. 216. III. 171. 182. 218 IV. 211. 214 folg. 236 Anmerkung).
Senac. II. 133.
Singer. II. 141 (Anmerk.). 208 (Anmerk.). 247 (Anmerk.). 251. 304.
Sivright. III. 292.
Smeathon. IV. 315.
Sontheimer. II. 358 (Anmerk.).
Sorge, (Andreas). II. 29 (Anmerkung.).
Sorrel. III. 324. 354.
Southern. IV. 291. 310.
Stiebel. III. 458.

T.

Tartini. II. 29.
Taylor. I. 339.
Thenard. II. 301 folg. 317. IV. 75. 146.
Thienemann. II. 267. III. 90. 99 (Anmerk.) 102 (Anmerk.) 109.
Torricelli. I. 179.
Tremery. II. 271.
Treviranus. II. 124 (Anmerk.).

U.

Ure. I. 255. 258. 261. 339.

V.

Valſalva. II. 124 (Anmerk.).
Vaucanſon. II. 78.
Vauquelin. III. 73.
Vernier. I. 133.
Vidal. IV. 818.
Vitruvius. II. 118.
Volta. II. 229. 275. 279 folg. 284. 291. 296 folg. 309. 332 folg.

W.

Watt. IV. 285. 305. 313. 315.
Weber. II. 126 (Anmerk.).
Weels. IV. 299.
Wheatſtone. II. 75.
Wilſon (Philipp). II. 358 (Anmerk.).
Winterl. III. 320.
Wollaſton. II. 246. 322. III. 238. 320. 326. 342. 444. 446. IV. 191. 238. 245. 264. 316 folg.
Wrede. II. 9 (Anmerk.).

Y.

Yelin. III. 218 folg. 223. IV. 310.
Young. IV. 81. 84. 85. 94. 96. 227.

Z.

Zambeccari. I. 304.
Zamboni. II. 330.

Sachregiſter.

A.

Abweichung, magnetiſche, vom Meridian III. 5. — der Magnetnadel unter verſch. Breiten. 79. größte Abweichung derſelben. 81. Linien ohne Abweichung, ihre Lage. 79 u. f. — wegen der Kugelgeſtalt. 449. wegen der Brechbarkeit. 450. Urſachen daſelbſt.
Accorde, Herleitung der — (Zuſätze) II. 42. conſonirende. 43. diſſonirende. 43. 46. Duraccord, Mollacc. Sextenacc. Sext-Quartenacc. 45. Septimenacc. 47. Sext-Quintenacc. 47. Terz-Quart-Sextenacc. Secund-Sext-Quartenaccord. 47.
Achard, Berechnung der Theilbarkeit verſch. Subſtanzen. I. 12 (Anmerkung).
Achromatiſch. Def. III. 411.
Achromatismus (vom). III. 411. Einrichtung des Syſtems der Prismen, um achromatiſche Bilder zu erhalten. 412. u. f. Beſtimmung des Verhältniſſes d. brechenden Winkel zur Compenſation der Lichtſtralen. 413. Apparat, um vollſtändige Compenſ. zu bewirken. 414. Beſtimmung der Verhältniſſe d. brechenden Winkel unter denen 2 Prismen, übereinander gelegt, compenſ. 417. Unmöglichkeit des vollk. Achrom. 417. Dollond's Verfahren achrom. Compenſ. zu bewirken. 419.
Aderhaut des Auges. Nutzen. III. 448.
Aepinus, Theorie der Elektricität. II. 196. Verſuche über die el. Anzieh. und Abſtoß. 148. erfindet den Condenſator. 228. Magnetiſirmethode v. — III. 51.
Aequator der Erde. Halbmeſſer der Erde am — wie viel er betrage. I. 99. **magnetiſcher**. Def. III. 75. Knoten deſſelben. 75. Unter welcher Breite er ſich findet. 75. Morlet's Beſtimmung der Lage der Knoten des — 76. Krümmung (Curve) des —. 76. Gegenden, wo dieſe Curve den Erdäquator durchſchneidet. 76. Unterſuchung der magnet. Neigungen zu beiden Seiten dieſer Linie. 77. Pole des mag. Aeq. 77. Beſtimmung der wahren Lage des mag. Aeq. mittelſt der Morletſchen Interpolationsmethode. 86.
Aeroſtat. ſiehe Luftballon.
Aetherdunſt, Spannkraft deſſ. I. 260.
Agath. Beſchr. ſeiner polariſirenden Eigenſchaften. IV. 119.
Akuſtik. II. 1.
Alcarazas. Beſchreib. Nutzen. I. 280.
Alkohol, Ausdehnung des — b. verſch. Temperaturen. I. 248.
Amalgam. Def. I. 156. — zum Ueberzug des Reibzeugs der Elektriſirmaſchine. II. 208. daſſelbe nach Singers Bereitung 208 (Anmerkung).
Amati. Violinen v. — II. 110.

Ammoniumgas und Hydrochloringas verbinden ſich nicht mit Waſſerdünſten ſondern fällen ſie. I. 276. Zuſammenſetzung und ſpecif. Gewicht des Ammgs. 298 folg. wird durch Druck tropfbarflüſſig 339. Brechungsvermögen des Ammgs. III. 315.

Ampère. Theorie des Elektromagnetismus. III. 193. 197. elktrochemiſche Theorie v. — IV. (Zuſätze) 327.

Amphibien, Gehörwerkzeuge der — II. 126.

Analyſe, phyſikal. d. Zuruckwerf. d. Lichts, ſiehe Zurückwerfung.

Anelektriſche Körper. II. 140.

Angriffspunct der Kraft. I. 35.

Anſteckelkiel. Beſchrbg. I. 210

Antheaume, Verfahren von — bei Magnetiſirung großer Stäbe. III. 47.

Anwandlungen des leichtern Durchgehens und Zurückgehens IV. 47. Allgemeine Betrachtungen über die Schnelligkeit der Lichtmolecule 48. Auseinanderſetzung der period. Dispoſition jedes Mol. zum leicht. Durchgehen. 48. Effect des Nachlaſſes dieſer Dispoſ. 48. Intervall, Länge jeder Anwandl. 49. Newtons Theorie d. — 49. Beweis für die Unbegränztheit d. Abwechſl. d. Durch- und Zurückgehens. 49 folg. Modification, die den Mol. beym Durchgang durch die erſte brechende Oberfläche eingepflanzt wird. 50. Dieſe Modif., ob ſie abſolut nothwendig ſey. 50. Verſchiedne Neigung der Lichtmolecule zum leichtern Durchgehen 52. Grund dieſer Ungleichheit. 53. Verſuche zur Nachweiſung dieſes Grundes. 54. Unterſuchung der Reihenfolge d. Anw. wenn eine 2te Oberfläche in verſchiednen Abſtänden von der erſten ſich findet. 55. Erſcheinungen der — bei Neigung der Ein- und Austrittswinkel um einen kleinen Winkel. 56. Verſuche hierüber 58. Proportion der Länge der — wenn das zurückgew. und gebrochne Licht aus verſch. Moleculen beſteht, und nach dem Durchgange in das näml. Mittel tritt 59. wenn die Lichtmolecule ſenkrecht in verſch. Mittel treten. 61. Tabelle über die Längen der — d. verſch. Lichtmol. im leeren Raum, Luft, Waſſer und Glas. 62. Modification der Längen der — durch Schiefe des Einfallens 63. Verhalten der Lichtmol., wenn ſie auf der zweiten Oberfläche der Körper Zurückwerfung erfahren. 64.

Anwandlungen. Anwendung der Theorie der — auf die Erklärung der eigenthüml. und bleib. Farben. d. K. IV. 71. Allgemeine Conſtruction d. K. in Hinſicht ihrer letzten Theilchen. 71. Urſache der bleib. Farben d. K. 72. u. f. Urſache, warum die eigenthüml. Farben nicht alle Nuancen d. zurückgeworfnen Farbenringe zeigen, und die durchgeh. Farbe nicht genau die Ergänzungsfarbe von dieſer iſt. 74. Beweiſe für die Zufälligkeit der eigenthüml. Farben d. K. durch Thenard's Verſuche mit Phosphor erläutert. 75. Beſtätigung durch Brewſter's Beob: über die Farbenſtralung der Perlmutter. 76.

Anwandlungen. Anwendung der — auf d. Zurückwerf. d. Lichtſtralen, die durch dicke Mittel gegangen ſind. IV. 64. Betrachtungen über das Streben jedes Mol. zur Zurückwerf. das von einem leuchtend. K. in d. Luft geht. 64. folg. Analogie zwiſchen d. Farbe, des zurückgeworf. und des einfallenden Strals. 65. Erklärung dieſer Erſch. daſ. Erklärung durch mathematiſche Conſtruction. 66. Reſultate für die Farben, d. alle zurückwerf. Oberflächen zurückwerfen. 67. Beſtätigung dieſer Reſ. durch Erfahrung. 68. Erklärung der ungleichen Intenſ. d. Zurückwerf. bei verſch. K. während die zurückgeworfne Farbe dieſelbe bleibt. 69. Folgerungen für die Hervorbringung der Zurückwerf. 71.

Anwandlungen. Anwendung der — auf die Rückkehr der innerl.

auf d. zweiten Oberfläche dicker, durchſichtiger Mittel zurückgeworf. Stralen. IV. 77. Erklärung der — nach der Undulationstheorie, ſiehe Undulationsſyſtem.

Anziehung, beweiſt die Materialität eines Körpers. I. 23. —

Anziehung und Abſtoßung, elektriſche. II. 137. Erſte Entdeckung dieſer Erſch. 137. Erregung der — durch Reibung. 138 — bei der Näherung einer el. Röhre, einer Kugel. 143. Geſetz der — — 144. Einfluß der poſitiven und negat. El. auf die — — 144. äußert ſich nicht allein durch die Luft hindurch, ſondern auch durch Glas, Harz und andre Nichtleiter. 146.

Anziehung und Abſtoßung, elektriſche. Geſetze der — II. 150. Nutzen der Coulombſchen Drehwage zur Auffindung derſelben. 150. Verfahren, ſie zu dieſem Zwecke einzurichten. 151. Erklärung der Wirkungsart. 151. u. f. Meſſung der Anz. und Abſtoßungskraft durch die Drehung. 152. Tabelle hierüber. 153. Auffindung der Geſetze der Anziehung. 155. Vorſichtsregeln hiebei. 156. Coulomb's Verfahren, dieſe Geſetze zu finden. 156. Anwendung derſelben Methode zur Auffindung d. Geſetze d. Abſtoßungskraft. 157. Ausmittlung d. Verhältniſſes in dem jeder von 2. K. zur Anz. und Abſt. beiträgt. 157. Daraus hervorgehende Folgerungen. 158. — — Theorie d. Bewegungen zu denen K. durch d. Anz. und Abſt. veranlaßt werden, vgl. Bewegung el. K.

Anziehung und Abſtoßung, magnetiſche. III. 1. Allgemeine Erſch. der — 1. beſitzen alle Mineralien, die Eiſen enthalten. 1. Art, das Vermögen und die Vertheilung der anzieh. Kraft, in einem natürlichen Magnet bemerkl. zu machen. 1. Wirkung der — — durch leitende und nichtleitende K. 2. Urſachen der magnet. Anz. und Abſt. 2. Verhalten zweier Magnete zu einander, hinſichtlich der — — 2. daraus reſultirender Unterſchied poſitiv. und negat. Mgntsm. 3. Einfluß der Entfernung auf die — —. 4. Verhalten d. mag. Anz. und Abſt. gegen weiches Eiſen und Stahl. 4. Einfluß der gleichen und ungleichen Pole zweier Magnete auf einander. 5.

Anziehung und Abſtoßung, magnetiſche. Geſetze der mag. Anz. und Abſt. III. 56. Vertheilung der Anziehungskraft in einem, durch den Doppelſtrich magnetiſ. Drahte. 56. Experimentale Nachweiſung derſelben. 56. folg. Einwirkung zweier magnetiſ. Drähte auf einander 58. Coulombs Verſuche zur Meſſung des Geſetzes der Abſtoßungskraft beider Drähte. 59. Berechnung der Abſtoßungskraft. 60. Anwendung der näml. Verſuche auf die Anziehung der ungleichnamigen Pole. 61.

Anziehung, Ebne keiner —. III. 123.

Apertur der Linſen. III. 276.

Apparate, optiſche. III. 443. — elektromotoriſcher, ſ. Voltaiſche Säule.

Apophyllit, eigenthüml. Erſch. d. Farben der Farbenringe, die durch die bewegl. Polariſation in ihm hervorgeben. IV. 195. Unähnlichkeit d. Farben des — mit denen der Farbenringe. 168 folg.

Arago, über d. Gewicht der Gasarten. I. 300. Verſuche über die anzieh. Kraft eines v. d. Volt. Säule durchſtrichnen Eiſendrahtes III. 130. über das Brechungsvermögen der Gasarten. 311. des Waſſerdunſtes. 317. deſſen Verfahren, zur Beſtimmung der Vergrößerung in den optiſchen Inſtrumenten. 441. Beobachtungen des Dychroismus. IV. 122. — über bewegl. Polariſation. 127. — über d. Farbenringe bei d. bewegl. Polariſation. 191.

Aräometrie (von der) I. 308.

Aräometer. Erfindung durch Fahrenheit. Nutzen. I. 308. Beſchreibung. 308. Anwendungsart des — 309. Berückſichtigung der Tem-

peratur bei ſ. Gebrauch. 308 — von Nicholſon. 313. Beſchreibung. Gebrauch. daſ.
Aräometerwage. I. 313. — von Charles. daſ.
d'Arcetſches Metallgemiſch. I. 169. 329.
Armaturen, ihr Nutzen bei Anwendung des Galvanismus auf lebende Körper. II. 349. — der Magnete. Def. III. 42. Fuß der — der Mag. 42. — Wirkung auf den Magnet. 43.
Arme der Wage. I. 142.
Armiren. III. 42.
Arundo phragmites wird von Brewſter zur Beſtimmung der El. durch Wärme in Mineralien angewendet. IV. (Zuſätze) 320.
Aſa foetida, Theilbarkeit der — I. 12.
Aſtatiſcher Apparat. Def. Beſchreib. III. 200.
Atmoſphäre, vom Druck der — I. 179. Wirkung des Drucks der — auf das Steigen des Waſſers in Röhren. 181. warum wir von dem Druck der — nicht beläſtigt werden. 183. Wirkung des Drucks der — auf die Thermometerkugeln. 341. Gränzen der Expanſion der — nach Wollaſton. IV. (Zuſätze) 316. Folgen der Unbegränztheit der Atmoſph. 317. Beweiſe für das Nichtdaſeyn einer — um die Himmelskörper. 317. Beob. v. Kater und Wollaſton hierüber an d. Venus, vor und nach ihrer Conjunction. 318. Dieſelben Beweiſe von den Jupiterstrabanten hergeleitet. 318. Schlußfolgerungen für die Gränze der Erdatmoſphäre. daſ.
Atome. Def. I. 8.
Atomiſtiſche Theorie IV. 296. Kurze Auseinanderſetzung der Principe der — — 296. u. f. Anwendung derſelben auf die ſpecif. Wärme der K. nach Dulong und Petit. 299.
Atwoodſche Fallmaſchine, Beſchreib. Nutzen. I. 78 folg.
Aufſchnitt der Orgelpfeifen. II. 77.
Auge, Wirkung des Galvanismus auf das — II. 351. Das — iſt ein optiſches Inſtrument III. 292. einfaches, vielfaches, zuſammengeſetztes — 458. Bau des Auges in verſchiednen Thierklaſſen 476 folg. (vgl. Geſichtsorgan.)
Augenbraunen. Nutzen. III. 448.
Augenlieder. Nutzen. III. 447.
Ausdehnbarkeit d. Gasarten. I. 65.
Ausdehnung der Körper. Def. I. 6. Verfahren ſie zu meſſen 133. Inſtrumente dazu. 133. folg. — iſt Wirkung der Wärme. 152. — feſter K. durch Wärme 152. flüſſiger, ibid. luftartiger Subſtanzen 153. — der Luft entwickelt Kälte. 207. — der Flüſſigkeiten durch die Elektricität. II. 249.
Ausdehnung. Maß der — feſter Körper durch die Wärme. I. 225. Verfahren hiebei. 226. Apparat hiezu. 227. (vgl. Porometer) Unzulänglichkeit dieſes App. 227 folg. Abhülfe derſelben durch Lavoiſiers und Laplaces Einrichtung. 228. Fernere Erforderniſſe zur Schärfe der Beobachtung. 229. Tabelle über die mittelſt der Vorrichtung. v. Lav. und Lapl. gefundnen Reſultate zwiſchen d. Temper. des ſchmelz. Eiſes und des ſiedenden Waſſers. 229. Verhalten d. Ausdehnung d. K. bei höhern Temperaturen, nach Dulong und Petit. 230. Daraus gezogne Folgerungen für die Benutzung gläſerner und metallner Gefäße zu phyſikaliſchen Experimenten bei verſch. Temper. 231. Meſſung der dabei ſtattfindenden Ausdehnung dieſer Gefäße 231. Nutzen der Kenntniß d. Maßes der — der Metalle bei verſch. Gelegenheiten. 232. Anwendung dieſes Umſtandes auf die Pendel der Pendeluhren. 232. (vergl. Pendeluhren).
Ausdehnung. Maß der — der Gasarten durch die Wärme I. 233. Vorrichtungen zu dieſem Zweck. 236. Gradeintheilung der ba-

zu erforderl. Röhren. 238 u. f. Reſultate v. Gay Luſſac und Dalton. 241. Beſtätigung derſelben durch Dulong und Petit. 242. Verhalten der, durch Verflüchtigung tropfbarer Flüſſ. erhaltnen, Gaſe hinſichtlich der —, 242 des Aetherdunſtes 243. Verfahren von Gay Luſſac die — bei verſch. Temperaturgraden und bei verſch. Druck zu finden. 243.

Ausdehnung, der tropfbaren Flüſſ. durch die Wärme. I. 244. Unterſchied der — der tropfb. Flüſſ. von der der Gaſe. 244. Verfahren bei dergleichen Meſſungen. daſ. Deluc's Vorbereitung der Flüſſigkeiten. 245. Meſſung der abſoluten — der Flüſſ. 246. Ausdehnung des Waſſers bei verſch. Temper. 246. andrer Flüſſigk. zwiſchen dem Gefrier- und Siedepunct. 248. des Alkohols. 246. des Queckſilbers. 249.

Ausgleichungsröhren. Def. Nutzen bei Waſſerleitungen. I. 152.

Auslader der El. Beſchreib. Nutzen. II. 213. Henleys allgemeiner —, Beſchreib. Verfahren mit demſelben, 248. u. f.

Ausſchlag der Wage. I. 144.

Avogrado, über die Bildung el. Ströme bei Berührung chemiſch oder phyſiſch auf einander wirkender Subſtanzen. III. 172.

Axe des Spiegels. Def. III. 241. der Kryſtalle. 826.

Azimutalwinkel, Def. Verfahren, ihn zu beſtimmen. III. 110.

B.

Bahn, krummlinige, Def. I. 90.

Balancier, bei den Dampfmaſchinen. Beſchreibg. IV. 309.

Barlow, über die Wirkung von eiſernen Kugeln auf die Magnetnadel. III. 123 folg. Beſtätigung der Geſetze der elektromag. Kräfte. 196.

Barometer. Urſache der Entwicklung von phosphoreſc. Licht bei ſchneller Neigung des — im Dunkeln II. 169.

Barometer. Def. I. 179. Begriff des Wortes. 184. Einrichtung. 184. Entfernung der Luft aus der Röhre. 184. Entfernung der Feuchtigkeit. 185 folg. Verfahren das Springen der Röhre dabei zu verhüten. 186. Eintheilung des — 187 folg. Fortinſches — 187. Einrichtung, Vortheil deſſelben vor dem gewöhnlichen. 188. Meſſung der Temperatur der Barometerſäule. 189. Nothwendigkeit der gleich- zeitigen Temperaturbeob. der Luft. 189. Verfahren beim Tragen des — von einem Orte zum andern 189. Correction der Ungleichheiten d. Barom. durch die Capillarität der Röhren hervorgebracht. 190. Betrag des Einfluſſes der Capill. d. Röhren auf den Stand des Queckſ. im — nach Cavendiſh. 190. (Anmerk.). Gefäßbarometer. 190 (Anmerk.). **Heberbarometer**, Beſchreibung 190. Einrichtung. daſ. Vorrichtung deſſelben, um es tragbar zu machen. 191. u. f. Nutzen der Verbindung des Thermometers mit dem — 193. Anwendung. 193. Verhalten des — in verſchiedenen Höhen. 197.

Barometer und Thermometer, in Bezug zu einander. I. 199. Einfluß des Barometerſtandes auf das Therm. 200. folg. Nutzen des Bar. bei Beſtimmung des Grades der Verdünnung d. Luft im Recipienten der Luftpumpe. 216. Wirkung dieſer Verdünnung auf das Barometer. 217. Warum das Steigen des Barometers ſchönes, das Fallen ſchlechtes Wetter anzeigt 269.

Barometerhöhe oder Stand. Def. I. 194. Verſchiedenheit der — an verſch. Orten. 194. — im Niveau des Oceans. 195. Tabelle über die — verſch. Orte. 195. Graphiſches Verfahren, Beobachtungen über Barometerſtände aufzuzeichnen. 195. Verſchiedenheit der — zu verſch. Tageszeiten 196. — nimmt mit der Entfernung von der Erdoberfläche ab. 197. iſt in den Tropenländern conſtanter als in Europa. 197.

Barometerprobe. Beſchreibung. Nutzen, um den Grad der Ausdehnung der Luft im Recip. d. Luftpumpe zu meſſen. I. 217. um den Grad der Verdichtung d. Luft in der Verdichtungspumpe zu beurtheilen. 222.

Bärte, Nutzen der — bei gedeckten Pfeifen. II. 100.

Batterie, elektriſche II. 239. Errichtung. daſ. Ladung. daſ. Entladung 239. Vorrichtung um zu wiſſen in welchem Zuſtande ſie ſich in jedem Augenblicke befindet. 239. Wirkung. 240.

Bayley (William), über die Lage des magnet. Aequators. III. 73.

Beccaria, über d. Ausdehnung d. Flüſſ. durch El. II. 250.

Becherapparat, Voltaiſcher. Beſchreibung. II. 294.

Becquerel, über El. Erregung durch Druck. II. 274. folg. durch ſchnelle Trennung. 276. über d. Einfluß der Temperaturungleichheit zweyer ſich berühr. Sbſtz. auf d. Entwickl. d. El. III. 171. Einfluß der chemiſch und phyſiſch auf einander wirk. Sbſtz. 172. Darſtellung der el. Erſch. bei chemiſchen Vorgängen. IV. Zuſätze. 324. über Bemerklichmachung der Contactel. 331 folg. von den el. Erſch. durch capillare Thätigkeit hervorgebracht. 332. über den Magnetismus aller Naturkörper durch el. Ströme erzeugt. 337 folg.

Begränzung der K. Def. I. 6.

Beharrungsvermögen der Materie. I. 21.

Behälter, gemeinſchaftlicher der El. II. 141.

Bellingheri, über d. Urſprung der Rückenmarksnerven. IV. Zuſ. 354 folg.

Bennet's Goldblattelektrometer. II. 215.

Bergmann, über d. Einfluß der Temper. bei Erregung der El. durch Reibung auf die Art der El. II. 272.

Bernoulli, v. d. Urſache, warum Blasinſtr. gewiſſe Töne nicht angeben. II. 92. warum Pfeifen etwas tiefere Töne geben, als ihre Länge mit ſich bringt. 94.

Berzelius, über das ſpecif. Gewicht der Gasarten. I. 301. über das Fortführungsvermögen d. Volt. Säule. II. 306. 316. elektrochemiſche Theorie v. — IV. Zuſ. 327.

Beugung des Lichtes. IV. 88. Def. Verſuche, dieſe Erſch. nachzuweiſen. 89. Farbenringe, die dabei erſcheinen, wenn das Licht durch ein ganz feines Loch geht. 89. Reihenfolge der Farben dieſer Ringe. 89. Einfluß der ſtärkern Ablenkung auf die Farben. daſ. Genauere Unterſuch. hierüber, indem man Lichtſtralen durch ein Prisma bricht, ehe ſie durch das kleine Loch fallen. daſ. Analogie der Beugungserſch. mit der capillaren Wirkung kreisförmiger Röhren. 90. Beobachtung der — mittelſt des Graveſande'ſchen Apparats. 90. Einfluß der Näherung oder Entfernung beider Platten dieſes Inſtr. auf d. Erſcheinen von Lichtſäumen. 90. Einfluß bei Verſchiebung einer Platte. 91. Vorrichtung, dieſe Verſchiebung zu bewerkſtelligen. 91. daraus hervorgeh. Reſultate. 92. Einfluß der Entfernung beider Ränder d. Platten von einander auf die Säume. 92. Eigenthüml. Erſch. wenn d. Säume blos von Einem Körper gebildet werden. 93. Fresnels Vorrichtung zur Beobachtung derſelben. 93. Youngs Theorie über die Anordnung und die Beſchaffenheit der Streifen der Säume. 94. Beiſpiele dazu, an einem einfachen, undurchſichtigen Streif mit geradlinigen Rändern. 94. Verhalten der innern und äußern Säume. 94. Entfernung der Säume, die ein ſchmaler, undurchſichtiger Streif innerhalb ſeines Schattens bildet. 94. Nutzen des Princips der Interferenzen für die Erklärung der Beugungserſcheinungen. 96.

Bewegung, abſolute, relative. I. 27.

Bewegung, allgemeine Begriffe über die verſch. Arten der. — I. 71. Geſchwindigkeit der — 71. gleichförmige —, Schätzung ihrer Geſchwindigkeit. 72. ungleichförmige oder veränderliche, beſchleunigte, verzögerte. 74. gleichförmig und ungleichförmig beſchleunigte und verzögerte 74. (Anmerk.). Geſetze der Bewegung beim Fall ſchwerer Körper 75 folg. Beſtätigung derſelben durch Galilei's Verſuche. 76. Nutzen der Atwoodiſchen Fallmaſchine zur Meſſung der Geſchw. d. — 78 folg. Gleichförmigkeit d. Geſchw. d. Beweg. fallender K. im leeren Raum. 84. Verhalten der relativen Bew. des Syſtems eines K. bei gleicher Geſchwindigkeit aller Elemente. 86. Größe oder Quantität der Bew. 87.

Bewegung, krummlinige. I. 89. Theorie derſelben. daſ. — eines ſchweren K., der durch die Schwere und einen, ſchief gegen die Vertikale gerichteten, Impuls ſollicitirt wird. 90. Erforderniſſe für die — —. 91. Wirkung der Centripetalkraft auf die — — 91. der Centrifugalkraft. 92 Geſchwindigkeit bei der — — z. B. der kreisförmigen. 93. der Planeten, Keplerſches Geſetz derſelben. 101 (Anmerkung).

Bewegung, ſchwingende, oscillirende. I. 101.

Bewegungen incompreſſibler Flüſſigkeiten. I. 114. — einer ſchweren Flüſſigkeit, die aus einem feſten Gefäß durch eine Oeffnung von gegebner Geſtalt und Größe ausfließt. 114. Darſtellung der ſie ſollicitirenden Kräfte. 114. Geſtalt des ausfließenden Waſſerſtrals. 115. Geſchwindigkeit des Waſſerſtrals. 116. Geſchwindigk. d. Waſſers, das aus einer ſehr kleinen Oeffnung blos vermöge ſeiner Schwere ausfließt. 116. Wirkung des Drucks, den jeder Punct der Flüſſ. und des Gefäßes beim Ausfließen erfährt. 116. Richtung des, aus einer nicht völlig vertikalen Mündung fließenden Strales. 117. Berechnung der Menge Waſſers, die die Mündung in gegebner Zeit durchfließt. 117. Von der Differenz zwiſchen beobachteten und berechneten Reſultaten, welche durch die Zuſammenziehung des Waſſerſtrals bedingt wird. daſ. Einrichtungen, die ſich auf d. Geſetze d. Beweg. der Flüſſ. gründen (vgl. Springbrunnen). Verſch. Arten der Meſſung des aus verſchiednen Mündungen und unter verſch. Druck. ausfließ. Waſſers. 123. Theorie der Fortpflanzung der Wellen 126.

Bewegungen feſter K. in Widerſtand leiſtenden Mitteln. I. 127. Erſchöpfung der beweg. Kraft feſter K. durch Mittheilung derſelben an die Molecule der Flüſſigkeiten. 128. Beiſpiele hiezu. 129. Theorie der Bewegung der Schiffe, die aus ihrer Ruhe gebracht ſind. 130.

Bewegungen luftförmiger Flüſſigkeiten. I. 130 folg. Widerſtand, den die luftf. Fl. der Bewegung andrer K. entgegenſetzen. 131.

Bewegung. Theorie der — elektriſirter Körper. II. 198. Bewegungen zweier el. Kugeln, von denen eine bewegl. die andre unbewegl. iſt. 198. Kräfte, von denen dieſe Bewegungen abhängen. 198 folg. Berückſichtigung der Luft dabei. 200. Davy's Meinung gegen d. Einfluß der Luft. 201 (Anmerk.). Beweg. eines durch eine el. Röhre abgelenkten Pendels. 202. Erſch. der — wenn beide Kugeln mit gleicher El. geladen ſind. 203. wenn beide in der Größe differiren. 203. Verſuche hierüber 204. Anwendung auf die Beweg. eines Goldpapierſcheibchens am Ende der Nadel am Elektroſcop. 204 folg. Schlußfolgerungen. 206.

Black, entdeckt, daß K. bei Veränderung ihres Zuſtandes Caloricum entbinden oder verſchlucken. IV. 253.

Blagden, Fähigkeit d. Waſſers unter 0° zu ſinken. I. 217.

Blanc's Verfahren, feſte Körper in Schallſchwingung zu verſetzen. II. 60 folg.
Blanchard's Luftfahrt im Luftballon. I. 305 (Anmerk.).
Blaſewerk der Orgel. Def. II. 79.
Blaſeinſtrumente. Beſchreibung. II. 76. Verfahren, die in ihnen enthaltne Luft zu erſchüttern und zum Tönen zu bringen 76. einfachſtes Mittel dazu. daſ. Beſchreibung der Pfeifen. daſ. der Flötenwerke, Labialpfeifen der Orgel. daſ. Theile derſelben. 77. Theorie der durch ſie hervorzubringenden Töne. daſ. und folg. Unterſuchungen über die Schwingungen in gedeckten Pfeifen. 80. Bedingungen, denen dieſe Schw. unterworfen ſind. 83. daraus ſich ergebende Schwingungsarten. 84. Beſtimmung der Dauer dieſer Schw. daſ. Reihenfolge der Töne, die eine ſolche Röhre giebt. 86. Experimentale Nachweiſung derſelben. daſ. Biots Verfahren hiebei. 87. Blasröhr. mit 2 offnen Mündungen. 88. wie die Luft in ihnen ſchwingt. 89. Schwingungsarten d. Röhren, wo die Mündungen durch 1 Schwingungsknoten geſchieden ſind. 90. Beſtimmung der ihnen entſprechenden Tonhöhe. 90. Schwingungsarten, wo 2 Schw. Knoten zwiſchen die Mündungen fallen, und Töne, die daher entſtehen. 90. Reihenfolge der Töne bei mehrern Schwingungsknoten. 91. warum der Ton der Blasröhr. ſtets tiefer iſt, als ihre Länge mit ſich bringt. 93. Gleichzeitige Schwingungsarten in den Röhren. 94.
Blättchen. Zurückwerfung der Farben in dünnen —. IV. 1.
Blätterdurchgänge der Kryſtalle. Def. I. 17.
Bleiloth. Def. Nutzen I. 41.
Blendung der Linſen III. 274. — am zuſammengeſetzten Mikroſkop. 426. Nutzen daſelbſt. 427. — im Auge, Beſchreibung. Nutzen. 450 folg.
Blitz. Def. II. 233. Tödtung der Menſchen und Thiere durch — 238. Rückſchlag des — 239. Verſuche darüber an Fröſchen. 239.
Blitzableiter. Erfind. deſſelben. II. 233. Beſchreibung. daſ. Verſuche über die Wirkung des — auf elektriſche Wolken. 234. vortheilhafteſte Einrichtung. 237. Nöthige Vorſichtsregeln bei der Einrichtung der — 237. Gefahr, die er bedingt, und Mittel dagegen. 238.
Bohnenberger. Elektrometer von — IV. 332 (Zuſätze).
Borda's Methode der doppelten Abwägung. I. 167. — Inſtrument zur Beobachtung des Brechungsverhältniſſes der Gasarten. III. 268.
Bouſſole, ſiehe Schiffscompaß.
Braunkohlenaufguß. Bereitung nach Singer. Nutzen. II. 304.
Brechung des Lichts und der Lichtſtralen, ſiehe Refraction und Stralenbrechung. Ungewöhnliche Farbenzerſtreuung bei der —, ſ. Farbenzerſtreuung.
Brechbarkeit, ungleiche, der Stralen, Einfluß derſelben auf das Sehen durch Prismen. III. 401. Einfluß auf das Erſch. des Bildes. daſ. Newtons Verſuche und Reſultate hierüber. 404. daraus reſultirende Erklärung der Erſch. des Regenbogens. 405. (Vgl. d. Artik. Regenbogen).
Brechungsgeſetz v. Descartes. Def. Fruchtbare Anwendbarkeit deſſelben. III. 310.
Brechungsverhältniß. Beſtimmung des — in feſten Körpern III. 262. Mittel, dazu zu gelangen. daſ. Nutzen des kreisförmigen Goniometers dabei. 264. Bedingungen bei ſeinem Gebrauch. 264. Farben der gebrochnen Lichtbündel. 265. daraus hervorgeh. Brechungsvermögen der Theile des einfallenden Strales. daſ. Anordnung dieſer Farben. 266.
Brechungsverhältniß. — — in tropfbaren Flüſſigkeiten. III. 266. Verfahren es hier zu beobachten. 267. Schwierigkeiten dabei

und Hebung derſelben durch Condnit. 267. Meſſung des — mittelſt des Mikrometers. nach Brewſter. 410.

Brechungsverhältniß. — — luftförmiger Stoffe. III. 268. Von das Inſtrument zu vergl. Beob. 268. Beſchreibung dieſes Inſtr. 268. Abänderung des Verhältniſſes der Gaſe durch Druck und Temperatur 269. Verfahren beide zu meſſen. das. Mittel den Werth des — zu erhalten 270. — der atmoſph. Luft 270. der Luft bei verſch. Dichtigkeiten. 271. anderer Gasarten 271.

Brechungsvermögen, brechende Kraft. Def. III. 308. Tabelle über das — verſchiedner Körper. 309. — der Gasarten, bei gegebner Temperatur und Druck. 312. Urſache des großen — der Harz-, Oel- und Gummiarten. 312. Einfluß der Beſtandtheile eines Körpers oder Gemiſches auf das — 313. Berechnung des — der atmoſph. Luft aus dem Brechungsvermögen ihrer einzelnen Beſtandtheile verglichen. 313. — des Ammoniumgaſes. 315. des Waſſers und Waſſerdunſtes. 316. Einfluß der Temperatur auf das — d. atmoſph. Luft. 317. — der Mittel, die aus verſchiedenen Schichten beſt. und von veränderlicher chemiſcher Beſchaffenheit ſind. 318.

Breguet's Verſicherungsart bei Verfertigung der Thermometer. I. 218. — [illegible], Beſchr. Nutzen II. 116.

Brennlinien. Def. III. 275.

Brennpunkt des Kegelſchnitts. I. 94. — des gekrümmten Spiegels. III. 242.

Brennweite des gekrümmten Spiegels. III. 242.

Brewſter. Verfahren ſich ſtark vergrößernde Linſen zu verſchaffen. III. 292. Unterſcheidungsmittel der ein- von den zweiaxigen Kryſtallen durch die Farben, die ſie geben. 314. Anwendung des Mikrometers zur Meſſung des Brechungsverhältniſſes tropfbarer und halbfeſter Körper. 410. Beobachtung der Farben der Perlmutter. IV. 75. über Elektricitätserregung durch Wärme in Kryſtallen. (Zuſatz) 376.

Brillen. Einrichtung. Zweck. III. 291.

Brongniart's Pyrometer I. 227. Mangelhaftigkeit deſſelben und Verbeſſerung. 229.

Brook, über die Quant. El., die zur Schmelzung von Metalldrähten erforderlich iſt. II. 224.

Bündel der Lichtſtralen, gewöhnliche, ungewöhnliche III. 323.

C.

Cagniard Latour erfindet die Sirene. II. 101. über die vereinte Wirkung der Wärme und des Druckes auf tropfbare Flüſſigkeiten. I. Anhang 227.

Caloricum. I. 21. IV. 237. dunkles — 260. 264 ſtralendes 263. (Vergl. Wärmeſtoff.)

Caloricum. Einfluß des Zuſtandes und der Natur der Oberflächen auf die Stralung des —, ſiehe Stralung des Calor. — Theorie des Gleichgewichts des Calor. durch Austauſch, ſiehe Stralung d. Calor. — Capacität d. K. für das — ſiehe Capacität. latentes Calor. — ſiehe Capacität d. K. für d. — ſpecifiſche Wärme und Wärme-Entbindung und Verſchluckung. — Calor. und Licht in Bezug zu einander, ſiehe Licht.

Calorimeter. Entdeckung deſſelben. IV. 270. Beſchreibung. Nutzen 271. Anwendung zur Meſſung des Caloricums, welches Subſtanzen bei ihrer chemiſchen Vereinigung entbinden. 287. — zur Beſtimmung der Quantität Cal., die Körper beim Uebergange vom ſtarren zum tropfbaren Zuſtande abgeben. 291. zur Beſtimmung der Quant. Cal., die durchs Verbrennen und Athmen entwickelt werden. 293 folg.

Camera lucida. Conſtruction. Wirkung. III. 446.

Camera obſcura. III. 443. Conſtruction. Beſte Einrichtung des Objectivglaſes nach Wollaſton. 444. Wirkung. daſ.

Canton, über die Zuſammendruckbarkeit des Waſſers. I. 336. Verbeſſerung der Blitzableiter durch —. II. 252. Magnetiſirmethode von — III. 32.

Caoutchouc=Gummi, Nutzen des — bei Verfertigung d. Thermometer. I. 158.

Capacität der Körper für das Caloricum. IV. 270. Beziehungen zwiſchen der Temperaturzu= und Abnahme und der abſoluten Quant. Wärme, die ein Körper aufnimmt, oder abgiebt. daſ. direkter Weg zur Auffindung dieſer Beziehungen. daſ. Inſtrument dazu. daſ. (vgl. Calorimeter.) Beſchreibung des Inſtrumentes. 271. Vortheile der Schmelzung des Eiſes zur Meſſung des ſich entbindenden Caloric. 270. Vorſichtsmaßregeln bei genauer Anſtellung des Verſuchs. 271. Schwierigkeiten, die das, von dem in den Apparat gebrachten Eiſe abſchmelzende Waſſer macht. 273. Hauptumſtand, auf dem die Wirkung des Apparates beruht 273. Erläuterung dieſes, durch ein Beiſpiel. daſ. Nothwendigkeit der Beſtimmung der Maſſe eines, zu dgl. Verſuchen angewendeten Körpers 273. Folgerungen, die ſich für die mathematiſche Berechnung des zur Schmelzung einer beſtimmten Menge Eis erforderl. Caloricums daraus ergeben. 274. (vgl. hiebei d. Artikel. ſpecif. Wärme.)

Capillarität. Def. I. 316. Erſcheinungen derſelben. 314. Erſch. d. Cap. an Platten von Glas, Marmor oder Metall, die mit der Oberfläche einer Flüſſ. in Verbindung gebracht werden. daſ. Auseinanderſetzung dieſer Erſch. daſ. Analogie der Cap. mit der gegenſeitigen Anziehung der Körpermolecule. 315. Erſch. in Röhren von ganz geringem Durchmeſſer. 316. mathematiſche und phyſikaliſche Theorie der — 317. Urſache des Steigens und Fallens d. Waſſers in d. Haarröhrchen. 318. Erklärung der übrigen Erſch. der — 319. Erſch. d. —, bei Bewegung der Flüſſigkeiten in Gefäßen, nebſt Beiſpielen. 320. Folgerungen aus dem Vorhergehenden. 321. Nutzen d. Erſch. d. Cap. für d. Erklärung der Urſachen der chem. Verwandtſchaft. 323. Elektriſche Erſcheinungen durch die — hervorgebracht. IV. 352.

Capillarität der Barometerröhren, ihr ſchädl. Einfluß auf den richtigen Gang des Barometers. Abhülfe dagegen. I. 190. Berechnung dieſes Einfluſſes auf d. Std. d. Queckſ. in d. Röhre nach Cavendiſh. 190 (Anmerk.).

Capillarröhrchen. Def. I. 190.

Carliſle und **Nicholſon** entdecken die chem. Wirkungen des Volt. Appar. II. 299.

Carmin, Theilbarkeit des — I. 12 (Anmerk.).

Carus über die Luft in der Schwimmblaſe der Fiſche. I. 133 (Anmerkung). von den Gehörwerkzeugen der Inſekten. II. 126 (Anmerkung).

Caſſini über den Stand der Magnetnadel in Paris zu verſch. Tageszeiten III. 88. Declinationsbouſſole von — 110.

Cauchoix. Sphärometer von — I. 138. Apparat zur Beobachtung des durch ſpiegelnde Zurückw. zurückgeworfnen Lichts. III. 244. Verfahren, das Brechungsvermögen tropfb. Fl. zu beobachten. 267. Vorrichtung v. —, um vollk. Achromatismus zu erzeugen. 414 folg. Verfahren um achrom. Oculare zu erhalten. 434. polyaldiſche Erdfernröhre von —. 437. über die beſte Einrichtung des Objectivglaſes an der Camera obſcura. 444.

Cavendiſh, vom Einfluß der Capillarität d. Barometerröhren auf

d. Gang d. Barom. I. 190 (Anmerk.). über die mittlere Dichtigkeit der Erde. 332. Theorie der Elektricität. II. 196.
Charles, Verdienſte um die zuſammengeſetzten Mikroſcope III. 429. erfindet das Megasſcop. 445. verbeſſert die Sonnenmikroſcope. 446.
Chladni, über Longitudinalſchwing. d. Saiten. II. 30 folg. über die drehenden Schwing. feſter, gerader Stäbe. 60. über Klangfiguren (Zuſätze). 66. über Herleitung der Accorde, Tonleiter und Tonarten (Zuſätze). 42 folg. erneuert die Entdeckung von den Klangfiguren. 52.
Chlorine und Waſſerſtoffgas dem Sonnenlichte ausgeſetzt, detoniren und bilden Salzſäure. IV. 246.
Chronometer. I. 234. Compenſation der — 235. Verfahren auf Schiffen, ſie vor den Störungen im Gange durch magnetiſche Einwirkung zu ſchützen. III. 122.
Celſius'ſche Scale des Thermometers. I. 164.
Celſius und Hiorter entdecken den Einfluß des Nordlichts auf die Magnetnadel. III. 90.
Centeſimalgrade des Thermometers. I. 164.
Centeſimalſcale des Therm. I. 164.
Centra, magnetiſche, der Erde, III. 83. Einfluß derſelben auf die magnetiſche Neigung. 78. 83. Urſache dieſer Erſch. 84.
Centralkräfte. Def. I. 94.
Centralmaſchinen, Beſchreibung. I. 96.
Centrifugalkraft. Def. I. 94. Beſtimmung der — der Erde, an der Oberfläche des Aequators. 99.
Centripetalkraft. Def. I. 91. — bei Bewegung der Himmelskörper. 93.
Cirkel. Def. Nutzen. I. 133.
Coercitivkraft. Def. III. 16. — iſt der Ertheilung des Magnetismus hinderlich. 17.
Coincidenzen. Methode der — zu Meſſung der doppelten Stralenbrechung. III. 338.
Collektivgläſer. III. 274. Beſtimmung der durch ſie hervorgebrachten Bilder. 284. Verſuche hierüber bei verſch. Entfernungen 285 folg. Nutzen derſelben für Weitſichtige. 287 folg.
Collector der Condenſatoren der Elektricität. II. 223. Beſchreibung. Nutzen.
Combinationstöne, Def. Hervorbringung der — II. 28. Tartini ihr Entdecker. 29. Methode, ſie wahrnehmbar zu machen. 29.
Communicationsröhren an d. Luftpumpe. Nutzen I. 215.
Comparator. Beſchreibung. I. 139. Gebrauch. 140. Vorſichtsmaßregeln, um Irrthümer bei ſ. Gebrauch zu verhüten. 140 folg.
Compaß, ſiehe Schiffscompaß.
Compaßnadeln, beſte Einrichtung der —. III. 68. 71.
Compenſation, achromatiſche, Verfahren ſie zu bewirken. III. 414. Apparat dazu. daſ. Erforderniſſe für vollk. — 417.
Compenſatoren. Beſchreibung I. 152. Nutzen derſelben bei Waſſerleitungen. daſ —. 233. Martinſcher. — 234. Beſchreibung. Anwendung bei Uhren. daſ. — Anwendung compenſirender Platten bei Verfertigung der Thermometer. 236. Vorſchläge die — an den Uhren entbehrlich zu machen. 247.
Compreſſionspumpe, vgl. Luftverdichtungspumpe.
Condenſator. II. 220. Theorie deſſelben 221. verſchiedne Arten des — 222. welcher der vorzüglichſte? 222. Einrichtung 222. Collector oder Sammlungsplatte des — 223. Verfahren, ſeine Entladung zu verhüten 223. Theorie des — 224. Berechnung ſeiner condenſirenden Kraft. 224 folg. Verſuche, die im — gebundne El. zu beweiſen. 226 folg. Entladung des — 227. Sitz, der im — angeſammel-

ten Elektricität. 227. Condenſator von Aepinus. 228. Nutzen der Verbindung des — mit dem Elektroſcop. 229.
Condenſator (Kühlvorrichtung an den Dampfmaſchinen). IV. 306.
Conductoren der Elektricität. vgl. Leiter.
Conſonanzen, vollkommne, unvollkommne. II. Zuſätze. 44.
Contactelektricität, Erſch. der — IV. 331. Apparat von Bohnenberger zur Bemerklichmachung derſelben. 332. Becquerels Apparat, zu gleichem Zweck. daſ. Reſultate hinſichtl. der elektromotoriſchen Wirkung ſaurer und alkaliſcher Flüſſ. auf Metalle. 333. Wirkung d. Berührung des Waſſers und der Metalle. 333. der Salzauflöſungen und der Metalle. 334. Erſch. wenn ſaure oder alkaliſche Flüſſ. zwiſchen 2 verſchiedne Metalle gebracht werden. 334. Contactel. durch Berührung von Flammen mit Metallen hervorgebracht. 335.
Cook, beobachtet die gröſte Abweichung der Magnetnadel in der ſüdlichen Halbkugel. III. 81.
Coulomb, erfindet die Drehwage. I. 330. — über die Erſcheinungen der Reibung, 334 (Anmerk.) — Anwendung ſeiner Drehwage als Elektroſcop. II. 154. — über die Geſetze der Hervorbringung poſitiver oder negat. El. durch Reibung 273. — Verfahren, die Geſetze der el. Anz. und Abſtoß. zu erforſchen 156. — Magnetiſirmethode v. — III. 53. — von der beſten Einrichtung der Compaßnadeln. 68 folg.
Croſſe (Andrew), Beobachtungen über die atmoſphäriſche Elektricität. II. 264.
Cruikſhank's Verſuche mit der Volt. Säule. II. 303.
Cumming, über die Reihenfolge der thermoel. Leiter. III. 219 (Anmerkung).
Cunäus und Muſchenbroek, entdecken die Leydner Flaſche. II. 235.
Curven der erſten und zweiten Ordnung. I. 93. tautochroniſche, brachyſtochroniſche — 103 (Anmerk.) logarithmiſche Curve. III. 67. Nutzen derſelben. daſ.
Cuvier (Friedrich), entdeckt das Verſchlucken des, die Volt. Säule umgeb. Sauerſt. II. 323.
Cycloide. I. 105. Beſchreibung.
Cylinder, elektrodynamiſcher, Beſchreibung. Nutzen. III. 210. Wirkung zweier — — auf einander 211.

D.

Dalibard. Verſuche mit den Blitzableitern. II. 252.
Dalton. Verfahren von — bei Erforſchung d. Verhaltens d. Dünſte im leeren Raum I. 257, über die Ausdehnung der Gasarten durch Wärme 241. Apparat von — zur Meſſung der Spannkraft der Dünſte 254. Verfahren, die Spannkraft d. Waſſerdunſtes bei 0° — 100° zu meſſen 256. über Mengung der Dünſte mit Gasarten 271. über Verdunſtung. 277. von der Schnelligkeit d. Verdunſt. in d. Luft. 279.
Dampfmaſchinen. Begründung ihrer Wirkungsart. IV. 301. Conſtruction. daſ. u. f. Abweichung der hier beſchriebnen — von den frühern 305. Savary's Verdienſte um ihre Verbeſſerung. daſ. atmoſphäriſche Maſchine von Newcommen. daſ. Mängel derſelben, und Verbeſſerung durch Watt. daſ. Kühlvorrichtung der —. Beſchr. Nutzen. 306. Beſchreibung der Watt'ſchen — 308 folg. Balancier. Gubernator der — daſ. Beſtimmung der vortheilhafteſten Temperatur des Dampfes um d. — zu treiben. 310. Totalaufwand des

dazu nöthigen Caloricums. 311. Würdigung der Art —, wo d. Dampf unter hohen Druckkräften angewandt wird. 312. Scheinbare Vortheile derſelben. 312. Gefahren bei dgl. Maſchinen und Vorſichtsregeln. 313. Nachtheile derſelben und Abhülfe. 313. Unzulänglichkeit dieſer Abhülfe bei hohen Temperaturen 313. Einrichtung der — mit hohem Druck. 313. Folgen der erhöhten Temperatur. 314 folg. Pronys Vorrichtung dazu. 315. Kraft der — 315.

Darcet'ſches Metallgemiſch, Beſtandtheile. Erſch. an demſelben durch Hitze und Kälte hervorgebracht. I. 329.

Davy, entdeckt mittelſt d. Volt. S. das Kalium und Natronium. II. 316. Unterſuchungen, über das verſch. Leitungsvermögen der Schließungsdrähte d. Volt. S. 343. über die Bewegung des Queckſilbers durch den Elektromagnetismus III. 186. über die Identität der chem. und el. Kräfte IV. (Zuſätze) 325. Verfahren, das Kupfer an Schiffen vor der Wirkung des Seewaſſers zu ſchützen. 340.

Declination der Magnetnadel. Def. III. 110. Verfahren ſie auf dem Lande — auf der See zu finden. 113.

Declinations-Bouſſolen oder Nadeln. Beſchreibung. III. 110. Caſſiniſche — daſ. Abänderung derſelben durch Gambey. 111. Gebrauch der —. daſ.

Dehnbarkeit, des Goldes, I. 10. der Platina. 11.

Deluc, über die Ausdehnung d. Flüſſ. I. 245. über die Verdunſtung 277. Thermometer von — mit Waſſer und Alkohol. 279.

Descartes, Geſetze der Stralenbrechung III. 260 folg. Verdienſte um die Theorie des Regenbogens. 410.

Despretz, vom Verhalten der Dünſte im leeren Raum I. 261. über den Verdünſtungswärmeſtoff. IV. 299.

Deſſaignes, entdeckt die el. Eigenſchaften einer in Queckſilber getauchten Glas- oder Siegellackſtange. II. 276.

Dianenbaum, durch den Volt. Appar. hervorgebracht. II. 303.

Dichtigkeit der Körper. Def. I. 43.

Differenzial-Thermometer. Beſchreibung, Verfertigung, Gebrauch. IV. 243.

Diffraction des Lichts, ſ. Beugung.

Dioptrik. III. 258.

Dioptriſche Inſtrumente aus mehreren Gläſern. III. 422. Objectiv- oder Vorderglas und Ocularglas, einfaches und zuſammengeſetztes — ibid. Einrichtung, verſchiedne Arten. 423.

Döbereiner, vom Einfluß des Waſſerſtoffgas auf Platina I. 340.

Doppelſpath in Bezug auf doppelte Stralenbrechung. III. 326. Beſchreibung deſſelben, und Verſuche mit ihm. 327. Verfahren, das Auseinanderweichen d. Stralen im — zu meſſen. 327. Beſtimmung der Lage des Austrittspunctes der gebrochnen Stralen auf der obern Fläche. 328. Stralenbrechung in der Ebne des Hauptſchnitts. 330. Beſchreibung der dabei thätigen Kraft. daſ. Verſuche hierüber. 331.

Doppelſtrich beim Magnetiſiren III. 51. Verbeſſerung des — — durch Canton und Aepinus. 51. Coulombs Verfahren. 53. Vertheilung des freyen Magnetism. in den durch den — magnetiſirten Drähten 56.

Doppeluhren von Breguet, Beſchreibung, Nutzen. II. 114.

Drache, Verſuche mittelſt ſeiner die El. aus den Wolken herabzuleiten von Franklin und de Romas. II. 253 u. folg.

Drebbel (Cornelius) ſoll Erfinder des Thermom. ſeyn. I. 165.

Drehpunkt des Hebels. Def. I. 47.

Drehungsaxen, jeder feſte K. hat drei — I. 107.

Drehungsbogen, bei der Polariſ. d. Lichts durch Drehung. IV.

205. Berechnung deſſelben für jeden einfachen Stral bei einer Platte von beliebiger Dicke. daſ.
Drehwage v. Coulomb. Beſchreibung I. 330. Vorrichtung, um ſie vor der Bewegung der Luft zu ſichern. 331. Einrichtung des Drahts und der Nadel derſelben für verſch. Zwecke. daſ. Nutzen bei der Meſſung der Anziehungskraft der Körper. 331. zur Meſſung der mittlern Dichtigkeit der Erde. 332. zur Beſtimmung der Kraft, mit der Körper an einanderhaften. 333. zur Meſſung der Intenſität der el. und magnet. Kräfte. 333. zur Auffindung der Geſetze d. el. Anz. u. Abſt. II. 150. zur Auffindung des Maßes der magnetiſchen, richtenden Kraft der Erde auf die Magnetnadel. III. 25. zur Beſtimmung des Maßes der magnetiſchen Kraft. 56.
Dreiklang. Def. II. 43. großer, harter, weicher, kleiner, Dur- Moll-Dreiklang. 43.
Druck, erregt Elektricität. II. 273.
Druckhebel. Beſchrb. I. 49.
Druckpumpe. Beſchrb. Wirkung. I. 212.
Druckventil der Druckpumpe I. 212.
Druckwerk. Beſchrbg. I. 212. Druck- und Saugwerk, vereinigtes Beſchr. Wirkung. 212.
Dufay, entdeckt den Unterſchied zwiſchen Glas- und Harzelektric. II. 144. Beob. d. Spaltung der Lichtſtralen in 2 Bündel in allen Würfelkryſtallen III. 325.
Duhamel und Antheaume, neue Magnetiſirmethode derſlbn. III. 47.
Dulong und Petit, über die Ausdehnung des Queckſ. im Therm. vom Froſt- bis zum Siedepunct I. 172. v. Einfluß der Temperatur auf die Ausdehnung feſter Körper 230. Vorrichtung von — zur Meſſung d. Spannkraft d. Dünſte im leeren Raum. 257. — über das ſpecif. Gewicht verſchiedner Gasarten 301.
Dumerils Apparat zum Ausſpritzen der Gefäße des menſchl. Körp. I. 124.
Dünſte. Von ihrer Bildung und Spannkraft im leeren Raum. I. 250. Erforſchung ihres Verhaltens im leeren Raum, nach Dalton. 251. Spannkraft der Dünſte. 252. Unterſchied der Dünſte von den Gasarten. 252. weſentliche Kennzeichen der — 253. Meſſung ihrer Spannkraft bei verſchiednen Temperaturen. 254. Abänderung der Meſſungsmethode von Ure, nebſt dem dazu gebrauchten Apparate. 255. Verfahrungsart von Dalton, bei Ausmittlung der Spannkraft des Waſſerdunſtes v. 0° — 100. 256. Daſſelbe Verfahren, durch Dulong verbeſſert. 257. Tabelle über die Spannkraft des Waſſerdunſtes von 20° unter Null bis 130° über Null. 259. Ausmittlung der Spannkraft der Dünſte andrer tropfbarer Flüſſ. 260. des Aethers. 260. Vergleichung der Spannkraft des Aether- mit dem des Waſſerdunſtes. 260. der Schwefelſ. des Queckſilberdunſtes 262. des — der Salzauflöſungen. 263. Gay Luſſacs Apparat zur Meſſung der Spannung d. Waſſerdunſtes bei ſehr niedrigen Temperaturen 264. deſſelben Apparat zur Vergleichung der Spannkraft verſch. Flüſſ. bei gleicher Temperatur 265. Apparat zur Beobachtung der Spannkr. d. Dünſte bei allen Temperaturen. 265. (vgl. Manometer). Spannkraft eines Gemenges aus Gasarten und Dünſten. 274.
Dünſte, Gewicht der —, bei gegebnem Volumen, beſtimmten Druck und Temperatur. I. 267. Beſtimmung des Volums tropfb. Fl. aus dem ein beſtimmtes Volum Dunſt entſteht nach Gay Luſſac. 267 Apparat z. Umwandl. dieſ. Quantität tropfb. Flüſſigktn. in Dunſt. 267. folg. Mittel, um zu erfahren, ob alle Fl. in Dunſt verwandelt ſey. 269. Getrennte Entwickelung der Dünſte aus tropfbaren Gemiſchen. 271. Reducirung des Volumens der Dünſte für andern Druck und andre Temperatur 271.

Dünſte, Mengung der — mit Gasarten. I. 271. Geſetz für dieſe Mengung 272. Apparat v. Gay Lussac zur Nachweiſung dieſes Geſetzes für die gewöhnl. Temperaturen. 272 folg. Wirkung des Zuſatzes der Dünſte zu Gasarten. 274. Spannkraft dieſes Gemenges. 274. Beſtimmung des Raums, den es einnimmt. 275. Bewährung obiger Geſetze für hohe Temperaturen. 276. Bedingungen dabei. 276. Verſchiednes Verhalten der Dünſte bei der Mengung. 276. Nutzen des Vorſtehenden für die Erklärung vieler phyſikaliſchen Erſcheinungen. 277.

Duraccord. Def. II. 45.

Durchmeſſer, ſcheinbarer. III. 229.

Durdreiklang. Def. Nutzen. II. 45.

Durtonleiter. Def. II. 49.

Dychroismus. Def. Körper, bei denen er vorkommt. IV. 122. Bedingungen ſeiner Erſcheinung. daſ. u. f. Bezug des — zu der doppelten Brechung. daſ. Einfluß der Wärme auf den — der Mineralien nach Brewſter. 123.

E.

Ebene, von der ſchiefen oder geneigten — I. 52. Nutzen. 52. Bedingungen des Gleichgewichts auf der ſchiefen Ebene. 53. Anwendung der Theorie der —, auf die Verfertigung der Schrauben. 53. Ebene keiner Anziehung. III. 123.

Echo, Theorie der Bildung deſſelben. II. 11. einſylbiges, vielſylbiges. daſ. (Anmerk.).

Edmonſton, Beobachtung von — eines großen Nordlichts. III. 90.

Eigenſchaften der Körper I. 1. Wahrnehmung derſelben. 2. zufällige, 2. weſentliche 3 folg.

Einfallsloth oder Einfallsperpendikel. Def. III. 235.

Einfallswinkel. Def. III. 235.

Einklang. Def. II. 18.

Einſpritzungsröhre an den Dampfmaſchinen. IV. 304.

Eis Bildung des Eiſes, bei der Verdunſtung. I. 290. Temperatur des ſchmelzenden Eiſes. 162. hervorgebracht durch den Verluſt des ſtralenden Caloricums. IV. 264. Nutzen des Eiſes bei Anwendung des Calorimeters. 271. Berechnung des zur Schmelzung einer gewiſſen Menge Eis erforderl. Caloricums. 274 folg.

Eiſen. Verbrennung deſſelben durch die Volt. Säule. II. 317. Berührung des — mit einem Magnet, macht es ſelbſt magnetiſch. III. 3. Verhalten von weichem Eiſen und Stahl gegen den Magnet. 4. Eiſen in verſchiednen Körpern, wird mittelſt des Magnetes entdeckt. 73. Geſetze, nach denen weiches Eiſen auf die Magnetnadel wirkt. 123. Reſultate von Barlow über Kugeln von weichem Eiſen gefunden. 123 folg. Schmidts Verſuche hierüber mit eiſernen Würfeln. 126. Verſuche deſſelben, die daraus hervorgehenden, ſtörenden Wirkungen d. Eiſens auf die Magnetnadel, auf die Geſetze der magnetiſchen Vertheilung durch den Erdkörper zurückzuführen. 126 folg.

Eispunct des Thermometers. Def. I. 162.

Elaſticität Def. I. 109. 323. worin ſie beſtehe, und wie ſie von der Anziehung der Körpertheilchen abhänge. 324 folg. vollkommne, unvollkommne —. 326. Welche Körper keine, oder nur unmerkl. Elaſt. beſitzen. 326. Elaſtic. beſitzen nicht blos die Metalle ſondern faſt alle Naturkörper. 327. Einfluß der phyſiſchen und mechaniſchen Operationen auf die Elaſt. 327 folg. Elaſticität des Waſſerdampfes bei hohen Temperaturen 339. Tabelle hierüber. 339.

Elektricität. Allgemeines darüber. II. 137. Beweiſe für ihre Materialität I. 24. Begriffsbeſtimmung II. 137. Namenherleitung. daſ. Grunderſcheinung der — daſ. Grundurſache der — 138. Bedingungen, unter denen ſie erſcheint 139. Leitungsvermögen der — ſ. Leiter, Leitung, Leitungsvermögen. Einfluß der atmoſph. Luft auf die Zurückhaltung der El. an der Oberfläche der Körper 141. Gemeinſchaftlicher Behälter der — 143. Erſcheinungen der el. Anziehung und Abſtoßung 143. **Vertheilung** der — ſ. Vertheilung.

Elektricität, atmoſphäriſche. II. 352. Verdienſte v. Franklin und Dalibard um ihre Sichtbarmachung. daſ. Cantons Verbeſſerungen. Apparat zur Darſtellung derſelben. 253. (vgl. Glockenſpiel el.) Franklins Verſuche mit dem Drachen, ſie aus den Wolken herabzuleiten. 253. Widerholung und Verbeſſerung durch de Romas. 254. Reſultate. 254. Vorſichtsmaßregeln bei Anſtellg. dieſer Verſuche. 255. daraus hervorgeh. Erf. d. Blitzableiter (vgl. Blitzableiter). Vorrichtung, die kleinſte Menge atmoſph. El. bemerkl. zu machen 259. (vgl. Elektroſcop). Intenſität der atm. El. in höhern Regionen, Verſuche v. Sauſſure. 260 folg. von Gay Luſſac und Biot im Luftballon. Reſultate. 261. Verſuche von Hermann. 262. Erklärung der dabei vork. Erſch. 262 folg. *Zuſätze* über d. at. El. 264. Unterſuchungen von Andrew Croſſe. 264 folg. von Schübler 265. Ueber verſchiedne v. d. atm. El. herzuleitende Naturerſch. 265 folg.

Elektricität. Verſchiedne Erregungsarten derſelben. II. 272. durch *Abblätterung*. 149. durch *Auflöſung* von Metalloxyden in Alkalien. IV. 341. von Alkalien oder Säuren in Waſſer 342 u. f. von neutralen Salzen in Waſſer 343. durch *Ausdehnung* II. 149. durch *Berührung* heterogener Körper überhaupt (Galvanismus) 277 u. ff. 288. flüſſiger Stoffe mit feſten. II. 288. alkaliſcher und ſaurer Subſtanzen in feſter und trockner Form mit Metallen nach Davy IV. (Zuſätze) 325 ſaurer und alkaliniſcher Auflöſungen mit Metallen nach Becquerel. 333 von Waſſer mit Metallen. 333. einer Salzauflöſung mit Metall. 334. gewiſſer Flammen mit Metallen. 335. durch *Capillarität*. 252. durch *Chemismus* nach Lavoiſier und Laplace. II. 288. nach Becquerel IV. (Zuſätze) 336 u. folg. bei Verbindung alkaliſcher und ſaurer Subſtanzen mit einander. 337. bei Verb. einer Säure mit einem Metall. 337. bei Miſchung einer concentrirten ſauren oder alkaliniſchen Aufl. mit einer andern minder concentrirten derſelben Beſchaffenheit. 340. bei Miſchung der Auflöſungen von Neutralſalz von verſchiednen Graden der Concentrirung. 341. bei Miſchung einer Säure mit einer andern Säure. 343. bei Niederſchlägen. 340. bei Auflöſungen ſ. durch *Auflöſung*, durch *Druck* in verſchiedenen Körpern nach Libes. 273; in mehrern Mineralkörpern nach Hauy. 274. in allen Körpern nach Becquerel. 274. durch *Eintauchen* einer Glas- oder Siegellackſtange in Queckſilber nach Deſſaignes. 276. von Platinplatten in ſalpeterſ. Eiſenauflöſung. IV. 345. durch *Erwärmung* im Turmalin und verſchiednen andern Mineralkörpern nach Hauy. II. 242 u. f. in ſehr vielen ſowohl natürlichen als künſtlichen und gepulverten Kryſtallen nach Brewſter. IV. Zuſätze 320. im Papier. 319 nach Yelin. 320. in Begleitung von *Klangfiguren* nach Oerſted und Kaſtner II. 277 Anm. durch *Miſchung* ſ. durch Chemismus; durch *Mittheilung* II. 142. durch *Niederſchläge* IV. 341. durch *organiſche Proceſſe* II. 353 ff. Nachweiſung der Analogie des Nervenſyſtems mit einem elektromotoriſchen Apparate 353 ff. Identität des Nerven- und des el. Fluidums. 355. Einwürfe dagegen und Begegnung derſelben 356 ff. Elektriſche Fiſche 359 ff. durch *Reibung* II. 137. 272. Umſtände, welche dabei von Einfluß ſind. 272. Coulombs Geſetz darüber. 273. durch Reibung von tropfb. Fl. an feſten Körpern. 149. von Gasarten an feſten Körpern. 149. durch Schmelzung. 150. Thermoelektriſche Erregung. III. 171. 218 u. f. ſiehe Thermoelektricität. Erregung durch ſchnelle Trennung von Körpern II. 276. IV. (Zuſätze) 330. durch Verbrennung. 344 u. ff. durch Verdunſtung. 264. durch Vertheilung. 178 u. f. ſ. Vertheilung der Elektricität.

Elektricität, Erſcheinungen und Wirkungen der gewöhnlichen — im Allgemeinen. II. 137. 138 u. ff. 269. mechaniſche und chemiſche Wirkungen der — 244 u. ff. Zuſätze darüber. 247 u. ff. Erklärung dieſer Wirkungen. 249. Verſchiedene Beiſpiele zur mechaniſchen Wirkſamkeit. 244. 249. 250. Beiſpiele zur chemiſchen Wirkſamkeit. 245 u. ff. 250 u. ff. Wirkungen auf tropfbare u. gasförmige Flüſſigkeiten. 245. 249. Waſſerbildung durch — nebſt Apparat dazu. 245. 249. Waſſerzerſetzung nach Wollaſton. 246. Zerſetzung von Salzen. 246. Verbrennung und Schmelzung von Metallen 244. 245. 250. 251. dabei entſtehende Färbung und Oxydirung der Metalle 251. Lichterſcheinungen der — ſ. Lichterſcheinungen. Erſcheinungen beim Zerklüften von Kryſtallen. IV. 330 ff. bei chemiſchen u. capillaren Vorgängen ſ. Elektricität, verſchiedene Erregungsarten der — Erſcheinungen und Wirkungen der galvaniſchen — chemiſche: Waſſerzerſetzung. 299 ff. Umſtände, welche dabei beförderlich oder hinderlich ſind. 301. auf andre Subſtanzen als Waſſer. 303 ff. auf Salzauflöſungen. 303. Vorſichtsmaßregeln bei Verſuchen hierüber. 305. Ueberführende Wirkungen des Volt. Apparats. 305 ff. Erklärungsverſuch dieſer Erſcheinungen. 308 ff. Zerſetzung des Kalis und Natrons. 316. 317. anziehende Wirkungen. 317. Funkenerſcheinungen, Glühen und Verbrennungen. 318 ff. auf organiſche Körper. 348 ff. Art den Galvanismus auf den Körper anzuwenden. 348. Empfindungen, die der galv. Strom im Körper erregt. 349. Unterſchiede in der Wirkung des poſ. und neg. Pols. 350. Moſts Verſuch daſ. (Anm.). Wirkungen auf Gehirn und Auge. 351. auf Ohr, Naſe, Zunge, Rückenmark, Darmkanal. 352. Anwendung gegen Krankheiten. 352.

Elektricität. Geſetze der — daß Körper mit gleichartiger El. geladen, ſich abſtoßen, mit ungleichartiger ſich anziehen. 145. daß die ungleichnamigen Elektricitäten überhaupt ſich anziehen, die gleichartigen ſich abſtoßen. 180. daß der reibende und der geriebene Körper immer entgegengeſetzte El. annehmen. II. 147. Beweiſe dafür. 147. Geſetze der el. Anziehung und Abſtoßung. 150 u. ff. Geſetze des allmäligen Verluſts der El. durch Berührung der Luft und unvollkommen iſolirende Träger. 159 u. ff. Geſetze des Gleichgewichts der — in iſolirten Leitern. 168 u. ff. ſ. auch Vertheilung der Elektricität. Geſetze der Elektricitätserregung durch Vertheilung 178 u. ff. Geſetz, daß die beiden el. Principe ſich mit einer Kraft anziehen, welche dem Quadrat ihres Abſtands umgekehrt proportional iſt. 187. Geſetze der Bewegungen der elektriſirten Körper. 198.

Elektricität. Theorieen der — II. 195. Franklinſche, Symmerſche oder dualiſtiſche. 195. von Aepinus und Cavendiſh. 196 ff.

Elektricität. Unterſcheidung derſelben — Unterſchied zwiſchen poſitiver und negativer, Glas- und Harzelektricität. II. 144. nach Franklin. 195. Erkenntniß dieſes Unterſchieds durch das el. Pendel. 146. durch den Geſchmack. IV. (Zuſätze) 318. Unterſchied in der Wirkung auf den thieriſchen Körper. II. 350. Tabelle der Subſtanzen, die, mit einander gerieben, poſitive oder negative El. annehmen. 147. Unterſuchungen über die Umſtände, unter denen poſitive oder negative El. erregt wird, mit darauf ſich gründendem Verſuch. II. 148, von der freien und gebundenen — 178 u. ff. 220 u. ff. Unterſchied der gewöhnlichen und der galvaniſchen hinſichtlich der Wirkungen auf lebende Körper. 348. Verſchiedenheit in der Leitung beider Elektricitäten. 340 u. ff.

Elektriſirmaſchine. Def. II. 138. Benutzung des Leitungsvermögens der K. zur Einrichtung der — 142. Beſte Einrichtung derſelben. 207. Verfertigung des Reibzeuges. 207. Ueberzug des Reibzeugs. 208. Nothwendigkeit der leitenden Verbindung zwiſchen den Kiſſen des Reibz. und dem Boden. 208. Nutzen dieſes Umſtandes für die Elektricitätserregung durch Reibung. 208 folg. Ein andrer Umſtand, der dieſe leitende Verb. nöthig macht. 210. Aus allem Vorhergehenden fließende Bedingungen für die Vervollkommnung des Apparates. 211. Einrichtung des erſten Conductors. 212. Regeln für den Beobachter. 213. Bedingungen für die Jſolirung der Conductoren. 213. die El. der Conductoren iſt dann poſitiv. Verfahren ihnen auch die negative zu ertheilen. 214.

Elektrochemiſche Unterſuchungen von Becquerel. IV. Zuſätze. 324 folg.

Elektrochemiſche Erſcheinungen, Erklärung verſchiedner — — IV. Zuſätze. 347. Allgemeine Vorerinnerungen. 347. Erklärung von Davys Entdeckung, das Kupfer an Schiffen vor der zerſtörenden Wirkung des Meerwaſſers zu ſchützen. 348. Verfahren Davys. Erklärung der Erſch. nach Davy. Nähere Beſtimmung dieſer Erklärung. 348.

Elektrochemiſche Theorieen. IV. Zuſätze. 324. Erſte Verſuche v. Lavoiſier und Laplace Elektr. bei chemiſchen Wirkungen aufzuſammeln. 325. Theorie von Ritter und Winterl. 325. Vertheidigung derſelben durch Oerſted. daſ. Darſtellung der Jdentität der chem. und el. Kräfte durch Davy. 325 folg. Entwicklung der nämlichen Sache durch Berzelius. 327. Ampere's Theorie. 327 folg. Schweiggerſche Kryſtall-elektriſche Theorie. 329 (Anmerk.).

Elektromagnetismus. Def. III. 127. Entdeckung. 128. Erſcheinungen, die er darbietet. 128. Einfachſte Weiſe, dieſe Erſcheinungen hervorzurufen. 128 u. f. Wirkung auf die Magnetnadel. 129. Reſultate und Folgerungen. 130. Was bisher zur Vervollſtändigung der elektromag. Kräfte geſchehen. 131. Beſtimmung des Geſetzes, nach welchem die vom Schließungsdrahte d. Volt. Säule ausgehende Kraft mit Entfernung von ſeiner Axe abnimmt. 131. Verſuche mit einer kurzen parallelogrammiſchen magnetiſ. Stahlnadel. 131. Verfahren, die Nadel vor der Einwirkung des Erdmagnetism. zu ſichern. 131 folg. Wirkung des Volt. Stromes auf dieſe Nadel. 133. Beſtimmung der Charactere der Mittelkraft, die eine ſo ſollicitirte Nadel zur Ruhe bringt. 133 folg. Wie die vom Schließungsdraht ausgehende Kraft ihren Angriffspunct an der Nadel erhält und ſie zu Bewegungen veranlaßt. 135. Richtung und Jntenſität der Wirkung, die vom Drahte auf die Pole der Nadel ausgeübt wird. 136 folg. Verſuchsreihen von Savart über die abſolute Richtung der Wirkung der Mittelkraft, auf jede Art des Magnetismus. 138 folg. Vorſichtsmaßregeln bei dieſen Verſuchen. 139. Verfahren, um die Reſultate der Verſuche vergleichbar zu machen. 141. Tabelle über die verſchiednen Beobachtungen und Reſultate. 142. Berechnungen. 143. Geſetz für die Geſammtwirkung der Verbindungsdrähte auf ein magnetiſches Element. 144. Verſuche mit einer priſmatiſchen parallelogrammiſchen Nadel, zur Sicherung der Gültigkeit dieſes Geſetzes. 144. Reſultate. 145. Wirkungen der Verwechſelung der Pole der Volt. Säule auf die Nadel. 146. Nutzen dieſes Umſtandes für die Auffindung der abſoluten Richtung der auf die Nadel wirkenden Kräfte. III. 146. Nähere Auseinanderſetzung dieſes Umſtandes. 146 folg. daraus ſich ergebende Beſtimmungen. 148. leichtere Ueberſicht der Reſultate durch Zurückführung d. ſenkrechten Seitenkräfte, die die Bewegung der Nadel bedingen, auf ihre algebraiſchen Ausdrucke. 149 folg. Einfluß der ungleichen Lage der beiden Pole der Nadel von ihrem Aufhängungspunkte. 152 folg. Bedingungen der Bewegung und des Gleichgewichts einer Nadel mit Folgepunkten. 154. Verſuche mit ſehr langen Nadeln. 154. Vorrichtung des dazu zu brauchenden Apparates. 155. Auffindung der die Nadel ſollicitirenden Seitenkräfte. 155. Richtung der Seitenkraft, wenn die Nadel nicht mehr über, ſondern unter dem Verbindungsdraht ſteht. 156. Erſch. wenn die Nadel über oder unter das Niveau des Verbindungsdrahtes in bekannte Höhen gebracht wird. 157. Tabelle über die Reſultate. 158. Verhalten der Nadel, bei Einwirkung elektriſirter Röhren oder breiter Streifen. 159. Tabelle der Reſultate. 161.

Berechnung des Zahlenverhältniſſes der Kräfte, von der Röhre und dem Drahte in verſch. Abſtänden geäußert. 162. Geſetz der Kraft, die vor jedem Schnitt des Drahtes auf jedes einzelne ihm dargebotne mag. Molecul ausgeübt wird; nach Laplace. 164 folg. Verſuche. 164. Vorſichtsregeln bei ihrer Anſtellung. 165. Reſultat. 166 folg. Auffindung der Geſammtkraft dadurch. 169. Beſtätigung des Vorigen an einem ſpiralf. gewundnen Drahte. 169. (vgl. Multiplicator elektromag.) Elektriſche Wirk. der Temperaturungleichheit, in 2 ſich berühr. Sbſtz., ihr Einfluß auf die Nadel. 171. Wirkung der El., die ſich bei Berührung zweyer phyſiſch oder chem. auf einander wirk. Subſtz. entwickelt. 172. Wirkung der queren Richtung der von den Verbindungsdrähten ausgeübten Kraft auf die Nadel. 172. Unmöglichkeit, die Drehung d. mag. Theilchen einer Art zu beobachten. 174. hierauf ſich gründende Apparate. 174 folg. Drehungsbewegungen eines durch d. Magnet ſollicitirten Drahtes. 177. Verſuche von Pouillet. 178. Abänderung derſelben durch 2 Leitungsdrähte. 179. Wirkungen, wenn d. Volt. Strom in einem Drahte auf, in dem andern herabſteigt. 180 folg. Erſchein., d. ein durch Temperaturungleichheit elektriſ. Bogen darbietet. 182. Erklärung derſelben. 183. Analoge Wirkungen der magnetiſchen Erdkräfte. 184. Pouillets Theorie derſelben. 184 folg. Bewegungen unzerſetzbarer Flüſſigkt. d. Wirkung d. Volt. Stroms. 186. Davy's und Herſchells Beobachtungen. 186 folg.

Drehungsbeweg. d. Lichtgarben, die an einem vom Volt. App. durchſtrichnen Kohlenſtückchen entſtehen. 187. Theorie dieſer Erſcheinung. 188. Betrachtung der aus allem Vorhergehenden gezognen Reſultate. 190. Auffindung der Richtung der Mittelkraft durch die Darſtellung der Molecularwirk. 191. Amperes Verſuche und Gründung einer Theorie des Elektromagnet. auf dieſelben. 103. Herleitung des Elmag. von einer Molecularmagnetiſirung. 195 folg. Zurückführung des — auf den Transverſalmagnetismus nach Prechtl. IV. 362.

Elektromagnetismus nach Amperes Theorie. III. Zuſätze. 197.
A. Vorerinnerungen. daſ. Vorrichtungen um die Anz. und Abſtoß., die die Theile der verbind. Leiter auf einander ausüben, zu beobachten. daſ.
B. Fundamentalſätze. 198. der wechſelſeitigen Anz. und Abſtoßung. 199. Mittel, den richtenden Einfluß der Erde zu beſeitigen. 200. Unterſchied zwiſchen begränzten und unbegränzten Leitern. 201. Wirkung eines unbegränzten Leiters auf einen bewegl. begränzten 201. Reſultate. 202. Wirkung eines begränzten unbewegl. auf

auf einen begränzten bewegl. Leiter III. 203. Wirkung zweier geradliniger unbegränzter bewegl. Leiter. 204. Apparat, um der kreisförmigen Bewegung eines horiz. Leiters mehr Schnelligkeit zu verleihen. 205 ſolg.
C. Einfluß der Erde auf die Voltaiſchen Leiter. 207.
Wie die Erde hiebei wirkt. 207 Folgerungen. daſ. Einfluß der Erde, auf einen, d. Geſtalt eines Kreiſes habenden Leiter, der um eine vertikale Axe bewegl. iſt. 208 ſolg.
D. Zurückführung der Wirk. d. Magnetiſm. auf d. el. Ströme 210. Apparat dazu. daſ. Wirkung zweier elektrodyn. Schrauben auf einander. 211 Wirkungen des Magnets auf einen geradlinigen beweglichen Leiter. 211. Einfluß des el. Stroms auf die Deklinationsnadel. 212.
E. Rotationsverſuche durch Wirkung von Magneten und Leitern auf einander. 213. Apparate dazu. 213 ſolg.
F. Nachträge verſchiedner Sätze. 215.
G. Beſchränkung und nähere Erörterung einiger derſelben. 217 ſolg.
Elektromagnetiſcher Multiplicator. ſ. Multiplicator, el.
Elektrometer, ſiehe Elektroſcop.
Elektromotoren, Reihenfolge der — im Volt. App. II. 291 ſolg. nach Poggendorf. 329. nach Pouillet IV. (Zuſätze) 322. nach Alvogrado. 324. — bei den Verſuchen eine trockne Säule zu errichten. 329.
Elektromotoriſcher Apparat, ſ. Volt. Säule.
Elektrophor. Theorie des — II. 230. Verfertigung. Theile. 332. Nutzen. daſ. Urſache ſeiner Entladung. 233. Verſtärkung ſeiner Kraft 233. Verſuche dazu. 233. Verfahren, die Lichtenbergiſchen Figuren des El. — bemerklich zu machen. 234.
Elektroſcop, Coulombſches. Beſchreibung. Nutzen. II. 154. — 215. Beſtimmung dieſer Inſtr. Conſtruction. daſ. **Bennetſches** Goldblattel. daſ. Verfahren, ihnen beliebig poſit. oder neg. El. mitzutheilen. 216 ſolg. Vorzüge des Coulombſch. vor allen übrigen. 220. **Henleyſches** oder Quadrantenel. Beſchreib. 240. Nutzen des Coul. zur Bemerklichmachung d. geringſten Menge atmoſph. El. 260. Nutzen d. Goldblattel. zu demſelben Zwecke. 262. **Froſchmuskeln** ſind wahre — 259. — von **Bohnenberger.** Beſchreibung. Gebrauch. IV. Zuſ. 332.
Elmsfeuer. Beſchreib. Urſache. II. 266.
Emanationstheorie der Fortpfl. d. Lichts. III. 227.
Endgeſchwindigkeit, eines fallenden Körpers, Geſetze derſ. I. 77.
Erdbeben, Urſache der — II. 267.
Erde, die, Zeitraum, in dem ſie ſich um ſich ſelbſt dreht. I. 98. Halbmeſſer der — am Aequator. 99. — iſt der gemeinſchaftl. Behälter der El. II. 143. Art der Wirkung der — auf die Magnetnadel. III. 6. 8. Maß der magnet. Kraft der Erde auf die Magnetnadel. 18. Richtung dieſer Kraft. daſ. Wirkung derſelben. 19. ſich ergebende Folgerungen. 20. Berechnung dieſer Kraft. 22. Bedingungen für die Zurückführung d. Nadel zum magnet. Meridian. 24. Nutzen der Coul. Drehwage zur Beſtimmung der Größe dieſer zurückſ. Kraft. 25. Verfahren mit dieſem Apparat. 26.
Erde, magnetiſche Centra der — III. 83. Einfluß der Erde auf Volt. Leiter, ſieh. Leiter, Volt.
Erdfernröhre. Def. III. 436. polyaldiſche — 437. Grad ihrer Vergrößerung. daſ.
Erdmagnetismus, Geſetze des — unter verſchiednen Breiten. III. 71. Schwierigkeiten dieſes Gegenſtandes. 74. Betrachtung der Un-

gleichheit d. magnet. Neigung in vſch. Erdſtrichen. III. 75. Beſtimmung der Punkte, wo die Neigung null iſt. daſ. u. f. Beſtimmung der Linien ohne Abweichung. 79 folg. Orte, an denen die Abweichung am größten 81. Intenſität der magnet. Kräfte an vſch. Orten. 82. Erklärung der mag. Neigung, durch 2, am Mittelpunkt der Erde ſich findende magnet. Centra. 83. Lage dieſer mag. Mittelpunkte. 84. Beſtätigung, durch d. Geſetz der Tangenten. 85 folg. Wirk. d. mag. Einfluſſes d. Erdkörpers weit über ſ. Oberfläche 88. Wirkung d. Nordlichts auf die Magnetnadel. 89. (vgl. Nordlicht.).

Apparat zur Beobachtung aller zufälligen oder periodiſchen Veränderungen der Abweichung. 103. Nutzen deſſelben App. zur Meſſung der Veränderungen der Intenſ. d. magnet. Kräfte. 103. Beobachtung der tägl. und jährl. Variationen der Abweichung. 104. Mittel die gegenwärtige Intenſ. d. Erdmagnetiſm. mit Genauigkeit zu beſtimmen. 105.

Erdmagnetismus: Praktiſche Anweiſungen die Elemente des — auf Reiſen zu beobachten. III. 109. Anſtellung ſolcher Beobachtumgen zu Lande. 110. Beſtimmung der Declination der Nadel. Apparat dazu. 110. (vgl. Declinationsbouſſole.) Gebrauch. Reſultate. 112 folg. Modificationen dieſes Appar. bei Beobachtungen zur See. 113. (vgl. Schiffscompaß). Beobachtung der magnetiſchen Neigung. 116 folg. Beobachtung d. Intenſität d. magnet. Kräfte. 118. Urſachen, die den richtigen Gang der Compaßnadeln auf Schiffen ſtören. 119. Correctionen. 122 folg. Geſetze, nach denen weiches Eiſen auf die Magnetnadel wirkt. 123 folg.

Erdwinde. Def. I. 52.

Erkältung und **Erwärmung**, Geſetze der — der Körper in umbegränzten Mitteln IV. 250. Verſuche mit einem erhitzten in ruhiger Luft aufgehang K. um ſeine Abkühlung zu beobachten 250. Vorrichtungen dazu. 250. Reſultate und Verſuche von Rumford, mit 2 Gefäßen aus Meſſingblech, deren eines frei, das andre bedeckt war. 251. Bemerkungen über vorſtehende Reſultate. 252. Newtons Geſetz über die Mittheilung der Wärme zweier ſich berühr. K. 252. Theilweiſe Widerlegung deſſelben. 253. Entdeckung v. De Laroche, daß d. ſtral. Caloricum, das durch eine Glasplatte geht, zunimmt je wärmer der es liefernde K. iſt. 253. Beweiſe von demſelben, daß Wärmeſtralen, d. durch eine Glasplatte giengen, geneigter ſind durch eine zweite zu gehen. 255. Maß des durch Glasplatten von verſchiednen Dicken gehenden Caloricums. 256.

Ermann, über das Leitungsvermögen verſch. K. II. 340.

Euler, über die Fortpfl. der Schallwellen. II. 10.

Expanſion, Gränze der — der Atmoſphäre, ſieh: Atmoſphäre.

F.

Fahrenheit, Eintheilung der Thermometerſcale nach — I. 165. — erfindet das Aräometer. 308.

Fall, freier; Geſetze des freien Falls d. K. I. 75. wenn der Körper von der Ruhe abfällt. 75. wenn er zu Anfange ſ. Falles verſchiedne Impulſe leidet. 77. — auf vorgeſchriebnen Wegen. 88 (Anmerk.).

Fallmaſchine, Atwoodſche, Beſchreibung. Nutzen. I. 78 folg.

Fallraum der Körper, iſt proportional dem Quadrate d. Fallzeit. I. 75.

Fantaſmagorie. Def. III. 445.

Faraday, über die Wirkung des Drucks auf gasförmige Subſtanz. I. 338.

Farben, Wiederzuſammenſetzung der — III. 394. Verſuche von

Newton. III. 394. Verhalten des dadurch hervorgeh. Bildes in Hinſicht ſeiner Farbe. 395. Wirkung der Ausſchließung einiger Farben, die zur Bildung von Weiß dienen. 396. Verfahren, die weiße Farbe, durch 1 oder 2 Prismen wieder herzuſtellen. 397.

Farben, Miſchung der einfachen — III. 399. Apparat, dieſe auf eine leichte Art zu bewerkſtelligen. 399. Vorſichgeben dieſer Miſchung. daſ. Verhalten der daraus hervorgeh. Farben in Prismen. 399. Newtons Regeln für die Beſtimmung der Farbenarten, die aus einer Miſchung einfacher Stralen von gegebner Art entſtehen. 400 folg. zufällige Farben. 455.

Farben, Reihenfolge der — in den durch Zurückwerfung von dünnen Blättchen gebildeten Farbenringen. IV. 6. Beobachtungsart. daſ. und f. Erklärung der eigenthüml. und bleibenden Farben d. K. ſiehe Anwandlungen; Applic. der — auf d. Erkl. d. eigthl. u. bl. Farben. Farben, die bei der bewegl. Polariſation entſtehen. ſ. Polariſation, bewegl. bei Beugung des Lichts. ſiehe Beugung d. Lichts.

Farben der Perlmutter: ihre Urſache. IV. 76.

Farbenbild, bei der einfachen Stralung des Lichts. III. 261. — der Sonne, in einem verdunkelten Zimmer gebildet. 380. Eintheilung des — in 7 Hauptfarben. 392. Ausdehnung jeder einzelnen Farbe des — 393. Einfluß der Wiederzuſammenſetzung der Farben auf das — 395 folg. Farbenbilder, bei ungleicher Brechbarkeit der Stralen. 403. Einfluß der — bei Entſtehung des Regenbogens. 406 folg.

Farbenringe, die bei der Zurückwerfung durch dünne Blättchen entſtehen. IV. 1. Newtons Verdienſte um dieſe Erſch. daſ. Beding. der Beobachtung der Ordnung dieſer Ringe und der Aufeinanderfolge ihrer Farben. 2. Entſtehungsart derſelben. daſ. und f. Wirkung von dünnen auf ſchwarzes Glas aufgetragnen Schichten von Waſſer, Alkohol, Aether, auf ihre Entſtehung. 3. von dünnen Glimmer- und Glasplättchen. 4. Reihenfolge der Farben ſolcher Ringe. 4. — bei 2 ſphäriſchen, übereinander lieg. Gläſern v. ungleicher Krümmung. 4 folg. Einfluß der Dicke der zwiſchen beiden ſich findenden Luftſchicht. 5. Newtons Vorrichtung zu Beob. dieſes Einfluſſes. 5. dadurch gefundne Reihenfolge der Farben. 6. Newtons Meſſungsart d. Durchmeſſer d. Ringe. Reſultate. 7. Erforderniſſe für dgl. Beob. 7. Durchmeſſer der dunkeln Ringe bis zu ihren dunkelſten Stellen. 8. Tabelle über die Durchmeſſer d. vſch. Farbenringe. 9. Abſolute Größe jedes Ringes. 9. Berechnung der Dicke einer zwiſchen einem convexen und ebnen Glaſe ſich findenden Luftſchicht, im Perimeter des Ringes 10. Dicken der Luftſchicht an den glänzendſten und dunkelſten Stellen d. Ringe. 11 folg. Veränderung des Durchmeſſers der Ringe, bei geänderter Neigung d. Strahlen, auf die ſie zurückwerf. Luftſchicht. 12. Meſſung und Tabelle über die Durchmeſſer d. Ringe und d. Luftſchicht bei Neigung d. Lichtſtralen. 13. Erklärung derſelben. 13 folg.

Farbenringe, die bey Durchlaſſung d. Lichts durch dünne Blättchen entſtehen. IV. 15. Reihenfolge ihrer Farben. daſ. Bezug zwiſchen dieſen, und den Farben durch Zurückwerf. entſtanden. 16. Farbenringe, die durch die zwiſchen 2 Gläſern befindliche Waſſerſchicht entſtehen. 16. Reihenfolge ihrer Farben. Durchmeſſer. 17.

Farbenringe, durch Seifenblaſen hervorgebracht. IV. 17. Newtons Zubereitung derſelben, um ſie für eine längre Beobacht. brauchbar zu machen. 17 folg. nöthige Vorkehrungen. 19. Folgereihe der Bildung der — 19. Newtons Beſchreibung ihrer Entſtehungsart, und Folge. 19 — 22. Variationen dieſer Farben bei ſchiefer Betrachtung. 22. Verhältniß der Dicke d. Blaſe an verſchiednen Stellen. 22. Tabelle darüber. Erklärung derſ. 23. Analogie zwiſchen dieſen, und den durch eine dünne Luftſchicht hervorgebrachten — IV. 23. Bildung ähnlicher Farben, bei ſehr dünnen Glas- oder Glimmerblättchen. 24. bei oxydirten Metallen. 24. Beſchaffenheit der Ringe die jede Art Stral für ſich bildet. Verſuche v. Newton. Reſultat. 25 — 27. Meſſung der Durchmeſſer einfacher Ringe der nämlichen Ordnung an ihren Perimetern. 28. Reſultate für dieſe Durchmeſſer und die Dicke der Luftſchicht zu Anfange und Ende jedes Ringes. 29. Tabelle über die Dicken d. Luftſchicht. 31. Geometriſche Conſtruction über die Reſultate dieſer Tabelle. 32 folg. Anwendung derſ. um zu finden, ob eine Farbe von einer gewiſſen Dicke zurückgeworfen oder durchgelaſſen wird. 34. zur Erklärung d. Umſtände, die bei Erſch. der Farbenringe vom natürl. Lichte, vorkommen. 35. Ordnung der Farben der Ringe von ihrer gemeinſchaftl. Mitte aus. 35 folg. Reihenfolge der durchgehenden Farben. 38. Urſache des bläſſern Anſehens d. Farben v. durchgehenden, als d. v. zurückgeworf. 39. Nachweiſung der gefundnen Reſultate durch d. Beob. d. Farben in Seifenblaſen, d. theils v. durchgeh. theils v. zurückg. Lichte entſtehen. 40. Wiederzuſammenſetzung der, aus jenen einfachen hervorgeh. Farben. 40 folg. Tabelle darüber. 42. Vielfacher Nutzen dieſer Tabelle. 43.

Farbenringe, die ſich bei Betrachtung einer dünnen Waſſer-Luft- oder Glasſchicht durch ein Prisma, zeigen. IV. 44. Eigenthümlichkeiten derſelben. 45 folg. Schlußfolgerungen für d. Behauptung, daß die Farben den Stralen inhäriren. 47. Erklärung der — durch das Princip der Interferenzen, die durch dünne Blättchen theils durchgelaſſen, theils zurückgeworf. werden. 85.

Farbenringe, bei der Beugung des Lichts IV. 88. Reihenfolge ihrer Farben. 89. Erſch. wenn d. Stralen vorher durch ein Prisma gebrochen werden, und nun jeder einfache Strahl durch ein feines Loch fällt. 89.

Farbenringe, durch die bewegl. Polariſation um die Axen der doppelten Brechung d. Kryſtalle erzeugt, wenn ein kegelförmiges Bündel polariſ. Stralen nach dieſer Richtung durch ſie geht. IV. 191. Erſte Beob. v. Arago in Bergkryſtall, v. Brewſter im Topas und Wollaſton im isländ. Spath. daſ. Auseinanderſetzung dieſer Erſch. in d. einaxigen Kryſtallen, z. B. im isl. Spath. 192. Berechnung der Maxima und Minima der Farbenabwechſelungen für jeden einfachen Stral. 193. Zweckmäßigſte Vorrichtung zu dgl. Beob. 193. Farben dieſer Ringe. 194. Größe derſelben. 195. Abweichungen der Farben im Apophyllit. 195. Nähere Erklär. dieſes Umſtandes. 195. Farbenringe des Turmalins. 195 folg. Vorrichtung von Herſchell um dem durchgeh. Lichte im Turmalin mehr Lebhaftigkeit zu geben. 196. Farb. der 2axigen Kryſtalle. 197. Unterſchied dieſer, von denen in den 1axigen. 197 folg. Apparat zur Verfolgung dieſer Veränderungen und zur Meſſung ihres Ganges. 199. Farbenringe, wenn die den verſch. einfarbigen Stralen angehörigen Axen nicht den näml. Pol haben. 200 folg. Einfluß des unregelmäßigen Gefüges der Kryſtalle auf die — 201. Brewſters Verfahren, die Geſtaltungsverhältniſſe dieſer abweichenden Ringe darzuſtellen. 263. Erklärung der — nach der Undulationstheorie, ſiehe Undulationsſyſtem.

Farbenſcale. IV. 222. Nothwendigkeit der — für verſch. Wiſſenſchaften. 223. Nutzen der Farbenringe für ihre Anfertigung. daſ. Anwendbarkeit der bewegl. Polariſation, um ſie jederzeit hervorzubringen. daſ. Beſchreibung eines dazu erforderl. Apparats. daſ. Operationsmethode mit demſelben, nebſt Reſultaten 224. Vorzüge der natürl. Blätter des einaxigen Glimmers zu dgl. Verſuchen. 224. Zubereitung derſelben. daſ. Verfahren der Hervorbringung der Fardenſcale in ihnen. IV. 225. Anwendung dieſes Verfahrens auf d. Beſtimmung der eigenthüml. Farbe irgend eines natürl. Stoffes. 226.

Farbenzerſtreuung, von der, durch Brechung hervorgebracht. III. 377. Verſuche mit einem ganz dünnen, weißen Körper. 378. Farben dieſes Körpers. daſ. Ausdehnung des Bildes in der Richtung ſeiner Höhe. 378. Schlußfolgerung daraus. 379. Urſache dieſer Erweiterung des Bildes. daſ. wie das weiße Licht eines Gegenſtandes, bei der Brechung verſchiedne Farben erzeuge. Verſuche. 379. Beob. dieſes bei einem brennenden Körper. 380. beim Sonnenlicht. 380. Veränderungen d. Bildes beim Durchfallen d. Stralen durch ein Prisma. 381. Erſcheinungsart des erzeugten Bildes. 382. Wiederholung deſſelb. Verſuchs v. Newton. Bewährung aller daraus herzuleit. Folgerungen 383 folg. Erſch. eines Halblichts durch d. Breite des Lochs im Prisma, durch das d. Strahlen geben, erzeugt. Wirk. deſſ. aufs Bild. 384. Newtons Abhülfe der daraus entſtehenden Unbeſtimmtheit des Bildes. 385, Aehnl., zu dem näml. Zweck führendes, Verfahren. 385. Wirkung der ungleichen Brechbarkeit auf d. Brechung d. Lichts durch ſphäriſche Linſen. 386. Ueber die Leichtigkeit mit der Stralen durch Brechung nach innen zurückgeworf. werden. Verſuche. 387 folg. Reihenfolge der bey einem zurückgeworf. Strale verſchwindenden Farben. 387. Reſultate für das Sonnen- und andres Licht in Hinſicht der, dieſelb. zuſammenſetzenden, Stralen. 388. Daraus reſult. ſcheinb. Durchmeſſer der Sonne. 389. Reinigung des Lichts od. Vereinf. deſ. 389. Urſache d. größ. od. geringern Ablenk. gew. Lichtthl. durch die Brechung. 390. Farbenzerſtreuung in Körp. mit doppl. Brechung. 391. Benennung jedes Strals, nach der Farbenempfindung, die er bei uns erregt. 391. Newtons Eintheilung der Farben. 392. Wirkung eines anders gefärbten Lichtes, auf eine dgl. Farben. 392. Urſache, warum gewiſſe Körper eine beſtimmte Farbe zu haben ſcheinen. 393. Farbenzerſtreuung bey der ungewöhnl. Brechung. 420.

Fata Morgana. ſ. Luftſpiegelungen.

Federkraft. Def. I. 108.

Fernröhre, dioptriſche. III. 435. Conſtruction. einfachſtes oder aſtronomiſches. 435. Einrichtung deſſelben. daſ. Gebrauch. 436. Erdfernröhre. Einrichtung. 436. polyaldiſche Erdf. v. Cauchoix. 437. nach Galileis Einrichtung. 437.

Fernröhre, katoptriſche. Conſtr. III. 291. 438. einfachſtes. 439. großes v. Herſchel: einfaches v. Newton. 439. Gregoryſches. 440. Modif. d. Greg. durch Caſſegrain. 440. Verfahren bei der kenntl. Darſtellung der Maſſe d. Stralen und der Aufeinanderfolge der Bilder in den — 441.

Ferrein, phyſikaliſche Erklärung des Sprachorgans. II. 130. 133.

Feuerſchwamm, iſt ein Leiter der El. IV. Zuſätze. 318.

Firniß, iſolirender. Zubereitung. Nutzen. II. 223.

Fiſche. Vom Druck des Waſſers auf d. in Tiefe d. Meeres lebenden — I. 182. elektriſche. verſchiedne Arten derſelben. Einrichtung ihrer elektr. Apparate. II. 359. Gehörwerkzeuge der — 126.

Flageolettöne. Def. Entſtehung. II. 25. Verfahren ſ. merklich zu machen. daſ.

Flaſche, Leydner ſ. Leydner Flaſche. Kleiſtiſche- oder Verſtärkungsflaſche. Conſtr. Wirkung. 236.

Flaſchenzüge. Beſchreibung. Nutzen. Bedingungen ihres Gleichgewichts. I. 51.

Fliehkraft. Def. I. 94.

Flöte, Blaſen der, II. 78. Mundloch — 78. Reihenfolge ihrer Töne. 98.

Flötenſpieler, Vaucanſons. II. 78.

Flötenwerke der Orgel. Einrichtung. II. 76. Aufſchnitt. 77. obres, untres Labium. Fuß. Kern des Fußes. Windloch. 77. Theorie ihrer Wirkung. 77. Stimmungsarten. 99.

Flüſſigkeiten, Gleichgewicht der tropfb. und gasförmigen — ſ. Gleichgewicht. Bewegung d. incompreſſiblen, der luftformigen — ſ. Bewegung. Specifiſches Gewicht der — ſiehe Specif. Gewicht. Elektricitätsentwicklung durch Reibung tropfb. Fl. an feſten Körpern. II. 149.

Flüſſigwerden, Urſache deſſelben. I. 175.

Folgepuncte. Def. III. 37.

Formen. Def. I. 9.

Fortiniſche Wagen. I. 144. Fortiniſches Barometer. Beſchr. 188.

Fortpflanzung des Schalles. ſ. Schall.

Fortſchreitung, diatoniſche, chromatiſche. Def. II. 47.

Fourier und Oerſted, über d. Wirk. d. thermoel. Kette. III. 220. über Fortpfl. d. Wärme in feſten Körp. IV. 267.

Franklin, über die Fortpfl. d. Schalles unter d. Waſſer. II. 3. Theorie der Elektric. v. — 195. macht zuerſt auf d. atmoſph. Elektricität aufmerkſam. 252. — Verſuche mit d. Drachen die atmoſphäriſche Elektric. aus den Wolken herabzuleiten. 253. erfindet den Blitzableiter. 355.

Frein. Vorrichtung v. Prony, zur Meſſung der Kraft der Dampfmaſchine. IV. 315.

Fröſche. Wirkung d. Elektric. auf — II. 259. Verſuche mit —, v. Galvani. 277. von Volta. 279.

Froſchmuskeln, ſind wahre Elektroſcope. II. 259. Erregbarkeit der — durch die Elektric. Verſuche. 277.

Froſtpunct, des Thermometers. Def. I. 162.

Fuß der Orgelpfeifen. Nutzen. Kern des Fußes der — II. 77.

G.

Galilei, entdeckt die Geſetze d. Falles. I. 3. der Bewegung ſchwerer Körper. 78. ſoll Erfinder des Thermometers ſeyn. 165. Darlegung der Richtung der Schwingungen feſter Körper. II. 52. Einrichtung der Fernröhre. III. 437.

Galvani, Unterſuchungen von — über die Erregbarkeit der Froſchmuskeln, durch Elektric. II. 277.

Galvanismus. Erregung des —, durch Berührung. II. 277. Erſte Beobachtungen hierüber an Fröſchen v. Galvani. 277. Verfahren ſie zu dieſem Zwecke zuzubereiten. daſ. Reſultat. 278. Folgerungen, die Galvani aus ſ. Verſuchen zog. 278. Wiederholung dieſer Verſuche durch Volta. Deſſen Meinung über das Weſen der Erſch. 279. Sbſtzen, die zur Erregung dieſer El. nöthig ſind. 279. Anwendung dieſer El. auf verſch. Sinnesempfindungen. 280. Streit zwiſchen Galvani und Volta, über das Weſen dieſer Erſch. 281. Erregung des Galv. durch Berührung von Nerven und Muskeln. 281. Erfahrungsbeweis für die Voltaiſche Meinung. 282 — 284. Modification der Volt. Folgerungen. 285 folg. — — kommt gewiſſermaßen allen Naturkörpern zu. Nachweiſung dieſes Satzes. 288. Leitungsvermögen der Flüſſigkeiten bei dieſer El. 289. Entſtehung der Volt. Batterie (vgl. Volt. Säule). Wirkung dieſer El. auf den menſchl. Körper (Zuſätze). 348. Empfindungen, die ſie erregt. 349. Wirkung auf vſch. Thle. 351 folg. Anwendung derſelben als Heilmittel. 352.

Galvaniſcher Kreis, Kette. Def. II. 300.

Galvaniſche Reihenfolge der Körper. II. 291. nach **Poggendorf**. 329. nach **Pouillet**. IV. Zuſätze. 322. nach **Avogrado**. 324.

Galvanometer, ſiehe Multiplicator.

Galvanoſcop. ſ. Multiplicator.

Gambey, verbeſſert die Deklinationsbouſſolen. III. 110.

Garnerin, Luftfahrt deſſelben. I. 305 (Anmerk.).

Gasarten, Geſetze der Ausdehnung und der Verdichtung der — bei verſchiednem Druck und gleicher Temperatur. I. 202. Verſuche über die Verdichtung der Luft. 202 folg. Bedingungen für die Genauigkeit ſolcher Verſuche. 204. Verſuche mit den übrigen Gasarten. 205. Vergleichung des Vol. d. zuſammengedrückten Luft mit dem, das ſie einnehmen würde, wenn bloß die Atmoſphäre auf ihr laſtete. 206. Vorſichtsregeln b. Verſuchen über die Verdichtung und Ausdehn. 207. Beſtätigung des Mariotte'ſchen Geſetzes über d. ausgedehnte Luft durch Verſuche. 207. Beſtimmung des Drucks, der erfordert wird, um d. Luft auf ein beſtimmtes Volum. zu bringen. 208. folg. Geſetze über d. Vol. d. Luft b. Einwirkung verſch. Druckgewalten. 210.

Gasarten, Maß der Ausdehnung d. Gasarten durch d. Wärme. ſiehe Ausdehn. d. Gasarten. — permanente, bleibende —. I. 253. Unterſchied der — von Dünſten. 253. Mengung der Dünſte mit —, ſiehe Dünſte. Specif. Gewicht der —, ſiehe Specif. Gewicht. Gleichgewicht der — ſ. Gleichgewicht.

Gasarten. beſitzen Ausdehnbarkeit und Zuſammendrückbarkeit. I. 65. ſpecifiſche Wärme der — IV. 293.

Gaſe, Wirkung des Drucks auf die —. I. 337. Aufzählung der Gaſe, bei denen dieſe Wirkung Statt hat. 338.

Gaſometer. Def. I. 184.

Gay Luſſac, über den Einfluß der Subſtanz eines Gefäßes auf das Kochen des Waſſers. I. 168. — tragbares Heberbarometer v. — 191. über d. Maß d. Ausdehnung d. Gasarten durch die Wärme. 238 folg. Apparat zur Meſſung der Spannung d. Waſſerdunſtes bei niedrigen Temperaturen. 264. Appar. zur Beobachtung der Spannung der Flüſſigkeiten bei gleicher Temperatur. 265. Beſtimmung d. Maßes und des Gewichts d. Dünſte, bei gegebnem Volum, Druck und Temperatur. 267. App. zur Mengung der Dünſte mit Gasarten. 272. Ueber die Wirkung des Hygrometers. 285. Verfahren, die atmoſph. Elektr. leichter bemerkl. zu machen. II. 261. Ueber die ſich bei der Wirkung d. Volt. S. entwickelnden Gasarten. 301 folg. über die Wirkung des ungleichen Leitungsvermögens d. Volt. Appar. 335. über die Zuſammenſetzung des Waſſers. III. 316.

Gefäßbarometer, ſiehe Barometer.

Gefrierpunct des Thermometers. Def. I. 162.

Gehirn, Wirkung des Galvanismus auf das — II. 351. Analogie des Gehirns und Rückenmarkes mit einem Volt. App. 353.

Gehörgang, äußrer, Nutzen. II. 123. — bei verſchiednen Thierklaſſen. 128.

Gehörknöchelchen, Function der, II. 122. Verſuche von Savart. daſ.

Gehörwerkzeuge. Organe des innern und äußern Ohres. II. 119 folg. wie ſich die Schallwellen bis zu dem — fortpfl. 121. Functionen einzelner Theile der — 122 folg. Anmerkungen von Treviranus. 124 folg. — der Krebſe. 125. — der Fiſche. 126. der Amphibien. 126 folg. der warmblütigen Thiere. 126. Beſchreibung einzelner Theile d. — der Thiere. 127 folg.

Geſchmack, Wirkung der Elektr. auf den — II. 352. — Unterſcheidung der poſit. und negativen Elektr. durch d. Geſchmack. IV. Zuſ. 318.

Geſchwindigkeit. Def. I. 171. Schätzung der — eines Körp. 73. die — feſt. K. iſt gleich im leeren Raum. 84.

Geſetz, phyſiſches, Def. I. 3. Nutzen deſſelben. 3. — des Falles. 4. des Gleichgewichts und der Bewegung. 26. der communicirenden Röhren. 64. der gleich- und ungleichförmigen Bewegung. 71. der Bewegung ſchwerer Körper. 75. Keplerſches — der Bewegung der Planeten. 101. Newtonſches — der Gegenwirkung. 123. Torricelliſches, der Beweg. d. Flüſſigk. 116.

Geſetze des Erdmagnetismus ſiehe Erdmagnetismus.

Geſichtsfeld des zuſammengeſ. Mikroſcops. III. 424.

Geſichtsorgan im Menſchen. Theile. III. 447 folg. Wirkung. 449. Verfahren, dieſe Wirkung zu beobachten. daſ. Blendung des — Nutzen. Structur. 450. Theorie, wie ſich das — verſchiednen Entfernungen anpaſſe. 452. Fortbeſtehung der Funct. deſſelben beim Mangel einzelner Theile. 453. Beziehung des — zur Seelenwahrnehmung. 454. Lichtempfindungen im — beim Drucke und Erſchütterung. Täuſchungen des — 455. Zufällige Farben, die beim Sehen entſtehen. 455. — Geſichtsorgan der Säugthiere, der Vögel. 456. der Fiſche. 457. der Inſekten. 458. der Weichthiere. 458. Thiere ohne — 458. Warum gewiſſe Thiere im Dunkeln ſehen können. 459.

Geſichtswinkel. Def. III. 229.

Geſtaltung der Körper. Def. I. 6.

Gewicht der Körper. Def. I. 40. relatives. 70. Gewicht der Dünſte. ſ. Dünſte. — ſpecifiſches. ſiehe Specifiſches Gewicht.

Gilbert, entdeckt die magn. Eigenſchaften eiſerner, lange in der Atmoſphäre ſtehenden Stäbe. III. 8. — gegen Biot, über die mit d. Nordlicht angebl. verbundnen Metalltheilchen. 102 (Anmerk).

Glaselektricität. Def. II. 144.

Glasfeuchtigkeit des Auges. Nutzen. III. 448.

Glastropfen. Def. I. 330.

Gleichgewicht. Def. I. 30. Einfachſter Fall d. — wo 2 gleiche Kräfte an ſich entgegengeſetzten Punkten einwirken. 30. wie dieſe Kräfte einander das —, halten. 31. Verſuche über das — bei gleicher Intenſität d. Kräfte. 31. Auffindung der Mittelkraft beider Kräfte. 31. Auffindung d. Mittelkraft zweier ungleichen Kräfte. daſ.

Gleichgewicht feſter Körper. Def. I. 34. —bei Einwirkung zweier Kräfte in der näml. Ebne. 35. bei Parallelismus der Richtung beider. 36. bei entgegengeſetzter Richtung. 37. wenn alle Kräfte unter einander parallel und gleichgerichtet ſind. 38. Wenn die parallelen Kräfte eine andre Richtung nehmen. 38. — in den einfachen Maſchinen. 46. Bedingungen des — der Hebel. Bewerkſtelligung deſſelben. 48. — der Rolle. 50 folg. der Flaſchenzüge. 51. — auf ſchiefen oder geneigten Ebnen. 53.

Gleichgewicht der incompreſſiblen Flüſſigkeiten. I. 55. Allgemeine Betrachtungen. daſ. Bedingung des — eines unendlich dünnen, in einem engen Kanal enthaltnen Waſſerſtrals. 57. — einer Flüſſ. b. freier, an keiner Wand anliegenden Oberfläche. 58. — Gleichgewicht zwiſchen verſch. Flüſſigkeiten von ungleicher Dichtigkeit, in communicirenden Röhren. 63. — der Flüſſ. wenn außer dem gewöhnl., noch andre Kräfte ſollicitiren. 63. Anmerkungen zum Vorigen. 64.

Gleichgewicht der Gasarten. I. 65. — Gleichg. der Oberfläche. 67. der innern Schichten. 68.

Gleichgewicht, Bedingungen des — feſter in ſchwere Flüſſigkeiten getauchter Körper. I. 69. — wenn der Körper völlig eingetaucht u.

homogen iſt. I. 69. wenn er nicht homogen iſt. 70. wenn er nur zum Theil eingetaucht iſt. 70.
Gleichgewicht. Geſetz des — und der Bewegung. I. 26. Princip des bewegl. Gleichgewichts. Entdeckung. Nutzen. IV. 261.
Glimmer, Entdeckung des Eiſens im — mittelſt d. Magnets. 73. Von den Farbenringen, die bei dünnen Blättchen Glimmer hervorkommen. IV. 4. Nutzen des — zur Beobachtung der bewegl. Polariſation. 130. Primitivgeſtalt des — nach Hauy. 131. Berechnung der Neigung der Axen zu einander in verſchiednen Glimmerarten. 181.
Glockenſpiel, elektriſches, Entdeckung. Beſchr. Nutzen. II. 233.
Gold, Dehnbarkeit deſſelben. I. 10.
Goldblattelektrometer, Bennetſches. Beſchrb. Nutzen. II. 213.
Goniometer, von Wollaſton. Beſchreib. Gebrauch. III. 238 folg. nöthige Bedingungen bei ſ. Gebrauch 239. Vorzüge dieſes, vor andern. 240.
Göpel. Def. I. 82.
Gramme. Def. I. 247.
S'Graveſande, entdeckt den Helioſtat. III. 246. über Elaſtic. I. 327.
Gravitation. Def. I. 98.
Grenie's Verbeſſerung d. Mundſtücke d. Rohrwerke. II. 103 folg.
Grey entdeckt den Unterſchied zwiſchen Leitern und Nichtleitern. II. 140.
Grundton. Def. II. 22.
Guarnerius, Violinen von — II. 110.
Gubernator, an d. Dampfmaſchinen. Beſchrb. IV. 306.

H.

Haare, ſind die beſten Hygrometer. I. 202.
Haarkiſſen, als beſte Reibzeuge der Elektriſirmaſchine. II. 207.
Haarröhrchen. Def. I. 190.
Haarröhrchenanziehung. Def. I. 210.
Hachette, Theorie der Bewegung d. Waſſerſtrals. I. 122 folg. Volt. Säule deſſelben. Beſchr. Wirk. II. 330. entdeckt das Vermögen des Volt. App. Eiſen zu entzünden. 310.
Hahnluftpumpe. Beſchr. I. 314.
Halbleiter der Elektricität. Def. II. 140.
Halbmeſſer der Erde am Aequator, wie viel er beträgt. I. 99.
Halbton. Auffindung des mittlern —; II. 39. Tabelle über die mittlern Halbtöne. 89.
Halley, über die Säulen des Nordlichts. III. 98.
Hamel, Verſuche von — den Ton 7 in den Blasinſtr. hervorzubringen. II. 93. entdeckt höhere mitklingende Töne. 110.
Hanſteens Theorie der Entſtehung des Nordlichts. III. 103 (Anmerkung).
Harmonika. Beſchreibung. II. 66.
Härten des Stahls. Beſchreibung. I. 328. III. 13. Fortin über die Ausdehnung, die d. Stahl dabei erleidet. Einfluß des Härtens auf die Elaſtic. u. ſ.w. I. 328. Urſachen dieſer Erſch. 329. Effect des Härtens des Glaſes. 330.
Harzelektricität. Def. II. 144, 198.
Haſpel. Beſchr. Gebrauch. I. 53.
Hauptbrennpunkt der gekrümmten Spiegel. III. 242. der Linſen. 275.

Hauptbrennweite,
Hauptfocalabſtand, } der gekrümmten Spiegel. Def. III. 242.
Hauptfocus,
Hauptſchnitt des Rhomboids. Def. III. 329. irgend einer Fläche des Kryſtalls. 333.
Hauy, über die Erregung der El. im Tourmaline isogone durch Wärme. II. 212. über Erreg. d. El. durch Druck. 274. über eigenthüml. auf die El. Bezug habende Erſch. am Turmalin. IV. Zuſätze. 370.
Hebel, Def. Ruhepunkt. Stützpunkt des — I. 47. Arme des — 47. Wirkung zweier Kräfte auf den — 48. Gleichgewicht am — 48. Winkelhebel. 48 (Anmerk.). Verſchiedne Arten des — 49. Nutzen der — zur Bewegung v. Laſten. 49 (Anmerk.). Anwendung der Hebel zum Maß der Ausdehnung feſter Körper. 226.
Heberbarometer, ſiehe Barometer.
Helioſtat, Erfindung. Beſchreibung. III. 246. Verfahren ihn in Gang zu bringen. Gebrauch. Schwanzſtück des Spiegels des — 247.
Hemmung oder Sperrhaken an den Uhren. Beſchrb. Nutzen. I. 104.
Henley's Elektrometer. II. 240. — allgemeiner Auslader der Elektricität. 240.
Hermann, Verſuche über die atmoſph. El. in verſchiedenen Höhen. II. 262.
Heronsball. Def. I. 224.
Heronsbrunnen. Def. I. 224.
Herſchell, beobachtet Kreisbewegungen im Queckſ. bei Einwirkung des Elektromagnet. III. 187. großes Teleſcop von — 429. über das Wärmevermögen d. verſchiednen Stralen des Sonnenſpectrums. IV. 237.
Hohlgläſer. Def. III. 274.
Hood, über das Nordlicht. II. 267. über Abweichung d. Magnetnadel. III. 88. Theorie d. Nordlichts. 90 (Anmerk.). über die Höhe des Nordl. 90 (Anmerk.). Beſchreib. des Nordl. 104 (Zuſätze).
Hook's Verfahren, Stabſtangen zu magnetiſiren. III. 10.
Hörrohr. Beſchr. Nutzen. Poiſſons Verſuche über ſ. Wirkungsart. II. 97.
Hornhaut, d. Auges, undurchſichtige, durchſichtige. Nutzen. III. 448.
Humboldt und Roſſel, über die abſolute Intenſ. d. magnetiſchen Kräfte unter vſch. Breiten. III. 87.
Humboldt, über d. Menge der Oscillationen d. Magnetnadel an vſch. Orten. III. 81. über d. Abweich. d. Magnetn. nach Erdbeben. 85. über die nächſten Beſtandtheile d. Waſſers. 318.
Hydrochloringas. Wirkung d. Verbindung des — mit Dünſten. I. 276.
Hydrophan, Zurückwerf. d. Lichts vom — III. 287.
Hydroſtatiſche Wagen. Beſchr. I. 311.
Hygrometrie. Def. I. 281.
Hygrometer. Einrichtung. I. 281. Haare in Kalilauge ausgelaugt paſſen am beſten dazu. 282. Sauſſurriches. Beſchr. Wirk. 282. Erforderniſſe für ein gutes. — 283. Wirkung der Dünſte auf das — 283. Unterſuchungen über d. verſchiednen Grade der Abſorption, die ſeine Verwandtſchaft zum Waſſerdunſte bedingt. 284. Vergleichung der verſch. — mit einander. 286. Tabelle über d. Spannung des Waſſerdunſtes und die Grade des Haarhygrometers. 287 folg. Verhalten des Hygrometers in verſchiedenen Schichten der Atmoſphäre. 289.
Hygroſcop, ſiehe Hygrometer.

J.

Identität der chemiſchen und elektriſchen Kräfte. IV. Zuſ. 325.

Idioelektriſche Körper. Def. II. 140.

Incidenz. Def. III. 215.

Incidenzwinkel. Def. III. 215.

Incompreſſibilität der tropfbaren Flüſſigkeiten. I. 22.

Inclination, magnetiſche. III. 6. Verſchiedenheit derſelben an verſchiednen Orten. 7. Apparat zur Meſſung der — 7 (vgl. Inclinatorium). Verfahren die wahre Größe d. magnet. Neigung d. Inclinator zu finden. 34. Ungleichheiten der — — in verſchiednen Erdſtrichen. 75. Unter den Parallelkreiſen des Aequators. 77. Veränderlichkeit der mag. Incl. 80. Erforderniſſe für die Beobachtung der — — auf d. Meere. 116.

Inclinatorium. Beſchreibung. Nutzen zur Meſſung der magnetiſchen Neigung. III. 7. Nutzen zur Entdeckung der auf d. Magnetnadel wirkenden vertikalen Seitenkräfte. 20. Humbolds in dieſer Hinſicht angeſtellte Beobachtungen. 21. Verfahren, die wahre Größe ihrer magnetiſchen Neigung zu finden. 32. Correktion der Irrungen, die aus dem Verfehlen ihres Schwerpunktes entſtehen. 34.

Infuſorien. Kleinheit derſelben. I. 13. Vorkommen. Verſchiedne Geſtalt. 14. Größe nach Leuwenhoek. Zuſätze über d. Inf. 14 (Anmerk).

Ingenhouß, über das Leitungsvermögen d. Wärme verſchiedner Subſtanzen. IV. 260.

Injectionsapparat von Dumeril zum Ausſpritzen d. Gefäße d. menſchl. Körpers. I. 124.

Intenſität der magnetiſchen Kräfte. Apparat zur Meſſung ihrer Veränderungen. III. 102. Verſchied. derſ. zu verſchiednen Tages- und Jahreszeiten nach Hanſteen. 104. Wichtigkeit d. Beſtimmung der jetzigen Intenſ. für künftige Fortſchritte. Mittel dazu. 105. Intenſ. d. mag. K. auf d. Magnetnadel. Herleitung ihres Werthes. Erforderniſſe für d. Genauigkeit dgl. Verſuche. 110 folg.

Intenſität der magnetiſchen Kräfte, abſolute, an verſchiednen Orten der Erde. III. 83. erſte zuverläſſige Beob. von Humboldt und Roſſel. 82 folg.

Intenſitäten, Maß der — des Lichts. IV. 213. Verfahren bei Vergleichung der Intenſ. zweier, gleichzeitig ſichtbaren Lichter. daſ. zweier nicht gleichzeitig ſichtbaren Lichter. 214. Tabelle über die Quant. Licht, die v. d. Oberfläche d. Waſſers unter verſchiednen Schiefen zurückgeworfen werden. daſ. welche von der erſten Oberfläche v. Spiegelglas und d. v. polirtem ſchwarzen Marmor zurückgeworfen werden. 215.

Interferenzen, Princip der — Def. IV. 84. Anwendung des — zur Erklärung der Farbenringe, die von dünnen Schichten theils zurückgeworfen, theils durchgelaſſen werden. 85. Geſetze des Princips der — 86.

Interferenzen. Modificationen, welche durch die Polariſation in den Erſcheinungen der — hervorgebracht werden. IV. 227. Youngs Verdienſte um dieſen Gegenſtand. 227. Beziehungen zwiſchen dem Polariſationserſch. u. dem Princip der — in Hinſicht der Farbenbeſchaffenheit, wiefern ſie durch d. — hervorgebr. 227 folg. Nachweiſung dieſer Analogie mittelſt der Berechnung. 228 folg. (Anmerk.). Verſuche von Arago und Freſnel zur Ausmittelung des Einfluſſes der Polariſ. auf d. Vermögen d. Stralen, Säume durch

wechſelſeitige Interfer. z. bilden. IV. 231 folg. Reſultate. 232. Verfahren die, auf einander rechtwinklig polariſ. Stralen, die gewöhnl. nicht interferiren, zur Interfer. zu bringen. 232.
Interpolationsmethode v. Morlet. Def. Nach. III. 66 folg. Folgerungen, die ſich daraus herleiten laſſen. 67.
Intervall, muſikaliſches. Def. II. 36. worauf das — der Töne beruhe. 37. Tabelle über die Werthe und die Benennungen der auf einander folgenden Interv. daſ. Bildung von doppelten, dreifachen. — 39. Definition der — (Zuſätze). 42. conſonirendes — diſſonirendes. 43. Addirung zweier — 44. Subtraction. Vergleichung zweier — mögl. Combinationen der — 44. Intervall der Anwandlungen. Def. IV. 69.
Iris des Auges. Beſchr. Nutzen. III. 450 folg.
Isländiſcher Kryſtall oder Spath, in Bezug auf doppelte Stralenbrechung, ſiehe Doppelſpath.
Iſolatoren, ſiehe Nichtleiter der Elektr.
Iſolatorium. }
Iſolirendes Stativ. } Beſchr. Nutzen. II. 148.
Iſolirſchemel. }
Iſolirung. Bedingungen einer guten — der Conductoren der Elektriſirmaſchine. II. 213.

K.

Kalium und Natronium (das) entdeckt Davy mittelſt der Voltaiſchen Säule. II. 216. Seebeck entdeckt d. Mittel, ſie vor der zerſtörenden Einwirkung der Luft zu ſchützen. 216. Gay Luſſac und Thenard ſtellen es durch Glühen d. Kali und Natrons in einem Flintenlaufe dar. 217.
Kälteentwicklung bei Verdunſt. I. 270 folg.
Kaſtner über die Elektric. d. Klangfiguren. II. 277 (Anmerk.).
Kater'ſcher Seecompaß. Beſchr. III. 115.
Katoptrik. III. 210 folg.
Katzenfell, wird leicht elektriſch. II. 149.
Kegelſchnitt. Def. I. 93.
Kehldeckel, Nutzen deſſelben nach Magendie. II. 179.
Kehlkopf, beim Menſchen. Funct. II. 125. bei verſchiedenen Thieren. 136 folg.
Keil. Beſchr. Nutzen. I. 51 (Anmerk.).
Kempelen, Theorie der Stimmritzenbänderwirkung. II. 130.
Kepleriſche Hauptgeſetze der Planetenbewegung unſeres Sonnenſyſtems. I. 101 (Anmerk.).
Kerner, über d. Nutzen der halbzirkelf. Canäl. II. 121.
Kette, galvaniſche. Schließung derſelben. II. 200 (Anmerk.). thermoelektriſche, ſ. Thermoelektricität.
Kimmung, ſiehe Luftſpiegelung.
Kircher, über die Fortpfl. d. Schalles in Waſſerleitungen. II. 6.
Klangfiguren. Deutlichmachung derſelben. II. 61. viereckiger Scheiben von Glas oder Metall. 61. kreisförmiger Scheiben. Einfluß der übrigen Geſtaltung der Scheiben auf die — 64. — in Scheiben, die nach verſchiedenen Richtungen eine ungleiche Elaſtic. beſitzen. 65. Zuſätze über die — Geſetze ihrer Bildung auf Scheiben. 66. Verrückung, Verzerrung der — 67. Beiſpiele hiezu. 68. — dreieckiger Scheiben. 69. vierſeitiger rechteckiger Sch. 72. runder Scheiben. 73. elliptiſcher. 74. halbrunder, ſechseckiger. 75. Elektricität der Klangfiguren nach Oerſted. 277.

Kleiſtiſche Flaſche, ſiehe Leidner Flaſche.
Knall. Def. II. 1.
Knight, verbeſſert die Methode Körper zu magnetiſiren. III. 67. desſelben magnetiſcher Teig. 71.
Knoten, des magnetiſchen Aequators. Def. III. 73. Morlet beſtimmt ihre Lage. 76.
Knotenlinien, Zahl und Anordnungen der — bei Schwingungen feſter Körper. II. 57. bei der freiwilligen Schwingung runder Scheiben. daſ. Verſuche v. Savart, die Geſtalt der — auf jeder ihrer Flächen zu entdecken. 58. — ſtarrer Körper. 62. — bei den Schwingungen durch Mittheilung. 100 folg.
Kobalt nimmt Magnetismus an. III. 9.
Kohlenſäure, Verwandlung der — durch Druck in tropfb. Fl. I. 256.
Kohlenſtoffoxydgas, Zuſammenſetzung und ſpecif. Gewicht. I. 240.
Kolbenventil an den Saugröhren, Beſchreib. I. 210.
Komma, großes, in der Muſik. Def. II. 38.
Körper. Def. I. 2. beſitzen keine abſolute Continuität. 2. mechaniſche Theilung der — Def. 30. Ausdehnung der K. 2. Begrenzung, Geſtaltung. 2. Porosität d. K. 3. Gleichgewicht feſter K. ſ. Gleichgewicht. mathematiſcher Charakter feſter K. — 24. Schwere. Gewicht d. K. 34. Schwerkraft d. K. 40. Schwerpunkt, unterſtützter, getragner, aufgehangner Körper. 61. homogene gleichartige — 63. Dichtigkeit der K. 61. heterogene ungleichartige Körper. 64. Bedingungen des Gleichgewichts der Körper beym Eintauchen in ſchwere Flüſſigkeiten. 60 folg. relatives Gewicht der. 70. Maſſe der K. — 64. vollkommen und unvollkommen elaſtiſche K. 104. Bewegung freyer K. in Widerſtand leiſtenden Mitteln. 127. ſpecifiſches Gewicht der K. 200. Maß der Ausdehnung feſter K. 234. tropfbar flüſſige K. 254. ſiehe kryſtalliſirte und ſiehe nicht kryſtalliſirte K. 337. Eigenſchaften gewiſſer K., die chemiſche Verbindung elaſtiſcher Fl. zu bewerkſtelligen. Anhang. 340.
Körper, natürlicher Zuſtand der — Def. II. 100. Bedingungen der Schwingungen feſter K. ſ. Schwingungen feſter Körper, ſelbſtleuchtende Körper. Def. III. 226. durchſichtige. Def. 227.
Kräfte. Def. I. 3. verſchiedene Arten. 26. Charakteriſirung der — 70. Richtung ihrer Intenſität. Beſtimmung der Intenſität. Wirkungsart. 71. Zuſammenſetzung der — 30 folg. Mittelkraft zweyer Kräfte. Ausfindung derſelben. Richtung und Größe der Mittelkr. 31. Parallelogramm der — 32. Seitenkräfte. 33. Parallelkräfte. 30. beſchleunigende — Wirkungsart der beſchl. — 74 folg. Unterſchied zwiſchen bewegenden und beſchl. Kräften. 80. gleichförmig beſchleunigende Kr. — 81.
Kraft elektromotoriſche. Def. II. 203. Richtung der richtenden magnet. Kr. d. Erde auf d. Magnetnadel. III. 28. Abweichung der Richtung. 29. Folgerungen für die Wirkungsart d. richt. Kr. d. Erde auf eine in ihrem Schwerpunkt aufgehangene Magnetnadel. 30 folg. (vgl. d. Artikel Erde) brechende Kraft. Def. 200.
Kräfte. Apparat zur Prüfung der Veränderungen der Intenſ. d. magnetiſchen Kräfte. III. 103. Berechnung der Intenſität der mag. Kr. Vorſichtsmaßregeln dabey. 110. elektromagnetiſche, ſiehe Elektromagnetismus.
Kreis, galvaniſcher. Def. II. 300. thermoelektriſcher, thermomagnetiſcher, hydroelektriſcher — Def. Unterſchied von einander. III. 116.
Kreisbogen des Nordlichts. Def. Bedingungen ſeiner Erſcheinung. III. 91.

Krone des Nordlichts. Beſchr. III. 91. Beſtimmung ihrer Lage. 92.
Krücke an den [illegible]. Beſchr. [illegible]. II. [illegible].
Krümmungshalbmeſſer, Verfahren den — d. Spiegels zu finden. III. 315.
Krümmungskreis. Def. I. 101.
Kryſtalle, Erſch. an den durch Wärme elektriſirten Kr. II. 740. 741. doppelte Strahlenbrechung der — III. 311. Kr. mit anziehender und abſtoßender dopp. Strahlenbrech. 312. Hauptſchnitt einer Fläche bei Kr. — 313. Zuſammenziehung der Kr. durch Wärme. IV. Zuſ. 314.
Kryſtalliſation d. Salze. I. 43. dabei vorkommende Erſch. 45.
Kryſtalllinſe d. Auges. Beſchr. III. 448.
Kühlvorrichtung an den Dampfmaſchinen. Beſchr. IV. 356.
Kupfer, Wirkung eines Ammoniakgasſtroms auf rothglühendes Kupf. I. 379. Verfahren von Davy d. K. an Schiffen vor dem Einfluß des Seewaſſers zu ſchützen. IV. Zuſ. 140.
Kupferammoniak. Theilbarkeit deſſelben. I. 12 (Anmerk.).
Kurbeln. Def. I. 32.
Kurzſichtigkeit. Def. III. 263. Urſache. 264. Abhülfe derſelben durch Zerſtreuungsgläſer. 263.

L.

Labialpfeifen der Orgeln. Beſchr. II. 76.
Labium, oberes, unteres d. Orgelpfeifen. Beſtimm. II. 77.
Ladung par cascade. Def. II. 745.
Ladungsſäule, Ritteriſche, ſiehe Säulen, ſecundäre.
Länge der Anwandlungen. Def. IV. 41.
Laplace, über die Erſcheinungen der Capillarität I. 297. 313. über die Wirkung der Wärme auf die Fortpfl. d. Schalles. II. 8. über die Schnelligkeit der Schallfortpflanzung in feſten K. 13.
Laterna magica. Beſchr. Wirkung. III. 448.
Lavoiſier und Laplace. Pyrometer von — Beſchr. I. 226. — über Elektricitätsentwicklung durch chemiſche Verbind. II. 703. erfinden das Calorimeter. IV. 270. — über die ſpecif. Wärme feſter K. 271. der ſalpetrigen Säure. 276. abſolute Wärme d. tropfb. fl. Waſſers 277. [illegible] die erſten Unterſuchungen über die Elektricitätsentw. d. chem. Wirkungen an. Zuſ. 323.
Leiter der Elektricität. Def. II. 629. welche Körper Leiter ſind. 629 folg. L. d. El. nach Singer. Darſtellung. 631 (Anmerk.). Vertheilung der El. in einem im Zuſtande d. Gleichgewichts. (ſ. Elektricität). Conſtruction der Leiter der Elektriſirmaſchinen. 711 folg. Verfahren, einem die poſ. und neg. El. zu ertheilen. 714. Unterſchied zwiſchen begrenzten und unbegrenzten — III. 704. Wirkung eines unbegrenzten Leiters auf einen bewegl. begrenzten. 704 folg. eines unbegrenzten bewegl. auf einen begrenzten unbeweglichen. 705. Theorie dieſer Wirkung. 706. Einfluß der Erde auf die Voltaiſchen — Folgerungen. 707. Wirkung auf horizontale, um eine verticale Axe bewegl. Leiter — 707. auf verticale. 708. auf horizontale frei aufgehangene. daſ. auf Leiter von der Geſtalt einer ebenen Curve. daſ. Verfahren, den Einfluß d. Erde auf die — zu vernichten. Apparat dazu. 709. Wirkung von Magneten und Leitern auf einander. 710. Reihenfolge der thermoelektriſchen Leiter. 716. dieſelbe nach Cumming. 716. Feuerſchwamm iſt ein Leiter der Elektricität. IV. Zuſ. 558.
Leitung, verſchiedene, beider Elektric. bei verſch. K. II. 640. Erwärmt

Verſuche hierüber. Reſultate. II. 340 folg. — der Seife, der Flamme des Alkohols, des Schwefeläthers. 341.

Leitungsdrähte der Voltaiſchen Säule. II. 300.

Leitungsvermögen d. El. — Umſtände, nach denen ſich das — der Schließungsdrähte d. v. App. richtet. II. Zuſätze. 343. Davys Verſuche. Reſultate. 243 folg. Vergleichung des — verſch. Metalle mit einander. 345. Meſſung des — dieſer K. 345. Reihenfolge v. nichtmetall. Körp. nach ihrem vſch. Leitungsv. nach Poggendorf. 345. Einfluß der Erhitzung auf das — 346. — verſchiedner Flüſſigkeiten. Pfaffs Ausmittlung deſſelben. 346. Reihenfolge der Flüſſigk. nach ihrem — 347.

Leitungsvermögen der Wärme in verſch. Subſtanzen, nach dem Grade d. Schnelligkeit der Leitung. IV. 269.

Leuwenhoek über d. Infuſorien. I. 14 (Anmerk.).

Leydner Flaſche. II. 234. Theorie derſelben. 235. Erfindung durch Muſchenbroek und Cunäus. Bequemſte Einrichtung. 235. iſt ein wahrer Condenſator. Wirkung. 236. zu ihrer Entladung nothwendige Zeit. 236. Verbindung mehrerer — — mit einander. (vergl. Batterie).

Licht, vom elektriſchen, II. 268. ſ. Lichterſcheinungen, elektriſche.

Licht, vom, allgemeine Betrachtungen, ſelbſtleuchtende Körper, Zurückwerf. d. — wie das Licht Gegenſtände ſichtbar mache. III. 225. was die aſtron. Beobachtungen über d. Mittheilung d. Lichts lehren. 226. Theorie der Geſchwindigkeit des — daſ. Emanations- und Undulationstheorie d. Fortpfl. d. 227. Beleuchtung beider Theorien. daſ. Brechung des — 230. Zerſtreuung. 261. Zerlegung. 377.

Licht iſt ein Körper. I. 23. Uebergang des — zwiſchen mehrern aneinander gränzenden mit doppelter Brechung begabten Körpern. III. 259. Beweis für ſeine Materiellität. IV. 207. Polariſation des — ſiehe Polariſation. Maß der Intenſitäten des — ſ. Intenſitäten. Beugung des — ſiehe Beugung.

Licht und Caloricum, in Bezug zu einander. IV. 237. Urſache des Vermögens des Lichts, Körper zu erwärmen. 237. Verſuche hierüber von Herſchel mit den 7 Farbenabtheilungen Newtons angeſtellt. daſ. Wiederholung derſelben Verſuche v. verſch. Phyſikern, mit verſch. Erfolge. 238. Eintheilung der Lichtſtralen in wärmende, farbenerzeugende und chemiſche. 238. Verſuche v. Berard zur Beſtimmung der Wärmeerregenden und chemiſchen Eigenſch. d. Lichts. 238. Reſultate. 239. Seebecks Verſuche und Reſultate. 239 (Anmerk.). Verſuche von Berard, um zu erforſchen, ob die gefundnen Reſultate in jedem Bündel Stralen, das ſich b. dopp. Brechung erzeugt, Statt haben. 239 folg. Verſuche über die Polariſationsfähigkeit der dunkeln Wärmeſtralen. 240. 244 folg. Subſtanzen, in denen eine unmittelbare Fortpfl. d. dunkeln Caloricums Statt findet. 241. Geſetze, nach denen das Caloric. zurückgeworfen wird. daſ. Aehnlichkeit dieſer Zurückw. mit der ſpiegelnden. 241. Wahrnehmbarmachung d. Wirk. des zurückgeworf. Caloric. nach Sauſſure und Petit. 242. Unterſchied zwiſchen dunkelm und leuchtendem Calor. daſ. Inſtrumente zur Darſtellung der Zurückwerf. d. Calor. 243. chemiſche Wirkungen des Lichts. 245. Wirkſamkeit der verſch. Stralen in dieſer Hinſicht. daſ. Schlußfolgerungen. 272 folg.

Lichtenbergiſche Figuren auf dem Elektrophor. II. 234.

Lichterſcheinungen, elektriſche II. 138. 268 ff. in luftfreien Barometern 149 Farbennuancen des el. Lichts. 268 (Anmerk.). Von verſchiedenen darauf ſich gründenden Spielwerken. 270. Entſtehung derſelben durch die Voltaiſche Säule. 319 ff.

Lichtmolecule, Theorie der Oscillationen der —, ſiehe Polariſationsaxe.

Lichtſtral. Deſ. III. 226.

Lichtſtralen, Brechung der — ſiehe Stralenbrechung. Eintheilung der — in wärmende, farbenerzeugende und chemiſche. IV. 238.

Lineal. Deſ. Nutzen. I. 123.

Linien ohne Abweichung auf dem Erdkörper. Lage derſelben. III. 79 folg. Unbeſtändigkeit ihrer Lage. 80.

Linſen, ſphäriſche, (von den). III. 272. Verſchiedne Geſtaltungen derſelben. 273. Einfluß dieſer Geſtaltung auf den Gang der Lichtſtralen. 274. daher reſultirende Benennungen der Linſen. 274. Gang d. Lichtſtr. in convexen L. 274. in hohlen. 275. richtige Centration der — 275. Blendung. Apertur. Nutzen beider. 276. Berechnung der Ablenkung des Lichts in — — 276. Wirkung mehrerer ſph. L., die ſich auf Einer Axe befinden. 277. Beſtimmung d. Brennpunktes eines Strales in — — 277 folg.

Luft. Deſ. Eigenſchaften. Gewicht der — I. 180. Richtungen des Drucks der — 182. Berechnung des Drucks, den ein Menſch auf ſeiner ganzen Oberfläche von d. — erfährt. 182. warum d. Menſch durch das Gewicht der — nicht beläſtigt wird. 183. Luft in der Schwimmblaſe d. Fiſche. Beſtandtheile. Nutzen. 183 (Anmerk.). Nutzen der Kenntniß d. Drucks der — 184. Apparat, den Luftdruck zu meſſen. (vgl. Barometer). Verhalten d. Luft in verſchiednen Höhen. 198. Druck der Luft in höhern Gegenden. 199. Verfahren, die atmoſphäriſche Luft zuſammen zu drucken. 203 folg. Entfernung der Luft aus einem Raume (vgl. Luftpumpe) Meſſung der Schwere der Luft mittelſt d. Luftpumpe. 224. Reſultate. 225.

Luft, Nutzen der — zur Fortpfl. d. Schalles. II. 2. leitet die Elektricität nicht. 140. Wirkung d. Drucks d. —, auf die Zurückhaltung der El. an der Oberfläche der Körper. 141. Prüfungsmittel der El. der — 260. Nutzen der — in der Trommelhöhle des Ohres. 123. Berechnung des Brechungsvermögens der atmoſph. Luft. III. 315.

Luftballon. Erfindung durch Montgolfier. I. 302. Beſchreibung des Montgolfierſchen — Nachtheile. Verbeſſerungen durch Charles. 302. Nöthige Regeln beim Aufſteigen mit dem — 303. Unglückl. Verſuche mit dem — des Pilatre de Rozier und Zambeccari. 304. Blanchard's Luftfahrt. 305 (Anmerk.).

Luftpumpe. Beſchreib. Wirkung. I. 213. Hahn-Ventilluftpumpe. Deſ. 214. Vervollkommnung der — 214 Fortins Verfahren d. Hahn zu entfernen. 214 folg. Vorrichtung bei Entfern. der Luft aus einem weiten Raume. 215. zweiſtieflige — 216. Wirkung der Verdünnung d. Luft im Recipienten auf d. Wirk. der — 216. Beſtimmung d. Grades dieſer Verdichtung. daſ. Vorrichtung dazu. 217. Berechnung des Verhältniſſes, in dem die — d. Luft verdünnt. 218. Urſache der ſtets nur unvollk. Entleerung des Recipienten. Verſuche hierüber. 218 folg. Beſeitigung derſelben. 219. bequemſte Einrichtung der Hähne der — 220 Wirkung der — auf lebende Thiere und nicht lebende Subſtanzen, auf Waſſer. 223. Nutzen der — zur Nachweiſung der Gleichheit d. Fallgeſchwindigkeit eines Körpers im leeren Raum: zur Wägung der Gasarten. 224.

Luftröhre d. Menſchen. Beſchr. Nutzen. II. 129. d. Vögel. 135.

Luftſpiegelung. Beſchr. Urſache ihrer Erſcheinung. III. 322. Art ihres Vorkommens. daſ. u. f.

Luftverdichtungspumpe. Compreſſionspumpe. Beſchr. I. 221. Gebrauch. daſ. Verbeſſerung derſelben. Beurtheilung des Grades der erzeugten Verdichtung. 222.

Luftverdünnungspumpe ſiehe Luftpumpe.

Lupen, Nutzen. Wirkung der — III. 288 Def. Urſache der Vergrößerung durch — Lage d. Auges dabei. 289. Einfluß der Entfernung auf die Vergrößerung. Nachtheile d. Lupen für d. Geſicht. 290. Berechnung der Sehweite, Beſtimmung der dabei Statt findenden Vergrößerung. 290 folg. Verbindung mehrerer. (vgl. Fernröhre katoptriſche.) Periſcopiſche — Beſchr. 431.

M.

Maße, Vergleichung der Maße. I. Vorrede.

Magnet. Herleitung des Wortes. Begriffsbeſtimmung. III. 1. Bemerklichmachung des Vermögens und der Vertheilung der anziehenden Kraft in einem Mag. 1. Pole des Magneten. 1. anziehende Eigenſchaften derſelben. 2. Wirkung der gleichen und ungleichen Pole zweier Magneten auf einander. 2. Wirkung des Magnets auf weiches Eiſen. 3. Verſuche hiezu. 3. auf Stahl, Unterſchied zwiſchen weichem Eiſen und Stahl hinſichtl. d. Annahme des Magnetism. 4. Wirkung des Magnets auf die Pole der Magnetnadel. 5. die Eigenſchaft d. — ſich nach einer beſtimmten Himmelsgegend zu richten giebt zur Entdeckung des Compaſſes Veranlaſſung. 9. Analogie des Magnets mit den elektriſchen Säulen. 15. ob dem Mag. durch Mittheilung von ſeiner Kraft entzogen werde. Beiſpiele dazu. 41. Armaturen der Magnet. Nutzen für den Mag. 41. Wirkung des Mag. auf alle Naturkörper. 71. Erklärung dieſer Erſch. 72. Nutzen d. M. zur Entdeckung von Eiſen. 72. Prüfung d. Glimmers auf Eiſen. Reſultate 73. Analogie des Mag. mit einem elektrodynamiſchen Cylinder, daraus ſich ergebende Folgerungen. 211. Magnet ohne Ende. Verfertigung. IV. Zuſätze. 338.

Magnetiſiren, worauf das Magn. beruhe. Verſuche v. Gay Luſſac. III. 12. Einfluß des — auf d. Gewicht des magnetiſirten Körpers. 12. Einfluß der mehr oder weniger innigen Berührung der Theilchen eines Körpers auf d. Leichtigkeit des Magnetiſirens. 13.

Zunahme der Schwierigkeit des Magnetiſirens, mit der, durch das Härten erlangten Härte. 14. Magnetiſiren bis zur Sättigung. Def. Bewirkung deſſelben. 18. verſchiedne Methoden, Körper zu magnetiſiren. 44. älteſte Meth. Nachtheile derſelben. 45. eigenthüml. Erſch. dabei. 45 folg. Verbeſſerung dieſer Methode durch Knight. 47. Duhamels Verfahren. 47. Verfahren v. Mitchell und Canton. 48. Eigenthümlichkeiten letzter Methode. 49. Magnetiſ. durch den Doppelſtrich 51. Verbeſſerung deſſelben durch Canton und Aepinus. 51. Coulombs Verfahren d. Mag. durch d. Doppelſtrich. 52. Verfahren beim M. ſehr dicker Stäbe 54. Vorzüge d. Methode von Duhamel und Aepinus vor den übrigen 55. Einfluß der Temperaturerhöhung auf das Mag. — 56. Magnetiſiren durch Elektromagnetismus. III. 214.

Magnetiſche richtende Kraft der Erde, Maß der —, auf d. Magnetnadel, ſiehe Erde, magnetiſche Anziehung und Abſtoßung, ſiehe Anz. und Abſtoß. magnetiſche. — magnetiſche Abweichung, ſiehe Abweichung, magnet. — magnetiſche Inclination, ſiehe Inclination, magnetiſche. — Geſetze der magnetiſchen Anziehung und Abſtoß. ſiehe Anz. u. Abſtoß. magnetiſche — magnetiſche Vertheilung, ſiehe Vertheilung, magnetiſche — magnetiſcher Meridian, ſiehe Meridian, magnetiſcher — magnetiſcher Aequator; ſiehe Aequator. —

Magnetismus, Begriffsbeſtimmung. Allgemeine Erſcheinungen. III. 2. Eintheilung des — in poſitiven und negativen. 3. Ertheilung des — an Stabeiſen. III. 3. Erregungsart d. — in Stahlſtäben. 4. Unterſchied zwiſchen nordlichem und ſüdlichem Magnetismus. 6.

Erregung des — in Eiſenſtangen, die lange der atmoſph. Luft ausgeſetzt waren. Urſache. 8. Receptivität des Kobalt's und Nickels für den — 9. Entwicklung des — durch Druck, Schlag, Drehung und elektr. Entladung. 11 folg. Einfluß des Härtens d. Körp. auf d. Ertheilung des — 13 folg. Erregung des — in Stäben. 15. nachtheilige Wirkung der Coercitivkraft d. Körp. auf die Ertheil. des — 16 folg.

Magnetismus, verſchiedne Arten, den — zu erregen. III. 35. einfachſte Art. daſ. und folg. Zuſammenſetzung und Zerſetzung der beiden Magnetismen — Beiſpiele hiezu. 39 folg. (vgl. ferner d. Artikel: Magnetiſiren.) Vertheilung des freien Magnetismus in den durch d. Doppelſtrich magnetiſ. Drähten. 56. Sitz des M. in ihnen. — 56. Bewährung dieſes durch die Drehung, nach Coulomb. 56 folg. Verſuche von Coulomb mit 2 Drähten. 58 folg. Wirkung d. Entfernung auf d. Intenſ. des — 60 folg.

Magnetismus, Vertheilung des freien — im Zuſtande der Sättigung. III. 62. Coulombs Verfahren bei Auffindung dieſer Vertheilung. 65 folg. Reſultate. 67 folg. — Mag. durch ſtrömende Elektricität hervorgebracht. ſiehe Elektromagnetismus. Mag. aller Körper durch elektriſche Ströme erzeugt. Vorrichtung der Körper. Verſuche. Reſultate. IV. 337 folg.

Magnetnadel. Declination der — III. 5. Wirkung zweier frei bewegl. in horizontaler Richtung neben einander ſchwebender — auf einander. 5. Erſch. beim Darbieten eines Poles des Magnetes an der — 5. Wirkungsart der Erde auf die — 6. Pole der — 6. magnetiſche Inclination der — 6. (vgl. Inclination.) + b Erforſchung und Meſſung der richtenden Kraft des Erdkörpers auf die — 18. (vgl. Erde) magnetiſche Axe der — 21. Bedingungen des Gleichgewichts der — 22. Traverſiren der — Def. 23 (Anmerk.). Beſtimmung der magnetiſchen Axe der — 32. Einfluß des Erdmagnetismus auf die — 74 folg. (vgl. Erdmagnetismus.) + a Nutzen der Richtung der — nach einem beſtimmten Himmelsſtrich für die Seefahrer. 9. Abweichung der — unter verſchiednen Breiten. 79. Wo ſie am größten? 81. Einfluß verſchiedner Himmelskörper auf die Richtung der — 88. Einfluß des Nordlichts. 89. Apparat zur Meſſung aller periodiſchen oder zufälligen Veränderungen der Abweichung der — 103. Inſtrumente zur Beſtimmung der Declination. 110. (vgl. Declinationsbouſſole). Beſtimmung derſelben auf dem Meere. 113. Geſetze, nach denen weiches Eiſen auf die — wirkt. 123 folg. (vgl. Eiſen.) Wirkung des Elektromagnetismus und der Thermoelektricität auf die — ſiehe Elektromagnetism. und Thermoelektricität. Einflüſſe verſch. Momente auf die Richtung der — auf Schiffen. 119. Begegnung dieſer Einflüſſe. 120 folg. Analogie der — mit einem elektrodynamiſchen Cylinder. 211.

Malus, Verdienſte deſſelben um die Lehre von der Polariſation des Lichts. IV. 29. über die Brechung des Lichts. 309 folg.

Manometer Beſchr. Nutzen beim Gebrauch der Luftpumpe I. 224. Anwendung zur Beobachtung der Spannkraft des Dunſtes bei allen Temperaturen. 263.

Marcet, über die Wirkung des Luftdrucks auf die Thermometerkugeln. I. (Anhang.) 341.

Mariotte, über die Wurfhöhe bei Springbrunnen. I. 123. Geſetz von — über die Spannkraft der Gasarten. 207 folg.

Maſchine atmoſphäriſche von Newcommen. Beſchreib. IV. 303.

Maſchinen, einfache. Von ihrem Gleichgewicht. I. 46. Kraft, Widerſtand der — — 46. Berechnung einer Maſchine. 47.
Maſſe eines Körpers. Def. I. 84. Verfahren, um zu wiſſen, ob zwei K. v. gl. Beſchaffenheit, auch von gl. Maſſe ſind 84.
Materie, materiell. I. 1 Def. Eigenſchaften der — 1. zufällige weſentliche Eigenſchaften der — 3. taſtbare — 8. Theilbarkeit der — 18. Trägheit, Beharrungsvermögen der — 21. Schwere der. 22.
Materialität. Def. Bedingungen der — I. 3.
Matthieu über die Luftſpiegelung zu Dünkirchen. III. 323.
Megaſcop. Einrichtung. Erfindung. Wirkung. Nutzen. III. 445.
Membranen, Schwingungen, Töne, geſpannter — Erweckung derſelben. II. 65.
Meniscus, zerſtreuender. Def. III. 420.
Meridian, magnetiſcher. Def. III. 5.
Metallröhrchen, Elektricität derſ. — II. 199.
Michelotti entdeckt, daß bei Berührung chemiſch auf einander wirkender Subſtanzen, ſich El. entwickle. III. 172.
Mikrometer mit doppelten Bildern. Einrichtung derſelben. III. 362. Verhalten eines einfallenden Strales beim Durchgange durch das erſte Prisma. daſ. beim Eintritt in das zweite. 363. Verfahren, beide Prismen in unmittelbare Berührung zu verſetzen. daſ. Mittel zur Beobachtung des dadurch hervorgebrachten ungewöhnlichen Bildes. 364. Einfluß der verſchiedenen Beſchaffenheit d. Kryſtalle, aus denen die Prismen gebildet ſind, auf dieſen Winkel 365. Analogie der verlängerten Stralen dieſes Winkels mit Cirkelarmen, deren Oeffnung beſtimmt, und deren Winkelſpitze bekannt iſt. 367. Nutzen dieſes Verfahrens, beim Beſtimmen des Durchmeſſers einer kreisförmigen Scheibe. 367. Anwendung deſſelben zur Meſſung der ſcheinbaren Durchmeſſer eines Himmelskörpers. 367. zur Meſſung der abſoluten Größe eines Gegenſtandes. 368. Einrichtung der Inſtrumente zu dieſem Zweck. 368. von den Irrungen, die aus dem größern Abſtande, und der Kleinheit des Gegenſtandes hervorgehen. 369.
Mikrometer Rochon'ſches. III. 370. Beſchr. — inneres Mikr. des Mikroſcops. 428. Nutzen bei Meſſung der abſoluten Größe eines Gegenſtandes. 429.
Mikroſcope, einfache. Def. III. 288. leichte Zubereitung eines ſolchen mittelſt eines Waſſertropfens. Wirkung. 291. Nachtheile derſelben. Abänderungen v. Brewſter und Sivright durch einen Glastropfen. 292.
Mikroſcope, zuſammengeſetzte. III. 423. Wirkung des Inſtr. auf die Vergrößerung des Objectes. 424. Sehefeld, Geſichtsfeld des — 424. Bedingungen für das Auge, um das Sehefeld ganz zu überſehen. 425. Einrichtung des Inſtr. und ſ. Nachtheile. Verfahren die Vergrößerung durch das M. zu meſſen. 426. Auffindung der abſoluten Größe des Gegenſtandes. 428. Verrichtungen zu einer ſtarken Beleuchtung des Gegenſtandes. 429. Anwendung des Mikr. zur Meſſung des Brechungsverhältniſſes tropfbarflüſſiger und halbfeſter Körper. 430. Unvollkommenheiten des — Verbeſſerung derſelben durch achromatiſche Oculare. 431 folg. (vgl. Oculare).
Minute. Def. I. 79.
Mitchell's Magnetiſirmethode. III. 49.
Mitſcherlich, über die Zuſammenziehung der Kryſtalle durch die Wärme. IV. Zuſätze. 310.
Mittelkraft, Auffindung der — zweier Kräfte. I. 31. Zuſammenſetzung, Zerlegung der — 32 Eigenſchaften der — 33. Größe und Richtung der — bei Sollicitation eines K. von 2 in der nämlichen

Ebne liegenden Kräften. 35. bei Parallelismus beider Kräfte. 36. bei entgegengeſetzter Richtung der Kräfte. 37. wenn alle Kräfte parallel und gleichgerichtet ſind. 38. bei parallelen aber ungleich gerichteten Kräften. 39. Wirkung der — eines elektriſirten Stabes auf beide Magnetismen. III. 135. abſolute Richtung dieſer Wirkung. 138. Verſuche. Vorſichtsmaßregeln dabei. 139 folg. Vergleichung der Reſultate. 141.

Mittelpunkt der Parallelkräfte. Def. I. 39. der Schwere. 40. Einfluß der verſch. Temperatur auf den — der Schwingungen des Pendels. 232.

Mittheilung der Elektricität, was dabei vorgeht. II. 143. — der Schwingungsbewegungen, ſiehe Schwingungsbewegungen. Magnetiſiren durch Mittheilung ſ. Magnetiſiren.

Modus major und **minor** in d. Muſik. II. 40.

Molecularſchwingungen ſchwingender Körper. Def. Verſuche von Wheatſtone ſie darzuſtellen. II. Zuſätze. 73 folg.

Molecule, der Körper Def. I. 10. den — fehlt Spontaneität. 20.

Mollaccord. Def. II. 43.

Molldreiklang. Def. II. 42.

Moment ſtatiſches. Begriff. I. 33. Nutzen deſſelben für die Beſtimmung des Gleichgewichts. 48.

Monge, über Luftſpiegelungen. III. 322. über einige ſonderbare Erſcheinungen bei der doppelten Stralenbrechung. 372.

Monochorde, Beſchr. vertikales, horizontales, Vortheile des erſtern. Nutzen. II. 10.

Montgolfiere, ſiehe Luftballon.

Morlet, beſtimmt die wahre Lage der Knoten am magnet. Aequator, und beſchreibt die Linien, die ſich von einem zum andern ziehn. III. 70.

Moſchus. Theilbarkeit deſſelben. I. 12 (Anmerk.).

Moſt, über die Wirkungen der galvan. Elektric. auf d. Körper. II. 330 (Anmerk).

Müller, über die fortführende Wirkung der Volt. Säule. II. 307 (Anmerk.).

Multiplicator, elektromagnetiſcher oder elektrodynamiſcher. Beſchreibung. Erfindung. Nutzen zur Verſtärkung der Wirkung eines elektr. Stroms. III. 170 folg. Verfahren, ihn zu dieſem Zwecke brauchbar zu machen. 170. Einfluß der Temperaturerhöhung auf ſ. Wirkung. Verſuche hierüber v. Becquerel. 171. Nutzen deſſelben, bei Unterſuchungen über die elektr. Wirkungen, die aus der Berührung phyſiſch oder chemiſch auf einander wirk. Subſt. hervorgehen. 172. Nutzen zur Bemerklichmachung der thermoelektriſchen Wirkungen. 221. Theorie. 212. Anwendung des — zur Auffindung der galvaniſchen Reihenfolge der Körper. IV. Zuſätze. 322. — zur Darſtellung der elektr. Wirkungen bei chemiſchen Verbindungen. 336.

Mundloch der Flöten. Beſchr. Einricht. II. 70.

Mundſtück der Rohrwerke. II. 100. Zunge des Mundſt. 101.

Muſchenbroek Verſuche über die Reibung. I. 324 (Anmerk.). Muſch. und Cunäus entdecken die Leydner Flaſche. II. 233. beſtätigt das mit dem Nordlicht verbundne Geräuſch. III. 96.

N.

Naſe, Wirkung des Galvanismus auf die — II. 332.

Natronium und **Kalium**, wird durch Davy mittelſt d. Volt. S. entdeckt. II. 316. Seebeck erfindet das Verfahren, dieſe Stoffe vor der zerſtörenden Wirkung d. Luft zu ſchützen. daſ.

Naturerſcheinnungen, **Naturphänomene**. Beſtimmung d. Begriffs. I. 2.

Neigung, magnetiſche, ſ. Inclination.

Neigungsnadel, ſiehe Inclinatorium.

Nerven, Vergleichung der — mit elektriſchen Leitern. II. 353. Endigung der Nerven nach Prevoſt und Dumas. 354. Urſprung der Ruckenmarksnerven, nach Bellingheri. IV. 354.

Nervenſyſtem, Analogie des mit einem elektriſchen Apparat. II. 353.

Neutraliſirung der Elektricität. II. 210.

Newton. Geſetze der Mittheilung der Bewegung. I. 113. Thermometer von — 166. über die Zerſtreuung der Farben. III. 377 folg. über die Wiederzuſammenſetzung d. Farben. 394 folg. Regeln von — über die Beſtimmung der Farbenart, die aus einer Miſchung einfacher Stralen von gegebner Art hervorgeht. 400. über das Brechungsvermögen. 298. Tabelle hierüber. 310. über das Brechungsvermögen der Gasarten. 312. des Waſſers. 316. über die Farbenzerſtreuung. 377. Berechnung der Farbenmiſchungen. 400. über den Einfluß der Zerſtreuung auf das Sehen durch Prismen. 403 folg. Newtonſches Fernrohr. 439. Verſuche über die Farbenringe, die bei d. Zuruckwerfung von dünnen Blättchen entſtehen. IV. 1 folg. über die Anwandlungen des leichtern Durchgehens und Zurückgehens. 49 folg. Anwendung dieſer Theorie auf d. Zurückwerfung der Lichtſtralen, die durch dicke Mittel gegangen. 64 folg. über eigenthüml. u. bleibende Farben der Körper. 71 folg. über die Beugung des Lichts. 88 folg.

Newcommens atmoſphäriſche Maſchine. Beſchreib. IV. 305.

Netzhaut des Auges, Nutzen beim Sehen. III. 229. 449.

Nicholſonſches Aräometer, Beſchreibung. I. 313.

Nichtleiter der Elektricität. Def. II. 140. Körper, welche Nichtleiter ſind. 140 folg. Reihenfolge der — nach Singer. 141 (Anmerkung), die Luft iſt ein Nichtleiter. 140.

Nickel, Receptivität des — für Magnetismus. III. 9.

Nollet's Verſuche über die Weite des el. Schlages. II. 248.

Nordlicht, elektriſcher Urſprung deſſelben, nach Thienemann und Hood II. 267. Einfluß der Erſcheinung des — auf die Magnetnadel. III. 89. erſte Beobachtungen dieſes Umſtandes durch Celſius u. Hiorter. 90. Umſtände, unter denen es ſich zeigt. 90. Kreisbogen des — Krone deſſelben. 91. 108. Beſtimmung der Lage der Krone. 92. Beobachtung eines großen — auf den Schetlands-Inſeln, nebſt der ganzen Darſtellung ſeines Verlaufs. 92. ob das — inner- oder außerhalb unſerer Atmoſphäre zu ſuchen ſey. 93. verſchiedne Eigenſchaften der Stralen des — 95. Beſtandtheile des — 94. Säulenreihen des — 95. Schätzungen der Höhe des Nordlichts 96 folg. ob ſ. Erſch. mit Brauſen verbund. ſey. Meinungen verſch. Schriftſteller hierüber. 98. und Anmerk. Theorie des — 100 folg. von der metalliſchen Natur der Säulen des — 101. Urſprung des Stoffs des — 102. Thienemanns Anſicht hierüber 102. Geſtalt und Farbe des — (Zuſätze). 106. 109. Hoods Anſicht darüber. Hood's Eintheilung der Nordlichter in Klaſſen. 106 folg. direkte und. Seitenbewegung der Bogen des — 107. Verhalten der Stralen, Flammen, Krone und Kränze des — 108. Richardſons Beſchreibung des — 108.

Nordpol der Magnetnadel. Def. III. 6.

O.

Oberoctave in der Muſik. Def. II. 22.

Objectivglas, Vorderglas der dioptriſchen Inſtrumente. Def.

III. 422. der zuſammengeſetzten Mikroſcope. Conſtruction. Nutzen. 423.
Objectenträger
Objectivmikrometer } der zuſammengeſetzten Mikroſcope. Def. III. 426.
Objectivrohr
Obſidian, polariſirt das Licht am vollſtändigſten. IV. 105.
Octave in der Muſik. Def. II. 22. doppelte — 23.
Ocularglas, einfaches, zuſammengeſetztes der dioptriſchen Inſtrumente III. 422. des zuſammengeſetzten Mikroſcops. 424. Einrichtung der achromatiſchen Oculare. 431. Stellung deſſelben im Mikroſcope nach Campani's oder Ramsden's Verfahren. 432. Nutzen des achrom. Oc. fur die Sammlung der Lichtbundel. daſ. Nutzen — zur Hervorbringung des Achromatismus im Mikroſc. 433. Beweiſe dazu. daſ. achromatiſches Ocular von Campani und Ramsden. 434. Vortheile und Nachtheile beider. daſ.
Oerſted über die Zuſammendrückbarkeit des Waſſers. I. 336. über die Elektricitat der Klangfiguren. II. 277. entdeckt den Elektromagnetismus. III. 128 folg.
Ohr, Wirkung des Galvanismus auf das — II. 352.
Ohrknorpel, Nutzen der — beim Hören. II. 124.
Optiſche Apparate. Def. III. 443.
Orcheſter, beſte Einrichtung der — in Theatern um den Schall fortzupflanzen. II. 117. Mittel der Alten, zu dieſem Zwecke angewendet. 117 folg.
Ordinaten, Nutzen derſelben zur Beſtimmung der Vertheilung des freien Magnetismus in Stäben. III. 62. Verſuche, den Werth derſelben zu beſtimmen. 62. Begegnung eines Einwandes. 64. Nöthige Vorſichtsmaßregeln bei dieſen Verſuchen. 65. Coulombs Verbeſſerung des Verfahrens. 65 folg. Vortheile des Coulombſchen Verfahrens. 67.
Orgel, Flötenwerke der — II. 76. Windkaſten, Blaſenwerk, Windlade der — 78. gedeckte Pfeiſe der — 80.
Oscillationen, Theorie der — der Lichtmolecule, ſiehe Polariſationsaxe.
Oxygen, Nutzen des — beim Verbrennen. I. 201.

P.

Papier, Elektricität des — IV. Zuſätze. 319.
Papinſcher Topf, Beſchreibung, Anwendung. I. 169.
Parabel, Def. Wurfhöhe der — I. 90.
Parallelkräfte, Mittelpunkt der — I. 39.
Parallelogramm der Kräfte, Def. I. 32.
Pendel der Uhren. Def. I. 232. Mittelpunct ihrer Schwingungen. daſ. Roſtförmige Pendel. 233. Schwingungen des Pendels 101 folg. zuſammengeſetztes Pend. — 104. Anwendung des — bei Uhren. daſ. Länge des einfachen — 106.
Pendeluhren. Beſchreib. I. 232. Einfluß der Temperatur auf den Gang der — 232. Abänderungen, die der Mittelpunkt der Schwingungen der Pendelſtangen dadurch erfährt. 232. Mittel zur Abhülfe dieſes Umſtandes, Compenſation, Compenſatoren. 233. Anwendung der Roſtförmigen Pendel zu dieſem Zweck. 233. Einfacher von Martin zu dieſer Verbeſſerung angegebner Compenſator. Beſchr. 234. Verfahren mit demſelben. — 234. Compenſation der Unruhe in d. Pendeluhr. Verfahrungsart. 236.
Perimeter eines Ringes. Def. IV. 10.

Perkins, Unterſuch. über die Zuſammendrückbarkeit des Waſſers. I. 336. (Anhang). über die elaſt. Kraft des Waſſerdampfes. 340.

Perlmutter, Urſache ihrer Farbenſpiegelung nach Brewſter. IV. 76.

Pfaff, über das Leitungsvermögen verſchiedner Flüſſigkeiten. II. 346 folg. Tabelle dazu nach Pfaff. 347.

Pfeife. Beſchreib. II. 76. gedeckte — der Orgel. 80. Schwingungen der Luft in den gedeckten — daſ. Bedingungen für die Schw. dieſer Luft. 83. Beſtimmung der Dauer dieſer Schwing. 84. Reihenfolge der dadurch hervorgebrachten Töne. 86. Nachweiſung dieſer Tonreihe durch Verſuche. 86.

Phosphor, Einfluß der Erhitzung und Abkühlung des — auf ſeine Färbung nach Thenard. I. 329 folg. IV. 75.

Phosphoresciren (das) verſch. Körper, iſt Wirkung der Elektr. II. 269.

Phyſik, Zweck, Nutzen der — I. 25.

Pilatre de Rozier, unglückliche Verſuche mit d. Luftballon I. 304.

Planeten, Geſetze der Bewegung der — nach Kepler. I. 101 (Anmerkung).

Platina, Dehnbarkeit der — I. 11 folg.

Platinaſchwamm, Nutzen deſſelben, um die durch capillare Thätigkeit hervorgeb. el. Erſcheinungen zu zeigen. IV. 352 folg.

Poggendorf, über die Reihenfolge der Elektromotoren in der Volt. Säule. II. 329. über d. Leitungsvermögen nicht metalliſcher Subſtanzen. 345.

Poiſſon, Geſetz der Wellenfortpfl. von — I. 126. Verfahren von — die Dicke und Geſtalt der elektriſchen Schicht an d. Oberfläche d. Körp. zu finden. II. 189. Grundſätze von — über die Vertheilung der El. zwiſchen 2 elektriſ. Kugeln. 192. über die Berechnung der Zurückwerfung des Lichts. IV. 80 folg. über die Fortpfl. d. Wärme durch feſte Körper. 267 folg.

Pole der Volt. Säule, Verſchiedenheit ihrer Wirk. auf den lebenden Körper II. Zuſätze. 350. — des Magnets, Darſtellung derſelben. III. 1. freundſchaftl. feindſchaftl. — ihre Eigenſchaften. 2 Verhalten der beiden Pole zweier Magnete zu einander. 5. Süd-Nordpol der Magnetnadel. 6. Lage der Pole des magnetiſchen Aequators. 77.

Polariſation des Lichts, Begriffsbeſtimmung. III. 343. Allgemeine Betrachtungen über die — Verdienſte v. Malus um dieſen Gegenſtand. IV. 98. Anwendung der — auf die Verfertigung einer vergleichbaren Farbenſcale. 222. Modificationen, welche durch die — in den Erſcheinungen der Interferenz hervorgebracht werden. 227 folg.

Polariſation, feſte, allgemeines Verfahren der Hervorbringung. Weſen derſ. Erläuterung d. Weſens d. Pol. durch Beiſpiele. IV. 99. Verfahren zur leichten und genauen Anſtellung ſolcher Verſuche, Apparat dazu. 99 folg. Gebrauchsmethode dieſes App. 100. Anwendung deſſelben zur Wiederholung d. Verſuchs v. Malus, mittelſt eines brennenden Lichts angeſtellt. 100. Verſuche mit d. Wolkenlicht. Vorzüge dieſes, vor dem Kerzenlichte. 101. Auseinanderſetzung der Erſcheinungen der Zurückwerfung auf dem zweiten Glaſe des App. 102. Allgemeine Folgerungen für d. Verhalten d. Strals auf dem zweiten Glaſe. 103. Reſultate der Abänderung der Neigung des Strals gegen das erſte und zweite Glas. 103 folg. Benutzung andrer, als Glasplatten zu ähnlichen Verſuchen. 104. Einfluß des verſchiednen Brechungsvermögens dieſer Platten, auf den Polariſationswinkel. 104. allgemeine Anwendung der Geſetze der Polar. auf alle Subſtz. 105. Reihenfolge d. verſch. Sbſtz. in Hinſicht ihres Vermögens, das Licht zu polariſiren. 105 folg. Verhalten eines polariſ. Strales, beim Durchgange v. Sbſtz. mit einfacher und doppelter Brechung. 106. Beſtimmung der Geſetze dieſer Erſch. 107. Verhalten eines pol. Strals beim Durchgange durch ein Rhomboid von isl. Spath. 108. Verhalten des, durch Brechung in einem Kryſtall modif. Lichts, bei der ſpiegelnden Zurückwerfung. 110. Hervorrufung der näml. Dispoſitionen durch alle Kryſtalle mit doppelter Brechung. 111. Bedingungen der Spaltung und Nichtſpaltung der Stralen durch die Richtung des Hauptſchnitts der Kryſtalle hervorgebracht. Verſuche von Malus. 112. Geometriſche Beſtimmung dieſer Erſch. an einem durch Zurückwerfung von einem Spiegelglaſe polariſ. Strals. 113. Geſetze für alle, bis jetzt erhaltnen Reſultate. 114 folg.

Polariſation feſte, bei Brechung der Stralen durch nicht kryſtalliniſche Körper. IV. 116. Verſuche hierüber an einer aus mehrern parallelen Glasplatten, die durch Luft getrennt ſind, errichteten Säule. 117. Beſtimmung der dazu nöthigen Anzahl Platten. 117. Wirkung einer großen Plattenzahl auf d. Intenſ. d. Lichts 117 folg. Wirk. des Maximums der Intenſ. auf d. Polar. 118. Erſch. der feſten Pol. in blättrigen und kryſtalliniſchen Körpern, beim Durchgange d. Lichts nach ihren Schichten. 118 folg. Beiſpiele hiezu am Agat und Turmalin. 119. Eigenthümlichkeiten des letztern. 120 folg. Folgen derſelben. 121 folg. Aufzählung v. andern Kryſtallen, die die näml. Erſch. liefern: 122. (vgl. Dychroismus). Nutzen des Turmalins zur Analiſirung der Richtung, unter der ein Bild polariſirt iſt. 124 folg. Nutzen d. Pol. d. Bildes, um auszumitteln, ob ein Bild das gewöhnl. oder ungewöhnl. iſt. 125. Anwendung der Turmalinplatte zur Nachweiſung der Richtung, nach welcher das d. d. Zurückwerf. zurückgeſtralte Licht, polariſ. wird. 125. Wiederholung dieſer Verſuche an Rhomboiden v. isl. Spath. 126.

Polariſation, bewegliche, wechſelnde. Entdeckung derſelben. IV. 127. Erſch. bei, einem polariſ. Strale ausgeſetzten, Glimmer- oder Fraueneisblättchen, nach Arago. 127. Apparat zur Beobachtung dieſer Erſch. 128. Nutzen der Kenntniß der Richtung der Polariſationsaxen in den anzuwendenden Blättchen, bei Anſtellung dgl. Beobacht. 129. Auffindung derſelben bei einaxigen. 129. bei zweyaxigen Kryſtallen. 130. Reſultate an Glimmerarten, wenn d. Stral ſenkrecht durch dünne Blättchen derſelben geht. 130 folg. Richtung der durch ein Prisma von blättrigem Gyps, nach der Richtung d. Zwiſchenlinie, durchgehenden Stralen. 132. Nothwendigkeit der Kenntniß der Axen d. dopp. Brechung des blättr. Gypſes in der Ebne der Blätter, zur Genauigkeit d. Verſuche. 133. Zubereitung der Blättchen deſſelben zu dieſem Zweck. 133. Erſch. an einem ſolchen Blättchen beim Durchgehen eines weißen vertikalen, und in d. Richtung des Meridians polariſ. Strals. 134. Beſtimmung der Richtung der neuen Polariſation. 135. Richtung derſelb. beim isl. Spath. 136. Grundeigenſchaften der bewegl. Polariſation. 136 folg. Unterſchied zwiſchen beweglicher und feſter Polariſ. 137. Farben, die bei dieſen Vorgängen entſtehen. 138. Einfluß des Durchgangs zweier polariſ. Stralen durch d. Blätter auf die daraus hervorgeh. farbigen Bündel. 139. Beſchaffenheit dieſer Farben für jedes gegebne Blatt. Abänderung derſelben durch die Dicke d. Blätter. 139. Analogie der Dicken, wo ſich hiebei Farben bilden, mit denen der dünnen Schichten nicht kryſtalliſ. Körper und ihren Farben nach Newton. 140. Einfluß der Dicke d. Blattes, auf die Intenſ. d. Farben, in den verſchiednen Ordnungen v. Farbenringen. 140 folg. Urſache dieſes Umſtandes. Ergebniſſe für verſchiedne Dicken. IV. 141. Nutzen vorſtehender Analogie. 143 folg.

Polariſation, bewegl, an dünnen Blättchen Sibiriſchen Glimmers beobachtet. IV. 145 folg. Beob. derſelben bei andern Glimmerarten. 146 folg. an Beryll und Bergkryſtall. 147. Darſtellung der zur Hervorbringung der näml. Farben nöthigen Dicken vſch. Kryſtallblättchen. 148. Schlußfolgerungen für d. Geſetze d. Polariſ. in allen Blättchen v. Kryſtallen. 149.

Polariſation, bewegliche, Unterſuchung der Modificationen, die die Lichtmolecule erfahren, beim gradweiſen Durchgange durch mehrere polariſirende Plättchen. Daraus hervorgeh. Verfahrungsart, farbige Bilder in dicken Platten zu erhalten. IV. 170. Erſch. an d. Lichtmoleculen die, wenn ſie in einem erſten Plättchen bewegl. polariſirt wurden, dieſelbe in einem zweiten Plättchen nochmals erleiden. 170 folg. Umſtände, von denen die dabei erſcheinenden Farben abhängen. 171. Verhalten eines polariſ. Strals beim allmäligen und ſenkrechten Durchgange durch 2 mit gleicher ungewöhnlicher brechender Kraft begabte Kryſtallplättchen. 171. Verſuch dazu. 171. Erſch. an Plättchen, deren ungewöhnl. brechende Kraft verſchieden iſt. 172. Einfluß der Kreuzung der Axen dieſer Plättchen auf die Erſcheinungen der farbigen Bündel. 172 folg. Reſultate aus dieſen Erſch. für die Tiefe der bewegl. Polariſation. 173 folg. Nutzen der Kreuzung des Hauptſchnitts zur Ausmittlung der anziehenden oder abſtoß. Beſchaffenheit eines Kryſtalles. 174.

Polariſation, bewegl. Veränderungen der polariſ. Kräfte, abhängig von der verſchiednen Neigung d. gebrochnen Stralen gegen die Axen der Kryſtalle. IV. 175. Erläuterung dieſer Erſch. durch Beiſpiele. 175. Erſch. wenn die Axe ſenkrecht auf der Ebne bleibt. wenn die Neigung d. Plättchens in der Richtung ſeiner Axe geſchieht. 176. Mittel zur Kenntniß der Lage der Axen in einem Kryſtall, und ihrer gegenſeitigen Neigung. 177 folg. Einfluß der Neigung d. Axen auf die vſch. Farben. 178. Berechnung dieſer Farben nach der Newtonſchen Tabelle. 179. Anwendung des Vorſtehenden auf Blättchen von Topas und zweiaxigem Glimmer. 180. Auffindung der Neigung d. Axen gegen die Normale im Glimmer. 180. Berechnung der Neigung d. Axen gegen einander in vſch. Kryſtallen. 181. Wirkung des Ueberſchreitens des Einfallswinkels durch die Neigung. 182. Unterſchiede der Neigung der Axen im weißen und gelben Topas. Einfluß auf d. Erſch. der Farben und die Elemente der doppelten Brechung, bei ihnen. 183. Anwendung vorſtehender Methoden auf die Blätter der einaxigen Kryſtalle. 183. Wirkungen des Durchgangs eines polariſ. Strals durch dicke Platten unter verſchiednen Richtungen. 184. Verfahren, um dabei Farbenbündel zu erhalten. Anwendung deſſelben Verfahrens zur Beſtimmung der Intenſitäten der doppelten Brechung der zweiten Platte 184 folg. Beiſpiele der Anwendung dieſer Methode an zwei Platten Fraueneis von ungl. Dicke, unter ſenkrechter Incidenz mit rechtwinkl. gekreuzten Axen einem polariſ. Strale ausgeſetzt. 185. Wirkung der Neigung der dickern Platte gegen den einfallenden Stral in der Richtung des Hauptſchnitts. 185. Tabelle dazu. 187. Reſultate, wenn der Hauptſchnitt der dickern Platte ſenkrecht auf die Einfallsebne wird. 187 folg. Apparat zu Anſtellung dergl. Verſuche. 189 folg.

Polariſation durch Drehung bei gewiſſen feſten tropfbarflüſſigen und gasförmigen Subſtanzen. IV. 203. Verfahren bei der Unterſuchung über dieſe Erſch. 203. Einfluß derſelben auf die entſtehenden Bilder, weitre Ausführung dieſer Beobachtungen. 204. Berechnung des Drehungsbogens der vſch. einfachen Stralen beim Durchgange durch einen, ſenkrecht auf d. Axe geſchnitt. Bergkryſtall von 1 Mill. Dicke. IV. 205. Berechnung deſſelben, für jede beliebige Dicke. 205. Polariſ. durch Drehung in flüſſigen Subſtanzen. 206. Vergleichung d. Wirk. einzelner Flüſſigk. mit einander und mit denen durch feſte K. hervorgebracht. 207. Unterſuchungen über die bei dieſen Erſch. thätigen Kräfte. 207 folg. Drehungsvermögen der Terpentinöldämpfe. 209. Bezug der plagiedriſchen Geſtalt d. Bergkryſtalls zur Richtung der Drehung. Fresnels glückl. Verſuche d. Pol. durch Dreh. künſtl. nachzuahmen. 209 folg.

Polariſation, Wirkung der unvollkommnen Kryſtalliſation auf die — IV. 210. Erſte Unterſuch. hierüber von Malus an organiſchen, thieriſchen und vegetabil. Sbſtz. 210. Wirk. des Glaſes und andrer geſchmolzner, dann ſchnell erkalteter Körper. 211 folg. Einfluß der verſchiednen Form der Glasplatten. 212 folg. Analogie der dabei erſch. Farben mit den Newtonſchen Ringen. 213. Erklärung dieſer Erſch. am Glaſe. 214. Reſultate von Seebeck an Platten aus geſchmolznem und ſchnell erkaltetem Borax, Kochſalz, arab. Gummi ꝛc. 215. an Platten von thier. Gallerte und von Glas bei angewandtem Druck. 215. Einfluß der ſchnellen und ungleichen Temperaturveränderung. 215. des Drucks und der Temperaturungleichheit zugleich. 216. der Erzitterungen d. Glasplatten, wenn man Längenſchwingungen in ihnen erregt. 217.

Polariſation, bewegl. durch Zurückwerfung d. Lichts auf der Oberfläche der Metalle. Geſetze derſelben. IV. 218. allgemeine Betrachtungen über die Arten der Zurückw. auf d. Oberfläche der Körper. 218. Einfluß der Zubereitung d. Oberfläche d. K. auf d. Zurückwerf. Verfahrungsarten, d. Metallen Politur zu ertheilen. 219. Einfluß der verſchiednen Politur auf die Richtung der Polariſation. 220.

Polariſationsaxe, Def. IV. 114. oſcillatoriſche Bewegungen der — IV. 150. Richtung der Polariſation. 150. Verhältniß derſelben, nach der Dicke der Blätter. 151. Theilung des durchgehenden Lichtes zwiſchen beiden Polariſationsrichtungen. Progreſſion derſelben im Innern der Subſtanz. 151. Verſuche. daſ. Einfluß verſch. Dicken auf die Abwechslungen der Polariſation für jede Art Licht v. vſch. Brechbarkeit. 152. Analogie der Farben eines weißen Lichts, mit den Newtonſchen. daſ. Schluß daraus für jeden einfachen Stral. 153. Abwechſelnde Oſcillationen der Polariſationsaxe eines Bündels nach verſch. Richtungen. 154. Bewährung vorſtehender Analogie durch die Erfahrung. 154. Abweichung der ſuccedirenden Grade der Intenſ. bei dieſen Farben, von denen der Newtonſchen. 155. Einſchränkungen der Newtonſchen Conſtruction. 155 folg. In wiefern die durch Abwechſelungen der Polariſ. hervorgebrachten zuſammengeſetzten Farben Aehnlichkeit mit denen der Farbenringe zeigen. 157. Verſchiedenheit der Vertheilungsart d. Lichtmolecule zwiſchen den vſch. Phaſen der Anwandlung, die ſie zur Abwechſ. d. Polar. führt, in vſch. Kryſtallen. 159. eigenthümliche Affectionen der Tblch. d. einfarbigen Lichts, die periodiſche Abwechſel. zeigen. 159. Zuſammenfaſſung aller Erſch. in beſtimmte Sätze. 160 folg. Unterſuchungen über d. Zuſtand eines polariſ. ſenkrecht in ein dünnes Blatt Fraueneis gedrungnen Strals bei ſeinem Austritt 161. Vertheilung der Polariſationsaxen der Lichtmolecule deſſelben. 161 folg. dabei entſteh. Farben. Anwendung der Newtonſchen Conſtruct. auf dieſelben. 162 folg. Beſtimmung der Weite der Oſcillationen nach einer Richtung, für alle Molecule. 166. Abhängigkeit der Farbenerſch. von der Dauer der Oſcillationen. 166. Gültigkeit vorſtehender Geſetze für alle Kryſtalle, die abwechſelnde Polariſat. und Färbung zeigen. 167.

Einige Modificationen, die daraus reſultiren. IV. 167. Verhalten eines weißen polariſ. Strals beim Durchgange durch ein Blättchen, deſſen Axen doppelter Brechung verſch. Richtungen für d. vſch. Lichtmolecule haben. daſ. Einfluß dieſes Umſtandes auf die Farben. 168. Kryſtalle, bei denen die Unähnlichkeit d. Farben mit d. Newt. Ringen, hiedurch nicht beſtimmt werden kann. 168. Nähere Unterſuchung dieſes Gegenſtandes. 169 folg. Richtungen d. Polariſ. beim Austritt aus doppelt brechenden Kryſtallen. 170.
Polariſationsebne Def. IV. 115.
Polariſationswinkel, Def. IV. 104. Einfluß des verſch. Brechungsvermögens vſch. Sbſtz. auf den — daſ.
Pond, Verfahren von — d. Schwerpunkt eines Körpers zu finden. I. 42.
Poren, Poroſität. Def. I. 9.
Porret, über die fortführende Wirk. d. Volt. Appar. II. 307 (Anmerkung).
Potaſſium, Entdeckung deſſelben durch Davy mittelſt d. Volt. Appar. II. 316.
Potenzen. Def. I. 47.
Pouillet, über die galvaniſche Reihenfolge der Körper. IV. Zuſätze. 322. über Wärmeentwicklung durch Benetzung. 363 folg.
Prechtl, über den Transverſalmagnetismus. IV. Zuſätze. 358. Zubereitung des 2poligen Transverſalmagneten. 361.
Prevoſt und Dumas, über die Nervenendigungen. II. 354.
Prinzip, elektriſches und magnetiſches, Beweis für ihre Materiellität. I. 24. elektriſches — Sitz deſſelben in den el. Leitern. II. 170. iſt eine nicht zuſammendrückbare Flüſſ. 186. Grundbeſchaffenheit des elektriſchen — 187 — der Interferenzen, ſiehe Interferenzen.
Prüfungsſcheibchen der Elektricität. Nutzen. II. 173.
Pyrometer. Beſchreib. Brongniart'ſches. Beſchr. Nutzen. I. 227 folg. — von Lavoiſier und Laplace. 228.

Q.

Quadrantenelektrometer von Henley. Beſchr. Nutzen. II. 240.
Quarte in der Muſik. Def. II. 23.
Queckſilber, eignet ſich am beſten zur Einrichtung des Thermometers. I. 155. Reinigung deſſelben zu dieſem Zweck. 156. Amalgam des — 156. Ausdehnung des — vom Froſt- bis zum Siedepunkt des Thermometers. 172. Anwendung des — zum Barometer. 184 folg. Grad der zum Gefrieren des — erforderlichen Kälte. 248. Spannkraft des Dunſtes des — 262. Gefrierung des — unter d. Luftpumpe. 280. — leitet den Schall. II. 3. Nutzen des — zur Amalgamation des durch d. Volt. Säule erhaltnen Kaliums und Natroniums. 316. — geräth durch Wirkung des Elektromagnetismus in Bewegung. III. 186. ſpecifiſche Wärme des — Erhöhung derſelben. IV. 278. Proportionalität der Ausdehnung des — im Thermometer, mit dem darin enthaltnen Caloricum. 279.
Querſchnitt des zuſammengezognen Strals. Def. I. 118.
Quinte in der Muſik. Def. II. 23.

R.

Ramond über den Barometerſtand zu vſch. Tageszeiten. I. 196.
Ramsden, Einrichtung von achromat. Ocularen. III. 432.

S.

Saiten, Schwingungen elaſtiſcher — ſiehe Schwingungen. el. Saite Stege der — II. 19.

Saiteninſtrumente, Seele der, Reſonanz. II. 19.

Salpetrige Säure, ſpeciſiſche Wärme der — IV. 276.

Salze, Kryſtalliſation der — I. 15 folg.

Salzſäure, Zerſtreuungsvermögen der — III. 418.

Sammlungsgläſer. Def. III. 274.

Sammlungsplatte des Condenſators der El. II. 223.

Sanctorius ſoll Erfinder der Thermometer ſeyn. I. 165.

Sand, feiner trockner, Nutzen deſſelben, zur Darſtellung der Schwingungsrichtung feſter Körper. II. 52.

Sanduhren. Def. I. 72.

Satz der kleinſten Wirkung. Def. III. 348.

Sauerſtoff, ſein Nutzen beim Verbrennen. I. 201. Verſchluckung des — von der Volt. Säule. II. 323. Nutzen des — für d. Wirkſamkeit der Volt. Säule. 326 folg. Bedingungen, unter denen der — den elektriſchen Zuſtand der Säule wieder herſtellt. 327 folg.

Saugpumpe, Saugwerk. Beſchreib. Theile. Wirkungsart. Anwendung. I. 210. vereintes Saug- und Druckwerk. Beſchreibung. Wirk. 212.

Saugröhre }
Saugventil } der Saugpumpen. Einrichtung. I. 210.

Säulen elektriſche, Def. II. 240. Conſtruction. Ladung. 240. Beſtimmung ihres elektriſchen Zuſtandes. 241. wie ſie durch die Luft ihre Elektr. verlieren. 241. Analogie der Wirkung elektriſcher Kryſtalle mit der, elektr. Säulen. 242 folg. Voltaiſche Säule, ſiehe Voltaiſche Säule.

Säulen, ſecundäre, Entdeckung. II. 335. Theorie derſelben. 336. Vertheilungsart der El. in ihnen. 337. Wirkung. 337. Abänderung der Wirkung, bei Abänderung d. Zahl und Anordnung der ſie conſtit. Theile. 337. darin begründete Abänderung ihres Leitungsvermögens. 338. Ladungsart der — — mittelſt der Voltaiſchen Säule Selbſtſtändigkeit ihrer Elektricität. 339.

Sauſſure, Hygrometer von — I. 282. Verfahren deſſelben die Luftelektricität in verſchiednen Höhen bemerklich zu machen. II. 260.

Sauveur über die gleichzeitigen Schwingungsbeweg. ſchwing. Saiten. II. 26 folg.

Savart, (Felix) Eintheilungsart der Schwingungsbeweg. feſter Körper. II. 53. über die Hervorrufung d. freiwilligen Längenſchwing. feſter Stäbe. 57. über die bei freiwilliger Schwing. ſtarrer Stäbe ſich bildenden Knotenlinien. 58. Methode v. — Membranen in Schallſchwing. zu verſetzen. 65. Verſuche über die Schwing. durch Mittheilung. 107. über d. Funct. d. Gehörknöchelchen. 122. Nutzen d. in der Trommelhöhle ſich findenden Luft. 123. über die Richtung d. Wirkung d. Mittelkraft auf d. Magnetism. III. 138.

Scale, Celſius'ſche oder ſchwediſche, Centeſimalſc. des Thermometers. I. 164.

Schall. Def. Erzeugung und Fortpflanzung d. Schalls. II. 1. Verhalten der feſten Körper beim — Fortpfl. d. — durch die Luft. 2. Beweiſe für die Fortpfl. d. — durch die Luft. 3. Einfluß d. luftleeren Raums auf die Fortpfl. des — Fortpfl. des — in andern elaſtiſchen Flüſſigkeiten, in tropfb. Flüſſigk. 3. Beweis für d. Fortpfl. in tropfb. Flüſſ. Fortpfl. des — durch feſte Körper. 4. Art des Ueberganges zu dem Gehörorgane. 4. Verfahren, um eine genaue Beſtimmung der Umſtände der Fortpfl. zu erhalten. II. 5. Beſtimmung d. Geſchwindigkeit der Fortpfl. 5. Verhalten der Luft beim — 6. Fortpfl. d. — in den Rohren der Waſſerleitungen. 6. Berechnung d. Geſchwindigkeit d. Fortpfl. in der atmoſph. Luft. 8. von der Wärme, die bei der Fortpfl. des — entbunden wird. 9. Beweis dafür durch die Fortpfl. des — in Dünſten. 9. Richtung der ſich fortpfl. Schallwellen. 10. Verhalten der Schallwellen beim Antreffen an einer entgegenſtehenden Oberfläche. 11 (vgl. Echo.). Berechnung d. Geſchwindigkeit der Schallfortpfl. in feſten Körpern. 12. Urſache der Stärke und Intenſ. d. — 17.

Schalllinie. } Def. II. 14.
Schallſtral. }

Schallwelle, Def. II. 14. Totallänge der — 15. Berechnung der Länge, die eine Schallwelle in einer gegebnen Zeit durchläuft. 15. Tabelle über die Länge d. Schallw. nach d. Zahl Schwing. berechnet, die ein Körper in einer Secunde macht. 16. Verhalten d. Anfangs und des Endes der — zum Gehörorgan. 17.

Scheiben von Glas und Metall, Schwing. derſ. Klangfiguren. II. 63. Schwing. der Scheib. v. Holz. 64. Geſetze über die Schwing., Töne und Klangfiguren der — Zuſätze. 66. Geſetze der Schwing. vierſeitiger, rechteckiger — 70. bemerkenswerthe Umſtände dabei. 71. Schwing. runder — 73.

Schiffscompaß. Def. III. 9. erſte Spuren deſſelben. Beſchreibung. 68. beſte Einrichtung. 69. 114 folg. Verbeſſerung durch Kater. Beſchreibung d. Katerſch. Inſtr. 115 folg. Urſachen der Abänderung ſeiner Richtung und Bewegung. 119 folg. Berechnung derſelben. 120. Unſicherheit dieſer Berechnung in hohen Breiten. 121.

Schließungsdrähte d. Volt. Säule. Def. II. 300. Umſtände, nach denen ſich ihr Leitungsvermögen richtet, ſ. Leitungsvermögen.

Schmelzung der Metalle durch die Elektric. II. 250 folg.

Schnarrwerke ſiehe Rohrwerke.

Schnellwagen, Theorie ihrer Verfertigung. I. 49.

Schraube. Def. Einrichtung. I. 53. Schraubenmutter, männl., weibl. — Ziehpengel der — Schraubengang. Nutzen der — 53. — Schraube ohne Ende. 54 (Anmerk). elektrodynamiſche, Beſchr. Nutzen 102. Verhalten derſelben. daſ. Wirkung zweier elektrdyn. Schr. auf einander. 211.

Schübler Beob. über d. atmoſph. Elektric. II. 265.

Schwefelkohlenſtoff, Zerſtreuungsvermögen des — III. 418.

Schweigger, entdeckt den elektrodyn. Multiplicator. III. 170 212. deſſelben kryſtallelektriſche Theorie. IV. 329 (Anmerk.). Galvanometer von — 336.

Schwere der Körper. Def. I. 4. 40. Wirkungen der — kommt allen Körpern zu. 22. relative, abſolute. — 88 (Anmerk.). allgemeine — 93 (Anmerk.).

Schwerkraft. Def. I. 40. Richtung ihrer Wirkung. Mittelpunkt der — 40. — der homogenen Körper. 43. der heterogenen. 44. Proportionalität der — mit d. Dichtigkeit d. Körper. 44.

Schwerpunkt. Def. I. 40. der aufgehangnen und getragnen Körper. 40. Auffindung deſſelben. 41 folg. Abhängigkeit des — von der Geſtalt des Körp. 42. — der Körper, die mathematiſcher Beſtimmung fähig ſind. 42 (Anmerk.). — der homogenen und heterogenen Körper. 43 folg. Nutzen der Lehre vom — bei d. Theorie der Bewegung unſeres Körpers. 45. Nutzen der Lehre vom — für die Seiltänzerkünſte. 45 folg. — eines feſten homogenen, in einer ſchweren Flüſſigk. völlig eingetauchten Körpers. 69 folg. — eines nicht homogenen. I. 70. eines nur zum Theil eingetauchten. 70. magnetiſcher Schwerpunkt. III. 124.

Schwimmblaſe der Fiſche, Beſtandtheile der darin enthaltnen Luft. I. 183. Wirkung d. Herausnehmens d. Fiſche aus dem Waſſer auf die — 184.

Schwimmer von Prony. Beſchreib. Nutzen. I. 120.

Schwinden der Körper. Def. I. 154.

Schwingung des Pendels. Einfachſter Fall. 101 folg. Iſochronismus derſelben. 103. Urſache d. Aufhörens der Schwing. 105. Berechnung der — 106. — einfacher, in ihrer Länge ungleicher, Pendel. 106. Schwingungen andrer Art, die ſich den Pendelſchwing. nähern. 107. Mittelpunkt der — der Pendel. Einfluß der Temperaturungleichheit auf denſelben. 232.

Schwingungen d. Körper, wie ſie ſich durch die Luft bis zum Ohr fortpfl. und dort anhaltende Töne erregen. II. 13. — Schwing. elaſtiſcher Saiten. 18. Ausmittlung der Zahl der Schw. in einer Secunde, mittelſt des Einklangs. Nutzen der geſpannten elaſt. Saiten hiezu. 18. Verfahren bei Ertheilung der Fähigkeit zu Schallſchwingung. 18 folg. daraus hervorgehende Inſtr. (vgl. Monochorde). 19. Verhalten einer ſo geſpannten Saite bei Entfernung von ihrer vertikalen Richtung. 19 folg. Verhalten der erzeugten Töne. 20. Beſtimmung d. Schwingungsdauer der Saiten nach Verhältniß ihres Gewichts und der ſie ſpannenden Kräfte. Geſetze für ihre Schwingungszahlen daraus hervorgehend. 20. Schwing. der Saiten nach ihrer ganzen Länge. Dadurch bedingte Töne. 21. Schw. bei genau in d. Mitte geſchobnem Steg. Einfluß dieſes Umſtandes auf die Töne und d. Schwingungszahlen. 22. Schw., wenn d. Steg ⅓ d. Saite ſtützt. 22. Verfahren, um durch Fortſchiebung des Stegs alle Töne d. Tonleiter zu erhalten. 23. Töne [illegible] den Schwing. acht neben einander auf einer Reſonanztafel aufgezognen Saiten. 24. Vermehrung der Schw. d. Saiten durch Veränderung der Spannung. Töne dabei. 24 folg. Mittheilung der Schwing. d. Saiten durch daneben ſchwing. Saiten. Urſache. 27. Schwing. d. Saiten nach der Richtung ihrer Länge. Urſache. 30. Darſtellung der verſch. Arten dieſer Schwing. 31. Verſchiedenheit der Longitudinal- und Transverſalſchw. — 32.

Schwingungen feſter Körper. II. 49. Verfahren, um einen feſt. K. mit dünnen Rändern z. Schwing. und zum Tönen zu bringen. 50. Blanc's Verfahren. 50 folg. Richtung dieſer Schwing. 51. Ausmittlung d. Richtung nach Galilei. 52. Benennungen derſelben nach Savart. 53.

Schwingungen feſter grader Stäbe. II. 53. Transverſalſchwing. derſelb. — 54. Form dieſer Stäbe. 54. Hervorbring. d. Schwing. Darſtellung ihrer Schwingungsknoten. 54. Verhältniß d. Schwingungszahlen zu ihrer Dicke. 55. Bedingungen der Transverſalſchw. nach Chladni. 55 (Anmerk.). Schw. **grader elaſtiſcher** Stäbe. Töne derſelben. 56. Vorſichtsregeln bei Anwendung v. Glasſtäben, um d. Springen zu verhüten. 56. freiwillige Schw. ſtarrer Streifen. Hervorbringung derſelben. 57. v. d. Knotenlinien, die dabei erſch. Savarts Verſuche hierüber. 58. — drehende ſpiralf. Schw. gerader Stäbe. 60. — feſter krummer Stäbe, z. B. der Stimmgabeln. 60 Anwendung der Schwing. elaſtiſcher Stäbe zur Verfertig. des Trochleon. 62.

Schwingungen ſtarrer und biegſamer Körper, bei Erſchütterungen nach allen Dimenſionen. II. 62. Eintheilung der ſchwing. ſtarren K. in mehrere ſelbſtſtändig ſchwing. Theile 62. Schwing. der Scheiben von Glas und Metall. 63 (vgl. d. Artikel Scheiben). Schwingung

geſpannter Membranen. ſiehe Membranen. Schwingung der Gefäße. II. 66.
Schwingungen der Luft in den Orgelpfeifen. II. 77. in gedeckten Pfeifen. 80 folg. in Röhren mit 2 Oeffnungen 88 folg. in Röhren mit ungleichem Durchmeſſer. 97. Schw. der Zunge an Rohrwerken. Wirkung. 101 folg.
Schwingungsbewegungen, Mittheilung der — II. 106. Bemerklichmachung derſelben. 107. Savart's Verſuche über das Weſen dieſer Erſcheinung. 107. Mechanismus derſelben. 108. Verſuche zur Beſtätigung der darausgezognen Reſultate. 109. Einfluß dieſer Entdeckung auf d. Erklärung der Schw. der Reſonanzboden bei Saiteninſtr. 110. Art dieſer Mittheilung bei muſikal. Inſtr. 111. bei feſten mit einander verbundnen Körpern. 112. Beſtätigung dieſer Mittheilungsart durch die Breguetſchen Doppeluhren. 114. Mittbl. d. Schwbwg. durch d. Luft. 115. Anwendung des letztern Umſtandes auf d. Einrichtung der Orcheſter in Schauſpielhäuſern. 117.
Schwingungszahlen. Def. II. 20. — zweier Saiten v. ungl. Länge, aber gl. Stoff. daſ. — zweier Saiten, bei ungleich ſpannendem Gewicht. daſ. — einer Saite, die ihrer ganzen Länge nach ſchwingt. 21.
Schwungkraft. Def. I. 94.
Secund-Sext-Quarten-Accord. Def. II. 47.
Seebeck, Verfahren v. — das durch d. Volt. Säule entwickelte Natronium und Kalium gegen d. zerſtörende Wirkung d. Luft zu ſchützen. II. 316. entdeckt die Thermoelektricität. III. 218. über d. Wirk. d. unvollk. Kryſtalliſation auf d. Polariſation. IV. 211. folg. 214. über das Wärmevermögen d. Lichts. 239 (Anmerk.).
Seele der Saiteninſtrumente. Def. II. 19.
Sehen, Theorie des Sehens. III. 228. Nutzen d. Netzhaut beim — 229.
Sehfeld des zuſammengeſetzten Mikroſcops. Def. III. 424.
Sehweite verſch. Perſonen, daraus hervorgeh. Unterſchied zwiſchen Kurz- und Weitſichtigen. III. 282 folg.
Seifenblaſen, Nutzen derſelben, nach Newtons Methode erzeugt und behandelt, zur Darſtellung der durch die Zurückwerf. d. Lichts hervorgebrachten Farbenringe. IV. 17 folg. (vgl. Farbenringe durch Seifenblaſen erzeugt).
Seitenkräfte. Def. I. 32.
Senkwage, ſiehe Aräometer.
Septen-Sext-Quinten-Accord. Def. II. 47.
Septimenaccord. II. 47.
Siedepunkt des Thermometers. Def. I. 163.
Singer, Verzeichniß der Leiter und Nichtleiter der Elektr. II. 141 (Anmerk.). Amalgam von — zum Ueberzug d. Reibzeuge der Elektriſirmaſch. 208 (Anmerk.). Braunkohlaufguß v. — 304. über d. chem. und mech. Wirkung. d. Elektr. 251.
Sirene. Erfindung. Einrichtung. Nutzen. II. 105 folg.
Sivright's Verfahren, ſich einfache Mikroſcope zu bilden. III. 292.
Sodium, (das) wird v. Davy mittelſt d. Voltaiſch. Säule entdeckt. II. 316.
Sonnenmikroſcop. Conſtruction. III. 445. Nutzen. 446. Wirkung auf ein Tröpfchen einer Salzauflöſung. 446.
Sorge (Andreas,) ſoll Entdecker der Coincidenzen ſeyn. II. 29 (Anmerkung).
Spannkraft der Gasarten, ſiehe Gasarten; der Dünſte: ſiehe Dünſte.
Spannung, elektriſche. Def. II. 206.

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4

FECHNER,G.T. FN. 01555/008

Specifiſches Gewicht der Körper. Def. I. 290. Auffindung deſſelben. 291. der Gasarten. Beſtimmung deſſelben. 292. Vorrichtungen dazu. Reſultate. 293. Ungleichheit der Reſultate durch d. Anſtellung d. Verſuche zu verſch. Tagen bedingt. 293. Einfluß des verſchiednen Luftdrucks, der Temperatur, des in d. Luft enthaltnen Waſſerdunſtes auf dieſen Umſtand. 294. Correctionen dieſer Einflüſſe. 295. Tabelle über das — — d. Gasarten und einiger Dünſte. 297 folg. Erklärung d. Tabelle. 298. ſpec. Gew. d. Ammoniumgaſes. 298, des Kohlenſtoffoxydgaſes. 299. ſpecif. Gewicht d. Gasarten nach Berzelius und Dulong. 301.
Specifiſches Gewicht der tropfb. Flüſſigk. I. 305. Ausmittlung deſſelben. 305 folg. Inſtrument dazu. 308. ſpec. Gew. feſter Körper. Auffindung. Einfachſtes Verfahren dabei. 310. Auff. des ſpec. Gew. d. Körper, die Waſſer einſaugen. 311. Verfahren bei Salzen oder andern in Waſſer losbaren Sbſtz. 312. Nutzen d. Aräometers bei dgl. Unterſuchungen. 312 folg. ſpecif. Gew. der Korper, die leichter als Waſſer ſind. 314.
Spectrum, ſiehe Farbenbild.
Sperrhaken oder Hemmung an den Uhren. Def. I. 101.
Sphärometer. Erf. v. Cauchoix I. 138. Beſchreibung. Anwendung. 138 folg.
Spiegel, vom ebnen, III. 235. Verſuche über d. Wirkung d. — — hergeleitet aus d. Geſetzen der Zurückwerfung. 235 folg. Form der durch die Pupille d. Auges gehenden Stralen. 236. Verhalten ſtralender Gegenſtände im ebnen Spiegel, bei gewiſſer Ausdehnung. 236. Erſcheinen der Gegenſtände im ebnen Spiegel. Nutzen der Zurückwerfung zur Meſſung der Winkel, welche von 2 ebnen und glatten Oberflächen gebildet werden. Apparat dazu. 237 folg.
Spiegel, vom gekrümmten — III. 240. Zurückwerfungsart d. Lichts bei ihnen. Verſuche dazu. 240 folg. Bedingungen, die dabei erforderl. ſind. 241. Beſtimmung des Brennpunktes, der Brennweite, des Hauptfocalabſtandes, der Hauptbrennweite der gekr. Sp. 242. Auffindung des Ortes des Brennpunktes für alle Lagen des ſtralenden Punktes. 242. Lage, Geſtalt, Art der erſch. Bilder. daſ. Verhalten dieſer in concaven Sp. 243. in converen. 244. in ſphäriſch concaven. daſ. Einfluß gläſerner oder metallner Spiegel auf das Bild. 245. Krümmungshalbmeſſer der gekr. Sp. Wirkung ſphäriſch converer Sp. — 245.
Spiegelfolie, Beſchreib. Nutzen. III. 245.
Spinnen, Spinnorgane der — I. 13.
Spinnfäden, Feinheit der — I. 13.
Spitzen. Wirkung derſelben bei der Elektricität. II. 191.
Springbrunnen. Def. I. 123. Berechnung ſeiner Wurfhöhe nach Mariotte, Richtung, die man ihm geben muß, um die größte Wurfhöhe zu erhalten. daſ.
Springgläſer, Anfertigung. Erſch., d. ſie darbieten. I. 330.
Stachelbauch, elektriſcher (Tetrodon electricus). II. 360.
Stahl, Härten des — worin es beſtehe. Einfluß deſſelben auf die Elaſtic., Härte und andre Eigenſchaften deſſelben. I. 228. Fortin über d. Ausdehnung, die der Stahl dabei erleidet. Urſache davon. 328 folg. Anlaufen, Härten des — III. 13. dabei nöthige Hitzegrade. 14. ſiebengeſternter Stahl, Beſchr. Nutzen. III. 53.
Statiſches Moment d. Kraft. I. 33. 48.
Stative, iſolirende. Nutzen. II. 148.
Stege der Saiteninſtr. Def. Nutzen. II. 19.
Steigrohr der Druckpumpen. Def. Beſchr. I. 212.
Stempel der Saugpumpen. Beſchr. I. 210.

Sternſchnuppen, elektr. Urſprung der — II. 267.

Sterntag. Def. I. 98.

Stiefel der Saugpumpen. Def. I. 210.

Stimme. Werkzeuge der — II. 129. Analogie d. Stimmorgans mit einem Blasinſtr. 130. Theorie d. Stimme nach Kempelen. daſ. (Anmerk.). Nutzen der verſchiednen Stimmorgane. 129. Nutzen d. Gaumenſegels bei der — Einfluß der Verlängerung und Verkürzung der Luftröhre auf die — 132. Umfang der Menſchenſtimme. Stärke derſelben. 133. Stimme der Säugthiere und Amphibien. 134. der Vögel. 135.

Stimmgabeln. Beſchr. Nutzen. Schwing. derſ. II. 60 folg. Töne, die ſie angeben, einfache, zuſammengeſetzte — 61. Verfahren, nach ihnen Inſtr. zu ſtimmen, Vorſicht bei ihrem Gebrauch. 61 folg.

Stimmhorn. Beſchreib. Anwendung. II. 99.

Stimmritze, Nutzen der — nach Magendie. II. 129.

Stoß (von dem) der Körper. I. 108. Einfluß der Elaſticität d. K. auf ihre Bewegung durch Stoß. daſ. Wirkung des Stoßes zweier zuſammendrückbaren Kugeln auf einander. 109. zweier Kugeln, die vollkommne Zuſammendrückbarkeit und Elaſtic. beſitzen. 110. mehrerer in horizontaler Reihe neben einander aufgehangner Kugeln. 112. Wirkung des Stoßes einer Kugel, die auf eine Ebne fällt. 112. Anwendung des Vorhergehenden auf die Vertheilung aller denkbaren Kräfte, zwiſchen 2 Maſſen. 113.

Stralenbrechung, allgemeine Geſetze der einfachen — III. 258. Strb. in nicht kryſtalliſirten Körpern. Urſache dieſer Erſcheinung. 258. Größe der Ablenkungen, wovon ſie abhäng. daſ. Beiſpiele zu Vorſtehendem. 258 folg. Verhältniß für jede Incidenz, zwiſchen der Neigung d. einfallenden und d. gebrochnen Strals gegen d. Einfallsloth. Descartes'ſche daraus hergeleitete Geſetze d. Brechung. Nutzen deſſelben. 260. Erſcheinung von Farbenbildern, bei der — 261. Unterſchied zwiſchen gewöhnlicher, einfacher, und doppelter, ungewöhnlicher — 262. Stralenbr. bei ſphäriſchen Linſen, ſiehe Linſen, ſphär.

Stralenbrechung, phyſikaliſche Theorie der — III. 293. Beſtimmung der brechenden Kräfte. 293. wie weit dieſe Kräfte merklich ſind. 294. daraus hervorgehende Urſache der Brechung. daſ. Bedingungen der Wirkung der anziehenden Kräfte auf die — 295 folg. Reſultate. daſ. Darſtellung der Zunahme der Anziehungskraft. 297. Unterſuchungen über das Verhalten eines Lichtmoleculs, das nach einer Richtung, mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit fortgeſchleudert, durch d. Zwiſchenſchicht zweier Parallelebnen geht, zwiſchen denen es ſollicitirt wird. 297 folg. Ergebniſſe. 298. Verhalten des Moleculs bei Näherung deſſelben an die Austrittsoberfläche, wenn ſie parallel mit d. Eintrittsoberfl. iſt. 298 folg. wenn ſie einen Winkel mit dieſer bildet. 300. Urſache der Verwandlung d. Brechung in Zurückwerfung bei vſch. Umſtänden, auf d. 2ten Oberfläche. 301. Verhalten d. Lichts, beim Uebergange aus einem brechenden Mittel in ein angränzendes andres. 302. Nachweiſung der Beſtändigkeit des Brechungsverhältniſſes, Werth deſſelben beim Uebergang d. Lichts aus einem, in ein andres Mittel. 303. Einfluß der Abänderung des Einfallswinkels auf die innre Zurückwerfung. 303. Urſache, warum gewiſſe Molecule unter allen Einfallswinkeln nach innen zurückgeworfen werden. 305. Vorrichtung zur Beobachtung der innern Zurückwerfung. daſ. Reſultate. 307. auffallendes Beiſpiel eines Spiels der brechenden Kräfte bei der Totalzurückwerfung. 308. Tabelle über das Brechungsvermögen verſch. Körper, von verſch. Dichtigkeit. 310. Brechungsvermögen. d. Gasart. b. gegeb. Druck u. Temperatur. 312.

Einfluß der einzelnen Beſtandtheile eines Stoffes, auf d. Brechungsvermögen d. ganzen Maſſe. III. 313. Anwendung dieſer Theorie auf d. atmoſph. Luft. 314 folg. Wirkung der chemiſchen Verbindung der Beſtandtheile einer Subſtanz, auf ihr Brechungsvermögen. 315 folg. (vgl. Brechungsvermögen.). Verhalten eines Lichtmoleculs beim Durchgange durch Mittel v. verſch. Schichten und verſchiedner chemiſcher Beſchaffenheit. 318. Reſultate. 519. Aehnlichkeit dieſer Erſch. mit denen, d. im Sommer an ſchwarzen, der Sonne ausgeſetzten, Stangen beobachtet werden. 320. Hervorbringung d. näml. Erſch. durch künſtliche Mittel. 320. folg. Bezug dieſer Erſch. zu d. Luftſpiegelungen, ſiehe Luftſpiegelungen.

Stralenbrechung, doppelte. Entdeckung, Körper, in denen ſie Stt. hat. III. 325. Verhältniß d. Stärke d. dopp. Brech. zu d. Richtung des einfallenden Lichts und der Beſchaffenheit der Kryſtalle. daſ. doppelte Stralenbrechung beim Doppelſpath. 326 folg. (vgl. d. Artikel: **Doppelſpath**), dopp. Stralenbrech. in einem mit parallelen Flächen auf die Axe geſchnittnen Stück Kryſtall. 332. Eintheilung der einaxigen Kryſtalle in ſolche mit anziehender und abſtoßender doppelter Brechung. 332. Nachweiſung dieſer Eintheilung durch Verſuche. 333. Beweiſe für die Beſtändigkeit des Brechungsverhältniſſes für beide in ſolchen Kryſtallen gebrochnen Bündel. 334. Dopp. Stral. in einem Kryſtall, der zwei durch einen merklichen Winkel geſchiedne Axen hat. 335. Abänderung, die d. Geſchwindigkeit der Stralen dadurch erleidet. Einfacher Weg zur Nachweiſung d. Veränderlichkeit beider Geſchwindigkeiten. 336. Apparat, dieſen Zweck ſelbſt bei Kryſtallen, mit ſehr ſchwacher doppelter Brechung zu erreichen. 337 folg. Beſchreibung deſſelben. 338. Anwendung deſſelben, wenn die beiden Brechungen in der Verlängerung der Einfallsebne erfolgen. 338 folg. wenn die Ebnen ſchief auf den Schnitt des Prisma's ſind. 341. Dabei nöthige Vorſichtsmaßregeln. 342. Nutzen des Gangs des einen Strals, der eine Brechung erfährt, für die Berechnung des Ganges des andern 343. Nachweiſung dieſes Umſtandes. 343. Beſtimmung der beſtändigen Größen der doppelten Brechung, in 2axigen mit veränderl. Geſchwindigkeit begabten Kryſtallen. 344. Ein andres direktes Mittel, dazu zu gelangen. 344 folg. Nothwendigkeit der Kenntniß der Lage der Axen, um das Vorhergehende vortheilhaft anzuwenden. 345. Auffindung der Größe des Auseinanderweichens für beide Stralen. Huyghens Darſtellung derſelben für den isl. Spath. 346. Anwendung des Satzes der kleinſten Wirkung auf d. Beſtimmung der Richtung der gebrochnen Stralen, für jede gegebne Einfallsrichtung. 348. Nachweiſung des Huyghens'ſchen Geſetzes für Berg- und andre Kryſtalle.

Beſtätigung d. Nutzen des Satzes der kleinſten Wirkung, durch d. Erfahrung, mittelſt der Coincidenzen. 349 folg.

Stralenbrechung, doppelte. Von der Zurückwerfung auf der zweiten Oberfläche der Kryſtalle. III. 355. Hauptcharakter dieſer Erſcheinung. daſ. Theilungsart jedes Strals. Urſache dieſer Theilung. Beſtimmung der Richtung der Zurückwerfung für ein- für zweiaxige Kryſtalle. 357. Uebergang des Lichts zwiſchen mehrern aneinandergränzenden Körpern, mit doppelter Brechung. 359. Verhalten d. Stralen beim Uebergange aus einem materiellen Mittel in einen einaxigen Kryſtall. daſ. beim Uebergange aus einem 1axigen in einen andern einaxigen Kryſtall. daſ. folg. beim Uebergange aus einem einax. in einen 2axigen. 361.

Stralenbrechung, doppelte. Von ſonderbaren durch die — — hervorgebrachten Erſch. III. 371. Bildung eines ungewöhnl. dem Auge nicht wahrnehmbaren Strals. Urſache. Berechnung der Richtung des gewöhnl. ſowohl, als des ungewöhnlichen Strals. III. 372. Nachweiſung d. Kreuzung beider Stralen im Innern des Kryſtalls, durch Verſuche. daſ. warum das gewöhnl. Bild dem Auge näher, als das ungewöhnliche erſcheint. 373. daraus ſich ergebendes Urtheil über die Entfernung eines Gegenſtandes. 374. — doppelte Stralenbrechung im zuſammengedrückten Glaſe. 375. Fresnels Verfahren, ſie hervor zu bringen. daſ. Reſultate. daſ. Urſache dieſer Erſch. 376. von der Farbenzerſtreuung, durch Brechung erzeugt. ſiehe Farbenzerſtreuung.

Stralung des Caloricum's. Einfluß des Zuſtandes und der Natur der Oberflächen d. Körper auf die — des — IV. 256. Verſuche hierüber von Leslie und Rumford, daſ. Reſultate. 257. dieſelben Verſuche auf andre Art angeſtellt. 257. Tabelle über das Stralungs- und Zurückwerfungsvermögens des Caloric. bei vſch. Obfl. 259. Meſſung dieſes Einfluſſes der Oberflächen, durch Auftragung einer Firnißſchicht auf Metallkugeln. 259. Einfluß der Dicke dieſer Schicht. Beiſpiele dazu am Zinn und Eiſen. 260. Beziehung der Temperatur eines Körpers zu der Quant. ausſtralenden und eingenommnen Caloric. 261. daraus ſich ergebende Folgerungen für d. Gleichgewicht d. Calor. durch Austauſch. 261. Reſultate der Fortpfl. d. Caloricums mittelſt d. Appar. der verbundnen Metallſpiegel. 262 folg. Zurückführung der Entſtehung des Thaues und Reifes, auf den Verluſt des ſtral. Calor. nach Wells. 264.

Strömen, Unterſchied zwiſchen begränzten und unbegränzten. Def. beider. III. 201. zwiſchen thermoelektriſchen und voltaiſchen oder hydroelektriſchen. 221 folg.

Stufe, tonbezeichnende. Def. II. 48.

Südpol der Magnetnadel. III. 6.

Symmer's Theorie der Electric. II. 193.

T.

Tabelle: über den mittlern Barometer- und Thermometerſtand, an verſchiednen Orten. I. 195. über das Maß der Ausdehnung feſter Körper. 230. — über die Spannkraft des Waſſerdunſtes von 20° unter, bis 130° über Null. 259. — über die Spannkraft des Waſſerdunſtes und die ihnen entſprechenden Grade des Haarhygrometers. 287 — über das ſpecif. Gewicht d. Gasarten und einiger Dünſte, bezogen auf das der atmoſph. Luft. 297 folg. — über das Volum und die Dichtigkeit d. Waſſers, bei verſchiednen Temperaturgraden. 307 — — über die Elaſtic. des Waſſerdunſtes bei hohen Temperaturen. 339 — — über die Länge der Schallwellen, nach d. Zahl Schwing. berechnet, die ein ſchwingender Körper in einer gegebnen Zeit hervorbringt. II. 16. — — über d. Maß der elektriſchen Abſtoßungskraft durch Drehung. 153. 2. — über die Töne, die zu einer Abmeſſung der untergetheilten Tonleiter gehören. 35. über die Werthe und die Benennungen der auf einander folgenden Intervalle. 37 — — über die mittlern Halbtöne. 39. — — über die reinen Intervalle und die Anzahl mittlerer Halbtöne, die ſie enthalten. 41. — — über die Tonleiter der Blasinſtr. 91. — — über die Subſtanzen, die mit einander gerieben, poſitive oder negative Elektr. zeigen. 147. 1. — über das Leitungsvermögen verſchiedner Metalle. 345. verſchiedner Flüſſigkeiten. 347. — — über die Reihenfolge der Durchmeſſer der Farbenringe, die ſich bei dünnen Blättchen bilden. IV. 9. — — über die Durchmeſſer der Ringe und die Dicke der Luftſchicht, bei geänderter Neigung d. Stralen. 13. — — über die verſch. Dicke der Seifenblaſen an vſch. Stellen, aus den

ihnen entſprechenden Farben hergeleitet. IV. 23. über die Dicken der Luftſchichten zu Anfange und zu Ende jedes Ringes. 31 — — über die Dicke der Schichten d. Luft, des Waſſers und Glaſes, in Milliontheilen des engl. Zolles, über die zurückgeworfnen Farben jedes einzelnen Ringes, und die dadurch zuſammengeſetzten Farben. 42. — — über die Längen der Anwandlungen der vſch. Lichtmolecule im leeren Raum, Luft, Waſſer und Glas. 62. — — über die Quantitäten Licht, die von der Oberfläche des Waſſers, unter verſch. Schiefen zurückgeworfen werden. 234. — — über d. Quant. Licht, die v. der erſten Oberfläche des Spiegelglaſes, und von polirtem ſchwarzen Marmor zurückgeworfen werden. 235. — — über das Stralungs- und Zurückwerfungsvermögen d. Caloric. bei verſch. Subſtanzen. 259. — — über die relative ſpecif. Wärme verſch. Körper. 277 — — über d. Quant. Wärme, die ſich beim Verbrennen vſch. K. entbindet. 292. — — über d. ſpecif. Wärme d. Gasarten. 393 folg. — — über d. ſpecif. Wärme nach dem Atomengewicht. 300. — — über die Mineralien, die durch Wärme elektriſch werden. (Zuſätze.). 320. — — über die galvaniſche Reihenfolge der Körper. 322. — — über d. K., bei denen ſich durch Benetzung Wärme entwickelt. 363 folg.
Tartini ſoll Entdecker der Coincidenzen ſeyn. II. 29.
Taſten der Saiteninſtr. II. 24.
Taylor, über die Spannkraft des Waſſerdunſtes bei hohen Temperaturen. Anhang. I. 339.
Teleſcop, ſiehe Fernrohr.
Temperaturen, der Wärme. Def. I. 149. — unterirdiſcher Gemächer. 151. des ſchmelzenden Eiſes und des kochenden Waſſers. 167. — in der Muſik., welchen Inſtr. ſie zukommt., gleichſchwebende Temp. Def. II. 42.
Thau, Urſache ſeiner Entſtehung nach Wells. IV. 264.
Thauproceß, elektriſcher Urſprung des — II. 266.
Theilbarkeit, mechaniſche, des Goldes. I. 10. d. Platina. 11. des Moſchus, der Aſafoetida, des Carmin's und Kupferammoniaks. 12 (Anmerkung). — der Materie, ob ſie bis ins Unendliche möglich ſey? — 18.
Theorien elektrochemiſche, ſiehe elektrochem. Unterſuchungen.
Thermoelektricität. Entdeckung. Beſchr. Apparat zu ihrer Hervorbringung, Wirkungen. III. 218. Reihenfolge der thermoel. Leiter. 218 folg. dieſelbe nach Cumming. 219 (Anmerk.). Einfaches Verfahren, Verſuche hierüber anzuſtellen. 219. Erweiterung dieſer Verſuche. 219. Wirkung der Kälte, ſo wie der abwechſelnden Hitze und Kälte. 220. Einfluß der Länge d. Kette, auf ihre Wirkung auf d. Magnetnadel. daſ. Bildung von Ketten, die eine große Wirkſt. auf d. Magnetnadel äußern. daſ. Bemerklichmachung der thermoel. Wirk. durch den elektromagnetiſchen Multiplicator. 221. Unterſchied zwiſchen thermoel. und Voltaiſchen Strömen. 221. Nähere Erörterung dieſes Umſtandes. 222. Beweiſ. für die geringre Intenſ. des thermoel. Stroms nebſt Verſuchen. 222 folg. Wirkung d. thermoel. Kette auf d. Zunge und Froſchpräparate. 223. magnetomotoriſche Eigenſchaften aller Metalle, bei ungleicher Erwärmung. Belege dazu. 223 folg.
Thermometer (vom) Einrichtung und Gebrauch I. 149. Grundſätze auf die ſich ihre Einrichtung ſtützt. 153 folg. Vortheile des Queckſ. für d. Einrichtung der — 155. Verfahren, es zu dieſem Zwecke zu reinigen. 156. Blaſen der Kugeln des — 157. Bedingungen für die Röhren. 158. Vorſichtsregeln beim Einbringen des Queckſilbers in die Kugel. 158. Quantität des einzubringenden Queckſ. 159. Ent-

fernung der mit dem Queckſ. eingetretnen Luftbläschen. I. 153. Verſchließungsart des Therm. 160. Prüfung derſelben in Abſicht ihrer Güte. Theorie des — 161 folg. Beſtimmung des Froſt- und Siedepunkts. 162 folg. Gradeintheilung des — 163. Vergleichung der — mit einander. 164. Reaumurſches. 164. Fahrenheit'ſches. 165. erſte Entdeckung des — 165. Newtonſches Th. 166. Weingeiſttherm. 166. Beſtimmungsarten der Endpunkte der — 169. Regulirung der — 170. Gradeintheilung der Röhren des — von größerm Durchmeſſer. 171. Vortheile und Nachtheile eines ſolchen Inſtr. 171. Nutzen des — 174. Barometer und Thermometer in Bezug zu einander, ſiehe Barometer. Nutzen der — bei Meſſung der Ausdehnung feſter Körper. 225. Anwendung compenſirender Platten, bei Verfert. d. Therm. nach Breguet. 236. Thermometer mit Waſſer und Alkohol. v. Deluc. Anfertig. Nutzen. 279.

Thermometerkugeln, Wirkung des Drucks der Atmoſph. auf die — I. 341.

Thermometerröhren, Gradeintheilung der — I. 171.

Thermometerſtand, mittlerer, an verſch. Orten. Tabelle darüber. I. 195.

Thermoſcop von Rumford. Beſchr. Wirkungsart. IV. 243.

Thienemann: Beweiſe für den el. Urſprung d. Nordlichts. II. 267. Anſicht vom Nordlicht. 99 (Anmerkung). 102. über die Geſtalt des Nordlichts. 209.

Töne, hohe, tiefe — Urſache ihrer Entſtehung. II. 1. 17. Unterſchied des Tones v. d. Schall. daſ. Wahrnehmung und Vergleichung der anhaltenden Töne. 13. Fortpfl. d. Töne in einer cylindriſchen Luftſäule von gleicher Dicke. 14. Töne bei ſchwingenden Saiten. 20. Mittel zur Darſtellung reiner T. auf Saiten. 21. harmoniſche, Flageolettöne. Bemerklichmachung derſelben. 25. Urſache der Stärke und Intenſ. d. Töne. 27. mitklingende, oder Combinationstöne. 28. Töne bei Schw. der Saiten, ſiehe Saiten, Schw. elaſt. bei Schwing. feſter Stäbe, ſiehe Schwing. feſter Stäbe. — der Stimmgabeln, ſiehe Stimmgabeln. — der Scheiben, ſiehe Scheiben, — der geſpannten Membranen, ſiehe Membranen. großer ganzer, kleiner ganzer Ton. 37. ganze, halbe Töne d. Tonleiter. 46. diatoniſcher, halber, chromatiſcher halber. 47. unterhalber Ton. 48. Reihenfolge der Töne in gedeckten Pfeifen, 86. der Blasinſtr. mit 2 Oeffnungen. 88 folg. der Rohrflöten. 97. der Flöten. 98. der Rohrwerke. 101.

Tonart. Def. II. 49. harte oder Durtonart, weiche oder Molltonart, parallele Tonart. daſ.

Tonleiter, diatoniſche. II. 23. Verfahren, alle Töne der — — auf Saiten zu erhalten. 23 folg. Verzeichniß der die — — bildenden Töne. 26. 32. gewöhnliche Auffindung derſelben. 45. Herleitung der — 46. Töne der — 46. chromatiſche, enharmoniſche Tonl. — 47. diatoniſch-chromatiſch-enharmoniſche — 48. Auffindung der weichen und harten Tonleiter. 48.

Tonverhältniß, ſiehe Intervall.

Topas, Neigung der Axen, im gelben und weißen. IV. 183.

Topf, Papiniſcher, ſiehe Papiniſcher Topf.

Torricelli giebt die erſte Idee zu den Barometern. I. 179.

Tourmaline isogone. Elektric. derſelben. II. 242.

Traghebel. Def. I. 47.

Trägheit der Materie. I. 21. Def.

Transverſalmagnete, Bildung derſelben. IV. 361. zweipoliger — Beſchreibung. Prechtl's Verfahren, bei ſeiner Zubereitung. daſelbſt.

Transverſalmagnetiſmus, nach Prechtl. IV. Zuſätze 358. Verhalten eines gradlinigen magnetiſ. Eiſendrahtes. 358. Bildung des Magnets ohne Ende. daſ. Verhalten eines kreisrunden Eiſendrahtes. 358. Verhalten eines Magneten ohne Ende, in eine viereckige Form gebogen. 359. wenn er ein Achteck darſtellt. Analogie jeder Seite des Achtecks mit einem Linearmagneten. 359. Erſch. wenn man eine Reihe Magnete mit ihren ungleichnamigen Polen an einander legt. 360. Bildung von Transverſalmagneten. 360 folg. Verfahren, um eine Eiſenſtange transverſal zu magnetiſiren. 361. Zurückführung der Erſch. d. Elektromagnetiſmus, auf die des Transverſalmagnetiſm. nach Prechtl. 362. Pfaffs Einwürfe gegen die Prechtl'ſche Theorie. daſ.

Traverſiren der Magnetnadel. Def. III. 23.

Tripel, Nutzen deſſelben, bei Anfertigung d. Hähne der Luftpumpen. I. 220.

Trogapparat, voltaiſcher. Beſchr. II. 294.

Trochleon. Def. II. 62.

Trommelfell. Nutzen. II. 122. Geſtalt deſſ. bei verſch. Thieren. 127.

Trommelhöhle. Nutzen der in ihr befindlichen Luft. II. 123. — d. Vögel. 127.

Turmalin, polariſirende Kräfte deſſelben. IV. 119 folg. Nutzen des — bei Ausmittlung d. Richtung, nach der ein Stral polariſirt iſt. 124. — Nutzen, um zu erfahren, ob ein Kryſtall anziehend oder abſtoßend wirkt. 125. — Farbenringe im — bei der bewegl. Polariſation. 195. Eigenthümlichkeiten des — in Hinſicht ſeiner elektriſchen Erſch. Zuſätze. 320.

U.

Undulationsſyſtem. Erklärung der Farbenringe und Anwandlungen nach dem — IV. 77. Theorien von Descartes und Huyghens hierüber daſ. Analogie der Lichtundulationen, mit den durch Erſchütterung hervorgebrachten Schallwellen. 79. Erſch. wenn d. Mittel, in dem ſich die Lichtmol. bewegen, durch einen Körper begränzt wird, deſſen Aetherflüſſigkeit eine andre Dichtigkeit hat. 80. Poiſſons Beſtimmung der Brechungsart d. Lichtwellen, beim Uebergange aus einem Mittel in ein andres, und des Verhältniſſes, in dem der Brechungs- zu d. Einfallswinkel in kryſtallin. und nicht kryſtallin. Körpern ſteht. 80. Anwendung dieſer Theorie auf die von einem homogenen Lichte gebildeten Farbenringe. 81. Wirkung der Vermiſchung zweier auf das Auge fallender Lichtwellen. 81. Verſuche hierüber v. Fresnel. 82. Reſultate. 83. Anwendung dieſer Reſultate auf d. Farbenringe. daſelbſt.

Undulationstheorie der Fortpfl. d. Lichts. III. 227.

Undurchdringlichkeit der Körper. Def. I. 6. der Materie. Beiſpiele dazu. 7. worauf ſie beruhe. 8.

Unteroctave in der Muſik. Def. II. 22.

Ure, Apparat von — zur Meſſung d. Spannkraft d. Dünſte. I. 255. über die Spannkraft der Dünſte, wenn d. Thermometer höher als 100° ſteht. 258. 339.

V.

Vaucanſon's Flötenſpieler, Theorie deſſelben. II. 78.

Vauquelin, über das Eiſen im Glimmer von Zinnwalde. III. 73.

Ventilluftpumpe. Def. I. 214.

Verbindung, chemiſche, Eigenſchaften verſch. Körper die — — elaſtiſcher Flüſſigkeiten zu bewerkſtelligen. I. 340.

Verbindungsdrähte der Volt. Säule. Def. II. 300 (Anmerkung).

Verbrennen, über die Wärme, die ſich dabei entbindet. IV. 290 folg. erzeugt Elektricitat. 344 folg.

Verdunſtung (von der) I. 277. Meinungen der Schriftſteller über das Weſen der — Verdienſte v. Sauſſure, Deluc nnd Dalton darum. 277. — in der Atmoſphäre bei gleicher Temperatur. 278. bei Ungleichheit der Temperatur in den verſch. Luftſchichten. daſ. Beſtimmung der Schnelligkeit der — in der Luft. 278. Daltons Verſuche hierüber. 279. Wirkung der — auf das Verſchwinden von Wärme. 279. Nachweiſung dieſer Erſch. 279 folg. Zurückführung derſelben auf die Wirkung der Alkarazas. ähnl. Erſch. bei andern Subſtanzen. 280.

Vergrößerung durch die optiſchen Inſtr. Beſtimmung derſelben nach Arago. III. 441.

Vergrößerungsgläſer, ſiehe Lupen.

Vernier. Entdeckung. Beſchreib. I. 133 folg. Gebrauch. 134 folg. Anwendung des — auf krummlinige Eintheilungen. 136. nöthige Erforderniſſe dabei. daſ. — Verbindung des — zu dieſem Zwecke mit einer Schraube. 137.

Verſchluckung der Wärme, ſiehe Wärme. — des Sauerſtoffs bei der Wirkung der Volt. Säule. ſiehe Volt. Säule.

Verſtärkungsflaſche, ſiehe Leydner Flaſche.

Vertheilung der El. im Zuſtande des Gleichgewichts in iſolirten Leitern. II. 168 ff. 189 ff. Sitz der El. an der Oberfläche und Nachweiſung deſſelben. 168 ff. Vertheilung der El. auf einer Kugel. 171. 190. auf einem Streifen. 145. auf einem Ellipſoid. 190. in einer Spitze. 191.

Vertheilung der El. (Erregungsart derſelben) II. 178 ff. Grunderſcheinungen. 179 ff. Folgerungen daraus. 180 ff. allgemeiner Lehrſatz darüber. 182. Bewährung durch Erfahrung. 182 ff. Poiſſons Berechnungen darüber. 189 ff.

Vertheilung, magnetiſche. Def. III. 11.

Verwandtſchaft, chemiſche, wahrſch. Urſache derſelben. I. 823.

Verzerrung der Klangfiguren, ſiehe Klangfiguren.

Vibrationen, im Allgemeinen. Def. I. 107.

Vitruvius, über das Verfahren der Alten, den Schall in ihren Schauſpielhäuſern zu verſtärken. II. 118.

Voltaiſche Säule, Batterie, Volt. Apparat. II. 290. Theorie deſſelben daſ. Aufbauung der vertikalen Säule. Wirkung der verſch. Plattenpaare auf einander. 291. Vorausſetzungen b. d. Theorie der — —, Wirk. derſelben. 292. Darſtellung der Quant. El., die ſich bei jeder Berührung entladet. 293. Aufbauung derſelben, mittelſt parallel neben einander liegender Platten. (Trogapparat). 293. Becherapparat. 294. Wirkung eines, am obern Theile angebrachten, Condenſators. 294. zweckmäßigſte Einrichtung der Säule. 295. 331. Verhalten des Apparats auf einem Iſolatorium. 297. Theorie der Wirkung der — 298. Analogie derſ. mit den elektriſchen Säulen. 299. Ergebniſſe daraus. daſ. Verbindungsdrähte der Volt. S. 300 (Anmerk.).

Voltaiſche Säule. Chemiſche Wirkungen derſelben. II. 299. Zerſetzung des Waſſers. 299. Appar., um zu erfahren, ob die dabei ſich entbindenden Gasarten in dem Verhältniß hervorgehn, daß ſie Waſſer bilden. 300. Beob. v. Gay Luſſac und Thenard über d. Einfluß, den die Beſchaffenheit in Waſſer aufgelöſter Subſtanzen auf die ſich entbindenden Gasarten hat. II. 301. Zerſetzung des in Waſſer aufgelöſten Bleies. 303. des ſchwefelſ. Kupfers, und ſalpeterſ. Silbers. daſ. Urſache dieſer Zerſetzung. 304. Schützungsart der Gefäße mit denen man experimentirt, vor d. Wirk. der — — 305. Entdeck. d. fortführ. K. d. — —, v. Berzelius und Hiſinger. 305 folg. Verſuche darüber. 306. Bedingungen dieſer Fortführung. 308. nothwendige Berückſichtigung des elektr. Zuſtandes der flüſſigen Leiter dabei. 309 folg. Urſache der Zerſetzung chemiſcher Verbindungen. 312. Reſultate, die auf die Bedingungen hinzudeuten ſcheinen. 313. Beſtreben vſch. Subſtz., ſich nach dem einen oder dem andern Pole zu begeben. Urſache. Bedingungen dieſer Erſch. 314 — 316. Wirkung des Volt. App. auf Alkalien, Entdeckung d. Kalium und Natronium durch Davy. 316. Verbrennung des Eiſens. 317. Verſtärkung d. Wirkung d. Apparats, durch mehrere Platten und v. größerm Durchmeſſer. 318. Wirkung d. großen Appar. d. königl. Inſtituts zu London. 319. Lichtentwickl. bei der — — 319. Urſache der Entladung der — — auf große Weiten im leeren Raum. 319. Urſache der Lichtentwicklung. 320. Verfahren Drähte mittelſt eines einzigen Plattenpaares zum Glühen zu bringen. 321.

Voltaiſche Säule, Wirkung der — — auf ſich ſelbſt. II. 322. Verſchluckung des, die Säule umgebenden, Sauerſtoffs, Entdeckung dieſer Erſch. Folge derſelben. 323. Wirkung der — — auf die ſie conſtituirenden Metallplatten. 323 folg. Theorie dieſer Wirk. 325. Nutzen des Sauerſt. für die Wirkſamkeit der — — 326. Bedingungen, unter denen Sauerſt. den elektr. Zuſtand der — — wiederherſtellt. 326 — 328. Einfluß der Veränderungen in der — — auf ihre Wirkung. 328.

Voltaiſche Säule, Verſuche zur Errichtung einer Säule von blos trocknen Mitteln. II. 328. Unmöglichkeit dieſer Sache. 329. Einrichtung von Säulen mit nur geringer Feuchtigkeit. 330. Säule von Hachette und Zamboni. 330. Säulen aus einem einzigen Metall. 332. Erörterung einiger merkw. Erſch. 332 folg. Unterſchied des Wirkungsvermögens beider Pole der — — auf lebende Körper. 350. Umſtände, nach denen ſich das Leitungsvermögen d. Schließungsdrähte richtet: ſiehe Leitungsvermögen.

Voltimeter, ſiehe Multiplicator, elektrodynamiſcher.

Vorfall an der Uhr. Def. I. 80.

Vorzeichnungen, (von den,). II. 32 folg.

Vulkane, v. ihrem elektr. Urſprung. II. 267.

W.

Wage. Beſchr. Theile. Nutzen. I. 142. Regeln für die Anfertigung der — Begriff einer vollkommnen — 143. Sicherung der Beſtändigkeit des Aufhängepunktes. 144. Fortinſche — 144. Ausſchlag der — 144. Regeln für die Verfertigung der — 146.

Wagebalken. Beſchr. I. 142.

Wägen, Begriff. Verfahren beim Wägen eines K. I. 143. Bedingungen der Genauigkeit des — 144.

Wärme. Def. I. 149. verſchiedne Abſtufungen der — (Temperaturen) daſ. Einfluß derſ. auf die Ausdehnung der Körper, Beiſpiele dazu. 152. Binden und Freiwerden der — 174. Verſuche darüber. 175. Bedingung des Bindens der — 175. Freiwerden der — bei Umwandlung d. Dünſte in tropfb. Flüſſ. oder feſte Körper. 176. daraus hervorgehende Theorien d. Phyſiker über die Wärme. 177. verborgne, freie — 177. Ausdehnung feſter Körper durch — 226 folg. Fortpfl. d. Wärme in feſten tropfbarfl. und gasf. K. I. 248. Verſuche dazu. 249. Verſchwinden der — bei der Verdunſtung. 279. Vereinte Wirkung der — und des Drucks auf tropfb. Flüſſigk. 337. Erregung der Elektric. durch — II. 240 folg. Erregung der El. in Kryſtallen durch Wärme, ſiehe Elektric. durch Wärme.

Wärme, ſpecifiſche der Körper. IV. 275. Auffindung derſelben in feſten Körpern. 275. ſpecif. Wärme d. Eiſenblechs. daſ. Ausmittelung der — — tropfbarer Flüſſigk. 276. der ſalpetrigen Säure nach Lavoiſier und Laplace. daſ. — abſolute — — des tropfbarflüſſigen Waſſers. 277. Auffindung der relativen — — der Körper. 277. Tabelle über die relative — — verſch. Körper 277 folg. Auffindung der abſoluten — — der in vorſtehender Tabelle enthaltnen Körper. 278. Proportionalität d. Ausdehnung des Queckſ. im Thermometer, mit der Zunahme des darin enthaltenen Caloricums. 279. Nachweiſung dieſer Proport. durch Miſchung v. Flüſſ. von ungleicher Temperatur. daſ. Nutzen dieſer Methode. zur Meſſung d. — — und zur Schätzung der für das Thermom. unzugängl. Temperaturen. 279. Erläuterung dieſes Nutzens durch ein Beiſpiel über die — — eines in Waſſer getauchten Stücks Glas. daſ. Nutzen derſelben Methode für die Auffindung der — — des eingetauchten K. 280. Vorſichtsregeln zur Genauigkeit dieſer Methode. 280. Vortheile des Calorimeters vor derſelben 281. Auffind. der Quant. Wärme, die Subſtz. bei chemiſchen Vereinigungen entbinden, die Körper d. Uebergange vom flüſſigen in den feſten Zuſtand abgeben, und die ſich beim Verbrennen und Athmen entbindet. 281. Anwendung der mathemat. Theorie der Wärmebewegung zur Ausmittlung der — — feſter K. 282. Einfluß der Temperatur der K. auf ihre — — 282. — — der Gasarten. 282 folg. Tabelle über die — — der Gasarten, unter dem näml. Druck. 293. Reſultate darüber v. De Laroche und Berard. 294. Anwendung der atomiſtiſchen Theorie auf die — — 299. Tabelle hierüber nach dem Atomengewicht. 300.

Wärme, Geſetze der Fortpfl. d. Wärme durch feſte Körper. IV. 265. Unterſuchung derſelben an einer cylindriſchen Stange. daſ. allmäliges Wachſen der — daſ. Einfluß der Stralung auf die Abnahme der — 266. Folgerungen hieraus für den Stand des Thermometers. 266. Abnahme der Temperatur mit der Entfernung von der Wärmequelle. 266. wie der Wärmeeinfluß im Innern der Stange in die Ferne vor ſich geht. 266. Fortpfl der — in Körpern von unbeſtimmter Geſtalt. 267. Poiſſon's Verfahren, zur Nachweiſung derſelben bei allen Körpern. 267. Reſultate für die Theorie der Fortpfl. der — 268. Ungleichheit d. Leitungsvermögens. Reihenfolge d. Subſtz. nach ihrer Fähigkeit die — fortzuleiten. 269.

Wärme. Einfluß der — auf d. Hervorbringung des Dychroismus in Mineralien. IV. 123. Wirkung der — auf die Zuſammenziehung der Kryſtalle. Zuſätze. 316.

Wärme, Entbindung und Verſchluckung d. W. bei Veränderung des Zuſtandes der Körper, Entdeckung dieſes Umſtandes. IV. 283. Meſſung der verſchluckten Quant. Wärme durch das Vermiſchen. daſ. Reſultate für verſch. Subſtanzen. 284. Verſchluckung der — beim Uebergange der tropfb. Flüſſ. in d. Gaszuſtand. Entbindung derſelben, bei der Rückkehr in den tropfb. flüſſ. Zuſtand. 285. Meſſung der beim Uebergange in d. tropfbarfl. Zuſtaud ſich entbindenden — 285. Meſſung der durch das Verbrennen entbundenen — 285. Apparat zu vorſtehenden Verſuchen von Rumford. 285. Wirkungsart deſſelben. 286 (vgl. Calorimeter). Erforderniß der Kenntniß der Temperatur der Produkte, beim Austritt aus dem Apparate. Vorrichtung dazu. 286. Nothwendigkeit der Kenntniß der vom

Apparat ſelbſt verſchlucken — Vorrichtung die, durch die Ausſtralungd. Apparats hervorgehenden, Irrungen zu beſeitigen. IV. 287. Anwendung dieſes Verfahrens v. Rumford auf die Verdichtung des Waſſerdampfes. Reſultate für die ſich dabei entbindende Quant. Wärme. 288. Anwendung deſſelben Verfahrens zur Auffindung des Verdünſtungswärmeſtoffs andrer Flüſſigk. 289. des Terpentinöls. daſ. des Schwefeläthers und Alkohols. 290. Auffindung der relativen Quant. Verdunſtungswärmeſtoff bei ungl. Temperaturen für jede Art Dampf. 290. Aufführung der verſch. Meinungen der Schriftſteller über dieſen Gegenſtand. daſ. und folg. Schätzung der Wärme, die durchs Verbrennen frei wird, mittelſt Rumford's Calorimeter. 291. Tabelle hierüber. 292.
Wärmecapacität d. Körper. ſ. Wärme, ſpecif.
Wärmeentwickelung durch Benetzung nach Pouillet. IV. Zuſ. 383.
Wärmeleiter, gute, ſchlechte, IV. 269.
Wärmemeſſer, ſiehe Thermometer.
Wärmeſtoff, ſcheint ein materieller Stoff zu ſeyn. I. 24. Def. 149. Wirkung des — auf d. Ausdehnung und Zuſammenziehung der K. 152. — der Flüſſigkeit. Def. IV. 284.
Waſſer, erwärmtes, kocht in d. Luftpumpe. I. 223 folg. Einfluß des Luftdrucks auf das Kochen des — 199. Schwierigk. das — hoch in der Atmoſphäre zum Kochen zu bringen. 201. Urſache. daſ. Bewegung des Waſſers, ſiehe Bewegung tropfb. Fl. — Ausdehnung des — bei verſch. Temper. 246. größte Dichtigkeit des — 247. Urſache des Nichtgefrierens des — wenn es vor d. Luft geſchützt wird, und ruhig ſteht. 247. Verdunſtung des — unter der Luftpumpe. 256. Zuſammendrückbarkeit des — Anhang. 336. Fortpfl. des Schalls im — II. 3. Waſſer leitet die Elektric. 140. Bildung von — durch die Leydner Flaſche. 245. Zerſetzung dadurch 246. Zerſetzung durch die Volt. Säule. 299. Brechungsvermögen des — III. 316. abſolute, ſpecif. Wärme des tropfbarflüſſigen — IV. 277.
Waſſerdunſt. Verfahren Dalton's, ſeine Spannkraft von 0° — 100° auszumitteln. I. 256. Dulongs Verfahren. 257. Tabelle über d. Spannkraft des — von 20° unter bis 130° über Null. 259. hygrometriſcher Zuſtand des — 281. Elaſtic. deſſelben bei hohen Temperaturen nach Taylor. 339. Brechungsvermögen des — III. 316.
Waſſerhoſen, elektr. Urſprung derſ. II. 267.
Waſſerlinien. Def. Nutzen. I. 12[illegible].
Waſſerpumpen, verſch. Arten, Conſtruct. Anwendgsart. I. 210 folg.
Waſſeruhren. Beſchreib. I. 72.
Waſſerſtoffgas. Nutzen deſſelben, bei Füllung d. Luftballons. I. 302. Umwandlung deſſ. durch Druck in tropfb. Flüſſ. 338.
Waſſerſtral. Def. I. 115. Zuſammenziehung des — 117. Querſchnitt des zuſammengezognen — 118. Beſtimmung des zuſammengezognen — 118. Vorrichtung zur Beobachtung d. Verhaltens des — 119. Form deſſ. 121.
Waſſerzoll. Def. Abtheilungen deſſ. Nutzen. I. 125.
Watt's Meſſung der ſich beim Uebergange d. Gasarten in tropfb. Zuſt. entb. Wärme. IV. 285.
Weber, über die Gehörwerkzeuge d. Fiſche. II. 126 (Anmerk.).
Weels über die Urſache des Thaues und Reifes. IV. 264.
Weingeiſtthermometer. I. 166.
Weitſichtigkeit. Def. III. 282. Urſache. 283. Abhülfe derſ. 284.
Welle, Wellbaum. Def. I. 52.
Wellen, Art der Fortpfl. derſelben. I. 126.
Werkzeuge d. Gehörs, ſiehe Gehörwerkzeuge. — der Stimme, ſiehe Stimme.

Wetterleuchten. Def. iſt elektr. Urſprungs. II. 266.
Wheatſtone, über die Molecularſchwing. in ſchwing. K. II, Zuſätze. 75.
Widerſtand. Def. I. 46.
Wiederzuſammenſetzung der Farben, ſiehe Farben.
Windlade }
Windkaſten } der Orgel. Def. II. 78.
Windloch der Orgelpfeifen. II. 77.
Windroſe. Begriffsbeſtimmung. III. 111.
Winkelhebel. Def. I. 48.
Winkelmeſſer, ſiehe Goniometer.
Wirkungskreis, Wirkungsſphäre, elektriſche. II. 178.
Wollaſton, Verfahren von — die feinſten Platinadrähte zu ziehen. I. 11 folg. über das Zerſetzen des Waſſers durch die Elektr. II. 246. Verf. von — Eiſendrähte durch d. Volt. S. zum Glühen zu bringen. 322. — erfindet einen neuen Winkelmeſſer. III. 238. — über d. beſte Einrichtung des Objectivglaſes der Camera obscura. 444. erfindet die Camera lucida. 446. über die Gränze der Expanſion der Atmoſphäre. IV. Zuſätze. 316.
Wurfhebel. Def. I. 49.
Wurfhöhe, Wurfweite. I. 90. Verhalten der — einer aus einer feinen Oeffnung fließenden Flüſſigkeit. 117.

Y.

Yelin, über den thermoelektriſchen Kreis. III. 218. Verſuche über das Vermögen der Subſtz. durch ungleiche Erwärmung, magnetomotoriſche Eigenſchaften zu erhalten. 223. über d. Elektriſiren d. Papiers, durch Erwärmung. IV. 320.
Young über das Princip der Interferenzen. IV. 81 folg. über die Modificationen, welche durch d. Polariſation in d. Erſch. der Interferenz hervorgebracht werden. 227.

Z.

Zambeccari's, unglückl. Verſuch mit dem Luftballon. I. 304.
Zamboni's Volt. Säule. Beſchr. Wirk. II. 330.
Zeit, Eintheilung der — I. 72.
Zeitmaß, Vorrichtungen dazu. I. 72. Nutzen des — zur Meſſung der Geſchwindigkeit der Bewegung. 73.
Zeitmeſſer. Def. I. 234.
Zerlegung der Mittelkraft. Def. I. 32. des Lichts. IV. 1.
Zerklüften der Kryſtalle. Def. I. 17. elektriſche Erſch. dabei. IV. Zuſätze. 330 folg.
Zerſtreuung des Lichts. Def. Verhältniß ihrer Intenſität in verſchiednen Mitteln. III. 261. in regelmäßigen Kryſtallen. 262. Einfluß derſ. auf das Sehen durch Prismen, ſiehe Brechung, ungleiche und Farbenzerſtreuung.
Zerſtreuungsgläſer. Def. III. 274. Beſtimmung der Bilder, die durch ſie erhalten werden. Verfahren dabei. 279. Wirkung der — 280. Nutzen derſ. für Kurzſichtige. 283.
Ziehpengel der Schrauben. I. 53.
Zitteraal (Gymnotus electricus.) }
Zitterrochen (Raja torpedo) } elektriſche Erſch. derſelben, ihre elektriſch. Organe. II. Zuſätze. 360.
Zitterwels (Silurus electricus }

Zunge, des Mundſtücks der Rohrwerke. II. 101. Wirkung des Galvanismus auf die — 352.
Zungenpfeifen, ſiehe Rohrwerke.
Zurückwerfung d. Lichts. Def. III. 225. 231. allgemeine Geſetze der Zur., Bedingungen unter denen ſie Stt. hat, nöthige Vorkehrungen zur Beobachtung. 231. ſpiegelnde, ſtralende, Def. 232. Zur. von einer polirten Metallplatte. 233. von der Verſtreuung des Lichts bei der Zur. Urſache. 233. Richtung d. Lichts bei der ſpiegelnden Zur. 234. Apparat zur Beobacht. derſelben von Cauchoix. 234. Reſultate und Geſetze der Zurückw. daſ. Zur. b. d. doppelten Stralenbrechung, ſiehe Stralenbrechung, doppelte. Zur. vom ebnen, vom gekrümmten Spiegel. ſ. Spiegel. Zur. von dünnen Blättchen. IV. 1. Zur. des Caloricums. 241.
Zurückwerfung des Lichts, Kräfte, die d. Zur. an der Oberfläche der Körper bedingen (phyſikaliſche Theorie der —). III. 247. ob d. Zur. eine Erſcheinung der Elaſtic. ſey. 248. Beweiſe dagegen. 249. Unbekanntſchaft mit dem Weſen der — 250. Kraft der — d. Lichts v. rauhen Ebnen. 250. bei glatten Körpern. 251. bei Körpern mit ſtarken Erhöhungen und Vertiefungen. 251. bei Glasplatten, die noch keine Politur erhalten haben. 252. inwiefern ſchiefes Auffallen der Stralen die Zur. begünſtige. 252. geometriſche Beſtimmung der Abſtoßungskraft. 254. Bahn, die die zurückgeworfnen Lichtmolecule beſchreiben, Geſchwindigkeit derſelben. 255. Zur., wenn Luft, Waſſer u. ſ. w. die Körper umgeben. 256. Zur. vom Hydrophan. 257.
Zurückwerfungsebne. Def. III. 234.
Zurückwerfungswinkel. Def. III. 235.
Zuſammendrückbarkeit der Gasarten. I. 65. der Luft. 202. des Waſſers. 336.
Zuſammenſetzung der Kräfte. I. 30 folg. — der Mittelkraft. 32.
Zuſammenziehung des Waſſerſtrales. I. 117. hydrauliſche — 119. — der Körper iſt Wirk. d. Caloric. 152. —welche die Kryſtalle durch die Wärme erleiden, nach Mitſcherlich. IV. Zuſätze. 316.
Zwiſchentöne der Tonintervalle. II. 33. Einſchaltungsart derſelben. 34.

Vollſtändigſtes und wohlfeilſtes

Lehrgebäude

der

Chemie und Phyſik.

Subſcriptions-Anzeige.

Lehrbuch der theoretiſchen und praktiſchen Chemie. Von L. J. Thénard. Nach der vierten Auflage des Originals überſetzt und mit Zuſätzen begleitet von G. Th. Fechner. Fünf Bände. gr. 8. Mit Thénards Bildniß und 33 Kupfertafeln.

Der außerordentliche Beifall, mit welchem die Ueberſetzung der Biotſchen Phyſik aufgenommen worden iſt, läßt die unterzeichnete Buchhandlung hoffen, daß die Ueberſetzung eines, für die Wiſſenſchaft gleich wichtigen, Werkes, welche ſie veranſtaltet, eine nicht minder günſtige Aufnahme beim Publikum finden werde. Dieſes Werk iſt der Traité de Chimie, von Thénard, von welchem vor Kurzem die vervollſtändigte vierte Auflage in fünf Bänden erſchienen iſt, ein Werk, das, ſchon durch den Namen des Verfaſſers, eines der ausgezeichnetſten Chemikers jetziger Zeit, empfohlen, theils hinſichtlich ſeiner Vollſtändigkeit und Eigenthümlichkeit unter den übrigen Werken über Chemie mit oben an ſteht, theils durch die, in einer ſo reichhaltigen Wiſſenſchaft ganz vorzüglich wünſchenswerthe, ſchöne Ordnung der Materien, und ausführlicher und ſorgfältiger Behandlung manches in andern Lehrbüchern verhältnißmäßig vernachläſſigten Zweiges, namentlich der organiſchen Chemie, vielleicht einen Vorzug vor allen andern behaupten dürfte. Wenn ſchon dieſe unbeſtrittenen Eigenſchaften unſer Unternehmen in einem günſtigen Lichte erſcheinen laſſen, ſo hoffen wir, die

Vortheile deſſelben in den Augen des Publikums noch durch die Bemerkung zu erhöhen, daß der Ueberſetzer, derſelbe, von welchem die Ueberſetzung der Biot'ſchen Phyſik herrührt, die Verpflichtung übernommen hat, nicht nur Alles, was nach dem Erſcheinen der franzöſiſchen Ausgabe Neues und Wichtiges im Gebiete der Chemie entdeckt worden iſt, mit möglichſter Vollſtändigkeit hinzuzufügen, ſondern auch das, was der franzöſiſche Verfaſſer in nicht gekannten deutſchen Quellen etwa unbenutzt gelaſſen hat, zu ergänzen, wozu er ſich im Beſitz aller erforderlichen Hülfsmittel befindet; endlich auch die Bereicherungen, welche die Chemie bei ihrem raſchen Fortſchreiten noch während des Drucks des Werkes erhalten mag, in einem Nachtrage zuſammenzuſtellen, ſo daß ſomit das Publikum ein Werk in die Hände erhalten wird, in welchem ihm die Vollſtändigkeit auch noch bis über das nächſtfolgende Jahr hinaus geſichert iſt; und um ihm dieſe auch noch fernerhin zu ſichern, iſt es die Abſicht des Ueberſetzers, in kürzerer oder längerer Zeit, nach beendigtem Druck des Werkes, je nachdem die Wiſſenſchaft mehr oder minder raſch fortſchreitet, einen Supplementband der ſpätern Entdeckungen nachzuliefern. Die unterzeichnete Buchhandlung ihrerſeits wird dadurch, daß ſie Druck und Papier, übereinſtimmend mit dem zur Biot'ſchen Phyſik gewählten, einrichtet, nicht nur für eine, des Werks würdige Zweckmäßigkeit und Eleganz im Aeußern Sorge tragen, ſondern auch im Stande ſeyn, dem vielleicht reichhaltigſten Werke zugleich die relativ größte Wohlfeilheit zu geben. Die nähere Preis-Beſtimmung wird bei der baldigen Erſcheinung des erſten Bandes bekannt gemacht werden, und wird das ganze Werk innerhalb eines Jahres in den Händen der Subſcribenten ſeyn.

Leipzig, den 12. April 1825.

Leopold Voß.

Verzeichniß der Druckfehler.

Erſter Theil.

Seite.	Zeile.			
33	9	v. u.	nach	ausgedrückt fehlt iſt
34	1	v. o.	ſtatt	das lies dies
37	17	v. u.	—	P, P l. P, P'
42	21	—	—	den Horizontalebenen l. der Horizontalebene
68	5	—	—	derſelben l. denſelben
92	19	—	—	$MCMF'$ l. $MCM'F$
93	16	—	—	gleichförmiger l. kreisförmiger
106	3	—	—	im Verhältniß l. im umgekehrten Verhältniß
184	7	—	—	nehme l. nahm
193	7	v. o.	—	Thermometer l. Barometer
—	10	—	—	dem andern Barometer l. den andern Barometern
196	10	v. u.	—	Thermometerſtände l. Barometerſtände
213	15	—	—	der l. das
231	23	—	zwiſchen	tropfbaren und elaſtiſchen fehlt oder
235	13	v. o.	ſtatt	TL l. SL
294	20	—	—	Gas l. Glas
297	5	v. u.	—	Chlorinkohlenſtoffgas l. Phosgengas
331	17	v. o.	—	welcher l. welche

Zweiter Theil.

12	14	v. u.	ſtatt	daſſelbe l. dieſelbe
21	8	v. o.	—	Saiten l. Seiten
50	4	v. u.	—	ſie l. es
70	1	v. o.	nach	Klangfiguren fehlt 4 | 1, 3 | 2
94	8	v. u.	ſtatt	geringen l. geringern
123	12	v. o.	—	einfachen l. vielfachen
174	7	v. u.	—	er l. es
202	4	—	—	CS' l. $C'S$
203	2	—		Wird dieſe bei einem gewiſſen Abſtand ihrer Stärke l. Wird alſo bei einem gewiſſen Abſtand ihre Stärke
269	20	—	—	die natürliche Schwefelſäure l. der natürliche ſchwefelſaure
323	6	—	—	er l. ſie
334	3	v. o.	—	61 l. 68.

Dritter Theil.

3	12	v. o.	ſtatt	Magnetismus l. Magnets
5	8	v. u.	—	Magnetismus l. Magnets
26	4	v. o.	—	ihr l. ihnen
36	im erſten Abſchnitt iſt überall ſtatt des großen griechiſchen Σ ein kleines ς zu leſen			
71	1	v. o.	—	beträchtlichen l. beträchtlichern
79	21	v. u.	—	Nähe l. Reihe
110	17	v. o.	—	IX l. X
126	3	v. u.	nach	bezeichnen fehlt auf Taf. XII Fig. 1.
156	12	v. o.	ſtatt	ihrer l. ihre

Seite.	Zeile.			
257	1	v. o.	ſtatt	Gliedtheilchen l. Glastheilchen
284	6	v. u.	—	Brennungspunct l. Kreuzungspunct
330	2	v. o.	—	Elementen- l. Elementar-
—	24	—	—	allein l. allen
330	11	v. u.		iſt eine wegzulaſſen
377	5	—	—	S l. SS'

Vierter Theil.

3	15	v. u.	ſtatt	an l. von
22	12	—	—	dünneren l. dünnen
27	3	—	—	erhalten l. enthalten
33	9	v. o. und 15 v. o.		die Ziffern neben dem C ſind zu klein und ſtehen zu tief. Sie beziehen ſich auf die Zahlen an der Linie ZZ'
34	5	v. u.		das Fragezeichen iſt wegzulaſſen
35	12	v. o.	ſtatt	verſchiedne Arten l. die verſchiedenen Arten
63	15	v. u.	—	mußten l. müßten
72	4	v. o.	—	einer l. Einer
73	12	—	—	oder l. andre
76	12	—	—	Anwendung l. Anordnung
81	1	—	—	bewirkt l. bemerkt
93	2	v. u.	—	einem l. einen
99	13	—	—	Brechung l. Zurückwerfung
107	1	v. o.	—	der den l. den der
114	1	—	—	Während l. Wenn
131	21	—	—	ſeine l. ſeiner
135	18	—	—	welchen l. welches
—	6	v. u.	—	infängt l. auffängt
214	19	—	—	an l. von
218	12	—	—	des Lichts l. das Licht.
320	15	—	—	Sphin l. Sphen;
324	5	—	—	Alvegrado's l. Avogrado's.

Berichtigung der Kupfertafeln.

Taf.	Fig.	
III.	26	das P fehlt zur Bezeichnung des Kolbens oder Stempels; iſt iedoch in den darauf folgenden Figuren angegeben.
IV.	53	Bei dem o links fehlt ein Strichelchen.
VI.	2	Bei der Mündung des punctirten Kanals fehlt O.
VII.	21	Bei dem A rechts fehlt ein Strichelchen.
—	61	Bei dem unterſten t fehlt ein Strichelchen.
X.	4	ſtatt B ſtehe N; ſtatt A ſtehe S.
XII.	6	Unter dem Kreiſe fehlt die Horizontallinie E'G' zur Bezeichnung des, von Links nach Rechts gehenden, unbegränzten Stroms.
XIII.	27	ſtatt des obern T' ſtehe T''.
XV.	75	Beim obern F fehlt ein Strichelchen.
—	99	Bei dem kleinen punctirten Kreiſe fehlt ein S; auch fehlt ein L da, wo der, von L ausgehende, Stralenkegel in die Linie A'B' eintrifft.
XVII.	7	Bei dem obern Z fehlt ein Strichelchen.
—	16	Bei den beiden S an den Enden der punctirten Linie fehlen die Strichelchen.

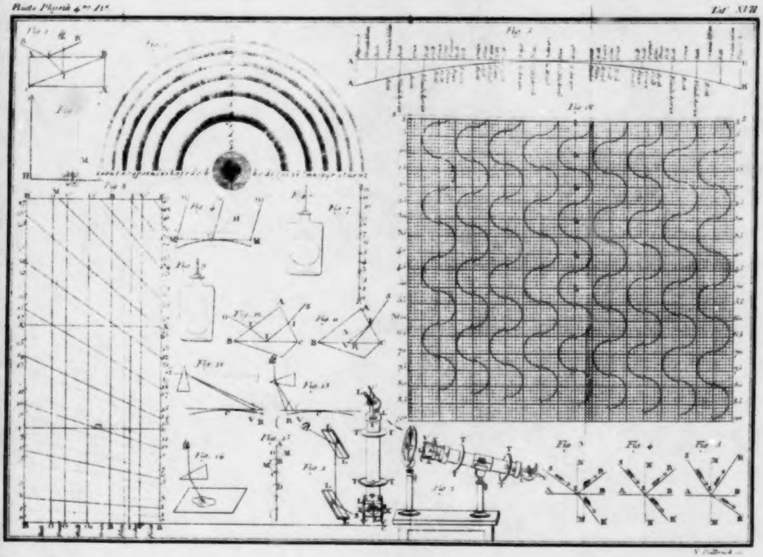
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14
Fig. 15
Fig. 18
A
B
M
N
R
S
T
H
V

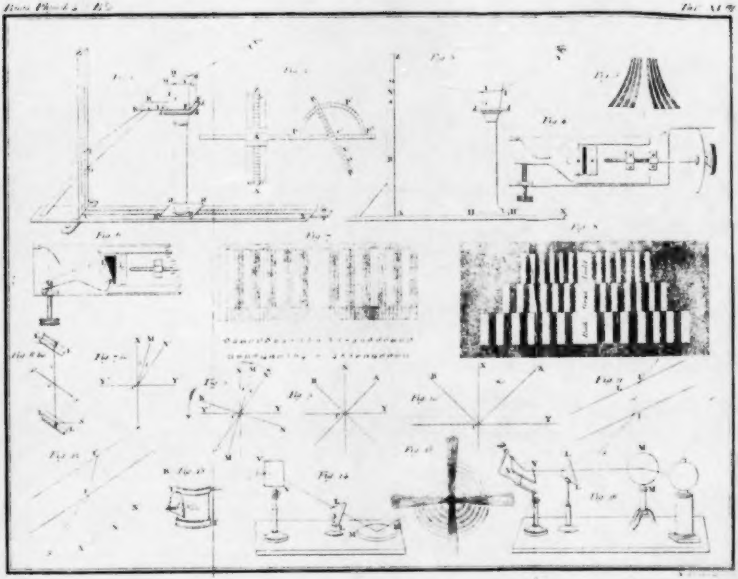
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Roth
Grün
Gelb
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14
Fig. 15
Fig. 16

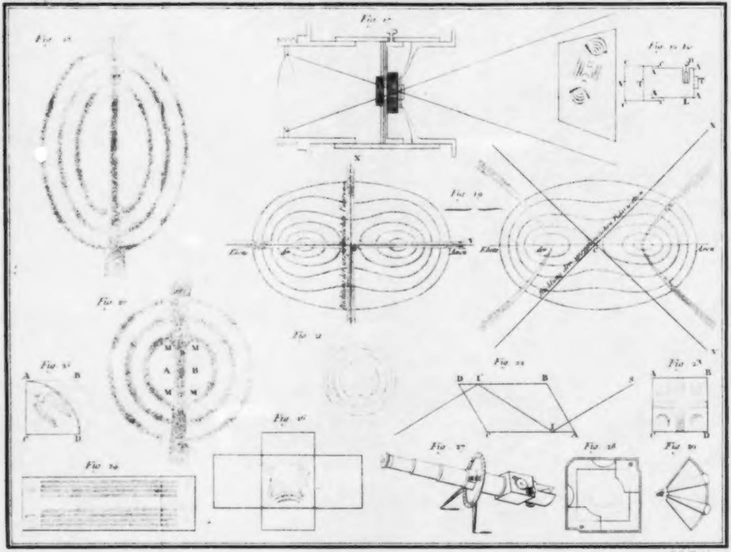
Fig. 18
Fig. 17
Fig. 21 bis
Fig. 19
Fig. 20
Fig. 21
Fig. 22
Fig. 23
Fig. 24
Fig. 25
Fig. 26
Fig. 27
Fig. 28
Fig. 29
N
Y
V
Axe
Eben
A
B
C
D
M
L
S
E

N. Dellbruck sc.

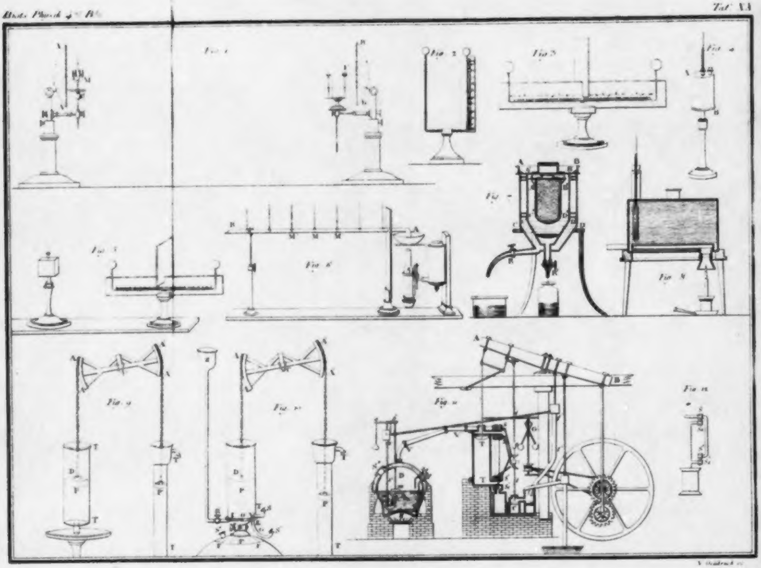
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12

Vergleichende Anatomie

der

Engel.

Eine Skizze

von

Dr. Miſes.

Leipzig,
im Induſtrie-Comptoir.
1825.

AD
BIBL. UNIV.
MONAC.

Universitäts
München
Bibliothek

Vorwort.

Die neuere Zeit hat ſich ein vorzügliches Verdienſt durch den Fleiß erworben, mit dem ſie durch vergleichende Unterſuchungen des Baues niederer Geſchöpfe über den des Menſchen Aufklärung zu verbreiten ſuchte. Allein noch hat man bisher nicht daran gedacht, zu demſelben Zwecke auch Beobachtungen auf den Bau höherer Geſchöpfe zu richten, ungeachtet hiervon wenigſtens eben ſo viel Frucht zu erwarten ſtände. Es iſt der Zweck gegenwärtiger Skizze, eine Grundlage zur Ausfüllung dieſer Lücke zu legen. Da ich mich vergebens im Linnéiſchen Syſtem nach einem Namen für den Gegenſtand meiner Beobachtungen und Claſſification in genera, species und subspecies umgeſehen habe, ſo habe ich mich genöthigt geſehen, den volksthümlichen Namen **Engel** dafür aufzunehmen, unter dem man bekanntlich höhere Geſchöpfe im Allgemeinen verſteht. Die Claſſificatoren werden hoffentlich dem hier noch fühlbaren Mangel bald abhelfen.

Inhalt.

Seite

Einleitung 1

Erſtes Kapitel.

Von der Geſtalt der Engel 6

Zweites Kapitel.

Von der Sprache der Engel 24

Drittes Kapitel.

Ob die Engel auch Beine haben 35

Seite

Viertes Kapitel.

Die Engel ſind lebendige Planeten 42

Fünftes Kapitel.

Von den Sinnen der Engel 51

Sechstes Kapitel.

Schlußhypotheſe. . . . . : 56

Einleitung.

Der Menſch im Allgemeinen iſt im Grunde nicht weniger kleinſtädtiſch und von ſich eingenommen, als ein großer Theil der Einzelnen. Vor dem Spiegel der Selbſtbeſchauung ſtehend, betrachtet er ſich wohlgefällig und ſieht in ſich das Meiſterſtück der Schöpfung. Allein mag es immerhin ſeyn, daß er auf dem winzigen Erdball zugleich mit dem Reichsapfel der Herrſchaft den Apfel der Schönheit in der Hand hält, bei einer allgemeinen Preiswerbung aller Weltgeſchöpfe um letztern würde er vielleicht nicht den Grübs davon verdienen. Uns behagt freilich des Menſchen Form, weil wir eben ſelbſt Menſchen ſind; unſer Gefühl alſo, als Richter geſetzt, inſtinktartig Partei nimmt; aber ſchon Cicero ſagt, eben darum würde wahrſcheinlich das Pferd im Pferde- und der Eſel im Eſelgeſchlecht das Ideal der Geſtalt ſuchen. Die Eitelkeit iſt, wie man ſieht, ein Naturfehler, der nicht bloß Einzelnen, ſondern Geſchlechtern anhängt und wir dürfen alſo wenigſtens unſer Selbſtgefühl nicht zum Paris machen, der den Apfel austheilt.

Verlaſſen wir alſo dieſen beſtechenen Richter und fragen den Verſtand, der freilich einen gefühlloſen und kalten, aber um ſo klarern und überſchauendern Blick hat, um die Beurtheilung der Geſtalt des Menſchen, ſo ſagt er uns: ſey Schönheit, was ſie ſey, wenigſtens Harmonie der Form verlange ich von ihr. Betrachte ich aber die menſchliche Geſtalt mit ihren vielen Ecken, vorſtehenden Knorren, Auswüchſen, Löchern, Höhlen u. ſ. w., ſo ſehe ich zwar allenfalls wohl eine, zu verſchiedenen nützlichen Verrichtungen zweckmäßig eingerichtete, Maſchine in ihr, weiß aber nicht recht, worin die Schönheit des Ganzen liegen ſoll. Es ſcheint mir vielmehr ein verunglücktes, oder beſſer ein erſt halbgeglücktes, Streben dazu vorzuwalten, was in einzelnen Theilen mehr oder weniger hervortritt: in der Wölbung der Stirn, der Geſtalt des weiblichen Buſens, der Blüthe des ganzen Menſchen, dem Auge, dem einzigen, faſt vollendeten Theile, aber dieſe verſchiedenen Theile, die von der Schönheit gekoſtet zu haben ſcheinen, ſtimmen doch ſelbſt zu keinem Ganzen zuſammen, in dem der Verſtand eine Harmonie ſände, wie er ſie von der Schönheit verlangt, und viele Theile ſieht er nur als Handwerkszeug und nutzbaren Hausrath am Körper angebracht, nicht aber als Glieder, die der Begriff der Schönheit foderte. Die Schönheit ſoll aber ihre Einheit in ſich ſelbſt tragen; nicht vom Zweck oder Nutzen, dem Juden, borgen. Dieſe Betrachtungen müſſen wir, wie geſagt, unparteiiſch anſtellen, indem wir das Gefühl, was dem Menſchen als Menſchen eingeboren iſt, bei Seite ſetzen. Wir ſtehen jetzt hoch über der Erde, erblicken ſie zugleich mit den übrigen Weltkörpern, vergleichen ihre Geſchöpfe und es iſt uns erlaubt, wenn wir irgendwo vollkommnere finden, der buchtigen und bergigen Figur des Menſchen zu lächeln, in deren Thon man gleichſam den groben Fingerabdruck der hier erſt noch ſtümpernden Natur überall erblickt. Freilich kann uns der Contraſt nur erſt recht in die Augen fallen, wenn wir mit demſelben Blick zugleich in ihre andern Werkſtätten ſchauen, wo ſie ihre Meiſterſtücke aufgeſtellt hat.

In der That, ſelbſt abgeſehen davon, daß der Verſtand unfein genug iſt, uns zu ſagen, es könne noch ſchönere Geſchöpfe geben, als wir ſind, und wenn wir es zu glauben uns ſträubten, ſey es nur aus demſelben Grunde, warum der Verliebte es übel nähme, wenn man den Reizen ſeiner Geliebten eine andere Stufe, als die erſte anweiſen wollte, wir aber in uns ſelbſt verliebt ſeyen; ſelbſt abgeſehen alſo von dieſem Räſonnement des Verſtandes, liegt auch der Schluß nicht weit, daß wir überhaupt auf unſrer Erde die vollkommenſte Geſtalt zu finden nicht erwarten dürfen. Wir könnten es dann, wenn unſre Erde die höchſte Stufe im Weltraum einnähme; daß ſie aber dieſe nicht einmal in unſerm Planetenſyſtem einnimt, ergiebt ſich ſchon aus ihrer Stellung darin, da ſie weder der Sonne zunächſt, noch am entfernteſten von ihr, noch ſelbſt in der Mitte zwiſchen den andern Planeten befindlich iſt; mithin, wenn auch unſere Sonne nicht ſelbſt ſchon als König ſie überragen müßte, ſie doch ihrer Rangordnung im

Planetenſyſtem nach nur als ein Zwiſchenglied auf jeden Fall erſcheint. Auf einem höher ausgebildeten Weltkörper wird man aber auch vollkommner ausgebildete Weſen zu finden erwarten dürfen.

Wenn nun aber der Gipfel der göttlichen Kunſt in der Ausarbeitung der menſchlichen Geſtalt noch nicht erreicht wurde, können wir uns nicht wenigſtens denken, zu welchen Geſtalten ſie durch ihre weitern Fortſchritte geführt werden wird? Wir nehmen alsdann unſern Tubus zur Hand, blicken auf Weltkörper, denen wir die Rangordnung über den unſrigen nicht ſtreitig machen, und ſehen, ob dort wirklich ſolche Geſchöpfe vorhanden ſind. Man wird dies nach Gruithuiſens Entdeckungen im Monde für nichts Unmögliches halten. Das körperliche Auge wandelt ja ſchon mit Vierzigtauſendmeilenſtiefeln in der Welt herum, wie viel mehr wird ſich mit dem geiſtigen ausrichten laſſen, das ich zu Hülfe genommen habe, wo jenem die Kluft noch zu gewaltig ſchien. Ich lege die Reſultate meiner Beobachtungen, die namentlich auf die Sonne gerichtet waren, der Welt vor; wer durch denſelben Tubus ſieht, als ich, wird ſie beſtätigt finden, und keiner weitern Beweiſe bedürfen. Die Beweiſe und die ganze Einkleidungsart der folgenden Darſtellung ſind nur für die, denen die Mittel zur directen Anſchauung fehlen.

Erſtes Kapitel.

Von der Geſtalt der Engel.

Ich betrachtete die menſchliche Geſtalt, ich ſah, wie geſagt, ein Aggregat von Unebenheiten, Erhöhungen und Vertiefungen darin, in denen ich keine inwohnende Formeinheit wahrzunehmen vermochte. Ich fragte mich, ließe ſich nicht etwas Vollkommeneres daraus bilden. Ich fing an, den Menſchen von ſeinen Unebenheiten und unſymmetriſchen Auswüchſen zu entkleiden, und als ich fertig damit war, als ich ihm den letzten Höcker abgenommen und ausgeglättet hatte, der ſeiner Formeinheit noch Eintrag that, lag eine bloße Kugel da.

Ich betrachtete mein Geſchöpf und ſchüttelte den Kopf, wie es vor mir herumrollte, immer Kugel und nichts als Kugel. Es iſt wahr, ein alter berühmter Naturphiloſoph (Xenophanes), deſſen Gedanken jetzt oft genug nachgedruckt werden, nannte ſchon Gottes Geſtalt eine Kugel; es iſt wahr, Harmonie, Einheit gehört zum Weſen der Schönheit und dieſe findet ſich in keiner Form reiner ausgeſprochen, als in der Kugel; aber die Harmonie ſoll in einer Mannichfaltigkeit leben, um etwas zu bedeuten. Ich erwarte vom vollendetſten Weſen, daß es auch geiſtig das ausgebildetſte ſey, daß im Körper Ausdruck möglich ſey, in dem ſich der Geiſt abſpiegele; was für einen Ausdruck kann aber eine Kugel zeigen, die nirgends einen Eindruck zeigt? — Ich ſah mein Geſchöpf mit Ueberdruß an.

Giebt es Liebende unter meinen Leſern, ſo dürfen ſie mir dieſen Ueberdruß nicht verzeihen. Ich verwarf mein Geſchöpf, weil es eine Kugel war, und „was ſehe ich denn anders, wenn ich in deine blauen Augen blicke, als zwei Kugeln, die die Seele ſelbſt zu ihrem Wohnſitz geſchaffen zu haben ſcheint; ja iſt nicht überall das Auge dasjenige, was den geiſtigſten Ausdruck gewährt im Menſchen!“ Ich dachte daran, und wußte nun, daß auch eine Kugel Seele haben und Seele äußern könne; nur muß man ſich keine Kegelkugel darunter denken. Mein Geſchöpf war mir wieder lieb, es war ein wunderſchönes Auge geworden.

Der Menſch iſt Mikrokosmus, d. i. eine Welt im Kleinen; Philoſophie und Phyſiologie vereinigen ſich, es zu zeigen. Sein edelſtes Glied iſt eine, ſich von Licht nährende, Kugel, auch das edelſte Glied der größern Welt wird ein ſolches Weſen ſeyn, nur ſelbſtſtändig und unendlich ausgebildeter.

Wir ſehn, wie ſchon zwei Umſtände ſich dahin vereinigen, den Engeln die Kugelgeſtalt anzuweiſen. Der Begriff einer vollkommnen Geſtalt bringt es ſo mit ſich; und der Einwurf, der hier entgegenſtehen könnte, iſt gehoben, indem wir zeigen, daß ſelbſt auf unſrer Erde das höchſte, ſeelenvollſte Glied der Geſchöpfe die Kugelgeſtalt hat. Die Erde, als auf einer niedern Stufe ſtehend, hatte nur noch nicht Macht genug, die Kugel als ſelbſtſtändiges Weſen zu zeugen, den ganzen Menſchen, als ihr edelſtes Glied, zur Kugel zu machen, aber dieſes ihr edelſtes Glied vermochte nun an ſeinem edelſten Gliede, dem Auge, dieſe Geſtalt, den Gipfel aller Geſtalten zu verwirklichen. Weiterhin werde ich den phyſiſchen Grund angeben, der es der Erde nicht erlaubt, es bis zur kuglichen Bildung eines ganzen Geſchöpfes zu bringen; der es aber einem andern höhern Weltkörper geſtattet, der Sonne.

Die bisher gegebenen Elemente des Beweiſes würden, als zum Theil blos auf Begriffe geſtützt, für ſich vielleicht ſchwach daſtehen; aber ſie erhalten Stärke durch den überraſchenden Zuſammenhang, in dem ſie ſich mit folgendem zeigen, der auf Thatſachen der Natur gegründet iſt.

Jedes Naturweſen iſt dem Elemente, in dem es lebt, angemeſſen gebildet; jedes Element formt ſich, ſo zu ſagen, ſeine Geſchöpfe; wäre ihr Bau demſelben nicht entſprechend eingerichtet, ſo könnte es gar nicht darin leben.

Nun iſt auf der Sonne Licht das Element; giebt es daher Sonnengeſchöpfe, (und wer wird dieſen den höhern Rang über die Erdgeſchöpfe ſtreitig machen, da ſie Kinder des Weltkörpers ſind, der herrſchend in der Mitte der andern ſieht), was werden ſie denn anders ſeyn können, als ſelbſtſtändig gewordene Augen?

Unſer Auge läßt ſich auch als ein ſelbſtſtändiges Geſchöpf in unſerm Körper betrachten, dem Licht ſein Element iſt, und deſſen Bau dem Elemente gemäß geformt iſt. Ein Geſchöpf, dem Licht das Element iſt, wird umgekehrt den Bau des Auges haben; eben weil ſich das wechſelſeitig bedingt.

Wir können ja ſelbſt unſer Auge ſchon geradezu als ein Sonnengeſchöpf auf unſerer Erde betrachten. Es lebt von und in den Stralen der Sonne, und hat daher die Geſtalt ſeiner Brüder auf der Sonne ſelbſt. Aber freilich wirkt die Sonne auf unſerer Erde nur ſchwach; der Menſch lebt zum größten Theil in irdiſchen Elementen und ſie eignen ſich daher auch den größten Theil ſeines Weſens an; die Sonne hat durch ihren entfernten Einfluß nur einen kleinen Theil von ihm zu ihrem Geſchöpf machen können und hat auf der erſten Stufe ſeiner Ausbildung ſtehen bleiben müſſen.

Die Sonnengeſchöpfe aber, die ich als höhere Weſen Engel nenne, ſind freigewordene Augen von der höchſten innern Ausbildung, doch immer nach dem Typus derſelben geformt. Licht iſt ihr Element, wie uns die Luft, ihr ganzer Bau iſt bis ins Innerſte darauf berechnet.

Auch folgender Umſtand trägt dazu bei, es wahrſcheinlich finden zu laſſen, daß der Typus des Auges einem ſelbſtſtändigen und zwar höhern Geſchöpfe zum Grunde liege:

Das Auge enthält alle Syſteme, die zuſammen den ganzen Organismus des Menſchen bilden, im Kleinen in ſich vereinigt, aber auf höchſt geordnete Weiſe; indem ſich immer ein Syſtem concentriſch um das andre anordnet, während die nämlichen Syſteme ſich im übrigen Organismus auf eine höchſt ungeregelte Weiſe mit einander verflechten. Das Auge iſt ein ganzer Organismus im Kleinen; aber einer, in dem die bildende Natur mit ſich ins Klare gekommen iſt.

Das Nervenſyſtem iſt zur Netzhaut geworden; das Gefäßſyſtem hat ſich als Aderhaut darum gelegt, dieſe wird vom Syſtem der fibröſen Häute, der harten Haut, eingeſchloſſen; hieran ſetzen ſich in ſchöner Ordnung die Augenmuskeln und das Ganze wird vom Knochenſyſtem, den Wandungen der Augenhöhle, umhüllt. Der nach außen gekehrte Theil des Auges wird von der Bindehaut, einer Fortſetzung der äußern Haut überzogen, die gleich der äuſſern Haut auch die Natur einer Schleimhaut annehmen kann; die vordere Augenkammer iſt mit einer ſeröſen Haut ausgekleidet.

Da alſo das Auge alle Elemente eines ſelbſtſtändigen Geſchöpfes in ſich hat, und zwar auf die geordnetſte Weiſe, da auch ſeine äußere Form mit dem allgemeinen Begriffe der Schönheit in Uebereinſtimmung iſt, da es ferner ein Leben im Lichte führt, wie wir ſolches auch von den Engeln erwarten dürfen, da wir endlich die Sonne, die ſich als der Centralpunkt unſers Planetenſyſtems für den Wohnort der höchſten Geſchöpfe in demſelben annehmen läßt, von einer Lichtatmoſphäre umgeben ſehen, für welche der Bau des Auges angemeſſen iſt, ſo haben wir hierin ſchon eine bedeutende Menge ſämmtlich zu einem und demſelben Reſultate zuſammenſtimmender Data, und ſehen uns auf ganz verſchiedenen Wegen zu demſelben Ziele geführt.

Hieran ſchließen ſich nun noch folgende Beweiſe, daß das höchſte Geſchöpf eine Kugel ſeyn müſſe; weiterhin werde ich, wie geſagt angeben, warum es auf der Sonne eine Kugel ſeyn könne, nicht hier.

Der nächſte Beweis hat wegen ſeiner Allgemeinheit faſt einen zu weiten Mantel, um einen beſondern Fall ohne Stütze andrer Beweiſe ſchlechthin darunter faſſen zu können. Aber wenn er deshalb auch für ſich vielleicht wenig vermöchte, ſo gewinnt er doch wiederum große Bedeutung durch den Zuſammenhang, in dem er mit dem folgenden ſteht.

Extreme berühren ſich, iſt ein Sprichwort und ein tief wahres Wort. Aber nur von einer Seite rühren ſie ſich an, von der andern liegen ſie unendlich entfernt aus einander. Die Natur gehorcht in allen ihren Verhältniſſen dieſem Geſetze. Hier Beiſpiele:

Betrachte eine Waſſerfläche, frei von jeder ſtörenden Einwirkung; ſie wird ſpiegelglatt ſeyn; wirf einen Stein hinein, es ſchlägt ſich eine Welle; wirf zwei hinein, zwei Wellen kreuzen ſich; das Waſſer wird immer bunter, je mehr du Wellen erregſt; aber errege nun unendlich viel Wellen, in jedem Punkt eine, und das Waſſer wird wieder ſpiegelglatt erſcheinen, weil nun keine Welle vor der andern ſichtbar hervortreten kann.

In der äußern Form erſcheinen ſich die Waſſerfläche mit keiner und mit unendlich viel Wellen gleich; und inſofern berühren ſich die Extreme und fallen zuſammen; aber während ſie in dieſer Hinſicht zuſammenfallen, findet ein innerer Unterſchied zwiſchen ihnen Statt, der ſie in andrer Hinſicht unendlich auseinander hält. Denn dort iſt nichts im Waſſer thätig, hier zieht die unendliche Regſamkeit nur daſſelbe Kleid an.

Andre Beiſpiele: Gegenſtände, die nach gar keiner, oder die nach allen Richtungen zugleich getrieben werden, bleiben ebenmäßig in Ruhe.

Ein Schädel, der gar kein Gallſches Organ hat, oder der ſie alle in der vollkommenſten gleichförmigen Ausbildung hat, wird gleich glatt ſeyn.

Die erſten natürlichen kindlichen Ideen der Menſchheit ſind immer die, worauf die vollendetſte Philoſophie zuletzt wieder zurückkommt, nur mit vollkommen entwickeltem Bewußtſeyn.

Mehr Beiſpiele hinzuzufügen, würde nicht ſchwer, aber überflüſſig ſeyn. Ich bemerke nur, daß unſer Satz auf eine zweckmäßige Weiſe ins Enge gezogen wird, wenn wir ihn auf folgende Weiſe ausſprechen: Dinge, die keinem ihrer Theile nach und die allen ihren Theilen nach gleichmäßig ausgebildet ſind, ſind ſich im Aeußern gleich. Weiter brauchte der Satz nicht zu unſerm Beweiſe zu ſeyn, und die vorigen Beiſpiele können als Belege für ſeine Allgemeingültigkeit gelten. Doch wollte ich ihn an das bekannte allgemeine Sprichwort knüpfen, von deſſen Wahrheit die ſeinige in der That erſt abhängt.

Das unausgebildetſte Geſchöpf und das allen ſeinen Theilen nach gleichmäßig ausgebildetſte werden ſich auch nach dem vorigen Satze in der äußern Geſtalt gleich, nur in der Vollkommenheit der innern Organiſation verſchieden ſeyn.

In der That iſt das niederſte Aufgußthierchen, der erſte Anfang der lebendigen Schöpfung, eine kleine Kugel, aber eine nur ganz unausgebildete, beſtehend aus einer homogenen Maſſe, oder höchſtens aus einer, mit Luft oder Flüſſigkeit gefüllten, homogenen Blaſe. Innre Organe oder Syſteme ſind nicht vorhanden. Das höchſte Geſchöpf wird nach unſern Geſetzen wie das Aufgußthierchen eine Kugel ſeyn, nur mit der höchſten Mannichfaltigkeit innerer Organiſation.

Auch jedes Geſchöpf fängt mit der Entwickelung aus der Kugel, dem Eie, an (ſelbſt der Menſch in Mutterleibe) und würde ſich im Fortſchreiten wieder zur Kugel entwickeln, wenn es nicht durch die Beſchaffenheit der Erde, auf der es leben muß und die ſelbſt einer niedern Ordnung angehört, auf einer untern Bildungsſtufe feſtgehalten würde.

In der That kann man auch — und hierin liegt das zweite Element dieſes Beweiſes — die Natur belauſchen, wie ſie im Aufſteigen von niedern Stufen zum Menſchen hinauf, dem höchſten Geſchöpfe unſers Planeten, immer mehr zur Kugelgeſtalt hinſtrebt und in der That dieſe im Menſchen ſelbſt, namentlich ſeinem edelſten, und der Sonne zugewandteſten, Theile, dem

Kopfe, ſchon bis zu einer großen Annäherung (im Auge dem wiederum edelſten Theile des Kopfes dann faſt völlig) erreicht. Der menſchliche Kopf iſt nämlich im Allgemeinen kugelförmiger, als der jedes Thiers.

Dieß iſt aber noch nicht das Bemerkenswertheſte, ſondern die Art, wie die Natur bei der Kugelung des Kopfes verfährt, der Bezug, der zu den Augen hierbei Statt findet.

Man lege einen menſchlichen Schädel neben den Schädel irgend eines vierfüßigen Thieres, (wer keine ſolche Schädel beſitzt, kann die Vergleichung an lebendigen Köpfen anſtellen, doch fällt ſie hier minder deutlich ins Auge); und betrachte, wie ſich der Kopf des Thieres in den des Menſchen umformt. Man wird folgendes finden:

Der ganze Kopf kugelt ſich, im Aufſteigen nach dem Menſchen, um einem gewiſſen Punkt oder, mit andern Worten, ſtrebt ſich ſo umzuformen, daß er eine Kugel, und ein gewiſſer Punkt in ihm der Mittelpunkt dieſer Kugel werde. Dieſer anziehende Mittelpunkt, der den ganzen Kopf als eine Kugel um ſich anzuordnen ſtrebt, iſt die Mitte zwiſchen beiden Augen, die Naſenwurzel.

Im Thier tritt die Stirn von der Naſenwurzel an nach hinten zurück, im Menſchen beugt ſie ſich nach vorn, und zieht den ganzen obern Theil des Schädels mit vorwärts.

Rückte die Stirn noch weiter vor, ſo würde ſie ſich, indem ihr Fußpunkt, der Punkt zwiſchen den Augen, (in den ſie gewiſſermaßen als ein radius vector wurzelt) unverrückt bleibt, nach vorn über ihn hinſchlagen.

Von Vorn und Oben alſo zieht die Stirn herbei, um dieſen Punkt als ihren Mittelpunkt einzuhüllen.

Ferner: Bei den Thieren ſtehen die Augen zur Seite, oft faſt nach hinten, und der Zwiſchenraum zwiſchen ihnen iſt ſehr groß. Im Aufſteigen zum Menſchen gehen die Augenhöhlen mit den Augen von der Seite nach Vorn herum, unſerm Mittelpunkte von beiden Seiten immer näher, wodurch der Zwiſchenraum zwiſchen ihnen immer mehr verengt wird, dabei die Pupille immer mehr nach Vorn kehrend.

Alſo auch von der Seite her drängt ſich der Kopf gegen unſern Mittelpunkt hin.

Verfolgen wir dieſe Bewegung von dem Standpunkte aus, wo ſie beim Menſchen ſtehen geblieben iſt, weiter, ſo werden endlich beide Augen ganz in unſerm Mittelpunkte zuſammenrücken und in Ein Auge verſchmelzen. In der Vereinigung der Sehnerven iſt dieß Verſchmelzen ſchon vorbedeutet

Es iſt im Grunde falſch, wenn wir oben den Punkt der Naſenwurzel den allgemeinen Mittelpunkt nannten, nach dem Alles hinſtrebte. Die Augen ſelbſt geben eigentlich die Mittelpunkte ab, die den ganzen Kopf anziehen. Weil aber der Naſenpunkt mitten inne zwiſchen beiden Augen liegt, ſo ſcheint ſich nur der ganze Kopf in Bezug zu ihm zu kugeln, während er ſich eigentlich gegen die Augen zu kugelt, die gleich weit von ihm abſtehen.

Nicht einmal das Vorrücken der Augen ſelbſt von den Seiten her nach Vorn hat eigentlich auf dieſen Punkt Bezug. Die Augen ziehen den ganzen Kopf an, ſelbſt aber werden ſie nur von einander angezogen; und indem nun jedes das entgegengeſetzte anzieht, rücken ſie immer mehr beide gegen einander, und werden zuletzt in dem Naſenpunkt, der Mitte des Zwiſchenraums, der ſie noch getrennt erhält, verſchmelzen. Dann erſt wird dieſer ſeine Würde als Centralpunkt in der That und Wahrheit haben.

Augenſcheinlich ergiebt ſich der Beweis, daß nicht eigentlich die Mitte zwiſchen beiden Augen, ſondern die Augen ſelbſt, der anziehende Mittelpunkt ſind, aus Folgendem.

Wäre erſtrer der eigentlich anziehende Punkt, ſo müßten ſich die Theile, welche unterhalb in den Zwiſchenraum zwiſchen die Augen fallen, das ſind die Naſenbeine, gegen ihn umlegen, um ihn einzuſchließen, d. i. ſie müßten ſich nach Oben und Innen wenden, und ſo würden wir ſtatt eines Vorſprungs eine Rinne zur Naſe erhalten haben; dem iſt aber nicht ſo. Im Vieh laufen die Naſenbeine noch platt in der nämlichen ſchrägen Ebene mit der Stirn fort; ſo wie aber die Augen nach Vorn herum kommen, erheben ſie (die Naſenbeine) ſich nach Außen und Aufwärts, um ihnen entgegen zu kommen, jedes Naſenbein von ſeiner Seite; und ſo entſteht die gewölbte Naſe des Menſchen. Dieß läßt ſich nur an Schädeln wohl beobachten.

Unverkennbar iſt, wie ſich die Kieferbeine immer mehr verkürzen und um die Augen concentriren.

Noch iſt eine Richtung übrig, in der ſich gleichfalls jener allgemeine Zug unverkennbar ausſpricht, nämlich der Zug von der Grundfläche des Schädels. Während die obere Hälfte des Schädels nach vorn zieht, um ſich von Oben über die Augen hinwegzuſchlagen, zieht auch die untere nach Vorn, um ſich von Unten dagegen heraufzuſchlagen, und ſo die Umhüllung zu vollenden. Deutlich ergiebt ſich dieß aus dem Vorrücken des Hinterhauptlochs und der kleinen Keilbeinflügel.

Von dieſem allgemeinen Zuſammenziehen der Kopftheile um das Auge rührt es denn auch her, daß der Menſch die geſchloſſenſten Augenhöhlen unter allen Thieren hat.

Die Natur wird aber bei der Schließung, wie ſie im Menſchen Statt hat, nicht ſtehen bleiben. Man ſtelle ſich die Augenhöhlen als zwei im Kopfe befindliche hohle Halbkugeln vor.

Im Thiere ſind dieſe zur Seite des Kopfes eingeſetzt, und kehren ſich den Rücken mehr oder weniger zu; im Menſchen ſind ſie nach Vorn herumgekommen und haben ſich dabei ſo gedreht, daß ihre Mündungen ziemlich in eine Ebene nach vorn fallen; ſie werden ſich aber, während ſie aneinander rücken, noch weiter drehen, ſo daß die Mündung der einen Halbkugel zuletzt ſich auf die der andern aufpaßt, und die hohlen Halbkugeln ſich zu einer ganzen Hohlkugel zuſammenſetzen, oder daß aus den zwei Augenhöhlen eine wird, wo dann, wie geſagt, das Auge auch nur noch eins ſeyn wird.

Jede Art der Bewegung und Fortſchreitung geht nämlich in der Natur ohne Gränze fort, wenn ſie nicht durch eine Gegenwirkung aufgehoben wird. Auf der Erde tritt die Gegenwirkung, welche die fortſchreitende Entwicklung zum Höhern hemmt, früher ein, als ſie bei höhern Geſchöpfen eintritt; und ſchon bei den Thieren früher als beim Menſchen; wir ſehen aber eben dadurch die Richtung des Fortſchreitens zur vollkommnern Bildung angedeutet.

Das, was wir beim Menſchen blos in der

München

Entwickelungsſtufe, im Uebergange, erblicken, wird überall beim höchſten Geſchöpfe vollendet ſeyn. Das Gehirn wird ſich um das Auge geſchlagen haben, und wird es als ſeinen Leib umgeben, in welchem Nervenäther kreiſt, ſtatt in unſerm grobe Blutmaſſe. Uebrigens wird es durchſichtig ſeyn. *)

Die Glieder, welche die irdiſchen Elemente ſich geſchaffen haben, fallen weg.

Noch etwas will ich erwähnen, welches zeigt, daß ſchon in unſerm Kopfe die Augen die Centralpunkte ſind.

Nämlich beim Ausdruck der Traurigkeit, des Aergers, Schmerzes findet eine allgemeine Concentration der Geſichtszüge nach den Augen zu Statt; bei der Freude dagegen eine allgemeine Expanſion von ihnen aus. Beim Ausdruck der Liebe zieht ſich das ganze Geſicht den Augen parallel, d. h. ſanft in die Breite; beim Ausdruck des Haſſes ziehen ſich die Geſichtszüge gegen die Mittellinie nach Innen, ſo daß Längs-

---

*) Auch unſre Nervenmaſſe beſteht ſchon aus durchſichtigen Nervenkügelchen.

falten, namentlich der Stirn, die Richtung der Augen ſenkrecht kreuzen.

Zweites Kapitel.

Von der Sprache der Engel.

Die Engel theilen einander ihre Gedanken durch das Licht mit. Statt Tönen haben ſie Farben.

Eine ganz todte Maſſe macht ſich der andern nur durchs Gefühl bemerklich, durch unmittelbaren Druck; ſo der Stein, wenn er auf dem Steine liegt. Der feſte Stoff ſelbſt, aus dem beide beſtehen, iſt das Medium ihrer Mittheilung.

Lebendiger zeigen ſich ſchon die Maſſen, zwiſchen denen eine Mittheilung durch Geſchmack, d. i. durch chemiſche Wechſelwirkung beſteht (der Geſchmack iſt nämlich nur eine Empfindung chemiſcher Wirkung, die in Stoffen vorgeht). Die Salze gehören hierher. Das Medium ihrer Mittheilung iſt der flüſſige Stoff, in dem ſie aufgelöſt werden. (Denn nur aufgelöſt können ſie mit einander in chemiſche Wechſelwirkung treten) Ihre Sprache, mit der ſie ſich zu einander rufen, reicht ſchon weiter, als bei den vorigen Weſen, wo ſie nur in der unmittelbaren Berührung ſelbſt Statt hat.

Die Pflanzen theilen ſich durch Geruch einander mit; das Medium ihrer Mittheilung iſt der Dunſt; ihre Sprache reicht wiederum weiter als die der vorigen Weſen. Aber ſo wie bei den chemiſchen Stoffen die Sprache nur in einem Herbeilocken der Atome gegen einander, um ſich zu gatten und bei den ganz todten Maſſen in der Gattung ſelbſt Statt fand, ſo ſcheint auch der Duft der Pflanzen, da er erſt in der Blüthe, wo ihr Geſchlecht rege wird, ſich zeigt, den Zweck zu haben, die männlichen und weiblichen Theile der Pflanze als eine Art aura seminalis zur wechſelſeitigen Gattung anzuregen.

Das Thier theilt ſich dem Thier durch das Gehör mit; das Medium ihrer Mittheilung iſt die Luft; ihre Sprache reicht wiederum weiter als die der vorigen Weſen. Auch hier hat ſie meiſt nur den Zweck, ſich zur wechſelſeitigen Gattung anzulocken.

Auch des Menſchen Sprache iſt noch der

Hauptſache nach der Schall; aber er braucht ſie nur zur Zeugung der Ideen, durch wechſelſeitige Befruchtung zweier Geiſter. Doch zeigt der Menſch noch mehr ſeine Annäherung zur höhern Stufe, indem er ſich auch durch Schrift mittheilt, eine Sprache, die wiederum weiter als die vorige reicht.

Nämlich es fehlt nun auch noch ein höchſtes Geſchöpf, das ſich dem andern durch das Geſicht mittheile; für welches Licht das Medium der Sprache ſey. Der Stufengang der Natur führt uns hierauf. Dies Geſchöpf iſt der Engel. Seine Sprache reicht wiederum weiter als die vorigen; und wenn wir in der vorhin aufgeführten Stufenfolge ſchon bemerken konnten, wie die Sprache immer entwickelter ward, einen immer mannichfaltigern Ausdruck geſtattete, ſo ſehen wir hier im Lichte, als Medium der Sprache, den Gipfel erreicht; denn in Farben und Zeichnung giebt es unendlich mannichfaltigere Combinationen als in den Lauten, und es läßt ſich vorausſetzen, daß die Engel noch viele Modificationen des Lichts vernehmen werden, die uns verborgen ſind, weil ihr ganzer

Bau darauf eingerichtet iſt, während unſer Auge nur einen ſchwachen Abdruck derſelben giebt. Auf ähnliche Art unterſcheiden vielleicht viele Thiere die Tonhöhe nicht, weil ihr Gehörwerkzeug nicht denſelben vollkommenen Bau als das unſrige hat.

Die Augenſprache der Liebe iſt eine Verbedeutung der Sprache der Engel, die ja ſelbſt nur vollkommnere Augen ſind.

Bei dieſer Gelegenheit will ich einer merkwürdigen Stufenfolge mit einer eben ſo merkwürdigen Unterbrechung erwähnen.

Es iſt bekannt, daß die Liebe immer vom Himmel nach der Erde herabſteigt, oft freilich dann noch tiefer, indem ſie auch ihr Grab darin findet, wenn ſie einmal ſo weit herabgekommen iſt; ungefähr wie ein leuchtender Meteorſtein, der auch von den reinen Himmelsräumen herabkommt; auf der Erde anlangend, verliſcht; nur noch eine traurige Schlacke hinter ſich läßt, und je feuriger und raſcher er war, ein um ſo tieferes Grab ſich in der Erde wühlt.

Die Liebe alſo, wenn ſie vom Himmel herabkommt, bringt noch die Sprache, die dort geſprochen wird, mit, die Sprache der Augen. Daher Blicke überall das Erſte ſind, wodurch ſich Liebende beſprechen.

Aber ſie fühlt bald, daß ſie nicht mehr im Himmel iſt; die Sonne ſendet nur einige karge Stralen auf die Erde, und ihr Sprachorgan, das im Himmel in ſeinem Elemente war, verſagt ihr daher hier den Dienſt; ſie greiſt zur Sprache des Menſchen. Die Liebenden ſprechen einander.

Die Liebe ſteigt noch tiefer herab; aber merkwürdig, ſie überſpringt beim Menſchen die Sprache der Pflanze, ſie hat ſie dem Thiere in der Brunſt überlaſſen.

Aber die vierte Stufe hat ſie nicht vergeſſen. Es iſt der Kuß.

Sie löſcht aus in der fünften, die ich oben zuerſt nannte.

Dieſer, von der Stufenfolge in der Natur hergenommene, Beweis für die Sprache der Engel ſteht wiederum im genauem Zuſammenhange mit folgendem, auf die natürliche Beſchaffenheit der Sonne gegründeten.

Den Engeln iſt Licht das Element, wie

uns die Luft. Das Medium unſrer Gedankenmittheilung iſt uns die Luft; denn der Schall beſteht in Luftſchwingungen; auch den Engeln wird ihr Element Mittel der Gedankenmittheilung ſeyn.

Der Bezug wird noch ſprechender, wenn man Eulers Hypotheſe über die Natur des Lichts beipflichtet, die in der That jetzt, beſonders nach Fraunhofers Unterſuchungen, anfängt, der Newtonſchen die Wage zu halten, ja ſie verdrängen zu wollen. Farben ſind hiernach nichts anders als Schwingungen des Lichtäthers, die, ſich mit verſchiedener Geſchwindigkeit ſuccedirend, das Auge treffen; wie auch die Verſchiedenheit der Töne nun auf der verſchiedenen Geſchwindigkeit und Regelmäßigkeit der Luftſchwingungen beruht.

Wir können aber auch der Verſtändlichkeit halber Newtons Hypotheſe zu Grunde legen, welche bekannter iſt. Nach ihr beſteht der weiße Lichtſtral aus der Vereinigung aller farbigen. Ein violetter, indigfarbener, hellblauer, grüner, gelber, orangefarbener und rother Stral, in ein Bündel verbunden, machen zuſammen einen weißen Stral aus; ſpaltet ſich das weiße Bündel, wird es zerſtreut, ſo kommen die farbigen Stralen als ſolche zum Vorſchein.

Vorzüglich wichtig in Bezug auf das Folgende iſt nachſtehende Thatſache: dünne Blättchen nehmen mit Veränderung ihrer Dicke von ſelbſt eine andere Farbe an. Hierauf beruht das ganze Farbenſpiel der Seifenblaſen. Ihre Dicke verändert ſich immer an einzelnen Stellen, und damit zugleich die Farbe.

An ſich ſind die Engel durchſichtig, aber ſie können ſich willkührlich Farben ertheilen; ſie ſprechen durch farbige Lichtſtralen mit einander, wie wir durch verſchieden modificirte Schallſtralen. Was ein Engel dem Andern ſagen will, das malt er auf ſeiner Oberfläche; der andre ſieht das Bild und weiß, was in jenes Seele vorgeht.

Auch wir athmen gewöhnlich ruhig, laſſen die Luft, unſer Element, frei durch uns ein- und austreten, wo ſie dann nicht ſchallt; können ſie aber auch willkührlich zum Tönen bringen. So läßt auch der Engel ſein Element, das Licht, im gewöhnlichen Zuſtande unmodificirt durch ſich ein- und austreten, was eben die klare Durchſichtigkeit bedingt, aber wenn er mit dem andern ſprechen will, nöthigt er es farbig zu werden, indem er es nach ſeiner Willkühr zerſtreut, (oder nach Euler, wie wir die Luft, in Schwingung verſetzt).

Auch unſer Satz, daß ſich Extreme berühren, ſpricht für unſre Anſicht. Aufgußthierchen ſind durchſichtig, Engel werden es auch ſeyn. Infuſori müſſen aber alle Stralen unentwickelt durchlaſſen, daher ſie beſtändig farblos bleiben, Engel können auch alle Stralen durch ſich hindurch laſſen, aber mit dem Vermögen, ſie in ihre Farben zu entwickeln. *) Der Menſch als Mittelſtufe zwiſchen den Extremen dient zur Be-

---

*) Viele, dem untern Extrem nahe ſtehende, Thiere nähern ſich den Engeln auch in der Eigenſchaft, das mannichfachſte, wechſelnde Farbenſpiel, wie es ſcheint, durch willkührliche Bewegungen und Zuſammenziehungen an ihrer Haut oder auch an der durchſichtigen Subſtanz ihres Körpers hervorzubringen, ſo die Sepien und Beroen; dafür aber haben ſie, meines Wiſſens wenigſtens, keine farbloſe Durchſichtigkeit zur Grundfarbe; die Engel vereinigen Beides, das Vermögen der Farben und der Durchſichtigkeit; den niederſten Thieren iſt allemal blos eins zugemeſſen.

ſtätigung. Er legt ſchon den Haarpelz ab, und ſeine Haut wird durchſcheinend; auch malen ſich ſeine Gefühle ſchon zum Theil auf ſeiner Haut in ſeiner Geſichtsfarbe.

Die mittelbare Art, wie die Engel die Farbenveränderungen, durch die ſie ſprechen, hervorbringen, iſt wahrſcheinlich folgende.

Die Haut der Engel iſt an ſich höchſt zart, fein, durchſichtig, wahrſcheinlich ſelbſt nur aus einem zuſammenhängenden Dunſte beſtehend, wie die der Seifenblaſen. — Denn auf der Sonne iſt alles ätheriſcher, feſte Stoffe giebt es auf ihr gar nicht, ſchon wegen der enormen Hitze, in der alles ſchmelzen muß. *) — Die Engel brauchen alſo nur ihre Haut beliebig an einzelnen Stellen zuſammenzuziehen und ausdeh-

---

*) Ein Engel würde eben ſo wenig begreifen können, wie wir auf unſerm erſtarrten Weltkörper leben können, als es uns zu denken ſchwer fällt, wie z. B. auf dem Saturn, wo ſelbſt alles Waſſer wahrſcheinlich erſtarrt und Eis iſt, lebendige Geſchöpfe exiſtiren können. Der Schlüſſel des Geheimniſſes iſt aber blos der, daß ſich eben jedes Element ſeine Geſchöpfe ſo zu ſagen bildet.

nen, und dadurch verdichten oder verdünnen zu können, um, gleich der Seifenblaſe, das mannichfachſte Farbenſpiel, das ſie zu ihrer Sprache bedürfen, hervorzubringen. Nicht aber ihre ganze Haut wird hierzu geſchaffen ſeyn, ſondern blos ein runder Fleck auf ihr, ungefähr wie unſer, ebenfalls bunter, Augenſtern, in dem ſich in der That auch bei uns ein der Zuſammenziehung und Ausdehnung fähiges (bei mehrern Vögeln der Willkühr untergebenes) Häutchen, die Regenbogenhaut, befindet; und ſelbſt unſre Sprache wird durch Zuſammenziehung und Ausdehnung eines, von einer Fortſetzung der äußern Haut ausgekleideten, Organs (der Luftröhre) bewerkſtelligt. Nur kommen hier Töne, dort Farben zum Vorſchein.

Der genannte runde Fleck wird der Mund der Engel ſeyn, durch den ſie mittelſt der Farben ſprechen, und zugleich ihr Licht einathmen, wie auch bei uns die Pupille mit der Iris der Mund des Auges iſt, durch den es das Licht einſchluckt.

Unſer Auge iſt darin den Engeln unähnlich, daß es faſt blos Licht einathmend, aber nur ſchwach ausathmend, nur empfangend, nicht gebend iſt. Das rührt aber daher. Unſer Auge iſt nicht ſelbſtſtändig, wie die Engel; es iſt durch den Sehnerven an das Gehirn gebunden; das Licht, was in unſer Auge fällt und die Bilder dort hervorbringt, wird vom Sehnerven wahrſcheinlich eingeſaugt, (der deshalb auch vorzugsweiſe vor den andern Nerven aus parallelen Faſern beſteht, um die Ordnung des Bildes nicht zu ſtören). Dieſer führt es zum Gehirn über, wo es erſt die Empfindung des Sehens erweckt, die nun weiter zu Gedanken verarbeitet wird.

Die Engel aber ſind in ſich abgeſchloſſene Augen, und ſtralen das Licht, das ſie eingeathmet haben, modificirt zurück, wie wir die Luft.

Uns iſt das Geſicht der höchſte Sinn; bei den Engeln ſteht aber das Geſicht nur auf der Stufe, wo bei uns das Gehör ſteht. Sie müſſen einen noch höhern Sinn haben, als wir, der bei ihnen die Stufe des Geſichts einnimmt. Von dieſem Sinne können wir nichts beſitzen, weil er eben unſern Standpunkt überſteigt.

Vermögen wir aber auch nicht einmal anzugeben, welcher Art dieſer Sinn ſey? — O ja; Das kann aber erſt in einem der folgenden Kapitel geſchehen.

Drittes Kapitel.

Ob die Engel auch Beine haben.

Der Stein iſt noch ganz an den Boden gekettet; die Pflanze hebt ſich mit halbem Leibe darüber heraus. Der Wurm kriecht noch auf der Erde. Höhere Thiere ſteigen mit vollem Leibe darüber empor; jener lag noch ganz im Schmutz der Erde, dieſe ſtelzen reinlich hindurch; und zwar werfen ſie noch eine Stelze nach der andern weg, um immer weniger Berührungspuncte mit der Erde gemein zu haben. Säugthiere haben blos noch viere, der Menſch nur zwei, Engel keinen.

Dies führt mich zu einer Einſchaltung über die Hände des Menſchen.

Es war dem Menſchen die Wahl gelaſſen, ob er ſeine zwei Vorderbeine auch zu Flügeln werden laſſen wollte, wie die Vögel, mit denen er ſich dann allerdings noch mehr hätte von der Erde losmachen können. Allein er ſah, daß dies Losmachen nur ſcheinbar war; bleiben auf der Erde mußte er doch, wenn er ſich auch freier zu ihren verſchiedenen Theilen hinbewegen konnte. Darum zog er es vor, die Schwingen, mit denen er der Erde nur vergebens zu entfliehen geſucht haben würde, ſich in Hände verwandeln zu laſſen, um eine Waffe zu haben, mit der er ſie wenigſtens zu ſeiner Sklavin machen könnte. Statt der Organe, die ihn zu allen Schätzen der Erde hätten hinführen können, wählte er lieber Organe, mit denen er alle Schätze der Erde zu ſich und an ſich reißen kann.

Es wäre freilich gut geweſen, wenn der Menſch ſowohl Hände als Flügel erhalten hätte. Allein das gieng nicht. Die Natur hatte, als ſie in ihrem Stufengange bis zur Nähe des Menſchen gelangt war, blos noch über vier Füße zu disponiren; auf einmal alle vier von der Erde losmachen konnte ſie nicht; alſo riß ſie wenigſtens zwei los, und machte bei den Vögeln die Flügel, bei dem Menſchen die Hände daraus.

Die Fabel ſtellt dies ſo dar: die Erde ſprach zum Dämon, der herrſchend durch die Natur ſchreitet: laß mir meine Kinder, die ich gezeugt, die ich nähre und pflege; warum willſt du ſie von mir nehmen?

Nein, ſagte dieſer, wenn ſie bei dir bleiben, ſo wird nichts aus ihnen, das Kind muß von der Mutter, ſeine Bildung zu vollenden. Er wies nach der Sonne: dorthin bring ich deine Kinder. Die Erde aber wollte ihre Kinder nicht von ſich laſſen.

Und der Dämon ſprach zum Stein: du kannſt bei deiner Mutter bleiben, und ihre blinde Zärtlichkeit ſättigen, aus dir wird ohnehin kein Engel; aber zur Pflanze: komm heraus aus deiner Mutter Schoos; die Sonne ſchickt dir ihre Boten, und ruft dich zu ſich in ihr warmes buntes Reich. Die Pflanze folgte der Lockung und ſuchte ſich der Mutter Schoos mit Gewalt zu entwinden, die ihr immer rief: Kind bleib bei mir, die Sonne lockt dich wohl mit glänzenden Bildern, aber ſie nährt und pflegt dich nicht wie ich. Und ſie bethaute die von ihr Strebende mit ihren Thränen und hielt ſie gewaltſam an der Wurzel feſt: denn ſie dachte, laſſe ich mein Kind fort, ſo verſchmachtet es mir ja in der Sonne.

Da trat der Dämon abermals zur Erde, und ſagte: das Kind iſt reif zu einer höhern Schule; nun halt' es nicht länger! Sie ließ es nicht, da riß ers ihr gewaltſam aus dem Schooße. Aber die Mutter haſchte darnach und ergriff es noch an den Füßen. Wie das menſchliche Weib ihr Kind im Arme noch an den Füßen hält, wenn es gleich fort ſtrebt, und ihre Liebe verachtet, ſo hielt ſie ihr Geſchöpf, das ſich dem Rufe zu folgen ſehnte, noch feſt, und reichte ihm den allernährenden Buſen, es an ſich zu feſſeln. — Noch hatte es damals vier Füße.

Wiederum trat der Dämon zur Erde und ſagte: Jetzt gieb mir dein Kind, denn es iſt Zeit, das ich es ins Reich des Lichts bringe, wo es zum Engel werde. Ach, ſagte die Erde, was hilft mirs, wenn's ein Engel geworden iſt und ichs nicht mehr an meinen Buſen drücken kann. Er aber war taub gegen ihr Flehn, faßte das Kind, ihr's zu entziehen und entriß ihr noch zwei Füße gewaltſam. Da aber ward die Mutterliebe mächtiger als die Dämons Gewalt, und er vermochte nicht, ihr die übrigen zu entreißen.

Wohl, ſagte er, unvernünftige Mutter, behalte dein Kind, und laß es in deinem Schooße ein unentwickelter Krüpel bleiben. Aber trage zugleich die Strafe deiner Affenliebe; und er faßte die beiden Füße, die er in ſeine Gewalt bekommen hatte, und machte die Flügel des Vogels daraus, und ſagte zu ihm: hier ſind die Schwingen, mit denen du dich dorthin hätteſt erheben ſollen, wo du ein Engel geworden wäreſt. Deine Mutter ſey ewig in Angſt, wenn du ſie regſt, daß du ihr dennoch entweichen möchteſt. Und als das Geſchöpf ſich beſchwingt fühlte, da wollt' es auch der Mutter entfliehen; aber ſie hielt's noch feſt, das es wohl flattern, aber nicht von dannen weichen konnte, und freute ſich, daß ſie ihr Kind noch nähren und hegen durfte, und triumphirte über den Dämon.

Da ward dieſer ſehr zornig, und faßte die Flügel und machte Hände daraus, und ſagte zum Kinde: ſchlage deine Mutter, weil ſie dich nicht von ſich laſſen will, und zwinge ſie damit, dir die Nahrung zu reichen, die ſie dir vorher nur aus eigennütziger Liebe reichte, daß ihr auch der letzte unverdiente Troſt verloren gehe. Hätte ſie dich von ſich gelaſſen, ſo brauchteſt du ihre grobe Nahrung nicht mehr; ſondern wohnteſt dort im Lichte, und wärſt ein ſchöner Engel.

Der Menſch erfüllt mit ſeinen Händen den Fluch, den der Dämon gegen ſeine Mutter ausſprach.

Ich kehre nach dieſer Epiſode wieder zur Sache zurück

Die Füße und überhaupt unregelmäßigen Vorragungen der Erdgeſchöpfe entſtehn dadurch, daß ihre Bildung nicht blos von einem Centrum außer ihnen, ſondern von mehrern beſtimmt wird.

Die Pflanze wird theils von der Erde, theils von der Sonne angezogen, daher geht ſie halb nach Unten, halb nach Oben. Das Thier wird zwar weniger bei ſeiner Bildung von der Erde angezogen, aber doch auch noch; daher die Schößlinge, die es nach unten treibt, die Beine. Aber bei der Bildung des Sonnengeſchöpfs wirkt blos die Anziehung der Sonne;

denn die Planeten ſind Erbſen gegen die Sonne; ſo kann ſich die Kugelgeſtalt frei ausbilden. Auf der Sonne kann es daher gar keine Beine geben, ſonſt müßten die Planeten ſelbſt auch Beine haben, denn ebenfalls iſt bei ihrer Bildung außer dem innern Centrum (wie auch jedem Thier zukommt) nur die Sonne als äußeres Centrum thätig; und dieſe läßt ihre Kugelgeſtalt beſtehen.

Man hat hierin den Grund, warum die Geſchöpfe auf unſrer Erde nicht kugelförmig ſeyn können, warum ſie's aber auf der Sonne ſeyn, und warum ihnen hier die Beine fehlen müſſen.

Die Urſachen, vermöge deren die Erdgeſchöpfe Beine haben, fallen nämlich auf der Sonne weg. Die Sonne an ſich hat das Streben, kugliche Bildungen hervorzubringen, wie ſich eben theils in der Geſtalt der Planeten zeigt, theils darin, daß der Menſchenkopf, der unter allen Köpfen auf unſrer Erde der Sonne am meiſten entgegengerichtet iſt, auch die kuglichſte Geſtalt hat, und vorzugsweiſe darin das Auge, das der Sonne noch ſpecieller angehört. Blos der Gegenzug, den der Planet gegen die Sonne bei der Bildung ſeiner Geſchöpfe ausübt, hindert deren kugliche Bildung. Auf der Sonne aber kommt ein ſolcher nicht in Betracht.

Wenn aber der Engel keine Beine hat, wie bewegt er ſich denn? — Wie die kuglichen Planeten ſich bewegen; nur aber nach freier Willkühr.

Viertes Kapitel.

Die Engel ſind lebendige Planeten.

Wenn wir wollen, ſo können wir ſagen, die lebendigen Geſchöpfe der Sonne ſeyen Monde, oder ihre nächſten Planeten, die ſie unmittelbar, nur nach freier Willkühr, umkreiſen.

Das Leben nimmt mit der Sonnennähe zu. Die entfernteſten Planeten mögen beeiſte Klumpen ſeyn; der Saturnusring iſt ein Eisring. Die Erde hat ſich ſchon mit einer ſchönen lebendigen, grünenden und blühenden, Rinde überzogen; ſie iſt ſelbſt ein Sonnengeſchöpf, aber nur außen lebendig und buntfarbig.

Durch Venus und Merkur werden die Sonnenſtralen ſchon tiefer dringen; ihre äußere lebendige Schicht wird weiter bis gegen den Mittelpunct reichen; und in den nächſten Planeten der Sonne, durch die die Sonnenwärme durch und durch dringen kann, wird die lebendige Schicht bis zum Mittelpunkt ſelbſt gehen; ſie werden ganz durchweg lebendig ſeyn, und eine ſolche durch und durch lebendige Kugel wird man dann willkührlich einen Planeten nennen können, oder ein ſelbſtſtändiges Individuum.

Hier zuvörderſt einen Beweis für meine Annahme ſo naher Planeten. Wenn man die mittlere Entfernung des Saturn von der Sonne aus in 100 gleiche Theile theilt, ſo kommen für die mittlere Entfernung von der Sonne bis zum Merkur 4 dieſer Theile, vom Merkur bis zur Venus 3, von da bis zur Erde 6, von hier bis zum Mars 12, vom Mars bis zur mittlern Ferne der vier kleinen Planeten, Veſta, Juno, Ceres, Pallas, welche nur Bruchſtücke des nämlichen zu ſeyn ſcheinen, 24; von dieſen bis zum Jupiter 48 und von da bis zum Saturn 96. Aus dieſer Progreſſion ſchloß ſchon Keppler, daß an der Stelle zwiſchen Mars und Jupiter ein Hauptplanet ſich bewegen müſſe, we nachher die vier Bruchſtücke deſſelben wirklich entdeckt wurden.

Man wird bemerken, daß dieſe Progreſſion nur bis zum Merkur in ihrer Geſetzmäßigkeit fortgeht. Es wäre wunderbar, wenn ſie blos zufällig wäre, und ihr eigentlich gar kein Geſetz zu Grunde läge. Und doch wäre letzteres, mathematiſchen Reihengeſetzen zufolge, der Fall, wenn man nicht annehmen will, daß die Progreſſion in der Art, wie ſie ſich bis zum Merkur erſtreckt, dann auch noch zwiſchen Merkur und Sonne weiter geht. (Die Reihe abgebrochen, wäre keine Reihe). Hiernach müßte, da die Zwiſchenräume zwiſchen den Planeten ſich nach der Sonne hin immer um die Hälfte verkleinern, noch ein Planet zwiſchen Sonne und Merkur vorhanden ſeyn, der von letzterm ½ entfernt wäre, dieſer müßte wieder zwiſchen ſich und der Sonne einen haben, der ¼ von ihm entfernt wäre; und es müßten auf dieſe Weiſe noch unendlich viele Planeten zwiſchen Sonne und Merkur fallen, weil die Progreſſion nie null werden kann. Dieſe Planeten nun ſtellen die Unendlichkeit der lebenden Weſen auf der Sonne dar.

Die Planeten nehmen mit der Sonnennähe im Allgemeinen an Größe ab, und die der Sonne nächſten ſind wahrſcheinlich, als zu ihr zunächſt gehörig, auch ſchon ſelbſtleuchtend; daher verfließen ſie für unſre Fernröhre mit der Sonne ſelbſt, und vermögen nicht mehr unterſchieden zu werden.

Ich habe freilich die Engel oben Augen genannt, und jetzt nenne ich ſie lebendig gewordene Planeten. Der Name ändert aber nichts an der Sache und dient blos, bald die, bald die Beziehung mehr vorzuheben.

Man kann ja überdies, wenn man will, auch unſre Erde ein Auge nennen, und unſer eignes Auge nur eine vollkommne Wiederholung der Erde, in der ſie ſich ſelbſt reproducirt hat. Mit welchen Ausdrücken ich aber auch weiter nichts ſagen will, als daß ſich die Erde in einer Art Beziehung mit einem Auge zuſammenſtellen läßt: oder mit andern Worten: Dieſe brusquen Ausdrücke, die Erde iſt ein Auge, der Engel iſt ein Auge, müſſen nur als Abkürzungen für den Ausdruck gewiſſer, zwiſchen beiden Statt findenden, Gleichungspunkte angeſehen werden.

Unſre Erde iſt gleich dem Auge eine Kugel, beſtehend aus concentriſchen Schichten, namentlich mehreren durchſichtigen von verſchiedener Dichtigkeit, Atmoſphäre und Meer, durch welche das Sonnenlicht einfällt, um auf ihrer Oberfläche lebendige bunte Bilder hervorzurufen, wovon dann wieder nur ein Abdruck in unſer Auge gelangt. Aber, was wohl zu bemerken iſt, unſere Erde iſt ein umgeſtülptes Auge; die Erdoberfläche die convex nach Außen gekehrte Netzhaut; Meer und Atmoſphäre der Glaskörper und die auseinander gefloſſene Linſe, unter deren Mithülfe nur die Sonnenſtralen das bunte Gemälde des Lebens auf der Netzhaut der Erde hervorzubringen vermögen, gerade wie in unſern Augen. Im Erdauge iſt nur das reell, was in unſerm blos idealer Abdruck iſt; die Verhältniſſe ſind dieſelben.

Die Engel ſind zwar Planeten der Sonne, in wie fern ſie in der Stufenfolge der Planeten mit einrangirt ſind; aber ſie ſtehen auf der Stufe, wo die Sonnenkraft ſie durchweg lebendig gemacht hat; daher ſie nicht der Anziehungskraft der Sonne mehr blindlings folgen, ſondern ſich ſelbſtſtändig bewegen können; wie auch den Theilen unſerer Erde, welche der Einfluß der Sonne durchweg lebendig gemacht hat, freie Selbſtſtändigkeit zukommt, während ſie der Geſammtheit der Erde abgeht, indem dieſe nicht bis zum Kern lebendig iſt.

Auch hier berühren ſich Extreme. Die nächſten und die entfernteſten Planeten bewegen ſich unabhängig von der Sonne, indem die einen wie die andern, eben wegen des Extrems an dem ſie liegen, auf eine andre Stufe als die übrigen Planeten treten.

Bei Annäherung an die Sonne werden die Planeten immer kleiner, aber, wie geſagt, immer in ſich lebendiger. Auf der Erde bewegen ſich ſchon viele Theile nach eigener Willkühr; endlich, wenn der ganze Planet lebendig geworden iſt, bewegt ſich auch die Geſammtheit ſeiner Theile, durch Einen Willen belebt, nach Willkühr. Wir Erdgeſchöpfe können nur der Axendrehung der Erde entgegen laufen, weil unſre Unabhängigkeit nur auf die Erde Bezug hat; wäre aber die Erde ſelbſt lebendig, ſo würde ſie auch ihrer Bewegung, die ſie in Bezug zur

Sonne eigentlich hat, entgegen laufen können. Und das vermögen die nächſten Planeten. Indem ſie ein innerlich lebendiges Centrum haben, vermögen ſie durch die Kraft, die von dieſem frei ausgeht, der nöthigenden Kraft der Sonne zu widerſtreben.

Der Punkt der Sonnennähe alſo, wo die lebendige Rinde eines Planeten bis zu ſeiner Mitte reicht, und ihn dadurch zu Einem lebendigen Weſen macht, iſt zugleich der Punkt, wo er unabhängig von der Sonne ſich zu bewegen anfängt. Auf der andern Seite tritt auch ein Punkt der Sonnenferne ein, wo der Planet dem Zuge der Sonne nicht mehr gehorcht, wo er nämlich ſo entfernt von ihr ſteht, daß ihr Einfluß ihn nicht mehr merklich erreicht. Dann iſt dieſer Planet ſelbſt Sonne geworden, obwohl er ſich in das Geſetz der Planetenreihe noch einrangiren läßt. Daß es endlich bis zu einem ſolchen Extrem kommen müſſe, zeigt ſich aus der im Allgemeinen großen Unabhängigkeit, welche ſchon die entfernten Planeten von der Sonne haben; ſie laufen träger um dieſelbe, und ſind ſonnengleicher, indem ſie mehr Trabanten um ſich haben, und an Maſſe zunehmen.

Sind die Sonnengeſchöpfe wirklich Planeten, ſo iſt auch das ein Beweis, daß ſie nur durch Licht mit einander ſprechen können. Was geht von einem Planeten zum andern über, als Licht? Jeder Planet ſieht, was auf dem andern vorgeht, und das nennen ſie ſprechen. Ihre Sprache iſt eine unmittelbare. Nichtsſagende Worte kennen die Engel nicht; was ſie einander ſagen, iſt etwas, was in ihnen wirklich vorgeht.

Ich kann jetzt auch noch von einer wichtigen Modification, was die Geſtalt der Engel betrifft, ſprechen.

Jeder Planet beſtimmt durch ſeine Eigenthümlichkeit die Geſtalt der auf ihm lebenden Geſchöpfe. In den Sonnentrabanten ſind die einzelnen Geſchöpfe zu Gliedern deſſelben Geſchöpfs zuſammengefloſſen, und auf deren Geſtalt übt der Planet ſeine Selbſtdetermination aus.

Die Erde iſt, wiefern ſie von der Sonne beſtimmt wird, kugelförmig, wiefern ſie aber ſelbſt Macht hat, eigene Geſtalten auf ſich hervorzurufen, beſtimmt ſie je nach ihren verſchiedenen Elementen die unendlich mannichfaltigen Geſtalten der auf ihr wohnenden Einzelweſen. Die lebenden Planeten werden, wiefern ſie Sonnengeſchöpfe ſind, auch kugelförmig ſeyn, wiefern ſie aber ſich durch ſich ſelbſt beſtimmen, unendlich viel verſchiedene Geſtalten ihrer einzelnen Theile annehmen, ſich biegen und ſchmiegen nach Willkühr können. *)

Wie nur die Grundfarbe der Engel die durchſichtige war, ihnen ſelbſt aber überlaſſen blieb,

---

*) Wiederum zeigt ſich hier Annäherung an die, dem untern Extrem zunächſt liegenden, Geſchöpfe. Das niederſte Aufgußthierchen (monas termo) iſt Kugel und blos Kugel, meines Wiſſens wenigſtens; aber die etwas höhern Aufgußthierchen haben ſchon das Vermögen der mannichfaltigſten Formänderungen (ganz vorzüglich Proteus diffluens) dafür aber keine kugliche Grundgeſtalt. Das höchſte Geſchöpf hat ſowohl die kugliche Grundgeſtalt als das Vermögen, dieſe in die mannichfachſten Formen umzuwandeln, und ſteht ſo immer ſeinem untern Extreme auf der einen Seite nahe auf der andern gegenüber.

wie ſie das einfache Licht in farbiges zerlegen wollten; ſo iſt auch die Kugel nur die Grundgeſtalt der Engel, was ſie daraus machen wollen, iſt ihrer Willkühr überlaſſen.

Machen ſie auch manchmal Menſchen daraus? — kommen und wandeln auf unſrer Erde? —

Fünftes Kapitel.

Von den Sinnen der Engel.

Uns iſt der höchſte Sinn das Geſicht; ſein Bote hat die ſchnellſten weitausgreifendſten Schwingen und den feinſten Leib, denn es iſt der Lichtſtral. Aber die Engel haben einen noch höhern Sinn; ſein Bote hat keine Schwingen: denn er braucht keine; weil er nicht in der Zeit fliegt; die Zeit ſelbſt iſt ſeine Schwinge.

Sein Bote hat keinen Leib, er braucht keinen, weil er nicht im Raume iſt; der Raum ſelbſt iſt ſein Leib.

Der Bote des Geſichtsſinnes nähert ſich dieſer Vergeiſtigung; der des höchſten Engelsſinnes hat ihn erreicht.

Was iſt dieſer Sinn? Man erinnere ſich, daß die Engel lebendige Planeten ſind.

Ihr Sinn iſt das Gefühl der allgemeinen Gravitation, oder Schwerkraft, welche alle Körper in Bezug zu einander ſetzt, und die von ihrem lebendigen Centrum empfunden wird.

Dieſer Sinn als Gefühl reiner Kraft hat in der That keinen Boten, der hinter der Zeit zurückbliebe; denn die Gravitation wirkt mit der Zeit, ohne Zeitverluſt; noch der einen körperlichen Leib hätte; denn ſie wirkt rein durch den Raum hindurch.

Die Gravitation verknüpft die fernſten Weltkörper auf unmittelbare Weiſe; die Engel empfinden auf dieſe Weiſe unmittelbar die ganze Harmonie des Weltalls; ja die leiſeſte Veränderung im Weltenbau wird von ihnen verſpürt, wiefern ſie nicht in ſo unendlichen Regionen von ihnen geſchieht, daß ſelbſt die Gravitation von da ſie in keiner merklichen Wirkung mehr verabreicht. Denn auch der Engel iſt noch ein endliches Geſchöpf; den Sinn für das All hat nur Gott, der über Zeit und Raum erhaben iſt, der nicht die Zeit als Schwinge braucht für ſeinen Sinn, der erſt der Zeit den Flügel leiht.

Außer dem Gravitationsſinne beſitzen die Engel auch noch alle Sinne, die wir beſitzen, nur in unendlich vollkommnern Grade.

Da die Engel in anderm Bezug ſelbſtſtändige Augen ſind, deren ganzer Bau für das Licht als Element berechnet iſt, ſo ergiebt ſich, wie vollkommen ihr Geſicht ſeyn mag. Dagegen ſind wir blinde Maulwürfe.

Auf jeden Fall werden die Engel auch Töne hervorbringen und vernehmen können, gleich uns, oder vielmehr beſſer als wir. Einen Vorzug, den ſie in dieſer Hinſicht vor uns haben, will ich doch erwähnen. Tanz und Muſik ſind Schweſtern, die urſprünglich aus einem Keime entſproſſen ſcheinen. Wollen wir tanzen, ſo müſſen wir uns aber erſt fremde Muſik dazu machen, die oft dem Tanze nicht entſprechend iſt. Nicht ſo bei den Engeln. Bei ihnen iſt Muſik und Tanz eins, ſo daß der Tanz ſeine Muſik von ſelbſt mit ſich bringt. Nämlich es verhält ſich bei ihnen, wie bei den kleinſten Körpertheilchen. Wenn Körper tönen, ſo beſteht der Ton nur in einem raſchen Schwingen dieſer Atome, einem Tanze derſelben; und indem mehrere derſelben zuſammen ſo tanzen, ſtellen ſie ordentliche Touren in den Klangfiguren dar.

Die Geſchwindigkeit der Planeten iſt ungeheuer und nimmt noch mit der Sonnennähe zu. Wenn daher die lebendigen Planeten ſich raſch drehen, ſo muß von ſelbſt ein Ton dabei entſtehen und dieſer Ton muß der Bewegung entſprechend ſeyn. Wenn alſo Engel tanzen, ſo komponirt ſich das Muſikſtück von ſelbſt dazu; ſie tanzen deſſen Klangfiguren.

Dies iſt die wahre Harmonie der Sphären, der wunderſchönen Augen, der Engel.

Tanz kann nicht ohne Muſik leben, obwohl Muſik ohne Tanz. Die Engel brauchen blos zu tanzen, um ſolche Muſikſtücke hervorzubringen, die ſelbſt einen Tanz ausdrücken; und ein Engel wird auch ſonſt kein ſolches ſpielen wollen, wenn er nicht gerade Luſt zu tanzen hat; denn unter den Engeln wird nicht, wie bei uns, bloß zur Schau oder zum Zeitvertreib etwas gethan, was eigentlich einen

Zweck in ſich ſelbſt trägt. Aber wie geſagt, noch andere Muſik wird er hervorbringen können, ohne ſich von der Stelle zu bewegen; indem er z. B. ſich raſch ausdehnt und zuſammenzieht, oder überhaupt nur Theile an ſich in Schwingung verſetzt. Denn, daß er allen ſeinen Theilen nach die höchſte Beweglichkeit beſitzt, iſt ſchon erwähnt.

Wahrſcheinlich wird er das Vermögen haben, nicht bloß Melodie, ſondern auch Harmonie hervorzubringen.

Vom Gehör der Engel weiß ich noch nichts. Sie werden doch eine Haut beſitzen, die zum Mitſchwingen gebracht werden kann.

Auch Geruch und Gefühl der Engel ſind von mir noch nicht unterſucht worden. Der Geruch ſteht wahrſcheinlich auf einer ſehr hohen Stufe; denn es mag auf der Sonne eine außerordentliche Verdunſtung Statt finden. Einige aufmerkſame Beobachtungen werden mich leicht hierüber ins Klare ſetzen. Das hier Gegebene ſind blos Bruchſtücke einer ausführlichen Naturgeſchichte der Engel, die ich bezwecke.

Sechstes Kapitel.

Schlußhypotheſe.

Jetzt, nachdem ich dieſe unumſtößlichen Wahrheiten vorgetragen habe, denen Newton ſelbſt ſeine Ehrfurcht nicht verſagt haben würde, ſey es mir zum Beſchluß erlaubt, noch eine Hypotheſe hinzuzufügen.

Ich halte die Sonne der Hauptſache nach für einen ungeheuer großen Waſſertropfen, (wofür auch ihre mittlere Dichtigkeit ſpricht), und ihren ganzen Leucht- und Wärm-Proceß für ein fortwährendes Verbrennen zwiſchen Waſſerſtoff und Sauerſtoff, das an der Oberfläche der Sonne vor ſich geht, und wodurch immer Waſſer erzeugt wird, das ſich niederſchlägt, aber eben ſo leicht zerſetzt wird und wieder in die Atmoſphäre aufſteigt. Unſre Gewitter mit ihrer Waſſer- und Lichterzeugung (in Regen und Blitz) ſind ſchwache Abbilder des Proceſſes, der dort auf der Sonne beſtändig vor ſich geht; nur iſt hier blos elektriſch in einzelnen Blitzen, was dort vielleicht galvaniſch, dauernd iſt. Wirklich entſtehen auch immer die Gewitter an Tagen, wo die Sonne mächtig auf unſrer Erde war.

Was ergiebt ſich aus dieſer Anſicht? Es muß eine ſo ungeheure Hitze auf der Sonne herrſchen, daß an ihrer Oberfläche gar nichts Feſtes exiſtiren kann, vielmehr alles ſchmelzen und verflüchtigt werden muß. Nur ihr Kern bleibt tropfbar flüſſig, weil eben die ungeheure Verdunſtung, die beſtändig daran vorgeht, phyſikaliſchen Geſetzen zu Folge, ſeine Abkühlung ſelbſt mit ſich bringt. Meine Geſchöpfe können daher keinen größern Leib haben, als von Dunſt; und ſtatt daß unſer Leib von Blut durchlaufen wird, läuft in dem ihrigen Luft. Dies ſtimmt mit ihrer kuglichen Geſtalt. Sie ſind im Weſentlichen (zum Theil ungeheuer große) Dunſtblaſen (und wahrſcheinlich beſteht jede aus mehrern concentriſchen Schichten von verſchiedenem Dunſt), die die Sonne ausſtößt und ſo gebiert. Man verlangt ja auch, daß die Engel einen ätheriſchen Leib haben ſollen. Die einen ſind vorzugsweiſe mit Sauerſtoffgas, die andern mit Waſſerſtoffgas erfüllt; jenes männliche, dieſes weibliche. Sie ſteigen beſtändig aus dem Sonnenmeere auf, gatten ſich, und bringen in ihrer Hochzeit das Licht vor, das uns von der Sonne leuchtet.

Das Sonnenlicht iſt daher nur die Hochzeitfackel der Engel.

Da nun alſo meine Geſchöpfe, nachdem ſie Engel, Augen, Planeten geweſen ſind, zuletzt ſich in bloße Dunſtblaſen verwandelt haben, die, wie ich jetzt bemerke, blos durch die Anſtrengung meines Auges beim Sehen in die Sonne in der wäßrigen Feuchtigkeit meiner eignen Augenkammer entſtanden, und mir nur den optiſchen Schein erregeten, ich ſehe ſie objectiv in der Sonne, und da dieſelben ſo eben zerplatzt ſind, ſo ſehe ich hiermit den Faden meiner Beobachtungen plötzlich abgeriſſen.

Berichtigungen.

S. 29 Z. 9 ſtatt Fraunhofers lies Frauenhofers.
— — — 15 — nun l. nur.
— 31 — 9 — Infuſori l. Infuſorien.

Empfehlungswerthe Bücher der Baumgärtnerſchen Buchhandlung in Leipzig.

Dr. F. E. Albrecht, Triumph der reinen Philoſophie, oder die wahre Politik der Weiber. In Briefen zweier Freundinnen; nach d. Franz. 8. 16 Gr.

Anecdoten und Charakterzüge, auch Relationen von Schlachten und Gefechten aus den merkwürdigen Kriegen in Süd- und Norddeutſchland in den Jahren 1805 — 9. 1r bis 10r Band, oder 1s bis 41s Hef. 8. à 12 Gr. 10 Thlr.

— **und Bemerkungen**, Muſik betreffend. Zur Unterhaltung und Belehrung für die Freunde der Geſchichte, und Cultur der Tonkunſt und der mit ihr zuſammenwirkenden Künſte. Größtentheils aus dem Engliſchen des A. Burgh, A. M., bearbeitet von C. F. Michaelis. kl. 8. 1 Thlr.

Anleitung zur Bildung des mündlichen Vortrags für geiſtliche und weltliche Redner. 8. 16 Gr.

Anſichten von Paläſtina, oder dem heiligen Lande; nach Ludwig Mayers Originalzeichnungen, mit Erläuterungen vom Prof. E. F. K. Roſenmüller in Leipzig. 3 Bände mit 36 Kupfern, quer Fol. 6 Thlr.

— in der Türkei, hauptſächlich in Caramanien, einem bisher wenig bekannten Theile von Kleinaſien. Nebſt einer Auswahl merkwürdiger Anſichten von den Inſeln Rhodos und Cypern und den berühmteſten Städten Corinth, Carthago und Tripoli, nach den Originalzeichnungen des Herrn Ludwig Mayer und mit Erläuterungen von dem Dr. Bergk. Mit 20 Kpfrn. quer Fol. 3 Thlr.

(Ein Pendant zu den Anſichten von Paläſtina.)

Anweiſung, gründliche, zum Rechtſchreiben der deutſchen Sprache. Für den Unterricht der Jugend bearbeitet von M. Johann Peter Graubner, Privatlehrer in Leipzig. 8. 1 Thlr.

Atlas, hiſtoriſcher, von Sachſen, oder augenblickliche Ueberſicht der verſchiedenen Beſitzungen dieſes Landes ſeit dem Jahre 950 bis 1815. Dargeſtellt auf 25 illum. Karten. 2 Thlr.

— — von Preußen in 12 illum. geogr. Karten mit Erläuterungen über die Vergrößerungen und Verkleinerungen dieſes Landes von 1273 — 1816. quer 4. broch. 1 Thlr. 8 Gr.

— — von Rußland, Schweden, Polen, Oeſterreich und der Türkei, in 5 illum. Karten mit Erläuterungen über die Vergrößerungen und Verkleinerungen dieſer Länder in den Jahren 1155 bis 1816. quer Fol. broſch. 18 Gr.

Bachmann, C. G., die fünf Säulen-Ordnungen nach Vignola, und fünf andern architectoniſchen Unterſtützungen. gr. 4. 1 Thlr. 12 Gr.

Backel, Origines. Eine komiſche Geſchichte. Zwei Theile. Mit einem Titelkupfer. Schreibpapier. 8. 1 Thlr. 8 Gr.

Bäcker, der vollkommene, oder: über das Ganze der Bäckerei, als ein faßlicher und vollſtändiger Unterricht zur beſten Bereitung der verſchiedenen Brotarten und des andern Backwerks. 4to, mit 2 Kupfern. 1 Thlr. 6 Gr.

Bagatellen, romantiſche, 6 Bändchen, mit einem Titelkupfer. Schreibpp. 8. 4 Thlr. 12 Gr.

Baumgärtner, F. G., Reiſe durch einen Theil Spaniens, nebſt der Geſchichte des Grafen v. S., mit illuminirten und braunen Kupfern und Muſik. 8. Schreibpp. 1 Thlr. 4 Gr.

Baumgärtner, Guſtav Adolph, König der Schweden, als Freund und Liebhaber, in der Manier des Meißneriſchen Alcibiades dargeſtellt. Ein Roman. 8. mit 3 Kupfern. 1 Thlr.

— — neue und nützliche Vorrichtung, um ohne Schaden der Augen bei Licht zu leſen, zu ſchreiben, und die feinſten Arbeiten vorzunehmen; beſonders für Goldarbeiter, Uhrmacher, Zeichner, Kupferſtecher u. ſ. w., nebſt einem Aufſatz von J. G. Böttcher, Kupferſtecher. Neue Auflage, mit 2 Kupfern. 4. 12 Gr.

Becker, Dr. G. W., in Leipzig, die Hämorrhoiden. Ein guter Rath für alle, die daran leiden, oder ſie fürchten. 8. 16 Gr.

— — der Zahnarzt für das weibliche Geſchlecht. Nach dem Franzöſiſchen des Herrn Joſeph Le Maire. kl. 8. 12 Gr.

Begriff, kurzer, aller vorzüglich intereſſanten Wiſſenſchaften und ſchönen Künſte, worin ſie nach ihrem Weſen und Werth erklärt und beſchrieben werden. Nebſt einem kurzen Abriß der Geſchichte des deutſchen Reichs und einer Vorrede vom Vicedirector M. Dolz. kl. 8. 18 Gr.

Bellamy's, Joh., Geſchichte aller Religionen mit Angabe der Lehren und der Ausübung des Gottesdienſtes unter allen Arten und Bekennern des Chriſtenthums, enthaltend eine Reihe erläuternder Unterſuchungen über die Meinungen, Sitten und gottesdienſtlichen Gebräuche in den Kirchen von den älteſten bis auf die neueſten Zeiten und über den Urſprung und die Urſache und Ausübung des Götzendienſtes und ſeiner verſchiedenen Formen. Nach der zweiten engl. Ausgabe überſetzt. 8. 1 Thlr. 4 Gr.

Bemerkungen, allgemeine, über das Theetrinken, und über das jetzige diätetiſche Verhalten in vornehmen Geſellſchaften; nebſt einer Anleitung und deutlichen Vorſchrift für Jedermann, beſonders aber für gefühlvolle Aeltern, ſich und ihre Kinder geſund zu erhalten. Aus dem Engl. 8. Schreibpapier 6 Gr.

Beſchreibung von Leipzig, für Fremde und Reiſende, die ihren Aufenthalt zweckmäßig und angenehm benutzen wollen. Zweite verbeſſerte Auflage, vermehrt mit dem Wegweiſer durch die Schlachtfelder um Leipzig. Mit 2 Planen und 1 Karte. 12. br. 16 Gr.

Bettlermädchen, das, und ihre Wohlthäter. Aus dem Engliſchen von M. E. F. J. Voigt, in 5 Bändchen. 1r 1 Thlr. 2r 1 Thlr. 3r

1 Thlr. 8 Gr. 4r 1 Thlr. 8 Gr. 5r 1 Thlr. 8. Gr. zuſammen 5 Thlr. 16 Gr.

Betrachtung über das Schießen mit der Schrotflinte. Ein belehrendes Handbuch für Jäger und Jagdfreunde. Aus dem Eng. 8. 1 Thlr.

Betrachtungen, kurze, über die Leidensgeſchichte Jeſu auf alle Tage in der Faſte; von einem katholiſchen Geiſtlichen. Mit 1 Kupfer. 8. 18 Gr.

— — **politiſche**, über die großen Vortheile, welche die von Frankreich ausgegangenen Verwüſtungen Europas in der beſſern Zukunft gewähren können. Vom Verfaſſer der Ideen über das politiſche Gleichgewicht. 8. broch. 12 Gr.

Beweis, unumſtößlicher, daß die Erde drei- und mehrmal älter iſt, als man gewöhnlich annimmt. Mit einer Beſchreibung und genauen Abbildung der von den Franzoſen entdeckten zwei uralten Thierkreiſe in dem großen Iſistempel zu Tentyra in Oberägypten. Mit 2 Kpfrn. 8. 12 Gr.

Bibliothek, neu eröffnete, für Kinder von 8 bis 10 Jahren, 2 Bändchen. 12. gebunden. (dieſelben Bändchen auch einzeln, ſiehe Lebensbeſchreibung ꝛc.) 1 Thlr. 4 Gr.

Bilderbuch, aſiatiſches, oder das aſiatiſche Magazin. 9 Hefte, in einem Bande zu herabgeſetztem Preis. Mit 52 illum. Kpfrn. 4. 8 Thlr.

Bingley's, W., Biographieen der Thiere, oder Annalen von den Fähigkeiten, der Lebensart den Sitten und der Haushaltung der thieriſchen

Schöpfung. Nach dem Engliſchen mit Zuſätzen bearbeitet und mit einer Einleitung über die Pſychologie der Thiere verſehen von Dr. J. A. Bergk. 8. 3 Theile. 2 Thlr. 6 Gr.

Auch unter dem Titel:

Bingley's, W., Thierſeelenkunde, oder Sammlung merkwürdiger Anekdoten aus dem Thierreiche, und Schilderung des geiſtigen Zuſtandes der Thiere. Nach dem Engliſchen bearbeitet und mit Bemerkungen aus der Organenlehre des Dr. Gall in Anſehung des Thierreichs verſehen v. Dr. Bergk. 8.

Bonaparte's Sündenbekenntniß vor dem Cardinal Maury, nebſt einer Unterredung des Generals Berthier, Prinzen von Wagram, mit dem Cardinal Maury. Aus dem Franzöſiſchen des Generals Sarrazin. 8. broch. 1 Thlr.

Bonapartes Reiſeabentheuer von Fontainebleau nach der Inſel Elba, nebſt Darſtellung ſeines Benehmens in den letzten Tagen ſeiner Regierung und mehrern Zügen ſeines Characters. Aus dem Franzöſiſchen. 18 Gr.

Brogniart, Prof. und Dir., über die Farben, die man aus Metallkalken erhält, und die ſich durch Schmelzung auf glasartige Körper befeſtigen laſſen. Ueberſetzt und mit Anmerkungen begleitet von G. Frick. (Beſonders abgedruckt aus dem 47. Hefte des Magazins aller neuen Erfindungen). 4to. 6 Gr.

Bruchſtücke aus dem Leben des Charles, Schulmeiſters von Meinau. 12. broch. 12 Gr.

Buch, das goldene, für hohe und niedere Stände oder Grundregeln gut, klug und leicht durch die Welt zu kommen. Zweite verbeſſerte Auflage, aus dem Engliſchen nach der eilſten Ausgabe, gr. 8. 1 Thlr. 8 Gr.

— — das nöthige, für alle Klaſſen des Adels, oder Elemente der Heraldik, welche dem Adel, Beamten, Künſtler und jeden gebildeten Staatsbürger unumgänglich zu wiſſen nothwendig ſind. Mit 116 Kupferabbildungen. gr. 8. broch. 1 Thlr. 12 Gr.

Buchbinderkunſt, die engliſche, enthaltend, eine Beſchreibung von dem Werkzeuge, Vorrichten, Vergolden und Ausarbeiten, Schreibbücherbinden, Schnittfärben, Marmoriren, Sprengen ꝛc. Mit einem Holzſchnitt. Zweite Auflage. kl. 8. 12 Gr.

Busby, Thomas, allgemeine Geſchichte der Muſik, von den früheſten bis auf die gegenwärtigen Zeiten, nebſt Biographien der berühmteſten muſikaliſchen Componiſten und Schriftſteller. Aus dem Engliſchen überſetzt und mit einigen Anmerkungen und Zuſätzen begleitet von C. F. Michaelis. In zwei Bänden. Erſter Band gr. 8. 2 Thlr. 12 Gr. Zweiter Band 3 Thlr. 12 Gr.

Cäcilie, oder die Roſe von Raby. Ein hiſtoriſcher Roman von Agnes Musgrave. Nach der dritten Ausgabe bearbeitet von Henriette Schubart. 8. 2 Bände 3 Thlr.

Calender, immerwährender, der geſunden Vernunft, oder Handbuch zur Erklärung des Kalenders auf alle Jahre. Allen Biedermännern hohen und niedern Standes, welche vernünftige Begriffe zu befördern ſuchen, gewidmet. 8. 8 Gr.

Chiromantie, oder Wahrſagerkunſt aus den Händen, nebſt einem Wahrſager aus den Adern; der Ausmeſſung der Hand, um dadurch zu entdecken, wenn die vornehmſten Fälle im menſchlichen Leben ſich ereignen; der Länge des Lebens; der Zeit der Verheirathung. Mit Kpfrn. 12 Gr.

Colligni, Admiral von Frankreich. Ein Trauerſpiel in fünf Acten von Eduard Marſchner, gr. 8. 1 Thlr. 8 Gr.

Cruickſhank's, W., Verſuche und Erfahrungen über die Wirkſamkeit des Sauerſtoffs zur Heilung der Luſtſeuche. Aus dem Engliſchen mit einer Einleitung von Dr. J. C. F. Leune. 8vo. 8 Gr.

Cumings, Alex., Elemente der groſen und kleinen Uhrmacherkunſt. Aus dem Engliſchen mit Anmerkungen von J. G. Geißler. gr. 8. mit 16 Kupfern. 2 Thlr. 12 Gr.

Denkmal der Reformation Luthers beim dritten Jubelfeſte am 31. October 1817. aufgeſtellt und herausg. von F. R. Lenke. Dritte Auflage mit

7 Kpfrn. allegor. Titel und Umſchlag, gr. 8. 1 Thlr. 12 Gr.

Denkwürdigkeiten über Napoleons Privatleben, Rückkehr und Regierung im Jahre 1815. Von ſeinem Privat- und Cabinetsſecretair Herrn Fleury von Chabaulon. Aus dem Franzöſiſchen überſetzt von Dr. Bergk. gr. 8. 1 Thlr. 16 Gr.

Dictionaire für Pferdeliebhaber, Pferdehändler, Bereiter, Cur- und Hufſchmidte; oder vollſtändiges Handwörterbuch der ſämmtlichen Roßkunde, von Carl Friedrich Buſchendorf, Privatgelehrten in Leipzig; fortgeſetzt von v. Arnim. 5 Thlr. gr. 8. mit Kpfrn. 4 Thlr.

Echo, das, der Säle von Paris, oder merkwürdige Erzählungen und unbekannte Anekdoten von Napoleon, ſeiner Regierung, ſeiner Umgebung, ſeinem Hofe und ſeinen Beamten, 1s u. 2s Bändchen, auch unter dem Titel: **Bonaparte und ſeine Familie.** 8. broch. à 18 Gr.

— das, aus den Sälen europäiſcher Höfe und vornehmer Zirkel, oder merkwürdige Erzählungen und unbekannte Anekdoten von den Ereigniſſen der neueſten Zeit, IIIr Bd. 1s — 5 Heft und 1s — 6s Heft auf 1819 und 1s — 6s Heft auf 1820 à 12 Gr. Führt auch den Titel von der Ameiſe 18 — 44. Sammlung.

Ehe, die, aus dem Geſichtspunkte der Natur, der Moral und der Kirche, betrachtet von Prof. Dr. Joh. Chr. Gottfr. Jörg und Dr. Heinr. Gottl. Tzſchirner. gr. 8. 1 Thlr. 12 Gr.

England und die Engländer. 8. br. 1 Thlr. 8 Gr.

Epigrammen, Charakters, über ausgezeichnete hiſtoriſche Perſonen der alten und neuern Zeit. Ein Verſuch von D. S. 12mo. 1 Thlr.

Eremit, der, vom Wintermeere. Ein Roman aus dem Engliſchen bearbeitet von Henriette Schubart. kl. 8. 16 Gr.

Erinnerungs-Almanach, täglicher, hiſtoriſch-politiſcher. Eine Taſchenbibliothek der wiſſenswürdigſten Ereigniſſe aus 27 Jahrhunderten. kl. 8. broch. 1 Thlr. 16 Gr.

Erneſti, Prof. J. C. G., Synonymik, allgemeine lateiniſche, nach der 2ten Ausgabe von Gardin Dumesnil Synonymes latins, zum bequemern und nützlichern Gebrauch für Deutſche, als Handwörterbuch bearbeitet. gr. 8. 3 Bände. 1r 1 Thlr. 2r 1 Thlr. 3r 1 Thlr. 12 Gr. zuſammen 3 Thlr. 12 Gr.

Fenelons, Salignac de la Motte, Lebensbeſchreibungen der berühmteſten Philoſophen Griechenlands, nach der neueſten Pariſer Ausgabe von 1795, überſetzt und bearbeitet von Dr. Gruber. 8. 12 Gr.

Forſter, Thomas, über die Wolken und andere Erſcheinungen in der Atmoſphäre. Nebſt mehreren die Anſicht der Wolken u. ſ. w. erläuternden Kupfern. Aus dem Engliſchen. gr. 8. broch. 1 Thlr. 12 Gr.

Franck, J. P., Abhandlung über eine geſunde Kindererziehung nach mediziniſchen und phyſiſchen Grundſätzen, für ſorgſame Aeltern, beſonders für Mütter, denen ihre und ihrer Kinder Geſundheit am Herzen liegt. Aus dem Lat. überſ. gr. 8. neue Aufl. 12 Gr.

Frankfurther Taſchen-Kochbuch, das allerneueſte, oder nützliche, aus eigener Erfahrung erprobte Recepte, zu Verfertigung gewöhnlicher und köſtlicher Speiſen, von einem Frauenzimmer. Erſter Theil. Zweite viel vermehrte Ausgabe. kl. 8. 12 Gr.

Freundſchaft mit Gott. Ein Verſuch zur Erweckung des religiöſen Gefühls. Nach dem Engliſchen des Richard Jones, neu bearbeitet vom Adjunct. C. F. L. Netto, Prediger in Ober-Weimar. Zweite Auflage. 8. 1 Thlr.

Fußarzt, der, oder die Kunſt, die Füße zu behandeln und Fußſohlengeſchwülſte, Froſtbeulen Warzen, Nagelkrankheiten und unmäßige Fußſchweiße gründlich zu heilen. Nach dem Franzöſiſchen bearbeitet v. Dr. Heinrich Robbi, nebſt einem Anhange von Dr. Joh. Chr. Gottfr. Jörg, Profeſſor an der Univerſität zu Leipzig. kl. 8. 12 Gr.

Gallerie berühmter Männer aller Nationen und aller Zeiten. Nach dem Franzöſiſchen. 3 Thle. Mit 216 Portraits. 8. (in Commiſſion.) 6 Thlr.

Gartenbaukunſt, neue, oder Sammlung neuer Ideen zur Verzierung der Parks und Gärten. 1 — 6 Lieferung mit 40 Kpf. Folio. à 2 Thlr.

Geheimniß, entdecktes, die Karte zu legen oder zu ſchlagen, was in franzöſiſcher Sprache genannt wird: dire la bonne fortune, als ein Beitrag zur geſellſchaftlichen Unterhaltung; geliefert von einem Ungenannten, dem dieſe Wiſſenſchaft bis jetzt unendlich viel Vergnügen im Zirkel ſeiner Freunde und Bekannten gewährte. Mit ausgemalten Plans. Neue verbeſſ. Aufl. 12. Schreibpp. in 4 Abthl. 2 Thlr. 4 Gr.

Geheimniſſe, die enthüllten, des Pharao-Spiels, oder die Künſte der Bankiers beim Pharao in Vergleichung mit den Ränken der Pointeur. Erläutert durch hierauf Bezug habende Anekdoten und Erzählungen. kl. 8. 12 Gr.

Genius, der ſchützende. Eine Geſchichte voller Wunder, aber ohne Geiſter. Von S. 2 Theile, mit einem Kpfr. Schreibpp. 8. 1 Thlr. 12 Gr.

Geſetze, die, des Caſinoſpiels, und die Regeln es zu ſpielen. Aus dem Engl. überſetzt und vermehrt von A. F. Thölden in London. 2te Auflage. 8. Schreibpapier. 6 Gr.

Geſundheitsfreund, der, oder allgemein faßliche Anweiſung, die vorzüglichſten Krankheiten des menſchlichen Körpers nach den neueſten Entdeckungen in der Arzneiwiſſenſchaft ſelbſt zu behandeln. Nach der eilften verbeſſerten Ausgabe des Richard Reece, aus dem Engliſchen überſſetzt und herausgegeben von Dr. C. G. Kühn. 8. 1 Thlr. 16 Gr.

Glück, häusliches, oder die rechtſchaffene Wittwe im Kreiſe ihrer Kinder. Von der Verfaſſerin der Lotte Wahlſtein. Mit einem Titelkupfer. Schreibpapier. 8. 16 Gr.

Grohmann, J. C., neues hiſtoriſch-biographiſches Handwörterbuch, oder kurzgefaßte Geſchichte aller Perſonen, welche ſich durch Talente, Tugenden, Erfindungen, Irrthümer, Verbrechen oder irgend eine merkwürdige Handlung von Erſchaffung der Welt an bis auf gegenwärtige Zeiten auszeichneten. Nebſt unpartheyiſcher Anführung deſſen, was die ſcharfſinnigſten Schriftſteller über ihren Charakter, ihre Sitten und Werke geurtheilt haben. 8. 10 Theile. 7 Thlr. 12 Gr.

(Vom 8. Supplement-Theile an wird dieſes Werk durch Hrn. Prediger W. D. Fuhrmann fortgeſetzt.)

Guide to Health, oder Anleitung, ſeine Geſundheit zu erhalten, ſein Leben zu verlängern, und in Krankheiten ſein eigner Arzt zu ſeyn; von Townſend. Aus dem Engliſchen überſetzt von einem practiſchen Arzt. 8. 1 Thlr.

Günthers, Dr. Ernſt, des Quintus Horatius Flaccus, vier Bücher der Oden in gereimten Verſen. 8. 1 Thlr.

Gutmanns, Vater, Spaziergänge mit ſeinen Kindern oder Unterhaltungen über Natur, Menleben und Verſehung mit der erwachſenen Jugend. Vom Verfaſſer des mythologiſchen und naturhiſtoriſchen Kinderfreundes. In zwei Theilen. 1 Thlr.

Hausrath, nützlicher, eine Auswahl erprobter Mittel für bürgerliche und ländliche Haushaltungen; aus dem Magazin aller neuen Erfindungen, 66 Hefte, beſonders abgedruckt. 2 Theile. 8. broch. à 16 Gr.

Heinrich und Klärchen, eine wahre Geſchichte aus den letzten zehn Kriegsjahren. Aus dem 18. Hefte der Ameiſe beſonders abgedruckt. 12. broch. 12 Gr.

Heldenbuch. Ein Denkmal der Großthaten in den Befreiungskriegen von 1808 bis 1815. Deutſchen Vaterlandsfreunden und beſonders der Jugend gewidmet von Chr. Niemeyer, Verfaſſer des deutſchen Plutarchs. Fünfte Auflage. Mit 46 Portraits und einer illum. Gruppe, in allegor. Umſchlag. broch. 1 Thlr. 16 Gr.

Heydenreich's Prof., Gedichte. Mit Kpfrn. 2 Theile. 8. 1 Thlr.

— — Ideen über die intereſſanteſten Gegenſtände der Philoſophie, nebſt einem kritiſchen Anzeiger der wichtigſten philoſophiſchen Schriften. 3 Bände. 1r 1 Thlr. 2r, 3r à 18 Gr.

Holzweißig's, J. G., Anweiſung zur Treppen-Baukunſt; für Anfänger und Liebhaber der Baukunſt, beſonders für Zimmerleute. Mit 16 Kupfern. Folio. 2 Thlr. 12 Gr.

Für Schuldirektoren, Schullehrer und ſolche, die ſich ſelbſt in Wiſſenſchaften unterrichten wollen.

Katechiſmus der Architektur mit Kupfern. 12 Gr.
Katechiſmus des Handels. 12 Gr.
Katechiſmus der Muſik. 12 Gr.
Katechiſmus der Botanik mit Kpfrn. 1ſte Abtheilung. ſchwarz 1 Thlr. 12 Gr. bunt 2 Thlr.
Desgleichen 2r Theil. mit Kpfrn. 1 Thlr. 12 Gr.
Katechiſmus der Erdbeſchreibung. 12 Gr.
Katechiſmus der Naturgeſchichte mit Kpfrn. 12 Gr.
Katechiſmus der Geometrie. 12 Gr.
Katechiſmus der Chemie. 12 Gr.
Katechiſmus der römiſchen Geſchichte. 12 Gr.
Katechiſmus der Geſchichte des alten Griechenlands. 12 Gr.
Katechiſmus der neuern Geſchichte. 12 Gr.
Katechiſmus der Perſpective mit Kupfern. 8 Gr.
Katechiſmus der Zeichnung und Malerei. 12 Gr.
Katechiſmus für Mütter. 6 Gr.
Katechiſmus der Höflichkeit und feinen Lebensart. 8 Gr.
Katechiſmus der Mythologie. 12 Gr.
Katechiſmus der griechiſchen Alterthümer. 12 Gr.
Katechiſmus der jüdiſchen Alterthümer. 12 Gr.
Katechiſmus der römiſchen Alterthümer. 12 Gr.
Katechiſmus der Sternkunde. 12 Gr.
Katechiſmus der Mechanik mit Kupfern. 16 Gr.
Katechiſmus der ſächſiſchen Geſchichte. 18 Gr.
Katechiſmus der preußiſchen Geſchichte. 16 Gr.
Kleiner Katechiſmus, Dr. Martin Luthers, von M. G. H. Roſenmüller. 6 Gr.
Katechiſmus der Phyſiologie. 16 Gr.
Katechiſmus der Logik. 16 Gr.
Katechiſmus der Phyſik 16 Gr.
Katechiſmus über die Pflichten der Kinder. 8 Gr.
Katechiſmus, erſter für Kinder. 8 Gr.
Katechiſmus der Geſundheit. 8 Gr.
Katechiſmus über den Gebrauch des Erdglobus. 8 Gr.
Katechiſmus der Licht- und Schalllehre. 8 Gr.
Katechiſmus der Aeſthetik und Geſchmackslehre. 12 Gr.
Katechiſmus der Electrizität. 16 Gr.
Katechiſmus der Homöopathie. 16 Gr.

Katechiſmus der Mineralogie. 18 Gr.
Katechiſmus der Algebra. 18 Gr.
Katechiſmus der Chirurgie. 1 Thlr.
Katechiſmus der Rechenkunſt.

Baumgärtnerſche Buchhandlung.

Ferner iſt daſelbſt erſchienen:

M. G. H. Roſenmüller,

Mitgabe für das ganze Leben

beim Austritt aus der Schule und Eintritt in das bürgerliche Leben am Tage der Confirmation der Jugend geheiligt. Dritte vermehrte und verbeſſerte Auflage. broch. kl. 8. Mit allegor. Titelkupfer. 16 Gr.

Im Induſtrie-Comptoir iſt erſchienen:

Die Wunder des Mikroscops,

oder Darſtellung der Weisheit des Schöpfers in verhältnißmäßig kleinen Gegenſtänden für Freunde des Wiſſens. Mit 9 Kpfrn. gr. 8. 1 Thlr. —

Dieſes Buch ſchließt für die Jugend eine neue Welt auf, reizt mächtig die Wißbegierde und erhebt den Geiſt zur Bewunderung der Natur und ihres Schöpfers: wer ſollte ſich nun nicht angelegen ſeyn laſſen, eine ſo lehrreiche und nützliche Schrift in die Hände der Jugend, ihrer Lehrer und Erzieher zu bringen, damit ſie das Vergnügen genießen, welches neue Aufklärungen über den Menſchen und die Natur gewähren?

Die Wunder des Himmels

und das Syſtem des Weltalls in einem faßlichen Vortrage zur Beförderung und Erleichterung der aſtronomiſchen Kenntniſſe für Jedermann. Mit 12 Tafeln. Aus dem Engliſchen. gr. 8. Preis. 1 Thlr.

Die erhabenen Gegenſtände der Sternkunde machen den Inhalt dieſes Werkes aus, welches ſich dadurch auszeichnet, daß es in einem faßlichen und mit dichteriſchen Stellen belebten Style zu den Betrachtungen der Himmelskörper hinführt, und dieſe genau ſo, wie ſie in den beſten Teleskopen erſcheinen, darſtellt, auch alles beibringt, was über die Planeten, Kometen und Sonnenſyſteme von den erſten Aſtronomen, namentlich von Herſchel, Merkwürdiges entdeckt, gelehrt und gemuthmaßt worden iſt. Beſondere Abſchnitte handeln von den Sternbildern und von den verſchiedenen Teleſkopen. Die erklärten Abbildungen geben Allem die höchſte Anſchaulichkeit.

Reſultate
der
bis jetzt unternommenen
Pflanzenanalyſen.

Reſultate

der

bis jetzt unternommenen

Pflanzenanalyſen,

nebſt

ausführlich chemiſch-phyſikaliſcher Beſchreibung

des Holzes, der Kohle, der Pflanzenſäfte und einiger
andern wichtigen Pflanzenkörper,

von

Guſtav Theodor Fechner,

Doctor der Philoſophie, akademiſchem Docenten zu Leipzig, Mitgliede
mehrerer gelehrten Geſellſchaften.

Leipzig, 1829.
Verlag von Leopold Voß.

A D
BIBL. UNIV.
MONAC.

Universitäts-
München
Bibliothek

Vorwort.

Das vorliegende Werk iſt nicht beſtimmt, eine ausführliche Darſtellung oder kritiſche Erörterung des Ganges aller bis jetzt angeſtellten Pflanzenanalyſen oder der chemiſchen und phyſiſchen Verhältniſſe aller in dieſer Hinſicht unterſuchten Pflanzenkörper zu liefern, welches ein Unternehmen von viel größerm Umfange geweſen ſeyn würde; es ſoll aber eine Zuſammenfaſſung der Reſultate dieſer Analyſen, in ſo fern ſie nicht in den Zeitraum fallen, wo die pflanzliche Zerlegungskunſt überhaupt noch in ihrer erſten Kindheit war, nebſt Angabe der Quellen, wo man ſich ausführlicher darüber belehren kann, enthalten, und blos den Gang einiger wichtigern Zerlegungen nebſt der ausführlich chemiſch-phyſikaliſchen Beſchreibung verſchiedener Pflanzenkörper, über die es bei ihrer Wichtigkeit doch zum Theil noch an einer genügenden Zuſammenſtellung in dieſem Bezug fehlt, darlegen.

Die Ordnung anlangend, die ich befolgte, ſo könnte man es vielleicht für angemeſſener gefunden haben, wenn ich die Pflanzenkörper nicht ſowohl nach den Theilen der Pflanzen und alphabetiſcher Ordnung, als nach ihrer Stelle im natürlichen Syſtem geordnet hätte. Wenn man indeß bedenkt, daß die Beziehungen, welche die Pflanzenanalyſe zwiſchen der Stellung der Pflanzen im Syſteme und ihrer Zuſammenſetzung nachgewieſen hat, noch ſehr unvollſtändig und jedenfalls bis jetzt wenig fruchtbar ſind, ſo wird man die hier gewählte Ordnung, die ich für practiſcher gehalten, hoffentlich gerechtfertigt finden.

Hinſichtlich der Einrichtung im Einzelnen bemerke ich folgendes: Die Zahlen, welche den Beſtandtheilen vorgeſetzt ſind, bedeuten ſtets Gewichtsprocente, wo nicht ein anderes Verhältniß beſonders angegeben iſt. Wenn eine Geſammtquantität verſchiedener Beſtandtheile zu Einer Zahl gehört, ſo ſind ſie ſtets blos durch Kommata von einander getrennt; dagegen vor jeder neuen Zahlbezeichnung ein Semikolon eintritt. Die Einſchaltungen (Rep. I oder II) deuten ſtets Beziehungen auf den erſten oder zweiten Band meines Repertoriums der organiſchen Chemie an, dem ſich dieſes Werk als eine Ergänzung anſchließt. Dort wird man die vollſtändige Beſchreibung der Beſtandtheile, welche hier als Ergebniſſe der Analyſen aufgeführt worden ſind, finden, ſo wie eine Darſtellung des Verfahrens, welches bei Pflanzenanalyſen zu befolgen iſt.

Inhaltsverzeichniß.

Seite
Früchte und Saamen 1
Saamen der Gramineen, Getreide, Mehl 32
Ueber das ſpec. Gewicht der Saamen 37
Pollen oder Saamenſtaub 49
Blumen 53
Kraut (Blätter und Stengel) 58
Wurzeln 80
Holz und Rinden 114
Kryptogamen 133
Rothfärbende Materie des Schnee's, Regens, der Seen und Speiſen 148
Säfte der Pflanzen 160
Ausgepreßte Pflanzenſäfte 160
Eigenthümliche Säfte 178
I. Milchſäfte der Pflanzen im Allgemeinen und namentlich caoutchouchaltende 179
Opium 192
Milch der Cocosnuß 200
Milch des Kuhbaums 201
Milch der Carica papaya 202
Milch des Spargels 206
Milch der Hura crepitans 207
II. Gummige und harzige Säfte 208
III. Verſchiedene Baumſäfte durch Abzapfen erhalten . . 219
IV. Verſchiedene Pflanzenſäfte 222
Katechu 222
Kino 224
Manna 228
Upasgifte 229
Urari 233

Seite
Eigenthümliche pflanzliche Excretionen, Concretionen, Verſteinerungen u. ſ. w. 233
Gasarten in den Höhlungen verſchiedener Gewächſe . . . 240
Holz 241
Aſche der Hölzer 276
Organiſche Kohle 282
Ruß 304
Steinkohlentheer 306
Steinkohle 308
Verſchiedene foſſile kohlige Subſtanzen 323
Nachträge 324

Früchte und Saamen.

Adansonia digitata. L. (A. Boabab. Gärtn., Affenbrodbaum). —

Nach Vauquelin beſteht das, die ölhaltigen Saamen umgebende, ſüßſchmeckende Mark aus einem, dem arab. Gummi ähnlichen, Stoffe; einem gährungsfähigen, nicht kryſtalliſirbaren, Zucker; aus einem Satzmehl; einer der Aepfelſ. gleichenden Säure und Holzſtoff (Mém. du Mus. VIII. Schweigg. J. N. R. V. 456).

Aesculus hippocastanum. L. (Roß-Kaſtanien). — Die jungen Kaſtanien mit ihren Piſtillen gleich nach dem Abfallen der Blüte, nach Vauquelin: bittres grünes Harz; Gerbſtoff; ſchleimige Materie oder Verbindung von Gerbſtoff mit thier. Mat.; Holzfaſer; Ammoniak und Eiſen mit überſchüſſiger Salzſäure (kein Stärkmehl). — Die Scheidewände der Frucht nach demſelben: Blattgrün; Bitterſtoff: Gerbſtoff; ſchleimige Materie; Holzfaſer; freie Säure; Kaliſalz und ſaurer phosphorſ. Kalk. — Die innere Schaale der Frucht nach demſelben: Harz; Bitterſtoff; Gerbſtoff; Holzfaſer; freie Säure, vermuthlich Phosphorſäure und einige Kalkſalze. — Die äußere grüne Rinde der Frucht nach demſelben: viel Blattgrün; eiſenbläuender Gerbſtoff; Bitterſtoff; Salze. — Die Aſche der verſchiedenen Theile der Roßkaſtanie nach demſelben: chlſ. und phosphorſ. Kali; chlſ. und phosphorſ. Kalk; Kieſelerde und Eiſenoxyd. (Der chlſ. Kalk der Aſche rührt beſonders von kleeſ. Kalk her.) (Ann. de Chim. LXXVII. 309. und LXXXIII. 36.)

Nach Hermbſtädt die von der äußern Schaale befreiten Roßkaſtanien: 1.21 fettes Oel; 11,45 bittrer Extractivſtoff; 17,19 Eiweis; 13,54 Gummi; 35,42 Stärkmehl; 19,78 mehlartiger Faſerſtoff; 0,41 Verluſt (Hermbſtädt Archiv IV. H. 2. S. 360).

Nach Vogelgeſang ſind in 10 Unzen friſcher Roßkaſtanien enthalten: 1 Unze 5 Dr. 24 Gran bittres, in Weingeiſt auflösliches, Oel; 1 Unze 6 Dr. 40 Gran Stärkmehl; 1 Unze 5 Dr. 24 Gran Kleber, mit Faſerſtoff verbunden; 1 Unze 20 Gran Gummiſtoff; 5 Unzen Waſſer (Trommsd. J. XX. St. 1. S. 140).

Nach **Darcet** geben 100 Kil. Kaſtanien 1,80 Kil. Aſche. 600 Grammen dieſer Aſche enthalten 311,4 Grammen in Waſſer unauflöslichen Rückſtandes und 299,8 calcinirte auflösliche Salze. 100 Grammen dieſer Salze geben 65 Grad (v. C.?) Gehalt der beſten Pottaſche (Ann. de Ch. LXXIX. 149). Wegen des großen Stärkmehlgehalts der Roßkaſtanien nahm **Murray** im J. 1796 ein Patent, um dieſelbe daraus zu bereiten; doch bemerkt ein Andrer (im Monthly mag.), daß er dieſe immer nur mit gelber Farbe erhalten konnte. (Scherer J. V. 797.)

Aesculus Pavia. — **Woodhouſe** erhielt aus einer Nuß, die 1 Unze 25 Gran wog, 44 Gran feines Stärkmehl, das vollkommen weiß und ſehr gut zum Verbrauch war. Das erſte Waſchwaſſer des Stärkmehls enthält nach ihm einen giftigen Stoff, der bis zur Extractdicke eingedampft die Blaſen kleiner Fiſche ſehr aufblähet (Scherer J. V. 797).

Amygdalus communis. — **Die bittern Mandeln.** Nach **Vogel**: Unbeſtimmte Menge*) blauſäurehaltigen Oels (Rep. I. 1066); 28,0 fettes Oel; 6,5 Schleimzucker; 3,0 Gummi; 5,0 Holzfaſer; 30,0 Emulſin; 8,5 Schaale. Auch vermuthet **Vogel** noch Gerbſtoff darin. (Schweigg. J. XX. 59).

Nach **Stange** bleibt jedesmal bei Deſtillation der bittern Mandeln mit W. in der Retorte eine ſtark ſauer reagirende Fl., welche nicht durch eſſigſ. Bley gefällt, und auch aus den Kirſchkernen erhalten wird. Beim Kochen zerſtoßener bitterer Mandeln mit W. in einem Kolben zeigte ſich durch Silber, eſſigſ. Bley, Kupferblech deutlich Entwickelung von Schwefelwaſſerſtoff. (Buchner Repert XVI. 105.)

Die ſüßen Mandeln. — Nach **Boullay**: 54 fettes Oel; 24 Käsſtoff (Emulſin); 6 flüſſiger Zucker; 3 Gummi; 4 Holzfaſer; 5 Schaale; 3½ Waſſer; ½ Eſſigſ. und Verluſt (Ann. de Ch. et de Ph. VI. 40. Trommsd. N. J. III. St. 1. 352).

Amygdalus persica. — Der Saft der reifen Früchte enthielt daſſelbe als Birnen und Aepfel (**Berard**).

Anona triloba. — Die Frucht nach **Laſſaigne**: Wachs; Blattgrün; wenig Bitterſtoff; Schleimzucker; Gummi; Holzfaſer; Aepfelſ.; äpfelſ. Kalk und Kaliſalze (Trommsd. N. J. III. St. 2. 309).

Apium graveolens. L. (Selleri). — Der Saame im lufttrocknen Zuſtande nach **Tietzmann**: 1,90 äther. Oel (Rep. I. 1033); 5,35 eigenthümlichen Balſam (Rep. I. 1344); 3,65 Extractivſtoff; 8,20

---

*) **Pagenſtecher** will aus 1 Pfund bittrer Mandeln 1 Drachme erhalten haben (Trommsd. J. XIX. 73). W. **Ittner** konnte aus 6 Pfund nur 1 Dr. 40 Gr. darſtellen (Schweigg. J. XXIV. 393).

Schleim mit etwas Extractivſtoff und Spuren eines Kalkſalzes; 67,80 Holzfaſer; 15,00 Feuchtigkeit; 1,90 Ueberſchuß; weder Stärkmehl, noch Eiweisſtoff, noch Hartharz (Trommsd. Taſchenb. 1821. 69).

Arachis hypogaea. — Die Mandeln nach Payen und Henry *): 1) 47 p. C. fettes Oel; 2) Käsſtoff (Emulſin); 3) Waſſer; 4) Holzfaſer; 5) kryſt. Zucker; 6) phosphorſ. Kalk; 7) Gummi?; 8) Farbſtoff; 9) Schwefel; 10) Stärkmehl; 11) äpfelſ. Kalk?; 12) ätheriſches Oel?; 13) ſalzſ. Kali; 14) freie Aepfelſäure? (Journ. de chim. méd. 1825. oct. 436).

Areca catechu. (Arekapalme). — Die Früchte nach Morin: Flüchtiges Oel; ein grünlicher fetter Stoff, beſtehend aus Elain und Stearin; eine große Menge Gerbſtoff; ein eigenthümliches, dem in den Leguminoſen vorkommenden, ähnliches Princip; ein, wie es ſcheint dem unaufl. Chinaroth ähnlicher, Stoff (Rep. I. 905); Gummi; Holzfaſer; Gallusſ.; eſſigſ. Ammoniak; ſauerkleeſ. Kalk; Mineralſalze; Eiſenoxyd und Kieſelerde (Journ. de pharm. VIII. 449. Buchner Repert. XV. 243).

Artemisia judaica, santonica, contra. — Von dieſen Species kommt der Wurmſaame oder Zittwerſaame, Semen Cinae s. Santonici. — 100 Theile des gut ausgetrockneten levantiſchen Saamens enthalten nach Trommsdorff 0,8 flüchtiges Oel (Rep. I. 1035); 11,0 Harz (Rep. I. 1346); 21,0 eigenthümlichen Extractivſtoff (Rep. I. 671) mit äpfelſ. Kalk; 36,0 gummigen, faſt geſchmackloſen, leicht in W., nicht in Alkohol oder Aether auflöslichen, Extractivſtoff; 20 durch Aetzlauge erhaltenen Extractivſtoff; eine Spur Schwefel; 12 holzigen oder faſrigen Theil, der durch Einäſchern khlſ., ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali; Kieſelerde; phosphorſ. und kohlenſ. Kalk lieferte (Trommsd. N. J. III. St. 1. S. 309). — Der levantiſche Saame enthält nach Wackenroder 7,30 p. C. Feuchtigkeit; 0,39 p. C. äther. Oel. — Der hievon befreite Saame in 100 Thl. 0,35 Cerin (Rep. I. 1125); 4,45 eigenthümliche harzartige braune bittre Subſtanz (Rep. II. 848); 6,05 grünes aromatiſch-ſcharfes Balſamharz (Rep. II. 857); 20,25 eigenthümlichen Bitterſtoff (Rep. II. 707) mit beigemiſchtem ſalzſ. nebſt ſchwefelſ. Kali und ſauren äpfelſ. Kali und Kalk; 15,50 gummigen Extractivſtoff; 8,60 Ulmin durch Aetzlauge gewonnen; 35,45 Holzfaſer; 2,00 äpfelſ. Kalk nebſt etwas Kieſelerde und vegetabiliſcher Subſtanz; 6,70 beigemengte fremdartige erdige Materien; 0,65 Verluſt. — Der lufttrockne Wurmſaame hinterließ 10,10 p. C. Aſche, beſtehend aus 1,50 ſalzſ. und ſchwefelſ. nebſt wenig khlſ. Kali und 8,60 Kalk, Magneſia und Kieſelerde,

---

*) Die Beſtandtheile nach der Reihenfolge der größern Quantität geordnet.

Thonerde und Eiſenoxyd. — Den oſtindiſchen Wurmſaamen anlangend, ſo verlor der lufttrockne durch Austrocknen in mäßiger Wärme 7,1 p. C.; durch Deſt. mit W. an äther. Oel 1,78 p. C. Der hievon befreite Saame enthielt: 0,48 Cerin; 7,59 grünes aromatiſch-ſcharfes Balſamharz, von dem des levantiſchen Saamens nur durch einen ſchärfern Geruch und Geſchmack ausgezeichnet; 6,53 eigenthümliche harzartige braune bittre Subſtanz; 21,53 eigenthümlichen Bitterſtoff vermiſcht mit ſalzſ. nebſt wenig ſchwefelſ. Kali, mit äpfelſ. Kali, äpfelſ. Magneſia und wenig äpfelſ. Kalk und einem Ueberſchuß an Aepfelſ.; 15,24 gummigen Extractivſtoff; 10,25 Ulmin durch Kalilauge gewonnen; 35,57 Holzfaſer; 4,13 äpfelſ. Kalk mit etwas Kieſelerde und vegetabiliſcher Subſtanz. — 100 lufttrockner oſtindiſcher Wurmſaame hinterließ 7,09 p. C. Aſche, beſtehend aus 2,998 ſalzſ., ſchwefelſ. und wenig khlſ. Kalk und 4,092 Kalk, Magneſia nebſt Kieſelerde, Thonerde und Eiſenoxyd (Kaſtn. Arch. XI. 78).

Analyſe nach Trommsdorff. 1) 1000 Gran verlieren 100 Gran W. beim Trocknen. — 2) Deſtillation mit W., welches ätheriſches Oel mit übernimmt. — 3) Filtriren des bei (2) in der Retorte gebliebenen Rückſtandes, Verſetzen zur einen Hälfte mit neutralem ſauerkleeſ. Kali, welches ſauerkleeſ. Kalk fällt, zur andern Hälfte mit Bleyzucker, Zerſetzen des mit letzterm erhaltenen Niederſchlags mit Schwefelwſſt., wodurch Aepfelſ. in die Fl. abgeſchieden wird. — 4) a. Wiederholte Digeſtion von neuem trocknen Saamen mit 95 procentigem Alkohol, Auswaſchen mit ſiedendem Alkohol; Concentriren der vereinigten Flüſſigkeiten und freiwilliges Verdunſten derſelben, wo eine ſchmierige ſchwarzgrüne Maſſe zurückbleibt. b. Kochen dieſer Materie mit W., wo ſich das *Harz* wie ein ſchwarzes Oel niederſchlägt. c. Verdunſten der Flüſſigkeiten von (b) an der Sonne, wo *eigenthümlicher Extractivſtoff* mit einer Spur von äpfelſ. Kalk zurückbleibt. — 5) Maceriren des Saamenrückſtandes von (4) mit deſt. W., gelindes Abdampfen und zuletzt Verdunſten an der Sonne, wo *gummiger Extractivſtoff* mit einer Spur äpfelſ. Kalk bleibt. — 6) Auskochen des Saamenrückſtandes von (5) mit W., Abdampfen des filtrirten Auszugs, wo wiederum *gummiger Extractivſtoff* ohne äpfelſ. Kalk bleibt. — 7) Auskochen des Saamenrückſtandes von (6) mit verdünnter Aetzkalilauge in einem ſilbernen Keſſel, der dabei bunt anläuft; Neutraliſiren der von der rückgebliebenen *Faſer* abfiltrirten Fl. mit Eſſigſ., Abdunſten zur Trockniß, Ausziehen mit Alkohol, der das eſſigſ. Kali aufnimmt und Extractivſtoff läßt, der ſich nicht ſehr vom vorher erhaltenen gummigen unterſcheidet. — 8) Einäſchern des Faſerrückſtandes.

Gang der Analyſe nach Wackenroder (des levantiſchen Saamens). — 1) Austrocknen. 2) Deſtilliren mit Waſſer zur Darſtellung des äther. Oels. 3) A. Digeſtion mit Waſſer bis zur Erſchöpfung; a) Filtration, wobei die an der Wurzel anhängenden fremdartigen Materien zurückbleiben; b) Verdunſtung der filtrirten Fl., Behandeln des Extracts mit Alkohol in der Wärme, und des hiebei unaufgelöſt Gebliebenen mit kaltem Waſſer, wo äpfelſ. Kalk nebſt etwas Kieſelerde, durch vegetabiliſche Subſtanz gefärbt, zurückbleibt; Verdunſtung der wäßrigen Aufl., wodurch gummiger Extractivſtoff erhalten wird; c. Verſetzen der unter A. b. erhaltenen alkoholiſchen Aufl. mit Waſſer, wodurch bei gelinder Wärme die harzartige Subſtanz gefällt wird, die vermöge des gummigen Extractivſtoffs im wäßrigen Auszuge gelöſt war; d) Verdunſtung der von der harzartigen Subſtanz abfiltrirten Fl., wodurch der eigenthümliche Bitterſtoff erhalten wird. — B. Wiederholtes Auskochen des mit Waſſer behandelten Wurzelrückſtandes mit Alkohol von 84 p. C. und heiße Filtration. a. Beim Erkalten ſondert ſich Cerin in großen weißlichen Flocken ab; b. Abdeſtillation des Alkohols von der, vom Cerin getrennten, Fl. und ferneres Abdampfen, wobei das Balſamharz bleibt. — C. Anhaltendes Kochen des rückſtändigen Saamens mit W. zog noch gummigen Extractivſtoff aus. — D. Behandlung des Rückſtandes der Wurzel mit Aetzkalilauge zur Gewinnung des Ulmins. — E. Einäſcherung.

Bertholletia excelsa. Humb. et Bonpl. (Juvias oder braſilianiſche Kaſtanien). —

Die mandelartigen Körner nach Morin: Fettes Oel aus Elain und Stearin beſtehend; flüſſiger Zucker; Gummi; Holzfaſer; eine große Menge Thonerde. — Die holzige Saamenſchaale nach demſ.: Gerbſtoff; unkryſtalliſirb. Zucker; Gummi; Gallusſ.; eſſigſ. Kali und mehrere Mineralſalze (Journ. de pharm. févr. 1824. — Kaſtners Arch. I. 462).

Bromelia Ananas (Ananas). — Der Saft der Frucht nach Adet: Zucker; Gummi; Aepfelſ.; Citronenſ.; Weinſteinſ. (Scherer J. I. 663).

Cannabis sativa (Hanf). — Der Saamen nach Bucholz: 19,1 fettes Oel; 1,6 dunkelbraunes Harz; 1,6 Schleimzucker mit Extractivſtoff, ſüßlich ſäuerlich bitter; 9,0 braunes gummiges Extract; 24,7 löslicher Eiweisſtoff; 5,0 Theilchen von Holzfaſer; 38,3 Hülſe; 0,7 Verluſt (Gehlen N. a. J. VI. 615).

Capsicum annuum. L. (Spaniſcher Pfeffer). — Nach Bucholz: 7,6 Wachs; 4,0 ſcharfes Weichharz oder Capſicin (Rep. I. 1341); 8.6 bittrer ſchwach gewürzhafter Extractivſtoff; 21,0 Extractivſtoff mit etwas Gummi; 9,2 Gummi; 28.0 Parenchym; 3,2 beſondre eiweisähnliche Subſtanz; 12,0 Waſſer; 6,4 Verluſt (Bucholz Taſchenb.

1816. 1). — Nach **Braconnot**: 0,9 wachsartige Materie mit rothem Farbſtoff; 1,9 ſcharfes Oel (Weichharz); 6,0 Gummi (Rep. I. 703); 9,0 braunrothe ſtärkmehlartige, nicht in kochendem Waſſer, aber in Kali lösliche und daraus durch Säuren in braunen Flocken fällbare, Materie (Ulmin?); 67,8 unaufl. Rückſtand; 5,0 thier. veget. Mat. (Rep. II. 361); 6,0 citronenſ. Kali; 3,4 phosphorſ. und ſalzſ. Kali und Verluſt (Ann. de Ch. et de Phys. VI. 122). — Vergl. auch **Maurach** in Berl. Jahrb. 1816. 190. — Nach **Witting** enthält der ſpan. Pfeffer ein eigenthümliches Alkaloid (Rep. I. 449).

Cassia acutifolia. — Die alexandriniſchen Sennesbälge nach **Feneulle**: Flüchtiges Oel; fettes Oel; Sennabitter oder Cathartin (Rep. I. 667); färbende Mat. (Rep. I. 966); Eiweis; Schleim; Holzfaſer; äpfelſ. Kali und Kalk; ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali; ſchwefelſ., baſ., phosphorſ. und khlſ. Kalk; Kieſelerde (Journ. de pharm. févr. 1825. 58. — Kaſtner Arch. I. 465. — Berl. Jahrb. XXVI. 2. 155).

Cassia fistula. — **Henry** unterſuchte vergleichungsweiſe die gewöhnliche, von Cassia fistula herkommende, Pulpa, und eine von Amerika herkommende, in kleinen Schoten enthaltene. Die **erſte** enthielt 71,00 Zucker; 6,75 Gummi; 13,25 gerbſtoffartige Subſtanz, Spuren von kleberartiger Subſtanz und von Farbſtoff; 19,00 Verluſt, großentheils auf Rechnung des Waſſers kommend; die **letztre**: 69,25 Zucker; 2,60 Gummi; 3,90 gerbſtoffartige Subſtanz; Spuren kleberartiger Subſtanz; kein Farbſtoff; 24,25 Verluſt (Journ. de Chim. méd. août. 1826. 370).

Ceratonia siliqua. L. (Johannisbrodbaum). — Die Hülſe nach **Prouſt**: Extractivſtoff; Gerbſtoff; Schleimzucker; Gummi; Gallusſ. liefert durch Gährung ¼ Brandwein (Gehlen J. II. 85).

Cicer arietinum. L. (Kichererbſe). — Nach **Figuier**: Fettes Oel; harzartige Subſtanz; Stärkmehl; Eiweisſtoff; thier. veget. Mat.; Schleim; äpfelſ. und ſalzſ. Kali; äpfelſ. und phosphorſ. Kalk; phosphorſ. Magneſia; Eiſen (Bullet. de Pharm. I. dec. 1809. 529).

Citrus medica. — Der Saft der Citrone nach **Prouſt**: 0,72 Bitterſtoff, Gummi und Aepfelſ.; 1,77 Citronenſ.; 97,51 Waſſer (Scherer J. VIII. 613).

Cocos nucifera (Cocosnuß). — Ueber die Milch der Cocosnuß ſiehe die beſondre Beſchreibung bei den Pflanzenmilchſäften. Das Albumen der Nuß enthält nach **Buchner**: 47,0 butterartiges Oel (Rep. I. 1217); 3.6 Schleimzucker; 1,1 Gummi nebſt ſalzigen Antheilen; 4,3 käsartigen Eiweisſtoff mit einem beträchtlichen Gehalt an phosphorſ. Kalk und etwas Schwefel; 8,6 unauflösliche Faſern; 31,8 Waſſer (Buchner Repert. XXVI. H. 3. S. 346).

Coffea arabica (Kaffee). — Mit der Unterſuchung der Kaffeebohnen haben ſich Viele beſchäftigt; die Unterſuchungen von Herrmann, Chenevix, Payſſé, Cadet und Schrader finden ſich zuſammengeſtellt in Gehlen J. VI. 522; andre Bearbeiter ſind Seguin (Ann. de Ch. XCII. 5; auch in Trommsd. N. J. I. 2. St. 98); Pfaff (in ſ. Syſtem der mat. med. III. 3), Brugnatelli, Robiquet, Pelletier und Runge (phytochem. Lief. I. 144).

Man unterſcheidet im Handel vorzüglich drei Sorten des Kaffee: a) den arabiſchen oder levantiſchen, deſſen Bohnen am kleinſten und vergleichungsweiſe am dunkelſten von Farbe ſind; b) den javaniſchen oder oſtindiſchen, deſſen Bohnen die größten und am blaſſeſten gelblich ſind; c) den ſurinamiſchen, der noch größer als der vorhergehende, aber weniger gut als der folgende iſt; d) den Martinique Kaffee, deſſen Bohnen von mittlerer Größe und von Farbe grünlich ſind; e) den Bourboniſchen, die ſchlechteſte Sorte, deſſen Bohnen am meiſten ins Weiße fallen. Friſch ſind alle Kaffeebohnen grün. Je mehr ſie getrocknet und je älter ſie ſind, um ſo mehr ſcheint die grüne Farbe zu verſchwinden. Ein Kennzeichen vorzüglich guter Bohnen iſt, daß ſie nach dem Röſten ſtark und angenehm riechen und das Decoct der rohen Bohnen allmälig eine ſchöne grüne Farbe annimmt. Die Kaffeebohnen ſchwellen beim Röſten auf, verlieren aber einen Theil ihres Gewichts um ſo mehr, je länger man das Röſten fortſetzt. In Cadet's Verſuchen verloren 2 Unzen Martinique-Kaffeebohnen beim Röſten bis zur bräunlichgelben Farbe der Mandelſchaalen 2 Drachmen; bis zur rothbraunen Kaſtanienfarbe 3 Drachmen; endlich bis zur ſchwarzen Farbe, ohne jedoch verkohlt zu ſeyn, 3 Drachmen 48 Gran. Es dringt hiebei, ſo wie die Bohnen anfangen braun zu werden, das in ihnen enthaltene Oel auf die Oberfläche, es entwickelt ſich ein ſehr angenehmer aromatiſcher Dunſt; der Aufguß zeigt nun gleichfalls einen angenehmen aromatiſchen Geſchmack ohne Bitterkeit; wird jedoch das Röſten zum dritten Punct fortgeſetzt, ſo hat der aromatiſche Geruch und Geſchmack mehr einem empyreumatiſchen Platz gemacht und eine ſtärkere Bitterkeit ſich entwickelt (Cadet).

Faſt alle frühern Unterſuchungen des Kaffee's führten zur Annahme eines eigenthümlichen bittern Kaffeeſtoffs in demſelben, welcher ſein wirkſamſtes Princip ſeyn ſollte, und Rep. I. 659 beſchrieben iſt, jedoch nach den neuern Unterſuchungen, wie dort angegeben, aus mehrern nähern Beſtandtheilen beſteht.

Wahrſcheinlich gründen ſich die eigenthümlichen Wirkungen des Kaffee's auf die Gegenwart eines eigenthümlichen, von Gieſe und Runge darin entdeckten kryſtalliſirbaren, Stoffes, des Kaffeins, von deſſen Bereitung und Eigenſchaften Rep. I. 551 ausführlich die Rede geweſen iſt. Durch Hinzufügung dieſes Stoffs, der ſowohl im ungeröſteten, als geröſteten Kaffee vorkommt, muß man die nachfolgenden Angaben über die Zuſammenſetzung des Kaffee's ergänzen.

Rohe Kaffeebohnen. — Waſſer, über Kaffeebohnen abgezogen, hat den eigenthümlichen, nicht ſtarken, Geruch der rohen Kaffeebohnen, opaliſirt etwas, röthet erſt nach 24 Stunden das Lackmuspapier (Schrader) und nimmt durch die Auſl. des ſchwefelſ. Eiſenperoxyds einen grünlichen Schein an.

Der abgedampfte Abſud (von den weſtindiſchen Kaffeebohnen) hat eine bräunliche Farbe, ein ſchleimiges Anſehen, einen bitterlichen, etwas ſtrengen, Geſchmack, röthet Lackmuspapier *) (Schrader) und zeigt im Weſentlichen die (Rep. I. 661), bei dem Kaffeebitter angegebenen, Reactionen. Der zweite und dritte Abſud ſind etwas dunkler gefärbt, als der erſte, welcher grünlich iſt (Payſſe). Charakteriſtiſch für das Decoct guter Kaffeebohnen iſt, daß es beim Erkalten durch die Einwirkung der Luft grün wird. Auch die abgekochten Bohnen, die noch mit Fl. bedeckt ſind, färben ſich grasgrün. Dickt man den Abſud ein, ſo wird er in dem Maße, als er Conſiſtenz erhält, durchſichtig (Payſſe), wie man auch beim Abſude der Chinarinde bemerkt. Das auf dieſe Weiſe erhaltene Extract hat die Farbe des Harns, einen bittern ſauren Geſchmack mit einer Empfindung von Schärfe, der mit dem Geſchmack des Chinaextracts einige Aehnlichkeit hat, nur viel weniger bitter iſt (Payſſe).

Mäßig ſtarker Weingeiſt zieht aus den rohen levantiſchen Bohnen eine ſchwach gelbe Tinktur, aus weſtindiſchen Bohnen eine mehr grünliche. Beide röthen das Lackmuspapier und trüben ſich mit Waſſer. Abſoluter Alkohol färbt ſich bei der Digeſtion mit Kaffeebohnen nur wenig, und zieht dabei Harz und ein ätheriſches Oel aus. Kalkwaſſer giebt mit den Kaffeebohnen eine ſchöne grüne Tinktur.

Nach Schrader enthalten die rohen Martinique-Bohnen 0,5182 talgartiges Oel (Rep. I. 1248); 0,4166 Harz; 17,5881 Kaffeebitter; 3,6358 gummiges und ſchleimiges Extract; 0,6249 Extractivſtoff; 66,6666 trocknen Rückſtand (Faſer); 10,5498 Verluſt (wahrſcheinlich an Waſſer). Ferner gaben die Bohnen nach Schrader 3,85 p. C. Aſche, worin ſich Kali, Magneſia, Kalk, Manganoxyd, phosphorſ. Eiſen, phosphorſ. Kalk, ſalzſ. und ſchwefelſ. Salze fanden.

Die obigen Subſtanzen wurden ſo erhalten, daß Schrader die Bohnen wiederholt mit Waſſer auskochte, den zur ſchwachen Syrupsdicke abgedampften Abſud mit Alkohol verſetzte, wodurch der gum-

---

*) Auch gepulverter Martinique-Kaffee in ein Glas mit Lackmustinctur geſchüttet, machte die blaue Farbe deſſelben ſogleich roth (Payſſe).

mige und ſchleimige Extractivſtoff gefällt wurden, und die abfiltrirte geiſtige Flüſſigkeit abdampfte, wo das Kaffeebitter zurückblieb. Aus den ausgekochten Bohnen zog Digeſtion mit Alkohol noch Harz und Oel aus.

Payſſe kochte 2000 Theile Kaffee unter Ausſchluß der L. wiederholt mit W. aus und erhielt dadurch 290 Th. honigdickes Extract, wovon 100 Theile nach Chevenix Verſ. (Rep. I. 660) 55 Kaffeebitter, (welches Payſſe Kaffeeſäure nennt) gaben; aus andern 100 Theilen in W. aufgelöſt ſchlug Alkohol 5 Eiweißſtoff, und aus der alkoholiſchen Fl. dann W[illegible] Harz nieder; die wäßrig-ſpirituöſe Fl. zur Syrupsdicke abgedampft enthielt nun noch außer dem Kaffeebitter 28 Extractivſtoff, welcher durch eſſigſ. Bley gefällt wurde. Die von der Ausziehung mit Waſſer zurückgebliebenen 1720 Theile gaben 230 Theile Aſche, worin Payſſe ſalzſ. Kali, Kalk und eine Spur Eiſenoxyd fand. — Durch tr. Deſt. erhielt Payſſe aus 200 Kaffee zuerſt eine ungefärbte klare Fl., der ein citrongelbes etwas ſtinkendes, Oel folgte, das ſpäter dunkler und dicker wurde. Gegen Ende der Operation ſublimirten in den Hals der Retorte 22 Theile einer ſalzigen unregelmäßig kryſtalliſirten, mit ſchwarzem Oel gemengten, Subſtanz (aus kblſ. Amm. beſtehend); aber auch beim Rothglühen des Bodens der Retorte entwickelte ſich kein Gas. Die rückſtändige Kohle betrug 80 Theile.

Nach Cadet enthalten 8 Unzen Kaffee ungefähr 1 Unze Schleim, 1 Drachme Harz; 1 Dr. färbenden Extractivſtoff, 3½ Dr. Kaffeebitter (von ihm für Gallusſ. gehalten), 10 Gran Eiweiß, 5 Unzen 3½ Dr. rückſt. Faſer. Auch ſchwammen auf dem Deſtillat von 1 Pfund Kaffee mit 8 Pfund Waſſer einige Tropfen eines concreten Oels. In der Aſche des Kaffee's will Cadet, eben wie Payſſe, nur etwas ſalzſ. Kali, dann Kalk und etwas Eiſen gefunden haben. Die Analyſe iſt nicht näher beſchrieben. Als Eiweißſtoff wurde der Schaum betrachtet, der ſich nach längerm Kochen der Kaffeebohnen bildet.

Nach Seguin ſind im rohen Kaffee enthalten: Eiweiß, Oel, Kaffeebitter, und eine grüne Materie, welche jedoch nach ihm ſelbſt nur eine Verb. von Kaffeebitter und Eiweiß iſt.

Er ließ die gemahlenen rohen Kaffeebohnen erſt mehrere Stunden in kaltem W. maceriren, und den filtrirten Auszug kochen, wo das Eiweiß flockig niederfiel und durch Abdunſten vollends erhalten wurde. Ein Auszug der Kaffeebohnen mit Alkohol von 40° B. ſchied bei 5° R. unter Null Oel ab, nach Hinzugießen von W. und abermaligem Gefrieren wieder Oel, dann nach Abdampfen das Kaffeebitter. Der Auszug des mit Alkohol erſchöpften Kaffees mit kaltem Waſſer gab beim Kochen die grüne Materie.

Runge zieht die durch Waſchen von ihrer grünen Oberhaut befreiten ungeröſteten Bohnen unzerſtoßen durch öfteres Umſchütteln mit kaltem Waſſer aus, ſchlägt den Auszug ſucceſſive mit Bleyzucker und baſiſchem eſſigſ. Bley nieder u. ſ. w., kurz verfährt ganz ſo, als (Rep. I. 26) in Bezug auf die Behandlung des Bilſenkrauts angegeben worden, wodurch er Kaffein in eſſigſ. Zuſtande, und zwei Kaffeeſäuren erhält; die extrahirten Bohnen dann mit Waſſer ausgekocht geben eine grünliche Fl., welche die Kaffeefarbe Runge's enthält.

Geröſtete Kaffeebohnen. — Das über ſchwarzbraun geröſteten Kaffeebohnen deſt. Waſſer reagir[illegible]r ſauer, fällte aber das Eiſen nicht und färbte die Eiſenſolutionen nicht grün. Es hatte übrigens reichlich den angenehmen Geruch des geröſteten Kaffee's (Schrader); enthält nach Cadet, nicht nach Schrader, einige Tropfen Oel; das Waſſer, welches man über gebrannten Kaffee hat ſieden laſſen, läßt durch Sieden keine Eiweißflocken mehr fallen; daher das Röſten Zerſtörung des Eiweis zu bedingen ſcheint; auch findet ſich die grüne Materie nicht mehr im gebrannten Kaffee (Seguin). Auf dem Abſud der geröſteten Kaffeebohnen zeigt ſich kein Schaum, ſondern ein immer wiederkehrendes Häutchen von oxydirtem Extractivſtoff (Schrader). Cadet will im Abſude der geröſteten Kaffeebohnen Gerbſtoff gefunden haben; Schrader bemerkt aber, daß die Hauſenblaſenauſl. nur erſt nach einigen Tagen ein wenig braunen Niederſchlag mache, der ſich aber gar nicht wie eine Verb. von thieriſchem Leim und Gerbſtoff verhielt, womit auch Payſſe übereinſtimmt. Die Entſtehung des angenehm gewürzhaften Beſtandtheils der geröſteten Kaffeebohnen ſcheint vorzüglich von einer Veränderung des Kaffeebitters herzurühren, und iſt nach Schrader eine flüchtige S., die ſich auch durch Kali im Deſtillat binden läßt. Schrader erhielt aus 8 Unzen geröſteter Bohnen 1 Unze Kaffeebitter; 3 Dr. 44 Gr. Extractivſtoff; 6 Dr. 49 Gr. Gummi und Schleim; 1 Dr. 20 Gr. Oel und Harz; 5 Unzen 4 Dr. trocknen Rückſtand. — Das Kaffeebitter war ſehr braun, ſchien etwas mehr die Feuchtigkeit anzuziehen, als das aus den rohen Bohnen und wurde ein wenig mehr vom Weingeiſt angegriffen.

Pfaff (Schweigg. J. N. R. XXII. S. 313) hat neuerdings gezeigt, daß der grünfärbende Stoff des Kaffee's wahrſcheinlich nur von Wirkung der Gallusſäure, die er als Beſtandtheil des Kaffee's erkannte, auf das im Eiweis enthaltene Natron herrühre (Vgl. die Reactionen der Gallusſäure Rep. I. 214).

Colutea arborescens. — Sowohl aus Ziz, als Trommsdorff's Verſuchen ergiebt ſich, daß die Luft in den Schoten der

Colutea arborescens von der atmoſphäriſchen nicht verſchieden iſt (Trommsd. J. XVII. St. 2).

Cornus sanguinea L. — Die Beeren nach **Murlon**: Eine große Menge fettes Oel; Chlorophyll; extractiver Bitterſtoff; ein blos in W. löslicher rother Farbſtoff; Holzfaſer; ſaurer äpfelſ. Kalk. — **Die Aſche der Faſer**: phosphorſ., ſchwefelſ., ſalzſ., baſ. kohlſ. Kalk; ſehr wenig ſalzſ. Kali; Spuren von baſ. kohlſ. Magneſia; Kieſelerde (Journ. de pharm. X. 301).

Croton tiglium L. (Purgirkörner). — Die Purgirkörner nach **Brandes**: 17,000, Crotonöl (Rep. I. 1243) mit flüchtigem Oel, mit Crotonſ. und (wahrſcheinlich) einem neuen Alkaloid; 0,330 Stearin; 0,300 Wachs; 1,000 Halbharz; 2,300 färbende extractive Mat. mit etwas Schleimzucker, ſaurem äpfelſ. Kali und Kalk; 0,335 crotonſ. Alkaloid mit Farbſtoff; 1,175 Gummi; 2,000 Gummoin; 0,3172 Eiweiß; 0,700 verhärtetes Eiweiß; 0,2625 inulinartige Subſt.; 0,330 Stärkmehl mit phosphorſ. Magneſia; 5,100 verhärtetes Stärkmehl mit phosphorſ. Kalk und Magneſia; 2,000 Kleber (Zumin); 39,000 Saamenhülle und Saamenfaſer, dem Amygdalin ähnlich; 22,000 Waſſer; 1,425 Ueberſchuß. (Brandes Arch. IV. 173).

Cucumis colocynthis L. (Koloquinte). — **Mark der Koloquintenfrucht**: Einige frühere Verſuche über ſein Verhalten rühren von **Boulduc** (Mém. de l'acad. de Paris. 1701. p. 12), **Neumann** (Chymie II. 143) und **Pfaff** (Syſt. der mat. med. III. 170) her, welcher letztre zuerſt im bittern Stoff das wirkſame Princip deſſelben erkannte. Die ſorgfältigſte Analyſe verdanken wir **Meißner**, welcher darin fand: 4,2 bitteres fettes Oel (Rep. I. 1246); 13,2 nicht im Aether lösliches Harz (Rep. I. 1306); 14,4 Coloquintenbitter (Rep. I. 637); 10,0 mäßig bittern Extractivſtoff; 9,5 gemeines Gummi; 3,0 Baſſorin (Rep. I. 710); 19,2 Holzfaſer; 17,0 durch Kali ausgezogenen gummigen Extractivſtoff; 0,6 Phyteumacolla; 2,7 phosphorſ. Kalk; 3,0 phosphorſ. Magneſia; 5,0 Waſſer; 1,8 Ueberſchuß. (Trommsd. N. J. II. St. 1. 22).

Das wäßrige Extract der Frucht nach Braconnot: 6,3 Harz; 41,4 Harz mit Coloquintenbitter; 10,6 eigenthümliche Pflanzengallert (Baſſorin); 21,4 thier. veget. Mat.; 7,1 eſſigſ. Kali; 7,1 zerfließliches, nicht in Alkohol lösliches, Kaliſalz (Journ. de Phys. LXXXIV. 337).

Gang der Analyſe des Coloquintenmarks nach Meißner. — 1) Trocknen, 2) mehrtägige Digeſtion mit **Schwefeläther**, der durch Abdunſten fettes Oel zurückläßt. 3) Mehrtägige Digeſtion des Rückſt. mit **abſolutem Alkohol**, der beim Verdunſern eine dunkelgoldgelbe Mat. zurückläßt, aus der Schwefeläther noch Oel aufnimmt; worauf W. bittern Extractivſtoff und thier. vegetabiliſche Materie auszieht und Harz (Colocynthin) zurückläßt. Zur Trennung des bittern Extractivſtoffs von der thieriſch veg. Mat. Verſetzen der wäßrigen Auſl. mit Galläpfelaufguß, ſo lange Niederſchlag erfolgt, und Abdampfen der filtrirten Fl., wodurch der Extractivſtoff erhalten wird. 4) Digeriren des Rückſt. mit wäßrigem Alkohol; durch Verdunſten und Ausziehen mit W. reiner bitterer Extractivſtoff aufgenommen, Harz zurückgelaſſen. — 5) Kochen des Rückſt. mit W., Abdampfen und Austrocknen der Decocte. Bei der Auſl. des Getrockneten in W. bleibt Tragantſtoff (Baſſorin) zurück, die Flüſſigkeit läßt durch Zuſatz von wäßrigem Alkohol das Gummi fallen, und hält dann noch (nicht beſonders bittern) Extractivſtoff zurück, der durch Verdampfen gewonnen wird. — 6) Auskochen des Rückſt. mit verd. Aetzkalilauge, Sättigen des Decocts mit Eſſigſ., Decantiren vom Satzrückſtande, Abrauchen zur Trockniß, Ausziehen des eſſigſ. Kalis durch wäßrigen Alkohol, Behandlung des Rückſtands mit W., das thil. Kali zurückläßt, gummigen Extractivſtoff aufnimmt. — 7) Einäſcherung der rückgebliebenen Faſer.

Cucumis melo. (Melone). — Der Saft nach Payen: Aromatiſcher Stoff; fetter verſeifbarer Stoff; färbende Subſtanz; kryſtalliſirbarer Zucker; unkryſtalliſirbarer Zucker; Eiweiß; Schleim; ſtickſtoffhaltige Mat., ſehr leichter Veränderung fähig und einen Weingeruch zu entwickeln vermögend; *eine freie S.*; Spuren pektiſcher S.; *Stärkmehl und einige Salze, unter letztern kein ſauerkleeſ. Kalk.* Der kryſtalliſirbare Zucker betrug 1½ p. C. des fleiſchigen Theils der Melone (*Journ. de chim. méd.* 1827. *Janv.* 17).

Cucumis sativa L. (Gurke). — *Die grüne geſchälte* Frucht nach John: Riechende Theile; 0,04 Blattgrün; *ungefähr* 1,16 zuckerige Theile mit Extractivſtoff; 0,52 *funginartige*, ſich durch Kochen erweichende, Häutchen (Holzfaſer?) mit phosphorſ. Kalk; 0,13 löslicher Eiweißſtoff; 0,50 Schleim mit freier Phosphorſ., mit äpfelſ., phosphorſ., ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali, phosphorſ. Kalk, Eiſen; 97,16 Waſſer. — Die Gurkenſchaale enthält dieſelben Beſtandtheile, jedoch nur 85 W. und mehr *funginartigen* Stoff (Johns chem. Tab. IV. 172). — Nach Strauch laſſen 100 Theile friſch abgenommene *grüne* Gurken, von den Saamen befreit, in kleine Stücke geſchnitten und völlig ausgetrocknet nur 3,5 Th. zurück; 100 Theile mit Saamen eben ſo getrocknet 4 Theile. Als Beſtandtheile der von den Saamen befreiten grünen Gurken fand Strauch: *eine Spur* flüchtigen Oels; Chlorophyll theils in der Schaale, theils ſich beim Sieden des Saftes mit dem Eiweis abſcheidend; Eiweisſtoff, jedoch nicht reichlich; gährungsfähigen Zucker; eine eigenthümliche in W. und Alkohol auflösliche thieriſch-vegetabiliſche Mat., durch Gerbſtoff fällbar, dem alkoholiſchen Gurkenſaftextract einen beſondern urinartigen Geruch mittheilend; in Alkohol unauflöslichen ſtickſtofffreien auf mehrere Metallauflöſungen wirkenden färbenden Extractivſtoff; in W. und Alkohol auflöslichen, in Aether unauflöslichen nicht auf Metallauflöſungen wirkenden, färbenden Extractivſtoff; Pflanzenfaſer; ungefähr 96 p. C. Waſſer, eine Spur Gallusſ.; eſſigſ. Kali; Weinſtein, vielleicht auch äpfelſ. Kali und Magneſia; phosphorſ. Kalk; ſalzſ. Kali; ſchwefelſ. Kali; weder Schwefel, noch Stärkmehl, noch ſalpeterſaure Salze. (Trommsd. Taſchenb. 1827. 90).

Cytinus Hypocystis L. — Der Saft der Früchte nach Pelletier: In W. und Alkohol löslicher Farbſtoff; blos in W. löslicher Farbſtoff; in W. und Alkohol lösliche, den Leim fällende Mat. (Gerbſtoff); blos in W. lösliche und den Leim fällende Mat.; Gallusſ.; in W. und Alkohol unlösliche ulminartige Mat. (Journ. de Phys. LXXXIV. 344).

Cytisus Laburnum L. (Bohnenbaum). — Der Saame nach Chevall. und Laſſ.: Blaßgrünes Fett; grüner Farbſtoff; purgirender Bitterſtoff (Cytiſin Rep. I. S. 658); Eiweisſtoff; Holzfaſer; Aepfelſ. und Phosphorſ.; äpfelſ. Kali und äpfelſ. Kalk. (Journ. de pharm. VII. 235. — Buchner Repert; VII. 268).

Datura Stramonium L. (Stechapfel). — Die Saamen nach Brandes: 13,85 fettes Oel; 0,8 dickflüſſiges fettes Oel; 1,4 butterartiges Fett mit harzigem Blattgrün; 1,4 Wachs; 9,9 nicht in Aether lösliches Harz; 0,6 rothgelbe extractartige Mat.: 1,0 äpfelſ. Daturin; 0,8 Schleimzucker mit Daturinſalz; 6,0 gummiger Extractivſtoff; 7,9 Gummi mit verſchiednen Salzen; 3,4 Baſſorin mit Thonerde und phosphorſ. Kalk; 22,0 Holzfaſer; 4,55 Phyteumacolla; 1,9 Eiweisſtoff; 5,5 Glutenoin (Rep. II. 378); 0,6 äpfelſ. Daturin, äpfelſ. und eſſigſ. Kali und äpfelſ. Kalk: 1,35 häutige, Kieſelerde haltige Abſonderung; 15,1 Waſſer; 1,95 Verluſt. (Buchner Repert. VIII. 104). — Nach St. George ſcheint im Stechapfelſaamen auch ein grünlicher Schillerſtoff vorzukommen. (Rep. II. 736).

Delphinium Staphisagria L. (Stephanskraut). Die Stephanskörner nach Brandes: 14,40 leicht in Alkohol lösliches fettes Oel; 4,70 ſchwer in Alkohol lösliches fettes Oel; 1,40 fettwachsartige Mat.; 8,10 Delphinin*) (Rep. I. 481); 3,15 Gummi mit Spuren von Pflanzenſ. und phosphorſ. Kalk; 2,40 Stärkmehl; 17,20 Holzfaſer; 30,67 Phyteumakolla mit äpfelſ., eſſigſ., ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali und einem Kalkſalz; 0,30 löslicher Eiweisſtoff; 3,20 verhärteter Eiweisſtoff; 2,15 ſchwefelſ. Kalk mit etwas ſchwefelſ. Kali und mit Magneſia; 3,62 phosphorſ. Kalk mit phosphorſ. Magneſia; 10,00 Waſſer; 1,49 Ueberſchuß (Trommsd. N. J. III. St. 2. 143 — Berl. Jahrb. 1820). — Nach Lassaigne und Feneulle: Eine geringe Menge flüchtigen Oels; blaßgelbes fettes Oel; durch Bleyzucker fällbarer gelber Bitterſtoff; äpfelſ. Delphinin; Schleimzucker; Gummi; Holzfaſer; nicht in Alkohol lösliche, durch Bleyzucker und durch Galläpfel fällbare, thieriſche Mat.; Eiweisſtoff; Kali- und Kalkſalze (Ann. de Ch. et de Ph. XII. 358. — Gilb. Ann. LXIII. 375. — Trommsd. N. J. IV. St. 2. 199).

---

*) Nach einer ſpätern Bemerkung Brandes iſt dieſer Delphiningehalt

Ervum Lens L. (Gemeine Linſe, lentille). — Die getrockneten Linſen nach Einhof: 3,12 ſüßliches Extract; 5,99 Gummi; 32,81 Stärkmehl; 18,75 Häute mit ſtärkmehlartiger Faſer und etwas thier. veget. Subſtanz der Hülſ.; 37,32 thier. veget. Subſt. der Hülſenfrüchte (Gliadin, Rep. I. 373); 1,15 löslicher Eiweisſtoff; 0,57 ſaurer phosphorſ. Kalk; 0,29 Verluſt (Gehlen N. a. J. II. 389. VI. 512). — Nach Fourcroy und Vauquelin enthalten die Linſen auch noch ein dickes grünes Oel, das durch Alkohol ausgezogen wird, und in der Haut reichlicher als im Parenchym iſt; die Haut auch eiſenbläuenden Gerbſtoff (Gehlen J. II. 389, auch Hermbſt. Arch. III. 185).

Humulus lupulus L. (Hopfen). — Die ſchuppigen Fruchtzapfen des Hopfens (Hopfen ſchlechthin) nach Payen und Chevallier: des franz. Hopfen (ohne Abſonderung des gelben Hopfenſtaubs): äth. Oel; fetter Stoff; Chlorophyll; Bitterſtoff; eine weiße veget. Mat., (die in kochendem W. aufl. iſt, aber nach dem Niederfallen beim Erkalten ſich nicht wieder darin auflöſt); Aepfelſ.; Khlſ.; ſaures ſalpeterſ., ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali; khlſ. und phosphorſ. Kalk; Spuren von phosphorſ. Magneſia; Schwefel; Eiſenoxyd; Kieſelerde; Waſſer.

Dieſe Zuſammenſetzung gilt für den franzöſiſchen Hopfen. Der holländiſche und engliſche Hopfen enthielt die nämlichen Beſtandtheile, nur in andern Verhältniſſen, ſo der Holländiſche weniger, der Engliſche mehr äth. Oel als der Franzöſiſche. (Journ. de pharm. VIII. 209).

---

zu groß angegeben; doch wird das eigentliche Verhältniß nicht beſtimmt. (Brandes Arch. V. 160).

Die vom gelben Hopfenſtaub mechaniſch geſonderten*) Bracteen für ſich beſonders unterſucht, zur Zeit, wo der Hopfen geerndtet wird, liefern nach den gemeinſchaftlichen Unterſuchungen von **Pelletan**, **Payen** und **Chevallier** durch die Analyſe: eine ſehr kleine Quantität flüchtiges Oel, Bitterſtoff und Harz (vom noch anhängenden fetten Stoff; Chlorophyll; gelben Hopfenſtaub herrührend), außerdem eine beſondre grüne Mat.; Eiweisſtoff; Gummi; eine geſchmackloſe vegetabiliſche Mat.; äpfelſ. und eſſigſ. Kalk; eſſigſ. Amm.; phosphorſ. Kalk; ſalpeterſ., ſalzſ., ſchwefelſ. und wahrſcheinlich eſſigſ. Kali; Spuren von phosphorſ. Magneſia und von Schwefel.

Lupulin oder gelber Hopfenſtaub; für ſich unterſucht. — Die eigentlich wirkſamen Beſtandtheile des Hopfens enthält der, von **St. Yves** Lupulin genannte,*) gelbe Staub, welcher ſich als eine eigenthümliche Secretion am untern und innern Theile der Bracteen oder Schuppen der Fruchtzapfen des Hopfens findet. Er läßt ſich am leichteſten, wiewohl nicht ganz vollſtändig, mittelſt eines feinen Siebes oder durch ſtarkes Schütteln des trocknen Hopfens in einem Sacke von den Saamen und Schuppen, woran er ſitzt, abſcheiden. Nach **Payen** und **Chevallier** beträgt er ungefähr $\frac{1}{10}$, nach **Yves** $\frac{1}{6}$ der ganzen Fruchtzapfen. Er bildet ein zartes goldgelbes Pulver, hängt ſich an die Finger, macht ſie rauh und klebrig, iſt von äußerſt bitterm Geſchmack, und beſitzt den gewürzhaften Hopfengeruch in ſehr durchdringendem, ſelbſt Schwindel erregenden, Grade. (**Payen** und **Chev.**).

Bei mikroſkopiſcher Betrachtung auf einem weißen Körper ſtellt es ſich dar als eine Vereinigung von gelben Kügelchen, deren Durchmeſſer von $\frac{1}{10}$ bis $\frac{4}{10}$ Millimeter abweicht. Dieſe Kügelchen blähen ſich in kaltem W. auf, ohne zu platzen; in kochendem W. nehmen ſie an Vol. zu, ohne einen Kleiſter zu bilden. Werden ſie gedrückt, ſo ſpritzt eine ſehr ſchön curcumäfarbige Mat. heraus, welche unter günſtigen Umſtänden betrachtet, gelbe ausnehmend feine, Kügelchen darſtellt. (**Baillif** in Journ. de chim. med. oct. 1826. 501).

Das Lupulin enthält nach **Payen** und **Chev.** in 100 Theilen: 1 äth. Oel; Spuren fetter Mat.; 50 bis 55 Harz (Rep. I. 1325); 10,0 bis 12,5 Bitterſtoff (Rep. I. 662); — Gummi; Spuren von Osmazom; Holzfaſer; Kohlſ.; Aepfelſ.; baſiſch eſſigſ. Amm.; äpfelſ.

---

*) Es iſt jedoch unmöglich ihn auf dieſe Weiſe ganz abzuſondern, daher ſich ſeine Beſtandtheile mit denen der reinen Bracteen gemiſcht finden.

*) Neuerdings jedoch wird dieſer Name von den Franzoſen blos auf den Bitterſtoff (Rep. I. 662) dieſes gelben Staubs angewandt; daher man ſich vor Verwechslung hüten muß. Wir brauchen das Wort im frühern Sinne.

Kalk; Kieſelerde (nur zufällig und von Flugſand herrührend); Spuren eines khlſ. Salzes; ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali; khlſ. und phosphorſ. Kalk; Eiſenoxyd und Spuren von Schwefel; Waſſer. Nach St. Yves enthält das Lupulin: — ein riechendes Princip; 10 Wachs*); 30 Harz; 4,2 Gerbſt. mit Gallusſ.; 9,1 Bitterſtoff; 8,3 extractive Mat.; 38,4 Holzfaſer. (Journ. de Phys. XCIII. 183).

Hura crepitans. (elaſtiſche Sandbüchſe). — Durch Behandlung der von der Oberhaut befreiten Kerne mit kaltem und heißen Alkohol und W. erhielt Bonaſtre: 51,111 fettes Oel; 4,444 feſtes Fett, 1,222 Gummi; 38,888 eiweisartiges Parenchym; 2,222 ſalzigen Rückſtand (enthaltend Kali- und Kalkſalze); 2,222 W. — Die Schaalen (cloisons extérieures) der Frucht enthielten viel in W. löslichen färbenden Stoff, verbunden mit Gallusſ. und Gerbſt.; die Aſche der Schaalen enthielt: ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali; khlſ. Kalk und Spuren von Eiſenoxyd (Journ. de pharm. sept. 1824. 479).

Hyoscyamus niger L. (ſchwarzes Bilſenkraut). — Der Saame nach Brandes: 19,6 leicht in Alkohol lösliches fettes Oel (Rep. I. 1242); 4,6 ſchwer in Alkohol lösliches fettes Oel (ebend.) 1,4 beſondre wallrathartige Subſt.; 6,3 äpfelſ. Hyoscyamin mit äpfelſ. Kalk und Magneſia und einem Ammoniakſalze; eine Spur Schleimzucker; 1,2 Gummi; 2,4 Baſſorin; 1,5 Stärkmehl; 26,0 Holzfaſer; 3,4 Phyteumakolla; 0,8 löslicher Eiweisſtoff; 3,7 verhärteter Eiweisſtoff; 0,4 äpfelſ., ſchwefelſ. (?) und phosphorſ. Kali; 0,4 äpfelſ. Kalk; 0,2 äpfelſ. Magneſia; 2,4 phosphorſ. Kalk und Magneſia; 24,1 Waſſer; 1,4 Ueberſchuß. — Die Faſer lieferte durch Einäſchern khlſ., phosphorſ., ſalzſ., ſchwefelſ. Kali; eine beträchtliche Menge von phosphorſ. Kalk und von Kieſelerde; ferner ſchwefelſ. Kalk, Eiſenoxyd, Manganoxyd, eine höchſt geringe Spur Kupferoxyd. (Trommsd. N. J. V. St. 1. 50).

Analyſe nach Brandes. 1) Austrocknen. — 2) a. Ausziehung der Saamen mit abſolutem Alkohol, Filtriren, Concentriren, Abſondern des auf dem Boden abgeſetzten, in Alkohol ſchwer löslichen, Oels durch Decantiren und Filtriren; b. weitres Concentriren, wobei ſich das in Alkohol leicht lösliche Oel abſcheidet, Decantiren von dieſem; weitres Abdampfen zur Trockniß; c. Auflöſen des Rückſtands in abſ. Alkohol; Vermiſchen mit W., Abfiltriren vom weißlichen Abſatz, der mit W. gewaſchen, wieder in Alkohol aufgelöſt und abgedampft ſich als der fettwachsartige Stoff darſtellte; d. Abdampfen der unter (c) filtrirten Fl. zur Trockniß, wo das äpfelſ.

---

*) Dieſes iſt wahrſcheinlich nur Harz von anderm Aggregatzuſtande.

Hyoscyamin mit den angegebenen Salzen verunreinigt zurückbleibt u. ſ. w.; fernere Behandlung mit W., heißem Alkohol, Salzſäure und Kalilauge.

Jatropha Curcas L. — Die ſchwarze Brechnuß oder Purgirnuß nach Pell. und Cav.: Fettes Oel, in Verb. mit der ſcharfen Jatrophaſ.; Gummi; Holzfaſer; löslicher und unlöslicher Eiweisſtoff. (Buchner Repert. VI. 300).

Illicium anisatum L. (Gemeiner Sternanis). — Die Saamenkapſeln nach Meißner: Flüchtiges Oel (Rep. I. 1037); 2,8 brennend ſchmeckendes grünes durchſichtiges fettes Oel; 10,7 rothbraunes geſchmackloſes, nicht in Aether und Oelen lösliches, Hartharz; 3,2 eiſengrünender Gerbſtoff; 2,1 Extractivſtoff; 6,0 Gummi; 26,4 Holzfaſer: 7,6 durch Kali ausgezogener gummiger Extractivſtoff; 19,8 durch Kali ausgezogenes Stärkmehl; 0,2 Benzoeſ.; 8,4 Aepfelſ., äpfelſ. Kalk und Extractivſtoff; 0,4 Verluſt; 0,9 Ueberſchuß. (Buchholz Taſchenb. 1818. 1.)

Der Saamenkern nach demſelben: 1,8 flüchtiges Oel; 17,9 gelbes fettes Oel; 1,6 gelbes butterartiges Fett; 2,6 Harz wie oben; 4,2 Extractivſtoff; 1,2 Gummi; 29,4 Holzfaſer; 2,1 durch alkoholiſche Kalilauge ausgezogener bitterer Extractivſtoff; 23,0 durch alkoholiſche und wäßrige Kalilauge ausgezogener gummöſer Extractivſtoff; 6,4 durch Kali ausgezogenes Stärkmehl; 4,8 Aepfelſ., äpfelſ. Kalk und Extractivſtoff; 0,4 kleeſ. Kalk; 4,2 Waſſer; 0,4 Verluſt (ebend. 1819. 1).

Iuglans regia L. (Wallnuß). — Die grünen Wallnußſchaalen nach Braconnot: eigenthümlicher, ſcharfer, an der L. ſehr leicht zerſetzbarer, Bitterſtoff; Gerbeſtoff (keine Gallusſ.); Stärkmehl; harziges Blattgrün; Pflanzenfaſer; Aepfelſ.; Citronenſ.; phosphorſ. und kleeſ. Kalk; in der Aſche auch noch kohlſ. Kali und Eiſenoxyd. Der im friſchen Zuſtande beinahe farbloſe ſcharfe und bittre Saft der Schaalen wird durch die Einwirkung der L. ſehr ſchnell dunkelbraun gefärbt und verliert ſeine Schärfe und Bitterkeit; der Bitterſtoff verkohlt ſich gleichſam und fällt in ſchwarzen glänzenden Häuten als eine asphaltähnliche Mat. zu Boden (Ann. de Chim. LXXXIV. 303. Trommsd. J. XX. St. 2).

Der eingedickte Saft der unreifen Wallnüſſe *) enthält nach Wackenroder: 11,70 Eiweiskörper (Albumen veget.) 15,60 Gerbſtoff mit einer nambaften Menge Schleimzucker und kryſt. Zucker und Aepfelſ., mit weniger Kalk und Kali; 7,72 gummigen Extractivſtoff mit

---

*) Wie es ſcheint, ſind die ganzen Wallnüſſe mit der grünen Schaale zu verſtehen.

etwas Zucker und Gerbſtoff und äpfelſ. Kali mit ſtarkem Säureüberſchuß; 30,60 Schleimzucker und Aepfelſ., mit beigemiſchtem Gerbſtoff; 4,16 Stärkmehl, mit einer eigenthümlichen ſchwarzen Mat. verbunden, zugleich mit äpfelſ. Kali und äpfelſ. und phosphorſ. Kalk. — In 100 Th. des Eiweiskörpers fanden ſich: 13,00 fettes gelbes ſcharfes ekelhaftes Oel mit weißem talgartigen milden Oel und einer grünen wachsartigen ſubkryſtalliniſchen Subſtanz; 600 röthliche fette Mat.; 76,00 Pflanzeneiweis, durch die an der L. veränderliche beigemiſchte Materie gebräunt; 5 Aſche, khlſ. und phosphorſ. Kalk liefernd. Das ganze Extract lieferte 7,60 p. C. Aſche, in 500 Th. enthaltend: 63,35 baſ. khlſ., ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali und 34,65 khlſ. Kalk und khlſ. Magneſia, viel phosphorſ. Kalk und eine Spur Kieſelerde. (Wackenroder De Anthelm. comment. Gott. 1826. 47).

Juniperus communis L. (Wachholder). — Die lufttrocknen Beeren nach Trommsdorff: 1,0 flüchtiges Oel (Rep. I. 1037. II. 779); 4,0 Wachs; 10,0 Harz (Rep. I. 1335); 33,8 Wachholderzucker (Rep. I. 791) mit eſſigſ. und äpfelſ. Kalk; 7,0 Gummi mit Pflanzenſalzen; 35,0 Holzfaſer; 12,9 Waſſer; 3,7 Ueberſchuß (Taſchenb. für Scheidek. 1822. 43). — Die Saamen der Wachholderbeeren haben auf ihrer ganzen Oberfläche Grübchen, die ſich in drei oder vier Reihen über einander befinden und deren jedes einen kleinen ſpindelförmigen Schlauch enthält, welcher bei den noch grünen Früchten mit äth. Oele, bei den reifen mit Terpentin *) (?) und endlich bei den getrockneten mit Harz angefüllt ſind (Recluz in Journ. de Pharm. Avril. 1827. 161; auch in Geiger Mag. XVIII. 161).

Lactuca (sativa?; laitue cultivée). — Durch Deſtillation der ſchwarzen Saamen mit Waſſer ohne Cohobation erhielt Chereau ein ſtark riechendes Waſſer als Deſtillat. Das in der Blaſe bleibende Waſſer war trübe, ſchleimig und es ſchwammen einige Tropfen ſehr ſtark ſchmeckendes, goldgelbes, in Aether lösliches, Oel darauf. Im Verlauf einiger Stunden ließ es eine reichliche Menge Stärkmehl fallen. (J. de chim. méd. 1828. avril. 181).

Laurus nobilis L. — Die Lorbeeren nach Bonaſtre: 0,80 flüchtiges Oel (Rep. I. 1030); 12,80 grünes fettes Oel (Rep. I. 1248); 7,10 Stearin beſtehend aus einem flüſſigen Oel und Wachs; 1,80 Harz beſtehend aus einem ſchwarzen bittern, wenig in Aether, leicht in Alkohol auflöslichen Harz und einem glutinöſen in Alkohol und Aether unlöslichen Harz **) (Rep. I. 1325); 1,00 Laurin

---

*) Soll wohl nur bedeuten: mit einer terpentinähnlichen Maſſe.

**) Dieſe Subſtanz möchte kaum als Harz zu bezeichnen ſeyn, noch weni-

(Rep. I. 1353.); 0,40 unkryſt. Zucker; 17,20 gummiges Extract; 25,80 Satzmehl, 6,40 baſſorinähnliche Mat., 18,80 Faſer; Spuren von Eiweis; 6,40 Waſſer; ungefähr 0,12 Säure; das Uebrige Salze.

Durch Einäſchern wurden 1,25 p. Aſche erhalten, enthaltend baſ. khlſ. Kali, phosphorſ. und khlſ. Kalk. (Journ. de pharm. X. 30).

Laurus Pecurim oder Pichurim Rich. (Ocotea Pichurim Humb.). —

Die großen Bohnen nach Kobes: Viel braunes flüchtiges Oel, theils leichter theils ſchwerer als W.; die kleinen nach demſ. enthalten weniger flüchtiges Oel, und 10 Fett von der Conſ. der Cacaobutter. Beide Bohnen enthalten ein wenig Gerbſt. (Berl. Jahrb. 1800. 68).

Die kleinen Bohnen nach Bonaſtre: 3,0 concretes flüchtiges Oel (Rep. I. 1038.); 10 fixes butterartiges Oel; 25,0 Stearin; 3,00 glutinöſes Harz; 8,0 brauner Farbſtoff; 0,8 unkryſt. Zucker; 11,0 Satzmehl; 12,0 auflösliches Gummi; 1,2 traganthähnliches Gummi; 20,0 Parenchym; 0,4 Säuren mit fremdartiger Mat. verbunden; 1,5 Salze; 6,0 Waſſer; 1,2 Verluſt. (Journ. de pharm. XI. 1; auch in Geiger Mag. 1825. März. 266; auch in Berl. Jahrb. 1825. 160).

Linum usitatissimum. — Der trockne Leinſaamen nach Leo Meier: 11,265 fettes Oel; 0,146 Wachs; 2,488 Weichharz; 0,550 harziger Farbſtoff; 0,926 dem Gerbſtoff nahe verwandter gelber Farbſtoff; 0,991 deßgleichen mit verſchiedenen Salzen; 6,154 Gummi (Rep. I. 699); 2,932 Kleber; 2,782 Eiweis; 44,382 Emulſin und Hülſen; 10,884 ſüßer Extractivſtoff mit äpfelſauren Salzen; 15,120 Pflanzenſchleim mit freier Eſſigſ., eſſigſ. Kali, phosphorſ. Magneſia, phosphorſ. Kalk, ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali, 1,480 Stärkmehl mit ſalzſ. Kalk, ſchwefelſ. Kalk und Kieſelerde.

Lupinus (alba?). — Das Lupinenmehl nach Fourcroy und Vauquelin: weder Stärkmehl noch Zucker; ſondern ein bitteres gefärbtes Oel; eine thier. veget. Subſtanz, die in vielem Waſſer, leichter aber noch in Eſſigſ. aufl. iſt; phosphorſ. Kalk und Magneſia; eine kleine Menge phosphorſ. Kali und phosphorſ. Eiſen. (Ann. du mus. d'hist. nat. T. VII.).

Menispermum cocculus. — Die Kokkelskörner nach Boullay: fettes Oel; Talg; extractiver gelber Farbſtoff; Pikrotoxin; Holzfaſer; Eiweisſtoff; Meniſpermſ. (nichts anders als verunreinigte Aepfelſ.); in der Aſche: ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali, phosphorſ.

---

ger als Unterharz, wie Bonaſtre thut, deſſen Kennzeichen vielmehr das Laurin trägt.

Kalk, Kieſelerde und Eiſen. — (Ann. de Chim. LXXX. 209. Journ. de pharm. VI und Buchners Repert. VII. 76). — Die fetten Stoffe ſind in ſo großer Menge in den Kokkelskörnern enthalten, daß man ſie in Indien zur Verfertigung von Kerzen benuzt. — Nach Caſaſeca und Lecanu röthet die fette Materie, welche man durch Behandlung mit kochendem W. auszieht, und die beim Erkalten zur feſten Maſſe geſteht, Lackmus; welches daher rührt, daß ſie zum großen Theil aus Margarinſ. und Oelſ. beſteht, wobei ſie noch etwas, was wahrſcheinlich Stearin iſt, enthält. (Journ. de pharm. Janv. 1826 p. 55 — 59); — Nach Voget enthalten 12 Pfund Kokkelskörner: 492 Gran Pikrotoxin; 2160 grünes butterartiges Oel; 1110 Harz; 3000 in W. und Weingeiſt löslichen Extractivſtoff (Brandes Arch. XX. 252).

Momordica elaterium L. (Springgurke). — Das Elaterium, d. i. der ausgepreßte und eingedickte Saft nach Paris: 12 Elaterin mit eigenthümlichem bittern Stoff; 26 Extractivſtoff; 25 Holzfaſer; 28 Satzmehl; 5 Kleber; 4 Waſſer. (Schweigg. J. N. R. II. 339).

Myrica cerifera. — Die ganze Beere nach Dana: 32 Wachs; 5 rothbraunes, in Eſſigſ. lösliches, Harz; 15 ſchwarzes Pulver; 47 ſtärkmehlartige Mat. (Journ. de Phys. LXXXIX. 154).

Myristica moschata Thbg. — Die Muskatblüthe (Macis) d. i. der zerſchlitzte Mantel, welcher den Saamenkern umgiebt, nach Henry: 1) eine kleine Menge ätheriſches Oel (Rep. I. 1038. II. 779); 2) eine große Quantität fixes gelbes geruchreiches Oel, welches in Aether löslich iſt, aber unlösl. in kochendem Alkohol (Rep. I. 1245); 3) eine faſt gleiche Quantität eines andern fixen Oels, welches Geruch hat und roth gefärbt iſt, und in jedem Verhältniß in Alkohol und Aether löslich (ebend.); 4) eine eigenthümliche gummöſe Subſtanz, welche ähnliche Eigenſchaften, wie Stärkmehl und Gummi hat und wenigſtens ein Drittheil des Macis ausmacht (Rep. I. 749). 5) eine ſehr kleine Menge Holzfaſer. (Journ. de pharm. Juin. 1824. — Geiger Mag. Sept. 1824. — Berl. Jahrb. 1825. 71).

Die Muskatnüſſe nach Schrader: 2,604 leichtes äth. Oel (Rep. I. 1038); 0,521 ſchweres äth. Oel (ebend.); 10,468 ausgepreßtes weiches röthliches Oel (Rep. I. 1249); 17,708 weißes trocknes mehr talgartiges ausgepreßtes Oel; 3,125 ſchmieriges Harz; 25,000 gummiges Extract; 34,375 Parenchyma; 6,199 Verluſt. (Berl. Jahrb. 1804. 83. — Pfaff mat. med. IV. 217). — Nach Bonaſtre: 6,0 äth. Oel; 24,0 weiße unlösliche talgartige Mat.; 7,8 gefärbte lösliche butterartige Mat.; 2,4 Satzmehl; 1,2 Gummi; 54 Faſer; ungefähr

0,8 Säure; 4 Verluſt (Journ. de pharm. 1823. Juin. 281. — Berl. Jahrb. XXV. 2. 78). — Ueber Johns Myriſticin, welches ſich mit der Zeit aus dem äth. Muskatnußöl abſetzt, vergl. (Rep. I. 1103).

Myrtus pimenta L. (Pimentpfeffer). — Nach Bonaſtre: Die Fruchthülle: 10,0 äth. Oel (Rep. I. 1038); 8,0 grünes fettes Oel; 0,9 weiße flockige Subſt. (Stearin); 1.2 harziger in Alkohol löslicher Stoff; 11,4 gerbſtoffiges Extract; 3,0 gummiges und gerbſtoffiges Extract; 4,0 Farbſtoff; 3,0 unkryſt. Zucker; Satzmehl?; 50,0 holziger Rückſt.; 0,6 Aepfelſ. und Gallusſ.; 3,5 Waſſer; 1,6 Verluſt; 2,8 Aſche, beſtehend aus baſ. khlſ. Kali; khlſ., ſchwefelſ. und einer Spur phosphorſ. Kali.

Die Kerne: 5,0 äth. Oel; 2,5 grünes fettes Oel; 1,2 Stearin; 39,8 gerbeſtoffiges Extract; 7,2 gummiges und gerbeſtoffiges Extract; 8,0 unkryſt. Zucker; Satzmehl?; 3,2 braune Flocken; 8,8 rother in W. unaufl. Stoff; 16,0 häutiger Rückſt.; 1,6 Aepfelſ. und Gallusſ.; 3,0 Waſſer; 1,9 Aſche beſtehend zum großen Theil aus denſelben Salzen als die Fruchthülle (Journ. de chim. med. avril. 1825. 210. — Journ. de pharm. 1825. avril. 194).

Phaseolus vulgaris L. — Nach Einhof: Die getrocknete Bohne: 3,41 etwas bitter und ſcharf ſchmeckende extractive Mat.; 19,37 Gummi mit phosphorſ. und ſalzſ. Kali; 35,94 Stärkmehl; 11,07 ſtärkmehlartige Faſer; 20,81 thier. veget. Subſt. der Hülſenfrüchte (Gliadin Rep. II. 373.) mit noch etwas Holzfaſer, Stärkmehl und ſaurem phosphorſ. Kalk verunreinigt; 1,35 Eiweisſtoff; 7,50 äußere Häute; 0,55 Verluſt. — Die nicht getrocknete Bohne enthält noch 25 p. C. Waſſer (Gehlen N. a. J. VI. 545; auch in Hermbſt. Arch. III. H. 1. S. 1.)

Phellandrium aquaticum. (Waſſerfenchel). — Der Saamen nach Berthold 1,497 äth. Oel (Rep. I. 1033); 5,078 fettes Oel, ähnlich dem fetten Oel des Bilſenſaamens, etwas ſüßlich, ſchon in kaltem Alkohol löslich; 2,578 Cerin; 4,908 Harz; 8,078 Extractivſtoff; 3,463 Gummi; 71,822 Rückſtand; 2,576 Verluſt. — Die 8,203 p. C. betragende Aſche enthielt neben den gewöhnlichen Salzen 2,135 Thonerde; 4,440 Kieſelerde und eine Spur Eiſenoxyd. (Berthold De Seminis Phell. aqu. virtutibus medicis cum ejus analysi chem. Halae. 1818. — Pfaff mat. med. VII.)

Pimpinella anisum. — Die Saamen nach Brandes und Reimann: 3,0 flüchtiges Oel (Rep. I. 1033); 0,125 Stearin mit Chlorophyll; 0,175 Harz mit Spuren von äpfelſ. Kalk und Kali; 0,400 Halbharz; 5,500 extractive Materie; 7,850 Phyteumakolla; 0,650 Schleimzucker mit Aepfelſ.; 2,900 Gummoin; 6,500 Gummi mit äpfelſ., phosphorſ.

und ſchwefelſ. Kalk; 8,600 Anisulmin (eigenthümlicher Stoff, wie es ſcheint zwiſchen Ulmin und Kleber ſtehend); 0,500 Extractivſtoff; 32,850 Pflanzenfaſer; 1,000 ſaures äpfelſ. Kali; 0,125 ſaurer äpfelſ. Kalk; 1,350 phosphorſ. Kalk; 3,550 unorganiſche Salze mit Kieſelerde und Eiſenoxyd; 23,000 Waſſer (Journ. de chim. méd. 1828. may. 229; aus Buchner Repert.).

Piper cubeba. (Cubeben): 1) ein flüchtiges, faſt geronnenes, Oel (Rep. I. 1039); 2) ein grünes dickflüſſiges Harz von unangenehmen Geruch und bitterm Geſchmack, dem im Copaivabalſam ähnlich; 3) eine geringe Menge eines andern braunen harten Harzes; 4) ein gummiartiger farbiger Stoff; 5) ein durch Galläpfel fällbarer Extractivſtoff, ähnlich dem der Hülſengewächſe; 6) einige ſalzige Stoffe. — Das deſt. W. hatte alkaliſche Eigenſchaften, von Amm. herrührend. Die von den äußern Schaalen befreiten Cubeben gaben das balſamartige Harz in verhältnißmäßig weit größerer Menge und zugleich von weißerer Farbe (**Vauquelin** in Journ. de pharm. 1820. Juill.; auch in Trommsd. Taſchenb. 1822. 195). —

Trommsdorff fand in 16 Unzen: 4 Unz. 4 Dr. eigenthümlichen Extractivſtoff von bitterm aromatiſchen Geſchmack, vermiſcht mit einer beſondern thieriſchen Mat. und etwas eſſigſ. Kali; 1 U. 4 Dr. gummigen Extractivſtoff; 2½ Dr. waſſerhelles äth. Oel; 2 U. 4 Dr. ſchmieriges braungrünes Harz von ſehr beißendem gewürzhaften Geſchmack; 8 U. holzigen Rückſtand, 6½ Dr. Ueberſchuß, von anhängender Feuchtigkeit herrührend. (Trommsd. J. XX. St. 1. 69).

Piper longum. (langer Pfeffer): 1) Piperin, 2) ein fetter concreter Stoff, von brennender Schärfe, welchem der lange Pfeffer ſeinen Geſchmack verdankt; 3) eine kleine Menge flüchtiges Oel; 4) ein Extractivſtoff, dem von **Vauqu.** in den Cubeben gefundenen ähnlich, durch Stickſtoffgehalt aber davon verſchieden; 5) eine farbige gummige Materie; 6) Stärkmehl; 7) eine große Menge Baſſorin; 8) ein äpfelſ. Salz und einige andre Salze. (**Dulong** in Journ. de pharm. Févr. 1825).

Piper nigrum (ſchwarzer und weißer Pfeffer*)): **Schwarzer Pfeffer:** 12,5 p. C. ſcharfes Fett (Weichharz) mit flüchtigem Oel (Rep. I. 1039); extractives Princip, dem Cytiſin ähnlich, durch Gerbſtoff fällbar; eine gefärbte gummiartige Materie; Baſſorin; Stärkmehl; Pflanzenfaſer; Aepfelſ., wenig Weinſteinſ.; Kali- Kalk- und Magneſia-Salze. (**Pelletier** in Ann. de Ch. et de Ph.

---

*) Der weiße Pfeffer iſt nichts andres, als der von der ſchwarzen Fruchthülle befreite ſchwarze Pfeffer.

XVI.; überſ. in Berl. Jahrb. Jahrg. XXIV. 2 Abth. 91; auch in Trommsd. N. J. VI. St. 1. 233). —

Weißer Pfeffer 12,50 wäßrige Feuchtigkeit; 1,61 gelblichweißes ätheriſches Oel von lebhaftem Pfeffergeſchmack, jedoch nicht unangenehm brennend; 16,60 gelblichbraunes Harz von höchſt reizendem ſcharfen Pfeffergeſchmack; 2,50 Eiweißſtoff; 18,20 Satzmehl; 12,50 Gummi mit anhängendem (ſcharfen?) Extractivſtoff; 29,00 Pflanzenfaſer und Rückſtand; 6,79 Verluſt. — Piperin ſuchte Lucä im weißen Pfeffer vergebens. Trommsdorff glaubt, es werde beim Reifwerden des Pfeffers zerſetzt. (Trommsd. Taſchenb. 1822. 81). — Der Pfeffer hat die beſondre Eigenſchaft, die äußere Feuchtigkeit in ſich zu ziehen und gleichſam zu binden, ſo daß leicht feucht werdende Sachen durch Einpacken in Pfeffer zweckmäßig dagegen geſchützt werden. (Richards med. Bot. I. 60).

Pisum sativum L. (Gemeine Erbſe). — Nach Einhof: Die grünen Schoten: 5,00 Schleimzucker; 2,34 Stärkmehl; 8,96 Holzfaſer; 0,57 grünes Satzmehl; 0,46 löslicher Eiweißſtoff; 0,01 ſaurer phosphorſ. Kalk; 81,25 Waſſer; 1,31 Verluſt. — Die Keimfeuchtigkeit (in den Saamen vor der Ausbildung der Saamenlappen befindlich): 10,76 Schleimzucker; 1,25 gummiges Extract; 0,70 löslicher Eiweißſtoff; 87,29 Waſſer. — Die reifen Erbſen: 2,11 Schleimzucker; 6,37 Gummi: 32,45 Stärkmehl; 21,88 ſtärkmehlartige Faſer mit äußern Häuten; 14,56 thier. veget. Subſt. der Hülſenfrüchte (Gliadin); 1,72 löslicher Eiweißſtoff; 0,29 ſaurer phosphorſ. Kalk; 14,06 Waſſer; 6,56 Verluſt (Gehlen N. a. J. VI. 115).

Polygonum fagopyrum. (Buchweizen). — An der Sonne getrocknete Buchweizenkörner mit ihrer Hülſe nach Zenneck: 0,3636 Harz; 10,4734 Kleber; 0,2272 Eiweiß; 2,5378 or. Extractivſtoff; 3,0681 Extractivſtoff mit Zucker; 2,8030 Gummi und Schleim; 52,2954 Stärkmehl; 26,9431 Faſer; 1,2500 Verluſt. — Die an der Sonne getrockneten Körner hinterließen 0,681 p. C. Aſche; welche in 100 Theilen 16,66 auflösliche Beſtandtheile enthielt. 100 dieſer auflöslichen Beſtandtheile beſtanden aus 14,0 khlſ. Kali; 15,6 ſalzſ. Kali und 70,4 ſchwefelſ. Kali. Der unauflösliche Theil enthielt Kieſelerde, Magneſia, Thonerde, Eiſenoxyd und viel phosphorſ. Kalk in nicht beſtimmten Verhältniſſen (Kaſt. Arch. XIII. 353).

Prunus domestica, Armeniaca und **Cerasus** (Pflaumen und Kirſchen). —

Der Saft hat nach Berard dieſelben Beſtandtheile als der der Aepfel und Birnen.

Die Mirabellen (eine Art feiner Pflaumen) nach John: Schleimzucker; gemeines Gummi; Baſſorin; oxydirbare ſchleimige Mat.; Holzfaſer; eine Spur Harz; äpfelſ., citronenſ. und phosphorſ. Alkalien (John chem. Schr. IV. 24).

Die Schaalen der Kirſchkerne hinterlaſſen nach John 1,25 Aſche, beſtehend aus Kali; Kalk, ſehr wenig phosphorſ. Kalk; Magneſia; Eiſenoxyd (John chem. Schr. V. 96).

Punica Granatum L. — Die Rinde der Granatäpfel nach Reuß: 0,92 Harz; 21,76 Extractivſtoff; 27,77 Gerbſtoff; 10,18 oxydirter Gerbſtoff; 34,21 Schleimſtoff; 5,16 Verluſt (Trommsd. N. J. II. St. 1. 414).

Pyrus communis (Birne) und Pyrus malus (Apfel). — Der Saft der reifen Früchte nach Berard: Riechender Stoff; Zucker; Gummi; kleberartige Mat.; Aepfelſ. und äpfelſ. Kalk. — Mayer (in Buchner Repert. VIII. 210) fand auch Stärkmehl im Aepfelſaft.

Quercus Robur (Eicheln). — Nach W. B. lieferten 100 Theile ungeſchälter Eicheln 19,35 Theile Schaalen. Die Aſche von 100 Theilen geſchälter Eicheln betrug 1,33. 100 dieſer Aſche beſtand aus 75 in W. löslichen Theilen, größtentheils khlſ. Kali mit wenig Gyps nnd ſalzſ. Magneſia und 25 in W. unlöslichen, vorzüglich aus Kalk mit Kieſelerde, Magneſia, Eiſenoxyd und einer Spur Thonerde vermiſcht. 100 Theile Schaalen lieferten 1,28 Aſche, welche in 100 Theilen beſtand aus 38,88 in W. löslichen Theilen, zuſammengeſetzt aus khlſ. Kalk und ſalzſ. Magneſia und 61,12 in W unlöslichen, nämlich Kalk, Magneſia, Kieſelerde und Eiſenoxyd. Die geſchälten Eicheln ſelbſt ſollen beſtehen aus: 20,28 Stärkmehl; 18 Kleber (?); 2,86 Gerbſtoff; 51,71 Extractivſtoff und Verluſt; 7,15 unlöslichem Rückſtand (Annales of. Phil. July. 1826. p. 43).

Rhamnus catharticus. (Kreuzbeere). — Vogel fand im Saft einen grünen Färbeſtoff, welcher auf Koſten der aus dem Schleim entſpringenden Eſſigſäure in Purpurroth übergeht und glänzende Blättchen bildet, welche die Feuchtigkeit der Luft anziehen, in W. leicht, in Weingeiſt wenig, in Aether, fetten und äth. Oelen unaufl. iſt, durch Säuren roth und durch Alkalien und Salze grün gefärbt wird; freie Eſſigſ.; Schleim; Zucker und eine ſtickſtoffhaltige Mat. (Trommsd. J. XXI. St. 1. 244).

Ribes grossularia. (Stachelbeeren). — Der Saft der hellgrünen Beeren nach John: Wenig Harz; Schleimzucker; gemeines Gummi; Baſſorin (Guibourts Groſſulin, wahrſcheinlich pektiſchſ. Salz); Holzfaſer; ſaures citronenſ. und äpfelſ. Kali; ſaurer äpfelſ. Kalk; ein Ammoniakſalz; ſalzſ. und phosphorſ. Kalk; wenig Magneſia;

Eiſen; Waſſer. (John chem. Schr. IV. 31). — Berard fand Riechſtoff; Zucker; Gummi; kleberartige Mat.; Citronenſ.; Aepfelſ. und äpfelſ. Kalk.

Ribes rubrum. (Johannisbeere). — Der Saft der Beeren nach Prouſt: Extractivſtoff; Zucker; gemeines Gummi; gelatinöſer Stoff (pektiſchſ. Salz ?); Citronenſ. und Aepfelſ. (Scherer J. VIII. 626). Vergl. auch Richter in ſ. N. Gegenſt. I. 126.)

Ricinus communis L. (Wunderbaum). — Nach Geiger: die Schaalen der Saamen: 1,91 braunes faſt geſchmackloſes Harz mit ſehr wenig Bitterſtoff; 1,91 Gummi; 20,00 Pflanzenfaſer; die Kerne: 46,19 fettes Oel; 2,40 Gummi; 20,00 Stärkmehl mit wenig Faſer; 0,50 Eiweisſtoff. — 7,09 Verluſt bei Schaalen und Kernen an Feuchtigkeit, (Trommsd. N. J. II. St. 2. 173). Weder Geiger noch Pfaff fanden in den Schaalen Schärfe. — Das von Geiger angeführte Stärkmehl in den Kernen iſt nach Pfaff in der That kein ſolches, da es durch Jod nicht gebläut wird, ſondern wahres Pflanzeneiweis (Emulſin). Auch fand Pfaff in den Kernen noch einen Antheil bittern etwas ſcharfen Extractivſtoff; und in den Schaalen neben dem Harz und Extractivſtoff einen kleinen Antheil Wachs.

Ueber das Ricinusöl, welches aus den Saamen gewonnen wird, vergl. (Rep. I. 1235. II. 816).

Rosa canina L. (Hagebutte, Hainbutte). — Die trocknen, von den Saamen und feinen Haaren befreiten Früchte nach Biltz: Eine Spur äth. Oel; 0,065 fettes Oel; 0,050 Myricin; 0,463 Harz der Häute; 1,419 Harz der Markfaſer (Weichharz); 0,260 eiſengrünender Gerbſtoff; 25,000 Gummi; 30,600 Schleimzucker; Pflanzenleim ?; 4,552 Oberhäute; 14,000 Markfaſer; 2,950 Citronenſ.; 7,776 unreine Aepfelſ.; 12,865 W und Verluſt; außerdem noch eiſengrünender und eiſenbräunender Stoff, mehrere Pflanzenſäuren und Salze, Erden und Metalloxyde, welche unter den genannten Beſtandtheilen vertheilt waren. — Die 4,552 durch W., Alkohol und Aether erſchöpften Oberhäute, dann noch mit Aetzkalilöſung behandelt, gaben 0,13 Extractivſtoff; 1,876 Gummi; 1,706 Eiweisſtoff; die 14,000 erſchöpften Theile der Markfaſer eben ſo behandelt: 1,400 Extractivſtoff; 7,000 Gummi; 0,233 Thonerde, Kalk und Eiſen. Das Gummi war ſtark ſtickſtoffhaltig und das Harz der Markfaſern enthielt beträchtlich viel phosphorſ. Kalk. — Beim Einäſchern der Hagebutten blieben 5 p. C. Aſche beſtehend aus: 48 khlſ. Kali; 28.500 khlſ. Kalk; 9,740 phosphorſ. Kalk; 3 Thonerde; 4,740 Kieſelerde; 5,740 Manganoxyd; 4,740 Eiſenoxyd mit etwas Kalk; 3,40 ſchwefelſ., ſalzſ. phosphorſ. Kali-, Kalk-, Eiſen- und Manganſalze; 2,500 Verluſt. — Die unreifen Hagebutten unterſcheiden ſich von den reifen durch ihren geringern Gehalt an Säuren und Zucker, größern Gehalt an Gummi und Harz (Trommsd. N. J. VIII. St. 1. 63. — Geiger Mag. 1824. Dec. 293).

Rubus fruticosus L. (Brombeeren). — Der Saft nach John: Eine Spur Harz; rother Farbſtoff (Rep. I. 893.); Schleimzucker; Gummi; häutige Theile; Aepfelſ.; äpfelſ. (vielleicht auch citronenſ.) Kali; phosphorſ. Magneſia (John chem. Schr. IV. 175).

Ruscus hypophyllum. (alexandriniſche Lorbeeren). — Nach John: ſtärkeartige Materie; wenig Harz; etwas zuckrige Subſtanz; ſchleimige Theile; häutige Theile; Pflanzenalkali mit Pflanzenſäure; ſalzſ., ſchwefelſ. und phosphorſ. Alkali; pflanzenſ. Kalk; phosphorſ. Erde; Eiſenoxyd. (John Tab. der Pflanzenanalyſen. S. 2).

Sinapis alba und nigra (weißer und ſchwarzer Senf). — Der weiße Senf nach John: Ein gelbliches, ſehr durchdringendes und dem Rettig ähnlich riechendes, ſchweres, äth. Oel, mildes gelbes fettes Oel, welchem nach John die blaſenziehende Eigenſchaft zuzuſchreiben iſt; braunes concretes Harz von mildem Geſchmack; ſehr wenig extractartige Theile (?); ſehr wenig ſchleimige Theile (?); unauflösliche Theile, freie Phosphorſ.; 5 p. C. an phosphorſ. Kalk und phosphorſ. Magneſia; eine Spur phosphorſ. Eiſen, vielleicht mit etwas Mangan; ſehr wenig ſchwefelſ. Kalk; eine Spur phosphorſ. und ſalzſ. Kali; Eiſenoxyd (John chem. Schr. IV. 153).

Der ſchwarze Senf nach Thibierge: Scharfes flüchtiges Oel (Rep. I. 1039); ungefähr 20 p. C. fettes Oel (Rep. I. 1246); ein in Aether, Alkohol und W. auflöslicher Extractivſtoff, Eiweisſtoff; ſehr viel Schleim durch trockne Deſt. außer den gewöhnlichen Producten, am Ende Schwefeldämpfe und ein ammoniakaliſches Salz, welches in die Vorlage übergeht. (Journ. de pharm. 1819. Oct.; auch in Trommsd. N. J. IV. St. 2. 230; auch in Pfaff mat. med. VII. 274). — Todd Thomſons Verſuche liefern im Allgem. daſſelbe Reſultat, nur hält er die eiweisartige Mat. für ein ſtärkeartiges Satzmehl. Nach ihm wird auch ſchon aus dem Senfſaamen, wenn er mit Kalk und W. angerührt wird, Amm. entbunden (Berl. Jahrb. XXIV. 1. 154).

Nach Cadet iſt das Tegument des weißen Senfs mit einem, in W. auflöslichen, Ueberzuge bedeckt, welcher ungefähr 15 p. C. des trocknen Saamens ausmacht. Nach demſelben enthält dieſer Saame ungefähr $\frac{1}{50}$ Schleim und $\frac{1}{18.61}$ Eiweis, woher es rührt, daß Waſſer, worin man weißen Senf 24 Stunden lang maceriren läßt, eine dicke, faſt geſchmackloſe Fl., jedoch mit dem Geruch nach Schwefelwſſſt., und aus welcher Chlor ein wenig Schwefel fällt, bildet. Der ſchwarze

Senf dagegen tritt an das W. nur ſehr wenig Schleim ab, ertheilt ihm aber einen ſcharfen ſtechenden Geſchmack und eine ſchmuzig-grüne Färbung (Journ. de pharm. 1827. avril. 191).

Der Schwefel ſcheint in dem Senf bald im Zuſtande von Schwefelſenfſäure, bald in dem von Schwefelblauſäure vorzukommen (Vergl. Rep. II. 200. 215).

Hornemann zerlegte Waſſer, das über ſchwarzen Senf abdeſtillirt war, durch Deſtillation mit Barythydrat in Schwefelblauſäure, Schwefel, Ammoniak, flüchtiges äther. Oel und ein ſich nicht bei 100° C. verflüchtigendes Oel (und Waſſer) (Berl. Jahrb. XXIX. Jahrgang. 1 Abth. 37).

Nach Karls iſt ein Senfaufguß ein ſehr empfindliches Reagens auf Alkalien, durch die damit erzeugte gelbe Farbe. 2 Tropfen eines Infuſums von ¼ Drachme des Saamens mit ½ Unze kochenden Waſſers waren hinreichend, ⅓ Gran kohlſ. Kali in ¼ Unze deſt. W. durch deutliches Gelbfärben deſſelben anzuzeigen, während Curcumäpapier nicht die geringſte Spur von Bräunung erhielt. Aehnlich verhielt ſich Aetzammoniak (Trommsd. N. J. VIII. St. 1. S. 269).

Solanum lycopersicum L. (Liebesapfel). — Die Früchte nach John: flüchtige unangenehm riechende Materie; eine Spur harziges Roth, die Häute färbend; 0,8 extractive Theile; 6,0 bis 7,0 baſſorinartige Theile; 1,6 bis 2,0 häutige Theile; eine geringe Menge Eiweißſtoff; 1,0 ſaures äpfelſ. Kali und Kalk; 0,3 ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali, phosphorſ. Kalk, Kieſelerde und Eiſenoxyd; ungefähr 90,0 W. (John chem. Schr. IV. 9).

Solanum mammosnm L. — Die Früchte nach Morin: Eine kleine Menge flüchtiges Oel; gelber Farbſtoff (Rep. I. 980); bitterer ekelerregender Stoff, einigermaßen dem ekelerregenden Stoff der Leguminoſen ähnlich; Gummi; Holzfaſer; freie Aepfelſ. und Gallusſ.; ſaures äpfelſ. Solanin; einige Mineralſalze (Journ. de chim. méd. 1825. févr. 90).

Strychnos Ignatia Berg. — Die Ignatzbohne nach Pell. und Cav.: Grünes butterartiges Fett; Wachs; 1,2 p. C. Strychnin und wenig Brucin, verbunden mit Igaſurſ. und einem durch Salpeterſ. roth werdenden Farbſtoff; extractiver gelber Farbſtoff; viel Gummi; Baſſorin; wenig Stärkmehl; Holzfaſer (Ann. de Ch. et de Ph. X. 147. — Buchner Repert. VII. 213).

Strychnos nux vomica. — Die Krähenaugen enthalten nach Pell. und Cav. ganz dieſelben Beſtandtheile als die Ignatzbohne, doch beträgt die Menge des Strychnins und Brucins nur 0,4 p. C.; das Brucin iſt verhältnißmäßig reichlicher darin vorhanden als in den Ignatzbohnen; und die Menge des Fettes und Farbſtoffs iſt viel größer, als in dieſen. — Nach Pfaff, deſſen Unterſuchungen noch vor Entdeckung der Alkaloide angeſtellt wurden, enthalten die Krähenaugen: ein widrig riechendes, nicht giftiges, bittres, flüchtiges, bei der Deſtillation mit Waſſer übergehendes, Princip; Wachs als Ueberzug der harzigen Theile; ein feſtes Harz von bitterm Geſchmack; ein braunes, ſchmieriges, ſcharfes Harz; eigenthümlichen bittren Extractivſtoff; Zucker; viel Schleim, mit dem arab. Gummi übereinkommend, auch wohl Stärkmehl; Faſerſtoff; veget. thier. Mat.; ſauren äpfelſ. Kalk. — Bei der trocknen Deſtillation geben die Krähenaugen brandige Eſſigſ., ein zähes, pechfarbenes, empyr. Oel und hinterlaſſen eine äußerſt ſchwer einzuäſchernde, 8,93 p. C. betragende, Kohle. Weicht man die Krähenaugen einige Tage mit W. ein, ſo fängt, nach Desportes, das Gemiſch an zu gähren und es folgen die weinige, ſaure und faule Gährung auf einander. Zuletzt riecht die Flüſſigkeit wie alter Käſe. In der Hitze mit Salpeterſ. von 32° B. behandelt, entwickelten die Krähenaugen viel Salpetergas, Khlſ. und Blauſ. — Die abgerauchte Fl. lieferte kryſt. Sauerkleeſ. mit Schleimſ. vermiſcht. Die Mutterlauge enthielt eine gelbe bittre Materie, ſauerkleeſ. Kalk durch Salpeterſ. aufgelöſt und ſauerkleeſ. Ammoniak (Pfaff mat. med. II. 89).

Syringa vulgaris L. — Die Beeren des ſpan. Hollunders nach Petroz und Robinet: Harz; ein die Eiſenſalze grau fällender Stoff (Rep. I. 620); Bitterſtoff (Rep. I. 669); beſonderer Zuckerſtoff (Rep. I. 798); unauflöslicher Stoff von gallertartigem Ausſehen *); Aepfelſ.; ſaurer äpfelſ. Kalk; ſalpeterſ. Kali und mehrere gewöhnliche Salze (Journ. de pharm. X. 139).

Tamarindus indica L. — Das Mark der Früchte: 12,5 Zucker; 4,7 Gummi; 6,2 Pflanzengallert; 36,5 parenchymatöſe Mat. (Holzfaſer); 0.4 Aepfelſ.; 9,4 Citronenſ.; 1,5 Weinſteinſ.; 3,2 Weinſtein; 36,5 Waſſer; 5,6 Ueberſchuß (Ann. de Chim. V. 92).

Tanacetum vulgare L. (Rheinfarrn). — Frommberz fand in den Saamen ganz dieſelben Beſtandtheile, als in den Blättern (ſ. dieſe), nur noch außerdem ein wenig fettes Oel und keinen Zucker.

Tanghinia madagascariensis. — Die Früchte nach Henry und Olivier: ein nicht flüchtiges, klares, ſüßes, bei 10° C. gerinnbares Oel (Rep. I. 1251); Tanghinin (Rep. I. 567); ein brauner, klebriger, ſchwach ſaurer, bittrer, unkryſtalliſirbarer Stoff; Spuren von

---

*) Dieſer iſt nach Bilz Verſuchen in Trommſd. N. J. XIV. St. 2. 178 Verbindung eines eigenthümlichen Gummi's mit Kalk.

Gummi; eine große Menge Eiweis; Spuren von Kalk und Eiſenoxyd (Journ. de pharm. X. 49).

Taxus baccata. L. (Eibenbaum). — Die Beeren nach Chev. und Laſſ.: eine fette Subſtanz von karminrother Farbe; nicht kryſt. gährungsfähiger Zucker; Gummi; Aepfelſ. und Phosphorſäure (Journ. de pharm. IV. 558).

Unona. — Der äthiopiſche Pfeffer nach Virey: 6,25 p. C. ſchweres gewürzhaftes Oel; ſcharfes Harz; Stärkmehl (Trommsd. N. J. III. St. 2. 329).

Vanilla aromatica Swartz (Epidendron Vanilla. L. Vanille). —

Das in den Vanilleſchooten höchſt wahrſcheinlich vorhandene äther. Oel hat man noch nicht abgeſondert darſtellen können, indem es ſchon bei der zur naſſen Deſtillation erfoderlichen Temp. zerſetzt zu werden ſcheint. Der Alkohol zieht alle wirkſamen Beſtandtheile derſelben aus, nimmt jedoch bei der Deſt. nichts davon mit über. Waſſer aber, welches darüber abgezogen iſt, beſitzt einen ſtarken Vanillegeruch. Bucholz erhielt aus den Vanilleſchooten: 10,9 butterartiges fettes Oel (Rep. I. 1251); 2,3 Harz; 16,8 ſchwach bittern Extractivſtoff mit eſſigſ. Kali; 7,1 oxydirten Extractivſtoff, durch Kali ausgezogen; 9,0 ſäuerlich bitterlich-herben, chinaartigen Extractivſtoff mit Benzoeſäure; 1,2 ſüßen Extractivſtoff; 6,1 zuckerartige Materie mit Benzoeſäure; 1,1 unreine Benzoeſäure; 11,2 Gummi; 5,9 Gummi, durch Kali ausgezogen; 2,8 ſtärkmehlartigen Stoff; 20,0 Pflanzenfaſer; 5,6 Verluſt. — Die Aſche der unaufl. Faſer beſtand aus Carbonaten von Kali, Natron, Kalk, Magneſia, ſchwefelſ. Kalk und andern Sulfaten, ſalzſ. Salzen, Thonerde, Eiſenoxyd, Kupferoxyd (Buchners Repert. II. 253).

Veratrum Sabadilla. Retz. (Läuſekraut, cevadille). — Der Saame nach Pelletier und Caventou: Fette Materie aus Olein, Stearin und Sabadillſ. beſtehend; Wachs; extractiver gelber Farbſtoff; ſaures gallusſ. (?) Veratrin; Gummi; Holzfaſer. Die ſehr wenig betragende Aſche beſteht faſt ganz aus khlſ. und phosphorſ. Kalk mit Spuren von khlſ. und ſchwefelwaſſerſtoffſ. Kali und von Kieſelerde (Ann. de Ch. et de Ph. XIV. 69). — Nach Meißner: 24,20 fettes Oel (Olein); 0,43 talgartiges Oel (Stearin); 0,10 Wachs (Myricin); 1,45 in Aether lösliches Harz; 8,43 nicht in Aether lösliches Harz; 0,58 Veratrin; 5,97 bittrer Extractivſtoff mit einer unbeſtimmten S.; 0,65 ſüßer Extractivſtoff; 4,82 Gummi; 24,14 oxydirter Extractivſtoff, durch Kali ausziehbar; 20,56 Holzfaſer; 1,11 Phyteumakolla mit pflanzenſ. und ſalzſ. Kali; 1,06 kleeſ. Kalk mit Baſſorin; 6,40 Waſſer

(Trommsd. N. J. V. St. 1. S. — Im Auszuge in Schweigg. J. N. R. I. 188).

Vicia asiatica. — Die Bohnen nach Kirсner: 4,166 Extractivſtoff; 43,750 Stärkmehl; 14,583 Schleim und Faſerſtoff; 24,999 Hülſenſubſtanz; 8,333 Waſſer; 4,169 Verluſt.

Vicia faba. L. — Die Bohne nach Einhof: 10,05 äußere Häute; 3,54 bittre, ſaure, extractive Subſtanz; 4,61 Gummi; 34,17 Stärkmehl; 15,89 ſtärkmehlartige Faſer; 10,86 Gliadin (thier. veget. Materie der Hülſenfrüchte); 0,81 Eiweis; 0,98 phosphorſ. Kalk und Magneſia; 15,63 Waſſer; 3,46 Verluſt (Gehlen N. a. J. VI. 136). — Nach Greif: 10 Extractivzucker; 6,8 Stärkmehl; 7,5 Schleim; 2 Eiweis; 2 Kleber; 15 Verluſt.

Die ausführlichſte Analyſe der Bohnen hat neuerdings Braconnot gegeben; ſie beſtehen nach ihm aus 7,00 Saamenhäuten und 93 Parenchym. Die 7,00 Häute enthalten: 4,60 Holzfaſer; 1,23 pektiſche S.; 1,17 in W. lösliche Mat., Stärkmehl und eine Spur Legumin; die 93 Parenchym: 0,70 fette, wenig gefärbte, Mat.; 5,36 in W. lösliche, in Alkohol unlösliche thier. Mat. (vergl. Vicia sativa); 18,20 Legumin; 42,34 Stärkmehl; 0,20 unkryſtalliſirbaren Zucker; 0,70 markiges Gerippe; 1,50 pektiſche Säure mit einem Gehalt von Legumin und Stärkmehl; 23,00 Waſſer; 1.00 phosphorſ. Kalk, phosphorſ. Kali, kblſ. Kalk, eine Spur organiſcher Säuren, zum Theil mit Kali verbunden und Verluſt (Geigers Mag. XVIII. 69).

Vicia monantha. — Nach Boſch: 28,69 Satzmehl; 21,74 in W. lösliche Theile; 20,00 holzige Hülſenſubſtanz; 25,23 verdampfbares Waſſer; 4,34 Verluſt.

Vicia peregrina. — Nach Greif: 13 Extractivzucker; 64 Stärkmehl; 7,5 Schleim; 0,5 Eiweis, kein Kleber; 15 Verluſt.

Vicia sativa (Erbſen). — Nach Greif: 11 Extractivzukker; 68 Stärkmehl; 2,5 Schleim; 1,5 Eiweis; 2 Kleber; 15 Verluſt. — Nach Göbel: 1,766 Extractivſtoff; 0,234 Zucker; 39,2 Stärkmehl; 13,6 Schleim; 40 Kleber (etwas faſerhaltig); 0,575 Eiweis; 7,6 Spelzen; 33,025 Waſſer und ſonſtige flüſſige Subſtanzen.

Die neueſte und ausführlichſte Unterſuchung der Erbſen hat Braconnot gegeben; ſie beſtehen nach ihm aus: 8,26 Saamenhäutchen und 91,74 Parenchym; die erſtern enthalten 5,36 Holzfaſer; 1,73 pektiſche Säure; 1,77 in W. lösliche Subſtanz, Stärkmehl und eine Spur Legumin. — Die 91,74 Parenchym beſtehen aus: 1,20 Chlorophyll; einer unbeſtimmbaren Menge gelben, bittern, in Alkohol und Waſſer löslichen, Stoffs von gummiähnlichem Ausſehen; 8,00 in Waſſer löslicher, in Alkohol unlöslicher thieriſcher, Subſtanz von Fleiſchbrühgeſchmack*); 42,58 Stärkmehl; 18,40 Legumin (Rep. II. 425); 2,00 nicht kryſtalliſirbarem Zucker; 9 markigem Gerippe; 4,00 ſtärkmehlhaltiger pektiſcher Säure; 12,50 Waſſer; 0,07 kblſ. Kalk; 1,93 phosphorſ. Kalk und phosphorſ. Kali, organiſche Säure zum Theil mit Kali geſättigt, riechende Mat. und Verluſt (Geiger Magazin XVIII. 68).

Viscum album. L. (Miſtel). — Nach Funke: 10 trockner, vom Faſerſtoff ſchwer zu trennender, Schleim; 10 Faſer, Häute und Saamen mit grünem Weichharz; 80 Waſſer (Buchner Rep. XIII. 86). — Nach Henry: Eine große Menge Wachs; Chlorophyll; viel Vogelleim (Miſtelharz, glu); viel Gummi; eine klebrige unauflösliche Subſtanz; Kali-, Kalk- und Magneſiaſalze; Eiſenoxyd (Henry's vorläufige Verſuche in Journ. de pharm. avril. 1823. IX. 149. — Hänle Magaz. 1823. Aug. 138. — Berl. Jahrb. XXIV. 1. 220. — Henry's ausführlichere Verſuche in Journ. de pharm. Juill. 1824. X. 337. — Berl. Jahrb. XXIV. 1. 220. — Buchner Rep. XIX. 1. — Hänle Mag. 1824. Oct.).

Vitis vinifera. L. (Wein). — Der Saft der unreifen Trauben nach Prouſt: Extractivſtoff; wenig Aepfelſ.; ſehr viel Citronenſ.**); Weinſtein; ſchwefelſ. Kali und ſchwefelſ. Kalk; weder Schleim, noch Zucker. — So wie die Reife fortrückt, verſchwindet die Citronenſ. allmälig, ſo daß der Saft der ganz reifen Trauben kaum noch Spuren davon enthält, und an deren Stelle treten jetzt Traubenzu[illegible]. Schleimzucker und ein wenig Gummi. Er enthält im Ganzen nach Prouſt: Extractivſtoff; krümlichen und Schleimzucker; Gummi; kleberartigen Stoff; wenig Aepfelſ.; wenig Citronenſ. und Weinſtein (Gehlen J. II. 93). — Nach Berard enthält der Saft der reifen Trauben: Riechſtoff; Zucker; Gummi; kleberartigen Stoff; Aepfelſ.; äpfelſ. Kalk; Weinſtein und ſauren weinſteinſ. Kalk.

Geiger fand in dem Saft völlig ausgewachſener unreifer Trauben (Muskateller und Gutedel), welche noch ganz hart und trübe undurchſichtig waren: 1) Weinſteinſ. (in 20 Unzen Saft 107 Gran); 2) Aepfelſ. (in 30 Unzen ungefähr 3½ Drachme); 3) Weinſtein; 4) ſchwefelſ. Kalk; 5) äpfelſ. Kalk; 6) Gallusſ.; 7) Gerbſtoff; 8) phosphorſ. Kalk; 9) eine Spur ſalzſ. Kalk; 10) Schleimzucker mit Extractivſtoff, kein Gummi; 11) grünes Weichharz (Chlorophyll) und Wachs; 12) zur Fermentbildung tauglichen Stoff. — Das grüne Weichharz oder Chlorophyll, Wachs, das (unoxydirte) Ferment und ein Theil des Gerbſtoffs ſetzen ſich aus dieſem Safte bei der Ruhe zuſammen ab; und dieſer Abſatz hinterläßt beim Einäſchern eine ſtark eiſenhaltige Aſche; daher man das Eiſen noch zu den obigen Beſtandtheilen zu fügen hat. Citronenſ. konnte Geiger nicht in dem Safte entdecken, wiewohl Kaufmann aus 96 Unzen unreifen Traubenſaftes 10 Quentchen Citronenſ. erhalten haben will (Geiger Mag. VII. 165).

---

*) Die wäßrige Löſung dieſer Subſtanz wurde durch Gallapfelauszug ſchwarz gefällt, durch ſalzſ. Kalk, eſſigſ. Thonerde und ſchwefelſ. Eiſenprotoxyd nicht getrübt.

**) Nach Braconnet iſt es nicht Citronenſ., ſondern Weinſteinſ.

Eſenbeck fand die Hülſen blauer Weintrauben, ſorgfältig vom Fleiſch befreit, getrocknet und gepulvert, beſtehend aus: grünlich gelbem Hartharz; Chlorophyll; Wachs (der ſogenannte Reif der Trauben); violetten Farbſtoff (Rep. II. 768); braunem eiſengrünenden, in Weingeiſt von 80 p. C. unlöslichen, in Weingeiſt von 25 p. C. leicht löslichen, Gerbſtoff; gummigen Extractivſtoff; Traubenzucker; Faſer; Weinſtein und einer Spur einer freien, in Weingeiſt löslichen, Säure (Aepfelſ.). — Von dieſen Beſtandtheilen gehört jedoch der Zucker und der Weinſtein, wie es ſcheint, dem nicht ganz abzuſondernden Traubenfleiſche an. Eine Traubenhülſe enthält ungefähr ¼ Gran Farbeſtoff (Brandes Arch. XX. 204).

Saamen der Gramineen, Getreide, Mehl.

Avena sativa (Hafer). — 59 Stärkmehl; 4,30 graue Materie, dem geronnenen Eiweißſtoff ähnlicher, als dem Kleber; 8,25 Bitterſtoff; 2 fettes Oel; 2.50 Gummi; 23,95 Verluſt (Vogel). Einige franzöſiſche Chemiker haben in der Saamenhaut des Hafers einen vanilleähnlichen Stoff gefunden (Trommsd. J. XXIV. St. 2. 157).

Hordeum distichon (Zweizeilige Gerſte). — 30 Satzmehl; 13 Kleber; 3 Schleimzucker; 12 Hülſenſubſtanz (Kazenberger).

Hordeum nudum (Nackte Gerſte). — 10 Hülſe, etwas über 47 Satzmehl; 5 Schleimzucker; 18 Kleber nebſt einer Spur Eiweis (Kazenberger).

Hordeum vulgare (Gemeine Gerſte). — Der unreife Saamen, von den Kelchſpelzen befreit: 2,63 Bitterſtoff, nicht in Alkohol löslich, durch Chlor, Alaun und Zinnſalz fällbar; 5,33 Schleimzucker; 14,58 Stärkmehl; 0,62 Holzfaſer; 1,77 Kleber; 0,15 Eiweißſtoff mit phosphorſ. Kalk; 15,97 grüne Hülſe, grünes Satzmehl und Extractivſtoff haltend; 52,09 Waſſer; 6,34 Verluſt (Einhof).

Der reife Saamen: 70,05 Mehl; 18,75 Hülſe; 11,20 Waſſer (Einhof).

Das Mehl: 5,21 Schleimzucker; 4,62 Gummi; 67,18 Stärkmehl; 7,29 faſrige Materie (aus Kleber, Stärkmehl und Holzfaſer beſtehend); 3,52 Kleber; 1,15 Eiweisſtoff; 0,24 phosphorſ. Kalk mit Eiweisſtoff; 9,37 Waſſer; 1,42 Verluſt (**Einhof** in Gehlen N. a. J. VI. 82). — Nach **Prouſt**: 1 gelbes Weichharz; 5 honigartiger Zucker; 4 Gummi; 3 Kleber; 32 Stärkmehl; 55 Hordein (Ann. de Chim. et de Ph. V. 377; auch in Trommsd. N. J. II. St. 2. 123). — Nach **Fourcroy** und **Vauquelin** enthält die Gerſte noch 1 p. C. durch Alkohol ausziehbares dickes fettes Oel (Rep. I. 1248), von welchem der Branntwein Fuſelgeruch und Geſchmack, das Gerſtenbrod eine geringe Bitterkeit erhält, und ein wenig Eſſigſäure (Gehlen J. II. 383).

Das Mehl der gemalzten Gerſte nach **Prouſt**: 1 gelbes Weichharz; 15 Schleimzucker; 1 Kleber; 56 Stärkmehl; 12 Hordein.

Der Roſt der Gerſte enthält kein Stärkmehl, ſondern eine der Kohle ähnliche und eine thieriſche Materie nebſt Phosphorſäure (**Einhof**).

Oryza sativa (Reis). — **Vogel** erhielt aus vollkommen getrocknetem Reis: 1,05 fettes Oel; 1,65 Zucker; 1,10 Gummi; 96,00 Stärkmehl; 0,20 löslichen Eiweisſtoff (**Vogels** analyt. Verſuch über Waizen u. ſ. w. Münch. 1818). — **Vauquelin** fand im Reis keinen Zucker, ſondern faſt blos Stärkmehl, ſehr wenig thieriſche Materie und etwas phosphorſ. Kalk (Journ. de phys. LXXXV. 121). — **Braconnots** vergleichende Analyſe: 1) des Piemonteſiſchen; 2) des Karolinareiſes gab folgendes (Ann. de Ch. et de Phys. IV. 383):

	(1)	(2)
Ranziges, farbloſes, talgartiges Oel	0,25	0,13
Schleimzucker	0,05	0,29
Gummi	0,10	0,71
Stärkmehl	83,80	85,07
Parenchyma (Holzfaſer)	4,80	4,80
Kleberartige Materie	3,60	3,60
Phosphorſ. Kalk	0,40	0,40
Eſſigſ., pflanzenſ., phosphorſ. und ſalzſ. Kali und pflanzenſ. Kalk	Spuren	Spuren
Waſſer	7,00	7,00
	100	100

Secale cereale (Roggen, Korn). — Nach **Einhof**: 65,6 Mehl; 24,2 Hülſen; 10,2 Feuchtigkeit (Gehlen J. V. 116). — Nach

Greif: 67 Mehl; 13,89 Kleien; 19,11 Feuchtigkeit (Buchner Repert. XIV. 69).

Das Roggenmehl nach Einhof: 3,28 Schleimzucker; 11,09 Gummi; 61,07 Stärkmehl; 6,38 hülſige Subſtanz; 9,48 in Weingeiſt löslicher Kleber; 3,28 Eiweißſtoff; 5,42 unbeſtimmte S. und Verluſt (Gehlen N. a. J. V. 131; auch in Hermbſtädts Arch. II. H. 1. 119). — Nach Greif: 10,4 Zucker; 7,2 Schleim; 59,0 Stärkmehl; 12,6 Kleber; 3,0 Eiweißſtoff; 7,8 Verluſt.

Ueber die Aſche von Roggen, der in verſchiedene Subſtanzen geſäet iſt, vergl. Schrader in Hermbſt. Arch. I. 65.

Ueber das Mutterkorn ſiehe die Analyſe der kryptogamiſchen Gewächſe (Art. Sclerotium).

Triticum dicoccon. — Das getrocknete Mehl (Emmermehl) nach Zenneck: 12,98 Kleber; 19,88 Hülſenſubſtanz; 66,79 Stärke; 0,35 in Waſſer auflösliche Theile (Schweigg. J. N. R. IX. 323).

Triticum monococcon (Einkorn). — Das getrocknete und ungebeutelte Mehl: 7,481 Faſer; 14,063 Kleber; 64,838 Stärke; 2,271 Eiweiß; 11,347 Extract. — Das getrocknete gebeutelte Mehl: 0,807 Faſer; 15,341 Kleber; 76,459 Stärke; 0,195 Eiweiß; 7,198 Extract. Die Aſche lieferte höchſt wenig ſalzſ. und andre Kaliſalze (kein ſchwefelſ. Salz), phosphorſ. Kalk, Eiſenoxyd und Kieſelerde (Zenneck in Schweigg. J. N. R. XIII. 487).

Triticum polonicum (polniſcher Weizen). — Nach Greif: 85,90 Mehl; 6,66 Kleyen; 7,44 Feuchtigkeit.

Mehl des poln. Weizens: 12,2 Extractivzucker; 19,2 Kleber; 2,6 Eiweiß; 58,0 Stärkmehl; 2,2 Schleim; 5,8 Verluſt (Buchners Repert. XIV. 69).

Triticum sativum Lam. (Trit. aestivum und hybernum L. (Sommer- und Winterweizen). —

Vergl. zuvörderſt Hermbſtädts Reſultate (Rep. II. 87).

Das Weizenmehl enthält nach A. Vogel: 4,2 Zucker; 68 Stärkmehl; 24 feuchten Kleber; 1,5 Eiweißſtoff; 2,3 Verluſt (Schweigg. J. XVIII. 201). — Nach Prouſt: 1 gelbes Harz; 12 Gummi und Zucker; 74,5 Stärkmehl; 12,5 Kleber (Ann. de Ch. et de Phys. V. 377). — Nach Kazenberger: 68 Stärkmehl; 16,6 Kleber; 3,6 Schleim; 11,8 Verluſt. — Davy fand im reifen, im Herbſte geſäeten, Weizen 77 p. C. Stärkmehl und nur 19 Kleber; hingegen in dem von der Frühlingsſaat herrührenden gegen 70 p. C. Stärkmehl und 24 p. C. Kleber. — Nach Henry liefert beſtes franzöſiſches Weizenmehl, genannt Gruau, wenig Zucker und Gummi; 75 Stärkmehl; 24,5 friſchen (8 trocknen) Kleber und Eiweiß; — gewöhnliches franzöſiſches Weizenmehl liefert mehr Zucker und Gummi; 70 Stärkmehl; 24,5 friſchen (8 trocknen) Kleber und wenigern Eiweißſtoff; — Weizenmehl aus Odeſſa liefert ſo viel Gummi und Zucker, wie das vorige Mehl, jedoch mit etwas Bitterſtoff; 68 Stärkmehl; 36,5 friſchen (12 trocknen) Kleber und wenig Eiweißſtoff. Die zwei letztern Mehle gaben beide 0,15 p. C. Aſche, enthaltend vorzüglich ſchwefelſ. und phosphorſ. Natron mit ſehr überſchüſſiger Phosphorſ. (Journ. de pharm. VIII. 51). — Vauquelins (Journ. de pharm. VIII. 353; auch in Schweigg. J. N. R. 1822. H. 10. 223) vergleichende Analyſe neun verſchiedener Mehlſorten: 1) von einheimiſchem (franzöſiſchem) Weizen; — 2) von Gemengkorn (méteil) aus Weizen und Roggen; — 3) von hartem Korn (blé dur) von Odeſſa; — 4) von weichem Korn (blé tendre); — 5) von deſſen zweiter Sorte; — 6) von deſſen dritter Sorte; — 7) von Pariſer Bäckermehl erſter Sorte; — 8) von deſſen zweiter Sorte; — und 9) von deſſen dritter Sorte; — ergab folgendes Verhältniß der nähern Beſtandtheile:

Nr.	Feuchtigkeit.	Kleber.	Stärke.	Zucker.	Kleber-gummi.	Rückſtand.	Summe.
1	10	10,96	71,49	4,72	3,32	—	100,49
2	6	9,80	75,50	4,22	3,28	1,20	100,00
3	12	14,55	56,50	8,48	4,90	2,30	98,73
4	10	12,00	62,00	7,56	5,80	1,20	98,56
5	8	12,10	70,84	4,90	4,60	—	100,44
6	12	7,30	72,00	5,42	3,30	—	100,02
7	10	10,20	72,80	4,20	2,80	—	100,00
8	8	10,30	71,20	4,80	3,60	—	97,90
9	12	9,20	67,78	4,80	4,60	2,00	100,38

Beim Keimen verlieren nach Sauſſure 100 Weizen 6 Stärkmehl, an deſſen Stelle 3,5 Gummi und 2,5 Zucker treten.

Neapolitaniſcher Weizen, eine Spielart von Trit. hybern. gab 8,1 Hülſenſubſtanz; 14,7 Kleber; 71,4 Stärkmehl; 4,8 Schleimzucker; 1,0 Verluſt (Kazenberger).

Brandiger Weizen nach Fourcr. und Vauqu.: 33,4 grünes, butterartiges, ſcharfes, ſtinkendes Oel; 25,0 vegetabiliſch-thieriſche Subſtanz, in Waſſer, nicht in Weingeiſt löslich; durch Galläpfel und die meiſten Metallſalze fällbar; 20,0 Kohle (Moder) das Ganze ſchmelzend; ferner ſaurer phosphorſ. Kalk und phosphorſ. Magneſia-Ammoniak (Gehlen N. a. J. VI. 640; auch Hermbſt. Arch. IV. 296).

Triticum Spelta (Spelz). — Nach Greif: 98,78 Mehl; 1,0 Kleyen; 0,22 Waſſer.

Das Mehl: 1,40 Extractivzucker; 1,30 Kleber; 2,00 Eiweiß; 3,80 Stärkmehl; 7,20 Schleim; 7,00 Verluſt (Buchners Repert. XIV. 60). — Das feinſte Mehl von Ulm nach A. Vogel: 5,5 Zucker; 74 Stärkmehl; 22 feuchter Kleber; 0,5 Eiweißſtoff; 2,0 Ueberſchuß (Schweigg. J. XVIII. 361).

Zea mays (Mays, türkiſcher Weizen). — Nach Gorham, im lufttrockenen Zuſtande, 3,00 Zein (Rep. II. 635); 0,800 extractive Materie; 1,45 Zucker; 1,75 Gummi; 77,00 Stärkmehl; 3,00 Oberhaut und Holzfaſer; 2,50 Eiweißſtoff; 1,50 ſalzſ., phosphorſ. und ſchwefelſ. Kalk und Verluſt; 9,00 Waſſer (Journ. de Phys. XCIII. 156). — Nach Vauquelin: 4,50 zuckrige, ſchwach ſtickſtoffhaltige, Materie, etwas nach Cacao ſchmeckend; 2,50 ſchleimige Materie, in einigen Eigenſchaften dem Gummi, in andern dem Zucker ſich nähernd; 0,30 Eiweiß; 71,15 Satzmehl; 3,50 Kleyen; 12,00 Waſſer; 2,10 Verluſt (Journ. de chim. méd. août, 1825. 353).

Das Mehl nach Bizio: 7,710 Zein *); 80,920 Stärkmehl; 1,092 Extractivſtoff; 3,032 Zymom; 2,010 Gliadin; 1,478 fettes Oel (Rep. I. 1249); 2,283 Gummi; 0,915 zuckrige Mat.; 0,074 Salze, Eſſigſ., Verluſt (Giorn. di Fisica, Ch. etc. Dec. sec. T. V. 1822. p. 127; auch Brandes Arch. III. 72).

---

*) Dies iſt Gorhams Zein, welches Bizio als Hordein aufführt; dagegen nennt Bizio Zein eine Zuſammenſetzung aus Gliadin, Zymom und fettem Oel, die er im Mais fand.

Anhang.

Ueber das ſpecifiſche Gewicht der Saamen.

Das Nachfolgende iſt gänzlich entlehnt aus einer Abhandlung von Schübler und Renz in Kaſtn. Arch. X. 401.

Die nachfolgenden Beſtimmungen des ſpec. Gewichts der Saamen wurden nach folgendem Verfahren unternommen:

Man beſtimmt zuerſt das Gewicht eines mit einem eingeriebenen Glasſtöpſel gut verſchließbaren, mit deſt. Waſſer gefüllten, Gefäßes, entleert dann dieſes Gefäß und bringt darein ſo viel von einem zuvor ſchon im trocknen Zuſtande genau gewogenen Saamen, als es leicht zu faſſen im Stande iſt, füllt nun den übrigen Raum mit Waſſer völlig an und beſtimmt genau das Gewicht des ſo mit Waſſer und Saamen angefüllten Gefäßes; zieht man dieſes Gewicht von der Summe des Gewichts des angewandten Saamens und des mit Waſſer gefüllten Gefäßes ab, ſo erhält man dadurch die Menge des Waſſers, welche durch den Saamen aus dem Raume vertrieben wurde. Dividirt man nun dieſe Menge des Waſſers in das abſolute Gewicht des Saamens, ſo erhält man das ſpec. Gewicht deſſelben.

Da ſich in die Zwiſchenräume der Saamen leicht einzelne Luftbläschen ſetzen, ſo iſt es zweckmäßig, das Gefäß nur etwa ⅓ ſeines Raums mit Saamen und das übrige dann mit Waſſer anzufüllen, damit ſich die Saamen durch Drehen des Gefäßes leicht zwiſchen dem Waſſer hin und her bewegen laſſen und dadurch die Luftbläschen entweichen können; eben ſo iſt es zweckmäßig, die Saamen kurze Zeit in dem Gefäß ſelbſt, etwa ¼ bis ½ Stunde, unter Waſſer ſtehen zu laſſen, damit die ſich etwa in den Zwiſchenräumen anſammelnden Luftbläschen entweichen; bei ſtrohigen Hüllen iſt verhältnißmäßig ein längeres Liegen unter Waſſer nöthig. Durch Hülfe der Luftpumpe würde ſich zwar vollſtändiger alle Luft ausziehen laſſen, bei ſtark vermindertem Druck entweicht jedoch in dieſem Fall nicht blos die an die äußere Oberfläche, ſondern auch die zum Theil im Saamen ſelbſt ſchon enthaltene Luft, welche als zu ihm ſelber gehörend angeſehen werden muß, und ohne die bekanntlich keine Keimung zu Stande kommt.

An der Luft getrocknete völlig reife Saamen derſelben Art zeigen in Anſehung ihres ſpec. Gewichts unter ſich nur wenig Verſchiedenheiten. Beträgt das ſpec. Gewicht einer enthülſeten Getreideart z. B. 1,350, ſo erſtrecken ſich dieſe Verſchiedenheiten gewöhnlich nur auf die 2 letzten Decimalſtellen. Wird ein ſolcher, an der Luft getrockneter, Saamen künſtlich in erhöhter Temperatur von 60 bis 70° R. durch längeres Liegen auf einem Ofen möglichſt ausgetrocknet, ſo vergrößert ſich dadurch ſein ſpec. Gewicht etwa bis 1,375 bis 1,385. Zuweilen werden jedoch die Saamen durch das ſtärkere Austrocknen nicht ſchwerer, ſondern leichter; dieſes geſchieht, wenn ſich durch das ſtarke Austrocknen zwiſchen den einzelnen Theilen der Saamen mit Luft erfüllte Zwiſchenräume bilden, eben ſo geſchieht dieſes bei Saamen, welche im reifen Zuſtande ſelbſt ſchon leichter als Waſſer ſind; namentlich iſt dieſes bei vielen Saamen von Syngeneſiſten der Fall. — Durch das Austrocknen in höhern Temperaturen entſteht oft der Nachtheil, daß ſie ihre Keimkraft verlieren, während ſich zugleich aus ſolchen Saamen, welche ätheriſche Oele beſitzen, dieſe gleichfalls zum Theil verflüchtigen, ſo daß auch in dieſer Beziehung ihr Gewicht fehlerhaft wird. — Die zu den folgenden Beſtimmungen angewandten Saamen wurden daher vor dem Wägen künſtlich nicht in höherer Temperatur ausgetrocknet, ſondern in dem Grad der Trockenheit gewogen, welchen Saamen gewöhnlich erhalten, wenn ſie im Freien völlig reifen und dann in geſchloſſenen Gebäuden in Papier in Zimmern aufbewahrt werden, deren Temperatur gewöhnlich zwiſchen 10 bis 20 Graden R. wechſelt.

Im unreifen, weniger ausgebildeten, Zuſtande beſitzen die Saamen verhältnißmäßig immer mehr wäßrige Theile, als wenn ſie völlig ausgebildet reif ſind; es zeigt ſich daher in Beziehung auf dieſes Ereigniß eine, der vorhin erwähnten ähnliche, Verſchiedenheit. Saamen, welche im reifen Zuſtande ſchwerer als Waſſer ſind, ſind im unreifen Zuſtande durch ihre vielen wäßrigen Theile zu leicht; trocknen ſie auch nachher durch Liegen an der Luft aus, ſo erhalten ſie deſſenungeachtet nicht das gehörige ſpec. Gewicht, indem mit Entweichung der wäßrigen Theile oft Luft in die Zwiſchenräume tritt, welche im gehörig reifen Zuſtande mit Stärkmehl, Kleber, Eiweis u. ſ. w. angefüllt ſind. Saamen, welche im reifen Zuſtande leichter als Waſſer ſind, ſind im unreifen Zuſtande ſchwerer, als ſie ſeyn ſollten, indem ſie oft viel wäßrige Theile beigemengt enthalten; ſie werden nachher leichter, ſo wie ſie an der Luft austrocknen.

Läßt man Saamen längere Zeit unter Waſſer liegen, ſo quellen ſie gewöhnlich bedeutend auf, während ſie zugleich viel Waſſer in ihre Zwiſchenräume aufnehmen; Saamen, welche ſchwerer ſind als Waſſer, werden dadurch nach einiger Zeit leichter; leichtere dagegen ſchwerer. Die nähern Veränderungen, welche die Saamen bei dieſem Aufquellen zeigen, ſind dieſe: werden in ein Gefäß enthülſete Saamen gebracht, welche ſchwerer als Waſſer ſind, und das Gefäß mit Waſſer genau angefüllt, ſo abſorbiren die Saamen in den erſten Stunden etwas Waſſer; es muß von Zeit zu Zeit Waſſer zugeſetzt werden, um das Gefäß gefüllt zu erhalten; nach einiger Zeit tritt jedoch das Entgegengeſetzte ein, die Saamen dehnen ſich bedeutend aus und das Gefäß iſt das enthaltene Waſſer nicht mehr alles zu faſſen im Stande. Das ſpec. Gewicht der Saamen nimmt daher anfangs in den erſten Stunden etwas zu, wenn ihr urſprüngliches Gewicht, wie ſie es im trocknen Zuſtande hatten, in Rechnung gezogen wird, dann aber wiederum ab; das letztere erfolgt, ſobald die Saamen durch den anfangenden Proceß der Keimung ſich chemiſch etwas verändern und der Keim ſelbſt ſich zu entwickeln anfängt.

Zu bemerken iſt, daß dieſer Wendepunkt der Verminderung des ſpec. Gewichts bei verſchiedenen Saamen früher oder ſpäter eintritt, was von ihrem Bau abzuhängen ſcheint.

Die meiſten Saamen beſitzen Adhäſion zum Waſſer; ihre Oberfläche wird leicht benetzt, wenn ſie mit dieſem in Berührung gebracht werden. Manche Saamen zeigen jedoch in dieſer Beziehung eine merkwürdige Ausnahme; ſie verhalten ſich gegen Waſſer wie fette ölige Körper, wenn ſie auch gleich oft keine wirklichen Oele enthalten; namentlich zeigen dieſe Eigenſchaft manche Saamen mit ſehr glänzender glatter Oberfläche, wie die Saamenkörner verſchiedener Arten von Panicum, Amaranthus, Achyranthes und Lithospermum. Werden einzelne Körner dieſer Saamen ruhig auf Waſſer gelegt, ſo ſchwimmen ſie, wenn ſie gleich oft bedeutend ſchwerer als dieſes ſind; das Waſſer bildet um ſie eine kleine Vertiefung, mehrere Körner ſolcher Saamen ballen ſich zuweilen ſelbſt zuſammen, ſchließen zwiſchen ſich eine Luftblaſe ein, wodurch ſie ſich oft lange im Waſſer ſchwimmend erhalten; ſie verhalten ſich daher in Anſehung der Adhäſion zum Waſſer dem Bärlappſaamen ähnlich, ob ſie gleich von dieſem durch Größe, Gewicht, Volumen und innern Bau bedeutend verſchieden ſind. Es iſt auf dieſen Umſtand bei Beſtimmung des Gewichts mancher Saamen gegen Waſſer Rückſicht zu nehmen; durch Schütteln und wiederholtes Untertauchen gelingt es gewöhnlich bald, Saamen, welche wirklich ſchwerer als Waſſer ſind, zum Unterſinken zu bringen; man bedient ſich bei ſolchen Saamen zur Beſtimmung ihres ſpec. Gewichts ſtatt des Waſſers beſſer des Weingeiſts, Terpentinöls oder eines andern leichtflüſſigen Oels, gegen welches ſie größere Adhäſion als gegen Waſſer beſitzen, und reducirt dann das gegen dieſen leichtern Körper gefundene Gewicht erſt auf das ſpec. Gewicht des Waſſers. Zuweilen ſind die Saamen auf ihrer Oberfläche mit einem ſehr dünnen durchſcheinenden Schleim belegt, welcher ſich ſchnell erweicht und zu einem voluminöſen, zähflüſſigen Körper ausdehnt, ſo wie ſie mit Waſſer benetzt werden, wobei dieſes durch Adhäſion ſchnell in die Zwiſchenräume des Schleims tritt. Dieſe Saamen müſſen zuerſt von dieſem Schleim gereinigt oder ihr Gewicht als Ganzes gleichfalls gegen Weingeiſt oder eine andre

Flüſſigkeit beſtimmt werden, in welcher ſich dieſer Schleim nicht erweicht.

Unter Berückſichtigung der, auf die angegebenen Umſtände zu gründenden, Vorſichtsmaßregeln wurde das ſpec. Gewicht der Saamen aus verſchiedenen Familien unterſucht. Die Wägungen wurden alle mit deſt. Waſſer in einem Zimmer angeſtellt, deſſen Temp. zwiſchen 10° bis 12° R. wechſelte, bei einem Barometerſtand, der gewöhnlich nahe 27 Zoll war. Die meiſten der zu den Wägungen angewendeten Saamen waren 3 bis 4 Jahr alt, und in Papier liegend in Zimmern aufbewahrt worden; mehrjährige, auf dieſelbe Art aufbewahrte, Saamen zeigten in dieſer Beziehung nur geringe Verſchiedenheiten. Das Gewicht der Saamen wechſelt nach dem Geſammtreſultat ſämmtlicher Verſuche in runden Zahlen zwiſchen 1.500 und 0,200. Werden die einzelnen Reſultate nach ihrem ſpec. Gewicht geordnet, ſo ergeben ſich folgende Abſtufungen:

I. Saamen, welche ſchwerer als Waſſer ſind.

Bei Weitem die meiſten Saamen mit nackten glatten Körnern gehören hieher.

1) Saamen von 1,500 bis 1,400 ſpec. Gewicht.

(Cerealia, Leguminosae, Amaranthi).

	ſpec. Gew.
Amaranthus cruentus L.	= 1,450
— hypochondriacus L.	= 1,416
Ceratonia Siliqua Lam. Saamenkörner	= 1,410
Triticum sativum L. hybernum aristatum	= 1,403
Hordeum nudum Arduino, nackte Körner	= 1,401
Gerſtengraupen, abgerollte Körner von Hordeum distichon L. nutans	= 1,437
Gries, halbzerſtoßene Körner von Triticum Spelta L.	= 1,407
Oryza sativa L. von Carolina, enthülſete Körner *)	= 1,479
— — — von Mailand — —	= 1,455

2) Saamen von 1,399 — 1,300 ſpec. Gewicht.

(Cerealia, Palmae, Cannae, Leguminosae)

a) Cerealien.

Hordeum coeleste, L. nackte Körner	= 1,371
— nigrum W.	= 1,360

---

*) Unter enthülſten Körnern ſind hier immer die durch Kunſt enthülſeten zu verſtehen; unter nackten dagegen, die ganzen Körner, wie ſie von ſelbſt im reifen Zuſtande nackt aus den Hülſen fallen.

Hordeum vulgare L. unenthülſete Körner . . . = 1,331
— hexastichon L. . . . . . . = 1,350
— distichon L. . . . . = 1,317
Triticum sativum P. aestivum aristatum . . . = 1,374
— — — muticum . . . . = 1,337
— — hybernum muticum . . . = 1,333
— compactum Host . . . . . . = 1,332
— compositum L. . . . . . . = 1,329
— polonicum L. . . . . . . = 1,355
— Spelta L., enthülſete Körner . . . . = 1,347
Avena sativa L. . . . . = 1,345
— nuda L., Grützhafer, nackte Körner . . . = 1,314

b) Palmen.

Cocos lapidea Gärtner, die ganze Frucht . . . = 1,339
— — die Testa lignea der Frucht . . . = 1,355
Phoenix dactylifera L., die nackte Steinfrucht . . = 1,364

c) Scitamineen.

Canna indica L., die nackten Körner . . . . = 1,365
— rubra W. . . . . = 1,357

d) Leguminosae.

Astragalus baeticus L. . . . . = 1,394
— glycyphyllos L. . . . . . . = 1,326
Medicago sativa L. . . . . = 1,337
Ervum Lens L. sem. flavesc. . . . . . = 1,363
— — — — viresc. . . . . = 1,360
Pisum sativum L. sem. majoribus . . . . = 1,355
— — — — minoribus . . . . . . = 1,324
Vicia bengalensis L. . . . . = 1,344
— monantha Dec. . . . . = 1,327
— narbonensis L. . . . . = 1,300

3) Saamen von 1,299 — 1,200 ſpec. Gewicht.

(Leguminosae, Cerealia, Cruciferae, Lysimachiae, Boragineae, Caryophylleae).

Phaseolus communis L. . . . . . . = 1,298
Vicia Faba L. . . . . = 1,273
— lutea L. . . . . = 1,272
— dumetorum L. . . . . = 1,208
Triticum monococcon L., unenthülſete Körner . . = 1,232
Agrostemma Githago L. . . . . . . = 1,233
Agrostemma Coronaria L. . . . . . . = 1,289

Androsace maxima L.	= 1,231
Lithospermum officinale L.	= 1,221
Sinapis alba L.	= 1,236
Brassica Eruca L.	= 1,211
Aquilegia vulgaris	= 1,220
Bupleurum rotundifolium	= 1,240

4) Saamen von 1,199—1,100.

(Gramineae, Polygoneae, Cruciatae, Allia etc.)

Panicum miliaceum L.	= 1,184
— italicum L.	= 1,179
Zea Mays L.	= 1,147
Agrostis mexicana L.	= 1,100
Polygonum tartaricum L.	= 1,193
— Fagopyrum L.	= 1,104
Allium angulosum L.	= 1,187
— sibiricum L.	= 1,184
— danubiale Spreng	= 1,165
— inodorum Ait.	= 1,164
— suaveolens Jacq.	= 1,126
Arabis hirsuta Scop.	= 1,197
Brassica campestris oleifera Dec., Kohlreps	= 1,110
— Napus oleifera Dec., Rübſen	= 1,134
— praecox Dec., Sommerreps	= 1,143
Hesperis matronalis L.	= 1,165
Linum usitatissimum L.	= 1,163
Papaver somniferum	= 1,142
Malva parviflora L.	= 1,172
Antirrhinum majus L.	= 1,124
Hyoscyamus niger L.	= 1,178
Delphinium Ajacis L.	= 1,136
Carum Carvi L.	= 1,156
Carduus marianus L.	= 1,160
Pyrus Malus L., die Saamenkörner	= 1,145
Carpinus Betulus L., die kleinen Saamennüſſe	= 1,147

5) Saamen von 1.099—1.000 ſpec. Gewicht.

(Solaneae, Rosaceae, Labiatae etc.)

Nicotiana rustica L., nackte Saamen	= 1,055
— Tabacum L.	= 1,046
Datura Stramonium L.	= 1,033
Atropa Belladonna. L.	= 1,019

Rosa canina L., Saamenkörner . . . . = 1,075
Vitis vinifera L., Saamenkörner . . . . . . = 1,060
Diosma crenata L. . . . . = 1,037
Hyssopus officinalis L. . . . . = 1,098
Salvia officinalis L. . . . . = 1,060
Melissa officinalis L. . . . . = 1,009
Triticum Spelta L. vom J. 1824, unenthülſete Körner . = 1,081
Triticum Spelta L. vom J. 1825, unenthülſete Körner . = 1,085
Triticum dicoccon Sch. (Emmer) . . . . . = 1,072
Avena sativa alba, unenthülſete Körner . . . . . = 1,050
— orientalis L. . . . . = 1,021
— sativa trisperma . . . . = 1,005
Phleum pratense L. . . . . = 1,022
Centaurea Benedicta L. . . . . = 1,080
Lactuca sativa L. . . . . = 1,043
Cucumis sativus L. . . . . = 1,041
Pinus Pinea L. . . . . = 1,070
Amygdalus communis L., die nackten Körner . . . = 1,033
Bertholletia excelsa, Humb., die aus den Hülſen genommenen Körner . . . . = 1,017
Mirabilis Jalapa L. . . . . = 1,002

II. Saamen, welche leichter ſind als Waſſer.

Das eigentliche Saamenkorn, der Embryo, das Albumen und die Cotyledonen ſcheinen immer ſchwerer als Waſſer zu ſeyn, wovon vielleicht nur wenig ölreiche Saamen eine Ausnahme machen; oft ſind aber die Hülſen ſo dicht mit dem Saamenkorn ſelbſt verwachſen, daß keine völlige Trennung ohne Verletzung des Saamens möglich iſt; nicht ſelten iſt ſelbſt bei glatten enthülſeten Saamenkörnern erſt zwiſchen der eigentlichen Teſta des Saamens und dem Saamenkorn etwas Luft eingeſchloſſen, welches oft ſehr zur Leichtigkeit der Saamen beiträgt, wie dieſes bei den enthülſeten Saamenkörnern der Ricinusarten der Fall iſt; andre enthalten in ihren kleinen dichtgeſchloſſenen Nüſſen außer dem eigentlichen Saamenkorn zugleich etwas Luft, wie ſolches beim Hanf und bei vielen Arten der Gattungen Pinus, Fraxinus, Acer und Quercus ſtatt findet; bei andern iſt dieſe Saamenhülle, wenn ſie auch dicht auf dem Saamen anliegt, ſelbſt ſehr locker gebildet und nur von geringem ſpec. Gewicht, wie dieſes die Hüllen der Saamen vieler Dolden und Syngeneſiſten zeigen; endlich ſind die kleinen Saamen mancher Gräſer mit vielen dicht anliegenden feinen Spelzen umhüllt, die oft durch die eingeſchloſſene Luft ein ausgezeichnet geringes ſpec. Gewicht beſitzen.

Die nähern Verſchiedenheiten ergeben ſich aus Folgendem:

6) Saamen von 1.000—0,900 ſpec. Gewicht.

(Corymbiferae, Boragineae, Euphorbiae etc.)

Anthemis tinctoria L. . . . . = 0,990
Aster chinensis L. . . . . = 0,916
Anchusa officinalis L. . . . . = 0,923
Cynoglossum officinale L. . . . . . . = 0,904
Euphorbia Lathyris L., nackte Körner . . . . = 0,998
Ricinus communis L. . . . . = 0,902
Cannabis sativa L. . . . . = 0,945
Quercus Robur L., unenthülſete Saamen *) . . . = 0,969

7) Saamen von 0,899—0,800 ſpec. Gewicht.

(Coniferae, Irideae, Compositae, Cruciferae, Cucurbitaceae etc.)

Pinus Abies L., Nüſſe, ohne die Flügel . . . = 0,853
— Larix L. . . . . = 0,848
— sylvestris L. . . . . = 0,807
Anthemis altissima L. . . . . = 0,875
Lactuca virosa L. . . . . = 0,856
Alcina perfoliata Cav. . . . . = 0,837
Iris halophila Pall. . . . . = 0,863
— pratensis Lam. . . . . = 0,830
Bunias orientalis W. . . . . = 0,843
Biscutella auriculata L. . . . . = 0,368
Cucumis Melo L. . . . . = 0,890
Aconitum Lycoctonum . . . . = 0,840

8) Saamen von 0,799—700 ſpec. Gewicht.

(Ranunculaceae, Scrophulariae, Corymbiferae etc.)

Aconitum tauricum Dec. . . . . . . = 0,795
— barbatum Sup. . . . . . . = 0,776
Digitalis purpurea L., nackte Saamenkörner . . . = 0.773
Chrysanthemum coronarium L. . . . . . = 0,770
Bromus inermis L. . . . . = 0,746
Benincasa cerifera Savi . . . . = 0,705

9) Saamen von 0,699—500 ſpec. Gewicht.

(Compositae, Umbelliferae, Amentaceae etc.)

Carthamus tinctorius L. . . . . . . = 0,672
Aethusa Cynapium L. . . . . = 0,646

---

*) Enthülſete oder mit W. völlig durchdrungene Früchte ſinken im W. zu Boden.

Coriandrum sativum L. . . . . = 0,635

Acer pseudoplatanus L., Nüſſe der Flügelfrüchte ohne die Flügel . . . . = 0,630

Avena elatior L., der Saamen mit den Spelzen . . = 0,600

Betula alba L., klein geflügelte Saamen . . . = 0,588

Tragopogon picroides L. . . . . = 0,584

Athamantha Libanotis L. . . . . . . = 0,540

Beta vulgaris L., die mit dem Kelch verwachſenen Saamen = 0,536

10) Saamen von 0,499 — 0,200 ſpec. Gewicht.

(Gramineae, Euphorbiae, Geraniae etc.)

Ricinus inermis Jacq., nackte Saamen . . . . . = 0,438

Bromus erectus L., Saamen mit Spelzen . . . = 0,323

Holcus lanatus L. . . . . = 0,301

Tropaeolum majus L., Saamen in lederartigen Nüſſen = 0,210

Vergleichung des ſpecifiſchen Gewichtes mit dem abſoluten Gewicht der Saamen.

In ökonomiſcher Beziehung wird gewöhnlich das abſolute Gewicht (das Gewicht eines beſtimmten Volumens, eines Scheffels, Simri's) zur Beurtheilung der Güte der Saamen benutzt. Bei Saamen derſelben Art ſteht wirklich das abſolute Gewicht mit dem ſp. Gew. gewöhnlich in direktem Verhältniß, auch bei Saamen verſchiedener Pflanzenarten iſt dieſes nahe hin der Fall, wenn die Saamen ohngefähr gleiche Form, Größe und gleichglatte Oberfläche beſitzen, indem ſie nur in dieſem Falle ein Maaß nahe hin auf dieſelbe Art füllen können; es läßt ſich daher ſchon häufig aus ihrem abſoluten Gewicht mit großer Wahrſcheinlichkeit auf ihr ſp. Gew. ſchließen. Folgende Zuſammenſtellung enthält das Gewicht eines pariſer Kubikzolls nach Granen des nürnberger Med. Gew. von verſchiedenen Saamen, deren ſp. Gew. in dem Vorhergehenden mit Ausnahme weniger enthalten ſind. Die Saamen wurden in den Kubikzoll leicht eingeſchüttelt und abgeſtrichen; es wurden dazu nur vollkommen ausgebildete Saamen gewählt, ſie waren größtentheils in dem durch einen ſchönen trocknen Nachſommer und Herbſt ausgezeichneten Jahr 1825 geärndtet.

Gew. 1 p. Kubikzolls.

Amaranthus cruentus L.*) . . . . . . = 298 Gr.

— — hypochondriacus L. . . . . . = 298 —

---

*) Ein pariſer Kub. Zoll deſtill. Waſſer wiegt 318,9 Grane bei 11° R., auch das Gewicht der ſchwarzen Saamen iſt daher nach Cubikzollen und Maaßen überhaupt gemeſſen noch bedeutend geringer als Waſſer.

Amaranthus caudatus L.	= 286 Gr.
Astragalus glycyphyllos L.	= 280 —
— — baeticus L.	= 270 —
Oryza sativa, Reis von Carolina, enthülſete Körner	= 283 —
Oryza sativa, von Mailand, enthülſete Körner	= 275 —
Triticum sativum aristatum*)	= 264 —
Ervum Lens, L.	= 263 —
Triticum compactum aristatum Host.	= 262 —
Triticum sativum P. aestivum muticum	= 256 —
— — hybernum muticum	= 253 —
— — — aristatum	= 252 —
Hordeum distichon L. abgerollte Körner oder Gerſtengraupen	= 252 —
Pisum sativum L.	= 251 —
Hordeum nudum Ard., nackte Saamen	= 250 —
Triticum Spelta L., ſogenannte Kerne, enthülſete Saamen	= 250 —
Triticum Spelta L., grobzerſtoßene Körner deſſelben, ſogenannter Gries	= 247 —
Vicia Faba L. var. sem. parv.	= 246 —
Panicum miliaceum L.	= 241 —
— italicum L.	= 231 —
Brassica praecox Dec., Sommerreps	= 230 —
— campestris oleifera Dec., Kohlreps	= 227 —
Avena nuda L.	= 224 —
Secale cereale L. hybernum	= 223 —
Brassica Napus oleifera Dec., Rübſen	= 222 —
Avena sativa L., enthülſete Körner	= 218 —
Zea Mays L.	= 211 —
Diosma crenata L.	= 205 —
Carduus marianus L.	= 204 —
Hordeum distichon L., unenthülſete Körner	= 200 —
Salvia officinalis L.	= 199 —
Hordeum nigrum W., unenthülſete Körner	= 198 —
— vulgare L.	= 194 —
— hexastichon	= 193 —
Papaver somniferum L., nackte Saamenkörner	= 192 —

---

*) Nelkenbrecher führt in ſeiner Münz-, Maaß- und Gewichtskunde das Gewicht eines pariſer Kupikzolls von Weizen, Roggen, Gerſte und Hafer an, ohne jedoch die Arten näher anzugeben, ſie laſſen ſich daher auch nicht näher vergleichen.

Atropa Belladonna L.	= 190 Gr.
Hyssopus officinalis L.	= 189 —
Pinus Abies L., Rothtanne, abgeflügelte Saamen	= 179 —
Phleum pratense L.	= 178 —
Cannabis sativa L.	= 175 —
Mirabilis Jalappa L., Nüſſe	= 174 —
Polygonum tartaricum L.	= 173 —
Nicotiana rustica. L.	= 171 —
Hyoscyamus niger L.	= 167 —
Avena sativa L. alba, Saamen mit Spelzen	= 166 —
Carum Carvi L.	= 166 —
Ricinus communis L.	= 165 —
Pinus Larix L.	= 164 —
— sylvestris L.	= 162 —
Delphinium Ajacis	= 160 —
Avena orientalis L., Saamen mit Spelzen	= 155 —
Nicotiana Tabacum L.	= 154 —
Polygonum Fagopyrum L.	= 145 —
Iris halophila Pallas	= 144 —
Triticum dicoccon Sch., unenthülſete Körner	= 138 —
Anthemis tinctoria L.	= 135 —
Avena sativa trisperma L., unenthülſete Körper	= 134 —
Triticum monococcon L.	= 120 —
Artirrhinum majus L.	= 119 —
Anchusa officinalis L.	= 118 —
Buphthalmum cordifolium L.	= 116 —
Triticum Spelta L., Saamen mit Spelzen	= 115 —
Aconitum Lycoctonum L.	= 112 —
Iris pratensis Lam.	= 109 —
Helianthus annuus L.	= 106 —
Lactuca virosa L.	= 105 —
Carthamus tinctorius L.	= 101 —
Aconitum tauricum Dec.	= 86 —
Coriandrum sativum L.	= 85 —
Tropaeolum majus L.	= 80 —
Chrysanthemum coronarium L.	= 79 —
Ricinus inermis Jacq.	= 74 —
Holcus lanatus L.	= 39 —

Vergleichen wir dieſe Gewichtsbeſtimmungen mit den obigen über die ſp. Gewichte, ſo haben kleinkörnige Saamen, von welchen 1 p. Kub. Zoll mehr als 120 — 130 Grane wiegt, gewöhnlich ein größeres ſp. Gew. als Waſſer; Saamen von welchen 1 Kubikzoll weniger als 120 Grane wiegt, ſchwimmen dagegen gewöhnlich auf dieſem. In gleichen Quantitäten, dem Volumen nach gemeſſen, beſitzen kleinkörnige Samen verhältnißmäßig immer ein größeres abſolutes Gewicht, großkörnige dagegen ein kleineres, indem bei großen Körnern in demſelben Maaß verhältnißmäßig immer mehr Zwiſchenräume leer bleiben.

Einige allgemeine Reſultate.

1) Jede Pflanzenart beſitzt in ihrem gehörig reifen, ausgebildeten Zuſtande ein beſtimmtes ſp. Gewicht, das nur zwiſchen gewiſſen Grenzen wechſelt; das ſp. Gewicht kann daher als Kennzeichen der Art und Güte der Saamen benutzt werden; ganze Gattungen und Familien zeigen in dieſer Beziehung weſentliche Verſchiedenheiten.

2) Das Schwimmen oder Unterſinken unter Waſſer iſt für die Keimungsfähigkeit der Saamen bei verſchiedenen Pflanzen ein ſehr unſicheres Kennzeichen, indem auch in höherer Temperatur völlig ausgetrocknete Saamen, welche keine Keimungsfähigkeit mehr beſitzen, im Waſſer unterſinken konnen, während umgekehrt zuweilen ſelbſt Saamen, welche vollkommen gut ausgebildet ſind, durch die oben angeführte Adhäſionserſcheinung ſchwimmen, wenn ſie gleich ſchwerer als Waſſer ſind. Bei Saamen, deren ſp. Gew. im ausgebildeten Zuſtande dem des Waſſers ſehr nahe kommt, kann dieſes Kennzeichen noch leichter trügen, indem eine geringe Verſchiedenheit des Gewichts oft ein Schwimmen oder Unterſinken veranlaßt, wenn ſie gleich noch zur Keimung und Entwicklung einer neuen Pflanze hinreichend ausgebildet ſind. So beſitzen die Saamen von Cucumis Melo gewöhnlich ein ſp. Gewicht, das etwas geringer als Waſſer iſt, ſie ſchwimmen gewöhnlich auf dieſem; in ſehr warmen fruchtbaren Jahren werden ſie dagegen etwas ſchwerer und ſinken wie die Saamen von Cucumis sativus zu Boden.

3) Die an Stärkmehl reichen Saamen ſind im Allgemeinen die ſchwerſten, die fette Oele enthaltenden Saamen nähern ſich oft ſchon ſehr dem Gewicht des Waſſers, häufig ſind ſie jedoch noch etwas ſchwerer als dieſes, am leichteſten ſind in der Regel die Saamen der Dolden und Syngeneſiſten; wovon jedoch nicht ſowohl die hie und da in den Saamen dieſer Pflanzen enthaltenen ätheriſchen Oele die Urſache ſind, ſondern häufiger die zugleich in den Saamenhüllen dieſer Pflanzen eingeſchloſſene Luft.

4) Auch Saamen mit glatten Körnern beſitzen zuweilen ein geringeres ſp. Gewicht als Waſſer; obgleich der eigentliche Kern des Saamens mit ſehr wenig Ausnahme ſchwerer als Waſſer iſt.

5) Die Saamen der im Großen verbreiteten Nadelholzarten und der meiſten Laubholzarten unſeres Klima's, Birken, Ahorne, Eſchen, Pappeln, Weiden, der verſchiedenen Nußarten, ſo wie ſie als Ganze in Hüllen bedeckt von den Bäumen fallen, ſind leichter als Waſſer; es ſcheint dieſes für ihre Verbreitung und Erhaltung zweckmäßig und günſtig, indem ſie bei ihrem Herabfallen oft von bedeutend hohen Bäumen häufiger auf Waſſerflächen zu liegen kommen, als nahe an der Erde reifende Saamen, von welchen ſie dann erſt durch Winde und Strömungen den benachbarten Ufern zugeführt werden können, ohne ſogleich unterzuſinken.

6) Die Saamen der Waſſerpflanzen ſind dagegen gewöhnlich ſchwerer als Waſſer, ſie ſinken im Waſſer zu Boden, ſo wie ſie als nackte Körner aus den Hüllen fallen, was für ihre Keimung im Grunde der Sümpfe nöthig zu ſeyn ſcheint.

7) In unfruchtbaren naßkalten Jahren geſchieht es nicht ſelten, daß vorzüglich die mehlreichen getreideartigen Früchte ein geringeres Gewicht als gewöhnlich erreichen, wenn ſie auch ſonſt im Allgemeinen noch ſo weit reif werden, um ſelbſt wieder zur Ausſaat benutzt werden zu können. Dieſes geringere Gewicht beruht größtentheils auf den in ſolchen naßkalten Jahren in geringer Menge ſich ausbildenden nahrhaften nähern Beſtandtheilen in Verhältniß zu den lockerer gebildeten leichtern Hüllen und Bedeckungen.

Pollen oder Saamenſtaub.

Alle bis jetzt unterſuchten Pollenarten haben eine bald thieriſche, halb vegetabiliſche Natur gezeigt. Zu den Beſtandtheilen, welche der erſtern angehören (und dieſe finden ſich ſtets darin) gehören Pollenin und Schleim, welcher letztre ſich bald mehr bald weniger der thier. Gallert oder dem Eiweisſtoff nähert; zu denen, welche der vegetabiliſchen Natur angehören (und dieſe ſcheinen mehr abzuwechſeln oder wenigſtens in ſehr veränderlichen Verhältniſſen vorzukommen), der Extractivſtoff, das Cerin, die Aepfelſ., die Oele, das Harz u. ſ. w. (Stoltze).

Pollen von Cannabis sativa (Hanf). — Nach John: Wachs; Harz; Extractivſtoff; Zucker; Pollenin (Rep. I. 823); käsartiger Eiweisſtoff (Rep. I. 313); Ammoniakſalze; äpfelſ. Salze; phosphorſ. Kali und phosphorſ. Kalk. — Dieſelben Beſtandtheile fand John im Pollen von Zea Mays (Mays) und von Iuglans regia (Wallnuß). (John*) chem. Schr. V. 42).

Pollen von Corylus avellana. — Nach Stoltze: flüchtiger Riechſtoff; 5 Harz; 21 Extractivſtoff; 24 Schleim von der Nat. der thier. Gallert; 14 Kleber; 34 Subſtanz, welche durch Salpeterſ. in Harz, Sauerkleeſ. und gelbe Mat. verwandelt werden kann; außerdem phosphorſ. Kali und Kalk. (Sprengels Bau der Gewächſe S. 570).

Pollen von Phoenix dactylifera (Dattelbaum). — Nach Fourcroy und Vauquelin: Pollenin; thieriſche, in W. lösliche, durch Galläpfel gefällt werdende Mat.; viel freie Aepfelſ.; phosphorſ. Kalk; phosphorſ. Magneſia. (Nach Wachs wurde nicht geforſcht). (Gehlen N. a. J. I. 507; auch in Gilb. Ann. XV. 298).

Der Pollen des Dattelbaums iſt ſchwefelgelb, hat einen ſäuerlichen, wenig angenehmen Geſchmack, röthet, zu Lackmustinctur gemengt, dieſe merklich; theilt lauem W. eine gelbliche Farbe und ſehr merkliche S. mit. Dieſer Aufguß wird von Kalkwaſſer und Ammoniak ſeidengelb gefällt und die über den Niederſchlägen ſtehenden Flüſſigkeiten ſind goldgelb. Mit kaltem W. ausgewaſchener Pollen auf vielfaches Druckpapier gelegt leimte zu einer Art Teig zuſammen, welcher in eine Gährung mit einem Geruch nach altem Käſe gerieth. Durch völlige Austrocknung nahm die ſo veränderte Subſtanz ein halbdurchſichtiges Anſehen an und eine der des Leims ähnliche Härte. Ehe ſie ganz ausgetrocknet war, ließ ſie ſich leicht im W. zertheilen, blieb lange Zeit darin ſchweben und ertheilte ihm die Eigenſchaft, wie Seife zu ſchäumen, welches von gebildeter Ammoniakſeife abhing, wie ſich durch Reagentien erwies. — 32 Grammen des in Gährung übergegangenen Pollens der Deſt. unterworfen gaben erſt eine weiße Fl., die ſich nach und nach färbte; einige Zeit nachher gieng ein rothes ſtinkendes Oel über nebſt khlſ. Amm., welches theils an den Wänden der Vorlage kryſtalliſirte, theils ſich in der Fl. auflöſte. Ein Theil des Oels befand ſich im Zuſtand einer Ammoniakſeife; denn die Säuren ſonderten aus der filtrirten Fl. eine große Menge dieſes Oels ab. In der Retorte blieb eine ziemlich voluminöſe glänzende ſchwer verbrennliche Kohle zurück, die eingeäſchert eine weiße Aſche gab.

Nicht ausgewaſchener Pollen, in kalte conc. Salpeterſ. geſchüttet ſchien ſich aufzulöſen, ſetzte ſich aber binnen einigen Tagen auf die

---

*) John vermuthet, da er dieſe 3 Arten von Saamenſtaub nur unvollſtändig unterſucht, daß ſie auch die übrigen Salze als der Pollen der Rohtanne enthalten.

Oberfläche der ſchön citrongelb gewordenen und durch Kalkwaſſer ziemlich reichlich dunkelgelb fällbaren Fl. ab. Jetzt mit deſt. W. ausgewaſchen, erhielt er nach dem Trocknen eine ſehr geſättigte gelbe Farbe und die Halbdurchſichtigkeit und Härte eines eingetrockneten Breis, der ſich auf glühenden Kohlen erweichte, auf allen Seiten eine ölige Subſtanz ausſchwitzte und zuletzt eine leichte Kohle ließ.

Mit Salpeterſ. von 30° B. deſtillirt entwickelte ſich aus dem Pollen erſt Stickgas mit wenig Salpetergas, dann beim Sieden, vom Anfang bis Ende des Verſuchs, ein Gemeng von Salpetergas und Khlſ. Nach einigem Sieden bildete ſich auf der Oberfläche der Fl. eine ölige Subſtanz von gelber Farbe, die mit dem Fortgange der Operation immer mehr zuzunehmen, gegen Ende derſelben aber ſich wieder zu vermindern ſchien, und als deßhalb die Operation beendigt wurde, zu einer talgartigen gelben Maſſe erſtarrte, welche oxygenirtes Fett, dem ähnlich, welches man durch Salpeterſ. aus Schweinefett bereitet, zu ſeyn ſchien. Die darunter befindliche Fl. enthielt Ammoniak, Kohlenſäure, Kleeſ. und künſtl. gelbes Bitter.

Beim Schütteln mit kalter Kalilauge ſchien ſich der ungewaſchene Pollen aufzulöſen, erweichte ſich und nahm eine Art Durchſichtigkeit an. Beim Erhitzen blähte ſich das Gemeng auf und bedeckte ſich mit Schaum unter merklichem Geruch nach Amm. Die nach einigen Minuten langem Sieden filtrirte Fl. hatte eine gelbe, ins Braune fallende, Farbe, gab mit Säure einen flockigen Niederſchlag und hatte die Eigenſchaften einer Seiſe. (Fourcr. und Vauq.).

Pollen von Pinus Abies (Rohtanne). — Nach John: Ein wenig W. nebſt einer fade riechenden flüchtigen Subſtanz; ungefähr 2,25 gelblichweißes, nicht klebendes, Wachs (Cerin); 4,00 bräunlichgelbes Weichharz; 4,50 bis 5,00 Zucker mit etwas Extractivſtoff; 75,25 ſtickſtoffreiches Pollenin; ungef. 4,00 bis 5,00 käsartiger Eiweißſtoff; 6,00 ſaures äpfelſ. Kali, Kalk und Magneſia nebſt gummöſen, durch Galläpfeltinctur fällbaren, Theilen; 3 äpfelſ. Amm., ſchwefelſ. ſalzſ. und phosphorſ. Kali, phosphorſ. Kalk und Eiſenoxyd; Schwefel (?). —

Der Pollen der Rohtanne ſtellt ein ſchwefelgelbes, ſtark ins Ockergelbe ziehendes, aus kleinen feinen Kügelchen beſtehendes, Pulver dar, welches im W. nicht zu Boden ſinkt und mit demſelben durch Schütteln nicht vereinbar iſt; in die Flamme geſtreut ſich entzündet. — Beim Zuſammenreiben des Pollens mit W., Schütteln und Filtriren läuft eine weiße trübe Fl. durch*), welche beim Aufkochen gerinnt und eine Menge weißer Flocken abſetzt, die auf dem Filtrum in Geſtalt einer ſchmierigen Maſſe zurückbleiben und mit dem fetten Käſe große Aehnlichkeit zeigen (käsartiger Eiweisſtoff). — Bei Deſt. des Pollens mit Waſſer geht ein etwas trübes W. über, welches ſich aber bald aufklärt, indem es kleine leichte Körperchen abſetzt. Das Deſtillat hat einen unangenehmen faden, entfernt an den von thier. Saamen, erinnernden, Geruch; keine Blauſ. noch ſonſt eine auf Reagentien wirkende Subſtanz enthaltend. Bei erneuertem Abziehen des Deſtillats über friſchem Pollen ging ein klares, ſtark riechendes, Waſſer doch ohne Spur von Oel, über.

---

*) Der im Filtrum gebliebene Rückſtand bildet nach dem Austrocknen

Der getrocknete Rückſtand der Deſt. mit W. der tr. Deſt. unterworfen lieferte zuerſt eine farbloſe, Ammoniakſalz und ſehr viel freies Amm. enthaltende, Fl.; alsdann folgte ein nicht entzündbares Gas, eine gefärbte Fl., gekohltes Waſſerſtoffgas und ein dickes braunes butterartiges ſtinkendes Oel.

Die eingeäſcherte Pollenkohle gab 3 p. C. Aſche, aus welcher W. kblſ., phosphorſ. und ſchwefelſ. Kali zog. Salpeterſ. löſte eine Spur kblſ. Kalk, etwas phosphorſ. Kalk und wahrſcheinlich auch Magneſia auf mit Hinterlaſſung von Eiſenoxyd.

Salpeterſ. wirkt in der Wärme ſtark auf den Pollen. Unter Entwicklung von Salpetergas vereinigt ſich nach und nach der Pollen und ſchwimmt in Geſtalt eines Kuchens auf der S.; bei fortgeſetzter Digeſtion wird eine klare, faſt farbloſe, Fl. von Syrupsconſiſtenz erhalten, die bei Vermiſchen mit W. eine gelbe Farbe annahm und einen ausnehmend bittern Geſchmack beſaß.

Bei Erhitzung des Pollens mit Kalilauge in verſchloſſenem Gefäße entbindet ſich nach Oeffnung deſſelben ein Ammoniakgeruch.

Pollen, der einige Wochen in W. gelegen, ging in den ſtärkſten Grad fauler Gährung über, unter Entwicklung eines unerträglichen Geſtanks. Der Dunſt wirkte weder auf Metalle noch Metallauflöſungen; doch nahm ein mit Bleyaufl. geſchwängertes Papier dadurch eine ſchwarzbraune Farbe an. (John a. a. O.).

Pollen von Pinus sylvestris. (Gemeine Fichte). — Nach John: Ein wenig W. nebſt einer fade riechenden flüchtigen Subſtanz; 2,00 gelblichweiße nicht klebende Wachsſubſtanz (Cerin); eine Spur öliger Subſtanz; 3,75 braungelbes Weichharz; 5,00 Zucker mit etwas ſcharfem Extractivſtoff; 77,25 stickſtoffarmes Pollenin; 4,00 bis

---

eine ſtark zuſammengebackene fette Maſſe, welche ſchnell vom W. durchdrungen wird.

5,00 käſeartiger Eiweisſtoff; eine Spur äpfelſ. Amm.; 8 ſchwefelſ., ſalzſ. und phosphorſ. Kali, phosphorſ. Kalk und Eiſenoxyd; undeutliche Spuren Schwefel. (John chem. Schr. V. 41).

Der Fichtenpollen ſtellt ein ſchwefelgelbes Pulver dar, welches ſich bei der tr. Deſt. dadurch weſentlich verſchieden vom Tannenpollen verhält, daß es zu Anfange derſelben eine Fl. liefert, welche gar kein Amm. zu enthalten ſcheint, ſondern ſtets ſauer reagirt. Die Fl., welche zu Ende der Deſt. in Begleitung des butterartigen Oeles folgt, enthält zwar Amm., aber durch die S. geſättigt. Dieſe S. giebt mit ſchwefelſ. Eiſen einen rabenſchwarzen Niederſchlag, obwohl John in dem unveränderten Fichtenpollen nichts von Gallusſ. entdecken konnte. (John).

Pollen der Tulpe (Tulipa Gesneriana). — Grotthuß (Schweigg. J. XI. 281) fand in 26 Gran: 9 Gr. fibröſes vegetabiliſches Eiweis, 7 Gran eingetrocknetes vegetabiliſches Eiweis; 4¾ Gran lösliches veget. Eiweis; 3½ Gr. äpfelſ. Kalk mit einer Spur von äpfelſ. Magneſia; 1¾ Gr. äpfelſ. Amm., Salpeter und Farbſtoff. — John (Schweigg. J. XII. 244) fand darin: Pollenin, viel zuckrige nicht kryſtalliſirende Maſſe, ein wenig blaugefärbte Wachsmaterie, ein eigenthümlich blaues, in Weingeiſt lösliches, Pigment, flüchtige Theile, Kali, Kalk und Magneſia mit einem Ueberſchuſſe von Aepfelſ., Spuren andrer Salze (mit jenen Baſen) und käſeartigen Eiweisſtoff. — Beide Analytiker hatten zu ihrer Unterſuchung den Pollen nur von ganz dunkelblau gefärbten Antheren genommen.

Blumen.

Aesculus hippocastanum (Roßkaſtanie). — Die Blumenblätter nach Vauquelin: Wenig Wachs; gelbrothes bittres Harz; gelbfärbender Stoff, den Bleyzucker nicht fällend; ſüße Materie; ſchleimige, durch Gerbſtoff fällbare, im Feuer thieriſch riechende Materie; Holzfaſer; — die Staubfäden nach demſelben: Weiches rothes bittres Harz; Gerbſtoff; ſüße Materie; ſchleimige Materie; Holzfaſer. (Ann. de Chim. LXXXII. 309).

Arnica montana L. (Wohlverley). — Nach Weber: 7,5 Harz; 15,0 ſcharfer Extractivſtoff mit eſſigſ. Salzen; 17,5 ſchleimiges, nicht in Alkohol lösliches, Extract; 60 Holzfaſer (Pfaff mat. med. III. 209). — Nach Martini enthalten die Blumen auch etwas blaues flüchtiges Oel (Rep. I. 1044). — Nach Chevallier und Laſſaigne: Gelbes feſtes Harz vom Geruch der Arnica; in W.

und Weingeiſt lösliche, bitter ſcharf und ekelhaft ſchmeckende Mat.; gelber Farbſtoff; Gummi; Eiweisſtoff; Gallusſ. Die Aſche: ſalzſ. und phosphorſ. Kali; Spuren ſchwefelſ. Salze; khlſ. Kalk; eine Spur Kieſelerde (Trommsd. Taſchenb. 1821. 91. — Berl. Jahrb. XXIV. 1. 158).

Calendula officinalis. (Ringelblume). — Einige unvollſtändige Verſuche von Schrader ſ. in Berl. Jahrb. 1819. 405. — Nach Geiger: eine unwägbare Menge äth. Oel vom Geruch der Blüthen; 3,44 gelbgrünes Weichharz; 19,13 bittrer Extractivſtoff; 2,50 gummige ſtickſtoffhaltige Mat. mit Spuren von äpfelſ. und phosphorſ. Kalk; 1,25 eigenthümliche ſtärkmehlartige Mat., die aber durch Jod nicht blau wird; 0,625 Eiweis; 3,5 Calendulin; 7 Aepfelſ. mit Extractivſtoff verbunden; 62,5 Faſer; 0,66 ſalzſ. Kali; 5,45 äpfelſ. Kali; 1,475 äpfelſ. Kalk; 7,6 Ueberſchuß. Die Aſche der Blumen enthielt khlſ., ſalzſ., ſchwefelſ. Kali; khlſ. und phosphorſ. Kalk; khlſ. Magneſia; phosphorſ. Eiſenoxyd; eiſenhaltiges Manganoxyd; Kieſelerde, den Blumen anhängenden Sand. (Geiger diss. de calendula officinali, Heidelbergae. 1818).

Carthamus tinctorius L. (Safflor). — Nach Dufour: 0,9 Wachs; 0,3 Harz; 0,5 harziges Safflorroth; 31,0 extractiver gelber Farbſtoff nebſt eſſigſ., ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali und ſchwefelſ. Kalk; 49,6 Holzfaſer; 5,5 Eiweisſtoff; 4,6 Theilchen der Pflanze und Sand; 0,5 Magneſia und Thonerde; 0,2 Eiſenoxyd; 6,2 W.; 0,7 Verluſt (Gehlen N. a. J. III. 499).

Caryophyllus aromaticus L. (Gewürznelkenbaum) ſ. Eugenia caryophyllata. —

Crocus sativus L. Der aus den Narben und dem obern Theile des Griffels beſtehende Safran (vielleicht auch noch von einigen andern Arten des crocus herkommend): nach Aſchoff: 4 äth. Oel; 4 wachsähnliche Mat.; 2 balſamähnliche Mat.; 10,4 Gummi; 19 Pflanzenfaſer; 52 Polychroit; 10 Waſſer; 1,2 Verluſt. (Berl. Jahrbuch. 1818. 142). — Nach Bouillon Lagrange und Vogel: 7,5 weißes concretes und gelbes flüſſiges flüchtiges Oel nebſt Verluſt; 0,50 wachsartige Mat.; 65 Polychroit; 6,50 Gummi; 0,50 Eiweisſtoff; 10 Pflanzenfaſer; 10 Waſſer (Ann. de Chim. LXXX. 188; Trommsd. J. XXI. St. 1. 206). — Nach Runge enthält der Safran einen gelben Farbſtoff, einen rothen Farbſtoff und eine beſondre Säure (vergl. Rep. I. 963). Henry fand auch Aepfelſäure im Safran.

Cucurbita lagenaria L. (Kalabaſſe). — Die gelbe aromatiſche ſchmierige Mat., welche dem Stigma das ſammetartige Anſehn ertheilt, nach **John**: Wohlriechende Theile; welches gelbes Fett; bräunlicher etwas ſcharf ſchmeckender Extractivſtoff; Gummi; Eiweißſtoff; Salze. — Das **Piſtill** ohne Germen: Wohlriechende Theile in unbeſtimmter Menge; — 1,5 ſchmieriges Fett, extractive Theile, Gummi, viel Eiweißſtoff, äpfelſ. und phosphorſ. Kali und phosphorſ. Kalk; — 2.5 eiweißartige Faſern; — 1,5 äpfelſ. Kali, phosphorſ. Kalk, Magneſia und Eiſen, Spuren von Salpeter und ein Ammoniakſalz; 94,5 Waſſer (John chem. Schr. V. 55).

Eugenia caryophyllata Thbg. (Caryophyllus aromaticus L.). —

Die Gewürznelken, d. i. die Blüthenknospen dieſes Baums liefern nach **Trommsdorf** 18 flüchtiges Oel (Rep. I. 1046. II. 781); 13 Gerbſtoff eigner Art; 4 ſchwer löslichen Extractivſtoff mit etwas Gerbſtoff; 13 Gummi; 6 geſchmackloſes Harz; 28 Holzfaſer; 18 Waſſer (Trommsd. J. XVIII. St. 2. S. 23). Zu dieſen Beſtandtheilen iſt das Caryophyllin zu fügen, das jedoch nicht in allen Arten von Gewürznelken enthalten zu ſeyn ſcheint. Vgl. (Rep. I. 553). — Nach **Oſtermeyer** liefern die Gewürznelken bei 10maliger Cohobation gegen 21⅓ v. C. flüchtiges Oel; und laſſen, in einer erwärmten Schaale ausgepreßt, eine bräunlichgrüne dickliche Subſtanz ausfließen, welche eine Verb. von ätheriſchem Oel und Wachs iſt, welches leztre beim Auflöſen in kochendem Alkohol und Erkalten ſich rein in Geſtalt weißer Flocken niederſchlägt, beim Zuſammenſchmelzen aber wieder eine ſchmuziggrüne Farbe annimmt, im W. unterſinkt, ſich zwiſchen den Fingern nicht ſo leicht erweichen läßt, als das Bienenwachs, übrigens ſich demſelben ähnlich verhält (Buchner Repert. II. 337).

Gonista tinctoria L. (Färbeginſter). — Nach **Cadet de Gaſſicourt**: Geronnenes äth. Oel; Wachs; dunkelgelber, gewürzhafter, in Aether löslicher fetter Stoff; Spuren von Chlorophyll; eigenthümlicher extractiver Stoff, dem in dem Kraut der Scutellaria lateriflora gefundenen ähnlich (Rep. I 666); eigenthüml. zuſammenziehendes Princip; ein hellgelber, in W. und Alkohol (vielleicht auch in Aether) löslicher Farbſtoff; Schleim; zuckerhaltiger Stoff; Holzfaſer; Eiweißſtoff (Journ. de pharm. X. 444. — Buchner Repert. XIX. 3. S. 363. — Geiger Mag. Jan. 1825. 51).

Matricaria Chamomilla L. (Gemeine Chamille). — Durch Deſt. der Blüthen mit W. erhält man äth. Oel (Rep. I. 1044). **Freudenthal** erhielt durch Ausziehen von 1 Pfund der Blüthen mit Alkohol und W.: 26 Dr. 6 Gr. Harz; 10 Dr. 56 Gr. Seifenſtoff; 9 Dr. 28 Gr. Gummi; 6 Dr. 48 Gr. Weinſtein; 1 Dr. 14 Gr. phosphorſ. Kalk. Eine gleiche Menge lieferte durch Einäſcherung: 5 Dr.

36 Gr. kohlſ. Kali; 18 Gr. Kieſelerde; 2 Dr. 24 Gr. phosphorſauren Kalk; 19 Gr. Thonerde; 24 Gr. kohlſ. Kalk. (Scherer nord. Annal. II. 25. Berl. Jahrb. XXIII. 313).

Papaver Rhoeas L. (Klatſchroſe, coquelicot). — Nach Riffard: 12 gelber fetter Stoff (Rep. I. 1249); 40 rother Farbſtoff (Rep. I. 891); 20 Gummi; 28 Pflanzenfaſer. (Journ. de pharm. XII. 442); Nach Beetz und Ludwig: Wachs (vielleicht Myricin mit Harz); Cerin; Weichharz; rother Farbſtoff; adſtringirender Stoff; Gummi; Spur von Satzmehl; Pflanzeneiweiß; Aepfelſäure; Gallusſäure? Faſerſtoff; 85 p. C. Waſſer; ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali-, Kalk- und Magneſiaſalze; kein flüchtiger Stoff; kein Alkaloid. — In der Aſche fand ſich Schwefelſ.; Salzſ.; Kalk; Kali; ſchwefelſ. Kalk; phosphorſaurer Kalk; Spuren von Eiſen- und Manganoxyd (Trommsd. N. J. XIV. St. 2. 171).

Prunus Padus L. (Cerasus Padus Dec. Traubenkirſche). —

Die Blüthe nach John: Spuren von flüchtigem Oel, Harz und Wachs; 2,5 Extractivſtoff; 2,0 Gerbſtoff mit Schleimzucker und ſalzſ. Kalk; 3,0 Gummi; 10,0 Holzfaſer; 12,5 eiweisartige, blos in Kali lösliche, rothbraune Subſtanz; 70,0 Waſſer mit Blauſ. und einem Ammoniakſalz (John chem. Schr. IV. 77).

Rosa gallica. L. — Die Blumenblätter nach Cartier: äth. Oel; fette Mat.; Farbſtoff (Rep. I. 892); Gerbſtoff; Eiweis; Gallusſ.; Kali- und Kalkſalze; Kieſelerde; Eiſenoxyd (Journ. de pharm. 1821. nov. 572. — Trommsd. N. J. VI. St. 2. 42. — Buchner Repert. XIII. 273). Chereau machte die Beobachtung, als er eine Roſe in eine verſchloſſene Flaſche herabhängen ließ (der Stiel ward vom Stöpſel feſtgehalten) ſo daß ſie einige Zoll über einigen Grammen einer alkoholiſchen Jodlöſung hieng, daß, als er nach 8 Tagen die Flaſche öffnete, die Blume einen ſtärkern Roſengeruch als ſonſt verbreitete. Daſſelbe beobachtete er an Reſede, Jasmin, Nelke und andren Blumen (Journ. de pharm. XII. 442).

Sambucus nigra L. (Flieder oder Hollunder). — Nach Elieſon: ein eigenthümliches kryſt. flüchtiges Oel (Rep. I. 1112); Harz; ſtickſtoffhaltiger Extractivſtoff; oxydirter Extractivſtoff; adſtringirender Stoff; eine eigne Art thier. veget. Stoff (Rep. II. 429), mit nadelförmigen Kryſtallen innig gemengt; Schwefel; äpfelſ., ſchwefelſ., phosphorſ. Kalk; kohlſ. Magneſia (Trommsd. N. J. IX. St. 1. 245). — Nach Gleitsmann enthält das über den Blumen deſtillirte Waſſer Ammoniak (Kaſtn. Archiv. VIII. 229).

Spartium scoparium L. — Die Analyſe der Blüthen gab Cadet de Gaſſicourt daſſelbe Reſultat als die der genista tinctoria; nur enthielten ſie mehr Wachs, mehr Chlorophyll und etwas weniger der Subſtanz vom Geruch der antiſkorbutiſchen Pflanzen. — Die Aſche enthielt kohlſ., ſchwefelſ., ſalzſ. Kali; ſalpeterſ. Kalk (?); kohlſ. Kalk; phosphorſ. und ſchwefelſ. Kalk; Magneſia; Eiſenoxyd; Kieſelerde (Journ. de pharm. X. 1824. Sept.).

Tanacetum vulgare L. (Rheinfarrn). — Nach Frommherz: Aeth. Oel; Wachs; Weichharz; eiſengrünender Gerbſt.; Bitterſtoff; flüſſiger Zucker; Gummi; Holzfaſer; freie Aepfelſ.; äpfelſ. und ſalzſ. Kali; äpfelſ. und ſchwefelſ. Kalk; äpfelſ. Magneſia; Eiſenoxyd; eine Spur Kieſelerde (Geiger Mag. 1824. Oct. 35). — Nach Peſchier: flüchtiges Oel; fettes Oel; eine gemiſchte Subſtanz, die zwiſchen Wachs und Stearin ſteht; Chlorophyll; Gummi; gelber Farbſtoff; Extractivſtoff; ein gelblicher klebriger bitterer Stoff, den Peſchier alkaliſch nennt, eine Säure, die er für eigenthümlich hält und Tanacetſäure nennt, und phosphorſ. Kalk (Trommsd. N. J. XIV. St. 2. S. 177).

Tilia Europaea L. — Nach Marggraf: Riechendes Princip, welches ſich nicht als flüchtiges Oel darſtellen läßt; eiſengrünender Gerbſt.; der Weingährung fähiger Zucker; viel Gummi; Holzfaſer. (Pfaff mat. med. IV. 92). — Nach Roux: Chlorophyll; ein hellbraunes Extract; eine braungelbe Mat.; eine rothfärbende Mat.; eine gummige Subſt. mit Gerbſtoff (Journ. de pharm. nov. 1825. 507).

Viola odorata L. (Veilchen). — Der Aufguß der Veilchenblumen enthält nach Pagenſtecher: einen blauen Farbſtoff, der von eſſigſauren Bleyſalzen nicht gefällt, von Schwefelwſſſtgas entfärbt wird; einen hochrothen ſauren und einen violetrothen Farbſtoff (Rep. I. 394); kryſt. Zucker; Schleimzucker; Eiweiß; Kali- und Kalkſalze (Buchner Rep. XIV. 219. — Berl. Jahrb. XXV. St; 1. 197). — Ueber Violin, ſ. (Rep. I. 546).

Kraut (Blätter und Stengel)*).

Absinthium vulgare Lam. (Artemisia absinth. L. Gemeiner Wermuth). —

Nach **Braconnot**: 0,150 flüchtiges grünes Oel (Rep. I. 1044); 0,500 grüne harzartige Subſt.; 0,233 ſehr bitteres Harz; 1,250 Eiweiß; 0,133 Satzmehl; 1,333 thier. veget. Subſt. von geringem Geſchmack; 3,000 ſehr bittre thier. veget. Subſt.; 10,833 Holzfaſer; 0,333 Salpeter; 0,917 abſinthſ. Kali; Spuren von ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali; 81,203 Waſſer (Bullet. de pharm. T. V. dec. 1813. 549).

Aconitum Stoerckianum Rchb. (A. Napellus Störck, blauer Sturmhut). —

Nach **Bucholz****): 1,145 Grünharz; 2,239 Eiweiß; 2,012 Extractivſtoff mit zerfließenden eſſigſauren und ſalzſauren Salzen; 3,750 gummöſer Stoff; 6,875 Faſer; 0,389 äpfelſaurer und citronenſ. Kalk; 82,750 Waſſer; 1,560 Ueberſchuß. (Bucholz Taſchenb. 1812. 117). Die Aſche von A. napellus enthält nach **Brandes** dieſelben Beſtandtheile als die des Bilſenkrauts, nur noch überdieß Thonerde (Berl. Jahrb. 1819. 124). Die im Waſſerbade abdeſtillirte Fl. riecht faſt noch ſtärker als das Kraut; ſoll narkotiſch und löffelartig beißend, aber den Thieren nicht nachtheilig ſeyn (Richards med. Bot. II. 1024). **Peſchier** hat im Kraut von ac. napellus und paniculatum ein eigenthümliches Alkaloid und eine eigenthümliche S. angezeigt. (Rep. I. 99. 441.).

Aesculus hippocastanum. (Roßkaſtanie). — Die die Blattknospen umgebenden **Schuppen** nach **Vauquelin**: Ranziges fettes Oel; Blattgrün; rothbraunes Hartharz (Rep. I. 1296); eiſengrünender Gerbſtoff; dunkelbrauner Bitterſtoff; vielleicht etwas Zucker; Schleim; Holzfaſer. — Die von den Schuppen befreiten **Blattknospen** nach demſelben: Weichharz; freier Gerbſtoff, vielleicht mit Gallusſ.; eine Subſtanz, die aus eiſenbläuendem Gerbſtoff und thieriſch vegetabiliſcher Mat. zu beſtehen ſcheint, nicht in Alkohol, aber etwas in W. löslich, eiſenbläuend, im Feuer vegetabiliſch und thieriſch riechend; Holzfaſer; eſſigſ. Kali; phosphorſ. Kalk. — Die ſo eben entwickelten, ſo wie die vollkommen ausgebildeten **Blätter** nach demſelben: Wachs; Blattgrün; Gerbſtoff mit Bitterſtoff, die Eiſenſalze und den Leim braun fällend; die ebenerwähnte Verb. von Gerbſtoff und thier. Mat.; Holzfaſer (Ann. de Chim. LXXXII. 309).

---

*) Das Holz und die Rinden werden beſonders betrachtet werden.

**) Er nennt die Pflanze A. medium Schrad.

Agathophyllum Ravensara. Die Blätter nach Vauquelin: dickgewordenes braunes flüchtiges Oel, ganz dem der Gewürznelken gleichend; Wachs; harziges Blattgrün; brauner Bitterſtoff; wenig freie S. — In der Aſche ſchwſ. Kalk mit wenig phosphorſ. Kalk. (Ann. de Ch. LXXII. 306).

Apium graveolens L. (Selleri). — Die Blätter nach Vogel: 1) ein farbloſes flüchtiges Oel, vom eigenthümlichen Geruch des Selleri's; 2) ein fettes ſchmieriges Oel, zum Theil mit Chlorophyll verbunden; 3) unverkennbare Spuren von Schwefel; 4) eine zitternde Gallert, Baſſorin; 5) brauner, in Alkohol auflöslicher, Extractivſtoff; 6) gummige Theile; 7) 1 p. C. Mannazucker; 8) ſalpeterſ. und ſalzſ. Kali (Schweigg. J. N. R. VII. 363. — Trommsd. N. J. VIII. 353).

Arbutus uva ursi L. — Die Blätter nach Melandri und Moretti: Harz; bitterer Extractivſtoff; oxydirbarer Extractivſtoff, Gerbſtoff; Schleim; Holzfaſer; Gallusſ.; Kalk (Bullet. de pharm. I. 1809. 59).

Arnica montana L. (Wohlverley). — Die Blätter enthalten nach Chev. und Laſſ. die nämlichen Beſtandtheile als die Blumen, jedoch weniger Harz.

Arundo epigeios. — Nach John lieferten 100 Gran trockner Blätter 15 Gran Aſche, beſtehend aus: 6 Gran Kieſelerde; 1½ phosphorſ. Kalk; Spur von phosphorſ. Eiſenoxyd; ½ kohlſ. Kalk; 2 kohlſ. Alkali, phosphorſ., ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali; Spur Eiſen- und Manganoxyd (John Tab. der Pflanzenanalyſen S. 61).

Arundo phragmites, (Rohrſchilf). — Nach John gaben 250 Gran trockner Blätter 12 Gran Aſche, und dieſe: 4½ Gr. phosphorſ. und ſalzſ. Alkali; 1 phosphorſ. Kalk; 6 Kieſelerde; ½ Kalk; eine Spur phosphorſ. Eiſen und Mangan (John Tab. der Pflanzenanalyſen S. 61). — Nach Davy gaben 27 Gran der Epidermis im Glühfeuer 13 Gran einer weißen erdigen Subſtanz, die in W. und den Mineralſäuren unauflöslich war. 10 Gran (dieſer Subſtanz?) gaben durch Schmelzen mit Kali eine Maſſe, die ſich im Waſſer auflöſte, aus welcher Auſl. die Salpeterſ. eine weiße flockige Maſſe niederſchlug, die Kieſelerde zu ſeyn und gegen 7 bis 8 Gran zu betragen ſchien. Von dem, von der Epidermis entblößten, Rohre gaben 110 Gran gegen 6 Gran Kieſelerde (Scherer J. III. 76).

Arundo saccharifera. (Zuckerrohr). — Nach John gaben 420 Gran friſcher oder 103 Gran trockner Blätter 7 Gr. Aſche, enthaltend: 4 Gran Kieſelerde; 1½ phosphors. Kalk; 1½ ſalzſ. und phosphors. Natron; kohlenſ. Alkali. (John Tabellen der Pflanzenanalyſen S. 61).

Asparagus officinalis L. (Gemeiner Spargel). — Die Sproſſen nach Hermbſtädt 0.521 Eiweißſtoff; 2.213 Gummi mit ſalzigem Weſen; 4.010 Extractivſtoff mit Schleimzucker und ſalzigem Weſen; 1.554 Pflanzenfaſer; 90.654 Waſſer (Hermbſt. Bullet. III. 336; auch in Hermbſt. Arch. IV. H. 2. S. 370.). Zu dieſen Beſtandtheilen iſt das von Vauquelin und Robiquet aufgefundene Asparagin (Rep. I. 330. II. 470) und Mannit (Rep. I. 790) zu fügen. — Ueber die eigenthümlichen Reactionen des Spargelſaftes ſ. noch beſonders die Säfte.

Atropa Belladonna L. (Tollkraut). — Nach Melandri: Grünes weiches Harz; thieriſcher Extractivſtoff; oxydirbarer Extractivſtoff; mehrere Theile; ſaure ſauerkleeſ. Magneſia; ſauerkleeſ. Kali; ſalzſ. Kali (Ann. de Chim. XV. 221. — John chem. Tab. 54). — Nach Vauquelin: eiweißſtoffartige Subſtanz; erbrechenerregende (nach Vauquelin harzartige) Materie, (Brandes Pſeudotoxin), welche nach Vauqu. die narkotiſchen Wirkungen hervorbringen ſoll, was jedoch nach Brandes von beigemengtem Atropin herrührt; Holzfaſer; ſalpeterſ. und ſalzſ. Kali; Spuren von Ammoniakſalz; ſchwefelſ. Kali und Kalk; phosphorſ. Kalk; ſaures ſauerkleeſ. Kali; freie Eſſigſ. und eſſigſ. Kali; Eiſenoxyd, Kieſelerde. (Ann. de Chim. LXXII. 1809. 270. — Trommsd. J. XIX. St. 2. 110). — Die neueſte und ausführlichſte Unterſuchung rührt von Brandes her, wonach die friſchen Blätter enthalten: 0.70 Wachs; 5.84 harziges Blattgrün; 1.51 ſaures äpfelſaures Atropin; 5.83 Gummi; 1.25 Stärkmehl; 13.70 Holzfaſer; 6.90 Phyteumacolla; 16.05 Pſeudotoxin (Rep. II. 361) mit äpfelſ. Atropin und mit kleeſ., ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali; 6.70 löslichen Eiweißſtoff; 6.00 erhärteten Eiweißſtoff, 7.47 Salze nämlich nach der Reihenfolge der größern Menge: kleeſ. Kali mit phosphorſ. Kalk und Magneſia; ſaures äpfelſ. Atropin; — kleeſ. Kali; — äpfelſ. Kali; — ſalpeterſ. Kali; — ſalpeterſ., ſalzſ. und äpfelſ. Kali, äpfelſ. Kalk, Spuren von kleeſ. Kali und äpfelſ. Atropin — äpfelſ. Magneſia mit Spuren von kleeſ. Kalk; — ſchwefelſ. Kali; — ſalzſ. Kali; — eine Spur Ammoniakſalz, Eſſigſ. und Bernſteinſ. — 22.00 W.; 2.05 Verluſt (Buchners Repert. VIII. 200 und IX. 60). — Die Aſche: freies, phosphorſ., ſalzſ., ſchwefelſ. Kali; phosphorſ. Magneſia und Kalk; ſchwefelſ. Kalk; Eiſenoxyd; Kupferoxyd (Berl. Jahrb. XX. 110). — Nach neuern

Unterſuchungen von **Brandes** exiſtirt das Atropin eigentlich nicht, und ſeine frühere Beobachtung deſſelben war ein Irrthum (Vgl. Rep. II. S. 660).

Bambusa arundinacea. — Nach **Davy** gaben 7 Gran Epidermis, von 4 Unzen des Rohrs erhalten, nach dem Verbrennen 5 Gran kieſelerdige Materie. Ein ſehr großes Stück Bambusrohr von unbeſtimmtem Gewicht gab nach demſ. eine beträchtliche Menge Aſche, wovon [illegible] in Salzſ. auflösbar, das Uebrige Kieſelerde war. (Scherer J. III. 77).

Borago officinalis L. (Boretſch). — Der ausgepreßte, durch Ruhe geklärte und zur Trockniß abgedampfte, Saft des Krauts nach **Braconnot**: 29,6 thieriſche, in W., nicht in Alkohol lösliche, durch Gerbſtoff fällbare Mat.; 40,9 Mucus (Rep. II. 360); 25,0 äpfelſ. Kali oder ein Salz, welches eine ähnliche S. enthält; 2,3 eſſigſ. Kali; 1,1 Kalk in Verb. mit der der Aepfelſ. ähnlichen S.; 1,1 Salpeter (Journ. de Phys. LXXXIV. 272). — **Lampadius** erhielt aus der ganzen Boretſchpflanze, mit Wurzel, Stengel, Blättern, Blüthen und zum Theil Saamen: Flüchtigen Riechſtoff; Chlorophyll *); Extractivſtoff; blaues Pigment der Blüthen; Eiweisſtoff; Schleim; Pflanzenfaſer; freie Eſſigſäure und eſſigſ. Salze; ſchwefelſ., phosphorſ., ſalzſ. und ſalpeterſ. Salze, Ammoniak-, Kali-, Kalkſalze; eine Spur Kalk. — Die Aſche gab: phosphorſ. Kalk; kohlenſ. Kalk; baſ. kblſ., ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali; Kieſelerde; Eiſenoxyd mit einer Spur Mangan (Kaſtn. Arch. VII. 129).

Brassica oleracea viridis (Grüner Kohl). — Der Saft des friſchen Kohls nach **Schrader**: 0,05 Harz; 2,34 Extractivſtoff; 2.89 gummiges Extract; 0,29 Eiweisſtoff; 0.63 grünes Satzmehl; außerdem Eſſigſ.: ſchwefelſ., ſalzſ. und ſalpeterſ. Kali; äpfelſ. und phosphorſ. Kalk; phosphorſ. Magneſia; Eiſen und Mangan (Schweigg. J. V. 19. — Pfaff mat. med. V. 56).

Calendula officinalis (Ringelblume). — Im November geſammelte Blätter nach **Geiger**: 0,35 Wachs; 2,64 bitterer Extractivſtoff mit etwas ſalzſ. Kali; 0,39 etwas äpfelſ. Kalk enthaltendes Gummi; 0,13 verhärtetes Eiweis; 0,05 ſtärkmehlartiger Schleim; 6,90 Holzfaſer; 0,54 Calendulin (Rep. II. 380); 0,21 löslicher Eiweisſtoff; 0,67 extractivſtoffhaltige Aepfelſ.; 0,76 äpfelſ. Kali; 0,83 äpfelſ. Kalk; 0,14 Salpeter; 86,39 Waſſer (**Geiger** diss. de Calend. off.

---

*) In der That iſt das mit grünem Farbſtoff verbundene Harz, was **Lampadius** anführt, nach ſeinen Haupt-Eigenſchaften als ſolches zu betrachten.

Heidelb. 1818). — Im May geſammelte Blätter nach Stoltze: 0,023 Myricin; 0,866 grünes Pflanzenwachs; 3,008 leicht löslicher Extractivſtoff; 0,243 ſchwer löslicher Extractivſtoff; 0,266 Gummi; 2,066 Schleim, durch Kali löslich; 1,302 Eiweisſtoff; 0,347 Calendulin; 1,423 Faſerſtoff; 0,597 Aepfelſ.; 0,893 äpfelſ. Kalk; 0,361 ſalzſ. Kali; 0,104 Salpeter; 87,916 Waſſer; 0,554 Verluſt (Berl. Jahrb. XXI. 282).

Cannabis sativa (Hanf). — Die Blätter nach Tſcheppe: Drei verſchiedene Extractivſtoffe; braunes zähes Gummi; Eiweisſtoff; ſtickſtoffhaltiges grünes Satzmehl mit phosphorſ. Kalk und kohlſ. Magneſia; Holzfaſer mit Thonerde und Schwefel; eſſigſ. Salze von Kalk, Magneſia, Kali und Ammoniak; eine Spur ſalzſ. Kali (Tſcheppe Dissertatio de fol. Cann. sat. 1821. 8. Tubingae)

Carduus benedictus L. (Cardobenedictenkraut). — Nach Soltmann: 4,5 grünes weiches Harz; 15,5 bittrer Extractivſtoff: 8,3 Schleim und Gummiſtoff; außerdem ſchwefelſ. Kalk; ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali (Berl. Jahrb. 1815. 86. — Pfaff. mat. med. VI. 171).

Cassia acutifolia Del. (lanceolata Nectoux; senna α) L.); obovata Collad; lanceolata Forskal. —

Von dieſen drei Arten der Cassia kommen ſämmtliche Sorten der verkäuflichen Sennesblätter. Das wäßrige Extract nach Braconnot: 53,7 Sennabitter (Cathartin); 31,9 braunrothes Gummi; 6,2 eine dem thier. Schleim ähnliche, durch Säuren fällbare, Materie; 8,7 eſſigſ. Kalk; 3,7 Verb. des Kalks mit einer andern Pflanzenſ.; Spuren von eſſigſ. und ſalzſ. Kali; 4,2 Ueberſchuß (Journ. de Phys. LXXXIV. 281).

Die ganzen Blätter der alexandriniſchen Senna nach Laſſaigne und Feneulle: Wenig flüchtiges Oel; fettes Oel; Blattgrün; Sennabitter (Cathartin); extractiver gelber Farbſtoff; Holzfaſer; ſchleimige Materie; Eiweisſtoff; Aepfelſ.; äpfelſ. und eſſigſ. Kali; weinſteinſ. Kalk; Mineralſalze (Ann. de Chim. et de Phys. XVI. 16. — Trommsd. N. J. VI. St. 1. 149. — Berl. Jahrb. XXIV. 1. 85).

Centaurea benedicta (Cardobenedictenkraut). — Die Blätter nach Morin: Flüchtiges Oel; eine grüne fettartige Materie, beſtehend aus fettem Oel und Chlorophyll; Harz (Rep. II. 848); eigenthümlicher Bitterſtoff (Rep. II. 704); unkryſt. Zucker; Gummi und Eiweis; Waſſer; Holzfaſer; ſaurer äpfelſ. Kalk; mehrere Mineralſalze und einige Oxyde; Spuren Schwefel (J. de ch. med. mars. 1827. 115).

Centaurea calcitrapa L. — Das Extract des Krauts nach Figuier: Harzige Materie (Blattgrün?); animaliſirte Materie (Bitterſtoff?); Gummi; freie Säure; eſſigſ., ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali und ſchwefelſ. Kalk (J. de Phys. LXXXIV. 342).

Chamaerops humilis. — Nach John gaben 286 Gran trockner Blätter 22 Gran Aſche, beſtehend aus: 11 Gr. Kieſelerde; 5 Gr. ſalzſ. und phosphorſ. Salz: 4½ khlſ. Kalk; 1½ phosphorſ. Kalk (Eiſenoxyd?) (John Tab. der Pflanzenanalyſen. S. 63).

Chelidonium majus L.*) (Großes Schöllkraut) — Nach Chevallier und Laſſaigne: eine harzige Subſtanz von bitterm Geſchmack und dunkelgelber Farbe; ein gummiharziger, in Waſſer und Alkohol gleich auflöslicher, Stoff von orangerother Farbe und bitterm, ekelhaften Geſchmack **); Eiweis; eine ſchleimige (?) Säure; freie Aepfelſäure; citronenſ. und phosphorſ. Kalk; ſalpeterſ. und ſalzſ. Kali; Kieſelerde (Pfaff mat. med. VI. 413). — Chevallier hat auch angekündigt, daß ſich eine kryſtalliniſche Subſtanz im großen Schöllkraut befinde, deren Exiſtenz auch Vauquelin bekannt ſey (Journ. de pharm. X. 466); es iſt aber weiter nichts darüber bekannt worden. — Godefroy will bei der Deſtillation des friſchen Krauts ein beißendes Deſtillat erhalten, auch einen alkaloidähnlichen Stoff im Kraute aufgefunden haben, welches beides jedoch Meier nicht beſtätigt fand ***). Außerdem fand Godefroy im Kraut grünes und gelbes Harz; einige Extractivſtoffe; Stärkmehl; einen baſſorinartigen Stoff (Journ. de pharm. X. 635; auszugsweiſe in Buchners Repert. XXI. H. 3. S. 403). — Trommsdorff wollte ſalzſ. Baryt im Schöllkrautextract aufgefunden haben; Vogel jedoch konnte keine Spur davon entdecken (Trommsd. J. XVI. St. 1. 150). — Die neueſte und ausführlichſte Analyſe hat Meier geliefert. Ihr zufolge enthält das Kraut, im erſten Frühjahr vor Entfaltung der Blüten geſammelt, von Knospen und Wurzeln ſorgfältig befreit und an einem luftigen Orte ohne künſtliche Wärme getrocknet, 0,62 grünes, nicht ſcharfes, Weichharz †); 3,44 reinen rothgelben narkotiſchen Stoff (Rep. II. 660); 30,72 narkotiſchen Stoff mit ſalpeterſ., ſalzſ. und äpfelſ. Kali; 3,40 Eiweis; 3,20 Gummi (Rep. II. 708), ſich dem gummigen Extractivſtoff nähernd, bei der Einäſcherung khlſ., ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali, phosphorſ. Magneſia, ſchwefelſ. Kalk und Kieſelerde laſſend; 1,92 Waſſerin; 2,00 thieriſch-vegetabiliſche Mat.; 9,80 ſüßen Extractivſtoff mit ſalpeterſ., ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali; citronenſ. Kalk; freie Aepfelſ.; äpfelſ., phosphorſ. Magneſia und Kalk; 30,99 Holzfaſer, zurücklaſſend 2,96 Aſche (beſtehend aus Eiſenoxyd, Manganoxyd, Kieſelerde, Thonerde, ſalzſ. und khlſ. Kalk, ſchwefelſ. Kali, phosphorſ. Magneſia); 0,08 Verluſt (Berl. Jahrb. 1827. S. 231).

---

*) Ueber den gelben Milchſaft dieſer Pflanze vergl. die Säfte.

**) Nach Meier iſt dieſer Stoff das grüne Harz Meiers, verunreinigt mit ſeinem rothgelben narkotiſchen Stoff; und auch die Bitterkeit iſt nach ihm nur anhangend.

***) Meier unterſuchte die getrocknete Pflanze, wo ſich der ſcharfe Stoff wohl ſchon verflüchtigt hatte.

†) Dieſes zerfiel bei der Behandlung mit eſſigſ. Bley in drei Subſtanzen: in grünes Harz, das ſich mit dem Bleyoxyd zu einer unlöslichen Verbindung vereinigte, in ein gelbes Harz, das vom eſſigſ. Bley nicht gefällt wurde, und in einen Körper, der mit dem oxydirten Extractivſtoffe die größte Aehnlichkeit zeigte.

Chenopodium ambrosioides L. (Botryos mexicani herba; mexikaniſches Traubenkraut). —

Rauſch's nichtsſagende Analyſe ergab blos darin: äther. Oel, Cerin, Schleim, Gummi, Extractivſtoff (Berl. Jahrb. 1816. 195). — Martini fand darin: äther. Oel, Kampher, Harz, Schleim (Diss. de Chenop. ambr. Francof. 1757). — Sorgfältiger iſt das trockne Kraut von Bley unterſucht worden, der darin fand: 0,85 ätheriſches Oel (Rep. II. 787); 0,45 in Aether lösliches Weichharz; 7,15 Chlorophyll; 4,40 Eiweisſtoff; 0,80 Extractivſtoff mit ſauerkleeſ. Kali; 3,75 Extractivſtoff mit äpfelſ. Kali; 1,40 Stärkmehl; 11,30 Gummi; 6,70 Gummi mit Spuren von ſalpeterſ., ſchwefelſ. und ſauerkleeſ. Kali; Spuren von Schwefel; 0 51 Eſſigſ.; 1,12 weinſteinſ. Kali; 7,50 äpfelſ. Magneſia; 4,60 ſalzſ. Kali; 7,50 Waſſer. — Folgende Materien wurden durch Behandeln mit Aetzkali und Salzſ. erhalten: 2,40 Kleber; 1,50 Pflanzeneiweis; 18.20 Phyteumakolla; 18,70 Faſer; 0,48 ſalzſ. Kalk; 1.25 phosphorſ. Magneſia und ſalzſ. Kalk; 0,60 Magneſia mit Eiſen- und Manganoxyd. — Der Verluſt betrug 3,04. — Die 18,70 Faſer lieferten durch Einäſchern: 0,40 ſalzſ. Kali; 1,[illegible]lſ. Kalk; 1,78 khlſ. Magneſia; 0,52 Thonerde; 0,38 Kieſelerde; 0,02 Mangan- und Eiſenoxyd (Trommsd. N. J. XIV. St. 2. 79).

Cochlearia offic. L. (Löffelkraut). — Der eingedickte Saft des Krautes nach Braconnot: 48,33 braunes ſüßes Extract, nur in heißem Alkohol löslich, durch Gerbſtoff fällbar; 32.00 nicht in heißem Alkohol lösliche, durch Gerbſtoff fällbare Materie; 6,67 pflanzenſ. Kali; 6.67 pflanzenſ. Kalk; 5.00 ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali und Verluſt. — Das friſche Kraut enthält außerdem: Flüchtiges Oel; Blattgrün; Holzfaſer; Eiweisſtoff (Journ. de Phys. LXXXIV. 278). — Tordeux fand im Saft des Krauts auch Salpeterkryſtalle (Schweigg. J. XXXII. 334). Vergl. die ältern Unterſuchungen von Gutret (Crell Ann. 1792. II. 173) und Joſſe (Trommsd. J. VI. St. 2. 132).

Conium maculatum L. (Gefleckter Schierling, grande ciguë) —

Schrader unterwarf den wildwachſenden und den im Garten gebauten Schierling einer vergleichenden Analyſe (Berl. Jahrb. 1805.

Bd. XI. 161). Beide Arten unterſchieden ſich jedoch nicht weſentlich chemiſch von einander; es zeigte der wildwachſende nur einen weit ſtärkern Geruch, als der im Garten gebaute. Im Jahr 1812 ſtellte **Schrader** von Neuem eine vergleichende Unterſuchung mit dem Schierling und dem Kohl an (Schweigg. J. V. 19). Er fand in 100 Theilen Saft vom Schierling: 0.15 Harz; 2,73 Extractivſtoff; 3,52 Gummi; 0.31 Eiweisſtoff; 0,80 grünes Satzmehl; die übrigen 92,49 Theile ſind Waſſer, nebſt Eſſigſ., äpfelſ. und phosphorſ. Kalk und andren Salzen. Das verkohlte Extract des Schierlings lieferte ihm: kohlſ., ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali; kohlſ. und phosphorſ. Magneſia; kohlſ. und phosphorſ. Kalk; — die Aſche des Satzmehls: kohlſ. und phosphorſ. Magneſia und Kalk.; kohlſ., ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali, Eiſenoxyd und Manganoxyd. Das Extract einer Deſtillation lieferte eine alkaliſche Fl., die aber nicht giftig wirkte.

Bertrand fand im ausgezogenen Saft: ein flüchtiges, durch Deſt. zu erhaltendes, Oel von beträchtlicher Schärfe und dem ſtarken Geruch der Pflanze; ein nicht giftiges Harz; einen braunen Extractivſtoff; Schleim; Eiweisſtoff (Frorieps Notizen. II. 22).

Machy und **Ehrhardt** fanden auch Salpeter im Schierlingsſaft. **Baumé** konnte ihn nicht darin entdecken.

Rud. **Brandes** fand in der Aſche des Schierlings: freies Kali; kohlſ., ſalzſ., phosphorſ. und ſchwefelſ. Kali; kohlſ., ſalzſ., phosphorſ. und ſchwefelſ. Kalk; kohlſ. Magneſia; Kieſelerde; Eiſen-, Mangan- und Kupferoxyd (Schweigg. J. XXVIII. 105).

Döbereiner fand bei ſeiner Unterſuchung des friſchen Schierlingsſaftes, als er dieſen mit Ammoniak verſetzte und den Niederſchlag wiederholt mit W. und Alkohol behandelte, als Rückſtand phosphorſ. Magneſia (Schweigg. J. XXVIII. 105).

Peſchier fand den durch Amm. in einem wäßrigen Auszug des Schierlings erzeugten Niederſchlag beſtehend aus: kohlſ. und phosphorſ. Kalk und einem harzigen Stoff, der den Geſchmack des Schierlings beſaß. Ferner fand er darin die, bis jetzt noch problematiſche, Coniumſ. (Rep. I. 141. II. 619); und als er eine Unze trocknes Schierlingsextract nach der Robiquetſchen Methode (Rep. I. 300) mit Magneſia behandelte, erhielt er ⅛ Gran eines, bis jetzt ebenfalls problematiſchen, Alkaloids, des Coniin (Rep. I. 472. II. 667). (Trommsd. N. J. V. St. 1. 86).

Neuerdings iſt der Fleckenſchierling in Bezug auf die Darſtellung ſeines narkotiſchen Stoffs vornämlich von **Giſecke** (Brandes Archiv XX. 97) und von Brandes (ibid. 111.) unterſucht worden. Die Reſultate dieſer Verſuche ſiehe Rep. II. 667.

Daphne alpina. — Vauquelin erhielt daraus: ein rothes knoblauchartig riechendes, Schwefel haltendes, äther. Oel; dunkelgrünes Harz (Rep. I. 1306); braunen Farbſtoff von thier. veget. Natur und gelben Farbſtoff von veget. Natur; thier. veget. Mat.; Gummi; ein wenig Zucker; Aepfelſ.; phosphorſ. Kalk und Eiſen; Spuren von Kupferoxyd (Journ. de pharm. X. 419).

Datura Stramonium. L. (Stechapfel). — Berzelius erhielt 21,06 p. C. Saft aus dem friſchen Kraute. Das Extract wird durch das Alter ſchwarzbraun, und es kryſtalliſirt in reichlicher Menge Salpeter daraus, der ſich auch ſchon aus dem zur Syrupsdicke abgerauchten Safte in der Ruhe ausſcheidet (Pfaff mat. med. V. 72). — Nach Promnitz enthalten die Blätter: 0,12 Harz; 0,60 Extractivſtoff oder Seifenſtoff: 0,58 gummigen Extractivſtoff; 0,64 grünes Satzmehl; 0,15 Eiweisſtoff; 0,23 kryſt. Salpeter und erdigen Niederſchlag beſtehend aus Magneſia und Kalk, gebunden an Phosphorſ. und Pflanzenſ.; 91,25 W.; 1,28 Verluſt (ibid. 73).

Digitalis ferruginea. — Einige unvollſtändige chemiſche Verſuche über dieſe Pflanze von Maatjes finden ſich in Trommsd. J. XVI. St. 1. S. 215.

Digitalis purpurea L. — Die getrockneten Blätter nach Haaſe: 5,5 harzige Subſtanz; 15,0 Extractivſtoff; 15,0 gummige und ſchleimige Subſtanz mit ſehr wenig Kali und Weinſtein; 2,0 ſauerkleeſ. Kali; 52,0 Faſerſtoff mit etwas verhärtetem Eiweisſtoff; 5,5 Waſſer vom Geruch des Heu's; 5,0 Verluſt (Haase diss. de digitali purpurea. Lips. 1812). — Das von Royer als Beſtandtheil aufgeführte Digitalin iſt durch neue Unterſuchungen widerlegt worden (Rep. I. 184. II. 670). — Ueber den eigenthümlichen bittern Extractivſtoff der Digitalis vergl. Rep. II. 705.

Diosma crenata. — 100 Theile getrocknete Blätter enthalten nach Cadet de Gassicourt: 0,655 äther. Oel; 2,151 Harz; 1,10 Chlorophyll; 5,17 wäßrig alkoholiſches Extract (Extractivſtoff); 21,17 Gummi (Journ. de pharm. 1827. febr. 112).

Euphorbia Cyparyssias. — 1560 Gran Kraut lieferten nach John: 87 Gran Aſche, beſtehend aus 11¾ Gr. kohlſ. Kali; 5½ Gr. ſchwefelſ. Kali; 21 Gr. phosphorſ. Kalk; 30 Gr. kohlſ. Kalk; 2¾ Gr. Kieſelerde; 2 bis 3 Gr. phosphorſ. Eiſen und Mangan; unbeſtimmte Quant., doch nicht über 13¾ Gr., phosphorſ. und kohlſ. Magneſia (John chem. Schr. II. 19).

Galeopsis villosa. — Das Kraut nach Geiger: 2,765 Fett, Wachs und Chlorophyll; 0,247 braunes, in Aether unlösliches, bitterliches Harz; 0,312 gelbes, reizend und bitter ſchmeckendes, in Aether lösliches, Harz; eine nicht gewogene Menge gelber, bitterer, in Aether löslicher, eigenthümlicher Extractivſtoff; 1,571 phosphorſ. und äpfelſ. Kalk mit unlöslich gewordenem braunen Extractivſtoff; 8,294 Aepfelſ. mit äpfelſ. Kali, phosphorſ. Kali und Kalk und ein wenig Gallusſ.; 0,853 Gummi mit wenig Schleimzucker, braunem Extractivſtoff, Spuren von Gallusſ. und Gyps; 9,941 Schleimzucker mit braunem Extractivſtoff, den angeführten und eſſigſ. Salzen; eine nicht gewogene Menge unlöslich gewordenen braunen Extractivſtoffs, durch Bleyſalze und Schwefelwſſtſ. zum Theil ausgeſchieden; 2,353 unreiner braungefärbter und mit Salzen noch vermiſchter bittrer Extractivſtoff; 2,941 durch kochendes W. aus dem bereits extrahirten Kraut erhaltenes braunes ſchleimiges und ſatzmehlartiges Extract, welches ziemlich ſtickſtoffhaltig iſt; 65,882 Faſer; 4,841 Verluſt an nicht gewogenem gelben und unlöslich gewordenen braunen Extractivſtoff, Gallusſ., die nicht gewogen wurde, und W. — Die Aſche von 960 Faſer, 134 wiegend, beſtand aus 52 kblſ. Kalk, 7 Eiſenoxyd mit etwas phosphorſ. Kalk und Magneſia gemengt; 1,5 Magneſia; 4.5 Thonerde; 69 Sand. — Geiger fand durch eine vergleichende Analyſe der als Geheimmittel verkauften Liberſchen Auszehrungskräuter, daß dieſelben nichts anders als dieſe Galeopsis villosa ſind; ſo wie auch aus ſolchen beim Säen (wegen untermiſchter Saamenkörner) dieſe Pflanze aufgegangen iſt (Geiger Mag. für Pharm. IX. 134).

Gratiola officinalis L. (Gottesgnadenkraut). — Der ausgepreßte Saft nach Vauquelin: Scharfes Harz; braunes Gummi mit etwas thier. Mat.; ſehr wenig Eiweisſtoff; äpfelſ. Kali; äpfelſ., kleeſ. und phosphorſ. Kalk; ſalzſ. Natron; Kieſelerde und Eiſenoxyd (Ann. de Ch. LXXII. 191). — Eine frühere unzureichende Analyſe von Zobel ſiehe in Crell N. Entd. II. 251.

Helianthus annuus L. — Das friſche Kraut nach Zenneck: 73,4607 Waſſer mit flüchtigem Oel; 1,3873 zuckerhaltiges Extract; 3,3543 ſalziges Extract; 7,9618 grünes Satzmehl; 0,3441 Eiweis; 7,0499 Verluſt. — 247 trocknes Kraut gaben 29 Aſche, beſtehend aus 112 kblſ., 3 ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali; 33 Kieſelerde; 142 Eiſenoxyd, kblſ. und phosphorſ. Kalk (Schweigg. J. N. R. IX. 315). — Nach Brandenburg enthält die Aſche kblſ., ſchwefelſ., ſalzſ. Kali; kblſ., ſchwefelſ., phosphorſ. Kalk; Eiſenoxyd; Kieſelerde (Scherers nord. Ann. I. H. 3. 387). — Das Mark der Stengel nach John: 10,2 Medullin; 1,0 Gummi mit Aepfelſ, vielleicht auch Citronenſ. und mit äpfelſ. Kali und Kalk; ungefähr 1,5 Salpeter; 1,0 phosphorſ., ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali; 68,3 Waſſer (John chem. Schr. VI. 197).

Hordeum vulgare (Gerſte). — In den unreifen grünen Gerſtenſtengeln fand **Einhof**: 2,93 Bitterſtoff; 9,50 Holzfaſer; 2,45 grünes Satzmehl; 0,70 Eiweisſtoff; 0,44 ſauern phosphorſ. Kalk; 82,81 Waſſer; 1,17 Verluſt. — In den reifen Gerſtenſtengeln (Gerſtenſtroh): 15,68 Bitterſtoff, nur zum Theil in Weingeiſt löslich; 70,31 Holzfaſer mit etwas verhärtetem Eiweis und gelbem Pflanzenwachs; 1,70 Eiweisſtoff: 0,71 durch Waſſer ausziehbare Kieſelerde; 10,94 Waſſer; 0,66 Verluſt (Gehlen N. a. J. VI. 62).

Hyacinthus non scriptus. — Nach **John** das friſche Kraut mit Blumen: 0,125 harzartiges Wachs; 0,17 harziges Blattgrün; 2,00 Extractivſtoff mit Aepfelſ. und äpfelſ. Salzen; 2,33 Gummi (Rep. I. 698); 3,92 Holzfaſer; 0,125 Eiweisſtoff; 0,33 ſalzſ. Kali mit phosphorſ. Salzen; 88,50 Waſſer; 2,5 Verluſt. — Die $\frac{1}{20}$ betragende Aſche wurde zu $\frac{3}{8}$ von W. aufgelöſt, und die übrigen $\frac{5}{8}$ beſtanden aus phosphorſ. Kalk, kblſ. Kalk, kblſ. Magneſia; etwas Eiſen- und Manganoxyd (**John** über die Ernährung der Pflanzen. 168).

Hyoscyamus niger L. (Bilſenkraut). — **Lindbergsſon** fand die in Waſſer auflöslichen Theile des Bilſenkrautextracts beſtehend aus: neutralem narkotiſchen Stoff, in Alkohol unauflöslichem Extractivſtoff ohne narkotiſche Eigenſchaften, äpfelſ., phosphorſ., ſchwefelſ., ſalzſ. Kali und etwas ſalzſ. Magneſia (Scherers nord. Ann. VIII. 67). — **Peſchier** fand in den Blättern Hyoscyamin, eine eigenthümliche, nicht näher beſtimmte, Säure und ein aromatiſches, nach Canthariden riechendes, Princip (Trommsd. N. J. V. 92). — **Brandes** fand in der Aſche des Krauts: freies Kali; kblſ., ſalzſ., ſchwefelſ., phosphorſ. Kali; kblſ., phosphorſ., ſchwefelſ., ſalzſ. Kalk; kblſ. Magneſia; — Thonerde; Kieſelerde; Eiſenoxyd; Manganoxyd; Kupferoxyd (Berl. Jahrb. 1819, 115). — **Flashoff** beobachtete an jährigem Bilſenkrautextract einen Salzüberzug, beſtehend aus freiem (?) Amm. und ſalpeterſ. Amm. (Brandes Arch. XII. 316).

Ilex aquifolium L. — Die Blätter nach **Laſſalgne**: Wachsartige Materie; Chlorophyll; gelber Farbſtoff; unkryſtalliſirbare bittre Mat.; Gummi; Holzfaſer; eſſigſ. und ſalzſ. Kali; ſalzſ., äpfelſ., ſchwefelſ., phosphorſ. Kalk (Bull. de la soc. philom. Scienc. 1822. mai. 80. — Berl. Jahrb. XXV. 1. 192).

Indigofera Anil. — Nach **Chevreul**: Das aus dem ausgepreßten Saft *) niederfallende **Satzmehl**: Wachs; harziges Blattgrün; harzige rothe Mat.; kleberartige Mat.; Indig; — der übrige Saft: harziges Indiggrün; gelber Extractivſtoff; Gummi; kleberartige Materie; ungefärbter Indig; Kali- und Kalkſalze (Schweigg. J. V. 315).

---

*) Der Saft iſt im Augenblicke des Auspreſſens nicht ſauer. Nach 42 Stunden aber, wenn der Indig ſich ausgeſchieden hat, röthet er durch die vermuthlich entſtandene Eſſigſ. das Lackmuspapier.

Isatis tinctoria L. (Waid). — Die Waidpflanze iſt von Chevreul unterſucht worden (Ann. de Chim. LXVIII. 284. — Journ. de Phys. LXVI. 379 und LXXXIV. 350. — Schweigg. J. V. 307).

a) Das Satzmehl des aus dem Kraut gepreßten Safts: Wachs; Blattgrün; Indig; kleberartige Mat.; Holzfaſer.

b) Der Saft: Riechendes Princip, vom Geruch der cruciatae (flüchtiges Oel); harziges Blattgrün; rother Farbſtoff; extractiver gelber Farbſtoff; Schleimzucker; Gummi; Princip vom Geruch des Osmazoms; thieriſcher, in W., nicht in Weingeiſt löslicher, Stoff; kleber- und eiweisartige Mat.; ungefärbter Indig; Eſſigſ. und eine andre freie S.; eſſigſ. und ſalzſ. Ammoniak; eſſigſ., ſchwefelſ., ſalzſ. und ſalpeterſ. Kali; citronenſ., ſchwefelſ. und phosphorſ. Kalk; phosphorſ. Magneſia, Eiſen und Mangan.

c) Das ausgepreßte Kraut: Wachs; Blattgrün; rothe harzige Mat.; Indig; Holzfaſer; Salpeter und andre Salze.

d) Der im Handel vorkommende Waid wird aus der friſchen Pflanze ſo bereitet, daß man dieſelbe wäſcht, gut trocknet, auf beſonders dazu beſtimmten Mühlen zermahlt, dann eine Art Brei davon macht, den man in verſchiedene Haufen theilt. Wenn dieſer Brei hinlänglich abgetrocknet iſt, werden Bälle von der Größe einer halben Fauſt daraus gebildet und ſo in den Handel geſetzt. Der ſo bereitete Waid, welcher einen merklichen Tabakgeruch beſaß, trat an das W. ab: Extractivſtoff; Gummi; kleberartige Mat.; Eſſigſ.; eſſigſ. Amm.; eſſigſ., ſalzſ. und ſalpeterſ. Kali; eſſigſ. und ſchwefelſ. Kalk und Eiſen, zuſammen 34 Theile; dann an Alkohol: Wachs; Blattgrün; ungefärbten und gefärbten Indig, zuſammen 1 Theil; es blieben 55 Theile Holzfaſer und Sand.

Lamium purpureum L. — Der aus der blühenden Pflanze gepreßte Saft: 0,20 harziges Wachs; 0,07 harziges Blattgrün; 0,69 Extractivſtoff mit ſaurem äpfelſ. Kali und Kalk; 1,39 gummoſes Extract; 0,07 Eiweißſtoff; 0,69 eiweisartige Subſtanz (Kleber) des grünen Satzmehls; 0,27 Salpeter; 95,82 Waſſer nebſt phosphorſ., ſchwefelſ. und ſalzſ. Salzen (John chem. Schr. IV. 161).

Ledum latifolium. — Der James-Thee oder Thee von Labrador nach Bacon: ein wohlriechender Stoff; Wachs; grünes Harz; eine bittre Mat.; Gerbſtoff; eine gummige Mat.; Faſer; eine thier. Subſt.; ein Kalkſalz; ein Kalkſalz; ſchwefelſ., ſalzſ. Kali; phosphorſ. Kalk; Kieſelerde; Waſſer (Journ. de pharm. 1823. dec. — Hänle Mag. V. 299).

Ledum palustre. — 4 Unzen des Krauts enthalten nach Rauchfuß: 1 Dr. äther. Oel; 1 Dr. 13 Gran Harz; 6 Dr. gummiges Extract; außerdem Pflanzenfaſer, Alkali, Gyps und Eiſen (Trommsd. J. III. St. 1. 146).

Lepidium ruderale (Mauerkreſſe). — Nach Glaſer: Chlorophyll; ſeifenartiger und gummöſer Extractivſtoff; Inulin; Schwefel (Trommsd. N. J. II. St. 1. 415).

Lupinus albus L. (Weiße Lupine). — Die in voller Blüte ſtehende, auf ſandigem Lehmboden nach Hirſe gebaute ganze Pflanze (außer der Wurzel) nach Crome: 1,30 aus dem Safte abgeſetztes bräunlichgrünes Satzmehl: 1,76 Eiweis; 7,03 Faſer; 1,04 Harz mit Eiweis und Kalkſalz; 2,83 wäßriges Extract; 86 Waſſer (Hermbſt. Arch. IV. H. 2. 331).

Lycopus europaeus L. — Die Blätter nach Geiger: Eine geringe Menge butterartiges, grünes, ätheriſches Oel vom Geruch der Pflanze; eine eigenthümliche bittre harzige Materie, zuſammengeſetzt aus einer, Pelletier's unlöslichem Chinaroth ähnlichen, Subſtanz und einem eigenthümlichen, bittern, den Harzen in ſeinen Eigenſchaften am nächſten kommenden, aber doch in einiger Hinſicht ſich von ihnen unterſcheidenden, Stoffe (Lycopin); eigenthümliche, etwas ſüßlich ſchmeckende extractartige Mat.; brauner, geſchmackloſer, extractiver Farbſtoff; Gummi; Gallusſ.; ſehr viel ſalzſ. Kali; phosphorſ. Kalk und freie (?) Phosphorſ.; äpfelſ. Kali und freie (?) Aepfelſ.; ſchwefelſ. Salze (Buchner Repert. XV. 1. 1.).

Medicago sativa L. (Lucerne). — Die eben oben an der Spitze aufgeblühte, auf einem ſandigen Lehmboden ſeit drei Jahren gewachſene, nahe über der Wurzel abgeſchnittene, ganze Pflanze nach Crome: 2,20 grünes, aus dem Saft abgeſetztes, Satzmehl; 0,18 braunes Harz; 0,32 Chlorophyll; 0,78 Schleimzucker; 1,86 Eiweis; 4,43 Extractivſtoff mit Salzen; 14,35 Faſer; 0,83 phosphorſ. Kalk mit Eiweis; 75 flüchtige Beſtandtheile; 0,5 Verluſt (Hermbſt. Arch. IV. H. 2. 315).

Menyanthes trifoliata L. (Fieberklee, Bitterklee). — Der ausgepreßte friſche Saft nach Trommsdorff: Bitterſtoff; eine durch Gerbſtoff fällbare Mat. (vielleicht mit dem Bitterſtoff identiſch); braunes Gummi; Menyanthin (Inulin ?); grünes Satz-

---

*) Woltel ſuchte vergebens Inulin.

mehl; Aepfelſ.; eſſigſ. Kali, zuſammen 25; — 75 Waſſer. — Das [illegible]gepreßte Kraut: Etwas grünes Harz; Bitterſtoff; braunes [illegible]mi; Holzfaſer. (Trommsd. J. XVIII.)

Mercurialis annua. — Blätter und Stengel nach Feneulle: Flüchtiges Oel; weißes, in Aether auflösliches, ſchwierig durch Kali verſeifbares Fett; Chlorophyll; ein ſchwach purgirender Bitterſtoff, fällbar durch Galläpfelaufguß, Bleyeſſig und Aetzſublimat; Schleim; Eiweis; Holzfaſer; pektiſche Säure; verſchiedene Salze, darunter ſauerkleeſ. und äpfelſ. Kalk und Ammoniakſalz (J. de ch. méd. 1826. mars. 116).

Mesembryanthemum crystallinum L. (Eiskraut). — Nach John: Harzige und ſchleimige Theile; Extractivſtoff; grünes Satzmehl; Holzfaſer; Eiweisſtoff; Kochſalz; phosphorſ. Kalk; viel Salpeter. — Die Aſche: kohlſ. Kalk und Eiſenoxyd. — Die Flüſſigkeit der Drüſen: Eine Spur Eiweisſtoff und Extractivſtoff; Salpeter; Kochſalz; Glauberſalz; Waſſer (John chem. Schr. III. 7).

Momordica Elaterium L. (Springgurke). — Der ausgepreßte, gekochte, durch Filtriren von geronnenem Eiweis geſonderte und abgedampfte Saft der Pflanze nach Braconnot: 40,3 Bitterſtoff (Rep. I. 663); 34,7 thier. Mat.; 2,8 Verbindung des Kali's mit einer, der Aepfelſ. ähnlichen, S.; 7,0 Verb. des Kalks mit derſelben S.; 6,9 Salpeter; 8,3 ſchwefelſ., ſalzſ. Kali und Verluſt (Journ. de Phys. LIV. 292).

Nicotiana Tabacum L. (Taback). — Der Saft der friſchen Blätter nach Vauquelin: braunes Oel, das Nicotianin oder den Tabackskampher enthaltend (Rep. I. 540); rothe thieriſche, in der Hitze nicht gerinnende, in Waſſer und Alkohol lösliche, durch eſſigſ. Bley fällbare, Mat.; Eiweisſtoff; grünes Satzmehl; Aepfelſ.; Eſſigſ.; Salmiak; Salpeter; ſalzſ. Kali; äpfelſ. Kalk. — Außerdem enthalten die Blätter ſauerkleeſ. und phosphorſ. Kalk, und laſſen beim Einäſchern auch Kieſelerde mit wenig Eiſen (Ann. de Chim. LXXI. 139). — Nach Witting iſt im Tabackskraut ein beſonderes Alkaloid und eine beſondere Säure enthalten (vergl. überhaupt Rep. I. 540). — Ueber Produkte der trocknen Deſtill. vergl. Rep. II. 439.

Olea Europaea L. (culta). — Die Blätter nach Parrot: Harz; Extractivſtoff; Schleim; über die Hälfte Holzfaſer; die Aſche enthielt Kali, Thonerde, Eiſenoxyd.

Pastinaca sativa. — Die friſchen Blätter mit Blattſtielen der in Entwickelung der Blüten begriffenen Pflanzen nach Crome: Spur von äther. Oel; 0,27 wachsartige Subſtanz in der Faſer; 3,22 grünes Satzmehl; 0,60 Eiweisſtoff; 7,85 Extractivſtoff, Schleim und Schleimzucker; 9,06 Faſer; 79 Waſſer (Hermbſt. Arch. VI. H. 2. S. 266).

Papaver somniferum L. — Die Blätter durch naſſe Behandlung nach Blondeau: Grünes, dem Chlorophyll ähnliches, [illegible] Gummi; ſaurer äpfelſ. Kalk; viel Kochſalz; etwas Salpeter. Durch Einäſcherung des Rückſtandes: ſchwefelſ. Kalk; eine kleine Menge Thonerde; phosphorſ. Kalk; kblſ. Kalk; Eiſenoxyd. — Die Saamenkapſeln enthielten dieſelben Beſtandtheile, nur etwas weniger Kochſalz und viel mehr gummige Materie. Weder in den Blättern, noch Kapſeln konnte Morphin oder Mekonſäure entdeckt werden (Journ. de pharm. 1821. may; auch in Berl. Jahrb. XXIV.; auch in Trommsd. N. J. VI. St. 2. 127).

Papaver Tournefortii. s. orientale. — Die grüne Pflanze (Stengel, Blätter und grüne Kapſeln, zu Baden gebaut) nach Petit (zu Corbeil): 56,25 Waſſer; 31,25 durch Auspreſſen und Kochen mit Waſſer erhaltene und getrocknete Pflanzenfaſer; 3,51 grünes Satzmehl, aus Stärkmehl, Eiweisſtoff, Chlorophyll und ein wenig Kieſelerde beſtehend, 8,20 wäßriges Extract; 0,79 Verluſt. — Das wäßrige Extract enthielt: Chlorophyll; ein wenig Harz; Eiweis; Gummi; Morphin; eine kleine Portion Narkotin; Mekonſ.; Aepfelſ.; Magneſia; Thonerde; Kieſelerde; ein ſchwefelſ. Salz; ſalzſ. Kali und Kalk; Waſſer. — Stengel und Blätter ohne die Kapſeln unterſucht gaben dieſelben Reſultate, aber weniger Morphin, kein Narkotin und keine Mekonſ. — Caoutchouc konnte nicht aufgefunden werden (Petit in Journ. de pharm. 1827. avril. 170; auch in Geiger Mag. XVIII. 149).

Phormium tenax. — Nach Henry: Chlorophyll; ein wenig Wachs; eine kleine Menge Harz; ekelhafter bitterer Extractivſtoff; viel Gummi; viel Holzfaſer; ſalzſ. und äpfelſ. Kali; ſalzſ. und ſchwefelſ. Natron; viel phosphorſ. und ſchwefelſ. Kalk; ein wenig äpfelſ. Kalk; Eiſenoxyd; Kieſelerde (Journ. de pharm. XII. 502).

Pinus Abies (Tanne). — Der mit Zuſatz von etwas Waſſer ausgepreßte Saft der jungen friſchen Nadeln war hellgrün und waſſerhell, ward aber an der Luft bald braun, bedeckte ſich beim Austrocknen an der Luft mit einer Schimmelhaut, ließ aber keine Kryſtalle anſchießen und wurde in eine ſaure, pikant ſchmeckende, zähe, in kaltem Alkohol unauflösliche, Subſtanz verwandelt; durch eſſigſ. Bley wurde der Saft ſtark mit hellockergelber Farbe, durch ſalpeterſ. Queckſilber gelblich gefärbt; gegen die übrigen Reagentien verhielt er ſich wie die Nadeln von Pinus larix. Die ganzen jungen Nadeln der Tanne enthalten: kleine Mengen weißes Wachs und piſtaziengrünes Harz; Spuren Extractivſtoffs; eiſengrünenden Gerbſtoff; gummöſe Theile; viel holzige Theile; viel verhärtete eiweisartige, in Kalilauge auflösliche, Materie; Waſſer; Weinſteinſäure; Spuren einer weinſteinſ. Verbindung; Spur einer gallusſ. Verbindung (John in ſ. chem. Schr. V. 70).

Pinus larix (Lerchenbaum). — Der friſch mit wenig W. ausgepreßte Saft der jungen grünen Nadeln iſt flüſſig wie W., von ſehr hellgrünlicher Farbe, welche an der Luft ſo bleibt (nur die etwas ältern Nadeln enthalten einen ſich an der Luft bräunenden Saft). Er bedeckt ſich an der Luft bei freiwilliger Verdunſtung mit kleinen runden Schimmelgruppen, an deren untern Seite ſich kleine prismatiſche Kryſtalle anlegen, die ſich auch nach Austrocknen des Ganzen auf dem Boden des Gefäßes zeigen und aus Weinſtein mit ein wenig weinſteinſ. Kalk beſtehen. Die ganze Maſſe des an der Luft eingedickten Safts von 5¾ Unzen Nadeln betrug ungefähr 1 Drachme. Der Saft wurde nicht durch Kali, nur unmerklich durch ſalzſ. Baryt gefällt, durch ſchwefelſ. Eiſen erſt nach Sättigung der freien Säure mit Kali verändert, indem er eine dunkle Färbung erhielt, die nach und nach bräunlichgrün wurde; durch ſalpeterſ. Bley wurde er ſtark mit gelblichweißer Farbe gefällt, durch ſalpeterſ. Queckſilber bläulich weiß, durch ſalpeterſ. Silber kaum getrübt; durch Sauerkleeſ. nicht verändert. — Die jungen Nadeln des Lerchenbaums ſelbſt enthalten: Geringe Menge von grasgrünem Wachs und grasgrünem Harz; eiſengrünenden Gerbſtoff; wenig Extractivſtoff (?); viel verhärtete, nur in Kalilauge auflösliche, eiweisartige, Subſtanz; viel holzige Theile; Waſſer; Weinſtein; Spur weinſteinſ. Kalks; Spur von gallusſ. Verbindung (John in ſ. chem. Schr. V. 70).

Polygonum fagopyrum (Buchweizen). — Die ganze, in voller Blute ſtehende, Pflanze, blos ohne Wurzel nach Crome: 4,84 grünes Satzmehl; 1,38 Extractivſtoff; 1,24 Schleim; 10 Faſer; 82,50 Waſſer; 0,4 Verluſt (Hermbſt. Arch. VI. H. 2. 264).

Populus nigra L. — Die Knospen nach Pellerin: äther. Oel (Rep. II. 788); beſondre wachsartige Subſtanz, erſt bei 80° C. ſchmelzend; Harz (Rep. I. 1342); gummiges Extract; ſehr wenig Eiweis; Gallusſ.; Aepfelſ.; ſaures eſſigſ. Amm.; eine Spur ſalzſ. Amm. (Journ. de pharm. 1823. févr. — Buchner Rep. XV. 237.)

Rhododendron Chrysanthum L. (Sibiriſche Schneeroſe). —

Die trocknen Blätter nach Stoltze: 6,5 harziges Blattgrün; 37,6 in Waſſer und wäßrigem Alkohol lösliche braune bittre und herbe Materie; 13,9 braune pulvrige Mat., nicht in W., Alkohol, Aether und Oelen, aber in wäßrigem Alkohol und Pflanzenſäuren löslich; 22,4 durch Kali ausziehbare Materie; 18,7 Holzfaſer; 0,9 Verluſt. —

Die Stiele enthalten dieſelben Beſtandtheile, nur befinden ſich von den in W. und Kali löslichen um ⅓. und von dem harzigen Blattgrün um ⅓ weniger darin und die Faſerſubſtanz beträgt ſo viel mehr. — Die Blätter von Rhododendron ferrugineum enthalten ebenfalls die nämlichen Beſtandtheile; nur betragen die durch W. ausziehbaren blos 84,37 p. C.; das davon deſtillirte W. riecht aber ſtärker. (Berl. Jahrb. 1817. 45).

Rhus radicans. — Der Saft, der aus verſchiedenen Theilen dieſer Pflanze erhalten wird, iſt nach van Mons hauptſächlich durch Gehalt an einer Materie merkwürdig, welche Sauerſtoff aus der Luft anzieht und dadurch in eine ſchwarze, in W., Weingeiſt, Aether und Alkalien unauflösliche, Subſtanz verwandelt wird, die ſich auf Zeuge dauerhaft niederſchlägt. Nicht ohne Wahrſcheinlichkeit leitet Van Mons dieſe Veränderung davon ab, daß ſie eine vorzüglich Waſſerſtoff und Kohlenſtoff enthaltende Subſtanz ſey, welche aber den Waſſerſtoff ſo locker gebunden halte, daß er leicht durch den Sauerſtoff der Luft verbrannt und der Kohlenſtoff dadurch ausgeſchieden werden könne. In der That überzeugte ſich Van Mons durch einen ziemlich im Großen angeſtellten Verſuch, daß bei Verbrennung der völlig trocknen ſchwarzen Mat. durch chlorſ. Kali ſich Kohlenſäure, aber faſt gar kein Waſſer erzeugte. — Außer der hier angegebenen Subſtanz fand Van Mons in Zweigen und Blättern dieſer Subſtanz viel Gerbſtoff, Gallusſäure, wenig grünes Satzmehl, faſt gar kein Harz und nur ſehr wenig Schleim (Scherer J. VI. 166).

Rubus Chamaemorus. — Die Blätter nach Wolffgang: 2,4 talgartige Subſtanz; 4,7 trocknes und weiches Harz; 7,3 Gerbſtoff; 15,2 bittrer Extractivſtoff; 13,5 ſüßliches mit Extractivſtoff vermiſchtes Gummi; 5,4 Stärkmehl mit Gummi; 51,5 Holzfaſer (Wolffgang diss. de hba Rubi Chamaemori. Vilnae. 1815. — Im Auszuge in den Nordiſchen Blättern für Chemie. I. H. 3. 306).

Ruta graveolens L. (Raute). — Das Kraut nach Mähl: ein flüchtiges gelblichgrünes Oel (Rep. I. 1342); grünes Wachsharz; Extractivſtoff; ſchwarzgrünes Gummi; eigenthüml. Stärkmehl; Faſer; Eiweisſtoff; thieriſche durch Galläpfeltinctur gefällte Subſtanz; freie Aepfelſ. (Trommsd. J. XX. St. 2. 29).

Saccharum officinarum L. Der Saft des Rohrs aus Mallaga nach Prouſt: das dem Rum eigenthümliche Aroma; Extractivſtoff; gemeiner Zucker; Schleimzucker; Gummi; grünes Satzmehl; Aepfelſ.; Gyps. (Gehlen N. J. II. 88). Die Blätter geben nach John beinahe 4 p. C. Kieſelerde. 200 Gran des (trocknen?) Rohrs geben nach H. Davy nur 5 Gran Aſche, worin 1 Gr. Kieſelerde enthalten; das übrige ſchien kohlenſ. Kalk zu ſeyn. Die Aſche von der Epidermis des Zuckerrohrs ſchien blos aus khlſ. Kalk und khlſ. Kali ohne Kieſelerde zu beſtehen (Scher. J. III. 77).

Einen aus Martinique in wohlverwahrten Flaſchen überſandten Zuckerſaft fand Vauquelin (Ann. de Ch. et de Ph. XX. 93; auch Schweigg. J. N. R. VI. 362). in einen zähen trüben Schleim zerſetzt und den Zucker darin faſt gänzlich verſchwunden. Die mit Alkohol gefällte gummiartige Maſſe war grau und halbdurchſichtig, nach dem Trocknen aber weiß und dem Kleiſter ähnlich. Sie löſte ſich im Waſſer mit milchichtem Anſehen wieder auf. Mit verdünnter Schwefelſäure gekocht gab ſie eine rothe, beim Verbrennen animaliſch riechende, Subſtanz, aber keinen Syrup, wie das aus Stärke erhaltene Gummi; auch erhielt man daraus mit Salpeterſäure zwar ein wenig Kleeſäure, aber keine Spur von Schleimſäure. Im Platintiegel verbrannt, ließ ein Gramme etwa 1 Centigramme Aſche zurück, aus phosphorſaurem Kalk, Eiſen und etwas Kieſel beſtehend.

Dieſe Subſtanz, worein ſich der Zuckerſaft verwandelt, iſt hienach kein gewöhnliches Gummi, ſondern eigenthümlicher Art. Man fand dabei weder Alkohol, noch Kohlenſäure; nur in einigen übelriechenden Flaſchen war etwas Zucker zurückgeblieben, der ſich durch Alkohol von dem Schleime trennen und kryſtalliſiren ließ.

Salicornia herbacea. — Nach Stoltze: 0,371 Cerin; 0,182 grünes Harz; 0.612 Extractivſtoff mit Spuren von ſchwefelſ. Kalk; 4,004 Pflanzenfaſer und Oberhaut; 3,593 glutenartige Mat.; 0,442 Eiweisſtoff; 4,179 ſalzſ. Natron; 1,106 ſchwefelſ. Natron; 0,162 phosphorſ. Natron; 0,038 ſchwefelſ. Kalk; 1,640 ſaures äpfelſ. Natron; 83,691 Waſſer; 0,040 Ueberſchuß. — Die Aſche enthielt khlſ. und ſchwefelſ. Kalk, Eiſenoxyd, Thonerde und Kieſelerde (Berl. Jahrb. XVII. 144).

Salvia officinalis L. (Salbey). — Das friſche Kraut nach Iliſch: äth. Oel (Rep. I. 1043); harziges Blattgrün; Gerbſtoff; Gummi; Holzfaſer; Kleber; andre ſtickſtoffhaltige Mat.; Salpeter; zuſammen 25 Theile und 75 Th. Waſſer (Trommsd. J. XII. St. 2. 7).

Saponaria officinalis L. (Seifenkraut). — Der aus dem Kraut zu Ende der Blüthezeit gepreßte, decantirte und zur Trockniß abgedampfte, Saft nach Braconnot: 73,0 Saponin nebſt wenig eſſigſ. Kali; 27,5 in Alkohol, nicht in W. lösliche thieriſche Mat. nebſt pflanzenſ. Kali; 2,5 weißliche unbekannte Mat.; 3,0 Ueberſchuß. (Journ. de Phys. LXXXIV. 287).

Scutellaria lateriflora L. — Nach **Cadet de Gaſſicourt**: flücht. Oel; fettes Oel von grünlichgelber Farbe, blos in Aether löslich; Chlorophyll; eigenthümlicher adſtringirender Stoff; Spuren eines bittern, in Aether, Alkohol und heißem W. löslichen Stoffs; eigenthümlicher Stoff vom Geruch der antiſkorbutiſchen Pflanzen (Rep. I. 666); ſchleimiger und zuckriger Stoff; Holzfaſer; Eiweis. — Die $8\frac{7}{8}$ p. C. betragende Aſche enthielt eine bedeutende Menge Kochſalz; außerdem ſalzſ ſchwefelſ. und baſ. kohlenſ. Kali; phosphorſ. und ſchwefelſ. Kalk; baſ. kblſ. Magneſia; Spuren von baſ. kblſ. Eiſen. (Journ. de pharm. sept. 1824. 433. — Geiger Mag. 1825. Jan. 51).

Secale cereale. — Nach **Schrader** liefern 32 Unzen Roggenſtroh in der Aſche: 152 Gran Kieſelerde; $46\frac{2}{10}$ kohlenſ. Kalk; $28\frac{2}{10}$ kohlenſ. Magneſia; $3\frac{3}{10}$ Thonerde; $6\frac{9}{10}$ Manganoxyd; $2\frac{4}{10}$ (als Berlinerblau gefälltes) Eiſen (Gehlen N. a. J. III.).

Solanum dulcamara L. (Bitterſüß). — Die Stengel nach **Pfaff**: 2,740 grünes Wachs und ein ranzig riechendes, bitter, myrrhenartig, hintennach etwas ſcharf ſchmeckendes, Balſamharz mit einer Spur von Benzoeſ.; 21,817 Pikroglycion (Rep. I. 684.); 12.029 gummiger Extractivſtoff; 2,00 gummiger Extractivſtoff mit vanilleartigem Geſchmack, etwas Stärkmehl, und einem Kalkſalze mit Schwefelſ. und einer Pflanzenſ.; 62,00 Holzfaſer; 1,400 Kleber mit grünem Wachs; 3,125 thier. veget. Mat.; 4,00 kleeſ. und phosphorſ. Kalk mit Extractivſtoff; 9,111 Ueberſchuß, herrührend von unvollkommnem Austrocknen einiger Beſtandtheile (Pfaff mat. med. VI. 512).

Solanum tuberosum. (Kartoffeln). — Kartoffelkraut von Nemours, auf ſehr trocknem, aus weißem etwas kalkigen Quarzſande beſtehenden, Boden gewachſen, zur Zeit der Kartoffelerndte eingeſammelt, und mehrere Monate hindurch getrocknet. Das Kraut gab 16,2 p. C. ſehr weiße Aſche, die in 100 Th. enthielt 16,2 auflösliche 1) und 83,8 unauflösliche Materien. Die auflöslichen Salze enthielten in 100 Theilen 20 kblſ. Kali; 50 ſchwefelſ. Kali, 30 ſalzſ. Kali; die unauflöslichen Salze enthielten in 100 Theilen 36,5 gallertartige Kieſelerde und Sand; 13,0 phosphorſ. Kalk; 49,0 kohlenſ. Kalk und kohlenſ. Magneſia; 1,5 Kohle. (**Berthier** in Ann. de Ch. et de Ph. XXXII. 621).

Kartoffelkeime, in einem dunkeln Keller hervorgewachſen, von 3 bis 4 Zoll Länge, gewaſchen und in einer gelinden Wärme getrocknet, enthalten nach **Einhof** in 4 Unzen: 8 Gran Eiweis; $7\frac{1}{2}$ Gran Satzmehl mit etwas Eiweis; 1 Dr. 4 Gran Pflanzenſchleim;

---

1) Die Aſche der Wurzeln enthält eine größere Menge aufl. Salze.

51 Gran Pflanzenfaſer; 3 Unzen, 5 Dr. 41 Gran Waſſer (Gehlen n. a. J. IV. 489; auch Hermbſt. Arch. II. H. 1. S. 44).

Solanum verbascifolium. — Die Stengel nach Paven und Chevallier: unbeſtimmte extractartige Mat.; gelber, in W. und Alkohol auflöslicher, Farbſtoff; Spuren von Solanin; Gummi; Eiweis; Aepfelſ. (?); Ammoniakſalz; ſalpeterſ. und ſalzſ. Kali. — Durch Einäſchern: baſ. khlſ., ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali; ſchwefelſ. Kalk; Spuren von Kieſelerde und Eiſenoxyd (Journ. de chim. méd. 1825. dec. 520).

Spergula arvensis L. (Ackerſpergel). — Die ganze Pflanze (außer der Wurzel) von Spergel, der auf ſandigem Lehmboden ſehr üppig ſtand, theils noch in der Blüthe war, theils ſchon Saamen angeſetzt hatte, nach Crome: 1,30 grünes, aus dem Safte freiwillig abgeſetztes, Satzmehl; 2,29 grün gefärbtes Eiweis; 41,97 Faſer; 5,20 Extractivſtoff mit Schleim und ſalzſ. Kalk; 0,83 phosphorſ. Kalk mit Eiweis; 77 Waſſer; 0,41 Verluſt. (Hermbſt. Arch. IV. H. 2. S. 332).

Spigelia anthelmia L. — Die Blätter nach Feneulle: Chlorophyll in Verb. mit einem fetten Oele; bittrer wurmtreibender Stoff (Rep. I. 669); eine Menge Schleim; Faſer; Eiweis; Gallusſ.; äpfelſ. Kali und Kalk; andre Salze (Hänle Mag. 1823. Aug. 149).

Spigelia Marilandica L. — Das Kraut, wie es ſich im Handel findet, nach Wackenroder: 0,30 Myricin; 2,40 Harz mit Chlorophyll; 0,50 eigenthümliche harzige Subſtanz; 17,20 eigenthümliche Art eiſengrünenden Gerbſtoffs (Rep. II. 699); 75,20 Faſer (mit Eiweis?); 2,40 ſalzſ und äpfelſ. Kali; 4,20 äpfelſ. Kalk. 100 Theile der Faſer lieferten 5,45 Aſche, welche in 200 Th. lieferte: 14,22 baſ. khlſ. Kali mit Spuren ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali's, und 85,78 khlſ. Kalk und khlſ. Magneſia mit wenig erdigen Subſtanzen — „Das Kraut ſelbſt hinterließ 9,5 p. C. Aſche, enthaltend in 100 Theilen 52,1 ſalzſ. und baſ. khlſ. Kali mit ein wenig ſchwefelſ. Kali; 47,9 khlſ. Kalk und khlſ. Magneſia mit ein wenig erdigen Subſtanzen. (Wackenr. De Anthelm. comment. Gött. 1826. p. 53).

Spilanthus oleracea. — Nach Laſſaigne: ſehr ſcharf ſchmeckendes flüchtiges Oel; Wachs; Extractivſtoff; gelber Farbſtoff; Gummi; (Holzfaſer); phosphorſ. und ſaurer äpfelſ. Kalk; ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali; Spuren von Eiſenoxyd (Journ. de Ch. méd. I. 261).

Tanacetum vulgare. (Rheinfarrn). — Die Blätter enthalten nach Frommherz Analyſe: Aetheriſches Oel (Rep. I. 1045); harziges Blattgrün (Chlorophyll); eiſengrünenden Gerbſtoff; Bitterſtoff, flüſſigen Zucker, Gummi, wenig Eiweis, Holzfaſer, freie Aepfelſ., äpfelſ. Kali, Kalk und Magneſia, ſalzſ. Kali, ſchwefelſ. Kalk, Eiſenoxyd und Kieſelerde; (die friſchen Blüthen auf dieſelbe Weiſe unterſucht gaben die nämlichen Beſtandtheile außer dem Blattgrün, enthielten aber dafür Wachs und Weich-Harz. Die Saamen enthielten dieſelben Stoffe, als die Blüthen; nur keinen flüſſigen Zucker, aber außer dem ätheriſchen ein fettes Oel. Der Bitterſtoff war auch reichlicher darin als in Blättern und Blüthen). — Peſchier fand ebenfalls in den Blättern gleiche Beſtandtheile, als in den Blüthen (vergl. dieſe), ausgenommen das alkaliſche Princip, die Tanacetſäure, und den phosphorſ. Kalk; dafür aber Gallusſ. und Gerbſtoff.

Teucrium Marum L. (Hba Mari veri, Moſchuskraut, Katzengamander). —

Das trockne Kraut (aus dem ſüdl. Frankreich) mit Blüthe nach Bley: 0,025 äth. Oel; 1,10 in Aether lösliches Harz; 1,25 in Oelen unlösliches Harz; 1,20 in Aether unlösliches Harz; 4,375 Chlorophyll; 1,10 Eiweis; 0,50 Gerbſtoff und Gallusſäure; 6,00 bittrer Extractivſtoff mit ſalzſ. Kali; 5,50 Extractivſtoff mit phosphorſ. Kalk und ſchwefelſ. Kali; 0,90 Stärkmehl; 1,50 Gummi; 24,75 Faſer; Spur Schwefel; 0,20 Eſſigſäure; 0,30 Aepfelſäure; 0,65 ſalzſ. Kalk; 11,00 Waſſer; — durch Behandlung mit Salzſ. und Kali wurden noch ferner erhalten: 5,45 Kleber; 6,85 verhärteter Eiweisſtoff; 16,90 Schleimgummi; 6,90 andres Gummi mit ſauerkleeſ. Kali; 0,75 ſalzſ. Kali; 0,10 Eiſenoxyd; — der Verluſt betrug 3,225. — Die Faſer lieferte durch Einäſchern: Magneſia; Kalk; Schwefelſ.; Salzſ.; Eiſenoxyd; Thonerde; Kieſelerde. — Von dieſen Beſtandtheilen zeigten die Blüthen als vorwaltend Aepfelſäure, Kaligehalt und Gerbſtoff: die Blätter ſtarken Gehalt an ſalzſ. Salzen und die größte Menge Gerbſtoff; auch Satzmehl und beſonders viel Chlorophyll; die Stengel enthielten nur wenig Gerbſtoff, wenig Salzgehalt, kaum eine Spur Chlorophyll; dagegen mehr andre Harztheile, Extractivſtoff und Gummi; die andern Beſtandtheile ſchienen in allen Theilen verbreitet; ſelbſt äth. Oel in den Stengeln vorhanden zu ſeyn (Trommsd. N. J. XIV. St. 2. 130).

Thea bohea. — Der braune Thee nach Frank: 40,6 eiſengrünender Gerbſtoff; 6,3 Gummi; 44,8 Holzfaſer; 6,3 Kleber; 2,0 flüchtige Mat. und Verluſt. Die Holzfaſer hinterließ 7,29 Aſche.

Thea viridis. — Der grüne Thee nach demſelben: 34,6 Gerbſtoff; 5,9 Gummi; 51,3 Holzfaſer; 5,7 Kleber; 2,5 flüchtige Mat. und Verluſt. Die Holzfaſer ließ 8,47 Aſche. (Berl. Jahrb. 1798. 161).

Auch Davy fand im braunen Thee mehr Gerbſtoff, als im grünen (Gehlen N. a. J. IV. 377). Das Gegentheil fand Brande bei Vergleichung von 4 braunen und 5 grünen Theeſorten. Aus letztern zieht W. und Alkohol am meiſten heraus und das Decoct von erſtern giebt mit Leim einen Niederſchlag, der 23 bis 28 p. C. beträgt, und das der letztern einen Niederſchlag von 24 bis 31 p. C. (Thomſons Ann. 1822. 152). — Neuerdings hat Oudry aus dem Souchongthee ein eigenthümliches Alkaloid, das Thein (Rep. II. 678) gezogen. Lange Zeit hat man die grüne Farbe einiger Theeſorten den Kupferplatten zuſchreiben wollen, worauf ſie getrocknet werden, was ſich jedoch durch die chem. Analyſe nicht beſtätigt (Richard med. Bot. II, 1132). — Der Theeaufguß verhindert den Schimmel der Tinte. Man braucht auf 12 Unzen der letztern zu dieſem Zweck nur einen Löffel des erſtern zuzuſetzen (Buchner Repert. XIII. 52). Ueber das Botaniſche, Geſchichtliche und Mediciniſche des Thees findet ſich eine Zuſammenſtellung in: Corn. Adr. Bergsma diss. inaug. botanico-med. de Thea. Trajecti ad Rhenum. MDCCCXXV.

Thlaspi bursa pastoris L. — Das Kraut: narkotiſcher Stoff mit äth. Oel; ſcharfes flüchtiges Princip; Chlorophyll; bittrer Extractivſtoff; gummiger Extractivſtoff; Pflanzenfaſer; Eiweißſtoff; ſauerkleeſ. Kali (Richard med. Bot. II. 1098).

Trifolium pratense L. (Gemeiner rother Klee). — Stengel und Blätter von eben in voller Blüthe ſtehendem Klee, der auf ſandigem Lehmboden gewachſen war, wo den Sommer vorher Gerſte geſtanden, nach Crome: 1,39 bräunlich grünes, aus dem Safte abgeſetztes, Satzmehl; 0,08 braunes Harz; 3,53 Extractivſtoff; 2,16 Schleimzucker; 2 grünes Eiweis; 13,88 Faſer; 0,98 phosphorſ. Kalk mit Eiweis; 76 flüchtige Beſtandtheile. (Hermbſt. Arch. IV. H. 2. 318).

Trifolium repens L. (Weißer Klee). — Stengel, Blätter und Blüthen weißen Klee's von einem Weideplatze, wo er ſchon 2 Jahr geſtanden, nach Crome: 1,01 dunkelgrünes, aus dem Saft abgeſetztes, Satzmehl; 0,21 Harz; 2,40 Extractivſtoff mit ſalzſ. Kalk; 1,52 Schleimzucker; 1,51 Eiweis; 11,48 Faſer; 0,83 phosphorſ. Kalk mit Eiweis; 80 flüchtige Beſtandtheile; 1,06 Verluſt. (Crome in Hermbſt. Arch. IV. H. 2. 321).

Triticum sativum. — Die Aſche des Waizenſtrohs nach Sauſſure: 12,50 Kali; 5,00 phosphorſ. Kali; 3,00 ſalzſ. Kali; 2,00 ſchwefelſ. Kali; 6,20 phosphorſ. Erden; 1,00 kohlſ. Erden; 61,50 Kieſelerde; 1,00 Metalloxyde; 7,80 Verluſt (Rech. sur la veg.); nach Berthier (das Stroh nach zuvor abgeſonderten Aehren 3 Monat nach der Ernte verbrannt) beträgt die Aſche 4,40 p. C. und beſteht aus 12,0 Kali mit Kieſelerde verbunden; 5,3 Kalk; 3,2 ſalzſ. Kali; 0,4 ſchwefelſ. Kali; Spur von kohlſ. Kali; 1,1 Phosphorſ.; 71,5 Kieſelerde; 2,3 Eiſenoxyd; 3,2 Kohle und Verluſt (Ann. de Chim. et de Phys. XXXII. 260).

Nach Davy gaben 200 Gran Weizenſtengel 31 Gran weißer Aſche, von welcher ſich 18 Gran in Salzſ. auflöſten. Der Rückſtand hatte alle Eigenſchaften der Kieſelerde (Scherer J. III. 78). —

Vicia narbonensis. — Das Kraut mit Blüthen (im bot. Garten gezogen) nach Crome: 3,63 bräunlich grünes, aus dem Safte abgeſetztes Satzmehl; 0,67 Eiweiß; 11,45 Faſer; 0,93 Harz mit Eiweiß und Salzen; 3,62 Extractivſtoff mit Schleim und Salzen; 79,50 flüchtige Beſtandtheile (Hermbſtädts Arch. IV. H. 2. S. 320).

Vicia sativa L. (Gemeine Futterwicke). — Die ganze Pflanze (außer der Wurzel) von Wicken, die in Gemeng mit Hafer auf lehmigem Sandboden, der im vorigen Jahr Hafer getragen, gebaut war und eben die Blüthen entwickelt hatte, nach Crome: 2,59 grünes Satzmehl, aus dem Safte abgeſetzt; 1,95 Eiweiß; 10,44 Faſer; 7,64 durch heißes Waſſer ausziehbare Beſtandtheile; 77,50 Waſſer. Die Aſche von 100 friſchen Wicken betrug 0,70 und beſtand aus circa 0,52 kohlenſaurem Kalk und 0,18 Kieſelerde (Hermbſt. Arch. IV. H. 2. 321).

Viscum album L. (Miſtel). — Getrocknete Pflanze nach Funke 2,5 Harz; 27,5 Faſer; 65,0 Leimſtoff (Rep. I. 1346); 5,0 Extractivſtoff mit eſſigſ. Salzen und vorwaltender S. — 100 Aſche gaben 6 ſchwefelſ. Kali; 0,5 ſalzſ. Kali; 10,0 kohlſ. Kali; 1,8 Kieſelerde; 30,0 phosphorſ. Kalk; 48,0 Magneſia; keinen kohlenſ. Kalk, auch weder Eiſen- noch Manganoxyd (Trommsd. Taſchenbuch. 1823. 43).

Wurzeln.

Aconitum Anthora L. — Die Wurzel nach Wackenroder: Bitterſtoff mit herbem Stoff verbunden; eine große Menge Stärkmehl und kryſt. Zucker; Gummi; Eiweiß; Faſerſtoff (Wackenroder De Anthelm. comm. Gott. 1826. 32.).

Aconitum lycoctonum L. — Nach Pallas: eine ſchwarze ölige Materie; eine grüne Mat., der der China ähnlich; Pflanzeneiweiß; ein Alkaloid (Akonitin) in ſehr kleiner Menge; Stärkmehl; Holzfaſer; ſalzſ., ſchwefelſ., äpfelſ. Kalk. (Journ. de Chim. méd. avril. 1825. 195).

Acorus calamus L. (calamus aromaticus, gemeiner Kalmus). —

Nach Trommsdorff: Weniger als 0,1 äth. Oel (Rep. I. 1050); 2,3 Weichharz; 3,3 Extractivſtoff von ſüßlich ſcharfem Geſchmack mit etwas ſalzſ. Kali; 5,5 Gummi mit etwas phosphorſ. Kali; 1,6 inulinartiges Satzmehl; 21,5 Holzfaſer; 65,7 Waſſer (Trommsd. J. XVIII. St. 2. 119).

Alisma plantago L. (Waſſerwegerich). — Juch erhielt aus 100 der friſchen Wurzel: 0,032 dickflüſſiges äth. Oel, der Wurzel gleich, aber ſtark und durchdringend riechend; 0.200 hellgelbes ſcharfes Harz; 1 bräunlichgelbes wäßriges Extract; 1,368 Eiweißſtoff; 20 Stärkmehl (Buchner Repert. IV. 174). — Neljudin fand: Spuren von äth. Oel; 2,6 eigenth. Harz; 23,0 Schleim; 22.0 Pflanzeneiweiß; 20.0 Stärkmehl; 28,0 faſerartiges Stärkmehl; 4,4 Verluſt (Scherers nord. Ann. III. — Berl. Jahrb. XXIV. 1. 173).

Allium cepa (Zwiebellauch, gemeine Zwiebel). — Nach Fourcroy und Vauquelin. Die Zwiebel: 1) ein weißes, ſcharfes, flüchtiges Oel, worin ſich Schwefel aufgelöſt findet, der die Urſache des widrigen Geruchs iſt (Rep. I. 1050); 2) eine thieriſch-vegetabiliſche, dem Kleber ähnliche, in der Hitze gerinnende Materie; 3) viel nicht kryſtalliſirbarer gährungsfähiger Zucker; 4) eine große Menge dem arab. Gummi ähnlicher Schleim; 5) phosphorſ. Kalk; freie Phosphorſ., Eſſigſ. und ein wenig citronenſ. Kalk; 6) Pflanzenfaſer (Ann. de Ch. LXV. 161; auch in Gehlen J. V. 357). Nach Neumann enthalten friſche Zwiebeln [illegible] Waſſer; und getrocknete Zwiebeln liefern [illegible] ihres Gewichts geiſtiges und [illegible] wäßriges Extract. (Neum. Chym. Bd. II. Th. 1.).

In einigen Hinſichten zeigt der Zwiebelabſud in ſeinem Verhalten zu den Reagentien Aehnlichkeit mit einer Auſl. der arſenigen S., indem er die rothe Löſung des Chamäleons gelb, die blaue Löſung des Kupferammoniaks grünlich färbt und die Jodſtärke entfärbt, ſo daß durch Schwefelſ. ihre blaue Farbe wieder hergeſtellt werden kann; dagegen verhält er ſich anders gegen Schwefelwaſſerſtſ., Kalkwaſſer, ſalpeterſ. Silber. Denn durch erſtre wird er nicht verändert; durch das Kalkwaſſer wird eine gelbe Färbung und nach einigem Stehen ein gelblicher Niederſchlag bewirkt, der ſich aber keineswegs, wie der arſenigſ. Kalk, in Ammoniakſalzen wieder auflöſt, auch von ſchwachen Säuren nicht verändert wird. Salpeterſ. Silber endlich bewirkt einen weißlichen Niederſchlag, der ſich durch Zuſatz von Amm. vermehrt und ins Gelbe übergeht. Bei vermehrtem Zuſatz von Amm. verſchwindet er, entſteht aber wieder beim Neutraliſiren mit Salpeterſ. und verſchwindet bei einem Ueberſchuſſe von Salpeterſ. aufs Neue, worin er ſich dem arſenigſ. Silber allerdings ganz ähnlich verhält. Wird jedoch dieſer Verſuch einigemal wiederholt, ſo erfolgt dieſer gelbe Niederſchlag nicht wieder, obwohl nach mehrern Stunden ein bräunlicher ſich einſtellt, welcher eher mit dem verglichen werden könnte, der durch ſalpeterſ. Silber mit Arſenikſ. entſteht. (Siſele in Schweigg. J. N. R. XIII. 372.

Allium sativum L. (Gartenknoblauch). — Neumann erhielt aus der Wurzel [illegible] äth. Oel; [illegible] wäßriges Extract; [illegible] geiſtiges Extract; [illegible] Feuchtigkeit (Neumann Chym. II. Th. 1. c. 3). — Spielmann erhielt [illegible] äth. Oel. — Bouvoiſin behauptet, er habe auf dem Safte, bei Vermiſchung mit Salpeterſ., äth. Oel aufſchwimmen ſehen (Crell chem. Ann. I. 60). — Die ausführlichſte Analyſe rührt von Cadet her. Nach ihm enthält die Zwiebel [illegible] äth. Oel (Rep. I. 1030); außerdem in 2 Unz., 3 Drachmen, 30 Gran: 7 Drachmen 16 Gran mucilaginöſes Extract; 7 Gr. getrockneten Eiweißſtoff; 48 Gran Faſer; 1 Unze 3 Dr. 9 Gr. Waſſer. Die [illegible] betragende Aſche beſtand in 144 Granen aus: 33 baſ. [illegible] Kali; 30 ſchwefelſ. mit etwas ſalzſ. Kali; 13,5 phosphorſ. Kalk; 14 Kalk; 9 Magneſia; 8 Kieſelerde; 1,5 Eiſenoxyd; 2 Thonerde (Journ. de Phys. LIX. 196; im Auſz. in Gehlen J. V. 354). Groſſroy erhielt [illegible] an Aſche. — Bouillon Lagrange giebt als Beſtandtheile an: Sehr ſcharfes flüchtiges Oel; Schwefel; ein wenig Stärkmehl; Pflanzeneiweiß; zuckerige Subſtanz; Faſerſtoff; (Waſſer); Journ. de pharm. II. 357).

Alpinia Galanga Sw. (Maranta Galanga L. Galganthwurzel). —

Nach Bucholz: 0,5 flüchtiges Oel (Rep. I. 1030): 4,0 brennend ſchmeckendes Weichharz; 0,7 ſchwach zuſammenziehend ſchmeckender Extractivſtoff; 8,3 Gummi; 11,5 Baſſorin; 21,43 Holzfaſer; 12,5 Waſſer; 1,5 Verluſt (Trommsd. J. XXV. St. 2. 3).

Althaea officinalis L. (Eibiſch). — Nach Link: Durch kaltes W. ausziehbares Gummi; eigenthümlicher Schleim; kleberartige Subſtanz; ſüßer Extractivſtoff. Der eigenthümliche Schleim ſoll in den Zellen der Wurzel in Form von kleinen Körnern, wie das Stärkmehl, liegen, die man durch das Vergrößerungsglas erkennen könne. Dieſe Körner ſind in heißem, aber nicht in kaltem W. auflösl. und werden von Pfaff für eine Modification des Inulins angeſehen. Bei tr. Deſt. gab das Extract der Althäwurzel freies Ammoniak. Salpeterſäure damit gekocht gab keine Milchzuckerſ., aber Sauerkleeſ. und wie es ſchien äpfelſ. Kalk. (Schweigg. J. XIII. 166. Trommsd. J. XXV. 316. Pfaff mat. med. 70).

Nach den Meyer: 0.180 Harz, Kleber und Verluſt; 10.444 flüſſiger Extractivſtoff mit freier Aepfelſ., äpfelſ. Kalk und Kali, ſchwefelſ. Kali, ſalzſ. und ſchwefelſ. Kalk; ſchwefelſ. Magneſia; Kieſelerde; 30.000 Schleim mit freier Aepfelſ., mit ſalzſ., ſchwefelſ. und äpfelſ. Kalk, phosphorſ. Magneſia, Kieſelerde; 1.300 Stärkmehl; 0.330 Inulin (Berl. Jahrb. 1826. 97). Auch Büchner (Repert. IV. 313) und Colin und Gaultier (Schweigg. J. XIII. 453) haben die Gegenwart wirklichen Stärkmehls in der Althäwurzel durch ihr Verhalten zum Jod angezeigt. — Nach Bacon enthält die Althäwurzel: ein fettes Oel; Asparagin (Althein; Rep. I. 330. II. 479); Eiweiß; Stärkmehl; Zucker; Holzfaſer; Waſſer; verſchiedene Salze (Journ. de Chim. med. nov. 1826. 551).

Vielſchl hat aus der Althäwurzel Schwefel, ſo wie kryſt. kohlſ. Amm. erhalten. (Schweigg. J. N. R. XIII. 491).

Vergl. auch über dieſe Wurzel Graßmann in Schweigg. J. XV. 42.

Anchusa tinct. L. (Alcanna spuria). — Der Kern der Wurzel nach John: Wenig Harz und harziger Farbſtoff; Extractivſtoff; Gummi; Holzfaſer. — Die Rinde der Wurzel nach demſ.: 5.50 harziger Farbſtoff (Pſeudoalkannin Rep. I. 299.); 1.00 Extractivſtoff; 6.25 Gummi; 18.00 Holzfaſer; 65.00 oxydirter Extractivſtoff (durch Kalilauge ausziehbare Materie); 4.25 Verluſt. — Die 5 p. C. betragende Aſche der ganzen Wurzel enthält phosphorſ., ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali; phosphorſ. Kalk; phosphorſ. Magneſia; Eiſenoxyd und Kieſelerde (John chem. Schr. IV. 81).

Andropogon Schönanthus. — Nach Vauquelin: Etwas riechendes Princip; rothbraunes, nach Myrrhe riechendes, brennend ſchmeckendes Weichharz; brauner Bitterſtoff; viel Holzfaſer; freie S.; 4 p. C. Aſche, enthaltend viel Eiſenoxyd und wenig kohlſ. Kalk und Thonerde (Ann. de Chim. LXXII. 302).

Angelica Archangelica. (Engelwurz). — Nach John: Farbloſes brennend ſchmeckendes flüchtiges Oel in unbeſtimmter Menge; 6.7 ſcharfes Weichharz (Rep. I. 1330); 12.0 Bitterſtoff; 31.5 Gummi; 4.0 Inulin; 30.0 Holzfaſer nebſt ein wenig in Kali löslicher Materie; 7.5 nur in Kali lösliche Subſtanz; 8 W. und Verluſt. (John chem. Schr. IV. 121). — Nach Bucholz und Brandes: Ungefähr 0,70 flüchtiges Oel; 6,02 ſcharfes Weichharz; 26,00 Extractivſtoff; 31,75 Gummi; 5,60 Stärkmehl (kein Inulin) *); 8,00 Holzfaſer; 0,00 eigenthüml. Stoff (oxydirter Extractivſtoff?) 0,97 Eiweißſtoff;

---

*) Auch Wolff ſuchte Inulin vergebens in der Wurzel.

17,30 W.; 2,00 Verl. — Das Gummi und Stärkmehl wurden zum Theil durch Ausziehen mit Kali gewonnen; ſind daher zum Theil mehr Product als Educt. — In der Aſche wurden noch gefunden: Kieſelerde und phosph. Kalk in größerer Menge; phosph., ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali; Thonerde; Eiſenoxyd; Kupferoxyd (Trommsd. N. J. I. St. 2. 159).

Anthemis Pyrethrum L. (Bertram). — Nach Gauthier: Eine Spur flüchtigen Oels; 5 ſcharfes fixes Oel (Weichharz); 14 gelben extractiven Farbſtoff; 11 Gummi; 33 Inulin; 35 Holzfaſer; eine Spur ſalzſ. Kali (Ann. de Chim. et de Phys. VIII. 101).

Nach John: Wenig faſt geruchloſes ſcharfes flüchtiges Oel; eine Spur von Kampher; 1,7 ſcharfes Weichharz (Rep. I. 1337); 11,7 bitterlichen Extractivſtoff; 20 Gummi; 40 Inulin; 35 Holzfaſer mit in Kali löslicher Mat.; 1,6 W. und Verl. (John chem. Schr. IV. 179).

Apium graveolens L. (Sellerie). — Hübner erhielt aus den Selleriewurzeln theils regelmäßige weiße [illegible]; theils nicht ganz reinen Zucker (dem Krümzucker ähnlich, doch als kryſtalliniſche Häufchen); theils Mannazucker (Buchners Repert. XV. 270. — Trommsd. N. J. IV. 100. — Schweigg. J. N. R. VIII. 283).

Aristolochia serpentaria L. (Virginiſche Schlangenwurzel). —

Nach Bucholz: 0,50 flüchtiges Oel; 2,85 grünlichgelbes Weichharz; 1,70 Extractivſtoff; 18,10 gummigen Extractivſtoff; 62,40 Holzfaſer; 14,45 Waſſer (Bucholz Taſchenb. 1807. 129). — Nach Chevallier: Äth. Oel mit dem Geruch der Wurzel; hartes Harz; gelben Extractivſtoff (Rep. I. 666); Stärkmehl; Holzfaſer; Eiweißſtoff; äpfelſ. und phoſphorſ. Kali; Eiſen; Kieſelerde (J. de pharm. 1820. deo. auch Trommsd. N. J. V. St. 2.). — Peſchier erhielt aus 100 Th. einige Tropfen flüchtiges Oel; 0,075 fettes aromatiſches Oel; 2,033 Harz; 2,125 Inulin; außerdem einen gelbfärbenden Stoff; eine gummige Subſtanz; Äpfelſ. und Phosphorſ.; welche Stoffe nach Peſchier durch ihre wechſelſeitige Einwirkung ſämmtlich in ſiedendem W. auflösl. ſind; daher ein ſtarker Aufguß der Wurzel ihre ganze Wirkſamkeit beſitzen ſoll (Trommsd. Taſchenb. 1822. 130).

Arnica montana L. (Wohlverleih). — Nach Pfaff: 1,5 flüchtiges Oel; 6,0 ſcharfes Harz (Rep. I. 1337); 32,0 dem eiſengrünenden Gerbſtoff ähnlicher Extractivſtoff; 9,0 Gummi; 51,5 Holzfaſer; (Pfaff ſyſt. mat. med. III. 215).

Artemisia vulgaris L. (Gemeiner Beifuß). — Der Same nach Brey und Eliaſon: fett. äth. Oel (Rep. I. 1001);

austrocknendes Pflanzenfett; Weichharz (Rep. I. 1337); harziger Farbſtoff; Cerin; adſtringirender Stoff; Gerbſtoff (extractivſtoffhaltiger); eiſengraufällender Gerbſt.; Kleber (mit etwas Gliadin ?); Schleimzucker; Pflanzeneiweis; Gummi; Faſerſtoff; Aepfelſ.; Kleeſ.; Schwefelſ.; Salzſ.; Phosphorſ.; Magneſia; Kali; Kalk; Kieſelerde; Eiſenoxyd (Trommsd. Taſchenb. 1826. 111).

Arum maculatum L. (Aronswurzel). — Die getrocknete Wurzel nach Bucholz: 0,6 fettes Oel; 4,4 ſchleimzuckerartiger Extractivſtoff; 5,6 Gummi; 18,0 baſſorinartiger Stoff; 71,4 Stärkmehl und Feuchtigkeit. — Die 1,3 p. C. betragende Aſche enthält khlſ. Kali; khlſ. und phosphorſ. Kalk. (Bucholz Almanach. 1810. 122).

Auch Dulong hat mehrere Verſuche über dieſe Wurzel angeſtellt. — Die friſche Wurzel enthält einen Milchſaft von wenig ausgezeichnetem Geruch aber ſehr ſcharfem und eigenthümlichen Geſchmack; doch iſt die Schärfe ſo flüchtig, daß ſie ſchon beim Zerreiben und Auspreſſen der Wurzel verloren geht. Die Angabe Murray's (Apparatus med. V. 44.), daß der Saft der Aronswurzel den Veilchenſaft grüne und durch Säuren coagulirt werde, fand Dulong nicht beſtätigt (Journ. de pharm. mars. 1826. p. 151).

Asarum Europaeum L. (Haſelwurz). — Nach Laſſaigne und Feneulle: Haſelwurzelkampfer; ſehr ſcharfes fettes Oel; Aſarin; Gummi; durch khlſ. Kali ausgezogenes Stärkmehl und Ulmin; Holzfaſer; Citronenſ.; citronenſ. und äpfelſ. Kalk; eſſigſ. Salze; Ammoniak- und Kaliſalze. (Journ. de pharm. VI. 661. — Trommsd. N. J. V. St. 2. 72. — Buchners Repert. XIII. 209).

Asclepias Vincetoxicum L. (Cynanchum vinc. Rich. Schwalbenwurz). —

Nach Feneulle: Flüchtiges Oel; fettes Oel von faſt wachsähnlicher Conſ.; eine Art Harz (Rep. I. 1300); ein beſondrer brechenerregender Stoff (Rep. I. 683); Schleim (mouqueux); Stärkmehl; pektiſche S.; äpfelſ. Kali; äpfelſ. Kalk; ſauerkleeſ. Kalk und einige andre Mineralſalze, Kieſelerde. (Journ. de pharm. 1825. 311).

Asparagus officinalis L. (Gemeiner Spargel). — Die zu Anfange Octobers geſammelte Wurzel nach Dulong: Ein Harz; vegetabiliſches Eiweis; gummiger Stoff; ein eigenthümlicher, reichlich durch baſ. eſſigſ. Bley und ſalpeterſ. Queckſilberprotoxyd fällbarer, Stoff; ein ſchwach gefärbter zuckriger Stoff, der die bemerkenswerthe Eigenſchaft zeigte, durch conc. Schwefelſ. geröthet zu werden; ſaure äpfelſaure, ſalzſaure, eſſigſaure, phosphorſaure Salze mit Kali- und Kalkbaſis und eine kleine Menge Eiſen; weder Asparagin noch Mannit, welche in den Spargelſproſſen vorkommen. (Journ. de pharm. 1826. may. p. 278).

Aylanthus glandulosa Desf. (Japaniſcher Lack). — Der rindige Theil der Wurzel nach Payen: Spuren eines äth. Oels von ſtarkem unangenehmen, giftigen (vireuse) Geruch; fetter Stoff; aromatiſcher, in W. Alkohol und Aether auflöslicher Stoff von ſehr deutlichem Vanillegeruch; aromatiſches Harz und grüne Materie; in W. und Alkohol auflöslicher bittrer Stoff; gelber Farbſtoff; ſtickſtoffhaltige, in W. auflösliche, in Alkohol unauflösliche, Materie; eiweißähnliche ſtickſtoffhaltige Materie; vegetabiliſche, dem Fungin ähnliche, Subſtanz; Stärkmehl; Gummi; Holzfaſer; pektiſche S. (hier zum erſten Male beobachtet); Spuren von Citronenſ.; Kieſelerde und einige Salze; Waſſer. (Journ. de pharm. X. 394).

Berberis vulgaris L. (Berberiswurzel). — Nach Brandes: 0,225 Elain; 0,075 Stearin; 0,100 Cerin; 0,550 Halbharz; 0,025 Chlorophyll; 6,625 gelber, durch Bleyſalze nicht fällbarer Farbſtoff (Rep. I. 965); 2,550 brauner, durch Bleyſalze fällbarer, Farbſtoff mit äpfelſ. Salzen; 0,350 Gummi mit Spuren eines Kalkſalzes; 0,200 Stärkmehl mit phosphorſ. und pflanzenſ. Kalk; 55,400 Faſer; 0,200 phosphorſaurer und pflanzenſ. Kalk; 35,000 Waſſer; 1,8 Ueberſchuß. (Schweigg. J. N. R. XII. 467. — Brandes Archiv. XI.).

Beta vulgaris. (Gemeiner Mangold; gemeine Rübe; Abart: die rothe Rübe, Runkelrübe, betterave.) —

Die Runkelrüben nach Juch: 7 Zucker; 4 Eiweißſtoff; 12 wäßriges Extract; 2 Salmiak; 25 unauflösl. Beſtandtheile; 47 Waſſer. (John chem. Tab. 16). — Nach Payen*): 1) Waſſer; 2) kryſtalliſirbarer Zucker mit ein wenig unkryſtalliſirbarem (?)**); 3) Eiweiß; 4) pektiſche S.; 5) Holzfaſer; 6) ſtickſtoffhaltige, in Alkohol auflösliche Materie; 7) rother, gelber, brauner Farbſtoff (Rep. I. 890), letztrer erſt an der L. ſich bräunend; 8) aromatiſche Subſtanz; 9) fetter Stoff; 10) ſaure äpfelſ. Salze von Kali, Ammoniak, Eiſen, Kalk; 12) ſalzſ. Kali; 13) ſalpeterſ. Kali und ſalpeterſ. Amm.; 14) äpfelſ. Kalk; 15) phosphorſ. Kalk; 16) unorganiſches, noch nicht erkanntes, Alkali; 17) Spuren von Schwefel. — Uebrigens bemerkt Payen, daß dieſe Reihenfolge blos im Allg. gilt; indem er z. B. in

---

*) Die Subſtanzen nach der Reihenfolge ihrer größern Menge geordnet.

**) Payen bemerkt, er habe durch ſeine Verfahrungsarten die Menge des unkryſtalliſirbaren Zuckers auf eine ſo kleine Quantität reducirt, daß er an deſſen Präexiſtenz in der Runkelrübe überhaupt zweifle, ſein Erſcheinen darin vielmehr einer Veränderung des kryſtalliſirbaren Zuckers beimeſſe.

Runkelrüben, die in einem mit Gaſſendünger gedüngten Boden wuchſen, den Salpetergehalt eben ſo groß, als den Zuckergehalt fand, da er in der Regel 20 mal geringer iſt; ſo wie auch die Beſchaffenheit des Bodens auf das Verhältniß der andern Beſtandtheile vom weſentlichſten Einfluß iſt. (Journ. de chim. med. 1825. sept. 385).

Sehr merkwürdig iſt die Beobachtung, welche Braconnot an Blättern der (auf magerem und ſandigen Boden gewachſenen) Runkelrüben machte, die friſch unterſucht keinen merklichen Salpetergehalt zeigten. Als ſie aber, um getrocknet zu werden, in Bündel gebunden und an einem mäßig erhellten, warmen und etwas feuchten Orte an Bindfaden aufgehangen und nach einigen Monaten unterſucht wurden, waren die Stiele dieſer Blätter mit einer unzähligen Menge kleiner Salpeterkryſtalle ganz durchdrungen und überzogen; dagegen Kleeſäure und Aepfelſäure ganz daraus verſchwunden waren. (Ann. de Chim. et de Phys. XXXV. 260). Eine Literatur über Fabrication des Runkelrübenzuckers findet ſich Rep. I. 756. II. 716.

Bryonia alba L. (Zaunrübe). — Nach Vauquelin: Bitterſtoff (Bryonin Rep. I. 656. II. 703); wenig Zucker; viel Gummi; Stärkmehl; Holzfaſer; eiweißartige Subſtanz; ſaurer äpfelſaurer und phosphorſ. Kalk (Ann. du Mus. VIII. 80; auch in Berl. Jahrb. 1807. 14). — Nach Brandes und Firnhaber: 2,1 in Aether lösliches und mit etwas Wachs vermiſchtes Harz; 1,3 in Aether unlösliches Halbharz; 1,9 Bitterſtoff (Bryonin), mit etwas Zucker, Phyteumakolla, eſſigſ. und äpfelſ. Kalk; 10,0 Schleimzucker mit Phyteumakolla, ſaurem äpfelſ. Kalk und äpfelſ. Kali; 14,5 Gummi; 2,0 Stärkmehl; 1,0 verhärtetes Stärkmehl; 2,5 Gelatina; 6,2 verhärtetes Pflanzeneiweiß; 2,75 Gummoin (wahrſcheinlich Product der Analyſe, durch Einwirkung der Kalilauge auf die org. Subſtanz bedingt); 17,0 durch Kali löslich gemachte extractive, der Phyteumakolla verwandte, Materie; 15,75 Faſer; 5,0 phosphorſ. Magneſia und Thonerde; 1,0 äpfelſ. Magneſia; 20,0 Waſſer; 1,5 Verluſt (Brandes Arch. III. 1823. 351).

Nach Dulong: Eine kleine Menge grünes Fett; eine geringe Menge Harz; ein eigenthümlicher bittrer Extractivſtoff, welchem die Wurzel ihre draſtiſchen Eigenſchaften verdankt; eine große Menge Stärkmehl; vegetabiliſches Eiweiß; Gummi; viel baſiſch äpfelſ. Kalk; ein wenig kohlſ. Kalk; ein ſaures äpfelſ. Salz, keine pektiſche Säure. — Die Aſche: kohlſ., ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali; kohlſ. und phosphorſ. Kalk nebſt ein wenig Eiſenoxyd (Trommsd. Taſchenb. 1827. 124).

Daß die kryſtalliſirbare Mat., welche Fremy aus der Wurzel dargeſtellt hat, wahrſcheinlich ein Kalkſalz ſey, iſt (Rep. II. S. 703) erwähnt worden.

Calamus aromaticus ſ. Acorus calamus.

Carex arenaria L. (Sandriedgras, deutſche Saſſaparille). —

Durch Behandlung mit kaltem W. erhält man ungefähr $\frac{1}{12}$ ihres Gewichts an Satzmehl. — 4 Unzen geben 6 bis 7 Drachmen wäßriges, ſüßlich ſchmeckendes und 2 bis 3 Dr. geiſtiges mehr bitterliches Extract. Beide ſollen einen Guajakgeruch haben (Pfaff mat. med.).

Cephaëlis Ipecacuanha Rich. (Callicocca Ipecacuanha Brot. (Die braune, graue oder geringelte Brechwurzel). — Nach Bucholz: 0,75 Wachs; 2,43 Weichharz; 10,12 durch W. ausziehbarer eigenthümlicher Extractivſtoff (das Emetin enthaltend); 5,13 durch Kali ausgezogene extractivartige Mat.; 25,45 durch Kali ausgezogene gummige Mat.; 4,20 durch Kali ausgezogene ſtärkmehlartige Mat.; 2,00 kryſt. Zucker; 25,17 Gummi; 9,00 ſtärkmehlartiger Stoff; 10,80 Holzfaſer; 0,77 Verluſt (Bucholz Taſchenb. 1818. 69). — Nach Richard: 1,2 Wachs; 1,2 harzige Subſtanz; 16,0 Emetin; 2,4 Gummi, 53 Stärkmehl; 2,4 thier. Mat.; 12,5 Faſerſtoff; Spuren von Gallusſ. (Richard med. Bot. II. 719). — Nach Pelletier die Rindenſubſtanz: 2 fetter Stoff; 6 Wachs; 16 Emetin; 10 Gummi; 42 Stärkmehl; 20 Holzfaſer; eine Spur Gallusſ.; 4 Verluſt. — Die Holzſubſtanz: Spuren von fettem Stoff und Gallusſ.; 2,45 nicht brechenerregender Extractivſtoff; 1,25 Emetin; 5 Gummi; 20 Stärkmehl; 66,60 Holzfaſer; 4,80 Verluſt. — Derſelbe fand in einer röthlichgrauen Abart der geringelten Ipecacuanha: 2 flüchtiges Oel und Stearin; 14 Emetin; 16 Gummi; 18 Stärkmehl; 48 Holzfaſer; Spuren einer S., wahrſcheinlich Gallusſ.; Verluſt (Ann. de Ch. et de Phys. IV. 172. — Schweigg. J. XIX. 440). — Vergl. hiemit die Analyſe der Wurzel von Psychotria emetica.

Cichorium intybus L. — Nach John: Harz; Wäßriges bittres Extract; Zuckerſtoff; Faſerſtoff; Salmiak (John chem. Tab. 81). — Nach Planche enthält ſie auch viel Salpeter und ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali; wahrſcheinlich enthält ſie auch Schleim. — Waltl fand Inulin darin, einmal in ½ Pfund (Civ. Gew.) 1 Unze getrocknetes Inulin, andremal weniger. (Buchner Rep. XXVII. 263).

Cicuta virosa L. Albrecht erhielt aus 2 Pfund der friſchen Wurzel: 58 Gran Harz; 52 Gran Eiweisſtoff; 3 Drachmen 32 Gr. Seifenſtoff; 4 Dr. 13 Gr. Gummi und Schleimſtoff; 2 Unzen, 2 Drachmen 2 Skrupel Faſerſtoff. — Ferner gaben 1 Pfund der friſchen Wurzel 5½ Dr. Extract und 6 Pfund der friſchen Wurzel an 1 Dr. 36 Gr. ätheriſches Oel (Rep. I. 1051). (Berl. Jahrb. d. Pharm. 1815

S. 192). Scheiſe erhielt aus 1 Pfund der friſchen Wurzeln durch Eindicken des Saftes 1 Unze 45 Gran aus dem Safte bereitetes Extract; durch Eindicken des wäßrigen Decocts 10½ Dr. wäßriges Extract; durch Eindicken des alkoholiſchen Auszugs 9 Drachmen reſinöſes Extract; durch Deſtillation mit Waſſer 3½ Gran ätheriſches Oel; durch Abſondern beim Einkochen des wäßrigen Extracts 15 Gran Eiweißſtoff. — 2 Unzen des reſinöſen Extracts gaben 3½ Dr. Seifen- oder Extractivſtoff, ¼ Dr. Harz; 6 Dr. Schleimſtoff. Das Oel enthält zwar nach Scheiſe keine Blauſäure; wenn man aber die gepulverte Wurzel mit kohlſ. Kali glüht, den Rückſtand mit deſt. W. auszieht, filtrirt und einige Tropfen ſalzſ. Eiſen nebſt Salzſ. zur Sättigung des überſch. Kali zur Fl. zuſetzt, entſteht eine blaue Farbe. — Nach Scheiſe's Verſuchen wirkt die Rinde der Wurzel am giftigſten. (Berl. Jahrb. f. Pharm. 1815. 203).

Cissampelos Pareira L. — Die rd. Pareirae bravae, als deren Mutterpflanze man die vorſtehende gewöhnlich angiebt, wiewohl es nach Virey die Abuta amara Aublet iſt, enthält nach Feneulle: weiches Harz; gelbe bittre Materie; braune färbende Materie; Stärkmehl, thieriſch vegetabiliſche Materie; äpfelſ. Kalk; ſalpeterſ. Kali; Ammoniakſalz und Mineralſalze. Die bittere Materie wird eben ſo wie das Cathartin dargeſtellt. Sie iſt löslich in Alkohol und W., bildet mit Galläpfeltinktur und baſiſchem eſſigſ. Bley Niederſchläge (Journ. de pharm. 1821. 104. Trommsdorff. N. J. VI. St. 2. S. 6. Schweigg. J. IV. N. R. 264).

Colchicum autumnale L. (Herbſtzeitloſe). — Nach Melandri und Moretti: Parenchym; Stärkmehl; ſchleimiger Extractivſtoff; Eiweis; bittrer und ſcharfer Extractivſtoff; oxydirbarer Extractivſtoff; Harz; Aepfelſ., Kalk und Salzſ. (Bullet. de pharm. T. II. May. 1810. 217). Nach Pelletier und Caventou: Fett, aus Elain, Stearin und einer flüchtigen S. beſtehend; extractiver gelber Farbſtoff; ſaures galluſſ.*)(?) Veratrin; Gummi; Stärkmehl mit vielem Inulin; **) Faſerſtoff (Gilb. Ann. LXV. 368; auch in Schweigg. J. N. R. I.). — Stoltze hat (vor Pell. und Cav.) die im Frühjahr und die im Herbſt geſammelte Wurzel vergleichend unterſucht und folgende Reſultate erhalten. (Berl. Jahrb. 1818. 107; 1819. 133).

---

*) Ob dieſe S. Galluſſ. ſey, iſt nach Meißner noch zweifelhaft.

**) Walz konnte kein Inulin finden (Buchner Rep. XXVII. 266).

	16 Unzen friſcher zu Ende März geſammelter rd. colchici enthalten.			16 Unzen friſcher gegen Ende September geſammelter rd. colchici enthalten		
	Unze	Dr.	Gran	Unze	Dr.	Gran
Waſſer	12	7	44	12	6	48
Stärke	1	1	33	1	4	57
Kryſtalliſirter Zucker	⸗	⸗	31	⸗	⸗	9
Süßer Extractivſtoff mit etwas bitterm verbunden	⸗	7	34	⸗	⸗	⸗
Schleimzucker	⸗	⸗	⸗	⸗	3	29½
Bitterer Extractivſtoff	⸗	⸗	⸗	⸗	2	47
Schwer löslicher Extractivſtoff	⸗	1	40	⸗	⸗	49
Weiches balſamartiges Harz	⸗	⸗	8	⸗	⸗	4½
Durch Kali ausgezogene extractartige Subſtanz	⸗	⸗	47	⸗	⸗	39½
Traganthähnlicher Stoff	⸗	1	2	⸗	2	7
Faſerſtoff	⸗	2	38	⸗	3	4
Verluſt	⸗	⸗	8	⸗	⸗	15½
	16 Unzen			16 Unzen		

Convolvulus arvensis L. (Ackerwinde). — Nach Chevallier: Die friſche Wurzel verliert durch Trocknen 72 bis 78 p. C. Die trockne liefert: 4,9 p. C. gelbes ſcharfes Harz; gummiges Extract; kryſt. Zucker; Satzmehl; Eiweißſtoff; ſchwefelſ. Kalk und andre Salze; Eiſenoxyd (Journ. de pharm. Juillet. et aout. 1821).

Convolvulus batatas (Ipomoea batatas). — Nach Henry Sohn: 0,03 gelbliches flüchtiges Oel von giftigem (vireuse) Geruch; 1,12 eigenthümlicher gelber fettartiger Stoff (Rep. I. 279); 3,3 unkryſtalliſirbarer Zucker; 0,92 Eiweiß; 13,3 Stärkmehl; 6,79 Pflanzenfaſer; 1,4 Aepfelſ., ſaures äpfelſ., phosphorſ., ſalzſ., ſchwefelſ. Kali, baſiſch phosphorſ., äpfelſ. Kalk, Kieſelerde, Spuren Eiſenoxyd und vielleicht Manganoxyd nebſt Verluſt; 73,12 Waſſer (Journ. de pharm. 1825. may. 243).

Convolvulus Jalappa L. — Die trockne Wurzel nach Cadet de Gaſſicourt: 10 Harz (Rep. I. 1122); 44,0 in ſtarkem Alkohol unlösliches braunes Extract: 2,5 Stärkmehl; 29,0 Holzfaſer: 2,5 Eiweißſtoff; Spuren von Farbſtoff; Zucker und Eſſigſ.; 2,0 Verluſt (Buchner Rep. VI. 22). — Nach Gerber, die Wurzel, wie ſie im Handel vorkommt: 7,80 Hartharz; 3.20 Weichharz; 17.90 gelind kratzender Extractivſtoff; 14.30 gummiger Extractivſtoff; 8.20 Farbſtoff, welcher durch kohlſ. Kali ſchön roth gefärbt wird; 1.90 Schleimzucker; 15,60 Gummi mit äpfelſ., phosphorſ. und ſchwefelſ. Kali- und Kalkſalzen; 3,20 Baſſorin; 2,70 Eiweisſtoff; 1,20 verhärtetes Eiweis; 6,00 Stärkmehl; 8,20 Holzfaſer; 4,80 Waſſer; 2,40 Aepfelſ., theils frei, theils an Kali und Kalk gebunden; 0,90 ſalzſ. Kalk; 0,50 ſalzſ. Kali; 1,30 phosphorſ. Magneſia; 0,40 phosphorſ. Kalk; 3,00 kblſ. Kalk; 4,60 Verluſt; kein Alkaloid. — Die Aſche lieferte: kblſ., ſchwefelſ. und phosphorſ. Kali; kblſ., ſchwefelſ. und phosphorſ. Kalk; kblſ. Magneſia; Kieſelerde; Eiſenoxyd; Kupferoxyd (Brandes Arch. XXI. S. 215). — Hume (Schweigg. J. N. R. XIII. 481) glaubte aus der Jalappenwurzel ein Alkaloid, welches er Jalappin nannte, dargeſtellt zu haben; Dulk jedoch zeigte, daß dieß vermeintliche Alkaloid eine Verb. von Jalappenharz mit der zur Extraction angewandten Eſſigſ. ſey, wie auch Gerber beſtätigt fand. — Trommsdorff erhielt gemeiniglich aus 20 Pfunden 32 bis 36 Unzen Harz; Dulk meiſt aus 1 Pfund 2 Unzen (Dulk preuß. Pharmak. 492).

Convolvulus Mechoacanna. — Die trockne Wurzel nach Cadet de Gaſſicourt: 2 ölige Subſtanz (Weichharz), dem in Aether löslichen Theile des Jalappenharzes ähnlich; 16 wäßriges Extract (Gummi?); 50 Stärkmehl; 30 Holzfaſer; 2 Eiweisſtoff (Buchner Repert. VI. 33).

Convolvulus Sepium L. — Die Wurzel kommt nach Chevallier in ihren Beſtandtheilen mit der Wurzel von conv. arv. überein, iſt aber an Holzgehalt etwas reicher (Journ. de pharm. X. 230).

Convolvulus Turpethum L. — Die trockne Wurzel nach Boutron-Charlard: Flüchtiges Oel; gelbe fettige, nicht purgirende, Mat. (Weichharz); nicht in Aether lösliches purgirendes Hartharz; extractiver gelber Farbſtoff; Stärkmehl; Holzfaſer; Eiweis; freie Aepfelſäure; Kali- und Kalkſalze; Eiſenoxyd (Journ. de pharm. VIII. 131).

Corydalis tuberosa. — Nach Wackenroder im friſchen Zuſtande: 0,18 grünes Harz und weiches, widerlich ſchmeckendes, Fett; 3,66 Corydalin mit Aepfelſ., nebſt ſalzſ. Kali und Schleimzucker; 0,40 Pflanzeneiweis; 4,58 Stärkmehl; 10,68 Holzfaſer; 78,30 Waſſer; 2,00 äpfelſ. Kalk, Schleim und etwas ſchwefelſ. Kali (Kaſtn. Arch. VIII. H. 4. S. 423).

Curcuma aromatica Salisb. (Curcuma zedoaria Roxb. Zittwerwurzel). —

Nach Banks kommt von dieſem Gewächs die Zittwerwurzel (rd. zedoariae). Sie enthält nach Bucholz: 1,42 flüchtiges Oel; 3,60 gewürzhaft bittres Weichharz; 1,25 gewürzhaft und bitter ſchmeckenden Extractivſtoff mit etwas Harz und ſalzſ. Salzen; 10,50 ähnlichen Extractivſtoff mit ſalzſ. und ſchwefelſ. Salzen; 4,50 Gummi; 9,00 Baſſorin; 3,60 Stärkmehl; 39,20 der Holzfaſer durch erhitztes Kali entzogene Mat., wovon ſich 8,00 wie Stärkmehl verhalten; 12,89 Holzfaſer; 15,00 Waſſer; 0,87 Ueberſchuß (Bucholz Taſchenb. 1817. 1.; Trommsd. J. XXV. St. 2. 3.

Curcuma longa (Curcumawurzel, Gelbwurzel). — Nach John: 1 gelbes äther. Oel; 10 bis 11 harziger gelber Farbſtoff (Rep. I. 971): 11 bis 12 extractiver gelber Farbſtoff; 14 Gummi; 57 Holzfaſer, nebſt in Kali, aber nicht in Alkohol oder W. löslicher Materie; 7 bis 5 Waſſer nebſt Verluſt (John chem. Schr. IV. 116).

Cyperus esculentus (Erdmandeln). — Enthalten ſehr viel fettes Oel (Rep. I. 1243), Schleim und Satzmehl. Erſtres beträgt nach Juch $\frac{1}{20}$ des Gewichts, und ſoll faſt allen andern fetten Oelen an Wohlgeſchmack und Reinheit vorzuziehen ſeyn.

Dahlia pinnata Cav. (Georgina variabilis Willd. — Coreopsis Georgina Cass., Georgine). — Die Knollen kommen in ihrem chem. Verhalten ſehr mit den Knollen von Helianth. tuberosus überein; ſie enthalten nach Payen: äther. Oel (Rep. I. 1052); fettes Oel; eine bittre gewürzhafte Mat.; 10 p. C. Inulin; Holzfaſer; ſtickſtoffhaltiges Eiweis; eine ſtickſtoffhaltige, dem Osmazom ähnliche, Mat.; Citronenſ.; äpfelſ. und citronenſ. Kali und Amm.; phosphorſ., ſalzſ., ſchwefelſ. Kalk; Salpeter; Kieſelerde; 76 p. C. Waſſer (Journ. de pharm. IX. 383. — Schweigg. J. N. R. 1823. IX. 338).

Daucus carota L. — Das Extract aus friſch ausgepreßtem Möhrenſaft bereitet, nach Wackenroder: 1,00 fettes weißes Oel mit äther. Oel (Rep. II. 788) verbunden; 0,34 Carotin; 4,35 Eiweis; 93,71 Schleimzucker mit Aepfelſ. und ein wenig Stärkmehl; 0,60 Aſche, enthaltend Thonerde, Kalk und eine Spur Eiſen (Wackenroder de Anthelm. comment. Gott. 1826. 5).

Dioscorea sativa (Weſtindiſche Yamswurzel). — Nach Suerſen friſch: 0,05 Harz; 0,26 Schleimzucker; 2,94 Schleim; 22,66 Stärkmehl; 6,51 Holzfaſer; 67,58 Waſſer (Scherer J. VIII. 600).

Eupatorium cannabina. — Nach Boudet: Flüchtiges Oel; Harz; bitterer und ſcharfer Stoff; Stärkmehl; ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali; ſalzſ., äpfelſ., eſſigſ. und phosphorſ. Kalk; Kieſelerde und Eiſen (Bull. de Pharm. III. mars. 1811. 97).

Gentiana chyrayta. — Der Calamus verus der Alten, der nach Guibourt wahrſcheinlich von vorgenannter Pflanze herkommt, enthält nach Boutron-Charlard: Harz; braunen Bitterſtoff; gelden Farbſtoff; äpfelſ. Kalk; ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali; baſ. phosphorſ. Kalk; Eiſenoxyd (Journ. de chim. med. 1825. Juin. 236).

Gentiana lutea L. — Die Wurzel (Rd. gent. rubrae s. luteae s. majoris, gelbe Enzianwurzel), nach Guillemin und Jacquemin: Wachsartige Subſtanz; Harz; eine bittre Mat.; Zucker; Gummi (Journ. de pharm. 1819. avril). — Nach Henry und Caventou: Vogelleim (Rep. I. 1349); eine flüchtige riechende Mat.; gelber Farbſtoff; Gentianin (Rep. I. 555); verbrennliche S.; unkryſtalliſirbarer Zucker; Gummi; Faſer (Journ. de pharm. 1821. avril. — Berl. Jahrb. Jahrg. XXIV. Abth. 1. — Trommsd. N. J. VI. St. 2). — Vergl. auch Henry's frühere Analyſe, wo phosphorſ. Kalk und eine weichharzige Mat. unter den Beſtandtheilen angeführt wird (Journ. de pharm. V. 97.), und Braconnot in Journ. de Phys. LXXXIV. 345, der auch ein Kaliſalz fand.

Geum urbanum L. — Die hievon abſtammende Nelkenwurzel oder Benedictkrautwurzel enthält nach Moretti und Melandri: Gerbſtoff; oxydirbaren Extractivſtoff; ſchleimigen Extractivſtoff; flüchtiges Oel und verſchiedene Salze (Bullet. de pharm. II). Eine genauere Analyſe beſitzen wir von Trommsdorff. Hienach ſind in der vollkommen ausgetrockneten Wurzel enthalten: 0,039 ätheriſches Oel (Rep. I. 1052); 4,000 Harz (Rep. I. 1314); 10,000 in W. und Alkohol auflöslicher Gerbſtoff (Rep. I. 597); 31,000 in Alkohol und W. unaufl. Gerbſtoff (ebendaſ.) mit Spuren von ſalzſ. Salzen; 92,000 traganthähnlicher Stoff; 15,800 gummiähnlicher Stoff mit Extractivſtoff; 30,000 Wurzelfaſer oder holziger Theil, mit einer Spur von Schwefel. Producte der Einäſcherung der Faſern waren: Carbonate von Kali, Kalk und Magneſia; Sulfate von Kali und Kalk, ſalzſ. Kali, phosphorſ. Kalk, Kieſelerde, Eiſenoxyd, eine Spur Manganoxyd, kein Kupferoxyd. — Der wirkſamſte Beſtandtheil der Wurzel ſcheint in den beiden gerbenden Stoffen zu liegen (Trommsd. N. J. II. St. 1. 53).

Glycyrrhiza glabra L. (Liquiritia off. Pers. — Süßholz). —

Nach Robiquet: Wachs; kratzendes Weichharz; Asparagin; Glycyrrhicin; Stärkmehl; Holzfaſer; braune färbende Materie von thier. Natur; Eiweisſtoff; Aepfelſ.; Phosphorſ.; ſchwefelſ. und phosphorſ. Kalk; phosphorſ. Magneſia (Ann. de Chim. LXXII. 143; auch in Trommsd. J. XIX. St. 1. 271). — Nach Trommsdorff giebt es zwei Varietäten des Glycyrrhicins (vergl. Rep. II. 722); und die Beſtandtheile der Süßholzwurzel ſind im Ganzen nachſtehende: Weichharz; Hartharz; Glycyrrhicin, in kaltem Alkohol von 80 p. C. auflöslich; Glycyrrhicin in dergl. Alkohol in der Kälte und Wärme unauflöslich;

eine geringe Menge gährungsfähigen Zuckers; bittrer kratzender Extractivſtoff, in Alkohol aufl., wie es ſcheint, an die Harze gebunden; eine eiweisartige Materie; Stärkmehl; Spur eines gerbeſtoffhaltigen Stoffs; Pflanzenfaſer; eine freie, in W. und Alkohol auflösliche, nicht flüchtige, unbeſtimmte, Säure; pflanzenſaure Salze mit Kalibaſe; pflanzenſaure Salze mit Kalkbaſe, vielleicht auch mit etwas Magneſiabaſe; phosphorſ. Kalk (Trommsd. Taſchenb. 1827. 57). — Auch Pliſſon glaubt ein pflanzenſaures Salz mit Magneſiabaſis, deſſen Säure wahrſcheinlich eigenthümlich ſey, in der Süßholzwurzel gefunden zu haben (Ann. de Chim. et de Phys. XXXVI. 83).

Helianthus tuberosus L. (Knollige Sonnenblume; an manchen Orten Erdbirne, an andern Erdäpfel; topinambour). —

Nach Payen: Aether. Oel; fettes Oel; Harz; unkryſt. Zucker; Dahlin *) (Inulin); Gummi; Faſer; Eiweis; gallertartige ſtickſtoffige Subſtanz; Osmazom; Fungin; Schwefel; Spuren von Gallusſ.; Phosphorſ.; Salpeter; ſauerkleeſ. Kalk; phosphorſ. Kalk; Kieſelerde; Mangan (J. de pharm. X. 256. 293). — Nach Braconnot: 0,060 in Alkohol und Kali leicht aufl. Oel; 0,300 Cerin; 14,800 unkryſtalliſirbare zuckrige Mat.; 3,000 Inulin; 1,078 gummige Mat.; 0,990 eigenthümliche Subſtanz (Rep. II 428); 1,220 veget. Skelet; 1,070 citronenſ., 0,120 ſchwefelſ., 0,080 ſalzſ., 0,060 phosphorſ., 0,030 äpfelſ. Kali; 0,145 eiſenhaltiger phosphorſ. Kalk (phosphate de fer ferrugineux); 0,080 citronenſ., 0.014 weinſteinſ. Kalk; 0,024 Kieſelerde; 77,200 Waſſer (Ann. de Ch. et de Ph. avril. 1824. 373).

Helleborus hiemalis. — Nach Vauquelin: Scharfes Weichharz (Rep. I. 1339); gummiger Extractivſtoff; etwas Zucker; ſehr weißes Stärkmehl; Holzfaſer; thier. veget. Stoff, beim Abdampfen des ausgepreßten Saftes in Häuten gerinnend; Salze (Ann. du mus. d'hist. nat. 1806. T. VIII. 80; auch Berl. Jahrb. 1808. 1).

Helleborus niger L. (Schwarze Nießwurz). — Nach Feneulle und Capron: Eine Spur widrig riechendes, flüchtiges Oel; Wachs; fettes Oel (Weichharz?) in Verbindung mit einer ſcharfen flüchtigen, der Jatrophaſ. ähnlichen, S., in welcher die Wirkſamkeit der Wurzel liegt; Harz; Bitterſtoff; Gummi; Holzfaſer; gallusſ. Kali und Kalk mit Säureüberſchuß; ein Ammoniakſalz und ein eſſigſ. Salz (Journ. de pharm. VII. 1821. Nov. — Trommsd. N. J. VI. St. 2.

---

*) Bemerkenswerth iſt, daß Payen im Satzmehl aus Knollen, welche in Martinique gewachſen waren, ſtatt Dahlins blos Stärkmehl fand (Journ. de chim. med. fevr. 1826. 63).

— Buchner Repert. XII. 222). Vergl. auch Tobias: Dissert. de Hellebori nigri indole chemica et usu medico. 1819. Berol.

Inula Helenium L. (Alant). — Nach John: Eine Spur flüchtigen Oels; 0,3 bis 0,4 Alantkampher; — 0,6 Wachs; 1,7 ſcharfes Weichharz (Rep. I. 1339): 36,7 bitterlicher Extractivſtoff; 4,5 gummige Theile; 36,7 Inulin; 5,5 Holzfaſer; 13,9 oxydirter Extractivſtoff mit geronnenem Eiweißſtoff; außerdem noch Kali-, Kalk- und Magneſiaſalze, eine Spur von phosphorſ. Eiſen und von Kieſelerde (John chem. Schr. IV. 61). — Nach Funke: 8 äther. Oel und kryſt. Harz; 2,8 Seifenſtoff; 6,0 gummiger Extractivſtoff; 43,2 eigenthümliches Satzmehl (Inulin); 40 Pflanzenfaſer; ein wenig freie Eſſigſ. und Eiweißſtoff (Trommsd. J. XVIII. St. 1. 74. — Pfaff. mat. med. IV. 372. Vergl. auch Schulz im Berl. Jahrb. 1818. 251.)

Iris florentina L. — Die ſogenannte Veilchenwurzel nach Vogel: Aeth. Oel, auf dem ſtark damit geſchwängerten W. als eine gelblichweiße Maſſe ſchwimmend; ein braungelbes (oder gelbgrünes), ſchmieriges, mit Alkohol eine gelbe Aufl. gebendes, Harz von ſehr bitterm und ſcharfen, faſt brennenden, Geſchmack; adſtringirender Extractivſtoff; Gummi; Stärkmehl, wie Inulin ſich verhaltend; Pflanzenfaſer (Trommsd. J. XXIV. St. 2. 64). — Nach Raspail kommt in den Knollen ſauerkleeſ. Kalk kryſtalliſirt vor (vergl. Rep. II. 642). — Einer kurzen Notiz zufolge wollte Touery in dieſer Wurzel Emetin gefunden haben, was er aber in einer ſpätern Notiz widerlegt.

Krameria triandra R. et P. (Ratanhia). — Mit Uebergehung der Verſuche von Binder (Abhandl. über die Ratanhia. Stuttgard und Wien. 1818. 8); Falco (Diss. de Ratanhia. Wirceb. 1820. 8); Eckard (Diss. de Ratanhia. Berol. 1822. 8); nach Bärwinkel: Gerbſtoff; Extractivſtoff; Gummi; Pflanzenfaſer; Eiweißſtoff; Gallusſ.; ein kleiner Antheil ſchwefelſ. und ſalzſ. Kalk; eine Spur Thonerde und Eiſenoxyd (Schwarz pharmakol. Tab. I. 122). — Nach Trommsdorff: 42,5 eiſengrünender Gerbſtoff; 17,5 Gummi; 25,0 durch Kali ausgezogene ulminartige Materie; 15,0 Holzfaſer (Bucholz Taſchenb. 1820. 33). — Nach Vogel: 40,0 Gerbſtoff; 1,5 Gummi; 0,5 Stärkmehl; 48,0 Holzfaſer; 10,0 Waſſer und Verluſt (ebend. 73). — Nach C. G. Gmelin: 38,3 Gerbſtoff; 6,7 ſüßer Stoff; 8,3 durch heißes W. ausziehbarer ſtickſtofffreier Schleim; 2,5 durch kaltes W. ausziehbarer ſtickſtoffreicher Schleim; 43,3 Holzfaſer mit khlſ. und ſchwefelſ. Kalk, Kieſelerde u. ſ. w.; 0,9 Verluſt (ebend. 100). — Das trockne Extract nach Peſchier: 42,666 Gerbſtoff; 56,666 gummige extractive und färbende Theile; 0,333 Gallusſ.; 0,533 Ratanhiaſäure. — Die Wurzel gab nach demſelben 1,49 p. C. Aſche, beſtehend aus 0,50 Kalk; 0,36 Thonerde; 0,30 Kieſelerde; 0,11 Eiſenoxyd; 0,12 kblſ. Natron; 0,08 ſalzſ. Natron (Trommsd. N. J. IV. St. 2. 172. — Pfaff mat. med. VI. 245).

Vogel hat eine Reihe vergleichender Verſuche über das Verhalten des Kinogummi's und Ratanhiaextracts angeſtellt, um das Unterſchieben des letztern für das erſtre zu erkennen. Es ergiebt ſich daraus:

1) In gleicher Menge zerrieben auf die Zunge gebracht iſt der Geſchmack des Kino entſchieden zuſammenziehender und herber, das Ratanhiaextract milder von Geſchmack.

2) 10 Gran von jedem mit einer Unze kochenden Waſſers übergoſſen, bleibt die Löſung des Kino nach 2 Stunden klar und durchſichtig, die des Ratanhiaextracts wird trübe, undurchſichtig und milchigt wie ein Chinadecoct. Doch gilt dieſer Unterſchied nicht für die Abkochungen, denn auch die Abkochung des Kino wird nach einiger Zeit ebenfalls trübe. Der Aufguß des Kino ſchmeckt herber, doch nicht ſo eindringend und dauernd, wie der des Ratanhiaextracts.

3) Ein Aufguß von einem Quentchen von jedem mit 2 Unzen kaltem Waſſer geſchüttelt, nach 24 Stunden filtrirt, mit einer Auflöſung von Bleyzucker verſetzt und mit vielem Waſſer verdünnt, wird der Niederſchlag in dem Kinoaufguſſe ins Aſchgraue ſpielen, der mit dem Ratanhiaaufguſſe entſtandene röthlich erſcheinen.

4) Brechweinſteinauflöſung trübt einen ſolchen Aufguß von Kino nach einigen Minuten, und es legt ſich bald ein gelblichweißer Niederſchlag in beträchtlicher Menge zu Boden, im Aufguſſe des Ratanhiaextracts beginnt dieſe Trübung erſt nach einigen Stunden, ſie iſt aber faſt unbedeutend im Vergleich mit erſterer. Durch dieſe Reaction iſt eine Verfälſchung des Ratanhiaextracts mit Kino leicht zu entdecken.

5) Beide Subſtanzen geben mit Schwefeläther eine gelbliche Auflöſung, die des Ratanhiaextracts mit Kalk oder Barytwaſſer verſetzt, wird roth (vielleicht von Gallusſäure), die des Kino bleibt weiß und farbenlos.

6) In einem ſilbernen Löffelchen über einem brennenden Lichte erwärmt, erweicht ſich das Ratanhiaextract ſogleich, ſchmilzt und bläht ſich auf, das Kino hingegen ſchmilzt nicht, ſondern verwandelt ſich in ein dunkelbraunes Pulver; in ein Wachslicht gehalten bläht ſich das Ratanhiaextract auf, und brennt hin und wieder mit Flamme, das Kino verwandelt ſich dagegen ruhig in Kohle.

Noch verdient als unterſcheidendes Merkmal hinzugefügt zu werden, daß aus der geiſtigen Löſung des Ratanhiaextracts die Aetzkalilauge durch den Gerbſtoff als eine braune, faſt ſchwarze, ſehr klebrige, Subſtanz niedergeſchlagen wird, aus der geiſtigen Kinolöſung dagegen mehr grünlich, der Milchchokolade ähnlich.

Lathyrus tuberosus L. — Die friſchen Knollen nach Braconnot: Eine Spur riechendes Princip; 0,18 braunes ranziges Oel und wachsartiges Fett; 6,00 gemeiner Zucker; 16,80 Stärkmehl; 5,04 Holzfaſer; 3,00 thieriſche Mat.; 2,80 Eiweisſtoff: 0,04 äpfelſ. Kali; 0,02 phosphorſ. Kali; 0,04 ſchwefelſ. Kali; 0,02 ſalzſ. Kali; 0,36 kleeſ. Kalk; 0,10 phosphorſ. Kalk; 65,60 Waſſer (Ann. de Ch. et de Ph. VIII. 241. — Trommsd. N. J. III. St. 1. 339).

Leontodon taraxacum. — Waltl fand in 1 Pfund Wurzel meiſt 1 Unze Inulin (Buchner Rep. XXVII. 265).

Lobelia syphilitica L. — Nach Boiſſel: eine fette Subſtanz von Butterconſiſtenz; Spuren eines leicht veränderlichen bittern Stoffs; gährungsfähiger unkryſtalliſirbarer Zucker; ſchleimige Mat.; Holzfaſer; äpfelſ. Kali; ſaurer äpfelſ. Kalk; in der Aſche baſ. kohlſ. Kali und Kalk; ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali: phosphorſ. Kalk; Spuren von Eiſenoxyd und Kieſelerde (Journ. de pharm. dec. 1824. X. 623. — Geiger Mag. 1825. März).

Morus nigra L. 100 Theile friſcher Wurzelrinde verlieren in gelinder Hitze 59,56 Theile an Waſſer. Die getrocknete Wurzelrinde enthält nach Wackenroder: 0,98 fetten Stoff; 16,06 eigenthümlichen harzähnlichen Stoff *): 4,11 gelbes Harz **); 3,82 Eiweis mit einer namhaften Menge äpfelſ. Kalk; 6,65 Stärkmehl; 17,87 Schleim mit ein wenig Schleimzucker; 50,52 Faſer; 0,01 Ueberſchuß. (Wackenroder de Anthelm. Comment. Gott. 1826. 38.)

Menispermum palmatum Lam. (Columbo). — Die Columbowurzel nach Planche: Eine Spur flüchtiges Oel; 13 gelber Bitterſtoff; 9 Gummi; 33 Stärkmehl; 39 Holzfaſer; 6 in Waſſer, nicht in Alkohol lösliche thieriſche, Materie (Trommsd. J. XXII. St. 2. 158).

Nymphaea alba L. (Weiße Seeblume). — Nach Morin: Harz; fette Materie; Gerbſtoff und Galläpfelſ., wodurch ſie zu techniſchen Zwecken ſehr nützlich werden kann; unkryſtalliſirbarer Zucker; Schleim; Stärkmehl; Ulmin; eſſigſ. Kali; äpfelſ. und phosphorſ. Kalk und Ammoniakſalz (Journ. de pharm. 1821. No. X. — Trommsd. J. VI. St. 2. S. 163).

---

*) Braun, geſchmacklos, von abſtringirendem Geſchmack, in Waſſer wenig, in rect. Weingeiſt ſehr leicht auflöslich; coagulirt thieriſche Leimaufl. und fällt Eiſenauflöſungen mit braunvioletter Farbe, welche Niederſchläge von Alkohol mit brauner Farbe gelöſt werden. Fällt auch viele andre Metallauflöſungen. Wird von kauſtiſchem Kali mit rother Farbe gelöſt und durch Salpeterſ. mit gelber in Orange übergehender Farbe daraus gefällt.

**) Dieß Harz kommt in den meiſten Eigenſchaften mit dem vorigen Stoff überein und unterſcheidet ſich nur durch die Farbe und das mehr harzähnliche Anſehen davon.

Orchis. — Mathieu de Dombasle hat bemerkt, daß ſich alle Wurzeln der Orchisarten durch einen eigenthümlichen widrigen Geruch auszeichnen, der einige Aehnlichkeit mit dem Geruch des männlichen Saamens und ſeinen Grund in einem flüchtigen Oele hat, das ſich durch Deſt. mit Alkohol abſcheiden läßt (welcher zugleich eine extractartige bittre geruchloſe Mat. auszieht). Im W. ſchwellen die Orchiswurzeln immer mehr auf, und man erkennt einzelne Faſern darin, die höchſtens 3 bis 4 p. C. ausmachen (Dombasle in Ann. de Ch. LXXVII. 45).

Im Uebrigen ſcheinen die Orchiswurzeln nicht ſowohl großentheils aus Stärkmehl, wie man gewöhnlich annimmt, ſondern vielmehr faſt ganz aus Baſſorin zu beſtehen; doch mögen vielleicht nach Alter, Standort und Art der Orchiswurzeln hiebei manche Verſchiedenheiten Statt finden. Vauquelin verſichert allerdings, aus einheimiſchen Orchiswurzeln eine ziemlich große Menge ſchönes Stärkmehl erhalten zu haben; dagegen Robiquet kein ſolches daraus erhalten konnte (Ann. de Ch. et de Ph. XXXI. 349); und den Salep, d. i. die gepulverte Wurzel mehrerer größern ausländiſchen Orchisarten, fand nicht nur Caventou faſt ganz aus Baſſorin mit wenig Gummi und ſehr wenig Stärkmehl zuſammengeſetzt (Ann. de Ch. et de Ph. XXXI. 346), ſondern auch Pfaff beſchreibt ſeine Eigenſchaften ſo, daß ſie vielmehr dem Baſſorin, als dem Stärkmehl zukommen; wofür namentlich das Aufſchwellen in kaltem Waſſer gilt. Uebrigens iſt nach Pfaff dieſes Baſſorin, wie das Baſſorin an ſich, in heißem W. aufl.; da es nach ihm und den andern Beobachtern einen Schleim damit zu bilden vermag; nach Caventou aber ſtellt es eine in kochendem W. unauflösliche Modification deſſelben dar. Das Nähere hierüber wird in Folgendem enthalten ſeyn.

Die Salepwurzeln kommen großentheils aus der Türkei und Perſien zu uns. Es ſind kleine blaßgelbe hornartig durchſcheinende und harte Körper von länglich runder Geſtalt ohne Geruch und von ſchleimigem Geſchmack, auf baumwollene Fäden gereiht. Das Pulver derſelben ſchwillt nach Pfaff in kaltem Waſſer auf, ohne jedoch eine ſchleimige Aufl. zu geben; dagegen es vom kochenden Waſſer zu einem ſehr dicken Schleim aufgelöſt wird. Ein Theil Saleppulver iſt im Stande, 48 Theile Waſſer zum dicken Schleim zu machen. Saleppulver mit kaltem W. übergoſſen und bei einer mittlern Temp. der freien Luft ausgeſetzt, geht in eine Art weiniger Gährung über (was auf

Zuckergehalt deutet) und verbreitet einen angenehmen Geruch; ſpäter tritt ſaure Gährung ein. Nach Caventou, wenn Saleppulver in kaltes W. gerührt, filtrirt wird, ſo läuft eine durchſichtige gummige Fl. von ſchwach ſalzigem Geſchmack durch, während auf dem Filtrum eine gallertähnliche, zitternde, in kaltem W. unauflösliche, an heißes Waſſer nur ſehr wenig (durch Jod erkennbares) Stärkmehl abtretende Maſſe bleibt, die ſich, die Unauflöslichkeit in heißem W. abgerechnet, als Baſſorin verhält (leicht aufl. in Salzſ., mit Salpeterſ. Sauerkleeſ. gebend u. ſ. w.). Das kalte Filtrat giebt ſich als Gummiaufl. zu erkennen, wird durch Jod nicht gefärbt, durch Alkohol in weißen Flocken, die ſich nicht leicht in Salpeterſ. auflöſen, gefällt; ferner gefällt durch ſalpeterſ. Silber und ſauerkleeſ. Amm.; ſehr reichlich durch baſ. eſſigſ. Bley; durch Bleyzucker nur bei ſehr conc. Aufl.; durch Aetzſublimat ſchwach getrübt. Läßt beim Abdampfen eine zähe, ganz gummiähnliche, Subſtanz, die beim Einäſchern in einem Platintiegel eine, Kochſalz und phosphorſ. Kalk enthaltende, Aſche läßt.

Das Saleppulver wird nach Pfaff nicht von Alkohol angegriffen, löſt ſich aber in Wein oder Eſſig in der Wärme auf. Durch Salpeterſ. läßt ſich, wie aus dem Stärkmehl, Kleeſ. und eine eigenthümliche talgartige Subſtanz darſtellen. Eine gehörig verdünnte und filtrirte Aufl. des Saleppulvers ändert nach Pfaff die meiſten Metallſalzauflöſungen nicht im Geringſten, namentlich die Auflöſungen der Eiſen-, Zinn-, Zink-, Antimon-, Kupferſalze. Von Bleyſalzen bildet nur das eſſigſaure damit einen weißen flockigen Niederſchlag, und von Queckſilberſalzen wird nur die Aufl. des ſalpeterſ. Queckſilberprotoxyds davon oxaliſirend. Dagegen bildet Galläpfeltinctur in einer ganz klaren und verdünnten Aufl. des Salepſchleims einen reichlichen weißen, flockigen, in Salpeterſ. mit gelber Farbe auflöslichen, Niederſchlag.

Sehr bemerkenswerth iſt das Verhalten, welches Brandes von der Magneſia gegen den Salep beobachtet hat (Brandes Arch. I. 316. — Schweigg. J. N. R. XIII. 494).

Derſelbe bemerkte, daß 20 Gran Salep in 4 Unzen (heißem) Waſſer aufgelöſt, mit 30 Gran Magneſia verſetzt, ein Gemiſch hervorbringen, das nach einigen Stunden feſt wird, mit der Conſiſtenz zwiſchen Gallert und Caoutchouc. Ausnehmend feſt ward die Miſchung bei 2 Skrupel Salep auf 5 Unzen deſt. W. und $\frac{1}{2}$ Drachme Magneſia. Das Gemiſch, an dem man ſelbſt nach Verlauf eines Monats nicht die geringſte Spur von Fäulniß bemerkte, iſt ſelbſt in der Siedhitze unaufl. in Waſſer, in fetten Oelen, in Terpentinöl und in ätzender Kalilauge. Säuren löſen es zum Theil auf mit Hinterlaſſung eines dicken opalfarbenen Rückſtandes. — Weder Kalk noch Bolus zeigen ähnliche Erſcheinungen, wohl aber khlſ. Magneſia, doch etwas ſpäter; auch zerſetzt ſich die Miſchung nach 4 Wochen etwas. — Man erhält dieſe Erſcheinungen auch nicht mit Stärkmehl, Eiweis und den verſchiedenen Gummiſchleimen.

Voget (in Brandes Arch. XIV. 172.) und Beißenhirtz (ebendaſ. XXII. 113.) haben empfohlen, ſtatt des ausländiſchen Saleps den von einheimiſchen Orchiswurzeln herrührenden, der größern Wohlfeilheit halber, anzuwenden. Nach letzterm iſt die vortheilhafteſte Sammlungszeit der Monat July und ſpäter, wenn die Blumen abfallen und der Stengel anfängt, welk zu werden.

Ornithogalum caudatum L. Nach Hünefeld: Flüchtige Schärfe; harziges Blattgrün; Extractivſtoff; ſehr wenig Gerbſtoff; dem Baſſorin ſich näherndes Gummi; Holzfaſer; pflanzenſ. Kalk; ein wenig ſalzſ. Kali; kein Scillitin; überhaupt nichts Bittres (Trommsd. N. J. V. St. 1. 101).

Paeonia officinalis L. (Gichtroſe). — Nach Morin: 0,26 fetter Stoff; 2,80 unkryſt. Zucker; 0,12 Gummi und Gerbſtoff; 1,60 thier. veget. Mat.; 13,86 Stärkmehl; 11,46 Faſer; 0,20 freie Phosphorſ. und Aepfelſ.; 0,76 ſauerkleeſ., 9,80 phosphorſ. und äpfelſ. Kalk; 0,06 äpfelſ., 0,02 ſchwefelſ. Kali; 67,98 Waſſer (Journ. de pharm. X. 1824. Juin. 287. — Trommsd. N. J. IX. St. 2. 92. — Buchners Repert. XIX. St. 1. 76. — Berl. Jahrb. XXVI. 2. 93).

Pastinaca sativa L. (Paſtinakwurzel). — Friſche Wurzeln von der Spielart: „mit länglichen, ſpindelförmigen, gelblich-weißgrauen Wurzeln:“ nach Crome: 1,76 graues Stärkmehl; 2,09 Eiweis; 5,47 Schleimzucker; 3,57 Schleim und Extractivſtoff; 2,54 Schleim und Extractivſtoff aus der Faſer; 5,12 eigentliche Faſer; 79,45 Waſſer (Hermbſt. Arch. IV. H. 2. S. 342).

Pimpinella Saxifraga (Pimpinellwurzel). — Nach Bley: Aetheriſches Oel; Fett; in Aether und Alkohol lösliches Weichharz; in Aether und Alkohol lösliches Harz von Wachsconſiſtenz; harziger Extractivſtoff; Stärkmehl; kryſt. Zucker; Schleimzucker; Gummi; gummiger Extractivſtoff; Eiweis; Aepfelſ.; Eſſigſ.; Benzoeſ.; Faſer; ſalzſ., ſchwefelſ. und phosphorſ. Kali-, Kalk- und Magneſiaſalze; Manganoxyd; Kieſelerde. — Ein Alkaloid fand ſich nicht in der Wurzel. Das eigenthümliche ſcharfe und kratzende Princip ſcheint ſowohl in dem äther. Oele, als dem Harze zu liegen. Die lufttrockne Wurzel enthält ungefähr $\frac{1}{12}$ Waſſer. Das bei der Darſtellung des Oels mit überdeſtillirte Waſſer enthielt Eſſigſ. und Benzoeſäure (Trommsd. N. J. XII. St. 2. 59).

Polygala Senega. — Nach Gehlen: 7,50 Weichharz (gelber harziger Farbſtoff mit fettem Oel); 6,15 harzartiger Extractivſtoff

(Gmelin's Senegin, Pfaffs harzartige Modification des kratzenden Extractivſtoffs, ſiehe Rep. I. 680); 26,85 ſüßlich unangenehm kratzend ſchmeckender Seifenſtoff (nach Pfaff ſüßer Extractivſtoff mit kratzendem vermiſcht); 9,50 Gummi mit etwas Eiweis; 46,00 Holzfaſer; 4,00 Verluſt (Berl. Jahrb. 1804. 112).

Peſchier fand in der Senegawurzel: 1) zwei harzige Prinzipien von verſchiedenem Grade der Auflösbarkeit; 2) Polygalin (Rep. I. 680); 3) Iſoluſin (ebendaſ.); 4) ein gummiartiges Princip; 5) ein gelblichfärbendes Princip; 6) Inulin; 7) eine kleine Menge eines Alkaloids (gelblich, durchſichtig, in Waſſer, aber nicht in Weingeiſt löslich, nicht weiter unterſucht); 8) Polygalſäure an Kali und Eiſen gebunden; 9) phosphorſ. Kalk; 10) Holzfaſer. Die Aſche des erſchöpften Holzrückſtandes ließ khlſ. Kali und Natron; ſalzſ. Natron; phosphorſ. Kalk; Eiſen; Thonerde; Kieſelerde. — Auch über die Polygala amara, vulgaris und chamaebuxus hat Peſchier einige Verſuche angeſtellt (Buchner Repert. XI. 158. XII. 430. — Trommsd. N. J. VI. St. 1. S. 355. — Berl. Jahrb. f. Pharm. XXIV. St. 1. 154).

Nach Feneulle enthält die Senegawurzel: 1) ein flüchtiges Oel; 2) ein fettes Oel; 3) einen Bitterſtoff (Rep. I. 663); 4) einen blaßgelben harzigen Farbſtoff (Rep. I. 980); 5) Gummi; 6) pectiſche S.; 7) Eiweis; 8) ſauren äpfelſ. Kalk mit wenig ſchwefelſ. und phosphorſ. Kalk. — Durch Einäſcherung der Wurzel wurde erhalten: khlſ. und ſalzſ. Kali; ſchwefelſ., khlſ., phosphorſ. Kalk; Kieſelerde (Journ. de chim. méd. Sept. 1826. 436).

Gang der Analyſe nach Feneulle. — 1) Durch Deſtillation der Wurzel mit Waſſer ging ein Product von ekelhaftem Geruch, flüchtiges Oel enthaltend, über. — 2) Die Wurzel ward 24 Stunden mit W. digerirt; dieſes röthete Lackmus, gab mit Jod keine Spur Stärkmehl zu erkennen; trübte ſich, einige Minuten gekocht, ſtark und ließ in der Ruhe einen gallertartigen blaßgelben Niederſchlag fallen, aus welchem kochender Alkohol den ſtrohgelben Farbſtoff aufnahm und einen grauen Rückſtand von Eiweis ließ. — 3) Die zuvor mit lauem W. behandelten Wurzeln wurden durch mehrere ſucceſſive Abſude erſchöpft. Die vereinigten Auszüge, zur Hälfte abgedampft, ließen beim Erkalten eine neue Portion Farbſtoff fallen. Nach deſſen Abſonderung wurde die Fl. mit überſchüſſigem Bleyzucker gefällt, der abfiltrirte und gut gewaſchene Niederſchlag in deſt. W. gerührt, durch einen Strom Schwefelwſſſtſ. zerſetzt, das Schwefelbley abgeſondert, die Fl. zur Trockniß verdampft und der Rückſtand mit Alkohol von 40° B. behandelt, welcher ſauren äpfelſ. Kalk, nebſt einer kleinen Menge ſchwefelſ. und phosphorſ. Kalk zurückließ. Die alkoholiſche Auſl. ausgetrocknet und in deſt. W. gerührt ließ einen braunen Körper zurück, welcher veränderter Farbſtoff ſchien, die wäßrige Aufl. aber enthielt Aepfelſ. und Spuren von Schwefelſ. mit Farbſtoff. Die durch den Bleyzucker gefällte Fl. wurde vom überſchüſſigen Salze durch in gehörigem Verhältniß zugeſetzte Schwefelſ. befreit, im Marienbade zur Extractconſiſtenz verdampft und mit Alkohol durch Digeſtion erſchöpft, wo **Gummi** mit etwas Kalkſalz zurückblieb. Der Alkohol wurde zur Trockniß abgedampft, der Rückſtand mit deſt. W. behandelt, welches **Farbſtoff** zurückließ, die wäßrige Aufl. verdampft, wieder in Alkohol aufgelöſt, durch ein wenig überſchüſſige Schwefelſ. das darin befindliche eſſigſ. Kali zerſetzt, mit thier. Kohle gekocht, mit kauſtiſcher Magneſia geſättigt und der freiwilligen Verdunſtung überlaſſen, wo der **Bitterſtoff** blieb. — 4) Die mit W. erſchöpften Wurzeln wurden nun mit kochendem Schwefeläther und kochendem Alkohol erſchöpft. Dieſe nahmen viel **Farbſtoff**, ein wenig **Bitterſtoff** und ein fettes Oel auf. — 5) Aus der ſo erſchöpften Wurzel zog kochende Kalilauge **pektiſche** Säure aus.

Polypodium filix mas. — Siehe unter der Analyſe der Kryptogamen.

Psychotria emetica. — Die ſchwarze geſtreifte Ipecacuanha nach **Pelletier**: 12 fettige Subſtanz; 9 Emetin; eine Spur Gallusſ.; außerdem viel Stärkmehl nebſt Gummi und Holzfaſer (Vergl. Cephaëlis und Richardsonia).

Pteris aquilina. — Siehe unter der Analyſe der Kryptogamen.

Punica Granatum L. — Die Rinde der Wurzel nach **Mitouart**: Wachsartige Subſtanz; Gerbſtoff; zuckerartige, zum Theil kryſtalliniſche, in Alkohol, zum Theil in Waſſer lösliche mannitartige Mat.; eine große Menge Gallusſ. (Journ. de pharm. IX. 219. X. 352. — Berl. Jahrb. XXVI. 2. 221). — Nach **Bonaſtre** ſoll die Granatwurzelrinde auch Cajeputöl geben.

Wackenroder fand in der friſchen Rinde der Granatwurzel: 0,99 talgartiges, etwas ranziges, Oel; 11,77 Gerbſtoff mit anhängendem Schleim und Kalk; 6,45 Stärkmehl mit ein wenig Gerbſtoff; 3,82 Eiweis mit viel äpfelſ. Kalk; 53,26 Waſſer; 20,33 Holzfaſer; Spur von Gallusſäure; 3,38 Verluſt. — **Derſelbe** in der getrockneten Wurzelrinde: 21,92 gelben Gerbſtoff; 2,46 talgartiges, etwas ranziges, Oel; 26,09 Stärkmehl mit ein wenig anhängendem Gerbſtoff, Schleim und Kalk; 45,45 Holzfaſer mit Eiweis; 4,08 Verluſt — Die Holzfaſer hinterließ 9,42 p. C. Aſche, welche aus Kalk, etwas Magneſia und ſehr wenig ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali beſtand. Die Wurzelrinde ſelbſt ließ 14,38 Aſche, beſtehend in 100 Th. aus: 9,92 kohlſ., ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali und 90,08 Kalk mit einer mäßigen Menge Magneſia (Wackenroder de Anthelm. comment. Gott. 1826. p. 41).

Quassia excelsa. — Das Holz der Wurzel (Quaſſiaholz): Eine Spur flüchtiges Oel; Quaſſin (Bitterſtoff, (Rep. I. 664); Gummi; Holzfaſer; kleeſ., weinſteinſ., ſchwefelſ. und ſalzſ. Kalk (Morin in Journ. de pharm. VIII. 57). — Witting (Trommsd. J. VII. St. 2. 136) und Borchard (Brandes Arch. III. 1823. 165) fanden noch überdieß ein Ammoniakſalz *) und phosphorſ. Natron in der Miſchung des Quaſſiaholzes.

Das kalte Waſſer zieht die Bitterkeit der Quaſſia vollkommen aus, und wenn Reiben zur Hülfe genommen wird, ſogar beſſer, als das kochende; eine bei höherer Temperatur eintretende ſtärkere Oxydation ſcheint hier den Extractivſtoff unauflöslich zu machen.

Der wäſſrige Aufguß iſt blaßgelb, röthet kaum merklich das Lackmuspapier, beſitzt einen rein bittern Geſchmack, der nichts Unangenehmes hat, und iſt ohne merklichen Geruch. Die Bitterkeit der Quaſſia wird durch vegetabiliſche Säuren, als Eſſigſ., Citronenſäure, ſo wie umgekehrt die Säure etwas gemildert, ſie wird aber nicht durch Alkalien geſchwächt, wie es bei der Aloë der Fall iſt. Die Abkochung iſt nicht bitterer, als der kalte Aufguß, und nur wenig gelber gefärbt. Sie hat einen eigenthümlichen, nicht unangenehmen, doch nicht ſtarken Geruch.

Ueber die Menge des Extracts, welches die Quaſſia giebt, ſind die Angaben ſehr verſchieden. Hagen erhielt bisweilen aus 16 Unzen $3\frac{7}{8}$ Unzen, bisweilen aus 6 Pfunden nur 8, 9 bis 10 Unzen. Trommsdorff (J. III. 1. S. 182) hat mehrere Verſuche hierüber angeſtellt. Er erhielt durch verſchiedenes mehrmaliges Ausziehen aus einem Pfunde 2 Unzen 5 Drachmen und 10 Gran Extract ($2\frac{1}{8}$ Unze vom Pfunde iſt die gewöhnliche Ausbeute). Die beiden erſten Digeſtionen gaben äußerſt bittre, dunkel- und hellgelb gefärbte Extracte, die dritte Digeſtion ein Extract, das ſehr hellgelb ausſah, körnig war und geſalzen ſchmeckte. Zur Pulvertrockne gebracht zog es Feuchtigkeit aus der Luft an, ſchmeckte bitter, aber doch geſalzen, und beſtand nach ferneren Unterſuchungen aus bitterm Extractivſtoffe, kleeſ. oder weinſteinſ. Kalke, und wie es ſchien etwas ſalzſ. Kalke und Selenit. Beim vierten Auskochen erhielt Trommsdorff ein wenig Extract wie bei 3, beim 5ten Aus-

---

*) Dieß giebt ſich durch den deutlichen Geruch nach Ammoniak beim Uebergießen des Holzes mit Aetzkaliflüſſigkeit zu erkennen. Nach Poſſelt findet es ſich auch im Quaſſiaextract, und wird hier durch daſſelbe Reagens angezeigt.

kochen aber ein Extract, das ziemlich weiß ausſah und faſt gar nicht bitter war.

Auch der Weingeiſt zieht die Bitterkeit der Quaſſia vollkommen aus. Die Tinktur hat eine dunkle, gelbe Farbe und iſt von außerordentlicher Bitterkeit, doch iſt die Menge des geiſtigen Extracts viel geringer, als die des wäßrigen, und beträgt nach Trommsdorff nur $\frac{1}{16}$.

Rheum palmatum L. (Aechter Rhabarber) und Rheum Rhaponticum L. (Unächter Rhabarber oder Rhapontikawurzel). —

Ruſſiſcher ächter Rhabarber nach Schrader: 4,8 Harz; 26,4 Seifenſtoff; 12,8 wäßriges Extract (Schleim); 49,5 faſriger Rückſtand; 4,5 kleeſ. Kalk; (2,0 Verluſt). — Die im Gärten kultivirte Wurzel von Rheum palmatum nach demſelben: 2,8 Harz; 24,0 Seifenſtoff; 14,8 wäßriges Extract (Schleim); 47,0 faſriger Rückſtand; 9,0 kleeſ. Kalk; 2,4 Verluſt (Pfaff mat. med. III. 39).

Henry fand im ruſſ. Rhabarber: Eine geringe Menge eines fetten, milden, in Alkohol auflöslichen, Oels (nach Pfaff eher ein Product der Operation); gelben eigenthümlichen Farbſtoff (Henry's Rhabarbarin Rep. I. 976); Gummi; ſtärkmehlartige Mat.; ſauren äpfelſ. Kalk; etwas ſchwefelſ. Kalk und ein Kaliſalz (Journ. de Ph. LXXXIV. 344. — Trommsd. J. XXIV. St. 2. 88).

Brande erhielt aus dem beſten ruſſ. Rhabarber: 10,0 Harz; 26,0 Extractivſtoff, Gerbſt. und Gallusſ.; 31,0 Gummi; 16,3 Holzfaſer; 6,5 äpfelſ. Kalk; 2,0 phosphorſ. Kalk; 8,2 Waſſer (Thoms. Ann. XVII. 460. — Frorieps Notizen. I. 10).

Ueber Henderſon's Rhabarberſäure ſ. Rep. I. 281.

Ueber Pfaffs Rhabarbarin ſ. Rep. I. 620.

Ueber Vaudin's Rhein ſ. Rep. I. 975.

Ueber ein problematiſches Alkaloid im Rhabarber ſ. Rep. I. 526.

Meißner fand in der Rhabarberwurzel wirklichen Zucker, welchen er jedoch nicht kryſtalliſirt erhalten konnte, und welcher Urſache ſeyn mag, warum der Rhabarberaufguß ſo leicht in Gährung übergeht (Trommsd. N. J. VI. St. 1. 295). Die neueſte und zwar vergleichende Unterſuchung des Ruſſiſchen, Engliſchen und des unächten Rhabarbers rührt von Hornemann her. Derſelbe erhielt als Mittel von mehrern Analyſen:

	Ruſſ.	Engl.	Rhapontik.
Rhabarberſtoff nach Pfaff . .	16,042	14,375	10,156
Gelber Farbſtoff nach Henry . .	9,383	9,166	2,187
Bittres zuſammenziehendes Extract	14,687	16,458	10,416
Oxydirter Gerbſtoff . . .	1,458	1,249	0,833
Schleim	10,000	8,333	3,542
Aus der Faſer durch Kalilauge ausgezogene Subſtanz . . .	28,333	30,416	40,208
Sauerkleeſ., in der Kalilauge enthalten	1,042	0,833	—
Ungelöſter Rückſtand . . .	14,583	15,416	8,542
Beim Austrocknen der Wurzel ging verloren	8,333	8,125	6,043
Verluſt . . . . — .	0,939	0,629	1,447
Rhaponticin	—	—	1,043
Stärkmehl	—	—	14,583
	100	100	100

70 ungelöſter Rückſtand von 1 Unze ruſſ. Rhab. gab 33 Gran Aſche, beſtehend aus einer Spur Kali, 1 Gran Kohle; 2 Gr. Kieſelerde; 1 Gr. kohlſ. Magneſia; 1 Gr. Thonerde mit einer Spur Eiſenoxyd; 28 Gr. kohlſ. Kalk. — 74 Gr. ungelöſter Rückſt. von 1 Unze engl. Rhab. gab 39 Gr. Aſche, beſtehend aus einer Spur Kali, 1 Gr. Kohle, 2 Gr. Kieſelerde, 1 Gr. kohlenſ. Magneſia, 1 Gr. Thonerde mit einer Spur Eiſenoxyd, 34 Gr. kohlſ. Kalk. — 41 Gr. ungelöſter Rückſt. von 1 Unze Rhapontikwurzel gab nur 4 Gr. Aſche, beſtehend aus Kali, Kalk, Thonerde, Magneſia. (Berl. Jahrb. XXIII. 252).

Richardsonia scabra Kunth. — Die weiße Ipecacuanha nach Pelletier: 5 Emetin; 35 Gummi; 57 Holzfaſer; 1 vegetab. thier. Subſt.; 2 Verluſt.

Die falſche Ipecacuanha (welche jedoch wahrſcheinlich von Viola Ipecacuanha herkommt), nach Pelletier: 2 fette Subſtanz; 6 Emetin; übrigens viel Stärkmehl und wenig Holzfaſer.

Rubia tinctorum. (Krapp, Färberröthe). — Die Wurzel nach Kuhlmann: Rother Farbſtoff; gelber Farbſtoff; Holzfaſer; Pflanzenſäure; ſchleimiger Stoff; thieriſch vegetabiliſche Materie; Gummi; Zucker; Bitterſtoff; riechendes Harz; in der Aſche: kohlſ., ſchwefelſ., phosphorſ. und ſalzſ. Kali; kohlſ., phosphorſ. Kalk; Kieſelerde. (Ann. de Chim. et de Phys. XXIV. Nov. 1823. p. 233 überſ. in Buchner Repert. XVII. St. 1. 120; in Berl. Jahrb. XXVI. 1 Abth. 120. — in Hänle Mag. 1824. März. 275. — in Trommsd. N. J. VIII. St. 2. 111). Nach John: 1,0 Rothbraunes wachsartiges Fett; 3,0 harziges Krapproth, (Rep. I. 208) 20,0 extractives Krapproth

(Rep. I. 864); 5,0 oxydirter Extractivſtoff; 8,0 bräunliches Gummi; 43,5 Holzfaſer; 8,0 ſaures weinſteinſ. Kali und Kalk; ungefähr 2,0 phosphorſ., ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali, 7,50 phosphorſ. Kalk mit Magneſia; 0,50 Eiſenoxyd (mit Phosphorſ.?); 1,50 Kieſelerde. (John chem. Schriften IV. 94). — Nach Bucholz: 1,2 harziges Krapproth; 39,0 extractives Krapproth (mit Zucker gemengt); 1,9 rothbraune, in Kali und erhitztem Weingeiſt lösliche Subſtanz; 0,6 beiſſender Extractivſtoff; 9,0 rothbraunes Gummi; 22,5 noch etwas röthlich gefärbte Holzfaſer; 4,6 nur in Kali lösliche Subſtanz; 1,8 pflanzenſ. Kalk mit Farbſtoff; 12,0 Waſſer; 7,4 Verluſt. (Bucholz Taſchenb. für Scheidekünſtler 1811.*))

Erſt neuerdings iſt der extractive Farbſtoff des Krapps von Colin und Robiquet rein als Alizarin dargeſtellt worden. Daß der Krapp Zucker enthalte, den in der That Kuhlmann darin fand, ergiebt ſich auch aus Döbereiner's Beobachtung, daß ſich beim Zuſatz von Hefen zum Krappdecoct Weingeiſt bildete (Schweigg. J. XXVI. 268 und Trommsd. J. XXIV. 260). Kuhlmann erhielt ihn ſo, daß er den Krapp 24 Stunden lang in deſt. Waſſer maceriren ließ, durch Barytwaſſer die vorſtechende S., die ſchwefelſ. und phosphorſ. Verb. aus dem Auszuge fällte, dieſen dann zur Syrupsdicke abdampfte und hierauf mit Weingeiſt von 80 p. C. behandelte, der den Zucker auflöſte und durch Abdampfen und Behandeln mit thieriſcher Kohle lieferte. — Bei der Bucholziſchen Analyſe blieb er dem extractiven Farbſtoff beigemengt.

Döbereiner erwähnt übrigens Folgendes über die Farbſtoffe des Krapps: „Der Krapp enthält zwei verſchiedene Pigmente: ein ſaures gerbſtoffhaltiges von blaurother Farbe und ein baſiſches roſenrothes. Vermiſcht man einen Abſud des Krapps mit einer Auſl. von Bleyzucker, ſo wird das erſte Pigment in Verb. mit Bleyoxyd gefällt und letzteres bleibt aufgelöſt. Oder behandelt man den Krapp ſo lange mit kaltem W., bis dieſes ſich nicht mehr färbt und übergießt man ihn nachher mit einer Auſl. von Alaun in W., ſo wird im erſten Falle das ſaure Pigment, und im letztern das baſiſche roſenrothe aufgelöſt, und man kann dann dieſes durch Kalkwaſſer fällen und in der größten Schönheit darſtellen.“ — Ueber das Verhältniß dieſer von Döbereiner angeführten Farbſtoffe zu dem extractiven und harzigen Krapproth, welche (Rep. I. 864. 906) beſchrieben worden ſind, iſt noch nichts ausgemittelt. — Einige unvollſtändige Verſuche über die

---

*) Dieſelbe Analyſe findet ſich im Berl. Jahrb. 1810, wo ſie Hinle zugeſchrieben iſt.

Farbſtoffe des Krapps von Funke befinden ſich auch in Trommsd. Taſchenb. 1826. 26.

Saponaria officinalis L. (Seifenkraut). — Nach Bucholz: 0,25 braunes Weichharz; 34,00 Saponin (Rep. I. 102); 0,25 verhärteter Extractivſtoff; 33,00 Gummi mit wenig baſſorinartigem Stoff; 13,00 Waſſer; 2,75 Ueberſchuß (Bucholz Taſchenb. 1811. 33).

Scilla maritima L. (Gemeine Meerzwiebel). — Nach Vogel die bei 100° C. getrocknete Zwiebel: 35 Scillitin mit etwas Zucker; 24 Gerbſtoff; 6 Gummi; 30 Holzfaſer nebſt etwas citronenſ. Kalk (nach Planche und nach Gmelin iſt es weinſteinſ. Kalk); 5 Verluſt und ein ſcharfer flüchtiger nicht abgeſondert darſtellbarer Stoff. (Schweigg. J. VI. 101): Nach Buchner die friſche Zwiebel: 79,01 Waſſer; 7,67 eigenthümlicher bitterer Extractivſtoff; 3,09 Schleim; 0,56 Tragantſtoff (von Buchner als gallertartiger Stoff aufgeführt); 0,31 phosphorſ. Kalk; 3,30 Faſerſtoff; 6,03 Verluſt und Spur einer adſtringirenden S. (Berl. Jahrb. XV. 1.; Pfaff mat. med. VI. 521). — Nach Tilloy: Scharfer, ſehr flüchtiger Stoff; Fett; Gummi; unkryſt. Zucker; Scillitin; noch citronſ. Kalk, Gerbſt. u. ſ. w. ward nicht geſichtet. (Journ. de pharm. XII. 635). Eine frühere Analyſe der friſchen Meerzwiebel von Gren und Athanaſius ergab auch etwas Stärkmehl und Eiweißſtoff als Beſtandtheile derſelben. (Trommsd. J. III. St. 1. 156).

Smilax Sassaparilla L. (Saſſaparille). — Nach Canobbio: 2,8 bitteres ſcharfes Harz; 5,5 extractive gummöſe Mat.; 54,2 Stärkmehl; 27,8 Holzfaſer; 9,7 Verluſt. (Brugnatelli Giorn. di Fisica Decad. II. 1. 121.) — Nach Pfaff: 2,0 Balſamharz; 2,6 kratzender Extractivſtoff; 3,6 dem Chinaſtoff ähnlicher Extractivſtoff; 0,5 gemeiner Extractivſtoff; 1,4 gummiger Extractivſtoff; eine Spur Stärkmehl; 73,0 Holzfaſer; 2,1 Eiweißſtoff; 2,9 W.; 0,7 Verluſt. — Die 7,5 p. C. betragende Aſche beſtand aus baſ. phſ. und ſchwefelſ. Kali; phſ. und ſchwefelſ. Kalk; Eiſenoxyd und Kieſelerde. (Pfaff Handb. d. anal. Chem. II. 442).

Solanum tuberosum L. (Kartoffeln). — Die Nierenkartoffel (kidney potatoes) enthält nach Pearſon in 100 Th. 68 bis 72 Waſſer und 32 bis 28 Mehl. Dieſes zerlegte er in 17 bis 15 Stärkmehl, 9 bis 8 fadenartige oder fibröſe Subſtanz und 6 bis 5 extractive Theile oder im kalten Waſſer auflöslichen Schleim, der nicht näher zerlegt wurde. Aus 1000 Gran Kartoffeln wurden 15 Gran Aſche erhalten, welche ungefähr 75 p. C. auflösliche Beſtandtheile enthielt; im Uebrigen aber aus Eiſen- und Manganoxyd, phosphorſ. Kalk, Magneſia und ſalzſ. Natrum zu beſtehen ſchien. In den friſch geschälteren Kartoffeln bemerkte Pearson eine Säure, die er nicht näher untersuchte. (Scherer J. VIII. 644; auch Hermbst. Arch. I. 127).

Genauer als Pearson haben Einhof, Lampadius und Vauquelin die Kartoffeln zerlegt. Die Resultate der beiden ersten stellen wir hier tabellarisch zusammen. (Einhof in Gehlen N. a. J. IV. 455 und in Gehlen J. V. 361; auch in Hermbst. Arch. II. H. 1. S. 1. — Lampadius in Schweigg. J. IX. 362. — Vauquelin in Journ. de Phys. LXXXV. 113).

Art der Kartoffeln.	Stärkmehlartige Faser. (Vergl. I. 713.)	Stärkmehl.	Eiweißstoff.	Gummi.	Freie Säuren und Salze.	Wasser.	
Rothe Kartoffeln .	7,0	15,0	1,4	4,1	5,1	75,0	Einhof.
Gekeimte rothe Kart.	6,0	15,2	1,3	3,7	nicht best.	73,0	
Keime derselben .	2,0	0,4	0,4	3,3	nicht best.	93,0	
Große rothe Viehkart.	6,0	12,9	0,7	nicht best.	nicht best.	78,0	
Sandkartoffeln .	8,8	9,1	0,9	nicht best.	nicht best.	81,3	
Zwiebelkartoffeln .	6,8	15,1	0,8	nicht best.	nicht best.	74,3	
Peruvianische Kart.*)	5,2	15,0	1,9		1,9	76,0	Lampadius.
Englische Kartoffeln	6,8	12,9	1,1		1,7	77,5	
Zwiebelkartoffeln .	8,8	10,7	0,8		1,7	78,5	
Voigtländische Kart.	7,1	15,4	1,2		2,0	74,3	

Die freien Säuren sind nach Einhof Weinsteinsäure und Phosphorsäure; und an Salzen fand er phosphors., schwefels., salzs. und pflanzens. Kali. — [illegible] Loth völlig trockne rothe Kartoffeln liefern 96 Gran Asche von scharfem alkalischem Geschmack; enthaltend 44 Gran auflösliche Theile: bestehend aus kohlensaurem, phosphors., schwefels. und salzs. Salz; während die unauflöslichen Theile aus Kieselerde, Kalk, Thonerde, Magnesia und Eisenoxyd bestanden.

Nach Vauquelin enthält der in W. lösliche Theil der Kartoffeln: sehr wenig bitteres, gewürzhaftes, krystallisirbares Harz (Bd. I. 1224); 0,4 (p. C.) Asparagin; ungefähr 0,4 bis 0,5 stickstoffhaltige, übrigens dem Gummi ähnliche, nicht durch Gerbstoff fällbare thier. vegetab. Materie; 1,4 schwarz gefärbten Eiweißstoff; freie Citronensäure;

---

*) [illegible]

citronenſ. Kali; 1,2 citronenſ. Kalk; phosphorſ. Kali und phosphorſ. Kalk.

Baup will in den Kartoffeln, und noch reichlicher deren Keimen, auch etwas Solanin gefunden haben. (Ann. de Chim. et de Phys. XXXI. 108).

Einhof hat auch Unterſuchungen über die Veränderungen, welche beim Gefrieren, Kochen und Keimen der Kartoffeln eintreten, angeſtellt, die wir hier folgen laſſen.

Gefrorene Kartoffeln. — Wenn die Kartoffeln auf einmal in eine ſehr niedrige Temp., von etwa — 10° R., gebracht werden, ſo gefrieren ſie ſchnell zu einem ſteinharten Körper, ohne die geringſte Süßigkeit anzunehmen, und nehmen dieſe auch dann nicht an, wenn man ſie mehrmals langſam oder ſchnell wieder aufthauen läßt.

Werden hingegen die Kartoffeln in eine Temp. gebracht, die dem Gefrierpunkt nahe oder blos einige Grade unter demſelben iſt, ſo erhalten dieſelben Süßigkeit, ohne daß ſie, wenn der Froſt nicht etwa — 4° R. überſteigt, erſtarren. Man bemerkt während der Zuckerbildung, welche unter dieſen Umſtänden in ihnen vorgeht, keine äußere Veränderung an denſelben, als daß ſie weicher werden. Jedoch erhalten nicht alle Kartoffeln unter gleichen Umſtänden Süßigkeit, und **Einhof** fand, daß oft die Hälfte ohne alle Süßigkeit blieb. Dieſe erſtarrten indeß bei einer Kälte, bei welcher die ſüß gewordenen weich blieben und man konnte dieſe leicht durch das Anfühlen von jenen unterſcheiden.

Die ſüßgewordenen Kartoffeln nehmen an Süßigkeit zu, wenn ſie abwechſelnd einer Temp. von etwa 8° bis 12° R. über Null und 1° bis 2° unter Null ausgeſetzt werden; indeß können ſie dieſen Wechſel der Temp. nicht oft ertragen, ohne getödtet zu werden. Aus ihrer äußern Schaale dringt endlich ein zuckerſüßer Saft hervor, welcher nach einiger Zeit Syrupsconſiſtenz annimmt, und bald darauf gehen ſie in Gährung über.

Kartoffeln, die in einer heftigen Kälte auf einmal erſtarrt und getödtet worden waren, nahmen, wenn man ſie auch denſelben Umſtänden ausſetzte, unter welchen ſich in andern Kartoffeln Zucker bildete, nie Süßigkeit an: denn wenn ſie gleich, nachdem ſie aus ihrer Erſtarrung zurückgekommen, eine Zerſetzung ihrer Grundmiſchung zeigten, ſo war doch das Product derſelben nie Zucker.

Einhof glaubt aus mehrern Umſtänden ſchließen zu können, daß es nicht der Froſt an ſich, ſondern nur die durch den Froſt verminderte, aber nicht zugleich zerſtörte, Lebenskraft iſt, welche die Zuckerbildung bedingt. So bemerkte er, daß es im Monat October und November, wo die Kartoffeln noch friſch ſind, weit ſchwerer hielt, die Kartoffeln ſüß zu machen, als im Jan. und Februar; daß ferner zu Anfange Frühjahrs die Kartoffeln oft von ſelbſt, ohne daß Kälte dabei einwirkt, und ohne zu keimen, in einem Keller ſüß werden.

Die Gährung der völlig getödteten ſüßen Kartoffeln anlangend, ſo geht ſie in verſchiedener Art vor ſich. Mehrentheils geht eine weinige Gährung vor; die jedoch in einigen Fällen ſo ſchnell vorübergehend iſt, daß man ſie kaum bemerkt, und daß nur die darauf folgende Eſſiggährung ſehr bemerkbar wird. Kommen die ſüßen Kartoffeln in die weinige Gährung, ſo entwickelt ſich mehrentheils aus ihrer äußern Schaale ein Schaum, welcher von entweichender Kohlenſäure herrührt. Die Kartoffeln erhalten einen angenehmen Weingeruch, welcher mit dem Geruche der Melonen einige Aehnlichkeit hat. Manche Kartoffeln behalten dieſen Geruch mehrere Tage, während andre ihn nur einige Tage zeigen. Bei eintretender Eſſiggährung verändert ſich der Geſchmack und Geruch in einen ſauren. Auch ihre Dauer iſt verſchieden von 1 bis 8 Tagen. Der Eſſiggährung folgt endlich die Fäulniß. Die Farbe der Kartoffeln wird dunkel und endlich ſchwarz; ihr Geruch unangenehm und ſtinkend; ihre Oberfläche ſchmierig. Reibt man ſie mit Kali, ſo entwickelt ſich ein ſtarker Ammoniakgeruch.

Die chemiſche Unterſuchung ſüßgewordener Kartoffeln ergab in ihnen dieſelbe Quantität Stärkmehl, Faſer und Eiweisſtoff, als in den geſunden Kartoffeln; ſo daß Einhof den Zucker auf Koſten des Schleims gebildet glaubt.

Die in der weinigen Gährung ſich befindenden Kartoffeln gaben bei ihrer Zerlegung dieſelbe Menge Stärkmehl, Faſer und Eiweis. Letztres ſchien indeß eine Veränderung erlitten zu haben, indem es ſich nebſt dem Stärkmehl größtentheils aus der Flüſſigkeit niederſchlug, und ſich über dieſer lagerte. Die Faſer hatte noch dieſelbe Beſchaffenheit, als in der geſunden Kartoffel und es ließ ſich aus ihr noch eine gleiche Menge Stärkmehl gewinnen.

Die Unterſuchung der ſauergewordenen Kartoffeln gab ähnliche Reſultate. Auch hier war der Schleim hauptſächlich angegriffen; das Satzmehl war unverändert; das Eiweis ſchlug ſich nieder. Indeß ſchien die Faſer auch in die ſaure Gährung übergegangen zu ſeyn; ſie röthete, ſelbſt bei einem öfter wiederholten Auswaſchen, noch das Lackmuspapier und gab durch das Zerreiben nicht mehr dieſelbe Menge Stärkmehl, welche aus der Faſer geſunder Kartoffeln erhalten worden war.

Bei den faulenden Kartoffeln ließ ſich keine Trennung ihrer näheren Beſtandtheile bewirken. Zerrieben und mit W. ausgewaſchen gaben ſie eine ſchwarze Materie, welche aus Eiweis und Stärkmehl beſtand und im feuchten Zuſtande ihre Fäulniß weiter fortſetzte. Die Faſer war braun und ließ ſich zu einem gleichförmigen Brei zerreiben; bei ihrer fortgehenden Fäulniß zeigte ſie, daß noch Eiweis mit ihr verbunden war. Der Schleim hatte eine ſtarke Oxydation erlitten und gab abgedampft ein übelriechendes und widerlich ſchmeckendes Extract, welches an Gewicht weniger betrug, als das aus geſunden Kartoffeln erhaltene.

Was die Veränderungen anlangt, welche die durch ſtarkem Froſt ſchnell getödteten Kartoffeln erleiden, ſo bemerkt Einhof darüber Folgendes:

Zerſchneidet man ſolche gefrorne Kartoffeln und bringt ſie in eine Temp., wo ihr Saft wieder den Zuſtand der Flüſſigkeit annimmt, ſo werden die Schnittflächen bald bräunlich und erhalten binnen einigen Stunden eine ſchwarzbraune Farbe. Man bemerkt in der Maſſe der wieder aufgethauten Kartoffel größere Hölungen, wodurch ſie gewiſſermaßen einem Badeſchwamm gleicht; es fließt beim Zerſchneiden derſelben von ſelbſt ein bräunlicher Saft aus, und man kann durch ſtarkes Drücken die Kartoffel gröſtentheils von ihrem Safte befreien.

Die Gährung dieſer Kartoffeln nimmt bald, nachdem ſie aus ihrem erſtarrten Zuſtande gekommen ſind, ihren Anfang, und iſt auch, wie bei den ſüßen Kartoffeln, von verſchiedener Natur. Bei mehrern derſelben, welche durchaus nichts Süßes zeigten, bemerkte Einhof dennoch eine weinige Gährung, welche ſich mit denſelben Kennzeichen äußerte, indeß nie ſo lange anhielt, als bei den ſüßen Kartoffeln. Die meiſten Kartoffeln wurden indeß, ohne in eine merkliche Weingährung überzugehen, bald ſauer und verhielten ſich dann eben ſo wie die ſüßen Kartoffeln unter ähnlichen Umſtänden. Bei einigen ließ ſich weder eine weinige noch eine ſaure Gährung wahrnehmen, ſondern es trat die Fäulniß oft ſchon nach einigen Stunden, nachdem ſie aufgethaut waren, ein. Ueberhaupt gingen auch diejenigen Kartoffeln, welche die weinige und ſaure Gährung erlitten hatten, früher in Fäulniß uber, als die ſüßen Kartoffeln.

Gekochte Kartoffeln. — Abgewaſchene ganze Kartoffeln, bis zum Mürbewerden gekocht und abgetrocknet, zeigten im Durchſchnitt 1 bis 1½ p. C. Verluſt. Aus ſüßgewordenen gekochten Kartoffeln drängte ſich beim Erkalten ein röthlicher Saft von ſüßem Geſchmack und Syrupsconſiſtenz.

32 Loth in feine Scheiben zerſchnittene gekochte Kartoffeln ließen nach völligem Trocknen 9 Loth einer harten brüchigen durchſcheinenden Subſtanz von röthlicher Farbe und vollkommen glaſigem Bruch zurück, welche zerrieben ein weißes, mit Stärkmehl die größte Aehnlichkeit zeigendes, Mehl gab.

Ein Theil der gekochten Kartoffeln wurde zu einem feinen Brei zerrieben und dieſer mit kaltem W. ausgewaſchen. Je öfter das Auswaſchen geſchahe, deſto weißer wurde die zerriebene Kartoffelmaſſe. Die Fl. blieb waſſerhell und es zeigte ſich nach ihrer Verdampfung, daß ſie eine unbedeutende Menge Pflanzenſchleim aufgelöſt hatte. — Der ausgewaſchene Brei wurde in einem Filter geſammelt; er trocknete in der Wärme ſehr zuſammen und gab eine harte glaſige Materie, die in Allem mit den getrockneten Scheiben der gekochten Kartoffeln übereinſtimmte. — Eine beſtimmte Menge derſelben ward zu einem feinen Pulver zerrieben und mit W. angerührt. Es bildete ſich ein ſteifer Brey, welcher mit dem aus friſch gekochten Kartoffeln große Aehnlichkeit hatte. Derſelbe wurde mit reinem Waſſer angerührt und gekocht; allein es entſtand kein Kleiſter und auch durch anhaltendes Kochen ließ ſich das Stärkmehl nicht auflöſen. Die weſentlichſte Veränderung, welche die Kartoffeln durch das Kochen erleiden, beſteht nach Einhof's Deutung dieſer Erſcheinungen darin, daß eine genaue Verbindung des Stärkmehls, Eiweißes und der Faſer entſteht und dadurch das erſtere und die letztere in heißem Waſſer gänzlich unaufl. werden. Hieran ſey insbeſondre das Eiweis Schuld, durch deſſen Gerinnung das Stärkmehl und die Faſer ſo umhüllt werden, daß das W. auf dieſelben keine auflöſende Kraft mehr äußern kann.

Gekeimte Kartoffeln. — In einem mit Sand angefüllten Kaſten wurden mehrere geſunde Kartoffeln in ein warmes Zimmer geſetzt und in der nöthigen Feuchtigkeit erhalten. Acht Stück derſelben wurden vor und nach dem Keimen gewogen, und gaben folgende Reſultate.

	vor dem Keimen			nach dem Keimen ohne d. Keim			d. Keim wog
Nr. 1.	6 Loth	4 Q.	58 Gr.	6 L.	5 Q.	27 Gr.	32 Gr.
2.	6 —	2 —	55 —	6 —	3 —	7 —	25 —
3.	6 —	4 —	50 —	6 —	5 —		11 —
4.	4 —	6 —	48 —	6 —		20 —	42 —
5.	6 —	1 —	48 —	6 —	2 —	9 —	16 —
6.	4 —	3 —	28 —	4 —	4 —	9 —	16 —
7.	6 —	3 —	32 —	6 —	3 —	45 —	8 —
8.	6 —		57 —	6 —	4 —	6 —	13 —

Es erhellt alſo aus dieſem Verſuche, daß die Kartoffeln, anſtatt im Gewicht abzunehmen in dem Maße als der Keim wuchs, ihr Gewicht vielmehr vergrößerten; unſtreitig vermöge Aufnahme von Waſſer aus der Erde.

Spigelia anthelmia. — Nach Feneulle: Flüchtiges Oel; fettes Oel; eine ſehr geringe Menge Harz; eine bittre Subſtanz, welche die wurmtreibende Kraft zu beſitzen ſcheint (Rep. I. 669); Schleimzucker; Holzfaſer; Eiweißſtoff; Gallusſ., äpfelſ. Kali; äpfelſ. Kalk; Mineralſalze. (Hänle Mag. 1823. III. 149).

Spigelia Marilandica L. — Die verkäufliche Wurzel nach Wackenroder: Eine Spur fetten, in kaltem Alkohol unlöslichen, Oels; 3,13 ſcharfes etwas ekelhaftes Harz mit ein wenig fettem Oel; 4,89 eigenthümlicher bitterſcharfer, eiſengraufällender, ekelhafter Stoff mit etwas ſalzſ. Ammoniak; 10,56 eigenthümliche Art eiſengrünenden Gerbſtoffs von graubrauner Farbe, übrigens mit dem im Kraute gefundenen größtentheils übereinkommend; 82,69 Holzfaſer. Die erſchöpfte Faſer lieferte 16,74 p. C. Aſche, enthaltend in 100 Theilen: 2,13 ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali; 97,87 khlſ. Kalk und khlſ. Magneſia mit ſehr viel erdigen Stoffen. Die Wurzel ſelbſt, von anhängender Erde möglichſt gereinigt und bei 15° R. getrocknet lieferte, 21,32 p. C. Aſche, enthaltend in 100 Th. 7,31 p. C. daſ. khlſ., ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali und 92,69 in W. unlösliche Theile, zum kleinern Theil aus khlſ. Kalk und khlſ. Magneſia, zum größern aus Kieſelerde, Thonerde und Eiſenoxyd beſtehend (Wackenroder De Anthelm. comment. Gott. 1826. p. 55).

Valeriana officinalis L. — Die getrocknete Wurzel nach Trommsdorff: 1,041 äth. Oel*) (Rep. I. 1052); 6,250 Harz; 12,500 harziger Extractivſtoff; 9,375 gummiger Extractivſtoff; 1,563 Satzmehl; 69,271 holziger Rückſtand (Trommsd. J. XVIII. St. 1. 3). — Braconnot will auch noch äpfelſ. Kalk und ein ſchwefelſ. Salz darin bemerkt haben.

Veratrum album L. (Weiße Nießwurz). — Nach Pelletier und Cav.: Fette Mat., aus Oel, Talg und einer der Sabadillſ. ähnlichen, aber nicht kryſtalliſirenden, S. beſtehend; extractiver gelber Farbſtoff; ſaures gallusſ. Veratrin; Gummi; Stärkmehl; Holzfaſer. — Die Aſche: khlſ. Kali; khlſ. und ſchwefelſ. (?) Kalk; Kieſelerde (Schweigg. J. N. R. I. 85).

Zingiber officinale Rosc. (Amomum Zingiber L. Gemeiner Ingwer). —

Die weiße Ingwerwurzel nach Bucholz: 1,56 flüchtiges Oel; 8,60 gewürzhaftes ſcharfes Weichharz; 0,65 bitterlich ſchmeckender, in abſ. Alkohol löslicher, Extractivſtoff; 10,50 ſäuerlich und beißend ſchmeckender, nicht in abſ. Alkohol löslicher Extractivſtoff; 12,05 Gummi; 19,75 dem Baſſorin ähnliches Stärkmehl; 26,00 durch Kali ausgezogener oxydirter Extractivſtoff (Ulmin?); 8,30 durch Kali ausgezogenes Baſſorin; 8,00 Holzfaſer; 11,90 Waſſer; 2,31 Ueberſchuß. (Taſchenb. für Scheidek. 1817. 62. 1 — Berl. Jahrb. XXV. 2. 66. — Journ. de pharm. IX. 263).

---

*) Wackenroder erhielt $\frac{1}{10}$ der getrockneten Wurzel äth. Oel.

Holz*) und Rinden.

Aesculus Hippocastanum (Roßkaſtanie). — Die Rinde nach **Dumenil**: 6,150 Hartharz; 17,968 Gerbſtoff; 10,975 gerbſtoffhaltiger Dickſaft; 3,125 bitterer Dickſaft; 62,604 Pflanzenfaſer; 4,692 Ueberſchuß. — Nach **Ollenroth**: 8,0 Gerbſtoff; 6,8 Gummi; 7,2 Extractivſtoff mit ſehr viel Gallusſ. verb.; 77,4 Faſerſtoff; 6 Verluſt. — (bei trockner Deſt. gaben 100 Theile: 7 emp. Oel; 37 eſſigartige S. mit Gallusſ. verbunden; 40 rückſtändige ſchwarze Kohle; 16 Kohlwſſgas mit kohlſ. Gas) (Berl. Jahrb. 1815. 246). — Nach **Pelletier** und **Caventou**: Grünliches fettes Oel; röthlichbraune harzige Materie; rother Farbſtoff; gelber ſchwach bitterer Farbſtoff; eiſengrünender, den Brechweinſtein nicht fällender Gerbſtoff; Gummi; Holzfaſer; etwas freie S., die mit Magneſia ein, wenig in W., nicht in Alkohol lösliches Salz bildet. (Buchners Repert. XII. 217). Ueber das Aeſculin ſ. (Rep. I. 440). — Nach **Martius** und **St. George** enthält die Roßkaſtanienrinde auch blauen Schillerſtoff (Rep. II. 736).

Alchornea latifolia Sw. (Alkornokrinde). — **Trommsdorff** fand zuerſt, daß dieſe Rinde in ihrem Verhalten gegen Reagentien der Chinarinde am nächſten komme, beſonders darin aber von ihr abweiche, daß der Bleyzucker in ihrer wäſſr. Abkochung einen gelben Niederſchlag bewirkt (Trommsd. J. XXV. St. 1. 38). — Nach **Rein** ſind ihre Beſtandtheile: 5,4 ziemlich geſchmackloſes Harz; 10,2 rein bitterer Extractivſtoff; 10,5 Gummi; 60,3 Pflanzenfaſer; 13,6 wäſſrige Feuchtigkeit; eine zweifelhafte Spur von Weinſteinſ. (Gilb. Ann. 1825. H. 5. 121). — Nach **Geiger**: 4,111 braunrothes, geſchmackloſes, dem Drachenblute ähnliches Harz; 9,222 ſauer reagirendes, in Waſſer und Alkohol lösliches, bitter zuſammenziehendes Extract, **Pfaffs** Chinaſtoff gleichkommend, durch Ausziehen mit W. erhalten; 0,444 bei dem Abdampfen unauflöslich gewordener, mit etwas Harz vermiſchter Extractivſtoff; 1,555 gummiges, etwas zuſammenziehend ſchmeckendes, chinaſauren (?) Kalk enthaltendes, Extract; 1,111 eiſengrünender, durch Alkohol ausgezogener Gerbſtoff; 3,000 eigenthümliche leimartige glänzende bittre Mat., in heißem W. nur weich werdend, dem Vogelleim ähnlich, elaſtiſch und zähe; 75,777 Pflanzenfaſer; 5,780 Verluſt an Feuchtigkeit (Trommsd. N. J. I. St. 2. 448). — Nach Bilz: 1,145 eigenthümliche, zwiſchen Wachs und Harz ſtehende, kryſtalliſirbare Subſt. (Alkornin; Rep. I. 1123.); 1,666 in Alkohol auflösliche, in W. und Aether unaufl. Subſt.; 14,271 Gerbſtoff; 33,541 gummiger Extractivſtoff; 49,377 verbrennl. Faſerſtoff und Verluſt. Der Faſerſtoff gab durch Verbrennen 3,058 p. C. Aſche; beſtehend im Hundert aus 57,1 khlſ. Kalk; 7,5 freiem nebſt ſalzſ. Kali; 21,2 Kieſelerde; 14,2 Eiſenoxyd, nebſt einer Spur Manganoxyd (Brandes Arch. XII. 56).

---

*) Eine Betrachtung der chemiſchen und phyſikaliſchen Eigenſchaften des Holzes im Allgemeinen wird weiterhin gegeben werden.

Angustura. — Ueber die ächte Angusturarinde ſ. Cusparia. — Die falſche ſoll von Brucea ferruginea Her. herkommen; welches aber nach Richard (med. Bot. II. 973) unwahrſcheinlich iſt. Sie enthält nach Pell. und Cav.: Unwirkſames Fett; gelben, in W. und Alkohol löslichen, Farbſtoff; gallusſ. Brucin; Spuren von Zucker; viel Gummi; Holzfaſer (Ann. de Chim. et de Phys. XII. 113. — Gilb. Ann. LXIII. 322. — Schweigg. J. XXVIII. 32. — Berl. Jahrb. XXIV. 1. 136.). — Wegen des Geſchichtlichen vergl. beſ. Pfaff mat. med. II. 102 und VI. 220.

Betula alba. — Die weiße Oberhaut der Rinde nach John: Deutliche Spuren von Betulin (Birkenkampher); 33,33 Harz; 1,66 bittrer Extractivſtoff mit Spuren von Gallusſ. und Gerbſtoff; 4,16 braunes gummöſes Extract; 60,83 Korkſtoff; ein geringer Gehalt an ſaurem pflanzenſ. Kali und Kalk, ſchwefelſ., ſalzſ. und phosphorſ. Alkalien, phosphorſ. Kalk und vielleicht Eiſen (John chem. Schr. V. 85). — Nach Hermbſtädt erhält man durch tr. Deſt. dieſer Oberhaut meiſt die Hälfte ihres Gewichts eines brenzlichen, ganz wie Juften riechenden, Oels, nebſt Gallusſ. haltender Holzſäure.

Caesalpinia Crista (Gelbes Fernambukholz). — Nach Chevreul: flüchtiges Oel; extractiver Farbſtoff (Rep. I. 957); Gerbſtoff; Holzfaſer; Eſſigſäure; Ammoniak- und Kalkſalze; ſchwefelſ. Salz; wahrſcheinlich auch Zucker und Gallusſ. — Die Eſſigſ. und das flüchtige Oel zeigen ſich in dem Deſtillat der wäßrigen Abkochung. — Ueber die Reactionen des wäßrigen Fernambukholzauszugs vergl. (Rep. I. 958). (Ann. de Chim. LXVI. 226).

Carapa gujanensis Aubl. (Persoonia guareoïdes W.). Die Rinde, welche ſehr viel Analogie mit der Chinarinde zeigt, nach

Petroz und Robinet: Grüne fette Mat. der in der China gleich (Rep. I. 1254); rother unaufl. Farbſtoff (Rep. I. 906); rother auflöslicher Farbſtoff oder Gerbſtoff, Eiſen ſchwarz fällend; gelber Farbſtoff; ein Alkaloid (Rep. I. 448); Chinaſäure; ein Kalkſalz, vielleicht chinaſaures; weder Gummi noch Stärkmehl (Journ. de pharm. VIII. 1821. 349. — Trommsd. N. J. VI. St. 2. 194).

Analyſe. 1) Ausziehen mit kaltem Aether; Filtriren, freiwilliges Verdunſten deſſelben; es bleibt die grüne fettige Materie. — 2) Ausziehen mit kaltem Alkohol, Filtriren, Abdampfen zur Trockniß, wo eine harzähnliche Materie bleibt, die ſich in ſehr glänzenden, durchſichtigen und ſehr ſchön rothen Schuppen abnehmen läßt. Aether zieht eine kleine Menge gelber Materie aus: Kalilauge bewirkt vollſtändige Aufl., und bei Zuſatz von Eſſigſ. fällt die rothe unaufl. Materie (rother harziger Farbſt.) nieder, während die Fl. nur eine kleine Menge gelblicher Materie zurückhält. — 3) a. Kochen mit Alkohol von 40° B. in einem Autoclav, Filtriren, Abrauchen zur Trockniß, Ausziehen mit heißem W. (das bei Seite geſetzt wird); b. Behandlung des Rückſt. mit kochendem Aether, der verdunſtet grüne fettige Materie und eine kleine Menge Subſtanz vom ſchönſten Roth abſetzt; c. neue Behandlung des mit Aether ausgezogenen Rückſt. mit kochendem W., welches mit Rücklaſſung von rother unaufl. Materie eine leichte gelbe Farbe und ſtarke Bitterkeit annimmt, d. Kochen dieſer Fl. mit Magneſia, welche die Fl. entfärbt und roſenroth niederfällt. e. Abdampfen der filtrirten Fl. zur Trockniß, Ausziehen mit Alkohol, der einige Flocken Magneſia als Rückſtand läßt, ſehr alkaliniſch wird, und verdampft an den Wänden der Schale eine kleine Schicht leicht gelblicher bittrer und alkaliniſcher Materie hinterläßt. f. Kochen des roſenrothen Magneſiaabſatzes mit Alkohol, der verdunſtet wiederum die ſehr bittre gelbliche alkaliniſche Materie zurückläßt. — g. Kochen der unter (3. a) bei Seite geſetzten Fl.*) mit ätzender Magneſia, aus deren Abſatz kochender Alkohol wiederum alkaliniſche Materie auszieht; Eingießen von baſ. khlſ. Kali in die Fl., mit welcher die Magneſia gekocht worden, (und worin die S. in Verb. mit Magneſia zu erwarten war, welche das Alkaloid aufgelöſt gehalten), Abfiltriren der Fl. von der niedergefallenen khlſ. Magneſia; Sättigen des überſchüſſig zugeſetzten baſ. khlſ. Kali's durch Eſſigſ.; Abdampfen zur Trockniß, Ausziehen des eſſigſ. Kali's aus dem Salzrückſtande durch Alkohol, wo dann eine kleine Menge der S., welche Chinaſ. zu ſeyn ſcheint, mit

---

*) Dieſe zeigt durch Reagentien Spuren von Kalk, der ſich nachher in der Magneſia feſtſetzte.

Kali in Verb. zurückbleibt. — 4) Kochen des Rückſt. der Rinde von (3) mit Waſſer; Abdampfen zur Trockniß, Behandeln mit Alkohol, der noch eine kleine Menge alkaliniſcher, wie es ſcheint, mit einer S. verunreinigter, Materie auszieht und rothen auflöslichen Farbſtoff zurückläßt. — 5) Digeriren des Rückſt. der Rinde von (3) (oder 4?) mit ſchwacher Eſſigſ., die zur Trockniß verdunſtet, eſſigſauren Kalk läßt.

Cassia occidentalis. — Die Fedegoſorinde, welche nach Aug. de St. Hilaire von vorſtehendem Baume kommt, enthält nach Cadet de Gaſſicourt: 1) eine wachsartige Materie; 2) eine harzige, bittere, eckelerregende Materie, welche der Bitterſtoff dieſer Rinde zu ſeyn ſcheint; 3) eine gelbfärbende Subſt., welche durch Ammoniak, Natron u. ſ. w. rothbraun wird; 4) ein wenig Gummi; 5) eine geringe Menge zuckrige Materie; kein Stärkmehl; 6) ein wenig Gallusſ.; 7) Holzfaſer; 8) ſchwefelſ. Kali; 9) ſalzſ. Kali; keinen Salpeter; 10) eſſigſ. Kali, vielleicht auch andre, nicht erkannte Pflanzenſalze; 11) phosphorſ. Kalk; 12) kleeſ. Kalk; 13) Kieſelerde; 14) Eiſenoxyd. — Fünfhundert Grammen dieſer Subſtanz gaben nach ihrer Einäſcherung und Auslaugung 5,6 Grammen alkaliſches Salz. (Journ. de pharm. May. 1824. — Geiger Mag. f. Pharm. 1824. July. — Buchner Repert. XVII. 412. — Berl. Jahrb. XXVI. 2. p. 219).

Cedrela febrifuga Blume (Cedr. Toona Roxb.). — Aus 1 Unze Rinde zogen W., Alkohol und Aether: 20 Gran eiſengrünenden Gerbſtoff, 23 Gran eigenthüml. harzigen Gerbſtoff; 13 Gran gummigen geſchmackloſen braunen Extractivſtoff und etwas Inulin. Ein Alkaloid ließ ſich nicht darin auffinden. (Nees v. Eſenbeck in Brandes Arch. XII. 33).

China bicolor oder Pitoyarinde von einem unbekannten Baume. —

Ferrario erhielt daraus an löslichen Beſtandtheilen: 1) Chlorophyll; 2) Wachs; 3) eine fettige Materie; 4) eine ihrer geringen Quantität halber unbeſtimmbare vegetabiliſche S.; 5) eine harzige, in W. unlösliche, Materie; 6) eine kleine Quantität eines bittern Princips, das der Anguſtura, der Simaruba und der Columbowurzel gemein iſt; 7) eine gummige Materie, der in der Enzianwurzel enthaltenen ähnlich. — Nach Vauquelin enthalten 100 Theile: 16 *) in Alkohol löslicher Materie, beſtehend aus 14,65 bitterm Extract und

---

*) Dieß muß ein Druckfehler ſeyn.

85 Harz; 4 ſchleimiges, in Alkohol unlösliches, thieriſches Extract; — kleeſ. Kalk, mit einer thieriſchen, in W. unlöslichen, Mat. verbunden — äpfelſ. Kali und Kalk — 1,87 kblſ. Kalk. — Die Analyſe zeigt viel Uebereinſtimmendes mit der von Solanum pseudoquina. — Pelletier und Petroz fanden darin außer Holzfaſer: eine harzige Mat., einen dem Colocynthin ähnlichen Stoff, der das wirkende Princip zu ſeyn ſchien; Gummi; äpfelſ. Kalk; wenig Stärkmehl und einige Kaliſalze. — Chinin oder Cinchonin iſt nicht darin enthalten. (Geiger Mag. Febr. 1826. S. 151; aus dem Journ. de pharm. Oct. 1825. p. 449 — 462). — Santen fand darin Spuren eines eigenthümlichen Alkaloids (Buchner Repert. XXII. 439).

Cinchona und Exostemma. (Chinarinden). — Literatur. Zu der beim Cinchonin und Chinin im Rep. I. 450 und II. 663 angeführten Literatur fügen wir noch folgende: Heinr. von Bergen Monographie der China, mit 8 Kupfert. Hamburg. 1826 (Preis 18 Thlr.)*) — Fourcroy in Ann. de Ch. VIII. 113. IX. 7. — Seguin in Ann. de Chim. XCI. 273. 304. auch in Trommsd. J. XXV. St. 1. 18. St. 2. 259. 270. — Vauquelin in Ann. de Chim. LIX. 130. 148. — Reuß Nouvelle analyse du principe febrifuge. 1810. — John in ſ. chem. Schr. III. 295. — Batka in Trommsd. N. J. VII. St. 2. 3. — Schrader in Berl. Jahrb. Jahrg. XXI. 81. — Berzelius in Scherers nord. Ann. I. H. 3. 428. — Luchtmanns im Archiv für die Pharm. von Piepenbring. — Pfaff Zuſammenſtellung fremder und eigner Verſuche in ſ. mat. med. II. VI. VII.

Die Chinarinden, welche von verſchiedenen Arten der, zur Familie der Rubiaceen gehörigen, Geſchlechter Cinchona und Exostemma abſtammen, ſind von ſolcher Wichtigkeit für die Heilkunde, daß wir ihnen eine etwas ausführlichere Betrachtung widmen werden. Wir ſchicken dem chemiſchen Theile Einiges über die Abſtammung der verſchiedenen Chinaſorten voraus, wobei wir ganz der vortrefflichen deutſchen Bearbeitung von Richards mediciniſcher Botanik durch Kuntze (Th. II. S. 669) folgen werden.

Die Cinchonaarten, von welchen die gebräuchlichen Chinarinden herkommen, ſind folgende:

I. Cinch. Condaminea, Humb. et Boupl. (C. officinalis L. spec. plant. ed. Willd.). Dieſe Chinaart wächſt ſehr ſelten auf den peruaniſchen Anden, man findet ſie bei Loxa und Agavaca in dem

---

*) In dieſem Werke S. 1 bis 72 findet man zugleich die ausführlichſte Literatur über die Chinarinden. Ein Abriß ſeines Inhalts iſt in Brandes Arch. XVII. 213 ff. gegeben.

Königreich Neu-Granada. Die Rinde iſt eine der beſten Chinaſorten und wird von den Spaniern mit dem Namen Cascarilla f. Quina fina de Uritusinga s. de Loxa bezeichnet. Eigentlich wurde ſie nur für die Hofapotheke geſammelt und kam rechtlicher Weiſe nicht in den Handel.

II. Cinchona purpurea Ruiz (C. scrobiculata Humb.). Von dieſer Cinchona ſtammt ab: die Quina de Loxa und Kronchina und zum Theil China fusca s. corona des Handels. Cascarilla fina Bracamorensium; Quinquina gris fin de Lima der Franzoſen; Cascarilla Morada, Ruiz.

III. Cinch. lancifolia, Mutis. (Quinquina orangé.) — Nach Hayne's Unterſuchungen kommen von dieſem Baume zwei Chinaſorten: 1) die gewöhnliche gelbe Fieberrinde (cortex chinae flavus), womit nicht nur die China de Carthagena des Handels, ſondern, nach einem Exemplar Humboldt's, auch die China Naranjada gleich iſt. Sie kommt von dem Stamme und den dickſten Aeſten und bildet ſo zwei Abarten a) die flache China de Carthagena, Ch. flava ordinaria, und b) die gerollte (Ch. flava optima). 2) Die Quina de Piura oder China Tenn (richtiger vielleicht de Tena), welche von den dünnſten Aeſten geſammelt wird.

IV. Cinch. oblongifolia Mutis (C. magnifolia, R. et P. — C. lutescens Ruiz.) — Von dieſer Species ſtammt die rothe Fieberrinde, Quinquina rouge; Quina rouge de St. Fé; Quina roga der Spanier; Ct. chinae ruber s. hispanicus. — Nach Hayne's Zeugniß ſoll auch von derſelben, den dünnern Aeſten nämlich, die China nova, Ct. Chinae novus s. Surinamensis herrühren; was jedoch nach Stoltze unwahrſcheinlich iſt, indem die chemiſche Beſchaffenheit gegen die Verwandtſchaft mit der vorigen Rinde ſpricht.

V. Cinch. cordifolia Mutis (C. pubescens Vhl. C. officinalis L. [Syst. Nat. ed. XII. Descriptio] — C. ovata, R. et P. — C. pallescens, Ruiz. [Quinquina pallescens, Poir]. C. micrantha, R. et P.). — Von dieſer Species rührt nach Hayne her: 1) die vom Stamme geſammelte Königsfieberrinde, China regia, oder flache Quina s. China de Calisaya; in Frankreich Quinquina jaune s. Q. jaune de St. Fé und öſters mit China flava verwechſelt, auch von Kunth Synop. III. 52 von Cinch. lancifolia abgeleitet. 2) Die gerollte Quina oder China de Calisaya, auch C. Calisaya in Röhren, von den dicken Aeſten genommen. Endlich 3) Quina oder China de Huanuco s. Guanuco, auch Havane der Franzoſen, welche die dünneren Aeſte liefern und die im Handel auch als cort. Chinae fuscus vorkommt.

VI. **Cinch. ovalifolia Mutis.** (C. macrocarpa Vhl). — Hievon kommt die weiße Fieberrinde, Cort. Chinae albus, Quina blanca de St. Fé, Quinquina blanc.

VII. Unter den officinellen Arten der Gattung Cinchona werden noch die folgenden erwähnt: 1) C. excelsa, Roxb. — 2) C. micrantha R. et P. — Die Rinde in den peruvianiſchen Anden als Cascarilla fina bekannt. — 3) C. glandulifera; giebt die Cascarilla negrillo der Einwohner von Chicoplaya. — 4) C. ferruginea, Aug. St. Hil. giebt die in Europa noch unbekannte Quina de serra oder de Remijo; — 5) C. Vellozii, St. Hil. — 6) C. Remijiana, St. Hil. Eine der beiden letztern liefert vielleicht den ct. chinae brasiliensis.— 7) C. laccifera, Ruiz et Pav. — 8) Die noch nicht mit Gewißheit bekannte Species, welche jedoch wahrſcheinlich zum Cinchona-Geſchlecht gehört, von der die China de Huamalies abſtammt.

VIII. Die Arten von Exostemma, welche officinelle Chinarinden liefern, ſind ſolgende: 1) Exostemma caribaeum R. et S.; liefert den ct. Chinae caribaeus, Quinquina des Antilles, caraibiſche Chinarinde. — 2) E. floribundum R. et S.; die China St. Luciae, martinicensis, jamaicensis, montana. Piton, Quinquina Piton — 3) E. angustifolium, R. et S. den ct. chinae angustifolius. — 4) E. brachycarpum; den Ct. Chinae brachycarpae; 5) E. corymbiferum R. et S. den Ct. Chinae corymbiferae. — 6) E. cuspidatum, St. Hil.; nach St. Hilaire die China de Mato, welche Hayne für die Rinde der ſtärkern Aeſte von Cinchona oblongi-folia hält. — 7) E. australe St. Hil.

Außer den erwähnten Chinaſorten kommen auch noch mehrere ſo benannte Rinden vor, welche Gewächſen aus andern Gattungen, als den beiden erwähnten, angehören, ſo:

Cort. Chinae spinosae, von der Catesbaea spinosa, L. (C. longiflora, Sw.). — 2) Cort. Chinae de Carthagena, faux Calisaya, Quinquina de la nouvelle Carthagène, Q. de la Guiane françoise, d'écorce fébrifuge de Cayenne; von Coutarea speciosa Aubl. (Portlandia hexandra L.). — 3) China oder Quina de campo s. medanha von Strychnos Pseudoquina St. Hil. — 4) Quina de Curitiba von Solanum pseudoquina St. Hil. — 5) Ct. Chinae Tecamez, China Tecamez, Cort. Tecamez, Quinquina Atacamez oder de Tacamez, richtiger Atecamez, China bicolor, Pitayarinde; von einem unbekannten Baume.

Wir kommen jetzt zu der chemiſchen Unterſuchung der Chinarinden, wobei wir einen kurzen geſchichtlichen Ueberblick der Auffindung der darin vorhandnen eigenthümlichen Beſtandtheile vorausgehen laſſen wollen.

Fourcroy unterſchied zuerſt einen beſondern harzigen Extractivſtoff in den Chinarinden, den Vauquelin für Harz erklärte und Pfaff mit dem Namen Chinaſtoff ſchlechthin bezeichnete; ihn für einen unmittelbaren nähern Pflanzenbeſtandtheil haltend. Er fällt nieder beim Erkalten eines geſättigten Chinadecocts, als eine zähe, pechartig harzige Materie, welche aber nach Pelletier's und Caventou's ſpäteren Unterſuchungen noch ſehr zuſammengeſetzt iſt, (ſiehe S. 123 Anm.). Der zweite Schritt zur Kenntniß der eigenthümlichen nähern Beſtandtheile der Chinarinden geſchah durch Vauquelin und Schrader (Berl. Jahrb. 1808. 133), indem ſie die Chinaſäure entdeckten. Schon vor ihnen nämlich hatte man ein beſondres Salz im Extract der Chinarinden bemerkt, aber ſeine Zuſammenſetzung nicht gekannt; dieſe Chemiker aber zeigten, daß es eine Verbindung einer eigenthümlichen S., der Chinaſäure mit Kalk ſey, (welche Verb. zugleich mit den chinaſauren Alkaloiden in der Chinarinde vorkommt).

Armand Seguin ſtellte darauf Unterſuchungen an, worin das Fieber vertreibende Princip der Chinarinden, liege, und wiewohl er es nicht beſonders darſtellte, ſo kam er doch zu dem wichtigen Reſultate, daß der Gerbſtoff (Galläpfel- oder Eichenrindenaufguß) das ſicherſte Kriterium für deſſen Daſeyn ſey, indem er mit ihm einen unauflöslichen Niederſchlag bilde; welches ſich in der That ſpäterhin bei den Chinaalkaloiden beſtätigt gefunden hat. Wenn der Niederſchlag beträchtlich iſt und ſchnell zu Boden fällt, ſo iſt dieß ein Beweis, daß der fiebervertreibende Stoff in reichlicher Menge vorhanden und von guter Beſchaffenheit iſt. Trübt er nur die Fl., ſo iſt er unbeträchtlich und von ſchlechter Beſchaffenheit.

Reuß fand darauf, daß das Vauquelinſche Chinaharz oder der Pfaffſche Chinaſtoff ſich in einen bittern Stoff (amer cinchonique), den er als das eigentlich fiebervertreibende Princip betrachtet und in einen rothen Farbſtoff (rouge cinchonique) zerlegen laſſe. Endlich ſtellte Gomes das Cinchonin mit dem Chinin zuſammen kryſtalliniſch aus dem ſogenannten Chinaharz dar; Pfaff erklärte dieſen kryſtalliniſchen Stoff für ein Harz, bis Pelletier und Caventou ſeine eigenthümliche Beſchaffenheit darthaten.

Um die Kenntniß des Verhaltens der Chinadecocte und Aufgüſſe gegen Reagentien haben ſich außer Seguin beſonders Luchtmanns, der das Verhalten des Brechweinſteins dazu unterſuchte, Schrader, Batka, und Guibourt verdient gemacht. Am bemerkenswertheſten ſind jedenfalls die Reactionen mit Galläpfelaufguß, wovon ſchon oben die Rede war, und welche von Gegenwart der Chinaalkaloide herrühren; ferner mit Brechweinſtein und mit Eiſenſalzen, wovon erſter eine Fällung, letztre eine grüne Farbe hervorbringen, beides vermöge Gegenwart von eiſengrünendem Gerbſtoff.

Bevor wir zur nähern Analyſe der Chinarinden ſelbſt übergeben, wollen wir hier die Reſultate von Guibourt und Schrader über die von ihnen beobachteten Reactionen mit verſchiedenen Chinaſorten in den von ihnen gegebenen Tabellen mittheilen.

Bei den zunächſt folgenden Guibourtſchen Verſuchen wurde 1 Th. Chinapulver in 16 Th. Waſſer 24 Stunden lang macerirt und ſodann mit dem erhaltenen wäßrigen Auszuge die Verſuche angeſtellt.

(Nun ſiehe beifolgende Tabellen A, B, C und D).

Wir gehen jetzt zu den Reſultaten über die Zerlegung der verſchiednen Chinaſorten ſelbſt über, und verweiſen hiebei zugleich auf unſer Repert. I. 461., wo ſich die Beſtimmungen über den Cinchonin- und Chiningehalt derſelben zuſammengeſtellt finden. — Stoltze hat beobachtet, daß alle ächte Chinaſorten, die in ſchwachen und dünnen Rinden vorkommen und alſo von den Zweigen geſammelt werden, vorzugsweiſe Cinchonin; die vom Stamme und den dicken Aeſten genommenen Rinden aber vorzugsweiſe Chinin enthalten, und daß es hiedurch ſehr wahrſcheinlich werde, daß das Cinchonin bei fortgeſetztem Wachsthum der Pflanzen in Chinin übergehe (Berl. Jahrb. XXIV. 1. 258. Anmerk.).

Graue oder braune Chinarinde. — Nach Pelletier und Caventou: grüne talgartige Materie (Rep. I. 1254), gelber, in W., Alkohol, auch ein wenig in Aether auflöslicher, Farbſtoff; rother auflöslicher Farbſtoff (eiſengrünender Gerbſtoff Rep. I. 599. II. 695); chinaſ. Cinchonin (ungefähr 0,2 p. C.) nebſt ſehr wenig Chinin*); Gummi; Stärkmehl; Holzfaſer. (Ann. de Ch. et de Phys. XV. 304.; auch Schweigg. J. N. R. II. 424).

Einer ſpäteren Analyſe hat Fr. Carl Bucholz die Rinde unterworfen und dabei manches anders gefunden, als Pell. und Cav. Er fand nämlich gar kein Chinin darin, deſſen Daſeyn auch Robiquet darin bezweifelt; auch keinen gelben Farbſtoff, dagegen Weichharz, welches die franzöſiſchen Chemiker nicht fanden, und das wenige Stärkmehl war nicht an Gerbſtoff gebunden. Die grüne Farbe des fetten Stoffs leitet er von Chlorophyll ab. Die Rinde enthält nach ihm in 100 Th. 0,7812 fettige Mat. mit. Chlorophyll; 1,5625 bittres Weichharz (Rep. I. 1338); 9,3750 Hartharz (Chinaroth); 2,3436 Gerb-

---

*) Nach Henry's und Pliſſon's Unterſuchungen iſt ein Theil des Cinchonins und Chinins auch mit dem rothen auflöslichen und rothen unauflöslichen Farbſtoff in inniger Verb. (Journ. de pharm. août. 1827. 359; auch Rep. II. 663. 666).

A. Graue Chinarinden (nach Guibourt).

Zu Seite 122.

Unterſorten.	Kennzeichen der Rinde.	Kennzeichen des wäßrigen Aufguſſes.	Lackmustinctur.	Gallert.	Lohaufguß.	Brechweinſtein.	Schwefelſ. Eiſen.	Kleeſ. Ammoniak.	Uebriges Verhalten.
Feine Loxa-China (jüngere Rinden).	Pulver ſehr blaß gelblichgrau.	Von dumpfigem Geruch, dunkelgelb, zuſammenziehend.	geröthet	reichlicher Niederſchlag.	wird ſchwach milchig.	ſchwach getrübt.	dunkelgrün gefärbt und Niederſchlag.	getrübt.	fällt die Chinaſorten, welche die Gallert nicht niederſchlagen.
Feine graue Loxa-China (ältere Rinden).	die Oberhaut iſt ſtark gerunzelt oder faſt glatt.	gelb; bitter.	geröthet.	ſtark getrübt; ohne Niederſchlag.	Niederſchlag.	ſtark getrübt.	dunkelgrüne Trübung.	Niederſchlag.	fällt weder die rothe China noch die gelbe.
Feine Lima-China	Pulver ziemlich dunkel, graulichgelb.	blaßgelb; bitter.	kaum geröthet.	getrübt.	röthlicher Niederſchlag.	gelblicher Niederſchlag.	grüner Niederſchlag, der ſich in einem Ueberſchuß von ſchwefelſ. Eiſen wieder löſt.	wird milchig.	ſchlägt die Galläpfeltinctur nieder.
Grobe Lima-China	Pulver gelb, nimmt mit W. befeuchtet eine faſt rothe Farbe an.	blaßgelb; ſehr bitter.	ſtark geröthet.	Nichts oder milchig werdend und ſchwacher Niederſchlag.	häufiger röthlicher Niederſchlag.	Trübung, oder häufiger Niederſchlag.	dunkelgrün gefärbt, oder häufiger Niederſchlag.	Niederſchlag.	
Huanoko-China	Aeußerlich ſehr uneben, die Oberhaut ſchwärzlich.	beinahe farblos; bitter.	geröthet.		Niederſchlag.		ſchwach grün gefärbt.	Niederſchlag.	ſchlägt die Galläpfeltinctur und die Chinaſorten, welche die Gallert fällen, nieder.
Gewöhnliche peruvianiſche Chinarinde (1).	Auf der äußern Seite grau und runzlich, auf der innern ockergelb, bitter, zuſammenziehend.	blaßgelb; bitter, zuſammenziehend.	geröthet.	häufiger gelblichweißer Niederſchlag.	gelblichweißer Niederſchlag.	gelblichweißer Niederſchlag.	grüner Niederſchlag.		

(1) Nach Vauquelins Unterſ.

B. Rothe Chinarinden (nach Guibourt).

Unterſorten.	Kennzeichen der Rinde.	Kennzeichen des wäßrigen Aufguſſes.	Lackmustinctur.	Gallert.	Lohaufguß.	Brechweinſtein.	Schwefelſ. Eiſen.	Schwefelſ. Kupfer.	Schwefelſ. Natron.	Kleeſ. Ammoniak.	Uebriges Verhalten.
Orangerothe und feine gerollte rothe China.	(Geiger Magaz. IV. S. 272. ſiehe und S. 273 die Unterſorte).	gelb; ſehr bitter.	geröthet.	milchig werdend.	häufiger Niederſchl.	ſehr reichlicher Niederſchlag.	ſchwärzlichgrauer Niederſchlag.		wird milchig und ſetzt rothe Flocken ab.	häufiger Niederſchlag.	der mit ſchwefelſ. Eiſen erhaltene ſchwärzlichgraue Niederſchlag löſt ſich in einem Ueberſchuß des erſteren wieder auf; es entſteht eine grünliche Fl. und ſpäter ein graulicher Niederſchlag.
Rothe China von Santa-Fé.	ebend. S. 273.	blaßgelb; bitter.	geröthet.	—	Niederſchl.	Trübung.	grüne Färbung ohne Niederſchlag.	—	—	Niederſchlag.	
Warzige rothe China.	ebend. S. 274 und 275.	gelb; ſehr bitter und ſäuerlich	ſtark geröthet.	—	rother Niederſchlag.	Niederſchlag.	gelblichgrüne Färbung. Niederſchlag.	—	—	ſchwacher Niederſchlag.	giebt mit Galläpfeltinctur einen reichlichern Niederſchlag.
Warzige orangerothe China.	ebend. S. 276.	dunkelgelb; von einem widerlich bittern, dem Lohaufguß ähnlichen Geſchmack.	geröthet.	—	rother Niederſchlag.	Niederſchlag.	eben ſolche Färbung und Niederſchlag.	—	röthlicher Niederſchlag.	ein etwas ſtärkerer röthlicher Niederſchlag.	desgl.

C. Gelbe Chinarinden (nach Guibourt).

Benennung.	Kennzeichen der Rinde.	Kennzeichen des wäſſrigen Aufguſſes.	Lackmustinctur.	Gallert.	[illegible]	Brechweinſtein.	Schwefelſ. Eiſen.	Schwefelſ. Chinin.	Schwefelſ. Natron.	Oxalſ. Ammoniak.	Uebriges Verhalten.
Gelbe Königschina in ganzen Rinden.	Röhren von Fingersdicke bis zu 2 — 3 Zoll Durchm.	fahlgelb; ſehr bitter zuſammenziehend.	geröthet.	Trübung und Niederſchl.	Niederſchlag.	Niederſchlag.	grüne Fl.; bläulichgrüner Niederſchlag.	häufiger weißer Niederſchlag.	weißer Niederſchlag.	ſehr reichlicher Niederſchlag.	Mit allen dieſen Chinarinden bildet die Gallustinctur einen reichlichen Niederſchlag.
Geſchälte gelbe Königschina.		fahlgelb; ſehr bitter zuſammenziehend.	deßgl.	häufiger weißer Niederſchlag.	deßgl.	ſehr häufiger Niederſchlag.	grüne Fl., und eben ſolcher Niederſchlag.	weißlicher Niederſchl.	ſehr reichlicher Niederſchlag.	deßgl.	
Calisaya de Plancha.	Breit, flach, 2 bis 3 Lin. dick.	gelb; ſehr bitter.	deßgl.	Trübung oder weißer Niederſchl.	deßgl.	deßgl.	deßgl.	ſehr häufiger weißlicher Niedſchlg.	deßgl.	deßgl.	
Gelbe China (in gekrümmten Stücken).	mit rundlichen Vertiefungen, angefüllt mit röthlichem Staube.	fahlgelb; ſehr bitter.	deßgl.	häufiger weißer Niederſchlag.	ſehr häufiger Niederſchlag.	deßgl.	deßgl.	deßgl.	deßgl.	deßgl.	
Gelbe China (in flachen Stücken).	Sehr uneben, ebenfalls mit Vertiefungen.	deßgl.	deßgl.	ſtarke Trübung.	deßgl.	deßgl.	deßgl.	deßgl.	deßgl.	deßgl.	
Dicke Calisaya-China von Santa-Fé.	mit rother ſchwammiger haariger Oberhaut.	blaßgelb; bitter.	deßgl.	weißer Niederſchlag.	röthlicher Niederſchl.	häufiger weißer Niederſchlag.	bläulicher Niederſchlag, löſt ſich in einem Ueberſchuß wieder auf und die Fl. färbt ſich dunkelgrün.	—	Nichts, oder ſchwach milchig werdend.	häufiger Niederſchlag.	
Dünne Carthagena-China.		beinahe farblos, von ſchwach bitterm Geſchmack.	deßgl.	ſchwach milchig werdend.	ſtarke Trübung.	Trübung.	grüne Fl., ohne Niederſchlag.	—	—	Niederſchlag.	Giebt mit Gallustinctur keinen ſo reichlichen Niederſchlag.
Dicke Carthagena-China.		farblos; bitter.	—	—	Niederſchlag.	—	kaum grün gefärbt.	—	—	ſtarke Trübung.	

München

Zu Seite 122.

Tabelle von Schrader

über das Verhalten des kalten Aufguſſes (1 Th. Rinde gegen 8 Th. W.) der geprüften Chinaſorten gegen verſchiedene Reagentien; über das Anſehen des Aufguſſes und der Abkochung

	No. 1. China von Loxa.	No. 2. China von Huanuco, feine.	No. 3. China von Huanuco media.	No. 4. China von Huamalies, feine.	No. 5. China von Huamalies, gröbere.	No. 6. China Jaen oder Ten.	No. 7. China flava regia, cum Epidermide.	No. 8. China regia vera s. optima.	No. 9. China rubra mit Beiſatze von Peru.
Gelbes ſalzſ. Eiſen.	Smaragdgrün.	Grasgrün.	Etwas ſchwach grün.	Grasgrün.	Smaragdgrün.	Schmutzig grasgrün.	Ein graulicḧes Grün.	Grasgrün.	Schwach grasgrü
Spießglanzweinſtein.	Trübung.	Opaliſirend.	Schwach opaliſirend	Kaum eine Veränderung zu bemerken.	Starke Fällung.	Kaum eine Veränderung zu bemerken.	Keine Opaliſirung zu erkennen.	Starke Trübung und bald Fällung.	Getrübt und in' Röthliche ſchimmer
Galläpfeltinctur.	Stark gefällt.	Trübung.	Stark milchicht getrübt.	Trübung.	Starke Fällung.	Stark opaliſirend.	Starke Trübung.	Stark weißlich getrübt.	Sehr ſtark milchic getrübt.
Thieriſcher Leim.	Stark getrübt.	Schwache Opaliſirung.	Faſt unverändert.	Keine Veränderung.	Schwache Trübung.	Kaum eine Veränderung.	Gerinnende Fällung.	Trübung.	Keine Veränderur
Kleeſaures Kali.	Stark getrübt.	Sehr ſchwache Opaliſirung oft braunfarbig.	Schwache farbenloſe Trübung.	Kaum ſchwache Opaliſirung.	Schwache Trübung.	Ziemliche Trübung.	Opaliſirung.	Sehr ſtarke Opaliſirung, oft ins Pfirſichblüthrothe fallend.	Stark pfirſichblüt ben getrübt.
Kalter Aufguß.	Blaßweingelb.	Blaßweingelb.	Blaßweingelb.	Dunkelweingelb.	Blaßweingelb.	Weingelb.	Dunkelweingelb.	Sehr blaßweingelb, oft ins Röthliche ſchimmernd.	Weingelb.
Decoct.	Starke Milchtrübung und geſättigtes Anſehn.	Gute Milchtrübung und geſättigtes Anſehn.	Wenig Milchtrübung ſchwaches Anſehn.	Wenig ſchmutzige Trübung, nicht Milchtrübung zu nennen, ſchwaches Anſehn.	Starke Milchtrübung ſchönes geſättigtes Anſehn.	Schmutzig gelbl. braun mit ſehr ſchwacher Trübung, nicht milchicht	Mäßig getrübt, ſchmutzig braun; nicht milchicht.	Gelbröthlich braun, gutes geſättigtes Anſehn ſtarke Milchtrübung.	Röthlichbraun. Intenſität eines Franzwei die Trübung ins O ſche ſpielend.

	No. 10. China rubra.	No. 11. Aeußere Bedeckung von No. 9 und 10.	No. 12. Das Innere der Rinde von No. 9 und 10.	No. 13. China rubra. *)	No. 14. China flava optima, oder feine.	No. 15. China flava ordinaria, ord. gelbe Carthagena-China.	No. 16. China nova media, und fein.
Gelbes ſalzſaures Eiſen.	Grasgrün.	Grasgrün.	Stark ſmaragdgrün.	Dunkelgrasgrün.	Grasgrün, das Gelbe etwas vorherrſchend.	Grasgrün.	Ins Orangegelbe fallendes Grün.
Spießglanzweinſtein.	Opaliſirend, oft in's Röthliche ſchimmernd.	Getrübt pfirſichblüthfarben.	Schwächer getrübt, und mehr milchweiß als röthlich.	Keine Veränderung.	Keine Veränderung.	Opaliſirung.	Keine Veränderung.
Galläpfeltinktur.	Weißliche Fällung.	Getrübt pfirſichblüthfarben.	Stark milchweiß gefällt.	Keine Veränderung.	Weißlich getrübt.	Starke weißliche Trübung.	Keine Veränderung.
Thieriſcher Leim.	Keine Veränderung.	Opaliſirend.	Kaum Opaliſirung zu bemerken.	Stark getrübt.	Keine Veränderung.	Schwache Opaliſirung.	Stark getrübt.
Kleeſaures Kali.	Schwache Opaliſirung	Stark getrübt.	Schwächer getrübt als No. 11.	Schwache Opaliſirung und geröthet.	Geringe Trübung.	Geringe Opaliſirung; am andern Tage röthlicher Hauch auf dem [illegible]	Schwache Opaliſirung.
Kalter Aufguß.	Mit blaſſem Roth vermiſchtes Weingelb.	Röthlich braun, Intenſität wie dunkler Franzwein.	Sehr wenig gefärbt, mit einem pfirſichblüthrothen Schimmer, und dabei opaliſirend.	Braun wie Malaga.	Ziemlich ſtark weingelb.	Sehr wenig blaßgelb.	Tief röthlich braun wie dunkler Malaga.
Decoct.	Bräunlichroth; ſehr ſtarke ins Orange fallende Trübung.	Ein dunkleres röthliches Braungelb, noch ſtärkere Milchtrübung als No. 12. mehr ins Orange fallend.	Ein röthliches Braungelb, gute Milchtrüb. der China regia No. 8 ähnlich.	Dem Aufguſſe ähnlich und nicht milchtrüb. zu nennen.	Schmutzig röthlichbraun, nur ſchwach getrübt und kaum ſchwache Milchtrübung zu nennen.	Schmutzig röthlich braun mäßige Trübung.	Ins Gelbbräunl. fallend, ſtarke Milchtrübung, zuſammenziehender Geſchmack.

---

*) Nach Kunze wahrſcheinlich nicht ächt ([illegible] med. Bot. II. 679).

Univ. Bibl.
München

ſtoff mit Spuren von Eſſigſ.; 0,3546 Cinchonin, gebunden an 1,4748 Chinaſ.; 0,6119 Hartharz mit Phyteumakolla; 3,8073 Gerbſt. mit ſalzſ. Kalk *); 4,4272 Gummi; 1,3020 chinaſ. Kalk; geringe Menge Stärkmehl; das Uebrige Faſer.

Analyſe der grauen China: I) nach Pelletier und Caventou. — 1) Auskochen der Rinde mit Alkohol; Zuſatz von ⅓ W. zu den Auszügen, Abdeſtilliren des Alkohols; Abnehmen der grünen fetten Subſtanz von der rückſtändigen wäßrigen Fl., Filtriren, wo Vauquelins Chinaharz oder Pfaffs Chinaſtoff (vergl. S. 121) zurückbleibt **). — 2) Maceration des Rückſtandes der Rinde mit kaltem W., behutſames Eindicken, Ausziehen des Extracts mit Alkohol, welcher den rothen aufl. Farbſtoff oder eiſengrünenden Gerbſtoff aufnimmt, und eine Verbindung von chinaſ. Kalk mit Gummi zurückläßt. — 3) Ausziehen des Rückſtandes der Rinde mit kochendem W.; Jod und ſchwefelſ. Eiſen zeigen im Auszuge eine Verb. von Stärkmehl und Gerbſtoff an. — 4) Uebergießen des Rückſtandes der Rinde mit verd. Salpeterſ. und Sättigen des Auszugs mit baſiſch kohlſ. Kali, wo einige Stärkmehlflocken niederfallen. — 5) Einäſchern der rückgebliebenen Faſer. — 6) Trennung der Subſtanzen aus dem unter (1) erhaltenen harzähnlichen Rückſtande. a) Auswaſchen mit W., welches durch Kali geſchärft worden, darauf Behandlung mit reinem W., Auflöſen des Rückſtandes in verdünnter Salzſ., wobei Fett zurückbleibt, und ſalzſ. Cinchonin erhalten wird; Darſtellung des Cinchonins daraus. b) Abdampfen der unter (a) erhaltenen Auswaſchflüſſigkeiten bis auf ⅓, wobei rother unaufl. Farbſtoff (rothes Hartharz) niederfällt; Aufl. des rückſtändigen Extracts in kaltem W., ¼ſtündiges Kochen mit überſchüſſiger Magneſia, Abfiltriren der hellen gelben Fl. vom Abſatze, der Magneſia, Cinchonin (mit Chinin) und Gerbſtoff enthält. c) Abdampfen der filtrirten Fl. zur Saftconſiſtenz und ruhiges Stehenlaſſen, wo eine körnige Maſſe bleibt, welche mit ſtarkem Alkohol behandelt chinaſ. Magneſia mit ein wenig Gummi hinterläßt, während der Alkohol nach dem Abdampfen einen Rückſtand läßt, aus dem Aether Cinchonin und gelben Farbſtoff (von Buchholz nicht gefunden) auszieht. d) Wiederholte Behandlung des unter (b) erhaltenen Magneſiaabſatzes mit ſtarkem Alkohol, Abdampfen deſſelben zur Trockniß, wo eine grünliche kryſt. Mat. bleibt, die, mit Aether gewaſchen, als weiſſes Cinchonin erſcheint. e) Behandlung des gebliebenen Magneſiarückſtandes mit verd. Eſſigſ., welche eſſigſ. Magneſia und rothen auflöslichen Farbſtoff (Gerbſtoff) aufnimmt; Darſtellung des letztern (Rep. I. 599). f) Behandlung des von (e) gebliebenen blaßrothen Rückſtandes mit conc. Eſſigſ., worin er ſich völlig auflöſt; W. ſchlägt daraus rothen unaufl. Farbſtoff nieder, die Fl. enthält noch etwas auflöslichen ſo wie unaufl. rothen Farbſtoff.

---

*) Nach Berzelius iſt die Chinaſ. nicht blos an Kalk, ſondern zum Theil auch an Kali gebunden.

**) Derſelbe beſteht aus chinaſ. Cinchonin (mit etwas Chinin); Fett; rothem unauflöslichen und rothem auflöslichen Farbſtoff, gelben Farbſtoff, ein klein wenig Gummi.

II) Analyſe nach Bucholz. — A) Behandlung mit Alkohol. — 1) Digeſtion von 16 Unzen Rinde bis zum Sieden mit 64 Unzen 85 procentigem Alkohol. — 2) Filtriren, Abdeſtilliren bis zu 16 Unzen; Ausgießen in eine Schaale und Verdunſten bis zu 8 Unzen, wo der grüne fette Stoff durch Decantiren und Filtriren entfernt, mit Alkohol abgeſpült, in Aether aufgelöſt und aus dieſem durch Verdunſten erhalten werden kann. — 3) Vermiſchen der rückſtändigen 8 Unzen mit 16 Unzen deſt. W., Erhitzen bis zur Verflüchtigung alles Geiſtigen, Abgießen vom harzigen Rückſtand, Beiſeitſetzen; Digeriren des harzigen Rückſtandes mit 12 Unzen deſt. durch 20 Tropfen Salzſ. geſchärftem W. 1 Stunde lang unter Erſetzung des Verdunſtenden. 4malige Wiederholung dieſes Verfahrens. Die Auszüge laſſen beim Erkalten röthliche Flocken von Hartharz oder unlösl. rothen Farbſtoff fallen, und ſie ſowohl als der beiſeitgeſetzte zeigen durch Reagentien Gehalt von Cinchonin und Gerbſtoff. Als Rückſtand der Ausziehung bleiben 4 Drachmen braunrothes Pulver, aus welchem Aether 2 Drachmen bittres Weichharz aufnimmt, und 2 Drachmen Hartharz oder rothen unaufl. Farbſtoff der franz. Chemiker zurückläßt. — 4) Die wäßrig ſäuerlichen unter (3) erhaltenen Auszüge werden von den röthlichen Flocken abgegoſſen, bis 16 Unzen verdampft, von den neu abgeſetzten röthlichen Flocken abgegoſſen; mit 6 Drachmen reiner Magneſia ½ Stunde gekocht, filtrirt, wo die Fl. goldgelb durchläuft, auf dem Filtrum aber ein blaßrother Rückſtand bleibt, der mit W. ausgewaſchen wird, was etwas Cinchonin mit fortnimmt; die Fl. werden bei Seite geſtellt. — 5) Der getrocknete, 12 Drachmen betragende, Rückſtand auf dem Filtrum wird mit Alkohol ausgekocht, aus dem ſich beim Abdampfen ein Theil Cinchonin in feinen Nadeln ausſcheidet; bei Verdunſtung des Uebrigen bleiben 70 Gran grünlichgelber Rückſtand, beſtehend aus Cinchonin und verunreinigendem Phyteumakolla. — 6) Anrühren des nach der geiſtigen Extraction noch 11 Drachmen betragenden Magneſiarückſtandes mit 6 Unzen deſt. W., Sättigung mit Eſſigſ., Filtriren, wo 2 Drachmen Hartharz zurückbleiben; Verſetzen des Filtrats mit Bleyeſſig, ſo lange Niederſchlag erfolgt, Abgießen vom Bleytannat, Auswaſchen, Zerſetzen deſſelben mit Schwefelwſſſt., wodurch der eiſengrünende Gerbſtoff erhalten wird. In der vom Bleyſammt abgeſonderten Fl. war noch neben eſſigſ. Magneſia 1½ Drachme rothes Hartharz enthalten. — 7) Die unter (6) erhaltenen Abwaſchflüſſigkeiten des Magneſiarückſtandes (welche ſalzſ. und chinaſ. Magneſia und Cinchonin enthalten) werden zur ſtaubigen Trockniß verdunſtet und mit ſiedendem Alkohol behandelt; der alkoholiſche Auszug bei Seite geſetzt, der Rückſtand in W. aufgelöſt, durch Aetzkalk zerlegt und die röthliche Fl. vom entſtandenen ſchmuzig gelben Niederſchlage abfiltrirt. Aus der Fl. ſchlägt die Luft der Lunge kohlſ. Kalk nieder, dieſer wird abgeſondert, die Fl. zur Trockniß verdunſtet, der Rückſtand durch Digeſtion mit Alkohol vom ſalzſ. Kalk befreit, in W. aufgelöſt und mit Schwefelſäure die Chinaſ. aus dem in der Löſung enthaltenen chinaſ. Kalk getrennt, der entſtandene Gypsniederſchlag ausgewaſchen, durch Abdampfen die Chinaſäure gewonnen und durch Auswaſchen mit Alkohol bis zu gelblichem Ausſehen entfärbt. — 8) Der unter (7) bei Seite geſetzte alkoholiſche Auszug enthält noch chinaſ. Magneſia, ſalzſ. Magneſia, Cinchonin, rothes Hartharz.

B) Behandlung mit kaltem Waſſer. — Maceriren des nach der geiſtigen Extraction gebliebenen Rindenrückſtandes mit kaltem W., Klären und Filtriren. Verdunſten zur Extractconſiſtenz, Ausziehen mit Alkohol. Dieſer nimmt Gerbſtoff, ſalzſ. Kalk, chinaſ. Kalk und Gummi auf. — Der Rückſtand der Ausziehung beſteht aus Gummi, Chinaſäure und Gerbſtoff.

C) Auskochen des Rindenrückſtandes von (B) mit Waſſer, darauf Verdunſten zur Trockniß, Wiederauflöſen in Waſſer, wobei ſehr wenig verhärtetes Stärkmehl zurückbleibt; Verſetzen der Löſung mit ſtarkem Alkohol, dieſer fällt Gummi mit etwas Gerbſtoff, die rückſtändige Fl. hält Gerbſtoff und ſalzſ. Kalk.

D) Durch Kochen des Rindenrückſtandes von (C) mit ſehr verdünnter Salpeterſ. keine Spur von Stärkmehl.

E) Einäſcherung des Rückſtandes von D.

Quinquina jaune der Franzoſen (von Cinch. cordifolia Mutis, vergl. S. 119). —

Nach **Pell.** und **Cav.**: Gelbes riechendes Fett; gelber Farbſtoff; rother auſl. Farbſtoff (eiſengrünender Gerbſtoff); rother unauſl. Farbſtoff oder Chinaroth, reichlicher, als in der braunen Rinde; 0,9 p. C. Chinin nebſt ſehr wenig Cinchonin, mit Chinaſ. verbunden; Stärkmehl; Holzfaſer; chinaſ. Kalk (Schweigg. J. N. R. III. 71).

Rothe Chinarinde (von Cinchona oblongifolia Mutis). — **Die gerollte Sorte** nach **Pelletier** und **Caventou**: Fette Materie; gelber Farbſtoff; auflöslicher rother Farbſtoff (eiſengrünender Gerbſtoff); unauſl. rother Farbſtoff oder Chinaroth; in dieſer Rinde reichlicher als in den beiden vorigen; 0,8 p. C. Cinchonin und 1,7 p. C. Chinin; Stärkmehl; Holzfaſer; chinaſ. Kalk (Schweigg. J. N. R. III. 74).

China von Carthagena (von Portlandia hexandra). — Nach **Pell.** und **Cav.**: Gelber Farbſtoff; Gerbſtoff, der die Eiſenoxydſalze ſchwarzbraun, aber bei Gegenwart von Chinaroth grün fällt; Chinaroth; chinaſ. Chinin und Cinchonin; Gummi; Stärkmehl; Holzfaſer; chinaſ. Kalk (Buchner Repert. XII. 106).

China von St. Lucia (von Exostemma floribundum). — Nach **Pell.** und **Cav.**: Eine ſehr bittre Materie, welche ſich wenig in W., leicht in Säuren löſt und mit ihnen unkryſtalliſirbare Verbindungen erzeugt; eine dem Chinaroth ähnliche Materie; eine S., welche, wie die Chinaſ., mit Kalk und Magneſia leicht lösliche Salze bildet; aber den Bleyzucker fällt, wofern dieß nicht durch fremde Beimiſchung verurſacht wird (Buchner Repert. XII. 201).

China nova (Herkunft, vgl. S. 119. IV.). — Nach **Pell.** und **Cav.**: Fette Mat.; rothe harzähnliche Subſtanz; gelber Farbſtoff; Gerbſtoff; ſehr wenig Alkaloid; Gummi; Stärkmehl; Holzfaſer; Chinovaſäure.

Croton Cascarilla L. (Cascarille). — Die Rinde nach **Trommsdorff**: 1,6 flüchtiges Oel (Rep. I. 1053); 15,1 braunes, balſamiſches, ſchwach bittres Harz; 18,7 Gummi mit Bitterſtoff und einer Spur ſalzſ. Kali; 65,6 Holzfaſer (Trommsd. J. III. St. 2. 211).

Croton suberosum Humb. et Bonpl. (Copalchi). — Die Copalchirinde, welche wahrſcheinlich von dieſem Baume kommt, nach **Mercadieu**: Grüner fetter Stoff; Harz; ſehr bitterer adſtringirender Stoff; kaſtanienbrauner adſtringirender Stoff; thier. veget. Mat.; Stärkmehl; Holzfaſer; phosphorſ. und ſauerkleeſ. Kalk. — Die Rinde durch Einäſchern: ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali; kohlſ. und phosphorſ. Kalk; Magneſia; Kieſelerde; Eiſenoxyd; Manganoxyd (Journ. de Chim. méd. Juin. 1825. 244). — Das Decoct der Copalchirinde hat **Brandes** einer vergleichenden Prüfung mit dem der Cascarillenrinde durch Reagentien unterworfen, und eine große Uebereinſtimmung beider in ihrem Verhalten dazu gefunden (Vgl. das Nähere in Brandes Arch. XVII. 197).

Cusparia febrifuga Humb. (Bonplandia trifoliata Willd. Aechte Anguſtura). —

Die Rinde nach **Fiſcher**: 0,3 ſcharfes flüchtiges Oel; 1,7 bittres Hartharz; 1,9 balſamiſches Weichharz (Rep. I. 1337); 0,2 Federharz; 3,7 Bitterſtoff; 5,7 Gummi; 89,1 Holzfaſer (Berl. Jahrb. 1816. 76). — **Hummel** erhielt 6,0 Weichharz und 24,0 Bitterſtoff nebſt Gumharz (ibid. 1015. 117). — Brande fand auch Weinſteinſäure, ſchwefelſ., ſalzſ., weinſteinſ. Kali und ſchwefelſ. Kalk (Pfaff mat. med. II. 61); Brandes und Pfaff Andeutungen eines Alkaloids *); letzterer auch ein Ammoniakſalz (ibid. VII. 74) darin. — Mehrere andere Verſuche haben auch Heyne, Hogſtroem, Crell angeſtellt, welche man zuſammengeſtellt findet in Pfaff mat. med. II. 50. — Der conc. wäßrige Aufguß der Rinde iſt klar, ſchön hellrothbraun, gleichſam orangefarbig, geht mit W. verdünnt ins Gelbe über, wird durch ſchlſ. Kali dunkelroth und ſetzt nach einiger Zeit einen hellcitronengelben, etwas flockigen, Niederſchlag ab. Durch Zuſatz einer Auſl. von ſchwefelſ. oder ſalzſ. Eiſenoxyd wird die Farbe etwas höher roth, und es ſetzt ſich nach einiger Zeit ein roſenfarbiger Niederſchlag ab u. ſ. w.

Daphne alpina (Alpenſeidelbaſt). — Die Rinde nach Vauquelin: Scharfes, mit dem Waſſer bei der Deſtillation übergehendes, Princip; äußerſt ſcharfes grünes Harz (Rep. I. 1300); Daphnin (Rep. I. 554); röthlichbrauner Bitterſtoff; ſtickſtoffhaltiger, in W. löslicher, durch Alkohol, nicht durch Galläpfel fällbarer, Schleim und Holzfaſer. Dieſelben Beſtandtheile fand Vauqu. auch in den Blättern und Blumen; nur enthalten ſie nach ihm weniger Daphnin und weniger ſcharfen Stoff (Ann. de Ch. LXXXIV. 178). Einige Verſuche von Baer und Gmelin über dieſe Rinden ſ. in Schweigg. J. N. R. V. 23.

Daphne Gnidium. — Auch die Rinde von Daphne Gnidium enthält nach Vauqu. ſcharfes Harz, aber kein Daphnin.

Daphne mezereum (Gemeiner Seidelbaſt). — Dieſe Rinde nach Baer und Gmelin: Wachs; ſcharfes Harz (Rep. I. 1300); Daphnin; freie Aepfelſ.; äpfelſ. Kali, Kalk und Magneſia; gelbfärbendes Princip; ſüße Subſtanz; Gummi; braunrother Extractivſtoff; Holzfaſer; Kieſelerde; phosphorſ. Kalk nebſt einer Spur von phosphorſ. Kali; etwas Eiſenoxyd und eine Spur Thonerde, welche letztre vielleicht mit Aepfelſ. verbunden ſind.

Analyſe: A. 1) Ausziehen der geſchnittenen Rinde mit wäßrigem Alkohol; Filtriren des ſiedenden Auszugs. Beim Erkalten ſcheidet ſich das Wachs aus. 2) Deſtillation des nicht merklich ſauer rea-

---

*) Pfaff zog die gepulverte Rinde mit durch Schwefelſ. geſchärftem W. aus und überſättigte den Auszug mit Kalk, wobei ein ſtarker Ammoniakgeruch ſich entwickelte. Der getrocknete Kalkniederſchlag wurde mit Alkohol von 83 p. C. behandelt und die dunkelbraune Tinctur concentrirt, wo ſich Harz abſetzte. Das rückſtändige ſehr bittre Fl. reagirte alkaliſch, konnte aber ſelbſt durch langſames Verdunſten nicht zur Kryſtalliſation gebracht werden. Zur Trockne abgeraucht verwandelte ſie die braune Farbe in das ſchönſte Carminroth. Gallapfelaufguß bringt keinen röthlichen Niederſchlag darin zuwege.

gierenden alkoholiſchen Auszugs. Der überdeſtillirte Alkohol zeigt weder in Abſicht auf Geruch, noch Geſchmack etwas Beſonderes; folgt völliges Abdampfen zur Trockniß im Waſſerbade. 3) Behandeln des Rückſtandes mit Waſſer, welches das Harz zurückläßt, Abfiltriren vom Harze. Die durchgegangene Flüſſigkeit hat eine ſchwach gelbliche Farbe, ſchmeckt ſüß, und man bemerkt nach einiger Zeit einen, jedoch nicht bedeutend ſcharfen, Geſchmack; röthet blaues Lackmuspapier. 4) Deſtillation des Filtrats. Fällen der in der Retorte rückſtändigen Fl. mit Bleieſſig, Abfiltriren vom ſchwefelgelben Niederſchlage, Zerſetzen desſelben (in W. vertheilt) durch Schwefelwaſſerſtoffgas, Digeriren des Schwefelbley's mit Alkohol und Filtriren. Beim Verdunſten bleibt das gelbfärbende Princip zurück. 5) Abdampfen der durch Zerſetzung des Schwefelbley's erhaltenen Fl., Behandlung des trocknen Rückſtandes mit kaltem abſoluten Alkohol, freiwilliges Verdunſten des Auszugs, wo (noch braungefärbtes) Daphnin anſchießt, das weiter zu reinigen iſt (Rep. I. 333), während in der Mutterlauge noch gelbfärbendes Princip und Weichh. zurückbleibt. 6) Niederſchlagen des überſchüſſigen Bley's aus der unter (4) vom Schwefelblei abfiltrirten Fl. durch Schwefelwaſſerſt., Filtriren, Abdampfen zur Trockniß, wo die ſüße ſchleimzuckrige Materie bleibt. — B. Aus den mit Alkohol erſchöpften Rinden zieht Waſſer noch Gummi und verb. Salz. Extractivſtoff aus.

Drymis Winteri Forst. (Wintera aromatica Murr). — Die Winteriſche Rinde nach Henry: 1.2 brennend ſcharfes flüchtiges Oel (Rep. I. 2222); ungefähr 10.0 braunrothes, anhaltend ſcharf ſchmeckendes, in Alkohol und Aether lösliches, Hartharz; 5.0 Farbſtoff mit eiſenbläuendem Gerbſtoff; ungefähr 1.4 Stärkmehl; Holzfaſer; eſſigſ., ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali; kleeſ. Kalk; in der Aſche auch Eiſenoxyd (Journ. de pharm. V. 489. — Trommsd. Taſchenb. 1821. 188).

Exostemma, ſ. Cinchona.

Geoffrea jamaicensis. — Die Rinde nach Hüttenſchmidt: Wachs; Harz; Jamaicin; gelber extractiver Farbſtoff; Gummi; Stärkmehl. — Die Aſche beſteht in 60 Theilen aus: 20 in W. löslichen Salzen; 20 kohlſ. Kalk; 14 phosphorſ. Kalk; 3 Magneſia; 1 Kieſelerde und einer Spur von Eiſenoxyd.

Geoffrea surinamensis. — Die Rinde nach Hüttenſchmidt: Surinamin; oxydirter Gerbſtoff; eiſengrünender Gerbſtoff; Stärkmehl; Gummi; Weichh.; kleeſ. Kalk. — In 64 Aſche: 13 kohlſ., ſalzſ. und phosphorſ. Kali; 4 phosphorſ. Kalk und Eiſenoxyd; 30 kohlſ. Kalk; 8 Magneſia; 3 Kieſelerde und Manganoxyd (Geiger Magaz. VII. 287).

Haematoxylon campechianum (Blauholz). — Das Holz nach **Chevreul**: Flüchtiges Oel; fette oder harzige Materie; Hämatin (Rep. I. 868); rothbraune Mat.; Holzfaſer; kleberartige Mat.; Eſſigſ.; eſſigſ. Ammoniak, Kali und Kalk; kleeſ. Kalk; ſalzſ. Kali; ſchwefelſ. Kali; Thonerde; Kieſelerde; Mangan- und Eiſenoxyd (Ann. de Chim. LXXXI. 128; auch Schweigg. J. IV. 424. VIII. 221. 272).

Laurus Cassia und cinnamomea *) L. — Der **franzöſiſche Zimmt** nach **Bucholz**: 0,8 flücht. Oel (Rep. I. 1054); 4,0 geſchmackloſes gelbbraunes Weichharz; 14,6 gummiger Extractivſtoff; 64,3 Holzfaſer mit baſſorinartiger Materie; 16,3 Waſſer und Verluſt (Bucholz Taſchenb. 1814. 1).

Der **Zimmt von Guiana** nach **Vauquelin**: ein ſcharf ſchmeckendes flüchtiges Oel; eiſengrünender Gerbſtoff, ungefähr 8 p. C. betragend; Gummi; Kali- und Kalkſalze (Buchner Repert. VI. 15).

Der **Ceyloniſche Zimmt** enthält nach demſelben eine viel größere Menge flüchtiges Oel von ſüßerem und angenehmern Geſchmack; Harz; eiſengrünenden Gerbſtoff mit einer rothgelb färbenden Materie; Gummi (ebendaſ.).

Buchner erhielt aus einer Sorte Zimmtkaſſia ſtatt des ätheriſchen Oels **Benzoeſ.** — Dieſe Rinde unterſchied ſich von der gewöhnlich im Handel vorkommenden Rinde durch eine bläſſere, mehr ins Gelbe gehende, Farbe, glättere Oberfläche, ebnern Bruch, größere Feinheit der Röhren, die nur ½ Linie dick waren, und ſchärfern Geſchmack. Aus dem durch Deſtillation gewonnenen milchigen Zimmtwaſſer nun ſetzte ſich kein Oel ab; aber nach einigen Wochen Benzoeſäure in glänzenden Blättchen, und auch das W., woraus der Abſatz erfolgt war, reagirte noch ſauer (Buchner Repert. VI. 1).

Liriodendron tulipifera. — Die Rinde nach **Trommsdorff**: 0,8 harzige Subſtanz; 12,5 Bitterſtoff, Eiſen grün fällend, aber Gallert, Galläpfelaufguß, Brechweinſtein nicht fällend; 25,2 Gummi; 56,3 Holzfaſer (Trommsd. J. XVIII.).

Malambo. — **Malamborinde**, unbekannter Abkunft. — Nach **Vauquelin**: 1 blaßgelbes bittres flüchtiges Oel (Rep. I. 1055); 7 rothbraunes bittres Hartharz (Rep. I. 1326); Bitterſtoff; gelbbraune ſtickſtoffhaltige gummiartige Mat.; Holzfaſer; pflanzenſ. Kali, nicht in Alkohol löslich; gelbweißes Pulver (Ann. de Chim. XCVI. 112).

---

*) Der Ceyloniſche Zimmt kommt von L. cinnam., der ſogenannte franzöſiſche wahrſcheinlich von L. cassia.

Paratodo. — Paratodo-Rinde, nach Aug. St. Hilaire von einer in Braſilien wachſenden Pflanze aus der Familie der Apocyneen herrührend, enthält nach Henry: 1) einen eigenthümlichen bittern Stoff; 2) ein Harz; 3) eine fette Materie; 4) einen nicht fällbaren Farbſtoff; 5) neutrales eſſigſ. Bley; 6) Stärke; 7) eſſigſ. Kali; 8) ein wenig Kalk- und Magneſiaſalze; 9) Holzfaſer. Die Aſche enthielt von kohlenſ., ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali ſehr wenig; kohlenſauren Kalk; kohlſ. Magneſia; Spuren von Eiſenoxyd.

Eigenſchaften des eigenthümlichen bittern Stoffs — von brauner, ins Gelbe ziehender, Farbe; durchſichtig; von ſehr bitterm Geſchmack; ſchwachem und eigenthüml. Geruch; aufl. in W. und Alkohol; an feuchter Luft ſehr bald zerfließend; verändert die blauen Pflanzenfarben nicht; Barytwaſſer, Kalkwaſſer, Kieſelkali und Kali ohne Einwirkung auf denſelben; wird durch ſalpeterſ. Silber in weißen Flocken niedergeſchlagen u. ſ. w. (Hänle Mag. der Pharm. III. 1823. S. 315).

Prunus Padus L. (Cerasus Padus Dec.). — Die Rinde nach John: Blauſäurehaltiges flüchtiges Oel (Rep. I. 1066); Harz; Extractivſtoff; Gerbſtoff; Gummi; Holzfaſer (John chem. Schr. IV. 77). — In der Rinde vom Pflaumen-, Apricoſen- und Pfirſichbaume fand John keine Blauſäure.

Quassia Simaruba (Simaruba). — Die Rinde nach Morin: Harzige Materie (Rep. I. 1335); ätheriſches benzoeartig riechendes Oel; Quaſſin, Ulmin und Faſer; ein Ammoniakſalz; ſalzſ. und eſſigſ. Kali; äpfelſ. und ſauerkleeſ. Kalk; Aepfelſ. und Spuren von Gallusſ.; einige Mineralſalze, Eiſenoxyd und Kieſelerde (durch Einäſchern).

Analyſe nach Morin: 1) Er zieht mit Schwefeläther aus, deſtillirt ⅔ des Auszugs ab, überläßt den Rückſtand der freiwilligen Verdunſtung, wo ſich das Harz mit anhängendem flüchtigen Oel abſetzt; 2) die mit Aether ausgezogene Rinde wird mit Alkohol von 32° B. ausgezogen, der Alkohol vom Auszuge abdeſtillirt, der Rückſtand auf dem Filtrum mit W. gewaſchen. Es bleibt Harz, wie oben, auf dem Filtrum; das Waſchwaſſer enthält Salze, Säuren und Quaſſin; erſtre kryſtalliſiren zum Theil beim Abdampfen heraus, und die Mutterlauge, mit eſſigſ. Bley gefällt, giebt einen gelblichen Niederſchlag von äpfelſ. und ein wenig gallusſ. Bley. Die gefällte Fl., einem Strom Schwefelwſſt. ausgeſetzt, filtrirt, abgedampft, läßt ein ausnehmend bittres Extract mit allen Eigenſchaften des Quaſſin; — 3) aus der durch Alkohol und Aether erſchöpften Rinde wird durch ſucceſſive Behandlung mit kochendem Waſſer und verd. Salzſ. noch ſaurer äpfelſ. Kalk, Aepfelſ., harziger Stoff und ſauerkleeſ. Kalk ausgezogen, dann durch Behandlung mit einer Auſl. von baſiſch kblſ. Kali Ulmin, worauf nur Holzſtoff übrig war (Journ. de pharm. fevr. 1822. 57—61. — Stolze Berl. Jahrb. Jahrg. 24. Abth. 2. S. 81).

Quercus robur. — Die Rinde giebt nach **Berthier** eine ſehr beträchtliche Quantität Aſche, nämlich 6 p. C., welche braun iſt und ſich dadurch auszeichnet, daß ſie ſehr wenig auflösliche Theile, nämlich nur 5 p. C. ihres Gewichts, enthält, dagegen eine beträchtliche Menge Manganoxyd, nämlich 0,0740 und gar keine Phosphorſ. Die Lohkuchen, welche aus der ſchon zum Gerben gebrauchten Rinde geformt werden, laſſen nach **Berthier** ungefähr 16 p. C., offenbar mit Sand gemengter, Aſche, die nur 1,6 p. C. ihres Gewichts auflösliche Salze enthält.

Quercus suber (Kork). — Der bei 100° C. getrocknete Kork nach **Chevreul**: Wohlriechendes Princip, welches bei der Deſt. mit W. übergeht; Wachs; Chevreuls Cerin (Rep. I. 1125); weiches Harz (Rep. I. 1340); rothfärbender Stoff; gelbfärbender Stoff; Gerbſtoff; ſtickſtoffhaltige braune Mat.; Korkſtoff; Gallusſ.; Eſſigſ. und Kalkſalz (**Chevreul** in Ann. de Chim. XCVI. 155). — Nach **John**: Korkſtoff mit einer ſehr deutlichen Spur von Harz und extractartiger Subſtanz; Gerbſtoff; pflanzenſaures (vielleicht gallusſ.) Alkali; phosphorſ. ſalzſ. und ſchwefelſ. Alkali; phosphorſ. Kalk (**John** chem. Schr. V. 86).

Der Kork erleidet nach **Chevreul** $\frac{1}{17}$ Gewichtsverluſt an W. beim Trocknen in der Siedhitze des Waſſers. Im offenen Feuer verbrennt er ſehr leicht unter Aufſchwellen mit glänzend weißer Flamme und Rücklaſſung einer zarten, lockern, aufgeſchwollenen Kohle. Bei trockner Deſtill. giebt er dieſelben Producte als der Korkſtoff (Rep. I. 820), nur in andern Verhältniſſen. Bei Behandlung des friſchen und des in der Siedhitze getrockneten Korks mit Salpeterſäure auf die bei Korkſtoff (ibid.) angegebene Weiſe wurden aus 100 **friſchem Kork** erhalten: 2,0 holzige Mat.; 14,7 harzige Mat.; 14,4 Korkſ.; 16,0 Kleeſ. und eine gelbe bittre Lauge; aus 100 **getrocknetem Kork**: 16,50 Harz; 1,9 holzige Mat.; 19,6 Korkſ.; 10,6 Kleeſ. (und eine bittre Lauge). Zugleich geht bei dieſer Deſt. Salpetergas, Kblſ., Blauſ. und Eſſigſ. über. — Conc. **Schwefelſ.** ſchwärzt den Kork.

Salix alba L. (Silberweide). — Die Rinde nach **Pellet.** und **Cav.**: Grüner fetter Stoff, dem der China ähnlich; Wachs; gelber, ſchwach bittrer Farbſtoff; Gerbſtoff; rothbraune, ſehr wenig in W. lösliche, Mat.; Gummi; Holzfaſer; eine S., die mit Magneſia ein in W. und Alkohol leicht lösliches Salz bildet (Buchner Rep. XII. 213). Vergl. auch **Bartholdi** in Scherer J. VIII. 294. über das Verhalten des Aufguſſes der Rinde von Sal. alba gegen verſchiedene Reagentien.

Solanum pseudoquina. — Die Rinde nach Vauquelin: Eine kleine Menge klebriger fetter Stoff; 2 p. C. Harz; ungefähr 8 p. C. eines bittern Stoffs; eine kleine Menge Stärkmehl; Holzfaſer, ⅓ betragend; eine ſehr reichliche Menge thier. Subſtanz, verbunden mit baſ. äpfelſ. Kali und Kalk, und deßhalb alkaliſch reagirend (kein Solanin); 5 bis 6 p. C. ſauerkleeſ. Kalk; wenigſtens 5 p. C. kohlſ. Kalk; eine unbeſtimmte Menge äpfelſ. Kalk; äpfelſ. Kali; Manganoxyd zum Theil mit Aepfelſ., zum andern Theil wahrſcheinlich mit Sauerkleeſ. verbunden; ſauerkleeſ. Eiſen; eine ſehr kleine Menge Magneſia; eine Spur phosphorſ. Kalk (Journ. de pharm. XI. 49).

Strychnos colubrina (Schlangenholz). — Das Holz enthält nach Pelletier und Caventou dieſelben Beſtandtheile als die Ignatzbohnen (S. 27); jedoch viel mehr Fett und Farbſtoff; weniger Strychnin, und ſtatt des Baſſorins und Stärkmehls eine deſto größere Menge Holzfaſer. (Ann. de Ch. et de Ph. X.)

Strychnos pseudochina (Quina del campo). — Die Rinde nach Vauquelin: Eine eigenthümliche harzige Subſtanz; in abſ. Alkohol nur wenig, in Alkohol von 60° B. leicht auſl.; Bitterſtoff, der den größten Theil der auflöslichen Stoffe ausmacht und die fiebervertreibenden Eigenſchaften zu beſitzen ſcheint, eine gummige gefärbte Subſtanz in Verb. mit einer thier. vegetab. Materie; eine eigenthümliche S., welche das ſchwefelſ. Eiſen und den Leim niederſchlägt, ſich aber in andern Hinſichten von der Gallusſ. unterſcheidet (Frorieps Notizen. V. 101).

Wintera aromatica, ſ. Drymis.

Winteria canella L. (canella alba). — Die weiße Canneelrinde nach Henry: Scharfes flüchtiges Oel; gewürzhaftes, nicht ſcharfes, Harz; extractiver Farbſtoff; durch heißes W. ausziehbare extractive Mat.; Gummi; Stärkmehl; Holzfaſer; Eiweis; eſſigſ. und ſalzſ. Kali; kleeſ., eſſigſ. und ſalzſ. Kalk (Journ. de pharm. VI. 1819. Nov. — Berl. Jahrb. XXIV. 1. 166. — Trommsd. Taſchenb. 1821. 101. — Pfaff mat. med. VI. 434). — Nach Petroz und Robinet: äther. Oel; Harz; eigenthümliche bittre Mat.; Zimmtzucker (Canellin, Rep. I. 805); Gummi; Stärkmehl; Eiweisſtoff; einige Salze (Journ. de pharm. VIII. 1822. 197. — Berl. Jahrb. XXIV. 2. 98. — Schweigg. J. N. R. V. 212).

Kryptogamen.

Die Kryptogamen zeigen manches Bemerkenswerthe in ihrer Zuſammenſetzung. So beſitzen faſt ſämmtliche Kryptogamen des Meers einen Gehalt an jodwaſſerſtoffſauren und bromwaſſerſtoffſauren *) Salzen; die Pilze zeichnen ſich durch Gehalt ſtickſtoffhaltiger Materien und einige eigenthümliche Säuren aus; die Flechten zum Theil durch einen Gehalt von Farbſtoffen **), zum Theil (die ſogenannten Borkenflechten) von ſauerkleeſaurem Kali ***). Die Equiſeta ſind namentlich durch ihren Reichthum an Kieſelerde merkwürdig.

Vergl. über die Pilze die einzelnen Artikel: Fungi, Agaricus, Boletus, Helvella, Hydnum, Lycoperdon, Merulius, Mucor, Peziza, Phallus, Pietra; — über die Flechten: Parmelia, Lecanora, Roccella; — über die Algen: Fucus, Tremella, Oscillatoria; — über die Farren: Aspidium, Polypodium, Pteris. Analyſen von Mooſen fehlen zur Zeit noch.

Agaricus bulbosus. — Nach Vauquelin: Weiches, gelbes, ſcharf ſchmeckendes Fett; beſondre thier. Mat. (Rep. II. 362); Osmazom; Fungin (Rep. I. 821); ein ſaures Salz (nicht phosphorſauer).

Agaricus campestris (Eßbarer Pilz). — Nach Vauqu.: Braunrothes Fett (Rep. I. 1251); wallrathartiges Fett (Rep. I. 1254); Schwammzucker (Rep. I. 797); beſondre thier. Mat. (Rep. II. 362); Osmazom; Eiweißſtoff; Fungin; pflanzenſaure und andre Salze. Die Zerlegung ſiehe unter Fungi.

Agaricus flabelliformis Gm. (Ag. stypticus Pers.) — Nach Braconnot: 9,0 Fett; 6,5 unbekannte gummiartige Subſtanz (Rep. I. 689); 83,5 knorpliges Fungin; wenig pflanzenſ. Kali und flüchtige Schärfe; 1 Verluſt.

Agaricus muscarius. — Nach Vauquelin (Unvollſtänd. Analyſe): Braunes Fett (Rep. I. 1251); beſondre thier. Mat. (Rep. II. 262); Osmazom; Fungin; Salze mit Säureüberſchuß.

Agaricus piperatus Pers. — Nach Braconnot: Flüchtige Schärfe; braunes fettes Oel; wallrathartiges Fett; Schwammzucker; thier. veget. Mat.; Eiweißſtoff; Fungin; Kali in Verbindung mit Eſſigſ., Phosphorſ., Salzſ. und einer unbekannten Pflanzenſ.; Waſſer.

---

*) In der That giebt nach Balard die Aſche aller Pflanzen, welche im mittelländiſchen Meere wachſen, eine gelbe Färbung, wenn man das Product der Auslaugung mit Chlor behandelt.

**) Von den färbenden Flechten iſt Rep. I. S. 336. beſonders gehandelt worden.

***) Vergl. Rep. I. 285.

Agaricus theogalus. — Nach Vauquelin (unvollſt. Unterſ.): Braunes Fett; beſondre thier. Mat.; Osmazom; Fungin; phosphorſ., ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali.

Agaricus volvacius. Bull. Decand. — Nach Braconnot: Flüchtige Schärfe; braunes fettes Oel; wallrathartiges Fett; Wachs; Schwammzucker; thier. veget. Mat.; Eiweißſtoff; Fungin; freie S., wahrſcheinlich Eſſigſ.; eſſigſ., phosphorſ. und ſalzſ. Kali; Anzeige von Benzoeſ.; viel Waſſer (Braconnot).

Aspidium spinulosum. — Nach John gaben 120 Gran des trocknen Krautes 12 Gran Aſche, beſtehend aus: 8 Gran Kieſelerde; 1½ Gran phosphorſ. Kalk mit Spuren von Eiſenoxyd und kohlſ. Kalk; etwas Alkali und Eiſenoxyd; phosphorſ. Natron; ½ Gran ſalzſ. Natron (John Tab. der Pflanzenanalyſen S. 63).

Baeomyces roseus. — Die Cephalodien enthalten nach Brandes: Schleimzuckerartige Materie mit dem thieriſchen Leim ähnlicher Phyteumacolla; Lichengelatin *); Erythrophyll (Rep. I. 949); celluloſe Membran (Berl. Jahrb. 1823. 80).

Boletus juglandis. — Der friſche Schwamm nach Brac.: 0,09 fettes Oel; 0,10 wallrathartiges Fett (adipoc.); 0,01 Schwammzucker; 1,43 nicht in Alkohol lösliche thier. Mat. (Rep. II. 362); 0,95 Osmazom; 0,58 Eiweißſtoff; 7,60 lederartiges Fungin; 0,48 pilzſ. Kalk mit einer Spur phosphorſ. Kali; 88,77 Waſſer. — Das zerdrückte Fleiſch dieſes Schwamms ändert nicht, wie das der meiſten andern Schwämme, ſeine Farbe an der Luft, ſondern bleibt weiß. — Die Analyſe dieſes Schwamms ſiehe unter Fungi.

Boletus pseudoigniarius. — Nach Brac.: Gelbes Fett; Schleimzucker; Eiweißſtoff; Fungin; pilzſ., ſchwammſ., eſſigſ. und phosphorſ. Kali; Waſſer.

Boletus purgans Gm. — Der trockne Lerchenſchwamm nach Bucholz: 9,0 nur in heißem Terpentinöhl lösliches ſcharfes Harz; 41,0 auch in kaltem leicht lösliches; 3,0 bitterlicher Extractivſtoff; 6,0 Gummi; 30,6 faſrige, zum Theil der Holzfaſer ähnliche, Materie; 10,4 Waſſer und Verluſt (Berl. Jahrb. 1808. 111).

Boletus sulphureus. L. — Nach Peſchier: Fettes Oel; Farbſtoff, Schwammzucker oder ein ſchleimzuckriger Stoff; Fungin;

---

*) Mit dem von Berzelius im isländiſchen Mooſe gefundenen wie es ſcheint identiſch.

Eiweiß; ein thier. Stoff; ein beſondres alkaliniſches Princip; kleeſ. Kali; eine eigenthümliche freie Säure; Waſſer (Trommsd. N. J. IX. St. 1. S. 240).

Equisetum hiemale. — Nach John gaben 480 Gran von troknem Equ. hiem. 62 Gran Aſche, und dieſe: 89 Gran Kieſelerde; 6 Gr. kblſ., ſalzſ. und phosphorſ. Kalk; 1½ phosphorſ. Eiſen und Mangan; 4 Kalk; 6 phosphorſ. Kalk; 5 Kohle (John Tab. der Pflanzenanalyſ. S. 63).

Equisetum palustre. — Nach John gaben 570 Gran trocknen Equis. pal. 80 Gran Aſche, und dieſe: 43 Gran Kieſelerde; 2½ ſchwefelſ. Kalk; 7½ ſalzſ. und phosphorſ. Natron; 6 phosphorſ. Kalk; 13 Kalk; 1 Mangan und Eiſenoxyd, wahrſcheinlich mit Phosphorſ. verbunden (John Tab. der Pflanzenanalyſen S. 63).

Fucus buccinalis. — Nach Drieſſen enthalten 100 Soda, aus dieſer Fucusart in der Nähe des Caps gewonnen: 34,6000 in W. unauflöslichen Rückſtand; 0,5500 Kieſelerde mit etwas kblſ. Kalk und Magneſia; 7,1421 Schwefelſ.; 16,2130 Salzſ.; 12,1600 Kali; 16,4686 Natron; 12,8663 Kohlenſäure, Jod, Schwefel und Verluſt. Der in Waſſer unauflösliche Rückſtand beſtand aus Kohlenſäure, Schwefelſäure, Eiſen, Kalk, Thonerde, Magneſia, Kieſelerde und Kohle (Fror. Not. XII. 154).

Fucus digitatus, filum, saccharinum, serratus, siliquosus, vesiculosus. —

Nach Gaultier de Claubry: Schleim; Eiweißſtoff; grüner Farbſtoff; Mannazucker (ſchon von Vauquelin darin gefunden); eine große Menge von Salzen, unter denen jodwaſſerſtoffſ. Alkali vorwaltet (Ann. de Chim. XCIII. 75).

Fucus helminthochortos L. (Wurmmoos). — Noch nicht hinreichend unterſucht. Es giebt 1/12 geiſtiges, 8/12 wäßriges Extract, enthält ſehr vielen Schleim und mehrere Salze, als ſalzſ. Kali und Natron, ſchwefelſ. Natron u. ſ. w. Das deſt. W. iſt geſchmack- und geruchlos (Dörffurt). — Nach Bouvier älterer Unterſuch. enthält es in 1008 Theilen: 92 Kochſalz; 602 Gallert; 112 Gyps; 110 Pflanzenüberbleibſel; 5 Eiſen; 5 Magneſia; 2 phosphorſ. Kalk; 75 kblſ. Kalk; 5 Kieſelerde (Ann. de Chim. IX. 83). — Ueber die Heilkräfte vergl. W. Farr on the effects of the Fucus Helminthochorton upon Cancer etc. London, 1822. 8.

Fucus vesiculosus. — Nach John: 2 harziges Fett; 78 in Kali lösliche häutige Materie (Hornſubſtanz oder Fungin?); 4 braunrothe ſchleimige Materie nebſt fleiſchrothem Extractivſtoff und etwas ſchwefelſ. und ſalzſ. Natron; 3,1 Glauberſalz mit etwas Kochſalz; 12,2 Gyps mit Bitterſalz und etwas phosphorſ. Kalk; Spuren von Mangan, Eiſen, Kieſelerde und einer vielleicht eigenthümlichen Säure; kein Jod (**John** in Schweigg. J. XIII. 464); doch führt **Gaultier de Claubry** dieſe Fucusart mit unter den jodhaltenden auf.

Fungi, Pilze oder Schwämme. —

Literat. — **Braconnot** in Ann. de Chim. LXXIX. 265; LXXX. 272 und LXXXVII. 237; leztres auch in Schweigg. J. XII. 260. — **Vauquelin** in Ann. de Chim. LXXXV. 5; auch in Schweigg. J. XII. 253.

Die Pilze oder Schwämme ſind eine natürliche Familie, welche ſich in chemiſcher Hinſicht theils durch die große Uebereinſtimmung der Beſtandtheile in den einzelnen Gliedern derſelben, theils durch die thieriſche Natur mehrerer dieſer Beſtandtheile auszeichnet, wohin namentlich das wallrathartige Fett (Rep. I. 1254), Osmazom, eine beſondre stickſtoffhaltige Mat. (Rep. II. 362) und das ebenfalls ſtickſtoffhaltige Fungin (Rep. I. 821) gehören, die in faſt allen Schwämmen gefunden worden ſind. Außerdem gehören noch zu den Beſtandtheilen, die in allen oder den meiſten Schwämmen vorkommen, Schwammzucker; entweder Pilzſäure oder Schwammſäure; ein gefärbtes Fett oder Oel (Rep. I. 1251); Eiweis; eine flüchtige Schärfe (Rep. II. 797).

Auf der Coagulation des Eiweis durch die Wärme beruht es, daß die Schwämme durch Kochen mit Waſſer Conſiſtenz und Feſtigkeit erlangen.

Letellier nennt den Stoff, auf welchem die Eigenſchaften der giftigen Schwämme beruhen, **Amanitin**, hat ihn jedoch nicht geſondert dargeſtellt oder unterſucht.

Um eine Anleitung zur Zerlegung der Schwämme zu geben, fügen wir hier den Gang der Analyſe des Agaricus campestris nach **Vauquelin** und des Boletus juglandis nach **Braconnot** bei.

Analyſe des Agaricus campestris nach Vauquelin: Der von der Haut befreite Schwamm ward mit ein wenig W. in einem marmornen Mörſer zerrieben, ſtark ausgedrückt und dieß ſo oft wiederholt, bis das jedesmal zugeſetzte W. farblos durchlief. Der filtrirte, ſchwach roſenfarbene, Lackmus nicht röthende, durch Ammoniak ſich ohne Niederſchlag bräunende, mit **Salpeterſ.** eine Coagulation wie von Eiweis gebende, mit Sauerkleeſ. keine Veränderung hervorbringende, durch eſſigſ. Bley ſehr reichlich, durch ſalpeterſ. Baryt ſehr ſchwach fällbare, mit Galläpfelaufguß wie Eiweisaufl. ſich verhaltende, Saft ſchied bei Erhitzung eine Coagulation ab, welche oben dunkelſchwarz erſchien. Der ſo coagulirte Saft ward bei ſehr gelinder Wärme bis zur Conſiſtenz eines weichen Extracts verdampft, darauf mit kochendem Alkohol erſchöpft. Der Rückſtand, mit W. ausgewaſchen, welches ſich braun färbte, verhielt ſich als coagulirtes Eiweis. Der alkoholiſche Auszug, abgedampft, bei gelinder Wärme getrocknet und wieder mit kochendem (ſtarken oder abſ.) Alkohol behandelt, theilte ſich in zwei Theile, deren reichlichſter (Schwammzucker und Osmazom) von Alkohol aufgelöſt ward, während der geringere auf dem Boden des Gefäßes in Geſtalt eines braunen Extracts blieb. Beim Erkalten der alkoholiſchen Löſung kryſtalliſirte ein Antheil des Schwammzuckers heraus, nach Concentration und Erkalten der übrigen Löſung ein andrer Theil, und die rückſtändige Löſung enthielt noch das, durch Verdampfen zu erhaltende, Osmazom. Der braune extractartige Rückſtand des alkoholiſchen Auszugs verhält ſich als die beſondre, mit Salzen verunreinigte, thieriſch veget. Mat., welche auch zurückblieb, als die obigen braunen Waſchwaſſer des coagulirten Eiweiſes verdampft wurden.

Es wurde ferner der mit W. erſchöpfte ausgepreßte Rückſtand des Schwamms mit dem 3fachen Gewicht Alkohol von 38° B. einige Minuten gekocht, die Fl. kochend filtrirt, und der Rückſtand ſtark ausgedrückt. Der Auszug ſetzte beim Erkalten das, mit etwas brauner Mat. verunreinigte, wallrathartige Fett ab, und ſchied, hievon abgeſondert und bis zur Verflüchtigung alles Alkohols verdampft, das röthlichbraune Fett ab, welches krumenförmig in wäßriger Fl. ſchwamm. — Der Rückſtand des Schwamms nach der Ausziehung mit W. und Alkohol war nun das Fungin.

Analyſe des Boletus juglandis nach Braconnot. — Vor der Analyſe, um Anzeigen für den zu verfolgenden Gang bei derſelben zu erhalten, ſtellte Brac. mehrere vorläufige Verſuche an, bei denen ſich Folgendes ergab: Säuren ſo wie Siedhitze coagulirten aus dem ausgepreßten Saft Eiweis; die von dem durch Hitze geronnenen Eiweis abgeſonderte, etwas opaliſirende, Lackmustinctur kaum röthende, Fl. verhielt ſich folgendermaßen gegen Reagentien: Säuren brachten keine Veränderung darin hervor; auch Sauerkleeſ. zeigte keinen merklichen Kalkgehalt an; Kalk- und Barytwaſſer bewirken leichte flockige Niederſchläge; eſſigſ. Bley bewirkt einen weißen flockigen, in deſt. Weineſſig faſt völlig auflöslichen, Niederſchlag; ſchwefelſ. Eiſen im erſten Augenblick keine merkliche Aenderung; nach einiger Zeit aber Trübung; ſalpeterſ. Baryt und ſalpeterſ. Silber leichte, beim Zugießen einiger Tropfen Salpeterſ. verſchwindende, Niederſchläge; Galläpfelaufguß einen zertheilten, die Fl. milchig machenden, Niederſchlag. Die Analyſe ſelbſt anlangend, ſo zerrieb Brac. einen 1260 Grammen wiegenden Schwamm in einem marmornen Mörſer, druckte den Saft aus, und wuſch den Rückſtand wiederholt mit deſt. W. bis zur Erſchöpfung aus, worauf er nur noch 98 Grammen wog. — Der mit den Waſchwäſſern vereinigte Saft wurde in einem ſilbernen Gefäße gekocht, welches ſich im ganzen Innern ſchwärzte, wahrſcheinlich wegen Gegenwart des Schwefels im Eiweis, welches ſich als ein ziemlich reichliches käſeartiges Gerinſel abſchied und durchs Filtrum getrennt und getrocknet 7,2 Grammen wog, noch etwas Fett zurückhaltend. Der ſo vom Eiweis geſchiedene, noch etwas opaliſirende, Saft ſchied bei weiterm Abdampfen noch eine Mat. in Form muköſer Häute ab, welche ein Reſt von Eiweis zu ſeyn ſchien und ward dabei durchſichtig. Bei fortgeſetzter Abdampfung des hievon getrennten Safts in mäßiger Hitze blieb ein, Feuchtigkeit aus der Luft anziehendes, Extract, aus welchem Alkohol bei langem und wiederholten Kochen einen Theil aufnahm, den andern zurückließ. Die vereinigten alkoholiſchen Flüſſigkeiten ſetzten beim Abkühlen höchſtens 3 Decigr. kryſt. Schwammzucker ab, und ließen, hievon getrennt und gelind bis zur Trockniß abgedampft, 14 Grammen Osmazom, welches kein eſſigſ. Kali, aber etwas, durch W. abzuſondernde, fette Mat. enthielt. Der in Alkohol unauflösliche Antheil des Extracts wurde in W. wieder aufgelöſt, und die, pilzſ. Kali mit wenig phosphorſ. Kali und thier. vegetab. Mat. enthaltende, Auſl. mit eſſigſ. Bley verſetzt, welches durch doppelte Zerſ. die Pilzſ. und Phosphorſ. als Bleyſalze mit thier. vegetab. Mat. verunreinigt fällt, aus welchem Niederſchlage Schwefelſ. dieſe Säure abſcheidet: aus der vom (durch eſſigſ. Bley hervorgebrachten) Niederſchlage abfiltrirten, Fl. wurde durch Schwefelwaſſerſtoffgas das überſchüſſige Bley gefällt, und ſie hierauf nach Abſonderung deſſelben zur dicken Syrupsconſiſtenz abgedampft; wo ſie das durch die doppelte Zerſ. entſtandene eſſigſ. Kali, etwas unzerſetzt gebliebenes pilzſ. Kali, endlich die thier. vegetab. Mat. enthält, welche letztre durch Alkohol aus der Auſl. gefällt wird, während die Salze darin zurückbleiben.

Der vom Auspreſſen des Safts gebliebene Rückſtand des Schwamms wurde wiederholt mit Alkohol ausgekocht, der nach dem Erkalten 1,2 wallrathähnliches Fett abſetzte, und beim nachherigen Verdampfen 1,12 braune Mat. zurückließ. — Der ſo erſchöpfte Rückſtand des Schwamms war jetzt leberartiges Fungin.

Helvella mitra L. (Morcheln). — Nach Schrader im lufttrocknen Zuſtande: 3,0 fettes Oel von dicklicher Conſ., etwas bitterem und ſcharfen Nachgeſchmack; 1,0 wallrathartiges Fett; 2,0 Schwammzucker; 5,4 Schleim, bei der tr. Deſt. etwas Amm. gebend, mit Kieſelfeuchtigkeit ſich nicht trübend, mit eſſigſ. Bley geringe Trübung gebend; 39,6 Fungin; 29,4 thier. vegetab. Extract (Osmazom) mit etwas ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali und freier Pilzſ. und Milchſ.: 1,8

Eiweisſtoff; 8,0 pilzſ. und phosphorſ. Ammoniak; 10,4 Waſſer. — Die Aſche der Morcheln war ein grobes körnig zuſammengeſetztes Pulver von einer ins Bläuliche ſchillernden Färbung, enthaltend eine Spur Kali; ſehr wenig ſchwefelſ. und ſalzſ. Salz; kblſ. Kalk mit Spuren von kblſ. Magneſia; phosphorſ. Kalk; nicht wenig Eiſen- und Mangan(oxyd); auch viel Kupferoxyd (Schweigg. J. N. R. III. 389.).

Hydnum hybridum. — Nach Braconnot: Flüchtige Schärfe; braunes fettes Oel; wallrathähnliches Fett; viel Schwammzucker; wenig thier. veget. Mat.; Fungin; Kali in Verb. mit der Säure des Agaricus piperatus und mit Pilzſäure, Eſſigſ., Phosphorſ. und Salzſ.; Waſſer.

Hydnum repandum. — Nach Braconnot: Flüchtige Schärfe; braunes fettes Oel; wallrathähnliches Fett; viel Schwammzucker; wenig thieriſche Mat.; Fungin; Kali in Verb. mit der S. des agaricus piperatus und mit Pilzſ., Eſſigſ., Phosphorſ. und Salzſ.; Waſſer.

Lecanora tartarea. — Nees von Eſenbeck zog bei einer unvollſt. Unterſ. daraus: extractiven gelblich braunen Farbſtoff (Rep. I. 964); grünlich braunes Harz (Rep. I. 1333. Anm.), und ein eigenthümliches Halbharz (Rep. I. 1327), welches letztre die Anlage zur rothen Farbe bedingt. (Brandes Arch. XVI. 145). Nach Braconnot iſt ein großer Gehalt an Sauerkleeſ. darin.

Lichen, auf der falſchen Anguſturarinde befindlich. — Nach Pelletier: grünlichgelbes mildes fettes Oel; Strychnochromin (Rep. I. 986); extractiver gelber Farbſtoff; Gummi; Holzfaſer. — Die Aſche beſteht faſt ganz aus kohlenſaurem Kalk nebſt wenig Eiſenoxyd (Trommsd. N. J. IV. St. 2. 219).

Lichen ciliaris, fraxineus, furfuracus, parietinus, ſ. unter Parmelia.

Lichen islandicus (Isländiſches Moos). — Nach Berzelius: 1,6 grünes Wachs; 7,0 extractiver gelber Farbſtoff; 3,0 Bitterſtoff (Rep. I. 659); 3,6 Schleimzucker; 3,7 Gummi; 44,6 Moosſtärkmehl; 36,2 ſtärkmehlartiges Geripp (Rep. I. 752); Spur Gallusſäure; 1,9 Weinſtein, weinſteinſ. Kalk und wenig phosphorſ. Kalk; 1,6 Ueberſchuß (Schweigg. J. VII. 317). — Nach John: 1,5 grünes Harz; 10,0 in Waſſer und Weingeiſt lösliches Extract; 8,0 Inulin; 40,0 modificirtes Inulin; 37,5 unauflösliche Theile; ungefähr 1,5 eſſigſ. und ſaures pflanzenſ. Kali; 1,0 Salpeter; 0,5 Ammoniak, Kalk, Magneſia, Kieſelerde, Eiſen und Mangan. (John chem. Schr. VI. 41). — Auch Prouſt hat einige unvollſtändige Verſuche zur Zerlegung des isl. Mooſes angeſtellt, als deren Reſultat er darin fand: 3 bittern in kaltem Waſſer auflöslichen Stoff; 33 in ſiedendem Waſſer auflöslichen gummiähnlichen Stoff; 61 unauflösliche fleiſchige Subſtanz. (Gehlen J. VI. 502).— Nach Weſtring ſollte das Isländiſche Moos enthalten: Gallert, Gummi, Bitterſtoff, Harz, Eiweis und Farbſtoff, von welchen Beſtandtheilen jedoch thatſächlich einige nicht darin vorkommen (Schweigg. J. VII. 320). — Pfaff hat im Isländiſchen Mooſe auch Schwammſäure entdeckt, wovon die Auszüge des isländiſchen Mooſes die Eigenſchaft erhalten, durch Eiſenperoxydſalze rothbraun gefällt zu werden; zugleich widerlegt er das von Berzelius angenommene Vorkommen der Gallusſ. im Isländiſchen Mooſe (Schweigg. J. N. R. XVII. 476, vergl. auch Repert. II. 612).

Einige Eigenſchaften des isl. Mooſes. — Das isl. Moos iſt geruchlos; von ſchleimigem, bittern und etwas adſtringirenden Geſchmack. Das getrocknete Moos nimmt in kaltem Waſſer in kurzer Zeit die ihm im friſchen Zuſtande eigenthümliche Farbe und Feuchtigkeit wieder an, und ein Pfund Moos, das man auf dieſe Art auffriſcht und mit einer Serviette abtrocknet, wiegt nun 2 Pfund und 2 Unzen.

Weicht man das ganze Moos in Waſſer ein, ſo bekommt letztres in einem Tage eine gelbbraune Farbe und einen bittern Geſchmack. Gießt man es ab und friſches auf, ſo erhält dieſes in gleicher Zeit dieſelbe Farbe und Geſchmack. Dieſes kann mehrmals wiederholt werden, ohne daß dadurch dem Mooſe der Bitterſtoff gänzlich entzogen wird. Trocknet und pulvert man ſolches vorher, ſo zieht das Waſſer mehr aus und färbt ſich dunkler; dennoch würde es ſehr oft wiederholte und beſchwerliche Aufgüſſe erfordern, um auf dieſe Weiſe das Moos von allem Bitterſtoff zu befreien. Nimmt man zum Aufguß warmes Waſſer, ſo löſt dieſes zwar mehr von demſelben auf, zieht ihn aber auch nicht gänzlich aus; und ſelbſt wenn das Moos wiederholt mit Waſſer gekocht wird, ſo iſt auch der letzte Abſud, ſo wie der unauflösliche Theil des Mooſes, ſehr bitter. (Berzelius).

In Island macht dieſes Moos ein Hauptnahrungsmittel der Einwohner aus, wozu es von allen Unreinigkeiten befreit, gewaſchen, getrocknet und zu Mehl gemahlen wird. Zwei Theile von dieſem Mehle hält man für eben ſo nährend, als 1 Theil Waizenmehl. Der bittre Stoff macht zwar die Zubereitungen unſchmackhaft; die leichte Auflöslichkeit deſſelben in Kali jedoch giebt ein leichtes Mittel an die Hand, ihn zu entfernen, dadurch, daß man das fein zertheilte Moos mit ſchwacher Aſchlauge übergießt, die dann wieder durch gelindes Auspreſſen und Auswaſchen entfernt wird (Dulk Pharmacopoea boruss.).

Lycoperdon bovista. — Nach John geben 150 Gran friſcher äußerer Schaale 1 Gran Aſche, enthaltend: khlſ. und phosphorſ. Alkali; phosphorſ. Kalk; phosphorſ. Eiſen; Kieſelerde; ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali; Eiſenoxyd. — Nach demſelben geben 80 Gran der innern ſtaubigen Subſtanz 1 Gran Aſche, enthaltend eine Spur Alkali; über ½ Gran phosphorſ. Kalk; eine Spur phosphorſ. Eiſen; phosphorſ. Natron; Eiſenoxyd. (John Tabellen der Pflanzenanalyſen S. 66).

Lycoperdon cervinum L. (Scleroderma cervinum Persoon.; Boletus cervinus der Apotheken; Hirſchbrunſt) iſt mit großer Sorgfalt von Bilz analyſirt worden (Trommsd. N. J. XI. St. 2. S. 3). 1000 Theile des Saamens oder Keimpulvers (sporae) enthalten: flüchtigen riechenden Stoff in unbeſtimmbarer Menge; 3,250 Weichharz (Rep. I. 1346); 0,520 Hartharz (Rep. I. 1325); Eiweisſtoff, mit rothem färbenden Stoff; 83,333 Inulin; 27,08 Pilzosmazom und unkryſtalliſirbaren Zucker; 20,83 Gummi; freie Pflanzenſäure; pflanzenſ. Amm.; pflanzenſ. Kalk; ſchwefelſ. Kalk; phosphorſ. Kalk; ſalzſ. Natron?; Mangan und Eiſen, Kieſelerde?; durch Aetzlaugenbehandlung rother färbender Stoff; eiweisähnlicher Stoff; Fungin? — Die Aſche von 1000 Th. des Saamens betrug 12,50 Theile und enthielt ein freies Alkali, vermuthlich Natrum; khlſ., ſchwefelſ. und phosphorſ. Kalk; ſalzſ. Natron oder Kalk; Thonerde; Kieſelerde?; Mangan; Eiſen. Durch trockne Deſt. gab der Saamen ſaures ammoniakhaltiges Waſſer; braunes ſtinkendes Oel; khlſ. Gas und gekohltes Wſſtgas und als Rückſtand eine rein ſchwarze, höchſt feine, Kohle. — 1000 Theile von der Schaale des Pilzes gaben: 3,333 fettige Subſtanz; Eiweisſtoff; 120 Pilzosmazom und kryſt. Schwammzucker; 104 Schleimgummi; freie Pflanzenſ.; pflanzenſ. Ammoniak, ſchwefelſ. Kalk, phosphorſ. Kalk; (durch Aetzlauge) ungefärbten gummöſen Stoff; eiweisähnlichen Stoff; Fungin? — die Aſche betrug 11,00. — die äußere Haut der Schaale gab bittres Gelbes, keinen Zucker; das übrige ungewiß; das Saamennetz gab kryſtalliſirten Schwammzucker; kein Inulin, das Uebrige ungewiß.

Lycopodium clavatum. — Die Aſche des Bärlappſaamens ſoll 31 p. C. phosphorſ. unvollk. Eiſenoxyd und phosphorſ. Manganoxyd enthalten (Bucholz Taſchenb. 1808. 201).

Lycopodium complanatum. (Jevene). — Dieſe Pflanze wird in Norwegen als Beize zum Blaufärben mit Blauholz angewandt. — John fand darin; 5 harziges Blattgrün; 25 Extract mit einer bedeutenden Menge ſaurer eſſigſaurer Thonerde und einigen andern Salzen; 61 Holzfaſer und Pflanzenmark; ungefähr 6,0 Salze, namentlich: pflanzenſ. und ſchwefelſ. Kali: ſchwefelſ. Kalk; pflanzenſ. Kalk und Magneſia, pflanzenſ. Kupfer und Eiſen, pflanzenſ. Mangan, Kieſelerde; kein phosphorſ. Kalk; kein ſalzſ. Kali. — Der Gegenwart der eſſigſ. Thonerde und des pflanzenſ. Kupfers ſchreibt John die vortheilhafte Wirkung bei der Blaufärberei zu. (John chem. Schr. VI. 50).

Merulius cantharellus, nach Braconnot: Flüchtige Schärfe; fettes Oel; wallrathartiges Fett; Schwammzucker; Thierleim; Fungin; Eſſigſ.; eſſigſ., pilzſ. und phosphorſ. Kali; Waſſer.

Mucor septicus, nach Braconnot im friſchen Zuſtande: Gefärbtes Fett (Rep. I. 979); Fungin; beſondre thier. Mat.; Eiweisſtoff; eſſigſ. Kali; viel khlſ. Kalk; Waſſer.

Oscillatoria rubescens Vauch. (Rothe Mat. vom Murtenſee). —

Nach gemeinſch. Unterſ. von Colladon, Peſchier und Macaire: Chlorophyll; nicht flüchtiger öliger Stoff; zum Theil in Alkohol löslicher rother Farbſtoff; große Menge gallertähnlicher Schleim; einige Erd- und Kaliſalze nebſt einer Spur Eiſenoxyd (Kaſtner Archiv IX. 375). Von der Entſtehungsart und den Eigenſchaften dieſes Vegetabils wird ſpäter noch beſonders gehandelt werden.

Oscillatoria s. Alga viridis (Prieſtleyſche grüne Materie). —

Dieſelbe bildet ſich nicht in reinem W., blos in ſolchem, welches organiſche Theile enthält, gewöhnlich nach vorgängiger Erſcheinung von Infuſionsthieren, in die ſie auch wieder zerfällt. Sie beſitzt in ausgezeichnetem Grade das Vermögen, Sſtgas im Lichte auszuhauchen. Faſt immer ſind ihr rhomboidiſche Kryſtalle von khlſ. Kalk beigemengt. Einige unvollſtändige chemiſche Verſuche über dieſe Mat. von Senebier, (zufolge deren ſie harzige Subſtanz, Schleim, Kalk, Kali, Salzſ. enthält), nebſt ausführlichen Unterſuchungen über ihre phyſiſchen Eigenſchaften finden ſich in Scherer J. VIII. 173. — Sehr ausführliche Unterſuchungen über die Entſtehung der Prieſtleyſchen grünen Materie kann man nachleſen in Märklin über die Urformen der niedern Organismen. Heidelberg. 1823; (die Reſultate dieſer Schrift auszugsweiſe in Kaſtn. Arch. I. 450).

Parmelia ciliaris (Lichen ciliaris L. (Haarflechte). — Nach John: 2,0 harziges Blattgrün; 9,0 Inulin; 3,0 in Waſſer und Weingeiſt auflösliches Extract mit etwas ſaurem Kalkſalz; 46,0 Gummi; 36,9 unlöslicher häutiger Theil, mit Baſſorin verwandt; nahe 8,1 Salze, namentlich phosphorſ. und ſaurer pflanzenſ. Kalk, Spuren von pflanzenſ. Kali, (Spuren von phosphorſ. Kali?), Kieſelerde (und Thon als Gemengtheil?), phosphorſ. und pflanzenſ. Eiſen- und wenig Manganoxyd, Spuren pflanzenſ. Ammoniak (John chem. Schr. VI. 34).

Parmelia fraxinea. — Sie gab nach John durch Einäſcherung eine braune Aſche mit einer kaum bemerkbaren Spur Kalk und ſonſt allen Beſtandtheilen, welche die Aſche der Parmelia furf. lieferte. (John chem. Schr. VI. 39).

Parmelia furfuracea (Lichen furf. L.); von Fichtenbäumen aus dem Thiergarten Berlin's. John erhielt daraus dieſelben Beſtandtheile als aus Parm. ciliaris. 100 Theile hinterließen 9¾ Theile Aſche, beſtehend aus: 0,25 khlſ., ſchwefelſ., ſalzſ. und phosphorſ. Kali; 1,50 phosphorſ. Kalk mit etwas Mangan- und Eiſenoxyd, 1,00 khlſ. Kalk; 2,00 Eiſenoxyd mit Spuren von Gyps; 4,50 Kieſelerde (und Thon als Gemengtheil?) (John chem. Schr. VI. 37).

Parmelia parietina (Lichen parietinus L.) — Die Wandflechte nach Monnhardt: 4,0625 Harz mit grüner Wachsſubſtanz; 12,2500 Schleim mit ſchwefelſ. Kalk; 4,6876 nicht bittrer Extractivſtoff; 3,0208 bitterliches Extract mit etwas Gallusſäure; 0,2083 Gallusſäure mit harzigem Extract; 74,1667 Faſer, Gyps, ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali, Thonerde, Magneſia und Kieſelerde (Monnhardt's Diss. sist. Lobariae parietinae s. Lichenis parietini analysin chemicam. Kiloniae. 1818). — Nach Schrader: 64,2 Moosrückſtand mit Einſchluß der erſten unreinen Abſcheidung; 7,5 Leim mit Einſchluß der eigenthümlichen Abſonderung; 9,5 Gummi; 8,4 Zucker mit Extractivſtoff noch ſalzhaltig; 5,0 harz- und fettartige Farbeſubſtanz; 5,4 Waſſer und Verluſt (Berl. Jahrb. der Pharm. 1819. 44.) — Ueber den kryſtalliſirbaren Farbſtoff dieſer Flechte vergl. (Rep. I. 980). — Einige unvollſtändige Verſuche von Sander ſ. in Kaſtn. Archiv. VIII. 431. —

Parmelia pulmonaria. (Lichen pulmonar. L.) — Nach John: 2 harziges, in der Wärme aromatiſch riechendes, Blattgrün; ungefähr 7 modificirtes Inulin; 8 bittres Extract von braunrother Farbe; 80 unaufl. Flechtenſubſtanz; nahe 3 Salze und Oxyde, namentlich ſaures pflanzenſ. Kali, andres Kaliſalz, phosphorſ. Kalk, Ammoniakſalz, Kieſelerde. (John chem. Schr. VI. 39).

Peziza nigra. — Nach Brac.: 0,1 Fett; 0,1 Schwammzucker; 0,9 Gummi; 4,6 baſſorinartige Mat.; 0,1 Osmazom; 2,0 Pilzſ. mit einer Spur von pilzſ. Kalk; 94,0 Waſſer; 1,8 Ueberſchuß.

Phallus impudicus. — Nach Brac.: Fettes Oel; wallrathartiges Fett; Schwammzucker; ſehr animaliſirtes Fungin; beſthier. Mat.; Mucus; Eiweiſsſtoff; Eſſigſ.; eſſigſ. Amm.; eſſigſ. pflzſ. und phosphorſ. Kali und Waſſer.

Pietra fungaria. — Nach Döbereiner: 12 Th. trockner Pietra fung. lieferten bei tr. Deſt. eine groſse Menge Kohlwſſſtgas von ſehr ſtinkendem Geruch, etwas kohlſ. Gas, einige Tropfen brenzl. Oels; $4\frac{1}{2}$ Th. einer ſehr ſauren gelben Fl., die ſich wie ſehr verdünnte bräunliche Weinſteinſ. verhielt, aber auf den Zuſatz von Kali keine Spur Amm. entwickelte, und als Rückſtand $6\frac{1}{2}$ Th. Kohle, welche eingeäſchert $3\frac{1}{2}$ Th. einer erdigen, wie Steinmark ausſehenden, Subſtanz hinterlieſs, die ſich in Thonerde, Kieſelerde, kohlſ. Kalk und Eiſenoxyd zerlegen lieſs, wovon die Thonerde das Meiſte betrug. — Kaltes und warmes Waſſer extrahirte aus der gepulverten Pietra 0,23 Pflanzenſchleim, der die beſondre Eigenſchaft hatte, daſs er ſich in ſeinem aufgelöſten Zuſtande während 4 Monaten nicht ſäuerte, noch ſonſt änderte. — Alkohol extrahirte nichts. — Schwache Kalilauge zog nach der Behandlung mit W. 0,01 eiweiſsſtoffhaltige Subſtanz aus; worauf conc. Schwefelſ. den Rückſtand verkohlte (Schweigg. J. II. 331).

Polypodium filix mas L. (Aspidium filix mas Swarz; männliches Farrenkraut). —

Die Wurzel nach Morin: flüchtiges Oel vom Geruch der Wurzel, dem Fett anhängend; fette Materie, aus Stearin und Olein beſtehend; Gerbſtoff; unkryſtalliſirbarer Zucker; Stärkmehl; eine in Waſſer und Weingeiſt unlösliche gallertartige, dem Ulmin ſich nähernde, Mat., Gallusſ. und Eſſigſ., Holzfaſer. Die Aſche: baſiſch kohlſ., ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali, kohlſ. und phosphorſ. Kalk, Thonerde, Kieſelerde und Eiſenoxyd (Berl. Jahrb. XXVI. H. 2. 1825. S. 80). — Nach v. Gebhardt in 2 Unzen: 36 Gran grünes fettes Oel (Rep. I. 821); 40 Gran Balſamharz mit etwas grünem Oel; 3 Drachm. 33 Gran ſüſser Extractivſtoff; 1 Dr. 5 Gr. Gerbſtoff; 22 Gr. gewöhnl. Extractivſtoff mit etwas Gerbſtoff und etwas ſüſsem Extractivſtoff; 50 Gr. verhärtetes Eiweis mit etwas Stärkmehl; 1 Dr. 8 Gr. Stärkmehl; 7. Dr. 24 Gr. Wurzelfaſer. Bei der Eindſcherung gaben 2 Unzen der Wurzel nicht mehr als 18 Gran Aſche, wovon Waſſer nur $1\frac{1}{2}$ Gran auszog, die aus kohlſ. Kali, etwas ſalzſ. Kali und ſchwefelſ. Kali beſtanden. Das Unaufgelöſte verhielt ſich als Gyps, kohlſ. Kalk, Thonerde, Kieſelerde und Eiſenoxyd (Gebhardt Diss. sist. analys. chem. rad. Fil. mar. Kiel. 1821; auszugsweiſe in Pfaff mat. med. VII. 214). —. Nach Wackenroder: 3,88 grünbraunes talgartiges fettes Oel, mit äth. Oel und Chlorophyll verbunden; 2,22 blaſsgrünes fettes Oel, von etwas ſcharfem und ranzigen Geſchmack, mit äth. Oel verbunden;

6,22 eigenthümliches Harz, von adſtringirendem, etwas ſcharfen und herben Geſchmack; 31,53 Gerbſtoff mit kryſt. Zucker und etwas Aepfelſ.; 11,11 Stärkmehl, dem des Jsl. Mooſes ähnlich, mit etwas Gerbſt. verunreinigt; 45,00 holzige Theile; 0,04 Verluſt. Die holzigen Theile ließen 2,53 p. C. Aſche, welche in 100 Th. enthielt: 13,15 ſchwefelſ. Kali mit einer kleinen Menge baſ. khlſ. und einer Spur ſalzſ. Kali; und 86,85 phosphorſ. und khlſ. Kalk mit einer kleinen Menge Erden. Die Wurzel ſelbſt hinterließ beim Verbrennen 3,02 p. C. Aſche, enthaltend in 100 Theilen: 35,41 baſ. khlſ., ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali und 64,59 khlſ. Kalk mit einer großen Menge phosphorſ. Kalk und ein wenig Erden (Wackenr. De Anthelm. comment. Gott. 1826. p. 45); — Nach **Geiger** die trockne Wurzel in 1920 Theilen: 133 grünes eigenthüml. fettes Oel; 79 Harz; 440 Schleimzucker und leicht oxydirbarer Gerbſtoff; 188 Gummi und ſalzige Theile mit noch anhängendem Zucker und Gerbſtoff und Verluſt; 1080 Faſer mit Stärkmehl (Geiger Mag. XVII. 87. — Nach **Deſfoſſes**: fettes Oel; ein der Sarcocolla ähnlicher Stoff; Mannit; ein gährungsfähiger zuckriger Stoff; Pflanzeneiweis; Vogelleim (glu); Extractivſtoff; Aepfelſäure; Salze. (Journ. de chim. méd. 1828. may. 251). — **Peſchier** fand in dem ätheriſchen Extract der Wurzel: eine fettwachsartige Subſtanz; braunes Harz; flüchtiges aromatiſches Oel; grünen Farbſtoff; röthlichbraunen Farbſtoff; Extractivſtoff; ſalzſ. Kali; Eſſigſ. (Berl. Jahrb. XXVIII. St. 2. 101).

Mehrere unvollſtändige, jedoch pharmaceutiſch, namentlich in Bezug auf das darin enthaltene, Oel nicht unwichtige, Verſuche über dieſe Wurzel haben angeſtellt; **Buchner** in ſ. Repert. XXIII. St. 3. 1826. 433; **Geiger** in ſ. Mag. XVII. 78; von **Santen** in Pogg. Ann. IX. 122.; **Tilloy** in Journ. de chim. méd. mars. 1827. 154; **Batſo** in Brandes Arch. XXI. 243; **Brandes** ibid. 253. — Eine Zuſammenſtellung ſämmtlicher Arbeiten von **Buchner** findet ſich in ſ. Rep. XXVII. H. 3. S. 337.

Pteris aquilina L. (Filix femina, Adlerfarrenkraut). — **Gmelin** erhielt aus 12 Unzen getrockneter Wurzel: 9 Unzen erſtes wäßriges Extract, von ſchwärzlich grünlicher Farbe, bitterlichem und etwas adſtringirenden Geſchmack; 6 Drachmen zweites geiſtiges Extract, von braungelber Farbe, bitterlichem und etwas adſtringirenden Geſchmack; 6 Unzen 3 Drachmen getrockneten Rückſtand (Gmelin Consideratio general. filicum. Erlang. 1784. 29). — **Wackenroder** fand in der trocknen Wurzel: 0,03 wachsähnliche Subſtanz; 0,48 fettes Oel von eigenthümlichem Geruch und herben Geſchmack; 0,19 grünliches Hartharz; 6,21 extractiven Bitterſtoff mit einer Spur Gerbſtoff, Aepfelſ. und ſalzſ. Kali; 5,06 Schleim; 33,51 Stärkmehl; 54,85 Holzfaſer; 0,17 Verluſt. — Die Holzfaſer lieferte durch Einäſcherung 0,89 p. C. Kalk mit ein wenig phosphorſ. Kalk und ein wenig erdligen Materien. Die Wurzel ſelbſt gab 1,15 p. C. Aſche, beſtehend in 100 Th. aus: 43,47 ſalzſ., ſchwefelſ. und khlſ. Kali und 56,53 phosphorſ. und khlſ. Kalk mit etwas Erden. (Wackenroder De Anthelm. comment. Gott. 1826. 31). — Nach Herſart gaben 100 Pfund des halbgetrockneten Krauts $3\frac{1}{4}$ Pfund grauliche weiße Aſche, woraus 1 Pfund 1 Unze ausgelaugt wurden. (Biblioth. physico-économique). — Nach John gaben 214 Gran trocknen Krauts 18 Gran Aſche, beſtehend aus: $9\frac{1}{2}$ Gran Kieſelerde; $2\frac{1}{4}$ phosphorſ. Kalk; $\frac{1}{2}$ phosphorſ. Eiſen; $2\frac{1}{8}$ kohlenſ. Kalk; $\frac{1}{8}$ kalkhaltigem Eiſenoxyd; 1 phosphorſ. Natron; $\frac{1}{2}$ kohlenſ. Alkali; eine Spur Manganoxyd. (John Tabellen der Pflanzenanalyſen S. 63).

Roccella tinctoria Ach.: 1) ungefähr 4 p. C. Hartharz (Rep. I. 1333); 2) eine wachsartige Subſtanz; 3) ein dem Kleber verwandtes Satzmehl; 4) ein extractiver gelber, in W. und Weingeiſt gleich löslicher, Farbſtoff; 5) ein gelblichbraunes Gummi (Rep. I. 703) 6) Inulin; 7) weinſteinſ. und ſauerkleeſ. Kalk; 8) ſalzſ. Natron. — Die Bedingung zur rothen Farbe, welche man aus dieſer Pflanze erhält, liegt im Harze (Nees von Eſenbeck in Brandes Arch. XVI. 142).

Sclerotium clavus (secale cornut. Ergot, Mutterkorn). — Iſt eine Art Pilz. Enthält nach Vauquelin: einen blaßgelben, im Alkohol auflöslichen, wie Fiſchöl riechenden, Farbſtoff, 2) eine ölige Subſtanz; 3) einen violetten Farbſtoff, unaufl. in Alkohol und leicht anwendbar auf Wolle und Seide; 4) eine Säure, wahrſcheinlich Phosphorſäure; 5) eine thieriſch vegetabiliſche Subſtanz in großer Menge, die ſehr zur Fäulniß geneigt iſt und durch Deſt. viel dickes Oel und Ammoniak giebt. — Schrader fand Eiweis, Zucker, Extractivſtoff, Schleim, Stärkmehl, Kleber darin.

Pettenkofer giebt als Reſultat ſeiner Verſuche an, das Mutterkorn enthalte kein Stärkmehl, keinen Zucker; ein thieriſch vegetabiliſcher Stoff mache den Hauptbeſtandtheil darin aus, ferner befinde ſich noch eine fettartige Subſtanz, phosphorſ. Salze, Farbſtoff und wahrſcheinlich auch Eſſigſäure darin. — Auch Winkler hat mehrere, jedoch nicht vollſtändige, Verſuche über das Mutterkorn bekannt gemacht. Das Mutterkorn brennt nach Vauqu. am Kerzenlicht mit einer weißen Flamme, giebt einige Tropfen einer öligen Fl., ſtößt einen dicken ſchwarzen Rauch aus und verbreitet einen Geruch nach verbranntem Brod. Nach Pettenkofer verbrennt es mit bläulicher Flamme und wenig Ruß. — Bonvoiſier (Hermbſtädts Agriculturchemie, IV. H. 2) giebt an, das Mutterkorn zerſtöre bei der Gährung den Eſſig und gehe in faule Gährung über. Dieß fand Pettenkofer nicht beſtätigt. (Vauquelin in Ann. de Chim. et de Phys. III. 337., überſ. in Buchner Repert. III. 56. — Pettenkofer ib. 65. Winkler in Geiger Mag. XVI. 143. — Schrader in Hermbſt. Bullet. VIII. H. 1. — Ueber med. Wirk. ſiehe C. A. Geiger de secalis cornuti virib. medicatric. Monachii. 1820. 8. — C. J. Lorinſer Verſuche und Beobachtungen über die Wirk. des Mutterkorns auf den menſchl. und thier. Körper u. ſ. w. Berlin. 1824. — Cordier in Frorieps Notizen VI. Sp. 112; — Heyfelder in Harleß Jahrb. VIII. 22.; — Brigeschi in Omodei Ann. di med. XXIV. Salzb. med. chir. Zeit. 1825. Februar. 306.).

Tremella mesenterica (?)[*]: Die getrocknete nach Brandes: 0,80 Grünharz; 2,00 eigenthümliche kryſtalliſirbare harzige Materie; 3,00 in Alkohol und Waſſer lösliche thieriſch-vegetabiliſche Subſtanz; 10,00 in Alkohol unlösliche, in W. lösliche, thier. vegetabiliſche Subſtanz (Rep. II. 364); 84,20 Tremellenſubſtanz (Rep. II. 403). (Brandes in Schweigg. J. N. R. XX. 144).

Tremella Nostoc L. — Iſt gut gewaſchen von fadem Geruch und Geſchmack; grünt merklich die blauen Pflanzenfarben und ſtellt das Blau von gerötbetem Lackmus wieder her; läßt ausgetrocknet nur 7,5 p. C. Subſtanz zurück, giebt ſelbſt getrocknet unter W. im Sonnenlicht Erſtgas aus, liefert bei tr. Deſt. ein braunes dickes Oel und eine gelbliche, ſchwach alkaliniſche, Fl., enthaltend kohlſ. und eſſigſ. Amm.; mit Hinterlaſſung einer Kohle, die eine Aſche von phosphorſ. und kohlſ. Kalk; ſchwefelſ., ſalzſ. und Spuren von baſ. kohlſ. Kali gab. — beſteht aus 1,9 baſſorinartiger Mat.; 0,6 Mucus; 97,5 Waſſer; Spuren von fetter Mat., von Kali- und Kalkſalzen. (Braconnot in Ann. de Chim. LXXXVII. 265).

Variolaria communis (Lichen fagineus). — Von einer Linde, nach Braconnot: 5,0 wachsartige Materie; 1,0 grüne färbende Materie; 2,0 bitteres und ſcharfes Princip; 0,5 unkryſtalliſirbarer Zucker; 3,0 unbeſtimmte pulvrige Geſtalt; 31,0 in Waſſer, Weingeiſt und Salzſ. unauflösliche Materie; 4,4 Thierleim; 31,0 dem Thierleim ähnliche Materie; 10.0 Kalk, der nicht durch Salzſ. ausziehbar iſt, ſondern ſich nur durch Einäſchern erhalten läßt; 1.1 eiſenhaltiger phosphorſ. Kalk und Verluſt. (Ann. de Ch. et de Phys. VI. 132).

---

[*] Brandes führte dieſe Subſtanz wenigſtens Anfangs als Tremella mesenterica auf, bemerkt jedoch ſpäter (Schweigg. J. N. R. XXI. 207), daß er ſich überzeugt habe, ſie könne es nicht ſeyn. Er beſchreibt von äußern Charakteren an ihr blos, daß ſie ſich als eine ziemliche Menge aufgequollener gallertartiger Maſſe dargeſtellt habe, die auf einem Kalkhügel, nachdem es Nachts zuvor etwas geregnet, gefunden worden ſey.

Ueber die rothfärbende Materie des Schnee's, Regens, der Seen und Speiſen.

Literat. Das Nachſtehende iſt hauptſächlich aus **Schweigger-Seidels** Zuſammenſtellung in Schweigg. J. N. R. XIV. H. 4. S. 537 und XX. 396. entlehnt, wo ſich zugleich in den beigefügten Anmerkungen eine ſehr vollſtändige Literatur über dieſen ganzen Gegenſtand mitgetheilt findet.

Nicht gar zu ſelten hat man eine rothe Farbe des Schnee's wahrgenommen, und ſämmtliche mikroſkopiſche Unterſuchungen, wo ſolche vorgenommen wurden, ſcheinen anzuzeigen, daß dieſe Färbung von der Gegenwart kleiner rother kryptogamiſcher Kügelchen oder Bläschen in demſelben herrühre, die jedoch von den Botanikern verſchieden klaſſificirt worden ſind. Auch die chemiſchen Unterſuchungen in Fällen, wo keine mikroſkopiſche Unterſuchung Statt fand, gaben doch übereinſtimmend neben der Gegenwart mehrerer Mineralſubſtanzen ſtets das Vorhandenſeyn eines vegetabiliſchen Stoffs in der färbenden Subſtanz zu erkennen, und machen es wahrſcheinlich, daß der rothen Farbe des Schnee's in allen Fällen das nämliche, (mehrere mineraliſche Subſtanzen in ſeiner Zuſammenſetzung enthaltende) kryptogamiſche oder infuſorielle Gewächs zu Grunde liege.

Peſchier und **de Candolle** beſchreiben den Niederſchlag, der ſich aus geſchmolzenem rothen Alpenſchnee abgeſetzt hatte, folgendergeſtalt. Er hatte die Farbe einer feuchten Dammerde, ſpielte aber in die rothe Farbe des Schnees, wenn die Flaſche, auf deren Boden er ſich befand, auf die Seite gelegt wurde. Bei 400facher Vergrößerung zeigte ſich, daß die rothe Färbung herrühre von der Gegenwart kleiner ſphäriſcher lebhaft gerötheter Kügelchen, welche von einer gelatinöſen, durchſichtigen, leicht gelblich gefärbten, Haut umgeben waren, daß die Größe derſelben ſcheinbar (d. i. vergrößert) zwiſchen einem Durchmeſſer von 3 bis 6 Millimeter ſchwankte; daß ſie ſich zuweilen in Reihen angeordnet fanden, welche Faſern bildeten und daß ſie mit kleinen Fragmenten von Moos und Staub, welche ſich von den Felſen abgelöſt hatten, vermiſcht waren. — In dem Niederſchlag, welcher ſich in dem von Capitän **Roß** mitgebrachten W. von rothem Polarſchnee gebildet hatte, erkannten Peſchier und Decandolle ganz dieſelben Kügelchen.

Bauer zählt dieſe Kügelchen oder Bläschen als Uredo nivalis den Pilzen zu. Nach Fries ſoll ſie zu einer unter die Algae Nostocinae Agardh gehörigen Gattung, welche er Chlorococcum nennt, gerechnet werden; Agardh erklärt ſie gleichfalls für eine Alge der tiefſten Stufe und belegt ſie mit dem Namen Protococcus kermesinus. Beide letztere halten ſie identiſch mit Lepraria kermesina Wrangel.

Wir laſſen jetzt die bis jetzt bekannten chemiſchen Unterſuchungen über die färbende Mat. des rothen Schnee's, welcher Beſchaffenheit ſie immer ſeyn möge, folgen.

Wollaſton, dem die färbende Subſtanz des rothen Polarſchnees zuerſt zur Prüfung übergeben ward, iſt der Meinung, daß die Färbung der an ſich farbloſen und durchſichtigen Bläschen von der darin enthaltenen öligen Fl. herrühre. Dieſe löſt ſich nicht im W., jedoch im Alkohol auf. Der tr. Deſt. unterworfen, gaben die Kügelchen ein ſtinkendes Oel und Ammoniak, ähnlich den Tangen. Die Kohle enthielt Spuren von Eiſen, Kieſelerde und Thonerde (Thoms. Ann. of Phil. Janv. 1819. 74. — Ann. de Chim. et de Phys. XII. 74). — Hiemit ſtimmt die Angabe Grouvelle's im Weſentlichen überein, obgleich die Subſtanz ſchon in einem faulenden Zuſtande begriffen zu ſeyn ſchien. Nur zeigte ſich keine Spur von Amm. oder einem andern Gaſe bei der tr. Deſt.; die zurückgebliebene Kohle war ſchwammig und lieferte nur ſehr wenig Aſche (Ann. de Chim. XII. 76). — Peſchier welcher die rothfärbende Mat. des rothen Alpenſchnees unterſuchte, fand, daß ſie im Allgemeinen getrocknet ſich als ein bräunliches oder äußerlich grünlich violettes, innerlich lebhaft röthlich violettes, pulveriges, mehr oder weniger fettig anzufühlendes, Concrement zeigte. Der Luft ausgeſetzt nahmen auch die innern Partien ſchnell die Farbe der Oberfläche an. Das W., aus welchem dieſer Stoff geſchieden wurde, hatte, bald mehr bald weniger, den Geruch vegetabiliſcher, im Zerſetzen begriffener, Subſtanzen, wurde mit Schwefelwaſſerſtoff-Ammoniak in verſchiedenen Nüancirungen grünlich, mit Galläpfelaufguß nach einigen Stunden violett gefärbt, und wirkte zwar nicht auf Curcumäpapier, röthete aber das Lackmuspapier mehr oder weniger, je nachdem es einen größern oder geringern Kohlenſäuregehalt beſaß. Mit Barytſalzen gab es keinen Niederſchlag, mit ſauerkleeſaurem Ammoniak bald eine ſtarke Trübung, bald einen bedeutenden Niederſchlag. Beim Abdampfen zeigte es eine geringe Menge Extractivſtoff, welcher Feuchtigkeit anzog und auf glühenden Kohlen einen brenzlichen Geruch verbreitete.

Aus 27 Unzen dieses Wassers erhielt Peschier nur etwa 60 Gran eines Pulvers, welches, schwerer als das Wasser und unauflöslich in demselben, sich größtentheils in Alkohol löste und ihm eine goldgelbe Farbe ertheilte. Der Rückstand nach dessen Verdampfung war safrangelb mit grünlichen Ramificationen durchzogen, von scharfem Geschmack, unauflöslich in Wasser, aber auflöslich in Alkohol, Aether, Oel, Aetzkali und Chlorwasser, welches letztere seine Farbe zerstörte. Durch die Behandlung mit Königswasser ergaben sich in vier verschiedenen Portionen folgende Bestandtheile

in 100 Theilen.

Bestandtheile.	I.	II.	III.	IV.
Kieselerde	33,33	61,50	20,0	5,21
Eisenoxyd	17,27	21,75	31,25	32,00
Thonerde	6,61	6,25	4,25	——
Kalk	0,36	——	0,50	0,06
Harz	12,00	——	——	——
Unlöslicher organischer Stoff .	9,30	——	37,50	42,37
Löslicher organischer Stoff . .	0,01	6,50	6,30	

Auch Steinmann in Prag und Ficinus in Dresden haben die färbende Substanz des rothen Alpenschnee's untersucht und fanden darin: organische Stoffe, theils in Alkohol, theils in Aetzammoniak löslich, theils in diesem und in W. unaufl.; Eisenoxyd, Manganoxyd, Kieselerde, Thonerde und Kalk. Steinmann auch etwas Schwefel oder Schwefelk., Ficinus eine Spur von Magnesia, aber keine Spur von Nickel, Chrom oder Kobalt.

Die Untersuchung der färbenden Substanz eines rothen Schnee's, der am 15. April 1816 auf dem Berge Tonale und an andern Orten des nördlichen Italiens und südlichen Deutschlands aus rothen Wolken fiel, ergab folgendes. Sie schien ein erdiges Pulver von thonigem Geruch, etwas salzigem und zusammenziehenden Geschmack, und lieferte in 100 Theilen: 33,77 Kieselerde; 14,25 Eisen; 11,33 Thonerde; 5,07 Kalk; 4,02 Kohl.; 0,06 Schwefel; 7,60 brenzl. Oel; 7,60 Kohls.; 7,00 Wasser; 5,45 Verlust *).

Der Bodensatz endlich eines rothen Schnee's, welcher im J. 1813 in der Nacht vom 13. März und dem folgenden Tage bei Arezzo in Toskana und bei Tolmezzo in Friaul 2 bis 3 Finger hoch fiel, während in Calabrien und Abruzzo aus einer rothen Wolke rother Regen

---

*) Vgl. Giorn. di Fisica 1816 p. 473. Gilb. Neue Ann. Bd. 27.

und Staub, und bei Cutro in Calabrien Steine fielen*), war orangengelb, geruch- und geſchmacklos, unverbrennlich (?), hing ſich an die Zunge feſt, wurde vor dem Löthrohre ockerartig rothgelb, brauſte mit Säuren, ohne ſich darin aufzulöſen. Die Beſtandtheile ſchienen Kieſelerde, Thonerde, Kalk, Braunſtein, Eiſen und ein Stoff zu ſeyn, der ſich verkohlte, das W. verdorben machte, alſo einen organiſchen Urſprung verrieth. Der an den andern Orten gleichzeitig gefallne rothe Regen zeigte, neben den genannten Beſtandtheilen, 15 p. C. harzigen Stoffes.

Auch rothe Regen hat man öfters Gelegenheit gehabt zu beobachten, bei deren Färbung ebenfalls eine vegetabiliſche Subſtanz mit im Spiele zu ſeyn ſcheint.

Rau prüfte das ſäuerliche Waſſer des weinrothen Regens, welcher am 15. Nov. 1755 aus gewitterhaftem Gewölk bei Ulm niederfiel, zugleich aber auch am Bodenſee, in Rußland und Schweden. Er glaubte die Beimiſchung eines vegetabiliſchen Extractivſtoffes nicht verkennen zu dürfen; denn es nahm durch eingelegtes Bley eine braune Farbe an und gab damit einen ſchmutzigen Niederſchlag. Beim Verdunſten hinterließ es einen im Waſſer auflöslichen rothen Rückſtand, der geruchlos war, aber einen ſcharfen empyreumatiſchen Geſchmack beſaß. Es reagirte weder ſauer noch alkaliſch; die Silberauflöſung nahm aber eine gelbe Farbe davon an und verbreitete einen veilchenartigen, balſamiſchen Geruch, welcher ſammt der gelben Farbe ſich nach einiger Zeit wieder verlor, ohne daß ſich ein Niederſchlag gebildet hätte. Nees hält dieſe Erſcheinung für eine Andeutung eines vorhandenen pflanzlichen Stoffes, der vielleicht durch die Salpeterſäure der Silberlöſung von einer mit ihm verbundenen Baſis getrennt worden ſey, und erinnert hinſichtlich des Veilchengeruchs an denſelben Geruch des Protococcus kermesinus Agardh. Bei längerem Stehen ſetzte ſich der rothfärbende Stoff in dem verſchloſſenen Glaſe zu Boden, wurde grün und ging in die Prießley'ſche Materie über.

Wichtiger iſt Sementini's Unterſuchung eines Staubes, der wie ſchon erwähnt, im März 1813 theils mit, theils ohne Regen in Calabrien, Abruzzo u. ſ. w. niederfiel. Dieſer Staub war zimmetbraun, von erdigem, wenig merklichem, Geſchmack und fettig anzufühlen. Es befanden ſich kleine, harte, dem Pyroxen ähnliche, Kryger darunter, die Sementini für eine zufällige Beimiſchung vom Boden erklärt. Das ſpecifiſche Gewicht, nach Abzug dieſer Körner, betrug 2,07. Die Farbe dieſes Staubes wurde durch Glühen erſt brauner, dann ſchwarz und endlich roth, und man erkannte nach dieſer Operation, ſelbſt mit unbewaffneten Augen, eine Beimiſchung kleiner gelber, glänzender, glimmerartiger Blättchen. Ein Zehntheil ſeines Gewichtes ging durch das Glühen verloren; der Rückſtand brauſte nun mit Säuren. Ein feines, ſchwarzes, kohlenartiges Pulver, welches auf dem Filter zurückblieb, löſte ſich im ſiedenden Alkohol, den es mehr oder weniger grünlich gelb färbte, und nach deſſen Verdunſtung eine pechartige, grünliche Subſtanz von ſcharfem, harzigem Geſchmacke zurückließ, welche, verbrannt einen kohlenartigen Rückſtand gab. Die chemiſche Analyſe ergab folgende Beſtandtheile in dieſem Staube: 33 Kieſelerde; 14,5 Eiſen; 1 Chrom; 15,5 Thonerde; 11,5 Kalk; 9 Kohl.; 15 harzige Subſtanz.

---

*) Vgl. Giorn. di Fisica Dec. II. T. 1. p. 30 und 103. — Ann. de Chim. LXXXIII. 146. — Journ. de Chim. IX. p. 217. XIV. 131. Bibl. britann. Oct. 1813. 170. April 1814. 330. — Ann. of Phil. 1813. 400. Schweigg. J. N. R. VI. 111.

Dieſe Analyſe bietet ſonach nur in dem Chromgehalt eine bedeutendere Abweichung von der Zuſammenſetzung des Farbeſtoffs des rothen Alpenſchnee's dar. Man muß dabei nicht vergeſſen, daß zufällig hinzugekommene Stoffe leicht die weſentliche Subſtanz verunreinigen konnten.

In dem rothbraunen ſchlickigen Bodenſatze des rothen Regens, welcher 1821 den 3. May in und um Gießen fiel, fand Zimmermann nach einer vorläufigen Prüfung: Kieſelerde, Eiſenoxyd, Chromſäure, Kalk, Kohle, und mehrere flüchtige Theile, ſtatt der Thonerde aber eine Spur Magneſia.

Die Unterſuchung einiger ſolcher gefärbten Regen und die vergleichende Prüfung anderer ungefärbter Regenwaſſer erzeugte in Zimmermann die Vermuthung, daß wohl allen Meteorwäſſern ähnliche Beſtandtheile zukommen möchten; und durch eine Reihe vergleichender und prüfender Arbeiten über ungefähr 100 Hydrometeore glaubte er dieſe Meinung gerechtfertigt. Die Schwierigkeiten einer ſolchen Unterſuchung ſind jedoch ſo groß, daß die Reſultate ſeiner Arbeiten noch nicht völlig von Einwürfen frei ſind, auch hat er die verſprochene Bekanntmachung ſeiner, in Kaſtners Arch. I. 257. beabſichtigten, Abhandlung bis jetzt noch nicht geliefert. Wir führen jedoch die Hauptreſultate derſelben, in ſo weit ſie die Färbung der Meteorwäſſer betreffen, hier mit an.

Alle die von Zimmermann unterſuchten Meteorwäſſer, etwa das vom Schloſſenhagel ausgenommen, auch mit der größten Sorgfalt aufgefangen und durch ſelbſt gereinigte Filter von mit herabgeriſſenen Subſtanzen gereinigt, färbten ſich bei ihrer Vermiſchung mit ſalpeterſ. Silber im Lichte roth, in Folge eines in ihnen enthaltenen thieriſch vegetabiliſchen, mit dieſer Eigenſchaft begabten, Stoffes, den Zimmermann Pyrrhin nennt, und der ſich im Rückſtande der abgedampften Wäſſer zugleich mit Kalk, Magneſia, Kali, Eiſen, Mangan, Salzſ. und Kblſ. (dieſe Säure an die Baſen gebunden) findet. (Seine Beſchreibung ſiehe in Rep. II. 359).

Da Zimmermann vernachläſſigt hat, mikroſkopiſche Unterſuchungen mit ſeinen chemiſchen zu verbinden, ſo läßt ſich nicht entſcheiden, ob nicht vielleicht die thieriſch vegetab. Mat., die er Pyrrhin nennt, im urſprünglichen Zuſtande auch in Form von Kügelchen oder Bläschen in den Meteorwäſſern vorkomme; indem es möglich wäre, daß auch dieſe Kügelchen im gewöhnlichen Zuſtande ſich farblos zeigten und nur unter gewiſſen Umſtänden die rothe Farbe annähmen, mit der ſie in manchen Fällen dann Schnee oder Regen färben.

Jedoch nicht allein in den meteoriſchen Wäſſern, ſondern auch zuweilen in irdiſchen Wäſſern, beobachtet man die Erzeugung mikroſkopiſcher Kryptogamen, welche dem Waſſer eine rothe Farbe ertheilen. Eine ſolche Beobachtung iſt namentlich öfters am Murtener See gemacht worden, wo die Fiſcher ſich dann ausdrücken, der See blühe. Insbeſondre wurde dieſe Erſcheinung zu Ende Winters und Anfang Frühjahrs 1825, wo ſie ſich vorzüglich auffallend zeigte, von mehrern Genfer Naturforſchern unterſucht. (Schweigg. J. N. R. XX. 420).

Dieſe Erſcheinung beſtand darin, daß ſich jener See an mehrern Stellen mit einer eigenthümlichen, in verſchiednen Abſtufungen roth gefärbten, Subſtanz bedeckt zeigte, wovon jedoch in den erſten Tagesſtunden und die Nacht hindurch nichts zu bemerken war: Wenn ſie ſich zeigte, ſo bildeten ſich (nach Trechſels) Bericht regelmäßige, parallele Streifen, in einiger Entfernung vom Ufer, welche wieder verſchwanden, ſobald der See unruhig ward. Ein leichter Wind trieb dieſe färbende Materie in die kleinen Buchten, wo ſie zwiſchen dem Schilfe ſich anſammelte, und hier als feiner röthlicher Schaum verſchieden gefärbte, vom Röthlichſchwarzen bis zum ſchönſten Roth wechſelnde, Schichten bildete; auch gelbe, graue und andere Farben wurden bemerkt; einige waren marmorirt, andere bildeten Figuren, gleich der poſitiven Elektricität auf dem beſtäubten Elektrophor. Einige Fiſche ſchienen dieſe Subſtanz ohne Nachtheil gefreſſen zu haben, denn ihr Fleiſch zeigte ſich bis auf die Gräten roth gefärbt, als ob ſie mit Färberröthe gefüttert worden wären; andere kleinere aber ſtarben nach einigen Zuckungen, wenn ſie an die Oberfläche kamen, und durch dieſe Materie ſchwammen. Es muß indeß dahin geſtellt bleiben, ob dieſer Tod von dem Verſchlucken jener Materie, oder von der nachtheiligen Wirkung des auf ihrer Oberfläche ſich entwickelnden Gaſes abzuleiten ſey. So viel iſt gewiß, daß dieſer Stoff während des Tages einen ſehr übeln Geruch verbreitete.

In naturhiſtoriſcher Hinſicht wurde dieſe rothe Subſtanz von Decandolle, zum Theil in Verbindung mit Vaucher und Prevoſt, unterſucht. Sie wurde in Flaſchen verſchloſſen vom Murtenſee nach Genf geſandt, wo ſie nach 24 Stunden anlangte und alsbald in Unterſuchung kam.

Mit Waſſer vermiſcht trennte ſich dieſe, einen widerlichen Geruch verbreitende, Maſſe in eine feine, rothbraune, obenauf ſchwimmende, Subſtanz und in ſchmutziggrüne, zu Boden ſinkende, unregelmäßige Blättchen. Das Waſſer blieb anfangs ungefärbt; nach 2 — 3 Tagen aber färbte es ſich von oben nach unten zu, alſo von der rothen Subſtanz aus, erſt bläulichroth, dann lebhaft blauroth. Unter der Loupe, oder einem ſchwachen Mikroſkope, erſchien jene rothbraune Maſſe (übereinſtimmend mit Haller's Beſchreibung) als eine Zuſammenhäufung feiner cylindriſcher Fäden; unter einem ſtarken Vergrößerungsglaſe aber ſieht man dieſe Fäden mit, zuweilen unterbrochenen, ziemlich regelmäßig und dicht an einander gereiheten, Querringen bezeichnet. Sie gehören demnach zu Vaucher's Oſcillatorien, denen de Candolle, an Gaillon's u. a. m. Anſichten ſich anſchließend, ihrer eigenthümlichen, auch hier ganz deutlich bemerkbaren, oſcillatoriſchen Bewegungen wegen, thieriſche Natur zuſchreibt, während Heuſinger (Zeitſchr. für organ. Phyſik B. I. S. 73.) in Uebereinſtimmung mit Treviranus (Biologie B. V. S. 186.) dieſe Bewegungen für unwillkührliche hält, und die thieriſche Natur dieſer Organismen beſtreitet. Decandolle nennt die hier in Betracht kommende Art Oscillatoria rubescens *).

Die auf der einen Seite ſchmutziggrün, auf der andern weißlich gefärbten, unregelmäßigen, ½ — 3 Zoll langen, Blättchen, glichen Stücken von dem Thallus eines Lichen foliaceus. Sie beſaßen eine weichliche Conſiſtenz, einen ſtinkenden Geruch, und zeigten keine anderen Spuren organiſcher Structur, als kleine Streifen, welche ein undeutliches Gewebe bezeichneten. Entweder ſind dieß Reſte größerer Vegetabilien des Sees, oder halbzerſetzte Tremellen, oder Algen und Rivularien, oder Reſte von den Scheiden der Oſcillatorien. Die Oſcillatorienfäden waren übrigens braun an ihrem unteren, und grün an ihrem oberen Ende; ſehr wahrſcheinlich bezeichnet die letztere

---

*) Er charakteriſirt ſie folgendermaßen: Oscillatoria rubescens filis cylindricis tenuissimis ($\frac{1}{300}$ lin. diametr.) fusco-rubentibus, confertissime annulatis. Habitat in lacu Moratensi, praecipue hyeme et vere; interdum tempore favente valde multiplicata ad superficiem fluitans et aquam rubram efficiens.

Schon Haller beſchreibt dieß kryptogamiſche Gewächs als Conferva purpurea aquis innatans (Halleri hist. stirp. helv. N. 2109).

Färbung eine beſondere Entwickelungsſtufe der Oſcillatorien, und iſt vielleicht der Anfang zur Scheidenbildung.

Die chemiſche Unterſuchung dieſes rothen Stoffes übernahmen Colladon-Martin und Macaire-Prinſep, zum Theil in Verbindung mit Peſchier.

Als Reſultat derſelben ergaben ſich folgende Beſtandtheile in der Oscillatoria rubescens:

1) Ein rother harziger Farbſtoff (Rep. II. 734).

2) Ein grüner, dem Chlorophyll ähnlicher, Stoff *).

3) Eine große Menge thieriſcher Gallert.

4) Einige Erden-, Kali- und Kalkſalze nebſt Spuren von Eiſenoxyd u. ſ. w.

Der mit Waſſer, Alkohol und Aether erſchöpfte Rückſtand der Oscillatoria hinterließ beim Einäſchern $\frac{8}{100}$ bis $\frac{6}{100}$ eines graulichen Pulvers, welches aus ſchwefelſ. und phosphorſ. Kalk, aus Manganoxyd und Kieſelerde beſtand.

Aehnliche Subſtanzen, als die hier beſchriebenen, kommen auch in andern Wäſſern vor, und ſind z. B. von Scherer, v. Gimbernat, Bardol, Märklin, Bellani **) u. a. in den Bädern von Töplitz und Carlsbad, in denen von Achen, Baden, Digne und in vielen andern gefunden worden. Heuſinger glaubt (Zeitſchr. für org. Phyſ. I. 79.), daß ſie in den Bädern von Gaſtein den eigentlich wirkſamen Beſtandtheil ausmachen; nirgends aber habe er ſie in ſo auffallender Menge gefunden, als in den Euganéenbädern (Abano, Battaglia u. ſ. w.) in Italien, von wo aus ſie auch weiter verführt werden. Offenbar bilden dieſe nach Verſchiedenheit der äußern Einflüſſe verſchiedene Conferven, deren Pollini mehrere beſchrieben habe.

Beachtungswerthe Reſultate lieferte die, von Vauquelin angeſtellte, Analyſe einer ſolchen Subſtanz.

Den von Vauquelin unterſuchten Stoff hatte d'Arcet aus dem ſogenannten Spitalbrunnen zu Vichy geſammelt †). Er beſtand aus einem feſten und einem flüſſigen Theile; letzterer zeigte nur bei durchfallendem Lichte eine grüne, bei zurückgeworfenem eine purpurrothe Farbe. Dem Papier ertheilte er eine grüne Farbe, welche aber nach und nach in reines Blau überging *). Die Alkalien ſchienen dieſe Farbe zu zerſtören; ſie wurde aber durch verdünnte Säuren wieder hergeſtellt. Alkaliſch reagirte dieſe Flüſſigkeit wenigſtens nicht merklich, und mit Säuren gerann ſie zu blaugrünen, gallertartigen Flocken, die mit baſ. kohlſ. Kali eine purpurrothe Löſung gaben, aus welcher ſie durch Salpeterſäure, prächtig blau gefärbt, wieder ausgeſchieden wurden. Alkohol machte ſelbſt die alkaliſche Löſung gerinnen. Uebrigens zeigte dieſe Subſtanz eine thieriſche Natur, und was beſonders merkwürdig: Säuren und Alkalien übten, in Vergleichung mit den vegetabiliſchen Farbſtoffen, gerade eine umgekehrte Wirkung darauf aus, wie aus dem eben Angegebenen hervorgeht. Chlor und concentrirte Salpeterſäure vernichteten die blaue Farbe faſt augenblicklich. Bei 65° R. coagulirte die Flüſſigkeit, behielt aber ihre grüne Farbe; erſt beim Kochen ward ſie gelb. Sie enthielt Schwefel und eſſigſaure Natron- und Kaliſalze, die, nach Vauquelin, ohne Zweifel in dem Waſſer der Quellen von Vichy nicht vorhanden ſind, ſondern erſt in der Flaſche, durch theilweiſe Zerſetzung der darin aufbewahrten organiſchen Subſtanz, ſich gebildet hatten. Schwer ſey es zu begreifen, wie Eſſigſäure ohne gleichzeitige Bildung von Ammoniak, wovon keine Spur zu entdecken war, habe entſtehen können. In dem Mineralwaſſer (wahrſcheinlich vermöge deſſen Gehalt an baſ. kohlſ. Kali) aufgelöſt, iſt dieſe Subſtanz übrigens farblos; erſt nach ihrer Abſcheidung und in Berührung mit der Luft, erlangt ſie die angegebene Färbung.

---

*) Er ſoll in Waſſer, Oel, Alkalien und Alkohol löslich ſeyn. Da er nach zuvoriger Ausziehung der Oscillatoria mit kaltem Waſſer und mit Aether darauf mit Alkohol ausgezogen wurde, ſo kann er wenigſtens nur ſehr wenig auſl. in jenen beiden Menſtruen ſeyn.

**) Bellani beobachtete eine blutrothe Färbung auf der Oberfläche eines ſtehenden, außerhalb der Mauern von Mailand gelegenen, Waſſers. Bemerkenswerth iſt der Umſtand, den er anführt, daß dieſe rothe Farbe nur unter Mitwirkung der Sonnenſtralen zum Vorſchein kam; fehlte Sonnenſchein, ſo erſchien die Oberfläche des Waſſers anſtatt roth, grün gefärbt, indem die rothe Subſtanz zu Boden ſank. In der That ergab ſich bei Unterſuchung, daß das Waſſer eine Subſtanz von dunkelrother, eine andre von grüner Farbe enthielt. (Schweigg. J. N. R. XXI. 240.)

†) Journ. de chim. méd. Janv. 1825. 31 ff.

Die feſte Subſtanz löſte ſich nach gehörigem Abwaſchen zum Theil in kauſtiſchem Kali, dem ſie eine gelbe Farbe ertheilte; auch von dem baſiſch kohlenſ. Salze wurde ſie gelöſt. Aus der erſtern Löſung wurde ſie durch Säuren mit brauner, aus der andern mit blauer Farbe gefällt. Der in jenen beiden Körpern unauflösliche Rückſtand lieferte 0,16 einer durch Hitze zerſtörbaren organiſchen Subſtanz, Eiſenoxyd und kohlſ. Kalk. — Vauquelin unterſcheidet hienach drei verſchiedene Subſtanzen: eine blaue, durch Säuren u. ſ. w. gerinnbare; eine gelbe, im kochenden Waſſer lösliche, durch Alkohol und Galläpfelaufguß fällbare; und eine dritte, welche weder durch Hitze, noch Säu-

---

*) Eine Bildung an der Luft beobachtete auch Märklin an einer ähnlichen, am Ausfluſſe der heißen Quellen von Baden (im Murgthale) ſich anſetzenden, organiſchen Subſtanz (Kaſtn. Arch. I. 455). Auch erinnert das Verhalten dieſer Stoffe an den von Klaproth (chemiſche Abhandlungen oder Beiträge. VI. 90.) im Lubotiner See aufgefundenen indigoähnlichen Stoff, welchen Dr. Frank von Myriophyllum spicatum ableitete.

ren, noch Alkohol, ſondern lediglich vom Gerbſtoff gefällt wurde. Er betrachtet dieſe drei Subſtanzen als verſchiedene Modificationen ein und deſſelben Urſtoffes, welcher dem Eiweiß am nächſten verwandt ſey. Offenbar nähert ſich die letzte der Gallerte. Leider ſcheinen keine mikroſkopiſchen Unterſuchungen angeſtellt worden zu ſeyn, und wir wiſſen daher nicht, ob auch dieſer Stoff eine Art von organiſcher Structur beſaß, und Zeichen eines pflanzlichen oder thieriſchen Lebens äußerte.

An die vorigen Erſcheinungen ſchließt ſich endlich auch noch das unter gewiſſen Umſtänden beobachtete, ebenfalls von der Erzeugung kryptogamiſcher Gewächſe herrührende, Rothwerden von Speiſen an. Einen ſolchen Fall hat unter andern Nöggerath (in Schweigg. J. N. R. XV. 311) mitgetheilt, indem nämlich zu Enkirch an der untern Moſel, vom 20ſten Auguſt 1821 bis gegen die Mitte Septembers, ſich geſottene Kartoffeln und andre Speiſen mit eigenthümlichen rothen Puncten bedeckten. Doch konnte hier nur eine ſehr unvollſtändige Unterſuchung des Phänomens angeſtellt werden.

Dieſelbe Erſcheinung wurde indeß auch in Italien beobachtet und hier ſehr ausführlich unterſucht; namentlich von Sette, der in einem beſondern Werkchen: Memoria storico-naturale sull' arrossimento straordinario di alcune sostanze alimentose, osservato nella provincia di Padova, l'anno 1819, letta all' Ateneo di Treviso, nella sera 28. Aprile, 1820. Venezia 1824. 8. *) ſeine Beobachtungen darüber mitgetheilt hat. Wir wollen, weil die Erſcheinung von beſonderm Intereſſe iſt, hier die nähere Beſchreibung derſelben geben **).

Da ſich die Erſcheinung änderte, je nachdem die Träger derſelben verſchieden waren, oder äußerliche Zufälligkeiten ihren Einfluß übten, ſo ward Sette veranlaßt, die Entwickelung des Phänomens in eine regelmäßige und eine unregelmäßige zu unterſcheiden. Die regelmäßige hatte Statt auf der glatten Oberfläche der Polentaſcheiben, welche man, ohne daß ſie ſich berührten, an einem mehr dunkel als hellen Orte, wo kein Luftzug, aber etwas Feuchtigkeit war, aufbewahrte, und wurde ſtets früher ſichtbar, als der gewöhnliche Schimmel. Zur *Unregelmäßigkeit* trug bei, wenn die Luft oder die angewandten Subſtanzen übermäßig feucht waren, wenn die Fäulniß ſchon weit vorgeſchritten war, wo ſich denn nach den Graden derſelben Verſchiedenheit zeigte, ſo wie die Natur der Unterlage, die Kälte oder Trockenheit der Luft u. ſ. w.

---

*) In Schweigg. J. N. R. XX. 396. findet ſich ein ſehr vollſtändiger Auszug hievon.

**) Nach der Geſammtheit ſeiner Unterſuchungen, die jedoch, weil ſie mit einem ſchlechten Mikroſkop angeſtellt waren, keine hinlängliche Zuverläſſigkeit gewähren, ſtellt Sette die hier in Betracht kommende rothe Subſtanz als die Art einer neuen kryptogamiſchen Gattung auf, die er Zoo-galactina imetrofa (lebendiger Schleim, auf Speiſen ſitzend) nennt und folgendermaßen charakteriſirt:

Genus: Zoogalactina. Receptaculum nullum, substantia gelatinosa, similaris, formâ constanti, generatio obscura.

Species: Z. imetrofa. Granuliformis, minima, gregaria, sessilis, intense punicea.

Observatio: Ad superficiem quorundam alimentorum aestate anni 1819 in humilioribus Provinciae Patavinae regionibus copiosissime observata.

Bei ungefähr 18° R. und etwa 52° des Deſauſſiſchen Hygrometers zeigten ſich auf einer glatten Scheibe friſcher, wohl zubereiteter, Polenta, wenn man ſie warm und noch etwas rauchend in einen Schrank legte, oder an einem nicht vom Luftzuge berührten Orte aufhing, ehe ihre Oberfläche abgetrocknet war, nach 12, 14 bis 16 Stunden ganz kleine rothe Pünktchen in ungleichen Entfernungen; bald ſah man dieſe Pünktchen andern genähert, und ſie bildeten Häufchen, die jedoch äußerſt ſelten zuſammenfloſſen, ſo daß ſie gleichſam auf der Oberfläche kleine zerſtreute Raſenplätzchen darſtellten. Schon einige Stunden früher, ehe das unbewaffnete Auge noch irgend eine Veränderung bemerken konnte, zeigte eine einfache, aber gute Linſe eine weißlich ſchleimige körnerartig gebildete Lymphe, welche aus der Oberfläche der Polenta hervorſchwitzte. Plötzlich erſchien im Grunde der Feuchtigkeit ein kleiner röthlicher Fleck, der ſich nach der Peripherie zu verlief, aber ſo ſchnell ſich erweiterte, daß die ganze Körnergruppe ſehr bald glänzend purpurfarbig wurde, während ſie gleichzeitig an Umfang zunahm.

Die kleinen Kügelchen waren beſtändig unregelmäßig ſphäriſch, d. h. die Oberfläche war convex, die Anheftungsſeite aber flach; ſie waren nicht größer als Mohnſaamen, aber auch nicht kleiner als der Saamen von Rapunzeln, und ihre Conſiſtenz glich ungefähr jener des gereinigten Schweineſchmalzes. Mit einiger Vorſicht ließen ſich die Kügelchen mittelſt der Spitze einer feinen Stecknadel von der Oberfläche abheben, ohne daß einige Färbung zurückblieb. Drückte man ſie bloß, ſo behielten ſie den Eindruck. Späterhin entwickelten ſich in den Zwiſchenräumen die gewöhnlichen Arten von Schimmel und Monilien, während deſſen die Kügelchen allmälig einſchrumpften und trocken wurden. In dieſem Zeitpunkte drang die Röthe etwas tiefer in die oberſte Schicht der Oberfläche ein, und es wäre nicht mehr möglich geweſen, auch mit der größten Behutſamkeit, ſie wegzuheben, ohne die Subſtanz, auf der ſie haftete, zu verletzen. Schabte man jedoch dieſe Schicht bis zur Dicke eines Blattes Papier ab, ſo erſchien das Feld wieder frei; es zeigten ſich jedoch nach dem gewöhnlichen Zeitraume neue Hervortretungen von Körnchen, bis mit dem Fortſchritte der Fäulniß alle Entwickelung aufhörte. Ließ man dagegen die Oberfläche unangetaſtet, ſo trockneten die Körnchen ſo, daß man bei der Betrachtung nur noch kleine zerreibliche, ſtaubartige Grüppchen entdeckte, die nie ihre Röthe verloren, wie ſehr auch die Maſſe, auf der ſie ſaßen, in Fäulniß übergehen mochte.

Legte man zwei Polentaſcheiben übereinander, ſo erſchien das Phänomen regelmäßig nur an denjenigen Flächen, die ſich nicht berührten; da aber, wo beide zuſammenſtießen, zeigte ſich ein glatter, karminrother, mehr oder weniger zäher Anſtrich, der die Finger färbte, und zuweilen ſo flüſſig war, daß er auf das täuſchendſte einem Anſtriche mit Blut glich: und dieß rührte daher, daß ſich an ſolchen Stellen die Subſtanz der Kügelchen in der Feuchtigkeit der faulenden Polenta aufgelöſt und mit ihr verbreitet hatte. Auch auf animaliſchen Gegenſtänden zeigte ſich dieſer Anſtrich von Blut, weil gleich beim erſten Anfang der Fäulniß viel Feuchtigkeit ausſchwitzte. Daſſelbe war der Fall bei dem Obſte und andern ſaftreichen Gegenſtänden. Am ſchönſten war dieſe Unregelmäßigkeit an einer Reisſuppe zu beobachten; denn hier wurde die Brühe ſelbſt blutroth, während die Reiskörner, nur hin und wieder mit wenigen röthlichen Pünktchen angeſprengt, weiß darin umherſchwammen.

Man darf dieſe Erſcheinung nicht mit jenen ebenfalls rothen Flecken verwechſeln, welche zu Zeiten im Sommer auf der Oberfläche von Butter, oder in feuchten Herbſttagen auf dem weißen Oberhäutchen im Felde faulender Kürbiſſe, oder auch auf feuchtſtehendem Buchbinderkleiſter bemerkt werden. In dieſen Fällen erheben ſich die Flecken durchaus nicht über die Oberfläche, auf der ſie ſitzen, ſondern der Punkt, der ſich röthet, gehört dieſer ſelbſt an, und anſtatt ſich zu erheben und auszudehnen, dringt er immer tiefer in die Subſtanz abwärts, wie dieß auch bei andern gelben und grünlichen Flecken Statt findet, die man häufig auf faulenden Gegenſtänden antrifft, und die nur Anzeichen einer phyſiſch-chemiſchen Auflöſung ſind.

Die Gegenſtände, auf welchen ſich nach und nach die Röthe entweder von ſelbſt, oder durch Mittheilung zeigte, waren: Fleiſch von warm- und kaltblütigen Thieren, roh oder gekocht; Polenta von Mais; Weizenbrod; ungekochter Leim; Stärkbrey; Reisſuppe; Zwieback; Scheiben von reifen und geſunden Birnen, — auf dieſen jedoch nur Einmal, und durch Mittheilung. Auf unreifem oder auf faulen Obſt, auf der rohen Leber von Thieren und dem Käſe wurden ſie nirgends beobachtet.

Zur nähern Kenntniß dieſer rothfärbenden Subſtanz unternahm Sette noch vielfache Beobachtungen und Verſuche, hinſichtlich deren Reſultaten ich jedoch auf Schweiggers Journal verweiſe.

Säfte der Pflanzen.

Wir werden die Betrachtung der Pflanzenſäfte in zwei Abtheilungen ſondern. In der erſten handeln wir von den Säften, welche durch Auspreſſen gewonnen werden, im Allgemeinen, während ihre ſpecielle Analyſe bei den Pflanzentheilen, aus denen ſie gewonnen werden, gegeben worden iſt, da ſie in der Regel ſämmtliche Beſtandtheile der betreffenden Pflanzentheile mit Ausnahme der Holzfaſer und der feſt daran anhängenden Subſtanzen enthalten. In der andern Abtheilung aber handeln wir von den eigenthümlichen Säften der Pflanzen, welche entweder freiwillig oder nach gemachten Einſchnitten aus Pflanzentheilen hervorquellen *), und werden hiebei zugleich ihre ſpecielle Analyſe beifügen.

Ausgepreßte Pflanzenſäfte.

Literat. — Recluz in Journ. de chim. méd. 1828. févr. 65. mars. 132. avril. 191. mai. 209. Juillet. 336.

Recluz theilt die ausgepreßten Pflanzenſäfte nach Beſchaffenheit der auf unſern Körper vorwaltend wirkſamen Beſtandtheile in folgende Klaſſen:

1) Saure Säfte. — Dieß ſind ſolche Säfte, in welchen eine oder mehrere Säuren vorherrſchen, denen ſie die Eigenſchaft verdanken, mit kohlſ. Alkalien aufzubrauſen, Baſen zu neutraliſiren, blaue Pflanzenfarben zu röthen u. ſ. w. Hieher gehören unter andern der Citronen-, Berberis-, Kirſch-, Johannisbeer-, Sauerampferſaft u. ſ. w.

2) Alkaloidhaltige Säfte. — Dieß ſind Säfte, welche vermöge eines in ihnen enthaltenen Alkaloids ſehr wirkſame Eigenſchaften auf unſern Körper äußern. Recluz rechnet hieher den Belladonna-, Cicuta-, Tabaks-, Nachtſchatten-, Mohnſaft. Doch iſt in mehrern dieſer Säfte die Gegenwart eines Alkaloids noch ſehr fraglich.

3) Salzige Säfte. — Dieß ſind ſolche Säfte, welche ihre Wirkſamkeit auf den Körper der Anweſenheit eines oder mehrerer Salze verdanken. Hieher gehört der Saft von Borago off. (Salpeter haltend), von Parietaria (deßgl.), von Sempervivum tectorum (ſauren ſauerkleeſauren Kalk haltend) u. ſ. w.

4) Bittre Säfte; und zwar: a) toniſche bittre Säfte, z. B. von Gentiana centaur., carduus benedictus, menyanthes tri-

---

*) Auch einige durch Auskochen erhaltene Säfte, z. B. das Katechu, werden hier mit betrachtet werden.

foliata u. ſ. w. b) *Abführende bittre Säfte:* z. B. Saft von Bryonia alba, convolvulus turpethum, rhamnus catharticus u. ſ. w.

5) *Gerbſtoffige Säfte.* — Dieſe Säfte haben zwar einen ſchwach bittern Geſchmack mit den vorigen gemein, unterſcheiden ſich aber von ihnen durch den blauen oder grünen Niederſchlag, den ſie mit Eiſenperoxydſalzen geben, ſo wie die Fällung, welche Thierleim mit ihnen hervorbringt. Hieher gehört der Saft von Rhus toxicodendron und andern gerbſtoffhaltigen Vegetabilien.

6) *Aromatiſche Säfte;* von denen einige ſich durch vorwaltende Schärfe auszeichnen.

7) *Harzige Säfte.*

8) *Zuckerhaltige Säfte.*

Die Beſchaffenheit der Pflanzenſäfte, welche man aus den nämlichen Vegetabilien zieht, bleibt ſich keineswegs immer gleich; vielmehr ſind darauf von Einfluß: das Clima, der Standort, die Jahreszeit, die Vegetationsperiode und ihr wilder oder cultivirter Zuſtand. *Recluz* giebt über dieſe Umſtände, inſofern ſie für die verſchiedenen Pflanzentheile in Betracht kommen, folgende theils ſpeciellere, theils allgemeinere Erfahrungen an.

Wurzeln. — Aus der Unterſuchung von *Runkelrübenwurzeln* zu verſchiedenen Epochen hat ſich ergeben, daß die Dichtigkeit ihres Saftes vom erſten Anfang ihrer Vegetation bis zu ihrer Erndte von 5° bis 10° B. zunimmt, und daß die Quantität ihres Zuckergehalts ſich dem gemäß vermehrt. *Recluz* fand, daß der Saft der Zaunrübenwurzel (Bryonia) bittrer, obwohl minder milchig, im Herbſt nach dem Abfallen der Blätter, als im Frühjahr war, und daß letztrer Umſtand nicht auf einer Zunahme von Harz, ſondern einem Ueberfluß von Eiweis beruhte.

Vergleichende Verſuche mit dem Saft aus *Möhrenwurzeln* von den Monaten Juny, November und December lehrten; 1) daß der Saft von erſtern anfangs ſchwach gelb, ſofort braun wurde und ſogleich einen vorſtechenden Geruch von Rohzucker annahm, ohne Vermehrung ſeiner Dichtigkeit, die ſtets 5½° B. blieb, und daß der Saft aus 1 Pfund dieſer Wurzeln 1 Unze ſehr ſüß ſchmeckenden Syrup gab. 2) Der Saft aus den Herbſtwurzeln erfuhr, unter die nämlichen Umſtände verſetzt, keine dieſer Veränderungen, wiewohl ſeine Dichtigkeit um ½ Grad mehr betrug, und lieferte nur höchſtens 6 Drachmen eben ſolchen Syrups. 3) Der Saft aus beiden Arten von Wurzeln ſetzte auf den Filtern gleiche Quantitäten ſtärkeartigen Satzmehls und röthlichgelben Farbſtoffs ab, welcher letztre in heißem Alkohol von 34° B. löslich war, und ſich beim Erkalten zum großen Theil körnig und in der Sonne glänzend niederſchlug.

Stengel. — Nach den Beobachtungen von Viala (im Audedepartement) hatte der Saft aus Maisſtengeln in der erſten Epoche ihrer Vegetation (18. July) eine Dichtigkeit von 3°,3 B. — Als die weibliche Aehre anfing ſichtbar zu werden, und die männliche Aehre unter der Scheide der obern Blätter gefühlt wurde (1. Aug.), hatte der Saft eine Dichtigkeit 6°,7 B.; — als (am 22. Aug.) die weibliche Aehre ihre Stigmata entwickelt hatte, die Rispe in Blüthe ſtand und die Befruchtung in Gang oder eben geſchehen war, betrug die Dichtigkeit 7°,5 B. — Das Zuckerrohr, zur Zeit der Blüthe ausgepreßt, giebt einen Saft von 5° B.; dagegen 4 bis 5 Monat nachher, wo man es einerndtet, von 14° B. (Dutrône).

Kraut und ganze Pflanze. — Boulduc hat beobachtet, daß die Boretſchpflanze (Borago officinalis), wenn ſie jung iſt, blos ſchwefelſ. Kalk enthält; ſchwefelſ. und ſalpeterſ. Kali dagegen, wenn ſie älter iſt. Das Extract aus dem Boretſchſaft vom Monat May, etwas vor der Blüthe, beſtand faſt nur aus ſalpeterſ. und ſalzſ. Kali. Robert in Rouen hat bemerkt, daß die verblühte Boretſchpflanze im Winter viel Saft und wenig Extract liefert, und daß das Gegentheil im July zur Blüthezeit Statt hat. — Das wilde Stiefmütterchen (pensée sauvage) gab jung einen Saft von der Dichtigkeit 3° B.; zur Blüthezeit von 5° B.: und als die Saamen reif waren, ſtatt Saftes blos einen dicken, nicht ſehr reichlichen, Schleim von 13°,2 B. Beim Zerſtoßen verbreitet die blühende, wie die in Saamen ſtehende, Pflanze einen ſehr angenehmen Geruch. — Die Saponaria giebt jung einen faſt geſchmackloſen und nicht ſehr dichten Saft; in der Blüthe ſtehend einen bittern, unangenehm zu trinkenden, eine Schärfe im Schlunde zurücklaſſenden, Saft. Zur Zeit der Fructification iſt ihr Saft ſo dicht, daß er ſich ohne Waſſerzuſatz nicht gewinnen läßt. Während des Zerſtoßens der blühenden Pflanze entwickelt ſich ein ſehr angenehmer Geruch, der etwas Nelkenartiges hat. — Die Neſſel (Ortie grièche) iſt ſehr ſaftreich vor und zur Zeit der Blüthe. Ihr Saft hat wenig Geſchmack im erſten Fall, ſchmeckt ſüßlich und etwas ekelhaft im zweiten. Zur Zeit der Fructification iſt der Geſchmack concentrirter, der Saft etwas minder reichlich und dichter; doch enthält die Pflanze deſſen ſo viel, daß er ſich auch ohne Waſſerzuſatz erhalten läßt. — Die Brunnenkreſſe (Nasturtium offic.) giebt vor der Blüthe einen Saft von 2°,5 B., während der Blüthe und kurz darauf von 3° B.

Bloße Blätter. — Recluz erhielt aus den Wurzelblättern der blühenden Boretſchpflanze einen Saft von 2°,5 B., aus den Stengel- und Zweigenblättern der nämlichen Pflanze einen Saft von 3°,25 bis 3°,5 B., welcher letztre auch ſtärker in Geſchmack und Farbe war. Die Stengelblätter der Boretſchpflanze, vor der Entſtehung der

Blüthenknoſpen geſammelt, gaben einen Saft von 3°,75 B. bis 3°. — Die Blätter der cultivirten Cichorie gaben vor der Blüthe einen Saft von 3°, und kurz nachher von 4°. Der Saft der Stengelblätter des Nachtſchattens (solanum nigrum) und Stechapfels (datura stramoneum) nimmt von der Blüthezeit bis zum Reifen der Früchte um 1° B. an Dichtigkeit zu.

Blumen. — Man muß die Blumen, um den Saft daraus in der größten Wirkſamkeit zu erhalten, von der Zeit ihrer Entwickelung bis zur Befruchtungszeit nehmen. Vorher ſind die meiſten minder wirkſam; ſpäter verſchlechtern ſie ſich.

Früchte. — Die Früchte ſammelt man vollkommen reif, wenn man ſüße, bittre, färbende, riechende u. ſ. w. Stoffe in ihrem Saft zu finden verlangt; ſo die Trauben, Aepfel, Birnen und alle Früchte, welche zur Fabrikation geiſtiger Getränke oder zur Nahrung dienen ſollen. Die Dichtigkeit ihres Saftes iſt dann wegen des Reichthumes an Zucker, Schleim oder Pflanzengallert, den ſie enthalten, beträchtlicher. So geben die von Recluz unterſuchten Aepfel, wenn ſie noch ſauer ſind, einen Saft von 6° B.; wenn ſie reif ſind, von 8° bis 9° B., nach vorheriger Reinigung. — Die Quitten geben einen Saft von 6° B. vor, und von 8° B. zur Zeit ihrer Reife. — Der Saft der ſchwarzen Maulbeeren zeigt, wenn ſie noch roth ſind, 7°, wenn ſie violetſchwarz ſind, 10° B., wegen zunehmenden Gehalts an Zucker und Schleim. — Die Johannisbeeren ſind in demſelben Fall, aber die Zunahme ihrer Dichtigkeit iſt nicht allein auf Rechnung des Zuckers, ſondern auch der Pflanzengallert, die ſie enthalten, zu ſchreiben. — Daſſelbe gilt von den Erdbeeren, den Himbeeren und den Orangen. — Der Traubenſaft zeigt vor der Reiſe 7° bis 8° B., je nach Verſchiedenheit der Arten, des Klima's u. ſ. w.; der Saft vollkommen reifer Trauben 10° bis 17° B. — Die Kreuzbeeren (von Rhamnus catharticus L.) geben vor ihrer Reife einen hellbraunrothen Saft von bitterzuſammenziehendem Geſchmack und 7° bis 8° B. Dichtigkeit. Sind ſie hingegen vollkommen reif, d. h. ſchön glänzend dunkelſchwarz, ſo iſt ihr Saft ſcharlachroth, rein bitter ohne Schärfe, und zeigt roh 12° bis 14° B., nach der Reinigung aber blos noch 10° B. — Es giebt jedoch auch Früchte, deren Saft bei Ueberreife an Dichtigkeit verliert, wovon die Citronen ein Beiſpiel geben. Sind dieſe reif, ſo zeigt ihr Saft 5°,75 B.; gedeiht aber die Reife ſo weit, daß ihre Rinde anfängt, zu verderben, teigig und mißfarben zu werden, ſo beträgt die Dichtigkeit des Saftes blos 4° B.

Ausziehung der Pflanzenſäfte. — Wenn Pflanzenſäfte von viel Schleim und Pflanzengallert umhüllt ſind, ſo iſt es zweckmäßig, ſie eine Zeitlang maceriren, d. h. den ausgepreßten Saft mit dem Rückſtande eine Weile ſtehen zu laſſen *), um dem Saft Zeit zu geben, ſich von den umhüllenden Beſtandtheilen zu trennen, und die färbenden und aromatiſchen Theile, die ſich etwa dabei befinden, aufzulöſen. Daher iſt die Maceration hauptſächlich bei Früchten mit ſchleimigem und gelatinöſen Fleiſch und gefärbter, Arem enthaltender, Hülle von Vortheil.

Die ausgepreßten rohen Säfte einiger Früchte verlieren, wenn man ſie über ihrem Rückſtand maceriren läßt, an Dichtigkeit, wie aus folgenden Beiſpielen erhellt:

	vor der Maceration	nach der Maceration und Decantation
Roher Saft von Erdbeeren wiegt . .	24° B.	7° B.
— — — Himbeeren — . .	20°	7°
— — — Johannisbeeren — .	10° bis 11°	6°,25
— — — reifen ſchwarzen Maulbeeren wiegt . .	13°,5	10°
— — — Kreuzbeeren wiegt .	13°,5	10°
— — — Orangen wiegt . . .	6°	3°,25

Auspreſſen. — Wir übergehen die mechaniſchen Manipulationen, mittelſt deren das Auspreſſen verrichtet wird. — Geſchieht das Auspreſſen mittelſt allmälig zunehmenden Druckes, ſo bemerkt man bei dem Sempervivum tectorum, dem Sallat (laitue), der Kreſſe, dem Sauerampfer, dem Löffelkraut, dem Körbel und einigen andern ſehr ſaftreichen Pflanzen, 1) daß im Anfange der Saft wenig grün gefärbt durchläuft, was daher rührt, daß die Saftgefäße nicht vollkommen zerriſſen worden ſind; 2) daß er nachher, wenn die Gefäße gänzlich zertheilt ſind, ſo daß der Saft mehr Chlorophyll aufgenommen hat, ſehr grün gefärbt durchläuft; 3) daß die letzten Antheile Saft, welche aus dem Mark der ausgepreßten Pflanzen ablaufen, die natürliche Farbe der kalt filtrirten Säfte haben; 4) daß die nämliche Pflanze bei verſchiedenen ſucceſſiven, jedesmal gemäßigten, Auspreſſungen Producte von verſchiedener Dichtigkeit liefert. Dieſe Dichtigkeit wächſt vom erſten Auspreſſen an bei den ſehr ſaftreichen Pflanzen, ſcheint dagegen abzunehmen bei den minder ſaftigen, die an ſich eine größere Dichtigkeit haben, wenn Ein Verſuch zu dieſer Folgerung berechtigen kann. So fand Recluz, daß die Stengel- und Zweigblätter, ſo wie die verblühten Gipfel der Boretſchpflanze, ein erſtesmal ſchwach zerſtoßen und mit Vorſicht ausgepreßt, einen Saft von 2°,5 B. gaben;

---

*) Bei nicht ſehr ſaftreichen Pflanzentheilen wendet man auch eine Maceration mit Waſſerzuſatz an.

als der Rückſtand von Neuem geſtoßen und wieder mit Vorſicht ausgepreßt wurde, hatte der Saft die Dichtigkeit 2°,75 B.; und dieſer zweite Rückſtand, eben ſo behandelt, gab einen Saft von 3°,75 B. Die Wurzelblätter des Löffelkrautes gaben bei eben dergleichen Behandlung einen erſten Saft von 2°,75 B. und einen zweiten Saft von 3°,25 B. Der erſte Saft der grünen Blätter von Kopfſalat zeigte 2°,5 B., der zweite 2°,75 B. und der dritte 3° B. Der erſte Saft von menyanthes endlich wog 4°, der zweite blos 3°. 5) Der Saft der erſten Auspreſſung iſt minder gefärbt, als der der zweiten, und dieſer etwas weniger, als der der dritten; 6) der Geruch der Säfte iſt immer ſtärker in den letzten Producten, als in den erſten; 7) der Rückſtand von 1: 2: ſelbſt 3mal ausgepreßten Pflanzen iſt noch nicht vollkommen erſchöpft, und giebt, mit dem gleichen Gewichte deſtill. Waſſer zerrieben und wiederum ausgepreßt, noch Säfte von 1° bis 4° B. Dichtigkeit.

Reinigung der Säfte. — Je nach dem Gebrauch, zu dem man die Säfte beſtimmt, pflegt man ſie verſchiedenen mechaniſchen oder chemiſchen Reinigungsmitteln zu unterwerfen. Zu erſtern gehört vornämlich das Klären durch bloße Ruhe oder durch Filtration; zu letztern die Coagulation durch Hitze und das Klären mittelſt Eiweis und Hitze.

Klären durch Ruhe. — Dieß iſt ein unumgängliches Vorbereitungsmittel für zähe und ſehr eiweishaltige Säfte, welche Chlorophyll, Inulin u. ſ. w. innig gemengt enthalten, um ſie zum Filtriren tauglich zu machen. Dieſe Säfte, welche ſonſt nur ſehr langſam und ſchwierig durch ungeleimtes Papier hindurchgehen, filtriren leicht hindurch, wenn vermöge einer Ruhe von einigen Stunden die Abſonderung der unauflöslichen Materien, wenn auch nur zum Theil, Statt gehabt hat. Bei ſauren, ſehr wäßrigen und flüſſigen Säften iſt dieſe Vorbereitung unnütz, weil die Materien, welche ihre Durchſichtigkeit trüben, ſich ſchon in einigen Minuten abſondern und ſie gleich nach ihrer Ausziehung leicht filtrirt werden können. Doch kann man, um die Filtration der ſauren Säfte von Früchten, die in vollkommener Reife geſammelt worden ſind, zu erleichtern, ſie höchſtens einige Stunden der Ruhe überlaſſen. Zuckerhaltige Säfte ändern ſich im Allgemeinen durch die Ruhe zu ſchnell, als daß man ſie bei dieſer anwenden dürfte.

Filtration. — Das Filtriren der Säfte geſchieht mittelſt ungeleimten Papiers, wollener oder leinener Tücher. Die Säfte laufen mehr oder minder ſchnell durch das Filtrum, je nach der Zeit, welche die in ihnen ſuspendirten Materien brauchen, um ſich abzuſetzen. Diejenigen, welche ſehr wäßrig und flüſſig ſind, gehen ſchnell durch ungeleimtes Papier hindurch, und ohne ihre Dichtigkeit zu ändern. Hieher gehören folgende Säfte:

Tabelle friſch ausgezogener Säfte, deren Dichtigkeit durch das Filtriren nicht geändert wird.

	Dichtigkeit nach Areom. B.
Saft von Boretſch, im Garten gezogen, blühend (Stengelblätter)	3°,5
— — Rothkohl (Stengelblätter)	5°
— — rothem Kopfkohl (chou rouge pommé) (grüne Blätter)	5°
— — ſauren Kirſchen	7°
— — ſchwarzen Kirſchen	7°
— — blühender Kreſſe (Blätter)	3°
— — blühendem Körbel (cerfeuil) (Blätter) . .	3°
— — blühender Fumaria (ganze Pflanze) . .	4°,5
— — Kopfſalat (grüne Blätter)	2°,75
— — Kopfſalat (Stengel, tronc)	3°,25
— — kultivirtem Sauerampfer (Blätter) . .	3°
— — blühender Pimpernelle (Blätter) . . .	4°
— — Brenneſſel (urtica urens) in Saamen (Stengel)	4°
— — blühender Saponaria (Blätter) . . .	4°

Säfte hingegen, welche ſich langſam durch Ruhe klären, welche viel Eiweis, Gallert oder Schleim enthalten, verlieren durch das Filtriren an Dichtigkeit.

Tabelle der Säfte, deren Dichtigkeit durch Filtration geändert wird.

	roh	filtrirt
Saft von Belladonna, in Früchten ſtehend . .	5°	4°,5
— — gelben und rothen Möhren, vom Juny .	6°	5°,5
— — deßgl. vom November und December .	6°,5	6°
— — blühendem Löffelkraut, vom July (Blätter)	3°,5	3°
— — Citronen (Fleiſch der Frucht) . . .	5°,5	5°,25
— — deßgl., ſehr reifen (deßgl.) . . .	4°,5	4°
— — blühender cultivirter Cichorie (Blätter) .	4°,5	4°
— — Erdbeeren	7°	6°
— — Himbeeren	6°,5	5°
— — Johannisbeeren (groseilles) . . .	10°	6°
— — Bilſenkraut, in Saamen ſtehend, September (Blätter)	5°	4°
— — Mercurialis, in Saamen, Novemb. (Blätter)	6°	4°,5
— — Nachtſchatten, in Saamen, Sept. (Blätter)	7°	5°
— — deßgl., deßgl., Nov. (deßgl.)	6°	4°,5
— — Taback, in Saamen, Sept. (Blätter) .	6°,5	5°,5

Säften, bei denen es nicht auf die Erhaltung eines darin befindlichen Aroms ankommt, nimmt man die Coagulation an freier Luft vor, bei aromatiſchen Säften, die zu Syrupen dienen ſollen, aber in verſchloſſenen Gefäßen.

Man bemerkt, daß die durch Hitze coagulirten Säfte 1) weniger Farbe und Geruch beſitzen als die durch Filtration; 2) ſchneller durch ungeleimtes Papier gehen; 3) minder kräftige mediciniſche Eigenſchaften als zuvor beſitzen; 4) an Dichtigkeit verlieren; 5) ſich nicht lange in gutem Zuſtande erhalten.

Zum Beweiſe, daß die Säfte durch die Coagulation wirklich an Dichtigkeit verlieren, diene folgende Tabelle:

Tabelle der Säfte, welche durch Coagulation, nach zuvorigem Filtriren, an Dichtigkeit verlieren.

Säfte von		nach der Filtration	nach der Coagulation
Blühendem Boretſch (ganze Pfl.) .	=	3°,5 B.	2°,75 B.
Blühender Cochlearia (Blätter) .	=	3°	2°,5
Rothem Kohl (Stengelblätter) .	=	5°	4°,5
Gelben und rothen Möhren vom November	=	6°	5°,5
Kopfſalat (laitue pommée), (grüne Blätter)	=	2°,75	2°,5
Blühender Mercurialis (Blätter), November	=	4°,5	8°
Im Saamen ſtehenden Nachtſchatten (morelle) (Blätter) September	=	4°,33	3°
In Saamen ſtehendem Tabak (Blätter), September . . .	=	5°,5	4°
Deßgl. Brenneſſeln (Blätter), December	=	5°	4°
Deßgl. ſchwarzem Mohn (Blätter), September	=	5°	4°
Blühendem Portulac (Blätter), July	=	2°,5	2°,25
Deßgl. Portulac (Stengel) July .	=	2°,5	2°,25.

Auch der Alkohol, die Pflanzen- und Mineralſäuren und ſauren Säfte können zuweilen ſtatt der Hitze zur Coagulation angewandt werden.

Die Quantität feſter Beſtandtheile, welche die verſchiedenartigen Säfte nach ihrer Coagulation durch die Wärme enthalten, ſteht keineswegs in genauem Verhältniß mit ihrem ſpec. Gewicht, wie aus folgender Tabelle erhellt:

Tabelle über die Dichtigkeit von Säften, welche durch Wärme coagulirt werden und die Quantität trocknen Extracts, welche man aus 4 Unzen derſelben erhält.

Säfte von	ſp. Gewicht	Gehalt an Extract
Boretſch, verblüht, (Blätter) July	2°,75 B.	34 Gran
Löffelkraut, (deßgl.) September .	2°,5	87
Fumaria deßgl. (ganze Pfl.) Juny .	4°,5	192
Staudenſalat (grüne Blätter) .	2°,75	39
Menyanthes (Blätter), Juny .	3°,5	180
Schwarzem Mohn, in Saamen ſtehend, September	4°	115,5
Brenneſſel, deßgl. December . .	4°	90
Saponaria, verblüht, deßgl., July	4°	92,5.

Klärung der Säfte durch Eiweis und Hitze. — Dieſe Klärung iſt namentlich bei zuckerhaltigen Säften erforderlich, aus denen man den Zucker darſtellen will. Man bedient ſich im Kleinen hiezu des Weißen von Eiern; bei techniſchen Operationen im Großen aber des Ochſenbluts. Nachdem der Saft bis zu 100° C. erhitzt worden iſt, ſchüttet man das Eiweis in ein wenig Waſſer zertheilt, allmälig hinzu, rührt nach jedesmaligem Zuſatz um, und ſondert das Coagulum ab. Mit dieſem Zuſetzen von eiweishaltiger Fl., und Abſchäumen fährt man fort, bis der Saft ſo klar iſt, daß man den Boden des Gefäßes hindurch erblicken kann, und bis das Coagulum, im Fall man ſich des Weißen von Eiern bedient, minder gefärbt iſt, oder endlich, bis ein Theil der Fl., den man erkalten läßt, ſeine Durchſichtigkeit behält, ſelbſt beim Verdünnen mit Waſſer. Iſt dieſer Punkt erreicht, ſo gießt man den Saft in vollem Kochen durch ein Filtrum. Bei techniſchen Verfahrungsarten im Großen erleiden dieſe Operationen übrigens noch manche Modificationen.

Wir laſſen jetzt noch die Tabellen folgen, welche Recluz über die Quantitäten und Eigenſchaften der Säfte, welche man aus verſchiedenen Vegetabilien erhält, gegeben hat.

Namen der Pflanze.	Angewandte Theile.	Quantität gereinigten Safts aus 1 Pfund der Subſtanz.	Dichtigkeit des filtrirten Safts nach Ar. Beaumé	Farbe.	Geſchmack.
Allium sativum (Knoblauch).	Zwiebeln	4 Unzen	5°	bernſteinfarben	ſcharf und ſtechend
Apium petroselinum (Peterſilie)	Blätter, zur Blüthezeit im November	10 Unzen 4 Drachmen	4°,5	röthlichgelb	mild (douce) und ſchwach adſtringirend
Arctium lappa (Klette)	Wurzeln im July	8 Unzen	4°	braungelb	bitterlich und unangenehm.
Atropa belladonna (Tollkraut)	Blätter zur Fructificationszeit	10 Unzen 2 Dr.	5°	bräunlich	ſchwach ſalzig
Berberis vulg.	Beeren	8 Unzen 2 Drachmen bis 9 Unzen	9°	roth, ins gelbliche ziehend	ſehr ſauer
Beta vulgaris (weiße Rübe)	Wurzeln im November	9 Unzen	10°	hellbraun	ſehr ſüß
Borago officinalis (Boretſch)	Ganze Pflanze, vor der Blüthe	9 Unzen 4 Dr.	3°,5	röthlich	friſch und ſchwach geſalzen
Deßgl.	Deßgl. zur Blüthezeit	8 Unzen	4°,5	bräunlichroth	ſalzig und ekelhaft
Deßgl.	Deßgl. zur Zeit der Fructification	6 Unzen 4 Drachmen	4°,5	dunkler	concentrirter
Deßgl.	Primordialblätter	12 Unzen	2°	röthlich	fade und ekelhaft
Deßgl.	Wurzelblätter vor der Blüthe	12 Unzen	2°,25	röthlich und ein wenig dunkler als der vorige Saft	fade, ſalzig und ekelhaft
Deßgl.	Deßgl. zur Blüthezeit	10 Unzen 4 Drachmen	2°,5	braunroth	ſalzig mit einem Extractgeſchmack
Deßgl.	Stengel der blühenden Pflanze	8 Unzen 2 Drachmen	2°,5	bräunlichroth	ſalzig und bitterlich

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01556/009

Borago officinalis (Boretſch)	Deßgl. von der in Saamen ſtehenden Pflanze	7 Unzen 6 Drachmen	3°	braunroth	ſalzig, intenſiver
Deßgl.	Stengelblätter vor der Blüthe	9 Unzen 3 Drachmen	3°,75	deßgl.	ſalzig und bitterlich
Deßgl.	Deßgl. zur Blüthezeit	10 Unzen 4 Dr.	3°,25 bis 3°,50	merklich dunkler	deßgl.
Deßgl.	Zweigeblätter vor der Blüthe	6 Unzen 1 Drachme	2°,75	bräunlichroth	ſalzig und ekelhaft
Deßgl.	Deßgl. zur Zeit der Blüthe.	7 Unzen	3°,25 bis 3°,5	braunroth	deßgl. ſtärker
Deßgl.	Stengel- und Zweigblätter zur Zeit der Fructification geſammelt	9½ Unzen	3°,5	deßgl.	deßgl.
Deßgl.	Verblühte Gipfel im July	10 Unzen 3 Dr.	3°	deßgl.	ſehr ſalzig und bitterlich
Deßgl.	Deßgl. im November	8½ Unzen	2°,75	deßgl.	deßgl. mit extractartigem Nachgeſchmack
Brassica oleracea capitata rubra (rother Kohl)	Stengelblätter kurz vor der Blüthe	8 bis 9 Unzen	5°	violetroth	ſüßlich und ſchwach aromatiſch
Cerasus caproniana (ſaure Kirſchen)	Früchte ohne Stiele	11½ Unzen	7°	hellroth	ſauer
Cerasus juliana (Schwarzkirſchen)	Deßgl.	8 bis 10 Unzen	7°	dunkelroth oder ſcharlach	ſüß und aromatiſch
Chaerophyllum sativum (Körbel)	Blätter zur Blüthezeit	10 Unzen im Sept. 14 Unzen im Juny	3°	bräunlichroth	ſchwach ſalzig und aromatiſch
Cichorium intybus (kultivirte Cichorie)	Deßgl.	6½ Unzen	3°	deßgl.	bitter
Deßgl.	Blätter nach der Blüthe	10 bis 12 Unzen	4°	braunroth	ſehr bitter

Namen der Pflanze.	Angewandte Theile.	Quantität gereinigten Safts aus 1 Pfund der Subſtanz.	Dichtigkeit des filtrirten Safts nach Ar. Beaumé	Farbe.	Geſchmack.
Cicuta major (Waſſerſchierling)	Blätter zur Blüthezeit	10 bis 10½ Unzen	5°	bräunlichroth	ſchwach ſalzig und ekelhaft
Citrus aurantium (Orange)	Fleiſch der Frucht ohne Rinde	7⅝ Unzen bis 8 Unz. 6 Drachmen	5°,25	ſchwach orange	ſüß und ſchwach aromatiſch
Citrus bergamia vulgaris (Bergamotte)	Deßgl.	10 Unzen 3 Dr.	7°	farblos, manchmal ſchwach citronengelb	ſüß und fade
Citrus limonia (Limone)	Deßgl.	11½ Unzen	6°,5	farblos	ſehr ſauer und ſchwach aromatiſch
Citrus medica (Citrone)	Deßgl.	10½ bis 11 Unzen	5°,25	deßgl.	ſehr ſauer
Deßgl.	Deßgl. von ſehr reifen Früchten, deren Rinde zu verderben anfieng	12 Unzen	4°	citronengelb	viel weniger ſauer
Cochlearia armoracia (Meerrettig)	Wurzeln zur Blattzeit (feuilleson)	7 Unzen	3°	hellbraun	ſcharf und ſtechend
Deßgl.	deßgl. zur Blüthezeit	6 Unzen	4°	deßgl.	ſtärker
Cochlearia officinalis (Löffelkraut)	Blätter zur Blüthezeit	9 Unzen 6 Dr. bis 10 Unzen	3°	ſchwach braun.	ſcharf, Huſten erregend
Cucumis melo (Melone, Melon cantaloup)	das Fleiſch	13 Unzen	3°	röthlichgelb	ſüß und aromatiſch
Cucumis sativus (Gurke, concombre)	deßgl.	10 bis 10½ Unzen	3°	farblos	friſch und fade
Cydonia vulgaris (Quitte)	Früchte	10 bis 12½ Unzen	8°	farblos oder citronengelb	ſchwach ſauer, ſüß und aromatiſch

Datura stramonium (Stechapfel)	Blätter zur Blüthezeit	12 Unzen	4°	braunroth	ſchwach ſalzig und ekelhaft
Daucus carota (gelbe Möhre)	Wurzeln im Juny	11½ Unzen	5°,5	gelblich oder ſchwach gelb	ſüß und aromatiſch
Deßgl.	deßgl. im Sept. und Dec.	10 Unzen 5 Dr.	6°	deßgl.	minder ſüß und mehr aromatiſch
Daucus carota (rothe Möhre)	deßgl. im Juny	11 Unzen 5 Dr.	5°,5	deßgl.	ſüß und aromatiſch
Deßgl.	deßgl. im Sept. und Nov.	11 Unzen	6°	gelblich oder ſchwach gelb	minder ſüß und merklich aromatiſcher
Fragaria vesca (Holzerdbeere)	Beeren ohne Kelche	6 bis 7 Unzen	6°	hellroth	ſäuerlich, ſüß und aromatiſch
Fumaria officinalis (Erdrauch)	Ganze Pflanze in Blüthe	6 bis 8½ Unzen	4°,5	bräunlichgelb	bitter, ſcharf und ekelhaft
Glechoma hederacea (Gundermann)	Blätter zur Blüthezeit im März	10 Unzen	4°	bräunlichroth	bitterlich
Deßgl.	deßgl. zur Blüthezeit im July	9½ Unzen	5°	dunkler	deßgl.
Hyosciamus niger (Bilſenkraut)	Blätter kurz vor der Blüthe	8 Unzen	4°	bräunlich	ſchwach ſalzig und unangenehm
Lactuca sativa (Kopfſalat)	weiße Blätter aus der Mitte	12½ Unzen	2°,5	bräunlichgelb	ſchwach ſalzig und friſch
Deßgl.	grüne Blätter vom Umkreis	11 Unzen	2°,75	deßgl.	deßgl. und bitterlich
Deßgl.	Stengel (trunc.)	12½ Unzen	3°,25	hell röthlichgelb	ſehr bitter
Menyanthes trifoliata (Bitterklee)	Blätter zur Blüthezeit	9 Unzen	4°	braunroth	ſehr bitter mit ſcharfem Nachgeſchmack
Mercurialis annua (Bingelkraut)	deßgl.	8½ bis 9 Unzen	4°	bräunlichroth	wenig ſalzig und fade

Namen der Pflanze.	Angewandte Theile.	Quantität gereinigten Safts aus 1 Pfund der Subſtanz.	Dichtigkeit des filtrirten Safts nach Ar. Beaum-	Farbe.	Geſchmack.
Mercurialis annua (Bingelkraut)	Blätter zur Zeit der Fructification	7 bis 8 Unzen	4°,5	braunroth	wenig ſalzig und ekelhaft
Morus nigra (ſchwarze Maulbeere)	ſaure Früchte	12 Unzen	7°	hellroth	ſehr ſauer
Deßgl.	ſchwarze und reife Früchte	9 bis 10 Unzen	10°	ſehr ſchön purpurroth	ſüß und ſchleimig
Nasturtium officinale (Brunnenkreſſe)	Ganze Pflanze vor der Blüthe	12 Unzen	2°,5	ſehr ſchwach braun	ſalzig und ſchwach ſcharf
Deßgl.	deßgl. zur Blüthezeit	9 Unzen	3°	deßgl.	deßgl.
Nicotiana tabacum (Tabak)	Blätter zur Blüthezeit	10 Unzen 5 Dr.	5°,5	braunroth	ſcharf und ſalzig
Papaver somniferum (Mohn)	Blätter, zur Zeit der Fructification	12 Unzen	5°	röthlichbraun	bitter und ſchwach ſalzig
Parietaria officinalis (Glaskraut)	deßgl.	7½ Unzen	4°	deßgl.	fade und unangenehm
Pastinaca sativa (Paſtinak)	Wurzeln im Juny	10½ Unzen	5°	deßgl.	bitter und ſchwach ſalzig
Persica vulgaris (Pfirſich)	Blüthen	7 Unzen	4°	braunroth	bitter und aromatiſch
Physalis alkekengi (Schlutte)	Beeren	9 Unzen 5 Drachmen	7°	orange	bitter und ſauer
Portulaca oleracea (Portulac)	Blätter zu Anfange der Blüthezeit	9 Unzen	2°,25	farblos	friſch und ſchwach adſtringirend
Deßgl.	Stengel deßgl.	12 Unzen	2°,25	röthlich	deßgl. ſtärker

Poterium sanguisorba (Pimpernelle)	Blätter zur Blüthezeit	6½ Unzen	4°	röthlichgelb	mild (douce) und ſchwach adſtringirend
Punica granatum (Granatäpfel)	Früchte ohne Rinde und Scheidewände	7 bis 8⅞ Unzen	6°	hellroth	ſauer und aromatiſch
Pyrus communis var. (Birnen, poires de messire-jean)	Früchte im Sept.	11½ Unzen	6°	bernſteinfarben	mild (douce) und ſauer
Deßgl. var. (poires mouille-bouche)	deßgl.	12 Unzen 5½ Dr.	6°,5	deßgl.	mild, ſchwach ſauer und aromatiſch
Pyrus malus, var. (Aepfel)	Früchte im Auguſt, vor vollſt. Reife.	11⅞ Unzen	6°	farblos	ſauer
Deßgl. var. (pommes calville)	Früchte im Sept.	10 Unzen 6 Drachmen	6°,5	ſchwach bernſteinfarben	mild und aromatiſch
Deßgl. var. (Reinettenäpfel)	deßgl.	10 Unzen 5 Drachmen	7°	deßgl.	deßgl.
Rhamnus catharticus (Kreuzdorn)	Beeren ohne Rinde	9 Unzen	10° bis 10°,5	purpurroth	ſehr bitter
Deßgl.	deßgl.	9½ bis 11 Unzen	11° bis 12°	violetroth	ſehr ſtark bitter
Ribes rubrum, var. (rothe Johannisbeere)	Beeren ohne Stiele	10⅞ bis 11½ Unzen	6°	ſchön roth	ſehr ſauer und aromatiſch
Deßgl. var. (weiße Johannisbeere)	deßgl.	9⅞ bis 10 Unzen	6°	bernſteinfarben	minder ſauer, ſchwach ſüß und aromatiſch
Rosa centifolia (Centifolie)	Blumenblätter	4 Unzen	4°	gelblich, ins Rothe ziehend	ſchwach herb und aromatiſch
Rubus idaeus (Himbeere)	Beeren ohne Kelche	13 bis 14 Unzen	5°	violetroth	ſäuerlich, ſüß und aromatiſch
Rubus fruticosus (Brombeeren)	deßgl., nicht ganz reif	12 Unzen	6° bis 7°	johannisbeerroth	ſauer und aromatiſch
Rumex acetosa (Sauerampfer)	Wurzelblätter	11 bis 12⅞ Unzen	8°	röthlich	ſehr ſauer

Namen der Pflanze.	Angewandte Theile.	Quantität gereinigten Safts aus 1 Pfund der Subſtanz.	Dichtigkeit des filtrirten Safts nach Ar. Beaum-	Farbe.	Geſchmack.
Rumex patientia	Wurzeln im July	3 Unzen	4°	bräunlichgelb	ſehr bitter und herb
Saccharum officinale (Zuckerrohr)	Stengel	6 bis 8 Unzen	5° bis 14°	hellbraun oder nicht ſehr dunkel	ſehr ſüß
Sambucus ebulus (Attich)	Beeren ohne Stiele	10 Unzen bis 11 Unzen 7 Drachmen.	6°	ſcharlachroth	bitter und ekelhaft
Sambucus nigra (Hollunder)	deßgl.	10 Unzen 6½ Dr.	4°,75 bis 5°	johannisbeerroth in Maſſe, braungrün auf weißem Papier	mild (douce) und fade
Saponaria officinalis (Seifenkraut)	Blätter zur Blüthezeit	10 Unzen 6 Dr.	4°	goldgelb	bitter und ſehr ſcharf
deßgl.	Blüthen	6 Unzen 2⅔ Dr.	6°	deßgl. dunkler	deßgl.
Scabiosa arvensis	Wurzelblätter im July	9½ Unzen	4°	röthlichbraun	bitter, herb und ſcharf
Sempervivum tectorum	Wurzelblätter	12⅔ bis 13 Unzen	4°	farblos	ſauer
Solanum nigrum (Nachtſchatten)	Blätter zur Blüthezeit	9½ Unzen	4°,33	bräunlichroth	ſchwach ſalzig und ekelhaft
deßgl.	deßgl. zur Zeit der Fructification	11 Unzen 2 Dr.	5°	braunroth	ſalzig und ekelhaft

Taraxacum dens leonis (Löwenzahn)	Blätter zur Blüthezeit	8 bis 9 Unzen	3°,5	bräunlichroth	ſehr bitter
Urtica (Neſſel, ortie grièche)	Ganze Pfl. in Blüthe	9 Unzen	4°	bräunlichgelb	ſüßlich und ekelhaft
Urtica urens (Brenneſſel, ortie piquante)	deßgl.	9½ Unzen	5°	dunkler	deßgl. und extractartig
Deßgl.	Blätter zur Zeit der Fructification	5½ Unzen	5°	braungelb	ſüßlich und ekelhaft
Deßgl.	Stengel zur Zeit der Fructification	8 Unzen	4°	hell braungelb	ſüßlich
Viola tricolor arvensis (Ackerſtiefmütterchen)	Ganze Pfl. zur Blüthezeit	6 Unzen	5°	bräunlichroth	ſcharf und ekelhaft
Vitis vinifera, var. (wilder Weinſtock)	Trauben ohne Kämme (1826)	7 bis 8 Unzen	7° bis 8°	farblos	ſehr ſauer
Deßgl. var. monopyrena (chasselas de Fontainebleau)	deßgl. (1826 bis 2827)	12½ Unzen	10°	deßgl.	mild und ſüß
Deßgl. var. acinis albis dulcissimis (weißer Muskat)	deßgl. (1819)	12 Unzen 2 Dr.	16° bis 17° vor der Reiſe	citronengelb	ſüß und aromatiſch
Deßgl. var. (meuniers de Clermont bei Paris)	deßgl. (1819)	13 Unzen	10°	röthlich	mild und ſchwach aromatiſch
Zea maïs (Mays)	Stengel, nach der Befruchtung	8 Unzen	7°,5	hellbraun	ſehr ſüß

Wir fügen zuletzt noch eine Tabelle bei, welche Brewſter (Gilb. Ann. L. 47) über das Brechungsvermögen verſchiedner Pflanzenſäfte nach ſeinen Verſuchen angeben hat.* Die darin vorkommenden Zahlen drücken eigentlich die Weiten in engl. Zollen aus, in welche ein Object von der convexconvexen Objectivlinſe des von ihm angewandten Mikroſkops verſetzt werden mußte, um auf denſelben Punct als vorher ein deutliches Bild zu werfen, wenn dieſe Linſe ſucceſſiv mit einem concavplanen Meniscus aus den verſchiednen Säften gebildet, in Verbindung geſetzt, und dadurch die Brennweite vergrößert wurde. Dieſe Weiten nehmen mit dem Brechungsvermögen der Flüſſigkeiten zu und laſſen ſich daher als ein relatives Maß für Unterſchiede derſelben betrachten, wiewohl ſie dem Brechungsvermögen nicht abſolut proportional ſind.

Saft	friſch	nachdem er an der Luft geſtanden.
einer reifen Orange . . .	2,392	3,433; einige Tage
von Conium maculatum . .	2,390	3,317; 7 Stunden.
— Angelica sylvestris . .	2,393	2,833; 2 St.
— Angelica archangelica . .	2,447	3,402; einige St.
— Sanguinaria canadens. . .	2,398	3,387; 12 St.
— Leontodon taraxacum . .	2,403	3,400; 14 St.
— Lactuca virosa . . .	2,354	3,400; 10 St.
— Rumex sanguineus . . .	2,343	2,833; einige St. 3,037; länger
— Chelidon. majus . . .	2,448	
Schwacher Aufguß der Sennesblätter	2,353	3,412
Saft von Asarum europaeum .	2,433	3,648; einige St.
— Ranunculus flammula . .	2,399	3,337; 7 St.
— Sedum Telephium . .	2,387	3,412; 14 St.
— Urtica dioica	2,397	3,592; (ſchl. Beob.)
— Sonchus oleraceus . .	3,473	3,400; 7 St.
— Fragaria vesca . . .	2,390	

Das Brechungsvermögen aller dieſer Säfte iſt etwas größer als das des Waſſers.

Eigenthümliche Säfte der Pflanzen.

Als beſondre Klaſſen werden wir unter den hier zu betrachtenden Säften heraus ſondern: 1) die Milchſäfte; deren chemiſche und phyſiſche Eigenſchaften wir nebſt ihrer Zuſammenſetzung ausführlich erörtern werden; 2) die gummigen und harzigen Säfte, die in dieſer Hinſicht ſchon in unſerm Repertorium betrachtet worden ſind, und von denen wir blos die Angabe der Zuſammenſetzung wiederholen werden. 3) Die Baumſäfte, welche durch Abzapfen erhalten werden. — Die übrigen Säfte werden wir dann vermiſcht betrachten.

I. Milchſäfte der Pflanzen im Allgemeinen und namentlich caoutchouchaltende.

Literatur. — Carradori in Memorie di Matematica e di Fisica della Soc. Ital. delle Scienze XI. 1804. 62. überſ. in Gehlen N. a. J. VI. 630. — Chaptal in Ann. de Chim. XXI. 285, im Ausz. in Berl. Jahrb. f. Pharm. 1817. 96. — Heine in ſ. tracts on India, auch in Berl. Jahrb. f. Pharm. 1817. 82. — John über die Milch von Euphorb. cypar. und Ascl. syriaca in ſ. chem. Schr. II. 6 — derſelbe über die Milch von leontod. tarax., lactuc. sat., ficus carica, platan. occid. in ſ. chem. Schr. IV. 1. — Bizio über Saft von Ficus carica in Giorn. di Fis. Chim. etc. Dec. II. Tom. VIII. 330; auch in Brandes Archiv. XXII. 157.

Mehrere Pflanzengattungen enthalten faſt lauter Arten, welche bei Einſchnitten, die man in ſie macht, Milchſäfte liefern, deren chemiſche Eigenſchaften wir jetzt unterſuchen wollen; ſo namentlich die Gattungen: Euphorbia, Jatropha, Asclepias, Convolvulus, Ficus, Nerium, welche beſonders häufig in Oſtindien vorkommen und Lactuca, Sonchus, Papaver, Lobelia, Cichorium u. ſ. w. Die meiſten dieſer Milchſäfte enthalten eine dem Caoutchouc ähnliche, und zum Theil mit ihm identiſche, Subſtanz, indem das wirkliche Caoutchouc nichts anders, als ein ſolcher an der Luft erhärteter vegetabiliſcher Milchſaft (Rep. I. 1356) iſt. Doch giebt es andre, worin eine ſolche caoutchoucähnliche Subſtanz nicht vorkommt, wie die Milchſäfte, die eingetrocknet zu ſogenanntem Schleimharze werden, (z. B. das Ammoniakgummi, die Aſa fötida, das Scammonium u. ſ. w.); ferner die Milch der Cocosnuß, die Milch des Kuhbaums, der Popavaſaft, der Spargelſaft, die Milch der Hura crepitans und wahrſcheinlich noch mehrere andre. Die Schleimharze werden wir unter der folgenden Klaſſe der Säfte mit betrachten; die andern vorgenannten Milcharten ohne Caoutchouc nachträglich zu den caoutchouchaltenden. Dieſe ſelbſt aber werden wir, weil ſie viel Analogie in den Eigenſchaften zeigen, gemeinſchaftlich abhandeln; jedoch dem Opium, als dem wichtigſten derſelben, eine beſondre nachträgliche Betrachtung widmen. Das eigentliche Caoutchouc in ſeinem erhärteten Zuſtande iſt ſchon (Rep. I. 1356) vollſtändig betrachtet worden. Hier aber werden wir zugleich die Unterſuchung des noch flüſſigen Safts, aus dem es gewonnen wird, beifügen, eine Unterſuchung, welche einmal von Fourcroy*), ein andresmal von Cadet de Gaſſicourt**) unternommen worden iſt, von denen erſtrer zwei volle Flaſchen dieſes Safts, luftdicht verſchloſſen, die eine aus der Inſel Bourbon, die andre aus Cayenne (unbekannt von welchem caoutchoucliefernden Gewächs) erhielt, letztrer ein ebenfalls (doch nur mit Kork) verſchloſſenes Fläſchchen von einem unbekannten Reiſenden, beide Chemiker mit der Nachricht, daß hieraus das Caoutchouc genommen würde. Ferner hat Vinzenz Cervantes***), Profeſſor der Botanik in Mexico, einige Beobachtungen über dieſen Saft an Ort und Stelle gemacht und Faraday†) einen noch ziemlich gut conſervirten Saft neuerdings der Analyſe unterworfen.

Die Milchſäfte der Pflanzen ſind in ſogenannten eignen Gefäßen enthalten, über deren Structur die neueſten Unterſuchungen, mit Berückſichtigung der frühern, von Treviranus ††) angeſtellt worden ſind. Duhamel†††) bemerkt, daß beim Abſchneiden eines jungen Zweiges von einem Milchgebenden Gewächſe dieſelbe häufiger zu quellen ſcheine aus derjenigen Schnittfläche, welche dem Zweige, als aus der, welche dem Stamme entſpricht, wobei er die Vorſicht gebrauchte, dieſe Theile in eine ſolche Lage und in ein ſolches Verhältniß zu bringen, daß weder die Schwere, noch die größere Maſſe des einen Theils auf das Reſultat Einfluß haben konnte. Dieſen Verſuch fand auch Treviranus bei öfterer Wiederholung durchaus beſtätigt. Duhamel glaubt, dieſe Erſcheinung deute auf eine Diſpoſition des Milchſafts mehr in der Richtung von den Zweigen gegen die Wurzel, als in der entgegengeſetzten zu ſtrömen; Treviranus iſt dagegen geneigter, das ſtärkere Ausſtrömen von einer größern Reizbarkeit der jüngern Theile abzuleiten; beſonders ſich auf die Erfahrung von Bernhardi¹) beziehend, daß der Milchſaft in der Wurzel ſo wie im alten Stamme mehrerer Arten von Asclepias nicht mehr vorhanden ſey, während er in den jungen Zweigen fortfahre, beim Einſchneiden zu fließen; ferner auf den, mit Duhamels Unſich nicht wohl zu vereinigenden Umſtand, daß der eingeſchnittene Stengel nur zunächſt der Wunde ſich ſeines Milchſafts entledigt, nicht aber die davon entfernteren Theile verläßt. Daß in der That eine ſolche Reizbarkeit der den Milchſaft enthaltenden zelligen Theile Statt finde, darauf deutet auch der Umſtand, daß in gewiſſen Pflanzen ein Ausſtrömen deſſelben bei bloßer Berührung dieſer Theile Statt findet. So tritt bei leiſeſter, ſelbſt nur mit einem Finger oder Strohhalm vorgenommener, Berührung des Kelchs von Semiflosculosis, z. B. Sonchus, Lactuca, wenn deſſen Oberhaut hinlänglich zart iſt, der Milchſaft in Form von kleinen runden Tröpfchen mit Schnelligkeit hervor. Hieher gehört auch eine, an der Genitalienſäule mehrerer Orchideen zu bemerkende, Erſcheinung. In Verfolgung von Beobachtungen nämlich, welche Wächter und Schkuhr an Epipactis pal., E. nidus avis und Goodyera repens machten, bemerkte Treviranus*) an Epipactis ovata und E. latifolia, daß bei der leiſeſten Berührung des, zwiſchen Anthere und Narbe befindlichen, Fortſatzes ein Tröpfchen einer milchigen klebrigen Fl. aufs Schnellſte hervordrang, und an Goodyera discolor nahm er wahr, daß ſolches von einer an der Spitze dieſes Fortſatzes liegenden runden, inwendig mit einer Höhle verſehenen, Drüſe herrühre, welche bei der Berührung ſich des in jener Ciſterne enthaltenen Saftes mit Heftigkeit entledigt. Hooker machte die nämliche Beobachtung an zwei neuen exotiſchen Gattungen der Orchideenfamilie, Anguloa und Catasetum**), wobei er jedoch das Phänomen mit Unrecht als eine Wirkung der Elaſticität betrachtet.

---

*) Ann. de Ch. XI. 223; auch in Gehlen N. a. J. VI. 631; vergl. auch Fourcroy und Vauqu. über den Saft aus der Castilloja elastica in Ann. de Chim. LV. 296, überſ. in Gehlen N. a. J. VI. 673.

**) Journ. de pharm. XI. 343.

***) Gehlen N. a. J. VI. 633.

†) J. de Chim. méd. 1826. mars. 141.

††) Tied. u. Trev. Zeitſchr. I. S. 147.

†††) Phys. des arbres. I. 72.

1) Beob. über Pflanzengefäße. 57.

Der Ausfluß der Milchſäfte aus ihren Behältern durch Schnittflächen wird nicht durch zuſammenziehende Mittel verhindert. Zwar glaubten Brugmans und Coulon***) das Gegentheil zu bemerken. Abgeſchnittene Zweige von Euphorbia myrsinites mit einer Aufl. von Alaun oder Eiſenvitriol auf der Schnittfläche beſtrichen, hörten ſchnell auf, die Milch von ſich zu geben, die aus einem dritten Zweige, deſſen Schnittfläche blos mit einem Schwamme gereinigt war, noch ſtundenlang zu rinnen fortfuhr. Allein Van Marum†), indem er dieſe Verſuche wiederholte, erhielt ein entgegengeſetztes Reſultat und Link††) war ebenfalls nicht vermögend, von den genannten zuſammenziehenden Mitteln eine ausgezeichnete Wirkung in Minderung des Milchausfluſſes aus abgeſchnittenen Zweigen von Euphorbien, Mohn u. ſ. w. zu bewirken, ſo wie auch Treviranus nicht glücklicher darin war, indem er z. B. von ſcharfem Eſſig, ſo wie von einer Auſl. von Kochſalz, von Eiſenvitriol, von Alaun, wenn er die milchende Schnittfläche damit beſtrich, keine merkliche Verminderung des Ausfluſſes wahrnahm.

---

*) Treviranus die Lehre vom Geſchlecht der Pflanzen. S. 62.

**) Exotic. Flora. VIII. 91.

***) De mutata humorum indole a vi vitali vasorum derivanda. 12.

†) Journ. de Phys. LI. 217.

††) Grundlehren u. ſ. w. 271.

Allgemeine Eigenſchaften der Milchſäfte. — Die Milchſäfte zeigen nach L. Treviranus*) unter dem Mikroſkop eine körnige Beſchaffenheit, und zwar der gelbe Milchſaft des Chelidonium ſchon, wenn er noch in ſeinen natürlichen Behältern in der Pflanze iſt, beſſer aber außerhalb deren, wenn er mit hinlänglichem W. verdünnt worden. Auch am Milchſaft des Leontodon, der Bocconia frutescens, Lobelia longiflora, des Rhus typhinum u. ſ. w. nimmt man dieſe Eigenthümlichkeit wahr und ohne Zweifel kommt ſie den vegetabiliſchen Milchſäften überhaupt zu. Bei Euphorbia esula ſchwimmen in einem flüſſigeren Medium, außer dem körnigen Weſen, zahlreiche kurze Stäbchen. Dieſe Körner ſind einerſeits mit den zahlreichen Kügelchen, ſo im Zellgewebſafte zerſtreut vorkommen, andrerſeits mit den Blutkügelchen verglichen worden, aber von beiden in der That verſchieden. Von den Körnern des Zellgewebſaftes unterſcheiden ſie ſich durch ihre Kleinheit und durch Mangel der grünen Farbe; von den Blutkügelchen aber, z. B. denen der Taube, des Froſches, ebenfalls durch ihre Kleinheit und durch die weit mindre Regelmäßigkeit ihrer Form, ſo wie durch ihr Zuſammenballen in Klumpen, was von den Blutkügelchen nicht gilt. Mehrere wollen in dem friſch aus ihren Behältern gelaſſenen Milchſafte eigenthümliche ſelbſtſtändige Bewegungen und Zuckungen wahrgenommen haben; Treviranus konnte ſolche nie entdecken; eben ſo wenig fand er die von Schulz beobachtete ſelbſtthätige Bewegung der Milchſäfte in den lebenden Pflanzen beſtätigt.

Friſch ausfließend zeigen die meiſten Milchſäfte eine weiße, manche, wie aus Chelidonium, auch eine gelbe Farbe. Einige beſitzen einen milden Geſchmack (z. B. von Agaricus lactifluus und kremlinga L., Campanula latifolia, Euphorbia hirta, Acer platanoides, Sapium aucuparium), andre einen zuſammenziehenden, andre einen bittern, die meiſten einen brennend bitteren und ſcharfen Geſchmack. Letztre (ſo namentlich von den meiſten Euphorbiaceen) wirken ätzend und entzündungserregend auf mit Reizbarkeit begabte thieriſche Theile. Manche ſind bitter mit ſüßlichem Beigeſchmack.*)

---

*) Tied. u. Trev. Zeitſchr. I. 156.

Viele Milcharten beſitzen einen eigenthümlichen Geruch. — Der Geruch der Milch von Leontod. tarax. ſtimmt nach John mit dem der ganzen Pflanze überein, der Geruch der Milch von Ascl. syriaca iſt nach demſ. eigenthümlich und narkotiſch. Die Milch von Jatropha curcas beſitzt friſch einen ammoniakaliſchen Geruch.

Alle von Haine unterſuchten oſtindiſchen Milchſäfte rötheten friſch das Lackmuspapier. Daſſelbe erwähnt John vom Milchſaft der Euphorbia cyparissias und Ascl. syr., und Bizio von dem der Rinde und Blattſtiele des Feigenbaums.

Verwahrt man die Milchſäfte ſorgſam vor der Luft, ſo laſſen ſie ſich lange in flüſſigem Zuſtande und ziemlich unverändert aufbehalten, nicht ſo bei Luftzutritt. Der Milchſaft vom Feigenbaum, im October geſammelt, wurde, in mit Klebwachs verſchloſſenem Gefäße aufbewahrt, noch nach einem Jahre flüſſig befunden; und als jetzt das Glas geöffnet ward, trat ein narkotiſcher opiumähnlicher Geruch heraus, und die Milch gerann jetzt an der Luft, wie gewöhnlich. Eine andre Portion Milch des Feigenbaums jedoch, zu Ende May's geſammelt, und luftdicht, mittelſt Klebwachs, eingeſchloſſen, hatte nach ungefähr 4 Monat den ganzen caoutſchukartigen Theil abgeſondert, welcher mit weißer Farbe auf einer wäßrigen Fl. ſchwamm, die etwas durchſichtig war, einen nauſeöſen Geruch beſaß, eine röthliche Farbe und einen nicht ſauren, vielmehr ſüßen Geſchmack. Der Saft von Euph. characias erhielt ſich bei ſolcher Verwahrung länger als 6 Monate hindurch faſt ganz flüſſig, blos am Rande des Halſes vom Glaſe war ein Theil geronnen. Nach der endlichen Oeffnung des Glaſes trat ein angenehmer Geruch heraus, wie von einer Fl., die in weinige Gährung getreten iſt, und der Saft gerann jetzt an der Luft. — Die Gerinnungen, welche bei dieſen Verſuchen theilweis noch in den verſchloſſenen Gefäßen erfolgten, ſcheinen von dem beim Einfüllen aufgenommenen Sſt. abgehangen zu haben, und vielleicht würden ganz dagegen geſicherte Milchſäfte ſich völlig flüſſig und unverändert erhalten (Carradori).

Wärme und ſelbſt Hitze brachte, an den Milchſäften des Feigenbaums und der Euph. char. geprüft, keine Veränderung in ihrer Beſchaffenheit hervor, und coagulirte ſie nicht, wofern nur die Luft durch Bedecken mit Oel dabei abgehalten wurde. — Durch Deſtillation des Saftes von Euph. cyp. mit Waſſer erhielt John ein Product von ſchwachem faden Geruch, ohne allen ſcharfen Geſchmack, kaum vom deſt. Waſſer verſchieden.

---

*) Die Milch von Leontodon taraxacum iſt ſüßlich und ſehr bitter; aber gar nicht ſcharf; die aus Stengeln und Zweigen von Ficus carica bitterlich und ſchwach zuſammenziehend; aus Asclepias syriaca ſäuerlich, dabei eigenthümlich, nicht ſcharf; aus Euph. cyparissias ekelhaft ſüßlich, mit etwas Bitterkeit verbunden, worauf eine Art von metalliſchem Nachgeſchmack erfolgt, der im Schlund und auf der Zunge heftiges Brennen erregt.

Das von Fourcroy, und noch mehr das von Cadet de G. unterſuchte fl. Caoutchouc waren beide in einem nicht mehr ganz unveränderten Zuſtande; die allgemeinen Eigenſchaften werden folgendermaßen beſchrieben:

Fourcroy verſpürte beim Oeffnen der Flaſche einen ſtinkenden Geruch, wie nach Schwefelwſſſtgas; der Saft war beinahe vollkommen flüſſig, weiß und undurchſichtig, wie Milch, außer einem Theil, der im obern Theil der Flaſche geronnen, in (weißes) Caoutſchuk umgeändert und nach der Form der Flaſche geformt war.

Bei Cadet de Gaſſicourt (S. 180) hatte ſich ſchon ſo viel weißes Caoutchouc ausgeſchieden, daß die obern ⅔ der Flaſche voll davon waren, während der untere Theil von einer durchſichtigen, trüben, gelb opaliſirenden, Fl. eingenommen wurde: doch befand ſich zwiſchen beiden noch eine flüſſige milchige Schicht von wahrſcheinlich ziemlich unverändertem Caoutſchoukſaft.

Wirkung der Luft. — In ſämmtlichen Milchſäften bildet ſich an der Luft eine Gerinnung, oder ſie trocknen auch aus, was immer weſentlich mit Sauerſtoffabſorption verbunden iſt, wie Fourcroy und Carradori mittelſt beſondrer Verſuche nachgewieſen haben. Manche Milchſäfte gerinnen, wie es ſcheint, ganz, oder mit Rücklaſſung einer wäßrigen Fl. Das Gerinſel oder der ausgetrocknete Rückſtand enthält Caoutchouc oder einen ähnlichen Rückſtand, oder beſteht faſt ganz daraus. Dieſe Gerinnung erfolgt jedoch bei verſchiedenen Milchſäften mit verſchiedener Schnelligkeit. Die Milch der Euphorbia Tirucalli gerinnt nach Heyne faſt unmittelbar nach dem Ausfließen; die der Asclepias gigantea bleibt etwas länger flüſſig, und beide werden nicht in hohem Grade hart und ſpröde, ſondern bleiben ſtets, auch möglichſt ausgetrocknet, zähe. Dagegen wird die Milch der Jatropha curcas, die anfänglich ſehr dünn iſt, in wenig Tagen hart und ſehr ſpröde; zu gleicher Zeit färbt ſie ſich purpurroth und verliert nach und nach die ihr ſonſt eigenthümliche Eigenſchaft, auf der Haut gerieben, eine weiße ſeifenartige Eigenſchaft anzunehmen (Heyne). — Der im Frühling und Sommer aus Euph. cyp. erhaltene Milchſaft coagulirte nach John, ſo wie ihn die Luft berührte, indem ſich eine weiße, dem käſigen Theil der Milch ähnliche, höchſt klebende und bindende, an der Luft zu einer licht gelblichgrauen Maſſe von Conſiſtenz und Durchſcheinbarkeit des Wachſes austrocknende, Materie abſonderte, die ſich zu elaſtiſchen Fäden ziehen ließ, während die von der Coagulation rückſtändige, Weinſteinſäure haltende, Fl. wochenlang die milchige Beſchaffenheit *) und urſprüngliche Undurchſichtigkeit behielt. Dieſe, durch Filtriren von den milchigmachenden Theilen getrennte, Fl. überzog ſich bei langſamer Verdunſtung mit einem dünnen Häutchen und erſtarrte darauf zu einer ſtraligen Maſſe, die vollkommen ausgetrocknet ein körniges, Marmor ähnliches, Anſehen und auffallenden ſüßen Geſchmack beſaß, obwohl es nicht gelang, mittelſt Weingeiſt u. ſ. w. Zucker daraus zu erhalten. — Der aus derſelben Pflanze zu Anfang Septembers geſammelte Saft coagulirte nicht, ſondern trocknete zu einer farbloſen, völlig durchſichtigen, Maſſe aus, die, mit Waſſer übergoſſen, weiß und undurchſichtig wurde, ohne ſich aufzulöſen. — Der Saft aus Ascl. syriaca coagulirte ebenfalls nicht, ſondern trocknete zu einer homogenen compacten Maſſe aus. — Der Saft des Feigenbaums coagulirt bald an der L. und trocknet in der Sonne zu einer durchſichtigen farbloſen Maſſe von Wachsconſiſtenz und Wachsklebrigkeit aus **), die ſich zu langen elaſtiſchen, leicht zerreißbaren, Fäden ziehen läßt. — Der Saft von Leont. tar. coagulirt bald, trocknet aus und färbt ſich violetbraun, eben ſo die Milch der Chondrilla (John).

Das Coagulum iſt aus den weißen Milchſäften anfänglich ſelbſt weiß, färbt ſich aber allmälig dunkler. Fourcroy fand, daß das in der Flaſche gebildete, anfänglich ſehr weiße, Caoutſchouc (S. 184), welches übrigens alle Eigenſchaften des im Handel vorkommenden hatte, an der Luft ſchnell gelb, dann braun wurde; als aus dem übrigen Milchſaft durch die Luft das Caoutſchouk vollends ausgeſondert war, hatte es ſein milchiges Anſehen verloren, war durchſichtig geworden und beſaß einen ſauerſüßen Geſchmack.

Die Beobachtungen von Cadet de G. ſtimmen hiemit überein. Das in der Flaſche gebildete Caoutſchouk war vollkommen weiß, nur am obern Theile etwas röthlich, welche Farbe ſich beim Ausſetzen an die Luſt ins Innere deſſelben fortpflanzte; dagegen beim Aufbewahren unter Waſſer die weiße Farbe blieb. — Auch die milchige Schicht (S. 184) trocknete an der Luft ziemlich ſchnell zur elaſtiſchen weißen Maſſe aus, die durch Röthlich (rose) in Braun überging. — Die trübe opaliſirende Fl. (ebend.) hauchte einen ſchwachen, aber penetranten, Geruch aus, röthete blaues Lackmuspapier, beſaß einen ſüßen Geſchmack, erhielt in wäßriger Hitze bald Conſiſtenz und ward grau, war im trocknen Zuſtande klebrig, auſl. in W. und in abſ. Alkohol, und die wäßrige Auſl. fällte die ſchwefelſ. Eiſenauſl. nicht.

---

*) Es bleibt nämlich ein Theil der ſich ausſcheidenden Subſtanz in der Fl. ſchwebend, läßt ſich aber durch Filtriren abſondern.

**) Nach Bizio verloren 100 Theile Feigenbaumſaft beim Austrocknen in einer Temp. von 50°R. 74 Theile.

Als Heyne einſt den mit Waſſer verdünnten Saft der Ascl. gigantea in einer gläſernen, mit einem Korkſtöpſel leicht verſchloſſenen, Flaſche einige Zeit hindurch in ſeinem Wohnzimmer ſtehen ließ, fand er dieſe Milch in eine eſſigartige Fl. verwandelt, die angenehm, jedoch nur ſchwach ſäuerlich, roch und ſchmeckte, und in ziemlicher Menge einen weißen Bodenſatz hatte fallen laſſen. Von dieſem Satze getrennt und mit kblſ. Kali verſetzt brauſte die Fl. mäßig auf; aber bei jedem Zugießen erfolgte ein Ammoniakgeruch und die Flüſſigkeit enthielt jetzt eſſigſ. Kali.

Die milchreichen Blätter der Euphorbia neriifolia werden von den Eingebornen auf Eſſig benutzt, indem ſie dieſelben einige Augenblicke auf heiße Kohlen legen (und dadurch die Milch zum Gerinnen bringen), dann zwiſchen den Händen zerdrücken und ſo einen farbloſen Saft auspreſſen, der eben ſo ſauer iſt, als gewöhnlicher Weineſſig zu ſeyn pflegt.

Wirkung des Waſſers. — Nach Cadet de Gaſſic. ließ ſich die milchige Fl. (S. 184) in deſt. W. einrühren, ohne daß Coagulation oder Abſcheidung erfolgte, ſelbſt wenn das Gemeng lange Zeit der Luft ausgeſetzt blieb. Es lief bei wiederholter Filtration ſtets milchig durch, und wurde nicht, wie die unverdünnte milchige Fl., durch abſoluten Alkohol gefällt. Hiemit ſtimmt jedoch Faraday's Beobachtung nicht überein, zufolge deſſen durch Verdünnung des flüſſigen Caoutſchoukſaftes das Caoutſchouk von freien Stücken und faſt völlig rein abgeſchieden wird. — Der Saft der Euphorbia Tirucalli und der Asclepias gigantea löſt ſich zum Theil in Waſſer, während ein andrer Theil in Flocken zu Boden fällt (Heyne).

Wirkung des Alkohols, Aethers und der äther. Oele. — Alkohol vereinigte ſich mit den Milchſäften des Feigenbaums und der Euph. char., löſte ſie aber nicht auf (Carradori). Der Milchſaft von Euph. cyparissias wurde durch Alkohol niedergeſchlagen und oberhalb des Niederſchlags blieb eine Fl., welche abgeraucht einen, dem Opium ähnlichen, Dickſaft lieferte (Chaptal). — Nach Vincenz Cervantes (Gehlen N. a. J. VI. 634) läßt Alkohol ſich mit dem friſchen Caoutſchoukmilchſaft zwar mengen, löſt ihn aber nicht auf. Läßt man das Gemeng ruhig ſtehen, ſo kommt der Alkohol auf die Oberfläche, der Saft aber bleibt am Boden. — Nach Cadet de G. fällte abſ. Alkohol aus der nicht verdünnten milchigen Caoutſchoukfl. (S. 184) ſogleich einen Theil Caoutſchouk.

Reiner Schwefeläther bewirkte in der milchigen Fl. Cadet de Gaſſicourts (S. 184) Coagulation, ließ aber das Caoutſchouk halb flüſſig und zum Theil fadenziehend (filant). Durch Umrühren wurde es in eine Menge Kügelchen zertheilt, und beim Zugießen von deſt. W. ſammelte es ſich auf der Oberfläche als eine klebrige und momentan durchſcheinende Maſſe. Letztres Coagulum ließ ſich in kaltem Terpentinöl nicht einmal einrühren; in heißem erweichte es ſich endlich und löſte ſich zum kleinen Theil auf. — Nach Vincenz Cervantes bewirkt der Schwefeläther blos deren Gerinnung im flüſſigen Caoutſchoukſaft, wenn er von Schwefelſ. nicht ganz rein iſt. — Schwefeläther, mit dem Saft der Euph. cypar. digerirt, beſitzt nach John deſſen ganze Schärfe.

Aetheriſche Oele löſten nach Carradori die Milchſäfte von Euph. Char. und vom Feigenbaume auf, und gaben damit ein durchſichtiges Ganze, doch erſt in mehrern Tagen und in warmer Jahreszeit. Nach Vincenz Cerv. löſen die äther. Oele aus dem Caoutſchoukſaft das Caoutſchouk in einigen Tagen auf, die Miſchung nimmt die Conſiſtenz eines durchſichtigen Schleims an und der wäßrige Theil ſcheidet ſich auf dem Boden des Gefäßes ab.

Wirkung der Metalle. — Die Milch der Jatropha curcas, mit welcher in dieſer Hinſicht die der Jatr. moluccana ein ähnliches Verhalten zeigt, zeichnet ſich vor den übrigen Milchſäften dadurch aus, daß ſie das Silber oxydirt und mehr oder weniger auflöſt. Legt man nämlich ein Stück Silber in dieſe Milch, ſo wird es ſchnell zerbrechlich und zu einem grünlichen Pulver zerreiblich.

Wirkung des Chlors und der Säuren. — Die conc. Mineralſäuren und das Chlor bewirken Coagulation, wie es ſcheint, ſämmtlicher Milchſäfte; dagegen die vegetabiliſchen Säuren dieſe eher zu hindern, als zu befördern ſcheinen, wie dieß näher aus folgenden ſpeciellen Angaben erhellt:

Der Caoutſchoukſaft wird nach Vinc. Cervant. von Chlor ſchnell in eine Maſſe coagulirt, ſo, als wenn er an der Luft von ſelbſt gerinnt; auch Fourcroy und Cadet de G. beobachteten hievon Coagulation.

Nach Carradori coagulirte das Chlor ſowohl den Milchſaft der Euph. Char., als der Lactuca sativa und des Feigenbaums. Friſcher gelber Saft von Schöllkraut (chelid. majus) wird nach Chaptal durch Chlor citronengelb gefärbt; es erfolgt ein orangefarbener Niederſchlag und die überſtehende Fl. bleibt gelb. Der Milchſaft der Euph. cyparissias ließ nach Chaptal durch Chlor einen weißen Niederſchlag fallen, wobei ſich die überſtehende Fl. ganz aufhellte.

Dieſer mit Chlor erzeugte weiße Niederſchlag aus dem Safte der genannten Euph. ward weder durch die Luft, noch durch kaltes oder warmes W., noch durch Alkalien angegriffen; über dem Feuer blähete er ſich auf und gieng in Kohle über. Alkohol zog ⅔ Harz aus und ließ ⅓ einer Materie zurück, welche Chaptal für eine veränderte Pflanzenfaſer hält. Die merkwürdigſte Eigenſchaft dieſes weißen Niederſchlags iſt die ſeifenartige Verb., welche er mit dem Oele eingeht. Zerreibt man ihn nämlich in einem Mörſer, indem man nach und nach eine gewiſſe Menge Oel zuſetzt, ſo erhält man eine weiche und weiße Maſſe, von der ſich die etwa im Ueberfluſſe zugeſetzten Oeltheile trennen, während die übrigen, neutraliſirt als Seife, welche Chaptal Faſerſeife nennt, zurückbleiben. Ruhiges Stehen macht dieſe Faſerſeife gelb und läßt von Zeit zu Zeit einzelne Waſſertröpfchen auf ihrer Oberfläche hervortreten, welche dann verdunſten. Von den wirklichen Seifen unterſcheidet ſich indeß dieſe Faſerſeife auffallend, indem ſie weder in W., noch in Alkohol löslich iſt. Wie groß aber die Verwandtſchaft des Oels zur Faſer ſey, bezeugt die Zerſ. der gewöhnlichen Seifenlöſung durch die Faſer, welche in Form einer Trübung erfolgt, wenn man mit der in W. gelöſten alkaliſchen Seife den Niederſchlag in Berührung bringt. Soll jedoch der Niederſchlag dieſes und das vorher beſchriebene Verhalten zum Oele zeigen, ſo muß er frei von den übrigen im Waſſer löslichen Beſtandtheilen des Milchſafts, daher möglichſt ausgewaſchen ſeyn. — Wendet man ſtatt des Waſſers um die Faſerſeifenbildung zu beſchleunigen, einen Galläpfelaufguß oder eine Alaunaufl. an, ſo erhält man den nämlichen Erfolg. Kocht man die Faſerſeife mit dem Abſude des Krapps, ſo färbt ſie ſich, ohne ſich aufzulöſen oder zerſetzt zu werden, orangeroth. Pottaſchenlöſung nimmt ſie leicht in ſich auf, und wenn die ſonſt klare Aufl. ſich trübt, kann man ſie durch Umrühren leicht wieder aufhellen.

Conc. Salpeterſ. ſcheidet aus dem friſchen Caoutchoucſaft nach Vinc. Cerv. rothe Flocken oder gelbes in W. unauflösliches Pulver ab; und überhaupt zerſetzen ihn alle conc. Mineralſäuren, unter Abſcheidung eines Coagulums, dagegen ihn verdünnte nach demſelben längere Zeit flüſſig erhalten ſollen, während jedoch Cadet behauptet, daß die Coagulation der milchigen Fl. (S. 184) auch durch dieſe erfolge. — Tropfenweis zu friſchem Feigenbaumſafte geſetzt, verwandelte conc. Salpeterſ. nach Carrad. denſelben ganz in eine gelbe weiche Subſtanz ohne alle Conſiſtenz; eben ſo den Milchſaft von Euphorb. characias. Der Milchſaft von Asclep. syr. wird nach John durch Salpeterſ. coagulirt. In Digeſtionshitze löſt ſich das Coagulum in der Salpeterſ. auf und verwandelt ſich nach Verdunſtung der Fl. in eine gelbe, zerreibliche, pulvrige Maſſe, die in W. unaufl. iſt, bei fernerer Erhitzung ſich aufbläht und eine poröſe, ſehr leichte, zerreibliche, bittere Subſt. darſtellt, aus der ſich keine Kleeſ. erhalten läßt.

Conc. Schwefelſ. färbt nach John den Milchſaft von Asclep. syr. grünlich und löſet einen Theil davon auf; verwandelt aber den größten Theil in eine compacte Maſſe. Nach einigen Stunden verſchwindet die grünliche Färbung. In der Wärme löſet ſich alles auf; die Aufl. färbt ſich purpurroth, wird bald dunkler und erhält zuletzt eine nelkenbraune Farbe. Bei Vermiſchung mit W. fällt ſchwarze Kohle nieder.

Nach Carrad. gerann der Saft ſowohl vom Feigenbaum, als von Euph. char. durch conc. Schwefelſ. zu einer weißen weichen Subſtanz, wie geronnene Milch. — Nach Heine wurde der ſtarke betäubende Geruch, welchen der friſche Saft von Asclepias gigantea beſitzt, durch Zutröpflung von etwas conc. Schwefelſ. ſogleich in den angenehmen Geruch des Schwefeläthers verwandelt. Zugleich erhob ſich von der Fl. ein, nur wenig Augenblicke ſichtbar bleibender, Dunſt.

Durch Salzſ. coagulirt nach John der Milchſaft von Ascl. syr. augenblicklich zu weißen käſeartigen Flocken, die in der Fl. herumſchwimmen. Wendet man Wärme an, ſo erfolgt keine weitre Wirkung, als daß ſich das Coagulum zuſammenballt.

Die Phosphorſ. bewirkt im letztern Safte nach John nur bei Zuſatz in großer Menge Coagulation.

Vegetabiliſche Säuren wirkten nach Carrad. auf den Milchſaft des Feigenbaums und der Euph. Char. wenig oder gar nicht. Nach John ſcheinen ſie dieſelbe bei dem Safte der Asclep. syriaca ſogar zu verzögern.

Einwirkung der Alkalien. — Die Alkalien verhindern das Gerinnen des Caoutchoucſafts an der Luft nach Fourcr. und Vinc. Cerv., nach letzterm jedoch nur einige Tage, ſo daß er zuletzt doch coagulirt.*) — Cadet de G. beobachtete, daß Kalilauge in die milchige Fl. (S. 184) gegoſſen, ihr eine Roſenfarbe ertheilte: und der Niederſchlag, den alsdann der Zuſatz von abſ. Alkohol darin hervorbrachte, zeigte ſich roſenfarb und ward an der L. braun. Ammoniakfl. wirkte ziemlich eben ſo, wie Kalilauge.

Kali, in verſchiednen Verhältniſſen zu dem Saft von Euph. char. geſetzt, änderte ſeine milchweiße Farbe in eine gelbgrüne um; er gerann aber doch, wiewohl langſamer als der reine Saft, an der L. Natron und Ammoniak verhinderten jedoch das Gerinnen (Carradori).

Kalilauge zu dem in der Mitte des Sommers aus Asclep. syriaca gewonnenen Safte geſetzt, färbte dieſen nach John Anfangs fleiſch- dann pfirſichblüthroth; der im Herbſt gewonnene Milchſaft erlitt dieſe Aenderung nicht dadurch, ſo wie auch kohlſ. Alkalien überhaupt keine Veränderung darin zuwege brachten.

---

*) Vielleicht weil ſich das Kali mit Khlſ. ſättigt.

Kalkwaſſer brachte in der friſchen Milch von Asclepias gigantea keine merkliche Aenderung hervor, wohl aber der ungelöſchte Kalk, der einen heftigen Ammoniakgeruch daraus entwickelte. (Heine).

Zuſammenſetzung einiger Milchſäfte. — Von Asclepias syriaca. — Nach John, der friſche Saft: 22,1 Harz (Rep. I. 1299); 10,4 Caoutchouc; 3,3 Extractivſtoff; 3,3 thier. veget. Mat.; eine Spur Eiweisſtoff und Weinſteinſ.; 60,9 Waſſer (John chem. Schr. II. 35).

Caoutchoucmilchſaft. — Nach Faraday, welcher wohl erhaltenen Saft unterſuchte: 56,37 Lackmus röthendes Waſſer; 31,70 Caoutchouc; 7,00 stickſtoffhaltige bittre färbende Mat.; 2,90 in Waſſer und Alkohol auflösliche Mat.; 1,90 eiweisſtoffartige Mat.; 0,13 Wachs (Journ. de chim. med. mars. 1826. 141).

Von Chelidonium glaucum. — Nach Chevallier und Laſſaigne: Harzige Subſtanz von bitterm Geſchmack und dunkelgelber Farbe; gummiharziger Stoff von orangerother Farbe und bitterm ekelhaften Geſchmack; ſchleimige Subſtanz; Eiweisſtoff; freie Aepfelſ.; citronenſ. Kalk; phosphorſ. Kalk; Salpeterſ.; ſalzſ. Kali; Kieſelerde (Journ. de pharm. 1817. No. 10; auch in Trommsd. N. J. II. St. 2. 469).

Von Chondrilla juncea. — Nach John der an der Luft eingetrocknete Saft: ungefähr ⅓ ſchleimige Theile; ¼ harzige Theile; ⅓ caoutchoucartiger Stoff; außerdem etwas wäßrige Theile (John chem. Schr. III. 3).

Von Euphorbia Cyparissias. — Der friſche Saft nach John: 13,80 ſcharfes Harz (Rep. I. 1313); 2,00 Caoutchouc; 2,75 extractartige Subſtanz; 2,75 gelbliches Gummi; 1,37 Eiweisſtoff; 77,00 Waſſer; kleine Mengen von fettem Oel und von Weinſteinſäure (John chem. Schr. II. 14).

Nach Letellier *). Der friſche Saft; eine kaum ſchätzbare Menge flüchtiges Oel; ein weißes Harz (Caoutchouc?), mittelſt einer gummigen Mat. im Waſſer in Suſpenſion erhalten, aber zum großen Theil durch Ruhe ſich abſcheidend; ein ſcharfes flüchtiges Princip, durch die Temp. des kochenden Waſſers nicht zerſtörbar; eine gummige Materie; Waſſer (Journ. de chim. med. 1827. Juin. 312).

Von Ficus carica. — Der eingetrocknete Milchſaft von Sten-

---

*) Analyſe der Euph. cyparillia, doch wohl mit cyparissias die nämliche.

gel und Blattſtielen nach John: Caoutchouc (Hauptbeſtandtheil); nur in ſiedendem Alkohol lösliches Harz; eine Spur in Waſſer auflöslichen Extractivſtoffs; Salze (John chem. Schr. IV. 5).

Nach Bizio: eigenthümliches, nicht elaſtiſches, ſonſt wie einheimiſches Caoutchouc ſich verhaltendes, Harz (Rep. II. 849); Zumin; Gummi; gelber Farbſtoff; Kali, verbunden mit einer noch unbekannten Säure; ſcharfes brennendes Princip und 78 p. C. Waſſer (Brandes Arch. XXII. 158).

Von Lactuca sativa. — Der getrocknete Saft (Lactucarium, Thridace) nach Duncan: Wachs; Harz; Caoutchouc; in W. löslicher bittrer Extractivſtoff; Feuchtigkeit (Pfaff mat. med. VI. 504). — Nach Schrader: 34,2 zwei verſchiedene Harze; 36,3 Subſtanz, aufl. in Alcohol vini, in gemeinem Weingeiſt und in W., die Eiſenauflöſungen grün färbend; 3,5 nur in Waſſer lösliche Mat.; 26,0 unauflösl. Rückſtand, größtentheils aus verhärtetem Eiweis beſtehend (Trommsd. N. J. V. St. 1. S. 112 und 338). — Nach Klink in 8 Theilen: 4,4 in W. auflöslicher bittrer Extractivſtoff; 0,8 Wachs; 0,55 Harz; 1,4 Caoutchouc; 1,25 Feuchtigkeit (Klink diss. inaug. sistens Lactucae virosae et sat. analysin chem. Kiel. 1820). — Schütz empfiehlt, um das Lactucarium zu ſammeln, die Stengel der Pflanzen, wenn ſie anfangen, in die Blüte zu kommen, von den Blättern und Nebenzweigen zu befreien, ſo weit der Stengel einige Dicke hat und dann feine Stiche mit dem Federmeſſer in den Stengel zu machen. Den folgenden Tag iſt der Milchſaft trocken und läßt ſich leicht abnehmen, ohne daß etwas von der Epidermis hängen bleibt. Die Pflanzen gaben Milchſaft bis zur Reife des Saamens. Eine einzelne Pflanze von L. sativa gab ſo 17 Gran (von Lact. scar. 26 Gran, von Lact. virosa 56 Gran) (Buchner Rep. XV. St. 2. 273). Da man jedoch auf ſolche Weiſe verhältnißmäßig nur wenig Lactucarium erhält, ſo räth Lalande an, um ſich daſſelbe (behufs mediciniſcher Anwendung) in reichlicherm Maße zu verſchaffen, die Rinde der Lact. sat. mit einem elfenbeinernen Meſſer abzulöſen, in einem marmornen Mörſer zu zerſtoßen, auszupreſſen, den Saft einige Minuten einer Temp. von 50° C. zur Coagulation des Eiweis auszuſetzen, bis auf $\frac{1}{2}$ abzudampfen, zu filtriren und in einer Wärme nicht über 40° C. zu trocknen (Journ. de chim. méd. 1826. oct. 479). (Vergl. auch Beitrag zur Kenntniß des Lattich-opiums im Berl. Jahrb. 1819. 196. — Verhandlungen über das Lactucarium und das britt. Opium im Alman. f. Scheidek. 1823. 24).

Von Leontodon taraxacum. — Nach John: Spur von Harz; Caoutchouc (Hauptbeſtandtheil); bittrer Extractivſtoff; etwas ſüße Subſtanz (?); Spur gummöſer Subſtanz (?); freie S.; Waſſer;

ſalzſ., phosphorſ. und ſchwefelſ. Kalk- und Kaliverbindungen (John chem. Schr. IV. 4).

Von Platanus occidentalis. — Nach John: Nur in ſiedendem Alkohol auflösliches Harz (vorwaltend); Caoutchouc; ſehr geringe Menge gummöſer Theile; phosphorſ. und ſalzſ. Verbindungen (John chem. Schr. IV. 8).

Caoutchouchaltender Saft eines unbekannten Baums aus Mexico. — Der unterſuchte Saft rührt von einem nicht großen Baume mit lanzetförmigen Blättern und ſtarkem Stamm her. Die Menge, in welcher er ausſchwitzt, iſt beträchtlich. Er bildet, an der Luft erhärtet, große tropfenförmige Maſſen von mehrern Pfunden. Nach Cadet de Gaſſicourt beſteht er aus Harz, Caoutchouc, einer Spur Gummi und etwas Kieſelerde. Die Menge des Harzes verhält ſich zu der des Caoutchoucs wie 4 zu 14 (Schweigg. J. XXX. 242).

Opium.

Literat. — Schrader Disquisitio in nat. opii. Erf. 1693 und Lips. 1691. — Neumann in ſ. Chym. med. T. II. P. III. 472. — Dörffurts deutſches Apothekerbuch. I. 686. III. 517. — Samuel Crumpe auf Verſuche gegründete Unterſuchung der Natur und Eigenſchaften des Opiums, überſ. von Dr. Scheel, Kopenhagen. 1796. — Eccard de Analysi Opii Experimenta et Cogitata. Erlangen. 1800, überſ. in Crell's Ann. 1803. St. 9 und 10. — Bucholz Verſuche, die Zerlegung des Opiums in ſeine nähern Beſtandtheile betreffend, in Trommsd. J. VIII. St. 1. 24. — Dubuc Note sur l'opium et sa composition. in Ann. de Chim. XXXI. 18. — Gehlen Bemerkungen über den jetzigen Zuſtand unſrer Kenntniſſe vom Opium im Berl. Jahrb. 1803. 168. — Nyſten Verſ. über das Opium im Nouveau bull. des sciences. 1808: überſ. in Trommsd. J. XVII. St. 2. 317. — Pfaff's Syſtem der mat. med. V. 7. VI. 468. VII. 294. — Grindel über die Beſtandtheile des Opiums und ihre Wirkungen; in Grindels medic. pharm. Blättern. H. 1. 11. — Mulder dissertatio medica de Opio ejusque principiis. Utrecht. 1825. Altheer (enthaltend eine Zuſammenſtellung über die Analyſen des Opiums durch verſchiedene Chemiker und die Wirkungen ſeiner Beſtandtheile). — De l'action comparée de l'opium et de ses principes constituans sur l'économie animale par Charvet. Paris. 1826. (Enthält unter andern mannichfache Beobachtungen über die Wirkungen des Opiums und ſeiner Beſtandtheile auf Thiere und Pflanzen; und iſt auch in deutſcher

Ueberſetzung vorhanden). — Dublane einige Erfahrungen bei Bereitung mehrerer Extracte aus, in Frankreich gezogenem, Mohn, in Buchners Repert. XXVI. H. 2. S. 250. — Tilloy Darſtellung des Morphins aus getrockneten einheimiſchen Mohnköpfen. Journ. de pharm. Janv. 1827. 29; auch in Buchners Repert. XXVI. H. 1. S. 120. — Vergl. auch die bei der Literat. zu Morphin (Rep. I. S. 497.) angeführten Arbeiten Sertürners, John's, Lindbergſſons, Duflos, Robinets, Orfila's.

Das Opium iſt der aus den noch nicht ganz reifen geritzten Saamenkapſeln des Papaver somniferum im Orient ausfließende, an der L. verhärtete und braun gewordene Milchſaft; doch wird auch eine geringere Sorte Opium dadurch bereitet, daß man die unreifen Saamenkapſeln auspreßt und den Saft eindickt, oder daß man ſie, nachdem ſie ſchon durch Einſchnitte Opium hergegeben, in W. maceriren oder kochen läßt und dann den Auszug zur Extractconſiſtenz abdampft. Das durch Einſchnitte erhaltene Opium nannten die Alten Opium thebaicum, das andre Meconium. Man iſt nicht einig darüber, wie das zu uns aus dem Orient gebrachte gewonnen wird. Nach mehrern wird das durch Einſchnitte gewonnene blos für die Reichen im Orient ſelbſt bewahrt, und wir erhalten blos das andere; nach andern (Wedelius, Jones, Scheel) ſcheint es am wahrſcheinlichſten, daß unſer käufliches Opium beide Arten enthält, indem das durch Einſchnitte gewonnene mit dem durch Auspreſſen oder Auskochen gewonnenen Extract, ja ſelbſt mit der in Gährung begriffnen zerquetſchten Maſſe der grünen Mohnköpfe und Mohnblätter durchknetet wird (Charvet).

Jedenfalls erhalten wir das Opium aus der Tartarey, Arabien, Perſien, Aegypten und andern heißen Gegenden Aſiens in meiſt platten, rundlichen, 1 bis 1½ Pfund ſchweren Kuchen, mit dem anhängenden innern Häutchen der Mohnköpfe und verſchiedenen Saamen beſtreut, und mit den Blättern von Mohn, Tabak und beſ. einer Rumex-Art umwickelt. Die Maſſe des Opiums iſt dicht, völlig undurchſichtig, zwiſchen den Fingern ſich erweichend, beim Schneiden ſich insgemein etwas zerbröckelnd, auf dem Bruch etwas glänzend, übrigens ziemlich gleichförmig, röthlichbraun, von einem erſt bitterlich widrigen, nachher aber ſcharfen und beißenden, allmälig etwas brennenden, anhaltenden Geſchmack und durchdringend ekelhaften und betäubenden Geruch (Schwarz pharmakol. Tab. II. 166).

Gutes echtes Opium muß zähe, trocken und gleichförmig ſeyn, beim Durchſchneiden nicht knirſchen, ſondern in Stücken ſpringen, auf dem Schnitte keine Spuren von fremden Theilen, wohl aber hin und wieder Flitterchen von einem öligen flüchtigen Salze (?) zeigen; beim

Kauen den Speichel nicht braun, ſondern grünlich färben und ſchaumig machen; am Lichte ſich leicht entzünden und mit heller Flamme brennen; angefeuchtet auf dem Papier einen hellbraunen Strich geben, einen hervorſtechenden bittern Geſchmack haben, der im Schlunde ein gewiſſes Brennen zurückläßt, nicht brenzlich riechen und ein lichtbraunes, leicht wieder zuſammenbackendes, Pulver geben (Ebermaier). Ganz dunkelbraunes, ſchwärzliches, ſchwach oder brenzlich riechendes, den Speichel ſchwarzbraun färbendes, beim Schneiden knirſchendes, nach völligem Austrocknen nicht mehr zähes und ſich erweichendes, ſondern zum ſtaubigen Pulver zerreibliches oder zu weiches und ſchmieriges Opium iſt verwerflich und mit Erde, Sand, Süßholzſaft, Aloe, Extr. Chelid., Kuhmiſt, Lein- oder Seſamöl und dergl. verfälſcht.

Eine ſchlechtere Sorte Opium, als das orientaliſche, iſt das oſtindiſche, wovon Pfaff (in ſ. mat. med. V. 35. VI. 487. VII. 295.) die Merkmale angegeben hat, wobei wir jedoch bemerken müſſen, daß ſeine ſpätern Angaben hierüber ſo in Widerſpruch mit den frühern ſtehen, daß wir nicht wiſſen, woran wir uns in dieſer Hinſicht zu halten haben. Doch ſcheint ſich dieſes Opium durch mangelndes Caoutchouc und Harz und geringen Gehalt an Mekonſ. vom andern in der Zuſammenſetzung zu unterſcheiden (der Gehalt an Narkotin und Morphin iſt nicht vergleichungsweiſe unterſucht worden).

Schon früher hat man auch in Europa angefangen, durch dieſelben Behandlungsarten, deren ſich die Morgenländer bedienen, aus inländiſchen Mohnkapſeln ein Opium zu bereiten. Falk, Lindeſtolpe, Alſton, Charas, der Herzog von Orleans, Dillenius, Haller und Tralles haben nicht ungünſtige Verſuche damit angeſtellt, doch war das gewonnene Opium ſowohl in Hinſicht der Farbe und Conſiſtenz, als auch in Hinſicht der Wirkſamkeit von dem orientaliſchen verſchieden. Neuerdings hat Fr. Young in England die Mohnpflanze auf Opium benutzt und nach ſeiner Verſicherung ſehr vortheilhafte Reſultate erhalten. Ueber ſeine hiebei befolgte Methode vergl. u. a. Schwarz pharmakol. Tab. II. 166. — Von dem Vorkommen der eigenthümlichen wirkenden Beſtandtheile im inländiſchen Opium wird weiter unten die Rede ſeyn.

Was die chem. Beſchaffenheit des Opiums anlangt, ſo iſt ſie ein Gegenſtand der mannichfaltigſten, und ſchrittweis immer vollkommenere Aufklärung gewährenden, Unterſuchungen geweſen. Die frühern Bearbeiter deſſelben waren Schröder, Neumann, Cartheuſer, Wedel, Hoffmann, Beaumé, Tralles und Prouſt, in deren Unterſuchungen jedoch höchſtens brauchbare Andeutungen enthalten ſind.

So erwähnen ſchon Schröer *), Neumann **), Hoffmann, Beaume ***), Tralles einer beſondern ſalzartigen oder kryſt. Subſtanz im Opium (die Alten nannten alle kryſtalliſirbaren Subſtanzen Salia, alſo auch Säuren), die auch Prouſt mit ihnen für eine Säure hält, die aber bei mehrern ſpätern Unterſuchungen, namentlich der von Bucholz im Jahr 1800 angeſtellten, wieder überſehen wurde, indem man ſich hiebei hauptſächlich zum Zweck ſetzte, theils den eigentlichen narkotiſchen Stoff des Opiums rein darzuſtellen, theils den ſogenannten ſchmerzſtillenden Grundtheil von dem betäubenden, die man für verſchieden von einander hielt, zu trennen. Hiebei erkannte Bucholz ſchon die ſehr zuſammengeſetzte Natur des Opiums, indem nach ihm daſſelbe in 100 Theilen enthalten ſoll: 35,60 in W. und Alkohol gleich auflöslichen Extractivſtoff (Seifenſtoff); 30,40 Gummi; 9,00 harzige Theile; 11,40 Caoutchouc; 2,00 Unreinigkeiten; 6,80 Verluſt, wahrſcheinlich theils an flüchtigen Stoffen, theils an Feuchtigkeit.

Unter dieſen Beſtandtheilen iſt noch keine der eigenthümlichen Subſtanzen enthalten, welche das Opium auszeichnen und ihm ſeine weſentliche mediciniſche Wirkſamkeit mittheilen, und die ſämmtlich erſt ſpäter entdeckt wurden; namentlich das Opian oder Narkotin von Derosne, das Morphin und die Mekonſ. von Sertürner. Die Gegenwart von Blauſäure, welche Renner darin glaubte annehmen zu müſſen, wiewohl er ſie nicht beſonders daraus darzuſtellen vermochte, wurde von Lüdicke (Schweigg. J. XVII. 449) durch beſtimmte Verſuche widerlegt, und hat ſich, wiewohl nachmals von Robinet wieder aufs Neue vermuthet, auch bei keinem der nachfolgenden Verſuche zu erkennen gegeben. Wir übergehen hier das Geſchichtliche über die Auffindung der genannten drei Beſtandtheile des Opium, welche zwar nicht ſeine Hauptmaſſe, wohl aber ſein Eigenthümliches ausmachen, indem wir in dieſer Hinſicht auf die beſondere Beſchreibung dieſer Stoffe in unſerm Repertorium verweiſen. Hier wollen wir nur noch Einiges über die Art, wie dieſe Beſtandtheile im Opium vorkommen, und über ihr Vorkommen in inländiſchen Opiumarten hinzufügen, bevor wir die Analyſen des Opiums ſelbſt näher betrachten.

---

*) Er erwähnt unter den Beſtandtheilen des Opiums ein ſaures Sal essentiale, welches ſich mit Alkalien verbinde und damit aufbrauſe.

**) Er ſchloß auf einen Salzgehalt, „weil, wie ſchon Schröer obſerviret, die Solutio opii aquosa ſowohl mit einem Alcali fixo, als auch volatili ſich präcipitiret und zum Theil gar efferveſciret, woraus nicht nur, daß es ein Salinum, ſondern auch, daß es ein Acidum ſey, erhellet.“

***) Beaumé erhielt aus 4 Pfund Opium auf einem ſehr mühſamen Wege 72 Gran in kleinen weißen Nadeln und Schuppen, wie Boraxſ., kryſtalliſirte S., welche er Sal essentiale opii nennt (ſ. deſſen Elém. de pharm. Ed. VII. p. 254).

Die Mekonſ. und das Morphin finden ſich im Opium nach den übereinſtimmenden Unterſuchungen der Chemiker mit einander als ſaures mekonſ. Morphin in Verbindung, wofür namentlich die Art, wie dieſe Stoffe aus dem Opium beſonders dargeſtellt werden, ſpricht. Insbeſondere iſt in dieſem Bezug die (Rep. I. S. 501) angeführte Darſtellungsart des Morphins nach Robinet beweiſend, wo man vermöge doppelter Zerſetzung einerſeits ſaures mekonſ. Natron, andrerſeits ſalzſ. Morphin erhält.

Das Narkotin ſcheint nach Sertürners Unterſuchungen (Rep. I. 557) ebenfalls mit einer Säure, die vielleicht Eſſigſ. iſt, in Verbindung vorzukommen.

Man hat verſchiedene Verſuche angeſtellt, dieſe Hauptbeſtandtheile des ausländiſchen Opiums auch im inländiſchen aufzufinden.

In der That ſind nach Vauquelin's *), Pagenſtechers **), Dublanc's ***), Tilloy's, Petit's und Cantu's Verſuchen Morphin, Narkotin und Mekonſ. auch im inländiſchen Opium vorhanden. — Nach Peſchier's †) Unterſuchungen jedoch enthalten die Mohnköpfe unſrer Gärten nichts von dieſen Beſtandtheilen, wenn [illegible] zu einer gewiſſen Reife gelangt ſind; ſelbſt nicht die in Genf aus Samen, die unmittelbar aus Smyrna gekommen waren, zum Arzneigebrauche gezogenen, ungeachtet ſie doch auffallend narkotiſche Kräfte gezeigt haben ſollen. — Auch Buchner bemerkt, daß man die Mohnköpfe ſogleich nach dem Abfallen der Blumenblätter einſammeln und möglichſt ſchnell trocknen müſſe. — Endlich auch Petit räth an, um ein an Morphin möglichſt reiches Extract aus inländiſchem Mohn zu erhalten, die noch grünen Mohnköpfe mit Alkohol auszuziehen (wodurch es doppelt ſo reich an Morphin ausfallen ſoll, als bei der Extraction mit Waſſer). Er erhielt folgende Reſultate: Opium, welches durch Einſchneiden von Kapſeln des Papaver somniferum, das in der Umgegend von Paris gebaut worden, erhalten worden, war weit reicher an Morphin, als das verkäufliche Opium, indem es 16 bis 18 p. C. davon lieferte, während letztres nur 8 p. C. gab. — Wäßriges Extract durch langes Kochen der trocknen Kapſeln des Papaver somniferum bereitet, lieferte 2 p. C. Morphin; dagegen alkoholiſches Extract, aus den grünen Kapſeln des zu Lande gebauten Papaver orientale bereitet, faſt 5 p. C. Morphin lieferte.

---

*) Trommsd. N. J. III. St. 2. S. 318.

**) Trommsd. N. J. IV. St. 2. S. 456.

***) Schweigg. J. N. R. XVII. 121.

†) Trommsd. N. J. V. St. 1. S. 82.

Auch die Abkochungen von Mohnköpfen, die aus Neapel bezogen waren, gaben Peſchier durch Amm. Niederſchläge, die kein Morphin enthielten *). Er glaubt, daß beim Reifen des Mohns eine Umwandlung jener Stoffe erfolge. Pagenſtecher und Lindbergſſon fanden übrigens im inländiſchen Opium einen größern Morphingehalt, als im ausländiſchen **); dagegen nach Vogel das inländiſche Opium nur ſehr geringe Antheile Morphin und Mekonſäure enthält; und auch Hennel ***) erhielt bei vergleichender Unterſuchung von 700 Gran türkiſchem mit 700 Gran engliſchen Opium in erſterm 48, in dieſem blos 35 Gran Morphin.

Außer den drei angegebenen eigenthümlichen Beſtandtheilen des Opiums ſcheint noch beſonders bemerkenswerth ein, nicht für ſich dargeſtellter, flüchtiger Stoff deſſelben zu ſeyn, der ſeinen eigenthümlichen Geruch bedingt †); vielleicht zu ſeinen mediciniſchen Wirkungen Antheil hat und neuerdings über den übrigen Beſtandtheilen des Opiums zu ſehr vernachläſſigt worden zu ſeyn ſcheint. Das darüber Bekannte iſt nach Pfaff mat. med. Folgendes:

Bucholz bemerkt, daß das über Opium deſtillirte Waſſer zwar einen betäubenden, heftigen Geruch nach Opium und einen eigenen, dem Opium ähnlichen, doch nicht beißenden oder brennenden, Geſchmack, dabei aber ein ganz helles Anſehen hatte; übrigens wurde der Verſuch nur mit 500 Gran angeſtellt. Bucholz ſpricht dieſem Geruchsprincipe zwar die eigenthümlichen Kräfte des Opiums ab, weil ein Hund keine nachtheiligen Wirkungen von dem Einnehmen des Deſtillats verſpürte, indeſſen bemerkt Nyſten ausdrücklich, daß er von einer etwas größern Doſis des deſtill. Opiumwaſſers trunken und ſchläfrig geworden ſey. Durchs Trocknen in einer Wärme von 40° bis 50° R. verliert das Opium faſt gänzlich ſeinen viröſen Geruch. Thiere, dem in eingeſchloſſenen Räumen aufgefangenen und conc. Dunſte ausgeſetzt, werden davon getödtet. Dubuc bemerkte, daß der ausſchwitzende

---

*) Auch nach Pagenſtecher enthält nur das durch Einſchnitte, nicht das durch Auskochen erhaltene, inländiſche Opium Morphin und Mekonſäure.

**) Beide ſcheinen jedoch Narkotin und Morphin vermengt zu haben.

***) Dinglers polyt. J. XXI. 190.

†) Es wäre jedoch nicht unmöglich, daß, da die Mekonſ. Flüchtigkeit beſitzt, auch dieſe Eigenſchaft dem ſauren mekonſ. Morphin zukäme, und mithin der Geruch des Opiums hievon abhinge. Doch weiß man nichts beſtimmtes darüber, und die Leichtigkeit, mit der ſich der Geruch durch Erhitzen entfernen läßt, ohne daß doch wahrſcheinlich der Gehalt an Morphinſalz dadurch benommen iſt, ſcheint dem zu widerſprechen.

Milchſaft der Mohnkapſeln eigentlich jenen viröſen Geruch nicht habe, dagegen ſich derſelbe im höchſten Grade nach einigen Tagen durch eine Art von Gährung entwickele, da er noch grüne, aber vollkommen ausgewachſene, Kapſeln, Blätter und Stengel des Mohns aufs Sorgfältigſte zerquetſchte, in welchem Fall ſie eine dicke klebrige Maſſe darſtellten und nun an die Luft hinſtellte. Nach **Pfaffs** Bemerkung übrigens beſitzt der glutinöſe Rückſtand, der vom Auswaſchen des Opiums mit kaltem W. zurückbleibt, den viröſen Geruch am ſtärkſten, und der wäßrige Auszug verliert ihn ſehr ſchnell durch Erhitzung und verbreitet beim Abrauchen durchaus keinen ſolchen, ſondern einen nicht unangenehmen, einigermaßen **ſüßlichen**, Geruch, der **Pfaff** bisweilen Cacaoähnlich zu ſeyn ſchien.

Außer dem Morphin, Narkotin, der Mekonſ. und dem flüchtigen Riechſtoffe finden ſich nun noch, wenn man die Angaben der verſchiedenen Beobachter zuſammennimmt, folgende Beſtandtheile im Opium: ein wenig Hartharz; balſamartiges Weichharz *); Caoutchouc; bitterer Extractivſtoff; Gummi; Holzfaſer; Kleber oder Eiweiß; Eſſigſäure; ſchwefelſ. Kali und Kalk; Thonerde; Waſſer und Unreinigkeiten. — In Schweigg. J. N. R. XVII. 124 finde ich auch noch die Notiz, daß **Dublanc** außer Morphin und Narkotin einen eigenthümlichen kryſtalliſirbaren weißen Stoff im Opium entdeckt habe, welcher ſich dadurch von dieſen beiden Beſtandtheilen unterſcheide, daß er mit Salpeterſ. weder eine rothe, noch eine gelbe Farbe hervorbringe **). Näheres über dieſen Stoff iſt nicht bekannt.

Wir wollen jetzt die Reſultate der verſchiedenen Analyſen des Opiums einzeln anführen; hinſichtlich derer von **Bucholz** auf (S. 197) zurückverweiſend.

Nach **Prouſt**: Saure und ölige Mat.; eine eigenthümliche Subſtanz; Harz; ſchwefelſ. Kali; Eſſigſ.; Extractivſtoff; Gyps; oxydirter Extractivſtoff; Unreinigkeiten; ſchwarzbraunes Oel.

Nach **Sertürner**: Wenig Hartharz; balſamiſches Weichharz; Caoutchouc; ſchlafmachendes kryſt. Princip (Morphin); Extractivſtoff mit gummigen Theilen; wenig Kleber; Mekonſ.; Gyps; Thonerde.

Nach **John** ungefähr: 2,0 ranziges ſtinkendes Fett; 12,0 brauner harziger Extractivſtoff; 10,0 braunes Weichharz; 2,0 elaſtiſche Mat.; 12.0 Morphin; 1,0 balſamiſches Extract; 25,0 extractartige Mat.; 2,5

---

*) **Hagenſtecher** glückte es nicht, ſolches aufzufinden. **Pfaff** vermuthet, er habe oſtindiſches Opium vor ſich gehabt.

) Es wäre denkbar, daß beim Morphin wie beim Strychnin die Röthung durch Salpeterſ. nur von ſehr innig anhängendem Farbſtoff herrührte; und vielleicht dieſer Stoff **Dublanc's dann hiervon reines Morphin wäre. Doch läßt ſich aus Mangel genauerer Angaben nichts darüber entſcheiden.

Mekonſ., zum Theil an Kalk und Magneſia gebunden; 18,5 Materie der Saamenkapſeln; 15,0 Salze mit Waſſer und riechendem Princip.

Nach **Braconnot**: 9,33 Fett; 19,33 braunes harziges Princip, welches Verbindung des kryſtalliſirbaren Princips mit extractivem zu ſeyn ſcheint; 4,67 kryſtalliſirbares Princip; 44,67 Bitterſtoff; 2,00 nicht in Alkohol lösliche, wenig ſchmeckende, thieriſche Mat.; 2,00 Eiweis; Spur freier S.; 23,33 Mohnblätter; 1,33 ſchwefelſ. Kali; Spur pflanzenſ. Kali und ſchwefelſ. Kalk; 6,66 Ueberſchuß (Journ. de Phys. LXXXIV. 325).

Nach **Seguin**: 20 fettes Oel; 20 bitterer Extractivſtoff; 12 nur in Alkohol auflöslicher Bitterſtoff; 10 ſtärkmehlartige (glutinöſe) Subſtanz; 4 kryſt. Subſtanz; 10 Mekonſ.; 2 Eſſigſ.; 12 Pflanzenüberreſte; 10 W. (Pfaff mat. med. VI. 485).

Nach **Lindbergſſon**: harziger Extractivſtoff; bitterer Extractivſtoff; Caoutchouc; eigenthümliche kryſt. Subſtanz; freie Mekonſ.; ſchwefelſ. Kali und Spuren von mekonſ. Kalk und Eiſenſalzen *).

Wir unterlaſſen es, von der Wirkung des Opiums auf die Organismen zu ſprechen; in Bezug auf deren durch die Thierklaſſen und Pflanzen durchgeführte Kenntniß wir namentlich das in der Literatur angeführte Werk von **Charvet** empfehlen, und wollen hier blos Einiges über die Wirkungsart ſeiner wichtigſten Beſtandtheile hinzufügen.

Die Mekonſ. ſcheint nach Uebereinſtimmung aller Beobachter, mit Ausnahme **Sertürner's**, ganz ohne giftige oder narkotiſche Wirkungen zu ſeyn. Ueber die Wirkungsart des Narkotins und Morphins hat man ſo viel widerſprechende Angaben, daß man immer noch nicht weiß, woran man ſich mit Beſtimmtheit zu halten hat.

Orfila hat ſeine frühern Verſuche in dieſer Hinſicht durch neue zum Theil widerlegt; als Reſultate der letztern giebt er an:

1) das Opium verdankt ſeine giftigen Eigenſchaften einem Morphinſalze, dem Narkotin und dem riechenden, mit Waſſer überdeſtillirbaren, Princip;

2) das Morphin und Narkotin wirken auf verſchiedene Weiſe:

a) das Narkotin, im feſten Zuſtande oder aufgelöſt in Salzſ., läßt ſich vom Menſchen in ſehr großen Doſen ungeſtraft verſchlucken **). — 30 Gran deſſelben in Eſſigſ. aufgelöſt, brachten keine Wirkung auf mehrere Kranke zuwege. — Es iſt ohne Wirkung auf Hunde, wenn es in

---

*) Dieſelben Beſtandtheile fand **Lindb.** auch im einheimiſchen Opium. Uebrigens ſind ſeine Unterſuchungen ziemlich mangelhaft.

) **Bailly ließ einem Menſchen des Tags 120 Gran, nachdem er von 5 bis 20 Gran angefangen, in Pillen verſchlucken, ohne daß es nachtheilige Zufälle hervorbrachte. **Charvet** beobachtete von ½ bis 1 Gran, rein oder in Eſſigſ. aufgelöſt, blos etwas unregelmäßigen Puls.

der Doſis von 40 bis 60 Gran, in Salpeterſ. oder Salzſ. aufgelöſt, von Hunden verſchluckt wird; — es bringt dagegen die lebhafteſte Erregung, ja den Tod dieſer Thiere hervor, wenn man ihnen 10 bis 60 Gran, in Eſſigſ. oder Schwefelſ. aufgelöſt, verſchlucken läßt. Es verurſacht auch den Tod von Hunden, wenn man es ihnen in der Doſis von 30 Gran, in Olivenöl aufgelöſt, verſchlucken läßt; anſtatt aber dann erregt zu werden, ſcheinen ſie vielmehr in einen entgegengeſetzten Zuſtand zu kommen. — Das Narkotin wirkt nicht, wenn man es, in Eſſigſ. aufgelöſt, in der Doſis von 12 Gran auf das Zellgewebe applicirt; — es tödtet ſchnell die Hunde, wenn man eine Aufl. von 3 Gran deſſelben in Oel in die Jugularvenen injicirt.

b) das Morphin und eſſigſ. Morphin, beide gleich wirkend, bringen, wenn ſie in ſo ſtarken Gaben adminiſtrirt werden, um blos Störung der Functionen, ohne gefährliche Zufälle, zu erregen, folgende Symptome hervor: Wenig anhaltenden Kopfſchmerz, manchmal faſt unmittelbar nach dem Einnehmen eintretend; ſchreckhafte Träume; Schwindel; Schwächung des Geſichts; Contraction der Pupille in 19 von 20 Fällen, wofern nicht die Wirkung heftig iſt, wo ſich die Pupille erweitert; Sehnenhüpfen (soubresauts); heftige Erſchütterungen; hartnäckiges Erbrechen, wenn 2 bis 3 Gran auf einmal gegeben wurden. In dieſem Falle findet zugleich mehr oder minder lebhafter Schmerz in der Oberbauchgegend Statt; conſtante Verſtopfung, welcher manchmal heftige Diarrhöen folgen; der Puls iſt im Allgemeinen unter den natürlichen Zuſtand geſunken; es findet Langſamkeit in der Ausleerung des Urins, manchmal völlige Zurückhaltung Statt; Kitzeln in der Haut, ohne Schweiß, was ſehr conſtant als Symptom vorkommt, manchmal mit kleinen rundlichen, farbloſen, faſt unmerklichen, Erhebungen auf der Haut. Die Wirkungen auf die Hunde ſcheinen ſich eben ſo, wie auf die Menſchen zu verhalten, nur daß der letztere erſt von einer ſtärkern Doſis getödtet wird.

Milch der Cocosnuß.

Ueber dieſe Milch wurden zuerſt von Trommsdorff (ſ. Journ. XXIV. St. 2. 24) einige unvollſtändige Verſuche angeſtellt, nachher genauere von Buchner (ſein Repert. XVI. H. 3. 337), deſſen Reſultate wir hier anführen wollen.

Buchner erhielt Cocosnüſſe aus Hamburg, welche eben friſch dort angekommen waren. Die aus einer angebohrten Cocosnuß erhaltene Fl. betrug 5 bis 6 Unzen; ſie war waſſerklar, ungefärbt, von der Conſ. eines fetten Oels und vom ſpec. Gew. 1,121. (Trommsdorff hatte nur 1,010 gefunden). Der Geruch derſelben war eigenthümlich, dem der Kuhmilch nicht unähnlich; der Geſchmack ſüßlich. Schon friſch aus der Nuß kommend röthete ſie Lackmus; der Säuregehalt ſchien ſich aber an der L. noch ſchnell zu vermehren; auch trübte ſie ſich nach einigen Stunden an der L. von ſelbſt und es ſetzten ſich Flocken ab. Beim Erhitzen der Milch in einem Silbertiegel zum Kochen gerann eine weiße käſige Subſtanz und das Silber lief dabei röthlich an (Schwefel andeutend); der geronnene Theil verhielt ſich wie Eiweisſtoff, welcher vor dem Löthrohr viel phosphorſ. Kalk zu erkennen gab, von dem ſich auch noch ein bedeutender Gehalt in der vom Gerinſel abfiltrirten klaren Fl. vorfand.

Mit W. ließ ſich die Cocosmilch in allen Verhältniſſen miſchen ohne ſich zu verändern. Von Alkohol wurde ſie milchig getrübt.

Ein Theil der friſchen Cocosmilch wurde in einer Retorte gekocht und dabei ein klares Deſtillat erhalten, welches einen der Kuhmilch ähnlichen Geruch beſaß; aber mit verſchiedenen Reagentien geprüft keine Veränderung gab. Die in der Retorte rückſtändige Fl. hatte beim Kochen eine milchige Trübung erlitten. Filtrirt und bei mäßiger Wärme abgedampft ließ ſie ein gelbes, ſüßes, honigartiges Extract, größtentheils aus Schleimzucker beſtehend.

Die Milch der Cocosnuß enthält hienach in einer großen Menge Waſſer: Eiweisſtoff; Zucker; eine freie Säure; eine beträchtliche Menge aufgelöſten phosphorſ. Kalk; Schwefel?; eine Spur flüchtiger riechender Subſtanz. — (Trommsdorff gab als Beſtandtheile an: Waſſer, Zucker, Gummi und ein pflanzenſ. Salz).

Milch des Kuhbaums (Palo de Vacca).

Literatur. — Humboldt in Ann. de Ch. et de Ph. 1818. févr. 182; auch in Schweigg. J. XXVI. 231. Bouſſingault in Ann. de Ch. et de Ph. XXIII. 219; überſ. in Schweigg. J. N. R. IX. 329.

Auf den Bergen von Periquito, nordöſtlich von Caraccas, wächſt der ſogenannte Kuhbaum, deſſen, durch Einſchnitte zu gewinnender, Milchſaft ſich in ſeiner Zuſammenſetzung von den übrigen vegetabiliſchen Milchſäften ſehr nambaſt unterſcheidet.

Dieſe Pflanzenmilch beſitzt die nämlichen phyſiſchen Eigenſchaften, als die Kuhmilch, außer daß ſie ein wenig klebrig iſt; wird auch wie dieſe getrunken, weicht jedoch in ihren chemiſchen Eigenſchaften merklich davon ab. — Sie röthet friſch das Lackmuspapier ſchwach. Setzt man ſie der L. aus, ſo bilden ſich auf ihrer Oberfläche käſeähnliche, mit der Zeit faulende Häute. Sie iſt in jedem Verhältniſſe mit W. miſchbar und gerinnt nicht beim Kochen, wenn ſie verdünnt iſt. Durch Alkohol gerinnt ſie leicht. Säuren erzeugen keine Gerinnung. Ein Zuſatz von Amm. macht ſie flüſſiger, als im nat. Zuſtand.

Bei 100° C. unter 0,729 Meter Druck kommt ſie ins Kochen und zeigt bei allmäligem Erwärmen dieſelben Eigenſchaften als Kuhmilch. Es bildet ſich nämlich zuerſt auf der Oberfläche eine Haut, welche die Verdampfung der Fl. verhindert. Entfernt man dieſe Haut und fährt mit dem Abdampfen bei gelinder Wärme fort, ſo verbreitet ſich ein angenehmer Geruch und es zeigen ſich ölähnliche Tropfen von geſchmolzenem Wachſe, die ſich zuletzt zu einer ölartig ausſehenden Fl. vereinigen. In dieſer ſieht man eine faſrige Subſtanz ſchwimmen, welche bei zunehmender Wärme des Oels austrocknet und zuſammenſchrumpft. Hierauf verbreitet ſich ein Geruch, dem ähnlich, wenn man Fleiſch in Fett bratet.

Ueberläßt man dieſe Pflanzenmilch ſich ſelbſt, ſo wird ſie ſauer und ſtößt einen unangenehmen Geruch aus; dabei entwickelt ſich Khlſ. und es bildet ſich ein Ammoniakſalz, welches auf Zuſatz von Aetzkali bemerklich wird. Einige Tropfen einer S. verhindern die Fäulniß.

Die Beſtandtheile dieſer Milch waren: Wachs (Rep. I. 1282); Faſerſtoff, dem thieriſchen ſich nähernd (Rep. I. 823); eine geringe Menge Zucker; Magneſia an eine nicht beſtimmte S. gebunden und Waſſer; weder Käsſtoff noch Caoutchouc. — Die Einäſcherung gab Kieſelerde, Kalk, phosphorſ. Kalk und Magneſia.

Milchſaft der Carica papaya.

Literatur. — Vauquelin in Ann. de Ch. XLIII. 267; auch in Scher. X. 492. — Cadet in Ann. de Chim. XLIX. 280. 304.; auch in Gehlen J. 658. 669. — Humboldt in Schweigg. J. XXVI. 237. —

Der Papayaſaft, welcher gleich der Milch des Kuhbaums durch ſeine animaliſirte Beſchaffenheit merkwürdig iſt, iſt im friſcheſten Zuſtande, wie er bei Einſchnitten in Frucht und Stengel der Carica papaya (in der Ile de France und Peru wachſend) herausträufelt, von Humboldt unterſucht worden, der Folgendes darüber berichtet.

Je jünger die Frucht der Carica iſt, um ſo mehr giebt ſie auch Milch; man findet ſie in dem ſchon kaum befruchteten Saamen. Sie wird mit dem Alter der Frucht zugleich wäßriger.

Gießt man Salpeterſäure, mit 4 Th. W. verdünnt, in die, aus einer ſehr jungen Frucht ausgepreßte, friſche Milch tropfenweiſe, ſo bemerkt man eine ſehr auffallende Erſcheinung. Es bildet ſich im Mittelpuncte jedes Tropfens ein gelatinöſes durch grauliche Streifen getheiltes Häutchen. Dieſe Streifen ſind nichts anders als der wäßrig gewordene Saft, weil der Zutritt der Säure ihn ſeines Eiweißſtoffes beraubte. Zu gleicher Zeit verdunkelt ſich der Mittelpunct der Häutchen, und nimmt eine Farbe an wie Eigelb. Die Häutchen vergrößern ſich nun gleichſam wie durch Verlängerung der divergirenden Fibern. Die ganze Flüſſigkeit ſieht anfangs aus wie ein Achat mit milchigen Wolken, und man glaubt unter ſeinen Augen organiſche Häute entſtehen zu ſehen. Wenn die Gerinnung ſich über die ganze Maſſe verbreitet, verſchwinden die gelben Flecken wieder. Rührt man ſie um, ſo werden ſie körnig, wie weicher Käſe. Die gelbe Farbe erſcheint wieder, ſobald man aufs Neue einige Tropfen Salpeterſäure zugießt. Die Säure wirkt hier wie der Zutritt des Sauerſtoffs in der Luft in der Temperatur von 27° — 35° C.; denn das weiße Gerinſel wird in zwei oder drei Minuten gelb, wenn man es der Luft ausſetzt. Nach einigen Stunden geht die gelbe Farbe ins Braune über, vielleicht, weil der Kohlenſtoff in dem Maaße freier wird, als der Waſſerſtoff, mit welchem er verbunden war, ſich verzehrt. Die durch die Säure gebildete geronnene Maſſe wird ſchleimig, und nimmt jenen Wachsgeruch an, den man bemerkt, wenn man Muskelfleiſch und Morcheln mit Salpeterſ. behandelt. Wirft man die friſch bereitete geronnene Maſſe in Waſſer, ſo weicht ſie auf, löſt ſich zum Theil auf und giebt dem Waſſer eine rothe Färbung.

Setzt man die Milch blos in Berührung mit W., ſo bilden ſich auch Häute. Es fällt augenblicklich eine zitternde, der Stärke ähnliche, Gallert zu Boden. Dieſe Erſcheinung iſt beſonders dann ſehr auffallend, wenn das W., welches man dazu gebraucht, bis zu 40° oder 60° C. erwärmt iſt. Die Gallert verdichtet ſich, je mehr man W. zugießt. Sie behält lange ihre weiße Farbe und wird erſt beim Hinzuſchütten einiger Tropfen Salpeterſäure gelb.

Durch Hinzumiſchen einer Auſl. von kblſ. Natron zur Papayamilch entſteht keine Gerinnung, ſelbſt wenn man reines W. in das Gemiſch von Milch und Kaliauflöſung gießt. Nur dann erſcheinen Häute, wenn man durch Zuſatz von S. das Natron neutraliſirt und dann noch überſchüſſige S. hinzugießt. Das durch Salpeterſ., Citronenſaft oder warmes W. gebildete Gerinſel verſchwindet wieder durch Miſchung mit kohlenſ. Natron. Der Saft wird wieder milchig und flüſſig wie in ſeinem vorigen Zuſtande; doch gelingt dieſer Verſuch nur, wenn die Gerinnung vor ſehr kurzer Zeit vorgegangen war.

Cadet unterſuchte einen ſchon nicht mehr unveränderten, doch noch flüſſigen Saft, den er in einer wohl verpichten, aber nicht ganz angefüllten Flaſche aus Ile de France erhielt. Beim Oeffnen der

Flaſche entband ſich mit Heftigkeit Kohlenſäure daraus. Die wie Milch weiße und undurchſichtige Fl. hauchte einen unerträglichen Geruch aus, ziemlich ähnlich dem von Asa foetida, aber vi[illegible]ſer und ekelhafter. Sie röthete ſtark Lackmus; was die wäßrige Auſl. abgedampften concreten Safts, von dem Cadet zugleich mehrere Proben erhielt, nicht that. Ihr Geſchmack war ſcharf, mit Hinterlaſſung eines ſüßen Nachgeſchmacks. Da der abgedampfte Saft dieſen ſcharfen Geſchmack nicht beſaß, ſo iſt er wahrſcheinlich auf Rechnung der Veränderung zu ſchreiben, welche der flüſſige Saft erlitten hatte.

Beim Filtriren ging die Milch durchſichtig und grünlich wie geklärte Buttermilch durch, indem ſie auf dem Filter eine weiße geronnene käſeartige Mat. hinterließ, von talgartigem Geſchmack, unauſl. in kaltem und heißen W., an der L. ſich bräunend, und auf glühenden Kohlen ſich aufblähend.

Der abgedampfte concrete Saft gab, bei freiem Feuer in einer Glasretorte deſtillirt, eine große Menge kryſt. khlſ. Amm., ein ſtinkendes Oel, und viel khlſ. Gas und gekohltes Wſſſtgas, mit Rücklaſſung einer voluminöſen glänzenden Kohle wie von einer thier. Mat. Dieſe Kohle ließ durch Einäſcherung phosphorſ. Kalk.

Als Cadet im Sandbade bei ſehr gelindem Feuer flüſſigen Milchſaft deſtillirte, coagulirte er und es ging eine geſchmackloſe wäßrige Flüſſigkeit ohne alle ſaure Eigenſchaften über. Der Deſt. ward Einhalt gethan, und die Fl. in der Retorte von der concreten Mat. abfiltrirt. Dieſe Fl. war viel ſaurer als zuvor, welche Eigenſchaft, wie ſich aus der nähern Unterſuchung ergab, von der Gegenwart von freier Aepfelſ. herrührte; außerdem ward äpfelſ. Kalk und ein wenig extractive und ſüße Mat. darin gefunden. Da Alkohol auch aus der filtrirten Auſl. des abgedampften concreten Safts äpfelſ. Kalk fällte, ſo ſcheint die Gegenwart der Aepfelſ. nicht von einer Veränderung des Safts abgehangen zu haben.

Vauquelin unterſuchte zwei Proben des Papayaſafts aus Ile de France. Die eine war in trockner (abgedampfter?) Geſtalt ohne allen Zuſatz; die andre befand ſich in Form eines weichen Extracts, herrührend aus Papayaſaft, der mit einer gleichen Quantität Rhum aufbewahrt und dann abgedampft worden war.

Die erſte Probe hatte eine gelblich weiße Farbe, Halbdurchſichtigkeit, einen ſchwach ſüßen Geſchmack, keinen merklichen Geruch, eine ziemlich feſte Conſiſtenz und die Geſtalt kleiner unregelmäßiger Maſſen. — Die zweite dagegen war braunroth, halbdurchſichtig und roch und ſchmeckte nach gekochtem Rindfleiſch.

Beide Proben verkniſterten auf glühenden Kohlen, blähten ſich auf und ſchwärzten ſich unter Verbreitung eines Geruchs ganz wie von verbrennendem Fleiſch; zuletzt blieb eine nicht ſehr reichliche weiße Aſche, die ſich, der Flamme des Löthrohrs ausgeſetzt, mit einem ſehr phosphorescirenden Lichte umgiebt, und aus phosphorſ. Kalk beſteht.

Unterſuchung der trocknen Probe. — Die trockne Probe erhielt ſich trocken und ſpröde, wenn ſie an einem trocknen Orte aufbewahrt wurde, erweichte ſich dagegen und ward biegſam, an einen feuchten Ort gebracht.

Bei der tr. Deſt. gab ſie viel kryſt. kohlſ. Amm., ein rothes dickes und ſtinkendes Oel, kohlſ. Gas, gekohltes Wſſſtgas und eine leichte Kohle, die eine weiße, ganz aus phosphorſ. Kalk beſtehende, Aſche, hinterließ.

Mit dem 36fachen Gewicht W. in Berührung gebracht, bildete ſie eine milchige Fl. damit, welche durch Schütteln gleich einer Seifenaufl. ſchäumte. Nach Verlauf einiger Zeit klärte ſich die Fl. vermöge Abſatz einer weißen Mat., welche ſich nicht hatte auflöſen wollen. Bald aber trübte ſie ſich aufs Neue: es bildete ſich ein ſchleimiges Häutchen auf der Oberfläche; ſie verbreitete einen ſehr ſtinkenden Geruch, der vollkommen dem einer faulenden thier. Mat. glich; endlich klärte ſie ſich zum zweiten Male unter Abſatz weißer Flocken.

Der Antheil des Papayaſafts, der ſich erwähntermaßen nicht in W. hatte auflöſen wollen, hatte ein fettiges Anſehen, erweichte ſich an der L. und ward klebrig, bräunlich und halbdurchſichtig. Auf glühenden Kohlen ſchmolz er und ließ aus ſeiner Oberfläche Fetttröpfchen ſchwitzen; dabei ein Geräuſch (pétillement) hören laſſend, wie ſchnell bratendes Fleiſch und mit Erzeugung von Dämpfen, die nach erhitztem Fett rochen. Es blieb kein merklicher Rückſtand.

Die wäßrige Löſung des Papayaſafts gab durch Vermiſchung mit Salpeterſäure einen ſo reichlichen weißen Niederſchlag, daß das Ganze zur feſten Maſſe geſtand.

Ein andrer Antheil der nämlichen Fl. coagulirte bei Erhitzung bis zum Sieden unter Abſatz vieler weißen Flocken. Die durch Filtration abgeſonderte Fl. ward dann nicht mehr durch Salpeterſ. gefällt; Galläpfelaufguß aber brachte noch einen ſehr reichlichen Niederſchlag darin hervor.

Ein dritter Antheil der Aufl. dieſes Safts ward durch Zumiſchung von Alkohol ebenfalls gefällt, doch minder reichlich, als durch Salpeterſäure. Auch mehrere Metallauflöſungen, wie von Bley, Queckſilber, Silber fällen die Aufl. des Papayaſafts.

Die Alkaliauflöſungen löſen einen Theil des Papayaſafts auf. Die Säuren fällen die ſo entſtandene Aufl. weiß unter Entwicklung eines ekelhaften Geruchs, der ganz dem gleicht, welcher ſich bei ähnlicher

Behandlung einer thier. Mat. entwickelt. Recht waſſerfreier Alkohol ſcheint nichts Merkliches davon aufzunehmen, doch wird er ſchwach milchig, wenn man ihn dann mit Waſſer vermiſcht.

Vauquelin hält nach dieſen Prüfungen den trocknen Papayaſaft für ſehr analog dem Eiweis des Blutes. Der in Rhum aufbewahrt geweſene Saft ſchien mehr die Eigenſchaften des thier. Leims angenommen zu haben. Man kann das Nähere über ſein Verhalten am a. O. nachleſen.

Milchſaft des Spargels.

Literatur. — *Delaville* in Ann. de Chim. XLI. 298. *Hermbſtädt* in ſ. Arch. der Agriculturchem. IV. 363.

Delaville hat die Bemerkung gemacht, daß, wenn man einen in vollem Wachsthum befindlichen Spargelſtengel einige Tage nach ſeinem Austritt aus der Erde zerbricht, zwei verſchiedene Flüſſigkeiten daraus hervortreten. Eine, welche aus dem mit der Wurzel zuſammenhängenden Theile hervorkommt, iſt ſchwach weiß gefärbt und wird von *Delaville* der *aufſteigende*; die zweite, welche aus dem abgebrochenen Theile heraustritt und grünlich gefärbt iſt, der *abſteigende* Saft genannt. Jene Säfte des Spargels zeichnen ſich in ihrem Verhalten gegen verſchiedene Reagentien ſehr aus; und zwar ergab ſich aus den durch *Hermbſtädt* beſtätigten Unterſuchungen *Delaville's* Folgendes.

a) Läßt man einige Tropfen jener Säfte auf reines polirtes Silber fallen, ſo nimmt daſſelbe nach einigen Stunden eine braune Farbe an, eben ſo, als wenn ſolches dem Dunſte von Schwefelwſſſt. ausgeſetzt worden wäre.

b) Ein blank polirtes Stäbchen von geſchmeidigem Eiſen, das in dieſe Säfte hinein getaucht wird, löſt ſich zum Theil ohne bemerkbare Gasentwicklung darin auf, und die Flüſſigkeiten nehmen eine grüne Farbe an. Dieſe auflöſende Wirkung gegen das Eiſen ſcheint vom Daſeyn einer freien Säure in jenen Säften abhängig zu ſeyn, welches auch dadurch beſtätigt wird, daß ſie beide das Lackmuspapier röthen, wenn ſolches eine Zeitlang damit in Berührung ſtehet.

Während dieſe Säfte auf das Eiſen wirken, bildet ſich darin eine geronnene Subſtanz von dunkelgrüner Farbe. Nach und nach klärt ſich die Flüſſigkeit auf, nimmt eine gelbe Farbe an, und läßt mit der Zeit einen ſchmutzig weißen Satz aus ſich niederfallen.

c) Wird jenen Säften ein geringer Beiſatz von Gallustinctur gegeben, ſo erfolgt nach einiger Zeit eine Gerinnung in gelblichen Flocken.

Dieſe Gerinnung, ſo wie die Bildung des grünen Niederſchlags in (b) ſcheinen von Pflanzeneiweiß abhängig zu ſeyn, das im Safte des Spargels gelöſt vorhanden liegt.

d) Wird zu einer verdünnten Auflöſung von ſchwefelſaurem Kupfer etwas von dem Spargelſafte gegoſſen, und das gemengte Fluidum langſam abgedunſtet, ſo bilden ſich grüne Kryſtalle darin, von der Farbe des ſchwefelſauren Eiſens, die an der Luft keine Veränderung erleiden.

e) Wird der Spargelſaft in eine Auflöſung von eſſigſaurem Bley getröpfelt, ſo erfolgt erſt eine ſchwache Trübung; wird aber die geklärte Flüſſigkeit gelinde abgedunſtet, ſo bilden ſich dunkelbraune Kryſtalle.

f) Salpeterſaure Silberauflöſung, ſelbſt dann, wenn die Säure darin vorwaltend iſt, erleidet gleichfalls eine Veränderung durch jene Säfte. Der aufſteigende Saft erzeugt darin einen aus dem Weißen ins Lilafarbene übergehenden Niederſchlag, der in kurzer Zeit violet wird; dahingegen der abſteigende Saft, in eben dieſer Auflöſung, einen ſchmutzig weißen Niederſchlag erzeugt, der erſt viel ſpäterhin eine violette Farbe annimmt.

g) Läßt man jene Säfte für ſich ſtehen, ſo erfolgt nach ein paar Tagen, bei der mittlern Temperatur der Atmoſphäre, eine Gerinnung in demſelben, die ſich durch eine weiße Farbe auszeichnet, und von der Beſchaffenheit des Pflanzeneiweißes zu ſeyn ſcheint.

h) Wird der geklärte Saft blos an der warmen Luft langſam abgedunſtet, ſo bildet ſich eine beträchtliche Anzahl Kryſtalle von würflicher Geſtalt, die mit dem ſalzſauren Kali Aehnlichkeit zu beſitzen ſcheinen.

i) Wird jener ſelbſt ausgefloſſene Saft ohne weitern Zuſatz erhitzt, ſo erfolgt gleichfalls eine Gerinnung in demſelben, es ſcheiden ſich weiße Flocken ab, dem Eiweiße ähnlich, die, wenn ſie ſich ſelbſt überlaſſen werden, im Zeitraume von 5 bis 6 Tagen, einen zwiebelartigen Geruch ausdunſten, der dem eines Gemenges von Schwefelwaſſerſtoffſäure und Phosphorwaſſerſtoff, wenn beide gemeinſchaftlich im Waſſer gelöſt ſind, nicht unähnlich iſt.

Milch der Hura crepitans.

Literatur. — Bouſſingault und Rivero in Ann. de Chim. et de Phys. XXVIII. 430.

In den heißen Thälern, welche das Plateau von Bogota umgeben, wächſt ein Baum Namens Ajuapar, nach Luis Cesveder mit der Hura crepitans L. übereinkommend, deſſen friſcher Milchſaft ſo giftig wirkt, daß ſchon ſeine Ausdünſtungen ſchwere Zufälle veranlaſſen ſollen. Die obgenannten Chemiker, welche dieſen Milchſaft zu Bogota unterſuchten geben folgende Beſchreibung davon.

Der Milchſaft würde vollkommen der Kuhmilch gleichen, wenn er nicht ſchwach gelblich wäre. Er iſt geruchlos. Sein Geſchmack iſt anfangs nicht ſehr vorſtechend; hinterläßt aber nach einiger Zeit eine ſtarke Reizung im Schlunde. Er röthet die Lackmustinktur. Alkohol und Säuren bewirken einen weißen und klebrigen Niederſchlag darin, während die überſtehende Flüſſigkeit hell und von rothgelber (fauve) Farbe iſt.

Die nähere Unterſuchung ergab folgende Beſtandtheile darin: 1) Kleber; 2) ein blaſenziehendes flüchtiges Oel; 3) ein kryſtalliſirbares, ſcharfes, in Waſſer und Alkohol lösliches, vielleicht alkaloidiſches Princip; 4) ſaures äpfelſ. Kali; 5) Salpeter; 6) äpfelſ. Kalk; 7) eine osmazomähnliche Subſtanz.

II. Gummige und harzige Säfte.

Aloe (Von Aloë perfoliata und spicata). — Die ſokotriniſche Aloe nach Trommsdorff: 25,0 Harz (Rep. I. 1296), 74,4 Aloebitter (Rep. I. 653); 0,6 Holzfaſer und eine Spur Gallusſäure. (Trommsd. J. VI. 14). — Nach Braconnot: 26 flohfarbener Stoff (Rep. I. 1296); 73 Aloebitter; 1 Unreinigkeiten, äth. Oel und Eſſigſ. (Journ. de Phys. LIV. 334). — Nach Bouillon Lagrange und Vogel: 32 Harz; 68 Aloebitter (Ann. de Chim. LXVIII. 155). — Die Leberaloe: 6,25 Harz; 81,25 Aloebitter; 12,5 geronnener Eiweisſtoff; eine Spur Gallusſäure. — Nach Bouill. Lagr. und Vogel: 42 Harz; 52 Aloebitter; 6 geronnener Eiweisſtoff. — Näheres ſiehe (Rep. I. 1419). — Ueber das vermeintliche Alkaloid der Aloe und die Aloeſäure ſiehe (Rep. I. 441).

Alouchiharz (Nach Einigen von Wintera aromatica). — Nach Bonaſtre: 1,578 äth. Oel; 68,182 in kaltem Alkohol auſl. Harz; 20,455 Unterharz (Rep. I. 1351); 0,379 Ammoniakſalz; 1,135 bittres Extract; ungefähr 0,189 Säure; 4,167 Unreinigkeiten mit Kalk gemengt; 3,914 Verluſt. (Journ. de Pharm. X. 1. 198). Die nähere Beſchreibung ſ. (Rep. I. 1389).

Ammoniak. (Nach Sprengel von Ferula orientalis L.; nach Wildenow von Heracleum gummiferum). — Nach Bucholz: 4,0 äth. Oel (Rep. I. 1055) und Verluſt; 72 Harz (Rep. I. 1298); 22,4 lösliches Gummi (Taſchenb. f. Scheidek. 1709. 170). —

Nach Braconnot: 70 Harz; 18,4 Gummi; 4,4 kleberartige Subſtanz (Baſſorin); 6 Waſſer; 1,2 Verluſt. (Trommsd. J. XVIII, St. 1.). Nach Hagen: 68,6 Harz; 19,3 Gummi; 5,4 Colla; 1,8 Extractivſtoff; 2,3 Sand (Berl. Jahrb. d. Pharm. 1815. 95). Die nähere Beſchreibung ſ. (Rep. I. 1406).

Anime (von Hymenaea courbaril). — Nach Paoli: 2,40 äth. Oel; 54,30 Harz; 42,80 Unterharz (Trommsd. N. J. IX. St. 1. 40). Die nähere Beſchreibung ſ. (Rep. I. 1390).

Arbol-a Brea-Harz. — Nach Bonaſtre: 6,250 äth. Oel (Rep. I. 1055); 61,285 Harz; 25,000 Unterharz (Brein, Rep. I. 1351); 0,524 Säure; 0,521 bittrer Extractivſtoff; 6,420 erdige und holzige Unreinigkeiten (Journ. de pharm. X. 199). — Eine nähere Beſchreibung dieſes Harzes iſt mir nicht bekannt.

Aſa fötida (Stinkaſant, Teufelsdreck, aus der Wurzel von Ferula asa foetida L.). —

Nach Neumann: 6 äther. Oel; 60 Harz; 20 Schleim; 14 Unreinigkeiten (Neumann Chem. II. und Pfaff mat. med. III. 294); — nach Trommsdorff: 31 äther. Oel; 50 Gummi; 24 Harze; 22,9 Unreinigkeiten (Trommsd. J. I. St. 2). — Nach Pelletier: 65,00 Harz; 3,6 äther. Oel; 19,44 Gummi; 11,66 Baſſorin; 0,30 Spuren ſauren äpfelſ. Kalks nebſt Verluſt (Bullet. de pharm. T. II. No. 11. p. 556). — Nach Angelini: Aether. Oel; Harz; Gummi; bittrer Stoff; flockiger Körper; ſehr viel ſchwefelſ. Kalk (Kaſtn. Arch. IX. 108; auch in Brandes Arch. XXII. 142). — Nach Brandes ausführlichſter Analyſe 4,6 äther. Oel (Rep. I. 1055); Spuren von Phosphor; 72,2 in Aether lösliches (Rep. I. 1298); 1,6 in Aether unlösliches Harz (ibid.); 19,4 Gummi mit Spuren von eſſigſ., äpfelſ., ſchwefelſ. und phosphorſ. Kali- und Kalkſalzen; 6,4 Tragantheſtoff; 1,0 Extractivſtoff mit eſſigſ. und äpfelſ. Kali; 6,2 ſchwefelſ. Kalk mit Spuren von ſchwefelſ. Kali; 0,4 äpfelſ. Kalk mit Harz; 3,5 kblſ. Kalk; 0,4 Eiſenoxyd und Thonerde; 6,0 Waſſer; 4,6 Unreinigkeiten von Sand und holzigen Theilen; 1,3 Ueberſchuß (Buchners Repert. VII. 120). Der unangenehme Geruch und Geſchmack der Aſa fötida rührt nur von dem äther. Oele her, welches beſ. dem Harze ſehr feſt anzuhängen ſcheint und einen bedeutenden Schwefelgehalt hat. — Brandes will die Aſa fötida als ſalziges Gummiharz bezeichnet wiſſen. Die nähere Beſchreibung der Aſa fötida ſ. (Rep. I. 1407).

Bdellium (Wahrſcheinlich von einer Amyris-Art). — Nach Pelletier: 59,0 Harz mit ein wenig flüchtigem Oel; 9,2 Gummi; 30,6 einer in W. und Alkohol unauflöslichen Mat., von Pelletier für Baſſorin gehalten (Rep. I. 710); 1,2 flüchtiges Oel und Verluſt.

Nach **John**: 2 äther. Oel nebſt Feuchtigkeit; 40 gelbes geſchmackloſes Harz; 2 auflösliches Gummi; 5 durch Verdunſtung unaufl. werdendes Gummi; 49,12 der in Waſſer und Alkohol unauflöslichen Subſtanz, von **John** dem Caoutchouc und Pollenin für verwandt gehalten; 0,50 ſchwefelſ. Kali mit Spuren von ſalzſ. Verbindung; 1,00 ſaures pflanzenſ. Kalkſalz; 0,25 ſaures pflanzenſ. Magneſiaſalz; 0,13 phosphorſ. Kalk mit Eiſenoxyd (**Pelletier** in Schweigg. J. V. 246. — **John** in ſeiner Naturgeſchichte des Succins II. 111). Die nähere Beſchreibung des Bdelliums ſ. (Rep. I. 1408).

Benzoe. (Von Styrax benzoes). — Nach **Bucholz** Zerlegung ſeiner Mandelbenzoe enthält dieſelbe 83,3 Harz; 1,7 dem Perubalſam ähnliche Mat.; 0,5 aromatiſches, in Waſſer und Alkohol lösliches, Princip; 12,5 Benzoeſ.*) und 2 holzige Stoffe und Unreinigkeiten. — Noch genauer iſt die neuere Analyſe von **Stoltze**, welcher die braunen und weißen Theile der Mandelbenzoe geſondert unterſuchte und zwei verſchiedene Harze darin entdeckte, ein gelbes und ein braunes, auf deren relativem Ueberwiegen die hellere oder dunklere Farbe beruht. Derſelbe glaubt, daß ſich die Benzoeſäure in beſtimmten Verhältniſſen in der Benzoe befinde. Das Reſultat ſeiner Analyſe iſt:

	Weiße Benzoe.	Braune Benzoe.
Flüchtiges Oel	Spuren	Spuren
Gelbes, in abſ. Aether aufl. Harz	79,825	8,800
Braunes in Aether unaufl. Harz	0,250	69,725
Reine Benzoeſ.	19,800	19,700
Extractivſtoff	00,000	0,150
Zufällige Unreinigkeiten	00,000	1,450
Waſſer und Verluſt	0,125	0,175
	100,000	100,000

Neuerdings hat Dr. **Kaiſer** in Landshut in Bayern in gereinigter Benzoe durch Verbrennen mit ſalpeterſ. Amm. im Platintiegel Nickel entdeckt, eine Entdeckung, die **Buchner** beſtätigt. (**Bucholz** in Trommsd. Journ. XX. St. 2. — **Stoltze** in Berl. Jahrb. 1824. 25. Jahrg. 2 Th. 55). — Die nähere Beſchreibung der Benzoe ſ. in (Rep. I. 1385). Ihre Harze ſind beſonders beſchrieben in (Rep. I. 1301).

---

*) **Bucholz** bemerkt übrigens, daß er den Gehalt an Benzoeſäure in verſchiedenen Sorten Benzoe ſehr verſchieden gefunden, und ſelbſt aus einer dem Anſchein nach ſchlechtern Sorte mehr als aus einer beſſern gewonnen habe.

Bernſtein. — John fand 100 gemeinen weißen Bernſtein aus Ekatharinenburg in Sibirien enthaltend: 74 weißes Succinin (Rep. I. 1351); 25 aromatiſches Harz (Rep. I. 1304) mit Inbegriff von einigen v. E. Bernſteinſ. und Spuren von Wäßrigkeit; 1 harzige ölige, in Aether aufl., Mat. mit bittrer balſam. Mat. (Rep. I. 1396. Anm.), bernſteinſ. Kali, Kalk und Eiſen, phosphorſ. Kalk, Kochſalz und Spur von Salmiak. — Einen geflammten Bernſtein aus Sibirien fand John in der Zuſammenſetzung nicht verſchieden. — 100 bräunlichen durchſcheinenden Bernſtein aus Sibirien fand John beſtehend aus 50 Succinin; 49 Harz mit Inbegriff von etwas Bernſteinſ. und Spuren von Wäßrigkeit; ungefähr 1 Salze u. ſ. w. — In 100 Bernſtein aus dem Braunkohlenlager zu Halle fand derſelbe: 18 Succinin; 80 braunes Harz, welches, nachdem es geſchmolzen, ſich nur höchſt ſchwer in Alkohol wieder auflöſte; 2 Salze wie oben nebſt Wäßrigkeit, freier Bernſteinſ., bittrer balſamiſcher Mat. äther. Oel oder flüchtigem bituminöſen Duft. — In 100 weißem, preußiſchen Bernſtein: 74,00 Succinin; 20,00 faſt farbloſes aromatiſches Harz; 4,00 freie Bernſteinſ.; 0,50 bittere balſamiſche Mat.; ungefähr 1,00 Kochſalz, bernſteinſ. Kalk, bernſteinſ. Alkali, phosphorſ. Kalk, bernſteinſ. Eiſen, Andeutung von Salmiak: 0,50 Waſſer, Spuren von äther. Oel oder flüchtigem bituminöſen Dunſt; Spur ölig harziger, in Schwefeläther auflöslicher, Mat. — Das Verhalten von preußiſchem ſchwefelgelben halbdurchſichtigen Bernſtein war von dem vorhergehenden nicht verſchieden. — Ein farbloſer durchſichtiger Bernſtein aus Preußen enthielt nach demſelben 76,50 Succinin; 18 weißes aromatiſches Harz; 4 Bernſteinſ.; 0,50 bittre balſamiſche Mat.; 1,00 Salze, Waſſer, flüchtige bituminöſe Mat. — Gelber durchſichtiger Bernſtein aus Preußen nach demſelben: 73,00 Succinin; 72,00 Harz; ungefähr 3,50 Bernſteinſ.; 0,50 balſamiſche Mat.; 1,00 Salze, Waſſer, flüchtige bituminöſe Mat. — Orangerother durchſichtiger Bernſtein aus Preußen: 73 gelbes Succinin; 32 bräunlichrothes Harz; ungefähr 3,50 Bernſteinſ.; 0,50 balſamiſche Mat.; 1,00 Salze u. ſ. w. — Bräunlichrother verwitterter Bernſtein aus Preußen nach demſ. 25 bräunlichgelbes Succinin; 74 bräunlichgelbes Harz mit Inbegriff einiger v. E. S.; 0,50 Wäßrigkeit und balſamiſche Mat., 0,50 Spuren der angegebenen Salze. (John in ſ. Naturgeſchichte des Succins. 1816). — Berzelius fand, daß die durch Aether ausziehbare harzig ölige Mat. des Bernſteins eine Zuſammenſetzung aus 2 Harzen und flüchtigem Oele iſt. Im Ganzen enthält nach ihm der Bernſtein: 1) Ein wohlriechendes flüchtiges Oel in geringer Quantitat; 2) ein gelbes, mit dieſem Oel innig verbundenes, Harz, das leicht löslich iſt in Alkohol, Aether und Alkali, leicht ſchmilzt und den gewöhnlichen, nicht foſſilen Harzen gleicht; 3) ein Harz, welches nebſt dem vorhergehenden mit dem flüchtigen Oele verbunden iſt, ſich träge in kaltem Alkohol löſt, leichter in ſiedendem und aus ihm, beim Erkalten, in Form eines weißen Pulvers niederfällt, nach freiwilliger Verdunſtung aber in Form eines lockern ſchneeweißen Pulvers zurückbleibt; in Aether und Alkalien löslich iſt; 4) Bernſteinſäure; 5) Succinin (Pogg. Ann. XI. 44). — Hünefeld glaubt auch Honigſteinſäure im Bernſtein gefunden zu haben, wie es ſchien, an Kalk, Magneſia, Thonerde und Eiſenoxyd gebunden. (Schweigg. J. N. R. XIX. 215). — An entfernten Beſtandtheilen enthält der Bernſtein nach Ure: 70,68 Kblſt.; 11,62 Wſſt.; 17,77 Srſt. Die nähere Beſchreibung des Bernſteins ſ. in (Rep. I. 1390).

Botanybay-Harz. (Von Acarois resinifera). — Beſteht ganz aus in Alkohol löslichem Harz, blos mit $\frac{3}{8}$ Holzfaſer und $\frac{1}{8}$ unauflöslichem Extractivſtoff gemengt. (Lichtenſtein in Crell chem. Journ. 1799. II. 242.).

Canadiſcher Balſam. (Aus Pinus canadensis und balsamea). —

Nach Bonaſtre: 18,6 flüſſiges äther. Oel; 40,0 lösliches Harz; 33,4 Unterharz; 4 faſriges (caoutchoucartiges) Unterharz; Spuren von Eſſigſäure; 4 bittres Extract und Salze (Journ. compl. du dict. des sc. med. oct. 1825. p. 359). — Unverdorben fand den Canadiſchen Balſam eben ſo, wie den Venetianiſchen Terpentin zuſammengeſetzt (Rep. II. 859). — Die nähere Beſchreibung des Canadiſchen Balſam's ſ. in (Rep. I. 1369).

Copaivabalſam. (Von Copaifera officinalis). — Nach Stolze 45,59 äth. Oel (Rep. I. 1056); 1,66 braunes ſchmieriges Harz (Rep. I. 1308); 52 gelbes brüchiges Harz (ibid.); 0,75 eben ſolches Harz mit Spuren von Extractivſtoff (Berl. Jahrb. 1826. 2te Abth. 179). — Die nähere Beſchreibung des Copaivabalſams ſ. (Rep. I. 1372).

Copal. (Von Rhus copallinum). — Hellweingelber, in dünnen Stücken faſt farbloſer, Copal nach John: 75 in Alkohol lösliches Harz (Rep. I. 1400 Anm.); 8.90 eigenthümliche Subſtanz, unaufl. in Alkohol, aufl. in Aether (ibid.); 0,50 in Alkohol und Waſſer auflösliche balſamiſche Mat., wie es ſchien identiſch mit der des Bernſteins (Rep. I. 1396 Anm.); 0,50 Copalſäure, wie es ſchien, mit der Bernſteinſ. identiſch, und Waſſer; 15 Copalin (Rep. I. 1352); 0,10 bis 1,5 ſaures copalſ. Kali und Kalk, phosphorſ. Kalk, Eiſenoxyd (John in ſ. Naturgeſch. des Succins. II. 73). — Nach Gay-Luſſac und Thenard enthält der Copal an entfernten Beſtandtheilen: 76,81 Kblſt.; 10,61 Srſt.; 12,58 Wſſt.; nach Ure: 79,87 Kblſt.; 11,10 Srſt.; 9,00 Wſſt. Die nähere Beſchreibung des Kopals ſiehe in (Rep. I. 1398. II. 860).

Dammarputi. (Von Dammara alba Rhumph.). — Beſteht aus Harz, Unterharz und einem weder in Alkohol noch Aether auflöslichen weichen nicht zähen Rückſtand (J. de ch. méd. oct. 1826. 469). Die nähere Beſchreibung ſ. (Rep. I. 1400).

Eichengummi. — Aus der Wunde in der Rinde einer alten Eiche quoll ein dicker dunkelbrauner Saft, gleich dem peruaniſchen Balſam, hervor, welcher an der Luft zu einer ſchwarzen, glänzenden, harten Materie austrocknete. John fand dieſe Mat. beſtehend aus: ſchwarzbraunem, etwas unangenehm ſchmeckenden, Extractivſtoff (aufl. in Waſſer und Weingeiſt, fällbar durch Bleyzucker und ſalpeterſ. Queckſilber); und 66,67 dunkelbraunem milden Gummi. Das Vorhandenſeyn von Salzen ward nicht unterſucht (John chemiſche Schr. VI. 23).

Elemi. (Von einer Amyrisart). — Man unterſcheidet Weſtindiſches und Oſtindiſches. — Das Weſtindiſche nach Bonaſtre: 12,50 flüchtiges Oel (Rep. I. 1057); 60 ſauer reagirendes Harz; 2 bittrer Extractivſtoff; 1,50 Unreinigkeiten. (Journ. de pharm. VIII. 388. 573. X. 198). Die nähere Beſchreibung ſ. (Rep. I. 1401).

Epheuharz. (Von Hedera helix). — Nach Pelletier: 23 Harz; 7 Gummi; 0,30 Aepfelſ.; 69,70 Holzfaſer (Bullet. de pharm. nov. 1812. 504). Die nähere Beſchreibung ſ. (Repert. I. 1410).

Euphorbium. (Von einigen Euphorbienarten). — Laudet erhielt daraus: 64 Harz (Rep. I. 1312); 23,3 Gummi; 9,3 in Waſſer, Alkohol und Aether unauflöslichen Rückſtand; das Uebrige Verluſt (Trommsd. J. VIII. St. 1. S. 394 aus d. Journ. de la soc. des pharm. à Paris. Ann. II. No. 1. VI. p. 333). — Nach Braconnot: 37,0 eigenthümliches röthliches Harz; 19,0 Wachs; 13,5 holzige Subſtanz; 5,0 Waſſer; 20,6 äpfelſ. Kalk; 2,0 äpfelſ. Kali; 3,0 Verluſt. (Ann. de Chim. LXVIII. p. 50). — Nach Pelletier: 60,8 Harz; 14,4 Wachs; 12,2 äpfelſ. Kalk; 1,8 äpfelſ. Kali; 8 ſehr ſcharfes flüchtiges Oel und wäßrige Feuchtigkeit; 2 Tragantbſtoff und Holzfaſer. — Nach John: 77 Waſſer; 13,8 ſcharfes Harz; 2,85 Gummi; 2,75 extractartige Subſtanz aus weinſteinſauren und eſſigſauren Verbindungen beſtehend; 1,75 eigenthümlich eiweisartige Materie; 2,00 caoutchoucartige Subſtanz; eine Spur fettes Oel (John chem. Schr. II. 16). — Nach Mühlmann: 54 gelbliches ſcharfes Harz; 14 Wachs; 3,2 Caoutchouc; 19,6 äpfelſ. Kalk; 2 äpfelſaures Kali; 6 holziger Rückſtand; 1,2 Verluſt (Berl. Jahrb. d. Ph. 1818. 141). Nach der neueſten, ſorgfältigſten, Unterſuchung von Brandes, in 500 Theilen: 218¾ Harz; — 68½ Cerin und 6¾ Myricin; 24½ Caoutchouc; 1 Phyteumakolla; 24½ Aepfelſäure mit äpfelſ. Kali, äpfelſ. Kalk, Spuren von benzoeſaurem Kalk, Spuren von benzoeſaurem Kali und zweifelhaften Spuren von äpfelſ. Magneſia; $94\frac{1}{10}$ äpfelſ. Kalk mit Spuren von ſchwefelſ. Kalk; ¾ ſchwefelſ. Kalk; 2¾ ſchwefelſ. Kali; ¼ phosphorſ. Kalk; 27 Waſſer; 28 holziger Rückſtand; 4¾ Verluſt (Buchner Repert. VI. 145). — Näheres über das Euphorbium ſ. in (Rep. I. 1418).

Galbanum oder Mutterharz. (Von Bubon Galbanum.) — Nach **Neumann**: 6 äther. Oel (Rep. I. 1057); 60 Harz (Rep. I. 1313); 20 Schleim; 14 Unreinigkeiten (Pfaff mat. med. III. 292). — Nach **Pelletier**: 6,34 flücht. Oel und Verluſt; 66,86 Harz; 19,28 Gummi; 7,52 Holzfaſer (Schweigg. J. V.). — Nach **Fiddechow**: 67,3 Harz; 3,5 in Alkohol, aber nicht in Aether löslicher, Stoff; 23,6 gummiges Extract; 4,8 beigemengte Unreinigkeiten (Berl. Jahrb. 1816. 230). — Nach **Meißner**: 3,4 flüchtiges Oel; 65,8 Harz; 22,6 lösliches Gummi; 1,8 Baſſorin; 0,2 Bitterſtoff mit Aepfelſ.; 2,0 Waſſer; 2,8 vegetabiliſche Reſte; 1,4 Verluſt nebſt eſſigſauren und andern alkaliſchen und erdigen Salzen (Trommsd. N. J. I. St. 1. S. 22). Die nähere Beſchreibung ſ. Rep. I. 1410.

Guajak. — Das Gummi Guajaci oder die resina Guajaci nativa, aus dem Stamme von Guajacum officinale fließend, fand **Bucholz** aus 79,8 reinem Harz und 20,2 beigemengten Rindentheilchen beſtehend, in welchen letztern 2,1 brauner kratzender Extractivſtoff, 1,5 Schleim und 16,5 Holzfaſer enthalten war (Taſchenb. für Scheidek. 1806. 64). Die nähere Beſchreibung des Guajakharzes, welches vorzüglich durch ſeine Eigenſchaft, mit Kleber ſo wie verſchiedenen andern Subſtanzen eine rein blaue Farbe anzunehmen, merkwürdig iſt, ſiehe in (Rep. I. 1314).

Gummigutt. (Von Stalagmites cambogioides und Cambogia Gutta). —

Nach **Braconnot**: 80 gelbes Harz (Rep. I. 974); 19,5 lösliches Gummi; 0,5 Unreinigkeiten (Trommsd. J. XVIII. St. 1). — Nach **John**: 89 bis 90 Harz; 10,50 bis 9,50 gelblichgraues Gummi; 0,50 Unreinigkeiten. Die Aſche enthält nach ihm: chlſ., phosphorſ. und ſalzſ. Kali; chlſ. und phosphorſ. Kalk (John chem. Schr. IV. 193). Die nähere Beſchreibung ſ. (Rep. I. 1411).

Gummilack. (Ueber Herkunft und Unterſcheidung in Stock-, Körner- und Tafel- oder Schellack vergl. Rep. I. 1416). —

Der Stocklack enthält nach Funke (Trommsd. Journ. XVIII): 65,7 Harz (Rep. I. 1320); 28,3 Lackſtoff (Rep. I. 1365); 6 Farbſtoff. Nach Hatchett (Philos. transact. 1814): 68 Harz; 6 Wachs; 5,5 Kleber; 10 Farbſtoff; 65 fremdartige Körper; 4 Verluſt. — Der aus rothbräunlichen, auch wohl gelblichen, Körnern beſtehende Körnerlack beſteht nach John (in ſeinen chem. Schr. V. 1.) aus 66,7 Harz; 1,7 Wachs (Rep. I. 1282); 16,7 Lackſtoff; 2,5 balſamiſchem Bitterſtoff; 3,9 Farbſtoff; 0,4 fahlgelben Extract; 2,1 Decken von Inſecten; 0,6 Stocklackſäure; 1 ſtocklackſ., ſchwefelſ. und ſalzſaurem Kali, phosphorſ. Kalk und Eiſen; 0,6 Erde nebſt 4,2 Verluſt. — Nach Hatchett: 88,5 Harz; 4,5 Wachs; 2,0 Kleber; 2,5 Farbſtoff; 2,5 Verluſt. — Der Schellack enthält nach Hatchett: 90,9 Harz; 4,0 Wachs; 2,8 Kleber; 0,5 Farbſtoff; 1,8 Verluſt. — Berzelius beſtreitet, daß das, was man für Wachs im Gummilack ausgiebt, ſolches ſey. Näheres ſ. ja (Rep. I. 1416. II. 861).

Hedwigia balsamifera Swartz. (Bursera balsamifera Commerson). —

Der aus der zweiten Rinde dieſes Baums ausſchwitzende Balſam, von den Franzoſen Baume de sucrier de montagne genannt, nach Bonaſtre: 12 flücht. Oel (Rep. I. 1057); 74 Weichharz (Rep. I. 1339); 5 Unterharz oder Burſerin (Rep. I. 1353); 2,8 ſehr bittres Extract; 8 unkryſtalliſirbare ſüße Mat. mit Kalkſalz; 4 Kali- und Magneſiaſalze (Journ. de pharm. XII. 485). — Die nähere Beſchreibung dieſes Balſams ſiehe (Rep. I. 1378).

Kirſchgummi. (Von Prunus avium L.) — Das Kirſchbaumgummi der ſüßen Kirſchen iſt nach John keineswegs immer von derſelben Natur, wiewohl es ſich im äußern Anſehen ſo ähnelt, daß man ein ſehr geübtes Auge haben und ſelbſt das Verhalten deſſelben im Munde mit zu Hülfe nehmen muß, um es beim erſten Augenblick zu unterſcheiden. — John fand bis jetzt zwei Arten von Gummi an Süßkirſchbäumen. Beide Arten kommen von dem höchſten Grade der Durchſichtigkeit, Durchſcheinbarkeit und Undurchſichtigkeit, von gelber und brauner Farbe und beinahe farblos vor. Die Analyſe des Gummi's von zwei ſolchen Arten ergab Folgendes:

Erſte Art: 97 Gummi mit Spuren eines etwas modificirten ſchleimigen aber auflöslichen Gummi; 3 Salze, namentlich phosphorſ. Kalk; pflanzenſ. Kalk und pflanzenſ. Kali.

Zweite Art (nicht wie das vorige im Munde durch den Speichel zergehend); 80 Baſſorin; 20 auflösliches Gummi mit Spuren eines modificirten, durch Gallusaufguß fällbaren, Gummi; außerdem phosphorſ. und pflanzenſ. (wahrſcheinlich eſſigſ.) Kalk; Eiſenoxyd, vielleicht mit Phosphorſ. verbunden; pflanzenſ. Kali (John chem. Schk. IV. 20).

Ladanum. (Von Cistus creticus). — Nach Pelletier: 20,0 Harz; 3,6 Gummi mit etwas äpfelſ. Kalk; 0,6 Aepfelſ.; 72,00 eiſenhaltiger Sand (Bullet. de pharm. IV. 1812. 503). Die nähere Beſchreibung ſ. (Rep. I. 1411).

Madagaskariſches Harz. — Nach Vauquelin: 84 lange weich bleibendes, in Alkohol leicht lösliches, Harz; 6 blos in kochendem Alkohol lösliche, beim Erkalten niederfallende, Materie (Wachs?); 10 brauner, weicher, in Alkohol und Kali unaufl., Rückſtand. Die Aſche enthält kohlſ. Kali. (Ann. de Chim. LXXII. 299.)

Maſtix. (Von Pistacia lentiscus). — Beſteht aus Harz, Maſticin (Rep. I. 1354), einem wegen geringer Menge nicht darſtellbaren flüchtigen riechenden Princip Die nähere Beſchreibung ſ. (Rep. I. 1402).

Myrrhe. (Gewöhnlich von Amyris Kataf abgeleitet). — Nach Pelletier: 34 Harz mit ein wenig flüchtigem Oel verbunden; 66 in W. lösliches Gummi mit einer Spur von S. — Nach Braconnot: 23 Harz; 2,5 flüchtiges Oel; 46 lösliches Gummi und 12 nicht lösliches Gummi; 16,5 Verluſt. — Nach Brandes: 22,24 in Alkohol und Aether lösliches Harz (Rep. I. 1327); 5,56 nicht in Aether lösliches Harz (ibid.); 2,60 flüchtiges Oel (Rep. I. 1058); 54,38 lösliches Gummi, mit Spuren von Phyteumacolla und von benzoeſ., äpfelſ., phosphorſ. und ſchwefelſ. Kali und Kalk; 9,3 Baſſorin; 0,60 Aepfelſ., Benzoeſ. und Eſſigſ., größtentheils an Kali und Kalk gebunden; 0,16 ſaurer äpfelſ. Kalk und benzoeſ. Kali; 0,60 ſchwefelſ. und äpfelſ. Kali und Kalk; 1,60 Unreinigkeiten; 2,94 Verluſt. (Pelletier in Schweigg. J. V. — Braconnot in Trommsd. J. XVIII. St. 1. — Brandes in Taſchenb. f. Scheidek. 1819. 51).

Neuholländiſches gelbes Harz. (Von Xanthorrhoea arborea oder hastilis). —

Nach Laugier: äther. Oel; Harz; ein wenig Benzoeſ. und 7 p. C. Baſſorin (Ann. de Chim. LXXVI. 265). — Nach Trommsdorff: eine geringe Menge äther. Oel; eine geringe Menge eines in Alkohol, aber nicht in Aether auflöslichen Harzes; als reichlichſten Beſtandtheil ein gelbes Harz (Rep. I. 1327); Benzoeſäure; holzige Faſern (Trommsd. Taſchenb. 1826. 22). — Die nähere Beſchreibung ſ. (Rep. I. 1389).

Opopanax (aus der Wurzel von Pastinaca opopanax). — Nach Pelletier: 5,9 flüchtiges Oel und Verluſt; 42,0 Harz; 33,4 Gummi; 4,2 Stärkmehl; 9,8 Holzfaſer; 2,8 Aepfelſ.; 1,6 Bitterſtoff; 0,3 Wachs; eine Spur von Caoutchouc (Schweigg. J. V.). — Die nähere Beſchreibung ſ. (Rep. I. 1414).

Perubalſam. — Der ſchwarze Perubalſam kommt wahrſcheinlich von Myroxylon peruiferon her. Er enthält nach Trommsdorff: 88 Harz; 12 Benzoeſäure; 0,2 flüchtiges Oel (Trommsd. N. J. II. St. 1. 80). — Nach Stoltze's genauerer Unterſuchung: 69,0 Perubalſamöl (Rep. I. 1089); 2,4 ſchwer lösliches braunes Harz (Rep. I. 1330); 20,7 leicht lösliches braunes Harz (Rep. I. 1331); 6,4 Benzoeſäure; 0,6 extractartige Mat.; 0,9 Feuchtigkeit und Verluſt (Berl. Jahrb. 1824. 24). — Die nähere Beſchreibung des Perubalſams ſ. in (Rep. I. 1380. II. 860).

Pflaumengummi. — Die gelben, runden Pflaumen, welche unter dem Namen Myrabellen bekannt ſind, laſſen, wenn ſie Riſſe erhalten, oder äußerlich durch Inſecten verletzt werden u. ſ. w., häufig einen weißen klaren Saft aus ihrem Innern dringen, der an der Luft zu einem faſt farbloſen, klaren, geruch- und geſchmackloſen Gummi verhärtet. Dieſes Gummi enthält nach John: 12,50 dem arab. Gummi ähnliches Gummi; 87,50 Baſſorin nebſt Salzen (John chem. Schr. IV. 19).

Sandarach. (Von Thuja articulata Broussonet). — Beſteht aus in Alkohol auflöslichem Harze und Sandaracin (Rep. I. 1355), nebſt riechendem Princip. — Die nähere Beſchreibung ſ. (Rep. I. 1403).

Scammonium. (Aus der Wurzel von Convolvulus scammonium). —

Das Aleppiſche Scammonium nach Bouillon-Lagrange und Vogel: 60 Harz (Rep. I. 1334); 3 Gummi; 2 Bitterſtoff: 35 Pflanzenreſte nebſt Sand. — Das Smyrniſche Sc.: 29 Harz; 8 Gummi; 5 Bitterſtoff; 58 Pflanzenreſte (Pfaff mat. med. III. 144. — Ann. de Chim. LXXII. 69). — Die nähere Beſchreibung ſ. (Rep. I. 1414).

Stopfwachs oder Vorwachs (Propolis). — Nach Vauquelin: 57 Harz; 14 Wachs; 14 Unreinigkeiten; 15 Verluſt, incl. einer Lackmus ſtark röthenden unbeſt. Säure und äther. Oel (Ann. de Chim. XLII. 205; auch Scherer J. X. 667). — Nach Laugier: Harz mit Spuren von äther. Oel; Benzoeſ.; Baſſorin (Ann. du Mus. d'hist. nat. XV. 1810. 820). — Näheres ſ. in (Rep. I. 1417).

Storax. (Von Storax officinalis). — Riechendes Princip, wahrſcheinlich in äther. Oel beſtehend; Benzoeſäure; Harz. — Die nähere Beſchreibung ſ. (Rep. I. 1385).

Styrax (flüſſiger). — Kommt von Liquidambar styraciflua. — Enthält außer Harz noch äther. Oel (Rep. I. 1059) und Benzoeſäure. Das Nähere ſiehe in (Rep. I. 1379).

Takamahak. — Das Weſtindiſche kommt von Fagara octandra L. (Elaphrium tomentosum Jacq.); das Oſtindiſche von Calophyllum tacamahaca oder inophyllum. Beide ſcheinen blos aus einem Harze mit etwas flüchtigem Oel zu beſtehen. Die nähere Beſchreibung ſ. (Rep. I. 1404).

Terpentin. — Der Terpentin ſchwitzt aus Verletzungen, die man in die Rinde mehrerer Pinusarten macht; und wird nach dieſer verſchiedenen Herkunſt in verſchiedene Arten unterſchieden. Seine weſentlichen Beſtandtheile ſind immer Terpentinöl, nebſt einer oder mehrern harzigen Säuren (Pinitusſäure und Silvinſäure) und neutralen einfachen Harzen, die ſich namentlich durch ihre Auflöslichkeit in Steinöl und Ammoniakflüſſigkeit von einander unterſcheiden. Die nähere Beſtimmung der Zuſammenſetzung der einzelnen Terpentinarten ſiehe in (Rep. I. 1367. II. 858).

Tolubalſam. (Von Toluifera balsamum). — Aeth. Oel; Benzoeſäure; Harz (Rep. I. 1335); harzartiger Extractivſtoff, leichter in Alkohol als in W. löslich. — Die nähere Beſchreibung ſiehe in (Rep. I. 1379).

Traganth. (Gewöhnlich von Astragalus creticus und gummifer abgeleitet. Nach Siebers aber von einer unbekannten Art Astragalus herkommend). —

Beſteht nach Gehlen und Bucholz aus löslichem Gummi (Rep. I. 704) und Baſſorin; und zwar fand Bucholz 43 Th. von letzterm gegen 57 Th. von erſterm darin (Gehlen in ſein. J. VIII. 584. — Bucholz im Alm. für Scheidek. 1815. 61).

Bei der trocknen Deſt. giebt 1 Unze Traganth nach Cruikſhank: 78 Unzenmaße Kohlenſ.; 91 brennbares Gas; 4 Dr. 5 Gran brenzl. Schleimſäure, die etwas mehr Amm. enthält, als beim arabiſchen Gummi; und 1 Dr. 45 Gr. Kohle, welche 12 Gr. kohlenſ. und wenig phosphorſ. Kalk (nach Vauquelin auch etwas Eiſen und Kali) enthält. — Mit Salpeterſäure liefert der Traganth nach Scheele und Lavgier: Schleimſ.; Aepfelſ.; Kleeſ. und kleeſ. Kalk. — Durch conc. Schwefelſ. erhält man nach Hatchett daraus 0,22 kohlige Materie nebſt Spuren von künſtlichem Gerbſtoff.

Der Traganth ſchwillt im Waſſer ſtark auf, und 1 Th. giebt mit 100 Th. Waſſer einen eben ſo ſtarken Schleim, als 1 Th. arab. Gummi mit 4 Th. Waſſer. Aber auch bei der ſtärkſten Verdünnung dieſes Schleims mit W. läuft er nicht klar durch das Filter. Die durch das Baſſorin trübe und dickliche Löſung des Traganths wird durch Ammoniak und beſonders durch Salzſ. vollkommen klar und dünnflüſſiger; dagegen Salpeterſ. nicht auf gleiche Weiſe zur Klärung derſelben wirkt (Bucholz.)

Weihrauch. (Olibanum s. Thus; über Herkunft vergl. Rep. I. 1415). —

Nach Braconnot: 56 Harz (Rep. I. 1335); 5 oder mehr blaßgelbes äther. Oel von Citronengeruch; 30 Gummi (Rep. I. 704). — Dumenil fand darin eine ſchon gebildete, durch Kochen mit Waſſer ausziehbare, Harzkaliſeiſe (Pfaff mat. med. III. 100. 331). Näheres ſiehe in (Rep. I. 1415).

III. Verſchiedene Baumſäfte, durch Abzapfen erhalten *).

Literat. — Vauquelin in Scherer J. IV. 82.

Sämmtliche unten angeführte Baumſäfte rötheten im friſchen Zuſtande Lackmus **), manche jedoch ſehr ſchwach, und zwar wegen freier Eſſigſ.; einige, wie es ſchien, zugleich wegen freier Aepfelſ. und Kohlenſ. Beim Abdampfen wurden ſie, vermöge der (Rep. I. 651) bemerkten, Eigenſchaft des in ihnen enthaltenen, von Natur ungefärbten, Extractivſtoffs, bräunlich. Der Gehalt an feſter Materie in ihnen iſt ſehr verſchieden, indem er zwiſchen 6 bis 22 Tauſendtheile betrug. Er ſcheint im Frühjahr etwas mehr, als im Herbſt zu betragen. Manche enthalten Zucker: dieſe gehen in geiſtige Gährung über, andre Gerbſtoff.

Betula alba (Weiße Birke). — Im Frühling gezapfter Saft: Farblos, geruchlos, von mildem, wenig ſüßen Geſchmack; ſchäumt beim Schütteln; von 1,004 ſpec. Gew.; röthet das Lackmus ſchwach; trübt ſich an der Luft, ſo wie in verſchloſſenen Gefäßen, unter Abſatz von kohlſ. Kalk und Entweichung von Luftblaſen; ſcheidet bei 24° bis 30° R. noch eine andre flockig-wolkige Subſtanz ab und wird ſauer; geht zugleich in geiſtige Gährung über und erhält einen lieblichen Weingeruch (John).

---

*) Wir übergehen das von Vauquelin geprüfte Verhalten dieſer Säfte zu verſchiedenen Reagentien, welches man nach der Beſchaffenheit der in ihnen enthaltenen Materi: vorausſehen kann.

**) Nach Jordan (Scher. J. V. 331) änderte jedoch der Saft der Birke und Hainbuche in ganz friſchem Zuſtande weder Kohlaufguß, noch gefärbte Papiere, ſondern erſt, nachdem er in einem offenen Gefäße an der Sonne geſtanden. Er glaubt auch, die Eſſigſ. ſey den Baumſäften nicht eigenthümlich, ſondern entſtehe erſt durch ſchon eingetretene Gährung, was in der That nicht unwahrſcheinlich iſt.

Bei Deſt. geht ein etwas milchiges Deſtillat über, und der Saft wird fahlbraun. — Alkohol ſcheidet nichts aus dem Safte. Kryſtalliſirten Zucker aus dem Safte zu erhalten, gelang nicht (Vauquelin). — Nach Vauquelin enthält der Saft: Extractivſtoff, der bei Erwärmung des Saftes ſeine braune Farbe bedingt und Zeuge, die in der Auſl. des zur Trockniß abgedampften Saftes gekocht werden, braun färbt: ferner Schleimzucker, von welchem die Gährungsfähigkeit des Saftes abhängt; Eſſigſäure, welche die ſaure Reaction bedingt; eſſigſ. Kalk und Thonerde. Die feſten Beſtandtheile in 1000 Theilen betragen zuſammen 8,73; nach John, wie wir unten ſehen werden, etwas weniger. — Nach John rührt die ſaure Reaction des Saftes theils von Eſſigſ., theils von Kohlenſ. her, und er glaubt, daß der Ueberſchuß der letztern den Kalk in kohlſ. Zuſtande aufgelöſt halte. Außerdem enthält nach ihm der Saft in 1000 Theilen 994,25 Waſſer; 2,29 Zucker; ferner ſchleimige und eiweißſtoffartige Subſtanz; etwas eſſigſ. Salz und vielleicht etwas Eſſigſ., vielleicht auch etwas weinſteinſ. Salz (John chem. Schr. III. 4).

Carpinus betulus (Weißbuche). — Der im Frühjahr abgezapfte Saft: Weiß, waſſerklar, von ſüßlichem Geſchmack und etwas molkenähnlichem Geruch. Lackmus ſtark röthend; bei Deſt. einmal eine milchige Fl., ein andermal eine klare Fl. von molkenähnlichem Geruch und Geſchmack liefernd, deren erſte Portionen nicht ſauer waren, wohl aber die letztern. An die Luft geſtellt wurde der Saft milchig, und es bildete ſich an ſeiner Oberfläche ein feiner Ueberzug; darauf nahm er unter Entwickelung von kohlſ. Gas einen Geruch und Geſchmack nach Alkohol und ſtarker S. an. Binnen ungefähr 3 Wochen verlor ſich dieſer Geruch, womit auch die Entwickelung von Kohlſ. aufhörte; die S. aber in der Fl. zunahm und die trübende weiße Mat. ſich flockig abſetzte; nach 7 Wochen nahm die Säure ab, die Fl. wurde ganz klar; an ihrer Oberfläche bildete ſich ein weißes ſchleimiges, allmälig dicker werdendes Häutchen; dieſes verdünnte ſich endlich, nahm eine braunſchwarze Farbe an, und nun war die Fl. nicht mehr ſauer, ſondern hatte einen ſchimmlichen Geſchmack. — Der Saft enthält außer Waſſer: Zucker; Gummi; Extractivſtoff; in Alkohol unauflösliche färbende Mat.; freie und mit Kali und Kalk vereinigte Eſſigſ. — Die feſten Beſtandtheile betragen in 1000 Theilen Saft blos 2,11 Theile (Vauquelin).

Castanea vesca (Kaſtanie). — Der im November gezapfte Saft beſaß einen ſchwach bitterlichen Geſchmack, und lieferte, bis zur Trockniß abgedampft, ein braunes Extract, worin ſich nach 1 Monat eine Menge kleiner Nadeln von ſalpeterſ. Kali bildeten. Außerdem enthält der Saft eſſigſ. Salze, ſchleimige, extractivſtoffartige Theile u. ſ. w. (Vauquelin).

Fagus sylvatica (Buche). — Der im Frühling gezapfte Saft hatte eine röthlich gelbe oder dunkelrothe Farbe und Geſchmack, der dem Aufguſſe des Gerbeſtoffs nahe kam, röthete die Lackmustinktur nur ſchwach; enthielt in 1000 Theilen 20,919 feſte Theile. Der im November abgezapfte Saft war dunkelroth und enthielt in 1000 Theilen 2,31 Gerbſtoff; ferner Extractivſtoff; Schleim; Gallusſ.: Eſſigſ.: eſſigſ. Kalk und eſſigſ. Kali; auch wie es ſcheint ein Ammoniakſalz. Die feſten Beſtandtheile in 1000 Theilen dieſes Saftes betrugen 22,81 Theile (Vauquelin).

Ulmus campestris (Gemeine Ulme). — Der im Mai abgezapfte Saft hatte eine röthlichgelbe Farbe, milden ſchleimigen Geſchmack, röthete Lackmustinktur nur ſehr wenig. Er enthielt in 1000 Theilen: 1,02 pflanzliche Mat.; 8,89 eſſigſ. Kali; 0,76 kblſ. Kalk, gelöſt durch überſchüſſige Kblſ.; 989,33 Waſſer. Der im Nov. abgezapfte Saft: 0,13 pflanzlichen Stoff; 8,29 eſſigſ. Kali; 0,50 kblſ. Kalk; 991,08 Waſſer. — Auch Spuren von ſchwefelſ. und ſalzſ. Kali fanden ſich im Ulmenſaft (Vauquelin).

Vitis vinifera (Das Thränenwaſſer der Reben). — Es enthält nach Geiger in 1000 Theilen: 994,7 Waſſer; 5,3 trocknen Rückſtand, zuſammengeſetzt aus 3,0 Aepfelſ., äpfelſ. Kali und ſalzſ. Kali; 1,2 kalkhaltiges ſaures weinſteinſ. Kali; 0,4 weinſteinſ. Kalk; eine unbeſtimmte Menge Kblſ.; ſchwefelſ. Kali und Eiweißſtoff (Schweigg. J. XV. 481). — Prout fand darin: Kblſ.; Kalk; etwas Kali, vielleicht eine flüchtige S. und eine beſondre Materie, die durch Alkalien kupferroth gefällt wird (Thoms. Ann. V. 109). — Nach John iſt der im Frühjahr gezapfte Saft völlig wäſſerhell, von ſaurer Reaction, ſetzt aber nach einigen Tagen eiweißartige Flocken ab. Als er ½ Jahre in einer ſchlecht verſtopften Flaſche aufbewahrt worden, hatte er unter Abſatz eines ponceaurothen Sediments eine pfirſichblüthrothe Farbe und einen, dem Mandelwaſſer ähnlichen, zugleich ſtinkenden, Geruch und die Eigenſchaft, (vermöge freien Kali's) Lackmus zu bläuen, angenommen, die auch dem abgedampften Extract blieb. In dieſem, durch begonnene Fäulniß veränderten, Zuſtande wurde er von John unterſucht. Das rothe Sediment, von 36 Unzen Saft, 2¾ Gran ([illegible] des Safts) betragend, beſtand aus 1 Gran einer, dem Harze verwandten, braunrothen; in Alkohol und Aether löslichen, jedoch durch W. nicht daraus fällbaren, Mat.; ⅛ Gran bräunlicher extractivſtoffartiger Mat.; ⅛ an phosphorſ. und kohlſ. Kalk; ⅛ an Eiweis; Holzfaſer und Eiſenoxyd. Bei Concentriren des von dieſem Sediment abfiltrirten Safts bis auf 4 Unzen fielen 4 Gran einer grünlichbraunen Mat. nieder, beſtehend aus 1 Gran grüner harziger Mat.; 2¼ kohlſ. Kalk; ¾ phosphorſ. Kalk mit Eiſenoxyd und Magneſia; ⅛ an Eiweisſtoff, Holzfaſer und Ammoniak; eine Spur Extractivſtoff. — Aus der rückſtändigen Aufl., durch freiwillige Verdunſtung eingetrocknet, zog Alkohol: 2⅝ Gran an freiem Kali, ſalzſ. Kali, ſcharfem braunen Extract, harziger Mat. (?), äpfelſ. und eſſigſ. Kali, und ließ zurück: ¾ Gran Eiweis; 2 Gran an äpfelſ. und kohlſ. Kali, äpfelſ. Kalk, einer Spur phosphorſ. Kalk und Schleim (?) und 1¼ Gran unbekannter Salzverbindung (John chem. Schr. VI. 7).

IV. Verſchiedene Pflanzenſäfte.

Katechu (Kaſchu, japaniſche Erde) und deſſen ſogenannter Extractivſtoff.

Das Katechu iſt ein, aus den Rinden, Hölzern und Früchten mehrerer indianiſcher Gewächſe, wahrſcheinlich der Mimosa Catechu L. und Areca Catechu L. durch Auskochen mit W. und Abdunſten bis zur Trockniß bereitetes, Extract.

Nach Sprengel geben auch andre Vegetabilien, beſ. die Rinde der Cassia auriculata, Acacia leucophloea W., catechu W. und arabica W. einen ähnlichen Saft. Nach Gren (Pharmak. 3te Aufl. I. 387) ſoll das wahre Katechu von einer Art cinchona herkommen, welche in Malacca wächſt und wahrſcheinlich die von Roxburgh beſchriebene Cinchona excelsa iſt. — Wir erhalten es in feſten, harten, dichten, ungleichen, zerbrechlichen, auf dem Bruche glänzenden, kaſtanienbraunen, geruchloſen Kuchen oder Stücken, die einen herben, anfangs bitterlich zuſammenziehenden, nachher ziemlich ſüßlichen, violenähnlichen, lange anhaltenden Geſchmack haben. — Davy unterſcheidet 2 Varietäten des Katechu, von welchen die eine aus Bombay, die andre aus Bengalen kommt. Letztre iſt die gewöhnlich vorkommende, iſt chokoladebraun, vom ſpec. G. 1,28; erſtre heller von Farbe und vom ſp. G. 1,39. Gewöhnlich iſt das Katechu durch einen erdigen Zuſatz verfälſcht. Das von Bombay enthält nach Davy (Gehlen N. a. J. IV. 369) in 100 Theilen: 54,5 Gerbſtoff, 34 Extractivſtoff (oxydirter Gerbſtoff?), 13 Schleim (Rep. I. 698), 5 Rückſtand, vorzüglich aus Sand und Kalk beſtehend; das von Bengaten nach demſelben 48,5 Gerbſtoff, 30,5 Extractivſtoff (oxydirter Gerbſtoff?), 8 Schleim, 7 Rückſtand, aus Sand und einer kleinen Menge Kalk und Thonerde beſtehend. Von beiden Arten weichen die ſtärkſten Auszüge und Abſude in ihrer Beſchaffenheit nicht merklich von einander ab. Ihre Farbe iſt dunkel braunroth und dieſe Farbe theilen ſie auch Papier mit; Lackmuspapier wird ſchwach dadurch geröthet. Die ſtärkſten bei 48° F. erhaltenen Aufgüſſe hatten von beiden Arten des Catechu ein ſp. G. von 1,057. Durch langes Sieden aber wurden Auflöſungen erhalten, welche ein ſp. Gew. von 1,102 beſaßen und durch Abdampfen mehr als ⅓ ihres Gewichts an feſtem Rückſtand gaben. Dieſe Auflöſungen enthalten ſowohl Gerbſtoff als Schleim und Extractivſtoff (Davy). — Nach Bouillon Lagrange bläht ſich das Katechu im Feuer auf, ſchmilzt, verkohlt ſich und hinterläßt zuletzt eine weiße Aſche, enthaltend ſchwefelſ. und kohlſ. Kalk, ſalzſ. Kali, Eiſenoxyd und ein wenig Kieſelerde, entwickelt bei der trocknen Deſt. eine ſaure Fl. und eſſigſ. Ammoniak, wie ſich auch beim Reiben des Katechu mit kauſtiſchem Kali Ammoniak entwickelte. Das Katechu iſt nach ihm aus Gerbſtoff, Extractivſtoff, Schleim, Gallusſ., Stickſtoff und einigen Salzen zuſammengeſetzt. Durch Behandlung mit Salpeterſ. giebt es Sauerkleeſ. und künſtliches Bitter.

Ueber das Verhalten des Katechuauszugs zu Reagentien iſt beim eiſengrünenden Gerbſtoff (Rep. I. 599. II. 697) geſprochen worden.

Was den Stoff im Katechu anlangt, den Davy Extractivſtoff nennt, ſo fällt derſelbe aus der heißen wäßrigen Löſung des Katechu zum Theil nieder oder bleibt auch zurück, wenn man das Katechupulver nur ſo lang mit kaltem W. auszieht, als dieſes noch die leimfällende Eigenſchaft davon annimmt. L. Gmelin vermuthet jedoch, dieſer Stoff möchte vielmehr ein durch das Einkochen an der L. bei der Bereitung des Katechu veränderter Gerbſtoff ſeyn, der ſich zum eigentlichen Gerbſtoff verhalte, wie der ſogenannte oxydirte Extractivſtoff zum Extractivſtoff. In der That macht dieß auch ſein Geſchmack und ſeine Art, die Eiſenſalze zu fällen, ſehr wahrſcheinlich. Seine Eigenſchaften werden von Davy (Gehlen N. allg. J. IV. 367) folgendermaßen angegeben.

Er iſt (aus beiden Arten von Katechu) von blaſſer, in ſchwaches Braunroth fallender, Farbe, ohne merklichen Geruch, ſchwach zuſammenziehendem Geſchmack mit ſüßlichem Nachgeſchmack, der ſtärker als beim Katechu ſelbſt iſt. Röthet nicht Lackmus; iſt in W. weniger auflöſl. als der Gerbſtoff des Katechu. Aus der geſättigten heißen Aufl. fällt beim Erkalten ein Theil wieder nieder. Die Aufl. iſt Anfangs braungelb, erhält aber an der L. eine rothe Schattirung. In Alkohol löſt er ſich mit fade brauner Farbe auf, welche Aufl. ſich an der

L. nicht verändert. In der Hitze erweichte er ſich, erhielt eine dunklere Farbe, kam aber nicht zum Fluſs. Noch unter der Glühhitze ward er zerſetzt unter Entbindung von Kohlſ., Kohlwſſtgas und W., worin Eſſigſ. und unverändertes Extractivſtoff aufgelöſt waren, und mit Rücklaſſung einer leichten ſehr poröſen Kohle.

Alkalien ertheilen der alkoholiſchen Auſl. eine glänzendere Farbe, veranlaſſen aber eben ſo wenig als Mineralſäuren einen Niederſchlag darin. Die wäſſrige Auſl. erfuhr durch ſalpeterſ. Thonerde und ſalzſ. Zinn eine ſchwache Trübung; mit ſalzſ. Bley entſtand ein dicker, ſchwach braun gefärbter, Niederſchlag. Der ſchwefelſ. Eiſenperoxydauſl. gab ſie eine ſchöne grasgrüne Farbe und es entſtand ein grüner Niederſchlag, der an der L. ſchwarz wurde.

Leinwand erhielt durch Sieden in der conc. Auſl. dieſes Stoffes eine ſchwache braunrothe Farbe. Die Fl. wurde faſt ungefärbt und veränderte nachher die Auſl. des ſchwefelſ. Eiſenperoxyds nur ſehr wenig. Eine rohe zum Gerben vorbereitete Haut, in eine ſtarke Auſl. dieſes Stoffs getaucht, erlangte bald eben die Farbe, als die Leinwand; ſie verband ſich mit einem Theil deſſelben, wurde aber dadurch in ſiedendem W. nicht unauflöslich.

Kinogummi.

Die jetzt faſt allein im Handel vorkommende Sorte Kinogummi ſtammt von Nauclea Gambir Hunt. (Uncaria Gambeer Roxb.), einem oſtindiſchen kletternden Strauch, deſſen aus der Rinde fließender und erhärteter Saft es iſt. — Es kommt aus Amboina und andern Theilen Oſtindiens nach England und von da auf den Kontinent. Die Stücken ſind klein, gleichförmig, dunkelbraun, glänzend, durchſcheinend, ſpröde. Es iſt geruchlos, ſehr herb, anfangs verſteckt bitter und hinterläßt nur ſüßlichen Nachgeſchmack. Es läßt ſich leicht zu einem hellbraun gefärbten Pulver reiben. W. löſt ½ mit brauner Farbe, Alkohol den größten Theil und die Tinktur hat die Farbe des rothen Weins. Aether nimmt einen Theil auf und die leicht verdunſtende Tinktur iſt gelblich roth.

Außer dieſer Sorte ſind jedoch nach und nach noch drei andre, von verſchiedenen Gewächſen abſtammende, Kinoſorten im Gebrauch geweſen.

Das zuerſt nach Europa gebrachte Kinogummi, welches Fothergill beſchrieb, kam aus Afrika, und es ſtammt daſſelbe nach Mungo Park's Nachrichten von einer noch unbeſchriebenen, am Fluſſe

Gambia wachſenden Art der Gattung Pterocarpus her. Es iſt geruchlos und anfangs auch geſchmacklos, ſpäter etwas herbe und zugleich ein wenig ſüßlich ſchmeckend. Es kommt in ſehr kleinen, unregelmäßig geſtalteten, glänzenden, tief rothbraun gefärbten Stücken vor, mit dünnen Zweigen und kleinen Theilen eines weißen Holzes vermengt, und liefert ein röthlich braunes Pulver. Waſſer löſt bei 60° C. die größere Hälfte auf; der Aufguß iſt ziegelroth und trübe, klärt ſich aber nach 24 Stunden. Starker Weingeiſt löſt faſt zwei Drittheile. Die Tinktur iſt tief braun, der ungelöſte Rückſtand faſt farblos. Aether löſt etwa ein Drittheil und nimmt die Farbe des rothen Weines an. Man findet dieſe Sorte Kino nur noch in Sammlungen und ſehr alten Offizinen; im Handel kommt ſie nicht mehr vor.

Eine zweite, in den erſten Jahren des gegenwärtigen Jahrhunderts eingeführte Sorte, welche wahrſcheinlich aus Botanybay nach England kam, ſtammt wahrſcheinlich (New dispens. of Edinbgh. 7. edit. p. 162) von Eucalyptus resinifera Sm. her. Sie kam in großen, unförmigen, rothſchwarzen oder chokoladenbraunen, ſpröden, auf dem Bruche glaſigen Stücken, welche geruchlos, bitterlich und herber, als das vorige ſchmeckend, ein braunes, ungleichartig gefärbtes Pulver geben. Kaltes Waſſer löſt faſt gar nichts, warmes von 60° C. ungefähr ſo viel, wie vom vorigen auf; die Auflöſung braun, durchſichtig. Weingeiſt löſt mehr, als zwei Drittheile; die Tinktur iſt jedoch heller. Aether löſt ein Zwanzigtheil auf und wird dadurch bräunlich ſtrohfarben. Dieſe ſehr unwirkſame Sorte kommt ebenfalls nicht mehr im Handel vor.

Die dritte Sorte, welches die von Vauquelin unterſuchte iſt, ſoll nach Duncan aus Weſtindien, und zwar von Coccoloba uvifera L. kommen. Sie iſt kaſtanienbraun, in kleinen Stücken röthlich durchſcheinend, harzig, blaſig, und knirſcht zwiſchen den Zähnen. Geruch und Geſchmack ſind dem von N. Gambir kommenden ähnlich. Nach Vauquelin enthält dieß Kino in 100 Th. 75 eiſengrünenden Gerbſtoff und eigenthümlichen Extractivſtoff, 24 rothen Schleim, 1 Faſerſtoff. Es kommt jetzt im Handel faſt gar nicht mehr vor.

Das Verhalten der angegebenen 4 Kinoſorten zu verſchiedenen Reagentien hat Todd Thomſon vergleichungsweiſe geprüft, und in folgender Tabelle zuſammengeſtellt. Dieſelbe enthält die Niederſchläge, welche mit den obenſtehenden Subſtanzen in der wäßrigen Auſl. des Kino erfolgen.*)

---

*) Eine vergleichende Prüfung des Kinogummi mit dem Ratanhiaextract ſ. Seite 96.

Kinoſorten.	Aufl. von Hauſenblaſe.	Aufl. von Eiſenvitriol.	Aufl. von ſalpeterſaurem Silber.	Aufl. von Queckſilber-ſublimat.	Aufl. von Bleyzucker.
No. 1. Aus Africa.	N. reichlich, langſam erfolgend, ziegelroth.	N. reichlich, ſchnell ſich bildend, von ſchmuziger Olivenfarbe	N. reichlich, langſam erfolgend, von tiefem Rothbraun.	N. nicht ſehr reichlich, langſam erfolgend, röthlich.	N. reichlich, flockig, ſchnell ſich bildend, braun.
No. 2. Aus Botany-bay.	N. reichlich, faſt augenblicklich entſtehend, roſenroth.	N. ſehr langſam erfolgend, von tief bräunlich ſchwarzer Farbe.	N. reichlich, ſchnell ſich bildend, von einer Olivenfarbe.	N. reichlich, ſchnell ſich bildend, gelblich-braun.	N. reichlich, flockig, ſchnell ſich bildend, lilafarben.
No. 3. Aus Jamaica.	N. ſparſam, langſam, roſenroth.	N. reichlich, ſchnell ſich bildend, braun-ſchwarz.	N. reichlich, ſchnell entſtehend, röthlich braun.	Kaum eine Veränderung.	N. reichlich, flockig, ſchnell ſich bildend, bräunlich lila.
No. 4. Aus Amboine.	Wie No. 1.	N. reichlich, ſchmuzig olivenfarben.	N. reichlich und ſchnell ſich bildend, röthlich braun.	N. ſchnell erfolgend, röthlich.	Wie No. 1.

Kinoſorten.	Kali.	Schwefelſäure.	Salpeterſäure.	Salzſäure.
No. 1. Aus Africa.	Kein Niederſchlag. Dieſe Auſl. wurde klar und von tief brauner Farbe.	N. reichlich, blaßbraun.	N. ſparſam und langſam erfolgend, röthlichgelb.	N. ſparſam und langſam ſich bildend, gelblichbraun.
No. 2. Aus Botanybay.	N. flockig, purpurfarben.	N. reichlich, tiefer braun.	N. reichlich, ſchnell ſich bildend, gelblichbraun.	N. ſparſam und langſam erfolgend, blaß rothbraun.
No. 3. Aus Jamaica.	N. flockig, bräunlich purpurfarben.	N. ſehr reichlich, ſehr dunkelbraun.	N. reichlich, braun.	N. ſparſam, aber ſchnell ſich bildend, ſchön roth.
No. 4. Aus Amboine.	Wie No. 1.	Wie No. 1.	N. reichlich, ſchnell entſtehend, braun.	N. ſchnell erfolgend, gelblichbraun.

Manna.

Literat. — A. Donatus ab **Altomari** de Mannae differentiis et viribus. Venet. 1562. — J. C. **Magnenus** Diss. de Manna. Jenae. 1658. — Deusingius de Manna et Saccharo. Groeningae. 1659. — **Salmasius** de Manna et Saccharo Comment. Paris. 1664. — Fr. **Hoffmann** de Manna ejusque praestantissimo in med. usu. Halae. 1725; in opusc. med. pract. Dec. II. 344. — **Brelitz** et **Heister** Diss. de Manna. Altorfi. 1725. — **Sailly** Diss. de Manna Lugd. Bat. 1740. — Joh. **Pontoppida** Diss. de Manna Israelitorum. Havnia. 1756. — Bn. **de Palissy** Traité de la Manne. Paris 1780. 8. — Trainer examen chemicum Mannae. Erlangae. 1794. — **Dierbach** über einige mannaartige Producte in Geigers Magazin. 1826. Febr. 97. — **Pfaff** mat. med. I. 170. II. 317. — **Bucholz** in ſ. Alman. f. Scheidek. 1809. 150. — **Bouillon Lagrange** in Ann. de Chim. et de Phys. IV. 398.

Die Manna iſt der theils freiwillig ausſchwitzende, theils durch künſtliche Einſchnitte hervorgelockte, Saft mehrerer Eſchenarten, namentlich der Fraxinus rotundifolia, ornus und excelsior.

Man unterſcheidet mehrere Sorten Manna. Die beſte Sorte iſt die Manna in lacrymis, d. i. die von ſelbſt ausſchwitzende und an der Luft trocknende, Manna, die in Körnern erſcheint, weiß und trocken, nach **Bouill. Lagrange** ſchwach ſauer iſt, aber nicht in den Handel kommt. — Am nächſten in der Güte kommt derſelben die ſogenannte **Röhrenmanna** (Manna canelata s. cannulata), die in flachen oder etwas rinnenförmigen Stücken von 1 bis 6 Zoll Länge und 1 bis 1½ Zoll Breite vorkommt. Dieſe Stücke ſind leicht, mürbe, trocken, weißlich, ins Gelbe auch ins Röthliche ſich ziehend, aus mehrern Lagen zuſammengeſetzt, zeigen inwendig oft eine federartige Kryſtalliſation, ſind leicht auf der Zunge ſchmelzbar und haben einen nicht unangenehmen ſüßen, etwas ſchärflichen, nicht ekelhaften, Geſchmack und einen nur ſchwachen, nicht widrigen, Geruch. — Die häufigſte und gewöhnlich im Handel vorkommende Sorte iſt die **calabriniſche Manna** (Manna calabrina). Sie beſteht aus an einander hängenden bröcklichen Stücken von verſchiedener Größe und Geſtalt, die theils trocken, theils auch etwas ſchmierig, und von theils ſchmuzig weißer oder gelblicher, auch etwas röthlicher Farbe, von einem ſüßlich ſchärflichen Geſchmack und honigartigen Geruch ſind. Die trockenſten, weißeſten, durchſcheinendſten, von Holzſpänen und andern Unreinigkeiten befreiten, Stücke machen die ſogenannte **auserleſene Manna** (Manna electa) aus; die mit vielen Unreinigkeiten vermengte, aus unförmlichen, ſchmuzigen, bräunlichen Klümpchen zuſammengebackene, weiche, klebrige, ſchmierige Manna iſt unter dem Namen der fetten Manna (Manna pinguis s. crassa) bekannt.

Bei der trocknen Deſtill. hinterläßt die Manna nach Geoffroy ziemlich viel Kohle, nämlich 20,7 p. C. — Im W. löſt ſich gute Manna vollkommen auf; die Auſl. trübt und ſäuert ſich an der L. und bedeckt ſich mit einer Schimmelhaut. Heißer Alkohol zieht Mannit und ekelhaft ſüß ſchmeckenden, riechenden und gefärbten Schleimzucker aus, wovon das Mannit beim Erkalten zum großen Theil niederfällt. Aether und äther. Oele wirken nicht auf die Manna. Mit fetten Oelen läßt ſie ſich durch Vermittelung des arab. Gummi leicht miſchen. — Chlor bringt keinen Niederſchlag in der Mannaauſl. zuwege, ſondern macht ſie nur ganz waſſerhell. Die zur Waſſerklarheit verdünnten Auflöſungen der Eiſenſalze werden durch die Auſl. der Manna, ſo wie durch die des Honigs, ſchwach gelbgrün, doch ohne einen Niederſchlag zu geben, gefärbt. In der Auſl. des ſalpeterſ. Queckſilberprotoxyds bewirkt die Mannaauſl. einen vollkommenen weißen lockern, ſich jedoch ſetzenden, Niederſchlag; in der Auſl. des eſſigſ. Bley's einen viel geringern und viel lockrern gleichfalls weißen Niederſchlag. Die übrigen Metallauflöſungen werden nicht dadurch verändert; eben ſo wenig die Galläpfeltinctur. Vermöge ihres Gehalts an Schleimzucker iſt die Manna der weinigen Gährung fähig.

Nach Bucholz beſtehen 100 feiner Röhrenmanna aus: 60 Mannit; 0,75 gummigen Extractivſtoffs; 0,25 faſrigen glutenartigen Stoff; 1,60 Gummiſtoff etwas ſüßer Art; 5,5 Schleimzucker mit färbendem Stoff; 32 Waſſer und Verluſt.

Upasgifte.

Literat. — Leſchenault über die Abſtamm. der Upasgifte in Ann. du Mus. d'Hist. nat. XVI. 459. — Pelletier und Caventou in Ann. de Chim. et de Phys. XXVI. 44; auch in Schweigg. J. N. R. XII. 65; auch in Berl. Jahrb. 1825. 109. — Trommsdorff (einige Verſ. mit Reagentien) in Schweigg. J. XXII. 45. — Horsfield in Magendie's Journ. de physiol. VII. — Richard in J. de chim. med. Juin. 1828. 279.

Die Upasgifte kommen von zwei Pflanzenſpecies aus verſchiedenen Familien; das eine: Upas tieuté, von Strychnos tieuté Lesch., einer rankenden Liane aus der Familie der Strychneen; das andre, Upas Anthiar, von Antiaris toxicaria Lesch., einem großen Baum aus der Familie der Urticeen *).

---

*) Es iſt durchaus Fabel, daß dieſer Baum iſolirt ſtehe und alles Leben um ſich vernichte.

Der eigenthümliche Saft, der in der Rinde des letztern Baums enthalten iſt, iſt ſehr zähe und von ſtark bitterm Geſchmack. Der Saft aus dem Stamm hat eine gelbliche Farbe, iſt aber aus den jungen Zweigen weißlich.

Nach Horsfield bereiten die Javaneſer das Upas Antiar auf folgende Art: Ungefähr 8 Unzen Saft, den Abend vorher geſammelt und in ein Bambusrohr gethan, wurden in ein Gefäß gebracht und vorſichtig der Saft, der mit den gleich zu nennenden, ſehr ſorgſam zerriebenen, Subſtanzen ausgepreßt werden, hinzugemiſcht. Dieſe Subſtanzen ſind: das Arum nampoo der Javaneſer; die Kaempferia galanga L.; das Amomum zerumbet L.; gewöhnliche Zwiebeln und Knoblauch; jedes in der Doſis von ½ Drachme. Darauf fügt man eine gleiche Quantität ſchwarzen pulveriſirten Pfeffer hinzu, rührt das Gemeng um und thut dann ein einziges Korn von Capsicum fruticosum hinein. Dieß Korn dreht ſich ſogleich, bald in der Mitte, bald an den Rändern des Gefäßes, mit einer anſcheinenden Unruhe der Oberfläche der Flüſſigkeit, ungefähr 1 Minute lang. Als das Gemiſch in Ruhe war, wurde wieder die nämliche Quantität Pfeffer zugeſetzt und wie vorhin ein Capſikum-Korn hinzugefügt, welches eine ähnliche, aber minder ſtarke, Unruhe in der Fl. hervorbrachte. Dieß wird ſo oft wiederholt, bis das Capſikum-Korn in Ruhe bleibt, worauf das Gift fertig iſt. Man verwahrt gewöhnlich das Gift in Röhren aus Bambuszweigen, welche an beiden Enden genau verſtopft und mit harziger Subſtanz verſchmiert werden. Es verdirbt ziemlich leicht, wenn es der Luft ausgeſetzt bleibt, in gut verſchloſſenen Gefäßen hingegen verliert es nichts von ſeiner Wirkſamkeit.

Was die Bereitung des Upas tieuté anlangt, ſo ſondert man die gut gereinigte Rinde von der Wurzel des Strychnos tieuté ab, läßt ſie mit einer gehörigen Quantität Waſſer ungefähr 1 Stunde lang kochen; filtrirt die Flüſſigkeit vorſichtig durch eine Leinwand, bringt ſie aufs Neue über das Feuer und dampft ſie langſam bis zur Conſiſtenz eines weichen Extracts ab. Man fügt dann den ausgepreßten Saft von Arum, Galanga, Zwiebeln, Knoblauch u. ſ. w. und den gepulverten Pfeffer hinzu, und bringt das Gemiſch wieder einige Minuten lang über das Feuer, worauf es fertig iſt.

Das letztre Gift iſt kräftiger, als das erſtre. Die Javaneſer bedienen ſich beider zur Vergiftung ihrer Jagd- und Kriegswaffen. Das Fleiſch der damit getödteten Thiere kann ohne Gefahr genoſſen werden, wofern man nur den Theil, den die Waffe durchbohrt hat, ausſchneidet.

Die chemiſche Unterſuchung beider Gifte iſt von Pelletier und Caventou vorgenommen worden, ohne jedoch vollſtändig ausgeführt zu werden. Ihre Reſultate darüber ſind folgende:

Das Upas tieuté bildet ein dickes Extract, welches in dicken Stükken betrachtet röthlichbraun, in dünnen Lagen orangegelb und durchſcheinend ausſieht und einen außerordentlich bittern Geſchmack beſitzt, ohne hinterher Schärfe oder Aroma bemerken zu laſſen. Ueber dem Feuer erweicht es zuerſt und trocknet darauf ein; iſt jedoch die Hitze ſtark genug, ſo bläht es ſich auf, zerſetzt ſich und verbreitet einen ſtinkenden Geruch, wie von ſtickſtoffhaltigen Subſtanzen. In W. löſt es ſich mit orangegelber Farbe und ſehr bitterm Geſchmack, mit Rücklaſſung einer nach dem Abwaſchen geſchmackloſen ziegelrothen Subſtanz. In Alkohol löſt es ſich faſt völlig auf, wird dagegen kaum von Aether angegriffen, iſt auch in Oelen nicht merklich aufl. — Alkalilaugen erzeugen in ſeiner wäßrigen Aufl. einen röthlichgelben Niederſchlag. Galläpfeltinctur, ſo wie die gallusſ. und kleeſ. Alkalien bringen darin Niederſchläge hervor, welche in Alkohol und überſchüſſiger Säure gleich auflöslich ſind.

Der wirkſame Beſtandtheil des Upas tieuté iſt das Strychnin, wahrſcheinlich an Igaſurſ. gebunden und von zwei färbenden Materien begleitet, von denen die eine gelb, auflöslich und fähig iſt, mit Salpeterſ. eine ſchön rothe Farbe anzunehmen; die andre röthlichbraune unauflösliche dagegen durch Salpeterſ. grün gefärbt wird (Rep. I. 529).

Nach Delille und Magendie's Verſuchen wirkt das Upas tieuté durch Einſaugung auf das Rückenmark, verurſacht Tetanus, Aſphyxie und den Tod.

Das Upas Anthiar hatte, in Maſſe angeſehen, eine braune, ſich etwas in das Röthliche ziehende, Farbe, die Conſiſtenz und das Anſehen einer wachsartigen Materie und einen ſehr bittern Geſchmack, der aber nicht wie beim Upas tieuté von aller Schärfe frei war. Auf dieſe beiden Empfindungen folgte eine Art von Erſtarrung der Zunge und des Innern des Mundes. Bei Erhitzung erweicht ſich dieß Upas zuerſt, bläht ſich dann auf und zerſetzt ſich nach Art ſtickſtoffhaltiger organiſcher Körper. Aether ſcheint blos die caoutchoucartige Materie auszuziehen, welche (Rep. I. 1362) beſchrieben worden; kochendes Waſſer läßt dieſe ungelöſt, zieht dagegen eine bittre Materie aus, welche aus einem Farbſtoff, einer unbekannten S. und wahrſcheinlich einem Alkaloid, wovon (Rep. I. 545) die Rede geweſen, zuſammengeſetzt iſt, zugleich bleibt im W. eine ſehr ſchwer lösliche gummiartige Subſtanz ſuſpendirt, welche ſich durch Filtriren abſondern läßt. Weder Strychnin, noch Brucin konnte in dieſem Upas gefunden werden.

Das Upas Anthiar erregt nicht, wie das Upas tieuté, toniſche, ſondern kloniſche Krämpfe.

Urari oder Amerikaniſches Pfeilgift.

Das Urari (nach Hrn. von Humboldt auch Wourali, Woorara, Curara genannt) iſt nach v. Martius, der ſolches von Amerika nach München brachte, der mit Zuſatz verſchiedener andern ſcharfen Pflanzentheile *) ausgekochte und abgedampfte Saft der Rinde einer, zu den Meniſpermeen gehörenden, Liane, und wird am Oronoko- und Amazonenfluſſe bereitet.

Das Urari, welches Hr. v. Martius mitbrachte und Buchner unterſuchte, befindet ſich in kleinen irdenen Töpfchen, ſieht aus wie ein eingetrocknetes Pflanzenextract, iſt ſchwarzbraun, mattglänzend, von ſchwachem Geruch, der ſich aber bei Auſl. in W. ſtärker entwickelt und mit dem eines heißen Columbo-aufguſſes Aehnlichkeit hat; von ekelhaft bitterm Geſchmack, wie Columbo-extract; auſl. in W. und Alkohol mit Hinterlaſſung eines braunen, 24 p. C. betragenden, größtentheils aus Faſern und Holzſplittern beſtehenden, Rückſtandes.

Die wäßrige Auſl. iſt klar, bräunlichgelb, weder ſauer, noch alkaliſch, mit Alkohol in allen Verhältniſſen ohne Trübung miſchbar. Mit ätzenden und khlſ. Alkalien ſo wie mit gebrannter Magneſia gab ſie einen ziemlich reichlichen Niederſchlag, auſl. mit ſehr bitterm Geſchmack in Alkohol, Eſſigſ. und Salzſ. Mit ſchwefelſ. Eiſenprotoxyd erleidet die wäßrige Auſl. des Urari keine Veränderung; mit ſalzſ. Eiſenprotoxyd nimmt ſie eine dunklere, ins Grünliche fallende, Farbe an. Salpeterſ. Silber bewirkt keine Trübung; ſalpeterſ. Bley einen weißen, in Salpeterſ. leicht wieder auflöslichen, Niederſchlag. Mit Galläpfeltinctur erfolgt ein ſehr reichlicher flockiger Niederſchlag von ziemlich heller gelblicher Farbe, in Alkohol leicht auſl. Weitre chemiſche Unterſuchungen ſind nicht angeſtellt worden.

Das Urari bewirkt, ſowohl in den Magen als in das Blut gebracht, den Tod unter Zittern, Krämpfen und Athembeſchwerden, worüber und über ſeine Gegengifte Buchner (in ſeiner Toxicologie) die Beobachtungen zuſammengeſtellt hat. Doch muß es in größern Gaben als das Upas antbiar gegeben werden, um dieſe tödtlichen Wirkungen zu äußern. Das Verhalten des wäßrigen Auszugs gegen Alkalien und Galläpfelaufguß deutete an, daß die giftige Wirkung in einem Alkaloid begründet ſey; doch ſcheint dieß nicht wahrſcheinlich, denn der mit

---

*) Dieſe Zuſätze ſind ſehr verſchieden; ſo die Blätter und Früchte einer Art Capsicum, eines Ficus, eines Piper u. ſ. w. nach Martius. — Das Gift, welches die Ticunas, Pevas, Yameos am Amazonenfluſſe und die Lamas in Peru bereiten, ſcheint ſich vom Urari nur durch ſolche Zuſätze zu unterſcheiden.

Ammoniak erhaltene, in verdünnter Salzſ. aufgelöſte und abgedampfte Niederſchlag wirkte, in eine Wunde gebracht, nicht giftig, wohl aber die davon abfiltrirte Flüſſigkeit.

Eigenthümliche pflanzliche Excretionen, Concretionen, Verſteinerungen u. ſ. w.

Tabaſheer. — **Literat.** — **Macie** in Phil. transact. 1791. LXXXI. 368; auch in Crell's chem. Ann. 1792. II. 342. 428. 513. — **Ruſſell** in Phil. trans. 1790. LXXX. 283. — **Fourcroy** und **Vauquelin** in Gehlen J. II. 112. — **John** in ſ. chem. Schr. III. 10; auch in Schweigg. J. II. 262. — **Brewſter** in Phil. transact. 1819. 283; auch in Schweigg. J. XXIX. 411. — **Derſelbe** in Phil. transact. 1819. 283; auch in Ed. J. of Sc. 1828. No. XVI. 285; auch in Schweigg. J. N. R. XXII. 412. — **Turner** in Ed. J. of Sc. No. XVI. 1828. 335; auch in Schweigg. J. N. R. XXII. 427.

Der **Tabaſheer** iſt eine, durch ihren großen Kieſelerdegehalt und ihre phyſikaliſchen Eigenſchaften ſehr merkwürdige, Concretion, welche öfters in den Knoten des Bambusrohrs (Arundo-bambos L.) ausgeſondert gefunden wird, und zwar, wie es ſcheint, vermöge eines krankhaften Proceſſes. In der That hängt die Menge von Tabaſheer, welche ſich in einer Pflanze vorfindet, nicht von ihrer Größe ab, ſondern von dem ungeſunden Zuſtande ihrer Knoten, und man trifft die größte Menge in denjenigen, bei welchen der Knoten völlig desorganiſirt iſt. Nach **Playfair** ſind 4 bis 5 Gran die gewöhnliche Quantität; **Brewſter** jedoch fand einige, in welchen dieſelbe volle 20 Gran betrug.

Durch das Abſchneiden und Transportiren des Rohres wird der erhärtete Tabaſheer von dem obern oder untern Theile der Höhlung losgeriſſen, und man findet ihn daher ſtets in einzelnen Stücken von verſchiedener Größe. Durch das Geräuſch, welches ein Rohr macht, wenn man daſſelbe ſchüttelt, kann man ſich ſehr leicht von dem Vorhandenſeyn dieſes Körpers überzeugen. Indeſſen bleibt oft ein Theil deſſelben an der Stelle ſeiner Entſtehung hängen, ja man kann ihn zuweilen in den Poren der ſchwammigen Maſſe entdecken, aus welchen er ausſchwitzte. Die größten Stücke vom Tabaſheer haben gewöhnlich einen Ueberzug von der innern Membran des Rohres, auf welcher ſie ſich bildeten.

Wenn man mehrere Rohrpflanzen öffnet, ſo zeigt ſich der eingeſchloſſene Tabaſheer mit verſchiedenem Aeußern. War das Rohr durchbohrt, ſo hat er ein braunes und ſchmuziges Anſehen, welches offenbar ſeinen Grund in dem Zutritte von Staub hat; oft findet man die Inſecten, von welchen der Stich herrührte, unter den Fragmenten. Waren dagegen keine Löcher im Rohre, ſo iſt der Tabaſheer rein und zeigt ſich unter verſchiedenen Geſtalten, welche offenbar von der Beſchaffenheit der Säfte, der Art ihrer Durchſickerung und der Zeit ihrer Erhärtung abhängen. Die verſchiedenen Varietäten des Tabaſheer's ſcheinen darnach folgende zu ſeyn:

1) Die ſchönſte Varietät, welche auch zugleich die ſeltenſte iſt, hat bei reflectirtem Lichte eine ſchöne azurblaue Farbe, und iſt bei durchgehendem Lichte ſchwach gelblich. Sie läßt ſich leicht zwiſchen den Fingern zerreiben, und hat eine gleichſam luftige und körperloſe Textur (it has an aërial and unsubstantial texture), nach welcher wir uns vergeblich bei irgend einem andern feſten Körper umſehen; das Seitenſtück zu ſeiner Bildung findet ſich im Mineralreiche bei einigen der beſſern Halbopale, welche den edeln Varietäten ſehr nahe kommen.

2) Eine andre Varietät des Tabaſheer's reflectirt ein gelbes Licht, etwa wie molybdänſaures Bley, und läßt Licht von röthlichgelber Farbe durch. Sie hat große Aehnlichkeit mit einigen von den gelben Halbopalen.

3) Eine dritte Varietät iſt faſt weiß mit einem ſchwachen Anſtriche von Blau, und iſt an den Ecken durchſichtig wie Cacholong.

4) Eine vierte Varietät ſieht aus wie Kalk und iſt vollkommen undurchſichtig.

Obgleich die bisher genannten die gewöhnlichen Arten ſind, ſo findet man doch bei der Unterſuchung zahlreicher Stücke noch manche Eigenthümlichkeiten in der Structur. In einigen fand Brewſter einen Körper, welcher große Aehnlichkeit mit Jaspis hatte, und bei einem Stück war die Oberfläche mit einem glänzenden Email überzogen, welcher vollkommen den Glanz von reinem Quarz beſaß *).

Brewſter fand das ſpec. Gewicht vom trocknen undurchſichtigen Tabaſheer 2.059; von mit Waſſer getränktem 1,320; von durchſichtigem Tabaſheer trocken 2,412; mit Waſſer getränkt 1,396.

Der Tabaſheer fühlt ſich im Munde ſandig an, und erzeugt eine Empfindung wie Magneſia; aber mit einem ekelhaften Geſchmack. Er iſt zerbrechlich und läßt ſich leicht pulvern.

Zu den merkwürdigſten Eigenſchaften des Tabaſheers gehört ſeine geringe Brechbarkeit des Lichts, welche kleiner als bei irgend einem andern feſten oder flüſſigen Körper iſt, wie ſich aus folgender Tafel ergiebt:

---

*) Ueber eine andre merkwürdige, von Macie beſchriebene, Varietät vgl. ſeine Abhandlung, oder Schweigg. J. N. R. XXII. 420.

	Brechungsverhältniß
Luft	1,000
Tabasheer	1,111
Waſſer	1,336

wonach er alſo in ſeinem Brechungsverhältniß der Luft näher, als dem Waſſer ſteht. Doch iſt das hier angegebene Brechungsverhältniß das kleinſte, welches Brewſter fand; denn andre Stücke von größerer Dichtigkeit brachen auch das Licht ſtärker, ſo daß das Brechungsverhältniß bei verſchiedenen Stücken zwiſchen 1,1114 und 1,1825 ſchwankte.

Die Hitze hat nach Turner nur eine geringe Einwirkung auf den Tabasheer. Wird er bis 80° R. erhitzt, ſo entweichen Luft und Waſſer, von welcher das letztre weder ſauer noch alkaliniſch wirkt. Der Gewichtsverluſt iſt gering und in den verſchiedenen Varietäten verſchieden. So fand Turner den Gewichtsverluſt bei einem kalkigen Tabasheer 0,838 p. C.; bei einem durchſcheinenden 1,62 p. C. und bei einem durchſichtigen 2,411 p. C. Wird er hierauf der Atm. ausgeſetzt, ſo erhält er durch Abſorption von Luft und Feuchtigkeit ſehr bald ſein urſprüngliches Gewicht wieder. In der Rothglühhitze werden alle Varietäten etwas dunkel; ſie erhalten ihr Anſehen indeß bald wieder; zugleich ſteigt eine kleine Menge Rauch mit einem empyreumatiſchen Geruche auf, und die Feuchtigkeit, welche jetzt entweicht, reagirt ſauer; welche Erſcheinungen auf Zerſetzung von etwas vegetabiliſcher Mat. beruhen. Durch dieſe bis zum Rothglühen getriebene Erhitzung verlor die kalkige Varietät 1,277 p. C., die durchſcheinende 3,84 p. C. und die durchſichtige 4,518 p. C. — Dieſer, durch das Rothglühen erzeugte, Verluſt wird durch Ausſetzen an die Luft nicht ganz wiedererlangt.

Taucht man irgend eine von den Varietäten des Tabasheer's in Waſſer, ſo findet ein Aufbrauſen Statt, welches von der ſchnellen Entweichung der Luft aus den Poren herrührt. Das Volumen der entwichenen Luft iſt nach Turner wenigſtens eben ſo groß, ja in den ſchönern Stücken noch größer, als das des Körpers ſelbſt. Hat die Luftentwickelung aufgehört, ſo geht das Licht in größerer Menge durch die durchſichtigen und die durchſcheinenden Stücke; die kalkige Art aber bleibt auch jetzt noch undurchſichtig.

Der Raum, welchen die Poren einnehmen, verhält ſich nach Brewſter zu dem von der feſten Maſſe angefüllten nahe wie $2\frac{1}{2}:1$. Das Gewicht der abſorbirten Waſſermenge iſt demzufolge größer als das Gewicht des Körpers ſelbſt. Nach Turner, wenn man das Gewicht des trocknen Tabasheer's mit dem der abſorbirten Waſſermenge vergleicht; ſo verhält ſich jenes zu dieſem: bei der kalkigen Varietät wie 1:2; bei der durchſcheinenden Varietät wie 1:2,32 und bei der durchſichtigen wie 1:2,24. Die Dichtigkeit dieſer drei Arten bei 56° F. (10°⅔ R.) giebt folgende Tafel. Die Zahlen der erſten Reihe wurden beſtimmt, wenn das Stück einige Stunden in kaltem Waſſer gelegen hatte; bei der zweiten Reihe wurde die Luft vollſtändiger dadurch ausgetrieben, daß man den Tabasheer einige Stunden im Waſſer kochte.

	Erſte Reihe.	Zweite Reihe.
Kalkiger Tabasheer	2,161	2,189
Durchſcheinender Tabasheer	2,148	2,167
Durchſichtiger Tabasheer	2,133	2,160.

Taucht man den Tabasheer nicht in Waſſer, ſondern bringt vielmehr einen kleinen Tropfen auf die durchſichtigſte Varietät, ſo wird der Tropfen augenblicklich abſorbirt; aber die Stelle, auf welcher er ſich befand, wird ſo weiß und undurchſichtig, als wenn ſie mit Bleyweiß überſtrichen worden. Brewſter hat dieſen Unterſchied, daß der Tabasheer durch einen kleinen Waſſertropfen weiß und undurchſichtig wird, während ſer durch eine größere Menge vollkommen durchſichtig wird, aus optiſchen, mit der geringen Brechbarkeit des Tabasheers in Bezug ſtehenden, Geſetzen erklärt.

Das Waſſer, womit der Tabasheer gekocht wird, nimmt nur eine Spur vegetabiliſcher Mat. daraus auf.

Um die Wirkung des Jods auf den Tabasheer zu erforſchen, brachte Brewſter verſchiedene theils mit Waſſer geſchwängerte, theils trockne Stücke davon in verſchiedene Glasröhren, die, nachdem eine gewiſſe Quantität Jod hinzugebracht worden, hermetiſch verſchloſſen wurden. Schon vor Anwendung von Hitze nahmen die Stücken eine gelbe Färbung an, welche ſich bis in Blaßorange vertiefte und in einem der Stücke erſchien eine geaderte Structur. Als das Jod durch Hitze in Dampf verwandelt ward, rötheten ſich die Stücken immer mehr und mehr; die durchſichtigen Stücken wurden wie garnets; die undurchſichtigen wie Stücke von rothem Ziegelſtein: und nach 2 bis 3 Tagen wurden die undurchſichtigen Stücken vollkommen durchſichtig. Nachdem der Tabasheer aus den Röhren herausgenommen worden, entwich das Jod allmälig wieder daraus.

Nach Brewſter behält der reine Tabasheer ſeine Farbe und optiſchen Eigenſchaften nicht nur, wenn er der Siedhitze oder Rothglühhitze, ſondern ſelbſt wenn er der Weißglühhitze für ſich ausgeſetzt wird. Setzt man ihn jedoch in Papier gewickelt dem Feuer aus, ſo wird er ſchwarz oder bräunlich ſchwarz, und die Schwärze nimmt mit Wiederholung der Operation an Tiefe zu. Taucht man ihn dann in Waſſer ein, ſo entwickelt er die eingeſchloſſene Luft, wiewohl minder ſchnell als zuvor, und zerbrochen und geſtoßen zeigt ſich ſein Pulver von ſchwarzer Farbe. Wird der geſchwärzte Tabaſheer der Rothglühhitze ausgeſetzt, ſo nimmt er ſeine urſprüngliche Weiße und alle ſeine frühern Eigenſchaften wieder an.

Nach John brennt ſich auf der Kohle vor dem Löthrohr die Farbe des Tabaſheers ſchwarz, dunkelblau, dann hellblau, dann wieder weiß, indem ſie ihr urſprüngliches Anſehen wieder erhält. Endlich verwandeln ſich die Stücke in einen glasartigen Körper, oder eigentlich, ſie erhalten einen ſtärkern Glanz und werden faſt vollkommen durchſichtig (wenn ſie es nicht ſchon vorher waren). In dieſem Zuſtande, nicht aber im friſchen, unveränderten, greifen ſie Glas an. Auch erhalten ſie mehr Feſtigkeit und zerſpringen nicht ſchon durch einen leiſen Druck, wie im natürlichen Zuſtande.

Die Zuſammenſetzung des Tabaſheer ſcheint nicht immer identiſch zu ſeyn: Fourcroy und Vauquelin fanden (in ſüdamerikaniſchen): 70 Kieſelerde; 30 Kali, nebſt unbeſt. Menge von Waſſer, Kalk und Pflanzenſtoff. — John fand darin 72 p. C. Kieſelerde; außerdem eine geringe Menge Kalk, Thonerde, Eiſenoxyd, vegetabiliſche Subſtanz und Waſſer. Den 20 p. C. betragenden Verluſt bei der Analyſe ſchreibt er vermuthungsweiſe ebenfalls auf Rechnung von Kali. — Turner fand oſtindiſchen Tabaſheer blos aus Kieſelerde, mit einer kleinen Menge von Kalk und vegetab. Mat., ohne alles Kali, beſtehend; ſo wie auch Macie in dem von ihm unterſuchten Tabaſheer blos Kieſelerde entdeckte.

An der Rinde ausgetrockneter kreideartiger Saft alter Roßkaſtanienbaumexulcerationen. (Aesculus hippocastanum). —

Die Roßkaſtanienbäume, welche bereits einen vollkommenen Grad des Wuchſes erreicht haben und in ſehr gutem Boden ſtehen, werden ſehr häufig von Geſchwüren befallen. Die Gauche dieſer Geſchwüre verliert, indem ſie von der Oberfläche der Bäume herabträufelt, ihre Feuchtigkeit und überzieht die Rinde am Fuße der Bäume in Geſtalt einer weißen, in das Graugelbliche ziehenden, Incruſtation von 1 Lin. bis zu 1 Zoll Dicke; welche der Rinde zuweilen das Anſehen giebt, als ſey ſie mit einem Kreidebrei überzogen. John fand dieſe kreideartige Mat. beſtehend aus: 36,50 khlſ. Kalk; 6,00 khlſ. Magneſia; nahe 4,00 khlſ. Kali mit etwas eſſigſ. Kali; 3,00 phosphorſ. Kali mit Spuren von ſalzſ. Kali; 12,00 eiſengrünendem Gerbſtoff mit gummöſen Theilen, mit Spuren von Extractivſtoff und mit einer Magneſiaverbindung; 1,00 phosphorſ. Kalk mit Spuren von Eiſenoxyd; 37,00 Waſſer; 0,50 Kieſelerde (vielleicht nur zufällig). (John chem. Schr. VI. 18.).

Sogenannte Cocosſteine. — Leſſon brachte von ſeiner Reiſe um die Welt mehrere ziemlich große Steine mit, die angeblich in gewiſſen Arten von Cocospalmen gefunden werden ſollen. Vauquelin hat einen dieſer Steine unterſucht, und gefunden, daß er aus nichts als kohlſ. Kalk beſteht. Die Farbe dieſes Steins war weiß mit einem etwas ſchillernden Reflexe; ſeine Geſtalt olivenähnlich; ſeine größere Axe maß beinah 4, die kleinere ungefähr 3 Lin. Das ſpec. Gewicht betrug 1,78. In der Richtung der großen Axe in zwei Hälften geſchnitten zeigte er einen Kern und mehrere concentriſche Schichten. Gegen das Licht gehalten, erſchien er halbdurchſichtig. (Journ. de pharm. 1826. avril.; août; letztre Abhandlung auch in Schweigg. J. N. R. XX. 114.).

Steine in Birnen. — Die ſogenannten Steine in den Birnen kommen nach Bilz mit der Holzfaſer überein (Trommsd. N. J. XIV. St. 2. 181). — Vauquelin fand in Birnenſteinen eine kryſtalliſirte holzige Subſtanz; etwas Satzmehl und kohlenſ. Kalk (Crell chem. Ann. 1798. 328).

Verſteinerte Nüſſe. — Marx erhielt aus Irland mehrere haſelnußartige Körper, von denen bemerkt war, daß es in Carneol verſteinerte Nüſſe ſeyen, welche im Meeresſande zu Carrickfergus in der Grafſchaft Antrim gefunden wurden. Die Geſtalt derſelben war die der wildwachſenden, reifen Corylus avellana. Bei einigen waren die äußern Schaalen feſt an einander geſchloſſen, bei andern klafften ſie oben etwas aus einander. Ihr ſpec. Gewicht war doppelt ſo groß als das des reinen Waſſers. Nach Wegnahme der Schaalen, worin ſich häufige und tiefe parallele Streifungen zeigten, ſah man den Kern mit der braunen, etwas faſrigen, Saamenhaut feſt umgeben. Dieſe entfernt, ließ ſich eine durchaus ſteinerne, außen mehr weißliche oder bläuliche, innen honiggelbe, Maſſe erkennen, von theils faſrigem, theils blättrigen, Bruch. Eine ſo geöffnete Nuß war im Innern ganz dicht, eine andre hatte von Außen ſich hinein erſtreckende Höhlungen, die mit kleinen Kryſtallen beſetzt waren. Die genauere Unterſuchung der einzelnen Theile gab folgendes Reſultat:

1) Die äußere Schaale hatte ganz das Anſehen und die Structur der gewöhnlichen. In die Lichtflamme gehalten entzündete ſie ſich; im Platinlöffel eingeäſchert hinterließ ſie eine geringe Menge alkaliſcher Aſche.

2) Die braune Saamenhaut verglimmte über der Flamme und verwandelte ſich bald in eine weiße Maſſe von gleichem Umfang. Dieſe in Säuren geworfen löſete ſich darin unter heftigem Aufbrauſen gänzlich auf.

3) Der Kern löſete ſich unter den gleichen Erſcheinungen auf und beſtand ebenſo aus kohlenſaurem Kalke. Die verſchiedenen gelblichen oder bläulichen Stücke deſſelben wurden in der Löthrohrflamme ſchwarz und zerſprangen mit Kniſtern. Die geglüheten Stücke in Salpeterſäure aufgelöſt, abgedampft und durch Reagentien geprüft, erwieſen ſich als reines Kalkſalz, ohne eine Spur von Eiſen oder einem andern mineraliſchen Stoffe. (Schweigg. J. N. R. XIX. 135.) *).

Galläpfel. — Wir erhalten die Galläpfel von Quercus infectoria und mehrern andern, im Orient einheimiſchen, Eichenarten, z. B. Q. cerris und aegilops. Sie entſtehen an den Blättern und Blattſtielen durch den Stich kleiner Inſekten aus der Gattung Cynips. — Die beßten Galläpfel kommen von Aleppo. — Nach **Davy**: 26,0 Gerbſtoff; 2,4 Gummi und durch das Verdunſten unlöslich gewordene Subſtanz; 63,0 Holzfaſer; 6,2 Gallusſäure mit etwas Extractivſtoff; 2,4 Kalkſalze u. a. Salze (Gehlen n. a. J. IV. 361). — **Braconnot** erhielt viel mehr Gallusſäure, als **Davy**, nämlich 20 p. C.; auch ſchließt er aus der Erſcheinung, daß Staub von Galläpfeln, mit Waſſer hingeſtellt, in geiſtige Gährung übergieng, auf Zuckergehalt. — **Bouillon Lagrange** erhielt durch Deſtillation mit Waſſer Eſſigſäure, **Hagen** dagegen ein talgartiges äth. Oel, ½ Unze auf 6 Pfund Galläpfel. **Trommsdorff** fand Gyps in den Galläpfeln. — Ueber die Darſtellung und Beſchreibung des Gerbſtoffs aus den Gallapfeln vgl. (Rep. I. 579. II. 683). Ueber Reactionen des Galläpfelaufguſſes vgl. (Rep. I. 583. II. 151). Ueber Bereitung der Tinte vgl. (Rep. I. 606).

Mehlthau. — Beſteht in einem mehlartigen Ueberzuge der obern und untern Theile der Blätter, welcher ſich beſ. bei den Pflanzen von Melonen, Kürbißen, Gurken, Hülſenfrüchten häufig als Krankheit zeigt, namentlich nach häufigem Regen und darauf folgender anhaltender Dürre. Läßt ſich leicht mit dem Meſſer wegnehmen; zeigt unter dem Mikroſkop keine regelmäßige Theilchen. Einige davon glänzen wie Stärkmehlkörner. Iſt nicht mit Honigthau zu verwechſeln. — Die mit dem Meſſer abgenommene weiße Subſtanz iſt geruch- und geſchmacklos; ballt ſich zwiſchen den Fingern zuſammen; läßt ſich fettig anfühlen, nimmt in der Handwärme die Conſ. des Talgs an, wird in einem Löffel über einer Lichtflamme erhitzt, dürr, zerreiblich und verliert das fettartige Anfühlen; bräunt ſich bei ſteigender Hitze, wird ſchwarz, verkohlt ſich endlich ganz unter Entwickeung eines Rauchs von Bratengeruch, und läßt eingeäſchert ein wenig einer weißen, größtentheils aus khlſ. Kalk beſtehenden, Aſche. Kochendes Waſſer ſcheint nichts davon aufzulöſen. Kochender Alkohol nimmt einen großen Theil davon auf; aus dem heiß filtrirten Auszuge ſcheidet ſich beim Erkalten ein Antheil Wachs in Flocken ab, während ein andrer noch gelöſt bleibt und ſich durch W. fällen läßt. Aetzkalilauge nimmt über die Hälfte vom Mehlthau auf und die Miſchung ſtößt beim Erhitzen einen Seifengeruch aus. Säuren ſcheiden das Aufgelöſte als eine fettähnliche Subſtanz ab (Einhof in Gehlen J. V. 368).

---

*) Hier ſind zugleich andre Fälle beobachteter Verſteinerungen von Früchten zuſammengeſtellt.

Weinſtein (rother käuflicher). — Nach John: 90 Weinſtein; 1 röthliches, in Aether lösliches, nach Vanille riechendes, Weichharz; 2 ponceaurothe, dem Harze und Extractivſtoff verwandte, Materie; 4 kirſchrothe Holzfaſer mit etwas ſaurem weinſteinſ. Kalk (John chem. Schr. VI. 10).

Gasarten in den Höhlungen verſchiedener Gewächſe.

Literat. — Ann. de Chim. LXXXVIII. 89.

Nach den Unterſuchungen von Prieſtley, Darwin und Bidaut de Villiers ſcheint es, daß die Luftarten, welche man in den Höhlungen verſchiedener Gewächſe findet, ſich größtentheils von der atmoſphäriſchen nicht weſentlich unterſcheiden. — Bidaut unterſuchte die Luftart in den hohlen Blättern von Allium cepa L., in den Blattſtielen von Melo pepo L., in den Schoten von Colutea arborescens L. und Pisum sativum L., in den häutigen und blaſenartigen Kapſeln, welche die Frucht von Staphylea pinnata L., ſo wie in denen, welche die Saamen von Nigella damascena L. umgeben, in den Stengeln von Borago off., von Conium maculatum, von Sonchus oleraceus, und fand mit faſt übereinſtimmenden Reſultaten, daß dieſe Luftarten das Athmen und Verbrennen eben ſo gut als die gemeine Luft unterhalten, Kalkwaſſer nicht trüben, auf Pflanzenpigmente nicht reagiren, mit Wſſſt. detonirt einen faſt ganz eben ſo großen Rückſtand laſſen als gemeine L. — Doch ſcheint dieß von der Luft der Blätter und Stengel blos vor dem Blühen zu gelten; wenigſtens fand Bidaut bei Blättern von Allium cepa und Stengeln von Conium maculatum, daß die Luft derſelben, beim Blühen oder nach dem Blühen geprüft, brennende Kerzen löſchte oder ihr Brennen minderte; Hubert fand auch, daß dieß durch die Luft in den Höhlungen von Arundo bambos L. geſchah.

Holz.

Literat. — Vergl. die im Rep. I. S. 812 bei der Pflanzenfaſer angeführte Literat.; **ferner**: G. L. **Hartig's** phyſikal. Verſuche über das Verhältniß der Brennbarkeit der meiſten Teutſchen Wald-Baumhölzer. 3te Aufl. Herborn. 1807. — **Stoltze** gründliche Anleitung, die rohe Holzſäure zur Bereitung des reinen Eſſigs u. ſ. w. zu benutzen. Halle und Berlin. 1820. — **Slevogt** Beiträge zu den verſchiedenen Wachsthumsperioden der Nadelholzſtämme in Femmelwäldern in Hermbſt. Arch. II. H. 1. S. 161. — **Nau** Bemerkungen über die Phyſiologie und Zergliederung der Holzgewächſe; über die Hitzkraft der verſchiedenen Holzarten, das Verhältniß der friſchen und der der Luft ausgeſetzten Kohlen zum Holz und das abſolute Gewicht der Kohle, das von jedem Cubikfuß Holz gewonnen wird, in Hermbſt. Arch. III. H. 1. S. 160. — **Werneck** Verſuche über das Verkohlen der vorzüglichſten Holzarten, über die aus ihnen erzeugten Kohlen mit beſonderer Rückſicht auf ihren Gehalt an Kohlenſtoff und auf das abſolute Gewicht derſelben, in Hermbſt. Arch. V. H. 1. S. 21. — **Liebhaber** Verhältniß der Brennbarkeit der Hölzer. Braunſchweig. 1808. — **Schmidtmüller** über Erwärmung des Holzes in Gilb. Annalen. XIV. 306. —

Specifiſches Gewicht der Holzarten. — **Werneck** in Hermbſt. Arch. VI. H. 1. S. 79. — **Hartig** in d. o. a. Schr., Tabelle zu Ende. — **Leslie** in Kaſtn. Arch. VIII. 329. — **Muſſchenbroeck** in ſ. Introductio ad philos. nat. Lugd. Bat. 1762. — **Davyes** in Phil. transact. Num. 488. Art. 9. — **Briſſon** in ſ. Werk über ſpec. Gewichte. —

Phosphorescenz des faulen Holzes. — Placidus Heinrich in ſ. Werk über Phosphorescenz der Körper. 3te Abhandl. S. 315 *). —

Aſche der Hölzer. — **Berthier** in Ann. de Ch. et de Ph. XXXII. 240. — **Pertuis** in Ann. de Ch. XIX. 157; ausgez. in Scherer J. IX. 35. — **Werneck** in Hermbſtädts Archiv. VI. H. 1. S. 62. — **Piſſis** in Voigt Magaz. f. d. n. Zuſt. der Nat. IV. S. 244.

Das Holz ſämmtlicher Bäume beſteht zum größten Theil, nämlich zu 96 bis 98 p. C., aus Holzfaſer, und beſitzt daher deſſen meiſte Eigenſchaften; im Uebrigen enthält es nach Beſchaffenheit ſeiner Abkunft noch harzige, gummige, färbende, extractivſtoffartige, ſalzige, auch wohl andre Stoffe, wie aus den ſchon angeführten Reſultaten der Analyſe einzelner Holzarten erhellt. Hier iſt es um eine allgemeine Betrachtung der phyſikaliſchen Eigenſchaften des Holzes zu thun; indem wir hinſichtlich ſeines Chemiſchen auf die Betrachtung der Holzfaſer (Rep. I. 812) verweiſen.

---

*) Hier findet ſich S. 313 eine Literatur auch der frühern Unterſuchungen über die Phosphorescenz des Holzes.

Spec. Gewicht. — **Rumford**, um das ſpec. Gewicht verſchiedener Holzarten zu prüfen, trocknete feine Späne derſelben erſt auf einer Porzellanſchaale in einem anhaltend, auf ungefähr 245° F. ($118\frac{1}{3}$° C.) geheitzten, Ofen und nahm ſie von Zeit zu Zeit heraus, um zu prüfen, ob ſie noch Gewichtsverluſt erlitten. Als nach 2 Stunden kein ſolcher mehr erfolgte, that er die gewogenen, als waſſerfrei zu betrachtenden, Späne in klares Seinewaſſer, welches zu Austreibung der Luft ſchon einige Zeit geſotten hatte, und ließ ſie darin eine Stunde unter fortdauerndem Sieden. Nachdem das Ganze auf 60° F. ($15\frac{5}{9}$° C.) abgekühlt war, wurden ſie mit der Vorſicht, ſie nicht wieder an die Luft zu bringen, im W. gewogen und durch Vergleichung des ſo gefundenen relativen Gewichts mit dem vorher beſtimmten abſoluten das ſpec. Gewicht ausgemittelt. Ueberraſchend iſt das Reſultat, was ſo erhalten wurde, einerſeits, daß das ſpec. Gewicht der feſten Theile des Holzes faſt um die Hälfte größer iſt, als das des Waſſers *); andrerſeits, daß es in allen Holzarten nahe gleich gefunden wird **), wie dieß aus der Ueberſicht folgender Tabelle erhellt, in welcher Rumfords Reſultate über dieſen Gegenſtand vereinigt ſind:

Holz-Art.	Ihr Gewicht			Spec. Gew. der feſten Theile.	Gewicht ein. 6 Kubikz. der feſten Theile.
	lufttrocken.	im Ofen völlig ausgetrocknet.	im Waſſer bei 60° F. gewogen.		
	Grm.				Grm.
Pappel	10	8,045	2,629	14854	29,45
Linde	—	8,121	2,651	14846	29,40
Birke	—	8,062	2,632	14848	29,44
Tanne	—	8,247	2,601	14621	28,96
Ahorn	—	8,137	2,563	14599	28,95
Buche	—	8,144	2,832	15284	30,30
Ulme	—	8,180	2,793	15186	30,11
Eiche	—	8,336	2,905	15344	30,42
			Waſſer	10000	19,83

---

*) Daß das Holz im gewöhnlichen Zuſtand leichter als Waſſer gefunden wird, rührt daher, daß es als eine ſehr poröſe Maſſe zu betrachten iſt, deren Zwiſchenräume mit Luft und Feuchtigkeit angefüllt ſind.

**) Wahrſcheinlich würde es ganz gleich gefunden worden ſeyn, wenn ſtatt des ganzen Holzes blos die von allen extractiven Theilen befreite Holzfaſer angewandt worden wäre.

Außer Rumford haben auch mehrere Andre Unterſuchungen über das ſpec. Gewicht der Holzarten angeſtellt, worüber man in der angeführten Literatur Auskunft finden kann. Ich begnüge mich, hievon die Reſultate der mit vorzüglicher Ausführlichkeit und Berückſichtigung beſonderer Umſtände angeſtellten, Verſuche von Werneck und Hartig anzuführen.

Werneck verfuhr bei der Ausmittelung folgendermaßen:

Er ließ im Monat December die unten angezeigten, theils in flach und niedrig liegenden Hainen, entweder geſchloſſen oder zerſtreut, und auf die nämliche Weiſe auf ziemlich hohen Bergen aufgewachſenen und vollkommen ausgebildeten geſunden Waldbaumarten fällen und von einem jeden Baum, unmittelbar über dem Waldhieb, ſo viel abnehmen, als zu den vorgehabten Verſuchen erfoderlich war. Aus dieſem Holze wurden mehrere 14zöllige und noch geringere Würfel gebildet und abwechslungsweiſe ſo lange in erwärmte, und in die Temp. von 150° bis 160° F. verſetzte, Backöfen gelegt, bis ſie nichts mehr an ihrem Gewicht verloren. In dieſen Zuſtand verſetzt wurden ſie alsdann in vollſtändige 12zöllige Würfel umgearbeitet und an einem vollkommen trocknen Orte bis zu ihrem Gebrauch aufbewahrt.

Von dieſen Hölzern wurde jezt ſo viel genommen, als erfoderlich war, um daraus Würfelchen zu bilden, wovon jede Seite wenigſtens 16 par. Lin. enthielt. Dieſe wurden in einer in der Temp. von 180° bis 225° F. befindlichen Bratröhre eines Stubenofens frei aufgehängt und ſo lang gelaſſen, bis ſie nichts Merkliches mehr an Gewicht verloren. Nun wurden ſie in vollſtändige zöllige Würfel umgeſchaffen und zur Beſtimmung ihres ſpec. Gewichts durch Abwägen (in Verbindung mit einem Bleygewicht) in filtrirtem Regenwaſſer bei ungefähr 64° F. und Bar. zwiſchen 27'' und 28'' geſchritten *).

Die Reſultate, die ſolchergeſtalt für die ſpecifiſchen Gewichte erhalten wurden, ſind in der erſten Spalte der nachfolgenden Tabelle vereinigt.

Da es praktiſch wichtig war, die Veränderungen im ſpec. Gewicht kennen zu lernen, welche durch das Flößen des Holzes veranlaßt werden, ſo nahm Werneck von jeder der unten folgenden Holzarten einen von den vorräthigen, ganz vollkommen zugerichteten, in den möglichſt höchſten Grad der Trockenheit verſetzten, Würfeln und legte ſie in einen lebhaft fließenden Bach, worin ſie 42 Tage gelaſſen, darauf abgetrocknet, in erwärmte Backöfen gelegt und wiederum ſo lange darin gelaſſen, bis ſie nichts mehr an Gewicht verloren, darauf gewo-

---

*) Dabei ward angenommen, daß 1 par. Cub. Fuß des Regenwaſſers unter dieſen Umſtänden 70 Pfund franz. Trey-Gewicht wiege.

gen wurden. Die ſo gefundenen Gewichte ſind in der zweiten Spalte der folgenden Tabelle vereinigt.

	Spec. Gew. des getrockn. nicht geflößt. Holzes, gegen Waſſer = 1	Spec. Gewicht getrockneten geflößten Holzes.
1. **Buchenholz**, Fagus sylvatica Linn.		
a) Auf der Ebene geſchloſſen aufgewachſen	0,560	0,537
b) — — — iſolirt oder doch ſehr zerſtreut	0,555	0,529
c) Auf Bergen geſchloſſen aufgewachſen .	0,569	0,550
d) — — — iſolirt	0,563	0,545
2. **Traubeichenholz**, Quercus robur.		
a) Auf der Ebene geſchloſſen aufgewachſen .	0,663	0,615
b) — — — iſolirt	0,659	0,626
c) Auf Bergen geſchloſſen	0,673	0,657
d) — — — iſolirt	0,666	0,639
3. **Stieleichenholz**, Querc. pedunculata. L.		
a) Auf der Ebene geſchloſſen aufgewachſen	0,633	0,611
b) — — — iſolirt	0,628	0,602
c) Auf Bergen geſchloſſen	0,644	0,627
d) — — — iſolirt	0,638	0,620
4. **Birkenholz**, Betula alba. Linn.		
a) Auf der Ebene geſchloſſen . . .	0,598	0,580
b) — — — iſolirt	0,592	0,569
c) Auf Bergen geſchloſſen	0,607	0,589
d) — — — iſolirt	0,601	0,584
5. **Schwarze Erlen**, Betula alnus Linn.		
a) Auf einem **naſſen** Boden aufgewachſen	0,421	0,399
b) Auf einem nur **feuchten** Boden .	0,430	0,408
c) Auf einem **trocknen** und etwas erhabenen Boden	0,443	0,425
6. **Eſchen**, Fraxinus excelsior. Linn.		
a) Auf der Ebene geſchloſſen . . .	0,619	0,597
b) — — — iſolirt	0,608	0,583
7. **Ulmen**, Ulmus campestris. Linn.		
a) Auf der Ebene geſchloſſen . . .	0,518	0,497
b) — — — iſolirt	0,508	0,583
8. **Ahorn**, Acer pseudoplatanus.		
a) Auf der Ebene geſchloſſen . . .	0,618	0,596
b) — — — iſolirt	0,605	0,579
9. **Aspen**, Populus tremula.		
a) Auf der Ebene in geſchloſſenem Stangenholz	0,418	0,398
b) — — — iſolirt	0,406	0,376

	Spec. Gew. des getrockn. nicht geflößt. Holzes, gegen Waſſer = 1	Spec. Gewicht getrockneten geflößten Holzes
10. **Schwarz-Pappeln**, Populus nigra.		
Auf der Ebene iſolirt	0,346	0,312
11. **Vogelbeerbaum**, Sorbus aucuparia L.		
a) Auf der Ebene geſchloſſen . . .	0,552	0,531
b) — — — iſolirt	0,546	0,522
c) Auf Bergen geſchloſſen	0,559	0,544
d) — — — iſolirt	0,554	0,533
12. **Vogelkirſchenbaum**, Prunus padus L.		
a) Auf der Ebene geſchloſſen . . .	0,616	0,594
b) — — — iſolirt	0,605	0,579
c) Auf Bergen geſchloſſen	0,628	0,610
d) — — iſolirt —	0,623	0,599
13. **Linden**. Tilia europaea.		
Auf der Ebene einzeln	0,413	0,388
14. **Gelbe Weiden**, Salix vitellina Linn.		
Auf der Ebene einzeln	0,454	0,431
15. **Bruchweiden**, Salix fragilis, Linn.		
Auf der Ebene iſolirt	0,461	0,439
16. **Weiße Weiden**, Salix alba.		
Auf der Ebene einzeln.	0,457	0,433
17. **Palmweiden**, Salix caprea. Linn.		
Auf der Ebene einzeln	0,501	0,428
18. **Hainbuchen**, Carpinus betulus, Linn.		
a) Auf der Ebene geſchloſſen . . .	0,691	0,675
b) — — — iſolirt	0,686	0,662
c) Auf Bergen geſchloſſen	0,702	0,687
d) — — — ſehr zerſtreut . . .	0,692	0,681
19. **Elsbeer**, Crataegus torminalis. Linn.		
a) Auf der Ebene geſchloſſen . . .	0,549	0,533
b) — — — iſolirt	0,545	0,523
c) Auf Bergen geſchloſſen . . .	0,558	0,543
d) — — — iſolirt	0,553	0,537
20. **Unächter Akazienbaum**, Robinia pseudoacacia. Linn.	0,629	?
21. **Holzbirnbaum**, Pyrus communis Linn.		
a) Auf der Ebene geſchloſſen . . .	0,602	0,585
b) — — — iſolirt	0,592	0,569
c) Auf Bergen geſchloſſen	0,615	0,599
d) Auf Bergen iſolirt	0,605	0,588

	Spec. Gew. des getrockn. nicht geflößt. Holzes gegen Waſſer = 1	Spec. Gewicht getrockneten geflößten Holzes.
22. **Holzapfel**, Pyrus malus Linn.		
a) Auf der Ebene geſchloſſen unter anderm Holz	0,630	0,614
b) — — — iſolirt	0,620	0,597
c) Auf Bergen geſchloſſen	0,641	0,627
d) — — — iſolirt	0,632	0,616
23. **Weißtanne**, Pinus picea. Linn. P. abies. Duroi.		
a) Auf der Ebene geſchloſſen . . .	0,493	0,464
b) — — — iſolirt	0,487	0,452
c) Auf Bergen geſchloſſen	0,505	0,481
d) — — — iſolirt	0,495	0,466
24. **Kiefern**, Pinus sylvestris. Linn. . .		
a) Auf der Ebene geſchloſſen . . .	0,485	0,451
b) — — — iſolirt	0,473	0,433
c) Auf Bergen geſchloſſen	0,494	0,466
d) — — — iſolirt und äußerſt zerſtreut	0,489	0,456
25. **Lerchen**, Pinus larix. Linn.		
Auf Bergen geſchloſſen	0,441	?
26. **Fichten**, Pinus abies. L. P. picea. D.		
a) Auf der Ebene geſchloſſen . . .	0,434	0,399
b) — — — iſolirt und ſehr zerſtreut	0,420	0,380
c) Auf Bergen geſchloſſen	0,444	0,414
d) — — — beinah iſolirt . . .	0,436	0,402
27. **Mehlbaum**, Crataegus aria. Linn.		
Auf Bergen geſchloſſen unter anderm Holz	0,652	?
28. **Kaſtanien**, Fagus castanea, Linn.		
Auf Bergen iſolirt	0,543	?

Es ergiebt ſich aus dieſer Tabelle: 1) daß das auf *Bergen* gewachſene Holz unter gleichen Umſtänden ſtets dichter iſt, als das auf der *Ebene* gewachſene; 2) daß *geſchloſſen* gewachſenes Holz ſtets dichter iſt, als iſolirt gewachſenes; 3) daß die Dichtigkeit des Holzes mit der Trockenheit des Bodens, auf dem es wächſt, zuzunehmen ſcheint; 4) daß das Holz durch das Flößen einen bedeutenden Verluſt an ſpecifiſchem Gewicht erfährt.

Jedoch nicht nur das ſpec. Gewicht, ſondern auch das Volumen des geflößten und wieder getrockneten Holzes fand *Werneck* bedeutend vermindert, worüber die Reſultate in folgender Tabelle vereinigt ſind.

Benennung der Holzarten.	Ein pariſer Kubikfuß.				
	Jede Seite hatte vor dem Einwerf. in das Waſſer gem.	Die Querſeiten maßen hernach	Betrag des körperlichen Verluſtes	Oder:	
	Lin.	Lin.	Kubikl.	Kubikz.	Kubikl.
1. Buchenholz.					
a) Auf der Ebene geſchloſſen	144	143	41328	23	1584
b) — — — iſolirt	144	142	82368	47	1152
2. Traubeneichenholz.					
Auf der Ebene iſolirt	144	143	41328	23	1584
3. Stieleichenholz.					
a) Auf der Ebene geſchloſſen	144	143	41328	23	1584
b) — — — iſolirt	144	142	82368	47	1152
4. Birkenholz.					
Auf der Ebene iſolirt	144	143	41328	23	1584
5. Schwarzerlenholz.					
a) Auf einem feuchten Boden	144	143	41328	23	1584
b) Auf einem naſſen Boden	144	142	82368	47	1152
6. Ulmenholz.					
a) Auf der Ebene geſchloſſen	144	143	41328	23	1584
b) — — — iſolirt	144	142	82368	47	1152
7. Eſchenholz.					
a) Auf der Ebene geſchloſſen	144	143	41328	23	1584
b) — — — iſolirt	144	142	82368	47	1152
8. Ahornholz.					
a) Auf der Ebene geſchloſſen	144	143	41328	23	1584
b) — — — iſolirt	144	142	82368	47	1152
9. Aſpenholz.					
a) Auf der Ebene geſchloſſen	144	142	82368	47	1152
b) — — — iſolirt	144	141	123120	71	432
10. Schwarzpappelholz.					
Auf der Ebene iſolirt	144	141	123120	71	432
11. Vogelkirſchenbaumholz.					
a) Auf der Ebene geſchloſſen	144	143	41328	23	1584
b) Auf der Ebene iſolirt	144	142	82368	47	1152
c) Auf Bergen iſolirt	144	143	41328	23	1584
12. Vogelbeerbaumholz.					
a) Auf der Ebene geſchloſſen	144	143	41328	23	1584
b) — — — iſolirt	144	142	82368	47	1152
13. Lindenholz.					
Auf der Ebene iſolirt	144	142	82368	47	1152
14. Gelbweidenholz.					
Auf der Ebene iſolirt	144	142	82368	47	1152

Benennung der Holzarten.	Ein pariſer Kubikfuß.				
	Jede Seite hatte vor dem Schwinden, in par. Linien gem.	Die Quantität nachher betrug	Betrug des körperlichen Verluſtes	Oder:	
	Lin.	Lin.	Kubikl.	Ku-bikz.	Ku-bikl.
15. Bruchweidenholz.					
Auf der Ebene iſolirt . . .	144	142	82368	47	1152
16. Weißweidenholz.					
Auf der Ebene iſolirt . . .	144	142	82368	47	1152
17. Palmweidenholz.					
Auf der Ebene iſolirt . . .	144	142	82368	47	1152
18. Hainbuchenholz.					
Auf der Ebene ſehr zerſtreut . .	144	143	41328	23	1584
19. Birnbaumholz.					
Auf der Ebene iſolirt . . .	144	143	41328	23	1584
20. Apfelbaumholz.					
Auf der Ebene iſolirt . . .	144	143	41328	23	1584
21. Weißtannenholz.					
a) Auf der Ebene geſchloſſen . .	144	142	82368	47	1152
b) — — — ſehr zerſtreut .	144	141	123120	71	432
c) Auf Bergen geſchloſſen . .	144	143	41328	23	1584
d) — — — iſolirt . . .	144	142	82368	47	1152
22. Fichtenholz.					
a) Auf der Ebene geſchloſſen . .	144	141	123120	71	432
b) — — — ſehr zerſtreut .	144	140	163584	94	1152
c) Auf Bergen geſchloſſen . .	144	142	82368	47	1152
d) — — — ſehr zerſtreut .	144	141	123120	71	432
23. Kiefernholz.					
a) Auf der Ebene geſchloſſen . .	144	141	123120	71	432
b) — — — ſehr zerſtreut .	144	140	163584	94	1152
c) Auf Bergen geſchloſſen . .	144	142	82368	47	1152
d) — — — ſehr zerſtreut .	144	141	123120	71	432

Man kann hiernach ſchließen, daß an 1100 Klaftern Nadelholz durch das Flößen ein Verluſt von mehr als 60 Klaftern erlitten wird.

Dieſen Reſultaten ſchließe ich die Tabelle von **Hartig** an, worin das Gewicht Frankfurter Schwergewicht bedeutet. Das dürre Holz iſt ſolches, welches ſo lange getrocknet war, bis es nichts mehr an Gewicht verlor. Das Stammholz war vier Schuh über dem Waldboden genommen, und ſo, daß es verhältnißmäßig gleichviel Kernholz und Splint enthielt. Es war möglichſt darauf geſehen, daß Boden und Lage, worin die Bäume gewachſen waren, verhältnißmäßig gleich gut und der Stand

Nr.	Namen der Holzarten.	Ein rheinl. Kubikschuh wiegt				Eine Klafter zu 144 Kubikschuh Raummaße enthält Holzmasse	Eine Klafter wiegt			
		wenn er grün ist		wenn er ganz dürr ist			wenn das Holz grün ist		wenn das Holz dürr ist	
		Pfund	Loth	Pfund	Loth	Kub. Schuh	Ctr.	Pfund	Ctr.	Pfund
41	Acacien, Stammholz von 31 Jahren	—	—	40	16	82	—	—	33	21
42	Acacien, Reidelholz von 8 Jahren	—	—	44	26	74	—	—	33	16
	B. Nadelhölzer									
43	Lerchenbaum, Stammholz von 50 Jahren	60	24	31	8	98	59	53	30	62
44	Lerchenbaum, Reidelholz von 25 Jahren	—	—	29	6	74	—	—	21	59
45	Kiefern, Stammholz von 100 Jahren	60	6	36	10	100	60	18	36	31
46	Kiefern, Stammholz von 50 Jahren	—	—	35	20	98	—	—	34	91
47	Kiefernholz vom Zopfende	—	—	30	12	80	—	—	24	30
48	Kiefernholz 30jährig, und auf sehr fettem Boden gewachsen	—	—	26	8	100	—	—	26	25
49	Kiefern, Reidelholz 30jährig	—	—	28	—	74	—	—	20	72
50	Edeltannen von 80 Jahren	59	—	36	20	100	59	—	36	62
51	Edeltannen, Reidelholz von 40 Jahren	—	—	33	10	74	—	—	24	65
52	Fichten, Stammholz von 100 Jahren	57	13	31	4	100	57	40	31	12
53	Fichten, Stammholz von 60 Jahren	—	—	29	25	98	—	—	29	18
54	Fichten, Reidelholz von 40 Jahren	—	—	30	2	74	—	—	22	24

Tabelle,

woraus man das Verhältniß der Schwere der meiſten deutſchen Wald-Baumhölzer, nach dem Gewicht einzelner Kubik-Schuhe, beurtheilen — den körperlichen Inhalt einer 6 Schuh hohen, 6 Schuh breiten, und 4 Schuh im Scheit langen, folglich 144 Kubik-Schuhe Raum enthaltenden, Klafter Holz finden, und die Schwere einer ſolchen Klafter, ſowohl wenn ſie grün, als auch nachdem ſie völlig dürr iſt, erſehen kann.

Nr.	Namen der Holzarten.	Ein rheinl. Kubikſchuh wiegt				Eine Klafter iſt 144 Kubikſchuh Raum enthält Holzmaſſe	Eine Klafter wiegt			
		wenn er grün iſt		wenn er ganz dürr iſt			wenn das Holz grün iſt		wenn das Holz dürr iſt	
		Pfund	Loth	Pfund	Loth	Cub. Schuh	Ctr.	Pfund	Ctr.	Pfund
	A. Laubhölzer.									
1	Traubeneichen, Stammholz v. 200 Jahren nicht geradeſchäftig	70	31	46	22	86	61	3	40	15
2	Stieleichen, Stammholz von 200 Jahren desgl.	69	8	44	23	86	59	55	38	45
3	Eichen, Aſtholz von einem 190jähr. Stamm	—	—	40	17	64	—	—	25	9½
4	Eichen, Reidelholz von 30 Jahren	—	—	46	25	74	—	—	34	61
5	Eichen, anbrüchig Stammholz, nicht faul	—	—	34	18	80	—	—	27	65
6	Buchen, Stammholz von 120 Jahren	64	28	39	2	98	63	57	38	29
7	Buchen, Aſtholz von einem 120jähr. Stamm	—	—	37	20	70	—	—	26	33
8	Buchen, Reidelholz von 40 Jahren	—	—	42	20	74	—	—	31	54
9	Buchen, anbrüchig Stammholz, nicht faul	—	—	31	18	86	—	—	27	4
10	Hainbuchen, Stammholz von 90 Jahren	62	12	50	25	88	54	89	44	68
11	Hainbuchen, Aſtholz von einem 90jähr. Stamm	—	—	37	28	68	—	—	25	58
12	Hainbuchen, Reidelholz von 30 Jahren	—	—	46	15	70	—	—	32	52
13	Elſebeer, Stammholz von 90 Jahren	57	20	39	—	98	56	80	38	22
14	Elſebeer, Reidelholz von 30 Jahren	—	—	47	22	74	—	—	35	28
15	Eſchen, Stammholz von 100 Jahren	59	20	42	16	98	58	43	41	65
16	Eſchen, Reidelholz von 30 Jahren	—	—	44	3	74	—	—	32	62
17	Ulmen, Stammholz von 100 Jahren	62	17	36	14	92	57	82	33	52
18	Ulmen, Reidelholz von 30 Jahren	—	—	38	28	74	—	—	28	22
19	Ahorn, Stammholz von 100 Jahren	59	20	43	16	98	58	43	42	63
20	Ahorn, Reidelholz von 40 Jahren	—	—	43	31	74	—	—	32	53
21	Quitſcher, Stammholz von 60 Jahren	59	11	42	16	98	58	15	41	65
22	Quitſcher, Reidelholz von 30 Jahren	—	—	42	8	74	—	—	31	26
23	Linden, Stammholz von 80 Jahren	53	30	28	31	90	48	34	26	8
24	Linden, Reidelholz von 30 Jahren	—	—	28	12	74	—	—	20	99
25	Roßkaſtanien, Stammholz von 80 Jahren	56	27	34	26	98	55	70	34	11
26	Roßkaſtanien, Reidelholz von 30 Jahren	—	—	33	—	74	—	—	24	42
27	Birken, Stammholz von 60 Jahren	59	15	41	13	88	52	33	36	43
28	Birken, Reidelholz von 25 Jahren	—	—	31	9	74	—	—	23	16
29	Erlen, Stammholz von 70 Jahren	56	18	29	28	90	50	62	22	11
30	Erlen, Reidelholz von 20 Jahren	—	—	28	8	74	—	—	20	90
31	Aſpen, Stammholz von 60 Jahren	50	16	28	12	90	45	45	25	56
32	Aſpen, Reidelholz von 20 Jahren	—	—	25	14	74	—	—	18	82
33	Deutſch-Schwarz-Pappeln, Stammholz von 60 Jahren	50	25	24	4	90	45	72	21	71
34	Schwarz-Pappeln, Reidelholz von 20 Jahren	—	—	23	5	74	—	—	17	13
35	Italiän. Pappeln, Stammholz von 20 Jahren 18 Zoll im unterſten Durchmeſſer	50	12	25	30	90	45	33	23	34
36	Italiän. Pappeln, Reidelholz 10jährig	—	—	25	2	74	—	—	18	34
37	Weiß Baumweiden, Stammholz von 30 Jahren	65	2	32	5	86	55	95	27	65
38	Weiden, Reidelholz von 10 Jahren	—	—	26	2	74	—	—	19	28
39	Saalweiden, Stammholz von 60 Jahren	47	6	34	29	90	42	46	31	41
40	Saalweiden, Reidelholz von 20 Jahren	—	—	33	10	74	—	—	24	63

gleich frei war. Die Zeit, wo das Holz gefällt worden, war im December.

Auch *Nau* hat Beſtimmungen über das ſpec. Gewicht vieler Hölzer gegeben (in Hermbſt. Arch. III. S. 171), da er indeß auf Feuchtigkeitszuſtand und andre Nebenumſtände keine Rückſicht genommen, ſo übergebe ich ſeine Beſtimmungen.

Feſtigkeit der Hölzer. — Ueber die *abſolute Feſtigkeit* *) der Hölzer entlehne ich folgende Reſultate aus einer, mehrere Körper betreffenden, Tabelle, welche *Eitelwein* nach eignen und fremden Verſuchen gegeben hat.

---

*) Die abſolute Feſtigkeit eines Körpers wird gemeſſen, indem man ihn an einem Ende befeſtigt und zuſieht, wie viel Gewichte am andern Ende angebracht werden müſſen, damit er reißt. Zu den Gewichten iſt auch beizuzählen das Gewicht desjenigen Stücks von dem Körper, welches abgeriſſen iſt.

Holzprismen, von 1 Rheinl. Quadratzoll Querſchnitt.	Abſolute Feſtigkeit, ausgedrückt in Berliner Pfund.
Apfelbaum	10018
Birnbaum	11158
Buchen (Rothbuchen)	22360
Buchsbaum	15790
Cedern	5142
Ebenholz	13504
Eichenholz, Sommereichen vom Kerne	26600
— — zwiſchen Kern und Splint	21940
— — vom Splint	14760
— — Steineichen	22120
Erle	24740
Eſche	21485
Fichte, ſ. Rothtanne	
Granadillenholz	17028
Guajakholz	14432
Hollunder	10547
Hornbaum	20400
Kampferholz	16347
Kiefernholz vom Kerne	21400
— — vom Kerne, harzig	16160
— — zwiſchen Kern und Splint	20873
— — zwiſchen Kern und Splint, ſehr harzig	12520
— — vom Splint	18420
Kirſchbaum, wilder	13978
Linde	13870
Miſpelbaum	12028
Nußbaum	14261
Olivenholz	12814
Pflaumenbaum	11099
Rothbuchen, ſ. Buchen	
Sakkerdanholz	22784
Sandelbaumholz, rothes	10128
Steineiche	22120
Tanne, Rothtanne	10920
— Weißtanne	15400
Ulme	14857
Weide	15709
Weißbuche, ſ. Hornbaum.	
Zuckerkiſtenholz	18532.

Es erhellt aus dieſer Tabelle, daß unter den am meiſten verwendeten Hölzern das Buchen- und Eichenholz die meiſte Feſtigkeit haben.

Ueber die reſpective Feſtigkeit *) mehrerer Holzarten haben Verſuche angeſtellt: Parent, Muſſchenbroek, Belidor, Büſ-

---

*) Die reſpective Feſtigkeit eines, an ſeinen Enden befeſtigten, Körpers wird durch die Gewichte gemeſſen, die, in ſenkrechter Richtung auf ſeine Länge wirkend, erforderlich ſind, ihn zu brechen.

ſon, Girard und Eitelwein. Wir laſſen blos die Reſultate der Verſuche des letztern folgen, welche mit Berückſichtigung der meiſten in Betracht kommenden Umſtände angeſtellt ſind.

Er nahm zu ſeinen Verſuchen Holz, welches ſchon vor 2 oder 3 Jahren gehauen und ausgezeichnet gut war, ohne Aeſte, ohne Krümmungen. Jedes Stück war balkenförmig bearbeitet. Folgende Tafel giebt die Reſultate ſeiner Verſuche. Darin bedeutet K Kern, S Splint und M Mitte (d. h. daß das Holzſtück aus der Mitte zwiſchen Kern und Splint genommen iſt), L heißt die reſpective Länge des Stückes (d. h. der Abſtand der Unterlagspuncte), H die Höhe, B die Breite, T die Tiefe, zu der ſich die Mitte des Holzes im erſten Augenblicke der Belaſtung ſenkte, U die aufgelegte Laſt ſammt der Wagſchale und dem halben Gewichte des Holzes ſelbſt in Berl. Pfunden, W die größte Ordinate, bei der das Holz zerbrochen iſt. — Alle Dimenſionen ſind im Rhein. Zollmaße ausgedrückt.

	Nr. des Verſuches.	l.	H.	B.	T.	n.	W.
Kiefernholz.	1. S.	30	0,958	0,70	0,09	13	1,31
	2. S.	30	1,02	0,812	0,36	80	1,68
	3. M.	48	1,028	1,146	1,28	128	3,51
	4. K.	49	1,04	1,04	1,00	73	3,99
	5. M.	50	1,229	1,222	0,59	73	3,70
	6. M.	66	2,00	2,00	1,16	598	3,43
	7. M.	66	1,542	1,500	1,95	295	3,20
	8. M.	66	1,60	1,60	0,76	112	
	9. M.	66	2,04	1,958	1,54	681	2,82
	10. S.	70	2,00	2,00	2,35	735	3,14
	11. K.	72	1,50	1,458	1,89	239	4,50
	12. M.	72	1,276	1,276	1,90	84	
	13. M.	88	2,00	1,90	2,06	151	5,50
Sommereichen.	14. K.	48	1,18	0,89	0,60	85	3,70
	15. S.	50	1,20	1,00	1,52	183	4,23
	16. K.	66	1,50	1,50	1,66	295	4,58
	17. M.	66	1,542	1,50	1,78	295	5,00
	18. S.	66	1,96	1,46	1,59	515	3,29
	19. M.	66	2,00	2,00	1,31	682	3,61
	20. K.	66	2,08	1,46	1,12	570	3,11
	21. M.	72	1,34	1,17	2,71	182	
	22. M.	84	2,00	2,00	2,09	352	6,12 *)
Steineiche.	23. M.	42	1,13	1,48	1,34	149	2,30
	24. M.	56	1,50	1,50	0,83	240	4,12
Rothtanne.	25. M.	46	1,208	1,208	1,10	128	2,70
Weißtanne.	26. M.	49	1,00	1,00	1,38	101	3,20
	27. M.	48	1,50	1,48	1,04	348	2,21
Rothbuchen.	28. S.	32	0,82	1,00	1,15	164	2,50
	29. M.	34	0,80	1,00	0,98	128	3,00
Weißbuchen.	30. M.	42	1,00	1,07	1,32	156	3,00
	31. M.	46	1,03	1,06	2,24	183	3,02
Erlen.	32. M.	43	0,92	1,02	1,50	128	3,88
	33. S.	43	0,95	1,00	2,00	156	3,28

---

*) Beim 7ten Verſuch hatte das Holz einen Aſt, und beim 22ſten Verſuch war es über den Span geſchnitten.

Die rückwirkende Feſtigkeit *) verſchiedener Holzarten iſt von Muſſchenbroek geprüft worden. Folgendes ſind ſeine Reſultate, von Eitelwein tabellariſch geordnet; die Dimenſionen ſind in Rheinl. Zollen, die Belaſtungen in Berl. Pfunden ausgedrückt.

Holzarten.	Länge des Stückes.	Breite des Stückes.	Dicke, oder die Seite des Rechteckes, nach welcher die Biegung erfolgt iſt.	Laſt, unter welcher das Holzſtück zerbrochen iſt in
	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Berliner Pfunden.
Rothtannen.	48	0,51	0,51	68,1
	48	0,70	0,70	238,3
Linden.	48	0,50	0,50	53,8
	48	0,71	0,71	217,3
Buchen.	48	0,49	0,49	43,2
	48	0,60	0,60	74,9
	48	0,70	0,70	154,0
Eichen.	48	0,50	0,42	21,1
	48	0,60	0,60	38,0
	48	0,70	0,70	90,7
Eichen.	18	0,23	0,23	24,2
	9	0,23	0,23	97,0
	8	0,23	0,23	124,4
	12	0,35	0,35	195,1
Eſchen.	18	0,25	0,24	15,8
	6	0,25	0,24	139,2
	12	0,34	0,24	58,0
	9	0,34	0,24	105,4
	18	0,42	0,24	31,6
	11½	0,42	0,24	78,1
	11½	0,52	0,22	84,4

---

*) Dieſe wird durch die Gewichte gemeſſen, welche erfoderlich ſind, einen Körper zu zerdrücken, wenn er auf einer Unterlage liegt, die nicht weicht.

Holzarten.	Länge des Stückes.	Breite des Stückes.	Dicke, oder die Seite des Rechteckes, nach welcher die Biegung erfolgt iſt.	Laſt, unter welcher das Holzſtück zerbrochen iſt in
	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Berliner Pfunden.
Linden.	12	0,35	0,25	47,4
	11	0,35	0,25	57,0
	12	0,44	0,25	50.6
	11	0,44	0,25	50,6
	12	0,50	0,25	71,7
	11	0,50	0,25	84,4
	12	0,34	0,34	85,4
Kiefern.	12	0,42	0,25	83,3
	10	0,42	0,25	87.5
	12	0,34	0,34	143,4

Auch Girard hat über die rückwirkende Feſtigkeit Verſuche angeſtellt.

Adhäſion am Waſſer. — Huth *) hat Verſuche über die Adhäſion verſchiedener Holzarten an Waſſer angeſtellt. Er bediente ſich dazu Würfel, die in der Seite 1 Rheinl. Duodec.-Zoll hielten, und vor dem Verſuch 24 Stunden lang unter W. getaucht gehalten, damit ihre Poren ſich mit Waſſer füllten, dann in der Luft ſo weit abgetrocknet wurden, daß kein anhängendes Waſſer auf ihren Flächen ſichtbar war. Das zum Verſuche angewandte W. war 14° R. warm.

In den Spalten der nachfolgenden Tabelle iſt angegeben, wie viel Gewichtszulage zum Losreißen der zuvor ins Gleichgewicht gebrachten Würfel von der Oberfläche des Waſſers erfoderlich war.

---

*) In Gren N. J. III. 290.

Holzarten	Stärke des Waſſeranhangens an 1 Quadratzoll Fläche.	
	geſägte Stirnfläche.	Gehobelte Seitenfläche.
Kienholz . . .	56 Gran	51 Gran
Eichenholz . . .	52 —	52 —
Elſenholz . . .	53 —	54 —
Weißbuchenholz . .	56 —	54 —
Pflaumenholz . .	55 —	55 —
Birnbaumholz . .	50 —	50 —
Nußbaumholz . .	53 —	53 —
Maulbeerholz . .	54 —	54 —
Fliederholz . . .	53 —	52 —
Türkiſch Fliederholz .	51 —	53 —

Einfluß des Mondes auf das Holz. — In Frorieps Notizen (XIII. S. 49) finde ich folgende Angabe von Edmonſton (in Amerika), die ich jedoch durch keine weitern Beſtätigungen verbürgen kann: „Ich habe mich viel mit dem Einfluß des Mondes auf die Bäume beſchäftigt; denn er iſt ſo bedeutend, daß es unmöglich iſt, ihn nicht zu bemerken. Wenn man einen Baum im Vollmonde niederſchlägt, ſo wird man bemerken, daß er ſich bald ſpaltet, als wäre er durch zwei große in entgegengeſetzter Richtung aus beiden Enden wirkende, Gewalten aus einander geriſſen. Auch ſind die Bäume, welche man im Vollmonde fällt, faſt unbrauchbar. Kurz nachdem man ſie gefällt hat, werden ſie von einer Larve angegriffen, die der im amerikaniſchen Mehl anzutreffenden ähnlich iſt; ſie faulen weit ſchneller, als wenn man ſie zu einer andern Zeit des Mondes ſchlägt. Dieſe Beobachtungen treffen alle Bäume der engliſchen Colonie Südamerika's und Weſtindiens. Auch trägt man Sorge, ſie nur in dem erſten oder letzten Mondviertel zu fällen, wenn man ſie zu Bauholz verwenden will. Der Saft dringt während des Vollmondes hoch in den Baum hinauf, ſenkt ſich aber wieder herab, ſo wie der Mond ſich entfernt, und dieſe Thatſache iſt allen Arten von Bäumen gemein.

Phoſphorescenz des faulen Holzes. — Ich entlehne das hieher Gehörige auszugsweis aus dem Werke von Pl. Heinrich, der dieſen Gegenſtand am vollſtändigſten nach eignen und fremden Beobachtungen erörtert hat.

Das bekannte Phänomen der Phoſphorescenz des Holzes iſt an folgenden Holzarten durch zuverläſſige Beobachtungen bis jetzt erwieſen worden:

Birke, betula.
Buche, fagus.
Eiche, quercus.
Erle, betula alnus.
Eſche, fraxinus (Baco).
Haſelnußſtaude (Baco).
Kaſtanienbaum, fagus castanea (Spallanzani).
Tanne, pinus strobus.
Weißtanne, pinus picea.
Weide, salix.
Wallnußbaum, juglans.
Fichte, pinus sylvestris.
Baldrianwurzeln (v. Kortum).
Torf aus Moorerde und Gräſern.

Ferner fand Pl. Heinrich von demſelben Baum das Stammholz, das Innere der Rinde, die Aeſte und die Wurzeln leuchtend. Es ſcheint daher, daß die Eigenſchaft der Phosphorescenz weder auf eine beſtimmte Holzart, noch auf einen einzelnen Theil des Baumes eingeſchränkt iſt. Von unſern Hölzern ſcheinen Erlen und Weiden, Tannen und Fichten vorzüglich für dieſe Erſcheinung geeignet zu ſeyn, jene, weil ſie ſaftreich ſind, dieſe, weil ſie mehr Harz enthalten. Unter den Wurzeln fand Pl. Heinrich immer die von Pinus strobus am beſten leuchtend.

Pl. Heinrich hat gefunden, daß die eigentliche Fäulniß zur Phosphorescenz des Holzes keine weſentliche Bedingung iſt, indem das Leuchten viel früher als die wahre Fäulniß eintritt. Die dicken Wurzeln (Pfahlwurzeln) hochſtämmiger Bäume leuchten ſehr ſchön, ungeachtet das Holz im Innern der Wurzeln noch keine Spur von Fäulniß äußert. Pl. Heinrich verſichert, daß man ſich ſicher jederzeit phosphorescirendes Holz verſchaffen könne, wenn man die nach dem Fällen der Bäume zurückgebliebenen tiefgeſenkten Pfahl- oder Seitenwurzeln, nachdem ſie durch die Länge der Zeit abgeſtorben *), ausgrabe, zu Hauſe in den Keller oder ein feuchtes Behältniß lege und für wäßrige Befeuchtung ſorge. Sie werden dann unter der Rinde bald zu leuchten anfangen und lange damit fortfahren. Heinrich machte ſeine Erfahrungen hierüber hauptſächlich an den Wurzeln von der Weiß- und Rothtanne. — Will man ſich leuchtende Baumäſte verſchaffen, ſo wähle man dergleichen von einem geſunden, noch vegetirenden, Baume, befreie ſie von den dünnen Auswüchſen, vergrabe ſie ſammt der Rinde in mäßig feuchtes Erdreich und warte ſo lange ab, bis ſich an ihnen ein Anfang von Verweſung zeigt, was man ſchon an der Rinde erkennt. Unter dieſer werden ſie auch zu leuchten anfangen.

Man kann ſich auch nach Heinrich dadurch leuchtendes Holz verſchaffen, daß man in Waldungen recht alte Holzſtumpfe, an denen ſich

---

*) So lange die Wurzeln noch neue Sprößlinge austreiben, ſind ſie zum Leuchten untauglich.

bereits Spuren von Fäulniß zeigen, ausſucht; die, wenn ſie auch auswärts nicht leuchten, doch, wenn man ſie ausgräbt, im Innern ſehr ſchön phosphoresciren werden.

Zu den Bedingungen der Phosphorescenz des Holzes gehört beſonders ein gewiſſer Grad von Feuchtigkeit und Hemmung des freien Luftzugs.

In dem Verhältniß, als das leuchtende Holz ſeine Feuchtigkeit verliert, nimmt es auch an Licht ab. Hat es ganz zu leuchten aufgehört, ſo kann man ihm durch mäßiges Benetzen mit friſchem Waſſer und durch Verhüllen in Papier oder Leinwand die verlorne Phosphorescenz wieder ertheilen. — Gut leuchtendes Holz verliert im Sonnenſchein ſeine Leuchtkraft ſehr bald. Bringt man es in den Keller zurück und befeuchtet es, ſo wird das Leuchten nach einigen Stunden wieder erſcheinen. — Hüllt man dergleichen Holz in feuchtes Löſchpapier ein, ſo kann es bei einer Temp. von 8° bis 10° R. vierzehn Tage zu leuchten fortfahren; wird es hingegen frei aufgehangen und einem Luftzuge ausgeſetzt, ſo verliert es ſchon nach zwei bis drei Tagen allen Glanz, je nachdem der Luftzug ſtark iſt. — Schneidet man von einem erloſchenen Holzſpalten die trockne Außenfläche weg, ſo wird das Innere zu leuchten anfangen, beſonders wenn man es befeuchtet.

Die Phosphorescenz des Holzes hält ſich nach Heinrich's Verſuchen an keinen beſtimmten Grad der Temperatur. Sie kann, wenn ſie bereits angefangen hat, vom Gefrierpunct des Waſſers bis nahe zum Siedpunct aushalten; und wenn ſie unter- und oberhalb dieſer Temperaturen verlöſcht, ſo ſcheint nach den Umſtänden der Verſuche dieß blos vom Gefrieren oder Verflüchtigen der im Holze vorhandenen Feuchtigkeit herzurühren; daher ſie beim Aufthauen oder Wiederbefeuchten des Holzes wieder erſcheint. Siedendes Waſſer oder Waſſer von 65° R. benimmt jedoch dem Holze dauernd ſeine Leuchtkraft, indem es daſſelbe auslaugt; während ſich unter friſchem Waſſer das Leuchten des Holzes einen, manchmal auch zwei Tage erhielt.

In geſperrter Luft hört das Leuchten eher auf, als in nicht geſperrter, kehrt aber nach dem Herausnehmen aus dem geſperrten Raume wieder zurück. Das Aufhören des Leuchtens im geſperrten Raume kann nicht auf Verzehrung des Sauerſtoffgas beruhen; denn ein zweites, in denſelben geſperrten Raum nachher hinzugebrachtes Stück Holz leuchtet dann noch eben ſo lange darin fort, als das erſte.

Im Guerike'ſchen Vacuum ändert ſich die Phosphorescenz des Holzes nicht merklich; eben ſo wenig in der Torricelliſchen Leere, wobei jedoch zu bemerken, daß nicht vermieden werden kann, mit dem Holze ſelbſt Luft in den leeren Raum zu bringen; daher dieſe Verſuche nichts Entſcheidendes haben.

Beim Verſenken des leuchtenden Holzes in Sauerſtoffgas wird die Phosphorescenz nicht, oder nicht entſcheidend verſtärkt, auch ſcheint die Dauer der Phosphorescenz nicht beſonders verſchieden von der in atm. Luft. Durch 16tägiges Verweilen des leuchtenden, aber nicht faulen, Holzes im Sauerſtoffgaſe ſchien deſſen Volumen nicht vermindert *).

In allen irreſpirabeln Gasarten, als Stickſtoff-, Salpeter-, flußſaurem, kohlenſauren, Waſſerſtoff-, Schwefelwaſſerſtoff-Gas, hört das Leuchten eher auf, als in atm. Luft, am früheſten, ſchon nach 5 bis 10 Minuten, in Salpetergas und Schwefelwaſſerſtoffgas.

Unter Weingeiſt, welcher Schießpulver zündete, verloſch der Schein des Holzes nach 25 bis 30 Minuten, unter Schwefeläther nach 9¾ Min.; unter Olivenöl nach 12 Stunden; unter Leinöl nach 6 Stunden; unter Queckſilber hielt es über 24 Stunden aus.

Gut leuchtendes Holz in Schwefelſäure getaucht, verloſch gleich in den erſten Zeitſecunden: in Salzſäure nach 1½ bis 2 Minuten; in Eſſigſäure nach 2 Minuten; in Salpeterſäure nach 5 bis 6 Minuten; in flußſaurem Waſſer nach 24 Min.; in kohlenſ. Waſſer nach 60 Minuten. Verweilte das Holz eine Stunde lang in den erſtern 4 Säuren, ſo konnte es nimmermehr hergeſtellt werden; wurde es aber gleich nach dem Verlöſchen mit friſchem Waſſer abgewaſchen und an einen temperirten Ort hingelegt, ſo erholte es ſich wieder, leuchtete aber nachher weder ſo gut, noch ſo lange, als anderes, dieſer Probe nicht unterworfenes.

Ueber die Veränderungen, welche das Holz während der Phosphorescenz ſelbſt in ſeiner Beſchaffenheit erleidet, hat Heinrich folgende Beobachtungen gemacht. Es wurden dazu Wurzeln angewandt, die, aus der Erde genommen, noch geſund ausſahen, ſtets in einem mäßig feuchten und temperirten Keller liegen blieben, von Zeit zu Zeit ſchwach befeuchtet und ſo ihrer Phosphorescenz überlaſſen wurden.

Anderthalb Fuß lange und 1 bis 2 Zoll dicke Spalten von ſtarken Tannenwurzeln ſind nach Verlauf von 3 Monaten durchaus trocken, ohne merklichen Holzgeruch, von gelblicher, ins Rothe ſpielender, Farbe, von geringer Cohäſion, die Faſern nicht nur leicht trennbar, ſondern auch zerbrechlich, doch nicht in Staub zerreiblich (was nur von der Rinde gilt); vielmehr bleiben, beim Zerſtückeln mit der Hand, immer

---

*) Faules Holz bewirkt deutliche Verminderung des Sauerſtoffgaſes und Erzeugung von khlſ. Gaſe. Wahrſcheinlich iſt die Verminderung beim leuchtenden, noch nicht gehörig faulen, Holze nur ſo gering, um nicht bemerkt zu werden.

Partieen von Faſern, gleich den Muskeln des thieriſchen Fleiſches, beiſammen (etwa Jahrgänge?). Der Baſt iſt ſchneeweiß; die Flächen zwiſchen den angränzenden Jahrgängen ſind etwas glänzend; das in den Wurzeln vorhandene Harz hat alles Klebrige verloren, iſt zwiſchen den Fingern zerreiblich und zeichnet ſich durch den eigenthümlichen Harzgeruch kaum mehr bemerkbar aus. In wurmſtichigen Hölungen befindet ſich eine zwiſchen den Fingern zu ſehr feinem Staub zerreibliche Subſtanz, gleich dem vertrockneten Mark.

Waſſer, in welchem ſechs ſolche Spalten 48 Stunden lang bei 14° R. gelegen hatten, erhielt eine ſehr ſchöne weingelbe Farbe, war durchaus ungetrübt, roch merklich und färbte Lackmustinctur, nach Verſchiedenheit der Sättigung, ziemlich ſchnell vom Schwachröthlichen bis ins Dunkelrothe. Geſunde, ſehr trockne, Holzſpalten auf gleiche Art 60 Stunden lang in Waſſer gelegt, färbten das W. beinahe gar nicht und wirkten auch auf die Lackmustinctur kaum bemerkbar. Mittelſt der trocknen Deſtillation erhielt Heinrich aus leuchtendem Holze wenig Kohlen-Waſſerſtoffgas, nur einige Tropfen brenzliches Oel; Eſſigſäure aber wie ſonſt.

Elektriſches Verhalten des Holzes. — Ueber das elektriſche Verhalten einiger Holzarten unter einander habe ich ſelbſt einige Verſuche angeſtellt. Bekannt iſt ſchon, daß Holz im feuchten Zuſtande Leiter, im trocknen Nichtleiter iſt, und zwar nimmt es im letztern Falle durch Reiben an Tuch oder Papier ſehr ſtarke negative El. an. Um zu ſehen, wie ſich mehrere Holzarten gegen einander verhielten, ließ ich mir von jeder drei runde, ſenkrecht auf den Wuchs glatt abgedrehte, Scheiben von gleichen Dimenſionen verfertigen, die ich erſt in friſchem Zuſtande an einander rieb, ſie an iſolirenden Handgriffen von Gummilack haltend. Es zeigte ſich, daß ähnliche Holzarten ihre Stelle in der elektriſchen Reihenfolge leicht verwechſelten, im Allgemeinen aber die dichtern ſchwerern ſtets mehr nach der negativen Seite hin fielen, wie denn Ebenholz ſich ſtets gegen alle übrigen von mir unterſuchten Holzarten negativ zeigte, worauf in ungefährer Ordnung vom negativſten zum poſitivſten folgten: Orange, Kirſchbaum, Kiefer, lignum sanctum (Guajakholz), Eiche, Mahagoni, Pflaume — Linde, Ahorn, Eller, Braſilienholz und Hollunder folgten alsdann, wechſelten aber ihre Stellen ſehr gegen einander; am poſitivſten ſchienen Birke, Weißbuche, Rothbuche und Buchsbaum zu ſeyn. Wurden alle Scheiben bei gleicher Ofenwärme getrocknet, ſo zeigten ſie nach dem Erkalten keine größere Abänderung der Reihenfolge, als auch ohnedem bei Prüfung zu verſchiedenen, ſelbſt nahe liegenden, Zeiten beobachtet wurden, ſonſt aber rückten getrocknete Scheiben, gegen andre friſche Scheiben deſſelben Holzes geprüft, in der el. Reihenfolge nach dem poſitiven Ende herauf, nur mußte man ſie vorher haben erkalten laſſen, denn die Erwärmung zeigte auch bei den Holzarten ein auffallendes Streben, ihre Diſpoſition zur negativen El. zu befördern. Es zeigte ſich ferner ſtets, daß die Scheiben durch das bloße Trocknen (welches auf einem Papierbogen vorgenommen worden war) ſehr deutliche negative El. angenommen hatten, wahrſcheinlich wegen der Verdampfung des Waſſers aus ihnen.

Feuchtigkeitszuſtand und Luftgehalt des Holzes. — An der Luft zieht die Holzfaſer Feuchtigkeit an, die daher immer im nicht getrockneten Holze vorhanden iſt, zugleich mit einer nicht unbeträchtlichen Quantität Luft. Das friſche Holz enthält auch vermöge der Vegetation an ſich ſchon eine gewiſſe Quantität Feuchtigkeit oder Saft. Die Verhältnißmenge von Luft und Feuchtigkeit gegen die feſten Theile in verſchiedenen Hölzern zu beſtimmen, hat Rumford mehrere Verſuche angeſtellt, von denen wir die Reſultate zugleich mit den Verfahrungsarten, wodurch ſie gefunden wurden, angeben wollen, da ſie für ähnliche Unterſuchungen dienen können.

Eine junge, vollkommen geſunde und in vollem Wachsthum begriffene, Eiche wurde am 6. Sept. 1812 gefällt und ein cylindriſches Stück aus der Mitte des Stammes 3 Zoll über der Erde genommen, das ganz mit Saft gefüllt 181,57 Grm. wog. Beim Eintauchen in Waſſer verdrängte es von dieſem ein Volum, das bei 62° F. 188,57 Grm. wog, woraus ſich der Umfang des Holzſtückes zu 9,5093 Kubikzoll und das ſpec. Gewicht zu 9,6515 ergab. Ein Kubikzoll dieſes grünen Holzes wog alſo 19,134 Grm.

Ganz feine Hobelſpäne von dieſem Holze, an Gewicht 19,9 Grammen, verloren durch Trocknen, bei 262 F., 7,45 Grm. W. oder Saft, (der faſt daſſelbe ſpec. Gewicht wie W. hat); 1 Kubz. deſſelben alſo beſtand aus 11,971 Grm. holzigen Theilen und 7,163 Grm. Saft. Da nun nach der obigen Tafel 1 Kubz. der feſten Theile des Eichenholzes 30,42 Grm. wiegt, ſo konnten die 11,971 Grm. feſter Theile in 1 Kubz. des unterſuchten grünen Eichenholzes keinen größern Umfang haben als 0,39353 Kubz. und 7,163 Grm. Saft ſind (da 1 Kubz. Waſſer = 19,83 Grm.)

gleich 0,36122 — folglich bleibt für Luft in jenem Kubz.
Holz . . 0,24525 —

1,00000 Kubz.

Hieraus ergiebt ſich, daß das Holz von einer in vollem Wachsthum begriffenen Eiche, Anfangs Septembers, als es ganz mit Saft angefüllt ſchien, doch ungefähr $\frac{1}{4}$ ſeines Umfangs Luft enthielt, und daß die feſten holzigen Theile kaum $\frac{4}{10}$ des Umfangs betrugen.

Die leichten Hölzer enthalten nach **Rumford** noch weniger feſte Theile und mehr Luft; ſo fand er durch das nämliche Verf., als ſo eben angegeben worden, in einem Kub. Zoll friſchen Holzes, welches aus der Mitte einer, in vollem Wachsthum begriffenen jungen italiſchen, Pappel von 3 Zoll Durchmeſſer genommen war, blos 0,21289 Kub. Zoll feſte Theile; 0,21880 Saft und folglich 0,53831 Kub. Zoll Luft.

Nach **Rumfords** Verſuchen ſind die Verhältnißmengen der drei genannten Beſtandtheile des Holzes auch zu verſchiedenen Jahreszeiten und in verſchiedenen Theilen des nämliches Baumes ſehr verſchieden, wie aus folgenden Reſultaten erhellt:

	feſte Theile	Saft	Luft
1) *)	0,25353	0 44549	0,30098 = 1 Cubikzoll;
2) **)	0,26489	0,36546	0,36965 = 1 Cubikzoll;

Hienach könnte man ſchließen, daß der Stamm eines Baumes im Winter mehr Saft enthalte, als im Sommer, was jedoch Beſtätigung durch wiederholte Verſuche erfodert.

Aus folgenden Reſultaten ſcheint ferner zu erhellen, daß das Holz ein um ſo größeres Verhältniß an Saft gegen Luft enthält, je weiter nach oben es aus dem Baume genommen wird:

	feſte Theile	Saft	Luft
1) †)	0,25388	0,47599	0,27013
2) ††)	0,25713	0,37358	0,33867
3) †††)	0,28775	0,37358	0,33867

Es fand ſich nachher auch durch Unterſuchung der Jahrtriebe von dieſem Baume und von andern, daß das junge jährige Holz ein beträchtlich größeres ſpec. Gewicht hat, als das ältere; bei einer Eiche betrug es 1,16530; bei einem Ulmbaum 1,10540; auch ſinken die von der Rinde und dem Mark befreiten Jahrtriebe im W. ſchnell zu Boden, während von demſelben Baume Stücke ältern Holzes, auch wenn es ganz friſch und mit Saft gefällt iſt, ſchwimmen.

Zufolge eines Verſuchs, der jedoch nicht ſorgfältig genug angeſtellt werden konnte, fand **Rumford** im Splint eines Ulmbaums etwas weniger Holzſubſtanz, als im Kernholz. Wenn das gefällte Holz einige Zeit an freier Luft, gegen Regen geſchützt, gelegen hat, ſo verliert es zwar einen Theil ſeiner natürlichen Feuchtigkeit und vermindert dabei ſeinen Umfang, allein keineswegs trocknet es ganz aus, und ſein Waſſergehalt iſt nach dem Feuchtigkeitszuſtande und der Temperatur der Luft ſelbſt veränderlich.

---

*) Holz aus der Mitte des Stammes einer 25 bis 30 Jahr alten Linde 3 Fuß über der Erde, am 20ſten Jan. 1812 genommen.

**) Holz von einer ähnlichen Linde, am 8ten Sept. gefällt.

†) Dreijähriges Holz vom obern 1 Zoll dicken Theile eines Aſtes, der mit drei Zoll Dicke 10 Schuh über der Erde aus dem Stamme trat, genommen von der am 8ten Sept. gefällten Linde.

††) Holz vom untern Theile deſſelben Aſtes.

†††) Holz von einer 2 Zoll ſtarken Wurzel derſelben Linde.

Um zu beſtimmen, wie groß wohl in verſchiedenen Jahreszeiten der Gehalt eines blos lufttrocknen Holzes an Waſſer im Allgemeinen anzunehmen ſey, ſtellte Rumford mehrere Verſuche an, deren Detail wir hier angeben wollen.

Es wurden zu dieſen Verſuchen die feinen Hobelſpäne der verſchiedenen Holzarten zuerſt, um ſie deſto ſicherer auf gleiche Trockenheit zu bringen, zwei Stunden in Waſſer geſotten, dann 24 Stunden in einem Ofen getrocknet bei einer den Siedepunkt um ungefähr 50° F. überſteigenden Hitze, hierauf genau gewogen und, am 1. Febr. 1812, 24 Stunden an freier Luft in einem großen Saale, wo die Temperatur die Zeit über ungefähr 45 bis 46° F. war, liegen gelaſſen. Folgende Tafel gewährt die Ueberſicht des Erfolgs.

Holz-Art.	Gewicht		In letztem Zuſtande enthalten alſo 100 Theile	
	beim Herausnehmen aus dem Ofen	nach 24ſtündigem Liegen an der Luft.	an	
			trocknem Holz.	Waſſer.
	Grm.	Grm.		
Pappel italiſche .	8,58	4,45	80,55	19,45
Linde (Tiſchlerholz)	5,28	6,40	82,50	17,50
Linde (grünes Holz)	5,39	6,47	83,31	16,69
Buche . . .	7,02	8,62	81,44	18,56
Birke . . .	4,41	5,47	80,62	19,38
Tanne . . .	5,41	6,56	82,47	17,53
Ulme . . .	5,87	7,16	81,80	17,20
Eiche . . .	6,46	7,93	83,36	16,64
Ahorn . . .	4,76	5,85	81,37	18,63

Durch 8tägiges Verweilen in dem Saale nahmen dieſe Hölzer nicht merklich an Gewicht zu; wohl aber verminderte ſich dieſes, ſobald die Temperatur des Saales über 46° F. ſtieg. Man kann alſo die angegebenen Verhältniſſe als den gewöhnlichen Zuſtand von Trockenheit im Winter in unſerm Klima anſehen. Für den Sommer zeigt ihn die folgende Tafel; die angewandten Holzarten blieben nach dem Trocknen 21 Stunden in einem nach Norden gelegenen Zimmer, das ohne merkliche Abweichung eine Temperatur von 62° F. hatte.

Holz-Art.	Gewicht.		100 Theile im letzten Zuſtande enthalten alſo:	
	im trocknen Zuſtande.	nach 24ſtündigem Liegen an der Luft.	trockne Subſtanz.	Waſſer.
	Grm.	Grm.		
Ulme (Kernholz) .	10,53	11,55	91,185	8,815
— (Splint) .	11,99	13,15	91,197	8,803
Eiche (Tiſchlerholz) .	13,70	15,05	91,030	8,970
— (grün) . .	12,45	13,70	90,667	9,333
Linde (Tiſchlerholz) .	7,27	7,80	93,205	6,795
— (grün) . .	6,75	7,30	92,466	7,534
— (Wurzel) .	9,96	10,80	92,222	7,778
Ulme (Tiſchlerholz) .	9,25	10,80	91,133	8,867
Pappel italiſche .	7,50	8,00	93,750	6,250

Um den Zuſtand gewöhnlicher Trockenheit im Herbſte ebenfalls kennen zu lernen, blieben dieſe Holzarten bis zum 3. November an ihrem Orte und wurden hierauf wieder gewogen, nachdem die Temperatur mehrere Tage hindurch mit geringen Abweichungen auf 52° F. (11⅓° C.) geſtanden hatte. Die folgende Tafel legt den hier gefundenen Feuchtigkeitszuſtand, verglichen mit dem in den vorigen Jahreszeiten, vor Augen.

Holz-Art.	100 Gewichtstheile der Luft ausgeſetzt geweſener feiner Späne enthielten Waſſer:		
	im Sommer Temperatur 62° F.	im Herbſt Temperatur 52° F.	im Winter Temperatur 54° F.
Pappel . . .	6,25	11,35	19,55
Linde	7,78	11,74	17,50
Eiche	8,97	12,46	16,64
Ulme	8,86	11,12	17,20

Bei Verſuchen dieſer Art muß man natürlich das Holz in ſehr dünnen Spänen anwenden, damit es ſich mit dem Zuſtand der Atmoſphäre ſchnell ins Gleichgewicht ſetzen könne, ſonſt würde letztere oft verändert werden, ehe die Feuchtigkeit oder Trockenheit Zeit gehabt, auf das Holz ihre volle Wirkung auszuüben.

Eine mittlere Trockenheit für irgend eine Holzart, für unſer Klima, zu beſtimmen, läßt ſich unmöglich die darin enthaltene Waſſermenge jeden Tag im Jahre, und ſelbſt in jeder Stunde und Minute, ausmitteln, wie es nöthig wäre, ſondern es giebt dazu einen weniger mühſamen Weg, der dennoch zu ſo genügenden Reſultaten führt, wie der Gegenſtand irgend zuläßt. Da ein dickes Stück Holz, z. B. ein ſtarker Balken, ſehr langſam und erſt in 50 bis 60 Jahren völlig austrocknet, ſo darf man nur ein Stück aus dem Innern eines 80 bis 100 Jahr alten, gegen den Regen geſchützt geweſenen, dicken Balkens unterſuchen, um den Zuſtand des Holzes zu beſtimmen, den man als bleibend anſehen kann.

Nun fand Rumford 1 Cub. Zoll Holz aus dem Innern eines dicken eichenen Balkens, aus einem über 150 Jahr alten Schloſſe bei deſſen Niederreißung genommen, der, da er zum Zimmerwerk gehörte, gegen die Witterung geſchützt geweſen war, beſtehend aus 0,39794 feſten Theilen; 0,07186 Waſſer; 0,53020 Luft; die mittlere Temp. des Jahres zu Paris, wo das Schloß geſtanden hatte, iſt ungefähr 54½° F. (12½° C.). Es geht daraus hervor, daß unter den angegebenen Umſtänden ſo altes lange ausgetrocknetes Holz nie weniger als ungefähr 0,10 des Gewichts des Holzes Waſſer enthalten könne, und daß 1 Cub. Zoll ſolchen Holzes über ½ Cub. Zoll Luft enthalte: was ſehr wohl mit den Reſultaten in obigen Tabellen ſtimmt.

Verſuche mit Eſchen- Linden- und Kirſchbaumholz zeigten Rumford, daß ein Anfang von Verkohlung des Holzes, indem man es bis zum Braunwerden trocknet, ſeine Anziehung zur Feuchtigkeit ſehr vermindert. Durch ähnliche vergleichende Verſuche fand er, daß das trockne Holz die Feuchtigkeit ſtärker anziehe als die trockne Kohle.

Noch mögen einige Reſultate von Huth (in Gren N. J. III. 303) über das Waſſerabſorptionsvermögen verſchiedener Hölzer angeführt werden, wiewohl ſie zu abſoluten Beſtimmungen nicht ſehr tauglich ſind: denn unter trocken iſt in nachfolgender Tabelle der gewöhnliche lufttrockne Zuſtand verſtanden, unter naß der Zuſtand, in den daſſelbe Holz durch 24ſtündiges Liegen unter Waſſer gebracht wurde.

1 rheinl. duod. Cubikzoll	wog		hatte eingeſogen
	trocken	naß	
Kienholz	170 Gran	236 Gran	66 Gran
Eichenholz	178 —	200 —	22 —
Elſenholz	168 —	275 —	107 —
Weißbüchenholz	236 —	338 —	102 —
Pflaumenholz	206 —	250 —	44 —
Birnbaumholz	201 —	266 —	65 —
Nußbaumholz	203 —	252 —	49 —
Maulbeerholz	179 —	233 —	54 —
Fliederholz	191 —	264 —	63 —
Türk. Fliederholz	272 —	305 —	33 —

Verhalten des Holzes in der Wärme. — An der Luft hinlänglich erhitzt, entzündet ſich das Holz, verbrennt leicht mit heller, an kältere Körper Ruß*) abſetzender, Flamme, verkohlt ſich, und läßt, vollſtändig verbrannt, wenig Aſche**) zurück.

Wärmequantitäten, welche die verſchiedenen Holzarten entwickeln. —

Die verſchiedenen Holzarten entwickeln bei ihrem Verbrennen ungleiche Wärmequantitäten, über welche man die genaueſten Beſtimmungen durch Rumford, mittelſt ſeines Calorimeters erhalten hat, indem er unter der Oeffnung deſſelben Späne von ungefähr $\frac{1}{10}$ Lin. Dicke, 6 Lin. Breite und 6 Zoll Länge nach vorheriger Austrocknung ſo verbrannte, daß ſie eine ſchöne helle Flamme ohne den mindeſten Rauch noch Geruch und ohne einen merklichen Aſchenrückſtand gaben.

Er verglich zuvörderſt die Wärmemengen, welche Birkenholz in verſchiedenen Zuſtänden entwickelt, wovon die Ergebniſſe in folgender Tabelle vereinigt ſind.

---

*) Von der Beſchaffenheit des Ruſſes wird nach Betrachtung des Holzes geſprochen werden.

**) Von der Aſche von verſchiedenen Holzarten wird nachher geſprochen werden.

	Zahl des Verſuchs.	Durch die Hitze von 1 Pfund Brennmittel können erhitzt werden: um 1° F.	vom Gefrier- bis zum Siedpunkt
		Pfunde	Waſſer.
Zweijähriges Brennholz . .	1	5875	32,445
— — — — .	2	—	32,841
An der Luft getrocknete Späne	3	6261	34,805
— — — — .	4	—	34,831
Auf einem Ofen ausgetrocknete Späne	5	7002	38,916
— — — — .	6	—	38,925
— — — — .	7	—	38,858
Späne die in einem Darrofen getrocknet und ſtark gebräunt waren	8	6614	31,325
— — — — .	9	—	31,052
Dergl. weniger ſtark gebräunte	10	5917	33,174

Bei Vergleichung der Erfolge dieſer 10 Verſuche zeigt ſich, daß ein beſtimmtes Gewicht deſſelben Holzes um ſo mehr Wärme giebt, je trockner es iſt. Indeß fand Rumford die Verhältnißmengen derſelben in allen Verſuchen nahe gleich, wenn er die vorhandene Feuchtigkeit beſtimmte, und die Mengen der verbrannten Holzſubſtanz berechnete: mit Ausnahme jedoch der drei letzten Verſuche, in welchen das Holz ſchon von ſeinen flüchtigſten brennbarſten Theilen durch Anfang der Verkohlung verloren hatte.

Die nachſtehende Tabelle nun enthält die Reſultate, durch Verbrennung von eilf verſchiedenen Holzarten, in 43 Verſuchen gefunden:

Holzart.	Nr. des Verſuchs.	Waſſermenge, die durch Verbrennung von 1 Pfund vom Eispunkt bis zum Siedpunkt erhitzt werden konnte.
	Nr.	Pfund.
Lindenholz, trocknes vierjähriges Tiſchlerholz .	11	34,609
deßgl. deßgl. — — .	12	34,805
deßgl. deßgl. ſtark auf einem Oſen getrocknet	13	39,605
deßgl. deßgl. deßgl. deßgl.	14	40,856
deßgl. deßgl. etwas weniger ſtark getrocknet	15	38,833
Buchenholz, trocknes, 4 bis 5 jähriges Tiſchlerholz .	16	33,817
deßgl. deßgl. — — — — .	17	33,752
deßgl. deßgl. ſtark auf einem Oſen getrocknet	18	36,334
deßgl. deßgl. deßgl. deßgl.	19	36,184
Ulmenholz, etwas feuchtes Tiſchlerholz . . .	20	27,147
deßgl. trocknes 4 bis 5 jähriges Tiſchlerholz .	21	30,359
deßgl. deßgl. — — — .	22	30;051
deßgl. deßgl. ſtark auf einem Oſen getrocknet	23	34,515
deßgl. deßgl. — — — —	24	35,651
deßgl. deßgl. in einem Darroſen bis zum Braunwerden getrocknet	25	30,900
Eichenholz, gewöhnliches Brennholz in Spänen von mittlerer Dicke	26	25,390
deßgl. gewöhnl. Brennholz in ſtärkern Spänen einen Rückſtand von Kohle gebend .	27	24,748
deßgl. gewöhnl. Brennholz in dünnen Spänen	28	26,272
deßgl. deßgl. in dünnen gut an der Luft getrockneten Spänen	29	29,210
deßgl. trocknes Tiſchlerholz in dünnen Spänen.	30	29,880.
deßgl. deßgl. — — — —	31	29,796
deßgl. dicke Späne 0,92 Gram. Kohle zurücklaſſend	32	26,227
Eſchenholz, gewöhnlich trocknes Tiſchlerholz . .	33	30,666
deßgl. deßgl. in an der Luft getrockneten Spänen	34	33,720
Eſchenholz, gewöhnlich ſtark auf einem Oſen getrocknet	35	35,449
Ahornholz, trocknes Holz in ſtark auf einem Oſen getrockneten Spänen	36	36,117
Spierlingholz, trocknes Holz in ſtark auf einem Oſen getrockneten Spänen . . .	37	36,130
deßgl. trocknes Holz in einem Darroſen gebräunt	38	32,837
Kirſchbaumholz, trocknes Tiſchlerholz . . .	39	33,339
deßgl. deßgl. ſtark auf einem Oſen getrocknet	40	36,904
deßgl. deßgl. in einem Darroſen gebräunt	41	34,763

Holzart.		Nr. des Verſuchs. Nr.	Waſſermenge, die durch Verbrennung von 1 Pfund vom Eispunkt bis zum Siedepunkt erhitzt werden konnte. Pfund.
Tannenholz, gewöhnlich trocknes Tiſchlerholz . .		42	30,322
deßgl. in gut an der Luft getrockneten Spänen		43	34,000
deßgl. ſtark auf einem Ofen getrocknet . .		44	37,379
deßgl. in einem Darrofen bis zum Braunwerden getrocknet		45	33,358
deßgl. in dicken Spänen, die viele Kohle zurückließen		46	28,695
Pappelholz, gewöhnlich trocknes Tiſchlerholz . .		47	34,601
deßgl. deßgl. ſtark auf einem Ofen getrocknet		48	37,161
Hagebuchenholz, trocknes Tiſchlerholz . . .		49	31,000
deßgl. deßgl. — . . .		50	31,601
Eichenholz, von einer Trockenheit zu 81,4 Holzſubſtanz und 18,6 Kohle unvollſtändig verbrannt, ſo daß Kohle zurückblieb	Kohle		
	0,81 Grm.	51	26,121
	0,73 —	52	25,391
	0,94 —	53	25,017

Nach der vorliegenden Tafel gab ſonach das, auf einem Ofen ſtark getrocknete, Lindenholz (Verſ. 13 und 14) von allen geprüften Holzarten die meiſte Wärme, nämlich nach der Mittelzahl für 1 Pfund verbrannten Holzes 40,1315 Pfund auf 100° C. erhitztes Waſſer. Nun verloren 100 Theile jenes, auf dem Ofen getrockneten, Lindenholzes durch völlige Austrocknung in dem Darrofen noch 6,977 Waſſer; die in dem Verſuch erzeugte Wärme rührte demnach nur von 0,93023 Pfd. trockner Holzſubſtanz her, und 1 Pfund der letztern würde alſo 43,141 Pfund Waſſer auf 100° C. erhitzt haben.

Auch Nau und Hartig haben ausgedehnte Verſuchsreihen über die Wärmekraft der verſchiedenen Holzarten bekannt gemacht, die unſtreitig nicht ſo genau vergleichbare Reſultate liefern, als die Rumford'ſchen, jedoch wegen ihrer größern Ausdehnung hier angeführt werden mögen.

Nau ſchüttete in zwei kleine kupferne Gefäße gleiche Mengen Waſſer und Oel. Beide Flüſſigkeiten hatten gleiche Temperaturen, und die Verſuche wurden bei möglichſt gleicher Witterung vorgenommen. Zwei Unzen 18 Gran Holz wurden in kleine Stücken zerſchnitten und auf einmal angelegt. Die Reſultate der ſo geſonderten Verſuche ſind in folgender Tabelle vereinigt *).

Namen des Holzes.	Siedpunkt des	
	Oels.	Waſſers.
	Secunden.	Secunden.
Salix caprea	240	259
Aesculus hippocastan.	239	247
Populus alba	231	260
Ulmus campestris	158	173
Tilia europaea	(gab ſtarke Flammen und kam nicht zum Sieden.	)
Acer pseudo-platanus . . .	206	214
Quercus robur	195	220
Acer campestre	125	136
Juglans nigra	177	200
Corylus avellana	153	159
Salix arenaria	156	165
Cytisus laburnum	155	167
Pinus larix	189	200
Juniperus virginiana	196	216
Carpinus betulus	140	171
Sambucus nigra	(nicht zum Sieden gekommen.	)
Robinia pseudo-acacia	130	135
Syringa vulgaris	166	200
Rhamnus frangula	147	159
Populus tremula	118	177
Bignonia catalpa	147	214
Lonicera tartarica	219	235
Mespilus amelanchier	128	152
Gleditschia chinensis	130	170
Acer rubrum	150	161
Salix fragilis	110	117
Viburnum opulus	152	193
Lonicera nigra	140	140
Tilia caroliniana	150	170
Ptelea trifoliata	150	175
Betula alba	184	184
Rhus thyphinum	179	194
Pinus montana	127	213
Crataegus aria	166	175
Prunus avium	125	166
Morus alba	149	149
Populus italica	109	132

---

*) Unter Secunden iſt in der nachfolgenden Tabelle die Zeit zu verſtehen, in welcher die Flüſſigkeit ins Sieden kam.

Namen des Holzes.	Siedpunkt des	
	Holz.	Waſſers.
	Secunden.	Secunden.
Amorpha fruticosa	141	199
Pirus malus	142	169
Sorbus aucuparia	94	170
Prunus insititia	143	172
Rhus canadensis	172	196
Prunus spinosa	194	195
Populus nigra	232	240
Pinus picea	168	193
Prunus mahaleb	170	214
Platanus orientalis	160	166
Pinus sylvestris	140	204
Robinia hispida	167	167
Salix babylonica	110	123
Rhus coriaria	160	244
Robinia caragana	170	243
Pirus cydonia	240	261
Celtis occidentalis	172	166
Salix viminalis	264	200
Pirus communis	114	143
Evonymus europaeus	120	239
Rhamnus catarticus	170	194
Spiraea opulifolia	130	184
Gleditschia triacanthos	205	260
Betula alnus	131	201
Ligustrum vulgare	167	185
Taxus baccata	160	186

Hartig nahm einen kupfernen Keſſel, welcher 12 Zoll hoch, im obern Durchmeſſer 16, im untern aber 12 Zoll weit und einem abgeſtutzten Kegel ähnlich war, und ließ ihn, um den freien Luftzug abzuhalten, in eine 20 Zoll dicke Mauer ſo ſetzen, daß er 10 Zoll über dem Herde erhöht ſtand *). Bei immer gleichem, oder doch nicht ſehr merklich verſchiedenem, Barometerſtand füllte er dieſen Keſſel mit 45 Pfund immer gleich kaltem Waſſer beſtändig aus eben demſelben Brunnen, und zündete die im grünen Zuſtand mit allen übrigen Experimentenſtücken (vergl. S. 219) gleich groß geweſene, jetzt vollkommen dürre, Holzmaſſe mit immer gleich viel Stroh an. Hierauf bemerkte er, 1) in welcher Zeit das (Reaumurſche) Thermometer am höchſten ſtand **)

---

*) Das Schürloch war 10 Zoll breit und 6 Zoll hoch, und zwiſchen Keſſel und Mauer, dem Schürloch gegenüber, ein Zugloch angebracht, das ſenkrecht in die Höhe ging.

**) Dieß war jedesmal dann der Fall, wenn die letzte Flamme aufhörte.

Nr.	Namen der unterſuchten Holzarten.	Zeit des höchſten Thermometerſtandes	Höchſter Thermometerſtand	Zeit bis zum Erlöſchen der Kohlen		Temperaturſtand beim Erlöſch. d. Kohlen	Abgang am Waſſer durch die Verdunſtung in 12 Stunden		Rückſtändige Kohlen	Rückſtändige Aſche
		Minut.	Grad R.	Stund.	Minut.	Grad R.	Pfund	Loth	Loth	Loth
43	Kiefern, Baumholz von 125 Jahren [illegible]	70	70	1*	50	54	5	8	2½	1
44	Kiefern, Baumholz von 100 Jahren . .	40	60	2	30	42	4	—	2½	1⅒
45	Kiefern, Baumholz von 50 Jahren. . .	38	57	3	30	40	3	10	2⅓	1
46	Kiefern, aus der Spitze eines 100jährigen Stammes	40	54	2	40	42	3	—	2¼	¾
47	Kiefern, Reidelholz von 30 Jahren . .	35	53	1	45	43	3	—	2¼	½
	Edeltannen, Baumholz von 100 Jahren nach dem Verhältniß	—	—	-	—	—	-	—	—	—
48	Edeltannen, Baumholz von 80 Jahren . .	32	55	1	10	51	3	—	2¼	1
49	Edeltannen, Reidelholz von 40 Jahren . .	36	50	1	50	40	2	6	2½	¾
50	Fichten, Baumholz von 100 Jahren . .	55	59	1	30	52	3	28	2¾	1
51	Fichten, Reidelholz von 40 Jahren . . .	38	50	1	40	44	3	—	2¼	¾
	B.									
	In der Saftzeit gehauene, völlig dürr gewordene, und im eingeſchloſſenen Raum verbrannte Hölzer.									
52	Buchen, Reidelholz von 40 Jahren . . .	44	63	3	10	42	4	8	3	1¾
53	Hainbuchen, Baumholz von 50 Jahren . .	51	60	3	10	39	4	—	2½	½
54	Saalweiden, Reidelholz von 20 Jahren . .	43	53	2	10	43	3	—	1½	¼
	C.									
	Außer dem Saft gehauene, völlig dürr gewordene, und im Freyen verbrannte Hölzer.									
55	Hainbuchen, Baumholz von 80 Jahren . .	40	43	4	30	27	1	24	3	1½
56	Ital. Pappeln, Baumholz von 20 Jahren .	28	26	1	40	23	-	24	1½	½
57	Edeltannen, Baumholz von 80 Jahren . .	39	30	1	50	27	1	6	2	½
58	Fichten, Baumholz von 100 Jahren . .	37	35	1	30	32	1	21	1½	½
	D.									
	Außer der Saftzeit gehauenes, ſogleich grün unter dem eingemauerten Keſſel verbranntes Holz.									
59	Buchen, Baumholz von 80 Jahren . .	85	50	4	—	38	2	8	3	¾
	E.									
	Außer der Saftzeit gehauene, völlig dürr gewordene, und im eingeſchloſſenen Raum verbrannte Reiſer, die im Gewicht der trockenen Baumholzmaſſe der Art gleich waren.									
60	Buchen, Reiſer, von einem 120jährigen Stamme, im Gewicht mit Nr. 6. gleich . .	40	57	3	—	44	3	10	2	1
61	Kiefern, Reiſer von einem 100jährigen Stamme, im Gewicht mit Nr. 44. gleich . .	24	57	1	30	50	3	22	1½	½

Zu Seite 271.

Hartig's Tabelle,

die Brennkraft verſchiedener Holzarten betreffend.

Nr.	Namen der unterſuchten Holzarten.	Zeit des höchſten Thermometerſtandes	Höchſter Thermometerſtand	Zeit bis zum Erlöſchen der Kohlen		Temperaturſtand beim Erlöſch. d. Kohlen	Abgang an Waſſer durch die Verdunſtung in 12 Stunden		Rückſtändige Kohle	Rückſtändige Aſche
		Minut.	Grad R.	Stund	Minut.	Grad R.	Pfund	Loth	Loth	Loth
	A. Außer der Saftzeit gehauene, völlig dürr gemachte und unter dem eingemauerten Keſſel verbrannte Hölzer.									
	Laubhölzer.									
1	Traubeneichen, Baumholz von 200 Jahren	54	62.	3	—	42	4	16	7½	[illegible]
2	Stieleichen, Stammholz von 150 Jahren	45	62.	2	45	42	4	8	7¾	[illegible]
3	Stieleichen, Aſtholz von einem 150jähr. St.	50	60	2	40	44	4	5	8	[illegible]
4	Stieleichen, Reidelholz von 40 Jahren	37	66	2	20	47	4	26	6	[illegible]
5	Stieleichen, anbrüchig Stammholz	42	56	1	44	50	3	23	6	[illegible]
6	Buchen, Stammholz von 120 Jahren	45	62	3	45	42	4	8	4½	[illegible]
7	Buchen, Baumholz von 80 Jahren	45	64	4	—	37	4	15	2½	[illegible]
8	Buchen, Aſtholz von einem 120jähr. Stamme	44	57	3	20	41	3	26	3	[illegible]
9	Buchen, Reidelholz von 40 Jahren	41	66	3	—	44	4	20	2	[illegible]
10	Buchen, anbrüchig Stammholz	58	58	1	27	46	4	8	5	[illegible]
11	Hainbuchen, Stammholz von 90 Jahren	50	64	3	30	35	5	2	2½	[illegible]
12	Hainbuchen, Stammholz von 50 Jahren	49	65	3	30	36	5	6	2½	[illegible]
13	Hainbuchen, Aſtholz von einem 90jähr. St.	45	59	2	45	39	3	30	7	[illegible]
14	Hainbuchen, Reidelholz von 30 Jahren	52	60.	4	46	33	5	15	2	[illegible]
15	Elſebeer, Baumholz von 90 Jahren	50	58	4	—	37	3	30	1½	1
16	Elſebeer, Reidelholz von 30 Jahren	45	65	2	20	47	4	26	1½	1
17	Eſchen, Baumholz von 100 Jahren	50	60	4	15	38	4	12	1½	[illegible]
18	Eſchen, Reidelholz von 30 Jahren	46	61	3	50	39	4	20	1½	[illegible]
19	Ulmen, Baumholz von 100 Jahren	35	55	3	20	38	3	25	1½	[illegible]
20	Ulmen, Reidelholz von 30 Jahren	45	57	3	10	30	3	18	1½	[illegible]
21	Ahorn, Baumholz von 100 Jahren	43	64	3	45	46	5	10	1½	[illegible]
22	Ahorn, Reidelholz von 40 Jahren	46	65	3	30	49	5	18	1½	[illegible]
23	Linden, Baumholz von 80 Jahren	40	55	1	45	46	2	26	2	[illegible]
24	Linden, Reidelholz von 30 Jahren	40	50	2	—	41	2	10	2	[illegible]
25	Birken, Baumholz von 60 Jahren	50	57	3	5	40	3	24	3	[illegible]
26	Birken, Reidelholz von 25 Jahren	40	57	2	15	43	2	22	3	[illegible]
27	Erlen, Baumholz von 70 Jahren	45	49	1	50	40	2	—	4	[illegible]
28	Erlen, Reidelholz von 20 Jahren	42	53	2	12	49	3	4	3	[illegible]
29	Aſpen, Baumholz von 60 Jahren	40	49	2	15	39	2	10	2½	1
30	Aſpen, Reidelholz von 20 Jahren	30	56	2	—	44	2	30	2	1
31	Schwarz Pappeln, Baumholz von 60 Jahren	31	38	2	—	34	2	4	2½	1
32	Schwarz Pappeln, Reidelholz von 20 Jahren	30	36	2	—	29	1	21	2½	1
33	Italieniſch Pappeln, Baumholz von 20 Jahr.	30	44	1	20	39	1	24	2	[illegible]
34	Italieniſch Pappeln, Reidelh. von 10 Jahren	25	41	1	20	37	1	14	2	[illegible]
35	Weiß Baumweiden, Stammh. von 30 Jahren	40	44	1	40	40	1	28	1½	[illegible]
36	Weiß Baumweiden, Reidelh. von 10 Jahren	37	50	2	10	44	2	8	1½	[illegible]
37	Saalweiden, Baumholz von 40 Jahren	50	58	1	50	45	3	16	1½	[illegible]
38	Saalweiden, Reidelholz von 20 Jahren	42	60	1	47	47	4	3	1½	[illegible]
39	Acacien, Stammholz von 34 Jahren	42	58	2	—	45	3	26	1½	[illegible]
40	Acacien, Reidelholz von 6 Jahren	40	60	1	55	46	4	6	1½	[illegible]
	Nadelhölzer.									
	Lerchen, Baumholz von 100 Jahren im Verhältniß	[illegible]	—	.	—	—	.	—	—	—
41	Lerchen, Baumholz von 50 Jahren	40	56	1	38	49	3	2	2½	[illegible]
42	Lerchen, Reidelholz von 25 Jahren	37	51	1	20	44	2	20	2	[illegible]

Univ. Bibl.
München

Zu Seite 271.

Tabellariſche Ueberſicht

der Producte, welche mehrere Holzarten bei der trockenen Deſtillation liefern.

Name des Holzes.	Gewicht des Holzes.	Gewicht der erhaltenen Holzſäure.			Ein Loth der Holzſäure ſättiget an reinem Kalk	Die Holzſäure iſt demnach an Stärke einem Gewichte guter Eſſigſäure gleich, wovon 1 Loth 15 Gran reinen kohlenſauren Kalk ſättigt.			Gewicht des erhaltenen brenzlichen Oels			Gewicht der erhaltenen Kohle.			Menge des erhaltenen Gaſes, nach Abrechnung der Kohlenſäure durch Kalkmilch.	
	Pfund.	Pfund.	Loth.	Qu.	Gran.	Pfund	Loth	Qu.	Pfund	Loth	Qu.	Pfund	Loth	Qu.	Cub. F. Rheinl.	C. Z. Rhnl.
Weiße Birke (Betula alba L.)	1	—	14	1½	55	1	29	2¾	—	2	3	—	7	3⅛	3	811
Eine Klafter à 144 Cub. F. Rheinl. deſſelb. Holzes kann daher geben	5300	1482	13	2	55	5435	17	2	263	19	—	805	24	6	10493	590
Gemeine Buche (Fagus sylvatica)	1	—	14	[illegible]	54	1	18	2¼	—	8	[illegible]	—	7	3⅛	3	490
Eine Klafter à 144 Cub. F. Rheinl. deſſelb. Holzes kann daher geben	3750	1650	12	2	54	3561	13	—	158	20	[illegible]	922	27	6	12713	636
Gemeiner Spindelbaum (Evonymus europaeus)	1	—	14	2	30	1	16	4½	—	3	[illegible]	—	7	—	3	1669
Großblättrige Linde (Tilia grandifolia Hoffm.)	1	—	15	3	32	1	15	[illegible]	—	3	[illegible]	—	7	[illegible]	3	603
Steineiche (Quercus Robur L.)	1	—	15	3	30	1	13	[illegible]	—	2	[illegible]	—	8	[illegible]	3	666
Eine Klafter à 144 Cub. F. Rheinl. deſſelb. Holzes kann daher geben	5800	1612	26	—	30	1468	27	[illegible]	346	11	[illegible]	956	17	—	12429	296
Hainbuche (Carpinus Betulus)	1	—	13	2½	50	1	11	[illegible]	—	3	[illegible]	—	7	2½	3	410
Eine Klafter à 144 Cub. F. Rheinl. deſſelb. Holzes kann daher geben	4200	1768	9	—	50	[illegible]	30	—	467	18	2	1000	25	—	13615	1600
Gemeine Eſche (Fraxinus excelsior)	1	—	15	—	44	1	12	—	—	2	[illegible]	—	7	[illegible]	3	616
Roßkaſtanie (Aesculus Hippocastanum)	1	—	14	[illegible]	41	1	8	[illegible]	—	3	1	—	7	—	3	504
Lombardiſche Pappel (Populus dilatata Willd.)	1	—	14	[illegible]	40	1	7	—	—	2	[illegible]	—	7	3½	3	520
Silber-Pappel (Populus alba L.)	1	—	14	3	39	1	6	[illegible]	—	2	[illegible]	—	7	2	3	563
Weiße Weide (Salix alba)	1	—	14	[illegible]	37	1	4	[illegible]	—	3	1	—	7	[illegible]	3	766
Stockwurzeln vom Saſſafras-Lorbeer (Laurus sassafras)	1	—	14	2	39	1	3	[illegible]	—	3	2	—	8	2	3	1710
Ahlkirſche (Prunus Padus)	1	—	14	—	37	1	2	[illegible]	—	3	[illegible]	—	6	[illegible]	3	631
Korbweide (Salix viminalis)	1	—	14	3	35	1	2	[illegible]	—	3	[illegible]	—	7	[illegible]	3	600
Kornelbaum (Cornus mascula)	1	—	14	1	36	1	2	[illegible]	—	3	[illegible]	—	7	1	3	882
Kreuzdorn (Rhamnus catharticus)	1	—	15	—	34	1	2	—	—	2	[illegible]	—	7	[illegible]	3	563
Campecheholz (Haematoxylon campechianum)	1	—	14	[illegible]	35	1	1	[illegible]	—	2	[illegible]	—	7	[illegible]	3	500
Erle (Alnus glutinosa Willd.)	1	—	14	[illegible]	30	—	29	[illegible]	—	3	[illegible]	—	7	[illegible]	3	970
Wachholder (Juniperus communis)	1	—	14	2	29	—	28	[illegible]	—	3	[illegible]	—	7	1	3	1008
Weißtanne (Pinus abies L.)	1	—	13	1	29	—	25	[illegible]	—	4	[illegible]	—	6	[illegible]	4	213
Gemeine Kiefer (Pinus sylvestris)	1	—	13	[illegible]	28	—	25	[illegible]	—	3	[illegible]	—	6	[illegible]	4	66
Eine Klafter à 144 Cub. F. Rheinl. deſſelb. Holzes kann daher geben	2850	1207	29	[illegible]	28	2256	24	2	239	17	[illegible]	617	27	[illegible]	11504	1475
Sadebaum (Juniperus Sabina)	1	—	14	—	27	—	25	[illegible]	—	3	[illegible]	—	7	[illegible]	3	1036
Rothtanne (Pinus picea L.)	1	—	12	[illegible]	25	—	21	[illegible]	—	4	[illegible]	—	7	2	4	110
Franzoſenholz (Guajacum officinale)	1	—	11	[illegible]	22	—	17	[illegible]	—	5	[illegible]	—	8	[illegible]	2	1304

(dritte Spalte der folgenden Tabelle); — 2) welches dieſer höchſte Thermometerſtand war (vierte Spalte); — 3) wie lange es bis zum Erlöſchen der Kohlen dauerte (fünfte Spalte); — 4) wie viel Waſſer nach 12 Stunden durch die Verdunſtung abgegangen war (ſechſte Spalte); — 5) wie viel die rückbleibenden Kohlen wogen (ſiebente Spalte); — 6) wie viel die Aſche wog (achte Spalte).

Producte des Holzes in der Hitze. — Bei der trocknen Deſt. ſchwärzt ſich das Holz, ohne zu ſchmelzen, ſich zu erweichen, aufzublähen oder zu krümmen, und liefert nach Prouſt und Stoltze kohlenſ. Gas, Kohlenſtoffoxydgas, Kohlenwaſſerſtoffgas, Holzeſſig (brenzlichen Holzeſſiggeiſt enthaltend), brenzliches Oel und eine ſchwarze, leicht verbrennliche, Kohle von unveränderter Geſtalt und Textur, aber von verringertem Umfang.

Bei Erhitzung unter ſtarkem Druck erhielt James Hall aus Sägeſpänen von Tannenholz (ſo wie aus Leder und Horn) eine, der Steinkohle ähnliche, Kohle.

Stoltze hat die verſchiedenen Verhältnißmengen der Producte, welche man durch tr. Deſt. aus Holz erhält, einer ſpeciellen Unterſuchung unterworfen. Seine hierüber erhaltenen Reſultate finden ſich in beiſtehender Tabelle vereinigt.

Da es darauf ankommt, zu wiſſen, unter welchen Umſtänden dieſe Reſultate erhalten wurden, weil ſie ſich in der That mit den Umſtänden ändern, und da für ähnliche Unterſuchungen ein gleiches Verfahren dienen kann, ſo werden wir die Art, wie Stoltze hiebei zu Werke ging, umſtändlich beſchreiben.

Die Umſtände, auf die man vorzüglich hiebei ſein Augenmerk zu richten hat, ſind: 1) einen Apparat anzuwenden, der jede Zerſtreuung der Producte möglich verhindert; 2) die Holzarten in einem möglichſt gleichen Zuſtande des Wachsthums anzuwenden; 3) alle zu prüfenden Hölzer auf einen gleichen Grad der Trockenheit zu bringen, und 4) durch Sättigung mit reinem baſ. kohlſ. Kali den Gehalt des Deſtillats an Eſſigſäure zu beſtimmen. Dieſen Erforderniſſen ſuchte Stoltze auf folgende Weiſe zu genügen:

1) Der Apparat beſtand in einer, im freien Feuer liegenden eiſernen Retorte, woran eine vier Fuß lange blecherne Röhre luftdicht angekittet war. Sie reichte in die eine Oeffnung einer gläſernen Entbindungsflaſche, aus deren zweiten eine ähnliche Röhre in eine gleiche Flaſche überging. Aus der zweiten Oeffnung dieſer Flaſche wurden

---

ſobald das Flammenfeuer aufhörte, blieb das Thermometer ſtehen und ſank bald merklich.

durch eine gekrümmte Röhre die luftartigen Producte unter die Brücke einer pneumatiſchen Wanne geleitet, und dort durch Schütteln mit Kalkmilch die Kohlenſäure von dem Kohlenwaſſerſtoffgaſe und dem Kohlenoxydgaſe getrennt. Anfangs wurde immer ein ſehr gelindes Feuer gegeben, und dieſes ſtufenweiſe bis zum heftigſten Glühen verſtärkt. Eine vorzügliche Aufmerkſamkeit wurde darauf verwandt, daß ſowohl die Röhren als die vorgelegten Flaſchen durch kalte naſſe Tücher ſtets kühl erhalten wurden, weil ohne dieſe Vorſicht, vorzüglich im Anfange der Operation, ein bedeutender Theil an Säure und noch mehr an Oel mit den entweichenden Luftarten fortgeriſſen wird. Ganz vollkommen verhüten kann man dieſes jedoch auch bei aller Vorſicht nicht, und die mit den Luftarten geſchüttelte Kalkmilch enthält ſtets etwas Eſſigſäure und brenzliches Oel. Daher rührt es auch, daß man beim Gebrauch aller Vorſichtsmaßregeln vom Pfunde Holz nur 24 bis 25⅞ Loth feſte und tropfbare flüſſige Producte erhält, und das Fehlende durch das Gewicht der luftförmigen Stoffe nicht vollkommen gedeckt wird.

2) und 3) Um der zweiten und dritten Forderung zu genügen, wurden alle inländiſchen Holzarten (alſo von den in der Tabelle verzeichneten, nur das Saſſafras-, Campeche- und Franzoſenholz ausgenommen) Ende Januars geſammelt, und nur ein Theil des Hauptſtammes völlig geſunder und ausgewachſener Bäume dazu angewandt. Dieſe wurden in kleine Würfel geſchnitten und der Einwirkung einer Wärme von 30° R. ſo lange ausgeſetzt, bis ſie nichts mehr an Gewicht verloren; in dieſem Zuſtande gewogen und in die Retorte gethan.

4) Zur Erfüllung der vierten Forderung wurde die Säure von dem Oele durch ein feuchtes Filtrum getrennt, ihr Gewicht beſtimmt und dann ein Loth mit reinen, durch Verbrennung des Weinſteins erhaltenen, baſ. kohlenſauren Kali zur Beſtimmung ihrer Stärke geſättigt.

Wie die beigefügte Tabelle lehrt, ſchwankt die Menge von Holzſäure (d. i. verdünnte Eſſigſ., welche brenzl. Oel und brenzl. Holzeſſiggeiſt gelöſt hält, vergl. Rep. I. 146), welche von einem Pfunde der verſchiedenen Hölzer zu erhalten iſt, zwiſchen 11 Loth 3 Quentchen und 15 Loth, d. i. zwiſchen 36,72 und 46,87 p. C. Jedoch iſt ſchon bei Betrachtung der reinen Holzfaſer (Rep. I. 814) angegeben worden, daß wenn man dem Holze durch W. und Alkohol alles Ausziehbare möglichſt entzogen hat, dann die ſo gereinigte Holzfaſer von allen Holzarten 46,87 p. C. oder 15 Loth Holzſ. vom Pfunde liefert, die ſich jedoch bei Laubhölzern und Nadelhölzern von verſchiedener Stärke zeigt. Da namentlich die Harze bei der trocknen Deſtillation weit weniger S. an Gewicht geben, als die Holzfaſer, ſo iſt auch leicht erklärlich, warum bei den harzigſten Hölzern ein geringeres Gewicht Säure gebildet wird, als bei den übrigen. Deßhalb ſteht auch das Franzoſenholz am niedrigſten, da ſein Harzgehalt ſo ſehr bedeutend iſt.

Nicht nur aber die Menge, ſondern auch die Stärke der übergehenden Holzſäure, d. i. ihr Gehalt an wirklicher Eſſigſ., iſt nach Beſchaffenheit der verſchiedenen Holzart verſchieden (ja nach Stoltze ſoll ſich in dieſer Hinſicht ſelbſt die gereinigte Holzfaſer von Laubhölzern und Nadelhölzern verſchieden verhalten, vergl. Rep. I. 814). Es ergiebt ſich im Allgemeinen aus Stoltze's Verſuchen über dieſen Gegenſtand Folgendes: Die ſtärkſte S. geben diejenigen Bäume unter den Laubhölzern, welche bei einem langſamen Wachsthum eine feſte Holzfaſer bilden und einen trocknen Boden lieben. Hierauf folgen die auf trocknem Boden ſchnell wachſenden, dann die einen ſehr feuchten Boden liebenden belaubten Bäume und hierauf die Sträucher, in ſo fern ſie zu den Laubhölzern gehören. Die ſchwächſte S. liefern die Nadelhölzer, und das beßte Nadelholz ſteht in dieſer Hinſicht jedem Laubholz nach. Ferner giebt das Holz des Hauptſtammes, in ſo fern es noch vollkommen geſund iſt, ſtets unter gleichen Umſtänden eine ſtärkere S., als das der jüngern Zweige, welches ſich nach Verhältniß ſeiner Jahre mehr oder minder den Sträuchern in dieſer Hinſicht nähert. — Jedenfalls iſt die Holzſ. ſelbſt derjenigen Hölzer, welche ſie am ſchwächſten liefern, immer noch weit ſtärker als guter Eſſig, und die beßten Holzarten, wie Buche, Birke, Eiche, geben eine S., die 3 bis 3½mal ſtärker iſt, als dieſer.

Rückſichtlich der übrigen Beſchaffenheit der aus den verſchiedenen Holzarten zu erhaltenden Holzſäure finden nach Stoltze noch folgende Unterſchiede Statt:

1) Alle Holzarten, welche weder ein flüchtiges Oel, noch ein Harz enthalten, liefern eine Holzſ., die ſich, abgeſehen von der Stärke, ganz gleichförmig verhält. — 2) Diejenigen Hölzer, welche ein flüchtiges Oel enthalten, entwickeln dieſes zu Anfange der Deſt. nur wenig verändert, und die erzeugte Holzſ. enthält von dieſem Oele etwas mitgelöſet, welches ſchon durch den Geruch bemerklich iſt. — 3) Die harzigen Hölzer, wohin alle Nadelhölzer gehören, geben außer dem äther. Oele, welches ſie zum größten Theil enthalten, eine Holzſ., die ſich auch hinſichtlich des gelöſten brenzl. Oels, wie bei deſſen Beſchreibung (Rep. I. 1075) aus einander geſetzt worden iſt, unterſcheidet.

Was das Verhältniß Kohle anlangt, welches man aus Holz durch trockne Deſtillation oder bei freiem Feuer erhält, ſo haben darüber außer Stoltze auch noch verſchiedene andre Unterſuchungen angeſtellt.

Rumford fand, daß Holz, welches man von ſeiner hygroſkopiſchen Feuchtigkeit völlig befreit hat, in verſchloſſenen Gefäßen langſam erhitzt, ziemlich daſſelbe Gewichtsverhältniß Kohle, von welcher Baumart es auch herrühren mag, läßt, nämlich ungefähr 43,33 p. C. — Der Verſuch hierüber wurde ſo angeſtellt, daß 100 Theile der nachſtehenden Holzarten in dünnen, vollkommen ausgetrockneten, Spänen in Glascylindern, welche mit ventilartigen Deckeln verſchloſſen waren, die zwar den Gasarten Ausgang, aber keinen Eingang verſtatteten, der Hitze eines Darrofens ſo lange ausgeſetzt wurden, bis ſich bei wiederholter Prüfung keine Verminderung des Gewichts der Gefäße mehr zeigte, was 4 Tage und Nächte Zeit erfoderte. Die Kohle betrug in Procenten:

von Pappelholz	43,57
— Lindenholz	43,59
— Tannenholz	44,18
— Ahornholz	42,23
— Ulmenholz	43,27
— Eichenholz	43,00; im Mittel 43,33.

Bemerkenswerth iſt, daß ſich in einigen dieſer Verſuche, beſonders bei Tannenholz, eine bitumenartige Materie erzeugt hatte. Dieſelbe hatte ſich an der innern Fläche des Glasdeckels verdichtet und war dann in großen Tropfen an der Wand des Cylinders herabgelaufen, war hart und brüchig, von dunkelgelber Farbe, weder in ſiedendem W. noch in ſiedendem Alkohol, aber langſam in Schwefeläther auflöslich.

Daſſelbe Reſultat, daß nämlich verſchiedene Holzarten unter gleichen Umſtänden erhitzt, ziemlich gleiche Quantitäten Kohle laſſen, geht auch aus den Reſultaten der vorhin beigefügten Tabelle von Stoltze hervor. Hier betrug im Mittel die zurückgebliebene Kohle von 1 Pfund bei 30° R. getrockneten Holzes allerdings nur 7,147 Loth, d. i. 22,33 p. C., mithin faſt blos die Hälfte der Kohle, welche Rumford bei ſeinen Verſuchen erhielt. Indeß wird dieſer Umſtand leicht daraus erklärlich, daß überhaupt bei jeder Verkohlung des Holzes, wie ſie auch vorgenommen werden möge, ein Theil des Kohlenſtoffs gasförmig mit Wſſt. und Srſt. aus dem Holze fortgeht, ſo daß ſelbſt Rumford nicht die ganze Menge Khlſts, welche das Holz enthält, im Rückſtande erhielt, wie ſich aus der Vergleichung mit dem Khlſtgehalt der Holzfaſer, der nach Gay-Luſſac und Thenard (in der bei 100° C. getrockneten) 51,45 bis 52,53 p. C. beträgt, ergiebt. Die weit raſchere und ſtärkere Verkohlungshitze nun, welche Stoltze anwandte, mußte nothwendig die Verflüchtigung einer weit größern Menge Khlſt. mit ſich führen, als im Rumford'ſchen Verſuche.

Die Reſultate von Karſten (Unterſ. über die kohligen Subſtanzen des Mineralreichs, S. 25) dienen dieſen Betrachtungen noch vollends zur Beſtätigung, wie aus folgender Tabelle erhellt, worin ſie ſich vereinigt finden. Das Holz ward im Zuſtande von Hobelſpänen angewendet, welche mehrere Tage lang in einer Temp. von 12° bis 15° R. vollkommen lufttrocken geworden waren. Der Aſchengehalt ward durch ſehr ſorgfältiges Einäſchern der Kohle unter der Muffel eines Probirofens beſtimmt und das Gewicht der Aſche von dem der Kohle in Abzug gebracht.

100 Theile von folgenden Holzarten geben:	bei raſcher Verkohlung.		bei langſamer Verkohlung.	
	Kohle	Aſche	Kohle	Aſche
Junges Eichenholz	16,39	0,15	25,45	0,15
Altes Eichenholz	15,80	0,11	25,60	0,11
Junges Rothbuchenholz (Fagus sylvatica) .	14,50	0,375	25,50	0,375
Altes Rothbuchenholz	13,75	0,4	25,75	0,4
Junges Weißbuchenholz (Carpinus Betulus)	12,80	0,32	24,90	0,32
Altes Weißbuchenholz	13,30	0,35	26,10	0,35
Junges Erlenholz	14,10	0,35	25,30	0,35
Altes Erlenholz	14,90	0,40	25,25	0,40
Junges Birkenholz	12,80	0,25	24,80	0,25
Altes Birkenholz	11,90	0,30	24,40	0,30
Junges Fichtenholz (Pinus picea) . .	14,10	0,15	25,10	0,15
Altes Fichtenholz	13,90	0,15	24,85	0,15
Junges Tannenholz (Pinus abies) . .	16,00	0,225	27,50	0,225
Altes Tannenholz	15,10	0,25	24,50	0,25
Junges Kiefernholz (Pinus sylvestris) .	15,40	0,12	25,95	0,12
Altes Kiefernholz	13,60	0,15	25,80	0,15
Lindenholz	12,90	0,40	24,20	0,40
Roggenſtroh	13,10	0,30	24,30	0,30
Stroh von Farrenkraut	14,25	2,75	25,20	2,75
Rohrſtengel	12,95	1,70	24,75	1,70
Birkenholz, welches über 100 Jahre in einer Grube als Stempel geſtanden, aber ſich gut erhalten hatte	12,15		25,10	

Sehr umfaſſend ſind die von Werneck über die Holzverkohlung angeſtellten Unterſuchungen, deren Reſultate wir hier ebenfalls, tabellariſch zuſammengeſtellt, folgen laſſen, verglichen mit den Reſultaten, die Rau erhielt *). Die Hölzer, welche zu den Verſuchen gewählt wurden, waren zuvor in möglichſt vollkommen trocknen Zuſtand verſetzt worden. Die vorletzte Spalte bezieht ſich auf den Gehalt der gewonnenen Kohle an wirklichem Kohlenſtoff, zu deſſen Ausmittelung folgendermaßen verfahren wurde.

Eine beſtimmte Menge (3 Loth und 212 Richtpfennigstheilchen) auf das Höchſte gereinigter Salpeter wurden in einen hinlänglich großen gedeckten glühenden Tiegel eingetragen, und wenn der Salpeter vollkommen glühend war, nach und nach eine willkührliche, doch aber im-

---

*) Das Gewicht darin iſt Kölniſches oder Mark-Gewicht.

mer kleine, Portion gröblich gepulverter und genau abgewogener Kohle dazu gebracht. Man wiederholte den Kohlenzuſatz nur dann, wenn alle Bewegung des Salpeters von den vorigen Kohlen aufgehört hatte, und verfuhr damit ſo lange, bis keine Verpuffung mehr zu bemerken war, und der Rückſtand ſich zu erheben und zu ſchäumen anfing.

Das ſpec. Gewicht der letzten Spalte bezieht ſich ebenfalls auf die Kohle.

Auch die Reſultate der Verſuche von **Muſhet** mögen hier angeführt werden, der aus den nachſtehenden Holzarten, die alle auf gleiche Weiſe (es iſt nicht angegeben, in welcher Wärme) getrocknet und verkohlt wurden, in Procenten erhielt:

vom Lebensbaum (thuja) .	26,0 p. C. Kohle.
— Acaju	25,4
— Stinkbaum (anagyris)	24,5
— Kaſtanie	23,3
— Eiche	22,6
— Nußbaum	20,6
— Stechpalme . . .	19,9
— Buche	19,9
— Maulbeerfeigenbaum .	19,7
— Ulme	19,5
— Nordiſche Fichte . .	19,2
— Weide	18,4
— Erle	17,9
— Birke	17,4
— Schottiſche Fichte . .	16,4

Hier beträgt die erhaltene Kohle im Mittel 20,711 p. C.

Aſche der Hölzer.

Literat. — **Berthier** in Ann. de Ch. et de Phys. XXXII. 24. — **Pertuis** in Ann. de Ch. XIX. 157; ausgez. in Scherer J. IX. 35. — **Werneck** in Hermbſt. Arch. VI. H. 1. S. 62. — **Piſſis** in Voigt Mag. f. d. neueſt. Zuſt. der Naturk. IV. S. 244.

Mehrere Reſultate über die Holzaſche, namentlich die von **Sauſſure**, welche in Beziehung zur chem. Pflanzenphyſiologie ſtehen, ſind ſchon in Rep. I. S. 76 ff. angeführt worden. Wir fügen hiezu die uns bekannt gewordenen Reſultate der Beobachtungen mehrerer andern, und zwar zuerſt die von **Berthier**, welche ihre Zuſammenſetzung betreffen.

Das Verfahren, mittelſt deſſen er dieſe Zuſammenſetzung ausmittelte, iſt in Rep. II. S. 245 beſchrieben.

	Namen der unterſuchten Holzarten.	Sechs Kubikzoll Holz wogen vor dem Verkohlen	Sechs Kubikzoll Holz wogen nach dem Verkohlen	Die Hölzer ſchwanden nach der Länge v. 300	Breite v. 200	Dicke v. 100	Verhältniß des Einſatzes zur Ausbeute nach dem Volum.	Verhältniß des Einſatzes zu der Ausbeute nach dem Gewicht. Nach		Gehalt an Kohlenſtoff	Specif. ſches Ge- wicht zu dem des Regen- waſſers
		Richtpfennigstheilchen	Richtpfennigstheilchen					Werneck.	Nau.		
1	**Die Buche**, *Fagus sylvatica*										
	Stammholz, 120jähr.; auf der Ebene	17883	6026	42	48	24	1 : 0,496	1 : 0,338	1 : 0,335	79,914	0,224
	Baumreidel, 50jähr.	18056	6340	44	50	25	1 : 0,480			80,127	0,219
	Stange, 30jähr.	17172	5868	46	52	26	1 : 0,463			80,897	0,229
	Stammholz, 120jähriges; auf Bergen	18116	6784	40	46	23	1 : 0,514			78,788	0,239
	Baumreidel-Stange, 30jähr.	18116	6884	46	52	26	1 : 0,463			80,327	0,271
	Aſtholz	16368	6524	44.	48	24	1 : 0,479			71,479	0,203
2	**Traubeneiche**, *Quercus robur.*										
	Stammholz, 230jähr.; auf der Ebene	19206	7404	48	50	25	1 : 0,478	1 : 0,346	1 : 0,207	72,971	0,293
	Baumreidel, 80jähr.	21169	7142	48	52	26	1 : 0,463			73,291	0,285
	Stangenholz, 35jähr.	21746	6774	48	54	27	1 : 0,444			75,002	0,272
	Stammholz, 200jähr.; auf Bergen	21194	7295	46	52	26	1 : 0,463	1 : 0,346	1 : 0,207	71,921	0,294
	Baumreidel, 80jähr.	22489	7588	46	52	26	1 : 0,463			71,498	0,294
	Stangenholz, 35jähr.	22119	7555	48	54	27	1 : 0,444			72,307	0,307
	Aſtholz	18695	5568	50	54	27	1 : 0,426			67,260	0,227
3	**Stieleiche**, *Quercus pedunculata.*										
	Stammholz, 200jähr.; auf der Ebene	19141	6352	48	54	28	1 : 0,440			72,221	0,244
	Baumreidel, 80jähr.	21166	6930	48	54	27	1 : 0,444			72,106	0,281
	Stangenholz, 40jähr.	20788	6672	48	54	27	1 : 0,444			73,573	0,270
	Stammholz, 250jähr.; auf Bergen	20516	6945	48	52	25	1 : 0,436			71,891	0,273
	Stangenholz, 25jähr.	21266	7259	48	54	27	1 : 0,434			72,000	0,293
	Aſtholz	17976	5127	50	54	27	1 : 0,426			67,063	0,214
4	**Hainbuche**, *Carpinus betulus.*										
	Stammholz, 100jähr.; auf der Ebene	21944	7422	39	48	24	1 : 0,502	1 : 0,316	1 : 0,196	82,981	0,268
	Baumreidel, 50jähr.	20863	7083	39	50	25	1 : 0,489			82,019	0,264
	Stangenholz, 30jähr.	20819	6814	40	52	26	1 : 0,474			81,112	0,255
	Stammholz, 90jähr.; auf Bergen	22364	7503	39	48	24	1 : 0,502			82,639	0,275
	Stangenholz, 35jähr.	21143	6912	40	52	26	1 : 0,474			82,513	0,251
	Aſtholz	17297	5708	40	50	25	1 : 0,487			69,993	0,218
5	**Birke**, *Betulus alba.*										
	Stammholz, 70jähr.; auf der Ebene	18472	6533	40	51	25	1 : 0,484	1 : 0,355	1 : 0,152	73,018	0,200
	Baumreidel, 35jähr.	15394	5008	42	52	26	1 : 0,471			73,909	0,231
	Stangenholz, 25jähr.	15394	4872	42	52	26	1 : 0,471			75,142	0,210
	Stammholz, 65jähr.; auf Bergen	18837	6630	40	51	25	1 : 0,484			73,209	0,248
	Baumreidel, 35jähr.	17147	6312	40	51	25	1 : 0,484			72,919	0,202
	Stangenholz, 30jähr.	15677	4938	42	52	26	1 : 0,471			72,999	0,192
6	**Ahorn**, *Acer pseudoplatanus.*										
	Stammholz, 100jähr.; auf der Ebene	19680	6600	42	48	24	1 : 0,496	1 : 0,335	1 : 0,127	82,981	0,248
	Baumreidel, 40jähr.	20434	6545	42	48	24	1 : 0,496			81,831	0,239
	Stangenholz, 25jähr.	19962	6785	44	48	24	1 : 0,491			81,637	0,249
7	**Eſche**, *Fraxinus excelsior.*										
	Stammholz, 80jähr.; auf der Ebene	19559	6646	54	49	24	1 : 0,473	1 : 0,319	1 : 0,200	81,481	0,225
	Baumreidel, 45jähr.	20353	4818	56	50	25	1 : 0,457			82,019	0,267
	Stangenholz, 25jähr.	22542	6017	56	50	25	1 : 0,457			82,000	0,270

	Namen der unterſuchten Holzarten.	Acht Kubikzoll Holz wogen vor dem Verkohlen Richtpf.-theilchen	 nach dem Verkohlen Richtpf.-theilchen	Die Kohlen ſchwanden nach der Länge v. 300	 Breite v. 200	 Dicke v. 100	Verhältniß des Einſatzes zur Ausbeute nach dem Volum.	Verhältniß des Einſatzes zu der Ausbeute nach dem Gewicht. Nach Werneck.	 Rau.	Gehalt an Kohlenſtoff	Specifiſches Gewicht zu dem des Regenwaſſers
8	**Elsbeer**, Crataegus torminalis.										
	Stammholz, 30jähr.; auf der Ebene . .	17469	6616	41	46	23	1 : 0,512	1 : 0,339	1 : 0,200	66,450	0,209
	Stangenholz, 30jähr.	21260	6092	40	44	22	1 : 0,527			67,321	0,300
	Stangenholz, 35jähr.; auf Bergen . .	21731	7054	40	44	22	1 : 0,527			66,833	0,255
9	**Vogelbeerbaum**, Sorbus aucuparia.										
	Stammholz, 60jähr.; auf der Ebene . .	17559	5960	42	48	24	1 : 0,496			60,497	0,215
	Stangenholz, 25jähr.	17674	5966	44	50	25	1 : 0,480			61,102	0,225
	Stangenholz, 30jähr.; auf Bergen . .	17722	5920	44	50	25	1 : 0,480			64,979	0,232
10	**Ulme**, Ulmus campestris.										
	Stammholz, 100jähr.; auf der Ebene . .	16502	5576	38	48	23	1 : 0,515	1 : 0,330	1 : 0,212	77,391	0,195
	Baumreitel, 50jähr.	16669	5691	39	46	23	1 : 0,515			72,789	0,200
	Stangenholz, 25jähr.	16609	5620	40	44	22	1 : 0,527			82,307	0,249
11	**Erle**, Betula alnus.										
	Stammholz, 60jähr.; auf einem feuchten Boden gewachſen	18254	4619	44	56	20	1 : 0,442	1 : 0,325	1 : 0,154	64,434	0,190
	Stangenholz, 15jähr.	20785	4579	46	57	20	1 : 0,434			67,083	0,192
	Stammholz, 44jährig.; naſſen und brüchigen Boden	13056	4290	42	56	20	1 : 0,442			50,497	0,174
12	**Aspe**, Populus tremula.										
	Stammholz, 50jähr.; auf der Ebene . .	13316	4381	44	56	20	1 : 0,442	1 : 0,295	1 : 0,194	50,886	0,184
	Stangenholz, 20jähr.	11723	4374	44	56	20	1 : 0,442			52,263	0,173
13	**Linde**, Tilia europaea.										
	Stammholz, 150jähr.; auf der Ebene . .	13211	4576	42	54	27	1 : 0,458			54,303	0,156
	Stangenholz, 24jähr.	13056	4676	42	54	27	1 : 0,458			61,237	0,177
14	**Gelbe Weide**, Salix vitellina.										
	Stammholz, 40jähr.; auf der Ebene . .	13450	4579	42	54	27	1 : 0,458			58,473	0,198
	Stangenholz, 10jähr.	13838	4300	42	54	27	1 : 0,458			58,461	0,197
15	**Weiße Weide**, Salix alba.										
	Stammholz, 45jähr.; auf der Ebene . .	14593	4916	42	56	27	1 : 0,458	1 : 0,337	1 : 0,153	58,473	0,196
	Stangenholz, 12jähr.	14088	4415	42	54	27	1 : 0,458			57,092	0,166
16	**Palmweide**, Salix caprea.										
	Stammholz, 50jähr.; auf der Ebene . .	15960	5384	40	50	25	1 : 0,487			62,576	0,200
	Stangenholz, 15jähr.	15766	6352	40	50	25	1 : 0,487			64,567	0,190
	Stangen, 20jähr.; auf Bergen . . .	15881	4658	44	56	20	1 : 0,442			[illegible]	0,191
17	**Akazie, unächte**, Robinia pseudo-acacia.										
	Stammholz, 40jähr.; auf der Ebene . .	20033	6244	38	42	21	1 : 0,543	1 : 0,312	1 : 0,621	66,115	0,306
	Stangenholz, 12jähr.	20640	6034	40	44	22	1 : 0,527			71,487	0,282
18	**Mehlbaum**, Crataegus aria.										
	Stammholz, 80jähr.; auf Bergen . .	21631	7231	39	48	24	1 : 0,502	1 : 0,334	1 : 0,163	80,077	0,276
	Stangenholz, 35jähr.	20739	6916	40	50	25	1 : 0,487			79,492	0,238
19	**Kaſtanienbaum**, Fagus castanea.										
	Stammholz, 80jähr.; auf Bergen . .	17481	5979	40	46	23	1 : 0,514	1 : 3:8	1 : 0,184	[illegible]	0,271
	Stangenholz, 35jähr.	18570	6239	40	46	23	1 : 0,514			80,471	0,227

	Namen der unterſuchten Holzarten.	Sechs Kubikzoll Holz wogen vor dem Verkohlen	Sechs Kubikzoll Holz wogen nach dem Verkohlen	Die Hölzer ſchwanden nach der Länge v. 300	Breite v. 200	Dicke v. 100	Verhältniß des Einſatzes zur Ausbeute nach dem Volum.	Verhältniß des Einſatzes zu der Ausbeute nach dem Gewicht. Nach Werneck.	Nau.	Gehalt an Kohlenſtoff	Specifiſches Gewicht zu dem des Regenwaſſers
		Richtpfennigtheilchen	Richtpfennigtheilchen								
20	**Der kleine deutſche Ahorn, Maßholder,** A. campestre.										
	Stangenholz, 25jähr.; auf der Ebene . .	20704	6924	40	44	22	1 : 0,527	1 : 0,319	1 : 0,386	82,307	0,249
	Stangenholz, 20jähr.; auf Bergen . .	21026	7052	40	44	22	1 : 0,527			81,987	0,243
21	**Haſel**, Corylus avellana.										
	Stangenholz, 20jähr.; auf der Ebene . .	14080	4778	40	44	22	1 : 0,527	1 : 0,341	1 : 0,168	72,079	0,162
22	**Weißdorn**, Crataegus oxyacantha.										
	Stangenholz, 25jähr.; auf der Ebene . .	21592	7326	39	48	24	1 : 0,502	1 : 0,339	1 : 0,212	65,560	0,264
23	**Liguſter oder Rheinweide**, Ligustrum vulgare.										
	Stangenholz, 20jähr.; auf der Ebene . .	20460	7018	39	48	24	1 : 0,502	1 : 0,336	1 : 0,104	67,436	0,254
24	**Spindelbaum**, Evonymus europ.										
	Stangenholz, 20jähr.; auf der Ebene . .	21755	7174	39	48	24	1 : 0,502	1 : 0,337	1 : 0,226	72,904	0,259
25	**Hartriegel**, Cornus sanguinea.										
	Stangenholz, 20jähr.; auf der Ebene . .	22058	7453	39	48	24	1 : 0,502			60,161	0,260
26	**Schwarzdorn**, Prunus spinosa.										
	Stangenholz, 24jähr.; auf der Ebene . .	20293	6625	40	44	22	1 : 0,527	1 : 0,327	1 : 0,226	61,391	0,238
27	**Gemeiner Faulbaum**, Rhamnus frangula.										
	Stangenholz, 16jähr.; auf der Ebene . .	13834	4323	46	58	29	1 : 0,436	1 : 0,312	1 : 0,204	73,875	0,164
28	**Kiefer**, Pinus sylvestris.										
	Stammholz, 120jähr.; auf der Ebene . .	15445	5218	54	50	25	1 : 0,466	1 : 0,338	1 : 0,212	78,803	0,258
	Stammholz, 100jähr.; auf Bergen . .	16992	5417	54	50	25	1 : 0,468	1 : 0,372	1 : 0,206	77,991	0,262
	Zopfholz	14690	4628	57	53	26	1 : 0,420	1 : 0,369	1 : 0,174	61,094	0,179
	Stockholz	15971	6976	40	46	23	1 : 0,544			81,086	0,268
29	**Lerche**, Pinus larix.										
	Stammholz, 90jähr.; auf Bergen . .	14221	5310	42	54	27	1 : 0,488			64,099	0,217
30	**Fichte**, Pinus abies. L. P. picea Duroi.										
	Stammholz, 100jähr.; auf der Ebene . .	13834	5404	52	52	26	1 : 0,452			69,000	0,204
	Stammholz, 100jähr.; auf Bergen . .	14150	5415	45	52	26	1 : 0,465			60,829	0,211
	Zopfholz	11908	4626	56	56	28	1 : 0,421			50,686	0,190
	Stockholz	15296	5945	63	48	24	1 : 0,493			69,635	0,218
31	**Weißtanne**, Pinus picea L. P. Abies Duroi.										
	Stammholz, 100jähr.; auf der Ebene . .	14729	5404	48	50	25	1 : 0,472	1 : 0,367	1 : 0,251	68,810	0,210
	Stammholz, 100jähr.; auf Bergen . .	16062	5644	48	50	25	1 : 0,472			60,256	0,217
	Zopfholz	14241	4908	54	56	28	1 : 0,425			53,345	0,196
	Stockholz	15566	6958	60	46	23	1 : 0,544			89,094	0,262

	Verſuche über das Verkohlen einiger Stamm-, Stangen- und Strauchhölzer, welche theils in ihrem halbtrockenen, und theils in dem ganz rohen oder grünen Zuſtande verkohlt worden ſind.	Sechs Kubikzoll Holz wogen		Die Hölzer ſchwanden nach der			Verhältniß des Einſatzes zur Ausbeute nach dem Volum.	Verhältniß des Einſatzes zu der Ausbeute nach dem Gewicht. Nach		Gehalt an Kohlenſtoff.	Specifiſches Gewicht zu dem des Regenwaſſers
		vor dem Verkohlen Richtpfs. theilchen	nach dem Verkohlen Richtpfs. theilchen	Länge v. 300	Breite v. 200	Dicke v. 100		Werneck.	Rau.		
1	**Buche.**										
	Stammholz, 110jähr.; halb trocken . .	23665	6134	46	51	26	1 : 0,466	1 : 0,367	1 : 0,251	73,009	0,239
	Stammholz, 120jähr.; ganz roh oder grün.	20592	6579	48	52	26	1 : 0,460			70,759	0,259
	Stangenholz, 30jähr.; halb trocken . .	24173	6262	50	55	28	1 : 0,435			74,187	0,273
2	**Stieleiche.**										
	Stammholz, 200jähr.; halb trocken . .	25877	7168	49	54	27	1 : 0,439			66,696	0,283
	Stammholz, 180jähr.; ganz grün . .	31430	7844	50	56	28	1 : 0,420			60,958	0,283
	Stangenholz, 35jähr.; halb grün . .	31631	7597	50	48	24	1 : 0,481			60,938	0,266
3	**Hainbuche.**										
	Stammholz, 90jähr.; halb trocken . .	29706	7835	40	49	25	1 : 0,491			80,111	0,286
	Stammholz, 100jähr.; ganz grün . .	32567	8086	40	50	25	1 : 0,487			79,992	0,304
4	**Birke.**										
	Stammholz, 70jähr.; halb trocken . .	22855	6690	42	52	26	1 : 0,468			70,318	0,250
5	**Kiefer.**										
	Stammholz, 110jähr.; halb trocken . .	21472	7124	52	50	25	1 : 0,485			72,891	0,272
	Stammholz, 100jähr.; ganz grün . .	27395	7457	52	50	25	1 : 0,485			70,781	0,291
6	**Fichte.**										
	Stammholz, 100jähr.; halb grün . .	20026	6064	52	52	26	1 : 0,452			63,051	0,246
	Stammholz, 120jähr.; ganz grün . .	26156	6439	55	54	27	1 : 0,435			60,995	0,268
7	**Weißtanne.**										
	Stammholz, 100jähr.; halb trocken . .	21279	7126	52	52	26	1 : 0,452			62,986	0,260
	Stammholz, 110jähr.; ganz grün . .	28738	7486	46	54	27	1 : 0,435			60,104	0,311

Die Aſche aller Hölzer enthält an in Waſſer auflöslichen Theilen: Kali und Natron, gebunden an Khlſ., Schwefelſ. und Salzſ.; ein wenig Kieſelerde und manchmal eine Spur Phosphorſ.; die unauflöslichen Theile enthalten Khlſ., Phosphorſ., Kieſelerde, Kalk, Magneſia, Eiſenoxyd und Manganoxyd. Die Quantität Khlſ. reicht niemals hin, das Kali, Natron, die Magneſia und den ganzen Kalk zu ſättigen, weil die ſich während der Einäſcherung entwickelnde Hitze die kohlenſ. Magneſia zerſetzt und ſelbſt einen Theil des khlſ. Kalks in kauſtiſchen Zuſtand zurückführt. Das Verhältniß an kauſtiſchem Kalk iſt daher um ſo größer, bei einer je höhern Temp. die Einäſcherung Statt gefunden hat, und die Aſche, welche aus großen Brennherden, wo die Hitze ſehr hoch ſteigt, herrührt, enthält deren weit mehr, als die, welche man durch Verbrennen im Kleinen erhält.

Alle Reſultate der Verſuche, welche Berthier über die Aſchen von verſchiedenen Hölzern erhalten hat, ſind in folgenden Tabellen vereinigt, worin die nämlichen Nummern ſich auf das nämliche Brennmaterial beziehen, das nach dieſen Nummern auf S. 279 u. ff. ſpecificirt iſt. In denſelben Tabellen ſind auch zugleich die Reſultate über die Aſche einiger nicht holzartigen Vegetabilien aufgeführt.

I. Tabelle

über den Gehalt verſchiedener Holzarten an Aſche und den Gehalt an auflöslichen und unauflöslichen Theilen.

Nummer, zur Bezeichnung des Brennmaterials	Quantität der erhaltenen Aſche	Gehalt der Aſche an auflöslichen Beſtandtheilen	Gehalt der Aſche an unauflöslichen Beſtandtheilen.
(1)	—	0,189	0,811
(2)	0,0265	0,172	0,789
(3)	0,0300	0,160	0,820
(4)	0,0330	0,155	0,845
(5)	0,0250	0,120	0,880
(6)	0,0600	0,050	0,750
(7)	0,0500	0,108	0,892
(8)	0,0160	0,160	0,840
(9)	0,0164	0,315	0,685
(10)	0,0170	0,190	0,810
(11)	0,0157	0,154	0,846
(12)	—	0,189	0,811
(13)	0,0160	0,150	0,850
(14)	—	0,250	0,750
(15)	—	0,096	0,904
(16)	—	0,075	0,925
(17)	—	—	—
(18)	0,0100	0,160	0,810
(19)	0,0125	0,315	0,685
(20)	—	0,146	0,854
(21)	—	0,188	0,812
(22)	—	0,257	0,743
(23)	0,0083	0,500	0,500
(24)	0,0124	0,136	0,864
(25)	0,0440	0,090	0,810
(26)	0,1500	0,042	9,958
(27)	—	0,290	0,710
(28)	—	0,123	—

II.

Zuſammenſetzung der auflöslichen und der unauflöslichen Beſtandtheile der vorigen Aſchen.

Zu Seite 278.

Nummer der Bezeichnung der Aſche.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)
Auflöslicher Antheil: Kohlenſäure	....	0,2000	0,2200	0,2032	0,2000	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,2200	....	[illegible]	[illegible]	....	....	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Schwefelſäure	....	0,0725	0,0730	0,0563	0,0010	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	....	....	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Salzſäure	....	0,0161	0,0500	0,0400	0,0010	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	....	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Kieſelerde	....	0,0104	0,0100	0,0100	0,0020	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	....	....	....	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	....	....
Kali	....	0,5003	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	....	....	[illegible]	....	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Natron	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	....	....	[illegible]	....	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Waſſer	....	[illegible]												[illegible]									[illegible]					
		1,0091	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	[illegible]	1,0000	1,0000	1,0000	....	[illegible]	1,0000	....	....	1,0000	....	1,0000	....	1,0000	[illegible]	[illegible]	1,0000	1,0000	1,000	1,000
Unauflöslicher Antheil: Kohlenſäure	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	....	[illegible]	
Phosphorſäure	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	
Kieſelerde	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
Kalk	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	
Magneſia	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	....	[illegible]	
Eiſenoxyd	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	
Manganoxyd	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	....	[illegible]	....	....	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	....	[illegible]	
Sand u. ſ. w.	....	[illegible]	....	[illegible]	....	[illegible]	....	....	....	....	....	....	....	....	[illegible]	....	....	....	....	....	....	....	....	[illegible]	[illegible]	....	....	
	[illegible]	1,0000	1,0000	[illegible]	[illegible]	1,0000	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1,0000	[illegible]	[illegible]	1,0000	1,0000	[illegible]	1,0000	1,0000	[illegible]	1,0000	[illegible]	1,0000	[illegible]	1,0000	....	1,0000	
Phosphorſ. Kalk	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	....	....	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	
Phosphorſ. Eiſen	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	....		[illegible]	

(1) Holz von Hainbuche (charme), von Unterholz (taillis) genommen, ſehr trocken. Gewachſen im Departement de la Nièvre auf thonigem, ſandigen und ſehr eiſenſchüſſigen Boden.

(2) Kohle von Hainbuche, ſehr trocken und von erſter Güte; aus dem Depart. de la Somme. Die Aſche gelblich.

(3) Kohle von Buche (hêtre), von der nämlichen Güte als die vorige; aus dem Dep. de la Somme. Die Aſche ſägeſpänefarbig. Ein Litre derſelben, nicht eingedrückt (non tassée), wog 530 Grammen.

(4) Kohle von Eiche (chêne), von der nämlichen Güte, als (2) und (3); aus dem Dep. de la Somme. Die Aſche gelblich und wie es ſcheint, reich an Natron.

(5) Holz von Eiche, in 5 bis 6 Centim. dicken Stücken. Gewachſen auf ſehr trocknem felſigen, aus den Trümmern eines nicht ſehr thonigen ſecundären Kalkſteins beſtehenden, Boden im Dep. du Lot. Die Aſche weiß. Ein Litre derſelben, nicht eingedrückt, wog 680 Grammen; durch Stöße geſchüttelt, 750 Grammen; mit der Hand ſtark zuſammengedrückt, 910 Grammen.

(6) Eichenrinde aus dem Dep. de l'Allier, trocken und ſo, wie man ſie in den Gerbereyen von Nemours anwendet (vergl. S. 131).

(7) Lindenholz, in einem Garten von Nemours, Dep. der Saine und Marne, auf einem etwas kalkigen Flußufer, wo die Bäume ſchnell aufſchießen, gewachſen. Das Holz wurde von Zweigen mittler Größe genommen, die 6 Monate, nachdem ſie abgeſchnitten waren, 40 p. C. an Gewicht verloren hatten und in dieſem Zuſtand verbrannt wurden. Die Aſche war weiß.

(8) St. Lucienholz (Bois de St. Lucie); im nämlichen Garten, als die Linde, zu Nemours gewachſen. Die Zweige wurden verbrannt, nachdem ſie durch 6monatliches Trocknen in einer Kammer 26 p. C. Gewichtsverluſt erlitten hatten. Die Aſche war weiß.

(9) Traubenhollunder (Sureau à grappes), im nämlichen Garten gewachſen. Die Zweige hatten ein Jahr lang getrocknet. Die Aſche war graulich.

(10) Holz vom Judasbaum (Arbre de Judée), aus dem nämlichen Garten. Die Zweige hatten durch 6monatliches Trocknen 27 p. C. Gewichtsverluſt erlitten. Die Aſche war weiß.

(11) Haſelnußholz (Noisettier); aus dem näml. Garten. Die Zweige und das Geäſt hatten binnen 6monatlichen Trocknens 33 p. C. an Gewicht verloren. Die Aſche weiß.

(12) Holz von chineſiſchem Maulbeerbaum, (Mûrier de la Chine); aus dem näml. Garten; die Zweige hatten binnen 6monatlichen Trocknens 26 p. C. an Gewicht verloren. Die Aſche weiß.

(13) **Holz von weißem Maulbeerbaum** (Mûrier blanc); aus dem näml. Garten. Die Zweige von mittler Größe hatten binnen 6monatlichen Trocknens 31 p. C. an Gewicht verloren.

(14) **Holz von weißem Maulbeerbaum** von einem kalkigen und thonigen Boden aus der Umgegend von Aix, wo die Vegetation ſehr üppig iſt.

(15) **Orangeholz**, in voller Erde im Dep. des Bouches du Rhone gewachſen. Die Aſche weiß, etwas graulich.

(16) **Holz von weißer Eiche** (?) (chêne blanc), aus dem Dep. des Bouches-du-Rhone. Die Aſche weiß und ſehr leicht.

(17) **Holz von Steineiche** (chêne vert), ebendaher.

(18) **Birkenholz** (Bouleau); in ſandigem, thonigen kieſigen Boden im Walde von Orleans gewachſen; von ſehr trocknem Geäſt genommen. Die Aſche hell tabakfarben.

(19) **Falſches Ebenholz** (Faux ébénier); aus dem Garten der Ecole de Mines. Mittlere Zweige, in kleine Stücke geſchnitten und auf einem Ofen 14 Tage lang getrocknet. Die Aſche iſt weiß und bemerkenswerth wegen der großen Menge Phosphorſ., die ſie enthält. Ein noch größeres Verhältniß derſelben, als in der Tabelle angegeben, nämlich bis 23 p. C., fand **Berthier** in der Aſche der nämlichen, im ſchon angeführten Garten von Nemours gewachſenen, Holzart.

(20) **Kohle von Kaſtanienholz** (Châtaignier); genommen von Unterholz, gewachſen auf einem Boden von Grauwacke und Kalkſtein, zu Allword Dep. de l'Iſè .

(21) **Kohle von Erle** (**Aulne**); von 12 bis 15 Jahr altem Unterholz zu Allevard. Die Aſche gelblich.

(22) **Kohle von Kiefer** (Sapin) **von Allevard**, von 40 bis 50 Jahr altem Holz. Die Aſche braun.

(23) **Holz von Norwegiſcher Kiefer** (Sapin de Norvège); ein Stück eines ganz trocknen und reinen Bretes aus einer Kiſte. Die Aſche zeichnet ſich vor andern Aſchen ſehr aus; und würde ſich nach **Berthier** auf Soda nutzen laſſen.

(24) **Kohle von Fichte** (Pin), Dep. des Baſſes-Alpes. Die Aſche graulich weiß.

(25) **Waizenſtroh**, in ſtarkem und kalkigen Boden gebaut. Drei Monat nach der Ernte, nach abgeſonderten Aehren und Unkraut, verbrannt.

(26) **Kartoffelkraut** zu Nemours auf einem ſehr trocknen, aus weißem Quarzſand beſtehenden, etwas thonigen Boden gebaut, zur Zeit der Kartoffelärndte geſammelt.

(27) **Rheinfarrnkraut** (Tanaisie); im erwähnten Garten zu Nemours. Die Aſche weiß.

Univ. Bibl.
München

Namen der untersuchten Pflanzen.

1. Die Buche, Fagus Sylvatica
  a) Gesundes auf der Ebene gewachsenes Stammholz *)
  b) Anbrüchiges Holz
  c) Mit den belaubten jungen Zweigen
  d) Mit der Rinde
  e) Mit altem, der Witterung ganz ausgesetztem, Holz
  f) Mit dem Stammholz einer gesunden Bergbuche
2. Traubeneiche, Quercus robur.
  a) Mit gesundem, auf der Ebene erwachsenem Stammholz
  b) Mit anbrüchigem Holz
  c) Mit den belaubten jungen Zweigen
  d) Mit der Spiegelrinde
  e) Mit der Stammrinde
  f) Mit altem ausgewittertem Holz
  g) Mit gesundem Bergeichen Stammholz
3. Birken, Betula alba.
  a) Mit gesundem Stammholz
  b) Mit den belaubten jungen Zweigen
  c) Mit der Stammrinde
  d) Mit dem Stammholz einer Bergbirke
4. Hainbuchen, Carpinus betulus.
  a) Mit dem Stammholz einer Ebenenbuche
  b) Mit den belaubten jungen Zweigen
  c) Mit der Rinde
5. Ulmen, Ulmus campestris *).
  a) Mit gesundem Stammholz
  b) Mit den belaubten Zweigen
6. Eschen, Fraxinus excelsior.
  a) Mit gesundem Stammholz
  b) Mit Reisigholz
  c) Mit der Stammrinde
7. Ahorn, Acer pseudoplatanus.
  a) Mit gesundem Stammholz
  b) Zweige mit der Rinde
8. Elsbeer, Crataegus torminalis.
  a) Mit gesundem Stammholz
  b) Stammrinde
9. Erle, Betula alnus.
  a) Mit dem Stammholz
  b) Mit der Rinde
10. Aspe, Populus tremula.
  a) Mit dem Stammholz
  b) Mit der Stammrinde
11. Weiße Weide, Salix alba *).
  a) Mit dem Stammholz
  b) Mit der Rinde
12. Linden, Tilia europaea.
  Mit dem Stammholz
13. Kiefern, Pinus sylvestris.
  a) Mit Stammholz
  b) Mit der Stammrinde
14. Fichten, Pinus abies Linn. P. picea Duroi.
  a) Mit dem Stammholz
  b) Mit der Stammrinde einer Fichte von
15. Weißtanne, Pinus picea Linn. P. abies Duroi.
  Mit dem Stammholz
16. Weißdorn, Crataegus Oxyacantha
17. Rainweide, Ligustrum vulgare
18. Sauerdorn, Berberis vulgaris
19. Spindelbaum, Evonymus europaeus
20. Hartriegel, Cornus sanguinea
21. Schwarzdorn, Prunus spinosa
22. Wachholder, Juniperus communis
23. Hollunder, Sambucus nigra. Stammholz
  a) Mit jungen Zweigen, auf der Ebene
  b) Mit jungen Zweigen, auf Bergen
24. Schwelken, Viburnum opulus
25. [illegible], Lonicera Xylosteum
26. Schlingenbaum, Viburnum lantana
27. Kreuzdorn, der gemeine, Rhamnus catharticus
28. Hagebutten, Rosa canina
29. Heide, Erica vulgaris
30. Färberginster, Genista tinctoria
31. Kleiner deutscher Ginster, Genista germanica
32. Gemeiner Kellerhals, Daphne Mezereum
33. Dornichte Hauhechel, Ononis spinosa
34. Bittersüß, Solanum Dulcamara
35. Heidelbeere, Vaccinium myrtillus
36. Brombeerstrauch, hoher, Rubus fruticosus
37. Die gemeine Waldrebe, Clematis vitalba
38. Epheu, Hedera helix
39. Besen-Pfriemen, Spartium Scoparium
40. Gerber-Sumach, Rhus cotinus. Stammholz
  Junge Ruthe, 1 Stück
41. Das große [illegible], Polypodium filix mas et [illegible].
  a) Im Julius gesammelt
  b) Anfangs September gesammelt
  c) Anfangs October gesammelt

(28) **Wurzeln von Tabak von St. Malo.**

Ueber die Verhältnißmenge Aſche, die man aus verſchiedenen Holzarten erhält, haben außer **Berthier** auch mehrere andre Unterſuchungen bekannt gemacht, von denen die von **Werneck**, die wir hier folgen laſſen, am umfaſſendſten ſind.*) Den Gehalt der Aſche an Pottaſche beſtimmte **Werneck** dadurch, daß er dieſelbe mit deſt. Waſſer auslaugte, die filtrirte Lauge mit Weinſteinſ. fällte, und auf 100 Theile gebildeten cremor tartari 21 Theile Pottaſche rechnete. — Die Aſche wurde jedesmal von 10 Pfund Holz oder Kräutern gewonnen.

Anmerkungen.

1) Das Reſultat dieſes Verſuchs weicht beträchtlich von dem ab, was **Jägerſchmidt** (ſ. deſſen Murgthal. 1800 S. 137) mittheilt; denn nach demſelben geben 1000 Pfund Buchenaſche 250 Pfund, mithin 25 p. C. Pottaſche. — Wirklich fand auch **Werneck**, als er zwei andre buchene Hölzer, deren Stämme in ganz entgegengeſetzten Gegenden, Lagern und Boden aufgewachſen waren, einäſcherte, daß aus 1000 Pfund Aſche der **einen** Buche 202 Pf. 8 Loth u. ſ. w. Pottaſche gewonnen wurden; während eben ſo viel Aſche der andern 238 Pfund 6 Loth Pottaſche gab. Ein neuer Beweis, wie wenig die bloße Angabe der Holzarten ohne Berückſichtigung von Standort, Alter und Klima abſolute Beſtimmungen über den Aſchengehalt der Hölzer gewähren kann.

2) Nach **Jägerſchmidt** geben 1000 Pfund Ulmenaſche 237 Pfund und etwas darüber Pottaſche; nach **Frenzel** 166 Pfund.

3) Die Reſultate, welche einige andre baumartige Weiden, wie z. B. die Bruch-, Sool-, gelbe, rothe u. a. Weiden gaben, wichen ſo wenig hievon ab, daß ſie nicht angeführt worden ſind, dagegen gaben vorläufige Verſuche mit einigen ſtrauchartigen Weiden zu erkennen, daß in dieſen der Gehalt an auflöslichen Theilen der Aſche ungleich reichhaltiger ſey, als in irgend einer baumartigen Weide. Beſonders zeichnete ſich die Bandweide (salix viminalis) aus.

---

*) Es ſcheint uns überflüſſig, auch die von **Pertuis** und **Piſſis** anzuführen.

Organiſche Kohle *).

Literat. — Rouppe und van Noorden in Scherer J. III, 309. — Lowitz ebend. III, 336. — Parrot und Grindel ebend. IV. 437. V. 384. VII, 3. — Morozzo in Gehlen N. a. J. III, 470; auch in Gilb. Ann. XVII, 239; ferner in Gehlen J. II, 159. — Böckmann in Gehlen N. a. J. II, 243. — J. C. Vogel in Schweigg. J. IV. 42. — Th. Sauſſure in Gilb. Ann. XLVII. 113. — Figuier in Ann. de Chim. LXXIX. 71. — Duburgua in Gilb. Ann. XIII, 103. — Döbereiner in Schweigg. J. X. 272. XVI. 96. — Buſſy in Journ. de pharm. VIII. 257; auch in Berl. Jahrb. XXIV. Jahrg. 1822. **) — Chevreuſe in Ann. de Chim. et de Phys. XXIX. 426. — Nau in Hermbſt. Arch. III. 167. — Wetzneck ebend. V. 21. 40.

Die organiſche Kohle wird erhalten, wenn man irgend eine organiſche Verbindung der Glühhitze bei abgehaltenem oder nicht hinlänglich freiem Luftzutritt ausſetzt, ſo bei trockner Deſtillation der nicht flüchtigen Subſtanzen und beim Durchleiten der flüchtigen durch eine glühende Röhre. Der weſentliche Beſtandtheil der organ. Kohle iſt zwar Kohlenſtoff, außerdem aber enthält ſie auch alle feuerbeſtändigen Salze, welche in dem verkohlten organiſchen Körper vorhanden waren, und welche bei dem vollſtändigen Verbrennen der Kohle als Aſche zurückbleiben; ferner enthält ſie im gew. Zuſtande ſtets etwas atm. Luft, etwas Waſſer, etwas Waſſergas und etwas Sauergas (nicht als Waſſer); und wenn ſie aus ſtickſtoffhaltigen Körpern entſprang, auch Stickſtoff oder ſtickſtoffhaltende Verbindungen. Ueber das Nähere der Zuſammenſetzung ſ. unten. Nach ihrer Herkunft unterſcheidet man vegetabiliſche und thieriſche Kohle, über deren Bereitungsart, wie ſie für techniſche Zwecke vorgenommen wird, wir hier einiges angeben wollen.

Bereitung. 1) Der Kohle. — Das Verkohlen des Holzes wird im Großen entweder in Meilern oder in Oefen, auch wohl in Gruben vorgenommen. Die erſte Art war früher die einzig übliche, und iſt es noch an den meiſten Orten, wiewohl die Verkohlung in Oefen manche Vorzüge vor ihr hat, da ſie mehr und beſſere Kohlen liefert und die Benutzung auch anderer Producte der tr. Deſt. des Holzes geſtattet, welche bei der Meilerverkohlung verloren gehen. Bei dem

---

*) Wiewohl eigentlich die Betrachtung der gewöhnlichen Kohle in den allgemeinen Plan dieſes Werks eingehen würde, ſo werde ich doch, der Verwandtſchaft des Gegenſtandes wegen, die Betrachtung der thieriſchen Kohle damit verbinden.

**) Auszug aus einer gekrönten Preisſchrift.

Verkohlen in Oefen iſt das zu verkohlende Holz entweder von der Berührung mit der Atm. *ganz abgeſchloſſen* und die zu ſeiner Verkohlung erfoderliche Hitze wird mittelſt eines eigenen Feuers von Außen angebracht, oder man geſtattet der Atm. einigen Zutritt, läßt einen kleinen Theil des zu verkohlenden Holzes verbrennen und bewirkt mittelſt der dabei entwickelten Hitze die Verkohlung des übrigen. Man nennt dieſes die *Verkohlung im Halbverſchloſſenen*, welche Verkohlungsart auch die in den Meilern und Gruben iſt. In *ganz verſchloſſenen Oefen* (*Thermolampen*, *Thermoöfen*) wird das Holz durch das um oder unter demſelben angebrachte Feuer eben ſo wie in einer Retorte (oder wie das Kienholz beim Theerſchwelen) verkohlt, und man erhält hiebei auch dieſelben Producte; daher muß der Ofen den Dämpfen des Waſſers, der Eſſigſäure und des Oels, ſo wie den Gasarten, einen Ausgang geſtatten. Geſchieht dieß durch eine eigne Röhre, welche durch ein Kühlfaß in eine Vorlage führt, ſo ſammelt ſich in der letztern Holzeſſig und Theer, und wenn ſie übrigens luftdicht verſchloſſen iſt, ſo kann durch eine in ihren obern Theil mündende Röhre das brennbare Gasgemeng dort hingeleitet werden, wo man es entweder als Leucht- oder als Hitzmaterial verwenden will. Gleich nach der Erfindung dieſer Verkohlungsmethode (durch *Lebon*) wollte man das Gasgemeng zur Beleuchtung verwenden; daher nannte man die Oefen, in welchen die Verkohlung auf die eben beſchriebene Art verrichtet wurde, weil ſie Wärme und Licht zugleich geben ſollten, *Thermolampen*. Da aber dieſes Gasgemeng aus Holz beim Verbrennen ſehr wenig Licht aber ſehr viel Wärme giebt, ſo wird es vortheilhafter zum Heitzen als zum Leuchten verwendet, und gewöhnlich leitet man es wieder in das Feuer unter dem Verkohlungsofen, um einen Theil des Brennmaterials zu erſetzen, welches zum Verkohlen des eingeſchloſſenen Holzes nothwendig iſt.

Die Oefen zum Verkohlen des Holzes im Halbverſchloſſenen ohne äußere Hitze haben unten einen Roſt, und unter demſelben, ſo wie oben, eine mittelſt eines Schiebers zu verſchließende Oeffnung zur Communication mit der Atm., öfters auch noch Seitenregiſter in verſchiedenen Höhen. Den Roſt belegt man mit leicht entzündlichen Spänen, und den übrigen Ofen füllt man ſo dicht als möglich mit Holz, zündet die Späne an, verſchließt, wenn dieſe das Holz in Brand geſetzt haben, alle Oeffnungen des Ofens ſo weit, daß bei einem äußerſt ſparſamen Luftzuge kein ordentliches Verbrennen, ſondern nur ein Schweelen des Holzes Statt finden kann, wobei die durch die anfängliche Hitze aus dem Holze entwickelten öligen Theile langſam verbrennen und dabei ſo viel Wärme entwickeln, um die benachbarten Holzſchichten auf ähnliche Art zu verkohlen, ihre öligen Dämpfe wieder zu entzünden u. ſ. w., bis der ganze Inhalt des Ofens verkohlt iſt. Die durch die obere Oeffnung entweichenden Dämpfe und Gasarten kann man auf ähnliche Art, wie bei der Thermolampe benutzen.

Die Verkohlung in Meilern unterſcheidet ſich von der eben beſchriebenen Verkohlung in halbverſchloſſenen Oefen blos dadurch, daß bei den erſtern die Wände des Ofens beweglich ſind. Ein zweckmäßig aufgeſchichteter Holzhaufen wird nämlich mit einer dicken Lage von Raſen, Erde, Geſtübe u. dergl. luftdicht bedeckt, dann in der Mitte von einer unbedeckt gelaſſenen Stelle aus entzündet, welche, wenn das Feuer gehörig um ſich gegriffen hat, auch bedeckt wird; dann wird durch Löcher (Räume oder Rummen), die man an verſchiedenen Stellen in die Decke ſtößt, das Feuer ſo weit unterhalten, daß das Holz nur ſchweelet und ſo regieret, daß alle Theile des Meilers gleich verkohlt werden.

Die Grubenverkohlung geſchieht, dem Schweelen des Birkentheeres ähnlich, in Gruben, die entweder blos in die Erde gegraben, oder mit Steinen, mit Eiſenplatten u. dergl. m. ausgelegt, oder ausgemauert ſind, oder in einem in die Erde gegrabenen, tiefen gußeiſernen Keſſel, worin das oben entzündete Holz unter einer anfangs lockern, aber immer dichter werdenden, Decke von Reiſern und Erde langſam hinabglimmt. Bei dieſer Verkohlung erhält man nebſt Bränden beinahe blos weiche Kohlen, daher man dieſe Methode nur dort anwendet, wo man, wie z. B. zur Schießpulverfabrikation, weiche, leicht entzündliche und ſchnell verbrennende Kohlen erzeugen will. (Scholz Chem.).

Wer ſich ausführlicher über die verſchiedenen Einrichtungen der Verkohlungsanſtalten, ihre Vortheile und Nachtheile unterrichten will, wird das dahin Gehörige finden in: Scholz Lehrb. der Chem. II. 331 ff. — Stoltze gründliche Anleitung, die rohe Holzſ. u. ſ. w. zu benutzen. 150 ff. — J. A. Winzler, die Thermolampe in Deutſchland u. ſ. w. Brünn. 1803. -- C. F. Werner, der Thermoofen u. ſ. w. Leipzig. 1804. — Wächter Nachrichten von einem Verſuch, Holz in Oefen zu verkohlen; in dem n. Journ. für Fabriken, Handel, Kunſt und Mode. III. 193.

2) Bereitung der Thierkohle. — Die thieriſche Kohle erhält man gleich der Pflanzenkohle als Rückſtand der trocknen Deſtillation thieriſcher Theile, oder auch durch Verkohlen in offnem Feuer. Die zur Entfärbung dienende Kohle wird am beßten durch Glühen thieriſcher Theile mit Pottaſche und Auslaugen der erhaltenen Kohle bereitet, weil man hiedurch den Khlſt. in einem größern Zuſtande der Zertheilung erhält. Daher auch hiezu vorzüglich die gut ausgelaugten und nochmals geglühten Rückſtände der Berlinerblaufabriken (Ochſen-

blutkohle) tauglich ſind. Sonſt wendet man am häufigſten zu dieſem Zweck die rohe Knochenkohle an, welche **Figuier** auf folgende Art bereitet: Er nimmt den compacteſten Theil von Ochſen- und Schöpſenknochen, füllt einen Tiegel damit an, lutirt ſorgfältig einen Deckel darauf, nur an deſſen obern Theil eine kleine Oeffnung laſſend, ſtellt den Tiegel in einen Schmiedeofen und erhitzt ihn allmälig bis zum Rothglühen. Wenn die durch Verbrennung der gallertartigen und öligen Theile der Knochen entſtandene Flamme aufgehört hat, verkleinert er die Oeffnung des Deckels und giebt noch einmal recht ſtarke Hitze, wo ſich noch Gasarten entbinden; läßt darauf erkalten und zerreibt die Kohle aufs feinſte.

Eigenſchaften der Kohle. — Wir werden die Eigenſchaften der Pflanzenkohle und Thierkohle beſonders beſchreiben, da ſie in weſentlichen Puncten ſich verſchieden verhalten, auch die Eigenſchaften minder allgemein an der Thierkohle als an der Pflanzenkohle unterſucht ſind; nur die Entfärbungserſcheinungen werden wir bei beiden Kohlen in Verbindung betrachten, da ſich hier nicht wohl eine getrennte Beſchreibung geben läßt.

a) **Pflanzenkohle.** — Die Pflanzenkohle iſt eine ſchwarze, undurchſichtige, leicht zerreibliche, geſchmack- und geruchloſe Subſtanz, von der Form des verbrannten Pflanzentheils, deren Dichtigkeit und Feſtigkeit nach Beſchaffenheit ihrer Herkunft ſehr abweicht. — Die Kohle von **Zucker** iſt ſchwammig und aufgebläht, die von **Weinſteins**, zart und flockig, die von **Rosmarinöl** und **Alkohol** (durch eine glühende Röhre getrieben) ſehr **dicht** u. ſ. w.; das ſpec. Gew. der Kohle von Kork iſt 0,100; von Tannenholz 0,600: von Eichenholz 1,5727; von Alkohol, durch glühende Röhren geleitet, 2,100.

Nach **Chevreuſe's** neuerdings bekannt gemachten Unterſuchungen zeigt die Kohle in mehrern Hinſichten ein weſentlich verſchiedenes Verhalten, je nachdem ſie einer geringern oder ſtärkern Hitze bei der Verkohlung ausgeſetzt wurde. Er nennt die Kohle, welche zurückbleibt, wenn man irgend ein Holz in einer Retorte blos erhitzt, bis keine Dämpfe mehr davon aufſteigen, **Kohle vom erſten Verkohlungsgrade***); diejenige andrerſeits, welche man erhält, wenn man dieſe Kohle in die Retorte zurückbringt und nun bis zum Rothglühen erhitzt, **Kohle vom zweiten Verkohlungsgrade**, die wir kurz als **ungeglühte Kohle** und **geglühte Kohle** bezeichnen wollen. Er fand, daß die Kohlen von allen unterſuchten Holzarten die nämlichen Verſchiedenheiten nach dieſen verſchiedenen Verkohlungsgraden zeigten; daß das Glühen bei der zweiten Verkohlung auch an freier Luft geſchehen und die glühende Kohle auf beliebige Art gelöſcht werden könne, unbeſchadet dieſer weſentlich unterſcheidenden Eigenſchaften, welche hauptſächlich, ſo weit die Unterſuchungen bis jetzt gediehen ſind, die Dichtigkeit, das Leitungsvermögen für Elektricität und Wärme und die Verbrennlichkeit betreffen.

---

*) Wahrſcheinlich jedoch iſt ſie in dieſem Zuſtande, wie auch **Karſten** glaubt, nur erſt eine partiell verkohlte Pflanzenfaſer, die noch außer Kohlenſtoff viel von deren andern Beſtandtheilen zurückhält.

Die ungeglühte Kohle iſt im Allgemeinen minder dicht als die geglühte, wie der Verſuch mit Kohle einerſeits aus dem ſehr leichten Pappelholz, andrerſeits aus dem ſehr ſchweren Guajakholz ergab; das ſpec. Gewicht fand ſich nämlich bei:

Pappelkohle	ungeglühter	0,12372.
	geglühter	0,18743.
Guajakkolbe	ungeglühter	0,68718.
	geglühter	0,84829.

Elektriſches Verhalten der Pflanzenkohle. — Man nimmt in der Regel ſchlechthin an, die Kohle ſey ein guter Leiter für El. — Dagegen hat Chevreuſe, was jedoch auch andre ſchon früher bemerkt haben, nachgewieſen, daß dieß blos für die geglühte Kohle gilt; dagegen die trockne ungeglühte Kohle weder El. leitet, noch bei Berührung mit Metallen merkliche galvaniſche El. entwickelt. Je ſtärker die Kohlen geglüht worden ſind, um ſo beſſer leiten ſie die El. Die Stelle, welche die reine Kohle in der galvaniſchen Spannungsreihe einnimmt, iſt noch nicht mit Genauigkeit beſtimmt. In der That iſt ſie ſehr veränderlich nach der Zeit, welche die Kohle an der Luft gelegen hat; rückt aber um ſo mehr nach dem elektronegativen Ende der Reihe herab, je länger die Kohle an der Luft lag; was wahrſcheinlich auf einer progreſſiven Abſorption von Sauerſtoff und vielleicht entſprechendem Verdrängen von Waſſerſtoff beruht.

So fand Marianini *), daß gut ausgeglühte, in Waſſer abgelöſchte und ſofort am Multiplicator gegen Kupfer geprüfte Kohle ſich ſtets poſitiv dagegen verhält; nach einer Stunde Liegens aber negativ gegen Kupfer, wiewohl noch poſitiv gegen Silber; nach drei Stunden aber war ſie auch bis zum Silber herabgerückt. Ja, als Marianini Kohle im ſtärkſten Glühen bis zu dem Augenblick erhielt, wo ſie in der leitenden Flüſſigkeit, in der ſie geprüft ward, abgelöſcht wurde, ſtand ſie zwiſchen Bley und Zink; alſo faſt am oberſten Ende der galvaniſchen Spannungsreihe; dagegen andrerſeits gut geglühte, lange an der Luft gelegene, Kohle noch unterhalb Schwefelkies und

---

*) Saggio di esp. elettrom. 137.

Braunſtein fiel, ſo daß ſie das letzte Glied des negativen Endes der Reihe bildete. Es würde hienach ſcheinen, daß die Kohle eine an ſich ſehr poſitive Subſtanz ſey, die nur durch den verändernden Einfluß der Luft nach dem negativen Ende herabdrückt; allein abgerechnet, daß die Verſuche, wo eine Kohle noch glühend in die Leitungsflüſſigkeit getaucht wird, in der man ſie prüft, wegen des modificirenden Einfluſſes der Temperatur nicht zur Sicherſtellung ihres elektromotoriſchen Verhältniſſes dienen können, ſo iſt auch möglich, daß ſie in dieſem ganz friſchen Zuſtande noch waſſerſtoffhaltende Verbindungen enthält. In der That deutet auf eine große Negativität der Kohle mit großer Beſtimmtheit der Umſtand, daß die Metalle durch Verbindung mit Kohle ſehr in der galvaniſchen Spannungsreihe herabgerückt werden. So iſt Stahl negativer als Eiſen; und Graphit, welcher ſich als Kohlenſtoff mit nur wenig Eiſen betrachten läßt, gehört zu den negativſten Gliedern der Reihe.

Vermöge ihres elektriſchen Leitungsvermögens und ihrer großen Negativität eignet ſich die geglühte Kohle zur Errichtung galvaniſcher Säulen durch Schichtung mit Zink und feuchter Pappe, welche letztre man auch weglaſſen kann, wenn man die eine Seite der Kohle befeuchtet (Curtet in Gilb. Ann. XII. 361); beſonders aber wirkſam iſt ſie nach Curtet und Brugnatelli (Gilb. Ann. XVI. 89), das Hervorlocken von Funken aus galvaniſchen Säulen zu bewirken, indem man nämlich den einen Pol mit einer Kohlenſcheibe bedeckt und dann vom andern Pole aus mit einem Metalldraht oder Metallblättchen ſchließt. Nach Brugnatelli iſt kein Metall den Kohlen in dieſer Eigenſchaft vergleichbar, ausgenommen die Amalgame, beſonders Silberamalgam. Jedoch ſind nicht alle Kohlen gleich wirkſam. Die trockenen und harten Kohlen, welche bei der zerſtörenden Deſtill. vegetabiliſcher Theile, z. B. der Benzoe, der Stärke, des Mehls, zurückbleiben, fand Brugnatelli in dieſem Bezug wirkungslos; mehrentheils zeigten ſich auch die Kohlen aus harten Hölzern minder wirkſam, als die aus weichen. Eintauchen in Salpeterſ., Schwefelſ., Salzſ., Chlor, Aether, Alkohol, Kalilauge vermindert nach Brugn. die Fähigkeit, Funken hervorzulocken, nicht; Eintauchen in Schwefelleberlöſung hebt ſie aber ganz auf. Bringt man Kohle an den Leitungsdrähten einer Voltaiſchen Säule an, welche durch Flüſſigkeiten geſchloſſen werden, ſo ereignen ſich folgende chemiſche Veränderungen: der zum poſitiven Pole gehende Sauerſtoff des zerſetzten Waſſers verbindet ſich mit Kohlenſtoff zu Kohlenſäure, welche, wenn das Waſſer in hinreichender Menge vorhanden iſt, ſich darin auflöſt, um ſo mehr, wenn es alkaliſche Subſtanzen enthält (Davy), ſonſt aber ſich gasförmig entbindet (Brugnatelli); der zum negativen Pole gehende Waſſerſtoff aber wird von der Kohle erſt bis zu einem gewiſſen Grade abſorbirt, worauf erſt die Entbindung von Waſſerſtoff, der aber keinen Kohlenſtoff in ſeiner Miſchung enthält, am negativen Pole beginnt *).

Die Kohle, welche ſich am negativen Pole mit Waſſerſtoff geſchwängert hat (**hydrogeniſirte Kohle**), hat nach **Brugnatelli** veränderte Eigenſchaften angenommen; denn ſie verhält ſich elektropoſitiv gegen andre, dieſem Proceß nicht unterworfen geweſene, Kohlen.

Bringt man die Kohle in trocknem Zuſtande in den Kreis einer ſehr wirkſamen galvaniſchen Batterie, die zur Erzeugung außerordentlicher Hitzegrade fähig iſt, ſo vermag ſie dadurch geſchmolzen, ja verflüchtigt zu werden, ohne ſonſt eine Veränderung dabei zu erleiden **).

Wirkung der Wärme. — Nach der Erfahrung von **Chevreuſe** iſt die geglühte Kohle ein guter, die ungeglühte ein ſchlechter Wärmeleiter.

Wenn die in der Rothglühhitze entſtandene Kohle in verſchloſſenen Gefäßen weiß geglüht wird, entwickelt ſie brennbare Gasarten (wohl hauptſächlich Kohlenſtoffoxydgas), nimmt hiebei oft an Umfang ab, an Dichtigkeit zu, und gewinnt nach **Davy** oft eine ſolche Härte, daß ſie Glas ritzt.

Werden gemeine ungeglühte Holzkohlen der trocknen Deſtillation unterworfen, ſo entbinden ſie (weil ſie immer etwas Waſſer, Wſſtgas, atm. Luft enthalten) neben kohlenſ. Gas ein brennbares Gasgemenge, welches von **Berthollet** als oxydirtes Kohlenwſſtgas bezeichnet wird (wahrſcheinlich Gemeng in veränderlichen Verhältniſſen von Kohlſtoxydgas, ölerzeugendem Gas, Kohlwſſtgas, Wſſtgas und Stickgas), und zwar nach **Woodhouſe** und **Berthollet** in der Art, daß die Entbindung des kohlſ. Gaſes ſich vom Anfange der Deſt. immer mehr mindert, während die des brennbaren Gaſes im Verhältniß dagegen zunimmt.

In nachſtehender Tabelle ſind die Reſultate vereinigt, welche **Berthollet** (Gilb. Ann. XXXIV. 402) über das (vom kohlſ. Gas abgeſonderte) brennbare Gasgemeng zu verſchiedenen Zeiten der trocknen Deſtillation gemeiner Kohle erhalten hat, mit Beifügung des durch Zerſetzung von Kampferdampf und Oeldampf erhaltenen.

---

*) **Davy** in Gilb. Ann. VII. 120; **Brugnatelli** in Gilb. Ann. XXIII. 212.

) Vergl. **Davy in Gilb. Ann. XXXV. 435. XXXVI. 182. — **Children** ebend. LII. 364. — **Silliman** in Schweigg. J. N. R. IX. 87.

Völlig reines und trocknes brennbares Gasgemeng ; bei 0° T. und 76 Centimeter Druck.

Erhalten	Sp. Gew. (das der at. u. L. = 1 geſetzt).	Gewicht von 1 Litre in Grammen.	100 Litres des Gas		Beſtandtheile des Gas in 100 Grammen an			Stickſtg. enthalten in 100 Litres des Gas Litres.
			erfordern von Sr ſtgas zur Verbrennung.	erzeugen durch Verbrennung khlſ. Gas.	Khlſt. Grammen.	Srſt. Grammen.	Wſſſt. Grammen.	
Bei zwei Deſtillationen von Kohle unter allmälig verſtärkter Hitze. A. zu Anfang der erſten Operation	0,46168	0,59791	80,86 Litres	56,22 Litres	48,17	38,28	13,55	11,79
B. Mitten in derſelben	0,48500	0,62904	72 66 —	59,60 —	48,55	41,34	10,11	9,37
C. Zu Ende derſelben	0,25121	0,32554	64,50 —	28,35 —	44,60	28,10	27,30	10,44
D. Zu Anfang der zweiten Operation	0,46090	0,59807	89,56 —	60,26 —	51,64	34,00	14,36	8,71
E. Zu Ende derſelben	0,18083	0,23453	61,95 —	17,12 —	37,39	22,91	39,70	7,97
F. Bei Zerſetzung von Waſſerdämpfen durch, in einer Eſſe geglühte, Kohle, welche in einer Porcellanröhre glühend erhalten ward	0,25940	0,33592	59,70 —	28,79 —	43,91	33,61	22,48	6,95
G. Aus Kohle bei gleich Anfangs möglichſt verſtärkter Hitze	0,18916	0.24513	73,17 —	23,68 —	49,49	10,61	39,90	7,14
Durch Zerſetzung von H. Kampferdampf.	0,30858	0,40077	85,04 —	38,05 —	48,63	25,35	26,02	11,62
I. Oeldampf	0,34857	0,45135	94,10 —	45,87 —	52,09	24,03	23,88	4,30

Man ſieht aus dieſen, in der Tabelle aufgeführten, Reſultaten, daß der Antheil des brennbaren Gasgemengs, der zuletzt übergeht, ſpecifiſch leichter und viel reicher an Wſſſt., aber ärmer an Srſt. iſt, als der Antheil des Gasgemengs, der ſich bei der Deſt. der Kohle zuerſt entbindet. Dieſe zuletzt übergehende Portion nähert ſich dem Gewichte des Gaſes, welches man erhält, wenn man gleich zu Anfange einer Operation möglichſt ſtarkes Feuer giebt; von allen aber enthält dieſes am wenigſten Srſt. Das bei der Waſſerzerſetzung durch Kohle entſtehende Gas iſt ärmer an Wſſſt., als jener zuletzt übergehende Antheil, ungeachtet es beinahe daſſelbe ſpecifiſche Gewicht hat; enthält aber verhältnißmäßig mehr Sauerſtoff.

An der Luft entzündet ſich die Kohle bei einer verſchiedenen Temp. und verbrennt verſchieden leicht; meiſt iſt Glühhitze zur Einleitung der Verbrennung erfoderlich, welche dann bei vielen Kohlen ſich weiter fortſetzt, bei andern der beſtändigen Wärmezuführung von Außen bedarf. Nach Chevreuſe ſind die nicht geglühten Kohlen im erſten, die geglühten Kohlen im zweiten Fall. Die Verbrennung an der Luft erfolgt unter rothem Glühen der Kohle, und wenn ſie lebhaft iſt, mit einem Flämmchen; in Srſtgas mit Funkenſprühen. Die Verbrennungsproducte ſind außer Khlſ. nach Sauſſure ein wenig Waſſer und oxydirtes Khlwſſſtgas. Als Rückſtand bleibt Aſche, d. h. die feuerbeſtändigen Salze, welche in der Kohle enthalten ſind.

Ueber die Hitze, welche verſchiedene Kohlenarten bei ihrem Verbrennen entwickeln, laſſen wir hier die ausführlichen Reſultate von Werneck folgen.

Er maß dieſe Hitzkraft durch die Zeit und die Menge der (gut ausgebrannten) Kohlen, welche erfoderlich waren, 3 Unzen (franz. Troysgewicht) geſchlagenes Eiſen von 1 par. Lin. Dicke zum Schmelzen zu bringen. Die Reſultate ſind in nachſtehenden Tabellen vereinigt, von denen die erſte für Kohlen von Stammholz, die zweite für Kohlen von Stangenholz, die dritte für Kohlen von geflößtem Holz gilt *).

---

*) Die Kohlen in I. und II. waren verkäufliche, wie ſie zu techniſchem Gebrauch dienen; die in III. durch künſtliche Verkohlung eigens bereitet.

I. Hitzkraft der Stammholzkohlen.

Kohlenſorten.	Volumen der Kohlen.	Gewicht der Kohlen	Zeit bis zum Fluß des Eiſens.	2866 Cub. Zoll Kohlen erzeugen eine Hitze von	Verhältniß der Hitzkräfte gegen die der Buchenkohlen = 1,000
	par. Cub. Z.	Richtpfennigtheilchen. *)	Min.	Graden F.	
Stammholzkohlen.					
1) Buchenkohlen . . .	2866	1673736	58	1600	1,000
2) Eichenkohlen	3038	1951172	60	1459	0.912
3) Birkenkohlen	3034	1859236	60	1461	0,913
4) Hainbuchenkohlen . .	2819	1927835	56	1684	1.052
5) Ahornkohlen	2832	1717265	57	1647	1,029
6) Eſchenkohlen	2834	1157472	57	1646	1.028
7) Ulmenkohlen	3149	1472348	60	1407	0,879
8) Elſenbeerbaumkohlen .	3216	1878834	64	1292	0,807
9) — 20jähr. Reidelholz	3198	2240716	59	1409	0.880
10) Vogelbeerbaumkohlen .	3436	1887873	66	1172	0,732
11) Vogelkirſchenbaumkohlen	3336	1770305	64	1246	0,778
12) Erlenkohlen	3850	1530000	78	885	0,558
13) Aspenkohlen	3683	1700000	73	988	0,617
14) Lindenkohlen	3438	1672347	71	1089	0,680
15) Palmweidenkohlen . .	3381	1754429	67	1173	0,733
16) Bruchweidenkohlen . .	3790	—	75	935	0.584
17) Kiefernkohlen . . .	2706	1418662	57	1724	7,076
18) Fichtenkohlen . . .	3374	1772600	67	1176	0,735
19) Weißtannenkohlen . .	3469	1860102	68	1127	0,704
Stockholzkohlen.					
20) Kiefernkohlen	2692	1652763	52	1899	1,186
21) Fichtenkohlen	3360	1767219	62	1276	0,797
22) Weißtannenkohlen . .	3455	1809156	64	1202	0,751

---

*) Cölniſches Markgewicht.

II. Hitzkraft der Stangenholzkohlen.

Holzſorten.	Volumen der Kohlen.	Gewicht der Kohlen.	Zeit bis zum Schluß des Eiſens.	2366 Cub. Zoll Kohlen erzeugen eine Hitze von	Verhältniß der Hitzkräfte gegen die der Stammholzkohlen von Buche = 1,000
	par. Cub. Z.	Richtpfennigtheilchen.	Min.	Graden F.	
1) Kohlen von 35jähr. Buchenſtangen	2796	1617207	58	1639	1,024
2) Von 40jähr. Eichenſtangen	2987	2000000	60	1484	0,928
3) Von 25jähr. Eſchenſtangen	2708	1170000	56	1753	1.096
4) Von 25jähr. Birkenſtangen	3036	1859237	60	1460	0,913
5) Von 30jähr. Ahornſtang.	2810	1709382	55	1720	1,075
6) Von 30jähr. Maßholderſt. *)	2789	1674000	55	1733	1,082
7) Von 25jähr. Ulmenſtangen	3138	1476421	56	1522	0,951
8) Von 25jähr. Aſpenſtangen	3680	1700000	71	1017	0,636
9) Von 25jähr. Palmweidenſt.	3574	1674000	70	1063	0,664

III. Hitzkraft der Kohlen von geflößtem Holz.

Kohlenſorten.	Volumen der Kohlen.	Gewicht der Kohlen.	Zeit bis zum Fluß des Eiſens.	2366 Cub. Zoll Kohle erzeugen eine Hitze von	Verhältniß der Hitzkräfte gegen die der Kohlen von ungeflößtem Buchenſtammholz.
	par. Cub. Z	Richtpfennigtheilchen	Min.	Graden F.	
1) Buchenkohlen	3437	1635213	66	1172	0,732
2) Eichenkohlen	3684	1913581	73	989	0,618
3) Hainbuchenkohlen	3300	1898638	65	1239	0,774
4) Ahornkohlen	3400	1795882	70	1117	0,698
5) Eſchenkohlen	3336	1099693	66	1206	0,754
6) Birkenkohlen	3526	1849982	71	1062	0,664
7) Kiefernkohlen	3360	1399569	66	1199	0,749
8) Fichtenkohlen	3820	1721402	77	904	0,565
9) Weißtannenkohlen	3856	1735096	78	884	0,552

---

*) Acer campestre Linn.

Ausbeute der verſchiedenen Holzarten von Kohle. — Wir ſprechen hierüber nicht von Neuem, da ſchon beim Holze die Rede davon geweſen iſt.

Abſorptionsvermögen der Kohle. — Die Kohle iſt in unzerſetzter Geſtalt in allen Flüſſigkeiten unauſl.; dagegen nimmt ſie viele Stoffe theils vermöge ihrer Poroſität und hiedurch vermittelten capillaren Anziehung, theils vermöge chemiſcher Verwandtſchaft in ſich auf, ſo namentlich Gasarten, Dämpfe, Riechſtoffe, Farbſtoffe und faulige Stoffe.

Ueber die Abſorption der Gasarten und Dämpfe durch die Kohle kann man ſich aus Gehlers phyſik. Wörterb. Art. Abſorption, oder aus meiner Ueberſetzung des Thenardſchen Lehrbuchs I. S. 282 ausführlich belehren. Die Hauptreſultate darüber ſollen kurz wiederholt werden, mit Hinzufügung ausführlicherer Data über die Abſorption von Waſſerdämpfen durch Kohle. — Von der Abſorption fauliger Stoffe durch die Kohle iſt im Rep. II. S. 489 hinlänglich gehandelt worden. Die entfärbenden Eigenſchaften der Kohle aber ſollen nachher ausführlich betrachtet werden.

Die Abſorptionsgröße der Gasarten durch Kohle richtet ſich nach Beſchaffenheit der Gasarten und der Kohle ſelbſt, nach Druck, Temperatur, Beimengung anderer Gasarten oder Gegenwart von Flüſſigkeiten. Sie nimmt zu mit dem Druck und iſt im luftleeren Raume null *); ſie nimmt ab mit der Wärme, und bei 100° C. findet keine Abſorption mehr Statt. Kommt die mit einem Gaſe geſättigte Kohle mit einem zweiten Gaſe in Berührung, ſo entwickelt ſie immer (wenn keine chemiſche Verb. beider Statt findet) einen Theil des erſtern und nimmt einen Theil des letztern auf. Auch Gegenwart von Waſſer in der Kohle vermindert in den meiſten Fällen die Abſorption der Gaſe.

Die Gegenwart des einen Gaſes begünſtigt nach Sauſſure's Verſuchen häufig die Abſorption des andern, in ſo fern, als z. B. mit Stickgas oder khlſ. Gas geſättigte Kohle in Sauerſtoffgas gebracht mehr von den erſtern Gasarten bei ſich behält, und mehr an Sauerſtoffgas verſchluckt, als es der Fall ſeyn müßte, wenn man annähme, ein Theil der Kohle ſättige ſich hiebei mit dem einen Gaſe, und der andre Theil mit dem andern. Aehnlich verhält ſich die mit dem Sauerſtoffgas geſättigte Kohle gegen Waſſerſtoffgas.

Läßt man Sauerſtoffgas und Waſſerſtoffgas, oder Sauerſtoffgas und Stickgas zugleich von der Kohle abſorbiren, ſo erzeugt ſich doch ſelbſt nach langer Zeit kein Waſſer oder Salpeterſäure darin.

---

*) Indem hier, ſo wie bei 100° C. das abſorbirte Gas vielmehr entwickelt wird.

Ueber die Abſorption der atm. Luft durch Kohle ſind von vielen Phyſikern Verſuche angeſtellt worden. 1 Maß Holzkohle verſchluckt nach **Fontana** gegen 6 Maß Luft, ſo daß nichts übrig bleibt; nach **Lametherie** 6 bis 10 Maß; nach **Parrot** und **Grindel** 5 Maß; nach **Rouppe** und von **Noorden** 3 Maß u. ſ w. — Unſtreitig rühren die verſchiedenen Reſultate von ungleichen Nebenumſtänden der Verſuche her. Darüber ſind jedoch die Beobachter einig, daß bei der Einwirkung der Kohle auf die atm. Luft immer verhältnißmäßig mehr Sauerſtoffgas als Stickſtoffgas verſchluckt wird, ſo daß bei einem gewiſſen Verhältniß der Kohle zur Luft faſt reines Stickſtoffgas zurückbleibt.

Nach **Sauſſure** verſchluckt 1 Maß ganze Buchsbaumkohle bei 11° bis 12° C. und 0,724 Meter Luftdruck, nach 2 verſchiedenen Methoden geprüft:

Ammoniakgas	90 Maß
Salzſ. Gas	85 —
Schwefligſ. Gas	65 —
Schwefelwaſſerſtoffſ. Gas . .	55 —
Stickſtoffprotoxydgas . . .	44 —
Kohlenſ. Gas	35 oder 31,5
Oelbild. Gas	35
Kohlenſtoffoxydgas . . .	9,42
Sauerſtoffgas	9,25 oder 8,33
Stickgas	7,5 oder 7,0
Oxyd. Khlwſſſtgas (aus feuchter Kohle)	5
Waſſerſtoffgas	1,75

Gepulverte Kohle verſchluckt weniger, als ganze Kohle; auch ſcheint bis zu gewiſſem Grade das Abſorptionsvermögen mit der Dichtigkeit der Kohle zuzunehmen.

Was die Abſorption der Feuchtigkeit durch Kohle anlangt, ſo führe ich darüber die Reſultate von **Chevreuſe** und von **Rau** an.

Chevreuſe, indem er Kohlen von Pappel und Guajak, befreit von Feuchtigkeit, aber nicht von Luft, in eine Atm. brachte, worin das Hygrometer das Maximum der Feuchtigkeit anzeigte und nach gewiſſen Terminen wog, fand, daß 100 Theile dieſer Kohlen folgende Gewichtszunahmen erhielten:

		nach 1 Tag.	nach 3 Tag.	nach 8 Tag.	nach 30 Tag.	durch Eintauchen in tropfbares Waſſer.
Pappelkohle	Nicht geglühte	0,176	0.235	0,235	0,235	752,94
	Geglühte	0,153	0,230	0,230	0,235	482,08
Guajakkohle	Nicht geglühte	0,058	0,082	0,082	0.119	77,24
	Geglühte	0,021	0,040	0,058	0,094	45,98

In der letzten Spalte findet ſich zugleich angegeben, wie viel 100 Theile dieſer Kohlen durch einen verlängerten Aufenthalt unter tropfbarem W. an Gewicht zunahmen. Gepulvert abſorbirten die Kohlen weniger Waſſerdunſt, als im ganzen Zuſtande.

Rau hat folgende Beſtimmungen über die Gewichtszunahme der friſchen Kohle vieler Hölzer binnen 24 Stunden in der Atmoſphäre angegeben. Zugleich iſt in der folgenden Tabelle das Gewicht Holzes angegeben, von welchem das gegebene Gewicht Kohle gewonnen wurde.

Namen der Hölzer.	Gewicht des Holzes.	Gewicht der friſchen Kohle.	Gewicht der Kohle nach 24 Stunden.
	Grane.	Grane.	Grane.
Acer rubrum . . .	4385	780	820
Acer campestre. . .	5333	2145	1209
Acer pseudo-platanus .	5565	1030.	1080
Acer negundo . . .	5600	1145	1158
Acer platanoides . .	3550	606	630
Aesculus hippocastanum	4330	775	822
Amorpha fruticosa . .	1960	540	557
Betula alba	5430	905	945
Betula alnus . . .	4081	630	680
Bignonia catalpa . . .	2580	580	620
Berberis vulgaris . .	650	210	226
Crataegus aria . . .	3600	587	600
Carpinus Betulus . .	5930	1160	1170
Crataegus oxyacantha .	5930	1260	1290
Corylus avellana . .	5670	950	1000
Cytisus laburnum . .	5490	1200	1240
Cornus mascula . . .	7400	1310	1330
Colutea arborescens .	4260	995	1065
Evonymus europaeus .	3780	871	960
Fagus castanea . . .	9600	1770	1800
Fagus sylvatica . . .	3870	1300	1370
Fraxinus excelsior . .	6900	1230	1280
Ficus carica	2208	545	574
Gleditschia chinensis .	4480	960	1000
Gleditschia triacanthos .	2408	490	540

Namen der Hölzer.	Gewicht des Holzes.	Gewicht der friſchen Kohle.	Gewicht der Kohle nach 24 Stunden.
	Grane.	Grane.	Grane.
Hedera helix	3990	710	726
Juglans regia	5897	1100	1110
Juniperus virginiana	5530	1015	1100
Juniperus communis	7000	1350	1375
Ligustrum vulgare	3000	600	650
Liriodendron tulipif.	1595	331	337
Lonicera tatarica	5400	1080	1110
Lonicera pyrenaica	2900	690	720
Mespilus americana	2435	488	514
Morus alba	3160	790	845
Prunus mahaleb	2011	420	456
Prunus avium	5130	1000	1080
Ptelea trifoliata	1130	660	720
Populus italica	2120	470	510
Populus tremula	4560	609	965
Philadelphus coron.	2000	370	450
Pyrus malus	4470	908	925
Prunus spinosa	3460	780	820
Populus nigra	2730	490	570
Platanus orientalis	3120	593	690
Pinus picea	2460	428	450
Pinus sylvestris	3445	730	790
Pinus montana	668	760	800
Pinus larix rubra	980	257	275
Pinus abies alba	2550	661	720
rigida	2380	488	507
taeda	520	98	115
Pinus larix alba	1416	330	110
Pinus larix	5850	1210	1265
Pinus strobus	4261	1027	1080
Quercus robur	6770	1400	1460
Rhus canadensis	5070	1060	1130
Rhus coriaria	2280	375	437
Rhus thyphinum	2880	850	860
Rhamnus frangula	2740	560	580
Robinia caragana	2730	550	590
Robinia hispida	4370	890	970
Robinia pseudo-acacia	4270	890	963
Rhamnus catharticus	3755	840	895
Rhamnus frangula	2725	580	608
Spiraea opulifolium	4422	1110	1157
Syringa vulgaris	3025	604	667
Salix alba	4340	665	720
Salix fragilis	2050	380	420
Staphylea trifoliata	5100	698	754
Salix babylonica	3400	560	578
Sambucus nigra	4320	920	980
Tilia americana	2050	330	360
Tilia caroliniana	2270	330	490

Namen der Hölzer.	Gewicht des Holzes.	Gewicht der friſchen Kohle.	Gewicht der Kohle nach 24 Stunden.
	Grane.	Grane.	Grane.
Taxus baccata. . . .	3740	780	860
Ulmus campestris . .	6670	350	1440
Viburnum opulus . .	1920	423	450
Vitis hederacea . . .	5010	1110	1202
Xanthoxylum clava Herculis	1100	400	450

Einwirkung chemiſcher Agentien. — Chlorgas verwandelt ſich in Berührung mit glühender Kohle in Salzſ., Schwefel in Schwefelwſſtſ. und Schwefelkhlſt., welches auf dem Waſſerſtoffgehalt der Kohle beruht.

Nach den Verſuchen Prouſt's entzündet rauchende Salpeterſ. friſchgeglühte Holz-, Kork-, Weinſtein-, Hirſchhornöl-, Safflor-Kohle und ausgeglühten Kienruß bei der gewöhnlichen Temp. mit lebhaftem Funkenſprühen und mit Flamme. Hat die Kohle ſchon einen Tag gelegen, ſo verpufft ſie wegen aufgeſogener Feuchtigkeit nicht mehr. Prouſt beobachtete aber, daß auch bei friſch geglühter Kohle die Verſuche manchmal durchaus nicht gelangen; ſo entzündet ſich die gepulverte Kohle nicht, wenn man die Salpeterſ. mitten auf das Pulver gießt; läßt man ſie hingegen an der Fläche des Gefäßes, worin ſich dieſe befindet, hinabfließen, ſo erfolgt die Verpuffung ſchnell von der Stelle aus, wo Säure und Kohle zuſammenkommen. (Prouſt in Gehlen J. VI. 376).

Verdünnte Salpeterſ. löſt die Kohle bei längerm Kochen unter Entbindung von Salpetergas zu künſtlichem Gerbſtoff auf.

Zuſammenſetzung. — Die Zuſammenſetzung der vegetabiliſchen Kohle wurde ſchon oben im Allgemeinen angegeben. Der Waſſerſtoffgehalt derſelben giebt ſich hauptſächlich durch die Producte kund, die ſie erzeugt, wenn ſie glühend mit Chlor oder Schwefeldämpfen in Berührung gebracht wird (ſ. oben); wiewohl man, was letztre betrifft, berückſichtigen muß, daß der Stangenſchwefel ſelbſt auch einen nahmhaften Antheil Wſſt. zurückhält, von welchem zum Theil das ſich erzeugende Schwefelwſſtgas herrühren kann.

Marum fand auch, daß bei Reduction des Queckſilberoxyds mittelſt Kohle, ſelbſt wenn beide im trockenen Zuſtande angewandt wurden, indem erſtres vorher bis zur Siedhitze erhitzt, letztre geglüht worden war, jederzeit Waſſertropfen entſtanden (Scherer J. II. 504).

Nach Döbereiner ſoll ungeglühte Holzkohle 1 At. Wſſt. auf 9 At. Khlſt. enthalten; ſtark geglühte Fichtenkohle 1 At. Wſſt. auf 12 At. Khlſt.

Die Kohle ſcheint übrigens nach Berthollet's Verſuchen, ſelbſt wenn ſie der ſtärkſten Gluth einer Schmiede ausgeſetzt war, noch etwas Sſt. und Stickſt. zurückzuhalten, welche daher vielleicht minder von beigemengter atm. L. herrühren, als vielmehr ihrer Miſchung weſentlich ſind (Vergl. Gilb. Ann. XXXIV. 408; Schweigg. J. I. 346).

b) Thieriſche Kohle. — Die thieriſche Kohle unterſcheidet ſich im Allgemeinen von der vegetabiliſchen durch eine minder tiefe ſchwarze Farbe, einen in der Regel metalliſchen Glanz, ſchwierigere Entzündbarkeit und Brennbarkeit, geringeres Abſorptionsvermögen für Gasarten, reichlichern Gehalt an Stickſtoff und ſtickſtoffhaltigen Verbindungen, ſo wie auch an andern Salzen als die Pflanzenkohle, indem ſie ſtatt Kali- und Natronſalzen beſonders Kalkſalze, außerdem blauſaure und phosphorſaure Salze zu enthalten pflegt. — Die Kohle von Eiweis iſt ſchwammig aufgebläht; die Kohle, bei einem hohen Hitzegrade aus Ochſenblut bereitet, hat nach Vogel eine bleygraue Farbe und außerordentlich ſtarken Metallglanz; gleicht ſehr dem engliſchen glänzenden Graphit und läßt ſich nur ſchwer pulvern; ſcheint an der Luft Feuchtigkeit anzuziehen und aufzuſchwellen. Wenn eine Unze geglühte Fichtenkohle aus der atm. Luft 14 Cub. Zoll und eben ſo viel Weinſteinkohle 24 Cub. Zoll abſorbirt, ſo abſorbirt nach Vogel Blutkohle blos 4½, Knochenkohle blos 2½ Cub. Zoll.

Nach Döbereiner ſoll Kohle von Thierleim 1 At. Stickſt. auf 6 At. Kblſt. enthalten.

Nach Buſſy wechſelt die im Handel vorkommende Knochenkohle zwar ſehr in ihrer Zuſammenſetzung; beſteht jedoch gewöhnlich aus folgenden Beſtandtheilen: 88 phosphorſ. und kblſ. Kalk, Schwefelkalk, Schwefeleiſen und Eiſenoxyd; 2 Kohleneiſen mit Kieſelerde; 10 Kblſt., der 6 bis 7 p. C. ſeines Gewichts Stickſtoff enthält.

Ueber die entfärbenden Eigenſchaften der Kohle *). — Die Kohle vereinigt ſich mit vielen organiſchen Farbſtoffen, und vermag dadurch viele gefärbte Flüſſigkeiten, die man durch ihr Pulver filtrirt, oder damit kocht, zu entfärben. Die Umſtände, worauf es hiebei insbeſondere ankommt, ſind nach Buſſy's Unterſuchungen folgende:

1) Die entfärbende Eigenſchaft der Kohle hängt vom Kohlenſtoffe ab, und zwar von phyſiſchen Verhältniſſen deſſelben, worunter die Lokkerheit und Vertheilung der Partikeln am meiſten in Betracht kommt. — 2) Der Stickſtoff und die andern in der Kohle befindlichen fremden Stoffe, jedoch mit Ausnahme des Schwefelwſſtgaſes und der Schwefelverbindungen, welche unter beſondern Umſtänden vortheilhaft wirken

---

*) Ueber ihre Anwendung zur Reinigung des Waſſers vergl. Rep. II. 494.

können (S. 302), wirken nicht unmittelbar entfärbend; haben aber in ſo fern Einfluß auf die Entfärbungskraft der Kohle, als ſie die Oberfläche derſelben auflockern. — 3) Keine bis zu dem Grade erhitzte Kohle, daß ſie hart und glänzend wird, wirkt entfärbend, hingegen wird die Entfärbungskraft verſtärkt, wenn man den zu verkohlenden Subſtanzen eine andre zuſetzt, die die Zuſammenſinterung der Kohle im Feuer verhindert. — 4) Nicht nur hat die rohe Knochenkohle ein größeres Entfärbungsvermögen als die rohe Holzkohle, ſondern auch die durch Glühen mit Pottaſche erhaltene und ausgelaugte vegetabiliſche Kohle überhaupt hat nie eine ſo große Entfärbungskraft, als die eben ſo bereitete Kohle mehrerer thieriſchen Materien, was von der größern Zertheilung des Khliſts in letztern abhängt; und man kann ſtets annehmen, daß die Kohle am entfärbendſten wirkt, welche bei dem Glühen mit Kali das meiſte eiſenblauſ. Kali erzeugt *). — 5) Die Stärke der Entfärbungskraft verhält ſich im Allgemeinen gegen alle Farbſtoffe gleich, ſo daß die Art Kohle, welche auf den einen Farbſtoff am ſtärkſten wirkt, dieſes auch auf die andern thut; aber der Unterſchied von Kraft, welcher zwiſchen den verſchiedenen Kohlenarten Statt findet, iſt um ſo geringer, je ſchwerer eine Flüſſigkeit zu entfärben iſt. — 6) Die Kohle bewirkt die Entfärbung, indem ſie ſich mit dem Farbſtoffe verbindet, ohne denſelben zu zerſetzen. Man kann daher die durch Kohle zum Verſchwinden gebrachte Farbe durch andre Mittel wieder zum Vorſchein bringen. — Wir fügen 7) nach Figuier hinzu, daß thieriſche Kohle, die ſchon einmal zum Entfärben gedient hat, durch Glühen in verſchloſſenen Gefäßen ihre entfärbende Eigenſchaft von Neuem erlangt, wiewohl in minderm Grade, als vorher.

Folgendes enthält die Belege und nähern Erörterung zu dieſen Sätzen.

Um die Entfärbungskraft einer Kohle genau zu ſchätzen, bediente ſich Buſſy einer auf folgende Art bereiteten neutralen Indigoauflöſung: Man legt in eine Aufl. des Indig mit Schwefelſäure ſo lange Wolle, bis dieſe ſo viel Farbſtoff, als ſie aufzunehmen fähig iſt, aufgenommen hat; hierauf wäſcht man ſie gut mit kaltem Waſſer aus und kocht ſie dann mit reinem W., dem man eine höchſt kleine Quantität baſ. kohlſ. Kali zuſetzt, eben hinreichend, die S. zu ſättigen, welche die Wolle zurückbehalten hat. Die ſo erhaltene neutrale Aufl. prüft man durch Chlor auf ihren Gehalt an Indig (vergl. Rep. I. 935), verdünnt ſie dann ſo weit, daß ſie $\frac{1}{1000}$ Indig enthält, und prüft hiemit

---

*) Gewöhnlich ſpricht man zu allgemein aus, daß thieriſche Kohle beſſer entfärbe, als vegetabiliſche, da doch Kohlen von Eiweis, Leim, Blut, wenn ſie nicht mit Kali geglüht ſind, wegen ihrer Cohäſion ſich faſt unwirkſam verhalten, wohl aber durch Glühen mit Kali höchſt wirkſam werden.

die Kohle, indem man eine beſtimmte Menge derſelben mit der Löſung in gelinder Wärme behandelt und ſo lange von letztrer zuſetzt, als ſich noch Entfärbung zeigt. Die Entfärbung geſchieht zwar auch in der Kälte, aber erſt in längerer Zeit. Mittelſt dieſes Verfahrens gelangte Buſſy zu den in folgender Tabelle enthaltenen Reſultaten über das Verhältniß der Entfärbungskraft verſchiedener Kohlen (vergl. hiemit die Tabelle von Vogel S. 303).

Art der angewandten Kohle *).	Gewicht der Kohle.	Gewicht der entfärbten Indigolöſung.	Gewicht der entfärbten Melaſſe.	Die Stärke der entfärbenden Kraft der Kohle auf die Indigolöſung in Zahlen ausgedrückt.	Die Stärke der entfärbenden Kraft der Kohle auf die verdünnte Melaſſe in Zahlen ausgedrückt.
	Gramm.	Gramm.	Gramm.		
Rohe Knochenkohle	1	32	9	1	1
Mit gereinigter Pottaſche verkohltes Blut	1	1600	180	50	20
Mit Kreide verkohltes Blut	1	570	100	17,812	11,111
Mit phosphorſaurem Kalk verkohltes Blut	1	380	90	11,875	10
Mit gereinigter Pottaſche verkohlter Leim	1	1150	140	35,937	15,555
Mit gereinigter Pottaſche verkohltes Eyweiß	1	1080	140	33,75	15,555
Mit gereinigter Pottaſche verkohltes Stärkmehl	1	340	80	10,625	8,889
Kohle durch Zerſetzung des eſſigſauren Kali erhalten	1	180	40	5,625	4,444
Kohle, erhalten durch Zerſetzung des baſiſch kohlenſauren Natrons mittelſt Phosphors	1	380	80	11,875	8,889
Geglühter Kienruß	1	128	30	4	3,333
Mit gereinigter Pottaſche geglühter Kienruß	1	550	90	17,187	10
Mit Salzſäure ausgezogene Knochenkohle	1	60	15	1,875	1,666
Mit Salzſäure ausgezogene und nachher mit Pottaſche geglühte Knochenkohle	1	1450	180	45,312	20
Mit vegetabiliſchem oder thieriſchen Oele geglühter phosphorſaurer Kalk	1	64	17	2	1,889

---

*) Aus den durch Glühen mit Pottaſche erhaltenen Kohlen wurde das Kali vor der Anwendung ausgelaugt.

Die Belege zu den übrigen in obigen Sätzen ausgeſprochenen Reſultaten anlangend, ſo bemerkte Buſſy in Bezug auf 1) und 3) zuvörderſt, daß die Kohle, welche er von Holz, Stärke, Leim, Gummi, Blut und Steinkohlen durch heftiges, bis zur Entfernung aller gasartigen Subſtanzen fortgeſetztes, Glühen erhielt, die ſämmtlich mehr oder minder hart, zerbrechlich und glänzend waren, nur eine ſchwache entfärbende Wirkung zeigten. Als er dagegen ſich Kohle durch Erhitzen von 1 getrocknetem Blut und 2 baſ. khlſ. Kali bei einer Temperatur etwas über der Rothglühhitze bereitete und die erhaltene ſchwarze Maſſe mit kochendem W. auslaugte, fand er die Entfärbungskraft der als Rückſtand bleibenden ſehr leichten und ſchwammigen Kohle = 40, die der Knochenkohle = 1 geſetzt, ungeachtet alles Kali durch das Auslaugen daraus entfernt war, wie ſich durch die chemiſche Zerlegung ergab. Hienach konnte blos die durch das Erhitzen mit Kali bewirkte größere Zertheilung und Bloslegung des Khlſtoffs Urſache der größern Entfärbungskraft ſeyn. Buſſy wies nämlich durch zahlreiche Verſuche nach, daß das Kali den Stickſtoff und das Eiſen von der Thierkohle aufnimmt, indem ſie eiſenblauſaures Kali damit bildet, welches, nachdem es ausgewaſchen iſt, die Theilchen der Kohle freier und geſonderter zurückläßt.

Daß in ſofern auch die fremdartigen Beſtandtheile in der Knochenkohle nützlich für die entfärbende Kraft werden, indem ſie die Zertheilung des Kohlenſtoffs befördern und den Umfang der Kohlen vermehren, wies Buſſy unter andern durch folgende Verſuche nach.

Bei Behandlung der rohen Knochenkohle mit Salzſäure blieb ein Rückſtand von ungefähr 12 p. C., aus 2 Kohleneiſen und Kieſelerde und 10 ſtickſtoffhaltiger Kohle beſtehend. Man hätte glauben ſollen, daß die ſo vom größten Theil der fremden Beſtandtheile befreite, die rohe Knochenkohle faſt 10mal an Reinheit übertreffende, Kohle auch 10mal ſo ſtark entfärbend, bei gleichem Gewicht, als rohe Knochenkohle hätte wirken ſollen; allein dieß war nicht der Fall, vielmehr zeigte ſie nur eine 1½mal ſo große Entfärbungskraft. Da nun doch an ſich die gereinigte Kohle nach Maßgabe, als ſie mehr Khlſt. enthält, hätte ſtärker wirken ſollen, als die rohe, ſo konnte nur der Verluſt, den der Khlſt. an Oberfläche in erſterer erlitten hatte, dieſen unverhältnißmäßig ſchwachen Zuwachs an Entfärbungskraft erklären. — So fand auch Payen, daß, obgleich in 10 Unzen roher Kohle nur 1 Unze reiner Kohle vorhanden, doch erſt 3 Unzen reiner Kohle ſo gut als 10 Unzen roher Kohle wirkten.

Es iſt jedoch zu bemerken, daß die in der Thierkohle enthaltenen fremdartigen Salze außer dieſem mechaniſchen Einfluß auch manchmal noch einen beſondern chemiſchen bei der Entfärbung äußern können, welcher noch nicht hinlänglich erörtert ſcheint. So wird z. B. ein zu den Säuren Verwandtſchaft beſitzender Farbſtoff durch eine keinen kohlſ. Kalk oder ſalzſaures Alkali enthaltende Kohle ſchwieriger abgeſchieden, während eine Kohle, die ſolchen enthält, indem ſie bindende Säure entzieht, dieß leicht bewirkt. Daher entfärbt die gereinigte Thierkohle die ſauren Salze der Pflanzenalkaloide nicht, obgleich dieſelbe Kohle den Zucker ſehr gut entfärbt und die rohe Knochenkohle die Entfärbung jener Salze leicht bewirkt.

Den Satz 2, daß andre Beſtandtheile, als der Kohlſt., nicht zur Entfärbung beitragen, bewies Buſſy theils dadurch, daß er die Kohlen ſucceſſiv von dieſen Beſtandtheilen befreite und ihr Entfärbungsvermögen dadurch nicht vermindert fand, theils dieſe Subſtanzen geſondert auf ihr Entfärbungsvermögen prüfte und keine bemerkliche Wirkung derſelben in dieſer Hinſicht wahrnahm. Eine Ausnahme davon macht jedoch das Schwefelwſſtgas, welches die Indiglöſung, indem es ſie desoxydirt, entfärbt, auch dem Abſud der Cochenille und des Campecheholzes die Farbe raubt. Aber es entfärbt nicht die Melaſſe; ja man hat bemerkt, daß dieſe um ſo beſſer entfärbt wird, je mehr Schwefelwſſtgas bei der Behandlung mit Kohle entweicht.

Die Sätze 4) und 5) werden durch die in der Tabelle enthaltenen Reſultate belegt.

In Bezug auf Satz 6) ſind folgende Thatſachen beſonders zu bemerken:

Buſſy und Desfoſſes fanden, daß die verſchiedenen Kohlen gerade in dem Verhältniſſe an Gewicht zunehmen, als ſie die Entfärbung ausüben, und daß die Gewichtszunahme mit dem Gewicht des aufgenommenen Farbſtoffs dann übereinſtimmt, wenn blos dieſer und nicht noch andre Materien, wie Schleim u. ſ. w., mit aufgenommen worden ſind.

Behandelt man einen Abſud von Fernambukholz mit Kohle, ſo verſchwindet die Farbe und kochendes W. zieht aus der Kohle nicht die geringſte Farbe aus; übergießt man aber dieſe Kohle mit einer alkaliſchen Lauge, ſo löſt ſich der Farbſtoff darin wieder mit ſchön rother Farbe auf. Auf ähnliche Weiſe verhält ſich Indiglöſung.

Zu den bis jetzt angeführten Reſultaten Buſſy's fügen wir jetzt noch die von Vogel und Duburgua, welche hauptſächlich die Vergleichung der Entfärbungskraft verſchiedener Kohlen und gegen verſchiedene farbige Flüſſigkeiten zum Zweck haben.

Vogel ſtellte mit nachſtehenden Kohlenarten Verſuche an, von denen er immer nur ein ſolches Quantum zu den in der unten folgenden Tabelle aufgeführten Flüſſigkeiten ſetzte, bis das Gemeng die Conſiſtenz eines dünnen Brei's hatte. Die Einwirkungen der Kohlen-

Univ. Bibl.
München

Probe Nr.	Rother Ofener Wein.	Wäßriges [illegible] mit durch sehr wenig [illegible] erzeugter Farbe.	Wäßriges Carmoisinroth.	Wäßriges [illegible]gelb.	Mit rothem W. von [illegible] Schwefel. [illegible].
1	entfärbt sogleich vollkommen wasserklar mit wenig Braunen.	die Fl. scheint noch etwas [illegible] und die vollständige Entfärbung geht langsam vor sich.	nach mehreren Tagen gelb.	beinahe gar keine Entfärbung.	sogleich vollkommene und wasserhelle Entfärbung.
2	eben so mit starkem Braunen.	die Fl. ist noch ziemlich roth und die Entfärbung scheint noch langsamer und unvollkommener als mit 1) zu erfolgen.	ebenfalls nach mehreren Tagen noch sehr gelb.	eben so.	eben so.
3	eben so ohne Braunen.	ganz röthlich, dann gelb.	eben so.	eben so.	eben so.
4	eben so.	sogleich gelblich.	sogleich vollkommen wasserklar.	etwas röthlich.	eben so.
5	eben so.	eben so.	eben so.	baldige und völlige Entfärbung.	eben so.
6	eben so.	sogleich vollkommen wasserklar.	nach mehreren Tagen noch sehr unvollkommen entfärbt; beinahe noch ganz gelb.	beinahe gar keine Entfärbung.	eben so.
7	sogleich voll. wasserklar, entfärbt mehr Wein als die andern Proben.	voll. wasserklar.	wenig oder gar nicht verändert.	sogleich vollständig wasserhell.	eben so
8	baldige und voll. Entfärbung mit äußerst starkem Braunen.	—	unvollkommene Entfärbung mit Braunen.	wenig oder gar keine Entfärbung.	eben so.
9	eben so.	entfärbt nach einem Tage vollständig und braunt stark.	unvollkommene Entfärbung.	eben so	eben so.
10	eben so ohne Braunen.	entfärbt bald und wasserklar.	eben so.	eben so.	eben so.
11	verändert kaum die Farbe des Weins.	gar keine Entfärbung.	gar wenig Entfärbung.	eben so.	gar keine Entfärbung.
12	baldige Entfärbung.	die Fl. noch ziemlich roth.	auf der Stelle wasserklar.	röthlich.	—
13	baldige u. voll. Entf.	ein wenig gelb aber hell.	—	—	—
14	vollkommene Entfärb.	—	nicht ganz volle Entf.	—	—
15	macht die Farbe des Weins gelblichbraun, wahrscheinl. von noch anhängend. Schwefel.	—	beinahe gar keine Veränderung	sehr wenig Entf. die Farbe nur etwas schwächer.	nur sehr unvollständige Entfärbung.

arten auf die Flüſſigkeiten dauerten nie länger als höchſtens 2 Tage, und gingen bei einer Temp. vor, die nie 15° R. überſchritt.

1) Friſch geglühte und wieder erkaltete luftvolle Weinſteinkohle.

2) Friſch geglühte luftvolle Holzkohle.

3) Holzkohle, aus der vorigen (Nr. 2) durch Auskochen in Waſſer und Auspreſſen erhalten und im feuchten Zuſtande angewandt (Ausgekochte Holzkohle).

4) Friſch geglühte Holzkohle mit Salpeterſ. gekocht und dann gut ausgelaugt (Oxydirte Holzkohle).

5) Glühende, im W. abgelöſchte, Holzkohle, eine Zeitlang der Einwirkung der Atm. ausgeſetzt.

6) Glühende, im W. abgelöſchte, Holzkohle.

7) Schwarzgebrannte Rinderknochen.

8) Friſch ausgeglühte Holzkohle mit Stickgas geſättigt.

9) Friſch ausgeglühte Holzkohle mit Kohlenſäure geſättigt.

10) Reine luftleere Holzkohle.

11) Gewöhnliche Holzkohle, wie ſie von den Meilern kommt.

12) Nicht zuvor geglühte, übrigens wie bei 4) behandelte, Holzkohle.

13) Luftleere Knochenkohle.

14) Kohle, wie bei 12, die durch Anziehen der Feuchtigkeit aus der Atmoſphäre ihren Stickſtoff größtentheils entbunden hat.

15) Mit Aetzkalilauge ausgekochte und gut ausgelaugte gewöhnliche Kohle.

Die mit dieſen Kohlenarten erhaltenen Reſultate ſind in folgender Tabelle vereinigt.

Nach Duburgua entfärbt gepulverte geglühte Weidenkohle alle Pflanzenſäfte; ſie entfärbt 12 Theile Wein und zerſetzt ihn (in welcher Art?), wenn man ihn länger als 2 Tage darüber ſtehen läßt, zuweilen noch eher, was auch vom Weineſſig gelten ſoll. Dadurch, daß man den Moſt über Kohle gähren läßt, ſoll man jedoch ohne ſonſtige Veränderung des Weins bewirken können, daß derſelbe ſich nicht zu ſtark färbe. 2 Kohle benahmen 15 Sauerhonig die Säure, ſo daß er abgeklärt und hinlänglich eingedickt, ſogar ſchön kryſtalliſirte. 12 Theile ranzigen und mit Alkannakraut gefärbten Oels verloren durch 3 Theile Kohle gänzlich Geſchmack und Farbe. Während des Entfärbens ſoll ſich kohlſ. Gas in Menge entbinden.

Nach Payen beſitzt die thier. Kohle auch das Vermögen, Kalk aus Kalkwaſſer aufzunehmen, denn wenn man 10 geſättigtes Kalkwaſſer einige Sekunden mit gew. Knochenkohle ſiedet und darauf filtrirt, ſo erhält man eine klare Fl., welche durch kleeſ. Amm. nicht getrübt wird. Lampenſchwarz und Holzkohle geben dieſen Erfolg nicht (Ann. de l'Industrie, VI. 281; auch in Schweigg. J. N. R. VI. 229).

Ruß (Fuligo, Suie).

Litteratur. — **Braconnot** in *Ann. de Chim. et de Phys.* XXXI. 37.

Der bei unvollkommenem Verbrennen des Holzes entweichende Rauch ſetzt an kalten Körpern den ſogenannten Ruß ab. Man findet ſolchen ſtets in den gewöhnlichen Schornſteinen, und zwar an den niedrigeren Stellen des Schornſteins den ſogenannten Glanzruß, welcher wie verhärteter Theer ausſieht; an den höhern Stellen den ſogenannten Flatterruß, welcher zaſerig iſt. — Den ſogenannten Kienruß (*Noir de fumée*) bereitet man im Großen, indem man Kienholz oder die vom Theerſchwelen übrig bleibenden Kienſtücke in einem niedern Ofen bei kümmerlichem Luftzuge verbrennt und den dicken Rauch durch einen langen horizontalen Rauchfang in eine hölzerne Kammer leitet, welche oben blos mit übergeſpannter Leinwand oder mit Wollenzeug geſchloſſen iſt. Die im Rauch davon gehenden Rußtheilchen ſetzen ſich dann an den Wänden des Rauchfanges, der Kammer, und beim Durchgange durch die Leinwand an dieſe ab. Der Kienruß wird um ſo leichter und feiner, je weiter vom Ofen er ſich abſetzt; der feinſte hängt ſich alſo an die Leinwand. — Den Lampenruß bereitet man, indem man Öllampen in thönernen Kapſeln mit niedern thönernen Deckeln ſchlecht fortbrennen läßt, und den an die Deckel abgeſetzten Ruß von Zeit zu Zeit abkratzt.

Ueber die eigentliche Zuſammenſetzung des Rußes fehlte es bis auf die neueſten Zeiten an beſtimmten Unterſuchungen. Erſt ganz kürzlich hat **Braconnot** ſolche bekannt gemacht, betreffend 1) gewöhnlichen Flatterruß, im mittlern Theile eines Rauchfanges, in dem blos Holz gebrannt war (es iſt nicht angegeben, ob Laub- oder Nadelholz), geſammelt; 2) Kienruß (*Noir de fumée*). Wir werden ihm hier folgen.

Gemeiner Flatterruß. — In einer gläſernen Retorte mit einer kleinen Menge W. erhitzt, gab der Ruß eine, Lackmus kaum röthende, Fl. von empyreumatiſchem Geruch. Nachdem alles Flüſſige übergegangen war, ſchmolz der Ruß und lieferte in Folge ſeiner Zerſetzung eine braune wäßrige Fl., ungefähr ⅙ ſeines Gewichts dunkelbraunes dickes empyreumatiſches Oel, und ein geringes Sublimat von kohlſ. Amm. — Das braune Oel war leicht löslich in Kali und lieferte bei einer zweiten Deſtillation ein viel flüſſigeres, minder gefärbtes, empyreumatiſches Oel mit Rücklaſſung einer ſchwärzlichen harzigen Materle (Rep. I. 1334). Die wäßrige Fl. enthält khlſ. und eſſigſ. Amm., empyreumatiſches Oel und wahrſcheinlich brenzl. Eſſiggeiſt. — In einem Tiegel erhitzt, ſchmilzt der Ruß, bläht ſich auf, brennt mit vieler Flamme und läßt eine Kohle, welche im glühenden Zuſtande an feuchter Luft einen ziemlich ſtarken Ammoniakgeruch verbreitet, und eingeäſchert 27,6 p. C. des angewandten Rußes Aſche läßt, enthaltend ſchwefelſ., ſalzſ. Kali; ſchwefelſ., khlſ. Kalk; eiſenſchüſſigen phosphorſ. Kalk; Kieſelerde; Magneſia; Kaliumſulfurid und Kalkſulfurid.

Läßt man den Ruß mit Waſſer kochen, ſo zieht dieſes mehrere Beſtandtheile aus, nämlich eſſigſ. Kalk, Kali, Ammoniak und Magneſia, ſchwefelſ. Kalk und eine pechähnliche, braune, bittre, nur ſchwach im Waſſer in Suspenſion gehaltene Mat., welche durch faſt alle Säuren, ausg. Eſſigſ., auch durch die meiſten andern Reagentien, zum Theil auch ſchon durch Erkalten oder Abdampfen des Decocts gefällt wird, und eine zuſammengeſetzte Subſtanz von dem gleich anzugebenden Verhalten iſt. Als Rückſtand der Abkochung des Rußes bleiben 44 p. C. eines bräunlichen Staubes, von viel minder dunkler Farbe als der Ruß, beſtehend zur Hälfte aus unauflöslichen Salzen, wovon khlſ. Kalk das Meiſte betrug, aus 3,85 einer kohligen, in Kali unauflöslichen, Mat. und 18,15 Ulmin. Die erwähnte bittre pechähnliche Mat. durch einen ſchwachen Ueberſchuß von Salzſ. aus dem Rußdecoct gefällt, mit ein wenig W. gewaſchen und in einer Leinwand ausgedrückt, war pulvrig, ſchmolz aber in geringer Hitze wie Pech, blähte ſich in ſtärkerer Hitze auf, verbrannte mit viel Flamme und ließ als Rückſtand ſchwefelſ. Kalk mit Calciumſulfurid gemengt, löſte ſich ganz in verdünnten Alkalien auf, verlor durch wiederholtes Kochen mit W. die Fähigkeit, darin völlig zu zergehen und ließ zuletzt Ulmin unaufgelöſt zurück; beſtand überhaupt aus: Ulmin, Asbolin (Rep. I. 1270), thier. veget. Mat. des Rußes (Rep. II. 360), ſchwefelſ. Kalk, welche Materien auf die, bei den genannten Stoffen angegebene, Weiſe von einander zu trennen ſind. — Den ganzen Ruß fand Braconnot zuſammengeſetzt aus: ungefähr 30,20 Ulmin; 20,00 thier. veget. Mat.; ungefähr 0,50 Asbolin; 3,85 kohlige, in Alkalien unauflösliche, Mat.; 12,50 Waſſer; 14,66 khlſ. Kalk mit einigen Spuren von khlſ. Magneſia gemengt; 5,65 eſſigſ. Kalk; 5,00 ſchwefelſ. Kalk; 1,50 eiſenhaltigen phosphorſ. Kalk; 5,00 eſſigſ. Kali; 0,36 Kaliumchlorid; 0,95 Kieſelerde; 0,53 eſſigſ. Magneſia; ungefähr 0,20 eſſigſ. Amm.; Spuren von eſſigſ. Eiſen. Ruß, aus einem Ofenrohr geſammelt, lieferte ungefähr dieſelben Reſultate.

Kienruß (Noir de fumée). — Der Kienruß iſt nach Braconnot eine Art Ruß, bei welchem die Verkohlung weiter vorgeſchritten iſt, als bei dem gewöhnlichen Ruß.

Bis zum Rothglühen in einem Tiegel erhitzt verbrennt der Kienruß mit Flamme und läßt eine Kohle, welche bis zu Ende ihrer ziemlich langwierigen Einäſcherung einen durchdringenden Geruch nach ſchwefliger S. verbreitet. Die nur 2 p. C. des angewandten Kienrußes betragende Aſche enthält ſchwefelſ. Kali und Kalk mit Spuren von Kaliumchlorid, ſehr eiſenſchüſſigen phosphorſ. Kalk und Quarzſand. Kochendes deſt. Waſſer färbt ſich bei wiederholtem Auswaſchen des Kienrußes nur wenig, und läßt beim Abdampfen einen 4,50 p. C. des angewandten Rußes betragenden Salzrückſtand. — Friſch deſtillirtes und noch heißes Terpentinöl mit 100 Kienruß in Berührung gebracht, nahm auf der Stelle eine ziemlich intenſive gelbe Farbe an, und ließ nach einiger Zeit filtrirt und abgedampft eine Mat. zurück, aus der Alkohol das Harz (Rep. I. 1334) aufnahm, mit Zurücklaſſung von Aſphalt. — Der ganze Kienruß zeigte ſich zuſammengeſetzt aus: 79,1 Kohlenſtoff; 5,3 Harz; 1,7 Aſphalt; ungefähr 0,5 Ulmin; 8,0 Waſſer; 3,3 ſchwefelſ. Amm.; 0,8 ſchwefelſ. Kalk; 0,3 ſehr eiſenſchüſſigem phosphorſ. Kalk; 0,6 Quarzſand; 0,4 ſchwefelſ. Kali; einer Spur Kaliumchlorid.

Steinkohlentheer.

Literat. — Kidd in Philos. Transact. 1821. Pt. II., Derſ. in Schweigg. J. IV. 426.

Der Steinkohlentheer, welcher bei der Darſtellung der Coaks und bei der Gasbereitung aus Steinkohlen erhalten wird, iſt hinſichtlich der Producte, die er bei der fernern Zerſetzung durch Hitze liefert, von Kidd unterſucht worden, welcher folgende Reſultate damit erhielt.

Wenn dieſer Theer durch rothglühende eiſerne Cylinder mit angelegter abgekühlter Vorlage getrieben wird, ſo geht außer einer wäßrigen Fl. von ammoniakaliſchem Geruch auch eine dem Theer im Aeußern ähnliche Fl. von folgenden Eigenſchaften über: ſie iſt in ſtarken Maſſen undurchſichtig und ſchwarz, aber in dünnen Lagen auf Papier oder Glas gegoſſen durchſichtig und röthlichbraun; weit dünnflüſſiger, als der zur Darſtellung angewandte Steinkohlentheer, von eigenthümlichem etwas aromatiſchen Geruch und ammoniakaliſchen Geſchmack. Auf ungeleimtem Papiere ſeihen ſich etwa [illegible] durch; der Rückſtand gleicht gewöhnlichem Theere.

Die ſo gereinigte Fl. hat ein ſpec. Gew. 1,050, während das des Theers 1,109 iſt. Sie entzündet ſich leicht und brennt anfangs ganz wie Alkohol mit einer blauen leckenden Flamme und ohne Rauch; bald aber wird die Flamme weiß und die Fl. brennt dann mit vielem ſchwarzen Rauch und mit Kniſtern. Sie miſcht ſich nicht mit W., ertheilt aber demſelben eine bräunliche Farbe, einen anfangs ſüßlichen, darauf ſtechend aromatiſchen, Geſchmack und alkaliſche Reaction durch Abtreten von Ammoniak. — Löſt ſich leicht und gänzlich in **Aether** auf, nicht ſo leicht und völlig in **Alkohol**.

Bei Zuſatz von W. werden die Auflöſungen milchig, ohne doch beim Filtriren einen Niederſchlag abzuſetzen.

Als eine Pinte der Fl. in einer großen Glasretorte ſehr langſam deſtillirt wurde, war nach 40 Stunden die Hälfte übergegangen, und das Deſtillat beſtand aus zwei Schichten, wovon die obere, etwa die Hälfte betragend, blaßgefärbtem Olivenöl glich (Rep. I. 1074), während die untere etwas größere Hälfte wie trübes W. erſchien. Die Quantität der wäßrigen Schicht war jedoch bei Wiederholung des Verſuchs verſchieden, und zwar um ſo größer, je langſamer die Deſtill. vor ſich ging. Nach dem Uebergange dieſer beiden Producte ſublimirte Naphthalin auf die (Rep. I. 1113) bemerkte Art über. Nach 6 Stunden hatte ſich der Inhalt der Retorte bis auf $\frac{1}{4}$ Pinte vermindert und der Rückſtand war dicklich geworden. Bei jetzt verſtärkter Hitze fing an ein dunkelgefärbtes und dickeres Oel überzugehen, das nach der Abkühlung zu einer butterähnlichen Subſtanz gerann. Bei noch mehr verſtärkter Hitze wurde das Oel immer dunkler und dicklicher. Zuletzt, als der Inhalt der Retorte nur noch $\frac{1}{8}$ betrug und die Hitze aufs Höchſte geſteigert worden, erſchien ein leichter gelber Dampf, welcher ſich im Retortenhalſe in Geſtalt eines hellgelben Mehls abſetzte. Der endliche Rückſtand glich einem feſten Pech.

Wir wollen jetzt die als Producte dieſer Deſtillation erhaltene wäßrige Schicht und die mehlige Materie beſonders betrachten, indem vom Naphthalin und der öligen Fl. ſchon in unſerm Repertorium die Rede geweſen iſt.

Das **wäßrige Product** iſt von ſalzigem alkaliſchen Geſchmack und ammoniakaliſchen, etwas aromatiſchen, Geruch, dem ſpec. G. 1,023; wurde bläulich beim Zuſatz von eiſenblauſ. Kali; ließ beim Verdampfen unter dem Recipienten der Luftpumpe mit Hülfe von Chlorcalcium nur $\frac{1}{200}$ Rückſtand, beſtehend aus braunem Oel und einer wenig auflöslichen ſalzigen Maſſe, worin ſich durch Reagentien Schwefelſ. und ein wenig ſalzſ. Salze zu erkennen gaben.

Die gelbe **mehlige Subſtanz** ſchmilzt leicht zu einer dunkel röthlichbraunen kaoutchoucähnlichen Maſſe. Löſt ſich in Alkohol mit lebhaft gelber Farbe, durch W. als gelbes ſchwebendes Pulver wieder fällbar.

Kidd glaubt, daß das Waſſer und das gelbe Mehl Producte der Zerſetzung des Theers ſind; das Oel und Naphthalin aber wirkliche Educte.

Steinkohle.

Literat. — Thomſon in ſ. Ann. of Phil. XIV. 81. XV. 894; auch in Schweigg. J. XXVIII. 126. — Henry in Mém. of the Society of Manchester. III. 2, ausgez. in Schweigg. J. XXVIII. 145. — Prouſt in Gehlen J. III. 349. — Hericart de Thury in Gehlen N. a. J. V. 323. — Lampadius Zerlegung ſächſiſcher Steink. in Scherer J. V. 147. — Johns Tabellen der Pflanzenanalyſen. S. 73. — Voigt Geſchichte der Steinkohlen. — Karſten Unterſ. über die kohligen Subſtanzen des Mineralreichs. Berlin. 1826.

Ueber den Urſprung der Steinkohle iſt man noch keineswegs einig. Sie gehört den ſecundären Formationen an und findet ſich hauptſächlich an der Baſis derſelben in ſandigen Ablagerungen. Meiſt glaubt man, daß ſie eine von Erdharz innig durchdrungene Pflanzenkohle ſey; indeß hat namentlich Prouſt auf das abweichende Verhalten von der Pflanzenkohle aufmerkſam gemacht, und Haricart de Thury hält ſie ſogar mehr für thieriſcher Abkunft. Thomſon betrachtet ſie, da ſie ſich durch Reagentien nicht weiter zerlegen läßt, als eine eigenthümliche einfache Verbindung.

Im Allg. ſtellt die Steinkohle eine feſte, ſchwarze, undurchſichtige, mehr oder weniger glänzende, geſchmackloſe, manchmal zerreibliche, ſelten mit dem Nagel ritzbare, nicht kryſtalliſirte, Maſſe dar. Ihr ſpecifiſches Gewicht ſcheint ſich nicht allein nach den zufälligen Beimengungen der Kohle, ſondern zuweilen ſogar nach den zufälligen Umſtänden zu richten, welche die Bildung der Steinkohlenmaſſe begleiteten. Wenigſtens laſſen ſich die großen Verſchiedenheiten im ſpec. Gewicht der Kohlen nach Karſten aus ihrer Zuſammenſetzung kaum erklären, und man iſt genöthigt, auf Verſchiedenheiten des Druckes, der Preſſung u. ſ. w. welche eine größere oder geringere Ausdehnung der Maſſe geſtatteten, zurückzugehen. Zwar beſitzen die an Kohlenſtoff ſehr reichen Kohlen gewöhnlich ein großes ſpec. Gewicht, aber nur dann, wenn der Sauerſtoff über den Waſſerſtoff vorwaltend iſt. Nimmt das Verhältniß des letzteren zu, ſo haben die ſehr kohlenſtoffreichen Steinkohlen häufig ein weit geringeres ſpec. Gewicht, als diejenigen Kohlen bei denen der Kohlenſtoffgehalt geringe iſt. Im Allgemeinen läßt ſich als Regel annehmen, daß, bei einerlei Kohlenſtoffgehalt, die Kohlen jederzeit das geringſte ſpec. Gewicht beſitzen, bei denen das Verhältniß des Sauerſtoffs zum Waſſerſtoff das Kleinſte iſt. Im Mittel kann man das ſpec. Gewicht der Steinkohlen etwa 1,3 ſetzen.

Bei trockner Deſtillation liefert die Steinkohle (nach Zuſammenfaſſung der Reſultate von Prouſt und Henry), Waſſer, ein dünnes empyreumatiſches Oel, eine dickere theerartige Subſtanz (Steinkohlentheer), khlſ. Amm., khlſ. Gas, Schwefelwſſtgas, Stickgas, Kohlenſtoffoxydgas, Khlwſſtgas, ölerzeugendes Gas, gegen Ende der Deſt. nach Prouſt auch ſchwefligſ. Gas (aber keine Eſſigſ.) in verſchiedenen Verhältniſſen (ſ. weiterhin) mit Rücklaſſung einer gewöhnlich geſchmolzenen, poröſen, eiſengrauen, metalliſch glänzenden Kohle (Coaks oder Kokes), welche langſam und ſchwierig verbrennt, durch Glühen mit Alkalien Blauſ. giebt, daher stickſtoffhaltig iſt und beim Verbrennen nach Prouſt eine, Kieſelerde, Magneſia, Thonerde, ſchwefelſ. und khlſ. Kalk, Eiſenoxyd, aber weder Kali oder Natron, noch Manganoxyd, phosphorſ. Salze oder Kochſalz enthaltende, Aſche liefert. Die Steinkohle tritt an kochendes W. nur Spuren von Alkalisalzen ab; Alkohol, Terpentinöl, Steinöl ziehen gar nichts daraus aus. — Säuren ziehen daraus den ganzen in ihnen auflöslichen Erdengehalt, ohne eine Spur Wſſtgas zu entwickeln. Mit Salpeterſ. von 40° B. erhitzt, liefert die Steinkohle nach Prouſt etwas künſtl. Bitter, doch weniger, als der Gagat.

Die Steinkohle iſt keineswegs überall in ihren Eigenſchaften identiſch, ſondern zeigt ſich nach ihren Fundörtern verſchieden modificirt. Auch ſind die Eintheilungsarten, die man für dieſelben vorgeſchlagen, immer nicht ſtreng unterſcheidend oder nicht allgemein zureichend.

Karſten unterſcheidet nach Beſchaffenheit der daraus zu erhaltenden Coaks drei Hauptarten: Sandkohlen, Sinterkohlen und Backkohlen.

Die Sandkohlen hinterlaſſen Coaks, welche die Geſtalt der Steinkohlen unverändert beibehalten, blos mit vermindertem Volumen. Wurden die Sandkohlen vor der trocknen Deſtillation in Geſtalt eines feingeriebenen Pulvers gebracht, ſo bleiben die Kohlen in ſtaubig pulvrigem Zuſtande, gerade wie von Braunkohlen, zurück.

Die Sinterkohlen hinterlaſſen Coaks, welche die äußere Geſtalt der Steinkohlen ohne alle Volumenveränderung behalten. Die Coaks von feingepulverten Sinterkohlen ſintern, jedoch ohne alle Ausdehnung der Maſſe, zu einem Kuchen zuſammen, der zuweilen eine ſo groſe Feſtigkeit zeigt, daß er nur mit Mühe zerſtoßen werden kann.

Die Coaks der Backkohlen ſchwellen auf, dehnen ſich mehr oder weniger aus und bilden eine mehr oder weniger aufgequollene Maſſe, welche, wenn die Kohlen feingepulvert deſtillirt wurden, eine ganz homogene Maſſe darſtellt, die ſich nach der äußern Geſtalt des Deſtillationsapparates formt und oft in dem Grade aufbläht, daß die Retorte die Maſſe nicht faſſen kann.

Eine ſcharfe Gränze zwiſchen dieſen drei Arten findet übrigens nicht Statt, ſondern man trifft häufig Uebergänge aus der erſten in die zweite, aus dieſer in die dritte Art. Das ſtaubartige Pulver der

Kohlen von der erſten Art gewinnt nämlich zuweilen ſchon einen lockern Zuſammenhang, ſo wie die geglättete Coaksmaſſe von den Steinkohlen der zweiten Art in manchen Fällen ſchon eine Neigung zum wirklichen Schmelzen und zur Ausdehnung zeigt.*)

Wir wollen jetzt in ein näheres Detail über die Producte, die man namentlich durch trockne Deſt. aus den Steinkohlen erhalten kann, eingehen.

Wie bei dem Holze ſo differirt auch bei den Steinkohlen die Menge der zurückbleibenden Coaks nach Maßgabe der langſamen oder der ſchnellen Hitze, die bei der Deſt. angewandt wird. Im Allgemeinen iſt dieſe Differenz bei den Steinkohlen mit geringerem Kohlengehalte größer, jedoch machen die Backkohlen davon eine Ausnahme, indem die Backkohlen mit einem größern Kohlengehalt oft größere Differenzen zeigen, als die Sandkohlen und beſonders als die Sinterkohlen mit einem geringern Kohlengehalt. Dieſe Differenzen überſtiegen indeß bei allen von Karſten unterſuchten Steinkohlen nicht die Zahl (v. C.?) 6, und ſelbſt dieſe große Differenz fand nur bei Backkohlen mit einem mittlern Kohlengehalt Statt.

Beſonders verdient bemerkt zu werden, daß die Anwendung einer ſchwachen und ganz langſam bis zum ſtärkſten Rothglühen verſtärkten Hitze die ſinternde und die backende Eigenſchaft der Steinkohle vermindert. Eine Kohle, die ſich bei ſchneller Glühhitze als Sinterkohle zeigt, kann bei ſehr langſam geſteigerter Hitze als Sandkohle erſcheinen, welches beſonders bei den Kohlen der Fall iſt, die den Uebergang von der einen zur andern Art machen. Eben ſo erſcheint die Backkohle dann als Sinterkohle, beſonders wenn ſie an ſich nur von ſchwach backender Art iſt. In jedem Fall wird aber bei langſamer Erhitzung das Aufblähen der Backkohlen vermindert, die nun eine weit weniger lockere und ausgedehnte Maſſe bilden, als die bei der Anwendung von raſcher Glühhitze.

---

*) In Leonhards Handbuch der Oryktognoſie werden nur zwei Arten der gewöhnlich als Steinkohle angenommenen Subſtanzen und zwar als verſchiedene Species in gleicher Rubrik mit den Species Anthracit, bituminöſes Holz, Braunkohle u. ſ. w. aufgeführt, nämlich die Blätter- oder Schieferkohle und die Fackel- oder Kannelkohle; wiewohl andre auch die, ebenfalls als Species aufgeführte Pechkohle, Stangenkohle, Grobkohle, Rußkohle und deren Varietäten dazu rechnen. Unter Glanzkohle verſteht man nicht ſelten überhaupt nur eine glänzende Steinkohlenart; obwohl die eigentliche Glanzkohle als eine von den eigentlichen Steinkohlenarten verſchiedene Species ihnen beigeordnet iſt. Die Backkohle, Splitterkohle und Kirſchkohle Thomſons ſtehen nach Leonhard der Blätter- oder Schieferkohle mehr oder weniger nahe. — Die Kennzeichen der Schieferkohle ſind nach dem bemerkten Handbuche folgende: Sie iſt zwiſchen graulich- und ſammetſchwarz; oft bunt angelaufen; undurchſichtig; mehr oder weniger fett glänzend; derb; ihr Gefüge in höherem oder geringerem Grade deutlich blätterig (im Großen ſchieferig). Der Bruch uneben, bis unvollkommen muſchelig. Das ſp. Gew. 1,27 bis 1,34; brennt mit Hinterlaſſung einer Schlacke. Kommt vor im ältern Steinkohlengebirge, mit Sandſtein und Schieferthon, auch mit lettem oder bituminöſem Thon, weit verbreitete Flötze zuſammenſetzend.

Thomſon unterſcheidet 5 Hauptarten der engliſchen Steinkohle: a) Caking Coal oder Backkohle; b) Splint Coal oder Splitterkohle; c) Cherry Coal oder Kirſchkohle. d) Cannel Coal oder Fackelkohle; e) Kilkenny Coal oder Welsch — Culm. — Man kann ihre Charakteriſtik in Schweigg. J. XXVIII. 120 nachleſen. Die drei erſten derſelben finden ſich ſämmtlich in der Gegend von Glasgow; die letzte in Wales; die vierte iſt ſehr verbreitet in England.

Ganz allgemein hält man dafür, daß die backenden Steinkohlen ſich von den nicht backenden nur durch die größere Menge von Beſtandtheilen, die nicht Kohlenſtoff ſind und die man mit dem Namen **Bitumen** bezeichnete, unterſcheiden, oder daß es auf die Menge des Kohlengehalts ankomme, ob eine Steinkohle backend ſey oder nicht. Dieſe Meinung iſt aber nach **Karſten** ſo wenig begründet, daß vielmehr der Kohlengehalt bei den backenden Kohlen in den mehrſten Fällen größer iſt, als bei den nicht backenden. Es giebt Sand- und Sinterkohlen, die nur einige 50 Prozent Koaks beim Verkohlen hinterlaſſen; ſo wenig Kohle aber geben nur ſehr wenige Backkohlen. Dagegen erhält man aus vielen Backkohlen über 80 Prozent höchſt lockere, aufgeblähte Kohle. Eine ſolche Steinkohle kann nicht ſo viel Beſtandtheile, die nicht Kohle wären, enthalten, als eine Sand- oder Sinterkohle die nur einige 50 Prozent Koaks hinterläßt.

Je reicher an Kohlenſtoff die Steinkohle iſt, deſto mehr Hitze muß beim Verbrennen derſelben entwickelt werden. Die Entzündbarkeit nimmt dagegen aber in demſelben Verhältniß ab, weshalb zum Verbrennen dieſer Kohlen ein ſtarker Luftſtrom erfoderlich iſt. Dadurch ſowohl, als durch den Umſtand, daß eine an Sauer- und Waſſerſtoff ſehr arme Kohle nur wenig Flamme giebt, wird der erſte Vortheil ſo ſehr wieder aufgehoben, daß die Sandkohlen mit großem Kohlenſtoffgehalt gegen die Sinterkohlen und Backkohlen mit großem Kohlenſtoffgehalt in allen den Fällen zurück ſtehen müſſen, wo die Erwärmung durch brennende Luftarten, oder durch Flamme bewirkt werden ſoll. Dagegen leiſten ſie in ſolchen Fällen, wo die Kohle mit dem zu glühenden oder zu ſchmelzenden Körper unmittelbar in Berührung kommt, die vortrefflichſten Dienſte, z. B. beim Kalk- und Ziegelbrennen, beim Röſten der Erze, beim Schweißen in Schmiedefeuern. Vermiſcht mit ſehr backenden Kohlen mit großem Kohlenſtoffgehalt, würden ſie auch zu Flammenfeuerungen ſehr gut anwendbar ſeyn. Dazu eignen ſich die Backkohlen allein, wenigſtens die ſehr ſtark backenden, Kohlen deshalb nicht, weil ſie ſich auf dem Roſt zu ſtark aufblähen, und den Zutritt der Luft abhalten, oder vielmehr den Abzug der zerſetzten Luft erſchweren, und den Luftzug verhindern; und in ſolchen Fällen, wo eine ſehr große Hitze hervorgebracht werden ſoll, vorzüglich deshalb nicht, weil ſie zwar eine ſchnelle aber keine anhaltend ſtarke Schmelzhitze geben würden. Eine ganz vorzügliche Kohle zu dieſem Zweck würde die Sinterkohle ſeyn, gleich viel ob ſie einen großen oder geringen Gehalt an Kohlenſtoff beſitzt. Aber noch weit anwendbarer für den Flammenofenbetrieb iſt die in Backkohle übergehende Sinterkohle. Zu gewöhnlichen häuslichen Feuerungen, auch zur Feuerung der Dampfmaſchinenkeſſel, ferner zur Benutzung in den Brauereien und Brennereien, iſt die Backkohle mit großem Kohlenſtoffgehalt ganz beſonders geeignet, weil keine ſtarke Schmelzhitze erfodert wird. Man wendet ſie auch in manchen Fällen zum Ausſchweißen des Eiſens und Stahls vorzugsweiſe deshalb an, weil ſie ein natürliches Gewölbe bildet, unter welchem dem Eiſen die Schweißhitze gegeben werden kann, ohne es dem Windſtrom des Gebläſes auszuſetzen.

Auch die Sinterkohle mit einem geringeren Kohlengehalt iſt eine ganz vorzügliche Kohle, um ſchnelle und zugleich anhaltende Hitze zu entwickeln. Kommt es weniger auf ſtarke Hitze, als auf vollſtändige Benutzung der Flamme an, ſo wird man ſich auch der Backkohlen mit geringerem Kohlenſtoffgehalt mit ſehr großem Nutzen bedienen.

Die Sandkohle mit mittlerem Kohlenſtoffgehalt iſt nicht geeignet, eine ſtarke Hitze zu erzeugen, und noch unanwendbarer zu dieſem Zweck iſt die Sandkohle mit dem geringſten Kohlenſtoffgehalt, welche als die ſchlechteſte von allen Steinkohlenarten zu betrachten iſt, indem ſie weder eine ſchnelle, noch eine anhaltende Hitze erzeugt. Ueber noch mehrere andere Umſtände, von welchen die praktiſche Brauchbarkeit verſchiedener Steinkohlenarten abhängt, vergl. Karſtens Schrift S. 82.

Was die andern Producte der trocknen Deſtillation der verſchiedenen Steinkohlenarten außer der Kohle betrifft, ſo gilt dafür nach Karſtens Erfahrungen Folgendes.

Je mehr der Kohlengehalt der Steinkohlen zunimmt, eine deſto dickere Conſiſtenz erhält das ſich bildende Steinkohlenöl. Alle Steinkohlen ohne Ausnahme geben bei der trocknen Deſtillation ſchwache Spuren von Ammoniak. Die Sandkohlen liefern, wenn ſie einen geringen Kohlengehalt beſitzen, Spuren von Säure. Das Verhältniß der wäßrigen zur ölartigen Flüſſigkeit iſt bei allen Sandkohlen größer als bei den Sinterkohlen, und bei dieſen größer als bei den Backkohlen. Die Menge der ſich erzeugenden gasartigen und tropfbar flüſſigen Subſtanzen überhaupt, ſteht mit dem Kohlengehalt der Steinkohlen im umgekehrten Verhältniß. Gasarten entbinden ſich aus den Steinkohlen in geringerer Menge als aus den mehrſten Braunkohlen, aber die Kohlenwaſſerſtoffverbindungen ſind mehr vorwaltend. Schweſelwaſſerſtoff entſteht nur dann, wenn die Steinkohle Einmengungen von Schwefelkies enthält, der nur höchſt ſelten fehlt. Bei der Anwendung einer ſehr ſchwachen und langſam bis zum Glühen verſtärkten Hitze, wird mehr Waſſer und weniger Oel, aber mehr Gas erzeugt, als bei plötzlicher und ſtarker Hitze. Dies Gas enthält aber mehr kohlenſaures Gas und Kohlenwaſſerſtoffgas, und dagegen weniger Kohlenoxydgas und ölerzeugendes Gas als die geringere Quantität Gas, die ſich bei ſtarker und ſchneller Hitze entwickelt. Iſt die Vorrichtung im letzten Fall ſo getroffen, daß das entſtehende Oel nicht ſogleich überdeſtillirt, ſondern der Glühhitze ausgeſetzt bleibt; ſo wird es ebenfalls zerſetzt und das Ausbringen an Gas dadurch bedeutend verſtärkt. Dieſe ſtärkere Gasentbindung bei ſchneller Hitze iſt indeß ein abgeleiteter Erfolg des Prozeſſes und muß nicht mit dem eigentlichen Erfolge bei der Zerſetzung der Steinkohle ſelbſt verwechſelt werden. Je backender die Kohle iſt, deſto mehr nimmt das Verhältniß des ölerzeugenden Gaſes in dem Gasgemenge zu. Eine Zerſetzung der Steinkohlen vor dem Rothglühen findet nur bei den Sand- und Sinterkohlen ſtatt, bei denen der Gehalt an Kohlenſtoff geringe iſt, und auch bei dieſen Kohlen ſchreitet die Zerſetzung in dieſer niedrigen Temperatur nicht bedeutend vor. Oelartige Subſtanz entwickelt ſich immer erſt, wenn die Hitze den Grad des dunklen Rothglühens erreicht hat. Bei den Sand- und Sinterkohlen ſowohl, als bei den Backkohlen, die viel Kohlenſtoff enthalten, wird immer ſchwache Rothglühhitze zur beginnenden Zerſetzung erfodert, und zur gänzlichen Beendigung derſelben iſt ſehr ſtarke Rothglühhitze nöthig. Es giebt keine Steinkohle, aus welcher ſich, bei der trocknen Deſtillation, außer dem Oel und den Gasarten, nicht auch Waſſer entwickelte. Die Sandkohlen, welche über 95 Prozent Koaks zurücklaſſen, geben noch gegen 1 Prozent Waſſer und etwa 0,1 bis 0,2 Prozent Oel.

Von einer nähern Beſtimmung der gasförmigen Producte der Steinkohlen nach Henry wird (S. 318) die Rede ſeyn. Karſten hat gefunden, daß die lufttrocknen Steinkohlen bei Erhitzung bis zum Siedpunct des Waſſers einen nahmhaften Gewichtsverluſt erleiden; von dem er jedoch nicht unterſucht hat, ob er von atmoſphäriſcher Luft oder Feuchtigkeit, oder von letztrer allein abhänge. Die Reſultate über dieſen Gewichtsverluſt, vergleichungsweiſe auch auf einige andre Körper ausgedehnt, finden ſich in nachſtehender Tabelle vereinigt. Alle Subſtanzen wurden im Zuſtande eines feinen Pulvers angewendet, und die fein zerpulverten Körper, ſämmtlich unter gleichen Umſtänden, 5 Tage lang einer Temperatur von 11 bis 12 Gr. Reaum. ausgeſetzt. Nachdem ſie auf dieſe Weiſe einen gleichen Grad der Trockenheit erlangt hatten, ward von jedem Körper eine gleiche Quantität abgewogen, dieſe in der Waſſerſiedhitze getrocknet, noch warm wieder gewogen und die Gewichtsdifferenz bemerkt. Daß in der angewendeten höheren Temperatur noch keine Zerſetzung des einen oder des andern Körpers vorgegangen ſey, ging daraus hervor, daß alle, nachdem ſie etwa 36 Stunden an der Luft gelegen, das frühere Gewicht wieder erhielten.

100 Theile von folgenden Subſtanzen	wogen nach dem Trocknen in der Waſſerſiedhitze.
Sägeſpäne von Weißbuchenholz	90,7
Holzkohle	91,6
Foſſiles Holz, in Braunkohle übergehend, von der Roddergrube im Dürenſchen Bergdiſtrikt	80,2
Stangenkohle vom Meißner	97,2
Braunkohle von Uttweiler mit muſchlichem Bruch und Pechglanz	95,05
Mineraliſche Holzkohle vom Amalienſchacht der Grube Glücksburg bei Ibbenbühren	99,1
Surturbrand von Island	80,95
Kennelkohle aus Lancaſhire (ſehr backend)	98,4
— — — (wenig backend)	97,6
— — — (Sandkohle)	94,4
Steinkohle von Newcaſtle (Backkohle)	98.7
— — Mons (Sinterkohle)	99,3
Steinkohle von dem Flötz Röttgersbank der vereinigten Sälzer und Neuacker Zechen im Eſſen Werdenſchen (Backkohle)	98.75
Steinkohle von dem Flötz Dickebank der Zeche Nottekampsbank im Eſſen Werdenſchen (Sinterkohle)	99,05
Steinkohle von dem Flötz alte Werthsbank der Zeche Hundsnocken im Eſſen Werdenſchen (Sandkohle)	99,3
Steinkohle von der Karls Seegen Grube in Oberſchleſien (Sandkohle)	91,15
Steinkohle von der Leopoldinen Grube in Oberſchleſien, Mittelbank (Sandkohle)	87,3
Steinkohle von dem Flötz Fürth der Grube Hoheneich aus dem Bardenbergiſchen (Sandkohle)	98,2
Steinkohle von dem Flötz Dennewitz der Sulzbach-Duttweiler Grube (Backkohle)	98
Steinkohle von dem Flötz Heinrich der Gerhardgrube in Saarbrücken (Sinterkohle)	94
Steinkohle von dem Hoffnunger Felde der Löbejüner Grube (Sandkohle)	99
Steinkohle von Planitz in Sachſen (ſogenannte Pechkohle, Sinterkohle)	94,3
Steinkohle von Pottſchapl bei Dresden (Backkohle)	94,4
Steinkohle von der Zeche Buchholz im Tecklenburg-Lingenſchen (Sandkohle)	98,3

100 Theile von folgenden Subſtanzen	wogen nach dem Trocknen in der Waſſerſiedhitze.
Sogenannter Anthracit (Glanzkohle) von Schönfeld (Sandkohle)	95,95
Sogenannter Anthracit (Glanzkohle) von Liſchwitz (Sandkohle)	94,8
Muſchlicher Anthracit von Rhode Iſland . . .	94,9
Sogenannter Anthracit von der Grube de la motte, 6 Stunden von Grenoble (Sandkohle) . . .	95,5
Steinkohle von der Grube Friedens Hoffnung bei Waldenburg in Niederſchleſien (Backkohle) . . .	97,8
Steinkohle von der Grube Schwarze Junge in Weſtphalen (Sandkohle)	99,0
Steinkohle aus Braſilien (Sandkohle) . . .	89,4
Steinkohle von der Zeche Ferdinand in Oberſchleſien, Oberbank (Sandkohle)	93,2
Steinkohle von der Königin Luiſengrube in Oberſchleſien, Flötz Pochhammer, Niederbank (Backkohle) .	97,1
Steinkohle von der Glückhilfgrube bei Waldenburg (Uebergang von Backkohle in Sinterkohle) . .	98,5
Steinkohle von der Sackgrube in Oberſchleſien (Backkohle)	97,1
Steinkohle von dem fünften Flötz der Laura Grube bei Waldenburg (Sandkohle)	96,4
Steinkohle von der Königsgrube in Oberſchleſien; Gerhardflötz Mittelbank (Sinterkohle)	95,9
Steinkohle von der Grube Charlotte bei Beuthen in Oberſchleſien, Niederbank (Sandkohle) . . .	93,1
Steinkohle von der Grube Friedrichsthal in Saarbrücken (Backkohle)	95,1
Steinkohle von dem Flötze Große Hupp bei Eſchweiler (Backkohle)	99,1
Steinkohle von dem Flötze Gyr bei Eſchweiler (Backkohle)	99,1
Steinkohle von dem Flötze Koch der Grube Wellesweiler im Saarbrückiſchen (Backkohle) . . .	97,85
Steinkohle von der Grube kombinirte Abendröthe bei Waldenburg (Backkohle)	97,8
Koaks aus Backkohlen	95,55
— — Sinterkohlen	95,6
— — Sandkohlen	95,5
Graphit von Borrowdale	100
Zucker	100
Salpeter	100
Schwefelſaures Kali	100

Der Aſchengehalt der Steinkohlen iſt bei den verſchiedenen Steinkohlen ſehr verſchieden. Es giebt Steinkohlen, die nur 0,1 p. C. und andre, die über 20 p. C. Aſche hinterlaſſen. Der Aſchengehalt ſteht weder mit ihrer backenden oder nicht backenden Eigenſchaft, noch der Größe des Kohlengehalts, noch der Mächtigkeit der Flötze in irgend einer Beziehung. Selbſt Steinkohlen derſelben Lagerung zeigen oftmals ſehr verſchiedenen Aſchengehalt. So unterſuchte Karſten 8 Stücke, durch Zerſchlagen deſſelben Stückes von etwa 20 Cub. Zoll erhalten. Ungeachtet dieſe Stücke völlig gleichartig zu ſeyn ſchienen, verhielten ſich doch ihre ſpec. Gewichte wie 1,3058 : 1,30921 : 1,3137 : 1,3236 : 1,37121 : 1,378 : 1,3989 : 1,4309 (das des ganzen Stücks = 1,3225) und der Aſchengehalt wie 0,87 : 0,87 : 0,93 : 1,07 : 1,96 1,97 : 2,15 : 2,46 p. C.

Aus dieſem Beiſpiel geht hervor, wie unzuverläſſig und ſchwankend die Beſtimmung des Aſchengehalts einer Steinkohle, ſelbſt in ausgeſucht reinen Stücken, ſeyn muß und wie wenig ſich behaupten läßt, daß der in dem Probeſtück aufgefundene Aſchengehalt mit dem der Steinkohle, aus welcher das Flötz beſteht, überhaupt übereinſtimmt. Dennoch findet aber eine weſentliche Verſchiedenheit in dem Aſchengehalt der Steinkohlen von den verſchiedenen Flötzen und Kohlenablagerungen ſtatt, und die Größe des gefundenen Aſchengehalts, beſonders wenn derſelbe bei mehrern Stücken einer und derſelben Kohle ausgemittelt ward, kann immer als ein der Wahrheit ſich nähernder Durchſchnittsgehalt betrachtet werden.

Wird die Beſtimmung des Aſchengehalts einer Steinkohle, ſelbſt der anſcheinend ganz reinen Steinkohlenmaſſe, durch den angegebenen Umſtand ſchon ſehr ſchwankend, ſo wird ſie es noch mehr, wenn man die auf den Kluftflächen der Steinkohle faſt immer vorhandenen fremdartigen Beimengungen unberückſichtigt läßt und dieſe nicht ſorgfältig abſondert. Dieſe Beimengungen ſind mehrentheils Schwefelkies und Kalkſpath, zuweilen Dolomit, Bleyglanz, Blende, Schwerſpath, kohlenſaures Eiſenprotoxyd, Gyps und Kieſelthon. Die Unterſuchungen im Kleinen werden aber aus dieſem Grunde und weil ſie ſich nur auf die reine Steinkohlenmaſſe ſelbſt beſchränken können, den Aſchengehalt jederzeit ungleich geringer ergeben, als er ſich im Großen findet. Um die Beſchaffenheit einer Kohle zum techniſchen Gebrauch beurtheilen zu können, genügt es alſo nicht, die Menge und Beſchaffenheit der Koaks, welche ſie zurückläßt und ihren Aſchengehalt zu erfahren, ſondern es wird auch zugleich der Zerklüftungszuſtand der Kohle angegeben und bemerkt werden müſſen, ob die Kluftflächen rein, oder ob ſie mit fremdartigen Körpern angefüllt ſind.

Warum einige Steinkohlen einen ſehr geringen, andere einen ungemein großen Aſchengehalt zeigen, davon läßt ſich der Grund nur in den zufälligen Verhältniſſen finden, unter denen die urſprüngliche Ablagerung erfolgte. Dies gilt indeß nur von der ruhigen und ungeſtörten Bildung des Flötzes. Traten ſpätere Veränderungen und dadurch herbeigeführte mechaniſche Einwirkungen auf die Kohlenmaſſe ein, und befand ſich dieſe zu jener Zeit noch in einem nicht ganz erhärteten Zuſtande, ſo überladete ſie ſich mit den Trümmern der ſie umgebenden Gebirgsart, weshalb auch die ganz in der Nähe des Porphyrs vorkommenden Steinkohlen jederzeit eine große Menge von Aſche hinterlaſſen, welche der Steinkohlenmaſſe urſprünglich nicht zukommt, wie ſich daraus ergiebt, daß die Kohle auf demſelben Flötz, aber in größerer Entfernung vom Porphyr, wieder den gewöhnlichen Aſchengehalt zeigt.

Von der nähern Analyſe der Steinkohlenaſche ſo wie den Gasarten, die ſich bei zerſtörender Deſt. der Steinkohlen bilden, werden wir ſogleich bei der Zuſammenſetzung der Steinkohlen handeln.

Zuſammenſetzung. — Es läßt ſich angegebnermaßen aus der Steinkohle zwar ihr Gehalt an Erden und Oxyden durch Säuren, ſo weit er darin auflöslich iſt, ausziehen, ſonſt aber findet weiter keine Zerlegung der Steinkohlen Statt, inſofern man ſie nicht durch trockne Deſtillation oder Verbrennen zerſtört. Nach den Producten, die man hiebei erhält, läßt ſie ſich, abgeſehen von den beigemengten Aſchenbeſtandtheilen im Weſentlichen als eine Verbindung von Kohlenſtoff, Sauerſtoff und Waſſerſtoff, gleich den andern vegetabiliſchen Subſtanzen anſehen, doch ſo, daß der Kohlenſtoff in ihr bei Weitem überwiegt. Dabei iſt jedoch Stickſtoff und Schwefel ſtets oder faſt ſtets, wahrſcheinlich nur in beigemengten Verbindungen, letztrer namentlich als Schwefelkies, mit darin vorhanden.

Da das Verhältniß des Sauerſtoffs und Waſſerſtoffs theils unter einander theils gegen den Kohlenſtoff *) ausnehmend in verſchiedenen Steinkohlenarten variirt, ſo iſt es nicht wahrſcheinlich, daß die Steinkohlen wirklich einfache nähere Stoffe ſind, vielmehr wohl nur Gemenge von Kohlenſtoff mit binären und ternären Verbindungen, in denen der Kohlenſtoff als Grundbeſtandtheil vorwaltet.

Salzſäure, Jod, Phosphorſäure und Chromoxyd hat Karſten vergeblich in Steinkohlen aufgeſucht, ſo wie auch ſchon früher angegeben worden, daß ihre Aſche kein Kali und Natron enthält.

Nach dieſen allgemeinen Erörterungen fügen wir hinzu: 1) eine nähere Beſtimmung der gasförmigen Producte, welche ſich durch trockne Deſt. der Steinkohlen erhalten laſſen, nach Henry; 2) eine nähere Angabe der Aſchenbeſtandtheile verſchiedener Steinkohlen; 3) eine

---

*) Welcher von 70 bis über 90 p. C. beträgt.

Angabe der entfernten Beſtandtheile der Steinkohlen, wie ſie aus den Producten ihrer trocknen Deſt. oder Verbrennung ſich ergeben.

Die gasförmigen Producte, welche ſich durch trockne Deſt. der **Steinkohlen** erhalten laſſen, hat beſonders **Henry** einer ausführlichen Unterſuchung unterworfen. Nachſtehende Tabellen, worin ſeine Reſultate vereinigt ſind, zeigen, daß die Zuſammenſetzung dieſer Producte ſich nicht nur nach Beſchaffenheit der Steinkohlenarten, ſondern auch nach der Periode der Zerſetzung derſelben beträchtlich ändert. In dieſen Tabellen ſind zugleich die Sauerſtoffmengen angegeben, welche die von den Nebenbeſtandtheilen mittelſt Waſſers gereinigten gasförmigen Producte zum Verbrennen erfodern, ſo wie die dabei entſtandenen Kohlenſäuremengen. Die Verſuche wurden im Großen, jedesmal mit 1120 Pfund Steinkohlen, angeſtellt.

1. Gas von gemeiner Schieferkohle.

Stunden der Gewinnung.	100 Maaße ungereinigtes Gas enthalten		100 Maaße gereinigtes Gas beſtehen aus			100 Maaße gereinigtes Gas.	
	Schwefelwaſſerſtoff	Kohlenſäure.	Oelbildendem Gas.	Kohlenwaſſerſtoff	Stickgas.	erfodern Erſt.	geben Kohlenſäure.
1	3	3	10	90	0	164	91
3	2	2	9	91	0	168	93
5	3	2	6	94	0	132	70
7	1	3	5	80	15	120	64
9	1	2½	2	89	9	112	60
11	1	1	0	85	15	90	43

2. Gas von Fackelkohle.

Stunden der Gewinnung.	100 Maaße ungereinigtes Gas enthalten		100 Maaße gereinigtes Gas beſtehen aus			100 Maaße gereinigtes Gas	
	Schwefelwaſſerſtoff.	Kohlenſäure.	Oelbildendem Gas.	Kohlenwaſſerſtoff.	Stickgas.	erfodern Erſt.	geben Kohlenſäure.
½	½	5½	16	64	20	180	94
1	3	3½	18	77½	4½	210	112
3	2½	2½	15	80	5	200	108
5	2½	2½	13	70	15	176	94
7	2	2½	9	76	15	170	83
9	½	2½	8	77	15	150	73
10½	0	2	6	74	20	120	54
12	0	½	4	76	20	82	36

Rechnet man das, in den gasförmigen Producten enthaltene, Stickgas ab, ſo erhält man für die Brennbarkeit der verſchiedenen wirklich brennbaren gewonnenen Gaſe folgende Verhältniſſe:

Stunden der Gewinnung.	100 Maaße erfordern Maaße Sſt.	
	aus Schieferkohle.	aus Fackelkohle.
1 ſtündig	164	220
3 —	168	210
5 —	132	206
7 —	140	200
9 —	123	176
11 —	106	150

Zur Vergleichung hiemit hat Henry auch die Brennbarkeit verſchiedener reiner brennbaren Gaſe, die im ganzen Verlauf der Deſt. einiger andern brennbaren Körper erhalten werden, geprüft, wovon die Reſultate hier ebenfalls folgen mögen.

Gasarten.	100 Maaße des brennbaren Gaſes	
	erfodern Maaße Sſt.	liefern Maaße Kohlenſäure.
Reines Waſſerſtoffgas . .	50	0
Gas aus feuchter Holzkohle	60	85
— — Eichenholz . . .	54	33
— — trocknem Torf . .	68	43
— — Fackelkohle . . .	170	100
— — Rüböl	190	124
— — Wachs	220	137
Oelbildendes Gas . . .	284	179

Die Aſche der Steinkohlen anlangend, ſo ſind ihre allgemeinen Beſtandtheile und Verhältniſſe ſchon S. 315 und S. 316 angegeben worden. Hier führen wir die nähern Reſultate über ihre Zuſammenſetzung an.

Feneulle*) fand die Aſche der Steinkohlen aus der Grube Fosse du poirier zu Anzin, welche im Departement du Nord mit Erfolg zum Düngen der Felder angewendet wird, in 100 Theilen beſtehend aus:

0,0225 Schwefelcalcium; 1,1960 Gyps; 0,5000 ſchwefelſ. Natron, ſchwefelſ. Thonerde, ſchwefelſ. Eiſenprotoxyd, ſchwefelſ. Magneſia;

---

*) Férussac bullet. sept. 1825. 161.

43,9200 **Kieſelerde**; 29,8800 Thonerde; 17,3800 Eiſenprotoxyd; 1,8600 **Manganoxyd**; 3,1800 khlſ. Kalk; 0,9000 Magneſia, in Summa 98,8385.

Die Reſultate, welche Karſten über die Aſche vieler Steinkohlenarten erhielt, ſind in nachſtehender Tabelle vereinigt, worin die Zahlen Procente der Aſche bedeuten.

Herkunft der Steinkohlen.	Kieſelerde	Thonerde	Eiſenoxyd	Kalk	Magneſia	Manganoxyd
Aus dem öſtlichen und den beiden mittlern Flötzzügen in Oberſchleſien im Durchſchnitt . .	36,2	43,5	15,4	2,7 (z. Th. khlſauer)	2,1 (z. Th. khlſauer)	—
Aus dem weſtlichen oder Hultſchiner Zuge in Oberſchleſien im Durchſchnitt	33,7	45,3	7,7	6,4 (z. Th. khlſauer)	6,6 (z. Th. khlſauer)	—
Aus dem hangenden und liegenden Zuge im Waldenburger Reviere in Niederſchleſien . .	42,5	36,6	11,4	4,2 (z. Th. khlſauer)	2,3 (z. Th. khlſauer)	ſchwache Spuren
Aus dem Neuröder Reviere in Niederſchleſien	39,4	40,2	10,8	3,9	3,3	—
Aus der Grube Friſchauf in Niederſchleſien .	54,6	40,3	3,7	0,2	0,7	Spuren
Aus Friedrich Wilhelm Erbſtollen, von der Laura und Gnade Gottesgrube in Niederſchleſien	90,3	3,9	0,9	2,6	1,8	—
Saarbrücker Steinkohlen	32,9	44,6	18,2	1,5	1,7	—
Aus der Steinkohlenniederlage an der Worna	45,1	42,2	8,4	1,3	1,9	—
Eſchweiler Kohlen . .	39,7	47,2	9,1	1,4	2,1	—
Aus der Grafſchaft Mark im Durchſchnitt . .	22,5	24,3	47,1	3,1	2,3	—

Was die gänzliche Zerlegung der Steinkohlen betrifft, ſo hat zuvörderſt Thomſon die von ihm unterſchiedenen, oben (S. 310 Anmerk.) angeführten, 5 Hauptarten engliſcher Steinkohlen unterſucht und folgende Reſultate dafür erhalten:

		Caking Coal	Splint Coal	Cherry Coal	Cannel Coal	Kilkenny Coal
Rückſtand von 100 Theilen dieſer Steinkohlenarten nach dem Verkohlen .	. . .	77,4	64,73	52,25	40,0	95
Dieſer Rückſtand enthält Aſche	. . .	1,5	9,50	10,00	10,0	6,7
Der organiſche Theil dieſer Kohlen enthält im Hundert	Srſt.	4,58	12,50	2,93	0,00	6,98
	Wſſt.	4.18	6,25	12,40	21,56	0,00
	Kblſt.	75,28	75,00	74.45	64,72	93,02
	Stickſt.	15,96	6,25	10,22	13,72	0,00

Ure fand die **Kannelkohle** enthaltend 2,8 Stickſt.; 72,22 Kblſt.; 3,93 Wſſt.; 21,05 Srſt., welches allerdings von **Thomſons** Reſultaten durchaus abweicht; die **Schieferkohle** 70,90 Kblſt.; 4,30 Wſſt.; 21.80 Srſt.

Die Reſultate von **Karſten's** Unterſuchungen ſind in nachſtehender Tabelle vereinigt. Sie wurden durch Verbrennen der zuvor in der Waſſerſiedhitze getrockneten Kohle mit Kupferoxyd gefunden, wobei jedoch berückſichtigt werden muß, daß der Verluſt, der ſich nach Abzug des Kohlenſtoffs und Waſſerſtoffs (welche durch das erzeugte kblſ. Gas und Waſſer beſtimmt wurden) ergab, ſchlechthin als Sauerſtoff in Rechnung gebracht ward, ſo daß ein möglicher Stickſtoffgehalt überſehen worden ſeyn kann.

	100 Theile der ganzen Kohle enthalten				100 Theile der Kohle nach Abzug der Aſche enthalten		
	Sſt.	Wſſt.	Khlſt.	Aſche	Sſt.	Wſſt.	Khlſt.
Foſſiles Holz von der Roddergrube in der Burgermeiſterei Brühl des Kreiſes Kölln . .	26,467	4,313	54,97	14,25	30,87	5,03	64,10
Gemeine Braunkohle, von Uttweiler, nördlich vom Siebengebirge, ſpec. Gew. 1,2081 . . .	19,354	2,546	77,100	1,000	19,550	1,571	77,879
Steinkohle von der Zeche Leopoldine bei Brzenskowitz in Oberſchleſien, ſpec. Gew. 1,3098 .	20,475	2,765	73,880	2,880	21,083	2,847	76,070
Steinkohle von der Steinkohlenzeche Königsgrube bei Beuthen in Oberſchleſien, ſp. G. 1,2864	17,773	3,207	78,390	0,630	17,886	3,227	78,887
Steinkohle von der Grube Wellesweiler in Saarbrücken, ſp. G. 1,2677	14,470	3,207	81,323	1,000	14,623	3,233	82,144
Steinkohle von der Zeche Vereinigte Sälzer und Neuack im Eſſen Werdenſchen Berg-Amtsdiſtrict in Weſtphalen, von der Flötze Röttgersbank, ſpec Gew. 1,2757 bis 1,28819 .	—	—	—	kaum 0,1	8,113	3,207	88,680
Steinkohle von der Zeche Nottecampsbank, ebenfalls im Eſſen Werdenſchen von dem Flötz Dickebank, ſp. Gew. 1,3065	5,793	1,106	92,101	1,000	5,853	1,117	93,030
Steinkohle von der Zeche Hundsnocken im Eſſen Werdenſchen, von dem Flötz Alte Werthsbank, ſpec. Gew. 1,3376 .	2,94	0,44	96,02	0,60	2,96	0,44	96,60
Kannelkohle aus England (von unbeſtimmt. Fundort), ſpec. Gew. 1,1652	19,61	5,42	74,47	0,50	19,72	5,45	74,83
Steinkohle von Newcaſtle, ſpec. Gew. 1,2563 .	11,667	3,207	84,263	0,863	11,78	3,23	84,99
Steinkohle aus der Eſchweiler Niederlage im Dürener Berg-Amts-Revier, ſpec. G. 1,3005	6,4516	3,2070	89,1614	1,18	6,54	3,24	90,22

Die umfaſſenden Reſultate Karſten's über die Menge Coaks, die ſich aus ſämmtlichen in der preuß. Monarchie vorkommenden Steinkohlenarten gewinnen laſſen, und deren wirklichen Gehalt an Kohle und Aſche überlaſſen wir dem Leſer in Karſtens Schrift ſelbſt nachzuſehen, ſo wie auch in John's Tabellen S. 73 ſich die Angaben der ältern Analyſen einer großen Menge verſchiedenartiger Steinkohlen zuſammengeſtellt finden.

Verſchiedene foſſile kohlige Subſtanzen.

Außer der Steinkohle giebt es noch verſchiedene andre foſſile Subſtanzen, welche durch langſame Verkohlung organiſcher Theile und Einwirkung von erdharzigen und andern Stoffen auf dieſelben ihren Urſprung genommen zu haben ſcheinen; als bituminöſes Holz, Braunkohle, Moorkohle, Anthracit u. ſ. w., welche in den mineralogiſchen Werken auf verſchiedene Weiſe unterſchieden werden. Wir wollen hier blos in Kurzem die Reſultate der uns bekannten Analyſen ſolcher Subſtanzen anführen, wobei man die Reſultate Karſtens, welche ſich in der Tabelle S. 322 finden, mit vergleichen mag.

Wittig erhielt aus 100 einer bei dem Verwerk Nachtigall vorkommenden Braunkohle 44,0 gelblicher ſäuerlicher empyreumatiſch riechender Fl.: 16.0 dickliches empyreumatiſches Oel; 0.8 Schwefel; 0,8 kohlſ. Kali; 0,75 Eiſenperoxyd; 2.6 kohlſ. Kalk; 1,25 Thonerde; 6,4 Extractivſtoff; 2,8 Harz; Spuren von Kieſelerde; 24,6 Holzfaſer und Verluſt (Kaſtner Gewerbsfreund. IV. 153. — Buchner Rep. XII. 383).

Klaproth erhielt durch Auskochen der erdigen Braunkohle der Grafſchaft Mansfeld mit Weingeiſt ein bittres, nicht unangenehmes, Extract, ähnlich dem einer geringen Chinaſorte, durch tr. Deſt. gekohltes Wſſſtgas; kohlſ. Gas; ſäuerliches W. (Holzeſſig), hellbraunes geronnenes Oel ohne den geringſten bituminöſen Geruch und 38,3 p. C. kohligen Rückſtand; 18,5 p. C. (der Braunkohle) hellbräunliche, mit Sandkörnern gemiſchte, Aſche laſſend (Klaproth Beitr. III. 319).

Dumenil erhielt aus der Grobkohle vom Deiſter (im Hannöverſchen) 1,5 durch wiederholte Digeſtion mit Aether ausziehbares klebriges Bergpech; 79,7 kohligen brennbaren Theil; 2,5 Thonerde mit ein wenig Eiſenperoxyd; 16,2 Kieſelerde; 1,0 Verluſt (Trommsd. N. J. V. St. 1. 184).

Ueber den Gagat oder die Pechkohle hat Prouſt einige Reſultate bekannt gemacht. Gagat von Almagre in Murcia gab 46 p. C. Kohle, ohne dabei weich zu werden; ein andrer, zu Knöpfen verarbeiteter, Gagat 52 p. C. Kohle. Wird der Gagat mit Salpeterſ. von 20° B. erhitzt, ſo löſt er ſich unter ſtarkem Aufbrauſen, und Entſtehung einer dunkelgelben oder orleanfarbenen, in gelinder Wärme verpuffenden, bittern Gerinnung (künſtl. Bitter) auf. Die Fl., aus der dieſe Gerinnung ſich abſetzt, iſt dunkelgelb, ſehr bitter und läßt Kleeſ. und Benzoeſ. anſchießen. (Gehlen J. III. 271).

Das bituminöſe Holz von Arran enthält nach Jameſon: 20 einer in W. löslichen, ſauren, braunen, extractiven Mat., durch Salzſ., ſalzſ. Baryt, Kalkwaſſer, ſchwefelſ. Eiſen, ſchwefelſ. Kupfer und ſalpeterſ. Silber fällbar; 40 durch Ammoniakfl. und Natronlauge ausziehbares Ulmin; 40 Holzfaſer. Die Aſche liefert Gyps und Eiſenperoxyd ohne Phosphorſ. (Scherer allgem. J. VII. 419).

Im faſrigen Anthracit aus Schleſien fand John: 98 ſchwarze, ziemlich vollkommene, Kohle; 1,50 Kieſelerde und Thon; 0,50 Manganoxyd, kohlſ. Kali, Kalk, Eiſenoxyd und Manganoxyd (?), phosphorſ. Kalk, ſalzſ. und ſchwefelſ. Alkali (John Naturgeſch. des Succins. II. 69).

Karſten fand den Aſchengehalt des foſſilen Holzes und der Braunkohle äußerſt veränderlich, und zwar von ½ bis über 50 p. C. differirend. Dieſer große Aſchengehalt kommt indeß vorzüglich nur der ſogenannten erdigen Braunkohle zu, und iſt eine Folge der Umſtände, unter denen ſie gebildet ward. Manches foſſile Holz, bei welchem man aus dem äußern Anſehen auf einen großen Aſchengehalt nicht ſchließen ſollte, enthält davon eine bedeutende Menge. So hinterläßt z. B. der Surturbrand in Island 27,5 p. C. Aſche.

Die Faſerkohle oder mineraliſche Holzkohle giebt nach Karſten bei ſtarkem Glühen noch 0,15 p. C. Waſſer und eine Spur von Oel.

Bei den ſogenannten Anthraciten von Liſchwitz und Schönfeld iſt das Waſſer noch als ein ſchwacher Thau in der Vorlage bemerkbar, wenn ſie mit aller Sorgfalt in der Waſſerſiedhitze vorher getrocknet worden ſind. Nur bei dem wirklichen Anthracit und dem Graphit läßt ſich, wenn ſie vorher in der Waſſerſiedhitze getrocknet waren, keine Waſſerbildung mehr bemerken.

Nachträge.

Achillea millefolium. L. — Die friſchen Blumen enthalten nach Bley nahe 20,6, die lufttrocknen 10 p. C. Feuchtigkeit. — In 100 Theilen lufttrockner Blumen waren nach demſelben enthalten: 0,9687 blaues äther. Oel, mit dem aus dem Kraute übereinſtimmend, 1.5 Hartharz; 0.65 Hartharz mit Phosphorſäure; 4,38 Phyllochlor; 3,20 Pflanzeneiweis; 0.0140 Eſſigſ.; 2,10 Salpeter und ſalzſ. Kali; 20,75 gerbſtoffhaltiger Extractivſtoff mit ſalzſ. Kali; 0,10 gummiger Extractivſtoff; 0,25 Aepfelſ.; 15,75 Pflanzengummi mit äpfelſ. Salzen; 0,125 ſalzſ. Kalk; 10,0 Waſſer; 16,00 Pflanzenfaſer; Spuren Schwefel; — durch Ausziehen mit Salzſäure und Aetzkali: 2,60 verhärtetes Pflanzeneiweis; 10,40 künſtl. Gummi; 8,45 Pflanzenkleber; 1,30 ſchwer auflöslicher Pflanzenkleber; 0,25 Gerbſtoff; — 2,539 Verluſt.

Bei Einäſcherung der 16 Theile Faſer blieben 0,4 Aſche, beſtehend aus: ſchwefelſ. Kalk und ſalzſ. Kalk mit Magneſia; Thonerde; Kieſelerde; Eiſenoxyd mit Manganoxyd. (Trommsd. N. J. XVII. St. 2. S. 46. — Eine Analyſe des Krautes ebend. XVI. St. 2).

Actaea spicata, Adonis vernalis, Astrantia major, Helleborus niger, viridis und foetidus. — Geiger hat die Aufgüſſe dieſer Wurzeln einer vergleichenden Prüfung durch einige Reagentien unterworfen, um Verwechslungen derſelben zu verhüten. Wir verweiſen hierüber auf Geiger's Magazin. 1828. März. 200.

Amygdalus persica. — Die oberſten Theile der Pfirſichzweige, die noch keine holzige Beſchaffenheit angenommen haben, ſind ſehr reich an ätheriſchem Oel; es läßt ſich aus denſelben eine Fl. herausdrücken, die etwas milchig ausſieht und zum Theil aus äther. Oel beſteht. Vergleichende Verſuche zeigten, daß dieſer Oelgehalt beträchtlicher iſt, als in bittern Mandeln und in den Kirſchlorbeerblättern. 100 Theile der grünen, im July geſammelten, Zweige lieferten 4,80 Theile eines Oels, das ſchwerer als Waſſer war.

In dem Maße, als ſich die Zweige mehr der holzigen Beſchaffenheit nähern, nimmt der Gehalt an äther. Oel ab. Daſſelbe iſt der Fall in den Blättern und Blattſtielen. Dieſe enthalten nämlich weniger Oel, wenn ſie auf holzigen Zweigen geſammelt wurden, dahingegen diejenigen Blätter und Blattſtiele, welche man auf den zarten äußerſten Spitzen der Zweige pflückt, ſich am reichhaltigſten an Oel zeigen (Journ. de pharm. 1827. nov. 548; auch in Geiger Mag. 1828. Febr. 129).

Asclepias vincetoxicum. — Die Wurzel nach Feneulle: ein flüchtiges Oel; ein fettes Oel, faſt von Wachsconſiſtenz; ein, vom Emetin verſchiedenes, brechenerregendes Princip; eine Art Harz; Schleim; Satzmehl; pektiſche Säure; Holzfaſer; ſaure äpfelſ. Salze von Kali und Kalk; ſauerkleeſ. Kalk; Kieſelerde und andre Mineralſalze (J. de chim. méd. 1828. Juillet. 346).

Betula alba (Vergl. S. 115). — Die dünne weiße Oberhaut nach Gauthier: 46.50 Harz; 11.25 Extractivſtoff; 21,00 dem Suberin ähnlicher Stoff; 5.5 Gallusſäure und Gerbſtoff; 2.00 Thonerde; 4,50 Eiſenoxyd; 3,75 Kieſelerde; 2,50 kohlſ. Kalk; 4.25 Verluſt. — Beim Verbrennen liefert dieſe Oberhaut ein eben ſo ſchönes Schwarz, als man ſolches durch Verbrennen von Harzen erhält. In der That liegt die Urſache der ſehr reichlichen Menge, die man davon erhält, in der Gegenwart von Harz, das ſowohl auf der Oberfläche, als im Innern der Oberhaut in Geſtalt eines pulverigen Stoffes verbreitet iſt, wodurch dieſelbe rauh im Anfühlen wird (Journ. de pharm. 1827. nov. 548; auch in Geigers Mag. 1828. Febr. 131).

Cassia. — Bemerkungen von Soubeiran über die mediciniſchen Eigenſchaften der Sennesblätter finden ſich im J. de Pharm. 1829. févr. 70; auch in Trommsd. N. J. XVII. St. 2. S. 294.

Chara hispida. — Nach Buchner die friſche: 0,7 grünes Harz; 0,5 Schleim; 1,35 Extractivſtoff; 2,0 glutenartige Materie; 4,0 Pflanzenfaſer; 0,2 ſalzſ. Ammoniak; 0,15 ſalzſ. Kalk; 1,44 kohlſ. Mangan; 11,8 kohlſ. Kalk; 77,5 Waſſer; 0,14 Ueberſchuß. — Die 2,0 glutenartige Mat. und 4,0 Pflanzenfaſer blieben nach Ausziehung durch Waſſer, Alkohol und Salzſ. zurück und gaben durch Verbrennen 0,260 Aſche, enthaltend 0,020 Thonerde; 0,024 Eiſen- und Manganoxyd; 0,124 kohlſ. Kalk; 0,062 Kieſelerde (Verhandlungen der Kaiſerl. Leopold. Geſellſch. I. 368).

Chara vulgaris. — Nach Buchner die friſche: 1,00 grünes Harz; 1,26 Schleim; 1,03 Extractivſtoff; 5,10 glutenartige Mat.; 2,00 Pflanzenfaſer; 0,15 ſalzſ. Kalk; 0,26 ſalzſ. Amm.; 2,20 kohlſ. Mangan; 27,0 kohlſ. Kalk; 59,6 Waſſer; 0,16 Ueberſchuß. Die Aſche von dem Faſerſtoff und der glutenartigen Mat. betrug 0,7, beſtehend aus Thonerde, Kieſelerde, Kalk, Eiſen- und Manganoxyd (ebend. 374).

Cocos nucifera. — Ueber die vielfältige Benutzung des Kokosbaumes vergl. Brandes Arch. XXVI. 27.

Cornus mascula. — Die Rinde nach Trommsdorff: kein Alkaloid; Hartharz; grünes Weichharz; eiſenſchwarzfällender Gerbſtoff; Schleim; pektiſche S.; Pflanzenfaſer; äpfelſ. Kalk (Trommsd. N. J. XVII. St. 2. S. 30).

Cucurbita lagenaria. — Die gelbe aromatiſche ſchmierige Materie, welche der Narbe das ſammetartige Anſehen giebt, nach John: eine weiche fettige gelbe Materie; Eiweißſtoff; bräunlicher, etwas ſcharf ſchmeckender, Extractivſtoff; ätheriſche Theile; gummöſe Theile und Salze. — Der Saft des Piſtills (ohne Germen): viel Waſſer mit wenig ſchmieriger, gelblichgrüner, fettiger Materie; Eiweißſtoff; modificirter Schleim; äpfelſ. Kali mit Spuren von äpfelſ. Kalk; Spur von ſalzſ. Verbindung; phosphorſ. Salze; Ammoniakſalz; aromatiſche flüchtige Theile. — Der ausgepreßte Rückſtand des Piſtills: eiweißartige Faſern; Eiweißſtoff; ſchmieriges Fett; äpfelſ. und phosphorſ. Kali; phosphorſ. Kalk; Spur von phosphorſ. Magneſia; wenig phosphorſ. Eiſenoxyd; extractartige Theile, vielleicht etwas äpfelſ. Kalk. — Das ganze Piſtill ohne Ger-

Botanischer Name	Theil der Pflanze (Frisch wird durch F., getrocknet durch G. bezeichnet)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Hyoscyamus niger Desgl.	die Pflanze G. desgl. F.	Wasser	Digestion und dem Safte	[illegible]	desgl. desgl.	[illegible]
Inula Helenium	Wurzel G.	Wasser	Digestion [illegible]	[illegible]	desgl.	desgl.
Krameria triandra	desgl. G.	desgl.	Digestion	[illegible]	desgl.	[illegible]
Lactuca virosa	ganze Pflanze F.	desgl.	desgl.	[illegible]	desgl.	[illegible]
Menyanthes trifoliata	Blätter G.	desgl.	desgl.	[illegible]	desgl.	[illegible]
Opium	verdickter Saft	[illegible]	Maceration	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Quassia amara	Holz G.	[illegible]	desgl.	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Rheum palmatum (Russ. Rhab.)	Wurzel G.	Wasser	Digestion [illegible]	[illegible]	desgl.	[illegible]
Desgl. desgl.	desgl. G.	[illegible]	Maceration	[illegible]	[illegible]	desgl.
Rheum undulatum	desgl. G.	desgl. [illegible]	desgl.	[illegible]	desgl.	desgl.
Saponaria officinalis Scilla maritima Desgl.	ganze Pflanze G. Zwiebel G. desgl. G.	Wasser desgl. [illegible]	Digestion [illegible] Maceration	[illegible]	[illegible] desgl. desgl.	[illegible] [illegible] desgl.
Smilax Sarsaparilla Solanum dulcamara Strychnos nux vomica	Wurzel G. Stengel G. Samen.	Wasser desgl. [illegible]	[illegible] Digestion [illegible] Maceration	[illegible]	desgl. desgl. desgl.	[illegible]
Taraxacum dens leonis	Blätter F.	Wasser	Digestion [illegible]	[illegible]	desgl.	desgl.
Tormentilla erecta	Wurzel G.	[illegible]	Maceration	[illegible]	desgl.	[illegible]

Zu Seite [illegible].

Botanischer Name	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Achillea millefolium	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Aconitum Napellus	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Anthemis nobilis	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Desgl.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Artemisia absinthium	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Desgl.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Atropa Belladonna	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Desgl.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Cassia fistula	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Centaurea benedicta	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Chironia centaurium et pulchella	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Desgl.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Desgl.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Desgl., [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Desgl. desgl.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Desgl. [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Desgl.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Datura stramonium	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Desgl.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Fel tauri	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Fumaria off. et [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Desgl.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Desgl.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Gentiana lutea	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Desgl.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Helleborus niger	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Desgl.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

men in 100 Theilen: 94,50 Waſſer; 1,50 Eiweisſtoff (vorwaltend), ſchmieriges Fett, extractartige Theile, ſchleimige Subſtanz, phosphorſ. und äpfelſ. Kali, phosphorſ. Magneſia, Spur ſalzſ. Verbindung; ung. 2,50 eiweisartige Faſern mit Atomen von Eiweisſtoff und fettiger Mat.; 1,50 phosphorſ. Kalk, äpfelſ. Kali mit wenig phosphorſ. Eiſen, phosphorſ. Magneſia und vielleicht etwas äpfelſ. Kalk; — aromatiſche flüchtige Theile; einige At. Salpeters; Ammoniakſalz. (John chem. Schr. V. 55).

Daucus carota. — Laugier hat im Möhrenſaft, welcher 2 bis 3 Tage geſtanden hatte und ſchon Zeichen der Eſſiggährung darbot, Mannit aufgefunden. Er erhielt dieſes, indem er den veränderten Saft deſtillirte, wo Eſſig überging, und den Rückſtand trocknete, der ſo eine elaſtiſche braune Materie darſtellte, die an ihrer untern Oberfläche und in ihrem Innern weiße nadelförmige Kryſtalle darbot, welche durch heißen Alkohol getrennt und wiederholt umkryſtalliſirt, ſich ganz als Mannit verhielten. — Friſcher Möhrenſaft, auf gleiche Weiſe behandelt, gab keine Spur Mannit (Bull. de la société phil. 1817. 194).

Equisetum arvense. — Die Knollen nach Smelowsky: brauner Syrup; gegen 18,3 Stärkmehl und gegen 11,6 Kleber (Nord. Blätter. I. 318).

Equisetum hiemale. — Nach Diebold: Chlorophyll; Wachs; gelber extractiver Farbſtoff; Stärkmehl; pektiſchſ. Kalk; Zucker; Aepfelſ.; Pflanzenfaſer. Die Aſche: ſchwefelſ., ſalzſ. und khlſ. Kali; ſchwefelſ., khlſ. und phosphorſ. Kalk; Eiſenoxyd. (Kieſelerde ſcheint überſehen worden zu ſeyn). (Buchner Rep. XXVIII. 366).

Eucalyptus resinifera. — In den Monaten Nov. bis Jan. ſchwitzt aus den Blüthen dieſes Baumes eine große Menge eines ſüßen Saftes aus, welcher, bei der Bewegung der in ſehr dicht gedrängten Dolden an der Spitze der Zweige ſtehenden Blumen durch den Wind, herab auf die Blätter und den Boden fällt, zu weißen Klumpen von verſchiedener Geſtalt und Größe erſtarrt, die oft den Boden unter den Bäumen ganz damit bedecken. Dieſer Baum liefert auch eine Art Catechu (Geiger Mag. XVI. 283. XXI. 219).

Extracte. — Meylink hat in folgender Tabelle die Quantitäten von Extract, die man aus verſchiedenen Pflanzentheilen ziehen kann, nebſt ihrer Conſiſtenz zuſammengeſtellt *) (Buchner Rep. XXVIII. 231).

Helmintochorton. — Das in den Apotheken vorräthige Wurmmoos iſt gewöhnlich ein Gemeng aus ſehr verſchiedenen Algen. Lucá fand 16 Unzen getrockneten Wurmmooſes, das in ſeiner Apotheke vorräthig war, folgendermaßen zuſammengeſetzt:

---

*) Die Grade beim Alkohol ſind wahrſcheinlich Beauméſche Grade.

	Unze	Dr.	Gr.
Chondria obtusa Agardh.	13	1	4
Rhodomela pinastroides	—	4	2
Conferva rupestris	—	2	15
Ceramium Wulfenii	—	2	17
Sphaerococcus Helminthochorton	—	—	44
Sargassum bacciferum	—	—	31
Cystoseira abrotanifolia Ag.	—	—	22
Rhodomela subfusca	—	—	20
Ceramium scoparium	—	—	18
Laminaria Fascia Ag.	—	—	10
Sphaerococcus crispus Ag.	—	—	6
Converſa ciliata R.	—	—	5
Sporochnus rhizodes Ag.	—	—	4
Zonaria Pavonia	—	—	4
Conferva Linum	—	—	2
Unbeſtimmte Algen	—	—	5
Sand und Conchylien	—	6	27
Verluſt	—	5	5
	16 Unzen		

Auch in einer andern Sorte Wurmmoos ward Chondria obtusa als Hauptbeſtandtheil gefunden, es fehlte aber darin Zonaria Pavonia, dagegen Bruchſtücke von Cystoseira siliquosa Ag. und einige andere Converſen ſich darin vorfanden (Trommsd. N. J. XVII. St. 2. S. 1).

Holz. — Ueber die Biegſamkeit und Elaſticität u. ſ. w. der Hölzer hat auch **Dupin** Verſuche angeſtellt, welche ſich im Journ. de l'école polyt. cah. XVII enthalten finden. Ich habe mir jedoch dieſe Zeitſchrift nicht zu verſchaffen gewußt.

Kohle. — Zur Literatur iſt nachzutragen: Verhandeling over het gobruik der plantartige en dierlyke Kool door C. M. v. Dyk. Utrecht. 1825. — Ein kurzer Auszug daraus in Trommsd. N. J. XVII. St. 2. S. 292.

Lactuca virosa. — Der eingetrocknete Milchſaft, nach **Pfaff** und **Klink**: 8,75 Wachs; 7,50 Hartharz, beim Verbrennen angenehm gewürzhaft riechend; 22,50 Caoutchouc; 51,25 in W. lösliche Theile, nämlich: Bitterſtoff, Gummi, Eiweisſtoff, freie Lactucaſäure *), lactucaſ. Kalk und Magneſia und Salpeter; 10,00 Waſſer. Bei Deſt. des friſchen Saftes erhält man eine, Lackmus nicht röthende, Fl. vom viroſen Geruch und Geſchmack des Krautes (Pfaff mat. med. VI. 501).

---

*) Dieſe S. iſt der Kleeſ. ſehr ähnlich, fällt aber die Kupferſalze reichlicher und braun, die ganz neutralen Eiſenperoxydſalze grün; auch bildet ſie mit Magneſia ein ſchwieriger lösliches ſaures Salz.

Lieberſche Kräuter. — Vergl. über ihre Herkunft und Heilkräfte außer Geiger in ſ. Magaz. VII. VIII. IX, auch Happ in Trommsd. N. J. XV.; Wolff in der pharmaceutiſchen Zeitung des Apothekervereins im nördl. Deutſchland. 1827; Günther in Brandes Arch. XXVI. 22.

Lilium bulbiferum (Feuerlilie). — Aus den kurzen Härchen, womit die bräunlich orangegefärbten dreieckigen Narben bedeckt ſind, ſondert ſich eine eben ſo gefärbte, ſchmierige Mat. ab, welche ſich in dünne Fäden ziehen läßt und theils wie ein öliger Schleim, theils wie ein fettiges Harz anzufühlen iſt. — Dieſe Mat. verlor in Alkohol ihre Farbe, indem derſelbe ſich karmoiſinroth färbte, wenn er gegen das Licht gehalten wurde; nach und nach verſchwand jedoch die ſchöne Farbe wieder und die Auſl. wurde fahl. — Dieſe Auſl. röthete Lackmus. Sie ließ ſich mit W. vermiſchen, ohne deutlich getrübt zu werden. — Als darauf der Alkohol mit friſchen Narben erhitzt wurde, um eine concentrirte Auſl. zu erhalten, entſtand weder eine Trübung, wenn er erkaltete, noch, wenn er mit W. vermiſcht wurde. — Durch Verdunſten der Auſl. blieb die aufgelöſte Mat. als eine ſchmierige Subſtanz zurück, welche ſich in Fäden ziehen ließ und in Aether unauflöslich war.

Legt man die mit der ſchmierigen Materie verſehenen Narben in Waſſer, ſo wird dieß nach und nach trübe, es ſondert ſich eine weiße, ſchlüpfrig pulvrige Materie ab, und das Waſſer gleicht einer ſehr verdünnten Emulſion.

Mit Beſtimmtheit gab ſich in dieſen Narben die Gegenwart von ſauren äpfelſauren Verbindungen zu erkennen (John in ſ. chem. Schr. V. 64).

Opium. — Auch Trommsdorff hat einige Verſuche angeſtellt, aus welchen hervorgeht, daß wenigſtens die ganz reifen alten Saamenkapſeln des einheimiſchen Mohns weder auf Narkotin, noch Morphin zu benutzen ſind (Trommsd. N. J. XVII. St. 2. S. 256).

Piper cubeba. — Einige pharmaceutiſche Verſuche über das ölig-harzige Cubebenextract von Dublanc finden ſich im Journ. de pharm. 1828. Janv. 40; auch in Trommsd. N. J. XVII. St. 2. S. 282.

Polygala Senega. — Die Senegawurzel iſt von Dulong einer neuen Unterſuchung unterworfen worden. Sie enthält nach ihm: 1) eine beſondre, nicht alkaliſche, ſehr ſcharfe, in Waſſer und wäßrigem Alkohol lösliche, Subſtanz, welche von Dulong für den wirkſamen

Theil der Wurzel gehalten wird; 2) ein Harz; 3) eine wachsartige Subſtanz; 4) eine Art Gummi; 5) gelben Farbſtoff; 6) eine Subſtanz, die von conc. Schwefelſäure roth gefärbt wird; 7) pektiſche S.; 8) phosphorſ. Kalk; 9) ſaures äpfelſ. Kali und Kalk; 10) ſchwefelſ. Kali; 11) ſalzſ. Kali; 12) Eiſen (Journ. de pharm. 1827. nov.; ausgez. in Buchners Repert. XXVIII. S. 268).

Polypodium filix mas. — Einige neuere Angaben Peſchier's über das ätheriſche Extract der Wurzel (Peſchier's Oelharz), dem zufolge es aus einem flüchtigen aromatiſchen Oele, einem fetten, nicht flüchtigen, einem Harze, Stearin, grünem und rothen Farbſtoff, Eſſigſ. und Gallusſ. beſtehen ſoll, finden ſich in Trommsd. N. J. XVII. St. 2. 4.

Quercus. — Eicheln, in der Siedhitze des Waſſers getrocknet, nach Löwig: 4,3 fettes Oel; 5,2 Harz; 6,4 Gummi; 9,0 eiſenbläuender Gerbſtoff; 5,2 bittrer Extractivſtoff: 38,0 Stärkmehl; 31,9 Holzfaſer; Spuren von Kali-, Kalk- und Thonerdeſalzen (Buchner Repert. XXVIII. 169).

Rhamnus frangula. — Die trockne Rinde nach Gerber: eine Spur von äther. Oel und Blauſäure; 0,5 Wachs; 1,75 Chlorophyll; 4,6 ſcharfer bittrer Extractivſtoff, verbunden mit etwas Phyteumakolla, äpfelſ. und ſalzſ. Kalk; 0,6 Schleimzucker; 8,0 gelber harziger Farbſtoff; 2,7 veränderter Farbſtoff; 1,86 Eiweisſtoff; 8,5 Gummi mit etwas äpfelſ., ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali- und Kalkſalzen; 4,5 Extractivſtoff mit etwas Phyteumakolla, Zucker, äpfelſ. Kalk und ſalzſ. Kali; 2,1 phosphorſ. Kalk und etwas Thonerde: 2,0 äpfelſ. Kalk und Magneſia; 11,0 ulminartige Subſtanz, Product der Ausziehung mit Aetzlauge; 14,5 Gummi und 7,5 Extractivſtoff ebenfalls durch Aetzlauge ausgezogen; 26,6 Holzfaſer; kein Gerbſtoff; 3,4 Verluſt. — Die 26,6 Faſer hinterließen 1,54 grauweiße Aſche, beſtehend aus: khlſ., ſalzſ. ſchwefelſ. und phosphorſ. Kali; khlſ. und phosphorſ. Kalk; khlſ. Thonerde; khlſ. Magneſia; Kieſelerde; Eiſenoxyd; Manganoxyd. — Der widerliche Geruch der Rinde rührt vom äther. Oele her. Ihr wirkſamer Beſtandtheil liegt in dem bitter-ſcharfen Extractivſtoff, den man erhalten kann, wenn man ein Decoct der Rinde mit eſſigſ. Bley fällt, den entſtandenen Niederſchlag durch Schwefelwſſt. zerſetzt, die filtrirte Fl. abraucht und das erhaltene Extract mit abſolutem Alkohol behandelt (Brandes Arch. XXVI. 1).

Rheum. — Geiger giebt folgendes Unterſcheidungsmittel des Ruſſiſchen vom Chineſiſchen Rhabarber an. Der erſte färbt ſich mit jodhaltender Jodwaſſerſtoffſäure ſchön grün; der letztre verändert ſich nur ins bräunliche. Dieſes Reſultat blieb ſich gleich bei Stücken von verſchiedenem Anſehen und Alter, nur ein einziges älteres, etwas wurmſtichiges, Stück chineſiſcher Rhabarber ward ebenfalls grün gefärbt. — Auch die pſeudoruſſiſche oder engliſche Rhabarber ward ſtark dunkelgrün gefärbt; die franzöſiſche aber am allerſtärkſten, faſt blau. — Rhapontikà (von unbekannter Mutterpflanze), welche wohl 20 Jahr alt ſeyn mochte, die aber noch gut erhalten war und ſich im Aeußern wie die franzöſiſche Rhabarber verhielt, wurde gar nicht oder nur bräunlich, ähnlich wie die chineſiſche Rhabarber, gefärbt. — Ganz von Inſekten zernagte Wurzel von Rheum undulatum wurde ganz dunkelgrün gefärbt (Geiger Mag. 1826. März. 217).

Satzmehl, grünes der Pflanzen. — Wiewohl man Satzmehl häufig mit Stärkmehl für gleichbedeutend nimmt, ſo nennt man doch auch öfters grünes Satzmehl den Bodenſatz, der aus ausgepreßten Pflanzenſäften, ſo wie aus Waſſer, das mit einem zerkleinerten Pflanzenkörper zuſammengerieben wurde, von ſelbſt niederfällt. In der That beſteht dieſer manchmal aus Stärkmehl, andremal jedoch auch aus Holzfaſer; andremal endlich iſt ſein Hauptbeſtandtheil eine kleberartige Materie. Dieſe von Prouſt beſonders unterſuchte Art Satzmehl ſoll hier näher betrachtet werden.

Daſſelbe findet ſich im ausgepreßten Safte von Kohl, Kreſſe, Schierling, Liebesapfelkraut, Hollunderbeeren, Attichbeeren u. ſ. w., vielleicht in allen grünen Pflanzentheilen, aber außerdem auch in ungefärbten und anders gefärbten. — Es iſt ſo fein in dem Safte, der davon getrübt wird, vertheilt, daß es durch Leinwand hindurchgeht und ſich nicht oder nur langſam zu Boden ſetzt, wo es als ein ſammetartiges, meiſtens grünes, Pulver erſcheint, welches durch Trocknen braun oder ſchwarz, elaſtiſch und hornartig wird; ſo wie jedoch der Saft bis zu 50° bis 60° C. erhitzt wird, ſo fällt es, auch bei groſer Verdünnung des Saftes, in käſigen Flocken nieder. Auch Säuren, ſelbſt Schwefelwaſſerſtoffſ., ferner Ammoniak, ſalzſ. Amm., ſalzſ. Kali, ſalzſ. Natron, Salpeter und Weingeiſt bewirken Gerinnung des im Safte ſuspendirten Satzmehls. Das Satzmehl löſt ſich in Salpeterſ. gänzlich zu einer Fl. auf, welche Talg, Schwefelſ., Sauerkleeſ., ſauerkleeſ. Kalk, Benzoeſ. und künſtl. Bitter enthält. Es löſt ſich in wäßriger Kalilauge unter Ammoniakentwickelung auf. Die Aufl. entwickelt bei Zuſatz von Säure Schwefelwaſſerſtoffſ., und läßt nur einen geringen Theil des Satzmehls fallen, während der größere, in eine extractartige Mat. verwandelt, aufgelöſt bleibt. — Unter Waſſer fault es ſchnell mit üblem Geruch unter Entwickelung von Schwefelwaſſerſtoffſ. und Ammoniak. — Die grüne Farbe manchen Satzmehls rührt von dem, ungefähr 15 p. C. betragenden, Chlorophyll her, welches ſich durch Weingeiſt und Oel entziehen läßt; auch iſt außerdem dem grünen Satzmehl, wie beim kleinen Hauslauch, etwas Wachs beigemiſcht.

Bei Pflanzenſäften, welche Eiweiß enthalten, kann beim Erhitzen derſelben zuerſt geronnener Eiweißſtoff, dann Satzmehl niederfallen, wie auch wirklich Ronelle zwei verſchiedene Niederſchläge wahrnahm.

Secale cereale, Korn, in einer Höhle gefunden, wo es ſeit alten Zeiten gelegen hatte. — Es hatte ſeine Geſtalt behalten, war aber ſchwarz und zerreiblich. Braconnot fand es beſtehend aus: 26,5 Ulmin; 42 ulminſ. (humusſ.) Kalk mit phosphorſ. Kalk und Eiſenoxyd; 30 kohliger Materie; 1,5 ſalzſ. und ſalpeterſ. Kali und Kalk; unbeſtimmter Menge fettiger Materie von Wachsconſiſtenz (Ann. de Ch. et de Phys. XXXV. 262).

Selinum palustre. — Die Wurzel nach Peſchier: ein flüchtiges Oel; ein fixes, in Aether und Alkohol von 34° B. auflösliches, Oel; ein gummiartiger Beſtandtheil; ein gelbfärbendes Princip; ein ſchleimig-zuckriges ſtickſtoffhaltendes Princip; eine eigenthümliche Säure; phosphorſ. Kalk; Holzfaſer (Kaſtn. Arch. XIV. 190).

Thea. — Ein Verzeichniß der vorzüglichſten Theeſorten China's nach Originalquellen (Julius Klaproth und Abel Remuſat) findet ſich in Trommsd. N. J. XVII. St. 2. S. 221.

Typha latifolia. — Die Wurzel nach Lecoq, im December geſammelt: 1,50 Theile an Gummi, Zucker, Gerbſtoff, ſaurem äpfelſ. Kalk und beſondrer extractiver Materie; Spuren Eiweiß; 13,0 Holzfaſer; 12,5 Satzmehl; 73,0 Waſſer. — Die Holzfaſer lieferte eine Aſche von kohlenſ., ſalzſ. und ſchwefelſ. Kali, Kieſelerde, Magneſia und Eiſenoxyd. — Im April geſammelt: 13,0 Holzfaſer; 10,8 Satzmehl; 73,0 Waſſer; 3,2 übrige vorgenannte Producte (J. de ch. méd. 1826. avril. 177).

Viola ipecacuanha. (Weiße Ipecacuanha, unter dem Namen von Ipecacuanha branca aus Rio Janeiro gebracht). — Nach Vauquelin in 16 Theilen: 1,50 Emetin; 0,60 Harz; 0,20 Gummi; 0,30 Eiweiß; 3,20 Stärkmehl; 0,85 ſchuppig kryſt. Materie; 7,00 Holzfaſer; 0,00 unbeſtimmte Menge fette Materie und Wachs; 0,05 Verluſt *). (Ann. de Ch. et de Phys. XXXVIII. 157).

---

*) Da die Zuſammenrechnung der einzelnen Beſtandtheile mit der Geſammtquantität analyſirter Mat. nicht ſtimmt, ſo muß ein Druckfehler im Original obwalten.

Regiſter.

A.

Absinthium vulgare, Kraut. 58.
Acarois resinifera, Harz. 212.
Achillea millefolium, Blumen 324. Extract. Tab. zu S. 327.
Ackerſpergel, ganze Pflanze außer der Wurzel. 77.
Ackerwinde, friſche und trockne Wurzel. 90.
Aconitum, anthora, Wurzel. 80. lycoctonum, Wurzel. 80. napellus s. Stoerckianum, Blätter und Stengel. 58. Extract. Tab. zu S. 327.
Acorus calamus, Wurzel. 81.
Adansonia digitata L. boabab. Gärtn. Saamen. 1.
Adlerfarrenkraut, Wurzel. 145.
Aepfelſaft. 24.
Aesculus, hippocastanum, Blüthen. 53. Schuppen der Blattknoſpen, Blattknoſpen ſelbſt, und ſo eben entwickelte Blätter. 58. Frucht. 1. Rinde. 114. an der Rinde getrockneter kreideartiger Saft alter Roßkaſtanienexulcerationen. 237. — Pavia, Nuß. 2.
Affenbrodbaum, Mark der ölhaltigen Saamen. 1.
Agaricus, bulbosus — campestris (nach Vauquelin 136) flabelliformis, muscarius, piperatus. 133. stypticus, theogalus, volvarius. 134.
Agathophyllum Ravensarii, Blätter. 59.
Alant. Wurzel, 95.
Alcanna spuria, Wurzel. 83.
Alchornea latifolia, Rinde. 114.
Alisma plantago, Wurzel. 81.
Alkornokrinde, 114.
Allium cepa, Zwiebel. 81. sativum, Zwiebel. 82. Saft 170.
Aloe und deren verſch. Sorten. 208.
Alouchiharz. 208.
Alpinia Galanga, Wurzel. 82.
Althea officinalis, Wurzel. 82.
Amerikaniſches Pfeilgift. 232.
Ammoniakgummi. 208.
Amomum zingiber, Wurzel. 113.
Amygdalus communis, Früchte. 2. persica, Saft der reifen Früchte. 2, oberſte Theile der Zweige, die noch keine holzige Beſchaffenheit angenommen haben. 325.
Amyris Kataf, Gummi. 216.
Ananas, Saft der Frucht. 5.
Anchusa tinctoria, Wurzel. 83.
Andropogon, Schönanthus, Wurzel. 83.
Angelica Archangelica, Wurzel. 83.

Anguſturarinde, ächte. 126. falſche. 115.
Animegummi. 209.
Aniskörner. 21.
Anona, triloba, Frucht. 2.
Anthemis Pyrethrum, Wurzel. 84.
Anthracit, faſriger. 324.
Antiaris toxicaria, giftiger Saft (Upas Anthiar) 229.
Apium graveolens, Blätter, 59. Saamen. 2. Wurzel. 84.
Arachis hypogaea, mandelartige Früchte. 3.
Arbol-a-Brea-Harz. 209.
Arbutus uva ursi, Blätter. 59.
Arekapalme, Frucht. 3.
Aristolochia serpentaria, Wurzel. 84.
Arnica montana, Blumen. 53. Blätter. 59. Wurzel. 84.
Aronswurzel. 85.
Artemisia absinthium, Kraut. 58. contra, judaica, santonica, Saamen. 3 ff. vulgaris, Wurzel. 84.
Arum maculatum, Wurzel. 85.
Arundo epigeios, trockne Blätter. 59. phragmites, Blätter und Schaft. 59. sachariferum. 60.
Aſa fötida. 209.
Asarum europaeum. Wurzel. 85.
Aſche der Hölzer: Berthiers Beobachtungen über ihre Zuſammenſetzung. 276. tabellariſche Ueberſicht der Reſultate Berthiers über den Gehalt verſchiedener Hölzer an Aſche, und deren Gehalt an auflösl. und unauflöslichen Theilen. 278 ff. Reſultate andrer Unterſuch. eben darüber. 281. Zuſammenſetzung der Aſche der Steinkohlen nach Karſten. 320.
Aſchengehalt der vſch. Hölzer. 278 ff. der Steinkohlenarten. 315 ff.
Asclepias vincetoxicum, Wurzel. 85. 325. syriaca, Milchſaft. 190.
Asparagus officinalis, Sproſſen. 60. Wurzel. 85.
Aspidium filix mas, Wurzel. 144. getrocknete Wurzel. 145. spinulosum, trocknes Kraut. 134.
Atropa Belladonna, Kraut. 60.
Avena sativa, Körner. 32.
Aylanthus glandulosa, rindiger Theil der Wurzel. 86.

B.

Backkohlen. 309.
Baeomyces roseus, Cephalodien. 134.
Bärlappſaamen, Aſche. 141.
Bärentraube, Blätter. 59.
Baldrianwurzel, getrocknete. 113.
Balſam, canadiſcher. 212. der Hedwigia balsamifera. 215. peruaniſcher, ſ. Perubalſam.
Bambusa arundinacea. 61.
Bambusrohr. 61.
Batatenwurzel. 90.
Baumſäfte, durch Abzapfen erhalten. 219.
Bdellium-Gummi. 209.
Beifuß, gemeiner, Wurzel. 84.
Benedictenwurzel. 93.
Benzoe. 210.
Berberis vulgaris, Berberiswurzel. 86.
Bernſtein. 211.
Bertholletia excelsa, mandelartige Früchte. 5.

Bertramwurzel. 84.
Beta vulgaris, Wurzel. 86. Blätter. 87.
Betula alba, weiße Oberhaut der Rinde. 115. 325. im Frühling gezapfter Saft. 219.
Bilſenkraut. 68.
Bilſenkrautſaamen. 16.
Birke, weiße, dünne weiße Oberhaut der Rinde. 115. 325. im Frühling gezapfter Saft. 219.
Birnen, Saft. 24. Steine in denſelben. 238.
Bitterklee, ſ. Fieberklee.
Bitterſüß, Stengel. 76.
Blätter und Stengel. 58.
Blauholz. 129.
Blumen. 53.
Bohnen. 30.
Bohnenbaumſaame. 13.
Boletus cervinus. 141. juglandis, (nach Braconnot 137) pseudoigniarius, purgans, sulphureus. 134.
Bonplandia trifoliata, Rinde. 126.
Borago officinalis, Saft der ganzen Pflanze. 61.
Boretſchpflanze. 61.
Botanibay-Harz. 212.
Botryos mexicani herba. 64.
Brassica oleracea viridis, Saft des friſchen Krautes. 61.
Braunkohle. 323.
Brechnuß, ſchwarze. 17.
Brechwurzel, braune, graue oder geringelte. 88.
Brombeeren, Saft. 26.
Bromelia Ananas, Saft der Frucht. 5.
Bryonia alba, Wurzel. 87.
Bubon Galbanum, Harz. 214.
Buche, im Frühling gezapfter Saft. 221.
Buchweizen, die ganze in voller Blüthe ſtehende Pflanze. 73. Saamen. 23.
Bursera balsamifera, Balſam. 215.

C.

Caesalpinia crista, Holz. 115.
Caffea arabica, Früchte. 7.
Calamus aromaticus, Wurzel. 81. verus der Alten. 92.
Calendula officinalis, Blumen. 54. Blätter. 61.
Callicocca ipecacuanha, Wurzel. 88.
Cambogia Gutta, Harz. 214.
Canadiſcher Balſam. 212.
Canella alba 132.
Cannabis sativa, Blätter. 62. Pollen. 49. Saamen. 5.
Caoutchoucmilchſaft. 190.
Caoutchouchaltiger Saft eines unbekannten Baumes aus Mexiko. 192.
Capsicum annuum, Frucht. 5.
Carapa guianensis, Rinde. 115 ff.
Cardobenedictenkraut. 62.
Carduus benedictus, Kraut. 62.
Carex arenaria, Wurzel 88.
Carica papaya, Milchſaft. 202 ff.
Carpinus betulus, im Frühjahr abgezapfter Saft. 220.

Carthamus tinctorius, Blumen. 54.
Caryophyllus aromaticus, ſ. Eugenia caryophyllata.
Caſcarillenrinde. 126.
Cassia acutifolia, lanceolata, obovata, Blätter. 62. Bälge der Frucht. 6. Nachträge. 328. fistula, Mark der Frucht. 6. occidentalis. Rinde. 117.
Caſſienmark. 6.
Castanea vesca, im November gezapfter Saft. 221.
Cedrela febrifuga (Blum.) Toana (Roxb.) Rinde. 117.
Centaurea, benedicta, Blätter 62. calcitrapa, Extract des Krautes. 62.
Cephaëlis ipecacuanha, Wurzel. 88.
Cerasus padus. Blüthen. 56.
Ceratonia siliqua, Schote. 6.
Chamaerops humilis, trockne Blätter 63.
Chamillenblüthen. 55.
Chara hispida-vulgaris, 326.
Chelidonium glaucum, Milchſaft. 190. majus, Kraut. 63.
Chenopodium ambrosioides, Kraut 64.
Chinarinden, Abſtammung der verſchiedenen Sorten. 118 ff. Geſchichtlicher Ueberblick der Auffindung der darin vorhandnen eigenthümlichen Beſtandtheile. 121 ff. Analyſe der einzelnen Sorten: — Reactionen der vſch. Chinaſorten in Tabellenform nach Guibourt und Schrader. 122. graue oder braune nach Pellet. und Caventon — nach Bucholz. 122. graue nach Pelletier und Caventon. 123. nach Bucholz. 124 ff. quinquina jaune, der Franzoſen. 125, rothe. 125. — von Carthagena. 126. von St. Lucia. 126. bicolor. 117. nova. 126.
Chondrilla juncea, Milchſaft. 190.
Cicer arietinum L. Frucht. 6.
Cichorium intybus, Wurzel. 88.
Cicuta virosa. Wurzel. 88.
Cinchona. 117 (vgl. Chinarinden).
Cissampelos Pareira, Wurzel 89.
Cistus creticus, Gummi. 216.
Citronenſaft. 6.
Citrus medica, Saft der Frucht. 6.
Cochlearia officinalis, eingedickter Saft, friſches Kraut. 64.
Cocos nucifera, Milch der Nuß. 6. 200. Steine der Nuß. 238.
Cocosnußmilch. 6. 200.
Cocosſteine. 238.
Colchicum autumnale, Wurzel. 89.
Columbowurzel. 97.
Colutea arborescens, Luft in den Schoten. 10 ff.
Concretionen, eigenthüml. pflanzliche. 233 ff.
Conium maculatum, Kraut. 64 ff.
Convolvulus arvensis, friſche und trockne Wurzel. 90. batatas, Wurzel. 90. Jalappa, Wurzel. 90. Mechoacanna, Sepium, turpethum, Wurzeln. 91. Scammonium, Harz der Wurzel. 217.
Copaifera officinalis, Balſam. 212.
Copaivabalſam. 212.
Copal. 212.
Copalchirinde. 126.
Coreopsis Georgina, Wurzelknollen. 92.
Cornus mascula. Rinde. 326. sanguinea, Beeren. 11.
Corydalis tuberosa, friſche Wurzel. 91.
Corylus avellana, Pollen. 50.

Crocus sativus, Blüthentheile (Safran) 54.
Croton cascarilla, Rinde, und suberosum, Rinde. 126. tiglium, Körner. 11.
Cubeben. 22.
Cubebenextract, ölig-harziges. 329.
Cucumis, colocynthis, Mark der Frucht. 11 ff. melo, Saſt der Frucht. 12. sativa, Frucht. 12.
Cucurbita lagenaria, gelbe aromatiſche ſchmierige Materie der Stigmen. 54. 326. Piſtille. 55.
Curcuma aromatica (zedoaria), Wurzel. 91. longa, Wurzel. 92.
Curcumäwurzel. 92.
Cusparia febrifuga, Rinde. 126.
Cynanchum vincetoxicum, Wurzel. 85.
Cyperus esculentus, Wurzelknollen. 92.
Cytisus hypocystis, Saſt der Früchte. 13. Laburnum, Saame. 13.

D.

Dahlia pinnata, Wurzelknollen. 92.
Dammara alba, Harz. 213.
Dammarputi. 213.
Daphne alpina, Kraut 66. Rinde. 127. gnidium, mezereum, Rinde. 127.
Dattelbaum, Pollen. 50.
Datura strammonium, Saame. 13. Kraut. 66.
Daucus carota, Saſt. 327. Wurzel. 92.
Delphinium staphisagria, Saamen. 13.
Digitalis, ferruginea — purpurea, Blätter. 66.
Dioscorea sativa, Wurzel. 92.
Diosma crenata, getrocknete Blätter. 66.
Drymis Winteri, Rinde. 128.

E.

Elbenbaum, Beeren. 29.
Eibiſch-Wurzel. 82.
Eicheln. 24. 330.
Eichengummi. 213.
Eichenrinde. 131.
Einkorn, getrocknetes Mehl. 34.
Eiskraut, Blätter und Stengel. 71.
Elaterium. 20.
Elemigummi. 213.
Engelwurzel. 83.
Enzianwurzel. 93.
Epidendron vanilla, Schoten. 29.
Epheuharz. 213.
Equisetum arvense, Knollen. 327. hiemale-palustre. 135. 327.
Erbſen. 23. 30.
Erde, japaniſche, ſ. Katechu.
Erdbirnen oder Erdäpfel. 94.
Erdmandeln. 92.
Ervum lens, Saamen. 14.
Eucalyptus resinifera, ſüßer, aus den Blüthen ſchwitzender Saſt. 327.
Eugenia caryophyllata, Blüthenknospen. 55.
Eupatorium cannabina, Wurzel. 92.

Euphorbia cyparissias, Blätter. 66. der friſche Milchſaft. 190.
Euphorbium. 213.
Excretionen, eigenthümliche pflanzliche. 233 ff.
Exostemma. 118 (vergl. **Chinarinden**).
Extracte. Tabelle über die Quant. Extr., die man aus verſchiednen Pflanzentheilen ziehen kann, nebſt ihrer Conſiſtenz. 327.

F.

Färbeginſter, Blumen. 55.
Färberröthe, Wurzel. 105.
Fagus sylvatica, im Frühling gezapfter Saft. 221.
Farrenkraut, männliches, Wurzel. 144. weibliches, Wurzel. 145.
Faſerkohle. 324.
Fedegoſorinde. 117.
Feigenbaum, eingetrockneter Milchſaft von Stengeln und Blattſtielen. 190.
Fernambukholz, gelbes. 115.
Ferula asa foetida, Harz der Wurzel. 209. orientalis, Gummi. 208.
Feuerlilie, ſchmierige, aus den kurzen Härchen der Narben ausſchwitzende Materie. 329.
Fichte, gemeine, Saamenſtaub. 52.
Ficus carica, eingetrockneter Milchſaft von Stengeln und Blättern. 190.
Fieberklee, ausgepreßter friſcher Saft. 70.
Filix femina, getrocknete Wurzel. 145.
Fingerhut, Blätter. 66.
Flatterruß, gemeiner. 304 ff.
Flaſchenkürbis, gelbe aromatiſche ſchmierige Materie der Narbe. 326.
Fliederblumen. 56.
Fliegenſchwamm. 134.
Früchte. 5 ff.
Fucus buccinalis, aus ihm gewonnene Soda. 135. digitatus, filum, sacharinus, serratus, siliquosus, vesiculosus. 135. helminthochortos. 135.
Fuligo. 304.
Fungi. 136.

G.

Gagat. 323.
Galbanum. 214.
Galeopsis villosa, Kraut. 66.
Galgantwurzel. 82.
Galläpfel. 239.
Gasarten in den Hölungen verſchiedener Gewächſe. 240.
Gelbwurzel. 92.
Genista tinctoria, Blüthen. 55.
Gentiana chyrayta, Wurzel (calamus verus der Alten). 92. lutea, Wurzel (rubrae s. luteae s. majoris radix). 93.
Geoffrea, jamaicensis, surinamensis. 128.
Georgina variabilis, Wurzelknollen. 92.
Gerſte, gemeine, nackte und zweizeilige. 32. unreife grüne und reife Stengel. 68.
Gerſtenmehl. 33.
Getraidearten. 32.
Geum urbanum, Wurzel. 93.

Gewicht, ſpecifiſches der Saamen — Verfahren, es zu finden. 37. tabellariſche Ueberſicht des ſpec. Gewichts der Saamen, die ſchwerer (40) und derer die leichter ſind als Waſſer. 43 ff. Vergleichung des ſpec. Gewichts der Saamen mit dem abſoluten. 45. Reſultate dieſer Unterſuchungen. 48.
Gewürznelken. 55.
Gichtroſe, Wurzel. 100.
Glycyrrhiza glabra, Wurzel. 93.
Gottesgnadenkraut, ausgepreßter Saft. 67.
Grabkohle. 323.
Granatapfelbaum, Rinde der Frucht. 24. Rinde der Wurzel. 102.
Gratiola officinalis, ausgepreßter Saft. 67.
Guajakgummi. 214.
Gummi Guajaci. 214.
Gummige und harzige Säfte. 208.
Gummigutt. 214.
Gummilack. 215.
Gurken. 12.

H.

Haarflechte. 142.
Haematoxylon campechianum, Holz. 129.
Hafer. 32.
Hagebutten. 25.
Hainbutten, ſ. **Hagebutten.**
Hanf, Saamen. 5. Blätter. 62. Pollen. 49.
Harz, madagascariſches. 216. neuholländiſches gelbes. 216.
Haſelnußſtrauch, Pollen. 50.
Haſelwurz. 85.
Hedera helix, Harz. 213.
Hedwigia balsamifera, Balſam. 215.
Helianthus annuus, friſches Kraut, Mark der Stengel. 67. tuberosus, Wurzelknollen. 94.
Helleborus, hiemalis, niger. Wurzel. 94.
Helmintochorton. 135. 327.
Helvella mitra. 138.
Heracleum, gummiferum, Gummi. 208.
Herbſtzeitloſe, Wurzel. 89.
Hirſchbrunſt. 141.
Hölzer. 114.
Hollunderbeeren. 28.
Hollunderblüthen. 56.
Holz. 241. **ſpecifiſches Gewicht** — Unterſuchungen darüber
von **Rumford**, und deren Reſultate. 242. **Wernecks** Verfahren
zu deſſen Ausmittelung. 243. Tabelle dazu — enthaltend zugleich
die Verſchiedenheiten des geflößten und getrockneten, und des nicht
geflößten, getrockneten Holzes. 244 ff. Verminderung des Volumens
des geflößten und wieder getrockneten nach **Werneck.** 247. **Feſtig-**
keit der Hölzer. 249. a) **abſolute**, Tabelle dazu von **Eitel-**
wein. 250 ff. b) **reſpective**, **Eitelweins** Reſultate in Ta-
bellen. 252. **rückwirkende**, nach **Muſſchenbroek.** 253. **Ad-**
häſion am Waſſer. 253. Reſultate hierüber von **Huth.** 255. **Ein-**
fluß des Mondes. 255. **Phosphorescenz** des faulen. 255. **Holz-**
arten, an denen man ſie bis jetzt bemerkt. — Verfahren von **Plac.**
Heinrich, ſich phosphorescirendes — zu verſchaffen. 256. **Bedin-**
gungen der Phosphorescenz. 257. Veränderungen, die das Holz da-

bei erfährt. 258. electriſches Verhalten. 259. Feuchtigkeitszuſtand und Luftgehalt. 260. Unterſuchungen von Rumford, wie groß in verſchiedenen Jahreszeiten der Gehalt eines bloß lufttrocknen Holzes an Waſſer ſey. 262 ff. Abſorptionsvermögen für Waſſer. 264 ff. Verhalten in der Wärme — Wärmemengen, die die verſchiedenen Holzarten entwickeln. 265. Tabellen hierüber von Rumford. 266 ff. ähnliche von Rau. 269, und Hartig. 271. Producte der trocknen Deſtillaton. Stoltze's Reſultate. 271 (vergl. Holzſäure). Verhältniß der Kohle, die man aus Holz bei der trocknen Deſtillation oder bei freiem Feuer erhält. 273 ff. Karſtens Reſultate. 275. Verſuche von Werneck über die Holzverkohlung. 275. Tabelle dazu. 276. Mushet's Reſultate. 276. Aſche des Holzes, ſ. Aſche. — bituminöſes. 324.
Holzſäure, als Product der trocknen Deſtillation des Holzes. Verfahren und Apparate, um ſie zu erhalten, Menge und Stärke der erhaltenen — bei verſchiedenen Arten Holz. 273.
Hopfen. 14. Bracteen. 15. Staub des — 15.
Hordeum distichon, nudum, vulgare, Frucht. 32. vulgare, unreife und reife Stengel. 68.
Humulus lupulus, ſchuppige Fruchtzapfen des — 14 ff.
Hura crepitans, Kerne und Fruchtſchaalen. 16. Milchſaft. 207.
Hyacinthus non scriptus, friſches Kraut mit Blumen. 68.
Hydnum hybridum — repandum. 139.
Hymenaea courbaril, Gummi. 209.
Hyoscyamus niger, Saamen. 16. Kraut. 68.

J.

Jalappenwurzel, trockne. 90.
James-Thee. 99.
Japaniſche Erde, ſ. Katechu.
Jatropha curcas, Frucht. 17.
Jevene. 141.
Ignatzbohne. 27.
Ilex aquifolium, Blätter. 68.
Illicium anisatum, Saamenkapſeln. 17.
Indigofera Anil, aus dem ausgepreßten Saft niedergefallenes Satzmehl. 68. der übrige Saft. 69.
Ingwer, gemeiner. 113.
Inula helenium, Wurzel. 95.
Johannisbeeren. 25.
Johannisbrod. 6.
Ipecacuanha, Wurzel. 88. weiße. 105. weiße oder branca aus Rio Janeiro. 332. falſche. 105. ſchwarze geſtreifte. 102.
Ipomaea batatas, Wurzel. 90.
Iris florentina, Wurzel. 95.
Isatis tinctoria, ganze Pflanze. 69.
Isländiſches Moos. 139.
Juglans regia, Pollen. 50. grüne Schaalen der Nuß, — eingedickter Saft der unreifen Nüſſe. 17.
Juniperus communis, Beeren. 18.
Juvias. 5.

K.

Kaffeebohnen. 7. rohe. 8 ff. geröſtete. 10.
Kalebaſſe, gelbe aromatiſche ſchmierige Materie der Stigmen. 54. Piſtill. 55.

Kalmus, gemeiner, Wurzel. 81.
Kartoffelkraut- und keime. 76.
Kartoffeln. 107. Tabelle über die Reſultate der Zerlegung der — von Einhof, Lampadius und Vauquelin. 108. gefrorne. 109. gekochte. 111 gekeimte. 112.
Kaſchu, ſ. Katechu.
Kaſtanie, eßbare, im November gezapfter Saft. 221. braſilianiſche. 5.
Katechu und deſſen ſogenannter Extractivſtoff. 222.
Katzengamander. 78.
Kichererbſen. 6.
Kienruß, Bereitung. 304. Zuſammenſetzung. Eigenſchaften. 305.
Kinogummi, Sorten. 224 ff. Tabellen von Thomſon über das Verhalten der verſchiedenen Sorten zu Reagentien. 225 ff.
Kirſchbaumrinde. 130.
Kirſchblüthen. 56.
Kirſchgummi. 215.
Kirſchkerne, Schaalen. 24.
Kirſchſaft. 23.
Klatſchroſen, Blumen. 56.
Klee, gemeiner rother in voller Blüthe — desgl. weißer. 79.
Knoblauch. 82.
Körnerlack. 215.
Kohl, grüner, Saft des Krautes. 61.
Kohle, Verhältniß der — die man aus Holz durch trockne Deſtillation oder bei freiem Feuer erhält. 273. Karſtens Reſultate. 275. Verſuche von Werneck über die Holzverkohlung. 275 ff. Mushets Reſultate. 276.
organiſche: Eintheilung in vegetabiliſche und animaliſche. A) vegetabiliſche. Bereitung in Oefen (Verkohlung im Halbverſchloſſenen, im Ganzverſchloſſenen, in Thermolampen, Thermoöfen). 283. in Meilern, Grubenverkohlung. 284. Eigenſchaften. 285. elektriſches Verhalten. 286 ff. Wirkung der Wärme — Producte der trocknen Deſtillation. 288 ff. Tabelle darüber von Berthollet. 289. Hitzkraft, die verſchiedne Kohlenarten bei ihrem Verbrennen entwickeln, nach Werneck. 290 ff. Abſorptionsvermögen für Gasarten. 293. für atmoſphäriſche Luft — Feuchtigkeit. 294. Rau's Beſtimmungen über die Gewichtszunahme der friſchen Kohle vieler Hölzer binnen 24 Stunden in der Atmoſphäre. 295 ff. Einwirkung chemiſcher Agentien, Zuſammenſetzung. 297. B) Thierkohle. Bereitung. 284. Unterſchied von der vegetabiliſchen, — entfärbende Eigenſchaften. 298 ff.
Kokkelskörner. 19.
Koloquintenmark. 11 ff.
Kork. 131.
Korn. 33. in einer Höle gefunden, wo es ſeit langer Zeit gelegen. 332.
Krähenaugen. 27.
Krameria triandra, Wurzel. 95 ff.
Krappwurzel. 105.
Kraut. 58.
Kreuzbeeren. 24.
Kryptogamen. 133.
Kuhbaum, Milch des — 201.

L.

Lack, japaniſcher. 86.
Lactuca sativa, Saamen. 18. getrockneter Saft. 191. virosa, eingetrockneter Milchſaft. 328.

Lactucarium. 191.
Labanum. 216.
Läuſekrautſaamen. 29.
Lamium purpureum, der aus der blühenden Pflanze gepreßte Saft. 69.
Lampenruß, Bereitung. 304.
Lathyrus tuberosus, die friſchen Knollen. 97.
Laurus cassia und cinnamomea, Rinden. 129. nobilis, Früchte. 18. Pecurim oder Pichurim, Bohnen. 19.
Lecanora tartarea. 139.
Ledum latifolium, Blätter. 69. palustre, Kraut. 70.
Leinſaamen, trockner. 19.
Leontodon taraxacum, Wurzel. 97. Milchſaft. 191.
Lepidium ruderale, Kraut. 70.
Lerchenbaum, friſch ausgepreßter Saft der jungen grünen Nadeln. 73.
Lerchenſchwamm. 134.
Lichen ciliaris. 142. fagineus. 147. furfuraceus. 143. islandicus. 139. parietinus. 143. pulmonarius. 143. auf der falſchen Anguſtura. 139.
Lieberſche Kräuter. 329.
Liebesäpfel. 27.
Lilium bulbiferum, ſchmierige, aus den kurzen Härchen der Narben ausſchwitzende, Materie. 329.
Lindenblüthen. 57.
Linſen. 14.
Linum usitatissimum, trockne Saamen. 19.
Liquidambar styraciflua, Balſam. 218.
Liquiritiae off. radix. 93.
Liriodendron tulipiferum, Rinde. 129.
Lobelia syphilitica, Wurzel. 97.
Löffelkraut, friſche Blätter und deren ausgepreßter Saft. 64.
Löwenzahn, Milchſaft. 191. Wurzel. 97.
Lorbeeren. 78. alexandriniſche. 26.
Lucerne, die ganze, eben aufgeblühte, über der Wurzel abgeſchnittene Pflanze. 70.
Lupinus alba, in voller Blüthe ſtehende ganze Pflanze außer der Wurzel. 7. Mehl der Frucht. 19.
Lupinenmehl 19.
Lupulin. 15 ff.
Lycoperdon bovista, — cervinum. 141.
Lycopodium clavatum, — complanatum. 141.
Lycopus europaeus, Blätter. 70.

M.

Macis. 20.
Madagascariſches Harz. 216.
Malamborinde. 129.
Mandeln von Arachis hypogaea. 3. bittre und ſüße. 2.
Mangold, gemeiner. 86.
Manna, Herkommen. Sorten. 228. Analyſe. 229.
Maranta Galanga, Wurzel. 82.
Mari veri herba. 78.
Maſtix. 216.
Materie, grüne Prieſtley'ſche. 142. rothfärbende des Schnees, Regens, der Seen und Speiſen. 148 ff. rothe vom Murtenſee. 142.

Matricaria chamomilla, Blumen. 55.
Mauerkreſſe, Kraut. 70.
Maulbeerbaum, Wurzelrinde. 97.
Mays, Körner, Mehl. 36. Pollen. 50.
Medicago sativa, eben aufgeblühte, über der Wurzel abgeſchnittene ganze Pflanze. 70.
Meerzwiebel, gemeine. 107.
Mehlthau. 239.
Melonenſaft. 12.
Menispermum cocculus, Saamenkörner. 19. palmatum, Wurzel. 97.
Menyanthes trifoliata, ausgepreßter friſcher Saft. 70.
Mercurialis annua, Blätter und Stengel. 71.
Merulius cantharellus. 142.
Mesembryanthemum crystallinum, Blätter und Stengel. 71.
Milchſäfte der Pflanzen im Allgemeinen, und namentlich Caoutchouchaltige. 179. Vorkommen derſelben in den Pflanzen. 180. allgemeine Eigenſchaften. 182. Wirkung der Luft — Gerinnung. 184. Wirkung des Waſſers, Alkohols, Aethers, der äther. Oele. 186. der Metalle, des Chlors, der Säuren. 187. der Alkalien. 189. einzelne. 190 ff.
Mirabellen. 24.
Miſtel, getrocknete Pflanze. 80. Beeren. 11. 31.
Möhrenſaft. 92. 327.
Momordica elaterium, ausgepreßter und eingedickter Saft der Frucht. 20. Saft der Pflanze. 71.
Moos, isländiſches. 139.
Morcheln. 138.
Morus nigra, Wurzelrinde. 97.
Moſchuskraut. 78.
Mucor septicus. 142.
Muskatblüthe. 20.
Muskatnuß. 20.
Mutterharz. 214.
Mutterkorn. 146.
Myrica cerifera, Beeren. 20.
Myristica moschata, Theile der Frucht. 20.
Myrrhe. 216.
Myrtus pimenta, Fruchthülle und Kerne. 21.

N.

Nelkenwurzel. 93.
Neuholländiſches gelbes Harz. 216.
Nicotiana tabacum, Kraut. 71.
Nießwurz, weiße. 113. ſchwarze. 94.
Nüſſe, verſteinerte. 238.
Nymphaea alba, Wurzel. 97.

O.

Ocotea Pichurim (Humb.), bohnenartige Frucht. 19.
Oelbaum, Blätter. 71.
Olea europaea, Blätter. 71.
Olibanum, 219.
Opium. 192. Defin. Bereitung des orientaliſchen, phyſ. Eigenſch. des guten. 193. ſchlechteres oder oſtindiſches. — Verſuche der Eu-

ropäer, aus inländiſchen Mohnköpfen Opium zu bereiten. — chemiſche Beſchaffenheit. 194. (ähnliche Verſuche von Trommsdorff. 329.) eigenthümliche Beſtandtheile. 195. Art des Vorkommens derſelben im Opium, Verſuche, ſie auch in inländiſchem aufzufinden. 196. eigenthümlicher flüchtiger riechender Stoff. 197. andre Beſtandtheile. 198. Reſultate der verſchiednen Analyſen. 198 ff.
Opopanax. 217.
Orchiswurzeln. 98 ff.
Ornithogalum caudatum, Wurzel. 100.
Oryza sativa. 33.
Oscillatoria rubescens-viridis. 142.

P.

Paeonia officinalis, Wurzel. 100.
Papaver rhoeas, Blumen. 56. somniferum, Tournefortii s. orientale. Stengel, Blätter und grüne Kapſeln. 72. (vgl. auch Opium.)
Papavaſaft. 202 ff.
Paratodo-Rinde. 130.
Pareirae bravae radix. 89.
Parmelia ciliaris. 142. fraxinea — furfuracea — parietina — pulmonaria. 143.
Paſtinakwurzel. 100.
Pastinaca opopanax, Gummi aus der Wurzel. 217. sativa, friſche Blätter mit Blattſtielen. 71. Wurzel. 100.
Pechkohle. 323.
Persoonia guareoïdes, Rinde. 115.
Perubalſam. 217.
Peziza nigra. 143.
Pfeffer, äthiopiſcher. 29. langer. 22. ſchwarzer. 22. ſpaniſcher. 5. weißer. 23.
Pfeilgift, amerikaniſches. 232.
Pfirſichbaum (vgl. Amygdalus persica), oberſte Theile der Zweige, die noch keine holzige Beſchaffenheit angenommen haben. 325.
Pflanzenkohle, ſ. Kohle, vegetabiliſche.
Pflanzenſäfte, ausgepreßte. Eintheilung nach Recluz. 160 ff. Beobachtungen von ebendemſelben über den Einfluß des Clima, Standort, Jahreszeit u. ſ. w. auf dieſelben. 161. Ausziehung. 163. Auspreſſen. 164. Reinigung: Klären durch Ruhe, Filtration. 165. Tabelle über friſch ausgezogne — deren Dichtigkeit durchs Filtriren verändert, und nicht verändert wird. 166. Coagulation, Einfluß derſelben auf die Dichtigkeit der Säfte. 167. Tabelle über die Säfte, die durch Coagulation nach zuvorigem Filtriren an Dichtigkeit verlieren. 168. Tabelle über die Dichtigkeit von Säften, die durch Wärme coagulirt werden, und die Quantität trocknen Extracts, die man aus 4 Unzen derſelben erhält. 169. Klärung durch Eiweiß und Hitze. 169. Tabellen von Recluz über die Quantitäten und Eigenſchaften der Säfte, die man aus verſchiedenen Pflanzenſäften erhält. 170 ff. Brechungsvermögen — Tabelle darüber von Brewſter. 178. Eintheilung der zu betrachtenden Pflanzenſäfte. 178 ff.
Pflaumengummi. 217.
Pflaumenſaft. 23.
Phallus impudicus. 50.
Phaseolus vulgaris, die Bohnen. 21.
Phellandrium aquaticum, Saamen. 21.
Phoenix dactylifera, Pollen. 50.
Phormium tenax, Kraut. 72.

Pichurimbohnen. 19.
Pietra fungaria. 144.
Pilze. 136.
Pimentpfeffer, Fruchthalter und Kerne. 21.
Pimpinella anisum, Saamen. 21. saxifraga, Wurzel. 100.
Pimpinellwurzel. 100.
Pinus abies, ausgepreßter Saft der jungen friſchen Nadeln. 72. Pollen. 51. balsamica und canadensis, Balſam. 212 larix, friſch ausgepreßter Saft der jungen grünen Nadeln. 73. sylvestris, Pollen. 52.
Piper cubeba, Extract. 329. Saamen. 22. longum, Frucht, nigrum, Frucht. 22.
Pistacia lentiscus, Harz. 216.
Pisum sativum, Schoten, Keimfeuchtigkeit, reife Erbſen. 23.
Pitayarinde. 117.
Platanus occidentalis, Milchſaft. 192.
Pollen oder Saamenſtaub. 49.
Polygala Senega, Wurzel. 100 ff. 329.
Polygonum fagopyrum, Früchte. 23. ganze in voller Blüthe ſtehende Pflanze ohne Wurzel. 73.
Polypodium filix mas., Wurzel. 144. äther. Extract der Wurzel. 330. femina, Wurzel. 145.
Prieſtley'ſche grüne Materie. 142.
Propolis. 217.
Prunus, armeniaca, cerasus, domestica, Saft der Früchte. 23. avium, Gummi. 215. padus, Blüthen. 56. Rinde. 130.
Psychotria emetica, Wurzel. 102.
Pteris aquilina, Wurzel. 145.
Pulpa cassiae. 6.
Punica granatum, Rinde der Frucht. 24. Rinde der Wurzel. 102.
Purgirkörner. 11.
Purgirnuß, ſchwarze. 17.
Pyrus communis und malus, Saft der reifen Früchte. 24.

Q.

Quassia excelsa, Holz der Wurzel. 103. Simaruba, Rinde. 130.
Quaſſienholz. 103.
Quercus robur, Früchte. 24. 330. Gummi. 213. Rinde. 131. Suber, Rinde. 131.
Quina del campo. 132.

R.

Ratanhia-Wurzel. 95 ff.
Raute, Kraut. 74.
Regen, rother, Urſache, chemiſche Unterſuchungen. 181.
Reis. 23.
Resina Guajaci nativa. 216.
Rhabarber, ächter und unächter. 104. Unterſcheidungsmittel des ruſſiſchen und chineſiſchen. 330.
Rhamnus catharticus, Saft der Früchte. 24. frangula, trockne Rinde. 330.
Rhapontikawurzel. 104.
Rheinfarren, Blätter. 77. Blumen. 57. Saamen. 20.
Rheum palmatum und rhaponticum, Wurzel (Rhabarber). 104. Unterſcheidungsmittel des ruſſ. und chineſiſchen. 330.

Rhododendron chrysanthum, trockne Blätter. 73. Stiele. 74. ferrugin. desgleichen. 74.

Rhus copallinum, Copal. 212. radicans, Zweige und Blätter und deren Saft. 74.

Ribes grossularia, Beeren. 21. rubrum, Beeren. 25.

Richardsonia scabra, Wurzel. 105.

Ricinus communis, Frucht. 25.

Rinden. 114.

Ringelblume, Blüthen. 51. Blätter. 61.

Roccella tinctoria. 146.

Roggen. 33. -mehl. 34. -ſtroh. 76.

Rohr, ſ. Schilfrohr.

Rohlaune, Pollen. 51.

Rosa canina, Frucht (Hagebutten). 25. gallica, Blumenblätter. 56.

Roſen. 56.

Roßkaſtanie, Blüthen. 53. Früchte 1. Schuppen der Blattknoſpen, Blattknoſpen, junge ſo eben entwickelte Blätter. 59. Rinde. 114. an der Rinde getrockneter kreideartiger Saft alter Roßkaſtanienbaumexulcerationen. 237.

Roſt der Gerſte. 38.

Rubia tinctorum, Wurzel. 105.

Rubus chamaemorus, Blätter. 74. fruticosus, Saft der Beeren. 26.

Rübe, gemeine rothe. 88.

Runkelrübe. 86. merkwürdige Beobachtung von Braconnot an deren Blättern. 87.

Ruscus hypophyllum, Früchte. 26.

Ruß, Vorkommen, Eintheilung. Gewinnungsarten: gemeiner Flatterruß. 304. Kienruß. 305 ff.

Ruta graveolens, Kraut. 74.

S.

Saamen, ſpec. Gewicht der, (vgl. Gewicht ſpecif.) 37 ff.

Saamenſtaub, verſchiedener Pflanzen. 49.

Sabadillſaamen. 29.

Saccharum officinarum, Saft des Rohrs. 74.

Safran. 51.

Saflor, Blumen. 51.

Saft, caoutchouchaltender, eines unbekannten Baums aus Mexico 192.

Salatſaamen. 18.

Salbey, friſches Kraut. 75.

Salepwurzel. 98 ff.

Salicornia herbacea, Kraut. 75.

Salix alba, Rinde. 131.

Salvia officinalis, friſches Kraut. 75.

Sambucus nigra, Blüthen. 56.

Sandarach. 217.

Sandbüchſe, elaſtiſche. Kern und Fruchtſchaale. 16.

Sandkohlen. 309.

Sandriedgras, Wurzel. 88.

Saponaria officinalis, Wurzel. 107. ausgepreßter und eingedickter Saft. 75.

Saſſaparille, Wurzel. 107. deutſche, Wurzel. 88.

Satzmehl, grünes der Pflanzen. 331.

Scammonium. 217.

Schachtelhalm. 135.

Schaafgarbe, Blumen. 324.
Schellack. 215.
Schierling, Wurzel. 58. gefleckter, Kraut. 64 f.
Schilfrohr, Blätter und Schaft. 59.
Schlangenholz. 132.
Schlangenwurzel, virginiſche. 84.
Schnee, rother. Urſachen — Niederſchlag, der ſich aus geſchmolznem rothen Alpenſchnee abgeſetzt hatte nach Peſchier und de Candolle. 148. Beſtimmung der im rothen Schnee gefundenen Kügelchen oder Bläschen — chemiſche Analyſe der färbenden Materie nach Wollaſton und andern. 149 f.
Schneeroſe, ſibiriſche, trockne Blätter. 73. Stiele. 74.
Schöllkraut, großes, Kraut. 63.
Schoten grüne, von Pisum sativum. 23.
Schwämme. 136.
Schwalbenwurz. 85.
Scilla maritima, Wurzel. 107.
Scleroderma cervinum. 144.
Sclerotium clavus. 146.
Scutellaria lateriflora, Kraut 76.
Secale cereale, Frucht. 33. Mehl. 34. Stengel. 76. In einer Hole gefunden, wo es ſeit langer Zeit gelegen 333. cornutum. 146.
Seeblume, weiße. Wurzel. 97.
Seen, rothe färbende Materie der — z. B. des Murtener See. 153. Naturhiſtoriſche Unterſuchungen. 154. chemiſche Unterſuchungen. 155 f.
Seidelbaſtrinden. 127 f.
Seifenkraut, ausgepreßter und eingedickter Saft. 75. Wurzel. 107.
Selinum palustre, Wurzel. 112.
Selleri, Saamen. 2. Blätter. 50. Wurzel. 94.
Semen Cinae s. Santonici. 3 f. Phellandrii aquatici. 21.
Senegawurzel. 100 f. 329.
Senfſaamen, ſchwarzer und weißer. 26 f.
Sennesbälge der alexandriniſchen Senna. 6.
Sennesblätter. 62. 328.
Silberweide, Rinde. 131.
Simarubarinde. 130.
Sinapis alba et nigra. 26 f.
Sinterkohlen. 309.
Smilax Sassaparilla, Wurzel. 107.
Solanum dulcamara, Stengel. 76. lycopersicum, Früchte. 27. mammosum, Früchte. 27. pseudoquina, Rinde. 132. tuberosum, Kraut 76. Wurzelknollen (vgl. Kartoffeln). 107. verbascifolium, Stengel. 77.
Sonnenblume, knollige, Wurzelknollen. 94.
Spargel, Sproſſen. 80. Wurzel. 85. Milchſaft. 206.
Spartium scoparium, Blüthen. 57.
Speiſen, Rothwerden derſelben. Urſachen. 158 f.
Spelze, Körner und Mehl. 36.
Spergula arvensis, ganze Pflanze außer der Wurzel. 77.
Spigelia anthelmia, Blätter. 77. Wurzel. 113. marilandica. Kraut wie es im Handel vorkommt. 77. Wurzel. 113.
Spilanthus oleracea, ganze Pflanze. 77.
Springgurke, Saft der Pflanze. 71. ausgepreßter und eingedickter Saft der Frucht (Elaterium) 20.
Stachelbeeren. 24.

Stalagmites cambogioides, Harz. 214.
Stechapfelſaamen. 13.
Steine in Birnen. 239.
Steinkohle, Urſprung, phyſiſche Eigenſchaften. 308. Eintheilung in verſchiedne Sorten. 309. Producte der trocknen Deſtillation. 310 ff. Gewichtsverluſt beim Erhitzen bis zum Siedpunkt des Waſſers nach Karſten. 313. Tabelle dazu. 314. Aſchengehalt der verſchiednen Sorten. 315 ff. Zuſammenſetzung. 317. gasförmige Producte der trocknen Deſtillation nach Henry. 318 ff. Reſultate der Verſuche von Karſten über die Zuſammenſetzung der Aſche verſchiedner Steinkohlenarten. 320. Reſultate von Thomſon über gänzliche Zerlegung von 5 Steinkohlenſorten. 321. Reſultate von Ure. 321. von Karſten. 322.
Steinkohlentheer. 306 ff.
Stephanskörner. 13.
Sternanis, gemeiner, Saamenkapſeln und Saamenkerne. 17.
Stinkaſant. 209.
Stocklack. 215.
Stopfwachs. 217.
Storax. 218.
Strychnos colubrina, Holz. 132. Ignatia, Frucht. 27. nux vomica, Frucht. 27. pseudochina, Rinde. 132. tieute, giftiger Saft (Upas tieute) 229.
Sturmhut, blauer, Blätter und Stengel. 58.
Styrax, flüſſiger. 218.
Styrax benzoin, Harz (Benzoe) 210.
Succinum. 211.
Süßholzwurzel. 93.
Syringa vulgaris, Beeren. 28.

T.

Tabakskraut. 71.
Tabaſheer. Defin. Vorkommen. 233. Sorten. Eigenſchaften. 234. Verhalten zu verſchiednen Agentien. 235. Zuſammenſetzung. 237.
Tabellen
China.
Tab. von Guibourt und Schrader über die Reactionen der verſchiednen Chinaſorten. 122.
Extracte.
Tab. von Meylink über die Quantitäten von Extract, die man aus verſchiednen Pflanzentheilen ziehen kann, nebſt ihrer Conſiſtenz. 327.
Holz.
Tab. von Stoltze über die Producte der trocknen Deſtillation des Holzes. 271.
Tab. von Rumford, enthaltend die Reſultate der Unterſuchungen über das ſpecifiſche Gewicht des Holzes. 242.
Tab. von Werneck über das ſpec. Gewicht der Hölzer. 244.
Tab. von Werneck über die Volumverminderung des gedörrten Holzes. 247 ff.
Tab. von Eitelwein über die abſolute (249) und die reſpective Feſtigkeit der Hölzer. 252.
Tab. von Muſſchenbroek über die rückwirkende Feſtigkeit verſchiedener Holzarten. 253.
Tab. von Hurd über die Adhäſion der Holzarten an Waſſer. 255.
Tab. von Rumford, wie groß in verſchiednen Jahreszeiten der Gehalt eines bloß lufttrocknen Holzes an Waſſer ſey. 262 ff.

Tab. von Rumford über die Wärmequantitäten, die verſchiedne Holzarten beim Verbrennen entwickeln. 266.
Tab. eben darüber von Rau. 269. und Hartig. 271.
Tab. von Karſten über die Quantitäten Kohle, die verſchiedne Hölzer bei der trocknen Deſtill. geben. 272.
Tab. von Werneck über die Verkohlung verſchiedner Hölzer. 276.
Tab. von Berthier über den Gehalt verſchiedner Hölzer an Aſche, und deren auflösliche und unauflösliche Beſtandtheile. 281.

Kartoffeln.

Tab., enthaltend die Reſultate von Lampadius, Einhof und Vauquelin über die Zerlegung der Kartoffeln. 106.

Kino.

Tab. von Thomſon über das Verhalten verſchiedner Kinoſorten gegen Reagentien. 225 f.

Kohle.

Tab. von Berthollet über die Producte der trocknen Deſtillation der Kohle. 290.
Tab. von Werneck über die Hitzgrade, die verſchiedne Kohlenarten beim Verbrennen entwickeln. 291 f.
Tab. von Rau über die Gewichtszunahme der friſchen Kohle vieler Hölzer binnen 24 Stunden in der Atmoſphäre. 292 f.
Tab. von Bulis über die Entzündungsfähigkeit verſchiedner Kohlen. 300. Eben darüber von Vogel. 301.

Pflanzenſäfte.

Tab. über die ausgepreßten Pflanzenſäfte, deren Dichtigkeit durch das Filtriren geändert, aber nicht gemindert wird. 166.
Tab. über die Säfte, die durch Coagulation, nach zuvorigem Filtriren an Dichtigkeit verlieren. 166.
Tab. über die Dichtigkeit der Säfte, die durch die Wärme coagulirt werden, und die Quantität trocknen Extracts, die man aus 4 Unzen derſelben erhält. 168.
Tab. von Reclus über die Quantitäten und Eigenſchaften der Säfte, die man aus verſchiedenen Vegetabilien erhält. 170 f.
Tab. von Brewſter, über das Brechungsvermögen der Pflanzenſäfte. 178.

Rhabarberwurzel.

Tab. von Hornemann über die Beſtandtheile der Rhabarberwurzel. 101.

Steinkohlen.

Tab. von Karſten über den Gewichtsverluſt der Steinkohlen beim Erhitzen bis zum Siedpunkt des Waſſers. 314.
Tab. von Thomſon über die Zerlegung von 5 Sorten Steinkohlen. 321.
Tab. von Karſten, über die Zerlegung verſchiedner Steinkohlenſorten. 322.
Tab. von Henry über die gasförmigen Producte der trocknen Deſtillation der Steinkohlen. 324 f.
Tab. von Demſelben über die Zuſammenſetzung der Aſche der Steinkohlen. 326.

Waizenmehl.

Tab. von Vauquelin über die Analyſe verſchiedener Sorten Waizenmehls. 15.
Takamahak. 218.
Tamarindus indica, Mark der Frucht. 28.
Tamarindenmark. 28.
Tanacetum vulgare, Saamen. 96. Blätter. 77. Blüthen. 97.
Tanghinia madagascariensis, Früchte. 23.

Tanne, ausgepreßter Saft der jungen friſchen Nadeln. 72.
Taxus baccata, Beeren. 30.
Terpentin. 219.
Teucrium Marum, trocknes Kraut. 79.
Teufelsdreck. 209.
Thee, brauner, grüner, 79. — von Labrador. 69. 222.
Thea bohea und viridis. 69. 222.
Thermolampen. 263.
Thermoöfen. 263.
Thierkohle, ſ. Kohle, thieriſche.
Thlaspi bursa pastoris, Kraut 79.
Thränenwaſſer der Weinreben. 224.
Thridace. 191.
Thuja articulata, Harz. 217.
Thus. 219.
Tilia europaea, Blüthen. 57.
Tollkraut. 60.
Tolubalſam. 210.
Traganth. 229.
Traubenkirſchblättchen. 54.
Traubenkraut, mexikaniſches. 61.
Tremella mesenterica — Nostoc. 147.
Trifolium pratense, Stengel und Blätter von einer in voller Blüthe ſtehenden Pflanze. 79. desgl. von weißem. 79.
Triticum monococcum, getrocknetes Mehl. 34. aestivum, Mehl. 34. Stroh. 79. spelta, Körner und Mehl. 34. hibernum, getrocknetes Mehl. 34.
Tulipa Gesneriana, Pollen. 53.
Tulpenbaum, Rinde. 129.
Tulpenpollen. 53.
Turbithwurzel. 92.
Typha latifolia, Wurzel. 112.

U.

Ulmus campestris, im Mai gezapfter Saft. 224.
Ulmenſaft. 224.
Unona, Saamen. 29.
Upasgifte. Antiar. Bereitung bei den Javanesen, nach Horsfield. 230. Analyſe nach Pelletier und Caventou. 231. -Tieute. Bereitung. 230. Analyſe. 231.
Urari, oder amerikaniſches Pfeilgift. 232.

V.

Valeriana officinalis, die getrocknete Wurzel. 113.
Vanilla aromatica, Vanilleſchoten. 29.
Variolaria communis. 147.
Veilchenblumen. 57.
Veilchenwurzel. 93.
Veratrum album, Wurzel. 112. Sabadilla, Saamen. 29.
Verkohlung des Holzes, ſ. Kohle.
Verſteinerungen, pflanzliche. 251 f.
Vicia ervilia, faba, monantha, peregrina, sativa, Früchte. 30. narbonensis, Kraut mit Blüthen. 60. sativa, ganze Pflanze außer der Wurzel. 79.
Viola ipecacuanha, Wurzel. 112. odorata, Blumen. 57.

Viscum album, getrocknete Pflanze. 80. Beeren. 31.
Vitis vinifera, Saft der Beeren. 31. Hülſen. 32. Thränenwaſſer der Reben. 221.
Vorwachs. 217.

W.

Wachholderbeeren und ihre Saamen. 18.
Wachsbeeren. 20.
Waidpflanze. 69. Waid, Bereitung. 69.
Waizen gemeiner, Mehl. 34. polniſcher. 34. neapolitaniſcher brandiger. 35. türkiſcher, Körner und Mehl. 36.
Waizenmehl. 34 ff.
Waizenſtroh. 79.
Wallnuß, grüne Schaale und eingedickter Saft der unreifen. 17. Eiweiskörper. 18. Pollen. 50.
Wandflechte. [illegible]3.
Waſſerfenchelſaamen. 21.
Waſſerwegerich, Wurzel. 81.
Weihrauch. 219.
Weinbeeren-Saft. 31. -Hülſen. 32.
Weinreben, Thränenwaſſer der — 221.
Weinſtein, rother käuflicher. 240.
Weißbuche, im Frühjahr gezapfter Saft. 220.
Wermuth, gemeiner, Kraut. 58.
Wicke, ganze Pflanze. 80.
Wintera aromatica, Rinde. 128. Harz. 202.
Winteria canella, Rinde. 132.
Winterſche Rinde. 128.
Wohlverley, Blumen. 53. Blätter. 59. Wurzel. 84.
Wunderbaum, Früchte. 25.
Wurmmoos. 135. 327.
Wurmſaame. 3 ff.
Wurzeln. 80 ff.

X.

Xanthorrhoea arborea und hastilis, Harz. 216.

Y.

Yamswurzel, weſtindiſche. 92.

Z.

Zaunrübe. 87.
Zea mays, Körner und Mehl. 36. Pollen. 50.
Zedoariae radix. 91.
Zimmt, verſchiedne Sorten. 129.
Zingiber officin., Wurzel. 113.
Zittwerſaamen. 3 ff.
Zittwerwurzel. 91.
Zuckerrohr. 60. Saft. 74.
Zwiebel, gemeine. 81.

Elementar-Lehrbuch

des

Elektromagnetismus

nebst Beschreibung der hauptsächlichsten elektromagnetischen Apparate,

von

Gustav Theodor Fechner,
Doctor der Philosophie, akademischem Docenten zu Leipzig.

Mit vier Kupfertafeln.

Leipzig, 1830.
Verlag von Leopold Voss.

A D
BIBL. UNIV.
MONAC.

Universitäts-
München
Bibliothek

Elementar-Lehrbuch

des

Elektromagnetismus.

Vorwort.

Der wesentliche Zweck vorliegender Schrift ist eine Darstellung der Erscheinungen des Elektromagnetismus in einer solchen Verknüpfung, dass derjenige, welchem mathematische Hülfsmittel nicht zu Gebote stehen, doch eine genügende Uebersicht derselben erhalte und die zusammengesetzten Erscheinungen nach einfachen Grundthatsachen vorauszubestimmen wisse. In diesem Bezuge hat es mir am zweckmässigsten geschienen, die Ampère'sche Theorie zu Grunde zu legen und einen ähnlichen Gang einzuschlagen, als Demonferrand in seinem *Manuel d'électricité dynamique*, dem ich wenigstens in Darstellung der Fundamentalsätze gefolgt bin.

Es kann in Bezug auf den vorliegenden Zweck ganz unentschieden gelassen werden, ob der Ampère'schen Vorstellung von der Identität der elektrischen und magnetischen Kräfte eine physische Realität zukomme; es reicht für die beabsichtigte Verknüpfung hin, dass sich wirklich alle Erscheinungen im Gebiete des Elektromagnetismus so verhalten, als wenn der Magnetismus seinen Grund in elektrischen Strömen, welche um die Theilchen des Magnets kreisen, hätte.

Freilich wäre die nachfolgende Darstellung nicht zu entschuldigen, wenn die beiden Vorwürfe, die man der Ampère'schen Theorie oft genug gemacht hat, einmal, dass sie zu einer sehr verwickelten und die Uebersicht erschwerenden Darstellung der Erscheinungen führe, zweitens, dass mehrere Thatsachen sich der Erklärbarkeit durch dieselbe entzögen, gegründet wären; denn dann würde diese Ansicht auch nicht einmal als Fiction brauchbar seyn.

Ich gestehe, dass ich selbst, als ich das Gebiet der elektromagnetischen Erscheinungen zuerst unter Führung der Ampère'schen Theorie kennen lernte, nur mit Vergnügen einer Entwickelung der zusammengesetzten Erscheinungen aus einfachen Grundthatsachen gefolgt bin, die mir eben so sehr durch ihre Leichtigkeit als Consequenz ausgezeichnet erschien, und ich habe gefunden, dass alle diejenigen in diesem Urtheile mit mir übereinstimmten, welche bei dem Studium dieser Erscheinungen sich zuerst an diese Theorie wandten. Dass Andere hierüber anders denken, kann nicht auffallend erscheinen, wenn man sich erinnert, wie schwer es ist, sobald man sich einmal eine gewisse Grundansicht und die zugehörige Entwickelungsart der Erscheinungen angeeignet hat, einer andern Darstellungsweise die gebührende Gerechtigkeit widerfahren zu lassen.

Was andrerseits den Vorwurf anlangt, welcher von der Unzulänglichkeit der Ampère'schen Theorie zur Repräsentation der einzelnen Erscheinungen hergenommen ist, so glaube ich ihn in den Erörterungen des 10ten Capitels hinlänglich berücksichtigt zu haben. Ich wage selbst zu behaupten, dass, wenn die einfachen Grundthatsachen, von welchen die Ampère'sche Theorie ausgeht, richtig sind — und diess werden ihre entschiedensten Gegner nicht läugnen — auch das ganze Gebiet der Erscheinungen, welches sie in mathematische Verknüpfung damit setzt, sich in der Erfahrung nothwendig wiederfinden muss, oder es gäbe ja überhaupt keine mechanische Physik. Es scheint mir daher ein sehr vergebliches Unternehmen, in dem Bereich dieser zusammengesetzten Thatsachen Gegengründe gegen die Ampère'sche Ansicht aufzusuchen.

Dagegen lassen sich in Bezug auf dieselbe mit Fug folgende Bemerkungen machen.

1) Wenn auch die Ampère'sche Ansicht zur Verknüpfung der Thatsachen im Gebiete des Elektromagnetismus vollkommen ausreicht, und wenn sie auch der Anknüpfung an andere physikalische Gebiete nicht widerstrebt, so kann sie doch so lange nicht für unumstösslich erwiesen angesehen werden, als es noch andre Verknüpfungsarten giebt, welche dasselbe als sie zu leisten vermögen.

2) Es ist sehr fraglich, ob die Thatsachen, welche Ampère bei seiner Theorie als Ausgangspuncte zu Grunde legt, wirklich einfach sind, und nicht vielmehr das Resultat zusammengesetzter Kräfte.

Den letzten Punct anlangend, so scheint mir selbst mit vielen Andern die Einfachheit der von Ampère zu Grunde gelegten Kräfte wenig Wahrscheinlichkeit zu haben; allein ich kann darin keinen Vorwurf gegen seinen Gang der Darstellung sehen, denn wie oft findet man es angemessen in der Physik, anstatt auf die letzten Molecularkräfte zurückzugehen, zusammengesetzte Thatsachen, sobald sie sich unter einfache Bestimmungen fassen lassen, zu Grunde zu legen, um ein grosses Gebiet noch zusammengesetzterer Thatsachen daran zu knüpfen.

Die erstere Bemerkung kann begreiflich keinen Einwand gegen die Ampère'sche Theorie an sich selbst geben, sondern blos gegen den einseitigen Vorzug derselben gerichtet seyn. In der That müssen wir es erst von der Zukunft erwarten, welcher Ansicht zuletzt der Sieg durch entscheidende Puncte gesichert werden wird. Bis dahin hat sich wenigstens die Ampère'sche Theorie das unbestreitbare Verdienst erworben, die Erscheinungen des Elektromagnetismus auf eine durchgreifendere Weise behandelt und verknüpft zu haben, als zur Zeit noch von irgend einer andern Theorie — wenn sie auch das Vermögen dazu enthalten sollte — geschehen ist.

Es schien mir nicht unnöthig, diese allgemeinen Gesichtspuncte hier vorauszuschicken; Mehreres über die Würdigung der Ampère'schen Ansicht wird man in den Schlusscapiteln finden.

Es lag nicht in dem Zweck vorliegender Schrift, neue Forschungen über den Elektromagnetismus darzubieten. Auch wird man ausser dem S. 72 beschriebenen Rotationsapparat für Flüssigkeiten nichts Neues finden. — Die symbolische Darstellung der elektromagnetischen Erscheinungen durch Schweigger habe ich zuletzt beigefügt, da es der Wunsch des Urhebers derselben war, sie einer allgemeineren Beurtheilung zu unterwerfen, als sie bis jetzt gefunden hat.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Erstes Capitel. Allgemeine Vorerinnerungen. 1

Zweites Capitel. Fundamentalsätze. 11

Drittes Capitel. Einfluss der Erde auf die Volta'schen Leiter. 31

Viertes Capitel. Zurückführung des Magnetismus auf die Wirkungen elektrischer Ströme. 41

Fünftes Capitel. Rotationsversuche, durch Einwirkung von Leitern und Magneten auf einander. 58

Sechstes Capitel. Bewegungen der flüssigen Leiter in der Kette. 72

Siebentes Capitel. Nähere Bestimmung der Vertheilung der elektrischen Ströme in den Magneten nach Ampère's Theorie. 81

Achtes Capitel. Magnetisirung durch gewöhnliche oder galvanische Elektricität. 82

Neuntes Capitel. Uebersicht der Sätze, welche zur nähern Bestimmung der elektrodynamischen Erscheinungen führen. 102

- *I.* Wirkung eines Stromelements auf ein anderes. 103
- *II.* Wirkung eines Systems geschlossener oder nach beiden Richtungen unbegränzter Ströme auf ein Stromelement. 104
- *III.* Wirkungen geschlossener oder unbegränzter Ströme auf einander und auf begränzte Ströme. 105
- *IV.* Wirkungen der sogenannten Solenoide, nach welchen sich die Wirkungen der Magnete erklären. . . 107

Seite

Zehntes Capitel. Einwürfe gegen die Ampère'sche Theorie. 111

Eilftes Capitel. Kurze Geschichte des Elektromagnetismus. 120

Zwölftes Capitel. Theorieen des Elektromagnetismus. . 126

Dreizehntes Capitel. Schweigger's Symbolik des Elektromagnetismus. 127

Anhang.

I. Der Pohl'sche Siderophor. 144
II. Das Pohl'sche Gyrotrop. 150
III. Das Ampère'sche Gyrotrop. 152
IV. Allgemeiner Apparat von Ampère. 155

Erstes Capitel.

Allgemeine Vorerinnerungen[*].

Ein vollkommen (durch einen metallischen Leiter) geschlossener Volta'scher Apparat äussert auf das Elektroskop keine oder eine höchst unbedeutende Wirkung, aus wie grossen und vielen Plattenpaaren er auch bestehen möge: denn die grösste vollkommen geschlossene Säule theilt diesem Instrument nicht mehr Elektricität mit, als ein einziges Plattenpaar (unter gleichen Umständen der Ableitung) ihm mitgetheilt haben würde [*].

---

[*] Von der Literatur über den Elektromagnetismus will ich hier bloss die besondern Schriften, welche über denselben erschienen sind, zusammenstellen. Ein reicher Schatz von Erfahrungen liegt jedoch auch in den verschiedenen physikalischen Zeitschriften zerstreut, auf welche ich mich im Laufe der Darstellung selbst beziehen werde. Namentlich hat Gilbert in seinen Annalen gleich vom Anfange der Entdeckung des Elektromagnetismus an alles einigermassen Beachtenswerthe aufgenommen, und in dem allgemeinen Register zu diesen Annalen von S. 219 bis 266 ist die Zusammenstellung dieser Arbeiten enthalten.

Schriften von Ampère: *Récueil d'observations électrodynamiques. Paris.* 1822. 8. (nicht mehr zu haben). — *Théorie des phénomènes électrodynamiques, uniquement déduite de l'expérience. Paris.* 1826. (Enthält die mathematische Theorie von Ampère, mit den Versuchen, worauf sie sich stützt, und ihren allgemeinen, durch die Erfahrung bewährten, Folgerungen). — *Exposé des nouvelles découvertes sur l'électricité et le magnetisme par Ampère et Babinet.* 1822. (übersetzt unter dem Titel: Darstellung der neuern Entdeckungen über die Elektricität und den Magnetismus u. s. w. Leipzig, bei Voss. 1822). Einige kleinere Uebersichten von Ampère, namentlich: *Exposé méthodique des phénomènes électrodynamiques et des lois de ces phénomènes.* 1823. *Précis de la théorie des phénomènes électrodynamiques pour servir de supplément à son récueil d'observations électrodynamiques et au Manuel d'électricité dynamique par M. Demonferrand.* 1824.

Dagegen aber sind die Theile eines Volta'schen Kreises auf einander selbst sehr bemerkenswerther Wirkungen fähig. Man sieht sie, wenn ihnen gehörige Beweglichkeit gestattet ist, je nach der Art, wie sie zu einander angeordnet sind, und der Richtung, in der sie vom Strom [**] durchlaufen

---

Man kann die ganze Lehre Ampère's auch vollständig aus den Aufsätzen desselben in den *Ann. de Ch. et de Ph.* von Bd. XV. an, oder den Uebersetzungen dieser Aufsätze in Gilberts Annalen kennen lernen.

Schriften Anderer: Oersted *Experimenta circa efficaciam conflictus electrici in acum magneticam. Hafniac.* 1820. — Pfaff: der Electromagnetismus, eine historisch-kritische Darstellung der bisherigen Entdeckungen auf dem Gebiete desselben, nebst eigenthümlichen Versuchen. 1824. — Demonferrand *Manuel d'électricité dynamique. Paris.* 1823. (Von mir übersetzt unter dem Titel: Handbuch der dynamischen Elektricität. Leipz. 1824). — Savary *Mém. sur l'application du calcul aux phénom. él. Paris.* 1823. — Althaus Versuche über den Elektromagnetismus u. s. w. Heidelberg. 1821. 8. — Erman Versuche zu den physischen Verhältnissen des von Oersted entdeckten elektrochemischen Magnetismus. Berlin. 1821. — Schrader *Diss. medico-physica de électromagnetismo etc. Halae.* 1821. (auch in Schweigg. J. N. R. III. 1). — K. F. Burdach Berichte von der Königl. anat. Anstalt zu Königsberg. 5r Bericht. Leipz. 1822. — Kastner *Observationes de electromagnetismo. Erl.* 1821. — De la Rive *Recherches sur le mode de distribution de l'él. dyn. dans les corps, qui lui servent de conducteurs. Genève.* 1825. 8. (Auszug im *Bullet. un. de sc. math. V.* 191). — Nobili *nuovi trattati sopra il calorico, l'elettricita et il magnetismo. Modena.* 1822. — Guérin *Action mutuelle des fils conducteurs de courans él. in* 8. *de 44 pag. et une pl. Paris*, 1828; *Baohelier.*

Eine Uebersicht des Geschichtlichen des Elektromagnetismus findet sich in Gehlers Wörterb. III. 474; vergl. auch Schweigger in seinem J. XLVI. 1.

[*] Vergl. Biot's Lehrb. III. 69.

[**] Es wird hier ein für allemal erinnert, dass, wenn von Richtung des Stroms schlechthin die Rede ist, hierunter allemal die Richtung der positiven Elektricität in der Kette verstanden ist, wo es sich von selbst versteht, dass die negative die entgegengesetzte Richtung befolgt.

werden, in Bewegungen gerathen, welche auf anziehende und abstossende Kräfte, die sie auf einander äussern, deuten.

Bewegungen ganz derselben Art und die nach denselben Gesetzen vor sich gehen, finden auch Statt, wenn die Theile eines geschlossenen Kreises auf bewegliche Theile eines andern geschlossenen Kreises wirken. Wir werden z. B. später erfahren, dass, wenn zwei parallele Drähte in gleicher Richtung vom Strom durchlaufen werden, sie sich anziehen; — wenn sie in entgegengesetzter Richtung durchlaufen werden, sich abstossen. In Bezug auf diese und alle andre hieher gehörige Vorgänge ist es gleichgültig, ob die Drähte Theile desselben oder zweier verschiedenen Volta'schen Kreise sind.

Man hat Grund, anzunehmen, dass bei diesen Bewegungen die Materie der vom Strom durchlaufenen Theile — die wir, um einen kurzen Ausdruck dafür zu haben, schlechthin Leiter nennen wollen* — sich eben so bloss als träge Masse verhält, wie diess hinsichtlich der Anziehungen und Abstossungen, welche durch die gewöhnliche Reibungselektricität hervorgebracht werden, der Fall**, und dass sonach in den Bewegungen der Leiter eigentlich blos die Anziehungen und Abstossungen der strömenden Elektricität, welche die Leiter durchläuft, und sie so zu sagen mit fortzieht, zu Tage kommt, daher wir auch öfters unsre Ausdrücke unmittelbar auf die Ströme oder Theile von Strömen, welche auf einander wirken, beziehen werden.

Die Anziehungen und Abstossungen der von der strömenden Elektricität durchlaufenen Leiter befolgen andre Gesetze, als die Anziehungen und Abstossungen von Körpern, auf deren Oberfläche sich die Elektr. im Gleichgewichtszustande befindet. Diess darf uns nicht befremden: denn nichts kann uns *a priori* berechtigen, Gesetze, die aus Erscheinungen des Gleichgewichtszustandes abstrahirt sind, unmittelbar auf die Erscheinungen eines in Bewegung befindlichen Agens überzutragen, wenn auch unstreitig eine Verknüpfung zwischen beiden Statt findet *.

---

* Es wird sonach in dieser ganzen Darstellung beim Ausdruck Leiter immer das Enthaltenseyn in einem geschlossenen Kreise zu suppliren seyn.

** Vergl. Biot's Lehrb. II. 150. 213.

Der erste Gegenstand dieses Werkes nun wird seyn, die einfachen Gesetze darzulegen, nach denen die Anziehungen und Abstossungen der Leiter oder Stromtheile unter einander erfolgen, und die Anwendung hievon auf mehrere zusammengesetzte Erscheinungen zu zeigen.

So wie die Leiter einander selbst wechselseitig zu Bewegungen zu bestimmen vermögen, so vermögen sie ähnliche Einwirkungen auch auf Magnete auszuüben und von Magneten zu erfahren, die in ihren Wirkungskreis (ausserhalb der Kette) gebracht werden. Letztere Bewegungen aber lassen sich ganz auf erstere zurückführen, wenn man annimmt, dass der Magnetismus der Körper selbst auf dem Daseyn geschlossener elektrischer, auf eine eigenthümliche Weise angeordneter, Ströme in ihnen beruhe, und selbst die Anziehungen und Abstossungen, welche Magnete auf einander ausüben, können durch diese Annahme repräsentirt werden.

Ein zweiter Gegenstand dieses Werkes wird daher der seyn, zu zeigen, welches diese Anordnungsart der Ströme in den Magneten sey, die das Angegebene leistet, und die Erscheinungen selbst, die hiemit in Bezug stehen, näher zu betrachten.

Da die Erde sich in allen ihren Wirkungen auf Magnete selbst als ein grosser Magnet betrachten lässt, so ist vorauszusehen, dass sie auch auf die Theile der Kette einen ähnlichen Einfluss äussern wird, als man durch

---

* So befolgt auch der durch Drehung erregte Magnetismus scheinbar andere Gesetze, als der im Gleichgewichtszustande befindliche Magnetismus unserer gewöhnlichen Nadeln; wiewohl eine Verknüpfung derselben Statt findet, die Poisson aufgefunden hat. Vergl. Biot's Lehrb. IV. 96.

Magnete darauf hervorbringen kann. Auch bestätigt sich dieses in der Erfahrung, und der Zusammenhang dieser Einwirkungen mit den andern wird einen dritten Gegenstand unserer Betrachtung ausmachen.

Von selbst erhellt aus dieser allgemeinen Uebersicht, in welchem genauen Zusammenhange alle die hier zu betrachtenden Erscheinungen unter einander stehen, so dass, wiewohl die Classe derselben, welche von der wechselseitigen Einwirkung der Leiter auf einander handelt, eigentlich rein dem Galvanismus angehört, sie doch nirgends besser als mit der Classe der eigentlich elektromagnetischen Erscheinungen, d. i. derjenigen, welche die wechselseitigen Wirkungen der Leiter und Magnete betreffen, zusammen abgehandelt werden kann. Ampère fasst beide unter dem Namen der elektrodynamischen zusammen, indem er ihnen unter dem Namen der elektrostatischen Erscheinungen diejenigen entgegensetzt, welche durch die, auf den Körpern im Gleichgewicht befindliche, Elektricität hervorgebracht werden, z. B. durch die Elektricität der Conductoren der Elektrisirmaschinen, oder der dadurch elektrisirten Körper, die El. ungeschlossener Säulen u. s. w.

In Bezug auf die Anstellung der Versuche, welche zur Bewährung der nachfolgenden Sätze angeführt werden sollen, ist allgemein zu erinnern, dass zu Leitern, an welchen sich die Anziehungs- und Abstossungserscheinungen der Stromtheile äussern sollen, am füglichsten Drähte gewählt werden, die nach Art der anzustellenden Versuche verschieden gebogen seyn können. Um ihnen eine freie Beweglichkeit zu ertheilen, hängt man sie in der Regel mit Spitzen in Metallschälchen ein, die man, um eine genauere Verbindung zuwege zu bringen, mit Quecksilber füllt. Zur Erläuterung diene folgende Vorrichtung.

In *Fig.* 1 sieht man einen Leiter aus gebogenem Draht vorgestellt, welcher an seinen Enden *A* und *B* mit Spitzen versehen ist. *K* ist ein Stück lackirtes Holz, welches den aufsteigenden und absteigenden Theil des Drahts von einander isolirt und getrennt hält. Soll dieser Draht so in die Kette gebracht werden, dass er einer Drehung fähig ist, so hat man ihn mit seinen, genau in einer Verticale über einander befindlichen, Spitzen in zwei Schälchen mit Quecksilber einzuhängen *, und diese Schälchen mit den Polen des elektromotorischen Apparats in Verbindung zu setzen, z. B. auf die in *Fig.* 2 vorgestellte Weise.

Hier langt der Strom durch die metallene, mit dem positiven Pol des Apparats verbundene, Schale *Z* an, geht durch den gebogenen Metallstab *ZA* zu dem Schälchen und der Spitze *A* und durch den Draht *AaD* nach der durch die Pfeile angegebenen Richtung an der einen Seite des lackirten Holzes hin, durchläuft den ganzen Leiter, den man sich wie in *Fig.* 1 ergänzt denken muss, und gelangt so nach *M*, von da, an der andern Seite des lackirten Holzes hingehend, zum Schälchen *B*, von wo aus er durch den Metallstab *BQC* in die Schale *C* übergeht, die mit dem negativen Pole in Verbindung steht.

Auf solche Art macht der gebogene Draht einen Theil der geschlossenen Kette aus und kann sich unter dem Einfluss des ihn durchlaufenden Stroms, bei Annäherung andrer Leiter, frei auf der sich in *A* aufstützenden Spitze drehen, ohne dass die Kette eine Oeffnung erleidet. Der isolirende Träger *U* dient, die Metallstäbe, die durch ihn hindurchgehen, in ihrer Lage zu erhalten. Man kann ihm eine Befestigung geben, wie sie in *Fig.* 3 vorgestellt ist. — Jedenfalls soll diese Anordnung nur ein Beispiel abgeben, das je nach Beschaffenheit der anzustellenden Versuche vieler Abänderungen fähig ist.

Da man es bei den hier in Betracht kommenden Versuchen im Allgemeinen mit guten Leitern, welche die Kette schliessen, zu thun hat, so würde es in der Regel nutzlos seyn, vielplattige Apparate zur Erregung des Stroms anzuwenden; vielmehr reicht in den meisten Fällen ein einziges

---

* Die obere Spitze muss sich wirklich auf dem Boden des Schälchens aufstützen, die untere ragt bloss in das Quecksilber hinein.

Element zur Darstellung der Wirkungen hin, wofern es der Flüssigkeit eine grosse Oberfläche darbietet, und die Flüssigkeit selbst kräftig genug eingreift [*]. Es würde nicht einmal möglich seyn, durch klein- aber vielplattige Säulen, wie man sie gewöhnlich zur Darstellung der chemischen und physiologischen Wirkungen anwendet, die hier in Betracht kommenden Erscheinungen hervorzurufen, aus Gründen, die man in Biot's Lehrb. III. 173 ff. erörtert finden kann.

Sehr nöthig wird es jedoch bei Anwendung eines einzigen Plattenpaars, die metallische Communication zwischen allen Theilen der Kette ganz genau herzustellen. Das einfachste und sicherste Mittel hiezu ist, Quecksilber in kleine Vertiefungen zu giessen und in diese die blank geschabten Enden der Metalldrähte oder Streifen, zwischen welchen der Strom übergehen soll, einzusenken. Oft genügt es auch schon, nur ein kleines Tröpfchen Quecksilber zwischen die zuvor blank gekratzten Flächen zweier Metallstreifen zu bringen. Für diejenigen Fälle endlich, in denen die Verbindung durch Quecksilber auf die angegebene Art nicht hergestellt werden kann, wenn z. B. der elektrische Strom durch zusammengeschlungene Drähte geleitet werden soll, bedient man sich nach Faraday des Mittels, sie mit etwas salpetersaurem Quecksilber zu reiben, welches eine Amalgamation derselben hervorbringt.

Einen Apparat von grossen und zugleich vielen Platten anzuwenden wird jedoch unumgänglich da nöthig, wo der Strom durch grössere Strecken von nicht metallischen Flüssigkeiten geleitet werden soll, wie bei mehrern der nachfolgenden Versuche der Fall.

Wir wollen hier einige Anordnungen von Elektromotoren beschreiben [**], welche sich gut zu Anstellung der hier vorkommenden Versuche eignen, mit dem Bemerken jedoch, dass die äussere Form zur eigentlichen Wirksamkeit derselben wenig beiträgt, so dass nicht viel darauf ankommt, ob man kupferne Kasten, Platten u. s. w., Tuchscheiben- oder Trogapparate u. dgl. anwendet, wofern nur die allgemeinen Bedingungen, die zur Wirksamkeit solcher Apparate erfoderlich sind, erfüllt sind, namentlich ausser den genannten Bedingungen innige Berührung der Platten mit der Flüssigkeit, möglichst kleiner Abstand der heterogenen Platten von einander und einer grössern Kupfer- als Zinkfläche.

---

[*] Stark gesäuertes Wasser oder Salmiakwasser sind im Allgemeinen am räthlichsten. Pfaff empfiehlt sehr die schwefelsaure Zinkauflösung.

[**] Sie sind im Wesentlichen aus Gehler's Wörterbuch entlehnt.

Man lasse sich einen kupfernen Kasten, der nach Beschaffenheit der davon zu erwartenden Wirkung grösser oder kleiner seyn kann, verfertigen, jedenfalls aber nur schmal seyn darf; z. B. von 6 Par. Zoll Länge, 5 Zoll Höhe und 1 Zoll Breite [*]. In diesen Kasten wird die Salmiacklösung oder das saure Wasser, was als Leitungsflüssigkeit dienen soll, gegossen, und die etwas kürzere Zinkplatte so hineingehangen, dass sie weder an Boden noch Wänden des Kastens irgendwo anstösst, zu welchem Ende man sie am besten mittelst zweier Haken von beliebigem Metall an einer Glasröhre aufhängt, die man auf den schmalen Seitenrändern selbst ruhen lässt. Die Verbindung zwischen Zink und Kupfer wird solchergestalt durch die im Kasten befindliche Flüssigkeit bewerkstelligt, ihre metallische Verbindung aber kann leicht durch angelöthete Drähte, die man in ein gemeinschaftliches Gefäss mit Quecksilber übergehen lässt, oder sonst auf eine schickliche Weise, wie es das Bedürfniss der Versuche erfodert, hergestellt werden.

Dieser Apparat gewährt den Vortheil, dass man bei Versuchen, die keine ununterbrochene Dauer haben, die Zinkplatte leicht der angreifenden Wirkung der Flüssigkeit entziehen, und dann wieder eintauchen kann. Um die Bequemlichkeit hiebei noch zu vergrössern, ist es zweckmässig, an den Seiten des Kastens zwei, sich oben gabelförmig endigende, Träger anzubringen, in deren Gabeln man die Glasröhre, welche die Zinkplatte hält, einlegt, wenn man die Platte herausgezogen hat, so dass die Flüssigkeit von der so über dem Gefäss hängenden Platte in den Kasten zurücklaufen kann.

---

[*] Man kann diesen Kasten mit dem Schnelllothe der Klempner oder auch hart löthen. Letzteres ist nothwendig, wenn man sich der Salmiacklösung als Leitungsflüssigkeit bedient, indem diese das Schnellloth zerstören würde. Zum festen Stande ist es zweckmässig, die Bodenplatte des Kastens breiter als den Kasten selbst zu machen, so dass sie eine breite Fläche gewährt.

Solcher Gefässe, wie hier eines beschrieben worden, kann man auch mehrere zu einer zusammengesetzten Kette verbinden; entweder so, dass sie wie ein einziges Plattenpaar mit vergrösserter Oberfläche, oder dass sie wie eine Säule von mehrern Platten wirken. Ersteres geschieht bekanntlich, indem man einerseits das Kupfer aller Kasten unter sich metallisch verbindet, andrerseits auch die Zinkplatten alle unter einander metallisch vereinigt, und nun noch zwischen beiden Systemen irgendwo eine metallische Verbindung ausserhalb der Flüssigkeit bewerkstelligt, um den Kreis zu schliessen; letzteres, indem man das Kupfer jedes Kastens metallisch mit der Zinkplatte des nächstfolgenden Kastens verbindet, und die Schliessung zwischen dem Zink des ersten und dem Kupfer des letzten Kastens bewerkstelligt. Die Art dieser metallischen Verbindungen geschieht am besten durch angelöthete Drähte oder Streifen, die von beliebigem Metalle seyn können; auch würde zur gemeinschaftlichen Verbindung aller Kupfer-Kasten unter einander eine metallene Platte als gemeinschaftliche Unterlage zweckmässig seyn.

Wir bemerken hiebei ein für allemal, dass es zur Herstellung der Verbindungen für gleichgültig angesehen werden kann, welcher Metalle man sich dazu bedient, ob sie von Kupfer, Zink oder beliebigen Metallen sind, da bloss das Verhältniss der mit der Flüssigkeit in Berührung befindlichen Oberfläche die elektromotorische Wirkung bestimmt; nur dürfen die Verbindungen nicht durch zu dünne und lange Drähte bewerkstelligt werden, da durch diese Umstände ihr Leitungsvermögen zu sehr geschmälert wird; ferner, dass es für die Wirksamkeit des Apparats im Allgemeinen gleichgültig ist, ob er isolirt ist, oder nicht, wofern nur die Theile der Leiter, die auf einander wirken sollen, von einander isolirt sind, so dass kein unmittelbarer Uebergang der El. zwischen ihnen Statt finden kann. Die Lehre des Galvanismus giebt von diesen Umständen nähere Rechenschaft, daher es hier an der einfachen Erinnerung genügen kann.

Ein anderer, viel Bequemlichkeit darbietender, Apparat ist folgender:

Man nimmt eine grosse Kupferplatte, welche von 1 bis 9 Quadratfuss Fläche und noch darüber leicht zu erhalten ist, lässt diese spannen und ihren Rand nach Verhältniss ihrer Grösse ½ bis 2 Zoll aufbiegen, legt sie auf einen hölzernen Rahmen oder eine Tischplatte horizontal, in dieselbe eine erfoderliche Anzahl Glasstücke und auf diese die Zinkplatte gleichfalls horizontal, giesst dann die Flüssigkeit hinein und schliesst zwischen beiden Metallen. Ist der Apparat sehr gross, so muss die Zinkplatte durch das Aufbiegen ihres Randes in der Höhe von etwa ½ Zoll gesteift und mit zwei Handhaben versehen seyn, um sie bequem aufheben und niederlegen zu können.

Jedoch es würde unnütz seyn, in der Beschreibung solcher Apparate noch weiter zu gehen, da jeder grossplattige Apparat von zweckmässiger Einrichtung seine Dienste leisten kann *. Ein etwas complicirter, aber manche besondere Vortheile darbietender, Apparat von Pohl, welchen er Siderophor nennt, findet sich im Anhange beschrieben.

Soll nun ein solcher Apparat zur Nachweisung elektrodynamischer Wirkungen an Drähten dienen, so werden diese Drähte auf eine zweckmässige Art in seinen Schliessungskreis gebracht, wovon schon auf S. 5 ein Beispiel angegeben ist.

Ampère hat zu diesem Behuf einen Apparat ausgedacht, welcher alle Vorrichtungen in sich vereinigt, um die bald zu erörternden Sätze nachzuweisen. Da jedoch die vielfache Anwendbarkeit, welche dieser Apparat besitzt, eine entsprechende Complication desselben nöthig gemacht

---

* In Gehlers Wörterb. III. S. 487 ff. finden sich noch die Apparate von Schmidt und Moro beschrieben.

hat, die die schnelle Auffassung der dadurch hervorzubringenden Erscheinungen erschweren würde, so habe ich den Bezug auf diesen Apparat möglichst vermieden und seine Beschreibung in den Anhang verwiesen.

Oefters ist es von Wichtigkeit, Strömungen, welche für gewisse Wirkungen zu schwach sind, in ihrer Kraft so weit zu verstärken, dass sie den beabsichtigten Effect geben. Mit Erfolg kann man sich hiezu eines ähnlichen Kunstgriffs als beim Multiplicator bedienen, indem man z. B., wenn ein fixer Leiter in einer gewissen horizontalen Länge auf einen beweglichen wirken soll, ein mit Seide umsponnenes Metallband mehrmals um die Seitenkanten einer Tafel oder um einen Rahmen windet, und dann eine dieser Seitenkanten auf den Leiter, der sich in derselben oder einer andern Kette befindet, wirken lässt. — Der Kürze halber wollen wir eine solche Tafel Multiplicatortafel nennen.

Um eine beliebige Umkehrung der Strömung in den Leitern durch verwechselte Verbindung mit den Polen auf leichte und schnelle Art hervorzubringen, sind bei Ampère's allgemeinem Apparat gehörige Vorkehrungen getroffen, die ich nebst dem, zu gleichem Zwecke dienenden, Gyrotrop von Pohl ebenfalls im Anhange beschreiben werde.

Zweites Capitel.

Fundamentalsätze.

1) Es findet Abstossung zwischen den successiven Theilen eines geradlinigen Stromes Statt.

Man nehme eine grosse Schüssel von Fayence oder Porzellan, scheide diese in ihrer ganzen Länge durch eine eingekittete gläserne Scheidewand in zwei Theile, giesse Quecksilber in die beiden Hälften der Schüssel, und setze auf das Quecksilber den, aus mit Seide übersponnenem

Kupferdraht* bestehenden, Leiter, *Fig.* 4, so dass seine beiden Schenkel $\varepsilon\delta$, $\alpha\beta$ parallel mit der Scheidewand sind und dass der verticale Bogen $\beta\gamma\delta$ über die Scheidewand weggeht. Darauf taucht man die Leitungsdrähte des Voltaschen Apparats in das Quecksilber in die Verlängerung der beiden Schenkel $\alpha\beta$ und $\delta\varepsilon$. Im Augenblick des Eintauchens sieht man den Leiter parallel mit sich selbst (d. h. in der Richtung seiner Schenkel) fortgehen, bis er durch die entgegenstehende Wand des Gefässes aufgehalten wird.

Dieser Versuch erfodert einen starken Apparat.

2) Zwei parallele Leiter ziehen sich an, wenn sie vom Strom nach gleicher Richtung durchlaufen werden, stossen sich ab, wenn sie in entgegengesetzter Richtung durchlaufen werden.

Um diesen Satz nachzuweisen, dient der Apparat *Fig.* 3, wo die S. 6 erörterte Anordnung in einem schicklichen Gestell befestigt ist. *VZ*, *LIC* sind respective die Enden des positiven und negativen Leitungsdrahts, so dass der Strom nach Schliessung der Kette die Theile in der Richtung *VZADFGMBQCIL* durchläuft. Mithin werden hier der Theil des Leitungsdrahts *IL* und der ihm parallele Theil *DF* des beweglichen Leiters vom Strom in derselben Richtung durchlaufen. Sollen sie in entgegengesetzter Richtung durchlaufen werden, so hat man bloss die Leitungsdrähte zu wechseln, so dass der negative Draht *IC* in *Z*, der positive *VZ* in *C* eintaucht. Nun bemerkt man, dass bei der ersten Anordnung, wenn *DF* von *IL* etwas entfernt war, sich vermöge der Drehung des auf seinen Spitzen in *A* und *B* beweglichen Leiters, *DF* dem *IL* nähern und daran anlegen wird, so lange der Strom in beiden dieselbe Richtung durchläuft; sofort aber davon abgestossen werden, wenn man vermöge der Vertauschung der Leitungsdrähte die Richtung des Stroms in *DF* umkehrt.

Will man zeigen, dass diese Erscheinungen auch dann Statt finden, wenn die parallelen Leiter Theile zweier verschiedenen Ketten sind, so kann diess dadurch erreicht werden, dass man die Rechtecke (*Fig.* 5) in die Schälchen Z, C, Z', C' einhängt und diese Schälchen zugleich mit den Polen zweier Volta'schen Apparate in Verbindung setzt [*].

---

* Dessen Enden jedoch frei und mit dem Quecksilber in unm. Berührung seyn müssen.

Desgleichen kann hiezu sehr gut folgender Apparat von Sturgeon [**] dienen (*Fig.* 5 *bis*). C' ist ein metallener Stab, der oben durch ein metallenes Schälchen x hindurchgeht, welches jedoch von dem Stabe isolirt ist, zu welchem Zwecke Schale und Stab, wo sie sich berühren, gut lackirt seyn müssen. Auf dem obern Ende des Stabes ist der rechtwinklich gebogene Draht $C''Z'Z$ aufgehangen, in der Art, dass die abwärts gebogene (amalgamirte) Spitze des Arms C'' [***] auf diesem obern Ende (in einer Vertiefung) ruht, während die Spitze des Arms Z sich in das Quecksilber, womit die Schale x gefüllt ist, herabbiegt. Beide Arme sind an dieser Stelle zwar zusammengebunden, jedoch durch den dazwischen laufenden seidenen Faden von einander isolirt. An C' ist das mit Quecksilber gefüllte Schälchen C befestigt, das mit dem einen, z. B. dem negativen, Pol eines Apparats in Verbindung gesetzt wird, während der andere Pol mit der Schale Z'' communicirt, die durch den Stab Z', der von C' isolirt seyn muss, mit dem Schälchen x in Verbindung steht.

Solchergestalt durchläuft der Strom den Weg $Z''Z'Zx$ $C''C'C$. Nähert man nun diesem Leiter den Schliessungsdraht eines andern galvanischen Apparats, wie ihn die gleich neben anstehende *Fig.* 5 *ter* darstellt †, in paralleler Lage, so werden sich die Anziehungen und Abstossungen je nach der Richtung des Stroms auf die angegebene Weise äussern.

---

[*] Dieser Apparat ist aus Biot's Lehrbuch entlehnt.

[**] Laboratorium. Heft VIII. Taf. XXX. Fig. 23.

[***] Diese Spitze ist wegen der davor befindlichen Spitze des Arms Z in der Figur nicht sichtbar.

† Er besteht aus einem Zinkcylinder, der sich in einem unten verschlossenen Kupfercylinder befindet, auf dessen Boden er jedoch nur mittelst isolirender Füsse ruht. Zwischen beide Cylinder wird verdünnte Säure gegossen und die Schliessung durch den Draht y bewerkstelligt.

Zu diesen Versuchen werden jedenfalls starke Apparate erfodert. **Schweigger** hat jedoch gezeigt, wie man durch Multiplicatoren * auch mittelst schwacher Apparate dieselben Nachweisungen erhalten kann **.

In *Fig.* 6 ist *ab* ein Metalldraht, welcher auf der metallenen Spitze *i* mittelst eines metallenen Hütchens beweglich ist. *cd* ist ein anderer, an dem Schälchen *c* befestigter, Metalldraht. Das Schälchen *c* ist auf dem Hütchen *a* durch Siegellack aufgekittet, so dass die leitende Verbindung zwischen beiden unterbrochen ist. Im Schälchen *c* befindet sich ein Tropfen Quecksilber, worein die Spitze des einen Leitungsdrahts *mn* taucht. Der Draht *mn* ist mit einer Schraube versehen, um beliebig in den Quecksilbertropfen des kleinen Bechers *c* eingesenkt werden zu können; und bei *o* ist eine Stellschraube, um die Bewegung rechts und links in seiner Gewalt zu haben. Die Enden *b* und *d* der Drähte werden durch einen Multiplicatordraht, der auf die in der Figur vorgestellte Weise gewunden ist, verbunden, und ein anderer gewundener Multiplicator wird mit einem Ende *h* mit dem metallischen Träger des Apparats, mit dem andern mit dem Leitungsdrahte des andern Pols in Verbindung gesetzt, wo dann der Strom, wenn *mn* der positive Draht ist, den Weg *mncdbaihgk* verfolgt. Nimmt man nun den gewundenen Multiplicator *gk*, während der Strom durch ihn geht, in die Hand, um ihn beliebig dem einen oder andern Theile des Multiplicators *bd* parallel zu nähern, so werden sich vermöge Drehung des Systems *sbd* Anziehungen und Abstossungen äussern, der gegenseitigen Lage der Multiplicatoren gemäss.

Da, wie wir später sehen werden, die Erde auf die beweglichen Leiter, wie *ADFGMB* (*Fig.* 1 und 3) eine richtende Wirkung der Art ausübt, dass sie die Ebene *DFGM* in eine Lage zu bringen strebt, wo sie auf die Richtung der Magnetnadeln senkrecht ist, und wo der Strom in dem untern Theile dieser Leiter von Ost nach West geht, so muss man, damit die Wirkung der Erde sich nicht mit der des Drahtes *IL* combinire, Sorge tragen, den Apparat vorher so zu stellen, dass die Ebene des Leiters schon Anfangs genau diese Lage habe, wo dann die Erde begreiflich nichts dazu beitragen kann, ihre Richtung zu verändern. Da sie jedoch, wenn die Wirkung des Drahts den Leiter abgelenkt hat, dahin wirkt, ihn in diese Lage zurückzuführen, mithin die Wirkung des Drahts schwächt, so thut man besser, den Einfluss der Erde überhaupt zu compensiren, indem man den beweglichen Leiter aus mehrern gleichen Theilen so zusammensetzt, dass sie in entgegengesetzter Richtung vom Strom durchlaufen werden. Die Richtung, die der Einfluss der Erde dem einen Theil des Apparats einzupflanzen strebt, wird dann durch die eben so starke entgegengesetzte Wirkung der Erde auf den gleichen, in entgegengesetzter Richtung durchlaufenen, Theil aufgehoben. Apparate dieser Art nennt man astatische. Das Beispiel eines solchen, der sich im gegenwärtigen Falle anwenden lässt, giebt *Fig.* 7, der in die Schälchen *A*, *B* von *Fig.* 2 oder 3 anstatt des dort verzeichneten Rechtecks eingehangen werden kann *.

---

* Wir verstehen unter Multiplicator einen langen, dünnen, mit Seide übersponnenen, zu einem Wulst aufgewundenen, Draht.

** Schweigg. J. XLVI. 20.

Der Multiplicatordraht *bd* in *Fig.* 6 ist selbst schon nach Art eines astatischen Apparats gewunden, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man der Richtung seiner Windungen nachgeht. Zwar wird bei allen solchen astatischen Apparaten auch die Wirkung eines unbeweglichen Theils der Kette, wie *IL* (*Fig.* 3), sich entgegengesetzt auf die in entgegengesetzter Richtung vom Strom durchlaufenen Theile äussern müssen; allein man trägt stets Sorge, die nach einer Richtung durchlaufenen Theile zu dem unbeweglichen Leiter in weit grössere Nähe, als die entgegengesetzt durchlaufenen, zu bringen, so dass die Wirkung auf erstere überwiegt, und die auf letztere vernachlässigt werden kann, ein Unterschied im Abstand, der bei der Wirkung der Erde, wegen ihrer grossen Dimensionen, die sie in Verhältniss zum Leiter hat, nicht in Betracht kommt.

---

* Einen andern astatischen Apparat stellt Fig. 36 dar.

3) **Zwei Ströme, deren Richtungen unter irgend einem Winkel in derselben Ebene zusammenstossen, stossen sich ab, wenn einer nach der Spitze des Winkels hin, der andere von ihr ab läuft (*Fig.* 8); ziehen sich dagegen an, wenn beide nach der Spitze des Winkels hin, oder beide von ihr ablaufen (*Fig.* 9 und 10). Ist ein Schenkel des Winkels, den die vom Strom durchlaufenen Leiter bilden (oder auch beide), um die Winkelspitze beweglich, so wird er sich im ersten Fall drehen, bis seine Richtung in eine gerade Linie mit dem andern Schenkel fällt, so dass nun beide vom Strom in gleicher Richtung durchlaufen werden; im zweiten Fall wird sich der eine Schenkel an den andern anlegen.**

Man weist diesen Satz nach, indem man den Leiter (*Fig.* 11) durch Einhängen mittelst seiner Spitzen z, l in zwei mit Quecksilber gefüllte Schälchen in die Kette bringt, in der sich zugleich eine Multiplicatortafel so angeordnet befindet, dass die Richtung einer horizontalen Seite derselben unter einem Winkel mit dem horizontalen Theil al des Leiters zyl zusammentrifft. Da der Leiter zyl sich frei auf seiner Spitze drehen kann, so wird man ihn, je nach der Art, wie man den Strom anordnet, die oben bezeichneten Bewegungen annehmen sehen.

Es erhellt übrigens leicht, dass man eigentlich die beiden vorigen Sätze nur als besondere Fälle des jetzigen anzusehen hat, welche beweisen, dass er noch für jede Grösse und Kleinheit des zwischen beiden begriffenen Winkels gültig ist. In der That betrifft Satz 1 den Fall, wo der Winkel zwischen beiden Schenkeln gleich zwei rechten, Satz 2 den Fall, wo er null ist.

Man erkennt aus Satz 3, dass die Abstossung oder Anziehung zweier Stromtheile nicht bloss für successive Theile gilt, sondern in die Entfernung wirkt, da man hier sie von einem Schenkel zum andern herüber wirken sieht.

4) Es findet gleichfalls wechselseitige Abstossung Statt, wenn die beiden Theile des el. Stroms, die auf einander wirken, sich in verschiedenen Ebenen befinden, wofern nur immer einer der Ströme nach der gemeinschaftlichen (den kürzesten Abstand ihrer Richtungen messenden) Senkrechten hin, der andere von ihr abläuft; Anziehung dagegen, wenn der Strom entweder in beiden von dieser Senkrechten ab oder nach ihr hinläuft. Jedenfalls geht das Bestreben dieser Abstossungen oder Anziehungen dahin, die Leiter in eine solche Lage zu bringen, wo ihre Ströme parallel und gleich gerichtet sind.

Man weist dieses Bestreben für einen besondern Fall nach, indem man in *Fig.* 3 anstatt des Rechtecks *DMFG* den astatischen Leiter *Fig.* 7 einhängt, und den einen Leitungsdraht der Säule, z. B. *IL*, in die Richtung *EO* unterhalb desselben so hinführt, dass die Verticale, welche man von den Aufhängungspuncten des astatischen Leiters herabgehend denkt, in ihn eintrifft. Unter welchem Winkel auch Anfangs der astatische Apparat gegen *EO* stehen mag, das Endresultat der erörterten Anziehungen oder Abstossungen wird die Lage seyn, wo der untere Theil desselben mit *EO* parallel gerichtet ist, und der Strom in beiden die nämliche Richtung durchläuft.

Das Resultat dieses Versuchs, welcher eigentlich nur ein besonderer Fall des obigen allgemeinen Satzes ist[*], kann man in dem besondern Satze aussprechen: Zwei Leiter, die sich unter einem beliebigen Winkel in verschiedenen Ebenen kreuzen, und um ihr gemeinschaftliches Perpendikel beweglich sind, drehen sich um dieses Perpendikel, bis ihre Ströme parallel und gleichgerichtet sind.

---

[*] Eine durchgreifende Bewährung aller einzelnen Fälle des obigen Satzes würde hier zu weit führen.

Allerdings dreht sich bei dem vorigen Versuche bloss der eine Leiter, weil der andere fix ist, allein da beide in Bezug auf einander dieselben Kräfte äussern, so ist vorauszusetzen, dass sich der fixe ebenfalls drehen würde, wenn man ihm Beweglichkeit verstattete; eine Bemerkung, die man auch auf ähnliche Fälle anwenden muss.

Als eine Folgerung des obigen allgemeinen Satzes geht übrigens hervor, dass auch die Wirkung der verticalen Theile dg und ef dazu beitragen muss, den astatischen Leiter in die Lage zu bringen, wo sein unterer horizontaler Theil gf parallel mit EO ist; denn auch dg und ef erfahren Anziehungen und Abstossungen nach EO zu, denen sie so lange gehorchen müssen [*], bis sie sich in Einer Ebene mit EO befinden, aus welcher Ebene kein Bestreben Statt finden kann, sie abzulenken, weil die Richtung der anziehenden und abstossenden Kräfte dann selbst in diese Ebene fällt [**].

5) **Eine unmittelbare Folgerung aus der Gesammtheit der vorigen Sätze ist, dass, wenn man vermöge veränderter Verbindungen mit den Polen des Volta'schen Apparats die Richtung des Stroms in zwei auf einander wirkenden Leitern zugleich umkehrt, ihre Wirkung auf einander die nämliche als vorher (anziehend oder abstossend) bleiben wird, in die entgegengesetzte dagegen übergehen, wenn man die Richtung bloss in einem Leiter umkehrt.**

Die vorigen Sätze haben uns die Abhängigkeit der Anziehungen und Abstossungen, welche Leiter, von denen einer, oder die beide beweglich sind, auf einander äussern, von der Richtung des Stroms, der sie durchläuft, im Allgemeinen kennen gelehrt; ohne uns jedoch über die näheren

---

[*] Die Art der Aufhängung macht es bloss möglich, dass sie sich EO nähern oder von ihm entfernen, während sie selbst vertical bleiben.

[**] Einen Versuch, die Wirkung der verticalen Theile besonders nachzuweisen, ohne dass die des horizontalen Theils dabei in Betracht kommt, siehe in Demonferrand's Handbuch S. 33.

Verhältnisse der Kräfte, welche hiebei wirksam sind, Aufschluss zu geben. Hiezu werden die folgenden Sätze führen.

6) Die Kraft der Anziehung, welche zwischen zwei Leitern Statt findet, wenn sie nach derselben Richtung vom Strom durchlaufen werden, ist gleich der Kraft der Abstossung, welche zwischen ihnen Statt findet, wenn man sie in entgegengesetzter Richtung vom Strom durchlaufen lässt.

Dieser Satz ergiebt sich einfach daraus, dass, wenn man zwei mit Seide überzogene, in der Kette befindliche, gleiche Drähte, die vom Strom nach entgegengesetzten Richtungen durchlaufen werden, auf einen beweglichen Leiter aus gleicher Entfernung wirken lässt [*], unter keinen Umständen eine Einwirkung darauf erfolgt; zum Zeichen, dass die Anziehung, die der eine Draht darauf zu äussern strebt, durch eine gleich grosse Abstossung des andern Drahts aufgehoben wird [**].

7) Ein geradliniger Leiter wirkt auf die nämliche Weise, als einer, der in eine buchtige Linie, die sich von einer geraden Linie nur sehr wenig entfernt, gebogen ist, wenn man beide in gleichem Abstand auf einen geradlinigen Leiter wirken lässt.

Ampère hat diesen Satz so bestätigt, dass er einen astatischen Leiter zwischen zwei mit einander parallelen Leitern, deren einer geradlinig, der andere buchtig (etwa wie in *Fig.* 12) war, aufhieng, so dass er sich mit beiden im Fall der Abstossung befand. Stets fixirte er sich dann nach mehrern Oscillationen in der Mitte des Zwischenraums zwischen beiden unbeweglichen Leitern [***].

---

[*] Z. B., indem man den Draht gegen sich selbst zurückbiegt, erhält man zwei Drahthälften, mittelst deren man leicht diese Bedingung erfüllen kann.

[**] Ein anderes Experiment s. in *Théor. des phén. p.* 14.

[***] Die Beschreibung des zu diesem Versuche erfoderlichen Apparats s. in *Théorie des phén. p.* 16.

Noch einfacher kann man den Satz dadurch bewähren, dass man einen mit Seide bekleideten Kupferdraht nimmt, von welchem ein Theil geradlinig, der andere um ihn zurückgebogen ist, so dass er beliebige Windungen oder Buchten darum bildet. Der so gebildete Leiter wird weder eine Wirkung erfahren noch äussern, wenn man ihn in Beziehung mit andern Leitern setzt: zum Beweise, dass der, in entgegengesetzter Richtung vom Strom durchlaufene, buchtige Theil eine Wirkung von gleicher Stärke, als der geradlinige Theil äussert.

Diese Erfahrung, welche für unsere allgemeine Darstellung der Erscheinungen von keiner grossen Wichtigkeit scheint, ist es doch in Bezug auf die mathematische Verknüpfung derselben. In der That, da die Gestalt der buchtigen Linie durchaus willkührlich ist, so kann man statt der Ausbiegungen auch, einen Winkel mit einander bildende, Elemente gerader Linien setzen, z. B. für jeden Theil $\alpha\beta$ des Leiters (*Fig.* 13) die beiden geraden Linien $\alpha\beta$ und $\beta\gamma$, welche einen beliebigen Winkel mit einander einschliessen, substituiren. Diess Verfahren ist der Zusammensetzung der Kräfte in der Statik analog und lässt sich unter folgender Form darstellen, welche eine leichte Anwendung bei den Rechnungen und geometrischen Betrachtungen zulässt: Einer kleinen Linie, welche von einem elektrischen Strom durchlaufen wird, kann man zwei oder mehrere andere Linien substituiren, welche von einem Strom der nämlichen Intensität durchlaufen werden, und deren Länge und Richtungen zu der vorliegenden Linie die nämlichen Beziehungen haben, welche zwischen Seitenkräften und ihrer Mittelkraft Statt finden. — Das Resultat dieser Substitution weicht um so weniger von einer strengen Genauigkeit ab, je kleiner die Linien sind, die man in Betracht zieht, und wird völlig genau in der Berechnung des Unendlichkleinen.

8) Die anziehende oder abstossende Kraft, mit der ein Theilchen eines Stroms auf ein beliebiges Theilchen eines andern Stroms wirkt,

ist proportional dem Product aus den Intensitäten beider Stromtheile, umgekehrt proportional dem Quadrat ihres geradlinigen Abstandes von einander.

Da dieser Satz eine mathematische Folgerung aus Versuchen Ampère's ist, so müssen wir seine Herleitung übergehen*. In ebenfalls mathematischem Zusammenhange damit steht folgender Satz:

Die Gesammtwirkung eines ganzen geradlinigen Stroms auf jedes Element eines andern Stroms nimmt im blos einfachen Verhältnisse des senkrechten Abstandes dieses Elements vom Strom ab.**

Dieser Satz steht keineswegs in Widerspruch mit dem vorigen, nach welchem die Kraft zweier Stromelemente auf einander das umgekehrte Verhältniss des Quadrats des Abstands befolgt. In der That muss man, wenn man nach letzterm Satze berechnen will, wie sich die Gesammtwirkung eines ganzen Drahts auf einen Punct mit der Entfernung schwäche, nicht bloss den kürzesten Abstand dieses Puncts vom Draht in Betracht ziehen, sondern die Abstände des Puncts von allen einzelnen Puncten des Drahts, welche Abstände zu beiden Seiten des kürzesten immer mehr zunehmen. Wenn man nun nach dem Gesetze: dass die Wirkung jedes Puncts im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernung abnimmt, diese Abnahme für die Summe aller einzelnen Puncte, d. i. den ganzen Draht berechnet, so kommt jenes umgekehrte Verhältniss des einfachen kürzesten Abstandes heraus.

Man macht einen Unterschied zwischen begränzten und unbegränzten Strömen oder Leitern (*courans définis et indéfinis*) in Bezug zu einander. Begränzter Leiter heisst von zwei Leitern der, der sich nicht über die gemeinschaftliche Winkelspitze ihrer Richtungen oder ihr gemeinschaftliches Perpendikel hinaus verlängert, wohl nicht einmal bis dahin reicht; **unbegränzter** Strom dagegen heisst der, der sich über die gemeinschaftliche Winkelspitze oder das gemeinschaftliche Perpendikel so weit hinaus verlängert, dass die Wirkung seiner Enden nicht mehr in Betracht kommt, oder auch der in sich selbst zurückläuft.

---

* Vergl. *Théorie des phénom.* 50.

** Es ist vorausgesetzt, er sey so lang, dass die Wirkung seiner Enden nicht mehr in Betracht kommt.

So würde in *Fig.* 15 *dc* einen begränzten Strom oder Leiter in Bezug zu *ab* darstellen, *ab* aber einen unbegränzten in Bezug zu *dc*. Wenn sich *dc* und *ab* kreuzten, und eine hinlängliche Länge hätten, so würden beide unbegränzt zu einander seyn.

9) Die anziehende oder abstossende Kraft, mit welcher ein Theilchen des einen Stroms auf je ein Theilchen des andern Stroms wirkt, folgt der Geraden, durch welche beide Stromtheilchen verbunden werden. Zieht man aber die Gesammtwirkung in Betracht, welche ein geradliniger oder kreisförmiger unbegränzter Leiter auf einen andern, begränzten oder unbegränzten, Leiter äussert, so findet man, dass diese Gesammtwirkung stets senkrecht auf jedes Theilchen des letztern ist.

So wird z. B. in *Fig.* 15 jedes Theilchen *e* des begränzten Leiters *dc*, mithin der ganze Leiter *dc* als die Gesammtheit dieser Theilchen, durch die Wirkung des unbegränzten Leiters *ab* in der auf die Richtung dieser sämmtlichen Theilchen senkrechten Richtung *ef* oder *eg* bewegt zu werden streben, oder, wenn *cd* mit *ab* nicht in Einer Ebene ist, nach sonst andern auf *cd* senkrechten Richtungen, über deren Wahl wir sogleich das Nähere anführen werden.

Wir bemerken, dass Ampère den obigen Satz dadurch nachwies, dass er einen unbegränzten Strom auf einen Leiter wirken liess, welcher ein horizontales Stück Kreisbogen *AA'*, *Fig.* 14, darstellte, das mittelst eines metallischen Radius *OC* an eine verticale Axe *GH* befestigt war, um die es sich frei drehen konnte. Nun erhellt leicht, dass, wenn der unbegrenzte Leiter bloss Kräfte auf diesen

Bogen äusserte, welche senkrecht auf die Richtung seiner Theilchen waren, der Bogen keine Bewegung annehmen konnte, weil alle senkrechten Kräfte durch den Widerstand der Axe aufgehoben werden mussten; wenn dagegen der Bogen Kräfte nach andern Richtungen erfuhr, so musste er zu einer Drehung um die Axe bestimmt werden. Es zeigte sich aber, dass eine solche Drehung bei keiner Lage des unbegränzten Leiters gegen den Bogen eintrat[*].

Wir wollen jetzt die Richtung näher zu bestimmen suchen, nach der ein unbegränzter Leiter einen begränzten in Bewegung zu setzen streben muss, wozu eine einfache, auf die ersten Sätze sich stützende Betrachtung, hinreichen wird. Hat man das hier Darzustellende wohl gefasst, so wird man darin den Schlüssel zu den scheinbar verwickeltsten elektrodynamischen Erscheinungen finden.

Zur Erläuterung mögen *Fig.* 15 und 16 dienen, worin *ab* einen unbegränzten, *dc* einen begränzten Leiter darstellt, welche vom Strom in der durch die Pfeile bezeichneten Richtung durchlaufen werden. Der einfachern Betrachtung halber sey *dc* mit *ab* in einer Ebene.

Es findet nach Satz 3 in *Fig.* 15 zwischen *dc* und dem Theile *γb* des unbegränzten Leiters Abstossung Statt, weil ein Strom nach der Winkelspitze hin, der andere von ihr ab läuft; zwischen *dc* und *aγ* dagegen Anziehung, weil hier beide Ströme nach der Winkelspitze hinlaufen. Also wird in *Fig.* 15 der begränzte Leiter das Bestreben annehmen müssen, in der, dem unbegränzten Strom in *ab* entgegengesetzten, Richtung sich fortzubewegen, indem jedes seiner Theilchen *e* nach *aγ* hin, in einer, auf *dc* senkrechten, Richtung *ef* sollicitirt wird, vermöge zusammenwirkender Anziehung von *aγ* und Abstossung von *γb*. In *Fig.* 16 dagegen, wo sich der Strom im begränzten Leiter vom unbegränzten entfernt, wird nach derselben Herleitung der begränzte Leiter streben müssen, auf der Richtung des unbegränzten Stroms fortzugehen; und ist der begränzte Leiter in *d* befestigt, so dass er sich darum drehen kann, so wird er sich in *Fig.* 15 nach *chi*, in *Fig.* 16 entgegengesetzt nach *chi* drehen, indem seine Befestigung in *d* der Anziehung und Abstossung nur erlaubt, in eine solche Bewegung auszuschlagen.

---

[*] Ueber das Nähere dieses Versuchs siehe *Théorie des phén. etc.* 22. — Hier war der unbegränzte Leiter ein Kreis; jeder unbegränzte geradlinige Leiter, sobald er sich in einer gewissen Länge über die gemeinschaftliche Winkelspitze hinaus erstreckt, lässt sich aber in seiner Wirkung einem unendlichen Kreise gleich achten.

Auch wenn der unbegränzte Leiter *ab* mit dem begränzten *cd* nicht in Einer Ebene liegt, wird nach denselben Grundsätzen die Richtung von des letztern Bewegung erstens so erfolgen, wie sie durch eine Kraft, die senkrecht auf die Richtung seiner Theile wirkt, hervorgebracht zu werden vermag; diese Richtung wird dann (nach Satz 3) noch näher dadurch bestimmt werden, ob sich der Strom des begränzten Leiters dem unbegränzten (oder vielmehr dem gemeinschaftlichen Perpendikel ihrer beiderseitigen Richtungen) nähert oder davon entfernt; und die wirklich erfolgende Bewegung wird endlich noch durch die Befestigungsart des beweglichen begränzten Leiters modificirt werden [*].

Man kann diese Resultate in folgenden beiden Sätzen zusammenfassen:

10) Ein begränzter beweglicher Leiter, dessen Strom nach einem unbegränzten Leiter hin-

---

[*] Das Obige enthält allerdings nicht die völlige Bestimmung der Richtung, in welcher ein begränzter Leiter sich nach einem in einer andern Ebene befindlichen unbegränzten hinbewegen oder von ihm entfernen wird, wenn er vollkommen frei nach allen Seiten beweglich ist; denn wenn er auch parallel mit sich selbst fortzugehen streben muss, so fragt sich doch, in welcher Ebene dieses geschehen wird. Die Bestimmung dieser Ebene hängt aber von der Gestalt des unbegränzten Leiters und der Lage des begränzten Leiters zu ihm ab und kann im Allgemeinen nur durch höhere Rechnungen voraus bestimmt werden (vergl. das neunte Capitel, Satz *k*). Um bei den gewöhnlichen Versuchen die Richtung der Bewegung genau vorauszusehen, reicht jedoch das Obige vollkommen hin, da der begränzte Leiter hier fast stets so befestigt ist, dass ihm nur eine Bewegung in einer einzigen Ebene frei steht.

geht, strebt in der, dem Strom des letztern entgegengetzten, Richtung zurückzugehen.

Ein begränzter beweglicher Leiter dagegen, dessen Strom sich von einem unbegränzten entfernt, strebt auf der Richtung des Stroms in letzterem fortzugehen.

Diese beiden Sätze machen erklärlich, wie durch Wirkung eines unbegränzten Leiters auf einen, um eine Axe beweglichen, begränzten eine fortdauernde Drehung des letztern hervorgebracht werden könne. Folgendes wird zu noch mehrerer Erläuterung dienen.

E'G', *Fig.* 17, sey ein unbegränzter Leiter, $S\delta$ die ursprüngliche Lage des begränzten, der um S als Drehpunct beweglich ist *. Da sich der Strom in $S\delta$ dem unbegränzten Leiter *E'G'* nähert, so muss er zufolge der vorigen Sätze gegen die Richtung des Stroms in letzteren zurückzugehen streben, und zwar diess in allen Lagen, wie $S\delta^{\text{I}}$, wo der Strom des begränzten Leiters nach dem unbegränzten zuläuft. Er dreht sich also nach $\delta\delta^{\text{I}}\delta^{\text{II}}$. Ist er in die Lage $S\delta^{\text{II}}$ gelangt, welche mit *E'G'* parallel ist, so befinden sich der bewegliche Leiter und der Leiter *E'G'* im Fall zweier, parallel und in entgegengesetzter Richtung laufender, Ströme; sie stossen sich mithin ab, und $S\delta^{\text{II}}$ muss sich über die Parallele erheben. In allen Lagen $S\delta^{\text{III}}$, $S\delta^{\text{IV}}$, $S\delta^{\text{V}}$ über dieser Parallele entfernt sich der Strom im begränzten Leiter vom unbegränzten, und muss mithin seiner Richtung nachgehen, was ihn nach $S\delta^{\text{VI}}$ führt, wo er vom Strom im unbegränzten Leiter angezogen wird, der ihm parallel und gleichgerichtet ist. Sobald endlich der bewegliche Leiter Lagen wie $S\delta^{\text{VII}}$ angenommen hat, läuft der Strom abermals nach dem unbegränzten Strome hin; der bewegliche Leiter muss, indem er der Richtung desselben entgegengeht, wieder in seine ursprüngliche Lage kommen; mithin, da er immer wieder in die ersten Bedingungen zurückgelangt, ohne Unterlass fortfahren, sich zu drehen.

---

* Diese allgemeine Darstellung gilt sowohl für den Fall, wo $S\delta$ mit *E'G'* in einer Ebene ist, als für den, wo z. B. $S\delta$ in der Ebene des Papiers beweglich, *E'G'* aber darüber erhaben wäre. Denn welche Richtung auch in letztrem Falle die Kraft von *E'G'* auf $S\delta$ im Raume haben mag, so wird sie sich doch zerlegen lassen in eine, welche in die Ebene des Papiers fällt und die Drehung bewirken wird, und in eine andere, welche senkrecht darauf ist, und durch die Befestigung von $S\delta$ aufgehoben wird.

Eine solche Drehung würde auch Statt haben, wenn der begränzte Leiter aus den beiden Schenkeln $S\delta$ und $S\delta^{\text{iv}}$ bestände, die, indem der Strom in S, dem Drehpuncte desselben einträte, in entgegengesetzter Richtung durchlaufen würden; denn es erhellt schon aus dem Vorigen, dass beide dann die Kreisbewegung nach der nämlichen Richtung anzunehmen streben müssen.

Auf dieses Bestreben, welches ein beweglicher begränzter Leiter zeigt, unter dem Einfluss eines unbegränzten in fortdauernde Drehung zu kommen, lassen sich viele interessante Versuche gründen.

So hänge man den in *Fig.* 18 vorgestellten kupfernen Leiter mit der Spitze s in das Schälchen S der *Fig.* 19 ein. Letztre Figur stellt ein Metallgefäss NLM dar, in der Mitte mit einer Dille *lnm* versehen, durch welche ein Stab von nichtleitender Substanz, der das Schälchen S trägt, mit Reibung auf- und abgeschoben werden kann. Das Metallgefäss selbst steht in metallischer Verbindung mit einer durch $E'G'H'J'$ angedeuteten Multiplicatortafel, deren einer Rand solchergestalt ganz nahe beim Metallgefäss vorbeigeht. Man giesst gesäuertes Wasser in das Metallgefäss und schiebt nun den Stab St so weit herab, dass der in S eingehangene Apparat *Fig.* 18 mit seinem Ringe hineintaucht.

Lässt man nun den Strom in s eintreten, so wird er durch $s\zeta\alpha$ und $s\delta\gamma$ in den Reif, von da durch das gesäuerte Wasser des Gefässes, in das der Reif taucht und durch die Gefässwände hindurch in das Band der Multiplicatortafel übergehen; und da alsdann $s\zeta\alpha$ und $s\delta\gamma$ sich in Bezug zu der Multiplicatortafel ganz unter den nämlichen Umständen befinden, als in der vorigen Figur $S\delta^{\text{iv}}$ und $S\delta$ in Bezug auf $E'G'$, so werden sie den ganzen Reif in eine anhaltende Drehung versetzen; und die Richtung dieser Drehung wird stets so beschaffen seyn, wie sie sich nach den vorstehenden Sätzen ergiebt[*].

Man kann der Bewegung des Leiters *Fig.* 18 dadurch mehr Schnelligkeit und Regelmässigkeit ertheilen, dass man der Multiplicatortafel, welche nur mit einem Rande bei dem Gefäss der *Fig.* 19 vorbeigeht, das kreisförmige Multiplicatorband[**], *Fig.* 20, substituirt, indem man es um das Gefäss der *Fig.* 18 legt und seine metallische Verbindung damit dadurch bewerkstelligt, dass man einen seiner Anhänge, z. B. φ, in ein mit Quecksilber gefülltes Schälchen, welches mit dem Gefäss in metallischer Verbindung steht, eintaucht. Die Wirkung dieses kreisförmigen Multiplicatorbandes ergiebt sich ganz nach denselben Grundsätzen, als die der Multiplicatortafel beim vorigen Versuch, da es ebenfalls nur einen unbegränzten Leiter in Bezug auf die beiden Arme des Leiters *Fig.* 18 darstellt. Seine Wirkung ist aber vortheilhafter als die der Multiplicatortafel, weil alle seine Theile in einem gleichen und sehr nahen Abstand vom Gefäss befindlich sind.

Es ergiebt sich nach denselben allgemeinen Grundsätzen, dass auch ein Leiter von der Gestalt *Fig.* 21, wenn er statt des Leiters *Fig.* 12 in das von dem Multiplicatorkreise *Fig.* 20 umgebene Gefäss *Fig.* 19, wie bei den vorigen Versuchen, eingehangen wird, in anhaltende Drehung kommen muss, und zwar vermöge der Wirkung seiner verticalen Theile $\delta\gamma$, $\varepsilon\beta$[***], die der Richtung des Stroms in dem Multiplicatorkreise entgegen oder nachzugehen streben, je nachdem der Strom in ihnen abwärts oder aufwärts geht[†].

---

[*] Die ausführlichere Beschreibung dieses Versuchs, der sich leicht mittelst Ampère's allgemeinem Apparat ausführen lässt, s. in Demonferrand Handbuch, S. 25. — Aehnliche Einrichtungen finden sich in Gehlers Wört. III. 588.

[**] Es besteht aus einem mit Seidenband bekleideten und spiralförmig gewickelten Kupferstreifen.

[***] Da der horizontale $\delta\varepsilon$ zu entfernt vom unbegränzten Strom zu liegen kommt.

[†] Bei Anwendung der Multiplicatortafel überwiegt allemal die Wirkung des nächsten verticalen Theils.

Wir haben bisher immer nur die Wirkung unbeweglicher unbegränzter Leiter auf bewegliche begränzte in Betracht gezogen. Stellen wir uns dagegen in *Fig.* 15 und 16 den begränzten Leiter unbeweglich, den unbegränzten beweglich vor, so werden sich, wenn man die Anziehungen und Abstossungen in den verschiedenen Winkeln, wie auf S. 23 betrachtet, leicht folgende Sätze ergeben.

11) Wenn ein unbegränzter beweglicher Leiter der Wirkung eines begränzten unbeweglichen ausgesetzt wird, so strebt er nach der Richtung seines eigenen Stroms fortzugehen, wenn der Strom des begränzten Leiters nach ihm hinläuft, wie in *Fig.* 15 *.

Läuft dagegen der Strom des begränzten Leiters von ihm ab, so strebt er nach der, seinem eigenen Strom entgegengesetzten, Richtung fortzugehen.

Um ein Beispiel von dieser Wirkung zu geben, bediene man sich des Leiters *Fig.* 22, bestehend aus einem spiralförmigen Kupferdraht, dessen Windungen durch drei kleine hölzerne Lineale in einer Ebene erhalten werden. Das innere Ende der letzten Windung krümmt sich aufwärts in einen Haken um, der mittelst der Spitze *S* den Apparat in das Schälchen *S* des Apparats *Fig.* 19 einzuhängen dient, so dass die Spirale in das gesäuerte Wasser wie beim vorhergehenden Versuche taucht. Lässt man nun den Strom in *S* eintreten, so durchläuft er die Spirale und geht dann von hier aus durch das gesäuerte Wasser in die, in der Kette befindlichen, Gefässe über. Alle durch das gesäuerte Wasser gehende Ströme entfernen sich mithin von dem Strome der Spirale, die hier in Bezug auf die, durch das gesäuerte Wasser von ihr ausgehenden, Ströme einen unbegränzten Leiter darstellt. Die Spirale wird sich also nach der Richtung $\alpha\beta\gamma$ bewegen, der

---

* Hier also wird sich der unbegränzte Leiter nach der Richtung *ab* fortzubewegen streben müssen.

Richtung ihres eigenen Stroms entgegengesetzt. Lässt man umgekehrt den Strom von den Gefässwänden durch das gesäuerte Wasser nach der Spirale hingehen, so laufen alle begränzte Ströme nach der Spirale hin; diese wird also nach der Richtung ihres eignen Stroms sich zu drehen streben müssen, also wieder nach $\alpha\beta\gamma$, weil bei dieser Anordnung des Versuchs auch der Strom in der Spirale nach $\alpha\beta\gamma$ läuft.

12) Ein um einen Drehpunct beweglicher Leiter kann nur dann durch den Einfluss eines unbegränzten Leiters in eine anhaltende Drehung versetzt werden, wenn er sich in keiner Lage, die er um seinen Drehpunct anzunehmen vermag, mit letzterem im Raume kreuzt, d. h. wenn die senkrechten Linien, die man von dem beweglichen Leiter senkrecht auf die Ebene der Drehung fällt, in keiner Lage desselben den unbegränzten Leiter schneiden können; sonst dreht sich der bewegliche Leiter so weit, bis er in eine fixe Lage des Gleichgewichts gekommen ist*.

Dieser Satz lässt sich als Folgerung aus unsern allgemeinen Grundsätzen ableiten.

In der That: es sey $s\delta$, *Fig.* 23, ein horizontaler, um den Punct s in der Ebene der Figur beweglicher, Leiter. Wir wollen annehmen, dass man ihm einen zweiten unbegränzten Leiter darbiete: 1) ausserhalb des vom Radius $s\delta$ zu beschreibenden Kreises, in der Lage $E''G''$, gleichviel ob in der Ebene der Figur oder über derselben; 2) indem man ihn über die Ebene der Figur parallel mit EG hält, so dass das gemeinschaftliche Perpendikel in den Mittelpunct jenes Kreises eintrifft; 3) so dass das gemeinschaftliche Perpendikel irgend einen andern Punct des Kreises, z. B. s', trifft, in der mit $E'G'$ parallelen Lage über der Ebene der Figur. Im ersten Fall wird nach den Erörterungen, welche unter 10) beigebracht sind, der bewegliche Leiter $s\delta$ sich beständig nach der nämlichen Richtung drehen müssen; im zweiten Falle wird er in allen möglichen Lagen, die er erhalten kann, von sG angezogen und von sE abgestossen werden; er wird mithin blos in der, mit dem unbeweglichen Leiter parallelen Lage sG in Ruhe bleiben können. Im dritten Fall wird zwischen ss' und $s'E''$ Anziehung, zwischen ss' und $s'G$ Abstossung Statt finden, und hieraus wird ein Streben hervorgehen, $s\delta$ nach der Richtung $\delta\alpha$ zu drehen; andrerseits aber wird die Anziehung zwischen den Theilen $\delta s'$ und $s'G'$ und die Abstossung zwischen $\delta s'$ und $s'E''$ sich zu einer Wirkung vereinigen, die $s\delta$ in der Richtung $\delta\gamma$, also entgegengesetzt zu drehen strebt, und welche über die Wirkung der beiden andern Kräfte den Vortheil hat, an einem längern Hebelarm zu wirken. Sind die Momente beider Wirkungen gleich, so wird sich $s\delta$ im Gleichgewicht befinden. Hiezu ist erfoderlich, dass der Theil ss' länger als $s'\delta$ sey, damit die Gesammtgrösse der Anziehung und Abstossung für erstern Theil wegen mehrer Theilchen, worauf sie wirkt, mehr betrage als für letztern, und dadurch das Wirken des letztern an einem längern Hebelarm compensirt werde. Nun erhellt leicht, dass, welches auch für die Statt findende Lage von $E''G''$ das Verhältniss von ss' zu $s'\delta$ seyn mag, damit dieses Gleichgewicht eintrete, doch $s\delta$ bei seiner Bewegung um s stets in eine solche Lage kommen wird, wo dieses Verhältniss Statt findet; und dann kann sich $s\delta$ höchstens vermöge seiner erlangten Geschwindigkeit darüber hinausbewegen.

---

* Sind beide Leiter beweglich, so gilt diess von beiden in Bezug zu einander.

In genauem Zusammenhange mit den vorigen Sätzen und aus ihnen der Ableitung fähig, so wie auch für sich durch die Erfahrung nachgewiesen, sind noch folgende Sätze, die ich indess hier blos namhaft mache.

13) Ein kreisförmiger Strom, oder der nur ein Stück eines Kreises durchläuft, vermag einen gebogenen beweglichen Leiter, der um eine Axe beweglich ist, welche mit der Axe des Kreises zusammenfällt, in keine anhaltende

Drehung zu versetzen, wenn dieser Leiter seine beiden Enden in der Drehungsaxe hat[*].

Ueberhaupt, ein Strom, der sich in einem Kreise oder Stück eines Kreises bewegt, vermag nicht um die Axe dieses Kreises einen geschlossenen Leiter in Drehung zu versetzen, welche Lage derselbe auch im Raume habe.

Umgekehrt vermag ein geschlossener Leiter, welche Lage derselbe auch im Raume haben mag, keinen Kreis oder kein Stück eines Kreises um eine, auf seine Ebene senkrechte, und durch seinen Mittelpunct gehende, Axe in Drehung zu versetzen[**].

Drittes Capitel.

Einfluss der Erde auf die Volta'schen Leiter[***].

Die Volta'schen Ströme äussern nicht allein anziehende und abstossende Wirkungen auf einander, aus denen die erörterten Bewegungen beweglicher Leiter hervorgehen, sondern sie erleiden auch von Seiten der Erde einen Einfluss[†].

---

[*] Die Nachweisung dieses Satzes s. in Demonferrand's Handb. S. 40.

[**] Vergl. Demonferrand's Handb. S. 44.

[***] Es verdienen hierüber besonders verglichen zu werden die Abhandlungen von Pohl in Gilb. Ann. LXXIV. 309, und LXXV. 209, wo die erfoderlichen Zerlegungen der richtenden Kraft der Erde je nach der Anordnungsart der Leiter und die sich demgemäss ergebenden Bewegungen gründlich betrachtet und durch Versuche erläutert sind.

[†] Um den Einfluss der Erde auf die Leiter bemerklich zu machen, müssen sich diese unter dem Einfluss sehr kräftiger galvanischer Ströme befinden.

Eine ganz allgemeine Regel reicht hin, den Erfolg dieses Einflusses in allen Fällen zu bestimmen. Diese ist folgende:

13) Der Erdkörper wirkt in allen Fällen auf die beweglichen Leiter, als wenn in oder um ihn unbegränzte elektrische Ströme kreisten, in der Richtung des magnetischen Aequators[*], von Ost nach West, die, wo es auf Betrachtung ihrer Gesammtwirkung ankommt, sich in einen einzigen, in der Ebene des magnetischen Aequators liegenden, Strom vereinigt denken lassen; so dass es mithin hinreicht, nach den im Vorigen erörterten Sätzen zu untersuchen, welche Wirkung ein so angeordneter Strom haben muss, um für alle Fälle auszumitteln, welchen Einfluss der Erdkörper sowohl in unserer als der südlichen Hemisphäre auf die beweglichen Leiter zu äussern vermag.

Es ergeben sich hieraus unmittelbar nachstehende, durch die Erfahrung bestätigte, Folgerungen für den Einfluss der Erde in unserer Hemisphäre.

a) Ein horizontaler, um eine verticale Axe beweglicher, Leiter wird durch die Wirkung der Erde zu einer Drehung nach der nämlichen Richtung gebracht. Die drehende Bewegung hat Statt in der Richtung von Ost nach West durch Nord, wenn der Strom vom beweglichen Ende des Leiters nach seinem Drehpunct hinläuft; bei entgegengesetzter Richtung desselben geht die Drehung von West nach Ost durch Nord.

Denkt man sich nämlich die Erdströme in einem einzigen, im magnetischen Aequator liegenden, unbegränzten Strom vereinigt, so hat man ganz den für *Fig.* 17 S. 25 erörterten Fall.

---

[*] Der magnetische Aequator hat fast die Richtung des geographischen Aequators, und man kann ihn für das allgemeine Verständniss der Erscheinungen damit zusammenfallend denken.

Man kann diesen Satz an dem Leiter *Fig.* 18 nachweisen, wenn er in den Apparat *Fig.* 19 eingehangen und in den Kreis einer sehr wirksamen Kette gebracht wird*, so wie auch der durch *Fig.* 49 vorgestellte, weiterhin beschriebene, Apparat im Kreise einer hinlänglich starken Kette schon durch den Einfluss der blossen Erde (ohne Mitwirkung eines Magnets) in Drehung geräth.

Vor allem instructiv jedoch ist folgender höchst einfache, von **Schweigger**** angegebene, Apparat *Fig.* 24.

Man sieht hier einen mit leitender Flüssigkeit zu füllenden Kasten aus lackirtem Holz, über dessen Boden die Spitzen *m*, *n* beider Leitungsdrähte hervorragen, die in Glasröhren, in denen sie sich auf- und abschieben lassen, durch den Boden hineingeleitet sind. Auf diesen Spitzen schweben die feinen metallenen Nadeln † *ab* und *cd*, so dass ihre umgebogenen, am besten in Platinspitzen ausgehenden ††, Enden in die gesäuerte Flüssigkeit tauchen, und solchergestalt die Elektricität von einem Metall zum andern direct übergeleitet wird. Da in diesem Apparate die eine Nadel vom beweglichen Ende nach dem Drehpunct, die andere in umgekehrter Richtung vom Strom durchlaufen wird, so drehen sie sich auch in entgegengesetzter

---

* Von selbst erhellt, dass bei dem Versuche S. 28 die Wirkung der Erde sich mit der der Multiplicatortafel oder des Multiplicatorbandes combiniren müsse, daher man dort Sorge tragen muss, letztern Einfluss überwiegend zu machen, wenn er mit jenem nicht nach der nämlichen Richtung wirkt. Man bemerkt deshalb auch, dass jedenfalls bei jenen Versuchen die Drehung nach der Richtung, wo der Einfluss der Erde begünstigend wirkt, stärker erfolgt, als nach der entgegengesetzten.

** Sein Journ. XLVIII. 300.

*** **Schweigger** bedient sich eines 3 Fuss langen, 1½ Fuss breiten, mit Seitenleisten und Stellschrauben versehenen Brets, und starker Salmiaklösung.

† **Schweigger** nimmt sie am liebsten von übersilbertem Kupferdraht.

†† Die Platinspitzen brauchen allenfalls nur angewunden zu seyn, und müssen, um Reibung zu verhüten, die Flüssigkeit bloss berühren.

Richtung; der positive Draht gewöhnlich etwas stärker als der negative, weil an diesem die Entbindung von Gas, welche störend wirkt, schwächer ist [*].

b) Ein um eine verticale Axe beweglicher verticaler Leiter [**] wird durch den Einfluss der Erde nach West gerichtet, wenn der Strom in ihm aufsteigend ist, nach Ost, wenn er absteigend ist.

Im ersten Fall nämlich entfernt er sich von den unbegränzten Erdströmen; der verticale Leiter muss also nach S. 25 auf der Richtung derselben fortzugehen streben. Da er aber bloss um eine verticale Axe beweglich ist, so kann sich diess Streben nur durch eine Drehung nach dieser Richtung äussern, bis der Leiter nach West gekommen ist, worüber er nicht hinausgehen kann (ausser vermöge der erlangten Geschwindigkeit), weil er sich, um weiter zu gehen, nach der, den Erdströmen entgegengesetzten, Richtung drehen müsste. Durch eine ähnliche Herleitung ergiebt sich die entgegengesetzte Richtung, die der Leiter annimmt, wenn der Strom im verticalen Leiter absteigend ist.

c) Ein horizontaler Leiter, der so aufgehangen ist, dass er sich frei um eine horizontale Axe drehen kann [***], wird, welche Richtung er auch in der Horizontalebene haben mag, stets nach seiner linken Seite aufsteigen*.

---

[*] Man kann auch statt gesäuerten oder Salmiakwassers Quecksilber anwenden. In diesem Fall ist es vortheilhaft, um dessen nicht zu viel nöthig zu haben, bloss ein Paar, durch eine Furche verbundene Ringe, in einem Brete auszuhölen, in denen sich die Drahtspitzen bewegen können.

[**] Einen solchen stellt *Fig.* 8 dar, wenn er mit den Spitzen *l* und *z* in zwei Schälchen eingesetzt wird, in die man die Elektricität zuleitet. Die ideale Linie *zl* ist hier die verticale Drehungsaxe. (Vergl. Demonferrand Handb. S. 87.)

[***] Einen solchen Leiter stellt *Fig.* 25 dar. *ab* ist der horizontale Theil, der mittelst der verticalen Arme *ae* und *bf* und der Spitzen *x*, *y*, welche in Schälchen stehen, die in der Kette enthalten sind, um die horizontale Axe *xy* beweglich ist. *ef* ist eine Glasröhre, die zur Isolirung der Schälchen von einander dient, *i* ein Gegengewicht. Die Wirkung der Erde auf

Geht also der Strom in *ab* *Fig.* 25 von Süd nach Nord, so erhebt er sich nach West; geht er von Nord nach Süd, so erhebt er sich nach Ost; geht er von Ost nach West, so steigt er nach Süd auf; geht er von West nach Ost, so steigt er nach Nord auf**.

Dass dem so seyn müsse, erhellt aus folgenden Betrachtungen. Gesetzt der Strom *ab* sey den Erdströmen parallel, laufe mithin von Ost nach West. Wäre er ganz frei, so würde er in mit sich selbst paralleler Richtung nach dem im Aequator liegend gedachten Strom hingehen. Von der Kraft, die ihn zu dieser Bewegung antreibt, wird aber in jeder Lage, die er annehmen mag, immer ein Theil durch den Widerstand der Aufhängungsaxe aufgehoben, und bloss der auf jenen senkrechte Theil kann zur Drehung wirksam seyn. Zerlegt man nun die Kraft, welche in der Richtung von dem Erdstrom zum Leiter *ab* wirkt, in diese beiden Richtungen, so wird man sehen, dass in jeder Lage, die der Leiter *ab* haben mag, die wirksam bleibende Kraft dahin wirkt, ihn nach Süd zu erheben, und diess so lange, bis die Anfangs verticale Ebene des Leiters in eine solche Lage gekommen ist, dass die Linie, welche man von dem Erdstrom des Aequators zur Axe zieht, mit dieser Ebene zusammenfällt, indem nur in dieser Lage die ganze Wirkung der Erdkraft durch die Axe aufgehoben wird.

---

die verticalen Theile compensiren sich, weil sie vom Strom in entgegengesetzter Richtung durchlaufen werden, daher bleibt die der horizontalen Theile allein übrig.

[*] Um zu wissen, was bei Betrachtung dieser Erscheinungen unter Rechts und Links verstanden wird, diene folgende Erklärung. Man denke sich einen Menschen so im Strom des Leiters liegend, dass dieser in der Richtung von seinen Füssen nach seinem Kopf läuft und sein Gesicht der Erde zugekehrt sey; dann gelten die obigen Ausdrücke für das, was zu seiner rechten und linken Hand liegt.

[**] Die experimentale Nachweisung siehe in Demonferrand Handb. 98.

Gesetzt andrerseits, der Apparat sey so gestellt, dass der Strom *ab* die Richtung von Süd nach Nord hat, so entfernt er sich von dem im Aequator liegend gedachten Erdstrom, muss mithin auf der Richtung desselben fortzugehen streben, welches Streben bei der Befestigungsart des Leiters nur in eine Drehung nach der bezeichneten Richtung übergehen kann.

Nach denselben Grundsätzen ergeben sich auch die andern Fälle.

In dem Falle, wo die Ebene des Leiters zu Anfange des Versuchs mit dem magnetischen Aequator parallel war, findet man, dass sie in einer gegen den Horizont schiefen Lage[*] ins Gleichgewicht kommt, und verfolgt man ihre Richtung in dieser Lage bis zur Ebene des magnetischen Aequators, so findet man, dass sie nicht an der Erdoberfläche in ihm eintreffen würde, sondern vielmehr nur in einem kleinen Abstand vom Mittelpunct der Erde. Hieraus erhellt, dass der elektrische Erdstrom, in dem man die Wirkung der ganzen Erdströme vereinigt denken kann, nicht als an der Erdoberfläche, sondern als im Innern der Erde nahe um seinen Mittelpunct laufend gedacht werden muss[**].

Der in Bezug auf diese Versuche beschriebene Apparat lässt sich noch auf manche Weise abändern. Zweckmässig ist es z. B., ihn in Form eines Rechtecks zu gestalten, welches um eine durch seine Mitte gehende, einer seiner Seiten parallele, horizontale Axe beweglich ist, und vom Strom so durchlaufen wird, dass sich der obere und untere horizontale Theil des Rechtecks in der Wirkung unterstützen und zugleich äquilibriren *.

---

[*] Diese Lage ist senkrecht auf die Richtung der magnetischen Neigungsnadel. — Damit wirklich der Leiter genau in diese Lage komme, muss er sehr genau äquilibrirt und genau parallel mit dem magnetischen Aequator, überdiess der Strom stark genug seyn.

[**] Es ist wohl zu bemerken, dass, wenn den elektrischen Erdströmen eine physische Wirklichkeit zukommen sollte, allerdings dieselben über die ganze Erdoberfläche laufen könnten; denn eben ist nur von ihrer Resultante die Rede.

d) **Ein horizontaler frei nach allen Seiten beweglicher Leiter kann sich nicht nach der Richtung seiner Länge bewegen, sondern, welche Richtung er auch in der Horizontalebene hat, stets wird er sich vermöge Wirkung der Erde parallel mit sich selbst von seiner Rechten nach seiner Linken bewegen.**

Dass er sich parallel mit sich selbst, d. h. nach der Richtung einer auf ihn senkrechten Linie bewegen müsse, ergiebt sich aus dem Satze 22, dass die Wirkung eines unbegränzten geraden oder kreisförmigen Stroms, den hier der Erdstrom des magnetischen Aequators darstellt, senkrecht auf jeden Theil eines begränzten Stroms ist. Die absolute Richtung der Bewegung aber ergiebt sich nach den ersten Sätzen, wenn man für jeden einzelnen Fall die Richtung des Stroms im begränzten Leiter in Bezug zu der ostwestlichen des Erdstroms in Betracht zieht.

Faraday fand diesen Satz durch die Erfahrung an einem horizontalen Metalldraht bestätigt, welcher an einem sehr langen Seidenfaden hing und dessen leicht umgebogene Enden in Quecksilberwannen, die in der Kette waren, tauchten.

e) **Ein Leiter, der die Gestalt einer geschlossenen Figur hat, wie ein Kreis oder ein Quadrat, und um eine verticale Axe beweglich ist, nimmt durch den Einfluss des Erdkörpers die Richtung**

---

* Der von **Ampère** hiezu angewandte Apparat ist beschrieben und abgebildet in **Ampère** und **Babinet** Darstell. u. s. w. S. 28.

Will man die Hebungen der Ebene nur überhaupt beobachten, ohne die Lage des Gleichgewichts mit Genauigkeit erhalten zu wollen, so dient dazu sehr zweckmässig ein ringförmiger Multiplicatorwulst (*Fig.* 26) aus nicht zu schwachem Draht, dessen fein abgeschliffene Enden auf zwei horizontalen Schneiden ruhen, so dass die Ebene des Wulstes vertical dazwischen schwebt. Die Schneiden werden in die Kette gebracht, die nur schwach zu seyn braucht.

an, welche senkrecht auf den magnetischen Meridian (parallel mit dem magnetischen Aequator) ist, und in welcher der Strom in seinem untersten Theile mit den Erdströmen parallel (also fast ostwestlich) läuft.

Dieses ist ein für weitere Folgerungen höchst wichtiger Satz. Ihn zu erweisen, diene *Fig. 27*, wo der Leiter ein ziemlich geschlossenes Rechteck vorstellt*.

Die horizontalen Theile des Quadrats $\delta\gamma$ und $\varepsilon\eta\alpha\beta$, so wie die weiter oben befindlichen horizontalen Biegungen können zur Ertheilung einer Richtung nichts beitragen; denn da sie jedenfalls in entgegengesetzter Richtung vom Strom durchlaufen werden, mag dieser in y oder y' eintreten, so werden sie immer, da die Summe der nach einer Seite durchlaufenen horizontalen Theile gleich der nach entgegengesetzter Seite durchlaufenen ist, und da die entgegengesetzt durchlaufenen Theile in gleichen Abständen von der Drehungsaxe (der Verticale durch yy') oder an gleichen Hebelarmen wirken, eine gleich starke Drehung nach entgegengesetzter Richtung hervorzubringen streben, mithin sich wechselseitig das Gleichgewicht halten. Es bleibt also die Wirkung der Erde auf die verticalen Theile $y\alpha$ und $\beta\gamma$ einerseits, und $y'\eta$, $\varepsilon\delta$ andrerseits zu betrachten übrig. Folgt nun der Strom der Richtung $y\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon$, so wird der absteigende Strom $y\alpha\beta\gamma$ sich nach Ost, der aufsteigende $\varepsilon\delta\eta y'$ nach West zu drehen streben (nach Satz *b*); durchläuft hingegen der Strom den Leiter nach der Richtung $\varepsilon\delta\beta\gamma$, so wird $\varepsilon\delta$ nach Ost und $\gamma\delta$ nach West getrieben werden. In beiden Fällen wirken die, die verticalen Theile antreibenden, Kräfte zusammen, dem ganzen System die angegebene Richtung zu ertheilen, in welcher der Strom des untern Theils ostwestlich (oder strenger genommen, parallel mit der Richtung des magnetischen Aequators) geht.

---

* Aus der nachfolgenden Betrachtung selbst wird sich ergeben, dass die völlige Schliessung der Figur, welche kein Einbringen in die Kette gestatten würde, zum Erfolge nicht nothwendig ist.

Betrachtet man nun aber einen Strom, der, anstatt ein Rechteck zu seyn, die Gestalt irgend einer geschlossenen Curve hat, so kann man die Richtung jedes seiner Elemente in zwei Theile, einen horizontalen und einen verticalen, zerlegen. Die horizontalen Theile werden, je nach der Richtung ihres Stroms eine drehende Bewegung nach der einen oder nach der andern Richtung hervorzubringen streben; allein für jede geschlossene Curve wird die Summe der nach einer Richtung durchlaufenen horizontalen Elemente gleich der Summe der in entgegengesetzter Richtung durchlaufenen seyn; mithin wird für den gesammten horizontalen Theil des Systems Gleichgewicht Statt finden, während die verticalen Elemente alle dazu zusammenwirken werden, dem Systeme die erwähnte Richtung zu geben.

Will man den hier erörterten Satz an einem einfachen, kreisförmig oder rechtwinklich gebogenen, Schliessungsdrahte bewähren, so ist dazu das Einbringen desselben in eine sehr wirksame Kette erfoderlich, auch darf der Draht nicht zu dünn seyn [*]. Wendet man aber einen ringförmigen Wulst von Multiplicatordraht an, so kann man auch mit einem kleinen Plattenpaar den Apparat schon sich in die angegebene Stellung setzen sehen.

Schweigger [**] und **Baumgartner** [***] haben hiezu sehr einfache und zweckmässige Versuche angegeben, die wir hier beschreiben wollen. Es lassen sich aber auch alle die Apparate, welche in Bezug zu Satz 15 angeführt werden sollen, zu diesem Zweck benutzen [†].

In *Fig.* 28 sey *a* ein Hut aus Messing gearbeitet, welcher auf der Stahlspitze *i* schwebt und mit dem Becher *c* durch Siegellack verbunden, also von ihm isolirt ist. Die Hebelarme *ab*, an dem Hute, und *cd*, am Becher angelöthet, halten sich das Gleichgewicht, und es kann noch senkrecht auf dieselben ein Draht angebracht seyn, um durch ein daran verschiebliches kleines Gegengewicht dem Multiplicator das Gleichgewicht zu halten, dessen eines Ende mit ab, das andere mit cd in leitender Verbindung steht. In das Quecksilber des Bechers c taucht die, an einem passenden Stative* befestigte, Kupfernadel mn, welche man mit dem einen Pole in Verbindung setzt, während die Kupferspitze ik, auf welcher das Hütchen a ruht, mit dem andern Pole in Verbindung steht. Solchergestalt wird die Elektricität genöthigt, den Multiplicator zu durchlaufen, und seine Ebene stellt sich in die durch die obige Regel bestimmte Lage.

---

[*] Die experimentale Bewährung von **Ampère** findet sich in **Demonferrand's** Handb. S. 90.

[**] **Schweigg.** J. XLVI. 35.

[***] Ebendas. S. 38.

[†] Desgleichen der beschriebene Sturgeonsche Apparat.

Folgendes ist die Baumgartner'sche Vorrichtung, die jedoch der vorigen an Beweglichkeit nachsteht.

A (*Fig.* 29) ist ein Ring aus Pappe, oben und unten in der Verlängerung seines verticalen Durchmessers mit feinen Metallspitzen a und b versehen und aussen von einem dünnen mit Seide umsponnenen Metalldraht 10- bis 20mal umwunden, so dass das Ganze einen um a und b beweglichen Multiplicator vorstellt, wovon die Enden mit a und b verbunden sind. B ist ein hölzernes Gestelle, welches in c und d mit Metallblättchen belegt ist. Das obere hat eine feine, nach Oben sich schnell erweiternde, Oeffnung, welche der Spitze a als Pfanne dient und mittelst eines in der Oeffnung enthaltenen Quecksilbertropfens in inniger Berührung mit a erhalten wird. Das untere Blättchen hat bloss eine Vertiefung, um einen Quecksilbertropfen in b aufnehmen zu können. Sobald man das obere und untere Metallblättchen des Gestelles mit dem Pole eines wirksamen Volta'-

---

* Das Stativ kann entweder an einem Tische angeschraubt werden, oder auf einem, mit Blei ausgegossenen Fusse, feststehen. Es kann von Holz seyn, eben so wie der Arm desselben qp, der aufwärts und abwärts verschieblich und bei q festzustellen ist. Die Nadel mn ist mit einer Schraube versehen, um gleichfalls beliebig höher oder tiefer gestellt werden zu können. Am bequemsten ist der ganze Theil op von Kupfer, vorwärts und rückwärts, so wie rechts und links, verschiebbar, und wird mittelst einer Schraube o festgestellt, wodurch man zugleich den die El. zuleitenden Kupferdraht anschrauben kann.

schen Apparats in Verbindung setzt, stellt sich sofort der Ring senkrecht auf den magnetischen Meridian.

Ausser den hier betrachteten Fällen, wo die Curve sich um eine Axe dreht, durch welche sie in zwei Theile getheilt wird, kann man noch besonders den Fall betrachten, wo eine Curve sich um eine Axe dreht, zu deren einer Seite sie ganz liegt (wie jeder der beiden Kreise $\beta\gamma\delta$ und $\varepsilon\vartheta\eta$ in *Fig.* 30). Die Wirkung der horizontalen Theile hebt sich dann wie vorhin auf; aber vermöge der Lage auf derselben Seite der Drehungsaxe wirken sich jetzt auch die verticalen Theile in ihrem Bestreben zur Drehung entgegen. Da jedoch in diesem Fall ein verticaler Theil, der nämlich, welcher von der Drehungsaxe am entferntesten ist, stets an einem längern Hebelarm wirkt, als der andere, so bestimmt er die Richtung der Curve. Ist also der Strom in diesem entferntesten Theile aufwärts steigend, so richtet sich das System nach West von der Drehungsaxe; ist er absteigend, nach Ost. In beiden Fällen geht demgemäss auch hier der Strom im untern Theil von Ost nach West.

Viertes Capitel.

Zurückführung des Magnetismus auf die Wirkungen elektrischer Ströme.

Der Einfluss des Erdkörpers auf die Leiter ist immer verhältnissmässig nur schwach, so dass, wenn man ihn auf geradlinige oder einfache gebogene Leiter wirken lässt, dieselben von einem sehr kräftigen Strom durchlaufen werden müssen, damit die im Vorigen betrachteten Wirkungen bemerklich werden. Man kann jedoch jenen Einfluss, wenn es sich darum handelt, ihn auf geschlossene Curven nachzuweisen, ausser der Anwendung von Multiplicatoren, auch sehr dadurch verstärken, dass man den Leiter, der Behufs der Isolirung der einzelnen Windungen von einander mit

Seide übersponnen seyn muss, schraubenförmig windet, wie *Fig.* 31 im Schema darstellt. In diesem Fall wirkt jede Windung des so gebildeten schraubenförmigen Cylinders wie ein, auf der Axe desselben senkrechter, Kreis und wie ein kleiner, der Axe paralleler und der Höhe des Schraubengangs an Länge gleicher Strom; die ganze Schraube also in jedem Fall wie eine Reihe paralleler Kreise von der nämlichen Zahl als die Windungen der Schraube und wie ein, in der Axe befindlicher, geradliniger Strom (die Summe der Höhen der einzelnen Schraubengänge). Lässt man den leitenden Draht von einem Ende der Schraube in entgegengesetzter Richtung durch die Axe zurückkehren, so hebt seine Wirkung die Wirkung aller der kleinen, der Höhe der Schraubengänge gleichen, Ströme auf, und es bleibt bloss der Wirkung nach noch ein Apparat übrig, bestehend aus parallelen, nach der nämlichen Richtung durchlaufenen, Kreisen. Einen solchen Apparat nennt man einen elektrodynamischen Cylinder oder eine elektrodynamische Schraube.

Die beiden Enden des Cylinders lassen sich als die gemeinschaftlichen Pole aller Kreise, aus denen er besteht, ansehen. Da in allen Kreisen der Strom die nämliche Richtung verfolgt, so wird die Gesammtheit derselben, d. i. der ganze elektrodynamische Cylinder, sich so richten, dass die Ströme in seinem untern Theile ziemlich von Ost nach West gehen, so dass mithin einer seiner Pole gegen Norden, der andere gegen Süden, die Axe des Cylinders in den magnetischen Meridian zu stehen kommt. Mit einem Worte, der elektrodynamische Cylinder wird durch die Wirkung des Erdkörpers ganz die nämliche Richtung, als eine Magnetnadel, annehmen, und eben so einen nach Norden gerichteten und einen nach Süden gerichteten Pol zeigen.

Denkt man sich die magnetischen Erdströme nicht an der Oberfläche der Erde, sondern in einem kleinen Abstand von ihrem Mittelpunct kreisend, wie die S. 36 erwähnte Beobachtung erfoderlich macht, so wird ein freier in der Verticalebene beweglicher Cylinder auch eine ähnliche

Neigung gegen die Erdoberfläche annehmen müssen, als wir später für die Magnetnadel unter gleichen Umständen Statt findend kennen lernen werden.

Da nun diese Umstände durch die Erfahrung bestätigt werden, so schliesst Ampère aus dem gänzlich übereinstimmenden Verhalten der elektrodynamischen Cylinder und der Magneten folgenden Satz:

15) Jede Magnetnadel lässt sich als ein elektrodynamischer Cylinder betrachten, d. h. als ein Körper, um dessen Axe in Ebenen, die auf der Axe senkrecht oder nahe senkrecht sind, elektrische Ströme kreisen, von welchen alle sogenannten magnetischen Wirkungen derselben abhängen; umgekehrt lässt sich jeder elektrodynamische Cylinder als ein Magnet ansehen.

Wir können es dahin gestellt seyn lassen, ob der Vorstellung, auf die wir solchergestalt über die Beschaffenheit der Magnete geleitet worden sind, rein physische Gültigkeit zukomme. Es reicht hin, dass sich in der That nach ihr die Beziehungen des Magnetismus zur Elektricität auf eine durchgreifende Weise repräsentiren lassen. Selbst die Erscheinungen des Magnetismus für sich würden sich nach dieser Ansicht vollkommen darstellen lassen, indem sich auch zwei Magnete stets so zu einander verhalten, wie zwei elektrodynamische Cylinder zu einander; indess weiss man, dass diese Erscheinungen sich auch auf eine andere Weise, ohne Bezug auf elektrische Erscheinungen, darstellen lassen. Ohne auf nähere Erörterungen hierüber weiter einzugehen, wollen wir jetzt den Folgerungen, die sich aus jener vorausgesetzten Gleichheit der Magnete und elektrodynamischen Cylinder ergeben, nachgehen, und die Mittel angeben, sie in der Erfahrung zu bewähren.

Eine unmittelbare Folgerung der ersten Fundamentalsätze ist, dass zwei elektrodynamische Schrauben sich mit ihren gleichnamigen Polen (d. h. die dieselbe Richtung im Raume annehmen), abstossen müssen, und mit den ungleichnamigen anziehen, eine Erscheinung, welche man bekanntlich auch bei den Magneten bemerkt. Diess an einem einfachen

Falle nachzuweisen, denke man sich zwei elektrodynamische Schrauben in solcher Lage, dass die Richtung ihrer Axen in Eine Linie falle. Kehren sie sich alsdann die ungleichnamigen Pole * zu, so werden die Kreise beider Schrauben parallel und in der nämlichen Richtung durchlaufen werden; mithin wird Anziehung zwischen ihnen eintreten müssen. Kehren sich dagegen die Schrauben die gleichnamigen Pole zu, so werden die beiden Schrauben von der Elektricität in entgegengesetzter Richtung durchlaufen und müssen sich mithin mit dem zugekehrten Ende abstossen. Die Erfahrung bestätigt dies Resultat nicht nur für diese, sondern für alle mögliche Lagen beider Schrauben gegen einander. Jedesmal gehen die Erscheinungen so vor sich, als ob die Schrauben sich mit ihren gleichnamigen Polen abstiessen, mit ihren ungleichnamigen anzögen. Dieselben Erscheinungen erfolgen auch bei Einwirkung eines Magnets und einer elektrodynamischen Schraube auf einander.

Man kann mittelst sehr einfacher Apparate diese hier beschriebenen Resultate nachweisen. Die beiden folgenden, von denen der erste eigentlich bloss ein Element eines elektrodynamischen Cylinders, d. i. einen einfachen Kreis, darstellt, sind von de la Rive angegeben worden **.

Fig. 32 stellt einen Apparat dar, bestehend aus zwei kleinen, 3 Zoll langen und 12 Linien breiten Streifen *** Zink und Kupfer, welche durch eine kleine Korkscheibe, die als Schwimmer dient, so gesteckt sind, dass sie aus dem Korke unten ungefähr 1 Zoll weit hervorragen. Ueber dem Korke löthet man die Platte zu einem Bogen zusammen und verbindet sie durch einen Kupferdraht. Setzt man diesen Apparat auf gesäuertes Wasser, so bildet der Strom einen Kreis, der vom Zink durch das Wasser zum Kupfer und so fort einen geschlossenen Bogen durchläuft. Bringt man nun einen Magnetstab, den man horizontal und auf die Ebene des Ringes senkrecht hält, mit seinem Südpol in den Mittelpunct des Ringes, und es befindet sich in diesem der Zink rechts und das Kupfer links, so wird der Schwimmer zurückgestossen und entfernt sich. Wendet man aber den Magnetstab um, und bringt seinen Nordpol bei übrigens gleicher Lage wie zuvor in den Mittelpunct, so wird der Ring angezogen und der Schwimmer nähert sich mit zunehmender Geschwindigkeit der Hand des Beobachters.

---

* d. h. welche mit den ungleichnamigen Polen der Säule in Verbindung stehen.

** Gilb. Ann. LXIX. 81. — Auch die Seite 39 ff. beschriebenen Apparate lassen sich zu hieher gehörigen Versuchen benutzen.

*** Nach oben jedoch müssen sich die Streifen verschmälern, damit der Apparat beim Schwimmen nicht umschlage. — Unstreitig wird es vortheilhaft seyn, bei diesem wie bei dem folgenden Apparate die in das Wasser tauchenden Streifen so nahe als möglich einander gegenüber zu biegen, was in den Figuren nicht gut ausgedrückt ist.

Der zweite Apparat, *Fig.* 33, besteht aus einer Korkscheibe, durch die, wie vorhin, zwei 2 Linien breite Streifen Zink und Kupfer so gesteckt sind, dass sie unten 1 Zoll, oben 2 Linien weit aus dem Korke hervorragen. Mit Seide dicht übersponnener Messingdraht, den man um eine 2 Lin. weite Röhre so gewunden hat, dass, wenn man diese herauszieht, er eine Länge von 6 Zoll einnimmt, bildet die Drahtschraube, deren Windungs- und Befestigungsart unmittelbar aus der Figur erhellt. Die Enden dieser Schraube verhalten sich, wenn der Apparat auf gesäuertes Wasser gesetzt wird, in ihren Anziehungen und Abstossungen gegen genäherte Magnete selbst ganz wie Magnetpole nach den erörterten Grundsätzen.

Aehnlich mit dem ersten der hier angeführten Apparate ist folgender von Raschig*. Ein ringförmiger Wulst von Multiplicatordraht wird an einem einfachen Seidenfaden aufgehangen, an ein Ende des Drahts ein kleines silbernes oder kupfernes, mit gesäuertem Wasser zu füllendes, Gefäss (ein Fingerhut), an das andere eine kleine Zinkplatte

---

** Gilb. Ann. LXVII. 431.

befestigt. Lässt man nun die Zinkplatte in das gesäuerte Wasser tauchen, so dass sie nicht an die Wände des Gefässes antrifft, und nähert darauf dem Wulst einen starken Magneten, so werden sich Anziehungen und Abstossungen nach den angegebenen Regeln äussern.

Wenn der Strom, der einen dieser Apparate durchläuft, hinlänglich stark ist, so bemerkt man stets, dass sie sich von selbst in solche Richtungen stellen, dass der Strom in ihrem untern Theile ostwestlich läuft. Um diesen Versuch auf eine Art darzustellen, die hinsichtlich der Aehnlichkeit mit der Erscheinung an wirklichen Magnetnadeln nichts zu wünschen übrig lässt, dient am besten ein kleiner Apparat von Raschig[*], der dem eben erwähnten in allen Stücken ähnlich ist, ausser dass hier der Wulst von Multiplicatordraht durch eine wirkliche elektrodynamische Schraube ersetzt ist, an der sich auch die Anziehungs- und Abstossungsversuche am bequemsten wiederholen lassen. Seine Abbildung ist *Fig.* 34 gegeben. Man nimmt zu seiner Verfertigung einen gewöhnlichen Federkiel, schabt ihn zum Ueberfluss noch etwas dünner, umwickelt ihn schraubenförmig mit feinem übersponnenen Kupferdrahte und bindet diesen an beiden Enden mit Seide fest, führt das eine Ende desselben *ad* herabwärts und löthet es bei *h* an eine kleine Zinkscheibe, das andere Ende *be* aber bei *i* an einen etwas platt geklopften kupfernen oder silbernen Fingerhut oder einen, diesem ähnlichen, kleinen Becher *e*, welcher mittelst zweier Seidenfäden *fg* an dem Federkiel aufgehangen ist, bringt den Federkiel selbst an den zwei Fäden *m*, *n* in eine horizontale Lage, und hängt ihn frei und leicht beweglich an einem, zum Tragen desselben hinreichend starken, übrigens möglichst feinen, Faden ungezwirnter Seide auf. Am besten versieht man ferner den Zinkstreifen mit einer, über seine drei, im kupfernen Becherchen befindlichen, Kanten aufgetragenen mässig dicken Lage Siegellack, und befestigt ihn in der Mitte des Fingerhutes stehend vermittelst zweier hervorragender Knöpfchen Siegellack, so dass er mitten zwischen den Seitenwänden des mit leitender Flüssigkeit gefüllten Bechers aufrecht steht, ohne metallische Berührung mit denselben. — Statt des Bechers mit der Zinkplatte kann man übrigens auch eine Kupfer- und Zinkplatte an den Enden der Drähte *ad* und *bc* in gesäuertes Wasser herabhängen lassen.

---

[*] Gilb. Ann. LXIX, 207.

Man kann die richtende Kraft einer elektrodynamischen Schraube noch dadurch sehr verstärken, wenn man sie nach Vanderheyden's Einrichtung aus mehrern sich umschliessenden Schrauben zusammensetzt, indem man die zuerst gebildete von Neuem umwickelt, doch so, dass die Ströme in allen dieselbe Richtung durchlaufen *.

Auch ein thermoelektrischer Apparat lässt sich einrichten, der die Magnetnadel sehr genau nachahmt, indem man einen hohlen Cylinder seiner Länge nach aus zwei Metallen zusammensetzt, und in der einen Berührungslinie durch heisse Bolzen von gehöriger Länge oder durch eine Reihe von Lampen erwärmt. Begreiflich müssen hier ebenfalls Ströme, welche die Axe des Cylinders umkreisen, entstehen. In der That wirkt auch ein solcher thermoelektrischer Cylinder ganz nach Art eines Magnets auf Magnetnadeln, und würde, frei aufgehangen, unstreitig auch die Richtung des magnetischen Meridians annehmen, ja es würde wahrscheinlich ein einfacher thermoelektrischer Ring hiezu schon fähig seyn **.

Aus der Ansicht, dass die Magnete sich als elektrodynamische Cylinder verhalten, ergiebt sich nicht bloss ihre Wirkung auf wirkliche elektrodynamische Cylinder, sondern auch die wechselseitige Wirkung von geradlinigen Leitern und Magneten. Die allgemeine Regel ist die:

16) Wenn Leiter und Magnet in einer solchen Lage zu einander befindlich sind, dass sie durch ihre wechselseitige Wirkung einander in keine anhaltende Drehung versetzen können so werden sie stets eine solche Richtung des

---

* Demonferrand Handb. S. 103.

** Seebeck in Pogg. Ann. VI. 14.

Gleichgewichts zu einander anzunehmen streben, dass der Strom des Leiters parallel dem Strom in der ihm zugewandten Seite des Magnets ist*, und ihre Anziehungen und Abstossungen werden sich danach ergeben, ob der Strom des Leiters bei der Lage, in die man ihn zum Magnet bringt, dem Strome in der ihm zugekehrten Seite des Magnets parallel oder entgegengesetzt gerichtet ist.

Nachstehende Sätze sind nur Folgerungen dieser Grundansicht, deren Zusammenhang damit man sich leicht selbst verdeutlichen kann.

a) Ein geradliniger beweglicher Leiter, der einem Magnet zwischen seinen beiden Polen dargeboten wird (d. i. so, dass der Fusspunct des Perpendikels, welches der Richtung des Leiters und der Richtung der Magnetaxe gemeinschaftlich ist, zwischen beide Pole in den Magneten selbst eintrifft), dreht sich in eine, auf den Magnet senkrechte, Richtung, so dass seine linke Seite** nach dessen Nordpol hinsieht (*Fig.* 35).

b) Ein Magnet zieht einen Leiter an, wenn dieser sich zwischen seinen beiden Polen (nach der unter *a*) gegebenen Bestimmung) so befindet, dass die linke Seite desselben nach dem Nordpol des Magnets hinsieht (wie in *Fig.* 35). Abstossung findet dagegen Statt, wenn, während die übrigen Umstände die nämlichen bleiben, die linke Seite des Stroms nach dem Südpol des Magneten hinsieht.

c) Ein um eine Axe beweglicher, mit ihr paralleler, Leiter, wie *Fig.* 36, auf welchen ein Magnet wirkt, dessen beide Pole sich in einer auf die Ebene des Leiters*** senkrechten Ebene, und zwar zu beiden Seiten der Ebene des Leiters befinden, stellt sich der Mitte des Magnets gegenüber, wenn die linke Seite des Stroms nach dem Nordpol hinsieht; im entgegengesetzten Fall kann der Leiter zwar auch in nicht stablem Gleichgewicht der Mitte des Magnets gegenüber bleiben, so wie er aber ein wenig daraus entfernt wird, sucht er sich ins Unbestimmte davon zu entfernen (kehrt sich mithin um).

---

* Von dem Fall, wo anhaltende Drehungsbewegung eintritt, wird im folgenden Abschnitt die Rede seyn.

** Hier stellt man sich den Beobachter allemal mit dem Gesicht nach der Magnetnadel zugekehrt vor, übrigens aber, wie erwähnt, so im Strome liegend, dass dieser von seinen Füssen nach seinem Kopfe geht.

*** d. i. der Ebene, die der Leiter mit der Drehungsaxe bildet.

Die experimentale Nachweisung der eben angeführten drei Folgesätze mittelst des Ampére'schen allgemeinen Apparats findet sich u. a. in Demonferrand's Handbuch, S. 106 ff. Man kann sie aber auch leicht mittelst folgenden Apparats von Erman* bewähren.

Ein im Durchschnitt gezeichneter Becher vom dünnsten** Silber oder Kupfer *ab*, *Fig.* 37, hat vom Boden aus den aufwärts gehenden hohlen Cylinder *cd*, so dass also beide Cylinder einander parallel laufen. Die innere Röhre, zwischen ¼ bis ¾ Zoll im Durchmesser haltend, ist etwas höher und hat oben einige kleine Löcher, mit den durchgezogenen und festgebundenen Seidenfäden *α*, *α*, welche in einen, zum Tragen des Apparats hinreichend starken, ungezwirnten Seidenfaden *β* vereinigt sind, der irgendwo angeknüpft wird. Am Boden des äussern, grössern Cylinders von 1½ Zoll Durchmesser liegt eine so durchbohrte dünne Glasscheibe, dass der innere Cylinder bequem durch die Oeffnung derselben geht. Auf dieser isolirenden Glasscheibe ruht der hohle Cylinder *ee* von Zink und der Zwischenraum zwischen beiden Metallen wird mit stark leitender Flüssigkeit gefüllt (schwefels. Zinkauflösung wird besonders empfohlen). Der obere Rand des äussern Cylinders hat bei *l* ein kleines angelöthetes Blech mit einer Vertiefung, worin sich ein Tropfen Quecksilber befindet, um das eine, etwas herabwärts gebogene, Ende des Drahtes *lmnops* hineinzutauchen, während das andere *s* in dem Quecksilbertropfen eines ähnlichen kleinen Bleches am

---

* Erman Umrisse u. s. w. S. 9 ff.

** Damit er möglichst wenig Gewicht habe.

Cylinder von Zink ruht. Der Strom durchläuft in diesem Apparat die Richtung *lmnopsel*, und man kann den Draht begreiflich einem Magneten in sehr verschiedenen Richtungen darbieten, wo der ganze Apparat vermöge seiner Beweglichkeit die Bewegungen annehmen wird, die nach vorigen Sätzen die Wirkung auf den Theil des Drahts, auf den der Magnet zunächst wirkt, mit sich bringt.

Zu gleichem Zweck kann auch folgende, von Althaus* angegebene, Vorrichtung benutzt werden, welche, da sie im Wesentlichen blos aus einem gehörig gebogenen und an einem Faden ungezwirnter Seide fein balancirten Drahte besteht, den Vorzug der Wohlfeilheit vor der vorigen voraus hat.

Auf einem schmalen Brete *AB*, *Fig*. 38, wird die gebogene Glasröhre *abc* aufgerichtet, welche an ihrem Ende den kleinen Becher *m* mit Quecksilber trägt. In diesem Quecksilber ist der Draht mit seinem krummgebogenen Ende *e* frei beweglich, und wird selbst durch den ungezwirnten Seidenfaden *r* am Häkchen *s* getragen. Der Draht bildet dann von *e* und *f* durch *ghi* und *k* einen Kreis, welcher durch das Quadrat *glop* genau balancirt ist, und senkt sich mit der untersten Spitze in das Quecksilberschälchen *n*, so dass die obere und untere Spitze nebst den Puncten *f* und *p* in dieselbe Verticale fallen. Da wo die Biegungen sich berühren würden, sind sie durch ein Stückchen Taffet isolirt zusammengebunden, und das Ganze wird mittelst der Quecksilberbecher in die Kette gebracht.

d) Eine horizontal schwebende Magnetnadel wird durch einen Strom, der mit ihrer Axe parallel läuft, so abgelenkt, dass ihr Nordpol nach Links vom Strome weicht, und neutralisirt man auf irgend eine Weise die Wirkung des Erdmagnetismus, welcher die Nadel stets in ihre ursprüngliche Lage zurückzuführen strebt, so bleibt die Nadel nach mehrern Oscillationen in einer auf den Leitungsdraht senkrechten Richtung in Ruhe.

---

* Dessen Versuche über den Elektromagnetismus, S. 4.

Dieser Satz, den wir hier nur als Folgesatz aus andern Sätzen abgeleitet haben, ist vielleicht der wichtigste in der ganzen Lehre des Elektromagnetismus. Denn nicht nur waren es die Thatsachen, die dieser Satz einschliesst, durch deren Beobachtung Oersted zuerst den Weg zur Entdeckung der gesammten elektrodynamischen Erscheinungen aufschloss, sondern er hat auch zur Construction des Multiplicators geführt, eines Instruments, welches bei galvanischen und elektrochemischen Untersuchungen jetzt von unausgesetzter Anwendung ist. Ich habe deshalb auch in meinem Lehrbuch des Galvanismus eine ausführlichere Bewährung und Erörterung dieses Satzes gegeben, und begnüge mich hier mit einer Wiederholung der wesentlichsten Puncte.

Zur einfachen Bewährung mehrerer besonderen Fälle des obigen Satzes kann der in *Fig.* 39 vorgestellte Apparat dienen. *D* ist ein kupferner Kasten (etwa ½ Zoll weit, 3 Zoll lang und 4 Zoll hoch), dessen ebener Boden ringsum über die Seitenwände hervorragt, so dass er mit Sicherheit steht. Dieser kupferne Kasten stellt die eine Elektromotorplatte dar und wird mit verdünnter Säure gefüllt. Statt der andern Elektromotorplatte dient der dreimal rechtwinklich gebogene breite Zinkstreifen *ABC*. Um ihn in metallische Verbindung mit dem kupfernen Kasten zu bringen, setzt man letztern auf ein Ende seines horizontalen Theils und lässt das andre vertical abwärts gehende Ende des Streifens in den Kasten selbst eintauchen, jedoch sorgsam verhütend, dass er nicht irgendwo an die Innenwand des Kastens selbst antreffe, damit der Kreis blos durch die Flüssigkeit im Kasten geschlossen sey. Bei α und β sind Spitzen, auf welchen Magnetnadeln schweben.

Sehr einfach und bequem ist auch folgende Abänderung des vorigen Apparats, die ich selbst anzuwenden pflege.

aa′, *Fig.* 39 *bis*, ist eine Zinkplatte von etwa 6 Quadratzoll Oberfläche, welche sich von *a′* an in den gebogenen Zinkstreifen *a′bcde* fortsetzt, dessen Ende bei *e* auf einem isolirenden Klötzchen ruht. Auf die Zinkplatte wird eine mit starker Leitungsflüssigkeit befeuchtete Papp- oder Tuchscheibe und hierauf die Kupferplatte *K* gelegt. Auf der Kupferplatte und dem Zinkstreifen sind metallene Schälchen angelöthet, die mit Quecksilber gefüllt und zur Schliessung der Kette mit einem metallischen Bogen verbunden werden.

Steht nun einer dieser Apparate in der Richtung des magnetischen Meridians, d. h. so, dass die Streifen, auf denen die Nadeln angebracht sind, mit der Richtung dieser Nadeln parallel sind, so wird man stets im Augenblick, wo der Kreis geschlossen wird, eine mehr oder minder starke Ablenkung der Magnetnadeln nach der durch die obige Regel bezeichneten Richtung erfolgen sehen.

Dieser Regel zufolge wird der Nordpol der auf dem obern Streifen befindlichen Nadel nach entgegengesetzten Richtungen durch die Wirkung des obern und des untern Streifens sollicitirt werden, allein weil der obere Streifen sich näher an ihr befindet, so wird die wirkliche Richtung der Drehung, die sie zeigt, durch die Richtung des Stroms im obern Streifen bestimmt werden.

Was die, zwischen beiden Streifen, auf dem untern angebrachte, Nadel anlangt, so wird man, wenn man die Wirkung des obern und untern Streifens auf sie nach obiger Regel untersucht, finden, dass beide zusammenwirken müssen, sie nach der nämlichen Richtung abzulenken, dass sie sich sonach unter vortheilhaftern Umständen, als die erstere findet; zugleich wird erhellen, dass ihr Nordpol nach der entgegengesetzten Richtung als der Nordpol der obern Nadel gedreht werden muss; alles Umstände, welche die Erfahrung bestätigt.

Die Kraft, welche der Streifen hiebei äussert, ist senkrecht auf die Richtung desselben, d. h. mit andern Worten, die Wirkung des den Streifen durchlaufenden Stroms strebt die Nadel so zu drehen, dass sie in auf dem Streifen senkrechter Richtung stehen bleibt. Allerdings bemerkt man bei dem vorigen Versuche, dass dieser Umstand nie erreicht wird, denn anstatt genau senkrecht stehen zu bleiben, kommt die Nadel vielmehr stets nach mehrern Oscillationen in einer Lage zur Ruhe, welche zwischen inne liegt zwischen der mit dem Draht parallelen und der auf ihm senkrechten Richtung, und sich der letzteren nur um so mehr nähert, je grösser die Kraft des den Streifen durchlaufenden Stroms ist. Der einzige Grund hievon jedoch ist, wie erwähnt, die Wirkung des Erdmagnetismus, welcher die Nadel stets in ihre ursprüngliche Lage zurückzuführen strebt, so dass sie nur in einer mittlern Richtung zwischen der Richtung der beiden Kräfte, von denen sie sollicitirt wird, zur Ruhe kommen kann.

In der That lässt sich auf zweierlei Weise nachweisen, dass die Kraft des Streifens genau senkrecht auf seine Richtung ist. Das erste Mittel besteht darin, bei der vorigen Anordnung des Versuchs die Wirkung des Erdmagnetismus aufzuheben, wozu man gelangt, indem man eine astatische Magnetnadel von besonderer Einrichtung anwendet*, oder indem man zwei gleich stark magnetisirte Magnetnadeln, parallel und so, dass ihre Pole nach entgegengesetzter Richtung gekehrt sind, an denselben Stift befestigt, wie *Fig.* 40 darstellt, darauf dieses System an einem Coconfaden über dem Streifen parallel mit dessen Richtung aufhängt. In diesem Fall wird die Wirkung des Erdmagnetismus auf das System der Nadeln null seyn, weil er die eine Nadel eben so stark nach der einen, als die andere nach der entgegengesetzten Richtung zu drehen strebt; die Wirkung des Streifens aber wird auf die ihm nähere Nadel überwiegen, und dieselbe wird nach mehrern Oscillationen senkrecht auf der Richtung des Streifens stehen bleiben.

Noch zweckmässiger verfährt man hiebei so, dass man wie in *Fig.* 41 die Doppelnadel durch einen im Streifen gemachten Einschnitt so einhängt, dass die eine Nadel unterhalb, die andere oberhalb des Streifens *P'N'* befindlich ist, in welchem Falle die Wirkungen des Streifens auf

---

[*] Eine solche Einrichtung hat Ampère angegeben, vergl. Gilb. Ann. LXVII. 140; und die verbesserte Abänderung von Schmidt ebend. LXX. 243.

beide Nadeln einander vielmehr unterstützen, anstatt sich entgegen zu seyn.

Die andere Art, um nachzuweisen, dass der Streifen eine auf seine Längenrichtung senkrechte Wirkung ausübt, ist folgende. Man stellt den Apparat so, dass die Länge des Streifens gleich Anfangs senkrecht ist auf die Richtung der Nadel, und der Nordpol sich links vom Strom befindet, dies wie S. 48 Anm. verstanden. Ist nun wirklich die Kraft des Stroms auch senkrecht auf die Richtung des Streifens, so kann bei dieser Lage dieselbe kein Streben mehr äussern, die Nadel aus ihrer Richtung abzulenken, und wirklich wird unter solchen Umständen der stärkste Strom nicht vermögend seyn, diess zu bewirken, da sich die Nadel ja eben in der Richtung befindet, die der Strom selbst ihr zu ertheilen strebt. Lenkt man, während der Strom die Nadel durchläuft, die in dieser Lage befindliche Nadel künstlich, z. B. durch Annäherung eines Stücks Eisen oder eines Magnets, aus ihrer Lage ab, so sieht man sie in diesem Fall durch eine Folge von Schwingungen in dieselbe zurückgeführt werden, und diese Schwingungen geschehen schneller, als wenn sie durch den Erdmagnetismus allein zurückgeführt würde.

In der That verhält sich die Gesammtkraft, welche das Zurückführen in die ursprüngliche Lage des Gleichgewichts hiebei bewirkt, wie das Quadrat der Anzahl Schwingungen, die in gleicher Zeit vollbracht werden, oder umgekehrt wie das Quadrat der Anzahl Zeittheile, die zu derselben Anzahl Schwingungen erfoderlich sind, und man kann solchergestalt berechnen, welches Verhältniss die Kraft des Streifens zur Kraft des Erdmagnetismus besitzt, indem man die Nadel erst ohne den Einfluss des Streifens, blos durch die Wirkung des Erdmagnetismus, dann unter vereinter Wirkung des Streifens und des Erdmagnetismus schwingen lässt. Das durch die erste Beobachtung gefundene Mass des Erdmagnetismus, von dem durch die zweite Beobachtung gefundenen Mass der vereinten Kraft des Stroms und Erdmagnetismus abgezogen, giebt das Mass für die Kraft des Stroms allein. Ausführlicher habe ich dieses messende Verfahren in meinem Lehrbuch des Galvanismus abgehandelt.

Stellt man den Streifen so, dass er sich zwar senkrecht auf der Richtung der Nadel, ihr Nordpol aber anstatt links vielmehr rechts vom Strom befindet, so wird, streng genommen, ebenfalls keine Ablenkung der Nadel durch den Strom erfolgen können. Denn wiewohl das Streben des Streifens dahin geht, die Nadel so zu drehen, dass ihr Nordpol sich links vom Strom befindet, so wird doch bei der völlig genau senkrechten Richtung des Streifens auf die Nadel kein Grund vorhanden seyn, warum sie sich mehr nach der einen als nach der andern Seite in diese Richtung drehen sollte, und sie wird, um mich so auszudrücken, in Ungewissheit zwischen beiden Seiten schweben bleiben. So wie aber die Nadel nur ganz wenig die genau senkrechte Richtung verlässt — und es hält gleich Anfangs schwer, sie ihr völlig genau zu geben — wird sie auch sofort ihre Richtung umkehren, so dass sich nun wirklich ihr Nordpol links vom Strom befindet. Man unterscheidet jene beiden verschiedenen Arten des Gleichgewichts, in denen sich die Nadel bei senkrechter Richtung auf den Streifen befindet, durch die Namen des stabeln und des instabeln Gleichgewichts. Bei ersterem wird sonach die Nadel, wenn sie daraus abgelenkt wird, durch eine Folge von Oscillationen von selbst wieder darein zurückkehren; bei der zweiten aber ihn dauernd verlassen, um eine entgegengesetzte Richtung anzunehmen.

Wir haben im Obigen gesehen, dass eine zwischen dem Schliessungsbogen schwebende Magnetnadel durch den obern und untern Theil desselben (bei der mit der Nadel Anfangs parallelen Lage des Bogens) nach derselben Richtung abgelenkt zu werden strebt. Man erhält hiedurch ein Mittel, die Wirkung des Stromes auf die Nadel sehr zu verstärken, indem man den mit einer isolirenden Hülle umgebenen Streifen oder den Draht, den man hier lieber anwendet, wiederholt um die Nadel herumführt, so dass der Strom wiederholt bei der Nadel vorbeizugehen genöthigt ist. Der Effect der Ablenkung, den die Nadel erfährt, wird in diesem Fall durch die Summe der Wirkungen aller einzelnen Windungen des Drahts bestimmt; und man vermag mittelst dieser Anordnung, die im Schema in *Fig.* 42 dargestellt ist, sehr bedeutende Ablenkungen selbst durch ein einziges kleines, an den Enden des Drahtes befestigtes, Plattenpaar hervorzubringen.

Auf diese Anordnung des Schliessungsdrahts gründet sich das Instrument, dessen Entdeckung wir der Sagacität Schweigger's verdanken, und das nach ihm den Namen des Schweiggerschen Multiplicators oder Galvanometers führt. Hinsichtlich des Ausführlichern seiner Construction und seiner vielfachen Anwendungen ist durchaus auf die Lehre vom Galvanismus zu verweisen, und man wird in meinem Lehrbuche hierüber die erfoderliche Auskunft finden.

Wir haben bisher bloss die horizontalen Abweichungen betrachtet, welche die Nadel erfährt, wenn sie sich über oder unter einem Theile des Schliessungsbogens ausgespannt befindet. Ist dagegen der Schliessungsdraht zur einen oder andern Seite einer horizontalen (um eine horizontale Axe beweglichen) Magnetnadel, übrigens mit ihr parallel, ausgespannt, so hat man wiederum nur die auf S. 50 *d*) gegebene allgemeine Regel anzuwenden, um zu finden, dass in diesem Falle der Nordpol der Nadel, anstatt horizontale Ausweichungen zu machen, sich vielmehr heben oder senken muss, je nachdem er sich zu dieser oder jener Seite des Stroms befindet; und dieselbe allgemeine Regel wird auch in jedem Fall hinreichen, die Wahl zwischen dieser Erhebung oder Senkung zu bestimmen.

Die Erfahrung bestätigt die Aussagen jener Regel nicht nur in diesen, sondern auch in allen andern Fällen, wo man eine Nadel parallel mit einem Schliessungsdrahte, übrigens in beliebig verschiedenen Ebenen, anbringt. Ich beschreibe keine besondern Apparate zu diesen Versuchen, da die Anordnungsweise derselben sich von selbst ergiebt.

Es lassen sich auch Ablenkungen der Magnetnadel durch Reibungselektricität hervorbringen, wie neuere Versuche gelehrt haben, während frühere hierüber angestellte Versuche wegen nicht gehöriger Anordnung derselben zu keinen Resultaten führten. Ich habe diese Beobachtungen in meinem Lehrbuche des Galvanismus erwähnt.

e) Eine vertical aufgehangene Nadel wird durch einen horizontalen Strom angezogen, den man ihr zwischen ihren beiden Polen gegenüber hält, wenn der Nordpol sich links vom Strom befindet, in der entgegengesetzten Lage aber abgestossen.

Dieses Resultat, so wie die Lagen, welche eine horizontale Nadel unter dem Einfluss eines verticalen Drahts annimmt [*], ergeben sich gleichfalls aus dem obigen allgemeinen Satze; mit Berücksichtigung des Umstandes, dass der Erdmagnetismus, indem er die Nadeln in ihre ursprüngliche Lage zurückzuführen strebt, der Wirkung der Leiter, je nach den Richtungen, in denen sie wirken, mehr oder weniger entgegenwirken kann, wenn man nicht diese Wirkungen zu neutralisiren sucht [**].

Man könnte auch noch besonders die Fälle erörtern, wo ein Magnet in verschiedene Lagen zu einem geschlossenen Kreise, wie ihn der kleine Schwimmapparat von de la Rive darstellt, gebracht wird, indem man ihn entweder durch seinen Ring durchsteckt oder ausserhalb darbietet u. s. w. Da jedoch der Erfolg auch dieser und ähnlicher Fälle sich durch eine einfache Ableitung aus dem obigen Satze ergiebt, so übergehen wir diese Erörterung [***].

Beiläufig mag erwähnt werden, dass Barlow durch einen sinnreichen Apparat, der jedoch mehr als Curiosität anzusehen ist, die Inclinationen und Declinationen einer Magnetnadel durch die Erde dadurch nachzuahmen gesucht hat, dass er um eine Kugel parallele Ströme mittelst darum gewundenen Drahts laufen und diese auf die Nadel wirken liess *.

---

[*] Auf die einfachste Weise stellt man Versuche darüber an, dass man einer auf Wasser schwimmenden Nadel den verticalen Schliessungsdraht nähert.

[**] Ueber die Wirkung des verticalen Schliessungsdrahts auf die horizontale Nadel vergl. Pfaff in s. Elektromagnetismus. 53. Gilbert in s. Ann. LXVI. 208. — Poggendorff in Okens Isis. 1821. 660. — Pictet und de la Rive in Gilb. LXVI. 305.

[***] Sie findet sich ausgeführt in Demonferrand's Handb. S. 114.

Fünftes Capitel.

Rotationsversuche, durch Einwirkung von Leitern und Magneten auf einander.

Wir haben unter Satz 10 und 11 gesehen, dass begränzte Leiter durch den Einfluss unbegränzter Leiter und umgekehrt in eine anhaltende Drehung versetzt zu werden vermögen. Insofern sich nun jeder Magnet auf eine solche Weise gegen begränzte Leiter anordnen lässt, dass die Ströme, die wir nach dem Vorigen in ihm annehmen, auf ähnliche Weise dagegen angeordnet sind, als bei jenen Versuchen die unbegränzten Leiter gegen die begränzten, werden sich auch Drehungsbewegungen durch den Einfluss von Magneten und Leitern auf einander hervorbringen lassen, die ganz nach jenen Sätzen vorhergesehen und ihrer Richtung nach bestimmt werden können. Nachstehendes wird die zweckmässigste Art, die Versuche hierüber anzustellen, enthalten **.

17) Ein verticaler Magnet, der Wirkung von horizontalen Strömen ausgesetzt, welche entweder alle nach seiner Axe convergiren, oder

---

* *Edinb. J. of sc.* 1824. *Juillet.* 130. oder *Bull. univ. des sc. math. II.* 129.

** In Bezug auf diese Versuche ist zu bemerken, dass bei schwachen galvanischen Apparaten doch durch starke Magnete noch Wirkung erzielt werden kann und umgekehrt, da die Wirkung jederzeit dem Product aus den Intensitäten beider proportional ist.

alle von seiner Axe divergiren, dreht sich um diese Axe immer in der nämlichen Richtung.

Jeder Horizontaldurchschnitt des Magnets lässt sich hier nämlich als ein kreisförmiger unbegränzter Strom betrachten; die von ihm divergirenden oder nach ihm convergirenden Ströme dagegen als begränzte, die sich nach ihm hinbewegen oder von ihm entfernen. Der Magnet tritt also unter den Fall des unbegränzten Leiters, Satz 10.

Zur Nachweisung dieses Satzes dient folgender, von Pouillet angegebener, Apparat.

VVVV (*Fig.* 43) ist ein, bis *A* mit Quecksilber gefülltes, Glasgefäss[*]; *SN* ein magnetischer Stahlstab, unten mit einem Gegengewicht von Platin, *M*, versehen, welches, mit dem eigenen Gewichte des Magnetstabes verbunden, nicht hinreicht, ihn zum völligen Einsinken ins Quecksilber zu bringen, sondern bloss, ihn vertical darin schwebend zu erhalten. Auf dem obern Pol des Magneten ist ein mit Quecksilber gefülltes metallenes Becherchen befestigt, in welches der eine Leitungsdraht des Volta'schen Apparats taucht, während der andere Leitungsdraht mit dem Draht *ZF* verbunden wird, der in eine Oeffnung des Glases bei *F* eingekittet ist, so dass er mit dem Quecksilber communicirt. Hier nun tritt der Strom durch *Z* ein, wenn *ZF* mit dem positiven Draht in Verbindung ist, und strahlt durch das Quecksilber nach dem Magneten hin[**], um längs des Magneten selbst nach *F* aufzusteigen. Der Magnet wird sich um sich selbst drehen und die Richtung der Drehung wird verschieden seyn, je nachdem der Südpol oder Nordpol oben, und je nachdem der positive oder negative Leitungsdraht bei *C* oder *E* angebracht ist; alles Folgerungen von Satz 10*.

---

[*] Statt eines Gefässes mit Quecksilber könnte auch eins mit gesäuertem Wasser genommen werden, nur müsste man dann den Magneten mittelst Kork darin schwimmend erhalten.

[**] Der Strom verbreitet sich nicht bloss in gerader Linie von *F* nach dem Magneten hin, sondern er strahlt von *F* divergirend in das Quecksilber aus, um wieder von da nach dem Magnetstabe zu convergiren. Eben so würde, wenn der Strom in *C* einträte, der Strom nicht in einer einzigen Linie nach *F* übergehen, sondern divergirend ausstrahlen.

Die in *Fig.* 43 *bis* vorgestellte Einrichtung rührt von **Sturgeon**** her. *SN* ist ein Magnet, welcher sich auf messingenen Spitzen dreht. Die des Nordpols steht in der mit Quecksilber gefüllten Schale *E*, und die des Südpols in der amalgamirten Pfanne der aufgeschraubten obern Verbindungsschale *E*. Der Magnet ist mit einem kreisförmigen (metallenen) Gefässe *e* umgeben, welches mit Quecksilber gefüllt wird. Ein an den Magnet gelötheter Draht taucht mittelst seines niedergebogenen Endes in das Quecksilber des Gefässes *e* ein.

Zu dem Gefässe begeben sich zwei metallene Arme *cw*, die mit dem einen Pole der Säule, z. B. dem Kupferpole in Verbindung stehen, während die metallenen Arme *d* und *d'* mit dem positiven Pole communiciren. Der Strom divergirt solchergestalt in den metallenen Armen *c* und *w* von dem Magnete, und dieser dreht sich in der durch den Pfeil bezeichneten Richtung.

Dass auch, wenn der Strom feste Leiter durchläuft, eine Drehung des Magnetes dadurch hervorgebracht werden könne, lehrt folgender Apparat von **Pouillet*****.

AB (*Fig.* 44) ist ein cylindrischer Magnet, mit einem Blatt Papier oder einer nichtleitenden Firnisschicht umgeben und in eine Hülse *cc'* von sehr dünnem Kupfer eingeschlossen, welche in der Mitte eine Art Flugrad *cc'* (bloss im Durchschnitt gesehen) trägt, an ihren Enden aber Stöpsel *bb'*, in deren Axe eiserne Zapfen *tt'* befestigt sind, welche auf der Schneide zweier Metallplatten *mm'* ruhen, die zur bessern leitenden Verbindung zugleich etwas Quecksilber aufzunehmen vermögen. Der Rand des Flugrads taucht auch in Quecksilber, welches in der Schale *c* enthalten ist. Bei *e* und *c* wird der Strom ein- und ausgeleitet.

---

* Ein anderer Apparat von **Ampère**, um diese Versuche anzustellen, ist beschrieben in **Demonferrand** Handb. S. 153.

** Laboratorium. Weimar. Heft 6. Taf. XXX.

*** Beschrieben in s. *Élém. de phys.* I. 719.

tet, und der von e nach m' zur Drehungsaxe aufsteigende Strom ist hier als der Motor der Drehung anzusehen, insofern der das bewegliche System selbst durchlaufende Theil des Stroms Erörterungen zufolge, die wir bald geben werden, für die Wirkung verloren geht.

18) Man kann auch einen Magnetstab zur Drehung um eine Linie bringen, welche parallel mit seiner Axe und ausserhalb des Stabes befindlich ist.

Hiezu führt folgender, ebenfalls von Pouillet angegebener, dem oben erwähnten ganz ähnlicher Apparat (*Fig.* 45), nur dass hier der eine Leitungsdraht, anstatt unmittelbar in den Magneten einzutreffen, vielmehr in die Mitte des Quecksilbers eintaucht, während sich der Magnetstab seitlich befindet.

Um den Erfolg dieser Anordnung zu übersehen, wollen wir den horizontalen Durchschnitt (*Fig.* 46) des Apparats in Betracht ziehen, worin edf den Durchschnitt des Gefässes, A den Punct des Leitungsdrahtes von welchem die Ströme divergiren; $tmm't'm'n$ den Durchschnitt des kreisförmigen Magneten, dessen Nordpol wir nach unten gekehrt annehmen, vorstellt, so dass der eigenthümliche (den Magnetismus bedingende) Strom des Magneten in diesem Durchschnitt die durch die krummen Pfeile bezeichnete Richtung hat.

Nun kann man dreierlei Arten von Strömen in Bezug zum Magneten, auf welchen sie wirken, unterscheiden, solche, welche wie tT, $t'T'$ berührend am Umkreise des Magneten hingehen, solche, welche wie Anm, $An'm'$ durch ihn hindurchgehen und solche, welche wie Ae, Ae' ihm gar nicht begegnen. Was zuvörderst die ersten anlangt, so zieht der Strom AT' den Theil des eigenthümlichen Magnetstromes an, welcher ihm seine Convexität zukehrt, weil beide nach der nämlichen Richtung laufen, stösst dagegen den entgegengesetzten Theil des Magnetstroms ab, aber wegen grösserer Entfernung mit minderer Stärke. Umgekehrt stösst der Strom AT den ihm nächsten Theil jedes Magnetstroms ab und zieht den entferntesten an. Aus diesen Wirkungen gehen nun zwei gleiche, durch den Mittelpunct des Magnets gehende, Kräfte hervor, eine anziehende, die nach Nr' gerichtet ist, und eine abstossende, die nach Nr'' gerichtet ist, und diese beiden Kräfte setzen sich zu einer einzigen zusammen, welche senkrecht auf AN ist, d. h. nach Nv gerichtet. Ganz die nämlichen Schlüsse lassen sich auch auf die äussern Ströme wie Ac, Ac' anwenden; sie werden, je zwei symmetrisch zusammengenommen, ebenfalls eine nach Nv gerichtete Mittelkraft geben, die sich zu der vorigen addirt. Was die Ströme anlangt, die durch den Magneten hindurchgehen, so kann man sie in drei Theile theilen, von denen der erste (An, An') von A bis zum Magneten geht, der zweite (nm, $n'm'$) im Magnete selbst enthalten ist, und der dritte (mM, $m'M'$) vom Magneten bis zum Rande des Gefässes reicht. Der zweite dieser Theile ist ohne Wirkung auf den Magnet, eines allgemeinen mechanischen Gesetzes zufolge, nach welchem Anziehungen oder Abstossungen, die unter den Theilen eines Systems selbst Statt finden, die Gleichgewichtslage des ganzen Systems nicht ändern können. Was den ersten Theil An und den dritten mM anlangt, so erhellt leicht, wenn man ihre anziehenden und abstossenden Wirkungen auf die Ströme des Magnets untersucht, dass daraus eine einzige, senkrecht auf AM gerichtete, Kraft hervorgeht, die, wenn man sie mit der andern Kraft zusammensetzt, welche der symmetrisch auf der andern Seite von AN gelegene Strom AM' giebt, wiederum als Mittelkraft eine nach Av gerichtete Kraft giebt.

Da diese Construction für jede Lage, die der Magnet im Verfolg seiner Bewegung annehmen mag, von Neuem anwendbar wird, so ergiebt sich, dass er stets in einer auf den Radius AN, welcher vom Draht nach seiner Axe gezogen wird, senkrechten Richtung fortbewegt zu werden strebt, welches in der That die Bedingung der Kreisbewegung ist, insofern die erlangte Geschwindigkeit dabei in jedem Augenblick durch den Widerstand des Quecksilbers aufgehoben wird.

Der in *CA* (*Fig.* 45) absteigende (oder aufsteigende) Strom übt bei diesem Versuche noch eine andere Wirkung aus, die allerdings nur viel schwächer ist, und gewöhnlich durch Reibung des Quecksilbers aufgehoben wird, von der man jedoch manchmal Spuren bei den Versuchen wahrnimmt. Dieser Strom zieht den Theil jedes Magnetstromes an, dessen Richtung *tn* (*Fig.* 46) mit dem absteigenden, in *A* eintreffenden, Strom convergirt, und stösst den entgegengesetzten Theil zurück, woraus dann ein Bestreben des Magnets hervorgeht, sich während seiner Fortbewegung im Raume zugleich nach der Richtung *tnn't* um sich selbst zu drehen [*].

Zur Darstellung des obigen Versuchs sind noch mehrere andere Vorrichtungen angegeben worden [**], worunter ich die von Ampère beschreiben will.

Der ganze Apparat, (*Fig.* 47) besteht aus einem dreifüssigen Tische, auf welchem das gläserne Gefäss *XY* mit seinem Fusse *M* feststeht. An der einen Seite ist der kupferne Stab *EF* befestigt, an dessen unterem Ende das Schälchen mit Quecksilber *O* festsitzt, am obern *F* aber der auf- und abwärts verschiebbare horizontale metallene Stab *FG*, mit einem kupfernen Ringe *GIH*, welcher etwas enger ist, als die Oeffnung des Glases, und sich von oben herab so in dieses herabsenken lässt, dass er das Quecksilber berührt, wie die Figur zeigt; an der andern Seite, diametral gegenüber, ist der runde Kork *U* durch eine Oeffnung im Tische gesteckt und dient als Halter des Metalldrahtes *AB* mit einem Quecksilberschälchen *O'* an seinem untern Ende, oben bei *B* horizontal, bei *D* vertical herabwärts gebogen, so dass er seine Spitze *Z* in der Axe des Glasgefässes in das Quecksilber tauchen lässt. Im Quecksilber endlich schwimmt vertical der Magnetstab *NP* mit seinem hervorragenden Pole *N* und unten befestigten Platingewichte *P*. Wird dann der elektrische Strom vom Gefässe *O* durch den kupfernen Ring zum Quecksilber im Glase *XY* und von hier durch *ZDBA* zum Gefässe *O'* geleitet oder umgekehrt, so wird der Magnet um den verticalen Draht *ZD* sich nach der einen oder andern Richtung herumbewegen.

---

[*] Man sieht hiedurch eine höchst bemerkenswerthe Analogie mit der Drehung der Erde um die Sonne begründet; ohne dass doch für jetzt noch an eine directe Zurückführung des einen Falls auf den andern zu denken ist. — (Man vergl. Gehlers Wört. III. S. 612 Anm.).

[**] Vergl. Ampère in Demonferrand Handbuch S. 155; oder Gehlers Wört. III. 565. — Faraday in Gilb. LXXI. 130; oder Gehlers Wört. III. 526; Lewthweite in *Phil. mag. déc.* 450. (*Bull. univ. des sc. math.* X. 120).

In Bezug auf die beiden vorstehenden Drehungsversuche, so wie alle übrigen, die man anstellen mag, ist folgende Bemerkung wichtig.

Aus der mathematischen Theorie von Ampère geht hervor, dass zwei geschlossene Kreise einander durch ihre wechselseitige Wirkung nicht in Drehung zu setzen vermögen. Es scheint hienach, dass ein Magnet, der nach Ampère's Ansicht bloss eine Vereinigung geschlossener Kreise ist, auch unter keinen Umständen durch einen Volta'schen Leiter, der mit den übrigen Theilen des Volta-schen Apparats zusammengenommen ebenfalls stets einen geschlossenen Kreis ausmacht, in Drehung versetzt werden könne. Allein es ist der schon vorhin erwähnte Umstand zu berücksichtigen, dass, wenn ein Theil des Stroms durch den Magnet selbst hindurchgeht, oder unwandelbar an ihm gefesselt wird, die Wirkung dieses Theils für den Magneten verschwindet, weil die wechselseitige Wirkung von Theilen eines verbundenen Systems unter keinen Umständen das Gleichgewicht des ganzen Systems zu modificiren vermag. Daher bleibt immer nur die Wirkung der übrigen Theile des Stroms zu betrachten übrig, die nun nicht mehr als geschlossener Kreis zusammenwirken. Ganz ähnliche Betrachtungen lassen sich auf den umgekehrten Fall anwenden, wo Volta'sche Leiter durch Magnete in Bewegung versetzt werden. Wofern nicht ein Theil der Volta-schen Kette unwandelbar fixirt ist, so dass die Wirkung des Magneten auf diesen Theil als aufgehoben angesehen werden kann, wird unter keinen Umständen eine continuirliche Drehung des beweglichen Theils der Kette erfolgen können.

Uebrigens erhellt aus jenem allgemeinen Satze, dass elektrodynamische Schrauben oder Magnete einander selbst unter keinen Umständen in continuirliche Drehung zu versetzen vermögen, da man hier die angegebenen Bedingungen nicht zu erfüllen vermag. Auch ist es nie geglückt, eine solche Drehung an ihnen durch einander selbst hervorzubringen; immer geht ihre Bewegung blos dahin, eine fixe Lage des Gleichgewichts gegen einander anzunehmen.

19) So wie ein Magnet durch die Wirkung eines Leiters zur Drehung um eine Axe gebracht werden kann, so lässt sich umgekehrt ein Leiter durch Wirkung eines Magnets zur Drehung um seine Axe bringen, indem er zu ihm unter dieselben Verhältnisse tritt, als Satz 10 ein begränzter Leiter zu einem unbegränzten.

Folgende Apparate können zur Nachweisung dieses Umstandes dienen [*].

Man hat blos nöthig, den Apparat *Fig.* 21 in das Schälchen des Apparats *Fig.* 19 einzuhängen, und das Ganze in die Kette zu bringen, darauf einen starken Magneten mit einem seiner Pole vertical über oder unter den Stab *St* zu halten, um den Leiter *Fig.* 21 sich continuirlich drehen zu sehen. Ist der Strom des Leiters aufsteigend, und der Nordpol des Magnets unter dem Stabe angestemmt, so wird sich der Apparat unausgesetzt von Ost nach West durch Nord drehen. Kehrt man jetzt den Magneten um, so dass sein Südpol nach oben gerichtet wird, so geht die Bewegung von Ost nach West durch Süd. Man bringe jetzt den Magnet über das Schälchen *S*, so dass seine Axe vertical in die Verlängerung von *St* fällt, so wird, bei abwärts gekehrtem Nordpole, die Bewegung von Ost nach West durch Nord gehen; bei Umkehrung des Magnets aber ihre Richtung in die entgegengesetzte verwandeln[*]. Kehrt man den Lauf des Stromes um, d. i., macht man den Strom im verticalen Leiter absteigend, so sind alle Bewegungen den oben beschriebenen entgegengesetzt.

---

[*] Es sind noch viele andere Einrichtungen von dergleichen Drehapparaten angegeben worden, deren Beschreibung ich jedoch um so mehr übergehe, da sie sämmtlich vom nämlichen Princip abhängen, zum Theil auch mit Uebelständen verknüpft sind. Doch wird folgendes ihre ziemlich vollständige Literatur seyn. Vergl. den Apparat von Faraday in Gehlers Wört. III. 558; oder Schweigg. J. XLVI. 23; oder Pfaffs Elektromagnetismus. 163. — Von Newmann in Gilb. LXXII. 113; oder Gehler Wört. III. 563; oder Schweigg. J. XLVI. 25; oder Pfaffs Elektromagn. S. 178; — von Ampère in Demonferrand Handbuch 159; von Marsh in *Bibl. univ.* XX. 258; oder Schweigg. J. XLVIII. 268; mehrere von Schweigger Schweigg. J. XLVIII. 293. 319. L. 243. — Pouillet in Biots Lehrb. IV. S. 262. — Sturgeon in Laborator. II. S. *Taf.* XXX.

Der hier beschriebene Apparat ist jedoch einer bedeutenden Vervollkommnung fähig. Zu diesem Zweck lasse man zwei Gefässe von Kupferblech verfertigen, die auf die Pole eines Hufeisenmagnets aufgesetzt werden können, wie *Fig.* 48 im Durchschnitt zeigt[**]. Von der Mitte des Gefässes erhebt sich ein Messing- oder Kupferstab, auf dessen Gipfel sich eine kleine Vertiefung befindet, in der ein Leiter von der Gestalt, wie er in *Fig.* 21 dargestellt ist, mit seiner Spitze eingehängt wird[***], so dass der Ring in das, sehr stark gesäuerte, Wasser, welches man in das Gefäss giesst, taucht. Dieser Ring muss von Zink seyn.

Bei dieser Vorrichtung ist keine Anwendung eines besondern Volta'schen Apparats nöthig, um den Leiter in Drehung zu versetzen, denn der Strom wird hier durch den Reifen von Zink und das Kupfer des Gefässes, die einerseits durch die Flüssigkeit, andrerseits durch den Metallstab mit einander in Verbindung stehen, erregt; und die beiden Leiter drehen sich, vermöge der Wirkung der Magnetpole auf ihre vom Strom durchlaufenen verticalen Theile, nach entgegengesetzten Richtungen.

---

[*] In Demonferrand's Handbuch (S. 107), in welchem überhaupt grosse Nachlässigkeiten Statt finden, sind, unstreitig durch ein Versehen, alle diese Richtungen der Drehung gerade verkehrt angegeben worden; wenn man berücksichtigt, dass dort Südpol des Magnets der nach Norden gekehrte Pol heisst. Dass in der That obige Angaben die richtigen sind, geht nicht nur aus Ampère's Theorie, sondern auch aus der Vergleichung mit den Angaben anderer Beobachter hervor.

[**] Es erhebt sich nämlich in der Mitte des Gefässes eine Dille, in die der Magnetpol hineintritt.

[***] In Fig. 48 ist blos der Anfang dieses Leiters vorgestellt.

Man kann auch auf demselben Pole eine Drehung nach entgegengesetzter Richtung hervorbringen, indem man dem Kupfergefäss und Zinkreifen ein Zinkgefäss und einen Kupferreifen substituirt.

Ich selbst bin im Besitz eines Apparats dieser Art, der die continuirliche Drehung auf eine ausgezeichnete Weise zeigt. Ich muss jedoch bemerken, dass sehr viel bei diesem Apparate darauf ankommt, dass die Weite des Gefässes ein angemessenes Verhältniss habe *.

Höchst einfach ist folgender kleine Drehapparat nach Schweigger ** (*Fig.* 49). *gh* ist eine flache hölzerne Scheibe mit der runden ausgedrehten Rinne *rr'*, bestimmt zur Aufnahme des möglichst reinsten Quecksilbers. Der eine Polardraht *p* ist in das Quecksilber der Vertiefung *r* geleitet, der andere *q* geht unten in die Scheibe eingelassen bis in die Mitte, ist dort umgebogen, geht vertical durch das Centrum der Scheibe und endigt oben in eine angelöthete feine Nähnadelspitze. Auf dieser schwebt vermittelst des kleinen Hütchens *v* die sehr leichte, aber nicht zu kurze, wohl 6 Zoll lange messingene oder kupferne Nadel *na*, mit einem krumm gebogenen Ende von Platin, bestimmt, in das Quecksilber der Rinne zu tauchen, und einem kleinen Gegengewichte *n*, um das längere Ende zu balanciren. *SUN* ist ein Magnetstab, dessen Lage aus der Figur erhellt. Ist *S* der Südpol, und tritt die positive Elektricität von Norden her ein, um den Lauf *pravt* zu nehmen, so geht die Drehung der Nadel durch Nord nach Ost Süd West, dem Satz 10 zufolge [**]. — Man kann übrigens statt eines künstlichen Magnets zu diesem Versuche auch einen zur Kette geschlossenen ringförmigen Multiplicatorwulst nehmen, und die Schale auf die nördliche oder südliche Seite seiner Ebene stellen.

---

* Ein Apparat, wesentlich von der oben beschriebenen Einrichtung, war für das physikalische Kabinet in Leipzig von Paris aus verschrieben worden; (Doch war blos Ein Gefäss, auf einen stabförmigen Magneten aufzusetzen, von Zink, mit einem Kupferringe vorhanden). Allein er zeigte sich ganz unwirksam, weil das Gefäss offenbar zu grosse Dimensionen hatte. Der hiesige Mech. Insp. Fuchs hat jedoch sehr zweckmässige Dimensionen dafür gefunden. Wurde das Gefäss zu eng genommen, so war ebenfalls keine gehörige Wirkung zu erlangen. Die entgegengesetzte Drehung, je nachdem das Gefäss von Kupfer oder Zink ist, habe ich selbst bestätigt; im Allgemeinen hat es mir aber zweckmässiger geschienen, Kupfer als Zink zum Gefässe anzuwenden; da solchergestalt das negative Metall eine viel grössere Oberfläche erhält.

** Sein Journal XLVI. 27.

Man kann diesen Apparat so abändern, dass eine Drehung der Nadel *ravn* um den Magnet als Axe erfolgt, indem man ein Loch in der Mitte des untern Theils der Schraube ausschneidet, was jedoch nicht ganz hindurchgeht, und in dieses Loch den einen Pol eines verticalen Magneten hineinhält. Begreiflich muss der Draht *vtq* bei diesem Apparat eine etwas abgeänderte Biegung erhalten [***].

---

[*] Noch zweckmässiger würde es seyn, der Nadel bei *v* eine feine verticale Stahlspitze und dem obern Ende des Drahtes *t* ein kleines Schälchen mit einem Tropfen Quecksilber zu geben.

[**] Es verdient bemerkt zu werden, dass bei diesem Versuche blos das Stück des Magnets *un*, welches ganz über den Leiter *na* hinaus fällt, zur Drehung beitragen kann; denn da in Bezug zu seinen Strömen allein der Strom des Leiters blos sich nähert, oder blos sich entfernt; dagegen er sich jedem Strom im Stück *SU* erst nähert, um sich dann wieder davon zu entfernen, so dass die entgegengesetzten Drehungen, welche demgemäss erfolgen müssten, sich compensiren. Daher würde gar keine Drehung erfolgen, wenn der Magnetstab parallel mit *na* so gehalten würde, dass *na* ganz oberhalb des Magnets fiele. Eine ähnliche Bemerkung gilt auch für die andern Rotationsapparate.

[***] Diese Abänderung ist besonders beschrieben und abgebildet in Schweigg. J. XLVI. 29. — Man kann auch diesen Apparat verdoppeln, indem man zwei gleiche Rinnen *rr'* neben einander auf demselben Brete anbringt, jede mit Spitze und Nadel wie in *Fig.* 49; aber den Draht *q* der einen Nadel durch

Regeln, welche es nützlich ist, bei diesen und ähnlichen Versuchen zu beobachten, wenn sie gelingen sollen, sind, das Quecksilber möglichst rein und trocken anzuwenden, und ohne es mit einer verdünnten Säure zu übergiessen, wie manche vorgeschlagen haben, weil diese leicht etwas Oxyd erzeugt; auch bei der Anwendung von blos kupfernen Nadeln ohne Platinspitzen die Enden mit salpetersaurem Quecksilber etwas zu amalgamiren, dann aber das Quecksilber durch sie blos berühren zu lassen, und sie zu diesem Ende übrigens mit Siegellackfirniss zu überziehen, damit sie ausser der untern amalgamirten Fläche nicht weiter amalgamirt und dadurch tiefer in das Quecksilber gezogen werden, welches die Reibung vermehren würde (**Pohl** in Gilb. LXXV. 272). Bedient man sich statt Quecksilbers bei diesen Versuchen gesäuerten Wassers, so erfolgen die Drehungen ebenfalls, aber weit langsamer.

Sehr sinnreich ist folgender Apparat von **Schweigger**, welcher dient, die entgegengesetzte Drehung von Nadeln, die vom Strom in entgegengesetzter Richtung durchlaufen werden, unter dem Einfluss desselben Magnetpols zu zeigen. *Fig.* 50 dient zu seiner Erläuterung.

AB stellt den Durchschnitt einer runden dicken Holzscheibe dar, welche auf drei Stellschrauben ruht, und in der Mitte durchbohrt ist, um den Pol eines starken Magneten in das Loch stecken zu können. Concentrisch mit dem Loche sind in der Holzscheibe zwei kreisförmige Rinnen eingedreht und das Ganze ist gut überlackirt. Starke

---

das Holz in die Rinne der andern leitet; darauf in die in der Mitte jeder Rinne unten im Brete angebrachten Löcher die beiden Pole eines Hufeisenmagnets hineinhält. — Dieser verdoppelte Apparat ist beschrieben in Schweigg. J. XLVI. 30; so wie Gehlers Wört. III. 561. — Im Grunde jedoch sind diese Apparate nur Abänderungen des in *Fig.* 48 vorgestellten, und stehen ihm darin nach, dass sie noch die Anwendung eines besondern galvanischen Apparats erfodern. Man brauchte indess nur statt des Holzes *gh* ein Stück Zink, und statt Quecksilber gesäuertes Wasser zu nehmen, um letztere Apparate wesentlich in erstern umzuwandeln.

winkelförmige Querdrähte sind in die Seitenwände eingeschlagen, welche die Rinnen von einander trennen, und jeder dieser Querdrähte ist mit einer Spitze versehen, worauf eine metallene Nadel mit abwärts gebogener Platinspitze *ba* und *hi* schwebt, wie wir sie schon öfters beschrieben haben. In die ringförmigen Rinnen wird gesäuertes Wasser oder Quecksilber gegossen, so dass es von den Spitzen der Nadeln berührt wird. Die Klammern *c* und *f* communiciren mittelst eines durch das Holz hindurchgehenden Drahtes *e*, und die Leitungsdrähte *A* und *B* gehen ebenfalls durch das Holz hindurch, um, der eine in der innern, der andere in der äussern Rinne in Berührung mit der Flüssigkeit zu kommen.

Begreiflich nimmt bei dieser Anordnung die Elektricität den Weg von *A* durch die Flüssigkeit bei *a* zur Nadel *abc*, von da durch die Spitze, Klammer und den vereinigenden Draht *cde* in die andere Klammer, um von hier aus die andere Nadel in der Richtung *ghi* zu durchlaufen [*].

Folgender, wegen seiner Figur interessante, Apparat rührt von Barlow [**] her.

AB (*Fig.* 51) ist ein vierkantiges Bret von hartem Holze, auf welchem die zweimal gebogene kupferne Stange *CDE* ruht. An dieser befindet sich der dünnere Kupferdraht *abcd* angelöthet, welcher unten durchschnitten und mit feinen Pfannen versehen ist, damit das kupferne Rad *VW* mit den sehr feinen stählernen Spitzen seiner Axe *aa'* (*Fig.* 52) hineingesenkt, sich sehr leicht bewegen kann. In der Mitte hat das Bret eine Vertiefung *fg* mit einer etwas hervorlaufenden Rinne *i*, worin Quecksilber ausgegossen und zum Ueberfluss mit einer Lage sehr verdünnter Salpetersäure bedeckt ist. Endlich wird ein starker Hufeisenmagnet *HM* in die Lage gelegt, welche die Zeichnung angiebt. Setzt man den Kupferdraht *CDE* mit dem einen Pole eines stark wirkenden Apparats in Verbindung, den andern mit dem Quecksilber der Rinne *i*, so fängt das Rad an um seine Axe zu laufen. Die Zapfenlager, die Zapfen selbst und auch die Zähne des Rades müssen amalgamirt seyn. Als **Barlow** zu diesem Versuche einen Hareschen Calorimotor von 20 Kupfer- und Zinkplatten, jede von 10 Zoll Seite anwandte, lief das Rad mit solcher Geschwindigkeit um, dass das Auge nicht folgen konnte.

---

[*] Man kann diesen Apparat noch interessanter machen, indem man die concentrischen Ringe und Nadeln vervielfältigt, und jeden Ring mit dem ihm nächsten auf die in der obigen Figur vorgestellte Weise verbindet. In den äussersten Ringen, die zu entfernt vom Magnetpol zu liegen kommen, können sich jedoch dann die Nadeln nur vermöge des Erdmagnetismus drehen. Die Beschreibung dieses zusammengesetzten Apparats siehe in Schweigg. J. XLVIII. 319; und noch eine andere Abänderung ebendaselbst S. 321. — Der Bewegung einigermassen hinderlich ist übrigens bei diesem Apparat die Anziehung, welche die Klammern auf die Nadeln äussern, wenn sie über den Theil derselben hingehen, wo der Strom in ihnen gleiche Richtung durchläuft.

[**] *Bibl. univ.* XX. 127.

Mehrere haben auch versucht, continuirliche Drehungen von Leitern, die sich in einer thermoelektrischen Kette befinden, durch Einwirkung von Magneten hervorzurufen; jedoch scheinen die in Bezug hierauf angegebenen Apparate nicht sehr zweckmässig zu seyn, da es bei Wiederholung der Versuche damit Andern gewöhnlich nicht hat glücken wollen, dieselben Erfolge zu erhalten [*].

---

[*] **Cumming's** Apparat ist in Schweigg. J. XL. 324. beschrieben und abgebildet. Indess konnten **Barlow** und **Marsh** keine Drehung damit erhalten. Diese gaben dann im *Journ. of* sc. No. XXXII. 373. einen andern thermoelektrischen Apparat zu demselben Zweck an, der auch von **Biot** abgebildet worden ist, dessen Beschreibung ich jedoch um so lieber übergehe, da nach dem Princip seiner Construction eine continuirliche Drehung desselben eigentlich nur unter sehr günstigen Umständen durch Mitwirkung des Beharrungsvermögens möglich wäre; so wie auch **Schweigger** (sein J. L. 244.) wirklich keine Drehung dadurch erhalten konnte, und auf die leicht mögliche Täuschung der durch Erhitzung bewirkten Luftströmungen aufmerksam macht.

Sechstes Capitel.

Bewegungen der flüssigen Leiter in der Kette.

In den vorigen Capiteln haben wir nur diejenigen Bewegungen erörtert, in welche feste, vom Strom durchlaufene, Leiter unter dem Einfluss anderer fester oder auch flüssiger Leiter oder Magnete zu gerathen vermögen; allein auch die Flüssigkeiten selbst, welche vom Strom durchlaufen werden, gerathen unter dem Einfluss elektrischer Leiter oder Magnete in Bewegungen, die denselben Gesetzen folgen, als die Bewegungen der festen Leiter.

Auf eine höchst einfache Weise lässt sich die elektromagnetische Drehung von nicht metallischen Flüssigkeiten durch folgenden, von mir zu diesem Behufe construirten, Apparat, zur Wahrnehmung bringen.

Man lässt sich eine kupferne Schale verfertigen, die in der Mitte mit einer Art Dille versehen ist, um mittelst derselben auf einen Magnetpol aufgesetzt werden zu können, wie *Fig. 52 bis* im Durchschnitt zeigt. Um diese runde Dille legt man einen gut anpassenden Ring (oder einen Hut) von Zink, den man, wenn man will, auch gleich anlöthen lassen könnte. Diess ist der ganze Apparat. Giesst man nun eine Mischung von Salmiackwasser mit Säure in diese Schale, so geht der Strom vom Zinkringe durch die Flüssigkeit zum Kupfer und die Flüssigkeit dreht sich in derselben Richtung, in der sich nach den angegebenen Grundsätzen ein fester Leiter drehen würde, in dem der Strom dieselbe Richtung in Bezug zum Magneten hätte. Wendet man einen Hufeisenmagnet mit zwei Schalen, von der beschriebenen Art an, so sieht man die Drehung der Flüssigkeit in beiden in entgegengesetzter Richtung erfolgen. Man kann auch eine einzige ovale Schale, mit zwei Dillen und zwei Zinkringen, die auf die Pole des Hufeisenmagnets passen, anwenden, in welchem Falle ebenfalls die

Drehung zunächst um jeden Zinkring in entgegengesetzter Richtung als um den andern Zinkring erfolgt, mehrere der leichten Körperchen aber auch (die es zur deutlichern Sichtbarmachung der Bewegung zweckmässig ist, auf die Flüssigkeit zu streuen), sich zwischen beiden Zinkringen von einem zum andern schlingen.

Die Drehung ist in der Nähe des Zinkringes von der stärksten Intensität und verlangsamt sich nach der Peripherie zu. Wendet man etwas concentrirte Flüssigkeit an, so erlangt sie unmittelbar um den Zinkring eine sehr bedeutende Schnelligkeit. Man kann sich noch überdiess, zur Verstärkung der Kraft der Kette, eines Kunstgriffs bedienen, dessen Vortheil ich a. e. a. O. kennen gelehrt habe, nämlich zuvor eine Schicht concentrirter Salmiacklösung in der Schale eintrocknen zu lassen *.

Schon früher hat Schweigger (sein J. XLVIII. 844) eine Verfahrungsart, die elektromagnetische Drehung nicht metallischer Flüssigkeiten nachzuweisen, angegeben, wozu jedoch die Anwendung einer Säule erfodert wird.

Ein kleines überlackirtes Kästchen setze man auf die Polarfläche eines etwa 20 Zoll langen Magnetstabes, fülle es mit salzsaurem oder Salmiackwasser, und bringe darin zwei kleine, aus Kupferblech verfertigte, Kegel so an, dass sie die Flüssigkeit nur so eben berühren, setze den einen mit dem positiven, den andern mit dem negativen Drahte in Verbindung, und das Wasser wird sich um den negativen Kegel nach der einen, um den positiven nach der entgegengesetzten Richtung drehen, übereinstimmend mit der Voraussage der Theorie.

Auch das Quecksilber ist unter dem Einfluss des Stromes fähig, in Bewegungen zu gerathen, die sehr mannichfaltiger Art seyn können. Ich werde mich jedoch hier auf die Betrachtung derjenigen Bewegungen beschränken, die in dieser Hinsicht an dem, mit keiner andern Flüssigkeit übergossenen, mit den Säulendrähten in Verbindung

---

* Der Durchmesser der von mir angewandten Kupferschale ist 4 par. Zoll 8 Lin., der Durchmesser des um die Dille gelegten Zinkrings 1 Zoll.

gesetzten, Quecksilber beobachtet worden sind, da von diesen sich mit Bestimmtheit behaupten lässt, dass sie rein elektrodynamischer Natur sind. Dem ist nicht so hinsichtlich gewisser anderer, zum Theil äusserst merkwürdiger, Bewegungen, welche man beobachtet, wenn Quecksilber, in Berührung mit sauren, alkalischen oder salzigen Flüssigkeiten, zwischen die Polardrähte gebracht wird, da hier, allen Umständen nach zu schliessen, elektrochemische Vorgänge mit ins Spiel kommen, welche die Erscheinungen sehr wesentlich modificiren. Wir verweisen daher hinsichtlich dieser, noch keinesweges hinlänglich aufgeklärten, Bewegungen auf **Biot's** Lehrb. III. S. 431, wo ich eine ausführliche Erörterung derselben gegeben habe.

Davy[*] glückte es auf folgende Weise, die elektromagnetische Drehung des Quecksilbers hervorzurufen.

Er senkte zwei Drähte vertical in ein Becken mit Quecksilber, das sich im Kreise einer grossplattigen Batterie befand, und hielt dann ober- oder unterhalb derselben den Pol eines kräftigen Magnets hin, wo sich dann das Quecksilber um den in der Nähe des Magnetpols befindlichen Draht, wie um eine Axe drehte. Die Schnelligkeit dieser drehenden Bewegung wuchs bedeutend, als man die entgegengesetzten Pole zweier Magnete, einen über und den andern unter der Quecksilberfläche, gleichzeitig wirken liess. Quecksilbermassen von mehrern Zollen Durchmesser wurden auf diese Weise zur Rotation gebracht, wenn man den Magnetpol dem Drahte von obenher (unstreitig so, dass der verticale Draht in die Verlängerung der Magnetaxe fiel) näherte. Hielt man aber den Magnetpol über den Quecksilberspiegel zwischen beiden Drähten, so hörte die kreisende Bewegung auf und es bildeten sich in dem Quecksilber zwei entgegengesetzte (geradlinige) Ströme, der eine zur Rechten, der andere zur Linken des Magnets, senkrecht auf die, beide Polardrähte verbindende, Linie.

Davy änderte jetzt den Versuch in folgender Art ab. Er streckte zwei mit abgeplatteten und fein polirten Enden und scheinbar eben so tief erstreckten sich die Wirbel. Bei den Versuchen mit der grossen Pepy'schen Batterie hingegen stand das Quecksilber weit höher über den Drahtenden und die Erhöhungen und Vertiefungen betrugen $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{5}$ Zoll.

---

[*] Kastn. Arch. II. 189.

Die Heftigkeit der um die Spitzen der Kegel hervorgebrachten wellenförmigen Bewegungen veranlasste Davy, zu versuchen, ob dadurch nicht leichte, auf den Quecksilberspiegel gebrachte, Körperchen in Bewegung zu setzen seyen; doch vermochte er nicht, auf diese Weise ein sehr feines, um seine Axe drehbares, Rädchen auch nur im mindesten zu bewegen. Fein gepulverte Substanzen statt desselben auf den Quecksilberspiegel gebracht, wurden zwar mit den Wellen auf- und niedergehoben, rückten dabei aber nicht von der Stelle. Feine Eisenfeilspäne, auf die Spitze des Kegels gestreut, ordneten sich in geraden, die Verbindungslinie beider Drähte senkrecht durchschneidenden Linien, welche auf der Mitte des Kegels unverändert verweilten.

Davy hat in den hier beschriebenen Erscheinungen eigenthümliche Wirkungen der Elektricität zu sehen geglaubt, indess lassen sich doch dieselben nach der Ampère'schen Theorie aus den gegebenen Sätzen über den Elektromagnetismus genügend erklären.

Bei dem ersten Versuche Davy's scheint die Haupterscheinung an der untern Fläche des Quecksilbers vor sich zu gehen, und das obere nur durch dieses in die Erscheinung mit hineingezogen zu werden, wie diess auch Davy's eigene Ansicht ist. In der That findet der elektr. Strom gleich bei der Eintrittsstelle der Drähte in das Quecksilber einen Weg, um zum entgegengesetzten Draht überzugehen, ohne dass er erst nöthig hat, auch die obere Drahtlänge zu durchlaufen, um von da zum andern Draht überzustralen. Daher werden, weil der Strom vorzugsweise den kürzesten Weg wählt, unstreitig die obern Theile des Quecksilbers höchstens von einer schwachen Strömung durchlaufen werden.

Stellen wir uns nun unter *AB*, *Fig.* 53, den Boden des Gefässes vor, in welchen bei *a* und *b* die Drähte eintreten, so wird der Strom von einer Eintrittsstelle zur andern hauptsächlich in der beide verbindenden geraden, doch auch mehr oder weniger in den daneben befindlichen krummen Linien fortstralen. Wird nun ein Magnetpol z. B. über *a* gehalten (sein Durchschnitt, den man sich über *a* erhoben denken muss, ist durch einen Kreis bezeichnet), so werden die begränzten Ströme der Flüssigkeit sich von den unbegränzten Strömen des Magnets entfernen oder ihm nähern, werden mithin ganz unter den Fall von Satz 10 treten, und sich demzufolge drehen müssen. Schade ist, dass Davy nicht angegeben hat, ob, je nachdem verschiedene Pole angewandt werden, sich die Richtung der Drehung umkehrt, welches nach der Theorie der Fall seyn muss.

Gehen wir jetzt zur andern Anordnung des Davy'schen Versuchs über und stellen wir uns unter *AB*, *Fig.* 54, einen Verticaldurchschnitt des Gefässes vor, unter *aa'* und *bb'* die bis an ihre Spitzen mit Siegellack überzogenen Drähte, unter *cc'* das Niveau des Quecksilbers, so wird der Strom in *aa'*, wenn dieser Draht mit dem positiven Pol verbunden ist, aufsteigen und durch das Quecksilber in der geraden und den nahe liegenden gebogenen Linien *ab* zum andern Pole übergehen. Man wird also hier bei *a* den Fall haben, wo von zwei Winkelströmen *aa'* und (jedem der Ströme) *ab* der eine *aa'* nach der Winkelspitze hin, der andere *ab* von ihr abläuft, mithin wird sich *ab* um die Winkelspitze *a* zu drehen und zugleich in der Richtung nach Oben abgestossen zu werden streben, Wirkungen, die, da sie in der Verticalebene vor sich gehen, nothwendig eine Erhöhung des Niveaus über den Drähten zur Folge haben müssen.

Was die Vertiefung anlangt, welche die Annäherung eines Magnetpols hervorbringt, so wird sie auf folgende Weise erklärbar.

Das Hinhalten eines Magnetpols über den Draht *a* muss zuvörderst aus demselben Grunde eine horizontale drehende Bewegung des Quecksilbers veranlassen, als in Bezug auf *Fig.* 53 angegeben worden ist, und zwar, wie leicht ersichtlich, wird die Drehung nach derselben Richtung erfolgen, nach welcher sich die im hingehaltenen

Magnetpol vorausgesetzten Ströme drehen; sey dieses nun der Süd- oder Nordpol. Es wird also Anziehung zwischen den Strömen des Quecksilbers und denen des Magnets erfolgen müssen, weil durch die Drehung des Quecksilbers die Ströme darin in jedem Augenblicke gleiche Richtung mit den Magnetströmen annehmen. Diese Anziehung aber muss viel stärker für die Ströme des Quecksilbers seyn, welche unter und parallel mit dem Umkreis des Magnetpols (den wir uns als einen kreisförmigen Durchschnitt vorstellen können), als welche näher nach seiner Mitte unter ihm laufen*. Daher erhebt sich das Quecksilber unter dem Umkreis des Pols stärker als nach seiner Mitte zu, ja die Quecksilbertheile unter der Mitte des Stromes müssen, der stärkern Anziehung folgend, aus der Mitte weg nach dem Umkreise aufzusteigen streben.

Alle Umstände der Erscheinung, wie sie Davy beschreibt, sind mit dieser Erklärung in Einstimmung. Denn nicht nur giebt er an, dass bei grosser Näherung des Pols ein hohlkegelförmiger Wirbel sichtbar werde, welches andeutet, dass mit der Vertiefung zugleich eine horizontale Drehung des Quecksilbers verbunden war, sondern man muss auch aus dem Umstande, dass Davy nicht erwähnt, ein Pol habe sich bei dieser Erscheinung anders verhalten, als der andere, schliessen, dass beide gleichmässig die Vertiefung bewirkten, welches ebenfalls in Uebereinstimmung mit der vorigen Herleitung ist. Denn unstreitig

---

* In der That, wenn wir uns unterhalb des Magnetpols *Fig.* 55, in welchem ein Strom am Umkreis und einer nach der Mitte zu bezeichnet ist, kreisförmige parallel laufende Ströme denken, so wird der Anziehung, welche die Seite *a* des Magnetstroms auf den unter ihm parallel laufenden Quecksilberstrom äussert, entgegengewirkt durch die Abstossung, welche die Seite *b*, wo der Magnetstrom die entgegengesetzte Richtung hat, auf denselben Strom äussert, und blos die grössere Nähe der Seite *a* bewirkt das wirkliche Ueberwiegen der Anziehung. Begreiflich aber, je näher man nach der Mitte zu vorschreitet, um so näher kommt man auch der Seite, wo die Ströme die entgegengesetzte Richtung haben, so dass unter dem Mittelpuncte selbst die Anziehung null ist.

saur
BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01557/010

würde Davy es nicht versäumt haben, anzugeben, wenn etwa ein Pol die Erhöhung befördert hätte, anstatt sie zu mindern.

Man sieht jedenfalls, dass die hier beschriebene Erscheinung etwas complicirt ist, da die Wirkung des Leitungsdrahts und des Magnets dabei zusammenwirken. Auf eine sehr einfache und instructive Weise dagegen stellt sich die drehende Bewegung des Quecksilbers durch blosse Wirkung eines Magneten bei folgendem Versuche nach Schweigger* dar.

Eine Schale mit Quecksilber, *Fig.* 56, stehe auf dem Südpole *S* eines Magnets. Darüber werde ein schmales, an einem Stative befestigtes, Bret mit zwei Oeffnungen angebracht, durch welche zwei, an der Lampe fein ausgezogene, Glasröhren gehen, versehen mit zuleitenden Drähten *m* und *n*, welche jedoch nicht ganz bis zur Spitze der Röhren herabreichen, um den freien Ausfluss des in dieselben hineingegossenen (oder durch zwei kleine Heber zufliessenden) Quecksilbers nicht zu stören. Nothwendig ist es, dass dieses Quecksilber continuirlich, nicht tropfenweise, fliesse, welches letztere sich sogleich durch Entstehung von Wellen und durch aufhörenden Ausschlag der Magnetnadel unter dem mit einem der Polardrähte verbundenen Multiplicator ankündigen wird**.

---

* Schweigg. J. XLVIII. 310.

** Diese Vorsicht, einen Multiplicator von 2 bis 3 Windungen eines stärkern Drahts bei diesem Versuche anzuwenden, ist nach Schweigger sehr zu empfehlen, um der ununterbrochenen Wirksamkeit des el. Stroms versichert zu seyn. Denn oft kann es (wenn das Quecksilber in den Röhren *GF*, *ED*, in welche es gleichzeitig mit Vorsicht gegossen werden muss, nicht mehr hoch genug steht) dennoch scheinen, dass der zarte Quecksilberstrom noch continuirlich aus der Glasspitze ausfliesse, während schon die Magnetnadel keinen Ausschlag mehr zeigt, sondern die Kette unterbrochen ist, indem blos einzelne Tropfen, wenn auch in sehr schneller Reihe, niederfallen. Damit ist aber auch sogleich Wellenbewegung verbunden. Dagegen erscheint der Quecksilberspiegel ganz glatt, wenn der zarte Quecksilberstrom aus geringer Höhe continuirlich auf ihn hinfliesst.

Ist aber die Bedingung des continuirlichen Stromes erfüllt, so sieht man, wenn der Quecksilberspiegel etwas bestäubt ist, recht deutlich das Quecksilber um den positiven Stral sich durch West Süd Ost, um den negativen durch Ost Süd West (wenn der Südpol wirklich nach Süd gerichtet war) drehen [*], wie in der That der Theorie ganz angemessen ist.

Noch verdient eine Anordnungsart des Versuchs von de la Rive [**] angeführt zu werden. Man nehme einen hohlen cylindrischen Magneten, dessen unteres Ende durch einen mit starker Reibung hineintretenden Messingcylinder verschlossen ist. Man stelle diesen Cylinder vertical und giesse Quecksilber hinein, so dass er davon angefüllt wird. Setzt man dann das Messing mit dem einen Pol der Säule in Verbindung, während man die Spitze des andern Polardrahts in die Oberfläche des Quecksilbers taucht, so wird man dieses sofort in Drehung gerathen sehen, deren Richtung sich nach der Stelle, die man dem Polardraht giebt, abändern, und zwar in entgegengesetzter Richtung Statt finden wird, je nachdem man die Drahtspitze in oder bei der Axe des Cylinders, oder am Umkreis, in Berührung mit der Innenwand des Cylinders eintaucht. Auch bei Verwechselung der Polardrähte kehrt sich die Richtung der Strömung um. Substituirt man der magnetischen Röhre eine Glasröhre, so hören die Erscheinungen ganz und gar auf.

Die Theorie giebt sehr leicht Rechenschaft von diesen Umständen.

---

[*] Schweigger hat diesen Versuch mittelst zweier, mit Kupferplatten umgebener, Zinkplatten von etwa 10 Zoll Länge und 4 Zoll Breite, die, zur einfachen Kette verbunden, in Salmiackwasser getaucht waren, angestellt.

[**] In seinen *Recherches sur le mode de distr. etc.* §. 2.; auszugsweise in *Bull. univ. des sc. math.* V. 193.

Siebentes Capitel.

Nähere Bestimmung der Vertheilung der elektrischen Ströme in den Magneten nach Ampère's Theorie.

Wir haben in den vorigen Abschnitten immer angenommen, dass die elektrischen Ströme den Magnet als ein Ganzes, gleichsam seine Masse umkreisen, oder wenigstens concentrisch um die Axe desselben laufen, und gesehen, wie in der That unter dieser Voraussetzung alle Erscheinungen, welche Magnete in Bezug zu einander oder zu elektrischen Leitern darbieten, sich aufs leichteste repräsentiren lassen. Jedoch macht ein Umstand nöthig, diese Ansicht etwas zu modificiren [*]. Man findet nämlich, wenn man einen Magneten zerschlägt, dass jedes kleinste Stückchen desselben wieder ein Magnet ist. Man muss daher schliessen, dass die elektrischen Ströme nicht sowohl den Magnet als Ganzes umkreisen, dass vielmehr jedes kleinste Theilchen des Magnets von einem geschlossenen Strom umlaufen wird, dass aber die Gesammtheit dieser Elementarströme im Magneten so angeordnet ist, um dasselbe Resultat nach Aussen zu geben, als wenn wirklich Ströme concentrisch um seine Axe liefen. Eine solche Anordnung ist gegeben, wenn man sich *Fig.* 57 als den Durchschnitt eines cylindrischen Magneten vorstellt und die kleinen Kreise als Ströme, die um seine Theilchen nach der durch die Pfeile bezeichneten Richtung laufen (eben solche Theilchen muss man sich durch den ganzen Durchschnitt denken). In der That wird sich der Gesammtheit der einzelnen Elementarströme in jedem um die Axe concentrischen Ringe bei dieser Anordnung immer die Wirkung eines kreisförmigen Stroms, der nach der Richtung $\alpha\beta\gamma$

---

[*] Ampère gab seiner Theorie diese Modification erst späterhin (Gilb. Ann. LXXII. 257).

läuft[*] substituiren lassen, wodurch wir auf unsere frühern Vorstellungen hinsichtlich aller Wirkungen, die der Magnet nach Aussen zu äussern vermag, zurückgeführt werden.

Diese Annahme der Elementarströme ist übrigens ganz analog der Annahme über die jedem kleinsten Theilchen zukommenden zwei Pole, die in der gewöhnlichen Theorie des Magnetismus angenommen werden.

Vergleicht man die Wirkungen eines Längenmagnets mit den Wirkungen einer elektrodynamischen Schraube an ihren verschiedenen Puncten, so findet man einen Unterschied beider darin, dass in der Schraube die Puncte der stärksten Wirksamkeit an den Enden der Schraube liegen, in den Magneten dagegen ein Stück vom Ende entfernt. Dieser Unterschied erklärt sich unter der Voraussetzung, dass die Elementarströme in den Magneten nicht alle in Ebenen liegen, welche senkrecht auf die Axe des Magnets, sondern je nach ihrer Lage im Magnet mehr oder weniger dagegen geneigt sind[**].

Achtes Capitel.

Magnetisirung durch gewöhnliche oder galvanische Elektricität[***].

Man hat die Beobachtung gemacht, dass magnetisches Eisen oder Stahl dadurch Magnetismus erlangen können, dass man elektrische Ströme oder auch elektrische Funken, wie sie ein Conductor einer Elektrisirmaschine, oder eine Leydner Flasche zu geben vermögen, bei ihnen vorbeigehen lässt *, und selbst das Magnetisiren des Stahls durch Streichen mit schon gebildeten Magneten lässt sich hierauf zurückführen, wenn man elektrische Ströme um den Magnet oder seine Theilchen kreisend annimmt.

---

[*] Denn in jedem Elementarstrom überwiegt der nach Aussen gekehrte Theil in der Wirkung nach Aussen, wegen grösserer Nähe.

[**] Vergl. Demonferrand Handb. S. 205 ff., wo eine Ableitung dieser ungleichförmigen Lage gegeben ist.

[***] Vergl. über Magnetisirung durch gewöhnliche Elektricität: Pönitz in Gilb. LXVII. 319. — Böckmann in Gilb. LXVIII. 9. — Yelin ebend. 17. — Scoresby ebend. 204. —

Wir wollen zuerst die hieher bezüglichen Thatsachen selbst ohne alle theoretische Einmengung betrachten, nachher ihre Beziehungen zur Theorie aufsuchen.

Wenn man dem Schliessungsdraht eines grossplattigen Apparats, gleichviel von welchem Metall er sey, Eisenfeile darbietet, so findet man, dass sie daran hängen bleibt, wie an einem Magneten. Schon dieses ist eine Andeutung einer magnetisirenden Wirkung der Elektricität, denn wie aus der Lehre vom Magnetismus erhellt, ist ein vorher nicht magnetischer Körper nur in so fern magnetischer

---

Lehot in Gilb. LXVIII. 307. — **Pfaff** in Gilb. LXIX. 84. — **Davy** in Gilb. LXXI. 232. — **Utrechter Physiker** in Gilb. LXXII. 12. 26. 28. — **Hill** in Schweigg. J. N. R. IV. 290. — **Savary** in Pogg. IX. 443; X. 73. — **Schweiggers** Zusammenstellung älterer Erfahrungen in Schweigg. J. XLVI. 1.

Durch galvanische El.: **Arago** in Gilb. LXVI. 341. — **Davy** in Gilb. LXVII. 362; LXVIII. 32. 307; LXXI. 228. — **Ampère** in Gilb. LXXII. 152. **Derselbe** in **Demonferrand** Handb. der dynam. El. 130. — **Seebeck** in Schweigg. J. N. R. II. 27; VII. 21. — **Ridolfi, Antinori und Bordi** in *Bibl. univ.* XVI. 101. (ausgez. in **Pfaff's** Elektromagnetismus S. 179; auch in Gilb. LXXI. 262), — **Savary** in Pogg. Ann. X. 95. — **Prechtl** in Gilb. LXVII. 270. — **Yelin** in Gilb. LXVI. 401. — **Raschig** in Gilb. LXIX. 206. — **Gilbert** ebend. 211. — **Van Beck, Moll, v. Rees, van der Bos** in Gilb. LXVIII. 305. — **Cumming** in Gilb. LXIX. 401. — **Faraday** in Gilb. LXXI. 102. — **Muncke** Gilb. LXX. 174; LXXI. 28. — **Schrader** in Schweigg. J. N. R. III. 20.

* Von dem Erfolge, den das **Hindurchgehen** der Elektricität durch das Eisen oder den Stahl hat, wird weiterhin die Rede seyn. — Nach **Ridolfi** kann auch ein el. Strom, der ohne Unterbrechung und ohne Funken vom Reibzeug der Elektrisirmaschine zum Conductor geht, bei kräftigen Maschinen Elektrisirung bewirken, bei schwächern Maschinen aber gelingt dieser Versuch nicht.

Anziehung fähig, als er durch den Einfluss des magnetischen Körpers Magnetismus erlangt; gerade so wie auch ein vorher nicht elektrischer Körper von einem elektrischen nur in so fern angezogen wird, als dieser ihn durch Vertheilung elektrisirt hat. Trennt man jedoch die Eisenfeile vom Drahte, so wird sie nachher nicht mehr von andern Magneten angezogen, weil, wie bekannt, weiches Eisen seinen Magnetismus nur unter dem Einfluss des magnetisirenden Körpers zu behaupten vermag, davon getrennt aber ihn sofort wieder verliert. Desshalb sind zu den folgenden Versuchen, bei welchen es darauf ankommt, dauernden Magnetismus durch Elektricität zu erwecken, Stäbe oder Nadeln von Stahl anzuwenden, welcher die Eigenthümlichkeit besitzt, den einmal erregten Magnetismus festzuhalten.

Lässt man nun bei solchen Stäben oder Nadeln gewöhnliche oder galvanische Elektricität vorbeigehen, so findet man stets, dass die Richtung der Polarität, welche der Stahl hiebei annimmt, in gewissen Beziehungen zu der Richtung der positiven und negativen El. steht, welche bei den Stäben vorbeigeleitet wird, und der Erfolg in dieser Hinsicht lässt sich unter folgender Regel zusammenfassen.

20) Denken wir uns einen Beobachter in der Richtung, welche bei dem Entladungschlage der Maschine oder bei der Strömung der Säule die positive El. nimmt, so befindlich, dass diese El. zu seinen Füssen eintritt, und zu seinem Kopfe austritt*, und dass sein Gesicht dem zu magnetisirenden Stahlstück zugekehrt sey, so wird sich der Nordpol dieses Stahlstücks stets zu seiner linken Hand bilden**.

---

* Verfolgt die Elektricität einen krummen Weg, wie in einer Spirale, so muss man, wenn man die Wirkung einer Windung einer solchen Spirale betrachten will, den Beobachter selbst sich dieser Windung entsprechend gekrümmt vorstellen.

** Diess ist dieselbe Richtung, nach welcher der Nordpol einer schon magnetisirten Nadel durch den Volta'schen Schliessungsdraht abgelenkt wird.

Diese Regel gilt allgemein, so lange die Entfernung, in welcher die Elektricität bei dem Stahlstück vorbeigeht, eine gewisse Gränze nicht überschreitet. Zufolge der sehr interessanten Entdeckung Savary's indessen tritt, bei einer gewissen Gränze dieser Entfernung, zwar nicht durchgängig, aber doch unter sehr allgemeinen Umständen, eine Umkehrung der Polarität ein *, so dass, wenn die Elektricität in weiterer Entfernung vorbeigeht, jetzt das links gelegene Ende des Stahlstücks vielmehr südpolarisch wird; ja diese Abwechslungen können 4 bis 6mal wiederkehren, so dass die Wirkungssphäre der El. in diesen Fällen aus Zonen von abwechselnd entgegengesetzt magnetisirender Wirkung zu bestehen scheint. Bevor wir jedoch von letzteren Umständen sprechen, wollen wir die verschiedenen Magnetisirungsarten durch El. im Allgemeinen, und der Wirkung nach, die sie in der ersten Zone ihrer Wirkungssphären, wie sie durch die obige Regel für alle Fälle gegeben ist, äussert, ins Auge fassen. Betrachten wir in diesem Bezuge zuerst die Wirkung der gewöhnlichen Elektricität.

Der magnetisirende Einfluss der El. ist schon früherhin öfters im Blitz beobachtet worden, und man erzählt mehrere Beispiele, dass, nachdem der Blitz in Schiffe eingeschlagen hatte, die darauf befindlichen Compassnadeln ihre Polarität umgekehrt hatten, so dass der Steuermann dadurch zu einem Irrthume in der Richtung, die er dem Schiffe zu geben hatte, veranlasst wurde **.

Die einfachste Art, mittelst gewöhnlicher Elektricität zu magnetisiren, ist, dass man einen Metalldraht der Quere nach über oder unter einer Stahlnadel oder in einiger Entfernung von derselben isolirt ausspannt, und dann durch diesen Draht einen einfachen oder verstärkten elektrischen

---

* Bis jetzt beziehen sich die Beobachtungen Savary's über die erfolgenden Umkehrungen bloss auf die Magnetisirung mittelst gewöhnlicher Elektricität, da seine Versuche über die galvanische El. noch nicht vollständig sind. Wahrscheinlich jedoch findet hiebei etwas Entsprechendes Statt.

** Schweigg. J. XLVI. 1.

Funken schlagen lässt. Davy hat diesen Versuch auf folgende interessante Weise abgeändert. Er befestigte mit Zwirn auf einer aus Pappe geschnittenen Kreisscheibe von 2¼ Zoll Durchmesser 6 kurze Stahlnadeln, eine nahe bei der andern, so dass sie die Seiten eines in den Kreis beschriebenen Sechsecks bildeten, sich aber einander nicht berührten. Nachdem er dann durch den Mittelpunct der Scheibe, senkrecht auf sie, einen Draht gesteckt hatte, der die Scheibe in horizontaler Lage hielt, entlud er eine Batterie durch den Draht. Alle 6 Nadeln fanden sich nach der Entladung magnetisch und mit 2 Polen, von denen je zwei ungleichnamige einander zugekehrt waren, und deren Beschaffenheit sich durch die oben gegebene Regel bestimmt fand.

Dieselbe Regel erklärt die scheinbar sehr sonderbaren Polaritätserscheinungen, die Pfaff* dadurch erhielt, dass er elektrische Funken durch eine ebene Spirale schlagen liess, auf oder unter welche eine Stahlnadel in verschiedenen Richtungen gelegt wurde. Lag z. B. die Nadel *NN* wie in *Fig.* 58, so dass sie symmetrisch zu ihren beiden Seiten von 5 Bogen der Spirale durchschnitten wurde, und dass die positive El. bei *A* in die Spirale überschlagen gelassen ward, so erhielt die Nadel an beiden Enden Nordpole (mithin auf jedem Fall in der Mitte oder um die Mitte Südpole), wenn sie auf der Spirale lag, Südpole dagegen, wenn sie unter der Spirale lag. Man muss hiebei berücksichtigen, dass in den Windungen, welche die eine Hälfte der Nadel kreuzen, die El. einen entgegengesetzten Gang befolgt, als in denen, welche die andere Hälfte kreuzen, und ändert man demgemäss die Lage des Beobachters nach der obigen Regel für die beiden Hälften der Nadel ab, so wird sich das Resultat Pfaff's blos als eine Folgerung daraus ergeben; und man wird nach derselben Regel auch die Arten der Magnetisirung, welche die Nadel bei verschiedenen andern Lagen gegen die Spirale annehmen muss, voraus bestimmen können. Dieser Versuch steht in wesentlicher Beziehung zur Magnetisirung mittelst Magneten, wie sich in der Folge ergeben wird.

---

* Gilb. Ann. LXIX. 84.

Bei der Magnetisirung durch elektrische Spiralen erhält man den Vortheil, dass man die Elektricität derselben Entladung wiederholt bei dem zu magnetisirenden Stabe vorbeigehen lassen kann, wodurch ihre Wirkung auf denselben verstärkt oder so zu sagen vervielfacht wird. Jedoch bedient man sich hiezu minder zweckmässig ebener (archimedeischer) Spiralen, als vielmehr schraubenförmig gewundener, mit welchen man die zu magnetisirenden Nadeln oder Stäbe umgiebt*, so dass sie sich in der Axe der Spiralen befinden, und dass die Elektricität, den Windungen derselben folgend, wiederholt in einer auf die Richtung des Stabes senkrechten oder ziemlich senkrechten, Richtung vorbeizugehen genöthigt ist. Noch mehr kann die Wirkung verstärkt werden, wenn man mehrere solche, in metallischer Verbindung mit einander stehende, Schrauben in einander steckt, und in die innerste derselben den zu magnetisirenden Stab bringt, wobei jedoch zwei Vorsichtsmassregeln wesentlich sind: 1) dass die einzelnen Windungen der Schrauben für den anzuwendenden Grad von Elektricität gehörig von einander isolirt sind, was man gewöhnlich durch Ueberspinnen mit Seide zu erreichen sucht; 2) dass die Windungen sämmtlicher in einander gesteckten Schrauben nach derselben Richtung gehen; denn es erhellt leicht, wenn man die obige Regel auf die Magnetisirung durch solche Schrauben anwendet, dass eine rechts gewundene Schraube den Stab gerade nach der entgegengesetzten Richtung zu magnetisiren streben würde, als eine links gewundene Schraube. Jedenfalls wird man durch Anwendung der obigen Regel, indem man den Beobachter sich in der Richtung der einzelnen Schraubengänge, nach der Nadel gekehrt, liegend denkt, die Art der erlangten Polarität für alle Fälle vorausbestimmen können, und hiedurch werden alle einzelnen Regeln, die man in diesem Bezug für rechts- und linksgewundene Schrauben und den Eintritt der positiven Elektricität am einen oder andern Ende derselben gegeben hat, völlig überflüssig. Doch wird dabei vorausgesetzt, dass der Abstand, in welchem sich die zu magnetisirende Nadel von den Windungen der Schraube befindet, nicht zu gross sey, wie bei grosser Weite dieser Schrauben der Fall seyn würde, da sonst die von **Savary** beobachteten Umkehrungen eintreten könnten, von denen wir bald weiter sprochen werden.

---

* Je enger gewunden die Spiralen sind, desto besser, nur müssen die einzelnen Windungen gehörig von einander isolirt seyn.

Jedenfalls ist sehr merkwürdig, dass die absolute Weite, auf welche Nadeln durch Vorbeigehen elektrischer Entladungen magnetisch zu werden vermögen, ausnehmend gross ist. So fand **Davy**, dass ein Stahlstab in 14 Zoll Abstand von einem geradlinigen Drahte, durch den er eine Batterie von 70 Quadratfuss geladener Oberfläche entlud, noch magnetisch wurde, und ähnliche Erfahrungen hat **Yelin*** mittelst Schraubenspiralen gemacht. Man darf jedoch nicht annehmen, dass in diesen Fällen bloss ein langsames allmäliges Abnehmen der magnetisirenden Wirkung mit der Entfernung Statt finde, da vielmehr in gewissen Zwischenentfernungen die Wirkung ganz null ist, um in grössern wieder zu wachsen, aber mit entgegengesetzter Richtung der Magnetisirung, wie diess die Versuche **Savary's** lehren. Ueber eine gewisse Entfernung hinaus aber nimmt die Wirkung stets bleibend ab, und ohne weiter eine Abwechslung der Art zu zeigen.

Es ist ferner bemerkenswerth, dass die magnetisirende Kraft der elektrischen Entladung nach **Davy** und **Yelin** keine bemerkliche Verminderung erfährt, wenn man die zu magnetisirende Nadel in beliebige schlechte Leiter oder Nichtleiter der Elektricität, wie Glas, Glimmer, Seide, Wachstaffet, Holz, Papier u. s. w. einschliesst, wiewohl vielleicht die Versuche hierüber nicht genug abgeändert wurden, um eine gänzliche Einflusslosigkeit darzuthun;

---

* Gilb. Ann. LXVIII. 15.

denn **Davy** erwähnt eine solche Einflusslosigkeit auch von Metallen; die nachfolgenden Versuche **Savary's** lehren aber, dass diese nur einer gewissen Dicke der Umhüllung mit Metall zukommt.

Savary brachte in einen Schraubendraht zwei Nadeln, die eine ohne Hülle, die andere eingeschlossen in einen, vom Conductor isolirten, dicken Cylinder von Kupfer *. Eine Entladung, welche die erste magnetisirte, hatte auf die zweite keine Einwirkung. Statt der unmagnetisirten Nadel legte er eine bereits magnetisirte in das Kupferrohr, und zwar so, dass ein el. Schlag die Pole derselben entweder umkehren oder schwächen musste, wenn nicht die Hülle die Wirkung vernichtete. Allein die Dauer ihrer Schwingungen wurde, vor und nach dem Versuche, durchaus gleich gefunden.

Als **Savary**, während die Intensität der Schläge dieselbe blieb, die Dicke der Hüllen stufenweise verringerte, begannen die Nadeln eine immer mehr und mehr merkliche Wirkung zu erleiden. Bei einer gewissen Dicke des Metalls war die darin eingeschlossene Nadel eben so stark magnetisirt, wie die nackte Nadel. Bei stufenweis noch mehr verringerter Dicke war von den beiden Nadeln die eingeschlossene Anfangs (d. h. bei noch nicht weit getriebener Verringerung) am stärksten magnetisirt und erreichte ein Maximum der Intensität; späterhin nahm aber ihr Magnetismus stufenweise ab, und dadurch näherte sie sich von Neuem der andern Nadel.

In dem Masse, als die Intensität der el. Schläge zunimmt, muss die Metallhülle, wenn die von ihr eingeschlossene Nadel eben so stark, als die nicht eingeschlossene, magnetisirt werden soll, dicker seyn. Zugleich ist die Zunahme des Magnetismus, welche von der geringern Dicke der Hülle herrührt, in demselben Grade beträchtlicher. Bei sehr schwachen Schlägen ist die Dicke, bei welcher keine Einwirkung Statt findet, sehr klein.

---

* Die Nadeln wurden senkrecht gegen den magnet. Meridian gelegt, um alle Wirkung des Erdmagnetismus zu hindern.

Zwischen Dicke und Länge eines Metallcylinders muss es ein gewisses Verhältniss geben, bei welchem, für einen gegebenen elektrischen Schlag, die Wirkung dieses Cylinders die grösstmögliche ist.

Wenn man eine Nadel abwechselnd mit mehrern leitenden und nichtleitenden Schichten concentrisch umgiebt, so scheint die Wirkung der erstern nicht merklich durch ihre Isolation abgeändert zu werden. Dagegen wird ihre Wirkung sehr geschwächt durch Schnitte, die entweder senkrecht auf ihre Längenaxe stehen, oder deren Ebenen durch diese Axe gehen. Sehr dicke Hüllen von zarter Kupferfeile oder selbst von Eisenfeile, von gleichem Gewichte mit Cylindern aus diesen Metallen, welche die Wirkung eines gegebenen elektrischen Schlages gänzlich zerstören würden, änderten kaum die Wirkungen ab.

Wenn man in einem Metallcylinder, z. B. in einem mit Quecksilber gefüllten Glasrohre, der Axe desselben parallel, successiv Nadeln in verschiedenen Abständen von dem Umfange bis zur Mitte hin befestigt, und sie mit einer Nadel vergleicht, die ohne Hülle in demselben Schraubendrahte derselben Entladung ausgesetzt wird, so bemerkt man zuvörderst eine stufenweise Zunahme der Intensität, dann ein Maximum und darauf eine Abnahme, welche sich bis zur Mitte hin erstreckt. Wenn die Entladung ziemlich schwach oder die Hülle ziemlich dick ist, so giebt es einen Abstand von der Axe des Quecksilbercylinders, bei welchem die Nadel keine Einwirkung mehr erfährt. Savary findet es selbst sehr wahrscheinlich, dass man, bei viel stärkeren elektrischen Schlägen und bei verhältnissmässig viel grössern Metalldicken, mehrere concentrische Flächen, wo die Wirkung null ist, finden würde.

Die Metalle, welche Savary als sehr dicke Cylinder anwandte, waren Eisen, Zinn und Quecksilber; auch folgten sie so in ihrer Wirkung, in abnehmender Intensität, auf einander.

Die Wirkung nicht metallischer Leiter anlangend, wie Salpetersäure, Schwefelsäure, Wasser u. s. w., so beobachtete Savary auch von ihnen einen Einfluss;

doch waren seine Versuche nicht augenfällig genug, ihn auf sichere Art kennen zu lernen.

Im Allgemeinen erhellt aus Vorstehendem, wie sehr die Metalle, welche im Innern von Schraubendrähten Stahlnadeln umgeben, deren Magnetisirung durch el. Schläge abzuändern vermögen; und es ist sehr wahrscheinlich, dass ein Bezug zwischen diesen Erscheinungen und denen des Magnetismus durch Drehung (**Biot's** Lehrb. IV. S. 90 ff.) Statt finde. **Savary** hat einen ähnlichen Einfluss auch von Metallplatten beobachtet, welche sich zwischen den zu magnetisirenden Nadeln und einem einfachen Draht, durch welchen der el. Schlag geleitet wurde, befinden. Ueber die Resultate dieser Versuche verweisen wir auf die Originalabhandlung selbst *.

Wenn schon die hier angeführten Resultate **Savary's** von hohem Interesse sind, so sind es doch noch mehr nachfolgende, auf welche wir schon oben hingedeutet haben, aus welchen erhellt, dass die magnetisirende Wirkung eines, vom elektrischen Schlage durchlaufenen, Drahtes in verschiedenen Entfernungen Abwechselungen in der Art und Intensität darbietet.

Um diese Erscheinungen nachzuweisen, muss man sich sehr dünner Stahlnadeln bedienen. Diese legt man, in horizontaler Richtung und in verschiedener Höhe, senkrecht gegen den in gerader Linie und horizontal ausgespannten, Draht, so dass ihre Mitten sich senkrecht über diesem Drahte befinden. Zu diesem Ende ist es vortheilhaft, sie an einer schwach geneigten Leiste so zu befestigen, dass die erste den Draht berührt, und die übrigen allmälig in immer grösseren Höhen darüber zu liegen kommen, jedoch so weit von einander entfernt bleiben, um nicht wechselseitig merklich auf einander einwirken zu können **. Es stehe hier das Resultat eines Versuchs von **Savary**, der auf solche Art angestellt ward.

---

* Pogg. Ann. X. 91.

** Um sich nicht sehr langer Leisten zu bedienen, kann man deren mehrere parallel in verschiedenen Abständen vom Draht anbringen.

Er nahm einen Platindraht von ¼ Millimeter Dicke und 2 Meter Länge, und spannte ihn auf eine Strecke von mehr als 1 Centimeter geradlinig über ein Lineal aus, das ihm als Träger diente. Die Nadeln, welche glashart gehärtet waren, hatten ¼ Millim. Durchmesser und 15 Millim. Länge. Nachdem sie durch den Schlag einer, bei Weitem noch nicht zur Sättigung geladenen, Batterie von 22 Quadratfuss Oberfläche magnetisirt worden waren, liess man sie schwingen, um durch ihre Schwingungszahl die Stärke des erlangten Magnetismus zu messen. Es wurden folgende Resultate erhalten *.

Nadeln.	Abstand der Nadeln vom Drahte.	Dauer von 60 Schwingungen.	Art der Magnetisirung.	Nadeln.	Abstand der Nadeln vom Drahte.	Dauer von 60 Schwingungen.	Art der Magnetisirung.
1te	$0^{mm},0$	0′52″,4	positiv	13te	$13^{mm}8$	0′49″,6	positiv
2te	1,2	1 3,8	—	14te	16,3	0 38,2	—
3te	2,5	1 12,8	negativ	15te	18,7	0 33,8	—
4te	3,7	0 44,6	—	16te	1,0	0 31,3	—
5te	5,0	0 40,0	—	17te	23,8	0 29,5	—
6te	6,0	0 41,8	—	18te	28,5	0 30,8	—
7te	7,4	0 44,8	—	19te	34,0	0 29,8	—
8te	8,5	0 58,2	—	20ste	46,0	0 35,9	—
9te	9,7	1 20,1	—	21ste	70,0	0 55,6	—
10te	10,9	1 52,0	positiv	22ste	100,0	1 27,6	—
11te	11,8	1 18,6	—	23ste	130,0	1 48,0	—
12te	12,5	1 1,0	—				

Man sieht aus dieser Tabelle, dass der durch den Schlag erregte Magnetismus zwei Mal seine Richtung gewechselt hat, zuerst bei 2 Millim. vom Drahte und dann ungefähr bei $10^{mm},4$ Abstand. Das Maximum für die negativ magnetisirten Nadeln findet sich 5 Millimeter vom

---

* In nachfolgender Tabelle bedeutet positiv die Art der Magnetisirung, welche die Nadeln nach der S. 84 angeführten Regel erhalten mussten; negativ die entgegengesetzte. Diese Ausdrücke sollen bloss zur kurzen Bezeichnung dienen, ohne ihnen sonst eine Beziehung unterzulegen.

Drahte. Die Maxima der positiven Nadeln liegen, das eine im Berührungspuncte mit dem Drahte, das andere bei ungefähr 3 Cent. Höhe [*].

Eine verschiedene Länge der Nadeln bei übrigens gleichbleibenden Umständen scheint keinen Einfluss auf die Abstände, bei denen eine Abwechslung der Magnetisirungsart erfolgt, zu haben; dagegen ist Grad der Härtung und Dicke der Nadeln, Länge und Dicke des Drahts, und Stärke des Entladungsschlages hierauf, und auf die Grösse des grössten Maximums, was sich erlangen lässt, vom wichtigsten Einfluss. Es ergeben sich in diesem Bezug nachstehende Folgerungen aus Savary's Versuchen.

Bei gleichbleibender Drahtlänge und Entladung giebt es einen Durchmesser des Drahts, bei welchem das Maximum der Magnetisirung den grössten Werth erlangt [**]; bei grösserem oder geringerem Durchmesser ist diess Maximum kleiner. Umgekehrt, wenn Entladung und Drahtdicke dieselben bleiben, so findet man eine Länge des Drahts, für welche das Maximum grösser ist, als für jede andere, grössere oder geringere, Länge.

Länge und Dicke, welche so die stärkste Magnetisirung geben, sind, die erstere um so kleiner, die andere um so grösser, als der Draht ein schlechterer Leiter ist.

Das (grösste) Maximum der Magnetisirung liegt um so weiter vom Drahte, und in dem Zwischenraume ist die Zahl der Abwechslungen um so beträchtlicher, je geringer die Länge des Drahts im Verhältniss zu seiner Dicke ist [***].

---

[*] Keines dieser Maxima war jedoch so stark, als der Sättigungszustand derselben Nadeln, der sich mittelst starker Magnete hervorrufen liess. — Uebrigens zeigten jene Nadeln keine Folgepuncte.

[**] Es kann bis zur Sättigung der Magnetnadel steigen.

[***] Ist die Länge des Drahts gross in Verhältniss zu seiner Dicke, so verschwinden die Abwechslungen ganz; so bei einem Platindraht von 1 Meter Länge und ¼ Millimeter Dicke (bei Anwendung ähnlicher Nadeln als oben beschrieben, und ziemlich gleichen Entladungsschlägen). Das Maximum der Magnetisirung lag hier bei 11 Millimeter Entfernung vom Drahte. — Dagegen

Man erhält einander ähnliche Reihen mittelst gleicher Schläge, wenn man Länge und Dicke des Drahts gleichzeitig in einem gewissen (aber nicht dem einfachen) Verhältnisse ändert. Wenn die Länge und Dicke zweier Drähte diesem Verhältnisse nicht entspricht, so kann man im Allgemeinen nicht mehr mittelst gleicher oder verschiedener Entladungen vollkommen ähnliche Reihen bei zwei Drähten erhalten. Die Ungleichheit zeigt sich vor Allem, wenn die Drähte und die Entladung in solchen Beziehungen stehen, dass die Magnetisirung das Zeichen mit der Entfernung wechselt.

Sobald der Theil des Drahts, welcher in gerader Linie ausgespannt ist, eine hinlängliche Länge besitzt, hat die Gestalt des nicht ausgespannten Theils keinen Einfluss auf die Magnetisirung, während die Länge desselben einen beträchtlichen ausübt.

Wenn ein sehr dünner Draht von Messing, Platin u. s. w. eine solche Länge hat, dass die Magnetisirung, welche durch einen starken Schlag bewirkt wird, Abwechslungen des Zeichens darbieten kann, und der Draht wird durch den Strom zerrissen, so sind die magnetischen Erscheinungen, ausgenommen vielleicht in sehr geringem Abstande von dem Puncte des Risses, die nämlichen, als wenn der Draht ausgespannt geblieben wäre.

Wenn man einen sehr starken Schlag durch einen Draht geleitet hat, erhält man hernach mit diesem Drahte, bei fast gleichen Mengen von Elektricität, nicht mehr ganz gleiche Reihen von magnetischen Intensitäten. Diese schwache Aenderung kann zuweilen von einer Oxydation der Oberfläche abhängen, im Allgemeinen aber von der, durch die Erhitzung des Drahts beim Schlage vorgegangenen, Enthärtung (*récuit*) desselben.

Was den Einfluss der Härtung der Nadeln und ihrer Dicke auf die Richtung und Intensität der Magnetisirung

---

wechselte die Magnetisirung 4mal ihr Zeichen bei einem Platindraht von 1 Meter Länge und $\frac{1}{4}$ Millim. Dicke (bei übrigens gleichen Umständen), und das letzte und zugleich grösste Maximum lag in $4\frac{1}{2}$ Cent. Entfernung vom Drahte.

anlangt, so verweise ich darüber auf **Savary's** Originalabhandlung. Die Versuche darüber müssen noch mehr abgeändert werden, um durchgreifende Resultate zu erhalten.

Wenn wir nach der Erklärung der hier angeführten Erscheinungen der Abwechslungen fragen, so lässt sie sich zwar zur Zeit noch nicht mit Bestimmtheit geben, doch aber verdient die Ansicht Aufmerksamkeit, welche **Schweigger**[*] in diesem Bezuge aufgestellt hat; dass nämlich die Elektricität, indem sie durch den Draht hindurchgeht, durch Vertheilung Zonen abwechselnd entgegengesetzter Elektricität in ihrem Umkreis hervorbringe[**].

Unter dieser Voraussetzung würden die Abwechslungen entgegengesetzter El. ebenfalls unter die S. 84 angegebene allgemeine Regel treten, indem begreiflich jede Umkehrung der El. im Umkreis des Drahts auch eine Umkehrung der Magnetisirung mit sich bringen müsste. Bemerken wollen wir dabei, dass es **Fischer**[***] nicht gelang, die von **Savary** beobachteten Umkehrungen zu erhalten, als er die zu magnetisirenden Nadeln in **Glasröhren** einschloss.

Es ist bis jetzt stets bloss von der Magnetisirung der stählernen Nadeln durch gewöhnliche Elektricität die Rede gewesen. Das Meiste jedoch, was hierüber ausgesagt worden ist, lässt sich auch mehr oder weniger auf die Magnetisirung durch galvanische Strömungen anwenden, welche so geschieht, dass man Stahlnadeln in querer Richtung gegen den einfachen Schliessungsdraht eines galvanischen Apparats, der bloss aus Einem Plattenpaar von grosser Oberfläche zu bestehen braucht, anbringt, oder besser, dass man diesen Schliessungsdraht in Gestalt einer Schraube dreht, und in das Innere dieser Schraube die Nadeln legt, ganz wie bei den Versuchen mit gewöhnlicher Elektricität. Die Richtung der magnetischen Pole wird auch hier stets nach der S. 84 angegebenen Regel bestimmt, wenigstens innerhalb gewisser Gränzen der Nähe; denn es wäre möglich, dass bei grösserer Entfernung der Nadeln vom Schliessungsdraht auch hier Savary'sche Umkehrungen eintreten könnten.

---

[*] Schweigg. J. LII. 244.

[**] Freilich ist von der strömenden Elektricität bis jetzt keine solche vertheilende Wirkung nachgewiesen.

[***] Schweigg. J. LII. 244.

Wir wollen in Bezug auf die Magnetisirung durch galvanische Ströme einige, unter jene allgemeine Regel tretende, Versuche anführen, die unstreitig jedoch auch ihre Anwendung auf das Magnetisiren durch gewöhnliche El. finden würden.

Arago brachte in dem schliessenden Messingdrahte an drei verschiedenen Stellen schraubenförmige Windungen an, jede in einer Länge von 5 Centimeter (nahe 2 Zoll); die erste dieser Spiralen war rechts, die zweite links, die dritte wieder rechts gewunden [*], und zwischen ihnen befanden sich geradlinige Theile des Drahts. Es wurde nun von einem Stahldrahte von ½ Millim. Dicke ein geradliniges Stück genommen, das so lang war, dass es vom Anfange der ersten bis zum Ende der dritten Spirale reichte. Dies ward in eine Glasröhre gesteckt und diese in die drei Spiralen gebracht. Als nun der galvanische Strom längs dieser Windungen kreiste, wurden die Theile des Stahldrahtes, welche sich in den Spiralen befanden, gerade so magnetisch, als hätten sie von einander getrennt in den einzelnen Spiralen gelegen, denn dieser Draht zeigte bei der Untersuchung am einen Ende einen Südpol, 5 Centimeter weiter einen Nordpol, dann in einiger Entfernung noch einen Nordpol und 5 Centimeter davon einen Südpol, endlich wieder einen Südpol und 5 Centimeter weiterhin, am andern Ende, einen Nordpol. Man kann also beim Magnetisiren eines Stahlstabes, durch dieses Verfahren, zwischen den beiden Endpolen so viele zwischenliegende Pole oder Folgepuncte, als man will, erzeugen.

---

[*] Um zu wissen, was man unter einer rechts und links gewundenen Schraube versteht, diene folgende Erläuterung. Man denke sich den Schraubencylinder horizontal vor sich gelegt, so dass seine Axe senkrecht auf der Breite unseres Körpers sey. Sie wird rechts gewunden seyn, wenn man dadurch von ihrem nächsten zum entferntesten Ende gelangt, dass man den Finger auf den obersten Punct ihrer Basis aufsetzt, dann nach rechts damit, unter die Schraube hin, von da nach links und wieder nach Oben, u. s. f. immer den Windungen der Schraube folgend, geht. Sie wird dagegen links gewunden seyn, wenn man erst mit dem Finger nach links, unter die Schraube hin u. s. f. gehen muss, um zum entferntesten Ende zu gelangen.

Es muss jedoch hiebei bemerkt werden, dass der Einfluss, welchen ein längs der Windungen kreisender galvanischer Strom auf den in ihnen eingeschlossenen Theil eines Stahldrahts äussert, sich auch noch auf die benachbarten Theile erstreckt, so dass, wenn im Schliessungsdraht zwei Spiralen nur durch ein kurzes geradliniges Stück von einander getrennt sind, auch das diesem entsprechende Stück des Stahldrahtes magnetisirt wird. Spannt man den Verbindungsdraht über eine Nadel ihrer Länge nach geradlinig aus, so erhält sie keinen bemerklichen Magnetismus [*].

Die Magnetisirung durch Volta'sche Ströme geschieht nach Savary's Versuchen in sehr kurzer Zeit vollständig. Sie ist, wenigstens bei kleinen Nadeln, fast augenblicklich vollbracht. Wie auch im Allgemeinen die Wirksamkeit des galvanischen Apparats schwanke, sobald der Strom, während er auf eine Nadel wirkt, seine Richtung nicht ändert, wird diese Nadel so magnetisirt, als wenn die Säule beständig die stärkste der verschiedenen Intensitäten gehabt hätte.

Mehrere andere Versuche Savary's, die man im Original nachlesen kann, übergehe ich, da sie noch zu keinem allgemeinen Resultate führen.

Arago [**] hat die Magnetisirung von Stahlnadeln auf interessante Weise zu einem Verfahren benutzt, das Leitungsvermögen verschiedener Metalle mit einander zu vergleichen. Dieses besteht in Folgendem:

Gesetzt ein Leitungsdraht, der von dem äussern Beleg einer Batterie ausgeht und auf einem Theile seiner Länge geradlinig ist, verzweige sich in eine gewisse Anzahl Drähte von demselben Metall, die an Dicke, Gestalt und Länge einander gleich sind und sich in einem gemeinschaftlichen Puncte wieder vereinigen. Auf den geraden Theil dieses Drahtes, vor und nach der Verzweigung, legt man Stahlnadeln in die Quere und lässt durch dies System einen el. Schlag gehen. Dieser geht als Ganzes durch den ersten Leiter und theilt sich unter die verschiedenen Arme in gleiche Theile. Die Stärke des Magnetismus, den die auf dem ersten Drahte liegende Nadel erhält, wird also das Mass der Wirkung seyn, welche die ganze Menge von Elektricität erzeugt.

---

[*] In der That kann nach der S. 84 angeführten Regel höchstens ein schwacher Transversalmagnetismus dadurch hervorgerufen werden.

[**] Pogg. Ann. IX. 445.

Die Magnetisirung der Nadeln, welche auf den verzweigten Drähten liegen, ist hingegen das Mass der Wirkung, die ein gewisser Bruchtheil dieser Grösse hervorbringt, z. B. das Drittheil, wenn 3 Arme, das Zehntheil, wenn 10 Arme da sind. So kann man leicht für jeden beliebigen Bruchtheil einer gegebenen Entladung die zugehörigen magnetischen Intensitäten, die sich durch die Schwingungszahlen ausmitteln lassen, in eine Tabelle bringen. Wenn man hierauf, statt der verschiedenen Arme von gleichem Metall, ähnliche Drähte von verschiedenen Metallen nimmt und durch dies neue System einen zweiten Schlag leitet, welcher dem, dessen Wirkung man kennt, gleich ist, so wird sich dieser ungleichmässig unter die verschiedenen Drähte vertheilen, und Nadeln, die den erstern gleich und in die Quere auf jeden Draht gelegt sind, werden durch den Grad ihrer Magnetisirung anzeigen, ob dies Metall $\frac{1}{3}$, jenes $\frac{1}{4}$ u. s. w. von der ganzen Menge der Elektricität durch sich hindurchgelassen hat.

Wir wollen jetzt sehen, auf welche Weise sich die erörterten Magnetisirungsmethoden mit der Ansicht, dass der Magnetismus auf elektrischen Strömen beruhe, vereinigen lassen.

Aus der oben gegebenen allgemeinen Regel Satz 20 erhellt, dass jeder elektrische Strom den Stahl in der Art magnetisirt, dass die Ströme, von welchen sein Magnetismus abhängig gedacht werden muss, dem magnetisirenden

Strom selbst in dem Theil des Stabes, auf den er zuerst wirkt, parallel und nach der nämlichen Richtung laufen. Zur Erklärung dieses Erfolgs bieten sich zwei Annahmen dar. Entweder vermag ein elektrischer Strom durch seine blosse Nähe in einem unelektrischen Leiter einen Strom nach derselben Richtung zu erregen, oder es finden um die Theilchen des Stahls ursprünglich schon geschlossene Ströme Statt, die im unmagnetisirten Zustande so unordentlich gerichtet sind, dass sie ihre Wirkungen wechselseitig compensiren, durch die Elektricität aber parallel gerichtet werden.

Die erste Annahme scheint der Erfahrung nicht gemäss zu seyn; denn wiewohl Ampère einen Versuch anführt, der dieser Annahme günstig seyn würde *, so hat doch dieser Versuch Anderen nicht glücken wollen**, und Ampère selbst ist später nicht wieder darauf zurückgekommen; daher scheint die zweite Annahme in der That die einzige zu seyn, von welcher der Erfolg abhängig gemacht werden kann, eine Annahme, die sehr wohl unter das allgemeine Gesetz tritt, nach welchem sich Ströme wechselseitig in eine solche Richtung zu drehen streben, wo sie parallel und gleichgerichtet sind.

Unerklärt bleibt allerdings bei dieser Ansicht: 1) was die elektrischen Ströme um die Theilchen des Eisens und Stahls ursprünglich erregt haben kann; 2) warum diese beiden und wenige andere Metalle vorzugsweise solche Ströme besitzen sollen; 3) worin der Unterschied zwischen weichem Eisen und Stahl liegt, dass die einmal gerichteten Ströme in letzterem ihre Richtung bleibend behalten, in ersterem nach Entfernung der magnetisirenden Ursache wieder verlieren. Die Unkenntniss dieser Umstände kann jedoch keinen Gegengrund gegen die Ampère'sche Ansicht überhaupt abgeben, insofern bei der andern Ansicht über den Magnetismus eine gleiche Unkenntniss derselben Umstände unter andern Namen obwaltet; und insofern diese

---

* Demonferrand Handb. S. 184.

** Vergl. Muncke in Gehlers Wört. III. S. 503.

Umstände jedenfalls so nahe mit dem letzten Grundzustande der Körper zusammenhängen, dass, bevor wir nicht über diesen mehr im Klaren sind, auch über jene keine sichern Aufschlüsse zu erwarten stehen.

Wir wollen jetzt suchen, auch die Magnetisirung durch Streichen mit wirklichen Magneten auf die bisherige Ansicht im Allgemeinen zurückzuführen.

Stellen wir uns einen cylindrischen Magnetstab vor, dessen eines Ende auf den zu magnetisirenden Stab aufgesetzt und über ihn hingeführt wird. Wir können uns diese Endfläche als einen Durchschnitt des Magneten vorstellen, in welchem concentrisch um die Mitte Ströme kreisen; und können diesen Durchschnitt durch eine ebene Spirale (wie *Fig.* 58) nachahmen, welche wir vom elektrischen Strome durchlaufen lassen. Was von diesem Durchschnitt gilt, wird sich auch auf die übrigen Durchschnitte anwenden lassen.

Gesetzt nun, wir legten eine solche Spirale irgendwo auf einen zu magnetisirenden Stab auf, und dächten uns durch die Mitte der Spirale eine Ebene senkrecht auf die Axe des Stabes, so wird die Spirale durch diese Ebene in zwei symmetrische Theile getheilt werden, in denen der Strom entgegengesetzte Richtungen verfolgt. Mithin werden sich auch die Ströme in dem Stabe zu beiden Seiten dieser Ebene entgegengesetzt richten, und es wird hier ein sogenannter Folgepunct eintreten, wie man dies in der That beobachtet, sowohl wenn man einen Magnetpol irgendwo auf einen zu magnetisirenden Stab aufsetzt, als wenn man eine von der Elektricität durchlaufene ebene Spirale auflegt. Es wird jedoch der Magnetismus nicht bloss in den Theilen des Stabes erregt werden, auf welchen der Magnetpol oder die Spirale aufliegt, sondern die hiedurch zunächst gerichteten Ströme werden wieder ihre Nachbarströme richten, so dass, wenn nicht in der eigenthümlichen Beschaffenheit des Stahlstabes ein Hinderniss liegt, der Magnetismus sich nach beiden Seiten bis zum Ende des Stabes fortpflanzen wird, der solchergestalt an beiden Enden Südpole oder an beiden Enden Nordpole haben wird, während die entgegengesetzten Pole im Folgepunct sich vereinigt befinden.

Lässt man nun aber die Spirale oder den Magnet vom einen Ende des Stabes zum andern immer nach der nämlichen Richtung gleiten, so wird der Theil des Stabes, der sich in jedem Augenblick auf der Seite befindet, von welcher die Bewegung anfängt, seine Ströme in der einmal gegebenen Richtung behalten, die Ströme des andern Theils vom Stabe werden aber ihre Richtung in dem Masse umkehren, als sie vermöge der Bewegung der Spirale oder des Magneten auf die entgegengesetzte Seite desselben zu liegen kommen, so dass das Ende des Stabes, bei welchem die Bewegung angefangen hat, einen mit dem Magnetpol gleichnamigen Magnetismus zeigen wird, dasjenige, bei dem sie aufgehört hat, einen entgegengesetzten, wie auch die Erfahrung bestätigt.

Ist jedoch der Stab sehr stark gehärtet, welches die Veränderung der Richtung der Ströme erschwert, so wird ein Theil der Ströme, die erst eine gewisse Richtung zwischen dem Anfang und Ende des Stabes angenommen hatten, sie auch dann noch fortbehalten können, wenn, nachdem der Stab zum andern Ende gelangt ist, er ihnen eine entgegengesetzte Richtung einzupflanzen strebt, und dann wird der Stab Folgepuncte darbieten, die immer um so eher entstehen werden, je härter der Stab und je länger er ist, wie ebenfalls durch die Erfahrung bestätigt wird.

Diese Erörterungen werden hinreichen, zu zeigen, wie die Ampère'sche Theorie auch zur Erklärung der gewöhnlichen Magnetisirungs-Methoden ihre Anwendung finden kann. Ueber noch weitere Erörterungen verweise ich auf Demonferrand's Handbuch S. 88 ff.

Wenn man elektrische Entladungsschläge, anstatt sie bei einem Stabe vorbeizuleiten, vielmehr hindurchgehen lässt, so können sie zwar auch den Stab magnetisch zurücklassen, wirken aber hiebei nicht anders als mechanische Erschütterungen überhaupt, indem sie den durch die Erde im Stabe bei günstiger Lage desselben erregten

Magnetismus fixiren, oder wenn sie selbstständig Magnetismus erregen, so kann doch dieser, vermöge einer eigenthümlichen Vertheilungsart, nicht eher eine Wirkung nach Aussen äussern, als bis die Continuität im Umkreis des Stabes irgendwo getrennt wird. Hinsichtlich dieser eigenthümlichen Vertheilungsart verweise ich auf **Biot's** Lehrbuch. IV. S. 79.

Neuntes Capitel.

Uebersicht der Sätze, welche zur nähern Bestimmung der elektrodynamischen Erscheinungen führen.

Die nachfolgenden Sätze enthalten die genauen Bestimmungen der Grösse und Richtungen der Kräfte, von welchen die im Vorigen betrachteten Erscheinungen, so wie andere damit zusammenhängende, abhängen. Man hat in ihnen die in Worten ausgedrückten Resultate der mathematischen Analyse, durch welche **Savary**, **Demonferrand**, vor Allen aber **Ampère** jene Erscheinungen zu verknüpfen gesucht haben, indem sie von einfachen Erfahrungsdatis ausgiengen, welche sich eigneten, die Art, wie sich jene Kräfte zwischen den kleinsten Theilchen äussern, herzuleiten, und hierauf berechneten, welcher Erfolg bei dieser Beschaffenheit der Kräfte auf Systeme solcher Theilchen geäussert werden müsse. Man kann daher diese Sätze als Resultate der Theorie und Erfahrung zugleich ansehen; um so mehr, da die Folgerungen, welche sie in sich schliessen, auch grösstentheils schon für sich durch die Erfahrung bewährt worden sind *.

---

* Die Herleitung dieser Sätze findet sich am ausführlichsten in **Ampère's** *Théorie des phénomènes etc.*; partielle Uebersichten derselben in **Demonferrand's** Handb.; in **Ampère's** *Précis de la théorie etc.* und *Exposé méthodique* und im *Bull. univ. des sc. math.* II. 100.

I. *Wirkung eines Stromelements auf ein anderes.*

a) Die Wirkung eines Stromelements auf ein anderes folgt der geraden Linie, welche ihre Mitten verbindet.

b) Zwei parallele Stromelemente ziehen sich an, wenn ihre Ströme nach derselben Richtung laufen, stossen sich ab, wenn sie nach entgegengesetzter Richtung laufen.

c) Ein Stromelement äussert keine Wirkung auf ein anderes Stromelement, welches in einer Ebene liegt, die senkrecht durch die Mitte des ersten Stromelements hindurchgeht.

d) Einem Stromelement kann man zwei oder mehrere andere Stromelemente substituiren, welche von einem Strome der nämlichen Intensität durchlaufen werden, und deren Länge und Richtungen zum vorliegenden Stromelement die nämlichen Beziehungen haben, welche zwischen Seitenkräften und ihrer Mittelkraft Statt finden. Solchergestalt kann man von zwei Stromelementen, wie sie auch im Raume gegen einander gerichtet seyn mögen, jedesmal das eine so zerlegen, dass eine Seite parallel mit dem andern Stromelement wird, während die andern Seiten in eine, senkrecht durch dessen Mitte gehende, Ebene fallen. Da nun letztere für die Wirkung ausser Acht zu lassen sind, so sieht man, dass solchergestalt die Wirkung zweier beliebig gegen einander gerichteten Stromelemente sich in jedem Falle auf die Wirkung zweier parallelen Elemente zurückführen lässt.

e) Die Kraft, mit der sich zwei parallele Stromelemente anziehen oder abstossen, steht im geraden zusammengesetzten Verhältniss ihrer Längen und Intensitäten, im umgekehrten des Quadrats ihres Abstands[*].

---

[*] Wenn also i, i' respectiv die Intensitäten, ds, ds' die Längen, r den Abstand beider parallelen Stromelemente bedeuten, so ist die Grösse ihrer wechselseitigen Wirkung $= \frac{ii'dsds'}{r^2}$

II. *Von der Wirkung eines Systems geschlossener oder nach beiden Richtungen unbegränzter Ströme*[*] *auf ein Stromelement.*

f) Die Mittelkraft aller Wirkungen eines Systems geschlossener Ströme auf ein Stromelement ist senkrecht auf das Element.

g) Giebt man einem Element, während es an demselben Puncte bleibt, dessen Lage in Bezug zum System gegeben ist, successiv verschiedene Richtungen, die in einer durch diesen Punct gehenden und ebenfalls der Lage nach gegebenen Ebene enthalten sind, zerlegt man ferner die Mittelkraft, die bei diesen verschiedenen Richtungen vom System auf dasselbe geäussert wird, in eine Kraft, welche in dieser Ebene gelegen ist und eine darauf senkrechte Kraft, so wird die erste für alle Richtungen des Elements constant bleiben[**].

h) Diese Seitenkraft hat zum Ausdruck das Product eines constanten Coefficienten in die Summe der Flächenräume, welche entstehen, wenn man die Flächenräume der unendlich kleinen Sectoren — die zur Spitze den Punct, wo das Element liegt, und zur Basis die bogenförmigen Elemente des Systems haben, respectiv dividirt durch die Cuben der Abstände dieses Puncts von jedem dieser Bogen — auf die nämliche Ebene projicirt.

i) Die Mittelkraft, welche vom System auf ein beliebig gerichtetes Element ausgeübt wird, liegt in der Ebene, für welche die erwähnte Summe die grösstmögliche ist, senkrecht auf der Richtung dieses Elements. Da es nur Eine solche Ebene für jede Lage des Elements in Bezug zum System, unabhängig von seiner Richtung, giebt, so ist hiedurch die Richtung der Mittelkraft, welche von einem

---

[*] Sie wirken geschlossenen Strömen ganz gleich, daher, was im Folgenden von geschlossenen Strömen gesagt ist, auch für sie gilt. — Uebrigens wird, was von einem System geschlossener Ströme gilt, um so mehr für einen einzelnen solcher Ströme gültig seyn.

[**] Versuch zur Bewährung in Ampère *Théorie des phén.* 45.

Systeme geschlossener Ströme auf ein beliebig gerichtetes Stromelement geäussert wird, vollkommen bestimmt [*].

k) Nennt man die so bestimmte Ebene, in welcher die Mittelkraft des Systems auf das Stromelement enthalten ist, die richtende Ebene (*plan directeur*), und die darauf senkrechte Linie ihre Normale, so ist die Mittelkraft proportional dem Sinus des Winkels, den die Richtung des Elements mit der Normale der richtenden Ebene bildet; mithin am grössten, wenn das Element in dieser Ebene selbst liegt, null, wenn es senkrecht darauf ist.

III. *Wirkungen geschlossener oder unbegränzter Ströme auf einander und auf begränzte Ströme.*

l) Die Kraft, womit ein geradliniger und unbegränzter Leiter einen, um eines seiner Enden in einer Horizontalebene beweglichen, Leiter zur Drehung immer nach der nämlichen Richtung antreibt, ist unabhängig von dem Winkel, der durch die Richtungen der beiden Leiter gebildet wird, wenn der letztere kurz genug ist, dass sein Abstand vom unbegränzten Leiter bei Veränderung dieses Winkels als constant angesehen werden könne, und dies nicht allein in dem Fall, wo die Rotationsebene durch den unbegränzten Leiter durchgeht, sondern auch, wenn sie ober- oder unterhalb desselben weggeht.

---

[*] Man kann die Lage dieser Ebene im Allgemeinen nur durch höhere Rechnung finden, nach folgendem Gange. Man projicire die Flächenräume der unendlich kleinen Sectoren (Satz *h*) auf drei beliebige unter einander senkrechte Ebenen. Man suche (vermittelst der Integralrechnung) die Summe der Projectionen auf jeder dieser Ebenen besonders. Diese Summen mögen respectiv A, B, C heissen, und $\sqrt{A^2+B^2+C^2}$ wieder gleich D gesetzt werden. Dann liegt jene Ebene senkrecht auf einer Linie, welche mit den Durchschnitten der Projectionsebenen Winkel bildet, die respectiv zu Cosinus haben $\frac{A}{D}$, $\frac{B}{D}$ und $\frac{C}{D}$ (vergl. Ampère *Théorie des phénom.* 42).

m) Ein geradliniger, nach beiden Richtungen unbegränzter, Leiter strebt immer mit der nämlichen Kraft einen kreisförmigen Strom, der in einer Ebene liegt, senkrecht auf der, welche durch den Leiter und die Mitte des, von diesem Strom durchlaufenen, Kreises geht, zur Drehung um den gemeinschaftlichen Durchschnitt dieser beiden Ebenen zu bringen, wenn man, bei unverändertem Abstand des Kreismittelpuncts vom Leiter, diese successiv in verschiedene Neigungen gegen diesen Durchschnitt bringt. Die Kraft ändert sich aber im umgekehrten Verhältniss des Abstandes des Leiters vom Kreismittelpuncte (Demonferrand, Savary).

n) Ein elektrischer Strom von der Gestalt einer, in Bezug zu einer Axe symmetrischen, Curve übt auf einen unbegränzten Leiter, welcher mit ihrer Ebene parallel und senkrecht gegen die Axe gerichtet ist, gegen welche die Symmetrie Statt findet, eine auf den unbegränzten Leiter senkrechte Kraft aus. Der Kreis besitzt diese Eigenschaft, da er symmetrisch in Bezug zu allen seinen Durchmessern ist (Demonferrand).

o) Die Wirkung eines kleinen Kreises auf einen unbegränzten, mit seiner Ebene parallelen, Strom ist hinsichtlich ihrer Intensität unabhängig von den Lagen des Kreises und Stromes gegen einander; sie ist der Oberfläche des Kreises direct und dem Quadrat des Abstandes umgekehrt proportional. Der Winkel, welcher durch die Richtung dieser Kraft mit der Ebene des Kreises gebildet wird, ist immer das Doppelte von dem Winkel, den mit der nämlichen Ebene die Senkrechte bildet, welche von der Mitte des Kreises auf den unbegränzten Leiter herabgelassen wird (Demonferrand).

p) Ein kreisförmiger Strom strebt, einen mit seiner Ebene parallelen unbegränzten leitenden Draht in eine solche Bewegung zu versetzen, dass jeder der Puncte dieses Drahts einen Umkreis beschreibt, welcher die Ebene des Kreisstroms in der Richtung des ins Unbestimmte verlängerten Durchmessers desselben berührt, welcher dem

Drahte parallel ist. Die Kraft ändert sich im umgekehrten Verhältniss des Quadrats des Abstandes des Drahts von der Mitte des Kreisstromes.

IV. *Wirkungen der sogenannten Solenoide, nach welchen sich die Wirkungen der Magnete erklären.*

Denkt man sich kreisförmige Ströme von sehr kleinem Durchmesser auf eine durch ihre Mitte, senkrecht auf ihre Ebene, gehende Axe gleich weit von einander aufgereiht, so bilden sie gewissermassen durch ihre Vereinigung einen Canal oder eine Röhre, welcher Ampère zur kurzen Bezeichnung den Namen Solenoid giebt. Ein solches Solenoid kann geradlinig, beliebig gebogen, ja in sich selbst zurücklaufend seyn. Ist es gerade, so repräsentirt es, oder vielmehr eine Vereinigung solcher Solenoide, einen geradlinigen Magneten; denkt man es sich z. B. hufeisenförmig gebogen, so würde es einen Hufeisenmagneten darstellen, und denkt man es sich in sich selbst zurücklaufend, wo es den Namen eines elektrodynamischen Ringes erhält, so stellt es eine eigenthümliche Vertheilungsart des Magnetismus dar, welche man hervorbringt, wenn man durch die Axe eines stählernen Ringes oder einer Scheibe einen elektrischen Entladungsschlag durchleitet, wo nicht eher ein bemerklicher Magnetismus erscheint, als wenn man den Ring an einer beliebigen Stelle geöffnet, oder die Scheibe irgendwo eingeschnitten hat.

Ein nicht in sich zurücklaufendes Solenoid ist: nach beiden Richtungen unbegränzt, blos nach einer Richtung unbegränzt oder nach beiden Richtungen begränzt, je nachdem die Axenlinie aller Kreisströme desselben sich nach beiden Richtungen ins Unbegränzte erstreckt, oder nach blos einer, oder sich an zwei bestimmten Puncten endigt, die wir die Enden des Solenoids[*] nennen werden. Ein nach beiden Richtungen unbegränztes Solenoid wirkt übrigens in jeder Hinsicht wie ein geschlossenes Solenoid.

---

[*] Was hier von den Enden eines Solenoids gesagt ist, lässt sich auf die Pole der Magneten anwenden, die jedoch nicht ganz an den Enden liegen, des oben S. 92 bemerkten Umstandes halber.

q) Wenn das System geschlossener Ströme ein nach blos Einer Richtung unbegränztes Solenoid vorstellt, so ist die Kraft, welche es auf ein Stromelement äussert, zugleich senkrecht auf die Richtung des Elements und senkrecht auf die gerade Linie, die vom Ende des Solenoids nach dem Element gezogen wird, welches hinreicht, ihre Richtung zu bestimmen. Sie ist unabhängig von der Richtung, welche die Axe des Solenoids im Raume hat.

r) Die Kraft, welche das nach einer Richtung unbegränzte Solenoid auf ein Stromelement äussert, ist direct proportional dem Sinus des Winkels, welchen die Richtung des Stromelements mit der Geraden bildet, die vom Ende des Solenoids nach dem Element gezogen wird, umgekehrt proportional dem Quadrat dieses Abstandes.

s) Die Resultante der Kräfte, die ein geschlossener oder nach beiden Richtungen unbegränzter Strom oder ein System solcher Ströme, welches auch ihre Gestalt und Grösse seyn mag, auf ein nach einer Richtung unbegränztes Solenoid äussert, geht durch das Ende dieses letztern, und ist senkrecht auf die richtende Ebene, welche in Bezug zu dem Puncte des Endes genommen wird.

t) Diese Resultante steht in einem constanten Verhältnisse mit der Wirkung, welche das nämliche System auf ein Stromelement äussern würde, das an dem nämlichen Puncte als das Ende des Solenoids und in der richtenden Ebene gelegen wäre. Dies Verhältniss ist unabhängig von der Gestalt und Grösse der Systeme und das nämliche, welches die Oberfläche der von den Strömen des Solenoids durchlaufenen Kreise zum Product des Abstandes zweier dieser Kreise in die Länge des Elements hat.

u) Ein nach beiden Richtungen begränztes Solenoid wirkt gerade so, als wenn man sich an seiner Stelle zwei, nach einer Richtung unbegränzte, in entgegengesetzter Richtung durchlaufene, Solenoide dächte, deren Enden an den Puncten lägen, wo sich die Enden des begränzten

Solenoids befinden *; man braucht mithin, um die Wirkung eines begränzten Solenoids zu erhalten, blos die Resultante der Wirkungen zweier solcher nach Einer Richtung unbegränzten Solenoide zu nehmen.

v) Die Wirkung eines nach beiden Richtungen begränzten Solenoids auf ein Stromelement reducirt sich hienach auf zwei Kräfte, welche senkrecht sind auf zwei Ebenen, die beide durch dies Element und jede insbesondere durch ein Ende der Axe des Solenoids gehen. Jede Kraft verhält sich umgekehrt wie das Quadrat des Abstandes des Elements von dem einen Ende der Cylinderaxe und direct wie der Sinus des Winkels, den die Gerade, welche das Element und dies Ende verbindet, mit der Richtung des nämlichen Elements macht.

w) Die Wirkung eines Solenoids auf einen unbegränzten geradlinigen Leiter, welcher senkrecht auf seiner Axe ist, reducirt sich auf zwei Kräfte, welche in einer und derselben Ebene senkrecht auf die Linien gerichtet sind, die den kürzesten Abstand des unbegränzten Leiters von den beiden Enden des Cylinders messen. Diese Kräfte verhalten sich umgekehrt, wie diese Abstände.

x) Denkt man sich ein Solenoid in eine beliebige nicht geschlossene Curve zusammengebogen, so wird die Wirkung, die es auf ein elektrisches Stromelement ausübt, ganz dieselbe seyn, als die eines geradlinigen Solenoids von demselben Durchmesser und derselben Intensität der Ströme, das zur Axe die gerade Linie hätte, welche die beiden Enden der Curve verbindet.

y) Die Wirkung eines Solenoids, dessen Axe, wie die eines hufeisenförmigen Magneten, eine Curve bildet, welche symmetrisch zu beiden Seiten einer Ebene ist, strebt immer, in diese Ebene einen geradlinigen unbegränzten Leiter zu bringen, welcher um eine, in der nämlichen Ebene gelegene, Axe beweglich ist.

---

* So dass die Verbindungslinie beider unbegränzten Solenoide die Stelle des begränzten Solenoids einnehmen würde.

z) Stellt man sich vor, dass die Wirkung der Erdströme vereinigt sey in einem mittlern, in der Ebene des magnetischen Aequators liegenden, Strom, der um den Mittelpunct der Erde einen Umkreis beschreibe, dessen Radius im Verhältniss zu dem unserer Erde so klein sey, dass die vierte Potenz ihres Verhältnisses bei der Rechnung vernachlässigt werden könne, so muss ein, der Wirkung dieser Ströme unterworfenes, begränztes geradliniges, im magnetischen Meridian befindliches, Solenoid eine solche Neigung annehmen, dass seine Axe mit dem Horizont einen Winkel bildet, dessen Tangente das Doppelte der Tangente der magnetischen Breite sey.

aa) Die Resultante der Wirkungen zwischen zwei nach einer Richtung unbegränzten Solenoide folgt der Linie, die deren Enden verbindet, und steht im umgekehrten Verhältniss des Quadrats des Abstandes dieser Enden.

bb) Die Wirkung zweier begränzten Solenoide lässt sich immer auf vier Kräfte zurückführen, zwei anziehende und zwei abstossende, die in der Richtung der Linien wirken, durch welche je ein Ende eines Cylinders mit je einem des andern verbunden wird, und welche sämmtlich proportional sind einer und derselben Quantität, respectiv dividirt durch die Quadrate dieser vier Abstände.

cc) Ein geschlossenes oder nach beiden Richtungen unbegränztes Solenoid oder ein elektrodynamischer Ring ist ohne alle Wirkung nach Aussen.

Zehntes Capitel.

Einwürfe gegen die Ampère'sche Theorie.

Die Ampère'sche Theorie ist verschiedenenen Einwürfen ausgesetzt gewesen, die es, zur Rechtfertigung dieser Schrift, nöthig ist, in Erwägung zu ziehen. Das Ansehen und anerkannte Verdienst, dessen das Gehler'sche Wörterbuch mit so vielem Rechte geniesst, macht es mir zur Pflicht, hiebei hauptsächlich auf diejenigen Einwände Rücksicht zu nehmen, welche Muncke darin zur Sprache gebracht hat, und die ich mit seinen Worten wiedergeben werde.

1) „Wie unzulässig es dagegen sey, den Magnetismus im Stahle von solchen el. Strömungen (wie in elektrodynamischen Schrauben) abzuleiten, dieses muss auch ohne Rücksicht auf den Umstand, dass die el. Ströme in dem aus schraubenförmig gewundenen Drahte bestehenden elektrischen Magnete die im Stahlmagnete fehlende Isolirung nothwendig fodern, insbesondere auch daraus hervorgehen, dass jeder Magnet, wie gross oder klein und von welcher Gestalt er auch seyn mag, in jeder Lage und Richtung seiner magnetischen Axe im Strome der galvanischen Elektricität zum Leiter der letzteren, mit dem einem solchen allgemein zukommenden Magnetismus, wird, wodurch also der Unterschied beider Arten von Magnetisirung in einem und demselben Exemplare gegeben ist. Wenn aber die Richtung der elektrischen Strömungen den Magnetismus im Stahlmagnete erzeugte und bedingte, wie im elektrischen Leiter, so müsste bei der Unveränderlichkeit jener Strömungen der Nordpol des gemeinen Magnets stets nach Norden gerichtet seyn, wenn man denselben auch durch einen ganzen Kreis im Azimuthe herumdrehte. Die Nichtleitung des Magnetismus im Stahle hebt dieses Argument nicht auf, wie aus dem eben Gesagten folgt, wenn man nicht einen Unterschied zwischen den natürli-

chen und den künstlich galvanischen elektrischen Strömungen einführen, und damit die ganze Theorie wieder aufheben will.“

Hierauf scheint mir Folgendes erwiedert werden zu können. Da in Ampère's Theorie begründet liegt, dass die el. Ströme nicht um den Magnet als Ganzes, sondern um seine Theilchen kreisen, es aber durch viele Thatsachen sehr wahrscheinlich ist, dass die Theilchen der Körper sich in Entfernungen von einander befinden, welche sehr gross sind in Verhältniss zu ihren eigenen Dimensionen, so liegt in dieser Trennung von selbst schon die Bedingung der Isolirung der Molecularströme von einander, die Muncke fodert, wenn gleich diese Trennung der Theilchen von einander den Uebergang der starken Elektricität zwischen ihnen nicht hindern kann, die wir von andern Leitern darauf überströmen lassen [*]. Dass aber das Durchströmen der Elektricität durch den Stahl an sich Magnetismus desselben bedinge, oder den vorhandenen Magnetismus darin ändere, liegt überhaupt nicht in Ampère's Theorie, da alles hiebei auf die Anordnungsart der Strömungen ankommt.

Ein nach der Richtung seiner Axe oder sonst geradlinig von der Elektricität durchlaufener stählerner Leiter wird daher seine Polarität und alle sonstigen Eigenschaften seines vorherigen Magnetismus ungestört behaupten können, da nach Ampère's Theorie selbst ein geradliniger elektrischer Strom die Erscheinungen eines Magnets weder nachzuahmen noch umzukehren vermag. Hiemit entledigt sich der zweite Theil jenes Einwurfs.

---

[*] Gesetzt z. B. die Theilchen der Körper wären, wie sehr achtungswerthe Physiker (u. a. Laplace und Biot) zu glauben geneigt sind, verhältnissmässig zu ihren eigenen Dimensionen eben so weit von einander entfernt, als die Weltkörper im Himmelsraume; so werden, wenn auch die gewöhnliche Elektricität, die wir auf das System dieser Theilchen überleiten, stark genug ist, ihre Zwischenräume zu überspringen, sich doch um jedes derselben noch Kreisströme denken lassen, die jeder für sich bei Weitem nicht die hiezu erfoderliche Stärke haben, in ihrer Gesammtwirkung aber eine sehr merkliche Resultante geben, wobei noch überdiess zu berücksichtigen ist, dass die Elektricität geschlossener Kreise nicht auf benachbarte Leiter überspringt, wenn sie einen gewissen Weg durchläuft.

2) „Hiebei dringt sich indess abermals die Frage auf, warum die in einem Magnete vorhandenen elektrischen Ströme nicht ganz gleiche elektrische Wirkungen hervorbringen, als die in einem galvanischen Leiter; warum ferner der Magnetismus im Eisen nicht auf gleiche Weise bleibend erhalten wird, als im Stahle, da doch beide rücksichtlich der elektrischen Leitungsfähigkeit nicht von einander abweichen, und warum endlich die den Magnetismus im Stahle erzeugenden Strömungen nicht auch eine gleiche Wirkung in andern Metallen (ausser Nickel und Kobalt) hervorrufen, da doch der Stahl rücksichtlich seiner elektrischen Leitungsfähigkeit weder zu den besten, noch den schlechtesten elektrischen Leitern gehört."

Diese Einwürfe oder Fragen betreffen eigentlich nicht eine Unzulänglichkeit von Ampère's Theorie, sondern unsere Unkenntniss der Moleculאranordnung in den Körpern, und kehren auch bei jeder andern Theorie des Magnetismus wieder, insofern wir eben so wenig sagen können, worin die, sonst zu Hülfe genommene, Coercitivkraft begründet liege. Es ist wahrscheinlich, dass die Theilchen in den des Magnetismus fähigen Körpern eine andre Anordnung oder irgend andere Verhältnisse zu einander haben, oder dazu fähig sind, als in den nicht magnetischen; aber worin dieser Unterschied begründet liege, wissen wir nicht. Der Einwurf wegen der Leitungsfähigkeit ist schon im Vorigen berücksichtigt. In der That lässt sich unser Begriff von Leitungsvermögen, den wir auf ganze Körper oder Systeme von Moleculen beziehen, nicht unmittelbar auf diese selbst übertragen.

3) „Es ist bei der Darlegung dieser Theorie schon beiläufig auf die darin herrschende Willkühr und den Mangel an innerer Consequenz hingedeutet, welche Fehler indess hauptsächlich aus der Voraussetzung der Identität der Elektricität und des Magnetismus hervorgehen. Eine weitere willkührliche Annahme, nicht aus dem Wesen der

Sache hergenommen und nicht wieder bis dahin verfolgt, liegt gleich in der Einleitung zu dieser Theorie der Voraussetzung zum Grunde, nach welcher Ampère, in Uebereinkunft mit Oersted, zweierlei Wirkungsformen der El. annimmt, nämlich die mit Spannung versehene, durch Stoss und Druck sich äussernde, und die in freien Strömungen bestehende, in den chemischen, erwärmenden und magnetischen Phänomenen sich zeigende. Allein dass diese, von einigen wenigen Naturerscheinungen hergenommene, Ansicht auf andere nicht passe, fällt dem unbefangenen Forscher sogleich in die Augen. Unter andern zeigt sich nämlich die Elektricität nicht wohl in stärkerer Spannung, als beim Blitzstrahle, und dennoch bringt dieser nicht blos dicke Stangen zum Glühen, sondern erzeugt auch im Stahl bleibenden und starken Magnetismus. Dass ein Unterschied in den Wirkungsarten der Reibungselektricität und der Volta'schen Statt finde, ist zwar keinen Augenblick zu bezweifeln, allein allgemein und scharf begränzt ohne Rücksicht auf die verschiedene Stärke und anderweitige Modificationen kann man denselben nicht nennen."

Dass bei der Ampère'schen Theorie Willkühr und Mangel an innerer Consequenz herrsche, ist ein Vorwurf, der sich schwerlich begründen lassen wird, und der Hypothesen, die in ihr zur Unterstützung der schon aufgestellten gemacht werden, sind nicht mehr, als in jeder andern Theorie des Magnetismus, wofern sie ins Einzelne der Erscheinungen eingeht.

In der That würde sich leicht zeigen lassen, dass jeder Annahme dieser Art in der Ampère'schen Theorie eine entsprechende hypothetische Annahme in der gewöhnlichen Theorie parallel läuft, wohin namentlich die Voraussetzung über die Anordnung des Molecularmagnetismus, die Erklärung der Coercitivkraft u. m. a. gehören.

Auch sind diese Annahmen nach einmal festgesetzten Grundhypothesen nicht willkührlich, sondern durch die Consequenz, in der mir die Ampère'sche Theorie immer ein Muster geschienen hat, selbst gefodert.

Was andrerseits den Unterschied betrifft, den **Ampère** zwischen Spannungs- und Strömungselektricität macht, so betrifft er blos eine Nebenansicht; indess rechtfertigt ihn die Erfahrung in der That so weit, als **Ampère** in seiner Theorie davon Gebrauch gemacht hat. Wir sehen, dass in der geschlossenen Kette die Erscheinungen der Spannungselektricität allemal in dem Grade verschwinden, als die der Strömungselektricität zunehmen und umgekehrt, und die Wirkungen, die die eine und die andere äussert, äussern sich unter ganz verschiedenen Formen. Auch ist das Beispiel, was **Muncke** als Gegengrund anführt, nicht glücklich gewählt, denn der Blitzschlag, wie jeder elektrische Entladungsschlag, ist in der That keine Erscheinung der Spannung der Elektricität, sondern der **verschwindenden** Spannung* und in so fern dem Volta'schen Strom, abgerechnet seine augenblickliche Dauer, wirklich analog.

4) „Ausserdem lässt sich noch ein Mangel innerer Consequenz bei dieser Theorie nachweisen. **Ampère** hat nämlich die Erfahrung dabei zu Grunde gelegt, dass ein schraubenförmig gewundener Draht einen bipolaren Magnet darstellt. Diese Aehnlichkeit ist richtig, indess folgt die Art der Wirksamkeit solcher schraubenförmig gewundenen Drähte aus der anfänglichen Beobachtung **Oersted's**, wie oben nachgewiesen ist, statt dass nach **Ampère** eigentlich dieses letztere Phänomen aus jenem erklärt werden müsste. Allein hievon abgesehen, geht dieser Gelehrte von solchen schraubenförmig gewundenen Drähten, die einen messbaren Durchmesser haben, in seinen Schlüssen über die Wirkungen der natürlichen Magnete zu solchen über, welche kleiner sind, als unsere Messungen umfassen, und von denen es daher fraglich ist, ob sie dann noch als solche Spiralen, oder als massive Stahltheilchen, und nicht um einen, wenn auch noch so kleinen, Raum gewundene Schraubenwindungen anzusehen sind. Die Willkühr in

---

* Auch der Schliessung der Säule geht ja ein Zustand der Spannung voran.

dieser unbewiesenen Voraussetzung muss so viel mehr auffallen, wenn man berücksichtigt, dass in der Länge des Stahlmagnetes diese hypothetischen Windungen ohne Unterbrechung von einem Ende zum andern in vollkommner Leitung vorhanden seyn müssen, indem eine Unterbrechung die Wirksamkeit aufheben würde; nach der Dicke des Stahlmagnets soll dagegen eine Isolirung der einzelnen Schraubenwindungen Statt finden, ohne welche sie in einander fallen, und sich aufheben müssten. Da man aber aus einem Längenmagnete einen Transversalmagnet machen kann und umgekehrt, so müsste ja nach der Willkühr des Operirenden in einem Stahlstücke die electrische Leitung nach jeder Seite hin hervorgebracht und aufgehoben werden können. Ampère hat, um einigen Einwendungen zu begegnen, erst später diese einzelnen, verschwindend kleinen, durch ihre Gesammtwirkung einen Stahlmagnet bildenden, Schraubenwindungen in seine Theorie aufgenommen."

Der Einwurf, dass Ampère von den Erscheinungen elektrodynamischer Schrauben endlicher Grösse eine nicht gerechtfertigte Anwendung auf unendlich kleine schraubenförmige Ströme dieser Art mache, ist wenigstens in Bezug auf seine neuere Darstellung ungerecht. In der That braucht man nur den Gang der Untersuchungen Ampère's zu verfolgen, so wird man finden, dass er von einfachen Erscheinungen der Anziehung und Abstossung paralleler Ströme ausgehend, die zwischen ihnen wirksamen Kräfte ihrer Grösse und Richtung nach bestimmt; alsdann die Wirkung unendlich kleiner Schrauben hieraus berechnet und hievon erst die Anwendung auf die Magnete als Systeme solcher Schrauben macht.

5) „Dasjenige, was mir selbst und gewiss auch vielen Andern die genauere Kenntniss und Uebersicht der Ampère'schen Theorie ausnehmend erschwert hat, ist der Umstand, dass ihr berühmter Erfinder das ursprüngliche Hauptfactum, nämlich die eigenthümliche magnetische Wirkungsart des einfachen elektrischen Leiters auf die Magnetnadel eigentlich ganz unerklärt lässt, während er mit vielem

Scharfsinn die Entstehung eines Stahlmagnets aus elektromagnetischen gewundenen Leitern ableitet, und den gegenseitigen Einfluss beider auf einander unter den mannigfaltigsten Modificationen mit bewundernswerther Kunst entwickelt. Auch seine mit grosser Gewandtheit im Calcül und Anwendung der scharfsinnigsten Combinationen durchgeführte geometrische Construction der gesammten elektromagnetischen Erscheinungen legt die gegenseitige Einwirkung zweier elektrischer Ströme auf einander zum Grunde, und übergeht somit die Wirkung des einfachen Leiters auf die Magnetnadel, welche Ampère übrigens als Thatsache mitzutheilen keineswegs verabsäumt."

Ich gestehe, dass ich den hier angeführten Einwurf nicht ganz klar finde. Denn dass die Ampère'sche Theorie von der Wechselwirkung des einfachen Schliessungsdrahts und des Magnets vollkommene Rechenschaft zu geben weiss, erhellt wohl hinlänglich aus Capitel IV, und noch besser aus der mathematischen Theorie Ampère's.

6) „Wenn man zwei Magnetnadeln als durch elektrische Ströme magnetisch seyend betrachtet, so würde aus dem oft von Ampère aufgestellten Satze, dass Ströme von gleicher Richtung einander anziehen, nothwendig folgen, dass sie sich mit ihren gleichnamigen Polen an einander legen müssten, wovon indess die Erfahrung gerade das Gegentheil darthut."

Dieser Einwurf ist völlig unhaltbar; denn, denkt man sich zwei Magnete mit ihren gleichnamigen Polen einander entgegengesetzt, so verfolgen in der That die Ströme entgegengesetzte Richtungen in Bezug zu einander darin; und die Rechnung nach der Ampère'schen Theorie zeigt, dass auch bei allen Lagen nicht directer Entgegensetzung doch die Resultante der gleichnamigen Pole eine abstossende ist.

7) „Wenn es in der Ampère'schen Theorie heisst: „zwei elektrische Ströme von gleicher Richtung ziehen einander an," so ist dieses falsch und müsste heissen: zwei von der Elektricität in gleicher Richtung durchströmte Drähte ziehen sich vermöge des in ihnen erzeugten Magne-

tismus an. Denn wirklich stossen sich hiebei die gleichartigen Elektricitäten ab, allein viel zu schwach, als dass dieses merklich seyn sollte, die Magnetismen ziehen sich dagegen an, weil die Leitungsdrähte nicht in einander, ihre Magnetismen daher nicht zusammenfallen können, wie die um den ganzen Leiter überall gleichartigen Elektricitäten."

Es leuchtet ein, dass Ampère den Satz nicht so stellen konnte, wie Muncke verlangt, wenn er nicht den ihm vorgeworfenen Fehler der Inconsequenz wirklich begehen wollte, da dieser Satz ja, so ausgesprochen, in die andere Ansicht tritt. Der übrige Theil des Einwands gründet sich auf die Voraussetzung, dass die Erscheinungen der strömenden Elektricität wirklich mit denen der Spannungselektricität von gleichen Umständen abhängen, was gewiss in keiner Art zulässig ist, da, wie erwähnt, in dem Masse, als die Strömungserscheinungen in einer Kette wachsen (bei vollkommener Schliessung derselben) die Repulsionen und Anziehungen, welche ihrem Spannungszustande zukommen, verschwinden.

8) „Je mehr Mühe Ampère aufgewandt hat, die Identität eines aus schraubenförmigen Windungen bestehenden, und eines stählernen Magnetes durch die Annahme gleichgerichteter elektrischer Strömungen darzuthun, um so viel schwerer wird es ihm werden, einem zweiten Einwurfe zu begegnen. Ein schraubenförmig gewundener Drahtcylinder kann nämlich eine Stahlnadel nur dann magnetisch machen, wenn beider Längenaxen zusammenfallen. Soll nun ein Stahlmagnet seinen Magnetismus gleichen elektrischen Strömungen verdanken, so kann gar kein oder blos ein transversaler Magnetismus in einem Stahlstabe erzeugt werden, wenn man ihn mit einem andern Magnete so streicht, dass ihre beiden Axen normal auf einander gerichtet bleiben; es entsteht aber statt dessen ein Longitudinalmagnet."

Dieser Einwurf trifft nicht das Wesen von Ampère's Theorie, sondern blos eine Erscheinung, die noch nicht danach hat genügend erklärt werden können, weil man, um dies zu leisten, die genaue Anordnung der Molecularströme in den Magneten (die übrigens Ampère selbst nicht in allen senkrecht auf die Magnetaxe voraussetzt) kennen müsste. Diese Schwierigkeit scheint mir übrigens die gewöhnliche Theorie des Magnetismus eben so wohl zu treffen, wenn man die Richtung, nach der die Magnetismen in den Theilchen des Magnets aus einander getreten sind, überall der Axe parallel annehmen wollte.

9) „Ein sehr gewichtiges, und, wie mir scheint, gar nicht zu beseitigendes, Argument geht aus den interessanten Versuchen hervor, welche G. G. Schmidt bekannt gemacht hat. Auf welche Weise durch einen elektrischen Leiter in Stahlnadeln, welche quer unter oder über demselben liegen, bleibender Magnetismus hervorgerufen wird, ist oben angegeben. Hienach klebe man einen 2‴ bis 3‴ breiten Streifen Blattgold auf eine Glasplatte, lege quer darüber ein Stück Uhrfeder 1 bis 1,5 Zoll lang, nachdem man dasselbe vorher mit Lackfirniss überzogen hat, über diese wieder eine Glasplatte und auf diese einen Magnetstab so, dass er mit seinem Nordpole das nördliche Ende der Uhrfeder decke, wodurch der Südpol so weit entfernt wird, dass seine Wirkung nicht in Betrachtung kommt. Es habe dann grösserer Deutlichkeit wegen der Blattgoldstreifen und die ihn durchströmende Elektricität die Richtung von Ost nach West. In diesem Falle muss ohne Einfluss des Stahlmagnets das nördlich gerichtete Ende der Uhrfeder gleichfalls nordpolarisch werden. In dem Stahlmagnete sind aber nach Ampère die elektrischen Strömungen unten gleichfalls von Osten nach Westen gerichtet, die Uhrfeder liegt also zwischen zwei von Ost nach West gerichteten elektrischen Strömen, und müsste um so mehr am nördlichen Ende nordpolarisch werden, wird aber statt dessen südpolarisch. Legt man unter übrigens ganz gleichen Bedingungen den Südpol über die Uhrfeder, so wird das nördliche Ende stärker nordpolarisch, und man kann nicht umhin, zu gestehen, dass beide Resultate mit den Ampère'schen Wirbeln im Widerspruche stehen.“

Auch der hier angeführte Versuch tritt, richtig betrachtet, unter die Ampère'sche Ansicht. In der That, in der Lage des Leiters und des Magnets gegen das Stück Uhrfeder, wie sie im Versuche Statt fand, wirkten sich beide nach Ampère's Ansicht entgegen, nicht, wie Muncke meint, zusammen; denn in einem wirklichen Magneten verfolgen nach Ampère die Ströme im obern Theil die entgegengesetzte Richtung als im untern; dagegen im Versuch die Uhrfeder durch die Wirkung des auf ihren obern Theil wirkenden Magnets und des auf ihren untern Theil wirkenden Leiters gleichgerichtete Ströme zu erhalten streben musste. Die Wirkung des Magnets aber war die überwiegende.

Eilftes Capitel.

Kurze Geschichte des Elektromagnetismus.

Als man mit den Erscheinungen der Elektricität und des Magnetismus vertraut zu werden anfing, musste man durch die auffallende Analogie, welche sie in vieler Hinsicht zeigen, bald darauf geführt werden, eine mehr als zufällige Verknüpfung ihrer Grundursachen wahrscheinlich zu finden. Was konnte in der That sich ähnlicher seyn, als die Anziehungen und Abstossungen, welche ungleichartige und gleichartige elektrisirte Körper auf einander äussern und die, welche die freundschaftlichen und feindschaftlichen Pole zweier Magnete gegen einander zeigen *, als die Erregung der Elektricität durch vertheilende Wirkung und die analoge Art, wie man einen Eisenstab durch einen Magneten aus der Ferne magnetisiren kann; selbst der Unterschied des elektrischen Leitungs- und Nichtleitungsvermögens schien sein Analogon zu haben in der bekannten Verschiedenheit des weichen Eisens und des Stahls, wofern man nur hier diese Begriffe auf die Theilchen, dort auf das Ganze dieser Körper bezog; verschiedene Beobachtungen, die man (schon im 17ten Jahrhundert) über die magnetisirende Eigenschaft des Blitzes und nachmals auch der Maschinenelektricität gemacht hatte [*], mussten ebenfalls auf eine Beziehung beider Principe hinweisen; endlich auch der Umstand, dass die elektrische Kraft gleich der magnetischen nach dem Verhältniss des Quadrats der Entfernungen abnimmt, gab einen nicht unwichtigen Gleichungspunct zwischen beiden ab.

---

* Erscheinungen, die in der That Aepinus in s. *Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi*, 1759, durch analoge Formeln verknüpfte.

In der That fühlten sich die Physiker von mehreren Seiten hiedurch veranlasst, die dessenungeachtet noch übriggebliebenen Unterschiede beider Prinzipe, durch deren Feststellung namentlich Van Swinden [**] eine bleibende Trennung beider begründet zu haben schien, auf irgend eine Weise auszugleichen und entweder auf theoretischem oder Erfahrungswege sich bis zur Identität beider zu erheben, auf theoretischem, indem sie zeigten, wie dieselbe Grundkraft, blos je nach den verschiedenen Umständen, unter denen, und den verschiedenen Materien, auf die sie wirkt, die Erscheinungen jener beiden Grundwesen hervorzubringen vermöchte, auf Erfahrungswege, indem sie wirklich elektrische Combinationen darzustellen suchten, welche magnetischer Wirkungen fähig wären, oder umgekehrt.

Alle diese Bemühungen, hinsichtlich deren unter den Neuern vorzüglich Ritter und v. Yelin zu nennen sind, konnten jedoch zu keinem Erfolge führen, weil man den Bezug immer zwischen Körpern, welche mit Spannungselektricität geladen waren, und zwischen Magneten aufsuchte, da doch blos zwischen geschlossenen elektrischen

---

[*] Vergl. Schweigger in s. J. XLVI. 1.

[**] Im ersten Bande des aus drei Bänden bestehenden: *Recueil de Mémoires sur l'Analogie de l'Electricité et du Magnetisme à la Haye.* 1784.

Ketten und Magneten ein Wechselbezug Statt findet. Namentlich wurden die Physiker durch die Analogie, welche die entgegengesetzten Pole einer Volta'schen ungeschlossenen Säule mit denen eines Magneten zeigen, verführt, hieran die Verknüpfung beider Grundkräfte zu versuchen, und Ritter glaubte in der That in einer einfachen, aus Zink und Silber zusammengesetzten, Nadel eine Combination entdeckt zu haben [*], welche gleich der Magnetnadel nach Norden und Süden gerichtet würde. Diese Versuche wurden jedoch durch Erman widerlegt [**]; es wurde dargethan, dass die Pole einer ungeschlossenen Säule überhaupt kein Richtungsvermögen besitzen [***], und so liess sich auf diesem Wege nichts weiter erwarten. In der That wissen wir auch jetzt, dass, wenn eine Volta'sche Säule

Univ. Bibl. München

---

[*] In s. System der el. Körper. S. 379.

[**] Schweigger (in s. J. XLVI. 13) übernimmt die Rechtfertigung Ritter's in folgender Art: „Ritter's Nadel zeigt wirklich Magnetismus, wenn sie auf einem feuchten Leiter schwimmt, wie der schöne, zuerst von Neef (Schweigg. Journ. XXXI. 20) angestellte Versuch darthut. (In der That stellt sie dann eine geschlossene Kette dar). Man denke sich aber nun unsern, ganz zu den feinsten Beobachtungen geschaffenen, Ritter in seinen letzten Lebensjahren, wo er an Auszehrung litt. Gemäss pathologischen Gründen müssen wir annehmen, dass, eben wegen seiner Krankheit, die Hände, welche jene Zink-Silbernadel zusammensteckten, meist mit saurem Schweisse bedeckt waren. Hiedurch wurde die Kette nothwendig geschlossen, und Ritter musste daher wirklich schwache Spuren von Magnetismus wahrnehmen, welche weiter mit Ruhe zu verfolgen ihn theils eben jene Krankheit, theils andere in seinen äussern Verhältnissen liegende Gründe hinderten. Man sieht übrigens nun auch, warum Ritter den Rath giebt, wenn die Nadel keinen Magnetismus mehr zeigen wolle, ihre Theile aus einander zu nehmen und nach einiger Zeit wieder zusammen zu setzen.“ Diese Rechtfertigung scheint sehr viel für sich zu haben; und nur das möchte ich ihr entgegensetzen, dass von der Ritter'schen Nadel sich das Zink nach Norden, das Silber nach Süden gekehrt haben soll, dagegen die Neef'sche Nadel mit ihren Spitzen Ostwestpolarität der Natur der Sache gemäss zeigen muss.

[***] Schweigg. J. XLVI. 10.

ein Richtungsvermögen zeigt, diess nur in geschlossenem Zustande und in der Art ist, dass, wenn wir sie uns zu einem Kreise angeordnet denken, die Ebene dieses Kreises dabei sich in den magnetischen Aequator richtet, dass mithin nur eine Reihe solcher paralleler, auf eine Axe gereiheter, geschlossener Kreise die Erscheinungen der Magnetnadel nachzuahmen vermöchte.

Diejenige Thatsache, von deren Entdeckung aus das ganze Gebiet der elektromagnetischen Erscheinungen sich nachmals entwickelte, ist die Ablenkung der Magnetnadel durch einen horizontalen Schliessungsdraht. Wenn es auf die absoluten Ansprüche der Priorität ankommt, so scheint Romanesi[*] der erste gewesen zu seyn, der dieselbe beobachtete. Da er aber diese Entdeckung nicht weiter verfolgte, so blieb sie ungenutzt und ungekannt liegen, bis Oersted, unabhängig hievon, durch theoretische Ideen veranlasst, Versuche über die Wechselbeziehungen der Elektricität und des Magnetismus anzustellen, dieses Phänomen von Neuem entdeckte. Er beobachtete nämlich, als im Winter von 1819 bis 1820 in seinen Vorlesungen ein feiner Platindraht, welcher beide Pole einer Volta'schen Säule verband, über eine Magnetnadel hergieng, eigenthümliche Schwankungen derselben, die ihn zu einer weitern Verfolgung des Phänomens aufforderten. Etwa sechs Monate später machte er seine Entdeckung in einer besondern Schrift bekannt, welche den Titel führt: *Experimenta circa efficaciam conflictus electrici in acum*

---

[*] Es findet sich nämlich in Aldini's *Traité sur le galvanisme*, 1804, *p.* 191 (*éd.* 4.) wörtlich folgende Stelle: „*M.* Moton, *Prof. de Chimie a Génes, qui est l'auteur du procedé suivant, a bien voulu m'en faire part tout récemment. Ayant placé horizontalement des aiguilles à coudre, tres-fines, et de la longueur de deux pouces, il en a mis les deux extrémités en communication avec un appareil à tasses de* 100 *verres. Au bout de* 20 *jours il a retiré les aiguilles un peu oxydées, mais en même tems magnétiques, avec une polarité très-sensible. Cette nouvelle propriété du Galvanisme a été constatée par* Romanesi, *Physicien de Trente, qui a reconnu, que le Galvanisme faisoit décliner l'aiguille aimantée.*

magneticam. Hafniae. 21. *Jul.* 1820; und entwickelte zugleich eine Theorie dieser Erscheinungen, zufolge deren er einen, den Schliessungsdraht der Säule spiralförmig umkreisenden, Magnetismus darin voraussetzte.

Noch dauerte es von jetzt an einige Zeit, ehe dieser neue Fund allgemein bekannt und anerkannt wurde. Einer der ersten, welcher dazu beitrug, dem Publicum nähere Kenntniss davon zu verschaffen, war J. T. Mayer, durch eine Anzeige der Oersted'schen Schrift im Gött. gel. Anz. (1820. No. 171), mit dem Beisatze, dass auch ihm die Oersted'schen Versuche gelungen seyen und de la Rive, welchem es gleichfalls gelang, in Gegenwart Arago's und mehrerer anderen Gelehrten diese Phänomene zu beobachten. Von jetzt an wurde ein allgemeiner Eifer in Wiederholung und Erweiterung dieser Versuche rege; ja mehrere haben sich seitdem fast ausschliesslich mit denselben beschäftigt. Es würde eine ausführlichere Abhandlung erfodern, als hier gegeben werden kann, den Antheil, den jeder Physiker an den Fortschritten dieses Zweiges der Physik gehabt hat, genau zu würdigen und festzustellen; wir begnügen uns, die Hauptverdienste in dieser Hinsicht namhaft zu machen.

Oersted selbst scheint sich, nachdem er den ersten Anstoss gegeben, wenig mehr mit dem Elektromagnetismus beschäftigt zu haben. Dagegen fasste ihn Ampère mit ganz besonderer Vorliebe und gleichsam als sein Eigenthum auf. Er stellte eine grosse Menge Versuche nicht nur über die Wechselwirkung der Volta'schen Leiter auf die Magnete, sondern auch der Volta'schen Leiter untereinander an, und verknüpfte beiderlei Arten von Erscheinungen durch eine sehr sinnreiche Theorie, die wir im Vorigen zu Grunde gelegt haben [*]. Wenn selbst diese Theorie einmal nur als eine sehr brauchbare Fiction erscheinen sollte, so werden doch Ampère immer die Verdienste bleiben: 1) die mathematische Theorie des Elektromagnetismus am meisten durchgeführt zu haben, eine Theorie, die unabhängig von seiner hypothetischen Ansicht ihren Bestand hat, da sie, von Erfahrungsdatis ausgehend, zu Resultaten führt, die sich ebenfalls durchgängig bis jetzt mit der Erfahrung in Einstimmung gezeigt haben; 2) eine grosse Menge interessanter und wichtiger Versuche und Apparate zur deutlichern Nachweisung der einzelnen, beim Elektromagnetismus in Betracht kommenden, Sätze angegeben zu haben. Die Literatur seiner Untersuchungen ist S. 1 gegeben.

---

[*] Schon Beccaria scheint eine hiemit verwandte Ansicht gehabt zu haben. Priestley in s. Gesch. der El. (S. 221 der Uebers.) sagt in dieser Hinsicht: „Da ein plötzlicher Blitzstrahl Magnete polarisch macht, so vermuthet Beccaria, dass ein regulärer und beständiger Kreislauf der ganzen Masse von elek-

Zunächst scheint mir Biot (in Verbindung mit Savart) zu nennen zu seyn, welcher durch Versuche, mit seiner gewöhnlichen Genauigkeit ausgeführt, das Gesetz ausmittelte, nach welchem der Schliessungsdraht in verschiedenen Abständen von der Magnetnadel und bei verschiedenen Lagen gegen dieselbe seine Kraft äussert, ein Gesetz, welches zur Berechnung der Erscheinungen, zu der es auch Biot angewandt hat, von grösster Wichtigkeit ist. Doch muss bemerkt werden, dass Ampère einerseits und Barlow andrerseits zu demselben Gesetze unabhängig hievon gelangt sind.

Wollten wir die folgereiche Wichtigkeit der Erfindung in Betracht ziehen, so würde den ersten Rang unstreitig Schweigger durch die Erfindung des Multiplicators, dessen Entdeckung man Anfangs fälschlich Poggendorff beilegte, verdienen. In der That kann man dreist behaupten, dass erst durch dieses Instrument der Weg zur nähern Kenntniss der wesentlichsten Verhältnisse der geschlossenen Kette geöffnet worden ist.

Ausserdem hat Schweigger dem Elektromagnetismus eine beständige Aufmerksamkeit geschenkt und durch

---

trischer Flüssigkeit von Norden nach Süden vielleicht die Grundursache des Magnetismus überhaupt seyn möge. Dieses ist ein wahrhaft grosser Gedanke und führt, wofern er richtig ist, eine grosse Einfalt in die Begriffe von den Gesetzen der Natur ein."

verschiedene Abhandlungen und zweckmässige Apparate in seinem Journal zur Förderung desselben nicht wenig beigetragen.

Faraday hat sich durch die erste Ausführung der continuirlichen Rotationen, die sich durch den Elektromagnetismus hervorbringen lassen, verdient gemacht, wiewohl die Idee zu denselben schon vorher mehr oder minder bestimmt von Andern (**Wollaston**, **Schweigger**) ausgesprochen wurde [*].

Endlich haben noch unzählige andere durch Versuche und Schriften zur Aufklärung und Verbreitung einzelner Puncte des Elektromagnetismus wesentlich beigetragen, deren einzelne Anführung wir hier übergehen.

Zwölftes Capitel.

Theorieen des Elektromagnetismus [**].

So sicher festgestellt auch jetzt alles ist, was das Thatsächliche des Elektromagnetismus, wenigstens seinen wesentlichsten Erscheinungen nach, betrifft, so ist man doch über die Art, wie diese Erscheinungen zu verknüpfen sind, bis jetzt noch in völligem Zwiespalt. Im Ganzen aber lassen sich alle Ansichten, welche man über diesen Gegenstand aufgestellt hat, unter folgende drei bringen.

1) Entweder man nimmt an, dass der Schliessungsdraht durch den Einfluss des Volta'schen Stroms in einen

---

[*] Schweigg. J. XLVI. 23.

[**] Es ist hier nicht beabsichtigt, eine detaillirte Darstellung der verschiedenen Theorieen über Elektromagnetismus, sondern blos einen Ueberblick über ihr wechselseitiges Verhältniss zu geben, damit man wisse, was man in jeder zu suchen hat. Wer sich näher mit diesen Theorieen bekannt machen will, den verweise ich auf **Gehler's** Wörterbuch oder **Pfaff's** Elektromagnetismus.

wirklich magnetischen Zustand geräth, und sucht die Vertheilungsart des Magnetismus im Draht auf, welche es möglich macht, die Erscheinungen der Ablenkung der Magnetnadel u. s. w., die er hervorbringt, darnach zu erklären. Dies haben Oersted, Muncke, Berzelius, Erman, Seebeck, Pohl versucht. Ihren hauptsächlichsten Begründer aber hat diese Ansicht in Prechtl gefunden.

2) Oder man nimmt umgekehrt an, dass der Magnetismus in den Körpern, wo man ihn beobachtet, selbst auf dem Vorhandenseyn elektrischer Ströme beruhe, und sucht die Anordnungsart dieser Ströme zu bestimmen, um die Erscheinungen darnach zu repräsentiren. Dies ist die im Vorigen befolgte Theorie von Ampère, die in Deutschland wenige Anhänger gefunden hat, aber von mehreren Französischen und Englischen Physikern zu Grunde gelegt ist.

3) Oder endlich, ohne eine Zurückführung der magnetischen auf die elektrischen Thätigkeiten oder umgekehrt, zu versuchen, fasst man die eigenthümliche Wechselwirkung der Magnete und Schliessungsdrähte blos als Thatsache auf, geht aus einfachen Erscheinungen auf die Bestimmung der Grösse und Richtung der Kräfte zurück, welche bei dieser Wechselwirkung ins Spiel kommen, und leitet dann aus den hiedurch gefundenen Formeln die zusammengesetzten Erscheinungen wieder ab. Auf diese Weise sind Biot und Pouillet verfahren.

Wenn die letztre Darstellungsart den unbestreitbaren Vorzug hat, dass sie alle Erscheinungen des Elektromagnetismus in Beziehung mit einander setzt, ohne Zuziehung irgend einer Hypothese, und dass sie dies mindestens eben so vollständig und sicher vermag, als nach einer der beiden andern Darstellungsarten der Fall zu seyn vermöchte, so muss man doch gestehen, dass diese Beziehung blos eine abstracte und so zu sagen mathematische ist, dagegen einer der Umstände, welche der Entdeckung des Elektromagnetismus eine so grosse Wichtigkeit sichern, gerade darin liegt, dass wir hiedurch auf eine physische Relation oder Zurückführung der Elektricität und des Magnetismus auf einander verwiesen worden sind, und die Möglichkeit, diese nach einer der beiden andern Ansichten ins Werk zu stellen, muss uns veranlassen, uns auch mit diesen vertraut zu machen. In der That liegt der Grund, der uns abhalten könnte, einer derselben unbedingten Beifall zu schenken, genau genommen nicht sowohl darin, dass eine derselben den an sie gemachten Foderungen nicht Genüge leistet, sondern darin, dass sie dies beide auf eine gleich vollständige und genaue Weise scheinen leisten zu können; mindestens sind fast alle Einwürfe, die man gegen die eine oder andere dieser Grundansichten von theoretischem oder Erfahrungswege aus gemacht hat, bei näherer Beleuchtung wieder verschwunden, oder die noch bestehen, sind von der Art, dass sie durch eine geringe Modification nicht der Grundansichten, sondern einiger Nebenumstände dieser Grundansichten scheinen gehoben werden zu können. Das Einzige, in dessen Hinsicht man daher der Ampère'schen Hypothese den Vorzug zuerkennen möchte, ist, dass zwar durch die Annahme elektrischer Ströme in den Magneten alle magnetischen Erscheinungen, aber nicht umgekehrt durch die Annahme eines eigenthümlich vertheilten Magnetismus die nicht elektromagnetischen elektrischen Erscheinungen erklärt werden können, so dass letztere Annahme nur eine partielle, erstere aber eine durchgreifende Zurückführung zweier Grundkräfte auf einander gestattet. Die Einfachheit und Analogie der Repräsentation anlangend, so haben vielleicht beide in dieser Hinsicht nichts vor einander voraus, da hier die Darstellung alles entscheiden möchte, und da beide Grundansichten auf gleiche Weise genöthigt sind, eine von der gewöhnlichen Vertheilungsart der Imponderabilien sehr abweichende Vertheilung entweder des Magnetismus im Schliessungsdraht oder der Elektricität in dem Magneten anzunehmen. So viel muss man jedenfalls zugestehen, dass die Ampère'sche Theorie auf eine Weise von ihrem Entdecker dargestellt worden ist, welche ein leichtes und allgemeines Studium dieser Erscheinungen möglich macht, was bis jetzt noch nicht so mit der andern Ansicht der Fall ist, die ich jetzt ihren Hauptzügen nach kennen lehren will.

Wenn wir **Oersted's** Theorie annehmen, die gewissermassen die umgekehrte der Ampère'schen ist, indem sie eine spiralförmige Bewegung des Magnetismus im Schliessungsdraht annimmt, so kommen alle übrigen Theorieen, die im Sinne jener Ansicht aufgestellt worden sind, darin überein, dass man nach ihnen fixe magnetische Pole im Umkreis des Schliessungsdrahts liegend annimmt, so dass die ungleichnamigen Pole einander alternirend folgen. Stellt z. B. *Fig.* 59 den Durchschnitt eines Leitungsdrahts vor, so würden darin nach der Althaus'schen Ansicht vier Pole im Umkreise liegen, und zwar je zwei gleichnamige einander diametral entgegengesetzt. Da man sich diese Pole in jedem Querschnitt des Drahts zu denken hätte, so würden hiedurch auf dem ganzen Draht vier polare Längenlinien entstehen.

Die wesentlichen Unterschiede der hieher gehörigen Ansichten nun betreffen die Zahl und Beschaffenheit der im Umkreise des Drahts zu denkenden Pole. **Schmidt** sah den Schliessungsdraht für einen einfachen bipolaren Transversalmagneten an, d. h. als einen Körper, welcher an seinen beiden Seiten in seiner ganzen Länge an der einen nordpolarischen, an der andern südpolarischen Magnetismus zeigt, und **Erman** modificirte diese Ansicht dahin, dass die Trennung der entgegengesetzt polarischen Hälften nicht durch eine, die Axe des Drahts enthaltende, sondern diagonal durch ihn gelegte, Ebene Statt finde. **Althaus** und **Muncke** nahmen vier Pole im Umkreise an. Indess wenn es schon *a priori* schwer fallen muss, einzusehen, wodurch die Lage dieser zwei oder vier oder jeder endlichen Zahl Pole, die man etwa im Umkreise annehmen will, bestimmt werden soll, da in einem homogenen cylindrischen Schliessungsdrahte alle Puncte gleichmässig disponirt seyn müssen, die Modificationen anzunehmen, die der Strom etwa hervorbringt, so wird auch diese Ansicht von einer beschränkten endlichen Zahl polarer

Linien im Umfange des Schliessungsdrahts einfach durch die Thatsache widerlegt, dass, wenn man einen cylindrischen Schliessungsdraht um sich selbst dreht, während er auf eine Nadel wirkt, keine abwechselnde Verstärkung und Schwächung seiner Wirkung beobachtet wird, die doch nothwendig durch jene Ansicht gefodert werden würde. Wir glauben daher von dieser Ansicht gänzlich absehen zu können.

Dagegen scheint allen Anfoderungen, die man an eine magnetische Theorie des Elektromagnetismus machen kann, die Ansicht zu genügen, zufolge deren man sich den Umfang des cylindrischen Schliessungsdrahts als ein Polygon von unendlich vielen Seiten vorstellt, und jede dieser Seiten als einen Magneten, so dass sich Süd- und Nordpole im ganzen Umkreise abwechselnd folgen. Im Grunde sind die Theorieen von Prechtl und Seebeck beide nur Modificationen derselben *; anstatt indess beide nach ihren Urhebern hier darzustellen, will ich sie so darstellen, wie mir die Berücksichtigung einiger Einwürfe, die Muncke in Gehlers Wörterbuch dagegen aufgestellt hat, es zu fodern scheint.

Die atomistische Ansicht ist genöthigt, die Theilchen der Körper überhaupt als in Entfernungen von einander befindlich vorauszusetzen **, also auch in den Magneten, und in der That muss man sich nach ihr einen Linearmagneten als eine Reihe Theilchen vorstellen, davon jedes um eine gewisse Weite vom andern entfernt ist, und deren ungleichnamige Pole einander zugekehrt sind, etwa wie in *Fig.* 60. Es ist selbst erwähntermassen sehr wahrscheinlich, dass die Entfernungen der Körpertheilchen von einander sehr gross im Verhältniss zu ihren eigenen Dimensionen sind.

---

* Denn da Prechtl die Pole in verschwindender Weite von einander setzt, so sagt er im Grunde eben so viel, als wenn Seebeck (und mit ihm Pohl) sagt, jeder Punct des Umkreises wirke nach einer Seite südpolar, nach der andern nordpolar.

** Vergl. die Gründe hiezu in Biot's Lehrb. der Physik. Zweite Aufl. I. S. 309.

So nun auch hat man sich im Umkreis des cylindrischen Schliessungsdrahts die kleinen Magneten, aus denen er zusammengesetzt gedacht wird, keineswegs in Contiguität, sondern etwa so angeordnet zu denken, wie *Fig.* 61 darstellt, nur wahrscheinlich in viel grösseren verhältnissmässigen Weiten von einander, und ähnliche concentrische Anordnungen wird man sich, da der elektrische Strom, von welchem das Ganze der Erscheinungen abhängt, den ganzen Draht durchdringt, auch im ganzen Innern des Durchschnitts vorzustellen haben. Hätte endlich der Draht, anstatt einer cylindrischen, irgend eine beliebige, z. B. eine viereckige Gestalt, so würde man sich hier nicht etwa bloss vier Pole oder partielle Magnete für den ganzen Umkreis, sondern gleichfalls unendlich viele, nach dem Schema von *Fig.* 62 vorzustellen haben *.

Es ist sehr einleuchtend, wie nach dieser Vorstellungsart die Ablenkung der Magnetnadel durch den Schliessungsdraht ganz in derselben Art, als wir sie im 6ten Capitel betrachtet haben, für alle Fälle zu Stande kommen muss; indem der Nordpol einer Magnetnadel, welchem Theile des Umkreises des Drahts man sie auch darbieten mag, immer nach der Seite hin sollicitirt werden muss, nach welcher die Südpole des Umkreises liegen, und der Südpol nach der entgegengesetzten **, und eben sowohl scheinen sich alle hiemit in Zusammenhang stehende Thatsachen, als die Rotationsversuche, die Wirkung des Multiplicators u. s. w., nach dieser Ansicht erklären zu lassen. Es ist nach dieser allgemeinen Uebereinstimmung sehr wahrscheinlich, dass auch, wenn man diese Ansicht mit dem Calcul verbände, die Resultate eben so genau und mit der Erfahrung zutreffend dadurch würden ausgedrückt werden können, als dies nach jeder der andern Darstellungsarten der Fall ist. Doch müssen wir erinnern, dass dies unseres Wissens zur Zeit noch nicht in dem erforderlichen Umfange versucht worden ist.

---

* Nach dieser Ansicht fallen, hoffe ich, die Einwürfe weg, die Muncke der Prechtl'schen Ansicht (Gehlers Wört. III. 634) entgegengesetzt hat. Die von Pfaff dagegen erhobenen Einwürfe hat Prechtl selbst in Kastn. Arch. II. widerlegt.

** Mit Genauigkeit ergiebt sich diess durch Summation der partiellen Wirkungen.

Dreizehntes Capitel.

Schweiggers Gebrauch alter Hieroglyphen zur leichtern Darstellung und Auffassung elektromagnetischer Erscheinungen.

Schweigger hat in gewissen alterthümlichen Hieroglyphen ein sinnreiches Mittel gefunden, die Auffassung und Darstellung verschiedener elektromagnetischer Erscheinungen, namentlich der elektromagnetischen Drehungen, zu erleichtern. Es wird für Manchen vielleicht von Interesse seyn, diese Anwendungsart hier zu finden, wenn auch nicht jeder die Ansicht jenes berühmten Physikers theilen sollte, dass diese Hieroglyphen wirklich ursprünglich in einer physikalischen Bedeutung dargestellt wurden. Indem ich selbst mich eines Urtheils in dieser ganzen Darstellung begebe, werde ich die Sache rein nach ihrem Urheber wiedergeben, dessen eigene Worte man sonach meist hier wiederfinden wird *.

1. *Einfache Dioskurenbilder.*

Im 8ten Capitel ist gezeigt worden, wie ein vom elektrischen Strom durchlaufener Draht unter magnetischem Einflusse in continuirliche Drehung gerathen kann. Man findet in gewissen sogenannten Dioskurenbildern dieses Drehen rechts und links unmittelbar als eine Eigenschaft ausgesprochen, welche den Elektricitäten als solchen zukommt im Momente ihrer Vereinigung. Betrachten wir zu diesem Zweck einige dieser Figuren. *Fig.* 63 aus Millin's mythologischer Gallerie entnommen, stellt nackte Dioskuren dar, oder, was nach alterthümlicher Sprache dasselbe ist, das durch die beiden Sterne auf den Häuptern dieser Figuren versinnlichte Doppelfeuer, d. h. nach unserer Deutung, den elektrischen Funken, der seiner Natur nach ein Doppelfeuer ist[*]. Die beiden Sterne bilden wie gesagt, dieses elektrische Doppelfeuer unmittelbar ab, wie es dem Physiker (nicht aber dem der Polaritätsgesetze Unkundigen) sich darstellt und die unten stehenden Figuren versinnlichen die Art der Bewegung dieses Doppelfeuers.

---

* Nach Schweigg. J. XLVI. 45, und XLVIII. 289.

Alles verhält sich nämlich bei diesen Dioskurenbildern wie Rechts und Links. In *Fig.* 63 dreht sich der eine von den Dioskuren auf dem rechten, der andere in entgegengesetzter Richtung auf dem linken Fusse; der eine hebt den rechten, der andere den linken Arm; der Kopf des einen dreht sich rechts, der des andern links. In *Fig.* 64, welche aus Montfaucon's Antiquitäten genommen, sehen wir dasselbe bei den mit Eisen (Speer und Säbel) armirten Dioskuren, und es wird uns erlaubt seyn, bei dieser Armirung der Dioskuren an etwas zu denken, was dem Physiker sogleich beifällt, wenn vom elektrischen Feuer die Rede ist, nämlich an das Verhältniss desselben zu Metallen, welches in Cabirenbildern auch durch den zur Bearbeitung der Metalle bestimmten Hammer und Ambos ausgedrückt ist. Unpassend kann uns also wenigstens jene Armatur nicht scheinen, und eben so wenig das Bild der Pferde in *Fig.* 65 (aus Millin's Gallerie entnommen), weil wir in diesen Pferden ein naturgemässes Bild der Schnelligkeit erblicken. Bekanntlich lässt die ganze Verschiedenheit der Wirkung des einfachen elektrischen Funkens und des durch den Metallcontact erregten el. Stroms sich zurückführen auf den Unterschied der Schnelligkeit (?), so dass also durch Bezeichnung dieses Begriffes etwas für die Hauptidee des Ganzen, welche durch die Doppelsterne hervorgehoben, sehr Wesentliches ausgedrückt wird. Uebrigens reitet der eine von den Dioskuren rechts, der andre links ab, und dabei galloppirt das eine Pferd mit vorspringendem rechten, das andre mit vorspringendem linken Fusse; den Speer hält der eine im rechten, der andere im linken Arm; die Köpfe sind eben so, wie in *Fig.* 63, rechts und links sich gegenseitig zugewandt, und damit ein der Naturgesetze kundiger Blick sogleich erkenne, wovon die Rede sey, so versinnlichen die Doppelsterne über den Häuptern die angedeutete Erscheinung.

---

[*] In Bezug auf die Begründung dieser Deutung verweist Schweigger auf seine zweite Abhandlung über die älteste Physik und den Ursprung des Heidenthums aus einer missverstandenen Naturweisheit, in s. J. XXXVII.

Wollen wir nun, nach Anleitung dieser mythischen (hieroglyphischen) Bilder, das elektrische Doppelfeuer in der Umgebung von Eisen (gleichsam armirt) sich berühren lassen und sehen, ob wir dieses Drehen rechts und links wahrnehmen können. Wenn die Elektricität stark genug ist, so mögen es Säbel und Speere seyn, welche die isolirende Umgebung von Luft oder Mauerwerk armiren, wie solches der Fall seyn wird, wenn der Blitz irgendwo, wo Eisen umherhängt, etwa in eine Rüstkammer, einschlägt. Wenn wir aber mit schwachen elektrischen Funken unserer Elektrisirmaschine experimentiren, so wird es der Schwäche der Elektricität angemessen seyn, um die Glasröhre, durch welche der Funken schlägt, und welche auch luftleer seyn kann, kleine Bündel von Stahldrähten oder Nähnadeln rings im Kreise zu legen. Auf diese Art ist das elektrische Doppelfeuer gewissermassen armirt im Momente seiner Vereinigung.

Gesetzt nun, es schlage der positive elektrische Funke einer starken Batterie von Nord nach Süd durch die Röhre; quer über dieselbe unter rechten Winkeln mögen Nadeln im Kreise umher so gelegt seyn (mit Wachs an die Röhre angeklebt), dass ihre Spitzen oben nach Osten, unten nach Westen liegen. Alle Spitzen werden Südpolarität zeigen, während die Oehre nordpolarisch sind, so dass am obern Theile der Röhre die Nordpolarität gegen Westen, am unteren gegen Osten sich offenbart, gleichsam als ob ein **Südpol** eines Magnets von **Ost aufwärts nach West** (also, wenn der Beobachter in der Richtung des elektrischen Stromes, nämlich nach **Süden** hinblickt, von der Linken aufwärts zur Rechten d. i. rechtsum), oder ein **Nordpol** von **West aufwärts nach Ost** (also bei derselben Stellung des Beobachters nach Süden von der Rechten aufwärts zur Linken d. i. linksum) im Kreis umher wäre bewegt worden. Kehren wir die Richtung des elektrischen Stromes um, so dass der positive Funke von Süden nach Norden springt, so ist auch die Richtung der Magnetisirung umgekehrt, indess (da nun auch die Richtung des Beobachters, welche durch die des elektrischen Stromes bestimmt werden soll, umgekehrt, nämlich nach **Norden** hin gedacht werden muss) gleichfalls so, als ob ein Südpol von der Linken zur Rechten und ein Nordpol von der Rechten zur Linken wäre gedreht worden. Der auf rechts und links sich beziehende Ausdruck passt daher für alle Richtungen des elektrischen Stroms.

Schweigger entwickelt jetzt seine Gründe, besonders von gewissen Beobachtungen am Nordlicht entlehnt, weshalb er glaubt, dass die positive Elektricität in näherer Beziehung zum nordpolaren Magnetismus (der Magnetnadeln), die negative zum südpolaren Magnetismus stehe, und warum er glaube, dass den entgegengesetzten Elektricitäten so wie den an sie gebundenen Magnetismen eine entgegengesetzt kreisende Bewegung, wenigstens im Momente ihrer Vereinigung, beizulegen sey.

Betrachten wir nun, wie nothwendig, den elektrischen Funken als bestehend zugleich aus beiden Elektricitäten und stellen uns in die Richtung desselben (also da der Funke vom positiven zum negativen Conductor überspringt, in die Richtung der positiven Elektricität) so wird eine Magnetisirung entstehen, von der Art, wie die vorhin beschriebene, wenn das nordpolarische $+E$ sich von der Rechten zur Linken (linksum) und das südpolarische $-E$ (welche beide vereint den elektrischen Funken ausmachen) sich von der Linken zur Rechten (rechtsum) bewegt. Und dies ist zugleich der allgemeinste Ausdruck des vorhin beschriebenen Phänomens, das bekanntlich an keine Richtung nach irgend einer Weltgegend gebunden ist, weswegen keine andere Bezeichnung möglich, als eine, wobei die Ausdrücke rechts oder links vorkommen; auch geht aus dieser Betrachtung der Sache hervor, dass nicht blos elektrisirte Drähte sich unter magnetischem Einflusse rechts und links drehen, sondern dass eine Drehung rechts und links wesentlich zum Charakter der Elektricitäten und der mit ihnen verbundenen Magnetismen gehören, wie die alten Dioskurenbilder (gleichsam als elektromagnetische Hieroglyphen) solches darstellen.

In den drei, in *Fig*. 63, 64, 65 abgebildeten, Hieroglyphen muss es freilich unentschieden bleiben, welche Figur die positive und welche die negative Elektricität vorstellen möge.

Insofern in der Atmosphäre die positive El. vorherrscht, so würde dies die himmlische seyn, welche der Mythos mit dem Namen Pollux bezeichnet. Jedoch in der Zeichnung ist nicht zu erkennen, welche Figur den Pollux und welche den Castor vorstellen solle. Aber es sind dies von den griechischen Künstlern gebildete Dioskurenbilder, welche bekanntlich aus dem Typus der ältern Cabirenbilder hervorgiengen. In Montfaucon's Antiquitäten ist jedoch ein, wie die Umschrift selbst solches deutlich ausdrückt, altes Bild Syrischer Cabiren dargestellt. Wenn der Leser dieses, in *Fig*. 66 genau nachgestochene, Bild betrachten will, so wird er die Figur mit den grösseren, gleichsam im doppelten Lichte stralenden, Stern mehr geeignet finden zum Bilde der stralenden positiven Elektricität, während die andere, mehr weichliche, Figur, welche mit kleinerem Sterne und einem rundlichen Scheine um das Haupt bezeichnet ist, auch einen der Spitze beraubten Speer trägt, geeigneter scheint zur Darstellung der negativen Elektricität, welche auch bei den bekannten elektrischen Staubfiguren Lichtenberg's in rundlicheren weicheren Formen sich ausdrückt. Die erstere Figur nun bewegt sich linksum, die letztere rechtsum, ganz so, wie es das vorhin beschriebene elektromagnetische Phänomen unter der Voraussetzung erfodert, dass wir der positiven Elektricität vorherrschenden nördlichen, der negativen vorherrschenden südlichen Magnetismus beilegen.

Stellt man sich das Syrische Cabirenbild (*Fig.* 66) so in die Richtung des elektrischen Stroms gelegt vor, dass sich der Strom der positiven Elektricität in ihnen von unten nach oben bewegt, und denkt sich nun das Bild entweder gegen eine Magnetnadel oder gegen Drähte, die magnetisirt werden sollen, gewandt, so ist hiedurch jederzeit die Lage des Nordpols durch die Stellung der kräftigeren (positiven und nordpolarischen), die Lage des Südpols durch die Stellung der weichlicheren (negativen und südpolarischen) Figur bezeichnet; und die in Bezug auf diese Umstände von Pfaff und Gilbert gegebenen Regeln, welche nur eine umständliche Darstellung zulassen, werden sonach sehr einfach und fasslich durch dies Bild dargestellt.

Auch jedes einzelne Cabirenbild ist vollkommen brauchbar zu diesem Zweck einer scharfen elektromagnetischen Bezeichnung.

Denkt man sich das männliche (positive) Cabirenbild, mit dem grossen Stern auf dem Haupte, ausgeschnitten und auf einen elektrischen Leiter so gelegt, dass der positive Strom aufwärts zum Kopfe ströme und die Vorderseite gegen die Magnetnadel gewandt sey, so giebt der erhobene linke Arm die Lage des nördlichen Pols der Magnetnadel zu erkennen, welche zur Natur der positiven Elektricität gehört.

Will man sich zur Bezeichnung der andern (negativen) Figur bedienen, so darf man nicht übersehen, dass im Sinne der den Dioskurenbildern zu Grunde liegenden dualistischen Theorie, bei dieser negativen Figur eine entgegengesetzte Richtung des elektrischen Stroms durch das über das Haupt herabfliessende Licht angedeutet ist, als bei der positiven Figur, wo dieses herabfliessende Licht fehlt, aber der Stern auf dem Haupte höher stralt. Auf andre Weise hat zuweilen das Alterthum diese entgegengesetzte Richtung bei den Dioskuren durch das Bild in entgegengesetzter Richtung gemalter Köpfe dargestellt, wie *Fig.* 67 zeigt, welche aus Millin's mythologischer Gallerie genommen ist. Da nun aber bei jenem Cabirenbilde, von welchem wir hier reden, die negative Figur mit dem rundlichen Lichtscheine (dem bekannten Charakter der negativen Elektricität) in derselben Lage wie die positive Figur gezeichnet ist, so muss sie auch eben so wie diese, also nicht in der Richtung der negativen Elektricität, sondern dieser mit dem Haupt entgegengesetzt, gelegt gedacht werden. Und nun, in welcher Lage man jetzt den so bezeichneten elektrisirenden Draht (oder Funken) gegen eine Magnetnadel oder gegen zu magnetisirende Drähte wenden mag, immer deutet der ausgestreckte rechte Arm ganz richtig die Lage des der negativen Elektricität verwandten südlichen Pols im künstlichen Magneten an.

Verlangt man nun aber, dass diese Bilder auch die Drehungsweise der an die Elektricitäten gebundenen magnetischen Pole bezeichnen sollen, so würde bei der bisher angenommenen Lage der Bilder diese Drehung entgegengesetzt ausfallen, als die Erfahrung giebt. Schweigger findet es jedoch naturgemässer, statt, wie gewöhnlich, den Strom bei den Füssen, ihn vielmehr beim Kopfe (als von wo aus die Quelle der Lebensthätigkeit nach den Extremitäten hin gerichtet ist) eintreten zu lassen. In diesem Sinne ist das Bild (*Fig.* 67) gezeichnet, wo aber, bei der entgegengesetzten Lage der Köpfe, lediglich im Allgemeinen an (tangential) entgegengesetzte Richtung zu denken, die auch in horizontaler Fläche Statt finden kann, nicht (wie gewöhnlich) einzig und allein an ein Hinaufsteigen und Hinabsinken. Gegen die einseitige Hervorhebung dieser letztern Idee streitet die gleichartige Anordnung der Haare in beiden Köpfen. Uebrigens werden statt der Köpfe häufig blos Dioskurenhüte gemalt, wie *Fig.* 68 zeigt.

Legen wir nun das Syrische Cabirenbild in der Art, dass der grössere Stern auf dem Haupte der links stehenden Figur dem Anfangspuncte des elektrischen Stromes entspricht, welcher von hier aus in der Richtung vom Haupt gegen die Füsse sich ergiesst, so wird in jeder Lage nicht allein die Natur der dieser Lage entsprechenden Polarität, sondern auch die dabei Statt findende Art der Drehung sowohl des Nordpols als des Südpols bezeichnet, worauf der Kreismagnetismus beruht. Dies nämlich unter der Voraussetzung, dass wir eine nähere Beziehung des nördlichen Magnetismus zur positiven und des südlichen zur negativen Elektricität annehmen. Und was von dem ganzen Cabirenbilde gilt, lässt sich nun, wenn man will, auch in ähnlicher Weise, als vorhin geschehen, auf jede einzelne von den beiden in dieser Hieroglyphe vorkommende Figuren anwenden.

Schweigger führt jetzt beispielsweise mehrere Aufgaben an, die sich mit Hülfe der erörterten Bilder auf eine einfache Weise auflösen lassen, und die wir hier wiedergeben wollen.

Aufgabe 1. Es wird gefragt, in welcher Richtung bewegt sich der elektrische Strom im Multiplicator, wenn derselbe aufgehängt sich mit seiner Fläche in den magnetischen Aequator gestellt hat.

Auflösung. Insofern die Wirkung nach Schweigger von der Convergenz der elektromagnetischen gleichnamigen Pole gegen den Mittelpunct des Kreises abhängen soll*, so haben wir das Cabirenbild in der Art an den Umkreis des Multiplicators anzulegen, dass z. B. an der südlichen Seite wohl beide Figuren gegen Süden hin gerichtet sind, aber das Sinnbild des rechts sich drehenden südlichen Magnetismus (d. i. die Figur mit elektronegativem Lichtscheine) innerhalb des Kreises zu liegen kommt. Da nun die Richtung vom Kopfe zu den Füssen den Weg des elektrischen Stromes bezeichnet, so sieht man unmittelbar, dass dieser sich von West aufwärts nach **Ost**, oder was dasselbe, von **Ost abwärts** nach **West** bewegt.

---

* Vergl. hiezu Schweigg. J. XLVI. 33 bis 36.

Aufgabe 2. **Wie wird bei dieser Lage des el. Stroms eine innerhalb des Multiplicatorkreises gehaltene Magnetnadel gerichtet seyn?**

Auflösung. Das Bild ist innerhalb des Multiplicatorkreises so zu denken, dass es gegen die Magnetnadel hinblickt. Zugleich müssen aber, gemäss der so eben (Aufg. 1) gefundenen Richtung des elektrischen Stroms, die Figuren so gelegt werden, dass, wenn das Cabirenbild in der untern Hälfte des Kreises ruht, die Köpfe nach Osten gerichtet sind. Bei dieser Lage kommt das Sinnbild des südlichen Elektromagnetismus gegen Norden, das Sinnbild des nördlichen gegen Süden zu liegen. Es muss also die Magnetnadel innerhalb des Kreises unverrückt stehen bleiben, durch das Drehen, wie man sieht, des südlichen Elektromagnetismus ($-E$) rechtsum, und des nördlichen ($+E$) linksum in dieser Lage befestigt.

Aufgabe 3. **In welchem Sinne wird eine unmagnetische Nadel bei derselben Lage des Multiplicators innerhalb seines Kreises polarisch werden?**

Auflösung. Aus der unmittelbar vorhergehenden Construction geht zugleich hervor, dass der durch die elektromagnetische Tangente hervorgerufene Südpol der Nadel gegen Süden, der Nordpol gegen Norden liegen müsse.

Aufgabe 4. **Ist es zur Beförderung der Drehung des aufgehängten Multiplicators vortheilhaft, ihn in die Länge zu ziehen?**

Auflösung. Die Vergleichung des in Auflösung 1 und 2 Dargelegten zeigt, dass diese Nachahmung der Gestalt einer Magnetnadel, welche bei dem Ausziehen des Multiplicators zur länglichen Spirale beabsichtigt wird, wenigstens etwas ganz unwesentliches sey und wohl eher nachtheilig, als vortheilhaft wirken könne.

II. *Zusammengesetzte Dioskurenbilder.*

Die *Fig.* 69 stellt eine Antike dar, welche in Millin's mythologischer Gallerie sich befindet und von welcher Millin zur Erklärung Folgendes sagt: „Drei halbnackte Nymphen halten Muscheln: An den Seiten dieses, eines Gelübdes wegen aufgestellten, Basreliefs sind die Dioskuren; jeder hält ein Pferd am Zügel und eine Lanze; unten ruht [illegible] Flussgott, ein Ruder haltend.“

Dies Bild wird auf dem Standpuncte der physikalischen Zeichensprache zu folgender physikalischen Betrachtung veranlassen.

Die Aufgabe, welche sich uns darbietet, ist, dass wir die Dioskuren mit Wassernymphen, d. h. die entgegengesetzten Elektricitäten mit Wasser, in Verbindung bringen und ihnen die Freiheit lassen sollen, sich zugleich mit den ihnen nahe liegenden Wasserschichten zu drehen. Diesem Zwecke gemäss müssen, wie es im Bilde gezeichnet ist, die Elektricitäten von zwei Seiten in das Wasser geleitet werden, durch Drähte, welchen, damit sie sich drehen können, hiezu die nöthige Beweglichkeit zu geben. Dies ist allein dadurch möglich, dass die ins Wasser geleiteten Drähte von demselben durch eine isolirende Scheidewand gesondert sind und nur mit der metallenen Spitze hervorragen, worauf dann von ihr getragene ins Wasser herabgezogene Nadeln (Querdrähte) schweben.

Durch diese Betrachtung wurde Schweigger zur Construction des S. 69 beschriebenen Apparates geleitet.

Es wird sich nun fragen, ob unter dem Einflusse eines künstlichen Magneten oder des Erdmagnetismus sich die Nadeln bewegen sollen. Letzteres ist augenscheinlich in den hieroglyphischen Bildern gemeint, indem ein unten liegender Flussgott hinabdeutet mit dem Finger in die Tiefe zur Bezeichnung einer von unten herauf wirkenden Kraft.

In der That gelingt es, bei Anwendung gehörig eingerichteter Nadeln, durch den Erdmagnetismus diese Bewegungen hervorzubringen.

Es leuchtet ein, dass eine auf die Weltgegenden sich beziehende Bewegung (welche wir mit OSW und mit WSO bezeichnen) im Bilde schwer darzustellen ist. Aber wir können einen andern Ausdruck dafür wählen. Denn wer sich in der Richtung von West über Süd nach Ost umdrehen will, muss auf den linken Fuss treten und mit dem rechten Fusse die Bewegung machen, vorausgesetzt, dass diese Bewegung nicht rückwärts, sondern vorwärts gemacht werden solle, d. h. er muss sich linksum drehen. Im Gegentheil muss er sich rechtsum drehen, wenn er von Ost über Süd nach West sich bewegen will.

Gerade nun so ist die Sache in dem Bilde dargestellt. Denn sein Anblick lehrt, dass unter dem Einflusse ein und derselben von unten herauf wirkenden Kraft, welche durch den in die Tiefe deutenden Finger der unten liegenden Figur bezeichnet ist, entgegengesetzte Drehungen der Dioskuren Statt finden, und jede Wassernymphe die Bewegung nachmacht des ihr zunächst stehenden Dioskur, den sie selbst nachahmt in der Haltung des Kopfes, während die mittlere Wassernymphe indifferent den Rücken kehrt.

Nun entsteht jedoch die Frage, welches Bild die positive, welches die negative Elektricität vorstellt.

Allerdings ist dies in dem Bilde *Fig.* 69 nicht so leicht zu erkennen, wie in dem alten Cabirenbilde (*Fig.* 66). Indess eben in Vergleichung mit dem Cabirenbilde deutet schon die Drehung linksum auf positive, die Drehung rechtsum auf negative Elektricität, weil diese Art der Drehung sich im elektrischen Funken vermittelst der durch ihn bewirkten Magnetisirung offenbart, und bei aufmerksamer Betrachtung entdeckt man feinere Zeichen, die dies bestätigten. Die rechts sich drehende Figur ist nämlich wie im Cabirenbilde weicher gehalten, womit auch zusammenhängt, dass sie mehr verhüllt ist durch Kleider, die über Arm und Schulter geworfen, während die andere links sich drehende nackter erscheint. Ganz analog sehen wir in *Fig.* 65, dass die rechts sich drehende Figur mit Oberkleid und einer Kopf- und Fussbekleidung versehen ist, welche der links sich drehenden fehlt, und was die Natur der Symbole im Bilde *Fig.* 67 in Vergleich mit dem alten Cabirenbilde noch unverkennbarer macht, ist die Spitze am Speer der links sich drehenden Figur, welche fehlt bei der rechts sich drehenden, ganz so wie im Cabirenbilde.

Was die Drehung der beiden Nymphen anlangt, welche sich eben so bewegen, wie die ihnen zunächst stehenden Dioskuren, so hat dies allerdings blos locale Wahrheit, gültig nämlich allein für die nördliche Hälfte unsrer Halbkugel. Auf der südlichen Hälfte der Halbkugel findet gerade die entgegengesetzte Drehung Statt. Es müsste also in unserer elektromagnetischen Zeichensprache, wenn für die südliche Halbkugel diese merkwürdige elektromagnetische Thatsache im Bilde dargestellt werden sollte, die neben dem Symbole der positiven Elektricität stehende Nymphe sich diesem entgegengesetzt, nämlich rechtsum, und die andere neben dem rechtsum sich drehenden Symbol der negativen Elektricität stehende Nymphe sich linksum drehen.

Schweigger geht jetzt zur Anwendung über, die sich von den beschriebenen Hieroglyphen zur Construction mehrerer einfachen elektromagnetischen Apparate machen lässt, worüber ich auf die Originalabhandlung verweise.

Anhang.

I. *Der Pohl'sche Siderophor*[*],

d. i. eine zur Anstellung elektromagnetischer Versuche zweckmässig eingerichtete einfache Kette[**].

Als Erfodernisse eines zu elektromagnetischen Versuchen tauglichen elektromotorischen Apparats giebt **Pohl** folgende an.

1) Nach Beendigung jedes einzelnen Versuchs und während der Vorbereitung eines neuen, muss das Zink mit Leichtigkeit der Flüssigkeit des Troges entzogen und, beim Beginn des folgenden Versuchs, eben so schnell wieder in die erfoderliche Lage zurück versetzt werden können. 2) Beides aber muss geschehen, ohne dass es nöthig ist, die Behälter, welche zur Einsperrung der sich entbindenden Gase verschlossen seyn müssen, deshalb zu öffnen, damit der Experimentator durch die hervordringende Luft in diesem Falle so wenig, als während der Dauer einer ganzen Reihe von Versuchen, im mindesten belästigt werde. Endlich muss 3) dafür gesorgt seyn, da zu manchen Versuchen nur eine geringere magnetische Wirkung erfoderlich ist, dass man nach Belieben eine bald grössere, bald kleinere Fläche des Metalls in Wirksamkeit setzen und so auch in dieser Hinsicht nutzlosen Verbrauch des Zinks vermeiden könne.

Zur Erfüllung dieser Bedingungen hat **Pohl** folgenden Apparat construirt.

Der Haupttheil des Instruments ist ein 7½ Zoll hohes und 6 Zoll im Durchmesser haltendes cylindrisches Gefäss von starkem Kupferblech. *Fig.* 70 stellt dasselbe perspectivisch dar; in *Fig.* 71 erscheinen, so wie in *Fig.* 72 und *Fig.* 73 die übrigen Theile des Apparats, nach den sämmtlichen Originalverhältnissen im Durchschnitte. Auf den Boden *ab* desselben sind ausser der Hauptwand *cc*, noch drei mit ihr concentrische Wände: *dd*, *ee* und *ff* in gleichen Abständen von einander aufgelöthet. Der mittelste Theil des Bodens innerhalb der engsten Cylinderwand *ff*, ist bei *ff'* (*Fig.* 71) geöffnet und der ganze Behälter also in drei concentrische, unten geschlossene, oben offene Zellen, getheilt. Bei *g* (*Fig.* 71) ist in den Boden ein Kupferzapfen unter regulinischer Berührung fest eingeschroben und verniethet.

---

[*] Erreger des Magnetismus von σίδηρος und φέρω.

[**] Diese Beschreibung ist entlehnt aus Kastn. Arch. XIV. 273.

Fig. 72 ist der hölzerne Träger dieses Behälters. Der Boden *ab* des letzteren ruht auf der Fläche *a'b'* dieses Trägers, während der cylindrische Fortsatz *hi* des Trägers den mittleren unten geöffneten Theil des Behälters, welcher von der Wand *ff' ff'* (*Fig.* 71) umschlossen wird, ausfüllt, bis auf einen kleinen cylindrischen Raum über *i*, der leer bleibt und dadurch, dass der Theil *hi* um ¼ Zoll niedriger als die cylindrische Seitenwand ist, gebildet wird. In der Axe *ik* und ausser derselben mit ihr parallel in *lm* gehen starke Messingdrähte durch den Träger, die an der untersten Fläche desselben in *k* und *m* rechtwinklich umgebogen sind, über den Rand dieser noch von drei kleinen kugelförmigen Füssen getragenen Fläche hervorragen und an den Enden mit angelötheten kleinen Kupfernäpfen *i*, *n*, *l* und *o* versehen sind. In den Napf *l* greift der am Boden des Behälters befestigte Kupferzapfen *g* (*Fig.* 71) ein. Der Napf *i* muss beinahe ½ Zoll weit seyn, die übrigen Näpfe dürfen nur ¼ Zoll Weite haben.

Der Deckel *pp*, *Fig.* 73, ist aus einer 1½ Zoll dicken Scheibe von Mahagoni- oder anderem dichten und hartem Holze gedreht und überdies noch durch einen wiederholten Ueberzug mit einem guten Lackfirniss gegen die Einwirkung der Feuchtigkeit geschützt. In der Mitte ist er so weit durchbohrt, dass wenn er den auf seinem Träger ruhenden Behälter verschliesst, doch das an jenem befindliche Kupfergefäss *i* durch die Oeffnung von oben zugänglich bleibt. An der innern und äussern Peripherie des Deckels treten angedrehte Ränder ¼ Zoll tief herab, um die äusserste und innerste Wand des Behälters von beiden Seiten zu umgreifen und so diesen hinlänglich zu verschliessen. Ausser der Oeffnung in der Mitte sind noch sechs cylindrische Löcher (so dass ihre Axen in der gemeinsamen Verticalebene eines Diameters des Deckels liegen) durch ihn hindurch gebohrt, von denen je zwei, *q* und *q*, *r* und *r*, *s* und *s* diametral gegenüber in die Mitte zwischen den Wänden je einer Zelle des Behälters fallen.

Durch diese Löcher können wohlgerundete und geglättete, ¼ Zoll starke Messingdrähte *tt*, *uu*, *vv* ohne die mindeste Friction leicht auf und nieder bewegt werden. An den untern Enden haben sie Einschnitte, in denen cylindrische Reifen aus Zinkblech, von etwa 0,6″ Dicke, an diametral entgegengesetzten Stellen dieser Reifen, festgelöthet sind, so dass die Drähte *tt* den weitesten Reifen *tt′ tt′* für die äusserste Zelle, die Drähte *uu* den kleineren Reifen *uu′ uu′* für die mittlere Zelle und *vv* den engsten Reifen *vv′*, *vv′* für die innerste Zelle tragen. Alle Zinkreifen sind gleich hoch, nämlich jeder beinahe ¼ Zoll niedriger als die halbe Höhe des Behälters. Die obern Enden der Drähte haben Schraubenansätze und sind durch Messingbügel *twt*, *uxu*, *vzv* verbunden, die an den Enden mit Löchern versehen sind, durch welche die Endschrauben hindurchgesteckt und mit Schraubenköpfen überall bei *t*, *u* und *v* festgezogen werden.

In der Mitte des Bügels *vzv* ist ein Kupferrohr *zz′* fest gelöthet, das etwa ¼ Zoll lang und beinahe ⅜ Zoll weit ist, so dass es, wenn der Bügel auf dem Deckel *pp* aufliegt, gerade in das Kupfergefäss *i* (*Fig.* 72) herabreicht und darin Raum hat. In der Mitte des Bügels *uxu* ist gleichfalls ein solches Kupferrohr festgelöthet, das aber so viel enger als das vorige seyn muss, dass es durch dasselbe sich leicht hindurchschiebt und, wenn der Bügel auf dem Deckel ruht, ebenso in den Napf *i* hinabreicht, weshalb es auch um eine Bügelstärke länger als jenes seyn muss. Endlich trägt die Mitte des Bügels *twt* noch einen starken Kupferdraht, der wieder durch die Oeffnung des eben genannten Rohrs hindurchgeht und die erfoderliche Länge hat, um beim Aufliegen des Bügels auf dem Deckel gleichfalls in den Napf bei *i* hinabzureichen.

Die Länge und Richtung der Drähte *tt*, *uu*, *vv* so wie der eben beschriebenen Kupferstücke an den Bügeln muss so beschaffen seyn, dass, wenn der Deckel gehörig auf dem Behälter aufliegt und die drei Bügel bis auf den Deckel herabgelassen sind und auf ihm ruhen, die Zinkreifen in den zugehörigen Zellen des Behälters bis nahe auf den Boden herabreichen, ohne jedoch weder diesen noch viel weniger sonst eine der cylindrischen Kupferwände zu berühren und dass alsdann zugleich die Kupferstücke der Bügel gleich tief bis auf den Boden des Kupfernapfes in *i* herabtreten.

Die Zinkreifen werden an die Messingdrähte in den Einschnitten mit Zinn fest gelöthet und allenfalls noch durch Niethe mehr befestigt. Ebenso dürfen auch die Cylinderwandungen des Behälters auf den Boden von hinlänglich starkem Kupferblech in dazu besonders eingedrehte kleine Vertiefungsrinnen mit Zinn festgelöthet werden. Alle übrige Löthungen werden am besten in Feuer gemacht.

Soll das so hergerichtete Instrument zu galvanisch-magnetischen Versuchen benutzt werden, so wendet man eine mit 12 Theilen Wasser verdünnte Salpetersäure an, durch welche die gelötheten Stellen so wenig als das Kupfer angegriffen werden und füllt mit dieser Mischung die Zellen des Behälters genau bis zur Hälfte ihrer Höhe an. Die Boden der Kupfernäpfe und die Extreme der in sie zu tauchenden Kupferstücke werden durch salpetersaures Quecksilber amalgamirt und, nachdem man alle Kupfernäpfe etwa bis zur Hälfte mit Quecksilber angefüllt hat, hebt man die drei Bügel über dem Deckel des Behälters so hoch empor, dass die Zinkreifen die untere Fläche des

Deckels unmittelbar berühren, erhält sie in dieser Lage durch einen zwischen den Deckel und die Kupferstücke der Bügel geschobenen kleinen Sperrcylinder von Holz und verschliesst nun den Behälter durch den darauf gelegten Deckel vollends. So ist der Siderophor in der Gestalt, wie *Fig.* 74 darstellt (in seiner Verbindung mit dem nachher zu beschreibenden Gyrotrop). Die Zinkcylinder befinden sich alsdann, wenn die Flüssigkeit die vorgeschriebene Höhe nicht überschreitet, mit ihren untern Rändern noch über der Oberfläche und also ganz ausserhalb derselben.

Je nachdem man nun zu den verschiedenen Versuchen mehr oder minder magnetische Kraft gebraucht, lässt man entweder nur den kleinsten oder die beiden kleineren Zinkreifen oder alle drei zugleich in die Säure hinab, so dass die Bügel der zu benutzenden Zinkreifen ganz auf dem Deckel des Behälters aufliegen, während die etwa zurückbleibenden unbenutzten durch ein hölzernes Sperrstückchen in ihrer Lage erhalten werden. In jedem Falle wird alsdann, vermöge der in den Napf bei *s* tauchenden Kupferstücke der herabgelassenen Bügel, von den am Fusse des Siderophors befindlichen Näpfen *o* und *n*, ersterer der eine, dieser der andere Pol der Kette und sobald der Versuch beendigt ist, zieht man augenblicklich wieder mit den Bügeln den Zink aus der Flüssigkeit heraus und erhält ihn durch die Holzstütze so lange in dieser Lage, bis er zu einem unterdess vorbereiteten Versuche aufs Neue angewandt werden soll.

Das während der Einwirkung der Flüssigkeit auf den Zink sich entbindende Salpetergas sammelt sich, weil es schwerer als die atmosphärische Luft und verhältnissmässig nur in geringer Quantität erzeugt wird, langsam in der obern Hälfte der Zellen an und treibt blos die atmosphärische Luft aus den letzteren durch die Fugen zwischen dem Deckel, den obern Rändern des Behälters und den beweglichen Drahtstücken allmälig heraus. Auf diese Weise kann man eine ganze Reihe von Versuchen mehrere Stunden hinter einander durchführen, ohne dass weder der Zink unnütz und übermässig angegriffen, noch eine Spur vom Salpetergase im Zimmer, worin die Versuche angestellt werden, bemerkbar würde.

Nach Beendigung der Versuche trägt man das Instrument an die freie Luft, hebt den Deckel unter Vermeidung der Respiration des hervordringenden Gases ab und bürstet von den unter Wasser getauchten Zinkcylindern den Schmutz fort, was sehr leicht und schnell geschieht, zumal wenn die Bügel von den Drähten gelöst und die Reifen einzeln behandelt werden, in welchem Fall sie auch ohne Mühe sogleich abgetrocknet werden können. Der kupferne Behälter darf blos von seinem Träger abgehoben, ausgegossen und, nachdem er mit Wasser gehörig ausgespült worden, zum Trocknen, mit der Oeffnung Anfangs nach unten gekehrt, hingestellt werden.

Zu einer ganzen mehrere Stunden füllenden Reihe von Versuchen braucht man nur ein geringes Mass von unverdünnter Säure, etwa 7 Cubikzoll; ja man kann dieselbe Flüssigkeit zu verschiedenen Malen mit Erfolg anwenden. Ungeachtet der verhältnissmässig nur geringen Flächengrösse des Apparats ist seine Wirkung sehr kräftig, so dass sich in Verbindung mit der unter dem Namen Gyrotrop nachher zu beschreibenden Vorrichtung alle Arten galvanisch-magnetischer Versuche mit vorzüglicher Präcision und Sicherheit durch ihn darstellen lassen.

Um eine bestimmtere Vorstellung von der Anwendung und Wirkungsart des Apparats zu geben, führt Pohl unter andern folgende Versuche an.

1) Ein mehrere Fuss langer und 0,6‴ dicker Kupferdraht, der auf einer horizontal liegenden Pappscheibe in spiralförmigen Windungen befestigt ist und dessen Extreme in die Polnäpfe des Siderophors getaucht werden, wird so stark magnetisch, dass feine, auf ein über den Draht liegendes Blatt von Kartenpapier gesiebte, Eisenfeilspäne von ihm angezogen, polarisirt und zu einer schönen, den Drahtwindungen entsprechenden, magnetischen Figur geordnet werden.

2) Ein kleines weiches Hufeisen, das an und für sich ohne magnetische Kraft ist und um welches ein dünner

besponnener Kupferdraht in vielfachen Windungen von einem Schenkel zum andern fortgeführt ist, wird durch das Eintauchen der beiden Extreme des eben genannten Kupferdrahts in die Polnäpfe des Siderophors, zu einem kräftigen Magnet, der an einem Anker ein Gewicht von mindestens 2 Pfunden mit grosser Lebhaftigkeit anzieht und es festhält, so lange die Kette geschlossen bleibt.

II. *Das Pohl'sche Gyrotrop*[*].

Unter Gyrotrop versteht man nach **Pohl** einen Apparat, mit Hülfe dessen sich die Richtung des Stroms bei elektromagnetischen Versuchen schnell und leicht wechseln lässt. Sowohl **Pohl** als **Ampère** haben Vorrichtungen hiezu angegeben, von denen sich die des erstern, die wir hier zunächst beschreiben wollen, durch ihre Einfachheit auszeichnet. Die **Ampère**'sche Vorrichtung werden wir im folgenden Artikel beschreiben.

Das **Pohl**'sche Gyrotrop besteht in seiner einfachen Gestalt nur aus zwei Stücken. Das eine ist eine runde Scheibe aus festem Holz, *Fig.* 75, etwa 4 Zoll breit und 1 Zoll dick. In gleichen Abständen von einander sind an ihrem Umfange sechs, etwa ¼ Zoll breite und tiefe, cylindrische Löcher, *a*, *b*, *α*, *β*, *k* und *z*, gebohrt, die mit kleinen Kupfernäpfen ausgefüttert sind und von welchen zwei Paar, diametral gegen über liegende, *a* und *β*, *b* und *α*, wie es die Zeichnung darthut, durch angelöthete starke Kupferdrähte mit einander verbunden sind, während der eine von den letzteren beiden in der Mitte bei *c* eine solche Biegung erhalten hat, dass dadurch eine Berührung beim Durchkreuzen beseitigt wird und gar keine leitende Verbindung zwischen den Drähten Statt findet.

In die sechs Kupfernäpfe wird Quecksilber geschüttet. Die unverbundenen *k* und *z* werden mit dem Kupfer- und

---

[*] Von γυρος der Kreis und τρέπω wenden.

Zinkpol der Kette in Verbindung gesetzt und von den vier übrigen Näpfen werden zwei, wie etwa *a* und *b*, mit den Extremen des frei beweglichen Leiters, oder, wie es in der Zeichnung angedeutet ist, mit den Enden des um die Magnetnadel herumgeführten Drahtes, durch Eintauchung, leitend verbunden.

Gesetzt nun, man füllte die jetzt noch bestehende kleine Lücke zwischen *k* und *a* durch einen kleinen, an den Enden umgebogenen, und in die Vertiefungen bei *k* und *a* eintauchenden, Draht aus, und eben so die Lücke zwischen z und *b*, so durchläuft, wenn der Draht z die positive Elektricität herbeiführt, der Strom den Weg *zbNak*, geht mithin im Drahte *N* nach der durch den oben und unten stehenden Pfeil bezeichneten Richtung. Wenn man dagegen die Lücke zwischen *k* und *α* und zwischen z und *β* auf die vorhin gedachte Weise ausfüllt, so wird, wie leicht zu erachten, der Strom in diesem Draht gerade die umgekehrte Richtung erhalten. — Begreiflich kann man an die Stelle des Drahtes *N* beliebige Systeme beweglicher Leiter bringen, auf die der Strom wirken soll.

Um jedoch den angegebenen Wechsel noch bequemer und ungleich schneller zu bewerkstelligen, als es durch das vereinzelte Ausheben und wieder Einlegen der beiden kleinen Drähte, von der einen auf die andere Seite möglich ist, bedient man sich dazu eines einzigen Gliedes, welches das zweite Stück der ganzen Vorrichtung ausmacht und in *Fig.* 76 besonders dargestellt ist. Es besteht aus einem kupfernen Drahtbügel, *klmz*, auf welchem in der Gegend der Biegung, bei *l* und *m*, die bogenförmigen Kupferdrahtstücke *αla*, *bmβ* aufgelöthet sind. Die Dimensionen sind dabei so genommen, dass die Enden *k* und z in die gleichnamigen Kupfernäpfe der *Fig.* 76, neben den Polardrähten der Kette, gleichzeitig eingetaucht werden können und dass, wenn die Schenkel *kl*, *mz* senkrecht stehen, die Bogenextreme *α* und *β*, so wie *a* und *b*, die Scheibe nicht berühren, dass hingegen, je nachdem man den Bügel auf die eine oder die andere Seite neigt, entweder die Extreme *a* und *b* in die gleichnamigen Näpfe der Scheibe greifen und, mit *k* und *z* in eine Ebene fallend, dem Bügel eine feste, hinlänglich unterstützte Lage, worin er sich durch sich selbst erhält, verstatten, während *a* und *b* schräg aufwärts frei in die Luft hineinragen, oder eben so vice versa. Aus dem Bügel *klmz* ist nun in der Mitte ein Stück herausgeschnitten und an der Stelle des letzteren befindet sich ein Griff *g* von Glas oder Holz, in welchen die Enden *l* und *m*, ohne leitende Gemeinschaft mit einander zu haben, eingekittet sind.

Es erhellt leicht von selbst, wie durch die Verbindung dieses zweiten Stücks mit dem ersten und durch ein blosses Umbiegen von der einen zur andern Seite die plötzliche Umkehrung des Stroms bewerkstelligt werden kann. Auch lässt sich leicht einsehen, wie man da, wo die Einwirkung eines Leiters auf einen zweiten nachgewiesen werden soll, zwei solche Apparate mit einander verbinden, und, nachdem der Strom durch den einen hindurchgeführt, ihn nun auf gleiche Weise auch durch den andern hindurch leiten könne, so dass der Gang des Stroms in jedem der beiden Leiter, oder auch in beiden zugleich, so schnell und so oft man will, verändert werden kann.

III. *Das Ampère'sche Gyrotrop in Verbindung mit einem Apparat zur Aufhängung verticaler Leiter*[*].

Man sieht in *Fig.* 77 zwei verticale kupferne Säulen *V* und *V'*, auf einem hölzernen Fussgestelle *LL'* befestigt. An ihren obern Enden sind sie rechtwinklich umgebogen und endigen sich in die Schalen *pp'*, deren Mittelpuncte sich in derselben Verticale befinden. Die horizontalen Theile dieser Säule, welche sich in der Figur zu berühren scheinen, sind durch eine isolirende Materie von einander getrennt. Wenn mithin ihre Füsse mit beiden Polen der Säule in Verbindung gesetzt werden, so erhellt, dass die Elektricitäten durch die Kupfersäule hindurch in die Schälchen gebogen und durch den Leiter hindurchströmen werden, den man mit seinen Spitzen in die Schälchen eingesenkt hat. Um nun die Richtung der Strömung in diesem Leiter beliebig umkehren zu können, bedient sich Ampère des auf folgende Weise eingerichteten Gyrotrops (*bascule*), welches die Verbindung der Kupfersäule mit dem elektromagnetischen Apparat herstellt.

---

[*] Beschreibung und Abbildung ist entlehnt aus Pouillet's *Elém. de Phys.* I. 712.

R und R', *Fig.* 78, sind zwei Furchen von einigen Linien Tiefe, ausgehölt in der Dicke des hölzernen Fussgestells, welches die Kupfersäulen trägt; v und v', t und t' sind 4 Hölungen, eben so ausgehölt und welche diagonal durch 2 Kupferstreifen verbunden werden, nämlich ll', welcher von v nach v' geht und mm', welcher von t nach t' geht. Wo sich diese Streifen kreuzen, sind sie durch einen kleinen Streifen nichtleitender Substanz geschieden, damit der Strom keinen Uebergang von einem zum andern finde. Die beiden Fugen und die 4 Hölungen werden mit Quecksilber gefüllt. Zuvor aber sind sie mit einem Harzfirniss überzogen worden, damit der Strom nicht durch die Dicke des Holzes, welche sie von einander scheidet, hindurchgehen könne.

Gesetzt nun, der positive Polardraht tauche in die Furche R und der negative in die Furche R'. Offenbar werden die Elektricitäten, wenn man noch keine anderen, als die angegebenen Anordnungen getroffen hat, in keine der vier Hölungen v, v', t, t', übergehen können. Stellt man aber zugleich eine Communication zwischen R und v und eine andere zwischen R' und t her, so wird der Strom von v nach v' durch den Streifen ll' und von t nach t' durch den Streifen mm' übergehen. Mithin wird der Streifen b', welcher mit v' communicirt, positiv, der Streifen b, welcher mit t communicirt, negativ seyn. Wenn man dagegen beim ersten Zustand der Dinge Verbindungen zwischen R und t', so wie R' und v' bewerkstelligt, so wird der Streifen b' negativ und der Streifen b positiv seyn.

Man wird sonach die Richtung der Strömung in dem metallischen Bogen, welcher b und b' verbindet, umkehren können, je nachdem man zwei Communicationen zwischen R und v und R' und t oder zwischen R und t' und R' und v' bewerkstelligt.

Zur Herstellung dieser Verbindungen nun dient der Theil BB', welcher in der Figur ausser seiner Lage vorgestellt ist. Er ist aus Holz, und kann sich um die Axe aa' drehen, welche in die Löcher o, o' in den Fussgestellen P, P' eingefügt wird. An diesem Theile sind 4 metallene Leitungsbogen befestigt, 2 auf einer Seite in c und c' und zwei andre eben solche auf der andern Seite in d und d'. Wenn er sich an seiner Stelle befindet, so entsprechen die Enden des Bogens c der Furche R und der Hölung v, die des Bogens d' der Furche R' und der Hölung t', die von c' der Furche R' und der Hölung t, die von d der Furche R' und der Hölung v'. Ihre Länge ist so beschaffen, dass sie in dieser Lage das Quecksilber nicht berühren. Dreht man aber den Theil BB', so dass die Bogen c und c' eintauchen, so geht der Strom von b' nach b, und dreht man so, dass die Bogen d und d' eintauchen, so geht der Strom in umgekehrter Richtung von b nach b'.

In *Fig.* 77 ist das Gyrotrop in seiner Lage verzeichnet und blos der bewegliche Theil weggelassen, weil seine Zeichnung verhindert haben würde, die verticale Lage der Furchen und Hölungen zu erblicken. Wie man sieht, stehen die Streifen b und b' der *Fig.* 78 jeder seinerseits mit einem Fusse der Säule in Verbindung, und durch sie gelangen die entgegengesetzten Elektricitäten zu den Schalen p und p', um sich durch den, diese verbindenden, Leiter hindurch zu vereinigen.

IV. *Allgemeiner Apparat von Ampère.*

Um die verschiedensten elektromagnetischen Versuche mittelst eines einzigen Apparats zu bewerkstelligen, hat Ampère folgende allgemeine Vorrichtung angegeben, die ich hier nach Gehler's Wörterbuch III. 554 beschreibe.

Sie besteht (*Fig.* 79) aus einem Tische, welcher zur Vermeidung nicht gesuchter elektrischer Einflüsse mit einem isolirenden Firniss überzogen ist und von Säuren oder Salzauflösungen frei erhalten werden muss. Um das unvermeidlich aus den kleinen Schälchen herabfallende Quecksilber wegzuschaffen, befindet sich bei *P* eine Oeffnung, in welche man dasselbe mittelst einer Feder zusammenkehren und in dem Schubkästchen *V* vereinigen kann. Als wesentliche Theile dieses Apparats sind anzusehen die zwei Paar in einer verticalen Ebene liegenden kleinen Schalen x', y'; y, x; die sich zugleich zu zwei Paaren in einer horizontalen Ebene liegenden x', y, y', x vereinigen lassen, und die einzelne Schale *S*, alle mit etwas Quecksilber gefüllt, und die beiden ersten durch alle Azimute beweglich. Damit man die Drähte, durch welche die Elektricität zu den einzelnen Vorrichtungen geleitet wird, nicht während des Experimentirens zu halten nöthig hat, klemmt man sie vermittelst einer auf dem Tische befestigten Klemmschraube *p* zwischen zwei kleinen Bretchen fest, während ihre etwas umgebogenen Spitzen in die Vertiefungen *A* und *a* getaucht sind. Um ferner den Strom beliebig unterbrechen und umkehren zu können, ist ein ähnliches Gyrotrop als das vorbeschriebene (in *Fig.* 80 besonders vorgestellt) auf folgende Weise mit dem Apparat in Verbindung gesetzt. Zwei kleine Brücken *K* und *k*, um eine Axe α, α' und β, β' beweglich, sind etwa 1 Zoll über die Fläche des Tisches erhoben, und bestehen aus zwei Stücken Kupfer durch gefirnisstes Holz oder Elfenbein isolirt. Die Kupferbleche haben an jeder Seite zwei, im Ganzen also vier Lappen, welche vermöge durchkreuzender Verbindungen den elektrischen Strom entweder in der einen oder in der entgegengesetzten Richtung zu leiten bestimmt sind. Wird nämlich die eine dieser Brücken, die links gezeichnete, nach der rechten Seite herabgedrückt, so senken sich die dort befindlichen vier Lappen in die Rinnen A, B und in die Vertiefungen C, D; wird sie dagegen nach der linken Seite hin herabgedrückt, so werden die an dieser Seite liegenden Lappen in die Rinnen A, B und in die Vertiefungen C' und D' herabgedrückt; sind die Brücken horizontal, so findet keine Verbindung zwischen ihnen und dem galvanischen Leiter Statt. Die beiden Vertiefungen stehen mit einander in Verbindung, nämlich C mit C' und D mit D' durch Drähte, welche mit Seide umwunden und durch ein Stückchen Glas zwischen ihrer Durchkreuzung von einander isolirt getrennt sind. So wie diese Brücke dem Leiter des einen galvanischen Poles dient, so ist die zweite für den des andern bestimmt, mit einander correspondirenden Buchstaben zur Bezeichnung der einzelnen Theile. Links niedergedrückt sinken also die 4 kupfernen Lappen in die Rinnen B, a und die Vertiefungen c, d; rechts niedergedrückt in B, a und c', d'. Für die erste Brücke ist eine Verbindung bewerkstelligt zwischen der Vertiefung G und den durch einen Draht oder Kupferstreifen verbundenen Vertiefungen C und C'; desgleichen zwischen der Vertiefung H und den verbundenen Vertiefungen D und D'. Auf gleiche Weise ist für die andere eine Verbindung hergestellt zwischen c und c' und dem kleinen Becher S, dessen Höhe vermittelst der Stellschraube z regulirt wird, welche sich unter dem Tische befindet; desgleichen mit der Säule ET vermittelst des federnden Metallstreifens JJ', welcher gleichfalls unter dem Tische angebracht ist. Von der andern Seite findet eine Verbindung Statt zwischen den Vertiefungen d und d', und den beiden halbkreisförmigen Rinnen MN, mn mit Quecksilber gefüllt, und mit dem Drahte tuv versehen, welcher nebst der unter ihm fein balancirten Magnetnadel als Galvanometer dient. Von hier aus geht die Verbindung zur Säule FU und der Vertiefung O.

Die Säulen ET, FU sind von Kupfer, und dienen dazu, den elektrischen Strom in der einen oder der entgegengesetzten Richtung, je nach der Lage der beschriebenen Brücken K und k, in einem geschlossenen Kreise herumzuleiten, zugleich aber die aufgehangenen Schälchen x, y; x', y' mit in diesen Kreislauf einzuschliessen. Zu diesem Ende ist die Säule ET vermittelst eines Drahts mit dem Schälchen X und die Säule FU auf gleiche Weise mit Y verbunden; beide Schälchen sind von einander isolirt getrennt durch ein mit Firniss überzogenes Glasstäbchen, woran sie festsitzen, und stehen in Verbindung X mit x und x'; Y mit y und y'. Je zwei dieser kleinen Schälchen x und y, x' und y' bieten für die aufzuhängenden Apparate zwei in einer lothrechten Linie liegende Stützpuncte dar, und eben so x und y; x' und y zwei in einer horizontalen Ebene befindliche, welche sich vermittelst des Knöpfchens Z durch alle Azimute herumdrehen lassen.

Für diejenigen Versuche endlich, in denen der Erdmagnetismus auf die beweglichen Leiter der Elektricität wirken soll, oder die letzteren zugleich in ein Gefäss mit einem flüssigen Halbleiter der Elektricität gesenkt werden, ist es nothwendig, die Rinnen A, B mit einander zu verbinden. Dieses geschieht durch Ueberschlagen des in zurückgelegter Lage gezeichneten, im Charniere q beweglichen, Metallstreifens Q, welcher mit zwei Vorsprüngen e, f versehen ist. Hiedurch wird der elektrische Strom durch die beweglichen Leiter geführt, indem er entweder die Säulen ET oder FU durchläuft, oder in das Quecksilbergefäss S geleitet wird, je nachdem die beweglichen Apparate in den Schälchen x, y; x', y' oder in S aufgehangen sind.

Leipzig,
gedruckt bei J. B. Hirschfeld.

Fechner Electromagnetismus Taf. I

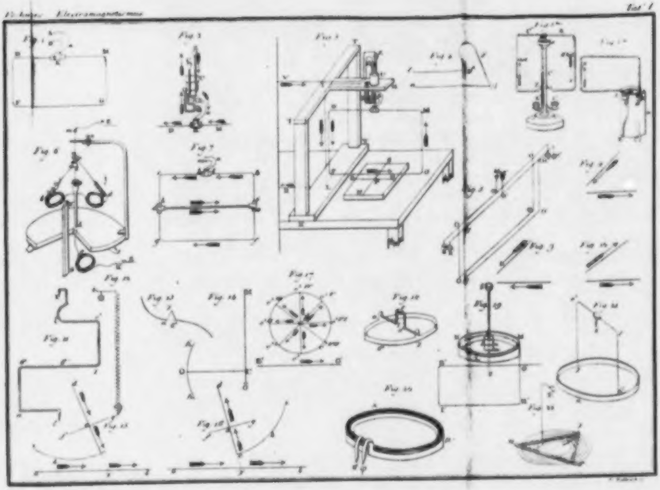
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14
Fig. 15
Fig. 16
Fig. 17
Fig. 18
Fig. 19
Fig. 21
Fig. 22

Univ. Bibl.
München

[illegible] Electromagnetismus

Taf. II

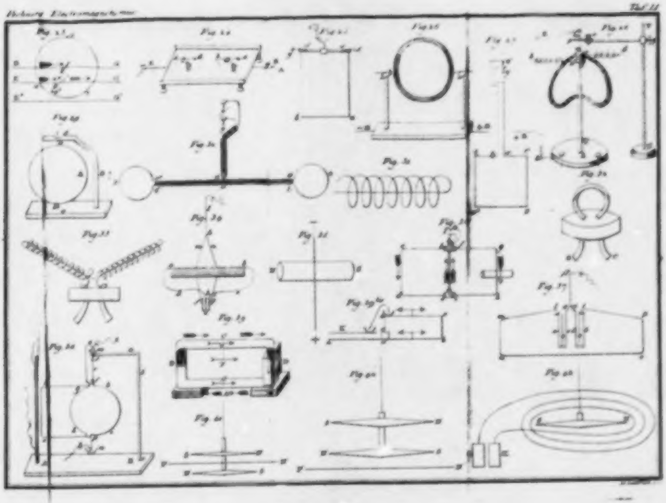

Univ. Bibl.
München

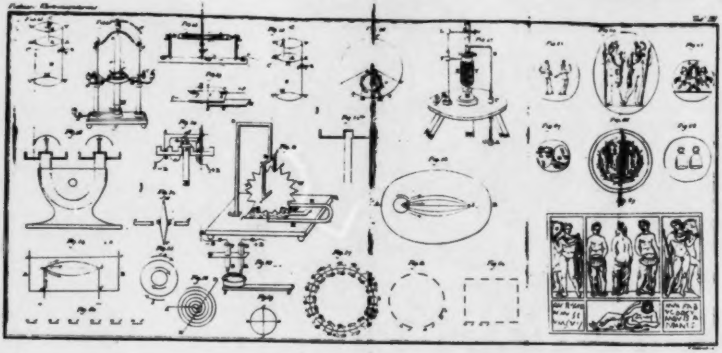

Univ. Bibl.
München

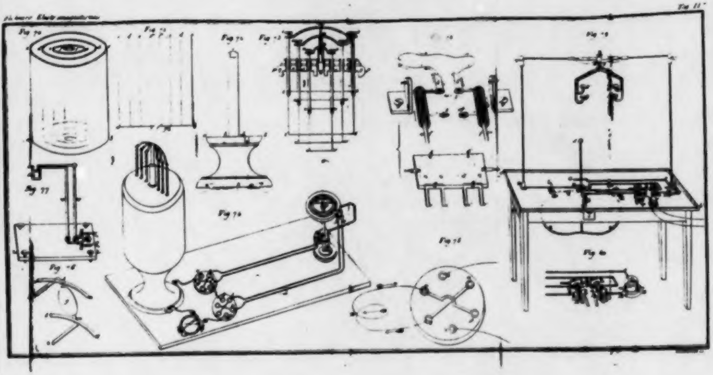

Repertorium
der
Experimentalphyſik,
enthaltend
eine vollſtändige Zuſammenſtellung der neuern
Fortſchritte dieſer Wiſſenſchaft.

Als
Supplement
zu
neuern Lehr- und Wörterbüchern der Phyſik
von
Guſtav Theodor Fechner,
Doctor der Philoſophie und außerordentlichem Profeſſor zu Leipzig.

Erſter Band.

Mit drei Kupfertafeln.

Leipzig, 1832.
Verlag von Leopold Voß.

A D
BIBL. UNIV.
MONAC.

Universitäts-
München
Bibliothek

Vorwort.

Bei der großen Mannichfaltigkeit und Zerſtreuung von neuen Thatſachen, welche durch die raſchen Fortſchritte der Phyſik jährlich ans Licht treten, dürfte ein Unternehmen, welches eine vollſtändige und geordnete Zuſammenſtellung derſelben in beſtimmten Zeiträumen zu liefern verſpricht, unſtreitig dem Bedürfniſſe Vieler genügen, indem es die Mühe des eigenen Zuſammenſtellens erſpart; in jedem Falle Nachricht giebt, ob etwas und was in einem Gebiete der Phyſik geleiſtet worden ſei oder nicht; das Nachſchlagen in den, zum Theil ſchwer zu erlangenden, Originalquellen entbehrlich macht, oder, wo der Umfang der Unterſuchungen eine erſchöpfende Mittheilung nicht erlaubt, die Quellen zu näherer Belehrung wenigſtens anzeigt; indem es endlich die Thatſachen in einer, für die Einſicht der Reſultate möglichſt zweckmäßigen, Form darlegt.

Dieſe Geſichtspuncte ſind es in der That, die mich bei Abfaſſung des vorliegenden Werkes geleitet haben, das ſolchergeſtalt dieſelbe Tendenz haben wird, als das ähnliche Unternehmen, was ich in Bezug zur Chemie ſchon eingeleitet habe, und welchem die bisherige Theilnahme des Publicums ſeinen Fortgang verſpricht.

Bei einem Werke dieſer Art ſchien mir, um ſeinem Zwecke zu genügen, vorzüglich die Erfüllung nachſtehender drei Haupterforderniſſe nöthig: Vollſtändigkeit, hinreichende Ausführlichkeit und Deutlichkeit der Darſtellung.

Die erſte anlangend, ſo hoffe ich, daß mir bei dem Fleiße, den ich auf das Sammeln der phyſikaliſchen Thatſachen verwandt habe, und der ſorgfältigen Durchſicht aller der Quellen, in denen ſich einige Ausbeute erwarten ließ, keine Thatſache von einiger Wichtigkeit entgangen ſein wird. Man wird jedoch in dieſer Schrift nicht bloß die Zuſammenſtellung der allgemeiner wichtigen, ſondern auch derjenigen Data zu ſuchen haben, welche, ohne für die Geſtaltung ganzer Zweige der Phyſik von Bedeutung zu ſein, doch irgend ein phyſikaliſches Intereſſe gewähren, indem ſie, wenn auch nicht neue Geſetze oder Beſtimmungen, doch neue Formen oder Anwendungen phyſikaliſcher Geſetze und Erſcheinungen kennen lehren. Daß ich in dieſer letztern Hinſicht nicht hier und da etwas überſehen haben ſollte, wage ich allerdings nicht zu hoffen, da ſich oft etwas dergleichen in Schriften findet, wo man es nicht leicht zu ſuchen veranlaßt wird, und es wird mir lieb ſein, auf ſolche Gegenſtände aufmerkſam gemacht zu werden, um ſie in künftigen Lieferungen nachtragen zu können. Manche ausländiſche Unterſuchungen, die bis jetzt noch nicht in deutſche Zeitſchriften übertragen worden ſind, glaube ich hier zum erſten Male dem deutſchen Publicum mitzutheilen; ſo die von Navier über den Ausfluß elaſtiſcher Flüſſigkeiten; die Unterſuchungen Poiſſon's und Cauchy's über die Schwingungen elaſtiſcher Körper, wovon bis jetzt bloß einige ſehr unvollſtändige Notizen im Deutſchen erſchienen waren, u. m. A.

Vielleicht wird man es tadeln, daß ich auch ſolche Erfahrungen aufzunehmen nicht vermieden habe, welche keineswegs den Stempel der Zuverläſſigkeit an ſich tragen, den man von phyſikaliſchen Beobachtungen zu erwarten berechtigt iſt; indeß ſcheint es mir, daß gerade in einem Werke, welches den Charakter eines Repertoriums in Anſpruch nimmt, die Erwähnung von dergleichen Beobachtungen nicht fehlen darf, da jede Thatſache, ſobald ſie einmal als beobachtet aufgezeichnet und nicht in ſich widerſinnig iſt, wenigſtens ſo lange ein gewiſſes Bürgerrecht behauptet und Anſpruch darauf hat, beachtet zu werden, als ſie nicht durch zuverläſſigere Beobachtungen widerlegt iſt. Die Anfoderung an eine Prüfung derſelben wird gewiß nur um ſo größer, je zweifelhafter ſie erſcheint; es möchte aber eine ſolche Prüfung vielmehr durch ausdrückliches Hinweiſen auf dergleichen Beobachtungen, als durch gänzliches Verſchweigen derſelben veranlaßt werden.

In Betreff der Ausführlichkeit ſchien es mir nicht hinreichend, bloß die Reſultate der Beobachtungen ſchlechthin anzuführen, ſondern im Intereſſe der Leſer weſentlich, auch die Art, wie, und die Bedingungen, unter welchen dieſe Reſultate gefunden wurden, ſowie die Hauptbelege derſelben, wiewohl mit Weglaſſung alles beiläufigen oder unweſentlichen Nebendetails, mitzutheilen, da nur ſo eine Einſicht möglich wird, welchen Grad von Zutrauen die Reſultate verdienen und innerhalb welcher Gränzen ſie für gültig gehalten werden können. Allerdings war hierbei eine gewiſſe Beſchränkung nöthig. Bei ſehr vielen und gerade den genaueſten Unterſuchungen nimmt die Aufzählung der kleinlichen Vorſichtsmaßregeln, welche zur Sicherung gegen die Irrthümer der Beobachtungen nöthig ſind, einen ſo großen Umfang ein, und bei mehreren Unterſuchungen liegen auch die Bewährungen in einer ſolchen Weitſchichtigkeit von Beobachtungen eingeſchloſſen, daß eine detaillirte Mittheilung derſelben nicht nur dieſes Werk überladen, ſondern auch die Einſicht in das Allgemeine der Phänomene, welche ich ſtets im Auge zu behalten geſucht habe, ſehr erſchwert haben würde. In dieſen Fällen, ſo wie da, wo mir die relative Geringfügigkeit des Reſultates einen großen Aufwand in Darſtellung der Mittel, die zur Auffindung deſſelben führten, nicht zu verdienen ſchien, habe ich mich mit der allgemeinen Angabe des Ganges der Verfahrungsarten und einzelnen beiſpielsweiſen Belegen begnügt, oder auch direct auf die Originalabhandlungen verwieſen, bloß unter allgemeiner Angabe deſſen, was dort in der betreffenden Hinſicht gefunden oder auch vermißt wird. So war es auch, wiewohl ich im Allgemeinen Vollſtändigkeit und Genauigkeit in Mittheilung neuer Erfindungen oder Abänderungen phyſikaliſcher Apparate bezweckt habe, doch wegen zu großen Umfangs einiger Beſchreibungen oder Abbildungen erforderlich, hie und da in Bezug auf dieſelben den Leſer großentheils oder ganz auf die Originalabhandlungen zu verweiſen. Da übrigens die Intereſſen der Leſer hinſichtlich der Beziehungen, unter welchen ſie die Gegenſtände mitgetheilt wünſchen, ſehr verſchieden ſein möchten, ſo darf ich freilich nicht hoffen, bei dem Mittelwege, den ich in den angegebenen Hinſichten zu treffen geſucht, es allen Recht gemacht zu haben.

Von vorzüglicher Wichtigkeit ſchien es mir, um dem vorliegenden Unternehmen Nutzbarkeit zu verſchaffen, das dritte Haupterforderniß, *Deutlichkeit* und *Überſichtlichkeit* der Darſtellung in ſtetem Augenmerk zu behalten. Die Rückſicht hierauf war es hauptſächlich, welche die Form der Darſtellung bei den Gegenſtänden in vorliegendem Werke beſtimmt hat. Vielleicht iſt es mir gelungen, oder wenigſtens iſt mein Beſtreben dahin gegangen, mehrere dieſer Gegenſtände auf eine leichter überſchauliche Weiſe vorzutragen, als es in den Originalabhandlungen geſchehen iſt, deren manche in der That, und öfters wohl mehr durch Schuld der Verfaſſer als der Natur der Gegenſtände, kein gar zu einladendes Studium darbieten. Zu dieſem Zwecke habe ich die Reſultate aus den Unterſuchungen, durch die ſie gefunden wurden, herausgeſondert und in der Regel vorangeſtellt, dann die speciellen Data der Verſuche als Belege darauf bezogen, und alle diejenigen Reſultate, die, wenn gleich in denſelben Verſuchsreihen gefunden, doch verſchiedenen Klaſſen von Erſcheinungen angehören, an ihre reſpectiven Orte gebracht. Wo es ferner ohne Umſtändlichkeit möglich war, habe ich die durch Formeln ausgedrückten Reſultate in Worten wiedergegeben, und dann die Formeln meiſt nur zuſatzweiſe beigefügt; überhaupt aber das, was für den der mathematiſchen Zeichenſprache nicht Kundigen verſtändlich und, ſo weit es für ihn verſtändlich iſt, von dem zu ſondern geſucht, was nicht wohl ohne ſolche Zeichen ausdrückbar iſt. Übrigens ließ ſich, wie leicht zu erachten, nicht eine und dieſelbe Form der Darſtellung bei allen Gegenſtänden beibehalten, da vielmehr die Natur der Unterſuchungen ſelbſt, und die Art, wie ſie geführt wurden, hier entſprechende Modificationen erfoderte. Wo ich nicht glaubte, eine für den vorliegenden Zweck angemeſſenere Darſtellung geben zu können, als in den Originalabhandlungen, habe ich dieſe beibehalten, was dieſem Unternehmen, was der Natur der Sache nach auf keine Originalität Anſpruch machen kann, nicht zum Vorwurf gereichen möge. Hie und da habe ich eine ſo ungenaue Beſchreibung der Verſuche oder ihrer Reſultate gefunden, daß ich bei der Ungewißheit über den zu Grunde liegenden richtigen Sinn ſie nicht zu verbeſſern gewußt habe. Dieſe fremde Schuld, wo ſie Statt findet, wird man begreiflich nicht auf meine eigene Rechnung ſetzen.

Wiewohl dieſes Werk den Titel Repertorium der Experimentalphyſik führt, ſo habe ich darum die Reſultate mathematiſcher Unterſuchungen nicht ausgeſchloſſen, jedoch ſie nur in ſo weit aufgenommen, als ſie zur Erläuterung, geſetzmäßigen Verknüpfung oder einfacheren Darſtellung von Beobachtungen dienen, oder zur Prüfung durch Beobachtungen auffodern können, und ſich in leicht überſichtlichen Formeln darſtellen oder durch Worte ausdrücken laſſen; dagegen habe ich ſowohl die allgemeinern Gleichungen (Differenzialgleichungen), welche, ohne direct auf die Erfahrung anwendbar zu ſein, nur zur Herleitung der darauf bezüglichen Formeln dienen, als auch die mathematiſchen Deductionen ſelbſt im Allgemeinen bei Seite gelaſſen, nicht als ob ich ſie für unwichtig oder unweſentlich hielte, ſondern weil theils eine gründliche Berückſichtigung dieſer Umſtände eine Ausdehnung dieſes Werkes erfodert hätte, die ich mir demſelben nicht zu geben getrauete, theils mir eine Trennung der mathematiſchen Betrachtungen über die Naturerſcheinungen von den experimentalen Datis überhaupt für das Intereſſe Vieler zweckmäßig erſchien. Allerdings würde für einen großen Theil des Publicums eine Zuſammenſtellung der ſo wichtigen phyſikaliſch-mathematiſchen Unterſuchungen, welche in neueren Zeiten namentlich von mehreren franzöſiſchen Mathematikern und Phyſikern (Ampère Cauchy, Fresnel, Poiſſon u. ſ. w.) erſchienen ſind, gewiß von nicht geringem Intereſſe ſein, um ſo mehr, da dieſe Arbeiten, die auch für die Erfahrung ſchon ſo wichtige Früchte getragen haben und noch mehrere verſprechen, meiſt in Geſellſchaftsſchriften enthalten ſind, deren Benutzung nur wenigen zu Gebote ſteht; indeß würde dies ein Unternehmen beſonderer Art ſein, welches ich, inſofern meine Verhältniſſe mir keine Gelegenheit zu ſelbſtſtändigern Unterſuchungen darbieten ſollten, in der Folge zu bearbeiten gedenke.

Eigene Unterſuchungen anlangend, ſo wird man hier die Zuſammenſtellung der Reſultate von Verſuchen finden, die ich neuerdings in einer beſondern Schrift: **Maßbeſtimmungen über die galvaniſche Kette** zuſammengefaßt habe. Außerdem wird die Herleitung von Klangfiguren quadratiſcher Membranen, die ich nach **Poiſſons**, von ihm ſelbſt in dieſer Hinſicht nicht verfolgten, Formeln (S. 298) gegeben habe, vielleicht für Manchen nicht ohne Intereſſe ſein.

Die Darſtellung der telluriſchen und meteorologiſchen Erſcheinungen in ihren phyſikaliſchen Beziehungen iſt von mir ſo weit gegeben worden, als daraus mehr oder minder allgemeine Beſtimmungen hervorgehen. Daß nicht alle barometriſchen, thermometriſchen, magnetiſchen ꝛc. Beobachtungen, oder auch Mittel aus dieſen Beobachtungen; daß nicht alle wahrgenommenen Nordlichter, Nebenſonnen ꝛc. beſonders hier wiedergegeben oder beſchrieben worden ſind, bedarf wohl keiner Rechtfertigung; dagegen wird man die Literatur aller dieſer ſpeciellen Beobachtungen, ſo vollſtändig ich ſie zu erlangen vermocht, nicht vermiſſen. Die Geſammtheit dieſer Umſtände werde ich übrigens erſt gegen den Schluß des Werkes vereinigen, daher man z. B. das, was über die täglichen und jährlichen Oscillationen des Barometers, Thermometers, der Magnetnadel, über die Windverhältniſſe ꝛc. an allgemeinen Beſtimmungen ſich neuerdings ergeben hat, nicht in den

Abſchnitten, welche vom Drucke elaſtiſcher Flüſſigkeiten, von der Wärme, dem Magnetismus u. ſ. w. handeln, aufzuſuchen haben, ſondern gegen den Schluß des Werkes vereinigt finden wird.

Um von einem beſtimmten Datum auszugehen, habe ich in die jetzige Lieferung alle diejenigen Thatſachen aufgenommen, welche ſeit Anfange des Jahres 1829 erſchienen ſind, mit Berückſichtigung einiger früher erſchienenen (wegen des Zuſammenhanges). Die Beſitzer neuerer Lehrbücher der Phyſik, wie derer von **Baumgartner**, **Biot**, **Brandes**, **Despretz**, **Kaſtner**, **Muncke**, **Pouillet**, ſo wie des **Fiſcher'ſchen** und **Gehler'ſchen** Lexicons, welche ſämmtlich um oder nach 1829 erſchienen ſind, können daher in dem vorliegenden Repertorium eine Ergänzung desjenigen finden, was nach dem Erſcheinen derſelben von phyſikaliſchen Thatſachen hinzugekommen iſt, ſo wie ſie ſich umgekehrt über die, in dieſem Repertorium vorkommenden, Gegenſtände, welche Vorkenntniſſe erfodern, aus jenen Lehrbüchern werden belehren können *). In dieſem Bezuge wird wegen ſeiner Vollſtändigkeit vor allen das, gegenwärtig bis zum Buchſtaben L (incl.) gediehene, Gehler'ſche Wörterbuch und, in Bezug auf eine bündige Darſtellung des mathematiſchen Theiles der Phyſik, das, eigentlich ein ſelbſtſtändiges Werk bildende, Supplement zu Baumgartner's Lehrbuch der Phyſik zu empfehlen ſein. Ich habe übrigens meinerſeits die Anordnung der Materien im Weſentlichen

---

*) Da mehrere dieſer Werke ſchon Zuſammenſtellungen nebſt Literatur über die früheren Unterſuchungen der vorkommenden Gegenſtände enthalten, ſo habe ich es im Allgemeinen für überflüſſig erachtet, in dieſem Repertorium bei jedem Gegenſtande wieder darauf zurückzukommen, vielmehr das Hinzugekommene bloß ſchlechthin mitgetheilt, was für die Kürze erſprießlich ſchien. Zuweilen indeß ſchien es zweckmäßig, hievon eine Ausnahme zu machen.

(wiewohl mit einigen Abänderungen) nach der des Biot'ſchen Lehrbuches Statt finden laſſen und in vorkommenden Fällen vorzugsweiſe darauf verwieſen.

Es iſt meine Abſicht, dieſer erſten Lieferung des Repertoriums alle zwei Jahre eine neue, jedesmal in zwei Bänden, folgen zu laſſen, im Falle die Theilnahme des Publicums demſelben den Fortgang ſichert. Vielleicht würden Manche ein jährliches Erſcheinen vorziehen; indeß ſchien es mir, daß das Zuſammenfaſſen einer größern Menge verwandter Thatſachen, von denen manche binnen eines längeren Zeitraumes durch wiederholende Verſuche mehr befeſtigt oder auch modificirt und berichtigt werden können, den Vortheil compenſirte, den ein ſchnelleres, aber größere Zerſtückelung mit ſich führendes, Erſcheinen derſelben gewähren würde.

Zum Schluſſe dieſer Lieferung des Repertoriums wird man anhangsweiſe noch mitgetheilt finden:

1) Eine Literatur der einzelnen telluriſchen und meteorologiſchen Erſcheinungen und Beobachtungen, die ſeit Anfange 1829 bekannt worden ſind:

2) Ein Verzeichniß der phyſikaliſchen Schriften, die ſeit 1829 erſchienen ſind.

3) Ein Verzeichniß der ſeit 1829 erſchienenen phyſikaliſch-mathematiſchen Abhandlungen, welche in den verſchiedenen Zeitſchriften oder anderwärts ſich finden.

4) Eine kurze Angabe des Inhaltes derjenigen Unterſuchungen, die während des Druckes dieſes Werkes und zwar zu ſpät erſchienen ſind, um noch an der rechten Stelle einge-

ſchaltet zu werden, und deren ausführlichere Mittheilung deshalb der nächſten Lieferung des Repertoriums vorbehalten bleibt.

Der erſte Band dieſer jetzigen Lieferung iſt bis zur Betrachtung der galvaniſchen Erſcheinungen (incl.) fortgeführt worden; der zweite wird mit Betrachtung der ſich unmittelbar daran anſchließenden elektrochemiſchen, in ſo weit ſie von phyſikaliſchem Intereſſe ſind, beginnen.

Inhaltsverzeichniß zum erſten Bande.

Erſter Abſchnitt.

I. Apparate zum Meſſen räumlicher Dimenſionen, Winkel, Gewichte.

Seite

Linearmaße (Werner, Knox, Kater) 1

Apparate, die Ebenheit und Horizontalität zu prüfen (Kater, Nixon) 4

Winkelmeſſung (Moſer, Majocchi, Weisbach) 6

Wage (Ritchie) 7

II. Verhältniſſe der kleinſten Theilchen der Körper; Structur der Körper.

Gegenſeitige Entfernung der kleinſten Körpertheilchen . . . 9

Kryſtalliniſche Structur ſcheinbar nicht kryſtalliſirter Körper (Savart) 10

Merkwürdige Lagenveränderungen der kleinſten Theilchen (Brown, Muncke, Hayes, Herſchel, Marx, Hünefeld, Zincken, Fuchs, Faraday, Berzelius, Mitſcherlich, Lampadius) 12

Grundzuſtand der Körper (Poiſſon, Cauchy) 19

Ungleiche Eigenſchaften von Körpern bei gleicher chemiſcher Zuſammenſetzung (iſomeriſche Körper) 20

III. Eigenſchaften der Körper, welche von ihrem Aggregatzuſtande abhängig ſind.

Feſtigkeit (Karſten) 26

Ductilität, Tenacität (Coriolis, Weber, Wollaſton, Navier) 27

Elaſticität des Holzes, der Kryſtalle, des Glaſes (Savart, Mitis) 30

Härte der Kryſtalle (Frankenheim) 32

IV. Mathematiſche Betrachtung der Gleichgewichts- und Bewegungserſcheinungen im Allgemeinen

Seite
(von Navier, Poiſſon, Cauchy u. a.) 25

V. Druck, Zug, Contraction und Dilatation, Spannung, Torſion feſter Körper.

Allgemeine Beziehungen zwiſchen den Druck- oder Zugkräften in feſten Körpern (Cauchy) 46
Dimenſions- oder Volumenänderungen elaſtiſcher homogener Saiten, Membranen, Körper bei darauf wirkenden Druck oder Zug (Poiſſon) 52
Allgemeine Sätze über die Ausdehnung und Zuſammenziehung feſter Körper (Cauchy) 57
Wirkung ſtarker Druckkräfte (Bevan, Coriolis) . . . 62
Druck von Drähten, welche in geſpanntem Zuſtande ſchraubenförmig um [illegible] gewickelt werden (Weber) . . . 62
Spannung und Dehnung von Saiten (Weber) 66
Vorrichtung, Drähte durch eine beſtimmte Kraft plötzlich zu verlängern und zu verkürzen, oder zu ſpannen und abzuſpannen (Weber) 67
Spannungsänderungen verlängerter oder verkürzter Drähte (Weber) 69
Torſion ſtarrer Stäbchen und Stäbe (Savart, Cauchy, Poiſſon) 73
Drehwage (Ritchie, Muncke) 77

VI. Reibung und Abſchleifen feſter Körper.

Reibung (Rennie, Huber Burnand) 78
Abſchleifen (Prechtl, Camelli) 79

VII. Bewegung feſter Körper.

Fortpflanzung der Bewegung in elaſtiſchen und in ſtarren feſten Körpern (Poiſſon, Cauchy) 81
Ausfluß des Sandes (Huber Burnand) 82
Bewegungserſcheinung an einer tönenden Glasröhre (Weber, Stern) 84
Bewegung feſter Körper in Widerſtand leiſtenden Mitteln, balliſtiſches Problem (Schmidt) 85

VIII. Druck, Zuſammendrückung, Capillaritätserſcheinungen tropfbarer Flüſſigkeiten.

Princip der Gleichheit des Druckes nach allen Richtungen (Poiſſon) 90
Druck des Sandes (Steven) 92
Zuſammendrückung tropfbarer Flüſſigkeiten (Poiſſon) . . . 94
Capillaritätserſcheinungen (Gauß, Poiſſon) 96

IX. Bewegungserſcheinungen tropfbarer Flüſſigkeiten.

Seite

Ausfluß des Waſſers aus Röhren und Behältern (d'Aubuiſſon, Poncelet und Lesbros) 98

Stehende Wellen um ein in Waſſer tauchendes Stäbchen (Poncelet) 102

Geſchwindigkeit des Waſſers in Flüſſen (Poncelet, Raucourt) 105

X. Gleichgewichtserſcheinungen elaſtiſcher Flüſſigkeiten, Barometer, Luftpumpe.

Gleichgewichtserſcheinungen einer elaſtiſchen Flüſſigkeit, deren Theilchen ſich wechſelſeitig anziehen (Dallari) 106

Dalton'ſche Theorie (Benzenberg) 108

Mariotte'ſches Geſetz (franzöſiſche Commiſſion) 110

Anſchwellen thieriſcher Blaſe durch Gasabſorption (Graham, Baumgartner, Fauſt) 111

Barometer (Wollaſton) 115

Luftpumpe (Kemp, Mile) 116

Verhinderte Expanſion des Pulvergaſes 120

XI. Bewegungserſcheinungen elaſtiſcher Flüſſigkeiten.

Verbreitung elaſtiſcher Flüſſigkeiten durch einander (Graham) . 121

Anemometer (Lind) 123

Inſtrument zur Beſtimmung der Luftmenge, welche einer Feuerſtelle während des Verbrennens zuſtrömt (Frey) 125

Anziehungserſcheinungen, durch ausſtrömende elaſtiſche Flüſſigkeiten veranlaßt (Faraday, Quetelet, Ewart, Clement, Bolz) 127

Bewegung eines gegen eine Fläche geblaſenen Luftſtroms (Quetelet) 130

Ausfluß elaſtiſcher Flüſſigkeiten aus Reſervoirs und Röhren (Navier) 131

XII. Dämpfe.

Spannkraft des Waſſerdampfes (Dulong und Arago, Tregaskis, Schitko, Riemann) 173

Dichtigkeit des Waſſerdampfes (Schitko) 181

Erzeugung von Dampf durch glühendes Eiſen (Johnſon) . . 183

Siedepunct einiger Flüſſigkeiten (Marx) 186

Dampfmaſchinen 187

Urſache der Exploſion von Dampfkeſſeln und Mittel zu ihrer Verhütung (Arago) 191

Verdunſtungsverſuche (Faraday, Saladin) 194

Leslie'ſches Verdunſtungsverfahren, auf Ätherdämpfe angewandt (Dove) 196

Verdunſtung des Eiſens (Schübler) 196

Hygrometer und Pſychrometer (Schübler, Auguſt, Melloni, Delacombe) 199

Beſtimmung des Waſſergehaltes der Atmoſphäre durch Schwefelſäure (Brunner) 216

XIII. Specifiſches Gewicht.

Seite
Beſtimmungsmethoden des ſpecifiſchen Gewichts, Aräometer (Levy, Baumgartner, Meikle, Marozeau, Oſann) . 219
Specifiſches Gewicht verſchiedener feſter und tropfbarer Körper (Beudant, Breithaupt, Boullay, Oſann, Weber) 220
Abſolutes Gewicht mehrerer Gaſe (Buff) 233
Tabellen über das abſolute und ſpecifiſche Gewicht der Gaſe und Dämpfe, aus ihren ſtöchiometriſchen Werthen hergeleitet . . 234

Zweiter Abſchnitt.

Lehre vom Schall.

I. Fortpflanzung des Schalls.

Verhältniß der Schallgeſchwindigkeit in elaſtiſchen Stäben, Platten und Körpern von drei Dimenſionen (Poiſſon. Cauchy) . 241
Verfahren, die Schallgeſchwindigkeit in der Luft aus der Länge oder dem Tone von Labialpfeifen zu berechnen (Dulong) . 245
Verfahren, die Schallgeſchwindigkeit in der Luft aus der Länge und dem Tone von Zungenpfeifen zu berechnen (Weber) . 248
Geſchwindigkeit des Schalles in verſchiedenen Gasarten (Dulong) 250

II. Erregung, Meſſung und Anwendung vergleichbarer Töne.

Neues Mittel der Tonerzeugung durch Drehung gezähnter Räder (Savart) 251
Verfahren, auf einer Violinſaite von gleichbleibender Spannung durch Streichen Töne von mannichfaltiger Höhe hervorzubringen (Pelliſov) 253
Erregung von Tönen durch Temperaturveränderungen (Trevelyan) 254
Chemiſche Harmonica (B. Mons) 255
Stark klingende Legirungen (Kaſtner) 255
Anſicht Pelliſov's von Erregung der Töne 256
Combinationstöne (Blein) 257
Monochord oder Tonmeſſer von zweckmäßiger Einrichtung (Weber) 259

III. Reſonanz.

Reſonirende Luftſäulen und Lufträume (Wheatſtone) . . . 261
Hörbarmachung weit fortgeleiteter Töne durch Reſonanz (Wheatſtone) 263

IV. Schwingungsgeſetze elaſtiſcher Saiten, Stäbe, Membranen, Platten, Kugeln,

(von Poiſſon, Cauchy und Savart) 264
Allgemeine Sätze 266

Seite
Longitudinale Schwingungen von Saiten und Stäben . . . 267
Transverſale Schwingungen von Saiten und geraden parallelepipediſchen Stäben 271
Drehende Schwingungen 279
Longitudinale Schwingungen von kreisrunden Membranen und ſtarren Scheiben 280
Transverſale Schwingungen runder Membranen 282
Transverſale Schwingungen quadratiſcher und rechteckiger Membranen 283
Transverſale Schwingungen kreisförmiger Scheiben . . . 286
Schwingungen einer Kugel 287

V. Klangfiguren.

Hervorbringung der Klangfiguren (Chladni, Strehlke) . . 291
Klangfiguren auf Scheiben aus Körpern von nach verſchiedenen Richtungen verſchiedener Elaſticität (Savart) . . . 294
Beſtimmung der Klangfiguren auf Membranen und Scheiben (Poiſſon) 295
Meſſungen von Klangfiguren auf quadratiſchen Scheiben (Strehlke) 296

VI. Muſikaliſche Inſtrumente.

Äolsharfe (Pellisov) 309
Maultrommel (Wheatſtone) 313
Gender (Wheatſtone) 314
Zungenpfeifen (Weber) 314

VII. Stimme und Gehör.

Stimmwerkzeuge (Granville, Bennati) 334
Gränze der noch wahrnehmbaren Töne (Savart) . . . 335
Empfindlichkeit des Ohres für Unterſcheidung der Töne . . . 341

Dritter Abſchnitt.

Lehre von der gewöhnlichen Elektricität.

Elektricitätserregung durch Reiben von Porzellan, Tuch (Döbereiner, Muret de Bore, Köchlin-Schouch) . . 342
Elektricitätserregung durch Erwärmen von Glas (Matteucci, Muncke) 343
Elektricitätsentziehung durch Flammen (Bonnycastle) . . 345
Vertheilung und Binden der Elektricität (Pfaff) . . . 347
Weber's Luftelektrophor 348
Geſetze der durch Binden angehäuften Elektricität (Harris) . . 349
Elektroſkope (Davy) 350
Elektriſche Entladungen (Pianciani) 352
Elektriſches Leuchten der Blumen (Zawadzki) 352

Vierter Abſchnitt.

Lehre vom Galvaniſmus.

I. Über die Theorie des Galvaniſmus im Allgemeinen.

Seite
Streit der chemiſchen und Berührungstheorie des Galvaniſmus (Rive, Pfaff, Becquerel, Marianini, Parrot, Ohm, Fechner) 354

II. Elektroſkopiſche Erſcheinungen einfacher und zuſammengeſetzter, ungeſchloſſener und geſchloſſener Ketten.

Störungen bei elektrometriſchen Verſuchen (Ohm) 365
Vertheilung der Berührungselektricität im Spannungszuſtande in galvaniſchen Plattenpaaren (Fechner) 367
Elektroſkopiſche Wirkungen der geſchloſſenen einfachen galvaniſchen Kette (Ohm) 370

III. Trockene Säulen.

Trockene Säulen mit verſchiedenen organiſchen Subſtanzen (Kämtz) 381
Einfluß der Atmoſphäre auf trockene Säulen (Donné) . . 381
Strömungswirkungen trockener Säulen (Peltier) . . . 383
Pendelbewegungen durch trockene Säulen 384

IV. Verſchiedene galvaniſche Apparate und Mittel zu Verſuchen.

Galvaniſche Apparate mit flüſſigen Metallen von Kemp . . 384
Albert's galvaniſcher Apparat 387
Mittel, die Stärke und Wirkungsdauer galvaniſcher Ketten bedeutend zu verſtärken (Fechner) 388
Vorbereitung der Kohle zu galvaniſchen Verſuchen (Kaſtner) . 389

V. Maß der Wirkungen galvaniſcher Ketten

(Fechner, Nobili) 389

VI. Umſtände, durch welche die Stärke und Dauer der Kraft geſchloſſener galvaniſcher Ketten beſtimmt wird.

A. Grundgeſetz der geſchloſſenen Kette (Ohm, Fechner) . . 392
B. Elektromotoriſche Kraft (Fechner) 400
C. Widerſtand der Schließungsdrähte und anderer feſter Körper . 401
Allgemeine Sätze über den Widerſtand der Schließungsdrähte (Fechner) 401
Geſetze des elektromagnetiſchen Multiplicators (Ohm) . . 401
Galvaniſcher oder elektromagnetiſcher Telegraph (Ampère, Fechner) 402
Leitungsvermögen verſchiedener Mineralien (Fox) . . 403
Leitungsvermögen der Kohle im Zuſtande der Verbrennung (Kemp) 404
D. Leitungswiderſtand der Flüſſigkeiten (Fechner, Bigeon, Ritchie, Pfaff) 405

Seite
E. Widerſtand des Überganges (Fechner, Rive, Pohl) . . 414
F. Erregende Oberfläche (Fechner, Marianini, Bigeon) . 417
G. Combination der Plattenpaare nach dem Principe der Säule 425
H. Zwiſchenbogen oder Zwiſchenplatten in der Kette (Fechner, Pohl) 429
I. Wirkungsabnahme und Wirkungswiederherſtellung galvaniſcher Ketten (Fechner) 430
  I. Allgemeine Beſtimmungen über den Gang der Wirkungsabnahme 431
  II. Wogen der Kraft der Kette, das durch Öffnung und Wiederſchließung derſelben, durch Einbringen und Wegnahme von Leitern in dieſelbe oder aus derſelben u. ſ. w. hervorgebracht wird 434
  III. Urſache der Wirkungsabnahme im Allgemeinen . . . 436
  IV. Änderung der einzelnen Elemente der Kette bei der Wirkungsabnahme 439
K. Sprünge im Wirkungszuſtande der Kette bei Abänderung des Leitungswiderſtandes (Fechner) 445

VII. Verſchiedene Umſtände, welche die Erregung und Wirkungsart der Elektricität in geſchloſſenen Ketten betreffen.

Elektricitätsentwickelung durch Gold und Platin in Salpeterſäure (Marianini) 449
Galvaniſche Wirkung bei verhinderter Gaserzeugung (Ritchie) . 449
Elektriſche Schläge beim Zuſammenlöthen von Waſſerleitungen . . 450
Elektricitätsentwickelung bei Verbindung von Schwefel mit Metallen (Becquerel) 450
Elektricitätsentwickelung in Schachten (Fox) 451
Elektricitätserregung durch Berührung der Flüſſigkeiten unter einander (Ohm, Becquerel) 452
Ketten mit zwei verſchiedenen Flüſſigkeiten (Ritchie, Rive, Becquerel) 454
Einfluß der Härte und Beſchaffenheit der Oberfläche auf die Poſitivität und Negativität (Ritchie) 456
Elektricitätserregung durch Berührung von Gold mit anderen Subſtanzen (Becquerel) 456
Ladungsphänomene (Marianini, Ohm) 457
Umkehrungsphänomene (Marianini, Rive, Wetzlar, Fechner) 458
Strömung durch ungleichzeitiges Eintauchen homogener Platten (Zännermann, Wetzlar, Marianini) 461
Kreuzung elektriſcher Ströme (Marianini, Kemp) . . . 461

VIII. Wärmeerſcheinungen der galvaniſchen Kette.

Wärmeentwickelung durch die galvaniſche Kette (Rive) . . . 462
Galvaniſche Funken in Flüſſigkeiten (Marianini) . . . 464
Funken durch die Flamme (Marianini) 466

Seite
Formel für die Kraft, mit welcher ein in der Kette befindlicher Theil zu erglühen ſtrebt (Ohm) 466

IX. Beziehung des Galvanismus zur Phyſiologie.

Über den galvaniſchen Schlag (Marianini, Hübenthal, Kemp) 472
Galvaniſche Froſchſchenkelverſuche (Marianini, Nobili, Lehot, Matteucci) 472
Galvaniſch-phyſiologiſche und therapeutiſche Verſuche (Müller, Lembert, Marianini) 476

X. Thermoelektricität geſchloſſener Ketten.

Apparat, um thermoelektriſche Wirkungen nachzuweiſen und zu meſſen 482
Abhängigkeit der thermoelektriſchen Kraft von der Temperaturdifferenz (Becquerel) 484
Geſetz der galvaniſchen Spannungsreihe, auch für thermoelektriſche Ketten nachgewieſen (Becquerel) 487
Thermoelektriſche Wirkung, am Condenſator nachgewieſen (Becquerel) 487
Verſchiedene Umſtände in Bezug auf thermoelektriſche Ketten (Becquerel) 488
Thermoelektriſches Differenzialthermometer (Nobili) . . . 489

Erſter Abſchnitt.

I. Apparate zum Meſſen räumlicher Dimenſionen, Winkel, Gewichte.

Linearmaße.

Maßſtab von Werner *). **Baumgartner** beſchreibt folgende Einrichtung eines Maßſtabes vom Mechanikus **Werner**, deren er ſich zum genauen Meſſen der Diſtanz zweier Punkte oder Linien bedient (Fig. 1 und 2). A B iſt ein hohler parallelepipediſcher Körper aus Holz, der $4\frac{1}{2}$ Fuß lang, 7 Zoll breit und eben ſo hoch iſt, und aus mehrern Holzſtücken beſteht, damit er nicht ſchwinde. Auf ſeiner oberen Fläche befindet ſich eine meſſingene, 4 Fuß 1 Zoll lange, $1\frac{1}{8}$ Zoll breite Schiene a b, welche aus 3 auf einander geſchraubten meſſingenen Linealen beſteht, von denen die zwei äußern breiter ſind, als das mittlere und ſo der Länge nach eine Furche oder Nuth bilden. Das oberſte Lineal enthält die Theilung. Zur Seite dieſes und mit ihm parallel ſind zwei andere ähnliche Schienen c d und e f aus Meſſing eingeſetzt, die aber zum Theil in Holz eingelaſſen und mit dem Rücken aufwärts gekehrt ſind, ſo daß ſie eine Rinne cd ef bilden, in welcher die Körper, deren Dimenſionen man beſtimmen (oder an denen man Linien von beſtimmter Entfernung ziehen) will, mittelſt hölzerner Keile befeſtiget werden. Der Maßſtab enthält eine zweifache Theilung, nämlich nach Wiener Linien und nach Millimetern; beide Theilungen haben einen gemeinſchaftlichen Nullpunkt. In der erwähnten Nuth laſſen ſich zwei Meſſingplatten g und h verſchieben, die mit Querſtäben, welche über a b gehen, gleichſam zu einer Rinne verbunden ſind, und die Nonien für beide Theilungen enthalten, wovon der zur franzöſiſchen Theilung gehörige $\frac{1}{100}$ Millimeter, der zur Wiener Theilung gehörige hingegen $\frac{1}{144}$ Linie angiebt. Damit die Oberfläche des Nonius beim Ableſen genau in der Ebene des Maßſtabes liege, läßt er ſich mittelſt eines Schraubenkopfes m und n an den Maßſtab andrücken. Beide Nonien ſtehen in feſter Verbindung mit einer Schraubenvorrichtung l, durch welche ſie an den Maßſtab feſtgemacht werden, die ſich aber auch lüften laſſen, damit man den ganzen Nonius und was damit in Verbindung ſteht, längs des Maßſtabes verſchieben kann.

---

*) Suppl. zu Baumg. Phyſ. S. 29.

Iſt die Schraube feſt angezogen, ſo kann man dem Nonius mittelſt der Mikrometerſchraube k eine feine Bewegung ertheilen.

Um mittelſt dieſer Vorrichtung eine Dimenſion beſtimmen zu können, iſt in o ein aus zwei Linſen beſtehendes Mikroſkop angebracht, das ſich heben und ſenken, aber auch feſtſtellen läßt und im Brennpunkte einen mit einem Theilſtriche des Nonius parallelen Faden hat. Befeſtigt man den Körper, auf dem eine Dimenſion gemeſſen werden ſoll, und ſchiebt den Rahmen der Nonien dahin, daß der Faden mit einer Gränze zuſammenfällt, merkt den Stand auf dem Maßſtabe an, thut dann daſſelbe mit der zweiten Gränze, zieht beide Anzeigen am Maßſtabe von einander ab, ſo erhält man die geſuchte Größe. Hiebei darf man weder den Maßſtab, noch den zu meſſenden Körper mit der Hand berühren, damit nicht partielle Ausdehnungen eintreten.

Um mittelſt dieſer Vorrichtung Linien in beſtimmten Entfernungen ziehen zu können, hat man noch eine andere Vorrichtung angebracht, die aus Fig. 1 zu erſehen iſt und aus einer Art Schlitten beſteht, in welchen der Reißhaken eingeſetzt iſt.

Tauſendtheiliger Maßſtab von Knar *). Mittelſt der gewöhnlichen Maßſtäbe läßt ſich der Zoll nur in 100 Theile theilen, die folgende Einrichtung deſſelben geſtattet eine Theilung in 1000 Theile.

Der Maßſtab beſteht, wie Fig. 3 zeigt, aus folgenden Theilen: **ABCD** oder eigentlich **ABEF** iſt der allgemein bekannte hunderttheilige Maßſtab, deſſen Gebrauch keiner Erörterung bedarf. In der Verlängerung der Linien **DA** und **CB** ſind nun die zwei gleichen Längen **AH**, **BG** genommen, deren jede einen ganzen und $\frac{1}{10}$ Zoll enthält, ſo daß: $AH = BG = \frac{11}{10}''$; dieſe beiden Längen werden nun in 10 gleiche Theile getheilt, und die Theilungspunkte durch Transverſallinien verbunden, gerade ſo wie bei **ABCD**. Die Hinzuſetzung der Zahlen geſchieht am beſten auf diejenige Art, welche aus der beigefügten Zeichnung zu erſehen iſt.

Der Gebrauch dieſes Maßſtabes kann für den etwas Geübtern keine Schwierigkeit haben, daher wir die, im Original beigefügte, nähere Auseinanderſetzung deſſelben übergehen.

Irrungen wegen Biegung der Linearmaßſtäbe **). Kater hat auf einen Umſtand aufmerkſam gemacht, der bei Linearmaßſtäben, welche ganz genau ſein ſollen, eine weſentliche Irrung hervorbringen kann. Dieſe Irrung beruht darauf, daß, wenn der Maßſtab auf einer Tafel liegt, welche nicht abſolut eben iſt ***), ſo wird, im Fall ſie concav iſt, die obere Fläche des Maßſtabes vermöge ſeines Gewichts concav, die untere convex werden, um ſich ſo der Krümmung der Tafel anzuſchmiegen; iſt dagegen die Fläche der Tafel convex, ſo wird umgekehrt die obere Fläche des Maßſtabes convex, die untere concav werden, wodurch jedenfalls die richtigen Abſtände der auf der Oberfläche des Maßſtabes verzeichneten Dimenſionen abgeändert werden *).

---

*) Baumg. Zeitſchr. VII. 58.

**) Phil. trans. 1830. P. II. p. 359.

***) Es iſt aber ſehr ſchwer, eine abſolut ebene Tafel zu erlangen.

Von den ſehr ausführlichen Unterſuchungen, welche der Verf. in Bezug auf den vorliegenden Gegenſtand angeſtellt hat, wollen wir bloß die Reſultate mittheilen, welche folgende ſind:

1) der Irrthum, welcher von der in Rede ſtehenden Urſache herrührt, verhält ſich in Maßſtäben aus derſelben Materie und von ungleicher Dicke innerhalb gewiſſer Gränzen wie die Dicke des Maßſtabes.

2) Dieſer Irrthum verhält ſich direct wie der Sinus verſus der Krümmung der Oberfläche, auf welche der Maßſtab gelegt iſt.

3) In der Dicke des Maßſtabes giebt es eine Fläche (neutrale Fläche), welche weder Contraction noch Ausdehnung bei der Krümmung des Maßſtabes erleidet. Dieſe ſcheint kaum ¼ von der convexen Fläche des Maßſtabes entfernt zu ſein.

4) Eine Convexität der unterliegenden Tafel bringt einen beträchtlich kleinern Irrthum zu Wege, als eine eben ſo große Concavität. Dies hängt mit dem Vorigen zuſammen: denn da die neutrale Fläche der convexen Fläche viel näher als der concaven liegt, ſo werden, wenn die Dimenſionen auf der convexen Fläche verzeichnet ſind, dieſelben weniger abgeändert werden, als wenn ſie auf der concaven Fläche verzeichnet ſind. Als Beiſpiel diene folgende Tabelle, worin die Irrthümer auf das reducirt ſind, was ſie ſein würden, wenn ſämmtliche Maßſtäbe 36 engl. Zoll lang und ½ Zoll dick wären **).

	Irrthum bei nach oben gekehrter Convexität.	Irrthum bei nach oben gekehrter Concavität.	Summe der Irrthümer bei einem Sinus verſus von 0,01 engl. Zoll.
	Zoll	Zoll	Zoll
Probe-Yard des Reichs ***)	0,00013	0,00031	0,00044
Schuckburgh's Maßſtab .	0,00017	0,00042	0,00059
Dollond's Maßſtab . .	0,00012	0,00056	0,00068
Kater's Maßſtab . . .	0,00025	0,00061	0,00086

Die Maßſtäbe in dieſer Tabelle ſind ſämmtlich aus Meſſing. Die Verſchiedenheit in der Bearbeitung des Meſſings ſcheint Urſache der Verſchiedenheit in dem abſoluten Werthe der Irrthümer zu ſein.

*) Statt des wahren Maßes beſtimmt dann die Sehne des Bogens, welchen die Krümmung bildet, die Entfernung.

**) Die Krümmung ward bei dieſen Verſuchen durch Unterlegen eines Drahts von $\frac{1}{100}$ Zoll Durchmeſſer unter die Mitte, oder zweier ſolcher Drähte unter die Enden des Maßſtabs hervorgebracht.

***) Imperial Standard Yard.

5) Der von der in Rede ſtehenden Urſache abhängige Irrthum überſteigt bei Weitem den, welcher von der Längendifferenz zwiſchen dem Bogen und der Sehne unter gleichen Umſtänden herrühren könnte, ſo daß z. B. die Summe der Irrthümer *) in einem Maßſtabe von 1 Zoll Dicke bei einem Sinus verſus von nicht $\frac{1}{100}$ Zoll beinahe $\frac{1}{1000}$ beträgt, während das Doppelte der Differenz zwiſchen Sehne und Bogen nicht $\frac{1}{10000}$ ausmacht.

Um die Irrungen, welche von der in Rede ſtehenden Urſache herrühren, möglichſt zu beſeitigen, wendet Kater folgende Mittel an:

Da die neutrale Fläche, welche weder Expanſion noch Contraction erleidet, ungefähr um $\frac{1}{3}$ der Dicke (oder etwas weniger) von der convexen Fläche des Stabes entfernt liegt, ſo hätte man, wenn der Maßſtab immer auf convexe Flächen zu liegen käme, nur nöthig, an den Enden des Stabes $\frac{1}{3}$ von ſeiner Dicke oben wegzunehmen, und auf den Enden von ſo reducirter Dicke die feſten Punkte anzugeben, die dann in unveränderlichem Abſtande bleiben würden. Da aber der Maßſtab eben ſo gut auf concaven Flächen zu liegen kommen kann (wo die Convexität des Maßſtabes auf die andre Seite fallen würde), ſo iſt es beſſer, anſtatt $\frac{1}{3}$ der Dicke vielmehr $\frac{1}{2}$ derſelben wegzunehmen, indem dann zwar jedenfalls ein kleiner Irrthum bei der Lage ſowohl auf einer convexen als einer concaven Fläche übrig bleiben muß, der aber doch wegen ſeiner Geringfügigkeit aus der Acht gelaſſen werden kann.

Sind auf dem Maßſtabe mehrere Unterabtheilungen anzugeben, ſo findet das vorige Mittel nicht mehr Statt. In dieſem Falle räth Kater, eine verhältnißmäßig nur dünne Platte zur Verzeichnung des Maßſtabes anzuwenden und dieſe auf einer dickern als Unterlage zu befeſtigen, wo ſich der Irrthum nach Verhältniß der Dünne der Platte reduciren wird.

Apparate, die Ebenheit und Horizontalität zu prüfen.

Prüfung der Ebenheit von Kater **). Kater giebt folgende Methode an, um zu prüfen, ob eine für eben gehaltene Oberfläche es wirklich iſt. Man applicirt auf dieſelbe in verſchiedenen Richtungen eine Pianofortesaite von etwa $\frac{1}{100}$ Zoll Durchmeſſer, welche auf einem 6 Fuß langen Bogen ſtraff geſpannt iſt, und ſieht zu, ob ſie ſich auch überall genau anlegt.

Hat man eine Tafel, die unregelmäßig erhöht und vertieft iſt, ſo kann man die Beſchaffenheit und ſelbſt in gewiſſem Grade die Ausdehnung der Unregelmäßigkeiten durch folgenden Kunſtgriff beſtimmen: Man tippt mit den Fingern auf die Saite, während ſie durch das Gewicht des Bogens auf die Tafel gedrückt wird. Wo die Saite einen Ton giebt, iſt die Tafel concav und die Höhe und Tiefe des Tons kann einigermaßen auf die Ausdehnung der Concavität ſchließen laſſen, indem die Ränder der Concavität gleich Stegen wirken, welche die Saite begränzen. Dies Prüfungsmittel iſt ſo empfindlich, daß eine Concavität durch daſſelbe entdeckt werden kann, auch wenn der Abſtand zwiſchen Draht und Tafel für das Auge unmerklich iſt.

---

*) Die Summe der Irrthümer wie in voriger Tabelle verſtanden.

**) Philos. transact. 1830. P. II. 375.

Kater theilt folgende Beiſpiele von Krümmungen mit, die er an Oberflächen, welche für eben galten, beobachtete:

	Länge in Zollen.	Krümmung.	Sinus verſus der Krümmung in Zollen.
Ein Mahagony-Eßtiſch	42	concav	0,04
Ein marmornes Kamin-Stück . . .	61	desgl.	0,12
Ein andres	62	desgl.	0,04
Ein andres	62	desgl.	0,10
Deckel eines ſchön gearbeiteten Piano-forte's von Roſenholz	43	desgl.	0,03

Verfahren, den Werth der Scale und die Krümmung einer Waſſerwage (Libelle) zu beſtimmen, von Nixon*). Man ſchneide von ſteifem Papiere einen rechtwinkeligen Streifen von gehöriger Länge und ½ Zoll Breite ab, und drücke ihn an die, mit haltbarem Kleiſter verſehene, Glasröhre ſo an, daß eine Kante deſſelben genau in die Ebene fällt, welche durch die Axe der Waſſerwage und die Blaſe geht. Iſt der Kleiſter getrocknet, ſo theile man das Papier in gleiche, aber ſehr kleine Theile und verſehe ſie mit Ziffern. Dieſe Waſſerwage wird nun zu einem Theodolith gebraucht und der Werth jeder Abtheilung ihrer bisher willkührlichen Scale geſucht. Zu dieſem Ende wird das Fernrohr ſo geſtellt, daß deſſen optiſche Axe auf der Waſſerwage ſenkrecht ſteht, der Nonius des verticalen Kreiſes auf den Nullpunkt deſſelben einſpielt, und es ſich gerade über zwei Schrauben des Fußgeſtelles befindet. In dieſer Stelle befeſtige man die Klemmung des horizontalen Kreiſes, bewege mittelſt dieſer Schrauben die Blaſe der Waſſerwage bis zum Nullpunkt ihrer Scale und merke ſich den Stand beider Enden. Hierauf treibe man die Blaſe mit der Tangentialſchraube des verticalen Kreiſes gegen das andere Ende der Scale, und merke ſich den Stand ſeiner beiden Endpunkte wieder. Die halbe Differenz aus der Summe der Zahlen, welche die Endpunkte der Blaſe in jeder Stellung bezeichnen, giebt nun offenbar den von der Blaſe zurückgelegten Raum an, und dieſer mißt im Bogen den Winkel, um den das Fernrohr geneigt wurde. Wird dieſe Meſſung öfters wiederholt, und aus allen Reſultaten der Mittelwerth gewonnen, ſo erhält man den Werth einer Abtheilung der Scale mit großer Genauigkeit.

---

*) Philos. Mag. March. 1829. p. 175, oder Baumg. Zeitſchr. VI. 242.

Auf ähnliche Weiſe, nur mit dem Unterſchiede, daß ſich **Nixon** eines Horizontalſectors ſtatt eines Theodoliths bedient, wird die Krümmung einer Waſſerwage von ihm ausgemittelt.

Über die Krümmung der Waſſerwagen[*]. Nixon hat durch Verſuche mittelſt des eben beſchriebenen Verfahrens gefunden, daß die Waſſerwagen durch die Faſſung an Empfindlichkeit verlieren, und daß man die Richtigkeit der Angaben des Werthes jeder Scale, wie er von Künſtlern angegeben wird, erſt durch genaue Verſuche ausmitteln müſſe, um nicht Irrthümern ausgeſetzt zu ſein. In der Originalabhandlung ſind nähere Belege in dieſem Bezug beigefügt.

Winkelmeſſung.

Optiſches Verfahren, um an einem Prisma zu erkennen, ob zwei Winkel deſſelben gleich ſind, von Moſer[**]. Das Prisma ſei in Fig. 4 vorgeſtellt, und Ψ, Ψ' die beiden Winkel, deren Gleichheit man prüfen will. Man betrachte einen Gegenſtand S durch Reflexion von der Baſis des Prisma, indem man das Auge in die gehörige Lage nach S′ bringt. Wenn der Gegenſtand farblos erſcheint, ſo ſind die Winkel Ψ und Ψ' gleich, erſcheint er gefärbt, ſo ſind ſie ungleich, und zwar iſt der Winkel Ψ größer als Ψ', wenn die blaue Farbe nach Oben kommt und die am meiſten abgelenkte iſt; umgekehrt Ψ' größer als Ψ, wenn die blaue Farbe am wenigſten abgelenkt iſt, und das Roth zu Oberſt erſcheint.

Dieſes Verfahren iſt einer ſehr einfachen Ableitung fähig. In der That, es falle Licht von S ein und werde in d reflektirt. Man hat $\varphi'' = \varphi' + \Psi - \Psi'$, mithin $\sin. \varphi'' = n. \sin. [\varphi' + \Psi - \Psi')$. — Iſt $\sin. \Psi = \Psi'$ ſo ergiebt ſich $\sin. \varphi'' = \sin. \varphi$. Der Werth von $\sin. \varphi''$ iſt alſo in dieſem Falle unabhängig von n, d. i. unabhängig von dem Brechungsverhältniſſe der einzelnen Farbeſtralen und das Licht wird farblos austreten. Iſt aber $\Psi > \Psi'$, ſo findet ſich $\sin. \varphi'' = \sin. \varphi +$ einem von n abhängigen Gliede. Je größer hier n wird, um ſo größer $\sin. \varphi''$ und φ'' ſelbſt, d. h. die blaue Farbe iſt am meiſten abgelenkt. Iſt umgekehrt $\Psi' > \Psi$, ſo hat man $\sin. \varphi'' = \sin. \varphi -$ einer von n abhängigen und damit wachſenden Größe. Je größer alſo hier n, um ſo kleiner $\sin. \varphi''$ und φ''.

Goniometer von Majocchi[***]. Dieſes Goniometer beſteht aus zwei Linealen A B, C D (Fig. 5), welche mittelſt eines Bolzens in o ſo mit einander verbunden ſind, daß ſie ſich um denſelben bewegen, und jede Neigung gegen einander annehmen können. In einem Drittel ihrer Länge und in gleichen Entfernungen vom Mittelpunkte der Bewegung befinden ſich zwei andere Bolzen e, g, um welche ſich zwei metallene Stäbe e f, g h drehen können, deren jeder ſo lang iſt, wie die Stäbe o e und o g, deren Länge einem Drittel der Länge von A B oder C D gleicht. In f ſind die Stäbe e f, g f charnierartig verbunden, ſo daß alle vier Stäbe o e, o g, e f, g f bei jeder Öffnung des Inſtrumentes ein Quadrat oder einen Rhombus bilden. Die Lineale A B, C D haben der Länge nach einen Ausſchnitt, der ſich von einem Ende derſelben durch zwei Drittheile ihrer Länge erſtreckt, ſo daß das Inſtrument ſowohl die Geſtalt X als die Geſtalt Y annehmen kann. Den Winkel, welchen die zwei Stäbe e f und g f mit einander einſchließen, mißt der eingetheilte Halbkreis p r q, welcher an dem Apparate befeſtigt iſt.

---

[*] Baumg. Zeitſchr. VI. 251.

[**] Pogg. XVI. 70.

[***] Bibl. ital. 1829. Aprile, 37. Baumg. Zeitſchr. VI. 471.

Will man nun mit dieſem Inſtrumente den Winkel meſſen, welchen zwei Ebenen mit einander machen, ſo giebt man dem Inſtrumente die Geſtalt X, und öffnet die zwei Lineale ſo weit, daß ſie die beiden Ebenen berühren, in welchem Falle der Halbkreis den zu meſſenden Winkel aus der Lage der Stäbe e f und g f erkennen läßt.

Reflexionsgoniometer. Über die Beurtheilung der Fehler, welche man bei Meſſung der Kryſtallwinkel mittelſt des Reflexionsgoniometers von Wollaſton und Malus begehen kann, hat Jul. Weisbach eine ausführliche Abhandlung geliefert, hinſichtlich deren wir, da ſie nicht wohl eines einfachen Auszuges fähig iſt, auf das Original verweiſen in Baumg. Zeitſchr. IX, 269—302.

Wage.

Wage, mit einem Glasfaden conſtruirt, zu feinen Gewichtsbeſtimmungen, von Ritchie *). Ritchie hat von dem weiterhin anzuführenden Umſtand, daß die Elaſticität feiner Glasfäden faſt ins Unbeſtimmte ihrer Drehung proportional iſt, Nutzen zur Conſtruction feiner Drehwagen zu Meſſung feiner Gewichte gezogen. Die Einrichtung einer ſolchen Wage, wie ſie von ihm beſchrieben wird, iſt folgende:

Man verfertige einen kleinen hölzernen Wagebalken b (Fig. 6), welcher ſehr leicht iſt und eine Länge von etwa 1 Fuß oder 15 Zoll hat. In ſeiner Mitte (ſenkrecht darauf) befeſtige man eine ſtählerne ſcharfe Schneide k, ähnlich der Klinge eines Federmeſſers. An dem einen Ende dieſer Schneide und in der Verlängerung der Schärfe wird ein ganz fein ausgezogener Glasfaden befeſtigt, während das andere Ende von letzterem durch Siegellack in der Mitte eines kleinen cylindriſchen Stabes a, den wir den Schlüſſel nennen wollen, feſt geklebt wird, welcher durch den Mittelpunkt eines vertical ſtehenden und in gleiche Theile getheilten Kreiſes geht, und ſich in dieſer Mitte ganz wie die Zwinge einer Drehwage herumbrehen läßt. An der entgegengeſetzten Seite der Schneide werden in der Verlängerung der Schärfe einige Fäden ungezwirnter Seide befeſtigt, deren zweites Ende an eine Spiralfeder von Meſſing s gebunden wird, welche dazu dient, den Glasfaden ſtets geſpannt zu halten. Die Meſſerſchneide ruht auf zwei Stückchen einer Thermometerröhre, die von einem vertical ſtehenden Ständer getragen wird. An den Enden des Wagebalkens werden kleinere Schneiden zur Aufnahme der Schaalen angebracht. An dem einen Ende des Wagebalkens iſt eine (nicht mit verzeichnete) Nähnadel als Zeiger angebracht, um an einer eingetheilten Scale die horizontale Lage des Wagebalkens zu bezeichnen; ein ähnlicher Zeiger befindet ſich am Schlüſſel a befeſtigt, um die Grade, um welche derſelbe gedreht worden iſt, anzugeben.

---

*) Philos. transact. 1830. P. II. p. 319, oder Schweigg. Journ. LXI. 386, oder Pharmac. Centralbl. II. 376.

Den Gebrauch des Inſtruments betreffend, ſo müſſen wir zwei Operationen beſchreiben, nämlich die Abwägung kleinerer und die größerer Maſſen.

1) Das Gewicht einer kleinen Maſſe zu beſtimmen, wenn man nur ein Gewicht von etwa einem Gran anwendet. — Man drehe den Glasfaden vermittelſt des Schlüſſels durch eine oder zwei Kreisperipherien, je nach dem Grade der Drehung, welche er aushält, ohne zu zerreißen. Man lege Feilſpäne, oder ein beliebiges anderes Gegengewicht in die eine Schaale, bis der Wagebalken nah horizontal ſteht, während der Zeiger, welcher die Größe der Drehung angiebt, auf dem Nullpunkte des getheilten Kreiſes ſteht. Man lege den zu wägenden Körper in die Wagſchaale, die durch Zurückdrehen des Fadens gehoben wird. Man drehe den Schlüſſel ſo lange, bis die elaſtiſche Kraft des Fadens das Gewicht hebt, und beobachte ſorgfältig den Punkt der Scale, bei welchem der am Wagebalken angebrachte Index ſtehen bleibt, nebſt der Anzahl von Graden, um welche der Faden gedreht wurde. Man entferne jetzt den Körper, und drehe den Faden zurück, bis der Balken in ſeine frühere horizontale Lage zurückkehrt. In dieſelbe Schaale lege man nun ein bekanntes kleines Gewicht, und drehe den Faden ſo lange, bis der Balken ſeine frühere horizontale Richtung wieder annimmt, dann giebt das Verhältniß der Drehung auch das zwiſchen dem bekannten und unbekannten Gewichte. Geſetzt, es war eine Drehung von 1500 Graden nöthig, um den Körper B zu heben, dagegen 1000° zur Hebung von einem Grane, dann giebt das Verhältniß 1000 : 1500 = 1 Gran: 1,5 Gran das Gewicht des Körpers. War zur Hebung des letztern nur eine Drehung von 50° erforderlich, ſo beträgt ſein Gewicht $\frac{50}{1000} = \frac{1}{20}$ Gran.

2) Iſt der zu wägende Körper viel ſchwerer als 1 Gran, dann iſt die Methode der doppelten Abwägung am bequemſten zur Beſtimmung des Gewichtes innerhalb eines Granes, der fehlende Theil wird dann am beſten durch Drehung geſucht. Der Körper wiege nahe 100 Gran, ſo drehe man den Faden, eben ſo, wie bei vorigem Verſuche, durch eine oder zwei Peripherieen. Durch kleine Gegengewichte bringe man den Balken in eine horizontale Lage. Man lege den Körper in eine, und beliebige Körper in die andere Schale, bis jener im Gleichgewichte gehalten wird. Man entferne dieſen nun, und ſubſtituire bekannte Gewichte, bis ſie dem Gewichte

des Körpers nahe gleich ſind. Darauf drehe man den Schlüſſel ſo lange, bis der Balken in eine horizontale Lage kommt, und notire die Größe der Drehung. Man lege nun einen Gran in die Schale, und beobachte jetzt die Drehung, welche erforderlich iſt, um den Balken in ſeine horizontale Lage zurückzuführen, ſo erhalten wir dadurch den Theil eines Granes, um welchen der Körper die bekannten Gewichte überſteigt. Geſetzt, der Körper wiegt nahe 100 Gran, und es ſei eine Drehung von 50° erforderlich, um die Schale zu heben, wenn nach Entfernung des Körpers 99 Gran in ſie gelegt wurden, während zur Hebung eines Granes eine Drehung von 1000° angewendet wurde, ſo iſt das Gewicht des Körpers $99\frac{50}{1000}$, oder 99,05 Gran.

Um die Störungen zu vermeiden, welche durch Einwirkung von Luftſtrömen auf den Wagebalken und die Schalen verurſacht werden, iſt es zweckmäßig, das Ganze, wie bei einer gewöhnlichen Wage, in ein Gehäuſe zu ſtellen. Es iſt jedoch nicht nöthig, den Glasfaden und den getheilten Kreis ebenfalls in letzteres zu bringen, es genügt, den Faden durch ein Loch in das Innere des Kaſtens zu führen, und ihn zu entfernen, wenn die Wage nicht gebraucht wird. Zweckmäßig iſt es, ſich eine Anzahl Faden von verſchiedenen Graden der Feinheit zu verfertigen, und an ihren Enden kleine Meſſingſtäbchen feſtzukitten, um ſie mit Leichtigkeit an der Wage anzubringen.

Das beſchriebene Verfahren mag vielleicht etwas langweilig erſcheinen, aber in der That dauern die Oscillationen nicht ſo lange, als in einer empfindlichen Wage ohne Faden. Bei manchen feinen Verſuchen, die der Verf. mit dieſer Wage anſtellte, benutzte er Glasfäden von etwa 10 Fuß Länge, ſo daß der Glasfaden um wenigſtens 5000 Grad gedreht werden mußte, wenn er das Gewicht eines Granes heben ſollte, ſo daß ſich ein kleiner Theil eines Granes mit großer Schärfe auffinden ließ.

II. Über die Verhältniſſe der kleinſten Theilchen der Körper, Structur der Körper.

Über die gegenſeitige Entfernung der kleinſten Körpertheilchen.

Man muß es gegenwärtig ſehr wahrſcheinlich finden, daß die Theilchen in den Kryſtallen, welche bloß Eine optiſche Axe haben, ſich nach der Richtung dieſer Axe mehr genähert oder mehr von einander entfernt ſind, als nach den darauf ſenkrechten Richtungen, je nachdem die Axe poſitiver Natur (wie im Bergkryſtall) oder negativer Natur (wie im isl. Spath) iſt. In der That haben Fresnel und Brewſter durch Verſuche an Glas, ſo wie an einer Miſchung von Wachs und Harz gezeigt, daß dieſe Subſtanzen durch Druck nach Einer Richtung, wodurch ſich ihre Theilchen mithin nach dieſer Richtung einander genähert werden, eine poſitive Axe doppelter Brechung nach dieſer Richtung erlangen; und in Zuſammenhang damit ſcheint auch zu ſtehen, daß nach Savarts Verſuchen die (negative) Axe des Kalkſpaths in die Richtung der kleinſten Elaſticität, die (poſitive) Axe des Quarzes in die Richtung der größten Elaſticität fällt. Wäre dieſe Vorſtellung richtig, ſo würde man dann anzunehmen haben, daß in zweiaxigen Kryſtallen die Entfernung der Theilchen nach der Richtung, welche ſenkrecht auf der Ebene der beiden optiſchen Axen ſteht, ein Maximum oder Minimum iſt.

Kryſtalliniſche Structur ſcheinbar nicht kryſtalliſirter Körper.

Aus folgenden Erfahrungen Savarts *) ſcheint hervorzugehen, daß alle feſte Körper, auch die ſcheinbar gar kein kryſtalliniſches Gefüge beſitzen, doch im Grunde nur als eine ſo verworrene Anordnung von kleinen Kryſtallen zu betrachten ſind, daß das kryſtalliniſche Gefüge nicht ohne beſondere Hülfsmittel zur Wahrnehmung gebracht werden kann. (Bekanntlich deuten auch die Erſcheinungen des moiré metallique hierauf).

Kreisrunde Metallſcheiben von gleicher Dicke, ſie mögen nun in Formen gegoſſen, von großen Maſſen abgenommen, oder aus gewalzten Blechen geſchnitten ſein, verhalten ſich in Bezug auf Schallſchwingungen immer ſo, als wenn ſie wirklich einem faſerigen oder regelmäßig kryſtalliſirten Körper angehört hätten **). Wenn man z. B. diejenige Theilungsart, welche aus zwei ſich rechtwinklig ſchneidenden Linien beſteht, auf ihnen hervorzubringen ſucht, ſo tritt dieſe Theilungsart nur in zwei beſtimmten, nicht aber gleichgültig in jeder beliebigen Lage ein, faſt immer unter der Geſtalt von hyperboliſchen Curven, begleitet von zwei ungleichen Tönen, deren Intervall zuweilen faſt unmerklich iſt, zuweilen aber eine Terz, eine Quarte, und ſogar eine Quinte beträgt, welche Tonverſchiedenheit nur von einer Ungleichheit der Elaſticität nach den verſchiedenen Richtungen, gerade wie man ſolche bei Platten, die aus Kryſtallen nach verſchiedenen Richtungen geſchnitten ſind, beobachtet, abhängig gemacht werden kann.

Die Reſultate dieſer Art fielen bei ſehr vielen und abgeänderten Verſuchen über dieſen Gegenſtand an Scheiben von Gold, Silber, Kupfer, Zink, Gußeiſen, geſchmiedetem oder gewalzten Eiſen, von Zinn, Blei, Wismuth, Stahl, Antimon, von einer Menge Legirungen aus dieſen Subſtanzen, als Glockengut, Meſſing u. ſ. w. immer conſtant aus, ſo daß man es als ausgemacht anſehen kann, daß eine Metallſcheibe ſich immer wie eine Kryſtallſcheibe verhält. Deſſenungeachtet aber ſind die Metalle nicht als regelmäßig kryſtalliſirt anzuſehen. Denn Verſuche an Blei und Zinn lehrten, daß, wenn man verſchiedene kreisrunde Scheiben von gleichem

---

*) Ann. de Chim. et de Phys. XLI. 61. oder Pogg. XVI. 248.

**) Vergl. hierüber das Kapitel von den Klangfiguren.

Durchmeſſer und gleicher Dicke aus einer und derſelben Ebene ſchneidet, ſie im Allgemeinen keine parallelen Theilungsarten annehmen und keine gleichen Töne geben, und daß eben ſo wenig Entſprechen der Theilungsarten und Töne Statt findet, wenn man mehrere Ebenen einander parallel herausſchneidet.

Es ſcheint daher für die Metalle eine halbregelmäßige Structur angenommen werden zu müſſen, gleich als wenn ſich im Moment des Erſtarrens in ihrem Innern mehrere beſondere Kryſtalle von ziemlich beträchtlichem Volumen bildeten, deren homologe Flächen aber nicht denſelben Punkten im Raume zugewandt wären, und es würden nach dieſer Vorſtellung die Metalle gleichſam Gruppen von Kryſtallen ſein, von denen jeder einzelne eine regelmäßige Structur beſitzt, während die ganze Maſſe durchaus verworren erſcheint.

Dieſe Betrachtungsweiſe wird durch direkte Beobachtung einiger der die Erſtarrung der Metalle begleitenden Umſtände unterſtützt. Unterſucht man nämlich aufmerkſam die Oberfläche einer Bleimaſſe, die eben erſtarren will, ſo gewahrt man hie und da kleine geradlinige, oft mehrere Centimeter lange Furchen, die eine ganz zufällige Lage zu haben ſcheinen, und die immer von einer großen Menge anderer, aber viel kürzerer, Furchen gleicher Art durchkreuzt werden, wodurch dann dieſes ſonderbare Netz, deſſen Entſtehung auf eine Art von regelmäßiger Anordnung der darunter liegenden Theile deutet, die Oberfläche der Metallmaſſe bald gänzlich überzieht. Hat man eine etwas beträchtliche Maſſe Blei, z. B. 12 bis 15 Kilogramme geſchmolzen, und wartet den Augenblick ab, wo die erſtarrte Schicht etwa eine Dicke von 5 bis 6 Millimeter beſitzt, durchbohrt ſie dann mit einem rothglühenden Eiſenſtabe und kehrt nun das Gefäß raſch um, damit der noch flüſſige Theil des Metalls herausfließe, ſo zeigt wirklich die untere Seite der erſtarrten Schicht eine Menge kleiner octaëdriſcher Kryſtalle, geordnet nach parallelen und rechtwinklich ſich kreuzenden Reihen, die eine mehr oder weniger beträchtliche Anzahl geſchiedener Syſteme bilden, und hinſichtlich ihrer Lage den Syſtemen kleiner Furchen entſprechen, die man auf der gegenüberliegenden Seite der ſtarren Schicht wahrgenommen hatte.

Mit der Lupe betrachtet, ſcheinen die kleinen Kryſtalle, aus denen jedes Syſtem beſteht, um drei gerade ſich rechtwinklich ſchneidende Linien gruppirt, und zwar ſo, daß ihre Axen dieſen Linien parallel liegen, und ſie einander nur mit ihren Ecken berühren oder zu berühren ſcheinen. Wenn man ſich nun denkt, daß die drei geraden Linien eines jeden Syſtems eine unbeſtimmte Lage in Bezug auf die analogen Linien der benachbarten Syſteme annehmen, ſo erhält man eine ziemlich richtige Idee von der halbregelmäßigen Kryſtalliſation einer Bleimaſſe. Ähnliche Reſultate erhält man mit Kupfer, Zinn und Zink; auch iſt zu bemerken, daß jene Syſteme viel ausgedehnter ſind, wenn man die Metalle lange Zeit hindurch in Fluß erhält oder zu wiederholten Malen umſchmilzt.

Über merkwürdige Lagenveränderungen der kleinſten Theilchen.

Robert Brown *) machte die Beobachtung, daß, wenn man einen beliebigen organiſchen oder unorganiſchen Körper (z. B. Pflanzentheile, Gummiharze, Staub, Ruß, Glas, Lava, Metalle u. ſ. w.), den man fein genug pulvern kann, daß der Staub davon einige Zeit im Waſſer ſchweben bleibt, in dieſem zertheilten Zuſtande in einem Waſſertropfen unter dem Mikroſkope betrachtet **), die Theilchen zum Theil, oder ſelbſt (namentlich beim Ruße) faſt alle unregelmäßige Bewegungen zeigen, welche einige Ähnlichkeit mit den Bewegungen von Infuſorien haben, wodurch **Brown** veranlaſt wurde, ihnen den Namen actives molécules beizulegen, womit er ihnen jedoch nicht, wie man zum Theil mißverſtanden hat, wirkliches Leben hat beilegen wollen.

Die Thatſache dieſer Bewegungen iſt von mehreren Beobachtern beſtätigt worden, u. a. von **Muncke**, der einen hieher gehörigen Verſuch folgendermaßen beſchreibt:

„Wenn man ein Stückchen gummi guttae von der Größe einer Stecknadelſpitze in einem großen Waſſertropfen auf einem Glasſcheibchen zerreibt, von dieſer Löſung einen Theil, ſo viel an einem Stecknadelknopfe hängen bleibt, abermals mit einem Tropfen Waſſer verdünnt, und hievon mit dem Stecknadelknopfe ſo viel, als etwa ein halbes Hirſenkorn beträgt, unter das Mikroſkop bringt, ſo zeigen ſich in der Flüſſigkeit kleine braungelbe, meiſtens runde, aber auch anders geformte Pünktchen von der Größe eines kleinen Schießpulverkörnchens in Abſtänden von 0,25 bis 1 Linie von einander und in verſchiedener gegenſeitiger Lage. Dieſe Pünktchen ſind ſämmtlich oder größtentheils in ſteter langſamerer oder ſchnellerer Bewegung, ſo daß ſie einen ſcheinbaren Raum von 1 Linie in 0,5 bis 2 oder 4 Secunden durchlaufen, willkührlich bald nach der einen, bald nach der andern Seite, abwechſelnd ſtillſtehend, umkehrend u. ſ. w. Nimmt man feines Mandelöl ſtatt Waſſer, ſo findet gar keine Bewegung Statt, aber in Weingeiſt iſt ſie ſo ſchnell, daß man ſie kaum mit dem Auge verfolgen kann. Die Bewegung hat allerdings einige Ähnlichkeit mit der bei Infuſorien wahrgenommenen, jedoch zeigt letztere mehr Willkühr. An Vitalität, wie vielleicht Einige geglaubt haben, iſt dabei gar nicht zu denken, vielmehr halte ich die Bewegung für rein mechaniſch, und zwar durch ungleiche Temperatur des ſtark erleuchteten Waſſers, durch Verdampfung

---

*) Edinb. Journ. of Sc. No. VIII. 358, oder Edinb. N. phil. J. 1828 oct. 41, oder Bibl. univ. XLII. 114, oder Pogg. XIV. 294, oder (kurz) Schweigg. Journ. LX. 173, oder Fror. Not. XXV. 305, oder auch eine eigne Schrift: **Brown's** mikroſkop. Beob., überſetzt von **Beilſchmidt**, Nürnberg. Ein Nachtrag von **Brown** in Gills repository, dec. 1829, 337. — Vergl. ferner **Muncke** in Pogg. XVII. 160. — **Marx** in Schweigg. LX. 173. LXI. 121. — **Brewſter** in Brewſter Ed. Journ. of Sc. Vol. X. 215. — **Raspail** ibid. 96, oder in Ann. des sc. d'obs. III. 92.

) **Brown bediente ſich eines einfachen Mikroſkopes, deſſen Linſe eine Brennweite von ungefähr $\frac{1}{32}$ Zoll hatte.

deſſelben, durch Luftzug und Wärmeſtrömung u. ſ. w. erzeugt. Wenn man den Durchmeſſer des Tröpfchens zu 0,5 Linien ſetzt, ſo erhält man durch 500ſache Vergrößerung eine ſcheinbare Waſſermaſſe von 1,7 F. Seite mit kleinen darin ſchwimmenden Theilchen, und wenn man deren Bewegung auf gleiche Weiſe vergrößert denkt, ſo hört das Phänomen auf wunderbar zu ſein, ohne übrigens das Intereſſante zu verlieren. Was ſich beim gummi guttae wahrnehmen läßt, zeigt ſich bei allen hinlänglich verkleinerten Körpern, namentlich nach Brown's Verſuchen bei Corund.“

Es erhellt zugleich aus dieſer Beſchreibung von Muncke, welcher Urſache derſelbe dieſe Bewegungen zuſchreibt. Sie einer ungleichförmigen Verdampfung allein beizumeſſen, ſcheint man allerdings durch Verſuche Brown's verhindert zu werden, nach welchen ſie ſich auch eben ſo gut in Waſſertröpfchen zeigen, die man durch Schütteln mit Mandelöl in dieſes verſenkt hat, worin ſie Stunden lang fortbeſtehen können, ohne durch Verdampfung zu verſchwinden *). Indeß iſt leicht zu erachten, daß auch unabhängig hiervon die allergeringſten, durch Wärmedifferenzen veranlaßten, Strömungen in den Waſſertröpfchen, zufällige Erſchütterungen u. ſ. w. **) ſo leichte Theilchen werden in Bewegung zu ſetzen vermögen; und andererſeits verſteht ſich wohl von ſelbſt, daß unſere mechaniſchen Mittel nicht fähig ſein werden, Körper bis in ihre letzten conſtituirenden Theilchen oder Atome aufzulöſen. Man wird ſonach, wenn man ſelbſt in den vorſtehenden Erſcheinungen noch etwas Räthſelhaftes erblicken will, wenigſtens keinen Beweis für eine ſelbſtſtändige Bewegung der kleinſten Theilchen der Körper darin finden können.

Dagegen lehren folgende Erſcheinungen, daß unter gewiſſen Umſtänden allerdings ſehr merkwürdige Änderungen der Moleculарlagen, die ſich noch auf kein bekanntes Princip zurückführen laſſen, eintreten können. Die erſte der hier anzuführenden Erſcheinungen giebt zugleich ein intereſſantes Beiſpiel einer ähnlichen Farbenveränderung, als Thénard (Biots Lehrb. V. 72) früher an geſchmolzenen Phosphorkügelchen beobachtet hat ***).

1) Erfahrung von Hayes an Queckſilberjodid ****). Wenn dies Salz ſublimirt worden iſt, ſo ſtellt es durchſichtige rhombiſche Tafeln von ſchöner ſchwefelgelber Farbe dar. Dieſe ändern ſich nicht an der Luft oder im Sonnenlichte; dagegen genügt die ſchwächſte Reibung oder Berührung mit einer feinen Spitze, die auffallendſte Veränderung darin hervorzubringen. Der berührte Punkt nimmt augenblicklich eine intenſiv ſcharlachrothe Farbe an und dieſelbe Farbe verbreitet ſich ſchnell über

---

*) Gills Repos. 1829. dec. 340. Kaſtn. Arch. XVIII. 490.

**) Eine Aufzählung der möglichen Urſachen, welche hiebei im Spiele ſein können, ſ. in Schweigg. LX. 175.

***) Einige der nachfolgenden Erfahrungen ſind zwar ſchon ſeit einiger Zeit bekannt; indeß hielt ich dafür, daß eine Zuſammenſtellung derſelben nicht ohne Intereſſe ſein würde.

****) Schweigg. LVII. 180.

die ganze Oberfläche, wenn man einen iſolirten Kryſtall vor ſich hat, ja erſtreckt ſich ſelbſt bis auf den entfernteſten Winkel, wenn man eine ganze Gruppe von (verwachſenen) Kryſtallen dem Verſuch unterwirft. Dieſe Farbenwandlung iſt mit einer deutlichen mechaniſchen Bewegung verknüpft, ſo daß ein kleines Häuſchen ſolcher Kryſtalle wie belebt erſcheint. Ein gewöhnliches Elektroſkop giebt keine Anzeichen einer Elektricitätsentwickelung dabei, auch findet eben ſo wenig beträchtliche Temperaturerhöhung dabei Statt. Durch gelinde Erwärmung dieſer Kryſtalle auf Papier, unter der Flamme einer Lampe, wird das Salz leicht wieder in ſeiner urſprünglichen gelben Farbe erhalten und der nämliche Verſuch kann oft wiederholt werden.

Schweigger-Seidel hat dieſen Verſuch mit Erfolg wiederholt. Er bemerkt, daß es, um recht deutliche Reſultate zu erhalten, nöthig ſei, nur größere ausgebildete ſchwefelgelbe Kryſtalle anzuwenden.

2) Erfahrung von Herſchel und Marx an ſchwefelſaurem Kupferoxydkali *). Man nehme ſchwefelſaures Kupferoxydkali, welches man leicht erhält, wenn man Kupfervitriol mit ſchwefelſaurem Kali zuſammen auflöſt, und die erlangten rhomboidalen Kryſtalle mehrmals umkryſtalliſiren läßt, bis ſie rein hellblau, mit einem ſchwachen grünlichen Schimmer, erſcheinen. Einige davon in einem Platin-Löffel über der Spiritus-Lampe erhitzt, werden erſt weiß, mit Verluſt ihres Waſſers, hierauf gerathen ſie in Fluß und nehmen die ſchönſte dunkelgrüne Farbe an. Nimmt man nun die geſchmolzene Maſſe von der Flamme weg, ſo zieht ſie ſich beim Geſtehen um etwas zuſammen; dann zeigen ſich an der Oberfläche und in ihrem Innern büſchelförmige, ſeidenglänzende Kryſtalle, und bei weiterem Erkalten gerinnt das Ganze zu einer beinahe weißen Maſſe. Wartet man nun noch einige Augenblicke, ſo zeigt ſich eine ſeltſame Bewegung an den Seiten. Mit einem leichten Kniſtern trennen ſich einzelne Theile, hüpfen in die Höhe und fallen als ein weißer Staub wieder herab. Nachdem dieſe Bewegung mehr oder minder lange gedauert hat, fällt das Ganze zu Pulver zuſammen. Mit dieſem Pulver kann man denſelben Verſuch noch viele Male und in kürzerer Zeit als zuerſt, weil nun kein Waſſer mehr zu verflüchtigen iſt, wiederholen. Raſcher tritt die Bewegung und das Zerfallen ein, wenn man den noch heißen Löffel an die Oberfläche von kaltem Waſſer bringt. Machte Marx den Verſuch in einer unten zugeſchmelzten Glasröhre, ſo erhielt er nur geringe Spuren von verflüchtigter Schwefelſäure. Gießt man die geſchmolzene Maſſe auf einen kalten Körper aus, ſo erhalten ſich die erſtarrten Tropfen länger feſt, und zeigen in ihrem Innern eine durchaus kryſtalliniſche Structur.

3) Erfahrung von Hünefeld an einem Doppelſalze aus Chlor, Zink und Platin **). Wenn man Zink ſo lange auf eine

---

*) Schweigg. Journ. LVII. [illegible]

**) Schweigg. Journ. LX. [illegible]

ſaure Platinlöſung wirken läßt, bis gelbliches Pulver nebſt metalliſchem Platin reichlich gefällt iſt, den geſammten Niederſchlag auskocht, und die hiedurch erhaltene gelbe Löſung filtrirt und abdampft, ſo erhält man ein Doppelſalz (Pt Cl + Zn Cl) in kleinen ſehr glänzenden hellgelben Kryſtallen, welche eine, der vorigen ähnliche Eigenthümlichkeit zeigt. In einem Kölbchen über Spiritusfeuer erhitzt werden die Kryſtalle zuerſt dunkelorange, bräunen ſich dann, kommen dabei in eine ſtarke Bewegung und hüpfen auf und ab, welche Erſcheinung aber umgekehrt als beim vorigen Salze, durch Erwärmung hervorgebracht wird und zur Ruhe kommt, wenn das Salz von der Lampe entfernt worden. Bei dieſer Kryſtallbewegung tritt aber noch keine merkbare Zerſetzung ein, die erſt bei ſtärkerer Hitze (in Platin, Chlorzink und Chlor) erfolgt.

4) Erfahrung von Marx an eſſigſaurem Natron *). Man nehme einen, wo möglich großen, Platinlöffel, fülle ihn nicht ganz bis zum Rande mit dem Salze an, und halte ihn vorſichtig über eine Spirituslampe. Zuerſt wird ſich das Kryſtalliſationswaſſer verflüchtigen und die aufgelockerte Maſſe weiß und trocken werden. Bei fortgeſetzter Erhitzung wird auch dieſe allmählig ſchmelzen und ruhig fließen. In dem Augenblicke, wo das letzte Salzkörnchen vollſtändig darin wird zergangen ſein, nehme man den Löffel von der Flamme weg, halte ihn ruhig, und beobachte den Verfolg der Erſcheinung. Nach wenigen Secunden wird ſich die an den Wänden des Löffels adhärirende Flüſſigkeit gänzlich von denſelben lostrennen, ſich zuſammenziehen und im Innern ein kryſtalliniſches Gefüge annehmen; ſodann wird ihre Oberfläche zu einer eben ſolchen Haut geſtehen; endlich aber werden aus ihrem Innern Kryſtalle hervorbrechen, welche raſch die Decke durchdringen und mit Blitzesſchnelle aufwärts und ſeitwärts wachſen. Dieſe Kryſtalle erhielt Marx öfters von ½ Zoll Höhe und Breite. Sie ſind, wie auch die übrige Maſſe, vom ſchönſten Perlmutterglanz und von den ſchärfſten Facetten begränzt. Doch hält es ſchwer, die Flächen kryſtallographiſch zu zählen oder zu einer beſtimmten Figur zuſammen zu ordnen. Die Kryſtalle, der Luft ausgeſetzt, verlieren in Kurzem ihren Glanz und werden matt und ſtaubig. Von Neuem geſchmolzen oder auch im Waſſer aufgelöſt, durch Abdampfen kryſtalliſirt, und wiederum dem Verſuche unterworfen, zeigen ſie die angegebenen Erſcheinungen in einem weit unvollkommneren Grade, wahrſcheinlich, weil ſchon im erſten Verſuche, außer dem Waſſer, ein Theil der Säure mit ausgetrieben worden.

Erdmann (in Erdm. Journ. II. 397) bemerkt, daß ſich, wenn das Hervorſchießen der Kryſtalle ſchon angefangen habe, daſſelbe noch an einem andern Punkte hervorbringen laſſe, wenn man die verhärtete Salzdecke mit einem Eiſen durchſtößt und auf dieſe Weiſe der innern flüſſigen Maſſe Luft macht.

---

*) Schweigg. Journ. LII. [illegible]. LIV. [illegible].

5) Erfahrung von Zincken an Eiſenſchlacken *). Zincken führt folgende Erfahrung an, die ſich an die vorige anzuſchließen ſcheint: „Ich habe, — ſagt er — auf den herzoglich Anhaltiſchen Eiſenwerken unter dem Mägdeſprunge, ſeit etwa ſechs Jahren, Spatheiſenſtein, welcher noch eine bedeutende Menge Kalkſpath enthält, mit geröſteten Friſchſchlacken, zur Roheiſenerzeugung für die Friſchfeuer, verblaſen laſſen. Bei dieſer Beſchickung erzeugen ſich ſchöne Manganoxydulbiſilicate, zum Theil als völlig ausgebildetes Rothbraunſteinerz. Wenn bei dieſem Hohofenprozeſſe ſich Schlackenknoten im Vorherrde bildeten und noch weich herausgezogen wurden, ſo habe ich ſolche öfters noch glühend zerſchlagen. Im Momente des Zerſchlagens, wenn die Hitze des Schlackenknotens ins Rothwarme überging, bringen nun aus der ganzen Bruchfläche mit einiger Feuererſcheinung und großer Schnelligkeit eine Menge Kryſtalle, worauf die Maſſe langſam erkaltet. Die Kryſtalle ſind auf dieſem Wege nie ganz vollkommen ſcharf ausgebildet, ſondern nur da, wo ſie in Höhlungen der Schlacken ſich vorfinden. Darin finden ſie ſich aber vorzüglich ſchön, wie es mir ſcheint, von der Kryſtalliſation des Idokraſes.“

Zincken fügt noch hinzu, dieſes merkwürdige, oft von ihm wiederholte, Experiment ſei jedoch nicht bei jedem Gange des Ofens geglückt, ſondern nur bei einem ſehr gaaren und auch nicht bei jeder Beſchickung.

6) Erfahrung von Fuchs an phosphorſaurem Blei **). Wenn man ein auf Kohle in vollkommenem Fluſſe ſich befindendes Kügelchen von phosphorſaurem Blei von der Flamme des Löthrohrs entfernt, ſo bleibt es ſo lange ruhig, bis es zur dunkeln Rothglühhitze abgekühlt iſt; dann wird es mit Blitzesſchnelligkeit faſt weißglühend, kommt in ſtarke Bewegung, und es ſchießen daraus ſichtbar die Ecken hervor. Dieſes Alles iſt die Sache eines Augenblicks. Manchmal ſchien es Fuchs, als würde, während dieſes vorgeht, die Aſche der Kohle von dem erſtarrenden Kügelchen angezogen. Man giebt vor, daß dieſes Kügelchen die Form des Granats habe. Fuchs erkannte daran öfters ziemlich deutlich das regelmäßige ſechsſeitige Prisma mit mehreren concentriſch geſtreiften Veränderungsflächen.

7) Erfahrung von Faraday und Wach an kleeſaurem Kalk ***). Vollkommen ausgetrockneter kleeſaurer Kalk fliegt beim Umrühren mit einem Stäbchen plötzlich aus einander und wird umhergeſtreut. Hiebei iſt mit dem Goldblattelektrometer zugleich deutliche Elektricitätsentwickelung wahrnehmbar.

8) Erfahrungen am geſchmolzenen Silber (Spratzen) ****). Das feingebrannte geſchmolzene Silber bildet beim Erkalten äſtige

---

*) Erdmann Journ. II. 286.

**) Schweigg. XVIII. 273. LVII. 154.

***) Schweigg. LIV. 26.

****) Vergl. hierüber Karſtens Arch. IV. 1832. S. 312. — Schweigg. LIII. 145. 155. LIV. 29. LV. 190. LXI. 145.

Verzweigungen, die von Innen aus der Silbermaſſe herauszuwachſen ſcheinen, und welche ſich oft mit großer Gewalt über der Oberfläche des Silberkuchens erheben, indem ſie ſich den Durchgang durch die faſt erſtarrte Oberfläche bahnen müſſen. Dieſe Erſcheinung, welche unter dem Namen des *Spratzens* des Silbers bekannt iſt, tritt nur alsdann ein, wenn die Silbermaſſe bedeutend genug iſt, um nicht inwendig ſchon erſtarrt zu ſein, wenn die äußern Flächen erkaltet ſind, und wenn das Silber durch das Feinbrennen den gehörigen Grad der Feine erlangt hat. Die letzte Bedingung iſt ſo nothwendig, daß man das noch nicht gehörig feine Silber ſogar daran, daß es *nicht* ſpratzt, zu erkennen vermag. Das Spratzen erfolgt bei bedeutenden Silbermaſſen erſt eine geraume Zeit, nachdem die Oberfläche des Silberkuchens ſchon erkaltet zu ſein ſcheint, ſo daß die ſchöne glatte Fläche deſſelben gleich wie durch unterirdiſche Eruptionen zerriſſen wird, wobei ſich Silberberge und Verzweigungen aller Art oft zu einer bedeutenden Höhe von vielen Zollen erheben. (Karſtens Arch. IV. 1821. 212.)

Wagner (Schweigg. J. LIII. 105) hatte Gelegenheit, bei dieſem Spratzen ſelbſt Bildung vollkommener und regelmäßiger Kryſtalle zu beobachten.

Unter gewiſſen Umſtänden vermag auch das Kupfer zu ſpratzen, und zwar beobachtet man, daß das ſpratzende Kupfer ſpröde und zu mehrern Arbeiten unanwendbar iſt, während ſich das nicht ſpratzende in hohem Grade ſchmiedbar zeigt. Dagegen ſpratzt Silber nicht, wenn ihm nur 1½ bis 2 pr. Ct. Kupfer beigemiſcht iſt.

Die Erſcheinungen des Silberſpratzens ſind vielleicht mit den vorher erwähnten Erſcheinungen nicht ganz zuſammenzuſtellen. Denn da es erwieſen iſt, daß das Spratzen mit einer namhaften Entwickelung von Sauerſtoffgas verbunden iſt, welche das Silber im Schmelzen zufolge einer bekannten Eigenſchaft deſſelben abſorbirt hatte, ſo ſcheinen die Hervortreibungen, welche ſich beim Spratzen zeigen, hauptſächlich der Entwickelung dieſes Gaſes beizumeſſen.

9) **Erfahrung von Berzelius an Phosphorſalz mit Chromoxyd** *). **Berzelius** theilt folgende Erfahrung mit, die jedoch vielleicht ebenfalls auf Gasentwickelung beruht: „Vom Phosphorſalze wird das Chromoxyd ſowohl in der äußern als innern Flamme mit einer grünen Farbe aufgelöſt, die tief iſt, wenn des Aufgelöſten viel iſt. Wenn das Glas mit mehr Chromoxyd gemengt wird, als es auflöſen kann, und ſtark erwärmt wird, *ſo bekommt es die ſonderbare Eigenſchaft, im Gerinnungsaugenblicke mehr oder minder ſich aufzublähen und ſich in eine ſchaumige Maſſe, durch irgend eine Gasentwickelung, die dann Statt finden muß, zu verwandeln.* Wenn das Glas von Neuem geſchmolzen wird, ſo fällt der Schaum zuſammen,

---

*) Berzelius Anwend. des Löthrohrs. 2te Aufl. 90. oder Schweigg. LVII. [illegible]

oder kommt wieder beim Erwärmen. Dies geschieht sowohl beim Daraufblasen in der innern als äußern Flamme, auf Kohle und auf Platindraht. Ich kann keine Ursache dazu finden. Es geschieht nicht, wenn das Glas klar ist."

10) Erfahrung von Hermann am salzsauren Lithon*). Wenn man Krystalle von salzsaurem Lithon mit den Fingern anfaßt, oder sie auf Filtrierpapier legt, so werden sie augenblicklich an den berührten Stellen und nach und nach in der ganzen Masse undurchsichtig. Berührt man einen solchen undurchsichtig gewordenen Krystall, so zerfällt er zu einem krystallinischen Pulver, wonach die Undurchsichtigkeit des Krystalls durch eine freiwillige Zertheilung desselben entstand.

11) Erfahrung von Mitscherlich an verschiedenen Salzen**). Im Allgemeinen, oder wenigstens vielen bis jetzt bekannten Fällen zufolge, bemerkt man, daß wenn ein Salz bei einer gewissen Temperatur mit einer gewissen Krystallgestalt angeschossen ist, es aber nachher einer höhern Temperatur ausgesetzt wird, bei der es mit einer andern Krystallgestalt angeschossen sein würde, es sich in ein Aggregat von Krystallen dieser letztern Form verwandelt, ohne daß vorher ein flüssiger Zustand eingetreten ist, was, wie es scheint, nur von einer Verschiebbarkeit der Theilchen im festen Zustande abhängen kann; so bei schwefelsaurer Magnesia, schwefelsaurem Nickel, honigsteinsaurem Ammoniak, schwefelsaurem Zink, schwefelsaurem Eisenoxydul, selensaurem Zink, wasserhaltigem Kochsalz. — Diese Formveränderung kann ohne bemerkliche Veränderung der Mischung erfolgen (so beim schwefelsauren Zink), oder auch unter Wasserverlust (so beim schwefelsauren Eisenoxydul).

Über Formveränderungen der Krystallisation ohne Durchgang durch einen flüssigen Zustand, die durch anderweite chemische Veränderungen hervorgebracht werden, und die im Mineralreich nicht selten vorkommen, hat Haidinger eine sehr gehaltreiche und wichtige Abhandlung geliefert in Pogg. Ann. XI. 173. 366 oder Schweigg. J. LIV. 258.

12) Erfahrung von Lampadius an Platin und Nickel***). Wenn Nickel und Platin, beide im Porzellanofenfeuer unschmelzbar, neben einander erhitzt werden, so springen sie, sobald sie zu erweichen anfangen, auf eine merkwürdige Weise schnell in einander über, und stellen dann ein Metallgemisch von der Schmelzbarkeit des Kupfers dar.

13) Erfahrung von Lampadius an Quecksilber und Natrium****). In einen flachen Achatmörser wurden 3 Drachmen Quecksilber gebracht und auf dasselbe eine durch Zusammendrücken einer Natriumkugel erhaltene Scheibe von ungefähr ½ Linie Dicke und 6 Gran Gewicht

---

*) Pogg. XV. [illegible]

**) Pogg. XII. [illegible] a. a. O.

***) Schweigg. J. X. [illegible]

****) Kastners Arch. XVI. [illegible]

gelegt. Als nun die Natriumſcheibe etwas ſtark, aber wenig reibend, in das Queckſilber eingedrückt wurde, vereinigte ſich nach ungefähr einer Minute das Natrium plötzlich mit einem ziſchenden Geräuſch mit dem Queckſilber, wodurch eine feſte Scheibe von Natriumqueckſilber entſtand, welche noch nach einigen Minuten bedeutend heiß war, und in dem Achatmörſer hatte ſich ein freier Anflug von Queckſilber als Rand um das feſte Amalgama angelegt. Als bei einer Wiederholung des Verſuches gleich nach Erſcheinung der Verbindung ein kleines Thermometer an das Metall gebracht ward, ſtieg daſſelbe ſchnell zum Siedpunkte und mußte augenblicklich entfernt werden.

Über den Grundzuſtand der Körper von Poiſſon *).

In einer Abhandlung über das Gleichgewicht und die Bewegung feſter elaſtiſcher und flüſſiger Körper (die in Cah. XX. des Journ. de l'école polyt. erſcheinen wird), legt Poiſſon folgende Vorſtellungen über den Grundzuſtand der Körper unter, deren Mittheilung dazu wird dienen können, den Standpunkt, den die atomiſtiſche Anſicht, zu deren vornehmſten Repräſentanten Poiſſon zu zählen iſt, einnimmt, zu bezeichnen. Im Weſentlichen ſtimmen dieſe Vorſtellungen immer noch mit denen überein, welche von Laplace aufgeſtellt worden ſind.

1) Die Körper beſtehen aus geſonderten Theilchen (molécules), d. h. aus Theilen wägbarer Materie von unmerklicher Größe, welche durch leere Räume oder Poren von einander geſchieden ſind, deren Dimenſionen für unſere Sinne ebenfalls unmerklich ſind.

2) Dieſe Theilchen ſind ſo klein und einander ſo nahe, daß ein Theil des Körpers, welcher deren eine unendliche Menge enthält, doch noch als außerordentlich klein und die Größe ſeines Volumens als unmerklich angeſehen werden kann.

3) Abgeſehen von der wägbaren Materie, aus welcher jedes Theilchen beſteht, gehört zu demſelben noch überdies eine gewiſſe Quantität unwägbarer, durch Anziehung zur wägbaren Materie mehr oder minder ſtark zurückgehaltener, Materie, welche wir als Wärmeſtoff bezeichnen. Auch kann magnetiſche und elektriſche Materie zwiſchen oder an den wägbaren Theilchen vorhanden ſein, von deren Wirkung ſich aber im neutralen Zuſtande der Körper abſtrahiren läßt.

4) Die Quantität Wärmeſtoff, welche im leeren Raume zwiſchen den Theilchen vorhanden iſt, iſt unmerklich in Verhältniß zu der, welche an den wägbaren Theilchen ſelbſt haftet (s'attache); denn, zufolge eines Verſuchs von Gay-Luſſac, wenn man einen leeren Raum plötzlich vergrößert oder verkleinert, ſo ſieht man keine Wärmeänderung weder in dieſem Raume, noch den umgebenden Körpern, eintreten, entgegen dem, was geſchieht, wenn derſelbe Raum ein wenig Luft oder anderes Gas enthält.

---

*) Nach den Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 145.

Dieſes Umſtandes zufolge müſſen alle Wirkungen, welche der Wärmeſtoff etwa äußert, als von den materiellen Theilchen ſelbſt, nicht aber von den Zwiſchenräumen zwiſchen ihnen, ausgehend gedacht werden.

5) Die wägbaren Theilchen der Körper äußern eine gegenſeitige Anziehung nicht nur zu einander, ſondern auch zur unwägbaren Materie des Wärmeſtoffs; dagegen äußern die Quantitäten Wärmeſtoff, welche den Theilchen anhaften, eine wechſelſeitige Abſtoßung auf einander. Den wägbaren Theilen der Körper kommen mithin bloß anziehende Kräfte zu, den unwägbaren Theilen der Wärme dagegen zwar anziehende Kräfte zur wägbaren Materie, aber abſtoßende Kräfte unter ſich; die Geſammtwirkung zweier Theilchen auf einander iſt die Reſultante (im Fall ſie ſich auf eine einzige zurückführen läßt) dieſer ſämmtlichen Anziehungen und Abſtoßungen, welche einerſeits von ihrer eigenen Materie, andererſeits von dem ihnen anhängenden Wärmeſtoffe geäußert werden.

6) Sowohl dieſe anziehenden als abſtoßenden Kräfte nehmen ſo ſchnell mit der Entfernung der Theichen von einander ab, daß ſie für jede merkliche Entfernung derſelben unmerklich werden. Doch beginnt dieſe ſchnelle Abnahme erſt, wenn die Entfernung ſchon ein ſehr großes Multiplum von dem gegenſeitigen Abſtande zweier ſucceſſiven Theilchen geworden iſt, ſo daß die Wirkungsſphäre jedes Theilchens, wiewohl an ſich unmerklich klein, doch eine unzählige Menge anderer Theilchen befaßt *).

---

*) Ein, in einer frühern Abhandlung von Poiſſon (Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 369.) gegebener Ausdruck für die Molecularkraft, welcher den aufgeſtellten Vorausſetzungen genügt, würde z. B. folgender ſein:

$$a\,b^{-\left(\frac{r}{n\alpha}\right)^m}$$

wo r den variabeln Abſtand der Theilchen bedeutet, a eine beliebige Conſtante, b eine andere Conſtante, welche größer als die Einheit iſt, m einen ſehr großen poſitiven Exponenten, α das zwiſchen zwei conſecutiven Theilchen begriffene ſehr kleine Intervall, n eine ſehr große ganze Zahl, die jedoch ſo beſchaffen iſt, daß $n\alpha$ eine Linie von unmerklicher Größe. Dieſe Function wird ziemlich conſtant ſein, ſo lange r nicht ein ſehr beträchtliches Multiplum von α iſt, ſo bald man aber $r > n\alpha$ hat, wird dieſe Function ſehr ſchnell abnehmen und bald ganz unmerklich ſein.

Ungeachtet übrigens Poiſſon den obigen Ausdruck nicht ſowohl für die anziehende Molecularkraft für ſich, oder die abſtoßende Kraft für ſich, ſondern zur Repräſentation der Reſultante beider aufgeſtellt zu haben ſcheint, wenn man ſich unmittelbar an ſeine Worte halten will (Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 369.), ſo geht doch aus dem ganzen Verfolg ſeiner Analyſe hervor, daß dieſes nur aus Unachtſamkeit geſchehen ſein kann, und daß er ſich dieſe Reſultante f (r) vielmehr als die Differenz zweier Functionen von dieſer Form, deren eine die anziehende Kraft der Theilchen, die andere die abſtoßende der Wärme ausdrückt, vorſtellt. In der That vermag eine Function obiger Form nicht das Zeichen mit Veränderung der Größe von r zu wechſeln, welches doch zum Beſtande eines Körpers im natürlichen Zuſtande erforderlich iſt, und auch (Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 152.) von Poiſſon ſelbſt ausdrücklich als eine von ihm gemachte Suppoſition ausgeſprochen wird. Eben ſo wenig würde die, von Poiſſon aufgeſtellte, Bedin-

7) Die Abnahme der Anziehungskräfte mit der Entfernung befolgt nicht daſſelbe Geſetz, als die Abnahme der Abſtoßungskräfte, ſo daß bei einer gewiſſen Entfernung zweier Theilchen die Anziehung derſelben zu einander, bei einer andern die Abſtoßung derſelben zu einander das Übergewicht haben, und in einer gewiſſen mittlern Entfernung die Anziehung der Abſtoßung das Gleichgewicht halten kann.

8) Der flüſſige Zuſtand unterſcheidet ſich von dem feſten Zuſtande darin, daß in erſterem die Theilchen in Verhältniß zu ihren Dimenſionen ſo weit von einander entfernt ſind, daß ſich in Bezug auf die Wirkung, die ſie auf einander äußern, ihre ganze Maſſe ſo wie die dazu gehörenden Quantitäten Wärmeſtoffs als von ihrem Schwerpunkte aus wirkend anſehen läßt und die Geſtaltung der Theilchen dabei ohne Einfluß iſt; dagegen in den feſten Körpern die Theilchen einander hinreichend genähert ſind, daß die Wirkung ihrer einzelnen Punkte auf einander in Betracht gezogen werden muß, daß mithin ihre Wirkung auf einander eine verſchiedene wird, je nachdem ſie ſich dieſe oder jene Flächen zukehren, auch wenn der Abſtand ihrer Schwerpunkte dabei ungeändert bleibt *).

9) In den feſten und tropfbar flüſſigen Körpern haben bei kleinerer Entfernung der Theilchen die abſtoßenden Kräfte über die anziehenden das Übergewicht und bei größerer gewinnen die anziehenden Kräfte über die abſtoßenden das Übergewicht, ſo daß die gegenſeitige Anziehung zweier Theilchen noch in Entfernungen merklich ſein kann, wo ihre, von der Wärme abhängige, Abſtoßungswirkung ſchon ganz unmerklich iſt. In der atmoſphäriſchen Luft und wahrſcheinlich allen Gasarten hingegen hat die Anziehung erſt über die Abſtoßung das Übergewicht, um dann ſchneller als letztere abzunehmen und in Entfernungen unmerklich zu werden, in welchen die Abſtoßung noch merklich iſt.

Zuſatz. Cauchy legt über den Unterſchied der feſten, tropfbar flüſſigen und gasförmigen Körper folgende Vorſtellung zu Grunde (Bulletin des sc. math. XI. 413. XII. 224). Die Molecularwirkungen in den Körpern überhaupt gehen hervor 1) aus der Wirkung der materiellen Theilchen (den von ihnen gebundenen Wärmeſtoff hinzugerechnet) auf einander, 2) aus der Wirkung der Theilchen des freien Wärmeſtoffes auf einander,

---

gung für den natürlichen Zuſtand der Körper (Mém. de l'Acad. T. VIII. p. [illegible]), daß für jeden Punkt m des Körpers $\Sigma r^3 f(r) = 0$ ſei (wo ſich das Summirungszeichen auf die Abſtände r aller andern Theilchen vom Punkte m bezieht), unter der Vorausſetzung erfüllt werden können, daß $f(r)$ blos durch einen einfachen Exponentialausdruck der obigen Form gegeben ſei. Nachzuweiſen wäre freilich auch noch, was von Poiſſon nicht geſchehen iſt, daß es möglich ſei, dieſe Bedingung zu erfüllen, wenn man für $f(r)$ eine Differenz zweier ſolcher Exponentialgrößen ſetzt.

*) Bekanntlich hat ſchon Laplace dieſe Vorſtellung über den Unterſchied des flüſſigen vom feſten Aggregatzuſtande aufgeſtellt; aber weder Laplace noch Poiſſon haben den Einwurf erörtert, wie mit dieſer Vorſtellung der Umſtand vereinbar ſei, daß manche Körper ausgedehnter im feſten als im tropfbaren Zuſtande ſind.

3) aus der Wirkung der materiellen Theilchen auf die freien Wärmetheilchen. (Dies iſt ſo weit in Übereinſtimmung mit Poiſſon.) In den gasförmigen Körpern nun findet ein ſolches Verhältniß Statt, daß die erſte Wirkung ganz vernachläſſigt werden kann, d. h. daß die Wirkung der nähern wie der entferntern materiellen Theilchen, welche um ein beliebiges Theilchen m der Gasmaſſe herum liegen, auf dieſes Theilchen verſchwindet, und blos die Wirkung des freien Wärmeſtoffs darauf merklich iſt; in den tropfbaren Flüſſigkeiten verſchwindet die Wirkung der dem Theilchen m zunächſt liegenden materiellen Theilchen gegen die Wirkung der etwas entfernteren, doch noch immer ſehr nahe liegenden Theilchen, ſo daß man von der Wirkung der nächſten Theilchen abſtrahiren oder es ſo anſehen kann, als befinde ſich das Theilchen m in der Mitte einer Hohlkugel (oder vielmehr einer, zwiſchen zwei ſphäriſchen Oberflächen von ſehr kleinem Radius enthaltenen, Schicht); in den feſten Körpern endlich wird auch die Wirkung der das Theilchen m zunächſt umgebenden Theilchen auf daſſelbe merklich.

Die Vorſtellung, die Cauchy für die tropfbaren Körper zu Grunde legt, daß nämlich bei ihnen die Wirkung der nähern Theilchen gegen die der etwas entferntern verſchwinden ſoll, iſt allerdings für den erſten Anblick nicht ſehr wahrſcheinlich, indeſſen laſſen ſich Functionen angeben, welche dieſe Vorausſetzung repräſentiren würden, z. B. folgende:

$$k r e^{-r m^2}$$

wo k und e Conſtanten (letztere größer als die Einheit) ſind, r den Abſtand zweier beliebigen Theilchen bedeutet, m eine ſehr große Zahl. In der That verſchwindet dieſe Function ſowohl für $r = 0$ als $r = \infty$ und wird für $r = \frac{1}{m^2}$ zu einem Maximum. Auch muß man in Betracht ziehen, daß die Wirkung der Theilchen auf einander, von welcher hier die Rede iſt, nicht eine einfache Molecularwirkung iſt, ſondern zuſammengeſetzt aus der Wirkung der materiellen Theilchen und ihres gebundenen Wärmeſtoffs, und da in flüſſigen Körpern die Theilchen ein größeres Verhältniß gebundenen Wärmeſtoffs beſitzen, als in feſten, ſo würde ſich hieraus wenigſtens abſehen laſſen, wie bei Veränderung des Aggregationszuſtandes die Function, welche die reſultirende Molecularkraft ausdrückt, ſich ändern kann.

Übrigens führen dieſe Vorſtellungen Cauchy's zu ſehr wichtigen Folgerungen in Bezug auf die mathematiſche Behandlung der Probleme des Gleichgewichts und der Bewegung feſter und flüſſiger Körper. Ihre Triftigkeit nämlich vorausgeſetzt, können die, von der Vertheilungsart der Theilchen um jeden Punkt abhängigen, Coefficienten, welche in die Gleichungen des Gleichgewichts und der Bewegung eingehen, bei tropfbaren und elaſtiſchen Flüſſigkeiten durch Summen ausgedrückt werden, welche ſich auf einfache Integrale wirklicher Differenzialausdrücke reduciren laſſen, dagegen man bei den feſten Körpern bei dreifachen Summen endlicher Differenzen ſtehen bleiben muß, die keine ſolche Reduction geſtatten.

Letzteres hat auch ſchon Poiſſon bemerkt (Mém. de l'Acad. VIII. 365); nach ſeinen Suppoſitionen jedoch würde eine ſolche Reduction überhaupt bei allen Körpern mit discontinuirlichen Theilchen unzuläſſig ſein.

Ungleiche Eigenſchaften von Körpern bei gleicher chemiſcher Zuſammenſetzung.

Man hat, insbeſondere neuerdings, in der Chemie mehrere bemerkenswerthe Erfahrungen gemacht, welche zeigen, daß Stoffe bei gleicher chemiſcher Zuſammenſetzung doch verſchiedene Eigenſchaften beſitzen können, ein Umſtand, den man ſich nicht wohl anders zu erklären weiß, als durch die Annahme, daß dieſe Beſtandtheile in ihnen anders angeordnet oder verdichtet ſind. Solche Stoffe nennt man nach Berzelius Bezeichnung iſomeriſche *). Ich will, da dieſer Gegenſtand in Bezug auf den Grundzuſtand der Körper auch von phyſikaliſchem Intereſſe iſt, die bis jetzt bekannten Beiſpiele darüber zuſammenſtellen **).

1) **Kohlenwaſſerſtoff.** Es giebt 4 Materien gleicher Zuſammenſetzung, welche ſämmtlich aus 4 At. Waſſerſtoff gegen 2 At. Kohlenſtoff ***) beſtehen, deren aber bei gewöhnlicher Temperatur zwei gasförmig, eine tropfbar, eine feſt iſt.

a) **Ölbildendes Gas.** Man erhält es durch Zerſetzung von Alkohol mittelſt conc. Schwefelſäure in der Hitze. Es beſteht aus 4 Volumen Waſſerſtoff und 2 Volumen Kohlenſtoff, die ſich zu 2 Volumen verdichtet haben.

b) **Kohlenwaſſerſtoff Faraday's.** Gehört zu den Producten der Liquefaction von Ölgas durch Compreſſion in den Gordonſchen tragbaren Gaslampen. Iſt bei — 18° C. tropfbar, aber noch unter 0° C. dampfförmig. Der Dampf hat die doppelte Dichtigkeit des vorigen, indem darin 4 Volumina Waſſerſtoff und 2 Volumina Kohlenſtoff zu einem einzigen Volumen verdichtet ſind. (Schweigg. XLVII. 443.)

c) **Schwefelſäurefreies Weinöl.** Erzeugt ſich bei der gewöhnlichen Art, den Äther zu bereiten. Iſt bei gewöhnlicher Temperatur tropfder, von 0,921 ſpec. Gewicht, ſiedet bei 280° C., iſt bei — 35° C. feſt u. ſ. w.

---

*) Vergl. Pogg. XIX. 326. Eigentlich gehört zum Begriff der iſomeriſchen Körper nach Berzelius Bezeichnung noch der Umſtand, daß ſie auch gleiches Atomgewicht beſitzen, welcher z. B. bei den verſchiedenen Kohlenwaſſerſtoffverbindungen nicht Statt findet. Ich habe jedoch eine Unterſcheidung der Stoffe in dieſem Bezuge hier nicht vornehmen wollen.

**) Zwiſchen dem Harnſtoff und dem waſſerhaltigen cyanſ. Ammoniak ſind meines Wiſſens keine Unterſchiede wahrgenommen worden, daher dieſelben vielmehr identiſche als iſomeriſche Körper zu ſein ſcheinen. Sie werden deshalb von mir hier nicht aufgeführt. Vergl. übrigens darüber Pogg. XII. 253.

***) Bei den Atombeſtimmungen ſind Berzeliusſche Verhältniſſe zu Grunde gelegt.

d) **Kryſtalliniſche Materie des Weinöls.** Das Weinöl enthält eine kryſtalliniſche Materie in Suspenſion, die, davon abgeſondert, von 0,980 ſpec. Gewicht iſt, bei 110° C. ſchmilzt, ſich bei 260° C. verflüchtigt u. ſ. f. (Fechner's Rep. der N. Entd. der org. Ch. I. 352.)

2) **Weinſäure und Traubenſäure.** Die Traubenſäure kommt mit der Weinſäure oder Weinſteinſäure zugleich im Traubenſafte vor. Sie beſitzt (im waſſerfreien Zuſtande) mit ihr die gleiche Zuſammenſetzung aus 4 At. Waſſerſtoff, 4 At. Kohlenſtoff, 5 At. Sauerſtoff; unterſcheidet ſich aber von ihr hauptſächlich durch folgende Merkmale: Sie hat eine andere Kryſtallform als die Weinſäure. Sie, ſo wie ihr Kalkſalz, ſind ſchwerer in Waſſer löslich, als die Weinſäure und der weinſaure Kalk. Die Traubenſäure verwittert in der Wärme, die Weinſäure nicht. Die Traubenſäure giebt nicht wie die Weinſäure ein regelmäßig kryſtalliſirtes Doppelſalz mit Kali und Natron u. ſ. w. (Pogg. XIX. 319; Pharm. Centralbl. II. Nr. 11 S. 170.)

3) **Knallſaures Silber und cyanſaures Silber.** Das knallſaure Silber entſteht durch Einwirkung von Salpeterſäure auf Silber unter Mitwirkung von Alkohol, das cyanſaure Silber durch Vermiſchen der Auflöſung von cyanſaurem Kali (das durch Verpuffen von Salpeter mit Blutkohle entſteht) mit der Auflöſung von ſalpeterſaurem Silber. Beide ſind aus 1 At. Silber, 2 At. Sauerſtoff, 2 At. Stickſtoff, 2 At. Kohlenſtoff zuſammengeſetzt; unterſcheiden ſich aber hauptſächlich dadurch, daß das cyanſaure Silber, für ſich erhitzt, nicht explodirt, ſondern nur ziſchend verbrennt, während das knallſaure Silber hiebei eine heftige Detonation bewirkt und daß bei Zerſetzung des cyanſauren Silbers durch eine Säure (bei Gegenwart von Waſſer) Kohlenſäure und Ammoniak, bei Zerſetzung des knallſauren Silbers aber Blauſäure und Ammoniak davon geht. (Vergl. u. a. Schweigg. LXI. 503.)

4) **Lösliche waſſerfreie Cyanurſäure, unlösliche waſſerfreie Cyanurſäure, waſſerhaltige Cyanſäure.** Dieſe drei iſomeriſchen Verbindungen beſtehen ſämmtlich aus gleich viel Atomen von Stickſtoff, Kohlenſtoff, Sauerſtoff und Waſſerſtoff. Sie ſind eines Übergangs in einander fähig. Über das Nähere vergl. Pogg. Ann. XX. S. 369, oder Schweigg. J. LXII. 173.

5) **Phosphorſäure und Pyrophosphorſäure.** Die, auf gewöhnliche Weiſe erhaltene, **ungeglühte** Phosphorſäure oder die zwar geglühte, aber längere Zeit an der Luft gelegene, oder einige Tage in Waſſer aufgelöſt geweſene unterſcheidet ſich von der **friſch geglühten**, oder der, welche durch Verbrennen von Phosphor in Sauerſtoffgas oder atmoſphäriſcher Luft erhalten wird, und die man jetzt **Pyrophosphorſäure** nennt, bei gleicher Zuſammenſetzung aus 2 At. Phosphor und 5 At. Sauerſtoff, doch unter andern in folgenden Eigenſchaften: die Phosphor-

ſäure fällt das Eiweiß, die Pyrophosphorſäure fällt es nicht. Die Verbindung der Phosphorſäure mit Natron fällt das ſalpeterſaure Silber gelb, die der Pyrophosphorſäure weiß, welche Niederſchläge auch ſonſt noch als in der Farbe ſich unterſcheiden u. ſ. w. Übrigens laſſen ſich Phosphorſäure in Pyrophosphorſäure oder phosphorſaure Salze in pyrophosphorſaure Salze und umgekehrt umwandeln, je nachdem man die einen glüht oder die andern längere Zeit mit Waſſer oder gewiſſen Säuren in Berührung läßt oder auch kocht. (Die Verſchiedenheit in Sättigungscapacität der Phosphorſäure von der Pyrophosphorſäure, welche Stromeyer angeführt hat, ſcheint ſich nach andern nicht zu beſtätigen.) *)

6) Zinnoxyd; — Zinnchlorid; — Titanſäure u. e. a. Körper. — Das Zinnoxyd hat verſchiedene Eigenſchaften, je nachdem es durch Salpeterſäure bereitet oder durch Fällen aus Libavſchem Geiſte erhalten wird. Im erſten Falle iſt es unauflöslich in Säuren, im zweiten mehr oder weniger darin löslich. — Das Zinnchlorid unterſcheidet ſich ebenfalls in ſeinen Eigenſchaften, je nachdem man es durch Behandlung der einen oder andern iſomeriſchen Modification des Zinnoxyds erhält. (Berzelius Lehrb. II. S. 272.)

Einen analogen Unterſchied als das Zinnoxyd in den Eigenſchaften zeigen auch Titanſäure, Zirkonerde, Thonerde, Thorerde u. e. a., indem man ſie durch Glühen ihrer Auflöslichkeit berauben kann.

7) Das Cyan ſoll nach Johnſton's Verſuchen, die jedoch nicht hinreichende Zuverläſſigkeit zu beſitzen ſcheinen, ebenfalls in zwei iſomeriſchen Modificationen erhalten werden können, wovon die eine das Cyangas iſt, und die andere eine ſtarre ſchwarze wie Kohle ausſehende Maſſe, welche bei Zerſetzung des Cyanqueckſilbers im Deſtillationsgefäße zurückbleibt. (Schweigg. J. LVI. 341.)

Es verdient Erwähnung, daß der Übergang einer iſomeriſchen Modification in die andere, wenn ſie durch Hitze bewirkt wird, öfters durch ein bemerkenswerthes Phänomen bezeichnet wird. So bemerkt man bei der Zirkonerde, mitunter auch bei der phosphorſauren Ammoniak-Magneſia, wenn ſie ſtark geglüht werden, in einem gewiſſen Zeitpunkte eine Ignitionserſcheinung, wonach der Übergang in die andere iſomeriſche Modification erfolgt iſt. Übrigens zeigt ſich eine ähnliche Ignitionserſcheinung auch in einem gewiſſen Zeitpunkte bei verſchiedenen antimonſauren Salzen, bei Chromoxyd, Eiſenoxyd u. m. a.

Es läßt ſich die Frage aufwerfen, ob es nicht auch für die einfachen Stoffe einen ähnlichen doppelten Zuſtand giebt, als wir hier bei verſchiedenen zuſammengeſetzten Körpern nachgewieſen haben. Es mag genug ſein, in dieſem Bezuge folgende Bemerkung von Berzelius (Pogg. XIX. 329) mitzutheilen.

---

*) Vergl. eine Zuſammenſtellung über das Verhältniß der Phosphorſäure und Pyrophosphorſäure im pharm. Centralbl. I. Nr. 3. S. 36. Nr. 18. S. 287. II. Nr. 13. S. 300. — Pogg. XIX. 331.

„Wenn dieſe Idee, von einer Seite betrachtet, auch keine große Wahrſcheinlichkeit hat, ſo kann man doch auf der andern Seite als Grund zu dieſer Frage anführen: den verſchiedenen Zuſtand der Kohle im Diamant und im Graphit; die Verſchiedenheit des Platins, je nachdem es auf naſſem Wege aus ſeinen Salzen durch Alkohol reducirt oder durch Glühen des Platinſalmiaks erhalten worden iſt; die Verſchiedenartigkeit mehrerer Metalle, z. B. des Eiſens, je nachdem ſie bei einer niederen oder einer höheren Temperatur durch Waſſerſtoffgas reducirt worden ſind; der ungleiche Zuſtand des Titans und Tantals, wenn ſie durch Kalium reducirt und durch Waſſer von dieſem befreit worden ſind, oder wenn man ſie in höherer Temperatur durch Kohle reducirt hat; die ungleiche Brennbarkeit und Löslichkeit in Fluorwaſſerſtoffſäure des Siliciums vor und nach dem Glühen u. ſ. w. Wenn einerſeits zugegeben werden muß, daß dieſe Verſchiedenartigkeiten durch eine ungleiche Aggregation der kleinſten Körpertheilchen leicht zu erklären ſind, ſo muß man doch auch andererſeits bedenken, daß die Atome der einfachen Körper ſich möglicherweiſe unter verſchiedenen Umſtänden auf mehr als eine Weiſe zu regelmäßigen Geſtalten zuſammenlegen können, und daß eine Zuſammenlegung auf dieſe oder jene Weiſe ein verſchiedenes Verhalten zum Licht und eine verſchiedene Neigung zur Verbindung mit anderen Körpern hervorbringen kann. — Aber dies heißt faſt zu viel vermuthen.“

III. Eigenſchaften der Körper, welche von ihrem Aggregatzuſtande abhängig ſind, als: Feſtigkeit, Ductilität, Tenacität, Elaſticität, Härte.

Feſtigkeit.

Einfluß geringer Beimiſchungen auf die Feſtigkeit des Eiſens, von Karſten *). Die Reſultate der Verſuche des Verfaſſers ſind in Kurzem folgende: **Phosphor** vermindert bekanntlich die Feſtigkeit des Eiſens, allein 0,3 p. C. ſind in dieſer Rückſicht kaum merklich; ſobald aber 1 p. C. im Stabeiſen enthalten iſt, läßt es ſich nicht mehr bis zu einem rechten Winkel biegen ohne zu brechen. **Schwefel** macht das Eiſen rothbrüchig, ſobald es nur $\frac{1}{10000}$ des Eiſens beträgt; macht es $\frac{34}{100000}$ des Eiſens aus, ſo büßt daſſelbe ſeine Feſtigkeit und Schweißbarkeit faſt gänzlich ein. Durch Zuſatz von 1 p. C. **Arſenikglas** wurde der Friſchprozeß des Eiſens ungemein verzögert und es ſchien kaltbrüchig zu werden. **Wismuth** änderte die Feſtigkeit des Eiſens nicht, ſobald es nicht mehr als $\frac{81}{100000}$ deſſelben betrug. Von **Zinn** nahm das Eiſen 0,19 p. C. auf, hatte an Feſtigkeit bedeutend verloren und war kaltbrüchig geworden. Eine Verbindung von 34 Theilen **Silber** mit 100000 Eiſen machte daſſelbe rothbrüchig. **Antimon** macht das Eiſen im höchſten Grade kaltbrüchig. **Mangan** hingegen ändert das Eiſen, wenigſtens bis zu einem Zuſatz von 1,85 p. C. faſt gar nicht, eben ſo wenig **Silicium** und **Aluminium**. Zuſätze von **Calcium** (wobei der Verf. carrariſchen Marmor gebrauchte) ſchienen ſogar die Feſtigkeit des Eiſens erhöht zu haben; es zeigte ſich aber bei der Unterſuchung, daß das Eiſen nicht nur kein Calcium aufgenommen hatte, ſondern im Gegentheile der Phosphorgehalt des Eiſens noch vermindert worden war. Daſſelbe fand bei der Miſchung mit **Kalium** und **Natrium** Statt *). Da nun unter allen dieſen genannten Körpern kein einziger iſt, von welchem man ſagen könnte, daß er die Feſtigkeit des Eiſens vergrößere, ſelbſt wenn er dem Eiſen nur im Minimum beigemiſcht iſt, ſo erſcheint es um ſo merkwürdiger, daß die Kohle, welche im Maximo ihrer Verbindung mit Eiſen die Feſtigkeit deſſelben wenigſtens um $\frac{2}{3}$ vermindert, dem Eiſen wirklich eine größere Feſtigkeit zu ertheilen ſcheint, wenn der Kohlengehalt nicht viel über $\frac{1}{2}$ p. C. beträgt. Der Verf. vermuthet indeß, dieſer ſcheinbare Erfolg ſei nur der, durch den Kohlengehalt verminderten, Dehnbarkeit und Geſchmeidigkeit des Eiſens zuzuſchreiben, indem alle Verſuche zur Ausmittelung der Feſtigkeit der Körper nur auf ſolche Weiſe angeſtellt werden können, daß der Körper dabei ausgedehnt oder zuſammengedrückt wird, welchem Umſtande es auch zuzuſchreiben ſei, daß die relative Feſtigkeit des Roheiſens in einem ſehr hohen Grade größer iſt, als die relative Feſtigkeit des Stahls, des grauen Roheiſens und des Stabeiſens, obgleich das weiße Roheiſen von allen Eiſenarten die geringſte abſolute Feſtigkeit beſitzt **).

---

*) Abhandl. der Königl. Akad. der Wiſſenſch. zu Berlin aus d. J. 1826, erſchienen 1829.

Ductilität, Tenacität.

Ductilität des Blei's ***). Durch Verſuche, bei welchen **Coriolis** den Grad maß, in welchem Bleicylinder (von 24 Mill. Durchmeſſer und 19 Mill. Höhe) durch ſtarke, gleich lange einwirkende und ohne in Betracht kommenden Stoß herabgelaſſene, Gewichte (von 1500 bis über 8000 Kil.) plattgedrückt zu werden vermögen, hat derſelbe gefunden, daß die Art der Schmelzung des Blei's auf ſeine Ductilität von bedeutendem Einfluß iſt. Je öfter daſſelbe Blei bei Luftzütritt umgeſchmolzen worden iſt, um ſo mehr nimmt ſeine Ductilität, oder Fähigkeit, ſich platt drücken

---

*) Auch **Blei** und **Zink** gingen keine Verbindung mit dem Eiſen ein. **Kupfer** verminderte die Feſtigkeit nur wenig; ſonderbar aber iſt, daß ein Zuſatz von $\frac{1}{2}$ p. C. dieſes Metalls die Auflöslichkeit der Miſchung in Säuren ſo vermindert, daß dieſelbe 6 mal mehr Zeit erforderte, als reines Stabeiſen.

) Vergl. auch über die Haltbarkeit des Eiſens, in ſo fern es zur Fabrication des Geſchützes dienen ſoll, eine Abhandlung von **Meyer in Erdmann's J. X. und XI.

***) Ann. de Ch. et de Ph. XLIV. 103.

zu laſſen, ab, vermöge eines geringen Oxydgehalts, den es hierdurch erlangt, und zwar ſelbſt dann, wenn bei jedesmaligem Umſchmelzen häufig desoxydirende Subſtanzen, wie Talg und Harz, auf die Oberfläche des Metalls gebracht werden. Dagegen, wenn man Blei unter einer ſtarken Decke feinen Kohlenpulvers in Tiegeln ſchmilzt, von deren Boden aus es durch Hähne abgelaſſen werden kann, ſo daß nichts von der Oberfläche in den Guß kommt und die Luft beim Gießen ſtets abgehalten bleibt, ſo verändert ein ſolches auch wiederholtes Umſchmelzen die Ductilität des Bleies nicht; auch iſt in dieſem Falle die Temperatur der Schmelzung ohne Einfluß darauf. Ferner hat Coriolis gefunden, daß das Maximum der Plattdrückung durch ein gegebenes Gewicht ziemlich ſpät erſt erreicht wird. So hatte ſich unter einer Belaſtung von 1760 Kilogr. die anfänglich durch 680 Theile (jeder zu $\frac{1}{38}$ Millim) ausgedrückte Dicke eines Cylinders von Blei, das unter Kohlenbedeckung geſchmolzen worden, binnen 1 Minute auf 317 Theile, binnen 1 Stunde auf 245 Theile, binnen 24 Stunden auf 225 Theile reducirt.

Dehnbarkeit der Haare *). Nach **Weber** laſſen ſich menſchliche Haare, ohne zu zerreißen, um $\frac{1}{3}$ ihrer Länge ausdehnen und werden dabei dünner. Bei Nachlaß der ausdehnenden Kraft zieht ſich das Haar zuſammen, ohne jedoch ſeine urſprüngliche Länge völlig wieder zu erhalten. Ein Menſchenhaar, das um $\frac{1}{4}$ ſeiner Länge ausgedehnt worden, blieb um $\frac{1}{10}$, und als es um $\frac{1}{3}$ ausgedehnt worden, nahe um $\frac{1}{5}$ ſeiner urſprünglichen Länge verlängert.

Tenacität (Cohäſion) verſchiedener Metalle. **Wollaſton** **) fand die mittlere Zähigkeit zweier feinen **Platin**drähte, deren einer $\frac{1}{3000}$, der andere $\frac{1}{3310}$ Zoll im Durchmeſſer hielt, beſtimmt durch die zum Zerreißen erforderlichen Gewichte, und reducirt auf einen Normaldurchmeſſer von $\frac{1}{10}$ Zoll = 409 (engliſche) Pfund; die mittlere Zähigkeit von 11 Drähten, deren dickſter $\frac{1}{2500}$ und deren dünnſter $\frac{1}{13000}$ Zoll im Durchmeſſer hält, reducirt auf den vorigen Normaldurchmeſſer, = 589 Pfund; das Maximum unter dieſen 11 Fällen war 645 Pfund, das Minimum 480 Pfund. Sehr entfernte ſich jedoch hiervon ein gröberer Draht von $\frac{1}{1100}$ Zoll, der 290 Pfund, und ein feinerer Draht von $\frac{1}{13000}$ Zoll, der 190 Pfund erforderte.

Navier ***) fand für 1 Quadrat-Millimeter Querſchnitt folgende Gewichte, welche das Zerreißen beſtimmten.

Bei:

Eiſenblech, wenn das Gewicht nach der Richtung, nach
der das Blech geſtreckt iſt, wirkt ****) . . . . 41 Kil.

---

*) Pogg. XX. 2.

**) Pogg. XVI. 166.

***) Mém. de l'Acad. T. IX. p. xiii. (Auszug aus einer, von **Navier** vorgeleſenen, Abhandlung.)

****) Tôle de fer tirée dans le sens du laminage.

Desgleichen, wenn das Gewicht ſenkrecht auf dieſe Richtung wirkt	36,4 Kil.
Kupferblech	21,1
Laminirtes Blei	1,35
Röhren und ſolide Stäbe von gewöhnlichem und Kryſtallglas	2,18

Das **Eiſen** fängt an ſich merklich zu verlängern und in ſeiner Feſtigkeit zu leiden, wenn die Belaſtung wenigſtens $\frac{2}{3}$ derjenigen beträgt, welche das Zerreißen bewirkt. Derſelbe Erfolg hat beim **Kupfer** Statt, wenn die Belaſtung die Hälfte von der beträgt, wodurch das Zerreißen bewirkt wird; und beim **Blei** durch eine Belaſtung, die etwas über dieſe Hälfte beträgt. Das Eiſen verlängert ſich manchmal um $\frac{1}{11}$ ſeiner urſprünglichen Länge, bevor es zerreißt, und das Kupfer um $\frac{2}{3}$ dieſer Länge, wobei die Querdimenſionen entſprechend abnehmen. Das Blei, nachdem es ſich ungefähr um $\frac{1}{10}$ verlängert hat, zieht ſich unter der letzten Belaſtung, welche das Zerreißen bewirkt, langſam in die Länge (s'étire lentement).

Man kann nach **Navier** von den hier angegebenen Beſtimmungen eine Anwendung machen, um zu beſtimmen, welchen Widerſtand Gefäße, die aus den angegebenen Subſtanzen beſtehen, dem Zerplatzen entgegenſetzen, wenn Dämpfe oder ſonſtige, mit großer Expanſivkraft begabte, Stoffe darin eingeſchloſſen ſind; denn wiewohl ſich nicht a priori annehmen laſſen würde, daß man die Reſultate, die für einen, bloß in longitudinaler Richtung wirkenden Zug, gefunden wurden, auf Druckkräfte, durch welche eine Gefäßwand nach mehrern Richtungen zugleich gedehnt wird, übertragen darf, ſo wurde doch durch einen directen Verſuch die Gültigkeit dieſer Übertragung erwieſen.

Es wurden nämlich zwei ſphäriſche Gefäße von ungefähr 0,30 Meter Durchmeſſer gegen $2\frac{1}{2}$ *) Millimeter Dicke durch innere Druckkräfte von mehr als 160 Atmoſphären zum Zerreißen gebracht. Die Kräfte, welche dieſen Erfolg bewirkten, entſprachen, nach der Vorausſetzung der Gültigkeit einer ſolchen Übertragung **) berechnet, Kräften von 46 Kilogrammen auf den Millimeter. Der Überſchuß, der hiebei von der obigen Beſtimmung Statt findet, wird von **Navier** auf Rechnung deſſen geſchrieben, daß das zu den kugelförmigen Gefäßen angewandte Blech von beſſerer Qualität als das zu obigen Verſuchen angewandte war, und **Navier** ſchließt hiernach, daß eine Subſtanz, die nach mehrern Richtungen zugleich gedehnt wird, deſſenungeachtet nach jeder Richtung denſelben Widerſtand leiſtet, als wenn dieſe Richtung die einzige wäre, nach welcher die Subſtanz gezogen wird.

*) Wahrſcheinlich ein Druckfehler.

**) Es iſt nicht beigefügt, nach welcher Regel ſie geſchahe.

Elaſticität *).

Elaſticität des Holzes **). Savart prüfte die Elaſticität von Buchenholz nach folgenden drei auf einander rechtwinklichen Richtungen, welche als die Richtungen der Elaſticitätsaxen des Holzes angeſehen werden können.

1) Parallel den Holzfaſern.
2) In der Richtung eines Durchmeſſers des Stammes.
3) Senkrecht auf die beiden vorigen Richtungen.

Dieſe Prüfung geſchahe ſo, daß Savart nach den drei in Rede ſtehenden Richtungen kleine parallelepipediſche Stäbe von gleichen Dimenſionen aus einem Würfel Buchenholz ſchnitt und dieſe in transverſale Schwingungen ſetzte (wo ſich die Elaſticität wie das Quadrat der Schwingungszahlen verhält). Es ergab ſich ſolchergeſtalt folgendes Verhältniß der Elaſticitäten:

1) Parallel den Holzfaſern	16
2) In der Richtung eines Durchmeſſers des Stammes	1
3) Senkrecht auf die beiden vorigen Richtungen . .	2,25

Nach jeder andern Richtung ſteht die Elaſticität zwiſchen denen, die in der Richtung dieſer Axen Statt finden.

Von der, in Bezug zur ungleichen Elaſticität des Holzes nach verſchiedenen Richtungen ſtehenden, Bildung der Klangfiguren auf Holzſcheiben wird in der Lehre vom Schall näher die Rede ſein.

Elaſticität der Kryſtalle *).** Durch Schallſchwingungen, in welche Savart kreisrunde Scheiben aus einigen Kryſtallen, beſonders Bergkryſtall, verſetzte und Betrachtung der darauf entſtehenden Klangfiguren und der begleitenden Töne hat derſelbe über die Elaſticität des Bergkryſtalls folgende Beſtimmungen abgeleitet:

1) In allen Diametralen irgend einer auf der Axe des Bergkryſtalls ſenkrechten Ebene kann die Elaſticität als beinahe gleich angeſehen werden ****).

---

*) Hier iſt bloß von der Eigenſchaft der Elaſticität im Allgemeinen die Rede; von den Gleichgewichts- und Bewegungserſcheinungen (der Torſionskraft, den Schallſchwingungen, Klangfiguren u. ſ. w.), welche von der Elaſticität abhängen, wird unter andern Artikeln gehandelt werden.

**) Pogg. XVI. 217.

***) Pogg. XVI. 227.

****) Der Bergkryſtall erſcheint gewöhnlich in Geſtalt einer ſechsſeitigen Säule mit einer ſechsſeitigen Pyramide an beiden Enden. Obgleich er ſich auf gewöhnliche Weiſe nicht ſpalten läßt, ſo nimmt man doch, der Analogie gemäß an, daß ſeine Grundform ein Rhomboeder ſei und zwar dasjenige, welches man erhalten würde, wenn der Kryſtall ſich parallel dreien nicht zuſammenſtoßenden Flächen und ihren Parallelen ſpalten ließe. Die Richtigkeit dieſer Annahme wird übrigens durch den einfachen Verſuch beſtätigt, daß man ein Bergkryſtallprisma glühend macht und ſchnell erkalten läßt; denn indem es hiebei zerſpringt, bekommt man oft Stücke von rhomboedriſcher Geſtalt.

2) Nicht alle der Axe parallelen Ebenen haben eine gleiche Elaſticität; wohl aber je drei derſelben, die gleiche Winkel mit einander machen. So iſt die Elaſticität gleich in allen Ebenen, welche den ſpaltbaren Pyramidenflächen parallel liegen; aber ſehr verſchieden von der, welche der Axe parallele, aber auf den Säulenflächen ſenkrechte, Ebenen darbieten u. ſ. f.

3) Aus dieſer Identität der Elaſticität in drei verſchiedenen Richtungen ſcheint hervorzugehen, daß es im Bergkryſtall drei Syſteme von Elaſticitätsaxen giebt.

4) Die von den Pyramiden- und Säulenflächen gebildete Kante, welche die große Diagonale des Hauptrhomboeders iſt, iſt die mittlere Elaſticitätsaxe jedes Syſtems. Die, einer ſpaltbaren Pyramidenfläche parallele Ebene enthält die größere Axe jedes Syſtems, welche zugleich die kleine Diagonale der Fläche des Grundrhomboeders iſt; die Diagonalebene, welche die Rhomboederfläche in ihrer großen Diagonale ſchneidet *), enthält die Axe der kleinſten Elaſticität jedes Syſtems, welche ſenkrecht ſteht auf der mittlern Elaſticitätsaxe und mit der größten Elaſticitätsaxe einen Winkel von 57° 40′ 13″ bildet; in ſo fern, daß die Neigung der Rhomboederfläche gegen die Diagonalfläche iſt. Mithin ſind erſtlich die Axen der größten und mittlern Elaſticität, ſenkrecht auf einander ſtehend, in der Ebene der Rhomboederfläche enthalten, und zweitens befinden ſich die Axen der mittlern und kleinſten Elaſticität in der Diagonalfläche, ebenfalls ſenkrecht auf einander; oder es iſt die ſtumpfe Kante des Grundrhomboeders der kleinſten, die große Diagonale der Rhomboederfläche der mittlern, und die kleine Diagonale derſelben Fläche der größten Elaſticitätsaxe parallel.

5) Zwiſchen der größten und kleinſten Elaſticität im Bergkryſtall findet ein größerer Unterſchied Statt, als zwiſchen der größten und kleinſten Elaſticität im Holze.

6) Der Kalkſpath und Eiſenſpath ſcheinen hinſichtlich ihrer Elaſticität im Allgemeinen dem Bergkryſtall analog zu ſein; man erkennt auch in ihnen drei Syſteme von Elaſticitätsaxen, die einander durchaus ähnlich zu ſein ſcheinen; doch iſt bei dem Kalkſpath die kleine Diagonale der Rhomboederfläche die Axe der kleineren Elaſticität, während ſie bei dem Bergkryſtall die der größern iſt.

Wir ziehen dieſe Reſultate hier bloß vorläufig aus. In dem Kapitel von den Klangfiguren wird von den Erſcheinungen, aus welchen dieſelben hergeleitet ſind, näher die Rede ſein.

Elaſticität der Metalle im Allgemeinen. Es iſt ſchon S. 10 angegeben worden, daß man durch akuſtiſche Erſcheinungen veranlaßt wird anzunehmen, daß ſelbſt die gegoſſenen Metalle, deren Gefüge doch ganz homogen erſcheint, nur als eine verworrene Anordnung kleiner Kryſtalle oder Kryſtallſyſteme zu betrachten ſind, in ſo fern Scheiben, die aus ſolchen Metallen geſchnitten worden ſind, ſich ganz wie Kryſtallſcheiben hinſichtlich der von ihrer nach verſchiedenen Richtungen verſchiedenen Elaſticität abhängigen Theilungsarten durch Schallſchwingungen verhalten, und in ſo fern auch beim Erſtarren gegoſſener Metalle Erſcheinungen eintreten, welche daſſelbe andeuten.

---

*) Genauer beſtimmt, die Ebene, welche, parallel einer ſtumpfen Kante des Grundrhomboeders, durch die große Diagonale der dieſer Kante gegenüberliegenden Rhomboederfläche gelegt iſt.

Eine natürliche Folge dieſer Structur iſt, daß die Elaſticitätsunterſchiede bei einem und demſelben Metalle deſto größer zu ſein ſcheinen, je kleiner die angewandten Kreisſcheiben, an denen man die akuſtiſchen Verſuche anſtellt, ſind, weil dieſe Scheiben eine um ſo kleinere Anzahl kryſtalliniſcher Syſteme enthalten, je kleiner ihr Durchmeſſer iſt, mithin um ſo weniger eine Ausgleichung nach den verſchiedenen Richtungen durch die verworrene Lage der Kryſtallſyſteme bewirkt werden wird. Dies wird auch durch die Erfahrung beſtätigt. So findet ſich unter den beiden Tönen einer Scheibe von Blei, Zinn oder Zink, von 12 bis 15 Cent. Durchmeſſer ſelten ein größeres Intervall als ein halber Ton, während das Intervall häufig bis auf eine Quarte ſteigt, wenn die Scheiben aus jenen Metallen nur 3 bis 4 Centim. im Durchmeſſer halten.

Elaſticität des Eiſens. **Mitis** hat ſeine frühern Verſuche über die Feſtigkeit und Elaſticität verſchiedener Eiſen- und Stahlſorten (Baumg. Zeitſchr. IV. 129) neuerdings fortgeſetzt und erweitert. Da jedoch dieſe Verſuche mehr techniſch-praktiſches Intereſſe haben, als zu neuen wiſſenſchaftlich wichtigen Reſultaten führen, ſo verweiſe ich darüber auf die Originalabhandlung in Baumg. Zeitſchr. VI. 43.

Härte.

Härte der Kryſtalle von Frankenheim [*]. So wie die Kryſtalle nach verſchiedenen Richtungen verſchiedene Eigenſchaften hinſichtlich ihrer Elaſticität, ihres Verhaltens zum Licht und zur Wärme darbieten, ſo findet daſſelbe nach **Frankenheims** Unterſuchungen auch in Bezug zu ihrer Härte Statt, die ſich keineswegs nach allen Richtungen gleich verhält; ja es zeigen ſich ſelbſt bei den Kryſtallen des Teſſularſyſtems (z. B. Kochſalz) [**] Härteunterſchiede nach verſchiedenen Richtungen, ungeachtet dieſe gegen Licht und Wärme ſich nach allen Richtungen gleich verhalten.

Als allgemeines Ergebniß dieſer Unterſuchungen möchte das anzuſehen ſein, daß **zwiſchen der Härte nach den verſchiedenen Richtungen und den Blätterdurchgängen der innigſte Zuſammenhang herrſcht**, ſo daß die Richtungen der größten und kleinſten Härte ſich aus der Lage der Blätterdurchgänge beſtimmen laſſen. Je mehr ſich die Blätterdurchgänge an Deutlichkeit von einander ſcheiden, und unter je weniger ſchiefen Winkeln ſie gegen einander und gegen die zu prüfende Fläche geneigt ſind, deſto genauer werden die Richtungen der größten und kleinſten Härte beſtimmt. Unter je ſchieferem Winkel aber der Blätterdurchgang gegen die zu prüfende Fläche geneigt iſt, deſto weniger eignet er ſich zur Beſtimmung der Härte, und ſeine Wirkung, nach dem Kräfteparallelogramme zertheilt, ſcheint der zweier Blätterdurchgänge zu gleichen, wovon der eine zur Fläche parallel, der andere darauf ſenkrecht iſt.

---

[*] Baumg. Zeitſchr. IX. 94. 194. 332.

[**] Hier ſind die den Diagonalen der Fläche parallelen Linien härter als jene den Kanten parallelen.

Die Härteverhältniſſe nach den verſchiedenen Richtungen ſind unabhängig von der chemiſchen Beſchaffenheit der Subſtanzen, ſo daß Körper von ſehr verſchiedener chemiſcher Zuſammenſetzung, als z. B. der kohlenſaure Kalk, ſalpeterſaures Natron, Flußſpath, ſalpeterſ. Strontian gleiche Härteverhältniſſe (nicht abſolute Härten) nach verſchiedenen Richtungen zeigen, wenn ſie dieſelben oder einander ähnliche Geſtalten und gleichgeartete Blätterdurchgänge beſitzen, dagegen Körper auch von derſelben Geſtalt aber verſchiedenen Blätterdurchgängen jederzeit auch in ihren Härteverhältniſſen von einander abweichen.

Man kann dreierlei Arten von Härteunterſchieden je nach der Art ihres Vorkommens an demſelben Kryſtalle annehmen; nämlich Härteunterſchiede:

1) auf derſelben Linie, je nachdem man in der einen oder in der entgegengeſetzten Richtung ſtreicht;
2) auf derſelben Fläche je nach verſchiedenen Richtungen;
3) auf verſchiedenen Flächen deſſelben Kryſtalls.

Das Statthaben der Unterſchiede erſterer Art iſt an die Bedingung gebunden, daß eine Theilungsfläche unter einem ſtumpfen Winkel gegen die Streichlinie, in der man die Härte prüft, geneigt ſei, wo dann jene Richtung die größte Härte zeigt, die gegen die durch den Anfang der Linie gehende Theilungsfläche unter einem ſtumpfen Winkel geneigt iſt, jene die geringere, deren Neigungswinkel ein ſpitzer iſt *). Sind zwei Theilungsflächen vorhanden, deren eine unter einem ſtumpfen, die andere unter einem ſpitzen Winkel gegen die Streichlinie geneigt iſt, ſo können ſich die Wirkungen compenſiren. Die Unterſchiede zweiter Art ſind größtentheils viel geringer, als die der dritten Art und nur mit größerer Mühe zu beobachten, geſtatten aber auch, einmal entdeckt, eine größere Sicherheit. In Bezug auf dieſe Unterſchiede zweiter und dritter Art möchten folgende

---

*) Am leichteſten ſind dieſe Unterſchiede am rhomboedriſchen Kalkſpath zu beobachten. Unter allen Linien auf den Flächen deſſelben ſind es bloß die den längeren Diagonalen, welche zwiſchen zwei ſchiefen oder zwei ſtumpfen Kanten liegen, parallelen Linien (Linien der größten Härte), die, in beiden Richtungen geſtrichen, denſelben Härtegrad zeigen, dagegen ſich das Maximum des Unterſchiedes in dieſer Hinſicht auf den Linien der kleinſten Härte zeigt, welche parallel den kürzern Diagonalen ſind, die zwiſchen einer ſtumpfen und einer ſcharfen Kante liegen; indem ſie in der Richtung von der ſtumpferen zur ſchärferen Ecke geſtrichen eine beinahe jener der längeren Diagonale gleiche Härte zeigen, in der entgegengeſetzten Richtung geſtrichen aber die kleinſte Härte am ganzen Kryſtall. Ähnliche Erſcheinungen werden auch bei andern Kryſtallen, beſonders auffallend am ſalpeterſauren Natron beobachtet.

Regeln, die ich hier aus den ſpeciellen Reſultaten ausziehe, am meiſten dienen, eine allgemeine Einſicht in den Gegenſtand zu geben.

Im Fall bloß ein einziger Blätterdurchgang Statt fände, ſo wäre die Härte am kleinſten in der auf den Blätterdurchgang ſenkrechten, am größten in der damit parallelen Richtung und, wie ſchon erwähnt, nimmt der Unterſchied zwiſchen den Richtungen um ſo mehr zu, je weniger ſchief der Blätterdurchgang gegen die geprüfte Fläche geneigt iſt.

Sind zwei auf einander ſenkrechte gleich deutliche Blätterdurchgänge vorhanden, die unter rechten oder nicht ſehr ſchiefen Winkeln gegen die Ebene der Beobachtung geneigt ſind, ſo iſt die Härte in der Richtung der Diagonale größer als in der Richtung der Blätterdurchgänge ſelbſt; ſind dieſe Blätterdurchgänge ungleich ſpaltbar, ſo iſt die Weichheit des Strichs am größten in der auf den deutlichern Blätterdurchgang ſenkrechten Richtung; ſind zwei Blätterdurchgänge gleich deutlich oder unter einem ſchiefen Winkel gegen einander und ſymmetriſch gegen die Ebene der Beobachtung geneigt, ſo fällt in die Richtung der Diagonalen, welche ihren ſpitzen Winkel theilen, die größere, in die Richtung der Diagonalen, welche ihren ſtumpfen Winkel theilen, die geringere Härte.

Hiernach wird ſich auf allgemeine Weiſe die Beziehung der Richtungen der größten und kleinſten Härte auf jeder Fläche in Bezug zu der Richtung der Blätterdurchgänge vorausſehen laſſen, indem auch bei ungleichartigen und ſchief geneigten Blätterdurchgängen ein ähnlicher Bezug der Richtung der größten und kleinſten Härte zu der Lage der deutlichern und minder deutlichern Blätterdurchgänge erkannt wird, als im Vorigen; indeß führen doch die Beobachtungen noch zu keiner ſichern Formel, nach der man beſtimmen könnte, wie ſich die Wirkung der verſchiedenen Blätterdurchgänge hiebei zuſammenſetzt, daher man vorläufig noch die detaillirten Beobachtungen ſelbſt zu ſammeln hat.

In Bezug auf die verſchiedenen Flächen gelten folgende Regeln:

Alle Flächen, welche die Kryſtallographen für homolog anſehen, haben gleiche Härten.

Im Allgemeinen ſteht die mittlere Härte einer Fläche im verkehrten Verhältniſſe zu ihrer Theilbarkeit; oder in jeder Kryſtallfläche ſind jene Linien die härteſten, die den Perpendikeln auf die härteſten Flächen am nächſten liegen, jene die ſchwächſten, die ſich den Perpendikeln auf die ſchwächſten Flächen nähern, und umgekehrt; ſo daß auf dieſe Art die mittlere Härte der Flächen mit der Richtung der größten und kleinſten Härte auf derſelben in Verbindung ſteht, wodurch jedoch nicht geſagt ſein ſoll, daß die Richtungen der größten und kleinſten Härte der Flächen und jene der Linien immer unter ſich genau ſenkrecht ſein müſſen.

Der Verfaſſer hat zu allen dieſen Beſtimmungen ſehr ausführliche Belege und nähere Erörterungen mitgetheilt. Da jedoch nach der allgemeinen Kenntniß der angeführten Data das Detail mehr von mineralogiſchem als phyſikaliſchen Intereſſe ſein möchte, ſo verweiſe ich hierüber auf die Originalabhandlung.

Verfahren der Unterſuchungen. Das Verfahren, mittelſt deſſen der Verf. ſeine Reſultate fand, war folgendes: Die Kryſtalle wurden auf ganz glatten reinen und wo möglich erſt vor kurzem blosgelegten Flächen mit Stengelchen oder Nadeln von Zink, Blei, Zinn, Gold, Silber, Kupfer und Eiſen von verſchiedener Härte, härtere Kryſtalle mit Topas und Sapphir geſtrichen, um zu beobachten, ob die Flächen davon geritzt wurden. Aus dieſen Körpern wurden jene gewählt, welche den zu prüfenden Kryſtall an Härte am wenigſten übertrafen. Bei jedem Kryſtall wurden nur jene Beobachtungsreſultate mit einander verglichen, welche mittelſt deſſelben Stengelchens möglichſt ſchnell hinter einander erhalten wurden.

Zuſatz. Frankenheim *) ſtellte einige Verſuche auch über die relative Leichtigkeit an, mit welcher verſchiedene Flächen, Kanten oder Ecken eines und deſſelben Kryſtalls durch ſchwache Säuren oder Salzauflöſungen angegriffen werden; und ſahe dabei häufig einige Flächen in Kurzem ihren Glanz verlieren, während ihn andere länger beibehielten; die Kanten oder Flächen bald concav, bald convex werden, und wenn der Kryſtall aufgelöſt ward, einige Winkel ihre Schärfe beibehalten oder vermehren, andere dagegen ſich in Kurzem abrunden. Die Reſultate fallen nach dem Verfaſſer conſtant aus, ſind jedoch nicht näher von ihm ſpecificirt worden. Wahrſcheinlich ſtehen ſie in nahem Bezuge zu den vorerwähnten, die der Verf. über die Härte der Kryſtalle nach verſchiedenen Richtungen und an verſchiedenen Flächen erhalten hat, was jedoch noch nicht näher unterſucht iſt. Auch die Verſuche Daniell's (in den Ann. de Ch. et de Ph. II. 287. IV. 33) haben einige Beziehung zu denen Frankenheim's, doch wurde von Daniell nicht die Einwirkung der Flüſſigkeiten auf einzelne Kryſtallflächen, ſondern auf zuſammengeſetzte Kryſtalle unterſucht.

IV. Über die mathematiſche Betrachtung der Gleichgewichts- und Bewegungserſcheinungen im Allgemeinen.

Die mathematiſche Behandlung der Gleichgewichts- und Bewegungserſcheinungen der Körper hat in neuern Zeiten höchſt wichtige und folgenreiche Fortſchritte gemacht, und zwar haben ſich ſeit Laplace und Lagrange die umfaſſendſten Verdienſte in dieſer Hinſicht Fourier, Cauchy und Poiſſon erworben, während andere, wie z. B. Gauß, Navier u. a. einzelne Probleme glücklich behandelt haben. Eine ausführliche Entwickelung deſſen, was von dieſen Mathematikern geleiſtet worden iſt, kann hier nicht Platz finden; es mag daher an einer kurzen Angabe deſſen genügen, was mir hauptſächlich in dieſen Beziehungen Bemerkung zu verdienen ſcheint.

---

*) Baumg. Zeitſchr. IX. 197.

1) Poiſſon und Cauchy haben zuerſt bei der Behandlung der Gleichgewichts- und Bewegungs-Erſcheinungen die bisher ſtets zu Grunde gelegte Vorſtellung verlaſſen, daß die Körper continuirliche Maſſen ſeien und ſtatt deſſen die Vorſtellung derſelben als Aggregate discontinuirlicher Theilchen angenommen.

Allerdings hat ſchon Laplace die Vorſtellung entwickelt, zu der ſich auch nachher der größte Theil der Phyſiker bekannt hat, daß die Körper wohl Aggregate discontinuirlicher Theilchen ſein möchten; indeß haben weder er ſelbſt, noch ſeine Nachfolger bei der mathematiſchen Behandlung der Probleme des Gleichgewichts und der Bewegung der Körper auf Abſtände zwiſchen den einzelnen Theilchen Rückſicht genommen, vielmehr die Summirung der Wirkungen der einzelnen Theilchen ſtets ſo vorgenommen, als wenn letztere eine continuirliche Maſſe bildeten. Dieſes nun iſt unſtreitig zuläſſig, ſo lange es ſich um Kräfte handelt, welche von Außen auf die Körper einwirken, wie die Anziehungen gegen andere Körper, Stoßkräfte, die von andern Körpern geäußert werden; allein dieſe Vorſtellungsart kann öfters ungenügend werden, wenn ſich die Berechnung auf Erſcheinungen bezieht, bei denen Wirkungen, welche die einzelnen Theilchen der Körper ſelbſt auf einander äußern, ins Spiel kommen, Wirkungen, von deren Verſchiedenheit nicht nur die Verſchiedenheit der Aggregatzuſtände, ſondern auch die Verſchiedenheiten in den Eigenſchaften Elaſticität, Härte u. ſ. w. abhängen. In dieſen Fällen kann es öfters (nach Poiſſon überhaupt, nach Cauchy wenigſtens bei feſten Körpern vergl. S. 21) unzuläſſig werden, die ſummirten Wirkungen der kleinſten Theilchen auf beſtimmte Integrale (die zwiſchen den Gränzen Null und Unendlich genommen werden) zurückzuführen, ſtatt deren man vielmehr Summen mit endlichen Differenzen der Variabeln beizubehalten hat.

Poiſſon und Cauchy ſcheinen ziemlich gleichzeitig *) und unabhängig von einander die in Rede ſtehenden Probleme aus dieſem neuen Geſichtspunkte betrachtet und behandelt zu haben; der erſte zuerſt in ſeiner Abhandlung: Sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques in den Mém. de l'Acad. royale 1829, T. VIII. 357; dann in mehrern darauf folgenden Abhandlungen, welche auch die flüſſigen Körper betreffen, ibid. IX. 1. X. 317. und Journ. de l'école polyt. cah. XX; Cauchy zuerſt in ſeinen Exercices de Math. T. III. 188 in der Abhandlung: Sur l'équilibre et le mouvement d'un système de points matériels sollicités

---

*) Poiſſon's Abhandlung in den Mém. de l'Acad. royale VIII. war mindeſtens noch nicht erſchienen, ſondern bloß eine Inhaltsangabe derſelben in den Ann. de Ch. et de Ph., als Cauchy's Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand in ſeinen Exerc. de Math. ans Licht traten. (Vergl. dieſe Exerc. III. p. [illegible])

par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle; dann noch mehreren andere Abhandlungen in denſelben Exercices (beſonders III. 213. IV. 129), wobei auch einige Erörterungen desſelben in dem Bull. univ. des scienc. mathem. et phys. T. XI. p. 413. XII. 223 verglichen zu werden verdienen.

Cauchy hat das Problem des Gleichgewichts und der Bewegung von Syſtemen materieller geſonderter Theilchen in ungleich größerer Allgemeinheit aufgefaßt, als Poiſſon, denn während letzterer ſeine Vorſtellungen über die Verhältniſſe der kleinſten Theilchen der Körper nur bei Gelegenheit der ſpeciellen Probleme, die er behandelt, entwickelt und ſo weit in die Rechnung hineinzieht, als es für den betreffenden Gegenſtand erforderlich iſt *); hat Cauchy dieſe Verhältniſſe ſelbſt auf die möglichſt allgemeine Weiſe, ſo weit es für die jetzige Analyſe überhaupt ausführbar zu ſein ſcheint, aufgefaßt und der Berechnung unterworfen, und ſo Gleichungen erhalten, die ſich dann einer großen Menge ſpecieller Suppoſitionen fügen, und ſolchergeſtalt ſehr fruchtbar werden können.

Die Vorausſetzungen, für welche Cauchy die allgemeinen Gleichungen aufſucht, ſind folgende **):

Es ſind eine ſehr groſe Menge materieller Punkte oder Molecule gegeben, die willkührlich in einem Theile des Raumes vertheilt ſind und durch gegenſeitige Anziehungs- oder Abſtoßungskräfte ſollicitirt werden ***). Es wird angenommen, die Anziehungs- oder Abſtoßungskraft zwiſchen je zweien Theilchen m und m′ ſei gleich dem Producte ihrer Maſſen, multiplicirt durch eine (unbeſtimmt gelaſſene) Function ihres gegenſeitigen Abſtandes; es ſei aber die Wirkung beider Theilchen auf einander und die erwähnte Function des Abſtandes ſo beſchaffen, daß ſie nur für ſehr kleine Werthe des Abſtandes noch merkliche Werthe behält. Ferner beſchränkt ſich die Herleitung der Gleichungen auf den Fall, daß die Änderung des Abſtandes je zweier Theilchen nur in einem, wenig von der Einheit verſchiedenen, Verhältniß geſchieht.

Unter dieſen, ſehr allgemeinen, Vorausſetzungen nun findet Cauchy Gleichungen ****), die ſich auf alle, in der Natur vorkommende Körper (ſelbſt Licht- und Wärmefluidum) ſcheinen anwenden zu laſſen; je nachdem man gehörige, der phyſikaliſchen Beſchaffenheit dieſer Körper entſprechende, Vorausſetzungen in dieſelben ſubſtituirt. Durch ſolche Vorausſetzungen für beſondere Fälle laſſen ſie ſich, je nach der Beſchaffenheit der betrachteten, Körper, mehr oder minder vereinfachen, während ſie in ihrer allgemeinſten Form allerdings ſo complicirt ſind, daß ſie ſich ſchwer überſehen laſſen und direct gar keine Brauchbarkeit haben würden, ungeachtet bei der Entwickelung derſelben die Potenzen der Abſtände der Theilchen, welche die zweite überſteigen, und die Potenzen der Ortsveränderungen der Theilchen, welche die erſte überſteigen, vernachläſſigt worden ſind.

---

*) Dieſe Vorſtellungen ſind S. 19 mitgetheilt worden.

**) Exerc. III. p. 188.

***) Eine beſondere Wirkung der materiellen Theilchen und der Wärme wird hiebei nicht unterſchieden.

****) Man erhält die allgemeinſten Gleichungen, wenn man in Cauchy's Exerc. III. in die Formeln (23) und (24) pag. 197 und 198 die Werthe von X, Y, Z ſubſtituirt, die durch die Gleichungen (25), (26), (30), (31) gegeben werden. (Vergl. auch Oſtrogradsky in Bull. un. des sc. math. XIV. 243.)

2) **Die allgemeinen Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen feſter elaſtiſcher Körper ſind neuerdings zuerſt gegeben worden, während man früher bloß einzelne davon abhängige Probleme nach beſondern Betrachtungen behandelt und gelöſt hatte.**

Zuerſt **Navier**, dann ziemlich gleichzeitig **Cauchy** und **Poiſſon** *) haben, jeder auf eigenthümlichem Wege, dieſe Gleichungen entwickelt.

Die Unterſuchungen **Navier's** und **Poiſſon's** betreffen bloß Körper, die nach allen Richtungen **gleich elaſtiſch** ſind. **Navier** ferner hat bloß die Differenzialgleichungen gegeben, ohne ſie zu integriren oder für beſondere Fälle anzuwenden; und wiewohl ſeine Gleichungen mit denen von **Poiſſon** in der **Form** übereinkommen, ſo hat doch über die Principien, von denen er dabei ausgegangen iſt, eine lebhafte Discuſſion zwiſchen **Navier** und **Poiſſon** Statt gefunden **). Indeß, wenn auch **Navier** das Verdienſt bleibt, die allgemeine Form jener Gleichungen zuerſt aufgefunden zu haben, ſo hat doch jedenfalls **Poiſſon** das weit größere, ſie, nachdem er ſie auf eigenthümlichem Wege, unter der Betrachtung der Körper als Aggregats discontinuirlicher Theilchen, von Neuem hergeleitet hat, integrirt ***), und durch mannichfaltige Anwendungen der Verglei-

---

*) Nur eben ſind mir auch die Unterſuchungen von **Lamé** und **Clapeyron** in Crelle J. VII. S. 150. 237. (deren Fortſetzung jedoch noch erſt erwartet wird) zu Geſicht gekommen, welche ebenfalls zu Gleichungen von derſelben Form als die Navierſchen führen. Sie betreffen gleich den Navierſchen Unterſuchungen nur homogene Körper, welche nach allen Richtungen gleich elaſtiſch ſind. — Ich weiß nicht, ob **Pagani** ſeine Unterſuchungen über denſelben Gegenſtand, die er wenigſtens zu geben beabſichtigt hat, (vergl. Quetelet Corresp. T. VI. p. 87) ſchon mitgetheilt hat.

) Vergl. über dieſe Discuſſion von **Navier's Seite Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 304. XXXIX. 145. XL. 99. Bullet. des sc. math. XI. 243; von **Poiſſon's** Seite Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 435. XXXIX. 204. — Vergl. auch über dieſe Discuſſion **Arago** in Ann. de Ch. et de Ph. XL. 107. und **Pagani** in Quetelet Corresp. math. T. VI. p. 86.

***) Die partielle Differenzialgleichung, welche die Geſetze der kleinen Schwingungen homogener nach allen Richtungen gleich elaſtiſcher Körper auszudrücken dient, läßt ſich auf folgende Form bringen:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = a^2\left(\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} + \frac{d^2\varphi}{dz^2}\right)$$

Die Integration dieſer Gleichung hat **Poiſſon** ſchon früher in den Mém. de l'Acad. T. III. gegeben. Die Reduction der Gleichung des Problems auf dieſelbe aber in einem Article additionnel in den Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 623. Andere Integrale, welche für die Herleitung phyſikaliſcher Folgerungen bequemer chung mit der Erfahrung zugänglich und hiemit erſt eigentlich wirklich fruchtbar gemacht zu haben; und ſind gleich ſeine Suppoſitionen ebenfalls nicht von allen Schwierigkeiten frei *), ſo hat doch die Erfahrung ſelbſt die Reſultate, zu denen er dadurch geführt worden iſt, bis jetzt durchgehends beſtätigt.

Die Arbeit **Navier's** iſt in den Mém. de l'Acad. 1827. T. VII. p. 375 (kurze Angabe der definitiven Formeln im Bullet. univers. des sc. math. X. 235) enthalten; die Abhandlung **Poiſſon's** in den Mém. de l'Acad. T. VIII. 357. 623.

Cauchy hat ſeine Unterſuchungen ſämmtlich in ſeinen Exercices de Math. niedergelegt. Sie führen in Bezug auf Körper, welche nach allen Richtungen gleich elaſtiſch ſind, zu Formeln, welche in der Form mit denen von **Poiſſon** und **Navier** übereinſtimmen. Außerdem aber hat er auch, und dies iſt ſein eigenthümliches Verdienſt **), die allgemeinen Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen für Körper, **die nach verſchiedenen Richtungen verſchieden elaſtiſch ſind**, gegeben. Überhaupt tragen ſeine Unterſuchungen den Mangel der größten, allerdings oft ermüdenden, Allgemeinheit, und umfaſſen neben den Gleichungen für die elaſtiſchen feſten Körper auch die für Körper, die der Elaſticität gänzlich beraubt ſind. Brauchbare Anwendungen ſeiner Formeln vermißt man zwar nicht, doch iſt er viel weniger darauf eingegangen, als **Poiſſon**.

Da die Cauchyſchen Unterſuchungen in vielen einzelnen Abhandlungen ſeiner Exercices zerſplittert ſind, ſo wird dem, der an ihr Studium gehen will, eine Überſicht ihres Ganges hier vielleicht willkommen ſein.

Cauchy entwickelt zuvörderſt die allgemeinen Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen feſter ſowohl als flüſſiger Körper unter Vorausſetzung, daß dieſe Körper continuirliche Maſſen ſind (Ex. II. 108. III. 166), nachdem er über die Verhältniſſe der Druck- und Spannkräfte, welche in den Körpern um denſelben Punkt nach verſchiedenen Richtungen wirkſam ſind (Ex. II. 42, weiter entwickelt in IV. 30. 41), ſo wie über die Verhältniſſe, welche bei der Contraction und Dilatation der Körper Statt finden (Ex. II. 60. III. 237. IV. 216), ſehr allgemeine und durch beſondere Eleganz ausgezeichnete, Entwickelungen gegeben, die hiebei benutzt werden. Von hier aus leitet er die Gleichungen des inneren Gleichgewichts- und Bewegungszuſtandes eines nach allen Richtungen gleich elaſtiſchen Körpers für den Fall ſehr kleiner Geſtaltänderungen unter folgenden zwei Vorausſetzungen ab (Ex. III. 167):

ſind, hat **Poiſſon** in den Mém. de l'Acad. T. X. p. [illegible] gegeben, und ebendaſelbſt p. [illegible] auch die, von **Oſtrogradsky** unter einer noch andern Form dargeſtellten Integrale derſelben Gleichung mitgetheilt.

*) Vergl. darüber **Navier** in den vorerwähnten Discuſſionen.

**) Dieſes Verdienſt ſcheint mir in der That nicht gering zu ſein, da nach dem S. 10 und 13 Erörterten, Körper, die nach allen Richtungen gleich elaſtiſch wären, kaum in der Natur vorzukommen ſcheinen.

1) daß Druck oder Zug bloß der linearen Contraction oder Dilatation nach der Richtung des Drucks oder Zugs proportional ſei (pag. 167—176);

2) für die allgemeinere Vorausſetzung; daß Druck oder Zug w aus zwei Theilen beſtehe, deren einer der Linear-Contraction oder Dilatation e nach der Richtung des Drucks oder Zugs, der andere der Volumen-Änderung v des Körpers einfach proportional ſei, ſo daß man habe

$$w = k\,e + K\,v$$

wo k und K conſtante Größen ſind (pag. 177. 183). Die Gleichungen, welche er ſolchergeſtalt findet, ſtimmen mit denen überein, die Poiſſon und Navier auf andere Weiſe gefunden haben, wofern man nur in den Cauchyſchen Gleichungen $k = 2K$ ſetzt *).

Cauchy faßt jetzt das Problem der elaſtiſchen Körper von Neuem unter dem Geſichtspunkte auf, daß es Aggregate ſehr kleiner discontinuirlicher Theilchen ſind, für welche Aggregate er die allgemeinen Gleichungen, wie ſchon erwähnt (Ex. III. 188. 213. IV. 129), entwickelt hat. Durch gewiſſe Suppoſitionen, welche der Beſchaffenheit von feſten, nach verſchiedenen Richtungen ungleich elaſtiſchen, Körpern zu entſprechen ſcheinen, vereinfachen ſich dieſe Gleichungen ſo weit, daß ſie, Druck oder Zug im Innern des Körpers in ſeinem natürlichen Zuſtande für null angenommen, noch 15, von der Beſchaffenheit des Körpers abhängige, bis jetzt nicht anders als durch Erfahrung zu beſtimmende, Coefficienten enthalten. (Ex. IV. p. 2 ff.)

Im Fall dreier, auf einander rechtwinklicher Elaſticitätsaxen, bleiben hiervon bloß noch 6 (durch Erfahrung zu findende) Coefficienten übrig (Exerc. III. p. 295. IV. 8), die ſich dadurch beſtimmen laſſen, daß man die Schallgeſchwindigkeit oder die longitudinale Schwingungszahl von Stäben, die nach 6 verſchiedenen Richtungen aus einem ſolchen Körper herausgeſchnitten ſind, ausmittelt **), und nimmt man an, daß die Elaſticität nach allen Richtungen gleich wird, ſo reduciren ſich dieſe Coefficienten auf zwei, oder, in ſo fern einer dieſer Coefficienten gegen den andern verſchwindet (G gegen R), auf einen einzigen (Ex. III. p. 211), wo dann dieſe Gleichungen mit denen in der Form coincidiren, die nicht nur Navier und Poiſſon, ſondern auch Cauchy ſelbſt von andern Betrachtungen aus für dieſen Fall gefunden haben.

---

*) Unter analogen Vorausſetzungen, als den beiden vorigen, werden auch von Cauchy die Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen an Körpern, welche der Elaſticität ganz beraubt ſind, aufgeſucht. (Exerc. III. p. 183.)

**) Man beſtimmt nämlich die Coefficienten a, b, c, d, e, f in Gleichung (14) auf pag. 4. in Exerc. IV, indem man 1) die Schallgeſchwindigkeiten Ω', Ω'', Ω''', $\Omega_{\prime}$, $\Omega_{\prime\prime}$, $\Omega_{\prime\prime\prime}$ (pag. 29) direct aufſucht, oder aus den longitudinalen Schwingungszahlen der Stäbe nach der Formel (40) pag. 46. herleitet; 2) hieraus $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$, $\mathfrak{D}$, $\mathfrak{E}$, $\mathfrak{F}$ mittelſt der Gleichungen (36) und (38) pag. 38. beſtimmt; endlich 3) mittelſt (33) und (32) pag. 30. a, b, c, d, e, f beſtimmt.

Die ſpeciellen Probleme anlangend, die Poiſſon und Cauchy behandelt haben, ſo ſind zunächſt von beiden die longitudinalen, transverſalen und drehenden Schwingungen elaſtiſcher Stäbe der Unterſuchung unterworfen worden*); wobei ſich Poiſſon auf die Betrachtung gerader, cylindriſcher, nach allen Richtungen gleich elaſtiſcher Stäbe von conſtantem Durchmeſſer beſchränkt hat, während dagegen Cauchy rechteckige Stäbe, und zwar ſowohl gerade als gebogene, ſowohl von conſtanter als variabler Dicke, und ſowohl für den Fall einer nach allen Richtungen gleichen, als einer nach verſchiedenen Richtungen verſchiedenen Elaſticität betrachtet. Indeß iſt er keineswegs bei allen dieſen Fällen bis zu numeriſchen Löſungen herabgeſtiegen, ſo daß ſeine Unterſuchungen, (abgerechnet die Verallgemeinerung von Reſultaten, die für Stäbe von gleichförmiger Elaſticität gefunden worden ſind, auf Stäbe von nach verſchiedenen Richtungen verſchiedener Elaſticität) im Grunde nicht reicher an für die Erfahrung brauchbaren Reſultaten ſind, als Poiſſon's; doch iſt ihm die Beſtimmung der longitudinalen Schwingungszahl eines kreisförmig gebogenen Stabes (Exerc. III. 295. 365) eigenthümlich. Außerdem behandelt Cauchy bloß noch die Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen einer dünnen Platte von gleichförmiger und ungleichförmiger Elaſticität (wovon die Klangfiguren abhängen) (Exerc. III. 328. IV. 1), jedoch ohne numeriſche Löſungen, während Poiſſon dieſelben Probleme zwar nur in Bezug auf Platten von gleichförmiger Elaſticität behandelt, aber auch für beſondere Fälle numeriſche Löſungen giebt (Mém. de l'Acad. VIII. p. 545). Ferner hat auch Poiſſon die Geſetze der Schwingungen einer Kugel, einer Saite und einer rechteckigen und kreisrunden Membran beſonders entwickelt, ſo daß ungeachtet der größern Allgemeinheit von Cauchy's Unterſuchungen, doch die Poiſſonſchen bis jetzt für die Erfahrung viel fruchtbarer geweſen ſind.

Die Reſultate, die ſo erhalten worden ſind, und ihre Vergleichung mit der Erfahrung, werde ich in der Lehre vom Schall mittheilen; Einiges, was die Gleichgewichtserſcheinungen betrifft, wird auch in den nächſten Artikeln vorkommen.

Bei der großen Wichtigkeit der hier betrachteten Unterſuchungen und der geringen Notiz, die man bis jetzt von den Cauchyſchen Unterſuchungen in Deutſchland genommen zu haben ſcheint, ſchien mir eine etwas nähere Mittheilung ihres Inhalts und Zuſammenſtellung mit den Poiſſonſchen hier nicht am unrechten Orte zu ſein.

3) Die Gleichgewichts- und Bewegungserſcheinungen der Flüſſigkeiten anlangend, ſo ſind die allgemeinern Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen der Flüſſigkeiten aufs Neue von Poiſſon unter Betrachtung der Körper als Aggregate discontinuirlicher Theilchen ent-

---

*) Poiſſon in Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 442. Cauchy in ſ. Exerc. III. 245. 268. IV. 25. 30. 65. 67.

wickelt, auf den Fall zweier über einander befindlichen Flüſſigkeiten ausgedehnt *), und weiter als bisher, namentlich auch in ihrer Anwendung auf die Undulationstheorie des Lichtes erörtert worden, in welchem letztern Bezuge auch Cauchy ganz neuerdings eine wichtige Arbeit bekannt gemacht hat **). Hauptſächlich zwei bisher vernachläſſigte Umſtände, auf die Poiſſon zuerſt aufmerkſam gemacht hat, nämlich die Variation des Drucks nahe an der Oberfläche und den Gefäßwänden der Flüſſigkeiten und das Nicht-Stattfinden des Princips der Gleichheit des Drucks nach allen Richtungen im Bewegungszuſtande der Flüſſigkeiten, haben Poiſſon veranlaßt, die früheren Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen der Flüſſigkeiten in einigen Beſtimmungen abzuändern.

Die Lehre von den Capillarerſcheinungen hat durch Gauß und Poiſſon ***) eine neue und ſicherere Begründung als früher durch Laplace erhalten. Außerdem ſind noch manche einzelne Probleme, deren Literatur man in der Literatur der phyſikaliſch-mathematiſchen Abhandlungen zum Schluſſe des zweiten Bandes finden wird, vollſtändiger oder genauer als bisher gelöſt worden.

4) Man hat in der Behandlung der partiellen Differenzialgleichungen (Partialgleichungen), zu welchen die mathematiſche Betrachtung ſo vieler phyſikaliſchen Probleme führt, in der Beſtimmung der Werthe von beſtimmten Integralen, auf welche die Integration der Partialgleichungen gewöhnlich zurückgeführt wird, und in der, für die definitive Löſung der Probleme ſehr wichtigen Methode, die willkührlichen Functionen, welche in die Integrale der Partialgleichungen eingehen, durch Reihen periodiſcher Quantitäten auszudrücken, neuerdings ſehr wichtige Fortſchritte gemacht.

Abgeſehen von den ſchon etwas früheren Verdienſten, welche ſich namentlich Laplace, Lagrange, u. a. in dieſem Bezuge erworben haben, ſind von neuen Leiſtungen darüber wiederum hauptſächlich die von Fourier, Gauß, Poiſſon und Cauchy zu nennen.

Fourier hat in ſeiner Théorie analytique de la chaleur und mehreren andern Memoiren in Bezug auf die ganze Behandlungsart der, von der Löſung der partiellen Differenzialgleichungen abhängigen, Probleme in mehrerer Hinſicht gewiſſermaßen eine neue Bahn gebrochen, Poiſſon und Cauchy haben dieſe zum Theil verfolgt, zum Theil aber auch ganz eigenthümliche neue Wege eingeſchlagen.

Die wichtigſten neuern Arbeiten in den angegebenen Beziehungen dürften überhaupt außer denen von Fourier in der angezeigten Schrift enthaltenen, folgende ſein:

---

*) Mém. de l'acad. IX. p. 1. X. p. 317. 540.; — Journal de l'école polyt. cah. XX. (Gegenwärtig noch unter der Preſſe.)

**) Mém. de l'acad. X. 293. und Cauchy Exercices V. 19.

***) Poiſſon in einer eigenen Schrift, die noch unter der Preſſe iſt (vergl. Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 61.); Gauß desgl. in einer beſondern Schrift: Principia generalia theoriae figurae fluidorum in statu aequilibrii. 1830.

über Integration der partiellen Differenzialgleichungen. Poiſſon in Mém. de l'Acad. 1818. III. p. 121; derſelbe im Journal de l'école polyt. 1823. cah. XIX. 215 *). (Vergl. auch Poiſſon im Journal de l'école polyt. cah. XV. p. 218. und Bulletin de la soc. philom. 1815. p. 183. 1817. p. 180. 1818. p. 125. 1819. p. 113. 1822. p. 81.) — Cauchy im Journal de l'école polytechn. cah. XIX. p. 511; derſelbe in Mém. de l'Acad. 1830. p. 97 **). (Vergl. außerdem Cauchy im Bulletin de la soc. philom. 1819. p. 10. 1821. p. 101; Cauchy Exerc. de Math. T. II. p. 121. 181. 192.) — Ampère im Journal de l'école polyt. cah. XVII. und cah. XVIII. p. 1 ***). — Ohm in der Leipziger Literaturzeitung, 1831. Nr. 122 ****). (Vergl. auch Corancez in Bull. univ. des sc. math. X. 111. Raabe in Baumg. und Ett. Zeitſchr. VII. 159. Challis in Philos. Mag. 1829. Aug. 123. Oct. 296 u. a.)

über die beſtimmten Integrale. Poiſſon im Journal de l'école polyt. cah. XVI. XVII. 612. XVIII. 295. XIX. 404. und Mém. de l'Acad. T. VI. p. 571. (Vergl. auch Bullet. de la soc. philom. 1822. p. 134. und Bullet. univ. des sc. math. I. 332. X. 116.) — Cauchy in vielen Abhandlungen ſeiner Exercices de Mathemathiques; ferner in einem Mémoire sur les intégrales définies prises entre des limites imaginaires. Paris, 1825; im Journal de l'école polyt. cah. XIX. p. 571; in Gergonne Ann. XVI. No. 4. XVII. No. 3. — Legendre in ſ. Traité des fonctions elliptiques etc. — (Vergl. außerdem Bernier in Gergonne Ann. XV. No. 6. oder Bull. univ. des sc. math. III. 83; Schmidten Disquisitio de seriebus et integralibus definitis. Havniae, 1825; Dirichlet in Crelle J. IV. 94 oder Bullet. univ. des sc. math. XI. 262 u. a.)

---

*) Die erſtere dieſer Abhandlungen, welche in den Mém. de l'Acad. enthalten iſt, behandelt lineare Partialgleichungen mit conſtanten Coefficienten; die letztere (im Journal de l'école), eine Fortſetzung der erſtern, eben ſolche Gleichungen mit variablen Coefficienten, und zwar letztere beide Abhandlungen faſt ausſchließlich ſolche Gleichungen, welche ſchon phyſikaliſche Wichtigkeit erlangt haben.

**) Die erſte dieſer Abhandlungen behandelt die linearen Partialgleichungen mit conſtanten Coefficienten ganz allgemein, in der zweiten werden die Formeln in Bezug auf eben ſolche Gleichungen mit variablen Coefficienten auszugsweiſe aus einer andern, wie es ſcheint noch nicht erſchienenen, Arbeit mitgetheilt.

***) Die Abhandlung in cah. XVII, welchen Band ich mir noch nicht habe verſchaffen können, ſcheint eine neue Methode zur Integration der Partialgleichungen zu enthalten, die in der Abhandlung in cah. XVIII. auf Gleichungen der erſten und zweiten Ordnung angewandt wird.

****) Ohm theilt hier auszugsweiſe aus einem bis jetzt noch nicht erſchienenen Theile eines allgemeinen mathematiſchen Werks die (bisher noch nicht ermittelt geweſene) allgemeine Form mit, welche das allgemeine Integral einer Partialgleichung der $n$ten Ordnung zwiſchen m Variablen annehmen muß, ſo oft ſolches in endlicher Form dargeſtellt werden kann.

Über den Ausdruck der Functionen durch Reihen periodiſcher Quantitäten ſind beſonders die Unterſuchungen Poiſſon's im Journal de l'école polyt. cah. XVIII. 417. und XIX. 145. 432. und Cauchy's in Mém. de l'Acad. T. VI. p. 603. von Wichtigkeit.

Noch ſcheint mir eine neue Art des Calculs, die Cauchy entdeckt und auf die Behandlung vieler rein mathematiſcher wie auch phyſikaliſcher Probleme angewandt hat, und welchen er den Namen Rückſtandsrechnung (calcul des résidus) beilegt, hier eine Erwähnung zu verdienen, da ſie, ohne gerade neue Reſultate von umfaſſender Wichtigkeit bis jetzt herbeigeführt zu haben, doch Methoden und Formeln von großer Bequemlichkeit und Eleganz für die Behandlung vieler, namentlich auch phyſikaliſcher, Probleme an die Hand giebt *). Die erſten Principien dieſer Rechnung finden ſich im erſten Hefte des erſten Bandes der Exerc. math. von Cauchy auseinandergeſetzt und eine weitere Entwickelung derſelben iſt in den ſucceſſiven Heften deſſelben und der ſpätern Bände dieſer Exercices **) gegeben; eine Anwendung dieſer Rechnung auf phyſikaliſche Probleme aber in einer beſondern Abhandlung: Mém. sur l'application du calcul des résidus à la solution des problèmes de physique math. Paris, 1827; wovon eine Fortſetzung in den Mém. de l'Acad. 1827. T. VII. p. 463. enthalten iſt.

5) Nicht unſtatthaft dürfte es ſeyn, hier noch folgende drei Regeln von Gauß, Poiſſon und Cauchy anzuſchließen.

Neues Princip der Mechanik von Gauß ***). Durch Combination des Princips der virtuellen Geſchwindigkeit mit dem d'Alembertſchen Princip hat Gauß folgendes Princip dargethan:

Es ſeien m, m', m'' u. ſ. w. die Maſſen eines Syſtems von bewegten Punkten; A, A', A'' . . . die Lagen, welche ſie nach Verfluß der Zeit t einnehmen; B, B', B'' . . . die, welche ſie nach dem Zeitintervall dt vermöge ihrer erlangten Geſchwindigkeiten und der beſchleunigenden Kräfte, von denen ſie ſollicitirt werden, einnehmen würden, wenn ſie vollkommen frei wären. Die Lagen C, C', C'' . . ., welche ſie wirklich einnehmen werden, werden die ſein, für welche die Summe $m\overline{BC}^2 + m'\overline{B'C'}^2 +$ etc. ein Minimum unter Zuziehung aller Bedingungen des Syſtems iſt. In dem beſondern Falle des Gleichgewichts iſt es die Summe $m\overline{AB}^2 + m'\overline{A'B'}^2 +$ etc., welche ein Minimum iſt.

---

*) Man kann unſtreitig fragen, ob die Einführung neuer Rechnungsmethoden, die im Grunde definitiv nicht mehr leiſten, als die früher bekannten, nicht vielmehr eine Überladung als ein Fortſchritt der Wiſſenſchaft zu nennen ſei; indeß ſcheint mir die Rückſtandsrechnung Cauchy's, wenn man ſich einmal mit ihren Principien vertraut gemacht hat, in der That manche Umwege bei der Auffindung und Darſtellung von Solutionen mathematiſcher und phyſikaliſcher Probleme zu erſparen, und wegen der Allgemeinheit und Eleganz der Formeln, die ſie an die Hand giebt, eine größere Beachtung zu verdienen, als ſie bis jetzt in Deutſchland gefunden zu haben ſcheint.

**) Bis jetzt ſind ſie zum dritten Hefte des fünften Bandes (51ſten Hefte des Ganzen) gediehen.

***) Crelle J. IV. Heft 3.

Regel von Poiſſon *). Wenn ein Problem der Geometrie oder Mechanik auf eine Partialgleichung führt, ſo iſt nothwendig, daß alle Quantitäten, wie die Geſchwindigkeiten der beweglichen Körper, die Ordinaten der Curven, die Neigungen ihrer Tangenten, die Krümmungsradien u. ſ. w., deren Differenziale in die Gleichung des Problems eingehen, dem Geſetze der Continuität unterworfen ſind; denn dieſe Gleichung ſetzt weſentlich voraus, daß die Variation jeder dieſer Quantitäten zu gleicher Zeit als der Zuwachs der Variabeln, von welcher ſie abhängt, unendlich klein wird. Wenn es ſich ſonach um eine Partialgleichung von einer beliebigen Ordnung n handelt, welche

$$\frac{d^n y}{dx^n} \quad \text{oder} \quad \frac{d\,\dfrac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}}}{dx}$$

in ſich enthält, ſo müſſen die Werthe von y, $\frac{dy}{dx}$, $\frac{d^2y}{dx^2}$, bis incluſive $\frac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}}$ dem Geſetze der Continuität unterworfen ſein; die Quantität $\frac{d^n y}{dx^n}$ und alle Differenzialcoefficienten höherer Ordnungen aber brauchen ihr nicht nothwendig unterworfen zu ſein; und bloß hierin läßt die Rechnung eine Discontinuität zu.

Im Original wird dieſe Regel durch ein Beiſpiel näher erläutert.

Regel von Cauchy **). Es ſei eine Partialgleichung gegeben, in welcher alle Ableitungen ***) (dérivées) der (gewöhnlich durch φ bezeichneten) Hauptvariable in Bezug auf die unabhängigen Variabeln x, y, z, t von gleicher Ordnung ſind. Wenn die Anfangswerthe der Hauptvariable und ihrer Ableitungen in Bezug zur Zeit merklich null für alle Punkte ſind, welche in einem endlichen Abſtande vom Anfangspunkte der Coordinaten liegen, ſo werden dieſe Variable und ihre Ableitungen auch zu Ende der Zeit t keine merklichen Werthe im Innern einer gewiſſen Oberfläche haben, welche ſolchergeſtalt die Oberfläche einer fortſchreitenden Welle darſtellt, durch die ſich die Schall-, Lichtſchwingungen u. ſ. w., für welche die Partialgleichung gilt, fortpflanzen. Die Gleichung dieſer Oberfläche wird ſich ferner leicht nach folgender Regel erhalten laſſen.

Man erſetze in der Partialgleichung eine jede Ableitung der Hauptvariable, welche in Bezug zu den unabhängigen Variabeln x, y, z, t genommen iſt, durch das Product dieſer Variabeln, nachdem man dieſelben zu Potenzen erhoben hat, deren Grade für jede unabhängige Variable durch die Anzahl der darauf bezüglichen Differenzirungen beſtimmt werden *). Die neue Gleichung, welche man ſo erhält, wird von der Form

---

*) Journal de l'école polyt. cah. XVIII. p. 432.

**) Mém. de l'Acad. 1831. T. X. p. 293.

***) Ich brauche dieſen Ausdruck nach Eytelwein.

$$F(x, y, z, t) = 0$$

ſein, und wird eine gewiſſe krumme Oberfläche vorſtellen. Man betrachte jetzt den Radius vector, der vom Urſprunge zu einem beliebigen Punkte dieſer krummen Oberfläche gezogen wird; man trage auf dieſen Radius vector vom Urſprung an eine Länge auf, welche gleich dem Quadrat der Zeit, dividirt durch denſelben Radius iſt, und lege dann durch das Ende dieſer Länge eine Ebene ſenkrecht auf den Radius vector. *Dieſe Ebene wird die Berührungsebene der Wellenoberfläche ſein.*

V. Über Druck, Zug, Contraction und Dilatation, Spannung, Torſion feſter Körper.

*Allgemeine Beziehungen zwiſchen den Druck- oder Zugkräften **) in feſten Körpern.* Die Betrachtung des Drucks tropfbarer Flüſſigkeiten iſt bekanntlich eine ſehr einfache Sache. Jeder weiß, daß, wenn eine Maſſe Flüſſigkeit ſich unter dem Einfluſſe einer oder mehrerer Druckkräfte, die in ihrem Innern oder auf ihrer Oberfläche wirken, im Gleichgewicht befindet; dann vermöge der Art, wie ſich dieſe Druckkräfte durch die ganze Flüſſigkeit fortpflanzen, jeder Punkt einer Ebene, die man durch dieſe Flüſſigkeit legt, einen ſenkrechten und von der Richtung der Ebene unabhängigen ***) Druck erfährt. Dieſe Eigenthümlichkeit des Drucks in Flüſſigkeiten hängt mit der vollkommenen Beweglichkeit ihrer Theilchen zuſammen, und findet ſich nicht bei feſten Körpern wieder. Die allgemeinen Bedingungen, unter welchen ein feſter, ſei es elaſtiſcher oder nicht elaſtiſcher, Körper unter dem Einfluß auf oder in demſelben wirkſamer Druck- oder auch Zugkräfte im Gleichgewicht ſein kann, ſind vielmehr viel complicirter ,und nicht auf ſo einfache Ausdrücke zu bringen, als bei

---

*) Alſo wird man z. B. ſetzen:

$$x^2\, y^2 \text{ ſtatt } \frac{d^4 \varphi}{dx^2\, dy^2}$$

$$x^4 \text{ ſtatt } \frac{d^2 \varphi}{d x^4}$$

$$x^3 y \text{ ſtatt } \frac{d^4 \varphi}{dx^3\, dy}$$

u. ſ. f.

**) Druckkraft und Zugkraft unterſcheiden ſich nur durch ihre, in Bezug auf die Punkte, von denen aus ſie wirken, entgegengeſetzte Richtung.

***) d. h. bei jeder Richtung der Ebene gleich bleibenden.

den Flüſſigkeiten. Der Druck oder Zug, den jeder Punkt einer durch den feſten Körper gelegten, Ebene erfährt, iſt im Allgemeinen *nicht ſenkrecht* auf die Ebene, und ſeiner Größe nach *nicht unabhängig* von der Richtung der Ebene; vielmehr findet man durch mathematiſche Betrachtungen folgenden Satz, den ich hier, als in Worten leicht auszuſprechen, voranſtelle:

Wenn ein feſter, ſei es elaſtiſcher oder nicht elaſtiſcher, Körper ſich unter dem Einfluſſe von Druckkräften, die auf ſeiner Oberfläche oder in ſeinem Innern wirken, im Gleichgewicht befindet, ſo erfährt vermöge der Art, wie ſich dieſe Kräfte durch den feſten Körper fortpflanzen, ein beliebiger Punkt m einer Ebene, die man durch den Körper legt, verſchiedene und verſchieden gegen die Ebene gerichtete Druckkräfte, je nachdem man die Ebene um den als fix angenommenen Punkt dreht. Bei einer gewiſſen Richtung der Ebene wird dieſer Druck auf den Punkt m ein *Maximum*, und zugleich ſenkrecht gegen die Ebene gerichtet ſein. Bei einer andern, *auf der vorigen rechtwinklichen*, Richtung wird dieſer Druck ein *Minimum*, und wiederum ſenkrecht gegen die Ebene gerichtet ſein, und noch wird es eine *dritte*, auf die vorigen beiden ſenkrechte, Richtung der Ebene geben, wo der Druck abermals ſenkrecht gegen die Ebene in m wird; *bei allen andern* Richtungen der Ebene aber wird der Druck *ſchief* gegen die Ebene gerichtet ſein, und zugleich verſchiedene Größen erlangen, die ſich dem Maximum oder Minimum nach Maßgabe nähern, als die Richtung der Ebene derjenigen Richtung nahe kommt, wo wirklich Maximum und Minimum Statt findet. Was hier für Druckkräfte ausgeſagt iſt, gilt eben ſo für Zugkräfte.

Dieſer Satz jedoch umfaßt die Beziehungen, die zwiſchen den Druck- oder Zugkräften (oder beiden zugleich, wenn ſie zugleich an einem Körper wirken) zum Gleichgewicht eines feſten Körpers erforderlich ſind, weder hinlänglich ſcharf noch vollſtändig. Dieſe Beziehungen ſind von der Art, daß man, wenn man überhaupt die Größe und Richtung der Druck- oder Zugkräfte, die an demſelben Punkte gegen drei auf einander rechtwinkliche Ebenen, die durch dieſen Punkt gelegt ſind, geäußert werden *), kennt, daraus die Größe des Drucks oder Zugs herleiten kann, welchen eine, durch dieſen Punkt nach *beliebiger* Richtung gelegte, Ebene (an demſelben Punkte erfährt. *Cauchy* **) hat dieſe Beziehungen mit möglichſter Eleganz entwickelt, und es dürfte bei dem Intereſſe und der Wichtigkeit, die ſie beſitzen, manchem nicht unangenehm ſein, ſie hier mitgetheilt zu finden, wiewohl dies nicht ohne einigen Aufwand von mathematiſchen Zeichen geſchehen kann. Hinſichtlich ihrer Herleitung, die nur durch höhere Rechnung geſchehen kann, muß ich mich begnügen, auf Cauchy's Abhandlung ſelbſt zu verweiſen.

---

*) Oder, was daſſelbe ſagt, die an demſelben Punkte einer Ebene in drei auf einander rechtwinklichen Lagen derſelben (während der Punkt fix bleibt) ſich äußern.

**) In ſ. Exerc. II. 42. III. 161. IV. 30. 41. Zu denſelben Reſultaten als *Cauchy*, jedoch von eigenthümlichen Betrachtungen aus, werden *Lamé* und *Clapeyron* geführt in Crelle J. VII. 145. 337. und *Poiſſon* in Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 393 ff.; doch hat letzterer dieſen Gegenſtand bloß beiläufig behandelt. Über den Ausdruck des Drucks und Zugs als Function der Molecularkräfte vergl. *Cauchy's* Exerc. III. 213.

Es mögen im Folgenden bedeuten:

p', p'', p''' die Druck- oder Zugkräfte, welche reſpectiv gegen drei auf einander rechtwinkliche Ebene, die wir als Coordinatenebenen betrachten, an ihrem Durchſchnittspunkte O geäußert werden, ſo daß:

p' die Kraft gegen die Ebene der yz
p'' die Kraft gegen die Ebene der xz
p''' die Kraft gegen die Ebene der xy.

Ferner ſei:

p die Druck- oder Zugkraft, welche am Punkte O gegen eine durch denſelben Punkt gelegte Ebene s geäußert wird, deren Perpendikel, nach der Seite, von welcher die Kraft p wirkt, verlängert, reſpectiv Winkel α, β, γ mit den Halbaxen der poſitiven Coordinaten x, y, z macht.

$\left.\begin{array}{l}\lambda, \mu, \nu \\ \lambda', \mu', \nu' \\ \lambda'', \mu'', \nu'' \\ \lambda''', \mu''', \nu'''\end{array}\right\}$ Die Winkel, welche reſpectiv die Richtungen von p, p', p'', p''' mit den Halbaxen der poſitiven Coordinaten x, y, z bilden, ſo daß λ der Winkel der Kraft p mit der Axe der x, μ der Winkel von p mit der Axe der y, ν der Winkel von p mit der Axe der z iſt u. ſ. f.

δ der Winkel zwiſchen dem Perpendikel der Ebene s und der Richtung der Kraft p.

A, F, E die Projectionen der Kraft p' auf die Axen der x, y, z, ſo daß man hat:

$$A = p' \cos\lambda', \quad F = p' \cos\mu', \quad E = p' \cos\nu'$$

F, B, D die drei analogen Projectionen der Kraft p'', ſo daß:

$$F = p'' \cos\lambda'', \quad B = p'' \cos\mu'', \quad D = p'' \cos\nu''$$

E, D, C die drei analogen Projectionen der Kraft p''', ſo daß:

$$E = p''' \cos\lambda''', \quad D = p''' \cos\mu''', \quad C = p''' \cos\nu'''.$$

Es ſeien ferner:

p_1, p_2, p_3 die Druck- oder Zugkräfte, welche reſpectiv gegen drei, ſich in O rechtwinklich ſchneidende, mit den Coordinatenebenen nicht zuſammenfallende, Ebenen am Punkte O geäußert werden.

$\left.\begin{array}{l}\alpha_1, \beta_1, \gamma_1 \\ \alpha_2, \beta_2, \gamma_2 \\ \alpha_3, \beta_3, \gamma_3\end{array}\right\}$ Die Winkel, welche die Perpendikel vorſtehender Ebenen reſpectiv mit den Halbaxen der poſitiven Coordinaten machen.

$\left.\begin{array}{l}\mathfrak{A}, \mathfrak{F}, \mathfrak{E} \\ \mathfrak{F}, \mathfrak{B}, \mathfrak{D} \\ \mathfrak{E}, \mathfrak{D}, \mathfrak{C}\end{array}\right\}$ Die Projectionen von p_1, p_2, p_3 auf die Durchſchnittslinien vorſtehender Ebenen, (ganz analog den Projectionen A, F, E etc. für die Kräfte p', p'', p''' auf die Durchſchnittslinien der Coordinatenebenen.)

Man findet dann folgende Beſtimmungen:

1) Gegenſeitige Beziehung zwiſchen den Projectionen von p', p'', p''' auf die Coordinatenaxen

$$p'' \cos \nu'' = p''' \cos \mu'''$$
$$p''' \cos \lambda''' = p' \cos \nu'$$
$$p' \cos \mu' = p'' \cos \lambda''$$

welche Formeln folgenden Satz includiren: Wenn man durch einen beliebigen Punkt O eines feſten Körpers zwei ſich rechtwinklich ſchneidende Axen, die wir P und Q nennen wollen, zieht, und auf P den Druck oder Zug projicirt, welchen die durch O ſenkrecht auf Q gelegte Ebene in O erfährt, ſo wird die erhaltene Projection denſelben Werth haben, als die Projection, welche man durch Vertauſchung der Axen erhält, d. h. als diejenige, welche ſich ergiebt, wenn man auf Q die Kraft projicirt, welche die durch O ſenkrecht auf P gelegte Ebene in O erfährt *).

2) Beziehung zwiſchen den Projectionen von p und denen von p', p'', p''' auf die Coordinatenaxen.

$$p \cos \lambda = A \cos \alpha + F \cos \beta + E \cos \gamma$$
$$p \cos \mu = F \cos \alpha + B \cos \beta + D \cos \gamma$$
$$p \cos \nu = E \cos \alpha + D \cos \beta + C \cos \gamma$$

Dieſe Werthe von $p \cos \lambda$, $p \cos \mu$, $p \cos \nu$ ſtimmen in der Form mit den Werthen der rechtwinklichen Compoſanten der Kraft überein, welche einen materiellen Punkt ſollicitirt, der ſich in Gegenwart mehrerer fixen Centra von Anziehung oder Abſtoßung findet, und ſehr wenig entfernt von einer Lage iſt, in welcher er inmitten dieſer Centra im Gleichgewicht blieb. (Vergl. Cauchy's Exerc. II. p. 57.)

3) Beſtimmung der Intenſität der Kraft p und ihrer auf s ſenkrechten Compoſante $p \cos \delta$, als Function der Projectionen von p', p'', p''' auf die Coordinatenaxen.

$$p^2 = (A \cos \alpha + F \cos \beta + E \cos \gamma)^2 + (F \cos \alpha + B \cos \beta + D \cos \gamma)^2$$
$$+ (E \cos \alpha + D \cos \beta + C \cos \gamma)^2$$
$$p \cos \delta = A \cos^2 \alpha + B \cos^2 \beta + C \cos^2 \gamma + 2D \cos \beta \cos \gamma$$
$$+ 2E \cos \gamma \cos \alpha + 2F \cos \alpha \cos \beta.$$

4) Beſtimmung der Haupt-, Druck- oder Zugkräfte. Unter Haupt-Druck-, oder Haupt-Zugkraft wird derjenige Druck oder diejenige Zugkraft verſtanden, welche ſenkrecht iſt auf die Ebene, gegen die ſie ſich äußert, und unter Hauptrichtung wird die Richtung einer ſolchen Druck- oder Zugkraft verſtanden. Jedem Punkt in einem feſten Körper entſprechen im Allgemeinen drei auf einander rechtwinkliche Haupt-, Druck- oder Zugkräfte; das heißt, wenn man die Richtung der durch einen beliebigen Punkt O des Körpers gelegten Ebene s fortgehends abändert, ſo

---

*) In Exerc. IV. p. 41. wird dieſer Satz noch dahin verallgemeinert, daß man, unbeſchadet des ganzen übrigen Ausdrucks obigen Satzes ſtatt: zwei ſich rechtwinklich ſchneidende Axen ſetzen kann: zwei einen beliebigen Winkel mit einander bildende Axen. Der obige Satz wird auch von Lamé und Clapeyron erwieſen in Crelle J. VII. S. 168.

kommt man auf drei auf einander rechtwinkliche Lagen dieſer Ebene, in welchen eine ſenkrechte Druck- oder Zugkraft am Punkt O dagegen wirkt. Unter dieſen drei Haupt-, Druck- oder Zugkräften befindet ſich das Maximum und das Minimum der Druck- oder Zugkräfte, welche überhaupt an dem Punkte O gegen dadurch gelegte Ebenen wirken.

Die Größe ϖ der drei Haupt-, Druck- oder Zugkräfte, welche um denſelben Punkt wirken, wird durch die drei Wurzeln folgender Gleichung des dritten Grades beſtimmt:

$$(A-\varpi)(B-\varpi)(C-\varpi) - D^2(A-\varpi) - E^2(B-\varpi) - F^2(C-\varpi) + 2DEF = 0$$

und die Winkel a, b, c, welche die Richtung, nach der ϖ wirkt, mit den Halbaxen der poſitiven Coordinaten macht, durch folgende Gleichungen:

$$\varpi = \frac{A\cos a + F\cos b + E\cos c}{\cos a} = \frac{F\cos a + B\cos b + C\cos c}{\cos b} = \frac{E\cos a + D\cos b + C\cos c}{\cos c}$$

Ellipſoide oder Hyperboloide der Druck- und Zugkräfte. Wenn man von dem Punkt O nach allen Richtungen radios vectores zieht, und auf jedem dieſer Radien eine Länge r (vom Punkte O an) nimmt, welche gleich iſt der Einheit, dividirt durch den Druck oder Zug, welcher ſich am Punkte O gegen die Ebene äußert, die ſenkrecht auf den Radius vector durch O gelegt wird $\left(r = \frac{1}{p}\right)$, ſo wird durch die ſo beſtimmten Enden dieſer Radien die Oberfläche eines Ellipſoids beſtimmt, welches folgende Gleichung hat:

$$(Ax+Fy+Ez)^2 + (Fx+By+Dz)^2 + (Ex+Dy+Cz)^2 = 1 \quad (a);$$

die Axen dieſes Ellipſoids fallen in die Hauptrichtungen und ſind den Haupt-, Druck- oder Zugkräften, die nach dieſen Richtungen wirken, umgekehrt proportional.

Nimmt man ſtatt jener Länge auf jeder der, um den Punkt O gezogenen, Radien vielmehr eine Länge r, deren Quadrat den numeriſchen Werth der Einheit, dividirt durch die Projection der Druck- oder Zugkraft *) auf den Radius vector darſtellt $\left(r^2 = \pm\frac{1}{p\cos\delta}\right)$, ſo wird durch die ſo beſtimmten Enden dieſer Radien die Oberfläche eines andern Ellipſoids beſtimmt, das in dem Falle, wo $p\cos\delta$ nach allen Richtungen um O eine Zugkraft iſt, folgende Gleichung hat:

$$Ax^2 + By^2 + Cz^2 + 2Dyz + 2Ezx + 2Fxy = 1 \quad (b)$$

in dem Falle aber, wo $p\cos\delta$ nach allen Richtungen um den Punkt O eine Druckkraft iſt, durch folgende:

$$Ax^2 + By^2 + Cz^2 + 2Dyz + 2Ezx + 2Fxy = -1 \quad (c)$$

die Axen dieſer Ellipſoide fallen ebenfalls in die Hauptrichtungen.

---

*) Derjenigen nämlich, welche ſich am Punkte O gegen die Ebene äußert, die ſenkrecht auf den Radius vector durch O gelegt wird.

In dem Falle, wo $p \cos \delta$ nach manchen Richtungen um den Punkt O eine Zugkraft, nach andern eine Druckkraft wäre, würde man ſtatt eines Ellipſoids ein Syſtem zweier conjugirten Hyperboloide erhalten, deren eines durch die Gleichung (b), das andere durch die Gleichung (c) ausgedrückt wird. Das erſte dieſer Hyperboloide hat eine einzige Schale (nappe), das zweite zwei Schalen. Sie haben denſelben Mittelpunkt und werden im Unendlichen durch eine und dieſelbe Kegelfläche des zweiten Grades berührt. Je nachdem ſich das Ende des Radius vector auf dem einen oder andern dieſer Hyperboloide befindet, wird die Kraft eine Zugkraft oder eine Druckkraft ſein, und wird jedesmal da verſchwinden, wo der Radius vector die Richtung einer Generatrix der berührenden Kegelfläche hat.

Im Falle die drei Haupt-, Druck- oder Zugkräfte einander gleich werden, verwandeln ſich die drei Ellipſoide (a), (b), (c) in Kugeln; es findet dann Gleichheit des Drucks oder Zugs nach allen Richtungen Statt, und jeder Druck oder Zug iſt ſenkrecht auf die Ebene, die ihn zu erleiden hat; ſo daß man hiedurch auf den Fall der Flüſſigkeiten zurückgeführt wird. Ferner ergiebt ſich, daß dieſer letzte Umſtand (des allenthalben ſenkrechten Zugs oder Drucks) in weſentlichem Bezug mit der Gleichheit des Drucks oder Zugs nach allen Richtungen ſteht, ſo daß ſie ſich ſtets wechſelſeitig begleiten. — Was aus den Ellipſoiden und Hyperboloiden (a), (b), (c) wird, wenn blos zwei Haupt-, Druck- oder Zugkräfte einander gleich werden, oder eine oder zwei dieſer Hauptkräfte verſchwinden, ergiebt ſich eben ſo ohne Schwierigkeit nach der bekannten Umgeſtaltung, welche dieſe Flächen durch die entſprechenden Suppoſitionen für ihre Axen erfahren müſſen.

Aus Betrachtung des Ellipſoids (a) läßt ſich noch nachſtehendes Theorem folgern:

Wenn man durch einen gegebenen Punkt O eines feſten Körpers beliebig drei unter einander rechtwinkliche Ebenen legt, ſo wird die Summe der Quadrate der Druck- oder Zugkräfte, welche dieſe Ebenen an dem Punkte O erleiden, eine conſtante Größe ſein, gleich der Summe der Quadrate der Haupt-, Druck- oder Zugkräfte *).

Beziehung zwiſchen den Projectionen A, B, C etc. und den Projectionen $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ etc.

$$\mathfrak{A} = A\cos^2\alpha_1 + B\cos^2\beta_1 + C\cos^2\gamma_1 + 2\,D\cos\beta_1\cos\gamma_1 + 2\,E\cos\gamma_1\cos\alpha_1 + 2\,F\cos\alpha_1\cos\beta_1,$$

$$\mathfrak{B} = A\cos^2\alpha_2 + B\cos^2\beta_2 + C\cos^2\gamma_2 + 2\,D\cos\beta_2\cos\gamma_2 + 2\,E\cos\gamma_2\cos\alpha_2 + 2\,F\cos\alpha_2\cos\beta_2,$$

$$\mathfrak{C} = A\cos^2\alpha_3 + B\cos^2\beta_3 + C\cos^2\gamma_3 + 2\,D\cos\beta_3\cos\gamma_3 + 2\,E\cos\gamma_3\cos\alpha_3 + 2\,F\cos\alpha_3\cos\beta_3;$$

---

*) Denſelben Satz folgern Lamé und Clapeyron in Crelle J. VII. S. 168.

$$\begin{aligned}
\mathfrak{D} = {} & A\cos\alpha_2\cos\alpha_3 + B\cos\beta_2\cos\beta_3 + C\cos\gamma_2\cos\gamma_3 \\
& + D(\cos\beta_2\cos\gamma_3 + \cos\beta_3\cos\gamma_2) + E(\cos\gamma_2\cos\alpha_3 \\
& + \cos\gamma_3\cos\alpha_2) + F(\cos\alpha_2\cos\beta_3 + \cos\alpha_3\cos\beta_2), \\
\mathfrak{E} = {} & A\cos\alpha_3\cos\alpha_1 + B\cos\beta_3\cos\beta_1 + C\cos\gamma_3\cos\gamma_1 \\
& + D(\cos\beta_3\cos\gamma_1 + \cos\beta_1\cos\gamma_3) + E(\cos\gamma_3\cos\alpha_1 \\
& + \cos\gamma_1\cos\alpha_3) + F(\cos\alpha_3\cos\beta_1 + \cos\alpha_1\cos\beta_3), \\
\mathfrak{F} = {} & A\cos\alpha_1\cos\alpha_2 + B\cos\beta_1\cos\beta_2 + C\cos\gamma_1\cos\gamma_2 \\
& + D(\cos\beta_1\cos\gamma_2 + \cos\beta_2\cos\gamma_1) + E(\cos\gamma_1\cos\alpha_2 \\
& + \cos\gamma_2\cos\alpha_1) + F(\cos\alpha_1\cos\beta_2 + \cos\alpha_2\cos\beta_1). \\
A = {} & \mathfrak{A}\cos^2\alpha_1 + \mathfrak{B}\cos^2\alpha_2 + \mathfrak{C}\cos^2\alpha_3 + 2\,\mathfrak{D}\cos\alpha_2\cos\alpha_3 \\
& + 2\,\mathfrak{E}\cos\alpha_3\cos\alpha_1 + 2\,\mathfrak{F}\cos\alpha_1\cos\alpha_2, \\
B = {} & \mathfrak{A}\cos^2\beta_1 + \mathfrak{B}\cos^2\beta_2 + \mathfrak{C}\cos^2\beta_3 + 2\,\mathfrak{D}\cos\beta_2\cos\beta_3 \\
& + 2\,\mathfrak{E}\cos\beta_3\cos\beta_1 + 2\,\mathfrak{F}\cos\beta_1\cos\beta_2, \\
C = {} & \mathfrak{A}\cos^2\gamma_1 + \mathfrak{B}\cos^2\gamma_2 + \mathfrak{C}\cos^2\gamma_3 + 2\,\mathfrak{D}\cos\gamma_2\cos\gamma_3 \\
& + 2\,\mathfrak{E}\cos\gamma_3\cos\gamma_1 + 2\,\mathfrak{F}\cos\gamma_1\cos\gamma_2; \\
D = {} & \mathfrak{A}\cos\beta_1\cos\gamma_1 + \mathfrak{B}\cos\beta_2\cos\gamma_2 + \mathfrak{C}\cos\beta_3\cos\gamma_3 \\
& + \mathfrak{D}(\cos\beta_2\cos\gamma_3 + \cos\beta_3\cos\gamma_2) + \mathfrak{E}(\cos\beta_3\cos\gamma_1 \\
& + \cos\beta_1\cos\gamma_3) + \mathfrak{F}(\cos\beta_1\cos\gamma_2 + \cos\beta_2\cos\gamma_1), \\
E = {} & \mathfrak{A}(\cos\gamma_1\cos\alpha_1 + \mathfrak{B}\cos\gamma_2\cos\alpha_2 + \mathfrak{C}\cos\gamma_3\cos\alpha_3 \\
& + \mathfrak{D}(\cos\gamma_2\cos\alpha_3 + \cos\gamma_3\cos\alpha_2) + \mathfrak{E}(\cos\gamma_3\cos\alpha_1 \\
& + \cos\gamma_1\cos\alpha_3) + \mathfrak{F}(\cos\gamma_1\cos\alpha_2 + \cos\gamma_2\cos\alpha_1), \\
F = {} & \mathfrak{A}\cos\alpha_1\cos\beta_1 + \mathfrak{B}\cos\alpha_2\cos\beta_2 + \mathfrak{C}\cos\alpha_3\cos\beta_3 \\
& + \mathfrak{D}(\cos\alpha_2\cos\beta_3 + \cos\alpha_3\cos\beta_2) + \mathfrak{E}(\cos\alpha_3\cos\beta_1 \\
& + \cos\alpha_1\cos\beta_3) + \mathfrak{F}(\cos\alpha_1\cos\beta_2 + \cos\alpha_2\cos\beta_1).
\end{aligned}$$

Aus letzteren Gleichungen läßt ſich (unter Berückſichtigung der Beziehungen, durch welche die Winkel verknüpft ſind) folgern:

$$A + B + C = \mathfrak{A} + \mathfrak{B} + \mathfrak{C}\,^{*)}.$$

Dimenſions- und Volumenänderungen elaſtiſcher homogener Saiten, Membranen, Körper, bei darauf wirkendem Druck oder Zug, nach mathematiſchen Unterſuchungen von Poiſſon).**

Im Folgenden wird vorausgeſetzt, daß die Dimenſions- oder Volumenänderungen nur ſehr klein in Verhältniß zu den abſoluten Dimenſionen der Körper ſind, und daß ſie innerhalb der Gränzen Statt finden, innerhalb deren der Körper beim Nachlaß der drückenden oder ziehenden Kraft wieder zu ſeinen urſprünglichen Dimenſionen zurückkehrt (innerhalb der Gränzen der vollkommnen Elaſticität).

Es wird ferner angenommen, daß außer den in Betracht zu ziehenden Druckkräften und Zugkräften keine andern dergleichen Kräfte auf die Körper wirken. Der Buchſtabe $\varkappa$ bedeutet im Folgenden ſtets denſelben, von dem Elaſticitätszuſtande des Körpers abhängigen, für jeden Körper bei conſtanter Temperatur conſtanten, für verſchiedene Körper aber verſchiedenen, im umgekehrten Verhältniſſe ihrer Compreſſibilität ſtehenden, Coefficienten.

---

*) Dieſe Folgerung finde ich nicht von Cauchy angeführt. Lamé und Clapeyron haben ſie (Crelle J. VII. 167.) auf eigenthümlichem Wege hergeleitet.

**) Mém. de l'Acad. des sc. 1829. T. VIII. p. 357 ff.; theilweis auch Pogg. XIV. 177.

Übrigens gelten für die Dilatation durch Zug ganz dieſelben Geſetze, als für Contraction durch Druck:

1) Wenn eine gerade dünne verticale Saite, Stab oder Draht von der anfänglichen Länge l und dem conſtanten Querſchnitte ω, die mit dem obern Ende befeſtigt iſt, am untern Ende durch das Gewicht p geſpannt wird, ſo wird die abſolute Verlängerung α, oder die relative Verlängerung δ (d. i. die Verlängerung, in Theilen der urſprünglichen Länge ausgedrückt), die ſie hiebei erfährt, durch folgende Gleichungen beſtimmt:

$$\alpha = \frac{2}{5}\frac{lp}{\varkappa\omega} \;;\; \delta = \frac{2}{5}\frac{p}{\varkappa\omega} \qquad (1)$$

hiebei iſt vorausgeſetzt, daß das Gewicht der Saite, des Stabes oder Drahts gegen das Gewicht p vernachläſſigt werden könne. Im Fall es dagegen im Betracht käme, hätte man folgende genauere Formel anzuwenden:

$$\alpha = \frac{2}{5}\,\frac{l\left(p+\frac{p'}{2}\right)}{\varkappa\omega} \;;\; \delta = \frac{2}{5}\,\frac{\left(p+\frac{p'}{2}\right)}{\varkappa\omega} \qquad (2)$$

wo p' das Gewicht der Saite oder des Drahts bedeutet.

Wäre die Saite (Stab oder Draht) horizontal und an beiden Enden frei; es wirkte aber an jedem Ende eine Zugkraft $= p$ nach der Längen-Richtung der Saite (mithin im Ganzen 2 p), ſo würden ebenfalls die Formeln (1) Statt finden; d. h. man würde auch hier haben:

$$\alpha = \frac{2}{5}\frac{lp}{\varkappa\omega} \;;\; \delta = \frac{2}{5}\frac{p}{\varkappa\omega}$$

(Mém. p. 430.)

2) Während Saite, Stab oder Draht ſolchergeſtalt im Verhältniß von $1 : 1+\delta$ verlängert wird, nimmt zugleich ihr Durchmeſſer (woſern von einem Cylinder die Rede iſt) im Verhältniß $1 : 1+\frac{\delta}{4}$ ab und ihr Volumen im Verhältniß von $1 : 1+\frac{\delta}{2}$ oder genauer im Verhältniß von $1 : \left(1-\frac{\delta}{4}\right)^2 (1+\delta)$ zu *). (Mém. p. 451.)

---

*) Einen Satz von größerer Allgemeinheit als den obigen, der ſich mehreren Suppoſitionen fügt, hat Cauchy aus ſeinen Unterſuchungen abgeleitet. (Cauchy Exerc. III. p. 181.) Unter Vorausſetzung nämlich, daß Linearverlängerung δ und Volumenvergrößerung v des Drahts, in Theilen der urſprünglichen Länge oder Volums ausgedrückt, mit der Größe des ziehenden Gewichts ϖ in folgender allgemeiner Beziehung ſteht,

$$\varpi = \varkappa\delta + Kv$$

wo $\varkappa$ und K poſitive Conſtanten ſind, die von der Materie des Drahts abhän-

Durch Verſuche **Cagniard Latours** iſt dieſer Satz beſtätigt worden. (Ann. de Ch. et de Ph. XXXVI. 384; oder Pogg. XII. 516.)

3) Man kann die lineare Verlängerung α, die ein vollkommen biegſamer Draht oder dergleichen Saite von der Länge l durch ein gegebenes Gewicht erfährt, aus dem Verhältniß der Schwingungszahlen, die ſeinem longitudinalen und transverſalen Grundtone zukommen, während er durch dieſes Gewicht geſpannt iſt, nach folgender Formel ableiten:

$$\alpha = \frac{l\,N'^2}{N^2}$$

hierin iſt N die Anzahl der longitudinalen Schwingungen, N′ die der transverſalen Schwingungen der Saite in der Zeiteinheit, während ſie durch das Gewicht, welches die Verlängerung bewirkt, geſpannt iſt. (Mém. p. 437.)

4) Wenn an dem Umkreiſe einer dünnen Membran oder Platte von der Dicke ε und beliebig geſtaltetem Umkreiſe eine Druck- oder Zugkraft C in der Richtung der Ebene der Membran oder Platte, überall ſenkrecht auf ihren Umkreis und allenthalben gleichförmig wirkt, ſo wird die lineare (relative) Dilatation δ, die ſie nach jeder Richtung des Zuges erfährt, durch folgende Gleichung beſtimmt:

$$\delta = \frac{3\ C}{10\ \varepsilon\varkappa}$$

Iſt die Membran oder Platte kreisförmig und hat den Radius l, ſo wird die abſolute lineare Dilatation α ſein:

$$\alpha = \frac{3\ Cl}{10\ \varepsilon\varkappa}$$

5) Während die linearen Dimenſionen einer dünnen Membran oder Platte von beliebig geſtaltetem Umfange in der Richtung ihrer Fläche durch eine, auf die unter 4) angegebene Weiſe wirkende, Kraft, im Verhältniß von $1 : 1+\delta$, mithin der Flächenraum im Verhältniß von $1 : (1+\delta)^2$ zunimmt, wird zugleich die Dicke im Verhältniß $1 : 1-\frac{2\delta}{3}$ abnehmen und das Volumen im Verhältniß von $1 : 1+\frac{4\delta}{3}$ oder genauer im Verhältniß von

---

gen, findet man, daß, wenn die Länge des Drahts durch das Gewicht um δ verlängert wird, zugleich ſein Durchmeſſer um

$$\frac{K\delta}{\varkappa + 2K}$$

abnimmt, und ſein Volumen um

$$\frac{\varkappa\delta}{\varkappa + 2K}$$

zunimmt. Wenn man $\varkappa = 2K$ ſetzt, ſo harmoniren dieſe Formeln mit den von **Poiſſon** gegebenen.

$$1 : (1+\delta)^3 \left(1 - \frac{2\delta}{3}\right)$$

zunehmen (Mém. p. 531.).

6) Wenn allenthalben ſenkrecht auf die Oberfläche eines Körpers von beliebiger Form, deſſen Oberfläche $= \omega$ iſt, eine gleichförmig vertheilte Druck- oder Zugkraft, deren Geſammtgröße N iſt, wirkt, ſo wird die relative lineare Dilatation oder Condenſation δ, welche er hiebei erfährt, durch folgende Gleichung beſtimmt:

$$\delta = \frac{N}{5\,\varkappa\,\omega}$$

Zugleich wird ſich ſein Volumen im Verhältniß von $1 : 1 \pm 3\delta$ ändern; wo das obere Zeichen im Fall ſtattfindender Dilatation, das untere im Fall ſtattfindender Contraction gilt. (Mém. p. 402.)

7) Wenn auf die Oberfläche eines Körpers ein allenthalben gleichförmiger und allenthalben ſenkrechter Druck wirkt, ſo wird jede Durchſchnittsebene, die man ſich durch einen ſolchen Körper gelegt denkt, einen ebenfalls ſenkrechten Druck erfahren, der dem äußern Drucke (für gleiche Flächeneinheit) gleich iſt. (Mém. p. 402.)

8) Wenn auf die ganze Oberfläche eines Körpers von beliebiger Form ein Druck ausgeübt wird, und dieſer eine lineare Contraction δ hervorbringt, ſo bewirkt derſelbe Druck (auf die Einheit der Oberfläche bezogen), wenn er auf die Enden eines Stabs von gleicher Subſtanz, deſſen Seitenfläche gänzlich frei iſt, nach der Richtung der Axe des Stabes wirkt, eine doppelte oder 2δ gleiche Contraction nach der Richtung der Länge. (Mém. p. 498. Pogg. XIV. 181.)

9) Es ſei eine hohle, homogene Kugel, deren hohle Hülle überall gleich dick iſt, Druckkräften, die von Innen und Außen darauf wirken, ausgeſetzt. Die Änderungen, welche der äußere und innere Radius dadurch erleidet, laſſen ſich dann folgendergeſtalt beſtimmen.

Vor dieſer Änderung ſei a die Länge des äußern, a′ die des innern Radius; h der äußere, h′ der innere Druck, bezogen auf die Flächeneinheit. A ſei der äußere, A′ der innere Radius nach der Zuſammendrückung. Dann hat man:

$$A = a - \frac{(h a^3 - h' a'^3)\,a}{5\varkappa\,(a^3 - a'^3)} - \frac{(h - h')\,a\,a'^3}{4\varkappa\,(a^3 - a'^3} \qquad (3)$$

$$A' = a' - \frac{(h a^3 - h' a'^3)\,a'}{5\varkappa\,(a^3 - a'^3)} - \frac{(h - h')\,a^3\,a'}{4\varkappa\,(a^3 - a'^3} \qquad (4)$$

Im Falle $h = h'$ iſt, reduciren ſich dieſe Werthe von A und A′ auf:

$$A = a - \frac{h a}{5\,\varkappa}\ ;\ A' = a' - \frac{h a'}{5\,\varkappa} \qquad (5)$$

Der von A bleibt noch der nämliche, wenn man $a' = 0$ ſetzt, welches zeigt, daß eine hohle Kugel, welche von Außen und Innen gleich ſtark gedrückt wird, dieſelbe Verkürzung $\frac{h a}{5\varkappa}$ des Radius erleidet, als wenn die Kugel ganz maſſiv wäre.

Iſt die Dicke a — a′ ſehr klein und bezeichnet man ſie mit α, ſo wie mit β den mittlern Radius ½ (a + a′), ſo hat man ſehr nahe für den mittleren Radius ½ (A + A′) und für die Dicke A — A′ nach der Zuſammendrückung:

$$\tfrac{1}{2}(A+A)=\beta-\frac{3(h-h')\beta^2}{20\,\varkappa\alpha}-\frac{(h+h')\beta}{10\,\varkappa} \qquad (6)$$

$$A-A'=\alpha+\frac{(h-h')\beta}{10\,\varkappa} \qquad (7)$$

(Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 330. Pogg. XIV. 177.)

10) Wenn eine Kugel Flüſſigkeit oder feſter Subſtanz, deren Radius vor dem Druck a′ iſt, von einer feſten kugelförmigen Hülle eingeſchloſſen wird, deren innerer Radius vor dem Druck a′, der äußere a iſt, und wenn von der Oberfläche der innern Kugel aus ein eben ſo ſtarker Druck h (auf die Einheit der Oberfläche bezogen) auf die innere Oberfläche der feſten Hülle wirkt, als von Außen auf die äußere Oberfläche der Hülle geäußert wird, ſo iſt der Radius A′ der innern Kugel nach dem Druck

$$A'=a'-\frac{9h\,a^3\,a'}{5\,D} \qquad (8)$$

$$\text{wo } D=\varkappa'(5a^3+4a'^3)+4\varkappa(a^3-a'^3)$$

$\varkappa'$ iſt hierin daſſelbe für die Subſtanz der innern Kugel, was $\varkappa$ für die der äußern iſt. Da man nun für den Fall, daß ein Druck h ohne Gegenwart der äußern Hülle auf die innere Kugel wirkte, haben würde.

$$A'=a'-\frac{h\,a'}{5\varkappa'} \qquad \text{(Vergl. Satz 9)}$$

ſo erhellt, daß die Verkürzung des Radius der innern Kugel ohne Hülle, zur Verkürzung des Radius derſelben Kugel mit Hülle ſich verhält wie:

$$D : 9\varkappa' a^3.$$

Nun iſt D < oder > $g\varkappa' a^3$, je nachdem $\varkappa' >$ oder $< \varkappa$, d. i. je nachdem die Subſtanz der innern Kugel weniger oder mehr compreſſibel iſt als die Subſtanz der Hülle; mithin wird die Verkürzung des Radius der innern Kugel größer ſein ohne die Hülle als mit der Hülle, wenn die Subſtanz der innern Kugel compreſſibler iſt als die der kugelförmigen Hülle, kleiner im Gegenfalle. (Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 330. Pogg. XIV. 177.)

11) Es ſei eine dünne kreisförmige Platte vom Radius l, der conſtanten Dicke 2 ε und dem Gewicht P in urſprünglich horizontaler Lage gegeben, deren Rand entweder vertical angeſtemmt (ſo daß die Punkte des Randes ſich nicht auf noch abwärts bewegen können), oder unveränderlich befeſtigt iſt. Auf die obere Fläche dieſer Platte laſſe man nun einen allenthalben gleichförmigen und überall ſenkrechten Druck, deſſen Totalgröße ϖ iſt, wirken; dann wird die Platte eine Concavität nach unten annehmen. Die Tiefe dieſer Concavität, d. h. der verticale Abſtand f zwiſchen dem

tiefſten Punkte der Platte und der urſprünglichen Ebene der Platte wird durch folgende Gleichungen beſtimmt:

Wir wollen f für den Fall beibehalten, wo die Platte am Rande blos vertical angeſtemmt iſt, und denſelben Buchſtaben, mit einem Strichelchen verſehen, für den andern Fall, wenn ſie am Rande unveränderlich befeſtigt iſt. Man findet dann:

$$f = \frac{21\ hl^3}{\varepsilon^3}(P + \varpi)\ ;\ f' = \frac{5\ hl^3}{\varepsilon^3}(P + \varpi) \qquad (9)$$

$$\text{wo } h = \frac{9}{5120\ \pi x}\ ;\ \pi = 3{,}14159.$$

(Mém. p. 551.)

12) Im Fall dieſelben Umſtände als unter 11) Statt finden; das Gewicht ϖ aber, anſtatt gleichförmig über die ganze Oberfläche der Platte vertheilt zu ſein, blos in dem Mittelpunkte derſelben wirkt, hat man

$$f = \frac{21\ hl^2}{\varepsilon^3}\left(P + \frac{52\ \varpi}{21}\right),\ f' = \frac{5\ hl^2}{\varepsilon^3}(P + 4\varpi) \qquad (10)$$

Vergleicht man dieſe Werthe mit den unter 11) gegebenen, ſo ſieht man, daß daſſelbe Gewicht ϖ eine größere Concavität erzeugt, wenn es im Mittelpunkte der Platte angebracht iſt, als wenn es gleichförmig über die ganze Oberfläche derſelben vertheilt iſt; und zwar verhält ſich f im erſten Falle zu f im zweiten Falle

$$= 21\ (p + \varpi) : 21\ p + 52\ \varpi$$

Ferner ſieht man, daß ſowohl in 11) als 12) die Werthe von $f' < f$ ſind. (Mém. p. 553.)

13) Wenn eine kreisförmige Platte derſelben Art und in gleicher urſprünglicher Lage als unter 11) und 12) in ihrem Mittelpunkte, im Niveau des Umkreiſes, unterſtützt wird, ſo daß der Mittelpunkt ſich nicht unter das Niveau des Randes ſenken kann, und die Platte ihrem eigenen Gewicht ohne anderweite Druckkräfte überlaſſen bleibt, ſo vertheilt ſich der Druck, den das Gewicht der Platte ausübt, zwiſchen Mitte und Rand im Verhältniß von 21 : 31, wenn die Platte am Rande blos vertical angeſtemmt iſt, im Verhältniß von 1 : 3 aber, wenn ſie am Rande unveränderlich befeſtigt iſt. (Mém. p. 554.)

Allgemeine Sätze über die Ausdehnung und Zuſammenziehung feſter Körper, von A. Cauchy [*]).

Für den erſten Anblick möchte es zwar ſcheinen, daß, wenn ein Körper ſich ausdehnt oder zuſammenzieht, dabei beliebige Beziehungen für die Lagenveränderungen der kleinſten Theilchen Statt finden können. Eine mathematiſche Betrachtung des Problems lehrt indeß, daß dem nicht ſo ſei;

---

[*]) Das Obige enthält die in Worten ausgedrückten Reſultate zweier phyſikaliſch-mathematiſcher Abhandlungen Cauchy's in ſeinen Exercices de Mathematiques II. 60—69. und III. 237—244. Dieſe Reſultate gelten für jede beliebige Art von Contraction und Dilatation, ſei ſie nun durch Druck, Zug, Kälte, Wärme oder dergl. hervorgebracht.

daß vielmehr, welcherlei Art auch die zuſammenziehende oder ausdehnende Urſache ſein möge, doch gewiſſe Beziehungen dabei ſtets obwalten müſſen, vorausgeſetzt, daß man nicht durch beſondere hinzukommende Kräfte, welche etwa einzelne Theilchen unabhängig von den andern (während Ausdehnung und Zuſammenziehung nur auf gegenſeitiger Veränderung des Lagenverhältniſſes der Theilchen beruhen) zu bewegen vermöchten, dieſe Beziehungen ſtört. In der That hat Cauchy durch eine ſehr elegante mathematiſche Analyſe folgende Sätze hergeleitet. Verſtehen wir darin unter erſtem Zuſtande eines Körpers denjenigen Zuſtand deſſelben, von dem die Betrachtung anhebt, unter zweitem Zuſtande den, in welchem er ſich befindet, nachdem er vom erſten Zuſtande an eine beliebige Ausdehnung oder Zuſammenziehung erfahren hat.

1) Man betrachte im erſten Zuſtande des Körpers ein kugelförmiges Volumenelement (in dem man ſich jedoch noch eine große Menge kleinſter Theilchen vorſtellen muß). Wenn der Körper durch irgend eine Urſache eine nach verſchiedenen Richtungen verſchiedene Ausdehnung oder Zuſammenziehung erfährt, oder auch nach gewiſſen Richtungen eine Ausdehnung, nach andern eine Zuſammenziehung, ſo wird, ohne beſtimmte gegebene Verhältniſſe dieſer Ausdehnung oder Zuſammenziehung nach den verſchiedenen Richtungen vorauszuſetzen, jedenfalls ſich das kugelförmige Element in ein ellipſoidiſches verwandeln, in welchem die Lage und Größe der Axen von der Größe der linearen Dilatationen oder Contractionen nach den verſchiedenen Richtungen abhängt. Dieſe Abhängigkeitsverhältniſſe ſind von Cauchy in ſeinen Abhandlungen genau entwickelt, und unten anmerkungsweiſe beigefügt worden *).

---

*) Die Gleichung des kugelförmigen Elements (in rechtwinklichen Coordinaten) vom Mittelpunkte aus ſei:

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 = 1$$

ſo wird die Gleichung des Ellipſoids, in das es ſich verwandelt, ſein:

$$Ax'^2 + By'^2 + Cz'^2 + 2Dy'z' + 2Ez'x' + 2Fx'y' = 1$$

hierin ſind A, B, C, D, E, F auf folgende Weiſe als Funktionen der Coordinaten und Ortsveränderungen des Theilchens, welches den Mittelpunkt einnimmt, beſtimmt. Es ſeien x, y, z die rechtw. Coordinaten dieſes Theilchens im zweiten Zuſtande, $x-\xi$, $y-\eta$, $z-\zeta$ die Coordinaten deſſelben im erſten Zuſtande, mithin ξ, η, ζ die den Axen der x, y, z parallelen Ortsveränderungen im Übergange vom erſten zum zweiten Zuſtande, ſo hat man:

$$A = \left(\frac{d\xi}{dx} - 1\right)^2 + \left(\frac{d\eta}{dx}\right)^2 - \left(\frac{d\zeta}{dx}\right)^2$$

$$B = \left(\frac{d\zeta}{dy}\right)^2 + \left(\frac{d\eta}{dy} - 1\right)^2 + \left(\frac{d\zeta}{dy}\right)^2$$

$$C = \left(\frac{d\xi}{dz}\right)^2 + \left(\frac{d\eta}{dz}\right)^2 + \left(\frac{d\zeta}{dz} - 1\right)^2$$

$$D = \frac{d\xi}{dy}\,\frac{d\xi}{dz} + \left(\frac{d\eta}{dy} - 1\right)\frac{d\eta}{dz} + \frac{d\zeta}{dy}\left(\frac{d\zeta}{dz} - 1\right)$$

Cauchy nennt die drei Ausdehnungen oder Zuſammenziehungen, welche nach der Richtung dieſer Axen erfolgen, und unter welchen ſich das Maximum und Minimum derſelben findet, Hauptausdehnungen oder Hauptzuſammenziehungen (Dilatations ou condensations principales), und die Richtungen, nach denen ſie Statt haben, Hauptrichtungen.

2) Betrachten wir im erſten Zuſtande des Körpers Theilchen a, die ſich auf einem und demſelben Durchmeſſer des kugelförmigen Elements, und Theilchen b, die ſich in einer und derſelben, auf dieſen Durchmeſſer ſenkrechten, durch den Mittelpunkt des Elements gelegten, Ebene befinden: im zweiten Zuſtande des Körpers werden ſich die Theilchen a auf einem und demſelben Durchmeſſer des Ellipſoids befinden, in das ſich die Kugel verwandelt hat, die Theilchen b in einer und derſelben Diametralebene, welche den Berührungsebenen parallel iſt, die durch die Enden dieſes letztern Durchmeſſers an das Ellipſoid gelegt werden.

3) Man betrachte im erſten Zuſtande des Körpers Theilchen a, die ſich auf einer gewiſſen beliebigen Oberfläche, und Theilchen b, die ſich auf einer Curve, welche dieſe Oberfläche rechtwinklich ſchneidet, befinden. Damit dieſe Theilchen a und b ſich im zweiten Zuſtande des Körpers ebenfalls noch reſpectiv auf einer Oberfläche und einer Curve, welche ſich rechtwinklich ſchneiden, befinden, iſt erfoderlich und hinreichend, daß die Tangente, welche an die zweite Curve durch den Punkt gelegt wird, wo dieſe der

$$E = \frac{d\xi}{dz}\left(\frac{d\xi}{dx} - 1\right) + \frac{d\eta}{dz}\frac{d\eta}{dx} + \left(\frac{d\zeta}{dz} - 1\right)\frac{d\zeta}{dx}$$

$$F = \left(\frac{d\xi}{dx} - 1\right)\frac{d\xi}{dy} + \frac{d\eta}{dx}\left(\frac{d\eta}{dy} - 1\right) + \frac{d\zeta}{dx}\frac{d\zeta}{dy}$$

Die drei Axen des Ellipſoids werden durch folgende (blos reale Wurzeln gebende) Gleichung des dritten Grades beſtimmt:

$$\begin{gathered}(A-\theta)(B-\theta)(C-\theta) - D^2(A-\theta) - E^2(B-\theta)\\ - F^2(C-\theta) + 2DEF = 0\end{gathered}$$

Nennen wir nämlich die drei Wurzeln dieſer Gleichung θ', θ'', θ''', ſo haben wir als Werth der drei Axen:

$$\frac{1}{\sqrt{\theta'}},\quad \frac{1}{\sqrt{\theta''}},\quad \frac{1}{\sqrt{\theta'''}}$$

Die Winkel α, β, γ, welche eine beliebige der drei Axen mit den Axen der poſitiven x, y und z bildet, werden durch folgende Gleichungen gegeben:

$$\begin{gathered}\frac{A\cos\alpha + F\cos\beta + E\cos\gamma}{\cos\alpha} = \frac{F\cos\alpha + B\cos\beta + D\cos\gamma}{\cos\beta}\\ = \frac{E\cos\alpha + D\cos\beta + C\cos\gamma}{\cos\gamma} = \theta\\ \cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1\end{gathered}$$

Die vorigen Gleichungen vereinfachen ſich, wenn man die Axen des Ellipſoids den Axen der x, y, z für parallel annimmt, indem man dann hat:

$$\begin{gathered}D = 0,\quad E = 0,\quad F = 0\\ \theta' = A,\quad \theta'' = B,\quad \theta''' = C.\end{gathered}$$

zweiten Oberfläche begegnet, in eine der drei Hauptrichtungen falle, welche um dieſen Punkt (als Mittelpunkt eines Volumenelements betrachtet), Statt haben.

4) Man betrachte im erſten Zuſtande des Körpers zwei Theilchen, deren eins in, das andre nahe an der freien Oberfläche des Körpers liegt, und deren Verbindungslinie ſenkrecht auf die freie Oberfläche des Körpers iſt. Ihre Verbindungslinie wird auch noch im zweiten Zuſtande die Oberfläche rechtwinklich ſchneiden, woſern der Körper während des übergangs aus dem erſten in den zweiten Zuſtand einen ſenkrechten oder keinen Druck erfährt, und woſern ſeine Elaſticität nach allen Richtungen gleich iſt.

5) Wenn eine ſehr dünne und urſprünglich zwiſchen zwei parallelen Ebenen begriffene, nach allen Richtungen gleich elaſtiſche, Platte auf die ein ſenkrechter oder kein Druck wirkt, Verdichtungen oder Ausdehnungen erfährt, ſo daß ſich ihre Geſtalt nur ſehr wenig dabei ändert (wie, wenn man eine Platte in Schallſchwingung verſetzt), ſo werden ſich zwei, im erſten Zuſtande auf einem, beiden Ebenen gemeinſchaftlichen, Perpendikel befindliche, Theilchen nach der Geſtaltveränderung der Platte auf einer Geraden befinden, welche merklich ſenkrecht auf beiden krummen Oberflächen iſt, in welche ſich die ebenen Oberflächen verwandelt haben.

6) Der vorige Satz gilt auch, wenn die beiden freien Oberflächen urſprünglich krumm ſind, und die elaſtiſche Platte eine conſtante ſehr kleine Dicke hat, inſofern die Theilchen, welche im erſten Zuſtande auf einer Geraden lagen, die auf beiden Oberflächen merklich ſenkrecht war, auch im zweiten Zuſtande noch auf einer ſolchen Geraden liegen werden.

7) Wenn ein Körper zu verſchiedenen Zeitpunkten Ausdehnungen oder Zuſammenziehungen erfährt, die ſehr klein ſind (wie die gewöhnlichen der feſten Körper durch Wärme oder Kälte), ſo wird die definitive Ausdehnung oder Zuſammenziehung, welche ein Volumenelement des Körpers erleidet, die Summe der Ausdehnungen oder Zuſammenziehungen ſein, welche daſſelbe Volumen ſucceſſiv erfährt.

8) Wenn die Zuſammenziehung oder Ausdehnung eines feſten Körpers nur ſehr klein iſt, und man von einem gegebenen Punkte m dieſes feſten Körpers aus nach allen Richtungen radios vectores zieht, deren jeder eine Länge hat, welche äquivalent iſt der Einheit, dividirt durch die Quadratwurzel der nach der Richtung des Radius vector von m aus erfolgenden Linear-Zuſammenziehung oder Ausdehnung *), ſo wird durch die Enden

---

*) Zur genauern Beſtimmung Folgendes: Wenn der urſprüngliche Abſtand des Theilchens m von einem ihm ſehr nahen Theilchen m′ gleich r, und nach erfolgter Ausdehnung oder Zuſammenziehung gleich $r(1+\varepsilon)$ iſt, ſo iſt ε das, was man die Linear-Ausdehnung oder Zuſammenziehung (je nachdem ε poſitiv oder negativ iſt) nach der Richtung des letztern Radius nennt. Die Radii vectores rings um das Theilchen m werden alſo $= \sqrt{\frac{1}{\varepsilon}}$ genommen, wo ε die, jeder Richtung zukommenden, Werthe erhält.

dieſer Radii vectores ein zweites *Ellipſoid* beſtimmt werden, deſſen drei Axen in dieſelbe Richtung fallen als die Axen des unter 1) beſtimmten Ellipſoids, welches m zum Mittelpunkte hätte.

Jedoch nur dann wird man auf dieſe Weiſe ein Ellipſoid erhalten, wenn entweder nach allen Richtungen Ausdehnung oder nach allen Richtungen Zuſammenziehung um den Punkt m erfolgt. Wenn dagegen nach gewiſſen Richtungen um dieſen Punkt Ausdehnung, nach andern Richtungen Zuſammenziehung erfolgt, ſo wird man ſtatt des Ellipſoids zwei *conjugirte Hyperboloide* *), ein einſchaliges und ein zweiſchaliges erhalten, deren erſteres der Ort für das Ende aller der Radien iſt, nach deren Richtung Ausdehnung erfolgt, das andre der Ort für das Ende aller der, nach deren Richtung Zuſammenziehung erfolgt, und die Richtung der gemeinſchaftlichen (kegelförmigen) Berührungsfläche, die beide Hyperboloide im Unendlichen haben, wird die ſein, nach der weder Ausdehnung noch Zuſammenziehung Statt findet **).

Erfolgt nach allen Richtungen eine gleich große Ausdehnung oder gleich große Zuſammenziehung, ſo erhält man ſtatt der vorigen Flächen eine *Kugel*; iſt die Ausdehnung oder Zuſammenziehung nach einer Richtung null, einen *Cylinder*; und iſt ſie nach zwei auf einander ſenkrechten Richtungen null, zwei *parallele Ebenen*.

Anmerkung. Es iſt wohl in Obacht zu nehmen, daß dieſe unter 8) angegebenen Formen nicht die wirkliche Geſtaltveränderung eines Volumenelements bezeichnen (für welche vielmehr 1) gilt), ſondern daß ſie blos eine geometriſche Conſtruction der Verhältniſſe ſind, die zwiſchen den Linear-Contractionen oder Dilatationen, wenn ſie ſehr klein ſind, nach verſchiedenen Richtungen um denſelben Punkt Statt finden.

---

*) D. i. die gleiche Axen und gleichen Mittelpunkt haben.

**) Die Gleichung des in Rede ſtehenden Ellipſoids vom Orte des Theilchens m aus iſt:

$$\mathfrak{A}x'^2 + \mathfrak{B}y'^2 + \mathfrak{C}z'^2 + 2\mathfrak{D}y'z' + 2\mathfrak{E}z'x' + 2\mathfrak{F}x'y' = \pm 1$$

wo das obere Zeichen gilt, wenn um den Punkt m blos lineare Dilatationen, das untere, wenn um den Punkt m blos lineare Contractionen Statt finden.

Dieſelbe Gleichung gilt für beide Hyperboloide, im Fall nach gewiſſen Richtungen Dilatation, nach andern Contraction um das Theilchen m Statt findet, und zwar wird das eine Hyperboloid durch die Gleichung mit dem obern, das andre durch die mit dem untern Vorzeichen beſtimmt. Die Buchſtaben $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$, $\mathfrak{D}$, $\mathfrak{E}$, $\mathfrak{F}$ ſind folgendergeſtalt beſtimmt (wo x, y, z, ξ, η, ζ dieſelbe Bedeutung als in der Anm. Seite 60. haben).

$$\mathfrak{A} = \frac{d\xi}{dx}\,,\ \mathfrak{B} = \frac{d\eta}{dy}\,,\ \mathfrak{C} = \frac{d\zeta}{dz}\,,\ 2\mathfrak{D} = \frac{d\eta}{dz} + \frac{d\zeta}{dy}\,,$$

$$2\mathfrak{E} = \frac{d\zeta}{dx} + \frac{d\xi}{dz}\,,\ 2\mathfrak{F} = \frac{d\xi}{dy} + \frac{d\eta}{dx}$$

Meſſung ſtarker Druckkräfte. **Bevan** *) hat zur ſchnellen Meſſung ſtarker Druckkräfte vorgeſchlagen, das Verhältniß, in welchem Bleikugeln durch gegebene Gewichte plattgedrückt zu werden vermögen, zuvörderſt zu beſtimmen, und nach ſo entworfenen Scalen dann jedesmal aus dem Grade des Plattdrückens auf die Größe der zu beſtimmenden Druckkräfte zu ſchließen. **Coriolis** **) indeß, der, unabhängig von **Bevan**, dies Verfahren (an Bleicylindern ſtatt Bleikugeln) einer genaueren Prüfung unterworfen, hat es praktiſch nicht anwendbar gefunden, einerſeits wegen der Schwierigkeit, Bleiſtücken von immer gleichartiger Beſchaffenheit zu bekommen (da die Art des Schmelzens ſo viel Einfluß auf ſeine Ductilität äußert, vergl. S. 27.), andrerſeits, weil die Dauer des Drucks einen zu großen Einfluß auf das Reſultat äußert. Man könnte zwar jedesmal das Maximum der Plattdrückung abwarten, allein dies würde, wie aus S. 20. erhellt, ſehr lange Zeit fodern.

Über den Druck von Drähten, welche in geſpanntem Zuſtande ſchraubenförmig um Glasröhren gewickelt werden, von C. F. und W. Weber ***). Die nachfolgenden Erfahrungen ſind in ſo fern merkwürdig, als ſie eine Vorrichtung kennen lehren, vermöge deren ein Gewicht von geringer Größe benutzt werden kann, einen über alle Erwartung großen Druck auszuüben.

Die Grundthatſache iſt, daß, wenn man einen, an einem Ende befeſtigten, am andern durch ein Gewicht geſpannten, Draht in dieſem geſpannten Zuſtande um einen cylindriſchen Körper wickelt, z. B. eine Glasröhre, die über einen mit Zwirn umwundenen Holzcylinder geſchoben iſt, die ſchraubenförmigen Drahtwindungen einen ſehr ſtarken Druck auf die Glasröhren äußern, der um ſo mehr zunimmt, mit je mehr Lagen des Drahts man die Röhre umwindet. Durch dieſen Druck kann die Röhre leicht in Scheiben oder Ringe zerbrochen, oder, wenn anſtatt ihrer ein cylindriſcher Stab (mit einem engen Canal) angewendet wird, derſelbe nach dem Verlauf der Windungen gerieſt werden, oder bei mehrfacher Umwickelung ebenfalls zerbrechen.

Der Druck auf die Glasröhre nimmt ziemlich, wiewohl nicht ganz, nach dem geraden Verhältniß der Anzahl Lagen von Drahtwindungen, die darum gemacht werden,' zu; in etwas minderm Verhältniß deßhalb, weil die äußern Windungen durch ihren Druck auf die innern und auf die Glasröhre ſelbſt eine Zuſammendrückung des ganzen Cylinders von Glas und innern Drahtwindungen, und ſonach eine Verkleinerung des Umfangs bewirken. Es nimmt hiedurch die Länge jeder einzelnen innern Windung um etwas ab. Da nun die Spannung der Drähte im einfachen Verhältniß, als ſie durch irgend eine Kraft verlängert oder verkürzt werden, zu- oder abnimmt, ſo erhellt, daß durch dieſen Druck der äußern auf die innern Windungen eine geringe Abſpannung der innern Drahtwindungen und eine entſprechende Verminderung des Drucks auf den Glascylinder erfolgen muß, wie dies näher aus einer im Original beigefügten Berechnung erhellt.

---

*) Philos. Mag. [illegible]. oct. p. [illegible].

**) Ann. de Ch. et de Ph. XLIV. [illegible].

***) Pogg. XX. 6.

Die Verfaſſer wendeten bei ihren Verſuchen u. a. eine Glasröhre von 24,2 pariſer Linien Umfang, 0,513 par. Lin. Glaſesdicke und einen Eiſendraht von 0,1455 par. Lin. Durchmeſſer, von welchem 1 par. Fuß Länge 0,215 Grammen wog, an, welcher letztern durch ein Gewicht von 4150 Grammen geſpannt war. Aus der Berechnung*) ergiebt ſich, daß hier bei einmaliger Umwindung jede, von einer einfachen Schraubenwindung bedeckte, Stelle der Glasröhre (= 3,521 Qu. Lin.) einen Druck = 140 Atmoſphären, bei zweimaliger Umwindung = 274 Atmoſphären, bei dreimaliger = 402½ Atmoſphären, bei viermaliger = 526 Atmoſphären auszuhalten hatte. In der That wurde, als man auf drei Lagen von Windungen die vierte hinzufügte, der Druck ſo groß, daß ſich die Glasröhre an allen Stellen, wo er Statt fand, in dünne Schalen oder Ringe, welche gleichfalls Fragmente von Schraubenwindungen, und gerade ſo breit waren, als der Draht dick war, ſpaltete. Mehrere hatten ſich ſo groß erhalten, daß die Stücke eine ganze Schraubenwindung bildeten. Einige Stücke ſtellten auch dicke Ringe dar, bei denen es zuweilen gelang, die Spaltung in kleine ſchraubenförmige Stücke durch eine kleine Nachhülfe zu vollenden. Mehrere andere aber waren durch den, bei dem eintretenden Zerbrechen erſchlaffenden und ſich verſchiebenden Draht, in viele Stücke zerbrochen.

Einen andern Verſuch ſtellten die Verfaſſer mit 2 Stücken eines dicken cylindriſchen Glasſtabes, der in ſeiner Mitte einen nur ſehr kleinen röhrenförmigen Canal hatte, an. Das erſte Stück hatte einen Umfang von 16¾ par. Lin. und der Durchmeſſer des kleinen Canals in ſeiner Mitte war 0,76 Lin. Es wurde auf demſelben der ſchon oben erwähnte Eiſendraht, bei 4250 Grammen Spannung, 10mal über einander aufgewickelt, und die Feſtigkeit des Stabes widerſtand der Größe des Drucks, der auf ſolche Weiſe hervorgebracht ward. Als der Draht wieder abgewickelt worden war, zeigte ſich der Cylinder noch ganz, aber ſeine Oberfläche fein gerieft, als wäre ſie mit einer feinen Diamantſpitze geritzt, ſo fein, wie man die Glasmikrometer zu machen pflegt**). — Hier hatte die Kraft blos hingereicht, die Oberfläche des Glasſtabes, nicht aber dieſen in ſeiner ganzen Dicke zu ſprengen. Als aber die Verfaſſer ein andres Stück Glasſtab von 12,9 Lin. Umfang und mit einem röhrenförmigen Canal von 0,5 Lin. in der Mitte mit 6 Lagen deſſelben Drahts bei 6250 Grammen Spannung umwickelt und einige Windungen der ſiebenten Lage gebildet hatten, ſprang die Röhre an der Stelle, wo ſich der letzte Reif befand, quer durch, die

---

*) S. die Berechnung für eine einmalige Umwindung im Zuſatz.

**) Dieſe Riefen waren nicht kleine vom Draht abgeriſſene und auf dem Glasſtabe feſtgedrückte Eiſentheilchen, denn ſie blieben unverändert, als der Glasſtab in Salzſäure getaucht wurde.

Bruchfläche war ziemlich glatt, und zeigte an einigen Stellen den Anfang von kleinen Blättchen, welche der Draht von der übrigen Glasmaſſe losgeſpalten hatte. Einige feine gläſerne Kreisſcheiben fielen auf den Boden im Augenblicke des Zerſpaltens, die wahrſcheinlich ſchon, ehe ſie fielen, in mehrere Stücke gebrochen waren und beim Auffallen in noch kleinere Stücke geſpalten wurde.

Die Verfaſſer ziehen aus ihren Verſuchen, mit Hülfe einer Berechnung, hinſichtlich deren wir auf die Originalabhandlung verweiſen, noch folgende indirecte Folgerungen.

Wenn man eine Glasröhre dem Druck dünner, neben einander liegender geſpannter Drähte ausſetzt, ſo erfährt ſie nicht blos eine Verkleinerung ihres Durchmeſſers im Ganzen, ſondern es entſtehen, bevor ſie zerbricht, nach der Lage der Drahtringe neben einanderliegende Eindrücke in ihrer ganzen Länge.

Das Glas ſpaltet, wenn in ſeiner Oberfläche zwei Eindrücke von 0,001455 Lin. Tiefe in 0,1455 Lin. Entfernung*) von einander gemacht werden.

Zur Hervorbringung einer Reihe neben einander liegender furchenförmiger Eindrücke von 0,001455 Lin. Tiefe, $\frac{0,1455}{2}$ Lin. Halbmeſſer**) und 1 Zoll Länge muß der Druck des Drahts für jede Furche zwiſchen 37170 und 48570 Grammen betragen.

Die geſammte Verkleinerung des Halbmeſſers der Glasröhren bei dem erſt angeführten Verſuche durch vierfache Umwickelung verhielt ſich zur Tiefe des Eindrucks jedes einzelnen Ringes wie 7 : 1, oder, mit andern Worten, die von den Ringen hervorgebrachten wellenförmigen Unebenheiten waren ungefähr 7 Mal ſo klein, als die Zuſammendrückung der Röhre.

Zuſatz. Der Druck eines bei p Grammen Spannung aufgewundenen Drahtringes auf die Oberfläche einer Röhre iſt:

$$= 2\,\pi\,p,$$

wo π das Verhältniß des Durchmeſſers eines Kreiſes zur Peripherie bezeichnet. — Denn ſubſtituirt man ein reguläres Polygon dem Kreiſe, deſſen Seite $= y$, deſſen Perimeter $= \Pi$ und deſſen Seitenzahl $= \frac{\Pi}{y}$, ſo übt der Draht auf die Seiten des Polygons keinen Druck, ſondern blos auf die Winkelpunkte des Polygons aus. Iſt in Figur 8 A der Winkelpunkt des Polygons, ABCD der umſchriebene Kreis, deſſen Halbmeſſer zur Längeneinheit genommen werde, $AB = AD = y$, BE ein Perpendikel auf den Durchmeſſer AC, ſo iſt, dem Parallelogramm der Kräfte gemäß, wenn nach AB und AD zwei gleiche Kräfte $= p$ ziehen, der Druck auf den Winkelpunkt A

$$= 2\,AE\,.\,\frac{p}{y},$$

---

*) Dieſe Entfernung auf die tiefſten Stellen der Eindrücke bezogen.

**) Dieſen auf den Querſchnitt der Furche bezogen.

wegen Ähnlichkeit der Dreiecke ABC und AEB:

$$2 : y = y : AE,$$

folglich der Druck auf den Winkelpunkt A

$$= p y,$$

folglich auf alle Winkelpunkte des Polygons zuſammen

$$= p \Pi.$$

Subſtituirt man einen Kreis dem Polygone, ſo tritt 2π an die Stelle von Π, folglich iſt der Druck auf die ganze Peripherie:

$$= 2\pi \,.\, p.$$

Bei mehrfachen Umwindungen der Glasröhre muß in Betracht gezogen werden, daß eigentlich nur die oberſte Reihe von Drahtringen den vollen Druck ausübt, indem, wie ſchon S. 62 erörtert, die darunter befindlichen Reihen von Ringen ſelbſt eine Verkleinerung ihres Umfangs und eine damit verbundene Abſpannung erleiden. Im Original ſind hierüber Rechnungen beigefügt, hinſichtlich deren wir auf daſſelbe verweiſen.

Druck des Sandes und anderer körnerartigen Subſtanzen, von Huber Burnand *). Das übereinſtimmende Ergebniß der nachfolgenden Verſuche iſt, daß bei körnerartigen Subſtanzen der Druck ſich nicht eben ſo wie in Flüſſigkeiten nach allen Richtungen, ja im Grunde ſo gut als gar nicht durch dieſelben fortpflanzt.

1) Ein Ei wurde auf den Boden eines Kaſtens gelegt, einige Zoll hoch mit Sand bedeckt und dieſer mit einem Gewichte von 25 Kilogrammen belaſtet. Das Ei blieb unverſehrt unter dieſem enormen Gewichte.

Auch als der Verſuch ſo wiederholt wurde, daß der Sand durch eine, auf den Boden des Kaſtens angebrachte, Öffnung zugleich ausfloß, blieb das Reſultat daſſelbe, mochte ſich das Ei in der Mitte der Maſſe Sandes oder auf ſeinem Boden aufliegend befinden.

2) Der Verfaſſer nahm eine, an beiden Enden offene, Glasröhre, inſerirte eines ihrer Enden vertical in eine kleine horizontale hölzerne Röhre, welche ihrerſeits genau mit einem ihrer Enden in eine verticale cylindriſche Hülſe (boîte) von 1 Centimeter Durchmeſſer und 21 Centimeter Höhe einmündet.

Dieſe Hülſe wurde mit Queckſilber, gleich dem Gefäße eines Barometers, gefüllt. Das Metall ſetzte ſich natürlicherweiſe in der verticalen Glasröhre ins Niveau; ſeine Höhe in dieſer Röhre wurde genau angemerkt, darauf an die cylindriſche Hülſe eine große Röhre aus Weißblech von 65 Centimeter Länge und 8½ Centimeter Durchmeſſer gefügt. Dieſe große Röhre wurde mit Sand gefüllt, der ſehr ſacht eingegoſſen ward.

Solchergeſtalt hatte man ein wahres Barometer, den Druck des Sandes zu meſſen. Allein, was ſehr merkwürdig erſchien, der Sand hatte nichts zu dem Gewichte des Queckſilbers hinzugefügt: die metalliſche Flüſſigkeit blieb bei ihrem Niveau, bis auf 2 Millimeter, welche Differenz von einigen momentanen Oscillationen abhing, welche die Maſchine während der Operation erfuhr; denn nach einer Ortsveränderung des Apparats nahm das Queckſilber ſein Niveau wieder völlig wie vor dem Verſuche ein, und behielt es ſo lange, als die Umſtände dieſelben blieben.

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 108.

Der Sand wurde jetzt weggenommen, und an ſeiner Stelle die ganze Röhre mit trocknen Erbſen gefüllt, deren Gewicht 1½ Kilogrammen betrug. Hiezu wurde noch ein Gewicht von 1 Kilogrammen und endlich ein ſo ſtarker Druck der Hand, daß der Verfaſſer ein Zerbrechen der Maſchine beſorgte, gefügt. Deſſen ungeachtet behielt das Queckſilber ſein Niveau in der Glasröhre und ſtieg nicht um 1 Millimeter.

Gießt man Waſſer in die Röhre, welche die Erbſen enthielt, ſo ſieht man das Queckſilber in der Glasröhre um $\frac{1}{13}$ ſeiner Totalhöhe ſteigen, welches der ſpecifiſchen Schwere beider Flüſſigkeiten entſpricht. Das Waſſer wirkt alſo allein hiebei und nach ſeiner gewöhnlichen Art; die Erbſen tragen nichts zu dem Drucke bei.

3) Man verſchließe das untere Ende einer an beiden Enden offenen Röhre von etwa 1 Zoll Durchmeſſer und beliebiger Länge mit einem feinen Blatt Papier, indem man dieß bloß mit befeuchteten heraufgeſchlagenen Rändern daran applicirt. Man ſtelle dieß Ende auf den Fußboden und fülle die Röhre mit Sand. Hebt man ſie jetzt leicht in die Höhe, ſo wird man die Röhre forttragen können, ohne daß der Sand ausfließt, ungeachtet das Papier nur ganz ſchwach anhaftet.

4) Der Verfaſſer verſuchte vergebens, aus einer großen horizontalliegenden Röhre, welche mit Sand gefüllt war, den Sand mittelſt eines hölzernen Stempels von mehreren Fuß Länge und etwas kleinerm Durchmeſſer als die Röhre, herauszutreiben; eher wären die Wände der Röhre geſprungen, als daß der Sand um einen Zoll gewichen wäre. Auch als die Röhre um 30° gegen den Horizont geneigt war, ſo daß ein Theil der Schwerkraft der Wirkung des Drucks zu Hülfe kam, ließ ſich der Sand auf keine Weiſe hindurchtreiben.

Es finden ſich noch mehrere Verſuche angeführt, welche den Umſtand, daß ſich der Druck der obern Schicht von Sand oder Erbſen nicht zu den untern fortpflanzt, beweiſen; ich übergehe dieſe, da ſie etwas complicirter ſind, ohne mehr zu beweiſen als die, in dieſem Bezuge ſchon hinreichenden, vorigen.

Spannung und Dehnung von Saiten. **Weber** *) fand durch Verſuche mit einer feinen Eiſenſaite, daß, wenn dieſelbe eine Zeit lang dem Maximo der Spannung unterworfen geweſen war, welches ſie, ohne zu reißen, vertrug, ſie ſich dann nach dem geraden Verhältniß des vermehrten oder verminderten ſpannenden Gewichts verlängerte oder verkürzte; war ſie dagegen nicht dieſer größten Spannung unterworfen geweſen, ſo zog ſie ſich, wenn ſie bei zunehmender Spannung verlängert worden war, bei abnehmender Spannung nicht wieder bis zu demſelben Punkte zuſammen und es waren um ſo kleinere Gewichtszuſätze nöthig, ſie fortgehends um gleiche Größen zu verlängern, je weiter ihre Verlängerung ſchon gediehen war. — In der Originalabhandlung iſt eine Verſuchstabelle zum Belege beigefügt.

---

*) Pogg. XX. [illegible]

Verfahren, Drähte durch eine beſtimmte Kraft plötzlich zu verlängern und zu verkürzen, oder zu ſpannen und abzuſpannen, von Weber[*]. Es kann für manche phyſikaliſche Verſuche (z. B. über die ſpec. Wärme der Metalle) von Wichtigkeit werden, Drähte durch eine gegebene Kraft plötzlich verlängern oder verkürzen zu können. Nun bietet ſchon das Anhängen von Gewichten an das untere Ende eines verticalen Drahts hiezu ein Mittel dar; allein, weil ein ſolcher Draht, wenn man das Gewicht nun ſich ſelbſt überläßt, nicht ſogleich in Ruhe kommt, ſondern in eine Schwankung auf- und abwärts geräth, wodurch der Draht bald zu lang bald zu kurz wird, ſo wird man hiedurch verhindert, das untere Ende des Drahts genau in demjenigen verlängerten Zuſtande zu fixiren, welcher der Kraft des Gewichts entſpricht. Um dieſen Übelſtand zu beſeitigen, wendet daher Weber zur Spannung des Drahts die Communication mit einem ſchon geſpannten Drahte auf folgende Weiſe an.

Er läßt die zwei Hälften a b, b c (Fig. 7) eines und deſſelben Drahtes durch eine Kugel[**], die mittelſt einer Klemme b feſtgedrückt oder frei ſchwebend gelaſſen werden kann, mit einander communiciren. In a iſt der Draht unveränderlich befeſtigt, in c dagegen geht er durch eine Klemme, die beliebig geöffnet oder zuſammengepreßt werden kann.

Geſetzt nun, es werden zuerſt beide Klemmen b und c geöffnet und der ganze Draht durch ein gewiſſes (über eine Rolle d gehendes) Gewicht, das wir P nennen wollen, geſpannt, darauf die Klemme b geſchloſſen, ſo daß die Kugel feſtgedrückt und mithin das Drahtſtück a b mit der, dem Gewicht P zugehörigen, Kraft geſpannt bleibt. Man füge jetzt zum Gewichte P ein zweites Gewicht Q; die Drahthälfte b c wird jetzt durch das Gewicht P + Q geſpannt ſein; die Hälfte a b aber blos mit der, dem Gewicht P entſprechenden, Kraft geſpannt bleiben, weil ſie durch das Feſtdrücken der Kugel gleichſam abgeſperrt von der andern Hälfte iſt. Man ſchließe nun die Klemme bei c, ſo wird auch die Drahthälfte b c in der Spannung und Verlängerung, die ſie vermöge des Gewichts P + Q erhielt, verharren. Öffnet man aber jetzt die Klemme bei b (während die bei c geſchloſſen iſt), ſo daß die Kugel frei wird, ſo wird die Communication zwiſchen a b und b c hergeſtellt ſein, und es werden beide ihre

---

[*] Pogg. XX. 101.

[**] Dieſe Kugel beſteht aus zwei Halbkugeln, die mittelſt einer beſondern Schraubenvorrichtung auf einander gepreßt werden. Der Draht geht durch die Kugel hindurch, indem er in zwei auf einander paſſenden Furchen der obern und untern Halbkugel, in welche er mit Schmirgel eingeſchliffen iſt, liegt.

Spannung ins Gleichgewicht ſetzen. Die ſtärker geſpannte Hälfte b c des Drahts wird ſomit die ſchwächer geſpannte in einem beſtimmten Grade verlängern, ſich ſelbſt aber um eben ſo viel verkürzen, um dies Gleichgewicht hervorzurufen, und die gemeinſchaftliche Spannung beider wird jetzt $\frac{P+Q}{2}$ betragen.

Man kann jetzt die Drähte durch abermaliges Schließen der Klemme b in dieſem gleichen Spannungszuſtande fixiren. Allein weſentlich iſt die (im nächſten Artikel noch näher zu erörternde) Bemerkung, daß ſie in dieſem gleichen Spannungszuſtande, in dem ſie ſich gleich nach Schließung der Klemme b jedenfalls befinden, nur dann dauernd verbleiben werden, wenn die Schließung nicht ſofort nach der Communication, ſondern erſt dann geſchahe, wenn die Temperaturveränderungen, welche durch Verlängerung und Verkürzung der Drahthälften entſtanden ſind, ſich wieder mit der atmoſphäriſchen Temperatur ausgeglichen haben, wozu bei den Verſuchen des Verfaſſers 6 Secunden ausreichten. Denn ſchließt man kurz nachdem die Communication hergeſtellt war, die Klemme b, ſo daß b c in ſeinem durch die Verkürzung erwärmten, a b in ſeinem durch die Verlängerung erkälteten Zuſtande, fixirt wird, ſo ändern ſie ihre bei der Fixirung Statt findenden gleichen Spannungen *) in dem Maße, als ſie ſich wieder mit der Temperatur der Atmoſphäre in Gleichgewicht ſetzen, und zwar nach entgegengeſetzten Richtungen, ſo daß die Drahthälfte a b nach einiger Zeit an Spannung abgenommen, die Drahthälfte b c um eben ſo viel zugenommen hat.

Will man nun dieſe Abnahme oder Zunahme beſtimmen, ſo ſchreitet man zu akuſtiſchen Verſuchen, indem man den Draht a b oder b c für ſich (bei geſchloſſener Klemme b) **) in Schwingung verſetzt und nach den bekannten Geſetzen aus der Geſchwindigkeit der Schwingungen die Spannung berechnet. *Weber* verfährt hiebei ſo, daß er den Ton, welchen dieſe

---

*) Es leuchtet ein, daß die Spannungen beider Drahthälften unmittelbar bei der Fixirung gleich ſein müſſen, ungeachtet ungleicher Temperatur, weil ſie ſich nothwendig bei der Communication ins Gleichgewicht ſetzen, was nur unter Vorausſetzung gleicher Spannungen beſtehen kann.

**) *Weber* findet es nöthig, mit Schließung der Klemme b eine kleine Zeit (er fand ½ Secunde hinreichend) nach der hergeſtellten Communication zu warten, damit die kleinen Wellen oder Schwingungen, die vermöge des durch die Communication geſtörten Gleichgewichts längs dem Drahte hin- und herlaufen, und in partiellen Verdichtungen und Verdünnungen beſtehen, erſt verſchwinden; denn wenn man die Klemme in dem Augenblicke ſchlöſſe, wo ſich an dieſer Stelle eine *verdichtende* Welle befände, ſo würde man für die nachherige Spannung beider Drahthälften andere Reſultate erhalten, als wenn man die Klemme b in einem Augenblicke ſchlöſſe, wo ſich an der nämlichen Stelle eine *verdünnende* Welle befände (vergl. Pogg. XX. 191). Freilich ſcheint es, als müſſe, da die ganze Spannungsänderung ſich auf einen Zeitraum von 6 Secunden nach des Verfaſſers Verſuchen beſchränkt, der Zeitraum von der erſten ½ Secunde ſchon nicht ganz zu vernachläſſigen ſein.

Schwingungen der Drahthälften a b und b c hervorbringen, mit dem Tone einer Stimmgabel vergleicht, die ſo gewählt iſt, daß beide faſt harmoniren und nur wenige ſogenannte Schwebungen oder Pulſationen hervorbringen. Durch Zählung dieſer Schwebungen oder Pulſationen, welche durch die ungleiche Geſchwindigkeit der ſchwingenden Stimmgabel und des ſchwingenden Drahts a b entſtehen, hat man dann ein Mittel, die Spannung des Drahts a b ſehr genau zu beſtimmen, wie in der Lehre vom Schall noch näher erörtert werden wird.

Nachdem man die geänderte Spannung der Drahthälften a b oder b c dadurch gemeſſen hat, daß man eine gewiſſe Anzahl Schwebungen, z. B. in 5 Secunden, gezählt hat, kann man leicht die anfängliche Spannung $\frac{P+Q}{2}$ wieder herſtellen, indem man die Klemme b öffnet, und kann alsdann mit denſelben Hülfsmitteln die Meſſung der Spannung wiederholen.

Die Verſuche an a b und b c können zur wechſelſeitigen Controle dienen, da ſie zu quantitativ gleichen Reſultaten, nur mit entgegengeſetztem Vorzeichen, führen.

Die Figur, auf welche ſich dieſe Erörterung bezieht, giebt übrigens bloß eine grobe, zur Einſicht in das Princip jedoch hinreichende, Vorſtellung des von Weber angewandten Apparats, der, um genaue Verſuche zuzulaſſen, eine ſorgfältige Conſtruction erfordert. Man findet ihn allen ſeinen einzelnen Theilen nach in Pogg. Ann. XX. S. 211 ausführlich beſchrieben und abgebildet.

Weber vergleicht auf ſinnreiche Weiſe die hier angewandte Mittheilung der Spannung von einem ſtärker geſpannten an einen ſchwächer geſpannten Körper durch augenblickliche Herſtellung einer freien Communication zwiſchen beiden, mit der, durch einen Hahn oder ein Ventil bewirkten, Herſtellung der Communication eines Gefäßes voll verdichteter Luft oder Dampf mit einem Gefäße voll verdünnter Luft oder Dampf. Das Freilaſſen der Kugel beim Drahte vertritt nämlich hier ganz die Stelle der Öffnung des Hahns oder Ventils bei der Luft oder dem Dampfe.

Spannungsänderungen verlängerter oder verkürzter Drähte von Weber *). Durch Verſuche an Drähten von Eiſen, Kupfer, Silber und Platin mittelſt der ſo eben beſchriebenen Vorrichtung hat Weber folgende Sätze ausgemittelt.

1) Wenn ein Draht plötzlich verlängert worden iſt und in dieſem verlängerten Zuſtande ſofort oder bald nachher fixirt wird, ſo daß ſeine Länge keine Änderung erleiden kann, ſo erfährt er allmählig eine Abnahme derjenigen Spannung, die er unmittelbar nach der Fixirung zeigt.

2) Wenn ein Draht plötzlich verkürzt worden iſt, und in dieſem verkürzten Zuſtande ſofort fixirt wird, ſo erfährt er allmählig eine Zunahme derjenigen Spannung, die er unmittelbar nach der Fixirung zeigt.

---

*) Pogg. XX. 178.

3) Unter ſonſt gleichen Umſtänden ſind die Spannungsänderungen, welche durch Verlängerung oder Verkürzung gleicher Drähte Statt finden, gleich groß (nur nach entgegengeſetzter Richtung), wenn die Kraft, welche die Verlängerung bewirkte, ganz gleich der iſt, welche die Verkürzung bewirkte.

4) Dieſe Abnahme und Zunahme der Spannung rühren von Temperaturveränderungen her, die durch den Akt der Verlängerung und Verkürzung im Drahte veranlaßt werden, indem, wie bekannt, die Spannung ſich mit der Temperatur ändert. Im Augenblicke der Verlängerung nämlich erniedrigt ſich die Temperatur des Drahts unter die der umgebenden Atmoſphäre, allein die Spannung, welche er ſofort nach dieſer Verlängerung vermöge der jetzt Statt habenden Temperatur beſitzt, kann nicht bleibend ſein, weil die Temperatur allmählig wieder bis zu der Temperatur der Atmoſphäre ſteigt, und hiemit ſich die Spannung ändert; eben ſo wird die Temperatur des Drahts durch eine ſchnelle Verkürzung über die der Atmoſphäre erhöht, allein die dieſer Temperaturerhöhung entſprechende Spannung kann eben ſo wenig bleibend ſein, weil der Draht allmählig ſeine Temperatur wieder zu der der Atmoſphäre erniedrigt.

Zu 1) 2) und 3). Das Thatſächliche der Spannungsänderungen wurde von **Weber** mittelſt der S. 67 beſchriebenen Vorrichtung ausgemittelt, welche den Vortheil darbot, von zwei gleichen Drahttheilen den einen mit ganz derſelben Kraft verlängern zu können, mit welcher zugleich der andere verkürzt ward. Zugleich gab die Methode der Schwebungen das Mittel an die Hand, ſelbſt ſehr kleine Abnahmen oder Zunahmen in der Spannung, auch wenn ſie nur ſehr wenigen Schwingungen auf 5 Secunden entſprachen, beſtimmen zu können. So fand er bei nachſtehenden Drähten, welche, erſt durch das Gewicht P geſpannt, dann plötzlich durch Hinzufügung des Gewichts Q verlängert wurden, daß ſie durch die Temperaturänderung nach der Fixirung folgende Verluſte an Spanning erlitten *).

Metall	P	Q	Verluſt an Spannung für die Schwingungszahl in 5 Secunden.
Eiſendraht	1000	4000	$7\frac{1}{2}$
Kupferdraht	1700	2000	$6\frac{1}{2}$
Silberdraht	1000	2000	$5\frac{5}{12}$
Platindraht	800	1200	$15\frac{1}{4}$

---

*) Die Drähte hatten verſchiedene Dimenſionen, waren aber ſämmtlich ſo eingerichtet, daß ſie, durch das Gewicht P + Q geſpannt, einen Ton gaben, der dem einer f-Stimmgabel nahe war.

Die Spannungsgewinnſte bei Verkürzungsverſuchen unter gleichen Umſtänden betrugen merklich eben ſo viel.

Nach den Datis der Verſuche ließen ſich die Temperaturveränderungen berechnen (vergl. den Zuſatzartikel), welche dieſe Schwingungsänderungen veranlaßt hatten. Dieſe Temperaturveränderungen hatten betragen:

für Eiſen	1°,092 C.
„ Kupfer	0°,883
„ Silber	0°,960
„ Platin	2°,073.

Zu 4). Daß die beſprochenen Spannungsänderungen wirklich von Temperaturveränderungen abhängen, ſchließt der Verfaſſer indirect auf folgende Weiſe:

Die bisher gemachten Erfahrungen haben bewieſen, daß die Spannung eines Körpers im Allgemeinen von dreierlei abhänge: a) von ſeiner Temperatur; b) von ſeinen Dimenſionen in allen drei Richtungen; c) von ſeiner Ziehbarkeit oder Ductilität in dem Falle, daß ſo große äußere Kräfte auf ihn wirken, daß ſeine natürliche Form und Dichtigkeit eine Änderung erleidet. Nun läßt ſich darthun, daß Änderungen der beiden letzten Umſtände nicht im Spiele waren; mithin bleibt bloß die Änderung des erſten Umſtandes als Urſache übrig.

In der That wurde der Einfluß einer Veränderung der Dimenſionen durch die genaue Fixirung des Drahts beſeitigt, der Einfluß der Ductilität aber dadurch, daß die angewandten Drähte zuvor ſo präparirt waren, daß die Wirkung der Ductilität nicht mehr in Betracht kam, wozu S. 66 das Verfahren angegeben iſt. Zu dieſen Beweiſen kommt noch, daß nach den Verſuchen des Verfaſſers ſchon 6 Secunden nach der Verlängerung oder Verkürzung eine conſtante Spannung eintritt, was vortrefflich damit vereinbar iſt, daß eine, ſchnell ſich ausgleichende, Erhöhung oder Erniedrigung der Temperatur Urſache der Spannungsänderung war; dagegen die Wirkung der Ziehbarkeit, wo eine ſolche vorhanden iſt, immer viel länger, mehrere Tage, mehrere Stunden, ſelten bloß mehrere Minuten lang dauert; auch kann die Ziehbarkeit unter keinen Umſtänden die Spannung eines Drahts vermehren. Übrigens läßt ſich aus einer nähern Betrachtung der Erſcheinung, die im Original gegeben iſt, folgern, daß nicht Friction durch Verſchiebung der Theilchen des Drahts, ſondern bloß die Volumenänderung (vermöge damit in Verbindung ſtehender Änderung der Wärmecapacität) Schuld an der Temperaturänderung iſt.

Zuſatz. Formeln, um 1) die Verlängerung oder Verkürzung r (in Theilen der urſprünglichen Drahtlänge) zu berechnen, welche erforderlich iſt, die Temperatur eines Drahts um eine gewiſſe Anzahl Grade t zu erniedrigen oder zu erhöhen; 2) die Dilatation oder Contraction ν (in Theilen des urſprünglichen Volumens) zu berechnen, die erforderlich iſt,

die Temperatur eines Metalls um eine gewiſſe Anzahl Grade t zu erniedrigen oder zu erhöhen.

Man wende bei dem Apparat Fig. 7 mit Bezug auf die beiden vorigen Artikel einen Draht von dem zu unterſuchenden Metalle an, und es ſei:

n die Anzahl der Schwingungen des Theils a b in 1 Secunde, wenn die Spannung der Drahthälften a b und b c ausgeglichen und $= \frac{P+Q}{2}$ iſt.

n — μ ſei die Zahl der Schwingungen von a b nach Abnahme ſeiner Spannung durch die freiwillige Temperaturveränderung.

l die Länge des Theils a b.

g die Länge des Fallraumes im leeren Raume für die erſte Secunde.

G das Gewicht eines Stücks Draht von der zu Grunde gelegten Längeneinheit.

k' der Ausdehnungscoefficient feſter Körper für 1° Temperaturerhöhung in Theilen der Länge des Drahts.

$\pi = 3,141 \ldots\ldots$

Man hat dann zur Löſung der Aufgabe folgende Formeln:

$$n = \frac{1}{l}\sqrt{\frac{2g}{G}}\sqrt{\frac{P+Q}{2}}$$

$$r = \frac{g k'(Q-P)}{2\mu n l^2 \pi}\, t$$

$$\nu = \frac{r}{2}$$

Über die Betrachtungen, durch welche dieſe Formeln hergeleitet ſind, vergl. die Originalabhandlung (Pogg. XX. 200 ff.).

Beiſpiel zur Berechnung. Bei einem Verſuche **Webers** fanden folgende Data Statt.

Es wurde ein Kupferdraht angewandt, von welchem ein Stück von 1300 Lin. Länge 3,332 Grammen wog, und bei welchem mithin, wenn wir 1 Lin. als Längeneinheit nehmen, $G = \frac{3,332}{1300}$ war.

Es war ferner bei dieſem Verſuche

$l = 240$ Linien.

$P = 1700$ Grammen.

$Q = 5700$ Grammen.

g in Linien ausgedrückt = 4348.

mithin

$$n = \frac{1}{240}\sqrt{\frac{4348 . 1300}{3,332}}\sqrt{3700} = 300$$

ferner fand ſich $\mu = 1,267$

k' (nach **Lavoiſier**) $= \frac{1}{58200}$ für 1° C.

hiedurch findet man für eine Temperaturerhöhung um 100° C. $r = 0,121$

mithin $\nu = 0,0605 = \frac{1}{16}$.

Inſtrument, die Zunahme der Länge einer Saite oder eines Drahts durch Vermehrung des ſpannenden Gewichts zu beſtimmen. Hiezu kann die Einrichtung des Monochords (Tonwage) dienen, welche Weber (Pogg. XV. 1.) gegeben hat; hinſichtlich deren wir es jedoch für zweckmäßig halten, auf das Original zu verweiſen.

Über die Torſion ſtarrer Streifen (lames) und Stäbe, von Savart *). Die nachfolgenden Unterſuchungen, welche hauptſächlich zur Prüfung mehrerer, von Poiſſon und Cauchy auf mathematiſchem Wege aufgefundener, Sätze geſchahen ***), wurden mittelſt folgenden Apparats vorgenommen:

Der zu unterſuchende Stab wurde in horizontaler Richtung an einem Ende in einen Schraubenſtock befeſtiget, am andern Ende mit jenem Punkte, welcher in ſeiner Axe lag, durch einen horizontalen Stift gehalten, etwa ſo wie Gegenſtände, welche in eine Drehbank eingeſpannt ſind, gehalten zu werden pflegen. Eine Stange aus Eiſen oder Kupfer, die in der Mitte mit einem Loch verſehen war, von der Form und Größe, wie es der zum Verſuche hergerichtete Stab forderte, faßte mit dieſem Loche den Stab an ſeinem Umfange ſo, daß, wenn dieſe Stange gedreht wurde, am Stabe eine Torſion eintrat. Die Windung wurde durch ein Gewicht hervorgebracht, das man mittelſt eines Stahldrahtes am Ende jener Stange aufhing. Die Größe der Windung konnte man an einer getheilten Scheibe meſſen, die ſich auf den Stift aufſtecken ließ, welcher mit einer Spitze das Ende des zu prüfenden Stabes hielt. Ein Gegengewicht von ſchicklicher Größe brachte den Hebelarm, woran das drehende Gewicht hing, wieder in die horizontale Lage zurück, wenn er ſie durch die Drehung des Stabes verlaſſen hatte; auch wurde dafür Sorge getragen, daß bei Anwendung bedeutender Gewichte der Schraubſtock ſeine Lage nicht ändern konnte.

Mittelſt dieſes Apparats nun erhielt Savart nachfolgende Reſultate:

1) Wie auch der Umriß des Querſchnitts eines Stabes oder Streifens geſtaltet ſein mag, rund, dreiſeitig, quadratiſch oder rechteckig, jedenfalls ſind innerhalb der Gränzen der Elaſticität die Drehungsbogen direct proportional dem Moment der Kraft, d. h. dem Product aus der Kraft in den Abſtand vom Befeſtigungspunkte.

2) Bei ähnlichen Querſchnitten zweier Stäbe, wie ſie auch übrigens geſtaltet ſein mögen, verhalten ſich die Drehungsbogen umgekehrt wie die vierte Potenz der Linear-Dimenſionen des Querſchnitts.

3) Wenn die Stäbe Rechtecke ſind und nach allen Richtungen eine gleichförmige Elaſticität beſitzen, ſo verhalten ſich die Drehungsbogen umgekehrt wie das Product aus den Cuben der beiden Transverſaldimenſionen dividirt durch die Summe ihrer Quadrate; woraus folgt, daß, wenn die Breite ſehr groß im Verhältniß zur Dicke iſt, die Drehungsbogen merklich

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 373, oder Baumg. Zeitſchr. VII. 228.

**) Die wirklich dadurch beſtätigt worden ſind. Vergl. die Formeln nach dieſem Artikel.

im umgekehrten Verhältniß der Breite und des Cubus der Dicke ſtehen werden, und zwar letzteres ſelbſt in dem Fall, wenn die Elaſticität nicht nach allen Richtungen dieſelbe iſt.

4) Die Schnelligkeit des Abkühlens hat bei Metallen einen großen Einfluß auf ihre der Torſion entgegenwirkende Kraft; und zwar erzeugt ein langſames Abkühlen ſtets eine größere Reaction als ſchnelles.

Belege zu 1). Verſuch mit einem vierſeitigen rechtwinklichen Prisma aus Meſſing von 0,997 Meter Länge, 0,00356 Dicke und 0,0092 Meter Breite.

Drehungswinkel.	Beobachtetes Gewicht.	Berechnetes Gewicht.
1°	55,5 Gr.	55,739 Gr.
2°	111 „	111,478 „
3°	167 „	167,217 „
4°	223,5 „	222,956 „
5°	279 „	278,695 „
6°	334 „	334,434 „
7°	390 „	390,173 „
8°	447 „	445,912 „
9°	501 „	501,651 „
10°	557 „	557,390 „
11°	612,7 „	613,129 „
12°	670 „	668,868 „

Verſuch mit einem gleichſeitigen prismatiſchen Stahlſtabe von 0,00572 Meter Breite.

Länge des Stabes in Decimetern.	Beobachtetes Gewicht.	Berechnetes Gewicht.
12	132 Gr.	132 Gr.
11	145 „	144 „
10	159 „	158,4 „
9	175 „	176 „
8	198 „	198 „
7	226 „	226,3 „
6	263 „	264 „
5	317 „	316,8 „
4	395 „	396 „
3	525 „	528 „
2	785 „	792 „
1	1575 „	1584 „

Dieſe beiden Verſuchsreihen ſind hier bloß beiſpielsweiſe mitgetheilt worden. Im Original aber findet man außerdem noch ähnliche beſtätigende Verſuche für folgende Dimenſionen und Subſtanzen:

a) Für die Proportionalität mit den Gewichten.

Meſſingcylinder, von 0,00672 Meter Durchmeſſer, 0,649 Meter Länge.

Kupferner quadratiſcher Stab von 0,6567 Meter Länge, 0,00566 Seite des Quadrats.

Glasſtreifen von 0,68 Meter Länge, 0,0544 Meter Breite, 0,001516 Meter Dicke.

Streifen von Schmelzſtahl von 0,2194 Meter Länge, 0,05187 Meter Breite, 0,00117 Meter Dicke.

Prismatiſcher dreiſeitiger Stab von Kupfer von 0,6383 Meter Länge, 0,0088 Meter Seite.

b) Für die Proportionalität mit den Längen.

Glasſtreifen von 0,0544 Meter Länge, 0,001516 Meter Dicke, Drehung um 1°.

Eichenbret von 0,096 Meter Breite, 0,0017 Meter Dicke, Drehung 1°.

Prismatiſcher dreiſeitiger Kupferſtab von 0,0088 Meter Seite, Drehung 1°.

Zu 2). Um die Gültigkeit des zweiten Geſetzes zu prüfen, bediente ſich Savart mehrerer kupferner cylindriſcher Stäbe von verſchiedenen Durchmeſſern, hierauf kupferner Stäbe mit quadratiſchem Querſchnitte, mehrerer Holzſtäbe und Kupferſtäbe mit dreiſeitigem Querſchnitte. Bei den cylindriſchen Stäben ſtanden für gleiche Drehungswinkel die vierten Potenzen der Durchmeſſer in dem Verhältniſſe 33,1776 : 440,00935698 : 2279,88105 : 6678,41990656, oder wie 1 : 13,262 : 68,717 : 201,293; die Gewichte, durch welche jene Drehungswinkel erzielt wurden, wie die Zahlen 1 : 13,862 : 69,697 : 195,286.

Bei den prismatiſchen vierſeitigen Kupferſtäben mit quadratiſchen Querſchnitten verhielten ſich die vierten Potenzen der Seiten wie die Zahlen 1 : 2,1393 : 14,8043, während die entſprechenden Gewichte in dem Verhältniſſe der Zahlen 1 : 2,1429 : 14,7899 ſtanden.

Bei Stäben mit rechtwinklichem Querſchnitte fand man die zur Erzeugung einer beſtimmten Torſion nöthigen Gewichte in dem Verhältniſſe der Quadrate ihrer Querſchnitte, mithin ebenfalls dem Geſetze gemäß. Auf ähnliche Weiſe ward dies Geſetz auch bei Stäben mit dreiſeitigem Querſchnitte beſtätigt.

Zu 3). Um eine hinſichtlich ihrer Elaſticität merklich gleichförmige Subſtanz zur Prüfung des dritten Geſetzes anzuwenden, wählte Savart den Gyps (plâtre), der zufolge der Beobachtungen mittelſt Schallſchwingungen nur ſehr geringe Elaſticitätsverſchiedenheiten zeigt. Die Länge des daraus verfertigten Stabes betrug conſtant 0,374333 Meter; ſeine Dicke und Breite wurde im Übergange von Nr. 1 zu Nr. 2 vermindert.

	Nr. 1.	Nr. 2.
Breite	$0^{\mathrm{m}},0271$	$0^{\mathrm{m}},017213$
Dicke	$0^{\mathrm{m}},00698$	$0^{\mathrm{m}},005188$
Drehungsbogen	1°	1°
Gewicht	120 Grammen.	30,33 Grammen.

Nimmt man das Product aus den Cuben der beiden Querdimenſionen und dividirt es durch die Summe der Quadrate derſelben Dimenſionen, ſo erhält man folgende Zahlen: 8642,513319; 2203,406422, die ſich verhalten wie: 3,922 und 1; andererſeits ſtehen die Zahlen 120 und 30,33, welche die Anzahl Grammen bezeichnen, die erforderlich waren, um jeden Stab um 1° zu drehen, im Verhältniß von 3,956:1 unter einander.

Der unter 3) angeführte Folgeſatz wurde an einem eichenen und gläſernen Streifen bewährt.

Zu 4). Ein durch einen Hammerſchlag abgeplatteter Meſſingdraht von $0^{\mathrm{m}},3$ Länge wurde mehreren Windungsverſuchen unterworfen, und zwar nachdem er langſam oder ſchnell abgekühlt war. Der Windungswinkel betrug 1°. Folgende Tafel enthält die dazu nöthigen Gewichte:

Zuſtand des Körpers.	Gewicht:
Durch Hämmern gehärtet	357,5 Gr.
Langſam abgekühlt	370 „
Schnell „	357,5 „
Langſam „	370 „
Schnell „	355 „
Langſam „	367 „
Schnell „	355 „
Langſam „	367 „

Verſuche mit andern Stäben aus demſelben Metalle, ſo wie aus der Legirung des Tantams, führten zu ähnlichen Reſultaten. Lange Stäbe ſind zu Verſuchen dieſer Art nicht wohl geeignet, weil ſie nicht der ganzen Länge nach einerlei Elaſticität haben, wie beſonders daraus hervorgeht, daß man für eine Hälfte eines ſolchen 1,302 Meter langen vierkantigen Stabes zu einer Windung von 1° ein Gewicht von 110 Gr., für die andere den Abmeſſungen nach ganz gleiche Hälfte hingegen nur 92 Gr. brauchte.

Formeln in Bezug auf vorſtehende Verſuche. Es heiße K das Moment einer Kraft, die an dem freien Ende, in einer gegen den Stab ſenkrechten, Ebene wirkt; l die Länge des Stabes zwiſchen dem befeſtigten und dem freien Ende, an welchem die Kraft wirkt; ϱ die Dichte des Stabes, $2h$ ſeine Dicke, $2i$ ſeine Breite, im Fall es ein parallelepipediſcher Stab iſt, ε ſein Radius, im Fall es ein cylindriſcher Stab iſt; ψ der Drehungswinkel, welcher durch das Moment E der am freien Ende wirkenden Kraft hervorgebracht wird, k den bekannten, von der Elaſticität des Stabes abhängigen, conſtanten Coefficienten, welcher durch Verſuche über das Verhältniß zwiſchen ziehender Kraft und linearer Verlängerung des Stabes ausgemittelt werden kann (vergl. die ſpätern Formeln über Schallgeſchwindigkeit oder S. 53); π das Verhältniß des Umkreiſes zum Durchmeſſer. Der Stab wird als ſehr dünn im Verhältniß zu ſeiner Länge vorausgeſetzt und die Wirkung äußerer Druckkräfte darauf vernachläſſigt. Die Elaſticität wird für gleich nach allen Richtungen angenommen.

Man hat nach **Poiſſon** *) für einen cylindriſchen Stab

$$\psi = \frac{2\,E\,l}{\pi\,k\,\varepsilon^4}$$

nach **Cauchy** **) für einen parallelepipediſchen Stab

$$\psi = \frac{3}{16}\,\frac{E\,l}{k}\,\frac{(i^2+h^2)}{h^3\,i^3}$$

und, wenn er einen quadratiſchen Durchſchnitt von 2 i Seite hat

$$\psi = \frac{3}{16}\,\frac{E\,l}{k\,i^4}$$

dagegen, wenn die Dicke 2 h ſehr klein gegen die Breite 2 i iſt

$$\psi = \frac{3}{16}\,\frac{E\,l}{k\,h^3\,i}.$$

Unter denſelben Vorausſetzungen, als den vorigen, bloß mit dem Unterſchiede, daß der parallelepipediſche Stab nicht nach allen Richtungen als gleich elaſtiſch vorausgeſetzt wird, hat **Cauchy** folgende Gleichung gefunden:

$$\psi = \frac{3}{16}\,\frac{E\,l}{h^3\,i^3}\left(\frac{i^2}{i^1}+\frac{h^2}{h^1}\right)$$

hier ſind i^1 und h^1 Größen, welche von dem Elaſticitätszuſtande des Stabes auf eine, durch die Verſuche ſelbſt zu beſtimmende, Weiſe abhängen.

Drehwage.

Anwendung von Glasfäden zu Drehwagen. **Ritchie** ***) empfiehlt als vorzüglich geeignet für Drehwagen die Anwendung feiner Glasfäden ſtatt der gewöhnlichen Metallfäden, indem ein hinlänglich feiner Glasfaden nach ſeinen Verſuchen, auch wenn er wohl 100 mal um ſich ſelbſt gedreht worden iſt, doch beim Nachlaſſen der drehenden Kraft ganz wieder in ſeine urſprüngliche Lage zurückkehrt. Er beſchreibt eine mit einem ſolchen Glasfaden conſtruirte Multiplicatordrehwage zur Meſſung galvaniſcher Wirkungen, deren Einrichtung wir, da ſie im übrigen nicht zweckmäßig iſt, nicht mittheilen werden. Die Beſchreibung der feinen Gewichtswage, die er ebenfalls mittelſt eines ſolchen Glasfadens conſtruirt hat, iſt ſchon S. 7 gegeben worden.

---

*) Pogg. XIII. S. 306. oder Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 454.

**) Cauchy Exerc. IV. p. 48. 60. 63. oder Mém. de l'Acad. des sc. 1830. IX. 122.

***) Philos. transact. 1830. P. I. p. 215. Schweigg. J. LXI. 384.

Störung der Drehwagen durch thermoelektriſche Wirkungen *). **Muncke** bemerkte an einer Coulombſchen Drehwage, beſtehend aus einem Coconfaden, der, oben befeſtigt, durch einen 18 Zoll hohen Glascylinder in eine, mit letzterm verbundene, gläſerne Halbkugel herabhing und unten (innerhalb der Halbkugel) als Wagebalken ein 8 Zoll langes Glasſtäbchen von ½ Lin. Dicke trug, an deſſen einem Ende ein Kügelchen von Sonnenblumenmark (von etwa 1 Lin. Durchm.), am andern bloß etwas Blattgold als Gegengewicht befeſtigt war, folgende merkwürdige Erſcheinung:

Der Wagebalken des Apparats, welcher auf einem Tiſche an einem Fenſter des phyſikaliſchen Cabinettes ſtand, zeigte eine automatiſche Bewegung, indem das Kügelchen entweder nach dem Fenſter gegen Oſten, oder nach dem Saale gegen Weſten gerichtet war, und eine dieſer Richtungen wieder annahm, um welchen beliebig großen Winkel auch die Halbkugel oder der Stift mit dem Coconfaden gedreht werden mochte. Da dieſe Bewegung eben ſo gut des Nachts als bei Tage, eben ſowohl in luftleerem als luftvollen Raume erfolgte, wie ſich **Muncke** überzeugte, ſo konnte kein Einfluß des Lichts oder von Luftſtrömungen dabei im Spiele ſein, und es blieb nach Erwägung der möglichen Urſachen nichts übrig, als eine Wirkung der Wärme darin zu ſehen, wofür zunächſt auch ſprach, daß die Drehung jederzeit erfolgte, wenn die äußere Temperatur ſich um 3° bis 5° R. gegen die im Zimmer änderte, wobei das Kügelchen ſtets der Richtung der Wärmeſtrömung entgegenſtand.

In der That überzeugte ſich **Muncke** durch fernere Verſuche, mit Annäherung eines mit heißem Waſſer gefüllten blechernen Würfels, daß die ganze Erſcheinung nichts anders als eine thermoelektriſche Wirkung ſei, abhängig nämlich von der Elektricität, welche eine, wenn ſelbſt nur geringe, Erwärmung in dem Glaſe erzeugte, vermöge welcher Elektricität der Wagebalken nach der Richtung der erwärmenden Urſache angezogen ward. Das Nähere hierüber ſiehe in der Elektricitätslehre.

VI. Reibung und Adhäſion feſter Körper.

Reibung.

Über Reibung verſchiedener Körper. Rennie hat in den Philos. Transact. 1829. I. 143 eine ausgedehnte Verſuchsreihe über die Reibung feſter Körper an einander bekannt gemacht; da jedoch dieſer Band der Philos. transact. jetzt nicht von mir hat erlangt werden können, der im Bullet. des sc. XII. 426 enthaltene Auszug daraus aber ſehr ungenügend zu ſein ſcheint (was häufig von dieſen Auszügen gilt), ſo werde ich in der nächſten Fortſetzung dieſes Repertoriums die Reſultate dieſer Verſuche nachtragen.

---

*) Pogg. XX. 417.

Reibung des Sandes auf ſchiefen Oberflächen. **Huber Burnand** *) beobachtete, als iſolirte Sandkörner auf eine bewegliche Ebene (es iſt nicht angegeben, aus welcher Subſtanz) gebracht wurden, die ſich unter verſchiedenen Winkeln neigen ließ, daß ſie nicht leicht eher herabglitten, als bei einem Neigungswinkel von 30°. Manche jedoch blieben bis zu einem Winkel von 40° darauf liegen; keiner aber vertrug einen größern Winkel, ohne der Wirkung der Schwere zu folgen.

Der Verfaſſer bemerkt hiebei, daß, wenn ein Sandhaufen auf einer horizontalen Ebene ruht, und man einen Theil dieſer Ebene unterhalb wegnimmt, ſo daß ein Theil des Sandhaufens einſtürzt, der Haufen an der Stelle, wo der Einſturz erfolgt iſt, eine Neigung unter einem Winkel von 30° bis 33° behalten wird. Bei Haufen von Erbſen oder Schrotkörnern findet ungefähr daſſelbe Statt.

Adhäſion.

Adhäſion der Metalle an einander, von Prechtl **). **Prechtl** hat Verſuche über die Adhäſion, welche vollkommen ebene und polirte Platten (von nahe 1½ Zoll im Durchmeſſer) in unmittelbare Berührung mit einander gebracht, äußern, angeſtellt, indem er durch Gewichte maß, wie viel Kraft zu ihrer Losreißung von einander erforderlich ſei ***). Es ergab ſich dabei das merkwürdige Reſultat, daß **diejenige Adhäſion, welche zweien Scheiben aus einem und demſelben Metalle zukommt, auch die Adhäſion iſt, welche dieſem Metalle mit jedem andern von geringerer Adhäſion mit ſich ſelbſt zugehört.** Z. B. eine Kupferſcheibe hing zuſammen mit einer Kupferſcheibe mit einer Kraft von 21 Gran; mit eben der Kraft hing nun die Kupferſcheibe zuſammen mit einer Wismuth-, Zink-, Zinn-, Bleiſcheibe u. ſ. w., obgleich die Adhäſion zweier Scheiben von einem jeden dieſer Metalle geringer war, als jene des Kupfers mit dem Kupfer.

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 165.

**) Pogg. XV, 223.

***) An dem einen Balken einer ſehr empfindlichen Wage wurde eine dieſer Platten, genau äquilibrit, ſo aufgehangen, daß ihre polirte Fläche ſich in einer horizontalen Lage befand und unter derſelben die zweite Platte, mit welcher der Verſuch angeſtellt wurde, gleichfalls horizontal auf einer Unterlage befeſtigt. Die beiden Platten wurden nun mit einander in Berührung gebracht, ſo daß die beiden polirten Flächen einander genau deckten und nun wurden auf die Scheibe des zweiten Wagebalkens ſo lange Gewichte aufgelegt, bis die Trennung der Flächen erfolgte. Während einer zuſammengehörigen Reihe von Verſuchen fand keine merkliche Änderung in Temperatur und Barometerſtand Statt. Die Verſuche wurden einigemale, und zwar immer mit friſch polirten Flächen, wiederholt.

Dieſes Reſultat ergab ſich im Mittel als beſtändig; obgleich nicht ohne Variationen, die hauptſächlich in dem Umſtande liegen, daß die Polirung der Flächen nicht bei allen Metallen vollkommen gleich ſein konnte. So wird dieſe Politur durch die kryſtalliniſche Structur des Antimons und Wismuths gehindert, und das friſch polirte Blei iſt an der Luft ſo leicht oxydabel, daß es kaum einige Minuten lang ſeinen erſten Glanz behält. Wurde Zink nach und nach mit den übrigen Metallen in Berührung gebracht, ſo ergab ſich folgende Reihe:

Zink mit Kupfer = 21 Gran
„ „ Silber = 21 „
„ „ Zinn = 17 „
„ „ Wismuth = 16 „
„ „ Antimon = 15 „
„ „ Blei = 12 „
„ „ Zink = 10 „

Es iſt ſehr bemerkenswerth, daß dieſe Reihe mit der galvaniſchen Spannungsreihe nahe übereinſtimmt. Das Zinn geht jedoch dem Antimon, Wismuth und Blei voraus, weil es, friſch polirt, eine viel reinere Fläche hat, als die zuletzt genannten Metalle.

Prechtl will übrigens mit völliger Beſtimmtheit gefunden haben, daß die Anziehung der Platten eines und deſſelben Metalls nicht bloß in der Berührung, ſondern auch in der Entfernung Statt habe; ja ſie ſoll ſchon innerhalb des Abſtandes einer halben Linie deutlich bemerkbar geweſen ſein, ſo daß ſie durch kleine Gewichte gemeſſen werden konnte. Die äquilibrirte ſchwebende Platte wurde von der andern parallelen Platte in einer geringen Entfernung angezogen, bis ſich beide Flächen einander berührten, was mit ſichtbarer Beſchleunigung und einer Art von Stoß geſchah. — Dieſe Erfahrung muß unſtreitig erſt durch Wiederholung anderer beſtätigt werden.

Über ein Adhäſionsphänomen von Camelli *). Das Phänomen beſteht darin, daß, wenn man ein, mit einem Tropfen Waſſer unten genetztes Uhrglas auf eine Glasplatte legt und dieſe ſo neigt, daß das Uhrglas herabgleitet, es dabei eine Rotationsbewegung annimmt. Die Erklärung, welche **Camelli** von dem Phänomen giebt, iſt zu unbeſtimmt und dunkel, um hier angeführt zu werden.

*) Bullet. univ. des sc. math. XII. 247. aus dem Giorn. accad. delle sc. 1828. T. XXXVII. p. 1.

VII. Bewegung feſter Körper *).

Über Fortpflanzung der Bewegung in elaſtiſchen feſten Körpern, von Poiſſon **). Aus den Integralen, welche Poiſſon in den Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 623. von den Differenzialgleichungen gegeben hat, welche die Geſetze der Schwingungen feſter homogener nach allen Richtungen gleich elaſtiſcher Medien ausdrücken, läßt ſich folgern, daß, wenn einem begränzten Antheile eines ſolchen Medium eine Bewegung eingepflanzt wird, im Allgemeinen zwei fortſchreitende Wellen entſtehen, die ſich mit gleichförmiger, aber unter einander verſchiedener, Geſchwindigkeit fortpflanzen, und zwar ſo, daß die eine Geſchwindigkeit zur andern ſich wie $\sqrt{3} : 1$ verhält. So z. B., wenn irgend eine Erſchütterung im Innern der Erde ***) Statt fände, ſo würden wir an ihrer Oberfläche zwei Stöße empfinden, welche durch ein Zeitintervall von einander geſondert wären, das von der Tiefe, in der die Erſchütterung Statt gefunden, und der, in dieſer ganzen Tiefe als homogen betrachteten, Materie der Erde abhinge.

In einer neuen Arbeit hat nun Poiſſon die Geſetze dieſer Erſcheinung, die ſich nach der Form, unter der er die Integralen des Problems früher dargeſtellt hatte, ſchwer erörtern ließen, weiter verfolgt. Nachſtehendes ſind die Folgerungen, die ſich aus dieſer neuen Erörterung ergeben haben.

1) Die beiden Wellen, die ſich in einem homogenen feſten nach allen Richtungen gleich elaſtiſchen Körper fortpflanzen, ſind ſphäriſch und von derſelben Dicke.

2) Die Intenſität der Bewegung, gemeſſen durch die, in dieſer ganzen Dicke genommenen, Summe der lebendigen Kräfte ****), ändert ſich im Fortſchreiten jeder dieſer Wellen nach dem umgekehrten Verhältniß des Quadrats ihres Radius, und von einem Punkte derſelben Welle zum andern nach einem, von der urſprünglichen Erſchütterungsart abhängigen, Geſetze.

3) Welche urſprüngliche Richtungen auch die Geſchwindigkeiten der Theilchen im Bezirke der anfänglichen Erſchütterung beſitzen mögen, ſo blieben doch zuletzt (d. i. in großer Entfernung von dem Orte der anfänglichen Erſchütterung) bloß ſolche Geſchwindigkeiten übrig, welche nach den

---

*) Von den Schwingungsbewegungen feſter Körper wird in der Lehre vom Schall die Rede ſein.

**) Mém. de l'Acad. 1831. T. X. p. 541.; Inhaltsangabe in Ann. de Ch. et de Ph. XLIV. 423.

***) Für ſehr kleine Ortsveränderungen der Theilchen laſſen ſich ſelbſt Körper, die wir ſonſt nicht für elaſtiſch zu nehmen pflegen, als ſolche betrachten.

****) Lebendige Kraft eines Theilchens iſt bekanntlich das Product aus der Maſſe des Theilchens in das Quadrat ſeiner Geſchwindigkeit.

Radien der beweglichen Wellen, und ſolche, welche ſenkrecht auf dieſe Radien gerichtet ſind.

4) Die nach der Richtung der Radien vor ſich gehenden Geſchwindigkeiten haben ausſchließlich in den Wellen Statt, welche am ſchnellſten fortſchreiten, und ſind von Ausdehnungen begleitet, welche ihnen proportional ſind, ſo daß dieſe Wellen von derſelben Beſchaffenheit ſind, als die, welche ſich in den Flüſſigkeiten verbreiten. Die Geſchwindigkeiten dagegen, welche ſenkrecht auf die Radien oder parallel den Oberflächen der Wellen ſind, finden, ebenfalls ausſchließlich, in den andern Wellen Statt, deren Fortpflanzungsgeſchwindigkeit ſich zu der der erſten wie $1 : \sqrt{3}$ verhält; und ſie ſind von keiner Veränderung in der Dichtigkeit des Mittels begleitet; ein bemerkenswerther Umſtand, der ſich bei den bisher von Mathematikern unterſuchten Undulationsphänomenen noch nicht dargeboten hatte.

5) Damit nur eine einzige Art von Wellen entſtehe, muß die urſprüngliche Erſchütterung beſondern Bedingungen genügen, die in Bezug auf die langſamern Wellen ſchwer zu erfüllen ſind. Was die ſchnellern anlangt, ſo entſtehen ſie allein, d. h. ohne die langſamern Wellen, wenn die Erſchütterung nach allen Richtungen um einen gegebenen Punkt auf dieſelbe Weiſe gewirkt hat.

Fortpflanzung der Erſchütterung durch harte Körper. Cauchy *) hat auf mathematiſchem Wege gefunden, daß die Fortpflanzung der Erſchütterung durch einen ganz der Elaſticität beraubten Körper, unter Vorausſetzung, daß die lineare Contraction des Körpers nach der Richtung des Drucks der drückenden Kraft einfach proportional ſei, ganz nach denſelben Geſetzen von der Größe der Volumenänderung, welche die verſchiedenen Theilchen des Körpers während eines Augenblicks hiebei erfahren, abhängt, als die Forpflanzung der Wärme durch einen homogenen Körper oder den Raum von der Intenſität der Wärme an jedem Punkte, indem die Differenzialgleichungen in Bezug auf dieſe Umſtände ganz dieſelbe Form haben.

Ausfluß des Sandes von Huber Burnand **). Aus nachfolgenden Verſuchen geht hervor, daß der Sand ſich in Bezug auf das Quantum, was in einer gewiſſen Zeit aus Öffnungen ausfließt, ganz anders als tropfbare oder elaſtiſche Flüſſigkeiten verhält.

Verfahren bei den Verſuchen. Der Verfaſſer ließ ſich zu ſeinen Verſuchen zwei hölzerne Kaſten, einen von 8 Decimeter Höhe auf 3 Decimeter Breite und einen andern von 12 Decimeter Höhe auf 1 Decimeter Breite verfertigen, die oben offen, auf ihrem untern Boden aber mit 4 kreuzförmig angeordneten Schiebern (palettes à coulisses) verſehen waren ***), um den Ausflußſpalt beliebig erweitern und verlängern zu können. Der Rand dieſer Schieber an der Öffnung wurde zugeſchärft, da die Dicke des Holzes ein Hinderniß für die Bewegung des Sandes abgab. Dieſe beiden Kaſten wurden zur Bequemlichkeit der Verſuche auf 4 Füße geſtellt.

---

*) Exerc. de math. III. p. 146. 185.

**) Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 159. (vergl. hiebei S. 65.)

***) Bei einigen beſonders feinen Verſuchen wurden den hölzernen Schiebern metallene, die nach Millimetern graduirt waren, ſubſtituirt.

Sowohl das Maß der Zeit, als des Volumens und Gewichts des ausgefloſſenen Sandes geſchahe mittelſt vorzüglicher Inſtrumente und alle Verſuche wurden mehrmals wiederholt. — Der angewandte Sand war mit größter Sorgfalt geſiebt, doch nicht von mehlgleicher Feinheit, Bedingungen, welche der Verfaſſer zu einem regelmäßigen Fall deſſelben erforderlich fand, indem bei zu großer Feinheit der Fall häufig unterbrochen ward und maſſenweiſe geſchahe. Die Ausflußöffnung hatte ſtets wenigſtens 2 Millimeter Breite, was der Verfaſſer ebenfalls zur Erlangung eines ununterbrochenen Ausfluſſes als erforderlich erkannte.

Specielle Reſultate. 1) Die Quantität Sand, welche in einer gegebenen Zeit durch eine gegebene Öffnung im Boden ausfloß, war ganz gleich, ſowohl dem Volumen als dem Gewichte nach, welches auch die Höhe des Sandes im Kaſten zu Anfange des Verſuchs ſein mochte. Differenzen von 2 bis 3 Grammen, die allerdings zuweilen beobachtet wurden, ſchienen meiſt nur von der Schwierigkeit abzuhängen, das zur Aufnahme des ausfließenden Sandes dienende Gefäß zur rechten Zeit unterzuſtellen, und wegzuziehen; ſie compenſirten ſich aber bei Wiederholung der Verſuche *).

2) Die, durch eine 2 bis 3 Millimeter breite Spalte ausgefloſſene Menge Sandes ſtand ſtets in directem Verhältniß der Länge dieſer Spalte. Die geringſte Veränderung in der Breite Spalte aber brachte in der Quantität des ausfließenden Sandes einen Zuwachs hervor, welcher das einfache Verhältniß der Mündungsoberfläche überſtieg.

3) Der Sand, welcher durch Seitenöffnungen in den Wänden des Gefäßes heraustrat, floß mit derſelben Geſchwindigkeit, welches auch die Höhe der Sandſäule ſein mochte. Waren aber die Löcher horizontal durchgebohrt **) und hatten einen Durchmeſſer, welcher der Dicke des Bretes ungefähr gleich kam, ſo fiel auch nicht ein Korn Sand durch dieſe Öffnungen, welches immer die Höhe des Sandes im Kaſten ſein mochte.

4) Schüttet man Sand in einen Schenkel einer zweimal rechtwinklich gebogenen Röhre, ſo ſteigt er nicht wieder im andern Schenkel auf, wie eine Flüſſigkeit thun würde, kaum erſtreckt er ſich von der nächſten Biegung eine ſehr kleine Weite in den horizontalen Theil der Röhre hinein.

---

*) Gewöhnlich wurde der Ausfluß zweimal hinter einander jedesmal 1½ Minute lang dauern gelaſſen. Waren die ausgefloſſenen Quantitäten merklich gleich, ſo wurde das Reſultat für gültig angeſehen, die Quantitäten wurden zuſammenaddirt, und mit andern verglichen, die bei einer andern anfänglichen Höhe des Sandes erhalten wurden. Wiewohl dieſe Höhe vom Einfachen auf das Zehnfache abgeändert wurde, blieben ſich doch die ausgefloſſenen Quantitäten ſtets gleich.

**) d. h. wahrſcheinlich war die Ebene der Löcher vertical, da dies eine horizontale Richtung beim Acte des Durchbohrens vorausſetzt.

5) Welchen Druck man auch auf den in einem Kaſten enthaltenen Sand wirken laſſen mag, er äußert nicht den geringſten Einfluß auf die Menge des Sandes, welche durch eine gegebene Öffnung ausfließt, die ſich auf dem Boden oder an den Seiten des Kaſtens befindet. Der Verſuch wurde ſucceſſiv mit Eiſenmaſſen von 12 und 25 Kilogrammen angeſtellt.

6) Ein Lineal, welches ſenkrecht in den obern Theil der Sandſäule, genau in der Richtung der untern Öffnung, gepflanzt wird, ſteigt im Sande und mit dem Sande herab, ohne ſich auf irgend eine Seite zu neigen, mit vollkommen gleichförmiger Bewegung, faſt eben ſo gleichförmig als eine Uhr. Auch ein, in das Innere des Kaſtens gebrachtes, und außen mit einem Zeiger verſehenes, Schöpfrad (roue à godets) bewegte ſich mit einer erſtaunenswerthen Regelmäßigkeit, aber ſehr langſam.

Iſt dagegen das Lineal anſtatt im Mittelpunkte der Bewegung mehr nach den Rändern des Kaſtens zu angebracht, ſo neigt es ſich mit bewundernswerther Gleichförmigkeit, wie der Zeiger einer Uhr, zugleich aber ſteigt es herab und ſchreitet mit ſehr langſamer Bewegung nach dem Mittelpunkte fort.

Merkwürdige Bewegungserſcheinung an einer tönenden Glasröhre. Nach **Weber** *), wenn man eine 4 bis 6 Fuß lange, cylindriſche Glasröhre (von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ par. Lin. dickem Glaſe und 3 bis 6 Lin. Durchmeſſer im Lichten) nimmt, das eine Ende mit einem Stöpſel verſchließt, den man unmittelbar am Glaſe abſchneidet, die Röhre vertical, das verſchloſſene Ende abwärts gekehrt, mit der einen Hand locker in ihrer Mitte hält und nun mit einem ſehr naſſen Tuchlappen die obere Hälfte der Röhre von Oben nach Unten ſtreicht, ſo daß ſie ſehr ſtark den longitudinalen Grundton giebt, ſo rückt der Stöpſel in die Höhe, und zwar ſteigt er um ſo ſchneller, je ſtärker die Röhre tönt, bis er in der Mitte der Röhre, wo ſich der Schwingungsknoten befindet, ſtehen bleibt **). Selbſt, wenn die Glasröhre ſehr ſchwach coniſch geſtaltet iſt, vermag der Stöpſel vom untern Ende aus in die Höhe zu ſteigen. **Weber** goß auf den Stöpſel eine Waſſerſäule von mehreren Fuß Höhe und wiederholte den Verſuch und der Stöpſel hatte eine ſo große Steigkraft, daß er die ganze Waſſerſäule mit ſich in die Höhe hob. Als die ganze, 4 Fuß 3 Zoll lange, Röhre mit Waſſer gefüllt und oben feſt mit einem Stöpſel verſchloſſen ward, ohne daß Luft in der Röhre zurückgeblieben war, äußerte der Stöpſel bei Wiederholung des Verſuchs ſeine Steigkraft ſo ſtark, daß er nicht allein die ganze Waſſerſäule in die Höhe ſchob, ſondern daß er noch durch die Poren und Klinſen des oberen Stöpſels und zwiſchen dem Stöpſel und dem Glaſe das Waſſer in einer Menge feiner Strahlen nach allen Seiten mit großer Gewalt heraustrieb. Die Bewegung des Stöpſels aufwärts war bei dieſen Hinderniſſen langſamer, auch erreichte der Stöpſel nicht die Mitte der Röhre, ſtieg aber doch vom untern Boden derſelben 4 bis 5 Zoll in die Höhe. Der longitudinale Grundton der zu dieſen Verſuchen angewandten Glasröhre war etwas höher als $\overline{\overline{\overline{b}}}$ und etwas tiefer als $\overline{\overline{\overline{h}}}$.

---

*) Schweigg. LIII. 308.

**) Man muß ſich hiebei in Acht nehmen, nicht durch allzuheftige Schwingungen, die auch durch wiederholtes ſanftes Streichen entſtehen können, die Glasröhre zu zerbrechen.

Stern *) hat dieſe Verſuche mit einigen Abänderungen wiederholt, indem er ſtatt eines Stöpſels Streifen von ſtarkem Papier, die er zuſammengerollt in die Röhre brachte, anwandte. Er beſtimmt die Bewegung näher auf folgende Weiſe: faßt man die Röhre in der Mitte zwiſchen zwei Fingern, hält ſie vertical und bringt den Streifen in die untere Hälfte der Röhre, ſo wird er aufwärts ſteigen, ſobald man in der obern oder untern Hälfte der Röhre abwärts ſtreicht; bringt man dagegen unter denſelben Umſtänden den Streifen in die obere Hälfte der Röhre, ſo wird er abwärts **) ſteigen; zugleich bemerkt man manchmal eine rotirende Bewegung in dem Streifen. Aber nicht bloß, wenn der Streifen die inneren Wände berührt, bemerkt man dieſe Bewegung. Man nehme einen ſtarken Papierſtreifen und bohre in die Mitte ein Loch, ſo daß er eine gewiſſe Glasröhre genau umſchließt, ſo wird ſich der Streifen auf dieſelbe Weiſe bewegen, als wenn er in der Röhre wäre. Es iſt auch nicht nöthig, daß man die Röhre vertical hält, ſondern ſie kann eben ſo gut geneigt oder horizontal ſein.

Bewegung feſter Körper in Widerſtand leiſtenden Mitteln.

Man hat zum Theil bis auf die neueren Zeiten die Bahn und Geſchwindigkeit abgeſchoſſener Kugeln nach der Newtonſchen Vorausſetzung, daß der Widerſtand der Luft dem Quadrat der Geſchwindigkeit der Kugeln proportional ſei, zu berechnen geſucht. Als man jedoch die Reſultate der nach dieſer Annahme geführten Berechnungen mit den Erfahrungen verglich, zeigte ſich, daß der wirkliche Widerſtand immer größer ausfiel, als ihn die Rechnung ergab, vorzüglich bei ſo großen Geſchwindigkeiten, als den Kugeln gewöhnlich mitgetheilt werden. Bei ſehr kleinen Geſchwindigkeiten allerdings war dieſer Unterſchied unmerklich, ſo daß bei dieſen die Annahme, daß der Widerſtand dem Quadrat der Geſchwindigkeit proportional ſei, für richtig gelten konnte; allein je mehr die Geſchwindigkeit des Körpers vergrößert wurde, deſto mehr nahm das Verhältniß des berechneten Widerſtandes zum beobachteten zu.

Robins und Euler haben dieſen Umſtand in die Rechnung aufzunehmen geſucht. Glücklicher jedoch als dieſe ſcheint in der Löſung des Problems **Schmidt** (in Göttingen) in einer beſondern kleinen Schrift*) geweſen zu ſein, in welcher er neue Unterſuchungen über den Widerſtand eines elaſtiſchen Mittels gegeben hat.

---

*) Schweigg. LXI. 264.

**) Unſtreitig durch einen Druckfehler ſteht im Original hier ebenfalls aufwärts.

Seine von den frühern verſchiedene Löſung des Problems gründet ſich darauf, daß er die Verdichtung, welche die Luft vor der Kugel erfährt, und den dadurch vermehrten Druck mit in Rechnung nimmt, was bei der Newtonſchen Theorie vernachläſſigt worden iſt. Dieſe Verdichtung wird übrigens von ihm als nur ſehr wenig von der Oberfläche der Kugel an ſich fort erſtreckend vorausgeſetzt; was eine ähnliche Behandlung des Problems erlaubt, als diejenigen Probleme, welche ſich auf die Betrachtung von Molecularkräften gründen.

Was den Druck, der auf die hintere Seite der Kugel ausgeübt wird, anlangt, ſo ſetzt ihn **Schmidt** dem gewöhnlichen Drucke der atmoſphäriſchen Luft gleich**). Der Widerſtand der Luft wird nach ſolcher Herleitung durch eine Formel ausgedrückt, in welcher das Quadrat der Geſchwindigkeit als Exponent vorkommt; dieſe Formel reducirt ſich bei ſehr kleinen Geſchwindigkeiten wirklich auf das Quadrat der Geſchwindigkeit; allein bei Geſchwindigkeiten, welche mehrere tauſend Fuß betragen, ſind die Glieder, welche dem Quadrat der Geſchwindigkeit proportional geſetzt werden, bei Weitem wirkſamer, als die höheren Potenzen; auch ändert ſich das Geſetz ſelbſt nach der Geſtalt des Körpers.

Theilen wir jetzt die Ausdrücke ſelbſt mit, welche **Schmidt** für den Widerſtand auf verſchiedene Körper gefunden hat. Für den Widerſtand auf eine Kugel ergiebt ſich folgender:

$$\pi p r^2 \omega \left[\frac{e^q - (q+1)}{q}\right] \qquad (1)$$

wo $\pi = 3{,}14159\ldots$; $e = 2{,}71828\ldots$; p die Höhe einer Queckſilberſäule, welche dem Druck der Luft das Gleichgewicht hält in Metern; r der Radius der Kugel in Metern; ω das Gewicht eines Cubikmeters

---

*) Theorie des Widerſtandes der Luft bei der Bewegung der Körper von Dr. J. C. Ed. **Schmidt**. Göttingen, [illegible].

**) Er äußert in dieſem Bezuge: „Es dürfte nun wohl im Allgemeinen unmöglich ſein, die mannigfaltigen Bewegungen und Stöße der Luft hinter dem Körper analytiſch zu entwickeln, allein bei einiger Überlegung bemerkt man wohl, daß man nicht viel fehlen werde, wenn man im Mittel den Druck auf jedes Element der hintern Seite des Körpers gleich dem gewöhnlichen Druck der atmoſphäriſchen Luft ſetzt, welches auch durch die Übereinſtimmung der aus dieſer Hypotheſe abgeleiteten Reſultate mit der Beobachtung übereinſtimmt.“

Ich geſtehe, daß es mir aus demſelben Grunde, warum vor der Kugel eine (ſich nur ſehr wenig von der Kugel fort erſtreckende) Verdichtung der Luft anzunehmen iſt, wahrſcheinlich erſcheinen würde, daß hinter derſelben eine ähnliche Verdünnung Statt finde. Indeß kenne ich die Gründe nicht, die **Schmidt** beſtimmt haben, einen mit dem gewöhnlichen Luftdruck gleichen Druck hinter der Kugel für wahrſcheinlicher zu halten.

Queckſilber; $q = \frac{v^2}{2n}$; v die Geſchwindigkeit der Kugel in Metern in einer Secunde; n der conſtante Coefficient, welcher das Verhältniß des Drucks zur Maſſe der Volumeneinheit der Luft ausdrückt, und von Schmidt für 0° C. zu 78319 (bei metriſchem Maße) angenommen wird*).

Der Ausdruck des Widerſtandes auf einen Cylinder andrerſeits, der ſich in der Richtung ſeiner auf der kreisförmigen Baſis (vom Radius r) ſenkrecht ſtehenden Axe bewegt, iſt folgender:

$$\pi p r^2 \omega \left[e^q - 1\right] \qquad (2)$$

Entwickelt man die in den Klammern enthaltenen Werthe, ſo erhält man für den Widerſtand auf eine Kugel:

$$\pi p r^2 \omega \left[\frac{q}{2} + \frac{q^2}{1.2.3.} + \frac{q^3}{1.2.3.4.} + \ldots\right] \qquad (3)$$

und auf die Baſis eines Cylinders:

$$\pi p r^2 \omega \left[\frac{q}{1} + \frac{q^2}{1.2.3.} + \frac{q^3}{1.2.3.4.} + .\right] \qquad (4)$$

Es ergiebt ſich hieraus, daß, ſo lange die Geſchwindigkeit ſo klein iſt, daß man die zweiten und höheren Potenzen von q vernachläſſigen kann, der Widerſtand gegen eine Kugel, deren größter Kreis der Baſis des Cylinders gleich iſt, nur halb ſo groß, als gegen den Cylinder iſt, wenn beide Körper einerlei Geſchwindigkeit haben, wie die Verſuche auch gezeigt haben. Streng genommen iſt dies Verhältniß immer kleiner als ½.

Für die Beziehung zwiſchen Geſchwindigkeit und zurückgelegtem Wege einer Kugel unter Berückſichtigung des durch (1) beſtimmten Luftwiderſtandes ergiebt ſich nach Schmidt's Entwickelung nachfolgende Gleichung, die jedoch bloß für den einfachen Fall gilt, wo die Kugel in gerader Linie fortgeht, alſo auf die Schwerkraft keine Rückſicht genommen wird, welches indeß eine bedeutende Näherung zu dem Fall iſt, wenn die Kugel horizontal abgeſchoſſen wird.

$$\text{log. nat.} \left[\frac{1 - (1 + q')\, e^{-q'}}{1 - (1 + q)\, e^{-q}}\right] = \frac{g \pi r^2 p}{m n} (x - x') \qquad (5)$$

---

*) Dieſer Coefficient erhält bei t Grad Temperatur C. folgenden Werth:

$$78319\,(1 + 0{,}00375\, t)$$

und ſteht für verſchiedene Gasarten im umgekehrten Verhältniſſe ihrer Dichtigkeit. Die Data, die dieſer Beſtimmung zu Grunde liegen, ſind, daß bei einer Barometerhöhe von 0,76 Meter und 0° C. Temperatur die Dichtigkeit des Queckſilbers 10466 Mal ſo groß als die der atmoſphäriſchen Luft, und daß das Doppelte des Fallraums in einer Secunde = 9,8088 Meter iſt. Man hat nämlich:

$$n = \frac{g \omega q}{\Pi} (1 + 0{,}00375\, t)$$

wenn g das Doppelte des Fallraums in der erſten Secunde; Π das Gewicht der Einheit des Volumens Luft bei 0° und unter dem Druck, welcher durch eine Queckſilberſäule von der Höhe q gemeſſen wird; ω das Gewicht der Einheit des Volumens Queckſilber bei 0° C.; t hunderttheilige Temperaturgrade ſind.

Hierin bedeuten x und x' die Entfernung zweier Punkte der Bahn vom Anfang derſelben; q und q' die an dieſen Punkten reſpective ſtattfindenden Werthe von $\frac{v^2}{2a}$ und $\frac{v'^2}{2a}$, (wo v die Geſchwindigkeit der Kugel am Punkte x, v' die am Punkte x' iſt); die übrigen Buchſtaben haben die frühere Bedeutung.

Nach dieſer Formel kann man leicht finden, welchen Weg (x — x') zwiſchen zwei Punkten die Kugel zurücklegen muß, um von einer gewiſſen Geſchwindigkeit (v') auf eine gewiſſe andere Geſchwindigkeit (v) herabzukommen; die umgekehrte Aufgabe jedoch, aus dem zurückgelegten Wege die Geſchwindigkeit zu finden, die entweder zu Anfange oder Ende deſſelben Statt findet, wenn eine von beiden als gegeben angeſehen wird, läßt ſich bloß durch Verſuche finden, da die Gleichung zwiſchen q und x transcendent iſt. Nur in dem Falle, wo der zurückgelegte Weg ſehr klein iſt, kann man dieſelbe direct durch Annäherungsformeln finden, wie im Original näher erörtert iſt.

Die Relationen zwiſchen der verfloſſenen Zeit und der Geſchwindigkeit oder dem zurückgelegten Wege laſſen ſich nicht durch geſchloſſene Formeln darſtellen. Schmidt entwickelt für denſelben Fall als den vorigen (horizontale Bewegung einer Kugel bei vernachläſſigter Schwere) folgende:

Es ſei T die vom Anfange der Bewegung an verfloſſene Zeit,

$$\mu = \frac{g\,n\,r^2\,p}{m\,s};$$

und für T = o ſei der Werth von q = q', dann hat man

$$T\,\mu\sqrt{2a} = C + \frac{1}{\sqrt{q}}\left\{\begin{array}{l} 4 + \frac{4}{3}q - \frac{1}{27}q^2 - \frac{1}{675}q^3 \\ + \frac{1}{11340}q^4 + \frac{1}{81236}q^5 \ldots \end{array}\right\}$$

wo C durch folgende Formel beſtimmt wird:

$$C = -\frac{1}{\sqrt{q'}}\left\{\begin{array}{l} 4 + \frac{4}{3}q' - \frac{1}{27}q'^2 - \frac{1}{675}q'^3 \\ + \frac{1}{11340}q'^4 + \frac{1}{81236}q'^5 \ldots \end{array}\right\}$$

Schmidt erläutert die hier mitgetheilten Formeln durch Anwendung auf Beiſpiele und zeigt an einem Verſuche von Hutton, daß die Berechnung des zurückgelegten Weges aus zwei beobachteten Geſchwindigkeiten mittelſt der Formel (5) wirklich Werthe giebt, die ſich ſo nahe als man nur wünſchen kann, an die beobachteten anſchließen. Hutton fand nämlich mittelſt des balliſtiſchen Pendels, daß eine eiſerne Kugel von 0,98 engl. Zoll Halbmeſſer bei einer Ladung von 1 Pf. Pulver (unſtreitig horizontal abgeſchoſſen), nachdem ſie ſich 30 engl. Fuß von der Mündung der Kanone entfernt hatte, eine Geſchwindigkeit von 2088 Fuß beſaß, und in einer Entfernung von 360 Fuß von der Mündung der Kanone hatte die Geſchwindigkeit auf 1862 Fuß abgenommen. Die Wegdifferenz, welche den

Geſchwindigkeiten 2000 und 1582 Fuß entſpricht, iſt ſonach 280 Fuß. Die Berechnung nach Formel (5) giebt 237,9 Fuß; während, wenn man dieſe Entfernung nach der ältern Theorie berechnet, man 729,6 Fuß, alſo mehr als doppelt ſo viel gefunden haben würde.

Schließlich wollen wir noch die allgemeinen Formeln für den Widerſtand der Luft auf Körper von beliebiger Form mittheilen, aus welchen die Formeln (1) und (2), die reſpective für eine Kugel und einen Cylinder gelten, abgeleitet ſind.

Es ſei dS die Größe eines Flächenelements, das ſich mit der Geſchwindigkeit v fortbewegt und mit der Richtung der Bewegung den Winkel ψ macht. Dann iſt folgendes der Ausdruck für den Widerſtand, welchen das Flächenelement nach der Richtung der Bewegung erfährt:

$$\omega p\, e^{\frac{v^2 \sin.^2 \psi}{2a}} . \sin. \psi . dS.$$

Will man dieſen Widerſtand für die ganze Vorderfläche eines Körpers erhalten, ſo muß man das Integral dieſer Differenzialformeln innerhalb der gehörigen Gränzen nehmen.

Von dieſem Druck muß nun aber, um das Reſultat für den ganzen Körper (wenn wir den auf die Richtung der Bewegung ſenkrechten Druck aus der Acht laſſen) *) zu erhalten, der Druck, der auf die hintere Seite des Körpers geäußert wird, abgezogen werden. Legt man mit **Schmidt** die Vorausſetzung zu Grunde, daß er dem gewöhnlichen atmoſphäriſchen Druck gleich ſei, ſo wird er auf ein Flächenelement dS', das den Winkel ψ' mit der Richtung der Bewegung macht, folgenden Ausdruck haben:

$$\omega p \sin. \psi' dS'.$$

Dieſer Ausdruck wird wiederum, um den Druck für die ganze Hinterfläche zu erlangen, bis zu den Gränzen zu integriren ſein, wo der Vorderdruck zu wirken aufhört. Da letzterer Druck dazu dient, die Bewegung wieder zu vermehren, ſo wird der Unterſchied zwiſchen beiden Integralen den eigentlichen Widerſtand der Luft ausdrücken, man hat daher:

$$\omega p \int e^{\frac{v^2}{2a} \sin.^2 \psi} . \sin. \psi . dS - \omega p \int \sin. \psi' . dS'$$

für den Ausdruck des ganzen Widerſtandes der Luft.

---

*) Dieſer hebt ſich bei allen denjenigen Körpern, bei denen die Richtung der Bewegung durch den Schwerpunkt geht und die Richtungslinie eine Axe des Körpers iſt, gegen welche die Oberfläche deſſelben ſymmetriſch iſt, gegenſeitig auf.

VIII. Druck, Zuſammendrückung, Capillaritäts-Erſcheinungen tropfbarer Flüſſigkeiten.

Über das Princip der Gleichheit des Drucks nach allen Richtungen in Flüſſigkeiten, von Poiſſon *). Die Hydroſtatik gründet ſich auf das Princip der Gleichheit des Drucks nach allen Richtungen, welches man gewöhnlich als ein Datum der Erfahrung für den Gleichgewichtszuſtand der Flüſſigkeiten anſieht, und durch Analogie auf ihren Bewegungszuſtand übergetragen hat, ohne daß es für dieſen je durch Beobachtung erwieſen worden wäre. Poiſſon zeigt nun durch Betrachtungen, die ich im Weſentlichen unten mittheilen werde, daß dies Princip in der That für Flüſſigkeiten, die in Bewegung ſind, nicht für gültig erachtet werden kann, mithin:

daß in Flüſſigkeiten, die in Bewegung ſind, keine Gleichheit des Drucks nach allen Richtungen Statt finde;

ein für die Theorie der Bewegungen der Flüſſigkeiten höchſt wichtiger Satz, indem er die bisher für allgemein gültig erachteten, in allen Lehrbüchern der höheren Mechanik vorfindlichen, Bewegungsgleichungen der Flüſſigkeiten, welche man durch Combination des d'Alembertſchen Princips mit den Gleichgewichtsgleichungen der Flüſſigkeiten **) erhält, abzuändern nöthigt, welche Änderungen auf die daraus zu ziehenden Folgerungen nicht ohne Einfluß ſein können.

In dieſem Bezuge möchte vor Allem Bemerkung verdienen, daß die große Schwierigkeit, welche der Undulationstheorie des Lichts bisher entgegengeſtanden hat, nämlich die ungleiche Brechbarkeit der verſchiedenen Farbeſtrahlen zu erklären, durch die neue Betrachtungsart des Bewegungszuſtandes der Flüſſigkeiten, welche die Berückſichtigung des vorigen Umſtandes erfodert, vielleicht ihre Erledigung finden wird ***); ſo wie durch ſie vielleicht auch die, bis jetzt ebenfalls noch nicht genügend erklärte, Abweichung, welche zwiſchen der beobachteten Schallgeſchwindigkeit und derjenigen, die man aus dem Tone der Blasinſtrumente nach der gewöhnlichen Theorie berechnet, erklärlich werden wird. Es wird unſtreitig zweckmäßig ſein, die ganze, in Poiſſon's Note auf dieſen Gegenſtand bezügliche, Stelle mit ſeinen eigenen Worten herzuſetzen:

---

*) Aus den Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 145. und XLIV. 423. Die Abhandlung ſelbſt, von der hier Nachricht gegeben wird, und die Gleichungen, auf die beide verwieſen wird, werden ſich im Cah. XX. des Journal de l'école polyt. befinden, das aber bis jetzt noch nicht erſchienen iſt.

**) Vergl. darüber u. a. Mécanique par Poisson II. p. 332. 443.

***) Doch macht Cauchy, nach welchem in dem Äther bei Fortpflanzung der Lichtſchwingungen kein Druck Statt findet, dieſe Erledigung von einem andern Umſtande abhängig. Vergl. Mém. de l'Acad. 1831. T. X. p. 304. 310. 316.

„Die Bewegungsgleichungen der Flüſſigkeiten, die ich erhalten habe, ſind nicht dieſelben, als die, welche ſich durch Combination der Gleichgewichtsgleichungen der Flüſſigkeiten mit dem d'Alembertſchen Princip ergeben. Sie gelten gleicherweiſe für die tropfbaren und gasförmigen Flüſſigkeiten; die einen für ihr Inneres, die andern für ihre freie oder mit einer feſten Wand in Berührung befindliche Oberfläche. Man wird ſie auf die Bewegung der Flüſſigkeiten anwenden können, die in Röhren enthalten ſind, deren Wände verzögernd auf die Geſchwindigkeiten der ihnen nahe liegenden Theilchen wirken. Auch wird es zweckmäßig ſein, die neuen Glieder (termes), die ich in die Gleichungen eingeführt habe, bei der genauen Vergleichung der in freier Luft beobachteten Schallgeſchwindigkeit mit der, von der erſten zufolge Dulong's neuern Verſuchen *) merklich verſchiedenen, welche aus dem Tone der Blasinſtrumente geſchloſſen wird, zu berückſichtigen. Ganz beſonders aber wird ihre Berückſichtigung nöthig werden, wenn es ſich um die noch raſchern Schwingungen des Äthers handelt, denen man nach der Undulationstheorie die Erſcheinungen des Lichts beimiſst. Dieſe Glieder werden von der Dauer jeder Schwingung abhängen, und aus dieſem Grunde wird ihre Betrachtung dienen können, eine der gröſsten Schwierigkeiten zu heben, welche die Undulationstheorie darbietet, die ſich nämlich auf die ungleiche Brechbarkeit der verſchiedenen Strahlen bezieht. Nach dieſer Theorie nämlich unterſcheiden ſich die Farben, wie die Töne der Tonleiter, von einander durch die Schwingungszahlen, denen ſie entſprechen. Da nun die gewöhnlichen Bewegungsgleichungen der Flüſſigkeiten bloſs ihre Dichtigkeit und elaſtiſche Kraft enthielten, ſo lieſs ſich ſchwer begreifen, wie Wellen oder Stralen verſchiedener Farben beim Übergange aus einem Mittel in das andere verſchiedene Effecte erfahren ſollten; dieſe Schwierigkeit verſchwindet aber, wenn die Bewegungsgleichungen auſser den, auf beide ſucceſſive Flüſſigkeiten bezüglichen, Datis eine ſpecielle Quantität für jeden Lichtſtral enthalten. Ich begnüge mich, hier dieſe Betrachtung anzudeuten, indem ich mir vorbehalte, ſie in der Folge gehörig zu entwickeln.“

Die Betrachtungen ſelbſt anlangend, durch welche ſich Poiſſon veranlaſst findet, das Princip der Gleichheit des Drucks nach allen Richtungen auf die Flüſſigkeiten im Bewegungszuſtande nicht für anwendbar zu halten, ſo kommen ſie, auf eine planq Weiſe dargeſtellt, im Weſentlichen auf Folgendes zurück.

In ſo fern der Druck im Innern einer Flüſſigkeit auf den gegenſeitigen anziehenden oder abſtoſsenden Wirkungen ihrer Theilchen beruht (wie man z. B. den Druck in einer gasförmigen Flüſſigkeit dem gegenſeitigen Streben ihrer Theilchen, aus einander zu weichen, beimeſſen kann), die Gröſse dieſer anziehenden oder abſtoſsenden Wirkungen aber in Abhängigkeit von dem gegenſeitigen Abſtande ihrer Theilchen ſteht, ſo leuchtet ein, daſs,

---

*) Pogg. Ann. XVI. [illegible]

wenn einmal Gleichheit des Drucks nach allen Richtungen um einen Punkt in einer Flüſſigkeit Statt findet, dieſe bei neu hinzukommenden Druckkräften, welche man auf die Flüſſigkeit wirken läßt, nur dann wird fortbeſtehen können, wenn die Abſtände der Theilchen, welche in der Wirkſamkeitsſphäre des Punktes liegen, alle nach gleichen Verhältniſſen verkleinert werden, oder die Linear-Contraction um dieſen Punkt nach allen Richtungen dieſelbe iſt. Nun bewirken vermöge der Grundbeſchaffenheit der Flüſſigkeiten die Druckkräfte, welche man auf ſie anwendet, in der That um jeden Punkt eine nach allen Richtungen gleiche Linear-Contraction (ungleich hierin den feſten Körpern, die ſich bei darauf angewandtem Druck nach der Richtung des Drucks zuſammenziehen, während ſie ſich nach der darauf ſenkrechten ausdehnen), allein, und dies iſt der Punkt, auf den es hiebei ankommt, damit dieſe Gleichheit der Linear-Contraction nach allen Richtungen zu Stande komme, iſt eine gewiſſe Zeit, welche nicht unendlich klein iſt, erfoderlich, eine Zeit, deren Größe ſich nach der Beſchaffenheit der Flüſſigkeit ändern kann, und vor deren Beendigung der Druck in der That nicht gleich nach allen Richtungen iſt. Dieſer Umſtand iſt ohne Einfluß auf den definitiven Gleichgewichtszuſtand der Flüſſigkeit, wenn es zu dieſem in Folge jener hinzugetretenen Kräfte kommt, wofern man dieſen nur nach Verfluß jener Zeit beobachtet, die bei gasförmigen und ſolchen tropfbaren Flüſſigkeiten, welche wenig Zähigkeit haben, jedenfalls ſehr kurz ſein wird, allein wenn eine raſche Bewegung Platz nimmt, ſo werden die Abſtandsverhältniſſe der Theilchen ſich nicht eben ſo ſchnell herſtellen können, als ſie bei den continuirlichen Lagenveränderungen geſtört werden, und deshalb wird hier die Gleichheit des Drucks nach allen Richtungen nicht eintreten können; wie denn auch wirklich die Erfahrung zu lehren ſcheint, daß Waſſerdampf, der ſich durch eine Röhre bewegt, nach Vorn einen ſehr ſtarken und ſeitlich einen ſehr ſchwachen Druck äußert.

Druck des Meeres.

Schon durch frühere Verſuche *) iſt bekannt geweſen, daß, wenn eine leere wohl verſtöpſelte Flaſche auf eine bedeutende Tiefe in das Meer geſenkt worden war, ſie beim Hinausziehen ganz oder zum Theil voll Waſſers gefunden wird; der Stöpſel aber meiſt wieder an ſeine Stelle, und was ſehr merkwürdig ſcheint, öfters hiebei in umgekehrter Richtung im Halſe ſteckt. Die Anfüllung der Flaſche ſcheint in dieſen Fällen plötzlich zu erfolgen, weil die Perſon, welche die Flaſche hinabläßt, oft eine augenblickliche Vermehrung des Gewichts fühlt, und die Empfindung hat, als wenn ſich ein Fiſch an die Angel des Fiſchhakens hängt und ſchnell zieht.

Die einzige Erklärung, welche von dieſer Thatſache möglich ſcheint, iſt die, daß der Druck des Waſſers in ſo groſser Tiefe den Stöpſel in die

---

*) Vergl. u. a. Peron in Gilb. Ann. XIX. [illegible]

Flaſche hineintreibt, welche ſich nun mit Waſſer füllt, das in großen Tiefegraden ſelbſt einen entſprechenden Grad der Zuſammendrückung erfährt, für welchen die Biot I. S. 243. angeführten Verſuche das Maß geben können. Beim Heraufziehen nun der Flaſche muß ſich das Waſſer, nach Maßgabe als es von dem Druck des über befindlichen Waſſers entlaſtet wird, wieder mit Gewalt ausdehnen und hiebei wird es dann den Stöpſel wieder in den Hals der Flaſche zurücktreiben können.

Indeß ſind auch Verſuche unter andern Umſtänden angeſtellt worden, bei denen ſich ein Hineintreiben des Stöpſels in die Flaſche nicht annehmen ließ, indem man nämlich die Flaſche auf ſolche Weiſe verſchloß, daß dieſer Umſtand unmöglich gemacht wurde, und bei denen dennoch zuweilen Waſſer in der Flaſche angetroffen ward. In dieſen Fällen ſcheint angenommen werden zu müſſen, daß das Waſſer durch den ſtarken Druck, dem es unterliegt, entweder durch die Poren des Stöpſels hindurchgedrückt wird, wenn die Subſtanz des Stöpſels dieſes erlaubt, oder wenn derſelbe, wie bei mehreren Verſuchen, von Glas iſt, durch die nicht vollkommen ſchließenden Fugen des Stöpſels mit dem Halſe hindurchdrang; was immer viel wahrſcheinlicher erſcheint, als ein Durchpreſſen durch die Wände des Glaſes ſelbſt anzunehmen, welchem ein Zerbrechen derſelben, das allerdings in mehreren Fällen *) beobachtet wurde, unſtreitig vorangehen müßte.

Die Verſuche, welche Green**) in Bezug auf dieſen Gegenſtand durch den Capitän Dixei anſtellen ließ, und welche ſich mit dieſen Erklärungen ſehr wohl vereinigen laſſen, ſind folgende:

Bei faſt ganz ruhigem Meere wurde eine hohle, hermetiſch***) verſchloſſene, Glaskugel an ein Senkblei befeſtigt und in das Meer gelaſſen. 80 Klaftern über der Kugel befeſtigte man eine kleine, mit einem Glasſtöpſel hermetiſch verſchloſſene, Bouteille; 50 Faden über dieſer band man an demſelben Faden eine Kryſtallglasbouteille mit langem Halſe, in welchem letztern ein genau ſchließender Pfropf befeſtigt war, den man mit flüſſig gemachtem Pech zudeckte, und darüber noch eine, in geſchmolzenes Pech getauchte, Leinwand band, nach deren Erhärtung noch eine zweite ſolche darüber gefügt ward. 20 Klafter über dieſer Flaſche wurde eine andere weit ſtärkere, wie die erſtere geſtöpſelte und verpichte, aber nur einmal verbundene, Flaſche angereiht. 30 Klafter darüber befand ſich eine kleine Bouteille voll ſüßen Waſſers und gut verſtöpſelt und petſchirt; eine Schneidernadel durchbohrte dieſen Stöpſel an mehreren Stellen. — Das Senkblei ward in eine Tiefe von 230 Klafter oder 1380 engl. Fuß hinabgelaſſen.

Beim Heraufziehen des Fadens, welcher ſenkrecht hinabgeſtiegen zu ſein ſchien, ergaben ſich folgende Reſultate: die mit der Schneidernadel bewaffnete Bouteille, welche in der Reihe die erſte war, war halb voll Waſſer, Stöpſel und Hülle noch vollkommen erhalten. Der Stöpſel der zweiten Bouteille voll ſüßen Waſſers war etwas gehoben und locker, und das in derſelben enthaltene Waſſer etwas ſalzig. Die dritte verſiegelte und einfach mit einem Stück Tuch bedeckte Bouteille kam leer, und völlig in ihrem urſprünglichen Zuſtande zurück. Die vierte Bouteille mit langem Halſe, deren Stöpſel und Mündung mit doppelter Leinwand verbunden waren, war zerbrochen, und es kam nur jener Theil des Halſes zurück, welcher umbunden war, der obere und untere Theil waren verſchwunden. — Die fünfte Bouteille, welche zur Aufbewahrung von Äther beſtimmt, und aus dieſem Grunde mit einem langen Glasſtöpſel verſehen war, enthielt ungefähr ihren vierten Theil Waſſer. Die Glaskugel, die letzte in der Reihe, welche am tiefſten gekommen war, war leer, und hatte nicht die geringſte Veränderung erlitten.

---

*) Vergl. z. B. Weſton in Bull. univ. XI. 191.

**) Kaſtn. Arch. XVII. 72. oder Baumg. Zeitſchr. V. 110.

***) Soll unſtreitig nur bedeuten waſſerdicht.

Anderweite Verſuche über dieſen Gegenſtand, die jedoch keine neuen Thatſachen enthalten, wird man in folgender Literatur finden:

Dunlop in Edinb. N. phil. J. 1827. Juillet — Sept. 318. oder Bull. univ. XI. 190. — **Weſton** in Edinb. J. of sc. 1829. Janv. 144 oder Bull. univ. XI. 191. — **Sowerby** in Philos. Mag. 1829. Août. p. 119 oder Bull. univ. XI. 355. XII. 64.

Zuſammendrückung tropfbarer Flüſſigkeiten.

Ueber die bei Zuſammendrückung tropfbarer Flüſſigkeiten wegen des Gefäßes anzubringende Correction. Weil bei Zuſammendrückung tropfbarer Flüſſigkeiten in dem Sympiezometer (Biot. I. 244) nicht bloß die Flüſſigkeit, ſondern auch das Gefäß einen (von Innen nach Außen gleich ſtarken) Druck erleidet, ſo muß [illegible] der hiedurch bewirkten Änderung im Volumen und der innern Capacität des Gefäßes eine Correction hinſichtlich des Reſultates der wahren Zuſammendrückung der Flüſſigkeit angebracht werden. **Colladon** und **Sturm** einerſeits (Biot. I. 245) und **Örſted** andererſeits (ebend. 246) haben dieſe Correction auf eine entgegengeſetzte Weiſe vorgenommen; indem Erſterer die Annahme zu Grunde legte, die Capacität des Gefäßes werde hiebei verkleinert, und die ſcheinbare Zuſammenziehung der Flüſſigkeit ſei demzufolge kleiner als die wahre; **Örſted** dagegen umgekehrt annahm, die Capacität des Gefäßes werde (vermöge der durch den Druck bewirkten Verdünnung der Gefäßwände) vergrößert, mithin ſei die ſcheinbare Zuſammenziehung größer als die wahre.

Die Entſcheidung über dieſen Punkt kann auf mathematiſchem Wege gegeben werden, und in der That hat **Poiſſon** *) auf dieſem Wege die Löſung der Aufgabe unternommen. Es geht daraus hervor:

1) Daß **Colladon** und **Sturm** in ſo fern Recht haben, als die Capacität des Gefäßes jedenfalls nur verkleinert wird.

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 330 oder Pogg. XIV. 177.

2) Daß aber die Correctionsart, die ſie angewandt haben (Biot. I. 246), nicht ſtatthaft iſt; denn es kann die Zuſammenziehung, welche die von einer Gefäßhülle umgebene Flüſſigkeit unter den Umſtänden der in Rede ſtehenden Verſuche erfährt, bald größer bald kleiner ausfallen, als ſie ohne die Hülle ausgefallen ſein würde. Nämlich:

3) Die beobachtete oder ſcheinbare Contraction fällt größer dann aus, wenn die Subſtanz der Flüſſigkeit weniger compreſſibel iſt, als die Subſtanz der Hülle, kleiner dann, wenn ſie mehr compreſſibel iſt; und nur, wenn beide Subſtanzen gleich compreſſibel ſind, zieht ſich die Flüſſigkeitsmaſſe gerade ſo zuſammen, als ſie ſich auch ohne Gegenwart der Hülle zuſammengezogen haben würde.

4) Der Unterſchied zwiſchen der ſcheinbaren und wahren Zuſammenziehung der Flüſſigkeit verſchwindet um ſo mehr, je dünner die Gefäßhülle wird, iſt dagegen am größten, wenn der innere Radius des Gefäßes ſehr klein gegen den äußern und die Hülle viel compreſſibler als die Flüſſigkeit iſt.

5) Die Regel, um die wahre Zuſammendrückung der Flüſſigkeit aus der ſcheinbaren bei kugelförmiger Geſtalt der Hülle zu berechnen, iſt in folgender Formel enthalten *):

$$Z = \frac{A Z'}{(1 - \zeta B)}$$

Hierin bedeutet Z die wahre, Z' die ſcheinbare Contraction. ζ bedeutet das Verhältniß der ſcheinbaren Zuſammendrückbarkeit der Flüſſigkeit zur wahren Zuſammendrückbarkeit der Subſtanz der Hülle, oder, was daſſelbe ſagt, die ſcheinbare Zuſammendrückbarkeit der Flüſſigkeit, wenn die wahre Zuſammendrückbarkeit der Hülle gleich 1 geſetzt iſt. Ferner iſt der Kürze halber geſetzt:

---

*) Dieſe Formel iſt eine ziemlich einfache Folgerung der S. 93 und 94 angeführten Formeln. Man hat nämlich nach den dort gegebenen Beſtimmungen:

$$Z : Z' = D : 3 x' a^3 \text{ d. i.}$$

$$Z : Z' = x' A + x B : x'$$

mithin:

$$Z = \frac{Z' (x' A + x B)}{x'}$$

In dieſer Formel iſt die wahre Zuſammendrückbarkeit $\frac{1}{x'}$ der Flüſſigkeit noch unbekannt, und aus der ſcheinbaren, die man gefunden hat, zu beſtimmen. Setzen wir nun die Zuſammendrückbarkeit der Hülle = 1, die gefundene ſcheinbare Zuſammendrückbarkeit der Flüſſigkeit = ζ, ſo haben wir das Verhältniß:

$$\zeta : \frac{1}{x'} = Z' : Z$$

Der Werth von x', der ſich aus dieſer Proportion ergiebt, in die vorige Formel ſubſtituirt, giebt:

$$Z = \frac{A Z'}{(1 - \zeta B)}$$

wie oben.

$$A = \frac{5a^3 + 4a'^3}{9a^3};\ B = \frac{4(a^3 - a'^3)}{9a^3}$$

wenn a der äußere, a' der innere Radius der Kugel iſt.

Beiſpiel. Es ſei eine kugelförmige Hülle gegeben, deren äußerer Radius ſich zum inneren verhält wie 21 : 20. Die ſcheinbare Zuſammendrückbarkeit der Flüſſigkeit ſei doppelt ſo groß gefunden, als die bekannte Zuſammendrückbarkeit der Hülle, mithin:

$$a = 21,\ a' = 20,\ \zeta = 2;\ A = 0{,}939471;\ B = 0{,}060516$$

hieraus ergiebt ſich:

$$Z = (1{,}06883)\ Z'$$

hätte man $a = 42$; $a' = 41$, ſo würde ſich finden:

$$Z = (1{,}03306)\ Z'$$

6) Will man die Zuſammendrückbarkeit einer Flüſſigkeit und eines feſten Körpers vergleichen, wenn man bei der erſten die lineare Contraction kennt, die ſie durch einen auf ihre ganze Oberfläche gleichförmig und ſenkrecht wirkenden Druck erfähret, bei dem andern die lineare Contraction oder Verlängerung, die ein ſehr dünner gerader Stab aus der Materie dieſes Körpers erfähret, wenn man eine Druck- oder Zugkraft gleicher Größe *) auf die Enden des Stabs bei freier Seitenfläche deſſelben in der Richtung ſeiner Länge wirken läßt, ſo iſt folgende Regel **) in Rückſicht zu ziehen.

Die Linear-Contraction, welche der Druck, auf letztere Weiſe angewandt, bewirkt, iſt doppelt ſo groß, als die, welche er unter gleichen Umſtänden auf erſtere Weiſe angewandt bewirkt.

Dieſe Regel iſt für jede beliebige Geſtalt des Körpers, auf deſſen ganze Oberfläche man den Druck wirken läßt, gültig, und es geht hieraus hervor, daß die Capacitätsverringerung einer bleiernen Flaſche, nach der Contraction eines Stabs von demſelben Metall berechnet, bloß die Hälfte von der iſt, welche **Örſted** angegeben hat.

Capillaritätserſcheinungen.

Über die Theorie der Capillarwirkung. Die Verdienſte, welche ſich **Clairaut**, **Young**, **Laplace** um die mathematiſche Begründung der Theorie der Capillarwirkungen erworben haben, ſind bekannt. Neuerdings ſind die Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand von Neuem von **Gauß** in ſeinen Principia generalia theoriae figurae fluidorum in statu aequilibrii. Gott. 1830 ***) und von **Poiſſon** in einem Werke, welches noch unter der Preſſe iſt, wovon aber vorläufig eine Notiz in den Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 61 erſchienen iſt, vorgenommen worden.

---

*) D. i. eine Kraft gleicher Größe, als bei der Flüſſigkeit, dieſe Größe auf die Einheit der Oberfläche bezogen.

**) Dieſe Regel ſtimmt mit dem S. 55 gegebenen Satze 8) überein.

***) Kurzer Auszug in Bull. univ. 1830. oct. p. 241.

Gauß anlangend, ſo baſirt er ſeine Theorie auf dieſelben phyſikaliſchen Grundlagen als Laplace, und ſeine Theorie unterſcheidet ſich von der des letztern bloß darin, daß die Gleichgewichtsgleichungen des Problems auf eine andere Weiſe gebildet und ſtrenger begründet werden *).

Poiſſon macht gegen Laplace und Gauß den Einwurf geltend, daß ſie eine der phyſiſchen Bedingungen des Problems überſehen haben, deren Betrachtung zur genügenden Löſung deſſelben erfoderlich ſei, nämlich: die raſche Variation in der Dichtigkeit, welche die Flüſſigkeit bei ihrer freien Oberfläche und bei der Wand der Röhre erfährt. Es wird nämlich im Gleichgewichtszuſtande jede unendlich dünne Schicht im Innern einer Flüſſigkeit gleich ſtark auf ihren beiden Flächen durch die, um die Attractivwirkung verminderte, Repulſivwirkung der Theilchen zuſammengedrückt, die in den benachbarten Schichten bis zu der (ſehr nahen) Gränze liegen, bis zu welcher der Radius der Molecularwirkung reicht. Jede dünne Schicht nun, die weiter von der Oberfläche entfernt iſt, als der Radius dieſer Wirkſamkeit, wird eine vollſtändige und gleich ſtarke Wirkung von beiden Seiten erfahren; dagegen ganz nahe an der Oberfläche der Radius der Wirkſamkeit oberhalb der Schicht nicht mehr von Theilchen ausgefüllt wird; ja ganz an der Oberfläche wird die Molecularwirkung von dieſer Seite null ſein, und die unendlich dünne Schicht der Oberfläche bloß noch durch die Wirkung der Atmoſphäre zuſammengedrückt werden. Die Dichtigkeit der Flüſſigkeit muß demzufolge ganz nahe an der Oberfläche nach einem unbekannten Geſetze ſchnell abnehmen. Ähnliche Betrachtungen laſſen ſich auf die Flüſſigkeitsſchichten in der Nähe der Röhrenwände anwenden.

Poiſſon hat mit Berückſichtigung dieſes Umſtandes in ſeiner neuen Theorie die Gleichungen für die gemeinſchaftliche Oberfläche zweier, in einer beliebigen Röhre übereinander ſtehenden, Flüſſigkeiten und für ihren Umriß abgeleitet, worunter als beſonderer Fall die Gleichungen für die freie Oberfläche einer einzigen Flüſſigkeit enthalten ſind. Ihre Form iſt die nämliche als die der Gleichungen, welche Laplace gegeben hat; aber die Ausdrücke der zwei ſpeciellen Conſtanten, welche ſie enthalten, durch beſtimmte Integrale ſind ganz verſchieden, ſo daß man auch ganz andere Zahlwerthe finden würde, wenn man dieſe Conſtanten, anſtatt ſie durch Verſuche zu beſtimmen, direct nach ihren analytiſchen Ausdrücken berechnen könnte, was jedoch erfodern würde, daß die Geſetze der Wirkung der Röhre auf die Flüſſigkeit und der Flüſſigkeit auf ſich ſelbſt bekannt wären.

---

*) Namentlich war die für die Herleitung der Gleichungen weſentliche Bedingung, daß die Berührungsebene an der freien Oberfläche der Flüſſigkeit und die an der Gefäßwand an der Berührungsgränze von Gefäß und Flüſſigkeit einen conſtanten Winkel mit einander bilden, von Laplace ohne genügenden Beweis angenommen, aber nicht, wie von Gauß geſchehen, aus der Wirkung der Gefäßtheilchen auf die Flüſſigkeitstheilchen mathematiſch hergeleitet worden.

IX. Bewegungserſcheinungen tropfbarer Flüſſigkeiten.

Ausfluß des Waſſers aus Röhren und Behältern.

Ausfluß aus Röhren. D'Aubuiſſon fand, daß die Formel, welche Prony und Eitelwein zur Berechnung der Waſſerquantität gegeben haben, welche in einer gewiſſen Zeit durch lange Leitungsröhren ausfließt, bei den Toulouſer Leitungsröhren ein ungefähr um [illegible] zu großes Reſultat ergeben. Ein ähnliches Ergebniß iſt bei Pariſer Leitungsröhren gefunden worden. Die Verſuche d'Aubuiſſon's finden ſich im Detail in den Ann. de Ch. et de Ph. XLIII. 244.

Fox *) behauptet, durch Verſuche gefunden zu haben, daß, wenn ein Strom Waſſer mit einer gegebenen Kraft durch eine Röhre ausgetrieben wird, in gleicher Zeit gleich viel ausfließt, mag die Röhre in Luft oder Waſſer ausmünden, gleich viel auch, in welcher Tiefe (6 bis 15 Fuß) unter Waſſer und ob nach der Richtung oder gegen die Richtung des Stroms, wenigſtens innerhalb gewiſſer Gränzen. Das Detail der Verſuche, deren Reſultat nicht ſehr wahrſcheinlich ſcheint, iſt nicht beigefügt.

Über den Ausfluß durch Mündungen, welche in einer dünnen verticalen Wand angebracht ſind.

A. **Verſuche von Poncelet und Lesbros.**

Im Bulletin universel des sc. math. XII. 395 oder Ann. de Ch. et de Ph. XLIII. 386 iſt eine Inhaltsanzeige der Verſuche gegeben, welche Poncelet und Lesbros zu Metz in den Jahren 1827—1829 auf Verordnung des Kriegsminiſters über die Geſetze des Ausfluſses des Waſſers durch rechteckige verticale Mündungen, in ſehr großem Maßſtabe und mit beſonderer Genauigkeit angeſtellt haben. Das Detail dieſer Verſuche ſelbſt ſcheint noch nirgends bekannt gemacht zu ſein, indem auch jene Anzeige nur ein Auszug aus einer Analyſe dieſer Unterſuchungen iſt, welche am 16. Nov. 1829 von Poncelet in der königlichen Akademie der Wiſſenſchaften vorgeleſen worden iſt. Dieſer Auszug enthält überdies bloß die Reſultate eines Theils der Verſuche der Verfaſſer, die nämlich den Ausfluß durch eine, in einer dünnen Wand angebrachte, rechteckige, ſowohl von den Seitenwänden als dem Boden des Reſervoirs völlig iſolirte, Öffnung in ein anderes Reſervoir hinein betrifft; während ſich die Verſuche der Verfaſſer noch auf verſchiedene andere Umſtände des Ausfluſſes erſtreckt haben, über die erſt Mittheilungen erwartet werden.

Das Behältniß, aus welchem der Ausfluß geſchahe, war ein Reſervoir von ungefähr 1600 Qu. Meter Oberfläche, in welchem mittelſt gehöriger

---

*) Journ. of the royal Inst. 1831. no. 2. p. 358.

Vorrichtung dem Waſſer aller Grade des Niveaus von Null bis 2,70 Meter Höhe gegeben werden konnten. Dies Reſervoir wurde mittelſt eines größern Reſervoirs mit Waſſer verſorgt, und der Ausfluß aus dem erſtern geſchahe durch ein kleineres, unmittelbar mit ihm in Verbindung ſtehendes, Baſſin von 3,68 Meter Länge gegen 3 Meter Breite, in welches die zu den Verſuchen anzuwendenden Mündungen eingeſetzt wurden. Das ausfließende Waſſer wurde von einem größern Baſſin, welches 24000 Litres Waſſer zu faſſen vermochte, aufgenommen. Die Zeiten des Ausfluſſes wurden mit einer vortrefflichen Breguetſchen Uhr, welche Zehntel Secunden gab, gemeſſen, und die Höhen der Mündungen, und die Waſſerſtände bis zu Zehntheilen des Millimeters beſtimmt.

Als Ausflußmündung wurde bei den Verſuchen, deren Reſultate bis jetzt vorliegen, ſtets eine rechteckige verticale Mündung von 20 Centimeter Baſis bei verſchiedenen Höhen, welche durch einen, die Mündung oben begränzenden, beweglichen Schieber (vanne) beliebig abgeändert werden konnte, angewandt.

Folgendes ſind die mitgetheilten Reſultate:

1) Bei einer quadratiſchen Mündung von 20 Centimeter Seite iſt der Coefficient der bekannten Formel *), für die Beſtimmung des Ausflußquantums bei ſtarken Druckhöhen (charges) ungefähr 0,600; nimmt die Druckhöhe ab, ſo wächſt dieſer Coefficient ganz allmählig, bis er bei einer Druckhöhe **), welche ungefähr das vier- bis fünffache der Höhe der Mündung beträgt, einen Werth von 0,605 erlangt; von hier an mindert er ſich abermals, ja ſogar ſehr ſchnell, wenn die Höhe des Waſſerſtandes nur noch ſehr wenig über dem Gipfel der Mündung beträgt; ſo daß er hier bis auf ungefähr 0,593 herabkommt.

2) Bei Mündungen von 10 und von 5 Centimeter Höhe gegen 20 Centimeter Breite beobachtet man daſſelbe Geſetz, nur ſind die reſpectiven Coefficienten für die höchſten, mittleren und kleinſten Druckhöhen hier reſpectiv 0,611; 0,618 und 0,611 für die Mündung von 10 Centimeter Höhe und 0,618; 0,631; 0,623 für die Mündung von 5 Centimeter Höhe.

3) Für die Mündungen von 3, von 2 und 1 Centimeter Höhe gegen 20 Centimeter Breite ändert das Geſetz plötzlich ſeine Natur, ſo daß der Coefficient von den höchſten bis zu den kleinſten Druckhöhen ſtets zunimmt, und zwar um ſo raſcher, je kleiner die Höhe der

---

*) Der durch Verſuche zu findende Coefficient k in der Formel

$$Q = k\,a\,\sqrt{2gh}$$

wenn Q das ausfließende Quantum, a die Größe der Mündung, h die verticale Tiefe ihrer Mitte unter dem Waſſerſpiegel, g das doppelte des Fallraums in der erſten Secunde bedeutet.

**) Die Druckhöhe wird ſtets von der Mitte der Mündung an gerechnet.

Mündung iſt; auch ſind die abſoluten Werthe der Coefficienten um ſo grö- ßer, je kleiner dieſe Höhe iſt; ſo z. B. nimmt bei der Mündung von 1 Centimeter Höhe der Coefficient, der für die ſtärkſten Druckhöhen 0,620 iſt, continuirlich zu, bis er 0,698 für die kleinſte Druckhöhe wird; während dieſer Coefficient bei der Mündung von 2 Centimeter Höhe ſich nur zwiſchen 0,622 und 0,668; und bei der Mündung von 3 Centimeter Höhe nur zwiſchen 0,623 und 0,640 ändert.

4) Verzeichnet man Curven, deren Abſciſſen die abſoluten Druckhöhen und deren Ordinaten die ihnen reſpectiv zugehörigen Coefficienten ſind, ſo erhält man vollkommen continuirliche Linien, und zwar der Art, daß die Curven, welche ſich auf die Mündungen von 20, von 10 und von 5 Centimeter Höhe gegen 20 Centimeter Breite beziehen, ihre Concavität gegen die Axe der Abſciſſe kehren, und eine Maximum-Ordinate zeigen; dagegen bei den Curven, welche den Mündungen von 3, von 2 und von 1 Centimeter Höhe auf 20 Centimeter Breite zugehören, ſtatt des Maximum-Punkts ſich ein Beugungspunkt zeigt.

5) Wenn die Öffnung nicht, wie bisher vorausgeſetzt wurde, oben (durch den Schieber) verſchloſſen, ſondern offen iſt, ſo nimmt der Coefficient der für dieſen Fall gebräuchlichen Formel continuirlich zu von einem Waſſerſtande von 21 Centimeter über der Baſis der Mündung, wo er 0,389 iſt, bis zum Stande von 2 Centimeter, wo er 0,415 wird; welches ganz mit Bidone's Reſultaten übereinſtimmt.

6) Was die Vena contracta anlangt, welche durch die quadratiſche Mündung von 20 Centimeter Seite erhalten wurde, ſo fand das Maximum der Contraction in einem Abſtande von ungefähr 30 Centimeter von der Ebene der Mündung, d. h. dem 1½ fachen ihrer Länge, Statt, in übereinſtimmung mit dem ſchon Bekannten. Die (geometriſch gemeſſene) Area der Vena contracta an dieſer Stelle war 225,06 Qu. Centimeter, wovon das Verhältniß zur Area der Mündung faſt wie $\frac{225}{400}$ oder $\left(\frac{3}{4}\right)^2$ iſt; d. h. die Seite des als quadratiſch betrachteten Querſchnitts der größten Zuſammenziehung des Strahls iſt $\frac{3}{4}$ von der Seite der Mündung. Da nun das Verhältniß $\left(\frac{3}{4}\right)^2$ oder 0,5625 viel kleiner als der Coefficient 0,605 iſt, ſo ſcheint die gewöhnlich vorausgeſetzte Beziehung zwiſchen dieſem Coefficienten und dem Verhältniß des Querſchnitts der Vena contracta zur Größe der Ausflußmündung nicht gültig zu ſein.

B. Verſuche von d'Aubuiſſon *).

Die Verſuche von d'Aubuiſſon, welche in kleinerm Maßſtabe als die vorigen, mit Reſervoirs, deren eines als ein kubiſches Gefäß von 0,35

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLIV. 225.

Meter Seite bezeichnet wird, angeſtellt wurden (bei conſtantem Niveau), haben folgende Reſultate in Bezug auf rechteckige Mündungen, welche in einer dünnen verticalen Wand angebracht ſind, geliefert.

1) Der Coefficient des Ausflußquantums ändert ſich, entgegen der gewöhnlichen Annahme, wenigſtens für kleinere Druckhöhen, mit der Breite *) der Mündungen ab.

So wurden bei Mündungen von 0,01 Meter Höhe gegen 0,30 Meter Breite, die in ein Blatt Weißblech gebrochen waren, folgende reſpective Werthe des Coefficienten erhalten: 0,70; 0,71; 0,71; 0,69 **) bei folgenden Druckhöhen: $0^{m},013$; $0^{m},0305$; $0^{m},054$; $0^{m},064$; $0^{m},031$; während für quadratiſche Mündungen von $0^{m},01$ Seite bloß 0,64 bis 0,66 und für kreisförmige von $0^{m},01$ Durchmeſſer 0,66 bis 0,67 gefunden wurden.

2) Desgleichen, entgegen der gewöhnlichen Annahme, fand d'Aubuiſſon, daß, wenigſtens für kleine Druckhöhen das Ausflußquantum durch eine Mündung ganz ungeändert bleibt, wenn auch zur Seite deſſelben eine oder zwei andere Mündungen geöffnet werden. Die Verſuche darüber wurden an einer Mündung von $0^{m},1000$ Breite und $0^{m},0102$ Höhe angeſtellt, zu deren Seite (durch ein Intervall von $0^{m},01$ und bei einem andern Verſuche von $0^{m},05$ davon getrennt) zwei andere rechteckige Mündungen von derſelben Höhe ($0^{m},0102$) und $0^{m},08$ Breite angebracht waren, die beliebig geöffnet und verſchloſſen werden konnten. Die angewandten Druckhöhen betrugen 0,0201 bis 0,0601 Meter.

Folgende Tabelle dient zum Belege. Das Intervall zwiſchen den ſeitlichen und der mittlern Öffnung betrug hier 0,01 Meter.

---

*) Unter Breite iſt die horizontale, unter Höhe die verticale Dimenſion der Mündung verſtanden.

**) Ein Werth iſt unſtreitig weggelaſſen.

Druckhöhe über der Mitte der Mündung.	Ausflußquantum aus der mittlern Mündung.			Mittleres Ausflußquantum.	Coefficient aus dem mittlern Quantum berechnet.
	Bei Verſchließung beider Seitenmündungen.	Bei Öffnung einer Seitenmündung.	Bei Öffnung beider Seitenmündungen.		
Meter	Litres	Litres	Litres	Litres	
0,0201	0,466 0,464	0,465	0,467	0,465	0,728.
0,0301	0,560 0,564 0,565	0,563	0,568 0,561	0,536	0,720
0,0401	0,650 0,643	0,650	0,651	0,650	0,719
0,0501	0,722	0,720	. . . .	0,721	0,715
0,0601	0,787	0,783 0,789 0,789 0,778	. . . . .	0,786	0,710

Über permanente Curven, welche ſich um ein in fließendes Waſſer tauchendes Stäbchen an der Oberfläche des Waſſers bilden, von Poncelet *). Unſtreitig hat jeder ſchon öfters Gelegenheit gehabt, auf der Oberfläche von fließendem Waſſer eine Art Curven wahrzunehmen, die ſich um Gegenſtände bilden, z. B. Stengel von Waſſerpflanzen, Stäbe u. ſ. w., die mit einem Theile ihrer Länge über das Waſſer hervorragen. Dieſe über die Oberfläche des Waſſers erhabenen Curven haben Ähnlichkeit mit Wellenerſcheinungen, von denen ſie ſich jedoch weſentlich dadurch unterſcheiden, daß ſie nicht fortſchreiten, und von bleibender Form ſind. Sie entſtehen von derſelben Beſchaffenheit, auch wenn man die Oberfläche des fließenden Waſſers nur leiſe mit einem Stäbchen berührt, und ſind nach dieſer Art, ſie hervorzubringen, näher von Poncelet ſtudirt worden.

Maßbeſtimmungen darüber oder eine mathematiſche Erklärung derſelben ſind wünſchenswerth, aber bis jetzt noch nicht gegeben worden, doch beabſichtigt der Verfaſſer, ſich künftig damit zu beſchäftigen.

Folgendes enthält die näheren Beſtimmungen über dieſe Erſcheinung, wie ſie ſich aus Poncelet's Beobachtungen ergeben.

Man berühre in A, Fig. 9 die Oberfläche eines in gerader Richtung gleichförmig fließenden Waſſerſtroms leiſe mit der Spitze eines feinen Stäbchens aus irgend einer feſten Subſtanz; ſofort werden ſich auf dieſer Oberfläche eine Menge vorragender Linien, oder **Falten** (rides), wie ſie der Verfaſſer nennt, CAD, cad, c′a′d′ u. ſ. w. in Geſtalt einander umſchließender paraboliſcher Curven bilden, deren innerſte A zum Scheitel hat, und die zur gemeinſchaftlichen großen Axe eine Gerade A B haben, die durch den Punkt A geht, und nach der Richtung des Stroms an dieſem Punkte gerichtet iſt, wie durch die Pfeile der Figur angedeutet wird. Dieſe Curven ſind durch deutliche Zwiſchenräume geſchieden, die mit ihrer Entfernung vom Berührungspunkte A wachſen; ihre Anzahl ſcheint unendlich zu ſein, da ſie aber um ſo weniger über die Oberfläche des Waſſers vortreten, je weiter ſie von A abliegen, ſo hören ſie in nicht großer Entfernung ſchon auf, merklich zu ſein, ungefähr wie dies auch bei den gewöhnlichen, auf der Oberfläche von ruhigem Waſſer hervorgerufenen, Wellen der Fall zu ſein ſcheint; von denen jedoch angegebenermaßen der Unterſchied Statt findet, daß die Curven in unſerm Fall vollkommen unbeweglich und von bleibender Form ſind, ſo lange der Ruhezuſtand des Stäbchens und der Bewegungszuſtand des Stromes ſich nicht ändern. Hiezu kommt noch der andere Unterſchied, daß die Erſcheinung nicht auch noch nach Entfernung des Stäbchens fortdauert, ſondern im Augenblicke, wo die Spitze die Oberfläche des Waſſers verläßt, plötzlich verſchwindet.

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 5.

Was nun die nähere Beſtimmung der Erſcheinung anlangt, ſo erhellt aus den Beobachtungen Folgendes:

1) Die Erſcheinung iſt nur auf die Oberfläche der Flüſſigkeit beſchränkt und geht nicht, oder nicht merklich in die Tiefe.

2) Sie iſt unabhängig von dem Daſein oder Nichtdaſein von Gefäßwänden, welche die Flüſſigkeit einſchließen; und es erfolgt an dieſen Wänden keine Reflexionserſcheinung.

3) Die Flüſſigkeitstheilchen werden nicht wahrnehmbar aus der natürlichen Richtung des Stroms abgelenkt, ſo daß die Form der Curven keine veränderte Strömung der Flüſſigkeit bezeichnet.

4) Wird das Waſſer an mehreren einander nahen Stellen berührt, ſo kreuzen ſich die Curven, die um die Berührungspunkte entſtehen, ohne ſich wechſelſeitig zu ſtören, wie daſſelbe auch von den Wellen gilt.

5) Die Zahl, die Deutlichkeit und Enge der Curven nimmt mit der Geſchwindigkeit des Waſſers zu.

6) Die Erſcheinung, welche man auf der Oberfläche eines ruhenden Waſſers dadurch hervorbringen kann, daß man mit der Spitze eines Stäbchens über dieſelbe in geradliniger Richtung hinſtreicht, ſcheint von gleicher Natur mit der vorbetrachteten zu ſein.

Zu 1). Daß die Erſcheinung merklich nur auf die Oberfläche beſchränkt iſt, ergiebt ſich aus den beiden Umſtänden, a) daß ſie in voller Intenſität und in conſtanter Form ſchon dann entſteht, wenn die Spitze das Waſſer ſo wenig berührt, daß es bloß capillar daran emporgezogen wird; b) daß, wenn man einen langen dünnen Stab horizontal ganz in Waſſer taucht, und ſo das eine Ende deſſelben, welches vertical aufwärts gebogen iſt, nur noch ganz wenig von der Oberfläche der Flüſſigkeit (unterhalb derſelben) entfernt bleibt, ſich nichts von der Erſcheinung zeigt, die dagegen ſofort mit allen gewöhnlichen Umſtänden eintritt, wenn die Spitze des Endes die Oberfläche erreicht und nur ganz wenig darüber hervortritt.

Zu 2). Man findet, daß, wenn der Strom durch Wände, welche der Spitze des Stabes mehr oder minder nahe liegen und der allgemeinen Richtung des Stroms parallel ſind, begränzt iſt, die Erſcheinung der Curven auf dieſelbe Weiſe und mit merklich identiſchen Umſtänden eintritt, als wenn dieſe Wände nicht vorhanden wären, oder die Flüſſigkeit von unbegränzter Ausdehnung wäre. Die Gefäßwände ſchneiden bloß die Curven geradezu ab, wo ſie dieſelben treffen, ohne eine Kreuzung, Ablenkung oder Zurückwerfung derſelben zu veranlaſſen.

Zu 3). Wirft man leichte Körperchen auf die Oberfläche des Stroms da, wo ſich die Curven unter dem Einfluſſe der Spitze eines Stäbchens bilden, ſo ſieht man dieſelben genau der allgemeinen Richtung der Strömung folgen, ohne merklich von ihrer Bahn abzuweichen, ſelbſt wenn ſie ganz in die Nähe des Stäbchens kommen, und gewiſſermaßen nur die Theilchen, welche gerade vor die Dicke des Stäbchens gelangen, erfahren eine ſchwache Ablenkung in der Richtung ihrer Bewegung. — Hat der Körper, welcher die Curven durch ſein Eintauchen hervorruft, große Dimenſionen, ſo verſteht es ſich allerdings von ſelbſt, daß die Flüſſigkeitstheilchen in ſeiner Nähe eine ſtarke Ablenkung erfahren, und dann kann wohl der Fall eintreten, daß die Richtung der Flüſſigkeitstheilchen mit der Richtung der Curven bei ihrem Gipfel nahe zuſammenfällt.

Zu 5). Die Beobachtung lehrte, daß, wenn die Geſchwindigkeit des Waſſers im Mittel unter 25 Centimeter in der Secunde betrug, die Erſcheinung der Curven auf der Oberfläche nicht wahrgenommen werden konnte, dagegen ſie um ſo deutlicher und minder verlaufend waren, je mehr die Geſchwindigkeit wuchs. Zugleich nahm die Zahl der Curven mit Vermehrung der Stromgeſchwindigkeit zu, insbeſondere in der Nähe der Stelle, wo das Waſſer vom Stäbchen berührt ward, ſo daß die zwiſchen den Curven enthaltenen Zwiſchenräume hier immer mehr abnahmen, wobei ſich ihr Hervortreten bei weitem nicht in demſelben Verhältniß minderte. Endlich näherten ſich die Zweige der Curven um ſo mehr ihrer gemeinſchaftlichen, der Stromesrichtung parallelen, Axe, d. h. die Area der Curven verſchmälerte ſich um ſo mehr, je mehr die Geſchwindigkeit wuchs.

Zu 6). Wenn man mit der feinen Spitze eines Stäbchens über die freie Oberfläche einer ruhenden Flüſſigkeit in geradliniger Richtung mit conſtanter Geſchwindigkeit hinfährt, ſo entſteht eine, den vorbetrachteten ganz ähnliche, Erſcheinung, nur mit dem Unterſchiede, daß jedesmal bloß eine, ihren Scheitel im Berührungspunkte der Spitze mit dem Waſſer habende, Curve ſichtbar iſt, die, ohne ihre Geſtalt zu ändern, der Bewegung des Stäbchens folgt, ſo daß es faſt ſcheint, als würde die Curve durch dies Stäbchen bloß fortgeſchoben.

Geſchwindigkeit des Waſſers in Flüſſen.

Über ein Mittel, die Geſchwindigkeit des Waſſers an der freien Oberfläche von Strömungen zu meſſen, von Poncelet *). Es iſt im vorigen Artikel erörtert worden, daß, wenn man die Oberfläche eines fließenden Waſſers mit einer feinen Spitze in A Fig. 8 berührt, Curven von der in der Figur beigezeichneten Geſtalt entſtehen, die ſich um ſo mehr verengern, je größer die Geſchwindigkeit des Waſſers an der Oberfläche iſt. Wäre nun die Abhängigkeit der Dimenſionen der Curven oder nur der innerſten Curve, die ihren Scheitel in A hat, von der Geſchwindigkeit bekannt, ſo ließe ſich aus den Meſſungen einiger Coordinaten dieſer Curven die Geſchwindigkeit berechnen **). Bis jetzt hat man allerdings dieſe Kenntniß noch nicht; indeß iſt wahrſcheinlich, daß eine nicht zu ſchwierige mathematiſche Analyſe zur Beſtimmung dieſer Abhängigkeit wird führen können, oder daß in Ermangelung derſelben vorläufige Verſuche mit künſtlichen Strömungen von bekannter Geſchwindigkeit hierüber würden Beſtimmungen an die Hand geben können. Jedenfalls verdient daher dies Mittel Aufmerkſamkeit und weitere Verfolgung.

Über Geſchwindigkeit des Waſſers in Flüſſen, von Raucourt. Raucourt des Charleville hat über die Geſchwindigkeit der Newa im Winter 1824 und Sommer 1826 Beobachtungen angeſtellt, die wie es ſcheint noch nicht vollſtändig gedruckt ſind. Ein, übrigens ziemlich ungenügender und undeutlicher, Auszug daraus iſt im Bull. univ. 1830. mars. p. 176 enthalten; eine etwas beſſere, jedoch nach Vergleichung mit dem andern Auszug ebenfalls mehreres Weſentliche übergehende, Überſicht der Reſultate gewährt der, von Prony, Girard und Navier der Akademie der Wiſſenſchaften über dieſe Unterſuchungen abgeſtattete Bericht in den Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 87. Bei dem Nachfolgenden ſind beide Auszüge benutzt worden.

Verfahren der Beobachtung. Das Inſtrument, deſſen ſich der Verfaſſer zu ſeinen Beobachtungen bediente, von ihm Hydrotachymeter genannt, war dem Loch ähnlich, welches zur Meſſung der Geſchwindigkeit der Schiffe gebraucht wird. Dies Inſtrument ließ ſich unter Waſſer bis zu einer beliebigen Tiefe verſenken. Ein, vom Strom mit fortgenommener, Schwimmer (plongeur) von gleicher Dichtigkeit mit dem Waſſer wickelt eine Schnur (ficelle), nicht wie beim Loch von einer ſich drehenden Spule, ſondern von einem befeſtigten Kegel ab, deſſen Axe ſich in der Richtung des Stromes befindet. Dieſer, in einem Gehäuſe (cage) enthaltene, Kegel hängt an zwei Stricken, mittelſt deren er, unter gehöriger Belaſtung, bis zu beliebiger Tiefe in das Waſſer gelaſſen werden kann, und zwar ſo, daß ſeine Axe ſtets horizontal in der Richtung des Stroms bleibt, und daß ſeine Spitze ſtromab gekehrt iſt. Die beiden Stricke können jeder beſonders geſpannt werden; und je nachdem dies mit dem einen oder andern geſchieht, iſt die Abwickelung der Schnur frei oder verhindert. Die Länge des Schnurtheils, die ſich in einer gegebenen Zeit abgewickelt hat, dient als Maß der Schnelligkeit des Stroms.

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 19.

**) Auch die Meſſung der Abſtände zwiſchen einigen der Curven, welche zunächſt um den Berührungspunkt A liegen, könnte hiezu führen.

Bei den Beobachtungen im Sommer wurden außer dieſem Inſtrumente noch andere angewandt, welche ſich auf verſchiedene Principien gründeten, und bei welchen die Geſchwindigkeiten mittelſt der Beugung oder Contraction einer Feder (ressort) oder der Neigung eines Pendels gemeſſen wurden.

Die Winterbeobachtungen wurden angeſtellt, während der Strom mit einer dicken Lage Eis bedeckt war, unter welcher der Fluß wie in einer ungeheuren Waſſerleitung fließt. Der Ort der Beobachtungen war in dem Theil des Fluſſes in Petersburg bei dem Palaſte von Tauris, wo die Breite des Querſchnitts mehr als 900 engl. Fuß und die Tiefe über 60 F. beträgt. Die Geſtalt dieſes Querſchnitts iſt ziemlich regelmäßig; indem die größte Tiefe wenig von der Mitte der Breite entfernt iſt. Doch erhebt ſich die Wand etwas ſteiler an einem als an dem andern Ufer. — Die Sommerbeobachtungen ſcheinen an derſelben Stelle angeſtellt, wiewohl dies nicht beſonders angegeben iſt. — Die Geſchwindigkeiten wurden im Winter (durch in das Eis gehauene Löcher) in 7 Verticallinien beobachtet, welche in ungefähr gleichen Intervallen in der Breite des Querſchnitts vertheilt waren.

Reſultate im Winter, bei mit Eis bedecktem Fluſſe. Das Maximum der Geſchwindigkeit fand ſich in derjenigen Verticale, welche am Orte der größten Tiefe, die 63 Fuß betrug, beſindlich war. Dies Maximum war ungefähr 2 Fuß 7 Zoll in der Secunde und fand ein wenig unterhalb der Mitte dieſer Verticale Statt. Bei dem obern Ende derſelben war die Geſchwindigkeit 1,11 Zoll und bei dem untern Ende 1,65 Zoll. Die Beobachtungen in den übrigen Verticalen boten analoge Reſultate dar, indem ſich die größte Geſchwindigkeit immer in der Mitte oder ein wenig unter der Mitte der Höhe fand. Dieſe größte Geſchwindigkeit, ſo wie die obern oder untern Geſchwindigkeiten, mindern ſich aber von einer Verticale zur andern, je mehr man ſich dem einen oder andern Ufer des Fluſſes nähert. An dieſen Ufern ſelbſt, d. h. an den beiden Enden des Querſchnitts, iſt die Geſchwindigkeit des Waſſers merklich null, indem ſich hier das Waſſer mit vielem ſchwammigen Eiſe gemengt findet. Das allgemeine Mittel aller Geſchwindigkeiten des Querſchnitts betrug 2 Fuß. Die Waſſermaſſe, die durch dieſelbe in 1 Secunde hindurchging, betrug 80000 bis 85000 Cubikfuß.

Raucourt hat geſucht, das Geſetz der Geſchwindigkeiten in jeder Verticale durch die Ordinaten eines Ellipſenſtücks von geringer Amplitude auszudrücken; was zur leichten empiriſchen Überſicht zweckmäßig ſein kann, wiewohl nach der Bemerkung **Navier's** ſich die Reſultate der Beobachtungen auch wohl durch andere Curven würden repräſentiren laſſen *).

Übrigens iſt ſehr erklärlich, warum bei mit Eis bedecktem Fluſſe ſowohl an der Oberfläche, als auf dem Boden die Geſchwindigkeit geringer als um die Mitte des Fluſſes iſt, an beiden Orten nämlich erleidet das Waſſer eine Verzögerung durch die Reibung an der feſten Wand. Dieſe war, dem angeführten Ergebniſſe zufolge, größer an der Eisdecke, als auf dem Boden.

Reſultate im Sommer, bei von Eis freier Oberfläche des Fluſſes. Da in dem vorliegenden Falle keine Reibung des an der Oberfläche fließenden Waſſers an einer feſten Wand Statt findet, ſo läßt ſich leicht erwarten, daß hierbei bei geringern Tiefen des Waſſers die Geſchwindigkeit an der Oberfläche am größten ſein werde, und bis zum Boden, wo der Einfluß der Reibung am ſtärkſten iſt, immer mehr abnehmen. In der That fand der Verfaſſer, daß da, wo die Tiefe 30 Fuß nicht überſteigt, das Maximum der Geſchwindigkeit an der Oberfläche liegt, und daß die Geſchwindigkeiten von da bis zum Boden immer mehr abnehmen; ſo daß man anzunehmen hat, der Einfluß der Reibung am Boden erſtrecke ſich bis 30 Fuß weit in die Höhe. Iſt die Tiefe größer als 30 Fuß, welches die Gränze zu ſein ſcheint, bis wohin ſich dieſer Einfluß erſtreckt, ſo ſollte man erwarten, daß von 30 Fuß Höhe an die Geſchwindigkeit bis zur Oberfläche conſtant wäre; allein die Reibung des an der Oberfläche fließenden Waſſers an der Luftſchicht, die auf ihm liegt, macht, daß auch bei ruhiger Luft die Oberfläche eine etwas, wiewohl nur wenig, kleinere Geſchwindigkeit zeigt, als das Waſſer in 30 Fuß Höhe vom Boden; dieſe Geſchwindigkeit nach der Oberfläche zu mindert ſich aber noch viel mehr, ſo daß ſie an der Oberfläche ſelbſt faſt bis zu der an dem Boden herabkommen kann, wenn ein Wind der Richtung des Stroms entgegenweht; dagegen ſie größer wird, als die Geſchwindigkeit in 30 Fuß Höhe vom Boden an, wenn der Wind in der Richtung des Stromes bläſt.

Der Einfluß des Windes wird minder deutlich bei Tiefen, welche unterhalb der Gränze liegen, bis zu welcher der Einfluß des Bodens reicht. Betrug die Tiefe unter 20 Fuß, ſo ließ ſich dieſelbe nur noch ſchwer wahrnehmen, wenn nicht der Wind ſehr ſtark war.

Hydrauliſcher Widder. Über einen neuen Bau und die Literatur deſſelben, von **Boquillon**, vergl. Dinglers polyt. J. XXXIII. 417.

---

*) Daß in der That eine Ellipſe das Geſetz dieſer Erſcheinungen nicht genau ausdrücken kann, ergiebt ſich aus der mathematiſchen Beobachtung der Bewegung des durch Canäle oder Röhren fließenden Waſſers. Vergl. **Navier** in Tome VI der Mém. de l'Acad. des scienc. 1822.

X. Gleichgewichtserſcheinungen elaſtiſcher Flüſſigkeiten, Barometer, Luftpumpe.

Über den Gleichgewichtszuſtand einer elaſtiſchen Flüſſigkeit, deren Theilchen ſich wechſelſeitig anziehen, von Dallari *).

Geſetzt, in der Welt ſei nichts anders gegeben, als eine Maſſe elaſtiſcher Flüſſigkeit, deren Theilchen ſich nach dem Gravitationsgeſetze (directem Verhältniſſe der Maſſe, umgekehrten des Quadrats der Entfernung) anziehen; geſetzt ferner, Druck und correſpondirende Zuſammenziehung dieſer Flüſſigkeit ſeien einander proportional; geſetzt endlich, die Schichten von gleichförmiger Dichtigkeit ſeien ſphäriſch und concentriſch; ſo fragt ſich, nach welcher Function des Radius muß ſich die Dichtigkeit dieſer Schichten ändern, damit die ganze flüſſige Maſſe im Gleichgewicht ſei?

Durch mathematiſche Betrachtungen ergiebt ſich folgendes Geſetz:

$$\delta = A\,e^{\frac{k}{hr}}$$

hierin iſt δ die Dichtigkeit einer Schicht, welche dem Radius r entſpricht; A der Werth von δ, welcher für einen unendlichen Radius Statt findet; e die Grundzahl der natürlichen Logarithmen; k und h conſtante Größen, welche von der Natur der Flüſſigkeit abhängen.

Folgerungen aus dieſer Formel würden folgende ſein:

1) Im Mittelpunkt der concentriſchen Schichten iſt die Dichtigkeit unendlich.

2) Für einen unendlichen Radius iſt ſie einer conſtanten Größe gleich.

3) Je größer der Radius r iſt, um ſo kleiner werden für gleiche Differenzen deſſelben die Dichtigkeitsdifferenzen.

Über die Daltonſche Theorie **) **von Benzenberg.** Die von **Dalton** aufgeſtellte Hypotheſe, daß die verſchiedenen Gasarten, aus welchen die atmoſphäriſche Luft beſteht, gar nicht gegenſeitig auf einander drücken, ſondern eben ſo viele, von einander gleichſam unabhängige, Atmoſphären bilden, hat bisher bei wenigen Phyſikern Beifall gefunden, unter welchen ſich jedoch **Benzenberg** durch den unermüdeten Eifer, mit welchem er jene Hypotheſe ſeit 20 Jahren in Schutz nimmt, auszeichnet. Namentlich hat er in der d'Aubuiſſonſchen trigonometriſch-barometriſchen Meſſung des Monte Gregorio einen wichtigen Grund für die Daltonſche Hypotheſe gefunden. Es iſt klar, daß die barometriſchen Höhenmeſſungen, wenn die Daltonſche Hypotheſe wahr iſt, anders berechnet werden müſſen, als nach der gewöhnlichen Theorie. Bei dem 5260 Fuß hohen Monte Gregorio fand **Benzenberg** das Reſultat der erſten Rechnung um 16 Fuß kleiner, als nach der andern und ſehr nahe eben ſo viel übertraf letztere das Reſultat der trigonometriſchen Meſſung, welche Differenz mithin nach Benzenbergs Rechnung durch die Annahme der Daltonſchen Hypotheſe faſt vollkommen gehoben werden würde. Benzenberg hat dieſe Rechnung zuerſt in Gilberts Ann. 1812 bekannt gemacht und iſt auch nachher an andern Orten zu wiederholten Malen damit aufgetreten. Auch über andere Abſchnitte der Phyſik, welche mit der Daltonſchen Vorſtellungsart in Berührung kommen, wie die Akuſtik und Eudiometrie, hat er Erörterungen gegeben, nicht ſowohl um Gründe für jene Hypotheſe darin zu ſuchen, als vielmehr, um diejenigen Gründe, welche man daraus gegen dieſelbe hernehmen kann und hergenommen hat, zu bekämpfen. Dies Alles findet ſich von Neuem vereinigt aufgeſtellt in einer Schrift mit folgendem Titel: über die Daltonſche Theorie, von J. F. Benzenberg. 1830, bei Schaub. (192 Seiten in 8. nebſt drei Steindrucktafeln).

---

*) Ann. de Gergonne, XX. 31.

**) Vergl. darüber Näheres in Gehlers Wörterb. Art. Atmoſphäre, S. [illegible].

Der Recenſent der Benzenbergſchen Schrift in den Gött. gel. Anz. 1830. St. 196. S. 1945 hat indeß bei Prüfung der Benzenbergſchen Berechnung über die barometriſche Höhenmeſſung gefunden, daß dieſe Berechnung unrichtig iſt und daß eine richtig geführte Rechnung ein ganz entgegengeſetztes Reſultat giebt.

Der Irrthum Benzenbergs beruht auf folgendem Umſtand: Er hat die Höhen, auf welche unter Vorausſetzung der Richtigkeit der Daltonſchen Hypotheſe jede einzelne Atmoſphäre das Barometer heben würde, den in 100 Theilen trockener Luft dem Gewichte nach enthaltenen Theilen der einzelnen Gasarten proportional geſetzt, da ſie doch nach dieſer Hypotheſe den, dem Maße nach darin enthaltenen, Quantitäten proportional geſetzt werden müſſen.

Begreiflich muß man mit den ſo verbeſſerten Werthen andere Reſultate als Benzenberg erhalten. Der Recenſent hat dieſe Rechnung für einige Höhen geführt. Folgende Tafel enthält die (für trockene Luft erhaltenen) Reſultate:

Höhe in Fußen.	Barometerhöhe in Zollen.		
	nach der gewöhnlichen Theorie.	in Daltons Hypotheſe	
		nach der Rechnung des Recenſenten.	nach Benzenbergs Rechnung.
5000	22,6332	22,6350	22,6179
10000	18,4532	18,4589	18,4314
15000	15,045	15,0555	15,0221
20000	12,26	12,2514	12,2453

Hiernach entſpricht einer beſtimmten Höhe in Daltons Hypotheſe nicht, wie Benzenberg meint, ein kleinerer, ſondern ein größerer Barometerſtand, als in der gewöhnlichen Theorie, und eben ſo wird folglich aus einem beſtimmten Barometerſtande in jener Hypotheſe nicht eine kleinere, ſondern eine größere Höhe berechnet werden. Für den Monte Gregorio iſt dieſer Unterſchied nicht — 16 Fuß, ſondern + 2 Fuß. Bei kleinern Höhen wird der Unterſchied ſehr nahe dem Quadrat der Höhe proportional. **Benzenbergs** Unterſchiede hingegen ſind für kleine Höhen dieſer nahe proportional, was allein ſchon hinreicht, die Unrichtigkeit derſelben zu erkennen.

Der Recenſent fügt hiezu noch folgende Bemerkungen:

1) Das Reſultat, daß der Unterſchied der Barometerhöhe in Daltons Hypotheſe von der auf gewöhnliche Weiſe berechneten **poſitiv** und für mäßige Höhen deren Quadraten nahe proportional wird, iſt allgemein und von den angenommenen Werthen der ſpec. Gewichte der einzelnen Gasarten, aus denen die gemiſchte Luft beſteht, unabhängig. Es würde alſo vergeblich ſein, von andern Werthen dieſer ſpec. Gewichte ein günſtigeres Reſultat zu erwarten.

2) Schon im Jahre 1807 hat **Tralles** (Gilb. Ann. XXVII.) eine richtige Darſtellung der Barometerhöhen in Daltons Hypotheſe geliefert, deren Reſultat mit dem des Recenſenten im Weſentlichen übereinſtimmt.

3) In ſo fern es vergeblich iſt, den Unterſchied der barometriſchen und der trigonometriſchen Meſſung des Monte Gregorio durch Daltons Hypotheſe heben zu wollen (in welcher er ſogar noch um 2 Fuß vergrößert wird), ſo ſteht als entſchiedene Thatſache feſt, daß eine von beiden, oder beide, nicht diejenige Genauigkeit haben, welche ihnen **Benzenberg** glaubte beilegen zu können. Nach des Recenſenten Meinung mögen folgende drei hier in Frage kommende Fehlerquellen ihren Antheil daran haben: 1) das Schwanken der gemeſſenen Barometerhöhen ſelbſt; 2) die in der Berechnung gebrauchten Conſtanten, welche **Benzenberg** auf **Biot's** Abwägung der atmoſphäriſchen Luft gegründet hatte, und die wohl viel ſicherer aus einer zweckmäßigen Benutzung zahlreicher zugleich barometriſch und trigonometriſch gemeſſener Berghöhen beſtimmt werden kann; 3) aber mag auch die trigonometriſche Meſſung des Monte Gregorio ſelbſt ihren Theil zu dem Unterſchiede beigetragen haben, in welchem Bezuge der Recenſent mehrere Umſtände nahmhaft macht, welche die abſolute Genauigkeit dieſer Meſſung zu bezweifeln erlauben.

Über das Mariotte'ſche Geſetz *). Eine von der franz. Akademie ernannte Commiſſion, beſtehend aus den Herren **Prony**, **Arago**, **Ampère**, **Girard** und **Dulong**, hat mittelſt eines ſehr im Großen ausgeführten Apparats, deſſen Beſchreibung hier zu viel Umſtändlichkeit mit ſich führen würde, die Gültigkeit des Mariotteſchen Geſetzes für atmoſphäriſche Luft bis zu Druckkräften von 27 Atmoſphären nachgewieſen, indem in keinem Falle der Unterſchied zwiſchen dem beobachteten und berechneten Werthe bis zu $\frac{1}{100}$ ſtieg, meiſt nur $\frac{1}{300}$ betrug und in einigen

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLIII. 74. oder Schweigg. J. LIX. 161.

Fällen faſt ganz verſchwand. Auch nahmen dieſe Differenzen mit dem Druck nicht zu.

Anſchwellen thieriſcher Blaſe durch Abſorption von Gaſen *). **Graham** ſtellte zuerſt folgenden Verſuch an, der nachher von **Schweigger**, **Baumgartner** und **Fauſt** wiederholt und noch mehrfach abgeändert worden iſt.

Eine fehlerfreie, unverletzte, mit einem Hahne verſehene Thierblaſe wurde etwa gegen $\frac{3}{4}$ mit Steinkohlengas angefüllt, der Hahn geſchloſſen und die Blaſe, in dieſem welken Zuſtand, in eine mit Kohlenſäure-Gaſe gefüllte, über Waſſer aufgeſtellte, Glasglocke emporſteigen gelaſſen. Die Blaſe befand ſich mithin in einer feuchten Atmoſphäre von Kohlenſäure-Gas. Nach Verlauf von 12 Stunden wurde die Blaſe, anſtatt ſo welk zu ſein wie anfangs, vielmehr auf das Äußerſte ausgedehnt gefunden, ſo daß ſie auf dem Punkte ſtand zu berſten, während der größte Theil des Kohlenſäure-Gaſes aus dem Recipienten verſchwunden war. Wirklich zerriß die Blaſe am Halſe, indem ſie unter der Glocke hervorgezogen wurde. Es zeigte ſich, daß ſie 35 pr. C. Kohlenſäure (nach Volumtheilen) enthielt. Die Subſtanz der Blaſe roch ganz friſch und ſchien keine Veränderung erlitten zu haben. Das Kohlenſäure-Gas, welches außerhalb der Blaſe in der Glocke zurückgeblieben, zeigte einen geringen Gehalt von Kohlengas.

In einem zweiten Verſuche, wo die Blaſe etwas weniger Kohlengas enthielt, und auf ähnliche Weiſe in eine Atmoſphäre von Kohlenſäure-Gas gebracht wurde, war ſie nach 15 Stunden völlig aufgeblaſen, und es ergab ſich, daß ſie 40 pr. C. Kohlenſäure-Gas aufgenommen hatte. Nur eine ganz geringe Menge Kohlengas war dabei, wie zuvor, aus der Blaſe entwichen.

Übrigens beſchränkt ſich dieſe Eigenſchaft nicht bloß auf das Kohlengas. Eine dicht verſchloſſene, zur Hälfte mit **gewöhnlicher Luft** angefüllte, Blaſe ward in gleicher Weiſe, nach Verlauf von 24 Stunden, völlig aufgeblaſen gefunden; und nach **Fauſt** geſchahe, als ſtatt Kohlengas oder atmoſphäriſcher Luft Waſſerſtoffgas die Blaſe füllte, eine ſo ſchnelle und bedeutende Anſchwellung, daß die Blaſe ſchon nach 2 Stunden platzte.

Wurde die mit Kohlengas gefüllte Blaſe in atmoſphäriſche Luft gebracht, ſo erfolgte nicht die geringſte Anſchwellung.

Die Erklärung dieſer merkwürdigen Erſcheinungen ſcheint ſich auf Folgendes zurückführen zu laſſen.

Geſetzt eine Flüſſigkeit (das in den poröſen Blaſenwänden enthaltene Waſſer) ſtände, während ſie einerſeits ein nicht abſorbierbares Gas a (Koh-

---

*) **Graham** in Quarterly Journ. of Sc. New Series. No. XI. oder Schweigg. J. LVII. [illegible]; oder Pogg. Ann. [illegible]. Bd. [illegible]. S. [illegible]. — **Schweigger** in Schweigg. J. LVII. [illegible]. — **Baumgartner** in Baumg. Zeitſchr. VIII. 9. — **Fauſt** in Americ. J. of the Med. Sc. nov. [illegible]. oder Fror. Not. 1831. Nr. 6. des XXX. Bandes S. [illegible].

lengas) abſperrte, andererſeits mit einer Atmoſphäre eines abſorbirbaren Gaſes b (kohlenſaures Gas) in Berührung, ſo daß die Communication beider Gasarten nur durch die Flüſſigkeit vermittelt würde.

Das Gas b wird abſorbirt werden, und ſolchergeſtalt mit dem Raume, der das fremde Gas a enthält, und der für dieſes nach Dalton's Geſetz *) ein leerer iſt, in Berührung kommen; mithin wird von dem Gaſe b, das die Flüſſigkeit aufgenommen hat, ein gewiſſer Antheil in das Gas a ſich hineinverbreiten; gerade wie dies der Fall ſein würde, wenn man die mit dem Gaſe geſchwängerte Flüſſigkeit in den leeren Raum brächte. Der Verluſt an abſorbirtem Gaſe, den die Flüſſigkeit hiedurch erleidet, wird aber ſofort von Außen wieder erſetzt, ſo daß ſolchergeſtalt dem innern Gaſe a immer neues Gas b zugeführt werden muß, ſo lange, bis Gleichgewicht zwiſchen dem abſorbirten und dem auswendigen Gaſe b eingetreten iſt. Die Flüſſigkeit wirkt hiebei gewiſſermaßen als Ventil, indem ſie dem äußern abſorbirten Gaſe zwar den Zutritt zu dem innern, aber nicht umgekehrt dem innern, der Abſorption widerſtehenden, Gaſe den Zutritt zu dem äußern Gaſe verſtattet.

Umſtände, welche dieſe Erklärung unterſtützen, ſind, daß nach Baumgartner's Verſuchen die Erſcheinung auch erfolgt, wenn dem Waſſer, welches zur Befeuchtung der Blaſe dient, eine andere Flüſſigkeit ſubſtituirt wird, die das äußere Gas zu abſorbiren vermag, ſo, wenn man die Blaſe, mit Weingeiſt befeuchtet, in kohlenſaures Gas bringt **); nicht aber, wenn man ſie mit einer Flüſſigkeit, welche keine Abſorption äußert, einreibt, wie mit Baumöl oder Anisöl; ferner, daß die Erſcheinung auch erfolgt, wenn man dem kohlenſauren Gaſe ein anderes Gas ſubſtituirt, was von der, die Blaſe befeuchtenden, Flüſſigkeit abſorbirt werden kann, wie Schwefelwaſſerſtoffgas ***) bei Anwendung von Waſſer zur Befeuchtung; ferner, daß eine ganz ausgetrocknete Blaſe in trockenem kohlenſauren Gaſe gar nicht anſchwillt ****); endlich, daß, wenn man eine Blaſe, die von eingefangenem kohlenſauren Gaſe ganz erfüllt und dem Platzen nahe iſt, in atmoſphäriſche Luft bringt und ihre Feuchtigkeit durch öfteres Betropfen mit Waſſer unterhält, ſie in kurzem wieder zuſammenſinkt, und das Volumen annimmt, welches ſie vor dem erſten Verſuch hatte *).

---

*) Gehler's Wört. I. 10.

**) Doch bemerkt Baumgartner, die Wirkung habe ihm nicht raſcher vor ſich zu gehen geſchienen, als mit Waſſer, wiewohl der Weingeiſt nach Sauſſure ein größeres Abſorptionsvermögen für kohlenſaures Gas zeigt, als dieſes, woran vielleicht die geringere Capillarkraft der Blaſe gegen den Weingeiſt Schuld ſein mag.

***) Das Aufſchwellen der Blaſe ſchien hier ſogar noch ſchneller bemerkbar zu werden, als in kohlenſaurem Gas.

****) Trockne Blaſen ſind allerdings für Gasarten permeabel (daher man eine Gasart nicht längere Zeit in einer Blaſe in der Luft aufbewahrt halten kann, ohne ſie nach einiger Zeit mit Luft gemengt zu finden); aber weil hier ſowohl das innere als das äußere Gas den Weg durch die Blaſenwand findet, ſo erfolgt kein Aufſchwellen der Blaſe.

Noch mögen einige andere Umſtände folgen, die Baumgartner durch ſeine abgeänderten Verſuche über dieſen Gegenſtand feſtgeſtellt hat. Das innere Gas war hier ſtets Luft, das äußere Kohlenſäure.

Es iſt nicht nöthig, eine ganze Blaſe anzuwenden, ſondern man kann ſich vom Statthaben der Erſcheinung auch überzeugen, wenn man ein gläſernes Gefäß an der Mündung mit einer (feuchten) Blaſe luftdicht überbindet und es in einen Recipienten mit kohlenſaurem Gas ſtellt. Sehr bald, oft ſchon nach ½ Stunde, erkennt man aus der convexen Wölbung der Blaſe, daß eine Abſorption Statt gefunden.

Obwohl eine ganz ausgetrocknete Blaſe in trockenem kohlenſaurem Gaſe gar nicht anſchwillt, ſo wirkt doch andererſeits auch eine tropfnaſſe Blaſe viel langſamer, als eine bloß oberflächlich befeuchtete.

Die Erſcheinung erfolgt in ganz gleichem Grade, mag man die Blaſe in ihrer natürlichen Geſtalt oder, das Innere nach Außen gekehrt, brauchen.

Die Schwimmblaſe der Fiſche zeigt ſich bei den in Rede ſtehenden Verſuchen noch empfindlicher als eine Schweinsblaſe, ſie mag die urſprüngliche Luftmaſſe ganz in ſich enthalten oder nur zum Theil, ſich im natürlichen Zuſtande befinden oder geſchält ſein. An einem zu einem Beutel zuſammengebundenen feuchten Häutchen aus einem Hühnerei dagegen ließ ſich ſelbſt nach 24 Stunden keine Spur eines Anſchwellens bemerken. Auch bei Anwendung feuchten weiß gegerbten Leders zeigte ſich keine Anſchwellung, weil, wie beſonders nachgewieſen ward, durch dieſes die Luft ſowohl als die Kohlenſäure einen Weg findet.

Die Spannung des Gaſes in der Blaſe nimmt während der Abſorption ſo wenig zu, daß man eine ſolche Zunahme nur durch das Wollaſton'ſche Differenzialbarometer deutlich bemerklich machen kann, unſtreitig weil die Wände der Blaſe dem Drucke nachgeben.

Eine Blaſe, die ſchon ſo viel kohlenſaures Gas aufgenommen hat, als zur Herſtellung des Gleichgewichts mit dem Gas des Recipienten nöthig iſt, iſt im Stande, noch Schwefelwaſſerſtoffgas aufzunehmen, falls ſie überhaupt hiezu die nöthige Feſtigkeit hat **).

---

*) Was mir mit der angegebenen Erklärung minder gut zu ſtimmen ſcheint, als die übrigen Erfahrungen, iſt, daß nach Fauſt's Verſuchen eine, Stickgas enthaltende, feuchte Blaſe in Waſſerſtoffgas gebracht, anſchwillt, aber eine, mit Waſſerſtoff gefüllte, Blaſe in Stickgas gebracht, ſich beträchtlich entleert, da doch ſowohl Waſſerſtoffgas als Stickgas ſehr wenig und beide ziemlich gleich vom Waſſer abſorbirbar ſind (das Waſſerſtoffgas jedoch ein wenig mehr als das Stickgas).

**) Baumgartner führt in dieſem Bezuge folgende Erfahrung an: 4 Rindsblaſen, wovon eine vor dem Verſuche halb aufgeblaſen und abgebunden, die drei andern aber unverſehrt in eine Kohlenſäureatmoſphäre gebracht wurden, nahmen ſo viel von dieſem Gaſe auf, daß ſie ſtrotzend voll waren. Als dieſes geſchehen war, wurde zu dem kohlenſauren Gaſe im Recipienten Schwefelwaſſerſtoffgas

Eine Blaſe kann ſelbſt dadurch zum Aufſchwellen gebracht werden, daß man ſie in eine mit kohlenſaurem Gaſe geſchwängerte Flüſſigkeit taucht, ſo daß hier bloß kohlenſaures Gas dabei ins Spiel kommt *).

Schließlich führt Baumgartner noch einige Verſuche an, bei welchen er numeriſche Data zur Beſtätigung der obigen Theorie zu erlangen ſuchte. Es ſind folgende:

Ein kleines gläſernes cylindriſches Gefäß wurde mit einem Gemenge von atmoſphäriſcher Luft und kohlenſaurem Gas angefüllt, ein Stück von einer gut erhaltenen, geſchmeidigen Schweinsblaſe zu einem ſchlaffen Beutel luftdicht zuſammengebunden, mit Waſſer angefeuchtet, und in jenem Gefäße aufgehängt, das Gefäß ſelbſt aber mit Queckſilber geſperrt, und in dieſer Lage 48 Stunden gelaſſen. Während dieſer Zeit war die Blaſe bedeutend angeſchwollen. Nach Verlauf derſelben wurde ſowohl der Inhalt der Blaſe als jener des Gefäßes, nachdem die Blaſe herausgenommen war, genau gemeſſen, auf geeignete Weiſe chemiſch unterſucht, und folgende Reſultate bei 16° C. nach der Reduction auf einen Luftdruck von 28 Wiener Zoll gefunden:

Es enthielt:

das Gefäß 30,4 Cub. Centim. atm. Luft, 28,96 Cub. Centim. kohlenſ. Gas,
die Blaſe 6,0 „ „ „ „ 20,25 „ „ „ „

Zum Beſtehen des Gleichgewichtes wird erfordert, daß das im Gefäße und das in der Blaſe enthaltene kohlenſaure Gas dieſelbe Expanſivkraft habe. Nimmt man die Spannkraft der Luft bei der Temperatur 16° C. und einem Luftdruck von 28 Wiener Zoll als Einheit an, ſo iſt die des kohlenſauren Gaſes im Gefäße gleich 0,7722, die deſſelben Gaſes in der Blaſe gleich 0,7710, mithin nahe der erſteren gleich.

Bei einem zweiten Verſuche wurde auf gleiche Weiſe verfahren, nur blieb die Blaſe drei Tage lang in der Gasatmoſphäre. Das Reſultat dieſes Verſuches war folgendes:

Es enthielt:

das Gefäß 30,33 Cub. Centim. atmoſph. Luft, 68,12 Kohlenſäure,
die Blaſe 4,96 „ „ „ „ 23,09 „

Wird wieder obige Einheit der Expanſivkraft angenommen, ſo iſt die

---

gebracht. Die Blaſen ſchwollen zuſehends an, hatten nach 6 Stunden mehr als das Doppelte ihres natürlichen Volumens angenommen, und am folgenden Tage waren ſie alle geplatzt.

*) In dieſem Bezuge ſtellt Baumgartner folgenden Verſuch mit: Es wurde eine Flaſche mit engem Halſe mit Biliner Sauerbrunnen gefüllt und eine, nur wenig atmoſphäriſche Luft enthaltende, gut zugebundene, Blaſe in die Flaſche gebracht, und durch eine beſondere Beſchwerung ganz unter Waſſer erhalten. Nach 6 Tagen zeigte ſich die Blaſe zwar nicht ſtrotzend, aber doch ſo voll, daß ſie ſich durch den ziemlich engen Hals der Flaſche nicht mehr herausbringen ließ, obwohl weder eine ſo große Änderung des Luftdrucks noch der Temperatur eingetreten war, um das Aufſchwellen hieraus erklären zu können.

Expanſivkraft des kohlenſauren Gaſes im Gefäße = 0,8628, in der Blaſe = 0,8512.

Was an der Gleichheit der beiden Verhältniſſe fehlt, rührt ohne Zweifel von unvermeidlichen Beobachtungsfehlern her, indem beim erſten Verſuche die Expanſiwkraft des Gaſes in der Blaſe größer erſcheint als die im Gefäße, beim zweiten hingegen das Umgekehrte Statt findet.

Barometer.

Differenzialbarometer von Wollaſton *). Das Inſtrument, welches hier beſchrieben werden ſoll, hatte urſprünglich die Beſtimmung, die Kraft anzugeben, mit welcher die Luft in Kaminen verſchiedener Art aufſteigt; weil es aber tauglich iſt, überhaupt ſehr geringe Unterſchiede im barometriſchen Druck erkennbar und mit beträchtlicher Genauigkeit meßbar zu machen, ſo dürfte es auch viele andere nützliche Anwendungen erfahren können.

Das Inſtrument beſteht aus einer Glasröhre von wenigſtens ¼ Zoll Durchmeſſer im Lichten, die in der Mitte gebogen iſt, ſo daß ſie die Form eines umgekehrten Hebers mit parallelen Schenkeln beſitzt. (Fig. 12.) Die Enden derſelben ſind in den Boden zweier durch eine Scheidewand getrennter Behälter, jeder von ungefähr 2 Zoll im Durchmeſſer, eingekittet. Der eine dieſer Behälter iſt überall geſchloſſen, bis auf eine kleine offene Röhre, die oben in eine Seitenwand horizontal eingeſetzt iſt; der andere aber bleibt offen.

In dies ſo conſtruirte Gefäß wird erſtlich etwas Waſſer gegoſſen, ſo daß es in dem untern Theile der Glasröhre eine Höhe von 2 bis 3 Zoll einnimmt; dann gießt man in jeden Behälter ein gleiches Maß Öl, ſo daß dieſes den obern Theil beider Schenkel der Röhre füllt, und noch in jedem Behälter eine Höhe von ungefähr ¼ Zoll einnimmt.

Wenn das Waſſer in beiden Schenkeln im Niveau ſteht, oder wenn man es durch Abgleichung des Drucks der darauf ruhenden Ölſäulen ins Niveau gebracht hat, ſo iſt das Inſtrument zum Gebrauche fertig.

Wenn man nun die horizontale Röhre des geſchloſſenen Behälters in das Schlüſſelloch einer Thür oder in irgend eine Öffnung ſteckt, durch welche die Luft in Folge des größern Drucks von außen einzudringen vermag, ſo wird der Druck auf die Oberfläche des Öls in dieſem Behälter das Waſſer in dem zugehörigen Schenkel hinabdrücken, und in dem andern heben, bis dadurch dem Überſchuß des Drucks der äußeren Luft über die im Zimmer das Gleichgewicht gehalten wird.

Es iſt indeß nicht das ganze Gewicht der gehobenen Waſſerſäule, welches hier als Gegengewicht wirkt; vielmehr wird dieſes durch eine gleiche Verlängerung der Ölſäule auf Seite des hinabgedrückten Niveaus theilweiſe aufgehoben; ſo daß der ausgeübte Druck nur dem gleich iſt, der aus dem Unterſchiede der gehobenen Waſſerſäule mit einer gleich langen Ölſäule entſteht; im Fall man Olivenöl anwendet, beträgt er ungefähr $\frac{1}{11}$ der ſcheinbaren Erhebung, und mithin werden alsdann die Variationen des Inſtruments 11 Mal größer ſein, als bei alleiniger Anwendung von Waſſer.

---

*) Philos. transact. f. 1829. p. 133, oder Edinb. phil. J. 1829. april., oder Pogg. XVI. S. 619, oder Baumgartner's Zeitſchr. VI. 494.

Sollte zu irgend einem Zwecke eine größere Empfindlichkeit des Inſtruments erfoderlich ſein, ſo kann man ſie ihm dadurch geben, daß man dem Waſſer eine beliebige Menge Alkohol zuſetzt, bis der Überſchuß ſeines Gewichts über das des Öls bis auf $\frac{1}{20}$ oder $\frac{1}{30}$ oder auf einen noch kleineren Bruch zurückgeführt iſt. Bringt man den Alkohol endlich auf die Stärke des Probeweingeiſtes (der ſeinen Namen urſprünglich von dieſer Probe erhalten zu haben ſcheint), ſo bleibt er in keiner Lage in Ruhe, und, wenn man ihn noch weiter verdünnt, ſteigt er in die Höhe und läßt das Öl in die Biegung hinabſinken.

Wenn man die Form des Inſtruments ein wenig abändert, nämlich die Behälter beide verſchließt, und in den obern Theil eines jeden eine ſich ſeitwärts trompetenartig erweiternde Röhre einſetzt, kann man daſſelbe auch als Anemometer gebrauchen.

Luftpumpe.

Verſchiedene Luftpumpen. Im Laboratorium Heft 23. Taf. 104 findet ſich eine Abbildung und Beſchreibung folgender Luftpumpen: Gewöhnliche Luftpumpe, **Cuthbertſon's** Luftpumpe, **Dunn's** verbeſſerte Luftpumpe, **Hare's** Luftpumpe mit gläſernen Stiefeln, Hahnluftpumpe, **Ritchie's** Luftpumpe ohne künſtliche Ventile. — Eine Luftpumpe mit zwei doppelt wirkenden Stiefeln, die **Partington** in ſeinem im Jahre 1828 herausgegebenen Manual of natural and experimental Philosophy I. 109 beſchrieben hat, und die ſich beſonders zu ſchnellen Luftverdünnungen empfiehlt, findet man neuerdings in Baumg. Zeitſchr. VI. 89 beſchrieben.

Neue Luftpumpe von Kemp*). Die gewöhnlichen Hahnluftpumpen ſetzen, ſobald die durch ſie bewirkte Luftverdünnung eine gewiße Gränze erreicht hat, dem weiteren Fortſchreiten derſelben dadurch eine Gränze, daß beim Aufziehen des Kolbens keine Luft mehr aus dem Recipienten in den Stiefel treten kann, weil die bereits zwiſchen dem Kolben und dem Stiefelboden befindliche Luft bei der größten Erweiterung des inneren Stiefelraumes noch ſo viel Expanſivkraft hat, als die im Recipienten. Ventilluftpumpen unterliegen zwar nicht dieſem, aber einem andern Gebrechen, welches davon herrührt, daß die bis zu einem gewiſſen Grade verdünnte Luft die Klappe nicht mehr zu öffnen vermag. **Cuthbertſon** hat dieſem durch eine beſondere mechaniſche Vorrichtung abgeholfen, mittelſt welcher bei jedem Kolbenzug das Ventil zugleich mit dem Kolben bewegt wird, ſo daß die Luft dieſer Verrichtung ganz überhoben iſt. So ſinnreich auch der dazu angebrachte Mechanismus iſt, ſo hält es doch ſchwer, mit einer auf ſolche Weiſe eingerichteten Luftpumpe die Luftverdünnung weit genug zu treiben, weil es faſt unmöglich iſt, die Klappen für die Dauer luftdicht zu machen, und weil das zu ihrem beſſeren Schluſſe ſtets nöthige Öl durch ſeine Dünſte der weiteren Luftverdünnung entgegen wirkt.

---

*) Edinb. Journ. N. VIII. p. 95, oder Baumg. und Ett. Zeitſchr. VIII. 183.

Kemp ſchlägt nun eine Luftpumpe vor, welche von den letzteren Mängeln frei ſein ſoll, indem, wie bei Cuthbertſon's Luftpumpe, die Ventile durch den Mechanismus der Pumpe bewegt werden, und der Schluß derſelben ganz vollkommen iſt. Es iſt kaum möglich, erſteres auf eine einfachere Weiſe zu erreichen, als es Kemp thut, denn die ganze Vorrichtung zur Bewegung der Ventile beſteht darin, daß er ſogenannte Schwimmventile anwendet, die ſich ſchließen und öffnen, ſo wie die Flüſſigkeit, worin ſie ſchwimmen, ſteigt oder ſinkt. Die dazu verwendete Flüſſigkeit iſt das Queckſilber, welche überdies alle Sorge benimmt, daß etwa ihre Dünſte einen ſchädlichen Einfluß auf die Luftverdünnung ausüben könnten.

Fig. 13 und 14 ſtellen dieſe Luftpumpe vor, und zwar erſtere in der vorderen Anſicht, letztere im Durchſchnitte. Gleiche Buchſtaben bedeuten in beiden Figuren daſſelbe. Das hölzerne Geſtelle I K X W hat drei horizontale Querwände R S, C D und I W. Ganz unten befinden ſich die zwei Stiefel A, B der Pumpe, die von Eiſen ſein müſſen, damit ſie vom Queckſilber nicht angegriffen werden. Die Kolbenſtangen V, V gehen durch alle drei Querwände, und gehen oben in gezähnte Fortſetzungen über, welche es möglich machen, die Kolben mittelſt eines Getriebes D und einer Kurbel zu bewegen; am obern Theil der Stiefel geht jede Stange durch eine luftdicht ſchließende Lederbüchſe. Die oberſte Querwand I W enthält den Teller für den Recipienten, und unter dieſem befinden ſich zwei Gefäße G und F, welche dieſe Luftpumpe beſonders charakteriſiren, und als Hülfsgefäße angeſehen werden müſſen. Sie mögen Verdünnungsgefäße heißen. Dieſe haben oben einen trichterförmigen Aufſatz mit einem Ventil, das ſich von Innen nach Außen öffnet, und ſtehen ſowohl mit dem Teller als mit den beiden Stiefeln in Communication, und zwar auf folgende Weiſe: in jedem dieſer Gefäße befindet ſich eine Röhre, die der ganzen Länge nach durch daſſelbe geht, und ſich nahe am Boden deſſelben endet, wo ſie aber mit einem Schwimmventil M verſehen iſt, das ſich durch einen Druck von unten nach oben ſchließt. Dieſe beiden Röhren H H laufen außerhalb der Gefäße, bevor ſie ſich in den Teller einmünden, in eine einzige zuſammen, und durch ſie ſtehen die Gefäße mit dem Teller in Communication. Die Verbindung dieſer Gefäße mit den Stiefeln iſt durch die Röhren P, N und E hergeſtellt. P verbindet den obern Theil des Stiefels A mit dem untern des Gefäßes G, und eben ſo ſetzt N den obern Theil des Stiefels B mit dem untern des Gefäßes F in Communication. Die Röhre E (Fig. 13) vermittelt die Verbindung des untern Theiles des Stiefels A mit dem untern des Gefäßes F, und daſſelbe thut eine ähnliche in der Zeichnung nicht ſichtbare Röhre mit dem untern Theile des Stiefels B und dem Gefäße G.

Um nun die Wirkung dieſer Pumpe einzuſehen, denke man ſich den Kolben R des Stiefels A ganz hinaufgezogen, und den Kolben des Stiefels B am unterſten Platze, ſo daß bei der folgenden Drehung der Kurbel erſterer Kolben herab-, letzterer hinaufſteigt, und ſetze voraus, es ſei A nebſt E, und der ober dem Kolben befindliche Theil des Stiefels F nebſt der dazu gehörigen Röhre N mit Queckſilber gefüllt, und auch die Trichter G enthalten Queckſilber.

So wie der Kolben R ſinkt, treibt er das Queckſilber aus A und E nach F, und daſſelbe thut der ſteigende Kolben im Stiefel B mit dem ober dem Kolben und dem in der Röhre N befindlichen Queckſilber. Dadurch hebt ſich das Ventil M, ſchließt die Röhre H, öffnet das Ventil G, und es wird aus dem Gefäße F die Luft vertrieben. Sobald R ſinkt, bringt das Queckſilber aus F durch die Röhre P in den ober R entſtehenden leeren Raum, und es ſchließt ſich das Ventil F. Sobald die Oberfläche des Queckſilbers unter M zu ſtehen kommt, ſinkt das Schwimmventil M, es öffnet ſich dadurch die Communication zwiſchen dem Gefäße F und dem Recipienten, und letzterer liefert einen Theil ſeines Luftinhaltes nach F. Während dieſes mit dem Kolben R vorgeht, erfolgt gerade das Entgegengeſetzte mit dem Kolben des andern Stiefels, und es wird immer durch eines der Gefäße F und G Luft aus dem Recipienten geſchöpft.

Es iſt klar, daß bei dieſer Einrichtung die Klappe M entweder ganz offen ſteht, oder luftdicht durch das Queckſilber geſchloſſen iſt, wie es der Bau einer guten Luftpumpe ſodert.

Neue hydroſtatiſche Luftpumpe ohne Kolben, Hähne, Klappen und Stöpſel, von J. Mile[*]. In dieſer Luftpumpe vertritt Queckſilber die Stelle des Kolbens und in dieſer Hinſicht iſt ſie nicht neu, indem bereits Swedenborg, Baader und Hindenburg erſteres dabei angewandt haben. Dadurch aber unterſcheidet ſie ſich weſentlich von andern, daß bei ihr faſt gar keine mechaniſchen Vorrichtungen angebracht ſind.

Wir wollen die Beſchreibung ihrer Einrichtung hier wiedergeben, wenn wir auch die Anſicht des Verfaſſers nicht theilen, daß ſie von ſehr praktiſcher Anwendbarkeit ſein könnte. Das Verſtändniß dieſer Einrichtung wird durch die Figuren 15, 16 und 17 erläutert, von denen Fig. 15 die Maſchine von vorn, Fig. 16 von der Seite und Fig. 17 im Horizontaldurchſchnitte nach der Linie x x vorſtellt. Dieſelben Theile ſind in allen Figuren mit denſelben Buchſtaben bezeichnet.

Das Hauptbehältniß, in dem der Wechſel der Ausdehnung und Zuſammendrückung der Luft geſchehen ſoll, iſt ein Cylinder oder die Kugel a, die in die Röhre b b, welche unten geöffnet iſt, übergeht. In dem obern

---

[*] Kaſtn. Arch. XV. 1.

Theil dieſer Kugel ſind zwei Röhren gg und hh eingekittet, deren Durchmeſſer ungefähr eine Linie beträgt. Die Röhre gg muß bis in den Hals der Kugel a reichen; ſie hebt ſich in die Höhe, beugt ſich dann wieder nach unten, und iſt mit der auf dem Teller aufgeſtellten Glocke o und mit der Barometerprobe k verbunden. Die zweite Röhre hh aber darf nicht in die Kugel hineinreichen und braucht nur auf dem Halſe derſelben aufgekittet zu werden, damit die letzte Luftblaſe beim Comprimiren leicht hinaus könne. Dieſe Röhre iſt gebogen und tritt mit ihrem zweiten auch offenen Ende in das Gefäß i. Auf die Röhre bb muß die zweite Röhre cc ſich gleich einer Scheide leicht aufſchieben laſſen; ſie iſt unten verſchloſſen, oben aber trichterförmig ſo erweitert, daß dieſer Theil über die Kugel aufzubringen iſt. Dieſer Trichter dd ſammt der Röhre cc kann aber in die Höhe gebracht werden und zwar vermittelſt der durch das Drehen der Kurbel bewegten Rolle p, auf die ſich Schnüre aufwinden, die über die Rolle ff nach dem Trichter hingehen.

Die Röhren gh, wie auch die Kugel a können aus Glas, die Röhren bb, cc aber müſſen aus Eiſen und der Trichter von Holz ſein. Alles kann, wie die Figuren zeigen, am hölzernen Gerüſte befeſtigt werden. Einer beſondern Aufmerkſamkeit bedarf das Befeſtigen der Kugel a durch die Klammer n, weil dieſe Kugel von allen Seiten frei bleiben muß, um den Trichter über dieſelbe hinaufziehen zu können. Die Maſchine kann vermöge der Haken mm an der Wand aufgehangen werden; auf dieſe Art nimmt ſie ungeachtet ihrer Höhe nicht viel Raum ein.

Die Vorbereitung zum Gebrauch der Luftpumpe beſteht in dem Anfüllen des Trichters dd mit ſo vielem Queckſilber, daß bei deſſen Aufziehen über die Kugel und bei deren ganzem Anfüllen, das Niveau im Trichter über dem höchſten Punkt der Kugel ſtehe, was das Ausſtoßen aller Luft aus letzterer verſichert. Außerdem muß man etwa ein Paar Linien über die Öffnung der Röhre hh noch Queckſilber in das Gefäß i gießen.

Das Auspumpen der Luft geſchieht auf folgende Art durch Aufziehen und Herablaſſen des Trichters dd. Beim Aufziehen des Trichters bis auf die Kugel a verſchließt das aufſteigende Queckſilber gleich die Öffnung g; deshalb kann die in der Kugel zuſammengedrückte Luft nur durch die Röhre hh heraustreten; und dieſes geſchieht mit großer Leichtigkeit, weil ſie nur den Widerſtand einer ein Paar Linien hohen Queckſilberſäule im Gefäße i zu überwinden hat. Wenn alle Luft aus der Kugel a herausgetrieben iſt, was am Aufhören des Brauſens im Gefäße i zu erkennen iſt, wird der Trichter herabgelaſſen, worauf das ſich ſenkende Queckſilber eine Leere in der Kugel a zurückläßt. Dadurch wird zugleich die vorher durch das Queckſilber verſchloſſene Öffnung der Röhre g frei; jetzt kann alſo die Luft aus der Glocke in die Kugel a ſo lange hinüberſtrömen, bis es zum Gleichgewichte kommt. Die äußere Luft wird in die Kugel einzudringen ſtreben, hat hiezu aber nur einen Weg, nämlich die Röhre hh, durch welche ſie hinausgetreten. Da aber das Ende dieſer Röhre im Queckſilber des Gefäßes i eingeſenkt iſt, ſo wird die auf die Oberfläche des Queckſilbers drückende Luft daſſelbe in der Röhre hh höchſtens 28 Zoll hoch treiben, jedoch in die Kugel nicht gelangen können. Um den aus der Glocke in die Kugel vertheilten Theil der Luft herauszutreiben, wird der Trichter von neuem gehoben, wodurch das einſtrömende Queckſilber abermals die Öffnung g verſchließt, und die Luft durch die Röhre hh heraustreibt. Durch das Wiederholen dieſes Verfahrens wird man alſo immer eine neue Quantität Luft aus der Glocke herausbringen, die Verdünnung wird alſo ſtufenweiſe wie in einer gewöhnlichen Luftpumpe erfolgen.

Bei dieſer Operation vertritt das Heben und Senken des Queckſilbers vermittelſt des Trichters die Stelle des Kolbens, und indem es die Öffnungen der Röhren g und b bald der heraustretenden Luft öffnet, bald der eintretenden verſchließt, wirkt es anſtatt der Hähne, Ventile und Stöpſel der bis jetzt gebräuchlichen ſowohl mechaniſchen als hydroſtatiſchen Luftpumpen.

Aus der Beſchreibung der Wirkung geht hervor, warum dieſe Luftpumpe ſo hoch ausfällt und die Röhren über 28 Zoll Länge bekommen müſſen. Denn wenn das Queckſilber nicht über 28 Zoll unter die Öffnung g herabgelaſſen werden könnte, würde gegen das Ende der Verdünnung der Luft die Kugel a ſich des Queckſilbers nicht entleeren, noch ſich mit Luft anfüllen, auch würde die Röhre g nicht geöffnet werden können. Desgleichen, wenn die Röhre gg nicht 28 Zoll erhoben wäre, ſo würde im Augenblicke des Eindringens des Queckſilbers in die Kugel a, während der ſchon hochgetriebenen Luftverdünnung unter der Glocke, das Queckſilber durch dieſe Röhre in die Glocke überlaufen. Wenn endlich die Röhre hh nicht über 28 Zoll lang wäre, ſo würde während der Verdünnung der Luft in der Kugel a das von der äußern Luft gedrückte Queckſilber aus dem Gefäß i in die Kugel und hintendrein die äußere Luft hineinſtrömen.

Das Einlaſſen der Luft in die Glocke nach Beendigung des Verſuches geſchieht leicht, ohne Hülfe eines Hahns. Das Röhrchen l, welches ſehr dünn, gekrümmt und oben trichterförmig erweitert iſt, wird, indem man es mit dem Finger zuhält, durch das Queckſilber in die Öffnung der Röhre b eingeſteckt, die es aber nicht zuſchließen darf. Nachdem man den Finger hinweggenommen, ſtrömt die leichtere Luft in die Kugel und von da in die Glocke. Man könnte daſſelbe dadurch bewirken, daß man den Trichter dd ſo tief herabſenkte, bis das Ende der Röhre bb frei in die Luft hervorſtände; in dieſem Falle aber würde die durch die größere Öffnung in zu großer Menge einſtrömende Luft das Queckſilber in die Röhre g und in die Glocke mit fortreißen.

Verhinderte Expanſion des Pulvergaſes.

Nach Flachin von Yverdun ſoll es hinreichen, um die Entladung einer Kugel aus einer Flinte bei Entzündung des Pulvers zu verhüten, den Ladſtock auf die Kugel zu ſetzen und den Finger auf das Ende des Ladſtocks zu legen. Das Gewehr muß aber ſtark ſein, denn es ſpringt leicht bei dieſem Verſuche in Stücke *).

XI. Bewegungserſcheinungen elaſtiſcher Flüſſigkeiten.

Über Verbreitung elaſtiſcher Flüſſigkeiten von Graham **). Graham hat Verſuche über die relative Leichtigkeit angeſtellt, mit welcher heterogene Gaſe, in Berührung mit einander gebracht, ſich durch einander verbreiten und einander durchdringen.

Folgendes ſind die Reſultate, zu denen er hiedurch geführt ward:

1) Ein Gas verbreitet ſich um ſo leichter in die atmoſphäriſche Luft, je geringer ſein ſpec. Gewicht iſt.

2) Das Gas entweicht in demſelben abnehmenden Verhältniß aus einem Recipienten in die Atmoſphäre, welches bei der mechaniſchen Entleerung der Luftpumpe gilt; daher fallen die Differenzen in der ausgeſtrömten Quantität bei verſchiedenen Gaſen verhältnißmäßig um ſo größer aus, auf eine je kleinere Zeit vom Anfange an man die Vergleichung beſchränkt.

3) Einen großen Einfluß übt der von der Schwere abhängige mechaniſche Widerſtand auf die Reſultate aus, der bei Gaſen bei verſchiedener Dichtigkeit nicht conſtant iſt, bei gleicher Stellung des Recipienten.

4) Bei gemiſchten Gaſen gilt das Geſetz, daß das diffuſiblere Gas in größerer, das minder diffuſible in geringerer Verhältnißmenge entweicht, als die nämlichen Gaſe in geſondertem Zuſtande.

5) Waſſerſtoffgas wird in einem hohen Recipienten viermal raſcher expandirt durch Schwefeläther als durch gemeine Luft ***).

Vorrichtungen, mittelſt deren die Verſuche angeſtellt wurden. I) Zur Unterſuchung der Verbreitung verſchiedener Gaſe in atmoſphäriſche Luft wurde ein cylindriſcher gläſerner Recipient A (Fig. 18) von 9 Zoll Länge und 0,9 Zoll innerem Durchmeſſer in Anwendung geſetzt, der in 150 gleiche Theile eingetheilt und mit einem Stopfer B verſehen war, welcher durch ſorgſames Schleifen genau in die Mündung des Recipienten eingepaßt worden war. Der Stopfer war der Länge nach durchbohrt; der kleine cylindriſche Canal in demſelben hielt 0,34 Zoll im Durchmeſſer und war 1,8 Zoll lang, und in der Mündung dieſes Canals war wiederum ein kurzes Stück einer ſtarken Glasröhre eingeſchliffen worden, deren Kaliber 0,07 oder beinahe $\frac{1}{14,3}$ Zoll weit, und das in der Mitte rechtwinkelig gebogen war, wie in C zu ſehen. Dies waren die Dimenſionen der Röhre A; nach mehreren Verſuchen aber wurde die Röhre C bei Seite gelegt, und eine zweite größere Röhre von 0,12 Zoll im Kaliber und 2 Zoll Länge in die Öffnung des großen Stopfers B eingeſchliffen, und (wie die Röhre C) in der Mitte rechtwinkelig gebogen.

---

*) Bibl. univ. 1830. p. 447.

**) Quat. J. of sc. N. ser. No. XI. (Jul. — Sept. 1829) p. 74, oder Schweigg. J. LVII. S. 215.

***) Soll wohl heißen, verbreitet ſich viermal ſchneller in einer Atmoſphäre von Schwefelätherdampf, als von gemeiner Luft.

Der ſo eben beſchriebene Recipient wurde nach einander mit verſchiedenen Gaſen im Zuſtande vollkommener Reinheit gefüllt, und, in einem Futteral eingeſchloſſen, horizontal auf ein Geſtell gelegt, mit aufwärts gerichtetem Ende der gebogenen Röhre (wie Fig. 19), wenn das darin befindliche Gas ſchwerer als atmoſphäriſche Luft, und mit abwärts gerichtetem Ende dieſer Röhre, wenn das Gas im Innern leichter war als die Luft, um dem Streben des Gaſes, aus dem Recipienten zu entweichen, auf keine Weiſe Vorſchub zu leiſten. Nachdem man dem Gaſe eine gewiſſe Zeit lang geſtattet hatte, ſich aus dem Recipienten durch die Röhre in die Luft zu verbreiten, wurde der Recipient in eine pneumatiſche Wanne gebracht, und die Quantität der von Außen eingedrungenen Luft und des darin zurückgebliebenen Gaſes beſtimmt. Zwei bis dreimal, und bisweilen noch öfter, wurden die Verſuche mit jedem einzelnen Gaſe wiederholt, und die Reſultate ganz regelmäßig oder doch nur innerhalb beſchränkter Gränzen (moderate limits) ſchwankend gefunden.

Univ. Bibl. München

II) **Zur Unterſuchung der Verbreitung verſchiedener Gaſe in anderer als atmoſphäriſcher Luft.** Eine Flaſche A (Fig. 20) von 5,2 Cub. Zoll Rauminhalt, die mit einem durchbohrten Korke verſehen war, wurde mit dem einen Gaſe gefüllt, die Flaſche mit der Mündung abwärts gehalten, eine Glasröhre von 0,12 im Lichten durch den Kork hindurchgedreht und zugleich ſchnell in den durchbohrten Kork einer andern Flaſche B hineingeſchoben, welche 37 Cub. Zoll faßte und mit dem andern Gaſe angefüllt war. Das Ganze wurde hierauf ſo tief in Waſſer eingeſenkt, daß die Oberfläche des Waſſers a a (Fig. 21) über die Fugen hinaufreichte. Nach Verlauf einer gewiſſen Zeit wurde die obere Flaſche weggenommen und ihr Inhalt geprüft.

Belege zu den Reſultaten. Zu 1). Nach 10ſtündiger Verbreitung durch die erſte Röhre (Vorrichtung A) wurde in dem 150 Theile faſſenden Recipienten gefunden

Waſſerſtoffgas	(von 0,0694 ſpec. Gew.)	8,3 Th.
Sumpf-Kohlenwaſſerſtoffgas	(„ 0,5555 „ „)	56 „
Ammoniakgas	(„ 0,59027 „ „)	61 „
Ölbildendes Gas . . .	(„ 9,9722 „ „)	72,5 „
Kohlenſäuregas	(„ 1,5277 „ „)	79,5 „
Schwefeligſaures Gas . .	(„ 2,2222 „ „)	81 „
Chlorgas	(„ 2,5 „ „)	91 „

Nach 4ſtündiger Verbreitung durch dieſelbe Röhre wurden in 152 Theilen

	gefunden	waren folglich entwichen
Waſſerſtoffgas	28,1	123,9
Sumpf-Kohlenwaſſerſtoffgas	86	66
Ammoniakgas	89	63
Ölbildendes Gas	99	53
Kohlenſäuregas	104	48
Schwefeligſaures Gas	110	42
Chlorgas	116	36

Wenn man aus dieſen Tafeln die relative Verbreitungsfähigkeit der Gaſe herleiten will, darf man das abnehmende Verhältniß der ſpäter aus dem Recipienten ſtrömenden Antheile dieſer Gaſe nicht außer Acht laſſen.

Zu 2). Dieſen Satz verſichert Graham am ölbildenden Gaſe bewährt zu haben, ohne jedoch nähere Belege anzuführen.

Zu 3). Der Einfluß der Schwere der Gaſe kann nach einem Verſuche mit Waſſerſtoffgas beurtheilt werden. Der mit Waſſerſtoffgas gefüllte Recipient wurde, ſtatt horizontal gelegt, aufrecht geſtellt. Bei übrigens gleichen Umſtänden, wie in dem in der vorhinangeführten Tabelle verzeichneten Verſuche, wurden von 150 Theilen Waſſerſtoffgas nach 10ſtündiger Verbreitung noch 22,1 Theile im Recipienten gefunden, anſtatt 8,3 Theile, wie in jenem erſten Verſuche.

Zu 4). Graham verſichert dieſen Satz durch mehr als 40 mit verſchiedenen Gasgemiſchen angeſtellte Verſuche beſtätigt gefunden zu haben, wovon hier zwei, mit Miſchung aus ölbildendem Gaſe und Waſſerſtoffgaſe, Platz finden mögen, bei deren einem die Verbreitung in atmoſphäriſche Luft, bei dem andern in kohlenſaures Gas geſchahe.

a) Der Recipient der Vorrichtung I. wurde mit 75 Volumentheilen Waſſerſtoff und 75 Volumentheilen ölbildendem Gaſe gefüllt, gut umgeſchüttelt und 24 Stunden lang über Waſſer hingeſtellt, um eine möglichſt vollkommene Miſchung zu erzielen. Der Recipient wurde ſodann in die gewöhnliche Lage gebracht, und den gemiſchten Gaſen 10 Stunden lang geſtattet, ſich in die Luft zu verbreiten. Hiernach fand ſich, daß der Recipient enthielt:

Waſſerſtoffgas	3,5
Ölbildendes Gas	56,6
Luft	89,9
	150

folglich waren entwichen

Waſſerſtoffgas	71,5 von 75 Th.
Ölbildendes Gas	18,4 von 75 „

Das diffuſibelere Gas hatte ſich mithin von dem andern getrennt und war zum größten Theil entwichen.

Nun entweichen aber 72,5 Theile des ölbildenden Gaſes unter denſelben Umſtänden wie im vorigen Verſuche, wenn der Recipient nichts als reines Gas dieſer Art enthält. (Vergl. oben S. 122 und 123.) Deshalb ſollten wir glauben, es müſſe doch die Hälfte dieſer Gasmenge, alſo 36,25 Theile, entweichen, wenn der Recipient nur zur Hälfte mit jenem Gaſe gefüllt iſt; und wirklich geſchieht dies auch, wenn die fehlenden 75 Theile aus gewöhnlicher atmoſphäriſcher Luft beſtehen. Anſtatt 36,25 Theile entwichen aber im letzterwähnten Verſuche nur 18,5 Theile ölbildenden Gaſes aus dem Recipienten. Der Unterſchied zwiſchen der Verbreitung beider Gaſe iſt ſonach im gemiſchten Zuſtande in der That größer als im geſonderten.

b) Die Flaſche A (Vorrichtung II.) wurde mit einer innigen Miſchung von gleichen Theilen ölbildendem Gaſe und Waſſerſtoffgaſe, die Flaſche B mit kohlenſaurem Gaſe gefüllt, und die in II. beſchriebene Anordnung damit getroffen. Als nach 10 Stunden die obere Flaſche weggenommen und der Inhalt mit Kalkwaſſer gewaſchen wurde, blieb ein Gemiſch von

Ölbildendem Gaſe	22
Waſſerſtoffgas	3,1

Unſtreitig würde das ölbildende Gas noch reiner erhalten worden ſein, wäre die Verbreitung des Waſſerſtoffgaſes nicht ſehr verhindert worden, theils durch die Richtung nach Unten, in welcher ſie Statt finden mußte, theils die Dichtigkeit des Mediums, in welches es ſich verbreitete.

Graham fügt noch einige Beiſpiele hinzu, betreffend Miſchungen aus kohlenſaurem und Waſſerſtoffgas, ölbildendem Gas und Kohlenwaſſerſtoffgas, kohlenſaurem und Sumpf-Kohlenwaſſerſtoffgas.

Aus den Verſuchen mit Gemengen aus letzteren Gasarten, mit ſucceſſiv abnehmendem Verhältniß von kohlenſaurem Gas, zieht er den Schluß, daß man von der verſchiedenen Verbreitungsfähigkeit der Gaſe Nutzen ziehen könne, ſie auf mechaniſche Weiſe bis zu einem ziemlichen Grade der Reinheit von einander zu trennen, wenn keine chemiſchen Hülfsmittel hiezu vorhanden ſind. Geſetzt z. B. wir hätten eine Miſchung aus gleichen Maßen Kohlenſäure und Kohlenwaſſerſtoffgas zu trennen. Man überlaſſe dieſe Gasmiſchung eine gewiſſe Zeit lang der freiwilligen Verbreitung in einer Gas- oder Dampf-Atmoſphäre, welche nachher durch Abſorption oder Condenſation leicht hinweggeſchafft werden kann. Nach Entfernung dieſer Atmoſphäre würde ein Gemiſch aus einem größerm Verhältniſſe Kohlenwaſſerſtoffgas und kleinerm Verhältniſſe kohlenſauren Gas, als vorher, zurückbleiben, z. B., wenn wir hier und im Folgenden die bei Graham's Verſuch wirklich erhaltenen Reſultate zu Grunde legen wollen, ungefähr 2 Theile des erſtern gegen 1 Theil des zweiten. Eine in gleicher Weiſe mit dem rückgebliebenen Gasgemiſch veranſtaltete Verbreitung würde eine dritte Gasmiſchung liefern, welche z. B. aus 4 Theilen Kohlenwaſſerſtoffgas und 1 Theil kohlenſauren Gas beſteht. Durch Verbreitung dieſer dritten Miſchung würden 6 bis 7 Theile des erſten gegen 1 Theil des zweiten Gaſes erhalten werden, u. ſ. f.

Schließlich mögen noch folgende zwei Verſuche mitgetheilt werden:

Ein hoher Recipient war mit einer Miſchung von 2 Theilen Waſſerſtoff und 1 Theil Sauerſtaff auf ⅔ angefüllt worden; dies Gemiſch blieb 3 Wochen lang ſtehen, wurde aber vor Anſtellung des Verſuchs noch ganz rein befunden. Als ein wenig Äther in dieſe Miſchung eingebracht wurde, dehnte ſich jenes Gasgemiſch plötzlich aus. Die erſte, durch die Ausdehnung aus dem Recipienten herausgetriebene, Gasblaſe wurde aufgefangen, durch Waſchen von Ätherdampf befreit und explodirt; ſie ließ die Hälfte ihres Volums an reinem Waſſerſtoffgaſe zurück.

Drei Unzen wäßerigen Alkohols (von 0,964 ſpec. Gewicht) wurden, in einem 2 Zoll tiefen Cylinder, und die nämliche Quantität Alkohols in einem 6 Zoll tiefen, im übrigen aber ganz ähnlichen, Gefäße, der freiwilligen Verdunſtung überlaſſen, wobei die Mündungen beider Gefäße nur ganz loſe mit Papier bedeckt waren. Als beide Gefäße ¼ Unze durch Verdünſtung verloren hatte, ergab ſich bei Prüfung der rückſtändigen Flüſſigkeit, daß die im tieferen Gefäße befindliche eine merklich größere Menge Alkohol enthielt, als die im minder tiefen.

Anemometer.

Folgendes Anemometer rührt von Lind *) her. Es beſteht aus einem umgekehrten Heber, deſſen Enden horizontal nach zwei entgegengeſetzten Richtungen gebogen ſind. Füllt man den Heber zum Theil mit Waſſer und ſtellt ihn mit einem ſeiner Enden gegen den Luftſtrom, ſo wird der Druck des letztern das Waſſer in dem einen Schenkel niederdrücken, bis ſeine Kraft durch die größere Höhe des Waſſers im andern Schenkel im Gleichgewicht gehalten wird, und der Unterſchied beider Säulen dient zum Maß der Kraft des Windes.

Wendet man bei Lind's Inſtrumente eine Flüſſigkeit an, die leichter als Waſſer iſt, ſo wird es auch in demſelben Maße empfindlicher; allein eine Erhöhung der Empfindlichkeit auf dieſem Wege findet begreiflich bald ihre natürlichen Gränzen, da die leichteſten bekannten Flüſſigkeiten doch immer noch ungefähr ¾ Mal ſo ſchwer als Waſſer ſind. Dagegen wird man durch Anwendung des Wollaſtonſchen Differenzialbarometers auf die S. 116 angegebene Weiſe ein Anemometer von beliebiger Empfindlichkeit erhalten können.

Inſtrument zur Beſtimmung der Luftmenge, welche einer Feuerſtelle während des Verbrennens zuſtrömt, von F. Frey **).

Dieſes Inſtrument hat viele Ähnlichkeit mit dem Woltmannſchen Windflügel. Es beſteht aus einer kupfernen Röhre, in welcher ſich ein verticales Rad mit ſchief geſtellten Windflügeln befindet, wie man ſie oft an den Fenſtern angebracht ſieht. An der Welle dieſes Rades ſteckt zugleich ein Getriebe mit 5 Stäben, in welches ein horizontales Rad mit 50 Zähnen eingreift, an deſſen Axe außerhalb der Röhre ſich ein Zeiger befindet, der über einer getheilten Platte ſpielt. Unter dieſem Zeiger, und zwar an derſelben Axe, befindet ſich ein anderes Getriebe, das ebenfalls 5 Zähne hat, und dieſes greift in ein Rad mit 50 Zähnen ein, an deſſen Axe ein zweiter Zeiger ſteckt. Dieſer ſteht auf ähnliche Weiſe mit einem dritten Rade in Verbindung, das wieder einen Zeiger an ſeiner Welle hat. Der ganze Apparat beſteht demnach aus einem Windflügel und der zum Zählen der Umdrehungen deſſelben nöthigen Einrichtung. Einer der drei genannten Zeiger macht während einer Umdrehung des Flügelrades 10 Umdrehungen, der andere 100, der dritte 1000.

---

*) Pogg. XVI. 622.

**) Bull. de la soc. indust. de Muhlhausen. No. 9. p. 337, oder Baumg. Zeitſchr. VII. 420.

Um dieſes Inſtrument zum genannten Zwecke brauchen zu können, iſt vor allem nothwendig, daß man die Anzahl der Umdrehungen des Flügels kenne, während eine beſtimmte Gasmenge an demſelben vorbeigeht, wozu nur ein Verſuch führt. Frey nahm zu dieſem Ende eine hölzerne, oben geſchloſſene, unten offene Kiſte, die ½ Cubikmeter faßte. Am obern Boden derſelben war eine rechtwinkelige gebogene Röhre aus Weißblech angebracht, an deren horizontalen Arm die Röhre des Luftſtrommeſſers angebracht werden konnte. Dieſe Kiſte wurde wie ein Gaſometer über einer oben offenen, mit Waſſer gefüllten größeren aufgehängt, und mit größerer oder kleinerer Geſchwindigkeit in dieſelbe mittelſt einer Kurbelvorrichtung eingeſenkt. Die beim Einſenken aus dem Gaſometer vertriebene Luft mußte beim Luftſtrommeſſer vorbeigehen, und den Windflügel in Bewegung ſetzen. Dabei erfuhr man, wie viele Umdrehungen der letztere in einer gewiſſen Zeit durch die aus dem Gaſometer entweichende Luftmenge mache. Die Erfahrung lehrte, daß bei einer mäßigen Geſchwindigkeit dieſelbe Luftmaſſe auch immer dieſelbe Anzahl Umdrehungen zu wege bringt. Bei einem Apparate, deſſen Windrad 34 gerade, unter 45° geneigte, Flügel hatte, erfolgten durch 100 Liter Luft 154,8 Umdrehungen, es mochte dieſe Luftmaſſe in 3″ oder in jeder längeren Zeit bis auf 30″ ausſtrömen. An einem andern Inſtrumente mit 8 kürzeren, aber breiteren, und um 50° geneigten Flügeln bewirkten 100 Liter Luft 107,686 Umdrehungen. Demnach entſprechen 1000 Umdrehungen des Windflügels beim erſteren Inſtrumente 645,99 Liter, beim zweiten 928,62 Liter Luft.

Bringt man dieſes Inſtrument am Zugloche eines Windofens an, ſo erfährt man die einſtrömende Luftmenge. Wird es am Kamine angebracht, ſo giebt es die aufſteigende Luft an.

Als dieſer Luftſtrommeſſer an dem Windloche eines Ofens, wo in einem Sandbade eine Evaporation beabſichtiget war, angebracht wurde, machte der Windflügel, gleich nachdem Feuer gemacht war, in 120 M. nahe 55000 Umdrehungen, in den folgenden 150 M. ſtieg die Zahl der

Umdrehungen auf 70000. Nach ¼ Stunde, wo alles gehörig durchgewärmt war, betrug dieſe Zahl für 1 Stunde 68300 Umdrehungen.

Da man weiß, wie viel Holz in einer Stunde verbrennt, und auch die hiezu nöthige Sauerſtoffmenge bekannt iſt, ſo kann man aus den Ergebniſſen ſolcher Verſuche ſehen, ob der Verbrennungsproceß vollkommen vor ſich gehe oder nicht.

Anziehungserſcheinungen, durch ausſtrömende elaſtiſche Flüſſigkeiten veranlaßt.

Bekanntlich haben Clement, Thénard, Hachette*) u. A. die bemerkenswerthe Erfahrung gemacht, daß, wenn Luft oder Dampf mit einer gewiſſen Kraft aus einem Rohre ausſtrömt, deſſen Mündungsebene ſich in eine ebene Fläche fortſetzt, eine in kleiner Entfernung gehaltene Platte gegen die Mündung hingezogen wird, und daran hängen bleibt, wie durch eine Art Anziehung feſtgehalten, ungeachtet man für den erſten Anblick gerade den entgegengeſetzten Erfolg erwarten ſollte, nämlich ein Fortſtoßen der Platte durch den austretenden Luftſtrom. Eben ſo wird hier als bekannt vorausgeſetzt, daß dieſer Erfolg von einer Differenz des Drucks der Atmoſphäre auf die von der Mündung abgewandte Fläche der Platte und des Drucks der ausſtrömenden Luft auf die zugewandte Fläche herrührt, indem der letztere Druck, wegen des größeren Raumes, in den ſich die Luft ausgebreitet hat, und ihre hiedurch bewirkte Dichtigkeitsverminderung geringer wird, als der äußere atmoſphäriſche Druck.

Neuerdings ſind mehrere Apparate und Verſuchsweiſen angegeben worden, welche dieſelbe Erſcheinung oder Erſcheinungen, die auf gleichem Grund zurückzuführen ſind, unter verſchiedenen Formen darſtellen, und die wir hier mittheilen wollen.

a) Von Faraday**). Die aller einfachſte Art, einen ſolchen Verſuch anzuſtellen, möchte folgender von Faraday ſein, da ſie jedem im eigentlichſten Sinne des Worts unmittelbar zur Hand iſt.

Man ſchließe die Finger der offenen Hand genau an einander, wo doch immer noch ein kleiner ſpaltgleicher Zwiſchenraum zwiſchen denſelben ſich von Gelenk zu Gelenk erſtrecken wird, halte die Hand horizontal, ſo daß die Fläche abwärts gekehrt iſt, applicire die Lippen auf das Intervall zwiſchen dem zweiten und dritten Finger nahe an ihren Wurzeln und blaſe mit Kraft. Es wird ein ſtarker Luftſtrom durch die Öffnung der flachen Hand herausdringen. Hat man nun ein Stück Papier oder Karte von 3 bis 4 Quadratzoll an die Öffnung applicirt, ſo wird es weder durch den Luftſtrom fortgeblaſen werden, noch durch ſein Gewicht herabfallen, vielmehr an die Hand angedrückt bleiben, ſo lange das Blaſen fortgeſetzt wird, im Augenblick aber, wo dieſes aufhört, niederfallen.

---

*) Man vergleiche beſonders des letzteren leſenswerthe Abhandlungen in den Ann. des sc. d'obs. T. IV. p. 161 und Pogg. X. 265.

**) Journ. of the royal Inst. 1831. No. 2. p. 369.

b) Von **Quetelet**[*]). Schiebt man ein Blatt Papier, das in der Mitte durchbohrt iſt, auf die Düſe eines Blaſebalgs, bläſt nun mit dieſem gegen eine feſte Wand, ſo begiebt ſich das Papier augenblicklich gegen die letztere, ſelbſt wenn es 12 bis 15 Linien von derſelben entfernt war. Nimmt man dagegen, ſtatt des beweglichen Papierblattes, eine befeſtigte Blechplatte, und ſtellt dem Strome gegenüber eine bewegliche Fläche auf, ſo wird die Annäherung der letztern gegen die erſtere nur dann erfolgen, wenn ſie, wie bei den Verſuchen von **Clement** und **Thénard**, einen geringen Abſtand von dieſer beſitzt.

c) Von **Ewart** (und **Clement**). In Fig. 22 ſtellt A den Querſchnitt einer horizontalen, 7 Zoll im Durchſchnitte haltenden Röhre vor, welche Luft aus einem Gebläſe in einen Ofen führte. B iſt ein umgekehrter Glasheber, der ſeitwärts in die Röhre eingefügt wurde. In die gegenüber liegende Seite der Röhre war ein Loch von 0,4 Zoll Durchmeſſer gebohrt, und in dieſes ein koniſches Rohr von verzinntem Eiſenblech CD eingeſetzt, welches eine Länge von 5,4 Zoll hatte, bei C 0,4 Zoll, und bei D, an ſeinem offenen Ende, 1,05 Zoll im Durchmeſſer hielt. In die untere Seite dieſes koniſchen Rohres waren ſenkrecht 2 offene Glasröhren E und F eingefügt, deren untere Enden in einem Behälter mit Queckſilber ſtanden. Die Axe der Röhre E war 0,5 Zoll von der Innenſeite des Rohres A, und 2,2 Zoll von der Axe der Röhre F entfernt. In den umgekehrten Heber wurde etwas Queckſilber geſchüttet, und das Gebläſe dann in Thätigkeit geſetzt. Als nun die Luft mit einer Geſchwindigkeit von 45 Fuß in der Secunde durch die Röhre A ging, ſtand das Queckſilber in dem äußern Schenkel des Hebers 1,8 Zoll höher als in dem innern, wogegen es ſich in der Röhre F um 0,4 Zoll, und in der Röhre E ſogar um 2,7 Zoll erhob. Dies beweiſt, daß die Elaſticität der Luft bei E ſehr verringert worden war, und daß ſie von D nach F wieder zunahm. Als der innere in A erhöht wurde, ſtieg das Queckſilber in beiden Röhren E und F faſt in gleichem Verhältniſſe.

Ein anderer, von **Ewart** angegebener, Apparat iſt folgender: A (Fig. 23) iſt ein Längenſchnitt einer ſenkrechten 4 Zoll im Durchmeſſer haltenden Röhre, die mit einem Behälter voll comprimirter Luft in Verbindung ſteht. BC iſt ein Querſchnitt einer flachen Scheibe von Holz, 11,8 Zoll im Durchmeſſer, welche in der Mitte eine kreisrunde Öffnung von 4 Zoll im Durchmeſſer beſitzt, in welche das obere Ende der Röhre A geſteckt iſt; DE iſt der Querſchnitt einer andern Holzſcheibe, die gleichen Durchmeſſer mit BC beſitzt, über dieſer befeſtigt iſt, und derſelben durch Schrauben mehr oder weniger genähert werden kann.

In die Mitte von DE iſt der umgekehrte Glasheber F eingeſetzt, und 1,5 Zoll von ihm entfernt, ein zweiter G; ein dritter M ſteht ſeitwärts mit dem Rohre A in Verbindung; H, I und K ſind kleine an beiden Enden

[*]) Pogg. XVI. 184.

offene Glasröhren, die mit ihren oberen Enden in BC eingefügt, und mit ihren untern in ein Gefäß voll gefärbten Waſſers getaucht ſind. Die Axe der Röhre H iſt 0,9, die der Röhre I 1,21, und die von K 8,4 Zoll von der Innenſeite der Röhre A entfernt.

Die Platte DE dieſes Apparats wurde der Platte BC bis auf 0,2 Zoll genähert, etwas Queckſilber in die umgekehrten Heber gegoſſen, und der Compreſſionsapparat in Thätigkeit geſetzt. Der Heber G zeigte, wie der Heber M, einen inneren Druck von 1,25 Zoll, und der Heber F einen Druck von 1,3 Zoll Queckſilber. Das gefärbte Waſſer ſtieg in H 9,0, in I 2,0, und in K 0,5 Zoll. Als der innere Druck in A verſtärkt wurde, ſtieg das Waſſer in H, I und K höher, und faſt in allen dieſen Röhren in gleichem Verhältniſſe; und der herabwärts gerichtete Druck auf DE übertraf nun noch mehr den aufwärts wirkenden Druck aus A.

Analoge Verſuche hat Clement angeſtellt. In die der Öffnung eines Dampfrohrs gegenüber befindliche Scheibe, die wie die Ebene der Öffnung bei Clement's Verſuche vertical ſtand, wurde nahe an ihrem Rande eine kleine Öffnung gebohrt und in dieſelbe eine gebogene Glasröhre befeſtigt, welche in ein, etwa 0,5 Meter unterhalb der Scheibe ſtehendes, Gefäß mit Waſſer tauchte. Sobald das Ausſtrömen des Dampfes begann, ſtieg das Waſſer aus dem Behälter in die Glasröhre und erhielt ſich darin in einer gewiſſen Höhe über dem äußern Niveau; ja es ſtieg ſogar bis zum oberen Ende dieſer Röhre und miſchte ſich mit dem am Rande der Scheibe ausſtrömenden Dampfe, ſo daß das Gefäß durch dieſes Aufſaugen bald geleert wurde.

Bohrt man, ſtatt am Rande, in der Mitte der Scheibe, welche der Mitte der Öffnung gegenüber ſteht, ein Loch, ſo ſtrömt daſelbſt der Dampf mit Heftigkeit heraus, und wenn man hier, wie vorhin, ein in Waſſer getauchtes Rohr befeſtigt, ſo wird das Waſſer in dieſem Rohre hinabgedrückt. Clement fand auf dieſe Weiſe, daß, in der Mitte der Scheibe, der innere Druck faſt demjenigen gleich iſt, welcher in dem Dampfkeſſel Statt findet und von hier bis nach dem Umfange abnimmt, wo er ſehr merklich geringer als der atmoſphäriſche Druck iſt.

d) Von Volz *). Man nehme eine, an beiden Enden offene, gerade oder heberartig gekrümmte, Barometerröhre a (Fig. 24) **), laſſe eins ihrer Enden durch den Boden eines cylindriſchen Gefäßes b von etwa 1 Zoll innerer Höhe und 1 Zoll Halbmeſſer der Grundfläche in der Richtung der Cylinderaxe luftdicht hindurchgehen; in eine, in der Cylinderfläche befindliche, runde Öffnung c, welcher gegenüber eine zweite etwas größere längliche angebracht iſt, bringe man nun die Düſe eines guten

---

*) Pogg. XVII. 69.

**) Die Originalfigur in Pogg. XVII. Taf. II. Fig. 7 ſcheint mir die Vorrichtung nicht recht deutlich darzuſtellen, ich habe daher nach der Beſchreibung die Figur 24 entworfen; doch erhellt nicht aus der Original-Beſchreibung, ob ſich das Rohr a durch den Boden des Cylinders hindurch bis zum Niveau der Öffnung c verlängert.

Handblasbalges, nachdem man den unteren Theil der heberförmigen Röhre mit Waſſer gefüllt, oder, wenn es eine gerade Röhre iſt, denſelben in ein Gefäß mit Waſſer geſetzt; man drücke endlich den vollen Blasbalg raſch zuſammen, ſo wird die Flüſſigkeit in die Höhe geriſſen.

Volz hat dieſen Verſuch noch verſchiedenen Abänderungen, die jedoch auf daſſelbe Princip zurückkommen, unterworfen, und unter andern auch ſtatt Luft Dampf, der ſich aus einem Dampfkeſſel entband, zur Hebung des Waſſers in einer Steigröhre angewandt, wie in der Abhandlung näher beſchrieben iſt; er glaubt ſogar, nach mehreren mitgetheilten Verſuchen, daß ſich hievon eine nützliche praktiſche Anwendung zur Hebung von Waſſer machen laſſen würde; doch möchte dieſe Methode mit anderen von praktiſcherer Anwendbarkeit den Vergleich nicht aushalten können. Eben ſo möchte die Erklärung dieſer Erſcheinungen, welche Volz in einer Adhäſion der Lufttheilchen unter einander oder des Dampfes an die Luft ſucht, gegründeten Bedenklichkeiten unterliegen.

Über die Art der Bewegung eines gegen eine Fläche geblaſenen Luftſtroms, von Quetelet *)

Wenn man einen Luftſtrom ſenkrecht oder ſchief gegen eine ebene Fläche richtet, ſo prallt derſelbe nicht unter dem Einfallswinkel zurück, ſondern gleitet längs der Fläche hin, wo er leichte Körper, die in oder an ihn gerathen, mit fortreißt. In der Nähe des auf die Ebene gerichteten Stroms **) biegt ſich die Flamme einer Kerze gegen den Punkt, auf welchen man bläſt; weiterhin ſtellt ſie ſich ſenkrecht gegen die Ebene, noch weiter nimmt ſie eine ſchiefe Richtung, aber nach entgegengeſetzter Seite, an und endlich legt ſie ſich der Ebene faſt parallel. Hält man die Flamme endlich in die Verlängerung der Ebene, ſo wird ſie mit Gewalt in dieſer Richtung fortgeblaſen. Die vom Strome fortgetriebene Luftſchicht ſcheint eine ſehr ſtarke Adhärenz zu der Ebene zu beſitzen, und man bemerkt, daß ſie anfangs ſehr dünn iſt, weiterhin ſich aber mehr ausbreitet. Trifft ſie eine zweite Fläche, die mit der erſten einen rechten oder ſtumpfen Winkel bildet, ſo wird ſie von dem Strome auch längs dieſer Fläche hinweggeführt; iſt der Winkel aber ſpitz, ſo geht der Strom hauptſächlich in der Richtung der Kante, und übertrifft er endlich 180°, ſo ſchreitet er nur in Richtung der erſten Fläche fort, ohne ſich nach der zweiten umzubiegen.

Dieſe Umſtände hängen unſtreitig mit denen, welche im Vorigen angeführt worden ſind, zuſammen, indem das Umbiegen der Flamme gegen den Strom auf eine analoge Weiſe zu erklären iſt, als das Anziehen einer, gegen die Mündung der Ausſtrömungsöffnung eines Gaſes gehaltene, Platte. In dieſem Bezuge iſt es auch nach Poggendorff's Anmerkung (Pogg. XVI. 183) lehrreich, den Verſuch ſo anzuſtellen, daß man die Ebene fortläßt, und ins Freie neben einer Lichtflamme vorbeibläſt; die Krümmung der Flamme nach dem Strome hin und ſelbſt in ihn hinein, wenn der Abſtand nicht zu groß iſt, giebt einen augenfälligen Beweis von der Gegenwirkung des atmoſphäriſchen Drucks bei dieſen Vorgängen.

---

*) Correspondance math. et phys. III. 92; im Ausz. in Pogg. XVI. 183.

**) D. h. unſtreitig in der Nähe die Stelle, wo die Richtung des Stroms in die Ebene eintrifft.

Um zu erfahren, welche Bewegungen die Luft zwiſchen zwei Flächen machen würde, deren Abſtand größer war, als der, bei welchem das Anziehungsphänomen in den Clementſchen und Hachette'ſchen Verſuchen noch auftritt, befeſtigte Quetelet die beiden Flächen. Es zeigte ſich, daß alsdann die Flamme einer Kerze in der Verlängerung der Ebene, gegen die geblaſen wurde, nur in einem ſehr unmerklichen Grade fortgetrieben ward, ſobald deren Rand einige Zolle über die gegenüberſtehende Fläche hervorragte. Es ſtellte ſich nämlich dann eine zuſammengeſetzte Bewegung ein. Um dieſe beſſer beobachten zu können, ſtreute Quetelet feinen Sand bald auf die eine, bald auf die andere dieſer Platten, wie man es zu Hervorbringung der Chladniſchen Klangfiguren thut. Auf der kreisrunden Platte, die am Blaſebalge befeſtigt war, ſammelte ſich der Sand am Rande und um die Öffnung, zu welcher der Luftſtrom heraustrat, concentriſch mit dem Umfange der Platte in einem kleinen Kreiſe. Auf der gegenüberliegenden Platte dagegen häufte ſich der Sand concentriſch um den Punkt, auf welchen der Strom gerichtet war. Dies ſcheint das Daſein zweier Ströme zu erweiſen, von denen der eine durch die fortgeblaſene Luft, der andere aber durch die äußere, zwiſchen die Platten dringende, Luft hervorgebracht ward. Recht ſichtbar wurde dieſe Bewegung, als einige Flaumfedern zwiſchen die Platten gebracht wurden. Sogleich bildete ſich um den Strom und parallel den Flächen eine Art von Krone, welche eine ſehr raſche drehende Bewegung annahm, wodurch die Federn nach einigen Augenblicken in ſehr feine Fäden aufgerollt wurden. Dieſelben Erſcheinungen laſſen ſich auch nach Quetelet, jedoch viel undeutlicher, mit einer einzigen Platte hervorbringen.

Über den Ausfluß elaſtiſcher Flüſſigkeiten aus Reſervoirs und Röhren, von Navier *).

„Navier hat die Geſetze des Ausfluſſes elaſtiſcher Flüſſigkeiten aus Reſervoirs und Röhren einer neuen mathematiſchen Unterſuchung unterworfen, deren Reſultate, da ſie in mehrfacher Hinſicht auch für die Praxis von großer Wichtigkeit ſind, wir nachher mit den mathematiſchen Zeichen, die allein einen genauen Ausdruck derſelben geſtatten, und den als Belege derſelben dienenden Verſuchen näher mittheilen werden. Vorläufig mag es genügen, einige Sätze, die ſich ohne großen Hülfsapparat von Zeichen ausdrücken laſſen, daraus auszuziehen.

Sie gelten für die Vorausſetzung, daß der Ausfluß unter einem conſtanten Druck geſchieht, daß er gleichförmig geworden iſt, und daß Einfluß der Schwere und der Reibung oder Adhäſion an den Gefäßwänden vernachläſſigt werden, welches letztere im Fall langer Röhrenleitungen aller-

---

*) Mém. de l'Acad. 1830. T. IX. p. 311.

dings nicht mehr ſtatthaft iſt. (Für dieſen letzten Fall habe ich einige Formeln, die öfters Anwendung finden können, unter 15), ebenfalls vorläufig, beigefügt.)

Die nachfolgenden Reſultate ſind ferner eigentlich unter der Vorausſetzung des ſogenannten Parallelismus der Schichten gefunden, und werden ſich daher der Erfahrung um ſo mehr nähern, je weniger die Differenz der verſchiedenen, auf die Richtung des Luftſtroms ſenkrechten, Querſchnitte der Gasleitung im Verhältniß zur Länge derſelben beträgt.

1) Der, von der Zuſammenziehung des Strals abhängige, Correctionscoefficient für das Ausflußquantum von Gas durch eine Mündung, welche in einer ebenen Wand gebrochen worden iſt, zeigt ſich, durch Berechnung von Lagerhjelm's Verſuchen, unabhängig ſowohl von der Größe der Ausflußöffnung, die von 0,041 bis 0,112 Fuß variirt wurde, als von der Höhe des Überſchuſſes des innern über den äußern Druck, der von 0,19 bis 1,6 Fuß Waſſerhöhe variirt ward, und zwar fand er ſich im Mittel von 12 nahe übereinſtimmenden Verſuchen, die unter verſchiedenen Umſtänden angeſtellt waren, = 0,6149; mithin merklich von gleichem Werthe mit dem Coefficienten, der ſich aus anderweiten Verſuchen für das Waſſer ergeben hat.

2) Zum Statthaben eines gleichförmigen Ausfluſſes, bei welchem die Querſchnitte des Reſervoirs oder der Gasleitung bis zur Mündung von dem ausſtrömenden Gaſe wirklich erfüllt werden, iſt nöthig, daß das Product der Area der Ausflußmündung in den äußern Druck *) kleiner ſei, als das Product der Area des Anfangs der Gasleitung **) in den daſelbſt Statt findenden innern Druck, und daß überdies, wenn irgendwo im Gefäße eine Einſchnürung vorhanden iſt, dieſe einen gewiſſen Grad nicht überſchreite, widrigenfalls die Einſchnürung ſich als Mündung verhalten würde.

3) Unter verſchiedenen nachher zu detaillirenden Verhältniſſen kann es ſich treffen, daß Druck und hiemit zugleich Geſchwindigkeit des Gaſes an gewiſſen Stellen der Gasleitung einen plötzlichen Sprung erfahren, ſo daß vor einer ſolchen Stelle beide einen namhaft andern Werth haben als unmittelbar nach ihr.

4) Wenn der Querſchnitt einer Röhrenleitung ſich verſchiedentlich erweitert oder verengert, ſo wird in allen Querſchnitten von gleicher Größe der Druck der nämliche ſein, mögen ſie nun näher oder entfernter von der Mündung liegen, vorausgeſetzt, daß nicht irgendwo ein Sprung in dem Druck Statt finde, in welchem Falle in den Querſchnitten, welche nach der Stelle folgen, wo der Sprung eintritt, ein anderer Werth des Druckes Statt findet, als in den Querſchnitten gleicher Größe, die vor der Stelle des Sprunges liegen.

---

*) Der Druck wird hier und im Folgenden ſtets auf die Einheit der Oberfläche bezogen.

**) Des erſten Querſchnitts des Reſervoirs.

5) Bei dem Ausſtrömen der Gasart durch ein Rohr oder Reſervoir ſind weſentlich zwei Fälle zu unterſcheiden, welche verſchiedene Wirkungen mit ſich führen; und die wir durch die Benennungen *erſter Fall* und *zweiter Fall* unterſcheiden wollen. Der *erſte Fall* findet dann ſtatt, wenn der Druck im erſten Querſchnitt der Gasleitung (innerer Druck) *) und die Area dieſes Querſchnitts ein gewiſſes Verhältniß zu dem äußern Druck **) und der Area der Ausflußmündung nicht überſchreiten. Der *zweite Fall* findet dann Statt, wenn dies Verhältniß überſchritten wird; alſo im Allgemeinen bei großer Differenz zwiſchen dem äußern und innern Druck und Eintritts- und Ausflußmündung der Gasart. Die genaue Unterſcheidung beider Fälle wird durch eine unten ſtehende Formel gegeben ***).

6) Im Fall eine Gasart durch ein Rohr oder Reſervoir ausſtrömt, deſſen Querſchnitte vom Anfange bis zur Mündung ſucceſſiv durch allmählige Übergänge abnehmen, wie in Fig. 25, ſo nimmt jedenfalls der Druck vom Anfange des Reſervoirs bis zur Mündung ebenfalls fortſchreitend ab; hinſichtlich des Drucks an der Mündung C D ſelbſt aber iſt der *erſte* vom *zweiten* Falle zu unterſcheiden. Im *erſten* Falle kommt der Druck mit Annäherung an die Mündung allmählig bis zum äußern oder atmoſphäriſchen herab, im *zweiten* Falle ſpringt er in der Mündung ſelbſt plötzlich auf dieſen Druck von einem höhern über.

7) Wenn von einer Einſchnürung ****) an das Reſervoir oder die Röhre ſich fortgehends erweitert, wie in Fig. 26, ſo wird im *erſten Falle* der Druck von A B bis E F continuirlich ab- und von E F bis C D continuirlich wieder zunehmen, auf ſolche Art, daß in E F ſelbſt der Druck

---

*) Der *innere Druck* iſt alſo der zu Anfange des Reſervoirs Statt findende, welcher zunächſt den Ausfluß veranlaßt, und gewöhnlich durch Waſſer- oder Queckſilberdruck erzeugt und repräſentirt wird. Sind alle, auf den Gasſtrom ſenkrechte, Querſchnitte eines Reſervoirs einander gleich, ſo iſt auch der Druck in allen der nämliche, und man kann dann eben ſo gut den Druck im letzten Querſchnitte (an den ſich das Rohr anfügt) oder in beliebigen Querſchnitten des Reſervoirs für den innern Druck annehmen.

**) d. i. dem Druck, den das Mittel, in welches das Gas ausſtrömt, an der Mündung ſelbſt äußert.

***) Es ſei P der innere, P′ der äußere Druck, beide auf die Flächeneinheit bezogen, Ω die Area des erſten Querſchnitts der geſammten Gasleitung, Ω′ die Area des letzten Querſchnitts oder der Ausflußmündung; dann hat man:

den *erſten Fall*, wenn

$$\frac{P^2\ \Omega^2}{P'^2\ \Omega'^2}\ \text{log. nat.}\ \frac{P}{P'} < \frac{1}{2}$$

den *zweiten Fall*, wenn

$$\frac{P^2\ \Omega^2}{P'^2\ \Omega'^2}\ \text{log. nat.}\ \frac{P}{P'} > \frac{1}{2}$$

****) Dieſe nicht ſo eng vorausgeſetzt, daß der unter 2) bemerkte Umſtand einträte.

kleiner als der äußere Druck iſt. Im zweiten Falle dagegen wird der Druck zwar auch von A B bis E F abnehmen, aber in E F noch einen höhern Werth als der äußere Druck haben. In E F ſelbſt wird er plötzlich von dem höhern Druck zu einem tiefern Druck herabſpringen, der aber auch jetzt noch größer als der äußere Druck iſt. Von E F bis C D aber wird dann der Druck fortgehends abnehmen, bis er in C D ſelbſt dem äußern Drucke gleich wird.

8) Findet eine bauchige Erweiterung des Reſervoirs oder der Röhre, wie in Fig. 29 Statt, d. h. zieht ſich nach erfolgter Zuſammmenziehung in E F (wo der Querſchnitt kleiner als in C D angenommen wird) *) und wieder erfolgter Ausdehnung in G H der Querſchnitt des Reſervoirs abermals bis zur Ausmündung in C D zuſammen, ſo wird im erſten Falle der Druck continuirlich mit dem Querſchnitte zunehmen und abnehmen, ſo daß er in C D kleiner, in G H größer wird als der äußere Druck, wofern G H ſelbſt größer als C D. Im zweiten Falle dagegen wird wiederum ein Sprung des Drucks in E F erfolgen, doch ſo, daß auch nach dem Sprunge der Druck in E F noch größer als der äußere Druck iſt in allen den Querſchnitten, die kleiner als C D ſind; dagegen wird der Druck in allen Querſchnitten des Raumes E G C D H F, welche größer als C D ſind, einen kleinern Werth als der äußere Druck erlangen.

9) Wenn ſich ein cylindriſches Rohr E F C D in die ebene Wand A B eines Reſervoirs mittelſt einer Art Mundſtück, wie in Fig. 32, einfügt, ſo daß alle Gasſtralen, welche zum erſten Querſchnitt E F dieſes Rohrs gelangen, mit der Axe M N parallel gerichtet ſind, mithin keine Zuſammenziehung des Strals Statt findet, ſo nimmt der Druck im Mundſtück vom Querſchnitt A B bis zum Querſchnitt E F ab und iſt in der cylindriſchen Röhre ſelbſt conſtant **). Hiebei aber unterſcheidet ſich wieder der erſte Fall vom zweiten in folgender Art: Im erſten Falle kommt der Druck im Übergange vom Querſchnitte A B zum Querſchnitte E F allmählig zum äußern Druck herab, der dann bis C D fortbeſteht; im zweiten Falle dagegen kommt der Druck von A B bis E F bloß zu einem Druck herab, der in E F noch höher als der äußere iſt; dann beſteht dieſer höhere Druck von E F an unverändert bis C D und ſpringt dort plötzlich auf den äußern Druck über.

10) Wenn ſich ein cylindriſches Rohr E F C D nicht wie in Fig. 32 mittelſt eines Mundſtücks in das Reſervoir einfügt, ſondern wie in Fig. 33 unmittelbar in ſenkrechter Richtung in die ebene Wand des Reſervoirs eingefügt iſt, ſo daß der in das Rohr eintretende Gasſtral eine Zuſammenziehung des Strals in e f erleidet; wenn man überdies annimmt, daß die

---

*) Doch wird auch hier dieſe Zuſammenziehung nicht ſo eng angenommen, daß der unter 2) bemerkte Erfolg einträte.

**) Vorausgeſetzt immer, daß die Röhre kurz genug iſt, um den verzögernden Einfluß der Gefäßwand außer Acht laſſen zu können; widrigenfalls nimmt der Druck vom Anfange nach dem Ende der Röhrenleitung zu ab.

Area C D der Ausflußmündung ſehr klein im Verhältniß zur Area A B des Reſervoirs (von conſtantem Querſchnitt) iſt, und daß der innere Druck ſehr wenig den äußern übertrifft, ſo finden folgende Verhältniſſe Statt:

Der Druck nimmt von E F bis e f ab; ſo daß er in e f ſelbſt kleiner als der äußere Druck wird, und zwar beträgt die Differenz des Drucks in e f vom äußern Druck ziemlich $\frac{9}{10}$ der Differenz zwiſchen dem äußern und innern Druck *). Unmittelbar nach e f aber ſpringt der Druck, indem ſich der Gasſtral plötzlich wieder in den ganzen Querſchnitt des Rohrs ausbreitet, auf den äußern Druck ſelbſt über, der dann bis C D fortbeſteht.

11) Man kann dadurch, daß man in einem Reſervoir eine Querſcheidewand anbringt, in der ſich eine Öffnung befindet, die Ausflußgeſchwindigkeit aus der Mündung des Reſervoirs beliebig verkleinern, indem man die Öffnung der Querſcheidewand, durch welche die Flüſſigkeit durchgehen muß, um zur Mündung zu gelangen, immer mehr im Verhältniß zur Mündungsöffnung verkleinert.

12) Iſt die Ausflußmündung C D (Fig. 30) eines Reſervoirs ſehr klein gegen die Eintrittsmündung A B, und die Öffnung E F der Querſcheidewand **) zugleich ſehr klein gegen den Querſchnitt G H des Reſervoirs, welcher die Ebene der Öffnung in der Querſcheidewand enthält, ſo ändert ſich der Druck des Gaſes bei ſeinem unmittelbaren Übergange vom Querſchnitte E F in den Querſchnitt G H um keine merkliche Quantität. Ferner iſt dieſer Druck in E F oder G H dann ſtets größer als der äußere Druck bei C D, und wird dem letztern nur dann merklich gleich, wenn die Area des Querſchnitts E F ausnehmend klein gegen die Area der Ausflußmündung C D wird.

13) Für den Fall, daß der Überſchuß des innern Drucks über den äußern nicht groß, und daß die Area der Mündung C D (Fig. 30) ſo wie die Area der Öffnung E F der Querſcheidewand ſehr klein gegen die Area des erſten Querſchnitts A B des Gefäßes, beide aber einander gleich, ſind, ſo iſt der Druck in E F das arithmetiſche Mittel zwiſchen den Druckkräften, welche in den äußerſten Querſchnitten A B, C D Statt finden; und das Ausflußquantum, welches in einer gewiſſen Zeit durch C D Statt hat, ſteht zu dem, welches ohne Gegenwart der Querſcheidewand Statt haben würde, ſehr nahe im Verhältniß von $1 : \sqrt{2}$.

14) Im Fall das Gas aus einem Reſervoir ausſtrömt, deſſen Mündung ſo klein im Verhältniß zum erſten Querſchnitt des Reſervoirs iſt ***),

---

*) d. h. wenn B der Druck im Querſchnitt e f iſt, ſo hat man

$$B = P' - 0{,}9\,(P - P')$$

**) Gienge der Öffnung E F nicht wie in Fig. 30 ein Mundſtück voraus, welches eine Zuſammenziehung des Strals verhindert, ſondern wäre die Öffnung E F in eine ebene Scheidewand gebrochen, wie in Fig. 31, ſo wäre Statt der Area der Öffnung E F im obigen Satze die Area des Querſchnitts des zuſammengezogenen Strals e f zu ſetzen. So auch im folgenden Satze.

***) Oder zum Querſchnitt des Reſervoirs überhaupt, wenn dies von conſtantem Querſchnitt iſt.

daß man die Größe $\frac{P'^2\,\Omega'^2}{P^2\,\Omega^2}$ gegen 1 vernachläſſigen kann, ſo wird, vorausgeſetzt, daß keine ſehr ſtarke Einſchnürung oder durchbohrte Scheidewand im Reſervoir Statt finde, das Gasvolumen V (gemeſſen unter dem im Reſervoir Statt findenden Druck) was in der Zeiteinheit ausfließt, durch folgende Formel beſtimmt:

$$V = \frac{P'\,\Omega'}{P}\sqrt{2\,k\ \text{log. nat.}\ \frac{P}{P'}}$$

wo P, P', Ω' die S. 133 Anm. angegebene Bedeutung haben; k aber den, von Beſchaffenheit und Temperatur des Gaſes abhängigen conſtanten Coefficienten bezeichnet, welcher das Verhältniß des Drucks zur Maſſe der Volumeneinheit des Gaſes ausdrückt *).

Bei voriger Formel iſt vorausgeſetzt, daß der Ausfluß durch eine ſolche Ausmündung geſchehe, daß die ausfließenden Strahlen ſenkrecht auf die Ausflußmündung bleiben; mithin eine Art Mundſtück an das Reſervoir geſetzt iſt, das ſich wie in Fig. 32 an das Reſervoir anſchließt **). Wäre die Mündung unmittelbar in eine dünne Wand des Reſervoirs gebrochen, ſo würde man das richtige Ausflußquantum erhalten, wenn man das ſich nach obiger Formel ergebende Product noch mit 0,6149 oder 0,62 multiplicirte.

Die von **Bernoulli** für den in Rede ſtehenden Fall gegebene Formel (ſ. S. 137) ſtimmt bloß in dem Falle, wenn der Überſchuß des innern Drucks über den äußern ein ſehr kleines Verhältniß zu dieſen Druckkräften ſelbſt hat, nahe mit der vorigen Formel überein, ſonſt giebt die Bernoulliſche Formel ein zu großes Ausflußquantum.

15) Wenn der Ausfluß des Gaſes durch eine im Verhältniß zu ihrem Durchmeſſer ſehr lange cylindriſche Leitungsröhre vom Durchmeſſer D geſchieht, welche einen ſehr kleinen Querſchnitt im Verhältniß zum Querſchnitt des Reſervoirs hat, in welches ſie ſich einfügt, und die ſich bei ihrer Mündung nicht zuſammenzieht, ſondern wie in Fig. 33 öffnet; wenn überdies der Überſchuß des innern über den äußern Druck ſehr klein iſt, ſo kann das Gasvolumen V, was (unter dem im Reſervoir Statt findenden

---

*) Es iſt derſelbe Coefficient, deſſen numeriſcher Werth ſchon S. [illegible] angegeben worden iſt. **Navier** berechnet ihn nach etwas andern Datis zu [illegible] Meter bei 0° C.

) Für den Fall, wo eine cylindriſche Röhre ſich gleich **ſenkrecht in das Reſervoir einfügt, wie in Fig. 33, gilt eine andere Formel. Man findet jedoch, wofern der Überſchuß des innern über den äußern Druck ſehr klein im Verhältniß zu dieſen Druckkräften iſt, auch für dieſen Fall durch obige Formeln das richtige Ausflußquantum, wofern man den darin gegebenen Ausdruck mit folgendem multiplicirt:

$$\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{1}{\text{[illegible]}\left(1-\text{[illegible]}\,\frac{P-P'}{P'}\right)}-1\right)^{2}}}$$

Druck gemessen) in der Zeiteinheit ausfließt *), durch folgende Formel **) ausgedrückt werden:

$$V = \frac{\pi D^2}{4}\,\frac{P'}{P}\sqrt{\frac{kD}{4\beta l}\,\frac{P-P'}{P'}}$$

wo D den Durchmesser der Röhre, l die Länge derselben, π die Zahl 3,14159, β einen von der Beschaffenheit der Gasarten und dem Durchmesser der Röhre unabhängigen ***) Coefficient bedeutet, welcher (den Meter und die Sexagesimalsecunde als Einheiten angenommen) = 0,00526 gefunden ward.

Verengerte sich die (übrigens ganz offene) Mündung der Röhre zum Durchmesser D' (Fig. 95), so würde statt der vorigen Formel folgende ****) gelten:

$$V = \frac{\pi D^2}{4}\,\frac{P'}{P}\sqrt{\frac{2kDD'^4}{8D'^4\beta l + D^5}\,\frac{P-P'}{P'}}$$

und wäre die Mündung vom Durchmesser D' in eine, die Röhre an ihrem Ende verschließende, ebene Wand gebrochen, so hätte man in der letzten Formel für D'^4 zu substituiren 0,6149 D'^4, wo dann letztere Formel gelten würde, gleichviel, ob sich die Röhre gegen das Ende verengert hätte oder nicht.

Formeln, welche bisher für gültig in Bezug auf den Ausfluß elastischer Flüssigkeiten angesehen worden sind. Ich theile diese bekannten Formeln hier nur zur Vergleichung mit den folgenden, die man nach Navier zur genauern Darstellung der Erscheinungen ihnen zu substituiren hat, mit.

1) Für den Fall, wo eine elastische Flüssigkeit durch eine sehr kleine Öffnung aus einem Gefäße in das andere strömt, hat man, unter der Voraussetzung, daß die Flüssigkeit im Innern des Gefäßes in Ruhe ist, daß der Druck in der ganzen Ausdehnung des Gefäßes constant ist, und daß die Theilchen, welche aus der Mündung hervortreten, die Geschwindigkeit annehmen, welche vom Überschuß des innern Drucks über den äußern abhängt, bisher immer folgende, von Bernoulli gegebene, Formel gebraucht:

$$U = \sqrt{\frac{2(P-P')}{R}} \text{ oder } U = \sqrt{2g\,\frac{P-P'}{Rg}}$$

Hierin ist:

U die Geschwindigkeit der Flüssigkeit beim Durchgange durch die Mündung;

---

*) Gleichviel ob sich die Röhre wie in Figur 93 oder wie in Fig. 94 in das Reservoir einmündet.

**) Die Formel (89).

***) Da bei den später anzuführenden Versuchen nicht mitgetheilt ist, von welcher Materie die angewandten Röhren waren, so erhellt nicht, ob β auch unabhängig von Materie der Röhren ist.

****) Welche sich leicht aus (90) im Folgenden unter Vernachlässigung von $D'^4 n \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2$ ergiebt.

P der Druck, welcher im Innern des Gefäßes Statt findet, in Gewichtseinheiten ausgedrückt und auf die Einheit der Oberfläche bezogen;

P' der Druck, welcher äußerlich Statt findet;

D die Dichtigkeit der Flüſſigkeit, oder die Maſſe, welche die Einheit des Volumens unter dem Druck P hat;

g die Geſchwindigkeit, welche die Schwere den Körpern in der Zeiteinheit einprägt.

2) Dieſe Formel wird, näher für den Fall beſtimmt, wo die Flüſſigkeit aus einem Gefäße, worin ſie verdichtet worden iſt, in die atmoſphäriſche Luft austritt, zu folgender:

$$U = \sqrt{2 g \eta \frac{\varpi}{\Pi}} \sqrt{\frac{(1 + 0{,}00375 . \nu) H}{h + H}}$$

In dieſer Formel iſt:

h die Höhe der Säule einer beliebigen Flüſſigkeit, welche den atmoſphäriſchen Druck mißt.

H die Höhe einer Säule derſelben Flüſſigkeit, welche den Überſchuß des Drucks, der innerhalb des Gefäßes Statt hat, über den atmoſphäriſchen Druck mißt.

ϖ das Gewicht der Einheit des Volumens dieſer Flüſſigkeit.

Π das Gewicht der Einheit des Volumens der elaſtiſchen Flüſſigkeit, welche ausfließt, von der Temperatur 0° C. angenommen, unter dem Druck, welcher durch eine Flüſſigkeitsſäule von der Höhe η gemeſſen wird.

ν die wirkliche, am hunderttheiligen Thermometer beobachtete, Temperatur.

η ſ. M.

3) Für den Fall, wo die Sexageſimalſecunde als Zeiteinheit, der Meter als Längeneinheit, der Kilogramme als Gewichtseinheit genommen wird, wo die Druckkräfte durch Queckſilberhöhen gemeſſen werden, und das ausſtrömende Gas atmoſphäriſche Luft iſt, geht die vorſtehende in folgende über:

$$U = 394{,}5 \sqrt{\frac{(1 + 0{,}00375 . \nu) H}{h + H}}$$

indem man g = 9,8088 Meter, ϖ = 13568 Kilogr. annimmt, das Gewicht des Cubikmeters atmoſphäriſcher Luft bei 0° C. unter 0,76 Meter barometriſchem Druck = 1,3 Kil. ſetzt, mithin $\Pi = 1{,}3$ Kil., $\eta = 0{,}76$ Meter annimmt.

Letzterer Ausdruck, mit der Area der Mündung multiplicirt, wird das Volumen der atmoſphäriſchen Luft geben, welches in der Zeiteinheit ausfließt, ein Volumen, das man als unter dem Druck P gemeſſen anſieht, welcher der Höhe h + H entſpricht, d. i. welcher in dem Gefäße Statt findet, aus welchem die atmoſphäriſche Luft ausfließt.

Übrigens gelten dieſe Formeln ohne Correction nur für die Vorausſetzung, daß alle Strahlen ausfließender Luft beim Hindurchgehen durch die Mündung ſenkrechte Richtungen auf die Ebene dieſer Münbung haben. In ſo fern dies aber nicht der Fall iſt, muß man je nach Beſchaffenheit der verſchiedenen Figuren der Wand bei der Mündung ähnliche Correctionen anbringen, als im Fall des Ausfluſſes tropfbarer Flüſſigkeiten Statt finden, Correctionen, die ſich bloß aus der Erfahrung mit Sicherheit ableiten laſſen.

Endlich iſt der Einfluß der Reibung und der Adhäſion auf die Bewegung der Luft in obigen Formeln nicht berückſichtigt.

Navier bemerkt hinſichtlich der Gültigkeit der Vorausſetzungen, auf welche ſich die obigen Formeln ſtützen, und von welchen begreiflich ihre Anwendbarkeit auf die Erfahrung abhängt:

a) daß die Annahme einer Geſchwindigkeit = Null und eines gleichförmigen Druckes im Innern des Gefäßes in der That nur für den Fall gültig ſein kann, wo eine ſehr kleine Mündung in der Wand eines großen Gefäßes geöffnet iſt; dagegen wird ſie ſich von der Wirklichkeit zu weit in allen denjenigen Fällen entfernen, wo die elaſtiſche Flüſſigkeit vor dem Anlangen an die Mündung eine Gefäß- oder Röhren-Portion zu durchlaufen hat, deren transverſale Dimenſionen nicht ausnehmend groß im Verhältniß zu denen der Mündung ſind.

b) Scheint man ſich auch ſehr vom Falle der Natur zu entfernen, wenn man annimmt, daß die Gasſchicht, welche durch die Mündung hindurchgeht, eine Dichtigkeit hat, welche dem oben durch P ausgedrückten Druck, der im Innern des Gefäßes Statt hat, entſpricht; da doch unſtreitig die elaſtiſche Flüſſigkeit im Allgemeinen progreſſiv vom innern Drucke P zum äußern Drucke P′, und mithin auch von der Dichtigkeit, welche P entſpricht, zur Dichtigkeit, welche P′ entſpricht, übergehen wird.

Formeln Navier's über den Ausfluß einer elaſtiſchen Flüſſigkeit aus einem Gefäße oder einer Röhre.

Bedingungen. Den nachſtehenden Formeln liegen folgenden Vorausſetzungen unter, für die ſie ihre Gültigkeit haben:

1) Die Annahme des Parallelismus der Schichten *).

2) Gleichbleibender Druck und gleichbleibende Geſchwindigkeit in jedem Theile des Gefäßes **).

---

*) Dieſe beſteht bekanntlich darin, daß die, auf die Ausſtrömungsrichtung ſenkrechten, Geſchwindigkeiten ſehr klein in Verhältniß zu den in jener Richtung geſchehenden Geſchwindigkeiten ſind, welche letztere zugleich merklich gleich für alle Theilchen einer und derſelben auf die Ausflußrichtung ſenkrechten Schicht angenommen werden. Dieſe Annahme hat im Allgemeinen ihre Gültigkeit, wenn die Flüſſigkeit aus einem Gefäße ausſtrömt, welches ſich wenig von der cylindriſchen Form entfernt, oder worin die Länge der ſtrömenden Flüſſigkeit ſehr groß im Verhältniß zur Breitedifferenz der Schichten iſt. (Méc. par Poisson, II. p. 445.)

**) Dieſe Bedingung wird dadurch erfüllt, daß entweder aus einer conſtanten Quelle ſtets ſo viel Gas in das Reſervoir wieder nachſtrömt, als durch die Mündung ausfließt, oder dadurch, daß die Capacität des Reſervoirs in demſelben Maße verkleinert wird, als die Quantität des Gaſes durch das Ausſtrömen ſich mindert. Allerdings iſt auch unter dieſen Umſtänden im erſten Augenblicke

3) Vernachläſſigter Einfluß der Schwere auf die Bewegung des Gaſes *).

4) Eine ſolche Geſtalt der Ausflußmündung, daß alle Stralen des ausſtrömenden Gaſes in mit der Axe paralleler oder auf den Mündungsdurchſchnitt ſenkrechter Richtung ausſtrömen **).

Iſt letztere Bedingung nicht erfüllt, wie in dem Falle, wo die Öffnung durch eine ebene Wand gebrochen iſt, ſo wird zwar die Geſchwindigkeit ſämmtlicher Gasſtralen beim Durchgange durch die Mündung noch durch die nachfolgenden Formeln repräſentirt werden, nicht mehr aber das Ausflußquantum, wegen der bei den Gasarten eben ſowohl als bei den tropfbaren Flüſſigkeiten Statt findenden Zuſammenziehung des Strals, und es würden die Formeln in dieſem Bezuge hier, wie bei den tropfbaren Flüſſigkeiten, ihre genaue Anwendung vielmehr auf die Stelle der größten Zuſammenziehung finden.

Um ſie auf die Mündung ſelbſt anzuwenden, wird man jedoch nur nöthig haben, ſie durch einen gewiſſen fractionären Coefficienten m zu corrigiren, der durch Verſuche (vergl. D) = 0,6149 gefunden worden iſt.

5) Vernachläſſigung der Temperaturveränderungen, die aus der Expanſion und Contraction des Gaſes hervorgehen.

6) Bei den Formeln (1) bis (11) iſt überdies die Vorausſetzung gemacht, daß kein Sprung (plötzliche Veränderung) in der Geſchwindigkeit oder dem Druck der Flüſſigkeitsſchichten in irgend einem Theile des Gefäßes Statt finde.

Die Umſtände, wo ein ſolcher Sprung eintritt, ſind namentlich die, wo eine plötzliche Veränderung in der Größe der Querſchnitte des Gefäßes oder der Röhre, welche das Gas durchläuft, Statt finde, oder wo das Gas durch eine kleine Öffnung hindurchgehen muß, welche ſich in einer Querſcheidewand, die durch das Innere des Gefäßes hindurchgeht, befindet. Im Falle eines ſolchen Sprungs ſind bis unmittelbar vor der Stelle, wo der Sprung eintritt, zwar noch die Formeln (1) bis (11) in ſo weit

---

die Geſchwindigkeit null, und es bedarf einer kurzen endlichen Zeit, ehe ſie ſtationär wird; von dieſem Zeitpunkt an aber bleibt ſie ſo, wenn ſich die genannten Bedingungen fort erhalten.

*) Durch horizontale Lage der Axe des Ausflußgefäßes wird ein ſolcher Einfluß beſeitigt.

**) Dieſe Bedingung läßt ſich dadurch erfüllen, daß man die Mündung, anſtatt ſie in einer ebenen Wand anzubringen, wo die Stralen beim Austritt convergiren, und eine Zuſammenziehung des Strals entſtehen würde, entweder geradezu den Querſchnitt einer cylindriſchen Röhre bilden läßt (wie C D in Fig. 34), oder wo der Mündungsquerſchnitt kleiner als der der übrigen Röhre ſein ſoll, die Röhre allmählig in eine ſolche Geſtalt (C D in Fig. 25, 29, 30, 31, 35) enden läßt, daß die Richtung des letzten Theils der Röhrenwandungen der Austrittsrichtung des Gaſes parallel bleibt. Eine Mündung dieſer Art nennt der Verfaſſer Orifice évasé, im Gegenſatz gegen eine, durch eine ebene Wand gebrochene. Da ich keinen entſprechenden deutſchen Ausdruck dafür kenne, ſo werde ich den franzöſiſchen beibehalten.

ſie für Druck und Geſchwindigkeit gelten, beizubehalten; für jene Stelle aber, und von jener Stelle an ſind Druck und Geſchwindigkeit, ſo wie auch das Ausflußquantum durch die Mündung, durch (12) bis (19) auszudrücken.

§. I. Formeln in Bezug auf den Fall, wo die Reibung und Adhäſion des Gaſes an den Gefäßwänden vernachläſſigt werden kann.

Vorläufige Überſicht dieſer Formeln. Wenn man ein Gefäß vor ſich hat, in welchem die Größe der Querſchnitte ſich continuirlich, nicht ſprungweiſe ändert (wie Fig. 25), ſo hat man unter Vorausſetzung der S. 139 ff. angeführten Bedingungen:

Zur *Beſtimmung der Geſchwindigkeit an der Ausflußmündung* die Formel (1); zur Beſtimmung des *Ausflußquantums in der Zeiteinheit* die Formeln (2) und (3), welche im Fall einer statthabenden Contraction des Gasſtrals noch eine Multiplication mit $m = 6149$ erfordert.

Zur Beſtimmung des *in jedem Querſchnitte des Gefäßes Statt findenden Drucks* die Formeln (6) oder (8).

Dieſen genannten Gleichungen laſſen ſich für den Fall, wo die Ausflußmündung ſehr klein im Verhältniß zum Querſchnitt des Gefäßes iſt, reſpectiv die Formeln (4), (5) und (7) ſubſtituiren.

Wenn irgendwo im Gefäße, namentlich bei einer Statt findenden Einſchnürung, oder bei einer mit einer Öffnung durchbrochenen ebenen Scheidewand, ein Sprung in Druck und Geſchwindigkeit Statt findet, ſo können von dieſer Stelle an die vorigen Formeln nicht gebraucht werden, ſondern es tritt von hier an die Stelle von (1) die Formel (12), an die Stelle von (7) die Formel (14) mit Berückſichtigung deſſen, was unter G beigebracht iſt.

Die Formeln (1) bis (3) würden unendliche oder imaginäre Reſultate geben, wenn man hätte

$$P' \Omega' = \text{oder} > P \Omega,$$

woraus erhellt, daß das Statthaben eines gleichförmigen Ausfluſſes, wie er hier vorausgeſetzt wird, weſentlich erfordert, daß die Area Ω' des letzten Querſchnitts $< \frac{P \Omega}{P'}$ *), oder daß das Product des erſten Querſchnitts in den daſelbſt Statt findenden Druck größer als das analoge Product für den letzten Querſchnitt ſei.

---

*) Dieſe Bedingung iſt analog dem, was bei den incompreſſiblen Flüſſigkeiten Statt hat, wo das Statthaben eines gleichförmigen Ausfluſſes vorausſetzt, daß der untere Querſchnitt, durch welchen die Flüſſigkeit aus dem Gefäße tritt, geringer ſei, als der obere Querſchnitt, durch welchen die Flüſſigkeit in dies Gefäß eintritt. Wäre der äußerſte Querſchnitt Ω' ſo groß, daß der in Rede ſtehenden Bedingung nicht genügt würde, ſo würde die Flüſſigkeit aus dem Reſervoir hervortreten, ohne dieſen Querſchnitt ganz zu erfüllen und die Umſtände der Bewegung würden nicht mehr durch vorſtehenden Formeln repräſentirt werden.

Die Formel (5) ſtimmt bloß in dem Falle, wo P ſehr wenig größer als P′ iſt, d. h. wo der Unterſchied des innern und äußern Drucks ein ſehr kleines Verhältniß zu dieſen Druckkräften hat, nahe mit der S. 137 gegebenen Formel überein *). Findet dieſer Umſtand nicht Statt, ſo giebt die Formel S. 137 einen zu großen Werth für U.

Detail der Formeln.

A) Es ſei ein Gefäß A B C D (Fig. 25) gegeben, in welchem die Größe der ſucceſſiven Querſchnitte nur durch unendlich kleine Differenzen ſich ändert, und das man als Verlängerung des in A C angefügten Gaſometers betrachten kann. C D bildet die Ausſtrömungsmündung; A C wird als der erſte Durchſchnitt des Gefäßes oder der Röhre betrachtet, durch welche der Ausfluß geſchieht.

Es heiße

Ω die Area des Querſchnitts A B.

Ω' die Area der Ausflußmündung C D.

ω die Area eines beliebigen, zwiſchen beiden vorigen liegenden, Querſchnitts $\alpha\beta$, welcher in dem Gefäße ſenkrecht auf die Axe M N gemacht worden iſt.

U die Geſchwindigkeit der Gasſchicht, welche durch den Querſchnitt C D hindurchgeht.

V das Volumen des Gaſes, welches in der Zeiteinheit ausfließt.

P, P′, p die Druckkräfte, welche reſpectiv in den Querſchnitten A B, C D und $\alpha\beta$ Statt haben.

ϱ die Maſſe der Einheit des Volumens oder die Dichtigkeit des Gaſes, welche im Querſchnitt $\alpha\beta$ Statt hat.

k der conſtante Coefficient, welcher das Verhältniß des Drucks zur Maſſe der Volumeneinheit der Luft ausdrückt, und welcher für 0° C. und metriſches Maß zu 77805 von Navier angenommen wird **).

Die nachgehends vorkommenden Logarithmen ſind ſtets natürliche, wo nichts beſonders angemerkt iſt.

---

*) Es iſt nämlich dann mit ziemlicher Annäherung

$$\log. \frac{P}{P'} = \frac{P - P'}{P'}$$

$$\text{weil } \frac{P}{P'} = 1 + \frac{P - P'}{P'}$$

und nach der bekannten Formel

$$\log. (1 + z) = z - \frac{z^2}{2} + \frac{z^3}{3} - \frac{z^4}{4}$$

Es wird hier das Quadrat und die höhern Potenzen von $z = \frac{P - P'}{P'}$ vernachläſſigt.

**) Vergl. darüber S. [illegible]

Nach dieſen Beſtimmungen findet man *)

$$U = \sqrt{\frac{2\,k\,\log.\,\frac{P}{P'}}{1-\frac{P'^2\,\Omega'^2}{P^2\,\Omega^2}}} \qquad (1)$$

und
$$V = U\,\Omega' \qquad (2)$$
in der Vorausſetzung, daß das Volumen unter dem Drucke P' ſteht, der im Durchſchnitt C D Statt findet, oder

$$V = \frac{P'\,\Omega'\,U}{P} \qquad (3)$$

unter der gewöhnlichern Vorausſetzung, daß es unter dem, im Gaſometer Statt findenden, Druck P ſteht.

---

*) Um den Gang der Herleitung dieſer Formel aus den Grundgleichungen der Bewegung kurz anzugeben, ſo hat man, wenn x der Abſtand $M\mu$ des Querſchnitts $\alpha\,\beta$ vom Querſchnitt A B, u die Geſchwindigkeit der in $\alpha\,\beta$ befindlichen Flüſſigkeitsſchicht, und $d\,t$ das Zeitelement iſt, für die Bewegungsgleichung der beliebigen Schicht $\alpha\,\beta$ folgende:

$$-\,\omega\,d\,p = \varrho\,\omega\,d\,x\,\frac{d\,u}{d\,t} \qquad (\alpha)$$

welche ſich nach der Betrachtung ergiebt, daß die Maſſe dieſer Schicht $= \varrho\,\omega\,d\,x$, daß die Kraft, welche ihre Bewegung bewirkt $= \varrho\,\omega\,d\,x\,\frac{d\,u}{d\,t}$ iſt, und daß die Kraft, der ſie vermöge der wechſelſeitigen Wirkungen der Schichten unterliegt $= -\,\omega\,d\,p$ iſt. Da $p = k\,\varrho$, ſo verwandelt ſich die vorige Formel in:

$$-\,k\,\frac{d\,p}{p} = d\,x\,\frac{d\,u}{d\,t} \qquad (\beta)$$

Nun hat man nach der Vorausſetzung, daß die Bewegung der Flüſſigkeit gleichförmig iſt, mithin dieſelbe Maſſe in derſelben Zeit durch alle Querſchnitte hindurchgehen muß, $p\,\omega\,u = P'\,\Omega'\,U$; daher

$$u = \frac{P'\,\Omega'\,U}{p\,\omega}\text{; und }\frac{d\,u}{d\,t} = -\,\frac{P'\,\Omega'\,U}{p^2\,\omega^2}\cdot\frac{d\,(p\,\omega)}{d\,x}\cdot\frac{d\,x}{d\,t} \qquad (\gamma)$$

weil U conſtant iſt und bloß p und ω ſich vermöge der Lagenveränderung der Schicht ändern. Durch Subſtitution dieſes Werths in die Gleichung (β), worin man u oder $\frac{P'\,\Omega'\,U}{p\,\omega}$ ſtatt $\frac{d\,x}{d\,t}$ ſetzt, findet man nun $k\,\frac{d\,p}{p} = P'^2\,\Omega'^2\,U^2\,\frac{d\,(p\,\omega)}{p^3\,\omega^3}$ welche durch Integration giebt:

$$2\,k\,\log.\,p = \frac{-\,U^2\,P'^2\,\Omega'^2}{p^2\,\omega^2} + \text{Const.} \qquad (\delta)$$

Die Conſtante beſtimmt ſich danach, daß man im erſten Durchſchnitt A B hat $\omega = \Omega$, $p = P$, welches giebt:

$$2\,k\,\log.\,\frac{P}{p} = U^2\left(\frac{P'^2\,\Omega'^2}{p^2\,\omega^2}-\frac{P'^2\,\Omega'^2}{P^2\,\Omega^2}\right) \qquad (\varepsilon)$$

und da man im letzten Durchſchnitt C D hat $\omega = \Omega'$, $p = P'$, ſo wird dieſe Gleichung zu folgender:

$$2\,k\,\log.\,\frac{P}{P'} = U^2\left(1-\frac{P'^2\,\Omega'^2}{P^2\,\Omega^2}\right) \qquad (\zeta)$$

woraus ſich dann Gleichung (1) ergiebt.

B) In dem Fall, wo die Ausflußmündung C D ſehr klein im Verhältniß zum Querſchnitt A B des Gaſometers iſt, geht die Formel (1) in folgende über

$$U = \sqrt{2\,k \log.\frac{P}{P'}} \qquad (4)$$

und die Formel (5) in folgende:

$$V = \frac{P'\,\Omega'\,U}{P} \qquad (5)$$

C) Um den Druck p zu beſtimmen, der in einem gegebenen Durchſchnitt der Röhre, deſſen Area durch ω repräſentirt wird, Statt findet, hat man folgende Formel

$$\frac{\log.\frac{P}{p}}{\log.\frac{P}{P'}} = \frac{\frac{P^2\,\Omega^2}{p^2\,\omega^2} - 1}{\frac{P^2\,\Omega^2}{P'^2\,\Omega'^2} - 1} \qquad (6)$$

(welche ſich durch Subſtitution des Werths von U (Formel 1) in die Formel (2) ergiebt.)

In dem Falle, wo die Ausflußmündung C D ſehr klein im Verhältniß zum Querſchnitt A B des Gaſometers iſt, geht die vorige Gleichung in folgende über:

$$\frac{\log.\frac{P}{p}}{\log.\frac{P}{P'}} = \frac{\frac{P^2\,\Omega^2}{p^2\,\omega^2} - 1}{\frac{P^2\,\Omega^2}{P'^2\,\Omega'^2}} \qquad (7)$$

Die Gleichung (6), in Bezug zu ω² aufgelöſt, wird zu folgender:

$$\omega^2 = \frac{P^2\,\Omega^2}{p^2} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{P^2\,\Omega^2}{P'^2\,\Omega'^2} - 1\right)\frac{\log.\frac{P}{p}}{\log.\frac{P}{P'}}} \qquad (8)$$

Aus der Gleichung (8) leitet **Navier** die Beſtimmungen ab, die ſich für die, den verſchiedenen Querſchnitten ω entſprechenden, Druckkräfte p ergeben, indem er danach eine Curve conſtruirt, von welcher p die Abſciſſe und ω die Ordinate iſt.

Man findet leicht, daß dieſe Curve, in welcher die Ordinaten Ω und Ω′ den, von o an gerechneten, Abſciſſen P und P′ entſprechen, die in Fig. 26 und 27 angegebene Form hat. Die Ordinate, welche dem Werthe p = o entſpricht, iſt unendlich; dieſe Ordinate nimmt dann immer kleinere Werthe an, bis zu einem Punkte des Minimums, deſſen Abſciſſe kleiner (Fig. 26) oder größer als P′ (Fig. 27) ſein kann. Die Ordinate wächſt alsdann, und wird von Neuem unendlich, wenn man p einen

Werth o Q giebt, der größer als P iſt und ſo beſchaffen, daß die Quantität

$$\left(\frac{P^2\ \Omega^2}{P'^2\ \Omega'^2} - 1\right)\frac{\log.\ \frac{P}{p}}{\log.\ \frac{P}{P'}}$$

gleich — 1 wird, ſo daß die Parallele, welche mit der Axe der ω durch den Punkt Q gezogen wird, eine zweite Aſymptote der Curve iſt. Iſt dieſe Curve conſtruirt, ſo wird man den Druck p, der in einem gegebenen Querſchnitt ω des Gefäßes Statt findet, finden, indem man eine Parallele mit der Axe o p in der Entfernung ω von dieſer Axe zieht und den Werth der Abſciſſe des Durchſchnittspunkts dieſer Parallele mit der Curve nimmt.

Die Abſciſſe p für das Minimum von ω beſtimmt ſich durch folgende, nach den bekannten Regeln gefundene, Formel:

$$\log.\ \frac{P}{p} = \frac{1}{2} - \frac{\log.\ \frac{P}{P'}}{\frac{P^2\ \Omega^2}{P'^2\ \Omega'^2} - 1} \qquad (9)$$

durch Subſtitution des Werths von p, den man ſolchergeſtalt erhält, in die Gleichung (8) wird man den Minimum-Werth von ω, den wir mit ω_1 bezeichnen, erhalten.

Die Verhältniſſe, welche zwiſchen den Quantitäten P, P′, Ω, Ω', exiſtiren müſſen, damit Ω' (der Querſchnitt der Mündung) $= \omega_1$ werde, werden durch die Formel

$$\frac{P^2\ \Omega^2}{P'^2\ \Omega'^2} \cdot \log.\ \frac{P}{P'} = \frac{1}{2} \qquad (10)$$

gegeben, welche ſich ergiebt, indem man in der Formel (9) $p = P'$ ſetzt.

Iſt das erſte Glied der Gleichung (10) $< \frac{1}{2}$, ſo wird man ſich im Falle der Figur 26 finden, wo die der Ordinate ω_1 entſprechende Abſciſſe $p_1 < P'$ iſt. Iſt dagegen das erſte Glied dieſer Gleichung $> \frac{1}{2}$, ſo wird man ſich im Falle der Figur 27 finden, wo $p_1 > P'$.

Betrachten wir nun eine Röhre, wie die, welche in Fig. 25 vorgeſtellt iſt, in welcher der Durchſchnitt ſucceſſiv von A B nach C D abnimmt. Wenn die Relationen zwiſchen P, P′, Ω, Ω' ſo beſchaffen ſind, daß man ſich im Falle der Fig. 26 befindet, ſo ſuche man die Druckkräfte, welche den verſchiedenen Durchſchnitten entſprechen, auf, indem man längs der Curve vom Punkte M zum Punkte M′ herabſteigt: wobei offenbar erhellt, daß der Druck eben ſo progreſſiv von dem Werthe P, welcher in A B Statt hat, zu dem Werthe P′, welcher in C D Statt hat, abnehmen wird. Iſt man aber im Falle der Figur 27, ſo wird man, bevor man dahin gelangt, einen Punkt M″ antreffen, für welchen die Ordinate ω gleich Ω' ſein wird, eben ſo wohl als die des Punkts M′, und deren

Abſciſſe $P'' > P'$ iſt. Man muß alſo dann annehmen, daß der Druck, nachdem er ſich progreſſiv von A B bis nach C D vermindert hat und dadurch vom Werthe P auf den Werth P'' gekommen iſt, im Querſchnitte C D ſelbſt vom Werthe P'' zum Werthe P', welcher auswendig Statt hat, übergeht.

Betrachten wir jetzt eine Röhre, wie die, welche in Fig. 28 vorgeſtellt iſt, worin der Querſchnitt progreſſiv von A B nach E F, wo er kleiner als die Ausflußmündung C D iſt, abnimmt, dann wiederum progreſſiv von E F nach C D zunimmt. Zufolge deſſen, was man oben geſehen hat, wenn man ω einen geringern Werth als ω, beilegen wollte, ſo würde die Gleichung (6) oder (8) keinen entſprechenden Werth für p geben. Dies zeigt an, daß es nicht möglich iſt, den Querſchnitt E F der Einſchnürung bis unter eine Gränze zu verkleinern, welche durch den Minimumwerth ω, gegeben iſt, wenn man will, daß die Umſtände der Bewegung des Gaſes noch durch vorſtehende Formeln repräſentirt werden. Für den Gegenfall zeigt der Umſtand, daß dieſe Formeln dann kein Reſultat geben, an, daß das Gas aus dem Gefäße austreten würde, ohne den äußerſten Durchſchnitt C D auszufüllen, welche Ausfüllung in den Formeln vorausgeſetzt wird. Dann würde der Querſchnitt E F zur Ausflußmündung werden. Geſetzt alſo, man habe dem kleinſten Querſchnitt E F einen Werth gegeben, welcher zwiſchen Ω' und ω, fällt: und es ſei zuvörderſt der Fall der Figur 26 vorhanden, ſo wird der Querſchnitt E F auf der Curve einem Punkte m entſprechen, welcher zwiſchen M' und dem Minimumpunkte liegt. Um ſonach die Druckkräfte zu finden, welche den verſchiedenen Querſchnitten des Gefäßes entſprechen, ſteige man zuerſt vom Punkte M zum Punkte m herab, dann wieder vom Punkte m zum Punkte M' zurück; wodurch ſich ergiebt, daß der Druck im Querſchnitt E F geringer iſt, als der äußere Druck P'.

Setzt man jetzt den Fall der Figur 27 voraus, ſo wird man, um die, den verſchiedenen Querſchnitten entſprechenden, Druckkräfte zu finden, erſt vom Punkte M zum Punkte m, welcher dem Querſchnitt E F entſpricht, herabſteigen, dann unmittelbar von dieſem Punkte zum Punkte n übergehen, welcher dieſelbe Ordinate, aber eine kleinere Abſciſſe hat, und endlich vom Punkte n zum Punkte M', welcher dem äußerſten Querſchnitt entſpricht. Es folgt daraus, daß in der Einſchnürung E F der Druck hier den äußern Druck P' überſteigt, daß aber dieſer Druck hier plötzlich von dem Werthe, welcher durch die Abſciſſe des Punkts m gegeben iſt, zu dem, durch die Abſciſſe des Punkts n gegebenen, Werthe überſpringt. Wegen dieſes Sprunges muß, zufolge Bedingung 6, von E F an Druck und Geſchwindigkeit durch andere Formeln, als die vorſtehenden, repräſentirt werden, nämlich durch die Formeln (12) und (14), in die man die durch die Formel (15) gegebenen Werthe von B und B' ſubſtituirt (vergl. G).

Betrachten wir jetzt die durch Figur 29 vorgeſtellte Röhre, in welcher der Querſchnitt progreſſiv von A B nach E F abnimmt, wo er kleiner als die Ausflußmündung C D iſt, dann von E F nach G H wächſt, wo er größer als C D iſt, endlich progreſſiv von G H nach C D wieder abnimmt. Es wird eben ſo wohl, als im vorigen Falle, erforderlich ſein, daß der kleinſte Querſchnitt E F der Einſchnürung nicht kleiner, als das Minimum ω, ſei. Dieſe Bedingung als erfüllt vorausgeſetzt, ſo erhellt wie oben, daß, wenn man ſich im Falle der Figur 26 befindet, der Druck in E F geringer, als der äußere Druck P′ ſein wird, in G H aber größere Werthe, als dieſer äußere Druck, wieder annehmen wird, und zwar Werthe, welche gleich denen ſind, die er bei gleichem Querſchnitt im Intervall A B F E darbot. Befindet man ſich dagegen im Fall der Fig. 27, ſo wird der Druck in E F größer, als der äußere Druck P′ ſein; nachdem er aber an dieſem Orte eine plötzliche Veränderung erfahren hat (wofern nicht der Querſchnitt E F genau gleich der Gränze ω, iſt), wird der innere Druck kleiner, als der äußere Druck P′ werden, in allen den Theilen des Raums E G C D H F, wo die Area der Querſchnitte die des äußerſten Querſchnitts C D übertrifft.

D) Wenn die Bedingung 4 nicht erfüllt, ſondern die Ausflußmündung durch eine ebene Wand gebrochen iſt, ſo iſt in der Formel (3) und den daraus abgeleiteten Formeln das zweite Glied mit m zu multipliciren, oder man hat

$$V = \frac{m\,P'\,\Omega'\,U}{P} \qquad (11)$$

die Größe von m iſt durch Verſuche zu beſtimmen, indem man die nach der Formel (3) berechnete Ausflußmenge mit der in der Wirklichkeit Statt gefundenen vergleicht, wo der fractionäre Quotient beider m ergiebt.

Beſtimmung der Größe m nach Formel 5 *). Unter den bekannten Verſuchen ſcheinen die von Lagerhjelm **) ſich am meiſten zu eignen, zu dieſer Beſtimmung zu führen. Folgende Tabelle iſt nach den Reſultaten dieſer Verſuche entworfen, welche mit kreisförmigen, in einer dünnen Kupferplatte befindlichen, Mündungen geſchahen.

*) Die Größe U darin durch (4) ausgedrückt.

**) Sie ſind in den Mémoires de l'academie in Stockholm bekannt gemacht; eine franzöſiſche Überſetzung davon findet ſich im Journal du génie civil. 7e livrais. 1829.

Durchmeſſer der Mündung.	Drucküberſchuß.	Barometerhöhe.	Temperatur der Luft.	Dauer des Ausfluſſes.	Volumen der ausgefloſſenen Luft.	Werth von m.
Fuße.	Fuße.	Fuße.	Centeſimalgrade.	Sec.	Cubikfuße.	
0,1122	1,616	2,545	16	4,5	7,5859	0,6097
	1,209		17	5,25	8,8919	0,6972
	0,5555		16	7,5	7,6547	0,6063
	0,1919		18	13,25	8,086	0,6103
0,080617	1,616	2,305	17	9	8,0819	0,6013
	1,217			10,5	8,037	0,5804
	0,5555		15	15	7,9251	0,5805
	0,2121	2,508	17,5	23,5	8,6635	0,6854
0,041346	1,6059	2,536	20	32	7,8881	0,6098
	1,212		19,5	36,2	7,244	0,6029
	0,5555	2,540	10,5	51,2	6,8875	0,5933
	0,1969			82	6,6251	0,6018

Die Maße ſind ſämmtlich Schwediſches Maß.

Die zweite Columne, welche Drucküberſchuß überſchrieben iſt, giebt die Höhe der Waſſerſäule an, welche den Überſchuß des Drucks im Innern des Gefäßes, aus dem die Luft ausfloß, über den äußern Druck, der durch die Barometerhöhe gemeſſen wurde, maß. Zur Berechnung dieſer Verſuche muß man zuerſt die mit k bezeichnete Quantität (S. 87 und 136) beſtimmen, indem man den Schwediſchen Fuß als Lineareinheit annimmt. Dieſe Größe iſt nach S. 87:

$$k = g\,\varpi\,\eta\,\frac{(1 + 0{,}00375\,\nu.)}{\Pi}$$

Man findet in der Abhandlung von Lagerhielm, daß die Geſchwindigkeit, welche ſchweren Körpern in 1 Secunde eingepflanzt wird, und welche in Metern $9^m{,}809$ beträgt, in Schwediſchen Fußen 33,068 Fuß iſt; wonach (unter Vernachläſſigung des Unterſchiedes von g zwiſchen Schweden und Paris) die Barometerhöhe $0{,}76^m$, bei welcher der Cubikfuß Luft 1,3 Kil. bei 0° wiegt, gleich 2,562 Fuß iſt. Setzt man alſo in vorſtehender Formel $g = 33{,}068$, $\eta = 2{,}562$, $\varpi = 13568$, $\Pi = 1{,}3$, ſo findet man

$$k = 1149300\,\frac{1 + 0{,}00375\,.\,\nu}{1{,}3}$$

mittelſt welchen Ausdrucks man leicht den jedem Verſuche zukommenden Werth von k nach der beobachteten Temperatur beſtimmen wird. Darauf wird man die in der zweiten Columne angeführten Waſſerhöhen auf Queckſilberhöhen, nach dem Verhältniß der ſpecifiſchen Gewichte beider Flüſſigkeiten reduciren, und ſie zu den, in der dritten Columne angeführten, Barometerhöhen addiren, um die Queckſilberhöhen zu erhalten, welche den innern Druck meſſen. Ein Beiſpiel der ganzen Berechnung iſt unten angeführt *).

Die in der letzten Spalte der Tabelle angeführten Werthe von m zeigen Differenzen, welche bloß auf Irrthümern der Beobachtung zu beruhen ſcheinen. Ihr Mittel iſt m = 0,6149; wonach es ſcheint, daß die Zuſammenziehung der Luft ganz nach denſelben Geſetzen, als die des Waſſers von Statten geht.

Auch die Verſuche von d'Aubuiſſon **) können hieher gezogen werden. Folgende Tabelle enhält die mittlern Reſultate dieſer Verſuche.

Durchmeſſer der Mündung.	Drucküberſchuß.			Werth des Verhältniſſes m.
Meter.	Meter.		Meter.	
0,01	0,0286	bis	0,144	0,63
0,015	0,028	—	0,122	0,652
0,02	0,027	—	0,06	0,646
0,03	0,027	—	0,05	0,673

Die zweite, Drucküberſchuß überſchriebene, Columne enthält die kleinſten und größten Höhen der Waſſerſäulen, welche den Überſchuß des Drucks maßen, der im Gaſometer über den äußeren Druck bei den 4, 5 und 6 Verſuchen, die mit jeder Mündung angeſtellt wurden, Statt hatte, und welche als Mittelwerth den in der dritten Spalte beigeſetzten Werth von m gaben. Dieſe Werthe ſind ſo erhalten worden, daß das wirkliche Ausflußquantum durch dasjenige Quantum dividirt ward, welches ſich durch Berechnung nach der Formel S. 138 ergeben würde, welche Formel im

---

*) Beiſpiel. Man hat für den erſten Verſuch $k = \frac{1149300}{1,227}$. Der innere Druck iſt $2,545 + \frac{1,616}{13,568} = 2,664$; mithin $\frac{P}{P'} = \frac{2,664}{2,545}$. Es iſt ferner $\Omega' = \frac{\pi}{4} (0,1122)^2$.

Die Formel (5) muß, wenn man den Logarithmus der gewöhnlichen Tafeln nimmt, geſchrieben werden:

$$\frac{P' \; \Omega'}{P} \sqrt{2 \, k \, (2,30258) \log. \frac{P}{P'}}$$

Subſtituirt man in dieſe Formel die vorſtehenden Werthe, ſo findet man für das Ausflußquantum, welches in 1 Secunde Statt haben würde, wenn die Öffnung evaſirt wäre, 2,763 Cubikfuß. Da das wirklich Statt gehabte Ausflußquantum $\frac{7,5605}{4,5}$ iſt, ſo ergiebt ſich als Verhältniß beider Quanta

$$m = \frac{7,5605}{4,5 \times 2,763} = 0,6081.$$

**) Ann. des Mines, XIII. 1826.

Allgemeinen zu große Reſultate giebt, die ſich jedoch im Fall der hier in Rede ſtehenden Verſuche ohne merklichen Irrthum anwenden laſſen, wegen der geringen Differenz des inneren und äußeren Drucks.

Die hier für m erhaltenen Werthe übertreffen merklich den aus Lagerhielm's Verſuchen abgeleiteten Werth. Doch verdienen des letztern Verſuche vielleicht mehr Zutrauen, da ſie meiſt unter viel größeren Druckkräften angeſtellt worden ſind. Auch verdient Bemerkung, daß die Mündungen bei d'Aubuiſſon's Verſuchen nicht unmittelbar in der Wand des Gaſometers geöffnet waren, ſondern in einer Platte, welche das Ende einer kleinen Röhre von $0^{m},08$ Durchmeſſer und $0^{m},027$ Länge, die in dieſer Wand eingepflanzt war, bildete. Dieſer Umſtand muß die äußere Zuſammenziehung vermindert haben, zu welchem Schluß man ſich um ſo mehr aufgefodert ſieht, da die Werthe von m von 0,63 bis 0,673 zunehmen, während zugleich der Durchmeſſer der Mündung von $0^{m},01$ bis $0^{m},03$ zunimmt; d. h. während zugleich der Unterſchied zwiſchen dem Durchmeſſer der Mündung und dem des Röhrentheils, der eine Art Mundſtück dieſſeits dieſer Mündung bildet, abnimmt.

E) Wenn in irgend einem Theile des Gefäßes ein Sprung in dem Druck, welcher zugleich einen in der Geſchwindigkeit vorausſetzt, Statt findet, ſo gelten von dem Theile an, wo dies der Fall iſt, die vorigen Formeln nicht mehr, ſondern müſſen durch andere erſetzt werden, die wir jetzt kennen lernen wollen. (Vergl. Bedingung 6.)

Geſetzt, es ſei im Gefäß ABCD (Fig. 30) eine Querſcheidewand befindlich, welche die Flüſſigkeit nöthigt, in den Querſchnitt EF zu treten, auf welchen unmittelbar der größere Querſchnitt GH folgt. Es wird angenommen, vor dem Querſchnitt EF gehe eine Art Mundſtück voraus, ſo daß die Gasſtralen zu dieſem Querſchnitt alle in Richtungen, welche mit der Axe parallel ſind, anlangen, daß mithin die Bedingung (4) in Bezug auf dieſen Querſchnitt erfüllt ſei. Unter Beibehaltung der übrigen, S. 142 angegebenen, Bezeichnungen hieße A die Area des Querſchnittes EF.

A' die Area des Querſchnittes GH.

B der Werth des Druckes, welcher im Querſchnitt EF Statt hat.

B' der Werth des Drucks, der im Querſchnitt GH Statt hat.

Unter dieſen Vorausſetzungen muß man von EF bis CD die Formel (1) durch folgende erſetzen:

$$U' = \sqrt{\frac{2k \log. \frac{P}{P'}}{1 - \frac{P'^2\ \Omega'^2}{P^2\ \Omega^2} + \left(\frac{P'\ \Omega'}{B\ A} - \frac{P'\ \Omega'}{A'\ B'}\right)^2}} \qquad (12)$$

In dieſer Formel werden B und B′ durch nachfolgende Formeln beſtimmt:

$$\frac{\log. \frac{P}{B}}{\log. \frac{P}{P'}} = \frac{\frac{1}{B^2 A^2} - \frac{1}{P^2 \Omega^2}}{\frac{1}{P'^2 \Omega'^2} - \frac{1}{P^2 \Omega^2} + \left(\frac{1}{BA} - \frac{1}{B' A'}\right)^2}$$

$$\frac{\log. \frac{P}{B'}}{\log. \frac{P}{P'}} = \frac{\frac{1}{B'^2 A'^2} - \frac{1}{P^2 \Omega^2} + \left(\frac{1}{BA} - \frac{1}{B' A'}\right)^2}{\frac{1}{P'^2 \Omega'^2} - \frac{1}{P^2 \Omega^2} + \left(\frac{1}{BA} - \frac{1}{B' A'}\right)^2} \qquad (13)$$

Um den Druck p in den verſchiedenen Theilen des Gefäßes von GH bis CD zu beſtimmen, gilt die Gleichung:

$$2k \log. \frac{P}{p} = U^2 \left[\frac{P'^2 \Omega'^2}{p^2 \omega^2} - \frac{P'^2 \Omega'^2}{P^2 \Omega^2} + \left(\frac{P' \Omega'}{BA} - \frac{P' \Omega'}{A' B'}\right)^2\right] \qquad (14)$$

worin U, B und B′ durch die Formeln (12) und (13) beſtimmt ſind*).

---

*) Die Herleitung der Formeln (12) bis (14) geſchieht, indem man die Aufgabe in Bezug auf den Ausfluß der Gasart nach dem Princip der Erhaltung der lebendigen Kräfte auflöſt, und den Verluſt an lebendiger Kraft, der bei plötzlicher Veränderung der Geſchwindigkeit Statt findet, dabei in Rechnung zieht.

Nehmen wir zuvörderſt wieder Fig. 25 vor, ſo iſt die lebendige Kraft der in $\alpha\beta$ befindlichen Schicht nach Verlauf der Zeit $= \rho\omega\, dx \,.\, u^2$; dieſe lebendige Kraft nimmt während dt um $\rho\omega\, dx\, 2u\, du$ zu und mithin iſt

$$\int \rho\omega\, dx \,.\, 2u\, du$$

die Zunahme der lebendigen Kraft des Gaſes innerhalb der Zeit t, welches Integral vom Querſchnitt AB bis zum Querſchnitt CD oder von $x = 0$ bis $x = MN$ genommen wird.

Andrerſeits iſt dieſe nämliche Schicht vermöge der wechſelſeitigen Wirkungen der Schichten der Kraft ωdp unterworfen, welche ſie nach der, ihrer Bewegung entgegengeſetzten, Richtung treibt. Der Raum, den ſie in der Zeit dt durchläuft, iſt $u dt$. Man hat mithin nach dem Princip der Erhaltung der lebendigen Kräfte (Méc. par Poisson II. 286. 290) — $2\int \omega dp \,.\, u dt = \int \rho\omega dx \,.\, 2u du$; oder, indem man $u dt$ anſtatt dx ſetzt:

$$- k\int \omega dp \,.\, u = \int p\omega u^2 du. \qquad (a')$$

Erſetzt man u und du durch die Werthe der Formeln (γ) S. 143, ſo wird dieſe Gleichung zu folgender:

$$k \int \frac{dp}{p} = P'^2\ \Omega'^2\ U^2 \int \frac{d\,(p\,\omega)}{p^3\ \omega^3} \qquad (b')$$

Die durch Integration giebt:

$$2k \log. \frac{P}{P'} = U^2 \left(1 - \frac{P'^2\ \Omega^2}{P^2\ \Omega^2}\right) \qquad (c')$$

welche mit der Formel (ζ) S. 143 übereinſtimmt.

Nun muß die Gleichung (a′) eben ſo wohl für einen beliebigen Theil des Syſtems, wie $A\alpha\beta B$, als für das ganze Syſtem der Schichten ACDB ihre Gültigkeit haben. Integrirt man daher bloß für das Stück vom Querſchnitt AB bis zum Querſchnitt $\alpha\beta$, ſo findet man die, mit (ε) S. 143 übereinſtimmende, Formel:

$$2k \log. \frac{P}{p} = U^2 \left(\frac{P'^2\ \Omega'^2}{p^2\ \omega^2} - \frac{P'^2\ \Omega'^2}{P^2\ \Omega^2}\right) \qquad (d')$$

F) Geſchähe der Eingang zur inneren Mündung **E F** nicht durch ein wie in Fig. 30 geſtaltetes Mundſtück, ſondern wäre dieſe Mündung in einer ebenen Scheidewand beſindlich, wie Fig. 31 vorſtellt, ſo würde man anzunehmen haben, daß ſich der Gasſtral, welcher durch **E F** hindurchgegangen iſt, in einer kleinen Weite von dieſem Querſchnitt zu e f zuſammenzieht, und daß ſich erſt nach dieſer Zuſammenziehung die Schichten plötzlich erweitern, um den Querſchnitt des Gefäßes **G H** einzunehmen.

In dieſem Falle würde man in den Formeln (12) und (13) **m A** für **A**

Nehmen wir jetzt den Fall der Fig. 30 vor, wo beim Übergang des Gaſes aus dem Querſchnitt **E F** in den Querſchnitt **G H** eine plötzliche Veränderung der Geſchwindigkeit und mithin ein Verluſt von lebendiger Kraft Statt findet. In Betracht nun, daß die Geſchwindigkeiten in den Querſchnitten **E F** und **G H** reſpectiv $\frac{P'\ \Omega'\ U}{B\ A}$ und $\frac{P'\ \Omega'\ U}{B'\ A'}$ ſind, wird der Verluſt beim Übergange von **E F** nach **G H** ſein:

$$U\left(\frac{P'\ \Omega'}{B\ A}-\frac{P'\ \Omega'}{B'\ A'}\right)$$

Die Maſſe des Gaſes, welche durch irgend einen Querſchnitt während des Zeitelements dt hindurchgeht, iſt $\frac{P'}{k}\ \Omega'\ U\,dt$.

Mithin erfährt zufolge Carnot's Theorem (Méc. par Poisson II. 213) das Syſtem während dieſes Zeitelements einen Verluſt an lebendiger Kraft, deſſen Werth iſt:

$$\frac{P'}{k}\ \Omega'\ U\,dt\ .\ U^2\left(\frac{P'\ \Omega'}{B\ A}-\frac{P'\ \Omega'}{B'\ A'}\right)^2 \qquad (e')$$

Dieſe Quantität muß zum zweiten Gliede der Gleichung (a') gefügt werden, wodurch ſich folgende ergiebt:

$$2\,k\ \log.\ \frac{P}{P'} = U^2\left[1-\frac{P'^2\ \Omega'^2}{P^2\ \Omega^2}+\left(\frac{P'\ \Omega'}{B\ A}-\frac{P'\ \Omega'}{B'\ A'}\right)^2\right]$$

die dann zur Gleichung (12) führt.

Was die Beſtimmung der Druckkräfte in den verſchiedenen Theilen des Gefäßes anlangt; ſo gilt für den Theil **A E F B** des Gefäßes die Formel (d'); für den Theil **G H D C** des Gefäßes aber muß man die Gleichung (d') S. 152 mit Zufügung der Quantität (e') zum zweiten Gliede derſelben anwenden; wodurch man findet:

$$2\,k\ \log.\ \frac{P}{p} = U^2\left[\frac{P'^2\ \Omega'^2}{p^2\ \omega^2}-\frac{P'^2\ \Omega'^2}{P^2\ \Omega^2}+\left(\frac{P'\ \Omega'}{B\ A}-\frac{P'\ \Omega'}{B'\ A'}\right)^2\right] \quad (f')$$

Der Formel (d') muß durch die Werthe Genüge gleiſtet werden, welche dem Querſchnitt **E F** angehören, d. h. indem man $p = B$, $\omega = A$ ſetzt; der Formel (f') dagegen durch die Werthe, welche dem Querſchnitt **G H** zugehören; d. h. indem man $p = B'$, $\omega = A'$ ſetzt. Wenn man nun dieſe Subſtitutionen macht und U mittelſt der Gleichung (12) eliminirt, erhält man die Gleichungen (13).

Wären im Gefäße mehrere Querſcheidewände vorhanden, und müßte die Flüſſigkeit durch mehrere innere Öffnungen hindurchgehen, ſo würde man zum zweiten Gliede der Gleichung (d') ſo viel, der Formel (e') ähnliche, Glieder zuzufügen haben, als Querſcheidewände durchſtrömt worden ſind.

zu ſubſtituiren haben, worin m das Bruchverhältniß der Area von EF und von ef bezeichnet.

G) Die Formeln (12) und (14) geſtatten auch eine Anwendung auf die Fälle, wo ein Sprung in der Geſchwindigkeit vermöge einer bloßen Einſchnürung des Gefäßes, wie in Fig. 28 und 29 eintritt *).

In dieſem Falle ſetze man in dieſen Formeln A = A′ und für B ſetze man den größeren, für B′ den kleinern der beiden Werthe, die ſich aus folgender Formel **) für B ergeben würden:

$$\frac{\log.\frac{P}{B}}{\log.\frac{P}{P'}} = \frac{\frac{P^2\,\Omega^2}{B^2\,A^2} - 1}{\frac{P^2\,\Omega^2}{P'^2\,\Omega'^2} - 1} \tag{15}$$

H) Für den Fall, daß in dem Gefäße Fig. 30 die beiden Querſchnitte EF, CD ſehr klein in Verhältniß zu den Querſchnitten AB, GH, ſind, gehen (12) und (13) in folgende über.

$$U = \sqrt{\frac{2k\,\log.\frac{P}{P'}}{1 + \frac{P'^2\,\Omega'^2}{B^2\,A^2}}} \tag{16}$$

und

$$\begin{aligned} \frac{\log.\frac{P}{B}}{\log.\frac{P}{P'}} &= \frac{1}{\frac{B^2\,A^2}{P'^2\,\Omega'^2} + 1} \\ \frac{\log.\frac{P}{B'}}{\log.\frac{P}{P'}} &= \frac{1}{\frac{B^2\,A^2}{P'^2\,\Omega'^2} + 1} \end{aligned} \tag{17}$$

Da die zweiten Glieder letzterer Gleichung identiſch ſind, ſo folgt, daß man hier B = B′ hat. Mithin ändert ſich in dem beſondern Fall, von dem hier die Rede iſt, der Druck des Gaſes bei ſeinem unmittelbaren Übergange vom Querſchnitt EF in den Querſchnitt GH um keine merkliche Quantität. Man kann ſich außerdem überzeugen, daß der Werth von B oder B′, den die Gleichungen (17) geben, immer größer ſein wird, als der äußere Druck P′, und dieſem Druck nur dann gleich werden würde, wenn der Querſchnitt EF, deſſen Area mit A bezeichnet iſt, ausnehmend klein in Verhältniß zur Ausflußmündung CD iſt, in welchem Fall die Formel (16) zeigt, daß die Größe der Ausflußgeſchwindigkeit ſehr klein werden würde. Man kann mithin dadurch, daß man die Flüſſigkeit nöthigt, durch eine innere ſehr kleine Mündung zu gehen, die Ausflußgeſchwindigkeit beliebig verkleinern.

---

*) Eine Einſchnürung bringt nicht nothwendig einen ſolchen Sprung mit ſich, ſondern bloß unter gewiſſen Verhältniſſen, die ſich nach der frühern Erörterung der Formel (6) ergeben.

**) Die nachſtehende Formel ergiebt ſich, wenn man in Formel (13) A = A′ und B = B′ ſetzt. Sie iſt auch in dem Fall einer Einſchnürung gültig, wenn kein Sprung daſelbſt Statt hat, wofern man nur dann für B′ den größeren der beiden Werthe nimmt, die durch obige Gleichung gegeben werden, welcher Werth identiſch iſt mit dem durch Gleichung (6) gegebenen.

Wenn der Druck P den äußeren Druck P′ ſehr wenig überträfe, ſo würde daſſelbe vom Druck B gelten, und man würde ſehr nahe haben:

$$\log. - \frac{P}{P'} = \frac{P - P'}{P'}\ ;\ \log. \frac{P}{B} = \frac{P - B}{P'}\ ;\ \frac{B^2}{P^2} = 1 + 2\,\frac{B - P'}{P'}$$

Durch Subſtitution dieſer Werthe in die Gleichungen (17) findet man:

$$B = B' = \frac{P + \frac{P'\,\Omega'^2}{A^2}}{1 + \frac{\Omega'^2}{A^2}} \tag{18}$$

Im Falle, wo die Querſchnitte EF und CD gleich wären, würde dieſe Gleichung geben:

$$B = B' = \frac{P + P'}{2}$$

ſo daß der Druck im Querſchnitt EF dann das arithmetiſche Mittel zwiſchen den Druckkräften P und P′ ſein würde, welche in den äußerſten Querſchnitten AB, CD Statt finden. Die Formel (16) wird alsdann:

$$U = \sqrt{\frac{2\,k\,\log.\frac{P}{P'}}{1 + \frac{4\,P'^2}{(P + P')^2}}} \tag{19}$$

Vergleicht man dies Reſultat mit der Formel (4), ſo ergiebt ſich, daß dadurch, daß das Gas genöthigt wird, durch die innere Mündung EF hindurchzugehen, in dieſem Falle die Geſchwindigkeit an der Mündung CD und mithin das Volumen des Gaſes, welches in einer gegebenen Zeit ausfließt, in einem Verhältniß verringert wird, welches ſehr wenig von dem von $\sqrt{2} : 1$ abweicht.

Erörterung der vorſtehenden Formeln in Bezug auf einige beſondere Anordnungsarten.

Ausfluß der Luft durch ein cylindriſches oder coniſches Anſatzrohr. Erſter Fall. Das cylindriſche Rohr fügt ſich an die ebene Fläche des Reſervoirs mittelſt einer Art Mundſtück an, wie Fig. 32 darſtellt, ſo daß die Gasſtralen, welche zum erſten Querſchnitt EF dieſes Rohres gelangen, alle mit der Axe MN parallel gerichtet ſind.

In dieſem Falle werden Geſchwindigkeit und Ausflußquantum offenbar durch die Formeln (1) bis (5), der Druck durch die Formeln (6) bis (8) beſtimmt. Befindet man ſich ſonach im Falle der Fig. 26, ſo nimmt der Druck progreſſiv von AB nach EF, vom Werthe P bis zum Werthe P′ ab, der in dem Mittel, in welches das Gas ausſtrömt, Statt hat, und eben ſo in dem ganzen Theile E F D C der Röhre beſteht. Befindet man ſich aber in dem Falle der Fig. 27, ſo geht der Druck von A B nach E F vom Werthe P in den Werth P″ über, der in der Fig. 27 dem Punkt M″ entſpricht, der in demſelben Abſtande von der Axe o p als der Punkt M′ liegt, und dieſer Druck P″ beſteht ebenfalls von E F bis zum äußerſten Querſchnitt C D, wo der Druck plötzlich vom Werthe P″ in den Werth P′ übergeht, der außerhalb des Gefäßes Statt hat.

Zweiter Fall. Der Eingang der an die ebene Fläche des Reſervoirs gefügten cylindriſchen Röhre iſt nicht evaſirt, Fig. 33.

In dieſem Falle gilt das unter F und G Erörterte, in folgender Art angewandt. Man nimmt an, daß der Gasſtral, welcher durch den Querſchnitt E F hindurchgegangen iſt, und ſich zuſammengezogen hat, ſich plötzlich zu G H ausbreitet. Man wird mithin in den Formeln (12) bis (14) erſtens m A anſtatt A ſchreiben, dann $A = A' = \Omega'$ machen. Setzt man überdies Ω' ſehr klein in Verhältniß zu Ω, ſo hat man hier ſtatt der Gleichung (12) folgende:

$$U = \sqrt{\frac{2k \log. \frac{P}{P'}}{1 + \left(\frac{P'}{mB} - \frac{P'}{B'}\right)^2}}$$

und anſtatt der Gleichung (13) folgende:

$$\frac{\log. \frac{P}{B}}{\log. \frac{P}{P'}} = \frac{\frac{1}{m^2 B^2}}{\frac{1}{P'^2} + \left(\frac{1}{mB} - \frac{1}{B'}\right)^2}$$

$$\frac{\log. \frac{P}{B'}}{\log. \frac{P}{P'}} = \frac{\frac{1}{B'^2} + \left(\frac{1}{mB} - \frac{1}{B'}\right)^2}{\frac{1}{P'^2} + \left(\frac{1}{mB} - \frac{1}{B'}\right)^4}$$

worin B und B′ reſpectiv die Druckkräfte bezeichnen, welche in den Querſchnitten e f und G H Statt haben. Die letzte dieſer Gleichungen giebt $B' = P'$, ſo daß der Druck im Querſchnitt G H, wie ſich erwarten ließ, gleich dem äußeren Druck iſt, der im äußerſten Querſchnitte C D Statt hat. Zufolge dieſes Reſultates werden die beiden andern Gleichungen reſpectiv werden:

$$U = \sqrt{\frac{2k \log. \frac{P}{P'}}{1 + \left(\frac{P'}{mB} - 1\right)^2}} \tag{20}$$

$$\frac{\log. \frac{P}{B}}{\log. \frac{P}{P'}} = \frac{\frac{P'^2}{m^2 B^2}}{1 + \left(\frac{P'}{mP} - 1\right)^2} \tag{21}$$

Subſtituirt man den durch (21) gegebenen Werth von B in (22) ſo findet man dadurch die Ausflußgeſchwindigkeit.

Geſetzt der Druck P übertreffe ſehr wenig den äußeren Druck P′, ſo wird der Druck B ſehr wenig von P′ verſchieden ſein. Macht man $P = P'(1 + \alpha)$, $B = P'(1 + \varepsilon)$, und ſubſtituirt dieſe Werthe in die Gleichung (21) unter Vernachläſſigung des Quadrats und der höhern Potenzen von α und ε, ſo wird dieſe Gleichung geben:

$$\varepsilon = -\alpha \frac{2m - 2m^2}{1 - 2m + 2m^2}$$

d. i.

$$B = P'(P - P') \frac{2m - 2m^2}{1 - 2m + 2m^2} \qquad (22)$$

welcher Werth in die Gleichung (20) zu ſubſtituiren iſt. Giebt man dem Verhältniß m den Werth 0,62, ſo wird man haben:

$$B = P' - 0{,}89\,(P - P').$$

Es erhellt aus dieſen Reſultaten, daß der Druck in dem Querſchnitt ef immer kleiner als der äußere Druck P′ iſt, welcher von GH bis CD Statt hat. Dieſe Erniedrigung des äußeren Drucks beträgt ziemlich $\frac{9}{10}$ der Differenz zwiſchen den Drucken P und P′. Subſtituirt man den Werth (22) von B in den Ausdruck (21) der Ausflußgeſchwindigkeit, ſo wird dieſer Ausdruck einen Werth dieſer Geſchwindigkeit geben, welcher ſtets kleiner als

$$U = \sqrt{\frac{2k \log. \frac{P}{P'}}{1 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2}}$$

ſein und ſich um ſo mehr von dieſer Gränze entfernen wird, je größer die Differenz P — P′ iſt. Man ſchließt hieraus, daß die Ausflußquantität hier ſtets kleiner, als der, mit dem Bruch

$$\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2}}$$

multiplicirte Werth (5) iſt, welcher einer evaſirten Mündung zugehört, und daß die Verſchiedenheit mit dem überſchuß des innern, im Gaſometer Statt findenden, Drucks über den äußern Druck zunimmt. Nun ſtellt der vorſtehende Druck für den Ausfluß einer tropfbaren Flüſſigkeit genau das Verhältniß des Ausflußquantums dar, welches durch eine kleine cylindriſche Anſatzröhre Statt findet, zu dem durch eine evaſirte Mündung Statt findenden Ausflußquantum, welches Verhältniß conſtant und unabhängig von dem Drucke, unter welchem der Ausfluß geſchieht, iſt. Wir finden alſo, daß bei einer elaſtiſchen Flüſſigkeit der Ausfluß durch eine enge cylindriſche Anſatzröhre mit dem einer tropfbaren Flüſſigkeit übereinkommt, wenn der Drucküberſchuß, welcher den Ausfluß bewirkt, ausnehmend klein iſt; daß aber in dem Maße, als die Differenz der Druckextreme zunimmt, das

Verhältniß des effectiven Ausflußquantums zu dem, was man das theoretiſche Ausflußquantum nennt, anſtatt wie bei den tropfbaren Flüſſigkeiten conſtant zu bleiben, progreſſiv abnimmt.

Wir werden in der Folge das Verhältniß des Ausflußquantums, welches wirklich durch eine cylindriſche Anſatzröhre Statt hat, zu dem, welches ſich durch Berechnung nach der Formel (5) ergeben würde, mit μ bezeichnen. Nach dem Vorſtehenden und unter Berückſichtigung, daß für die atmoſphäriſche Luft, wie für das Waſſer $m = 0{,}62$ gefunden wird, hat man ſehr nahe

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{0{,}62\left(1 - 0{,}89\,\frac{P - P'}{P'}\right)} - 1\right)^2}}$$

für den Fall, wo die Differenz zwiſchen P und P' ſehr klein im Verhältniß zu ihren abſoluten Werthen iſt.

Man findet in der obenerwähnten Abhandlung von Lagerhielm zwei Verſuche über den Ausfluß der Luft durch ein cylindriſches Anſatzrohr, deren Reſultate in folgender Tabelle verzeichnet ſind. Der Durchmeſſer dieſes Rohres war 0,065 Fuß, die Länge 0,46 Fuß; der Stand des auswendigen Barometers 2,511 Fuß, die Temperatur 12° C.

Drucküberſchuß.	Dauer des Ausfluſſes.	Volumen ausgefloſſener Luft.	Werth des Verhältniſſes μ.
Fuße.	Secunden.	Cubikfuße.	
1,515	11,25	8,0197	0,84
0,5757	20,5	7,885	0,7164

Die große Verſchiedenheit der beiden Werthe von μ, die durch dieſe Verſuche gegeben werden, eine Verſchiedenheit, die die entgegengeſetzte Richtung von der hat, welche nach vorſtehender Theorie Statt finden ſollte, erlaubt nicht, ihnen eine ſehr große Genauigkeit beizulegen. Das mittlere Reſultat iſt $\mu = 0{,}78$; und da dies Verhältniß ein wenig kleiner als dasjenige iſt, welches dem Waſſer unter denſelben Umſtänden zukommen würde, ſo würde dies übrigens ganz in Übereinſtimmung mit der in Rede ſtehenden Theorie ſein. Man findet auch, daß die Beobachtungen Lagerhielm's über die Druckverminderung, welche in dem Theile der Röhre, wo der Stral ſich zuſammengezogen hat, Statt hat, ganz mit den oben ausgeſprochenen Reſultaten übereinſtimmen. Nur zeigen dieſe Beobachtungen an, daß der Druck von der Wand nach der Axe der Röhre zu abnimmt, ein Umſtand, der durch Formeln, welche auf die Hypotheſe des Parallelismus der Schichten gegründet ſind, nicht reproducirt werden kann, da dieſe Hypotheſe einen gleichen Druck ſo wie eine gleiche Geſchwindigkeit in allen

Punkten eines und desſelben Querſchnittes vorausſetzt, und mithin ein einfaches Reſultat giebt, welches man mit dem Mittel derer vergleichen muß, die in den verſchiedenen Theilen dieſes Querſchnittes beobachtet werden.

Andere von d'Aubuiſſon herrührende Verſuche, welche in dem oben citirten Bande der Annales des Mines enthalten ſind, haben Reſultate geliefert, die in folgender Tabelle dargeſtellt ſind:

Durchmeſſer des Anſatzrohres.	Länge des Anſatzrohres.	Drucküberſchuß.	Werth des Verhältniſſes μ.
Meter.	Meter.	Meter. Meter.	
0,01	0,04	0,027 bis 0,0142	0,931
0,015	0,045	0,027 — 0,018	0,924
0,02	0,06	0,028 — 0,036	9,916
0,03	0,09	0,025 — 0,039	0,933
0,022	0,022		0,947
	0,045		0,924
	0,160		0,852
	0,325		0,730

Der Werth des Coeſſicienten μ iſt für die Verſuche, bei welchen die Länge der Röhre den Durchmeſſer nicht drei- bis viermal überſchreitet, 0,926. Das auf die Röhre, bei welcher die Länge ſieben- bis achtmal ſo groß als der Durchmeſſer iſt, bezügliche Reſultat liegt zwiſchen den Reſultaten der beiden Verſuche Lagerhjelm's mitten inne, bei welchen das Verhältniß ungefähr dasſelbe war, und ſtimmt mithin, gleich dieſen letzteren, mit der vorſtehenden Theorie überein. Die anderen Verſuche führen zu größeren Werthen von μ, als aus dieſer Theorie nach der Annahme hervorgehen würde, daß ſich der Stral beim Eintritt des Anſatzrohres im Verhältniß von 1 : 0,62 zuſammenzieht, d. h. daß m = 0,62 iſt, wie in der Formel (25) angenommen worden. Dieſe Verſchiedenheit kann zum Theil durch den S. 150 erwähnten Umſtand erklärt werden, zufolge deſſen die Zuſammenziehung beim Eintritt des Anſatzrohres geringer ſein mußte, als ſie geweſen wäre, wenn der Mündung nicht eine Art Mundſtück vorausgegangen wäre. In der That muß der Werth des Verhältniſſes μ hier ausnehmend wenig von dem differiren, welchen die Formel

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2}}$$

geben würde. Dieſe läßt finden μ = 0,85, wenn man darin m = 0,62 ſetzt. Setzt man aber darin m = 0,65, welcher Werth direct aus den Verſuchen d'Aubuiſſon's hervorgeht, die mit demſelben Apparate an einer Öffnung in einer dünnen Wand angeſtellt waren, wie S. 149 angegeben worden, ſo wird dieſelbe Formel $\mu = 0{,}88$ geben, welches Reſultat nicht mehr ſo weit von dem durch den Verſuch gefundenen Werthe abweicht. Da überdies die in Rede ſtehenden Verſuche mit ſehr kleinen Drucküberſchüſſen angeſtellt wurden, ſo ſcheint es, daß man in Erwartung mehrerer und mehr abgeänderter Verſuche die vorige Theorie als gültig anerkennen und den Ausdruck (23) zur Beſtimmung des Verhältniſſe μ anwenden kann.

D'Aubuiſſon hat auch Verſuche über coniſche Anſatzröhren angeſtellt, deren Reſultate in folgender Tabelle enthalten ſind:

Durchmeſſer des Anſatzrohres an der Baſis.	Durchmeſſer des Anſatzrohres an der Mündung.	Länge des Anſatzrohres.	Innerer Druck.			Werth des Verhältniſſes μ.
Meter.	Meter.	Meter.	Meter.		Meter.	
0,02	0,01	0,04	0,05	bis	0,12	0,927
0,03	0,015	0,045	0,028	—	0,12	0,917
0,04	0,02	0,06	0,027	—	0,06	0,936
0,06	0,03	0,06	0,04	—	0,05	0,933
0,02	0,015	0,045	0,028	bis	0,12	0,936
0,03						0,917
0,06						0,728
0,08		0,025				0,947

Die Reſultate der in Bezug auf ein cylindriſches Anſatzrohr gegebenen Erörterungen können im Allgemeinen keine Anwendung auf ein kegelförmiges Anſatzrohr finden, weil die drei Querſchnitte EF, GH, CD (Fig. 35) nicht mehr unter einander gleich ſind und weil eine größere Contraction des Strals jenſeits des äußerſten Querſchnitts CD Statt findet. Da jedoch bei faſt allen vorſtehenden Verſuchen die Neigung der Seitenfläche des Kegels gegen die Axe ſehr klein war, ſo würden allerdings hier die, für cylindriſche Anſatzröhren geltenden, Reſultate ohne merklichen Irrthum ihre Anwendung finden können, wobei dieſelben Bemerkungen Platz finden würden, als ſo eben bei den cylindriſchen Anſatzröhren gemacht worden.

Vom Ausfluſſe eines Gaſes aus einem Gefäße in ein anderes durch eine kleine Mündung. Es ſeien zwei Gefäße von rechteckiger Geſtalt, welche durch eine kleine Mündung mit einander communiciren und eine, in dem erſten Gefäße enthaltene, gasförmige Flüſſigkeit fließe in das zweite durch dieſe Mündung über. Es ſeien nun die Druckkräfte und mithin Dichtigkeiten gegeben, welche in einem gewiſſen Augendichte in beiden Gefäßen Statt haben und es werden geſucht die Druckkräfte und Dichtigkeiten, die nach einer beliebigen Zeit Statt haben. Es heiße:

A das Volumen des Gefäßes, aus welchem das Gas austritt.
A' das Volumen des Gefäßes, in welches das Gas eintritt.
P, P' die Druckkräfte, welche reſpectiv in beiden Gefäßen in dem Augenblick, wo man t = o rechnet, Statt haben.
p, p' die Druckkräfte, die reſpectiv in beiden Gefäßen zu Ende der Zeit t Statt haben.
Ω' die Area der Communicationsmündung.

Zufolge der Kleinheit der Mündung Ω' und der Geſtalt, welche beiden Gefäßen beigelegt worden iſt, wollen wir annehmen: 1) daß die Ausflußgeſchwindigkeit durch Wirkung der Druckdifferenz von p und p' eben ſo erzeugt wird, als dies Statt haben würde, wenn dieſe Druckkräfte ſich nicht mit der Zeit änderten; 2) daß dieſe nämlichen Druckkräfte in einem gegebenen Augenblicke in der ganzen Ausdehnung der beiden Gefäße beſtehen. Dieſe Annahmen können ſich nicht merklich von den wirklichen Verhältniſſen entfernen und ſind analog dem, was Statt hat, wenn ein Gefäß, welches mit Waſſer gefüllt war, ſich durch eine kleine Mündung entleert, in welchem Falle es erlaubt iſt, die veränderliche Geſchwindigkeit, welche an dieſer Mündung Statt findet, in jedem Augenblicke als abhängig zu betrachten von der Höhe der Flüſſigkeit im Gefäße und dem Druck in allen Theilen des Gefäßes, ſo angenommen, wie er Statt haben würde, wenn die Flüſſigkeit in Ruhe wäre. Hiernach wird das Volumen der Flüſſigkeit, welche in der unendlich kleinen Zeit dt aus dem erſten Gefäße ausfließt, zufolge der Formel (5) ausgedrückt werden durch

$$dt\,\frac{p'\,\Omega}{p}\sqrt{2k\log.\frac{p}{p'}}$$

Nun muß ſich der Druck im erſten Gefäße genau im Verhältniß des Volumens der Flüſſigkeit, die daraus austritt, zum Totalvolumen mindern, man hat mithin das Verhältniß:

$$-\frac{dp}{p} = \frac{1}{A}\,dt\,.\,\frac{p'\,\Omega'}{p}\sqrt{2k\log.\frac{p}{p'}}$$

woraus man ableitet:

$$dt = -\frac{A\,dp}{p'\,\Omega'\sqrt{2k\,(\log.p - \log.p')}}$$ ([illegible])

In Erwägung aber, daß die in beiden Gefäßen enthaltene Gasmaſſe immer dieſelbe bleiben muß, hat man ebenfalls

$$A\,P + A'\,P' = A\,p + A'\,p'$$

und durch Subſtitution des, aus dieſer letzten Gleichung hergeleiteten, Werthes von p' in die vorigen findet man:

$$dt = -\frac{A\,A'\,.\,dp}{\Omega[A(P-p)+A'P']\sqrt{2k\,\{\log[A(P-p)+A'P']+\log A'\}}}$$ ([illegible])

Dieſe Gleichung, von $p = P$ an integrirt wird die Zeit geben, welche erforderlich iſt, damit der Druck im erſten Gefäße vom urſprünglichen Werthe P auf einen beliebigen Werth p komme. Wenn das Gas aus dem erſten Gefäße in ein Mittel von unbegränzter Ausdehnung, worin der Druck für conſtant genommen wird, überginge, ſo möchte man für p' den conſtanten Werth P' in der Gleichung (24) ſetzen, was alsdann ſtatt der Gleichung (25) geben würde

$$dt = -\frac{A\,dp}{P'\,\Omega'\,\sqrt{2k\cdot(\log.\,p - \log.\,P')}} \qquad (26)$$

Zu demſelben Reſultate würde man kommen, wenn man in der Gleichung (25) A' unendlich groß gegen A ſetzte.

§. II. Formeln in Bezug auf den Ausfluß durch längere Röhrenleitungen.

Wenn die Länge einer cylindriſchen Röhre ſehr groß iſt, z. B. den Durchmeſſer hundertmal oder mehr überſteigt, ſo lehrt der Verſuch, daß die Volumina Gas, welche in einer gegebenen Zeit ausfließen, viel kleiner ſind, als ſie nach den vorſtehenden Formeln ausfallen würden, und überdieß, daß der Druck progreſſiv von einem Ende der Röhre zum andern abnimmt, was offenbar davon abhängt, daß die Bewegung des Gaſes hier durch Urſachen Eintrag erfährt, welche die vorſtehende Theorie nicht in Rechnung zieht, und die deſſenungeachtet nicht vernachläſſigt werden dürfen. Bei den tropfbaren Flüſſigkeiten, wo ein ähnlicher verzögernder Einfluß Statt findet, kann derſelbe durch eine Kraft repräſentirt werden, welche von der Geſchwindigkeit der Flüſſigkeit abhängt und der Ausdehnung der Röhrenwand proportional iſt, und zwar ſetzt man ſie hier, um die Beobachtungen getreu genug wiederzugeben, aus zwei Gliedern zuſammen, deren eines die erſte, das andere die zweite Potenz der Ausflußgeſchwindigkeit enthält. Aus den über den Ausfluß der Gasarten angeſtellten Verſuchen jedoch ſcheint hervorzugehen, daß der Ausdruck dieſer nämlichen Kraft in den Formeln, welche die Umſtände dieſes Ausfluſſes repräſentiren, auf ein einziges, der zweiten Potenz der Geſchwindigkeit proportionales, Glied reducirt werden könne, und dieß iſt im Folgenden geſchehen.

Erſter Fall. Das Gefäß, durch welches das Gas ausfließt, endet ſich auf eine horizontale cylindriſche Röhre (Fig. 84).

Im erſten Querſchnitt AB ſey beſtändig der Druck P, im letzten CD der Druck P' vorhanden.

Es heiße ferner

Ω die conſtante Area des Querſchnitts der Röhre.
ℓ der Umkreis dieſes Querſchnitts.
D ſein Durchmeſſer.
s der Abſtand Ms irgend eines Querſchnitts ss' vom Ende M.
L die Totallänge MN der Röhre.
u die Geſchwindigkeit in einem beliebigen Querſchnitt ss'.
U die Ausflußgeſchwindigkeit im äußerſten Querſchnitt CD.

β ein Coefficient, dessen numerischer Werth so bestimmt werden muß, daß er den Resultaten der Versuche genügt.
[illegible] das Verhältniß des Umfangs zum Durchmesser.

Man findet dann folgende Formeln *):

$$U = \sqrt{\frac{\frac{k}{2}\left(\frac{P^2}{P'^2} - 1\right)}{\frac{4\beta\lambda}{D} + \log.\frac{P}{P'}}} \qquad (27)$$

Das Gasvolumen, welches in der Zeiteinheit, gemessen unter dem Drucke P', ausfließt, ist gleich dem Produkte von U in die Area $\frac{\pi D^2}{4}$ des Quer-

---

*) Die Herleitung ist diese: Wir wollen annehmen, die in αβ befindliche Schicht werde nach der ihrer Bewegung entgegengesetzten Richtung durch eine Kraft sollicitirt, welche durch $\rho \xi d x \beta u^2$ repräsentirt wird, insofern man den Werth dieser Kraft proportional setzt der Dichtigkeit ρ des Gases, der Area ξ d x des von der Schicht eingenommenen Wandtheils und dem Quadrat der Geschwindigkeit u. Die Bewegungsgleichung dieser Schicht wird also seyn:

$$- \Omega d p = \rho \xi d x \beta u^2 + \rho \Omega d x \frac{d u}{d t} \qquad (\alpha')$$

oder, weil $p = k \rho$

$$- k \frac{d p}{p} = \frac{\xi}{\Omega} d x \beta u^2 + d x \frac{d u}{d t} \qquad (\beta')$$

welche Gleichung hier die Gleichung (β) S. [illegible] Anm. vertritt. Da der Querschnitt des Gefäßes constant ist, so haben wir anstatt der Gleichungen (γ) S. [illegible] Anm.

$$u = \frac{P' U}{p}, \quad \frac{d u}{d t} = - \frac{P' U}{p^2} \frac{d p \, d x}{d x \, d t} \qquad (\gamma')$$

durch Substitution dieser Werthe in die vorige Gleichung, worin man d x durch u d t und $\frac{\xi}{\Omega}$ durch $\frac{4}{D}$ ersetzt, findet man:

$$- k p d p = \frac{4}{D} d x \beta P'^2 U^2 - P'^2 U^2 \frac{d p}{p} \qquad (\delta')$$

und durch Integration folgt:

$$- \frac{1}{2} k p^2 = \frac{4}{D} x \beta P'^2 U^2 - P'^2 U^2 \log. p + \text{Const.} \qquad (\varepsilon')$$

Die Constante läßt sich nach der Bemerkung bestimmen, daß man im ersten Querschnitt der Röhre hat x = 0 und p = P, welches giebt:

$$\frac{1}{2} k (P^2 - p^2) = \frac{4 x}{D} \beta P'^2 U^2 + P'^2 U^2 \log. \frac{P}{p} \qquad (\zeta')$$

und, da man am entgegengesetzten Ende hat x = λ, p = P', so zieht man hieraus:

$$\frac{1}{2} k (P^2 - P'^2) = \frac{4 \lambda}{D} \beta P'^2 U^2 + P'^2 U^2 \log. \frac{P}{P'} \qquad (\eta')$$

was dann zu der Gleichung (27) führt.

ſchnitts der Röhre, mithin iſt der Ausdruck dieſes Volumens, gemeſſen unter dem im Gaſometer Statt findenden Druck P:

$$\frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{\frac{k}{2}\left(1 - \frac{P'^2}{P^2}\right)}{\frac{4\beta\lambda}{D} + \log. \frac{P}{P'}}} \qquad (28)$$

Iſt das Verhältniß $\frac{\lambda}{D}$ der Länge der Röhre zu ihrem Durchmeſſer ſehr groß, ſo kann man in vorſtehenden Formeln das Glied des Nenners, worin dies Verhältniß nicht enthalten iſt, vernachläſſigen, und hat dann blos

$$U = \sqrt{\frac{kD}{8\beta\lambda}\left(\frac{P^2}{P'^2} - 1\right)} \qquad (29)$$

und für den Ausdruck des Gasvolumens, welches in der Zeiteinheit ausfließt, gemeſſen unter dem im Gaſometer Statt findenden Druck:

$$\frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{kD}{8\beta\lambda}\left(1 - \frac{P'^2}{P^2}\right)} \qquad (30)$$

Um den Druck p zu beſtimmen, der im Abſtande x vom Urſprunge der Röhre im Gaſometer Statt hat, gilt die Gleichung (gefunden durch Elimination von U zwiſchen (ζ') und (27)):

$$\frac{P^2 - p^2}{P^2 - P'^2} = \frac{\frac{4\beta x}{D} + \log. \frac{P}{p}}{\frac{4\beta\lambda}{D} + \log. \frac{P}{P'}} \qquad (31)$$

Sind die mit x und λ bezeichneten Längen hinlänglich groß im Verhältniß zum Durchmeſſer D, daß man die Glieder $\log. \frac{P}{p}$ und $\log. \frac{P}{P'}$ vernachläſſigen kann, ſo wird ſich die vorige Gleichung reduciren auf

$$\frac{P^2 - p^2}{P^2 - P'^2} = \frac{x}{\lambda}; \text{ oder } p = \sqrt{P^2 - (P^2 - P'^2)\frac{x}{\lambda}} \qquad (32)$$

welche ſehr einfache Gleichung dienen kann, den Werth des Drucks in den verſchiedenen Theilen einer Leitungsröhre zu beſtimmen.*) Man kann hiebei bemerken, daß, wenn man $\Omega = \Omega'$ in der Formel (1) ſetzt, ſich für den Ausdruck der Ausflußgeſchwindigkeit ergiebt:

---

*) Es folgt aus dieſem Ausdruck, daß, wenn man eine Curve verzeichnete, wovon x die Abſciſſe und p die Ordinate vorſtellte, ſo würde dieſe Curve, deren Ordinaten für die Abſciſſen x = o und x = λ reſpectiv = P und P' ſein würden, im Zwiſchenraume ihre Concavität gegen die Axe der Abſciſſe kehren, indem alle Ordinaten größer ſeyn würden, als die der geraden Linie, welche die beiden äußerſten Punkte vereinigte. Die Differenz zwiſchen den Ordinaten der Curve und denen der geraden Linie iſt jedoch ſehr klein, zumal wenn der innere Druck P den äußern P' wenig überwiegt.

$$U = \sqrt{\frac{2k \log. \frac{P}{P'}}{1 - \frac{P'^2}{P^2}}}$$

welcher Ausdruck einer Röhre von beliebiger Geſtalt zwiſchen den beiden äußerſten Querſchnitten, wofern nur dieſe Querſchnitte gleich ſind, angehört. Dies Reſultat ſcheint ſonach für den beſondern Fall einer cylindriſchen Röhre anwendbar ſeyn zu müſſen, welche hinreichend kurz iſt, daß man von dem Widerſtande abſtrahiren kann, der von Reibung der Flüſſigkeit gegen die Wand abhängt. Jedoch die Formel (27), welche durch directe Betrachtung dieſes Falls gefunden worden iſt, hat zur Gränze, wenn l immer kleiner wird, den davon verſchiedenen Ausdruck

$$U = \sqrt{\frac{\frac{k}{2}\left(\frac{P^2}{P'^2} - 1\right)}{\log. \frac{P}{P'}}}$$

Dieſe Discordanz zeigt an, daß durch Zuziehung einer verzögernden Kraft, welche von Reibung der Flüſſigkeit an der Wand abhängt, die Natur der Bewegung des Gaſes weſentlich geändert wird. In der That wird bei Beiſeitlaſſung dieſer Kraft der Werth des Drucks im Rohre durch die Gleichung (6) gegeben, wenn man darin $\omega = \Omega' = \Omega$ ſetzt. Man wird ſich dann immer im Fall der Fig. 27 befinden, wie leicht zu erſehen iſt. Der Druck wird ſeine Größe im Querſchnitte A B (Fig. 34) plötzlich ändern und in der ganzen Ausdehnung der Röhre dem äußern Drucke P' gleich ſeyn. Im Fall der Zuziehung jener Kraft dagegen wird der Werth des Drucks in der Röhre durch die Formel (32) gegeben werden, welcher anzeigt, daß dieſer Druck progreſſiv von einem Ende der Röhre nach dem andern hin abnimmt. Das Gas fließt ſonach nicht in beiden Fällen auf die nämliche Weiſe aus und man darf ſich nicht wundern, daß man für jeden derſelben verſchiedene Ausdrücke der Geſchwindigkeit erhält.

Dieſe Ausdrücke ſtimmen übrigens darin überein, daß ſie $U = \infty$ geben, wenn der Druck P' ausnehmend klein in Verhältniß zu P iſt. Auch nähern ſich die aus beiden abzuleitenden Werthe um ſo mehr der Identität, je kleiner der Unterſchied der Druckkräfte P, P' wird. In der That, ſetzt man $P = P'(1 + \alpha)$, wo α einen ſehr kleinen Bruch bedeutet, ſo hat man

$$\log. \frac{P}{P'} = \alpha, \quad \frac{P^2}{P'^2} = 1 + 2\alpha$$

und findet durch Subſtitution dieſer Werthe in die beiden vorſtehenden Formeln reſpectiv:

$$U = \sqrt{k(1 + 2\alpha)}, \quad U = \sqrt{k}$$

Mithin ſtimmen die in Rede ſtehenden Formeln in den beiden äußerſten Fällen überein, und die Werthe, die man für die Zwiſchenfälle daraus ableitet, weichen wenig von einander ab.

Es erhellt übrigens aus dem Vorſtehenden, daß beim Ausfluß durch eine cylindriſche Röhre von kleiner Länge der Werth der Geſchwindigkeit, wenn der Unterſchied der äußerſten Druckkräfte ſehr klein iſt, nicht mehr merklich von den reſpectiven Werthen dieſer Druckkräfte abhängt, ſondern faſt allein vom Verhältniß k der Spannkraft zur Dichtigkeit des Gaſes.

Es muß bemerkt werden, daß vorſtehende Auflöſung keine genaue Anwendung für die meiſten der Fälle finden kann, welche gewöhnlich bei Gasleitungsröhren vorkommen. In der That, dieſe Röhren haben gewöhnlich ihren Ausgangspunkt in einem Reſervoir oder Gaſometer von großem Volumen, das Gas tritt gewöhnlich mit einer Zuſammenziehung hinein und entweicht manchmal am andern Ende durch eine Mündung, deren Area kleiner als der Querſchnitt dieſer Röhre iſt. Dieſe verſchiedenen Umſtände ſind bei dem folgenden Fall mit in Rechnung genommen.

Zweiter Fall. Man betrachte eine horizontale cylindriſche Röhre EJKF (Fig. 35), welche an die obere Wand eines Reſervoirs angefügt und mit der Mündung CD begränzt iſt, deren Austritt evaſirt iſt. Der Querſchnitt AB des Reſervoirs, in welchem der Druck P iſt, werde immer mit Ω, und der Querſchnitt CD der Ausflußmündung, wo der Druck P' iſt, mit Ω' bezeichnet. Man ſetze (wie ſchon früher), daß beim Eintritt der Gasſtrahl, nachdem er ſich zu ef zuſammengezogen hat, ſich plötzlich zu GH erweitert, und bezeichne mit B und B' die Druckkräfte, die reſpectiv in den Querſchnitten ef und GH Statt haben. Es heiße P_1 der Druck, welcher im Querſchnitte JK am Ende des Rohrs unmittelbar vor der Ausflußmündung hergeht. Übrigens bleiben dieſelben Benennungen als vorher. Dann findet man durch gehörige Ableitung: *)

$$2k\log.\frac{P}{P'}=U^2\left[\frac{2\beta\xi\lambda}{\omega}\,\frac{P'^2\,\Omega'^2}{(B'^2-P_1^2)\,\omega^2}\,.\,2\log.\frac{B'}{P_1}+1-\frac{P'^2\,\Omega'^2}{P^2\,\Omega^2}\right.$$
$$\left.+\left(\frac{P'\,\Omega'}{B\,m\,\omega}-\frac{P'\,\Omega'}{B'\,\omega}\right)^2\right] \qquad (33)$$

worin ω und ξ reſpectiv die Area und den Umkreis des conſtanten Durchſchnitts der Röhre bezeichnen.

Dieſe Gleichung kann zur Beſtimmung der Ausflußgeſchwindigkeit U dienen, wenn die Druckkräfte B, B' und P_1, welche reſpectiv in den Querſchnitten ef, GH und JK Statt haben, bekannt ſind.

Zur Beſtimmung von B, B' und P_1 führen folgende Gleichungen:

$$2k\log\frac{P}{B}=U^2\left(\frac{P'^2\,\Omega'^2}{B^2.m^2\omega^2}-\frac{P'^2\,\Omega'^2}{P^2\,\Omega^2}\right) \qquad (34)$$

---

*) Mém. de l'Acad. VII. p. [illegible]

$$2\,k\,\log.\,\frac{P}{B'} = U^2\left[\frac{P'^2\,\Omega'^2}{B'^2\,\omega^2} - \frac{P'^2\,\Omega'^2}{P^2\,\Omega^2} + \left(\frac{P'\,\Omega'}{B.m\,\omega} - \frac{P'\,\Omega'}{B'\,\omega}\right)\right] \quad (35)$$

$$2\,k\,\log.\,\frac{P}{P_1} = U_1^2\left[\frac{2\beta\lambda\mathfrak{l}}{\omega}\cdot\frac{P'^2\,\Omega'^2}{(B'^2-P_1^2)\,\omega}\cdot 2\log.\,\frac{B'}{P_1} + \frac{P'^2\,\Omega'^2}{P_1^2\,\omega^2} - \frac{P'^2\,\Omega'^2}{P^2\,\Omega^2} + \left(\frac{P'\,\Omega'}{B.m\,\omega} - \frac{P'\,\Omega'}{B'\,\omega}\right)^2\right] \quad (36)$$

Allgemein hat man zur Beſtimmung des Drucks p für den Querſchnitt ω im Intervall K e f F

$$2\,k\,\log.\,\frac{P}{p} = U^2\left(\frac{P'^2\,\Omega'^2}{p^2\,\omega^2} - \frac{P'^2\,\Omega'^2}{P^2\,\Omega^2}\right)$$

im Intervall zwiſchen G H und C D aber

$$2\,k\,\log.\,\frac{P}{p} = U^2\left[\frac{2\beta\lambda\mathfrak{l}}{\omega}\cdot\frac{P'^2\,\Omega'^2}{(B'^2-P_1^2)\,\omega^2}\,\log.\,\frac{B'^2}{B'^2-(B'^2-P_1^2)\frac{x}{\mathfrak{l}}} + \frac{P'^2\,\Omega'^2}{p^2\,\omega^2} - \frac{P'^2\,\Omega'^2}{P^2\,\Omega^2} + \left(\frac{P'\,\Omega'}{B.m\,\omega} - \frac{P'\,\Omega'}{B'\,\omega}\right)^2\right] \quad (38)$$

Bei den bekannten Verſuchen und den meiſten der Anwendungen, die ſich darbieten können, iſt der Überſchuß des innern Drucks P über den äußern Druck P' eine ſehr kleine Größe im Verhältniß zum Werthe dieſer Druckkräfte. Ferner iſt die Area ω des Querſchnitts der Leitungsröhre ſehr klein im Verhältniß zur Area Ω des Querſchnitts des Reſervoirs, welches das Gas liefert. Vernachläſſigen wir demnach den Theil (terme) welcher Ω' im Nenner enthält, ſetzen wir $P = P'(1+\alpha)$, $B = P'(1+\varepsilon)$, $B' = P'(1+\varepsilon')$, $P_1 = P'(1+\alpha_1)$, von α, ε, ε', α_1 ſehr kleine Bruchtheile ſind, deren Quadrat und höhere Potenzen ſich vernachläſſigen laſſen, ſo werden die Gleichungen (34), (35), (36) und (38) reſpectiv zu folgenden führen:

$$\alpha - \varepsilon = \frac{\alpha}{\left[\frac{2\beta\lambda\mathfrak{l}}{\omega} + \frac{\omega^2}{\Omega'^2} + \left(\frac{1}{m}-1\right)^2\right]m^2} \quad (39)$$

$$\alpha - \varepsilon' = \alpha\,\frac{1+\left(\frac{1}{m}-1\right)}{\frac{2\beta\lambda\mathfrak{l}}{\omega} + \frac{\omega^2}{\Omega'^2} + \left(\frac{1}{m}-1\right)^2} \quad (40)$$

$$\alpha - \alpha_1 = \alpha_1\,\frac{\frac{2\beta\mathfrak{l}\lambda}{\omega} + 1 + \left(\frac{1}{m}-1\right)^2}{\frac{\omega^2}{\Omega'^2} - 1} \quad (41)$$

$$U = \frac{\omega}{\Omega'}\sqrt{\frac{2\,k\,\alpha}{\frac{2\beta\lambda\mathfrak{l}}{\omega} + \frac{\omega^2}{\Omega'^2} + \left(\frac{1}{m}-1\right)^2}} \quad (42)$$

mittelſt welcher Gleichungen man die Ausflußgeſchwindigkeit und Druckkräfte in den verſchiedenen Theilen der Röhre beſtimmen kann.

Die erſten experimentalen Unterſuchungen, welche über den Ausfluß der elaſtiſchen Flüſſigkeiten bekannt ſind, und die erforderlichen Elemente darbieten, um die vorſtehende Theorie zu bewähren und den Werth des Coefficienten β zu beſtimmen, ſind die, welche von **Girard** angeſtellt worden ſind, und deren Reſultate ſich in T. V. (1821 — 1822) der Mém. d. l'Acad. finden. Dieſe Verſuche beſtanden in Beobachtung des Gasvolumens, welches in einer gegebenen Zeit durch eine Leitungsröhre ausfloß, die von einem Gaſometer ausging und an ihrem Ende ganz offen war. Um auf dieſen Fall den Ausdruck der Formel (42) anzuwenden, muß man erſtlich $\omega = \Omega'$ ſetzen, dann in Betracht ziehen, daß, da die Länge der Leitungsröhre ſehr groß im Verhältniß zu ihrem Durchmeſſer war, im Nenner des Bruches, der ſich unter dem Radical befindet, die beiden letzten Termen vernachläſſigt werden können. Man hat ſonach

$$U = \sqrt{\frac{k D a}{4 \beta \lambda}}$$

für den Ausdruck der Ausflußgeſchwindigkeit am Ende der Röhre, wo D den Durchmeſſer der Leitungsröhre bedeutet. Um das Gasvolumen zu haben, welches in der Zeiteinheit ausgefloſſen iſt (dies Volumen unter dem im Gaſometer Statt findenden Druck gemeſſen), muß man vorſtehenden Ausdruck mit der Area des Querſchnitts der Röhre und dem Verhältniß $\frac{P'}{P}$ des innern und äußern Drucks multipliciren. Man wird alſo für das in Rede ſtehende Volumen erhalten, wenn man für a ſeinen Werth $\frac{P - P'}{P'}$ ſetzt,

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{P'}{P} \sqrt{\frac{k D}{4 \beta \lambda} \cdot \frac{P - P'}{P'}} \qquad (45)$$

Nennen wir ζ die Höhe der Gasſäule, unter dem Druck P' betrachtet, deren Gewicht den Überſchuß $P - P'$ des im Gaſometer Statt findenden Drucks über den äußern Druck hervorbringen könnte, ſo wird man haben

$$g \frac{P'}{k} \zeta = P - P'$$

und mithin $k = g \zeta \frac{P'}{P - P'}$. Mithin kann die Formel (45) die Form erhalten:

$$V = \frac{\pi D^2 P'}{4 P} \sqrt{\frac{g D \zeta}{4 \beta \lambda}}$$

Girard hat gezeigt, daß die Reſultate ſeiner Verſuche repräſentirt werden können, wenn man für den Ausdruck des Ausflußquantums in der Zeiteinheit die Formel

$$V = \frac{\pi D^2}{4}\sqrt{\frac{g D \zeta}{4 \beta \lambda}}$$

nimmt, welche ſich von der vorſtehenden blos darin unterſcheidet, daß das Verhältniß $\frac{P'}{P}$ durch die Einheit erſetzt iſt. Offenbar ändert dieſe Verſchiedenheit die Natur des Ausdrucks nicht, um den es ſich handelt, und es geht daraus blos hervor, daß die von Girard beſtimmten Werthe von β mit $\frac{P'^2}{P^2}$ multiplicirt werden müſſen, um mit der vorſtehenden Theorie zu harmoniren.

Bei allen Verſuchen Girards wurde der Überſchuß des Drucks, welcher im Gaſometer Statt hatte, über den äußern Druck durch eine Waſſerſäule von 0m,03385 Höhe gemeſſen. Dieſer Überſchuß iſt klein genug, daß die Differenz des Verhältniſſes $\frac{P'^2}{P^2}$ von der Einheit unterhalb $\frac{7}{1000}$ fällt. Man kann alſo hier die Modification vernachläſſigen, welche in andern Fällen mit dem Werthe von β vorgenommen werden müßte. Dieſe Werthe ſind in folgender Tabelle enthalten:

Beſchaffenheit des Gaſes	Durchmeſſer der Röhre	Länge der Röhre	Werthe von β	Mittlere Werthe von β
	Meter	Meter		
Atmoſphäriſche Luft . .	0,03121	128,8	0,005579	0,005621
		375,8	0,005309	
		622,8	0,005975	
Gekohltes Waſſerſtoffgas	. . . . . .	128,8	0,005516	0,005636
		375,8	0,005539	
		622,8	0,005854	
Atmoſphäriſche Luft . .	0,01579	36,91	0,003307	0,003126
		55,91	0,002804	
		38,06	0,002977	
		111,24	0,003317	
		37,53	0,003279	0,003246
		56,84	0,002992	
		85,06	0,002879	
		109,04	0,00343	
		126,58	0,003362	
		6,58	0,003486	
Gekohltes Waſſerſtoffgas	. . . . . .	37,53	0,003182	0,003219
		56,84	0,003032	
		85,06	0,003067	
		109,04	0,003503	
		126,58	0,003314	

Es geht aus dieſen Reſultaten hervor, daß die Geſetze des Ausfluſſes einer elaſtiſchen Flüſſigkeit für eine Röhre von gegebenem Durchmeſſer genau durch die Formel (43) repräſentirt werden können, wenn dieſer Ausfluß unter einem geringen Drucküberſchuß erfolgte. Es ſcheint ferner, daß die Beſchaffenheit des Gaſes keine Änderung im Werthe der Conſtante β hervorbringt. Dagegen geben die in Rede ſtehenden Verſuche verſchiedene Werthe für dieſe Conſtante, je nachdem man eine Röhre von 0^{m},08121 Durchmeſſer oder eine viel engere Röhre von blos 0^{m},01579 Durchmeſſer anwendete. Indeß iſt guter Grund zu der Annahme da, daß dieſe Verſchiedenheit in dem Werthe von β nicht von einem Fehler der Theorie abhängt, ſondern vielmehr irgend einem Hinderniß der Bewegung des Gaſes, welches in der erſten Röhre Statt fand, beigemeſſen werden muß. Denn die folgenden Verſuche von d'Aubuiſſon geben auch für Röhren von 0,10 Meter Durchmeſſer einen Werth von 0,00328 für β, wie wir bald ſehen werden.

Man findet in den Ann. des Mines, 2e serie, 3e livr. andre ſehr zahlreiche Verſuche über die Bewegung der Luft in Leitungsröhren, welche im J. 1823 von d'Aubuiſſon angeſtellt worden ſind. Bei einigen war die Leitungsröhre an ihrem Ende ganz offen, andremal war ſie zum Theil verſchloſſen, ſo daß das Gas durch koniſche Mündungen von kleinerm Durchmeſſer, welche an die Leitungsröhre angefügt wurden, ausfloß. Es wurden die Höhen mehrerer Manometer beobachtet, welche an verſchiedenen Stellen der Leitungsröhre angebracht waren, und namentlich die der äußerſten Manometer, deren eins auf der Wanne des Gebläſes (machine soufflante), aus welchem die Leitungsröhre entſprang, das andre am Ende dieſer Röhre, unmittelbar vor der Mündungsröhre (buse), an welche die Ausflußmündung gefügt war, angebracht war. Man war bei den in Rede ſtehenden Verſuchen nicht im Beſitz der Mittel, mit hinlänglicher Genauigkeit die Quantitäten Luft zu beſtimmen, welche in einer gegebenen Zeit ausfloſſen; wenn man jedoch mit einer Leitungsröhre operirte, die zum Theil am Ende verſchloſſen war, ſo konnte die gleichzeitige Beobachtung der am Ausgangspunkte und am Ende der Leitungsröhre vor der Ausflußmündung angebrachten Manometer für die Kenntniß des Ausflußquantums ſuppliren und die Mittel darbieten, aus der Beobachtung die Beſtimmung des mit β bezeichneten unbekannten Coefficienten abzuleiten. In der That es ſeyen H und H_1 die Höhen der beiden Manometer, welche den Überſchuß der oben mit P und P_1 bezeichneten innern Druckkräfte über den äußern Druck P' meſſen. Offenbar werden die Höhen H und H_1 in demſelben Verhältniſſe untereinander ſtehen, als die oben mit α und α_1 bezeichneten Brüche. Man wird alſo ſtatt der Gleichung (41) ſchreiben können:

$$H - H_1 = H_1 \frac{\frac{2\beta\lambda\xi}{\omega} + 1 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2}{\frac{\omega^2}{\Omega'^2} - 1}$$

und wenn die Länge der Röhre ſehr groß in Verhältniß zu ihrem Durchmeſſer iſt:

$$H - H_1 = H_1 \frac{\frac{2\beta\lambda\xi}{\omega} \frac{\Omega'^2}{\omega^2}}{1 - \frac{\Omega'^2}{\omega^2}} \qquad (44)$$

woraus man ableitet, indem man D den Durchmeſſer des Querſchnitts ω der Röhre und D′ den Durchmeſſer des Querſchnitts Ω' der Mündung nennt

$$8\beta = \frac{H - H_1}{H_1} \frac{D^5}{\lambda D'^4} \left(1 - \frac{D'^4}{D^4}\right) \qquad (45)$$

Die Gleichungen (44) und (45) ſind denen ähnlich, welche d'Aubuiſſon zur Berechnung ſeiner Verſuche angewandt hat (enthalten p. 424 der oben citirten Livraison der Ann. d. Mines). Sie unterſcheiden ſich von letztern bloß durch den Factor $1 - \frac{\Omega'}{\omega^2}$ oder $1 - \frac{D'^4}{D^4}$, der ſich hier im zweiten Gliede findet und der von d'Aubuiſſon weggelaſſen worden iſt. Indeß wird das Erforderniß dieſes Factors in den in Rede ſtehenden Gleichungen geſichert erſcheinen, wenn man in Erwägung zieht, daß man, wenn man die Röhre an ihrem Ende ganz offen annimmt, wo $\Omega' = \omega$, haben muß $H_1 = o$, welcher Bedingung die vorſtehenden Gleichungen nicht mehr Genüge leiſten würden, wenn der Nenner $1 - \frac{\Omega'^2}{\omega^2}$ unterdrückt würde.

Außerdem verſteht ſich, daß, wenn der Eintritt der Ausflußmündung Ω' nicht evaſirt wäre, ſo daß eine äußere Contraction Statt fände, man Ω' mit dem Coefficienten m multipliciren müßte.

In den Verſuchen von d'Aubuiſſon war die Ausflußmündung durch kleine Kegel gebildet, die an das Ende einer Ausflußröhre (buse) gefügt waren. Der zwiſchen der Seitenfläche und Axe dieſer Kegel begriffene Winkel war ſehr klein und man kann hier die äußere Contraction vernachläſſigen. Indeß mußte doch die Bewegung der Luft beim Austritt aus einem Anſatzrohre dieſer Art nothwendig verändert werden, und man kann dieſe Veränderung in Rückſicht nehmen, indem man nach den früher angeführten Verſuchen annimmt, daß ihr Effect einer Verminderung der Area der Mündung im Verhältniß von 0,94 zur Einheit nahe gleich iſt, wenn die Länge des Anſatzrohres etwas größer als der mittlere Durchmeſſer iſt, wie dies wirklich Statt hatte. Hiernach wird die Gleichung (45) zu folgender:

$$8\beta = \frac{H - H_1}{H_1} \frac{D^5}{\lambda (0{,}94)^2 D'^4} \left(1 - (0{,}94)^2 \frac{D'^4}{D^4}\right)$$

und da d'Aubuiſſon die Gleichung

$$8\beta = \frac{H - H_1}{H_1} \frac{D^5}{\lambda D'^4}$$

angewandt hat, ſo folgt, daß die in den Tabellen S. 425 und 426 ſeiner

Abhandlung enthaltenen Werthe mit der vorſtehenden Theorie übereinkommen werden, wenn man ſie mit der Quantität

$$\frac{1}{(0,94)^2} - \frac{D'^4}{D^4}$$

multiplicirt.

Folgende Tabelle enthält die Reſultate dieſer Modification:

Durchmeſſer der Röhre D	Durchmeſſer der Mündungen D′	Erſte Werthe von 8β	Zweite Werthe von 8β
Meter	Meter		
0,10	0,05	0,0222	0,02374
	0,04	0,021	0,02323
	0,03	0,0221	0,02483
	0,02	0,02	0,02260
0,05	0,03	0,0232	0,02325
	0,02	0,0248	0,02743
0,0235	0,02	0,0248	0,01506

Die Columne, welche mit „erſte Werthe von 8β“ überſchrieben iſt, enthält die von d'Aubuiſſon berechneten mittleren Reſultate. Die darauf folgende Spalte enthält dieſelben Reſultate, auf bemerkte Weiſe modificirt. Der letzte weicht ſehr vom mittlern Werthe ab. Hierbei iſt aber in Betracht zu ziehen, daß, da der Durchmeſſer der Mündung hier ſehr wenig von dem des Rohres abwich, die Höhe H_1 des Manometers, welches ſich vor der Mündung befand, ſehr klein war und daß mithin ein kleiner Irrthum in der abſoluten Höhe dieſes Manometers einen großen Irrthum im correſpondirenden Werthe von 8β nach ſich ziehen mußte. Schließt man aus dieſem Grunde letzteren Werth aus, ſo findet man 0,0222 als Mittel der von d'Aubuiſſon gegebenen Werthe und 0,0242 als Mittel dieſer modificirten Werthe. Dieſe Modification geht alſo dahin, den vom Verfaſſer angenommenen Werth im Verhältniß von $\frac{121}{111}$ zu vergrößern. Man kann p. 428 nnd 429 der in Rede ſtehenden Abhandlung die Gründe nachleſen, zufolge deren d'Aubuiſſon für den Coefficienten den Werth 0,0238 angenommen hat. Wir müſſen hier dieſelbe Zahl annehmen, multiplicirt mit dem vorſtehenden Verhältniſſe, d. h. wir werden ſetzen $8\beta = 0,02594$, mithin $\beta = 0,00328$. Dies Reſultat differirt nicht merklich von den Werthen, welche aus den Verſuchen Girards über das kleine Rohr von 0,01579 Meter hervorgehen. Die übereinſtimmung dieſer Fälle, welche auf verſchiedenartigen Wegen erhalten wurden, ſcheint Bürge zu ſein, daß die vorſtehende Theorie bei Setzung von $\beta = 0,00324$ die Erſcheinungen mit hinlänglicher Genauigkeit repräſentirt.

Faßt man das Vorſtehende zuſammen und zieht in Betracht, daß man hat

$$\frac{P - P'}{P'} = \frac{H}{h}, \text{ wo } H$$

wie oben die Höhe des Manometers bedeutet, welche den Überſchuß des im Gaſometer Statt findenden Druckes über den atmoſphäriſchen Druck mißt, und h die Barometerhöhe, welche letztern Druck mißt, ſo erhellt, daß das unter dem Druck im Gaſometer gemeſſene Luftvolumen, welches in 1 Secunde durch eine Röhre ausfließt, welche ihren Urſprung in einem Gaſometer nimmt, wie in Fig. 35., deren Querſchnitt ſehr klein im Verhältniß zum Querſchnitt des Reſervoirs iſt, und die ſich mit einer Mündung endigt, welche kleiner als der Querſchnitt dieſer Röhre iſt, durch die Formel ausgedrückt wird:

$$\frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{H}{h+H} \sqrt{\frac{2k}{\frac{8\beta\lambda}{D} + \frac{D^4}{D'^4} + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2} - \frac{H}{h}} \qquad (46)$$

worin D den Durchmeſſer der Röhre, D' den Durchmeſſer der Mündung, in welche ſich dieſe Röhre endigt und aus welcher das Gas ausfließt, bedeutet. Hierbei iſt vorausgeſetzt, daß die Wand beim Eingang dieſer Mündung evaſirt iſt, wie Fig. 35. anzeigt; ſonſt, wenn die Wand der Mündung eine ſolche Geſtalt hätte, daß der Ausfluß des Gaſes im Verhältniß des Bruches m' zur Einheit verkleinert wird, müßte man $m'^2 D'^4$ anſtatt D'^4 ſchreiben. Die Länge der Röhre wird mit λ bezeichnet. Der Bruch m ſtellt das Verhältniß vor, nach welchem ſich der Gasſtral beim Austritt aus dem Reſervoir in die Röhre zuſammenzieht. k iſt ein Coefficient, deſſen Werth ſich für jedes Gas ändert und von der Temperatur abhängt. Dieſer Werth muß für jeden Fall beſonders berechnet werden, gemäß dem, was S. 48 bemerkt iſt. Endlich β iſt eine Conſtante, deren Werth merklich gleich 0,00324 iſt, den Meter und die Sexageſimalſecunde als Einheiten angenommen. Die Höhe H des Manometers iſt hierbei als ſehr klein gegen die Höhe h des Barometers angenommen.

Wenn die Röhre ſich an dem Ende, durch welches das Gas ausfließt, nicht verengert, ſo reducirt ſich die Formel auf

$$\frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{H}{h+H} \sqrt{\frac{2k}{\frac{8\beta\lambda}{D} + 1 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2} \quad \frac{H}{h}} \qquad (47)$$

und endlich, wenn die Länge der Röhre ſehr groß in Verhältniß zu ihrem Durchmeſſer iſt, ſo hat man im letzten Falle für den Ausdruck des in Rede ſtehenden Volumens bloß

$$\frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{H}{h+H} \sqrt{\frac{k D H}{4\lambda\beta h}} \qquad (48)$$

Sollen dieſe Formeln eine genaue Anwendung finden, ſo muß man in jedem beſondern Falle die Beobachtungen des äußeren Barometerſtandes und der Temperatur zuziehen. Vernachläſſigt man dieſe Beobachtungen und nimmt mittlere Werthe für die mit h bezeichnete Barometerhöhe und für den Werth des von der Temperatur abhängigen Coefficienten k an, ſo werden die vorſtehenden Formeln wenig von denen abweichen, die d'Aubuiſſon in der ſchon angeführten Abhandlung gegeben hat.

XII. Von den Dämpfen.

(Abhängigkeit der Spannkraft und Dichtigkeit der Dämpfe von der Temperatur. Dampfmaſchinen. Verdunſtungsproceß. Hygrometer.)

Spannkraft des Waſſerdampfes.

Über die Spannkraft des Waſſerdampfes, nach dem Berichte von Dulong und Arago *). Da es (mit Ausnahme der Arzberger'ſchen Verſuche, Biot I., 304) bis jetzt noch an genauen Verſuchen über die Spannkraft des Waſſerdampfes bei hohen Temperaturen fehlte, indem dieſe Verſuche nicht über Spannkräfte von 8 Atmoſphären hinausgingen; ſo veranlaßte die franzöſiſche Regierung die königliche Akademie der Wiſſenſchaften, eine Commiſſion ihrer Mitglieder zu ernennen, welche ſich dieſen Unterſuchungen unterzöge, hauptſächlich aus dem fühlbar gewordenen Bedürfniſſe, feſtere Beſtimmungen über die bei den Dampfmaſchinen zu nehmenden Sicherheitsmaßregeln zu geben, bei welchen die Kenntniß jener Spannkräfte für hohe Temperaturen erforderlich wird.

Die Akademie ernannte zur Ausführung dieſer Verſuche die Herrn Prony, Arago, Ampère, Girard und Dulong **). Dieſelben dehnten ihre Verſuche bis auf Spannkräfte von 24 Atmoſphären aus, indem ſie dabei alle Umſicht und Sorgfalt anwandten, welche Unterſuchungen von ſo großem theoretiſchen und praktiſchen Gewichte verdienten. Wir werden nachher den Gang der von ihnen angewandten Verfahrungsarten angeben, wollen jedoch die von ihnen erhaltenen Reſultate ſelbſt voranſtellen.

Dieſe Réſultate ſind in folgender Tabelle vereinigt. Allerdings enthält dieſe nicht die directen, von 2,14 bis 23,994 Atmoſphären gehenden, an

---

*) Ann. de Chim. et de Phys. XLIII. 74. oder Mém. de l'Acad. d. Scienc. X. 1831. p. 193 oder Schweigg. J. LIX. 167.

**) Dies waren mindeſtens die Mitglieder, aus denen die Commiſſion zuletzt beſtand, denn ſie erlitt während ihrer Dauer einige Änderungen im Beſtande ihrer Mitglieder.

Zahl 30 betragenden Beobachtungen, ſondern Werthe, welche durch Interpolation der wirklichen Beobachtungen nach den untenſtehenden Formeln *) gefunden und noch bis zu 50 Atmoſphären fortgeſetzt ſind.

Da indeß die nach dieſen Formeln berechneten Werthe ſo genau mit dem Werthen der Beobachtungen innerhalb des von ihm begriffenen Intervalls übereinſtimmen, daß die größte Abweichung 0,°4 beträgt, während alle übrigen faſt nur die Größe von 0,1° erreichen, ſo kann man die obigen Werthe mit Fug als den wirklich beobachteten äquivalent ſetzen und vermuthen, daß auch die über die beobachteten Werthe hinausliegenden Werthe von 25 bis 50 Atmoſphären merklich mit den wahren übereinſtimmen **).

---

*) Von 1 bis einſchließlich 4 Atmoſphären iſt die Berechnung nach Tredgolds Formel (weil dieſe hier beſſer als die eigene der Verfaſſer mit den Beobachtungen ſtimmt, geſchehen.) welche folgende iſt:

$$t = 85 \sqrt[6]{f} - 75,$$

worin t die Temperatur in Graden der Centeſimalſcale von 0° an, f die Spannkraft in Centimetern Queckſilberhöhe bezeichnet.

Im übrigen Theil der Tafel dagegen, von 5 bis 50 Atmoſphären, iſt nachſtehende, von den Verfaſſern ſelbſt gegebene Formel, zu Grunde gelegt:

$$t = \frac{\sqrt[5]{f} - 1}{0,7153}$$

wo t die Temperatur in Graden der Centeſimalſcale angiebt, indem man das Intervall von 100° als Einheit anſieht und mit f die Elaſticität in Atmoſphären von 0,76^{m} bezeichnet.

**) In der That iſt der in der Formel enthaltene Coefficient mit Hülfe des letzten Gliedes der Beobachtungsreihe entwickelt, und nach ſeiner Übereinſtimmung mit den frühern Gliedern läßt ſich daher an ſeiner weitern Anwendbarkeit nicht zweifeln.

Tafel der Elaſticität des Waſſerdampfes und der entſprechenden Temperatur von 1 bis zu 50 Atmoſphären.

Elaſticität des Dampfes in Atmoſphärendrucken.	Länge der Queckſilberſäule bei 0°, welche dem Dampfe das Gleichgewicht hält.	Entſprechende Temperaturen nach dem hunderttheiligen Queckſilberthermometer.	Druck auf einen Quadratcentimeter in Kilogrammen.
1	0,96	100°	1,033
1½	1,14	112,2	1,549
2	1,52	121,4	2,066
2½	1,90	128,8	2,582
3	2,28	135,1	3,099
3½	2,66	140,6	3,615
4	3,04	145,4	4,132
4½	3,42	149,06	4,648
5	3,80	153,08	5,165
5½	4,18	156,8	5,681
6	4,56	160,2	6,198
6½	4,94	163,48	6,714
7	5,32	166,5	7,231
7½	5,70	169,37	7,747
8	6,08	172,1	8,264
9	6,84	177,1	9,297
10	7,60	181,6	10,330
11	8,36	186,03	11,363
12	9,12	190,0	12,396
13	9,88	193,7	13,429
14	10,64	197,19	14,462
15	11,40	200,48	15,495
16	12,16	203,60	16,528
17	12,92	206,57	17,561
18	13,68	209,4	18,594
19	14,44	212,1	19,627
20	15,20	214,7	20,660
21	15,96	217,2	21,693
22	16,72	219,7	22,726
23	17,48	221,9	23,759
24	18,24	224,2	24,792
25	19,00	226,3	25,825
30	22,80	236,2	30,990
35	26,60	244,85	36,155
40	30,40	252,55	41,320
45	34,20	259,52	46,485
50	38,00	265,89	51,650

Die Art, wie die Verfaſſer ihre Verſuche anſtellten, war folgende, wobei wir die Details übergehen, die wir jedoch allen denen nachzuleſen empfehlen, die ſich überzeugen wollen, wie viel Sorgfalt die Verfaſſer auf die in Rede ſtehenden Verſuche wandten und wie viel Zutrauen dieſelben mithin verdienen.

Die Verfaſſer wieſen zuvörderſt mittelſt ſehr im Großen ausgeführter Apparate nach, daß das Mariottiſche Geſetz bis auf Drucke von 27 Atmoſphären als zuverläſſig angeſehen werden kann, ſo daß eine Luftmaſſe genau nach Verhältniß des auf ihr laſtenden Druckes ſich in einen engern Raum zuſammenzieht. Nachdem dieſer Punkt erwieſen war, wurde zum Maße der Spannkraft des Dampfes die Beobachtung des Luftvolumens angewandt, welches in einem mit dem Dampfkeſſel in Verbindung geſetzten *) Manometer enthalten war. Die Beobachtung der Temperatur geſchah mittelſt zweier Thermometer, die, um ihr Zerbrechen oder ihre Compreſſion zu vermeiden, nicht dem Drucke des Dampfes unmittelbar ausgeſetzt waren, ſondern ſich im Innern zweier in den Dampfkeſſel eingeführten, mit Queckſilber gefüllten, Flintenläufe befanden, deren einer bis auf den Boden des Keſſels, der andere nicht bis über ⅓ ſeiner Tiefe hinabging. Das kürzere ſich über der Oberfläche des Waſſers befindende Thermometer war beſtimmt, die Temperatur des Dampfes, das längere die des noch tropfbaren Waſſers anzuzeigen, wobei Bedacht genommen wurde, die Verſuche ſo anzuſtellen, daß ſich die Temperatur nur ſehr langſam änderte. Auch wurde die Correction wegen des Temperaturunterſchiedes des nach außen hervorragenden Theils der Thermometer von den in dem Keſſel befindlichen Theilen nicht vernachläſſigt und mittelſt eigenthümlicher Anordnungen die Genauigkeit derſelben möglich gemacht **).

Es verdient Bemerkung, daß die Reſultate, welche die Verfaſſer auf ſolchem Wege gefunden haben, eine überraſchende Übereinſtimmung mit den von Southern und Taylor, ſo weit deren Verſuche gehen, gefundenen Reſultaten zeigen ***).

---

*) Dieſe Verbindung geſchah durch eine mit Waſſer gefüllte Röhre, welche durch einen darauf fallenden Waſſerſtral kalt erhalten wurde.

**) Beide Thermometer ſtimmten im Allgemeinen ſo gut überein, als ſich bei Unterſuchungen dieſer Art erwarten läßt. Der größte Unterſchied beider betrug 0,°7.

***) In Bezug auf die Arzbergerſchen Reſultate, die in Deutſchland eines groſen Zutrauens genießen, bemerken die Verfaſſer Folgendes:

„Erſt ſeit Kurzem haben wir in den Jahrbüchern des polytechniſchen Inſtitutes zu Wien eine ſorgfältige Reihe von Verſuchen kennen gelernt, welche Arzberger, Profeſſor an dieſem Inſtitute, angeſtellt hat. Die Elaſticität des Dampfes wurde hier durch den Druck auf ein mit Gewichten beſchwertes Ventil gemeſſen. Obgleich dieſes Verfahren ſtets eine geringere Genauigkeit verſtattet als das von uns angewendete, ſo darf man doch annehmen, daß die Anordnung eines kugelförmigen ſtählernen Ventiles, welches auf einer kreisförmigen Öffnung in einem andern Stücke von demſelben Metalle ruhte, und die vollkommene Ausführung aller übrigen Theile des Apparates, ſehr viel zur Verminderung der

Ein Geſetz, welches den Zuſammenhang zwiſchen Temperatur und Druck der Dämpfe (die hier ſtets als den Raum bis zur Sättigung ausfüllend angenommen ſind) ergäbe, geht übrigens aus den Reſultaten der Verfaſſer eben ſo wenig hervor, als aus den älteren, bei geringeren Temperaturen angeſtellten Verſuchen. In Ermangelung deſſelben haben die Verfaſſer verſchiedene Interpolationsformeln geprüft, welche zur Darſtellung dieſes Zuſammenhanges vorgeſchlagen worden ſind, namentlich die von Prony, Laplace und Biot, Ure, Roche, Auguſt, Tregaskis, Young, Creigthon, Southern, Tredgold, Coriolis. Wir verweiſen in dieſem Bezuge und hinſichtlich der Gründe, welche die Verfaſſer beſtimmt haben, zuletzt bei den S. 174 angegebenen Formeln, die indeß auch nur als empiriſch angeſehen werden können, ſtehen zu bleiben, auf die Originalabhandlung*). Doch wollen wir über die von Tregaskis, Schitko und Roche, da ſie erſt neuerdings bekannt geworden, das Nähere in Folgendem ſelbſt referiren.

Formeln zur Beſtimmung der Spannkraft des Waſſerdampfes.

a) Von Tregaskis **).

Tregaskis glaubt aus ältern Beobachtungen folgern zu können, daß die Spannkraft eine geometriſche Reihe bilde, deren Exponent 2 iſt, während die Temperaturen gleichfalls in einer geometriſchen Reihe fortgehen, deren Exponent 1,2 iſt. Indeß genügt nicht nur die hiernach entwikkelte Formel nicht den in höheren Temperaturen angeſtellten Beobachtungen, ſondern es kann auch, wie ſich Dulong und Arago durch Be-

---

Fehler beitrugen; aber wir glauben, daß die Angabe der Temperatur ſtets zu groß ſei. Da nämlich die Kugel des Thermometers unmittelbar ins Waſſer getaucht wurde, ſo mußte ihre Capacität durch den großen Druck vermindert werden, und das Inſtrument zeigte einen zu hohen Wärmegrad an. Dieſer Fehler, deſſen Größe wir nicht beurtheilen können und welcher ſich mit der Dicke einer jeden Kugel ändert, würde ohne Zweifel noch ſtärker geweſen ſein, wäre er nicht von einem andern entgegengeſetzten zum Theil compenſirt worden. Die Röhre des Inſtrumentes, welche horizontal aus dem Dampfkeſſel hervorragte, konnte an der Erwärmung der Kugel keinen Antheil nehmen, und dennoch giebt der Verfaſſer keine Correction für dieſen Fehler an. Es iſt daher ſehr wahrſcheinlich, daß die größte von Arzberger beobachtete Elaſticität nur etwa 20 Atmoſphären betrug; für dieſe Spannung giebt er eine Temperatur von 222°, welcher unſeren Verſuchen zufolge ein Druck von 23 Atmoſphären entſpricht. Bei allen übrigen Meſſungen findet derſelbe Fehler Statt, welcher jedoch zugleich mit den Spannungen kleiner wird.

*) Die Meyerſche Formel (Biot I. 302) ſcheint ſich den Verſuchen der franzöſiſchen Phyſiker nicht zu fügen; mindeſtens habe ich gefunden, daß, wenn man die Conſtanten dieſer Formel nach jenen Verſuchen berechnet, die Spannkräfte für niedere Temperaturgrade nicht dadurch genau genug repräſentirt werden, auch findet ein merklicher Unterſchied der Conſtanten Statt, je nachdem man ſie aus den niedern oder höhern Beobachtungen der franzöſiſchen Phyſiker ſelbſt ableitet.

**) Edinb. J. of Sc. Nr. XIX. p. 60 oder Baumg. Zeitſchr. VI. 250.

Vergleichung der durch Verſuche und Berechnung aufgefundenen Reſultate über die Kraft der Waſſerdämpfe.

Temperatur. Centeſ.°	Nach Schitko's Formel.	Nach Ure.	Arzberger.	Chriſtian.	Schmidt.	Betancourt.
100	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
105	1,1997	1,2120	1,1872	1,1671	1,2136	1,2356
110	1,4269	1,4372	1,4016	1,3661	1,4371	1,5074
115	1,6836	1,6882	1,6466	1,5990	1,7150	1,8033
120	1,9721	1,9845	1,9291	1,8695	2,0253	2,1606
125	2,2949	2,2953	2,2432	2,1903	2,3928	2,5550
130	2,6540	2,6737	2,5879	2,5642	2,7935	3,0000
135	3,0522	3,1206	2,9822	3,0009	3,2877	3,3291
140	3,4918	3,6235	3,4197	3,5130	3,8993	
145	3,9754		3,9089	4,1120		
150	4,5020		4,4701	4,8125		
155	5,0849		5,0423	5,4531		
160	5,7163		5,6952	6,2753		
165	6,4023		6,4141	6,6937		
170	7,1459		7,1997	7,6927		
175	7,9499		8,0316			
180	8,7677		8,9892			
185	9,7507		10,0000			
190	10,7535		11,0910			
195	11,8287		12,2724			
200	12,9794		13,5441			

c) Von **Roche** *).

Roche gründet auf theoretiſche Betrachtungen folgende Formel:

$$E = 10^{\frac{n\,x}{11 + 0{,}3\,x}}$$

wo E die Expanſivkraft des Waſſerdampfes für x Centeſimalgrade über 100° und n ein durch Verſuche zu beſtimmender conſtanter Coefficient (für Waſſer = 0,167) iſt. Dieſe Formel würde die Expanſivkraft des Waſſerdampfes nicht bis ins Unbeſtimmte mit der Temperatur wachſen laſſen, ſondern ein Maximum geben, welches iſt:

$$E = 10^{\frac{n}{0{,}03}}$$

Der Verfaſſer bemerkt in Bezug auf den Umſtand, daß die Reſultate der Verſuche der franzöſiſchen Commiſſion nach dem Berichte von **Dulong** dieſer Formel nicht ganz entſprechen (wiewohl es eine von denen ſei, die dieſen Reſultaten am nächſten kommen), ſo rühre dies daher, 1) daß die Reſultate der franzöſiſchen Commiſſion ſich auf das Queckſilberthermometer beziehen, das über 100° C. ſtets höhere Anzeigen giebt als das Luftthermometer, für welches die Formel gilt; 2) daß die Berichterſtatter für den Werth von n angenommen haben 0,1644, während der Werth 0,167 der Übereinſtimmung mit den Verſuchen günſtiger ſei. Berückſichtige man dieſe Umſtände, ſo entſpreche ſeine Formel merklich den Reſultaten der franzöſiſchen Commiſſion. Eine Berechnung zum Belege in dieſer Hinſicht iſt indeß nicht beigefügt, daher ſich die Richtigkeit dieſer Behauptung nicht ohne Weiteres verbürgen läßt.

---

*) Bull. univ. d. sc. math. 1830. Mars. p 183.

Spannkraft des Dampfes von tropfbar gemachten Gaſen.

Bekanntlich hat Faraday die Erfahrung gemacht, daß mehrere, früher für permanent gehaltene, Gaſe ſich durch ſtarken Druck, beſonders wenn niedere Temperatur zu Hülfe genommen wird, zu tropfbaren Flüſſigkeiten verdichten laſſen, und er hat bei dieſer Gelegenheit den Druck beſtimmt, den die Dämpfe dieſer Flüſſigkeiten bei gewiſſen Temperaturen äußern. Daſſelbe iſt neuerdings von Riemann (Brandes Arch. XXXVI. S. 175) geſchehen. Hier ſtehen ihre Reſultate zuſammengeſtellt:

Namen des Gaſes.	Druck in Atmoſphären.	Temperatur R.	Beobachter.
Stickſtoffoxydul . . .	über 50 Atm.	+ 5°,7	Faraday.
Ammoniak	6½	8°	Faraday.
	6½ bis 7	10°	Riemann.
Chlor	4	12°,4	Faraday.
	8½	10°	Riemann.
	6½	0°	Riemann.
Euchlor	8½	12°	Riemann.
Chlorichte Säure .	60	10°	Riemann.
Salzſäure	ungefähr 40	8°	Faraday.
	genau 40	10°	Riemann.
	33	0°	Riemann.
Schweflichte Säure .	ungefähr 2	5°,7	Faraday.
	3	10°	Riemann.
Schwefelwaſſerſtoffſäure	17	8°	Faraday.
	58 *)	10°	Riemann.
	54	0°	Riemann.
Kohlenſäure	36	0°	Faraday.
	40	0°	Riemann.
	58 bis 60	10°	Riemann.
Cyan	4	10°	Riemann.

---

*) Dieſe Angabe ſteht im Original S. 306, dagegen ſteht S. 182 50 Atmoſphären.

saur BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01558/011

Wie man ſieht, findet in Bezug auf das Ammoniak, die Kohlenſäure, die Salzſäure und die ſchweflichte Säure (mit Rückſicht auf die Temperaturverſchiedenheit) eine ganz gute Übereinſtimmung beider Beobachter Statt; eine deſto größere Abweichung aber in Bezug auf das Chlor und die Schwefelwaſſerſtoffſäure.

Dichtigkeit des Waſſerdampfes, von Schitko *).

Schitko hat nach theoretiſchen Betrachtungen für die Dichtigkeit d des Waſſerdampfes folgende Formel entwickelt:

$$\log.\ d = 4 \log.\ x + \log.\ (1 + \gamma x) - 7{,}7021180$$

worin x auf die Seite 178 angegebene Weiſe beſtimmt, $\gamma = 0{,}0027504$ iſt, und die Dichtigkeit des Dampfes ſich auf die beim Siedpunkte als Einheit bezogen findet.

Die Verſuche, die man über die Dichtigkeit des Dampfes bisher angeſtellt hat, beziehen ſich auf Temperaturen unter dem Siedepunkte. Southern hat indeß dieſe Beſtimmung auch für höhere Wärmegrade aus der Menge des Dampfes zu erhalten geſucht, die einen Stiefel von gemeſſenem Inhalt füllte. Seine abſoluten Beſtimmungen ſind, ſo wie ſie in Gehlers phyſik. Wörterb. II. 380 angegeben ſind, nebſt den nach Schitko's Formel berechneten Reſultaten in der nachſtehenden Tabelle enthalten:

Temperatur, angegeben im Centeſ.° Queckſilberthermometer.	Dichte des Dampfes.		Differenzen.
	Beobachtet.	Berechnet.	
109,4444	0,000827	0,000838	0,000010
132,2222	0,001701	0,001597	0,000104
146,1111	0,002476	0,002236	0,000240

Die Verſuche geben zwar etwas größere Werthe in höheren Temperaturen als die Berechnung, indeß bringt Schitko die Bemerkung in Anſchlag, daß Southern die Dichtigkeit des Dampfes auf die angegebene Weiſe in höheren Temperaturen auf keinen Fall zu klein finden konnte, wohl aber zu groß, wenn adhärirendes oder mechaniſch fortgeriſſenes Waſſer mit in den Stiefel eindrang.

Man hat bisher die Dichtigkeit des Dampfes aus deſſen abſoluter Claſticität gewöhnlich nach der Formel $d = A \frac{K}{213 + t}$ zu beſtimmen geſucht, wo t die Wärmegrade nach der 80theiligen Scale, K die Claſticität des Dampfes und A eine durch Verſuche zu beſtimmende Größe bedeutet. Munke hat dieſe Formel den von ihm in 16 Verſuchen gemeſſenen

---

*) Baumg. und Ett. Zeitſchr. VI. 261.

Dichtigkeiten des Waſſerdampfes angepaßt und ſie den erhaltenen Reſultaten angemeſſen gefunden, jedoch in der Art, daß der für den Factor A gefundene Werth in höheren Temperaturen vermindert werden ſollte, wornach die Formel die Geſtalt $d = A\ (1 - w\,t)\ \frac{E}{215 + t}$ erhalten würde, ohne daß es ihm möglich ſchien, den Werth von w aus ſeinen Verſuchen mit Sicherheit zu beſtimmen, indem dieſelben nur die Temperaturen von 0° bis 35° R. umfaßten. Bei nochmaliger Reviſion der erhaltenen Größen und einer Vergleichung derſelben mit den durch andere Phyſiker, namentlich durch **Southern**, für höhere Temperaturen gefundenen Dichtigkeiten fand er die Übereinſtimmung zwiſchen den durch Beobachtung und Rechnung gefundenen Werthen noch genauer, wenn in der Formel für die Elaſticitäten die durch **Arzberger** gefundenen Conſtanten aufgenommen und mit den auf dieſe Weiſe erhaltenen Werthen von E die Dichtigkeiten berechnet werden. Er glaubt daher A unbedenklich = 0,0064106934... oder kürzer = 0,0064107 nehmen zu können, wornach ohne Einführung des Factors $(1 - w\,t)$ die Formel $d = 0{,}0064107\ \frac{E}{213 + t}$ die Dichtigkeiten ſehr genau gebe. In der nachſtehenden Tabelle ſind die Reſultate, die ſich aus dieſer und der von **Schitko** angegebenen Formel ergeben, zuſammengeſtellt.

Temperatur.	Dichtigkeit des Dampfes	
	nach Munke.	nach Schitko's Formel.
100	0,000613	0,000613
105	0,00072	0,00073
110	0,00034	0,00085
115	0,00097	0,00099
120	0,00112	0,00115
125	0,00128	0,00132
130	0,00147	0,00151
135	0,00167	0,00171
140	0,00189	0,00194
145	0,00213	0,00218
150	0,00240	0,00244
155	0,00269	0,00272
160	0,00300	0,00302
165	0,00334	0,00335
170	0,00370	0,00370
175	0,00410	0,00407
180	0,00452	0,00444
185	0,00497	0,00488
190	0,00546	0,00533
195	0,00597	0,00580
200	0,00652	0,00630

Die nach Schitko's Formel berechneten Werthe ſind in den niederen Temperaturen etwas größer und nehmen ſodann bei höheren Wärmegraden allmählig ab, welches mit Munkes Bemerkung, daß der Factor A bei höheren Temperaturen abnehmen ſollte, zuſammenſtimmt.

Erzeugung von Dampf durch glühendes Eiſen.

Johnſon hat durch eine Reihe von Verſuchen, bei welchen Eiſenproben von verſchiedener Temperatur in kochendes Waſſer eingetaucht wurden, gefunden, daß binnen einer gegebenen Zeit durch Eiſen, welches in dem Grade glühete, daß die Röthung bei Tageslicht eben ſichtbar war, mehr Dampf erzeugt ward, als durch daſſelbe Eiſen, wenn es weißglühend war *). Der erzeugte Dampf ſteht mit dem Gewichte des Metalles in geradem Verhältniß und beträgt (in welcher Zeit?) auf 9 Pfund Eiſen etwa 1 Pfund. Bei der Vergleichung von Guß- mit Hammer-Eiſen ergab ſich, daß das erſtere, auf dieſelbe Temperatur erhitzt, mehr Dampf erzeugt als das letztere, indem auf 8¼ Pfund Eiſen etwa 1 Pfund Dampf kam. Näheres iſt nicht angeführt. (Frorieps Not. Nr. 2. des XXXI. Bandes aus Sillim. Journ. Vol. XIX. p. 292.)

Siedpunct einiger Flüſſigkeiten.

Nach Marx (Schweigg. LVII. 402) finden für eine Löſung von ſalpeterſaurem Natron bei 28" 4''' Druck folgende Verhältniſſe Statt:

Eine Löſung, geſättigt bei
16°,8 C. ſiedet bei 101° C.
56°,2 C. — — 102,2
beim Sieden — — 121

Nach demſelben ſiedet eine bei 15° C. geſättigte Kochſalzauflöſung bei 107°,4 C. und der Siedepunkt iſt auch bei einer bei 100° geſättigten Auflöſung wenig oder gar nicht höher **). Eine bei 15° C. geſättigte Salpeterlöſung ſiedet bei 101°,4 und eine bei 100° C. geſättigte Löſung bei 112° C.

Dampfmaſchinen.

Eine Geſchichte der Dampfmaſchinen findet ſich im Quart. J. of Sc. 1829. April. 322. Eine ſehr intereſſante Überſicht derjenigen Exploſionen von Dampfmaſchinen, deren Verlauf bewährte Ingenieure beobachtet und berichtet haben, theilt Arago mit in Pogg. XVIII. 187, 415 oder Baumg. Zeitſchr. VII. 477. Letztere Überſicht kann ſelbſt wichtig genannt werden, da ſie auf die Umſtände, welche zur Entſtehung von dergleichen Unfällen Anlaß geben, beſonders aufmerkſam machte. Auch eine Abhandlung in Dinglers polyt. J. XXXIX. S. 83 verdient in letzterem Bezuge angeführt zu werden. — Die Inſtruction, welche das franzöſiſche Miniſterium über die bei Dampfboten zu beobachtenden Maßregeln gegeben hat, findet ſich in Dinglers polyt. J. XL. 339.

---

*) Die ſich in der Originalnotiz findende Erklärung dieſes Umſtandes, dies könne daher rühren, daß die größere Quantität Dampf, die ſich anfänglich um das weißglühende Eiſen bildet, eine Atmoſphäre um daſſelbe erzeuge, und auf dieſe Weiſe verhindere, daß das Waſſer mit dem Eiſen in Berührung komme, ſcheint mir ziemlich ſonderbar; denn nach demſelben Grundſatze müßten z. B. zwei Metalle ſtärker bei Berührung mit einander elektriſch werden, wenn ihr elektromotoriſcher Gegenſatz kleiner als wenn er größer iſt, weil eine größere Quantität entwickelter Elektricität die fernere Entwickelung mehr beſchränkt. Wahrſcheinlicher ſcheint mir, daß dieſer Umſtand, wenn er richtig iſt, mit dem bekannten Leidenfroſtſchen Phänomen zuſammenhängt. F.

**) Was auch ſehr natürlich iſt, da die Auflöslichkeit des Kochſalzes in höhern und niedern Temperaturen gleich iſt. F.

Urſachen, welche die Exploſion von Dampfkeſſeln, die durch Papin'ſche Sicherheitsventile geſchützt ſind, bewirken können, von Arago *). Die nachſtehende Zuſammenſtellung wird, ohne durchgängig Neues zu enthalten, doch nicht ohne Intereſſe für den Leſer ſein.

Das Papin'ſche Sicherheitsventil oder Sicherheitsklappe an den Dampfkeſſeln beſteht bekanntlich aus einer mit Gewichten zu belaſtenden Platte, welche über ein Loch von etwa 1 Quadratcentimeter, das in der Decke des Keſſels angebracht iſt, gelegt wird. Nun ſcheint es offenbar, daß, ſo lange der innere Druck auf 1 Quadratcentimeter kleiner als das Gewicht der Klappe plus dem der Atmoſphäre iſt, das Loch verſchloſſen bleiben, ſich aber ſofort öffnen und dem Dampfe freie Bahn gewähren wird, wenn der innere Druck dies Gewicht überſteigt. Welches nun ſind die Urſachen, daß ein ſo vernünftiges, einfaches, leicht ausführbares Mittel doch nicht in allen Fällen unfehlbar iſt? Es laſſen ſich in dieſem Bezug hauptſächlich folgende anführen:

1) Adhärenz oder zu ſtarke Belaſtung des Ventils;

2) eine für den plötzlich und in großer Menge entwickelten Dampf zu kleine Öffnung des Ventils, beſonders mit Rückſicht auf die bekannten Erſcheinungen, nach denen eine Platte gegen die Öffnung, aus welcher Dampf ausſtrömt, unter gewiſſen Umſtänden angezogen wird und mithin den freien Austritt des Dampfes beſchränken kann;

3) eine zu geringe Feſtigkeit des Keſſels, beſonders mit Rückſicht, a) daß man die Dampfkeſſel auf ihre Feſtigkeit in gewöhnlicher Temperatur zu prüfen pflegt, da doch ihre Feſtigkeit in der Hitze ſehr abnimmt; b) daß die Prüfungen bloß mittelſt allmählig zunehmenden Druckes geſchehen, eine plötzlich vermehrte Elaſticität der Dämpfe, die manchmal erfolgen kann, aber einen viel größern Effect ausüben muß, und c) daß ein Keſſel, der neu eine hinlängliche Haltbarkeit beſitzt, doch durch Abnutzung ſolche verlieren kann;

4) eine **plötzliche** Condenſation des Dampfes im Keſſel (z. B. durch kaltes Waſſer, was auf den Keſſel geſchüttet wird), wegen der dadurch bewirkten Luftleere im Keſſel, vermöge deren nun die Atmoſphäre einen plötz-

---

*) Pogg. XX. [illegible]. Baumg. Zeitſchr. VII. [illegible].

liſchen Druck von außen nach innen äußert, dem von innen kein Gegengewicht gehalten wird;

5) unter gewiſſen Umſtänden, namentlich bei niedrigem Waſſerſtande im Keſſel und ſtarker Erhitzung der über dem Niveau des Waſſers befindlichen Theile des Keſſels, ſogar eine Öffnung der Klappe, zufolge der nachher beizufügenden Erörterungen;

6) die Bildung einer ſteinigen Kruſte auf dem Boden des Keſſels aus den Salzbeſtandtheilen des Waſſers;

7) eine Bildung explodirender Gemenge in dem Keſſel iſt zwar als Grund angeführt worden, läßt ſich jedoch triftigerweiſe nicht annehmen.

Zu 1). Eine Adhäſion der Sicherheitsklappe an den Wandungen des Keſſels wird leicht durch Roſten derſelben bewirkt, beſonders wenn die Wirkung deſſelben durch Ruhe unterſtützt wird, und die Folge davon kann begreiflich die ſein, daß ſie ſich erſt bei höherem Drucke hebe, als bei dem, den der Erbauer urſprünglich zum Entweichen des Dampfes feſtgeſetzt hat. Ein geſchickter und erfahrener Ingenieur (Hr. Maudslay) erklärt, daß ein Sicherheitsventil nicht mehr dieſen Namen verdiene, wenn es nur eine einzige Woche lang ganz ungelüftet bleibe; auch ſieht man bei einigen ſeiner Dampfkeſſel das Ventil mit einem Stricke verſehen, damit der Heizer es von Zeit zu Zeit abheben könne. Man iſt ſelbſt ſo weit gegangen, dieſe Bewegung durch mehrere mit der Maſchine in Verbindung ſtehende Hebel ausführen zu laſſen, welcher Mechanismus jedoch nicht mehr anwendbar iſt, wenn der Keſſel etwas entfernt iſt.

Die Überlaſtung der Ventile geſchieht meiſt durch die Unbedachtſamkeit der Arbeiter, entweder, um im Falle einer erhobenen Klage die Arbeit zu beſchleunigen, oder auch um mit ihrer Herzhaftigkeit zu prahlen. Gegen dieſe Gefahr, die größte vielleicht, welche man zu fürchten hat, ſichert man ſich dadurch, daß man den Keſſel beſtändig mit zwei Ventilen verſieht, von denen eins ganz frei, das andere aber in ein Gitterwerk eingeſchloſſen iſt, zu welchem der Maſchiniſt oder der Eigner der Maſchine ganz allein den Schlüſſel führen darf. Der Gebrauch eines doppelten Ventils wurde faſt einſtimmig von den vielen Maſchiniſten empfohlen, welche die Deputirtenkammer in Paris wegen der Verordnung vom Jahre 1817 vorladen ließ. In Frankreich ſind die doppelten Ventile durch königliche Ordonnanz zur ſtrengen Bedingung gemacht. Vielleicht könnte man noch verlangen, daß jeder Keſſel mit einem einfachen und bequem angebrachten Mechanismus verſehen würde, mittelſt deſſen der Heizer im Stande wäre, ſich von Zeit zu Zeit zu überzeugen, daß das Ventil nicht adhärirte. Diejenigen, welche die Werkſtätten ein wenig beſucht haben, wiſſen hinlänglich, daß in der That die Arbeiter ſich ſchwer dazu verſtehen, dieſe Operationen mit Regelmäßigkeit anzuſtellen.

Zu 2). Wiewohl ſich die Platte des Ventils jedenfalls in dem Augenblicke erheben würde, wo das Gewicht, mit dem ſie belaſtet iſt, geringer wird, als der Druck des Dampfes, ſo reicht dies doch nicht hin, um jede

Vermehrung der Elaſticität im Keſſel zu verhüten; dazu iſt nöthig, daß die Menge des entweichenden Dampfes wenigſtens dem überſchüſſig erzeugten gleich komme. Erſtere hängt von dem Durchmeſſer der Öffnung ab: nun kann aber eine Öffnung, welche für gewöhnlich allen Bedürfniſſen genügt, viel zu klein ſein, wenn einmal durch einen Umſtand eine große Menge Waſſer faſt plötzlich in Dampf verwandelt wird. In dieſem Falle wird das Ventil zwar das Unglück vermindern, aber nicht verhüten; es iſt, um ein Gleichniß zu gebrauchen, wie mit dem Bette eines Gießbaches, welches zwar in gewöhnlichen Zeiten das Waſſer faßt, nach einem Platzregen aber zu eng für daſſelbe wird. Es würde demnach vortheilhaft ſein, den Ventilen eine ſehr große Öffnung zu geben, wenn nicht andererſeits die Schwierigkeit des Verſchluſſes und das ungeheuere Gewicht, welches dann erforderlich wäre, doch zwänge innerhalb gewiſſer Gränzen zu bleiben. Indeß glaubt doch Arago könne man annehmen, daß man ſich bisher an zu kleine Dimenſionen gehalten.

Hiebei kommen noch insbeſondere die S. 127 erwähnten Phänomene in Betracht, zufolge deren unter gewiſſen, für jeden beſondern Fall jedoch noch nicht allgemein vorauszubeſtimmenden, Umſtänden eine Platte, die man ſenkrecht gegen den Dampfſtrom hält, der aus einem kleinen Loche in der Wand eines Dampfkeſſels von ſehr hohem Druck ausſtrömt, nicht immer zurückgeſtoßen, ſondern manchmal ſo angezogen oder vielmehr durch den Luftdruck ſo gegen die Öffnung gedrückt wird, daß ſie in einer kleinen Entfernung vom Loche ſchweben bleibt, was denn nothwendig zur Folge haben muß, daß im Momente ihrer Hebung weit weniger Dampf ausſtrömt, als man von einem Strome von der Breite der Öffnung unter dem Ventile erwarten würde*).

Zu 3). a) Jeder Keſſel wird, bevor man denſelben zu Anwendungen benutzt, erſt geſetzmäßigen Prüfungen unterworfen, um ſeiner Feſtigkeit ſicher zu ſein. So muß in Frankreich nach geſetzlicher Verordnung ein jeder Dampfkeſſel von Gußeiſen einen 5mal, und jeder Keſſel von Kupfer und gewalztem oder geſchmiedetem Eiſen einen 3mal größern Druck von innen nach außen, als er bei ſeinem Gebrauche duldet, unterworfen werden, bevor er geſtempelt wird. Wiewohl nun dieſe Grenzen etwas weit geſtellt ſind und oft Einſprüche von Seiten der Maſchinenbauer erregen, ſo gewähren ſie dennoch noch keine vollkommene Sicherheit.

Die Prüfungen werden nämlich im Allgemeinen ſo angeſtellt, daß man eine Druckpumpe auf die Wände eines mit Waſſer gefüllten Dampfkeſſels in gewöhnlicher Temperatur wirken läßt. In dieſer Temperatur iſt aber die Feſtigkeit der Metalle weit ſtärker, als gegen die Rothglühhitze hin, wo ſie außerordentlich ſtark abnimmt. Verſuche von Tremery z. B. haben gezeigt, daß Schmiedeeiſen in dunkler Rothglühhitze nur $\frac{1}{6}$ ſeiner Feſtigkeit in der Kälte beſitzt. Wenn alſo unglücklicherweiſe ein Theil des Keſſels in Glühhitze geräth, ſo kommt er den Gränzen des Zerplatzens ſehr nahe, ohne daß das Ventil ſich öffnete und ohne daß man nach den in gewöhnlicher Temperatur angeſtellten Verſuchen berechtigt wäre, ſich ihnen ſo nahe zu glauben.

---

*) Die in Rede ſtehenden Sicherheitsventile werden durch den obigen Umſtand beſonders in dem Falle unzuverläſſig, wenn die Platte beträchtlich größer als die durch ſie zu verſchließende Öffnung iſt, der Rand, mit dem ſie aufliegt, alſo eine ſehr große Breite hat.

Es kann nun zwar befremden, warum man den Keſſel bei der Probe nicht genau unter die Umſtände bringt, denen er beim Gebrauche unterworfen iſt; warum man alſo nicht Dampf ſtatt des Waſſers bei den Probeverſuchen anwendet. Es muß jedoch in Betracht genommen werden, daß mittelſt der Pumpe der Verſuch überall, ſelbſt in der Werkſtatt des Künſtlers, ohne große Apparate und mit geringen Koſten angeſtellt werden kann; daß im Gegentheil eine Prüfung mit Dampf die Erbauung eines Ofens und ein großes Local nöthig macht, Umſtände, die für die Induſtrie zu lähmend ſein würden, um billigerweiſe geſetzlich gefordert werden zu können. Hierzu kommt noch, daß die Zuſchauer bei einer Probe mit der Pumpe, ſelbſt wenn der Keſſel zerſpringt, faſt nichts zu fürchten haben, was hingegen keineswegs der Fall ſein würde, wenn der Keſſel Dampf ſtatt Waſſer enthielte. Die Vorſichtsmaßregeln, welche man im letztern Falle zu treffen hätte, um die Experimentatoren in Schutz zu ſtellen, würden die Schwierigkeiten und Koſten dieſer Probeverſuche bedeutend vermehren. Allem Anſchein nach wird daher die Prüfung mit Waſſer, ungeachtet ihrer Mangelhaftigkeit, fortdauernd den Vorzug behalten.

b) Wenn man eine Druckpumpe auf die Wände eines mit Waſſer gefüllten Dampfkeſſels wirken läßt, ſo ſteigt der innere Druck allmälig und durch ſehr unmerkliche Grade. Man erfährt alſo hierdurch nichts über den Widerſtand, den dieſe Wände im Falle einer bedeutenden und plötzlichen Druckvermehrung leiden würden. Ein ſolcher kann aber ſehr wohl bei dem Gebrauche des Keſſels eintreten.

c) Wie leicht zu erachten endlich kann eine in der Werkſtatt des Künſtlers unternommene Prüfung, auf welche Weiſe ſie auch vorgenommen werde, nur beweiſen, was der Keſſel dann vermag, und nicht, was er noch nach längerer Benutzung ertragen kann, wenn das Metall ſich durch Temperaturungleichheiten nach allen Richtungen gezogen hat, durch Roſten verändert worden iſt u. ſ. w.

Zu 4) Es iſt beſonderes Gewicht darauf zu legen, daß, wenn gleich ein einfacher atmoſphäriſcher Druck auf den inwendig luftleeren Keſſel kein Zerbrechen deſſelben zu veranlaſſen vermöchte, wofern die Luftleere allmälig eintritt, doch ein plötzliches Entfernen des innern Druckes ganz den Erfolg einer ſtarken Erſchütterung hervorbringen kann, welcher die Keſſelwände minder leicht widerſtehen werden.

Zur Beſeitigung dieſer Urſachen von Exploſionen hat man die inneren oder Luftklappen erfunden, von denen im nächſten Artikel die Rede ſein wird.

Zu 5). Der Umſtand, daß unter gewiſſen Umſtänden ſogar ein Öffnen der Sicherheitsklappe eine Exploſion des Keſſels ſoll verurſachen können, ſcheint beim erſten Anblick ſehr ſonderbar, indeß wird er nicht nur durch mehrere von Arago erzählte Thatſachen beſtätigt, ſondern es haben auch Tabareau und Rey eine damit zuſammenhängende Erfahrung gemacht, daß nämlich bei einem kleinen, ganz ohne Hülle auf einem Kohlenfeuer ſtehenden, Keſſel, unter hohem Druck, als man einen groſen Entladungshahn öffnete, die Sicherheitsklappe augenblicklich in die Höhe ging. Letzteres Reſultat iſt allerdings nur dem Zuſammentreffen gewiſſer Umſtände zuzuſchreiben, denn in der Regel beobachtet man, was auch von Natur zu erwarten, bei Öffnung der Klappe ſtets eine Verminderung des Drucks.

Perkins hat folgende ziemlich glückliche Erklärung jener Exploſionen gegeben, denen eine Öffnung der Sicherheitsklappe oder eine Verminderung der Dampfelaſticität voranging.

Wenn bei einem gewöhnlichen Keſſel die Flamme ſich nicht längs der Wände über das Niveau des Waſſers erhebt, ſo hat dieſes und der Dampf gleiche Temperatur; ſobald aber der Keſſel wenig Waſſer enthält und die Flamme hoch hinanſteigt, kann es geſchehen, daß einige Theile rothglühend werden. Der mit dieſen in Berührung ſtehende Dampf erlangt eine ungeheure Temperatur, ohne darum auch eine groſe Spannung zu erhalten, entweder weil er nicht geſättigt iſt, oder aus einem andern weiter unten anzuführenden Grunde.

Denken wir uns den Keſſel in dieſem Zuſtande, und nun werde die Sicherheitsklappe gänzlich geöffnet; ein ſchnelles Ausſtrömen des Dampfes iſt die unmittelbare Folge. Das Waſſer, vom Drucke befreit, der es belaſtete, ſpritzt in Schaum und Blaſen durch den ganzen Keſſelraum (es iſt daſſelbe Phänomen, das der Champagner darbietet, wenn man die Flaſche öffnet), allein wie die Waſſertropfen mit dem beinahe glühenden Gaſe in Berührung kommen, werden ſie alſogleich in ſehr elaſtiſchen Dampf verwandelt; die Klappe, obgleich ganz offen ſtehend, kann der ungeheuern ſich plötzlich entwickelnden Dunſtmaſſe nicht genug Raum gewähren, und der Keſſel ſpringt.

Dieſe Erklärung wird im Original noch durch ausführliche theoretiſche Erörterungen oder Beziehungen auf Thatſachen erläutert und wahrſcheinlich gemacht (Baumg. Zeitſchr. VII. S. 502), welche wir der Kürze halber übergehen.

Mareſtier hat über die Urſache der in Rede ſtehenden Art von Exploſionen eine ganz ähnliche Anſicht als Perkins aufgeſtellt, nur mit dem Unterſchiede, daß er annimmt, die Berührung des in die Höhe geleiteten Waſſers mit den glühenden Keſſelwänden ſei Urſache der plötzlichen und gewaltigen Dampferzeugung, während Perkins ſie der Vertheilung des Waſſers unter den verdünnten aber ſehr ſtark erhitzten Dampf beimißt. Nun ſcheint für den erſten Anblick die Anſicht Mareſtier's bei weitem annehmlicher; wenn man ſich jedoch an das Leidenfroſtſche Phänomen erinnert, zufolge deſſen Waſſer, in Berührung mit heftig glühendem Metall, viel längere Zeit zum Verdampfen braucht, als in einem mittelmäßig warmen Gefäße, ſo verliert dieſe Meinung an Wahrſcheinlichkeit, oder es müßte wenigſtens erſt nachgewieſen werden, warum das Waſſer im Keſſel ſich ganz anders verhalte, als die kleinen Tropfen im Leidenfroſtſchen Verſuche. Übrigens ſind die Reſultate aus den Erklärungen von Perkins und Mareſtier dieſelben und aus beiden gehen dieſelben Vorſichtsmaßregeln hervor.

Arago ſetzt mit den vorſtehenden Erörterungen zugleich folgende Erklärung des Umſtandes, warum in mehreren Fällen ein Springen des Keſſels in einer horizontalen Linie beobachtet worden ſei, in Verbindung, unter der nicht unwahrſcheinlichen Vorausſetzung, daß dieſe Linie dieſelbe geweſen ſei, welche die Höhe des Waſſerſtandes an den Wänden der Keſſel bezeichnete. Freilich finde ich keine beſtimmten Angaben, aus welchen hervorginge, daß dieſe Fälle gerade ſolche waren, wo wirklich eine Druckverminderung der Exploſion voranging, auf welche doch allein dieſe Erklärung paſſen würde.

Wenn im letzten Momente vor der Exploſion die Spannung des Dampfes plötzlich und beträchtlich vermindert wird, ſo muß im ſelben Momente der Keſſel von außen nach innen eingedrückt werden; allein wegen ſeines plötzlichen Eintretens wird ihn der mit Waſſer gefüllte Theil kaum verſpüren, wegen der Trägheit der Flüſſigkeit, die nicht in einem einzigen Augenblicke überwunden werden kann. — Dieſer Druck von außen nach innen geht alſo um die Gränzlinie des Niveau der Flüſſigkeit wie um ein Charnier vor ſich. Wenn nun im Momente der Exploſion eine plötzliche Entwickelung eines ſehr ausdehnſamen Dampfes erfolgt, ſo wird nach der eben erlittenen Zuſammenziehung der Keſſel auf einmal wieder ausgedehnt werden. Nimmt man nun auch an, daß er dieſe zweite Wirkung gleichmäßig in allen ſeinen Theilen erleide, ſo wird doch dieſe rückgängige Bewegung ſchwächer unterhalb des Niveau der Flüſſigkeit ſein, ſchon darum, weil die erſte Bewegung dort beinahe unmerkbar geweſen; die Grenzlinie des Niveau wird alſo auch wieder die Grenze bezeichnen, wo zwei ungleich ſtarke Bewegungen des Metalls zuſammentreffen. Nun braucht man nur ein Mal geſehen zu haben, mit welcher Leichtigkeit die Arbeiter Bleche aus dem zäheſten Materiale zerbrechen, wenn ſie ſie plötzlich zwei entgegengeſetzten Biegungen um dieſelbe Linie ausgeſetzt haben, um begreifen zu können, warum dieſe Grenzlinie, welche als Charnier zweier ſo heftiger und augenblicklicher entgegengeſetzten Bewegungen diente, auch die Bruchlinie ſein werde, wenn ſie auch nicht die des geringſten Widerſtandes iſt. Dieſelbe Linie bezeichnet ja übrigens auch die Grenze der Schichten, in denen das Metall ſehr verſchieden erwärmt, und daher von ſehr verſchiedener Haltbarkeit iſt.

Zu 6). Das Waſſer, deſſen man ſich zur Speiſung der Keſſel bedient, enthält meiſt Salze, die, indem ſie ſich beim Sieden abſetzen, zuletzt an den inneren Wänden des Keſſels eine ſteinige Kruſte bilden, die von Tag zu Tag dicker wird. Dieſe Schichten wegen ihres geringen Leitvermögens führen die den Wänden mitgetheilte Wärme dem Waſſer nur langſam zu, daher erhitzen ſich die Wände immer mehr und mehr, da ſie in jedem Momente mehr Wärme empfangen, als die Steinkruſte abzuleiten vermag, ſie werden glühend, und da heiße Metalle viel weniger Feſtigkeit haben, ſteht eine Exploſion nahe bevor. Wie leicht iſt es nun möglich, daß das beinahe noch kalte Waſſer durch irgend eine Spalte der Steinkruſte ſich über die ſo heißen Wände verbreite. Unter dieſen Umſtänden ſpränge ein gegoſſener Keſſel ſogleich, und was die aus gehämmerten Platten beſtehenden Keſſel betrifft, ſo würden ſie, wenn ſie auch nicht unterlägen, doch die heftigſten Erſchütterungen erleiden. Hierzu kömmt noch, daß die glühenden Metalltheile roſten und ſich ſchnell abnutzen. Als Beiſpiel erwähnt der Verfaſſer einen Keſſel, der zur Heitzung eines der größten Gebäude von Paris dient, und der dort ein Loch bekam, wo ein Arbeiter aus Verſehen inwendig einen Fetzen liegen ließ.

Man ſieht, von welchem Belange es iſt, den Keſſel gut zu reinigen. Bei den Dampfſchiffen, die Meerwaſſer anwenden, muß der Salzniederſchlag alle 24 Stunden weggeſchafft werden. Iſt das ſpeiſende Waſſer rein, ſo kann es auch länger anſtehen; es läßt ſich hierüber Nichts numeriſch beſtimmen; Sache der Maſchiniſten iſt es, zu ſehen, wie viel Salz und mit welcher Schnelligkeit es ſich aus dem von ihnen gebrauchten Waſſer abſetzt. Man hat übrigens die Beobachtung gemacht, daß Kartoffelſtärkemehl und Malz die Bildung der Salzablagerungen verhindere, und empfiehlt daher, von Zeit zu Zeit eine gewiſſe Menge dieſer Stoffe in den Keſſel zu werfen. Nach Ferrari (J. d. ch. méd. 1831. Juillet p. 429) kann grobes Kohlenpulver zu demſelben Zwecke dienen.

Zu 7). Viele haben in Betracht der Gewalt und Plötzlichkeit der Wirkungen, die eine Exploſion eines Keſſels hervorbringt, geglaubt, daß unmöglich der Dampf allein ſie hervorbringe und haben explodirbare Gasgemenge zu Hülfe genommen. Wenn man im chemiſchen Laboratorium, ſagen ſie, Waſſerſtoff erzeugt, indem man Waſſerdampf durch eine glühende Eiſenröhre ſtreichen läßt, warum ſoll ſich nicht dieſes Gas auch im Innern des Keſſels erzeugen, wo doch auch der Waſſerdampf mit glühendem Metall in Berührung ſteht? Nun läßt ſich allerdings zugeben, es werde Gas erzeugt, und gehe mit dem Dampfe gemiſcht in den Pumpenſtiefel über, aus dem es ſich nur mit großem Kraftaufwande fortſchaffen laſſen wird, da es keiner Condenſation fähig iſt; es iſt ſogar nicht unwahrſcheinlich, daß dies die Urſache des Verluſtes an Geſchwindigkeit iſt, den man vor dem Eintritte der Exploſionen öfters bemerkt. Allein dies reicht noch nicht zur Erklärung hin. Da der Waſſerſtoff des Waſſers in der Hitze nur in dem Maße frei wird, als der Sauerſtoff dabei zur Oxydation des Metalls dient, ſo fragt ſich, woher der Sauerſtoff kommen ſoll, um mit dem Waſſerſtoff das explodirende Gemenge zu bilden; denn Waſſerſtoff allein oder mit Dunſt gemiſcht explodirt nicht. Ja ſelbſt das Vorhandenſein von Sauerſtoffgas vorausgeſetzt, ſo würde doch Hellrothglühhitze oder ein elektriſcher Funke zur Entſtehung der Exploſion erfordert werden; allein die Keſſel ſind geſprungen, ohne die Temperatur, die zur Hervorbringung der Detonation nöthig ſcheint, erreicht zu haben, und für die Entſtehung eines elektriſchen Funkens ſind noch weniger Gründe vorhanden.

In der Heizkammer allerdings können ſich unter gewiſſen Umſtänden explodirende Gemenge erzeugen, denen ſich jedoch nur gewiſſe Unfälle und die begreiflich nicht vom Keſſel ausgehen, zuſchreiben laſſen. Um dergleichen Unfälle zu verhüten, muß man ſo viel möglich alle nach oben oder unten gelegenen Kniee in den zur Ableitung des Rauches beſtimmten Röhren vermeiden, denn vornämlich dieſe Kniee ſind es, wo ſich dergleichen detonirende Gemenge aufhalten. Das Luftloch des Rauchfanges darf nie hermetiſch verſchloſſen ſein, und um endlich zu vermeiden, daß ſich nicht das Kohlengas entwickele, ohne zu verbrennen, muß man zwiſchen den Stangen des Roſtes ſtets freie Zwiſchenräume erhalten. Iſt die Kohle harzig und klebrig, ſo kleben die verſchiedenen Stücke an ihm feſt und bilden eine feſte Kruſte, die, wenn ſie nur ein wenig dick iſt, für die Flamme beinahe undurchdringlich iſt. Die Heizkammer wird dann ein wahrer Deſtillirapparat, giebt viel Kohlenwaſſerſtoffgas und wenig Wärme. Den Roſt daher mit einer dünnen Kohlenſchicht zu beladen, iſt nicht nur ökonomiſch, ſondern auch eine wichtige Vorſichtsmaßregel.

Mittel, welche zur Verhütung der Exploſion von Dampfkeſſeln vorgeſchlagen worden ſind *). Außer den Papinſchen Sicherheitsventilen ſind, weil dies angegebenermaßen kein unfehlbares Schutzmittel gewährt, namentlich folgende Mittel zu dieſem Zwecke vorgeſchlagen und angewandt worden: 1) *leicht ſchmelzbare Platten*; 2) *dünne Platten*; 3) *das manometriſche Ventil*; 4) *das einwärtsſchlagende oder Luftventil*.

1) *Leicht ſchmelzbare Platten.* Wenn man ein Loch im Keſſel durch eine Platte aus einer Legirung von Blei, Zinn und Wismuth in ſolchen Verhältniſſen verſchließt, daß ſie bei einer im Voraus feſtgeſetzten Temperaturgränze ſchmilzt, ſo wird begreiflich der Dampf in einem ſolchen Keſſel nie die Spannkraft überſteigen können, welche dem Maximum der Dichtigkeit des Dampfes bei jenem Temperaturgrade zugehört, weil bei jeder höhern Spannkraft die Platte ſchmelzen würde; hierauf gründet ſich die Anwendung leicht ſchmelzbarer Platten (neben denen übrigens die Keſſel auch noch die gewöhnlichen Ventile beſitzen müſſen) zur Verhütung von Exploſionen.

In Frankreich verlangt eine königliche Ordonnanz, daß jeder Dampfkeſſel mit 2 leicht ſchmelzenden Platten von ungleicher Größe verſehen ſei. Der Schmelzpunkt der kleinern ſoll 10° C. höher liegen, als die Temperatur eines Dampfes, der im Sättigungszuſtande gleiche Spannkraft, wie der beim gewöhnlichen Gebrauche angewandte Dampf beſitzt. Die andere Platte ſoll 10° C. oberhalb der erſtern ſchmelzen.

---

*) Pogg. XVIII. 311.

Man hat als Einwand gegen dieſe Mittel vorgeſchlagen, daß, wenn ſie auch die Exploſionen ſicher verhüten, ſie doch auf der andern Seite den Übelſtand darbieten, daß ſie ſchon viel eher ſchmelzen können, als der Dampf die vorgeſchriebene Gränze der Spannkraft erreicht hat, indem ein nicht geſättigter Dampf ſchon bei geringer Spannkraft eine ſehr hohe Temperatur erlangen kann, daß ſie alſo in dieſem Bezuge zu viel leiſten. Wenn man indeß bedenkt, daß dieſer Fall bloß dann eintreten kann, wenn es an Waſſer im Keſſel fehlt, wo mithin der Keſſel eine ſehr ſtarke Erhitzung, vielleicht gar bis zum Rothglühen, erfahren kann, und daß gerade dies Umſtände ſind, welche eine Exploſion veranlaſſen können (S. 187), ſo wird man dieſen Einwurf ungegründet finden.

Einen andern Grund, warum die Platte unter der Temperatur, welche ihre Schmelzung bedingen ſoll, ſich öffnen könne, fand man darin, daß ſie vor Erreichung ihres Schmelzpunktes etwas erweicht, mithin durch den Druck des Dampfes aufplatzen könne. Anfänglich war dies auch wirklich der Fall; ſeitdem man aber die Platte vor der Feſtlöthung in dem zu ihrer Aufnahme beſtimmten Rohre mit einem etwas engmaſchigen Metallgewebe bedeckt, iſt dieſe Schwierigkeit verſchwunden. Zwar bilden ſich noch bei dem Herannahen des Schmelzpunktes hier und da einige Blaſen; allein, wie die Erfahrung zeigt, giebt die Platte nur in großer Nähe des Schmelzpunktes nach, wo ſie dann in die Höhe geſchleudert wird und der Dampf einen offenen Ausgang findet.

Wichtiger als dieſe Einwürfe ſcheint folgender zu ſein: Wenn die ſchmelzbare Platte verſchwunden iſt, ſo entweicht aller Dampf durch die Öffnung, welche ſie verſchloß. Es kann eine ziemliche Zeit darauf vergehen, bevor ſie durch eine neue erſetzt, der Keſſel wiederum gefüllt und geheizt worden iſt, und während dieſem iſt der Gang der Maſchine völlig unterbrochen. Durch eine ſolche plötzliche Vernichtung der bewegenden Kraft kann ein Dampfboot an den Küſten und beſonders am Eingange eines Hafens in die gefährlichſte Lage verſetzt werden*). Dies iſt auch vielleicht der Grund, warum in England dieſe Einrichtung noch keinen Eingang gefunden hat.

---

*) Reichenbach in München, welcher der Erfinder der Anwendung der leicht ſchmelzbaren Platten zu ſein ſcheint, befeſtigt das Metallgemiſch nicht unmittelbar in einer Öffnung des Keſſels, ſondern gießt damit einen hohlen koniſchen Eiſenſtöpſel aus, der durch Reibung in der mit einer Dille verſehenen Öffnung feſtgehalten wird. Die Durchbohrung des Stöpſels hat die Geſtalt zweier abgeſtumpfter, ſich mit ihrer Grundfläche berührender Kegel, wodurch, wie leicht zu erachten, ein Herausſtoßen des Metallgemiſches durch die mechaniſche Kraft des Dampfes unmöglich gemacht wird. Offenbar reicht es hin, mehrere ſolcher mit Metallgemiſch ausgegoſſene Stöpſel vorräthig zu haben, um, nachdem der Dampf durch Schmelzen der Compoſition den nöthigen Ausgang gefunden hat, den Keſſel wieder verſchließen zu können, ſo daß der Stillſtand der Maſchine bei dieſer Einrichtung bald wieder beſeitigt werden kann (vgl. Schweigg. J. XVIII. S. 210).

Die Vertheidiger der ſchmelzbaren Platten zählen es zu ihren Hauptvorzügen, daß man mittelſt derſelben gegen die Unklugheit der Arbeiter gänzlich geſchützt ſei. Dies iſt jedoch nicht ſtreng richtig; denn wollen die Heizer das Feuer mehr als gewöhnlich ſteigern, ſo wiſſen ſie recht wohl, daß man das Schmelzen der Platte durch fortlaufendes Begießen mit kaltem Waſſer verhindern kann, ſo daß man alſo in dieſer Beziehung Nichts gewonnen hat.

2) **Dünne Platten.** Ein Sicherheitsventil, das Papin'ſche, wie das aus leicht ſchmelzbarem Metallgemiſch, iſt genau betrachtet nichts anders als die künſtliche Schwächung eines Theils der Wände des Keſſels. Dieſe Schwächung zu bewirken hat man vorgeſchlagen, kleine eigends dazu gemachte Öffnungen im Keſſel durch Blechplatten von ſo berechneter Dicke zu verſchließen, daß ſie unter einem Druck von einer, zwei, drei oder zehn Atmoſphären zerreißen, je nachdem man bei der Arbeit den Druck von zwei, drei, vier oder elf Atmoſphären nicht überſchreiten will. Es iſt einleuchtend, daß das Aufplatzen einer ſo kleinen und ſo dünnen Platte niemals ernſthafte Unfälle herbeiführen wird.

So vorzüglich dies Mittel auch erſcheinen mag, ſo iſt es doch ſehr ſelten angewandt, ſei es nun, weil es nicht leicht iſt auf experimentellem Wege zu beſtimmen, welche Dicke die Platte für einen gegebenen Durchmeſſer des Loches haben müſſe, um unter dieſem oder jenem Drucke zu zerreißen; oder, weil man nicht dafür ſtehen kann, immer Platten von genau derſelben Beſchaffenheit zu haben. Die dünne Platte iſt, an ihrem Orte, weniger als die ſchmelzbare Platte den Angriffen der Arbeiter ausgeſetzt; denn ſie läßt ſich zwar ſchwächen, aber nie verſtärken, und das iſt das Wichtigſte. In dieſer Beziehung ſind die dünnen Platten den ſchmelzbaren Platten vorzuziehen; aber auch ſie haben wie die letztern den Nachtheil, daß ſie beim Aufplatzen allen Dampf entweichen laſſen.

3) **Manometriſches Ventil.** Das manometriſche Ventil beſteht in einer mit Queckſilber gefüllten, mit dem Dampfkeſſel in Verbindung ſtehenden, gebogenen Röhre *), in welcher die Queckſilberhöhe auf den Druck, den man beabſichtigt, berechnet iſt. Wird dieſer Druck überſtiegen, ſo wird das Queckſilber hinausgeſchleudert, und der Dampf gewinnt Freiheit. Eine ſolche Vorrichtung hat neben gleicher Sicherheit mit den andern Arten von Schutzmitteln den Vorzug vor erſtern, daß ſie in jedem Augenblicke das Maß der Elaſticität des Dampfes giebt. Das Papinſche Ventil zeigt nichts an, ſo lange es ſich nicht hebt, eben ſo die ſchmelzbare Platte, ſo lange ſie nicht ſchmilzt. Der Heizer erfährt durch ſie plötzlich, daß er den Gränzdruck erreicht hat, den er nicht überſchreiten darf, aber er wird durch nichts gewarnt, daß er ſich ihm nähert. Das Manometer dagegen ſpricht ſo zu ſagen eben ſo gut unter einem ſchwachen, wie unter einem ſtarken Druck

---

*) Vergl. über dieſe von Trevithik erfundene Vorrichtung Gilbert's Ann. LIV. S. 97.

an. Die Platte des gewöhnlichen Ventils kann ferner, ohne daß man es gewahr wird, ihre Beweglichkeit ganz verloren haben, wogegen, wenn zufällig Unreinigkeiten das manometriſche Rohr verſtopft haben ſollten, die vollſtändige Unbeweglichkeit des Queckſilbers ſich augenblicklich kenntlich macht; denn wie leicht zu erachten, kann in einem ſo großen Apparate wie der Keſſel, aus dem der Dampf ſtoßweiſe entweicht, die Elaſticität nicht völlig conſtant ſeyn; daher jede Fluctuation des Dampfs eine Schwankung der Queckſilberſäule in dem mit dem Keſſel verbundenen Manometer hervorbringt.

Arago urtheilt demzufolge, daß die Queckſilbermanometer für die zweckmäßigſten der bisher erfundenen Sicherheitsventile zu halten ſind, vorausgeſetzt nur, daß ihr Durchmeſſer hinlänglich groß ſey. Eine zu große Länge derſelben kann ſie jedoch für hohen Druck unpraktiſch machen.

4) Einwärts ſchlagendes oder Luftventil. Dieſe Klappen ſind beſtimmt, Exploſionen durch einwärts gerichteten Druck der Atmoſphäre auf einen plötzlich dampfleer gewordenen Keſſel zu verhüten. (Vgl. S. 184 u. 187). Eine ſolche Klappe kann ſich nur von außen nach innen öffnen. Sie wird entweder durch eine im Keſſel angebrachte Spiralfeder feſtgehalten, deren Kraft kaum ihr Gewicht überſteigt, oder ſie iſt horizontal an einem außerhalb befindlichen Hebel ſo angehangen, daß ſie genau die innern Wände der Öffnung berührt, die ſie ſchließen ſoll. Nach dieſer Anordnung kann die Elaſticität des Dampfes nie unter den Druck der Atmoſphäre herabſinken, ohne daß die Klappe der Luft freien Eintritt in den Keſſel gewährt; man hat daher nicht zu fürchten, daß in demſelben ein leerer Raum entſtehen werde. Freilich wäre es ſchwer zu behaupten, daß dieſes Mittel jede Eindrückung der Wände unfehlbar verhüten werde, denn iſt dieſe Folge einer plötzlichen und beträchtlichen Verminderung der Dampfelaſticität, ſo kann die Klappe das übel bei ihrer ſtufenweiſe eintretenden Wirkſamkeit zwar vermindern, aber nie ganz heben. Gegen derlei Unfälle hilft nur die genaueſte Wachſamkeit auf die Feuerungsmittel, und daß man verhindere, daß nicht durch irgend einen Zufall, z. B. durch eine große Menge über den Keſſel verbreiteten kalten Waſſers, derſelbe plötzlich erkalte.

Verdunſtungsproceß.

Verflüchtigung der Körper mit Waſſer. Faraday hat einerſeits nachgewieſen, daß Körper, die an ſich bei gewöhnlicher Temperatur nicht flüchtig ſind, auch durch Gegenwart von Waſſer nicht die Fähigkeit erhalten, ſich mit demſelben bei dieſer Temperatur zu verflüchtigen; Saladin andrerſeits aber, daß bei höherer Temperatur flüchtige Subſtanzen, wenn ſie mit Waſſer, Alkohol oder Äther gekocht werden, mit übergehen können, auch wenn ſie für ſich nicht fähig ſeyn würden, ſich bei dieſer Temperatur zu verflüchtigen. (Es iſt indeß nicht ausgemittelt worden, inwiefern bei letzterm Verſuche der Erfolg von einem mechaniſchen mit überreiſſen der Theilchen abhängig ſeyn konnte.

Verſuche von Faraday *). Derſelbe nahm im Herbſte 1826 einerſeits Flaſchen, andrerſeits kleine, an einem Ende zugeſchmolzene Röhren, that in letztere gewiſſe Subſtanzen und füllte die erſtern bis zu einer gewiſſen Höhe mit den Auflöſungen gewiſſer anderer Subſtanzen, ſetzte darauf die Röhrchen mit ihrem Inhalte in die Flüſſigkeit der Flaſchen, ſo daß nur auf dem Wege der Verdampfung etwas von dieſer Flüſſigkeit zur Subſtanz der Röhren oder umgekehrt gelangen konnte. Die Flaſchen wurden darauf verſtöpſelt, ſorgfältig überbunden und in einen dunkeln Schrank geſtellt, wo ſie beinahe vier Jahre ruhig ſtehen gelaſſen wurden.

Die angewandten Subſtanzen waren folgende:

Gehalt des Röhrchens.	Der Flaſche.
1) Chlorbaryum-Kryſtalle.	Löſung von ſchwefelz. Natron mit einem Tropfen Salpeterſ.
2) Geſchmolzenes Chlornatrium.	Löſung von ſalpeterſ. Silber.
3) Kryſtalle von Kleeſ.	Löſung von Chlorcalcium.
4) Kryſt. Kochſalz.	1 Th. Schwefelſ. 1 Th. Waſſer.
5) Kryſt. kleeſ. Ammoniak.	Löſung von Chlorcalcium.
6) Arſenige Säure.	Kalilöſung.
7) Salmiak.	1 Schwefelſ. 1 Waſſer.
8) Kaliumeiſencyanür-Kryſtalle.	Löſung von ſchwefelſ. Eiſenoxyd.
9) Kalomel.	Kalilöſung.
10) Ätzſublimat.	Kalilöſung.
11) Chlorbley.	Jodkaliumlöſung.
12) Kryſt. kohlenſ. Natron.	Chlorcalciumlöſung.
13) Salpeterſ. Ammoniak.	Verdünnte Schwefelſ.
14) Kryſt. Kaliumeiſencyanür.	Löſung von ſchwefelſ. Kupferoxyd.
15) Jodkalium.	Löſung von eſſigſ. Bley.

Nirgends war bei dieſen Verſuchen eine Spur der einen Materie zur andern aus der Flaſche in die Röhre oder umgekehrt übergegangen (wie ſich durch Mangel der dies anzeigenden chemiſchen Reactionen ergab) außer bei 3), 10), 13) und vielleicht 5), ungeachtet bei mehreren ein großer Theil Waſſer aus der Flaſche in die Röhre übergegangen war. Daraus aber, daß bei den als Ausnahme erwähnten Verſuchen ein ſolcher Übergang einigermaßen Statt gefunden hatte, läßt ſich ſchließen, daß ſalpeterſ. Ammoniak, Queckſilberchlorid, Kleeſ. und vielleicht kleeſ. Ammoniak zu den Subſtanzen gehören, die auch ſchon in gewöhnlicher Temperatur Dampf entwickeln.

Verſuche von Saladin **). Als **Saladin** arſenige Säure, Ätzſublimat, Schwefel, Kalk, ſalzſaures, arſenikſaures und kleeſaures Ammoniak; ferner Morphin, Veratrin, Brucin, mit Waſſer, Alkohol und Äther deſtillirte, war in den meiſten der Deſtillationsproducte das Vorhandenſeyn dieſer Stoffe in mehr oder minder reichlichem Verhältniſſe, was ſich nach der Auflöslichkeit der Subſtanz in der Flüſſigkeit zu richten ſchien, leicht zu erkennen.

---

*) Journ. of the royal Inst. 1831. No. 1. p. 70 oder Pogg. XIX. 545.

**) Journ. de chim. méd. 1830. Sept. p. 553.

Kalkwaſſer, ſchwefelſaures Kupferammoniak, ſalpeterſaures Silberammoniak, Schwefelwaſſerſtoffſäure, Eiweiß brachten, namentlich in den Producten der wäſſerigen und alkoholiſchen Deſtillation des Arſeniks und Ätzſublimats, ſelbſt wenn dieſe Gifte in ſehr kleinen Verhältniſſen angewendet worden waren, hinlänglich reichliche Niederſchläge hervor, daß man danach als Erforderniß anerkennen muß, namentlich in Bezug auf erſtern Körper, in Fällen der gerichtlichen Medicin in Deſtillirgefäßen zu operiren, wobei die Unterſuchung des Deſtillats noch den beſondern Vortheil gewährt, dieſe Gifte in unvermiſchterm Zuſtande der Wirkung der Reagentien darzubieten.

Leslieſches Verdunſtungsverfahren, auf Ätherdämpfe angewandt*). Dove hat ſich überzeugt, daß das Leslie'ſche Verfahren, die durch Luftverdünnung mittelſt der Luftpumpe beſchleunigte Verdampfung des Waſſers durch Condenſation der ſich entwickelnden Dämpfe mittelſt concentrirter Schwefelſäure noch zu verſtärken, auch auf Ätherdämpfe angewandt werden kann; indem dieſe ebenfalls durch Schwefelſäure condenſirt werden.

Verdunſtung des Eiſes von Schübler**). Schübler hat über dieſen Gegenſtand Verſuche angeſtellt, aus welchen hervorgeht, daß die Größe der Verdunſtung des Eiſes nicht ſo unbedeutend iſt, als man zu glauben verſucht ſeyn könnte; ja er fand ſie ſogar merklich größer als die des Waſſers, indem ſie z. B. bei der trocknen Kälte des 9ten Jan. 1826 in 24 Stunden doppelt ſo groß war, als in der Mitte Februars von einer eben ſo großen Waſſerfläche, bei Thauwetter und gelinder Witterung. Im ganzen Monat Januar, bei einer mittlern Kälte von ungefähr — 6° R. betrug ſie, auf die Höhe reducirt, 1,48 Linien. Die Oberfläche einer Eisſchicht wird ſich daher ſelbſt bei einer mittlern Kälte von mehrern Graden unter Null in vier Monaten leicht um ½ Zoll durch bloße Verdunſtung vermindern können, und auf hohen Gebirgen muß bei dem geringern Druck und der größern Trockenheit der Luft, welche weit häufiger in dieſen Gegenden durch ſtarke Winde in Bewegung geſetzt wird, die Verdunſtung im Sonnenlicht noch weit ſtärker ſeyn. Es ergiebt ſich hieraus, warum liegender Schnee ohne alles Thauwetter bei länger anhaltender trockener Kälte ſich nach und nach vermindern muß, und bei einer geringen Menge deſſelben ganz verſchwinden kann ***).

Die Methode, welche Schübler bei ſeinen Unterſuchungen anwandte, iſt folgende: Um die Größe geringer Verdunſtungen meſſen zu können, bediente er ſich des **Gewichts**. Er ließ ſich zu dieſem Zwecke ein cylindriſches Gefäß von Meſſing verfertigen, welches einen Zoll Tiefe und 2,35 Quadratzoll Oberfläche hatte, und ſetzte in demſelben eine drei Linien dicke Schicht von deſtillirtem Waſſer im flüſſigen und gefrorenen Zuſtande an der freien Luft der Verdunſtung aus; die Gewichtsverminderung, welche ſich mittelſt einer genauen Wage bis auf $\frac{1}{10}$ genau beſtimmen ließ, gab die Größe der Verdunſtung.

---

*) Pogg. XIX. 356.

**) Naturwiſſenſch. Abh. einer Geſellſch. von Würtemb. I. 211.

***) S. z. B. fand Schübler die Größe der Verdunſtung von einem Quadratfuß Eis im Monat Januar 1826 = 17,8 par. Cubikzoll, während die Menge des auf eine gleich große Fläche während dieſes ganzen Monats gefallenen Schneewaſſers nur 20 par. Cubikzoll betrug, wobei noch in Betracht zu ziehen iſt, daß Schübler die Verdunſtung von einer Schneefläche nach angeſtellten Verſuchen noch größer als die von einer gleich großen Eisfläche fand.

Vorzugsweiſe wurde zu dieſen Verſuchen der Januar 1826 benutzt, wo ſich die Temperatur über drei Wochen lang im Schatten, ſelbſt Mittags, unter dem Eispunkt erhielt, nachdem ſich das Waſſer im Gefäße ſchon in den letzten Tagen des Decembers in Eis verwandelt hatte. Das Gefäß ſtand auf der nördlichen Seite der Wohnung, wo es nicht von der Sonne beſchienen werden konnte, und war gegen den wenigen Schnee, welcher während dieſer Zeit fiel, durch ein vorſtehendes Dach geſchützt. Das Gewicht des Gefäßes wurde alle 24 Stunden Nachts um 10 Uhr geſchätzt. Daſſelbe minderte ſich vom 1ſten bis 13ten Januar, wo das Waſſer beſtändig gefroren blieb, um 71,5 Gran (med. Gew.), oder die Größe der Verdunſtung betrug, auf die Fläche von einem par. Quadratfuß reducirt, 13,7 Cubikzolle, welches einer Höhe von 1,14 par. Lin. entſpricht. Die mittlere tägliche Verdunſtung von dieſer Fläche betrug daher 3,1 Gran, oder von einem Quadratfuß 0,59 Cubikzoll, oder, auf die Höhe reducirt, 0,05 Linien.

Die Größe der Verdunſtung zeigte ſich an den einzelnen Tagen ſehr verſchieden, je nachdem die Luft windig oder ruhig war und mehr oder weniger Dünſte enthielt, nach ſchon bekannten Geſetzen.

Die folgende Tabelle enthält eine Überſicht der erhaltenen Reſultate in Verbindung mit den der gleichzeitig beobachteten übrigen meteorologiſchen Inſtrumente *). Es iſt hier der ganze Januar zuſammengefaßt, indem auch nach dem 25ſten die Kälte aufs Neue bedeutend ſtieg und ſich das Thermometer nur an drei Tagen Mittags auf kurze Zeit etwas über den Eispunkt erhob (den 24ſten, 25ſten und 31ſten Mittags auf + 1,0 R., + 0,3° R. und + 0,8° R.), wobei es jedoch nur unbedeutend thaute. An die Beobachtungen des Januars ſind zugleich die des Februars angereiht, woraus ſich die mit der Wärme ſchnell zunehmende Verdunſtung näher ergiebt, ſo wie auch zur Vergleichung die größte im vorhergehenden Sommer in 24 Stunden bei heißer Witterung im Schatten beobachtete Verdunſtung beigefügt iſt, an welchem Tage die Temperatur Nachmittags um 2 Uhr bis auf 24°,6 R. geſtiegen war.

Die größte Verdunſtung war im Juli in 24 Stunden mehr denn 10 Mal größer als die ſtärkſte Verdunſtung in 24 Stunden im Januar bei einer Temperaturdifferenz beider Tage von 28,95° R.

---

*) In Bezug auf die Angaben des Fiſchbeinhygrometers iſt jedoch zu berückſichtigen, daß ein ſolches, wahrſcheinlich wegen Gefrieren der Feuchtigkeit darin, unter dem Froſtpunkte nicht ſehr empfindlich zu ſeyn ſcheint.

Tabelle über die Verdunſtung des Eiſes.

Zeitpunkte.	Ausdünſtung in 24 Stunden. Verdunſtung in par. Cubikz. von einer Fläche von 1 □Fuß.	Ausdünſtung in 24 Stunden. Verdunſtete Höhe in Linien.	Mittlere Temperatur in Reaum. Graden.	Mittler Stand des Fiſchbeinhygrometers	Mittlerer Barometerſtand auf + 10° Reaum. reducirt. Zoll	Mittlerer Barometerſtand auf + 10° Reaum. reducirt. Lin.	Wind und Witterung.
Vom 1ſten bis 10ten Januar	0,75	0,062	— 6,36	64,6	26.	11,59	meiſt heiter mit O. und SO.
vom 11ten bis 20ſten Januar	0,46	0,038	— 6,58	62,8	27.	2,37	einige heitre Tage, meiſt trüb, etwas Schnee, SO., NW.
vom 20ſten bis 31ſten Januar	0,52	0,043	— 5,98	62,8	27.	3,62	meiſt heiter mit SO. und O.
vom 1ſten bis 10ten Februar	1,20	0,100	+ 0,67	65,0	27.	3,35	gelind, meiſt heiter, mit Thauwetter, SW., S., SO.
vom 11ten bis 20ſten Februar	1,47	0,122	+ 1,74	64,9	27.	2,92	gemiſcht, mit etwas Regen und meiſt SW., oft windig.
vom 21ſten bis 28ſten Februar	4,12	0,343	+ 4,09	59,3	27.	4,28	gemiſcht, mit etwas Regen und meiſt SW., oft windig.
größte Verdunſtung im Jan. den 9ten	2,80	0,233	— 9,0	60,0	26.	10,57	heiter mit ſtrenger Kälte und ſtarkem NOwind.
kleinſte Verdunſtung im Jan. den 6ten	0,02	0,001	— 2,2	67,0	26.	10.26	meiſt bewölkt, neblicht, ruhiger S. u. SOwind.
größte Verdunſtung im Febr. den 26ſten	5,90	0.491	+ 3,3	57,5	27.	0,91	etwas bewölkt mit ſtarkem SWwind.
kleinſte Verdunſtung im Febr. den 4ten	0,20	0,016	— 2,0	74,0	27.	2,40	meiſt heiter, neblicht, ruhige Luft, SWwind.
Summe der Verdunſtung im ganzen Jan.	17,8	1,48	— 6,25	63,4	27.	1,71	beinahe anhaltend trockene Kälte.
Summe der Verdunſtung im ganzen Febr.	59,7	4,97	+ 2,09	63,3	27.	3,46	gelind, zuweilen etwas Regen, oft heiter.
größte Verdunſtung im Sommer 1825 in 24 Stunden, den 18ten Juli.	29,5	2,45	+19,95	30,5	27.	2,35	heiter und heiß bei Owind.

Hygrometer.

Haar- und Fiſchbeinhygrometer. **Schübler***) macht die Bemerkung, daß die aus thieriſchen oder vegetabiliſchen Stoffen beſtehenden Hygrometer bei Temperaturen unter Null gegen die Feuchtigkeit nicht ſonderlich empfindlich zu ſeyn ſcheinen, unſtreitig weil ſie ſelbſt gefrieren. So fand er an verſchiedenen Tagen, wo die untere Atmoſphäre bei ſtrenger Kälte von Duft und Nebel erfüllt war, der ſich an Bäumen und andern Gegenſtänden in Menge als ein ſchneeartiger Reif abſetzte, das Fiſchbeinhygrometer höchſtens bis auf 67 und 68 Grade der Feuchtigkeit gehen, während ſich daſſelbe Inſtrument bei dichten Nebeln über dem Eispunkte bis gegen 90 Grade und dem Maximum von Feuchtigkeit näherte. Die Verdunſtung ſelbſt fand er unter dieſen Verhältniſſen, das Thermometer mochte über oder unter dem Eispunkte ſeyn, bei Duft und Nebeln immer höchſt unbedeutend, oft war ſelbſt nach 10 bis 12 Stunden kaum eine Gewichtsverminderung zu bemerken.

Auguſt**) fand folgende empiriſche Formel zur Ableitung des Sättigungszuſtandes der Luft aus den Graden des Haarhygrometers, nach Vergleichung mit den Anzeigen des Pſychrometers, ſehr genügend, die jedoch nicht unter 40° des Haarhygrometers gültig ſeyn möchte, da ſie blos nach Beobachtungen, welche über 40° gemacht wurden, abgeleitet iſt, auch müſſen die Zahlencoefficienten***) für jedes beſondere Haarhygrometer beſonders nach Beobachtungen beſtimmt werden.

$$p = 1{,}234 \left[1 - \sqrt{1 - 0{,}00964 \left(h - \frac{1}{15}t\right)}\right]$$

$$h = 168p - 68p^2 + \frac{1}{15}\,t$$

Hierin iſt p der Quotient, welchen man erhält, wenn man die zum Thaupunkt gehörige Spannkraft des in der Luft wirklich vorhandenen Dampfes durch das Spannungsmaximum für die Temperatur der Luftwärme dividirt, oder das Sättigungsverhältniß der Luft. Mit h ſind die Grade des Sauſſüre'ſchen Haarhygrometers bezeichnet, mit t die Luftwärme in Reaumür'ſchen Graden.

Die erſtere Formel dient, um das Sättigungsverhältniß der Luft aus den Graden des Haarhygrometers herzuleiten. Die letztere, um aus dem Sättigungsverhältniß die Grade des Haarhygrometers zu beſtimmen *).

---

*) Naturwiſſenſch. Abhandl. in Würtemb. 1., S. 216.

**) Fortſchritte der Hygrometrie. S. 12.

***) Unſtreitig werden blos die Coefficienten 0,00964 und $\frac{1}{15}$ für verſchiedene Haarhygrometer zu verändern ſeyn, während 1,234, wie es ſcheint, einen phyſikaliſchen Umſtand ausdrückt (da die Herleitung der Formel nicht gegeben iſt, kann ich nicht beſtimmt darüber urtheilen). In der That, da die Formel zufolge der Angabe blos nach zwei Beobachtungen entwickelt iſt, ſo können hieraus nicht drei Zahlencoefficienten beſtimmt werden.

Melloni **) hat auf directem Wege eine Vergleichung der Anzeigen des Haarhygrometers mit der Spannung des Dampfes, welche es bei einer gewiſſen Temperatur im Raume anzeigt, angeſtellt, und zwar auf eine andre Weiſe, als dies ſchon früher von **Gay-Luſſac** und von **Prinſep** ***) geſchehen iſt. Folgende Tabelle führt er als mittleres Endreſultat ſeiner Verſuche an, die mit drei verſchiedenen Haaren wiederholt wurden, bei denen die größte Differenz blos 0,025 der Totalſpannung betrug. Es iſt zu bedauern, daß der Verfaſſer nicht angiebt, auf welche Temperatur ſie ſich bezieht, doch iſt ſie ****) höher geweſen, als die von **Gay-Luſſac** gewählte von 10° C. (vielleicht 25° C., welche der Verfaſſer im Anfange ſeiner Abhandlung als Beiſpiel anführt).

Grade des Hygrometers	Spannung des Dampfes	Grade des Hygrometers	Spannung des Dampfes
100	100,00	45	29,84
95	90,76	40	25,99
90	83,11	35	23,76
85	76,50	30	18,97
80	68,86	25	16,37
75	62,00	20	11,74
70	55,58	15	8,33
65	49,63	10	5,02
60	44,00	5	2,56 †)
55	39,10	0	0,00
50	34,62		

Die graphiſche Verzeichnung dieſer Reſultate liefert eine Hyperbel, welche etwas weniger Krümmung zeigt, als die aus **Gay-Luſſac's** Beob-

---

*) **D'Aubuiſſon** beſtimmt nach v. **Sauſſüre** die obigen Größen für Haarhygrometergrade über 50° durch folgende Formel:

$$p = 0{,}015h - 0{,}47$$

welche ſich aber nicht ſo gut als die obige an die vergleichenden Beobachtungen des Haarhygrometers und Pſychrometers anſchließt. Zum Belege der Übereinſtimmung der Formel mit den Details der Beobachtung iſt in der Originalſchrift (S. 18) eine Tabelle beigefügt.

**) Ann. de Ch. et de Ph. XLIII. 33 oder im Auszuge in Schweigg. J. LX. 75.

***) Baumg. Zeitſchr. II. S. 29. Vergl. auch Schweigg. J. LX. S. 79.

****) Wie aus der nachfolgenden vom Verfaſſer ſelbſt herrührenden Bemerkung über die Proportionalität der Hygrometergrade zu ſchließen.

†) Dieſe Größe iſt aus den bei 9° und 18° angeſtellten Verſuchen hergeleitet.

achtungen folgende, wornach die Grade des Hygrometers den Feuchtigkeitsgraden um ſo mehr proportional ſeyn würden, je höher die Temperatur iſt.

Das Weſentliche von Melloni's Verfahrungsart, die ſich in der Originalabhandlung ſelbſt in großem Detail beſchrieben findet, beruht auf Folgendem:

Wird ein Raum mit reinen Waſſerdämpfen geſättigt, ſo bleibt ein in denſelben gebrachtes Haarhygrometer bei 100° ſtehen; wird dieſer Raum verdoppelt, ſo enthält er nur die Hälfte der zur Sättigung erforderlichen Dampfmenge und das Hygrometer bewegt ſich gegen den Punkt der Trockenheit. Iſt die Temperatur dieſelbe geblieben und das Hygrometer blieb bei etwa 65° ſtehen, ſo dürfen wir annehmen, daß dieſer Hygrometergrad anzeige, daß die Luft die Hälfte der zu ihrer Sättigung erforderlichen Dampfmenge enthalte. Wenn nun das Volumen der urſprünglich gegebenen Dampfmenge beliebig geändert und jedesmal der entſprechende Stand des Hygrometers aufgezeichnet wird, ſo läßt ſich eine Tafel conſtruiren, welche die ganze Scale des Inſtrumentes umfaßt.

Um dieſen Zweck zu erreichen, conſtruirt der Verfaſſer ein Barometer, welches oben einen großen Recipienten enthält, der möglichſt luftleer gemacht wird. Das Hygrometer befindet ſich in einem andern Recipienten, in welchen zuerſt einige Waſſertropfen gebracht werden, um den Raum mit Dämpfen zu ſättigen. Sodann wird dieſer Recipient auf eine Luftpumpe geſetzt und die Luft verdünnt; hierbei entweicht ein Theil der Dämpfe, welcher aber ſogleich von dem tropfbaren Waſſer wieder erſetzt wird. Iſt die Luft möglichſt verdünnt und es bleibt dann noch einiges Waſſer übrig, ſo wird ſo lange gepumpt, bis das Waſſer ganz verdunſtet und der Raum dagegen mit Dämpfen geſättigt iſt. Iſt dieſer Punkt erreicht, ſo wird das Hygrometer nebſt ſeinem Recipienten auf den oberen Theil des Barometers geſchraubt; die Dämpfe verbreiten ſich in einem größeren Raume, und ihre Spannung läßt ſich aus den Angaben dieſes großen und denen eines gewöhnlichen Barometers herleiten. Wird das große Barometer in eine mit Queckſilber gefüllte Röhre geſchoben, oder in dieſer erhöht, ſo läßt ſich das Volumen der Dämpfe nach Willkür ändern, und der Raum, in welchem ſich das Hygrometer befindet, nach Belieben dem Punkte der größten Trockenheit oder Sättigung nähern.

Bei ſeiner Einrichtung des Apparates konnte der Verfaſſer aber nur von 100° bis 54° des Hygrometers gehen; um auch Verſuche für größere Grade der Trockenheit anzuſtellen, könnte man zwar Röhren von größerer Dicke nehmen, jedoch wendete er ein anderes Verfahren an. War nämlich das Hygrometer bis 45° gekommen, ſo wurde der Hahn des Recipienten, in dem es ſich befand, geſchloſſen, und von dem Barometer abgeſchraubt, ein anderer, geglühtes Chlorcalcium enthaltender, Recipient oben an das Barometer befeſtigt und dieſes dadurch getrocknet. War dieſes geſchehen, ſo wurde das Hygrometer wieder an dem oberen Theile befeſtigt und der die Dämpfe enthaltende Raum durch Hebung der Barometerröhre vergrößert. War hier wieder das Hygrometer bis zu dem äußerſten Punkte gekommen, ſo wurde die Austrocknung des Barometers wiederholt. Durch dieſe Operationen brachte der Verfaſſer das Hygrometer bis 9°.

Um Reſultate zu erhalten, welche möglichſt genau wären, ſtellte der Verfaſſer die Verſuche mit derſelben Dampfmenge zweimal an. Er vergrößerte nämlich das Volumen des Dampfes ſo viel als möglich, und ſodann ſenkte er das Barometer wieder in die Tiefe, um den Raum, in welchem ſich der Dampf befand, wieder zu verkleinern. In beiden Fällen ſtimmten die Angaben des Hygrometers bis auf Kleinigkeiten überein. Da ferner die beſten Hygrometer in ihren Angaben oft Abweichungen von 1° bis 2° zeigen, ſo änderte der Verfaſſer nach jeder Reihe von Verſuchen ſein Haar nach jedem Verſuche noch zweimal, dergeſtalt, daß er drei Beobachtungsreihen erhielt, welche mit drei verſchiedenen Haaren angeſtellt waren.

Auf dieſe Weiſe wurden die in obiger Tabelle enthaltenen Reſultate gefunden.

Daniell'ſches Hygrometer. Die urſprüngliche Daniell'ſche Einrichtung, nach welcher das Thermometer, das die Temperatur der Luft anzuzeigen hat, im Fußgeſtelle des Inſtrumentes ſelbſt angebracht wird, iſt verwerflich, indem **Bohnenberger***) durch verſchiedene Verſuche genügend gezeigt hat, daß das ſo angebrachte Thermometer in Folge des Einfluſſes ſeiner Umgebungen ſehr unempfindlich iſt, und oft gegen 3° F. von der eigentlichen Lufttemperatur im Freien abweicht.

Eine Modification, die **Auguſt****) dieſem Inſtrument gegeben hat, beſteht darin, daß die Kugel an dem Arme des Inſtruments, in welchem ſich das inwendige Thermometer befindet, ſo gebogen iſt (Fig. 36***), daß die Kugel des Thermometers e möglichſt nahe an der äußern Oberfläche des Goldreifens ſich befindet, ſo daß die Entfernung ec höchſtens zwei pariſer Linien beträgt. Dieſe Einrichtung trifft **Auguſt**, damit die übereinſtimmung zwiſchen der Temperatur des äußern Umfangs, an welchem ſich die atmoſphäriſchen Dünſte condenſiren und der des Thermometers möglichſt genau ſey. In der That belehrten ihn viele ſehr ſorgfältige gleichzeitige Verſuche mit Inſtrumenten von verſchiedener Conſtruction, daß die Anzeigen des innern Thermometers beim Entſtehen des Hauchringes immer niedriger werden, je weiter das Thermometer von der äußern Oberfläche der Kugel entfernt iſt; offenbar eine Folge der ſchlechten Leitung der Flüſſigkeit und des Glaſes. — **Adie** wendet zur Beſeitigung deſſelben übelſtandes das Schütteln der Kugel, in welche das innere Thermometer taucht, bei einer etwas abgeänderten Einrichtung des Daniell'ſchen Apparats (die jedoch ſonſt keine weſentliche Verbeſſerung mit ſich bringt) an, um ſo die Temperatur ſchneller durch die ganze Maſſe der Flüſſigkeit zu verbreiten (Schweigg. J. LVI. S. 459).

---

*) Naturwiſſenſch. Abhandl. II.

) **Auguſt über die Fortſchritte der Hygrometrie S. 3. — Eine Zuſammenſtellung der frühern Modificationen, die das urſprüngliche Daniell'ſche Hygrometer von **Greiner**, **Döbereiner**, **Körner** erfahren hat, ſ. in Gehler's Wörterb. V. S. 616 ff. oder den Suppl. zu Baumg. Phyſ. S. 259.

***) In dieſer Figur iſt blos ein Arm des Inſtruments verzeichnet.

Hinſichtlich der Beobachtung des Daniell'ſchen Hygrometersmacht Auguſt darauf aufmerkſam, daß man ſich nicht eher für überzeugt halten kann, einen richtigen Verſuch gemacht zu haben, als wenn man bemerkt, daß das innere Thermometer in dem Augenblicke, wo äußerlich der Hauchring ſichtbar wird, auch zugleich zu ſinken aufhört, und mit dem darauf beginnenden Steigen deſſelben der Hauchring auch wieder verſchwindet. Alle andern Beobachtungen ſind, wenn es ſich um Genauigkeit handelt, mehr oder minder unzuläſſig, und die Annahme, der eigentliche Condenſationspunkt liege zwiſchen der Temperatur, bei welcher (nach dem innern Thermometer beobachtet) der Hauchring zu entſtehen, und der, bei welcher er zu verſchwinden ſcheint, erklärt Auguſt für ganz unſtatthaft *). Er bemerkt in dieſer Hinſicht: „Offenbar entſteht doch dieſe Verſchiedenheit der Temperaturangabe beim Entſtehen und Verſchwinden des Hauchringes nur durch zu lebhafte Erkaltung des eingeſchloſſenen Äthers; das innere Thermometer bleibt in ſolchem Falle vermöge der Trägheit des Queckſilbers ein wenig zurück, zeigt alſo im erſten Augenblicke des Steigens eine etwas zu hohe Temperatur. Häuft ſich nun der Waſſerbeſchlag an, ſo braucht er mehr Zeit zum Entweichen und verſchwindet erſt, wenn das Thermometer wieder bedeutend höher ſteht, als beim Entſtehen des Ringes. Da alſo beide Beobachtungen eine zu hohe Temperatur geben; ſo wird durch die Annahme des Mittels der Fehler noch vermehrt, den man auszugleichen beabſichtigt."

Es muß indeß bemerkt werden, daß ſowohl für den erſten als für den letzten Fall Umſtände vorhanden ſind, welche der zu hohen Temperaturangabe entgegenwirken, und in vielen Fällen das Übergewicht erhalten möchten, ſo daß, da dieſe Umſtände keiner Berechnung fähig ſind, hierdurch jedenfalls eine große Unſicherheit in den Angaben des Daniell'ſchen Inſtruments herbeigeführt wird; welche es in Nachtheil ſetzt gegen das nachher ausführlicher zu beſchreibende Auguſt'ſche Pſychrometer, das dieſe Übelſtände nicht darbietet.

Auguſt ſelbſt bemerkt: daß das Daniell'ſche Hygrometer, wenn es ſehr ſorgfältig beobachtet werde, die Temperatur des Thaupunktes etwas niedriger angeben müſſe, als ſie wirklich iſt, und dieſer Fehler um ſo größer ſeyn müſſe, je weniger Dunſt die Luft enthält, gehe ſchon daraus hervor, daß der Hauchring erſt ſichtbar werden kann, wenn der Condenſationspunkt ſchon überſchritten iſt und eine gewiſſe Quantität von Dunſtbläschen die vergoldete Oberfläche der Beobachtungskugel bereits ſo bedeckt

---

*) B. Bohnenberger, v. Bürg u. A. haben nämlich den eigentlichen Thaupunkt zugleich mit aus derjenigen Temperatur beſtimmen wollen, bei welcher der auf dem Goldſtreifen entſtandene Thau wieder verſchwindet.

hat, daß durch die veränderte Lichtreflexion der Hauchring ſichtbar geworden iſt. Bei ſehr hohen Temperaturen und in ſehr trockener Luft gelingen daher Verſuche mit dem Daniell'ſchen Inſtrumente gar nicht. Dieſelbe Unſicherheit theilen mit dieſem Hygrometer alle nach Erfindung deſſelben angegebene ähnliche Vorrichtungen, wie z. B. das Körner'ſche Hygrometer und die neuerdings erſt von Bohnenberger vorgeſchlagene Einrichtung, zufolge welcher um die mit Muſſelin umwickelte Thermometerkugel ein oben und unten offener Cylinder von nicht viel größerm Durchmeſſer als die Thermometerkugel befeſtigt wird, der eine vergoldete äußere Oberfläche hat, in deſſen innern Raum man von oben her Äther träufelt, damit er die Thermometerkugel mit dem umgebenden Cylinder bis zur Condenſationskälte abkühle, deren Eintritt durch den an der Oberfläche des Cylinders entſtehenden Hauchring angezeigt wird. Auguſt verſichert mit einem Hygrometer von dieſer Einrichtung bis jetzt noch keine genügende Beobachtung haben zu Stande bringen zu können.

Muncke *) rügt denſelben Umſtand am Daniell'ſchen Hygrometer, und führt in dieſem Bezuge folgende Erfahrung an: „Als ich im Jahre 1814 die Dichtigkeit der Dämpfe verſchiedener Flüſſigkeiten aufzufinden mich bemühte, hatte ich gewogene Quantitäten Waſſer in einem Ballon von dem klarſten engliſchen Glaſe eingeſchloſſen, und ſuchte durch den Wechſel der Temperatur denjenigen Punkt zu finden, bei welchem zwar noch kein Niederſchlag an der innern Wandung des Ballons gebildet würde, unter welcher aber derſelbe ſogleich entſtand. Ob es nun gleich viel leichter iſt, die geringſte Trübung ſo ausnehmend klaren engliſchen Glaſes bei durchfallendem Lichte wahrzunehmen, als eine Verbindung (?) des metalliſchen glänzenden Goldes, ſo weiß ich doch ſehr wohl, daß ich nie zu genauen Reſultaten gelangt ſeyn würde, wenn mir nicht das zweite Mittel zu Gebote geſtanden hätte, nämlich den feuchten Niederſchlag durch Temperaturerhöhung wieder verſchwinden zu machen, und durch lange anhaltende Anwendung beider Methoden gelang es mir denn endlich, die geſuchten Werthe genau zu erhalten.“

Als ein Umſtand ferner, welcher eine zu niedrige Temperaturangabe beim Wiederverſchwinden des Dampfringes zu bewirken ſtrebt, muß der angeſehen werden, daß, wenn die Ätherkugel von außen erwärmt wird, die aufgenommene Wärme erſt durch den Äther und deſſen Dampf dringen muß, ehe ſie die Thermometerkugel erreicht, ſo daß der Hauchring in derſelben Zeit ſchon einen größern Effect erfahren haben muß, als durch das Thermometer angezeigt werden kann.

Auguſt's Pſychrometer. Die Erfindung des Auguſt'ſchen Hygrometers datirt ſich zwar ſchon von 1825; indeß will ich, da ſeine Anwendung neuerdings immer allgemeiner geworden iſt, und man darin übereinzuſtimmen ſcheint, daß ſie den Vorzug vor der des Daniell'ſchen Inſtru-

---

*) Gehler's Wörterb. V. Art. Hygrometer. S. 654.

ments verdient *), auch einige frühere Data von **Auguſt** ſeitdem näher beſtimmt, entwickelt oder berichtigt worden ſind, die Einrichtung, den Gebrauch und die Grundſätze, auf die ſich dies Inſtrument ſtützt, näher auseinander ſetzen **), in ſolcher Art, daß die Einſicht in ſeine Anwendung möglichſt erleichtert werde.

Erfindung und Princip des Inſtruments ***). **Auguſt** bemerkte, als er des jüngern **de la Rive** Vorſchlag, den Dunſtgehalt der Atmoſphäre durch die Wärmezunahme eines mit Schwefelſäure benetzten und frei aufgehangenen Thermometers zu meſſen, durch gleichzeitige Beobachtungen des Daniell'ſchen Inſtruments prüfte, und nach jedem Verſuche die angewandten Thermometer in Waſſer wieder abſpülte, daß dieſe, ſo lange ſie benetzt waren, einen feſten Stand ziemlich genau in der Mitte zwiſchen der Luftwärme und dem durch das Daniell'ſche Inſtrument angezeigten Thaupunkte behaupteten. Es leuchtet ſonach ein, daß, wenn man zwei Thermometer hat, deren eins die Lufttemperatur anzugeben dient, das andre die Temperatur des conſtanten Punkts, bis zu dem es durch Benetzung ſinkt, ſo würde man die Temperaturdifferenz beider Thermometer nur zu verdoppeln haben, um die Anzeige derſelben ganz auf die des Daniell'ſchen Inſtruments zurückzuführen, wenn wirklich der Stand des befeuchteten Thermometers genau das Mittel hielte. Da aber dies nur annäherungsweiſe der Fall iſt, ſo entwickelte **Auguſt** eine Formel, nach welcher ſich direct und ohne Bezug auf das Daniell'ſche Inſtrument aus dem Stande der beiden Thermometer der Feuchtigkeitszuſtand der Luft beſtimmen läßt, bei welcher Entwickelung er folgende Betrachtungen zu Grunde legte: So lange ein Thermometer, deſſen Kugel mit Waſſer benetzt iſt, ſinkt, ſo lange tritt daſſelbe einen Theil der Wärme des Queckſilbers und Glaſes an das umgebende Waſſer ab, welches denſelben beim Verdunſten bindet; wenn aber der conſtante Punkt, den wir Verdunſtungskälte nennen wollen, eingetreten iſt, ſo iſt dieß ein Zeichen, daß das dann verdunſtende Waſſer dem Thermometer keine Wärme mehr entzieht, ſondern daß die Verdunſtung nur auf Koſten derjenigen Wärme geſchieht, welche die zunächſt liegende Luft verliert, während ſie von der Luftwärme ſich bis

---

*) Vgl. **Munke** in Gehler's Wörterb. VI. S. [illegible]. — **Bohnenberger** in naturwiſſ. Abh. II. — Baumgartner in ſeiner Zeitſchr. IV. S. 74. V. S. 304.

) Eine Literatur darüber iſt, außer den Zuſammenſtellungen in Gehler's Wörterb. Art. Hygrometer und Suppl. zu Baumg. Phyſ. S. 265 folgende: **Auguſt in Pogg. Ann. V. S. 69. 335. XIV. S. 137. — **Derſelbe** in drei kleinen Gelegenheitsſchriften: 1) über die Anwendung des Pſychrometers zur Hygrometrie. Berlin 1828; 2) Tafeln, Formeln und Beobachtungen, das Pſychrometer betreffend, Berlin 1828; 3) über die Fortſchritte der Hygrometrie in der neueſten Zeit, Berlin 1830. — **Baumgartner** und **Bürg** in Baumg. Zeitſchr. IV. S. 60. V. S. 293. — **Bohnenberger** in naturwiſſ. Abh. 1828. II. S. 179. — **Schübler** in Schweigg. J. LVIII. S. 211.

***) Das Leslie'ſche Hygrometer beruht auf ähnlichen Grundſätzen, es iſt aber dabei ein Differenzialthermometer angewendet.

zum Verdunſtungspunkte abkühlt. Hinſichtlich der weitern Betrachtungen, durch die Auguſt die nachher anzuführenden Regeln zur Beſtimmung des Feuchtigkeitszuſtandes der Luft aus der Angabe ſeines Inſtruments ableitet, müſſen wir auf ſeine Abhandlungen verweiſen.

Beſchreibung des Inſtruments. Die weſentlichen Theile des Inſtruments ſind nach dem Vorſtehenden zwei Thermometer, deren eines dient, die Lufttemperatur anzugeben, während die Kugel des andern mit Waſſer benetzt, und der conſtante Punkt, bis zu dem es ſinkt, notirt wird.

Folgendes iſt die mit der Auguſt'ſchen Einrichtung im Weſentlichen vollkommen übereinſtimmende Conſtruction deſſelben, wie es von Weilhöfer in Wien verfertigt wird *).

a b c d (Fig. 37) iſt ein meſſingener Rahmen, innerhalb deſſen ſich zwei auf einander liegende Glastafeln befinden, wovon eine matt geſchliffen iſt. Auf dieſe ſind neben einander die zwei Thermometer e und f befeſtigt, die ſehr empfindlich ſind, indem $\frac{1}{10}$° C. noch $\frac{1}{2}$ Lin. groß iſt, ihre Scale reicht von — 25° C. bis 50° C. Eines derſelben, nämlich f iſt an der Kugel mit Muſſelin überzogen und zum Benetzen beſtimmt, die Kugel hängt frei in einem runden Ausſchnitt des Rahmens, das andere unterſcheidet ſich von einem gewöhnlichen Thermometer in nichts, und dient blos zur Angabe der Lufttemperatur. Zwiſchen den zwei Thermometern befindet ſich ein kleines gläſernes, mit reinem Waſſer gefülltes Gefäß g, durch deſſen meſſingenen Deckel geht eine $\frac{1}{2}$ L. weite Glasröhre, die einen Baumwollfaden von der Kugel des Thermometers f in das Waſſer führt. Dieſer Faden zieht durch Capillarität das Waſſer beſtändig in die Höhe und bringt es an die Thermometerkugel, ſo daß man in jedem Augenblick, ohne einen beſonderen Verſuch anſtellen zu müſſen, den Unterſchied im Stande beider Thermometer beobachten und daraus die Feuchtigkeit in der Luft abnehmen kann. Es iſt begreiflich, daß beide Thermometer ſehr genau mit einander übereinſtimmen und einerl[illegible]indlichkeit beſitzen müſſen, darum ſollen auch beide gleich weite Röhren [illegible] gleich große Kugeln haben.

Das Pſychrometer kann au[illegible]obachtet werden, wenn das Waſſer gefriert, wobei das beſte Verfahren nach Auguſt folgendes iſt: Man läßt beide Thermometer ohne Umhüllung und nimmt auch den Baumwollfaden fort. Während nun das Inſtrument in der niedrigen Temperatur ſich irgendwo befindet, z. B. auf dem Geſims eines Fenſters außerhalb, nimmt man ein kleines Gefäß mit reinem Waſſer und hebt es unter der Kugel des zu netzenden Thermometers ſo empor, daß dieſe eingetaucht **) und vermöge der Adhäſion des Waſſers vom Glaſe benetzt wird. Überläßt man nun das Inſtrument ſich ſelber, ſo bemerkt man jedesmal ein raſches Sinken bis mehrere Grade unter 0, darauf ein plötzliches Steigen bis 0,2 oder 0,0, auf welchem Punkte es dann faſt fünf Minuten verharrt, bevor es wieder zu ſinken anfängt. Während dieſer Zeit geſchieht die Bereiſung des Waſſers an der Oberfläche des eingetauchten Thermometers, und es giebt, beiläufig geſagt, keinen beſtimmteren und kürzeren Verſuch über die Erſcheinung der frei werdenden Wärme beim Gefrieren des Waſſers als dieſen. Wenn nun dem bereiſeten Pſychrometer Zeit gelaſſen wird, ſeinen niedrigen Stand zu erhalten, welches nach etwa 10 — 15 Minuten geſchehen iſt, ſo behält es dieſen eben ſo conſtant, wie das befeuchtete Thermometer bei höheren Temperaturen. Die Differenz iſt aber jederzeit nur geringe, theils, weil im Winter die Luft größtentheils dem Sättigungspunkte ſehr nahe iſt, theils weil überhaupt in dieſen niederen Temperaturen geringere Differenzen der Expanſivkraft auf größere Abſtände des Thaupunktes von der Luftwärme ſchließen laſſen. Man thut wohl, nach jeder Beobachtung das Eintauchen zu wiederholen, damit ſich die Eisrinde fortdauernd um das Thermometer erhalte.

---

*) Suppl. zu Baumg. Phyſik. S. 265. — Andre Abbildungen ſiehe in Gehler's Wörterb. B. V. Taf. XV. Fig. 147; Auguſt üb. die Fortſchr. der Hygrometrie Fig. 2. — Greiner jun. in Berlin verfertigt das Pſychrometer von vorzüglicher Güte für 15 Thlr.

**) Bei der Weilhöfer'ſchen Einrichtung, wo die Kugel in einem Ausſchnitte hängt, möchte dies allerdings nicht wohl angehen; dagegen bei der Auguſt'ſchen die Kugel ganz frei hängt.

Die Regel zur Berechnung des Feuchtigkeitszuſtandes aus der Angabe des Pſychrometers muß etwas modificirt werden, je nachdem es mit tropfbarem Waſſer benetzt, oder mit Eis bedeckt worden, wie weiterhin angegeben werden wird.

Gebrauch des Inſtruments. Die Data der Beobachtung, welche man durch das Inſtrument erhält, ſind die abſoluten Temperaturen beider Thermometer und ihre Differenz, wobei zugleich der Barometerſtand aufzuzeichnen iſt (untereinander zuſammenhängenden); die Größen, welche hiernach beſtimmt werden ſollen, ſind: 1) die Spannkraft des in der Luft zur Zeit der Beobachtung vorhandenen Waſſerdunſtes; 2) der Thaupunkt, d. i. die Temperatur, bis zu welcher ſich die Luft abkühlen müßte, damit aus ihr ein Niederſchlag erfolgte; 3) der Sättigungszuſtand der Luft, d. i. das Verhältniß der in der Luft vorhandenen Dunſtmenge zu dem Maximum der Dunſtmenge, die ſie bei der beſtehenden Temperatur enthalten könnte; 4) das abſolute Gewicht Dunſt, welches ein gegebenes Volumen der Luft enthält.

1) **Beſtimmung der Spannkraft des Dunſtes.** Um nach den Datis der Beobachtung dieſe Beſtimmung vornehmen zu können, iſt vor allem erforderlich, für die Temperatur des feuchten Thermometers die Spannung zu kennen, welche der Dunſt bei dieſer Temperatur im Maximum der Dichtigkeit haben würde. Nun findet man in jedem Lehrbuche der Phyſik *) Tabellen, welche die den verſchiedenen Temperaturen entſprechende Dunſtſpannung im Maximum angeben, allein da dieſe Tabellen meiſt blos von Grad zu Grad fortſchreiten, die Beobachtungen mit dem Pſychrometer aber viel kleinere Differenzen der Temperatur zu unterſcheiden nöthig machen, ſo

---

*) Biot. I. S. [illegible]; Gehler's Wörterb. II. S. [illegible] u. a.

hat Auguſt zu dieſem Behufe nach einer von ihm aufgeſtellten, innerhalb der bei dieſen Beobachtungen vorkommenden Temperaturen der Erfahrung gehörig Genüge leiſtenden, Formel die Dunſtſpannung im Maximum von — 29° R. bis + 29° R. auch für Zehntelgrade berechnet*), welche Tabelle (Tab. I.) ich zum Schluſſe dieſes Artikels folgen laſſen werde.

Man ſuche demnach aus dieſer (oder irgend einer andern) Tabelle zu der Temperatur des feuchten Thermometers die entſprechende Dunſtſpannung in der Tabelle auf, in welcher man die ganzen Grade in der erſten Längenſpalte, die Zehntelgrade in der erſten Querreihe angedeutet findet. Die beim Zuſammentreffen der zu den ganzen Graden gehörigen Querreihe und der zu den Zehnteln gehörigen Längenſpalte gefundene Zahl drückt in Pariſer Linien die geſuchte Spannkraft des Waſſerdunſtes im Maximum bei der Temperatur des feuchten Thermometers aus.

Hätten nun beide Thermometer des Pſychrometers keinen Unterſchied, ſondern gäbe das feuchte genau dieſelbe Temperatur an, welche das trockne zeigt, ſo würde die auf dieſe Weiſe in der Tafel gefundene Zahl unmittelbar die wirkliche Spannung des Dunſtes in der Atmoſphäre anzeigen (weil dann der Dunſt in der Atmoſphäre im Maximum und die Luft ſo feucht ſein müßte, daß ſie keinen Dunſt mehr aufnehmen könnte).

In den Fällen aber, wo das trockne Thermometer höher ſteht, muß man $\frac{1}{2}$ dieſer durch Reaumurſche Grade ausgedrückten Temperaturdifferenz (oder wenn das feuchte Thermometer beeiſt iſt, nur $\frac{4}{9}$) von jener in der Tabelle aufgeſuchten Zahl (die das Spannungsmaximum angiebt) ſubtrahiren, um (wenn der Barometerſtand der mittlere von 336 Par. Lin. iſt) gleichfalls in Pariſer Linien die Spannung des in der Atmoſphäre befindlichen Dunſtes zu erhalten. Iſt der Barometerſtand beträchtlich größer oder kleiner als 336 Par. Lin., ſo muß man noch $\frac{1}{672}$ (oder wenn das Therm. beeiſt iſt, bloß $\frac{1}{756}$) dieſer Abweichung mit dem Unterſchiede beider Thermometer multipliciren, und im Falle eines größern Barometerſtandes dieſes

---

*) Für Reaumur'ſche Grade iſt dieſe Formel folgende:

$$\log.\ e' = 0{,}3566311 + \frac{7{,}9817243\ t'}{213{,}4070 + t'}$$

wo e' das Spannungsmaximum in Pariſer Linien Queckſilberhöhe bezeichnet, welches der Temperatur t' zugehört. Für Centeſimalgrade verwandelt ſie ſich in folgende:

$$\log.\ e' = \frac{23{,}945371\ t'}{800 + 3\,t'} - 2{,}2960383$$

Dieſe Formel, deren nähere Herleitung Auguſt in Pogg. Ann. XIII. 122 gegeben hat, kann nur als Interpolationsformel, gültig für Temperaturen, wie ſie bei Pſychrometer-Beobachtungen vorkommen, angeſehen werden, da ſie für höhere Temperaturen die Spannung ſtärker wachſen läßt, als nach wirklichen Beobachtungen der Fall. Übrigens kann man ſich auch, wenn man will, Tabellen, die nach anderen Formeln als den hier angegebenen berechnet ſind, bedienen, ohne daß dies im übrigen das oben weiter aus einander geſetzte Verfahren ändern wird.

Product zu der ſchon gefundenen Größe hinzufügen, bei einem niedrigern Barometerſtande davon abziehen *).

Erläutern wir dieſe Regel durch ein Beiſpiel:

Am 20ſten Mai 1827 um 2½ Uhr Nachmittags beobachtete **Erman** bei 338''',28 Barometer Folgendes:

Stand des trocknen Thermometers . . . 19°,1 R.
Stand des feuchten Thermometers . . . 11°,1 R.
mithin Differenz **) . . . . 8°

Um hieraus die Spannung des atmoſphäriſchen Dunſtes zu berechnen, ſuchen wir die zu 11°,1 gehörige Spannung in der Tafel S. 214 auf: man findet 5,56; von dieſer Zahl ſubtrahirt man ⅜ der beobachteten Temperaturdifferenz, welches in dieſem Falle 3,00 beträgt. Die Subtraction giebt 2''',56. Da aber das Barometer 2 Linien höher als 336''' ***) ſtand, ſo iſt noch 0,0022 × 8 = 0,02 von der gefundenen Zahl zu ſubtrahiren. Man erhält alſo auf dieſe Weiſe

$$5{,}56 - \tfrac{3}{8} \times 8{,}00 - 0{,}0022 \times 8 = 2''',54$$

als Expanſion des in der Luft enthaltenen Dunſtes.

Die vorige Regel iſt übrigens nur eine Annäherung, die jedoch hinreichend groß iſt, daß die Abweichung von der genauern Regel, die wir jetzt mittheilen wollen, im Allgemeinen vernachläſſigt werden kann. Dieſe genauere Regel iſt für Reaumurſche Grade folgende:

Um die Spannung des in der Luft vorhandenen Dunſtes zu finden, nimm das Product aus folgenden 3 Größen: 1) die Zahl 0,558; 2) die Temperaturdifferenz beider Thermometer; 3) den in Pariſer Linien ausgedrückten Barometerſtand; dividire dieſes Product mit dem Reſte, welcher bleibt, wenn von 512 ****) die Temperatur des feuchten Thermometers abgezogen wird, und ziehe den ſo erhaltenen Quotienten von dem Spannungsmaximum ab, welches nach der Tabelle der Temperatur des feuchten Thermometers zugehört *****).

---

*) Dieſe Regel läßt ſich (für Reaumurſche Grade) auf folgende Formeln bringen, wovon die erſte für Beobachtungen des bloß naſſen, die andere für Beobachtungen des mit einer Eisrinde überzogenen Pſychrometers gültig iſt. Es iſt darin x die geſuchte Spannung des in der Luft vorhandenen Waſſerdunſtes; e' das Maximum der Spannung des Dunſtes, welche der Temperatur t' des feuchten oder beeiſten Thermometers zukommt, t die Temperatur des trocknen Thermometers, b der (auf 0° reducirte) Barometerſtand in Par. Linien.

$$x = e' - \tfrac{3}{8}(t - t') - 0{,}0011\,(336 - b)\,(t - t')$$
$$x = e' - \tfrac{1}{3}(t - t') - 0{,}0010\,(336 - b)\,(t - t').$$

**) Selten wird eine ſo hohe Differenz beobachtet.

***) Die Bruchtheile der Linien beim Barometerſtande kann man nämlich ohne merklichen Irrthum außer Acht laſſen.

****) Wenn das Thermometer mit Eis bedeckt iſt, 513 ſtatt 512.

*****) Dieſe Regel wird durch folgende Formeln für Reaumur'ſche Grade ausgedrückt, wovon die erſte für Beobachtungen des bloß naſſen, die andere für

Das vorige Beispiel, nach dieser genaueren Regel berechnet, würde folgendes Resultat geben:

$$5{,}56 - \frac{0{,}568 \; . \; 8 \; . \; 333{,}23}{618 - 11{,}1 \; ^{*)}} = 2{,}85$$

welches, wie man sieht, mit dem nach der angenäherten Regel erhaltenen Werthe merklich übereinstimmt.

3) **Bestimmung des Thaupunkts.** Wenn man die Spannung des in der Luft vorhandenen Dunstes kennt, so ergiebt sich unmittelbar der Thaupunkt, wenn man zu dieser Spannung die in der Tabelle zugehörige Temperatur sucht. Mithin würde bei dem angeführten Beispiele 1°,5 der Thaupunkt sein **).

Beobachtungen des mit einer Eisrinde überzogenen Psychrometers gültig ist. (Die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung als S. 209 Anm.)

$$x = e' - \frac{0{,}568\,(t - t')\,b}{512 - t'}$$

$$x = e' - \frac{[illegible]\,(t - t')\,b}{[illegible] - t'}$$

Für Centesimalgrade würde man statt dieser Formeln respective folgende anzuwenden haben:

$$x = e' - \frac{[illegible]\,(t - t')\,b}{640 - t'}$$

$$x = e' - \frac{[illegible]\,(t - t')\,b}{716 - t'}$$

Dies sind die Formeln, wie sie August in seiner neuesten Darstellung (über die Fortschritte der Hygrometrie S. 7, 12, 30) angiebt. Die früher von ihm angewandten waren nicht ganz richtig entwickelt (Pogg. V. 76), insofern dabei die latente Wärme des Wasserdunstes unter allen Temperaturen als ungeändert angenommen worden war; auch schließen sie sich minder gut als die obigen, deren Herleitung er erst künftig zu geben verspricht, an die Erfahrungen an. Bemerkt mag werden, daß die vorigen Formeln aus folgender entstanden sind:

$$x = e' - \frac{[illegible]\,(t - t')\,b}{\lambda - t'}$$

wo λ die latente Wärme des Dunstes bei t' bezeichnet, wenn das Thermometer feucht ist; oder die latente Wärme des tropfbaren Wassers, wenn das Thermometer mit Eis bedeckt ist.

Die Formel, welche Baumgartner in seinen Supplementen (S. 106) entwickelt, stimmt mit der früheren von August überein.

---

*) Unrichtig durch Versehen schreibt August bei diesem Beispiel 10,1 statt 11, denn nach seiner Formel ist nicht t, sondern t' abzuziehen.

**) Um direct aus den Angaben des Psychrometers den Thaupunkt t'' zu finden, giebt noch August folgende Formel:

für Reaumur'sche Grade:

$$t'' = [illegible] \; \frac{\log.\, x - [illegible]}{[illegible] - \log.\, x}$$

3) **Beſtimmung des Sättigungszuſtandes der Luft.** Man dividire die Spannung, welche der Dunſt in der Luft hat, mit der Maximumſpannung, welche der durch das trockene Thermometer angezeigten Temperatur nach der Tabelle zugehören würde; ſo erhält man das Sättigungsverhältniß.

Um bei dem vorigen Beiſpiele ſtehen zu bleiben, ſo findet man aus der Tabelle, daß der Temperatur 19°,1 das Spannungsmaximum 10,14 entſpricht. Man dividire mithin 2,55 durch 10,14, ſo findet man

$$\frac{2{,}55}{10{,}14} = 0{,}245$$

4) **Beſtimmung des Gewichts Dunſt, welches ein gegebenes Volumen Luft enthält.** Man kennt aus Tabellen, welche ſich in phyſikaliſchen Lehrbüchern finden (eine Tabelle von Auguſt iſt zum Schluſſe des Artikels beigefügt), das Gewicht Dunſt, welches ſich, wenn der Raum bei einer gewiſſen Temperatur mit Dunſt geſättigt iſt, in einem gegebenen Volumen deſſelben findet. Man ſuche dies Gewicht für die Temperatur des trocknen Thermometers auf und multiplicire es mit dem Bruch, welcher nach 3) das beobachtete Sättigungsverhältniß ausdrückt, ſo hat man das Verlangte.

So findet man aus Tabelle II. zum Schluß des Artikels, daß bei 19°,1 R. 14,85 Grane Feuchtigkeit in 1 Cub. Fuß Luft beim Maximum der Dichtigkeit enthalten ſind, dies mit 0,245 multiplicirt, giebt 3,64 Gran als Menge der Feuchtigkeit, welche unter den Umſtänden der Beobachtung in 1 Cub. Fuß Luft enthalten war *).

Beweiſe für die Richtigkeit der Auguſt'ſchen Regel. Da die Formel, auf welche die Auguſt'ſche Regel zur Berechnung der Spann-

---

für Centeſimalgrade:

$$t'' = \frac{800}{3} \cdot \frac{2{,}2960863 + \log. x}{5{,}0857520 - \log. x}$$

wo x durch die Formeln S. 210 beſtimmt wird.

Meikle (Philos. J., Nr. 3. p. 31) berechnet bei mittlerem Barometerſtande den Thaupunkt unmittelbar nach folgender Formel:

für Reaumur'ſche Grade:

$$t'' = t - \frac{(t - t')(t - t' + 44)}{t' + 14{,}4}$$

für Centeſimalgrade:

$$t'' = t - \frac{(t - t')(t - t' + 55)}{t' + 18}$$

Dieſe Formel giebt in der That den Thaupunkt ebenfalls ziemlich ſcharf an.

*) Man kann auch nach Auguſt das Gewicht y des in 1 Pariſer Cubikfuß Luft bei der Temperatur t (R.) und der Spannung x (welche nach 1) beſtimmt wird) enthaltenen Feuchtigkeit direct nach folgender Formel beſtimmen:

$$y = \frac{1{,}33\ x}{1 + 0{,}005\ t}\ \text{Gran.}$$

kraft des Waſſerdunſtes und der damit zuſammenhängenden Umſtände ſich ſtützt, einer theoretiſchen Combination der verſchiedenen, bei den Umſtänden der Beobachtungen in Betracht kommenden, Elemente ihren Urſprung verdankt, ſo war es von Wichtigkeit, durch Erfahrung zu zeigen, ob die ſo erhaltene Regel nun auch wirklich den Beobachtungen genüge. Auguſt führt 3 Thatſachen an, welche dieſer Richtigkeit gar ſehr das Wort reden.

1) Gay-Luſſac hat gegen ein feuchtes Thermometer künſtlich ausgetrocknete Luft ſtrömen laſſen und bei verſchiedenem Druck und verſchiedener Wärme die Verdunſtungskälte beobachtet. Berechnet man nun nach Auguſt's Regel aus dieſen Beobachtungen die Spannkraft des Waſſerdunſtes in der anſtrömenden Luft, ſo findet man ſie merklich null, wie ſie in der That wegen der Austrocknung null war. Zur Vergleichung hebt er folgende 4 von Gay-Luſſac's Verſuchen aus:

Barometer	Luftwärme	Verdunſtungskälte	Spannkraft
b	t	t′	e
336,9‴	0,0° R.	— 4,7° R.	— 0,04‴ Par.
336,9‴	20,0°	+ 8,2	+ 0,03‴
288,2‴	10,0	+ 1,6	+ 0,05‴
221,6‴	10,0	+ 0,4	+ 0,00‴

Die Abweichungen betragen, wie man ſieht, nur Hunderttheile einer Linie, ſo daß ſie füglich überſehen werden dürfen.

2) Wenn man in einem geräumigen geheizten Zimmer bei verſchloſſenen Fenſtern und Thüren, ſo daß man überall gleichen Feuchtigkeitszuſtand der Luft vorausſetzen kann, zur Winterszeit Beobachtungen mit dem Pſychrometer nahe den Fenſtern und nahe dem Ofen anſtellt, (wobei man das Inſtrument durch ein Blatt Papier gegen die Einwirkung der Stralwärme ſchützen muß), ſo werden die Thermometer einen ungleichen Stand zeigen. Berechnet man aber nach der gegebenen Regel die Expanſivkraft des in der Luft enthaltenen Waſſerdunſtes, ſo erhält man dieſelbe Größe, wie in der That der Fall ſein muß, da der in der Nähe des Ofen's mit der Luft zugleich erwärmte Waſſerdunſt, wenn er ſich ausdehnt, doch deshalb, weil er ſich ausdehnen kann, ſeine Expanſivkraft nicht ändert. Zum Belege iſt in Auguſt's Fortſchritten S. 22 ein Verſuch beigefügt.

Auguſt nimmt von dieſen Verſuchen zugleich Veranlaſſung, die von Muncke in Gehlers Wörterb. VI. 652 erörterte Vermuthung für widerlegt zu halten, nach welcher die Verdunſtungskälte des feuchten Thermometers ſtets den wahren Thaupunkt ergeben ſoll, während ihn das Daniell'ſche Inſtrument zu tief finden laſſe. Wenn nämlich dieſe Anſicht richtig wäre, ſo hätte das feuchte Thermometer bei den in Rede ſtehenden Verſuchen in der Nähe und Ferne des Ofens einen gleichen Stand zeigen müſſen, während Auguſt eine Differenz von 0,8° R. wahrnahm, die nicht als Beobachtungsfehler erklärbar war.

3) Wenn man den Thaupunkt nach der Auguſt'ſchen Regel aus Pſychrometer-Beobachtungen berechnet und mit gleichzeitig angeſtellten, ſorgfäl-

tigen, directen Beobachtungen des Thaupunkts mittelſt des Daniell'ſchen Inſtruments vergleicht, ſo findet man die beſte Übereinſtimmung beider.

Einen Beleg zu dieſer Übereinſtimmung findet man bei August in ſeinen Fortſchritten der Hygrometrie S. 13, 21, 30, in ſeinen Tafeln, Formeln u. ſ. w. S. 3 ff.; von Schübler in Schweigg. J. LVIII. 214.

Tabelle I.

Spannkräfte des Waſſerdunſtes im Maximum für Reaumur'ſche Grade und Pariſer Linien.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
— 29	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
28	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12
27	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
26	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15
25	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17
— 24	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19
23	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22
22	0,27	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24
21	0,30	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27
20	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30
— 19	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33
18	0,41	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,37
17	0,45	0,45	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,41
16	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,47	0,46	0,46
15	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51
— 14	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57	0,56
13	0,68	0,67	0,66	0,66	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	0,62
12	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	0,71	0,70	0,70	0,69	0,68
11	0,82	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,77	0,76	0,75
10	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83
— 9	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
8	1,09	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1,00
7	1,20	1,19	1,18	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10
6	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21
5	1,44	1,43	1,41	1,40	1,39	1,38	1,36	1,35	1,34	1,33
— 4	1,57	1,56	1,55	1,54	1,52	1,50	1,49	1,48	1,46	1,45
3	1,72	1,71	1,69	1,68	1,66	1,65	1,63	1,62	1,60	1,59
2	1,88	1,86	1,85	1,83	1,81	1,80	1,78	1,77	1,75	1,74
1	2,05	2,03	2,02	2,00	1.98	1,96	1,95	1,93	1,92	1,90
0	2,24	2,22	2,20	2,18	2,16	2,14	2,12	2,11	2,09	2,07
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
+ 0	2,24	2,26	2,28	2,30	2,32	2,34	2,36	2,38	2,40	2,42
1	2,44	2,46	2,48	2,50	2,52	2,54	2,57	2,59	2,61	2,63
2	2,65	2,68	2,70	2,72	2,75	2,77	2,79	2,82	2,84	2,86
3	2,89	2,91	2,94	2,96	2,99	3,01	3,04	3,06	3,09	3,11
4	3,14	3,16	3,19	3,22	3,24	3,27	3,30	3,33	3,35	3,38
+ 5	3,41	3,44	3,47	3,49	3,52	3,55	3,58	3,61	3,64	3,67
6	3,70	3,73	3,76	3,79	3,82	3,85	3,89	3,92	3,95	3,98
7	4,01	4,05	4,08	4,11	4,15	4,18	4,21	4,25	4,28	4,31
8	4,35	4,38	4,42	4,46	4,49	4,53	4,56	4,60	4,64	4,67
9	4,71	4,75	4,79	4,82	4,86	4,90	4,94	4,98	5,02	5,06
+ 10	5,10	5,14	5,18	5,22	5,26	5,30	5,34	5,38	5,43	5,47
11	5,51	5,56	5,60	5,64	5,69	5,73	5,78	5,82	5,87	5,91
12	5,96	6,00	6,05	6,10	6,14	6,19	6,24	6,29	6,34	6,38
13	6,43	6,48	6,53	6,58	6,63	6,68	6,74	6,79	6,84	6,89
14	6,94	7,00	7,05	7,10	7,16	7,21	7,27	7,32	7,38	7,43
+ 15	7,49	7,54	7,60	7,66	7,72	7,77	7,83	7,89	7,95	8,01
16	8,07	8,13	8,19	8,25	8,31	8,38	8,44	8,50	8,56	8,63
17	8,69	8,76	8,82	8,89	8,95	9,02	9,09	9,15	9,22	9,29
18	9,36	9,42	9,49	9,56	9,62	9,70	9,77	9,85	9,92	9.99
19	10,06	10,14	10,21	10,28	10,36	10,43	10,51	10,59	10,66	10,74
+ 20	10,82	10,90	10,98	11,05	11,13	11,21	11,29	11,37	11,46	11,54
21	11,62	11,71	11,79	11,87	11,96	12,04	12,13	12,22	12,30	12,39
22	12,48	12,57	12,66	12,75	12,84	12,93	13.02	13,11	13,20	13,30
23	13,39	13,48	13,58	13,67	13,77	13,87	13,96	14,06	14,16	14,26
24	14,36	14,46	14,56	14,66	14,76	14,87	14,97	15,07	15,18	15,28
+ 25	15,39	15,50	15,60	15,71	15,82	15,93	16,04	16,15	16,26	16,37
26	16,48	16,60	16,71	16,83	16,94	17,06	17,17	17,29	17,41	17,53
27	17,65	17,77	17,89	18,01	18,13	18,25	18,38	18,50	18,63	18,75
28	18,88	19,01	19,14	19,26	19,39	19,52	19,66	19,79	19,92	20,05
29	20,19	20,32	20,46	20,60	20,73	20,87	21,01	21,15	21,29	21,43
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Tabelle II.

Beſtimmung des Dunſtgewichts *) im Maximum für Pariſer Cubikfuß und Reaumur'ſche Grade.

Grade	Gran	Grade	Gran	Grade	Gran	Grade	Gran	Grade	Gran
— 20	0,60	— 10	1,54	+ 0	3,65	10	7,90	20	15,88
— 19	0,66	— 9	1,69	+ 1	3,96	11	8,50	21	16,97
— 18	0,73	— 8	1,85	+ 2	4,29	12	9,14	22	18,11
— 17	0,81	— 7	2,03	+ 3	4,64	13	9,81	23	19,32
— 16	0,89	— 6	2,23	+ 4	5,01	14	10,55	24	20,60
— 15	0,98	— 5	2,42	+ 5	5,42	15	11,30	25	21,96
— 14	1,08	— 4	2,63	+ 6	5,86	16	12,11	26	23,38
— 13	1,18	— 3	2,86	+ 7	6,33	17	12,97	27	24,90
— 12	1,29	— 2	3,10	+ 8	6,82	18	13,89	28	26,47
— 11	1,41	— 1	3,36	+ 9	7,34	19	14,85	29	28,14

Hölzernes Hygrometer von Delacombe**). Wir führen dies neuerdings angegebene Inſtrument der Vollſtändigkeit wegen mit auf, ohne ihm jedoch eine phyſikaliſche Brauchbarkeit beimeſſen zu wollen.

Das Hauptſtück des Inſtruments beſteht aus einer ſchmalen hölzernen Platte oder einem Züngelchen, welches durch Vorſteckſtiftchen mit einer dünnen meſſingenen Platte verbunden iſt. Die Holzfaſern des Züngelchens laufen quer, die Metallplatte iſt etwas elaſtiſch. Dies Stück nun iſt in dem Augenblicke, in welchem es gemacht wird, gerade; allein es krümmt ſich nach der größern oder geringern Feuchtigkeit der Luft gegen die eine oder die andere Seite; bei zunehmender Feuchtigkeit wird es an der Seite der Metallplatte concav, bei zunehmender Trockenheit wird es an eben dieſer Seite convex.

Das Stück, welches aus Holz und Meſſing beſteht, iſt an dem einen Ende an einer beſtimmten Stelle fixirt, während es an dem andern Ende einen Bügel trägt, der mit einem Bogen articulirt; die Saite oder Schnur dieſes Bogens rollt ſich auf eine walzenförmige Axe und das Ende dieſer Axe iſt mit einer Nadel verſehen, die auf einem graduirten Rande die Grade der Luftfeuchtigkeit anzeigt. Erleidet nun das beſchriebene hygrometriſche Stück eine Veränderung in ſeiner Form, ſo muß ſich die Nadel nach der einen oder nach der andern Seite bewegen, und der Raum, den die Nadel auf dem graduirten Rande durchläuft, iſt um ſo größer, je länger das hygrometriſche Stück, je kleiner der Durchmeſſer der walzenförmigen Axe und je länger die Nadel ſelbſt iſt.

---

*) Die Art der Grane iſt nicht bezeichnet. Unſtreitig jedoch Preußiſches Gewicht.

**) Bull. de la soc. d'encour. 1833 Mars. oder Dingler's polytechn. Journ. XLI. 104.

Unter allen Holzarten wendet Delacombe vorzüglich das Holz der Erlen, der Weiden oder der weißen Pappeln zu ſeinem Hygrometer an. Als feſtſtehende Punkte ſeines Maßſtabes nimmt er die größte Feuchtigkeit und die größte Trockenheit an, die er wie Sauſſure beſtimmt.

Mittelſt einer Nußſchraube endlich und durch Veränderung der Stellung des Bügels, der ſich an dem Bogen befindet, regulirt er ſein Inſtrument ſo, daß die Nadel zwiſchen den beiden äußerſten Punkten der Feuchtigkeit und Trockenheit den ganzen Umfang des Kreiſes, der in 100 Grade und in Bruchtheile von Graden getheilt iſt, durchläuft.

Das ganze Inſtrument hat die Form einer Medaille von 5 bis 20 Centimeter im Durchmeſſer; die Fläche, an welcher ſich die Nadel und der graduirte Rand befindet, iſt mit einem gewölbten Glaſe verſehen; die andere Hälfte hingegen iſt mit einer ausgeſchnittenen Kupferplatte geſchloſſen, jedoch ſo, daß die Luft freien Zutritt zu dem Innern des Glaſes hat.

Mittel zur Beſtimmung des Waſſergehalts der Atmoſphäre, von Brunner *).

Das nachfolgende ſinnreiche Verfahren gründet ſich darauf, ein gegebenes Volumen atmoſphäriſcher Luft durch eine gewiſſe Quantität concentrirter Schwefelſäure ſtreichen zu laſſen, welche man vor und nach dem Verſuche wiegt. Der Verfaſſer überzeugte ſich, daß die Schwefelſäure bei weitem kräftiger hyproſkopiſch wirkt als Chlorcalcium.

Folgendes iſt der Apparat, deſſen ſich der Verfaſſer zu dieſem Zwecke bediente.

A Fig. 38. iſt ein cylindriſches Gefäß von 14 bis 15 Litres Capacität, oben mit einem Halſe a, unten mit einem Hahne h verſehen und mit Waſſer angefüllt. In a wird luftdicht eine rechtwinklich gebogene Glasröhre a b eingeſetzt, deren horizontaler Schenkel b c einige Stückchen Chlorcalcium enthält, die durch etwas loſe eingeſteckte Baumwolle in b und c vor dem Herausfallen geſchützt wird. Bei b wird, zur Aufnahme der Schwefelſäure, mittelſt einer Cautſchuckröhre die Glasröhre c d von 11 Par. Zoll Länge und 3½ bis 4 Lin. innerm Durchmeſſer angefügt, welche nahe an den Enden in f und g nach der einen Seite hin bauchförmige Erweiterungen hat, die dazu beſtimmt ſind, bei nicht vollkommen horizontaler Lage der Röhre die etwa abfließende Säure aufzunehmen. Die Säure ſelbſt wird in dieſe Röhre c d auf folgende Weiſe eingebracht. Man bringt ſo viel feinen Asbeſt hinein, als erfoderlich iſt, um die Wand der Röhre zu belegen und die der durchſtreichenden Luft dargebotene Oberfläche ſo viel zu vergrößern, als es, ohne ihrem Durchſtrömen ein zu großes Hinderniß entgegenzuſetzen, geſchehen darf. Der Asbeſt wird hierauf mit gewöhnlicher engliſcher Schwefelſäure ſo gleichförmig als möglich befeuchtet. Dies geſchieht am Beſten durch Hineingießen der Säure in die obere Öffnung der beinahe ſenkrecht gehaltenen Röhre, worauf man dieſelbe ſo lange in dieſer Lage liegen läßt, bis

---

*) Pogg. XX. 274.

die Säure ſich nach dem andern Ende hin durch den Asbeſt verbreitet hat. Sollte dieſe ſich dabei in Klumpen vereinigen, ſo müſſen dieſe nachher mittelſt eines Meſſingdrahtes zertheilt werden. Funfzig bis ſechzig Tropfen Säure werden bei den angegebenen Dimenſionen der Röhre hinreichen.

Die Verſuchsweiſe ſelbſt beruht auf Folgendem: Wenn aus dem Gefäße A Waſſer durch den Hahn h herausgelaſſen wird, ſo wird ſolches durch ein gleiches Volumen Luft, welche durch die Röhre de ſtrömt, erſetzt werden. Um dieſes Volumen genau zu kennen, darf man alſo nur das abfließende Waſſer in einer genau gemeſſenen und am Halſe mit einem Zeichen verſehenen Flaſche auffaſſen und bei der Beſtimmung des Luftvolumens den Barometer- und Thermometer-Stand, ſo wie die Spannkraft des den Raum in A erfüllenden Waſſerdampfes, gehörig in Rechnung nehmen. Damit dieſer letztere keinen Einfluß auf die Gewichtszunahme der Schwefelſäure ausübe, welches ohnehin durch den in entgegengeſetzter Richtung gehenden Luftſtrom faſt gänzlich verhütet wird, iſt, wie ſchon oben angegeben worden, in b c etwas Chlorcalcium angebracht. Daß die Röhre d e vor und nach dem Durchſtrömen der Luft mit guten Stöpſeln (am beſten aus einem aus Leinölfirniß und Mennig oder Bleiweiß verfertigten Kitte) verſchloſſen aufs genaueſte gewogen werden müſſe, iſt leicht einzuſehen. Noch iſt zu bemerken, daß die Geſchwindigkeit des Abfließens des Waſſers einigermaßen regulirt werden muß. Geſchieht nämlich ſolches gar zu ſchnell, ſo könnte der Fall eintreten, daß ein Antheil des mit der Luft durch die Röhre ſtrömenden Dampfes der Abſorption entginge, da im entgegengeſetzten Falle die Operation unnöthigerweiſe verlängert würde. Die ſchickliche Zeit wird man durch einige Verſuche bald finden. Bei den angegebenen Dimenſionen kann man unter gewöhnlichen Umſtänden unbeſorgt, daß Waſſerdampf der Abſorption entgehe, 13000 Cubikcentimeter oder Grammen Waſſer in 10 Minuten abfließen laſſen. Ehe man einige Übung in dem Gebrauche des Inſtruments hat, iſt es anzurathen, zwiſchen e und b eine zweite mit Asbeſt und Schwefelſäure verſehene Röhre einzuſchalten, und ſich durch Wägung derſelben vor und nach dem Verſuche zu überzeugen, daß alles Waſſer in d e geblieben ſei. Bei Befolgung obiger Angaben wird man ſolches immer finden. Es iſt unzweckmäßig, die Röhre e d mehr als einmal anzuwenden, ohne die Schwefelſäure zu erneuern. Der hierdurch leicht herbeigeführte Irrthum ſteht nicht im Verhältniß mit der geringen Mühe des Einfüllens. Es bedarf übrigens kaum bemerkt zu werden, daß der Asbeſt immer wieder dienen kann, nachdem er gut ausgewaſchen und getrocknet, oder auch nur durch Erhitzen in einem offenen Platintiegel von der Schwefelſäure befreit worden.

Man könnte befürchten, daß durch das abfließende Waſſer die Luft, in welcher man arbeitet, einen höhern Grad von Feuchtigkeit erhalte und hierdurch das Reſultat unrichtig werde. Dieſe Beſorgniß iſt jedoch leicht zu beſeitigen, wenn man, um das Waſſer aufzufaſſen, eine Flaſche mit ziemlich engem Halſe anwendet und den Hahn in dieſen letztern etwas hinunterreichen läßt. Wollte man übrigens auf das Genaueſte verfahren, ſo wäre es leicht die Röhre b c zu verlängern, oder die Mündung d durch eine Scheidewand, z. B. das Fenſter, hindurchgehen zu laſſen.

Denjenigen, welchen die Gelegenheit fehlt, ſich ein eigenes Gefäß verfertigen zu laſſen, empfiehlt der Verfaſſer die in Fig. 39. abgebildete Vorrichtung. Das Gefäß A erſetzt eine gewöhnliche Flaſche A′ von ſchicklicher Größe. Dieſelbe iſt mit einem Heber i k verſehen, durch welchen der Abfluß geſchieht, welcher durch den Hahn l regulirt werden kann. Auch dieſer Hahn kann erſpart werden, wenn man der Öffnung k die zweckmäßige Dimenſion giebt. Zu empfehlen iſt es, die Röhre m n, welche die Beſtimmung a b Fig. 38. hat, ebenfalls bis nahe auf den Boden des Gefäßes reichen zu laſſen, wodurch aus leicht begreiflichen Gründen die größte Gleichförmigkeit des Ausfluſſes nach Art des Mariotte'ſchen Gefäßes erhalten wird, — eine Einrichtung, welche auch in Figur 38. angebracht werden kann.

Ein Beiſpiel mag noch den Gebrauch des Inſtrumentes erläutern. Abgefloſſenes Waſſer: 12972,5 Grm. Der Verſuch geſchah bei + 10° C. und 26,8 Barometerſtand. Dieſes giebt für das Volumen der eingeſtrömten Luft bei 0° und 28 Zoll Barometerſtand und, nach Dalton's Tenſionstabelle, auf den Zuſtand vollkommener Trockenheit reducirt: 11804,2 Cubikcentimeter oder, nach Gay-Luſſac's Wägung, 15,33496 Grammen. Die Gewichtszunahme der Schwefelſäure betrug 0,094 Grammen. Mithin beträgt die Menge des in 1000 Gewichtstheilen der unterſuchten Luft enthaltenen Waſſers 6,09243.

Die Genauigkeit, welche dieſe Methode gewähren kann, iſt durch die Fertigkeit des Operateurs und durch die Vollkommenheit der Wage, die ihm zu Gebote ſteht, bedingt. Zwei unmittelbar nach einander mit dem beſchriebenen Apparate angeſtellte Verſuche gaben dem Verfaſſer nach einiger Übung jederzeit auf 1 Milligramm, alſo ungefähr 1 Procent des Waſſergehaltes, übereinſtimmende Reſultate.

Zum Schluſſe führt der Verfaſſer noch folgenden Verſuch an, den er anſtellte, um eine Vergleichung der oben beſchriebenen Methode mit den aus den vorhandenen Tabellen mittelſt Rechnung gezogenen Reſultaten zu erhalten.

12972,5 Cubikcentimeter Luft von $9\frac{1}{2}^\circ$ C. ließ er (bei 26″,4 Barometerſtand) durch eine mit angefeuchteter Baumwolle gefüllte Glasröhre, und aus dieſer in die auf die beſchriebene Weiſe vorgerichtete Röhre mit Schwefelſäure ſtrömen. Die Gewichtszunahme dieſer letztern betrug 0,121 Grammen.

Nach Peclet [*]) enthält dieſe Menge von Luft bei jener Temperatur mit Waſſerdampf geſättigt: $12972{,}5 \times 0{,}00000945 = 0{,}122$ Grammen Waſſer.

---

[*]) Traité de Physique. 2. édit. 1. p. 494.

XIII. Specifiſches Gewicht.

Beſtimmungsmethoden des ſpecifiſchen Gewichts, Aräometer.

über eine neue Art, das ſpecifiſche Gewicht der Körper zu beſtimmen, von Levy *). Der Verfaſſer empfiehlt das nachfolgende Verfahren (was allerdings etwas complicirter iſt als das gewöhnliche) namentlich deshalb, weil es geſtattet, die beiden Wägungen (in Luft und Waſſer), aus welchen man das ſpecifiſche Gewicht herleitet, beliebig oft zu wiederholen, ohne den Körper jedesmal trocknen zu müſſen, wenn man ihn, nachdem er im Waſſer gewogen worden, aufs Neue in Luft wiegen will.

An das eine Ende eines Wagebalkens ſei anſtatt der Wagſchaale ein kleines Gefäß A aufgehangen, welches mit Waſſer bis zu einer gewiſſen Höhe gefüllt iſt. Der Boden des Gefäßes ſei nur in einer ſehr kleinen Entfernung von der Tafel, auf welcher die Wage befindlich iſt, entfernt, und das kleine Gefäß laſſe ſich von dem Ende des Wagebalkens, an welchem es ſich aufgehangen findet, leicht losmachen. An demſelben Ende des Wagebalkens iſt ein ganz feiner Draht B, z. B. von Platin, befeſtigt, der ſich auf der andern Seite in einen kleinen Haken endigt, welcher bis zu kleiner Tiefe in das Waſſer des Gefäßes A taucht, ſo daß, wenn man das Gefäß abnimmt und auf die Tafel **) (unter der Stelle ſeiner Aufhängung) niederſetzt, ein kleiner Theil des (am Wagebalken befeſtigt bleibenden) Drahtes noch in das Waſſer getaucht bleibt. Eingetaucht in das Waſſer des Gefäßes A, doch außer Berührung mit deſſen Seitenwänden oder Boden, findet ſich ein kleineres Gefäß C, welches an dem Haken des Drahtes B aufgehangen iſt.

Geſetzt nun, P ſei das Gewicht, welches, in die Schale auf der andern Seite der Wage gelegt, dem Gefäße A, wenn es aufgehangen iſt, nebſt dem Waſſer und dem Gefäße C, welche darin enthalten ſind und dem Drahte B das Gleichgewicht hält; es ſei ferner p das Gewicht, welches man an die Stelle P ſetzen muß, um dem Draht B und dem Gewicht des in das Waſſer getauchten Gefäßes C das Gleichgewicht zu halten, wenn man das Gefäß A vom Ende des Wagebalkens losgemacht hat ***).

Will man nun das ſpecifiſche Gewicht eines beliebigen Körpers D beſtimmen, ſo lege man ihn in das Gefäß C; man hänge das Gefäß A auf, und das, was man zu P auf der andern Seite hinzuzufügen hat, wird offenbar das Gewicht von D in der Luft ſein; darauf mache man das Gefäß A los, nehme das Gewicht P. aus der Wagſchaale weg und erſetze es durch p. Das was man jetzt noch hinzuzufügen hat, um das Gleichgewicht zu bewirken, wird das Gewicht von D im Waſſer ſein. Nach dieſen beiden Gewichten wird man das ſpecifiſche Gewicht nach bekannter Weiſe beſtimmen.

---

*) Quetelet Corresp. VI. 208.

**) Die angegebenermaßen von dem Boden des Gefäßes A auch bei deſſen Aufhängung nur wenig entfernt iſt.

***) Wobei jedoch das Gefäß C immer noch in das Gefäß A taucht, das nämlich unterhalb der Stelle ſeiner Aufhängung auf die Tafel niedergelaſſen wird.

Zweckmäßige Einrichtung des Leslie'ſchen Inſtruments zur Beſtimmung des ſpecifiſchen Gewichts gepulverter Körper *). **Leslie** hat ein Inſtrument zu dem vorſtehenden Behufe angegeben, welches ſich u. a. in Baumg. und Ett. Zeitſchr. I. 318 abgebildet findet. Dieſe Abbildung kann jedoch nur dienen, das Weſentliche, worauf es bei dem Verfahren ankommt, darzuſtellen, nicht aber als Modell, nach welchem etwa ein ſolcher Apparat einzurichten wäre. **Baumgartner** dagegen beſchreibt ein ſolches in der vollkommenen Geſtalt, wie es vom Mechanikus **Ekling** in Wien für das daſige Muſeum ausgeführt worden iſt**). Beſchreibung und Abbildung ſcheinen uns jedoch zu umfangsreich, als daß wir hinſichtlich derſelben nicht vorziehen ſollten, auf die Originalabhandlung zu verweiſen.

Verbeſſerter Heber zur Beſtimmung des ſpecifiſchen Gewichts von Flüſſigkeiten, von Meikle ***). **Meikle** hat ſchon im Jahre 1826 einen vierarmigen Heber zur Beſtimmung des ſpecifiſchen Gewichts tropfbarer Flüſſigkeiten angegeben (vgl. Baumg. Zeitſchr. II. 76). Neuerdings hat er einen zweiarmigen Heber zu demſelben Zwecke empfohlen. Man kennt ſeit langem in Deutſchland den Gebrauch eines Hebers zu dieſem Zwecke, der an der Stelle, wo ſeine zwei Arme mit einander verbunden ſind, mit einer Art Saugpumpe in Verbindung ſteht, ſo daß, wenn man jeden der zwei Arme in eine Flüſſigkeit taucht und dann den Kolben dieſer Pumpe in die Höhe zieht, die Flüſſigkeiten nach Maßgabe ihrer Dichte ſteigen und daher die Längen der gehobenen Säulen im verkehrten Verhältniſſe ihrer Dichten oder ſpecifiſchen Gewichte ſtehen. Nach demſelben Grundſatze iſt **Meikle's** Heber eingerichtet, jedoch hat er darin einen Vorzug, der ihn zu ſchnellen Beſtimmungen ſehr empfiehlt, daß die Pumpe ganz weggelaſſen worden iſt, und auch der Einfluß der Capillarität aufgehoben wird.

Meikle räth, den zweiarmigen Heber am oberen Theile mit einer kleinen Öffnung zu verſehen, die man mit dem Finger gut und leicht verſchließen kann. Taucht man daher z. B. einen Schenkel bis auf eine gewiſſe Tiefe in Waſſer, den andern in jene Flüſſigkeit, deren ſpecifiſches Gewicht man mit dem des Waſſers vergleichen will, ſo kann die Luft aus beiden Schenkeln entweichen und jede der Flüſſigkeiten tritt in ihrem Schenkel mit der außerhalb deſſelben befindlichen Maſſe ins hydroſtatiſche Gleichgewicht. Schließt man nun die Öffnung mit dem Finger und hebt den Apparat aus den Flüſſigkeiten; ſo bleibt in jedem Schenkel eine flüſſige Säule ſchweben, und die Längen der zwei Säulen verhalten ſich verkehrt wie ihre ſpecifiſchen Gewichte. Iſt demnach die Höhe der Waſſerſäule A, die der andern Flüſſigket F, ſo bezeichnet $\frac{F}{A}$ das ſpecifiſche Gewicht der letzteren.

---

*) Baumg. Zeitſchr. V. 323.

**) Der Preis des Inſtruments iſt 60 Gulden Conventionsmünze.

***) Philos. Mag. Oct. 1828. oder Baumg. Zeitſchr. V. 328.

Um den Einfluß der Capillarität aufzuheben, räth **Meikle**, den Verſuch zwei Mal anzuſtellen, aber mit flüſſigen Säulen von verſchiedener Länge. Bedeuten beim zweiten Verſuche f und a daſſelbe, was beim erſten Verſuche F und A bezeichneten, und iſt der Einfluß der Capillarität im einen Schenkel x und im anderen y, endlich s das ſpecifiſche Gewicht der Flüſſigkeit; ſo hat man

$$s = \frac{F - x}{A - x},\ s = \frac{f - x}{a - x},\ \text{und daher auch}\ s = \frac{F - f}{A - a}.$$

Verſchließt man gleich beim Einſenken der Heberſchenkel in die betreffenden Flüſſigkeiten die Öffnung mit dem Finger, ſo bleiben beide Flüſſigkeiten unter dem Niveau ihrer Maſſe im weitern Gefäße zurück, und falls ſie durchſichtig ſind, ſo kann man die Größe der Depreſſionen meſſen, die ohne Einwirkung der Capillarität auch im verkehrten Verhältniſſe der ſpecifiſchen Gewichte der Flüſſigkeiten ſtehen werden. Man kann zur Vermeidung des Capillaritätseinfluſſes auch hier zwei Verſuche anſtellen und wie oben die Rechnung führen; nur wird man für den Fall, wo ein Verſuch bei einer Depreſſion, der andere bei einer Elevation angeſtellt wird, die Formel $s = \frac{F + f}{A + a}$ zur Beſtimmung des ſpecifiſchen Gewichtes bekommen.

Beſchreibung verſchiedener Aräometer. Eine zuſammenſtellende Beſchreibung nebſt Abbildung der verſchiedenen bekannten Aräometer findet ſich im Laboratorium (Weimar) Heft XV. Taf. LVIII. LIX.

Vergleichung der Grade verſchiedener Aräometer mit dem zugehörigen ſpecifiſchen Gewichte, von Marozeau[*]. Die nachſtehenden Tabellen für das Beaumé'ſche Aräometer, Centeſimalalkoholometer und Cartier'ſche Aräometer ſind nach den nachher folgenden Formeln berechnet und mittelſt Controlle durch directe Erfahrung richtig befunden worden. Sie gelten für die obenſtehenden Temperaturen, für welche auch das ſpecifiſche Gewicht des Waſſers = 1 geſetzt iſt.

---

[*] Journ. de Pharmac. 1830 Aout. p. 482.

Beaumé'ſches Aräometer, bei 10° R.

Aräometergrade.	Spec. Gew.	Differenz.	Aräometergrade.	Spec. Gew.	Differenz.
1	1,008	7	39	1,371	13
2	1,015	7	40	1,384	13
3	1,022	7	41	1,397	13
4	1,029	7	42	1,410	14
5	1,036	7	43	1,424	14
6	1,043	8	44	1,438	15
7	1,051	8	45	1,453	15
8	1,059	8	46	1,468	15
9	1,067	8	47	1,483	15
10	1,075	8	48	1,498	16
11	1,083	8	49	1,514	16
12	1,091	8	50	1,530	16
13	1,099	8	51	1,546	17
14	1,107	9	52	1,563	17
15	1,116	9	53	1,580	18
16	1,125	9	54	1,598	18
17	1,134	9	55	1,616	18
18	1,143	9	56	1,634	19
19	1,152	9	57	1,653	19
20	1,161	9	58	1,672	19
21	1,170	10	59	1,691	20
22	1,180	10	60	1,711	21
23	1,190	10	61	1,732	21
24	1,200	10	62	1,753	22
25	1,210	10	63	1,775	22
26	1,220	10	64	1,797	22
27	1,230	11	65	1,819	23
28	1,241	11	66	1,842	24
29	1,252	11	67	1,866	25
30	1,263	11	68	1,891	25
31	1,274	11	69	1,916	26
32	1,285	11	70	1,942	26
33	1,296	12	71	1,968	27
34	1,308	12	72	1,995	28
35	1,320	12	73	2,023	29
36	1,332	13	74	2,052	29
37	1,345	13	75	2,081	
38	1,358	13			

Centeſimalalkoholometer, bei 12° R.

Grade.	Spec. Gew.	Differenz.	Grade.	Spec. Gew.	Differenz.
0	1,000	1	50	0,936	2
1	0,999	2	51	0,934	2
2	0,997	1	52	0,932	2
3	0,996	2	53	0,930	2
4	0,994	1	54	0,928	2
5	0,993	1	55	0,926	2
6	0,992	2	56	0,924	2
7	0,990	1	57	0,922	2
8	0,989	1	58	0,920	2
9	0,988	1	59	0,918	3
10	0,987	1	60	0,915	2
11	0,986	2	61	0,913	2
12	0,984	1	62	0,911	2
13	0,983	1	63	0,909	3
14	0,982	1	64	0,906	2
15	0,981	1	65	0,904	2
16	0,980	1	66	0,902	3
17	0,979	1	67	0,899	3
18	0,978	1	68	0,896	3
19	0,977	1	69	0,893	2
20	0,976	1	70	0,891	3
21	0,975	1	71	0,888	2
22	0,974	1	72	0,886	2
23	0,973	1	73	0,884	3
24	0,972	1	74	0,881	2
25	0,971	1	75	0,879	3
26	0,970	1	76	0,876	2
27	0,969	1	77	0,874	3
28	0,968	1	78	0,871	3
29	0,967	1	79	0,868	3
30	0,966	1	80	0,865	2
31	0,965	1	81	0,863	3
32	0,964	1	82	0,860	3
33	0,963	1	83	0,857	3
34	0,962	1	84	0,854	3
35	0,960	1	85	0,851	3
36	0,959	2	86	0,848	3
37	0,957	1	87	0,845	3
38	0,956	2	88	0,842	4
39	0,954	1	89	0,838	3
40	0,953	2	90	0,835	3
41	0,951	2	91	0,832	3
42	0,949	1	92	0,829	3
43	0,948	2	93	0,826	4
44	0,946	1	94	0,822	4
45	0,945	2	95	0,818	4
46	0,943	2	96	0,814	4
47	0,941	1	97	0,810	5
48	0,940	2	98	0,805	5
49	0,938	2	99	0,800	5
			100	0,795	

Cartier'ſches Aräometer, bei 10° R.

Aräometergrade.	Spec. Gew.	Differenz.	Aräometergrade.	Spec. Gew.	Differenz.
10	1,000	8	28	0,879	6
11	0,992	7	29	0,872	6
12	0,985	8	30	0,867	6
13	0,977	7	31	0,862	5
14	0,970	7	32	0,856	6
15	0,963	7	33	0,851	6
16	0,956	7	34	0,845	5
17	0,949	7	35	0,840	5
18	0,942	7	36	0,835	5
19	0,935	6	37	0,830	5
20	0,929	7	38	0,825	6
21	0,922	6	39	0,819	5
22	0,916	7	40	0,814	5
23	0,909	6	41	0,809	5
24	0,903	6	42	0,804	5
25	0,897	6	43	0,799	5
26	0,891	6	44	0,794	
27	0,885	6			

Die Formel, welche zur Berechnung der Tabellen für das Beaumé'ſche und Cartier'ſche Aräometer gedient hat, iſt folgende:

$$y = \frac{dd'\,(n' - n)}{n'd' - nd - x\,(d' - d)}$$

hierin bedeutet y das ſpecifiſche Gewicht, x die Grade des Inſtruments; die übrigen Buchſtaben haben folgende Bedeutung:

Für das Beaumé'ſche Aräometer: $n = 0$; $n' = 66$, $d = 1$, $d' = 1{,}842$ *).

Für das Cartierſche Aräometer: $n = 10$, $n' = 35{,}77$, $d = 1$, $d' = 0{,}836$ **).

Hiernach erhält man für das Beaumé'ſche Aräometer

---

*) Nach den Datis, daß das ſpecifiſche Gewicht bei 10° R. = 1 für 0° der Scale; = 1,84 für 66° der Scale iſt. Letztere Zahl iſt als das ſpecifiſche Gewicht der concentrirteſten Schwefelſäure nach Thénard's Beſtimmung angenommen.

**) Nach den Datis, daß, zufolge Gay-Luſſac's Angabe das ſpecifiſche Gewicht des deſtillirten Waſſers bei 10° R. dem 10 Grade des Cartier'ſchen Aräometers entſpricht, und daß ein ſorgfältig angeſtellter Verſuch bei derſelben Temperatur für ein ſpecifiſches Gewicht 0,836 am Cartier'ſchen Aräometer 30,25 Grade gab.

$$y = \frac{121{,}572}{121{,}572 - x + 0{,}842}$$

und für das Cartier'ſche

$$y = \frac{21544}{19904 + 164\,x}$$

Was die Tabelle für das Centeſimalalkoholometer anlangt, ſo iſt ſie aus der Relation abgeleitet, die Gay-Luſſac zwiſchen ſeiner Scala und der des Cartier'ſchen Aräometers gegeben hat und gleich den andern Tabellen durch directe Verſuche bewährt worden.

Über Beſtimmung des ſpeciſiſchen Gewichts feſter Körper, von Oſann *). Oſann hat durch Verſuche an Platinkörnern, Eis- und Glas-Stücken folgendes Reſultat gefunden, welches bei Beſtimmung der ſpecifiſchen Gewichte feſter Körper Berückſichtigung verdient:

Wenn man das ſpecifiſche Gewicht feſter zerſtückelter Körper durch Abwägen derſelben in Waſſer beſtimmt, ſo hat das Verhältniß der abſoluten Menge des ins Gewicht genommenen Körpers zu dem Volumen des mit Waſſer gefüllten Gefäßes, in dem er gewogen wird, einen Einfluß auf die Größe des Reſultates.

Oſann leitet dieſe Eigenſchaft von der Capillarität des Waſſers zu dem gewogenen Körper ab, ohne jedoch eine nähere Beziehung zu den Geſetzen der Capillarität nachzuweiſen, daher der angegebene Umſtand bis jetzt noch als unerklärt angeſehen werden muß.

An der erfahrungsmäßigen Richtigkeit deſſelben ſcheinen übrigens Oſann's Verſuche keinen Zweifel übrig zu laſſen; hinſichtlich des nähern Verhaltens jedoch in dieſem Bezuge zeigen die Verſuche Oſann's keine Übereinſtimmung für die einzelnen Körper, ſei es, daß ſie ſich wirklich verſchieden in dieſer Hinſicht verhalten, oder daß Oſann's Verſuche, die er mit Glasſtücken am ausführlichſten angeſtellt hat, bei den andern Materien nicht genug abgeändert oder ausgedehnt wurden; direct nämlich geht aus den von Oſann gegebenen Datis folgendes hervor **):

Bei Glasſtücken wurde, ſowohl wenn man eine zu große, als wenn man eine zu kleine Menge derſelben anwandte, ein geringeres Reſultat für das ſpeciſiſche Gewicht erhalten, als bei einem gewiſſen mittlern Verhältniſſe des Glaſes zum Gefäße. Bei Eisſtücken zeigt ſich das umgekehrte Verhältniß, indem hier das Minimum des ſpeciſiſchen Gewichts auf ein gewiſſes mittleres Verhältniß des Gewichts Eis fällt, und bei den Verſuchen mit Platinkörnern ſieht man, ſo weit ſie ausgedehnt wurden, das ſpeciſiſche Gewicht continuirlich abnehmen, während das abſolute Gewicht der Platinkörner zunimmt, ſo lange das Gefäß daſſelbe bleibt.

---

*) Kaſtn. N. Arch. I. S. 58. 85.

**) Oſann erinnert bei dieſer Gelegenheit an eine, mit dem Obigen im Zuſammenhange ſtehende, frühere Erfahrung von Haſſenfratz in Gilb. I. 196.

Anwendung eines kleinern Gefäßes hatte denſelben Erfolg, als Vergrößerung des abſoluten Gewichts, d. h. das ſpeciſiſche Gewicht nahm bei den Platinkörnern dadurch ab. Noch ferner zeigte ſich bei den Verſuchen mit Glasſtücken, daß auch die Zeit, in der dieſelben mit dem Waſſer in Berührung geſtanden haben, auf das Reſultat influirt, indem bei den, in dieſem Bezuge allerdings nicht zahlreich angeſtellten, Verſuchen, wo das Verhältniß des Glasgewichts zum Gefäße unter dem mittleren lag, das ſpeciſiſche Gewicht nach 5- oder 8tägiger Berührung kleiner gefunden wurde, als nach bloß 24ſtündiger; größer dagegen, wenn jenes Verhältniß über dem mittlern lag. Jedenfalls waren die Unterſchiede, die von dem abſoluten Gewicht des geprüften Körpers abhingen, geringer (bei Glas erſt in der dritten Decimale anfangend), wenn der Körper erſt nach längerer Berührung mit der Fl. gewogen wurde, als wenn er nach kurzer Berührung damit gewogen ward. — (Die angeführten Reſultate ergaben ſich in lufthaltigem, wie in luftfreiem Waſſer.)

Oſann empfiehlt, als Folgerung aus den angegebenen Erfahrungen, um das ſpeciſiſche Gewicht der feſten Körper möglichſt frei von den Irrthümern zu erhalten, die durch die angegebenen Umſtände veranlaßt werden können, den Körper, nachdem er mit Waſſer gekocht worden, damit noch 8 Tage lang in Berührung ſtehen zu laſſen, bevor man die Beſtimmung des ſpeciſiſchen Gewichts vornimmt, und zwar ſo viel vom Körper anzuwenden, daß das Volumen deſſelben der Hälfte des räumlichen Inhalts des mit Waſſer gefüllten Glaſes, worin er gewogen wird, entſpricht.

Doch iſt dieſe Regel bloß nach den Verſuchen mit den Glasſtücken abgeleitet *), für die **Oſann** nach derſelben das Maximum des ſpeciſiſchen Gewichts erhielt.

Belege zu Vorſtehendem. Aus den weitläuftig, mit allen Correctionen (wegen Thermometer-, Barometer-Stand) angeführten, Belegen der Originalabhandlung, begnügen wir uns, folgende kürzlich auszuheben **):

Platinkörner.

Abſolutes Gewicht.	Speciſiſches Gewicht.
70,0458 Gram.	17,3716
60,0260 —	17,3741
50,0220 —	17,3957
40,1320 —	17,4161
30,1490 —	17,4645
20,0850 —	17,4756

---

*) Da andere Körper ſich, wenn man wenigſtens den directen Datis von **Oſann**'s Verſuchen trauen darf, anders als Glas verhalten, ſo würde dieſe Regel keine allgemeine Gültigkeit haben können.

**) Sie wurden, außer wo das Gegentheil bemerkt iſt, in luftfreiem deſtillirten Waſſer angeſtellt.

Daß hierbei nicht ſowohl die abſolute Menge des Platins an ſich, als ſein Verhältniß zur Waſſermaſſe in Betracht kam, ſchließt Oſann aus folgendem Verſuche:

Er wog 10,27 Gram. in einem Gläschen, deſſen Capacität ſich zu der des vorigen ungefähr wie 17 zu 43 verhielt (die abſoluten Capacitäten ſind nicht angegeben). Unter dieſen Umſtänden ergab ſich das ſpecifiſche Gewicht des Platins zu 17,2605, alſo bedeutend geringer, als nach der Reihenfolge, welche die obigen Reſultate gegeben haben, zu erwarten war, ſo daß alſo eine verkleinerte Capacität des Gefäßes denſelben Einfluß äußerte, als eine vergrößerte Menge des Platins.

Eis, von Luftblaſen frei, bei 0° R.

Abſolutes Gewicht.		Specifiſches Gewicht.
9,235	Gram.	0,9321
11,150	—	0,9352
12,480	—	0,9243
12,547	—	0,9308
14,020	—	0,9198
15,120	—	0,9252
15,900	—	0,9232
16,670	—	0,9239
20,600	—	0,9270
20,625	—	0,9263

Glas.

In lufthaltigem Waſſer.			In luftfreiem Waſſer.		
Abſolutes Gew.		Specifiſches Gew.	Abſolutes Gew.		Specifiſches Gew.
1,18	Gram.	2,3165	0,1015	Gram.	2,3021
4,845	—	2,4560	0,1145	—	2,4333
10,416	—	2,5306	0,2634	—	2,5019
17,729	—	2,5002	0,4425	—	2,4997
32,77	—	2,5025	1,0425	—	2,5375
42,933	—	2,5040	1,5612	—	2,4934
53,158	—	2,5044	2,0802	—	2,4976
63,163	—	2,5010	3,1075	—	2,4821
73,178	—	2,5018	3,5415	—	2,4680
95,005	—	2,4953	4,0369	—	2,4969
115,005	—	2,4951			

Zur Vergleichung des ſpecifiſchen Gewichts, wie es ſich nach 24ſtündiger und wie es ſich nach mehrtägiger Berührung des Glaſes mit dem Waſſer, im Mittel mehrerer Verſuche Oſann's, verhielt, dient folgende Tabelle:

Abſolutes Gew.		Specifiſches Gew., beſtimmt nach 24 Stunden.	Specifiſches Gew., beſtimmt nach mehreren Tagen.
25,1281	Gram.	2,4916	2,5051 nach 5 Tagen.
99,6889	—	2,5116	2,5010 — 8 —
211,5685	—	2,5068	2,5093 — 8 —

Specifiſches Gewicht verſchiedener Körper*).

Über die Verſchiedenheit im ſpecifiſchen Gewichte derſelben Mineralſpecies**). **Beudant**, veranlaßt durch die große Differenz in den Angaben über das ſpecifiſche Gewicht verſchiedener, in der Natur vorkommender, Salze, hat dieſen Gegenſtand einer ausführlichen Unterſuchung unterworfen, und namentlich mit verſchiedenen Varietäten von kohlenſaurem Kalk, Arragonit, Malachit, kohlenſaurem Blei, ſchwefelſaurem Strontian, Schwefelblei, Quarz ſeine Verſuche angeſtellt. Er gelangte hierbei zu folgenden Reſultaten:

1) Die verſchiedenen Varietäten derſelben Mineralſpecies zeigen ſo bedeutende Abweichungen im ſpecifiſchen Gewichte, daß man das ſpecifiſche Gewicht nicht als ſpecifiſch unterſcheidendes Merkmal brauchen kann.

2) Die Veränderungen des ſpecifiſchen Gewichts ſtehen in Bezug zur Aggregationsform der Subſtanzen; und daſſelbe fällt um ſo höher aus, je mehr ſich die Subſtanz einer regelmäßigen Kryſtalliſation nähert.

3) In allen Subſtanzen ſind es immer die kleinen Kryſtalle, welche das größte ſpecifiſche Gewicht beſitzen, woraus folgt, daß ihre Maſſe die größte Homogeneität beſitzt, ein Umſtand, der ſich damit in Beziehung ſetzen läßt, daß, wie bekannt, die kleinen Kryſtalle immer die meiſte Nettigkeit der Formen zeigen.

4) Alle großen Kryſtalle beſitzen ein geringeres ſpecifiſches Gewicht, als die kleinen, und manchmal kann der Unterſchied ſehr beträchtlich ſein. Es folgt hieraus nothwendig, daß die großen Kryſtalle in ihrem Innern mehr oder weniger beträchtliche leere Räume einſchließen, und daß mithin die Gruppirungen kleiner Kryſtalle, durch die im Allgemeinen die Kryſtalle von großem Volumen zu Stande kommen, nicht die ihnen zugeſchriebene innere Regelmäßigkeit beſitzen, ein Umſtand, mit welchem die Beobachtungen über die Varietäten der optiſchen Erſcheinungen in den großen Kryſtallen übereinſtimmen.

5) Die Varietäten von blätteriger, faſeriger u. ſ. w. Structur ſind im Allgemeinen die, welche das kleinſte ſpecifiſche Gewicht zeigen. Bemerkenswerth aber iſt, daß, wenn man bei jeder Subſtanz für ſich die Differenz zwiſchen dem ſpecifiſchen Gewicht der blätterigen, faſerigen u. ſ. w. Varietäten und dem der kleinen Kryſtalle nimmt, und dann alle Subſtanzen in dieſer Hinſicht mit einander vergleicht, ſo findet ſich, daß die Änderungen bei allen Subſtanzen merklich die nämlichen ſind, wie aus folgender Tabelle hervorgeht.

---

*) Von der Abhängigkeit der Dichtigkeiten von der Temperatur wird unter der Wärmelehre die Rede ſein.

**) Ann. de Ch. et de Phys. XXXVIII. 398.

Tabelle
über die Differenz im ſpecifiſchen Gewicht der kleinen Kryſtalle und der Varietäten.

	Blätterige.	Faſerige, mit parallelen Faſern.	Faſerige, mit divergirenden Faſern.	Faſerige, mit verflochtenen Faſern.
Kohlenſaurer Kalk	0,0165	0,0178	0,0193	0,0297
	0,0164			
	0,0165			
	0,0173			
	0,0176			
Arragonit		0,0170		0,0298
		0,0180		0,0308
Malachit			0,0173	
Kohlenſaures Blei		0,0174	0,0185	
			0,0191	
Schwefelſaurer Kalk	0,0166			0,0272 *)
	0,0170			0,0598 *)
Schwefelſaur. Strontian			0,0183	0,0296
Schwefelblei	0,0187		0,0195	
	0,0190			
Quarz		0,0176	0,0182	
		0,0183	0,0187	
Mittel	0,0173	0,0177	0,0186	0,0312

6) Bei den nämlichen Varietäten, den blätterigen, faſerigen u. ſ. w. ändert ſich das ſpecifiſche Gewicht nach der Dicke der Blätter oder Faſern, indem, wenn dieſe ſehr fein werden, das ſpecifiſche Gewicht zunimmt und ſich mehr oder weniger dem nähert, welches man bei den kleinen Kryſtallen beobachtet, wie dies namentlich bei der blätterig-compacten, fibrös-compacten u. ſ. w. Varietät erhellt. Die vorige Vergleichung kann daher nur für den Fall gültig ſein, wo die Dicke der Blätter und Faſern gleich iſt.

7) Die Änderungen, welche man im ſpecifiſchen Gewicht der Kryſtalle beobachtet, ſind unregelmäßig, und es findet keine Vergleichung von einer Subſtanz zur andern damit Statt, wie bei den vorgenannten Varietäten.

8) Die ſchwächſten ſpecifiſchen Gewichte ſcheinen bei den durch Epigenie entſtandenen Varietäten der verſchiedenen Subſtanzen Statt zu haben. Man bemerkt dies bei dem Malachit, der entweder von vollſtändiger Zer-

---

*) Die Fibern parallel und bloß gedreht (contournées).

ſetzung des blauen kohlenſauren Kupfers oder des Kupferoxyduls herrührt, und beim Schwefelblei, welches durch Zerſetzung des phosphorſauren und kohlenſauren Blei's entſtanden iſt.

9; Alle Varietäten einer und der nämlichen Subſtanz zeigen daſſelbe ſpecifiſche Gewicht in gepulvertem Zuſtande.

Hiernach ſetzt **Beudant** das ſpecifiſche Gewicht der verſchiedenen von ihm unterſuchten Mineralien nach einem Mittel mehrerer Beobachtungen folgendermaßen feſt:

Rhomboedriſcher Kalkſpath . . .	2,7231
Arragonit	2,9466
Malachit	3,5904
Kohlenſaures Blei	6,7290
Gyps	2,3316
Schwefelſaurer Strontian . . .	2,9592
Schwefelblei	7,7592
Quarz	2,6540

Beſtimmung des ſpecifiſchen Gewichts mehrerer Mineralien. **Breithaupt** hat das ſpecifiſche Gewicht einer ziemlichen Anzahl von Mineralien beſtimmt, worüber wir auf das Original verweiſen in Schweigg. J. LX. 382. LXII. 155. 232.

Specifiſches Gewicht verſchiedener chemiſcher Verbindungen von Boullay dem Sohn*). **Boullay** wurde bei einer Unterſuchung über die Veränderungen, welche das Volumen zweier Beſtandtheile bei ihrer chemiſchen Verbindung erfährt, veranlaßt, das ſpecifiſche Gewicht mancher Körper genauer, als bisher geſchehen, zu prüfen. Er erhielt hierbei folgende Reſultate:

---

*) Journ. de Pharmac. [illegible] Juillet. p. [illegible]

Name der Subſtanzen.	Formel der Subſtanz.	Spec. Gewicht.	Bemerkungen.
Antimonoxyd	$\overset{\cdots}{\overline{Sb}}$	5,778	In langen Nadeln.
Antimonige Säure	$\overset{::}{\overline{Sb}}$	6,525	
Silberoxyd	$\dot{Ag}$	7,250	Aus ſalpeterſ. Silber durch reines überſchüſſiges Kali.
Chlorſilber	$Ag\,\bar{Cl}$	5,548	
Jodſilber	$Ag\,\bar{I}$	5,614	
Queckſilberoxyd	$\dot{Hg}$	11,000	Durch Calcinat. des ſalpeterſ. Salzes.
Queckſilberchlorid . . .	$Hg\,\bar{Cl}$	5,420	
Queckſilberchlorür . . .	$Hg\,Cl$	7,140	
Queckſilberjodid	$Hg\,\bar{I}$	6,320	
Queckſilberjodür	$Hg\,I$	7,750	
Schwefelqueckſilber . . .	$Hg\,S$	8,124	
Kupferoxydul	$\dot{\overline{Cu}}$	5,300	Natürliche Kryſtalle.
Kupferoxyd	$\dot{Cu}$	6,130	Durch Calcinat. des ſalpeterſ. Salzes.
Wismuthoxyd	$\overset{\cdots}{\overline{Bi}}$	8,968	Desgleichen.
Zinnoxyd	$\ddot{Sn}$	6,900	
Schwefelzinn im Minimum	$Sn\,S$	5,267	
Schwefelzinn im Maximum	$Sn\,S^2$	4,415	
Bleioxyd	$\dot{Pb}$	9,500	Geſchmolzen.
Braunes Bleiſuperoxyd .	$\ddot{Pb}$	9,190	
Jodblei	$Pb\,\bar{I}$	6,110	
Zinkoxyd	$\dot{Zn}$	5,600	
Eiſenoxyd	$\overset{\cdots}{\overline{Fe}}$	5,225	
Eiſenoxydoxydul . . .	$\dot{Fe}+2\overset{\cdots}{\overline{Fe}}$	5,400	Durch Waſſerdampf erhalten.
Eiſenoxydoxydul . . .	$2\dot{Fe}+\overset{\cdots}{\overline{Fe}}$	5,480	Reiner Eiſenhammerſchlag.
Kalk	$\dot{Ca}$	3,179	
Chlorcalcium	$Ca\,\bar{Cl}$	2,269 2,214	
Chlorbaryum	$Ba\,\bar{Cl}$	3,860 4,156	
Jodkalium	$K\,\bar{I}$	3,078 3,104	

Die Atomenformeln in vorſtehender Tabelle ſind Berzelius'ſche.

Was die Art, wie das ſpecifiſche Gewicht genommen ward, betrifft, ſo wurden die kryſtalliſirten Körper grob gepulvert, die nicht kryſtalliſirten auf mechaniſche Weiſe oder durch Niederſchlag als feines Pulver dargeſtellt in kleine Flaſchen (von 30 bis 40 Cubikcentimeter Capacität) gethan und mit Waſſer, oder wenn ſie hierin auflöslich waren, mit Weingeiſt oder Terpentinöl (deren ſpecifiſches Gewicht dann beſonders beſtimmt ward) bedeckt, die Flaſche mit einem Stück eingeſchmirgelter Glasröhre verſchloſſen und gewogen. Um aber zuvor die an den gepulverten Körpern anhängende Luft zu entfernen, wurde die Flüſſigkeit kochend auf das Pulver gebracht und die Flaſchen dann 12 Stunden lang im leeren Raum ſich ſelbſt überlaſſen, bevor zur Wägung geſchritten ward.

Specifiſches Gewicht des Eiſes *). Oſann hatte Gelegenheit ganz von Luftblaſen freies, ganz klares Eis auf ſein ſpecifiſches Gewicht zu prüfen, zu welchem Zwecke er die Abwägung deſſelben in Waſſer von 0° anwandte, wobei die S. 227 angeführten Reſultate, die je nach der Quantität der angewandten Eisſtücke zwiſchen 0,9196 und 0,9321 ſchwanken, erhalten wurden. In Übereinſtimmung mit dieſem ſpecifiſchen Gewicht fand Oſann, daß dies Eis in Terpentinöl von 0° (wo deſſen ſpecifiſches Gewicht ſich zu 0,9313 ergab) nicht unterſank und herabgedrückt nicht unten blieb; ſonach war es etwas leichter. Mehrere der früheren Beſtimmungen des ſpecifiſchen Gewichtes des Eiſes (zu 0,937, 0,945, 0,950) ſind ſonach unrichtig.

Unzuverläſſigkeit im ſpecifiſchen Gewichte des Waſſers von Weber **). Die engliſchen und franzöſiſchen Gewichte ſind beide in Bezug auf das ſpecifiſche Gewicht des Waſſers unterſucht, aber bisher nicht unmittelbar mit einander genau verglichen worden, ſo daß das ſpecifiſche Gewicht des Waſſers bis jetzt allein ihren Vergleichungspunkt ausgemacht hat. Begreiflich nun, wenn bei beiden ein verſchiedenes ſpecifiſches Gewicht des Waſſers zu Grunde läge, müßte die directe Vergleichung derſelben ein anderes Verhältniß finden laſſen, als man bisher nach ihrem Bezuge zum ſpecifiſchen Gewicht des Waſſers angenommen hat. In der That fand Weber einen ſolchen Unterſchied, und er ſchließt daraus, daß noch eine Unſicherheit in Beſtimmung des ſpecifiſchen Gewichts des Waſſers obwalte, indem die Engländer das ſpecifiſche Gewicht des Waſſers $= \frac{1}{1100}$ größer gefunden haben als die Franzoſen. Die Data hierzu ſind folgende:

Durch Vergleichung des in den preußiſchen Staatsarchiven niedergelegten Platinkilogramms mit einer Copie des parlamentariſchen Troypfundes, welche Weber vom Herrn Profeſſor Schumacher in Altona zum Geſchenk erhielt, und ſelbſt mit Hülfe einer Robinſon'ſchen Wage nach deſſen, von Herrn Kater verbürgten, Etalon des Troypfundes berichtigte, erhielt er:

---

*) Kaſtn. N. Arch. I. 36. Frühere Angaben ſiehe in Gehlers Wörterbuch III. 112.

**) Pogg. XVIII. [illegible].

1 Pfund Troygewicht = 373,2496 Grammen.

Nun wiegt nach engliſchen Geſetzen:

1 Cubikzoll deſtillirten Waſſers in der Luft, mit Meſſinggewichten gewogen, bei 62° F. und 30 Zoll Bar. = 252,458 Gran.

Ferner wiegt nach franzöſiſchen Geſetzen:

1 Cubikcentimeter deſtillirten Waſſers im leeren Raume bei 4°,1 C. und 0,76 Meter Bar. = 1000 Grammen.

Endlich iſt nach Sir George Shuckburgh

1 Meter = 39,37079 Zoll engliſch.

Nach dieſen drei Angaben wäre:

1 Troypfund = 373,0966 Grammen,

wie man unter andern in dem vom Bureau des Longitudes herausgegebenen Annuaire, von Herrn Mathieu berechnet, angegeben findet.

Der Unterſchied der Reſultate, den Weber's Beobachtungen und Mathieu's Rechnung geben, läßt ſich nicht auf einen Beobachtungsfehler ſchieben, denn er beträgt 153 Milligrammen, und eben ſo wenig iſt er ein Rechnungsfehler. Übrigens haben auch ſchon Schumacher und Chelius dieſelbe Differenz gerügt *).

Abſolutes Gewicht mehrerer Gaſe, von Buff **).

Die große Schwierigkeit, welche mit der directen Wägung von Gasarten verbunden iſt, iſt Urſache geweſen, daß man verhältnißmäßig wenig Verſuche darüber angeſtellt hat, deren Reſultate überdies zum Theil nicht übereinſtimmen. Mehrere der hierbei vorkommenden Schwierigkeiten hat Buff dadurch glücklich vermieden, daß er ein Verfahren anwandte, welches gerade das umgekehrte von dem gewöhnlichen iſt. Statt nämlich von einem gewiſſen Gasvolumen das Gewicht zu beſtimmen, wog er bloß die Subſtanz, woraus ſich dies Gas erzeugen konnte, vor und nach der Entwickelung, und maß das Volumen des entwickelten Gaſes. Mit Übergehung der nähern Beſchreibung ſeines Verfahrens, worüber wir auf die Originalabhandlung verweiſen, führen wir bloß die Reſultate ſeiner Verſuche an, die ſich von den, durch ſtöchiometriſche Betrachtungen gefundenen, ſehr wenig unterſcheiden:

---

*) S. Schumachers Vorrede zu Chelius's Maß- und Gewichts-Buch, Ausgabe vom 1830.

**) Pogg. XXII. 242.

Gewicht von 1000 Kubikcentimetern trockenen Gaſes bei 0° C. und 336 Pariſer Linien Barometerſtand.

Sauerſtoffgas	= 1,43900	*)	Grammen.
Salzſäure	= 1,6313	**)	—
Kohlenſäure	= 1,9784	***)	—
Nicht entzündliches Phosphorwaſſerſtoffgas	= 1,5194	****)	— (nicht ganz zuverläſſig).

Die Gewichtsbeſtimmungen des ſchwefligſauren Gaſes fielen bei mehreren Verſuchen nicht ganz übereinſtimmend aus, da das Gewicht von 1000 C. C. bei 6 Verſuchen zwiſchen 2,8765 und 2,906 Grammen ſchwankte. Nach dem ſtöchiometriſchen Werthe berechnet würde es bloß 2,8743 Grammen haben betragen müſſen.

Tabellen über das abſolute und ſpecifiſche Gewicht der Gaſe und Dämpfe, aus ihren ſtöchiometriſchen Werthen hergeleitet.

Die nachfolgenden Tabellen ſind aus Pogg. XVII. 529 und XXI. (Schluß des Bandes) entlehnt, wo ſie ſich unter anderen chemiſchen Tabellen finden. Dieſe Tabellen ſind nach den ſtöchiometriſchen Werthen der Gasarten und Dämpfe, wie ſie von Berzelius angenommen werden, entworfen, mit Ausnahme für Bor, Kieſel und Queckſilber; es würde nämlich das Gewicht des Bors, ſo wie des Queckſilbers nach Berzelius Atomgewichten 2 mal, das des Kieſels aber 3 mal ſo groß ſein, als in den folgenden Tabellen angegeben iſt.

Die erſte Tabelle giebt die ſpecifiſchen Gewichte der einfachen Gaſe ſowohl gegen Sauerſtoff = 1 als gegen atmoſphäriſche Luft = 1; und die zweite Tabelle giebt das ſpecifiſche Gewicht der zuſammengeſetzten Gasarten und Dämpfe, nebſt Beifügung mehrerer anderer Umſtände. Diejenigen Verbindungen, welche in gewöhnlichen Temperaturen flüſſig ſind, haben ein ⊙ neben ſich; unter dem Drucke der Atmoſphäre treten bei dieſen die angegebenen Volumenbeziehungen erſt bei einer oberhalb ihrer Siedepunkte liegenden Temperatur ein. Aus dieſem Grunde iſt in der Columne 4 der zweiten Tafel der Siedepunkt dieſer Flüſſigkeiten aufgeführt.

Die ſowohl in Tabelle I. als Tabelle II. beigefügten beobachteten Reſultate ſind von den berühmteſten Experimentatoren entlehnt. Die Buchſtaden neben ihnen deuten folgende Namen an: B Berard, Bz Berzelius, BD Berzelius und Dulong, BA Biot und Arago, CD Clement und Deſormes, Co Colin, D Dumas, G Gay-Luſſac, GT Gay-Luſſac und Thénard, HD Humphry Davy, H Henry, S Sauſſure, T Thénard.

---

*) Hält zwiſchen dem Reſultat der Biot-Arago'ſchen und Berzelius-Dulong'ſchen Wägung die Mitte.

**) Die Theorie giebt [illegible].

***) Die Theorie giebt [illegible]; Berzelius und Dulong fanden 1,9805; Biot und Arago [illegible].

****) Dieſer Phosphorwaſſerſtoff wurde durch Erhitzen von phosphoriger S. in einer kleinen Retorte und Reinigen durch Kalilauge bereitet. Sein theoretiſches Gewicht iſt, unter Vorausſetzung, daß er aus 1 At. Phosphor und 3 At. Waſſerſtoff beſteht, = [illegible].

Die dritte Tabelle enthält die abſoluten Gewichte jedes Gaſes von 1000 bis 9000 Cubikcentimetern in Grammen. Dieſe Gewichte ſtützen ſich auf die von Biot und Arago unternommene Wägung der Luft. Man findet z. B. aus dieſer Tabelle, daß 5000 Cubikcentimeter Ätherdampf bei 0° C. und $0^m,76$ Bar. 16,76390 Grammen wiegen.

Mittelſt derſelben Tabelle läßt ſich aber auch ſehr leicht finden, wie viel jedes andere Volumen, was Einer, Zehner und Hunderte mit ſich führt, wiegt. Geſetzt z. B. wir wollten wiſſen, wie viel 3467 Cubikcentimeter Alkoholdampf wiegen, ſo haben wir die Gewichte von 3000, von 400, von 60 und 7 Cubikcentimetern zuſammenzuaddiren. Das Gewicht von 3000 Cubikcentimetern iſt 6,23751 Grammen, das Gewicht von 400 Cubikcentimetern finden wir in der Spalte der 4000, indem wir das Komma um eine Decimalſtelle zurückrücken, alſo 0,831668; eben ſo finden wir das Gewicht von 60 Cubikcentimetern in der Spalte der 6000 und das Gewicht von 7 Cubikcentimetern in der Spalte der 7000, indem wir das Komma reſpectiv um 2 und 3 Decimalſtellen zurückrücken; ſolchergeſtalt ergiebt ſich durch Addition für das Gewicht von 3467 Cubikcentimetern Alkoholdampf

6,23751
0,83167
0,12475
0,01455
―――――
7,20878 Grammen.

Es wird hienach keiner Erörterungen bedürfen, wie durch noch weiteres Zurückrücken auch das Gewicht von Decimalbruchtheilen des Cubikcentimeters gefunden werden kann.

Tabelle I.

Specifiſches Gewicht der einfachen Gaſe.

1. Name des Gaſes.	2. Bezeichnung.	3. Dichte gegen die von Sauerſtoff = 1 oder Atomgewichte.	4. Dichtigkeit gegen die von Luft = 1	
			Berechnet.	Beobachtet.
1. Sauerſtoff . .	O	1,00000	1,10260	1,1026 BD
2. Waſſerſtoff .	H	0,062398	0,06880	0,0688 BD
3. Stickſtoff . .	N	0,88518	0,97600	0,976 BD
4. Fluor . . .	F	1,16900	1,28894	
5. Chlor . . .	Cl	2,21325	2,44033	2,47 GT
6. Brom . . .	Br	4,89150	5,39337	
7. Iod	J	7,89145	8,70111	8,716 D
8. Schwefel . .	S	2,01165	2,21805	
9. Kohle . . .	C	0,76437	0,84279	
10. Bor . . .	B*	0,67991	0,74967	
11. Kieſel . . .	Si*	0,92493	1,01983	
12. Phosphor . .	P	1,96155	2,16281	
13. Arſenik . . .	As	4,70042	5,18268	
14. Zinn . . .	Sn	7,35294	8,10735	
15. Titan . . .	Ti	3,03686	3,34844	
16. Queckſilber .	Hg*	6,32911	6,97848	6,976 D

*) Die mit * bezeichneten Stoffe ſind die, deren Atomgewicht anders als nach Berzelius angenommen wird.

Tabelle II. Specifiſches Gewicht der zuſammengeſetzten Gaſe und Dämpfe.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
				Dichtigkeit		
Name der Gaſe.	Beſtandtheile eines Volumens der Verbindung. Volumina.	Verdichtungsverhältniß.	Siedepunkt [1]	gegen die von Sauerſtoff = 1	gegen die der Luft = 1 Berechnet.	gegen die der Luft = 1 Beobachtet.
17. Atmoſphäriſche Luft	$\frac{4}{5}$ N + $\frac{1}{5}$ O	1 : 1		0,90814 [2]	1,00000	
18. Stickſtoffoxyd	$\frac{1}{2}$ N + $\frac{1}{2}$ O			0,94259	1,03930	1,0388 B
19. Kohlenoxyd	$\frac{1}{2}$ C + $\frac{1}{2}$ O			0,88219	0,97269	1,9409 CD
20. Fluorwaſſerſtoff	$\frac{1}{2}$ F + $\frac{1}{2}$ H			0,61570	0,67887	
21. Chlorwaſſerſtoff	$\frac{1}{2}$ Cl + $\frac{1}{2}$ H			1,13782	1,25456	1,2474 BA
22. Bromwaſſerſtoff	$\frac{1}{2}$ Br + $\frac{1}{2}$ H			2,47695	2,73107	
23. Jodwaſſerſtoff	$\frac{1}{2}$ J + $\frac{1}{2}$ H			3,97662	4,38495	4,44 G
24. Cyanwaſſerſtoff ⊙	$\frac{1}{2}$ NC + $\frac{1}{2}$ H		26°,5	0,85597	0,94379	0,9476 G
25. Cyanchlorür ⊙	$\frac{1}{2}$ NC + $\frac{1}{2}$ Cl			1,93140	2,12956	
Salpeteräther ⊙	$\frac{1}{2}$ Äth. + $\frac{1}{2}$ ſalpetr. Säure		21° b. 758	2,36296 [3]	2,60539	2,626 D
Eſſigäther ⊙	$\frac{1}{2}$ Äth. + $\frac{1}{2}$ Eſſigſäure		74° b. 760	2,77833 [4]	3,06338	3,067 D
Benzoëäther ⊙	$\frac{1}{2}$ Äth. + $\frac{1}{2}$ Benzoëſäure		209	4,97395 [5]	5,48424	5,409 D
Alkohol ⊙	$\frac{1}{2}$ Äth. + $\frac{1}{2}$ Aq.		78°,4 b. 760	1,45157 [6]	1,60049	1,6133 G
26. Waſſer ⊙	1H + $\frac{1}{2}$ O	1½ : 1	100° b. 760	0,562398	0,62010	0,6235 G
27. Stickſtoffoxydul	1N + $\frac{1}{2}$ O			1,38518	1,52730	1,5204 Co
28. Chloroxydul	1Cl + $\frac{1}{2}$ O			2,71325	2,99163	2,409 HD
29. Kohlenſäure	$\frac{1}{2}$C + 1 O			1,38218	1,52400	1,524 BD
30. Schweflige Säure	$\frac{1}{2}$S + 1 O		− 10°	2,00582	2,21162	2,247 Bz
31. Schwefelwaſſerſtoff	$\frac{1}{2}$S + 1 H			1,06822	1,17782	1,1912 GT
32. Schwefelkohlenſtoff ⊙	$\frac{1}{2}$C + 1 S		+ 45°,5	2,39383	2,63944	2,6447 G
Cyanwaſſerſtoff ⊙	$\frac{1}{2}$C + $\frac{1}{2}$N + $\frac{1}{2}$ H		26°,5	0,85597	0,94379	0,9476 G
Cyanchlorür ⊙	$\frac{1}{2}$C + $\frac{1}{2}$N + $\frac{1}{2}$ Cl			1,93140	2,12956	

Anmerkungen zur Tabelle auf Seite 237.

1) In Centeſimalgraden mit Beifügung des atmoſphäriſchen Drucks in Millimetern, wo derſelbe näher angegeben wurde.

2) In der Annahme, daß die Gemengtheile der Luft genau im angegebenen Verhältniß ſtehen. Die Dichte der wirklichen Luft, die des Sauerſtoffgaſes zur Einheit genommen, iſt = [illegible].

3) In der Annahme, daß 1 Vol. ſalpetrigen Säure aus 1 Vol. Stickgas und 1½ Vol. Sauerſtoffgas beſtehe.

4) In der Annahme, daß 1 Vol. waſſerfreier Eſſigſäure aus 3 Vol. Waſſerſtoffgas, 2 Vol. Kohlengas und 1½ Vol. Sauerſtoffgas beſtehe, alſo gegen Luft eine Dichtigkeit = 3,54500 beſitze.

5) In der Annahme, daß 1 Vol. Benzoëſäure aus 5 Vol. Waſſerſtoffgas, 7½ Vol. Kohlengas und 1½ Vol. Sauerſtoffgas beſtehe, folglich gegen Luft eine Dichtigkeit = [illegible] beſitze.

6) Das ſpecifiſche Gewicht des Alkoholdampfes iſt demnach das arithmetiſche Mittel aus den ſpecifiſchen Gewichten des Äthers und des Waſſer-Dampfes. Eben ſo miſchen ſich, nach Gay-Luſſac's Beobachtungen, Alkoholdampf und Waſſerdampf mit einander, ohne eine Verdichtung zu erleiden; während bekanntlich beim Vermiſchen dieſer Körper in flüſſiger Geſtalt unter Wärmeentwickelung eine Volumensverringerung erfolgt.

Tabelle III.

Abſolutes Gewicht der Gaſe in Grammen bei 0° C. und $0^m,76$ Bar.

Cubikcentimeter.

	1000.	2000.	3000.	4000.	5000.	6000.	7000.	8000.	9000.
Äther	3,35278	6,70556	10,05834	13,41112	16,76390	20,11658	23,46946	26,82224	30,17502
Alkohol	2,07917	4,15834	6,23751	8,31668	10,39585	12,47502	14,55419	16,63336	18,71253
Ammoniak . . .	0,76802	1,53604	2,30406	3,07208	3,84010	4,60812	5,37614	6,14416	6,91218
Arſenik	6,73269	13,46538	20,19807	26,93076	33,66345	40,39614	47,12883	53,86152	60,59421
Arſenikwaſſerſtoff .	3,50042	7,00084	10,50126	14,00168	17,50210	21,00252	24,50294	28,00336	31,50378
Bor	0,97388	1,94776	2,92164	3,89552	4,86940	5,84328	6,81716	7,79104	8,76492
Brom	7,00639	14,01278	21,01917	28,02556	35,03195	42,03834	49,04473	56,05112	63,05751
Bromwaſſerſtoff .	3,54788	7,09576	10,64364	14,19152	17,73940	21,28728	24,83516	28,38304	31,93092
Chlor	3,17017	6,34034	9,51051	12,68068	15,85085	19,02102	22,19119	25,36136	28,53153
Chlorwaſſerſtoff . .	1,62977	3,25954	4,88931	6,51908	8,14885	9,77862	11,40839	13,03816	14,66793
Cyan	2,36275	4,72550	7,08825	9,45100	11,81375	14,17650	16,53925	18,90200	21,26475
Cyanwaſſerſtoff . .	1,22606	2,45212	3,67818	4,90424	6,13030	7,35636	8,58242	9,80848	11,03454
Fluor	1,67443	3,34886	5,02329	6,69772	8,37215	10,04658	11,72101	13,39544	15,06987
Fluorwaſſerſtoff . .	0,88190	1,76380	2,64570	3,52760	4,40950	5,29140	6,17330	7,05520	7,93710
Jod	11,30340	22,60680	33,91020	45,21360	56,51700	67,82040	79,12380	90,42720	101,73060
Jodwaſſerſtoff . .	5,69639	11,39278	17,08917	22,78556	28,48195	34,17834	39,87473	45,57112	51,26751
Kieſel	1,32483	2,64966	3,97449	5,29932	6,62415	7,94898	9,27381	10,59864	11,92347
Kohle	1,094850	2,189700	3,284550	4,379400	5,47425	6,56910	7,66395	8,75880	9,85365

Tabelle III. Abſolutes Gewicht der Gaſe in Grammen bei 0° C. und 0m,76 Bar.

Cubikcentimeter.

	1000.	2000.	3000.	4000.	5000.	6000.	7000.	8000.	9000.
Kohlenoxyd	1,26360	2,52720	3,79080	5,05440	6,31800	7,58160	8,84520	10,10880	11,37240
Kohlenſäure	1,97978	3,95956	5,93934	7,91912	9,89890	11,87868	13,85846	15,83824	17,81802
Kohlenwaſſerſt., erſter	0,72619	1,45238	2,17857	2,90476	3,63095	4,35714	5,08333	5,80952	6,53571
Kohlenwaſſerſt., zweiter	1,27361	2,54722	3,82083	5,09444	6,36805	7,64166	8,91527	10,18888	11,46249
Phosphor	2,80965	5,61930	8,42895	11,23860	14,04825	16,85790	19,66755	22,47720	25,28685
Phosphorwaſſerſtoff	1,53889	3,07778	4,61667	6,15556	7,69445	9,23334	10,77223	12,31112	13,85001
Queckſilber	9,06557	18,13114	27,19671	36,26228	45,32785	54,39342	63,45899	72,52456	81,59013
Sauerſtoff	1,43236	2,86472	4,29708	5,72944	7,16180	8,59416	10,02652	11,45888	12,89124
Schwefel	2,88141	5,76282	8,64423	11,52564	14,40705	17,28846	20,16987	23,05128	25,93369
Schweflige Säure	2,87306	5,74612	8,61918	11,49224	14,36530	17,23836	20,11142	22,98448	25,85754
Schwefelwaſſerſtoff	1,53008	3,06016	4,59024	6,12032	7,65040	9,18048	10,71056	12,24064	13,77072
Stickſtoff	1,26790	2,53580	3,80370	5,07160	6,33950	7,60740	8,87530	10,14320	11,41110
Stickſtoffoxyd	1,35013	2,70026	4,05039	5,40052	6,75065	8,10078	9,45091	10,80104	12,15117
Stickſtoffoxydul	1,98408	3,96816	5,95224	7,93632	9,92040	11,90448	13,88856	15,87264	17,85672
~~[illegible]~~	~~4,34988~~	~~8,69976~~	~~13,04964~~	17,39952	~~21,74940~~	~~26,09928~~	~~30,44916~~	34,79904	39,14892
Waſſer	0,80556	1,61112	2,41668	3,22224	4,02780	4,83336	5,63892	6,44448	7,25004
Waſſerſtoff	0,08938	0,17876	0,26814	0,35752	0,44690	0,53628	0,62566	0,71504	0,80442
Zinn	10,53210	21,06420	31,59630	42,12840	52,66050	63,19260	73,72470	84,25680	94,78890

Zweiter Abſchnitt.

Lehre vom Schall.

I. Fortpflanzung des Schalls.

Ueber das Verhältniß der Schallgeſchwindigkeit in elaſtiſchen Stäben, Platten und Körpern von drei Dimenſionen. Aus Poiſſon's und Cauchy's Unterſuchungen geht hervor, daß, wenn man mit einander vergleicht:

a) die Schallgeſchwindigkeit in einem nach allen Richtungen gleich elaſtiſchen homogenen Stabe von unendlicher Länge aber ſehr kleiner Breite und Dicke *);

b) in einer, nach allen Richtungen gleich elaſtiſchen, homogenen, ſehr dünnen ebenen Platte von unendlicher Ausdehnung nach den zwei Dimenſionen ihrer Fläche;

c) in einem, nach allen Richtungen gleich elaſtiſchen, homogenen Körper von unendlicher Ausdehnung nach allen drei Dimenſionen,

ſo verhalten ſich dieſe drei Schallgeſchwindigkeiten (bei vernachläſſigtem Druck auf die Oberfläche der elaſtiſchen Körper und vernachläſſigter Schwere) **) reſpectiv wie:

$$\sqrt{15} : \sqrt{16} : \sqrt{18}$$

mithin die erſte und dritte wie $\sqrt{5} : \sqrt{6}$; die zweite und dritte wie $\sqrt{8} : \sqrt{9}$.

Man erhält nämlich unter den gegebenen Vorausſetzungen folgende Formeln zur Beſtimmung dieſer Schallgeſchwindigkeiten:

---

*) Wiewol in der Wirklichkeit Körper von unendlicher Ausdehnung nach einer, zwei oder drei Dimenſionen nicht zu erlangen ſind, ſo wird man doch die obigen für ſolche berechneten Geſetze in hinlänglicher Genauigkeit wiederfinden, wofern nur die Längenausdehnung des Stabes z. B. ſehr groß im Verhältniß zu ſeiner Breite und Dicke iſt, u. ſ. f.

**) Auch die geringe Beſchleunigung, welche in der Schnelligkeit dadurch entſteht, daß vermöge der Condenſation bei Schallſchwingungen etwas Wärme frei wird, iſt hierbei vernachläſſigt, was bei feſten Körpern weit eher geſchehen kann, als bei Gaſen.

Für den Stab *): $\Omega = \sqrt{\frac{5\,k}{2\,\varrho}}$ oder $= 2\,a\,N$

Für die Platte **): $\Omega = \sqrt{\frac{8\,k}{3\,\varrho}}$ oder $= 2\,a\,\sqrt{\frac{15}{16}}\,N$

Für den Körper ***): $\Omega = \sqrt{\frac{3\,k}{\varrho}}$ oder $= 2\,a\,\sqrt{\frac{5}{6}}\,N$

In dieſen Formeln bedeutet:

Ω die Schallgeſchwindigkeit in der Zeiteinheit;

$\varrho = \frac{p}{g}$, das Maß der Dichtigkeit des Stabes, der Platte oder des Körpers.

p das Gewicht der Volumeinheit (Cubikeinheit) des Körpers.

g das Doppelte des Fallraumes, der in der erſten Secunde durchlaufen wird, = 9,8088 Meter.

N die Anzahl longitudinaler Schwingungen, welche ein an beiden Enden freier Stab von der Länge a vollbringt, der aus derſelben Materie beſteht, als der betrachtete Stab, Platte oder Körper.

$k = \frac{2\left(r + \frac{p}{2}\right)a}{5\,\alpha\,\omega}$, das Maß der Elaſticität; wo α die Verlängerung iſt, die ein verticaler Stab aus der in Betracht gezogenen Materie, welcher urſprünglich die Länge a, den Querſchnitt ω und das Gewicht p beſitzt, erfährt, wenn an ſeinem unteren Ende ein Gewicht r wirkt, während ſein oberes befeſtigt iſt; wobei vorausgeſetzt iſt, daß die Verlängerung innerhalb der Gränzen der vollkommenen Elaſticität geſchehe, d. h. daß nach Entfernung des Gewichts r der Stab wieder zu ſeinen urſprünglichen Dimenſionen zurückkehre ****).

Die Zahlwerthe des Coefficienten k fallen verſchieden aus, je nachdem man verſchiedene Längen- und Gewichtseinheiten bei ſeiner Beſtimmung zu Grunde legt.

Ihre Verhältniſſe ſind jedenfalls (nach verſchiedenen Beobachtern beſtimmt) folgende, wobei wir den Werth für das Waſſer als Einheit zu Grunde legen wollen †) (Pogg. XIII. S. 411).

---

*) Cauchy in ſ. Exerc. III. p. 365. IV. p. 46. Poiſſon in Mém. de l'Acad. VIII. p. 441.

**) Cauchy in ſ. Exerc. III. p. 346.

***) Cauchy in ſ. Exerc. III. p. 365. Poiſſon in Mém. de l'Acad. VIII. p. 406.

****) Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 430.

†) Der Werth von k für das Waſſer wird aus ſeiner Compreſſibilität abgeleitet.

	Relative Werthe von k	Quadratwurzeln dieſer Werthe.	Beobachter.
Waſſer	1,000	1,000	Colladon und Sturm.
Blei	1,092	1,045	Lagerhielm.
Meſſing gegoſſen	3,009	1,735	Tredgold.
Glas	3,407	1,846	Chladni.
Silber	4,102	2,025	Lagerhielm.
	4,269	2,066	Chladni.
Meſſing gezogen	4,826	2,205	Savart und Chladni
Gußeiſen	6,092	2,468	Tredgold.
Kupfer	6,269	2,504	Savart.
	6,485	2,537	Lagerhielm.
Stangeneiſen . .	9,565	3,095	Savart.
	9,907	3,148	Lagerhielm.

Die Zahlen, welche in der mit Quadratwurzeln überſchriebenen Spalte enthalten ſind, drücken zugleich das Verhältniß der Schallgeſchwindigkeiten in den verſchiedenen Subſtanzen aus.

Es verdient bemerkt zu werden, daß die Formel, welche für den Stab angegeben worden iſt, auch noch in dem Falle gilt, wenn der Stab nicht aus einem nach allen Richtungen gleich elaſtiſchen Körper herausgeſchnitten worden iſt, ſondern aus einem, der verſchiedene Elaſticitäten nach verſchiedenen Richtungen beſitzt, wie Cauchy (Exerc. IV. p. 28. 29) dargethan hat, nur wird es nöthig, wenn man die Beſtimmung nicht nach den Longitudinalſchwingungen eines ſolchen Stabes, ſondern nach der Verlängerung, die er durch ein Gewicht erfährt (zur Beſtimmung von k) vornehmen will; dieſe Prüfung nicht an einem beliebigen Stabe derſelben Materie, ſondern an demſelben oder einem, nach der Richtung einer gleichen Elaſticität geſchnittenen Stabe, als für den die Schallgeſchwindigkeit beſtimmt werden ſoll, vorzunehmen.

Cauchy hat auch beſtimmt (Exerc. IV. p. 30), wie man, wenn ein Körper drei auf einander rechtwinklige Axen der Elaſticität hat, die Schallgeſchwindigkeit in Stäben, welche nach verſchiedenen Richtungen herausgeſchnitten werden, berechnen kann, wenn man ſie für 6 verſchiedene Richtungen durch Verſuche gefunden hat:

Es ſey ein ſolcher Körper mit drei auf einander rechtwinkligen Axen der Elaſticität gegeben; man ſchneide ſucceſſiv ſehr dünne und lange Stäbe daraus:

1) nach den drei auf einander rechtwinkligen Richtungen der Elaſticitätsaxen;
2) nach den drei Richtungen, welche die Winkel, die die vorigen Richtungen mit einander bilden, mittendurch theilen.

Man prüfe die Schallgeſchwindigkeit nach dieſen ſechs Richtungen entweder unmittelbar oder durch die longitudinalen Oscillationen der Stäbe oder ihre Verlängerungen durch Gewichte. Man nenne die ſo gefundenen drei erſten Schallgeſchwindigkeiten: Ω', Ω'', Ω'''; die drei letzten: Ω_1, Ω_2, Ω_3. Dann wird die Schallgeſchwindigkeit Ω eines Stabes, der nach der Richtung herausgeſchnitten iſt, welche drei gleiche Winkel mit den Elaſticitätsaxen bildet, folgendergeſtalt beſtimmt:

$$\frac{1}{\Omega^2} = \frac{4}{9}\left(\frac{1}{\Omega^2_1} + \frac{1}{\Omega^2_2} + \frac{1}{\Omega^2_3}\right) - \frac{1}{9}\left(\frac{1}{\Omega'^2} + \frac{1}{\Omega''^2} + \frac{1}{\Omega'''^2}\right)$$

Um aber die Schallgeſchwindigkeiten für alle Stäbe, die nach beliebigen Richtungen um einen gewiſſen Punkt aus dem Körper mit drei, auf einander rechtwinkeligen Elaſticitätsaxen herausgeſchnitten werden können (d. h. für alle Stäbe, die wie Radien von einem gewiſſen Punkte im Körper ausgehend gedacht werden können), zu beſtimmen; dient folgende Gleichung des vierten Grades, welche eine Oberfläche repräſentirt, deren Radii vectores das Maß für die Werthe von $\Omega\sqrt{\varrho}$ *) abgeben, welche Stäben angehören, die nach der Richtung dieſer Radii vectores aus dem Körper herausgeſchnitten werden:

$$\mathfrak{A}x^4 + \mathfrak{B}y^4 + \mathfrak{C}z^4 + 2\,\mathfrak{D}y^2z^2 + 2\,\mathfrak{E}z^2x^2 + 2\,\mathfrak{F}x^2y^2 = 1$$

Die Axen der x, y, z ſind hierbei den Elaſticitätsaxen parallel angenommen; die Coefficienten aber dieſer Gleichung werden durch folgende Hülfsgleichungen beſtimmt, worin Ω', Ω'', Ω''' die Geſchwindigkeiten nach den Richtungen der Axen x, y, z bedeuten; Ω_1, Ω_2, Ω_3 die Geſchwindigkeiten reſpectiv in den Ebenen der yz, xz, yx, nach Richtungen, welche die Winkel der Coordinatenaxen halbiren.

$$\frac{1}{\Omega'^2} = \varrho\mathfrak{A},\ \frac{1}{\Omega''^2} = \varrho\mathfrak{B},\ \frac{1}{\Omega'''^2} = \varrho\,\mathfrak{C}$$

$$\frac{1}{\Omega^2_1} = \frac{1}{2}\varrho\left(\frac{\mathfrak{B}+\mathfrak{C}}{2} + \mathfrak{D}\right)\ \frac{1}{\Omega^2_2} = \frac{1}{2}\varrho\left(\frac{\mathfrak{C}+\mathfrak{A}}{2} + \mathfrak{E}\right)$$

$$\frac{1}{\Omega^2_3} = \frac{1}{2}\varrho\left(\frac{\mathfrak{A}+\mathfrak{B}}{2} + \mathfrak{F}\right)$$

Schallgeſchwindigkeit in der Luft und verſchiedenen Gasarten.

Berechnung der Schallgeſchwindigkeit in der Luft. Bekanntlich läßt ſich nach Newton's, durch Laplace verbeſſerter, Formel die Schallgeſchwindigkeit nach folgender Formel berechnen:

$$\Omega^2 = \frac{kgp}{D}$$

Worin Ω die Geſchwindigkeit des Schalls (z. B. in Metern), g die Intenſität der Schwerkraft = 9,8088 Meter, p der atmoſphäriſche Druck (in Metern Queckſilberhöhe), D die Dichtigkeit des Mittels, in welchem der Schall fortgepflanzt wird (die Dichtigkeit des Queckſilbers = 1 geſetzt), k aber ein conſtanter Coefficient, welcher das Verhältniß zwiſchen der ſpecifiſchen Wärme der Luft unter conſtantem Druck zu der ſpecifiſchen Wärme der Luft unter conſtantem Volumen bezeichnet, iſt. Dieſer Coefficient k iſt bis jetzt nach **Gay-Luſſac's** und **Welter's** Verſuchen = 1,3748 angenommen worden: doch ergab ſich, wenn man hiernach die Schallgeſchwindigkeit berechnete, dieſelbe ſtets etwas kleiner als die beobachtete. Wenn man nun verſucht, wie groß dieſer Coefficient genommen werden müßte, um die genaueſten Beobachtungen über die Geſchwindigkeit des Schalls mit der Formel in übereinſtimmung zu bringen, ſo findet man nach **Dulong's** *) Berechnung **), (der nach einem Mittel vieler von einander abweichender Beobachtungen 333 Meter bei 0° C. als Schallgeſchwindigkeit in 1 Sec. zu Grunde legt) 1,421 für den Werth deſſelben. **Dulong** iſt in der That geneigt, dies für den wirklichen Werth des Verhältniſſes beider ſpecifiſchen Wärmen zu nehmen, indem er glaubt, daß daſſelbe von **Gay-Luſſac** und **Welter** nicht richtig beſtimmt worden ſey.

---

*) ϱ wie vorhin die Dichtigkeit des Körpers.

über das Verfahren, die Schallgeſchwindigkeit in der Luft aus der Länge oder dem Tone von Labialpfeifen zu beſtimmen. Bekanntlich findet zwiſchen der Länge l einer gedeckten Labialpfeife, der Schwingungszahl n, welche ihrem Grundtone entſpricht, und der Schallgeſchwindigkeit Ω ***) folgende theoretiſche Beziehung Statt:

$$\Omega = 2nl$$

Hiernach wäre es eine ſehr einfache Sache, die Schallgeſchwindigkeit aus dem Tone einer Labialpfeife von bekannter Länge abzuleiten ****), wenn nicht der (verkleinernde) Einfluß des Mundlochs auf die Größe der (dem Mundloch zunächſt liegenden) ſchwingenden Abtheilung dieſe theoretiſch richtige Beziehung in der Wirklichkeit abänderte, wie dies **Poiſſon** auf mathematiſchem Wege erwieſen hat †). In Folge dieſes Umſtandes findet man, wenn man die Schallgeſchwindigkeit nach obigem einfachen Verhältniß aus der Länge und dem Grundton einer Zungenpfeife ableiten will, ſtets eine zu kleine Schallgeſchwindigkeit ††).

Es bot ſich, bei der Unſtatthaftigkeit dieſes Verfahrens, ein anderes, von **Bernoulli** angegebenes, Mittel dar, die Labialpfeifen zur Beſtimmung der Schallgeſchwindigkeit zu benutzen, welches anſcheinend einer groſſen Genauigkeit fähig iſt, da es vom Einfluß des Mundlochs unabhängig iſt. Dies Mittel beſteht darin, daß man in die tönende Röhre einen Stempel ſo weit einſchiebt, bis ſie denſelben Ton giebt, welchen ſie offen gab. Der Abſtand der Vorderfläche des Stempels von der Mündung der Röhre, alſo die Länge des in die Röhre eingetretenen Stempelſtücks, kann als die Länge der gedeckten Röhre betrachtet werden, welche, wenn der Einfluß des Mundlochs nicht Statt fände, denſelben Ton geben würde: Nennt man mithin l' die Länge des eingetretenen Stempelſtücks, ſo wird jetzt die Formel

---

*) Pogg. XVI. S. 438.

) Eine Beſtätigung derſelben durch **Simons an den Verſuchen von **Moll** und **v. Beek** ſ. in den Philos. transact. J. 1830 I. p. 209 oder Pogg. XIX. S. 115.

***) Ω, n und l begreiflich auf gleiche Einheiten der Zeit und des Raumes bezogen.

****) Die Schwingungszahl, welche dem Tone zugehört, beſtimmt man am beſten dadurch, daß man den Ton des bekannten Inſtruments, der Sirene, damit in Einklang bringt.

†) Mém. de l'acad. des sc. 1817. p. 305.

††) Vgl. Pogg. XVI. 408.

$$V = 4nl'$$

der wirklichen Schallgeſchwindigkeit genauer entſprechen.

Indeß haben doch genaue Verſuche von Dulong *) gezeigt, daß, wenn man gleich mittelſt dieſer Verfahrungsart der wirklichen Schallgeſchwindigkeit näher kommt, als mittelſt der vorigen, man deſſenungeachtet immer noch conſtant ein etwas zu kleines Reſultat für dieſelbe erhält. Während nämlich nach einem Mittel aus den genaueſten directen Beobachtungen für die Temperatur der Verſuche die wirkliche Geſchwindigkeit des Schalls der atmoſphäriſchen Luft hätte 345,2 Meter betragen ſollen, fand ſie ſich (im Mittel von vier Verſuchen für jedes Verfahren) nach dem erſten Verfahren berechnet blos = 316,0 Meter, und nach dem zweiten berechnet = 337,7 Meter.

Es iſt noch nicht mit Beſtimmtheit ermittelt, woher dieſe Differenz rührt. Dulong vermuthet ihren Grund darin, daß man in der mathematiſchen Theorie der Labialpfeifen vorausſetzt, die Schwingungen geſchehen parallel der Axe der Röhre und ſenkrecht gegen dieſe finde keine Bewegung Statt, was aber bei der gewöhnlich angewandten Art von Mundloch nicht der Fall iſt, wie ſich Savart durch entſcheidende Verſuche **) überzeugt hat. Dulong iſt nach der Geſammtheit ſeiner Beobachtungen geneigt, anzunehmen, daß die Knotenflächen, welche ſich bei der offenen Pfeife bilden, nicht dieſelbe Geſtalt und örtliche Lage haben, wie dann, wenn man nach Einſchiebung des Stempels den nämlichen Ton mit der Pfeife erhält.

Dulong verſuchte demnächſt, ob man mit einer Erſchütterungsart, die der Vorausſetzung der Theorie mehr entſpreche, zu einer genaueren Übereinſtimmung gelangen würde. Er ließ zu dieſem Zwecke an jede der Zinken einer Stimmgabel eine Kupferſcheibe von zwei Centimetern löthen, beſtimmte ihren Ton, und ließ nun das Inſtrument vor der Mündung einer gedeckten Röhre (ſo daß die Ebenen der Scheiben der Ebene der Mündung parallel waren) ſchwingen, welche er durch Hineinſchütten von Queckſilber verkürzte, bis ihr Ton mit dem des Inſtruments übereinſtimmte, und zugleich der möglichſt ſtärkſte war ***). Nachdem nun die Länge der Röhre gemeſſen worden, konnte ebenfalls ihre Beziehung zur Schallgeſchwindigkeit aufgeſucht werden. **Dulong** fand jedoch hierbei, daß dieſe Länge blos 22,9 Centimeter betrug, während ſie, um der wirklichen Schallgeſchwindigkeit zu entſprechen, 25,9 Centimetre hätte betragen ſollen, ſo daß alſo auch dieſe Erſchütterungsart, obgleich ſie Schwingungen parallel der Axe hervorbringen muß, noch auf eine zu geringe Schallgeſchwindigkeit führt. Dies rührt jedoch offenbar daher, daß die Mündung der Röhre durch die Gegenwart der ſchwingenden Scheibe mehr oder weniger bedeckt wird, was die Größe der ſchwingenden Abtheilung ändert.

---

*) Pogg. XVI. S. 461.

**) Ann. de Ch. et de Ph. XXIX. 405.

***) Es kann nämlich mittelſt Reſonanz ein und derſelbe Ton durch Röhren verſchiedener Länge hervorgebracht werden.

Auch als **Dulong** blos eine Stimmgabel ohne angelöthete Scheiben vor der Röhre ſchwingen ließ, ward ein zu kleines Reſultat erhalten.

Es ſcheint ſonach nicht ſtatthaft, auf eine der angegebenen Arten von tönenden Labialpfeifen zur Beſtimmung der Geſchwindigkeit des Schalls Gebrauch zu machen. Nimmt man indeſſen die Geſchwindigkeit des Schalls in der atmoſphäriſchen Luft als bekannt durch directe Verſuche an, (wo ſie **Dulong** nach einem Mittel aus nahe übereinſtimmenden Verſuchen andrer Beobachter gleich 333 Meter in einer Secunde bei 0° C. in trockner Luft ſetzt), ſo kann man allerdings die Geſchwindigkeit des Schalls in andern Gasarten dann durch bloße Vergleichung der Tonhöhe einer ſucceſſiv mit Luft und mit dieſen Gasarten gefüllten Pfeife beſtimmen, indem ſich bei gleicher Temperatur dieſe Geſchwindigkeiten direct wie die Schwingungszahlen der Gasſäulen verhalten werden *). Dies Mittel iſt allerdings ſchon früher von andern Beobachtern zur Vergleichung der Schallgeſchwindigkeit in verſchiedenen Gasarten angewendet worden. Indeß hat erſt **Dulong** **) die wirkliche Statthaftigkeit deſſelben dadurch erwieſen, daß er die Behauptung **Biot's** ***), daß eine Säule Gas in einer Labialpfeife von derſelben Länge je nach der Beſchaffenheit des Gaſes ſich in ſchwingenden Abtheilungen von ſehr ungleicher Länge eintheile, durch ſeine Erfahrungen widerlegt hat. Wäre nämlich dieſer Umſtand richtig, ſo hätte aus der Vergleichung der Tonhöhen einer mit verſchiedenen Gaſen gefüllten Labialpfeife gar keine Folgerung in Bezug zur Schallgeſchwindigkeit gezogen werden können, da die obige Regel eine gleiche Abtheilungsart bei den verſchiedenen Gaſen vorausſetzt. Mittelſt eines ſehr ſorgfältig conſtruirten Apparats, welcher erlaubte, alle Umſtände bei den verſchiedenen Gasarten recht vergleichbar zu machen, fand aber **Dulong**, daß, wenn er bei offenem Rohre den Grund-

---

*) Sind die Beobachtungen bei ungleicher Temperatur angeſtellt, z. B. die eine bei t, die andre bei t′ Graden C über einer gewiſſen Normaltemperatur (z. B. über Null Grad), ſo kann man beide vergleichbar machen durch Reduction auf dieſe Normaltemperatur, indem man die bei t und t′ Graden beobachteten Schwingungszahlen reſpectiv mit $\sqrt{1+0{,}00375t}$ und $\sqrt{1+0{,}00375t'}$ dividirt. In der That hat ſich **Dulong** durch directe Verſuche (Pogg. XVI. S. 464) überzeugt, daß, wenigſtens zwiſchen 0° und 22°, dieſe Correction der Erfahrung genau entſpricht.

**) Pogg. XVI. S. 408.

***) Bull. de la soc. philom. 1816. p. 182.

ton erhalten hatte und nun, bei fortgeſetztem Ertönen der Röhre durch das unter dem conſtanten Druck der Atmoſphäre blaſende Gas, einen Stempel ſo weit hineinſchob, bis wieder der anfängliche Ton erhalten worden, die Größe, um welche der Stempel hineingeſchoben werden mußte, bei allen Gaſen (Luft, Sauerſtoffgas, Waſſerſtoffgas, kohlenſ. Gas u. ſ. w.) gleich ausfiel, mithin die Knotenfläche überall eine gleiche Lage hatte.

Über das Verfahren, die Schallgeſchwindigkeit in der Luft aus der Länge und dem Tone von Zungenpfeifen zu berechnen. Weber *), der ſich ſo große Verdienſte um die Theorie der Zungenpfeifen erworben hat, ſchlägt die Anwendung dieſer ſtatt der Labialpfeifen zur Beſtimmung der Schallgeſchwindigkeit vor, und giebt zwei Methoden hierzu an. Die Werthe für die Schallgeſchwindigkeit, welche man durch dieſelben findet, zeigen eine vortreffliche Übereinſtimmung mit dem Werthe, den man nach Laplace's Formel für $k = 1{,}375$ berechnet (vgl. S. 244) und wenn man ſonach dieſe Geſchwindigkeit für die wahre nimmt, ſo ſchiene dieſe Methode nichts zu wünſchen übrig zu laſſen. Inſofern ſich jedoch die Ergebniſſe der genaueſten Beobachtungen dahin zu vereinigen ſcheinen, daß die für dieſen Werth von k berechnete Geſchwindigkeit etwas zu klein ausfällt, würde man freilich auch auf dieſem Wege eine etwas zu kleine Geſchwindigkeit erhalten **), ſo wie auch alle Verfahrungsarten, die ſich auf die Beſtimmung der Schallgeſchwindigkeit aus der Länge der Labialpfeifen gründen, eine etwas zu kleine Schallgeſchwindigkeit im Verhältniß zur wirklichen geliefert haben. Unſtreitig hängen die Umſtände bei beiden Arten Pfeifen zuſammen.

Erſte Methode. Bei Betrachtung der Zungenpfeifen wird erörtert werden, daß, wenn eine ſolche Pfeife bei einer gewiſſen Länge u einen beſtimmten Ton giebt, man dann eine zweite größere Länge $u + l'$ finden wird, wo ſie denſelben Ton giebt: und daß dieſer Ton dann auch bei den Längen $u + 2l'$, $u + 3l'$ u. ſ. f. wiederkehren wird. Hat man nun einerſeits die Größe l', andrerſeits die zugehörige aus dem Tone der Zungenpfeiſe zu findende Schwingungszahl der Pfeiſe n' beſtimmt, ſo läßt ſich daraus die Schallgeſchwindigkeit Ω nach folgender einfachen Formel berechnen:

$$\Omega = l' n'$$

bei dieſer Formel iſt jedoch vorausgeſetzt, daß l' nicht die Länge einer offenen Röhre überſchreite, welche den Ton des abgeſonderten Mundſtücks als Grundton giebt; aber doch über ¼ dieſer Länge betrage.

Zweite Methode. Kennt man nicht die Größe l', ſondern die ganze Länge l einer gegebenen Zungenpfeiſe und ihren Ton, ſo muß man, um Ω zu beſtimmen, noch die, die Zunge derſelben betreffenden, Verhältniſſe kennen, wo ſich dann, Weber's Herleitung zu Folge *) Ω nach folgender Formel ergibt:

---

*) Pogg. XVII. S. 235.

**) Dies erhellt theils durch directe Berechnung, theils daraus, daß, wenn man den Coefficienten k aus Weber's Verſuchen berechnet, man dadurch auf den Werth 1,372, welcher mit 1,375 wirklich übereinſtimmt, zurückgeführt wird, da doch dieſer Coefficient = 1,421 angenommen werden muß, wenn die berechnete Schallgeſchwindigkeit der wirklichen gleich gefunden werden ſoll.

$$\Omega = 2 l n' + \frac{2 a k n'}{\pi (n^2 + n'^2)}$$

in welcher Formel n die Zahl der Schwingungen der iſolirten Platte oder Zunge, n′ die Zahl der Schwingungen der Zungenpfeife (der Zunge und Röhre in Verb.) l die Länge der Zungenpfeife, k = 1,375 nach Gay-Luſſac und Welter; a eine, der Größe der Platte direct, ihrem Gewicht und dem Querſchnitt der Röhre umgekehrt proportionale Größe, deren nähere Beſtimmung bei den über die Zungenpfeifen zu gebenden Formeln folgen wird, iſt. Die Übereinſtimmung dieſer Formeln mit der Erfahrung wird ſich durch folgende Vergleichung ergeben.

Für die erſte Formel **). Bei einer gegebenen Zungenpfeife fand ſich (die Temperatur des Verſuchs iſt nicht angegeben)

$$l' = 225{,}2 \text{ Lin.}$$
$$n' = 680{,}0 \text{ in der Sec. ***)}$$

Mithin $\Omega = l'n' = 1063{,}5$ Fuß (= 345,8 Meter) in der Sec.

Für die zweite Formel ****). Die Data der Verſuche waren folgende:

Temperatur der Luft in der Pfeife 22° R.; Länge = 14,058 Linien; Breite = 3,0 Lin.; Dicke = 0,337 Lin. der eiſernen Platte (Zunge) der Zungenpfeife, welche allein ſchwingend 1140 Schwingungen in 1 Sec. machte. Weite der cylindriſchen Luftſäule = 4,8 Lin.

Folgendes iſt eine Zuſammenſtellung der hiermit erhaltenen Reſultate:

Länge der Zungenpfeiſe = l	Zahl der von der Zungenpfeife ausgehend. Schallwelle = n′	Geſchwindigkeit des Schalls nach der Formel $\Omega = 2 l n'$ berechnet	Geſchwindigkeit d. Schalls nach d. genauern Formel berechnet.	Geſchwindigkeit d. Schalls nach Laplace's Theorie †)	Differenzen
Linien		Fuß	Fuß	Fuß	Fuß
110,0	676,0	1032,7	1065,7	1066,3	— 0,6
122,0	608,0	1030,4	1057,4	1066,3	— 8,9
128,0	583,0	1036,6	1061,7	1066,3	— 4,6

---

*) Pogg. XVII. S. 237.

**) Pogg. XVII. S. 247.

***) Nach folgenden Datis:

Schwingungszahl der Zungenpfeife.	ganze Länge der Zungenpfeife.
721,9	97,6 Linien
681,5	103,4
670,5	109,6
700,0	310,5
679,4	329,0
638,3	348,4

****) Pogg. XVI. S. 203. XVII. S. 237.

†) Hier iſt die Geſchwindigkeit nach der Formel auf S. 244 für k = 1,375

Verſuche über Schallgeſchwindigkeit in der Luft bei großer Kälte. Capitain **Parry** und Lieutenant **Forſter** *) haben im J. 1824 und 1825 zu Port-Bowen Verſuche über die Schallgeſchwindigkeit durch Abſchießen eines Sechspfünders angeſtellt, welche dadurch bemerkenswerth ſind, daß ſie bei ſehr niederer Temperatur angeſtellt wurden. Die Beſtimmung geſchah an beiden Enden **) einer Linie, welche 12892,89 engl. Fuß maß. Als Mittel der Beobachtungen (mit Weglaſſung der letzten Beobachtung in nachfolgender Tabelle, wo ein ſtarker Wind Statt fand) ergab ſich eine Geſchwindigkeit von 1035,19 engl. Fuß (in der Secunde) bei — 17°,72 F. (— 27°,62 C.) und 29,936 engl. Zoll Barometerſtand. (Der Feuchtigkeitszuſtand ward nicht beſtimmt). Dieſe Geſchwindigkeit beträgt 33,27 Fuß mehr als ſie nach **Laplace's** Formel betragen ſollte.

Barometerſtand in engl. Zollen	Temperatur Fahrenheit.	Zahl der Schüſſe	Mittleres Intervall von beiden Stationen	Geſchwindigkeit in engl. Fußen
29,341	— 7°	5	12,3912	1040,49
29,561	— 9°	6	12,4288	1037,34
30,268	— 37°	4	12,529	1029,01
29,647	— 24°,5	6	12,6278	1020,99
29,598	— 18°	6	12,406	1039,25
29,735	— 37°,5	6	12,7617	1010,28
30,398	— 38°,5	6	12,71	1014,39
30,258	— 21,5	6	12,5583	1026,64
30,118	+ 33,5	6	11,7387	1098,32
30,102	+ 35	6	11,5311	1118,10

Geſchwindigkeit des Schalls in verſchiedenen Gasarten. **Dulong** hat mittelſt tönender Labialpfeifen nach dem S. 247 angegebenen Verfahren folgende Werthe der Geſchwindigkeit des Schalls in verſchiedenen Gasarten für den Zuſtand der Trockenheit und bei 0° C. gefunden:

---

berechnet. Die wirkliche Schallgeſchwindigkeit jedoch würde ſich, wenn man ſie zu 333 Meter für 0° annimmt, bei 22° R. ergeben = 349,7 Meter = 1076,4 Fuß. Wollte man auch die Correction für k = 1,421 berechnen, ſo würde man doch nur z. B. ſtatt 1065,7 Fuß erhalten 1066,7 Fuß.

*) Jameſon's Edinb. N. phil. J. Oct. 1828 — march. 1829. p. 23.

**) So daß der Einfluß der Luftbewegung durch Ziehung des Mittels beſeitigt werde.

Name und ſpecif. Gewicht der Gasart	Schallgeſchwindigkeit in 1 Sec. in der trocknen Gasart bei 0° C., in Metern
Atmoſphäriſche Luft 1	333
Sauerſtoffgas, 1,1026	317,17
Waſſerſtoffgas, 0,0688	1269,5
kohlenſ. Gas, 1,524	261,6
Kohlenoxydgas, 0,974	337,4
Stickſtoffoxydgas, 1,527	261,9
Ölbildendes Gas, 0,981	314

Dieſe Reſultate verdienen allem Anſchein nach mehr Zutrauen, als die auf ähnlichem Wege gefundenen früheren, welche Chladni und Jacquin*), Kerbi und Merrick**), Benzenberg***), Richard van Rees bekannt gemacht haben, theils weil nicht nur Dulong alle Sorgfalt darauf wandte, die Gasarten rein von Feuchtigkeit und andren Beimiſchungen anzuwenden, was nicht immer von frühern Beobachtern geſchehen iſt, theils weil er ſich zur Beſtimmung der Schwingungszahl der Vergleichung der Tonhöhe mit der Tonhöhe einer Sirene bediente, welche eine größere Genauigkeit in dieſem Bezuge zuläßt, als das meiſt von frühern Beobachtern angewandte Monochord.

Vor allem beim Waſſerſtoffgaſe weichen die Reſultate Dulong's von denen der frühern Beobachter ab, was unſtreitig daher rührt, daß bei der geringen Dichtigkeit dieſes Gaſes die Fehler, die von der zufälligen Beimengung eines andern Gaſes oder eines Dampfs entſtehen, ſehr leicht einen großen Einfluß äußern. Mit aller der zu ſeiner Reinheit nöthigen Sorgfalt bereitet, giebt es einen faſt um zwei Octaven höhern Ton als Sauerſtoffgas, während Chladni faſt niemals mehr als eine Octave und eine kleine Terz, zuweilen nur eine Octave gefunden hatte; auch die von v. Rees gefundene Zahl iſt, obgleich weniger unrichtig, doch um $\frac{1}{4}$ kleiner als der Fall ſeyn müßte, wenn man den Werth von k in der Formel S. 244 = 1 ſetzte, ſo daß hier k einen kleinern Werth als 1 haben müßte, welches der Natur der Sache nach unmöglich iſt.

II. Erregung, Meſſung und Anwendung vergleichbarer Töne.

Neues Mittel, vergleichbare Töne zu erzeugen, (Drehung gezähnter Räder), von Savart****). Das nachfolgende

---

*) Chladni's Akuſtik. S. 228.

**) Nicholſon J. XXVII. S. 269 und XXXIII. S. 161 (Gilb. XXXIX. 439).

***) Gilb. Ann. XLII.

****) Ann. de Ch. et de Ph. XLIV. 337 oder Pogg. Ann. XX. 294.

Verfahren gründet ſich auf das bekannte Princip, welches der Conſtruction der ſogenannten Sirene zu Grunde liegt, zufolge deſſen eine ſchnelle Aufeinanderfolge periodiſch wiederkehrender Schläge fähig iſt, einen Ton zu erzeugen, deſſen Höhe im geraden Verhältniß der Schnelligkeit der Aufeinanderfolge ſteht, wobei indeß zu bemerken iſt, daß bei Vergleichung mit Tönen durch Schwingung der Schlag mit der ihm folgenden Stille zuſammen als eine Doppelſchwingung gerechnet werden müſſe.

Das neue Mittel, welches Savart in dieſem Bezug anwendet, und zu phyſikaliſchen Beſtimmungen benutzt hat (ſ. weiterhin), beſteht in einem mehr oder weniger ſchnell gedrehten Rade, verſehen am Umfange mit einer zweckmäßigen Zahl von Zähnen, die nach einander gegen einen auf einer Unterlage befeſtigten (oder auch nur mit der Hand gehaltenen) dünnen Körper ſchlagen, z. B. gegen eine Karte oder ein zugeſchärftes Blatt von leichtem Holze. (Die nähere Anordnung iſt nicht beſchrieben). Die Höhe der Töne, die hierdurch bei Umdrehen des Rades entſtehen, ſteht, wie ſich Savart überzeugt hat, in genauem Verhältniß der Schnelligkeit der Umdrehung und die Zahl der hierbei erfolgenden Schläge iſt genau ſo groß, als die der Doppelſchwingungen einer mit dem Rade im Einklang tönenden Saite. Je größer der Durchmeſſer des Rades bei gleicher Anzahl von Zähnen iſt, deſto größer iſt die Stärke des reſultirenden Tones.

Auch dadurch, daß man ſenkrecht gegen die Ebene des Rades durch eine Röhre von etwas kleinem Durchmeſſer einen Luftſtrom gegen die Zähne des ſich drehenden Rades treibt, kann man Töne hervorbringen, welche bei gleicher Umdrehungsgeſchwindigkeit ſich in Einklang mit den durch den Anſchlag an das Blatt erzeugten, zeigen.

Savart ſtellte ſeine Verſuche mit drei meſſingenen Stäben an: 1) von 24 Centimetern Durchm. und 360 Zähnen im Umfange; 2) von 48 Cent. Durchmeſſer und 400 Zähnen; 3) von 82 Cent. Durchmeſſer und 720 Zähnen. Um bei dem letzten groſſen Rade die Zahl der Schläge für groſſe Geſchwindigkeiten, wo die Tonhöhe nicht mehr direkt zur Beſtimmung führen kann, zu beſtimmen, brachte Savart anfangs an der Axe des Rades einen Zähler an, doch geſtattet dies Mittel keine leichte Anwendung, ſobald die Geſchwindigkeit der Umdrehung ſehr groß wird. Er zog es daher ſpäter vor, die Zahl der Umläufe durch den Ton eines zweiten gezähnten Rades zu beſtimmen, welches einen kleinern Durchmeſſer beſaß, und eine dreißig- bis vierzigmal geringere Zahl von Zähnen, als das groſſe Rad, auf ſeinem Umfang trug. Da der Ton dieſes zweiten Rades viel tiefer war, ſo konnte man ihn leicht mit dem Monochord in Einklang bringen, und die Anzahl der erzeugten Schwingungen berechnen, aus der ſich dann leicht die Anzahl der Umläufe des Rades ergab.

Über die Gränze der mittelſt dieſes Verfahrens noch hörbaren Töne wird ſpäter Näheres mitgetheilt werden.

Savart erinnert, daß die Töne, welche ſich ſolchergeſtalt mit gezähnten Rädern hervorbringen laſſen, mit Vortheil angewandt werden können, um bei vielen Maſchinen die Zahl der Umläufe der Axen zu beſtimmen und ſich von der Gleichförmigkeit ihrer Umdrehung zu überzeugen.

Verfahren, auf einer Violinſaite von gleichbleibender Spannung durch Streichen Töne von mannichfaltiger Höhe (Äolsharfentöne) hervorzubringen, von Pelliſſov *). Das Verfahren beruht darauf, daß die Saite eine raſche Aufeinanderfolge kleiner Stöße empfängt, durch welche blos Molecularſchwingungen derſelben, nicht aber Schwingungen der ganzen Saite oder ihrer aliquoten Theile hervorgerufen werden. Dies gelingt am beſten, wenn der Ungeübte den Bogen dicht am Stege einer etwa zwei Schuh langen, ⅓ Lin. dicken, ins g geſtimmten, (Violin-) Saite aufſetzt und ſo leicht als möglich **) und in einem immer gleichen Zuge zu ſtreichen anfängt. Der erſcheinende Ton richtet ſich dann ganz nach der Stärke oder Schnelligkeit des Striches und man kann alle Töne, welche eine Saite mittelſt des Windes giebt (Äolsharfentöne) und noch die meiſten dazwiſchen und höher liegenden Töne auf dieſe Art ſehr leicht erhalten. Wenn man den Bogen beim Froſche aufſetzt, und ſo im raſchen Zuge bis an ſeine Spitze über die Saite führt, ſo wirkt der Bogen als ein immer kürzer werdender Hebel der erſten Art, und nach Maßgabe ſeines immer ſchwächer werdenden Druckes (der indeß in ſeinem höchſten Grade ſehr leicht ſeyn, und mit der Hand regulirt werden muß) erſcheinen alle harmoniſchen Töne von ihrer größten Höhe, bis zur möglichſten Tiefe, und man hat ſogar alle möglichen Töne ſo ſehr im Bogen, daß man bei hinlänglicher Fertigkeit auf einer ſtets gleich langen Saite bei unveränderter Spannung ſogar nicht unangenehme Melodien ſpielen kann. — Die Schwingungen jener Molecule, welche der Bogen unmittelbar berührt, laufen dabei in dem nämlichen Zeitraume, in welchem die Saite eine Schwingung vollbringen würde, an's entgegengeſetzte Ende der Saite, und werden dort reflectirt, ſo daß es ſcheint, als entſtände der Ton an dem, dem geſtrichenen entgegengeſetzten, Ende der Saite.

Hat man aber die Führung des Bogens einmal in ſeiner Gewalt, ſo wird man ſtaunen, welch' eine reizende Folge von Tönen auf einer einzigen Saite hervorgebracht werden kann. Die Töne ſind auf dieſe Art denen der Äolsharfe ſo täuſchend ähnlich, daß ſie durch das Gehör nicht von einander unterſchieden werden können.

Läßt man mit dem Äolstone den Grundton der Saite zugleich ertönen, ſo gelingt es oft, eine Folge von Accorden hervorzubringen, die, wenn ſie mit den einfachen Flötentönen in Verbindung gebracht werden, einen ſo eigenthümlichen Effect hervorbringen, daß man bald eine leiſe Flötenmelodie, bald fernes Glockengeläute, bald Harmonieen einer entfernten Orgel zu hören glaubt.

---

*) Pogg. Ann. XIX. S. 231.

**) Wenn der Grundton der Saite allein oder mit einem der Äolstöne zugleich gehört wird, war der Druck des Bogens ſchon zu ſtark.

Welch' bedeutenden Einfluß die Art des Striches auf Saiteninſtrumenten habe, kann man daraus erſehen, wenn man ſtatt der Pferdehaare eine gewöhnliche Violinſaite in den Bogen ſpannt, dieſe gleich den Pferdehaaren mit Kolophonium beſtreicht, und ſich derſelben ſtatt des gewöhnlichen Streichinſtruments bedient. Der Ton, der auf dieſe Art der tongebenden Saite entlockt wird, richtet ſich bei gehöriger Vorſicht nach dem Grade der Spannung der in den Bogen geſpannten Saite, was ſchon Young (Gilb. Ann. XXII. S. 378) bemerkt hat.

Hinſichtlich der der Entſtehungsart vorerwähnter Töne vgl. S. 256 f. „Erregung von Tönen durch Temperaturänderungen"*). Eine eigenthümliche Art, Töne zu erregen, welche von der Zuſammenziehung, die ein erhitztes Metall bei Berührung mit einem kalten erfährt, abzuhängen ſcheint, hat Trevelyan bemerkt. Seine Verſuche werden folgendergeſtalt beſchrieben: Wenn eine eiſerne oder meſſingene Stange, z. B. ein gewöhnlicher Schürſtab, im Feuer erhitzt und dann auf einen Fußboden oder einen Tiſch ſo gelegt wird, daß das erhitzte Ende auf den Rand eines Stücks Blei von 2 bis 3 Zoll ins Gevierte und einem Zoll Stärke, der runde Knopf des Griffes aber auf dem Boden oder Tiſche ruht, und man das Inſtrument hierauf öfters aufhebt und niederlegt, um die günſtigſte Lage deſſelben zu ermitteln, es dabei auch ein wenig hin- und her wiegt, um es in Gang zu bringen, ſo ſchwingt daſſelbe lange Zeit fort und läßt dabei einen Ton hören, deſſen Klang und Stärke ſich nach Beſchaffenheit der Unterlage richtet. Um aber die Wirkung ſicherer und deutlicher hervorzubringen, ließ Trevelyan fußlange meſſingene oder eiſerne Stäbe eigens verfertigen**); 2 bis auf 3—4 Zoll von einem Ende aus gerechnet, iſt der Stab breit und platt, und auf der untern Seite mit einer der Länge nach laufenden Ribbe verſehen, auf welcher er leicht auf- und niederſchwingen kann. Dieſer Theil iſt etwa 1½ Zoll breit, und an der Ribbe ½ Zoll ſtark; der Reſt der Stange wird in einen runden Griff von etwa ½ Zoll Durchmeſſer gearbeitet. Wenn das abgeplattete Ende dieſer Stange erhitzt und mit der Ribbe auf ein ebenes Stück Bley gelegt wird, das 1 bis 2 Zoll dick iſt und mehrere Zoll ins Gevierte hält, ſo ſetzt ſich der Stab ſogleich von ſelbſt in eine ſanfte wiegende Bewegung, welche ſich bis zu einem gewiſſen Umfange ſteigert und dann lange Zeit regelmäßig fortdauert. Wenn ein Meſſingſtab von 10 bis 12 Zoll Länge quer über den andern gelegt wird, ſo ſchwingt auch er und zeigt die Wirkung noch deutlicher. Legt man den Stab ſtatt auf den oberen Theil des Bleyes, auf die Kante deſſelben und das andere Ende auf den Tiſch, ſo iſt keine Schwingung bemerkbar, jedoch läßt der Apparat einen lauten Ton vernehmen, welcher lange Zeit hörbar bleibt. Drückt man mit dem Finger auf den Tiſch oder auf das Metall, ſo verändert ſich der Ton und hört zuweilen auf. Ertheilt man dem Tiſche einen gelinden Stoß, ſo fängt der Ton wieder an und dauert wie vorher fort. Setzt man den Apparat auf eine hölzerne Schachtel oder auf einen Reſonanzboden, ſo ſind die Töne höchſt muſikaliſch.

---

*) Edinb. Courant vom 26. Febr. 1831; Fror. Not. Nr. 11 des XXX. Bandes S. 168.

**) Die folgende Beſchreibung der Stäbe (wörtlich nach Froriep's Notizen) verſtehe ich nicht recht.

Chemiſche Harmonika. Van Mons theilt in einem Briefe an **Buchner** wörtlich Folgendes mit: „Um zu ſehen, welche Wirkung die Verwechſelung der Glasröhren mit Röhren aus andern Stoffen in Bezug auf die chemiſche Harmonika hervorbringen werde, haben wir Röhren von verſchiedenen Metallen angewandt; wir erhielten aber nur von den klingenden Metallröhren, nämlich von Zinn, Eiſen-Blech, Kupfer, Silber u. ſ. w. einen Ton, die übrigen nicht klingenden Metalle lieferten uns keinen. Das Zinn giebt einen Orgelton, und ſomit den Ton einer gedrängten und mit Mühe circulirenden Luft (?), der auf dieſe Art circulirende Waſſerdampf mag wohl die Urſache der gewöhnlichen Erſcheinung ſeyn. Wir haben in dieſem Bezuge Verſuche mit allen brennbaren Gaſen, als mit gekohltem Waſſerſtoffgaſe, mit Schwefelwaſſerſtoffgaſe, Hydrocarbongaſe und Kohlenoxydgaſe, das mit Knallluft und mit Stickſtoffoxydluft gemiſcht war, und die einer anhaltenden Verbrennung fähig ſind, angeſtellt: Alle Verſuche gelangen, alle gaben eine blaue Flamme, wenn man ſie längs des Glaſes hinſtreichen ließ. Das Ausſtrömen des Gaſes aus der Leitungsröhre darf nicht zu heftig ſeyn, damit nicht ein Theil deſſelben der Verbrennung entgehe; denn in dieſem Falle entzieht ſich das Kohlenoxyd und die beiden gekohlten Waſſerſtoffgasarten der Verbrennung und bedecken die innere Fläche der Glasröhre mit Schweiß. Findet man in der Röhre eine Stelle, wo der Ton anfängt, ſo muß man an dieſer einige Zeit anhalten und nur langſam herabſteigen. Der Ton der chemiſchen Harmonika muß, wie jede andere Wirkung, wenn ſie fortdauern ſoll, ſteigen; iſt er einmal im Gange, ſo hält er dann aus. Sobald die Flamme ſich verlängert, beginnt das Tönen. In dem Maße, als man die Röhre abſteigen oder aufſteigen läßt, ſteigt und fällt auch der Ton. Ich verſichere Sie, daß, wenn man ſich auf dieſe Weiſe mit Röhren von verzinntem und unverzinnten Eiſenbleche (der Ton von beiden iſt ſehr verſchieden), von Orgelmetall und dgl. von verſchiedener Länge, Dicke und Lumen übte, man es dahin bringen könnte, eine Art ziemlich harmoniſcher Muſik hervorzubringen. Zu **Lüttich** macht man ein ſehr hellklingendes Glas, von welchem Röhren in verſchiedenem Durchmeſſer einen ſehr reinen und ſtarken Ton geben. Die Glasröhren zu den Argandiſchen Lampen liefern oft auch einen guten Ton."

Stark klingende Legirungen. **Kaſtner**[**]) theilt folgende drei Legirungsverhältniſſe als leicht ausführbar und wohlfeil mit, um dem Zinn neben erhöhter Härte und Weiße ein geſteigertes Klangvermögen zu ertheilen:

---

*) Buchner's Rep. XXXII. S. 431.

**) Kaſtn. N. Arch I. S. 431.

1) 86 Zinn, 7 Wismuth, 4 Antimon, 3 Eiſenfeilſtaub: Matt (kaum graulich) weiß, hoher Politur fähig, ziemlich luftbeſtändig. Der Klang *) etwas ſchnarrend, mehr als die folgenden den Klängen der Saiteninſtrumente ſich nähernd, einen tiefern Ton entwickelnd als die folgenden.

2) 100 Zinn, 4½ Kupfer, ½ Wismuth, bläulich weiß, luftbeſtändig, polirt lebhaft glänzend. Der Klang voll, nicht ſchnarrend, dem Glasklange ſich nähernd, ſehr rein.

3) 7 Zinn und 1 eiſenfreies Antimon, bläulichweiß, bei gleicher Abreibung minder glänzend als Nr. 1) und 2), vollkommen luftbeſtändig. Der Klang die größte Fülle darbietend, den Glasſcheibentönen täuſchend ähnlich.

Anſicht Pelliſov's von der Erregung der Töne **). Die gewöhnliche Anſicht von Entſtehung der Töne durch eine ſchwingende Saite oder Luftſäule iſt die, daß der Ton hierbei von der Schnelligkeit, mit welcher die ganze Saite oder Luftſäule oder ihre aliquoten Theile ſchwingen, abhänge, und daß die Oscillationen der kleinſten Theilchen, aus denen der ſchwingende Körper beſteht, nur inſofern hierbei in Betracht kommen, als ſie zur Reſultante eben die Schwingung des ganzen tönenden Körpers oder ſeiner aliquoten Theile geben. **Pelliſov** dagegen kehrt dieſe Anſicht um, indem er behauptet, daß der Ton blos von der Schnelligkeit, mit der die kleinſten Theilchen der Saite oder Luftſäule oscilliren, abhänge, die Schwingung der ganzen Saite oder Luftſäule käme hierbei blos inſofern in Betracht, als ſie beſtimmend für die Schnelligkeit jener Molecularoscillationen wirke, ſo daß, wenn z. B. eine Saite ganz oder aliquoten Theilen nach transverſal ſchwänge, ohne daß doch die einzelnen Molecule innerhalb der Saite Schwingungen machten, kein Ton entſtehen würde. Dieſe Anſicht ſucht **Pelliſov** namentlich durch folgende Erörterungen zu erläutern und zu beſtätigen, und wendet ſie auf die Erklärung nicht nur der S. 253 erzählten, ſondern auch der Aeolsharfentöne an:

Molecularſchwingungen eines Körpers laſſen ſich nach **Pelliſov** dadurch hervorbringen, daß man irgend einem beliebigen Theile deſſelben oder dem ganzen Körper zugleich eine Reihe ſchnell aufeinander folgender Stöße mittheilt und die Schnelligkeit dieſer Molecularſchwingungen ſteht mit der ſchnellen Folge der erregenden Stöße immer in geradem Verhältniſſe. Hat man eine Saite ganz oder ihren aliquoten Theilen nach in transverſale Schwingungen verſetzt, ſo wirken hier die Transverſalſchwingungen ſelbſt als eben ſo viel Stöße, vermöge des wechſelſeitigen Zuſammendrückens und Ausdehnens der kleinſten Theilchen, und deshalb behält eine transverſal ſchwingende Saite immer denſelben Ton, ſo lange die Schnelligkeit ihrer Schwingungen ſich gleich bleibt, weil hierdurch zugleich die Schnelligkeit ihrer Molecularoſcillationen beſtimmt wird.

---

*) Bei einer kreisrunden Scheibe von 3¼ rh. Zoll Durchmeſſer und ⅛ Lin. Dicke, eben ſo bei den andern Legirungen.

**) Pogg. Ann. XIX. S. 237.

In der That, wenn man einer Saite durch das Verfahren, was S. 256 näher beſchrieben iſt, blos kleine Stöße mittheilt, ohne daß ſie dadurch in ihrer ganzen Länge in Schwingung verſetzt wird, ſo vermag ſie je nach der Schnelligkeit dieſer Stöße auch Töne von höchſter Mannichfaltigkeit zu geben, welche auf keine Weiſe mit einer Entſtehung derſelben aus Schwingungen der ganzen Saite oder ihrer aliquoten Theile vereinbar ſind, und eben ſo widerſpricht die Reihenfolge der Töne, welche eine im Winde erklingende Äolsharfenſaite zu geben vermag, und die mit der vorigen auffallend übereinſtimmt, einer ſolchen Erklärbarkeit aus Schwingungen aliquoter Theile der Saite, indem der Wind auch hier nur dadurch wirkt, daß er der Saite kleine ſchnell aufeinander folgende Stöße ertheilt (S. 253).

Pelliſow wendet dieſe Anſicht auch auf Blasinſtrumente an und ſetzt ſie noch mit mehreren andern Umſtänden in Verbindung, welche die Schwingungen von Saiten oder ſtarren Stäben betreffen, worüber wir auf die Originalabhandlung verweiſen. Er verſpricht dieſelbe der Rechnung zu unterwerfen und dadurch ihre Triftigkeit noch näher zu erweiſen.

Über Combinationstöne oder Tartiniſche Töne von Blein *). Die Schwingungszahl des Tartiniſchen Tons, der zwei zuſammenklingende Töne begleitet, iſt der Reſt, welcher übrig bleibt, wenn man von der Schwingungszahl des höhern Tons die des niedern Tons, ſo oftmal genommen, als ſie ganz in der des höhern enthalten iſt, abzieht. Iſt z. B. die Schwingungszahl des höhern Tons 400, die des niedern 256 in 1 Sec., ſo wird die des Tartiniſchen Tons 144 ſeyn.

Beſtätigungen dieſes ſchon früher bekannten Geſetzes enthalten u. a. die Beobachtungen Bleins, der ſeine Verſuche mit zwei Saiten anſtellte, von denen die eine immer den Ton c gab, indem ſie 256 Schwingungen in einer Sec. machte, während die andere Saite ſucceſſiv ſo geſpannt wurde, daß ſie nach und nach die in der folgenden Tabelle angeführte Reihe von Tönen gab.

---

*) Pogg. Ann. XV. S. 213, aus Exposé de quelques principes nouveaux sur l'acoustique et la théorie des vibrations et sur l'application à plusieurs phénomènes de la physique par le Baron Blein. Paris 1827.

Ton der erſten Saite.	Schwingungen der erſten Saite während 1 Secunde.	Ton der zweiten Saite.	Schwingungen der zweiten Saite während 1 Secunde.	Tartini'ſcher Ton beim Zuſammenklingen beider Saiten.	Schwingungen, welche eine Saite in 1 Sec. machen müßte, um denſelben Ton hervorzubringen.
c	256	c	256	c	256
c	256	c♯	$266\frac{2}{3}$	c♭	$245\frac{1}{3}$
c	256	d♭	$271\frac{1}{17}$	H	$238\frac{14}{17}$
c	256	d	$284\frac{4}{9}$	B	$227\frac{5}{9}$
c	256	d	288	A♯	224
c	256	d♯	300	A	212
c	256	e♭	$307\frac{1}{5}$	A♭	$204\frac{4}{5}$
c	256	e	320	G	192
c	256	f	$341\frac{1}{3}$	F	$170\frac{2}{3}$
c	256	f♯	$355\frac{5}{9}$	E♭	$156\frac{4}{9}$
c	256		362	D♯	150
c	256	g♭	$368\frac{16}{25}$	D	$143\frac{9}{25}$
c	256	g	384	C	128
c	256	g♯	400	D	144
c	256	a♭	$409\frac{3}{5}$	E♭	$153\frac{3}{5}$
c	256	a	$426\frac{2}{3}$	F	$170\frac{2}{3}$
c	256	a♯	$455\frac{1}{9}$	G♯	$199\frac{1}{9}$
c	256	b	$460\frac{4}{5}$	A♭	$204\frac{4}{5}$
c	256	h	480	A♯	224
c	256	c♭	$491\frac{13}{25}$	B	$235\frac{13}{25}$
c	256	c	512	c	256

Zuweilen können auch 2 Tartini'ſche Töne unterſchieden werden. Die Fälle, wo Klein dies beobachtete, ſind in folgender Tabelle zuſammengeſtellt:

Ton der erſten Saite.	Schwingungen der erſten Saite während 1 Secunde.	Ton der zweiten Saite.	Schwingungen d. zweiten Saite während 1 Secunde.	Erſter Tartini'ſcher Ton beim Zuſammenklingen beider Saiten.	Schwingungen, welche eine Saite in 1 Sec. machen müßte, um denſelben Ton hervorzubringen.	Zweiter Tartini'ſcher Ton beim Zuſammenklingen beider Saiten.	Schwingungen, welche eine Saite in 1 Sec. machen müßte, um denſelben Ton hervorzubringen.
c	256	f♯	362	D♯	150	Contra A	106
c	256	f♯	$355\frac{5}{9}$	E♭	$156\frac{4}{9}$	Contra G♯	$99\frac{5}{9}$
c	256	g♭	$368\frac{16}{25}$	D	$143\frac{9}{25}$	Contra A♯	$112\frac{16}{25}$
c	256	d♯	300	A	212	32 Fuß F♯	44

Weber hat in Pogg. Ann. a. a. O. eine Theorie dieſer doppelten Tartini'ſchen Töne gegeben, mit welcher jedoch die obigen Beobachtungen nicht ganz übereinſtimmen, was **Weber** auf Rechnung der Schwierigkeit ſchreibt, dieſe Beobachtungen mit Genauigkeit anzuſtellen.

Monochord oder Tonmeſſer von zweckmäßiger Einrichtung, von Weber *). Bei den gewöhnlichen Monochorden bedient man ſich zur Abänderung der Länge der Saite meiſt eines verſchiebbaren Steges, der an verſchiedenen Punkten der Saite untergeſtemmt wird. Gegen die Anwendung dieſes Mittels macht indeß **Weber** die Bemerkung, daß man dadurch auf dreifache Weiſe in Gefahr kommt, einen Fehler zu begehen: 1) weil die Spannung der Saite größer wird, wenn der Steg, nahe am Ende der Saite unter letztere geſtemmt, dieſelbe hier eben ſo viel hebt und aus ihrer natürlichen Lage entfernt, als wenn er unter die Mitte der Saite untergeſtemmt wird, während man doch die Spannung der Saite gleich zu laſſen und nur ihre Länge zu verändern beabſichtigt; 2) weil dann die Länge des ſchwingenden Theils der Saite nicht ſcharf begränzt wird, denn derjenige Theil der Saite, welcher jenſeits der auf den Steg aufdrückenden Stelle der Saite liegt, fährt noch fort, an der Schwingung der Saite einigen Theil zu nehmen; 3) weil die Platte, aus welcher der Steg beſteht, ſehr geeignet iſt, durch die Schwingungen der Saite ſelbſt in Schwingung verſetzt zu werden, die Schwingungen ferner auf die Unterlage fortzupflanzen und dadurch in ihr Reſonanz zu erregen.

Dieſen ſämmtlichen Mängeln hat **Weber** durch eine neue Einrichtung eines verticalen Monochords mit einer eigenthümlichen Befeſtigungsart der Endpunkte der Saiten abgeholfen, welches Monochord auch mit mehrern parallelen Saiten verſehen werden kann, daher eigentlich einen andern Namen als Monochord (**Weber** ſchlägt **Tonmeſſer** oder **Tonwage** vor) verdiente. Sowohl für die Akuſtiker als praktiſchen Muſiker und Inſtrumentenmacher wird dieſes Inſtrument von großer Nutzbarkeit ſeyn. Für erſtere gewährt es u. a. auch den Vortheil, die Zunahme der Länge einer Saite nach einer Vermehrung des die Saite ſpannenden Gewichts mit Leichtigkeit und Genauigkeit meſſen zu können, was für verſchiedene phyſikaliſche Unterſuchungen von Wichtigkeit iſt. Da das Detail der Beſchreibung dieſes Inſtruments etwas zu viel Raum wegnehmen würde, ſo verweiſen wir hinſichtlich derſelben auf die Originalabhandlung.

Über die Anwendbarkeit akuſtiſcher Verſuche zur Beſtimmung mancher Eigenſchaften der Körper, von Weber **). **Weber** macht darauf aufmerkſam, daß der Gehörſinn in vielen Fällen, wo es ſich um Beſtimmung gewiſſer Eigenſchaften und Kräfte der Körper, wie der Cohäſion, Compreſſibilität, Dilatabilität, Ausdehnung durch die Wärme handelt, an die Stelle des Geſichtsſinnes bei der Unterſuchung treten kann, indem er hier oft geeignetere Wege für genaue Meſſung darbietet, als letzterer.

---

*) Pogg. XV. S. 1.

**) Pogg. XIV. S. 397.

Wie klein iſt z. B. die Verlängerung einer Metallſtange, wenn ſie ſich durch die Wärme ausdehnt und wie ſchwierig, dieſe kleine Verlängerung räumlich genau zu meſſen. Wie groß iſt dagegen die Änderung der Tonhöhe einer transverſalſchwingenden Metallſaite, wenn ſie, mit ihren Enden zwiſchen zwei unveränderlichen Punkten befeſtigt und ausgeſpannt, nur die geringſte Verlängerung erleidet, weil durch dieſe Verlängerung die Kraft, durch welche die Saite in der Richtung ihrer Länge geſpannt wird, ſehr ſchnell abnimmt.

So wog z. B. bei Weber's Verſuchen eine 48 par. Linien lange Eiſenſaite 0,02475 Gramm. Wird dieſe Eiſenſaite mit 144,63 Gramm geſpannt, ſo macht ſie 864 Schwingungen in einer Sec. (gibt den Ton $\bar{a}$ wie gewöhnlich die Stimmgabeln der Pianoforte's). Wird dieſe Eiſenſaite bei der Spannung von 144,63 Gr. feſtgeklemmt und ſo erwärmt, daß ſie um den tauſendſten Theil einer par. Linie ſich ausdehnt, ſo giebt ſie nach Weber einen Ton, der mehr als eine Vierteltonſtufe tiefer iſt als $\bar{a}$. Ein geübtes Ohr kann aber, unter Zuziehung eines nachher anzugebenden Hülfsmittels, ſelbſt die Wirkung einer Schwingung zu 1000 Schwingungen noch unterſcheiden, und folglich den 40ſten Theil von jenem Ton entſchieden noch wahrnehmen.. Um wie viel vortheilhafter iſt in dieſem Falle der Gebrauch des Ohres, als der des Auges; denn die Meſſung mittelſt des Ohres iſt in dieſem Falle etwa 40mal feiner als die mittelſt des Auges, das, ſelbſt durch das ſtärkſte Mikroſkop unterſtützt, höchſtens bis auf den 1000ſten Theil einer Linie ſicher iſt.

Weber verſichert aus Erfahrung, daß das Ohr fein genug empfindet, um unter günſtigen Umſtänden ſchon unmittelbar die Töne ſo zu beſtimmen, daß der Fehler auf 200 Schwingungen nie mehr als eine Schwingung beträgt. Und ſo wie man, wenn man das Auge durch einen Nonius oder Vernier, durch den Keil, durch den Fühlhebel und durch die Mikrometerſchraube unterſtützt, noch weit genauere Meſſungen mit ihm machen kann als ohne dieſe Hülfsmittel, ſo giebt es auch für Beſtimmung der Höhe der Töne Methoden, welche auf eine ähnliche Weiſe die Zählung der Schwingungen durch die Höhe der Töne ſo vervollkommnen, daß man unter günſtigen Umſtänden auf 1000 Schwingungen nie mehr als eine irrt.

Weber macht zwei dieſer Methoden namhaft, die ihm bei ſeinen Unterſuchungen von beſonderm Vortheil geweſen. Die erſte derſelben iſt die Beobachtung der ſogenannten Schwebungen. Wenn die nicht ganz übereinſtimmenden Pendel zweier Uhren neben einander ſchwingen, ſo beobachtet man bald Zeiträume, wo die Pendelſchläge zweier Uhren zwiſchen einander fallen, bald Zeiträume, wo die Pendelſchläge beider Uhren zuſammenfallen, und deswegen einen ſtärkern Eindruck auf's Ohr machen. Eben ſo machen von Zeit zu Zeit die Schwingungen zweier neben einander tönenden Körper, bei denen nur ein geringer Unterſchied ihrer Tonhöhe Statt findet, auf das

Ohr einen ſtärkern Eindruck, ſo oft die Maxima ihrer Schwingungen zuſammenfallen, und dieſe ſtärkeren Eindrücke auf unſer Ohr nennen wir Schwebungen. Dieſe ſogenannten Schwebungen leiſten nun für das Ohr daſſelbe, was der Vernier bei Längenmeſſungen und Winkelmeſſungen leiſtet. Durch den Vernier wird eine und dieſelbe Linie zweimal in gleiche Theile getheilt, ſo daß ſie bei der zweiten Theilung eine Unterabtheilung mehr als bei der erſten Abtheilung erhält. Durch die Schwingungen zweier Körper, welche Schwebungen hervorbringen, wird ein und derſelbe Zeitraum zweifach in gleiche Theile getheilt, ſo daß die eine Theilung eine Unterabtheilung mehr als die andere erhält. Wie man nun beim Vernier das Zuſammenfallen zweier Striche beobachtet, ſo beobachtet man die Schwebungen als das Zuſammenfallen zweier Schwingungen.

Die zweite von Weber zur Unterſtützung des Ohres bei Vergleichung zweier Töne angewendete Methode gründet ſich darauf, daß er den zu beſtimmenden Ton auf doppelte Weiſe mit einem andern Ton in Einklang zu bringen ſucht, erſt durch Erhöhung, dann durch Vertiefung des zweiten Tons, und auf beiden Seiten die Gränzen beſtimmt, wo das Ohr den Unterſchied beider Töne wahrzunehmen anfängt.

III. Reſonanz.

Über reſonirende Luftſäulen und Lufträume von Wheatſtone [*].

Aus den weiterhin anzuführenden Verſuchen Wheatſtone's gehen folgende Ergebniſſe hervor:

1) Nicht nur vermag a) der Ton einer Stimmgabel durch Reſonanz oder Mittönen einer iſochroniſch ſchwingenden Luftſäule verſtärkt zu werden, ſondern auch b) der Ton einer Luftſäule kann ſelbſt wieder den Ton eines Blasinſtruments verſtärken.

2) Eine durch Mittheilung ſchwingende Luftſäule braucht nicht immer iſochroniſch mit dem ſelbſttönenden Körper zu ſchwingen, ſondern die Zahl ihrer Schwingungen kann auch ein Multiplum von der Zahl der Schwingungen des ſelbſttönenden Körpers ſeyn.

3) Das Umgekehrte des vorigen Satzes findet nicht Statt, d. h., wenn die Zahl der Schwingungen einer Luftſäule ein Aliquotum von der Zahl der Schwingungen des ſelbſttönenden Körpers iſt, ſo zeigt ſich keine Reſonanz.

4) Eine und dieſelbe Luftſäule kann Töne von verſchiedener Höhe gleichzeitig verſtärken.

5) Nach dieſen Sätzen erklärt ſich die Wirkungsart einiger muſikaliſchen

---

[*] Quaterly Journ. of Sc. New Series. No. V. Jan. — Apr. 1828. 175 oder Schweigg. J. LIII. 237.

Inſtrumente, namentlich des Javaneſiſchen **Génder** und der ſogenannten **Maultrommel**.

Zu 1). a. Werden die Zinken einer tönenden Stimmgabel dicht vor das Mundloch einer Flöte gebracht, deren Seitenlöcher ſo verſchloſſen werden, daß ſie denſelben Ton als die Stimmgabel geben kann: ſo wird der ſchwache und kaum hörbare Ton der Stimmgabel durch eine volle Reſonanz der Luftſäule in der Flöte verſtärkt. Verſchließt oder öffnet man aber noch eine andre Seitenöffnung, ſo nimmt wieder die Stärke des Tones ab. Dieſer Verſuch gelingt leicht mit einer Concertflöte, und einer den Ton „zweigeſtrichen c“ gebenden Stimmgabel. Zu bemerken iſt, daß man beim Blaſen einer Flöte das Mundloch zum Theil verdeckt, wodurch der Ton ungefähr eine halbe Stufe tiefer wird, als wenn die Flöte bei ganz geöffnetem Mundloche in Schwingung gebracht würde. Nun muß die Flöte, auf die letztere Weiſe tönend, mit der Stimmgabel im Einklang ſeyn, und es iſt daher nöthig, ſtatt „zweigeſtrichen c“ auf der Flöte „eingeſtrichen h“ zu greifen. Statt der Luftſäule in der Flöte kann man auch den vom Munde eingeſchloſſenen Luftraum anwenden, wenn man ihm das paſſende Volumen giebt. Der Ton der Stimmgabel ſcheint dann am meiſten verſtärkt zu werden, wenn man die Zunge und übrigen Sprachorgane in eine ſolche Stellung bringt, als wollte man den Naſenlaut ng fortwährend ſingen, und dabei die Öffnung der Lippen ſo lange ändert, bis der Ton am ſtärkſten iſt.

b. Man lege zwei Concertflöten auf eine Tafel und parallel dicht neben einander. Auf der einen Flöte blaſe man ſtark das zweigeſtrichene c, wobei alle Seitenlöcher offen ſtehen; die andere Flöte greife man ſo, daß ſie eine halbe Stufe tiefer tönt (welches Intervall ſo viel beträgt, als die Vertieſung bei der erſteren Flöte durch theilweiſe Verdeckung des Mundlochs mit der Lippe): ſo bemerkt man einen weſentlichen Unterſchied in der Stärke des Tones, je nachdem man das erſte Loch der andern Flöte öffnet oder verſchließt.

Zu 2). **Wheatſtone** nahm eine an einem Ende durch einen beweglichen Stempel verſchloſſene Röhre und hielt die Zinke einer ſchwingenden Stimmgabel, welche das zweigeſtrichene c gab, vor ihr offenes Ende. Die Länge der Luftſäule war 6 Zoll. Wurde die Länge der Luftſäule auf 3 Zoll vermindert, ſo wurde der Ton der Stimmgabel nicht mehr verſtärkt, ſondern die höhere Octave deſſelben (der Ton der Luftſäule ſelbſt, wenn ſie unmittelbar in Schwingung verſetzt wurde) hervorgebracht.

Wheatſtone befeſtigte eine Maultrommel mit den beiden Enden, die gewöhnlich feſt an den Zähnen anliegen, doch ſo, daß die Zunge hinreichenden Raum zu den freieſten Schwingungen hatte, und bewirkte durch Ankleben von etwas Wachs an ihr freies Ende, daß ihr Ton gerade groß C war; welcher Ton von einer am einen Ende verſchloſſenen, 4 Fuß langen, Röhre hervorgebracht werden kann. Nun brachte er das offene Ende einer 2 Fuß langen, 1 Zoll weiten, am andern Ende durch einen beweglichen Stempel verſchloſſenen Röhre nahe an die Zunge, ſo daß die Luftſäule beliebig verkürzt werden konnte. Wurde dann die Zunge angeſchlagen, ſo wurde die Octave ihres Grundtons gehört. Wurde die Luftſäule noch mehr verkürzt, ſo daß ſie nur den dritten, vierten, fünften, ſechſten, ſiebenten Theil u. ſ. w. von 4 Fuß betrug, ſo wurden nach und nach alle Töne der Reihe von Schwingungszahlen

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
C	c	g	$\overline{c}$	$\overline{e}$	$\overline{g}$	$\overline{b}$

hervorgebracht. Iſt die Länge der Röhre genau eine von den angeführten Längen, ſo iſt der Ton am ſtärkſten, doch hört man ihn auch noch, und zwar von ungeänderter Höhe, aber ſchwächer, wenn die Luftſäule innerhalb gewiſſer Gränzen verlängert oder verkürzt wird.

Zu 3). Es ſey eine, an einem Ende verſchloſſene, Röhre doppelt ſo lang als in dem Falle, wo ſie mit der Stimmgabel im Einklang iſt. Wenn die in ihr enthaltene Luftſäule unmittelbar in Schwingung verſetzt würde, ſo würde ſie um eine Octave tiefer tönen, als die Stimmgabel; hält man aber die Stimmgabel vor ihr offenes Ende, ſo reſonirt dieſer tiefere Ton nicht, aber auch kein anderer, weil die Röhre die nächſt höhere Octave (den Ton der Stimmgabel) nicht hervorbringen kann, weil ſie an einem Ende verſchloſſen iſt.

Zu 4). Wenn zwei Körper zuſammen nicht ganz im Einklange tönen, ſo entſtehen periodiſche Pulſationen, Interferenzen der Schallwellen oder Schwebungen. Dieſe Schwebungen werden außerordentlich deutlich, wenn man zwei nicht ganz im Einklange befindliche Stimmgabeln vor das offene Ende einer Luftſäule hält, ein Beweis, daß eine und dieſelbe Luftſäule Töne von verſchiedener Höhe verſtärken kann.

Zu 5). Vgl. **muſikaliſche Inſtrumente.**

Über Hörbarmachung weit fortgeleiteter Töne durch Reſonanz, von Wheatſtone *).

Wheatſtone hat hierüber folgende Verſuche angeſtellt:

1) Er ſetzte an die Stelle des Steges bei einem, mit einem Reſonanzboden verſehenen, Inſtrumente einen 5 Fuß langen Glasſtab und fand, daß der Ton einer iſolirten Saite oder Stimmgabel, die man an das Ende des Glasſtabes hielt, eben ſo deutlich gehört (d. h. eben ſo ſehr durch Reſonanz verſtärkt) wurde, als ob ſich der tönende Körper mit dem Klangbrete in unmittelbarer Berührung befände.

2) Ein analoger Verſuch wurde in **Wheatſtone's** Auditorium mit einer 40 Fuß langen Stange von Tannenholz angeſtellt, die ſich von der Kuppel des Dachs bis auf den Boden des Zimmers erſtreckte. Während man an das untere Ende der Stange keinen Reſonanzboden hielt, war auch kein Ton der Stimmgabel (die ſich unſtreitig am obern Ende be-

---

*) Fror. Not. Nr. 9 des XXVII. Bandes S. 129.

ſind) hörbar; allein, ſobald dieſe Verbindung eintrat, vernahm man ihn ſehr ſtark.

3) Das Klangbret einer im Auditorium befindlichen Harfe wurde mittelſt eines dünnen Stabes von Tannenholz mit dem Reſonanzboden eines in dem, eine Treppe tiefer befindlichen, Zimmer ſtehenden Fortepiano's in Verbindung gebracht, wo dann das Spiel des letztern ſich dem erſten Inſtrumente auf die allervollkommenſte Weiſe mittheilte. Nach unterbrochener Communication war von den fortgepflanzten Tönen nichts mehr hörbar. Die Fortpflanzung der Töne anderer Saiteninſtrumente, z. B. der Harfe, Violine, des Violoncells u. ſ. w. fand ebenfalls ſehr präcis Statt.

IV. Über die Schwingungsgeſetze elaſtiſcher Saiten, Stäbe, Membranen, Platten, Kugeln.

Die Probleme, welche die Schwingungsgeſetze dieſer Körper betreffen, ſind zwar zum Theil ſchon früher von mehreren Mathematikern behandelt worden, jedoch in minderer Ausdehnung als neuerdings von Poiſſon und Cauchy *), von deren Leiſtungen über dieſe Gegenſtände im Allgemeinen wir ſchon geſprochen haben. Die Reſultate der letztern, die übrigens mit den früher erhaltenen übereintreffen, ſoweit ſie dieſelben Punkte berühren, ſollen hier im Zuſammenhange mitgetheilt werden; und zwar werde ich dieſe Reſultate jedesmal zuerſt anführen, ſo weit ſie ſich bequem ohne Hülfe mathematiſcher Zeichen ausdrücken laſſen, dann die darauf bezüglichen Formeln, endlich die Erfahrungsbelege, in wiefern ſolche vorhanden ſind, dafür mittheilen.

Dieſe Reſultate gelten im Allgemeinen nur für kleine Schwingungen, wie es die Schallſchwingungen der Körper ſind, unter Vernachläſſigung von äußerm Druck und beſchleunigenden Kräften, welche auf die ſchwingenden Körper etwa wirken, und unter Vorausſetzung, daß die Anfangsgeſchwindigkeit dieſer Körper null iſt. Die Körper ſelbſt werden ſtets von homogener Beſchaffenheit und gleichförmiger Temperatur vorausgeſetzt, doch wird auch der Fall einer aus zwei verſchiedenen Theilen beſtehenden Saite mit betrachtet werden. Die betrachteten Stäbe werden als ſehr dünn in Verhältniß zu ihrer Länge und die Membranen und Platten als ſehr dünn zu ihren Länge- und Breite-Dimenſionen vorausgeſetzt; doch können bei den transverſalen und longitudinalen Schwingungen die Stäbe beliebig breit ſeyn; und zwar bei den transverſalen Schwingungen beliebig breit nach der Richtung, welche ſenkrecht auf der Ebene der Schwingungen iſt. (Cauchy

---

*) Mém. de l'Acad. 1829. T. VIII. p. [illegible] (Auszug einiger Reſultate in Pogg. XIII. S. [illegible]); über die Schwingungen einer aus zwei verſchiedenen Theilen beſtehenden Saite im Journ. de l'école polyt. Cah. XVIII. p. 442. Cauchy in ſ. Ex. de Math. III. und IV.

Ex. III. 245.) Die Saiten und Membranen werden als vollkommen biegſam angenommen. Die Spannung der Membranen wird als durch eine Kraft bewirkt angenommen, welche in der Richtung der Ebene der Membran gleichförmig und ſenkrecht auf ihren ganzen Umfang wirkt. Es iſt ferner im Folgenden nur von den regelmäßigen Schwingungen der Körper die Rede, d. h. ſolchen, welche Töne von einer vergleichbaren Höhe zur Folge haben; wiewohl dieſelben Körper mit Ausnahme der homogenen Saiten auch in andern Fällen, je nachdem ſie erſchüttert werden, ſtatt regelmäßiger Töne ein blos verworrenes Geräuſch hören laſſen können.

Bedeutung der Buchſtaben in nachfolgenden Formeln:

N die Anzahl longitudinaler Schwingungen, die ein an beiden Enden freier oder an beiden Enden befeſtigter Stab von der Länge a oder eine dergleichen Saite in der Zeiteinheit vollbringt.

N_1, N_2, N_3 die Zahl N für den Grundton, zweiten Ton, dritten Ton u. ſ. f.

N' die Zahl der transverſalen Schwingungen, die eine Saite oder ein Stab von der Länge a in der Zeiteinheit vollbringt *).

N'_1, N'_2, N'_3 die Zahl N' für den Grundton, zweiten Ton, dritten Ton u. ſ. f.

N'', N''_1, N''_2 u. ſ. f. gelten eben ſo für drehende Schwingungen eines Stabes.

M die Zahl der longitudinalen Schwingungen von Membranen oder Platten in der Zeiteinheit.

M' die Zahl der transverſalen Schwingungen von Membranen oder Platten in der Zeiteinheit.

M_1, M_2, M'_1, M'_2 u. ſ. f. die Werthe von M und M' reſpectiv für den Grundton und zweiten Ton.

$\mathfrak{N}$ die Anzahl der Schwingungen einer Kugel in der Zeiteinheit.

n eine Zahl, die alle mögliche Werthe von 1 bis ins Unendliche annehmen kann, und die für den Grundton = 1 geſetzt wird, für den zweiten Ton = 2 u. ſ. f. Mithin entſpricht $n = 1$ immer den Werthen $N = N_1$, $N' = N'_1$ u. ſ. f.

m eine andre Zahl, die alle mögliche Werthe von 1 an bis ins Unendliche machen kann.

$\varrho = \frac{\mathfrak{p}}{\mathfrak{g}}$ Dichtigkeit des Stabes, der Saite, Membran u. ſ. f.

$\mathfrak{p}$ das Gewicht eines Stücks des Stabes, der Saite u. ſ. w. von der Größe der Volumeneinheit (Cubikeinheit).

$\mathfrak{g}$ das Maß der Schwerkraft, für metriſche Einheit = 9,8088.

---

*) N' wird im Folgenden auch für den Fall gebraucht, wo der Stab an einem Ende frei, am andern befeſtigt iſt, während N bei den longitudinalen Schwingungen blos für den Fall gilt, wo der Stab an beiden Enden frei oder befeſtigt iſt.

a die Länge eines Stabes, oder der Radius einer Kugel oder Membran.
h die Dicke eines Stabes.
b die Breite eines Stabes oder einer rechteckigen Membran.
l die Länge einer rechteckigen Membran.
r der Radius des kreisförmigen Querſchnitts eines cylindriſchen Stabes.
P das ganze Gewicht einer Saite oder Membran.
r das Gewicht, welches die Spannung einer Saite oder Membran hervorbringt.
α Die Verlängerung, welche eine Saite oder ein Saitenſtück von der Länge a erfährt, wenn ſie durch das Gewicht r geſpannt wird.
α' die Verlängerung, welche ein Saitenſtück a' durch daſſelbe Gewicht r erfährt.
ϖ die Anzahl Grade, welche der Bogen eines kreisförmig gebogenen Stabes unterſpannt.
$\pi = 3{,}14159$ dem halben Umkreis.
k das Maß der Elaſticität der Materie, aus welcher der Stab, Draht, Platte u. ſ. w. beſteht, welches eben ſo beſtimmt wird, wie S. 242. Die Verhältniſſe der Werthe von k für verſchiedene Materien ſind S. 243 mitgetheilt. Im Falle k auf einen, nach verſchiedenen Richtungen verſchieden elaſtiſchen, Stab im Folgenden bezogen wird, iſt allemal die Elaſticität nach der Längenrichtung verſtanden.
b', h' zwei conſtante Coefficienten, die von dem Elaſticitätszuſtande eines nach verſchiedenen Richtungen verſchiedenen elaſtiſchen Körpers abhängen.
$\Omega = \sqrt{\frac{5k}{2\varrho}}$ die Schallgeſchwindigkeit in einem Stabe von der betrachteten Materie.
$e =$ Grundzahl der nat. Logarithmen.
λ, λ', μ, μ', x, y, x', y', Q, Q', s, s', i, i', q, δ, γ werden jedesmal beſonders beſtimmt werden*).

Allgemeine Sätze.

1) Wenn alle Dimenſionen eines beliebig geſtalteten Körpers zugleich nach demſelben Verhältniſſe wachſen oder abnehmen, ſo ändert ſich die Schwingungszahl des Körpers nach dem umgekehrten Verhältniſſe der Dimenſionen, ſo daß, wenn z. B. ein parallelepipediſcher Stab doppelt ſo

---

*) Die Cauchy'ſchen Formeln ſind im Folgenden mit den Poiſſon'ſchen auf dieſelben Buchſtaben gebracht worden, unter der Vorausſetzung, daß das Cauchy'ſche K mit dem Poiſſon'ſchen k übereinſtimmt; das Cauchy'ſche k aber $= 2K$, d. i. gleich dem doppelten des Poiſſon'ſchen k (was in den folgenden Formeln ſtets gebraucht iſt) iſt. In der That kommen unter dieſer Vorausſetzung die Cauchy'ſchen Formeln mit den Poiſſon'ſchen überein. Eigentlich aber hat k und K bei Cauchy eine allgemeinere und verſchiedenen Suppoſitionen ſich fügende Bedeutung, und ich wüßte nicht, wo Cauchy nachgewieſen hätte, daß für die elaſtiſchen Körper $k = 2K$ ſeyn müſſe. Dies für Diejenigen, welche die obigen Formeln mit denen in der Originalabhandlung vergleichen wollen.

lang, breit und dick als vorher wird, die Zahl ſeiner (transverſalen, longitudinalen oder drehenden) Schwingungen auf die Hälfte der vorigen herab kommen wird. Dies Geſetz erſtreckt ſich auch auf Körper, in denen die Elaſticität verſchieden nach verſchiedenen Richtungen iſt, ſo wie auf die Schwingungen einer, in einem begränzten Raume eingeſchloſſenen, Luftmaſſe *) (Cauchy in Mém. de l'Acad. IX. 116).

2) Die Schwingungszahl eines beliebig geſtalteten Körpers, welcherlei Art Schwingungen er auch vollbringen mag, ſteht im geraden Verhältniß der Quadratwurzel ſeiner Elaſticität, im umgekehrten Verhältniſſe der Quadratwurzel ſeiner Dichtigkeit.

3) Ein und derſelbe elaſtiſche Stab kann auf vier verſchiedene Weiſen ſchwingen; er macht:

a) longitudinale Schwingungen, indem ſich der Stab in der Richtung ſeiner Länge ausdehnt und zuſammenzieht;

b) normale Schwingungen, indem er ſich in der Richtung, welche ſenkrecht auf ſeiner Länge iſt, ausdehnt und zuſammenzieht, anſchwillt und ſich verdünnt;

c) drehende Schwingungen, indem er ſich um ſeine Axe hin und zurückdreht;

d) transverſale Schwingungen, indem er ſich hin und her biegt (wie die Saiten bei ihren gewöhnlichen Tonſchwingungen) (Poiſſon in Pogg. XIII. 400).

4) Die Geſetze ſowohl der longitudinalen als transverſalen Schwingungen von geraden oder krummen Stäben bleiben dieſelben, mögen dieſelben aus einem nach allen Richtungen gleich elaſtiſchen oder einem nach verſchiedenen Richtungen verſchieden elaſtiſchen Stoffe beſtehen; nur iſt im letztern Fall bei den darüber zu gebenden Beſtimmungen allemal die Elaſticität, welche nach der Länge des Stabes Statt findet, in Betracht zu ziehen. Hinſichtlich der drehenden Schwingungen aber ergeben ſich verſchiedene Beſtimmungen, je nachdem der Stab aus einem nach allen Richtungen gleich oder nicht gleich elaſtiſchen Körper herausgeſchnitten iſt. (Cauchy Exerc. IV. 28. 29. 46. 62).

Longitudinale Schwingungen von Saiten und Stäben **).

5) Eine durch ein Gewicht oder eine ſonſtige Kraft geſpannte Saite und ein gerader Stab, der ſich durch ſeine eigene Steifigkeit geſpannt erhält, ſtimmen in den Geſetzen der longitudinalen Schwingungen mit

---

*) Im Fall beſchleunigende Kräfte, welche nicht vernachläſſigt werden könnten, auf den Körper wirkten, würde das obige Geſetz nur unter der Vorausſetzung gültig ſein, daß dieſe dabei ſich im umgekehrten Verhältniſſe als die Dimenſionen des Körpers ändern.

**) Cauchy in ſ. Exerc. III. p. 270. 272.; IV. 29. Poiſſon in Mém. de l'Acad. VIII. 436. 462.

einander überein *). Die Zahl dieſer Schwingungen eines an beiden Enden freien oder an beiden Enden befeſtigten Stabes oder einer Saite von conſtanter Dicke iſt unabhängig, ſowohl von dieſer Dicke, als von der Geſtalt des Querſchnitts, als auch von der Spannung der Saite, wenn eine ſolche betrachtet wird **). Sie hängt bloß von der Länge, der Dichtigkeit und Materie des Stabes oder der Saite ab, und zwar iſt ſie der Länge umgekehrt proportional.

6) Die Schwingungszahlen der verſchiedenen Töne, welche eine longitudinal ſchwingende, an beiden Enden freie oder an beiden Enden befeſtigte, Saite oder gerader Stab hervorzubringen vermag, ſtehen im Verhältniß der Zahlen 1, 2, 3, 4... Die Schwingungszahl des Grundtons in der Zeiteinheit findet man, wenn man die Schallgeſchwindigkeit in der Zeiteinheit in demſelben Stabe oder derſelben Saite durch die doppelte Länge derſelben dividirt. Dieſe Regel gilt auch für einen Stab, der aus einem, nach verſchiedenen Richtungen verſchieden elaſtiſchen, Körper herausgeſchnitten iſt.

7) Die Schwingungszahl des longitudinalen Grundtons eines geraden Stabes, der an einem Ende frei, am andern Ende befeſtigt iſt, iſt die doppelte von der, welche einem eben ſolchen Stabe, der an beiden Enden befeſtigt iſt, zukommt. Die Reihenfolge der Töne eines Stabes von letzterer Befeſtigungsart folgt der Reihe der ungeraden Zahlen, 1, 3, 5, 7.... (Mém. p. 452).

8) Die Tonhöhe eines an beiden Enden freien, kreisförmig gebogenen, longitudinal ſchwingenden ***) Stabes ſteht im umgekehrten Verhältniß ſeiner Länge, wofern die Anzahl der Grade, die der Bogen deſſelben unterſpannt, gleich bleibt.

Wenn man dagegen einen elaſtiſchen Stab von gleichbleibender Länge mehr oder minder krümmt, ſo daß er ſucceſſiv die Geſtalt von $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1 ganzen Umkreis annimmt, ſo ergeben ſich folgende Beſtimmungen:

a) Der Grundton, welchen der ganze Kreis liefert, ſtimmt mit dem zweiten Tone des halben Kreiſes überein und iſt um eine Octave höher als der Grundton des Viertelkreiſes.

b) Der zweite Ton des ganzen Kreiſes iſt um eine Octave höher als der erſte Ton des halben Kreiſes.

c) Der dritte Ton des ganzen Kreiſes iſt um eine Octave höher als der erſte Ton des $\frac{3}{4}$ Umkreiſes.

---

*) Nur darin unterſcheiden ſich die longitudinalen Schwingungen der Saiten von denen der Stäbe, daß letztere aber nicht erſtere von normalen Schwingungen begleitet ſind.

**) Zwar lehrt der Verſuch, daß der longitudinale Ton einer Saite etwas mit ihrer Spannung zunimmt, dies läßt ſich jedoch mit Fug darauf ſchreiben, daß durch vermehrte Spannung zugleich ihre Dichtigkeit ein wenig abnimmt, welches nothwendig eine Tonerhöhung mit ſich bringen muß. (Mém. p. 437).

***) d. h. nach der Richtung der Krümmung ſchwingenden

d) Der zweite Ton des Viertelkreiſes iſt um eine Octave höher als der erſte Ton des Achtelkreiſes,

u. ſ. f. (Cauchy Exerc. III. p. 285.) (Vgl. die Belege).

9) Wenn eine Saite oder ein Stab an beiden Enden befeſtigt iſt, ſo theilt ſie (er) ſich in 1, 2, 3..... oder überhaupt n gleiche ſchwingende Abtheilungen, je nachdem ſie den Grundton, den zweiten, dritten oder überhaupt nten ihrer möglichen longitudinalen Töne giebt. Iſt der Stab an beiden Enden frei, ſo theilt er ſich 2, 3, 4... oder überhaupt n + 1 ſchwingende Abtheilungen, je nachdem er den Grundton, zweiten, dritten oder überhaupt nten ſeiner Töne giebt. Dieſe Abtheilungen ſind ebenfalls ſämmtlich einander gleich, bis auf die beiden äußerſten, deren jeder bloß die halbe Größe der übrigen hat. Dieſe Beſtimmungen gelten ebenſowohl für gerade als kreisförmig gebogene Stäbe (Mém. de l'Acad. VIII. p. 439. 452. Cauchy Exerc. III. 268. 326.)

10) Die longitudinalen Schwingungen der geraden und kreisförmig gebogenen Stäbe (aber nicht der Saiten) ſind ſtets von normalen Schwingungen gleicher Dauer begleitet, indem der Stab an ſeinen verſchiedenen Punkten abwechſelnd anſchwillt und ſich verdünnt. Die Schwingungsknoten, welche dieſen normalen Schwingungen entſprechen, liegen in der Mitte zwiſchen denen, welche den longitudinalen Schwingungen zugehören (Poiſſon in Mém. de l'Acad. VIII. p. 453. Cauchy Exerc. III. 326).

Formeln für die longitudinalen Schwingungen von Saiten und Stäben. Für eine homogene Saite oder einen geraden Stab von beliebigem Querſchnitt, der an beiden Enden frei oder an beiden Enden befeſtigt iſt:

$$N = \frac{n\,\Omega}{2a} = \frac{n}{2a}\sqrt{\frac{5\,k}{2\,\varrho}} \qquad (1)$$

$$N_1 = \frac{\Omega}{2a} = \frac{1}{2a}\sqrt{\frac{5\,k}{2\,\varrho}} \qquad (2)$$

Für einen geraden Stab, der an einem Ende frei, am andern Ende befeſtigt iſt:

$$N = \frac{(2n - 1)\,\Omega}{a}$$

$$N_1 = \frac{\Omega}{a}$$

Für eine Saite, die ihrer Länge nach aus zwei verſchiedenen Theilen von der Länge a und a' und dem Gewicht P und P' zuſammengeſetzt iſt, läßt ſich N finden, wenn man im Werthe von N' (Formel (7)) in Q und Q' (Formel (9)) für τ reſpectiv ſubſtituirt

$$\tau\sqrt{\frac{a}{\alpha}} \text{ und } \tau\sqrt{\frac{a'}{\alpha'}}$$

Für einen **kreisförmig gebogenen Stab**, der an beiden Enden frei iſt:

$$N = \frac{\Omega}{2a}\left(n^2 + \frac{w^2}{\pi^2}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2a}\left(n^2 + \frac{w^2}{\pi^2}\right)^{\frac{1}{2}}\sqrt{\frac{5k}{2\varrho}} \qquad (3)$$

(Cauchy Exerc. III. 323).

Man erhält mithin reſpectiv für den Grundton, den zweiten Ton, dritten Ton u. ſ. w. des kreisförmigen Stabes folgende Ausdrücke:

$$\left.\begin{array}{l} \text{Grundton } N_1 = \frac{\Omega}{2a}\left(1 + \frac{w^2}{\pi^2}\right)^{\frac{1}{2}} \\ \text{Zweiter Ton } N_2 = \frac{\Omega}{2a}\left(4 + \frac{w^2}{\pi^2}\right)^{\frac{1}{2}} \\ \text{Dritter Ton } N_3 = \frac{\Omega}{2a}\left(9 + \frac{w^2}{\pi^2}\right)^{\frac{1}{2}} \end{array}\right\} \qquad (4)$$

u. ſ. w.

Für den Fall, daß der Stab gerade würde, würde man haben $w = 0$; und die erſte der Gleichungen (4) würde dann mit (2) coincidiren, wie nicht anders zu erwarten.

Um nun aus der Gleichung (3) oder den Gleichungen (4) die Töne abzuleiten, welche der Stab zu geben vermag, je nachdem er bei gleichbleibender Länge einen ganzen Kreis oder $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ eines ganzen Kreiſes bildet, wird man in die Gleichungen (3) oder (4) reſpectiv folgende Werthe von w zu ſubſtituiren haben:

$$2\pi,\ \frac{3\pi}{8},\ \pi,\ \frac{\pi}{8},\ \frac{\pi}{16}$$

wodurch ſich folgende Tabelle ergiebt:

Bogen, welchen der Stab bildet.	Werth von N für den		
	Grundton N_1	Grundton N_2	Grundton N_3
Ganzer Umkreis; $w = 2\pi$	$\frac{\Omega}{2a}\sqrt{5}$	$\frac{\Omega}{2a}\,2\sqrt{2}$	$\frac{\Omega}{2a}\sqrt{13}$
$\frac{3}{4}$ Umkreis; $w = \frac{3\pi}{8}$	$\frac{\Omega}{2a}\frac{\sqrt{13}}{2}$	$\frac{\Omega}{2a}\frac{5}{2}$	$\frac{\Omega}{2a}\frac{3\sqrt{5}}{2}$
$\frac{1}{2}$ Umkreis; $w = \pi$	$\frac{\Omega}{2a}\sqrt{2}$	$\frac{\Omega}{2a}\sqrt{5}$	$\frac{\Omega}{2a}\sqrt{10}$
$\frac{1}{4}$ Umkreis; $w = \frac{\pi}{8}$	$\frac{\Omega}{2a}\frac{\sqrt{5}}{2}$	$\frac{\Omega}{2a}\frac{\sqrt{17}}{2}$	$\frac{\Omega}{2a}\frac{\sqrt{37}}{2}$
$\frac{1}{8}$ Umkreis; $w = \frac{\pi}{16}$	$\frac{\Omega}{2a}\frac{\sqrt{17}}{4}$	$\frac{\Omega}{2a}\frac{\sqrt{65}}{4}$	$\frac{\Omega}{2a}\frac{\sqrt{145}}{4}$

Erfahrungsbelege zu Satz 8) und Formeln (4). Die Verhältniſſe der longitudinalen Schwingungen eines kreisförmig gebogenen

Stabes, welche in Satz 8) und durch die Formeln (4) ausgeſprochen ſind, werden durch folgende Verſuche Savart's *) beſtätigt.

Zwei parallelepipediſche Stäbe von Meſſing, deren Längen reſpectiv 0 ,8225 und $1^{m},657$ waren, wurden ſucceſſiv ſo gebogen, daß jeder a) einen halben Viertelkreis, b) einen Viertelkreis darſtellte; darauf die Art Schwingungen, welche den longitudinalen in geraden Stäben entſpricht, darin hervorgebracht, und zwar ihr Grundton.

Der Werth von $\frac{\Omega}{2a}$, welcher in die Formeln (3) und (4) eingeht, war durch directen Verſuch**) für den größern Stab $= 2133,33...$ gefunden worden und war mithin für den kleinern $= 4297,79....$

Nun ergab die Beobachtung folgende Werthe von N_1:

a) für den Stab von 1,657 Meter Länge, wenn er ſo gebogen wurde, daß er ſucceſſiv $\frac{1}{8}$ und $\frac{1}{4}$ Kreis darſtellte:

$$N_1 = 2211,84.... \text{ und } N_1 = 2400;$$

b) für den Stab von 0,8225 Meter Länge, bei denſelben Biegungen:

$$N_1 = 4423,68.... \text{ und } N_1 = 4800,$$

die ſo erhaltenen 4 Werthe von N_1 ſind reſpectiv gleich:

$$N_1 = (1,036..)\frac{\Omega}{2a};\ N_1 = (1,125...)\frac{\Omega}{2a}$$

$$N_1 = (1,029...)\frac{\Omega}{2a};\ N_1 = (1,1168...)\frac{\Omega}{2a}$$

Es unterſcheiden ſich aber die Zahlencoefficienten dieſer Werthe ſehr wenig von folgenden zwei, welche ſie nach der Tabelle darbieten ſollten:

$$\frac{\sqrt{17}}{4} = 1,0307..... \text{ und } \frac{\sqrt{5}}{2} = 1,1180...$$

Nachdem der Werth von N_1, welcher dem Grundton des zu $\frac{1}{8}$ Kreis gelegenen, längeren Stabes entſpricht, gefunden war, wurde auch der zweite und dritte Ton beſtimmt. Es ergaben ſich durch den Verſuch als Zahlencoefficienten von $\frac{\Omega}{2a}$ die Zahlen 2 und 3, welches von den, nach der Tabelle gefoderten,

$$\frac{\sqrt{65}}{4} = 2,015...... \text{ und } \frac{\sqrt{145}}{4} = 3,010....$$

nicht merklich abweicht.

Transverſale Schwingungen von Saiten und geraden parallelepipediſchen Stäben*).**

---

*) Cauchy III. p. 306.

**) d. h. durch Beſtimmung der Anzahl longitudinaler Schwingungen, wenn der Stab gerade war.

***) Poiſſon in Mém. de l'Acad. VIII. p. 422. 442. J. de l'école polyt. cah. XVIII. p. 442. Cauchy in ſ. Exerc. III. p. 247. 256.; IV. 29.

11) Die Tonhöhe einer transverſalſchwingenden homogenen Saite verhält ſich umgekehrt wie ihr Durchmeſſer, umgekehrt wie ihre Länge, direct wie die Quadratwurzel des Gewichts, womit ſie geſpannt iſt. Der Grundton der transverſalſchwingenden Saiten iſt gleich dem Grundton derſelben longitudinalſchwingenden Saite, wenn man letztere mit der Quadratwurzel des Verhältniſſes multiplicirt, um welches die urſprüngliche Länge der Saite durch das ſpannende Gewicht vergrößert wird (Mém. p. 437). Eine Bewährung für letzten Umſtand ſ. unter den Belegen.

12) Wenn bei einer Saite, die der Länge nach aus zwei verſchiedenen Theilen beſteht, ein ſolches Verhältniß Statt findet, daß das Product aus der Länge in das Gewicht des einen Theils gleich iſt dem Product aus der Länge in das Gewicht des andern Theils, ſo macht die Saite ebenſowohl gleiche und iſochroniſche Erſchütterungen, *wie ſie auch anfänglich erſchüttert worden ſein möge*, als wenn ſie bloß aus Einer Materie beſtände, und ihre Schwingungszahl iſt dieſelbe, als die Schwingungszahl einer homogenen Saite von derſelben Materie und der doppelten Länge als einer ihrer Theile. Findet ein anderes Verhältniß zwiſchen beiden Theilen der Saite Statt, ſo wird die Saite, wenn ſie auf willkürliche Weiſe erſchüttert wird, im Allgemeinen keine regelmäßigen Töne, ſondern nur ein verworrenes Geräuſch hören laſſen; doch werden bei beſonderen Erſchütterungsarten auch regelmäßige Töne mit Schwingungsknoten entſtehen können, deren Reihenfolge aber eine andere als die der natürlichen Zahlen iſt. Sie werden durch eine weiterhin anzuführende Gleichung beſtimmt. (Dieſer Satz gilt auch für die longitudinalen Schwingungen einer ſolchen Saite).

13) Die Tonhöhe eines Stabes, ſei er nun parallelepipediſch oder cylindriſch, an einem Ende oder an beiden Enden befeſtigt oder frei, verhält ſich umgekehrt, wie das Quadrat der Länge, direct wie die Dicke.

14) Die Tonhöhe eines parallelepipediſchen Stabes verhält ſich zu der eines cylindriſchen Stabes, wenn die Dicke des erſten gleich dem Radius des zweiten iſt $= 1 : \frac{\sqrt{3}}{2}$, vorausgeſetzt, daß die Befeſtigungsart der Enden und ſonſtige Umſtände bei beiden gleich ſind.

15) Die Schwingungszahl des transverſalen Grundtons eines *cylindriſchen* Stabes verhält ſich, wenn er an beiden Enden frei oder an beiden Enden befeſtigt iſt, zur Schwingungszahl des longitudinalen Grundtons deſſelben Stabes, oder auch eines andern Stabes oder ſelbſt einer Saite von gleicher Länge, Materie und Dichtigkeit, während Dicke und Geſtalt der Querſchnitte verſchieden ſein können, wie der mit 3,5608 multiplicirte und mit der Länge des Stabes dividirte Radius des Stabes zu 1.

16) Die Schwingungszahl des transverſalen Grundtons eines an beiden Enden freien oder befeſtigten cylindriſchen Stabes verhält ſich zum transverſalen Grundtone eines an einem Ende freien, am andern befeſtigten cylindriſchen Stabes wie 1,0000 : 0,1572. (S. die Belege).

17) Die Schwingungszahl des transverſalen Grundtons eines parallelepipediſchen Stabes verhält ſich, wenn er an beiden Enden frei oder an beiden Enden befeſtigt iſt, zur Schwingungszahl des longitudinalen Grundtons deſſelben Stabes, wie die mit 2,055838 multiplicirte, und mit der Länge des Stabes dividirte, Dicke des Stabes zu 1. (S. die Belege.)

18) Die Schwingungszahl des transverſalen Grundtons eines an beiden Enden freien oder an beiden Enden befeſtigten parallelepipediſchen Stabes verhält ſich zum transverſalen Grundton eines an einem Ende freien, am andern Ende befeſtigten Stabes ebenfalls wie 1,0000 zu 0,1572.

19) Wenn man einen Stab, der gleich breit als dick iſt und nach der Richtung der Breite und der Dicke ungleiche Elaſticität beſitzt, einmal nach der Richtung der Breite, das andere mal nach der Richtung der Dicke transverſal ſchwingen läßt, ſo wird er in dieſen beiden Fällen dennoch eine ganz gleiche Schwingungszahl haben, indem, wie S. 267 erwähnt, die Schwingungszahl bloß von der Elaſticität nach der Richtung der Länge abhängt (Cauchy Exerc. IV. 29).

20) Die Reihenfolge der Töne, welche ein an beiden Enden freier oder an beiden Enden befeſtigter cylindriſcher oder parallelepipediſcher Stab hervorzubringen vermag, verhält ſich merklich wie die Reihenfolge der Quadrate der Zahlen 3, 5, 7, 9...., ſo daß, wenn die Schwingungszahl des Grundtons durch 9 ausgedrückt wird, die des zweiten Tons merklich durch 25 ausgedrückt werden kann u. ſ. f.*) (Mém. p. 386).

21) Die Reihenfolge der Töne, welche ein an einem Ende freier, am andern befeſtigter cylindriſcher oder parallelepipediſcher Stab hervorzubringen vermag, verhält ſich, jedoch erſt vom zweiten Tone an, ebenfalls wie die Reihe der Quadrate der Zahlen 3, 5, 7, 9...... Der erſte Ton zum zweiten aber ſteht im Verhältniß von 1 : 6,3124, d. i. ziemlich wie das Quadrat von 2 zum Quadrat von 5 (Mém. p. 486).

Formeln für transverſale Schwingungen von Saiten und Stäben. Für eine, durch das Gewicht π geſpannte, **homogene Saite** vom Querſchnitt ω, der Länge a und dem Gewichte P:

$$N' = \frac{n}{2a}\sqrt{\frac{\pi}{\varrho\,\omega}} = \frac{n}{2}\sqrt{\frac{g\,\pi}{a\,P}} = n\,N_1\sqrt{\frac{\alpha}{a}} \qquad (5)$$

$$N_1' = \tfrac{1}{2}\sqrt{\frac{\pi}{\varrho\,\omega}} = \tfrac{1}{2}\sqrt{\frac{g\,\pi}{a\,P}} = N_{II}\sqrt{\frac{\alpha}{a}} \qquad (6)$$

(Mém. p. 437; Erfahrungsbelege ſ. S. 276).

Für eine, durch ein Gewicht π geſpannte, **Saite**, die (der Länge nach) aus **zwei verſchiedenen Theilen** reſpective von der Länge a und a' und dem Gewicht P und P' beſteht:

---

*) Selbſt für den Grundton nämlich kann der im Zuſatz zu Ende dieſes Artikels beſtimmte Werth von δ ziemlich vernachläſſigt werden.

$$N' = \frac{\lambda}{2\pi} \qquad (7)$$

hierin bedeutet λ alle möglichen poſitiven Wurzeln der Gleichung

$$Q' \sin\frac{\lambda a'}{Q'} \cos\frac{\lambda a}{Q} + Q \cos\frac{\lambda a'}{Q'} \sin\frac{\lambda a}{Q} = 0 \qquad (8)$$

$$\text{worin } Q^2 = \frac{gra}{P};\quad Q'^2 = \frac{gra'}{P'} \qquad (9)$$

Im Falle $\frac{l'}{a'} = \frac{l}{a}$

giebt die Gleichung

$$\lambda = \frac{n\pi Q}{2a} = \frac{n\pi Q'}{2a'}$$

mithin

$$N' = \frac{nQ}{4a} = \frac{nQ'}{4a'}$$

Die Entfernungen x, x' der Schwingungsknoten von den beiden Enden der Saite werden reſpectiv durch die Wurzeln der Gleichungen

$$\sin\frac{\lambda x}{Q} = 0;\quad \sin\frac{\lambda x'}{Q'} = 0 \qquad (10)$$

beſtimmt, welche reſpectiv kleiner als a und a' ſind. (J. de l'écol. polyt. cah. XVIII. p. 442 sqq.)

Für einen cylindriſchen Stab, wenn er an beiden Enden frei oder an beiden Enden befeſtigt iſt:

$$N' = \frac{\lambda^2 r}{4\pi a^2}\sqrt{\frac{5k}{2\varrho}} = \frac{\lambda^2 r}{2\pi} N_1 \qquad (11)$$

(Mém. p. 484).

Für einen cylindriſchen Stab, wenn er an einem Ende frei, am andern befeſtigt iſt:

$$N' = \frac{\lambda'^2 r}{4\pi a^2}\sqrt{\frac{5k}{2\varrho}} = \frac{\lambda'^2 r}{2\pi a} N_1 \qquad (12)$$

(Mém. p. 484).

Für einen parallelepipediſchen Stab, wenn er an beiden Enden frei oder an beiden Enden befeſtigt iſt:

$$N' = \frac{\lambda^2 h}{4\pi a^2}\sqrt{\frac{5k}{6\varrho}} = \frac{\lambda^2}{2\pi\sqrt{3}}\,\frac{h}{a}\,N_1 \qquad (13)$$

(Exerc. III. 270).

Für einen parallelepipediſchen Stab, wenn er an einem Ende frei, am andern befeſtigt iſt:

$$N' = \frac{\lambda'^2 h}{4\pi a^2}\sqrt{\frac{5k}{6\varrho}} = \frac{\lambda'}{2\pi\sqrt{3}}\,\frac{h}{a^2}\,N_1 \qquad (14)$$

λ hat für den nten Ton folgenden Werth:

$$\lambda = \frac{(2n + 1)\pi}{2} \tag{15}$$

außer für $n = 1$ oder für den Grundton, wo λ folgenden (wiewohl ebenfalls ſehr wenig von $\frac{3\pi}{2}$ abweichenden) Werth hat:

$$\lambda = 4{,}73003\ ^{*})$$

λ' hat für den nten Ton folgenden Werth

$$\lambda' = \frac{(2n - 1)\pi}{2} \tag{16}$$

außer für $n = 1$, wo man hat

$$\lambda' = 1{,}8765\ ^{**}).$$

Über die Herleitung dieſer Werthe von λ und λ' vgl. den Zuſatz S. 288.

Für den Fall, daß beide Enden frei oder beide Enden befeſtigt ſind, findet man hiernach für den Grundton bei dem cylindriſchen Stabe:

$$N_1' = (3{,}5608\ldots)\ \frac{r}{a}\ N_1 \tag{17}$$

(Mém. p. 487).

Bei dem parallelepipediſchen Stabe:

$$N_1' = (2{,}055838\ldots)\ \frac{h}{a}\ N_1 \tag{18}$$

(Exerc. III. p. 271) ***).

Für den Fall dagegen, daß ein Ende frei, das andere befeſtigt iſt, bei dem cylindriſchen Stabe:

$$N_1' = (0{,}5593\ldots)\ \frac{r}{a}\ N_1 \tag{19}$$

Bei dem parallelepipediſchen Stabe:

$$N_1' = (0{,}3230798\ldots)\ \frac{h}{a}\ N_1 \tag{20}$$

(Exerc. III. p. 271).

Erfahrungsbelege.

Zu Satz 11) und Formel (6). Wenn N_1' der transverſale, N_1 der longitudinale Grundton einer und derſelben Saite von der urſprünglichen Länge a iſt, der durch das Gewicht P, womit geſpannt iſt, eine Verlängerung α erfahren hat, ſo hat man nach Satz 11) und Formel (6):

---

*) Nach Poiſſon's Beſtimmung; Cauchy beſtimmt λ zu 4,730141. (Exerc. III. 271).

**) Nach Poiſſon. Nach Cauchy $\lambda' = 1{,}87504$.

***) Poiſſon giebt ohne nähere Ableitung im Bull. des sc. math. IX. 29 folgende Formel $(2{,}05610\ldots)\ \frac{h}{a} N$, die ſich aber in ſeiner Abhandlung in den Mém. de l'Acad. VIII. nicht wieder findet; da er hier die Schwingungen rechteckiger Stäbe nicht beſtimmt hat. Der etwas andere Werth des Zahlencoefficienten als bei Cauchy rührt unſtreitig daher, daß er nach einer andern Annäherungsformel berechnet iſt. Nimmt man jedoch $\lambda = 4{,}73003$, wie Poiſſon in ſeiner Abhandlung in den Mém. de l'Acad., ſo ſtimmt der Zahlencoefficient merklich mit dem Cauchy'ſchen überein.

$$N_1' = N_1 \sqrt{\frac{\alpha}{a}}$$

Cagniard Latour wandte eine Saite von 14,8 Meter Länge an; durch Beobachtung fand ſich

$$\frac{N_1}{N_1'} = \frac{188}{7};$$

mithin hätte man nach vorſtehender Formel haben müſſen:

$$\alpha = a \sqrt{\frac{N_1'}{N}} = 0{,}052 \text{ Meter.}$$

für die Verlängerung, welche durch das die Saite ſpannende Gewicht hervorgebracht wurde. Die directe Meſſung ergab 0,050 Meter. (Mém. de l'Acad. VIII. p. 438).

Zu den Sätzen 14) bis 17) und Formeln (17) bis (20). Die Sätze, welche das Verhältniß zwiſchen dem transverſalen Grundtone eines an beiden Enden freien oder befeſtigten Stabes zu dem longitudinalen Grundtone eines andern Stabes oder auch einer Saite von gleicher Materie, Dichtigkeit und Länge beſtimmen, ſind durch Verſuche Savart's *) und Weber's **) beſtätigt worden. Erſterer verglich die transverſalen Schwingungen parallelepipediſcher ſowohl als cylindriſcher Stäbe mit den transverſalen Schwingungen derſelben Stäbe. Letzterer ſtellte dieſe Vergleichung bloß bei parallelepipediſchen Stäben an. Es bedeuten im Folgenden Par. einen parallelepipediſchen, Cyl. einen cylindriſchen Stab; a die Länge, h die Dicke, N_1 die longitudinale, N_1' die transverſale Schwingungszahl in 1 Secunde.

---

*) Bullet. univ. des sc. math. IX. 239; oder Mém. de l'Acad. VIII. 487; oder Pogg. XIII. 402.

**) Pogg. XIV. 174.

Nach Savart.

	N_1'	
	nach der Beobachtung.	nach der Berechnung.
Par. von Meſſing $a = \frac{1}{2}$ ($0^m,825$) $h = 3^{mm},92$, $N_1 = 34133$	2667	2668
Cyl. von Meſſing $a = \frac{1}{2}$ ($0^m,825$ $h = 4^{mm},8$, $N_1 = 34133$	2844	2829
Cyl. von Kupfer $a = \frac{1}{4}$ ($0^m,825$) $h = 3^{mm},4$, $N_1 = 36864$	2133	2164
Cyl. von Eiſen $a = \frac{1}{4}$ ($0^m,88$) $h = 5^{mm}$, $N = 45514$	3686	3683
Par. von Glas $a = \frac{1}{4}$ ($0^m,967$) $h = 6^{mm},4$, $N_1 = 42667$	4608	4645
Par. von Glas $a = \frac{1}{4}$ ($0^m,967$) $h = 2^{mm},6$, $N = 42667$	1843	1887
Par. von Holz (hêtre) $a = \frac{1}{4}$ ($0^m,8925$) $h = 2^{mm},8$, $N = 40960$	2048	2114

Bei den fünf erſten Verſuchen ſind die Unterſchiede zwiſchen der Rechnung und Beobachtung ſehr unbeträchtlich, indem der größte nicht bis zum $\frac{1}{78}$ Theil des berechneten N_1' ſteigt. Beim ſechsten iſt der Unterſchied etwas größer, aber dennoch ſteigt er nicht bis zum $\frac{1}{25}$ Theil von N_1'. Man kann dieſen Umſtand vielleicht Ungleichheiten der Dicke beimeſſen, welche hier den größten Einfluß gewinnen mußten, weil der bei dieſen Verſuchen angewandte Stab der dünnſte unter den übrigen war. Da die Subſtanz, die Geſtalt und die Länge dieſelben waren, als beim fünften Verſuch, ſo müſſen die Werthe von N' proportional den Dicken ſein, und dies giebt, nach Ableitung aus dem Reſultate des fünften Verſuches, 1872 für den ſechsten Werth von N_1', welche Zahl nur um $\frac{1}{110}$ von der durch Rechnung geſoderten 1887 abweicht. Am größten iſt der Unterſchied zwiſchen Rechnung und Beobachtung beim ſiebenten Verſuche, indem er hier auf $\frac{1}{32}$ von N_1' ſteigt. Man bemerkt endlich, daß in den beiden erſten Verſuchen die Länge a und die Subſtanz des Stabes gleich war, und daß alſo die Zahl N_1' der transverſalen Schwingungen in beiden Fällen proportional ſein würde der Dicke h, wenn der Stab dieſelbe Form gehabt hätte. Der zweite Werth von N_1', aus dem erſten abgeleitet, würde dann 3265 ſein, ſtatt 2844, wie ihn die Beobachtung gegeben hat. Der Unterſchied, welcher zwiſchen beiden Zahlen da iſt, zeigt deutlich den Einfluß der Form des

Stabes, und wirklich muß man nach der Theorie, wenn man, bei Gleichheit aller übrigen Umſtände, von parallelepipediſchen zu cylindriſchen übergehen will, die Zahl N_1' in dem Verhältniſſe von $2 : \sqrt{3}$ vermindern, und dies reducirt die erſte Zahl 3265 auf 2828, welche nur ſehr wenig von der beobachteten abweicht.

Nach Weber:

	N_1' nach der Beobachtung.	N_1' nach der Berechnung.
Par. von Meſſing $a = 441,3$ Par. Lin. $h = 4,827$ Lin. $N_1 = 4684$	101,8	105,8
Par. von Meſſing $a = 451,8$ Par. Lin. $h = 0,93$ Lin. $N_1 = 10850$	334,7	337,9

Drehende Schwingungen *).

Es wird vorausgeſetzt, daß die Axe des Stabes während der Schwingungen in unveränderter Lage bleibt.

22) Ein an einem Ende freier, am andern Ende befeſtigter Stab hat für ſeinen Grundton die doppelte Schwingungszahl als ein an beiden Enden freier oder befeſtigter Stab, gerade wie bei den longitudinalen Schwingungen; auch befolgt die Reihenfolge der Töne in beiden Fällen das nämliche Geſetz als bei den longitudinalen Schwingungen.

23) Die Zahl der drehenden Schwingungen eines cylindriſchen oder parallelepipediſchen Stabes von quadratiſchem Querſchnitt iſt unabhängig von der Dicke des Stabes und ſteht im umgekehrten Verhältniß ſeiner Länge; mag der Stab nach allen Richtungen gleich elaſtiſch ſein oder nicht. Sind dagegen Dicke und Breite des parallelepipediſchen Stabes verſchieden, ſo hängt die Schwingungszahl auf nachgehends anzugebende Weiſe von dieſen Dimenſionen mit ab.

24) Wenn Dicke und Breite eines parallelepipediſchen Stabes in gleichem Verhältniſſe zu- oder abnehmen, ſo bleibt die Zahl ſeiner drehenden Schwingungen dieſelbe, auch wenn er nach dieſen beiden Dimenſionen eine ungleiche Elaſticität beſitzt.

25) Wenn die Dicke des parallelepipediſchen Stabes ſehr klein gegen die Breite iſt, ſo ſteht die Tonhöhe im geraden Verhältniß der Dicke, im umgekehrten der Breite; ſowohl wenn der Stab nach allen Richtungen gleich elaſtiſch, als wenn er es nicht iſt.

---

*) Poiſſon über cylindriſche Stäbe in Mém. de l'Acad. VIII. 454. Cauchy über parallelepipediſche Stäbe in ſ. Exerc. IV. 47 oder Mém. de l'Acad. IX. p. 119.

26) Wenn der parallelepipediſche Stab nach allen Richtungen gleich elaſtiſch iſt, ſo ſteht ſeine Tonhöhe allgemein im geraden Verhältniß des Quotienten, welchen man erhält, wenn man das Product aus der Breite in die Dicke durch die Summe der Quadrate der Breite und Dicke dividirt.

27) Die Zahl der drehenden Schwingungen für den Grundton eines nach allen Richtungen gleich elaſtiſchen cylindriſchen Stabes verhält ſich zur Schwingungszahl des Grundtons deſſelben longitudinalſchwingenden Stabes wie 1 : 1,5811. (Mém. p. 456) (Vergl. die Belege).

28) Die Zahl der drehenden Schwingungen für den Grundton eines nach allen Richtungen gleich elaſtiſchen parallelepipediſchen Stabes verhält ſich zum Grundton deſſelben longitudinalſchwingenden Stabes wie 1,9364 : 1. (Exerc. IV. 63.)

Formeln für die drehenden Schwingungen von Stäben.

a) Im Fall der Stab eine nach allen Richtungen gleiche Elaſticität beſitzt:

Für einen cylindriſchen Stab, der an beiden Enden frei oder an beiden Enden befeſtigt iſt:

$$N'' = \frac{n}{2a}\sqrt{\frac{k}{\rho}} \qquad (21)$$

$$N_1'' = \frac{1}{2a}\sqrt{\frac{k}{\rho}} = 0{,}316285\ N, \qquad (22)$$

Für einen cylindriſchen Stab, der an einem Ende frei, am andern befeſtigt iſt:

$$N'' = \frac{(2n-1)}{a}\sqrt{\frac{k}{\rho}}$$

$$N_1'' = \frac{1}{a}\sqrt{\frac{k}{\rho}} = 0{,}632570\ N,$$

Für einen parallelepipediſchen Stab, von der Dicke h und Breite b, der an beiden Enden frei oder an beiden Enden befeſtigt iſt:

$$N'' = \frac{n\,h\,b}{a(h^2+b^2)}\sqrt{\frac{8k}{3\rho}} \qquad (23)$$

$$N_1'' = \frac{h\,b}{a(h^2+b^2)}\sqrt{\frac{8k}{3\rho}} = 4\sqrt{\frac{1}{15}}\,\frac{h\,b}{(h^2+b^2)}\,N, \qquad (24)$$

Im Fall Breite und Dicke deſſelben einander gleich ſind:

$$N'' = \frac{n}{a}\sqrt{\frac{k}{6\rho}} \qquad (25)$$

$$N_1'' = \frac{1}{a}\sqrt{\frac{k}{6\varrho}} = \frac{2}{\sqrt{15}}N_1 \qquad (26)$$

Im Fall die Dicke h ſehr klein gegen die Breite b:

$$N'' = \frac{n}{a}\,\frac{h}{b}\sqrt{\frac{2k}{3\varrho}} \qquad (27)$$

$$N_1'' = \frac{h}{a\,b}\sqrt{\frac{2k}{3\varrho}} = \frac{4}{\sqrt{15}}\,\frac{h}{b}\,N_1 \qquad (28)$$

b) Im Fall der Stab nicht nach allen Richtungen gleich elaſtiſch iſt.

Für einen parallelepipediſchen Stab, der an beiden Enden frei oder an beiden Enden befeſtigt iſt:

$$N'' = \frac{n}{a}\sqrt{\frac{2}{3\varrho\left(\frac{b^2}{k'}+\frac{h^2}{k''}\right)\left(\frac{1}{h^2}+\frac{1}{b^2}\right)}} \qquad (29)$$

Im Fall die Dimenſionen h und b einander gleich ſind:

$$N'' = \frac{n}{a}\sqrt{\frac{k'\,k''}{3\varrho\,(k'+k'')}} \qquad (30)$$

Im Fall h ſehr klein gegen b:

$$N'' = \frac{n\,h}{a\,b}\sqrt{\frac{2k'}{3\varrho}} \qquad (31)$$

Beleg zu Satz 27. Nach **Savart's** Verſuchen verhält ſich die Zahl der drehenden Schwingungen für den Grundton eines cylindriſchen Stabes zur Schwingungszahl deſſelben longitudinalſchwingenden Stabs wie 1 : 1,6668, nach **Chladni** wie 2 : 3, d. i. wie 1 : 1,5000. Das Mittel hiervon, 1 : 1,5834, weicht nicht merklich von dem von **Poiſſon** beſtimmten Verhältniſſe ab (Mém. de l'Acad. VIII. p. 456.)

Longitudinale Schwingungen von kreisrunden Membranen und ſtarren Scheiben, deren Elaſticität nach allen Richtungen gleich iſt *). Unter longitudinalen Schwingungen kreisrunder Membranen und Scheiben verſtehen wir ſolche, die in der Richtung der Radien der Membranen und Scheiben oder ſo geſchehen, daß der Bewegungszuſtand in gleichem Abſtande vom Mittelpunkte überall derſelbe iſt; eine Schwingungsart, die unſtreitig möglich iſt, wiewohl ihre Verwirklichung nicht leicht zu ſein ſcheint. Dieſe Schwingungen ſtimmen für Membranen und Scheiben überein, nur daß der Umkreis der Membranen, jedenfalls befeſtigt ſein muß, was bei den Scheiben nicht nöthig iſt.

---

*) Mém. de l'Acad. VIII. 499.

29) Die Zahl der longitudinalen Schwingungen einer Scheibe ſteht im umgekehrten Verhältniſſe ihres Radius und iſt unabhängig von ihrer Dicke und ihrer Spannung.

30) Der erſte Ton zum zweiten Ton einer am Rande befeſtigten Scheibe oder Membran verhält ſich wie 1 : 1,87.

Der erſte Ton zum zweiten Ton einer am Rande freien Scheibe verhält ſich wie 1 : 4,05.

Der erſte Ton einer am Rande befeſtigten Scheibe verhält ſich zum erſten Ton einer am Rande freien Scheibe wie 2,55 : 1.

31) Der erſte Ton einer Membran oder Scheibe iſt von keiner Knotenlinie begleitet, mag ihr Rand befeſtigt oder frei ſein, wenn man nicht die im befeſtigten Rande ſelbſt mitrechnen will.

Der zweite Ton iſt in beiden Fällen von einer Knotenlinie begleitet. Dieſe liegt in einer Entfernung vom Mittelpunkte, welche bei der am Rande befeſtigten Scheibe 0,55 und bei der am Rande freien Scheibe 0,71 des Radius beträgt, mithin im erſten Falle etwas über die Hälfte, im zweiten etwas weniger als drei Viertel des Radius von dem Mittelpunkte entfernt liegt.

Allgemein iſt der (n + 1)te Ton der Membran oder Scheibe von n Knotenlinien begleitet, mag die Scheibe am Rande frei oder befeſtigt ſein, wenn man die im befeſtigten Rande ſelbſt Statt findende Knotenlinie nicht mitrechnet.

Formeln für die Longitudinalſchwingungen von kreisrunden Membranen und Scheiben.

Wenn der Umkreis befeſtigt iſt:

$$M = \frac{\mu}{2\pi a}\sqrt{\frac{8k}{3\varrho}} \qquad (32)$$

Wenn der Umkreis frei iſt:

$$M = \frac{\mu'}{2\pi a}\sqrt{\frac{8k}{3\varrho}} \qquad (33)$$

μ ſtellt alle möglichen reelle Wurzeln folgender Gleichung *) dar, worin $4x = \mu^2$

$$1 - \frac{x}{2} + \frac{x^2}{3(1.2)^2} - \frac{x^3}{4(1.2.3)^2} + \frac{x^4}{5(1.2.3.4)^2} - \text{etc.} = 0 \qquad (34)$$

Die beiden kleinſten Werthe ſind $x = 3,55$, $x = 12,41$, mithin $\mu = 3,77$ und $\mu = 7,05$.

---

*) Sie iſt aus nachſtehender entwickelt:

$$\int_0^\pi \cos(\lambda \cos\omega) \sin^3\omega \, d\omega = 0$$

(Schlöm. p. 206).

μ' ſtellt alle möglichen poſitiven reellen Wurzeln folgender Gleichung *) dar, worin $4\,x' = \mu'^2$.

$$1 - x' + \frac{x'^2}{(1.2)^2} - \frac{x'^3}{(1.2.3)^2} + \frac{x'^4}{(1.2.3.4)^2} - \text{etc}$$

$$-2\left(1 - \frac{x'}{2} + \frac{x'^2}{3\,(1.2)^2} + \frac{x'^3}{4\,(1.2.3)^2}\right.$$

$$\left. + \frac{x'^4}{5\,(1.2.3.4)^2} - \text{etc}\right) = 0 \qquad (35)$$

Hieraus ſind die beiden kleinſten Werthe:

$x' = 0{,}45;\; x' = 7{,}06$, mithin

$\mu' = 1{,}34;\; \mu' = 5{,}31$.

Transverſale Schwingungen einer kreisrunden, ſehr dünnen, vollkommen biegſamen Membran vom Radius a, die am Rande gleichförmig durch ein Gewicht r geſpannt iſt).**

32) Die Tonhöhe einer kreisrunden Membran verhält ſich direct wie die Quadratwurzel des ſpannenden Gewichtes, umgekehrt wie die Quadratwurzel ihres eigenen Gewichts, und bleibt conſtant, wie auch die Größe der Oberfläche und Dicke ſich ändern möge, ſo lange das Gewicht conſtant bleibt.

33) Der Grundton einer kreisförmigen Membran verhält ſich zum zweiten Tone derſelben wie 2,4048 : 5,5225 d. i. = 1 : 2,2966. Die höhern Töne ſchreiten nach dem Verhältniß der Werthe von m + ¼ fort, wenn man in den Werth m ſucceſſive alle ganzen Zahlen (von höhern an) ſubſtituirt.

34) Die Zahl der kreisförmigen Knotenlinien einer kreisrunden Membran für den (n + 1)ten Ton iſt gleich n, wenn man von der, im eingeſpannten Umfange liegenden, Knotenlinie abſieht. Demnach entſpricht dem Grundtone keine Knotenlinie, dem zweiten Tone eine einzige. Der Abſtand dieſer Knotenlinie vom Mittelpunkte beträgt $\frac{2{,}4048}{5{,}5225}$, d. i. 0,4347 des Radius.

Formeln:

$$N' = \frac{\mu}{2\pi a}\sqrt{\frac{r}{\rho b}} = \frac{\mu}{2}\sqrt{\frac{rg}{\pi P}} \qquad (36)$$

Hierin bedeutet μ alle möglichen Wurzeln folgender Gleichung ***), worin $\mu^2 = 4y$.

---

*) Sie iſt aus folgender entwickelt:

$$\int_0^{\pi} \cos(\lambda' \cos\omega)\,(\tfrac{1}{2}\sin^2\omega + \cos^2\omega)\,d\omega = 0$$

(Mém. p. 502).

**) Poiſſon in Mém. de l'Acad. VIII. 381.

***) Sie iſt aus folgender entwickelt:

$$1 - y + \frac{y^2}{(1.2)^2} - \frac{y^3}{(1.2.3)^2} + \frac{y^4}{(1.2.3.4)^2} - \text{etc.} = 0 \quad (37)$$

Als angenäherte Werthe für die kleinſten Wurzeln findet man

$$y = 1{,}4457;\ y = 7{,}6245,\ \text{mithin}$$

$$\mu = 2{,}4047;\ \mu = 5{,}5225;$$

wonach die beiden tiefſten Töne der kreisförmigen Membran ſind:

$$M_1' = 0{,}6784 \sqrt{\frac{\tau g}{P}} \text{ und}$$

$$M_2' = 1{,}5561 \sqrt{\frac{\tau g}{P}}$$

Transverſale Schwingungen quadratiſcher und rechteckiger Membranen, am Rande gleichförmig durch ein Gewicht geſpannt *).

35) Die Tonhöhe einer rechteckigen Membran verhält ſich direct wie die Quadratwurzel des ſpannenden Gewichts, umgekehrt wie die Quadratwurzel ihres eigenen Gewichts, und bleibt conſtant, wie auch die Größe der Oberfläche und Dicke ſich ändern möge, ſo lange das Gewicht conſtant bleibt.

36) Wenn ſich beide Dimenſionen der rechteckigen Membran in gleichem Verhältniſſe ändern, ſo ändert ſich die Tonhöhe im umgekehrten Verhältniſſe hiervon, ſo daß, wenn z. B. eine rechteckige Membran dreimal ſo lang und dreimal ſo breit als vorher wird, ihre Tonhöhe auf das Drittel der frühern herabkömmt. Das Verhältniß ihrer Tonfolge und die Art, wie ſie ſich durch Knotenlinien abtheilt, bleibt aber dadurch ungeändert.

37) Bei gleicher Größe hat eine rechteckige Membran dann den kleinſten Grundton, wenn ihre beiden Dimenſionen einander gleich werden, ſie mithin quadratiſch iſt.

$$\int_0^\pi \cos(\mu \cos \omega)\, d\omega = 0 \text{ (Mém. p. 330)},$$

unter Berückſichtigung, daß

$$\int_0^\pi \cos^{2m} \omega\, d\omega = \frac{(1.3.5\ldots\ldots 2m-1)\,\pi}{2^m\,(1.2.3\ldots m)}$$

wo m eine beliebige ganze poſitive Zahl bedeutet.

Für ſehr große Werthe von μ läßt ſich der in Rede ſtehenden Gleichung, wie Poiſſon anderwärts (J. de l'école polyt. cah. XIX. p. 349) gezeigt hat, folgende ſubſtituiren:

$$\cos\lambda + \sin\lambda = 0$$

welches giebt

$$\lambda = m\pi + \frac{\pi}{4}$$

---

*) Poiſſon in Mém. de l'Acad. VIII. p. 515

38) Der Grundton einer quadratiſchen Membran verhält ſich zum Grundton einer kreisrunden Membran bei gleichem Gewichte derſelben wie 1 : 0,9593, wonach der letztere Ton ungefähr um $\frac{1}{25}$ tiefer als der erſte iſt.

39) Man habe eine Reihe rechteckiger Membranen von der conſtanten Breite 1, deren Längen reſpectiv ſind

1, 2, 3, 4, 5, 6, ... n;

ihre Grundtöne werden ſich reſpectiv zu einader verhalten wie die Quadratwurzeln folgender Zahlen:

$$\frac{2}{1},\ \frac{5}{4},\ \frac{10}{9},\ \frac{17}{16},\ \frac{26}{25},\ \frac{37}{36} \ldots\ldots \frac{n^2+1}{n^2}$$

Allgemein verhält ſich der Grundton einer rechteckigen Membran wie die Quadratwurzel aus dem Quotienten, welchen man erhält, wenn man die Summe der Quadrate von Breite und Länge mit dem Producte dieſer Quadrate dividirt (d. i. wie

$$\sqrt{\frac{b^2+l^2}{b^2 l^2}}$$

wenn b die Breite, l die Länge).

40) Die ſucceſſiven Töne einer quadratiſchen Membran verhalten ſich wie die Quadratwurzeln folgender Zahlen:

2, 5, 8, 10, 13, 17, 18, 20, 25, 26, 29, 32....

welche Zahlen man erhält, wenn man in $m^2 + n^2$ für m und n ſucceſſiv alle ganzen Zahlen ſubſtituirt.

Die ſucceſſiven Töne einer rechteckigen Membran, die noch einmal ſo lang als breit iſt, verhalten ſich wie die Quadratwurzeln folgender Zahlen:

5, 8, 9, 12, 13, 17, 20, 24, 29, 33, 37, 40, 44, 45, ...

welche Zahlen man erhält, wenn man in $m^2 + 4n^2$ für m und n ſucceſſiv alle ganzen Zahlen ſubſtituirt.

Allgemein: die ſucceſſiven Töne einer rechteckigen Membran, die xmal ſo lang als breit iſt, verhalten ſich wie die Quadratwurzeln der Zahl, welche man erhält, wenn man in $m^2 + x^2 n^2$ für m und n alle ganzen Zahlen ſubſtituirt.

41) Wenn eine rechteckige Membran ſehr viel länger als breit iſt, ſo iſt ihre Tonhöhe unabhängig von der Länge, ſteht im umgekehrten Verhältniß der Breite, und ihre Tonreihe folgt der Reihe der natürlichen Zahlen von 1 an.

(über die Knotenlinien ſ. Klangfiguren).

Formeln für die Transverſalſchwingungen einer rechteckigen Membran von der Länge l, der Breite b, geſpannt durch das Gewicht r.

$$M' = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(m^2 b^2 + n^2 l^2)\, r}{b^2 l^2 s \varrho}}$$

$$= \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(m^2 b^2 + n^2 l^2)\,\tau g}{l\,b\,P}} \qquad (38)$$

$$M_1' = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(b^2 + l^2)\,\tau}{b^2 l^2\,\varepsilon\,\varrho}} \qquad (39)$$

Für eine quadratiſche Membran von der Seite b und Dicke ε

$$M' = \frac{1}{2b}\sqrt{\frac{(m^2 + n^2)\,\tau}{\varrho\,\varepsilon}} \qquad (40)$$

$$M_1' = \frac{1}{b}\sqrt{\frac{\tau}{2\,\varrho\,\varepsilon}} \qquad (41)$$

Für eine rechteckige Membran, deren Breite b ſehr klein gegen die Länge l iſt:

$$M' = \frac{n}{2b}\sqrt{\frac{\tau}{\varepsilon\varrho}} \qquad (42)$$

$$M_1 = \frac{1}{2b}\sqrt{\frac{\tau}{\varepsilon\varrho}} \qquad (43)$$

Die Formeln für Beſtimmung der Klangfiguren werden in dem Artikel für die Klangfiguren angeführt werden.

Transverſale Schwingungen kreisförmiger, dünner, ſtarrer Scheiben (Platten), die nach allen Richtungen gleich elaſtiſch ſind *).

42) Die Schwingungen verhalten ſich verſchieden, je nachdem die Scheibe am Rande bloß vertical angeſtemmt, ganz frei oder unveränderlich befeſtigt iſt. Jedenfalls aber ſteht die Schwingungszahl im umgekehrten Verhältniſſe des Quadrates des Radius und im geraden Verhältniſſe der Dicke der Scheibe.

43) Der Grundton zum zweiten Tone verhält ſich:

a) im Fall der Rand vertical angeſtemmt iſt:
$= 4{,}8591 : 29{,}67$ oder $= 1 : 6{,}161$;
b) im Fall der Rand ganz frei iſt:
$= 8{,}8897 : 38{,}36$ oder $= 1 : 4{,}316$;
c) im Fall der Rand unveränderlich befeſtigt iſt:
$= 10{,}2156 : 39{,}59$ oder $= 1 : 3{,}875$.

Die Grundtöne der drei Fälle a), b), c) verhalten ſich reſpectiv zu einander

$$= 4{,}8591 : 8{,}8897 : 10{,}2156 \text{ d. i. } = 1 : 1{,}879 : 2{,}102$$

ihre zweiten Töne

$$= 29{,}67 : 38{,}36 : 39{,}59 = 1 : 1{,}289 : 1{,}334$$

---

*) Mém. de l'Acad. VIII. p. 345.

44) Das Product aus der Schwingungszahl des transverſalen Grundtons einer am Rande freien Scheibe in den Radius der Scheibe iſt gleich dem Product aus der Schwingungszahl des longitudinalen Grundtons eines an beiden Enden freien, cylindriſchen Stabes, deſſen Länge gleich dem Durchmeſſer der Platte iſt, in den 1,6873fachen Durchmeſſer des Stabes, oder es iſt

$$M = (1,6873)\ \frac{h}{a}\ N,$$

wenn M die in Rede ſtehende Schwingungszahl der Scheibe, N die des Stabes, h der Durchmeſſer des Stabes, a der Radius der Scheibe = der halben Länge des Stabes iſt (Mém. p. 666).

45) Die Knotenlinien der kreisförmigen Scheibe ſind um den Mittelpunct der Platte concentriſche Kreiſe. Sie ſind unabhängig von Materie und Dicke jeder Scheibe, ſie ſind dem Durchmeſſer derſelben direct proportional und hängen außerdem davon ab, ob und wie der Rand befeſtigt iſt (Mém. p. 568).

46) Wenn die Scheibe am Rande unveränderlich befeſtigt oder bloß vertical angeſtemmt iſt, ſo fällt für den Grundton keine Knotenlinie innerhalb der Platte, für den zweiten Ton eine einzige kreisförmige, deren Abſtand vom Mittelpuncte im Fall der unveränderlichen Befeſtigung 0,381, im Fall der bloßen Anſtemmung 0,441 des Radius beträgt. Iſt aber der Rand der Platte ganz frei, ſo ergiebt ſich für den erſten Ton eine kreisförmige Knotenlinie, die um 0,6806 des Radius vom Mittelpuncte entfernt liegt, für den zweiten Ton zwei Knotenlinien, deren Entfernung vom Mittelpuncte reſpectiv 0,3915 und 0,835 des Radius beträgt. (Vergl. die Belege).

Formeln für kreisförmige Scheiben oder Platten.

a) Wenn die Scheibe am Rande unveränderlich befeſtigt iſt:

$$M' = \frac{\mu^2\, h}{8\pi a^2}\sqrt{\frac{2k}{\varrho}} \qquad (44)$$

Hierin bedeutet μ alle mögliche Wurzeln folgender Gleichung, worin $\mu^2 = 4x$

$$\left(1 + x + \frac{x^2}{(1.2)^2} + \frac{x^3}{(1.2.3)^2} + \text{etc.}\right)\left(1 - \frac{2x}{(1.2)^2}\right.$$
$$\left. + \frac{3x^2}{(1.2.3)^2} - \frac{4x^3}{(1.2.3.4)^2} + \text{etc.}\right)$$
$$+ \left(1 - x + \frac{x^2}{(1.2)^2} - \frac{x^3}{(1.2.3)^2} + \text{etc.}\right)\left(1 + \frac{2x}{(1.2)^2}\right.$$
$$\left. + \frac{3x^2}{(1.2.3)^2} + \frac{4x^3}{(1.2.3.4)^2} + \text{etc.}\right) = o \quad (44\ \text{bis})$$

oder durch Ausführung der Multiplication und Reduction:

$$1 - \frac{x^2}{6} + \frac{x^4}{480} - \frac{x^6}{181440} + \frac{x^8}{209018880} - \text{etc.} = 0$$

Als Näherungswerthe der kleinſten Wurzeln ergeben ſich

$x^2 = 6{,}5227$; $x^2 = 98$, mithin

$\mu^2 = 10{,}2156$; $\mu^2 = 39{,}59$,

wonach ſich die beiden tiefſten Töne der Platte wie dieſe Zahlen, d. i. nahe wie 1 : 4 verhalten (Mém. p. 560).

b) Wenn ſie am Rande bloß vertical angeſtemmt iſt.

$$M' = \frac{\mu'^2\, h}{6\,\pi\, a^2} \sqrt{\frac{2\,k}{\varrho}} \qquad (45)$$

Hierin bedeutet μ' alle mögliche Wurzeln folgender Gleichung, worin $\mu'^2 = 4\,x'$

$$1 = \frac{x'^2}{2} + \frac{x'^4}{96} - \frac{x'^6}{23224340} - \text{etc.}$$

$$- \tfrac{1}{2}\left(1 - \frac{x'^2}{6} + \frac{x'^4}{480} - \frac{x'^6}{181440} + \frac{x'^8}{209018880} - \text{etc.}\right) = 0 \qquad (45\ \text{bis})$$

Als Annäherungswerthe der kleinſten Wurzeln ergeben ſich

$x'^2 = 1{,}4761$; $x'^2 = 55$, mithin

$\mu'^2 = 4{,}8591$; $\mu'^2 = 29{,}67$;

wonach ſich die beiden tiefſten Töne der Platte nahe wie letztere Zahlen verhalten werden (Mém. p. 565).

c) Wenn ſie am Rande ganz frei iſt:

$$M' = \frac{\mu''^2\, h}{6\,\pi\, a^2} \sqrt{\frac{2\,k}{\varrho}} \qquad (46)$$

Hierin bedeutet μ''^2 alle mögliche Wurzeln einer Gleichung, deren zwei kleinſte Wurzeln zu Näherungswerthen haben:

$\mu''^2 = 8{,}8897$; $\mu''^2 = 38{,}56$ (Mém. p. 566).

Die Formeln für Beſtimmung der Knotenlinien ſ. in dem Artikel über die Klangfiguren.

Schwingungen einer an der Oberfläche freien, nach allen Richtungen gleich elaſtiſchen, Kugel*).

Die Schwingungen werden als in der Richtung der Radien der Kugel vor ſich gehend angenommen, in der Art, daß der Bewegungszuſtand der Kugel in gleichen Entfernungen vom Mittelpuncte überall gleich ſei.

47) Die Tonhöhe zweier Kugeln ſteht im umgekehrten Verhältniſſe ihrer Radien. Der Grundton verhält ſich zum zweiten Ton = 2,56334 : 6,05973 d. i. = 1 : 2,364.

---

*) Mém. de l'Acad. VIII. p. 413.

46) Für den Grundton hat die Kugel keine Knotenfläche; für den zweiten Ton eine einzige, deren Abſtand vom Mittelpuncte 0,74150 des Radius, mithin ziemlich ¾ des Radius beträgt.

Formeln für eine Kugel vom Radius a.

$$N = \frac{\nu}{2\pi a}\sqrt{\frac{gk}{\varrho}} \qquad (47)$$

Hierin bedeutet ν die Wurzeln folgender Gleichung:

$$(4 - 3\nu^2)\sin\nu - 4\nu\cos\nu = 0 \qquad (48)$$

Durch einige Verſuche findet man für die beiden niedrigſten Werthe von ν

$$\nu = 2{,}56334;\ \nu = 6{,}05973$$

Allgemein laſſen ſich vom zweiten Ton an die Werthe von ν oder die Wurzeln der Gleichung (48) durch folgende Gleichung für den nten Ton beſtimmen:

$$\nu = n\pi - x$$

worin x durch folgende beſtimmt wird:

$$\text{tang. } x = \frac{n\pi}{\frac{3}{4}n^2\pi^2 - 1}\left[1 + \frac{\frac{3}{4}n^2\pi^2 + 1}{(\frac{3}{4}n^2\pi^2 - 1)^2}\right] \qquad (49)$$

Die hierdurch beſtimmten Werthe von ν ſind um ſo angenäherter, je größer n iſt; doch findet man ſchon für $n = 2$, $\nu = 6{,}05917$, welches mit dem durch Verſuche genauer beſtimmten merklich übereinkommt. Für ſehr große Werthe von n verſchwindet x und man hat dann

$$\nu = n\pi.$$

Über die Knotenflächen einer Kugel ſ. Klangfiguren.

Zuſatz. Beſtimmung des Werthes von λ und λ' S. 275.

λ bedeutet alle mögliche, reale, poſitive Wurzeln der Gleichung

$$\left(e^{\lambda} + e^{-\lambda}\right)\cos\lambda = 2\text{*)} \qquad (e)$$

λ' alle mögliche reale poſitive Wurzeln der Gleichung

$$\left(e^{\lambda'} + e^{-\lambda'}\right)\cos\lambda' = -2\text{**)} \qquad (i)$$

Für den Grundton gilt die kleinſte Wurzel. Dieſe Gleichungen ſind tranſcendent und können nur approximativ oder durch Verſuche gelöſt werden. Poiſſon (Mém. p. 484) bewirkt dies auf folgende Weiſe:

Man ſetze in der Gleichung (e)

$$\lambda = \frac{(2i + 1)\pi}{2} \mp \delta$$

und in der Gleichung (i)

$$\lambda' = \frac{(2i + 1)\pi}{2} \pm \delta$$

---

*) Mém. de l'Acad. VIII. 479. Cauchy Exerc. III. 289.

**) Mém. de l'Acad. VIII. 479. Cauchy Exerc. III. 289.

wo i alle Werthe von ganzen Zahlen mit Einſchluß von Null annehmen kann, wo δ eine neue auf nachgehends anzugebende Art zu beſtimmende Unbekannte, kleiner als $\frac{\pi}{2}$ iſt, und wo das obere oder untere Zeichen von δ genommen wird, je nachdem i eine gerade oder ungerade Zahl iſt.

Durch Subſtitution dieſer Werthe von λ und λ' in (e) und (i) verwandeln ſich dieſe Gleichungen *) reſpectiv in

$$\sin\delta = \frac{2}{e^{\frac{1}{2}(2i+1)\pi}\, e^{\mp\delta} + e^{-\frac{1}{2}(2i+1)\pi}\, e^{\pm\delta}} \quad (e')$$

$$\sin\delta = \frac{2}{e^{\frac{1}{2}(2i+1)\pi}\, e^{\pm\delta} + e^{-\frac{1}{2}(2i+1)\pi}\, e^{\mp\delta}} \quad (i')$$

Suchen wir nun zuvörderſt den Werth von δ für Gleichung (e').

Für $i = 0$ geſchieht der Gleichung (e') Genüge, wenn man ſetzt $\delta = \frac{\pi}{2}$; da aber dies giebt $\lambda = 0$, ſo wird dieſer Werth bei Seite gelaſſen. Für $i = 1$ findet man $\delta = 0{,}01797$, wenn man Behufs einer erſten Annäherung in (e') ſetzt $e^{\mp\delta} = 1$; und ſubſtituirt man dann zu genauerer Annäherung dieſen Werth von δ in $e^{\mp\delta}$, ſo führt (e') zu folgendem Werthe:

$$\delta = 0{,}01764$$

Die Werthe von δ, welche ſich auf $i = 2, = 3$ u. ſ. f. beziehen, ſind noch kleiner als vorſtehende, ſo daß δ hier merklich vernachläſſigt werden kann.

Solchergeſtalt haben wir für $i = 1$, d. i. für den erſten Ton:

$$\lambda = \frac{3\pi}{2} + \delta = \frac{3\,(3{,}1415926\ldots)}{2} + \delta = 4{,}73003\ldots.$$

und für den 2ten, 3ten, 4ten, nten Ton merklich

$$\lambda = \frac{5\pi}{2},\ \lambda = \frac{7\pi}{2},\ \lambda = \frac{9\pi}{2},\ \lambda = \frac{(2n+1)}{2}\pi$$

Suchen wir jetzt den Werth von δ für Gleichung (i'). Man findet nach einigen Verſuchen für $i = 0$ mit hinreichender Annäherung:

$$\delta = 0{,}3048$$

---

*) Unter der Berückſichtigung, daß $\cos\lambda = \cos\left(\frac{(2i+1)}{2}\pi \mp \delta\right) = \pm \sin\delta$. In der That, ſetzen wir der Kürze halber $\frac{(2i+1)\pi}{2} = u$, ſo iſt nach der bekannten Formel

$$\cos\lambda = \cos u \cos\delta \pm \sin u \sin\delta$$

es iſt aber $\cos u = 0$, $\sin u = 1$, weil u alle mögliche ungerade Multipla von $\frac{\pi}{2}$ repräſentirt.

Der kleinſte Werth von λ' wird alſo ſein

$$\lambda' = \frac{\pi}{2} + \delta = 1{,}8756$$

Die Werthe von δ für $i = 1, = 2, = 3$ u. ſ. f. ſind ſo klein, um merklich vernachläſſigt werden zu können, ſo daß man merklich für den 2ten, 3ten, 4ten, nten Ton findet:

$$\lambda' = \frac{3\pi}{2},\ \lambda' = \frac{5\pi}{2},\ \lambda' = \frac{7\pi}{2},\ \lambda' = \frac{(2n-1)\pi}{2}$$

Cauchy findet die Werthe von λ oder λ', welche dem Grundtone entſprechen, in Gleichung (e) und (i) folgendergeſtalt (Exerc. III. p. 270). Man erſetze $\cos\lambda$ und $\cos\lambda'$ reſpectiv durch

$$\frac{e^{\lambda\sqrt{-1}} + e^{-\lambda\sqrt{-1}}}{2} \text{ und } \frac{e^{\lambda'\sqrt{-1}} + e^{-\lambda'\sqrt{-1}}}{2}$$

und ſetze der Kürze halber $4\lambda^4 = s$, $4\lambda'^4 = s'$. Entwickelt man dann (e) und (i) nach den aufſteigenden Potenzen von s und s', ſo werden ſie reſpectiv zu folgenden:

$$1 - \frac{s}{5.6.7.8} + \frac{s^2}{5.6.7.8.9.10.11.12} - \frac{s^3}{5.6\ldots\ldots..16} + \text{etc.} = 0 \qquad (e'')$$

$$2 - \frac{s'}{1.2.3.4} + \frac{s'^2}{1.2.3.4.5.6.7.8} - \frac{s'^3}{1.2\ldots\ldots..12} + \text{etc.} = 0 \qquad (i'')$$

Für kleine Werthe von s und s' und für eine erſte Annäherung kann man die Potenzen von s und s', welche die zweite überſteigen, vernachläſſigen, wo dann die Löſung der Aufgabe auf die Löſung einer quadratiſchen Gleichung zurückkommt. Man findet ſolchergeſtalt für den kleinſten Werth von s und s'

$s = 2025{,}258$ aus (e'')
$s' = 49{,}459$ aus (i'')

Zu größerer Annäherung löſe man jetzt (e'') und (i'') noch einmal auf, indem man die hier gefundenen Werthe von s und s' in s^3 und s'^3 ſubſtituirt, ſo wird ſich finden

$s = 2002{,}255\ldots.$ aus (e'')
$s' = 49{,}44944\ldots.$ aus (i'')

Um λ auch für die übrigen Töne zu finden, ſetze man in (e) *)

$$\lambda = \frac{(2n+1)\pi}{2} + \gamma \qquad (f)$$

---

*) Cauchy wendet das nachfolgende Approximationsverfahren auch auf die Gleichung (i) an, allein man erhält hierdurch für die niederen Werthe von λ'

wo γ eine noch zu beſtimmende Größe, kleiner als $\frac{\pi}{2}$, iſt. Man findet, daß γ approximativ ſich folgendermaßen beſtimmt:

$$\gamma = (-1)^{n+1} \frac{2}{e^{(2n+1)\frac{\pi}{2}} + e^{-(2n+1)\frac{\pi}{2}}} \qquad (k)$$

und zwar vermöge folgender Herleitung. Es ſei der Kürze halber

$$\frac{(2n+1)\pi}{2} = q$$

ſo hat man ſtatt (e)

$$\left(e^{q}\, e^{\gamma} + e^{-q} e^{-\gamma}\right) \cos(q+\gamma) = 2 \qquad (l)$$

Es iſt ferner, mit Vernachläſſigung von γ^2

$$e^{\gamma} = 1 + \gamma;\ e^{-\gamma} = 1 - \gamma$$

$$\cos(q+\gamma) = \cos q \cos\gamma - \sin q \sin\gamma = (-1)^{n+1}\gamma$$

weil (bei Vernachläſſigung von γ^2)

$$\cos q = 0,\ \sin\gamma = \gamma,\ -\sin q = (-1)^{n+1}$$

Subſtituirt man dieſe Werthe von e^{γ}, $e^{-\gamma}$ und $\cos(q+\gamma)$ in (l), ſo erhält man (k).

Die Annäherung beſtimmt λ ſelbſt für den Grundton oder für $n = 1$ in (f) merklich richtig, denn man findet danach

$$N_1' = 2{,}0561\ldots \frac{2h}{a} N_1$$

V. Klangfiguren.

Über Hervorbringung der Klangfiguren von Strehlke und Chladni*).

Wahl und Vorrichtung der Scheiben. Aus den Discuſſionen von **Strehlke** und **Chladni** über dieſen Gegenſtand ſcheint hervorzugehen, daß, wenn es darauf ankommt, regelmäßige und ſymmetriſche Figuren zu erlangen, Metallſcheiben ſich weniger eignen als Glasſcheiben, indem erſtere zu dieſem Zwecke nicht leicht von hinlänglich gleichförmiger Dicke und Conſiſtenz erlangt werden können, wie denn in der That die in

---

keine hinreichende Annäherung, wovon man ſich durch Betrachtung der ſo gefundenen Werthe von $\frac{1}{t}$ in Exerc. III. p. 271 überzeugen kann.

*) **Strehlke** in Pogg. Ann. IV. 205; XVIII. 198. **Chladni** ebendaſ. V. 345.

Strehlke's erſter Abhandlung beigefügten Klangfiguren, welche er mit ſeinen ausgeſuchten Scheiben von Meſſing oder Glockenmetall erhielt, ſämmtlich nichts anders als Verzerrungen regelmäßiger Figuren ſind.

Dagegen behauptet Strehlke fortwährend gegen Chladni, daß die Figuren auf Metallſcheiben durch Schärfe und Beſtimmtheit ſich vor denen auf glatten Glasſcheiben auszeichnen. Indeß giebt es nach Strehlke ein Mittel, auch Glasſcheiben dieſen Vortheil zu verleihen, indem man ſie nämlich auf der Fläche, wo die Figuren hervorgebracht werden ſollen, mit Blattgold belegt oder mit einer dünnen Schicht einer Auflöſung von Gummilack in abſolutem Alkohol überzieht. Auch geben nach ihm Glasſcheiben mit mattgeſchliffener Oberfläche ſchärfere Figuren als Glasſcheiben mit polirter Oberfläche. Selbſt die Metallſcheiben findet er vortheilhaft abzuſchleifen.

übrigens dürfen ſowohl metallene als gläſerne Scheiben, welche einige Zeit hindurch nicht gebraucht worden ſind, ohne vorhergegangene ſorgfältige Reinigung nicht ſofort zur Hervorbringung von Klangfiguren benutzt werden. Eine beginnende Oxydation der Oberfläche hemmt die Bewegung des Sandes ſo ſehr, daß man an den Stellen, wo die ruhenden Linien ſich nahe kommen, nichts Beſtimmtes mehr erkennt. Alle Stellen der Scheibe, welche man mit anſcheinend ganz trockenen Fingerſpitzen berührt hat, werden den Sand der Scheibe zurückhalten. Scheiben, welche aus einem kältern in ein wärmeres Zimmer gebracht ſind, werden, wenn auch kein ſichtbarer Niederſchlag der Waſſerdämpfe erfolgt, dennoch durch die anhängende Feuchtigkeit den Sand ſo ſtark zurückhalten, daß man ſich umſonſt bemühen würde, die Figuren in gewohnter Vollkommenheit darzuſtellen. Auch, wenn viele Perſonen in der Nähe der Scheiben ſind, wird die Bildung der Figuren geſtört.

Befeſtigung der Scheiben. Um eine ſichere Aufſtellung der Scheiben zu bewirken, empfahl Strehlke eine Art eiſerner Gabel mit hölzernem Griff, welche in Poggend. IV. 207 beſchrieben iſt.

Chladni erinnert, wiewohl er gegen den Gebrauch eines Inſtruments zum Halten der Scheibe Nichts einzuwenden habe, finde er es doch jedenfalls leichter und bequemer, ſich der bloßen Finger zu bedienen, wobei er die Scheibe, wo möglich, allemal an einer Durchſchnittsſtelle der Linien, nicht aber am Rande hält, außer etwa in Fällen, wo eine Ausbiegung einer Linie ſich am Rande befindet.

Strehlke ſelbſt führt ſpäter an, daß man mittelſt ſeines Inſtruments nicht gut eine und dieſelbe Klangfigur beliebig zum zweiten Male erhalten kann, inſofern eine kleine Verrückung in der Haltungsſtelle, ja ſchon das ſtärkere oder ſchwächere Einſpannen der Scheibe die Curven ändern kann. Bei ſeinen meſſenden Verſuchen über die Klangfiguren zog er es daher vor, die Scheibe entweder auf unterſtützenden verticalen Holzſtäbchen, welche an den Berührungsſtellen mit der Scheibe kleine kreisförmige Tuchſtückchen trugen, ruhen zu laſſen oder ſie geradezu auf die Finger der linken Hand zu legen.

In dieſem Falle, wenn man nur ungefähr die Unterſtützungspuncte getroffen hat, bei welchen man ein Mal eine beſtimmte und deutliche Klangfigur erhalten hatte, kann man ſicher ſein, ſo oft man will, dieſelbe Klangfigur wieder zu erhalten.

Beſtreuen der Scheiben. Für die Schärfe der Figuren iſt es von vorzüglicher Wichtigkeit, nur wenig Sand auf die Scheibe zu ſtreuen, höchſtens ſo viel, daß etwa 3 bis 4 Körnchen auf die Quadratlinie kommen. Von dem regelmäßigen überſtreuen hängt die Regelmäßigkeit der Figuren in der Breite ab, und man muß einige übung darauf verwenden, durch mehrmaliges Schwenken des den Sand enthaltenden Gefäßes, indem man immer nur einige Körner auf Ein Mal ausſtreut, eine regelmäßige Überſtreuung hervorzubringen. Als aufzuſtreuender Körper ſcheint der reine ſtaubfreie Quarzſand, und noch mehr der ſchwere magnetiſche Eiſenſand, welcher ſich an den Küſten des Meeres und an den Ufern der Binnenſeen der Oſtſeeländer vorfindet, nach **Strehlke** den Vorzug zu verdienen.

In einigen beſonderen Verſuchen kann auch angefeuchteter Sand mit Vortheil angewandt werden *).

Streichen der Scheiben. Der Violinbogen muß an derſelben Stelle des Randes ſenkrecht auf- und abgeführt werden und die damit hervorgebrachte Bewegung muß gleichmäßig ſo lange fortgeſetzt werden, bis die Figur keine weitere Abänderung mehr erfährt. Wenn man die Abſicht hat, an den Klangfiguren Meſſungen anzuſtellen, ſo muß, um jeden Zweifel über den Gang der eigentlich ruhenden Linien zu entfernen, die Figur ſo lange immer wieder auf's Neue hervorgebracht werden, bis man an den Stellen, wo die Meſſung geſchehen ſoll, nur eine einzige Reihe von Sandkörnchen erhalten hat. Man wird annehmen können, daß die die Mittelpuncte dieſer Sandkörnchen verbindende Linie die eigentlich ruhende Linie iſt, um deren Ausmittelung es ſich handelt. Hätte man mehrere Reihen neben einander erhalten, ſo würde man nicht annehmen dürfen, daß die mittlere Reihe gerade diejenige ſei, welche durch die wahrhaft ruhende Linie geht; es könnte die erſte oder die dritte Reihe eben ſo gut die eigentlich ruhende

---

*) So läßt ſich auf dieſe Weiſe darthun, daß in den Klangſcheiben die ruhenden Stellen durch die Scheibe ſenkrecht auf die Oberfläche hindurch gehen. Auch kann dieſes Mittel gebraucht werden, um die Schwingungen eines cylindriſchen Glasgefäßes ſichtbar zu machen. Überzieht man die innere und äußere Seite eines gewöhnlichen Trinkglaſes mit ſtark angefeuchtetem Sande (welches für die innere Seite ſehr leicht geſchieht durch Drehung des Glaſes um ſeine horizontal gelegte Axe, wobei der angefeuchtete Sand ſich an der innern Seite des Gefäßes anlegt), und ſetzt das Glas durch einen Violinbogen in Schwingung, ſo vertheilt ſich der Sand in 4 oder 6 Dreiecke, welche ihre Spitzen in dem Rande des Glaſes haben, während die übrigen Stellen deſſelben frei und durchſichtig werden. Auf der äußern Seite erſcheint eine gleich große Anzahl ruhender Stellen, welche aber zwiſchen den ruhenden der innern Seite liegen, nicht dieſe decken, wie es bei ebenen Scheiben der Fall iſt.

Reihe ſein, gegen welche ſich die beiden anderen wie gegen einen feſten Damm anſtemmen. (**Strehlke**).

Klangfiguren auf Scheiben aus Körpern von nach verſchiedenen Richtungen verſchiedener Elaſticität, von Savart *).

Savart hat in Bezug auf Klangfiguren auf kreisrunden Scheiben, die aus Holz oder Kryſtallen (beſonders Bergkryſtall), in welchen ſich drei auf einander rechtwinkliche Elaſticitätsaxen annehmen laſſen, geſchnitten ſind, folgende Reſultate erhalten, hinſichtlich deren Belege wir auf die Originalabhandlung verweiſen, da ſie ſich auf ein großes Detail einzelner Beobachtungen gründen. (Vergl. auch S. 230).

1) Befindet ſich eine der Elaſticitätsaxen in der Ebene der Scheibe, ſo beſteht eine der Knotenfiguren aus zwei geraden, ſich rechtwinklich ſchneidenden, Linien, von denen eine ſich immer jener Axe parallel legt; die andere Figur beſteht aber aus zwei hyperbelähnlichen Curven.

2) Enthält die Scheibe keine der Axen in ihrer Ebene, ſo beſtehen allemal beide Knotenfiguren aus hyperboliſchen Curven, und niemals finden ſich gerade Linien unter ihnen.

3) Die Anzahl der mit jeder Theilungsart verbundenen Schwingungen iſt im Allgemeinen deſto größer, je geringer die Neigung der Ebene der Scheibe gegen die Axe der größten Elaſticität iſt.

4) Die Scheibe, welche die Axen der größten und mittlern Elaſticität in ihrer Ebene enthält, giebt den höchſten Ton oder macht die meiſten Schwingungen.

5) Die Scheibe, welche gegen die Axe der größten Elaſticität ſenkrecht ſteht, giebt den tiefſten Ton oder die wenigſten Schwingungen.

6) Wenn ſich eine der Axen in der Ebene der Scheibe befindet, und die Elaſticität ſenkrecht gegen dieſe Axe eben ſo groß wie in derſelben iſt, ſo ſind die beiden Knotenſyſteme einander ähnlich; beide beſtehen dann aus einem rechtwinklichen Kreuze gerader Linien und liegen um 45° aus einander. In einem Körper, der drei ungleiche Elaſticitätsaxen beſitzt, giebt es nur zwei Ebenen, welche dieſe Eigenſchaft beſitzen.

7) Die Hauptaxe der Knotencurven ſtellt ſich immer in die Richtung der kleinſten Elaſticität; und, wenn alſo in einer Reihe von Scheiben dieſe Axe die früher von der Nebenaxe behauptete Stellung einnimmt, ſo folgt daraus, daß die Elaſticität in dieſer Richtung geringer als in der andern geworden iſt.

8) Wenn ein Körper drei ungleiche Elaſticitätsaxen beſitzt, ſo giebt es in demſelben vier Ebenen, in denen die Elaſticität ſo vertheilt iſt, daß die mit dieſen Ebenen parallelen Scheiben zwei gleiche Töne geben, und

---

*) Mém. de l'Acad. 1830. IX. 405; oder Ann. de Chim. et de Phys. XL. 113; XLI. 61; oder Pogg. XVI. 206, 249; oder Kaſtn. Arch. XVII. 285, 437.

wenn man ſie um zwei feſte, von Savart Nodalcentra genannte, Puncte dreht, ihre Theilungsarten allmälig in einander übergehen.

9) Die Schwingungsmengen ſind nur indirect mit den Theilungsarten verknüpft; denn einerſeits werden zwei einander ähnliche Knotenfiguren von ſehr verſchiedenen Tönen begleitet, und andererſeits entſtehen die nämlichen Töne bei ſehr verſchiedenen Figuren.

10) Endlich kann man aus den unterſuchten Thatſachen noch eine allgemeinere Folgerung ableiten. Wenn eine Kreisſcheibe verſchiedene Eigenſchaften nach verſchiedenen Richtungen beſitzt, oder, anders geſagt, ihre Theile nicht ſymmetriſch um den Mittelpunct geordnet ſind, ſo wird die Lage der Theilungsarten, deren ſie fähig iſt, durch ihre Structur bedingt, und jede Theilungsart, für ſich betrachtet, kann immer, indem ſie jedoch mehr oder weniger beträchtliche Veränderungen erleidet, zwei ebenfalls beſtimmte Lagen einnehmen, ſo daß in heterogenen Kreisſcheiben alle Theilungsarten gleichſam doppelt erſcheinen.

Bemerkung verdient noch, daß auch Scheiben, die aus gegoſſenen Metallen beſtehen, ſich hinſichtlich der beſtimmten Lagen, welche die Knotenlinien darauf annehmen, wie Scheiben, die aus Kryſtallen geſchnitten ſind, verhalten. (Vgl. S. 10 und 81.)

Beſtimmung der Klangfiguren auf Membranen und Scheiben, von Poiſſon.

Poiſſon hat zuerſt die Aufgabe gelöſt, die Klangfiguren, welche ſich auf biegſamen Membranen und ſtarren Scheiben oder Platten bilden, durch Gleichungen auszudrücken und ihren Zuſammenhang mit den dabei entſtehenden Tönen anzugeben; und zwar hat er dies bisher in Bezug auf kreisrunde und rechteckige Membranen und in Bezug auf kreisrunde, aber noch nicht in Bezug auf rechteckige Scheiben gelöſt, auch die vorzüglichſten Klangflächen einer Kugel beſtimmt. Dieſe Unterſuchungen, deren Reſultate im Folgenden mitgetheilt werden ſollen, ſind in ſeiner größern Abhandlung Sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques in den Mém. de l'Acad. VIII. 357 enthalten.

Die Elaſticität der Scheiben im Folgenden iſt nach allen Richtungen als gleich angenommen. Bei den Membranen wird vorausgeſetzt, daß ſie im ganzen Umriſſe ihres Randes gleichförmig durch ein Gewicht geſpannt ſind, welches in der Richtung ihrer Ebene und gleichförmig überall ſenkrecht auf den Rand wirkt.

Klangfiguren bei longitudinalen Schwingungen kreisförmiger Membranen oder Scheiben.

Dieſe Figuren ſind Kreiſe, welche um den Mittelpunct der Membran oder Scheibe concentriſch liegen. Sie ſtimmen für biegſame Membranen und ſtarre am Rande befeſtigte Scheiben überein, haben aber andere Dimenſionsverhältniſſe bei Scheiben, die am Rande frei ſind. Jedenfalls entſprechen dem nten Ton der Membran oder Scheibe $n - 1$ concentriſche Kreiſe, abgeſehen von der im Rande ſelbſt liegenden Knotenlinie, ſo daß bei dem Grundtone gar keine Knotenlinie in die Fläche der Platten fällt. Die einzige kreisförmige Knotenlinie, welche dem zweiten Tone entſpricht, liegt bei der eingeſpannten Membran, ſo wie der am Rande befeſtigten Scheibe in einem Abſtande vom Mittelpuncte, welcher $\frac{3{,}77}{7{,}50} = (0{,}53)$ des Radius der Scheibe beträgt; bei der am Rande freien Scheibe aber in einem Abſtande vom Mittelpuncte $= \frac{3{,}77}{5{,}31}$; d. i. 0,71 des Radius.

Allgemein werden die Abſtände der Knotenlinien vom Mittelpuncte bei der eingeſpannten Membran und der am Rande befeſtigten Scheibe für den nten Ton durch folgende Gleichung beſtimmt:

$$R = \frac{\mu a}{\mu_n}$$

Hierin bedeutet R den Radius der kreisförmigen Knotenlinie oder die Radien, wenn deren mehrere ſind, a den Radius der Scheibe oder Membran, μ_n den Werth von μ, welcher ſich als Wurzel der Gleichung (34) (S. 281) für den nten Ton ergiebt, μ aber alle mögliche poſitive Wurzeln dieſer Gleichung, mit Ausſchluß derer, durch welche $R > a$ werden würde.

Für eine am Rande freie Scheibe würde man haben:

$$R = \frac{\mu' a}{\mu'_n}$$

wo μ'_n und μ' in Bezug auf die Gleichung (35) (S. 282) daſſelbe ſind, was μ_n und μ'_n in Bezug auf die Gleichung (34).

Klangfiguren bei transverſalen Schwingungen kreisrunder Membranen und Scheiben.

Auch dieſe ſind um den Mittelpunct concentriſche Kreiſe.

a) Bei einer Membran vom Radius a. Dem nten Tone entſprechen auch hier $n - 1$ innerhalb der Membran fallende Kreiſe; mithin dem Grundtone keine, dem zweiten Tone eine. Der Radius dieſes Kreiſes beträgt $\frac{2{,}4047}{5{,}5225} = 0{,}4347$ des Radius der Membran. Allgemein werden die Radien R der Knotenlinien für den nten Ton durch folgende Gleichung beſtimmt:

$$R = \frac{\mu a}{\mu_n}$$

wo ſich μ und μ_n auf Gleichung (37), analog als bei longitudinalen Schwingungen angegeben worden, beziehen.

b) Bei einer Scheibe vom Radius a.

α) Im Fall die Scheibe am Rande bloß vertical angeſtemmt iſt. Dem nten Tone entſprechen (n — 1) Knotenlinien innerhalb der Fläche der Scheibe. Der Radius der einzigen Knotenlinie für den 2ten Ton iſt 0,441 des Radius der Scheibe. Allgemein werden die Radien R der Knotenlinien für den nten Ton durch folgende Gleichung beſtimmt:

$$R = \frac{2a}{\mu'_n}\sqrt{y'}$$

Hierin bedeutet μ'_n diejenige Wurzel der Gleichung (45 bis) (S. 287), welche dem nten Tone zugehört; y' aber alle die verſchiedenen Wurzeln folgender Gleichung:

$$\left(1 + x' + \frac{x'^2}{(1.2)^2} + \frac{x'^3}{(1.2.3)^2} + \text{etc.}\right)\left(1 - \frac{y'}{(1.2)^2} + \frac{y'^2}{(1.2.3)^2} - \frac{y'^3}{(1.2.3.4)^2} + \text{etc.}\right)$$
$$- \left(1 - x' + \frac{x'^2}{(1.2)^2} - \frac{x'^3}{(1.2.3)^2} + \text{etc.}\right)\left(1 + \frac{y'}{(1.2)^2} + \frac{y'^2}{(1.2.3)^2} + \frac{y'^3}{(1.2.3.4)^2} + \text{etc.}\right) = 0$$

β) Im Fall der Rand ganz frei iſt. Dem nten Tone entſprechen n Knotenlinien. Für den Radius R der kreisförmigen Knotenlinie des tiefſten Tones ergiebt ſich

$$R = (0{,}6806)\,a$$

für die zwei Knotenlinien des zweiten Tons

$$R = (0{,}3915)\,a,\quad R = (0{,}835)\,a$$

Verſuche Savart's *) dienen dieſem zur Beſtätigung. Dieſer maß die Radien der Knotenlinien auf 3 kreisförmigen Kupferſcheiben von verſchiedenen Dimenſionen, deren Ränder ganz frei waren. Für den Grundton erhielt er auf dieſen drei Scheiben:

0,6819; 0,6798; 0,6812

als Verhältniß zwiſchen dem Radius der einzigen kreisförmigen Knotenlinie zu dem Radius der Scheibe. Bei dem zweiten Tone erhielt er für die beiden Knotenlinien, welche hier Statt finden, reſpectiv folgende Verhältniſſe:

0,3855; 0,3876: 0,3836
0,8410; 0,8427; 0,8406

γ) Im Fall der Rand unveränderlich befeſtigt iſt. Dem nten Tone entſprechen (n — 1) Knotenlinien. Für den zweiten Ton ergiebt ſich der Radius R der Knotenlinie = (0,381) a. Allgemein wird der Radius R durch folgende Gleichung beſtimmt:

$$R = \frac{2a}{\mu_n}\sqrt{y}$$

---

*) Mém. de l'Acad. VIII. 568.

Hierin bedeutet μ_n diejenige Wurzel der Gleichung (44 bis) (S. 236), welche dem nten Tone zugehört, y aber die verſchiedenen Wurzeln der Gleichung S. 297, wenn man für x′ ſubſtituirt x und für y′ ſubſtituirt y.

Klangflächen einer auf der Oberfläche freien Kugel vom Radius a.

Die Schwingungen werden in der Richtung der Radien vor ſich gehend, und der Bewegungszuſtand in gleicher Entfernung vom Mittelpunkte für überall gleich angenommen.

Dem nten Tone entſprechen (n — 1) ſphäriſche, um den Mittelpunkt concentriſche, Knotenflächen. Der Radius der für den zweiten Ton Statt findenden iſt $= \frac{4,49331}{6,05973}$ a = (0,74150) a

Allgemein werden die Radien R der Knotenflächen für den nten Ton durch folgende Gleichung gegeben, worin $x = \frac{\nu_n R}{a}$, ν_n aber die, dem nten Tone zugehörige Wurzel der Gleichung (48) S. 288 bedeutet:

$$x \cos x - \sin x = 0$$

(mit Vorbehalt, wie auch ſtets im Vorigen, die Werthe von R bei Seite zu laſſen, welche größer ſind als a). Die beiden kleinſten Wurzeln letzterer Gleichung ſind näherungsweiſe

$$x = 4,49331 \; ; \; x = 7,73747$$

Klangfiguren auf rechteckigen Membranen.

Wenn die Seiten einer rechteckigen Membran ſtreng incommenſurabel ſind, ſo entſpricht ihrem Grundtone gar keine Knotenlinie (außer im befeſtigten Rande, welche nicht mit gezählt werden), jedem höhern Tone, den ſie giebt, aber nur ein einziges Syſtem von Knotenlinien. Dieſe Linien ſind den Seiten reſpectiv parallel, und ſo angeordnet, daß die Membran dadurch in lauter unter einander gleiche Rechtecke getheilt wird. Die Membran kann nun ſo ſchwingen, daß alle Knotenlinien blos der einen Seite, oder daß ſie blos der andern Seite parallel laufen, oder daß ſich kreuzende Knotenlinien reſpectiv beiden Seiten parallel laufen, und zwar iſt die Membran aller denkbaren Combinationen in dieſem Bezuge fähig, ſo daß z. B. der einen Seite (je nach dem Tone, den ſie giebt) 1, 2, 3, 4, oder überhaupt eine beliebige Anzahl Knotenlinien (in gleichen Abſtänden von einander) parallel laufen können, während der andern Seite gar keine parallel läuft, oder es kann auch der einen Seite eine beliebige Anzahl Knotenlinien parallel laufen, während der andern ebenfalls eine beliebige Anzahl Knotenlinien parallel läuft, wobei immer entſprechende abgeänderte Töne entſtehen. Man kann daher die Töne ſolcher Membranen, wie Chladni gethan (Biot II. 77), nach der Anzahl der Knotenlinien, die der einen und andern Seite parallel gehen, ordnen und bezeichnen, ſo daß z. B. 2 | 1, 4 | 3 Töne bedeuten, bei denen reſpectiv 2 oder 4 Linien der kürzern, 1 oder 3 Linien der längern Seite parallel laufen. — Eine gleiche Anzahl Knotenlinien, welche der längern Seite parallel laufen, entſpricht einem höhern Tone als eine ſolche, welche der kürzern parallel laufen.

Wenn die Seiten einer rechteckigen Membran ein gemeinſchaftliches Maß haben (wohin mithin quadratiſche Membranen, ſolche, deren Seiten ſich wie 1:2, wie 2:3 u. ſ. f. verhalten, gehören), ſo können jedem Tone, je nach der Erſchütterungsart, in welche die Membran verſetzt worden iſt, unendlich viel verſchiedene Arten Knotenlinien entſprechen *).

Jedes dieſer Syſteme beſteht im Allgemeinen aus einer gewiſſen Anzahl gerader Knotenlinien, die den Rändern parallel gehen*), und krummen Linien, welche ſich in gewiſſen Theilen ihrer Länge Ellipſen oder Hyperbeln oder Zuſammenfügungen ſolcher Linien ausnehmend nähern können, ohne jedoch wahrhaft ſolche zu ſeyn; indem ihre Gleichungen transcendent ſind. Durch allmählige Abänderung der Erſchütterungsart ändern ſich dieſe Knotenlinien allmälig ab, während der Ton hierbei immer derſelbe bleibt.

Die nähern Beſtimmungen ſind in Folgendem enthalten:

1) Für die Vorausſetzung, daß beide Seiten der Membran incommenſurabel ſind. Man ſetze den Anfang der Coordinaten in eine Ecke der Membran, und nehme die Längenſeite l für die Axe der x, die breite Seite b für die Axe der y, dann werden in unſerem Falle bei einem Ton, der durch die Formel (38) Seite 285 ausgedrückt wird, alle die Punkte der Membran in Ruhe bleiben, welche Werthe von $x = \frac{il}{m}$ und Werthen von $y = \frac{i'b}{n}$ entſprechen, wo i alle Werthe poſitiver ganzer Zahlen (Null eingeſchloſſen), die nicht größer als m, und i' alle Werthe poſitiver ganzer Zahlen, die nicht größer als n ſind, bedeutet. Solchergeſtalt wird die Membran für den Ton, der beliebigen in die Formel (38) ſubſtituirten Werthen von m und n entſpricht, jedenfalls in mn einander gleiche Rechtecke getheilt werden, und es wird keine andre Theilungsart möglich ſeyn.

2) Für die Vorausſetzung, daß beide Seiten der Membran ein gemeinſchaftliches Maß haben.

Das gemeinſchaftliche Maß der beiden Seiten l und b ſey ζ, ſo daß $l = e\zeta$, $b = e'\zeta$, wo e und e' ganze, durch das Verhältniß der Seiten beſtimmte, Zahlen ſind. Es ſeyen ferner A und B Größen, die blos von den Umſtänden, unter denen die Membran erſchüttert wird, abhängen und welche hiernach alle mögliche Werthe annehmen können. Dann werden die Coordinaten x und y der Hauptknotenlinien, welche auf der Membran Statt finden können, für den Ton, welcher den Werthen m und n in Formel (38) Seite 285 entſpricht, durch folgende Gleichung beſtimmt, worin Anfang und Axen der Coordinaten wie vorhin angenommen ſind.

---

*) So entſpricht, wie weiterhin erörtert wird, den ſämmtlichen Knotenlinien, welche von Fig. 43 bis Fig. 48 verzeichnet ſind, derſelbe Ton.

**) Bei quadratiſchen Membranen fallen ſie in die Ränder ſelbſt.

$$A \sin \frac{m\pi x}{e\zeta} \sin \frac{n\pi y}{e'\zeta} + B \sin. \frac{n\pi x}{e'\zeta} \sin \frac{m\pi y}{e\zeta} = 0 \qquad (a)$$

Dieſe Gleichung iſt, je nach den verſchiedenen Werthen, die A und B durch die verſchiedenen anfänglichen Erſchütterungsarten erlangen können, eigentlich unendlich vielen verſchiedenen Gleichungen äquivalent.

Poiſſon hat die einzelnen Knotenlinien, die ſich nach dieſer Gleichung ergeben, nicht weiter abgeleitet. Dieſe Ableitung hat übrigens keine große Schwierigkeit, und ich will einige Beiſpiele derſelben für die tiefſten Töne einer quadratiſchen Membran hier mittheilen. Für eine ſolche Membran können wir, indem wir die Seite derſelben als Längeneinheit annehmen, ſetzen:

$$l = l\zeta = 1,\ b = l\zeta = 1,\ e = 1,\ e' = 1$$

wodurch ſich obige Gleichung in folgende verwandelt:

$$A \sin. m\pi x \sin. n\pi y + B \sin. n\pi x \sin. m\pi y = 0 \qquad (b)$$

Leiten wir hieraus die Knotenlinien für folgende vier Fälle ab:

Erſter Fall $m = 1,\ n = 1$ (Grundton)
Zweiter Fall $m = 1,\ n = 2$
Dritter Fall $m = 1,\ n = 3$
Vierter Fall $m = 2,\ n = 2$

Die Axe der x ſey in den Figuren (40) bis (48) ſtets der Seite a b, die Axe der y der Seite a d parallel; der Anfang der Coordinaten werde in der Ecke angenommen, wenn nichts andres bemerkt iſt.

Erſter Fall $m = 1,\ n = 1$. Für dieſen Fall verwandelt ſich die Gleichung (b) in:

$$(A + B) \sin \pi x \sin \pi y = 0 \qquad (c)$$

welche ſich in die zwei Factoren

$$\sin \pi x = 0,\ \sin \pi y = 0$$

zerlegen läßt. Dieſe geben

$$\pi x = i\pi;\ \pi y = i'\pi$$

mithin $x = i;\ y = i'$

wo i, i' erwähntermaßen alle ganze Zahlen von 0 an bedeuten können. Da jedoch Werthe von i und i', die größer als 1 wären, nicht mehr innerhalb der Membran fallen würden, ſo erhellt, daß für den Grundton einer quadratiſchen Membran blos in den Rändern ſelbſt Knotenlinien liegen.

Beſchränken wir uns auch im Folgenden blos auf die Angabe derjenigen Löſungen, welche innerhalb der Membran fallen, da die andern keine realen Knotenlinien geben.

Zweiter Fall $m = 1,\ n = 2$. Für dieſen Fall verwandelt ſich die Formel (b) in:

$$A \sin \pi x \sin 2\pi y + B \sin 2\pi x \sin \pi y = 0$$

die durch gehörige Transformation *) in folgende übergeht:

$$(A \cos \pi x + B \cos \pi y) \sin \pi x \sin \pi y = 0 \qquad (d)$$

---

*) Es iſt nämlich wie bekannt: $\sin 2a = 2 \sin a \cos a$.

Dieſe Gleichung läßt ſich in die drei Factoren zerlegen:

$$\sin \pi x = 0; \ \sin \pi y = 0 \qquad (e)$$

$$(A \cos \pi x + B \cos \pi y) = 0 \qquad (f)$$

Die beiden erſten Factoren geben wie vorhin

$$x = l; \ y = l'$$

Was den dritten Factor anlangt, ſo kann er unendlich viele verſchiedene Knotenlinien bezeichnen, je nach dem Verhältniß der Werthe, welche A und B zu einander haben. Geſetzt man hat $A = + B$, ſo wird die Gleichung (f) zu folgender:

$$\cos \pi x = - \cos \pi y$$

welche blos folgende, innerhalb der Membran fallende, Löſung zuläßt:

$$x = 1 - y$$

Solchergeſtalt erhält man als Knotenlinie eine gerade Diagonale, die in Fig. 40 verzeichnet iſt. Setzt man $A = - B$, ſo erhält man nach derſelben Herleitung die in Fig. 41 verzeichnete Diagonale als Knotenlinie. Setzen wir jetzt A und B ungleich, ſo erhalten wir ſtatt gerader Linien Curven, deren Beſchaffenheit wir jetzt erforſchen wollen.

Zuvörderſt erhellt leicht, daß, wenn man ſich die Membran durch ein durch den Mittelpunkt gehendes, den Seiten paralleles Kreuz in 4 Quadrate getheilt denkt, die Linien dieſes Kreuzes nirgends anders als in ihrem Kreuzungspunkte k (Fig. 42) von der Curve geſchnitten werden; denn für $x = \frac{1}{2}$ findet man den einzigen Werth $y = \frac{1}{2}$ und umgekehrt.

Betrachten wir jetzt zuvörderſt den Fall, wo $A < B$ und wo beide gleiches Vorzeichen haben.

In dieſem Falle werden die Seiten ab und cd Fig. 42 nirgends von einem Curvenzweige geſchnitten; die Seiten ad und bc aber jede blos einmal.

In der That, bezeichnet man mit α den kleinſten Bogen, der einem Coſinus $= - \frac{A}{B}$ zugehört, ſo daß mithin $\alpha < \pi; > \frac{\pi}{2};$ ſo hat man für $x = 0$

$$y = \frac{2 l \pi \pm \alpha}{\pi}$$

Da nun jeder andre Werth von l als Null, $y > 1$ geben würde, ſo erhellt, daß blos der einzige Werth

$$y = + \frac{\alpha}{\pi}$$

innerhalb des Randes fällt. Ferner erhellt leicht, daß die Werthe von x welche $y = 0$ oder $y = 1$ entſprechen, durch die Bögen oder den Bogen welcher dem Coſinus $= \mp \frac{B}{A}$ zugehören würde, beſtimmt werden würden da aber $\frac{B}{A} > 1$, ſo gehört dieſer Coſinus zu den unmöglichen. Mithin kann die Seite ab ſo wie cd nirgends von der Curve geſchnitten werden

Daß auch die Seite b c blos Einmal von der Curve geſchnitten wird, findet man, indem man in Gleichung (f) ſetzt $x = 1$. Dann hat man

$$y = \frac{2l\pi \pm \alpha'}{\pi}$$

wenn α' den kleinſten Bogen bedeutet, der dem Coſinus $+\frac{A}{B}$ zugehört, wo wiederum nur der Werth

$$y = +\frac{\alpha'}{\pi}$$

innerhalb der Seite b c fällt. Nun iſt, wie ſich leicht ergiebt

$$\frac{\alpha'}{\pi} = 1 - \frac{\alpha}{\pi}$$

mithin liegt der Durchſchnittspunkt der Curve in a d eben ſo weit von a als in b c von c entfernt. Endlich ergiebt ſich daraus, daß α ein Bogen iſt, welcher einem negativen Coſinus zugehört, daß die Linie a d zwiſchen c′ und d, die Linie b c zwiſchen b und d′ von der Curve geſchnitten wird. Die Curve ſelbſt wird ſich leicht conſtruiren laſſen, wenn wir ſie in Bezug auf x oder y auflöſen.

Verlegen wir den Anfang der Coordinaten in die Mitte der Scheibe, indem wir in (f) für x und y reſpectiv ſubſtituiren $x + \frac{1}{2}$ und $y + \frac{1}{2}$, ſo ergiebt ſich folgende Gleichung:

$$-\sin \pi x = \frac{B}{A} \sin \pi y \qquad (g)$$

die in Bezug zu x aufgelöſt, blos folgende innerhalb der Membran fallende Löſung zuläßt.

$$x = -\frac{\alpha''}{\pi}$$

wo α'' den kleinſten Bogen bedeutet, welcher einem Sinus $= \frac{B}{A} \sin \pi y$ entſpricht. Es erhellt aus dieſer Gleichung, daß die Curve ſymmetriſch in Bezug zu den Linien a′ b′, c′ d′ iſt, oder daß die Mitte der Scheibe zugleich der Mittelpunkt der Curve iſt, da ihre Gleichung ſich nicht ändert, wenn man zugleich das Vorzeichen von x und y ändert.

Da man in Gleichung (g) für

$$\pm x = \pm y$$

ſtets blos den einzigen Werth Null findet, ſo erhellt hieraus, daß die Curve die Diagonalen nirgends anders als im Mittelpunkte ſchneidet.

Man kann ferner leicht durch die bekannten Regeln, welche die Differenzialrechnung an die Hand giebt *), finden, daß die Curve oder ihre Tan-

---

*) Man findet aus Gleichung (g) mittelſt gehöriger Transformationen:

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{A}{B}\,\frac{\cos \pi x}{\cos \pi y}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\pi A\,(B^2 - A^2)\,\sin \pi x}{B^3\,\cos^3 \pi y}$$

gente in k einen Winkel, deſſen Tangente $= -\frac{A}{B}$ iſt, mit der Axe der x macht, daß ſie die Linien ad und bc ſenkrecht ſchneidet, und daß ſie überall concav gegen die Linie c' d' (Fig. 42) iſt.

Endlich, wenn man den Anfang der Coordinaten nach ε verlegt, indem man in (f) für y ſubſtituirt $y + \frac{\alpha}{\pi}$, wodurch ſich (f) verwandelt in

$$A \cos \pi x + B \cos (\pi y + \alpha) = 0$$

oder

$$A (\cos \pi x - \cos \pi y) - \sqrt{B^2 - A^2} \sin \pi y = 0$$

dann die Coſinus und Sinus nach den Potenzen der Bogen entwickelt, mit Vernachläſſigung derer, welche die zweite überſteigen, ſo findet man

$$x^2 - y^2 = \frac{2y \sqrt{B^2 - A^2}}{\pi A}$$

wonach die Curve in der Nähe von ε nahe mit einer gleichſeitigen Hyperbel übereinkommt, deren Scheitel ſich in ε findet und deren große Axe $= \frac{2 \sqrt{B^2 - A^2}}{\pi A}$ in die Richtung der Linie ad fällt. Ein analoges Ergebniß erhält man für den Punkt γ.

Solchergeſtalt erhält die Figur die in Fig. 42 vorgeſtellte Geſtalt *), wo jedoch je nach den relativen Werthen von A und B der Punkt ε ſeine Lage zwiſchen c' und d, der Punkt γ zwiſchen d' und b ändern kann. Je näher der Werth von A dem Werthe von B kommt, um ſo näher fällt der Punkt ε an d und γ an b; je kleiner dagegen A gegen B wird, um ſo näher fällt ε an c', γ an d'. In beiden Gränzfällen wird die Curve zu einer Geraden; im erſten zu einer Diagonale db, im zweiten zu der Linie c' d'.

Durch dieſelbe Herleitung findet man, daß die Fälle, wo A und B ungleiches Vorzeichen habe, und wo $B < A$ iſt, ſich von dem vorigen bloß durch die verſchiedene Lage der Curve unterſcheiden, ſo daß im Ganzen 4 Lagen derſelben Curve möglich ſind (wie ſich auch leicht a priori vorausſehen ließ), welche folgenden 4 Fällen entſprechen:

$A < B$; gleiches Vorzeichen.
$A < B$; ungleiches Vorzeichen.
$A > B$; gleiches Vorzeichen.
$A > B$; ungleiches Vorzeichen.

Für den dritten Fall, $m = 1$, $n = 3$. Man findet hier nach gehöriger Transformation die drei Factoren:

$$\sin \pi x = 0 \quad \sin \pi y = 0$$

$$A (2 \cos 2 \pi x + 1) + B (2 \cos 2 \pi y + 1) = 0$$

Erörtern wir die Figuren (43 bis 45), die ſich aus dem letzten Factor für

---

*) Bloß die ausgezogenen Linien dienen zur Bezeichnung der Klangfigur, die punktirten Linien ſind bloß der Orientirung halber verzeichnet.

die verſchiedenen Verhältniſſe von A und B ergeben, und verlegen hierbei den Anfang der Coordinaten nach der Mitte der Membran, wodurch der dritte Factor ſich in folgenden verwandelt.

$$A(1-2\cos 2\pi x) + B(1-2\cos 2\pi y) = 0$$

Allgemeine Ergebniſſe dieſer Formel ſind zufolge einer der vorigen analogen Herleitung:

a) Der Mittelpunkt der Membran iſt auch der Mittelpunkt der Curve.

b) Es geht kein Zweig durch den Mittelpunkt, außer im Falle $A = -B$, wo ſich die Curve in ein diagonales Kreuz (Fig. 43) verwandelt.

c) Im Fall der numeriſche Werth von A kleiner als der von B iſt, werden die Seiten ab und dc, im umgekehrten Falle die Seiten ad, bc gar nicht von der Curve geſchnitten.

d) Im Fall das Vorzeichen von A und B ungleich iſt, fallen die Durchſchnittspunkte der Curvenzweige mit den Seiten ſtets außerhalb des mittlern Drittheils der Seite; im Fall das Vorzeichen gleich iſt, ſtets innerhalb des mittlern Drittheils; iſt aber das Vorzeichen beider gleich und der größere der beiden Coefficienten A, B kleiner als das Dreifache des andern, ſo wird gar keine Seite von der Curve geſchnitten, die dann geſchloſſen iſt (wie z. B. in Fig. 44).

e) Die Seiten werden ſtets ſenkrecht von den Curvenzweigen geſchnitten, außer in dem Falle (Fig. 46), wo zwei Zweige in einem Punkte der Seite zuſammentreffen.

f) Das Stück der Diagonale der Membran (z. B. $\zeta\varepsilon$ in Fig. 44, $\varepsilon\eta$ in Fig. 46 u. ſ. f.), welches zwiſchen zwei Curvenzweigen befaßt iſt, beträgt in allen Fällen $\frac{1}{3}$ der ganzen Diagonale.

Betrachten wir jetzt einige einzelne Fälle.

1) $A = -B$

Der dritte Factor geht hier über in

$$\cos 2\pi x = \cos 2\pi y$$

welches zweien ſich im Mittelpunkte kreuzenden Diagonalen (Fig. 43) entſpricht.

2) $A = B$

$$1 - \cos 2\pi x - \cos 2\pi y = 0$$

Curve $\alpha\beta\delta\gamma$ Fig. (44), ſymmetriſch um den Mittelpunkt; hat bei α, β, γ, δ eine paraboliſche Krümmung, deren Parameter $= \frac{1}{\pi}$, der Durchmeſſer $\alpha\delta$ oder $\beta\gamma$ beträgt die Hälfte einer Seite der Membran; der Durchmeſſer $\varepsilon\zeta$ oder $\eta\vartheta$ das Drittheil einer Diagonale der Membran. Die Curve iſt überall concav gegen $\beta\gamma$

3) A verſchwindend gegen B

$$\cos 2\pi y = \tfrac{1}{2}$$

Zwei Parallellinien (Fig. 45), durch welche die Membran in drei gleiche Rechtecke getheilt wird.

4) $B = 3A$

$$2 - \cos 2\pi x - 3\cos 2\pi y = 0$$

Die Curve $\alpha\beta\delta\gamma$ in Fig. (46) hat bei α und δ hyperboliſche Krümmung, iſt bei β und γ gerade. Der Durchmeſſer $\alpha\delta$ beträgt ziemlich $\frac{2}{5}$ (genauer 0,398856) einer Seite der Membran; der Durchmeſſer $\varepsilon\eta$ oder $\zeta\vartheta$ genau $\frac{1}{3}$ einer Diagonale. Bei β und γ beträgt die Neigung der Curve gegen $\beta\gamma$ 30°, bei ε und ζ 18° 34′ oder die Tangenten der Neigungen ſind reſpective $\pm\sqrt{\frac{1}{3}}$ und $\pm\frac{1}{3}$.

5) $B = -3A$

$$3 \cos 2\pi y = 1 + \cos 2\pi x$$

Die Curve $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$ in Fig. (47). Bei ε und β hyperboliſche Krümmung, bei $\alpha, \delta, \zeta, \gamma$ paraboliſche Krümmung mit einem Parameter $= \frac{3}{\pi}$; $\varepsilon\beta = 0{,}26782$ einer Seite der Membran, $\delta\alpha$ oder $\zeta\gamma =$ der Hälfte einer Seite der Membran; $\eta\vartheta = \frac{1}{3}$ der Diagonale; die Neigung der Curve bei η und ϑ gegen die Axe der $x = 18° 34′$. Für $x = \frac{1}{4}$ iſt $y = 0{,}223$.

6) $B = 10A$

$$11 - 2 \cos 2\pi x - 29 \cos 2\pi y = 0$$

Die Curve $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$ in Fig. (48). Bei ε und β elliptiſche, bei $\alpha, \delta, \zeta, \gamma$ hyperboliſche Krümmung. $\varepsilon\beta = 0{,}3506$ einer Seite. $\alpha\delta = \zeta\gamma = 0{,}2752$ einer Seite. Die Neigung der Curve da, wo ſie die Diagonale ſchneidet, gegen die Axe der x 9° 42′.

Für den vierten Fall, $m = 2$, $n = 2$. Für dieſen Fall wandelt ſich die Gleichung (b) in

$$(A + B) \sin 2\pi x \sin 2\pi y = 0$$

Mithin hat man blos die beiden Factoren:

$$\sin 2\pi x = 0; \ \sin 2\pi y = 0, \quad \text{d. i.}$$

$$x = \frac{1}{2}; \quad y = \frac{1}{2}$$

woraus ein Kreuz durch die Mitte der Scheibe folgt.

Auf ähnliche Weiſe wird man leicht die einfachern Klangfiguren für rechteckige Membranen beſtimmen können, deren Seiten ungleich aber commenſurabel ſind.

Meſſungen von Klangfiguren auf quadratiſchen Scheiben von Strehlke *).

Für quadratiſche oder rechteckige ſtarre Scheiben hat Poiſſon die Klangfiguren bis jetzt noch nicht hergeleitet. Dagegen beſitzen wir von Strehlke erfahrungsmäßige Meſſungen über dieſe Klangfiguren. Derſelbe fand, indem er die Coordinatenverhältniſſe von Klangfiguren, die mit großer Sorgfalt auf quadratiſchen Scheiben hervorgebracht waren, beſtimmte, daß dieſe Verhältniſſe bei den einfachern Figuren ſo beſchaffen ſind, daß eine

---

*) Pogg. XVIII. 198.

hyperboliſche oder elliptiſche Geſtalt voraus hervorgeht *), und was die complicirteren Figuren betrifft, welche nicht als einfache Kegelſchnitte erſcheinen, ſo ſchien es nach den Meſſungen von Strehlke, die derſelbe jedoch in dieſem Bezuge noch weiter auszudehnen verſpricht, daß dieſelben ſich als Zuſammenſetzungen von Kegelſchnitten betrachten laſſen, wie denn z. B. die gebogenen Linien Fig. 49 dadurch zu entſtehen ſcheinen, daß bei geeigneter Unterſtützung der Scheibe die einfache Hyperbel der Fig. 50 ſich nochmals wiederholt und dieſe partiellen Hyperbeln mit ihren Endpunkten ſich an einander fügen.

Strehlke hat die Zahlencoefficienten der Gleichungen für mehrere von ihm unterſuchte Figuren aus ſeinen Meſſungen der Coordinaten abgeleitet und angeführt. Wir begnügen uns hier, ein Beiſpiel auszuheben.

Die Scheiben waren auf die S. 298 angegebene Weiſe durch Holzſtäbchen oder die Finger unterſtützt, und es wurden im übrigen die ebendaſelbſt angegebenen Maßregeln befolgt. Strehlke hält ſeine Meſſungen unter den günſtigſten Umſtänden, welche dabei vorkamen, etwa bis auf $\frac{1}{10}$ Lin. genau.

Eine der einfachſten Klangfiguren, welche man auf einer Quadratſcheibe erhalten kann, iſt die in Fig. 50 abgebildete. Man erhält dieſelbe, wenn man 3 oder 4 Ecken des Quadrats unterſtützt, und die Mitte einer beliebigen Seite deſſelben in Schwingung verſetzt **). Auf ſolche Weiſe erhält man auf allen regelmäßigen quadratiſchen Scheiben von Metall oder Glas eine aus 2 Zweigen beſtehende gewöhnliche Hyperbel, deren Aſymptoten mit der Hauptaxe einen Winkel größer als 45° einſchließen. Die Lage der Hauptaxe dieſer Hyperbel läßt ſich nicht voraus beſtimmen, da ſie entweder der Seite CD oder CE parallel iſt ***). In Fig. 50 iſt vorausgeſetzt, daß dieſe Axe die Richtung der Linie AB habe. Es folgen jetzt 3 Reihen von Meſſungen, welche über die erwähnte Schwingungsart auf zwei Scheiben von Meſſing und einer Scheibe von Kupfer angeſtellt wurden. Auf allen drei Scheiben halbirte die Hauptaxe der Curve die darauf ſenkrechten Ordinaten ſo genau, daß ſich keine erhebliche Abweichung wahrnehmen ließ.

*) Es dürfte wohl hier, wie bei den Membranen, blos eine Annäherung Statt finden, die ſich jedoch vielleicht weiter als dort erſtreckt. F.

**) Strehlke legt die Scheibe gewöhnlich ſo, daß E auf den Daumen, C auf den Zeigefinger, D auf den kleinſten Finger der linken Hand zu liegen kommt, und ſtreicht mit dem Violinbogen in der Mitte der Seite DF, vorausgeſetzt, daß die Scheibe wie in der Figur vorliegt.

***) Die zu den Meſſungen dienenden, den Seiten des Quadrats parallelen Linien, welche bis auf eine geringe Tiefe in die Scheibe geritzt wurden, haben keinen Einfluß auf die Lage der Hyperbel, dieſe hängt vielmehr von der Anordnung des inneren Gefüges der Scheibe ab. Man kann ſich davon leicht überzeugen, wenn man, noch ehe die Linien auf der Scheibe gezogen ſind, die Lage der Hauptaxe der Hyperbel durch zwei Punkte am Rande der Scheibe bemerkt und dann erſt die Linien zieht. In welcher Richtung auch die Linien auf der Scheibe gezogen werden, immer nimmt die neu hervorgebrachte Hyperbel die zuerſt beobachtete Lage an.

Zum Anfangspunkte der Coordinaten wurde der Punkt B (Fig. 50) gewählt, und unter der Vorausſetzung, daß die Curve ein Kegelſchnitt ſey, deſſen Gleichung

$$y^2 = px + qx^2,$$

ſind die wahrſcheinlichſten Werthe der Coefficienten p und q nach der Methode der kleinſten Quadrate beſtimmt.

Meſſungen auf einer Quadratſcheibe von Meſſing, 34,3 par. Lin. lang 1''',1 dick.

Die aus den gemeſſenen Werthen der Coordinaten abgeleitete Gleichung war:

$$y^2 = 1{,}0836 \,.\, x\,(x + 6''',27)$$

mit folgender Übereinſtimmung der beobachteten und berechneten Werthe von y

Beobachtet		Berechnet.	Differenz.
x	y	y	
1,05	2,94	2,89	+0''',05
1,72	3,88	3,86	+0 ,02
2,99	5,43	5,48	−0 ,05
4,43	7,15	7,18	−0 ,03
5,71	8,64	8,61	+0 ,03
9,20	12,41	12,42	−0 ,01

Da die Meſſungen ſelbſt nur etwa bis auf $\frac{1}{10}$''' genau ſind, ſo kann man die Übereinſtimmung zwiſchen der Rechnung und der Beobachtung vollſtändig nennen.

Aus der oben angeführten Gleichung folgt der Abſtand der beiden Scheitelpunkte = 6''',27. Die directe Meſſung ergab 6,'''25, und, als dieſelbe Figur noch zweimal, jedesmal mit neuem Staube, wiederhervorgebracht ward, 6''',26 und 6''',24.

Die angewandte Scheibe von Meſſing wurde nun mehreremale abgeſchliffen, um wahrzunehmen, welche Veränderungen dieſe Operation in der Lage der beobachteten Curve hervorbringen würde. Nachdem dieſe Scheibe wiederum mit den zur Meſſung nöthigen Linien verſehen worden, ergab ſich folgende Gleichung für den durch den Scheitelpunkt B gehenden Theil der Hyperbel:

$$y^2 = 1{,}1032 \,.\, x \,.\, (x + 6''',228).$$

Die Übereinſtimmung der berechneten mit den beobachteten Werthen von y erſieht man aus folgender Zuſammenſtellung.

Beobachtet.		Berechnet.	Differenz.
x	y	y	
0,66	2,33	2,24	+0,09
1,39	3,46	3,42	+0,04
2,16	4,52	4,47	+0,05
2,88	5,46	5,38	+0,08
3,77	6,37	6,45	−0,08
4,60	7,45	7,41	+0,04
6,29	9,25	9,32	−0,07
8,75	12,05	12,08	+0,02

Man ſieht aus den erhaltenen Gleichungen, daß durch das Abſchleifen keine bedeutenden Änderungen in den Gang der Curve gekommen ſind.

Scheinbar war der zweite durch den Scheitelpunkt A gehende Theil der Hyperbel dem zuerſt erwähnten durch den Punkt B gehenden Theile vollkommen gleich. Um hierüber Gewißheit zu erhalten, ſtellte Strehlke auf dieſem zweiten Zweige Meſſungen an, welche ſich auf den Scheitelpunkt A als Anfangspunkt beziehen. Es ergab ſich hieraus die Gleichung:

$$y^2 = 1,1627 . x . (x + 5'',379),$$

wobei folgende Übereinſtimmung zwiſchen der Rechnung und Beobachtung Statt findet.

Beobachtet		Berechnet.	Differenz.
x	y	y	
0,73	2,30	2,36	−0,06
1,39	3,43	3,31	+0,12
2,22	4,38	4,43	−0,05
3,02	5,46	5,43	+0,03
3,74	6,34	6,30	+0,04
4,60	7,20	7,31	−0,11
5,15	7,98	7,94	+0,04
8,48	11,69	11,69	+0,00

Es ergiebt ſich hieraus, daß auf der zweiten Hälfte dieſer Scheibe die Elaſticität eine andre wie auf der erſten Hälfte ſeyn mußte. Man findet aber auch Scheiben, wo dieſelbe auf beiden Theilen faſt dieſelbe iſt, wie ſich dieß aus Meſſungen Strehlke's auf andern Scheiben ergab.

VI. Muſikaliſche Inſtrumente.

(Äolsharfe, Gender, Maultrommel, Zungenpfeifen.)

Über die Töne der Äolsharfe von Pelliſow *).

Pelliſow hat durch Verſuche mit der Äolsharfe folgende Punkte ausgemittelt:

1) Berührt man die Saite einer Äolsharfe, während ſie im Winde einen gewiſſen Ton gibt, leiſe in einem ihrer natürlichen Schwingungsknoten, ſo wird der Ton dadurch nicht geſtört, dagegen er ſogleich verſchwindet, wenn man die Stelle der Berührung nur um ein Weniges verrückt.

2) Deſſenungeachtet aber theilt ſich eine Saite, die ohne alle Berührung der Wirkung des Windes ausgeſetzt iſt, nie in aliquote Theile, ungeachtet der verſchiedenen Töne, die ſie unter dem Einfluß deſſelben hervorzubringen vermag.

3) Die Töne, welche die Saite einer Äolsharfe bei gleichbleibender Spannung liefert, kommen auch nicht mit der Reihenfolge derer überein, die ſie durch eine Theilung in aliquote Theile geben könnte.

4) Ihre Höhe, d. h. die Schwingungszahl, die ihnen entſpricht, ſteht vielmehr, ſo weit aus den unvollkommenen Beobachtungsmitteln geſchloſſen werden kann, nahe im Verhältniß der Schnelligkeit des Windes, unter deſſen Einfluß die Töne entſtehen.

5) Die Töne der Äolsharfe erklingen ganz rein ohne alle mitklingende Nebentöne.

6) Der Luftſtrom braucht zur Hervorbringung der Äolstöne nicht nothwendig die Breite der Saite zu haben, die vielmehr zum Theil dagegen geſchützt ſeyn kann; auch iſt es völlig einerlei, welchen Saitentheil der Luftſtrom trifft, nur fallen die Töne verhältnißmäßig um ſo niedriger aus, je kleiner der Theil iſt, der vom Winde getroffen wird.

7) Bei allen durch den Stoß der Luft erregten Äolstönen iſt durchaus keine durch Inſtrumente meßbare Transverſalſchwingung zu bemerken, wenn ſelbſt der Ton ſo intenſiv iſt, daß er durch zwei wohlverſchloſſene Zimmer gehört werden kann.

Es leuchtet nach dieſen erfahrungsmäßigen Umſtänden, wozu die nähern Belege unten folgen ſollen, ein, daß die Entſtehung der Äolstöne nicht durch gewöhnliche transverſale oder longitudinale Schwingungen der ganzen Saite oder aliquoter Theile derſelben erklärlich werden, auch hat Pelliſow zur Widerlegung dieſer, früher von Young (Gilb. Ann. X. St. 1. Jahrg. 1802) ausgeſprochenen, Anſicht noch beſondere Erörterungen hinzugefügt. Er ſelbſt erklärt nach der S. 256 angegebenen Anſicht

---

*) Pogg. XIX. S. 237.

die Töne der Äolsharfe aus Molecularſchwingungen der Saite, die durch raſch auf einander folgende Stöße, die ihr der Wind ertheilt, hervorgebracht werden, und ſtellt den Vorgang dabei in folgender Art dar:

„Wenn wir die Saite unſerer Äolsharfe in dem Augenblicke denken, in welchem ein Windſtoß ſie trifft, und uns noch überdieß die in ihrer ganzen Länge zugleich geſtoßene Saite als einen Conflict ſphäriſcher Körper vorſtellen, ſo wird erſtens der Stoß nicht nöthig haben, von einem Punkte der Saite aus ihre ganze Länge ſo lange vorwärts und rückwärts zu durchlaufen, bis immer ein gleich großer ſogenannter Wellenberg einem gleich großen Wellenthale begegnet, ſondern es wird eine ſogenannte ſtehende Schwingung im Augenblicke des Stoßes erſcheinen. Überhaupt verhalten ſich der Windſtoß und die Saite zu einander wie ein bewegter elaſtiſcher Körper zu einem unbeweglichen elaſtiſchen Hinderniſſe. Nach dem Stoße würden die anſtoßenden Lufttheilchen nahe mit der Geſchwindigkeit zurückgehen, mit welcher ſie die Saite trafen; aber ſie werden von den nachfolgenden Luftſtößen verdrängt und gezwungen zu beiden Seiten der Saite auszuweichen, während im zweiten Zeittheilchen ein neuer Antheil Luft die Saite ſtößt, und die nämliche Wirkung wieder hervorbringen muß. Auf ſolche Weiſe übt der continuirliche Luftſtrom eine Reihe von Stößen auf die Saite aus, welche dadurch, wie durch den leiſen Bogenſtrich (S. 253) in ihren Moleculartheilchen in Longitudinalſchwingungen verſetzt und zum Tönen gebracht wird.“

Ich laſſe jetzt die nähern Belege zu den oben angeführten Sätzen folgen

Zu 1). **Pelliſow** befeſtigte zwiſchen die, zwei Schuh von einander entfernten, Stege der Äolsharfe einen in gleiche Theile getheilten, eben ſo langen Maßſtab, auf welchem den jedem Äolstone zugehörigen aliquoten Theil der Saite ein Vernier maß, der ein auf ihm ſenkrecht ſtehendes ſchmales Blättchen von Elfenbein trug, welches mit ſeiner ſchmalen Kante die Saite jedesmal in jenem aliquoten Theile leiſe berührte, den der Vernier unten auf dem Maßſtabe angab. Das auf dieſe Weiſe vorgerichtete Inſtrument wurde dem Winde ausgeſetzt und der Vernier nach Maßgabe des erſcheinenden Tons auf den demſelben entſprechenden Theilſtrich gebracht. Der Ton wurde auf dieſe Weiſe nicht geſtört, während er nach Verrückung des Verniers auch nur um den 10ten Theil einer Linie ſogleich verſchwand.

Zu 2). **Pelliſow** ſchützte die obere Hälfte der dem Winde ausgeſetzten Äolsharfe vor ſeiner Einwirkung, und hing ſehr feine Hebel aus leichten Rohrſtreifchen an feinen Fäden ungeſponnener Seide in der Art auf, daß ſie mit ihrem einen Ende in Ruhe, alle möglichen durch einen Windſtoß entſtehenden Schwingungsknoten der bedeckten Hälfte der Saite berührten, und durch ihre Ruhe oder ihre Oscillationen das Erſcheinen derſelben, oder die gänzliche Abweſenheit der Schwingungsknoten nothwendig anzeigen mußten. Die Hebel ſammt ihren Fäden wurden durch einen Glaskaſten ſorgfältig vor der Berührung des Windes geſchützt, und hierauf die freie

Hälfte der Saite dem Winde ausgeſetzt. Sobald die Saite zu tönen anfing, entfernten ſich die Hebel alle von der Saite und geriethen in Schwingung, ſchneller oder langſamer, in größeren oder kleineren Bögen; nie aber wollte es gelingen, auch nur einen Hebel auf irgend einem Schwingungsknoten in Ruhe zu erhalten, man mochte die berührende Spitze des Hebels auch in die verſchiedenartigſten Formen bringen; ausgenommen es wurde die Saite an einem ihrer Schwingungsknoten leiſe berührt, und dann erſchienen, aber auch nur unter beſondern Umſtänden, die übrigen dem erſten entſprechenden Schwingungsknoten, welche ſich durch Ruhe der dort anliegenden Hebelarme oder wenigſtens durch einen kleinern Schwingungsbogen derſelben verriethen.

Zu 3) und 5). Mittelſt eines geeigneten Anemometers *) beſtimmte Pelliſow die jedesmalige Schnelligkeit des Windes, die beim Erſcheinen eines Tones der, blos noch mit Einer Saite (von 12 Schuh Länge, 0,02 Schuh Dicke, ins g geſtimmt) beſpannten Äolsharfe Statt fand. Bei einer Geſchwindigkeit des Windes von 5,99 Fuß in der Secunde erſchien der Grundton der Saite g und zwar ſo rein und ohne alle mitklingenden Nebentöne, die bei jeder gewöhnlichen Art, die Töne zu erregen, mit dem Grundtone immer zugleich erſcheinen, daß ein ungeübtes Ohr, welches ihn mit dem entſprechenden Tone des Pianoforte verglich, ihn anfangs um eine ganze Octave tiefer hielt. Sobald die Schnelligkeit des Windes auf 9,24 Fuß ſtieg, erſchien die Quinte des Grundtons eben ſo rein und beſtimmt ohne mitklingende höhere Octave u. ſ. f. — Dieſes Erſcheinen der Quinte nun iſt aus den Schwingungen aliquoter Theile der Saite nicht erklärlich; denn es müßten, um ſie hervorzubringen, ⅔ ihrer Länge ſchwingen, und das dritte Drittheil der Saite müßte dann die höhere Octave der Quinte geben: bekanntlich aber können zwei ſolche Schwingungen an einer und der nämlichen Saite nicht zugleich beſtehen.

Zu 4). Es wurden überhaupt bei nachfolgenden Geſchwindigkeiten des Windes folgende Töne beobachtet:

---

*) Dies Anemometer beſtand in einem, an feinen Seidenfäden in der Art aufgehangenen Parallelogramm (Windflügel), daß die Richtung des Windſtoßes ſenkrecht darauf war. Aus den (an einem zur Seite angebrachten Gradbogen abzuleſenden) Graden der Elevation dieſes Parallelogramms läßt ſich die Schnelligkeit des Windes berechnen (vgl. Pogg. Ann. XIX. S. [illegible]).

Grade der Elevation des Anemometers.	Geſchwindigkeit des Windes.	Aeolstöne.	Schwingungszahlen.	Aliquote Saitentheile.
5°	5,99	g	191,8	1
10	8,24	$\overline{d}$	255,6	$\frac{3}{4}$
15	11,20	$\overline{g}$	285,6	$\frac{2}{3}$
20	13,24	$\overline{h}$	450,0	$\frac{2}{5}$
25	15,28	$\overline{\overline{d}}$	511,2	$\frac{3}{8}$
30	17,48	$\overline{\overline{f}}$	609,8	$\frac{6}{19}$
35	19,78	$\overline{\overline{g}}$	767,2	$\frac{1}{4}$
40	22,44	$\overline{\overline{a}}$	774,8	[illegible]

Wie man ſieht, iſt die Höhe des jedesmal erſcheinenden Tones ſo ziemlich der Schnelle des Luftſtroms proportional.

Pelliſow bemerkt hierbei, daß dieſe Reſultate die Frucht zahlreicher Beobachtungen ſeyen; denn es iſt mit ziemlichen Schwierigkeiten verknüpft, den jedem Tone entſprechenden Winkel des Anemometerflügels im Augenblick ſeines Entſtehens mit der gehörigen Genauigkeit abzuleſen, da nicht blos die Art des Windes, ſondern die abſolute Spannung der Luft ſelbſt weſentlichen Einfluß auf die Bildung der Töne hat. Iſt jedoch einmal der Winkel des Flügels bekannt, unter welchem die Saite ihren Grundton angiebt, ſo befolgen die Winkel, unter welchen die übrigen Töne erſcheinen, immer ihr urſprüngliches oben bemerktes Verhältniß, ſo daß man, wenn man ſich eine gewiſſe Fertigkeit in Beobachtung des Anemometers erworben hat, aus dem Stande deſſelben jeden Ton, der eben dieſem Stande entſpricht, genau voraus beſtimmen kann. Der Ton wird unter dieſen Umſtänden ſogleich erſcheinen, aber auch ſogleich wieder aufhören, ſobald der Anemometerflügel ſeinen Stand verändert und nur dann wieder erſcheinen, wenn der Ton den dieſem Flügel zugehörigen Winkel bildet.

Noch bemerkt Pelliſow, daß, der Windflügel mochte durch die Gewalt des Luftſtoßes auf irgend eine beliebige Höhe gehoben werden, doch während ſeines Steigens ſo lange kein Ton erſchien, bis er das Maximum ſeiner Höhe für den Augenblick erreicht hatte; beim Zurückſinken des Flügels hingegen, das eine viel längere Zeit als ſeine Erhebung nöthig hatte, erſchienen die Töne höherer Ordnung abſteigend und dem jedesmaligen Grade genau entſprechend, auf welchem ſich der Flügel in dem Augenblicke befand.

Zu 6). Pelliſow erwähnt, daß man die Breite des Luftſtroms, der die Äolsſaite treffe, ſelbſt bis auf $\frac{1}{4}$ beſchränken könne, unbeſchadet ihrer Fähigkeit, Töne hervorzubringen, daß es völlig einerlei ſey, auf welchen Saitentheil dieſer Luftſtrom treffe, und daß die Winkel, unter welchen bei ſo beſchränktem Luftſtrome die Töne erſcheinen, ſich umgekehrt wie die Breiten des Luftſtromes verhalten.

Zu 7). Nicht nur mit Augen iſt während des Tönens der Äolsſaite keine Transverſalſchwingung wahrnehmbar, ſondern gegen das Statthaben derſelben ſpricht auch folgender Verſuch: **Pelliſow** brachte die Saite zwiſchen zwei Mikrometerſchrauben, deren Spitzen nur mehr (?) um $\frac{1}{1000}$ Theil eines Zolles entfernt waren, und ſetzte ſie ſo dem Winde aus; allein die Töne erſchienen ungeſtört und verſchwanden erſt bei unmittelbarer Berührung der Saite durch die Schraubenſpitzen.

Theorie der Maultrommel *).

Die Theorie der Maultrommel gründet ſich auf den Satz (S. 261), daß eine durch Mittheilung ſchwingende Luftſäule nicht iſochroniſch mit dem ſelbſttönenden Körper zu ſchwingen braucht, ſondern daß die Zahl ihrer Schwingungen auch ein Multiplum von der Zahl der Schwingungen des ſelbſttönenden Körpers ſeyn kann. Das Nähere wird aus Folgendem erhellen.

Die Maultrommel beſteht aus einer elaſtiſchen Stahlzunge, mit dem einen Ende an einen meſſingenen oder eiſernen Rahmen genietet. Das freie Ende der Zunge iſt nach auswärts unter einem rechten Winkel gebogen, um dem Finger leicht zu verſtatten, wenn es in den Mund geſteckt und mit den beiden parallelen Enden des Rahmens feſt an die Zähne gedrückt wird, anzuſchlagen. Die Schwingungen der Zunge ſelbſt würden einen ſehr tiefen Ton geben. Bringt man das Inſtrument aber in den Mund, und ändert durch verſchiedene Bewegungen der Zunge und Lippen den innern Raum des Mundes: ſo wird, wenn die dem eingeſchloſſenen Luftraume zukommende Zahl von Schwingungen ein Multiplum von der Zahl der Schwingungen der ſelbſttönenden Zunge iſt, der der Mundhöhle zukommende Ton gehört. Iſt z. B. der Grundton der Zunge groß C, ſo können durch Mittheilung ihrer Schwingungen an den Luftraum im Munde folgende Töne entſtehen:

Multipla der Grundſchwingungen der Zunge:

$\overset{*}{1}$...$\overset{*}{2}$...3...$\overset{*}{4}$...5...6...7...$\overset{*}{8}$...9...10...11...12...13...14...15...$\overset{*}{16}$ ꝛc. $\overset{*}{32}$

Die entſprechenden Töne:

C c g $\overline{c}$ $\overline{e}$ $\overline{g}$ $\overline{b}$ $\overline{\overline{c}}$ $\overline{\overline{d}}$ $\overline{\overline{e}}$ $\overline{\overline{f}}$+ $\overline{\overline{g}}$ $\overline{\overline{a}}$- $\overline{\overline{b}}$ $\overline{\overline{h}}$ $\overline{\overline{\overline{c}}}$ $\overline{\overline{\overline{\overline{c}}}}$

Bei den gewöhnlichen Maultrommeln können die drei erſten Töne der Reihe nicht hervorgebracht werden, weil die Höhlung im Munde für ſie nicht weit genug gemacht werden kann.

Die obige Scale einer Maultrommel iſt offenbar zu unvollſtändig und mangelhaft, um nur die einfachſten Melodien hervorzubringen; dieſem Mangel kann jedoch durch Anwendung von zwei oder mehrern dieſer Inſtru-

---

*) **Wheatſtone** in Schweigg. J. LIII. 331.

mente abgeholfen werden. Der Verf. erwähnt z. B., daß ein Virtuos auf dieſem Inſtrumente (Hr. **Eulenſtein**) ſich gleichzeitig der Tonreihen von 16 Maultrommeln bediene, und, indem er hiermit durch alle Tonarten zu moduliren vermöge, wahrhaft originelle und äußerſt ſchöne Wirkungen hervorbringe.

Gender *).

Dies iſt ein Javaneſiſches Inſtrument, welches **Stamford Raffles** nach England gebracht hat, und welches ſich dadurch auszeichnet, daß die Töne ſchwingender Metallplatten durch die Reſonanz im Einklang befindlicher Luftſäulen verſtärkt oder ſelbſt erſt hörbar gemacht werden.

Das Inſtrument enthält 11 ſolche Platten, deren Töne den Noten der diatoniſchen Tonleiter entſprechen, wo aber die vierte und ſiebente Stufe fehlen. Es umfaßt zwei Octaven. Die Platten ſind (Fig. 51) neben einander horizontal (eine jede) an zwei Schnüren aufgehängt, von denen die eine allemal durch zwei Löcher der einen, die andre durch zwei Löcher der andern Querlinie geht, die man ſenkrecht auf die Länge der Platten verzeichnet ſieht, und durch welche die Knotenlinien der Platten beim Schwingen beſtimmt werden. Unter jeder Platte befindet ſich ein aufrecht ſtehendes Bambusrohr, deſſen innere Luftſäule eine ſolche Länge hat, daß ſie einen Ton von gleicher Höhe mit dem Grundtone der Platte geben kann. Wird die Öffnung des Bambusrohres zugedeckt und die darüber befindliche Platte angeſchlagen, ſo hört man blos mehrere hohe Töne, welche dadurch entſtehen, daß die Platte in mehrere ſchwingende Unterabtheilungen zerfällt; nimmt man aber den Deckel von der Öffnung des Bambusrohres weg, ſo entſteht ein neuer tiefer voller Ton durch die Reſonanz der Luftſäule in der Röhre.

Von den Zungenpfeifen **).

Allgemeine Einrichtung und Geſetze der Zungenpfeifen. Eine Zungenpfeife iſt ein aus zwei verſchiedenen muſikaliſchen Inſtrumenten (d. h. die jedes ſchon für ſich Töne zu geben vermögen) zuſammengeſetztes Inſtrument. Das eine dieſer Inſtrumente iſt das ſogenannte **Mundſtück** (instrumentum linguatum, anche), das andre iſt eine offene Röhre, die damit in Verbindung geſetzt wird.

Das Mundſtück, in einer etwas vollkommenern Geſtalt, als man ihm gewöhnlich zu geben pflegt, iſt Fig. 52 vorgeſtellt ***).

---

*) **Wheatſtone** in Schweigg. J. LIII. 329.

) Nach den Unterſuchungen von **Weber in ſ. Diſſertation: Leges oscillationis oriundae si duo corpora diversa celeritate oscillantia ita conjungantur, ut oscillare non possint nisi simul et synchronice, exemplo illustratae tuborum linguatorum. 1827. — Ferner Pogg. Ann. XIV. 397. XVI. 193. 385. XVII. 241. — Da ich in Biot's Lehrbuch die Theorie der Zungenpfeifen aus Mißverſtändniß einer Stelle in **Weber's** Diſſertation unrichtig dargeſtellt habe, ſo komme ich hier nochmals ganz von Neuem darauf zurück.

***) Auf ein Mundſtück von dieſer Einrichtung beziehen ſich die nachfolgenden abcd iſt ein meſſingener Cylinder, beſtehend aus einer allenthalben gleich dicken, zuſammengerollten Metallplatte. Dieſe Platte iſt jedoch nicht ſo weit zuſammengerollt, daß die Ränder von beiden Seiten zuſammenträfen, ſondern daß ein Zwiſchenraum von einigen Linien aekl zwiſchen ihnen bleibt. Dies Intervall iſt in ſeiner ganzen Länge mit einer ebenen Platte mnkl aus demſelben Metall bedeckt, aber blos die eine Hälfte klgh dieſer Platte iſt auf die Öffnung des Cylinders feſtgelöthet, während dagegen die andre ghmn frei iſt, ſo daß ſie, als eine bewegliche Fortſetzung der erſten befeſtigten Hälfte, frei in die Höhlung des Cylinders hinein- und hinausſchwingen kann. Dieſer bewegliche Theil ghmn heißt die Zunge. Durch eine ſchwache Biegung derſelben iſt bewirkt, daß ihr Rand nm im ruhenden Zuſtande etwas über der Öffnung des Mundſtücks erhoben ſchwebt, ſo daß die Luft zwiſchen ihren Rändern und denen des Mundſtücks eine Communication findet. Die Dimenſionen der Zunge müſſen, wenn das Inſtrument die möglichſte Vollkommenheit beſitzen ſoll, ſorgſam ſo abgemeſſen werden, daß ſie zwar das Loch genau zudecken, doch aber, ohne an ſeine Ränder anzuſtreifen, ſich frei hinein- und herauszubewegen vermag. Am einen Ende iſt das Mundſtück mit dem Deckel aebcd verſchloſſen, am andern aber offen, ſo daß der zwiſchen Zunge und Mundſtück eintretenden Luft der Austritt in die Atmoſphäre oder in eine Röhre verſtattet iſt, die man zur Hervorbringung der Zungenpfeife damit in Verbindung ſetzt.

Um nun mittelſt dieſes Mundſtücks auf die einfachſte Weiſe einen Ton hervorzubringen, kann man ſo verfahren, daß man den Theil des Mundſtücks, an dem ſich die Zunge befindet, unmittelbar in den Mund ſteckt, mit Vorſicht, daß ſeine Zunge nicht am freien Schwingen gehindert wird, und nun bläſt; oder man kann auch der Mundhöhle einen hohlen Stiefel ſubſtituiren, in deſſen obere Öffnung man das Mundſtück mittelſt eines Pfropfs, durch den es hindurchgeht, einſetzt, und durch deſſen untere Öffnung man den Wind mittelſt des Mundes oder eines Blaſebalgs gegen das Mundſtück bläſt.

Zur Hervorbringung einer Zungenpfeife nun ſetzt man mit dem Mundſtück eine offene Röhre in Verbindung, wie Fig. 58 zeigt, indem man das Ende f des Mundſtücks in der einen Öffnung dieſer Röhre befeſtigt, das andre Ende aber hervorragen läßt, ſo daß es in den Mund, wie die Figur zeigt, oder in einen Stiefel eintreten und ſolchergeſtalt darauf geblaſen werden kann.

Geſchieht nun ſolchergeſtalt das Anblaſen, ſo wird zwiſchen dem freien Rande der Zunge, welcher im ruhigen Zuſtande etwas über der Öffnung erhoben iſt, und dem Rande der Öffnung etwas Luft eindringen, allein da nicht alle Luft ſchnell genug durch dieſen engen Zwiſchenraum entweichen

---

Beſtimmungen. Bei den gewöhnlichen Mundſtücken ſchlägt die Zunge gegen die Ränder der Öffnung ſelbſt an, welches aber einen rauhen und ſchreienden Ton giebt.

kann, durch die übrige ſofort die Zunge gegen das Loch und in daſſelbe hineingedrückt werden, ſo daß die fernere Luft den Weg durch das Mundſtück verſchloſſen findet. Die Excurſion der Zunge in das Mundſtück geht nun ſo weit, bis die Reaction der Luft, welche im Innern der Röhre in Schwingurg verſetzt worden iſt, verbunden mit der eigenen Elaſticität der Zunge, ſie wieder zurücktreibt und ſo das Loch des Mundſtücks von Neuem frei läßt. Das vorige Spiel der Öffnung und Verſchließung wird ſich jetzt von Neuem wiederholen und ins Unbeſtimmte ſo lange fortdauern, als man das Anblaſen fortſetzt.

Es erhellt, daß ſolchergeſtalt drei Urſachen vorhanden ſind, welche einen Ton bewirken können: 1) die Schwingung der Zunge; 2) die Schwingungen, in welche die Luft in der Röhre verſetzt wird, und welche ſich durch die äußere Atmoſphäre fortpflanzen; 3) die in ſchneller Folge ſich ſuccedirenden Luftſtöße, welche dadurch hervorgebracht werden, daß die Luft abwechſelnd durch die Öffnung zwiſchen den Rändern der Zunge und des Mundſtücks eintreten kann, und dann wieder durch Verſchließung dieſer Öffnung intercipirt wird. Dieſe Luftſtöße, indem ſie aus der Röhre hervortreten, wirken für ſich erſchütternd auf die äußere Atmoſphäre, und rufen dadurch Schallwellen in ihr hervor, die zu unſerm Ohre gelangen *).

Wir werden weiterhin erörtern, welcher dieſer Urſachen der wirklich hörbare Ton der Zungenpfeife hauptſächlich beigemeſſen werden muß, und wie dieſelben überhaupt in einander eingreifen; für jetzt genügt es, dieſelben namhaft gemacht zu haben.

Es muß erinnert werden, daß Töne aus einer Zungenpfeife nicht allein auf die vorhin beſchriebene Art, ſondern auch auf verſchiedene andere Arten hervorgebracht werden können. So kann man, anſtatt wie in Fig. 53 gegen das Mundſtück zu blaſen, vielmehr die Luft aus dem Ende x der Röhre ausſaugen oder Luft bei x in die Röhre einblaſen u. ſ. f., und es laſſen ſich überhaupt die Arten, Töne aus einer Zungenpfeife hervorzulocken, unter folgende drei Claſſen bringen:

I. Claſſe. Der Luftſtrom drückt die Zunge in die Öffnung des Mundſtücks hinein und ſtrebt es zu verſchließen. Dieſe Erregungsart, welche die gewöhnliche und zuerſt beſchriebene iſt, findet dann Statt, wenn auf die Außenſeite der Zunge eine dichtere Luft als auf die innere wirkt.

II. Claſſe. Der Luftſtrom treibt die Zunge von der Öffnung des Mundſtücks zurück. Dieſe Erregungsart findet Statt, wenn auf die Außenſeite der Zunge eine dünnere Luft als auf die Innenſeite wirkt.

III. Claſſe. Es geht gar kein Luftſtrom durch die Röhre der Zun-

---

*) Man darf die zweite mit der dritten Urſache nicht zuſammenwerfen, ungeachtet ſie ſich in den Zungenpfeifen zur Hervorbringung des nämlichen Tons vereinigen, da eine ſtehende Schwingung der Luftſäule in Pfeifen ſchon an ſich Töne zu geben vermag, und eben ſo eine raſche Succeſſion von Stößen gegen die äußere Luft für ſich zur Erregung von Tönen fähig iſt. Vgl. was ſpäterhin über das Ineinandergreifen dieſer verſchiedenen Umſtände geſagt werden wird.

genpfeife. Dies iſt dann der Fall, wenn man die Röhre der Pfeiſe verſchließt, während man auf die Zunge des Mundſtücks bläſt.

Wir werden uns im Folgenden blos auf die Betrachtung der erſten Erregungsart der Töne in Zungenpfeifen beſchränken, welches die allein gewöhnliche iſt *).

Geſetze, nach denen die Mundſtücke für ſich tönen. 1) Die Erfahrung lehrt, daß die Tonhöhe des Mundſtücks dadurch keine Änderung erleidet, daß die Dimenſionen des Lochs die der Zunge etwas übertreffen, wo niemals ein vollkommener Verſchluß der Öffnung Statt finden kann. Nur ſpricht der Ton um ſo ſchwieriger an und läßt ſich um ſo ſchwerer verſtärken und ſchwächen, einen je größern Zwiſchenraum man zwiſchen den Rändern der Zunge und denen des Lochs läßt.

2) Die Tonhöhe des Mundſtücks iſt ganz unabhängig von der Stärke und Beſchaffenheit des Luftſtroms, ſondern hängt blos von den Dimenſionen und der Elaſticität der Zunge ab, ſo daß ein Mundſtück durch Anblaſen einen Ton ganz von derſelben Höhe giebt, als wenn man deſſen Zunge für ſich, an einem Ende befeſtigt, durch irgend einen Impuls in Schwingung verſetzte. Die Verbindung mit der kurzen Röhre, welche das Mundſtück bildet, ändert ſonach nicht die Tonhöhe der Zunge (wohl aber die Stärke des Tons) ab **).

---

*) Vgl. über die andern Claſſen Weber's Diss. p. 9. 22. Pogg. XVI. 206. XVII. 199.

**) Die Verſuche Weber's über dieſen Gegenſtand ſind folgende: Ein Metallblatt von $12\frac{1}{2}$ Lin. Länge, $2\frac{1}{2}$ Lin. Breite und $\frac{1}{3}$ Lin. Dicke gab, an einem Ende befeſtigt und für ſich durch einen Anſtoß in Schwingung verſetzt, den Ton $\overline{g}$. Als ihr ſechſter Theil abgeſchnitten worden war, gab ſie einen Ton zwiſchen $\overline{\overline{cis}}$ und $\overline{\overline{d}}$, wie nach dem (S. 272 erwähnten) Geſetz ſchwingender Stäbe, (das Metallblatt iſt nur als ein ſehr flacher Stab anzuſehen) der Fall ſeyn muß, zufolge deſſen die Schwingungszahlen zweier Stäbe von gleicher Dicke und Materie, aber ungleicher Länge, ſich umgekehrt wie die Quadrate ihrer Längen verhalten. (In der That iſt das Intervall von $\overline{g}$ zu einem zwiſchen $\overline{\overline{cis}}$ und $\overline{\overline{d}}$ fallenden Ton etwas kleiner als eine Quinte oder als 36 : 25, welches die Quadrate von 6 und 5, den verhältnißmäßigen Längen des Metallblatts, ſind). Wenn man daſſelbe Blatt vor ſeiner Verkürzung am Mundſtück durch einen Luftſtrom in Schwingung verſetzte, ſo gab es ebenfalls den Ton $\overline{g}$, und nach Verkürzung um den 6ten Theil den Ton zwiſchen $\overline{\overline{cis}}$ und $\overline{\overline{d}}$. Soll jedoch dieſer Verſuch in vollkommner Genauigkeit ausfallen, ſo muß man dabei den befeſtigten Theil g h k l des Mundſtücks durch einen Schraubſtock feſt anpreſſen, damit jede mögliche Schwingung deſſelben vermieden werde, ſonſt fällt der Ton etwas tiefer aus, als nach dem Verhältniß der Verkürzung der Zunge Statt finden ſollte, weil dann eigentlich noch eine gewiſſe ſchwingende Länge ihr hinzuzurechnen iſt. Bei frühern Verſuchen, wo Weber dieſe Vorſicht vernachläſſigte und die Verkürzung der Zunge blos mit einer Krücke, wie man bei den Mundſtücken der Orgelpfeifen pflegt, zu bewerkſtelligen ſuchte, konnte er daher jenes genaue Entſprechen der Reſultate mit der Theorie nicht erhalten und eben ſo wenig gelang dies Biot, als er ebenfalls blos mit der Krücke die Verkürzung vornahm.

Geſetze, nach denen eine Röhre für ſich tönt. 1) Röhren, wie ſie die Labialpfeifen der Orgelpfeifen darſtellen, können je nach der Art und Stärke des Anblaſens verſchiedene Töne geben, deren tiefſter (**Grundton**) entſteht, wenn die Luft in der Röhre in ihrer ganzen Länge in Schwingung verſetzt wird, während die höhern (harmoniſchen) Töne entſtehen, wenn ſie ſich durch Schwingungsknoten in 2, 3, 4 oder mehr Theile abtheilt.

2) Der Grundton einer an einem Ende verſchloſſenen (gedeckten) Labialpfeife iſt gerade um eine Octave tiefer als der Grundton einer offenen.

3) Die Reihe der harmoniſchen Töne, welche eine gedeckte Pfeife je nach der Art des Anblaſens zu geben vermag, entſpricht, vom Grundton an gerechnet, der Reihe der Schwingungszahlen 1, 3, 5, 7, 9....; die Reihe der harmoniſchen Töne einer offenen Röhre aber der Reihe der Schwingungszahlen 2, 4, 6, 8, 6, 10...., mithin jene der der ungeraden, dieſe der der geraden dazwiſchen fallenden Zahlen.

4) Die Luftſäule einer engen offenen Labialpfeife, die ihren Grundton giebt, macht (wenn man von dem Einfluß der Mündung abſieht) in einer Secunde ſo viel Schwingungen, als ihre Länge in dem Raume, den die Schallwelle in einer Secunde durchläuft, enthalten iſt; die Luftſäule einer engen gedeckten Labialpfeife, die ihren Grundton giebt, macht in einer Sec. halb ſo viel Schwingungen. Die Tonhöhe (Schwingungszahl) der offenen ſowohl als gedeckten Pfeifen ſteht ſonach im umgekehrten Verhältniß ihrer Länge.

Geſetze, nach denen die Zungenpfeifen tönen. 1) Wenn man die Länge der Zungenpfeife in gleiche Theile theilt von der Länge, welche einer offenen Röhre zukommt, die den Ton des Mundſtücks oder der abgeſondert ſchwingenden Zunge für ſich zu geben vermag, und wenn dann ein Reſt bleibt *), der **kleiner** iſt als das Viertheil jener Länge, ſo iſt der Ton der Zungenpfeife merklich dem Tone der für ſich in Schwingung geſetzten Zunge gleich **).

2) Wenn der reſtirende Theil größer iſt als ¾ jener Länge, ſo iſt der Ton der Zungenpfeife nach dem Geſetze der gedeckten Pfeifen vorauszubeſtimmen, ſo nämlich, daß man unter den harmoniſchen Tönen, welche eine gedeckte Röhre von der Länge der Zungenpfeife für ſich zu geben vermag, denjenigen auswählt, welcher tiefer als der eigenthümliche Ton der Zungenpfeife, aber ihm zunächſt iſt.

3) Wenn der reſtirende Theil zwiſchen ¼ und ½ jener Länge fällt, ſo nähert ſich der Ton der unter 1) bemerkten Gränze; fällt er dagegen zwi-

---

*) Wenn die ganze Länge der Zungenpfeife nicht ſo viel beträgt als eine offene Röhre nach obiger Beſtimmung, ſo iſt die ganze Länge als **Reſt** zu betrachten.

**) Deßhalb iſt auch das geringe hohle Cylinderſtück, welches zuſammen mit der Zunge das Mundſtück ausmacht, ohne Einfluß auf die Tonhöhe des Mundſtücks.

ſchen ¼ und ¾, ſo nähert ſich der Ton der unter 2) bemerkten Gränze, jedenfalls um ſo mehr, je näher der Reſt an ¼ oder ¾ jener Länge fällt.

4) In den vorſtehenden Fällen iſt die Zungenpfeife jedesmal nur eines einzigen, durch die gegebenen Regeln beſtimmten, Tons fähig *), und ſie vermag nicht, wie die Labialpfeifen, je nach der Stärke des Windſtroms verſchiedene harmoniſche Töne zu geben.

5) Wenn jedoch bei der Eintheilung der Zungenpfeife auf die vorgenannte Art kein Reſt bleibt **), ſo iſt ſie je nach der Kraft des Anblaſens zweier Töne fähig, eines höhern bei ſchwächerm Anblaſen und eines tiefern bei ſtärkerm. Der erſte iſt ſtets derjenige Ton aus der Reihe von harmoniſchen Tönen einer offenen Röhre von der Länge der Zungenpfeife, der mit dem Tone der abgeſonderten Zunge oder des Mundſtücks ſelbſt übereinſtimmt; der letzte iſt der entſprechende harmoniſche Ton, welchen dieſelbe Röhre geben würde, wenn ſie als gedeckt tönte (Weber's Diss. p. 28).

6) Wenn man eine Zungenpfeife in gleiche Theile theilt von der Länge der offenen Röhre, welche abgeſondert tönend denſelben Ton als die Zungenpfeife hat, ſo bleibt ein Reſt, welcher kleiner als die Hälfte der offenen Röhre iſt. (Vgl. Weber's Diss. tab. II. zu Ende der Schrift und tab. IV. p. 25. Pogg. XVII. S. 201.)

Die vorſtehenden Geſetze führen nachſtehende Folgerungen mit ſich:

a) Der Ton, den ein Mundſtück giebt, kann zwar durch Verbindung mit einer Röhre unter gewiſſen Umſtänden ungeändert bleiben, wo er aber geändert wird, nur tiefer, nicht höher werden.

b) Die größte Vertiefung des Tons, die ein Mundſtück durch Anſatz einer Röhre erfahren kann, iſt eine Octave.

c) Mit fortgeſetzter Verlängerung der Röhre erfolgt nicht eine continuirliche Vertiefung des Tones, ſondern der Ton ſpringt in dem Maße, als man durch gewiſſe Abſtufungen der Länge ſchreitet, immer wieder auf den urſprünglichen Ton des Mundſtücks zurück.

d) Wenn der Ton des für ſich tönenden Mundſtücks in der Reihe der harmoniſchen Töne der für ſich tönenden offenen Röhre begriffen iſt, ſo ändert ſich der Ton des Mundſtücks nicht durch Verbindung mit der Röhre bei ſchwachem Anblaſen. Durch ſtarkes Anblaſen aber kann dann bewirkt werden, daß der Ton entweder um eine Octave oder Quarte oder kleine Terz, oder um andre Intervalle, welche den Zahlen $\frac{7}{8}$; $\frac{9}{10}$, $\frac{11}{12}$... entſprechen, unter den Ton des Mundſtücks erniedrigt wird, je nachdem der Ton des Mundſtücks entweder mit dem Grundtone oder dem erſten, zweiten, dritten, vierten, fünften.... harmoniſchen Tone der offen tönenden Röhre übereinſtimmt.

---

*) Indeß muß doch bemerkt werden, daß bei Zungenpfeifen, bei denen Zunge und Röhre nicht in dem Verhältniß der Compenſation ſtehen, (von dieſem wird ſpäter die Rede ſeyn) allerdings durch ſtärkeres oder ſchwächeres Anblaſen kleine Änderungen in der Höhe der Töne entſtehen, indem der Ton bei ſchwachem Blaſen etwas tiefer oder höher als bei ſtarkem Blaſen ſeyn wird, je nachdem der Ton der Zungenpfeife mehr von der Luftſäule oder Zunge abhängt. (Vgl. Pogg. XIV. 406. XVI. 416. 432. XVII. 229.)

**) Das heißt mit andern Worten, wenn der Ton des abgeſonderten Mundſtücks in der Reihe der harmoniſchen Töne der abgeſonderten, als offen tönend gedachten, Röhre inbegriffen iſt. Wie leicht zu erachten übrigens, kann dieſer Fall als der Übergang von Fall 1 zu Fall 2 angeſehen werden, denn er kommt auf Fall 1 zurück, wenn man ſich den reſtirenden Theil als verſchwindend denkt, auf Fall 2, wenn man ihn gleich 4 Viertheilen ſetzt. In der That bietet auch der obige Fall im Erfolge eine Vereinigung von Fall 1 und Fall 2 dar.

Dieſer Folgeſatz ergiebt ſich aus 3).

In der That, die harmoniſchen Töne einer offenen und gedeckten Röhre von gleicher Länge entſprechen einander in folgender Art (wenn wir beiſpielsweiſe C als den der Schwingungszahl 1 entſprechenden Grundton der gedeckten Röhre ſetzen):

c,	$\overline{c}$,	$\overline{g}$,	$\overline{\overline{c}}$,	$\overline{\overline{e}}$	u. ſ. w.	offene Röhre.
2,	4,	6,	8,	10	u. ſ. w.	
C,	g,	$\overline{e}$,	$\overline{ais}$,	$\overline{\overline{d}}$	u. ſ. w.	gedeckte Röhre.
1,	3,	5,	7,	9	u. ſ. w.	

Iſt nun der Ton des abgeſonderten Mundſtücks C, d. h. ſtimmt er mit dem Grundtone der offenen Röhre überein, ſo wird nach Satz 3) die Zungenpfeife bei ſchwachem Anblaſen auch den Ton c, bei ſtarkem Anblaſen den Ton C geben, welche beide um eine Octave aus einander liegen. Wäre der Ton des abgeſonderten Mundſtücks dagegen z B. $\overline{g}$, d. h. ſtimmte er mit dem zweiten harmoniſchen Tone der offenen Röhre überein, ſo würde $\overline{g}$ bei ſchwächerm Anblaſen, dagegen $\overline{e}$ bei ſtärkerm Anblaſen gehört werden, welche beiden Töne um das Intervall $\frac{5}{6}$ oder der kleinen Terz aus einander liegen u. ſ. f.

Es erhellt ſolchergeſtalt, daß durch eine verſchiedene Art des Anblaſens unter den angegebenen Verhältniſſen der Ton höchſtens um eine Octave erniedrigt werden kann.

e) Die Art, wie der Ton eines Mundſtücks durch fortgehende Verlängerung einer angeſetzten Röhre modificirt wird, iſt folgende:

a ſey der vierte Theil der Länge einer an beiden Enden offenen Röhre, deren Luftſäule, wenn ſie ſchwingt, denſelben Ton als die Zunge oder das Mundſtück für ſich giebt.

α) Setzt man an die Zungenpfeife eine kurze Luftſäule und verlängert ſie ſtufenweiſe, bis ſie die Länge von a hat, ſo wird der Ton dabei kaum merklich tiefer, als der Ton war, den die Zunge hatte, als ſie, noch ohne mit der Luftſäule in Verbindung zu ſeyn, ſchwang.

β) Während die Länge der Luftſäule ſtufenweiſe von a bis 2a zunimmt, wird der Ton der Zungenpfeife merklich tiefer als der Ton der iſolirt ſchwingenden Zunge; indeſſen nimmt die Tonhöhe (Schnelligkeit der Schwingungen) langſamer ab, als die Länge der Luftſäule zu.

γ) Während die Länge der Luftſäule ſtufenweiſe von 2a bis 3a zunimmt, weicht der Ton ſchnell vom Tone der allein ſchwingenden Zunge ab; (die Tonhöhe ſinkt hier *faſt* eben ſo ſchnell, als die Länge der Luftſäule wächſt).

δ) Während die Länge der Luftſäule ſtufenweiſe von 3a bis 4a zunimmt, wird der Ton noch ſchneller tief, bis er zuletzt genau eine ganze *Octave* tiefer als der Ton der Platte *allein* iſt; die Tonhöhe nimmt dabei vollkommen *eben ſo ſchnell* ab, als die Länge der Röhre zu.

Hiermit ſchließt die Reihe von Tönen, die man durch die ſtufenweiſe Verlängerung der an die Zungenpfeife angeſetzten Röhre hervorbringen kann. Bei fortgeſetzter Verlängerung derſelben wird der Ton nicht nur nicht tiefer, ſondern er ſpringt plötzlich auf den hohen Ton zurück, welchen die iſolirte Zunge giebt*), und dieſer hohe Ton wird nun, wenn die Röhre abermals mehr und mehr verlängert wird, auf eine ähnliche Weiſe allmälig tiefer, als dies vorher der Fall war. Denn:

ε) während die Länge der Luftſäule von 4a bis 5a wächſt, verändert ſich der Ton kaum merklich.

ζ) Während die Länge der Luftſäule von 5a bis 6a verlängert wird, iſt der Ton merklich tiefer, als der Ton der iſolirt ſchwingenden Zunge, indeſſen ſinkt die Tonhöhe in merklich *langſamern* Verhältniſſe, als die Länge der Luftſäule zunimmt.

η) Während die Länge der Luftſäule von 6a bis 7a zunimmt, weicht der Ton ſchnell vom Tone der *iſolirt* ſchwingenden Zunge ab, und die Dauer der Schwingungen wächſt *faſt* eben ſo ſchnell, als die Länge der Luftſäule.

ϑ) Während die Länge der Luftſäule von 7a bis 8a wächſt, wird der Ton noch ſchneller tief, bis er zuletzt eine *Quarte* tiefer als der Ton der iſolirten Zunge iſt. Die Dauer der Schwingungen wächſt dabei vollkommen *gleich* ſchnell, als die Länge der Luftſäule.

Treibt man die Verlängerung der Luftſäule nun noch weiter, ſo ſpringt der Ton zuerſt abermals auf den Ton der abgeſonderten Zunge zurück, welcher bis zu 9a merklich conſtant bleibt, von da an wieder merklich ſinkt, bis er bei 12a um eine kleine Terz tiefer geworden iſt, als der Ton der Zunge.

In dieſer Art geht der Fortſchritt weiter.

Man erkennt leicht, welchem Geſetz die Sprünge dabei folgen. Der erſte Sprung geſchah um eine Octave, der zweite um eine Quart, der dritte um eine kleine Terz, wobei die Schwingungszahlen ſich wie

1 : 2
3 : 4
5 : 6

verhalten. Bei den folgenden Sprüngen würden ſich die Schwingungen wie

---

*) Im Übergange hierzu findet der Punkt der Röhrenlänge Statt, wo je nach der Kraft des Anblaſens zwei verſchiedene Töne hervorgebracht werden können.

7 : 8
9 : 10
11 : 12 u. ſ. f.

verhalten, welches nicht nur aus dem angegebenen Geſetze folgt, ſondern auch von Weber direct bis zu dieſer Ausdehnung durch Verſuche beſtätigt worden iſt.

Es erhellt ſonach, daß, durch je mehr Abſtufungen der Röhrenlänge man ſchon geſchritten iſt, um ſo weniger vermag der Ton der Zungenpfeife durch fernere Vergrößerung dieſer Länge unter den Ton der Zunge erniedrigt zu werden.

f) Betrachten wir den Anfang und Schluß jeder Periode, in welcher die Länge der Luftſäule jedesmal um 4 a zunimmt, ſo finden wir, daß die Luftſäule in der Zungenpfeife im Anfange jeder Periode wie in einer offenen Labialpfeife, am Schluſſe jeder Periode wie in einer gedeckten Labialpfeife ſchwingt.

g) Röhren verſchiedener Länge geben in Verbindung mit demſelben Mundſtück dann und bloß dann den nämlichen Ton, wenn der Theil, um welchen die eine die andere übertrifft, ſo groß iſt, daß er für ſich und offen denſelben Ton geben würde, als die ganze Zungenpfeife (Weber Diss. p. 18. Pogg. XVI. 435).

Zum Beweiſe und zur Erläuterung mehrerer dieſer Geſetze folgen in nachſtehenden Tabellen zwei der von Weber über dieſen Gegenſtand angeſtellten Verſuchsreihen. In beiden Tabellen iſt der Werth von a = 48 Lin. In der erſten ſind die Töne, die den verſchiedenen beigeſchriebenen Röhrenlängen entſprechen, durch muſikaliſche Bezeichnungen, in der zweiten durch die Schwingungszahlen in 1 Secunde ausgedrückt *).

---

*) Die Zunge des zu beiden Verſuchen angewandten Mundſtücks war von Meſſing, 12,6 Linien lang, 0,22 Linien dick, 2,5 Linien breit und machte 776 Schwingungen in 1 Secunde, welches dem Tone $\overline{g}$ entſpricht. Eine an beiden Enden offene Luftſäule, welche allein denſelben Ton als dieſe Zunge gab, war 195,3 Linien lang, mithin a gleich dem Viertel hiervon, welches 48,8 Linien iſt, wie oben angegeben. Bei den Verſuchen in Tab. I. war die Röhre 5,5 Linien, bei den in II. 4,7 Linien weit. Die Röhre war bei dem erſten Verſuche am längſten, und nach jeder Verkürzung wurde der Ton der Zungenpfeife mit Hülfe des Monochords unterſucht.

Tabelle I.

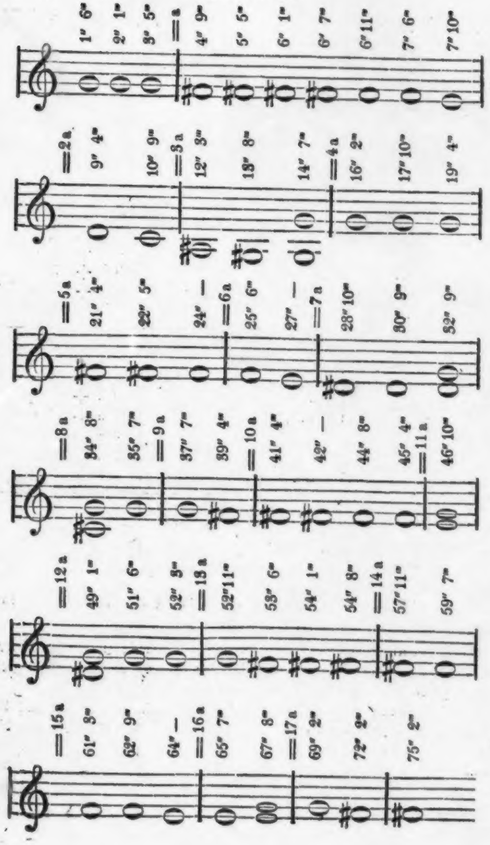
1″ 6‴
2″ 1‴
3″ 5‴
=a
4″ 9‴
5″ 5‴
6″ 1‴
6″ 7‴
6″ 11‴
7″ 6‴
7″ 10‴
=2a
9″ 4‴
10″ 9‴
=3a
12″ 3‴
13″ 8‴
14″ 7‴
=4a
16″ 2‴
17″ 10‴
19″ 4‴
=5a
21″ 4‴
22″ 5‴
24″ —
=6a
25″ 6‴
27″ —
=7a
28″ 10‴
30″ 9‴
32″ 9‴
=8a
34″ 8‴
35″ 7‴
=9a
37″ 7‴
39″ 4‴
=10a
41″ 4‴
42″ —
44″ 8‴
45″ 4‴
=11a
46″ 10‴
=12a
49″ 1‴
51″ 6‴
52″ 3‴
=13a
52″ 11‴
53″ 6‴
54″ 1‴
54″ 8‴
=14a
57″ 11‴
59″ 7‴
=15a
61″ 3‴
62″ 9‴
64″ —
=16a
65″ 7‴
67″ 8‴
=17a
69″ 2‴
72″ 2‴
75″ 2‴

Tabelle II.

von 0 bis 2a	776,1			½ a
	760,5			a
	721,9			2 a
von 2 a bis 4 a	681,5			2 a + 5‴,8
	670,5			2 a + 12 ,0
	663,8			2 a + 18 ,5
	624,2			2 a + 25 ,4
	594,7			2 a + 32 ,7
	552,8			2 a + 41 ,2
	518,5			3 a +
	481,1			3 a + 8 ,6
	462,9			3 a + 17 ,9
	442,7			3 a + 27 ,6
	416,4	773,1		3 a + 38 ,0
	386,7	775,7		4 a
von 4 a bis 6 a		756,7		5 a
		730,4		6 a
von 6 a bis 8 a		700,0		6 a + 17‴,5
		679,4		6 a + 36‴,0
		638,3		7 a + 6 ,6
		618,2		7 a + 27 ,4
		567,1	774,1	8 a
von 8 a bis 10 a			760,6	9 a
			733,6	10 a

In Pogg. XVI. 432 iſt noch eine Verſuchsreihe beigefügt.

Nähere Erörterungen über die Entſtehung des Tones in Zungenpfeifen.

Wir haben S. 316 die Umſtände namhaft gemacht, welche zur Erzeugung des Tons der Zungenpfeifen mitwirken können. Dieſe Umſtände greifen folgendermaßen in einander ein:

Die Zunge wird durch das Anblaſen in Schwingung verſetzt und bewirkt hierdurch ein abwechſelndes Schließen und Öffnen der Öffnung des Mundſtücks, wodurch eine der Zahl der Schwingungen der Zunge entſprechende Zahl Luftſtöße hervorgebracht wird. Durch die Schwingung der Zunge wird zugleich die in der Röhre befindliche Luftſäule in ſogenannte **ſtehende Schwingung** *) verſetzt, und ſchwingt nun mit der Zunge zu-

---

*) Eine **ſtehende Schwingung** iſt eine ſolche, in welcher ſich Maxima der

gleich. Nun würden Zunge und Luftſäule, wenn man ſie für ſich tönen ließe, jedes ihre beſondere Schwingungszahl haben, indem dieſe von den beſonderen Dimenſionen der Zunge und Röhre abhängen; läßt man ſie aber in der Zungenpfeife durch Anblaſen derſelben zuſammenſchwingen, ſo wirken ihre Schwingungen wechſelſeitig ſo auf einander ein, daß ſie ſich zur Gleichheit accommodiren, wenn ſie auch für ſich ſehr verſchiedene Schwingungszahlen haben würden. Dieſer Umſtand ſchließt folgende drei Fälle ein, welche ſich ſämmtlich in der Erfahrung wieder finden.

1) Bloß die Zunge ändert die ihr an ſich zukommende Schwingungszahl, um ſie der Luftſäule anzupaſſen, während die eigenthümliche Schwingungszahl der Luftſäule dieſelbe bleibt, als ihr nach Maßgabe ihrer Länge und Elaſticität zukommt.

2) Es findet der umgekehrte Fall Statt.

3) Sowohl Zunge als Luftſäule ändern die ihnen für ſich zukommende Schwingungszahl, um eine dritte gemeinſchaftliche Schwingungszahl anzunehmen.

Der erſte Fall findet dann Statt, wenn die Röhre der Zungenpfeife eine ſolche Länge hat, daß ſie bei der Abtheilung (nach Satz 5. S. 325) keinen Reſt läßt und man ſie ſtark anbläßt. Dann nämlich iſt der Ton ſtets einer derer, die eine gedeckte Röhre von gleicher Länge mit der Zungenpfeife zu geben vermag *), und unterſcheidet ſich entweder um eine Octave, Quarte, Terz oder andere Intervalle (S. 320) von dem eigenthümlichen Tone, den die Zunge für ſich zu geben vermöchte. Hier alſo, wo der Ton der ganzen Zungenpfeife derſelbe als der Ton der abgeſonderten Röhre iſt, hat der letztere die Zunge genöthigt, ihre Schwingungen zur Gleichheit mit denen der abgeſonderten Röhre zu accommodiren.

Auch dann, wenn die Röhre eine ſolche Länge hat, daß bei der Abtheilung nach Satz 2. S. 318 ein Reſt bleibt, der über ¾ beträgt, findet der erſte Fall noch Statt. Dagegen wird der zweite Fall Statt finden, wenn hierbei (Satz 1. S. 318) ein Reſt bleibt, der unter ¼ beträgt; endlich der dritte Fall, wenn der Reſt zwiſchen ¼ und ¾ fällt.

Es könnte zweifelhaft ſcheinen, ob die Luft in Zungenpfeifen überhaupt in ſtehende Schwingung geräth, da der Ton derſelben allein ſchon durch die raſche Folge von Luftſtößen, welche von ihr aus in die äußere Atmoſphäre heraustreten, erklärlich wird, unabhängig von ſtehenden Schwingungen der in ihr enthaltenen Luftſäule. Mit anderen Worten, da ein

---

Schwingungen und Schwingungsknoten bilden und wo die Geſchwindigkeit der Schwingungen von der Größe der ſchwingenden Abtheilungen abhängt, wie dies bei tönenden Saiten und Labialpfeifen der Fall iſt; bei bloßen Wellenbewegungen, wie ſie die Wellen darſtellen, die ein ins Waſſer geworfener Stein hervorbringt, oder den Schallwellen, welche den Ton durch die Luft zu unſerem Gehör fortpflanzen, finden keine Schwingungsknoten Statt.

*) Durch das ſtarke Anblaſen wird die Röhre der Zungenpfeife wirklich zu einer gedeckten, indem dann die Zunge ſo weit in das Loch hineingedrückt wird, daß ſie auch beim Schwingen daſſelbe beſtändig verſchließt.

Ton ſchon entſtehen muß, wenn aus Zungenpfeifen eine ſchnelle Folge von Luftſtößen hervorbringt, ſo ſcheint es nicht nöthig anzunehmen, daß die Luftſäule in der Röhre noch beſondere Schwingungen mache, welche mit dieſem Tone harmoniren, und es ſcheint dies für den erſten Anblick um ſo unnöthiger, da ſich jedenfalls durch Erfahrung nachweiſen läßt, daß, wenn auch Schwingungen der Zunge und Luftſäule wirklich Statt finden ſollten (was bei erſterer unzweifelhaft iſt), doch der ſtarke und volle Ton nicht unmittelbar von ihr, ſondern in der That von den Luftſtößen abhängt.

Zum Belege dieſes letzten Umſtandes läßt ſich Folgendes anführen (Pogg. XVI. 421).

1) Der ſtarke und volle Ton der Zungenpfeife kann nicht von den Schwingungen der Zunge abhängen: denn man kann eine abgeſonderte Zunge für ſich durch Streichen mit dem Violinbogen in die heftigſten Schwingungen verſetzen, ihr Klang wird nur ſchwach, nur ganz nahe hörbar und weit weniger voll und weniger ſtark ſein, als der Ton der Zungenpfeife, welche angeblaſen wird.

2) Er kann auch nicht von den Schwingungen der Luftſäule abhängen, denn man kann die Luftſäule ganz weglaſſen, und von der Röhre, welche vorher die Luftſäule einſchließt, bloß den Rahmen, welcher die Zunge zunächſt umgiebt, übrig laſſen. Umſchließt man dann dieſen Rahmen rings an ſeinen Rändern mit den Lippen und bläſt (wie bei der ſogenannten Mundharmonica), ſo entſteht ein Ton, der ſeiner Höhe nach faſt derſelbe, ſeinem Klange nach aber völlig derſelbe iſt, als wenn eine kürzere Luftſäule mitſchwänge.

Es bleiben ſomit nach letzterm Verſuche bloß die in raſcher Folge ſich ſuccedirenden Luftſtöße übrig, die durch abwechſelndes Durchlaſſen und Intercipiren des Luftſtroms hervorgebracht werden, welche man als nächſte Urſache des Tones in den Zungenpfeifen anſehen kann.

Allein darin zeigt ſich der Einfluß und das Vorhandenſein von Schwingungen der Luftſäule ebenſowohl als der Zunge, daß dadurch die Schnelligkeit, in der ſich jene Luftſtöße ſuccediren, auf gewiſſe Weiſe regulirt wird. Wären keine Schwingungen der Luftſäule vorhanden, ſo müßte der Ton der Zungenpfeife immer derſelbe ſein, als der der Zunge für ſich, indem dann die Interceptionen des Luftſtroms der Zahl der Schwingungen der abgeſonderten Zunge jedenfalls entſprechen würden; allein die Erfahrung hat gelehrt, daß unter vielen Umſtänden der Ton ein ganz anderer ſei, als der Zunge für ſich zukommt; dies ſetzt einen Einfluß voraus, welcher die Zunge nöthigt, die ihr eigenthümliche Schwingungszahl, von welcher die Zahl der Interceptionen des Luftſtroms abhängt, zu ändern; und dieſer Einfluß kann in nichts Anderm als in Schwingungen der Luftſäule geſucht werden, da wir finden, daß bei ſucceſſiver Verlängerung einer Zungenpfeife eine analoge periodiſche Wiederkehr von Erſcheinungen eintritt, als wir bei Verlängerung einer Labialpfeife wahrnehmen, worin unbezweifelt ſtehende Schwingungen Statt finden.

Nicht alſo die ſchwingende Zunge ſelbſt giebt den Ton und erregt die Schallwellen, die ſich von der Zungenpfeife zu uns verbreiten, ſondern die Luft; nicht aber die ſchwingende Luft in der Röhre der Zungenpfeife, ſondern der periodiſch gehemmte, ſtoßweiſe hervorbringende Luftſtrom. Die Zunge aber regulirt die Stöße des Luftſtroms, beſtimmt die Zeiträume, die von Stoß zu Stoß verfließen; und die Dauer der durch dieſe Stöße in der äußern Luft hervorgebrachten Schallwellen wird ſo der Dauer der Zungenſchwingungen gleich gemacht. Die Dauer dieſer Zungenſchwingungen aber hängt nicht allein von der eigenthümlichen Elaſticität und den Dimenſionen der Zunge, ſondern auch von dem Einfluße ab, den die Schwingungen der Luft in der Röhre auf die Zunge äußern.

Die wahre naturgemäße Verſtellung von dem Ineinandergreifen und Aufeinanderwirken der verſchiedenen Elemente, die bei der Tonerregung durch eine Zungenpfeife in Betracht kommen, läßt ſich hiernach in folgende drei Sätze zuſammenfaſſen:

1) der volle und ſtarke Ton der Zungenpfeife iſt die unmittelbare Folge von Luftſtößen;
2) die Zahl der Luftſtöße in einem beſtimmten Zeitraume, z. B. in 1 Secunde, iſt die unmittelbare Folge der Schwingungen der Zunge;
3) die Zahl der Schwingungen der Zunge in einem beſtimmten Zeitraume, z. B. in einer Secunde, iſt die unmittelbare Folge eben ſowohl ihrer eigenthümlichen Elaſticität, als auch des abwechſelnd zu- und abnehmenden, auf ſie wirkenden Druckes der benachbarten, in der Röhre ſchwingenden Luft.

Weber vergleicht auf intereſſante Weiſe die, in Abhängigkeit von der Zunge ſchwingende und auf deren Schwingungen zurückwirkende, Luftſäule der Zungenpfeifen mit einer Pendelkugel, deren Faden mit ſeinem obern Ende an die Kugel eines andern Pendels geknüpft iſt. Daniel Bernoulli und Euler [*] haben bewieſen, daß hier in gewiſſen Fällen beide Kugeln auch pendelartig ſchwingen und jede Schwingung gleichzeitig beginnen und endigen können. Wie leicht zu erachten aber wird, wenn man den Faden der untern Kugel durchſchneidet, der obere noch allein, nach einem von der Länge ihres Fadens abhängigen, Tacte fortſchwingen, gerade wie die Zunge der Zungenpfeife auch nach Entfernung der Luftſäule noch für ſich fortzuſchwingen vermag, nach dem von ihrer Elaſticität abhängigen Tacte; dagegen die Schwingung des untern Pendels wie die Luftſäule in der Zungenpfeife nur in ihrer Verbindung reſpectiv mit dem obern Pendel und der Zunge Statt finden und, hiervon getrennt, einer neuen Aufhängung oder bewegenden Urſache bedürfen würde, um in Schwingung gerathen zu können.

---

[*] Commentar. Petrop. T. VI. p. 108. Acta Petrop. pro anno 1779. pars prior p. 60.

Formeln für die Zungenpfeifen [*]).

Weber hat aus den Schwingungsgeſetzen elaſtiſcher Platten und Luftſäulen und dem Umſtande, daß ſich, der Erfahrung zufolge, in Zungenpfeifen beide zur Gleichheit accommodiren, die Formel abgeleitet, nach welchen ſich der Ton einer gegebenen Zungenpfeife aus der Beſchaffenheit der Zunge und Röhre ableiten läßt, eine Formel, welche zugleich die Beziehung des Tons der Zungenpfeife zur Schallgeſchwindigkeit enthält und zur Berechnung letzterer aus erſterer dienen kann.

Es ſei:

n die Zahl der Schwingungen der iſolirten Platte oder Zunge in einer Secunde.

n' die Zahl der iſochroniſchen Schwingungen der Platte und Luftſäule, welche den Ton der Zungenpfeife beſtimmt.

$\mathfrak{L}$ die Geſchwindigkeit des Schalls in 1 Sec.

$\mathfrak{g}$ der Fallraum in der erſten Secunde $=$ 2174 Lin nach Borda;

k das Verhältniß der Druckeszunahme zur Dichtigkeitszunahme in einer Schallwelle $=$ 1,375 nach Gay-Luſſac und Welter;

l die Länge der Zungenpfeife;

p das Gewicht eines Queckſilberprisma's, das die Flächeneinheit zur Baſis, die Barometerhöhe beim mittlern Druck der Luftſäule zur Höhe hat;

q das Gewicht, welches der elaſtiſchen Kraft der Platte, wenn ſie um die Längeneinheit von der Lage des Gleichgewichts entfernt wäre, auf einer Strecke von der Größe der Flächeneinheit das Gleichgewicht hielte, unter der Vorausſetzung, daß die elaſtiſche Kraft der Platte ihrer Entfernung von der Lage des Gleichgewichts ſtets proportional bleibe.

μ die Oberfläche des ſchwingenden Theils der Platte, dividirt durch den Querſchnitt der Luftſäule [**]);

$\pi = 3{,}14159\ldots$;

ϱ das Gewicht eines Stückes der Platte von der Größe der Flächeneinheit.

$$n = \frac{2\mathfrak{g}\,\mu\,p}{\pi\,\varrho}$$

ſo hat man

---

[*]) Pogg. XVII. 193.

[**]) Es muß bemerkt werden, daß dieſer Werth von μ eigentlich nur für den Fall ganz genau wäre, wo alle Puncte der Zunge beim Schwingen gleiche Excurſionen machten, mithin für den idealen Fall, wo eine der Länge der Zungenpfeife parallele Platte oder Zunge beim Hin- und Zurückoscilliren ihr parallel bliebe, was begreiflich bei den wirklichen Zungen, die an einem Ende befeſtigt ſind und bloß mit dem freien Ende ſchwingen, nicht der Fall iſt. Indeß hat die Vergleichung der Reſultate obiger Formel mit der Erfahrung gelehrt, daß man die Reſultate der letztern wirklich mit genügender Genauigkeit repräſentirt, wenn man für μ den nach oben beſtimmten Werth bei unſeren Zungenpfeifen ſetzt. (Vgl. Pogg. XVII. S. 221 ff.)

$$n n = n' n' + \frac{a k n'}{\Omega} \text{ tang } \frac{\pi l n'}{\Omega}\,^{*)}$$

Daß dieſe Formel der Erfahrung entſpricht, hat Weber dadurch bewährt, daß er einmal Ω, das andere mal n aus den übrigen bekannten Elementen für gegebene Zungenpfeifen aus der Formel berechnete und die ſo erhaltenen Werthe in hinreichender Annäherung übereinſtimmend mit der Formel fand.

Um aus der vorſtehenden Formel die Formel für Beſtimmung der Schallgeſchwindigkeit aus dem Tone und der Beſchaffenheit der Zungenpfeifen herzuleiten (S. 249), iſt in Betracht zu ziehen, daß, je mehr ſich der Bogen $\frac{\pi l n'}{\Omega}$ einem Quadranten nähert oder, mit andern Worten, je näher Ω dem Werthe $2 l n'$ kommt, der für gedeckte Röhren bei vernachläſſigtem Einfluß des Mundſtückes gilt, deſto weniger unterſcheidet ſich

$$\text{tang. } \frac{\pi l n'}{\Omega} \text{ von } \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi l n'}{\Omega}\right)^{-1\,**)}$$

ſetzt man aber tang. $\frac{\pi l n'}{\Omega}$ dieſem Werthe gleich, ſo ergiebt ſich für Ω der auf S. 249 angeführte Werth, ſo daß

$$\frac{2 a k n'}{\pi (n n - n' n')}$$

die bei der, aus Zungenpfeifen berechneten, Geſchwindigkeit des Schalles anzubringende Correction wegen Einfluſſes des Mundſtückes iſt.

Man kann auch die obige Formel brauchen, um den Werth von k aus Verſuchen mit Zungenpfeifen herzuleiten. Man hat nämlich

$$k = \frac{(n n - n' n')\,\Omega}{a n' \text{ tang. } \frac{\pi l n'}{\Omega}}$$

Da der Factor k der Differenz $n n - n' n'$ direct und der tang. $\frac{\pi l n'}{\Omega}$ umgekehrt proportional iſt, ſo hat man hierzu ſolche Verſuche zu wählen, wo die Differenz $n n - n' n'$ von bedeutender Größe und der Bogen $\frac{\pi l n'}{\Omega}$ beträchtlich kleiner als 1 Quadrant, d. i. $l n'$ kleiner als $\frac{1}{2}$ iſt. Nach Berechnung zweier Verſuche fand Weber ſolchergeſtalt

$$k = 1{,}372,$$

---

*) In dem Falle, wo die Außenſeite der Platte anſtatt mit einem Behälter von verdichteter Luft, wie wir hier ſtets vorausſetzen, vielmehr mit einem von verdünnter Luft communicirte, würde man bloß nöthig haben, das Zeichen + im zweiten Gliede der Gleichung, in das Zeichen − zu verwandeln.

**) Bei völliger Gleichheit von Ω und $2 l n'$ nämlich würde

$$\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi l n'}{\Omega}\right)^{-1} = \infty \text{ ſein.}$$

was mit dem, nach Laplace's Theorie aus den Verſuchen von Gay-Luſſac und Welter berechneten, Werthe 1,375 merklich übereinſtimmt. A wurde hierbei zu 1063 Par. Fuß (für 27° C.?) angenommen.

Compenſirte Orgelpfeifen, von W. Weber*).

Weber ſetzte ſich die Aufgabe, Orgelpfeifen aufzuſtellen, welche, wie ſchwach oder ſtark auch der Luftſtrom ſein mag, der den Ton in ihnen erzeugt, dennoch immer genau dieſelbe Tonhöhe behalten. Die Löſung dieſer Aufgabe iſt nicht nur von Wichtigkeit für manche akuſtiſche Unterſuchungen, indem ſie Töne von unveränderlicher Höhe verſchafft, ſondern verſpricht auch Nutzen für die Ausübung der Muſik, inſofern die Orgel bis jetzt noch an der Mangelhaftigkeit litt, daß die Töne derſelben nicht ohne Änderung der Höhe allmälig anwachſen und abnehmen können.

Folgende Betrachtungen führten Weber zur Löſung dieſer Aufgabe:

Es iſt bekannt, daß der Ton einer angeſchlagenen Stimmgabel im erſten Augenblicke etwas tiefer iſt, als gegen das Ende, wo die Schwingungsbahnen ihrer Theilchen ſehr klein geworden ſind. „Der Ton der verhallenden Stimmgabel", ſagt man, „zieht ſich etwas in die Höhe". Eben ſo zieht ſich der Ton jeder verhallenden Saite etwas in die Höhe. Überhaupt iſt es eine Eigenthümlichkeit aller transverſalſchwingenden Körper, daß ihr Ton etwas tiefer bei ſtärkerer, etwas höher bei ſchwächerer Schwingung iſt. Die umgekehrte Eigenthümlichkeit haben aber alle longitudinalſchwingenden Körper, und im höchſten Grade findet ſie ſich bei longitudinalſchwingenden Luftſäulen; denn ſtatt, wie die transverſal (durch Beugung) ſchwingenden Körper bei Verſtärkung der Schwingungen tiefer zu tönen, tönen longitudinal (durch Verdichtung und Verdünnung) ſchwingende Körper dabei höher. „Der Ton eines Blasinſtruments", ſagt man, „wird durch ſtärkeres Blaſen in die Höhe getrieben". In beiden Fällen, bei Longitudinalſchwingungen und bei Transverſalſchwingungen, wird alſo der Ton in ſeiner Höhe geändert, aber auf eine entgegengeſetzte Weiſe.

Wäre es nun alſo möglich, eine tönende Metallplatte, welche transverſal ſchwingt, und eine tönende Luftſäule, welche longitudinal ſchwingt, in eine ſolche Verbindung und Wechſelwirkung mit einander zu bringen, daß ſie nur beide gleich ſchnelle und gleichzeitige Schwingungen machen könnten, ſo wäre es auch möglich, aus ihnen ein muſikaliſches Inſtrument zuſammenzuſetzen, welches ſeinen Ton gar nicht ändert, während man ihn ſchwächer oder ſtärker erregt. Dies nun iſt wirklich der Fall bei den compenſirten Pfeifen Weber's.

Schon bei der gewöhnlichen Zungenpfeife mit freiſchwingender durchſchlagender Zunge iſt eine transverſalſchwingende Metallplatte mit einer in einer Röhre eingeſchloſſenen longitudinalſchwingenden Luftſäule auf dieſe Weiſe verbunden. Denn wenn auch jeder von dieſen beiden Körpern, aus welchen dieſes Inſtrument zuſammengeſetzt iſt, die transverſalſchwingende Metallplatte und die longitudinalſchwingende Luftſäule, ſo beſchaffen iſt, daß jeder von ihnen, einzeln und allein ſchwingend, eine andere Zahl von Schwingungen, und alſo einen andern Ton hervorbringt, ſo ſind ſie doch in dieſem Inſtrumente ſo mit einander verbunden, daß ſie dennoch nur gemeinſchaftlich irgend einen dritten Ton, und alſo nur eine dritte Zahl von Schwingungen hervorbringen können.

---

*) Pogg. XVI. 193.

Unter beſtimmten Verhältniſſen nun wird die in der Röhre dieſes Inſtruments eingeſchloſſene Luftſäule genöthigt, ihre Schwingungen bedeutend zu ändern und faſt ganz der transverſalſchwingenden Metallplatte nachzugeben. In dieſem Falle wird der Ton der Zungenpfeife durch Verſtärkung tiefer. Unter beſtimmten anderen Verhältniſſen dagegen wird die Metallplatte genöthigt, ihre Schwingungen beträchtlich zu ändern und den Longitudinalſchwingungen der Luftſäule nachzugeben. In dieſem Falle wird der Ton der Zungenpfeife durch Verſtärkung erhöhet. Es giebt aber auch endlich einen dritten zwiſchen beiden in der Mitte liegenden Fall, in welchem die transverſalſchwingende Metallplatte den Ton der Zunge um eben ſo viel vertieft, als die longitudinalſchwingende Luftſäule ihn erhöht, und dies iſt der Fall der Compenſation, welche Weber zu erreichen beabſichtigte.

Durch Beobachtung und Berechnung nun iſt es Weber'n gelungen, für jeden gegebenen Ton im Voraus die Dicke und Länge der Metallplatte bei einem beſtimmten Metalle, z. B. bei Meſſing, und die Länge der Röhre, wie auch die übrigen Dimenſionen der beiden gemeinſchaftlich ſchwingenden Körper anzugeben, ſo daß, wenn ein Inſtrument nach dieſen Vorſchriften von einem geſchickten Mechanicus genau verfertigt wird, es nicht allein einen beſtimmten Ton unſerer Scale geben, ſondern zu gleicher Zeit compenſirt ſein wird.

Weber theilt folgende 5 Beiſpiele compenſirter Orgelpfeifen mit:

Fünf Beiſpiele compenſirter Orgelpfeifen.

Zur Hervorbringung folgender Töne ſind	folgende Schwingungen in 1 Sec. erforderlich.	Die Meſſingplatten würden bei folgenden Dicken außer der Zungenpfeife	folgende Schwingungen in 1 Secunde machen.	Die Luftſäulen würden bei folgenden Längen der Röhren außer der Zungenpfeife	folgende Schwingungen in 1 Secunde machen.
as	406,40	$0^{\text{lin.}}$,1815	424,12	$102^{\text{lin.}}$,61	720,44
a	430,56	0,1933	451,77	102,57	720,97
b	456,15	0,2059	431,22	101,95	725,18
h	485,27	0,2192	512,28	100,72	733,66
$\overline{c}$	512,00	0,2333	545,50	98,64	748,50

Werden die in dieſer Tabelle ſich entſprechenden Meſſingplatten und Luftſäulen mit einander zu Zungenpfeifen verbunden, ſo erhält man compenſirte Orgelpfeifen, welche genau folgende Töne geben:

as, a, b. h, $\bar{c}$.

Später hat **Weber** zu der vorigen Compenſation noch eine andere gefügt *), welche nämlich die Temperatur betrifft, indem durch dieſe Compenſation erreicht wird, daß eine Reihe von Zungenpfeifen, welches auch ihre gemeinſchaftliche Temperatur ſein mag, ihre Schwingungsverhältniſſe unveränderlich erhält und nie eine Verſtimmung der Tonverhältniſſe durch die Temperatur bei ihnen veranlaßt wird.

Die Bedingung, welcher Zungenpfeifen genügen ſollen, damit ſie auf dieſe Weiſe compenſirt ſind, iſt folgende:

$$\frac{A}{A\Omega + 2n} = \text{Const.}$$

$$\text{wo } A = \frac{ak}{\Omega^3}\left(\text{tang.}\ \frac{\pi l n'}{\Omega} + \frac{\pi l n'}{\Omega}\ \sec^2\ \frac{\pi l n'}{\Omega}\right)$$

Die Buchſtaben haben dieſelbe Bedeutung als in der Formel S. 329, aus der dieſe Formel hergeleitet iſt.

Wäre der Werth von $\frac{A}{A\Omega + 2n}$ nicht conſtant, ſondern bei einer höhern Zungenpfeiſe $= \alpha$, bei einer tiefern $= \beta$, ſo würde ihr Intervall $= \nu$ bei jeder Temperazurerhöhung $= dt$ um $d\nu$ ſich ändern, und zwar iſt dann

$$d\nu = \nu\,(\alpha - \beta)\,\frac{1{,}89\ .\ dt}{\sqrt{1 + 0{,}00375\ .\ t}}$$

Dieſer Werth von $d\nu$ drückt die Verſtimmung aus, welche das Intervall zweier beliebiger nicht compenſirter Zungenpfeifen bei jeder Temperaturveränderung erleidet.

Conſtruction einer Zungenpfeife zu akuſtiſchen Verſuchen, namentlich zur Erlangung eines Normaltons.

Es iſt in mehrfachem Bezuge ſehr wünſchenswerth, ein Inſtrument zu beſitzen, mittelſt deſſen ſich ein in der Höhe ſtets gleich bleibender Ton, bei allen Änderungen ſeiner Stärke, erhalten läßt. **Weber** empfiehlt hierzu **) ganz beſonders eine compenſirte Orgelpfeife von gehöriger Einrichtung, zu deren Conſtruction er folgende Regeln giebt.

Sie beſteht im Weſentlichen aus einem Luftkanale a b (Fig. 54.), der an dem einen Ende a offen, am andern b verſchloſſen, und rings mit ſehr ſoliden Wänden, z. B. aus 3 bis 4 Linien dickem Holz oder Metall, umſchloſſen iſt. Die feſte Wand fehlt an einer Stelle c d. Statt ihrer iſt daſelbſt eine elaſtiſche Platte von Metall angebracht, die nur mit ihrem

---

*) Pogg. XVII. 244.

**) Pogg. XVI. 193.

Ende d durch Verbindung mit der dicken unerſchütterlichen Wand d e der Röhre fixirt iſt. Mit den übrigen Rändern kann ſie ſich frei bewegen, ungeachtet ſie die Öffnung c d ſehr genau verſchließt. Die nähere Beſchreibung iſt folgende:

1) *Luftcanal der Zungenpfeife.* Man kann cylindriſche, aber auch eben ſo gut rechtwinklicht prismatiſche Röhren anwenden, und man hat dann ſogar den doppelten Vortheil, daß die Luftſchwingungen in dieſer Röhre, weil alle Schnitte ſenkrecht auf die Platte gleich ſind, noch einfacher werden, und zugleich durch das Verhältniß der Breite und Dicke der Röhre, die Stärke und der Klang (timbre) des Tones moderirt werden kann. — Die Wände müſſen, damit ſie nicht an den Schwingungen der Luft Theil nehmen, ſehr dick, z. B. 5 bis 6 Linien dick, gemacht werden. Dieſe Röhre kann von Holz oder Metall ſein. Die Ränder aber, welche die Stelle begränzen, wo die elaſtiſche Platte eingeſetzt werden ſoll, müſſen von Metall, ganz eben und parallel gearbeitet ſein. Im Zuſtande der Ruhe berührt dieſe elaſtiſche Platte c d dieſe Ränder nur bei d.

2) *Die elaſtiſche Platte der Zungenpfeife.* Die elaſtiſche Platte c d der Zungenpfeife muß aus einem ſehr elaſtiſchen, gleichartigen, ſchwer oxydirbaren Metalle, wie Meſſing oder Neuſilber, oder einer Legirung von Silber und Kupfer, verfertigt werden. Alle ihre Oberflächen müſſen eben und parallel ſein. Für den Ton eingeſtrichen ā kann ſie ¼ Linie dick, 6 bis 8 Mal breiter und 36 Mal länger ſein. Am beſten iſt es, wenn ſie eben ſo breit wie der Luftcanal gemacht wird, ſo daß ſie vollkommen den Luftcanal ſchließen kann, ohne eine Friction an den Rändern ſeiner Wände zu erleiden.

Wendet man indeß cylindriſche Röhren an, ſo muß man die Breite der elaſtiſchen Platte etwas kleiner als den Durchmeſſer der Röhre machen. Die Befeſtigung der Platte an eine ſolche cylindriſche Röhre beſchreibt *Weber* folgendermaßen*):

Die cylindriſche Röhre iſt an der Stelle, wo die Wand fehlt, mit einem meſſingenen Rahmen verſehen, deſſen Ränder eben und abgeſchliffen ſind. Auf den einen der vier Ränder dieſes Rahmens wird die elaſtiſche Platte mit ihrem zu fixirenden Ende gelegt und daſſelbe mit einem Ringe befeſtigt, der durch eine Schraube an die obere Fläche der Platte gepreßt wird, ſo daß ſich das Ende der elaſtiſchen Platte von unten und oben zwiſchen dem Metallrahmen und Metallringe fixirt findet.

3) *Der Luftbehälter der Zungenpfeife.* Statt des Behälters von verdichteter Luft, wozu in Orgelpfeifen die mit dem Blaſebalge in Verbindung ſtehenden Windladen dienen, kann man ſich bei den Verſuchen gewöhnlich des Mundes bedienen; jedoch iſt eine Windlade mit Blaſebalg vorzuziehen, weil die Dünſte, die die ausgeathmete Luft enthält, die Wände der Röhre und die Flächen der Platte befeuchtet, und dieſe Feuchtigkeit die

---

*) Eine Abbildung hierzu ſ. in Pogg. XIV. Taf. VI.

Platte in ihrer Schwingung etwas beſchränken kann. Einer Windlade kann man auch eine beliebige Größe geben, und es iſt gut, daß dieſe nicht unbeträchtlich iſt, weil ſich dann die Verdichtung der Luft in ihr deſto gleichförmiger erhalten kann.

Zu bemerken iſt noch, daß, damit der Ton einer auf die beſchriebene Weiſe conſtituirten Zungenpfeife auch bei jeder Stärke des Anblaſens wirklich unabänderlich hoch bleibe, Platte und Luftſäule den Bedingungen der Compenſation genügen müſſen, wovon S. 330 die Rede geweſen iſt.

VII. Stimme und Gehör.

Über die Stimmwerkzeuge, von Granville *).

Dr. Granville, welcher 8 Jahre lang Arzt bei der Oper (in London?) geweſen iſt, hat folgende Bemerkungen gemacht: bei den Tenorſtimmen iſt das Zäpfchen dick und fleiſchig; das Entgegengeſetzte findet Statt bei den Sopranſtimmen, wie z. B. bei Madam Ronzi de Begnis, wo es außerordentlich dünn und am Ende ſpitzig iſt. Bei Madam de Begnis beſonders hat es die Geſtalt der Spitze eines gleichſchenklichen Dreiecks und kaum die Länge von $\frac{1}{10}$ Zoll. Dieſe Bemerkung hat er auch bei allen Altſtimmen gemacht.

Über den Mechanismus der menſchlichen Stimme beim Geſange, von Bennati **).

Von den Unterſuchungen Bennati's über dieſen Gegenſtand iſt nur erſt ein (günſtiger) Bericht Cuvier's an die franzöſiſche Academie bekannt, welcher folgendes enthält:

Man weiß ſchon ſeit langer Zeit, daß, wenn die Stimmritzenbänder die Hauptrolle ſpielen bei Hervorbringung der Stimme, andere Organe jedoch ſehr kräftig mitwirken zu Modification ihres Klanges und Tons. Ganz neuerdings hat Savart ſogar den Einfluß angegeben, den die Form der Mundhöhle und der darin befindlichen Organe darauf ausüben: jedoch hatte er dies nur ganz im Allgemeinen gethan. Bennati hat über dieſen Gegenſtand viel poſitivere Begriffe gegeben. Er hat erkannt, daß die hohen Töne, welche man mit dem Namen Falſet- oder Fiſtelſtimme belegt hat, faſt ganz im Rachen (détroit du gosier) gebildet werden, und daß das Gaumenſegel ſehr kräftig mitwirke zu ihrer Erzeugung.

---

*) Froriep's Notiz. Nr. 9. des XXIX. Bandes.

**) Schweigg. J. LIX. 200 oder Froriep's Notiz. Nr. 16. des XXVII. Bandes S. 241.

Der Einfluß dieſer Organe iſt ſo weſentlich, daß ſich durch bloße Beſchauung der Mundhöhle erkennen läßt, ob eine Perſon zum Singen hoher Töne organiſirt ſei oder nicht. Herr Bennati hat bemerkt, daß diejenigen Perſonen, welche eine Sopranſtimme haben, viel voluminöſere Zungen beſitzen als andere (der Unterſchied kann bis zum Dritttheil des Totalveſums und darüber ſteigen), und der Rachen iſt viel mehr entwickelt. Intereſſante Beobachtungen tragen dazu bei, die Meinung des Herrn Bennati zu unterſtützen. Ein Individuum, bei welchem man genöthigt war eine der Mandeln auszuſchneiden, verlor zwei Noten der natürlichen Stimme und gewann zu gleicher Zeit vier Noten der Fiſtelſtimme. In einem andern Falle wurden die Beobachtungen des Herrn Bennati mit glücklichem Erfolg angewandt zur Erkennung eines Abſceſſes, der ſeinen Sitz in einer der Mandeln hatte. Der Arzt, welcher die Exiſtenz deſſelben muthmaßte, ohne jedoch ſeiner Sache gewiß zu ſein, gerieth, den Anſichten des Herrn Bennati gemäß, auf den Einfall, den Kranken zur Ausſtoßung hoher Töne bei offenem Munde zu veranlaſſen. Während der Hervorbringung dieſer Töne wurden die Mandeln ſichtbar und die Krankheit außer Zweifel geſetzt.

Die genaue Kenntniß der zur Bildung der verſchiedenen Töne thätigen Organe erklärt die Verſchiedenheit der Krankheiten, denen die Perſonen, welche ſich zu häufigen Anſtrengungen beim Geſange hingeben, unterworfen werden können. Bei denen mit Baßſtimmen werden vorzüglich die unteren Theile der Bruſtorgane angegriffen, während die, welche gewöhnlich hohe Töne ſingen, in der Regel Beſchwerden in der Gegend des Rachens, im Gaumenſegel und in den benachbarten Theilen empfinden. Auch die Krankheiten, denen dieſe Perſonen in Folge angeſtrengter Geſangübungen unterworfen ſind, ergreifen beſonders die genannten Theile, und dies iſt der Grund, warum ſie bei letzteren gewöhnlich minder ſchwer ſind.

Über die größte, noch wahrnehmbare, Tonhöhe, von Savart *).

Die Hauptreſultate der nachfolgenden Unterſuchungen ſind:

1) Es können bei gehöriger Stärke noch Töne vernommen werden, die 48000 einfachen Schwingungen in der Secunde oder 24000 Schlägen (bei Anwendung der Sirene oder eines gezähnten Rades zur Tonerzeugung) entſprechen, und wahrſcheinlich würden ſich bei größerer Verſtärkung der Töne, als Savart anwandte, noch höhere Töne wahrnehmen laſſen.

2) Zwei auf einander folgende Schläge oder Stöße (äquivalent 4 auf einander folgenden Schwingungen) ſind (und zwar ſelbſt für die höchſten noch hörbaren Töne) ſchon hinreichend, einen vergleichbaren Ton

---

*) Ann. de Ch. et de Phys. XLIV. 337; oder Poggend. XX. 290; oder Baumg. Zeitſchr. IX. 118.

zu bilden, und die Zeit, welche zwiſchen den beiden Schlägen verfließt, bedingt den Grad der Höhe des Tons, ſo daß z. B. zwei Schläge, die in doppelt ſo großer Zwiſchenzeit erfolgen, die untere Octave geben u. ſ. f.

3) Die Dauer, die ein Ton haben muß, um gehört zu werden, iſt in demſelben Verhältniß kürzer, als der Ton höher iſt, denn die Zwiſchenzeit zwiſchen zwei auf einander folgenden Schlägen, die angegebenermaßen ſelbſt bei den höchſten Tönen noch hinreichend ſind, einen Ton zu bilden, nimmt in entſprechendem Grade ab.

4) Die Empfindung des Tons hält (analog wie beim Lichte) noch eine gewiſſe Zeit an, nachdem die Urſache deſſelben ſchon vorübergegangen iſt; die Länge dieſes Nachhaltens, oder wenigſtens die Beſtimmbarkeit dieſer Länge, hängt aber von zu vielen relativen Umſtänden ab, um etwas darüber feſtſetzen zu können.

Geſchichtliches. Über die Gränze der noch hörbaren hohen Töne hat aus Mangel hinreichend genauer Unterſuchungen bis jetzt nicht die mindeſte Übereinſtimmung Statt gefunden. **Chladni** nimmt an, daß noch Töne hörbar ſeien, die aus etwa 12000 einfachen Schwingungen in der Sec. entſpringen. **Biot** ſetzt dieſe Gränze auf den Ton einer offenen Pfeife von 18 Lin. Länge, welchem Tone er 8192 einfache Schwingungen beilegt. **Wollaſton** behauptet, niemals höhere Töne gehört zu haben, als die einer Pfeife von der Länge eines Viertelzolls; da er aber nicht ſagt, ob die Pfeife offen oder gedeckt war und welchen Durchmeſſer ſie hatte, ſo kann man nicht wiſſen, wie viele Schwingungen durch ſie hervorgebracht wurden. An einer andern Stelle ſagt **Wollaſton**, daß die höchſten Töne, welche man wahrnehmen könne, aus 600 bis 700 Mal ſchnellern Schwingungen hervorgingen, als die tiefſten noch hörbaren Töne. Nimmt man nun an, die letzteren entſprängen aus 30 einfachen Schwingungen in einer Secunde, ſo folgt daraus, daß, nach **Wollaſton**, die Gränze in der Höhe bei 18000 bis 21000 einfachen Schwingungen in der Secunde liege. Die Unbeſtimmtheit über dieſen Gegenſtand veranlaßte **Savart**, neue Verſuche darüber anzuſtellen.

Er wandte, um zur Beſtimmung der noch hörbaren höchſten Töne zu gelangen, theils longitudinalſchwingende, theils transverſalſchwingende Stäbe, theils Orgelpfeifen, theils endlich, da mittelſt dieſer Mittel keine bis zu hinreichenden Graden ſtarken Töne hervorgebracht werden konnten, das Mittel der gezähnten Räder an, wovon S. 251 die Rede war. Aus den Verſuchen mit letzteren ſind die Definitivreſultate abgeleitet; doch wird es nicht ohne Intereſſe ſein, auch die Verſuche mit erſteren Mitteln anzuführen.

Detail der Verſuche.

Zu Reſultat 1). **Savart** fand, daß nicht nur er ſelbſt, ſondern auch die meiſten Perſonen, noch ſehr deutlich die Töne eines longitudinalſchwingenden, an beiden Enden freien, Glascylinders von 3 Millimeter

Durchmeſſer und 159 Millimeter Länge zu hören vermochte, ungeachtet dieſe Töne das Reſultat von ungefähr 31000 Schwingungen in der Secunde ſind. Bei Anwendung noch dünnerer Glasſtäbe verſuchte Savart noch kürzere Längen derſelben, und beobachtete, daß, wenn ſie ungefähr 150 Millimeter Länge hatten, wo ſie mehr als 33000 einfache Schwingungen in der Secunde machen, der Ton bald gehört, bald nicht gehört wurde, was entweder von veränderlicher Empfindlichkeit des Ohres oder davon abhing, daß es nicht immer gleich gut gelang, den Stab in Erſchütterung zu verſetzen.

Savart verſuchte endlich, mittelſt transverſaler Erſchütterung kleiner, mit einem ihrer Enden in einem Schraubſtock befeſtigter, Stahlſtäbe zu demſelben Reſultate zu gelangen. Da der Stab eine ungleich geringere Maſſe beſaß und ſchwieriger zu erſchüttern war, ſo hatten die Töne eine geringere Intenſität, dennoch aber beobachtete Savart, daß man bei dieſem Verfahren ſelbſt Töne, entſpringend aus etwa 30000 bis 32000 einfachen Schwingungen in der Secunde, was jedoch nur annähernd iſt, hören konnte.

Mittelſt ſehr kleiner Luftſäulen, die nach Art der Orgelpfeifen in Schwingung verſetzt wurden, vermochte Savart nicht mit Sicherheit über 20000 einfache Schwingungen in der Secunde herauszuziehen, da jenſeits dieſes Punctes die Töne zwar noch hörbar, aber nur ſehr ſchwer unter den Umſtänden dieſer Erregungsart der Schwingungszahl nach vergleichbar ſind.

Aus dieſen erſten Verſuchen nun ſcheint hervorzugehen, daß das menſchliche Ohr keine Töne von mehr als etwa 32000 einfachen Schwingungen in der Secunde hören könne. Indeß in Betracht, daß, um dieſen Punct zu erreichen, Körper von ſehr unbedeutenden Dimenſionen angewendet werden müſſen, die folglich Schwingungen von ſehr kleiner Amplitude machen, ſuchte Savart ein anderes Mittel auf, mittelſt deſſen ſich Töne von beliebiger Höhe und größerer Stärke als im vorigen Falle hervorbringen ließen, welches er in der Anwendung der gezähnten Räder fand, wovon S. 251 die Rede war.

Da die erſten Verſuche mit Rädern von 24 bis 48 Centimentern Durchmeſſer, welche 360 bis 400 Zähne auf dem Umfange trugen, das Reſultat nicht weiter erhöhten, als ſchon die früheren Verſuche mit andern Verfahrungsarten, indem der Ton bei den Rädern von 48 Centimetern Durchmeſſer und 400 Zähnen bei 12000 bis 15000 Schlägen in der Secunde aufhörte, wahrnehmbar zu ſein, ſo wandte jetzt Savart einen andern Apparat an, deſſen gezähntes Rad 82 Centimeter im Durchmeſſer hielt und 720 Zähne im Umfang hatte.

Nun hörte man die Töne ſelbſt noch bei 24000 Schlägen in der Secunde, „und“, ſagt der Verfaſſer, „obgleich die Stärke des Tons, die bei 12000 bis 15000 Schlägen in der Sec. ſehr groß war, alsdann anfing bedeutend abzunehmen, ſo kann ich doch nicht ſagen, bei welchem

Puncte der Ton vollständig unwahrnehmbar geworden wäre, weil das Rad, mittelst dessen ich das gezähnte Rad in Bewegung setzte, nicht groß genug war, um die Umdrehungsgeschwindigkeit noch mehr zu erhöhen". Dieser Umstand verhinderte Savart, seine Versuche noch weiter zu treiben.

Zu 2) und 3). Gesetzt man habe ein Rad mit 1000 Zähnen besetzt, das sich in 1 Secunde einmal umdrehe. Man zeichne den Ton auf und nehme von der Hälfte des Umfangs die Zähne fort. Es ist klar, daß der Ton dadurch nicht geändert wird, weil in einer der halben Secunden genau dieselbe Anzahl von Schlägen geschieht, wie vor der Wegnahme der Zähne, nur wird auf den Ton eine Stille von ½ Secunde folgen, wenn der Eindruck auf das Gehörorgan nicht länger dauert, als die Thätigkeit der Ursache, die ihn hervorbrachte, wie auch die Erfahrung bestätigt. Es fragte sich nun, wie viel Zähne man so fortnehmen könne, ohne daß der Ton seine wesentlichen Eigenschaften verliere. Zu dem Ende verfertigte Savart ein Rad, dem sich nach Belieben alle Zähne nehmen und wieder geben ließen, und fand solchergestalt, daß, wie schnell sich auch das Rad drehte, und wie groß auch die Zahl der Zähne war, man sie doch alle bis auf zwei fortnehmen konnte, ohne daß der Ton bis zu dieser Gränze seine Höhe änderte, und daß es mit einiger Achtsamkeit immer möglich war, den Einklang mit ihm auf einem Instrumente herzustellen.

Läßt man auf dem Umfange des Rades nur einen einzigen Zahn stehen, so erzeugt der einzige Schlag, welchen man dann bei jedem Umlauf des Rades erhält, zwar immer noch einen Schall für sich, der aber nur dem vergleichbar ist, welchen z. B. auch ein einziger Hammerschlag hervorbringen könnte und derselbe bei größerer und kleinerer Umdrehungsgeschwindigkeit ist, da er nicht von der periodischen Wiederkehr des Schlages, sondern von den durch den einzigen Schlag hervorgebrachten Erschütterungen abhängt. Bloß, wenn das Rad mehr als 32 Umläufe in der Secunde macht, tritt eine zur Erzeugung eines anhaltenden Tons hinreichend rasche periodische Wiederkehr des Schlages von dem einen Zahne ein, und in der That hört man dann auch einen eigenthümlichen und aushaltenden Ton, der desto höher ist, je beträchtlicher die Zahl der Umläufe ist.

Zu 4). Gesetzt ein Rad drehe sich mit gleichförmiger und bekannter Geschwindigkeit, und man nehme ihm einen seiner Zähne, so ist klar, daß dadurch eine Unterbrechung in dem Tone entstehen wird, sobald die Empfindung nicht noch nach beendigter Wirkung der erzeugenden Ursache anhält; und, wenn sie eine mehr oder weniger lange Zeit hindurch anhält, wird man sie messen können durch die Zahl der Zähne, welche man fortnehmen muß, um die Unterbrechung wahrnehmbar zu machen. Indem Savart auf diese Weise verschiedene Versuche anstellte, erkannte er auf unzweideutige Weise, daß der Eindruck in der That noch einige Zeit anhält, nachdem die erzeugende Ursache nicht mehr wirkt; allein er findet es bis jetzt unmöglich, in dieser Beziehung zu genauen Bestimmungen zu gelan gen, weil der Eindruck allmälig erliſcht und man nicht ſagen kann, ob er noch beſteht oder völlig verſchwunden iſt. Überdies ſchien eine veränderliche Empfindlichkeit des Gehörorgans auch das Urtheil zu modificiren; denn nicht nur geſchah es mehrere Male, daß Savart, um die Unterbrechung wahrzunehmen, weit mehr Zähne wegnehmen mußte, als bei anderen Verſuchen, die er einige Stunden oder Tage vorher angeſtellt hatte, ſondern es fällten auch verſchiedene Perſonen faſt immer ein verſchiedenes Urtheil über dieſen Punct.

Über die geringſte, noch wahrnehmbare Tonhöhe, von Savart [*].

Bisher hat man gewöhnlich angenommen, daß die tiefſten, noch wahrnehmbaren Töne ſolche ſind, welche durch 32 einfache Oscillationen in der Secunde hervorgebracht werden. Aus den nachfolgenden Verſuchen Savarts erhellt jedoch, daß mit Hülfe eines tonerzeugenden Mittels, das auf das Gehör eine Folge von Eindrücken, deren jeder länger als $\frac{1}{16}$ Secunde dauert, hervorzubringen vermag, ſich noch Töne wahrnehmen laſſen, die ſieben bis acht Schlägen in der Secunde, was 14 bis 18 einfachen Oscillationen in der Secunde entſpricht, zugehören, und wahrſcheinlich würden ſich, wenn man die Savart'ſche Methode noch weiter triebe, als von ihm geſchah, noch tiefere Töne wahrnehmen laſſen, ſo daß hier keine Gränze Statt zu finden ſcheint.

Das tongebende Mittel, deſſen ſich Savart zu dieſen Verſuchen bedient [**]), beruht auf Folgendem:

Wenn ein Rad, das mehr oder weniger Speichen (rais) hat, gedreht wird, ſo pflanzt es der umgebenden Luft eine Bewegung nach derſelben Richtung, als es ſelbſt hat, ein. Wenn man nun, während die Luft ſich in dieſer Bewegung befindet, dem Rade in der Richtung einer ſeiner Radien den Rand einer dünnen Platte oder eines Kartenblattes nähert, deſſen Ebene ſenkrecht auf der des Radius iſt, ſo wird offenbar der Luftſtrom beim Vorbeigehen einer Speiche des Rades von dieſem Hemmniß momentan unterbrochen werden und die Luft bis zu der Zeit, wo das Vorbeigehen Statt findet, ſich oberhalb des Hinderniſſes zuſammendrücken und zugleich unterhalb deſſelben ausdehnen, nach geſchehenem Vorbeigehen aber die zuſammengedrückte Luft ſich ſofort in den erzeugten unvollkommen leeren Raum hineinſtürzen. Iſt nun die Drehungsgeſchwindigkeit hinlänglich groß, ſo wird durch dieſe plötzliche Bewegung der Luft ein ähnliches Geräuſch erzeugt, als beim Hineinſtürzen der Luft in ein Gefäß, welches mehr oder weniger verdünnte Luft enthält, entſteht, und da dieſer Umſtand ſich bei jeder Speiche wiederholt, ſo entſteht ſolchergeſtalt eine Aufeinanderfolge kleiner Exploſionen, deren Anzahl in zuſammengeſetztem Verhältniſſe zu der Zahl der Speichen und der Drehungsgeſchwindigkeit des Rades ſteht, und die, wenn ihrer eine hinlängliche Anzahl in einer Secunde Statt findet, einen anhaltenden Ton veranlaſſen, der eine große Intenſität erlangen kann, wenn man, anſtatt eines einzigen Hemmniſſes, deren 4 in einer und derſelben Diametralebene des Rades anbringt. — Durch mehrere Beobachtungen über die Wirkungsweiſe dieſes tongebenden Mittels fand Savart: 1) daß die Intenſität des Tons ſehr raſch mit der Länge der Speichen zunimmt; 2) daß, um recht ſcharfe (secs) und recht intenſive Schläge zu erhalten, die Kante (arête) der Speichen der Kante des Hemmniſſes (obturateur) im Augenblicke des Vorbeigehens parallel ſein muß, und der Rand des Hemmniſſes um nicht mehr als 1 Millimeter von der Ebene, in welcher das Rad ſich dreht, entfernt ſein darf; 3) endlich, daß die Schläge für eine gegebene Anzahl derſelben in beſtimmter Zeit um ſo intenſiver ſind, je kleiner die Anzahl der Speichen iſt, oder, was daſſelbe iſt, mit je größerer Geſchwindigkeit ſie begabt ſind.

---

[*]) Ann. de Ch. et de Phys. XLVII. 69.

[**]) Es iſt nicht unter den tongebenden Mitteln, die von S. 251 an aufgeführt worden ſind, namhaft gemacht, da mir die Abhandlung, wovon dies der Auszug iſt, nur eben erſt zu Händen gekommen iſt. P.

Der auf dieſe Umſtände gegründete Apparat, deſſen ſich Savart bedient, iſt nun folgendergeſtalt eingerichtet. Er beſteht aus einem Rade von 4½ Fuß Durchmeſſer, welches beſtimmt iſt eine Eiſenſtange von ungefähr 2½ Fuß Länge, 2 Zoll Breite und 6 Linien Dicke in Drehung zu verſetzen, durch welche in der Mitte ihrer Länge und ſenkrecht auf ihre breiteren Flächen eine Axe hindurchgeht, die ſich in Lagern (coussinets) dreht, die an einer ſehr feſten und ſchweren Bank (banc) befeſtigt ſind, auf welcher auch das große bewegende Rad angebracht iſt. Zu jeder Seite der Kreisebene, welche van der Stange beſchrieben wird, und in der Richtung einer ihrer Diametralebenen ſind zwei dünne Breter angebracht, welche auf den oberen Flächen der Bank ruhen und ſich den Flächen der Stange, die zwiſchen ihnen circuliren ſoll, mehr oder weniger nähern laſſen. Mittelſt eines Zählers, der an der Axe der Stange ſelbſt angebracht iſt, kann man die Zahl der Drehungen, die ſie in 1 Secunde macht, leicht beſtimmen. Offenbar iſt bei dieſer Anordnung die Anzahl der Schläge doppelt ſo groß, als die Anzahl der Umdrehungen, weil bei jeder halben Umdrehung des Rades ein Schlag entſteht.

Wenn das Rad ſich zu drehen anfängt und die Geſchwindigkeit nur noch klein iſt, hört man erſt von einander abgeſonderte Schläge, die ausnehmend ſchwachen Exploſionen gleichen, mit zunehmender Geſchwindigkeit aber nimmt die Intenſität der Schläge immer mehr zu, ſo daß man verſucht wird zu glauben, die Stange ſchlage gegen einen feſten Körper an, und zugleich hört man einen außerordentlich tiefen Ton, der zuerſt ſehr ſchwach vernommen wird, dann aber eine außerordentliche Intenſität erlangt, wenn die Schläge nahe genug auf einander folgen, daß der Eindruck, den ein jeder derſelben auf das Gehörorgan hervorbringt, eine hinreichende Zeit dauert, um eine genügende Superpoſition der einzelnen Schläge zu geſtatten. Inſofern aber bei dem beſchriebenen Apparate die

Anzahl der Umdrehungen nicht wohl über 25 bis 30 in der Secunde betragen konnte, wurde außer dem anhaltenden Tone immer noch jeder Schlag beſonders vernommen, ſo daß der Ton eine ſumſende Beſchaffenheit (son ronflant) hat *). Dabei iſt ſeine Intenſität ſo groß, daß alle Perſonen, die dieſen Verſuchen beiwohnten, darüber erſtaunt waren, und daß man es in einem ſehr großen Zimmer (pièce) unmöglich fand, das Geringſte vom Tone einer Orgel oder eines Baſſes oder von den Tönen der menſchlichen Stimme zu hören, während der Apparat im Gange iſt. Was den weſentlichen Punkt anlangt, genau zu beſtimmen, bei welcher Anzahl von Schlägen man den anhaltenden Ton zu hören anfängt, ſo wurden Verſuche darüber zu wiederholten Malen in Gegenwart einer großen Menge von Perſonen angeſtellt. Alle ſtimmten dahin überein, dieſe Gränze bei 7 bis 8 Schlägen in der Secunde feſtzuſetzen, welches 14 bis 16 einfachen Schwingungen in der Secunde entſpricht. Indeß kann dieſe Gränze nicht für abſolut angeſehen werden, denn bei einem Apparate von kleinerm Radius erſcheint der anhaltende Ton erſt bei einer viel größern Anzahl von Schlägen, ſo daß der Schluß nahe liegt, wenn die bewegliche Stange länger wäre, ſo würde vermöge der größern Stärke der Schläge der anhaltende Ton bei einer viel geringern Anzahl von Schlägen gehört werden.

Empfindlichkeit des Ohrs für Unterſcheidung der Töne.

Delezenne**) hat durch präciſe Verſuche ausgemittelt, welchen Grad von Empfindlichkeit das Ohr für die Unterſcheidung der Töne hat. Die Hauptreſultate ſeiner Unterſuchungen ſind folgende:

Das Ohr eines Künſtlers vermag ein Intervall von $\frac{1}{4}$ Comma $\left(\frac{81}{80}\right)^{\frac{1}{4}}$ das des bloßen Liebhabers von $\frac{1}{2}$ Comma $\left(\frac{81}{80}\right)^{\frac{1}{2}}$ bei dem Einklange zu unterſcheiden, doch müſſen die Töne abwechſelnd gehört werden; denn bei Vergleichung gleichzeitiger Töne vermag das Ohr noch größere Verſchiedenheiten zu ertragen.

Das Ohr (unſtreitig eines Künſtlers) iſt noch für ein Intervall von $\frac{1}{3}$ Comma bei der Octave empfindlich.

Bei der Quinte iſt das Intervall von $\frac{15}{100}$ Komma für den Künſtler und von $\frac{3}{10}$ Komma für Andere bemerklich, wonach alſo bei der Quinte kleinere Unterſchiede geſchätzt werden können, als bei der Octave.

Mehrere intereſſante, auf die Theorie der Muſik Bezug habende, Reſultate übergehen wir hier.

---

*) Bei Anwendung eines Rades von $2\frac{1}{2}$ Fuß Durchmeſſer, welches aus 8 Speichen beſteht und eine hinlängliche Geſchwindigkeit hat, um ungefähr 50 bis 60 Schläge in der Secunde hervorzubringen, ſind die Töne von bewundernswürdiger Rundung, Kraft und Reinheit, und man kann den anhaltenden Ton nicht mehr von den periodiſchen Schlägen, die ihn erzeugen, unterſcheiden.

**) Im Recueil des travaux de la soc. des sciences etc. de Lille. 1827; Auſzug im Bull univ. des sc. math. etc. XI. 275.

Dritter Abſchnitt.

Lehre von der gewöhnlichen Elektricität.

Erregung der Elektricität.

Elektricität durch Reiben von Porzellan.

Döbereiner *) hat gefunden, daß die zu pyropneumatiſchen Verſuchen beſtimmten Porzellanröhren, aus der Fabrik des Herrn Nathuſius auf Althaldensleben, beim Reiben mit einem ſeidenen Tuche weit ſchneller und ſtärker elektriſch werden, als die Glasröhren, und daß man mit der dadurch erregten Elektricität ſehr ſchnell kleine Leidener Flaſchen bis zur Selbſtentladung laden kann. Er empfiehlt daher ſolches Porzellan zu Elektriſirmaſchinen.

Elektricität durch Reiben des Tuches **).

Muret de Bore hat über die Elektricität, welche verſchieden gefärbte Tücher beim Reiben zeigen, einige intereſſante Beobachtungen gemacht. Er bemerkt u. a., daß die Elektricität bei erhöhter Temperatur ſich ſtärker entwickelt, ſo daß lichtblaue Tücher, die im Januar bei ſehr trockener Witterung, im Sonnenſcheine getrocknet, keine Elektricität zeigten, ſelbſt dann nicht, wenn ſie ſtark gerieben wurden, im Februar und März, dem warmen Sonnenſcheine ausgeſetzt, ſchon nach ganz gelindem Reiben ziemlich lange Funken gaben. Beſonders aber zeigten ſich in dieſer Zeit die ſchwarzen, rothen und dunkelblauen Tücher ſtark elektriſch. Ein bemerkenswerther Umſtand iſt, daß die eine Hälfte eines cochenillroth gefärbten Stückes Tuch, welches im Freien getrocknet worden war, Funken gab, während die andere Hälfte, die zu derſelben Zeit in einer dunkeln, durch erwärmte Luft geheizten, Trockenſtube getrocknet worden war, keine Elektricität wahrnehmen ließ.

Köchlin-Schouch ***) erzählt, daß in den Kattundruckereien bei trockener Luft bisweilen fußlange Funken vom Tuche der Druckwalzen auf genäherte Leiter überſpringen.

---

*) Schweigg. J. LXI. 281.

**) Ebend. LVI. 485.

***) Erdmann's J. III. 197.

Elektricität durch Erwärmen von Glas.

Das Glas ſcheint mit beſonderer Leichtigkeit Elektricität durch Erwärmung anzunehmen, ein Umſtand, auf den es ſehr wichtig iſt aufmerkſam zu machen, da gar manche für ſonderbar gehaltene Thatſachen hierdurch ihre Erklärung zu finden ſcheinen. Mehrere hierher gehörige Verſuche hat Matteucci *) angeſtellt, bei denen er den Erfolg allerdings einer elektriſirenden Eigenſchaft des Sonnenlichts beimißt, wo er jedoch, zuſammengehalten mit den nachher anzuführenden Erfahrungen von Muncke, unſtreitig auf Rechnung der Erwärmung durch die Sonne zu ſetzen iſt.

Matteucci ſetzte ein empfindliches Goldblattelektrometer mit Condenſator den Sonnenſtralen aus und bemerkte bald, daß die Blätter divergirten und zwar nach der Seite des Glasgehäuſes hin ſich öffneten, auf welche die Sonnenſtralen direct einwirkten, gleich als ob ſie von denſelben angezogen würden.

Er ſtellte einige Glastafeln an die Sonne und berührte ſie nach wenigen Minuten an verſchiedenen Stellen mit der Elektrometerkugel; es erfolgte deutliche Divergenz.

Auch wenn das Glas durch ſtarke Erhitzung von aller Feuchtigkeit befreit, dann unter einer, mittelſt Wärme und Chlorcalcium ausgetrockneten, Glocke der Wirkung der directen Sonnenſtralen ausgeſetzt wurde, zeigte es Elektricität, ſo daß alſo Verdampfung einer unmerklichen Waſſerſchicht hierbei nicht Schuld ſein konnte.

Nun behauptet allerdings Matteucci, daß, wenn er eine Glastafel mittelſt dunkler Wärme erhitzt hatte, nie eine Spur von Elektricität durch Prüfung mit dem Elektrometer daran wahrgenommen worden ſei, und ſchließt eben hieraus, daß es nicht die Wärme, ſondern das Licht der Sonnenſtralen iſt, welches das Glas elektriſch mache; indeß möchte dieſe negative Erfahrung Matteucci's nur beweiſen, entweder daß ſeine Prüfungsmittel nicht empfindlich genug waren, oder daß er die Erhitzung nicht unter hinreichend günſtigen Umſtänden vorgenommen hatte, da folgende Erfahrungen Muncke's **), bei Gelegenheit der S. 78 erwähnten Störungen, die er an ſeiner Drehwage beobachtete, gemacht, keinen Zweifel über die Fähigkeit der Wärme, das Glas elektriſch zu machen, übrig zu laſſen ſcheinen.

Als Muncke der gläſernen Halbkugel ſeiner Drehwage einen mit heißem Waſſer gefüllten Rumford'ſchen blechernen Würfel näherte, wurde das Glas in ſolchem Grade elektriſch, daß es nicht bloß eine ſchnelle horizontale Drehung des Wagebalkens bewirkte, ſondern ſogar das Kügelchen ſammt dem Wagebalken aus der Entfernung von 1 Zoll bis zum Anſchlagen anzog, in einigen Fällen ſogleich, in anderen erſt nach einem mehrere

---

*) Quat. J. N. S. Nr. XI. (Jul. Sept. 1829.) 173; Nr. XII. (Oct. Dec. 1829.) 420; oder Schweigg. J. LVIII. 67; LIX. 369.

**) Pogg. XX. 417; XXII. 210.

Secunden dauernden, Feſthalten abſtieß, nach einiger Zeit der Ruhe aus der ihm mitgetheilten Entfernung abermals anzog, kurz ihm genau die ſo characteriſtiſchen Bewegungen mittheilte, als ſie ein mit Elektricität geladener Conductor hervorbringt.

Übrigens überzeugte ſich Muncke, daß die erwähnten von der Wärme abhängigen Bewegungen des Wagebalkens nicht bloß wenn das Gehäuſe von Glas war entſtanden, ſondern auch, als er auf künſtliche Weiſe daſſelbe durch ein Gehäuſe von Eis bei ſtrenger Winterkälte, oder von Thon oder von Pappe erſetzte, ſo daß alſo auch dieſen Subſtanzen das Vermögen, durch Wärme elektriſch zu werden, zukommt, wiewohl in ſchwächerm Grade.

Muncke bemerkt, es habe ihm während der großen Hitze des Junius und Julius geſchienen, als habe eher eine Verminderung, als eine Vermehrung der elektriſchen Erregungsfähigkeit des Glaſes und Thones Statt gefunden; als beſonders merkwürdig aber erwähnt er den Umſtand, daß ſowohl beim Glaſe als auch beim Eiſe die Bewegungen des Wagebalkens erfolgten, wenn bei einer Temperatur von — 18° R. die Wärme im Saale um 3° bis höchſtens 5° von der äußern verſchieden war.

Analoge Beobachtungen als Muncke hat übrigens ſchon früher Pouillet *) gemacht, die Muncke bei dieſer Gelegenheit näher erörtert. Pouillet hing ſeine Strohhalme an einem Haare von hinlänglicher Elaſticität auf, um dieſe in einer gewiſſen Stellung zu erhalten, brachte dieſe Wagebalken unter die Glocke einer Luftpumpe und pumpte letztere bis zu 2 Millimeter Queckſilberhöhe aus, erwärmte ſie dann einſeitig von außen und beobachtete die hierdurch erzeugten Bewegungen der Strohhalme. Eine Wachskerze in 2 Fuß Abſtand verurſachte eine Abweichung des Strohhalms von ſeiner erſten Stellung; hauchte man auf die Glocke, ſo geſchah dieſes noch mehr; aber es war bald eine Anziehung, wenn der Strohhalm tief unten hing, bald eine Abſtoßung, wenn er hoch herauf hing, und wenn der eine Strohhalm in dem obern Theile der Glocke, ein anderer in dem untern aufgehängt war und man eine Stelle des Glaſes zwiſchen beiden erwärmte, ſo wurde jener abgeſtoßen, dieſer angezogen.

Pouillet nun leitet zwar die hier beobachteten Bewegungen von Strömungen der noch in der Glocke zurückgebliebenen verdünnten Luft ab, die durch die partielle Erwärmung entſtanden ſeien; indeß zeigt Muncke durch eine ausführliche Erörterung, daß durch ſolche Luftſtrömungen das Phänomen keineswegs erklärlich ſein würde.

Als beachtungswerth deutet übrigens Muncke bei Pouillets Verſuchen den Umſtand an, daß die Wirkung verſtärkt worden ſei, wenn man auf das Glas gehaucht habe; es ſcheint ihm dieß, in Verbindung mit der oben bemerkten Thatſache, daß die Austrocknung ſeiner Apparate in der Sonnenhitze die Empfindlichkeit derſelben zu mindern ſchien, dafür zu ſpre-

---

*) Journ. de Pharm. XIV. 150.

chen, daß Feuchtigkeit der Erregung der Thermoelektricität eher günſtig als hinderlich ſei.

Elektricitätsentziehung durch Flammen *).

Bonnycaſtle behauptet einen geladenen Elektrophordeckel in den Dampf von kochendem Waſſer eingeſenkt zu haben (es iſt nicht angegeben wie lange), ohne Verluſt von deſſen Elektricität **); desgleichen habe er den Wind eines Blaſebalgs 4 Secunden lang auf den Deckel getrieben, ohne daß er einen Verluſt erfahren habe; er glaubt daher, daß, wenn elektriſirte Körper bei Annäherung von Flammen oder ſtark erhitzten Körpern ihre Elektricität verlieren, dies nicht ſowohl auf einer leitenden Eigenſchaft von Dämpfen oder Luftſtrömungen beruhe, als darauf, daß ſehr ſtarke Erhitzung der Elektricität ein erhöhetes Ausſtrömungsvermögen ertheile. Zwar ſcheinen Bonnycaſtle's Verſuche nicht hinreichend, dieſen Umſtand zu beweiſen, indeß ſind ſie jedenfalls inſofern intereſſant, als ſie zeigen, daß die Temperatur des Verbrennens der Körper von Einfluß auf das Vermögen ihrer Flammen iſt, die Elektricität zu entziehen.

Verſuch 1. Der geladene Deckel eines Elektrophors ***) wurde 1 Minute lang $1\frac{1}{2}$ Zoll weit von der Flamme einer Kerze hingehalten, darauf ſofort dem Elektrometer genähert. Er hatte alle Elektricität verloren.

Verſuch 2. Der geladene Deckel wurde über eine zum dunkeln Rothglühen erhitzte Eiſenmaſſe von mehreren Pfunden Gewicht, wie zuvor, 1 Minute lang gehalten. Er ſchien bei Annäherung an das Elektrometer nichts von ſeiner Elektricität verloren zu haben.

Verſuch 3. Der Deckel ward über rothglühende Steinkohlen gehalten, von denen ſich einige in weißglühendem Zuſtande befanden. Seine Elektricität ging verloren.

Verſuch 4. Der Deckel ward über eine ähnliche Maſſe von Steinkohlen gehalten, von denen ſich keine über der dunkeln Rothglühhitze befand. Es fand kein Verluſt von Elektricität Statt.

Verſuch 5. Der Deckel ward über verſchiedene Flammen, namentlich von Schwefel, von Waſſerſtoff, über Platin, das durch einen Strom von Waſſerſtoffgas ins Weißglühen gebracht war, endlich über die Flamme von Alkohol gehalten. In allen Fällen, ausgenommen über der Flamme vom Schwefel, ging die Electricität gänzlich verloren. Die Flamme des Schwefels entzog zwar dem Deckel ſeine Elektricität, wenn ſie intenſiv genug war, um faſt weiß zu erſcheinen; beſchränkte ſich aber die Verbrennung nur auf eine kleine Stelle und war die Flamme ganz blau, ſo fand wenig Verluſt von Elektricität Statt.

---

*) Schweigg. LVIII 1[illegible].

**) Dieſer Verſuch ſteht unſtreitig ſo im Widerſpruche mit den bisherigen Annahmen, daß man ihm ohne Wiederholung keine Zuverläſſigkeit beimeſſen wird.

***) Oder einer geladenen Leidener Tafel. Es iſt nicht recht deutlich, was von beiden gemeint iſt.

Verſuch 6. Der Deckel ward über ein kleines Stück Steinkohle gehalten, von welchem ein Punct mit dem Löthrohre in Weißgluht erhalten wurde. Der Verluſt der Elektricität war vollkommen, welches zu beweiſen ſcheint, daß, wenn beim Schwefel eine kleine brennende Stelle nicht dieſelbe Wirkung als eine größere leiſtete, dies wohl von einer mindern Intenſität, mit der die kleine Stelle brennt, herrührt. Man ſtellt das Experiment am beſten ſo an, daß man ein ungefähr erbſengroßes Stück Steinkohle auf die Platte des Elektrometers legt und den geladenen Deckel darüber hängt. So lange die Steinkohle dem Verlöſchen nahe iſt, erfolgt keine Wirkung, ſo wie aber durch das Löthrohr ein glühender Punct daran hervorgebracht wird, divergiren die Blätter des Elektrometers und bleiben getrennt; und man wird finden, daß der Deckel alle Electricität verloren hat.

Die Elektricität entziehende Wirkung einer Lampe iſt ſo kräftig, daß ſich eine große Leidener Flaſche leicht in 6 Zoll Entfernung vom erſten Conductor einer Elektriſirmaſchine laden läßt, wenn man eine Lampe auf den Deckel (cover) der Flaſche ſetzt. Die Ladung läßt ſich bei dieſem Verſuche nicht über einen gewiſſen Grad treiben, und wenn die ſtralende Elektricität dann mit einem kleinen ſeidenen Schirm unterſucht wird, ſo wird man ſie poſitiv an einer Seite der Flamme und negativ an der andern finden, ſo daß, während ein Theil der Flamme die Flaſche ladet, der entgegengeſetzte ſie entladet. Eine Flaſche von 1½ Quadratfuß Belegung ward in ſolcher Weiſe zu 10 bis 15 Grad des Quadranten-Elektrometers geladen, wenn ſie 2 Fuß vom erſten Conductor einer 7zolligen Cylindermaſchine ſtand. Wenn das Licht in einem metallenen Gefäß eingeſchloſſen iſt, ſo daß es bloß noch ſo viel Communication mit der Atmoſphäre hat, um brennend zu bleiben, ſo wird die Flaſche ebenfalls noch geladen werden, wiewohl mit minderer Intenſität; iſt aber das Gefäß von Glas, ſo wird die Flaſche gar keine Ladung erhalten und die Glashülle ſich ſtark negativ zeigen. Eine Flaſche wird nicht vollſtändig durch ein auf ihrem Gipfel ſtehendes Licht entladen werden, wenn die Luft ſtill iſt; aber ein Luftſtrom erleichtert ſehr das Vermögen brennender Körper, ſowohl die Elektricität zu entladen als ſie zu entziehen *).

Das Vermögen der Flamme, die Elektricität zu entziehen, ſoll nach Bonnycaſtle, nicht näher detaillirten Verſuchen zufolge, innerhalb einer gewiſſen Gränze nach dem biquadratiſchen Verhältniſſe der Entfernung ab-

---

*) Dieſen Umſtand ſucht Bonnycaſtle durch die Annahme zu erklären, daß die ſtralende Elektricität an den Lufttheilchen adhärire und rings um die Lampe eine Atmoſphäre von Elektricität bilde, die durch ihre Repulſion der ferneren Strahlung hinderlich iſt, wenn ſie nicht durch eine Bewegung der Luft entfernt wird.

B.

nehmen, über welche Gränze hinaus es ſchneller abzunehmen ſcheine. Doch geſteht er ſelbſt, nicht immer conſtante Reſultate erhalten zu haben.

Vertheilung und Binden der Elektricität.

Über Vertheilung der Elektricität in iſolirten Leitern, von Pfaff *). Biot führt in ſ. Lehrb. (der überſ. 2. Aufl. II. S. 192) mehrere Verſuche über die Vertheilung der Elektricität in einem iſolirten Leiter an, die nach der Prüfung Pfaff's ſich nicht in der Wirklichkeit beſtätigen, ſo daß Pfaff dafür hält, ſie ſeien bloß nach einer nicht gehörig überdachten Folgerung aus andern Datis von Biot abgeleitet worden, indem ſich bei genauerer Erwägung das Statthaben dieſer Verſuche ſelbſt mit den bekannten Geſetzen der Elektricität nicht vereinbar zeigt.

Nach Biot: wenn man einem horizontalen cylindriſchen, von Iſolirfüßen getragenen, Leiter B, von deſſen beiden Enden, ſo wie zwiſchen denſelben, einfache Elektrometer aus Hollundermarkkügelchen an Leinfäden herabhängen, einen elektriſirten Körper A nähert, ſo divergiren die Elektrometer an den beiden Enden mit einander entgegengeſetzter Elektricität, und um die Mitte des Cylinders befindet ſich ein neutraler Punct, wo gar keine Divergenz Statt findet. Führt man längs des Cylinders eine unelektriſche und an einem iſolirten Seidenfaden ſchwebende Hollundermarkkugel hin, ſo wird ſie allenthalben angezogen, außer an dem erwähnten mittlern Theile; iſt aber dieſe Kugel elektriſirt, ſo wird ſie von einem Ende des Cylinders angezogen, vom andern abgeſtoßen.

Dies findet nach Biot Statt.

Pfaff dagegen fand bei Wiederholung dieſer Verſuche, daß die Elektrometer an den beiden Enden des Cylinders nicht mit entgegengeſetzter Elektricität aus einander gingen, ſondern ſtets mit gleichnamiger, und zwar ſtets beide mit derſelben Elektricität, welche der vertheilende Körper beſaß; auch konnte er keinen Punct um die Mitte des Cylinders finden, wo die Elektrometer nicht divergirt hätten. Dieſe Divergenz geſchah vielmehr in der ganzen Länge des Cylinders mit derſelben Elektricität, welche der dem einen Ende genäherte, elektriſirte Körper beſaß. Auch konnte Pfaff nie beobachten, daß ein mit einer gewiſſen Elektricität verſehenes Korkkügelchen von der einen Hälfte des Cylinders angezogen, von der andern Hälfte abgeſtoßen werde, vielmehr fand er in der ganzen Ausdehnung des iſolirten Leiters gleichmäßig entweder Anziehung oder Abſtoßung nach Beſchaffenheit der Elektricität, womit das Kügelchen geladen war.

Für den erſten Anblick ſcheinen nun allerdings die Reſultate Pfaff's mit der Theorie der Vertheilung der Elektricität in directem Widerſpruch zu ſtehen, da dieſe ausſagt, daß der vertheilende Körper die gleichartige Elektricität des genäherten Leiters nach dem abgekehrten Ende deſſelben abſtößt, die ungleichartige nach dem zugekehrten anzieht; Pfaff aber ſowohl an dem zugekehrten als abgekehrten Ende eine elektrometriſche Anzeige auf gleichartige Elektricität erhielt. Allein es muß in Betracht gezogen werden, daß die ungleichartige Elektricität in dem zugekehrten Ende gebundene iſt, welche als ſolche eben ſo wenig auf das Elektrometer wirken kann, als die durch Vertheilung gebundene Elektricität in dem äußeren Belege einer Leidener Flaſche; dagegen aber wird etwas gleichartige Elektricität nicht allein in das abgekehrte Ende des cylindriſchen Leiters, ſondern auch in die Kügelchen, in welche ſich die Elektrometer endigen, zurückgetrieben werden und hierdurch mithin die Divergenz vermöge gleichartiger Elektricität bewirkt.

---

*) Schweigg. J. LXI. 393.

Weber's Luftelektrophor.

Weber beſchreibt in einer kleinen Schrift: „Der Luftelektrophor in ſeiner Vervollſtändigung ꝛc. 1831" unter dem Namen Luftelektrophor folgenden, zwar ſchon früher von ihm angegebenen, jetzt jedoch etwas abgeänderten, einfachen Apparat, der, wie man ohne weitere Erörterung einſehen wird, im Principe ganz mit dem gewöhnlichen Elektrophor übereinkommt. Er beſteht 1) aus einer mit Stanniol überzogenen Fläche, die übrigens iſolirt iſt; 2) einer über einen Rahmen geſpannten Leinwandfläche. Beide werden im Winter am warmen Ofen wohl ausgetrocknet, darauf die auf die Tiſchfläche gelegte Leinwandfläche mit einem gut getrockneten Katzenbalg gerieben, während man den Rahmen der Leinwand und das Stanniol des Tiſches durch die Hand in leitende Berührung mit dem Boden ſetzt, endlich die Hand weggezogen, um die Iſolirung des ganzen Apparats herzuſtellen. So lange nun die Leinwandfläche auf dem Tiſchblatte liegen bleibt, wird weder Tiſch noch Leinwand bemerkliche Elektricität zeigen; hebt man aber die Leinwand am Rahmen in die Höhe, ſo zeigen ſowohl Leinwand als Tiſch freie und zwar entgegengeſetzte (erſtere negative, letztere poſitive) Elektricitäten.

Es leuchtet ein, daß dieſer Erfolg ganz wie beim gewöhnlichen Elektrophor ein Spiel des Bindens und Freiwerdens der Elektricität iſt; ich würde daher auch dieſen Verſuch nicht einmal erwähnt haben, indeß da der Verfaſſer glaubte, dem Aufſchluſſe des Geheimniſſes des Luftelektrophors eine Schrift widmen zu müſſen, ſo wollte ich ihn wenigſtens in einem Artikel erwähnen.

Geſetze der durch Binden angehäuften Elektritität.

Harris in Plymouth hat eine ausgedehnte Reihe Verſuche über die Art, wie die Anhäufung gewöhnlicher (gebundener) Elektricität von ſtatten geht, und die Geſetze ihrer Wirkungen, angeſtellt, welche in den Transactions of the Plymouth Society. 1830. pag. 97 enthalten ſind. Da ich dieſes Werk mir nicht habe verſchaffen können, ſo muß ich mich begnügen, die Reſultate dieſer Verſuche, ſo wie ſie in dem Journ. of the royal Inst. 1831. Nr. 2. p. 380 mitgetheilt ſind, anzuführen, wiewohl Manches hierin nicht recht deutlich iſt.

1) Eine elektriſche Anhäufung ſchreitet mittelſt gleicher Incremente fort. Eine belegte Fläche nimmt bis zu ihrem Sättigungszuſtande immer gleiche Quantitäten Elektricität in gleichen Zeiten auf, wenn alle Umſtände die nämlichen bleiben. Die Quantität, welche von dem äußern Belege weggeht *), iſt immer proportinal der Quantität, welche dem Innern zunächſt.

2) Man kann die Quantität angehäufter Elektricität nach den Umdrehungen der Scheibe der Elektriſirmaſchine ſchätzen, vorausgeſetzt, daß dieſe in einem conſtanten Erregungszuſtande bleibt; oder auch durch die Exploſionen einer mit dem äußern Belege verbundenen Flaſche. Sie verhält ſich wie die (geladene) Oberfläche, multiplicirt mit dem Zwiſchenraum, durch welchen die angehäufte Elektricität überſpringen kann. Iſt die Größe der Oberfläche conſtant, ſo verhält ſie ſich (die angehäufte Elektricität) einfach wie der Zwiſchenraum; iſt der Zwiſchenraum conſtant, ſo verhält ſie ſich wie die Oberfläche. Sie verhält ſich auch wie die Oberfläche, multiplicirt mit der Quadratwurzel der freien Wirkung oder Intenſität **) (of the free action or intensity), und bei conſtanter Intenſität verhält ſie ſich daher wie die Quadratwurzel der anziehenden Kraft.

3) Der Zwiſchenraum, durch welchen die angehäufte Elektricität überſpringen kann, iſt direct proportional der Quantität angehäufter elektriſcher Materie und umgekehrt proportional der Oberfläche. Wenn erſtere (Quantität) in demſelben Maße zunimmt, als letztere (Oberfläche) abnimmt, ſo wird der Zwiſchenraum wie das Quadrat der Quantität elektriſcher Materie wachſen.

4) Die Kraft elektriſcher Anziehung ändert ſich nach dem umgekehrten Verhältniß des Quadrats des Abſtandes zwiſchen den Berührungspuncten der entgegengeſetzten Conductoren, vorausgeſetzt, daß die Oberflächen eben und parallel ſind, oder, wenn die entgegengeſetzten Oberflächen ſphäriſch ſind, zwiſchen zwei Puncten, welche innerhalb der reſpectiven Hemiſphären in einem Abſtande $= \frac{1}{2}$ des Radius liegen (ſehr undeutlich).

5) Die freie Wirkung oder Intenſität iſt direct proportional dem Quadrat der Quantität elektriſcher Materie, und umgekehrt proportional dem Quadrat der Oberfläche. Sie verhält ſich, alle übrige Umſtände gleich geſetzt, direct wie der Effect eines Entladungsſchlages auf einen Metalldraht. Wenn die Quantität elektriſcher Materie und die Oberfläche zuſammen zunehmen oder abnehmen, ſo bleibt die anziehende Kraft dieſelbe. Wenn die elektriſche Quantität in demſelben Maße zunimmt, als die Oberfläche abnimmt, ſo nimmt die anziehende Kraft im Verhältniß der 4ten Potenz der elektriſchen Quantität zu.

---

*) Unſtreitig iſt hierunter die durch Vertheilung in den Erdboden zurückgetriebene Elektricität zu verſtehen.

**) Unſtreitig iſt hiermit die Intenſität des nicht gebundenen Antheils der Elektricität verſtanden.

6) Der Effect eines elektriſchen Entladungsſchlages auf einen Metalldraht hängt ausſchließlich von der elektriſchen Quantität ab, ohne daß die Intenſität oder freie Wirkung einen Einfluß darauf ausübt. Sie vermindert ſich, wenn die elektriſche Materie auf mehrere Oberflächen vertheilt wird. Sie verhält ſich wie das Quadrat der elektriſchen Quantität; ferner wie das Quadrat des Zwiſchenraums, durch welchen die Elektricität überſpringen kann; ſie ſteht, bei Gleichheit aller übrigen Umſtände, in directem Verhältniß der anziehenden Kraft oder freien Wirkung; ſie verhält ſich wie das *Moment*, mit welchem der Entladungsſchlag durch das Metall hindurchgeht.

Elektroſkope.

Geſetz für die Anzeigen mancher Elektroſkope von Bary*).

Geſetzt wir hätten ein Elektroſkop, welches ſich auf folgende Einrichtung gründet.

Ein Hollundermarkkügelchen, welches das untere Ende eines in einer Verticalebene (um eine horizontale Axe) beweglichen feinen Drahtes bildet, ſteht im natürlichen Zuſtande mit einem andern, aber ſtarren, Hollundermarkkügelchen ſo in Berührung, daß die ihre Mittelpuncte verbindende Linie horizontal und in der Ebene, in welcher ſich der Draht bewegen kann, enthalten iſt. Wenn man nun beiden Kügelchen gleichnamige Elektricitäten mittheilt, wird ſich das bewegliche Kügelchen, vermöge der hierdurch eingepflanzten Abſtoßung, vom feſten Kügelchen entfernen, und der bewegliche Draht in einem Winkel gegen die Verticale zur Ruhe kommen, wo die Kraft, mit der ihn ſein Gewicht und das der Kugel in die Verticale herabzuziehen ſtrebt, ins Gleichgewicht kommt mit der abſtoßenden Kraft der Elektricität, die ihn daraus zu entfernen ſtrebt. Es fragt ſich nun, welches Verhältniß findet zwiſchen der elektriſchen Intenſität der Kugeln und dem Abſtoßungswinkel Statt.

Bary hat für dieſen Fall durch Rechnung folgendes Geſetz ermittelt, was jedoch, wohl zu merken, nur für folgende Vorausſetzungen gilt:

1) Daß das Gewicht des beweglichen Drahtes vernachläſſigt und bloß das der beweglichen Kugel in Betracht gezogen werde.
2) Daß bloß die Elektricität der Kugeln ſelbſt in Betracht gezogen, die der Drähte, mit denen ſie in Verbindung ſtehen, aber vernachläſſigt werde.
3) Daß die geſammte Elektricität ſtets im Mittelpuncte der Kugeln vereinigt gedacht werde, ohne auf die Änderung ihrer Vertheilung bei Verſchiedenheit ihres Abſtandes Rückſicht zu nehmen.
4) Daß kein von der Reibung oder ſonſtigen Hinderniſſen abhängiger Widerſtand in Betracht gezogen werde.

---

*) Ann. de Ch. et de Phys. XXXIX. 77. oder Pogg. XIV. [illegible]

Mit je größerer Annäherung dieſe Vorausſetzungen erfüllt ſind *), um ſo ſtrenger wird ſich das nachfolgende Geſetz beſtätigt finden:

Die Intenſität der Elektricität, welche den Kugeln mitgetheilt worden iſt, iſt proportional dem Cubus des Sinus vom halben Ablenkungswinkel, oder für ſehr kleine Winkel proportional dem Cubus des Winkels ſelbſt **).

Denken wir uns jetzt ſtatt des vorigen Elektroſkops ein ſolches, wo zwei parallel neben einander herabhängende gleiche Kugeln in der Verticalebene von einander weichen können, ſo gilt, übrigens unter den vorigen Vorausſetzungen, folgendes Geſetz:

Die Intenſität der Elektricität auf den Kugeln iſt proportional dem Quadrat des Sinus vom halben Divergenzwinkel, multiplicirt mit deſſen Tangente, oder für kleine Winkel proportional dem Cubus dieſes Winkels *).**

---

*) Ich glaube nicht, daß man in der Erfahrung dieſen Bedingungen wird nahe genug kommen können, um von der gegebenen Formel großen Gebrauch machen zu dürfen. T.

**) Dies Geſetz iſt in folgender Formel enthalten:

$$F = 8pl^2 \sin^3 \tfrac{1}{2} \Theta$$

worin F die geſuchte Intenſität, p das Gewicht der beweglichen Hollundermark-Kugel, l die Länge des Drahtes, woran es hängt, Θ den Winkel, welchen der bewegliche Draht mit der Verticallinie macht, ſobald die Repulſivkraft mit der Schwere ins Gleichgewicht gekommen iſt, bedeutet. Nachſtehendes iſt die einfache Herleitung dieſer Formel:

Die wirkliche Entfernung der Kugeln von einander oder die Sehne des vom Hollundermarkkügelchen durchlaufenen Bogens iſt $= 2l \sin \tfrac{1}{2} \Theta$, und da die Abſtoßung ſich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, ſo wird dieſe Kraft:

$$\frac{F}{4l^2 \sin^2 \tfrac{1}{2} \Theta}$$

Damit dies Kügelchen im Gleichgewicht bleibe, muß $p \sin \Theta$, die Seitenkraft ſeines Gewichts nach Richtung der Tangente des beſchriebenen Bogens, gleich ſein:

$$\frac{F}{4l^2 \sin^2 \tfrac{1}{2} \Theta} \cos \tfrac{1}{2} \Theta$$

der Seitenkraft der in entgegengeſetzter Richtung nach derſelben Tangente zerlegten Repulſivkraft, d. h. es muß ſein

$$\frac{F \cos \tfrac{1}{2} \Theta}{4l^2 \sin^2 \tfrac{1}{2} \Theta} = p \sin \Theta = 2p \sin \tfrac{1}{2} \Theta \cos \tfrac{1}{2} \Theta$$

woraus ſich dann ergiebt:

$$F = 8pl^2 \sin^3 \tfrac{1}{2} \Theta$$

***) Die Formel iſt, wenn Θ die Hälfte des Winkels bedeutet, um welchen beide Kugeln divergiren und ſonſt die Buchſtaben die Bedeutungen wie vorhin haben:

$$F = 4pl^2 \sin^2 \Theta \tang \Theta$$

Bemerkung verdient, daß (wie im Original beſonders erwieſen wird), wenn man

Elektriſche Entladungen.

Fortführung metalliſcher Theilchen durch die Entladungsſchläge, von Pianciani[*]. **Fuſinieri** hatte die Beobachtung gemacht[**], daß, wenn ein elektriſcher Funke von einem metalliſchen Leiter zum andern überſpringt, dabei metalliſche Theilchen losgeriſſen und von einem Leiter zum andern mit übergeführt werden, die man dann am entgegengeſetzten Metall anhaften findet. **Pianciani** nun will beobachtet haben, daß dieſes Überführen nicht bloß durch eine Luftſchicht, ſondern ſelbſt durch eine Metallſchicht hindurch Statt findet. So, wenn der Entladungsſchlag von einer Silberkugel ausgeht, reißt er, beim Hindurchgehen durch eine Kupferſcheibe, Silbertheilchen mit hindurch, und geht er von einer goldenen Kugel aus, ſo vermag er Theilchen derſelben durch eine ſilberne Kugel fortzuführen. Dieſe Fortführung durch ein anderes Metall geſchieht nach **Pianciani** immer in der Richtung des poſitiven, niemals des negativen Stroms[***].

Über das elektriſche Leuchten der Blumen, von Alexander Zawadzki[****].

Nach dem Verfaſſer ergeben ſich aus fremden und eigenen (nicht beſonders ſpecificirten) Beobachtungen über dieſen Gegenſtand, die er mehrere Sommer nach einander machte, folgende Reſultate:

1) Den ſtärkſten Lichtblitz giebt die in allen Gärten vorkommende Ringelblume (Calendula off.); nach ihr die Capuziner- oder indianiſche Kreſſe (Tropaeolum majus und minus), dann die Feuerlilie (Lilium

---

den Cubus des Bogens ſtatt des Products aus dem Quadrat ſeines Sinus in ſeine Tangente nimmt, daraus bloß ein Fehler entſteht, der kleiner iſt als die die Potenz dieſes Bogens.

Die Herleitung der Formel iſt übrigens folgende: die Hollundermarkkügelchen, indem ſie ſich vermöge ihrer gleichnamigen Elektricität von einander entfernen, machen wegen ihres gleichen Gewichts p einen gleichen Winkel θ mit der Verticale. Ihr Abſtand wird alsdann $2l\sin\theta$ und ihre Repulſivkraft

$$\frac{F}{4l^2\sin^2\theta}$$

Damit ſie dem Gewichte einer der beiden Kugeln das Gleichgewicht halte, müſſen wir haben

$$\frac{F\cos\theta}{4l^2\sin^2\theta} = p\sin\theta$$

woraus $F = 4pl^2\dfrac{\sin^3\theta}{\cos\theta} = 4pl^2\sin^2\theta\tang\theta$

[*] Giorn. Arcadico. T. XXXVII. p. 1. oder Bullet. univers. des sc. math. XII. p. 105.

[**] Giorn. di Fis. ecc. 1825. p. 418.

[***] Da mir das Giorn. Arcad. nicht zur Hand iſt, ſo muß ich mich mit dieſer kurzen Notiz, welche im Bull. univ. enthalten iſt, begnügen.

[****] Baumg. VI. 460.

bulbiferum) und die Sammetroſe (Tagetes patula und erecta). Alle dieſe Blumen haben eine ſtarke mit Roth geſättigte gelbe Farbe, und da der Verfaſſer bei einigen Helianthus-Arten, die intenſiv gelbe Blumen hatten, ſo wie an der Gorteria ringens auch ein ſchwaches Leuchten bemerkte, ſo ſcheint daraus hervorzugehen, daß jede *orangefarbige Blume zu beſtimmten Zeiten* leuchte.

2) Dieſe Blumenblitze zeigen ſich im Juli und Auguſt während der Befeuchtung der Blumen, kurz nach Untergang der Sonne, nach warmen heitern Tagen, nie aber, wenn die Luft feucht iſt.

3) Eine und dieſelbe Blume blitzt oft mehrmal hinter einander; oft aber verſtreichen mehrere Minuten, bis ſich ein neuer Blitz zeigt.

Vierter Abſchnitt.

Lehre vom Galvanismus und der Elektrochemie.

I. Über die Theorie des Galvanismus im Allgemeinen.

Streit der chemiſchen und Berührungs-Theorie des Galvanismus.

Die Anſicht, daß die Erregung der galvaniſchen Elektricität nicht in der Berührung der ungleichartigen Metalle unter einander, ſondern in chemiſcher Einwirkung von Luft oder Flüſſigkeiten auf die Metalle ihren Urſprung habe, iſt neuerdings wieder mehrfach vertheidigt worden, und namentlich hat ſie an de la Rive*) und Parrot**) eifrige Verfechter gefunden, die nicht allein die Erregung der ſtrömenden Elektricität in der durch eine Flüſſigkeit geſchloſſenen Kette der chemiſchen Einwirkung der Flüſſigkeit auf die Erregerplatten beimeſſen, ſondern ſelbſt diejenige Elektricität, welche der Condenſator zu erkennen giebt, wenn man die bekannten Volta'ſchen Fundamentalverſuche zur Nachweiſung der in Spannung befindlichen Berührungselektricität anſtellt, von der oxydirenden Einwirkung von Luft oder Feuchtigkeit auf die Metalle ableiten. Rive hat in letzterm Bezuge mehrere Verſuche angeführt, die für den erſten Anſchein ſeiner Annahme ſehr günſtig zu ſein ſcheinen, allein, wie Pfaff***) durch Wiederholung und Erörterung dieſer Verſuche dargethan, ſind die von ihm bekannt gemachten Thatſachen theils nicht richtig, theils nicht richtig gedeutet. Ich werde hier die Verſuche zuſammenſtellen, die theils zur Widerlegung von Rive's Anſichten und Beobachtungen dienen, theils direct zum Beweiſe einer wirklichen Elektricitätserregung durch Contact führen können****).

---

*) Vgl. beſonders in dieſem Bezuge Ann. de Ch. et de Phys. XXXIX. 297.

**) Ann. de Ch. et de Ph. [illegible]

***) Ann. de Ch. et de Ph. [illegible]

****) Ich werde hiebei nur geringe Rückſicht auf eine weitläuftige Arbeit Marianini's (in den Ann. de Ch. et de Ph. XLV. p. 113.), die gegen de la Rive gerichtet iſt, nehmen, da die Beweiſe, welche ſie gegen die Anſichten dieſes Phyſikers enthält, meiſt von derſelben Gattung, aber weniger ſchlagend ſind, als die im Vorſtehenden mitgetheilten.

A. In Bezug auf die Spannungselektricität.

1) De la Rive äußert ſich folgendermaßen: „Wenn man die Platte eines meſſingenen Condenſators mit einer recht blanken Zinkplatte berührt, findet man ſie nach der Berührung mit negativer Elektricität geladen; dies iſt der bekannte Verſuch von Volta. Allein es ſind, unabhängig von der Berührung, zwei Umſtände vorhanden, welche eine aufmerkſamere Unterſuchung verdienen, deren eine die chemiſche Wirkung iſt, welche auf das Zink die Feuchtigkeit der Hand äußert, mit welcher man das Metall hält; die andere die chemiſche Wirkung des Sauerſtoffs und der Waſſerdämpfe der atmoſphäriſchen Luft auf die ganze oxydirbare Oberfläche. Es iſt leicht, ſich vom Einfluſſe, welchen der erſte dieſer beiden Umſtände äußert, zu überzeugen, indem man die Metallplatte mit einer hölzernen Zange faßt. In dieſem Falle iſt die Quantität Elektricität unter übrigens gleichen Umſtänden viel geringer, als wenn man die Finger, mit welchen man das Zink faßt, ſchwach mit Salz- oder ſaurer Auflöſung netzt. Man darf, damit der Verſuch gelinge, die Finger nicht zu ſehr befeuchten, damit die ſchwache Oxydſchicht, welche ſich bildet, nicht feucht ſei: denn da dann die beiden elektriſchen Flüſſigkeiten, welche die chemiſche Wirkung entwickelt, bloß durch einen ziemlich guten Leiter geſchieden wären, ſo würden ſie ſich vereinigen und ſich neutraliſiren, während die Oxydſchicht, wenn ſie trocken iſt, als iſolirende Fläche dient, ſo daß die negative Elektricität ſich auf den Condenſator verbreitet, während die poſitive durch die Hand, die ihr als Leiter dient, abfließt“.

Hiegegen erinnert Pfaff *), es könne auch nach der antichemiſchen Theorie nicht auffallen, daß, wenn man das Zink mit einer hölzernen Zange faßt, ſchwächere Zeichen von Elektricität erhalten werden, als bei Anfaſſen mit feuchten Händen; denn da das Holz in ſeinem gewöhnlichen Zuſtande ein ſehr ſchlechter Leiter iſt, zumal für Elektricitäten von ſo ſchwacher Spannung, ſo könne die negative Elektricität, die ſich in der untern Condenſatorplatte anſammeln ſolle, faſt in demſelben Maße ſich mittelſt langſamen Abfluſſes durch die iſolirende Zwiſchenſchicht der Condenſatorplatten, und die leitende Verbindung der obern Condenſatorplatte mit dem Boden oder auf anderm Wege verlieren, als die poſitive durch das Holz in den Boden abfließe, ſo daß ſich das Reſultat dem nähern wird, was man erhält, wenn ſtatt der hölzernen eine wirklich nicht leitende Zange angewandt würde. Übrigens fand es Pfaff, — und Ohm, ſo wie ich ſelbſt, ſtimmen ihm hierin nach unſeren Erfahrungen bei —, gleichgültig für die Wirkung, ob die Hände etwas mehr oder weniger feucht, ob ſie mit gewöhnlichem Waſſer oder mit einer Kochſalzauflöſung genetzt waren.

---

*) Vergl. auch Ohm's Kritik der Verſuche von Rive in Schweigg. LXIII. 109.

Man kann ferner den Volta'ſchen Verſuch ſo anſtellen, daß die Feuchtigkeit der Hände gar nicht ins Spiel kommt. Zu dieſem Zwecke wende man einen mit dem Elektrometer verbundenen Condenſator an, deſſen eine Platte von Zink, die andere von Kupfer iſt und verbinde beide über einander liegende und, wie gewöhnlich, durch eine Firnißſchicht getrennte, Condenſatorplatten auf einen Augenblick durch einen metallenen Bogen, den man an einem iſolirenden Handgriffe faßt. Hebt man, nach Entfernung dieſes Bogens, die obere Condenſatorplatte ab, ſo wird das Elektrometer ſeine elektriſche Anzeige geben, wie im vorigen Falle.

Hier bliebe mithin nur noch der Einfluß der Luft und der darin enthaltenen Feuchtigkeit übrig, welcher eine chemiſche Wirkung hervorbringen könnte. Allein abgeſehen von mehreren Umſtänden, welche nach Pfaff's ſehr richtigen Erörterungen auf indirecte Weiſe gegen eine Abhängigkeit der elektroſkopiſchen Erſcheinungen bei dieſen Verſuchen von einer ſolchen chemiſchen Wirkung ſprechen, ſo wird dieſelbe auch direct durch folgende Erfahrungen Becquerel's und Pfaff's widerlegt.

2) Becquerel*) richtete einen Condenſator vor, deſſen untere Platte aus ſehr ſorgſam und überall vergoldetem Metall beſtand, während die obere aus Zink verfertigt war. Das Zink war allenthalben mit mehreren Schichten Gummilack überzogen, ausgenommen an zwei Stellen, in deren einer ein Platinſtäbchen befeſtigt war, während die andere mit einer Glasſcheibe bedeckt wurde, ſo daß definitiv nirgends eine Stelle des oxydirbaren Zinkes mit Luft in Berührung kam. Der Apparat wurde dann in ein Glasgehäuſe gebracht, welches durch Ätzkalk möglichſt ausgetrocknet worden war. Berührte man nun innerhalb dieſes Gehäuſes mit dem Finger, der zuvor mit deſtillirtem Waſſer gewaſchen worden, das Platinſtäbchen, und hob darauf die obere Condenſatorplatte ab, ſo zeigte die untere conſtant eine negative Ladung, ungeachtet hier nirgends eine chemiſche Einwirkung von Luft oder Feuchtigkeit Statt gefunden haben konnte.

Noch beweiſender dürften folgende Verſuche Pfaff's ſein, zufolge deren die Volta'ſchen Grundverſuche eben ſo gut gelingen, wenn man ſie in trockenen nicht oxydirenden Gasarten, als wenn man ſie in gewöhnlicher Luft anſtellt.

Pfaff nahm eine Glocke, die mit zwei ledernen Hülſen (boîtes) verſehen war und ſetzte unter dieſelbe ein condenſirendes Goldblattelektrometer, deſſen eine Condenſatorplatte von Zink, die andere von Kupfer war. Ein meſſingener Stiel, welcher durch eine der ledernen Hülſen hindurchging, war ſo an der obern Condenſatorplatte befeſtigt, daß man durch Erhebung oder Senkung des Stiels die obere Condenſatorplatte von der untern entfernen oder darauf niederlaſſen konnte. Durch die andere lederne Hülſe gingen zwei Meſſingdrähte, die ſo angeordnet und an ihrem untern Ende gebogen waren, daß bei einer gewiſſen Lage der eine die obere und der andere die untere Platte berührte, und da beide Metalldrähte an ihrem obern Ende außerhalb der Glocke mit einem andern Metalldrahte verbunden waren, ſo leiſteten ſie denſelben Dienſt, als wenn man eine Communication zwiſchen beiden Platten durch einen einfachen Metalldraht bewirkte. Durch Drehen der beiden Metalldrähte an ihrem auswendigen Ende ließen ſich ihre inneren Enden von den Platten des Condenſators wieder trennen, ſo daß der Volta'ſche Verſuch bequem angeſtellt werden konnte. Oben an der Glocke war ein Hahn angeſchraubt, durch den ſie ſich, nachdem ſie luftleer gepumpt worden, mit beliebigen trockenen oder feuchten Gaſen anfüllen ließ.

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. [illegible].

Mochte nun das Elektrometer nebſt Condenſator mit feuchter oder trockener atmoſphäriſcher Luft, mit Sauerſtoffgas, Stickſtoffgas, kohlenſaurem Gas, Waſſerſtoffgas oder gekohltem Waſſerſtoffgaſe umgeben ſein, ſo blieben ſich doch die Reſultate gleich.

De la Rive hat allerdings entgegengeſetzte Reſultate in dieſem Bezuge bekannt gemacht, nach ihm ſoll, wenn das Gas ganz trockenes Stickgas oder Waſſerſtoffgas iſt, kein Zeichen der Elektricität unter ähnlichen Umſtänden erhalten werden, ſofort aber, wenn das Gas atmoſphäriſche Luft, Sauerſtoffgas und namentlich wenn es Chlor iſt. übrigens wurde der Verſuch doch hierbei auf etwas andere Art angeſtellt, nämlich ſo, daß die meſſingene Condenſatorplatte innerhalb des abgeſperrten Raums mit einem Meſſingdrahte (tige) berührt wurde, der mit einer Zinkplatte in Verbindung ſtand, die ihrerſeits von einer hölzernen Zange gehalten wurde, welche ſich außerhalb des abgeſperrten Raumes verlängerte und von der Hand angefaßt ward. Auch hier jedoch möchte vielleicht das ſchlechte Leitungsvermögen des Holzes wegen des Nichterfolges der Verſuche anzuklagen ſein.

Was übrigens einen Verſuch mit Kali- oder Natrum-Metall, das unter Steinöl mit einer Platinzange gefaßt, kein elektriſches Zeichen nach Rive gab (Ann. de Ch. et de Ph. XXXIX. 312.), betrifft, ſo glaubt Ohm (Schweigg. LXIII. 184), daß, da ölartige überzüge von der geringſten Dicke ſchon die Fortleitung der galvaniſchen Elektricität hemmen, die Zwiſcheneinlegung einer ſolchen zwiſchen Platin und Kalimetall den Erfolg verhindert haben könne, anderer Mißſtände bei dieſem Verſuche nicht zu gedenken.

Ich muß übrigens denn doch bemerken, daß die Verſuche Pfaff's de la Rive noch nicht vermocht haben, ſeine überzeugung zu ändern, denn er äußert neuerdings*) Folgendes:

„Ich habe von Neuem gefunden, daß der Contact allein, von jeder andern thätigen Urſache iſolirt, für ſich nicht im Stande iſt, Elektricität hervorzurufen, weder unter der Form von Strömen, noch unter der

---

*) Schweigg. LIX. 183.

Form von Spannung. Von den Verfahrungsweiſen, die ich bereits beſchrieben, unabhängig, habe ich nun andere in Anwendung geſetzt; als Condenſatoren von verſchiedener Natur, in verſchiedenen Medien aufgeſtellte Condenſatoren u. ſ. w.; und wenn ich durch dieſes letztere Verfahren zu Reſultaten gelangte, welche verſchieden ſind von denen des Hrn. Pfaff, ſo rührt dies daher, daß die kleinſte Menge in der Luft oder in einem andern Gaſe zurückgebliebener Feuchtigkeit ausreicht, eine chemiſche Thätigkeit auf der Zinkfläche des Condenſators einzuleiten, und in Folge deſſen eine elektriſche Wirkung hervorzubringen, deren Natur jederzeit, was auch H. Pfaff dagegen ſage, im Einklange ſteht mit dem, was der chemiſchen Theorie zufolge geſchehen müßte. Ich habe mich aber nicht bloß auf negative Erfahrungen beſchränkt, obwohl ihre Zahl und ihre Zuſammenſtimmung mir das größeſte Vertrauen einflößen; ſondern ich war auch bemüht, ſolche Verſuche ausfindig zu machen, welche poſitive Reſultate lieferten. So iſt es mir nun gelungen, Zeichen von Elektricität unter Umſtänden zu erhalten, wo ich, der Contacttheorie zufolge, auch nicht die leiſeſte Spur hätte erhalten ſollen. Nur ein ſolches Beiſpiel will ich anführen:

An jedes Ende eines Holzcylinders von 10 bis 12 Centimeter Länge und 1 oder 2 Centimeter im Durchmeſſer befeſtigte ich eine Zinkplatte, die ſich nach außen in einen angelötheten Meſſingknopf endigte; indem ich nun den Meſſingknopf der einen Platte in die Hand nahm, berührte ich den (gleichfalls meſſingenen) Condenſator mit dem Knopfe der anderen. Der Contacttheorie gemäß durfte ich kein Zeichen elektriſcher Thätigkeit hierbei erhalten, indem die beiden Zink-Meſſing-Platten einander gegenüber lagen und durch ein iſolirtes Holzſtück vereinigt waren, welches die Dienſte eines Leiters zwiſchen beiden Platten verſah. Weil indeſſen das eine Ende des Holzcylinders etwas feuchter war als das andere, ſo erhielt ich Zeichen von Elektricität, deren Natur jederzeit im Verhältniſſe ſtand mit der ſchwachen chemiſchen Wirkung, welche durch die Berührung des ſorgfältig blank geſchabten Zinkes mit dem feuchten Holze erregt wurde. Dieſe Zeichen von Elektricität waren poſitiv, wenn ich den Meſſingknopf derjenigen Zinkplatte zwiſchen den Fingern hielt, deren anderes Ende in dem minder feuchten Theile des Holzes befeſtigt war. Zum Gelingen dieſes Verſuchs iſt nöthig, daß das Holz etwas feucht ſei; die Feuchtigkeit, welche es aus der Luft anzieht, iſt vollkommen hinreichend; auch muß man Sorge tragen, daß das eine Ende des Holzes trockner erhalten werde, als das andere. Es ſcheint mir unmöglich, was ich in meiner Denkſchrift nachzuweiſen ſuche, dieſe mit Sorgfalt und im Detail unterſuchte Thatſache mit der Contacttheorie zu vereinbaren".

Mir meinerſeits ſcheint es, daß wenn de la Rive's früherer Verſuch eine Kritik durch Wiederholung erfoderte, es bei dieſem nicht minder der Fall ſei. Selbſt im Fall er richtig wäre, würde er nicht die Theorie der Contactelektricität widerlegen, welche gar nicht die Möglichkeit ausſchließt, daß durch Wirkung einer Flüſſigkeit auf ein Metall Elektricität entſtehen kann, und wäre es auch nur deshalb, weil ſie die Oberfläche des Metalls ſelbſt ändert und dadurch ſtatt eines homogenen Metalls zwei heterogene Subſtanzen bildet*).

Was die Einwürfe betrifft, die Parrot gegen die Contacttheorie der elektroſkopiſchen Erſcheinungen galvaniſcher Elemente vorbringt, ſo übergehe ich ſie; ſie ſind von der Art, daß ſie ſich durchaus auf Beobachtungen mit unvollkommenen Inſtrumenten oder auf eine Particularität ſeiner Verſuchsweiſe gründen müſſen, denn er behauptet, keine elektriſchen Erſcheinungen unter Umſtänden wahrgenommen zu haben, wo ſie bei einigermaßen empfindlichen Inſtrumenten ſtets und zwar mit conſtanter Art des Erfolgs eintreten; wie ich dies nicht nur nach eigenen Erfahrungen verſichern kann, bei denen ich keine der bei ſolchen Verſuchen zu nehmenden Vorſichten glaube vernachläſſigt zu haben, ſondern wie auch zur Genüge aus den Beobachtungen Anderer hervorgeht.

5) Vielleicht nicht minder beweiſend, als die Verſuche Becquerel's und Pfaff's in der in Rede ſtehenden Beziehung, ſchienen mir meine eigenen, in anderm Bezuge weiterhin anzuführenden, zu ſein, zufolge deren unter gewiſſen Umſtänden eine und dieſelbe Platte poſitive oder negative Elektricität annehmen kann, je nachdem ſie den Pol einer Säule in einer größern oder kleinern Fläche berührt. Dieſe Erſcheinung iſt eine directe Folgerung der Contacttheorie, ſcheint mir aber, — und Berzelius hat zuerſt hierauf in ſeinem Jahresberichte (X. S. 22) aufmerkſam gemacht — mit der chemiſchen Theorie unvereinbar.

B. In Bezug auf die ſtrömende Elektricität.

Man hat es von jeher als einen Beweis für die chemiſche Theorie der geſchloſſenen Kette angeführt, daß die Wirkung der Kette in dem Maße zunehme, als die Erregerplatten ſtärker und in größerer Oberfläche von der ſchließenden Flüſſigkeit angegriffen werden. Nun aber hängt die Wirkung der Kette nicht allein von der Stärke der Elektricität ab, die in ihr erzeugt wird, ſondern auch von dem größern oder geringern Widerſtande, den die Elektricität auf ihrem Wege durch die Kette zu durchlaufen findet. Hätten daher jene Erfahrungen etwas für die chemiſche Theorie beweiſen ſollen, ſo hätte nicht allein dargethan werden müſſen, daß vergrößerte erregende Oberfläche und ſtärkeres Angreifen derſelben die Wirkung der Kette vermehrt, ſondern auch, daß dieſe Wirkungsvermehrung nicht von einer Veränderung des Leitungszuſtandes der Kette herrühre. Dies nun iſt bisher nicht geſchehen, dagegen ich von meiner Seite wirklich glaube darthun zu können, daß dieſe Wirkungsverſtärkung in der That nicht von einer Verſtärkung der elektromotoriſchen Kraft, ſondern wirklich von einer Veränderung des Leitungswiderſtandes erzeugt wird. Veränderungen, welche die Flüſſigkeit an den Oberflächen der metalliſchen Erreger ſelbſt hervorbringt, können übrigens auch Einfluß auf die elektromotoriſche Kraft haben und bei Vergleichung der Wirkung der verſchiedenen Flüſſigkeiten Beachtung verdienen.

---

*) Vergl. auch Ohm's Bemerkungen über dieſen Verſuch in Schweigg. LXIII. 12.

1) *) Man disponire in einem Trogapparate eine paare Anzahl Zink-Kupferplatten-Paare, für deren Homogeneität man alle Sorge tragen muß, zu einer (nach dem Schema der Säule zuſammengeſetzten) Kette ſo, daß die eine Hälfte der Elemente einen entgegengeſetzten Strom, als die andere hervorzubringen ſtrebe. Die Leitungsflüſſigkeit ſei überall Waſſer.

Welche Anſicht man auch von der weſentlichen Natur der Kette hegen mag, ſobald in allen Fällen erregende Oberfläche und Beſchaffenheit der Flüſſigkeit ſich gleich ſind, wird die Wirkung dieſer Kette merklich null ſein müſſen; weil ihre gleichen und entgegengeſetzten Ströme ſich wechſelſeitig compenſiren; und dies findet ſich in der That durch den Multiplicator, welcher die Kette ſchließt, beſtätigt.

Allein dieſelbe Compenſation der Wirkung findet auch ganz genau dann noch Statt, wenn man die erregende Oberfläche der Elemente in den Zellen einer Seite beliebig größer als bei den entgegengeſetzt disponirten einrichtet, indem man jene Zellen ſechs-, acht-Mal oder noch höher mit Waſſer anfüllt, als dieſe. Ja, was noch mehr iſt, dieſe Compenſation beſteht ſelbſt dann, wenigſtens für einen Augenblick, wenn man in die Zellen, worin die größeren erregenden Oberflächen enthalten ſind, eine beliebige Quantität Salzſäure hinzufügt.

In letzterem Falle beſteht das Gleichgewicht allerdings nur im erſten Augenblick; denn allmälig ſieht man einen Ausſchlag des Multiplicators ſich entwickeln; allein, was bemerkenswerth iſt, dieſer zeigt gerade ein wachſendes Übergewicht derjenigen Paare an, welche in den Zellen mit unverändert ſchwach gebliebener Flüſſigkeit vorhanden ſind, und die kleinere erregende Oberfläche beſitzen. Dieſes Übergewicht der Platten in den Zellen ohne Säurezuſatz rührt unſtreitig daher, daß die Salzſäure die Platten der andern Zellen allmälig angreift und durch die Veränderung ihrer Oberfläche ihren elektromotoriſchen Gegenſatz vermindert, während nach der chemiſchen Theorie das verſtärkte Angreifen ſelbſt gerade ein Übergewicht der Zellen mit Salzſäure bewirken müßte. Nach der Contacttheorie wirkt die Salzſäure verſtärkend bloß durch Verminderung des Leitungswiderſtandes; und dieſe Verminderung kommt der Elektricität der Plattenpaare in den Zellen ohne Säure eben ſo gut auf ihrem Kreislaufe durch die ganze Kette zu Statten, als der Elektricität der Plattenpaare, die ſich unmittelbar in der ſauern Flüſſigkeit befinden.

Sollte übrigens der vorige Verſuch wegen mangelnder Homogeneität der Plattenpaare, von der begreiflich ſeine Präciſion abhängt, nicht ſo entſchieden gelingen, als hier angegeben worden, ſo wird man ſich zu demſelben

---

*) Dieſer Verſuch iſt in Schweigg. LVII. 9 enthalten.

Reſultate durch folgende Abänderung deſſelben geführt ſehen, die keine Zweideutigkeit zuläßt.

Man ordne, wie vorhin, eine gewiſſe Anzahl Zink-Kupferplattenpaare einer eben ſo großen Anzahl Zink-Zinnplattenpaare entgegen, in derſelben Kette, an. Man fülle die Zellen beiderſeitig bis zu derſelben kleinen Höhe mit Brunnenwaſſer: die Zink-Kupferplattenpaare werden vermöge ihres elektromotoriſchen Übergewichts den Ausſchlag des Multiplicators beſtimmen. Man laſſe die Flüſſigkeit bei den Zink-Kupferpaaren unverändert, aber fülle nun die Zellen bei den Zink-Zinnpaaren, welche für ſich den entgegengeſetzten Ausſchlag bewirken würden, immer höher, und der vorhandene Ausſchlag des Multiplicators wird, anſtatt abzunehmen, immer mehr, *und zwar nach derſelben Richtung*, zunehmen, und dieſe Zunahme wird noch höher ſteigen, wenn man Säure in die Zink-Zinnzellen zugießt. Läßt man jetzt die Zink-Kupferpaare aus der Kette, ſo wird ſich die Nadel auf das Lebhafteſte umkehren.

2) Noch directer als auf die vorige Weiſe glaube ich die chemiſche Theorie durch meſſende Verſuche widerlegt zu haben, in denen ich die Veränderungen der elektromotoriſchen Kraft und des Leitungswiderſtandes, welche bei Änderung der erregenden Oberfläche und der Schließungsflüſſigkeit eintreten können, beſonders unterſucht habe. Hier nun hat ſich mir ergeben, *daß die elektromotoriſche Kraft in der That in keiner weſentlichen Abhängigkeit von der Stärke oder Beſchaffenheit der Leitungsflüſſigkeit* oder Größe der erregenden Oberfläche ſteht, ſo daß die Änderung der Kraft, welche Ketten, aus denſelben Platten geſchloſſen, mit verſchiedenen Flüſſigkeiten zeigen, in der That meiſt nur auf Rechnung des dadurch veränderten Leitungswiderſtandes zu ſchreiben iſt. Allerdings zeigen mehrere Flüſſigkeiten Ausnahmen in dieſem Bezuge, deren Urſache nicht erklärt iſt, allein dieſe Ausnahmen ſind wenigſtens nicht von der Art, daß ſie der chemiſchen Theorie zur beſondern Stütze dienen könnten. Es mag genügen, einige Beiſpiele in dem angegebenen Bezuge aus meinen Maßbeſtimmungen über die galvaniſche Kette auszuheben:

Ich fand bei einem Plattenpaare aus Zink-Zinn die elektromotoriſche Kraft merklich gleich für Leitungsflüſſigkeiten, deren Gehalt an Salzſäure durch verſchiedene Zwiſchengrade von $\frac{1}{83}$ bis $\frac{1}{1411}$ Volumen variirte, wodurch die Kraft der Kette von 38,5 auf 5,44 abgeändert wurde. Dieſe ganze Abänderung kam auf Rechnung der Änderung des Leitungswiderſtandes. (Maßbeſtimmungen S. 46 bis 52.)

So zeigte ſich ferner die elektromotoriſche Kraft merklich gleich bei Zink-Kupfer für verſchiedene Concentrationsgrade von ſchwefelſaurem Waſſer, ſalpeterſaurem Waſſer, mäßig ſalzſaurem Waſſer, Kupfervitriolauflöſung, ungeachtet die ganze Wirkung der Kette ſehr verſchieden für dieſe verſchiedenen Flüſſigkeiten war. (Maßbeſtimmungen S. 55 bis 57.)

Für Brunnenwaſſer zeigte ſich allerdings eine ungefähr im Verhältniß von 8 : 9 geringere elektromotoriſche Kraft, als bei den vorigen Flüſſigkeiten; allein merklich dieſelbe geringere Kraft als bei Brunnenwaſſer ward auch bei *ſehr ſtark ſalzſaurem* Waſſer und bei Kochſalzauflöſung wiedergefunden, wo ſie doch unſtreitig nach der chemiſchen Theorie hätte ſtärker ſein müſſen, als bei Brunnenwaſſer.

Eben ſo habe ich, wofür viele Verſuche in meinen Maßbeſtimmungen als Belege dienen können, die elektromotoriſche Kraft ohne weſentliche Abhängigkeit von der Größe der erregenden Oberfläche gefunden; ſo ſtieg bei einem Verſuche (Maßbeſtimmung S. 81) beim Übergange von der einfachen zur dreifachen erregenden Oberfläche die Wirkung der Kette von 8,79 bis 21,0, während doch die elektromotoriſche Kraft ſich ungeändert zeigte, wie durch Berechnung gefunden werden konnte. So wurden bei anderen Verſuchen aus einer Kette, die aus 5, zu einer einzigen erregenden Oberfläche vereinigten, Kupfer-Zinkpaaren beſtand, einmal alle Zinkplatten bis auf eine, ein andermal alle Kupferplatten bis auf eine aus der Kette gelaſſen (während die 5 anderen Platten darin blieben), ohne daß die elektromotoriſche Kraft ſich geändert hätte, während doch in der ganzen Wirkung der Kette hierbei, beſonders im letzten Falle, ein ſehr ſtarker Abfall erfolgte. (Maßbeſtimmungen S. 98 99 u. ſ. f.)

3) *Matteucci* *) theilt folgenden Verſuch mit. Er verſuchte zuvörderſt, ob deſtillirtes und ganz von Luft befreites Waſſer mit Zink allein oder Zink und Kupfer, die ſich berührten, zugleich in Berührung gebracht, eine chemiſche Wirkung äußerten, und ſchloß daraus, daß ſelbſt nach mehrſtündiger Berührung die empfindlichſten Reagentien keine Gegenwart von oxydirtem Zink oder Kupfer (in dem Waſſer?) darzuthun vermochten, daß eine ſolche Wirkung hier nicht Statt finde **).

Er hing darauf ein Froſchpräparat, welches mit deſtillirtem und luftfreien Waſſer gewaſchen worden, mit den Nerven an einen Haken von Zink auf, der in einer gläſernen Glocke angebracht und mit einem längern kupfernen Draht zuſammengelöthet war. Die Glocke wurde dann erſt mit deſtillirtem Waſſer, darauf mit reinem Waſſerſtoffgas gefüllt und nun die Berührung der Muskeln des Froſchpräparates mit dem kupfernen Draht bewirkt. Die Zuſammenziehungen erfolgten eben ſo, als wenn in reiner Luft operirt worden wäre. Daſſelbe war der Fall, wenn ſtatt in Waſſerſtoffgas im leeren Raume, in Kohlenſtoffoxyd, in Kohlenſäure, in Sauerſtoff, mochten dieſe Gasarten feucht oder getrocknet ſein, operirt wurde.

4) Von nicht geringem Gewichte in Bezug auf den betreffenden Umſtand iſt auch die Erfahrung, die *Ohm* ***) in Bezug auf das eigenthümliche Verhalten der concentrirten Schwefelſäure im Kreiſe der galvaniſchen

---

*) Ann. de Ch. et de Phys. XLV. 106.

**) In der That nehmen auch die Chemiker an, daß in *luftfreiem* Waſſer weder Zink-noch Kupfer ſich oxydiren.

***) Schweigg. J. LIX. Heft 4.

Kette aus Zink und Kupfer gemacht hat. Bekanntlich hat man es immer unter den Hauptbeweiſen für die chemiſche Theorie angeführt, daß eine Kette aus Zink und Kupfer in concentrirter Schwefelſäure zugleich keine chemiſche und keine Strömungs-Wirkung zeigt, während in verdünnter Schwefelſäure beide auf das Lebhafteſte erfolgen.

Nun aber hat Ohm nachgewieſen (vergl. unipolare Leiter), daß dieſe Unwirkſamkeit der concentrirten Schwefelſäure bloß darauf beruht, daß dieſelbe unter dem Einfluß der Schließung ſehr ſchnell einen in concentrirter Schwefelſäure unauflöslichen Überzug auf dem Zink hervorbringt, der vermöge ſeiner ſchlecht oder nicht leitenden Eigenſchaft die Strömung unterbricht; daher in der That im erſten Augenblicke eine Strömung eintritt, die aber ſehr ſchnell vermöge dieſer Bildung unterbrochen wird. In verdünnter Schwefelſäure bildet ſich kein ſolcher Überzug, weil er darin auflöslich iſt. Es iſt ſehr wahrſcheinlich, daß bei Brom etwas Ähnliches Statt ſinde.

5) Daß auf ſolchen Veränderungen, welche oft ſehr ſchnell erfolgen, der von Rive zu Gunſten ſeiner Anſicht ausgelegte Umſtand beruht, daß die elektriſche Reihenfolge der Metalle ſich nach Beſchaffenheit der Flüſſigkeit, mit der ſie geſchloſſen werden, zu ändern ſcheint, habe ich ſchon durch frühere Verſuche erwieſen *).

6) Folgenden Verſuch hat ſchon vorlängſt Berzelius als gegen die chemiſche Theorie ſprechend angeführt.

Eine gewiſſe Anzahl Becher iſt zur Hälfte mit einer concentrirten Auflöſung von ſalzſaurem Kalk, zur Hälfte mit verdünnter Salpeterſäure gefüllt, wovon die letztere ſich wegen ihrer geringen Dichtigkeit nicht mit der Salzlöſung miſcht, ſondern auf derſelben ſtehen bleibt. Kupferbögen, die ſich an einem ihrer Enden in ein Stückchen Zink endigen, dienen zur Vereinigung der Becher, und ſind ſo geſtellt, daß das Zinkende ganz in die Löſung des ſalzſauren Kalkes taucht und das Kupferende in die obenſchwimmende Salpeterſäure des nächſten Bechers. Dieſer Becherapparat entwickelt einen Strom, in welchem das Zinkende, obgleich es kaum angegriffen wird, und beſonders viel weniger als das Kupferende, dennoch poſitiv gegen dieſes iſt.

Die Beweiskraft dieſes Einwurfs beſtreitet de la Rive **) dadurch, daß er annimmt, der größere Theil des Stroms werde hier durch die gegenſeitige Einwirkung der in Berührung befindlichen Flüſſigkeiten rege, welche einen von der Salzlöſung nach der Säure gerichteten Strom veranlaße, der dann vom Zink durch die beiden Flüſſigkeiten zum Kupfer zu gehen ſcheint. In der That, wenn man ſtatt der heterogenen Bögen homogene von Platin, Kupfer oder Zink nimmt und ſie auf dieſelbe Weiſe anordnet, ſo erhält man nach ihm einen Strom von gleicher Richtung, der beim Platin und beim Kupfer ſchwächer, beim Zink aber ſtärker iſt, und zwar nach de la Rive aus dem Grunde, weil das Zink der Elektricität einen leichtern Durchgang geſtatte.

---

*) Biot III. 52.

**) Pogg. XV. 106.

Ohm hat indeß durch Abänderung derſelben Verſuche (Schweigg. LXIII. 176) die Beweiskraft von Berzelius Verſuch in ihrer vollen Stärke wiederhergeſtellt.

In den einen Schenkel einer Uförmig gebogenen Röhre, deren ganze Biegung mit feſtgeſtopftem Asbeſt ausgefüllt worden war*), goß er ſo weit verdünnte Salpeterſäure, daß, während das Kupfer ſich in ihr auflöſte, die Flüſſigkeit nicht mehr über die Mündung der Röhre emporgehoben wurde und überlief; in den andern Schenkel derſelben Röhre aber goß er eine geſättigte Auflöſung von Zink in Salpeterſäure, die er noch überdies eine ganze Woche lang über friſchem Zink hatte digeriren laſſen. Wurde nun das Kupferende des Multiplicators in die verdünnte Säure, ſein Zinkende in die geſättigte Zinkauflöſung eingetaucht, ſo zeigte in demſelben Augenblicke die Magnetnadel das Daſein eines Stroms von großer Stärke, obwohl hier das Kupfer fortwährend ziemlich raſch in der Salpeterſäure ſich aufzulöſen fortfuhr und das Zink auf der andern Seite ſeinen Metallglanz unverändert beibehielt. Als jetzt ſtatt des Zinkendes ein zweites Kupferende ſubſtituirt ward, fand allerdings auch — wie Rive dies bemerkt hat — der Art nach noch ein Strom derſelben Richtung Statt; aber, wie ſich Ohm überzeugte, betrug dieſer Strom an Stärke noch nicht den hundertſten Theil des vorigen. Als jetzt beide in die reſpectiven Flüſſigkeiten tauchenden Multiplicatorenden aus Zink genommen wurden, fand wiederum noch derſelbe Strom Statt, aber entgegen dem, was Rive bei ſeiner Art den Verſuch anzuſtellen wahrnahm: der Strom betrug in dieſem Falle an Stärke noch lange nicht den zwanzigſten Theil des erſten. Wurde ferner das anfängliche Zinkende zum Kupferende und das anfängliche Kupferende zum Zinkende gemacht und jenes in die Zinkauflöſung, dieſes in die Säure geſetzt, ſo entſtand in demſelben Augenblicke ein Strom von entgegengeſetzter Richtung als die vorigen, der an Stärke alle, zuvor durch homogene Metalle erregten, bei weitem übertraf und dem urſprünglichen merklich gleich erſchien. Alle dieſe Umſtände ſind ſehr wohl mit der Contacttheorie, nicht aber mit Rive's chemiſcher Theorie vereinbar.

Folgender Verſuch Marianini's**) gehört ebenfalls hierher und ſtimmt im Weſentlichen mit dem vorigen überein.

Taucht man in ein Gefäß mit deſtillirtem Waſſer eine Zinkplatte, in ein anderes mit verdünnter Schwefelſäure eine Eiſen-, Blei-, Meſſing- oder Kupfer-Platte und verbindet die Gefäße durch eine mit deſtillirtem Waſſer gefüllte Heberröhre, die beiden Platten durch den Multiplicator, ſo wird der Ausſchlag des letztern anzeigen, daß das Zink poſitiv elektriſch iſt, ungeachtet es viel weniger angegriffen wird, als das in der verdünnten Säure ſtehende Metall.

---

*) Dieſer wurde entweder mit Waſſer oder Salpeterlöſung befeuchtet oder auch anfangs trocken gelaſſen, was für den Erfolg des Verſuches ſich gleichgültig zeigte.

**) Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 122.

Marianini änderte dieſen Verſuch ſo ab, daß er gleichzeitig in das Gefäß mit verdünnter Schwefelſäure eine Zinkplatte und in das mit deſtillirtem Waſſer eine Platinplatte (beide durch den Multiplicator in Verbindung ſtehend) tauchte. Die Ablenkung betrug 11°. Er kehrte jetzt den Verſuch um, indem er, nach guter Abtrocknung der Platten, das Zink in das Waſſer, das Platin in die verdünnte Säure tauchte; die Ablenkung betrug wieder 11°, ungeachtet im erſten Falle ſehr ſtarke chemiſche Wirkung, im letztern keine merkliche Statt fand.

Der letzte Verſuch ward mit analogem Reſultat mit Silber und Zink in verdünnter Salpeterſäure, ſo wie auch mit Graphit und Zink, Kupfer und Zink, Eiſen und Zink wiederholt.

7) Becquerel hat gefunden, daß eine gut polirte Zinkplatte durch Berührung mit einer ſalpeterſauren Zinklöſung ſtets negativ elektriſch wird, wenn man in die Löſung einen Tropfen Salpeterſäure oder Schwefelſäure gießt; das Eiſen dagegen in Berührung mit einer ſchwefelſauren Eiſenlöſung poſitiv elektriſch, wenn man in die Löſung einen Tropfen Schwefelſäure gießt. — Nun füllte Marianini ein Glas mit einer Auflöſung von ſalpeterſaurem Zink, ein anderes mit einer Auflöſung von ſchwefelſaurem Eiſen, that in erſteres einen Tropfen Salpeterſäure, in letzteres einen Tropfen Schwefelſäure, tauchte in erſteres eine Zink-, in das zweite eine Eiſen-Platte und verband dieſe durch den Multiplicator, die Gefäße aber durch einen mit deſtillirtem Waſſer genetzten Docht. Der Strom ging im Multiplicatordraht vom Eiſen zum Zink, d. h. das Zink verhielt ſich poſitiv; dagegen nach der Becquerel'ſchen Erfahrung die umgekehrte Richtung des Stroms zu erwarten geweſen wäre, wenn, wie die chemiſche Theorie vorausſetzt, bloß die Wirkung der Flüſſigkeit auf die Metalle, nicht deren Contactwirkung in Betracht käme. Dieſer Verſuch wurde mit verſchiedenen Abänderungen im Verhältniß der aufgelöſten Salze oder der zugeſetzten Säure wiederholt, aber mit ſtets gleichbleibenden Reſultaten; dieß war ſelbſt dann noch der Fall, wenn die Quantität Säure, die in die Auflöſung, worein das Eiſen tauchte, zugefügt ward, einige tauſend Mal mehr betrug als die, welche in das andere Gefäß zugeſetzt ward.

Verſchiedene Abhandlungen.

Hinſichtlich folgender Abhandlungen verweiſe ich auf die Originalſchriften:

Pohl Verſuche und Bemerkungen über das polare Verhalten der Flüſſigkeit in der galvaniſchen Kette, mit Berückſichtigung einiger dahin gehörigen Mittheilungen von Marianini, Pfaff und de la Rive in Pogg. XVI. 101.

Deſſelben Schreiben an **Kaſtner** in Betreff der Bemerkungen, mit welchen dieſer einen freien Auszug aus der von **Pohl** verfaßten Schrift über Magnetismus, Elektricität und Chemismus begleitet hat, in Kaſtn. Arch. XVI. 247.

Ohm, Nachweiſung eines Zuſammenhangs des Geſetzes der Elektricitätsverbreitung mit dem der Spannung (in Bezug zu ſeiner mathematiſchen Theorie des Galvanismus) in Kaſtn. Arch. XVII. 1. 452.

II. Electroſkopiſche Erſcheinungen einfacher und zuſammengeſetzter, ungeſchloſſener und geſchloſſener Ketten.

Störungen bei elektrometriſchen Verſuchen.

Ohm *) macht auf die Störungen aufmerkſam, die bei elektrometriſchen Verſuchen mit Zink-Kupfer am condenſirenden Elektroſkop durch Gegenwart von Zinkoxyd am Zink entſtehen können. Er führt in dieſem Bezuge folgende Verſuche an:

Nimmt man einen Streifen Zink, der lange an feuchter Luft gelegen, und ſich gleichmäßig mit einer ziemlich dicken Lage grauen Oxydes überzogen hat, und ſchabt oder feilt ihn an ſeinem einen Ende rein metalliſch, ſo zeigt er am Elektrometer nachſtehende Erſcheinungen. Hält man das blanke Ende deſſelben mit Leinwand zwiſchen den Fingern, und berührt mit einem ebenen Theile ſeines oxydirten Endes ein auf der obern Condenſatorplatte liegendes trocknes Stück Leinwand, ſo wird das Elektrometer nach geſchehener Öffnung des Condenſators eine von dieſem Ende ausgegangene negative Elektricität von großer Stärke anzeigen, die der von Zink-Kupfer nicht ſehr viel nachgiebt, wenn die Oxydation des Zinkes vollſtändig genug geſchehen war. Prüft man auf dieſelbe Weiſe den Zinkſtreifen in umgekehrter Lage am Condenſator, wobei jedoch zum ſichern Gelingen des Verſuches erfordert wird, daß man das oxydirte Ende mit einer Holzzange, oder wenigſtens mit mehrfacher Leinwand feſthält, damit die von der Hand ausdünſtende Feuchtigkeit keine Gelegenheit erhalte, ſich in größerer Menge am Zinkoxyde niederzuſchlagen: ſo wird man eine gleich ſtarke poſitive Elektricität wahrnehmen. Befeuchtet man nun durch leiſes Anhauchen oder ſonſt wie das oxydirte Ende des Zinkſtreifens nur ſehr wenig, ſo fallen jene Anzeigen am Elektrometer geringer aus, und ſie hören ganz auf, wenn das Zinkoxyd von Feuchtigkeit ganz und gar durchdrungen iſt, ſo daß tropfbar flüſſiges Waſſer auf ſeiner Oberfläche ſichtbar wird.

---

*) Schweigg. LXIII. 12.

über die Vertheilung der Berührungs-Elektricität im Spannungszuſtande in galvaniſchen Plattenpaaren.

Durch eine Reihe Verſuche habe ich für die Vertheilung der Elektricität folgenden Satz nachgewieſen *):

Die Intenſität der Elektricität an den Berührungsflächen zweier Metalle iſt ohne Vergleich ſtärker als die Intenſität derjenigen Elektricität, welche ſich in merklichen Entfernungen von der Berührungsoberfläche über die anderen Theile der Metalle verbreitet, ſo daß die Vertheilung der Elektricität in zwei ſich berührenden Platten ganz dieſelbe iſt, wie in zwei, durch eine ganz dünne nichtleitende Schicht getrennten, mit entgegengeſetzten Elektricitäten geladenen Condenſatorplatten.

Die Verſuche, welche dieſen Satz beweiſen, ſind folgende:

1) Man berühre eine Zinkplatte von einem oder einigen Quadratzollen Durchmeſſer, die iſolirt oder nicht iſolirt ſeyn kann, wiederholt in ihrer ganzen Fläche mit einer eben ſo großen iſolirten Meſſing- oder Kupferplatte, und trage deren Elektricität nach jedesmaliger Berührung an den, mit einem Elektroſkop verbundenen, Condenſator über **), kurz ſtelle den gewöhnlichen Volta'ſchen Verſuch an. Man wird den bekannten Erfolg erhalten; d. h. nach einigemal wiederholter übertragung wird (nach Abheben der oberen Condenſatorplatte) das Elektroſkop eine ſtarke negative Elektricität zu erkennen geben. Zum Beweiſe jedoch, daß dieſe Elektricität faſt ganz auf Rechnung derjenigen Elektricität kommt, welche während der Berührung an den Berührungsoberflächen gebunden war, bei Trennung der Platten aber frei wird, und ſich dann über die ganze Oberfläche der Platten und von da in den Condenſator ergießt, wiederhole man den Verſuch jetzt auf folgende Weiſe:

Anſtatt die Zinkplatte direct mit der Kupferplatte zu berühren, lege man auf die Zinkplatte eine andre (recht trockene) Kupferplatte, mit ihr von gleichen Dimenſionen, und berühre nun dieſe in ihrer ganzen Fläche wiederholt mit der übertragenden Kupferplatte. Wie oft man ſolchergeſtalt die übertragung wiederholen mag, man wird kein oder höchſtens ein ſehr ſchwaches Zeichen von Elektricität wahrnehmen können.

In der That bleibt hier faſt die ganze Elektricität, welche bei der erſten Art, den Verſuch anzuſtellen, den Effect hervorbrachte, an der Berührungsfläche derjenigen Kupferplatte, welche direct auf dem Zink liegt, gebunden *), und die zweite Kupferplatte, welche dieſe berührt, kann mit ihr blos die Elektricität von verhältnißmäßig ſchwacher Intenſität theilen, die ſich über die ganze Oberfläche gleichförmig fortpflanzt, und die unter dieſen Umſtänden nicht hinreichend iſt, einen bemerklichen Ausſchlag am Condenſator hervorzubringen, jedoch unter andern Umſtänden ſehr bemerklich werden kann.

---

*) Biot III. 22.

**) Vor jeder neuen Berührung muß man Sorge tragen, auch die Zinkplatte, wofern ſie nicht ſchon mit dem Boden in Verbindung ſteht, zu entladen; damit ſie bei jeder neuen Berührung dem Kupfer im entladeten Zuſtande dargeboten werde. Dieß gilt auch für die folgende Abänderung des Verſuchs. Der Condenſator beſteht aus gleichem Metall mit der Platte, deren Elektricität an ihn übertragen wird. Das Elektroſkop iſt am beſten ein Bohnenbergerſches.

In der That, wenn bei der vorigen Art, den Verſuch anzuſtellen, dieſe Elektricität keinen bemerklichen Erfolg am Condenſator hervorbringt, ſo liegt dies darin begründet, daß der Condenſator ſich blos der kleinen Quantität Elektricität bemächtigen kann, welche der übertragenden kleinen Kupferplatte jedesmal von der auf dem Zink aufliegenden Kupferplatte mitgetheilt wird. Stellen wir dagegen den Verſuch ſo an, daß wir das auf dem Zink aufliegende Kupfer mit dem kupfernen Condenſator direct in Berührung ſetzen, während zugleich das Zink mit dem Erdboden in Verbindung ſteht, ſo wird ſich jetzt der Condenſator mit der Elektricität, welche ſich gleichförmig über die Oberfläche des Kupfers verbreitet, und die ſich in dem Maße, als ſie entzogen wird, augenblicklich wieder aufs Neue erzeugt, in einem Augenblick vollſtändig ſättigen können, und in der That ſehen wir in dieſem Falle das Elektroſkop ſtarke negative Elektricität anzeigen.

2) Daß bei der erſt beſchriebenen Art des Volta'ſchen Verſuchs alles auf Größe und Glätte der Berührungsflächen ankommt, um ein merkliches Reſultat zu erlangen, war ſchon früher bekannt. Je größer und glätter nämlich die Berührungsoberflächen ſind, um ſo mehr wächſt die Quantität der ſich an dieſen Berührungsoberflächen anhäufenden condenſirten, und bei Trennung der Flächen frei werdenden Elektricität. Eben ſo bekannt iſt, daß bei der Modification des Volta'ſchen Verſuchs, wo man den kupfernen Condenſator mit nicht iſolirtem Zink berührt, ſo daß der Condenſator zugleich als Elektromotorplatte dient, nichts darauf ankommt, ob er in viel oder wenig Punkten, einmal oder oft, berührt wird. Hier nämlich hängt der Effect nicht von der, an der Berührungsoberfläche condenſirten, Elektricität ab, ſondern von der gleichförmig ſich verbreitenden Elektricität, mit welcher ſich der Condenſator auf einmal ſättigt. Die Intenſität, welche der Condenſator auf letzte Weiſe zu erlangen vermag, iſt aber, wie ich mich überzeugt habe, beträchtlich ſchwächer, als die er auf erſtere Weiſe zu erlangen vermag, wo man die Elektricität einer Platte, die eine andre mit größerer und glatterer Fläche berührt, recht oft nach Trennung von derſelben an ihn überträgt.

3) Legt man auf eine iſolirte oder nicht iſolirte Kupferplatte eine

---

*) Daß wirklich die Elektricität von ſtarker Intenſität, welche an der Berührungsfläche vorhanden iſt, nicht merklich über ſie hinausreicht, habe ich dadurch gefunden, daß ich das Kupfer nur unter Zwiſchenlegung eines unächten Goldblatts (Kupfer) mit Kupfer berührte, auch in dieſem Falle konnte letzteres durch wiederholte Übertragung an den Condenſator keine merklichen Anzeigen von Elektricität zuwege bringen.

Zinkplatte, und berührt dieſe Zinkplatte wiederholt in ihrer ganzen Fläche mit einer eben ſo großen iſolirten Kupferplatte, die man jedesmal nachher abhebt und am Condenſator entladet, ſo wird der Condenſator merklich dieſelbe negative Ladung erhalten, als wenn die untere Kupferplatte gar nicht vorhanden geweſen wäre; denn die übertragende Kupferplatte zeigt zwar, wie dies bekannt iſt, kein Zeichen von Elektricität, ſo lange ſie auf der Zinkplatte liegen bleibt, weil die gleichförmig ſich verbreitende negative Elektricität, die ſie durch Berührung mit dem Zink annimmt, neutraliſirt wird durch die eben ſo ſtarke poſitive Elektricität, die von dem Zink, vermöge deſſen Berührung mit dem untern Kupfer, darauf übergeht; allein bei Trennung der obern übertragenden Kupferplatte von der Zinkplatte wird jedesmal die an ihren gegenſeitigen Berührungsflächen condenſirte Elektricität frei und dieſe bewirkt jetzt den Ausſchlag.

4) Folgender Verſuch ſteht in genauem Zuſammenhange mit den vorigen:

Man errichte mit Waſſer eine Säule von 20 bis 25 Plattenpaaren von Guldengröße, in der Anordnung

Zink
Kupfer
Feuchter Leiter
Zink
Kupfer u. ſ. w.

ſo daß eine Zinkplatte, welche fein und gleichförmig abgefeilt oder abgeſchliffen ſeyn muß, den obern Pol der Säule bildet. Ihren untern oder Kupferpol ſetze man durch eine Metallkette mit dem Boden in Verbindung. Man berühre die obere iſolirte Zinkplatte wiederholt mit der Ecke einer eben ſo großen iſolirt gehaltenen Kupferplatte, deren dabei erlangte Elektricität man jedesmal an ein condenſirendes Elektroſkop überträgt. Hierbei iſt die Elektricitätsmenge, die das Kupfer durch die directe Berührung mit dem Zink annimmt, wegen der kleinen Berührungsgröße als unmerklich außer Acht zu laſſen, und die Kupferplatte wird ſonach blos vermöge der Elektricität, die vom Zinkpol auf ſie übergeht, geladen erſcheinen können. In der That giebt das Elektroſkop nach einigemal wiederholten übertragungen poſitive Elektricität zu erkennen.

Die Intenſität dieſer vom poſitiven Pol auf die Kupferplatte übergehenden Elektricität iſt jedoch weit geringer als die Intenſität der negativen Elektricität, welche auf der Berührungsfläche des Kupfers mit dem Zink condenſirt und nach der Entfernung davon frei wird; und blos die geringe Quantität dieſer condenſirten Elektricität bewirkte bei vorigem Verſuche das übergewicht der poſitiven Elektricität des Pols. In der That, man wiederhole jetzt den vorigen Verſuch ſo, daß man den Zinkpol, anſtatt ihn blos mit einer Ecke der Kupferplatte zu berühren, mit der ganzen Fläche derſelben berührt. Nach einigemal wiederholter übertragung wird jetzt das Elektroſkop ſtarke negative Elektricität zu erkennen geben. Hier nach muß es einen mittlern Grad der Berührungsgröße geben, wo beide Elektricitäten ſich vollkommen compenſiren und ſelbſt nach wiederholter übertragung an das Elektroſkop dieſes gar keine Elektricität empfängt. Wirklich beſtätigt dies die Erfahrung.

Unſtreitig wird bei einer größern Anzahl von Plattenpaaren die Intenſität des Pols ſo ſtark, um unter keinen Umſtänden mehr das übergewicht der condenſirten Elektricität zuzulaſſen. Ich habe jedoch vernachläſſigt, den Verſuch ſo weit auszudehnen.

Elektroſkopiſche Wirkungen der geſchloſſenen einfachen galvaniſchen Kette, von Ohm *).

Ohm führt als ein, aus der Geſammtheit ſeiner Verſuche hervorgehendes, Reſultat über dieſen Gegenſtand Folgendes an:

Es mögen ſich in einer geſchloſſenen galvaniſchen Kette die beiden Metalle einander in vielen oder in den wenigſt möglichen Punkten berühren, die Flüſſigkeit mag noch ſo ſchlecht oder noch ſo gut leitend ſeyn, und ſie mag die Metalle in einer ſehr großen oder in einer ſehr kleinen Fläche berühren, der Abſtand zwiſchen den beiden Metallflächen mag noch ſo gering oder noch ſo beträchtlich ſeyn: ſo zeigen diejenigen Theile der beiden Metalle, welche zunächſt dieſſeits und jenſeits der Berührungsſtelle liegen, ſtets und zwar genau dieſelbe Spannung, wie in der ungeſchloſſenen Kette, ja dieſe Unveränderlichkeit der Spannung behauptet ſich in allen Ketten von bisher üblicher Form ſogar in der ganzen Ausdehnung der Metalle in einer ſtets gleichen Weiſe.

Nicht nur in Bezug auf dies Geſetz, ſondern auch in Bezug auf den elektriſchen Zuſtand, den die einzelnen Stellen des flüſſigen Leiters in einer ſeit längerer Zeit geſchloſſenen Kette darbieten, hat Ohm mehrere Verſuche bekannt gemacht, deren Reſultate wir hier mittheilen werden. Die erſte Reihe dieſer Verſuche betrifft eine einfache Zinkkupferkette, welche mit deſtillirtem Waſſer, die andre eine ſolche, welche mit Kochſalzauflöſung geſchloſſen war, die dritte eine mit Brunnenwaſſer geſchloſſene Kette. Bei allen geſchahe die Prüfung erſt, nachdem ſchon längere Schließung vorausgegangen war. Wir wollen das Allgemeine, was ſich über dieſe Verſuche ausſagen läßt, voranſchicken.

Die Reſultate, welche mit dem Kochſalzwaſſer und Brunnenwaſſer erhalten wurden, unterſcheiden ſich auffallend von denen, welche mit deſtillirtem Waſſer erhalten wurden; die mit letzterm erhaltenen Reſultate verhalten ſich genau ſo, wie ſie Ohm ſchon früher (Pogg. Ann. VI. 459 und in ſ. Schrift: die galvaniſche Kette) aus theoretiſchen Gründen abgeleitet hat. Die mit Kochſalzwaſſer und Brunnenwaſſer erhaltenen Reſultate aber ſtimmen blos dann mit dieſen Formeln überein, wenn man neben der zwiſchen Kupfer und Zink ſich bildenden bekannten Spannung noch eine zweite vorausſetzt, die (durch den Einfluß der Strömung ſelbſt) in entgegengeſetz-

---

*) Schweigg. LXIII. 1.

ter Richtung zwiſchen dem Kupfer oder der Flüſſigkeit ſich bildet *) und jener an Stärke zwar nicht völlig, aber doch nahe gleich kommt; oder auch wenn zwiſchen dem Kupfer und der Flüſſigkeit in ſehr geringer Ausdehnung ein großes Leitungshinderniß (Übergangswiderſtand nach meiner Bezeichnung) vorausgeſetzt wird. Ohm iſt geneigt, blos den erſten Umſtand hierbei im Spiele anzunehmen; da man ſich in der That von deſſen Vorhandenſeyn nach dem in Schweigg. Jahrb. LX. 80. angegebenen Verfahren überzeugen kann. Ich meinerſeits muß geſtehen, daß ich nach meinen direct meſſenden Verſuchen, deren ich mehrere in Kochſalzauflöſung, viele in Brunnenwaſſer angeſtellt habe, und die ſich in meinen Maßbeſtimmungen der galvaniſchen Kette verzeichnet finden, beide Urſachen zugleich im Spiele annehmen muß. Denn conſtant hat ſich mir hierbei, wenn die Kette 5 Minuten oder ſpäter nach der Schließung geprüft ward, ſowohl eine verminderte elektromotoriſche Kraft (welche nichts hindert, mit Ohm als von einer Gegenſpannung abhängig anzunehmen) als ein vermehrter Übergangswiderſtand, welche beide Elemente ſich nach dem von mir angewandten meſſenden Verfahren recht wohl trennen laſſen, zu erkennen gegeben. Es reicht hin, in dieſem Bezuge einen Blick auf die Tabelle in meinen Maßbeſtimmungen S. 252 zu werfen, die ich weiterhin auch in dieſem Repertorium mittheilen werde. Bemerkenswerth iſt übrigens, daß eine ſo geringe Quantität Salztheile, als im Brunnenwaſſer vorhanden iſt, ſchon ſo bedeutende Modificationen in der Kette hervorbringen kann, als nach Ohm's Verſuchen erhellt.

Erſte Verſuchsreihe, Schließung mit deſtillirtem Waſſer. Als einfache Kette wurde hier ein Bogen aus zwei, mit ihren einen Enden zuſammengelötheten, Streifen Zink und Kupfer angewandt, der halbkreisförmig gebogen war; als feuchter Leiter diente baumwollenes, nur leicht zuſammengedrehtes, mehrfach genommenes, mit deſtillirtem Waſſer wohl durchnäßtes Strickgarn, welches von einem Ende des Bogens zum andern geſpannt wurde.

A. Wurde der Kupferſtreifen dieſer Kette zwiſchen die Finger gefaßt, die Kupferplatte des Condenſators **) mit der andern Hand ableitend berührt, und:

1) irgend eine Stelle des Zinkſtreifens dieſer Kette mit dem am Condenſator hervorragenden Zinkſtift in Berührung gebracht, ſo gab das Elektrometer in dieſer Stelle nach geſchehener Öffnung des Condenſators poſitive Elektricität zu erkennen, und zwar ganz von derſelben Stärke, wie ſie dieſelbe Kette gezeigt hatte, ehe noch die naſſe Baumwolle in ſie geſpannt worden war.

---

*) Daß ſie ſich wirklich erſt durch die Strömung bildet, beweiſt Ohm dadurch, daß unmittelbar nach der Schließung die Erſcheinungen im Salzwaſſer denen nahe ſtehen, die reines Waſſer giebt, ja bei hinreichend ſchnell angeſtelltem Verſuche ganz in ſie übergehen.

**) Beſtehend aus einer Kupferplatte und einer Zinkplatte, jede mit einem vorſtehenden Stifte von gleichartigem Metalle verſehen.

2) Wurde unter denſelben Umſtänden der zunächſt am Zinkſtreifen liegende Theil der naſſen Baumwolle mit dem Zinkſtift am Condenſator in Berührung gebracht, ſo gab das Elektrometer eine Elektricität von derſelben Art und Stärke wie eben zu erkennen.

3) Wurden ſucceſſiv andre Stellen des Baumwollenfadens, welche näher nach dem Kupferende der Kette zu lagen, mit dem Zinkſtift in Berührung gebracht, ſo nahm der Ausſchlag des Elektrometers, wiewohl der Art nach gleich bleibend, doch an Stärke um ſo mehr ab, je näher die geprüfte Stelle an dem Kupferende lag, ſo daß in der Mitte des naſſen Fadens die Anzeige der von einer halben Zinkkupferſpannung ſehr nahe kam, in ¼ Durchmeſſer Abſtand vom Kupferende nur ſehr ſchwach war, zunächſt am Kupferende aber ganz aufhörte.

B. Faßt man ſtatt des Kupferſtreifens den Zinkſtreifen der Kette zwiſchen die Finger, berührt die Zinkplatte des Condenſators mit der andern Hand, und bringt dann, vom Kupferſtreifen ausgehend, die verſchiedenen, unter A angezeigten, auf die verwechſelten Metalle bezogenen Stellen der naſſen Baumwolle mit dem Kupferſtifte der andern Condenſatorplatte in Berührung, ſo wird man am Goldſtreifen des Elektrometers der Reihe nach ganz dieſelben Bewegungen, wie ſie unter A aufgezeichnet ſind, wiederfinden.

Zweite Verſuchsreihe, Schließung mit Kochſalzwaſſer. Zu dieſer Verſuchsreihe wurde ein 3 Zoll langes, ¾ Zoll breites und ein Zoll tiefes, rechtwinklig parallelepipediſches Glasgefäß und ein Zinkkupferbogen angewandt, an deſſen beiden Enden Seitenanſätze, die mit dem übrigen gleichartigen Metall auf derſelben Seite ein Continuum ausmachten, angebracht waren, und die ſich genau an die ſchmalen Wände des Glasgefäßes anlegten, und dem Bogen Haltung gaben, wenn er mit ihrer Hülfe, wie ein Haken, in das Glasgefäß eingeſenkt worden war. Der Zwiſchenraum zwiſchen dieſen beiden, in das Glasgefäß geſenkten, Seitenanſätzen wurde mit einer ziemlich ſtarken Kochſalzlöſung gefüllt und dann die ſo gebildete geſchloſſene Kette hinſichtlich ihres elektriſchen Zuſtandes geprüft, indem der Verf. entweder eine Stelle der Kette und zugleich die eine Condenſatorplatte ableitend berührte, und während dies geſchahe, von der andern Condenſatorplatte nach der zu prüfenden Stelle der Kette eine blos leitende Verbindung mittelſt eines mit reinem Waſſer benetzten Baumwollenfadens gehen ließ, oder indem er zwei mit den Condenſatorplatten aus einerlei Metall gebildete und an iſolirende Glasröhren befeſtigte Drähte, die an einem ihrer Enden Anſätze von mit reinem Waſſer benetzter Leinwand oder Baumwolle erhalten hatten, mit ihren metalliſchen Enden an die gleichartigen Condenſatorplatten anlegte, und zu gleicher Zeit die zwei auf ihren elektriſchen Zuſtand zu prüfenden Stellen der Kette mit den befeuchteten Anſätzen der beiden Drähte in Berührung brachte. Beide Arten, den Verſuch anzuſtellen, gaben dieſelben Reſultate, die auch dann noch dieſelben blieben, wenn ſtatt der ableitenden Berührung eines metalliſchen Theils und der einen Condenſatorplatte, falls dieſe mit jenem Theile aus einerlei Metalle beſtand, ein Draht von demſelben Metalle die Gemeinſchaft zwiſchen beiden herſtellte. Bei jeder einzelnen Beobachtung wurden die mit reinem Waſſer befeuchteten Anſätze an beiden Drähten, welche ohnehin nur einen Augenblick lang in der Flüſſigkeit Dienſte zu thun hatten, immer wieder durch friſche erſetzt.

A. Geſchah die eine Berührung der Kette am Kupfer, die andre am Zink, oder an irgend einer Stelle der Flüſſigkeit: ſo zeigten letztere Stellen ſtets eine ſtark poſitive Elektricität, die am Kupfer eine eben ſo ſtark negative. Die Stärke dieſer Anzeigen war in allen dieſen Fällen nahehin dieſelbe und kam derjenigen gleich, welche ein ungeſchloſſener Zink-Kupferſtreifen an demſelben Elektrometer hervorrief; nur eine recht aufmerkſame Beobachtung der jedesmaligen Bewegung des Goldſtreifens, unterſtützt durch eine in ſolchen Verſuchen zu erlangende Sicherheit des Blickes wird im Stande ſeyn, eine höchſt geringe Verminderung der elektriſchen Anzeigen in dem Maß, als die berührte flüſſige Stelle der Kette dem berührten Kupfer näher rückt, zu erkennen, die jedoch, wenn die Salzauflöſung nicht zu ſchwach iſt, auf keinen Fall den achten Theil einer Zink-Kupferſpannung ausmacht.

B. Geſchah die eine Berührung der Kette am Zinke, die andere an irgend einer Stelle der Flüſſigkeit: ſo waren alle Anzeigen am Elektrometer nur höchſt geringe, und zwar völlig null, wenn die berührte Stelle der Flüſſigkeit nahe am Zinke lag und kaum ¼ einer Zink-Kupferſpannung betragend, wenn die berührte Stelle der Flüſſigkeit zunächſt am Kupfer lag; übrigens entſprach die Zinkſtelle einer poſitiven, die übrigen Stellen einer negativen Elektricität, ſo wie die Anzeigen irgend merklich wurden. Indeſſen muß begreiflich hier, wo alle Anzeigen nur höchſt geringe ſind, auf die Entfernung aller blos zufällig herbeigeführten Wirkungen die größte Sorgfalt verwandt werden.

Dritte Verſuchsreihe, Schließung mit Brunnenwaſſer, auf analoge Weiſe als die vorige Verſuchsreihe angeſtellt. — Wurde hier das Kupfer ableitend berührt: ſo gab die zunächſt an ihm liegende Flüſſigkeitsſtelle am Elektrometer in Zink-Kupferſpannungen gemeſſen, wie durch eine unmittelbare Vergleichung erkannt wurde, ſchon + ½, die Mitte der Flüſſigkeit + ¾, und ihre zunächſt am Zink anliegende Stelle oder das Zink ſelber + 1; wurde hingegen das Zink ableitend berührt: ſo zeigte die Flüſſigkeit zunächſt am Zinke 0, in der Mitte — ½, zunächſt am Kupfer — ¾ und das Kupfer ſelbſt — 1.

Über die unipolaren Leiter.

Unterſuchungen Ohm's *). Durch neue Unterſuchungen Ohm's haben wir über die Urſache der ſcheinbar ſo paradoxen Eigenſchaft der

---

*) Schweigg. J. LIX. [illegible]. LX. 1.

Unipolarität ziemlich ſichere Aufklärungen erhalten, wodurch ſie alles Wunderbare verlieren. Folgendes ſind die Reſultate, die aus dieſen Unterſuchungen hervorgehen:

1) Die negative Unipolarität der Seiſe iſt keine Eigenſchaft, welche der Seiſe an ſich zukommt, ſondern ſie entſteht dadurch, daß vermöge chemiſcher Wirkung der Kette auf die Seiſe, welche zur Schließung dient, ſich ein ſchlechtleitender Überzug (Fettſäure?) an der Berührungsfläche des poſitiven Polardrahts mit der Seiſe bildet; wodurch die Phänomene der Unipolarität ſofort erklärlich werden. In der That läßt ſich nachweiſen, daß die Ausbildung der Unipolarität bei der Seiſe eine zwar nur ſehr kleine, aber doch wahrnehmbare Zeit bedarf, um zu Stande zu kommen; und eben ſo iſt eine wirklich unter dem Einfluſſe der Kette erfolgende Zerſetzung der Seiſe nachweisbar.

2) Die hier von der Seiſe gegebene Erklärung der Unipolarität ſcheint auch auf die Unipolarität der Flammen und andrer Körper ſich anwenden zu laſſen, in welchem Bezuge jedoch noch hinreichende Gewißheit fehlt.

3) Ein neuaufgefundener Körper von ausgezeichnet negativ unipolaren Eigenſchaften iſt die concentrirte Schwefelſäure, wenn ſie zwiſchen Polardrähten von Zink oder Meſſing angebracht wird, dagegen ſie zwiſchen Polardrähten von Platina oder Gold keine unipolaren Eigenſchaften zeigt. Bei jenen Metallen erfolgt die, hier eine ſehr merkliche Zeit zur Ausbildung bedürfende, Entſtehung der Unipolarität vermöge Bildung eines in concentrirter Schwefelſäure unauflöslichen Überzuges von ſchwefelſaurem Zink.

4) Ohm führt unter den unipolaren Erſcheinungen noch gewiſſe andre auf, die zwar der Äußerung nach den vorigen analog, aber auf anderm Grunde (Bildung einer Gegenſpannung) beruhend ſind, und die mir, da ihre Beziehung zu den vorigen in der That nur eine äußere iſt, paſſender an einem andern Orte ſcheinen aus einander geſetzt zu werden.

Zu 1). Zum Beweiſe, daß die Ausbildung der Unipolarität bei der Seiſe eine gewiſſe Zeit bedarf, dient folgender Verſuch:

Mit dem poſitiven Pole einer galvaniſchen Säule (aus 100 Zink-Kupferpaaren mit Kochſalzauflöſung) ſtand ein Bohnenbergerſches Elektrometer in Verbindung, deſſen Polknöpfe ſo weit aus einander gerückt waren, daß der Goldſtreifen, ohne anzuſchlagen, etwa ½ Zoll weit aus ſeiner natürlichen Lage abgelenkt ward, wenn man den negativen Pol der Säule mit dem Erdboden in Verbindung ſetzte. Nun ſteckte Ohm in ein noch ungebrauchtes Seiſenſtück zwei blanke Meſſingdrähte von ⅓ Lin. im Durchmeſſer, ſo daß ihre Spitzen etwa ½ Zoll von einander entfernt blieben, und brachte den einen dieſer Drähte mit dem negativen Pol der Säule in Verbindung, während die Seiſe fortwährend zwiſchen den Fingern gehalten ward, ſo daß der Goldſtreifen fortwährend ſeinen höchſten Stand einnahm. Während nun ſo der eine Draht in ſicherer Verbindung mit dem negativen Pol war, ließ Ohm den andern Draht, die Seiſe ſtets zwiſchen den Fingern haltend, auf den poſitiven Pol herab, das Elektrometer dabei unverrückt im Auge behaltend. In dem Augenblicke, wo dieſer Draht den poſitiven Pol berührte, fiel der Goldſtreifen ſeiner natürlichen Stellung zu, zum Zeichen, daß im erſten Augenblicke keine unipolare Wirkung Statt fand; indeß noch ehe er die natürliche Stellung erreicht hatte, wurde er in ſeinem Falle aufgehalten und ſogleich wieder auf ſeinen höchſten Stand zurückgetrieben, welches beweiſt, daß die Veränderung, welche die unipolare Wirkung bedingt, ausnehmend ſchnell einzutreten vermag.

Hebt man nach wenig Augenblicken den letzten Draht wieder vom poſitiven Pole ab, und läßt ihn nach einiger Zeit wieder auf denſelben Pol herab, während der erſte Draht unabläſſig mit dem negativen Pol in Verbindung bleibt, ſo wird der Goldſtreifen nicht mehr fühlbar von ſeinem erſten Stande ab gegen ſeine natürliche Stellung hingetrieben werden. Ja man kann die Seife ſammt ihren beiden Drähten aus der Säule ganz herausnehmen und ſie längere Zeit (½ Stunde) an einem beliebigen Orte ruhig liegen laſſen, ſo wird doch bei Wiederholung des Verſuchs (mit Vorſicht die Poldrähte wieder an ihre frühern reſpectiven Pole zu bringen) der Goldſtreifen im Augenblicke der Schließung ſeinen höchſten Stand nicht im Mindeſten verlaſſen. Die Änderung iſt ſonach dauernd.

Kehrt man aber nach einem ſo vorausgegangenen Verſuche die Seife mit ihren Drähten um, und wiederholt denſelben Verſuch ganz auf dieſelbe Weiſe, ſo daß jetzt das mit Drähten bewaffnete Seifenſtück in umgekehrter Richtung die Säule ſchließt, ſo tritt im Augenblicke, wo der verwechſelte Draht den poſitiven Pol berührt, nachdem der andere Draht mit dem negativen Pol in Verbindung gebracht worden iſt, wieder das zuerſt beobachtete Fallen des Goldſtreifens ſeiner natürlichen Stellung zu, ſein Stillſtand unterwegs und ſein unmittelbar darauf erfolgender Rückgang in die Stellung, von welcher er hergekommen iſt, ganz in der frühern Weiſe ein. Wiederholt man, nachdem dieſes geſchehen iſt, denſelben Verſuch bei derſelben Lage des Seifenſtücks aufs Neue, ſo tritt dieſelbe Erſcheinung nicht zum zweiten Male wieder ein; aber durch Umkehrung des armirten Seifenſtücks kann man ſie ſo oft wieder aufs Neue hervorrufen, als man will. Der Erfolg dieſer Verſuche bleibt ſtets derſelbe, wenn man nur an der Art, wie die Drähte mit der Seife verbunden ſind, keine Änderung vornimmt; denn jedes Herausnehmen der Drähte aus der Seife und Wiederhineinſtecken in dieſelbe, ſelbſt wenn es in die alten Löcher geſchieht, hebt in der Regel die Wirkung des vorangegangenen Verſuches auf und macht den Erfolg in jedem Falle zweifelhaft.

Man kann die in den eben beſchriebenen Verſuchen ſich kund gebende Erſcheinung noch auf eine andere Weiſe verfolgen und ſo die Beobachtung gewiſſermaßen vervollſtändigen, indem man unterſucht, welchen Einfluß ſie auf den negativen Pol ausübt. In dieſer Abſicht bringe man jetzt das Elektrometer vom poſitiven Pole weg und mit dem negativen Pole in Verbindung, und nehme ein noch ungebrauchtes Seifenſtück, mit neuen, in daſſelbe eingeſteckten, Drähten. Nimmt man mit dieſem neuen Seifenſtücke den vorigen Verſuch ganz in der alten Weiſe wieder vor, indem man, die Seife zwiſchen den Fingern haltend, ihren einen Draht mit dem negativen Pol in Verbindung ſetzt, wodurch jetzt der Goldſtreifen im Elektrometer ſeine natürliche Lage einzunehmen veranlaßt wird, und, nachdem dieſes geſchehen iſt, den andern Draht mit dem poſitiven Pol in Berührung bringt: ſo wird der Goldſtreifen im Augenblicke der Schließung ſeine eingenommene Stellung nicht im Geringſten ändern; kehrt man aber hierauf das Seifenſtück um und wiederholt denſelben Verſuch in derſelben Weiſe, ſo wird jetzt der Goldſtreifen im Augenblicke der Schließung ſeine natürliche Stellung verlaſſen und derjenigen zueilen, welche er in der offenen Säule einnimmt, wenn der poſitive Pol mit der Erde in Verbindung geſetzt wird; jedoch wird er auch hier ſchon unterwegs aufgehalten und wieder in ſeine natürliche Stellung zurückgetrieben. Letztere Erſcheinung ſtellt ſich bei einer Wiederholung deſſelben Verſuchs in derſelben Art nicht wieder ein, kann aber durch Umkehrung des Seifenſtücks ſammt ſeinen Drähten ſo oft wieder hervorgerufen werden, als man will. Auch hier hat die Zeit auf den Erfolg des Verſuchs keinen Einfluß.

Zum Beweiſe, daß nicht etwa (wie Configliachi vermuthete) eine an der Seife eingetretene Gegenſpannung Urſache der beobachteten unipolaren Erſcheinungen ſey, prüfte Ohm das Seifenſtück, welches zur Schließung gedient hatte, mit ſeinen beiden Drähten am Elektrometer ohne Zuziehung des Condenſators (der unnütz geweſen wäre, weil eine nur durch ihn bemerkliche Wirkung zur Erklärung der unipolaren Erſcheinungen nichts hätte beitragen können) hinſichtlich einer zwiſchen der Seife und dem poſitiven Drahte vorhandenen Spannung; allein es zeigte ſich keine Spur davon. Es bleibt daher nichts übrig als anzunehmen, daß zwiſchen poſitivem Drahte und Seife ein durch den Strom ſelbſt gebildeter Leitungswiderſtand eingetreten ſey, den man mit Fug in der hieher gehenden Fettſäure ſuchen kann. Daß in der That die Seife unter den Umſtänden, unter denen ſich die unipolaren Erſcheinungen äußern, zerſetzt wird, erhellt aus der Angabe Prechtl's (Gilb. XXXV. 99), daß, wenn man die völlig trockenen Enden der Polardrähte in die iſolirte Seife bringt, ſie nach kurzer Zeit wieder aus derſelben herausnimmt und ſie auf alkaliſch reagirendem Papier abwiſcht, immer das negative Ende eine alkaliſche Reaction zeigt, das poſitive aber keine oder zuweilen nur äußerſt geringe.

Nach dem Vorſtehenden wird ſich nun auch, wenn man die Art, wie chemiſche Zerſetzungen an Zwiſchendrähten erfolgen (Biot III. S. 351) mit in Rückſicht nimmt, der Erfolg nachſtehenden zuſammengeſetztern Verſuchs *) erklären laſſen:

---

*) Seine Anordnung kann durch Fig. 81 auf Taf. VIII. in Biot III. verſinnlicht werden, iſt indeß auch ohnedieß klar.

Man nehme zwei noch ungebrauchte Seifenſtücke von völlig gleicher Größe und Geſtalt, verbinde beide durch einen blanken Metalldraht (der hier einen Zwiſchendraht vorſtellt) mit einander und verſehe noch überdies jede der von einander abgewandten Flächen der beiden Seifenſtücke mit einem Drahte von derſelben Stärke, dergeſtalt, daß alle Drähte gleich tief in die Seife ragen und keiner den andern berührt. Verbindet man nun die äußerſten Drähte dieſer Vorrichtung mit den Polen der Säule, ſo wird man folgende Erſcheinungen wahrnehmen. Berührt man den Draht, welcher mit dem negativen Pole zuſammenhängt, oder das auf derſelben Seite befindliche Seifenſtück, an irgend einer Stelle mit dem Finger, ſo wird der negative Pol alle Spannung verlieren, der poſitive Pol hingegen ſeine höchſte Spannung annehmen; berührt man aber den mittleren Draht oder irgend eine Stelle des andern Seifenſtücks mit dem Finger, ſo werden beide Pole Spannungen von gleicher Stärke annehmen, gerade ſo, als wenn die Säule noch ungeſchloſſen und in ihrer Mitte mit dem Erdboden in Verbindung wäre; berührt man endlich den poſitiven Pol ſelbſt oder den mit ihm vereinigten Draht der Seifenvorrichtung, ſo verliert dieſer Pol alle Spannung und der negative nimmt ſeine größte Spannung an.

Noch eine Abänderung dieſes Verſuchs findet ſich in der Originalabhandlung (Schweigg. LIX. S. 410) angeführt.

Mit dem Erfolge bei letzterem Verſuche ſcheint allerdings die Angabe Erman's (Gilb. III. S. 90) in Widerſpruch zu ſtehen, welcher an einer ähnlichen, aus zwei Seifenſtücken zuſammengeſetzten, Vorrichtung blos das dem poſitiven Pole zugekehrte Seifenſtück unipolar wirkend fand, nämlich ſo, daß der negative Pol alle Spannung verlor, der poſitive Pol hingegen das Maximum der Spannung annahm, man mochte den mittleren Draht oder eins der beiden Seifenſtücke, an welcher Stelle es immer war, ableitend berühren; erſt dann, nachdem zwiſchen dem poſitiven Polardraht und der damit zuſammenhängenden Seife ein feuchter Leiter ſo gelegt worden war, daß er beide zugleich berührte, erhielt das andere Seifenſtück unipolare Eigenſchaften. Dieſer Erfolg iſt indeß nach Ohm ein anomaler, der nur dann Statt finden kann, wenn das Seifenſtück mit dem poſitiven Polardrahte ſchon von einem vorhergehenden Verſuche eine Veränderung erlitten hat, wie in der Originalabhandlung näher erläutert wird.

Zu 2). Was die andern Körper betrifft, von denen bisher unipolare Eigenſchaften bekannt waren, wie trockner Eiweißſtoff, Flammen u. ſ. w., ſo hat Ohm keine detaillirten Verſuche (die hier zum Theil nicht ohne Schwierigkeit ſeyn würden) angeſtellt, aus welchen ſich die Abhängigkeit ihrer unipolaren Eigenſchaft von Bildung eines ſchlechtleitenden Überzugs ergäbe, doch hat er manche Erörterungen beigefügt, um die Möglichkeit einer ſolchen Bildung unter den Umſtänden der betreffenden Verſuche darzuthun. Er erinnert überdies, er habe den Hauptumſtand, daß die Urſache der Unipolarität nicht ſchon urſprünglich in den Körpern vorhanden ſey, auch an einigen, deshalb der Prüfung unterworfenen, Flammen wiedergefunden.

Zu Nr. Zwiſchen die beiden Hälften der oben beſchriebenen friſch aufgebauten Säule von 100 Plattenpaaren wurde concentrirte Schwefelſäure gebracht, und von jedem Pole ein ½ Linie ſtarker Meſſingdraht in die Säure geleitet, doch ohne daß ſie ſich unter einander unmittelbar berührten. Wurde nun der negative Polardraht oder irgend eine Stelle der concentrirten Schwefelſäure durch Berührung mit dem Finger (?) oder irgend einem andern Leiter mit dem Erdboden in Verbindung geſetzt, ſo verlor ſtets der negative Pol alle Elektricität; dagegen ſtieg das Elektrometer am poſitiven Pole zu ſeiner größten Höhe an, und erſt, wenn der poſitive Polardraht ableitend berührt ward, verlor der poſitive Pol alle Elektricität, und die des negativen erreichte zugleich ihren höchſten Grad. Solchergeſtalt gab ſich die concentrirte Schwefelſäure als ein negativ unipolarer Körper von ſolcher Stärke zu erkennen, daß ſie keinem der vorhin erwähnten irgend nachſtand.

Dieſe Unipolarität der Schwefelſäure kommt ihr jedoch nur dann zu, wenn man gewiſſe Metalle am poſitiven Pole als Drähte anwendet (am negativen Pole iſt die Beſchaffenheit der Drähte gleichgültig für den Erfolg). So kann man dem Meſſingdraht auch Zinkdraht, und mit geringer Einſchränkung ſelbſt Kupfer- oder Silberdraht, unbeſchadet der unipolaren Eigenſchaften ſubſtituiren; dagegen bei Anwendung von Gold- oder Platindraht, ſo wie von Blei- oder Zinndraht (deren Verhalten jedoch nicht ganz ſo conſtant iſt) am poſitiven Pole keine unipolare Wirkung eintritt.

Wird der concentrirten Schwefelſäure nach und nach in ſehr kleinen Portionen Waſſer zugeſetzt, ſo nehmen allmälig ihre unipolaren Eigenſchaften ab und verſchwinden bald ganz und gar. Bringt man nämlich die Säure mit dem Erdboden in Verbindung, wobei der negative Pol alle Elektricität verliert und der poſitive anfänglich ſeine ſtärkſte zeigt, ſo wird während des Zuſetzens von Waſſer zur Säure der negative Pol zwar fortwährend ohne Spannung bleiben, aber auch der poſitive Pol wird bald von ſeiner Spannung etwas verlieren, dann immer mehr, und zuletzt gar keine mehr zeigen, wenigſtens am unbewaffneten Elektrometer. Die Quantität Waſſer, welche der concentrirten Schwefelſäure zugeſetzt werden darf, bis ihre unipolaren Eigenſchaften merklich abzunehmen beginnen, iſt jedoch nicht von ſo ausnehmend geringem Umfange, daß durch dieſen Umſtand das Experimentiren beſchwerlich werden könnte, zumal wenn man alle den Verſuchen fremde wäſſerige Flüſſigkeiten aus dem Zimmer entfernt. Man kann dann mit einer einige Linien tiefen Schicht Säure eine Stunde lang und darüber experimentiren, ohne daß die Anzeigen am Elektrometer im Mindeſten geändert würden; daher iſt auch meiſtens ſchon gewöhnliche verkäufliche concentrirte Schwefelſäure zu den Verſuchen entwäſſert genug.

In jenem Zuſtande, wo die Schwefelſäure die unipolaren Erſcheinungen am Elektrometer noch vollſtändig bewirkt, ſind auch alle Stromeswirkungen, wie bei der Seife, faſt ganz verſchwunden. Wie bei der Seife bleiben auch hier alle oben angegebenen Erſcheinungen noch ganz dieſelben, wenn man den negativen Draht und die Säure durch einen feuchten Leiter verbindet; und beide Elektrometer zugleich fallen zuſammen, die Säule giebt Schläge und Waſſerzerſetzung tritt ein, wenn die naſſe Verbindung vom poſitiven Drahte zur Säure geſchieht. Hierin aber unterſcheidet ſich die Schwefelſäure von der Seife, daß ſtatt des feuchten Leiters auch Drähte von Platin, Gold, Blei oder Zinn genommen werden können, ohne daß dadurch der vorerwähnten Stromesverſtärkung Eintrag geſchahe.

Daß auch bei der Schwefelſäure die Unipolarität erſt durch die Strömung ſelbſt erzeugt wird, mittelte Ohm zwar nicht, wie bei der Seife durch das Elektrometer, ſondern durch einen in den Kreis der Säule eingeſchalteten Multiplicator aus; indem er fand, daß, wenn die Kette zwiſchen Polardrähten aus Meſſing oder Zink mit concentrirter Schwefelſäure geſchloſſen ward, die Wirkung auf den Multiplicator zwar im erſten Augenblicke einen ſehr bedeutenden Ausſchlag (bis über 90°) gab, der aber nach 2 Minuten nie über 5° betrug. Da nun die Unipolaritätserſcheinungen ſtets blos inſofern auftreten, als die Strömungswirkungen verſchwinden, ſo ſchloß er aus dieſer Erfahrung *), daß auch bei der concentrirten Schwefelſäure die Unipolarität erſt einer gewiſſen Zeit zu ihrer Ausbildung bedarf, und dies um ſo mehr, da Gold und Platin, welche keine unipolaren Erſcheinungen zeigten, auch eine viel größere bleibende Wirkung auf die Nadel zeigten, indem hier der Ausſchlag (nach 2 Minuten) nie unter 75° betrug. Bei Blei, Zinn, Eiſen, Silber und Kupfer war der Ausſchlag (nach 2 Minuten) in der Ordnung, wie dieſe Metalle aufgeführt worden ſind, geringer als bei Gold und Platin; doch zeigte er ſich hier mehr wechſelnd.

Die Wirkungsverhältniſſe der verſchiedenen Metalle in concentrirter Schwefelſäure bleiben nahehin dieſelben, wenn man gleich die Anzahl ihrer Elemente bis auf 5 oder 4 vermindert; iſt man aber in dieſer Verminderung bis auf drei oder noch weniger Zink-Kupferelemente fortgeſchritten, ſo wird die Complication mit dem Ladungszuſtande, den die Pole annehmen, bemerklich, wodurch das Verhältniß bei den verſchiedenen Metallen abgeändert wird.

Bei der Schwefelſäure läßt ſich übrigens die Abhängigkeit der unipolaren Erſcheinungen von Bildung eines ſchlechtleitenden Überzuges am poſitiven Polardrahte mit noch größerer Beſtimmtheit als bei der Seife nachweiſen. Man bemerkt nämlich, daß ſich Zink und Meſſing in der Kette an ihren poſitiven Stellen mit einer dichten Rinde, aus einer derben ſalzartigen Maſſe gebildet, überziehen, die an der Luft oder über der Weingeiſtflamme getrocknet, von weißer, bei Meſſing von dunkelgrüner Farbe iſt, und in beiden Fällen zum größten Theile aus ſchwefelſaurem Zinke zu beſtehen ſcheint; daß aber Gold und Platin an derſelben Stelle ſelbſt nach

---

*) Bei der Allgemeinheit der Wirkungsabnahme der Ketten nach der erſten Schließung ſcheint mir allerdings dieſer Schluß nicht ganz bindend zu ſeyn. P.

längerer Zeit noch völlig ungeändert bleiben und dort nichts weiter fahren laſſen als eine anhaltende Gasentwickelung, die dagegen bei Zink und Meſſing nur in den erſten Augenblicken nach der Schließung vorhanden iſt, ſpäter jedoch ganz aufhört.

Von der ſchlechten Leitungsfähigkeit des an Zink und Meſſing ſich bildenden Überzuges überzeugte ſich Ohm durch directe Verſuche; und der Umſtand, daß der Überzug in concentrirter Schwefelſäure unangegriffen bleibt, zeigt, daß das ſchwefelſaure Zink hierin unauflöslich iſt, während es dagegen in wäſſeriger Schwefelſäure ſich ſofort auflöſt; daher hier die unipolaren Erſcheinungen nicht zu Stande kommen. Auch am Kupfer, wenn es den poſitiven Pol darſtellt, bildet ſich unter dem Einfluß der Kette durch die concentrirte Schwefelſäure ein ſchlechtleitender Überzug, der zwar mit bloßem Auge nicht wohl wahrgenommen werden kann, indem das Metall vielmehr noch rein metalliſch erſcheint, aber unter der Lupe als eine glänzende farbloſe und durchſichtige Rinde ſichtbar wird, und deſſen ſchlechtes Leitungsvermögen dadurch erhellt, daß, wenn man der Schwefelſäure (nach eingetretener Veränderung des Kupfers) Queckſilber zur Schließung der Säule zwiſchen dem Kupfer ſubſtituirt, keine Wirkung auf den Multiplicator eintritt, die dagegen ſofort erfolgt, wenn man das Kupfer mit dem Meſſer abſchabt.

Unipolarität glühenden Platindrahts. Erman hat aus dem Umſtande, daß, wenn man über die glühende Spirale einer aphlogiſtiſchen Lampe, die mit einem Goldblatt-Elektroſkop in Verbindung ſteht, den negativen Pol einer trockenen Säule hält, Divergenz der Goldblätter erfolgt, nicht aber, wenn man den poſitiven Pol darüber hält, geſchloſſen, der glühende Platindraht beſitze ein unipolares Leitungsvermögen für negative Elektricität. Dieſe Erklärung des Phänomens wird jedoch von Becquerel*) mit Gründen beſtritten. In der That, wenn man einen Platindraht, der durch irgend ein anderes Verfahren als die Verbrennung von Alkoholdämpfen, die ihn noch umgeben, zum Glühen gebracht iſt, den beiden Polen einer trockenen Säule darbietet, ſo leitet er die Elektricität beider Pole gleich gut. Becquerel macht die Erklärung vielmehr davon abhängig, daß der Draht, der in einer Atmoſphäre verbrennenden Alkoholdampfs glüht, negativ, und dieſe Atmoſphäre poſitiv elektriſch ſey. (Wie es ſcheint, ſtellt er ſich beide in einer Art gebundenem Zuſtande vor.) Bietet man nun dem negativen Pole eine trockene Säule dar, ſo ſoll hierdurch die poſitive Elektricität der Atmoſphäre neutraliſirt und die negative des Drahts frei werden, bietet man ſie dagegen dem poſitiven Pole dar, ſo ſoll die Elektricität des Drahts neutraliſirt und die der Atmoſphäre frei werden.

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. [illegible].

III. Über trockene Säulen.

Trockene Säulen mit verſchiedenen organiſchen Subſtanzen.

Kämtz *) hat in einer ausführlichen Abhandlung, von der wir uns begnügen, das weſentliche Reſultat herauszuheben, nachgewieſen, daß ſich wirkſame trockene Säulen auch aus organiſchen Körpern, ohne alle Mitwirkung metalliſcher Körper, errichten laſſen.

Zu dieſem Zwecke bereitete er aus den organiſchen Körpern möglichſt concentrirte Löſungen oder rührte ſie mit Waſſer zu einem dünnen Brei an. Dieſe Löſungen wurden dann vermittelſt eines Pinſels wiederholt auf dünnes Papier (Conceptpapier) geſtrichen, ſo daß dieſes von einer Schicht deſſelben bedeckt wurde, welche nach dem Trocknen deutlich wahrzunehmen war. War das Papier trocken, ſo wurden aus demſelben Scheiben geſchnitten und dieſe zu einer Säule aufgebaut, ſo daß, da nur die eine Seite beſtrichen war, zwei ungleichartige Schichten allemal durch 2 Papierdicken getrennt waren. Die Elektricität der Pole dieſer Säulen ward an einem Bohnenbergerſchen Elektrometer geprüft. Solchergeſtalt zeigten ſich

poſitiv.		negativ.
Natron	gegen	Hammeltalg.
Hefen	—	Rohrzucker.
Hefen	—	Kochſalz.
Hefen	—	Milchzucker.
Leinöl	—	Zucker.
Leinöl	—	Weißes Wachs.
Stärkmehl	—	Gummi.
Gummi	—	Salep.
Gummi	—	Traganthſchleim.
Gummi	—	Bärlappſaamen.
Eiweiß	—	Gummi.
Eiweiß	—	Ochſenblut.
Ochſenblut	—	Belladonnaextract.
Ochſenblut	—	Stärkmehl.

Über den Einfluß der Atmoſphäre auf trockene Säulen **). Die weſentlichſten Reſultate aus einer Abhandlung **Donné's** über dieſen Gegenſtand, die indeß nicht zu dem Gediegenſten gehört, was wir über dieſen Gegenſtand haben ***), ſind folgende:

---

*) Schweigg. LVI. 1.

**) Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 71. oder Schweigg. J. LVIII. 67.

***) Die meiſten der Umſtände, auf welche ſich **Donné's** Arbeit bezieht, ſind ſchon viel ausführlicher und ſorgfältiger namentlich von **Erman** (Gilb. XXV, [illegible]), **Parrot** (ebend. LV. 163), **Jäger** (ebend. LII, 227), **Schübler** (Schweigg. Jahrb. VII. XV. XVI.) u. a. unterſucht worden.

Eine trockene Säule, in den leeren Raum gebracht, deren einer Pol mit der Erde, der andre mit einem Elektrometer communicirt, beſitzt die nämliche elektriſche Spannung, als in der atmoſphäriſchen Luft.

Die Wirkung der Temperatur auf die trockene Säule iſt ſehr complicirt. Faſt ſtets ſteht ihre Spannung im Verhältniſſe mit der Temperatur der Atmoſphäre, indem ſie mit der Wärme zu-, mit der Kälte abnimmt. Dieſes Reſultat ergiebt ſich aus zahlreichen täglichen Beobachtungen, welche Donné zwei Jahre hindurch angeſtellt hat. Die Zunahme der Spannung hat jedoch nicht ſofort Statt, wie die Temperatur ſteigt; manchmal zeigt ſie ſich erſt, wenn das Thermometer wieder zu ſinken anfängt, und der Grad der Spannung einer Säule hängt daher nicht allein von der beſtehenden, ſondern auch von der vorhergegangenen Temperatur ab. Es findet auch ein Unterſchied Statt, je nachdem die Temperaturveränderungen plötzlich oder langſam und allmälig geſchehen; während die Spannung durch erſtere auf Null herabkommen kann, verliert ſie durch letztere nur wenig Grade von ihrer Intenſität.

Eine, einige Stunden hindurch über 20 bis 24° C. allmälig geſteigerte, Wärme erhöht die Spannung nicht merklich. Läßt man die Säule langſam erkalten, ſo verliert ſie an Kraft, bis ſie die Temperatur der ungeladenen Körper wieder angenommen hat; nach Verlauf von 24 Stunden iſt ſie auf denſelben Punkt, als vor dem Verſuche, zurückgekommen. Es ſcheint, nach Donné, daß die Wärme, außer ihrem Einfluß auf die chemiſchen Wirkungen, die in der Säule fortwährend vor ſich gehen, auch durch mechaniſche Ausdehnung und Zuſammenziehung der Theile auf die Spannung der Elektricität modificirend einwirkt. Bei Erwärmung der Säule nämlich dehnen ſich im erſten Augenblicke die Säule und die Seidenfäden, durch die ſie zuſammengehalten wird, nicht gleich ſtark aus, und die Scheiben werden daher ſtärker gegen einander gepreßt, was die Intenſität der Ladung vermehren muß, während das Erkalten einen umgekehrten Erfolg hervorruft. Es ſcheint, daß die Temperatur weniger durch Verminderung der Quantität der Elektricität, als durch Verlangſamung der Schnelligkeit ihrer Ladung wirkt.

Donné will die Thatſache beobachtet haben, daß eine an beiden Polen iſolirte Säule keine Spannung an denſelben beſitze, wovon er den ſehr unbeſtimmten Grund angiebt, daß ſich die beiden Pole das Gleichgewicht halten. Es ſollen nämlich zwei Goldblätter, an ein Ende einer trockenen Säule befeſtigt, bei ſehr trockener Witterung keine Divergenz zeigen. Da dieſe Erfahrung, oder wenigſtens das Reſultat, was Donné daraus zieht, im Widerſpruche mit anerkannten Thatſachen ſteht, ſo fordern die Commiſſarien der franzöſiſchen Akademie mit Recht Herrn Donné zu einer Wiederholung und Abänderung ſeines Verſuches auf.

Von dem ganz natürlichen Umſtande, daß, wenn man in eine iſolirte trockene Säule poſitive Maſchinen-Elektricität am negativen Pol einſtrömen läßt, die Spannung des poſitiven Pols beträchtlich zunimmt, dagegen, wenn man ſie am poſitiven Pol einſtrömen läßt, die Spannung am negativen Pole auf Null reducirt wird, glaubt Donné eine Anwendung machen zu können zur Erforſchung der Elektricität der Atmoſphäre, oder der entgegengeſetzten Elektricität, die ſich auf einem Theile des Erdkörpers, unter dem Einfluße einer Gewitterwolke, findet. Da nämlich die Säulen in der Regel in verticaler Stellung, ſo daß ihr unterer Theil mit dem Erdboden in Verbindung iſt, ſtehen, ſo können ſie nur von unten Elektricität empfangen, und wenn die Erde ſolche darbietet, ſo muß ihre Spannung dadurch modificirt werden. Donné ſuchte ſie in der That aufzuſammeln und fand, daß ein ſehr empfindliches, auf gehörige Weiſe mit dem Erdboden in Verbindung geſetztes, Elektrometer unzweideutige Zeichen von Elektricität gab *).

Donné hat endlich gefunden, daß das Licht ohne Wirkung auf die trockenen Säulen iſt, und daß ſich ſelbſt durch einen Kreis (chapelet) von 60 Säulen, jede zu 1000 Scheiben, keine chemiſchen Wirkungen hervorbringen laſſen.

Daß es Andern als Becquerel gelungen iſt, chemiſche Verſuche durch Zamboniſche Säulen hervorzubringen, iſt bekannt und erhellt u. a. auch aus dem folgenden Artikel.

Strömungswirkungen trockener Säulen. Eine Notiz im Journ. de chim. méd. VI. 476. enthält Folgendes: Nach Peltier's Unterſuchungen geben trockne Säulen von 25 bis 50 einzölligen Elementen das Maximum der Ablenkung am Galvanometer, welches 15° bis 24° je nach dem Alter der Säulen betrug. Bei 200 Elementen betrug die Ablenkung kaum 3° bis 4°; bei 600 bis 1000 Elementen findet blos mitunter merkliche Wirkung Statt (il n'y a sensibilité, que par intermittence). Wurden dagegen die gleichnamigen Pole mehrerer trockenen Säulen vereinigt, ſo wurde Lackmustinktur geröthet und ſalpeterſaures Kupfer reducirt, wenn 30 funfzigpaarige Säulen vereinigt waren und die Ablenkung der Magnetnadel nahm mit der Zahl der ſo verbundenen Säulen zu. Mit einer Säule von 40 Elementen von 6 Quadratzoll wurde Lackmustinktur binnen 3 Stunden geröthet und die Nadel des Galvanometers wich um 80° aus. Die Beſchaffenheit der gebrauchten trockenen Säulen iſt übrigens nicht näher angegeben.

Der Umſtand, der aus dieſen Verſuchen hervorgeht, daß Verbindung der Pole mehrerer gleichnamigen Säulen die Wirkung vorzugsweiſe verſtärkt, iſt ganz in Uebereinſtimmung mit der Theorie; dagegen der Umſtand, daß Vermehrung der Zahl der Elemente über eine gewiſſe Gränze hinaus die Wirkung ſchwächen ſoll, nicht damit vereinbar iſt, indem nach der Theorie vielmehr bei ſucceſſiver Vermehrung der Zahl der Elemente eine, bei trocknen Säulen ſehr bald zu erreichende, Gränze eintreten muß, nach welcher weitere Vermehrung der Zahl der Elemente die Wirkung weder verſtärkt noch ſchwächt. Das Reſultat der Peltier'ſchen Verſuche wird indeß erklärlich, wenn man annimmt, daß unter den Säulen, deren ungleichnamige Pole verbunden wurden, um eine vermehrte Zahl der Elemente hervorzubringen, ſolche waren, welche an ſich eine ſehr geringe Wirkung gaben. Aus Mangel genauerer Angaben läßt ſich hierüber nichts entſcheiden.

---

*) Dieſer Verſuch iſt nicht näher beſchrieben. F.

Pendelbewegungen durch trockene Säulen. **Zamboni** hat neuerdings *) eine Vorrichtung angegeben und abgebildet, bei welcher das Secundenpendel einer Uhr durch Zamboniſche Säulen in beſtändiger Bewegung erhalten wird. Da das Princip, worauf ſolche Vorrichtungen beruhen, bekannt iſt, eine wirklich praktiſche Anwendbarkeit davon aber aus mehr als einem Grunde nicht zu erwarten ſteht, ſo verweiſen wir hinſichtlich derſelben auf die Originalabhandlung.

IV. Verſchiedene galvaniſche Apparate und Mittel zu Verſuchen.

Galvaniſche Apparate mit flüſſigen Metallen, von Kemp **).

Kemp hat vier verſchiedene galvaniſche Apparate beſchrieben, worin Queckſilber oder Queckſilberamalgam als einer der Erreger wirkt. Sie ſind jedenfalls intereſſant und der zweite derſelben ſcheint ſelbſt in mehreren Hinſichten vortheilhaft zu ſein. Im **erſten** dieſer Apparate dient Zink als poſitiver, Queckſilber als negativer Leiter; im **zweiten** Zinkamalgam als poſitiver, Kupfer als negativer Leiter; im **dritten** und **vierten** Zinkamalgam als poſitiver, Queckſilber als negativer Leiter.

Apparat mit Queckſilber als negativem, Zink als poſitivem Metall. A B, C D Fig. 55. ſtellt eine runde hölzerne Schale von ½ Zoll Tiefe und 3 Zoll Durchmeſſer vor, mit einem überſpringenden Rande A B. E F iſt eine runde convexe Zinkplatte, im Abſtande von ¾ Zoll, durch einen Kupfer- oder Zink-Draht mit der Schale ſo verbunden, daß das eine Ende des Drahtes durch den Boden der Schale dringt und inwendig ½ Zoll vorragt. Der ganze Verband wird alsdann durch einen Wachsüberzug waſſerdicht gemacht, wobei man jedoch darauf ſieht, daß die vorragende Drahtſpitze ganz frei von Wachs bleibt.

Eine Quantität Queckſilber, gerade hinreichend den Boden zu bedecken, wird alsdann in die Schale geſchüttet, welche durch den Draht mit der Zinkplatte E F in Verbindung ſteht. Auf dieſes Queckſilber wird ſehr verdünnte Salzſäure geſchüttet, ſo daß die Schale davon beinahe gefüllt wird. Auf dieſe Weiſe hat man einen vollſtändigen Elektromotor, welcher aus Zink, Queckſilber und Säure beſteht.

---

*) Bibl. univ. [illegible]. Juin. p. [illegible].

**) Jameson's Edinb. N. phil. J. [illegible] Oct. — 1829. March. p. 70. oder [illegible] Weimar. Heft [illegible]. Taf. XC.

Solche Elektromotore läßt man mehrere verfertigen und ſetzt ſie, nachdem man das Queckſilber und die Säure eingetragen hat, über einander, um dadurch eine Säule zu conſtruiren, wie Fig. 56. zeigt. Die Zinkplatte der einen Schale wird dann mit der Säure der unmittelbar unter ihr ſtehenden Schale in Verbindung ſein *), und die Schale ſelbſt ruht in einer kleinen Falze, welche ringsum am untern Theile des Randes angebracht iſt. Auf dieſe Weiſe kann man eine beliebige Anzahl von Elektromotoren über einander bauen und, wenn es ſich nöthig macht, vermittelſt Glasſtäbchen, welche in die Baſis eingefügt werden, an ihrer gehörigen Stelle erhalten. Dies iſt indeſſen nur dann nöthig, wenn die Säule von geringem Durchmeſſer iſt; denn bei einer Säule von größerm Durchmeſſer kann man eine hinlängliche Menge von Schalen aufſchichten, auch wohl zwei oder mehrere Säulen herſtellen und ſie auf die gewöhnliche Weiſe mit einander verbinden.

Um nun mit dieſem Apparate zu experimentiren, iſt eine kleine meſſingene Röhre G, in die Baſis eingeſetzt, ſo daß ſie mit dem Queckſilber in der unterſten Schale in Verbindung ſteht. In dieſe Röhre wird der Schließungsdraht eingeſetzt. Eine andere ſolche Röhre iſt in das Kopfſtück oder in die oberſte Schale der Säule eingeſetzt, in welche man ebenfalls einen Draht einführt, um ſo die galvaniſche Kette ſchließen zu können.

Die Zinkplatte iſt deshalb convex gemacht, damit das an ſeiner unte Fläche gebildete Waſſerſtoffgas entweichen könne, weil es ſich ſonſt in Form einer Blaſe ſammeln und die Säure verdrängen würde. Der Zweck des überſpringenden Randes an den Schalen iſt auf Verhütung des überlaufens berechnet, ſo wie, um eine Communication zwiſchen den verſchiedenen Theilen der Säule zu verhüten, wodurch ihre Thätigkeit aufgehoben werden würde **).

2) **Apparat mit Zinkamalgam als poſitivem, Kupfer als negativem Metall.** Die Anordnung dieſes Apparates, der ſich vorzüglich durch ſeine andauernde Wirkſamkeit und ſtarke Verbrennungsthätigkeit auszeichnen ſoll, ſtimmt im Allgemeinen mit der des vorigen überein. Es ſtellt nämlich AB, CD Fig. 55. wiederum eine runde hölzerne Schale von $\frac{1}{2}$ Zoll Tiefe und 3 Zoll Durchmeſſer, mit dem vorſpringenden Rande AB, vor. H iſt ein kleiner hölzerner Knopf, im Mittelpuncte des Bodens an die Schale gedreht, der $1\frac{1}{2}$ Zoll nach niederwärts vorragt.

EF iſt eine runde Kupferplatte, mittelſt eines kupfernen Drahtes, an welchen ein Schraubengang geſchnitten iſt, an die Schale befeſtigt. Der Draht läuft durch die Schale und ſchraubt ſich in die meſſingene Nuß J, Fig. 57., welche inwendig in die Schale eingelaſſen iſt. Der hölzerne Knopf bewirkt, daß die Kupferplatte in ihrem gehörigen Abſtande erhalten werde.

---

*) Es iſt mir aus dieſer Beſchreibung nicht deutlich, wie jede Zinkplatte in der unterſtehenden Schale unterſtützt gehalten wird, um nicht mit deren Zinkſpitzen in Berührung zu kommen. F.

**) Dies erhellt wenigſtens nicht aus Fig. 56. F.

Alles iſt luftdicht mittelſt eines Wachsüberzuges verwahrt, und man hat Sorge getragen, die Nuß und die vorragende Drahtſpitze frei von Wachs zu erhalten.

Die Kupferplatte EF, Fig. 58., iſt mit Löchern durchbohrt, damit das Waſſerſtoffgas, ſobald es ſich an der Oberfläche des Zinks und des Queckſilbers gebildet hat, Durchgang finden und entweichen könne, indem es ſich ſonſt als eine Blaſe an der untern Fläche der Kupferplatte ſammeln, das Waſſer über den Rand der Schalen treiben und die Wirkung der Säule vernichten würde. Eine Platte von Drahtnetz oder auch aus ſpiralförmig gewickeltem Kupferdraht würde eben ſo zweckmäßig ſein, indem das Waſſerſtoffgas bequem durch die Zwiſchenräume dringen und dieſe Platte zugleich eine treffliche Oberfläche zur Leitung des Fluidums abgeben könnte.

Eine Quantität des flüſſigen Amalgam's aus Zink und Queckſilber, bloß ausreichend, um den Boden zu bedecken, wird in die Schale geſchüttet und ſteht nun mit der Kupferplatte EF durch die Schraubenmutter und den Draht in Verbindung. Auf dieſes Amalgam wird ſo viel verdünnte Salzſäure geſchüttet, daß ſie beinahe die Schale füllt. Auf dieſe Weiſe hat man einen vollſtändigen Elektromotor hergeſtellt, zuſammengeſetzt aus Kupfer, dem erwähnten Amalgam und Säure, und indem man dieſe Reihe fortſetzt, kann man ſie bis zu jeder Gränze vergrößern.

Bei dieſer Anordnung wird das erwähnte Amalgam zur poſitiven Platte, während das Kupfer die negative abgiebt.

Will man mit dieſem Apparate Verſuche anſtellen, ſo bringt man das Amalgam auf die beſchriebene Weiſe in die Schalen, ſetzt letztere, wie in Fig. 56., übereinander, und die unterſte Platte wird dann der negative und die oberſte der poſitive Pol. Die Kette wird auf dieſelbe Weiſe geſchloſſen, wie ſchon bei der vorigen Säule angegeben worden iſt.

Das Amalgam, welches als das poſitive Metall bei dieſer Anordnung angewendet wird, läßt ſich leicht herſtellen, und die Zubereitung nimmt nur wenige Minuten in Anſpruch. Man thut eine Quantität Zinkbruchſtücke in einen Schmelztiegel und gießt über dieſelben ihr 4- oder 5faches Gewicht Queckſilber, alsdann bringt man den Schmelztiegel in ein gewöhnliches Feuer, und wenn das Queckſilber ſeinen Siedepunct erreicht, wird das Zink vollſtändig aufgelöſt ſein. Dieſer Compoſition kann man, ſo lange ſie warm iſt, noch eine Quantität Queckſilber zuſetzen, und ſie wird ſich mit ihr ganz auf dieſelbe Weiſe verbinden, als ob ſie im Schmelztiegel mit erhitzt worden wäre. Wenn das Amalgam einmal zubereitet worden iſt, kann man ſo lange davon Gebrauch machen, als nur noch Zink in der Auflöſung bleibt, und da die Quantität Zink, welche bei jedem Verſuche von der Säure aufgelöſt wird, ſehr klein iſt, ſo kann daſſelbe Amalgam eine ziemlich lange Zeit hindurch gebraucht werden, nämlich ſo lange, als noch ein Theilchen Zink mit dem Queckſilber in Verbindung ſich befindet. Nachdem alles Zink von der Säure aufgelöſt worden iſt, bleibt das Queckſilber ganz rein zurück, ohne daß die geringſte Verminderung Statt gefunden hat, denn nur das Zink allein wird angegriffen. Iſt alles Zink aus dem Queckſilber verſchwunden, ſo nimmt man eine neue Amalgamirung vor.

Nachdem das Amalgam bereitet iſt, kann man es auf jede Zeitlänge in Gefäßen verwahren, bei welchen die Einwirkung der Atmoſphäre ausgeſchloſſen wird. Aus dieſen ſchüttet man es, ſobald man es brauchen will, in die bezeichneten Schalen.

3) **Apparate aus Zinkamalgam als poſitivem, Queckſilber als negativem Leiter.** Die Wirkſamkeit dieſer Apparate ſcheint nicht ausgezeichnet zu ſein, doch ſind ſie als Beiſpiel von Säulen, wo beide heterogene Metalle flüſſig ſind, immer erwähnenswerth.

a) AB, Fig. 59., iſt ein hölzerner Trog, 18 Zoll lang, 4½ Zoll breit und etwa 2 Zoll tief, in 18 Zellen durch gläſerne Scheidewände getheilt, und zwar ſo, daß die Scheidewände aaa... bloß ½ Zoll hoch ſind, die damit abwechſelnden Scheidewände bbb... aber faſt ſo hoch als der Trog tief ſind. In die erſte Zelle wird reines Queckſilber, bloß ſo viel, um den Boden zu bedecken, in die zweite Zelle eben ſo viel flüſſiges Zinkamalgam, in die dritte wieder reines Queckſilber, in die vierte Zinkamalgam u. ſ. f. abwechſelnd gegoſſen. Bögen aus Kupferdraht cc, cc, welche über die höheren Scheidewände hinweggehen, verbinden das Queckſilber und das Amalgam der erſten und zweiten, dritten und vierten Zelle u. ſ. f. Endlich gießt man in ſämmtliche Zellen verdünnte Salzſäure, ſo daß es faſt die Höhe der höheren Scheidewände erreicht. Zwiſchen den äußerſten Zellen wird auf gewöhnliche Weiſe die Schließung bewirkt.

Es laſſen ſich mit dieſem Apparate alle Wirkungen der Säule hervorbringen, doch iſt ſeine Wirkung nicht ausgezeichnet.

b) **Kemp** beſchreibt noch eine Modiſication des vorigen Apparates, die im Weſentlichen darin beſteht, daß die verbindenden Kupferbögen durch Heberröhren, welche mit Queckſilber gefüllt werden, erſetzt ſind, ſo daß die Gegenwart eines feſten Metalls hier ganz ausgeſchloſſen bleibt. Dieſe Heberröhren gehen nicht, wie bei der vorigen Anordnung, über die Scheidewände hinweg, ſondern münden, was mehr Bequemlichkeit gewährt, unten in die Zellen ein, ſo daß der Bogen abwärts gekehrt iſt.

Albert's galvaniſcher Apparat. Dieſer, namentlich zu elektromagnetiſchen Wirkungen beſtimmte Apparat, beſtehend in einer einfachen Kette aus zwei concentriſchen Kupfer- und Zink-Cylindern, bietet bloß in den Nebenvorrichtungen, welche bei der Schließung angewandt werden, einige Eigenthümlichkeiten dar, welche bezwecken, alle Vorkehrungen zu den anzuſtellenden Verſuchen und Herſtellung von Communicationen eher zu bewirken, als man die Schließung ſelbſt vornimmt, damit der Apparat mit ungeſchwächter Wirkſamkeit in den Verſuch eintrete. Dieſe Eigenthümlichkeiten ſcheinen mir nicht wichtig oder nothwendig genug, um die nähere

Beſchreibung und Abbildung des Apparats, die ſich in den Mechanics Mag. Nr. 411. oder Dingler's polyt. Journ. XLI. 297 findet, hier mitzutheilen.

Mittel, die Stärke und Wirkungsdauer galvaniſcher Ketten bedeutend zu verſtärken. Dies von mir aufgefundene Mittel beſteht darin, daß man die Kupferplatten auf der einen Fläche mit Salmiaklöſung überſtreicht und ein paar Stunden liegen läßt, wo die Löſung eintrocknet und einen grünen Überzug auf dem Kupfer bildet. Man combinirt hierauf dieſe Kupferplatten auf gewöhnliche Weiſe mit Zink oder Zinn, ſo daß die überzogene Fläche dem heterogenen Metall in der Flüſſigkeit zugekehrt iſt. In Schweigg. J. LVII. 4 findet man mehrere Verſuche, welche die ſehr bedeutende Verſtärkung, die man ſolchergeſtalt erhält, beweiſen.

Vorbereitung der Kohle zu galvaniſchen Verſuchen. **Kaſtner***) empfiehlt folgende Vorbereitung der Kohle zu galvaniſchen Verſuchen. Man hält Stäbchen von Lindenholz unter geſchmolzenes und bis zum Sieden erhitztes Blei mittelſt eines eiſernen Hakens ſo lange, bis keine Spur von Holzrauch und entzündlichen Gaſen mehr entweicht, wickelt ſie dann, herausgenommen, in Blattplatin ein und erhält die Stelle über der Alkoholflamme ½ Stunde lang hellrothglühend. Die Stäbchen erſcheinen nun in ſolchem Maße wirkſam, daß ſie z. B. in einfachen Ketten Kupfer faſt ſo gut fällen, als Platin ſelbſt.

V. Über das Maß der Wirkungen geſchloſſener galvaniſcher Ketten.

Man hat bis jetzt zwei, und meiner Anſicht nach nur zwei, Methoden, die Kraft der geſchloſſenen galvaniſchen Ketten auf genaue und in einigem Umfange anwendbare Weiſe zu meſſen. Die erſte iſt die, wie es ſcheint, in dieſem Bezuge zuerſt von **Ohm** angewandte, Methode der Drehwage (Schweigg. XLVI. 145), von der wir, da ihre Anwendung ſchon vor den von mir behandeltem Zeitraum fällt, nicht weiter ſprechen; die zweite die zuerſt von **Biot** angewandte (Biot Lehrb. IV. 170) und von mir ſelbſt weiter ausgebildete und für die verſchiedenen zu meſſenden Umſtände der Kette beſonders angepaßte Methode der Oscillationen. Das Weſentliche dieſer letztern Methode mag hier kurz angegeben werden.

Wenn eine horizontale, frei aufgehangene Magnetnadel, die ſich in der Richtung des magnetiſchen Meridians befindet, daraus auf irgend eine Weiſe abgelenkt, und dann der Wirkung der Kräfte, die ſie in ihre Richtung zurückzuführen ſtreben, wieder überlaſſen wird, ſo kehrt ſie nach der Erfahrung durch eine Reihe von Oscillationen darein zurück. Nun wird in der Lehre von den Parallelkräften und dem Magnetismus gezeigt, daß die Kraft, welche die Nadel in die Lage ihres Gleichgewichtes zurückzuführen ſtrebt, proportional iſt dem Quadrat der Geſchwindigkeit dieſer Schwingungen, d. h. mit anderen Worten, dem Quadrat der Anzahl von Schwingungen, welche von derſelben Nadel in derſelben Zeit vollbracht werden, oder, was daſſelbe iſt, umgekehrt proportional dem Quadrate der Anzahl Zeittheile, welche zur Vollbringung derſelben Anzahl Schwingungen erforderlich ſind.

---

*) Kaſtn. Arch. XVI. 166.

Um hiervon die Anwendung auf unſern Fall zu machen, laſſe man die im Multiplicator (oder einfachen Schließungsbogen) befindliche Nadel (die wir zuvörderſt für eine einfache nehmen wollen), nachdem man die Windungen des Multiplicators ſenkrecht auf ſie oder vielmehr ſo geſtellt, daß ein durch die Windungen hindurchgehender Strom der Nadel keine Ablenkung einzupflanzen vermag, erſt allein durch den Einfluß der magnetiſchen Erdkraft oscilliren — zu welchem Zwecke man ſie nicht durch Anſtoß, ſondern durch ein Eiſen- oder ſchwaches Magnetſtäbchen aus ihrer Richtung abzulenken hat —, und zähle nach dem Schlage einer genauen Uhr oder eines Pendels die Anzahl Zeittheile, die ſie braucht, eine gewiſſe Anzahl Oscillationen zu vollbringen; indem man ſich innerhalb der Grenzen von ſo kleinen Weiten der Schwingungen hält, als ſich mit einem merklichen Iſochronismus derſelben noch verträgt. Durch dieſe erſte Zählung erhält man das Maß der Kraft, mit welcher der Erdmagnetismus auf die Nadel wirkt.

Man zähle jetzt, wie vorhin, die Anzahl Zeittheile, welche die Nadel braucht, um unter dem vereinigten Einfluſſe der Erdkraft und Kraft des Stromes dieſelbe Zahl Schwingungen zu vollbringen, als vorher unter dem Einfluſſe der Erde allein; ſo wird man das Maß für die Summe der Kraft erhalten, mit welcher die Erde und mit welcher der Strom auf die Nadel wirkt; und zieht man von dieſer Kraft die durch den vorhergegangenen Verſuch gefundene Kraft der Erde ab, ſo erhält man dadurch das Maß der Kraft, mit welcher der Strom allein auf die Nadel wirkt.

Um dies an einem Beiſpiele zu verdeutlichen, wollen wir annehmen, die Magnetnadel brauche zur Vollendung von 20 Oscillationen unter dem Einfluſſe der Erdkraft allein 100 Zeittheile, ſo erhalten wir dadurch als Maß der Erdkraft die Zahl $\frac{1}{10000}$ oder 0,0001, weil 10000 das Quadrat von 100 iſt und die Kraft ſich dieſem Quadrat umgekehrt proportional verhält.

Geſetzt nun, die Nadel brauche unter dem vereinigten Einfluße des Stromes irgend einer Kette und der Erdkraft bei oben getroffener Anordnung bloß 50 Zeittheile zu 20 Oscillationen, ſo wird das Maß für die Summe beider Kräfte ſein $\frac{1}{2500}$ oder 0,0004; mithin wenn man das erſtgefundene Maß vom letztgefundenen abzieht, ſo erhält man für das Maß der Kraft des Stromes allein $\frac{1}{2500} - \frac{1}{10000}$ oder 0,0004 — 0,0001, d. i. 0,0003. Mithin verhält ſich in dieſem Falle die Kraft, mit der der Strom allein, nach Abzug der Erdkraft, auf die Nadel wirkt, zur Kraft, mit der die Erde auf die Nadel wirkt, wie 3 : 1.

Geſetzt jetzt, die Nadel brauche unter dem Einfluſſe eines andern Stromes 30 Zeittheile zu 20 Oscillationen, ſo iſt das Maß für die Kraft des Stromes allein $\frac{1}{900} - \frac{1}{10000}$, d. i. 0,00101; mithin verhält ſich die Kraft dieſes zweiten Stromes zur Kraft des erſten wie 10,1 zu 3.

Zweckmäßig iſt es, in jedem Falle die Kraft der Erde als Einheit zu Grunde zu legen, und hiermit dann alle verſchiedene Stromkräfte zu vergleichen. Man erleichtert ſich dieſe Berechnung durch die untenſtehende Formel *).

Die jetzige Berechnungsart galt für den Fall, wo die Kraft der Erde und die Kraft des Stromes die Pole der Nadel nach derſelben Seite des Schließungsdrahtes zu drehen und in dieſer Lage zu erhalten ſtreben. Bei einer entgegengeſetzten Richtung des Stromes würde die Zahl Zeittheile, die man unter dem vereinigten Einfluſſe der Erdkraft und des Stromes zu einer gewiſſen Anzahl Oscillationen erforderlich findet, nicht mehr der Summe, ſondern der Differenz beider Kräfte, das heißt der Kraft des Stromes weniger der Erdkraft, entſprechen; man müßte daher bei einer ſolchen Anordnung der Nadel die durch den erſten Verſuch gefundene Kraft der Erde zu der durch den zweiten Verſuch gefundenen Kraft addiren, um das richtige Maß der Kraft des Stromes allein zu haben. Indeß iſt es im Allgemeinen vortheilhafter, die Anordnung nach der erſten Weiſe zu treffen, was man immer in ſeiner Gewalt hat **).

---

*) Die Anzahl Zeittheile, welche die Nadel zur Vollbringung einer gewiſſen Anzahl Schwingungen unter dem bloßen Einfluße der Erdkraft braucht, heiße N, die Zahl Zeittheile, die ſie unter dem vereinigten Einfluße der Erdkraft und des Stromes braucht, heiße N'; dann iſt das Maß der Kraft des Stromes:

$$\frac{1}{N'^2} - \frac{1}{N^2} = \frac{N^2 - N'^2}{N^2 \; N'^2}$$

oder, wenn man die Kraft der Erde als Einheit ſetzt:

$$= \frac{N^2 - N'^2}{N'^2}$$

Letztere Formel iſt zur Anwendung die bequemſte.

**) Man könnte, anſtatt die Zahl Zeittheile zu meſſen, welche zu einer gewiſſen Zahl Oscillationen erforderlich ſind, auch die Oscillationen zählen, die in einer gewiſſen Zeit, erſt unter dem Einfluße der Erde allein, dann unter dem vereinigten Einfluße der Erde und des Stromes vollbracht werden, und das Quadrat erſterer Zahl vom Quadrat letzterer abziehen, im Fall beide Kräfte die Nadel nach derſelben Seite vom Schließungsdrahte zu kehren ſtreben, oder zu ihm hinzuaddiren, im Fall ſie ſich entgegenwirken, um ſo das Maß der Kraft des Stromes allein zu erhalten. Allein bei geringen Stromkräften, wo die Oscillationen ſich verlangſamen, verliert dies Verfahren alle Präciſion, weil man dann bei derſelben Anzahl Zeittheile immer auf Bruchtheile von Schwingungen kommt, die von größerm Einfluße werden als bei dem obigen Verfahren, weil ſich nicht ſo viel Schwingungen als Zeittheile als Maß zu Grunde legen laſſen.

Es iſt bei dieſen Verfahrungsarten an ſich gleichgültig, welche Anzahl von Oscillationen man bei der Beobachtung zu Grunde legt, wofern nur immer bei allen ſucceſſiven Beobachtungen dieſelbe Anzahl wieder zu Grunde gelegt wird. Begreiflich aber wird eine um ſo größere Genauigkeit in der Beſtimmung möglich werden, je größer man dieſe Anzahl nimmt; weil ſolchergeſtalt Unſicherheiten in Bezug auf die genaue Schätzung von Bruchtheilen der Zeittheile, die in der Regel auf den Anfang und das Ende der Zählung fallen, immer mehr in Verhältniß zur Geſammtzahl der beobachteten Zeittheile an Einfluß verlieren. Indeß kann man doch dieſe Anzahl von Oscillationen nicht zu groß nehmen, weil dies erfodern würde, die Nadel um weitere Bogen aus der Lage ihres Gleichgewichtes abzulenken, als ſich mit dem Iſochronismus ihrer Schwingungen verträgt. Auch muß man in der Regel, wenn man die Kraft einer Kette zu Anfange ihrer Wirkſamkeit meſſen will, eine geringere Anzahl Oscillationen wählen, weil hier eine, meiſt innerhalb der erſten Minute nicht einmal zu vernachläſſigende, Abnahme der Wirkung Statt findet, zu Folge deren man ein ſchwächeres Reſultat für die anfängliche Kraft der Kette finden würde, als ihr eigentlich zukommt, wenn man die Beſtimmung dieſer Kraft aus einer größern Anzahl von Oscillationen ableiten wollte.

Alle Beſtimmungen über das vorige Verfahren, welche wir in Bezug auf eine einfache Magnetnadel gegeben haben, laſſen ſich auch auf ein Syſtem zweier entgegengeſetzt gerichteten Nadeln, wie es die Nobili'ſche Doppelnadel darſtellt, anwenden, und die Berechnung wird hierbei ganz nach der nämlichen Weiſe geführt, nur daß hier als Einheit der Kraft, mit der alle verſchiedene Stromkräfte verglichen werden, nicht mehr die Kraft, mit der die Erde auf jede einzelne Nadel für ſich, ſondern mit der ſie auf das Syſtem beider wirkt, d. i. die Differenz ihrer Kräfte auf beide Nadeln, zu Grunde liegt. Solchergeſtalt erhält man für die Größen des Stromes bei Anwendung der Doppelnadel abſolut größere Werthe, als man bei einer einfachen Nadel erhalten haben würde; aber dieſe Größen behalten dieſelben Verhältniſſe zu einander, wofern man ſich immer derſelben Doppelnadel bedient.

Bei Anwendung eines Multiplicators mit einer Doppelnadel nun wird man in dem hier beſchriebenen Verfahren ein Mittel zur Meſſung finden, welches mit der größten Empfindlichkeit die größte Zuverläſſigkeit und Leichtigkeit der Anwendung verbindet; denn man bedarf dazu keines beſonders conſtruirten, ſondern nur eines gewöhnlichen, gleichförmig gewundenen, Multiplicators, einer feinen Aufhängung der Magnetnadel und eines richtigen Zeitmeſſers. Seine Anwendbarkeit erſtreckt ſich von den höchſten zu den ſchwächſten Graden der Wirkung der Kette, und die leiſeſte Veränderung in der Kraft derſelben giebt ſich ſofort durch eine merkbare Veränderung in der Schnelligkeit der Oscillationen zu erkennen.

Es muß ausdrücklich erwähnt werden, daß, wenn man von dieſem hier angegebenen Verfahren genaue und zuverläſſige Reſultate erwarten will, bei der Anwendung deſſelben noch eine Menge Vorſichtsmaßregeln und Rückſichten zu beobachten ſind, die zum Theil die nähere Ausführung des Meßverfahrens ſelbſt betreffen, zum Theil darauf hinausgehen, ſich von dem veränderlichen Zuſtande der Ketten, deren Wirkung man meſſen will, unabhängig zu machen. Ich habe dieſe Vorſichtsmaßregeln, zu deren Kenntniß mich eine anhaltende Beſchäftigung mit dieſem Gegenſtande geführt hat, in meinem Lehrbuche des Galvanismus S. 152 ff. und noch ausführlicher in meinen Maßbeſtimmungen über die galvaniſche Kette Seite 9 ff. ſorgfältig angegeben; auch in letzterm Werke S. 18 ff. die bei meſſenden Verſuchen zu treffenden Anordnungsarten der Ketten beſchrieben. Ich begnüge mich hierauf zu verweiſen, da dieſe Umſtände nur für die von Wichtigkeit ſind, die ſich ſelbſt mit ſolchen Verſuchen beſchäftigen wollen, ich aber wohl vorausſetzen darf, daß dieſe ſich im Beſitz meines Werkes über dieſen Gegenſtand befinden werden.

Eine Einrichtung eines neuen vergleichbaren Galvanometers zur Meſſung elektriſcher Ströme von Nobili findet ſich beſchrieben in den Ann. de Ch. et de Ph. XLIII. 146, oder Pogg. XX. 213 oder Baumg. VIII. 70. Sie ſcheint mir jedoch ſo umſtändlich und in manchen Stücken precär, daß ich nicht glaube, daß jemand, der die (Nobili'n wie es ſcheint ganz unbekannten) Methoden der Drehwage und Oscillationen, die ſo wenig zu wünſchen übrig laſſen, kennt, ſich zu Nobili's Methode entſchließen dürfte. Da auch ihre Erörterung nicht ohne Umſtändlichkeit geſchehen könnte, ſo übergehe ich ſie.

VI. Über die Umſtände, durch welche die Stärke und Dauer der Kraft geſchloſſener galvaniſcher Ketten beſtimmt wird.

Über dieſen Gegenſtand habe ich ſelbſt ſehr ausführliche Unterſuchungen angeſtellt, die ich in einer beſondern Schrift: Maßbeſtimmungen über die galvaniſche Kette 1831. bekannt gemacht habe. Der Umfang der daſelbſt mitgetheilten Verſuche erlaubt mir nur einen ſehr kurzen Auszug der Reſultate daraus, den ich hier vorlegen werde, unter Beifügung deſſen, was auch von Anderen neuerdings in dieſen Beziehungen geleiſtet worden iſt.

A. Über das Grundgeſetz der geſchloſſenen Kette.

Die Kraft geſchloſſener galvaniſcher Ketten hängt nicht bloß von der Stärke der durch wechſelſeitige Berührung der Metalle erzeugten Elektricität, wie ſie ſich im ungeſchloſſenen Zuſtande äußert, ab, ſondern auch von der größern oder geringern Schwierigkeit, welche dieſe Elektricität beim Durchgange durch die verſchiedenen Leiter, die ſie auf ihrem Wege zu durchlaufen hat, findet, woher es rührt, daß Säulen, welche in ungeſchloſſenem Zuſtande eine ſehr ſtarke Intenſität der Elektricität für das Elektrometer zeigen, doch ſehr ſchwache Strömungswirkungen hervorbringen, wenn der flüſſige Leiter in ihnen ein ſehr ſchlechtes Leitungsvermögen beſitzt *). Es ſind ſonach zwei Elemente in der geſchloſſenen Kette zu betrachten, von welchen die Stärke der Strömung abhängt: 1) die elektromotoriſche Kraft, d. i. die Stärke oder Intenſität der Elektricität, welche die Kette in ungeſchloſſenem Zuſtande zeigt; 2) der Leitungswiderſtand, den die Elektricität beim Hindurchgehen durch die verſchiedenen Theile der Kette erfährt, und der im umgekehrten Verhältniſſe deſſen ſteht, was man gewöhnlich Leitungsvermögen der Körper zu nennen pflegt, ſo daß ein Körper einen doppelten Leitungswiderſtand äußert, woſern ſein Leitungsvermögen nur halb ſo gut iſt, als das eines andern. Die Ausdrücke elektromotoriſche Kraft und Leitungswiderſtand werden hiernach hinreichend beſtimmt ſein.

Es fragt ſich nun, auf welche Weiſe die elektromotoriſche Kraft und der Leitungswiderſtand der in der Kette vorhandenen Theile zuſammenwirken, die Stärke der Strömung zu beſtimmen. Ohm hat in dieſer Hinſicht auf theoretiſchem Wege folgendes Geſetz abgeleitet, was ich durch ſehr ausführliche Verſuche, die ſich in meinen Maßbeſtimmungen über die galvaniſche Kette finden, durchgehends beſtätigt gefunden habe.

Die Kraft der galvaniſchen Kette iſt direct proportional der geſammten elektromotoriſchen Kraft, die in der Kette wirkſam iſt, umgekehrt proportional dem geſammten Leitungswiderſtande, der ſich in ihr findet; oder, was daſſelbe ſagt, ſie iſt proportional der geſammten elektromotoriſche Kraft, dividirt durch den geſammten Leitungswiderſtand.

Die geſammte elektromotoriſche Kraft ſteht wie bekannt im geraden Verhältniſſe der Anzahl der Plattenpaare der Kette und der Intenſität, die jedes einzelne Plattenpaar im ungeſchloſſenen Zuſtande beſitzt, oder ſie iſt gleich dem Producte aus der Zahl der Plattenpaare in die Intenſität jedes einzelnen Paars. Der geſammte Leitungswiderſtand aber beſteht aus der Summe der einzelnen Widerſtände, welche die Theile, die der Strom zu durchlaufen hat, dem Strom entgegenſetzen. Er läßt ſich zuſammengeſetzt betrachten namentlich aus drei partiellen Widerſtänden: 1) dem Widerſtande der feſten Leiter, 2) dem Widerſtande der flüſſigen Leiter, 3) einem noch weiterhin näher zu erörternden eigen-

---

*) Man kann unter Vorausſetzung, daß die Elektricität durch ein ſtrömendes Fluidum repräſentirt wird, wohl nicht ohne Fug annehmen, daß die Magnetnadel ſtets eine gleiche Wirkung von einem Leiter erfahren wird, wenn in gleicher Zeit gleich viel Elektricität durch denſelben (in gleicher Entfernung) bei ihr vorübergeht. Dieſe Quantität wird begreiflich eben ſo wohl von der Intenſität als Schnelligkeit der ſtrömenden Elektricität abhängen.

thümlichen Widerſtande, der in der Angränzung der feſten an die flüſſigen Leiter ſeinen Sitz, und vielleicht in einer Schwierigkeit des überganges der Elektricität zwiſchen beiden ſeinen Grund hat, und den ich deshalb Widerſtand des überganges nenne.

Der Leitungswiderſtand der Theile hängt bekanntlich nicht allein von ihrer Materie, ſondern auch von ihren Dimenſionen ab; denn ſchon durch frühere Verſuche iſt bekannt, daß z. B. ein Draht von der doppelten Länge einen doppelt ſo großen Leitungswiderſtand äußert (oder wie man es gewöhnlich ausdrückt, ein halb ſo großes Leitungsvermögen beſitzt) als ein Draht von der einfachen Länge.

Wenn wir nun ſagen, der geſammte Leitungswiderſtand der Kette beſtehe aus der Summe der Widerſtände der einzelnen Theile, ſo ſind dieſe Widerſtände nicht allein, in ſo fern ſie von der Materie des Körpers abhängen, in Betracht zu ziehen, ſondern auch in ſo fern ſie von den Dimenſionen abhängen, ſo daß z. B. wenn die Flüſſigkeit, womit die Kette geſchloſſen iſt, bei gleichen Dimenſionen 1000 Mal ſchlechter leiten würde als der Schließungsdraht, doch der Theil, den ſie zum Geſammtwiderſtand hergiebt, nicht größer als der ſein kann, den der Schließungsdraht hergiebt, wofern die Kürze und Dicke der vom elektr. Strome in der Flüſſigkeit zu durchlaufenden Strecke im Verhältniß zur Länge und Dünne des Schließungsdrahtes die Größe dieſes von der Materie abhängigen Widerſtandes compenſirt.

Das ausgeſprochene Geſetz kann allſeitig nur durch ſeinen Verfolg in das Detail der Erſcheinungen bewährt werden, was von mir in meinen Maßbeſtimmungen der galvaniſchen Kette geſchehen iſt; hier genüge es, zur Erläuterung deſſelben einige allgemeine Folgerungen daraus in Betracht zu ziehen und auf deren übereinſtimmung mit der Erfahrung hinzuweiſen:

a) Wird der Leitungswiderſtand irgend eines Theiles der Kette vermehrt oder vermindert, ſo nimmt die Kraft der Kette nur nach dem Verhältniſſe ab oder zu, in welchem dieſer Theil des Leitungswiderſtandes zum ganzen Leitungswiderſtande beiträgt. Wenn daher z. B. die Länge und mithin der Leitungswiderſtand des Schließungsdrahtes verdoppelt wird, ſo kommt deshalb nicht die ganze Kraft der Kette auf die Hälfte herab, ſondern es fragt ſich nun, welchen Theil zum Geſammtleitungswiderſtande der Schließungsdraht hergiebt.

Geſetzt, wir hätten eine Kette, in der wir die elektromotoriſche Kraft $=1$, den Widerſtand des Schließungsdrahtes ebenfalls $=1$ ſetzen, und in welcher der übrige Widerſtand (der Flüſſigkeit und des überganges) gleich dem 9fachen von dem des Schließungsdrahtes ſei, ſo wird die Kraft dieſer Kette durch $\frac{1}{9+1}$ oder $\frac{1}{10}$ ausgedrückt werden. Verdoppeln wir nun den Widerſtand des Schließungsdrahtes, ſo wird dadurch nicht der ganze Diviſor 10 verdoppelt, ſondern nur der Theil deſſelben, welchen der Widerſtand des

Schließungsdrahtes darſtellt, ſonach wird die erſt durch $\frac{1}{9+1}$ ausgedrückte Kraft jetzt durch $\frac{1}{9+2}$ oder $\frac{1}{11}$ ausgedrückt werden, und ſie hat mithin nur wenig abgenommen. Fände aber das umgekehrte Verhältniß Statt, d. h. betrüge der Widerſtand des Schließungsdrahtes das 9fache vom übrigen Widerſtande in der Kette, ſo würde durch Verdoppelung des erſteren die Kraft $\frac{1}{9+1} = \frac{1}{10}$ zu $\frac{1}{18+1} = \frac{1}{19}$ werden, mithin faſt auf die Hälfte ſinken.

Im Allgemeinen, je mehr ein Theil des Geſammtwiderſtandes gegen die übrigen Theile deſſelben verſchwindet, um ſo mehr verliert Vergrößerung oder Verkleinerung jenes Theiles in einem beſtimmten Verhältniſſe an Einfluß zur Schwächung oder Verſtärkung der Kraft der Kette, je mehr er dagegen zum Geſammtwiderſtande beiträgt, um ſo größer wird dieſer Einfluß.

Beiſpiele für dieſe Umſtände ſind faſt auf jeder Seite meines Werkes zu finden.

b) Wenn man den Leitungswiderſtand irgend eines auch noch ſo kleinen Theiles der Kette immer mehr vermehrt, oder, mit anderen Worten, ihn immer ſchlechter leitend nimmt, ſo muß dadurch zuletzt eine Gränze erreicht werden, wo die Wirkung der Kette ſo gut wie null wird, weil durch Vergrößerung des Leitungswiderſtandes eines beliebigen Theiles der Kette ins Unbeſtimmte zugleich der Geſammtleitungswiderſtand*) oder Diviſor der Kraft ins Unbeſtimmte zunimmt; wie man denn wirklich findet, daß, wenn man einem auch noch ſo kleinen metalliſchen Theile der Kette eine Schicht eines möglichſt guten Nichtleiters ſubſtituirt, oder einen ſolchen irgendwo einſchiebt, die Wirkung der ganzen Kette unterbrochen wird.

Indeß hat man es in ſeiner Gewalt, ſelbſt einen ſehr ſtarken Widerſtand, wie ihn Körper, welche von uns für Nichtleiter gehalten werden, äußern, dadurch zu compenſiren, daß man zugleich die geſammte elektromotoriſche Kraft, welche in der Kette wirkſam iſt, erhöht, weil ſo mit dem Diviſor zugleich der Dividend der Kraft des Stromes zunimmt, und dies erreicht man dadurch, daß man die Kette aus einer großen Anzahl Plattenpaare, deren elektromotoriſche Kräfte ſich dann zur Summe zuſammenſetzen, nach dem Principe der Säule bildet. In der That hat Davy mittelſt einer Säule aus 2000 Plattenpaaren den elektriſchen Kreislauf ſelbſt durch eine Luftſchicht hindurch eingeleitet.

Überhaupt wird man, dieſem Geſetze zufolge, in allen Fällen, wo es darauf ankommt, den Strom auf ſchlechtleitende Körper einwirken zu laſſen, die Zahl der Plattenpaare möglichſt zu vervielfältigen haben, um durch den Zuwachs der Summe der elektromotoriſchen Kräfte den größern Leitungswiderſtand zu compenſiren; dagegen man ſich hier ſehr betrogen ſehen würde, wenn man bei Anwendung der einfachen Kette durch Vergrößerung der erregenden Oberfläche und Verſtärkung der Leitungsflüſſigkeit denſelben Zweck zu erlangen hoffte. In der That lehren unſere Verſuche, daß man hierdurch nichts zur Vergrößerung der elektromotoriſchen Kraft beitragen, ſondern bloß den Widerſtand der Flüſſigkeit und des Überganges vermindern kann. Das Extrem, das ſich auf ſolchem Wege erreichen läßt, würde mithin das ſein, daß man dieſe beiden Widerſtände merklich auf Null herabbrächte; iſt aber der Widerſtand des ſchließenden Körpers, auf den man den Strom wirken läßt, ſelbſt ſehr groß, ſo wird er, der hierdurch nicht vermindert wird, allein noch hinreichend ſein, die Kraft der Kette in hohem Grade zu ſchwächen. Dagegen wird Vergrößerung der erregenden Oberfläche und Verſtärkung der Leitungsflüſſigkeit in allen den Fällen vom augenſcheinlichſten Vortheile ſein, wo der Widerſtand des ſchließenden feſten Leiters einen ſehr kleinen Theil zum Geſammtwiderſtande beiträgt, z. B. wenn eine einfache Kette durch einen kurzen und dicken Metalldraht geſchloſſen iſt. Wird in dieſem Falle der Widerſtand der Flüſſigkeit und des Überganges durch Verſtärkung der Leitungsflüſſigkeit und Vergrößerung der erregenden Oberfläche auf die Hälfte herabgebracht, ſo wird, da der hierbei ungeändert bleibende Widerſtand des Drahtes nicht merklich in Betracht kommt, die Kraft ziemlich auf das Doppelte ſteigen müſſen. Es erhellt hieraus:

---

*) Ich erinnere nochmals, daß ich unter Geſammtleitungswiderſtand den Widerſtand verſtehe, den alle Theile der Kette zuſammengenommen äußern, d. h. die Summe der Widerſtände der einzelnen Theile der Kette.

c) Daß man nicht eben ſo, wie man durch Vermehrung des Leitungswiderſtandes auch des kleinſten Theiles der Kette die Kraft der ganzen Kette ins Unbeſtimmte ſchwächen kann, daß man nicht eben ſo, ſage ich, durch Verminderung des Leitungswiderſtandes eines einzelnen Theiles der Kette ihre Kraft ins Unbeſtimmte erhöhen kann; vielmehr wird man dabei ſtets auf eine Gränze kommen müſſen, über die hinaus eine weitere Verringerung des Leitungswiderſtandes dieſes Theiles keinen merklichen Einfluß mehr auf die Zunahme der Wirkſamkeit der Kette hat. Iſt nämlich der Leitungswiderſtand eines gewiſſen Theiles der Kette einmal ſo weit verringert, daß er gegen den Leitungswiderſtand der übrigen Theile der Kette nicht mehr merklich in Betracht kommt, ſo wird man ihn dann noch ferner, ſo weit man will, verringern können, ohne daß dadurch der Geſammtwiderſtand weiter eine merkliche Verringerung erfährt.

In der That lehrt u. a. Verſuchsreihe 59. meines Werkes (S. 88 und 89), daß durch Vergrößerung der erregenden Oberfläche und Verſtärkung der Leitungsflüſſigkeit die Wirkſamkeit der Kette nicht bis über ein gewiſſes Maximum erhöht werden kann, welches um ſo eher erreicht wird, aber ſeinem Werthe nach um ſo kleiner ausfällt, je größer der Widerſtand des metalliſchen Schließungsdrahtes iſt.

Mit dieſen allgemeinen Folgerungen nun iſt ſchon der Schlüſſel zu vielen Verhältniſſen der galvaniſchen Kette gegeben, über die man ſich früher ſehr unbeſtimmte und ungenügende Vorſtellungen machte. Es erhellt daraus, warum der menſchliche Körper, wenn er als Glied in die Kette tritt, eine Säule von vielen Plattenpaaren verlangt, um eine merkliche Wirkung zu erfahren, weil er ſonſt durch ſeinen großen Leitungswiderſtand die Kraft der Kette zu ſehr ſchwächen würde; warum aber Vergrößerung der Plattenpaare bis zu einer gewiſſen Gränze zu dieſer Wirkung faſt nichts Merkliches beiträgt, weil hierdurch der Geſammtwiderſtand der Kette, zu dem der menſchliche Körper den größten Theil hergiebt, in einem zu kleinen Verhältniſſe verringert werden würde. Es erhellt ferner daraus, warum die Glüh- und Hitzwirkungen der Kette im Allgemeinen ſo ſehr durch ſtarke Leitungsflüſſigkeit und große erregende Oberflächen zunehmen; weil hier immer nur verhältnißmäßig nicht zu lange Metalldrähte, welche eben jene Wirkungen erfahren ſollen, die Kette ſchließen; warum auch beim Multiplicatordrahte, wofern er nur nicht zu lang iſt, Vergrößerung der erregenden Oberfläche und Verſtärkung der Flüſſigkeit verhältnißmäßig mehr zur Wirkung beiträgt, als Vervielfältigung der Plattenpaare, weil ſich ſelbſt ein ziemlich langer Draht immer noch als ein verhältnißmäßig guter Leiter anſehen läßt.

Es wird ſich auch leicht einſehen laſſen, wie in dem Angeführten der vollgültige Erklärungsgrund von dem Unterſchiede enthalten iſt, der in der Wirkſamkeit thermoelektriſcher und hydroelektriſcher Ketten enthalten iſt; indem man erſtere als ſolche Ketten betrachtet, in denen eine ſehr ſchwache elektromotoriſche Kraft, zugleich aber ein ſehr geringer Leitungswiderſtand, vermöge Abweſenheit feuchter Leiter, vorhanden iſt. Jedes Einſchieben eines langen und dünnen oder eines feuchten Leiters, worauf man die thermoelektriſche Kette etwa wirken laſſen will, wird ſie demgemäß in ohne Vergleich ſtärkerem Verhältniſſe ſchwächen müſſen, als eine hydroelektriſche Kette, wo der ſchon anfänglich ſtarke Leitungswiderſtand durch ſolche Hinzufügung vielleicht nur ſehr wenig vermehrt wird. Dies iſt der alleinige Grund, warum ſelbſt ſtarke thermoelektriſche Ketten in ſo vielen Fällen die Wirkungen hydroelektriſcher Ketten zu liefern verweigern.

Das oben ausgeſprochene Geſetz erfodert übrigens zu ſeiner Ergänzung noch folgende nähere Beſtimmungen, welche den Zuſtand der einzelnen Theile der Kette betreffen.

Die Stärke der Strömung iſt in allen (ſenkrecht auf die Stromesrichtung gemachten) ſucceſſiven Querſchnitten des Schließungsbogens gleich, unabhängig von der beſondern Beſchaffenheit oder Größe jedes Querſchnitts.

Wenn daher ein Schließungsdraht der Länge nach aus ſehr verſchiedenen Metallen zuſammengeſetzt iſt und eine ſehr verſchiedene Dicke an verſchiedenen Stellen hat, ſo wird dennoch eine Magnetnadel, die man ſucceſſive unter oder über dieſe verſchiedenen Stellen bringt, gleichviel ob ſie mehr nach der Mitte oder nach dem Ende des Leiters zu liegen, überall ganz dieſelbe Ablenkung erfahren oder dieſelbe Anzahl der Oscillationen machen.

Die Richtigkeit dieſes, aus Ohm's theoretiſchen Betrachtungen hervorgehenden, Satzes habe ich durch zwei Verſuche (Maßbeſtimmungen S. 27) außer Zweifel geſetzt. Es wäre wünſchenswerth, daß die experimentale Bewährung deſſelben Satzes auch auf die flüſſigen Leiter ausgedehnt würde; denn wie aus derſelben Theorie hervorgeht, äußern auch die flüſſigen Leiter in der Kette, ungeachtet ihres viel größern Leitungswiderſtandes, dieſelbe Kraft auf die Nadel als die feſten Leiter in derſelben Kette*), und wenn ein naſſer Bindfaden nicht ſo ſtark ablenkend wirkt, als ein ihm ſubſtituirter Schließungsdraht, ſo rührt dies daher, daß die Einbringung von jenem die ganze Kette viel mehr ſchwächt als die Einbringung von dieſem, dagegen ein naſſer Bindfaden und ein Draht, die gleichzeitig in räumlicher Aufeinanderfolge zur Schließung derſelben Kette dienten, wahrſcheinlich dieſelbe Ablenkung hervorbringen würden. Hierüber jedoch fehlt es, wie geſagt, noch an directen Verſuchen, die eben wegen der ſtarken Schwächung der ganzen Kette durch dünne feuchte Leiter eine Schwierigkeit finden.

Iſt wirklich die Geſammtkraft jedes Querſchnitts der Kette gleich der Geſammtkraft jedes andern Querſchnitts, der an einer Stelle der Länge der Kette durch dieſelbe gemacht wird, ſo ergeben ſich daraus noch folgende zwei Folgerungen:

1) Wenn eine Veränderung an irgend einem Theile der Kette vorgenommen wird, ſei es, daß ſie die elektromotoriſche Kraft oder den Leitungswiderſtand derſelben betrifft, ſo beſchränkt ſich die daraus reſultirende Veränderung in der Kraft des Stroms nicht auf die veränderte Stelle, ſondern ſie betrifft alle Theile der Kette in gleichem Verhältniſſe, da nach dem angegebenen Geſetze ein Querſchnitt der Kette ſtets eine eben ſo große Kraft als der andere äußern muß.

Dieſen Folgeſatz habe ich durch directe Verſuche bewährt (Maßbeſtimmungen S. 23).

2) Wenn die Summe der ſtrömenden Elektricität oder ihre Geſammtkraft in allen Querſchnitten wirklich gleich iſt, ſo muß die Intenſität derſelben nach Maßgabe abnehmen, als der Querſchnitt eine größere Ausdehnung erhält, oder mit andern Worten, die gleiche Quantität Elektricität, die durch jeden Querſchnitt ſtrömt, muß

---

*) In Bezug auf Beweiſe, daß überhaupt flüſſige Leiter ablenkend auf die Nadel wirken können, vergl. Seebeck in Berl. Denkſchr. 1820 — 1821. 289. — Muncke in Gehler's Wörterb. III. 161. — Grotthuß in allg. nord. Ann. VI. 166. — Prechtl in Gilb. LXVII. 229.

ſich um ſo mehr ausbreiten und gleichſam verdünnen, je größer der Querſchnitt iſt*).

Hieraus folgt, was die Erfahrung vielfältig erwieſen hat (z. B. bei den Hitzewirkungen), daß dünne Leiter, wiewohl ſie wegen ſtärkern Leitungswiderſtandes die Strömung der ganzen Kette ſchwächen, doch ſelbſt eine ſtärkere Wirkung erfahren können, als dickere, in denen ſich die Strömung mehr ausbreitet, ſo daß durch jeden Punct des dickern Leiters ein geringeres Quantum Elektricität ſtrömt, als durch jeden Punct des dünnern. Auch ergiebt ſich daraus, warum Nadeln, wenn ſie auf Leitern von ſehr großer Breite angebracht werden, eine ſchwächere Ablenkung erfahren, als auf ſchmalen Leitern, wo die geſammte Elektricität in ihrer Nähe concentriert iſt.

Allgemeine Formeln in Bezug auf die Kraft galvaniſcher Ketten.

Die geſammte elektromotoriſche Kraft einer Kette heiße A, der Geſammtleitungswiderſtand aller Theile zuſammen genommen heiße L, die Kraft der galvaniſchen Kette heiße K, ſo hat man

$$K = \frac{A}{L}$$

Nennen wir den Widerſtand, den die feſten Theile der Kette für ſich dem Strome entgegenſetzen, λ, den die flüſſigen entgegenſetzen δ, und den Widerſtand, den der Strom beim Übergange zwiſchen feſten und flüſſigen Theilen findet, w; ſo iſt L gleich der Summe dieſer drei Widerſtände, mithin hat man auch

$$K = \frac{A}{\lambda + \delta + w} \tag{1}$$

Die Größe λ iſt, wie ſchon früher bekannt, der Länge der feſten Leiter direct, ihrem Querſchnitte umgekehrt proportional, und hängt außerdem auch noch von der Materie (und Temperatur) derſelben ab. Nach meinen Verſuchen gilt daſſelbe von der Größe δ. Die Größe w ſteht nach meinen Verſuchen im umgekehrten Verhältniſſe der erregenden Oberfläche, iſt um ſo kleiner, je ſtärker die Flüſſigkeit chemiſch die Platten angreift, und nimmt im Laufe des Geſchloſſenſeins der Kette immer mehr zu, ſo daß ein Theil der Wirkungsabnahme der Kette hiervon abhängt (ein anderer Theil beruht auf Verminderung von A).

Die Größe A iſt gleich dem Producte aus der Zahl der Plattenpaare in die elektromotoriſche Kraft jedes einzelnen.

Nach dieſen Beſtimmungen laſſen ſich leicht die Formeln ableiten, welche die Zunahme der Wirkung mit Vergrößerung der erregenden Oberfläche und Zahl der Plattenpaare beſtimmen, und die wie im Folgenden mittheilen werden.

---

*) Man wird mit Nutzen hierbei die Erläuterungen von Ohm in Kaſtner's Archiv. XVI. 23. vergleichen, wo Formeln in Bezug auf die hiermit zuſammenhängenden galvaniſchen Spitzenwirkungen gegeben ſind.

B. Von der elektromotoriſchen Kraft.

Es hatte bisher noch ganz an directen Beweiſen für die geſchloſſene Kette gefehlt, daß die Summe der elektromotoriſchen Kräfte z. B. von Zink-Zinn und Zinn-Kupfer gleich ſei der elektromotoriſchen Kraft der äußerſten Glieder dieſer Plattenpaare, d. h. gleich der elektromotoriſchen Kraft eines Plattenpaares aus Zink-Kupfer.

Durch die Methode der Oſcillationen läßt ſich dieſer Beweis leicht führen, indem man ganz gleich conſtruirte Ketten von Zink-Zinn, Zinn-Kupfer und Zink-Kupfer in ſchwach ſaurem Waſſer unmittelbar bei der Schließung hinſichtlich der Stärke ihrer Wirkung prüft. Da unter dieſen Umſtänden der Leitungswiderſtand dieſer Ketten gleich iſt, und die im Verlaufe der Schließung an den Plattenpaaren eintretenden Veränderungen, welche die elektromotoriſche Kraft mindern, noch nicht Zeit gehabt haben, ſich bemerklich zu machen, ſo iſt dies Verfahren völlig geeignet, das in Rede ſtehende Geſetz zu prüfen.

In der That habe ich daſſelbe durch ſo angeſtellte Verſuche, die man in meinen Maaßbeſtimmungen (S. 60 ff.) angeführt findet, bewährt gefunden. Es ergab ſich u. a. bei einer Beobachtungsreihe im Mittel von drei Verſuchen als elektromotoriſche Kraft (auf eine unbeſtimmte Einheit bezogen) für Zink-Kupfer die Zahl 27,83, und als Summe der elektromotoriſchen Kräfte von Zink-Zinn und Zinn-Kupfer 28,11. Mehrere andere Beobachtungsreihen dienten zu derſelben Beſtätigung.

Bemerkung verdient jedoch, daß man in Brunnenwaſſer dies Geſetz im Allgemeinen nicht beſtätigt findet; dieſes Waſſer ſcheint durch ſeine Salztheile (vergl. S. 371) ſofort beim Eintauchen Veränderungen gewiſſer Art an den Metallen hervorzubringen, welche hindern, daß das Geſetz ſich hier äußere. Faſt durchgängig habe ich die elektromotoriſche Kraft von Zink-Kupfer, unmittelbar nach der Schließung geprüft, bedeutend größer gefunden, als die Summe der elektromotoriſchen Kräfte von Zinn-Kupfer und Zinn-Zink, ohne daß dieſer Umſtand etwa von einer, während der Prüfung ſchon eingetretenen, Wirkungsabnahme der Kette abhängig gemacht werden konnte; denn dies Reſultat wurde bei Ketten erhalten, wo eine ſolche Abnahme während der Zeit der Prüfung noch nicht bemerklich war. Hievon wird unten näher die Rede ſein.

Meine Verſuche haben mich ferner ganz entſchieden gelehrt, daß die elektromotoriſche Kraft der geſchloſſenen Ketten in keiner weſentlichen Abhängigkeit von der Beſchaffenheit der ſchließenden Flüſſigkeiten ſteht (Maaßbeſtimmungen S. 75 ff.). Da ich ſchon S. 361 hievon geſprochen habe, ſo komme ich nicht nochmals darauf zurück. Die Fälle, wo in verſchiedenen Flüſſigkeiten verſchiedene elektromotoriſche Kräfte ſich äußern, dürften wohl ebenfalls auf einer ſehr ſchnell eintretenden verändernden Einwirkung der Flüſſigkeit auf die metalliſchen Oberflächen beruhen.

C. Vom Widerſtande der Schließungsdrähte und anderer feſter Körper. Multiplicator, elektromagnetiſcher Telegraph.

Allgemeine Sätze über den Widerſtand der Schließungsdrähte. Durch meine Verſuche über dieſen Gegenſtand in meinen galvaniſchen Maßbeſtimmungen ſind folgende, zum Theil ſchon früher erwieſene oder doch als gültig angenommene, Sätze mittelſt des Verfahrens der Oscillationen auf's Neue beſtätigt worden:

1) Der Widerſtand der Schließungsdrähte nimmt nach dem geraden Verhältniß ihrer Länge zu, d. h. wenn l die einfache Länge eines Schließungsdrahtes iſt, ſo iſt die Kraft K der Kette, wenn ſie mit der nfachen Länge deſſelben Drahtes geſchloſſen iſt:

$$K = \frac{A}{c + nl} \qquad (2)$$

wo A die elektromotoriſche Kraft der Kette bedeutet, c aber den Widerſtand, den die übrigen Theile der Kette außer dem Schließungsdrahte dem Strome entgegenſetzen. Alle Veränderungen, welche eine Kette in ihrer Wirkſamkeit je nach Veränderung der Länge des Schließungsdrahtes erleidet, laſſen ſich hienach leicht vorausſehen. (Maßbeſtimmungen Verſuche 5. bis 7.)

2) Wenn zwei homogene Schließungsdrähte von verſchiedener Länge in ſolcher Art neben einander in die Kette gebracht ſind, daß der Strom ſich zwiſchen beide zu theilen hat, ſo ſteht der Verhältnißtheil Elektricität, der durch jeden hindurchgeht, im umgekehrten Verhältniſſe ihrer Länge. (Maßbeſtimmungen Verſuch 9.)

3) Hinſichtlich der Geſammtkraft des Stromes wirken zwei ſolche, die Kette neben einander ſchließende, Leiter von der Länge m und n einem einzigen Leiter von der Länge $\frac{mn}{m+n}$ gleich (Maßbeſtimmungen Verſuch 9.), woraus u. a. die ſchon bekannte Thatſache als Folgerung hervorgeht, daß zwei oder drei homogene Drähte gleicher Dicke und Länge, welche neben einander die Kette ſchließen, einem einzigen homogenen Drahte von derſelben Dicke, aber bloß der Hälfte oder dem Drittheil der Länge, welche jeder Draht hat, gleich wirken.

Geſetze des elektromagnetiſchen Multiplicators.

Wenn man bedenkt, daß die vermehrte Zahl der Windungen eines Multiplicators den Einfluß hat, die Wirkung deſſelben auf die Nadel nach dem geraden Verhältniſſe der Windungszahl zu vergrößern, wie dies durch Kämtz frühere Verſuche erwieſen iſt, zugleich aber, daß die mit vermehrter Windungszahl zunehmende Länge des Drahtes, nach Maßgabe als ſie den Geſammtwiderſtand der Kette vermehrt, von anderer Seite eine Schwädung in die Kette bringt, ſo wird ſich ohne Schwierigkeit auf die ſchon angeführten Formeln folgende Formel für die Wirkung K, die ein Multiplicator auf die Nadel ausübt, gründen laſſen:

$$K = \frac{nA}{c + n\lambda} \qquad (3)$$

Hierin bedeutet n die Zahl der Windungen, λ den Widerſtand einer einzigen Windung (welcher der Länge der Windung direct, dem Querſchnitt des Drahtes umgekehrt proportional iſt), A die elektromotoriſche Kraft der Kette, c den Widerſtand, den die übrigen Theile der Kette außer dem Multiplicator dem Strome entgegenſetzen. Genau iſt zwar dieſe Formel nur für die Vorausſetzung, daß alle Windungen in merklich gleicher Ferne von der Nadel lägen, die in der Wirklichkeit nicht erreichbar iſt. Dennoch wird ſie immer ſehr gut dienen können, alle Umſtände, unter denen ein Multiplicator von viel oder wenig Windungen, von dünnem oder dicken Draht vorzüglicher iſt, und die Umſtände, welche die Gränzen ſeiner Wirkſamkeit beſtimmen, daraus herzuleiten.

Eine nähere Erörterung der Formel, ſo wie mehrere frühere Erfahrungen, welche derſelben ſämmtlich zur Beſtätigung dienen, habe ich in meinem Lehrbuche des Galvanismus von S. 219 an gegeben. Hier will ich bloß folgende zwei Folgerungen daraus, die Ohm durch Verſuche in Schweigg. J. LV. 1 bewährt hat, ſpeciell wiederholen:

1) Die Wirkung eines Multiplicators hängt in Fällen, wo ſein Leitungswiderſtand gegen den der übrigen Kette verſchwindet, bloß von der Anzahl ſeiner Windungen, keineswegs aber weder von der Dicke, noch von der Materie des dazu gebrauchten Drahtes ab.

2) In demſelben Falle ſteigt und fällt die Wirkung zweier Multiplicatoren, die eine verſchiedene Anzahl von Windungen erhalten haben, mit dieſer Zahl im geraden Verhältniſſe.

Galvaniſcher oder elektromagnetiſcher Telegraph, von Ampère *).

Ampère hat einen Telegraphen vorgeſchlagen, der ſich auf die Conſtruction des elektromagnetiſchen Multiplicators gründet, und im Modelle ſchon von Ritchie ausgeführt worden iſt. Seine weſentliche Einrichtung beſteht im Folgenden:

Man hat gedruckte Lettern, welche in einer ſchicklichen Stellung befeſtigt, aber dem Auge durch leichte Schirme aus Kartenpapier verborgen ſind. Jeder dieſer Schirme iſt am Ende eines leichten Holzſtäbchens befeſtigt, welches eine Magnetnadel trägt und an einem Faden aufgehangen iſt, ſo daß, wenn die Magnetnadel ſich in der Richtung des magnetiſchen Meridians befindet, die Buchſtaben von den Schirmen verdeckt

---

*) Froriep's Notiz. Nr. 6. des XXVIII. Bandes S. 86.

werden. Unter jeder Nadel iſt ein Multiplicator angebracht *), deſſen Enden nach dem Orte hinlaufen, von wo die Nachricht anlangen ſoll. Wenn am letzten Orte die Enden eines dieſer Multiplicatoren reſpectiv mit den entgegengeſetzten Polen einer Volta'ſchen Säule in Verbindung geſetzt werden, ſo wird die Magnetnadel abgelenkt, der Schirm hierdurch vom Buchſtaben entfernt und dieſer ſolchergeſtalt ſichtbar werden. Der Vorſchlag Ampère's geht dahin, die Drähte, welche die Communication von einem Orte zum andern bewerkſtelligen ſollen, unter einer Chauſſée wegzuleiten.

Ich ſelbſt habe in meinem Lehrbuche des Galvanismus S. 268 ſchon die Anwendung von Multiplicatoren zu Telegraphen in Vorſchlag gebracht. Hinſichtlich der Anwendbarkeit will ich bemerken, daß nach der Theorie und meinen Verſuchen bei ſo langen Leitungsdrähten, als zum Telegraphen anzuwenden wären, auf die Größe der Plattenpaare und die Stärke der Leitungsflüſſigkeit wenig ankommen würde, dagegen die Wirkung nach der geraden Zahl der Plattenpaare der Säule, ſo wie auch im geraden Verhältniſſe der Dicke des Drahtes wachſen würde. Nun habe ich mit einem einzigen Plattenpaare Zink-Kupfer in ſchwach ſaurem Waſſer, bei Anwendung eines ſehr dünnen, überſponnenen, überſilberten Kupferdrahtes (von welchem 1 Fuß im unbekleideten Zuſtande 1,95 Gran wog), noch hinreichende Ablenkungen einer Nobili'ſchen Doppelnadel erhalten, wenn die Länge des Drahtes 1384 Meter betrug. Rechnen wir die geographiſche Meile zu 7407 Meter und berückſichtigen, daß, um die Wirkung auf eine gewiſſe Strecke fortzupflanzen, der Draht hin- und zurückgeleitet werden muß, ſo erhellt, daß eine Säule von 107 kleinen Plattenpaaren hinreichend ſein würde, eine telegraphiſche Communication auf eine Strecke von 10 geographiſchen Meilen zu vermitteln. Die Drahtlänge müßte aber für eine ſolche Strecke, um hin- und zurückgeführt werden zu können, für jeden Buchſtaben 20 Meilen betragen, und dies möchte allerdings keinen geringen Aufwand verurſachen.

Leitungsvermögen verſchiedener Mineralien.

Fox **) hat verſchiedene Mineralien hinſichtlich ihres Leitungsvermögens mittelſt des Multiplicators geprüft, und ſtellt ſie in der Ordnung von beſſern zu ſchlechtern Leitern in nachſtehender Reihenfolge auf. Er führt indeß nichts Genaues über die Methode an, die er bei der Beſtimmung befolgte, auch nicht, ob er die geprüften Mineralien von gleichen Dimenſionen anwandte; daher allerdings der Werth dieſer Beſtimmungen nicht groß iſt.

Leiter: 1) Kupfernickel; 2) purpurnes Kupfer (Purple copper), gelbes Schwefelkupfer und glaſiges Schwefelkupfer; 3) Schwefeleiſen; 4) Arſenikkies; 5) Schwefelblei; 6) Arſenikkobalt; 7) kryſtalliſirtes ſchwarzes Manganoxyd; 8) Tennantit; 9) Fahlerz.

---

*) Unſtreitig wird man ſich hiebei ſehr gut der Nobili'ſchen Doppelnadel bedienen können, ſo daß die Nadel, mit welcher der Schirm in Verbindung ſteht, die obere iſt. F.

**) Philosoph. transact. 1830. P. II. p. 402.

Sehr unvollkommene Leiter: 10) Schwefelmolybdän; 11) Schwefelzinn oder vielmehr Glockenmetallerz (bell-metall ore).

Nichtleiter: 12) Schwefelſilber; 13) Schwefelqueckſilber; 14) Schwefelantimon; 15) Schwefelwismuth; 16) Realgar; 17) Schwefelmangan; 18) Schwefelzink; 19) Metalloxyde und Metallſäuren.

Leitungsvermögen der Kohle. Aus folgenden Verſuchen *Kemp's* geht hervor, daß das Leitungsvermögen der Kohle zunimmt bei *erhöheter Temperatur*, und daß ſie im Zuſtande *lebhafter Verbrennung* den Strom einer einfachen Kette ſogar eben ſo gut leitet, als Metalldrähte.

Die Beſchreibung des vom Verfaſſer angewandten galvaniſchen Apparates können wir, als von keinem beſondern Belang für den Erfolg der Verſuche, übergehen.

Die im 1. Verſuche des Verfaſſers unter der an einem einzelnen Coconfaden aufgehängten Nadel hinweggeführte, mittelſt einfacher Drähte bewerkſtelligte, ununterbrochen metalliſche, Leitung wirkte ſo ſtark auf die Nadel, daß ſie bei Schließung der Kette eine mit ihrer gewöhnlichen Richtung beinahe unter rechten Winkeln ſich ſchneidende Lage annahm.

In dem 2. Verſuche wurde die metalliſche Leitung in einer Strecke von 6 Zoll durch brennende Koke's unterbrochen. An jedes Ende der leitenden Kupferdrähte befeſtigte *Kemp* nämlich ½ Zoll dicke Eiſenſtäbe, deren freie Enden breit geſchlagen worden waren, um eine größere Oberfläche darzubieten; die anderen an die Kupferdrähte befeſtigten Enden wurden zum Behufe eines vollkommnern Contactes mit Amalgam beſtrichen. Dieſe Eiſenſtäbe wurden, in einer Entfernung von 6 Zoll von einander, in einen mit brennenden Koke's angefüllten Ofen aus Ziegelſteinen, ohne metallenen Roſt, gelegt. Hatte die Temperatur des Ofens Dunkelrothglühhitze erreicht, und wurde dann der Kreis geſchloſſen, von welchem die Kohle ſo einen Theil ausmachte, ſo wurde die Nadel nur ſehr ſchwach afficirt. Deutlicher war die Wirkung beim hellen Rothglühen; bei der Temperatur ſchmelzenden Kupfers ſtieg dieſe Wirkung ungefähr aufs Doppelte, und fortwährend wuchs ſie im Verhältniſſe der Temperaturzunahme bis zum Schmelzpuncte des Eiſens, bei welchem die Wirkung der einer vollſtändig metalliſchen Leitung nur wenig nachgab.

Dieſer Verſuch wurde hierauf in folgender Weiſe modificirt: Ein dichtes, zuſammenhängendes Stück Kohle, von ungefähr 1 Zoll im Durchmeſſer und 6 Zoll Länge, wurde in einem 3. Verſuche in den Kreis eingebracht, indem die beiden Enden deſſelben mit den beiden kupfernen Leitungsdrähten ſpiralförmig umwunden wurden, jedoch ſo, daß in der Mitte der Kohle ein Zwiſchenraum von ungefähr anderthalb Zoll frei von metalliſcher Leitung übrig blieb. In gewöhnlicher Temperatur wirkte der Strom eines einfachen Plattenpaares bei dieſer unterbrochenen Leitung nicht auf die Magnetnadel; wurde aber die in den Ofen hinabgeſenkte Kohle bis zum Rothglühen erhitzt, ſo zeigte die Nadel durch ihre Abweichung an, daß der elektriſche Strom circulire, und die Wirkung deſſelben auf die Nadel nahm allmälig mit Steigerung der Temperatur zu. Hierauf ward das Kohlenſtück ſo weit emporgehoben, daß es der Zugöffnung des Ofens gegenüber zu ſtehen kam; die Wirkung auf die Magnetnadel wuchs unter dieſen Umſtänden, indem die Kohle raſch verbrannte, in bedeutendem Grade.

---

*) Edinb. N. philosoph. Journ. (Jan. — April.) 1829. 344. oder Schweigg. LV. 469.

Daß nicht ſowohl der Grad der Temperatur, ſondern der Zuſtand mehr oder minder raſcher Verbrennung es war, welcher die leitende Kraft der Kohle in dieſen Verſuchen modificirte, lehrt der 4. Verſuch, in welchem ein ähnlich wie beim vorigen Verſuche zugerichtetes Kohlenſtück in eine Glasröhre eingebracht wurde, die man, dicht um die an die Kohle befeſtigten Kupferdrähte herum, hermetiſch verſchloß. In dieſer Weiſe vom Zutritte der Luft abgeſchloſſen und bis zum Rothglühen erhitzt, hemmte die Kohle, bei übrigens geſchloſſenem Kreiſe, jede Wirkung des elektriſchen Stroms auf die Magnetnadel; nur dann erſt, als die Temperatur ſo hoch geſteigert worden war, daß die Glasröhre rings um die Kohle herum in Schmelzung gerieth, wurde eine ſchwache Wirkung wahrnehmbar, die indeß bei Weitem nicht einen ſo hohen Grad erlangte, als die der im Verbrennungszuſtande befindlichen Kohle.

Bei Gelegenheit dieſer Verſuche hat Kemp nachgewieſen, daß auch die Kohle im Kreiſe der galvaniſchen Batterie die Ablenkung der Nadel, die ſich in ihrer Nähe befindet, zu bewirken vermag. Wir begnügen uns dies Reſultat, das Niemandem unerwartet ſcheinen wird, anzuzeigen, indem wir hinſichtlich des Ausführlichen der deshalb angeſtellten Verſuche auf die Originalabhandlung verweiſen (Schweigg. LV. 451).

D. Vom Leitungswiderſtande der Flüſſigkeiten.

Was die Abhängigkeit des Leitungswiderſtandes der Flüſſigkeiten von ihren Dimenſionen betrifft, ſo haben mich meine Verſuche darüber zu folgenden Beſtimmungen geführt:

1) Der Leitungswiderſtand der Flüſſigkeit iſt dem Abſtande der Erregerplatte darin direct proportional.

2) Er ſteht im umgekehrten Verhältniſſe des Querſchnitts der Flüſſigkeit, wenigſtens in den Fällen, wo die erregende Oberfläche mit dieſem Querſchnitte zugleich zu- oder abnimmt.

Was den erſten Satz anlangt, ſo findet man hinreichende Belege dafür in meinen Maßbeſtimmungen Verſuch 10. bis 29. Es mag genügen, den Verſuch 10. hier mitzutheilen, und zwar gleich die aus den Oscillationen berechneten Stromkräfte anzuführen.

Einfache Kette, Zink-Kupfer, jede Platte von 8,7 par. Decimal-

Quadratzoll Oberfläche; der Abſtand beider Platten wird durch Einſetzen in die verſchiedenen Seitenfugen eines langen Troges abgeändert. Die Flüſſigkeit iſt Waſſer mit $\frac{1}{11}$ Volumen Salzſäure von 1,080 ſpecifiſchem Gewichte. Die Kraft iſt die, welche durch die erſten Oscillationen der Nadel unmittelbar bei der Schließung während einer Zeitperiode, wo ſich die Wirkungsabnahme noch vernachläſſigen ließ, angezeigt wird. Die Einheit des Abſtandes, die wir 1 d nennen wollen, war 3,98 par. Decimallinien.

Abſtand	Beobachtete Kraft . .	Berechnete Kraft . .
1 d	19,6	19,5
2 d	15,0	15,1
4 d	10,8	10,6
8 d	6,51	6,61
12 d	4,39	4,40
16 d	3,52	3,65
20 d	3,00	2,96
28 d	2,24	2,21
32 d	1,95	1,96
36 d	1,77	1,75
44 d	1,45	1,47

Die Berechnung der Kraft iſt nach der Formel geſchehen:

$$K = \frac{A}{c' + nd} \qquad (4)$$

wo d den Widerſtand der Flüſſigkeit bei dem einfachen Abſtande, nd bei dem nfachen Abſtande bedeutet, c′ den Widerſtand der übrigen Theile der Kette (abgeſehen von der Flüſſigkeit), A die elektromotoriſche Kraft. A iſt = 1 geſetzt; d = 0,0142; c′ ergiebt ſich bei den Beobachtungen von 1 d bis 8 d gleich 0,0577; bei den von 12 d bis 44 d aber gleich 0,0566. Dies überſpringen auf einen andern Werth beruht darauf, daß bei ſtarker Abänderung des Leitungswiderſtandes der feſten oder flüſſigen Leiter der Übergangswiderſtand *) häufig freiwillig auf andere Stufenwerthe überſpringt, die Multipla oder Submultipla von einander ſind, wovon weiterhin noch näher die Rede ſein wird. In der That, da ſich bei derſelben Kette der Leitungswiderſtand des Schließungsdrahtes durch Abänderungen ſeiner Länge gleich 0,01854 ergab, wozu ſich die Data in der Originalſchrift finden, ſo bleibt für den Übergangswiderſtand von 1 d bis 8 d der Werth 0,01916, von 12 d bis 44 d der Werth 0,0381, wovon die letzte Größe merklich genau die doppelte der erſten iſt.

Auch folgende zwei, neuerdings von Bigeon **) mittelſt einer Drehwage angeſtellte Verſuche beſtätigen hinreichend daſſelbe Geſetz ***), wie ſich durch die von mir beigefügte Berechnung ergiebt. Sie wurden mit Platten von Zink und Kupfer, deren jede etwas über 14 Quadratlinien groß war, angeſtellt. Wegen der Wirkungsabnahme wurde mit der Platte hin- und zurückgegangen, woraus das Mittel in Betracht zu ziehen iſt.

Abſtand.	Torſion beim Hingange.	Torſion beim Rückgange.	Mittel.	Berechnetes Mittel.	Werth von A d und c′.
21	377	360	368	361	A = 1
12	516	462	489	491	d = 0,0000823
6	629	551	590	650	c′ = 0,001044
3	788	748	768	776	
½	972	958	965	924	
3	493	531	512	506	A = 1
6	441	463	452	456	d = 0,0000723
12	358	390	374	380	c′ = 0,00176
21	313	318	306	315	

---

*) Dieſer zuſammen mit dem Widerſtande des Schließungsdrahtes macht die Größe c′ aus.

**) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 93.

***) Was übrigens Bigeon ſelbſt nicht bekannt war, da er bloß die Verſuche ſchlechthin mitgetheilt hat.

Wahrſcheinlich würden die beobachteten Reſultate noch genauer ſich an die berechneten anſchließen, wenn Bigeon alle die Vorſichtsmaßregeln gekannt hätte, die bei Verſuchen dieſer Art zu nehmen ſind.

Auch Ritchie *) hat mittelſt einer Multiplicatordrehwage Verſuche angeſtellt, nach welchem Verhältniſſe mit der Länge des ſchließenden feſten oder flüſſigen Leiters die Kraft des Stromes abnehme, und will dabei das Geſetz gefunden haben, daß die Kraft bei beiden im umgekehrten Verhältniſſe der Quadratwurzel dieſer Länge ſteht. Nun iſt wohl möglich, daß ſich bei manchen Verſuchen ein dieſem angenähertes Verhältniß ergiebt; allein allgemein genommen iſt dies Geſetz erwieſen falſch. Ich glaube, daß meine eigenen Verſuche, die ich mit Vorſichtsmaßregeln angeſtellt habe, an welche jener Beobachter ſchwerlich gedacht hat, hierüber keinen Zweifel übrig laſſen können.

Was die Abhängigkeit des Leitungswiderſtandes der Flüſſigkeiten von der Beſchaffenheit derſelben betrifft, ſo waren alle früheren Verſuche darüber ſo angeſtellt, daß man (wie Marianini) eine und dieſelbe oder mehrere gleich conſtruirte Ketten ſucceſſiv durch verſchiedene Flüſſigkeiten ſchloß und die Wirkungen verglich, die ſie hervorbrachten, oder daß man, wie u. a. Pfaff und Förſtemann verfahren ſind, in eine wirkſame Kette, zwar nicht zwiſchen den Erregerplatten ſelbſt aber irgendwo anders, die Flüſſigkeit in eine Zelle oder Röhre ſo einſchaltete, daß der Strom durch ſie hindurchgehen mußte und man ihre verſchiedenen Wirkungen bei derſelben Höhe in der Zelle, oder die verſchiedenen Höhen, die die Flüſſigkeiten in der Zelle haben mußten, um dieſelbe Wirkung hervorzubringen, verglich.

Abgerechnet jedoch, daß dies Verfahren, um übereinſtimmende Reſultate zu geben, Vorſichtsmaßregeln erfodert, welche von den Beobachtern nicht ſcheinen angewandt worden zu ſein, ſo kann es auch ſchon deshalb auf keine Weiſe reine Reſultate geben, weil die veränderte Kraft, welche die Kette bei Veränderung der Leitungsflüſſigkeit zeigt, eben ſo wohl, ja häufig zu einem viel größern Theile, von Veränderung des Übergangswiderſtandes abhängt, der bei jeder Flüſſigkeit im Allgemeinen ein anderer iſt, daher man auf dieſe Weiſe ein complicirtes Reſultat erhält. Auch gilt dies eben ſo wohl für den Fall, wenn die Flüſſigkeit zwiſchen Wänden oder Drähten von homogenem Metall in die Kette eingebracht, als wenn ſie zur Schließung der Erregerplatten ſelbſt angewandt wird. Noch vollends aller Vergleichbarkeit beraubt werden die Reſultate, wenn man die Ketten etwa in verſchiedenen Wirkungsperioden oder zwar ſtets zu Anfange, aber ohne zuvorige ſehr ſorgſame Reinigung der Platten, Drähte oder Wände, zwiſchen die man die Flüſſigkeit bringt, vergleicht.

Endlich iſt auch dies Verfahren zu einem wahren Maße deshalb ganz untauglich, weil die von dem Unterſchiede im Leitungswiderſtande der Flüſ-

---

*) Bibl. univ. 1829. Janv. p. 9.

ſigkeiten abhängigen Kraftunterſchiede der Kette, die man als Maß anwendet, um ſo mehr verſchwinden, je länger zugleich der Schließungsdraht iſt, ſo daß Ketten mit verſchiedenen Flüſſigkeiten, die bei kurzem Schließungsdrahte die größte Differenz zeigten, bei längerem merklich gleiche Kräfte zeigen können, was nur eine Folgerung des Grundgeſetzes der galvaniſchen Kette und der es ausdrückenden Formel iſt, und durch Verſuche in meinen Maßbeſtimmungen hinlänglich beſtätigt wird.

Man kann jedoch ein von dem Übergangswiderſtande gänzlich unabhängiges, und zugleich ein wahres und vergleichbares *Maß* gewährendes, Reſultat auf eine der beiden folgenden Weiſen erhalten:

Erſte Methode. Man ſchließt eine Kette erſt bei dem einfachen Abſtande der Metallplatten, dann bei einem gewiſſen Multiplum dieſes Abſtandes, jedesmal mit der bloßen Multiplicatorlänge, und beobachtet mittelſt der Methode der Drehwage oder der Oſcillationen die Kräfte, welche beiden Abſtänden entſprechen. Man kehrt dann zu dem erſten Abſtande zurück, aber anſtatt die Kette jetzt wieder mit der einfachen Multiplicatorlänge zu ſchließen, fügt man ihr ſucceſſiv ſo viele andere mit einander verglichene Drahtlängen hinzu, bis die Wirkung derjenigen gleich wird, welche bei Schließung mit der einfachen Multiplicatorlänge, aber dem vielfachen Abſtande, Statt hatte, was ſich begreiflich nur durch mehrere Verſuche erreichen läßt. Dann können die hinzugefügten Drahtlängen als Maß des Widerſtandes dienen, den die hinzugefügte Flüſſigkeitsſtrecke äußert, da ſie die Kraft der Kette eben ſo ſehr ſchwächen. Stellt man nun den Verſuch auf dieſelbe Weiſe mit anderen Flüſſigkeiten an, ſo wird man finden, daß die Hinzufügung derſelben Flüſſigkeitsſtrecke in jeder durch eine andere Anzahl Drahtlängen, die mit ihr gleiche Wirkungen äußert, repräſentirt wird, und man wird ſo mittelſt der Drahtlängen die Flüſſigkeiten hinſichtlich ihres Widerſtandes vergleichen können. Begreiflich würde man zu demſelben Reſultate gelangen, wenn man umgekehrt verführe, indem man die Kette bei dem einfachen Abſtande der Metallplatten erſt mit der einfachen Multiplicatorlänge, dann mit einem Vielfachen dieſer Länge ſchlöße, und nun zuſähe, um wie viel der einfache Abſtand der Metallplatten in jeder Flüſſigkeit vermehrt werden müßte, um die Kraft der Kette eben ſo weit zu ſchwächen, als es jene Drahtlängen thun. Zugleich wird man durch dieſe Methode die genaue Vergleichung des Widerſtandes des flüſſigen Leiters mit dem des feſten Schließungsdrahtes erhalten.

Am zweckmäßigſten dürfte es ſein, eine Reihe von Verſuchen in jeder Flüſſigkeit, ſowohl mit ſtufenweiſer Abänderung des Schließungsdrahtes als des Abſtandes der Platten vorzunehmen, indem ſich dann immer von ſelbſt coincidirende Werthe oder doch nahe coincidirende Werthe der Kraft in beiden Reihen finden werden, welche eine Vergleichung des Widerſtandes der Flüſſigkeit mit dem conſtanten Widerſtande des Drahtes zulaſſen. Auf dieſe Weiſe, welche zugleich die Elemente zur Ausmittelung des Flüſſigkeitswiderſtandes nach der ſogleich anzugebenden zweiten Methode in ſich ſchließt, bin ich bei den Verſuchen, die ich in meinen Maßbeſtimmungen angeführt habe, gewöhnlich verfahren.

Als Beiſpiel mag Verſuch 11. S. 38 der Maßbeſtimmungen dienen. Die einfache Drahtlänge wird mit 1 l, der einfache Abſtand der Platten mit 1 d bezeichnet. Es ſind wiederum bloß die Kraftwerthe, wie ſie unmittelbar bei jener neuen Schließung mit der abgeänderten Drahtlänge oder dem abgeänderten Abſtande beobachtet wurden, verzeichnet.

	1 l	9 l	36 l	72 l	132 l	213 l
1 d	5,92	4,14	2,15	1,41	0,864	0,569
2 d	3,39	2,85	1,84	.	0,803	0,563

	2 d	4 d	6 d	12 d	17 d	20 d
1 l	3,39	2,15	1,60	0,864	0,607	0,556

Wie man ſieht coincidiren folgende Beobachtungen hinſichtlich des Kraftwerthes:

1d, 36l mit 4d, 1l
12d, 1l mit 1d, 132l

mithin hätte man

3d = 35l d. i. 1d = 11,9l
11d = 131l   1d = 11,9l

welche Reſultate genau zuſammenſtimmen, den Widerſtand von 1 d in dieſer Flüſſigkeit 11,9mal ſo groß als von 1 l finden zu laſſen. Ein wenig hievon abweichender Werth ergiebt ſich auch durch Berechnung der vorigen Verſuchsreihe nach der folgenden Methode. Es leuchtet ein, daß, wenn man mit derſelben Drahtlänge analoge Verſuche in anderen Flüſſigkeiten anſtellte, man nun auch finden würde, welchem Multiplum von l hier der Werth von 1 d entſpräche, womit das Verhältniß ihres Leitungswiderſtandes ſofort gegeben wäre.

Zweite Methode. Dieſe Methode iſt deshalb vorzüglicher als die vorige, weil bei ihr alle beobachteten Kraftwerthe, die man bei Abänderung der Länge des Schließungsdrahtes und des Abſtandes der Metallplatten erhält (nicht bloß die coincidirenden), zur Ziehung eines Mittelwerthes benutzt werden können. Sie beruht darauf, daß man in jeder der Flüſſigkeiten, deren Leitungswiderſtand man erfahren will, Verſuchsreihen, wie die ſo eben angeführte, anſtellt, darauf nach der Formel (2) S. 401 erſt den Werth von 1 l als Mittel aus ſämmtlichen Beobachtungen, dann nach der für den Abſtand der Platten in der Flüſſigkeit geltenden Formel (4) S. 407

den Werth von 1 d berechnet (indem man dabei $A = 1$ ſetzt), und nun in jeder Flüſſigkeit den ſo erhaltenen Werth von l mit dem ſo erhaltenen Werthe von d vergleicht *).

Durch Verſuche, nach dieſer Methode angeſtellt, habe ich nicht nur gefunden, daß der Widerſtand der Flüſſigkeiten unabhängig von Beſchaffenheit der Metallplatten, die man darein ſchließt, iſt, was bisher noch Zweifeln unterworfen war, ſondern auch mehrere Flüſſigkeiten direct hinſichtlich ihres Leitungswiderſtandes verglichen. Folgendes iſt eine Zuſammenfaſſung meiner hauptſächlichſten Reſultate in dieſem Bezuge (Maßbeſtimmungen S. 43). Es ſei darin $U = \frac{1}{32}$ Volumtheil. Die Leitungswiderſtände ſind alle auf dieſelbe unbeſtimmte Einheit bezogen:

		Leitungswiderſtand.
Brunnenwaſſer	(Zinnzink)	3,176
Waſſer mit $\frac{1}{32}$ U Salzſäure von 1,096 ſpec. Gew.	(Zinnzink)	2,23
. . $\frac{1}{16}$ U Salzſ. v. 1,096 ſpec. Gew.	(desgl.)	1,23
. . $\frac{1}{8}$ U	(desgl.)	0,631
. . $\frac{1}{4}$ U	(desgl.)	0,385
. . $\frac{1}{2}$ U	(desgl.)	0,212
. . $\frac{1}{2}$ U	(Zinnkupfer)	0,234
. $\frac{1}{2}$ U	(Zinkkupfer)	0,221
		0,223
. . 1 U	(Zinnzink)	0,111
. . 1 U	(Zinnkupfer)	0,108
		0,110
. : 1 U concentr. Salmiaklöſung	(Zinkkupfer)	0,342
. . 1 U . .	(Zinnzink)	0,357
		0,350
. . $\frac{1}{2}$ U Salpeterſ. v. 1,144 ſp. Gew.	(Zinnzink)	0,451
. . $\frac{1}{2}$ U Schwefelſ. v. 1.096 ſp. Gew.	(desgl.)	0,415

---

*) Eigentlich kann man auf ſolche Weiſe nur das Verhältniß von $\frac{1}{A}$ zu $\frac{d}{A}$ finden, und weil manche Flüſſigkeiten verändernd auf A wirken (vgl. S. 382), ſo darf man nicht den in einer Flüſſigkeit gefundenen Werth von $\frac{1}{A}$ ſofort auch für eine andere Flüſſigkeit gültig anſehen. Fände dieſer Umſtand nicht Statt, ſo reichte es hin, bloß in Einer Flüſſigkeit die ſchließenden Drahtlängen abzuändern, und dann den ſo erhaltenen Werth von l oder $\frac{1}{A}$ bei den anderen zu Grunde zu legen.

Drückt man den Widerſtand des Brunnenwaſſers durch $\frac{1}{0,3147}$ aus, ſo erhält man die Werthe des Widerſtandes für die ſämmtlichen Zuſätze von Salzſäure ſehr nahe wieder, wenn man für jeden Zuſatz von $\frac{1}{32}$ U den Diviſor um 0,1341 vermehrt. In der That ergiebt die Zuſammenſtellung der beobachteten mit den berechneten Werthen dann:

	Beobachteter Werth.	Berechneter Werth.
Brunnenwaſſer ohne Salzſäure	3,18	3,18
. . mit $\frac{1}{32}$ U Salzſäure	2,23	2,23
. . $\frac{1}{16}$ U .	1,23	1,17
. . $\frac{1}{8}$ U .	0,631	0,620
. . $\frac{1}{4}$ U .	0,385	0,406
. . $\frac{1}{2}$ U .	0,223	0,216
. . 1 U .	0,110	0,112

Ungeachtet die Methoden, welche bloß zur unmittelbaren Vergleichung der Wirkungen der Ketten bei Schließung durch verſchiedene Flüſſigkeiten führen, erörtermaßen zur Ausmittelung des wahren Leitungsvermögens der Flüſſigkeiten untauglich ſind, ſo iſt ihnen doch ihr Nutzen in anderer Hinſicht nicht abzuſprechen, inſofern ſie eine praktiſche Andeutung geben können, welche Flüſſigkeiten die wirkſamſten Ketten liefern. Nur ſollte man künftig mehr Acht darauf haben, nicht bloß ihre Wirkſamkeit zu Anfange zu vergleichen, ſondern auch auszumitteln, in welchen Flüſſigkeiten die Wirkungsabnahme am langſamſten von Statten geht; denn ich habe gefunden, daß die Wirkungsabnahme in verſchiedenen Flüſſigkeiten keineswegs in Verhältniß ihrer anfänglichen Wirkung ſteht, ſondern außer von der Conſtruction der Kette in ihren übrigen Theilen noch ſehr weſentlich von der individuellen Beſchaffenheit jeder Flüſſigkeit abhängt, wie denn z. B. die anfangs ſo wirkſame Zinkvitriollöſung in Hinſicht der Dauer der Wirkſamkeit unendlich in Nachtheil gegen die, nach meinen Verſuchen übrigens die Zinkvitriollöſung (bei gleicher Verdünnung) ſelbſt zu Anfange an Wirkſamkeit etwas übertreffende, Kupfervitriollöſung ſteht. (Vergl. das Kapitel von der Wirkungsabnahme.) Jedenfalls mögen in Bezug auf jenen Nutzen ſolcher Verſuche hier noch die Reſultate der Beobachtungen Pfaff's (Schweigg. LV. 258.) folgen.

Pfaff verfuhr hiebei ſo, daß er in die Kette eines einfachen Zink-Kupferpaares, welches ſich in einem Troge mit Kochſalzauflöſung befand, einen Multiplicator und eine Zelle brachte, in welcher die Flüſſigkeit, deren Leitungsvermögen gemeſſen werden ſollte, ſich zwiſchen vergoldeten Meſſingplatten befand, ſo daß der Strom folgenden Weg zu durchlaufen hatte, Zink, Kochſalzlöſung, Kupfer, Multiplicator, Gold, Flüſſigkeit, Gold, Zink. Die Zelle mit den Goldflächen war ſtets zu gleicher Höhe mit der Flüſſigkeit angefüllt und ihr Leitungsvermögen wurde nach dem (in der folgenden Tabelle beigefügten) Grade der Ablenkung der Magnetnadel beſtimmt, wenn ſie nach mehreren Oscillationen zur Ruhe gekommen war. Die angewandten Salzauflöſungen waren vollkommen geſättigt für die mittlere Temperatur, bei welcher experimentirt wurde.

Deſtillirtes Waſſer	½°.
Eſſigſaures Blei	3 — 4°.
Salzſaures Blei	5.
Schwefelſaures Kali	5.
Salpeter	5.
Salzſaurer Kalk	5.
Schwefelſaures Natron	5.
Chlorſaures Kali	7.
Schwefelſaures Mangan	8.
Eſſigſaures Natron	10.
Brechweinſtein	10.
Borax	10.
Benzoëſaures Kali	10 — 11°.
Weinſteinſaures Kali	10.
Salzſaures Mangan	10 — 11°.
Kohlenſaures Kali und Natron	11.
Eſſigſaures Kali	12.
Eiſenvitriol	12.
Salpeterſaures Blei	12.
Kleeſaures Kali	13.
Ammoniakflüſſigkeit von 980 ſpec. Gew.	15.
Weinſteinſäure	15.
Salzſaures Zinnoxydul	20.
(in einem andern Verſuche nur	10).
Alaun	20.
Kupfervitriol	20.
Zinkvitriol	22.
Verdünnte Phosphorſäure	23.
Starker Weineſſig	25.
Engliſche Schwefelſ. mit 4 Theilen Waſſer verdünnt	28.
Salpeterſaures Queckſilberoxyd	30.
Concentrirte engliſche Schwefelſäure (1848)	30 — 32.
Salpeterſaures Silber (nicht vollkommen geſättigt)	35.
Salmiak.	
Verdünnte Salpeterſäure	42.
Salzſaures Eiſenoxyd	42.
Salzſaures Platin	45.
Verdünnte Salzſäure (1090)	50.

Pfaff ſtellte auch einige Verſuche auf ſolche Weiſe an, daß er beobachtete, bis zu welcher Höhe verſchiedene Flüſſigkeiten zwiſchen den Goldplatten ſtehen müßten, um eine gleiche Wirkung auf die Magnetnadel zu äußern, wobei er folgende Reſultate erhielt:

Zinkvitriol brachte bei einer 40mal geringern Höhe in der Zelle eine eben ſo ſtarke Wirkung hervor, als eſſigſaures und ſalzſaures (?) Blei. — Waſſer, welches $\frac{1}{200}$ Salmiak enthielt, zeigte ſich eben ſo wirkſam als deſtillirtes Waſſer bei einer 30mal geringern Höhe, und wirkte ungefähr eben ſo ſtark als Waſſer, welches $\frac{1}{100}$ Kochſalz enthielt. — Salzſäure wirkte eben ſo kräftig als Zinkvitriol bei einer 8mal geringern Höhe.

Ich könnte auch noch in demſelben Bezuge als die hier angeführten Verſuche diejenigen, zugleich die Wirkungsabnahme betreffenden, Verſuche, welche in meinen Maßbeſtimmungen S. 214 und 216 tabellariſch vereinigt ſind, ſo wie einige Verſuche von Bigeon in den Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 86 anführen; indeß ſcheint mir, daß es nicht der Mühe lohnt, vereinzelte Beobachtungen anzuführen, da nur von zuſammenhängenden Beobachtungsreihen hier eine Frucht zu erwarten ſteht.

E. Vom Widerſtande des Überganges.

Schon Ritter und ſpäter de la Rive und Marianini machten darauf aufmerkſam, daß, wenn die Leitungsflüſſigkeit einer Kette durch homogene Zwiſchenplatten oder Zwiſchenbogen unterbrochen wird, eine Schwächung des Stromes hieraus hervorgeht, die auf eine Schwierigkeit des Überganges der Elektricität zwiſchen feſten und flüſſigen Leitern geſchrieben ward. Da jedoch andererſeits bekannt iſt, daß jede anfangs homogene Zwiſchenplatte in einer wirkſamen Kette allmälig ſelbſt gleichſam ein wirkſames Plattenpaar wird, indem ſie durch Annahme der ſogenannten Ladung ſich in eine poſitive und eine negative Seite theilt, welche den Erregern der urſprünglichen Kette gerade entgegengeſetzt angeordnet ſind, ſo ließ ſich als möglich denken, daß die von jenen Beobachtern wahrgenommene Schwächung der Kette von dieſer im Laufe der Schließung eingetretenen elektromotoriſchen Entgegenſetzung abhing, da ihre Verſuche ſämmtlich nicht in der Art angeſtellt oder beſchrieben waren, daß man hätte ſicher ſein können, ſie beziehen ſich wirklich auf die allererſte Periode der Kette, ja der in der That erſt im Fortgange der Schließung eintretende Umſtand, den ſie ſämmtlich ausſagen, daß die Schwächung ſtärker bei Kupfer- als bei Zink-Zwiſchenplatten erſchienen ſei, beweiſt ſogar, daß ſie wirklich bloß mit ſpäteren Wirkungsperioden der Kette zu thun hatten.

Ich ſtellte deshalb von Neuem Verſuche der Art an, daß ich einfache Ketten ohne Zwiſchenbogen mit ſolchen, in welche Zwiſchenbogen, bei übrigens völlig gleichen Umſtänden, eingeſchoben waren, für den erſten Augenblick nach der Schließung verglich (Maßbeſtimmungen Verſuche 79. bis 83.) und es gab ſich in der That auch hier unzweideutig eine Schwächung zu erkennen, die beſonders ſtark in Brunnenwaſſer, minder ſtark in ſaurem Waſſer, gleich für Zink- und für Kupferzwiſchenbogen war, und die nicht von einer Änderung der elektromotoriſchen Geſammtkraft abhängig gemacht werden konnte, welche ſich vielmehr bei der Kette mit und ohne Zwiſchenbogen gleich zeigte. Es blieb ſonach nichts übrig, als hier wirklich einen Widerſtand in der Berührungsgränze der feſten und flüſſigen Leiter anzunehmen, der, wenn wir die Vorſtellung einer in der Kette wirklich ſtrömenden Elektricität beibehalten wollen, von einer Schwierigkeit des Überganges zwiſchen beiden ungleichartigen Leitern abhängig zu machen ſcheint; der ſich jedoch im Fortſchritte der Schließung mit Änderungen der elektromotoriſchen Geſammtkraft complicirt, herrührend von der auf den Zwiſchenbogen eintretenden Ladung.

Wenn nun ein ſolcher Widerſtand für eingeſchobene Zwiſchenbogen nachgewieſen war, ſo konnte für wahrſcheinlich gehalten werden, daß er auch in der Berührungsgränze der Flüſſigkeit mit den Erregerplatten ſelbſt Statt finde. Daß dem ſo ſei, läßt ſich für ſpätere Wirkungperioden der Kette ſehr leicht nachweiſen. Denn man findet hier öfters, daß der Widerſtand des Schließungsdrahtes ſo wie der Flüſſigkeit faſt verſchwindet im Geſammtwiderſtande, d. h. man kann Drahtlänge und Abſtand der Platten in ziemlich großem Verhältniſſe vervielfachen oder verkleinern, ohne daß die Kraft bedeutend ab- oder zunimmt, wozu u. a. in den Verſuchsreihen 93. und 94. meiner Maßbeſtimmungen mehrere Belege aufgeſucht werden können. Hier muß alſo ein dritter Widerſtand vorhanden ſein, gegen den beide merklich verſchwinden.

Jedoch nicht allein für ſpätere Wirkungsperioden iſt dieſer Widerſtand nachweisbar; er giebt ſich auch auf die unzweideutigſte Weiſe für den erſten Anfang der Schließung zu erkennen; da man auch hier ſtets einen Reſt findet, wenn man den Widerſtand des Drahtes und der Flüſſigkeit vom Geſammtwiderſtande abzieht. So wird man, wenn man in der Verſuchsreihe S. 410, welche mit einer einfachen Zinkkupferkette von 9 Quadratzoll Oberfläche jeder Platte in Brunnenwaſſer angeſtellt ward, den Widerſtand der Flüſſigkeit und des Drahtes, der bei 1l und 1d*), wie ſich nach den gegebenen Formeln berechnen läßt, zuſammen 0,09543 betrug (die elektromotoriſche Kraft = 1 geſetzt), vom Geſammtwiderſtande abzieht, einen Reſt = 0,0736, und für die höheren Leitungswiderſtände von 1d 361 an merklich conſtant 0,1082 finden **). Andere Belege hierzu kann man in meinen Maßbeſtimmungen Verſuche 10. bis 12., 91. bis 95. aufſuchen.

Dieſen Umſtand von Irrthümern der Beobachtung abhängig machen zu wollen, iſt unmöglich, da er ſich conſtant zu erkennen giebt und einen zu großen Werth hat, um bei der übrigen Übereinſtimmung der Reſultate, welche das angewandte Maßverfahren gewährt, hierdurch erklärlich zu werden; er kann auch nicht, wo er zu Anfange beobachtet wird, auf Rechnung einer ſchon Statt gefundenen Wirkungsabnahme während der Zeit der Meſſung geſchrieben werden; da die Ketten, mit welchen die Verſuche angeſtellt wurden, von der Art waren, daß eine ſolche während dieſer Zeit nicht in Betracht kam; endlich behält jener Reſt, wenn man ihn aus verſchiedenen Beobachtungen derſelben Verſuchsreihe berechnet, einen zu conſtanten Werth, — abgeſehen von den Sprüngen, welche eintreten, wenn man gewiſſe Gränzen des Leitungswiderſtandes überſchreitet —, als daß es ſich hier nur um etwas von zufälligen Umſtänden Abhängiges handeln könnte. Ich halte mich durch dieſe Umſtände für berechtigt, den Widerſtand des Überganges wirklich als etwas Thatſächliches feſtzuſtellen.

---

*) Unter 1l iſt Schließung bloß durch den Multiplicatordraht, unter 1d ein Abſtand der Metallplatte = 4 Decimallinien verſtanden.

**) Wie ſchon S. 407 erwähnt, ſpringt der Übergangswiderſtand bei höheren Werthen in die Kette gebrachten Leitungswiderſtandes häufig auf andere Stufenwerthe über. Hier ſcheint der höhere Stufenwerth das $1\frac{1}{2}$fache vom niedrigern zu betragen. (Vergl. meine Maßbeſtimmungen S. 28).

Meine Verſuche darüber führen zu folgenden näheren Beſtimmungen über denſelben:

1) Derſelbe ſteht genau im umgekehrten Verhältniſſe der erregenden Oberfläche (Maßbeſtimmungen Verſuch 58. A. bis C.; Verſuche 45. und 46).

2) Er nimmt im Verfolge der Wirkungsabnahme der Kette immer mehr zu (Maßbeſtimmungen Verſuch 40., 41., 91. bis 95.).

3) Er nimmt ab mit der Quantität ſaurer Materie, die man in eine Flüſſigkeit hinzufügt (Maßbeſtimmungen Verſuche 10. bis 11.), und kann, wenn er im Verfolge der Wirkungsabnahme zu einem gewiſſen Grade gediehen iſt, durch Hinzufügung neuer Säure zur Leitungsflüſſigkeit wieder vermindert werden (Maßbeſtimmungen Verſuch 91.). Wahrſcheinlich hängt er überhaupt von dem Verhältniß ab, in welchem die Flüſſigkeit chemiſch auf die Metalle einzuwirken vermag; doch fehlt es hierüber noch an einer hinreichenden Zahl von Verſuchen, um dieſen Satz mit Zuverläſſigkeit als durchgängig gültig ausſprechen zu können.

4) Er iſt zu Anfange der Schließung gleich für die poſitive und negative Platte, wird aber im Fortgange der Wirkſamkeit größer für die letztere, als für die erſtere.

Dieſer Umſtand folgt aus nachſtehenden Umſtänden: Für den Anfang der Schließung bewirken nach meinen ſorgfältigen Verſuchen (Maßbeſtimmungen Verſuche 79., 84.) kupferne Zwiſchenbogen keine größere Schwächung der Kette als ſolche von Zink; ferner iſt es für den Anfang der Schließung, ebenfalls nach meinen Verſuchen (Maßbeſtimmungen Verſuch 60., 61.) gleichgültig, ob man einer großen Kupferplatte eine kleine Zinkplatte entgegenſetzt, oder ob man umgekehrt verfährt. Im Fortgange der Schließung aber nimmt, wie ſchon durch frühere Verſuche bekannt war, und von mir durch meſſende Verſuche beſtätigt worden iſt, die Wirkung der Kette durch Verkleinerung der erregenden Kupferfläche mehr ab, als durch Verkleinerung der erregenden Zinkfläche in gleichen Verhältniſſen (Maßbeſtimmungen Verſuch 64.).

5) Der geſammte Übergangswiderſtand eines Plattenpaares Zink-Kupfer iſt gleich der Summe des Übergangswiderſtandes auf Zink und des Übergangswiderſtandes auf Kupfer (Maßbeſtimmungen S. 101).

6) Der Übergangswiderſtand iſt zu Anfange der Schließung für Plattenpaare aus Zink-Kupfer, Zink-Zinn und Zinn-Kupfer bei übrigens gleichen Umſtänden merklich gleich, mindeſtens in ſauerm Waſſer.

7) Der Übergangswiderſtand hat eine beſondere Neigung, bei Änderungen im Leitungswiderſtande oder in der elektromotoriſchen Kraft auf andere Stufen überzuſpringen, was zwar ſchon in ſauerm Waſſer, noch auffallender aber in der Regel in Brunnenwaſſer, bemerklich wird. Schon S. 407 u. 415 haben wir Beiſpiele hievon mitgetheilt und in einem beſondern Artikel wird noch näher von dieſen Sprüngen die Rede ſein.

Es verdienen in Bezug auf dieſen Übergangswiderſtand noch folgende zwei intereſſante Verſuche von de la Rive *) eine Anführung.

a) Bringt man, in völlig ähnlichen Röhren, vollkommen reine Schwefelſäure und Salpeterſäure nach einander, mittelſt Platindrähten von gleicher Länge und Dicke, in den Kreis der Volta'ſchen Säule, ſo findet man, daß bei der Schwefelſäure eine ſchwächere Wirkung Statt findet, und daß ſich dieſe größere Schwächung durch eine Verkürzung des Weges in der Schwefelſäure weder compenſiren, noch ſonſt merklich verändern läßt. Wenn man aber die Platindrähte, vor dem Eintauchen in die Schwefelſäure, mit Salpeterſäure benetzt, ſo iſt die Wirkung in beiden Fällen faſt gleich, wenigſtens ſo lange, als eine Schicht von Salpeterſäure die Platindrähte umgiebt.

b) Wenn man zwei Streifen von Platin, deren einer mit dem poſitiven, der andere mit dem negativen Pole einer Kette in Verbindung ſteht, in ein gemeinſchaftliches Gefäß mit ſaurer Flüſſigkeit tauchen läßt (die ſolchergeſtalt die Schließung zwiſchen ihnen bewirkt), ſo entſteht eine Erhöhung der Strömungswirkung, wenn man den negativen Streifen ſehr nahe an dem eingetauchten Ende mit einer Weingeiſtlampe ſtark erhitzt; dagegen bei Erhitzung des poſitiven Streifens keine Verſtärkung Statt findet. Der Verfaſſer überzeugte ſich, daß die verſtärkende Wirkung im erſten Falle nicht von der Erhitzung der geſammten Maſſe der Flüſſigkeit herrührte; denn auch wenn dieſe Maſſe ſo groß war, daß ihre Temperatur beinahe conſtant blieb, wurde das angegebene Reſultat erhalten. Erhitzt man den poſitiven und negativen Streifen gleichzeitig, ſo iſt das Reſultat daſſelbe, als wenn bloß der negative Streifen erhitzt würde.

F. Erregende Oberfläche.

Unter erregender Oberfläche wird bekanntlich der Theil der metalliſchen Erregerplatten verſtanden, der mit der Leitungsflüſſigkeit in Berührung iſt.

---

*) Pogg. XV. 109. 130.

Das Geſetz, nach welchem die Kraft einer einfachen Kette mit Vergrößerung der erregenden Oberfläche zunimmt, kann durch meine Verſuche als vollſtändig ausgemittelt angeſehen werden. Es iſt einſchließlich in folgender Formel enthalten:

$$K = \frac{A}{\frac{O}{m} + c''} \text{ oder } K = \frac{mA}{O + mc''} \qquad (5)$$

Hierin bedeutet K die Kraft der Kette, A die elektromotoriſche Kraft, O die Einheit der erregenden Oberfläche, m das angewandte Vielfache der erregenden Oberfläche, c'' eine bei Abänderung der erregenden Oberfläche conſtant bleibende Größe, welche, wie meine Verſuche gezeigt haben, den Widerſtand des Schließungsdrahtes, und, wofern bei Veränderung der erregenden Oberfläche der Querſchnitt der Flüſſigkeit conſtant bleibt, auch den Widerſtand der Flüſſigkeit repräſentirt *). Dieſe Formel gilt nicht nur für gleichzeitige Abänderung beider erregenden Oberflächen (Kupfer und Zink), ſondern ſcheint ſich auch auf den Fall zu erſtrecken, wenn bloß Eine von beiden (Kupfer oder Zink) abgeändert wird, während die andere conſtant bleibt; nur tritt in letztem Falle auch der conſtant bleibende Theil des Übergangswiderſtandes in die Größe c'' hinein. Dieſe Formel gilt desgleichen für die Verbindung mehrerer Säulen mit den gleichnamigen Polen.

Verſuche, welche zum Beweiſe der Gültigkeit dieſer Formel angeſtellt werden ſollen, müſſen unter beſonderen, in der Natur dieſer Verſuche ſelbſt gegründeten, Vorſichtsmaßregeln angeſtellt werden, die ich in meinen galvaniſchen Maßbeſtimmungen genau mitgetheilt habe, und deren Vernachläſſigung unſtreitig Urſache geweſen iſt, daß frühere Verſuche (z. B. von Pohl), ſo wie einige neue von Bigeon **), keine mit jener Formel übereinſtimmende Reſultate gegeben haben. Ich ſelbſt habe dieſelben durch zu viele abgeänderte und mit aller Sorgfalt angeſtellte Verſuche beſtätigt gefunden, als daß an ihrer Richtigkeit ein Zweifel bleiben könnte. Von dieſen Verſuchen (Maßbeſtimmungen Verſuche 40. bis 50.) will ich bloß folgende zwei mittheilen.

---

*) Die Größe der erregenden Oberfläche kann nämlich entweder ſo abgeändert werden, daß man einen Trog, in deſſen Seitenfugen ſich ein Plattenpaar eingeſetzt findet, bis zu verſchiedener Höhe mit Flüſſigkeit füllt. In dieſem Falle nimmt der Querſchnitt der Flüſſigkeit in demſelben Verhältniſſe als die erregende Oberfläche zu, und Übergangswiderſtand und Leitungswiderſtand der Flüſſigkeit nehmen gleichzeitig, und nach demſelben Verhältniſſe mit Vergrößerung der erregenden Oberfläche, ab. Hier repräſentirt die conſtante Größe c'' bloß den Widerſtand des ſchließenden feſten Leiters (vorausgeſetzt, daß in dieſen nicht ein flüſſiger, z. B. eine Röhre oder Zelle mit Flüſſigkeit eingeſchaltet iſt). Dieſer Anordnung äquivalent iſt der Fall, wo die Größe der erregenden Oberfläche dadurch abgeändert wird, daß man mehr oder weniger in verſchiedenen Zellen enthaltene einzelne Plattenpaare zu einer gemeinſamen erregenden Oberfläche verbindet, indem ſich dann nicht nur die erregenden Oberflächen, ſondern auch die Querſchnitte der Flüſſigkeiten zwiſchen ihnen gleichzeitig ſummiren. Die Größe der erregenden Oberfläche kann aber auch ſo abgeändert werden, daß der Querſchnitt der Flüſſigkeit dabei conſtant bleibt, ſo wenn man von mehreren, in einem weiten Troge neben einander ſtehenden, metalliſch verbundenen Plattenpaaren ſucceſſiv eins oder mehrere aus der Kette läßt. In dieſem Falle tritt auch der Leitungswiderſtand der Flüſſigkeit in den conſtanten Theil c'' hinein.

**) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 83 oder Baumg. Zeitſchr. IX. 493.

Erſter Verſuch *). Sechs Plattenpaare Zink-Kupfer in 6 verſchiedenen Zellen eines Troges ſtehend, waren zu einer gemeinſchaftlichen erregenden Oberfläche verbunden **). Die Größe jeder Platte war 9,31 par. Decimal-Quadratzoll. Die Flüſſigkeit Kochſalzlöſung. Die Prüfung der Kraft ward in verſchiedenen ſucceſſiven Perioden der Wirkungsabnahme wiederholt, indem jedesmal eine Plattenpaar nach dem andern aus der Kette herausgelaſſen ward.

Wirkungsperiode.	Anzahl der mit einander verbundenen Oberflächen.	Beobachtete Kraft.	Berechnete Kraft.	Werthe von c'' und O, für $A = 1$.
I.	6	7,351	7,35	$c'' = 0,0446$
	1	1,686	1,69	$O = 0,5479$
II.	6	5,393	5,39	
	4	3,894	3,89	$c'' = 0,0423$
	2	2,133	2,12	$O = 0,8558$
III.	6	4,960	4,96	
	5	4,234	4,28	$c'' = 0,0432$
	4	3,542	3,56	
	2	1,762	1,92	$O = 0,9503$
	1	1,027	1,00	
IV.	6	4,117	4,13	
	5	3,542	3,54	$c'' = 0,0429$
	4	2,901	2,93	
	3	2,262	2,27	
	2	1,543	1,56	$O = 1,1952$
	1	0,812	0,808	

Wie man ſieht, bleibt die Größe c'' in allen ſucceſſiven Wirkungsperioden merklich conſtant, während O immer mehr zunimmt, was auf der Zunahme des Übergangswiderſtandes beruht.

---

*) Maßbeſtimmungen S. 65.

**) Durch beſondere, in meinen Maßbeſtimmungen (Verſuche 56. und 57.) enthaltene, Verſuche überzeugte ich mich, daß zwei erregende Oberflächen, jede von der Größe O, in geſonderten Zellen, die aber zu einer einzigen Oberfläche verbunden ſind, einer einfachen erregenden Oberfläche von der Größe 2O in einer einzigen Zelle äquivalent wirken.

Zweiter Verſuch *). Bei dieſem Verſuche wurde zugleich die Länge des Schließungsdrahtes abgeändert. Er wurde auf ähnliche Weiſe als der vorige Verſuch in ſchwefelſaurem Waſſer angeſtellt. 11 bedeutet die einfache Länge des Schließungsdrahtes. Die oberen Zahlen in der nachfolgenden Verſuchstabelle ſind die beobachteten, die unteren die berechneten Zahlen **).

	71	31	11	Werth von c'' und O für A = 1.
40	$\frac{4{,}63}{4{,}67}$	$\frac{6{,}60}{6{,}52}$	$\frac{8{,}19}{8{,}16}$	$c'' = 71 = 0{,}1068$
30	$\frac{3{,}97}{4{,}00}$			$O = 0{,}429$
20	$\frac{3{,}01}{3{,}12}$			
10	$\frac{1{,}87}{1{,}87}$			

Hinſichtlich anderer Verſuche, welche Säulen betreffen, die mit ihren gleichnamigen Polen vereinigt werden; oder einfache Ketten in weiten Trögen, oder Abänderungen entweder bloß der Zink- oder der Kupferoberfläche verweiſe ich auf meine galvaniſchen Maßbeſtimmungen (vergl. die überſicht darin S. 238).

Es erhellt ſowohl aus der Formel, als aus den vorſtehenden Verſuchen, daß die Kraft der Kette im Allgemeinen in einem kleinern Verhältniſſe als dem der erregenden Oberfläche zunimmt; indeß leuchtet ein, daß, im Fall die Größe c'', d. h. der Widerſtand des Schließungsdrahtes (und bei ungeändert bleibendem Querſchnitt der Flüſſigkeit zugleich der Widerſtand der Flüſſigkeit), ſehr klein iſt, ſo kann die Kraft der Kette bis zu gewiſſen Gränzen in merklich gleichem Verhältniſſe mit der Vergrößerung der erregenden Oberfläche zunehmen. Solche Beiſpiele wird man viele in meinen Maßbeſtimmungen finden. (Maßbeſtimmungen Verſuche 44., 46. III., 47., 53., 75., 96. G. a). Andererſeits aber leuchtet nach derſelben Formel ein, daß man bei immer weiter getriebener Vergrößerung der erregenden Oberfläche (d. h. bei Vergrößerung von m) zuletzt ſtets eine Gränze finden muß, über die hinaus weitere Vermehrung derſelben die Kraft nicht mehr merklich wachſen läßt, und auch dies wird durch ſpecielle Verſuche in meinen

---

*) Maßbeſtimmungen S. 75.

**) Dieſe Verſuchsreihe zeigt, daß die Größe c'' die Länge des angewandten Schließungsdrahtes wirklich repräſentirt, denn ſie wird merklich gleich der Größe 71, nach der Formel (2) S. 401 berechnet, gefunden.

Maßbeſtimmungen (Verſuch 69.) beſtätigt. Dieſe Gränze wird um ſo eher erreicht, je größer der Widerſtand des Schließungsdrahtes iſt.

Man wird über dieſe Umſtände noch nähere Beſtimmungen in meinen Maßbeſtimmungen S. 238 ff. finden, die ich, um nicht zu weitläufig zu werden, hier übergehe, um ſo mehr, da ſie gröſstentheils einfache Folgerungen der gegebenen Formel ſind.

Dagegen wollen wir noch Einiges über den Fall anführen, wenn die poſitive und negative Fläche nicht gleichzeitig oder nicht in gleichem Verhältniſſe abgeändert werden, worüber meine Verſuche zu folgenden Beſtimmungen führen.

1) Für den Anfang der Schließung iſt es gleichgültig, ob eine größere poſitive Fläche gegen eine kleinere negative angewandt wird, oder umgekehrt. (Maßbeſtimmungen Verſuche 60., 61., 75., 96. E. F., 97. i. bis m., 98. f. bis n., 119., 120).

2) Die Wirkung der Kette nimmt ſchneller ab, wenn eine größere poſitive gegen eine kleinere negative Fläche angewandt wird, als im umgekehrten Falle (Maßbeſtimmungen Verſuche 96. E. F., 119., 120. Tabelle auf S. 215).

Dies Reſultat wurde von mir conſtant im Brunnenwaſſer ſowohl, als in ſaurem Waſſer gefunden. Nach einem Verſuche Ohm's jedoch (Schweigg. LX. 51.) verhält ſich dies anders in concentrirter Schwefelſäure.

Derſelbe brachte in concentrirte Schwefelſäure die an das eine Ende des Multiplicators gelöthete Kupferplatte von ¼ Quadratzoll Oberfläche, und ſchloß die Kette mit Zink von ¼ Quadratlinie Oberfläche, welches an das andere Ende des Multiplicators angelöthet worden war. Die Abweichung der Multiplicatordoppelnadel ſank in kurzer Zeit noch unter 4° herab. Als hingegen Ohm in dieſelbe Säure und auf dieſelbe Weiſe eine Zinkplatte von ¼ Quadratzoll Oberfläche brachte und die Kette mit Kupfer von ¼ Quadratlinie ſchloß, zeigte die Nadel nach viel längerer Zeit noch 63° und ſelbſt nach Ablauf von 20 Minuten noch 50° an.

3) Dieſer Unterſchied iſt, wenigſtens in ſaurem Waſſer, noch auffallender für Zinn-Kupfer als für Zink-Kupfer. (Maßbeſtimmungen Verſuch 120).

4) Im Fortgange der Schließung wird die Kraft weniger durch Verminderung der poſitiven, als der negativen Fläche geſchwächt (Maßbeſtimmungen Verſuche 64. I. bis IV.), ja man kann, zumal bei Zinn-Kupfer, leicht auf einen Punct kommen, wo die Kraft ſich kaum merklich mehr bei Änderung der poſitiven Fläche ändert, während ſie zur ſelben Zeit merklich in geradem Verhältniſſe der Verkleinerung bloß der negativen Fläche abnimmt. (Maßbeſtimmungen Verſuche 76. und 77.)

5) Eine Kette, in welcher einer Platte Zink von beiden Seiten zwei gleiche Kupferplatten, oder umgekehrt (KZK oder ZKZ) in einem gewiſſem Abſtande gegenüberſtehen (wie bei der Wollaſtonſchen Platte), wirkt

im Anfange der Schließung ganz genau ſo ſtark, als wenn zwei Platten Zink zweien Platten Kupfer bloß von Einer Seite in demſelben Abſtande gegenüberſtänden (2KZ), ſo daß man alſo durch jene Anordnung eine Platte Einer Art erſparen kann (Maßbeſtimmungen Verſuche 60., 61., 78.).

6) Setzt man die Abwechſelung poſitiver und negativer Platten nach dem Schema KZK, KZKZ u. ſ. w. noch weiter fort, ſo findet ſich für den Anfang der Schließung genau, daß:

$$
\begin{aligned}
KZK = ZKZ &= 2KZ \\
KZKZ &= 3KZ \\
KZKZK &= 4KZ \\
KZKZKZ &= 5KZ
\end{aligned}
$$

(Maßbeſtimmungen Verſuche 60. bis 62.).

7) Wenn man einer poſitiven Fläche einerſeits eine aus poſitivem und negativen Metalle zugleich beſtehende Fläche andererſeits gegenüberſetzt, ſo iſt dieſe Anordnung zu Anfange der Schließung der umgekehrten Anordnung äquivalent, wo nämlich eine bloß negative Fläche einerſeits einer aus poſitivem und negativen Metalle zugleich beſtehenden Fläche andererſeits bei übrigens gleichen Verhältniſſen entgegengeſetzt wird (Maßbeſtimmungen Verſuch 78.). Im Fortgange der Schließung dagegen erhält die zweite Anordnung bei weitem das Kraftübergewicht über die erſte (Maßbeſtimmungen 74. bis 78.). In meinen Maßbeſtimmungen S. 117 ſind noch einige nähere Beſtimmungen, die nicht ohne Intereſſe ſind, über gewiſſe Verhältniſſe dieſer Combinationen angegeben.

Bei Gelegenheit dieſer Reſultate ſcheint mir auch folgender Verſuch von Marianini *) Erwähnung zu verdienen:

Man ſtelle eine Kupferplatte in ein Gefäß, eine Zinkplatte, die mit jener durch den Multiplicator verbunden iſt, in ein anderes Gefäß, die beide mit Waſſer gefüllt ſind, und verbinde das Waſſer beider Gefäße durch ein Blatt von Zinn oder anderm Metalle, das ſich in einen ſchmalen Streifen oder Schwanz endigt, und zwar ſo, daß das Blatt, von beiläufig 18 bis 20 Quadratcentimeter Oberfläche, in das eine, der Schwanz in das andere Gefäß taucht, ohne jedoch die Erregerplatten zu berühren. Iſt die Anordnung ſo, daß der Schwanz ſich im Gefäße der poſitiven, das Blatt im Gefäße der negativen Platte befindet, ſo wird die Ablenkung nur wenig Grade betragen; iſt dagegen die umgekehrte Anordnung getroffen, ſo wird ein weit beträchtlicherer Effect Statt haben **).

Alles Vorige betraf bloß die Abhängigkeit der Wirkung von der Größe der erregenden Oberfläche. Einige Verſuche über den Einfluß ihres mehr oder minder ebenen Zuſtandes hat Wigeon *) angeſtellt, die wir hier anführen wollen, obgleich wir weit entfernt ſind, ihnen großes Gewicht beizulegen; da der Verfaſſer nicht angeführt hat, ob die Metallplatten nicht ſchon vorher, ehe ihre Oberfläche modificirt worden war, Wirkungsdifferenzen zeigten. Solche Verſuche erfodern, um beweiſend zu ſein, ſehr große Vorſicht, und können nicht ſo ſchlechthin mit den erſten beſten Platten angeſtellt werden. Der Verfaſſer wandte fünf Platten von Kupfer (unſtreitig von gleicher Größe und zugleich mit Zink), an: Nr. 1. blieb eben; Nr. 2. war mit nahe an einander ſtehenden Löchern mit vorſpringenden Rändern durchbohrt; Nr. 3. war durch zwei Syſteme ſich kreuzender Parallellinien, die auf der Oberfläche eingegraben waren, in Quadrate abgetheilt; Nr. 4. war durch eine Raspel (râpe) auf der Oberfläche unregelmäßig geritzt; Nr. 5. war ganz dünn, wie Rauſchgold (de laiton**) mince, clinquant).

---

*) Ann. de Ch. et de Phys. XLII. 143.

**) Unſtreitig möchte ſich auch hier die Differenz erſt im Laufe der Schließung ausbilden. F.

Folgendes waren die, bei drei Verſuchsreihen mit verſchiedenen Multiplicatoren und verſchiedener Leitungsflüſſigkeit, mittelſt der Drehwage erhaltenen Reſultate:

	Waſſer mit 1/10 Schwefelſäure.		Waſſer mit 1/10 Salpeterſäure.
	Mult. Nr. 1.	Mult. Nr. 2.	Mult. Nr. 3.
Nr. 1. Ebene Platte	665°	45°	315°
Nr. 2. In Quadrate getheilte .	690	46	335
Nr. 3. Mit Löchern durchbohrte	670	50	300
Nr. 4. Abgeraſpelte	690	41½	280
Nr. 5. Rauſchgold (clinquant)	650	36	

Wigeon hat ferner noch unterſucht, welchen Einfluß die Neigung der erregenden Oberflächen gegen einander hat, und dabei gefunden, daß die Wirkung mit der Neigung bedeutend abnimmt. Die Verſuche wurden (in einem weiten Troge?) folgendermaßen angeſtellt. Eine der beiden Kupferflächen war mit Wachs überzogen. Das Zink blieb ſenkrecht auf der Linie, welche die Mittelpuncte der Platten verbunden haben würde, und die Kupferfläche wurde ſucceſſiv in Neigungen von 0° (parallel), 45° und 90° (ſenkrecht) dagegen gebracht. Die Leitungsflüſſigkeit war ſäuerliches Waſſer. Die Platte hatte 6 Linien Breite und ihr Abſtand betrug (beim Parallelismus) 2 Zoll.

Um den Einfluß der Wirkungsabnahme zu beſeitigen, wurden abwechſelnde Verſuche angeſtellt. Folgendes iſt das Reſultat:

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 81. oder Baumg. Zeitſchr. B. [illegible]

**) Hiernach ſcheint die fünfte Platte von Meſſing geweſen zu ſein; vorher aber ſpricht der Verfaſſer von fünf Kupferplatten.

Neigungen.	Anzeige der Drehwage.
0°	213°
45°	203°
90°	199°
45°	198°
0°	204°
45°	196°
90°	191°
45°	194°
0°	197°
45°	190°
90°	180°
45°	189°
0°	199°

Mithin im Mittel:

Neigung	Entſprechende Kraft
0°	203°
45°	193°
90°	186°

Unſtreitig möchte der, mit vermehrter Neigung zunehmende, Abſtand der Puncte der Platten von einander den weſentlichſten Antheil an der hiebei erfolgenden Wirkungsabnahme haben.

Endlich hat auch Bigeon, um die Wirkung der Vorderfläche einer Platte im Verhältniß zu der der Zinkfläche auszumitteln, einmal die freie, das anderemal die mit Wachs überzogene Fläche der Kupferplatte der Zinkplatte in 2 Zoll Abſtand gegenüber geſtellt. Das mittlere Reſultat mehrerer Verſuche war:

Wirkung bei zugekehrter freier Fläche 100
Wirkung bei abgekehrter freier Fläche 84

Doch hat dies Verhältniß nichts Abſolutes, indem, wenn ſich die Platten näher ſtanden, die Wirkung der abgekehrten freien Fläche ein viel kleineres Verhältniß als bei dieſem Verſuche zur Wirkung der zugekehrten Fläche hatte.

G. Über Combination der Plattenpaare nach dem Principe der Säule.

Durch Vermehrung der Plattenpaare einer Kette nach dem Principe der Säule tritt ein verſtärkendes und ſchwächendes Element zugleich in die Kette; ein verſtärkendes, inſofern die elektromotoriſche Kraft im geraden Verhältniſſe der Plattenpaare zunimmt; ein ſchwächendes, indem das Hineinbringen mehrerer Plattenpaare in die Kette den Widerſtand der Flüſſigkeit und des Überganges *) in entſprechendem Grade vervielfältigt. Es wird ſonach der Zähler (die elektromotoriſche Kraft) und der Nenner (der Geſammtwiderſtand) der Stromkraft durch Vermehrung der Plattenpaare ſtets zugleich vergrößert, aber der Nenner in kleinerem Verhältniſſe, weil die *ganze* elektromotoriſche Kraft in geradem Verhältniſſe der Plattenpaare wächſt, vom Geſammtwiderſtande aber nur der Theil deſſelben, welcher den Plattenpaaren ſelbſt angehört, während der Widerſtand des ſchließenden Leiters ungeändert bleibt. Hierauf beruht die Verſtärkung der Kraft durch Vermehrung der Plattenpaare, die begreiflich hiernach verhältnißmäßig um ſo mehr betragen muß, je mehr der Widerſtand des ſchließenden Leiters im Verhältniß zum Widerſtande des Plattenpaares oder der Plattenpaare beträgt, null dagegen ſeyn muß, wenn dieſer Widerſtand gegen den Widerſtand der Plattenpaare verſchwindet. Dieſe Betrachtung führt überhaupt zu folgenden, durch die Erfahrung beſtätigten, Geſetzen:

1) Im Allgemeinen nimmt die Wirkung der Säule in einem geringern Verhältniſſe zu, als die Zahl der Plattenpaare, in einem merklich gleichen jedoch dann, wenn der Widerſtand der Plattenpaare, und ſo lange er gegen den Widerſtand des ſchließenden Leiters verſchwindet. Belege für erſteren und letzteren Fall zugleich enthalten die Verſuchsreihen 65 und 72 meiner Maßbeſtimmungen.

2) Die Wirkſamkeit der Kette nimmt gar nicht durch Vermehrung der Plattenpaare zu, wenn der Widerſtand des ſchließenden Leiters gegen den Widerſtand des Plattenpaares oder der Plattenpaare verſchwindet, oder wenn der Widerſtand des ſchließenden Leiters in demſelben Verhältniſſe wächſt, als die Zahl der Plattenpaare. Hierher gehörige Fälle bieten u. a. Verſuch 70 bis und 115 dar.

3) Wenn auch anfänglich Vermehrung der Plattenpaare eine Verſtärkung der Stromkraft hervorbringt, ſo wird doch bei fortgeſetzter Vermehrung dieſe Verſtärkung verhältnißmäßig immer geringer werden, und man wird ſich immer mehr einer Gränze nähern, ja ſie wirklich merklich erreichen können, von wo an weitere Vermehrung der Plattenpaare nichts Merkliches mehr zur Stromkraft hinzufügt. Das Maximum, das ſich ſolchergeſtalt durch fortgeſetzte Vermehrung der Plattenpaare erreichen läßt, wird

---

*) Die Summe beider können wir unter dem Namen *Widerſtand des Plattenpaares oder der Plattenpaare* dem Widerſtande des ſchließenden Leiters entgegenſetzen.

um ſo ſpäter erreicht werden, je größer der Widerſtand des ſchließenden Leiters im Verhältniß zum Widerſtande der Plattenpaare iſt (Verſuch 65 VI. und S. 103, Verſuch 71, 72).

4) Vermehrung der Plattenpaare trägt überhaupt verhältnißmäßig um ſo mehr zur Verſtärkung der Kraft der Kette bei,

a) je größer der Widerſtand des ſchließenden Leiters iſt (Verſuch 65, 69 bis 72).

b) je geringer der Widerſtand der Plattenpaare iſt, mithin auch u. a., je beſſer die Leitungsfähigkeit iſt, welcher Unterſchied jedoch um ſo mehr verſchwindet, je größer der Widerſtand des ſchließenden Leiters iſt (Verſuch 72 B. C.; Vergleichung von Verſuch 97 a. c. mit Verſuch 98 b. d.)

c) je friſcher die Wirkungsperiode der Kette iſt (Verſuch 72 bis).

5) Die genaue Formel für die Wirkungszunahme der Kraft galvaniſcher Ketten bei Vermehrung der Plattenpaare nach dem Principe der Säule iſt:

$$\frac{nA}{nP + c''} \qquad (6)$$

worin A die elektromotoriſche Kraft des einzelnen Plattenpaares, n die Zahl der Plattenpaare, P den Widerſtand eines einzelnen Plattenpaares, c'' den Widerſtand des ſchließenden Leiters bezeichnet. Zum Belege dienen die Verſuche 65 bis 72 meiner Maßbeſtimmungen.

Es mag genügen, hiervon den Verſuch 68 anzuführen, der zwar nur bis auf 4 Plattenpaare ausgedehnt (weiter ausgeführte Verſuche ſ. in den Maßbeſt.), aber zugleich mit Abänderungen des Schließungsdrahts verbunden iſt, und hiermit die Nachweiſung in ſich ſchließt, daß die Größe c'' wirklich den Widerſtand des Schließungsdrahts repräſentirt:

Kette aus 1 bis 4 Plattenpaaren Zink-Kupfer, die in verſchiedenen, nach dem Principe der Säule verbundenen, Zellen enthalten ſind. Die Flüſſigkeit ſchwefelſaures Waſſer. Die Kräfte werden bei jedesmal erneuerter Schließung mit zuvor aufgefriſchten Platten beſtimmt. Die Länge des Schließungsdrahts wird von der dreifachen Multiplicatorlänge (3 l) bis auf die 51fache (51 l) abgeändert.

Schließung bei 51 l			Schließung mit einem Plattenpaare.		
Zahl der Plattenpaare	Beobachtete Kraft	Berechnete Kraft nach Formel (6) für A = 1, P = [illegible] c'' = 51 l = 0,2861	Länge d. Schließungsdrahts	Beobachtete Kraft	Berechnete Kraft nach Formel (3) für A = 1, c = P = 0,0183 l = 0,00561
1	3,33	3,27	51 l	3,33	3,27
2	6,11	6,16	25,5 l	5,29	5,42
3	8,77	8,73	7	16,9	17,1
4	10,6	11,0	3	27,7	27,7

Aus den hier gegebenen Geſetzen wird auch leicht der früher für ſonderbar gehaltene Umſtand erklärlich, warum in thermoelektriſchen Ketten *ohne eingeſchobenen Zwiſchenleiter* die Kraft der Kette mit Vermehrung der Elemente gar nicht zunimmt. Es iſt dies nämlich ein Umſtand, der ihnen mit hydroelektriſchen Ketten vollkommen gemein iſt. Gewöhnlich aber hat man hydroelektriſche Säulen nicht ohne eingeſchobenen Zwiſchenleiter verglichen, und dies veranlaßte zu dem Glauben, daß jener, zuerſt bei thermoelektriſchen Ketten beobachtete, Umſtand etwas ihnen Eigenthümliches ſey.

II. Über Zwiſchenbogen oder Zwiſchenplatten in der Kette.

Meine Verſuche *) darüber führen zu folgenden Beſtimmungen:

1) Wenn die Flüſſigkeit einer Kette durch homogene Zwiſchenbogen oder Zwiſchenplatten unterbrochen wird, ſo erleidet die Kraft der Kette eine Schwächung dadurch, *die ſich ſelbſt dann zu erkennen giebt, wenn die Prüfung der Kraft unmittelbar bei der Schließung vorgenommen wird.*

Dieſer letztere Umſtand erlaubt nicht, die Schwächung der Kette durch Zwiſchenbogen blos von Veränderungen abhängig zu machen, welche durch den Einfluß der Strömung ſelbſt an den Zwiſchenbogen hervorgebracht werden, wiewohl ſolche wirklich im Laufe der Schließung eintreten und dann ſich mit jener urſprünglich ſchwächenden Urſache compliciren.

Belege zu dieſer, gleich mit Anfang der Schließung eintretenden, Schwächung einer Kette durch Zwiſchenbogen findet man in meinen Maßbeſtimmungen, Verſuch 79 bis 83. Unten wird einer dieſer Verſuche angeführt werden.

2) Dieſe Schwächung iſt für *den Anfang der Schließung* vollkommen gleich, mögen die homogenen Zwiſchenbogen oder Zwiſchenplatten,

---

*) Dieſelben wurden im Allgemeinen ſo angeſtellt, daß ich in eine Zelle A eine Kupferplatte K und in eine Zelle B (beide mit mehreren Seitenfugen verſehen) eine Zinkplatte z einſetzte; und (wenn die Wirkung kupferner Zwiſchenbogen verglichen werden ſollte) dann in A noch eine Kupferplatte K' und in B eine andre Kupferplatte K'' (in die Seitenfugen) einſetzte. Dann wurden K' und K'' durch einen Draht, K und z durch den Multiplicator verbunden. Hier wirken K' und K'' zuſammen als ein einziger Zwiſchenbogen. Es erhellt, daß man durch Einſchieben andrer Tröge noch mehr ſolche Zwiſchenbogen in die Kette bringen kann. Die Wirkung wurde von mir ſtets unmittelbar bei der Schließung durch die Methode der Oscillationen beſtimmt. Sollte eine Kette mit Zwiſchenbogen mit einer ohne Zwiſchenbogen verglichen werden, ſo wurden für letzten Fall die Erregerplatten in eine und dieſelbe Zelle gebracht, ſo daß der Abſtand derſelben darin ſo groß war, daß die Elektricität eine eben ſo große Strecke Flüſſigkeit durchlaufen mußte, als im Fall der Zwiſchenbogen in zwei Zellen. Für dieſelbe Gleichheit der zu durchlaufenden Flüſſigkeitsſtrecken ward auch bei Vergleichung der Wirkung eines oder zweier Zwiſchenbogen mit der Wirkung mehrerer ſolcher Bogen ſtets geſorgt, um den Einfluß eines vermehrten Flüſſigkeitswiderſtandes zu beſeitigen.

durch welche man die Flüſſigkeit einer Zink-Kupferkette unterbricht, von Zink oder von Kupfer ſeyn. (Verſuch 79.)

Dieſer Umſtand konnte nach dem, was man bisher in dieſer Hinſicht angenommen hat, unerwartet ſcheinen; indeß iſt anzunehmen, daß alle bisherigen Verſuche, nach welchen kupferne Zwiſchenplatten eine größere Schwächung hervorrufen, als ſolche von Zink, nicht den erſten Augenblick der Kette nach der Schließung betrafen, ſondern eine ſpätere Wirkungsperiode, wo allerdings kupferne Zwiſchenplatten in viel höherm Grade ſchwächend wirken können, als zinkene. Unſtreitig hängt der Umſtand, daß zu Anfange der Schließung ſich beiderlei Art Zwiſchenplatten gleich verhalten, mit dem früher S. 421 erwähnten Umſtande zuſammen, daß es für den Anfang der Schließung auch gleichgültig iſt, ob man eine größere erregende Oberfläche von Zink oder von Kupfer anwendet; der Umſtand aber, daß im Fortgange der Schließung die ſchwächende Wirkung der Kupferplatten das Übergewicht erlangt, ſteht unſtreitig mit dem folgenden Satz in Beziehung.

3) Die Wirkungsabnahme iſt bei Zwiſchenbogen von Kupfer ſchneller, als bei Zwiſchenbogen von Zink, ſo daß in gleicher Zeit von der Schließung an eine Kette mit kupfernen Zwiſchenbogen ſchwächer wirkt, als eine mit zinkenen. (Maßbeſt. Verſ. 79 b. c.)

4) Durch Einbringung von Zwiſchenbogen wird die elektromotoriſche Kraft der Kette nicht geändert, ſo daß die Schwächung, welche dadurch hervorgebracht wird, einer Zunahme des Widerſtandes beigemeſſen werden muß. Dies ergiebt ſich durch Berechnung der Verſuche 79 und 82 meiner Maßbeſtimmungen.

5) In Brunnenwaſſer iſt die anfängliche Schwächung durch Zwiſchenbogen viel ſtärker, als in ſaurem Waſſer (vgl. Verſ. 79 bis 81 mit 82 bis 83 Maßbeſt.). In ſehr ſtark ſaurem Waſſer habe ich ſogar durch Einbringung mehrerer Zwiſchenbogen keine merkliche Schwächung der Kraft der Kette zu Anfange der Schließung wahrnehmen können, was unſtreitig damit zuſammenhängt, daß der Übergangswiderſtand auf den Zwiſchenplatten (von dem die anfängliche Schwächung der Kette unſtreitig abhängt) in ſtark ſaurem Waſſer ſehr gering iſt und leicht gegen den Widerſtand der übrigen Theile verſchwindet.

6) Die Vermehrung des Geſammtwiderſtandes durch Einbringung von Zwiſchenbogen ſteht in geradem Verhältniſſe der Anzahl der Zwiſchenbogen (Maßbeſt. Verſ. 79 bis 83).

7) Der Widerſtand eines Zwiſchenbogens iſt in ſaurer Flüſſigkeit zu Anfange der Schließung genau eben ſo groß, als der Widerſtand des Überganges auf dem erregenden Plattenpaare, wenn dies mit dem Zwiſchenbogen gleiche erregende Oberfläche darbietet; dagegen in Brunnenwaſſer iſt der Widerſtand des Zwiſchenbogens viel größer. (Maßbeſt. Verſ. 79. 80. 82. 83.)

8) Wenn man die eine der Zellen A, B (vgl. S. 427 Anm.), worin

ſich die Erregerplatten nebſt den Platten des Zwiſchenbogens befinden, mit Waſſer, die andre mit verdünnter Säure füllt, ſo iſt die anfängliche Wirkung gleich für folgende 4 Fälle:

1) Zwiſchenbogen von Zink, Säure im Troge der err. Zinkplatte.
2) — — Zink, Säure — — — — Kupferplatte.
3) — — Kupfer, Säure — — — — Zinkplatte.
4) — — Kupfer, Säure — — — — Kupferplatte.

Aber die Wirkungsabnahme iſt ſchneller, wenn ſich die Säure bei der erregenden Zinkplatte, als wenn ſie ſich bei der erregenden Kupferplatte befindet. (Maßbeſt. S. 132.)

Von den Verſuchen, durch die ich die vorſtehenden Umſtände bewährt habe, mag blos folgender hier Platz finden.

Einfache Zink-Kupferkette, welche mit Zwiſchenbogen von Zink combinirt wird. Die Flüſſigkeit Brunnenwaſſer.

Anzahl der Zwiſchenbogen.	Entſprechende Kraft.	Berechnete Kraft.
0	6,08	6,11
1	3,48	3,31
2	2,26	2,27
3	1,68	1,73
4	1,45	1,38

Die Berechnung iſt hier nach der Vorausſetzung geführt, daß der, bei keinem Zwiſchenbogen durch 0,163 ausgedrückte Geſammtwiderſtand durch jede Hinzufügung eines Zwiſchenbogens um 0,139 zunimmt, während die elektromotoriſche Kraft = 1 geſetzt wird.

Noch ſcheinen mir in Bezug auf den vorliegenden Gegenſtand die Reſultate einiger Verſuche Pohl's (Pogg. XVI. 103. 108.) erwähnenswerth.

Die Schwächung der Kraft einer Kette durch eine in die Flüſſigkeit eingeſchobene Zwiſchenplatte kann unter Umſtänden noch größer ſeyn als durch eine Glasplatte. Pohl führt in dieſem Bezug folgenden Verſuch an: Er nahm einen kleinen, mit verdünnter Salpeterſäure gefüllten, gläſernen Trog, deſſen breite Seitenwände Quadrate von beinahe 2,5 Zoll bildeten, und einen Zoll von einander entfernt waren, und in welchem auf der einen Seite eine Zinkplatte, und ihr gegenüber auf der andern Seite ein Kupferblech ſich befand. Beide durch den Multiplicator verbunden bewirkten eine Ablenkung von 40°. Er ſenkte nun in der Mitte zwiſchen beiden Seitenwänden eine kleine Glastafel, die ein Quadrat von nur 1,5 Zoll Seite bildete, in die Flüſſigkeit, und die Nadel ging auf 36° zurück. Nachdem die Glastafel aus dem Troge herausgezogen worden, ſtellte ſich die vorige Ablenkung von 40° ſogleich wieder her. An der Stelle der Glastafel wurde darauf ein eben ſo großes Kupferblech in den Trog getaucht und die Ablenkung der Nadel wurde nun noch geringer als zuvor; ſie ging auf 32° zurück.

Ein andrer Verſuch von intereſſanten Ergebniſſen iſt folgender:

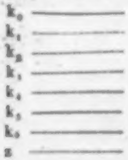

Eine Anzahl Kupferplatten k_0, k_1, k_2 u. ſ. w. und eine Zinkplatte z, etwa 6 Zoll ins Gevierte groß, ſind in der beigefügten Ordnung mit feuchten Zwiſchenpappen aufgeſchichtet und paarweiſe durch Metalldrähte verbunden, ſo daß k_0 mit z, k_1 mit k_6, k_2 mit k_5, k_3 mit k_4 verbunden iſt *).

Iſt der Verbindungsdraht von k_0 mit z ein Multiplicator, ſo wird er eine gewiſſe Ablenkung erleiden, deren Richtung wir als öſtlich bezeichnen wollen. Anſtatt k_0 und z verbinde man jetzt die homogenen Platten k_1 und k_6 durch den Multiplicator, während man k_0 und z wieder durch irgend einen andern Schließungsdraht verbindet, und zugleich die andern Verbindungsdrähte zwiſchen k_2 und k_5, k_3 und k_4 wie vorhin am Platze läßt. Die Ablenkung des Multiplicators wird jetzt weſtlich ſeyn; geht man ſolchergeſtalt mit dem Multiplicator weiter zur Verbindung von k_2 und k_5, von k_3 und k_4 über, ſo wird die Ablenkung wieder reſpectiv öſtlich und weſtlich werden.

Es ſcheint uns übrigens keines großen Scharfſinns zu bedürfen, dies Reſultat mit den gewöhnlichen Anſichten über die Leitung der Elektricität durch die Flüſſigkeiten und Metalle in Einklang zu bringen, ja nur ein andres Reſultat danach zu erwarten, und ich kann daher Pohl's Meinung nicht theilen, der einen Gegengrund dagegen in dieſem Verſuche findet.

I. Über Wirkungsabnahme und Wirkungswiederherſtellung galvaniſcher Ketten **).

Es iſt zwar bis jetzt noch nicht gelungen, die Wirkungsabnahme, welche galvaniſche Ketten im Laufe der Schließung erfahren, allgemein als Function der Zeit ausdrücken zu können; indeß haben mich doch meine Verſuche über dieſen Gegenſtand zu mehrern ſehr allgemeinen Beſtimmungen geführt, die im Folgenden dargelegt werden ſollen. Ich begnüge mich hier, blos die Reſultate dieſer Verſuche, nebſt der ſchlußweiſe beigefügten tabellariſchen Zuſammenſtellung einiger derſelben anzuführen, indem ich hinſichtlich des ganzen Details dieſer Verſuche und der Beziehung der Reſultate auf dieſelben auf meine Schrift verweiſe.

---

*) Um dieſe Verbindungen mit Leichtigkeit aufheben und wiederherſtellen zu können, iſt jede Platte an geeigneter Stelle ihres Vorder- oder Seitenrandes mit einem angelötheten Kupfernäpfchen verſehen, das mit Queckſilber gefüllt iſt, und das eintauchende amalgamirte Ende des Kupferdrahtes aufnimmt und feſthält. Die Pappſcheiben, etwas kleiner als die Metallſcheiben, ſind etwa mit Wſach verdünnter Schwefelſäure durchnetzt, und ſo ſtark und gleichmäßig als möglich ausgepreßt, damit die hervorſtehenden Metallränder völlig trocken bleiben mögen.

**) Maßbeſt. S. 244 oder Schweigg. J. LXIII. 212.

1. Allgemeine Beſtimmungen über den Gang der Wirkungsabnahme.

1) Die Kraft jeder Kette iſt für den erſten Anfang der Schließung am ſtärkſten, und bleibt entweder erſt eine gewiſſe, längere oder kürzere, Zeit merklich conſtant, um dann allmälig abzunehmen, oder ſie nimmt gleich vom Anfang an merklich ab.

So gewiß es iſt, daß in jeder Kette mit gehörig blanken metalliſchen Oberflächen die Kraft zu Anfange der Schließung die möglichſt ſtärkſte iſt, und ſo irrig hiernach die Anſicht erſcheinen muß, die elektriſche Kraft brauche erſt eine gewiſſe Zeit, ſich nach der Schließung im vollſtändigen Grade zu entwickeln: eben ſo irrig iſt andererſeits die Annahme, daß die Wirkungsabnahme allgemein in den erſten Augenblicken nach der Schließung die größte ſey; dagegen vielmehr umgekehrt häufig die erſten Oscillationen der die Kraft meſſenden Multiplicatornadel nach der Schließung in merklichem Iſochronismus vor ſich gehen, und die Wirkungsabnahme ganz deutlich erſt längere oder kürzere Zeit nach der Schließung ſich zu entwickeln anfängt; wenn gleich in andern Fällen, wo die Umſtände, welche die Wirkungsabnahme beſchleunigen, gehäuft oder einzeln in hohem Grade vorhanden ſind, die Wirkungsabnahme auch ſchon unmittelbar von der Schließung an bemerklich werden kann. Öfters ſieht man ganz deutlich, namentlich bei kleinen erregenden Oberflächen, nachdem die allererſten Oscillationen der Nadel in merklichem Iſochronismus vor ſich gegangen ſind, die Schnelligkeit derſelben ſich ganz ſichtbar und gleichſam plötzlich verlangſamen; andere Male kann ein merklich vollkommener Iſochronismus der Schwingungen ſich 5 bis 15 Minuten und länger noch vom Anfange der Schließung an erhalten, und dann erſt allmälig eine Wirkungsabnahme einzutreten beginnen; ich habe ſogar Ketten beobachtet, wo binnen einer *halben*, ja einer *ganzen* Stunde gar keine merkliche Wirkungsabnahme zu ſpüren war (vgl. z. B. Tabelle I. *Kupfervitriollöſung*).

2) Wenn die Wirkungsabnahme einmal im Gange iſt, ſo iſt ſie um ſo raſcher, je näher die Periode derſelben dem Anfange der Schließung liegt, ſo daß die Differenzen der Kraft, welche ſie mit ſich bringt, für gleiche Zeitunterſchiede immer kleiner werden. Solchergeſtalt tritt mit der Zeit ein Zuſtand ein, wo die Kraft der Kette, vorausgeſetzt daß nichts an ihr geändert wird, ſelbſt während Stunden für merklich conſtant angeſehen werden kann; aber keineswegs abſolut conſtant, indem für längere Perioden die Wirkungsabnahme immer noch merkbar wird, und es ſcheint überhaupt, daß dieſe Abnahme keine Gränze findet. So ward z. B. bei einem

Verſuche, wo eine einfache Kette 5 Tage lang ununterbrochen in Salmiaklöſung geſchloſſen blieb, noch ein merklicher Abfall der Kraftwerthe vom 4ten zum 5ten Tage beobachtet, der jedoch hier nur im Mittel der verſchiedenen, am 4ten und 5ten Tage erhaltenen, Werthe bemerkbar ward, da, wenn eine Kette ſehr lange geſchloſſen geweſen iſt, dann öfters binnen längerer oder kürzerer Zeit kleine Schwankungen der Kraft zwiſchen einem Mehr oder Minder eintreten, die jedoch nicht hindern, daß *im Mittel* die Kraftwerthe immer niedriger werden.

Der Zeitpunkt, wenn ein, für eine gewiſſe Zeit als conſtant anzuſehender, Zuſtand der Kette merklich eintritt, iſt bei Ketten verſchiedener Anordnung ſehr verſchieden. Bei manchen concentrirt ſich die Wirkungsabnahme gewiſſermaßen auf die erſte Zeit nach der Schließung, es findet hier ein ſchneller Abfall der Kraft Statt, bald aber ſchreitet die Wirkungsabnahme nur noch ſehr langſam vor, ſo daß ein für merklich conſtant anzuſehender Zuſtand bald erreicht iſt; bei andern ſchreitet die Wirkungsabnahme vom Anfang an langſam, aber lange in bemerklichem Grade fort, und überhaupt finden in dieſem Bezuge die allergrößten Verſchiedenheiten je nach der Anordnungsweiſe der Ketten Statt.

3) Die Wirkungsabnahme ſteht in gar keinem weſentlichen Abhängigkeit von der abſoluten Anfangskraft der Kette, indem Ketten von gleicher anfänglicher Kraft den allerverſchiedenſten Gang der Wirkungsabnahme zeigen können, wofern die Umſtände ihrer Anordnung verſchieden ſind. Auch können von zwei Umſtänden, die beide die Kraft der Kette zu erhöhen dienen, doch der eine die Wirkungsabnahme befördern, während der andre ſie mindert. Erſteres gilt z. B. von Verkürzung des Schließungsdrahtes, letzteres in der *Regel* von Verſtärkung der Flüſſigkeit durch Säure, wie die folgenden Sätze ergeben werden.

4) In zwei Ketten, die ſich in allen Stücken, bis auf die Länge des feſten oder flüſſigen ſchließenden Leiters gleich ſind, erfolgt die Wirkungsabnahme langſamer in derjenigen Kette, welche durch den längern Leiter geſchloſſen iſt (ſ. Tab. I und II); in gleichem Grade jedoch dann, wenn der Widerſtand ſowohl des kürzern als längern ſchließenden Leiters gegen den Widerſtand der übrigen Theile der Kette verſchwindet.

Es war z. B. bei einem kleinen Plattenpaar in Brunnenwaſſer die Wirkungsabnahme merklich dieſelbe, mochte die Kette durch die einfache oder ziemlich die 30fache Multiplicatorlänge geſchloſſen ſeyn. Zugleich aber waren hier auch die Anfangskräfte merklich gleich, zum Beweiſe, daß ſelbſt die 30fache Länge des Schließungsdrahtes keinen in Betracht kommenden Antheil des Geſammtwiderſtandes ausmachte.

5) In Ketten, in denen Alles, bis auf die Zahl der (nach dem Principe der Säule combinirten) Plattenpaare, gleich iſt, iſt die Abnahme ſchneller in denjenigen Ketten, welche die größere Anzahl Plattenpaare beſitzen, mithin bei übrigens gleichen Umſtänden allgemein ſchneller in Säulen, als in einfachen Ketten (ſ. Tab. I.). Dieſer Unterſchied verſchwindet

jedoch in dem Maße, als der Leitungswiderſtand des ſchließenden Leiters gegen den Leitungswiderſtand der Plattenpaare verſchwindet; daher, wenn die anfänglichen Kräfte zweier Säulen von verſchiedener Zahl der (gleich conſtruirten) Plattenpaare merklich gleich ſind *), ſo iſt auch die Wirkungsabnahme merklich gleich.

6) Wenn zwei Ketten einander in Allem, bis auf die Größe der erregenden Oberfläche, gleich ſind, ſo iſt die Wirkungsabnahme ſchneller in der Kette mit kleinerer erregender Oberfläche. Dieſer Unterſchied verſchwindet jedoch in dem Maße, als der Widerſtand des Schließungsdrahtes gegen den Widerſtand des Plattenpaares verſchwindet, iſt daher bei kurzem Schließungsdrahte, wo die Anfangskräfte nahe im geraden Verhältniß der erregenden Oberfläche ſtehen, weniger merklich oder unmerklich (ſ. Tab. I.).

7) Die Wirkung der Kette nimmt ſchneller ab, wenn eine größere poſitive gegen eine kleinere negative Fläche angewandt wird, als im umgekehrten Falle (ſ. Tab. II.).

8) Dieſer Unterſchied iſt, wenigſtens in ſaurem Waſſer, noch auffallender für Plattenpaare aus Zinn und Kupfer, als aus Zink und Kupfer.

9) Die Größe der Wirkungsabnahme wird um ſo mehr vermindert, je mehr man Säure (Schwefelſäure, Salpeterſäure, Salzſäure) zum Brunnenwaſſer, als Leitungsflüſſigkeit angewandt, fügt. In noch ſtärkerem und wirklich auffallenden Grade verzögert Kupfervitriollöſung die Wirkungsabnahme; dagegen wird ſie beſchleunigt durch Zuſatz von Kochſalz- oder Salmiaklöſung, und beſonders auffallend durch Zuſatz von Zinkvitriollöſung zum Brunnenwaſſer. Dieſe Reſultate (welche zum Theil in Tab. I. ihre Belege finden), ſind an Ketten von 9,36 Dec. Quadratzoll erregender Oberfläche gefunden worden: jedoch muß ich erwähnen, daß bei ſehr kleinen erregenden Oberflächen (von 1,6 Dec. Quadratzoll) die Wirkungsabnahme durch Zumiſchung von Säure zum Brunnenwaſſer manchmal beſchleunigt werden kann, ſo daß ſich in Bezug hierauf ſchwer etwas ganz Allgemeines ausſagen läßt. (Die nähern Belege ſ. in meiner Schrift). Für Kupfervitriollöſung, Zinkvitriollöſung, Kochſalz- und Salmiaklöſung aber ergab ſich auch bei den kleinen erregenden Oberflächen das obengenannte Verhältniß ſehr auffallend.

10) Ganz gleich conſtruirte Ketten, nur mit verſchiedener Leitungsflüſſigkeit, können ſelbſt dann einen verſchiedenen Gang der Wirkungsabnahme zeigen, wenn ihre anfänglichen Kräfte gleich ſind, ſo daß der Einfluß der Leitungsflüſſigkeit auf die Wirkungsabnahme noch von etwas Anderm als ihrem Leitungsvermögen abhängen muß.

So zeigten zwei ſonſt ganz gleich conſtruirte Ketten, bei deren einer aber die Leitungsflüſſigkeit Waſſer mit $\frac{1}{30}$ Vol. concentrirter Kupfervitriollöſung, bei der andern Waſſer mit $\frac{1}{18}$ Vol. geſättigter Kochſalzlöſung war,

---

*) Dies nämlich iſt das Zeichen, daß der Widerſtand des ſchließenden Leiters bei ihnen nicht mehr in Betracht kommt.

eine gleiche anfängliche Kraft; nach 5 Minuten, ja nach 15 Minuten, war die erſte noch gar nicht bemerklich geſunken, dagegen die zweite nach 5 Minuten nur noch 0,141, nach 15 Minuten 0,0984 ihrer anfänglichen Kraft zeigte.

Eben ſo wurden bei zwei ſonſt gleich conſtruirten Ketten, deren eine aber Waſſer mit $\frac{1}{4}$ Vol. Salzſäure von 1,080 ſpec. Gewicht, die andere ziemlich geſättigte Salmiaklöſung zur Leitungsflüſſigkeit hatte, gleiche Anfangskräfte beobachtet. Bei der erſten war die Kraft nach 5 Minuten auf 0,634 ihres Anfangswerthes geſunken, und nach 10 Minuten wurde noch dieſer Werth 0,634 merklich wiedergefunden; bei der zweiten dagegen war die Kraft nach 5 Min. auf 0,125, nach 10 Min. auf 0,0752 ihres Anfangswerthes geſunken. Noch mehrere Beiſpiele enthält meine Schrift *).

11) Allgemein hat ſich mir bei einer ſehr großen Anzahl, unter den verſchiedenſten Umſtänden angeſtellter, Verſuche beſtätigt, daß die Wirkungsabnahme unter gleichen Umſtänden ſchneller bei Plattenpaaren aus Zinn und Kupfer, als aus Zinn und Zink iſt; faſt eben ſo allgemein, daß die Wirkungsabnahme ſchneller bei Plattenpaaren aus Zink und Kupfer, als aus Zink und Zinn iſt; nur bei Brunnenwaſſer zeigten ſich unter einigen beſondern Umſtänden, welche jedoch die Vergleichbarkeit der Verſuche aufzuheben ſchienen (vgl. meine Schrift S. 248), Ausnahmen vom letztern Falle. Endlich wird man es auch in den meiſten Fällen zutreffend finden, daß die Wirkungsabnahme ſchneller bei Zinn-Kupfer als bei Zink-Kupfer iſt.

12) Um die vorigen Umſtände in einem Hauptergebniſſe zuſammenzufaſſen, ſo wird man, um eine möglichſt langſame Wirkungsabnahme zu erhalten, eine einfache Kette von großer erregender Oberfläche, einen langen Schließungsdraht, großen Abſtand der Metallplatten in der Flüſſigkeit, lieber Zink-Zinn als Zink-Kupfer, lieber Zink-Kupfer als Zinn-Kupfer, und als Leitungsflüſſigkeit (in der Regel) recht ſtark ſaures Waſſer, oder noch beſſer Kupfervitriollöſung anzuwenden, oder auch nur einen dieſer Umſtände in recht hohem Grade vorwalten zu laſſen, oder mehrere derſelben zu combiniren haben.

II. Vom Wogen der Kraft der Kette, das durch Öffnung und Wiederſchließung derſelben, durch Einbringen und Wegnahme von Leitern in dieſelbe oder aus derſelben u. ſ. w. hervorgebracht wird.

1) Wenn man eine Kette, die ſchon kürzere oder längere Zeit geſchloſſen iſt, und dadurch eine gewiſſe Wirkungsabnahme erlitten hat, eine Zeit lang wieder öffnet, ſo zeigt ſich bei der nachherigen Wiederſchließung ein Theil ihrer erſten Kraft wieder hergeſtellt.

---

*) Vgl. auch in Tabelle I. den Verſuch mit $\frac{1}{161}$ Kupfervitriollöſung und $\frac{1}{1161}$ Zinkvitriollöſung.

2) Die Kette erlangt einen um ſo höhern Grad von Kraft wieder, je länger die Öffnung dauert, und kann nach hinreichend langer Öffnung ſelbſt wieder die anfängliche Kraft erreichen. Bei augenblicklicher Öffnung iſt die Kraftwiederherſtellung unmerklich.

3) Die Wiederherſtellung der Kraft wird ſehr beſchleunigt und vergrößert, wenn man während der Öffnung der Kette die negative Platte an die Luft bringt. Bei der poſitiven Platte ſcheint dieſer Umſtand keinen oder nur einen geringen Einfluß zu äußern.

4) Die von Neuem eintretende Wirkungsabnahme bei der Wiederſchließung befolgt einen viel raſchern Gang als bei der erſten Schließung, ſo daß die Kraft der Kette, ſelbſt wenn ſie durch die Öffnung faſt oder ganz ihre erſte anfängliche Kraft wieder erreicht hat, doch viel ſchneller zu dem der Öffnung vorausgegangenen Grade der Schwäche ſinkt, als bei der erſten Schließung.

5) Wenn eine Schließung durch mehrere Öffnungen unterbrochen wird, ſcheint ſie dadurch überhaupt zu einem raſchern Gange der Wirkungsabnahme disponirt zu werden, mindeſtens habe ich bei mehreren Verſuchen in Brunnenwaſſer, wo eine ſtets geſchloſſen gebliebene Kette mit einer ganz ähnlichen, bei der die Schließung aber durch mehrere Öffnungen unterbrochen ward, verglichen wurde, gefunden, daß letztere ungeachtet dieſer für die Schließung verloren gegangenen Zeit, nach gleicher Zeit von der erſten Schließung an eine geringere Kraft äußerte, als erſtere.

6) Verlängerung des ſchließenden Leiters disponirt die Kette zu einer Wirkungszunahme, Verkürzung zu einer Wirkungsabnahme; d. h. im erſten Falle fängt die, durch die Verlängerung des ſchließenden Leiters ſofort (wie natürlich) verminderte, Kraft wieder allmälig zu ſteigen, im zweiten die, durch Verkürzung des Leiters ſofort erhöhte, Kraft zu fallen an, auch wenn die Kette ſich bei Vornahme dieſer Veränderungen auf einem merklich conſtanten Zuſtande befand. (Dieſe Beobachtung hat zuerſt Ohm gemacht, und ich habe ſie durch zahlreiche Verſuche beſtätigt gefunden.)

7) Wenn man eine erregende Oberfläche, die ſich auf einem conſtanten Wirkungszuſtande befindet, verkleinert *), ſo erhält ſie dadurch die Neigung, von dem, durch dieſe Verminderung ſofort hervorgebrachten, niedern Kraftzuſtande noch weiter herabzuſinken, wiewohl dieſes nicht conſtant geſchieht.

8) Wenn man bei conſtantem Zuſtand einer erregenden Oberfläche blos einen Theil der negativen Fläche eine Zeit lang aus der Kette läßt, (welches leicht geſchehen kann, wenn die Kette aus mehreren einzelnen zu einer erregenden Oberfläche in einem weiten Troge vereinigten Plattenpaaren beſteht): ſo zeigt ſich beim nachherigen Wiederhineinnehmen deſſelben in die Kette die Kraft ebenfalls ſtärker, als beim Weglaſſen; wenn man da-

---

*) In meiner Schrift ſind die Methoden angegeben, dies ohne Verrückung der Platten in der Flüſſigkeit zu bewirken.

gegen mit einem Theile der poſitiven Fläche ſo verfährt, ſo iſt eine Wirkungszunahme in dieſer Weiſe wenig oder gar nicht zu bemerken.

9) Mechaniſche Änderungen und Verrückungen, an der poſitiven Platte im Fortgange der Schließung vorgenommen, ſind höchſt wenig geeignet, eine Wirkungswiederherſtellung der Kette zu veranlaſſen; dieſelben aber, an der negativen Platte vorgenommen, disponiren ſie höchſt leicht dazu.

In der That darf man nicht wagen, die Kupferplatte nur ein wenig in der Flüſſigkeit zu verrücken, ohne ſogleich eine Schwankung der Kraft hervorzurufen, dagegen ich ſehr oft die Zinkplatte faſt ganz aus der Flüſſigkeit herausgezogen, ein Stück durch die Flüſſigkeit fortgeführt und nach Wiedereinſetzen an ihren vorigen Ort (in Bodenfugen eines weiten und langes) wieder ganz die vorige Kraft beobachtet habe, nur muß dabei alles Anwogen der Flüſſigkeit an die Kupferplatte vermieden worden ſeyn, weshalb dieſer Verſuch in keiner zu großen Nähe an der Kupferplatte vorgenommen werden darf.

Ein andrer auffallender Verſuch in dieſem Bezug iſt folgender: Eine Kupferplatte hatte in 12,2 Dec. Zoll Abſtand von der Zinkplatte längere Zeit in einem weiten und langen Troge mit ſalpeterſaurem Waſſer geſchloſſen geſtanden, ſo daß ein merklich conſtanter Kraftzuſtand, bei dem die (ſenkrecht gegen die Windungen ſtehende) Nadel des Multiplicators 68 Zeittheile (t) zu 16 Oscillationen *) brauchte; eingetreten war. Die Zinkplatte zeigte ſich ganz geſchwärzt, während die Kupferplatte ſchwach bläulich angelaufen war. Als jetzt jene mit einem Federbarte leicht geſtrichen wurde, blieb die Kraft 68 t; als die Kupferplatte eben ſo geſtrichen ward, ſtieg die Kraft ſofort auf 56 t **), ſank aber wieder binnen einigen Minuten auf 66 t, wo ſie wieder längere Zeit merklich conſtant blieb. Bei dieſer Kraft ward die Flüſſigkeit in der Mitte ſanft mit einem Federbart umgerührt, mit Vermeidung von Anwogen gegen die Kupferplatte; die Kraft blieb 66 t; es wurde jetzt die Zinkplatte ſo ſtark mit dem Federbart abgewiſcht, daß der ſchwarze Überzug in Striemen entfernt ward; die Kraft blieb deſſenungeachtet genau 66 t; als jetzt eben ſo die Kupferplatte wieder abgewiſcht ward, ſtieg die Kraft abermals auf 56 t, ſank aber wieder in Kurzem.

III. Über die Urſache der Wirkungsabnahme im Allgemeinen.

Das Einzige, was ſich bis jetzt mit Gewißheit über die Urſache der Wirkungsabnahme ausſagen läßt, iſt, daß ſie abhängt von Veränderungen der metalliſchen Oberflächen, die die Flüſſigkeit unter dem Einfluſſe der

---

*) Einer Kraft = 3,87 entſprechend; da die Nadel unter dem bloßen Einfluſſe der Erde 150 Zeittheile zu 16 Oscillationen brauchte.

**) Einer Kraft = 6,17 entſprechend.

Schließung daran hervorbringt, welche die negative Platte in ſtärkerm Grade betreffen, als die Poſitive, und die zugleich ein Sinken der elektromotoriſchen Kraft und ein Steigen des Übergangswiderſtandes (was im folgenden Abſchnitte näher erörtert werden wird), welches letztern Weſen übrigens ſelbſt noch unbekannt iſt, bewirken. Welcher Art aber dieſe Veränderungen ſeyen, warum ſie die negative Platte vorzugsweiſe betreffen, wie ſie durch den Einfluß der Schließung hervorgerufen werden, nach welchem Geſetze ſie fortſchreiten, Alles dies ſind eben ſo viele Räthſel, deren Löſung wir erſt von der Zukunft erwarten müſſen.

Bei Betrachtung der Umſtände, von welchen die Wirkungsabnahme abhängt, haben wir die weſentlichen Urſachen von den unweſentlichen zu unterſcheiden. Es kann nicht in Abrede geſtellt werden, daß Veränderungen in der Beſchaffenheit des flüſſigen Leiters, bedingt durch ſeine chemiſche Einwirkung auf die Erregerplatten, Verzehren von darin enthaltenem Sauerſtoff, Austrocknen der Tuchſcheiben, im Falle man etwa ſolche (was jedoch bei meſſenden Verſuchen im Allgemeinen nicht zuläſſig) zur Conſtruction der Kette anwendet, möglicherweiſe ſelbſt eine eigenthümliche Vertheilung der Beſtandtheile unter dem Einfluſſe der Kette, etwas zur Wirkungsabnahme beitragen können; allein alles dies ſind außerweſentliche Umſtände, welche mit dem Hauptgrunde der Wirkungsabnahme nichts zu ſchaffen haben. Ich werde hier mehrere Thatſachen zuſammenſtellen, welche bei der Erörterung hierüber beſondere Berückſichtigung verdienen.

1) Wenn auch eine Kette in einem Troge mit Flüſſigkeit ſchon eine ſehr bedeutende Wirkungsabnahme erlitten hat, ſo wird man doch bei friſcher Schließung eines neuen Plattenpaares unter denſelben Umſtänden in der nicht erneuerten Flüſſigkeit in der Regel wieder merklich dieſelbe anfängliche Kraft und denſelben Gang der Wirkungsabnahme beobachten, als das erſte Mal, zum Beweiſe, daß es nicht eine bleibende Veränderung der Flüſſigkeit iſt, welche die erſte Wirkungsabnahme hervorgerufen hat. Auch würden die Umſtände des Wogens der Kraft bei abwechſelnder Öffnung und Schließung der Kette in derſelben Flüſſigkeit nicht ihre Erklärung durch eine Veränderung derſelben finden.

2) Directe Meſſungen des Leitungswiderſtandes der Flüſſigkeit im Laufe der Wirkungsabnahme ſelbſt (vgl. Tab. III.) lehren, daß oft ſelbſt während mehrerer Stunden ihr Leitungswiderſtand merklich unverändert geblieben iſt, während inzwiſchen eine ſehr bedeutende Wirkungsabnahme Statt gehabt hat, ſo daß man alſo auch nicht annehmen kann, durch die Schließung ſelbſt werde der Leitungswiderſtand der Flüſſigkeit vergrößert.

3) Man kann in einem Troge, worin die Platten in einem weiten Abſtande von einander ſtehen, die Flüſſigkeit in der Mitte zwiſchen beiden, oder nahe an der poſitiven Platte, bei conſtantem Wirkungszuſtande der Kette, umrühren, ohne daß eine Schwankung oder Wiederherſtellung der Kraft die Folge iſt, wofern nur dabei ein Anwogen an die Kupferplatte vermieden wird, zum Beweiſe, daß eine eigenthümliche Vertheilung der

Flüſſigkeitstheilchen unter dem Einfluſſe der Kette das Sinken der Kraft nicht weſentlich bedingt.

4) Die Thatſache, daß alle Umſtände der Wirkungsabnahme und Wiederherſtellung durch Änderungen an der poſitiven Platte weniger als durch Änderungen an der negativen Platte modificirt werden, zeigt, daß eine Modification der Platten ſelbſt, welche die poſitive und negative in ungleichem Verhältniſſe trifft, Schuld an der Wirkungsabnahme iſt.

5) Der Umſtand, daß, nach der Beobachtung Ohm's und Anderer, thermoelektriſche Ketten die Erſcheinung der Wirkungsabnahme nicht darbieten, zeigt, daß jene Modification der Platten durch Einwirkung der Flüſſigkeit auf dieſelben hervorgerufen wird.

6) Dieſe Modification beruht jedoch nicht in chemiſchen Veränderungen, welche die Flüſſigkeit unabhängig von der Schließung an den Platten hervorzubringen vermöchte; denn:

a) Es macht in den meiſten Flüſſigkeiten keinen Unterſchied, ob man ein Plattenpaar vor der Schließung etwas kürzere oder längere Zeit darin hat ſtehen laſſen; anfängliche Kraft und Wirkungsabnahme bleiben ſich gleich.

b) Wenn man in chemiſchen Änderungen, die unabhängig von der Schließung Statt finden, den Grund der Wirkungsabnahme ſuchen wollte, ſo müßte ſie mehr durch das poſitive, als das negative Glied der Kette bedingt werden, da erſteres ſtets ſtärker von der Flüſſigkeit angegriffen wird.

c) Auch könnten in dieſem Falle die verſchiedenen Umſtände der Schließung, z. B. kürzerer oder längerer Schließungsdraht, größere oder kleinere Oberfläche u. ſ. w. keinen Unterſchied in den Gang der Wirkungsabnahme bringen.

d) Wenn man zwei ganz gleiche Plattenpaare zu Einer Kette zwar ſchließt, aber ſo, daß ihre Ströme entgegengeſetzt gerichtet ſind, mithin ſich compenſiren, findet keine Wirkungsabnahme Statt, ſondern jedes Plattenpaar macht, wenn es nachher für ſich geſchloſſen wird, denſelben Verlauf der Wirkung als ohnedem.

7) Die unter 6) namhaft gemachten Umſtände beweiſen jedoch keineswegs, daß die Wirkungsabnahme nicht von einer chemiſchen Änderung der Erregerplatten abhänge, ſondern nur, daß keine vom Strome unabhängige Veränderung dieſer Art daran Schuld ſey, dagegen es ſehr wohl möglich wäre, daß der Strom durch eigenthümliche chemiſche Veränderungen, die er ſelbſt einleitet, die Wirkungsabnahme bedinge. Ich führe in dieſem Bezug in meiner Schrift einen Verſuch (Verſuch 133) an, der, ohne dieſes geradezu zu beweiſen, doch für das Coincidiren beider Umſtände einen ſehr guten Beleg geben kann.

IV. Von der Änderung der einzelnen Elemente der Ketten bei der Wirkungsabnahme.

Wie Seite 425 ff. angeführt worden iſt, hängt die Kraft der Kette von 4 weſentlichen Elementen ab, deren eins, die elektromotoriſche

Kraft, den Zähler der Stromkraft bildet, während die drei andern, der Widerſtand der feſten, der Widerſtand der flüſſigen Theile und der Widerſtand des übergangs, die in ihrer Summe den Geſammtwiderſtand ausmachen, den Nenner der Stromkraft darſtellen.

Es ſchien nun höchſt wichtig, auszumitteln, ob alle dieſe Elemente einer Veränderung im Laufe der Wirkungsabnahme unterliegen, oder nur gewiſſe. Dieſe Unterſuchung *) iſt mit ganz beſondern Schwierigkeiten verbunden, da ſie eine Meſſung der einzelnen Elemente im Laufe der Wirkungsabnahme ſelbſt, ſo daß doch der Gang derſelben möglichſt wenig dadurch geſtört werde, nöthig macht. Es würde hier zu weit führen, anzugeben, wie dieſe Meſſungen im Allgemeinen vorzunehmen ſind, und wie die beſondern, ſich bei dieſem Gegenſtande darbietenden, Schwierigkeiten ſo weit beſeitigt wurden, daß man die nachfolgends aufgeſtellten Sätze, welche die Ergebniſſe dieſer Verſuche ſind, als zuverläſſige Reſultate betrachten darf; ich verweiſe darüber auf meine Schrift. In Tabelle III findet man die vornehmſten der Reſultate zuſammengeſtellt, aus denen die nachfolgenden Sätze abgeleitet ſind. A darin bedeutet die elektromotoriſche Kraft, w den übergangswiderſtand, d den Widerſtand der Flüſſigkeit, auf die Einheit des Abſtandes bezogen. Der conſtante Widerſtand des Schließungsdrahts iſt überall = 1 geſetzt. Man findet in der Tabelle die Änderungen dieſer Elemente, wie ſie ſich vom Anfange der Schließung an direct der Beobachtung ergeben haben, wobei bemerkt werden muß, daß nahe gleiche Werthe von A oder d, in Betracht der möglichen Beobachtungsirrthümer, mit Fug als wirklich äquivalent angeſehen werden können **).

1) Die einzigen, im Laufe der Wirkungsabnahme weſentlich veränderlichen, Elemente der Kette ſind die elektromotoriſche Kraft und der übergangswiderſtand. Der Widerſtand der Flüſſigkeit ändert ſich ſelbſt in längerer Zeit im Allgemeinen auf keine in Betracht kommende Weiſe.

Bei den Verſuchen in der Tabelle III. wird man ſelbſt gar keine merkliche Änderung des Flüſſigkeitswiderſtandes (die nicht innerhalb der Beobachtungsirrthümer fiele) wahrnehmen können; wozu beitragen mochte, daß die mit ſaurem Waſſer angeſtellten Verſuche 1 und 2 in weiten Trögen vorgenommen wurden. Indeß habe ich allerdings bei einem andern Verſuche, wo eine Kette mehrere Tage lang in ſaurem Waſſer geſchloſſen blieb, einen langſamen, aber merklichen, Zuwachs dieſes Widerſtandes mit der

---

*) Sie wird ſo geführt, daß ſowohl zu Anfange der Schließung als im Fortgange derſelben der Abſtand der Platten in der Flüſſigkeit (wobei blos die poſitive Platte in der Flüſſigkeit bewegt werden darf) und Länge des Schließungsdrahts abgeändert und die Kraft jedesmal gemeſſen wird, wodurch man mittelſt der angeführten Formeln zur Kenntniß der verſchiedenen Elemente der Kette gelangt.

**) Die Verſuche in Tab. I wurden ſämmtlich mit der einfachen Kette angeſtellt. Die erregende Oberfläche jeder Platte betrug bei verſchiedenen Verſuchen ungefähr 7, bei anderen ungefähr 9 Dec. Quadratzoll. Das Nähere ſ. in meiner Schrift.

Zeit wahrgenommen, was auch wohl nicht anders ſeyn kann, da durch Angreifen der Platten Säure aus der Flüſſigkeit verſchwinden muß.

2) Die elektromotoriſche Kraft *ſinkt*, der Übergangswiderſtand *ſteigt* mit fortſchreitender Wirkungsabnahme der Kette.

Auf dem Zuſammenwirken dieſer beiden Umſtände beruht ſonach die Wirkungsabnahme der Ketten. Indeß muß bemerkt werden, daß der letzte Umſtand viel weſentlicher als der erſte iſt, denn ich habe einzelne ganz unzweideutige Beiſpiele beobachtet, wo die zu Anfange der Schließung Statt findende elektromotoriſche Kraft auch noch eine gewiſſe Zeit nach der Schließung (während welcher Zeit indeß eine ſehr merkliche Wirkungsabnahme Statt gefunden hatte) wiedergefunden wurde, und *blos der Übergangswiderſtand* ſich geſtiegen zeigte, was beſonders leicht bei langem Schließungsdrahte der Fall iſt. In meiner Schrift ſind mehrere Beiſpiele in dieſem Bezug angeführt; auch kann man Verſuch 9 in Tabelle III. hierher rechnen, wo noch eine Stunde nach der Schließung die anfängliche elektromotoriſche Kraft wiedergefunden ward, ungeachtet während dieſer Zeit die Geſammtkraft der Kette auf $\frac{1}{9}$ ihres urſprünglichen Werthes herabgekommen war. Inzwiſchen wurde bei dieſem Verſuche der Übergangswiderſtand nicht direct beſtimmt.

3) *Die elektromotoriſche Kraft ſinkt nicht continuirlich, ſondern ſprungweiſe.* Der erſte Sprung tritt gewöhnlich ſchon innerhalb der erſten 15 Minuten ein, und dann kann die Kette oft ſehr lange Zeit denſelben Grad der elektromotoriſchen Kraft beibehalten; öfters aber ſpringt ſie im fernern Verlaufe des Geſchloſſenſeyns noch auf tiefere Werthe über.

So war bei Verſuch 1 in Tab. III. die anfängliche elektromotoriſche Kraft 175 nach 45 Minuten auf 109 geſunken, und derſelbe Werth wird auch noch in der Periode 3 Stunden 40 Minuten gefunden. Eben ſo zeigte ſich bei Verſuch 2 der anfängliche Werth 183 nach 24 Minuten = 108, und nach $3\frac{1}{2}$ Stunden = 105, welche Werthe, in Betracht der möglichen Beobachtungsirrthümer, für äquivalent gelten können. Auch die übrigen, in der Tabelle enthaltenen, Verſuche bieten hinreichende Beiſpiele dar für das Gleichbleiben der elektromotoriſchen Kraft auf längere Zeit, während welcher indeß die Wirkungsabnahme immer fortſchreitet, und zwar ſowohl in Brunnenwaſſer, als in ſaurem Waſſer. Indeß in noch auffallenderem Grade beweiſen dies mehrere, nicht in der Tabelle enthaltene, Verſuche, die man in meiner Schrift angeführt findet. So wurde bei einem Verſuch in Brunnenwaſſer von 15 Minuten bis 20 Stunden nach der Schließung, bei verſchiedentlich angeſtellten Zwiſchenbeobachtungen, merklich derſelbe Werth der elektromotoriſchen Kraft gefunden, und analoge Reſultate noch bei mehreren andern erhalten.

Allein nicht immer bleibt die elektromotoriſche Kraft auf der erſten Stufe ſtehen, auf die ſie gefallen iſt, öfters ſpringt ſie noch tiefer. So iſt bei Verſuch 3 der Anfangswerth 83,3 nach $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden auf 41,5 bis 43,1 geſunken; nach $22\frac{1}{2}$ Stunden zeigt er ſich blos noch 27,4. Bei Verſuch 6 zeigt ſich der Anfangswerth von A = 88,5 nach 15 Minuten auf 45,7 gefallen, welcher Werth noch nach 1 Stunde 30 Minuten merklich wiedergefunden wird; nach 6 Stunden aber zeigt ſich dieſer Werth = 36,4, nach 20 Minuten = 28,7. Noch mehrere Belege hierzu enthält meine Schrift.

Wenn der erſte Abfall von der urſprünglichen elektromotoriſchen Kraft Statt findet, kann im Allgemeinen nicht angegeben werden, und ich habe ſchon erwähnt, daß, namentlich bei langem Schließungsdrahte (wiewohl auch zuweilen bei kürzerem) der Anfangswerth von A ſich ziemlich lange nach der Schließung noch wiederfinden kann.

4) Der Übergangswiderſtand nimmt in Ketten, die ſich ſelbſt überlaſſen werden, nicht ſprungweiſe, ſondern continuirlich, im Fortſchritte der Wirkungsabnahme zu. Mehr, als aus den in der Tabelle enthaltenen Reſultaten erhellt dieſer Umſtand aus vielen anderen, in meiner Schrift angeführten, ſo daß der Fortſchritt der Wirkungsabnahme während der oft lange Zeit conſtant bleibenden elektromotoriſchen Kraft dann blos dem fortgehenden Zuwachs des Übergangswiderſtandes beizumeſſen iſt. — Bemerkt jedoch muß werden, daß in dem Falle, wo eine gewaltſame Änderung in der Kette vorgenommen wird, indem entweder die erregende Oberfläche oder die Leitungslänge über einen gewiſſen Grad abgeändert wird, auch der Übergangswiderſtand eine ſprungweiſe Veränderung erleiden und wohl gar wieder abnehmen kann, wozu meine Schrift mehrere Belege enthält.

5) Die anfängliche Kraft ſteht im Verhältniß eines Multiplum oder Submultiplum zu den Stufenwerthen, auf welche ſie im Verlaufe des Geſchloſſenſeyns, bei Anwendung von Brunnenwaſſer als ſchließender Flüſſigkeit, überſpringt. Und zwar iſt der Anfangswerth in der Regel das Doppelte oder Anderthalbfache von dem, auf welchen die elektromotoriſche Kraft zunächſt fällt.

Dieſer Umſtand wird übereinſtimmend durch die Verſuche 3 bis 8 in Tab. III. dargethan. So zeigt ſich bei Verſuch 3, 5 und 6 die Kraft nach ungefähr 2 Stunden (und ſchon früher) auf die Hälfte, bei Verſuch 7 auf $\frac{2}{3}$, bei Verſuch 8 auf $\frac{1}{4}$ ihres Anfangswerthes geſunken *). Die ſämmtlichen Stufenwerthe bei Verſuch 3 würden, um im Verhältniß 6 : 3 : 2 oder $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{3}$ zu ſtehen, folgende Werthe haben müſſen: 83,6 : 41,8 : 27,8, welches von den beobachteten mittleren Werthen 83,3 : 42,3 : 27,4 nicht merklich abweicht. Bei Verſuch 6 haben die Stufenwerthe von A das Verhältniß 10 : 5 : 4 : 3.

Noch einige andere Belege für dieſen Umſtand in Brunnenwaſſer enthält meine Schrift.

---

*) Zinn-Kupfer, auf welches ſich Verſuch 8 bezieht, hat überhaupt, wie auch aus anderen, in meiner Schrift angeführten, Verſuchen erhellt, eine größere Dispoſition, als Zink-Kupfer und Zink-Zinn, auf tiefere Stufenwerthe der elektromotoriſchen Kraft zu ſinken.

Für ſaures Waſſer geben meine Verſuche dieſen Umſtand wenigſtens nicht durchgängig zu erkennen. Denn wiewohl einige in meiner Schrift angeführte Verſuche ſich ebenfalls der Annahme ſehr wohl fügen würden, daß der Anfangswerth von A ein Multiplum oder Submultiplum der ſpäteren Stufenwerthe iſt, ſo iſt doch ein ſolches Verhältniß weder in den Verſuchen 1 und 2 der Tabelle III, noch in mehreren andern Verſuchen meiner Schrift zu bemerken.

Erklärung der Bezeichnungen in nachſtehenden Tabellen.

In Tabelle I, Columne 2, bedeutet 1 O die einfache *), 4 O die 4fache erregende Oberfläche; 4 P l aber bedeutet 4 zu einer Säule combinirte Plattenpaare, deren jedes eine mit 1 O übereinſtimmende erregende Oberfläche hat, ſo daß alſo in 4 O und 4 P l eine gleiche metalliſche Oberfläche, nur anders combinirt, vorhanden iſt. — 1 l bedeutet Schließung durch die einfache, 51 l Schließung durch die 51fache Multiplicatorlänge. In Columne 3 iſt die anfängliche Kraft des Stromes, auf die Einheit reducirt, enthalten, und in der Einſchaltung die abſolute Kraft der Kette (auf den Magnetismus der Multiplicatornadel als Einheit bezogen). In den Columnen 5 Min., 10 Min. u. ſ. w. ſind dann die Bruchtheile der anfänglichen Kraft enthalten, welche vom Anfange der Schließung an beobachtet wurden. Sämmtliche in Tab. I enthaltenen Verſuche ſind unter möglichſt vergleichbaren Umſtänden angeſtellt, ſo daß ſie ſämmtlich eine Beziehung auf einander erlauben. Sie wurden in gleichbeſchaffenen Zellen, bei 9,96 par. Dec. Lin. Abſtand der Platten von einander, angeſtellt **).

In Tabelle II bedeutet 2 K 1 Z, daß einer Zinkplatte von beiden Seiten eine ihr gleiche Kupferplatte, (mithin die doppelte Kupferfläche gegen die einfache Zinkfläche) gegenüber ſtand, und 2 Z 1 K bedeutet die umgekehrte Combination ***). Bei 2 K 0,182 Z betrug die mittlere Zinkfläche blos 0,182 von jeder der äußeren Kupferflächen u. ſ. w. Der Abſtand jeder der äußeren Platten von der mittlern war überall 6,64 par. Dec. Lin. Die Verſuche der Tabelle II ſind nicht nur unter ſich, ſondern auch (bis auf den Abſtand der Metallplatten) mit denen der Tabelle I vergleichbar.

In Tabelle III bedeutet erwähntermaßen A die elektromotoriſche Kraft, d den Widerſtand der Flüſſigkeit, w den Widerſtand des Überganges, wobei der Widerſtand des Schließungsdrahts als 1 zu Grunde gelegt iſt. Wo ein Fragezeichen ſteht, wurde keine Beobachtung angeſtellt.

---

*) Bei der einfachen erregenden Oberfläche betrug ſowohl die Kupfer- als die Zinkfläche 9,86 Dec. Quadratzoll.

**) In meiner Schrift S. 214 wird man für die Verſuche mit Kupfer- und Zinkvitriollöſung die eingeſchalteten Zahlen, welche zur Bezeichnung der abſoluten Anfangskräfte dienen, im Verhältniß von 6 zu 5 größer finden. Dies rührt daher, daß ſie dort auf eine entſprechend andere Krafteinheit bezogen ſind, dagegen ſie hier, um alle Verſuche vergleichbar zu machen, wie ſie es denn ihrer Anordnung nach wirklich waren, auf dieſelbe Einheit mit den übrigen bezogen wurden.

***) Die einfache Fläche betrug auch hier 9,36 Quadratzoll.

Tabelle I.

Zink-Kupfer.

Leitungs-flüſſigkeit.	Umſtände des Leitungs-widerſtandes.	Periode des Verſuches.				
		0 Min.	5 Min.	10 Min.	15 Min.	30 Min.
Brunnenwaſſer von 11° $\frac{1}{4}$ bis 12° $\frac{1}{4}$ R.	1 O 1 l	1(9,19)	0,297	0,253	0,226	0,183
	1 O 51 l	1(2,12)	0,736	0,637	0,590	0,505
	1 O 168,5 l	1(0,755)	0,945	„	0,906	0,826
Brunnenwaſſer mit $\frac{1}{511}$ Vol. Schwefelſäure von 1,096 ſp. G. v. 13° bis 13° $\frac{3}{4}$ R.	1 O 1 l	1(12,0)	0,358	0,283	0,242	0,195
	1 O 51 l	1(2,85)	0,722	0,672	0,600	„
	4 O 1 l	1(40,3)	0,352	0,302	0,273	0,243
	4 Pl 1 l	1(12,6)	0,307	0,265	0,236	0,200
	4 Pl 51 l	1(6,85)	0,467	0,394	0,362	0,324
Brunnenwaſſer mit $\frac{1}{118}$ Vol. Schwefelſ. von 1,096 ſp. G. v. 10° bis 12° $\frac{3}{4}$ R.	1 O 1 l	1(35,7)	0,508	0,462	0,439	0,392
	1 O 51 l	1(3,35)	0,722	0,654	0,630	0,609
	4 O 1 l	1(90,6)	0,481	0,459	0,439	0,376
	4 O 51 l	1(3,55)	0,941	0,941	0,941	0,941
	4 Pl 1 l	1(41,6)	0,481	„	0,458	0,428
	4 Pl 51 l	1(10,9)	0,522	0,505	0,503	0,464
Brunnenwaſſer mit $\frac{1}{170}$ rauchender Schwefelſäure v. 12° $\frac{3}{4}$ bis 13° R.	1 O 1 l	1(67,7)	0,617	0,517	0,504	„
	1 O 51 l	1(3,48)	0,962	0,748	0,710	„
	4 O 51 l	1(3,60)	0,966	0,950	0,930	„
Brunnenwaſſer, enth. nachſt. Verhältniſſe bei 13° R geſättigter Kupfervitriollöſung 1 O 1 l 13° R.	$\frac{1}{161}$	1(10,5)	0,340	0,301	0,280	„
	$\frac{1}{160,1}$	1(13,3)	0,430	0,382	0,382	„
	$\frac{1}{111}$	1(16,8)	0,517	0,489	0,466	„
	$\frac{1}{31,1}$	1(34,3)	1	1	1	0,900
	$\frac{1}{16,71}$	1(52,3)	1	1	1	1
Brunnenwaſſer, enth. nachſt. Verhältn. bei 12° R. geſättigter Zinkvitriollöſung 1 O 1 l 11° $\frac{1}{2}$ bis 12° R.	$\frac{1}{161}$	1(8,09)	0,231	0,179	0,161	„
	$\frac{1}{160,1}$	1(10,3)	0,207	0,177	0,163	„
	$\frac{1}{161}$	1(14,1)	0,152	0,130	0,121	„
	$\frac{1}{30,11}$	1(21,7)	0,132	0,116	0,115	„
	$\frac{1}{16,71}$	1(30,8)	0,173	0,158	0,158	„
	$\frac{1}{2}$	1(42,3)	0,264	0,161	0,161	0,126

Tabelle II.

Zink-Kupfer.

Leitungsflüſſigkeit.	Umſtände des Leitungswiderſtandes.	Periode des Verſuches.					
		0 Min.	5 Min.	10 Min.	15 Min.	20 Min.	25 Min.
Brunnenwaſſer mit $\frac{1}{136}$ Vol. Schwefelſäure von 1,096 ſp. G. v. 12°$\frac{1}{4}$ bis 13°$\frac{1}{4}$ R	2K 1Z 1l	1(68,4)	0,471	0,405	"	"	0,392
	2Z 1K 1l	1(68,4)	0,452	0,397	"	"	0,379
	2K 1Z 51l	1(3,59)	0,925	0,813	0,752	"	0,679
	2Z 1K 51l	1(3,59)	0,674	0,568	0,533	"	0,533
Brunnenwaſſer mit $\frac{1}{813}$ Vol. Schwefelſäure von 1,096 ſp. G. v. 13°$\frac{1}{2}$ bis 14°$\frac{1}{3}$ R	2K 1Z 1l	1(30,9)	0,343	0,248	0,237	"	0,200
	2Z 1K 1l	1(30,9)	0,226	0,177	"	"	0,147
	2K 1Z 51l	1(3,06)	0,947	0,915	0,866	0,824	"
	2Z 1K 51l	1(3,06)	0,900	0,882	"	0,725	"
	2K 0,182Z 1l	1(13,1)	0,573	0,439	"	"	0,296
	2Z 0,182K 1l	1(13,1)	0,151	0,122	"	0,053	0,0853
	2K 0,182Z 51l	1(2,80)	0,907	0,853	"	"	"
	2Z 0,182K 51l	1(2,80)	0,489	0,400	"	"	"

Tabelle III. *)

Periode des Verſuches	A	w	d **)	Nummer und Umſtände des Verſuchs.
Anfang	174	15,1	1,77	Verſuch 1. Zink-Kupfer.
45 Min.	109	?	?	Waſſer mit $\frac{1}{813}$ Vol. Salpeterſäure
3 St. 40 Min.	109	30,06	1,75	von 1,144 ſp. Gew. Abſtand 16,2d
Anfang	133	1,39	1,52	Verſuch 2. Zink-Kupfer.
27 Min.	108	?	?	Waſſer mit $\frac{1}{106}$ Vol. Schwefelſäure
3$\frac{1}{2}$ St.	105	10,3	1,51	von 1,094 ſp. Gew. Abſtand 16,2d
Anfang	83,3	11,3	3,09	Verſuch 3. Zink-Kupfer.
1 St. 30 Min.	41,5	?	?	Brunnenwaſſer. Abſtand 12d
2 St.	43,1	61,9	3,06	
22$\frac{1}{2}$ St.	27,4	77,0	2,97	

*) Die Zahlen bei jedem Verſuche ſind allgemein nur unter ſich, aber nur zum Theile mit denen der andern Verſuche vergleichbar, was hier, als für den vorliegenden Gegenſtand ohne Belang, nicht unterſchieden worden iſt.

**) Der wirkliche Widerſtand des flüſſigen Leiters in den Ketten 1) und 2) betrug das 16,2fache, in den übrigen Ketten das 12fache von dem in dieſer Columne angegebenen Werthe, der für die bei meinen Verſuchen gewählte Einheit des Abſtandes gilt.

Tabelle III. (Fortſetzung)

Periode des Verſuches	A	w	d	Nummer und Umſtände des Verſuches.
Anfang	?	?	?	Verſuch 4. Zink-Zinn.
1 St.	29,7	?	?	Brunnenwaſſer. Abſtand 12 d
2 St.	30,2	62,0	2,84	
Anfang	50	15,2	4,22	Verſuch 5. Zinn-Kupfer.
2 St.	25,9	96,3	4,24	Brunnenwaſſer, Abſtand 12 d
Anfang	38,5	6,72	3,16	Verſuch 6. Zink-Kupfer.
15 Min.	45,7	?	?	Brunnenwaſſer. Abſtand 12 d
1 St. 30 Min.	44,4	47,1	3,11	
6 St.	36,4	65,6	3,15	
20 St.	28,7	71,4	3,37	
Anfang	27,7	6,08	2,86	Verſuch 7. Zink-Zinn.
15 Min.	28,3	?	?	Brunnenwaſſer. Abſtand 12 d
1 St.	18,8	?	?	
1 St, 30 Min.	18,8	?	?	
Anfang	59,6	?	?	Verſuch 8. Zinn-Kupfer.
1 St. 30 Min.	15,6	60,5	2,79	Brunnenwaſſer. Abſtand 12 d
Anfang	36,7	4,00	0,176	Verſuch 9. Zink-Kupfer oder
15 Min.	36,1	?	?	Zinkzinn *)? Waſſer mit $\frac{1}{10}$
1 St.	36,2	?	?	Vol. Kochſalzlöſung 12 d

K. Von den Sprüngen im Wirkungszuſtande der Kette bei Abänderung des Leitungswiderſtandes **).

Abgeſehen von den Sprüngen in der elektromotoriſchen Kraft der Kette, die im Laufe der Wirkungsabnahme von ſelbſt eintreten, können noch andre Sprünge im Wirkungszuſtande der Kette durch Abänderungen, die man willkürlich im Leitungszuſtande derſelben vornimmt, hervorgebracht werden. Meine Verſuche lehren zwar, daß weder die elektromotoriſche Kraft, noch der Übergangswiderſtand in einer weſentlichen Abhängigkeit von dem Leitungswiderſtande der feſten und flüſſigen Theile der Kette, ſo weit er auf ihren Dimenſionen beruht, ſtehen; allein ſie lehren zugleich, daß dieſe Unabhängigkeit nicht abſolut iſt: denn überſchreitet man mit den Änderungen des von Flüſſigkeit und Schließungsdraht abhängigen Widerſtandes, durch Verlängerung der darin zu durchlaufenden Strecke, gewiſſe Gränzen, ſo kann ſowohl das eine als das andere obgenannte Element auf einen neuen Werth überſpringen, der ſich wieder innerhalb gewiſſer Gränzen des Leitungswiderſtandes conſtant zeigt. Es iſt zugleich ſehr bemerkenswerth, daß die verſchiedenen Werthe, welche ſolchergeſtalt die elektromotoriſche Kraft und der Übergangswiderſtand anzunehmen vermögen, ſtets im Verhältniſſe von Multiplis oder Submultiplis zu einander zu ſtehen ſcheinen, wozu beifolgende Tabellen als Belege dienen können *).

---

*) In meinen Maßbeſtimmungen iſt S. [illegible] angegeben Zink-Zinn, S. [illegible] oder Zink-Kupfer; eins von beiden iſt verdruckt, ich kann aber nicht mehr mit Beſtimmtheit angeben, welches.

**) Maßbeſt. S. [illegible].

Wie früher bedeutet in dieſen Tabellen 1 l, 28,5 l u. ſ. w. eine Schließung reſpectiv mit der einfachen oder 28,5fachen Drahtlänge; 1 d und 8 d u. ſ. f. Schließung reſpectiv beim einfachen oder 8fachen Abſtande der Metallplatten. Wo die Zeichen † ⊙ △ und □ ſtehen, wurden ſowohl Schließungslänge des Drahts als der Flüſſigkeit abgeändert, und es beziehen ſich dieſe Zeichen auf die verſchiedenen Verſuchsdata, die man in meinen Maßbeſtimmungen ſpecificirt findet, ſo wie auch die Nummern der Verſuche ſich darauf beziehen.

Stufenwerthe der elektromotoriſchen Kraft.

	Beobachtete Stufenwerthe.	Berechnete Stufenwerthe.	Verhältniß der Werthe.	Nummer und Umſtände des Verſuchs.
1 l bis 28,5 l 1 l bis 181 l	159 184	156 187	5 : 6	Verſuch 25. Salpeterſ. Waſſer. Kupfervitriollöſung. Zink-Kupfer. Anfang der Kette.
Bei † Bei ⊙ Bei ☽	68,0 81,3 102	67,9 81,5 105	5 : 6 : 7	Verſuch 104. Brunnenwaſſer. Zink-Kupfer. Anf. d. Kette.
Bei † Bei ⊙	31,7 39,8	32,5 39,0	5 : 6	Verſuch 103. Brunnenwaſſer. Zink-Zinn. Anfang. d. Kette.
Bei 3 l Bei 9 und 18 l	98,5 159	103 154	2 : 3	Verſuch 63. Schwefelſ. Waſſer. Zink-Kupfer. Anf. d. Kette.
Von 1 bis 10 Von 3 bis 50	28,5 39,5	29,1 38,9	3 : 4	Verſuch 64 VI. Salpſ. Waſſer. Zink-Kupfer. Anf. d. Kette.
Bei △ Bei ⊙ und †	67,6 88,5	66,9 89,2	3 : 4	Verſuch 94 A. Brunnenwaſſer. Zink-Kupfer. Anf. d. Kette.
Bei △ Bei ⊙	27,7 36,2	27,4 36,6	3 : 4	Verſuch 94 B. Brunnenwaſſer. Zink-Zinn. Anfang d. Kette.
1 bis 7 l 9 bis 30 l 1 bis 2 l 5 bis 20 l	40,6 60,8 40,8 60,1	40,4 60,4 40,6 60,6	2 : 3 2 : 3	Verſuch 122. Schwefelſaures Waſſer. Zink-Kupfer. Conſtanter Zuſtand der Kette.
Schließung bei 28,5 l Schließung bei 1 l	58,3 30,9	59,4 29,7	1 : 2	Verſuch 130. Brunnenwaſſer. Zink-Kupfer. Conſtanter Zuſtand der Kette.

---

*) Schon früher iſt dieſer Umſtand erwähnt worden.

Stufenwerthe des Übergangswiderſtandes.

	Beobachtete Stufenwerthe.	Berechnete Stufenwerthe.	Verhältniß der Werthe.	Verſuche, ſämmtlich für den Anfang der Schließung geltend.
Von 1 bis 84	0,0192	0,0191	1 : 2	Verſuch 10.
Von 12 bis 44 d	0,0381	0,0382		Schwefelſaures Waſſer.
Bei 11	0,0736	0,0727	2 : 3	Verſuch 11.
Von 361 an	0,1082	0,1091		Brunnenwaſſer.
Bei †	7,60	7,35	1 : 2	Verſuch 10 B.
Bei ◎	14,4	14,7		Brunnenwaſſer.
Bei 81	10,9	10,8	4 : 5	Verſuch 60.
Bei 151	13,5	13,6		Schwefelſaures Waſſer.
Von 1 bis 30	15,8	16,4	1 : 2	Verſuch 64 VI.
Von 3 bis 50	33,5	32,9		Salzſaures Waſſer.
Bei †	0,0760	0,0732	1 : 2	Verſuch 65.
Bei ◎	0,0976	0,0876		Brunnenwaſſer.
Bei △	0,127	0,108	4 : 5	
Bei □	0,163	0,163		
G. des Verſuch 66.	0,0515	0,0293	1 : 2	Verſuch 66.
	0,0583	0,0586		Brunnenwaſſer.
	0,0791	0,0781	2 : 3	
	0,1116	0,1172		
Bei 14.1 bis 281	0,0663	0,0649	2 : 3	Verſuch 67.
Bei 11.2 bis 16,2 d	0,0960	0,0974		Brunnenwaſſer.
Bei △	4,36	4,29	1 : 2 : 3	Verſuch 89 A.
Bei †	8,83	8,58		Brunnenwaſſer.
Bei ◎	13,2	12,9		
Bei △	1,34	1,36	1 : 3 : 5	Verſuch 94 A.
Bei ◎	4,24	4,10		Brunnenwaſſer.
Bei †	6,72	6,84		
Bei △	6,05	6,00	1 : 3	Verſuch 94 B.
Bei ◎	16,0 *)	18,00		Brunnenwaſſer.
Bei △	4,00	3,94	2 : 3	Verſuch 94 D.
Bei ◎	5,86	5,91		Kochſalzwaſſer.

*) Iſt aus wenig Beobachtungen bei hohem Leitungswiderſtande abgeleitet.

Dieſe Sprünge in der elektromotoriſchen Kraft und dem Übergangswiderſtande treten nicht nur im erſten Anfange der Schließung ein, d. h. ſie zeigen ſich, wenn man dieſelben Platten mit jedesmal aufgefriſchter Oberfläche bei verſchiedenen Graden des Leitungswiderſtandes prüft und die Kräfte mißt, wie ſie ſich unmittelbar bei jeder neuen Schließung zeigen, ſondern ſie treten auch ein, wenn man in ſpätern Wirkungsperioden, bei ſchon merklich conſtant gewordenem Zuſtande der Kette, Veränderungen dieſes Widerſtandes vornimmt, wovon ſich in Bezug auf die elektromotoriſche Kraft zwei Beiſpiele in vorſtehender Tabelle finden.

Die Verhältniſſe, die hierbei obwalten, ſind, ſo weit ich ſie ausgemittelt habe, folgende:

1) Häufig findet man, daß ſich die elektromotoriſche Kraft und der Übergangswiderſtand gleichzeitig ändern, doch iſt dies nicht nothwendig; namentlich ändert ſich oft der Übergangswiderſtand, der überhaupt noch mobiler iſt, als die elektromotoriſche Kraft, ohne gleichzeitige Veränderung der letztern. Das Umgekehrte dagegen ſcheint ſelten oder vielleicht gar nicht Statt zu finden.

2) Wo ſich die elektromotoriſche Kraft und der Übergangswiderſtand gleichzeitig ändern, ſteigt oder fällt ſtets mit erſterer zugleich der letztere, aber im Allgemeinen nicht in demſelben, und überhaupt in keinem conſtanten Verhältniſſe. Eine Geſetzmäßigkeit in dieſem Bezuge habe ich nicht aufzufinden vermocht.

3) In Waſſer, das auch nur wenig Säure enthält, treten zu Anfange der Schließung nicht leicht Sprünge der elektromotoriſchen Kraft ein, ſelbſt wenn man Abſtand der Platten und Länge des Schließungsbogens in ſehr weiten Gränzen abändert.

4) In Brunnenwaſſer treten häufiger als in ſaurem Waſſer zu Anfange der Schließung Sprünge in der elektromotoriſchen Kraft bei Änderung der Schließungslänge ein, wiewohl nicht ſtets. Es iſt mir bis jetzt nicht geglückt, auszumitteln, wovon das Erſcheinen oder Nichterſcheinen dieſer Sprünge hier abhängt, ſo daß zwar das Daſeyn derſelben mit Beſtimmtheit auf meſſende Weiſe erkannt werden kann, wenn ſie eintreten, ohne daß ſich doch ihr Eintritt vorausſagen läßt.

5) In ſpätern Wirkungsperioden, wo ſchon ein Abfall von der anfänglichen elektromotoriſchen Kraft Statt gefunden hat, kann man eben ſo wenig in ſaurem Waſſer als in Brunnenwaſſer die Schließungslänge bis über gewiſſe Gränzen abändern, ohne, wie es ſcheint, unausbleiblich Sprünge der elektromotoriſchen Kraft erſcheinen zu ſehen.

6) Der Widerſtand des Überganges iſt eben ſowohl in ſaurem Waſſer als in Brunnenwaſſer und ſalzigem Waſſer ſchon zu Anfange der Schließung, und wie es ſcheint, nicht minder im Fortgange derſelben, (worüber ich jedoch wenige Beobachtungen angeſtellt), mithin unter allen Umſtänden, geneigt, bei Änderung der Schließungslänge auf andre Stufen überzu-

ſpringen *); es läßt ſich aber bis jetzt eben ſo wenig, als für die elektromotoriſche Kraft vorausbeſtimmen, nach welchen Geſetzen der Abänderung ein ſolcher Sprung erfolgen müſſe.

7) Änderung in der Größe der erregenden Oberfläche kann ebenſowohl als Änderung der Schließungslänge Sprünge in der elektromotoriſchen Kraft und dem Übergangswiderſtande hervorrufen, wovon ſich in meiner Schrift mehrere Beiſpiele finden.

8) Man findet durchgängig oder faſt durchgängig, daß die höheren Stufenwerthe der elektromotoriſchen Kraft und des Übergangswiderſtandes den höheren Werthen der Schließungslänge oder der größern erregenden Oberfläche entſprechen, ſowohl bei Verſuchen im Anfange als im Fortgange der Schließung.

VII. Verſchiedene Umſtände, welche die Erregung und Wirkungsart der Elektricität in geſchloſſenen Ketten betreffen **).

Elektricitätsentwickelung unter beſondern Umſtänden.

Gold und Platin in Salpeterſäure ***). Nach de la Rive ſoll eine einfache Kette aus Gold und Platin in reiner Salpeterſäure keine Wirkung auf den Multiplicator zeigen. Dies iſt nach **Marianini** irrig. Er fand nämlich, bei Anwendung von Salpeterſäure, die von **Bizio** ſorgfältig gereinigt, und von Gold und Platin, die von **Buffolin** gereinigt worden, daß der Multiplicator einen zwar geringen aber ſehr merkbaren Ausſchlag (3° bis 5°) gab, der allerdings durch Zufügung von Salzſäure bedeutend verſtärkt wurde.

Galvaniſche Wirkung bei verhinderter Gaserzeugung.

Ritchie ****) führt folgenden Verſuch an, nach welchem eine **andauernde** galvaniſche Wirkung einer, mit verdünnter Säure geſchloſſenen, Zink-Kupferkette auch dann Statt findet, wenn die Flüſſigkeit dabei ſo eingeſchloſſen iſt, daß das Gas keinen Raum findet, ſich zu entwickeln und

---

*) Die Ausnahme, welche für die elektromotoriſche Kraft Statt findet, daß man zu Anfange der Schließung in reinem Waſſer keine Sprünge derſelben zu erwarten hat, findet keinesweges für den Übergangswiderſtand Statt.

**) Dies Kapitel umfaßt zum Theil ziemlich heterogene Gegenſtände, indeß, weil meiſt nur vereinzelte Beobachtungen für jeden einzelnen vorhanden ſind, ſo habe ich nicht eben ſo viele beſondere Kapitel daraus machen wollen.

***) Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 28.

****) Brewst. Journ. VIII. 188.

Luftzutritt verhindert iſt. Dieſer Verſuch verdient Wiederholung, denn man ſollte meinen, daß, wenn der in ſaurem Waſſer enthaltene Sauerſtoff verzehrt worden, was ziemlich bald der Fall ſeyn muß, ſo hätte die galvaniſche Wirkung aufhören müſſen, da die Säure wegen verhinderter Gasentbindung das Metall nicht angreifen konnte.

In einem kupfernen Cylinder (Fig. 66) von etwa 1 Zoll Durchmeſſer und 8 Zoll Länge, der oben offen, unten mit einer angelötheten kleinern Röhre aus demſelben Metalle verſehen war, wurde ein kleinerer Zinkcylinder angebracht, an deſſen Boden ein kleiner Kupferdraht angelöthet war, der durch den cylindriſchen Anſatz des Kupfergefäßes ging. Der Raum zwiſchen dieſem Anſatz und dem Drahte war mit iſolirendem Kitt ausgefüllt, um alle leitende Communication zwiſchen Kupfer und Zink auszuſchließen, und der Zinkcylinder ſelbſt war inwendig auf ähnliche Weiſe ausgekittet, um von keiner Säure angegriffen zu werden. Es wurde der innere Raum größtentheils mit Waſſer gefüllt, mit einer Glasröhre ein wenig Schwefelſäure in den Zinkcylinder gebracht, und dann die gänzliche Füllung mit Waſſer vollbracht, der Kupfercylinder zugeſchraubt und luftdicht verkittet. Durch öfteres Umkehren und Schütteln des Gefäßes wurde nun die völlige Miſchung des Waſſers mit Schwefelſäure bewerkſtelligt, darauf der Kupfer- und Zinkcylinder durch den Multiplicator mit einander in Verbindung geſetzt. Es fand galvaniſche Wirkung Statt, und dieſe dauerte einen oder zwei Tage mit derſelben Stärke fort, als wenn alles dies in Berührung mit der Luft vor ſich gegangen wäre. Die Anführung eines vergleichenden Verſuches, ob die Wirkung wirklich eben ſo ſtark als bei Luftzutritt war, fehlt übrigens.

Elektriſche Schläge beim Zuſammenlöthen von Waſſerleitungen.

In Schweigg. J. LXI. S. [illegible] wird ein Fall mitgetheilt, wo beim Zuſammenlöthen eiſerner Waſſerleitungen mit Blei elektriſche Schläge von ſolcher Stärke entſtanden, daß die Arbeiter genöthigt waren, ihre Arbeit zu unterbrechen. Wahrſcheinlich waren dieſe Schläge galvaniſcher Art. Hinſichtlich der nähern Umſtände, die jedoch zu einer genügenden Aufklärung des Phänomens nicht hinreichen, verweiſe ich auf das Original.

Elektricitätsentwickelung bei Verbindung von Schwefel mit Metallen.

Um die Elektricitätsentwickelung nachzuweiſen, welche bei Verbindung von Schwefel mit Metallen Statt hat, kann man nicht Schwefel direct anwenden, wegen ſeines ſchlechten Leitungsvermögens, wohl aber kann man den Verſuch mittelſt [illegible] auf folgendem Wege nach Becquerel *) anſtellen.

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. [illegible]

Man befeſtigt ein ziemlich langes Stück Schwefelkies an das eine Ende eines kupfernen Multiplicatordrahts und legt dann das andre Kupferende des Drahts darauf, nachdem man dies Ende zuvor zum Rothglühen erhitzt hat. Sofort erfolgt Bildung von Schwefelkupfer und es entſteht ein energiſcher Strom, welcher anzeigt, daß der Kies die poſitive, das Kupfer die negative Elektricität angenommen hat *). Eiſen und Silber verhalten ſich eben ſo wie das Kupfer, Platin aber liefert einen kaum merklichen Strom. Dem Schwefelkies kann man auch mit demſelben Erfolg Bleiglanz ſubſtituiren. Beſonders mit Silber iſt die Wirkung des Bleiglanzes ſehr ſtark.

Noch giebt Becquerel folgende Methode an, die elektriſche Wirkung bei der Verbindung des Schwefels mit Metall wahrnehmbar zu machen, die mir jedoch ſchlecht geeignet ſcheint, ein reines Reſultat zu liefern, da dabei auch metalliſcher Contact ins Spiel kommt.

Man befeſtigt an eins der Enden des Multiplicatordrahts einen Platinlöffel, in welchen man einige Stücke Schwefel thut, ſetzt eine Alkoholflamme darunter, um den Schwefel zu ſchmelzen und taucht dann eine Kupferplatte hinein, die an das andre Ende des Multiplicatordrahts befeſtigt iſt, ſo daß ſich das Kupfer und Platin in ſehr wenig Punkten berühren. Sofort erfolgt Bildung eines energiſchen elektriſchen Stromes, der vom Kupfer zum Platin geht. So wie der Schwefel verſchwunden iſt, ſo kehrt der Strom ſeine Richtung um, und nimmt, wiewohl das Kupfer mit einer Schicht Schwefel-Kupfer bedeckt iſt, dieſelbe Richtung an, welche bei Kupfer und Platin Statt findet, wenn ſie zuſammengelöthet ſind. Dieſe Umkehrung betrachtet Becquerel als hinlänglichen Beweis, daß die erſte Strömung von Verbindung des Schwefels mit dem Metall abhing.

Elektricitätsentwickelung in Schachten.

Die nachfolgende Beobachtung von Fox **) möchte allerdings mehr das Intereſſe der Curioſität, als wiſſenſchaftliches oder praktiſches haben, indeß wollen wir das Weſentliche davon mittheilen.

Fox befeſtigte in einem Cornwalliſchen Bergwerke an verſchiedenen Stellen Kupferbleche mittelſt kupferner Nägel oder auf andre Weiſe an das Erz der Gänge (veins) und ſetzte je zwei ſolcher Platten durch einen kupfernen Multiplicator in Verbindung. Derſelbe gab an verſchiedenen Stellen einen Ausſchlag, was wohl nicht wunderbar erſcheinen kann, wenn man annimmt, daß hier und da zwiſchen zwei erzführenden Gängen oder Theilen eines Ganges, die nicht direct mit einander communiciren, eine feuchte Verbindung Statt finden kann.

Nähere Beſtimmungen der Erſcheinung ſind folgende:

---

*) D. h. nach Becquerel's Bezeichnung, daß ſich das glühende Kupfer gegen den Schwefel wie Wismuth zu Antimon in der thermoelektriſchen Kette verhält.

**) Phil. Transact. P. II. p. 399. oder Bibl. univ 1831. Juin. p. 113.

Die Intenſitat der elektromagnetiſchen Wirkung war ſehr verſchieden an verſchiedenen Stellen; an manchen nur unbeträchtlich, während an andern die Nadel ſich im Kreiſe drehte. Caeteris paribus war ſie im Allgemeinen größer nach Verhältniß der größern Menge von Kupfererz in den Gängen, und manchmal vielleicht im Verhältniß der Tiefe der Stationen; wo wenig oder kein Erz war, fand auch wenig oder keine Wirkung Statt. Wenn der Abſtand der Platten von einander in horizontaler Richtung nur wenig Faden betrug, und zwiſchen ihnen eine reichliche, durch nichtleitende Subſtanzen nicht unterbrochene, Menge Kupfererz vorhanden war, ſo fand keine Wirkung Statt; wenn aber ein Gang von Quarz oder Thon den Raum zwiſchen den Platten kreuzte, ſo fand gewöhnlich große Wirkung Statt.

Wenn die Communication zwiſchen zwei Platten in verſchiedenen Tiefen in demſelben Gange oder zwiſchen verſchiedenen Gängen, gleich viel ob in demſelben oder verſchiedenen Niveau's, gemacht wurden, ſo fand meiſt die entſchiedenſte Wirkung Statt.

Die Richtungen der elektriſchen Strömung waren für verſchiedene Stellen nicht conſtant.

Elektricitätserregung durch Berührung der Flüſſigkeiten unter einander.

Ohm (Schweigg. LXIII. S. 162) findet es bis auf Weiteres noch ſehr zweifelhaft, daß durch Berührung von Flüſſigkeiten unter einander Elektricitätsentwickelung Statt finde, und führt in dieſem Bezuge folgende Verſuche an:

Nachdem die in einem Glasgefäße befindliche ſtarke Säure und die in einem andern nebenſtehenden Glasgefäße befindliche ſtarke Kalilöſung unter einander durch Asbeſt oder ſonſt wie in blos leitende Gemeinſchaft gebracht und in jedes Gefäß eine Platinplatte eingetaucht worden iſt, wird, noch ehe dieſe Platinplatten mit den Enden des Multiplicatordrahts in metalliſche Berührung gekommen ſind, der elektriſche Zuſtand dieſer Vorrichtung am Elektrometer geprüft und gefunden, daß von der Säure zu der in ihr befindlichen Platinplatte eine ſtarke poſitive Spannung, von der Ätzkalilöſung zu der darin befindlichen Platinplatte eine ſtarke negative Spannung, von der Säure zum Kali keine irgend mit Beſtimmtheit ſich zu erkennen gebende Spannung wahrzunehmen iſt. Nun wird der Multiplicator mit den beiden Platinplatten in Verbindung gebracht, und es entſteht eine ſtarke Ablenkung der Magnetnadel nach derſelben Seite, wie es jenen Spannungen gemäß vorauszuſehen war. Zugleich aber nimmt man wahr, daß die Einwirkung des Multiplicators auf die Magnetnadel ſchnell abnimmt und bald ſo gut wie ganz verſchwunden iſt, und nun zeigt auch eine wiederholte Anwendung des Elektrometers nirgends eine fühlbare Spannung mehr an, ſo lange die Kette geſchloſſen bleibt; öffnet man aber die Kette, ſo ſtellen ſich die vorigen Spannungen bald wieder ein, und es läßt ſich ſo der beſchriebene Kreislauf der Erſcheinungen mehrmals aufs Neue wiederholen.

Es iſt nicht zu leugnen, daß dieſer Verſuch gar ſehr dafür ſpricht, daß die Berührung zwiſchen Säure und Kali keinen oder höchſtens einen ſehr geringen Antheil an der ganzen Wirkung gehabt haben kann. Andrerſeits indeß ſcheinen mir nachfolgende Verſuche Becquerel's[*]) eine Elektricitätserregung durch wechſelſeitige Berührung von Flüſſigkeiten, unabhängig von Berührung mit Metallen, ſehr entſchieden zu beweiſen; da hier Kettenanordnungen in Anwendung gezogen wurden, bei welchen die Enden des Multiplicators mit gleichartigen Metallen (Platinſchalen) in Verbindung ſtanden, dieſe gleichartigen Metalle auch mit gleichartigen Flüſſigkeiten (entweder Salpeterſäure oder Phosphorſäure) communicirten, und nun zwiſchen dieſen gleichartigen Flüſſigkeiten erſt die heterogenen Flüſſigkeiten eingeſchaltet wurden, deren Wirkung auf einander geprüft werden ſollte. Hier konnte der elektriſche Effect, welcher wirklich eintrat, nicht von einer Berührung der Metalle mit ungleichartigen Flüſſigkeiten abhängen, da ein ſolcher heterogener Contact nicht Statt fand; er mußte mithin auf Rechnung der Berührung oder auch chemiſchen Wirkung der Flüſſigkeiten auf einander kommen.

Die Anordnung und der Erfolg von Becquerel's Verſuchen in dieſem Bezuge wird durch folgende Tabelle ausgedrückt. Die Richtung des Pfeils zeigt die Richtung der (poſitiven) Strömung in den Subſtanzen an, die auf die untenfolgende Art angeordnet waren.

Das Platin zu beiden Enden wird durch zwei Schaalen vorgeſtellt, die mit der Flüſſigkeit (1) und (4) gefüllt, und einerſeits mittelſt des Multiplicators, andrerſeits durch einen mit Waſſer genetzten, 1 Decimeter langen, Baumwollendocht verbunden wurden. Um die Mitte des Dochts nun wurde von jeder der Flüſſigkeiten (2) und (3) ein Tropfen (der eine zur einen, der andre zur andern Seite) angebracht, die dann ihre Wirkung auf einander äußerten. Andremale wurde auch ſtatt dieſer Anordnung folgende ihr äquivalente gewählt. Die beiden Platinſchaalen ſtanden mit zwei Porzellanſchaalen in Verbindung, worin ſich die gegen einander zu prüfenden Flüſſigkeiten befanden. Dieſe Porzellanſchaalen communicirten unter einander mittelſt eines Asbeſtdochts, mit den Platinſchaalen aber durch mit Waſſer gefüllte Röhren.

→

	(1)		(2)	(3)		(4)	
Platin,	Salpeterſ.,	Waſſer,	Salzſ.,	Salpeterſ.,	Waſſer,	Salpeterſ.,	Platin.
—	—	—	Eſſigſ.,	—	—	—	—
—	—	—	ſalpetrige S.,	—	—	—	—
—	—	—	alkal. Auſl.	—	—	—	—
—	—	—	Auſl. v. ſalpeterſ., ſchwefelſ. Salzen u. ſ. w.	—	—	—	—

---

[*]) Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 11.

Platin,	Schwefelſ.,	Waſſer,	Salpeterſ.,	Schwefelſ.,	Waſſer,	Schwefelſ.,	Platin.
—	Phosphorſ.	—	—	Phosphorſ.	—	Phosphorſ.	—
—	—	—	Salzſäure	—	—	—	—
—	—	—	Schwefelſ.	—	—	—	—
—	—	—	alkaliſche Salzlöſung.	—	—	—	—

Wir wollen hieran die Zuſammenſtellung mehrerer Ketten anſchließen, bei denen zwei gleichartige Metalle mit zwei ungleichartigen Flüſſigkeiten combinirt werden. Die Richtung des Pfeils wird wiederum die Richtung der Strömung in den Flüſſigkeiten anzeigen.

Ketten mit zwei verſchiedenen Flüſſigkeiten.

→

$$\text{Zink}\left\{\begin{array}{l}\text{Schwefelſäure oder}\\ \text{Salpeterſäure oder}\\ \text{Salzſäure}\end{array}\right\}\text{Waſſer, Zink}$$

Zink, Waſſer, ſalpetrige Säure, Zink.

(Ritchie in Baumg. Zeitſchr. VIII. 106).

→

Zink, conc. Schwefelſäure, Salpeterſäure, Kupfer.
Kupfer, — — —

(de la Rive in Pogg. XV. 102).

→

Kupfer, neutrale ſalpeterſ. Kupferlöſung, ſaure ſalpeterſaure Kupferlöſung, Kupfer.
Zink, neutrale ſalpeterſ. Zinklöſung, ſaure ſalpeterſ. Zinklöſung, Zink.
Blei, neutrale ſalpeterſ. Bleilöſung, ſaure ſalpeterſ. Bleilöſung, Blei.
Eiſen, neutrale ſalpeterſ. Eiſenlöſung, ſaure ſalpeterſ. Eiſenlöſung, Eiſen.
Eiſen, neutrale ſalzſ. Eiſenlöſung, ſaure ſalzſ. Eiſenlöſung, Eiſen.
Zinn, neutrale ſchwefelſ. Zinnlöſung, ſaure ſchwefelſ. Zinnlöſung, Zinn.
Zink, ſaure ſchwefelſ. Zinklöſung, neutrale ſchwefelſ. Zinklöſung, Zink.
Eiſen, ſaure ſchwefelſ. Eiſenlöſung, neutrale ſchwefelſ. Eiſenlöſung, Eiſen.
Gold, Salpeterſäure, Salpeterſäure mit Salzſäure, Gold.
Gold, Salpeterſäure, Salpeterſäure mit ſalzſ. Gold, Gold.

(Becquerel in Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 14). *)

---

*) Dieſe Verſuche Becquerel's wurden ſo angeſtellt, daß die beiden, am Multiplicator befeſtigten, homogenen Metallplatten in zwei, durch Asbeſt communicirende, Schalen tauchten, welche mit gleichartigen Flüſſigkeiten gefüllt waren. In die eine dieſer Schalen wurden dann einige Tropfen Säure hinzugefügt, wenn eine ſaure Auflöſung gegen eine neutrale geprüft werden ſollte.

■⟶

Kupfer; ſalpeterſ. Kupfer, Neutralſalz *), Kupfer
Kupfer, ſchwefelſ. Zink, Neutralſalz, Kupfer
Eiſen, Neutralſalz, ſchwefelſ. Eiſen, Eiſen
Zink, Neutralſalz, ſchwefelſ. Zink, Zink.
(Becquerel in Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 18).

■⟶

Zink, conc. Schwefelſäure, Salpeterſäure, Kupfer
Kupfer — — —
Zink — — Zink
Eiſen — — Eiſen
Blei — — Blei
Zinn — — Zinn
Silber — — Silber
Kupfer, conc. Löſung von ſalzſ. Kalk, verd. Salpeterſäure, Kupfer
Platin — — — — — — — Platin
Zink — — — — — — — Zink
— — — — — — — — Kupfer
Platin, Salpeterſ., irgend ein Metall **), conc. Schwefelſ., Platin.
(de la Rive in Pogg. XV. 102.)

Kupfer und Zink, die durch den Multiplicator in Verbindung ſtehen, tauchen jedes in eine, mit einer geſättigten Auflöſung von ſchwefelſaurem Zink gefüllte, Schaale. Die Flüſſigkeit beider Schaalen ſtehe durch einen (mit derſelben Auflöſung) genäßten Baumwollen- oder Asbeſtdocht in Verbindung. Gießt man nun einige Tropfen Salpeterſäure oder ſalpeterſaures Kupfer in die Schaale, worin ſich die Kupferplatte befindet, ſo nimmt die Ablenkung der Nadel zu, geſchieht der Zuſatz dagegen zur Flüſſigkeit der andern Schaale, ſo nimmt die Ablenkung der Nadel ab.

Enthalten die Schaalen Waſſer mit $\frac{1}{10}$ Schwefelſäure, ſo ändert ein Zuſatz von ſchwefelſ. Zinkauflöſung auf Seiten des Zinks die Stärke der Strömung nicht; Zuſatz von Salpeterſäure auf dieſer Seite ſchwächt ſie, auf der entgegengeſetzten Seite aber verſtärkt ſie.

Enthält die Schaale, worin die Kupferplatte ſich befindet, eine geſättigte Auflöſung von ſalpeterſaurem Kupfer, die andere eine geſättigte Auflöſung von ſchwefelſaurem Zink, ſo ändert ein Zuſatz von Salpeterſäure zur ſalpeterſauren Auflöſung, oder ein Zuſatz von Schwefelſäure zur ſchwefelſauren Auflöſung (wenn das Zink zuvor blank gemacht wurde) die Stärke des Stroms nicht.

---

*) Wie es ſcheint, ſind hier die Auflöſungen von Alkaliſalzen, wie Kochſalz, Salpeter u. ſ. w. zu verſtehen.

**) Kupfer, Eiſen, Blei, Zink, Zinn, Silber u. ſ. w.

Über den Einfluß der Härte und Beschaffenheit der Oberfläche auf die Positivität und Negativität.

Die nachfolgenden mittelst des Multiplicators gefundenen Resultate rühren von Ritchie *) her. Ihre Zuverlässigkeit möchte nicht sehr groß seyn, da nicht angeführt ist, wodurch sich der Verfasser überzeugt hätte, daß die beobachteten Differenzen im elektrischen Zustande wirklich vom Zustande der Oberfläche und nicht vielmehr von Heterogeneität des Metalls, die selbst bei scheinbarer Homogeneität doch oft alleinige Ursache der Wirkung ist, herrührte.

1) Es wurden zwei weiche Stücke Zink, Kupfer, Eisen oder Messing genommen und von jedem Paar ein Stück auf einem glatten Amboß so hart als möglich gehämmert. Jedes solches Paar zeigte, zu einem galvanischen Elemente mittelst des Multiplicators und verdünnter Schwefelsäure verbunden, eine Strömung, zufolge deren sich das härtere Metall positiv verhielt. Ein weiches und ein gehärtetes Stück Stahl gaben unter denselben Umständen ein entgegengesetztes Verhalten, indem das weichere positiv erschien.

2) Von zwei weichen Zinnstücken wurde das eine mit einer dreieckigen Feile so gefurcht, daß es eine doppelt so große Oberfläche bekam, als das andere. Das eben gebliebene verhielt sich in verdünnter Salzsäure positiv.

Elektricitätserregung durch Berührung von Gold mit andern Substanzen.

Becquerel **) hat über das elektromotorische Verhalten verschiedener Substanzen zum Golde an einem sehr empfindlichen condensirenden Bohnenberger'schen Elektroskop, dessen Condensatorplatten vergoldet waren, Versuche auf die gewöhnliche Weise angestellt, so jedoch, daß die Finger, mit denen das zu prüfende Metall angefaßt wurde, zuvor mit dest. Wasser gewaschen waren und das Instrument in einem mit Ätzkalk ausgetrockneten Glasgehäuse stand. Die Resultate, die er hierbei fand, waren folgende:

Substanzen, deren Elektricitätsentwickelung bei Berührung mit dem Golde nicht stark genug war, um durch das angewandte Elektroskop bemerklich gemacht zu werden, waren folgende: Platin, Kupferoxyd, Eisen auf der höchsten Schweflungsstufe, Eisenoxyd durch Wasserdampf bereitet, oligistisches Eisen. — Braunstein und Graphit, zuvor mit dest. Wasser gewaschen, zeigte sich negativ gegen das Gold, so wie gegen alle vorgenannte Körper.

Ladungsphänomene.

In einer ziemlich langen Abhandlung von Marianini ***) über den Ladungszustand, den die Metalle unter dem Einfluß der Schließung annehmen, ſcheint mir nichts weſentlich Neues vorzukommen außer etwa Folgendes:

---

*) Phil. transact. 1832. P. II. oder Baumg. VIII. S. 104.

**) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 102.

***) Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 13.

1) Man hat geleugnet, daß die Elektricität von Drähten, welche unter dem Einfluß der Kette eine Ladung erlangt haben, vom Condenſator nachgewieſen werden könnte. Dies iſt jedoch Marianini an einem Silberdraht, der durch eine Säule eine Ladung erfahren haete, geglückt; und im Grunde war dies auch zu erwarten, ohne daß man deßhalb an eine vom Draht zurückgehaltene Elektricität zu denken hätte: der Draht hatte nämlich, wie es wenigſtens ſcheint (denn die Beſchreibung iſt nicht deutlich) als verbindender Bogen zwiſchen zwei Gefäßen, in welche die Pole einer Säule tauchten, gedient, ſo daß er durch die Ladung in zwei einander elektromotoriſch entgegengeſetzte Hälften getheilt worden war, oder einen einfachen Elektromotor bildete.

2) Wenn man Meſſing oder Kupfer, die mittelſt einer Säule eine ſo ſtarke Ladung erlitten haben, daß ſie ſogar poſitiver als Zink ſind, herausnimmt und abwäſcht, ſo werden ſie nicht nur negativer als Zink, ſondern ſogar negativer als bevor ſie dem Verſuch unterworfen wurden. (Die Flüſſigkeit, in welcher die Ladung erfolgte, iſt nicht angegeben).

Ohm *) hat die Erfahrung gemacht, daß conc. Schwefelſäure zur Schließung zwiſchen den aus Platin oder Gold beſtehenden Polarſtreifen einer Säule angewandt, eine ſtärkere Ladung an dem poſitiven Polarſtreifen als an dem negativen Polarſtreifen hervorbringt, dagegen bei Ätzkalilauge das Umgekehrte Statt findet. Mindeſtens geſtehe ich, daß mir die von ihm in dieſem Bezuge angeführten Verſuche ſich ſehr wohl danach erklären zu laſſen ſcheinen, daß z. B. der in die Säure ragende Theil der Oberfläche des den poſitiven Pol darſtellenden Platins Negativität erlangt gegen den außer der Säure bleibenden Theil; jedoch legt Ohm ſelbſt vielmehr die Erklärung einer zwiſchen Platin und Säure ſich bildenden Gegenſpannung unter **).

Die Verſuche, welche Ohm in dieſen Beziehungen angeſtellt hat, ſind von Intereſſe, und verdienen nachgeleſen zu werden; indeß ſcheinen ſie mir nicht unter einer ſo einfachen Form dargeſtellt, als ſie vielleicht in Bezug auf den eigentlich betreffenden Gegenſtand zulieſsen und die Reſultate noch mit einigen Complicationen behaftet. Ich ziehe es deshalb vor, hinſichtlich derſelben auf die Originalabhandlung zu verweiſen.

---

*) Schweigg. J. LX. 32.

**) Eine ſich zugleich ausbildende Ungleichheit des Übergangswiderſtandes an beiden Polarſtreifen dürfte übrigens hier doch wohl auch noch mit zu berückſichtigen ſeyn; denn, wenn auch nach anderweiten Verſuchen Ohm's eine ſolche für Polardrähte aus Gold oder Platin bei einer Säule aus 100 Paaren nicht in Rechnung kommt, ſo möchte ſie doch bei ſo wenigen Paaren (2 bis 3), als Ohm zu obigen Verſuchen anwandte, von ſehr namhaftem Einfluß ſeyn. Ich habe mindeſtens bei meinen Verſuchen in verdünnten ſauren Flüſſigkeiten mit der den Ladungszuſtand bezeichnenden Veränderung der elektromotoriſchen Kraft (in meiner Schrift A genannt) ſtets Veränderungen im Übergangszuſtande beobachtet, die ſich ungleich für die differenten Glieder der Kette zeigten. Ich geſtehe deshalb, daß mir die in Rede ſtehenden Verſuche Ohm's kein recht reines Reſultat zu geben ſcheinen. — Daß Platin und Gold keine ſichtbaren Veränderungen im Laufe des Geſchloſſenſeyns erfuhren, kann wohl bei den Beobachtungen, die Ohm ſelbſt am Kupfer gemacht hat, nicht auffallen.

Umkehrungsphänomene.

Marianini *) hat neuerdings den Umſtand, daſs manche Metalle in manchen Flüſſigkeiten das entgegengeſetzte elektromotoriſche Verhältniſs zeigen, als ihnen nach der Stellung in der galvaniſchen Spannungsreihe zukommen ſollte, von denſelben Umſtänden abgeleitet, von denen es ſchon früher von meiner Seite geſchehen iſt. Ich darf wohl ohne Anmaſsung ſagen, daſs meine eignen viel vollſtändigern Verſuche **) die ſpecielle Anführung derer von Marianini in dieſem Bezuge überflüſſig machen. Indeſs will ich bemerken, daſs er auch bei Zinn und Kupfer, ſo wie bei Eiſen und Kupfer in Ammoniakflüſſigkeit nachgewieſen hat, daſs die umgekehrte Wirkung erſt im Verlaufe der Schlieſsung aus der normalen durch Umkehrung entſteht, welche Fälle in meiner Abhandlung über dieſen Gegenſtand nicht enthalten ſind. Auch folgende Tabelle von de la Rive (Pogg. XV. 125) enthält mehrere hierher gehörige Fälle.

In nachfolgender Tafel iſt jedes Metall poſitiv gegen das vorhergehende, negativ gegen das folgende:

In conc. Salpeterſäure.	In verdünnter Salpeterſäure.
Oxydirtes Eiſen	Silber
Silber	Kupfer
Queckſilber	Oxydirtes Eiſen
Blei	Eiſen
Kupfer	Blei
Eiſen	Queckſilber
Zink	Zinn
Zinn	Zink.

Kohle iſt nach de la Rive ſowohl in kalter als beſonders in bis 100° oder 150° C. erhitzter conc. Schwefelſäure ſtark poſitiv gegen Platin, in etwas erwärmtem Königswaſſer dagegen noch ſtärker negativ gegen daſſelbe Metall. (Im erſten Falle wird die Kohle, im letzten das Platin ſtark angegriffen). — Eiſen iſt in verdünnter Säure ungemein poſitiv gegen Arſenik; in ſchmelzendem Kalihydrat dagegen negativ. Eiſen iſt in der Regel poſitiv gegen Gold; taucht man aber beide in Queckſilber, nachdem man das Gold mit Salpeterſäure benetzt hat, ſo iſt es negativ gegen dieſes.

Wetzlar ***) hat den Umſtand, daſs Eiſen in ſalpeterſaurer Silberlöſung eine bedeutende Elektro-Negativität annimmt, neuerdings noch vollends durch folgenden Verſuch beſtätigt: Wenn man einen blanken Eiſenſtreifen einige Minuten in mäßig ſaure ſalpeterſaure Silberlöſung, dann ſchnell in deſtillirtes Waſſer taucht, hierauf mit einem, ebenfalls mit deſt. Waſſer befeuchteten, friſchen Eiſenblech am Multiplicator zur Kette in einer Salzlöſung, z. B. Salpeterlöſung oder Löſung von ſalpeterſaurem Kupfer ſchließt, ſo zeigt der erſte Ausſchlag des Multiplicators an, daß der in der ſalpeterſauren Silberlöſung geweſene Streifen wirklich negativer als der friſche iſt. Doch verſchwindet dieſer negative Zuſtand bald in der Salzlöſung.

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 118.

**) Schweigg. J. LIII. 61. 129. oder Biot III. 28.

***) Schweigg. J. LVI. 296.

Daß nicht etwa ſalpeterſaure Silberlöſung, welche an dem Eiſen haften geblieben, Urſache der erlangten Negativität ſey, glaubt Wetzlar dadurch erwieſen: 1) daß die Negativität durch den Multiplicator unter den angegebenen Umſtänden ſelbſt dann noch angezeigt wird, wenn man auch den mit der Silberlöſung in Berührung geweſenen Streifen nach dem Abſpülen ſogleich in ein zweites Glas mit deſt. Waſſer und dann erſt auf obige Weiſe in die Salpeterlöſung einſenkt, wo es doch ſcheint, als müßte alle Silberlöſung rein abgeſpült ſeyn, um ſo mehr, da die zweite Waſchflüſſigkeit mit Kochſalz geprüft kaum mehr als eine Spur davon anzeigte. 2) Daß, wenn gleich ſchon mäßiges Reiben mit Löſchpapier beim Eiſen den elektronegativen Zuſtand, den es in der ſalpeterſauren Silberlöſung erlangt hat, aufzuheben vermag, welches man allerdings der Entfernung eines dünnen überzuges beimeſſen könnte, doch an Stahl (Stricknadeln) dieſe Erſcheinung viel feſter haftet, indem ſolcher ſehr derbes und ſtarkes Reiben mit Löſchpapier verträgt, ohne ſeinen elektronegativen Zuſtand aufzugeben.

Man kann ſogar nach Wetzlar Stahldraht, der in ſalpeterſaurer Silberlöſung die in Rede ſtehende negative Modification erlangt hat, mittelſt eines, mit pariſer Roth belegten, Leders poliren, ſelbſt in deſſen Oberfläche gelinde Feilſtriche machen, ja dieſelbe behutſam *) (nicht zu ſtark) mit einem ſtählernen Schaber abſchaben, ohne deſſen Negativität merkbar zu beeinträchtigen. Indeß geſteht Wetzlar einerſeits, daß ſchon ½ Minute langes Eintauchen in deſtillirtes Waſſer, andernſeits Reiben mit Roſtpapier, hinreichen, dem Stahle ſeine Negativität zu benehmen. Er vermuthet, daß letzteres deshalb der Fall ſey, weil jener negative Zuſtand eine ſtarke Erſchütterung der Theilchen, die jenes Reiben hervorzubringen geeignet ſey, zumal in Verbindung mit der hierbei Statt findenden Erhitzung, nicht vertrage: ich geſtehe indeß, daß es mir wahrſcheinlicher ſcheint, deshalb, weil das Abreiben mit Roſtpapier unſtreitig ſicherer eine Entfernung der ganzen veränderten Oberfläche bewirkt, als Abreiben mit dem Polirleder oder Abſchaben mit dem Schaber. Die Anſicht Wetzlar's, daß die erlangte Negativität auf einer ſogenannten elektrodynamiſchen Veränderung (die doch nur eine causa occulta wäre) beruhe, ſcheint mir immer noch hinter

---

*) Alſo doch wahrſcheinlich ſo, daß nicht die ganze Oberfläche durch das Schaben entfernt wird. H.

der von *Fiſcher* aufgeſtellten zurückzuſtehn: daß ein hartnäckig haftender Überzug von ſalpeterſaurer Silberlöſung *) Schuld an jener Veränderung ſey, zumal, wenn man dieſen Umſtand in Beziehung ſetzt mit den S. 380 angeführten Erfahrungen *Ohm's*.

Folgender, ein beſondres Umkehrungsphänomen betreffender, Verſuch **) iſt, wiewohl ſchlechthin hingeſtellt nicht von beſonderer Wichtigkeit, doch nicht ohne Intereſſe. Er ſchließt ſich an eine andre Reihe von Verſuchen an, die ich in meinen galv. Maßbeſtimmungen bekannt gemacht habe, S. 115 ff., die jedoch ebenfalls noch nicht beſtimmt zu deuten ſind.

Man ſchließe ein Plattenpaar Zinn-Kupfer, von welchem jede Platte beiläufig 8 Quadratzoll erregende Oberfläche darbietet, in einem weiten Troge, auf deſſen Boden ſich die Platten in Fugen in einigen Zollen Abſtand eingeſetzt finden, in Waſſer, das mäßig mit Salzſäure angeſäuert iſt, mittels des Multiplicators, und laſſe die Kette ungefähr ¼ Stunde geſchloſſen. Taucht man jetzt in denſelben Trog, *wo es auch ſey*, ob zwiſchen, zur Seite, oder hinter jenen Platten, wenn ſelbſt in namhafter Entfernung davon, eine Zinkplatte ein, und verbindet dieſe zugleich metalliſch (durch einen Draht) ***) mit der Kupferplatte: ſo wird ſich die Nadel des Multiplicators umkehren, und zwar, *wenn man ſelbſt die Zinkplatte nur zu ein paar Quadratlinien Tiefe in die Flüſſigkeit eintaucht*, wiewohl gleich vorher der Strom noch ſtark genug war, um die Doppelnadel merklich ſenkrecht auf den Strom zu ſtellen. Ja hat man eine ſolche Kette längere Zeit, z. B. einige Stunden, oder einen Tag geſchloſſen gelaſſen, ſo kommt man auf einen Punkt, wo man die Flüſſigkeit blos mit einer Ecke der Zinkplatte, ſo daß ſie nur capillär davon emporgezogen wird, zu berühren braucht, um die Umkehrung der Magnetnadel zu bewirken.

Der Erfolg dieſes Verſuchs, der auch z. B. mit Kupfer-Silber ſtatt Zinn-Kupfer gelingt, ſteht jedoch ganz in Abhängigkeit von der Wirkungsperiode der Kette. In der That, wenn man ihn gleich anfangs nach der Schließung derſelben anſtellt, bemerkt man, daß eine nicht unbeträchtliche Größe des Zinks eingetaucht werden muß, um die Strömung umzukehren, daß aber die hierzu erforderliche Größe in dem Maaße abnimmt, als die Wirkungsperiode der Kette fortſchreitet, bis man endlich zu jenem Punkte gelangt, wo dieſe Größe gar nicht mehr in meßbaren Betracht gegen die Größe der urſprünglichen erregenden Oberfläche kommt. Die Umkehrung, die ſich dann durch die leiſeſte Berührung der Flüſſigkeitsfläche mit der Zinkecke an irgend einer Stelle des Troges hervorbringen läßt, wofern nur zugleich das Zink in metalliſche Verbindung mit dem Kupfer geſetzt wird, hat ſehr viel überraſchendes.

---

*) Oder vielleicht ſalpeterſaurer Eiſenlöſung, die ſich im Momente des Eintauchens bildet.

**) Schweigg. J. LVII. 12.

***) Ich nehme dieſe Verbindung ſo vor, daß ich in daſſelbe Gefäß mit Queckſilber, in welches das eine Multiplicatorende und ein an die Kupferplatte gelötheter Draht taucht, den an die Zinkplatte gelötheten Draht hinzutauche.

Im Zuſammenhange mit dieſer Abhängigkeit ſteht der Umſtand, daß, wenn man gleich anfangs der Schließung eine ſolche Größe des Zinks eintaucht, welche die Umkehrung noch nicht hervorzurufen vermag, doch im Laufe des Geſchloſſenſeins, während die Zinkplatte mit der Kupferplatte verbunden bleibt, dieſe Umkehrung ſich in kürzerer oder längerer Zeit von ſelbſt einſtellt.

Strömung durch ungleichzeitiges Eintauchen homogener Platten.

Über die Strömungswirkungen, welche durch ungleichzeitiges Eintauchen homogener Metalle erregt werden, ſind drei ziemlich umſtändliche Abhandlungen, 1) von Tünnermann in Trommsd. N. J. XVII. St. 2. S. 27; 2) von Wetzlar in Schweigg. J. LVIII. 302*); 3) von Marianini in den Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 40, 121, 126 erſchienen. Ich kann jedoch bei dem beſten Willen weder in den geführten Raiſonnements, noch den angeſtellten Verſuchen dieſer Phyſiker eine Aufklärung dieſes, wie mir ſcheint, immer noch dunkeln Gegenſtandes finden, und verweiſe daher, da mir die detaillirte Anführung der Beobachtungen von zu wenig Gewinn ſcheint, auf die Originalabhandlungen ſelbſt. Marianini leitet den Umſtand von einer Veränderung in den elektromotoriſchen Eigenſchaften her, welche die zuerſt eingetauchte Platte durch die Flüſſigkeit erfährt; allein es fragt ſich eben, worin dieſe Veränderung beſtehe.

Nach Marianini zeigen auch Goldplatten ſo wie Platinplatten die Erſcheinung in Salpeterſäure, welche mit einigen Tropfen Salzſäure verſetzt iſt; die zuerſt eingetauchte Platte iſt hier negativ.

Kreuzung elektriſcher Ströme.

Marianini**) hat durch eine Menge ſehr abgeänderter Verſuche dargethan, daß elektriſche Ströme, die ſich beliebig in einer Flüſſigkeit kreuzen, einander in keiner Art ſtören, worin er eine Analogie des elektriſchen Fluidums mit dem Lichte findet. Kemp***) hat ähnliche Reſultate in Bezug auf Ströme, die durch feſte Leiter gehen, erhalten.

Beiſpiels halber wollen wir einige ihrer Verſuche mittheilen:

Marianini nahm einen hölzernen Würfel, der als eine Art Klötzchen zur Befeſtigung und zum Auseinanderhalten der Platten diente, und befeſtigte mittelſt Schrauben an zwei einander gegenüberſtehenden (verticalen) Flächen des Würfels reſpectiv eine Zink- und eine Kupferplatte, die

*) Die angekündigte Fortſetzung dieſer Abhandlung iſt, ich weiß nicht aus welchem Grunde, unterblieben.

**) Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 131; oder Schweigg. J. LVIII. 177; oder Baumg. Zeitſchr. VII. 327; oder Pogg. XVIII. 276.

***) Baumg. Zeitſchr. VII. 351.

durch den Multiplicatordraht in Verbindung ſtanden. Dies Klötzchen mit ſeinen Platten ward in ſchwach geſalzenes Waſſer getaucht; die Nadel des Multiplicators wich um 12° ab. Ganz dieſelbe Ablenkung ward erhalten, als der Verſuch mit der Modification wiederholt wurde, daß an die beiden anderen verticalen Flächen des Würfels ein anderes Kupfer- und Zinkpaar befeſtigt ward, das durch einen Schließungsdraht in Verbindung ſtand.

Ähnliche Verſuche wurden mit ſäulenartigen Apparaten, mit drei ſich kreuzenden Strömen, mit Kreuzung unter ſpitzen Winkeln u. ſ. w. angeſtellt; immer war das Reſultat das nämliche, daß dieſe Kreuzung nichts an der Wirkung veränderte.

Nach Kemp, wenn man durch einen Theil des metalliſchen Körpers, welcher eine einfache Kette ſchließt, in der ſich zugleich ein Multiplicator befindet, den Strom eines Becherapparates von 60 Plattenpaaren leitet *), ſo daß der Strom mit dem Strome der Kette in entgegengeſetzter Richtung geht, ſo wird er in der Ablenkung der Nadel keine Änderung, und wenn er in derſelben Richtung hindurchgeht, nur eine geringe Verſtärkung hervorbringen **).

Giebt man dem Schließungsdrahte einer Säule an zwei Stellen ſeiner Länge reſpectiv zwei Biegungen, deren jede man in den Schenkel einer mit Flüſſigkeit gefüllten Uförmigen Röhre leitet, in deren andern Schenkel die Poldrähte einer andern Säule geleitet werden, ſo leuchtet ein, daß der zwiſchen beiden Biegungen enthaltene Theil des Schließungsdrahtes zugleich die Communication zwiſchen den Polen der zweiten Säule bewirkt, indem er nach Art eines Zwiſchendrahtes die Gefäße verbindet, in welche die Poldrähte dieſer Säule tauchen. An den in dieſe Flüſſigkeit tauchenden Biegungen zeigen ſich dann dieſelben chemiſchen Veränderungen (Kemp prüfte die Farbenänderungen der Blaukohltinctur), als ſie an einem Zwiſchendrahte der zweiten Säule, auch wenn er nicht zur Schließung der erſten gedient hätte, Statt gefunden haben würden.

---

*) Unſtreitig geſchieht dies ſo, daß die beiden Polardrähte reſpectiv mit zwei Stellen des Schließungsbogens der einfachen Kette in Verbindung geſetzt werden, wo dann das zwiſchen beiden Polardrähten befaßte Stück jenes Schließungsbogens zugleich zur Schließung der einfachen Kette und der Säule dient.

**) Dieſe Verſtärkung, wo ſie beobachtet wird, möchte wohl daher rühren, daß der Strom der Säule bei der angezeigten Anordnung im Grunde zwei Wege findet, die er durchlaufen kann, 1) den Weg durch den Theil des Schließungsbogens, der zwiſchen beiden Polardrähten befaßt iſt; 2) den, wegen des Vorhandenſeins der Flüſſigkeit unſtreitig viel ſchlechter leitenden Weg durch den übrigen Theil der Kette, welcher den Multiplicator enthält. Er wird ſich alſo nach bekannten Geſetzen zwiſchen beiden Wegen nach Verhältniß ihres Leitungsvermögens theilen, und deshalb auch ein Theil vom Strome der Säule durch den Multiplicator gehen, und ſo die Verſtärkung hervorbringen müſſen. Nach demſelben Umſtande muß freilich auch eine Schwächung bei entgegengeſetzter Richtung der Strömung beobachtet werden, wiewohl Kemp dieſe in Abrede ſtellt. Dieſer Umſtand möchte übrigens auch bei Marianini's Verſuchen in Betracht zu ziehen ſein; daher man doch wohl nicht erwarten dürfte, daß unter allen Umſtänden die von ihm angeführte Invariabilität der ſich kreuzenden Ströme Statt finde; es muß hier auf das reſpective Leitungsvermögen der Theile viel ankommen.

F.

VIII. Wärmeerſcheinungen der galvaniſchen Kette.

Über Wärmeentwickelung durch die galvaniſche Kette, von de la Rive *).

1) Die ſchon früher bekannte Erfahrung, daß wenn eine ſtarke Säule mittelſt einer Kette, welche aus abwechſelnd an einander gefügten, gleich dicken und gleich langen, Platin- und Silberdrähten beſteht, geſchloſſen wird, die Platindrähte glühend werden, während ſich die Silberdrähte nicht merklich erhitzen, fand de la Rive bei öfterer Wiederholung beſtätigt.

2) Wenn der Strom nicht ſo ſtark iſt, daß die Drähte der Kette, welche ſich erhitzen müſſen, in ihrer ganzen Länge glühend werden könnten, ſo zeigt ſich das Glühen nur an den Einhängepuncten, und im Allgemeinen, wenn man aus mehreren an einander gefügten, entweder homogenen oder heterogenen, Metalldrähten einen Leiter bildet, ſind es jedesmal die den Berührungspuncten zunächſt liegenden Portionen, welche ſich am meiſten erhitzen und allein glühend werden, falls die Säule nicht ſo ſtark iſt, daß die ganze Kette zum Glühen kommen kann.

3) Die Temperaturerhöhung der ſchließenden Flüſſigkeit iſt immer beträchtlicher an demjenigen Pole, an welchem das geringere Gasvolumen entwickelt wird, ſo z. B. bei der Zerſetzung des Waſſers am poſitiven Pole, wo der Sauerſtoff auftritt, ſtärker, als am negativen oder Waſſerſtoffpole **).

5) Ein Mittel, die Wärmeentwickelung im Innern einer Flüſſigkeit, die zwiſchen die Pole einer Säule gebracht wird, zu vermehren, beſteht darin, die Flüſſigkeit in mehrere Zellen, deren Wände jedoch nicht metalliſcher Beſchaffenheit ſein dürfen, zu vertheilen, z. B. in Zellen von thieriſcher Blaſe, oder ſie von einem Körper capillar aufſaugen zu laſſen.

Leitet man einen und denſelben Strom ſucceſſiv durch eine Flüſſigkeit, die in einem Glasrohre von gewiſſer Weite und Länge enthalten iſt, und durch einen mit derſelben Flüſſigkeit benetzten Baumwollendocht von gleicher Länge und Dicke mit dem Rohre, ſo bleibt die Temperatur bei der in dem Rohre enthaltenen Flüſſigkeit unverändert, während ſie bei der in dem

---

*) Bibl. univ. XL. 40 oder Pogg. XV. 257.

**) Der Verfaſſer führt keine Beiſpiele von Flüſſigkeiten an, wo die Wärmeentwickelung am entgegengeſetzten Pole bei dort Statt findender ſtärkerer Gasentwickelung ſtärker wäre.

Dochte befindlichen Flüſſigkeit beträchtlich ſteigt. Der beſte Apparat aber, deſſen man ſich zu dergleichen Verſuchen bedienen kann, iſt der Stengel einer fetten, etwas ſaftreichen Pflanze. Die Wärme, welche er im Kreiſe einer Säule entwickelt, iſt ſo beträchtlich, daß in den beiden Endſtücken, in der Nähe der eingeſteckten Platindrähte, die mit den Polen der Säule in Verbindung ſtehen, das Waſſer ins Sieden geräth.

6) Obgleich eine Säule aus wenigen Platten von großer Oberfläche hinreicht, Metalldrähte ins Glühen zu bringen, ſo hat man doch *) eine größere Zahl von Plattenpaaren nöthig, um dünne Metallblättchen zu verbrennen, oder um eine Licht- und Wärmeentwickelung zwiſchen zwei Kohlenſpitzen zu erhalten, oder um, beim Durchgange des Stromes durch Flüſſigkeiten, eine Temperaturerhöhung zu bewirken.

Es vermag z. B. nach dem Verfaſſer eine Säule von 60 Plattenpaaren, welche die drei letzten Klaſſen von Erſcheinungen hervorzubringen vermag, nicht den dünnſten Platin- oder Eiſendraht ins Glühen zu verſetzen, während 6 Plattenpaare derſelben Säule die letzte Wirkung, aber keine der drei erſten, zu leiſten im Stande iſt.

Galvaniſche Funken in Flüſſigkeiten.

Wenn man die Biegung einer Vförmig gekrümmten Röhre mit Queckſilber ausfüllt, in die beiden Schenkel leitende Flüſſigkeit gießt, dann einen Platindraht durch den einen Schenkel bis zu einer kleinen Entfernung (¼ Millimeter oder weniger) vom Queckſilber, den andern bis in das Queckſilber einſenkt, endlich den erſten Draht mit dem poſitiven, den zweiten mit dem negativen Pole einer Säule in Verbindung ſetzt, ſo erfolgt im Augenblicke der Schließung eine Anziehung des Queckſilbers gegen den poſitiven Draht, wie dies ſchon früher bekannt iſt; öfters aber bemerkt man auch zugleich in demſelben Augenblicke die Entſtehung eines Fünkchens zwiſchen Draht und Queckſilber in der Flüſſigkeit. Marianini**) hat über die Umſtände, welche dieſe letzte Erſcheinung begünſtigen, eine weitläufige Reihe von Verſuchen angeſtellt, die zu folgenden Reſultaten geführt haben. Die Farben der Funken ſind eben ſo beſchaffen, wie in der Luft (nicht näher charakteriſirt). Alles, was die Wirkſamkeit der Säule befördert, befördert auch das Erſcheinen der Funken, dagegen der Funke um ſo leichter erſcheint, je ſchlechter die Flüſſigkeit leitet, die er in der Röhre zu durchbrechen hat, es wäre denn, daß das Leitungsvermögen ſo gering wäre, daß die Schwächung, welche die ganze Kraft der Säule hierdurch erfährt, den localen Vortheil des ſchlechten Leitungsvermögens überwöge. Im Allgemeinen iſt er daher leichter in Brunnenwaſſer als in Salzwaſſer, noch leichter in deſtillirtem Waſſer und Alkohol zu erhalten, dagegen nicht leicht in Öl, wenn man auf die angegebene Art verfährt, dagegen er auch hier eintritt, wenn man nach Schließung des Kreiſes auf die angezeigte Art den poſitiven Draht nun durch das Öl hindurch bis zur Berührung mit dem Queckſilber ſelbſt bringt. Auch in den beſſer leitenden Flüſſigkeiten läßt er ſich auf dieſe Weiſe erhalten; wofern man die Schließung mittelſt Eintauchens des Drahtes durch die Flüſſigkeit hindurch bis zum Queckſilber ſelbſt bewirkt, und dabei ſchnell zu Werke geht, widrigenfalls vor dem Anlangen des Drahtes an das Queckſilber ſchon eine zu ſtarke Schwächung des Apparates eingetreten ſein könnte. Hat man einen Funken durch eine einmalige Schließung auf eine der angegebenen Arten erhalten, ſo wird bei neuen Öffnungen und Wiederſchließungen ein zweiter, dritter Funke u. ſ. f. eintreten können, die jedoch im Allgemeinen ſchwächer ſein, oder auch wohl ganz ausbleiben werden, wenn man nicht die Kette lange genug geöffnet gelaſſen hat, daß der Apparat ſeine durch die Schließung geſchwächte Intenſität wiedererlangt.

---

*) Und dies ſtimmt ganz mit Ohm's Theorie überein.

**) Bibl. univ. 1831. Juillet. p. 283.

An dem negativen Drahte iſt die Erſcheinung auch hervorzubringen, doch ſchwieriger als am poſitiven, was unſtreitig daher rührt, daß durch die abſteigende Bewegung, die das Queckſilber, dem negativen Drahte gegenüber, im Augenblicke der Schließung erhält, die Entfernung deſſelben vom Drahte vermehrt wird, während umgekehrt am poſitiven Pole die Näherung des Queckſilbers gegen den Draht die Erſcheinung begünſtigt; auch ſieht man hier, wenn der Draht nicht ganz nahe ans Queckſilber gebracht war, öfters eine bemerkliche Zwiſchenzeit zwiſchen dem Augenblicke der Schließung und dem, wo der Funken erſcheint, verfließen.

Die Erſcheinung findet nicht bloß bei Platindrähten, ſondern auch eben ſo gut bei Drähten aus anderen Metallen, als Silber, Kupfer, Eiſen Statt; ſie ſchien dem Verfaſſer ſogar bei Eiſendrähten manchmal lebhafter auszufallen, als bei den übrigen Drähten. Je dünner der Draht iſt, an welchem der Funke erſcheinen ſoll, um ſo leichter entſteht das Phänomen. Die meiſten Verſuche wurden vom Verfaſſer mit Drähten von 0,45 Millimeter Dicke angeſtellt; doch erhielt er die Funken noch leichter mit ſolchen von bloß 0,14 Millimeter Dicke, dagegen ſie bei Drähten von 0,88 Millimeter Dicke bloß unter den günſtigſten Umſtänden erſchienen. Bei einer Veränderung des Durchmeſſers der Röhren von 3 bis 8 Millimeter wurde kein Unterſchied in der Erſcheinung bemerkt, dagegen wenn dieſer Durchmeſſer 1 Centimeter überſtieg, ſo trat die Erſcheinung ſeltener ein, weil dadurch die begünſtigende Bewegung des Queckſilbers geſchwächt wurde. Zum Gelingen des Verſuchs iſt nicht nöthig, daß das Queckſilber rein ſei; es ſchadet nichts, wenn es etwas Blei oder Zinn enthält; dagegen wurden keine Funken mehr erhalten, wenn dem Queckſilber ein Cylinder von Kupfer, Blei oder anderen Metallen ſubſtituirt worden, wenn man auch der mit der Flüſſigkeit in Berührung befindlichen Oberfläche des Metalls dieſelbe Krümmung gab, welche das Queckſilber von Natur in der Röhre annimmt. Dagegen ſieht man Funken zwiſchen den in einer Flüſſigkeit (deſtillirtem Waſſer, Olivenöl) einander genäherten Spitzen zweier pers (welches die natürlichſte Annahme iſt, die man über dieſen Gegenſtand zu Grunde legen kann), wird man folgende Formel*) finden, um die Abhängigkeit der Stärke des Erglühens von den verſchiedenen Umſtänden der Kette auszudrücken, bei welcher Formel jedoch der erkältende Einfluß der Luft, ſo wie die Wärmeentziehung, welche der ſich erhitzende Theil der Kette von Seiten der kalten Theile derſelben, mit denen er in Berührung iſt, erfährt, vernachläſſigt iſt **).

$$G = \frac{A\ ^{***)}}{\left(L\omega + \frac{l}{k}\right)z}$$

Hierin iſt G die Stärke, mit welcher der Körper (in der Regel ein Draht) von der Länge l, dem Querſchnitte ω und dem (von Materie und Temperatur abhängigen) Leitungsvermögen k erglüht, wenn er in eine

---

*) Herleitung der Formel. Iſt J die Intenſität des Stromes, welcher einen Theil der Kette durchläuft, und haben die anderen Buchſtaben die Bedeutung wie oben, ſo wird die Vorausſetzung, daß die Stärke des Erglühens eines Körpers der Intenſität des ihn durchlaufenden Stromes direct proportional iſt, und außerdem abhängt von Materie und Temperatur deſſelben, ſich durch folgende Gleichung ausdrücken laſſen:

$$G = \frac{J}{z}$$

Nun iſt die Intenſität des Stromes in dem zu erglühenden Theile

$$= \frac{A}{(L + \Delta)\,\omega}$$

wo Δ den Leitungswiderſtand des zu erglühenden Theiles bezeichnet (zufolge des Satzes, daß die Intenſität des Stromes in jedem Theile der Kette gleich iſt der geſammten Quantität Elektricität, die ihn durchſtrömt, dividirt durch den Querſchnitt des Theiles). Die Größe Δ aber kann nach bekannten Geſetzen durch $\frac{l}{k\,\omega}$ ausgedrückt werden, wodurch ſich die obige Formel ergiebt.

**) Um letztern Umſtand in Betracht zu ziehen, müßte man das Wärmeleitungs- und Stralungsvermögen des zu erglühenden Drahtes und der benachbarten Theile, ſo wie das Lagenverhältniß des Drahtes zu den benachbarten Theilen in die Formel aufnehmen, was dieſelbe ſehr compliciren und einen allgemeinen Ausdruck dafür zu finden ſehr erſchweren würde. Ich bemerke hierbei, daß es wahrſcheinlich die Vernachläſſigung dieſer Umſtände iſt, warum das Phänomen, daß ein Draht, wenn ſeine Glühkraft abnimmt, noch in der Mitte glühend bleibt, während er ſchon an den Enden erkaltet, nicht aus der Ohm'ſchen Formel hervorgeht, aus der ein ſtets gleichförmiges Glühen eines Drahtes von gleichförmiger Dicke und Materie in ſeiner ganzen Länge hervorgehen würde. Unſtreitig nämlich wird in der Wirklichkeit den Drahtenden durch die Metallplatten, mit denen ſie in Berührung ſind, die Wärme ſchneller entzogen, als der Mitte.

***) Unter der Vorausſetzung, daß $z = k$, würde ſich dieſe Formel in folgende einfachere verwandeln:

$$G = \frac{A}{Lk\omega + l}$$

Kette gebracht wird, deren elektromotoriſche Kraft*) = A und deren geſammter Leitungswiderſtand, mit Ausnahme des zu erglühenden Drahtes, = L iſt.

χ (Glühcoefficient) iſt ein für verſchiedene Körper verſchiedener Coefficient, welchem die Glühkraft umgekehrt proportional iſt. Inſofern die Verſuche zeigen, daß die Körper in dem Grade ſchwerer ins Glühen kommen, als ihr Leitungsvermögen für Elektricität größer iſt, wäre es möglich, daß der Coefficient χ dem Coefficienten k einfach proportional wäre oder ſogar mit ihm zuſammenfiele, was jedoch noch durch Verſuche nicht ausgemittelt iſt. Jedenfalls wird er eine Function von k ſein**). Hierbei muß bemerkt werden, daß k nicht allein von der Materie, ſondern auch von der Temperatur der Körper abhängt, nämlich daß ſein Werth in erhöheter Temperatur abnimmt, jedoch in einem bis jetzt nicht beſtimmten Verhältniſſe; daher ſind k und χ eigentlich ſelbſt Functionen von G oder, mit anderen Worten, ſie werden bei übrigens gleichen Umſtänden für verſchiedene Grade des Erglühens einen verſchiedenen Werth erhalten. Bei der Unkenntniß der Abhängigkeit dieſes Werthes von der Temperatur kann daher die obige Formel bis jetzt nicht ſowohl dienen, die verſchiedenen Grade des Erglühens genau herzuleiten, die man durch verſchiedene Abänderungen der Kette erhält, weil man den Werth von k und χ für dieſe Grade nicht kennt***), als vielmehr die verſchiedenen Abänderungen der Kette oder die verſchiedenen Drahtlängen genau kennen zu lernen, für welche derſelbe Grad des Erglühens bei Drähten aus derſelben Materie erlangt wird, weil in dieſem Falle k und χ conſtante Werthe behalten. Setzt man noch überdies immer Drähte von gleicher Dicke voraus, ſo wird die Vergleichung auch unabhängig von dem erkältenden Einfluſſe der Luft werden, da Drähte von gleicher Materie, gleicher Temperatur und gleicher Dicke einen gleichen erkältenden Einfluß erleiden werden.

Ungeachtet der Beſchränkung, die uns ſolchergeſtalt bis jetzt in der Anwendung obiger Formel aufgelegt iſt, laſſen ſich doch mehrere nicht unwichtige Reſultate daraus herleiten, die ſich auch, ſo weit zuverläſſige Erfahrungen reichen, bis jetzt mit derſelben in Übereinſtimmung gezeigt haben, namentlich folgende:

1) Der Grad des Erglühens wächſt ſowohl durch eine Verkürzung der Länge l, als durch eine Verkleinerung des Querſchnitts ω des zu erglühenden Drahtes; ferner durch eine Vermehrung der elektromotoriſchen Geſammtkraft A der Kette (alſo z. B. Vervielfältigung der Plattenpaare) und Verminderung ihres Leitungswiderſtandes L (alſo Vergrößerung der erre-

---

*) d. i. das Product aus der Zahl in die Intenſität der Plattenpaare der Kette.

**) Er könnte aber auch wohl zugleich eine Function von der ſpecifiſchen Wärme, dem Wärmeleitungsvermögen u. ſ. w. ſein.

***) Was jedoch nicht hindert, im Allgemeinen daraus herzuleiten, durch welche Umſtände die Glühkraft geſchwächt oder verſtärkt werde.

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01559/012

genden Oberfläche, Verſtärkung der Leitungsflüſſigkeit u. ſ. w.), wie dies mit bekannten Erfahrungen übereinſtimmt.

2) Bei Vernachläſſigung des erkältenden Einfluſses der Luft würde die Glühkraft im Drahte dieſelbe bleiben, wenn der Querſchnitt des Drahtes in demſelben Verhältniſſe wüchſe, in welchem der Leitungswiderſtand L der übrigen Theile der Kette abnimmt, oder umgekehrt. Da aber ein dickerer Draht einen verhältnißmäßig ſchwächern erkältenden Einfluß von der Luft erfährt, als ein dünnerer, ſo wird in der Wirklichkeit die Stärke des Erglühens zunehmen, wenn man ω vergrößert, während man L in demſelben Verhältniß verkleinert; abnehmen, wenn man ω verkleinert, während man L in demſelben Verhältniß vergrößert. Alſo wird z. B. ein Draht von doppeltem Querſchnitte leichter durch eine Kette von der doppelten erregenden Oberfläche[*]) ins Glühen gebracht werden, als ein Draht von einfachem Querſchnitt durch eine einfache erregende Oberfläche, oder man wird, um Drähte von größerer Dicke in denſelben Grad des Glühens zu verſetzen, die erregende Oberfläche in minderm Grade zu vergrößern brauchen, als den Querſchnitt der Drähte.

3) In Ketten, die ſo beſchaffen ſind, daß $L\omega$ gegen $\frac{1}{k}$ merklich verſchwindet, d. i. in Ketten, die nur aus einem einzigen großen oder einer geringen Anzahl großer Plattenpaare mit gutleitender Flüſſigkeit beſtehen, würden, abgeſehen vom erkältenden Einfluß der Luft, ein dünner und ein dicker Draht in gleich ſtarkes Glühen gerathen; vermöge des erkältenden Einfluſses der Luft aber wird in ſolchen Ketten ein dünnerer Draht ſogar ſchwächer glühen, als ein dickerer, oder es wird eine kürzere Länge deſſelben angewandt werden müſſen, um mit dem dicken Drahte in gleich ſtarkes Glühen zu gerathen. In der That hat man bei großplattigen Batterieen manchmal den Umſtand beobachtet, daß von dickeren Drähten ein längeres Stück dadurch glühend gemacht wird als von dünneren[**]).

4) In ſäulenartig aus unter ſich völlig gleichen Elementen zuſammengeſetzten Ketten ſteht die Länge des Drahtes, welche ſie zu einem und demſelben Grade des Glühens bringen, im einfachen Verhältniſſe der Anzahl der Elemente, woraus ſie gebildet ſind, vorausgeſetzt, daß jedesmal Draht aus einerlei Metall und von demſelben Querſchnitte zu den Verſuchen genommen wird[***]).

---

[*]) Wodurch der Leitungswiderſtand auf die Hälfte fällt.

[**]) Vergl. Singer's El. S. [illegible]

[***]) Dies Geſetz ergiebt ſich folgendergeſtalt aus der Formel auf Seite [illegible] Wenn a die elektromotoriſche Kraft eines einzelnen Plattenpaares, m die Zahl der Plattenpaare, λ den Leitungswiderſtand eines einzelnen Plattenpaares, l die Länge des ſchließenden Drahtes, der durch dieſe Kette zur Intenſität des Glühens G gebracht wird, bedeutet, ſo hat man A = ma, L = mλ, mithin

$$G = \frac{ma}{\left(m\lambda\omega + \frac{1}{k}\right)^2}$$

Dies Geſetz iſt mehrfach beſtätigt worden.

5) Bei Ketten, in denen ſich die Größe der erregenden Oberfläche (alle übrigen Umſtände derſelben als gleich vorausgeſetzt) reſpectiv verhält wie:

1 : 2 : 4 : 8 u. ſ. f.

werden die Unterſchiede der Drahtlängen, die durch ſie in denſelben Grad des Glühens gebracht werden, von einer Kette zur andern immer um die Hälfte kleiner, ſo daß, wenn man z. B. fände, daß eine Kette von der einfachen erregenden Oberfläche eine Länge von 2 Zoll in ein eben ſichtbares Glühen verſetzte, und eine Kette von der doppelten Oberfläche eine Länge gleichen Drahtes von 4 Zoll (wo mithin die Differenz = 2 iſt), ſo würde eine Kette von der 4fachen Oberfläche eine Länge von 5 Zoll u. ſ. f. in ein ſolches Glühen verſetzen.

Allgemein: wenn reſpectiv f, f′, f″, f‴.... die Flächengrößen der verſchiedenen Ketten übrigens gleicher Conſtruction ſind, und l, l′, l″, l‴.... die Drahtlängen, die von denſelben reſpectiv zu gleichen Graden des Glühens gebracht zu werden vermögen, ſo hat man *):

$$(l' - l) : (l'' - l) : (l''' - l) =$$

$$\left(1 - \frac{f}{f'}\right) : \left(1 - \frac{f}{f''}\right) : \left(1 - \frac{f}{f'''}\right)$$

Heißt nun l′ die Länge eines Drahtes von gleichem Querſchnitt und gleicher Materie als der vorige, der durch m′ Plattenpaare von gleicher Beſchaffenheit mit den vorigen zum Grade G erglühen ſoll, ſo hat man

$$G = \frac{m'a}{\left(m'\lambda\omega + \frac{l'}{k}\right)z}$$

mithin

$$G = \frac{ma}{\left(m\lambda\omega + \frac{l}{k}\right)z} = \frac{m'a}{\left(m'\lambda\omega + \frac{l'}{k}\right)z}$$

woraus man findet:

l : l′ : m : m′.

*) Herleitung. In Ketten, in denen alles bis auf die Größe der erregenden Oberfläche gleich iſt, ſeien f, f′, f″... die Größen der erregenden Oberfläche, l, l′, l″... die Drahtlängen, die ſie reſpectiv zu gleichem Glühen bringen, ſo hat man, da der Leitungswiderſtand eines Plattenpaares ſeiner erregenden Oberfläche umgekehrt proportional iſt,

$$G = \frac{A}{\left(\frac{L\omega}{f} + \frac{l}{k}\right)z} = \frac{A}{\left(\frac{L\omega}{f'} + \frac{l'}{k}\right)z} = \frac{A}{\left(\frac{L\omega}{f''} + \frac{l''}{k}\right)z}$$

Dieſe Gleichung führt zu obigem Verhältniß.

IX. Beziehung des Galvanismus zur Phyſiologie.

Über den galvaniſchen Schlag.

Bekanntlich hat Ritter einen Unterſchied in der Empfindung des Schlages am negativen und poſitiven Pole bemerken wollen (vergl. Biot's Lehrb. III. 476), der jedoch von Anderen nicht mit ſolcher Beſtimmtheit wahrgenommen werden konnte. Marianini's Beobachtungen (der von Ritter's nichts zu wiſſen ſcheint) ſcheinen die von Ritter zu beſtätigen. Er ſagt nämlich (Ann. de Ch. et de Ph. XLIII. 322), daß, wenn man einen Finger bis zum zweiten Gliede in eine Taſſe Waſſer taucht, welche den poſitiven Pol eines Taſſenapparates von 25 bis 50 Paaren enthält, während man den negativen Pol mit einem, in befeuchteter Hand gehaltenen, Metallcylinder berührt, ſo fühlt man eine Erſchütterung, die ſich nur bis zum zweiten Gliede erſtreckt und mehr äußerlich und mit einer gewiſſen Empfindung, die ſelbſt etwas Schmerzhaftes hat, begleitet iſt, dagegen, wenn man die Richtung des Stromes umkehrt, die Erſchütterung bis zum dritten Gliede gefühlt wird, tiefer eindringt und keine Empfindung an der Stelle, wo der Finger das Waſſer berührt, zum Begleiter hat. Marianini verſichert, dieſe Unterſchiede mit dem Ringfinger der linken Hand ſo deutlich zu empfinden, daß keine Täuſchung obwalten könne.

Marianini (Schweigg. LVI. 234) hat ferner die intereſſante Beobachtung gemacht, daß nicht allein durch Eintritt oder Austritt der ganzen Strömung der Kette in einen oder aus einem thieriſchen Organ eine Erſchütterung darin hervorgebracht zu werden vermag, ſondern auch dadurch, daß bloß ein Theil der hindurchgehenden Strömung daraus abgelenkt wird. Folgendes ſind ſeine Verſuche hierüber:

Er verband durch die unteren Extremitäten eines präparirten Froſches die Flüſſigkeit zweier Taſſen, welche die Pole eines ſechspaarigen Becherapparates enthielten, und bewerkſtelligte, als ſeine Zuckungen aufgehört hatten, anſtatt die Kette zu öffnen, eine Nebenſchließung zwiſchen den Polgefäßen durch Eintauchen der Enden eines kleinen Metallſtreiſens. Sofort zuckte der Froſch.

Bei Anwendung eines Taſſenapparates von 40 Paaren ferner erhielt Marianini ſelbſt kleine Schläge, wenn er, während zwei Finger derſelben Hand die Polgefäße des Apparates verbanden, eine Nebenſchließung zwiſchen dieſen Gefäßen durch einen metalliſchen Bogen bewerkſtelligte.

Die ſo entſtehenden Wirkungen ſind jedoch jedenfalls ſchwächer als diejenigen, welche man durch Öffnung der Kette erhält.

Ferner bemerkt Marianini, daß, wenn man zwei, mit befeuchteter Leinwand bedeckte, Metallcylinder, die mit den Polen eines galvaniſchen

Apparates aus 30 bis 40 Paaren von mäßiger Wirkſamkeit communiciren, anfaßt, man bei jedesmaliger Schließung außer der Erſchütterung ein eigenthümliches Gefühl in der Handfläche, welche mit dem poſitiven Pole communicirt, wahrnimmt; und daß beſonders Perſonen, die für die Electricität ſehr empfindlich ſind, dieſe Empfindung haben, welche ſie mit dem Kriebeln (fremissement) vergleichen, was man häufig an Händen oder Füßen empfindet, wenn die Nerven daſelbſt eine Zeit lang einen Druck erfahren haben.

Nach Hübenthal iſt in dem Stadium der Cholera, wo der Kranke ohne Schmerzensäußerungen ſtumpf und gefühllos daliegt, derſelbe ſelbſt für die ſtärkſten galvaniſchen, elektriſchen und magnetiſchen Einwirkungen unempfänglich (Kleinert's Repert. V. 129).

Ein, ſchon früher von Ritter (ſ. Beitr. II. St. 2. S. 44; vergl. Biot's Lehrb. III. 478) angegebenes Mittel, ſich in den Kreis einer ſtarken galvaniſchen Batterie zu verſetzen, um deren continuirliche Strömungswirkung zu erfahren, ohne daß man einen Schlag bei der Schließung oder Öffnung fühlt, iſt neuerdings auch von Kemp*) empfohlen worden, welches darauf beruht, daß man anfangs nur ein oder wenige Plattenpaare der Säule oder des Trogapparates in die Kette nimmt; dann, während man ſich noch in Schließung mit dieſen befindet, ein anderes oder einige andere hinzunimmt, und nun erſt die Schließung mit den vorigen aufhebt, u. ſ. f. Das Verfahren, dieſes auf bequeme Weiſe bei einem Trogapparate zu bewirken, iſt nach Kemp Folgendes:

Man faßt in die eine Hand eine metalliſche Kugel, an der ein Draht befeſtigt iſt, und ſenkt dieſen in die erſte Zelle des Trogapparates. In die andere Hand faßt man eine andere Kugel, an der ſich zwei von einander abſtehende Drähte befinden, ſenkt den einen dieſer Drähte, den wir a nennen wollen, in die zweite Zelle und läßt von jemand den andern Draht b in die dritte Zelle ſenken, darauf den Draht a aus der zweiten Zelle herausholen und in die vierte Zelle bringen, während ſich b noch in der dritten befindet; dann b herausholen und in die fünfte Zelle bringen, u. ſ. f. — Anſtatt bei jeder Fortbewegung des Drahtes ein Plattenpaar hinzuzufügen, können auch 2, 4, 6 Plattenpaare auf einmal eingeſchoben werden, inſofern von dieſer Zahl kein deutlicher Schlag wahrgenommen wird. In dieſer Weiſe erlangt man ſchneller die erforderliche Intenſität der Wirkung. Um den Schlag bei der Öffnung der Kette zu vermeiden, geht man dann auf dieſelbe Weiſe wieder zurück.

Galvaniſche Froſchſchenkelverſuche.

Marianini, Nobili, Lehot und Matteucci**) haben über galvaniſche Verſuche mit Froſchſchenkeln einige Abhandlungen bekannt gemacht,

---

*) Edinb. med. and surg. Journ. (1829.) XXXII. 319; oder Schweigg. J. LVIII. 493; oder Fror. Notiz. XXVI. S. 298.

**) Marianini in Ann. de Ch. et de Phys. XL. 225; XLIII. 270. oder die allerdings in Verhältniß zu ihrem Umfange ſehr wenig, aber doch einige intereſſante, neue Thatſachen enthalten, übrigens viele Beſtätigungen früherer Beobachtungen. Was uns darin bemerkenswerth ſcheint, wollen wir hier mittheilen.

1) Nennen wir directen Strom den, wo das poſitive Metall am Nerven, das negative am Muskel applicirt iſt (oder was von gleichem Erfolg iſt, wo das poſitive Metall näher, das negative entfernter vom Urſprunge des Nerven reſpectiv auf zwei Stellen deſſelben applicirt iſt), umgekehrten Strom den, wo die umgekehrte Anordnung Statt findet; ſo findet nach Nobili (Schweigg. LX. 234)[*]), wenn eine ſchwache Kette (einfache Kette von Kupfer und Platin) auf ein Froſchpräparat angewandt wird, Folgendes Statt:

a) die ſchwächſte Contraction bewirkt der umgekehrte Strom beim Schließen;

b) eine minder ſchwache Contraction bewirkt der directe Strom beim Öffnen;

c) eine nicht ſehr ſtarke Contraction erregt der umgekehrte Strom beim Öffnen;

d) die ſtärkſte Contraction erregt der directe Strom beim Schließen.

Iſt das Froſchpräparat noch ſehr kräftig, ſo ſind dieſe Gradverſchiedenheiten in der Zuckung nicht wohl wahrzunehmen; in dem Maße aber, als die Lebenskraft deſſelben abnimmt, werden die Unterſchiede deutlicher, ſo daß die ſchwächeren Contractionen unmerklich werden können, während die ſtärkeren es noch nicht ſind, wonach Nobili 5 Zuſtände der Erregbarkeit unterſcheidet, je nachdem 1) alle 4, 2) bloß die letzten 3, 3) bloß die letzten 2, 4) bloß die letzte, 5) gar keine Art der Zuckung mehr bemerklich iſt.

Es iſt jedoch wohl zu bemerken, daß dies Geſetz nur für den Fall ſchwächerer Ketten gültig iſt. Im Fall man ſtärkere Ketten einwirken läßt, können, wie dies auch ſchon Ritter bemerkt hat, gerade die umgekehrten Erfolge eintreten. Ja es iſt nach Nobili nicht einmal nöthig, um dieſe Umkehrung hervorzubringen, ſtatt außerordentlich ſchwacher Ströme ſehr energiſche anzuwenden; man braucht nach ihm meiſt nur ſtatt eines Platin-Kupferbogens einen Kupfer-Zinkbogen anzuwenden, um die von dem umgekehrten Strome herrührende Zuckung zuletzt verſchwinden zu ſehen.

Schweigg. J. LVI. 127, [illegible]; oder in Baumg. Zeitſchr. V. [illegible]; VIII. [illegible]; deſſelben Bemerkungen zu Matteucci's Abhandl. Bibl. univ. 1831. Août. p. 371; — Nobili in Bibl. univ. 1832. Mai. [illegible]; oder Ann. de Ch. et de Ph. XLIV. 61; oder Baumg. Zeitſchr. VIII. [illegible]; oder Schweigg. LX. [illegible]. — Lehot in Ann. des sc. d'observ. III. 33 (enthält mehrere Anmerkungen in Bezug auf Marianini's Abhandlung ohne neue Thatſachen). — Matteucci in Bibl. univ. 1831. Févr. 113; oder Baumg. Zeitſchr. IX. [illegible] (enthält ebenfalls faſt nur theoretiſche Betrachtungen in Bezug auf Marianini's Verſuche, ohne neue Thatſachen von Belang).

[*]) Vergl. auch Marianini in Schweigg. J. LVI. [illegible].

Auch verdient Bemerkung, daß die Verſuche, aus denen dieſe Reſultate gezogen ſind, an Individuen angeſtellt wurden, die im Allgemeinen ſehr kräftig, mehr klein als groß waren (im Herbſte bei 10° bis 15° C.). Aber auch eine verſchiedene Reizbarkeit der Individuen kann Abänderungen in die oben angegebenen Beſtimmungen bringen, was auch ſchon früher von Ritter beobachtet worden iſt. So fand der Verfaſſer, daß ſolche Subjecte, welche entweder in Folge langer Entziehung von Nahrungsmitteln, oder irgend anderer Entbehrungen und Leiden nur wenig Erregbarkeit noch beſaßen, faſt alle Ausnahmen zeigten von der obigen Regel. Bei ſolchen Individuen verſchwand ſehr oft diejenige Zuckung zuerſt, welche vom directen Strome bei Öffnung des Kreiſes bemerkt wird; aber bei mehreren Individuen verſchwand auch wohl gar eine der beiden ſtärkeren Zuckungen eher als eine oder die andere der ſchwächeren.

Freilich möchte man nach ſolchen Exceptionen fragen, was denn eigentlich als Regel übrig bleibt.

2) Damit eine Trennungszuckung eintrete, iſt nicht erforderlich, daß eine Schließungszuckung vorangegangen ſei. In der That kann man einen Froſch ſo allmälig der Wirkung des vollen Stromes ausſetzen, daß die Schließungszuckung ganz beſeitigt wird. Die Trennungszuckung wird darum nicht minder erfolgen. (Marianini in Schweigg. LVI. 235).

3) Die Trennungscontraction iſt nach Marianini (Schweigg. LVI). ſtärker, wenn die vorangegangene Schließung etwas länger, als wenn ſie kürzere Zeit dauerte, was beſonders merklich iſt, wenn man eine Säule mit ſtarkem Leitungswiderſtande anwendet. Er bildete einen Taſſenapparat aus acht Paaren, von denen aber bloß zwei wirkſam waren, indem die übrigen bloß aus kleinen Meſſingbogen beſtanden. Der negative Pol wurde mit den Nerven, der poſitive mit den Muskeln eines Froſchpräparates in Verbindung geſetzt, wo keine bemerkliche Schließungs-, wohl aber eine Trennungszuckung eintrat. Man bemerkte, daß dieſe am ſtärkſten war, wenn man den Strom 8 bis 10 Secunden wirken ließ, wo ſie ſich ungefähr dreimal ſtärker zeigte, als wenn die Kette nur einen Augenblick geſchloſſen blieb. Nobili (Schweigg. LX. 280) hat dieſelbe Beobachtung gemacht.

4) Die ſchon früher von Ritter (deſſen Beitr. II. St. 2. S. 83) gemachte Beobachtung, wonach bei abwechſelnder Schließung und Öffnung der Kette durch Theile des Körpers die Trennungsſchläge im Verhältniß zu den darauf folgenden Schließungsſchlägen immer ſtärker und ſtärker werden, fand Marianini (Schweigg. LVI. 233) auch an Froſchpräparaten beſtätigt.

Er bewirkte bei einer Säule kurz auf einander folgende abwechſelnde Öffnungen und Schließungen mittelſt eines Froſchpräparates, und beobachtete ungefähr 1 Stunde hindurch, daß in dem Maße, als die Schließungszuckungen ſchwächer wurden, die Trennungszuckungen an Stärke zunahmen. Doch bemerkt er, daß von 4 bis 5 dieſem Verſuch unterworfenen Fröſchen nur ein einziger, ein ſehr dickes, lebhaftes, erregbares, lebenskräftiges Männchen, den erwähnten Erfolg mit rechter Deutlichkeit darbot.

5) Folgender Verſuch Marianini's (Schweigg. LVI. 325) iſt ebenfalls nur eine Beſtätigung ſchon früher bekannter *).

Man präparire zwei Fröſche auf die gewöhnliche Weiſe, man bringe die Gliedmaßen des einen mit dem negativen, die des andern mit dem poſitiven Pole einer Kette in Verbindung und laſſe die beiden Körper (troncs) derſelben in die Flüſſigkeit eines und deſſelben Gefäßes tauchen. Bei jeder Schließung der Kette zuckt der erſte Froſch, der andere nicht. Kehrt man die Lage des letztern um, indem man den Körper an die Stelle bringt, wo ſich erſt ſeine Gliedmaßen befanden, und umgekehrt, ſo zucken beide Fröſche bei der Schließung und rühren ſich nicht bei der Öffnung. Kehrt man endlich die zuletzt erwähnte Lage beider Fröſche zugleich um, d. h. ſtehen die Gliedmaßen des erſten mit dem poſitiven Pole, der Körper des zweiten mit dem negativen Pole in Verbindung, während der Körper des erſtern und die Gliedmaßen des letztern in daſſelbe Gefäß tauchen, ſo zuckt keiner von beiden bei Schließung der Kette, beide dagegen bei Trennung derſelben. — Dieſe Zuckungen ſind übrigens, wenn man wenig Plattenpaare anwendet, immer bei Weitem ſchwächer, als wenn man mit einem einzigen Froſche operirt.

6) Marianini macht einen Unterſchied zwiſchen idiopathiſchen und ſympathiſchen Zuckungen, welche durch den Galvanismus hervorgerufen werden, und zwar ſind nach ihm erſtere ſolche, welche durch unmittelbare Wirkung auf die Muſkeln entſtehen, letztere ſolche, welche von der Wirkung auf die, den Muſkelbewegungen vorſtehenden, Nerven entſtehen. (Schweigg. LVI. 329). Dieſe Unterſcheidung gründet ſich jedoch auf mangelhafte Verſuche, indem Humboldt ſchon früher durch entſcheidende Verſuche (gereizte Muſkel- und Nervenfaſer I. 104) nachgewieſen hat, daß idiopathiſche Zuckungen in Marianini's Sinne gar nicht Statt finden. So z. B. giebt nach Humboldt ein Muſkel, aus dem der Nerve möglichſt ſorgſam herauspräparirt iſt, keine Zuckungen mehr durch Galvanismus. Nobili (Schweigg. LX 291) läugnet ebenfalls das Vorhandenſein idiopathiſcher Zuckungen. Seine in dieſem Bezuge angeführten Verſuche haben indeß mindere Beweiskraft als Humboldt's Verſuche.

7) Bei einem ſehr empfindlichen Froſchpräparate entſteht, wie ſchon durch Galvani bekannt iſt, eine Zuckung unabhängig von allem Contact heterogener Metalle, wenn man Muſkel und Nerv des Präparates durch einen homogenen, feuchten oder metalliſchen, Bogen ſchließt, und zwar geht der Strom nach Nobili (innerhalb des Präparates) von den Füßen zum Rückenmark, durchläuft mithin das Präparat in der der Nervenverzweigung entgegengeſetzten Richtung. Nobili (Schweigg. LX. 294) nennt die hierbei Statt findende Strömung Strom des Froſches. Die Zu-

---

*) Biot III. 409.

ckung findet gewöhnlich bei der Schließung Statt, doch zeigen Individuen von ſehr groſer Lebenskraft die Zuckung auch bei der Öffnung der Kette, ſehr wenige bloß in der letzten Epoche. Man erhält dieſe Zuckungen im Allgemeinen nur wenige Minuten lang, doch dauern ſie bei einigen Individuen eine Viertelſtunde und ſelbſt länger. Jedenfalls verliert nach Nobili das Thier ſeine Erregbarkeit gänzlich, bevor es noch ſeine elektromotoriſche einbüßt, wie ſich durch Galvanometer oder auch durch friſche Froſchſchenkel nachweiſen läßt, welche in den Kreis ſchon lange unthätig gewordener Froſchſchenkel gebracht, das Fortbeſtehen des urſprünglichen Stromes noch deutlich anzeigen; was ein Beweis mehr ſein möchte, daß die elektriſche Strömung, welche durch die eigenen Organe des Froſches hierbei entſteht, keine von ſeiner Lebenskraft abhängige Wirkung iſt.

Nobili iſt allerdings der Anſicht Volta's nicht geneigt, daß Nerv und Muskel hierbei als zwei heterogene Körper wirken, ſondern er glaubt vielmehr hierbei eine thermoelektriſche Wirkung im Spiele. Der Muskel und der Nerv beſitzen nämlich beide die Neigung nach und nach auszutrocknen, und dieſer Verluſt an Feuchtigkeit ſoll genügen, einen Temperaturunterſchied zwiſchen beiden zu unterhalten*). Es braucht wohl nicht erinnert zu werden, wie unwahrſcheinlich dieſe Anſicht iſt. Indeß Nobili ſieht überall thermoelektriſche Wirkungen.

8) Unter den nach Galvani's Art präparirten Fröſchen ſtößt man bisweilen auf einige, deren Gliedmaßen dermaßen ſteif werden, daß ſie ſich nur mit Mühe biegen laſſen, und, mit Gewalt gebogen, nachher ſchnell ihre urſprüngliche Steifigkeit wieder annehmen, mithin mit einer Art Starrkrampf behaftet ſind. Nobili beobachtete in einigen Fällen (Schweigg. LX. 301), daß ein ſolcher Froſch unter dem Einfluße eines gewiſſen Stromes in dieſem Zuſtande verharrte, während unter dem Einfluße des entgegengeſetzten Stromes alle Gliedmaßen vollſtändig abgeſpannt wurden. Anderemale gelang ihm dieſer Erfolg nicht, ohne daß er die Urſachen anzugeben weiß, worauf der Erfolg oder Nichterfolg beruht. Man kann übrigens nach Nobili einen künſtlichen Tetanus bei einem Froſche dadurch erzeugen, daß man ihn in eine Kette bringt, und dieſe Schlag auf Schlag abwechſelnd öffnet und wieder ſchließt.

9) Von einigen galvaniſchen Verſuchen Marianini's und Müller's an Fröſchen wird noch im nächſten Artikel die Rede ſein.

Galvaniſch-phyſiologiſche und therapeutiſche Verſuche.

Verſuche von Müller**). Der nach Bell's, Magendie's und Schöps's bisherigen Verſuchen immer noch nicht für völlig erwieſen zu erachtende Umſtand, daß die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven der Bewegung, die hinteren der Empfindung dienen, kann jetzt durch neuere Verſuche vom Profeſſor Müller zu Bonn an Fröſchen, wo dieſe Verſuche viel weniger Schwierigkeit darbieten, als außer Zweifel geſetzt angeſehen werden. Außer den Verſuchen mit mechaniſcher Reizung der vorderen und hinteren Wurzelenden ſprechen auch hierfür Verſuche, die mit galvaniſcher Reizung dieſer Enden angeſtellt wurden. In Verbindung mit dieſen Verſuchen ſtellte Müller zugleich andere an Kaninchen an, welche den ebenfalls ſchon früher aufgeſtellten Satz beſtätigen, daß die einzelnen Hirnnerven verſchiedene Functionen in Bezug auf Bewegung und Empfindung beſitzen. Die conſtanten Reſultate dieſer Verſuche waren folgende:

---

*) Weil nämlich der eine Körper in der einen Zeit mehr verdampfen läßt, als der andere, ſo ſoll ſich erſterer mehr abkühlen.

**) Froriep's Notiz. Nr. 8. und 9. des XXX. Bandes.

Die zu prüfenden Nervenwurzeln bei den Fröſchen waren jedesmal dicht am Rückenmark abgeſchnitten *), ſo daß ſie nur mit ihren Rumpfnerven in Verbindung ſtanden. Zur Iſolation wurde immer eine Glasplatte untergeſchoben und der ganze (noch lebende) Froſch auf ein Stück Glas gelegt.

1) Wenn man die hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven mechaniſch reizt oder allein mit beiden Polen eines einfachen Plattenpaares in Verbindung bringt, ſo entſteht niemals die geringſte Spur einer Zuckung **).

2) Wenn man dagegen die hinteren Wurzeln mit dem einen Pole, einen Muskel der unteren Extremitäten mit dem andern Pole armirt, und alſo einen galvaniſchen Strom von der Wurzel bis zu dem Muskel leitet, ſo entſtehen Zuckungen, und zwar bloß in den innerhalb des galvaniſchen Wirkungskreiſes gelegenen Muskeln.

3) Die vorderen Wurzeln bewirken, ſowohl unmittelbar mit beiden Polen vereinigt, als mittelbar, indem der andere Pol auf die Muskeln wirkt, Zuckungen in allen Muskeln der Extremität, nicht bloß in dem galvaniſchen Wirkungskreiſe, ſondern bis zu den Zehen herab. Eben ſo bewirkt mechaniſche Reizung der vorderen Wurzeln die lebhafteſten Zuckungen.

4) Daſſelbe erfolgt, wenn man die hinteren Wurzeln mit dem einen Pole, die vorderen Wurzeln mit dem andern Pole in Verbindung bringt.

5) Quetſcht man einen Muskelnerven mit der Pincette, ſo wirken mechaniſcher und galvaniſcher Reiz über der gequetſchten Stelle nicht mehr, wohl aber, wenn der mechaniſche und galvaniſche Reiz unter dieſer und dem Muskel applicirt wird; desgleichen entſtehen Zuckungen, wenn der eine Pol auf das Ende des gequetſchten Nerven, der andere Pol auf den Muskel wirkt.

6) Schneidet man die Wurzeln der letzten Spinalnerven in einiger Entfernung vom Rückenmarke ab, ſo daß noch die Anfänge am Rückenmarke ſitzen bleiben, ſo bewirken weder die vorderen, noch die hinteren

---

*) Ob hierbei die hinteren Wurzeln mit dem Rückenmark vereinigt blieben, wenn die vorderen abgeſchnitten waren, und umgekehrt, erhellt nicht deutlich.

**) Das Abſchneiden der hinteren Wurzeln vom Rückenmarke war oft ganz deutlich mit Schmerzensäußerungen am Vordertheile des Rumpfes verbunden.

Wurzeln, wenn ſie allein armirt werden, in rückwärts gehender Richtung Zuckungen an den vorderen Theilen des Rumpfes, z. B. am Kopfe; dagegen entſtehen Zuckungen, wenn die Wurzeln mit dem einen Pole, die entblößten vorderen Theile des Körpers mit dem andern Pole armirt werden.

7) Bei einem Froſche wurden alle Wurzeln der Nerven am größten Theile des Rückenmarkes von hinten bis in die Gegend der Arme dicht am Rückenmark abgelöſt, ſo daß der hintere Theil des Rückenmarkes frei emporgehoben und ein Glastäfelchen untergeſchoben werden konnte. Das Rückenmarksende, mit beiden Polen verbunden, erregte Zuckungen in allen Theilen, welche noch mit dem Rückenmark in Verbindung ſtanden; verhielt ſich alſo in dieſer Hinſicht anders als die abgeſchnittenen Nervenwurzeln.

Folgende Reſultate an den Hirnnerven wurden bei Kaninchen erhalten.

8) Der nervus facialis erregt bei jeder Zerrung mit der Nadel und bei Reizung durch eine Kupfer- und Zinkplatte die lebhafteſten Zuckungen an der Schnauze und allen Geſichtsmuskeln, welche von dem gereizten Äſte abhängig ſind. Doch iſt dieſer Nerv nicht bloßer Bewegungsnerv, wie Bell annimmt, denn wenn man irgend einen Aſt des nervus facialis bei einem Kaninchen durchſchneidet, ſo entſtehen nicht bloß Zuckungen in den abhängigen Muskeln, ſondern die heftigſten Schmerzensäußerungen und ein klägliches Geſchrei.

9) Der nervus infraorbitalis erregt, wenn man ihn auch noch ſo ſehr mit einer Nadel an der Austrittsſtelle reizt und zerrt, niemals eine Spur von Zuckung in den Muskeln der Schnauze, zu denen er doch, in Vereinigung mit den Äſten des facialis, viele Zweige giebt. Der Nerv wurde dicht an der Austrittsſtelle durchgeſchnitten, wobei das Thier ein höchſt klägliches Geſchrei und ungeheure Schmerzensäußerungen erhob. Das Ende des Nerven ward mit beiden Metallplatten in Verbindung gebracht, nachdem der Nerv auf eine Glasplatte aufgelegt worden. Es ward keine Spur von Zuckung in den entblößten Muskeln der Schnauze wahrgenommen. Wohl aber entſtanden Zuckungen, als der nervus infraorbitalis mit der einen Platte, die Muskeln mit der andern Platte armirt wurden. Als man darauf auf das iſolirte Ende des nervus infraorbitalis beide Pole einer galvaniſchen Säule wirken ließ, zeigten ſich bei der Berührung an einigen Stellen des ſehr breiten Nerven keine Zuckungen in den Muskeln der Schnauze, wohl aber bei der Berührung an andern Stellen des Nerven kleine Zuckungen, was daraus erklärlich ſcheint, daß ſich Äſte des facialis ſogleich an den nervus infraorbitalis an der Austrittsſtelle anſchließen.

10) Der nervus hypoglossus bewirkt bei jeder Zerrung mit der Nadel und beim galvaniſchen Reize durch beide Pole ſehr heftige Zuckungen in der Zunge bis in die Zungenſpitze. — Der nervus lingualis bewirkt keine Spur einer Zuckung, wenn er mit der Nadel gezerrt wird, und ſelbſt dann nicht, wenn die beiden Pole einer galvaniſchen Säule von 65 Plattenpaaren auf ihn wirken. Wenn man aber den einen Pol auf die Zunge, den

andern auf den nervus lingualis bringt, ſo entſtehen Zuckungen. — Der nervus glossopharyngeus erregte, unmittelbar mit beiden Polen der Säule in Verbindung gebracht, kleine Zuckungen in dem Schlunde, nachdem das Thier ſchon todt war.

11) Als die beiden Pole der Säule von 65 Plattenpaaren auf den nervus splanchnicus applicirt wurden, entſtanden keine Zuckungen am Darmcanale, ſondern die ſchwachen periſtaltiſchen Bewegungen verſtärkten ſich nur, und wurden wieder hervorgerufen, als ſie zuletzt aufgehört hatten. Als man den einen Pol auf den Nerven, den andern auf irgend eine Stelle des Darmes applicirte, zog ſich vorzugsweiſe die letztere Stelle, aber ganz außerordentlich eng, zuſammen.

Bemerkt mag noch Folgendes werden:

Müller ſchließt aus dem Umſtande, daß Zuckungen entſtehen können, wenn ein Nervenende allein mit beiden Polen armirt wird, wo der galvaniſche Strom nicht durch den ganzen Nerven, ſondern nur durch den zwiſchen den Polen befaßten Theil des Nervenendes hindurchgeht; daß das galvaniſche Fluidum nichts mit dem Nervenfluidum gemein habe, ſondern bloß eben ſo wie ein mechaniſcher, auf das Vorderende angebrachter, Reiz wirke. Indeß ſcheint mir ein ſolcher Schluß nicht minder vorzeitig als der, daß die Zuckung eine Identität wirklich beweiſe. Die Entſcheidung hierüber möchte wohl nicht ohne Zuziehung anderer Umſtände zu geben ſein.

*Verſuche von Lembert**). *Lembert* legte den hintern Theil des Rückenmarkes eines jungen Hundes zwiſchen der Cervical- und Dorſalgegend blos, zerſchnitt alsdann das Rückenmark völlig in der Quere und beugte den Körper des Thieres nach vorwärts, ſo daß die Schnittflächen ſichtbar wurden. Darauf ließ *Lembert* den Galvanismus auf das Rückenmark in folgender Art wirken. Die Leitungsdrähte einer galvaniſchen Säule von 12 Plattenpaaren wurden mittelſt einer Seidenumhüllung iſolirt, dann ihrer ganzen Länge nach an einander gelegt, ſo daß ſie gewiſſermaßen nur einen einzigen Draht mit zwei Spitzen bildeten. Nach dieſer Vorrichtung wurden dieſe Spitzen auf alle Puncte der Schnittoberflächen des Rückenmarkes gebracht. Auf der dem Gehirn zunächſt gelegenen Fläche brachte die Berührung dieſes doppelten Leiters unregelmäßige Bewegungen hervor, welche bloß von dem Schmerze herzurühren ſchienen, den das Thier empfand. Auf der untern Fläche brachte der Galvanismus je nach den Puncten, welche berührt wurden, veränderliche Erſcheinungen hervor. Wurden die *vorderen* Bündel berührt, ſo krümmte ſich der Schwanz des Thieres zwiſchen die Hinterbeine, und auch die hinteren Extremitäten wurden in einem ſehr merklichen Grade gebeugt. Wurden die *hinteren* Bündel des Rückenmarkes berührt, ſo entſtanden die entgegengeſetzten Bewegungen, nämlich Streckung der Glieder und des Schwanzes, und auch der Rumpf wurde wieder gerade. Berührte *Lembert* irgend eines von den Seitenbündeln des Rückenmarkes, ſo erfolgte eine Seitenbeugung der entſprechenden Seite. Die Wirkung des Galvanismus auf einen zwiſchen den Bündeln liegenden Punct hatte immer eine ſchräge Contraction des Rumpfes und Schwanzes zur Folge.

---

*) Froriep's Notiz. Nr. 13. des XXX. Bandes S. [illegible]

Verſuche von Marianini. Folgenden Verſuch führt Marianini *) als Beweis an, daß Bewegung entſteht, wenn das galvaniſche Fluidum die Nerven nach der Richtung ihrer Verzweigung, Empfindung, wenn es ſie in entgegengeſetzter Richtung durchläuft.

Ein weiblicher Froſch von mittelmäßiger Größe, ziemlich jung und kräftig, wurde mit dem Rücken auf einem hölzernen Lineale ausgeſtreckt und mittelſt geſonderter Bänder die Hinterbeine und jedes Vorderbein daran feſtgebunden, ſo daß ſein Athmen ganz ungehindert vor ſich gehen konnte. Darauf ward er ſo präparirt, daß die hinteren Gliedmaßen am Körper bloß mittelſt der beiden Cruralnerven hingen. Gleich nach der Operation ward der Froſch losgebunden, das rechte Vorderbein mit einem kleinen Bleiſtreifen (lame) gebunden, deſſen anderes Ende mit dem Pole eines galvaniſchen Apparates in Verbindung ſtand; die beiden mit einander verbundenen Hinterbeine wurden mit einem Bleiſtreifen (bandelette) gebunden, der ſich zum andern Pole begab. Die Vorderbeine und der Bauch des Froſches wurden auf eine Glasplatte gelegt und die Hinterbeine mit der Hand, die mit einer iſolirenden Hülle bekleidet war, aufgehoben. Ungefähr 1 Minute, nachdem Alles angeordnet war, und als ſich der Froſch vollkommen ruhig zeigte, wurde er der elektriſchen Strömung unterworfen. Dabei beobachtete Marianini Folgendes.

Wenn der poſitive Pol mit den Vorderbeinen, der negative mit den Hinterbeinen in Verbindung ſtand, ſo bewegte der Froſch die letzteren im Augenblick der Schließung, ſtieß dagegen im Augenblick der Öffnung einen anhaltenden Schrei mit der ganzen Kraft ſeiner Lungen aus und erhob ſich zugleich unter Verdrehungen auf die vorderen Gliedmaßen. Bei entgegengeſetzter Anordnung der Pole ließ der Froſch bei Schließung der Kette einen mit Verdrehungen begleiteten Schrei hören, einen Schrei, den er zwei-, drei- und ſelbſt viermal wiederholte, wenn man die Kette einige Zeit geſchloſſen ließ; bei Öffnung der Kette bewegten ſich die Hinterbeine, das Thier hörte auf zu ſchreien und den Körper zu verdrehen.

Dieſen Gegenſatz der Wirkungen beobachtete Marianini erſt bei einem einfachen Plattenpaare, dann bei Ketten aus drei und acht Paaren, im Ganzen zehn- bis zwölfmal.

Dieſe Verſuche wurden von Marianini mit einigen Abänderungen noch mehrmals wiederholt, doch erhielt er nicht immer ſo beſtimmte Reſultate als bei dieſen Verſuchen, wiewohl ſie im Allgemeinen damit übereinſtimmten **).

---

*) Schweigg. LVI. 235 oder Ann. de Ch. et de Ph. XL. 233.

**) Vergl. auch Nobili in Schweigg. LX. 28.

Verſuche **Matteucci's** *), bei welchen die Polardrähte einer Säule mit verſchiedenen, durch Schnittwunden bloßgelegten, Organen des Unterleibes eines lebendigen Kaninchens in Berührung gebracht wurden, und wo die um den poſitiven Draht ſich anſammelnde Flüſſigkeit ſauer, die um den negativen ſich ſammelnde alkaliſch reagirte, ſcheinen uns keiner beſondern Erwähnung zu verdienen; da dieſer Erfolg wohl ſehr natürlich iſt, und zu den Folgerungen über die Analogie thieriſcher Secretionen mit den chemiſchen Zerſetzungen durch die Säule, die **Matteucci** daran knüpft, ſchwerlich berechtigen dürfte.

Verſuche von David. Wie in Biot III. S. 553 bemerkt worden, haben **Beclard** und **Beraudi** beobachtet, daß eiſerne Nadeln, die man in die Nerven lebender Thiere ſteckt, nach etwa ½ Stunde magnetiſch wieder herausgezogen werden, welches dahin deutet, daß das den Nerven durchlaufende Fluidum elektriſcher Natur iſt. Beobachtungen, welche noch directer zu dieſer Folgerung zu führen ſcheinen, hat Dr. **David** **) gemacht, indem er ſelbſt Bewegungen der Magnetnadel durch Drähte, welche in die Nerven geſteckt wurden, hervorgebracht haben will; indeß erhellt ſchon aus der Beſchreibung dieſer Verſuche ſelbſt die Unzuverläſſigkeit derſelben, und durch Wiederholung derſelben von **Müller** in Bonn (Fror. Not. 1831. Nr. 8. des XXX. Bandes S. 117) iſt ihre Unrichtigkeit noch vollends außer Zweifel geſetzt worden, daher wir uns ihrer nähern Anführung überheben.

Elektricität des Zitterrochens ***). **H. Davy** hat durch wiederholte Verſuche die Elektricität des Zitterrochens nicht nur zur Hervorbringung chemiſcher Wirkungen, ſondern auch zur Ablenkung der Multiplicatornadel ganz unfähig gefunden. Unſtreitig rührt dies daher, daß ein ſolcher Schlag jedesmal nur eine unbeſtimmt kleine Zeit dauert; dagegen zu jenen Wirkungen eine Continuität der Strömung erforderlich zu ſein ſcheint.

Verſuche von Pravaz. Nach Verſuchen von **Pravaz** †) an Hunden, welche von anderen, tollen, Hunden gebiſſen worden, kann dadurch, daß man die Wunde galvaniſirt, d. h. die entgegengeſetzten Polardrähte einer Säule von 40 bis 50 Paaren nach und nach mit allen Puncten der Wunde in Berührung bringt (ſo daß die Säule jedesmal durch die Wunde geſchloſſen wird), die Hundswuth verhütet werden. In der That blieben bei wiederholten Beobachtungen an Hunden, die von demſelben tollen Hunde gebiſſen worden, dieſenigen befreit von der Wuth, welche dieſe Behandlung erfahren hatten, während die nicht ſo behandelten ſtarben. Der Verfaſſer führt einen Fall an, wo der Galvanismus erſt 24 Stunden nach dem Biſſe, der durch einen unzweifelhaft tollen Hund erfolgt war, angewandt ward, und deſſen ungeachtet das gebiſſene Thier nicht von der Wuth befallen wurde.

---

*) Ann. de Ch. et de Phys. 1830. Mars. pag. 256 oder Schweigg. Journ. LX. 305.

**) Thèse inaugurale. Paris 1830.; ein Auszug in Froriep's Notiz. Nr. 7. des XXIX. Bandes.

***) Philos. transact. 1829. I.; oder Bibl. univ. XLI. 99; oder Schweigg. J. LVII. 17 oder Pogg. XVI. 311.

†) Revue médicale. Dec. 1830. oder Froriep's Notiz. Nr. 16. des XXI. Bandes S. 249.

Bemerkung von Nobili. Nobili (Schweigg. LX. 305) macht darauf aufmerkſam — und dies ſcheint mir großer Beachtung werth — daß es bei Behandlung gewiſſer Krankheiten durch Galvanismus, insbeſondere bei Lähmungen, wohl zweckmäßig ſein möchte, den Galvanismus nicht continuirlich durch das leidende Glied ſtrömen zu laſſen, ſondern in ſchnell auf einander folgenden abwechſelnden Öffnungen und Schließungen.

X. Thermoelektricität geſchloſſener Ketten *).

Apparat, um thermoelektriſche Wirkungen nachzuweiſen und zu meſſen.

Der gewöhnliche Multiplicator iſt bekanntlich für einfache thermoelektriſche Ströme von wenig Wirkſamkeit **), weil dieſe Ströme durch Dünne des Leitungsdrahtes verhältnißmäßig zu ſtark geſchwächt werden, ſo daß der Vortheil des wiederholten Vorbeigehens der Elektricität, den man durch die Anwendung des Multiplicators erlangt, mehr als compenſirt werden kann durch die Länge und Dünne, die der Multiplicatordraht beſitzen muß. Dieſe Betrachtung, welche in der allgemeinen Theorie der galvaniſchen Kette ihre vollſtändige Erklärung findet, hat mich veranlaßt, folgenden Apparat zu conſtruiren ***), in welchem zwar der Vortheil des wiederholten Vorbeigehens der Elektricität vermißt wird, dagegen der ganze Vortheil in das ausnehmend gute Leitungsvermögen des Schließungsbogens gelegt iſt. In der That iſt dieſer Apparat von vorzüglicher Wirkſamkeit.

Der weſentliche Theil des Inſtrumentes beſteht in nichts anderem, als einem, eine einzige Windung machenden, breiten und dicken Kupferſtreifen, der in ſeiner Lage gegen die darin aufgehängte Doppelnadel (deren Länge von der Breite des Streifens etwas übertroffen wird) Fig. 60. im Durchſchnitt und Fig. 61. in der Anſicht von oben verzeichnet iſt. Sein oberes Blatt a a′ b c geht in den Anſatz d, ſein unteres in den Anſatz e aus; er-

*) Von der Erregung der Elektricität im Spannungszuſtande durch Wärme iſt ſchon S. 343 die Rede geweſen.

**) Die Wirkſamkeit nimmt indeſſen zu mit der Anzahl der Elemente, aus denen die thermoelektriſche Kette zuſammengeſetzt ward.

***) Fechn. Maßbeſt. S. 1.

ſterer iſt etwas nach abwärts, letzterer etwas nach aufwärts gebogen, ſo daß ihre Enden, auf welchen ſich meſſingene kleine Gefäße α und β angeſchraubt finden, in Ein Niveau kommen *). Auf dem obern Blatte des Kupferſtreifens iſt eine längliche Öffnung hh′ zum Einbringen und Herausnehmen der innern Magnetnadel angebracht, desgleichen eine Kreiseintheilung verzeichnet. Die Glocke, welche das Ganze bedeckt, hat bei f einen Ausſchnitt, um die Anſätze mit den Meſſinggefäßen, von denen in Fig. 60. wegen der Durchſchnittszeichnung bloß eins ſichtbar iſt, hervortreten zu laſſen. In dieſe Meſſinggefäße wird Queckſilber gegoſſen und das Gefäß dadurch in die Kette gebracht.

Dimenſionen des Inſtrumentes in pariſer Decimalmaß:

Breite des Streifens	22⅔ Lin.
Dicke	1
Abſtand des obern Blattes vom untern	4⅔
Länge des Blattes von a bis a′ oder von b bis b′ . . .	34⅔
Länge eines Anſatzes	20

Dies Inſtrument iſt ſo empfindlich, daß, wenn man die beiden Queckſilbergefäße durch einen ſtarken Bogen von Wismuth und Antimon verbindet, ſo reicht die bloße Anbringung der Handwärme an die Löthſtelle des Bogens hin, die Nadel zu einer ſtehenden Ablenkung von 80° bis 85° zu bringen, alſo ſie faſt ſenkrecht auf den Strom zu ſtellen.

Man kann übrigens dies Inſtrument eben ſo wohl für hydroelektriſche Ströme benutzen. Es iſt aber ſowohl hier, als (und zwar in noch viel höherm Maße) bei den thermoelektriſchen Strömen folgender Umſtand weſentlich. Man darf in den Verbindungskreis durchaus keine dünnen und langen Drähte bringen, denn eine Drahtlänge dieſer Art, welche, wenn der gewöhnliche Multiplicator die Kette ſchließt, in dieſelbe hinzugebracht, die Kraft kaum merklich ändert, kann dieſe, wenn ſie bei Schließung durch den obigen Apparat in die Kette tritt, außerordentlich ſtark ſchwächen; ein Umſtand, der ſich leicht aus dem Ohmſchen Grundgeſetze über die Kette erklärt. Bloß, wenn nirgends ein vermöge ſeiner Dimenſionen oder Materie ſchlecht leitender Körper ſich in der Kette befindet, oder wenn der Widerſtand, den ein ſolcher äußert, durch Verſtärkung der elektromotoriſchen Kraft mittelſt Vermehrung der Plattenpaare compenſirt wird, findet obiges Inſtrument ſeine Anwendung. Die Verbindungsdrähte, mittelſt deren man das Inſtrument in die Kette bringt, müſſen daher möglichſt kurz und dick ſein.

Man kann dies Inſtrument auf doppelte Weiſe zu präciſen Meſſungen benutzen. Zuvörderſt ergiebt ſich leicht, wenn man die von Kämtz in Schweigg. Journ. XXXVIII. gegebenen Formeln auf den Fall dieſes Inſtrumentes anwendet, wo die Entfernung der Nadel vom Strom als con-

---

*) In Fig. 60. hat es den Anſchein, als wenn die Anſätze d und e zuſammenliefen, allein in der That endigt ſich bloß einer neben dem andern, wie in Fig. 61.

ſtant angeſehen werden kann, wenigſtens wenn die Breite des Streifens die Länge der Nadel hinreichend übertrifft, daß die Kraft des Stromes proportional iſt der Tangente der Ablenkung der Doppelnadel, wenn ihre anfängliche Lage der Richtung des Stromes parallel war.

Man kann aber auch ſtatt deſſen die von mir S. 388 aus einander geſetzte Methode der Oscillationen anwenden.

Abhängigkeit der thermoelektriſchen Kraft von der Temperaturdifferenz.

Becquerel *) hat an einfachen Ketten von Eiſen und Silber, Eiſen und Kupfer, Kupfer und Platin, Silber und Zinn, Kupfer und Silber nachgewieſen, daß, wenn die Temperatur der einen Löthſtelle auf 0° erhalten wird, während die andere zu verſchiedenen Graden erwärmt wird, die thermoelektriſche Kraft im genauen Verhältniß der Temperaturdifferenz wächſt, wenn dieſe nicht einen gewiſſen Grad überſteigt. Die Gränze, bis zu welcher die Verſuche hierüber angeſtellt wurden, und innerhalb deren die Proportionalität fortbeſtand, war bis 40° C. Bei hohen Temperaturdifferenzen jedoch findet, wie **Becquerel** bei einer ſpätern Verſuchsreihe fand (und auch ſchon früher bekannt war), dieſe Proportionalität nicht mehr Statt; bei mehreren Metallen, wie Silber-Zink, Gold-Zink kann ſogar bei höheren Temperaturdifferenzen wieder Abnahme und ſelbſt Umkehrung der Kraft eintreten. Die erſte der nachfolgenden Tabellen enthält die Belege für die bis 40° C. gehende Proportionalität der Intenſität mit der Temperaturdifferenz; die zweite für die Nichtproportionalität bei höheren Temperaturdifferenzen.

Das bei den Verſuchen angewandte Verfahren war dieſes: Ein Draht z. B. von Platin und ein anderer von Eiſen wurden mit einem ihrer Enden zuſammengelöthet, während ihre beiden anderen Enden mit dem kupfernen Drahte des Galvanometers zuſammengelöthet waren, für deſſen Grade durch ein beſonderes Verfahren (Pogg. VI. 345 oder Schweigg. J. LVII. 309) die entſprechenden Kräfte ausgemittelt waren. Nachdem die Löthſtellen mit Ausnahme derjenigen, welche das Eiſen mit dem Platin verband, in ſchmelzendes Eis gebracht worden, ward allmälig die Temperatur dieſer letztern erhöht. Eben ſo ward bei Verſuchen mit den anderen Metallen verfahren. Folgendes ſind die erhaltenen Reſultate:

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 353 (Schweigg. Journ. LVII. 311) und XLVI. 316.

Erſte Tabelle.

Metalle, welche die Kette bilden.	Temperatur C. der einen Löthſtelle, während ſich die andere auf Null befindet.	Ablenkungen der Magnetnadel.	Entſprechende Intenſitäten des Stroms.	Berechnete Intenſitäten.
Eiſen u. Silber	40°	52°	76	76
	30	45	56,76	57
	20	40	38	38
	10	27	18,80	19
Eiſen u. Kupfer	40	—	—	80
	30	48	50,92	60
	20	41	40,70	40
	10	28	20	20
Kupf. u. Platin	40	41	40,40	40
	30	36	30,28	30
	20	28	20	20
	10	18	10	10
Silber u. Zinn	40	—	—	—
	30	48	59,92	60
	20	41	40,70	40
	10	28	20	20
Kupf. u. Silber	40	34	27,20	26,84
	30	28	20	20,13
	20	22	13,30	13,42
	10	13	6,60	6,71

Zweite Tabelle*).

Metalle, welche die Kette bilden.	Temperatur C. der einen Löthſtelle, während ſich die andere auf Null befindet.	Ablenkungen der Magnetnadel.	Entſprechende Intenſitäten des Stroms.
+ − Eiſen Kupfer	50	10	72,50
	100	20	120
	150	25	145
	200	27,50	158
	250	28,50	163,50
	300	29	166,20

---

*) Bloß für das Eiſen-Kupferpaar ſind die den Ablenkungen entſprechenden Intenſitäten beigefügt. Unſtreitig waren die Ablenkungen mit einem andern Multiplicator gewonnen, als die in voriger Tabelle.

Metalle, welche die Kette bilden.	Temperatur C. der einen Löthſtelle, während ſich die andere auf Null befindet.	Ablenkungen der Magnetnadel.	Entſprechende Intenſitäten des Stroms.
+ − Silber Zink	0	0	
	20	2	
	39	4	
	58	6	
	80	8	
	120	10	
	160	8	
	187	6	
	207	4	
	215	2	
	225	0	
+ − Zink Silber	225	0	
	236	2	
	247	4	
	253	6	
	262	8	
	270	10	
	281	12	
	300	14	
	290	12	
	282	10	
	—	8	
	265	6	
	258	4	
	250	2	
	240	0	
− + Gold Zink	Bei 70° C. beträgt die Ablenkung ungefähr 2°, nimmt aber bei ſteigender Temperatur ab und iſt bei 150° null; dann fängt ſie nach entgegengeſetzter Richtung wieder an		
+ − Gold Zink	150	0	
	180	2	
	195	4	
	210	6	
	220	8	
	240	10	
	255	12	
	275	14	

Geſetz der galvaniſchen Spannungsreihe, auch für thermoelektriſche Ketten nachgewieſen*).

Das Geſetz, daß z. B. der elektromotoriſche Abſtand zwiſchen Eiſen und Kupfer gleich iſt der Summe der Abſtände zwiſchen Eiſen und Platin und Platin und Kupfer, oder allgemeiner, daß der Abſtand zweier in der galvaniſchen Spannungsreihe aus einander liegender Metalle gleich iſt der Summe der ſucceſſiven Abſtände aller Zwiſchenmetalle unter einander und von den äußerſten Metallen, iſt von Becquerel auch für thermoelektriſche Ketten bei einer Temperaturdifferenz von 20° (ſo daß die eine Löthſtelle ſich auf Null befand) nachgewieſen worden. Man kann dies durch Vergleichung der Werthe ſchließen, welche in folgender Tabelle enthalten ſind.

Relative Intenſitäten des thermoelektriſchen Stromes für verſchiedene Metalle, bei einer Temperaturdifferenz von 20° — 0° C.

Eiſen-Zinn	31,24
Kupfer-Platin	8,55
Eiſen-Kupfer	27,96
Silber-Kupfer	2
Eiſen-Silber	26,20
Eiſen-Platin	36,07
Kupfer-Zinn	3,50
Zink-Kupfer	1
Silber-Gold	0,50

Die Meſſung war, um die Differenzen zu vermeiden, die von dem verſchiedenen Leitungsvermögen der dem Verſuch unterworfenen Metalle herrühren konnten, ſo unternommen, daß eine einzige thermoelektriſche Kette aus allen Metallen, die mit einander verglichen wurden, gemacht, und jedesmal alle Löthſtellen, mit Ausnahme einer einzigen, auf Null Grad erhalten wurden. Da die Kette ſtets dieſelbe blieb, ſo blieb ſich ſolchergeſtalt auch das Leitungsvermögen ſtets gleich und die Reſultate wurden unter einander vergleichbar.

Thermoelektriſche Wirkungen, am Condenſator nachgewieſen.

Becquerel**) führt folgende Verſuche an, die mir zum Theil allerdings in keiner ſonderlichen Form, um viel daraus ſchließen zu können, angeſtellt zu ſein ſcheinen. Man bringt einen Platindraht in eine Glasröhre, die an der Lampe an einem ihrer Enden zugeſchmolzen iſt, und ſetzt das freie Ende dieſes Drahtes mit einer der Platten eines Volta'ſchen Condenſators in Verbindung, unter Vermeidung der Berührung heterogener Metalle (alſo wohl unter Zwiſchenwirkung eines feuchten Körpers); dann erhitzt man mittelſt einer Alkohollampe oder einer andern Wärmequelle den Theil der Röhre, welcher verſchloſſen iſt, bis zum Rothglühen. Man erhält in der Regel kein elektriſches Zeichen, welches von der Temperaturerhöhung abhängig wäre *). Wickelt man dagegen um das Ende der Röhre, welches verſchloſſen iſt, einen Platindraht, deſſen eines Ende mit dem Boden communicirt, und erhitzt dies Röhrenende ſtark, ſo nimmt der Platindraht, der ſich im Innern der Röhre befindet, einen ziemlich ſtarken Überſchuß von poſitiver Elektricität an. Durch beſondere Verſuche mittelſt des Rouſſeau'ſchen Diagometers überzeugte ſich Becquerel, daß das bis 90° oder 80° C. oder ſelbſt darunter erhitzte Glas zum Leiter der Elektricität, ſelbſt für ſehr ſchwache Spannungen, wird.

---

*) Mém. de l'Acad. des sc. X. 1831. 237 oder Schweigg. J. LVII. 313.

**) Schweigg. J. LVII. 304 und Ann. de Ch. et de Ph. XLVI.

Man bringe das eine Ende eines Platindrahtes (oder Silber- oder Golddrahtes, unter Vermeidung des Contacts) **) an die obere Platte eines vortrefflichen Bohnenbergerſchen Goldblattelektrometers, bringe das andere Ende deſſelben, welches ſpiralförmig gerollt iſt, mittelſt einer Alkohollampe zum Glühen, ziehe dieſe ſofort zurück und berühre nun die Spirale mit einem Streifchen feuchten Papieres, während man zugleich die untere Platte des Condenſators mit dem Erdboden in Berührung ſetzt. Der Ausſchlag des Elektrometers bei Abheben der Condenſatorplatte wird anzeigen, daß der Platindraht negativ, das feuchte Papier poſitiv elektriſch worden iſt. Daſſelbe wird auch der Fall ſein, wenn man den Verſuch umkehrt, indem man den Platindraht an dem der Spirale entgegengeſetzten Ende zwiſchen den Fingern faßt und die Spirale, ſobald ſie rothglühend geworden iſt, mit einem Streifen feuchten Papiers ***) in Verbindung ſetzt.

Man nehme eine 12 bis 15 Millimeter lange Glasröhre, ſchmelze an eines ihrer Enden einen Platindraht von $\frac{1}{4}$ Millimeter Dicke, befeſtige an das andere Ende einen ſehr dünnen Draht von demſelben Metall, bringe darauf den dickern beider Drähte mit einer der Condenſatorplatten in Verbindung, unter Vermeidung metalliſchen Contacts zwiſchen ihnen, halte das freie Ende des andern Drahtes zwiſchen den Fingern und erhitze das Ende der kleinen Röhre, an welcher letzterer Draht befeſtigt iſt, zum Glühen, oder auch nicht ſo ſtark. Durch die Hitze wird das Glas leitend und die Temperaturverſchiedenheit im Syſtem bringt eine Elektricitätsentwickelung hervor, vermöge deren der Condenſator, wie es ſcheint †), poſitive Elektricität erhält.

Es ſei AB (Fig. 62.) eine mit Alkohol gefüllte kupferne Lampe, cc eine Tubulatur, dd ein Pfropf, durch welchen eine mit Gummilack überſirniſte Glasröhre EF hindurchgeht. Durch die Glasröhre geht ein Baumwollendocht hindurch, deſſen eines Ende in den Alkohol reicht, während an das andere Ende E eine Spirale von Platindraht g gefügt iſt, welche in allen ihren Theilen glühend bleibt, wenn man ihre Temperatur hinreichend erhöhet hat. Man ſetze dieſen Apparat auf die obere Platte eines condenſirenden Elektroſkops, deſſen untere Platte mit dem Erdboden in Verbindung ſteht, und berühre die Spirale mit einem gewöhnlichen Platindrahte. Es wird poſitive Elektricität in die obere Condenſatorplatte übergehen. Berührt man dagegen die Spirale mit einem Streifen feuchten Papieres, ſo geht negative Elektricität in die obere Condenſatorplatte über.

---

*) Dies iſt nicht anders zu erwarten, da ein einfacher iſolirter Elektromotor überhaupt keine merkliche Elektricität am Condenſator zu erkennen giebt, wenn man nicht die condenſirte Elektricität ſeiner Berührungsflächen durch Trennung derſelben ins Spiel bringt.

**) d. h. wahrſcheinlich mit Zuziehung eines feuchten Zwiſchenblättchens.

***) Das, wie es ſcheint, mit dem Condenſator communicirt.

†) Ich finde nämlich Becquerel's Darſtellung hier nicht recht deutlich.

Verſchiedene Umſtände in Bezug auf thermoelektriſche Ketten.

Nach Becquerel *), wenn man in einer thermoelektriſch zuſammengeſetzten Kette, wie ſie in Fig. 63. verzeichnet iſt, erſt die Löthſtelle A z. B. auf 50° C. erwärmt, während man alle anderen Löthſtellen auf Null erhält, ſo iſt die Intenſität des Stroms ganz dieſelbe, als wenn man die zwei Löthſtellen B und C, oder die zwei Löthſtellen D und E auf 50° C. erwärmt, während man die übrigen Löthſtellen auf Null erhält, ſo daß es alſo gleichgültig iſt, ob die Temperaturerhöhung an der directen Verbindungsſtelle zweier Metalle oder an ihren Verbindungsſtellen mit einem Zwiſchenmetalle angebracht wird. Ferner hängen nach Becquerel die Richtung und Intenſität des Stromes ſtets bloß von der Temperatur der Verbindungsſtelle, nicht aber der daranliegenden Theile ab, ſo daß man die Erwärmung bald mehr auf die eine, bald mehr auf die andere Seite einer Löthſtelle fallen laſſen kann, ohne daß dadurch eine Änderung im Strome entſteht, wofern die Löthſtelle ſelbſt auf dieſelbe Temperatur kommt. Der Strom einer einfachen thermoelektriſchen Kette, z. B. von Kupfer und Eiſen hat dieſelbe Intenſität, mag man die eine Löthſtelle in eine Flüſſigkeit tauchen, welche das eine Metall etwas anzugreifen vermag, wie eine ſchwache Kochſalzauflöſung, oder in reines, von Luft und Waſſer befreites, Olivenöl, wofern nur die Temperaturdifferenz in beiden Fällen die nämliche bleibt.

Thermoelektriſches Differenzialthermometer.

Nobili **) hat auf die thermoelektriſchen Erſcheinungen folgende Einrichtung einer Art Differenzialthermometer gegründet, welches nach ihm ſelbſt die Empfindlichkeit der Breguet'ſchen Metallthermometer übertrifft.

Das Inſtrument beſteht aus zwei Haupttheilen: 1) einem Galvanometer von Kupferdraht mit Doppelnadel, das von gewöhnlicher Einrichtung iſt; 2) einer thermoelektriſchen Büchſe, die wir jetzt beſchreiben wollen.

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 341.

**) Bibl. univ. XLIV. 225 oder Pogg. XX. 215 oder Schweigg. LX. 433.

Die Büchſe SS (Fig. 64.) enthält eine thermoelektriſche Säule, zuſammengeſetzt aus ſechs Abwechſelungen von Wismuth und Antimon. Fig. 65. zeigt dieſe Säule, in gerader Linie ausgebreitet; in der Wirklichkeit aber iſt ſie kreisförmig zuſammengebogen, um in die Büchſe SS geſtellt werden zu können. Man ſieht in der Figur nur die ungeraden Löthſtellen 1, 3, 5 u. ſ. w., die geraden Löthſtellen 2, 4, 6 u. ſ. w. ſind durch die Büchſe verdeckt und überdies mit einem Kitt umgeben. An die Enden A, B der Säule ſind zwei kupferne Anſätze A′ B′ gelöthet, welche zur Büchſe herausragen und zur Aufnahme von Drähten dienen, durch welche ſie mit den Enden des Multiplicators in Verbindung geſetzt werden *).

Die Büchſe iſt ſo eingerichtet, daß man ſie nach Belieben an das Galvanometer ſetzen kann. Man kann dann das Inſtrument z. B. unter die Glocke einer Luftpumpe bringen und ſo die Kälte meſſen, welche beim Auspumpen der Luft eintritt. Alle ungeraden Löthſtellen 1, 3, 5 der Kette ſtehen in unmittelbarer Berührung mit der Luft der Glocke und erkälten ſich beim erſten Hub der Stempel, während die unteren Löthſtellen, wegen ihrer Bekleidung mit Kitt, den Eindruck der Kälte nicht ſo ſchnell erfahren.

Nach Nobili iſt die Empfindlichkeit dieſes Inſtrumentes (das ſich jedoch zu Maßbeſtimmungen über die Wärme auf keine Weiſe eignen dürfte) 15 bis 20 Mal größer, als die der Bréguet'ſchen Thermometer. Eine Temperaturveränderung von 2° (C.?) entſprach ſchon einem Bogen von 30° bis 40° (bleibender Ablenkung?). Als z. B. eine und dieſelbe Perſon einigemale auf die Feder des Bréguetſchen Thermometers und auf die Büchſe SS hauchte, ſchritt die Nadel des erſten Inſtrumentes um 10° bis 12° vor, während die des letztern einen Bogen von 150° und mehr durchlief.

In einem Nachtrage bemerkt Nobili, daß ſich die Empfindlichkeit des angegebenen Inſtrumentes noch ausnehmend erhöhen laſſe, ſo daß es ſelbſt höchſt kleine Differenzen ſtralender Wärme anzuzeigen vermöge. In dieſer Hinſicht ſei es zweckmäßig, die Löthſtellen mit einer ſchwarzen Subſtanz, wie Kienruß, zu ſchwärzen, um die Wärmeabſorption zu verſtärken. Man ſoll, wenn man einen ſo vorgerichteten Apparat in die Mitte des Zimmers ſtellt und die Vorderſeite der Säule (die obere Seite der Büchſe?) ſucceſſiv gegen die vier Wände dreht, unzweideutige Anzeigen von Temperaturunterſchieden erhalten, wie ſie die örtliche Lage dieſer Wände mit ſich bringen muß.

Beſonders aber rühmt der Verfaſſer folgende Einrichtung, die Melloni dem Inſtrumente gegeben. Vielleicht finden Andere die Beſchreibung deutlicher, als ich ſie gefunden, daher ich ſie wörtlich herſetzen will.

„In der Abſicht, das Inſtrument für die Wärmeſtralung wirkſamer zu machen, verfertigte er eine neue Säule von 16 dünnen Elementen, die

---

*) Wie es ſcheint ſind in dieſen Anſätzen Gruben zum Aufnehmen von Queckſilber angebracht.

ganz bedeckt und geſchwärzt waren, und gegen die oberen Löthſtellen hin durch eine Art von durchlöchertem und mit Kitt überzogenen Holzdeckel gehalten wurden. Die Büchſe iſt von Metall mit doppeltem Boden. Ein koniſcher Reflector von Metall befindet ſich unten. Es wird von einem Fuß getragen, und kann nach jeder beliebigen Richtung gedreht werden.

Dieſe Conſtruction, in welcher man den geſchickten Phyſiker erkennt, erfüllt ihren Zweck vollkommen. Bedeckt man den Reflector, der anfangs gegen die Decke eines Saales gerichtet war, ſo ſieht man die Nadel des Galvanometers augenblicklich abweichen. Die Abweichung verändert ſich mit der mehr oder weniger ſchiefen Richtung der Achſe des Spiegels, und kommt beſtändig auf denſelben Punct zurück, ſobald die Achſe wieder in dieſelbe Richtung gebracht wird. Dies beweiſt aufs allerdeutlichſte, daß die Wirkung in der That von der Strahlung der fernen Wände und nicht von der Berührung der umgebenden Luft herrührt. Schließt man alle Fenſter des Saales bis auf eins, und dreht nun den Apparat bald gegen das offene Fenſter, bald gegen die gegenüberſtehende Mauer, ſo beſchreibt die Magnetnadel Bogen von 30 bis 60 Grad, wie groß auch der Saal ſein mag.

Ein großer Vortheil der metalliſchen Hülle beſteht darin, daß es dem Beobachter geſtattet iſt, ſich dem Inſtrumente zu nähern, ohne befürchten zu dürfen, daß ſeine eigene Wärme auf die Reſultate der Verſuche einwirke; denn wenn man darauf achtet, ſich hinter den Boden des Inſtrumentes zu ſtellen, wenn die Achſe des Spiegels horizontal liegt, ſo treffen die von der Perſon ausgehenden Wärmeſtralen die Wände der Büchſe und werden daſelbſt reflectirt, ohne die Temperatur der inwendig befindlichen Elemente zu ſtören; dann kann man die Gegenſtände, mit denen man experimentiren will, an lange Holzſtäbe befeſtigen und ſie der Vorderſeite des Spiegels gegenüberſtellen. Ein benetztes Stück Leinwand, welches durch die Verdampfung nur um einen Grad unter die Temperatur der Umgebung erkaltet iſt, auf dieſe Weiſe in 5 bis 6 Fuß Entfernung vor dem Spiegel aufgehängt, übt auf die Nadel des Inſtrumentes einen ſehr merkbaren Einfluß aus.

Ich habe dieſe Vervollkommnungen zur Erbauung einer zweiten Säule benutzt, welche ich künftig mit meinem erſten Thermo-Multiplicator vereinigen werde. Dieſe Säule beſteht aus vierzig Elementen, und iſt nach beiden Seiten hin vollkommen ſymmetriſch, folglich mit zwei Reflectoren verſehen, welche man nach Belieben öffnen und verſchließen kann. Ich halte viel auf dieſe Symmetrie, ſowohl weil man nun ohne Unterſchied beide Seiten der Säulen gebrauchen, als auch weil man Vergleiche zwiſchen den gleichzeitigen Temperaturen verſchiedener Gegenſtände anſtellen kann. Um eine Idee von der erſtaunlichen Empfindlichkeit dieſes letztern Apparates zu geben, brauche ich nur zu ſagen, daß er die Wärme des menſchlichen Körpers in einer Entfernung von 18 bis 20 Fuß angiebt".

Berichtigungen.

Seite	Zeile	
105	28	v. o. ſt. des l. de
207	18	v. u. ſt. iſt (unter einander zuſammenhängenden) die l.: iſt, die (unter einander zuſammenhängenden)
254	2	v. o. man laſſe weg: und der Elektrochemie.
299	21	v. o. ſt. Werthe l. Werthen
300	21	v. o. ſt. Ecke l. Ecke a.

Fechner's Repert. d. Experimentalphysik

Taf. I

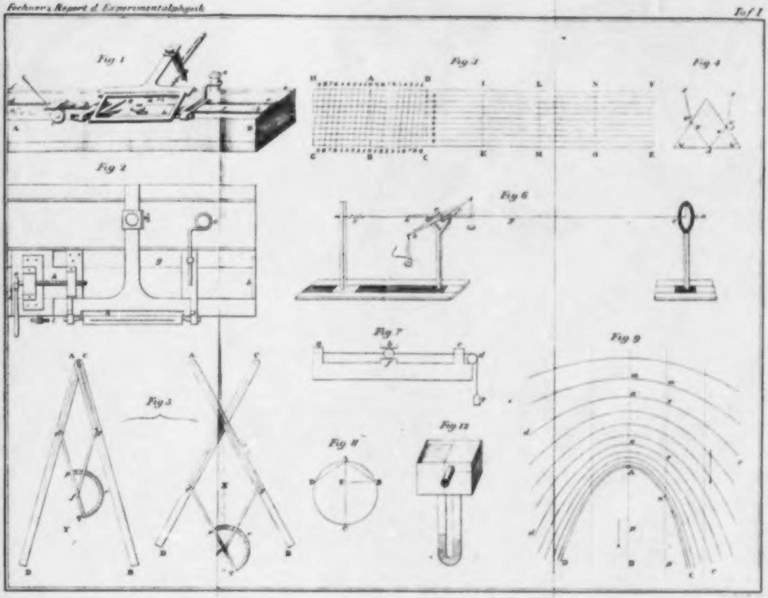
Fig 1
Fig 2
Fig 3
Fig 4
Fig 5
Fig 6
Fig 7
Fig 8
Fig 9
Fig 12
A
B
C
D
E
F
H
I
K
L
M
N
O
g
h

München

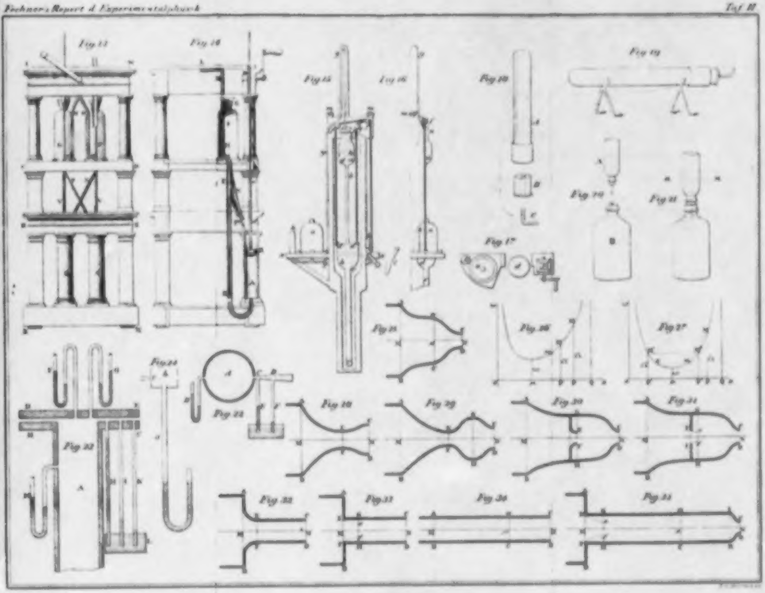

U[illegible]
München

Fechner's Repert. d. Experimentalphysik Taf. III

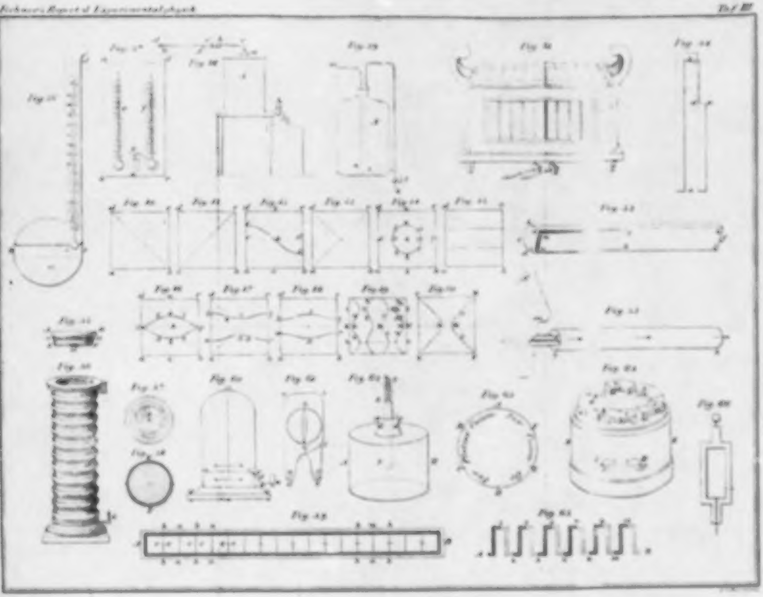

Repertorium
der
Experimentalphyſik,
enthaltend
eine vollſtändige Zuſammenſtellung der neuern
Fortſchritte dieſer Wiſſenſchaft.

Als
Supplement
zu
neuern Lehr- und Wörterbüchern der Phyſik
von
Guſtav Theodor Fechner,
Doctor der Philoſophie und außerordentlichem Profeſſor zu Leipzig.

Zweiter Band.

Mit ſieben Kupfertafeln.

Leipzig, 1832.
Verlag von Leopold Voß.

Universitäts-
München
Bibliothek

Vorwort.

Der Umfang der erſten Lieferung dieſes Werkes war zwar anfangs auf zwei Bände berechnet, indeß iſt der Stoff des Mitzutheilenden während der Arbeit ſelbſt ſo ſehr angewachſen, daß ich, um nicht das Volumen des zweiten Bandes außer Verhältniß zu dem des erſten zu ſetzen, es für zweckmäßiger gehalten habe, dieſen zweiten Band mit der Wärmelehre zu ſchließen und die Geſammtheit der, nun noch rückſtändigen, meteorologiſchen und phyſikaliſch-telluriſchen Erſcheinungen, ſo wie eine reichhaltige Literatur und das Regiſter für einen dritten Band zu verſparen. Künftige Lieferungen dieſes Werkes werden wahrſcheinlich ein kleineres Volumen erhalten, da in dieſer erſten Lieferung ausnahmsweiſe ein Zeitraum von mehr als drei Jahren inbegriffen iſt, während die künftigen Lieferungen ſich in Zwiſchenzeiten von je zwei Jahren folgen ſollen.

Man wird in dieſem Bande S. 382 ff. u. a. eine Mittheilung von, größtentheils noch nicht gegebenen, Interferenzformeln für das Licht finden, die bei dem wachſenden Intereſſe, welches die Lehre von der circulären und elliptiſchen Polariſation erlangt hat, nicht überflüſſig ſein möchten.

Inhaltsverzeichniß zum zweiten Bande.

Fünfter Abſchnitt.

Elektrochemie.

Seite

I. Elektrochemiſche Theorie 1

II. Verſchiedene Wirkungen der galvaniſchen Kette.

Verſuche von Simon, Becquerel, Riemann, Magnus, Brande, Kaſtner, Lüdersdorff, Matteucci, Fiſcher, Fechner 1

Über die Anwendung der galvaniſchen Kette zur Prüfung der Reinheit der Metallſalze und Metalle 8

III. Erſcheinungen, abhängig von Veränderungen, welche die metalliſchen Oberflächen unter dem Einfluſſe der Schließung durch die Flüſſigkeit erfahren 10

Verſuche von Nobili 11

IV. Erzeugung verſchiedener Verbindungen auf elektrochemiſchem Wege.

Verſuche von Becquerel 12

V. Niederſchlagung der Metalle durch einander.

Niederſchlagung der Metalle in cohärenter Geſtalt (Wach) . . 18
  Fällung von Kupfer in cohärenter Form 19
    a) Unter Zwiſchenwirkung thieriſcher Blaſe 19
    b) Unter Zwiſchenwirkung von Schiefer, Kork, Hollundermark . 20
    c) Unter Zwiſchenwirkung eines feinen Sprunges . . . 21
    d) Unter Zwiſchenwirkung einer Flüſſigkeitsleitung . . . 21
  Fällung verſchiedener anderer Metalle in cohärenter Form . . 22
Überſicht der Reihenfolge, in der Metalle durch einander niedergeſchlagen werden (Fiſcher) 23

VI. Elektrochemiſche Bewegungen.

Seite
Elektrochemiſche Bewegungen des Queckſilbers in Berührung mit Salpeterſäure und Eiſen (Runge) 28
Elektrochemiſche Bewegungen des Queckſilbers bei Berührung mit einer Löſung von ſalpeterſaurem Queckſilberoxydul und mit Zink (Runge) 30

Sechſter Abſchnitt.

Lehre vom Magnetiſmus.

I. Über Vertheilung des Magnetiſmus in Magnetſtäben (Chriſtie) 32

II. Einfluß verſchiedener Umſtände auf die Erregung und Stärke des Magnetiſmus.

Einfluß des Aggregatzuſtandes (Moſer und Rieß) 35
Einfluß des Oxydationszuſtandes (Wöhler und Liebig) . . . 35
Einfluß des Streichens mit harten Körpern (Haldat) . . . 35
Einfluß der Temperatur (Moſer und Rieß, Matteucci) . . 46
Einfluß des Lichtes (Moſer und Rieß) 46
Verſuche über die Mittheilung des Magnetiſmus (Plateau) . . 47

III. Magnetiſirungsmethoden.

Verfertigung ſtarker Magnete (Keil) 48
Magnetiſirung weichen Eiſens durch elektriſche Ströme (Pfaff, Henry und Ten Eick) 48

IV. Magnetiſche Figuren.

Magnetiſche Figuren von Haldat 51
Magnetiſche Curven (Roget) 53

V. Wirkung nicht magnetiſcher Metalle auf ſchwingende Magnetnadeln.

Regel zur Beſtimmung des Einfluſſes ruhender Scheiben auf oſcillirende Nadeln (Saigey) 53
Geſetz, nach welchem die Wirkung ruhender Scheiben, Streifen, Kugeln ꝛc. auf die ſchwingende Nadel mit der Entfernung abnimmt 55
VI. Einwirkung des Magnetiſmus auf chemiſche und Kryſtalliſationserſcheinungen (Erdmann, Wetzlar, Berzelius, Zantedeschi) 61

Siebenter Abſchnitt.

Lehre vom Elektromagnetismus.

Seite
Elektromagnetiſcher Rotationsapparat für Flüſſigkeiten (Fechner) 70

Achter Abſchnitt.

Lehre vom Lichte.

I. Über das Licht im Allgemeinen.

Theorie des Lichtes 71
Verhältniß des Lichtes zur Wärme (Sertürner) 72
Geradlinige Bahn des Lichtes (Gergonne) 73
Bewegung des Lichtes in einem Mittel von veränderlicher Dichtigkeit (Gergonne) 73

II. Erregung des Lichtes, Phosphorescenz.

Über Leuchten und Erhitzung comprimirter Gaſe (Thénard) . 75
Lichtentwickelung beim Kalklöſchen und Vermiſchen des Vitriolöles mit Waſſer (Göbel) 77
Phosphorescenz von Talg (Bauernfeind) 77
Phosphorescenz der Mineralien durch Elektricität (Pearsall) . . 79

III. Eigenthümliche Wirkungen des Lichtes.

Chemiſche Wirkungen des Lichtes (Döbereiner, Vogel) . . 81
Verſuche von Mark Watt und Pfaff 81

IV. Photometrie.

Photometer (Ritchie, Potter) 83
Intenſität des Lampen- und Kerzenlichtes ꝛc. (Peclet, Drummond, Taylor, Reid) 84

V. Zurückwerfung des Lichtes.

Reflexionsvermögen des Glaſes (Faraday, Brewſter, Fresnel) 90
Reflexionsvermögen von Metallen (Potter) 92
Helioſtat 93

VI. Einfache Brechung des Lichtes.

Brechungsverhältniſſe verſchiedener Körper (Herſchel, Euler, Marx) 100
Abänderung des Frauenhofer'ſchen Inſtrumentes zur Beſtimmung des Brechungsverhältniſſes durch Prismen (Seebeck) . . 102
Einfluß der Temperatur auf Brechungs- und Zerſtreuungsvermögen von Flüſſigkeiten (Barlow) 103
Unabhängigkeit des Zerſtreuungs- vom Brechungsvermögen . . 105

VII. Doppelte Brechung des Lichtes.

Seite
Anwendung des ſalpeterſauren Natrons zu Verſuchen über die Doppelbrechung (Marx) 104
Mittel, die Divergenz der zwei Stralenbüſchel im Doppelſpathe zu verſtärken (Nicol) 105
Doppelte Brechung durch Druck (Brewſter) 106
Fresnel's Formeln für Doppelbrechung 107
Gleichung für die Oberfläche der Lichtwellen (Ampère) . . . 109
Beſtimmung der Elemente der doppelten Brechung in mehreren Kryſtallen (Rudberg) 113
Zerſtreuung der Axen der doppelten Brechung (Rudberg, Brewſter) 115
Meſſung des Neigungswinkels der Axen doppelter Brechung (Rudberg) 116

VIII. Interferenzphänomene, Beugungsphänomene.

Mangelnder Einfluß verſchiedener Umſtände auf Beugungsphänomene (Haldat) 117
Beugungsphänomene durch Gitter (Babinet) 118
Verfahren, den Abſtand der Beugungsſpectra zu meſſen (Babinet) 121
Beugungsphänomene bei Betrachtung der Sterne durch Teleſkope (Herſchel) 122
Erklärung der Farben dicker Platten durch Interferenz (Herſchel) 124
Spiegelapparat zur Anſtellung des Fresnel'ſchen Interferenzverſuches (Baumgartner) 132

IX. Objective Farbenerſcheinungen durch nicht polariſirtes Licht.

Farbentheorieen (Hellwag, Crume) 134
Farbenſcale (Nobili) 135
Farben der Flammen (Herſchel) 141
Streifen in Flammen (Quetelet) 141
Monochromatiſche Lampe (Brewſter, Goring) 142
Farbige Gläſer (Jackſon) 143
Farbenänderungen durch Hitze 144
Farbenſtreifen an Planſpiegeln (Quetelet) 144
Farbenerſcheinungen bei Zurückwerfung des Lichtes an der Berührungsoberfläche von feſten und flüſſigen Körpern (Brewſter) 145
Neue Farbenerſcheinungen auf geſtreiften Flächen (Brewſter) . 154
Abſorption farbigen Lichtes durch nicht kryſtalliſirte Körper (Herſchel) 162
Undulationslängen der verſchiedenen Farbeſtralen in Millimetern . 167
Darſtellung der Complementärfarben (Brockedon) . . . 168

X. Katoptriſche und dioptriſche Inſtrumente und dazu angewandte Materialien.

Von den Mängeln des optiſchen Glaſes (Faraday) . . . 169
Bereitung des optiſchen Glaſes (Faraday) 173
Aplanatiſche Lupen und Feldſtecher (Plößl) 176
Gleichförmig gefärbte optiſche Gläſer (Lerebour) 178
Object zur Prüfung des Achromatiſmus (Goring) . . . 179
Anwendung verſchiedener Stoffe ſtatt Glas zu Linſen für Mikroſkope (Pritchard) 179

Seite
Methode, das Vergrößerungsverhältniß bei Mikroſkopen zu beſtimmen (Jacquin, Ettingshauſen) 183
Spiegelmikroſkope (Amici) 185
Von Merz verbeſſertes Mikroſkop 187
Dioptriſches Mikroſkop (Amici) 190
Doppelmikroſkop (Wollaſton) 193
Aplanatiſches Mikroſkop (Goring) 195
Vervollkommnung der Mikroſkope von Plößl 196
Fernröhre und Teleſkope 197
Mittel, die Vergrößerung mittelſt Fernröhren zu meſſen (Balz) . 198
Bergkryſtallfernröhre (Cauchoix) 199
Achromatiſches Refractionsteleſkop mit flüſſiger Linſe (Barlow) . 200

XI. Über das Sehen und die ſubjectiven Geſichtserſcheinungen.

Verſchiedene das Sehen betreffende Umſtände (Plagge, Tourtual) 203
Gränzen des deutlichen Sehens (Holke, Lehot) 204
Über verſchiedene, die Sehweite betreffende, Umſtände (Lehot, Holke) 206
Über die Dauer der Geſichtseindrücke bei verſchiedenen Farben (Plateau) 210
Vergleichung der Stärke der Farben (Plateau) 215
Einwirkung farbiger Geſichtseindrücke auf einander (Brockedon, Plateau) 217
Optiſche Täuſchungen, durch Drehung von Rädern, Stäben ꝛc. (Roget, Plateau, Faraday) 220
Optiſche Täuſchung auf einer Eiſenbahn 227
Subjective Complementärfarben (Lehot) 228
Mangelndes Unterſcheidungsvermögen für gewiſſe Farben (Dalton, Colquhoun, Brewſter) 230

XII. Über die gewöhnliche oder geradlinige Polariſation.

Verſchiedene Reſultate über die Polariſation durch Zurückwerfung und Brechung 233
Tabellen über die Polariſation, für Glas berechnet (Brewſter) . 237
Geſetze, nach welchen eine zurückwerfende oder brechende durchſichtige Oberfläche die Richtung der Polariſationsebene abändert (Brewſter) 239
Über den Begriff der unvollſtändigen Polariſation (Brewſter) . 241
Formeln zur Beſtimmung des Winkels, welchen die beiden partiellen Bündel eines unvollſtändig polariſirten Strales nach Brewſter's Vorſtellung mit der Einfallsebene machen . . 244
Formeln für den Ausdruck der Geſetze, nach welchen eine zurückwerfende oder brechende durchſichtige Oberfläche die Richtung der Polariſationsebene eines polariſirten Strales abändert . 246
Formeln für die Quantität Licht, welche in einem beliebigen zurückgeworfenen oder gebrochenen Strale nach der Zurückwerfungsebene oder ſenkrecht auf die Brechungsebene polariſirt iſt . 249
Belege zu vorſtehenden Artikeln 254
Inſtrument zur Meſſung des Polariſationswinkels (Seebeck) . . 263
Beſtätigung des Brewſter'ſchen Geſetzes über den Zuſammenhang zwiſchen Brechungsvermögen und Polariſationswinkel (Seebeck) 265
Über den Polariſationswinkel am Kalkſpath (Seebeck) . . . 267
Brewſter's polariſirende Axen und Parallelogramm der Farben (Brewſter) 271

Seite
Farbenringe oder iſochromatiſche Curven in Kryſtallen durch gewöhnlich polariſirtes Licht (Herſchel, Marx, Kobell) . . 272
Eigenthümlichkeiten einiger Kryſtalle in Bezug auf die Erſcheinung der Farbeuringe (Marx, Kobell) 276
Farbenmeſſer von B. Beek 277

XIII. Von der kreisförmigen und elliptiſchen Polariſation.

Kreisförmige oder circuläre Polariſation 279
Elliptiſche Polariſation Fresnel's 290
Nähere Beſtimmungen über Verwandlung der geradlinigen Polariſation in elliptiſche und kreisförmige Polariſation durch totale innere Zurückwerfungen (Fresnel) 293
Wirkung der Metalle auf polariſirtes Licht oder elliptiſche Polariſation Brewſter's 295
Wirkung der Metalle auf gewöhnliches Licht 334
Erſcheinungen complementärer Farben durch elliptiſche Polariſation auf Metallen (Nobili, Brewſter, Arago, Airy) . . 334

XIV. Hauptſächlichſte Beſtimmungen der Undulationstheorie (Fechner).

Äther 345
Elaſticität des Äthers 346
Erſchütterung 352
Farbe 352
Geſchwindigkeit 353
Licht 354
Phaſe 355
Polariſation und polariſirter Stral 358
Schatten 359
Schwingung, Vibration oder Oscillation eines Äthertheilchens . . 361
Stral 365
Welle oder Undulation 369
Wellenlänge 372

XV. Interferenz oder Zuſammenſetzung und Zerlegung von Wellen, Stralen oder Schwingungen (Fechner) . . 373

Neunter Abſchnitt.

Lehre von der Wärme.

I. Wärmeleitung, Wärmeſtralung und verſchiedene die Wärme betreffende Umſtände.

Wärmeleitungsvermögen der Metalle 394
Temperatur des aus einem Dampfkeſſel ausſtrömenden Dampfes (Ewart) 396

Seite
Stralwärme 397
Leidenfroſt'ſcher Verſuch (Fiſcher, Perkins, Lechevallier, Frei) 399
Erwärmung des Waſſerſtoffgaſes (Achard) 401
Über das Grundgeſetz der Wärme und das wahre Maß der Temperaturen von Schitko 401
Gleichungen für die Bewegungen der Wärme in feſten Körpern oder im Raume (Cauchy) 406

II. Ausdehnung der Körper durch die Wärme.

Ausdehnung feſter Körper (Muncke, Dunn und Sang, Stampfer, Tyler, Prinſep, Daniell) 409
Ausdehnung und Maximum der Dichtigkeit des Waſſers (Muncke, Stampfer) 411
Über die Kraft der Ausdehnung des Waſſers beim Gefrieren . . 425
Ausdehnung verſchiedener Flüſſigkeiten durch die Wärme (Muncke) . 425
Ausdehnungsgeſetz der tropfbaren Flüſſigkeiten (Muncke) . . 436

III. Thermometer und Pyrometer.

Über Beſtimmung der fixen Puncte des Thermometers (Parrot) . 438
Reductionsformel für das Queckſilberthermometer bei hohen Wärmegraden (August, Muncke) 439
Vergleichung einer frühern Thermometerſcale mit der jetzigen (Libri) 441
Über richtige Conſtruction von Weingeiſtthermometern (Muncke) . 441
Breguet'ſches Thermometer zur Beobachtung des Maximums und Minimums (Lechevallier) 444
Maximumthermometer (Regiſterthermometer) von King . . . 444
Maximumthermometer (Geothermometer) von Magnus . . . 446
Bathometer zu thermometriſchen Beobachtungen in der Meerestiefe, von Lenz 451
Thermometer zu Verſuchen über die Veränderlichkeit des Siedepunctes, von Kemp 451
Taſchenthermometer, von Wrench 452
Pyrometer, von Prinſep 453
Pyrometer, von Neumann 455
Regiſterpyrometer, von Daniell 455
Pyrometriſches Verfahren von Schwartz 457
Verſchiedene Pyrometer und Calorimeter 457

IV. Schmelzen und Erſtarren der Körper.

Schmelzpunct verſchiedener Metalle (Daniell, Prinſep, Schwartz) 458
Über Expanſion und Contraction geſchmolzener Metalle beim Erſtarren (Marx) 458
Umſtände, beim Erkalten des geſchmolzenen Schwefels wahrgenommen (Marx) 461
Über Stockung beim Erkalten von Metalllegirungen (Rudberg) . 462
Geſetz über die Schmelzbarkeit von Miſchungen (Oſann) . . 467

V. Über latente und ſpecifiſche Wärme.

Methoden zur Beſtimmung der latenten Wärme beim Erſtarren geſchmolzener Körper (Rudberg, Erman) . . . 468

Seite
Latente Wärme einiger Metalle (Rudberg) 471
Über die beim Verbrennen frei werdende Wärme (Despretz, Dulong) 472
Über die Wärme, welche durch Compreſſion oder Dilatation der Metalle frei oder verſchluckt wird (Weber) 473
Über die Miſchungsmethode zur Beſtimmung der ſpecifiſchen Wärme (Neumann) 473
Vorſchlag zu einer neuen Beſtimmungsmethode der ſpecifiſchen Wärme feſter Körper (Neumann) 476
Methode, die ſpecifiſche Wärme der feſten Körper bei conſtantem Volumen zu beſtimmen (Weber) 477
Specifiſche Wärme einzelner Metalle (Roſe, Potter, Neumann, Schwartz) 477
Specifiſche Wärme der Metalle unter conſtantem Volumen (Weber) 480
Specifiſche Wärme verſchiedener Mineralien (Neumann) . . 481
Geſetz für die ſpecifiſche Wärme zuſammengeſetzter Körper (Neumann) 482
Specifiſche Wärme des Waſſers (Neumann) 486
Specifiſche Wärme der Gasarten (Dulong) 486
Theoretiſche Unterſuchungen über die gebundene Wärme (Schitko) 491

VI. **Phyſiologiſche Wärme** (Douville) 497

Fünfter Abſchnitt.

Elektrochemie.

I. Elektrochemiſche Theorie.

Die ſchon früher von mir aufgeſtellte Anſicht *), daß die zuſammengeſetzten Atome der Körper wohl aus poſitiv- und negativ-elektriſchen Theilchen beſtehen möchten, iſt neuerdings auch von **Becquerel** **) aufgeſtellt worden. Er nimmt indeß hiebei Contiguität zwiſchen den einfachen Atomen eines und deſſelben zuſammengeſetzten Atomes an, und glaubt, daß bloß die verſchiedenen zuſammengeſetzten Atome ſelbſt durch die Wirkung der Wärme aus einander gehalten würden.

II. Verſchiedene chemiſche Wirkungen der galvaniſchen Kette.

Simon ***) hat die Wirkung einfacher Ketten aus Zink und Kupfer (oder Silber oder Platin) mittelſt der Döbereinerſchen ſogenannten ſtöchiometriſch-elektriſchen Kette auf verſchiedene Auflöſungen, namentlich folgende, geprüft: arſenige Säure, ſalpeterſaures Wismuth, eſſigſaures Bleioxyd, neutrales eſſigſaures Kupferoxyd, einige Zinkſalze, ſchwefelſaures Eiſenoxydul, ſalpeterſaures Silber, Goldchlorid, Zinnchlorür, Ätzſublimat, Salpeter, eſſigſaures Ammoniak, Schwefelkalium, Jodkalium, Goldſchwefel, Kermes, Spießglanzbutter, Blauſäure, eiſenblauſaures Kali, Schwefelkohlenſtoff, Ätzkalilauge, Schwefelſäure, Salpeterſäure, Gallustinctur, einfache Chinatinctur, Alkohol, ſaures ſchwefelſaures Chinin, Eſſigäther, Eiweiß, Milch.

---

*) Vergl. mein Lehrbuch des Galvanismus und der Elektrochemie.

**) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI.

***) Trommsd. N. J. XXII. St. 1. S. 1; XXIII. St. 2. S. 35.

Da mir aus dieſen Unterſuchungen zwar einige intereſſante chemiſche Reſultate, aber kein neues Reſultat von phyſikaliſcher Wichtigkeit hervorzugehen ſcheint, ſo verweiſe ich die ſich dafür Intereſſirenden im Allgemeinen auf die Originalabhandlung. Über die Wirkung auf Wismuth- und Arſenikauflöſung werde ich im Verfolg Einiges mittheilen.

Einige Verſuche von Matteucci über die Zerſetzung von aufgelöſten Metallſalzen in Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 324 ſcheinen mir keine Erwähnung zu verdienen.

Becquerel [*] hat gezeigt, daß eine Säure beim Übergange von einem Pol einer Kette zum andern die Zerſetzung eines auf ihrem Wege befindlichen Salzes bewirken kann, wenn die Intenſität der Kette ſo ſchwach iſt, daß ihre zerſetzende Wirkung die Verwandtſchaft der Säure zur Baſis des Salzes nicht zu überwiegen vermag. Der Verſuch iſt folgender:

Eine oben und unten offene Glasröhre von mehreren Centimetern Durchmeſſer wird unten mit ganz feinem Thon verſchloſſen, der mit einer Auflöſung von ſalpeterſaurem Kali geſchwängert iſt, und oben mit Alkohol gefüllt. Man ſetzt dieſe Röhre in eine andere weitere Röhre, welche mit einer Auflöſung von ſchwefelſaurem Kupfer gefüllt iſt, und verbindet dann beide Flüſſigkeiten durch einen Bogen, der aus Blei und Kupfer zuſammengelöthet iſt, ſo daß das Kupfer in die ſchwefelſaure Kupferlöſung, das Blei in den Alkohol taucht. Das Kupfer reducirt ſich an dem Kupferende; der Sauerſtoff und die Schwefelſäure gehen nach dem Bleiende über; aber anſtatt daß hier ſchwefelſaures Bleioxyd entſtände, bildet ſich in wenig Tagen eine große Quantität oktaedriſcher Kryſtalle von ſalpeterſaurem Bleioxyd, ein offenbarer Beweis, daß die Schwefelſäure beim Hindurchgange durch den mit ſalpeterſaurem Kali geſchwängerten Thon, das ſalpeterſaure Salz zerſetzt und die Salpeterſäure frei macht, die nun zum poſitiven Pole gelangt.

Riemann brachte Kohlenſäure, die nach Faraday's Methode durch Entwickelung in einer zugeſchmolzenen Glasröhre zum Liquidum condenſirt worden war, mittelſt ſtarker, in die Röhre eingeſchmolzener, Platindrähte in den Kreis einer Säule von 20 vierzölligen Plattenpaaren, welche Waſſer mit ziemlicher Leichtigkeit zu zerſetzen vermochte. Es erfolgte aber keine zerſetzende Wirkung. Auch wenn ſich nur ein Tropfen Flüſſigkeit zwiſchen den Drähten befand, ward weder Gas noch ſonſt eine Subſtanz entwickelt. (Brandes Arch. XXXVI. 193.)

Man hat bisher angenommen, daß der Körper, welcher ſich als brauner Staub bildet, wenn Tellur im Waſſer als negativer Pol der galvaniſchen Säule wirkt, Waſſerſtofftellur ſei, zwar ohne eine Analyſe deſſelben vorgenommen zu haben, aber unſtreitig durch das veränderte Anſehen und den Umſtand veranlaßt, daß ſich während der Bildung deſſelben kein Waſſerſtoffgas entbindet.

[*] Mém. de l'Acad. 1831. X. 275.

Nach neueren Verſuchen von Magnus*) indeſſen ſcheint es vielmehr, daß dieſer Körper nichts anderes als fein zertheiltes metalliſches Tellur ohne Waſſerſtoff ſei, und daß, wenn während der Bildung deſſelben kein Waſſerſtoff ſich entbindet, dies daher rührt, daß ſich anfangs Tellurwaſſerſtoffgas bildet, welches aber durch den Sauerſtoff, der ſich vom poſitiven Pole aus bildet, wieder zerſetzt wird, denn in der That fand Magnus, daß ſich während der Bildung des Körpers weit weniger oder ſelbſt gar kein Sauerſtoffgas vom poſitiven Pole aus entbindet, als wenn kein Tellur am negativen Pole angebracht wird, und daß die Erſcheinungen dieſelben blieben, auch wenn ausgekochtes und mit Öl bedecktes Waſſer angewandt ward, ſo daß der Sauerſtoff der Luft die Zerſetzung nicht bewirken konnte. Davon, daß das ſogenannte Waſſerſtofftellur keinen Waſſerſtoff enthält, überzeugte ſich Magnus durch directe Verſuche. Es möchte hierdurch auch die Exiſtenz ſo mancher anderen vorgeblichen Waſſerſtoffmetalle (Biot III. 368), die man ohne hinlängliche Prüfung angenommen hat, zweifelhaft werden.

So vermochte auch Magnus (Pogg. XVII. 526) ſowohl als Soubeiran (Pogg. XIX. 204) keinen oder nur Spuren von Waſſerſtoffarſenik zu erlangen, als ſie daſſelbe durch Anbringen von metalliſchem Arſenik am negativen Polardrahte einer Waſſer zerſetzenden Säule darzuſtellen verſuchten.

Simon**) beobachtete, als er eine Auflöſung von 10 Gran baſiſch ſalpeterſaurem Wismuthoxyd in hinreichender Salpeterſäure und mit zwei Drachmen deſtillirten Waſſers verdünnt in Döbereiner's ſogenannter ſtöchiometriſch elektriſcher Kette (wobei das äußere Gefäß Salmiaklöſung enthält) der Zerſetzung unterwarf, daß ſich die in die Wismuthauflöſung tauchende Kupferſtange mit einem ſchwarzen Überzuge von zottigem flockigen Anſehen bekleidete. Dieſe ſchwarze Subſtanz enthielt metalliſches Wismuth mechaniſch eingemengt, und als ſie hievon durch Schlemmen möglichſt befreit worden war, blieb ein intenſiv ſchwarzes, geſchmackloſes, in Waſſer unlösliches, in ſchwacher Salpeterſäure ohne Gasentwickelung, mit Rücklaſſung einer geringen Menge grauen Pulvers***), lösliches Pulver zurück. Der Verfaſſer hält dies Pulver nach ſeiner Farbe und ſeiner Eigenſchaft, ſich in verdünnter Salpeterſäure ohne Gasentwickelung aufzulöſen, für ein bisher noch unbekanntes Wismuthoxydul. Wahrſcheinlich iſt es mit der ſchon früher (Biot III. 370) beobachteten ſchwarzen Subſtanz von gleicher Beſchaffenheit, welche man erhält, wenn man ein Stück Wismuth allein oder mit Queckſilber amalgamirt am negativen Pole einer geſchloſſenen Säule anbringt, welches man aber bisher für Waſſerſtoffwismuth gehalten hat.

---

*) Pogg. XVII S. 521.

**) Trommsd. N. J. XXII. St. 1. S. 20.

***) Dieſes graue Pulver war in concentrirter Salpeterſäure unter Gasentwickelung löslich.

Die merkwürdigen Erſcheinungen, welche das **Ammoniak**, wenn es in Berührung mit Queckſilber galvaniſirt wird, darbietet, konnten die Vermuthung rege machen, daß ſich ähnliche auch bei Anwendung der pflanzlichen Alkaloide ſtatt Ammoniaks zeigen würden. Dieſe Vermuthung jedoch hat ſich bei Verſuchen, welche **Brande** *) über dieſen Gegenſtand angeſtellt hat, nicht beſtätigt, es zeigten ſich vielmehr, als befeuchtetes Morphin, Cinchonin, Chinin oder Löſungen ihrer Salze in Berührung mit Queckſilber galvaniſirt wurden, durchaus keine bemerkenswerthen Erſcheinungen; bloß dann, wenn das angewandte Alkaloid etwas Kalk enthielt, nahm das Queckſilber ein wenig butterartige Conſiſtenz (vom Calcium) an. Die Alkaloidſalzlöſungen werden auf die gewöhnliche Weiſe zerſetzt, indem ſich das Alkaloid am negativen Pole ausſcheidet.

Kaſtner **) hat bei folgenden Verſuchen die Bildung eines Ammoniumamalgams in **dendritiſcher Form** auf galvaniſchem Wege, indem er Queckſilber nach Art eines Zwiſchendrahtes auf Ammoniakflüſſigkeit wirken ließ, beobachtet. Eine Vförmig gebogene Glasröhre wurde unten einige Linien hoch mit laufendem Queckſilber, darüber in beiden Schenkeln mit zerriebenem kohlenſauren Ammoniak gefüllt, dann letzteres Salz mit Ammoniakflüſſigkeit befeuchtet und hierauf die polirten Eiſendrähte der Pole einer friſchgebaueten galvaniſchen Säule (aus 75 Kupferzink-Plattenpaaren, jede zu 75 Quadratzoll Fläche und mit heißer Salmiaklöſung geſchichtet) in das feuchte Salz ungefähr $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll tief getaucht. Dem poſitiven Polardraht gegenüber erfolgte raſch Bildung des Ammoniumamalgams, in **Form lebhaft bläulichweiß glänzender Dendriten**, die bis gegen $1\frac{1}{2}$ Zoll hoch in den Schenkel hinaufwuchſen ***). (Als zu einer andern Zeit der Verſuch mit derſelben Säule ſo wiederholt wurde, daß das Queckſilber die unmittelbare Verlängerung des negativen Drahtes bildete, entſtand das Ammoniumamalgam nur in der gewöhnlichen Form einer mattglänzenden, aufgequollenen Subſtanz.) **Kaſtner** hob mittelſt eines ſchmalen Meſſers etwas von dem dendritiſchen Ammoniumamalgam heraus, trocknete es ſo viel als thunlich mit Fließpapier, legte es dann in einen eiſernen, mit dem Kupferpole in leitender Verbindung ſtehenden, Löffel, und ſchloß nun die Kette, indem er das freie Ende des Zinkpoleiſendrahtes der Oberfläche des Amalgams näherte. Augenblicklich erfolgte Verbrennung unter lebhaftem purpurweißlichen Lichte, das ſpäterhin, nachdem ſchon wieder alles im Löffel befindliche Amalgam zu tropfbarem Queckſilber zurückgekehrt war, in grünlich bläuliches Licht überging und nun erſt auf ſeinem Spiegel die bekannten Oxydfiguren darbot.

---

*) Journ. of the royal. Inst. Nr. II. Febr. 1832. 250; oder Schweigg. J. LXII. 82; oder Buchner's Rep. XXXVII. 288.

**) Kaſtn. N. Arch. I. 432.

***) Dem negativen Pole gegenüber bildete ſich an dem andern Ende des Queckſilbers eine bräunlich-ſchwärzliche Maſſe, die hie und da zur Dendritenform neigte und mitunter von graumetalliſch glänzenden Theilchen durchſetzt erſchien.

Runge*) hat beobachtet, daß, wenn man eine blanke Zinkplatte mit Ätzkalilauge (aus 1 Kali und 4 Waſſer bereitet) übergießt und auf dieſelbe verſchiedene Metalle legt, z. B. Platin, Gold, Silber, Kupfer, Blei, Zinn und Eiſen, ohne daß ſie einander berühren, ſo wird man finden, daß von allen dieſen Metallen nur zwei, nämlich Platin und Eiſen, Gas entwickeln, und zwar letztes ſo ſtark, daß es die Gasentwickelung durch das Platin wenigſtens um das Dreifache übertrifft. Das Zink wird zugleich ſehr raſch aufgelöſt, wenn es in Berührung mit Eiſen iſt. In der That ergaben ſich bei vergleichenden Verſuchen, wo eine Zinkplatte 1) für ſich, 2) mit Platin, 3) mit Eiſen, jedesmal 20 Stunden lang unter Kalilauge in Berührung gelaſſen wurde, folgende Gewichtsverluſte:

1) Verluſt der einzelnen Zinkplatte . . .	0,5 Gran
2) Verluſt der Zinkplatte mit Platin . . .	5,6
3) Verluſt der Zinkplatte mit Eiſen . . .	73,8

Das Eiſen ſo wenig als das Platin hatten dabei einen Gewichtsverluſt erfahren.

Man kann von dieſer Erfahrung Nutzen zur Bereitung des Waſſerſtoffgaſes ziehen. Sie beruht, wie es ſcheint, auf einer erhöheten Negativität, welche das Eiſen erlangt.

Lüdersdorf**) hat ſehr umſtändliche Verſuche über die Wirkung des Galvanismus auf verſchiedentlich verdünnten Alkohol mit oder ohne Zuſatz von Säuren angeſtellt, aus denen ich indeß kein beſonders intereſſantes Reſultat abzuleiten weiß, da die Producte nicht gehörig unterſucht wurden. Bei mehreren Verſuchen entwickelte ſich nach längerm Galvaniſiren ein beſonderer Geruch; ſo bei Alkohol von 0,809 ſpecifiſchem Gewicht zwiſchen Platindrähten 8 Tage lang galvaniſirt ein Geruch, der zwiſchen dem von Trigon. foen. graec. und dem der Blüthen von Saponaria off. mitten inne lag; bei Alkohol von 0,789 ſpecifiſchem Gewicht mit rauchendem Weſen der Nordhäuſer Schwefelſäure bis zu 1,013 ſpecifiſchem Gewicht geſättigt ein heftiger Knoblauchgeruch, ohne daß Schwefelwaſſerſtoffſäure darin entdeckt worden wäre.

Matteucci behauptet, folgende Beobachtungen gemacht zu haben, deren Genauigkeit wir übrigens dahingeſtellt ſein laſſen. Er legte einige Stücken Muskelfleiſch auf Zinkplatten, andere auf Kupferplatten und wieder andere überließ er ſich ſelbſt. Die Fäulniß an den ſich ſelbſt überlaſſenen hatte ſchon begonnen, als ſich noch keine Veränderung an denen zeigte, welche mit den Metallen in Berührung waren; und bei der ſpäter eintretenden Fäulniß zeigten ſich die Producte auf beiden Metallen verſchieden; es entwickelten ſich nämlich ammoniakaliſche Producte und gekohltes Waſſerſtoffgas in den Muskeln, welche mit dem Zink in Berührung waren, und eſſigſaures Kupfer in denen, welche mit dem Kupfer in Berührung ſtanden. Ähnliche und vielleicht noch deutlichere Reſultate behauptet der Verfaſſer an Muskelfaſern, welche an den Polen einer galvaniſchen Säule angebracht waren, erhalten zu haben, ohne daß nähere Data beigefügt ſind (Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 311).

---

*) Pogg. XVI. 129

**) Pogg. XIX. 77–78.

Fiſcher ſtellt in ſeiner Schrift: Das Verhältniß der chemiſchen Verwandtſchaft ꝛc. S. 13 aufs Neue die Anſicht auf, daß die fleckenweiſe Färbung, welche feuchte reagirende Papiere auf Zink oder Eiſen erleiden, einzig und allein in dem ungleichen Anliegen der Papiere an die Metallfläche und dem verſchiedenartigen und nicht gleichzeitigen Verdunſten und Trocknen der verſchiedenen Stellen des Papieres ſeinen Grund habe. Dieſe Anſicht ſcheint mir jedoch durch folgende Verſuche, welche ich ſelbſt angeſtellt, widerlegt zu werden *), wo die Erſcheinung nicht an Lackmuspapier, ſondern an Lackmustinctur beobachtet ward.

Weit deutlicher nämlich, als mittelſt gefärbter Papiere, läßt ſich die Entwickelung des Phänomens verfolgen, wenn man unmittelbar eine Schicht (wäßrige) Lackmustinctur auf eine Zink- oder Eiſenplatte ausbreitet. Man ſieht in dieſem Falle an discreten Stellen des Zinks oder Eiſens ſehr kleine, nicht ſowohl rothe, als dunkelſchwarze Puncte ſich entwickeln, jeden dieſer Puncte aber allmälig ſich auf dem Zink mit einem rothen, auf dem Eiſen mit einem braungelben **), an Umfang immer mehr bis zu gewiſſem Grade zunehmenden, Hofe umgeben, doch ſo, daß das ſchwarze Centrum deutlich geſchieden bleibt von ſeinem hellern Hofe. Bei iſolirt von einander ſtehenden Centris behalten die Höfe eine kreisförmige Geſtalt; ſtehen ſich jedoch die Centra, wie an den meiſten Stellen, näher, ſo fließen ihre Höfe zuſammen und bilden ſo ähnliche unregelmäßige Figuren, als man auch auf dem Lackmuspapier wahrnimmt. Die Färbung der Mittelpuncte und ihrer Höfe haftet an der Zinkplatte ſelbſt, und läßt man die Lackmustinctur darauf eintrocknen, ſo zeigt ſich an dieſen Stellen das Zink oxydirt und aller Farbeſtoff darauf niedergeſchlagen, ſo daß die zwiſchenbefindlichen Stellen vollkommen blank, frei ſowohl von Oxyd als Farbe, erſcheinen ***).

---

*) S. mein Lehrbuch des Galvanismus S. 426.

**) Auch die Flecken des Lackmuspapiers ſind auf dem Eiſen nicht roth, ſondern braungelb.

***) Breitet man eine Schicht wäſſerigen Curcumäauszuges über Zink aus, ſo ſieht man öfters dieſelbe ſich bloß an ihrem äußerſten Rande etwas Weniges röthen, ohne eine bemerkliche Erſcheinung in der Mitte; in der Regel aber ebenfalls hier das Phänomen von Mittelpuncten mit Höfen ſich entwickeln, die jedoch hier ohne Vergleich vereinzelter und ſeltner ſtehen, als in der Lackmustinctur, auch langſamer zum Vorſchein kommen. Die Mittelpuncte haben ein braungelbes wolliges Anſehen, wie kleine Schimmelpuncte, unſtreitig von niedergeſchlagenem Farbeſtoffe, und ſind von einem runden hellgelben Hofe umgeben, in deſſen Umkreiſe ſich die Flüſſigkeit röthet. Bei geiſtiger Curcumätinctur habe ich letztere Erſcheinungen faſt nie, ſondern bloß eine deutliche Röthung im Umkreiſe der ganzen Schicht beobachtet.

Da Zink und Eiſen, die einzigen Metalle, auf denen man bis jetzt das Entſtehen der angegebenen Reactionen deutlich bemerkt hat, gerade ſolche Metalle ſind, welche im käuflichen Zuſtande vorzugsweiſe mit Kohlenſtoff und anderen Metallen verunreinigt ſind, ſo lag die Vermuthung ſehr nahe, daß in ihnen durch das Nebeneinanderſein heterogener Subſtanzen die Bedingung galvaniſcher Ketten erfüllt ſei, vermöge deren die in den Pflanzenpigmenten vorhandenen Salze zerſetzt würden, ſo daß ihre Säure nach den poſitiven, ihr Alkali nach den negativen Stellen hingeführt, dort die ihnen eigenthümlichen Reactionen äußerten. Außer den hierauf hindeutenden Verſuchen Jäger's mit Ketten aus Gold und Zink ließ ſich u. a. auch noch folgende Erfahrung dafür anführen. Wenn eine Zinnplatte auf eine Platte von Gold, Silber oder Platin ſo gelegt ward, daß ſie einander nur zum Theil deckten, darauf über beide gemeinſchaftlich ein Blatt feuchtes Lackmuspapier ausgebreitet, ſo daß es wohl in ihre Fuge einſchloß, ſo entwickelten ſich ſtets in dieſer Fuge rothe oder gelbrothe, öfters allmälig zuſammenlaufende, Flecke, ungeachtet weder Zinn noch die edleren Metalle für ſich dieſe Reaction auf Papier, das mit reiner Lackmustinctur befeuchtet iſt, hervorzubringen vermögen, ſo wie auch in jenem Falle die Röthung bloß in der Gegend entſteht, wo das Papier die Berührungslinie beider deckt. Ebenſo, wenn man Zink auf dieſelbe Weiſe mit einem edlen Metalle combinirt, röthet ſich conſtant die ganze Fuge zwiſchen beiden, abgeſehen von den, wie gewöhnlich auf der übrigen Oberfläche des Zinkes erſcheinenden, Flecken. Doch muß ich bemerken, daß dieſer Verſuch weder, wenn ich Zinn mit Kupfer, noch wenn ich Blei oder Kupfer mit edlen Metallen combinirte, gelang.

Man kann ſich in der That, wenn man das Phänomen auf die Seite 6 beſchriebene Weiſe ſich entwickeln läßt, ſich beim Anblicke der zuerſt erſcheinenden iſolirten ſchwarzen Stippchen nicht des Gedankens an einen eingeſtreueten Stoff, der dieſen Stellen entſpreche, erwehren, und erkennt leicht, daß dieſe Art Heterogeneität der Oberfläche nichts gemein hat mit der Art, welche von einem unregelmäßigen kryſtalliniſchen Gefüge der Metalle abhängt und namentlich durch Behandlung mit Säuren bemerkbar wird *). Es iſt nicht wahrſcheinlich, daß dieſer eingeſtreuete Stoff metalliſcher Natur ſei, da er ſonſt unſtreitig eine gleichförmigere Verbreitung angenommen haben würde; auch habe ich mich direct an Zink, der friſch aus Goslarſchem Zink deſtillirt war, überzeugt, daß die Erſcheinung ebenfalls darauf erfolge. Am wahrſcheinlichſten möchte ich es daher halten, daß es eingeſtreueter Kohlenſtoff iſt, welcher die angegebenen Erſcheinungen bedingt, da in der That Zink und Eiſen ſolchen vorzugsweiſe enthalten, und da ſeine große Elektronegativität der Erklärung ſehr günſtig iſt **).

*) Auch würden dann ſonſt Wismuth und Antimon die beſchriebenen Erſcheinungen deutlicher als Zink und Eiſen zeigen, dagegen ſie hier gar nicht bemerkt werden.

**) In der That blieb auch bei Auflöſung jenes deſtillirten Zinks in Salz-

Einige andere Beobachtungen über dieſe Erſcheinungen wird man in der Anmerkung beigefügt finden *).

Es ließ ſich nach einigen neueren Erfahrungen die Vermuthung aufſtellen, die Reactionen des Zinkes und Eiſens rührten daher, daß ſie auf eine eigenthümliche Weiſe die Elemente des Waſſers und der Luft zur Bildung von Ammoniak und Salpeterſäure disponirten. Indeß, wenn auch ein Verſuch, zufolge deſſen eine mit feuchtem Lackmuspapier belegte und ſofort unter Queckſilber getauchte, Eiſenplatte hierin ihre Reactionen wie gewöhnlich äußerte, nichts dagegen beweiſen ſollte, weil mit dem Papier ſelbſt Luft und Waſſer genug unter das Queckſilber geführt werden möchte, ſo wird doch dieſe Vermuthung einfach dadurch widerlegt, daß die elektriſchen Reactionen nicht durch Erhitzung verſchwinden, welche ſchon früher gemachte Erfahrung ich beſtätigt gefunden habe.

Über die Anwendung der galvaniſchen Kette zur Prüfung der Reinheit der Metallſalze und Metalle.

Nicht nur die einfache Fällung der Metalle aus ihren Auflöſungen durch andere poſitivere Metalle, ſondern auch, und zwar in noch weiterm Umfange, die Anwendung der einfachen oder zuſammengeſetzten galvaniſchen Kette kann zur Entdeckung von Verunreinigungen durch Metallſalze und

---

ſäure noch ein ſchwarzes Pulver zurück, ſo daß ſonach Kohlentheilchen bei der Deſtillation mit übergeriſſen werden müſſen. — Ich muß bei alledem bemerken, daß ich vergebens verſucht habe, durch Einrühren von Kohlenpulver in ſchmelzendes Zinn oder Blei eine Miſchung hervorzubringen, welche dieſelben Erſcheinungen dargeboten hätte, als Zink.

Ich glaube öfters die Entwickelung der rothen Flecke in der Lackmustinctur auf dem Zink von ſchon vorher bei genauer Aufmerkſamkeit oder unter der Lupe ſichtbaren ſchwarzen Puncten der Oberfläche bemerkt zu haben. Doch möchte ich bei der Leichtigkeit der Täuſchung dies nicht eher ſicher behaupten, als bis Andere dieſe Beobachtung beſtätigt finden.

*) Ich beobachtete conſtant, wenn ich Papier, mit Lackmustinctur getränkt, die mit *Kochſalz* geſättigt war, auf *Zinn* applicirte, daß darauf einzelne rothgelbe Flecken entſtanden, doch viel langſamer und vereinzelter, als auf Zink, Flecken, welche nicht entſtanden, wenn reine Lackmustinctur angewandt wurde. Auf *Blei* konnte ich unter gleichen Umſtänden keine ſolchen Flecken erhalten; Spuren davon ſchienen ſich einigemale auf Kupfer zu zeigen. Auf *Zink* hingegen entwickelten ſich unter dieſen Umſtänden die rothen Flecke viel langſamer und minder intenſiv, als wenn das Papier mit reiner Lackmustinctur befeuchtet war, erhielten aber eine bei Weitem beträchtlichere Ausdehnung. Wurde Lackmustinctur, mit Kochſalz verſetzt, auf das Zink *gegoſſen*, ſo entſtand auch in ſehr langer Zeit keine Spur von rothen Flecken darauf, die ſich doch bei reiner Lackmustinctur ſehr bald entwickelten. Auf Eiſen entſtanden zwar in dieſem Fall die gewöhnlichen Flecken, aber nicht in der Mitte, ſondern nur vom Umfang herein. Wurde durch etwas Säure geröthete Lackmustinctur auf Zink gegoſſen, ſo entſtand Anfangs keine Reaction in der Mitte (wiewohl ſich ſolche auch hier bald entwickelt, wenn man die geröthete Tinctur in Papier applicirt), ſondern die Schicht fing an, ſich am ganzen Umfange zu bläuen, welche Bläuung nur allmälig bis zur Mitte fortſchritt ꝛc.

Metalle ſelbſt dienen, worüber Fiſcher (Erdm. J. VII. 59) folgende belehrende Erörterungen gegeben hat.

Geſetzt, wir wollten z. B. Blei auf einen Silbergehalt prüfen, ſo können alle Metalle, welche das Silber, aber nicht das Blei niederzuſchlagen vermögen, mithin im Allgemeinen ſolche, die in der elektriſchen Reihenfolge zwiſchen Blei und Silber ſtehen, zur Prüfung angewandt werden. Auf ſolche Weiſe hat z. B. Fiſcher ſchon früher Silber im käuflichen Bleizucker entdeckt. Man ſieht leicht, wie ſich dies Beiſpiel verallgemeinern läßt. Doch giebt dies Verfahren in mehreren Fällen deshalb kein ſicheres Ergebniß, weil die Gegenwart des einen Salzes ſehr oft hemmend auf die Reduction eines andern wirken kann *); daher iſt im Allgemeinen die im Folgenden auseinanderzuſetzende Anwendung der galvaniſchen Kette vorzuziehen.

Zu dieſem Zweck bringt man das poſitive Metall des vorigen Verfahrens nicht für ſich in die zu prüfende Salzauflöſung, ſondern in Berührung mit einem ſehr elektronegativen Metall, Gold oder Platin, mit dem es ſolchergeſtalt eine einfache Kette darſtellt. Vorausgeſetzt iſt allerdings bei dieſem, wie bei dem vorigen Verfahren, daß das fremdartige beigemiſchte Salz, das man aufſucht, aus einem negativern Metalle gebildet ſei, als das, deſſen Reinheit man eben prüft, weil im umgekehrten Falle das zwiſchen beiden Metallen in der elektriſchen Reihenfolge inneſtehende Metall, das man zum poſitiven Gliede der einfachen Kette zu machen hat, anſtatt des beigemiſchten Metalles vielmehr das eigentliche Metall der Auflöſung niederſchlagen würde. Indeß kann man ſich doch in dieſem Falle dadurch helfen, daß man zuerſt durch eine geeignete mittelbare Kette das eigentliche Metall reducirt, wo dann in der Flüſſigkeit das mehr poſitive aufgelöſt bleibt, und nun durch die bekannten Reagentien leicht entdeckt werden kann, was früher nicht der Fall war.

Iſt endlich das beigemiſchte poſitive Metall von der Art, daß es ein Superoxyd zu bilden vermag, ſo iſt es noch leichter dadurch zu entdecken, daß man die galvaniſche Kette in zwei abgeſonderte Gefäße ſtellt, welche mit der Metallauflöſung gefüllt ſind, und beide getrennte Flüſſigkeiten durch einen Metallbogen in Verbindung ſetzt. Das poſitive Ende dieſes Bogens **) belegt ſich dann mit dem gebildeten Superoxyde. Da jedoch dieſe Art Ketten nur in den ſeltenſten Fällen wirkſam ſind, wie Fiſcher anderwärts zu zeigen verſpricht, ſo iſt ſicherer, anſtatt der einfachen Kette eine Säule, wozu im Allgemeinen 4 bis 6 Zink-Kupferplattenpaare von 1 Quadratzoll Fläche hinreichend ſind, anzuwenden. Durch dieſe kleine Säule können ſehr geringe Spuren von Blei und Mangan entdeckt werden *). Um hingegen Spuren von Nickel und Kobalt durch Bildung von Hyperoxyd zu entdecken, müſſen ſtärkere Säulen, etwa von 50 Plattenpaaren, angewandt werden.

---

*) So z. B. hat Fiſcher und ſchon vor ihm der Engländer Keir beobachtet, daß wenn eine ſehr geringe Menge ſalpeterſaure Silberauflöſung zu ſalpeterſaurer Kupferauflöſung geſetzt wird, dieſe nicht mehr durch Eiſen gefällt zu werden vermag (Vergl. Biot's Lehrb. III. S. 410.)

**) D. i. das, welches ſich dem negativen Metalle gegenüber befindet.

Eine weit allgemeinere Anwendung als für Metallſalze findet die galvaniſche Kette zur Prüfung der Reinheit der Metalle ſelbſt. Man bringt zu dieſem Ende das Metall in Berührung mit Gold oder Platin, am beſten durch Umwindung mit einem Platin- oder Goldſtreifen, und ſetzt es einer Säure aus, welche es ruhig, d. h. ohne bedeutende Gasentwickelung, aufzulöſen vermag; doch wird die Säure nur in geringer Menge angewandt, ſo daß nur ein kleiner Theil aufgelöſt wird. Enthält nun dieſes Metall ein anderes mehr negatives, ſo wird dieſes im reducirten Zuſtande am Platin oder Golde ſich darſtellen; enthält es umgekehrt ein mehr poſitives, ſo wird anfangs das eigentlich zu prüfende Metall, ſpäter hingegen das mehr poſitive vom Platin reducirt erſcheinen. Natürlich iſt der erſte Erfolg weit ſicherer, als der zweite. Vortheilhaft iſt auch hier die Anwendung der galvaniſchen Säule, als deren poſitiver Pol das zu unterſuchende Metall, als negativer hingegen ein Gold- oder Platindraht angebracht wird, die man in daſſelbe Gefäß mit Säure leitet. Auf dieſe Art gelang es Fiſcher, Spuren von Kupfer im Zink, Zinn und Blei, ſo wie in einer Nickelauflöſung, und Spuren von Blei (als Superoxyd) in Kupfer-, Zink- und Uranauflöſung unter Umſtänden zu entdecken, unter welchen es auf gewöhnlichem chemiſchen Wege durch die empfindlichſten Reagentien nicht möglich war.

III. Erſcheinungen, abhängig von Veränderungen, welche die metalliſchen Oberflächen unter dem Einfluſſe der Schließung durch die Flüſſigkeit erfahren.

Zu den intereſſanteſten Erſcheinungen, welche der Galvanismus hervorzubringen vermag, gehört unſtreitig die Bildung dünner Überzüge auf metalliſchen Platten, welche, an den Polardrähten einer Säule angebracht, in eine gemeinſchaftliche, die Säule ſchließende, Flüſſigkeit tauchen. Abgeſehen von den Nobili'ſchen Figuren, welche hievon abhängen, ſcheinen auch, wie ich näher in meinem Lehrbuche des Galvanismus erörtert habe (S. 273), die Ladungsphänomene von ſolchen, häufig nur nicht ſichtbaren, Überzügen

---

*) Nach einer Angabe von Fiſcher in Kaſtn. Arch. XVI. bilden Manganſalze bei ſo ſchwachen Säulen ſchon binnen wenigen Minuten Superoxyd, wenn ſie nur zu $\frac{1}{1000}$ in der Auflöſung enthalten ſind; das Bleiſuperoxyd ſtellt ſich etwas langſamer her.

**) Schweigg. J. LX. [illegible].

herzurühren, wodurch die elektromotoriſchen Eigenſchaften der Metalle modificirt werden. In Bezug auf das Thatſächliche ſolcher mit dem bloßen Auge nicht wohl erkennbarer, aber ſich durch ihre Wirkungen ſehr wahrnehmbar machender, Überzüge wird folgende Erfahrung Ohm's an Kupfer in Schwefelſäure Beachtung verdienen.

Wenn zwiſchen den, aus kupfernen Streifen beſtehenden, Polen einer Säule durch concentrirte Schwefelſäure die Schließung bewirkt wurde, ſo ſieht man in längerer Zeit bloß an der Luftgränze des Kupfers und der Säure einen weißen, beim Trocknen an der Luft hellblau werdenden, aus ſchwefelſaurem Kupferoxyd beſtehenden, allmälig in Flocken ſich loslöſenden, Anſatz ſich bilden. Die Fläche des Kupferſtreifens unter der Oberfläche der Säure bleibt aber anſcheinend blank.

Daß deſſenungeachtet die Oberfläche des poſitiven Poles eine Veränderung erfahren hat, giebt ſich daraus zu erkennen, daß, wenn man jetzt die concentrirte Schwefelſäure durch Queckſilber erſetzt, gar keine Strömungswirkung ſich an dem (in den Kreis der Säule eingeſchalteten) Multiplicator zu erkennen giebt, die dagegen ſofort in ſehr ſtarkem Grade eintritt, wenn man nur einen ſehr kleinen Theil der poſitiven Fläche mit dem Meſſer abſchabt, wonach die concentrirte Schwefelſäure einen nicht leitenden Überzug auf dem Kupfer gebildet haben mußte, der durch das Meſſer entfernt zu werden vermag. Die Bildung dieſes nicht leitenden Überzuges giebt ſich auch ſchon während der Schließung durch die Schwefelſäure zu erkennen, indem die anfangs ſehr ſtarke Wirkung auf den Multiplicator einen ſehr ſchnellen Abfall erleidet, und zwar anfangs eine ziemlich lebhafte Gasentwickelung am Ende des in die Säure reichenden poſitiven Bogens Statt findet, dieſe aber ſehr bald gänzlich aufhört.

Übrigens kann man die, mit bloßem Auge allerdings nicht wahrnehmbare, Veränderung, welche die Oberfläche des Kupfers in der Säure erlitten hat, doch nach Ohm mit der Lupe bemerken. Betrachtet man nämlich das Kupfer aufmerkſam mit einer ſolchen, nachdem es herausgenommen und an der Luft trocken geworden iſt, ſo wird man gewahr, daß es, ſo weit es in die Säure geragt hat, mit einer glänzenden farbloſen und durchſichtigen Rinde überzogen iſt. Schabt man dieſe Rinde behutſam mit dem Meſſer ab, ſo erhält man ein weißes, hier und da mit dunkelen Stellen geflecktes, Pulver, welches mit dem an der Luftgränze gebildeten Salze gleiche Eigenſchaften zeigte.

Nobili *) hat die Kunſt, Metallplatten auf galvaniſchem Wege zu färben, neuerdings noch mehr ausgebildet; während er früher dieſe Färbungen nur unter Geſtalt von Ringen zu erhalten vermochte, iſt es ihm neuerdings gelungen, Metallplatten eine über ihre ganze Oberfläche gleichförmige Farbe zu ertheilen, und dieſe Farbe beliebig abzuſtufen, ſo daß

---

*) Bibl. univ. [illegible] Août. [illegible], oder Erdmann's J. IX. [illegible] oder Schweigg. J. LXI. [illegible]

er alle Nuancen, welche in den Newton'ſchen Farberingen inbegriffen ſind, hervorzubringen vermag; denn da dieſe Färbungen bloß auf der Bildung dünner Überzüge beruhen, die ſich unter dem Einfluſſe des Galvanismus aus der Flüſſigkeit auf die Metallplatten abſetzen, ſo kann man, je nachdem man die Wirkung längere oder kürzere Zeit andauern läßt, die Dicke dieſes Überzuges beliebige Stufen durchlaufen laſſen, und wir werden in der Lehre vom Lichte ſehen, welche Anwendung **Nobili** hieron zur Conſtruction einer Farbenſcale gemacht hat. **Nobili** hat das Verfahren, durch welches er die gleichförmige Farbe hervorzubringen vermag, noch nicht genau beſchrieben, ſondern bloß ſo viel erwähnt, daß man ſie dadurch erhält, daß man der Platinſpitze, welche zur Erzeugung der farbigen Ringe dient, eine ebene Platte ſubſtituirt. **Nobili** giebt ſeiner Kunſt den Namen **Metallochromie** und beabſichtiget, ſie in einer beſondern Schrift zu beſchreiben.

IV. Erzeugung verſchiedener Verbindungen auf elektrochemiſchem Wege, von Becquerel*).

Becquerel hat mehrere einfache Methoden angegeben, durch eine ſehr langſame galvaniſche Wirkung chemiſche Verbindungen, wie **Oxyde**, **Schwefelmetalle**, **Jodmetalle**, **Chlormetalle**, **verſchiedene Salze**, in kryſtalliſirtem Zuſtande darzuſtellen, deren mehrere ſich ſonſt nur ſchwer oder nicht auf gewöhnlichen chemiſchen Wegen in dieſem Zuſtande erhalten laſſen. Diejenigen dieſer Verbindungen, welche auch in der Natur kryſtalliſirt vorkommen, ſind den von **Becquerel** auf galvaniſchem Wege erzeugten ſo ähnlich, daß derſelbe glaubt, es möchte bei ihrer Bildung ein ähnlicher Vorgang wirkſam geweſen ſein. Die Verfahrungsweiſen, die **Becquerel** anwandte, beruhen zum Theil auf Kettenanordnungen mit zwei flüſſigen, zum Theil auf ſolchen mit zwei feſten Leitern.

1) **Bildung kryſtalliſirter Oxyde von Kupfer, Blei, Zink.** Man thue auf den Boden einer, an einem Ende verſchloſſenen, Röhre Kupferoxyd, fülle die Röhre mit einer Auflöſung von geſättigtem ſalpeterſauren Kupferoxyd, tauche darauf einen Kupferſtreifen bis zur Berührung des Oxyds hinein und verſchließe die Röhre hermetiſch. Nach Verlauf von etwa 10 Tagen bemerkt man auf dem Kupferſtreifen kleine metallglänzende kubiſche Kryſtalle, welche **Kupferoxydul** ſind**).

---

*) Mém. de l'Acad. 1830. IX. 525; oder Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. [illegible]; oder Pogg. XVI. [illegible]. — **Derſelbe** in Mém. de l'Acad. 1831. X. [illegible], [illegible]; oder Ann. de Ch. et de Phys. XLIII. [illegible]; oder Baumg. Zeitſchr. VIII. 63.

**) Je nach der mehr oder minder großen Menge von Kupferoxyd, welche in der Röhre vorhanden iſt, gehen die Erſcheinungen auf verſchiedene Weiſe vor

Auf ähnliche Weiſe kann man nach **Becquerel** auch **Bleioxyd** kryſtalliſirt erhalten, indem man gepulverte Bleiglätte, einen Streifen Blei und eine Löſung von baſiſch eſſigſaurem Blei unter die eben angegebenen Umſtände bringt. Auch **Zinkoxyd** gelang es **Becquerel**, auf dieſe Weiſe kryſtalliſirt darzuſtellen.

2) **Bildung kryſtalliſirter Chlormetalle** (**von Silber und Kupfer**). Man gieße in eine, an einem Ende verſchloſſene, Glasröhre concentrirte Salzſäure und tauche einen Streifen Silber hinein, der mit einem Draht vom nämlichen Metall an einem Stück Anthracit oder Kohle befeſtigt iſt, und verſchließe darauf die Röhre, ſo daß bloß eine ganz kleine Öffnung bleibt, um dem während der Reaction der Körper ſich entwickelnden Gaſe den Ausgang zu verſtatten. Das Silber, welches gegen die Kohle poſitiv elektriſch wird, zieht das Chlor an, und verbindet ſich mit ihm, während der Waſſerſtoff der Salzſäure an den Kohlenſtoff tritt und damit eine gasförmige Kohlenwaſſerſtoffverbindung bildet, die durch die gelaſſene Öffnung entweicht, oder, im Fall keine Öffnung gelaſſen wurde, die Röhre bald zerſprengt. Die Verbindung des Chlors mit dem Silber kryſtalliſirt in Oktaedern, wie die, welche man in der Natur findet. Die Kryſtalle wachſen langſam an. **Becquerel** erhielt ihrer von 1 Millimeter Seite. Sie ſind vollkommen durchſichtig und beſitzen alle Eigenſchaften des **Chlorſilbers**.

Subſtituirt man dem Silber einen **Kupferſtreifen**, und verſchließt die Röhre hermetiſch, ſo entbindet ſich ebenfalls Kohlenwaſſerſtoffgas, welches die Röhre zerſprengt; nach 6 bis 12 Monaten bedeckt ſich der Streifen mit ſchönen tetraedriſchen Kryſtallen von **Kupferchlorür** (ſalzſaurem Kupferoxydul), die ſich bei Luftzutritt in Chlorid (ſalzſaures Kupferoxyd) verwandeln. Setzt man aber den Verſuch bei Ausſchluß der Luft fort, ſo ändert die Flüſſigkeit ihre Farbe, wird braun, hell, dann dunkel und die

ſich. Im Fall es in großem Überſchuß vorhanden iſt, ſo findet zuerſt Bildung und Kryſtalliſation des Oxyduls Statt; die Auflöſung entfärbt ſich allmälig, wird ſodann farblos, man bemerkt auf den inneren Wänden der Röhre Kryſtalle von ſalpeterſaurem Ammoniak, und die Flüſſigkeit enthält nur noch eine geſättigte Auflöſung dieſes Salzes und einige Spuren von Kupfer. Manchmal vergehen ſechs Monate, bevor man dieſes Reſultat erlangt, welches von der angewandten Quantität Oxyd abhängt. Alles dieß geht bei Ausſchluß der Luft vor ſich, denn die Röhre iſt als hermetiſch verſchloſſen angenommen. Das Ammoniak hat ſich auf Koſten des Waſſerſtoffs des Waſſers und Stickſtoffs der Salpeterſäure bilden müſſen.

Iſt die Quantität angewandten Oxyds ſehr gering, ſo iſt der Hergang folgender: Die Kryſtalle von Oxydul bilden ſich ebenfalls, aber allmälig verlieren ſie ihren Glanz und erfahren zuletzt eine Veränderung, die bei einem gewiſſen Puncte ſtehen bleibt; die Auflöſung bleibt ſtets gefärbt, und es tritt von jetzt an keine weitere Veränderung in der Auflöſung ein.

Die Materie, in die ſich das Kupferoxyd dabei verwandelt, iſt nach **Becquerel's** Analyſe aus 0,5 Salpeterſäure (2 Atome) und 1,2 Kupferoxyd (3 Atome) zuſammengeſetzt; mithin ein baſiſches Salz.

Kryſtalle verſchwinden. Die Kohle wird ſtark angegriffen und erzeugt eine Verbindung, die Becquerel noch nicht analyſirt hat. Die Kryſtalle, welche oft 2 Millimeter Seite haben, ſind ganz waſſerklar.

3) Bildung von kryſtalliſirten Schwefelmetallen. Man nimmt zwei kleine, an ihren beiden Enden offene, Röhren, verſchließt ſie unten durch ganz feinen, mit einer leitenden Flüſſigkeit befeuchteten, Thon, gießt in die eine Röhre eine geſättigte Auflöſung von ſalpeterſaurem Silber, in die andere eine Auflöſung von unterſchwefligſaurem Kali, die man durch Zerſetzung des Schwefelkaliums an der Luft erhält, ſetzt beide Röhrchen in eine größere, mit einer leitenden Flüſſigkeit*) gefüllte Röhre, und verbindet die Flüſſigkeit in beiden Röhrchen (die nicht oben verſchloſſen werden) durch Eintauchen der beiden Enden eines gebogenen Drahtes oder Streifens von reinem Silber. Das Silberende, welches in die ſalpeterſaure Silberauflöſung taucht, bedeckt ſich mit metalliſchem Silber, während an dem in der andern Röhre befindlichen Ende zuerſt ein Doppelſalz von unterſchwefligſaurem Silber und Kali in ſchönen Prismen kryſtalliſirt, das aber bald in ſchwefelſaures Kali und Schwefelſilber übergeht, welches unzerſetzt bleibt, ſo lange noch keine hinreichende Quantität Salpeterſäure frei geworden iſt, um darauf zu reagiren. Während dieſer Wirkung verdampft ein Theil der Flüſſigkeit, und es bleibt über dem Boden der Flüſſigkeit bloß noch eine teigartige Materie, in deren Mitte das Schwefelſilber nach Art des natürlichen in ſchönen kleinen bleigrauen Oktaedern kryſtalliſirt, und zwar nicht bloß am Silber, ſondern auch an den Wänden der Röhre.

Erſetzt man bei vorigem Verſuche die Auflöſung des ſalpeterſauren Silbers durch ſalpeterſaures Kupfer, und den Silberſtreifen durch einen Kupferſtreifen, ſo bildet ſich anfangs ein Doppelſalz von unterſchwefligſaurem Kupfer und Kali, welches in ganz feinen ſeidenartigen Nadeln kryſtalliſirt und ſich allmälig zerſetzt, wo dann an den Kupferſtreifen abgeplattete metalliſchgraue Kryſtalle, von Schwefelkupfer, mit dreiſeitigen Flächen von 2 Millimetern Länge ſich anſetzen.

Wendet man dieſelben Flüſſigkeiten als bei dieſem Verſuche an, verbindet aber dieſelben anſtatt durch einen einfachen Kupferbogen durch einen Bogen, der aus Kupfer und Antimon zuſammengeſetzt iſt, ſo daß das Kupfer in die ſalpeterſaure Kupferauflöſung, das Antimon in die Auflöſung von unterſchwefligſaurem Kali taucht, ſo überzieht ſich das Antimonende, ſo wie die Wände der Röhre, worin es ſich befindet, mit einem braunrothen Niederſchlage, und einige Zeit darauf bilden ſich auf dem Antimon kleine rothe oktaedriſche Kryſtalle und Blätter, die ſich chemiſch wie Kermes verhalten.

Auf analogem Wege erhält man das Schwefelzinn in ganz kleinen metalliſch weißglänzenden kubiſchen Kryſtallen.

---

*) Es iſt weſentlich, daß ihr Leitungsvermögen nicht zu gut ſei.

Auch Schwefeleiſen erhielt Becquerel zweimal auf ſolchem Wege in kleinen gelben kubiſchen Kryſtallen, wobei es jedoch erforderlich war, die Röhre, worin ſich das unterſchwefligſaure Kali befand, hermetiſch zu verſchließen; doch glückte der Verſuch hier nicht ſtets. Schwefelzink auf ſolche Weiſe zu erlangen, gelang bis jetzt nicht; in Bezug auf Schwefelblei und Schwefelqueckſilber waren die Verſuche des Verfaſſers noch nicht beendigt.

4) Bildung kryſtalliſirter Jodmetalle. Man ſubſtituirt in dem vorigen Apparate jodwaſſerſtoffſaures Kali oder Natron anſtatt des unterſchwefligſauren Kalis, und erhält dann z. B. mit Blei zuerſt eine Doppelverbindung von Jod mit Blei und Kalium, die in ganz feinen weißen ſeidenartigen Nadeln kryſtalliſirt, ſich aber allmälig zerſetzt, worauf eine große Menge goldgelbe glänzende Kryſtalle von Jodblei, welche vom regelmäßigen Oktaeder ableitbar ſind, entſtehen. Das Kupfer giebt unter denſelben Umſtänden erſt eine Doppeljodverbindung in weißen nadelförmigen Kryſtallen, dann ſchöne oktaedriſche Kryſtalle von Jodkupfer. Andere Metalle würden wahrſcheinlich analoge Reſultate darbieten, ſo wie man auch unſtreitig Brommetalle, Selenmetalle auf dieſem Wege kryſtalliſirt erhalten würde, was der Verfaſſer aber noch nicht direct unterſucht hat.

5) Bildung von Doppel-Chlor-, Jod-Brom-Verbindungen von Kupfer, Blei, Silber. Man nimmt eine Uförmig gebogene Röhre, und füllt ihre Biegung mit feuchtem Sand oder Thon, woraus zuvor das Eiſen durch Salzſäure ausgezogen iſt, an*). In den einen Schenkel gieße man nun z. B. eine Auflöſung von ſchwefelſaurem oder ſalpeterſauren Kupfer, in den andern eine Kochſalzauflöſung, verbinde die Flüſſigkeiten beider Schenkel durch einen gebogenen Kupferſtreifen und verſchließe alle Öffnungen durch Kitt. Das Ende, welches in die Metallauflöſung taucht, überzieht ſich allmälig mit metalliſchem Kupfer, und es wird hier Salpeterſäure frei. Im andern Schenkel oxydirt ſich das daſelbſt befindliche Ende des Kupferſtreifens ſchnell; ein Antheil Chlor tritt an das gebildete Oxyd und bildet ein Oxydchlorid, welches ſich mit dem Chlornatrium verbindet. Dieſe Verbindung kryſtalliſirt allmälig auf dem Kupferende in ſchönen tetraedriſchen Kryſtallen **); um ſie jedoch von 2 bis 3

---

*) Dieſer Zwiſchenkörper hat zum Zweck, die ſchnelle Vereinigung der Flüſſigkeiten, die reſpectiv in die zwei Schenkel gegoſſen werden, zu hindern. Becquerel führt folgendes Beiſpiel an, wie wirkſam der Sand in dieſer Hinſicht ſei. Eine U förmig gebogene Röhre von 11 Zoll Höhe und 1,8 Linien Durchmeſſer wurde zur Hälfte mit feuchtem Sande angefüllt, dann in einen Schenkel ein Lackmusaufguß, in den andern Schwefelſäure gegoſſen. Mehr als drei Wochen vergingen, ohne daß man die geringſte Veränderung in der Farbe des Lackmus bemerkte.

**) In Berührung mit Waſſer löſt ſich das Chlornatrium aus dieſer Verbindung auf, und das Oxychlorid, welches Becquerel aus 80 Kupferoxyd (2 At.), 20 Salzſäure (1 At.) beſtehend fand, fällt nieder.

Millimeter Länge zu haben, muß man ein Jahr warten, und Sorge darauf verwandt haben, daß der Vermiſchung der Flüſſigkeiten in beiden Röhren ein hinlängliches Hinderniß entgegengeſetzt worden ſei.

Die ſalzſauren Salze von Ammoniak, Kalk, Kali, Baryt, Strontian, Magneſia geben mit dem Kupfer analoge Producte als das Kochſalz, die ebenfalls in regelmäßigen Tetraedern kryſtalliſiren und mithin alle iſomorph ſind.

Das Silber ſo wie das Blei geben mit denſelben ſalzſauren Salzen Verbindungen, die ebenfalls iſomorph und den vorigen ähnlich ſind.

Mittelſt derſelben Anordnungen kann man auch auf ganz analoge Art, indem man ſtatt ſalzſauren Salzen jodwaſſerſtoffſaure oder bromwaſſerſtoffſaure anwendet, die den erwähnten Chlorverbindungen analogen Jod- und Bromverbindungen erzeugen.

Bei der Kryſtalliſation der in Rede ſtehenden Verbindungen machte Becquerel öfters die Bemerkung, daß in den erſten Zeiten der Kryſtall vollſtändig war, wenn aber der Apparat lange Zeit ſtand, ſo ſtutzten ſich die Ecken ab.

Apparat zur Hervorbringung verſchiedener Verbindungen. Man ſtellt drei Gläſer, die wir mit A, A′, A″ bezeichnen wollen, neben einander, füllt A mit einer Auflöſung von ſchwefelſaurem oder ſalpeterſauren Kupferoxyd, A′ mit einer Auflöſung, auf welche man wirken will, A″ mit Waſſer, das durch Zuſatz von etwas Säure oder Kochſalz ſchwach leitend gemacht worden iſt. A communicirt mit A″ durch eine gezogene Röhre, welche mit Thon gefüllt iſt, den man mit einer Salzauflöſung befeuchtet, deren Beſchaffenheit von der Art Wirkung abhängt, die man in A″ hervorzubringen bezweckt, A′ und A″ werden durch einen Gold- oder Platinbogen mit einander in Verbindung geſetzt; endlich A und A″ durch einen einfachen Zink-Kupferbogen, ſo daß das Kupfer in A taucht. Zufolge dieſer Anordnung kann das Ende des Gold- oder Platinbogens, welches in A′ taucht und das wir a′ nennen wollen, als der poſitive Pol einer kleinen Kette von ſehr langſamer Wirkung angeſehen werden. Das ſchwefelſaure Kupfer in A wird hierdurch zerſetzt, ſein Sauerſtoff ſo wie die Schwefelſäure werden nach a′ geführt, und letztere treibt manchmal unterwegs die Säuren aus, die ſie vorfindet, wenn ſie weniger Verwandtſchaft als ſie ſelbſt zu den Baſen haben. Alle Beſtandtheile gelangen in die Flüſſigkeit A′, wo ihre langſamen Reactionen verſchiedene Veränderungen bewirken.

Der ſo angeordnete Apparat hat einen großen Vortheil vor den bisher beſchriebenen, indem er erlaubt, in größerm Maßſtabe zu operiren und eine Reaction des Oxydes verhütet, welches ſich in A′ bilden würde, wenn man ein oxydables Metall als poſitiven Pol anwenden wollte.

Oft iſt man genöthiget, ein viertes Glas zwiſchen A und A′ einzuſchieben, in welches man eine hinreichende Quantität der durch die Schwefelſäure zu zerſetzenden Salzauflöſung thut, damit die in der Flüſſigkeit A′

vor ſich gehenden Wirkungen nicht unterbrochen werden, wenn alle Flüſſigkeit des Thons ſich zerſetzt hat.

Geſetzt nun, man hat die Abſicht, ein elektro-negatives Gas oder eine Säure in das Glas A′ überzuführen, ſo braucht man nur in den Thon eine Auflöſung zu bringen, aus welcher die Schwefelſäure, die von Zerſetzung des ſchwefelſauren Kupfers herrührt, dies Gas oder dieſe Säure zu entbinden vermag. Will man dagegen Waſſerſtoff oder ein elektro-poſitives Gas nach A′ überführen, ſo muß man die Stelle des Platinſtreifens und der mit Thon gefüllten Röhre verwechſeln. Endlich kann man auch (wenn man dies beabſichtigt), die Mitwirkung einer Oxydbildung bei dem chemiſchen Proceſſe erlangen, indem man den Platin- oder Goldſtreifen durch einen Streifen aus oxydabelm Metalle erſetzt.

Becquerel beſchreibt folgende Verſuche, die mit dieſem Apparate angeſtellt wurden:

Kryſtalliſation von Schwefel und kohlenſaurem Kali. Man gießt in A′ eine alkoholiſche Auflöſung von Sulfocarbonat von Kali*), in A eine Auflöſung von ſchwefelſaurem Kupfer und feuchtet den Thon der Röhre mit einer Salpeterlöſung. Nach 24 Stunden bemerkt man auf dem Ende a′ des Platinbogens dieſelben Producte, welche oben mit Blei erhalten wurden, nämlich Kryſtalle von Schwefel, von einfach kohlenſaurem Kali ꝛc., jedoch, wie natürlich, nicht von kohlenſaurem Blei.

Kryſtalliſation von Schwefel und ſchwefelſaurem Baryt. Man ſubſtituirt dem Sulfocarbonat von Kali bei vorigem Verſuche eine wäſſerige Auflöſung von Sulfocarbonat von Baryt; es treten ähnliche Reactionen ein; Schwefel fällt in kleinen Kryſtallen nieder und ſchwefelſaurer Baryt kryſtalliſirt in prismatiſchen Nadeln, die ſich vielleicht von größeren Dimenſionen erhalten laſſen würden, wenn man das Ende des Platinſtreifens löffelartig böge, damit die auf der Oberfläche deſſelben gebildeten Kryſtalle nicht herabfallen können.

Kryſtalliſation von ſchwefligſaurem Kupfer. Man füllt A′ mit einer Auflöſung von ſchwefligſaurem Kali und erſetzt den Platinbogen durch einen Kupferbogen. Sauerſtoff und Salpeterſäure begeben ſich nach dem Ende a′, die letztere zerſetzt das ſchwefligſaure Salz und bemächtigt ſich ihrer Baſis; die ſchweflige Säure tritt an das Kupferoxyd, welches ſich zu gleicher Zeit bildet und verbindet ſich mit ihm, und das ſo entſtandene ſchwefligſaure Kupfer verbindet ſich ſeinerſeits mit dem ſchwefligſauren Kali, wodurch ein in ſchönen Oktaedern kryſtalliſirendes Doppelſalz entſteht; da aber die Salpeterſäure fortfährt anzulangen, ſo wird dies ſchwefligſaure Doppelſalz allmälig wieder zerſetzt, es entbindet ſich ſchweflige Säure und das ſchwefligſaure Kali verwandelt ſich in doppelt ſchwefligſaures Kali und in ſalpeterſaures Kali: das ſchwefligſaure Kupfer aber fällt in durchſichtigen hellrothen Oktaedern wie Pyropengranaten nieder.

---

*) Unſtreitig iſt hierunter das kohlengeſchwefelte oder kohlenſchweflige Schwefelkalium zu verſtehen, welches man erhält, wenn eine Auflöſung von Schwefelleber in Alkohol mit in Überſchuß zugeſetztem Schwefelkohlenſtoff geſättigt wird. (Vergl. Pogg. Ann. VI. 450 oder Fechners Repert. der N. Entd. in der unorg. Ch. I. 290).

V. Niederſchlagung der Metalle durch einander.

Niederſchlagung der Metalle in cohärenter Geſtalt.

Bekanntlich erhält man bei Niederſchlagung der Metalle durch einander aus ihren Auflöſungen das gefällte Metall in loſer Geſtalt von wenig Zuſammenhang. Zwar war unter gewiſſen Umſtänden auch die Entſtehung von feſtem cohärenten Kupfer bei Fällung durch Eiſen beobachtet worden; indeß waren doch die Umſtände noch nicht bekannt, welche den Erfolg hiebei bedingten. Durch Verſuche Wach's (Schweigg. LVIII. 20) iſt dieſer Gegenſtand neuerdings aufgeklärt worden *), indem ſich daraus ergeben hat, daß es hinreicht, die Einwirkung des fällenden Metalles auf die zu fällende Auflöſung ſehr zu verzögern, indem man das Metall durch thieriſche Blaſe oder andere, der Flüſſigkeit nur langſam Durchgang verſtattende, Körper von der zu fällenden Auflöſung trennt, um durch Eiſen oder Zink nicht nur Kupferauflöſungen, ſondern auch aus verſchiedenen anderen Metallauflöſungen (ſalzſaures Antimon, ſalpeterſaures Wismuth, ſalzſaures Zinn, ſalpeterſaures Silber, ſalzſaures Platin) feſtes cohärentes Metall niederzuſchlagen **).

Auch wenn man eine einfache Kette zur Fällung anwendet, welche durch eine lange Flüſſigkeitsleitung geſchloſſen iſt, wird die Niederſchlagung am negativen Metalle in cohärenter Form erfolgen. Die Verſuche über dieſen Gegenſtand laſſen ſich unter verſchiedenen Formen anſtellen, die wir, da ſie von Intereſſe ſind, zum größten Theil mittheilen wollen ***).

---

*) Noch früher als Wach (nämlich zu Anfange des Jahres 1827) hat ſchon Mulder, Profeſſor zu Franeker, analoge Verſuche als Wach mit Fällung von Kupferauflöſung durch Eiſen, das in thieriſche Blaſe, Seide, Tuch u. dergl. eingewickelt worden, angeſtellt und beobachtet, daß durch das eingewickelte Eiſen das Kupfer metalliſch glänzend und kryſtalliniſch, durch das bloße Eiſen pulverförmig gefällt ward. Er hat aber die Erſcheinungen weder in ſo augenfälligem Grade beobachtet, noch ſo weit verfolgt als Wach. Die Verſuche Mulder's befinden ſich in Brandes Arch. XXII. 291.

**) Mit anderen als den in der Einſchaltung angegebenen Metallen glückte es dem Verfaſſer nicht, feſte Metallvegetationen zu erlangen, namentlich nie mit Blei. Göbel (Schweigg. LX. 414) erhielt indeß auch mit Gold dergleichen.

***) Marx, der Wach's Verſuche mit Erfolg wiederholt hat (Schweigg. LIX. 116), ſagt darüber: „beſonders gehören die Reductionen des Kupfers in feſten kryſtalliniſchen und zweigigen Maſſen zu den ſchönſten Verſuchen, die man in dieſem Gebiete anſtellen kann, und bei genauer Befolgung der angegebenen Vorſchriften ſchlagen ſie nie fehl“.

Fällung von Kupfer in cohärenter Form. Unter Zwiſchenwirkung von thieriſcher Blaſe.

1) Eine Löſung von 1 Theil ſchwefelſauren Kupfers in 6 Theilen Waſſer bringe man in ein weites, 2 Pfund Waſſer zu faſſen fähiges, Colinderglas; in einen darauf paſſenden Deckel von Papier ſchneide man zwei kreisrunde Löcher, durch welche zwei an einem Ende mit Blaſe verſchloſſene Röhren eingeſteckt werden, ſo etwa, daß der mit Blaſe verſchloſſene Theil zwei Zoll tief unter dem Niveau der Kupferlöſung ſich befindet. In beide Röhren wird etwas Brunnenwaſſer gegoſſen und in die eine dieſer Röhren ein Streifen Zinkblech, in die andere ein Stäbchen Eiſen geſtellt. Schon nach einigen Stunden wird ſich an beiden Röhren außerhalb der Blaſe Kupfer in metalliſch feſter Form anſetzen, während die Flüſſigkeit in der Röhre zu ſteigen beginnt, und die Menge dieſes Kupfers wird ſich im Verlaufe von 14 Tagen ſehr vermehren.

Die Form des ſo ausgeſchiedenen Kupfers glich einem flachen Kuchen, worauf entweder kleine quadratiſche Flächen, wie von eingegrabenen Kryſtallen herrührend, oder kleine rundliche Erhöhungen ſich zeigten. Es war übrigens dieſes Cämentkupfer vollkommen metalliſch feſt, gleich einer im Feuer geſchmolzenen Metallmaſſe, gab mit der Feile angeſtrichen eine reine Kupferfläche, war unter dem Hammer ſtreckbar und zeigte ein ſpecifiſches Gewicht = 8,695. Bei Wiederholung des Verſuches wurde das Kupfer auch zuweilen traubenförmig, nierenförmig oder in niedlichen Roſetten von vollkommen reiner Kupferfarbe und metalliſcher Feſtigkeit erhalten. Beſonders ſchön war eine Form des Kupfers, welches aus ſeiner Löſung in Schwefelſäure durch Eiſenfeile, die mit Stückchen deſſelben Metalles vermengt war, auf angegebene Weiſe erhalten ward. Dieſes Kupfer bildete nämlich einen flachen Kuchen, worauf kleine Zweige und Veräſtelungen verworren mit einander verwachſen waren, ganz den Kupfervegetationen der Mansfelder Kupferwerke ähnlich.

2) Wurden, wie im vorigen Verſuche, anſtatt des Eiſens, zerhackte Stückchen von reinem kryſtalliſirten Zink in die Röhre gebracht, und auf dieſelben etwas mit Schwefelſäure ſchwach angeſäuertes Waſſer gegoſſen, ſo entſtand eine Vegetation, die gewöhnlich in der Form von der durch Eiſen erhaltenen verſchieden war. Es entſtanden nämlich von den Puncten der Blaſe aus, welche das Zink berührten, kleine äſtige Verzweigungen, die nach Verlauf eines Monates bis zu einer Länge von 2 Zoll gewachſen waren. Den übrigen Theil der Blaſe bedeckten niedrige Kupfervegetationen von Roſettenform, ſo daß das Ganze das Anſehen eines, auf einem Hügel gewachſenen, Strauches hatte. Eine ähnliche Vegetation wurde erhalten, als Wach anſtatt der Zinkſtäbchen in die mit Blaſe verſchloſſene Röhre eine Zinkſtange von ½ Zoll Durchmeſſer und 8 Zoll Länge ſtellte. Es erfolgte eine ausgezeichnete baumartige Vegetation. Indeſſen hat man es nach dem Verfaſſer keineswegs in der Gewalt, dieſe baum- und ſtrauch-

artigen Vegetationen nach Gefallen entſtehen zu laſſen; öfters erſcheinen ſie unter denſelben Umſtänden bloß in Roſettenform mit knospigen und kugeligen Erhöhungen. Jedenfalls ſoll die Kupfervitriollöſung nicht allzu verdünnt angewandt werden. Der Verfaſſer empfiehlt auch hier die Auflöſung von 1 Theil des Salzes in 6 Theilen Waſſer. In Figur 1. und 2. ſind einige dieſer Kupferbäumchen abgebildet.

3) Von ganz anderer als der beſchriebenen Form entſtehen Vegetationen, wenn man auf folgende Weiſe experimentirt. Man verbinde einen ſchwachen verſilberten Kupferdraht (von der Stärke einer Clavierſaite Nr. 8.) mit der bei dem vorigen Verſuche in der Röhre ſtehenden Zinkſtange und leite denſelben in die Kupferlöſung hinab, ſo daß er etwas über 2 Zoll tief hineintaucht*). Derſelbe wird ſich dann mit einer kryſtalliniſch glänzenden Kupferrinde überziehen, auf deren Oberfläche Warzen, Knospen und ähnliche Formen entſtehen, zwiſchen welchen auch draht- und haarförmiges Kupfer hervorwächſt. Vorzüglich am Ende des Drahtes entſtanden öfters die ſchönſten, bis zu einer Länge von 1 Zoll und darüber anwachſenden, Verzweigungen. Öfters auch bildeten ſich auf dem Drahte oktaedriſche Kryſtalle von einer (wahrſcheinlich wegen Zinkgehalt) ins Gelbliche neigenden Kupferfarbe, vorzüglich alsdann, wenn eine neutrale ſchwefelſaure Kupferauflöſung angewandt worden; enthielt aber die Kupferauflöſung freie Säure, ſo erſchien die Vegetation rein kupferroth.

4) Ein Stück metalliſches Eiſen wurde mit einer dreifachen Lage thieriſcher Blaſe überzogen, die Enden derſelben feſtgemacht, und das ſo überzogene Eiſen in eine ſchwache Kupferlöſung eingehängt. Nach einigen Tagen bildeten ſich die ſchönſten metalliſch feſten, mannichfaltigſten Vegetationen von rein kupferrother Farbe, theils in Form von Roſetten und knospenförmig über einander ſich anſetzenden Anhäufungen, theils in ſtrauchartigen Verzweigungen. Die Blaſe war jedoch bloß ſtellenweiſe mit dieſem figurirten Cämentkupfer bedeckt und zwar entſtand die ſtrauchartige Vegetation ganz beſonders an den, viele Anlegepuncte darbietenden, mit Zwirn genäheten Stellen der Blaſe. Als Eiſen, bloß mit einer doppelten Lage Blaſe überzogen, in Kupfervitriollöſung gehängt ward, war die Vegetation minder feſt; ganz locker aber, als das Eiſen bloß mit einer einfachen Lage Blaſe überzogen war. Analoge Reſultate wurden mit Zink erhalten.

Unter Zwiſchenwirkung von Schiefer, Kork, Hollundermark.

5) Es wurden zwei ½ Zoll weite Glasröhren (unten) mit dünnen Blättchen von Dachſchiefer verſchloſſen (durch Ankleben mit Siegellack) und in ein mit ſchwefelſaurer Kupferlöſung gefülltes Cylinderglas ſo eingehangen,

---

*) Senkt man ihn bloß ½ bis 1 Zoll tief ein, ſo legt ſich das Kupfer in loſer, leicht zerfallender Dendritenform an; läßt man ihn dagegen 6 bis 8 Zoll tief eintauchen, ſo vertheilt ſich das ausgeſchiedene, aber feſte Kupfer in einem dünnen Beſchlag auf der ganzen eingetauchten Drahtfläche.

daß ſie den Boden nicht berührten. In eine dieſer Röhren *) wurde ein Stückchen Zink, in die andere ein Kupferſtreifen geſtellt, der mit dem Zink durch einen dünnen verſilberten Kupferdraht verbunden war. Auch auf dieſem Wege wurden feſte Metallvegetationen erhalten; eben ſo, wenn ſtatt des Dachſchiefers zur Verſchließung der beiden Röhren geſunde Korkſcheibchen von etwa 1 Linie Dicke angewandt wurden; nur wuchs in beiden Fällen die Vegetation weit langſamer als in mit Blaſe verſchloſſenen Röhren; faſt gleich der Blaſe aber wirkte ein dünnes Scheibchen zuſammengepreßten Hollundermarkes.

Unter Zwiſchenwirkung eines feinen Sprunges.

6) Eine unten geſchloſſene, aber mit einem feinen Sprunge verſehene, mit Salmiaklöſung gefüllte, Glasröhre wurde in ſchwefelſaure Kupferlöſung geſenkt. In die Salmiaklöſung tauchte ein Zinkſtäbchen, in die Kupferlöſung ein Kupferdraht, der mit dem Zink in metalliſcher Verbindung ſtand. Auch hier fing eine feſte Vegetation am Kupferdrahte an ſich zu bilden; doch wuchs dieſelbe überaus langſam.

Unter Zwiſchenwirkung einer Flüſſigkeitsleitung.

7) Wenn man Zink und Kupfer durch eine Leitung von 80 Ellen dünnen Eiſendrahtes, zur einfachen Kette verbunden, auf eine Kupferauflöſung wirken ließ, gelang es nicht, das Kupfer in feſter cohärenter Form niedergeſchlagen zu erhalten; wohl dagegen, als eine Waſſerleitung in folgender Art angewandt ward, die Schnelligkeit des Stromes zu verzögern.

In Fig. 3. ſind 5 Stück Cylindergläſer von 8 Zoll Höhe und 8 Zoll Durchmeſſer mit a bezeichnet neben einander ſtehend abgebildet; hiervon wurden 4 Stück mit einer Kupferlöſung, das erſte aber mit einer Auflöſung von Salmiak in 32 Theilen Waſſer angefüllt. In dieſe ſchwache Salmiaklöſung ſtellte Wach einen Zinkdraht Z, der etwas länger als das Glas und von der Stärke eines Federkieles war, und an deſſen aus der Flüſſigkeit hervorragendem Theile ein ſo langer verſilberter Kupferdraht K befeſtigt wurde, daß er vollkommen über die nebenſtehenden, mit Kupferlöſung gefüllten, Gläſer hinreichte. An dieſen Draht wurde nun über jeden Nebencylinder ein kurzes Stückchen deſſelben Drahtes angedreht, und durch ein in die Gläſer gedrängt paſſendes Stückchen Holz durchgeſteckt, ſo daß jeder einzelne von K ausgehende Draht c, c', c'', c''' gleich tief in die Kupferlöſung hineinreichte. Durch heberförmig gebogene, $\frac{1}{2}$ Zoll weite und mit Kupferlöſung gefüllte Glasröhren d, wurden jetzt alle Glascylinder in leitende Verbindung geſetzt, ſo daß alſo der erſte mit dem zweiten, der zweite mit dem dritten, der vierte mit dem fünften ꝛc. durch dieſe Heber d in Communication ſtand. So wurde dieſe Vorrichtung ruhig hingeſtellt und von Zeit zu Zeit beobachtet.

---

*) Unſtreitig waren ſie mit Waſſer gefüllt. P.

Nach vielleicht 6 Stunden ſammelten ſich an den in der Kupferlöſung befindlichen Drahtenden kleine Gasblaſen, deren Menge jedoch mit der Entfernung von dem Cylinder, in welchem der Zinkdraht ſich befand, im umgekehrten Verhältniſſe ſtand, ſo daß alſo im zweiten Cylinder an c die Gasentwickelung am ſtärkſten war, im fünften Cylinder dagegen an c'' wurden nur einige wenige Gasblaſen bemerkt. — Am Drahte c, welcher im zweiten Cylinder ſich befand, legte ſich das Kupfer ſchon ziemlich feſt, obwohl nur als moosartige Vegetation von dunkelrother Farbe an. Im dritten Cylinder bedeckte ſich der Draht c' mit traubenartig vollkommen feſter Vegetation von rein kupferrother Farbe; im vierten und fünften Cylinder entſtand bloß ein kryſtalliniſcher Anflug von Kupfer.

Fällung verſchiedener anderer Metalle in cohärenter Form.

Nach **Göbel** (Schweigg. Journ. LX. 414) gelingt die Abſcheidung des **Goldes** in feſter Form am beſten mittelſt eines Golddrahtes und Eiſens; die des **Platins** mittelſt Platindrahtes und Eiſens; die des **Silbers** mittelſt Silberdrahtes und Zinks; die des **Kupfers** mittelſt Kupferdrahtes und Zinks. Das Silber ſchied ſich zum Theil in dendritiſcher Form, zum Theil in tafelartigen feſten Blechen ab; Gold und Platin mehr in warzenförmiger Geſtalt, jedoch ohne deutliche Kryſtallform.

Wach erhielt folgende Reſultate:

1) **Antimon** gab ganz ausgezeichnet ſchöne Vegetationen, wenn auf folgende Weiſe experimentirt ward. Eine halbe Drachme Chlorantimon (butyrum antimonii) wurde in 1 Unze deſtillirtes Waſſer getröpfelt und dem dabei entſtandenen Niederſchlage ſo lange Salzſäure zugeſetzt, bis ſich derſelbe wieder gelöſt hatte *). In dieſe ſtark ſaure Flüſſigkeit wurde eine unten mit Blaſe verſchloſſene Röhre gehangen und hierein ein ſtarker Zinkdraht geſtellt. Nach 6 Tagen hatte ſich die ganze äußere Fläche der Blaſe mit einer rein metalliſch glänzenden Vegetation bedeckt, die auf ihrer Fläche einzelne Erhöhungen hatte. Bei Wiederholung dieſes Verſuches wurden einigemale traubenförmige Vegetationen erhalten.

5) **Wismuth** (1 Drachme) wurde in verdünnter Salpeterſäure aufgelöſt und die Löſung mit (5 Unzen) deſtillirten Waſſers vermiſcht. Das hierdurch ausgeſchiedene baſiſche Salz wurde wieder durch etwas Salpeterſäure aufgelöſt, übrigens wie im vorigen Verſuche verfahren. — Nach ſehr kurzer Zeit ſchied ſich das Wismuth in metalliſch feſten halbkugeligen Geſtalten aus, die ſich immer mehr vermehrten, endlich gleichſam zuſammenfloſſen und die ganze äußere Fläche der Blaſe bedeckten, ſo daß dieſe Vegetation auf ihrer Fläche eine Menge glänzender traubenförmiger Erhöhungen und matter Vertiefungen zeigte. Mit der Feile angeſtrichen war ſie vollkommen metalliſch feſt, gleich einem im Feuer geſchmolzenen Wismuth-

---

*) Wurde dem Niederſchlage keine Salzſäure zugeſetzt, ſo bildete ſich nie eine feſte Vegetation, ſondern das Antimon wurde als loſes ſchwammiges Pulver gefällt.

korne. Verbindet man mit dem bei vorigem Verſuch in der Röhre ſtehenden Zinkdraht einen verſilberten Kupferdraht und leitet dieſen zwei Zoll tief in die Wismuthlöſung: ſo entſteht auch hier eine ſchöne traubenförmige Vegetation in Keulenform, von vollkommen metalliſchem Zuſammenhange.

3) Ein Theil Zinnſalz (chloretum stanui) wurde in ſechs Theilen Waſſer gelöſt und die Löſung mit etwas Salzſäure angeſäuert; im übrigen wie bei Antimon verfahren. — Die Vegetation war ſchön; ſie bedeckte die Blaſe mit den niedlichſten Verzweigungen, zwiſchen welchen etwa einen Zoll lange ſäbelförmige Gebilde hervorſchoſſen, an denen ſich wieder neue kreuzweis anſetzten. Der ganze Wuchs war zart, der metalliſche Zuſammenhang jedoch groß genug, um die Vegetation außerhalb der Flüſſigkeit feſt zuſammenzuhalten; die Farbe vollkommen zinnweiß. Dieſe Vegetation war ungemein ſchnell, nämlich in 15 Stunden, gewachſen, in welcher Zeit die Flüſſigkeit in der Röhre über 2 Zoll geſtiegen war.

4) Eine Drachme Silberſalpeter wurde in 2 Unzen Waſſer gelöſt und in die mit Blaſe verſchloſſene Röhre etwas Queckſilber als reducirendes Metall genommen. — Die Vegetation beſtand aus ſechsſeitigen Säulen mit dreiflächiger Zuſpitzung; öfters ſetzten ſich ausgebildete Granatdodekaeder an den Säulen an. Dieſe Säulen waren ziemlich ſtark, vielleicht $\frac{3}{4}$ bis 1 Linie, und $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll lang, übrigens rein ſilberglänzend.

4) Chlorplatin wurde mit 8 Theilen Waſſer verdünnt und Zink in die durch Blaſe verſchleſſene Röhre als reducirendes Metall gebracht. Die Vegetation war feſt und ſpießig von ſtahlgrauer Farbe.

Überſicht der Reihenfolge, in der Metalle durch einander niedergeſchlagen werden.

Fiſcher hat in einer eigenen Schrift (Das Verhältniß der chemiſchen Verwandtſchaft zur galvaniſchen Elektricität. Berlin 1830.) nebſt anderen Verſuchen auch ſeine, größtentheils ſchon früher in Pogg. Ann. bekannt gemachten, ſehr umfaſſenden Reſultate über die Reduction der Metalle aus ihren Auflöſungen durch einander zuſammengeſtellt.

Indem wir hinſichtlich des Details derſelben auf die Schrift oder Pogg. Ann. ſelbſt verweiſen, begnügen wir uns, die allgemeinſten Reſultate, die er daraus zieht, hier anzuführen.

Die Metalle, d. h. die ſchweren Erzmetalle, von denen allein hier die Rede iſt, bilden in Hinſicht der Reduction 4 Reihen, nämlich reducirbare und reducirende, nicht reducirbare und nicht reducirende.

1) Die reducirbaren, nach der abnehmenden Anzahl der ſie reducirenden Metalle geordnet, bilden folgende Reihe:

1) Gold, 2) Platin, 3) Osmium, 4) Iridium, 5) Rhodium, 6) Palladium, 7) Silber, 8) Tellur, 9) Queckſilber, 10) Arſenik, 11) Antimon, 12) Kupfer, 13) Wismuth, 14) Blei, 15) Zinn, 16) Eiſen, 17) Kadmium.

Dieſe Reihe iſt jedoch keineswegs ſo regelmäßig, daß das folgende

Metall immer von einem Metall weniger, als das vorhergehende, reducirt werde, ſondern es finden Gruppen von Metallen Statt, welche von einer gleichen Anzahl Metalle reducirt werden, wie z. B. außer Osmium alle übrigen 4 Platinmetalle ꝛc. Noch weniger iſt die Reihe dergeſtalt geordnet, daß immer das nachfolgende Metall das vorhergehende zu reduciren im Stande iſt. Würden dieſe Metalle nach der Leichtigkeit und Vollſtändigkeit der Reduction geordnet, ſo würden ſie folgende Reihe bilden:

Gold, Silber, Osmium, Palladium, Iridium, Platin, Rhodium, Queckſilber, Tellur, Kupfer, Antimon, Wismuth, Arſenik, Blei, Zinn, Kadmium und Eiſen, indem das Silber weit leichter und vollſtändiger als die Platinmetalle, das Queckſilber als das Tellur, das Kupfer als Antimon, Wismuth und Arſenik ꝛc. reducirt wird.

II. Die reducirenden, von welchen der größte Theil zugleich zur erſten Reihe gehört, nach der abnehmenden Anzahl der von ihnen reducirten Metalle geordnet, bilden folgende Reihe, bei welcher die eingeſchloſſene Zahl die Anzahl der durch ſie reducirten Metalle anzeigt.

1) Zink (17), 2) Kadmium (15), 3) Eiſen (15), 4) Zinn (14), 5) Blei (14). (Beide Metalle nehmen dieſelbe Stelle ein, indem ſie wechſelſeitig ſich ſelbſt, und eine gleiche Anzahl andere Metalle reduciren), 6) Kobalt (12), 7) Wismuth (11), 8) Kupfer (11), 9) Mangan (9), 10) Arſenik (9), 11) Antimon (9), 12) Nickel (9), 13) Uran (8), 14) Queckſilber (8), 15) Tellur (7), 16) Silber (5), 17) Palladium (3).

III. Zu den nicht reducirbaren gehören außer Arſenik alle übrigen Metalle, welche Säuren bilden, demnach 1) Titan, 2) Chrom, 3) Wolfram, 4) Molybdän, 5) Tantal, und höchſt wahrſcheinlich auch 6) Cerium. Außer dieſen auch noch 7) Uran, 8) Kobalt, 9) Nickel, 10) Mangan und 11) Zink.

IV. Die nicht reducirenden Metalle zeigen daſſelbe Verhältniß zu den nicht reducirbaren, wie die reducirenden zu den reducirbaren. Sie ſind nämlich ebenfalls größtentheils dieſelben, namentlich ſind es alle die Metalle, welche Säuren bilden, Arſenik ausgenommen, dann Gold, Platin, Osmium, Iridium und Rhodium. Wenn ein Grund über das Verhalten der Metalle, welche Säuren bilden, angegeben werden ſoll, ſo dürfte er, außer in den Verhältniſſen der Verwandtſchaft, auch noch in der vorzüglichen Härte und ſehr ſtarken Cohäſion dieſer Metalle zu finden ſein, wodurch auch dieſe Metalle größtentheils der Einwirkung der Säuren widerſtehen. Eben dieſen Grund könnte man wohl auch beim Kobalt und Nickel für ihre Nichtreducirbarkeit angeben; daß ſie hingegen mehrere Metalle reduciren, entſpricht ganz ihrem Verhalten zu den Säuren, von welchen ſie ſo leicht aufgelöſt werden; daß aber Mangan und Zink reducirbar, und Gold, Platin ꝛc. nicht reducirend ſind, bedarf keiner beſondern Erklärung.

In folgender Tabelle ſind die reducirbaren Metalle und die ſie reducirenden zu einer leichten Überſicht dargeſtellt. In der oberſten horizontalen Linie ſind die reducirbaren, und in der ſenkrechten die reducirenden in der angegebenen Ordnung aufgeſtellt, und wo die Linien zuſammenſtoßen, zeigt das poſitive oder negative Zeichen an, ob eine Reduction Statt findet oder nicht. Die Zahlen in der unterſten horizontalen Linie geben an, von wie vielen Metallen das eine obenſtehende reducirt wird, und die Zahlen in der letzten ſenkrechten, wie viele Metalle von den gegenüberſtehenden Metallen reducirt werden.

Von nicht metalliſchen Körpern werden nur Gold, Silber, Osmium, Platin, Palladium, Tellur, Queckſilber und Kupfer reducirt.

Von den einfachen nicht metalliſchen Stoffen reducirt am meiſten Phosphor.

Tabellariſche Darſtellung der Metalle, welche reduciren und reducirt werden.

	1 Gold.	2 Os- mium.	3 Iri- dium.	4 Platin	5 Palla- dium	6 Rho- dium	7 Silber	8 Tellur	9 Queck- ſilber	10 Arſe- nik	11 Anti- mon	12 Kupfer	13 Wis- muth	14 Blei	15 Zinn	16 Eiſen	17 Kad- mium	
1 Zink	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	17
2 Kadmium	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	15
3 Eiſen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	15
4 Zinn	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−	14
5 Blei	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−	+	−	−	14
6 Kobalt	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	13
7 Kupfer	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	11
8 Wismuth	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−+	−	−	−	−	−	11
9 Mangan	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−	−	9

10 Nickel	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−	−	9
11 Antimon	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−	−	9
12 Arſenik	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−	−	9
13 Queckſilber	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	8
14 Uran	+	+	+	+	+	+	+	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	8
15 Tellur	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	7
16 Silber	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	5
17 Palladium	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	3
	17	17	17	16	16	15	15	13	13	8	8	6	6	4	4	1	1	

Im Vorigen iſt das Nickel als nicht reducirbar durch Eiſen und das Eiſen als nicht reducirbar durch Cadmium aufgeführt. Dies verhält ſich ſo nach neueren Angaben von Fiſcher (in Pogg. Ann. XXII. 494); früher hatte derſelbe Reduction hiebei beobachtet, die jedoch nach neueren Verſuchen deſſelben nur von Unreinheit der angewandten Fällungsmittel herrührte. Die Nichtfällbarkeit vieler Metalle durch Mangan, welche im Vorigen angeführt iſt, iſt wahrſcheinlich nicht richtig; denn Berzelius (Jahresber. X. S. 123) führt neuerdings an, daß bloß dem kieſelhaltigen Mangan dies Unvermögen, die meiſten Metalle zu fällen, zukomme. Da aber die Metalle, welche wirklich dadurch gefällt werden, nicht von Berzelius ſpecificirt worden ſind, ſo habe ich die vorſtehenden Angaben vorläufig ſtehen laſſen.

VI. Elektrochemiſche Bewegungen.

Elektrochemiſche Bewegungen des Queckſilbers in Berührung mit Salpeterſäure und Eiſen, von Runge *).

Die nachſtehenden Erfahrungen von Runge ſchließen ſich früheren von Erman, Herſchel und Pfaff **) an, ermangeln jedoch eben ſo ſehr noch als dieſe einer genügenden Erklärung.

Bringt man einen Tropfen Salpeterſäure (aus gleichen Maßen Salpeterſäure von gewöhnlicher Stärke und Waſſer gemiſcht) auf eine Queckſilberfläche, ſo dehnt ſich der Tropfen darauf aus und näßt die Fläche. Berührt man nun die Säure mit einem blanken Eiſendraht, ſo verändert ſie ihre Lage nicht, was aber in demſelben Augenblicke geſchieht, wenn man zugleich auch das Queckſilber mit dem Drahte berührt. Es verläßt nämlich in dieſem Falle die Säure die Queckſilberfläche, worauf ſie ſich ausgebreitet hatte, und zieht ſich mit großer Geſchwindigkeit um den Eiſendraht zuſammen. Hebt man die Berührung auf, ſo breitet ſich die Säure wieder aus, wie das erſte Mal, und ein neues Berühren ſammelt ſie wieder um das Eiſen. Man kann dieſen Verſuch ſehr oft wiederholen. Zugleich bemerkt man in dem Augenblicke der Berührung eine Zuckung am Queckſilber.

Es iſt bei dieſem Verſuche gleichgültig, ob das Eiſen das Queckſilber durch die Säure hindurch berührt, oder ob man mit dem einen Ende eines gebogenen Drahtes die Säure, und mit dem andern das Queckſilber berührt.

---

*) Pogg. XV. 95.

**) Eine Zuſammenſtellung deſſelben ſ. in meinem Lehrbuche des Galvanismus S. 431.

Wendet man ſtatt der Salpeterſäure Salz- oder Schwefelſäure (in verſchiedenen Verdünnungen) an, ſo findet die angegebene Erſcheinung nicht Statt *). Die auf die Queckſilberfläche gebrachten Tropfen beider Säuren breiten ſich nämlich nur ſehr wenig aus, und Eiſenberührung zieht ſie auch nur kaum merklich zuſammen. Auch zeigt ſich am Queckſilber keine Zuckung.

Übergießt man ein Quantum Queckſilber von etwa 4 Linien Durchmeſſer mit Salpeterſäure (von der oben angegebenen Verdünnung), ſo daß die Queckſilberfläche überall bedeckt iſt, und berührt man nun das Queckſilber durch die Säure hindurch mit einem Eiſendraht, ſo bemerkt man am Queckſilber eine ſehr ſtarke zitternde Bewegung, die ſich auch als Oscillation dem berührenden Eiſendrahte mittheilt, wenn man den Verſuch in einem flachen Schälchen anſtellt, und den etwas gebogenen Draht in der Mitte auf dem Rand des Schälchens, und mit ſeinem untern Ende auf dem Tiſche ruhen läßt, indeß das obere das Queckſilber berührt. In dieſem Falle wird der balancirende Eiſendraht von dem Queckſilber ſo hin- und hergeworfen, daß er wie ein Pendel ſchwingt. Auch hat der Verfaſſer nicht ſelten unter dieſen Umſtänden ein förmliches Rotiren des Queckſilbers bemerkt.

Dieſe Bewegungen dauern eine ziemlich lange Zeit, während welcher das Eiſen ſehr von der Säure angegriffen wird. Endlich tritt unter fortgeſetzter Eiſenberührung Ruhe beim Queckſilber ein, aber ſtatt deſſen fängt nun die Flüſſigkeit an, in eine heftige Strömung zu gerathen, die wirbelförmig über die Queckſilberfläche nach dem berührenden Eiſendrahte hin Statt findet, ſo daß die vom Eiſen entferntere Hälfte der Queckſilberfläche ſpiegelblank, die nähere dagegen mit einer Haut bedeckt erſcheint, die bei Aufhebung der Berührung des Eiſens ſich wieder über die ganze Fläche verbreitet.

Auffallender und bemerklicher wird dieſe Strömung noch dadurch, daß ſie mit dem Entſtehen und Verſchwinden einer grünlichbraunen Flüſſigkeit (ſalpeterſauren Eiſenoxyduls mit Salpetergas) vergeſellſchaftet iſt, die eigentlich den Hauptbeſtandtheil des in der Flüſſigkeit Strömenden ausmacht, und im Anfange bei dem Oscilliren des Queckſilbers nur in geringer Menge zu bemerken iſt. Dieſe grünlichbraune Flüſſigkeit folgt überall dem Eiſendraht, wo man auch das Queckſilber berühren mag.

Kadmium und Zink wirken nicht wie Eiſen, wahrſcheinlich weil ſie ſich zu ſchnell verzehren.

Auf folgende Weiſe hat der Verfaſſer den Verſuch noch abgeändert: Füllt man eine Glasröhre von etwa 2 Linien Durchmeſſer im Lichten (die

---

*) Mit concentrirter Schwefelſäure zeigt ſich indeß die Erſcheinung in ſehr ausgezeichnetem Grade, wie ſchon Erman, zwar nicht mittelſt der einfachen Kette, wohl aber mit Hülfe der Säule beobachtet hat.

ſo gebogen iſt, daß ihre Schenkel parallel gehen), zur Hälfte mit Queckſilber an, gießt in den Schenkel a Salpeterſäure (von der oben angegebenen Stärke) und ſteckt in den Schenkel b einen Eiſendraht bis in das Queckſilber hinein, und taucht nun einen andern Eiſendraht in die Säure des Schenkels a (ohne daß er das Queckſilber berührt), ſo erfolgt nach und nach beim öfteren Schließen und Öffnen der Kette Folgendes:

1) Das Queckſilber fällt in dem Augenblicke der Schließung der Kette in dem Schenkel a um ½ Linie, und ſteigt in b um eben ſo viel.

2) Es bilden ſich nach einiger Zeit Gasblaſen auf der Queckſilberfläche in a, die ſich beim jedesmaligen Schließen und Trennen der Kette hin- und herbewegen.

3) Man bemerkt wiederum nach Verlauf einiger Zeit die Anhäufung der bereits erwähnten grünlichbraunen Eiſenauflöſung auf dem Queckſilber in a, die beim Schließen der Kette ſich in die Höhe bewegt, oder gleichſam in die Höhe geſtoßen wird.

4) Zuletzt hören alle erwähnten Erſcheinungen auf, und zwar in dem Augenblicke, als das Eiſen anfängt ſich *unter Gasentwickelung* in der Salpeterſäure aufzulöſen. Auch verändert unter dieſen Umſtänden das Queckſilber beim Schließen der Kette ſeine Stellung nicht mehr.

Elektrochemiſche Bewegungen des Queckſilbers bei Berührung mit einer Löſung von ſalpeterſaurem Queckſilberoxydul und mit Zink*).

Die nachfolgenden, ebenfalls von *Runge* herrührenden, Beobachtungen ſchließen ſich an die vorſtehenden ſehr nahe an.

Wenn man einen Tropfen Queckſilber, welcher ſich unter verdünnter Salpeterſäure befindet, mit einem Zinkſtreifen berührt, ſo erfolgt nur Gasentwickelung und weiter nichts; namentlich bleibt das Queckſilber ganz ruhig. Anders dagegen ſind die Erſcheinungen, wenn ſtatt der Salpeterſäure eine klare geſättigte Auflöſung von ſalpeterſaurem Queckſilberoxydul**) angewandt wird.

Berührt man nämlich ein Queckſilberkügelchen, *das nicht größer iſt* als 1 bis 1½ Linien im Durchmeſſer, während es ſich unter der concentrirten Löſung des ſalpeterſauren Queckſilberoxyduls befindet, mit einem Zinkſtreifen, *ſo geräth das Queckſilber in eine ſehr heftige Bewegung*, läuft mit großer Schnelligkeit am Zink hinauf, fällt wieder herunter und wiederholt dies ſo lange von Neuem, bis entweder das Zink verzehrt oder die Oxydullöſung erſchöpft iſt. Zugleich findet in der Flüſſigkeit eine von der Queckſilberfläche ausgehende Strömung Statt.

---

*) Pogg. XVI. 304; XVII. 472.

**) Man bereitet ſie nach dem Verfaſſer zu dem in Rede ſtehenden Zweck am beſten durch kalte Digeſtion des Queckſilbers mit reiner Salpeterſäure von 1,28 ſpecifiſchem Gewicht, die mit 2 Maß Waſſer verdünnt worden iſt. Die Löſung darf nicht mehr freie Säure enthalten, als zur Löſung des Oxyduls in Waſſer nothwendig iſt.

Noch auffallender zeigt ſich die Bewegung, wenn man auf den unter der Löſung befindlichen Queckſilbertropfen Zinkſtückchen, welche nicht größer als 1 Linie lang und ¼ Linien dick ſind, bringt. Das Queckſilber geräth, ſo wie es das Zink genäſſt hat, in die heftigſte zuckende Bewegung, in Folge deren es mit großer Gewalt hin und her geworfen wird, worauf ſich bald eine fortſchreitende Bewegung einſtellt. Macht man nämlich den Verſuch in einem runden Porzellanſchälchen oder in einem ſogenannten Tuſchnäpfchen, deſſen Mitte etwas erhöht iſt, ſo dreht ſich das Queckſilber mit dem Zink im Kreiſe herum, und zwar mit einer ſolchen Geſchwindigkeit, daß es einen Kreis von ¾ Zoll Durchmeſſer wenigſtens 30 mal in der Minute beſchreibt.

Wenn die Flüſſigkeit bis auf einen beſtimmten Grad zerſetzt worden iſt, ſo hört die Bewegung auf. Dies geſchieht jedoch nicht nach und nach, ſondern plötzlich und zugleich zeigt ſich dann auf dem Queckſilber eine ſchwarze Haut. Weder friſches Aufgießen von Queckſilberoxydullöſung, noch neu hinzugefügtes Queckſilber und Zink vermögen dann die Bewegung wieder hervorzurufen.

Andere Metalle ſind ohne Wirkung, ſelbſt Eiſen, welches doch das Queckſilber unter verdünnter Salpeterſäure in ſo ſtarke Oſcillation verſetzt. Auch bewirkt nur Zink im feſten Zuſtande die angezeigten Bewegungen, nicht aber in Queckſilber gelöſtes Zink oder Zinkamalgam; ja letzteres hebt ſogar die Bewegung augenblicklich auf. Ein (10 Pfund tragender) Magnet äußerte durchaus keine Einwirkung auf das rotirende Queckſilber.

Der Verfaſſer hat noch den verzögernden oder nicht verzögernden Einfluß, den Berührung des auf die angezeigte Weiſe in Rotation verſetzten Queckſilbers mit verſchiedenen anderen Metallen oder Amalgamen auf die Bewegung äußert, unterſucht. Da jedoch dieſe Verſuche, nach denen ſich die verſchiedenen Körper hiebei verſchieden verhalten, kein allgemeines oder intereſſantes Reſultat gewähren, ſo verweiſe ich hinſichtlich derſelben auf die Originalabhandlung (Pogg. XVII. 473).

Sechster Abſchnitt.

Lehre vom Magnetismus.

I. Über die Vertheilung des Magnetismus in Magnetſtäben.

Christie*) hat unterſucht, ob wohl, wenn in einem Magnetſtabe, vermöge der beſondern Art ſeiner Magnetiſirung, anfangs eine unſymmetriſche Vertheilung des Magnetismus Statt findet, dieſe ſich mit der Zeit verliert und der Magnetismus von ſelbſt eine ſymmetriſche Vertheilung annimmt. Das Reſultat der, mit 4 Stäben von weichem Stahl, von Mitte 1828 bis Ende 1830 fortgeſetzten, Verſuche war, daß zwar eine fortſchreitende Annäherung an den ſymmetriſchen Zuſtand wirklich im Ganzen Statt zu finden ſchien, dieſe jedoch (wie aus der unten folgenden Tabelle erhellt), ſo außerordentlich gering war, daß der Verfaſſer in Zweifel iſt, ob nicht der Anſchein derſelben vielmehr durch zufällige, von der Anordnung des Apparates und vielleicht ſelbſt einer Einwirkung der Prüfungsnadel auf den Magneten abhängige Umſtände bedingt ſei, als durch eine wirkliche Rückkehr, um ſo mehr, da einzelne Beobachtungen auch auf eine rückgängige Bewegung vom ſymmetriſchen Zuſtande deuteten (doch haben die poſitiven Zeichen bei Weitem das Übergewicht).

Nähere Beſchreibung der Verſuche. Der Verfaſſer wandte 4 Stahlſtäbe, die nur etwas angelaſſen (softened), durch den Drahtzug auf gleiche Dicke gebracht und nachher nicht wieder gehärtet waren, an. Sie hatten ſämmtlich 0,15 (engl.) Zoll in der Breite und 0,1 Zoll Dicke. Zwei derſelben, die der Verfaſſer mit I. und II. bezeichnet, waren 8,91 Zoll, die beiden anderen, III. und IV., 5,94 Zoll lang. I. und II. wurden an einander gelegt und durch den Doppelſtrich magnetiſirt, und mit III. und IV. eben ſo verfahren, darauf die Vertheilung ihres Magnetismus dadurch geſtört, daß mit dem Ende eines Magneten zweimal von ihrer Mitte nach ihren Enden geſtrichen ward, endlich die Lage der magnetiſchen Mittelpuncte und magnetiſchen Pole in verſchiedenen ſucceſſiven Zeitperioden erfahren. Hiebei verfuhr der Verfaſſer folgendermaßen:

---

*) Journ. of the royal Instit. 1831. Nr. 2. p. [illegible].

Behufs der Beſtimmung der Lage des magnetiſchen Mittelpunctes in jedem Stabe legte er denſelben auf eine rechteckige hölzerne Scale, ſo daß er parallel damit und gleich weit entfernt von beiden Seiten derſelben war. Die Scale wurde ſo befeſtigt, daß ſich die Axe des Stabes im magnetiſchen Meridian befand und ſein Nordpol *) (south pole) nach Norden zeigte. Ein Compaß mit einer kleinen, 1 Zoll langen, Prüfungsnadel, war auf ein anderes, mit einem Vernier verſehenes, rechtwinkliches Holzſtück befeſtigt, welcher erlaubte, den, dem Mittelpuncte der Prüfungsnadel gegenüberliegenden, Punct des Magnetſtabes bis auf $\frac{1}{100}$ Zoll zu beſtimmen. Während nun die Seite des Rechteckes, welches die Prüfungsnadel trug, an der Seite der Scale anlag, wurde die erſtere längs der letztern verſchoben, bis die Lage der Prüfungsnadel genau umgekehrt war, d. h. bis ihr Nordende genau nach Süden zeigte. Der Punct des Stabes, welcher dem Mittelpuncte der Nadel in dieſer Lage gegenüber lag, wurde als der Nullpunct oder das magnetiſche Centrum des Stabes angeſehen. Der Abſtand dieſes Punctes vom Mittelpuncte der Figur des Stabes wurde dadurch beſtimmt, daß die Nadel längs jeder Seite der Scale hin bewegt und ein Mittel aus beiden Abſtänden genommen wurde.

Um die Lage der Pole jedes Stabes zu beſtimmen, wurde die Scale mit dem Stabe rechtwinklich auf den Meridian gelegt, ſo daß der Nordpol weſtwärts gekehrt war. Die Prüfungsnadel mit ihrem Vernier ward längs der Nordſeite der Scale hingeführt, bis die Lage der Nadel genau umgekehrt war; und dann wieder, bis ſie ihre natürliche Richtung annahm. Der Punct des Stabes, welcher im erſten Falle dem Mittelpuncte der Nadel gegenüber lag, wurde als der Südpol (north pole), und der im zweiten Falle gegenüberliegende als der Nordpol (south pol) des Stabes angeſehen. Die Abſtände der Pole vom Mittelpuncte der Figur des Stabes wurden auf ähnliche Weiſe, als vorhin für den magnetiſchen Mittelpunct angegeben, beſtimmt.

Ich begnüge mich, von den, für alle 4 Stäbe angeführten Beobachtungen die für I., von 8,91 Zoll, und für III., von 5,91 Zoll anzuführen; die mit II. und IV., welche im Original ebenfalls angeführt ſind, gaben analoge Reſultate. (Das Zeichen + bedeutet Annäherung an den ſymmetriſchen Zuſtand, das Zeichen — die entgegengeſetzte Bewegung.)

---

*) Die Engländer nennen meines Wiſſens south pole das nach Norden zeigende Ende, was wir Nordpol nennen.

Stab.	Datum der Beobachtung.	Abſtand des Südpols vom Mittelpuncte der Figur.	Differenz zwiſchen zwei ſucceſſiven Beobachtungen.	Abſtand des magnetiſchen Nullpunctes vom Mittelpuncte der Figur.	Differenz zwiſchen zwei ſucceſſiven Beobachtungen.	Abſtand des Nordpols vom Mittelpuncte der Figur.	Differenz zwiſchen zwei ſucceſſiven Beobachtungen.
I.	1828 Juli 18.	Zoll 1,24		Zoll 2,17		Zoll 4,24	
	— September 18. .	1,26	+ 0,02	2,165	+ 0,005	4,255	+ 0,005
	— November 18. .	1,26	0,00	2,145	+ 0,02	4,255	0,00
	1829 Januar 18. . .	1,27	+ 0,01	2,145	0,00	4,265	— 0,01
	— März 19. . . .	1,295	+ 0,025	2,14	+ 0,005	4,265	0,00
	— Mai 20.	1,305	+ 0,01	2,14	0,00	4,265	0,00
	— Juli 20.	1,32	+ 0,015	2,14	0,00	4,26	+ 0,005
	1830 Juni 3.	1,355	+ 0,035	2,13	+ 0,01	4,26	0,00
	— December 2. . .	1,36	+ 0,005	2,11	+ 0,02	4,255	+ 0,005
III.	1828 Juli 18.	0,77		1,275		2,90	
	— September 18. .	0,775	+ 0,005	1,28	— 0,005	2,90	0,00
	— November 18. .	0,79	+ 0,015	1,27	+ 0,01	2,905	— 0,05
	1829 Januar 18. . .	0,79	0,00	1,265	+ 0,005	2,915	— 0,01
	— März 19.	0,825	+ 0,035	1,26	+ 0,005	2,90	+ 0,015
	— Mai 20.	0,82	— 0,005	1,26	0,00	2,905	— 0,005
	— Juli 20.	0,85	+ 0,03	1,255	0,005	2,89	+ 0,015
	1830 Juni 3.	0,84	— 0,01	1,245	+ 0,01	2,89	0,00
	— December 2. . .	0,885	+ 0,045	1,22	+ 0,005	2,89	0,00

II. Einfluß verſchiedener Umſtände auf die Erregung und Stärke des Magnetismus.

Einfluß des Aggregatzuſtandes.

Moſer und *Rieß* *) verſichern, oft die Bemerkung zu machen Gelegenheit gehabt zu haben, daß das Eiſen in Drahtform im Stande ſei, eine ſtärkere magnetiſche Kraft ſo gut als der Stahl zu bewahren.

Dieſelben haben beobachtet, daß das Eiſen in der zertheilten Form, in welcher man es durch Reduction aus reinem Eiſenoxyd mittelſt Waſſerſtoffes erhält, weder fähig iſt Magnetismus anzunehmen, noch für die telluriſche Polarität empfänglich zu ſein ſcheint (Pogg. XVII. 421).

Einfluß des Oxydationszuſtandes.

Man hat daraus, daß Erze, welche das Eiſen bloß im höchſten Oxydationszuſtande enthalten, des Magnetismus nicht fähig ſind, geſchloſſen, daß die magnetiſchen Eigenſchaften der Erze, welche Oxyd und Oxydul zugleich enthalten, vom Oxydul abhingen. Da jedoch nach der Erfahrung von *Wöhler* und *Liebig* (Pogg. XXI. 583) das weiße Eiſenoxydulhydrat, welches durch Fällung eines Eiſenoxydulſalzes mit Alkali erhalten wird, keine magnetiſchen Eigenſchaften beſitzt **), ſo ſcheint es vielmehr, als ob dem Eiſenoxydul eben ſo wenig als dem Eiſenoxyd dieſe Eigenſchaften zukommen, und nur der Verbindungszuſtand beider ſie mit ſich bringt. Dieſe Annahme erhält noch mehr Gewicht dadurch, daß nach *Roſe* (Pogg. V. 534) auch das dem Oxydul entſprechende Schwefeleiſen (FS) nicht magnetiſch iſt, während der, als Verbindung dieſer und einer höhern Schwefelungsſtufe anzuſehende, Magnetkies ($6FS + FS^2$) dieſe Eigenſchaft in bedeutendem Grade beſitzt. Daß übrigens der Hydratzuſtand die magnetiſche Eigenſchaft nicht verhindert, geht daraus hervor, daß, wenn man Eiſenoxydo-Oxydulhydrat durch Fällung, z. B. aus einer Auflöſung des Magneteiſenſteins in Salzſäure, darſtellt (Pogg. XXI. 585), es gleich nach ſeiner Fällung, während es noch in der Flüſſigkeit ſchwebt, ſo ſtark vom Magnet gezogen wird, daß, wenn man in dieſelbe einen Magnetſtab ſtellt, ſich ein großer Theil des Niederſchlags um ihn anſammelt und ihn gleichſam wie mit einem dicken Pelz umgiebt.

Einfluß des Streichens mit harten Körpern.

Haldat ***) hat gefunden, daß Drähte von weichem, nicht angelaſſenen Eiſen (er wählte ſie von 1 Decimeter Länge, 1 Millimeter Durchmeſſer), die an ſich unfähig ſind, Magnetismus dadurch zu erlangen, daß man ſie horizontal zwiſchen die entgegengeſetzten Pole zweier ſtarken Magnete (ihre Enden dieſen Polen zugekehrt) legt, doch ſolchen erlangen, wenn man ſie unter dieſen Umſtänden mit irgend einem harten Körper, wie Meſſing, Kupfer, Zink, Glas, ſelbſt hartem Holze ſtreicht.

---

*) Pogg. XVII. 430

**) Die ſchwarze Subſtanz, in welche ſich dieſer weiße Niederſchlag beim Kochen mit der Flüſſigkeit verwandelt, beſitzt allerdings magnetiſche Eigenſchaften; allein ſie iſt nicht, wie man angenommen hat, waſſerfreies Oxydul, ſondern Hydrat von Oxydo-Oxydul und entſteht nur unter Luftzutritt.

***) Ann. de Ch. et de Phys. XLII. 42.

Einfluß der Temperatur.

Ludwig Moſer und Peter Rieß *) haben ſehr genau den Einfluß unterſucht, den die Temperaturerhöhung auf die Intenſität der magnetiſchen Kraft hat, und hierdurch Gelegenheit gefunden, ſchärfere Beſtimmungen über dieſen Gegenſtand zu geben, als man nach den bisherigen Unterſuchungen darüber gehabt hat. Sie tadeln bei dieſer Gelegenheit das, von Kupffer bei ähnlichen Unterſuchungen angewandte, Verfahren, Magnetſtäbe in Waſſer zu erhitzen und ihre Wirkung auf darüber oscillirende Nadeln zu unterſuchen (Biot IV. 64 Anm.), inſofern nämlich in dieſem Falle die Schwingungen weder iſochroniſch ſind, noch nach irgend einer bekannten Formel reducirt werden können, und weiſen das theilweis Unübereinſtimmende von Kupffer's Reſultaten nach.

Wenn man die Wirkung der Wärme auf magnetiſche Körper in Betracht ziehen will, ſo hat man wohl den bleibenden Verluſt, den ſie durch wiederholte Erwärmung erfahren, zu unterſcheiden von dem vorübergehenden. Eine der Wärme früher noch nicht ausgeſetzte Magnetnadel wird nämlich, wenn man ſie nun erwärmt, nach dem Erkalten zum vorigen Grade nicht wieder dieſelbe Intenſität, die ſie vor der Erwärmung bei dieſem Grade beſaß, zeigen, ſondern einen bleibenden Verluſt erlitten haben; dieſer Verluſt wird bei wiederholter Erwärmung und jedesmaligem Erkalten zunehmen, doch wird die Zunahme des Verluſtes ſich mindern, je öfter man die Erwärmung wiederholt hat, ſo daß zuletzt die Nadel auf einen merklich ſtabilen Zuſtand kommt, von wo an eine öfter wiederholte Erwärmung keine weitere bleibende Schwächung mehr hervorbringt, d. h. die Nadel wird von jetzt an nach jedesmaliger Erwärmung beim Erkalten auf denſelben Temperaturgrad auch wieder zu demſelben Intenſitätsgrade zurückkehren, vorausgeſetzt, daß die neue Erwärmung nicht über den Grad hinaus geſchah, bis zu welchem die früheren Erwärmungen geſchehen.

Iſt nun die Nadel in einem ſolchen ſtabilen Zuſtande, ſo tritt die vorübergehende, d. h. mit der Erwärmung eintretende, aber eben ſo wieder mit ihr verſchwindende Wirkung der Wärme rein für ſich hervor, und man muß dieſen vorübergehenden Einfluß daher auch nur an Nadeln, die durch wiederholte Erwärmungen ſchon auf einen ſolchen ſtabilen Zuſtand

---

*) Pogg. XVII. 403. Die Mittheilung der obigen ſo ſorgfältigen und fruchtbaren Unterſuchungen macht die Aufführung der ſehr oberflächlichen von Matteucci über dieſen Gegenſtand, welche ſich in der Bibl. univ. 1833. Août 377 finden, ganz überflüſſig; doch wollen wir einen Verſuch deſſelben zum Schluß mittheilen.

gebracht ſind, unterſuchen. Dieſer Einfluß iſt der Art, daß die magnetiſche Kraft im geraden Verhältniß der Temperaturzunahme ſinkt, wie weiterhin erläutert werden wird.

Was hinſichtlich des vorübergehenden Einfluſſes der Wärme verhält ſich harter und weicher Stahl, ſo wie Eiſen, gleich; in Bezug zur bleibenden Schwächung aber zeigen dieſe verſchiedenen Arten der Träger des Magnetismus ein verſchiedenes Verhalten, wie dies ebenfalls aus dem Folgenden näher erhellen wird.

Zu den nachfolgenden Unterſuchungen wurden ſtets cylindriſche Nadeln aus einer und derſelben Sorte engliſchen weichen gegoſſenen und durch den Drahtzug gezogenen Stahls, der in ſeinem Bruche durchaus gleichförmig und feinkörnig war, angewandt. Ihre Länge war, wo nichts Beſonderes bemerkt, ſtets 2 Pariſer Zoll. Die Oscillationen der Nadeln wurden ſtets von 30° Elongation an gezählt und keine weitere Correction deshalb angebracht. Alle Verſuche ſind innerhalb der Temperatur zwiſchen Siede- und Froſtpunct enthalten. Die Verſuche über den bleibenden Verluſt wurden namentlich ſo angeſtellt, daß die Nadeln in kochendes Waſſer getaucht, dann wieder erkalten gelaſſen wurden. Nach dem Erkalten ward der Verluſt an magnetiſcher Kraft durch die Schwingungszeit der Nadel geprüft. Das Eintauchen und Erkaltenlaſſen ward ſo oft wiederholt, bis kein weiterer Verluſt mehr bemerklich war, d. h. bis ſich die Schwingungszeit nicht mehr änderte. Zu Verſuchen über den vorübergehenden Einfluß der Wärme dienten die Schwingungen der Nadeln in einem gläſernen Gefäße, welches in einem größern mit dem zu erwärmenden Waſſer gefüllten enthalten war, mit den zur Beobachtung der Temperatur und Oscillationen erforderlichen Nebeneinrichtungen.

I. Über den bleibenden Verluſt des Magnetismus durch Wärme.

1) Weiche Stahlnadeln können durch wiederholtes Eintauchen in ſiedendes Waſſer und jedesmal darauf folgendes Erkaltenlaſſen immer mehr (bis zu gewiſſen Gränzen) in ihrer magnetiſchen Kraft geſchwächt werden. So hatte eine Nadel von 0,67 Linien Durchmeſſer ihre anfängliche Schwingungszeit 243,2 Secunden zu 30 Oscillationen nach ſechsmaligem Eintauchen in 260,8 Secunden verändert.

2) Dieſe Schwächung geht jedoch nicht bis über eine gewiſſe Gränze; ſie iſt verhältnißmäßig größer durch die erſteren als die ſpäteren Eintauchungen, und nimmt nach einer größern Anzahl Eintauchungen nicht weiter zu.

So brauchte die unter 1) erwähnte Nadel zu 30 Oscillationen
vor dem Eintauchen 243,2
nach dem erſten Eintauchen . 256, 6
— — zweiten — . . 257, 9
— — dritten — . . 258, 8

nach dem vierten Eintauchen . 259,"6
— — fünften — . 260, 2
— — ſechſten — . 260, 8

Durch ein weiteres Eintauchen veränderte ſich die zuletzt beobachtete Schwingungszeit nicht mehr.

3) Die Wirkung der Wärme iſt inſtantan. In der That war ſelbſt ein Stunden lang erhaltener Siedepunct nicht im Stande, den Magnetiſmus ſtärker zu afficiren, als ein kurzes Eintauchen, noch konnte er dem ſucceſſiven Eintauchen (mit dazwiſchenfallendem Wiedererkalten) als Äquivalent ſubſtituirt werden.

4) Die Art der Erkaltung der Nadel iſt auf das Endreſultat, was ſich durch wiederholtes Eintauchen erreichen läßt, ohne Einfluß.

In der That, mochten die Verfaſſer die Nadel gleich nach ihrer Erwärmung in der Luft oder langſam mit dem erhitzten Waſſer ſelbſt erkalten laſſen oder ſie ihrer Wärme durch Eintauchen in kaltes Waſſer augenblicklich berauben, es konnte keine Veränderung in dem Endzuſtande hervorgebracht werden, welchen die Nadel durch das wiederholte Eintauchen angenommen hatte.

5) Die ſchwächende Wirkung des ſiedenden Waſſers hängt nicht von einer oxydirenden Einwirkung auf die Oberfläche der Nadel ab, ſondern iſt in der That eine Wirkung der Wärme. In der That blieben ſich die Reſultate merklich gleich, mochte die Nadel mit Firniß überzogen werden oder nicht.

6) Der Verhältnißtheil, um welchen der Magnetiſmus einer Nadel geſchwächt wird, wenn man ſie durch wiederholtes Eintauchen zu einem conſtanten Zuſtande bringt, und welchen wir der Kürze halber a nennen wollen *), ſteht bei cylindriſchen Nadeln von weichem Stahl von 2 Pariſer Zoll Länge in merklich einfachem Verhältniſſe des Durchmeſſers der Nadel, ſo lange dieſer nicht 1,16 Linie überſchreitet. Bei größerm Durchmeſſer jedoch nimmt der Werth von a in geringerm Verhältniſſe zu als die Dicke der Nadel. Dies lehrt folgende Tabelle:

---

*) Iſt J die urſprüngliche Intenſität, ſo wird mit J (1 — a) diejenige bezeichnet, die nach Erreichung des conſtanten Zuſtandes eingetreten iſt.

Tabelle über die conſtanten Verluſte des Magnetismus in Nadeln von weichem Stahl, von verſchiedenen Durchmeſſern durch die Temperatur von 80° R.

Nadel.	Durchmeſſer in Pariſer Linien.	Dauer einer Anzahl von Oscillationen		Factor der Intenſität oder 1 — a.	Factor für den Durchmeſſer = 1 Pariſer Linie.
		vorher	nachher		
1	0‴,66	269‴,4	286	1 — 0,112715	1 — 0,1708
2	0 ,73	320	342,6	1 — 0,12758	1 — 0,1747
3	0 ,86	332	360	1 — 0,14951	1 — 0,1738
4	1 ,1	338	374,8	1 — 0,18673	1 — 0,1697
5	1 ,16	343	388,2	1 — 0,196385	1 — 0,1693
6	1 ,77	320 ,4	368,6	1 — 0,2443	1 — 0,1381

Die Temperatur des Zimmers war 8° R. Zu bemerken iſt, daß auch andere Nadeln von derſelben Stärke als Nr. 6. ſich wie dieſe verhielten, indem keine derſelben einen ſo großen Werth von a gab, als man aus dem Geſetze der Proportionalität, wenn es ſich bis auf dieſen Durchmeſſer erſtreckte, hätte erwarten müſſen.

7) *Die Vergrößerung von a bei zunehmendem Durchmeſſer der Nadeln hängt nicht von vergrößerter Maſſe, ſondern von vergrößerter Oberfläche der Nadeln ab.*

Dies lehrt folgender Verſuch. Es wurden zwei ſonſt gleiche Nadeln von weichem Stahl angewandt, von denen die eine aber der Länge nach durchbohrt war und mithin eine äußere und innere Oberfläche darbot, und gleichmäßig durch Eintauchen in ſiedendes Waſſer behandelt. Der Durchmeſſer beider Nadeln war 1,22 Linie und ihre Länge 2 Zoll. Die durchbohrte machte anfänglich 100 Oscillationen in 262 Secunden, nach dem 20ſten Eintauchen in 312,8 Secunden, woraus ſich a findet 0,29843; die ſolide Nadel machte erſt 80 Oscillationen in 349,2 Secunden, nach dem 20ſten Eintauchen in 379,4 Secunden, woraus ſich a findet 0,152865.

8) *Bei längeren Nadeln iſt der Werth von a kleiner als bei kürzeren, doch ſcheint es als ob, wenn die Länge über gewiſſe Gränzen geht, der Verluſt dann nicht weiter abnimmt.*

Es wurden ſtatt der bisherigen Nadeln aus weichem Stahl von 2 Zoll Länge deren zwei von 4 Zoll Länge angewandt. Die eine dieſer Nadeln hatte 0,67 Linien im Durchmeſſer und brauchte 371,2 Secunden zu 80 Oscillationen. Dieſe Zeit kam nach mehrmaligem Eintauchen auf 387,6 Secunden, wodurch ſich der Werth von a zu 0,08284 ergiebt, während er für eine dergleichen Nadel von 2 Zoll Länge 0,113 war. Die andere Nadel hatte 1,1 Linie im Durchmeſſer, und die Zeit von 60 Oscillationen wurde von 367,2 Secunden auf 392 Secunden durch die Wärme von 80° R. gebracht, woraus a = 0,12253, welcher Werth wiederum gegen den, welchen die kleineren Nadeln von gleichem Durchmeſſer gaben (S. 39), im Verhältniſſe von 3 : 4 zu klein iſt. Von beiden Nadeln wurde nun ¼ ihrer Länge abgeſchnitten, ſo daß ihre Länge jetzt 3 Zoll betrug. Nachdem ſie beide von Neuem magnetiſirt worden, fanden ſich die Werthe von a den eben angeführten beinahe gleich, und nur um eine Größe verſchieden, die auf Rechnung des Beobachtungsfehlers zu ſetzen iſt.

Um dieſe Unterſuchung zu vervollſtändigen, wurde beiden Nadeln an Länge 1 Zoll abgenommen, ſo daß ſie nun den früheren, in der Tabelle aufgeführten, gleich waren. Hier fanden ſich die Verluſte auch ſo groß, als ſie nach der Tabelle zu erwarten waren, namentlich fand ſich für die erſtere Nadel, deren Durchmeſſer 0‴,67, a = 0,11705, für die zweite a = 0,18401.

9) Die bisher angeführten Reſultate ſind unabhängig davon, ob die Nadeln zur Sättigung magnetiſirt ſind oder nicht. Mindeſtens führten die Verfaſſer an, daß ſich die Reſultate bei Nadeln, die in den verſchiedenſten Intenſitätsgraden magnetiſirt waren, gleich geblieben.

10) Bei gehärteten Nadeln iſt der Werth von a größer als bei weichen, wird aber erſt bei öfter wiederholtem Eintauchen erreicht.

Eine Nadel von 1,22 Linie Durchmeſſer, die ſchon zu früheren Verſuchen gebraucht worden war, wurde ſo ſehr, als Feuer und Waſſer es vermögen, gehärtet und, ohne polirt zu werden, geſtrichen, hierauf einige Tage unterſucht, um den Schwankungen zu entgehen, denen die Intenſität, beſonders im harten Stahl, anfangs unterworfen iſt. Dieſe Nadel brauchte

zu 80 Oscillationen . . . . 401″,6
nach dem erſten Eintauchen . 451 ,2
— — zehnten — . . 495 ,2

Von hier ab verlor ſie bei jedem Eintauchen nur wenig, kam aber erſt nach dem 50ſten Mal zu einem ſicheren ſtabilen Zuſtand, und brauchte dabei zu 80 Oscillationen 576″,8, ſo daß a = 0,51523. Ein ähnliches Reſultat fand ſich bei einer Nadel 1‴,77 im Durchmeſſer, die durch 40maliges Eintauchen von 429″,6 auf 554″,4 kam, woraus a = 0,39954. Dieſer geringere Werth von a, bei einer größeren Oberfläche, rührt offenbar davon her, daß die letztere Nadel nicht ſtark genug gehärtet war.

Es muß übrigens in Betracht genommen werden, daß ſo große Werthe von a, als bei dieſen Verſuchen erhalten wurden, ſich bloß dann ergaben, wenn die Nadeln noch keine Bearbeitung der Art erfahren hatten, bei welcher ſie einer ſtarken Wärmeentwickelung ausgeſetzt werden, wie z. B. dem Poliren, indem hierdurch ſchon ein vorgängiger Verluſt bewirkt werden kann, der dann dem Werthe von a, welcher durch die Eintauchungsverſuche gefunden wird, abgeht. Dies gilt ſowohl für gehärtete als für weiche Nadeln. In Bezug auf letztere führen die Verfaſſer folgendes Beiſpiel an:

Eine weiche Stahlnadel von 0,73 Linien Durchmeſſer, deren Verluſt an Intenſität durch den Siedegrad des Waſſers wir kennen (S. 39), machte urſprünglich 80 Oscillationen in 205,8 Secunden. Auf einer rauhen Oberfläche ſtark gerieben kam die Oscillationsdauer auf 238,6 Secunden, nach mehrmaligem Eintauchen aber bleibend auf 244 Secunden. Der ganze Werth von a war hiernach 0,28855 *), während auf Rechnung des Eintauchens hier nur noch ein Werth von a = 0,04377 kommt. Nach S. 39 hatte er ſich durch Eintauchungsverſuche = 0,12758 für Nadeln gefunden, die nicht vorher gerieben worden waren.

11) Weiche Stahlnadeln, wenn ſie durch Eintauchungsverſuche auf den conſtanten Zuſtand reducirt werden, zeigen hiebei in der erhöheten Temperatur eine geringere Intenſität als nach dem vollſtändigen Erkalten, oder die Schwächung beträgt mehr in der Wärme, als nach dem Erkalten; bei den gehärteten Nadeln dagegen iſt das Umgekehrte der Fall, indem ihr Verluſt mit dem Erkalten zunimmt **).

Letzteres erkannten die Verfaſſer nicht nur bei zwei nach einander folgenden Beobachtungen der Oscillationsdauer, ſondern auch ſchon während einer und derſelben deutlich genug. Da ſie nämlich, ſelbſt bei einer großen Anzahl von Schwingungen, ſtets die Zeit bei jeder 20ſten beſtimmten, ſo ließ ſich aus der oft um 0,4 Secunde längern Dauer der letzten 20 Oscillationen erſehen, daß eine Verminderung der Intenſität ſchon während der Beobachtung eingetreten war, was auch ſpätere directe Unterſuchungen beſtätigten.

12) So oft auch eine weiche Stahlnadel zum ſtabilen Zuſtande gegen den Einfluß eines gewiſſen Wärmegrades gebracht worden, ſo wird der Werth von a nach einer neuen Magnetiſirung ſich den früheren gleich ergeben. In gehärteten Nadeln iſt dies nicht der Fall; der Verluſt nach einem zweiten Streichen iſt um vieles geringer als der erſte, und ſinkt ſo nach und nach zu einer verſchwindenden Größe herab.

Eine Nadel von 0″,73 Linien im Durchmeſſer und ſtark gehärtet, brauchte zu 100 Oscillationen 253,″6

nach 45maligem Eintauchen 339 ,2

Hier war der ſtabile Zuſtand eingetreten, alſo mit einem Werth von a =

---

*) Er iſt größer als durch Eintauchungsverſuche, weil das Reiben unſtreitig eine größere Wärme als von 80° R. entwickelte.

**) Wohl verſtanden gilt dies nur von dem bleibenden Verluſte, den gehärtete Nadeln, die noch nicht auf ihren conſtanten Zuſtand reducirt ſind, erfahren, dagegen ſolche, bei denen dies der Fall iſt, ebenfalls mit Temperaturerhöhung eine Schwächung erfahren werden, die jedoch mit dieſer vorübergeht.

0,44103. Nach der zweiten Magnetiſirung brauchte dieſelbe Nadel zu 100 Oscillationen 303",8, kam nach 10maligem Eintauchen auf 318,6, woraus a = 0,06057. Nachdem ſie zum dritten Male geſtrichen und ſechs Mal eingetaucht worden, ergab ſich a = 0,04395, und wurde nach einer wiederholten Magnetiſirung = 0 gefunden. Andere Verſuche führten zu analogen Ergebniſſen.

13) *Wenn eine Nadel einen gewiſſen Verluſt durch ein einmaliges Eintauchen bei 80° R. erfahren hat, ſo kann ſie einen neuen Verluſt bei einem abermaligen Eintauchen auch dann erfahren, wenn es unter 80° R. geſchieht.*

So kam eine gehärtete Nadel von 1,22 Linien Durchmeſſer durch einmaliges Eintauchen bei 80° R. von 330,8 Secunden auf 355,4 Secunden, und hierauf durch eins bei 40° R. auf 358,8 Secunden.

14) *Das reine Eiſen erfährt einen ſehr geringen oder gar keinen bleibenden Verluſt durch die Wärme des ſiedenden Waſſers.*

So kam eine Eiſennadel von 1,01 Linie Durchmeſſer nach 10maligem Eintauchen von 335,4 Secunden auf 337,2 Secunden, eine andere von demſelben Durchmeſſer von 232 Secunden auf 233,4 Secunden. Die Verfaſſer ſind geneigt, dieſe noch Statt findende geringe Schwächung, welche beobachtet ward, von einem Gehalte an fremden Beſtandtheilen, namentlich Kohle, abzuleiten, wovon das Eiſen nicht leicht ganz rein iſt, und wodurch es ſich ſchon dem Stahl etwas nähert. Dieſes Umſtandes halber verloren auch einige Eiſennadeln noch etwas mehr, als die vorigen. So kam eine Eiſennadel nach mehrmaligem Eintauchen von 360,8 Secunden auf 380,4 Secunden.

15) *Eine angelaſſene Nadel, mag ſie vorher gehärtet ſein oder nicht, mag ſie blau oder roth angelaſſen ſein, verhält ſich ganz wie eine weiche Stahlnadel, ſowohl in der abſoluten Größe des Verluſtes, als in dem Verhältniß der Intenſität während der Erhitzung zu der nach dem Erkalten (alle angelaſſenen Nadeln nahmen wie die weichen beim Erkalten an magnetiſcher Kraft zu), als auch drittens in dem gleichmäßigen Verluſte, der bei einer neuen Magnetiſirung, ſie mag im Sinne der frühern oder ihr entgegengeſetzt ſein, durch die Wärme hervorgebracht wird.*

Es wurden aus einem Stück weichen cylindriſchen Stahldrahtes, von 0,85 Linien im Durchmeſſer, fünf Nadeln von 2 Zoll Länge gemacht. Die eine ward in dieſem Zuſtande gelaſſen, eine zweite ward, ohne gehärtet zu werden, blau angelaſſen, die drei übrigen wurden gehärtet, dann die eine kirſchroth, die andere blau angelaſſen, die letzte aber blieb gehärtet und nur ſie wurde etwas polirt. Sie wurden ſämmtlich auf gleiche Weiſe magnetiſirt. In folgender Tabelle iſt die Zeit zu 100 Oscillationen angegeben, welche jede dieſer Nadeln nach ſucceſſiver Erwärmung und Wiedererkaltung bei beiſtehenden Temperaturgraden brauchte. Bei A iſt die anfängliche Oſcillationszeit bei gewöhnlicher Temperatur, welche allem Eintauchen vorherging, bei e die Zeit, welche nach wiederholtem Eintauchen conſtant blieb, angegeben.

Nadel I. weich.		Nadel II. weich, blau angelaſſen.		Nadel III. gehärtet, kirſchroth angelaſſen.		Nadel IV. gehärtet, blau angelaſſen.		Nadel V. gehärtet, nicht angelaſſen, etwas polirt.	
A	282",2	A	267",6	A	235",6	A	303",2	A	282,"4
71°	295 ,8	70°	276	72°	246	72°	315	72°	301, 6
6½	292	7¼	272 ,8	10	242	7	311 ,4	19	302, 6
73	297	72¼	280 ,2	72	250 ,2	71½	320 ,2	67	304
7	293 ,4	6	277	8	247	8	316 ,6	7	306, 2
72	298	70	282 ,4	70	252 ,8	72	323	71	307, 6
8	295 ,2	7	278 ,8	7	249 ,8	7½	318 ,4	8	305, 8
e	303 ,6	e	287 ,6	e	253 ,6	e	325 ,6	e	323",2
a = 1,36006		a = 0,134246		a = 0,13692		a = 0,13286		a = 0,29664	

Als die Nadel III. nach dem Schluſſe des Verſuches von Neuem magnetiſirt und der Verſuch dann wiederholt wurde, ergab ſich a = 13074, welches, wie man ſieht, mit 0,13692 merklich übereinkommt, bei Nadel V. dagegen ward nach ſolcher Wiederholung der Werth von a bloß = 0,085545 gefunden.

II. über den vorübergehenden Verluſt durch die Wärme.

Die nachfolgenden Reſultate gelten für Nadeln, die innerhalb der Temperatur, der ſie ausgeſetzt werden, ſchon ihren vollen conſtanten Wärmeverluſt erfahren haben.

1) Der Werth von a, wenn wir hiemit den Verhältnißtheil bezeichnen, um welchen die Intenſität der Nadel bei Erwärmung bis zu einer gewiſſen Temperatur geſchwächt wird, iſt der Temperaturerhöhung zwiſchen 0° und 80° direct proportional.

Eine hohle weiche Stahlnadel von 2 Zoll Länge, bei welcher die Summe der Durchmeſſer = 3,66 Linien war, brauchte zu

80 Oſcillationen bei 12° R. . . . . . 352"
69° — 66° . . . 369,6
60° — 56° . . . 366
50° — 46° . . . 363,2
40° — 38° . . . 360,8

Vergleicht man dieſe Zeiten mit der Oſcillationsdauer bei 12°, ſo findet ſich: für eine Temperaturdifferenz

	a =		a =
von 55°	0,09297	von 1° R.	0,001690
45	0,07504	— — —	0,001667
36	0,060725	— — —	0,001686
27	0,04819	— — —	0,001785
		Mittelwerth	0,001707

Reducirt man den Werth a = 0,001707 nach dem Geſetze des folgenden Satzes auf eine ſolide Nadel von 1 Linie Durchmeſſer, ſo ergiebt ſich a = 0,0004663.

Die Verfaſſer ließen auch die zu dieſen Verſuchen gebrauchte hohle Nadel in einer Temperatur von 0° ſchwingen, die durch Eis erhalten wurde. Sie brauchte 348″,2 zu 80 Oscillationen, welches, mit der Schwingungszeit bei 12° R. verglichen, für 1° R. Temperaturdifferenz a = 0,001829 giebt. Den Unterſchied dieſes Werthes von dem obigen 0,001707 halten die Verfaſſer für klein genug, um der vorausgeſetzten Proportionalität keinen Eintrag zu thun.

2) **Der Werth von a iſt dem Durchmeſſer cylindriſcher ſolider Nadeln, oder der Summe des innern und äußern Durchmeſſers hohler Nadeln proportional und zwar innerhalb weiterer Gränzen, als für den conſtanten Verluſt.**

In der That fand ſich hier die Proportionalität bei zweizölligen Nadeln innerhalb der Gränzen von 0,85 Linien und 3,66 Linien, bei Nadeln von 2 Zoll 10 Linien innerhalb der Gränzen 0,67 Linien und 1,16 Linie noch beſtätigt. Vielleicht reichte ſie noch weiter, allein es ſind keine Verſuche in weiteren Gränzen angeführt.

Folgende Reſultate dienen zum Belege, wobei a überall auf die Temperaturdifferenz von 1° R. und den Durchmeſſer einer ſoliden Nadel = 1 Linie reducirt iſt.

Zweizöllige weiche Stahlnadeln.

	a
Solide Nadel von 0,85 Linien Durchmeſſer	0,0004588
Solide Nadel von 1 Linie Durchmeſſer	0,0004524
Hohle Nadel von 1,23 Linie äußerm, 0,889 Linien innerm Durchmeſſer, = einer ſoliden Nadel von 2,12 Lin. Durchmeſſer	0,0004408
Hohle Nadel, wo die Summe der Durchmeſſer = 3,66 Linien	0,0004663

Gehärtete und angelaſſene ſolide Stahlnadeln von 2 Zoll 10 Linien Länge.

	a
Nadel von 0,67 Linien Durchmeſſer . . .	0,0003286
— — 0,93 — —	0,0003202
— — 0,93 — —	0,0003158
— — 1,16 — —	0,0003240

3) Die Größe von a nimmt mit der Länge der Nadeln ab.

In der That, während ſich für 1° Temperaturdifferenz a = 0,000461 für eine Nadel von 2 Zoll Länge ergab, fand ſich dieſer Werth = 0,000324 bei einer gleichdicken Nadel von 2 Zoll 10 Linien. Das Verhältniß des geringern Einfluſſes iſt hier daſſelbe als bei der dauernden Wirkung, nämlich wie 3 : 4.

4) Die abſolute Größe von a iſt gleich für Nadeln von weichem Stahl, von hartem Stahl und von Eiſen. Sie beträgt für ſolide cylindriſche Nadeln von 1 Pariſer Linie Durchmeſſer und 2 Zoll Länge auf 1° R. Temperaturdifferenz 0,000461, für eben ſolche Nadeln von 2 Zoll 10 Linien Länge aber 0,000324.

Die Werthe 0,000461 und 0,000324 ſind Mittelwerthe aus mehreren Verſuchen, wovon die Reſultate zum Theil S. 44 angeführt ſind.

Für eine gehärtete Stahlnadel von 2 Zoll Länge ergab ſich unter denſelben Umſtänden, als auf S. 44 für eine weiche, a = 0,0004619, und eben ſo nahe kam der dort gefundene Werth von a den Werthen, die für gehärtete und nachher angelaſſene Nadeln gefunden wurden. Desgleichen bei einer Eiſennadel ergab ſich a = 0,0004528, bei einer andern 0,0004414.

Correction der magnetiſchen Intenſitätsbeobachtungen wegen der Temperatur *).

Aus den angeführten Verſuchen von Moſer und Rieß ergiebt ſich folgende Correction, um magnetiſche Intenſitätsbeobachtungen auf eine gewiſſe Temperatur zurückzuführen. Sie iſt gleich für Nadeln von hartem Stahl, weichem Stahl und ſelbſt von Eiſen, gilt aber nur für ſolche Nadeln, die durch wiederholtes Erwärmen (Eintauchen in ſiedendes Waſſer) und Erkaltenlaſſen ſo weit gebracht ſind, daß ſie innerhalb der Temperaturänderungen der Beobachtungen keinen bleibenden Verluſt mehr durch die Wärme erfahren.

$$J' = J\,[1 - 0{,}000461\,(t' - t)\,d]$$

Dieſe Formel gilt für Nadeln von 2 Pariſer Zoll Länge. J' und J ſind die Intenſitäten reſpectiv bei den Temperaturen t' und t in Réaumur'ſchen Graden und d der Durchmeſſer der Nadel in Pariſer Linien **).

Iſt die Länge der Nadel 2 Zoll 10 Linien, ſo gilt ſtatt der vorigen Formel folgende:

$$J' = J\,[1 - 0{,}000324\,(t' - t)\,d]$$

Will man aus dieſen Ausdrücken Correctionsformeln für die Oſcillationsdauer entnehmen, und bezeichnet dieſe letztere mit T bei der Temperatur t, mit T' bei der Temperatur t', ſo ergeben ſie hinreichend genau:

---

*) Pogg. XVII. 434.

**) Directe Verſuche beweiſen die Gültigkeit der Formel bloß bis zu $d = 3{,}66$ Linien; ob ſie für größere Dicken gültig iſt, iſt noch auszumitteln.

$$T = T' [1 - 0{,}0002305 \, (t' - t) \, d]$$
$$T = T' [1 - 0{,}000162 \, (t' - t) \, d]$$

Aus einigen zu dieſem Zwecke angeſtellten, jedoch nicht angeführten, Verſuchen glauben die Verfaſſer übrigens ſchließen zu können, daß für noch größere Längen als 2 Zoll 10 Linien die zweite Formel nur eine ſehr unbedeutende Veränderung erleiden wird, ſo wie, daß für kleinere Längen als 2 Zoll die erſtere gelten kann.

Als dringendes Erfoderniß iſt jedenfalls zu erinnern, nur ſolche Nadeln zu Intenſitätsbeobachtungen anzuwenden, die gegen einen bleibenden Verluſt durch Wärme geſchützt ſind.

Verſuch von Matteucci. Matteucci *) ſchließt aus folgendem Verſuche, daß das weiche Eiſen, wenn es von gewöhnlicher Temperatur an unter den Froſtpunct erkaltet, hiebei von ſelbſt ſchwach magnetiſch oder mindeſtens für den Erdmagnetismus empfänglicher wird, ſo lange die kalte Temperatur bleibt, bei Rückkehr zur gewöhnlichen Temperatur aber ſeinen Magnetismus wieder verliert.

Er nahm einen Draht weichen Eiſens von 0,222 Meter Länge und 2 Millimeter Dicke und fand, daß, wenn er denſelben in ſeiner ganzen Länge vor einer Magnetnadel in einem Abſtande von 0,041 Meter vorbeiführte, dieſe ſtets eine gleichbleibende Anzahl Oscillationen machte. Darauf brachte er den Draht in eine dicke Glasröhre, deren Temperatur durch ein Gemeng von Salz und Eis ſich auf — 12°,5 C. befand. Als er jetzt wiederum den ſo erkälteten Draht in gleichem Abſtande als vorhin vor der Nadel vorüberführte **), beobachtete er, daß die Nadel ſchneller oscillirte, wenn ſich die Enden des Drahtes, als wenn ſich die Mitte deſſelben davor befand. Die Schwingungsdifferenz war 74 — 68 Oscillationen. Als der Apparat nach 8ſtündigem Liegen wieder zur gewöhnlichen Temperatur zurückgekommen war, machte auch die Nadel wieder vor allen Puncten des Drahtes dieſelbe Anzahl von Schwingungen.

Einfluß des Lichtes.

Der Verſuche, Magnetismus durch Licht zu erregen, ſind bekanntlich ſehr viele gemacht worden und zwar mit ſehr wechſelnden Reſultaten. Indeß ſchien es nach den neueren Verſuchen der Lady Sommerville ***), Baumgartners ****), Zantedeschi's †), Barlocci's ††), welche ſämmtlich dahin übereinſtimmten, dem Lichte ein Magnetiſirungsvermögen, wenigſtens unter gewiſſen Verhältniſſen, beizulegen, daß die Erfahrung ſich zuletzt hinlänglich bejahend über dieſen Umſtand entſchieden habe. Nun aber haben neuerdings Rieß und Moſer *) Verſuche angeſtellt, welche in Bezug auf dieſes ſo vielfach beſprochene Magnetiſirungsvermögen des Lichtes daſſelbe zu leiſten ſcheinen, als Erdmann's Verſuche in Bezug auf das nicht minder oft behauptete und durch Verſuche angeblich bewieſene chemiſche Vermögen des Magnetismus, indem ſie nämlich zu ganz negativen Reſultaten darüber geführt haben; und die Sorgfalt, mit der die Verfaſſer ihre Verſuche angeſtellt haben, und die man nach anderen Arbeiten derſelben Phyſiker auch bei dieſer vorausſetzen darf, muß allerdings dieſen negativen Reſultaten ein nicht geringes Gewicht beilegen, um ſo mehr, da ſie auf die Irrthümer aufmerkſam machen, die ihre Vorgänger zum Theil irre geleitet haben konnten. Wir verweiſen diejenigen, die ſich näher über alle die Umſtände, welche bei dieſen Verſuchen von den Verfaſſern in Betracht gezogen wurden, belehren wollen, auf die Originalabhandlung, und wollen nur bemerken, daß auch Verſuche mit polariſirtem weißen, blauen und violetten Lichte, mochte die Polariſationsebene parallel oder ſenkrecht der Axe der Nadel ſein, ein negatives Reſultat lieferten.

---

*) Bibl. univ. 1831. Août. 383.

**) Es wäre unſtreitig nöthig geweſen anzugeben, ob der Draht hiebei in verticaler Lage gehalten wurde. F.

***) Pogg. VI 493.

****) Baumg. und Ett. Zeitſchr. III. 263.

†) Pogg. XVI. 187 oder Schweigg. J. LVI. 100 oder LVIII. 292.

††) Schweigg. J. LVIII. 73.

Verſuche von Plateau über Mittheilung des Magnetismus **).

Plateau macht folgende Verſuche bekannt:

Man richte einen Magnetſtab ſo ein, daß er ſich in einer horizontalen Ebene um eine Axe drehen kann, welche durch ſeine Mitte geht, und bringe über dieſem Stabe eine Magnetnadel auf einem Stifte oder an einem Coconfaden an. Giebt man dem Stabe eine hinlänglich langſame Rotationsbewegung, ſo wird die Nadel derſelben folgen und ſich mit drehen; vermehrt man aber die Geſchwindigkeit des Stabes bis zu einem gewiſſen Puncte, ſo wird die Nadel aufhören ſich zu drehen und bloß noch große Oscillationen machen; bei noch weiter vermehrter Geſchwindigkeit des Stabes wird ſich die Amplitude dieſer Oscillationen mindern und endlich werden ſie bei einem größern Grade der Geſchwindigkeit ganz aufhören, ſo daß die Nadel in fixer Lage im magnetiſchen Meridian bleiben wird, als wenn der Stab nicht vorhanden wäre.

Es wird hiebei die Frage aufgeworfen, ob dieſe Thatſachen nicht darauf zu deuten ſchienen, daß die Fortpflanzung der magnetiſchen Wirkung eine gewiſſe Zeit erfodere? — Natürlicher ſcheint ſie mir jedoch darauf zurückzuführen, daß die Mittheilung der Bewegung einer gewiſſen Zeit bedarf.

---

*) Pogg. XVI. 563.

**) Bull. univ. des sc. math. 1830. mars. p. 192.

III. Magnetiſirungsmethoden.

Verfertigung ſtarker Magnete, von Keil in Langenſalza *).

Keil hat ein Verfahren entdeckt, aber noch nicht bekannt gemacht, Magnete von bis jetzt unbekannter Stärke zu verfertigen. Nach der kurzen Notiz, die bis jetzt davon gegeben iſt, beſitzt er einen hufeiſenförmigen Magnet, welcher, bei einem eigenen Gewicht von 1½ Kilogramme, 20 Kilogrammen trägt, und einen andern hufeiſenförmigen, aus 9 Platten beſtehenden, welcher, bei 19,5 Kilogrammen Gewicht und 0,45 Meter Länge, 218 Kilogramme trägt. Keil verſichert, daß er im Stande ſein würde, Magnete zu verfertigen, die 1000 Kilogramme zu tragen vermögen.

Er hat von dieſen ſtarken Magneten eine ſehr glückliche Anwendung zur Heilung verſchiedener Krankheiten, namentlich rheumatiſcher, krampfhafter und ſchmerzhafter übel überhaupt gemacht.

Magnetiſirung weichen Eiſens durch elektriſche Ströme.

Pfaff **) hat die, nachher auch von Anderen beſtätigte, Erfahrung gemacht, daß ein Stab von weichem Eiſen eine wirklich bewundernswürdige Stärke von Magnetismus erlangt, wenn man durch einen Metalldraht, der ihn ſpiralförmig umwindet (ſo daß die Windungen weder ſich noch den Stab leitend berühren), einen kräftigen elektriſchen Strom, mittelſt einer großplattigen einfachen Kette gehen läßt. Doch hält dieſer Magnetismus nur ſo lange an, als die elektriſche Strömung dauert.

Die Einrichtung des Apparates, deſſen ſich Pfaff bei ſeinen Verſuchen bedient, iſt in Figur 5. vorgeſtellt. **D** ſtellt einen, oben hakenförmig gebogenen, Meſſingſtab vor, welcher in den Tiſch **C B B** eingeſchraubt iſt, und dazu dient, das hufeiſenförmig gebogene weiche cylindriſche Eiſen **M** zu tragen, um welches ſpiralförmig der dicke Kupferdraht ***) **m**, **n** gewunden iſt, deſſen Enden in die Queckſilbergefäße **e**, **e′** übergehen, in welche die Pole einer galvaniſchen Kette geleitet werden. Als ſolche wendet der Verfaſſer ein einfaches Voltaiſches Element an, welches in Figur 6. im Verticaldurchſchnitte vorgeſtellt iſt. Es beſteht aus einem cylindriſchen Kupferkaſten, deſſen Wandungen zwei concentriſche Kupferplatten **C** und **C** ſind, zwiſchen welchen der hohle Zinkcylinder **Z Z** in die erregende Flüſſigkeit, mit welcher der Kupferkaſten gefüllt iſt, eingeſenkt wird ****).

---

*) Bull. univ. des sc. math. XII. 241.

**) Schweigg. LVIII. 273.

***) Unſtreitig muß er ſo eingerichtet ſein, daß die Windungen deſſelben in keiner leitenden Gemeinſchaft mit dem weichen Eiſen ſtehen.

****) Folgendes ſind die Dimenſionen des von Pfaff angewandten Apparates: Die größte Länge des weichen Eiſens (Figur 5.) **hg** beträgt 2 Decimeter und die Dicke etwa 12 Millimeter. Der Kupferdraht, ſtatt deſſen auch

Bedient man ſich bei den, in der Anmerkung angegebenen, Dimenſionen des Apparates einer Flüſſigkeit aus 16 Theilen Waſſer, 1 Theil Salzſäure und ½ Theil Salpeterſäure, ſo wird man einen elektriſchen Strom erhalten, der einen ſo ſtark magnetiſirenden Einfluß auf das weiche Eiſen ausübt, daß dieſes augenblicklich einen mit 6, 8 ja 10 Pfunden beſchwerten Anker mit ſeinen Enden g, g′ trägt. „Es gränzt, ſagt Pfaff, an Zauberei, in dem Augenblicke, daß man mit einem der Drähte den Kreis ſchließt und ſo den elektriſchen Strom einleitet, ſelbſt aus einiger Entfernung, den mit 8 Pfund und darüber beſchwerten Anker angezogen zu ſehen, der eben ſo augenblicklich wieder abfällt, wenn der Kreis unterbrochen wird. Das weiche Eiſen verliert dieſen ſeinen ſo kräftigen Magnetismus faſt gänzlich in ſehr kurzer Zeit, und ſchon nach einigen Minuten zieht es höchſtens noch einen kleinen Schlüſſel an.“

In viel größerm Maßſtabe ſind dieſe Verſuche von Profeſſor Henry und Dr. Ten Eyck wiederholt worden, worüber ſich folgende Nachricht in Froriep's Notiz. Nr. 8. des XXXI. Bds. S. 117 *) findet.

Eine cylindriſche Stange von weichem Eiſen von 10 Zoll Länge und ½ Zoll Durchmeſſer wurde nach Art eines Hufeiſens gebogen und mit einem mit Seide umſponnenen 30 Fuß langen Kupferdraht umwickelt. Mit einem 2½ Zoll ins Gevierte haltenden Plattenpaare, welches in verdünnte Säure geſetzt wurde, verwandelte man das weiche Eiſen in einen Magneten, der 14 Pfund zog. Ein Draht von derſelben Länge, wie der erſtere, wurde darüber gewunden und mit den Enden an eine Kupfer- und eine Zinkplatte gelöthet, wornach ſich eine Verdoppelung der Wirkung ergab, und der temporäre Magnet 28 Pfund trug. Mit Platten von 6 Zoll Länge und 4 Zoll Breite trug er mehr als das Funfzigfache ſeines eigenen Gewichts.

Doch die ſtärkſte Wirkung, welche je durch Voltaismus auf weiches Eiſen hervorgebracht ward, ergab ſich bei Anwendung einer Eiſenſtange von 2 Zoll ins Gevierte und 20 Zoll Länge, deren Kanten abgerundet waren, und die man in Geſtalt eines Hufeiſenmagnets gebogen hatte. Um dieſes Hufeiſen wurden 540 Fuß kupfernen Glockendrahtes (Copper-bell-wire) in 9 Knäueln, jeder zu 60 Fuß, gewunden. Dieſe Knäuel oder Umwickelungen liefen nicht ohne Unterbrechung von einem Ende des Magneten bis zum andern, ſondern jeder derſelben war um eine etwa 1 Zoll lange Stelle des Hufeiſens gewickelt, ſo daß die gehörig numerirten Enden der Drähte eine Strecke hervorragten. Ein Ende um das andere wurde

---

ein Meſſingdraht dienen kann, iſt reichlich 3 Millimeter dick (da ein dünner Kupferdraht bei Anwendung einer einfachen Kette nur ſchwach wirkt) und die Windungen ſind ſo dicht, daß auf die ganze Länge des Eiſens etwa 170 Windungen kommen und etwa 10 Fuß dieſes Drahtes erfoderlich ſind. Die Höhe des Kupferkaſtens (Figur 6.) beträgt etwa 2½ Decimeter, ſeine Weite von einer Kupferwand zur andern etwa 2 Centimeter, ſo daß, nach Eintauchen des Zinkcylinders, der Raum etwa 16 Unzen Flüſſigkeit faßt.

*) Aus The Journ. of the royal Instit. Nr. 3. Mai 1831.

an einen Kupfercylinder und die andern an kleinere Zinkcylinder gelöthet, welche nur $\frac{2}{5}$ Quadratfuß Oberfläche hielten, und indem man den einen innerhalb der andern in verdünnte Säure einſetzte, wurden folgende außerordentliche Wirkungen hervorgebracht. Als die Armatur von weichem Eiſen quer über die Enden des Hufeiſens gelegt und mit Gewichten beſchwert wurde, ſo viel der temporäre Magnet deren tragen konnte, fand ſich, daß das Totalgewicht 650 Pfund betrug, was für eine ſo kleine Batterie, zu deren Bedeckung nur $\frac{1}{2}$ Pinte verdünnter Säure gehörte, eine erſtaunliche Wirkung iſt. Bei Anwendung einer ſtärkern Batterie zog der Magnet 750 Pfund, was die größte magnetiſche Kraft war, welche ſich überhaupt durch den Voltaismus in dieſer Stange entwickeln ließ. Dies ſcheint der ſtärkſte Magnet zu ſein, der, ſei es nun auf die bei Stahlſtangen gewöhnlichen Verfahrungsarten, oder mittelſt des Voltaismus hervorgebracht worden iſt. Herrn Peals Magnet wiegt 53 Pfund und hebt 310 Pfund, oder ungefähr das Sechsfache ſeines eigenen Gewichts, während dieſer temporäre Magnet nur 21 Pfund wiegt, und mehr als das 35fache ſeines eigenen Gewichts trägt.

Wenn die Enden der Drähte ſo vereinigt wurden, daß ein fortlaufender Draht von 540 Fuß Länge entſtand, ſo zog der Magnet nur 140 Pfund" *).

Ten Eyck hob mit einem kleinen Hufeiſen von einem etwas breitgeſchlagenen runden Eiſenſtäbchen, das 1 Zoll lang, $\frac{1}{10}$ Zoll ſtark und mit 3 Fuß Meſſingdraht umwunden war, mittelſt einer Cylinderbatterie das 420fache Gewicht des Magneten.

Pfaff hat auch den Einfluß ſeiner Vorrichtung von dickem Kupferdraht auf die Verſtärkung der Kraft eines Hufeiſenmagneten verſucht. Die Wirkung war hier viel weniger auffallend, als beim weichen unmagnetiſchen Eiſen, und der Strom mußte längere Zeit hindurchgeleitet werden, ehe die Verſtärkung ſehr merklich wurde; indeß wurde doch die Kraft deſſelben, die freilich an ſich nur ſchwach war, da er nicht viel über 1 Pfund trug, verdoppelt, und zwar war dieſe Verſtärkung dauernd. (Vgl. auch Marx in Schweigg. J. LIX. 251, Moll in Bibl. univ. Sept. 1830. 19 oder Baumg. Zeitſchr. IX. 106).

---

*) Hiebei wird noch folgendes anomale Phänomen angeführt, deſſen Genauigkeit wir dahin geſtellt ſein laſſen wollen: „Bei Anwendung einer Batterie von 25 Plattenpaaren, welche dieſelbe Oberfläche wie die cylindriſche Batterie darbot, wurde mit einem langen Kupferdrahte eine größere elektriſche Wirkung hervorgebracht, als mit einem kurzen; denn brachte man die Enden der Batterie mit denen in Verbindung, welche einen kleinen Hufeiſenmagnet umgaben, ſo zog er bloß 7 Unzen, brachte man aber einen $\frac{1}{5}$ Meile langen Kupferdraht dazwiſchen, ſo zog er 8 Unzen."

IV. Magnetiſche Figuren.

Magnetiſche Figuren, von Halbat *).

Wenn man auf eine Stahlplatte mit dem Pole eines Magnetſtabes gerade oder krumme Züge gewiſſermaßen ſchreibt, dann die Platte mit Eiſenfeile beſtreut, ſo hängt ſich dieſe an die Umrißlinien der mit dem Magnet geſtrichenen Stellen an und macht ſie dadurch ſichtbar. Die ſo entſtandenen Figuren ſind es, was Halbat magnetiſche Figuren nennt. Sie ſind deshalb intereſſant, weil ſie zeigen, daß ſich in einer, in allen ihren Theilen des Magnetismus fähigen, Maſſe derſelbe unter Umſtänden doch bloß auf umſchriebene Stellen zu beſchränken vermag **). Folgendes ſind die näheren Beſtimmungen, die Halbat über die Art, dieſe Figuren hervorzubringen und ihre nähere Beſchaffenheit, giebt.

Gewöhnlich wendet er Platten von 2 bis 3 Quadrat Centimeter Oberfläche und 1 bis 3 Millimeter Dicke von Stahlblech an, wie es zur Fabrication der Kuiraſſe angewandt wird, die ihm am vorzüglichſten zu ſein ſchienen. Die Platten müſſen rein, nicht roſtig und mit der Feile oder feinem Kiesſande abgerieben ſein. Auch verzinnt kann man ſie anwenden. Da ihre Coercitivkraft hinreichend groß iſt, ſo hat man nicht nöthig, ſie zu härten ***).

Die Figuren fallen um ſo ſchöner aus, je kräftiger der Magnetſtab iſt, der ſie hervorbrachte. Das Ende deſſelben, was man dazu anwendet, muß etwas abgerundet ſein, um ſich genauer an die Platte zu appliciren. Man darf den Schriftzügen nicht mehr als 4 bis 5 Centimeter Höhe geben, wenn ſie recht deutlich ausfallen ſollen.

Interpoſition von Blättern oder Platten aus nicht magnetiſirbaren Subſtanzen, wie Pappe, Holz, Glas oder ſelbſt Metallen, welche des Magnetismus nicht fähig ſind, zwiſchen den ſchreibenden Magnet und die Stahlplatte hindert das Erſcheinen der magnetiſchen Figuren nicht, nur entſtehen ſie nach Maßgabe des vermehrten Abſtandes des Pols von der Platte ſchwieriger.

Die Eiſenfeile ſtreut man mittelſt eines kleinen Metallſiebes in dünner Schicht auf und unterſtützt ihr Streben, ſich an den magnetiſirten Stellen anzuhängen, durch einige Erſchütterungen, in die man die Platte verſetzt, indem man mit einem kleinen Schlüſſel an die Ränder derſelben ſchlägt. Hiebei jedoch muß man ſich hüten, dieſelbe in regelmäßige Schwingungen zu verſetzen, wenn man nicht etwa, was allerdings nicht ohne Intereſſe iſt, die Chladni'ſchen Klangfiguren mit den magnetiſchen in Verbindung erſcheinen ſehen will.

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 33.

**) Der Verfaſſer erwähnt übrigens bei dieſer Gelegenheit, daß auch Eiſen- oder Stahlnadeln, die in ihrem mittlern Dritttheil magnetiſirt werden, ihren Magnetismus nicht nach den beiden Enden fortpflanzen.

***) Eiſenplatten halten zwar auch einige Spuren Magnetismus zurück, wenn man Züge mit Magneten darauf macht, doch ſind die Figuren, die man ſo erhält, unvollkommen und vergänglich, ſelbſt wenn man das Eiſen ſtark gehämmert hat.

Die Eiſenfeile hängt ſich immer am Umriß der mit dem Magnetpol geſtrichenen Stellen an, ſo daß die Dicke der Züge leer davon bleibt. Überhaupt zeigen die magnetiſchen Figuren die vollkommenſte Ähnlichkeit mit denen, welche man auf Platten aus nicht magnetiſirbaren Subſtanzen, wie Holz, Pappe, Glas ꝛc., auf welche man einen Magnet legt, durch Beſtreuen mit Eiſenfeile hervorbringen kann, wofern der Magnet und die geſtrichenen Stellen von gleicher Geſtalt ſind.

Die magnetiſchen Figuren ſind gleicher Beſchaffenheit, mögen ſie durch den Nord- oder Südpol des Magneten hervorgebracht werden.

Sie laſſen ſich nicht dadurch erzeugen, daß man eine Platte, auf der die magnetiſchen Züge ſchon hervorgebracht ſind, auf eine andere applicirt, die ſich in neutralem Zuſtande befindet; doch vermögen kleine Nadeln durch dieſe Züge magnetiſirt zu werden.

Durch kleine, an einem Coconfaden aufgehangene, Prüfungsnadeln kann man ſich überzeugen, daß die Theile der Platte, welche die magnetiſchen Figuren umgeben, ſich wirklich in neutralem Zuſtande befinden.

Der Magnetismus dieſer Züge iſt ſehr andauernd, wahrſcheinlich, weil die neutral bleibenden Theile der Platte denſelben als Armatur dienen. Haldat fand ſie noch nach 6 Monaten ſehr deutlich wieder. Durch Erhitzung auf glühenden Kohlen bis zu der Temperatur, worin die Platte ſtrohgelb wird, laſſen ſie ſich jedoch gänzlich zum Verſchwinden bringen, dagegen ein ſtundenlanges Eintauchen in kochendes Waſſer ſie nicht merklich zu ſchwächen ſchien. Die Figuren, die durch einen Pol erzeugt waren, durch den entgegengeſetzten wieder zum Verſchwinden zu bringen, verſuchte Haldat vergebens.

Dagegen gelang ihm, dieſes durch wiederholte und heftige Erſchütterungen, in die er die Platte verſetzte, zu bewirken. Zu dieſem Zwecke legt man die Platte, auf welcher ſich die magnetiſchen Züge befinden, auf eine Bole (madrier), und ſchlägt wiederholt mit einem kleinen hölzernen Hammer darauf, ſo daß ſie in heftige Schwingungen geräth. Bei dieſem Verfahren werden die Figuren binnen zwei oder weniger Minuten ſchwächer, verlieren ihre Regelmäßigkeit und verſchwinden zuletzt vollſtändig, wenn man fortfährt, ſie auf dieſelbe Weiſe zu ſchlagen, wozu der Verfaſſer ſtets 3 bis 4 Minuten hinreichend fand. Übrigens überzeugte ſich derſelbe, daß regelmäßige Schwingungen, welche Töne hervorzubringen fähig ſind, dieſe Wirkung nicht äußern.

Über die magnetiſchen Curven.

Wenn man Eiſenfeilſpäne auf ein Blatt Papier ſtreut, auf oder unter welchem ſich ein Magnet befindet, ſo ordnen ſich bekanntlich die Spänchen in regelmäßigen Curven an, die man magnetiſche Curven nennt, und deren Eigenſchaften von Robiſon, Playfair und Leslie unterſucht worden ſind. Roget hat neuerdings die Fundamentaleigenſchaften dieſer Curven auf eine einfachere Weiſe aus dem Geſetze der magnetiſchen Anziehung abgeleitet, als bisher geſchehen, und zugleich Mittel angegeben, ſie auf mechaniſche Weiſe zu beſchreiben.

Es ſeien N und S (Fig. 6 bis) die beiden Pole des Magneten, welcher die magnetiſchen Curven erzeugt, dann kann die Richtung eines unendlich kleinen Elementes einer ſolchen Curve, welches durch einen beliebigen Punct C geht, oder, was daſſelbe ſagt, die Richtung der Tangente der Curve am Puncte C als durch die Lage beſtimmt angeſehen werden, welche durch Wirkung des Magneten eine unendlich kleine Magnetnadel annehmen würde, die ſich in C befände und frei um ihren Mittelpunct in einer durch N und S gelegten Ebene zu drehen vermöchte; und dieſe Lage des Gleichgewichtes wird durch die Bedingung beſtimmt werden, daß die Drehungskräfte, welche auf beide Pole der Nadel von jedem Pole des Magnetes geäußert werden, einander genau die Wage halten.

Die Tangente der Curve am Puncte C wird die verlängerte Axe NS des Magneten an irgend einem Puncte T ſchneiden, und es wird mithin hinreichen, um die Richtung dieſer Tangente und ſonach des Elementes C zu finden, die Länge ST zu beſtimmen, d. h. den Abſtand des Punctes, in welchem die Tangente in die verlängerte Axe NS einſchneidet, vom nächſten Pole S des Magneten. Dieſer Abſtand nun wird durch folgenden Satz beſtimmt:

Der Abſtand ST iſt gleich dem Producte aus dem gegenſeitigen Abſtande NS beider Pole in den Cubus des Abſtandes SC, dividirt durch die Differenz der Cuben der Abſtände NC und SC, oder es iſt:

$$x = \frac{ms^3}{n^3 - s^3}$$

wenn x den Abſtand ST, s den Abſtand SC, n den Abſtand NC, m die Länge NS bedeutet.

Beweis. Wenn die unendlich kleine Magnetnadel in C die Richtung CT hat, ſo verhalten ſich die wirkſamen Theile der Drehungskräfte, welche von beiden Polen auf die Nadel wirken, zu einander direct wie die Sinus der Winkel NCT und SCT, und umgekehrt wie die Quadrate von n und s. Läßt man nun von N und S die Perpendikel NP und SQ auf CT fallen und nennt dieſe Perpendikel reſpectiv p und q, ſo hat man $\sin NCT = \frac{p}{n}$ und $\sin SCT = \frac{q}{s}$, mithin, wenn R und r die wirkſamen Theile der Drehungskräfte heißen, die von N und S auf die Nadel in C wirken, ſo hat man:

$$R : r = \frac{\sin NCT}{n^2} : \frac{\sin SCT}{s^2} = \frac{p}{n^3} : \frac{q}{s^3}$$

und, weil vermöge Ähnlichkeit der Dreiecke **NPT** und **SQT**

$$p : q = m + x : x$$

ſo hat man auch

$$R : r = \frac{m + x}{n^3} : \frac{x}{s^3}$$

Da nun die Richtung **CS** durch die Bedingung beſtimmt wird, daß die Kräfte **R** und r gleich ſind, ſo hat man

$$\frac{m + x}{n^3} = \frac{x}{s^3}$$

$$\text{oder } x = \frac{s^3 m^{*)}}{n^3 - s^3}$$

Die bemerkenswertheſte Eigenſchaft der magnetiſchen Curve iſt die, daß die Coſinus der Winkel **CNT**, **CST** (Fig. 6. bis), welche die von einem beliebigen Puncte **C** der Curve zu den zwei Polen **N** und **S** gezogenen Geraden mit der Axe auf derſelben Seite machen, als Differenz eine conſtante Quantität geben, wofern beide Winkel entweder ſpitzig oder beide ſtumpf ſind, und als Summe (dieſelbe conſtante Quantität), wenn der eine Winkel ſpitz, der andere ſtumpf iſt.

Beweis dieſer Eigenſchaft.

Es mögen r, **R**, n, s, p, q die Bedeutung wie im Vorigen haben: Man gehe (Figur 8.) vom Puncte **C** in der magnetiſchen Curve zu einem unendlich nahen Puncte **C′** in derſelben Curve über; man ziehe **NC′** und verlängere dieſe Gerade, bis ſie einen, von **N** aus mit dem Radius **NC** = n beſchriebenen, Kreisbogen **CA** in **A** ſchneidet. Man fälle das Perpendikel **CE** auf **NT** und das Perpendikel **Ai** auf **CE**. Man ſetze:

$CA = a$
$CE = e$
$Ai = f$
$CC' = t$
$CNT = \alpha$
$\cos \alpha = c$

Während man von **C** zu **C′** übergeht, ändert ſich der Winkel α um den unendlichkleinen Winkel $d\alpha$, und der Coſinus c um dc. Man hat mithin

$$d\alpha = CNA = \frac{a}{n}$$

und

---

*) Man kann Linien, die im Verhältniß der Cuben zweier gegebenen Linien **AB**, **AC** Fig. 7. ſtehen ſollten, auf folgende Weiſe geometriſch conſtruiren: Man ſetze **AB** und **BC** rechtwinklich an einander, ziehe **BC** und fälle das Perpendikel **AD** von **A** auf **BC**. Man ziehe **CE** und **DF** parallel mit **AB** und **DE** parallel mit **AC**. Die Linien **DF**, **DE** werden dann zu einander ſich wie die Cuben von **AB** und **AC** verhalten.

$$dc = \frac{NI - NE}{NC} = \frac{f}{a}, \text{ alſo}$$

$$a : f : d\alpha : dc.$$

Nun iſt das Dreieck AiC *) dem Dreieck CNE ähnlich, weil ihre Seiten ſenkrecht auf einander ſtehen, und das Dreieck CAC′ iſt dem Dreieck CNP ähnlich **), mithin hat man

$$a : f = d\alpha : dc = n : e \text{ und}$$

$$n : p = t : a; \text{ daher } a = t\,\frac{p}{n} \text{ und}$$

$$dc = \frac{e\,d\alpha}{n} = e\,\frac{a}{n^2} = et\,\frac{p}{n^3}$$

Wenn man nun eine ganz ähnliche Betrachtung, als hier für die Radii vectores NC und NC′ angeſtellt worden iſt, für die Radii vectores SC und SC′ (letzterer iſt nicht verzeichnet) anſtellt, ſo wird man, wenn k der Coſinus von CST iſt, eben ſo erhalten

$$dk = et\,\frac{q}{s^3}$$

mithin

$$dc : dk = \frac{p}{n^3} : \frac{q}{s^3} = R : r$$

Da nun die Bedingung der Curve iſt $R = r$, ſo hat man auch

$$dc = dk, \text{ daher durch Integration } c = k + \text{Const. oder}$$
$$c - k = \text{Const.}$$

Dies gilt für den Fall, wo die Winkel CNT, CST beide ſpitz oder beide ſtumpf ſind; wäre der eine ſpitz, während der andere ſtumpf wäre, ſo würden die Änderungen von c und k beim Übergange von C zu C′ von entgegengeſetzten Vorzeichen ſein, und man mithin ſtatt der obigen Proportion haben

$$dc : -dk = R : r, \text{ mithin für } R = r$$
$$dc = -dk;\ c = -k + \text{Const.};\ c + k = \text{Const.}$$

Aus der vorſtehenden Eigenſchaft ergiebt ſich nun folgendes:

Verfahren, die magnetiſche Curve zu beſchreiben: Von den Polen des Magneten N und S (Fig. 9.) an nehme man zwei Radios Nn und Ss von gleicher Länge und laſſe ſie ſich nach derſelben Richtung um ihre reſpectiven Centra N und S drehen, während ihre anderen Enden n und s ſtets in einer ſolchen gegenſeitigen Lage erhalten werden, daß die ſie verbindende Linie ſenkrecht auf der Axe NX des Magnetes bleibt. Dann wird die Linie, welche durch die ſucceſſiven Durchſchnittspuncte

---

*) AC fällt merklich mit einer Geraden zuſammen, die auf CN ſenkrecht ſteht.

**) Zunächſt nämlich iſt ∆CAC′ ähnlich ∆NC′P, weil ein Rechter und die Scheitelwinkel darin gleich ſind; der Winkel C′NP unterſcheidet ſich aber von CNP bloß unendlich wenig, oder es iſt NA merklich parallel NC, weil der Winkel CNA unendlich klein, daher ∆CC′A auch ähnlich ∆CNP.

C, c′ ꝛc. der beiden Radien gebildet wird, eine magnetiſche Curve ſein. In der That erhellt, daß nach dieſer Conſtruction, vermöge Gleichheit der Radii Nn und Sn, als Coſinus der Winkel CNX und CSX die Linien NX und SX angenommen werden können, deren Differenz NS iſt. Dieſelbe Differenz haben die Coſinus der Winkel C′NX und C′SX u. ſ. ſ. Wäre CSX ein ſtumpfer Winkel, während CNX ein ſpitzer iſt, ſo würde man eben ſo finden, daß die Summe der Coſinus von beiden Winkeln nach der gegebenen Conſtruction der conſtanten Größe NS gleich iſt.

Der Verfaſſer hat auf das vorſtehende Princip folgendes Verfahren gegründet, die Curve auf mechaniſchem Wege zu beſchreiben.

Das Lineal Nn, Fig. 10., iſt mit einem verſchiebbaren Laufer (collar) umgeben, der mittelſt einer Schraube an beliebigen Puncten der Länge des Lineals befeſtigt werden kann. Der Laufer hat ein Loch am Rande des Lineals zum Durchgange eines Stiftes, durch den es auf ein, zuvor mit einem Blatte Papier bedecktes Bret an dem Puncte, der für den Pol N gelten ſoll, befeſtigt wird, ſo daß das Lineal ſich um dieſen Punct als Mittelpunct drehen kann. Ein anderes Lineal AB von gleicher Länge mit Nn, welches mit einem ähnlichen Laufer verſehen iſt, dreht ſich um A am Ende der Linie AN, welche ſenkrecht auf die Axe NS iſt. Die anderen Enden B und n dieſer zwei Lineale ſind mittelſt eines dritten (das an Länge gleich AN iſt) verbunden, welches während der Bewegungen von Nn und AB parallel mit AN und mithin ſenkrecht auf NS bleibt. Das Lineal Bn hat eine Furche in ſeiner ganzen Länge, in welcher ein Knopf (button), der von dem Ende des Lineals Ss hervortritt, verſchiebbar iſt. Das Lineal Ss iſt ebenfalls mit einem Laufer gleich dem frühern verſehen, wodurch es an das Bret in S oder an einen beliebigen andern Punct der Linie NS, welcher als Südpol gelten ſoll, befeſtigt wird. Ein Bleiſtift, welcher dem Durchſchnitte der Lineale Nn und Ss mit einander, während ſie ſich um N und S drehen, folgt, beſchreibt die magnetiſche Curve. Beim Aneinanderfügen der verſchiedenen Lineale muß Sorge getragen werden, daß die Abſtände der Puncte A, N und S reſpectiv von B, n und s ſämmtlich gleich ſind; und aus dieſem Grunde wird es zweckmäßig ſein, die Lineale nach einer Scale von gleichen Theilen zu graduiren. Je größer dieſe Abſtände ſind, deſto größer wird die vom Inſtrumente beſchriebene Curve ſein. Wenn das Lineal Nn ſo weit herabgekommen iſt, daß es mit der Axe NS coincidirt, ſo hat das andere Lineal Ss die Lage der Tangente an der Curve bei ihrem Urſprunge vom Pole S.

Wenn die zwei Pole, welche die magnetiſchen Curven erzeugen, gleichnamig ſind, anſtatt ungleichnamig, wenn z. B. anſtatt des Nord- und Südpols eines und deſſelben Magneten die Nordpole N und N′ zweier verſchiedenen, einander gegenübergelegten, Magneten, bei denen die Wirkung der entfernten Südpole vernachläſſigt wird, angewandt werden, ſo entſteht ein anderes Syſtem von Curven, welche man zum Unterſchiede von den vorigen, die nach den Polen convergiren, divergirende magnetiſche

Curven genannt hat. Ihre Eigenſchaften und Erzeugung ergeben ſich leicht nach dem Vorſtehenden, wenn man folgende Modificationen berückſichtigt. Im erſten Falle, wo die Wirkungen der zwei Pole des Magneten von entgegengeſetzter Art waren, fiel die Richtung ihrer Reſultante, oder der Linie CT Fig. 6 bis und 8., in eine Richtung zwiſchen SC und der Verlängerung von NC (letztere als die Richtung der Abſtoßung angenommen), und ſchnitt daher die Axe in irgend einem Puncte der Verlängerung von NS. Im gegenwärtigen Falle aber, wo die Pole N und N′ gleichnamig wirken, muß die verlängerte Reſultante ihrer Kräfte irgendwo zwiſchen N und N′ in die Axe eintreffen (Figur 8.). Da nun der Winkel CN′T auf der entgegengeſetzten Seite von CN′ als im vorigen Falle liegt, ſo muß das Vorzeichen ſeines Coſinus geändert werden und die Gleichung

wird $c + k = \text{Const.}$

in dem Falle, wo der von CN′ mit der verlängerten Axe gebildete Winkel ſpitz und ſein Coſinus poſitiv iſt. Iſt er ſtumpf (oder CN′N ſpitzig), ſo wird ſein Coſinus negativ, mithin iſt dann die Gleichung

$$c - k = \text{Const.}$$

Nimmt man von den gleichnamigen Polen N und P an zwei Radii vectores Nn′ und Pp′ von gleicher Länge (Figur 12.), ſo wird die divergirende Curve durch den Ort der Durchſchnittspuncte c′ beſchrieben, welche die Verlängerung von Pp′ mit Nn′ macht, wenn beide ſich nach entgegengeſetzter Richtung ſo drehen, daß die verbindende Gerade von n′ und p′ ſtets ſenkrecht auf NP bleibt.

Die divergirenden magnetiſchen Curven können mittelſt eines Inſtrumentes beſchrieben werden, welches dem oben angegebenen ähnlich iſt, nur muß das Lineal Bn doppelt ſo lang als das obige ſein, und, um eine hinreichende Ausdehnung der Curve zu erlangen, müſſen die ſich drehenden Lineale Nn und Ss nach den Seiten verlängert werden, wo die Durchſchnitte Platz finden ſollen.

V. Wirkung nicht magnetiſcher Metalle auf ſchwingende Magnetnadeln.

Regel zur Beſtimmung des Einfluſſes ruhender Scheiben auf oscillirende Nadeln, von Saigey*).

Wenn eine horizontale Magnetnadel über einer ruhenden nicht magnetiſchen Platte ſchwingt, ſo nehmen ihre Schwingungen ſucceſſiv an Weite ab, und zwar vermöge zweierlei Urſachen, 1) vermöge des Widerſtandes der Luft und anderer etwaiger mechaniſcher Widerſtände; 2) vermöge des

---

*) Ann. des sc. d'observ. T. IV.

Einfluſſes, den die Metallſcheibe auf die Nadel nach **Arago's** Entdeckung äußert (Biot IV. 90). Wenn dieſe beiden Urſachen nicht vorhanden wären, ſo würde die Nadel continuirlich zu beiden Seiten des magnetiſchen Meridians zu ſchwingen fortfahren.

Man kann nun zu beſtimmen wünſchen, welchen Einfluß die zweite Urſache allein, unabhängig von der erſten, zur Verminderung der Schwingungsweite, oder, was daſſelbe ſagt, zur Verminderung der Schwingungszahl innerhalb derſelben Gränzen der Schwingungsweite, hat, da bei Verſuchen über dieſen Gegenſtand immer nur der Einfluß beider Urſachen gleichzeitig beobachtet wird; man muß deshalb den Einfluß der erſten Urſache von dem directen Reſultat der Beobachtungen in Abzug zu bringen wiſſen, und dies geſchieht nach folgender Regel.

Man beobachte zuerſt, wie viel Schwingungen die Nadel in Gegenwart der Scheibe macht, während ſich die halbe Amplitude der Schwingungen innerhalb gewiſſer Gränzen, z. B. von 10° bis 1°, verkleinert, und nenne dieſe Schwingungszahl N', man ſtelle dieſelbe Beobachtung innerhalb derſelben Gränzen der halben Amplitude außer Gegenwart der Scheibe an und nenne die jetzt gefundene Zahl N; dann wird die Schwingungszahl M, welche die Nadel innerhalb der angenommenen Gränzen der halben Amplitude in Gegenwart der Scheibe, aber dem Einfluß der erſten Urſache entzogen, gemacht haben würde, ſein:

$$M = \frac{NN'}{N - N'}$$

Je größer die Wirkung der Scheibe, um ſo kleiner wird dieſer Werth ausfallen.

Geſetzt z. B. die Nadel hätte unter dem Einfluſſe der Scheibe 93, außer dem Einfluſſe der Scheibe 200 Oſcillationen innerhalb der halben Amplitude von 10° bis 1° vollbracht, ſo werden wir zu ſchließen haben, daß ſie, wenn kein fremdartiger Widerſtand vorhanden wäre,

$$\frac{93 \times 200}{200 - 93} = 174$$

Oſcillationen vollbracht haben würde.

Dieſe Regel ergiebt ſich auf folgende Weiſe.

Wenn die der Scheibe fremden Urſachen für ſich während N Schwingungen die halbe Amplitude um n Grade zu verkleinern vermögen, ſo werden ſie während N' Schwingungen dieſelben um $\frac{nN'}{N}$ Grade verkleinern; mithin wird $n - \frac{nN'}{N}$ für die Verkleinerung übrig bleiben, welche während der unter dem Einfluſſe der Scheibe beobachteten N' Schwingungen auf Rechnung der Scheibe kommt. Um hieraus die Schwingungszahl M zu finden, welche für die Verkleinerung um die beobachteten n Grade bei Abweſenheit der der Scheibe fremden Urſachen Statt finden würde, hat man nur die Proportion zu machen:

$$N' : n - \frac{nN'}{N} = M : n$$

woraus ſich findet:

$$M = \frac{N\,N'}{N - N'}$$

Über das Geſetz, nach welchem die Wirkung ruhender Scheiben, Streifen, Kugeln ꝛc. auf die ſchwingende Nadel mit der Entfernung abnimmt.

Zwar hat ſchon Poiſſon die Phänomene des ſogenannten Magnetismus durch Drehung der Berechnung unterworfen*), indeß ſind die Suppoſitionen, für welche ſeine Löſungen gelten, von der Art, daß man ſich ihnen in der Erfahrung nicht wohl gehörig nähern kann**), und die Formeln, zu denen er geführt worden iſt, ſind überdies ſo verwickelt, daß ſie keine große Brauchbarkeit für Experimente beſitzen. Neuerdings hat Saigey***), ohne, wie Poiſſon, die Erſcheinung bis in ihre letzten Beſtimmungen der Berechnung zu unterwerfen, doch das Geſetz, nach welchem die Wirkung ruhender Scheiben, Streifen ꝛc. auf eine ſchwingende Nadel mit der Entfernung abnimmt, durch einfache mathematiſche Deductionen aus der Grundvorſtellung hergeleitet, daß ein magnetiſcher Punct auf ein metalliſches Theilchen nach dem umgekehrten quadratiſchen Verhältniſſe des Abſtandes wirkt, daß dieſes Theilchen nach demſelben Verhältniſſe darauf zurückwirkt, und daß auch die metalliſchen Theilchen ſelbſt auf einander nach derſelben Function des Abſtandes einwirken; und er hat die ſo gefundenen Formeln durch genaue Verſuche bewährt. Er hat ferner auf dem Erfahrungswege ſelbſt ausgemittelt, nach welchem Geſetze ſich die Wirkung einer ruhenden Scheibe auf die ſchwingende Nadel mit der Geſchwindigkeit derſelben oder dem Bogen, den ſie durchläuft, ändert.

Ich will im Folgenden die Formeln, zu denen er ſolchergeſtalt für die verſchiedenen, bei Verſuchen am meiſten in Betracht kommenden, Fälle geführt worden iſt, nebſt den Bewährungen derſelben durch Verſuche mittheilen. Es haben darin N, N', M dieſelben Bedeutungen als S. 55, und es wird hinreichen von N' und M bloß eine beider Größen zu beſtimmen, da ſie durch die Gleichung S. 55 verbunden ſind. 2a bedeutet ſtets den Abſtand beider Pole der Nadel von einander; e' die als ſehr klein angenommene Dicke der Nadel; e die Dicke der Platte oder des Streifens, wo ein ſolcher angewandt wird; r den Radius der Kugel, im Fall eine ſolche betrachtet wird; b den verticalen Abſtand der untern Fläche der Nadel von der obern Fläche der Platte, des Streifens oder der Kugel, welche auf die Nadel wirkt. V iſt eine durch Verſuche zu beſtimmende Conſtante, welche von der Vertheilung des Magnetismus in der Nadel und der mittlern Geſchwindigkeit derſelben, ſo wie von der Beſchaffenheit des wirkenden Metalles abhängt: $\pi = 3,141\ldots$ z wird ſtets durch folgende Gleichung gegeben:

---

*) In den Mém. de l'Acad. des sc. IV.

**) Poiſſon ſetzt nämlich nicht nur eine unendlich dünne und unendlich ausgedehnte Metallplatte, ſondern auch eine Magnetnadel voraus, bei welcher aller Magnetismus in ihren, als mathematiſchen Puncten betrachteten, Polen concentrirt iſt, oder, was ziemlich auf dasſelbe herauskommt, wo der Abſtand der Pole von den benachbarten Enden der Nadel ſehr klein iſt im Verhältniß zur Entfernung der Nadel von der Platte. Man folgt aus den Verſuchen von Coulomb, daß bei einer cylindriſchen Magnetnadel von 27 Zoll Länge auf 2 Linien Durchmeſſer die beiden Pole in ungefähr 1,35 Zoll Entfernung von den entſprechenden Enden der Nadel liegen; und ſollte daher der Abſtand der Pole von den Enden bloß $\frac{1}{10}$ des Abſtandes der Nadel von der Platte betragen, ſo müßte die Nadel ſchon 13,5 Zoll von der Platte entfernt ſein, wo aber ihre Wirkung nur noch ſehr ſchwach ſein würde.

***) Annal. des sc. d'obs. T. IV. p. 11, 194.

$$z = x + \alpha + \frac{\beta}{x} + \frac{\gamma}{x^2} + \ldots$$

worin $\alpha, \beta, \gamma \ldots$ ebenfalls durch Verſuche ſelbſt zu beſtimmen ſind*).

x wird im Falle einer ſehr dünnen unbegränzten oder ganz kleinen Platte, ſo wie im Falle eines unbegränzten ſehr dünnen Streifens durch folgende Gleichung beſtimmt:

$$x = \sqrt{b\,(b + e + e')}$$

Im Falle einer dicken Platte oder einer Kugel aber durch folgende:

$$x = \sqrt{b\,(b + e')}$$

Wirkung einer ſehr dünnen Platte von unbegränzter Größe auf eine ſehr dünne Nadel.

$$\frac{1}{M} = V\left[\frac{1}{z^2} - \frac{z}{(4a^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}\right]$$

Verſuche zum Belege**). 1) Mit einer platten Nadel in Geſtalt eines geſchobenen Parallelogrammes, deſſen größte Diagonale 99,6 Millimeter, die kleine Diagonale 8 Millimeter, die Dicke 0,50 Millimeter. Die Scheibe von Kupfer, von 518,3 Millimeter Durchmeſſer und 1,152 Millim. Dicke.

N = 200***); e = 1,152 Mill.; e' = 0,50 Mill.; 2a = 74,4 Mill.; $\alpha = 7$, $\beta = 7$****).

---

*) Sie hängen bloß von der Form der Nadel ab, und verſchwinden um ſo mehr, je mehr ſich die Nadel der Form einer Linie ohne Breite und Dicke nähert. Im Allgemeinen reicht es hin, bloß die erſten zwei dieſer Conſtanten beizubehalten, ja oft, namentlich für größere Entfernungen, reicht bloß die Beibehaltung einer einzigen hin.

**) Die Verſuche wurden ſo angeordnet, daß von den Trägern der Platten oder Streifen kein Einfluß auf die Nadel zu beſorgen war, wie im Original näher erörtert iſt.

***) d. i. die Nadel machte 200 Oscillationen außer dem Einfluſſe der Scheibe, während ſich ihre halbe Amplitude von 10° auf 1° reducirte.

****) Der Beſtimmung von α und β liegen die Beobachtungen für b = 1,88 und b = 17,6 in den folgenden Tabellen zu Grunde. — Den Werth von V giebt [illegible] nicht an; ich finde ihn = 2,12.

P.

Abſtände b in Millimetern.	M		N'	
	nach der Beobachtung.	nach der Berechnung.	nach der Beobachtung.	nach der Berechnung.
0,147	2,0	—	2	—
0,515	4,1	—	4	—
0,832	6,2	—	6	—
1,25	8,3	7,4	8	7,1
1,62	10,5	10,5	10	10,0
2,28	15,1	15,7	14	14,6
3,01	19,8	21,2	18	19,2
3,75	24,7	25,6	22	21,5
4,41	29,9	31,5	26	27,2
5,07	35,3	36,5	30	30,9
5,96	42,4	43,5	35	35,7
7,35	54,8	55,0	43	43,1
8,82	68,4	68,6	51	51,1
10,3	83,7	83,1	59	58,7
12,5	108	107	70	69,7
14,7	133	134	80	80,2
17,6	176	174	93	93,0
20,6	221	222	105	105
24,3	298	290	118	118
28,7	390	386	131	132
33,8	502	521	143	144
39,7	609	713	155	156
45,7	943	908	165	164
53,7	1400	1364	175	176

2) Mit einer cylindriſchen Nadel von 100,5 Millimeter Länge gegen 0,84 Millimeter Durchmeſſer. — Dieſelbe kupferne Scheibe als bei 1). $N = 86{,}5$; $e = 1{,}152$; $e' = 0{,}84$; $2a = 95{,}24$; $\alpha = 1{,}7$; $\beta = -0{,}08$.

Abſtände b in Millimetern.	M		N′	
	nach der Beobachtung.	nach der Berechnung.	nach der Beobachtung.	nach der Berechnung.
0,184	8,8	8,8	8	8,0
0,404	12,6	12,4	11	10,8
0,735	16,7	17,2	14	14,3
1,36	26,0	26,2	20	20,1
2,13	39,3	39,1	27	26,9
3,09	58,8	58,0	35	34,7
3,82	74,4	74,4	40	40,0
5,15	108	109	48	48,2
7,13	176	173	58	57,7
11,2	367	353	70	69,4
14,7	564	555	75	74,8
22,1	1065	1138	80	80,4
29,4	2051	1940	83	82,8
unendlich			86,5	

3) Mit einer cylindriſchen Nadel von 100,3 Millimeter Länge und 0,66 Millimeter Durchmeſſer. — Dieſelbe kupferne Scheibe als bei 1) und 2). $N = 58$; $e = 1{,}152$; $e' = 0{,}66$; $2a = 96{,}84$; $\alpha = 1{,}1$; $\beta = -0{,}06$.

Abſtände b in Millimetern.	M		N′	
	nach der Beobachtung.	nach der Berechnung.	nach der Beobachtung.	nach der Berechnung.
0,147	6,7	6,9	6	6,2
0,441	12,1	12,1	10	10,0
0,700	16,8	16,9	13	13,1
0,993	22,1	22,3	16	16,1
1,40	30,5	30,3	20	19,9
1,99	43,9	43,6	25	24,9
3,01	71,4	71,4	32	32,0
3,82	94,5	97,6	36	36,4
5,15	152	149	42	41,7
7,35	248	257	47	47,3
11,0	503	496	52	51,9
14,7	783	833	54	54,2
22,1	1624	1751	56	56,1
29,4	3306	3021	57	56,9
unendlich	.	.	58	.

Wirkung eines ſchmalen, ſehr dünnen Streifen von unbegränzter Länge (einer unbegränzten Linie gleich zu achten) auf eine ſehr dünne Magnetnadel.

$$\frac{1}{M} = \frac{F}{x^3}$$

Verſuch zum Belege. Der kupferne Streifen iſt hinreichend lang, um als unendlich in Verhältniß zum Abſtande der Nadel angeſehen werden zu können. Er hat 4 Millimeter Breite gegen 0,96 Millimeter Dicke, und wird ſenkrecht auf die Länge der Nadel ſo gelegt, daß der eine Pol der letztern ſich in der Verticale über der Mitte des Streifens findet. Ein zweiter, dem erſten gleicher, Streifen findet ſich eben ſo unter dem andern Pole der Nadel angebracht, um die Wirkung zu verdoppeln. Die Nadel iſt dieſelbe, welche zum zweiten Verſuche S. 62 angewandt wurde. Damit ihre Pole ſich von der Mitte der Streifen nicht merklich entfernen, läßt man ſie bloß innerhalb der halben Amplituden von 5° bis 1° ſchwingen. Unter Vernachläſſigung von β und γ findet man $\alpha = 0{,}8$ Millimeter.

Abſtände b in Millimetern.	M		N′	
	nach der Beobachtung.	nach der Berechnung.	nach der Beobachtung.	nach der Berechnung.
0,074	9,2	—	8	—
0,396	58,9	59,0	30	30,0
0,735	116	115	40	39,9
1,47	275	298	50	50,7
2,21	671	611	56	55,6
3,68	3333	1680	60	59,0
unendlich	.	.	61,1	.

Wirkung einer kleinen, ſehr dünnen Platte (einem Puncte gleich zu achten) auf eine ſehr dünne Nadel.

$$\frac{1}{M} = \frac{F}{x^4}$$

Verſuch zum Belege. Zwei kleine Kupferplatten von 4 Millimetern Breite, eben ſo viel Länge und 1,2 Millimeter Dicke werden unter der Nadel (auf horizontal geſpannten Seidenfäden) ſo angebracht, daß ſich ihre Mitten in den Verticalen unter den Polen der Nadel fanden, welche die des zweiten Verſuches S. 62 war.

Oscillationen von 2° bis 1° halber Amplitude, $a = 1,5$ Millimeter.

Abſtände b in Millimetern.	M		N′	
	nach der Beobachtung.	nach der Berechnung.	nach der Beobachtung.	nach der Berechnung.
0,123	9,6	9,6	6	6,0
0,388	20,6	21,6	9	9,2
0,809	48,0	48,0	12	12,0
1,47	112	117	14	14,1
2,10	240	227	15	14,9
unendlich	.	.	16	.

Oſcillationen von 3° bis 1° halber Amplitude; $a = 1{,}4$ Millimeter.

Abſtände b in Millimetern.	M		N′	
	nach der Beobachtung.	nach der Berechnung.	nach der Beobachtung.	nach der Berechnung.
0,110	24,0	23,0	15	14,6
0,386	54,1	57,6	23	23,6
0,754	120	120	30	30,0
1,32	280	275	35	34,9
2,21	760	721	38	37,9
unendlich	.	.	40	.

Wirkung einer unbegränzten Platte von größerer Dicke auf eine ſehr dünne Nadel.

$$\frac{1}{M} = F\left(\frac{e}{x(x+e)} - \frac{1}{\sqrt{4a^2+x^2}} + \frac{1}{\sqrt{4a^2+(x+b)^2}}\right)$$

Auch dieſe Formel wurde durch Verſuche bewährt, hinſichtlich deren wir auf die Originalabhandlung verweiſen.

Wirkung einer Kugel auf einen Pol einer Magnetnadel, bei vernachläſſigter Wirkung auf den andern Pol.

Die nachſtehende Formel findet ihre Anwendung auf eine Magnetnadel, von der ein Pol vertical über dem Mittelpunct einer Kugel ſchwebt, und welche lang genug iſt, daß die Wirkung der Kugel auf ihren andern Pol vernachläſſigt werden kann. Ihre Schwingungen müſſen klein genug ſein, daß der Abſtand ihres Pols von dem Mittelpuncte der Kugel als merklich unveränderlich betrachtet werden kann.

$$\frac{1}{M} = \frac{4}{3}\pi F\left(\frac{r}{r+x}\right)^3\left(\frac{r}{2r+x}\right)\frac{1}{x}$$

Auch in Bezug auf dieſe Wirkungen ſind beſtätigende Verſuche beigefügt, die ich der Kürze halber übergehe.

Abhängigkeit der Wirkung, welche die ſchwingende Nadel von einer ruhenden Scheibe erfährt, von der Geſchwindigkeit der Nadel.

Setzen wir bei einer Nadel, deren Oſcillationen ſich allmälig verkleinern, die Geſchwindigkeit, mit welcher ſie im magnetiſchen Meridian anlangt, wenn ſie einen Bogen von m Graden durchlaufen hat $= \varepsilon$, und wenn ſie einen nicht ſehr davon verſchiedenen Bogen von n Graden durchlaufen hat, $= \varepsilon'$, ſo hat man

$$M\,{}^{*)} = \frac{k\,(\varepsilon - \varepsilon')}{m + n}$$

worin k eine durch Verſuche zu beſtimmende Conſtante iſt.

ε und ε′ werden reſpectiv durch die Gleichung gegeben:

$$\varepsilon = \sqrt{1 - \cos m}; \quad \varepsilon' = \sqrt{1 - \cos n}$$

(indem man die Geſchwindigkeit für die Elongation von 90° = 1 ſetzt).

Die vorſtehende Formel drückt, genau betrachtet, nichts anderes aus, als daß der Verluſt an Geſchwindigkeit (ε — ε′), den die Nadel bei Verkleinerung ihrer halben Amplitude (von m auf n Grad) durch bloße Wirkung der Scheibe erfährt, für jede einzelne Oſcillation proportional iſt der mittlern halben Amplitude

$$\left(\frac{m + n}{2}\right)^{**)}$$

Verſuch zum Belege. Nadel und kupferne Platte waren dieſelben, als in den erſten Verſuchen S. 60. Es wurden zwei Verſuchsreihen angeſtellt, eine bei 20,59 Millimeter, die andere bei 22,06 Millimeter Abſtand der Nadel von der Platte, woraus im Folgenden das Mittel genommen iſt ***).

Gränzen der halben Amplitude.	Beobachteter Werth von			Berechneter Werth von N′ †)
	M	N	N′	
90°—80°	11,7	4,8	3,40	3,33
80°—70°	14,0	6,1	4,25	4,29
70°—60°	17,0	7,7	5,30	5,24
60°—50°	20,2	9,7	6,[illegible]5	6,56
50°—40°	25,9	13,0	8,65	8,65
40°—30°	33,9	18,7	12,05	12,05
30°—20°	43,4	28,8	18,05	13,05
20°—15°	32,6	22,2	13,20	13,20
15°—10°	46,2	33,0	19,25	19,25

---

*) Die Bedeutung von M ſ. S. [illegible].

**) Der Verfaſſer erklärt es übrigens ſelbſt noch für fraglich, ob die vorſtehende Formel auch für ſehr große Geſchwindigkeiten der Nadel und in Fällen, wo das Zuſtandekommen der magnetiſchen Einwirkung auf die Scheiben ſich nicht als augenblicklich anſehen läßt, ihre Gültigkeit behaupten würde.

***) Der Werth k ergiebt ſich nach meiner Berechnung, aus der Beobachtung von 50° — 40° beſtimmt, = [illegible].
F.

†) Dieſer Werth iſt nach Formel S. [illegible] berechnet, worin M durch die vorige beſtimmt worden iſt.

VI. Einwirkung des Magnetiſmus auf chemiſche und Kryſtalliſationserſcheinungen.

Über dieſe Einwirkung ſind ſchon viele Beobachtungen, jedoch zum Theil mit wenig Umſicht, angeſtellt worden, daher ſie auch mehrfach widerſprechende Reſultate geliefert haben. Ein Theil der Beobachter wollte eine verſchiedene Oxydabilität der beiden Magnetpole, ſo wie eine verſchiedene Einwirkung des Erdmagnetiſmus oder künſtlicher Magnete auf den Kryſtalliſationsproceß wahrgenommen haben. **Erdmann***) hat alle, bisher über dieſen Gegenſtand bekannte, Angaben aufs Neue mit großer Umſicht und durch eine große Anzahl Verſuche geprüft und ſich dadurch zu der Überzeugung geführt geſehen, daß **der Magnetiſmus weder auf die chemiſchen noch Kryſtalliſationserſcheinungen einen bemerklichen Einfluß äußert**, ſo daß die entgegengeſetzten Angaben früherer Beobachter in dieſem Bezuge auf Täuſchungen beruhen, daher rührend, daß ſie ihre Verſuche nicht genug vervielfältigt oder ſie nicht unter gehöriger Beſeitigung von Nebeneinflüſſen angeſtellt haben. Hinſichtlich des **Details** von **Erdmann's** Verſuchen verweiſe ich auf die Originalabhandlung, und will hier nur bemerken, daß er bei einigen derſelben ſogar ein magnetiſches Magazin von ungefähr 80 Pfund Tragkraft ohne Erfolg anwendete.

Die negativen Erfahrungen **Erdmann's** erhalten noch mehr Gewicht durch eben ſo entſchieden negative Erfahrungen, welche auch mehrere andere über denſelben Gegenſtand in neuerer Zeit gemacht haben. So ſchreibt **Berzelius** in ſeinem neueſten Jahresberichte (X. 45) über dieſen Gegenſtand Folgendes: „Während eines Aufenthaltes in London, im Sommer 1812, hatte mir Jemand eine briefliche Mittheilung über merkbare chemiſche Wirkungen durch magnetiſchen Einfluß gemacht. Ich dachte daher die Gelegenheit zu benutzen, um mit den bekannten **Knight**'ſchen magnetiſchen Magazinen die beſchriebenen Verſuche zu wiederholen. Durch **Wollaſton's** Beiſtand gelang es, dieſelben zu erhalten, die damals in einer Polterkammer aufbewahrt wurden. Wir ſtellten zuſammen verſchiedene Verſuche an, um chemiſche Wirkungen zu erhalten, aber ſie gaben alle verneinende Reſultate.“

Auch **Wetzlar** (Schweigg. LVI. 218) hat durchaus negative Reſultate bei über dieſen Gegenſtand angeſtellten Verſuchen erhalten.

Nimmt man nun hiezu, daß auch ſchon bei früheren Verſuchen eines der genaueſten und umſichtigſten Phyſikers, nämlich **Erman's** (Gilbert XXVI. 159), durchaus keine Einwirkung des Magnetiſmus in dieſer Art wahrnehmbar gemacht werden konnte, ſo ſcheint es, daß man hinlänglich berechtigt iſt, eine ſolche Einwirkung gegenwärtig für widerlegt anzuſehen, und wir können es uns erſparen, die Verſuche Zantedeschi's *), der noch neuerdings wiederum eine chemiſche Wirkſamkeit des Magnetismus beobachtet haben will, anzuführen, um ſo mehr, da ſie keine beſondere Sorgfalt zu verrathen ſcheinen.

---

*) Schweigg. J. LVI. 31.

---

*) Bibl. ital. Aprile 1829. oder Baumg. Zeitſchr. VII. 92. Die frühere Literatur über dieſen Gegenſtand ſ. in Biot's Lehrb. V. 464.

Siebenter Abſchnitt.

Elektromagnetismus.

Elektromagnetiſcher Rotationsapparat für Flüſſigkeiten *).

Folgender, von mir conſtruirter, Apparat dürfte der einfachſte ſein, mittelſt deſſen ſich die elektromagnetiſche Drehung von Flüſſigkeiten nachweiſen läßt:

Man läßt ſich eine kupferne Schale verfertigen, die in der Mitte mit einer Art Dille von demſelben Metall verſehen iſt, um mittelſt derſelben auf einen Magnetpol aufgeſetzt werden zu können, wie Figur 56. im Durchſchnitte zeigt. Um dieſe Dille legt man einen wohl anſchließenden Ring (oder einen Hut) von Zink, den man auch gleich anlöthen laſſen könnte. Dies iſt der ganze Apparat. Gießt man nun eine Miſchung von Salmiakwaſſer und Säure in dieſe Schale, ſo geht der Strom vom Zinkringe durch die Flüſſigkeit zum Kupfer, und die Flüſſigkeit dreht ſich um den Ring in der, durch die bekannten Geſetze beſtimmten, Richtung. Wendet man einen Hufeiſenmagneten mit zwei Schalen von der beſchriebenen Art an, ſo ſieht man die Drehung der Flüſſigkeit in beiden Schalen in entgegengeſetzter Richtung erfolgen.

Man kann auch eine einzige ovale Schale mit zwei Dillen und zwei Zinkringen, die auf die Pole des Hufeiſenmagnetes paſſen, anwenden, in welchem Falle ebenfalls die Drehung zunächſt um jeden Zinkring in entgegengeſetzter Richtung, als um den andern erfolgt, mehrere der leichten Körperchen aber auch (die zur deutlicheren Sichtbarmachung der Bewegung es zweckmäßig iſt auf die Flüſſigkeit zu ſtreuen) ſich zwiſchen beiden Zinkringen von einem zum andern ſchlingen.

---

*) Schweigg. LVII. 15.

Die Drehung iſt jedenfalls in der Nähe des Zinkringes am ſchnellſten und verlangſamt ſich von da nach der Peripherie zu. Wendet man Salmiakflüſſigkeit mit etwas ſtarkem Säurezuſatz an, ſo erlangt ſie unmittelbar um den Zinkring eine ſehr namhafte Schnelligkeit. Man kann ſich noch überdies zur Verſtärkung der Kraft der Kette des Kunſtgriffes bedienen, vor Anſtellung des Verſuches eine Schicht concentrirter Salmiakflüſſigkeit in der Schale eintrocknen zu laſſen.

Der Durchmeſſer der von mir angewandten einfachen Kupferſchale iſt 4 Pariſer Zoll 8 Linien; der Durchmeſſer des um die Dille gelegten Zinkringes 1 Zoll.

Achter Abſchnitt.

Vom Lichte.

I. Über das Licht im Allgemeinen.

Theorie des Lichtes.

Über die Darſtellung der Erſcheinungen des Lichtes nach der Undulationstheorie ſind neuerdings mehrere wichtige mathematiſche Abhandlungen von Cauchy und Poiſſon erſchienen, die ich jedoch zum Theil zu ſpät erhalten habe, um ſie Behufs der hier zu gebenden Reſultate mit der gehörigen Aufmerkſamkeit durchgehen zu können. Ich verſpare daher eine nähere Vergleichung des jetzigen Standpunctes des Undulationsſyſtems und Emanationsſyſtems des Lichtes, die ſich an jene neueren Unterſuchungen knüpfen wird, auf die nächſte Lieferung dieſes Repertoriums, und begnüge mich vorläufig, jene Abhandlungen namhaft zu machen.

*) Sollte ich Zeit gewinnen, ſo werde ich für künftige Beziehungen noch in dieſer jetzigen Lieferung, zum Schluſſe des Abſchnittes vom Lichte, eine kurze Darſtellung der Fundamentalſätze der Undulationstheorie beifügen, da ſich auf die gewöhnlichen Lehrbücher in dieſer Hinſicht ſo wenig verweiſen läßt. Ich bemerke übrigens, daß derjenige, welchem die Mathematik nicht ganz fremd iſt, die beſte Quelle zur Belehrung über dieſe Theorie und Deutung der Erſcheinungen nach derſelben in Herſchel's Werke „Vom Lichte“, überſ. von Schmidt, 1831 finden werde, welches Werk überhaupt in Bezug auf eine klare und gewählte Darſtellung der ganzen Lichtlehre eine ausgezeichnete Empfehlung verdient. Zu bedauern iſt nur die nicht geringe Zahl nicht angezeigter ſtörender Druckfehler, die ſich in der Überſetzung finden, und von denen mir nur eben folgende begegnet ſind: Seite 310 Zeile 5 v. u. muß es ſtatt: $PB = PQ = AB$ heißen: $PB - PQ = QB$; ferner Seite 311 Zeile 14 v. u. fehlt: aus dem Mittelpuncte S vor: die Kugel XQ. Die zu §. 585. gehörige Figur 128. auf Tafel VI. iſt leider ſo verzeichnet, daß ſie mehr eine Verwirrung als Erläuterung dieſes Paragraphes bewirkt. Andere Druckfehler, die mir darin vorgekommen ſind, habe ich anzumerken vergeſſen.

Cauchy Application des formules qui représentent le mouvement d'un système de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle à la théorie de la lumière in ſeinen Exercices de mathémat. V. 19.

Deſſelben Mémoire sur la théorie de la lumière. Première partie in Mém. de l'Acad. des sc. T. X. 1831. 293.

Poiſſon Mémoire sur le mouvement de deux fluides élastiques superposés in Mém. de l'Acad. ebend. 317.

Deſſelben Mémoire sur la propagation du mouvement dans les milieux élastiques ebend. 549.

Man wird beim Studium dieſer Abhandlungen nöthig haben, auch auf **Fresnel's** frühere Unterſuchungen über dieſe Gegenſtände zurückzugehen, deren Literatur ich in Biot's Lehrb. V. 76 mitgetheilt habe. Dabei jedoch waren folgende Abhandlungen übergangen oder bloß Auszüge daraus angeführt, die ich hier nachtragen will.

über die Diffraction in den Mém. de l'Acad. V.

über die Doppelbrechung in den Mém. de l'Acad. VII. 45.

über die Polariſation in Ann. de Ch. et de Ph. XVII. 179, 312; oder Pogg. Ann. XXII. 68.

über das Geſetz der Modificationen, welche die Reflexion dem polariſirten Lichte einprägt, in Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 225 oder Pogg. Ann. XXII. 90.

Verhältniß des Lichtes zur Wärme.

Sertürner hat eine Anſicht über das Verhältniß des Lichtes zur Wärme aufgeſtellt, deren Weſentliches in Folgendem beſteht: Die Erde und ihre Atmoſphäre erhält ihre Wärme nicht von der Sonne, *und die Sonnenſtralen haben nur das Geſchäft, die Wärme von einem Orte zum andern zu übertragen, indem ſie dieſelbe anziehen und binden, und ſie, wenn ihnen ein dunkler Körper im Wege ſteht, wieder frei geben.* Das Vermögen des Lichtes, Wärme aufzunehmen, iſt deſto größer, je dichter es iſt, und kommt daher dem ſchwachen Mondes- und Sternenlichte nur in geringem Grade zu, dem intenſiven Sonnenlichte hingegen in ſo hohem Maße, daß es ſogar, nachdem es ſchon auf dem Wege durch die Atmoſphäre viele Wärme aufgenommen hat, doch noch im Stande iſt, einem ſtärker erhitzten Körper Wärme zu entreißen; jedoch iſt ſelbſt die Kraft des concentrirten Sonnenlichtes, Wärme anzuziehen, nicht unbeſchränkt.

Mittelſt dieſer Anſicht hat **Sertürner** die gewöhnlichen Wärmephänomene der Atmoſphäre, namentlich den Thauproceß u. a., zu erklären geſucht. Indeß erhellt aus einer gehörigen Betrachtung der Erſcheinungen leicht, daß **Sertürner's** Erklärung nicht einfacher iſt als die, welche auf die gewöhnlichen Anſichten über die Beſchaffenheit und Verhältniſſe des Sonnenlichtes und der ſtralenden Wärme gegründet wird, und Baumgartner *) hat hinreichend gezeigt, daß die Verſuche, durch welche Sertürner dieſe Anſichten widerlegt zu haben glaubt, ſich in der That ſehr wohl mit denſelben vereinbaren laſſen. Ich halte es daher für unnöthig, auf Sertürner's Anſicht näher einzugehen.

---

*) Baumg. Zeitſchr. V. 343.

Über die geradlinige Bahn des Lichtes.

Gergonne **) macht darauf aufmerkſam, daß, wenn man die geradlinige Bahn des Lichtes bloß dadurch für bewährt halten will, daß ein, in ein finſteres Zimmer durch ein im Laden angebrachtes Loch eintretender Lichtſtral durch eine lange geradlinige Röhre hindurchgeht, wie lang man immer dieſe Röhre nehmen will, man im Grunde eine petitio principii begeht; denn was überzeugt uns, daß die Röhre ſelbſt geradlinig iſt? Der Augenſchein kann hier nicht als Richter dienen; denn wäre zufällig die Bewegung des Lichtes krummlinig, ſo würde auch die Richtung der Axe der Röhre es ſein müſſen, um bei Stellung des Auges an einem ihrer Enden die in der Verlängerung dieſer Axe liegenden Gegenſtände ſehen zu können; ja es würde dies ſogar unzweifelhaft der Fall ſein müſſen, vermöge der atmoſphäriſchen Brechungen, wenn die Röhre ausnehmend lang und nicht vertical wäre. Es reicht alſo zur Nachweiſung der geradlinigen Bahn des Lichtſtrales nicht hin, daß er wirklich durch die lange Röhre gehe, es muß noch die Bedingung hinzukommen, daß er auch nicht aufhört hindurchzugehen, wenn man die Röhre in zwei Ringen, in denen ihre Enden liegen, um ſich ſelbſt dreht.

Über Bewegung des Lichtes in einem Mittel von veränderlicher Dichtigkeit.

Gergonne ***) hat auf mathematiſchem Wege bewieſen, daß, wenn das Licht ſich in einem Mittel bewegt, deſſen Dichtigkeit nach allen Richtungen von einem Puncte zum andern durch unmerkliche Differenzen variirt, und man dies Mittel als beſtehend aus einer Reihe krummer Flächen betrachtet, in deren jeder die Dichtigkeit conſtant iſt, folgende Sätze (im Sinne der Emiſſionstheorie) gelten:

1) die osculirende Ebene der vom Lichttheilchen beſchriebenen Bahnlinie iſt an jedem Puncte dieſer Bahnlinie ſenkrecht auf die krumme Oberfläche, welche der Ort aller der Puncte des Mittels iſt, die mit jenem Puncte gleiche Dichtigkeit haben;

2) die Projection der abſoluten Geſchwindigkeit des Lichttheilchens auf die Berührungsebene dieſer Fläche an dieſem Puncte iſt conſtant oder ihr Differenzial null;

---

*) Baumg. V. 353.

**) Ann. de math. par Gergonne. XIX. 259.

***) Ebendaſ. 208.

5) dieſe abſolute Geſchwindigkeit iſt dieſelbe, als wenn das Licht, ohne ein Zwiſchenmittel, zu dieſem Puncte gelangt wäre.

Aus dieſen Sätzen laſſen ſich dann leicht die Bewegungsgleichungen des Lichtes in einem Mittel von beliebiger Beſchaffenheit, in welchem die Dichtigkeit nach einem mathematiſchen Geſetze variirt, ableiten, und zwar wird der Verfaſſer dadurch zu folgenden ſehr einfachen Gleichungen geführt:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = 2k^2\frac{du}{dx}, \quad \frac{d^2 y}{dt^2} = 2k^2\frac{du}{dy}, \quad \frac{d^2 z}{dt^2} = 2k^2\frac{du}{dz}$$

Hierin iſt u die optiſche Dichtigkeit des Mittels am Puncte (x, y, z), welche eine Function von x, y und z iſt, k^2 eine conſtante Quantität, welche von der Wirkung des Mittels auf das Licht abhängt (von Laplace in ſ. Méc. céleste mit k bezeichnet),

$$\frac{dx}{dt}, \quad \frac{dy}{dt}, \quad \frac{dz}{dt}$$

die Projectionen der Geſchwindigkeit des Lichttheilchens am Puncte (x, y, z) auf die rechtwinklichen Coordinatenaxen.

Mittelſt obiger Gleichungen nun kann man ſowohl die Umſtände der Bewegung des Lichtes in einem Mittel von ungleichförmiger Dichte beſtimmen, wenn das Geſetz, nach welchem dieſe Dichte variirt, bekannt iſt, als auch dies Geſetz beſtimmen, wenn die Umſtände der Bewegung des Lichttheilchens gegeben ſind.

Bezweckt man nicht, den Ort des Lichttheilchens in jedem Augenblicke ſeiner Bewegung zu kennen, ſondern bloß, was in der Regel der Fall iſt, die beſchriebene Bahnlinie zu finden, ſo erhält man (x als unabhängige Variable geſetzt) für ihre Differenzialgleichungen:

$$(w^2 + 4k^2 u)\frac{d^2 y}{dx^2} = 2k^2\left(Q - P\frac{dy}{dx}\right)\left\{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2\right\}$$

$$(w^2 + 4k^2 u)\frac{d^2 z}{dx^2} = 2k^2\left(R - P\frac{dz}{dx}\right)\left\{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2\right\}$$

worin w die Geſchwindigkeit des Lichtes im leeren Raume *),

$$P = \left(\frac{du}{dx}\right), \quad Q = \left(\frac{du}{dy}\right), \quad R = \left(\frac{du}{dz}\right)$$

---

*) u, w, k^2 ſind durch folgende Gleichung verbunden:

$$V^2 - w^2 = 2k^2 u,$$

worin V die Geſchwindigkeit beim Anfange der Coordinaten.

II. Erregung des Lichtes, Phosphorescenz.

über Leuchten und Erhitzung comprimirter Gaſe.

Folgendes ſind die Reſultate von Thénard's Unterſuchungen hierüber:

1) Zuſammendrückung an ſich ſelbſt iſt nicht fähig, das Leuchten eines Gaſes zu bewirken.

2) Das Leuchten im Compreſſionsfeuerzeuge iſt eine Verbrennungserſcheinung oder Erſcheinung chemiſcher Zerſetzung an dem Öl oder Fett, womit das Leder des Stempels getränkt iſt.

3) In verdichteter Luft entzünden ſich brennbare Körper bei niederer Temperatur, als unter gewöhnlichem Drucke. Holz z. B., welches bei gewöhnlichem Drucke ſich noch nicht bei 350° C. in Sauerſtoffgas entzündet, bedarf bei einem Drucke von ungefähr 3½ Atmoſphäre höchſtens 252° C. dazu.

4) Ein Gas, welches in einem Glasrohre möglichſt ſtark zuſammengedrückt wird, gelangt auf eine weit über 205° C. liegende Temperatur, auch wenn es kohlenſaures Gas, Waſſerſtoffgas oder Stickgas iſt.

5) Die Verdichtung der Luft und die Temperaturerhöhung durch den Act der Compreſſion wirken daher nach 3) und 4) zuſammen, die Entzündung brennbarer Körper im Compreſſionsfeuerzeuge zu bewirken, und geben einen vollgültigen Erklärungsgrund des dabei erſcheinenden Lichtes.

Zu 1) und 2). Schon Saiſſy in Lyon machte, gegen Deſſaignes, die Erfahrung, daß zwar Sauerſtoffgas, Luft, Chlorgas im Compreſſionsfeuerzeuge durch Druck leuchtend werden, alle übrigen Gaſe, wie Stickſtoff, Waſſerſtoff, Kohlenſäure, dagegen, ſelbſt in der dickſten Finſterniß, bei einem heftigen Stoße lichtlos bleiben. Thénard überzeugte ſich von der Richtigkeit dieſer Beobachtung, und wurde dadurch zu der Vermuthung veranlaßt, daß das Leuchten im Compreſſionsfeuerzeuge überhaupt wohl nur von einer Art Verbrennungs- oder chemiſchem Proceſſe abhängen möchte, inſofern man ſich zum Comprimiren des Gaſes gewöhnlich lederner Stempel bedient, die mit einem, von Waſſer nur ſchwer benetzt werdenden, Fette getränkt ſind, aus welchem der Sauerſtoff oder das Chlor unter Mitwirkung der Temperaturerhöhung leicht etwas Waſſer oder Salzſäure erzeugen kann.

Die Richtigkeit dieſer Vermuthung gab ſich dadurch zu erkennen, daß, als Thénard ſtatt jener Stempel ſolche anwandte, welche keine ſolche zerſetzende Wirkung geſtatteten, auch die Lichterſcheinung bei der Compreſſion ausblieb.

Er ließ zu dieſem Zwecke Stempel von Filz verfertigen, welche leicht vom Waſſer benetzt werden, oder ſetzte auch auf den Lederſtempel einen

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLIV. 181; Pogg. XIX. 442.

kleinen Metallcylinder, ſo daß alle unmittelbare Berührung zwiſchen dem Leder und dem Gaſe aufgehoben wurde. Anderemale nahm er einen Stempel, der unten aus Leder, in der Mitte aus Filz, und oben, aber nur in geringer Ausdehnung, aus Meſſing beſtand. Er wandte dabei lange, ſorgfältig kalibrirte und oben durch einen wohl eingeriebenen Glasſtöpſel verſchloſſene, Röhren an, und bewerkſtelligte die Compreſſion, wie bei den gewöhnlichen Feuerzeugen, an einem möglichſt dunkeln Orte, mit freier Hand ſehr ſtark und plötzlich. Hatte man unter dieſen Umſtänden den Filz oder Metallcylinder mit Waſſer benetzt und die Glasröhre mit Kali gereinigt, ſo fand niemals eine Lichtentwickelung Statt; dagegen zeigte ſich faſt immer ein ſchwacher Schein, ſobald der Filz nicht gut benetzt oder die Röhre ſchlecht gereinigt worden war.

Es war natürlich, dieſe Reſultate mit den anderen Erſcheinungen der Zuſammendrückung, z. B. der Entzündung von Feuerſchwamm, Holz, Papier ꝛc., zu vergleichen. Es wurde daher oben auf dem Stempel, welcher ſich in einen Cylinder von angefeuchtetem Filz oder von Meſſing endigte, ein Stück Papier angebracht. Dies fing im Sauerſtoffgas augenblicklich Feuer und verbrannte mit ſehr lebhaftem Glanze. Mit Öl getränkt brannte es noch leichter. Alle weißen, recht trockenen Holzſorten, und ſelbſt das ſehr harte Buchsbaumholz, entzündeten ſich mit Lebhaftigkeit. Bei einem Verſuche, wo der Cylinder mit einer Scheibe Buchsbaumholz bedeckt war, entzündete ſich dieſe am Rande, obgleich kein anderer Körper da war, der die Entzündung hätte bedingen können. Einen ſehr feinen Eiſendraht zu verbrennen, verſuchte jedoch der Verfaſſer vergebens.

Er ſtellte auch ähnliche Verſuche mit Chlor an, und beobachtete, daß Papier, wenn es nur ſehr wenig mit Öl getränkt war, glühend wurde, und daß ſich Salzſäure dabei bildete. Nur gelingt es mit dem Papier nicht, eben ſo wenig wie mit dem Holze, wenn die Wirkung zu ſchwach oder zu langſam iſt.

Zu 3). Der Verfaſſer fand, daß es unter dem atmoſphäriſchen Druck unmöglich ſei, Tannenholz bei 350° C. in Sauerſtoffgas zu entzünden; es färbte ſich bloß dunkelbraun; allein unter dem Drucke von 2,60 Metern (ungefähr 3½ Atmoſphäre) fing es bei höchſtens 252° C. Feuer.

Der Verſuch wurde mit einer kleinen gebogenen Glasglocke angeſtellt, in deren krummen Theile ſich das Holz befand, und die über Queckſilber mit Sauerſtoffgas gefüllt ward. Der gebogene Theil war in ein Queckſilberbad getaucht, das auf einem Ofen ſtand, und die Glocke war mit einer ſehr langen aufrecht geſtellten Glasröhre mittelſt einer ſehr ſtarken und gut ausgewählten Cautchoucröhre verbunden, die an die Glocke und Röhre feſtgebunden war. Der Druck wurde durch Einſchütten von Queckſilber in die ſenkrechte Röhre erhalten, die Temperatur durch Erhitzen des Queckſilberbades.

Zu 4). Ein Gemenge von Knallqueckſilber mit Sand, welches ſich über Queckſilber (unter den Druck von 2,60 Meter) erhitzt bei 205°, und bei

gewöhnlichem Druck erſt in viel höherer Temperatur, in kohlenſaurem Gas, Waſſerſtoffgas oder Stickgas entzündete, detonirte auch, wenn es auf dem Stempel des Feuerzeuges, das mit dem irreſpirablen Gaſe gefüllt war, angebracht wurde, bei Compreſſion des Gaſes.

Lichtentwickelung beim Kalklöſchen und beim Vermiſchen des Vitriolöls mit Waſſer.

Die Lichtentwickelung beim Kalklöſchen iſt ſchon öfters wahrgenommen worden, doch vermochte man ſie nicht willkürlich hervorzurufen. Nach **Göbel** *) iſt man auf folgende Weiſe jedesmal im Stande, ſie zu bewirken.

Man befreit gröblich gepulverten carrariſchen Marmor durch Glühen von Kohlenſäure und hebt ihn in verſchloſſenen Gläſern auf. Zwei Drachmen bis ½ Unze davon benetzt man in einer Schale mittelſt des Spritzglaſes mit Waſſer, ſo daß das Waſſer als dünner Stral die Kalkkörnchen und plötzlich viele derſelben berührt. Innerhalb weniger Secunden erfolgt dann ein hellrothes Erglühen der ganzen Maſſe, welches nicht ſelten 15 bis 25 Secunden dauert.

In einigen Fällen, doch nicht conſtant, bemerkte auch **Göbel** beim Vermiſchen des Vitriolöls mit Waſſer, indem er ½ Unze Säure plötzlich ins Waſſer goß und ohne die Miſchung umzurühren ſchnell gleiche Portionen folgen ließ, Lichtentwickelung. Dieſe Lichtentwickelung iſt mehr ein Phosphoresciren und dauert nur wenige Secunden.

Phosphorescenz von Talg.

Bauernfeind **), Beſitzer einer Kerzenfabrik, machte, zufolge **Kaſtner's** Mittheilung, die Beobachtung, daß einige große Schöpſen- und Rindstalgmaſſen, als ſie, um zerlaſſen zu werden, in tiefer Abenddämmerung aus ihren Holzbehältern herausgebrochen und zerſchlagen wurden, dabei wenigſtens ſo ſtark, wo nicht ſtärker, leuchteten, als ob es feſter Hutzucker geweſen wäre, den man zerſchlüge.

Wirkung der Elektricität auf die durch Erwärmung phosphorescirenden Mineralien, von J. F. Pearſall ***).

Aus den folgenden Verſuchen geht hervor:

1) Wenn man Mineralien, welche von Natur die Eigenſchaft beſitzen, durch Erwärmung zu phosphoresciren, dieſe Eigenſchaft durch Glühen nimmt, ſo erhalten ſie dieſelbe dadurch wieder, daß man elektriſche Schläge über ihre Oberfläche hinweggehen läßt †), nicht aber durch Beſtralung.

2) Es können ſelbſt manche Mineralien, welche das Vermögen, durch

---

*) Schweigg. LVIII. 488.

**) Kaſtn. Arch. XVII. 370.

***) Journ. of the royal Inst. 1831. Nr. 1. p. 77; Nr. 2. p. 267; oder Pogg. XX. 252; XXII. 566; oder Baumg. Zeitſchr. IX. 243; X. 110.

†) Dies hat ſchon Plac. **Heinrich** gefunden (Biot V. 262).

Wärme zu phoſphoreſciren, von Natur nicht beſitzen, daſſelbe durch elektriſche Schläge erhalten.

3) Elektriſche Schläge vermögen die Farbe der Phoſphoreſcenz durch Wärme zu ändern.

4) Die Phoſphoreſcenz von Mineralien durch Wärme kann in bemerkenswerthem Grade verſchönert werden, wenn man, während dieſer Phoſphoreſcenz, elektriſche Schläge über ſie gehen läßt.

5) Das Gefüge der Mineralien hat großen Einfluß auf ihr Phoſphoreſcenzvermögen durch Wärme, und ihre Fähigkeit, es durch Elektricität zu erlangen. Nicht kryſtalliniſche, auf naſſem Wege bereitete, Niederſchläge, wiewohl von gleicher Zuſammenſetzung mit phoſphoreſcirenden Mineralien, beſaßen doch weder das Vermögen durch Wärme zu phoſphoreſciren, noch konnte es ihnen durch Elektricität ertheilt werden.

6) Phoſphoreſcirende Mineralien, die durch zu ſtarke Erhitzung ihr Phoſphoreſcenzvermögen durch Wärme eingebüßt haben, ſcheinen es doch manchmal in ſchwachem Grade wieder zu erlangen, wenn man ſie lange im Dunkeln aufbewahrt hat.

7) Die Wirkung der Elektricität auf das Phoſphoreſcenzvermögen der Mineralien durch Wärme findet auch noch Statt, wenn die elektriſchen Schläge, anſtatt unmittelbar über die Oberfläche der Mineralien zu gehen, vielmehr über die Oberfläche von verſchloſſenen Glasröhren geleitet werden, in denen ſich dieſelben befinden, doch viel ſchwächer. Noch ſchwächer ſchien in dieſer Hinſicht der Lichtſtrom, der zwiſchen den Kohlenſpitzen eines ſtarken galvaniſchen Apparates übergeht, zu wirken.

8) Durch Calcination farblos gemachte Flußſpathe erhalten durch elektriſche Schläge eine bläuliche oder blaßrothe (pink) Färbung an der Oberfläche, welche im Zuſammenhange mit dem Phoſphoreſcenzvermögen zu ſtehen ſcheint.

Zu 1). Ein, im natürlichen Zuſtande ſehr ſtark phoſphoreſcirender, Chlorophan, der bei Erwärmung erſt ein bläulichgrünes, ſehr helles, dann nelkenrothes mit blaſſem Weiß gemiſchtes, Licht gab, wurde durch Rothglühen ſeiner phoſphoreſcirenden Eigenſchaften gänzlich beraubt. Als darauf über denſelben ein einziger elektriſcher Schlag aus einer kleinen Leidener Flaſche von etwa 1 Quadratfuß Belegung geleitet ward, ward das Mineral beim Übergange der Elektricität mit grüner Farbe leuchtend, und als die ſo elektriſirte Portion erhitzt ward, phoſphoreſcirte ſie mit grünem Lichte, faſt eben ſo ſtark, wie eine Portion des Minerals im natürlichen Zuſtande, mit dem ſie verglichen wrd. Dieſer Verſuch gab bei mehrmaliger Wiederholung ſtets dieſelben Reſultate. Als wiederholte Schläge auf den durch Glühen der Phoſphoreſcenz beraubten Chlorophan geleitet wurden, zeigte ſich, daß das Phoſphoreſcenzvermögen mit der Zahl und Stärke derſelben zunahm, indem das bei Erhitzung ausgeſtralte grüne Licht nach drei, ſechs oder zwölf Schlägen dunkler und anhaltender, als nach einem einzigen Schlage ward. — Tage lang einwirkendes Sonnenlicht vermochte die durch

Glühen von Chlorophan zerſtörte Phosphorescenz nicht wiederherzuſtellen. Analoge Reſultate als am Chlorophan wurden am Flußſpath und Apatit erhalten.

Zu 2). Der kohlenſaure Kalk, Flußſpath, ſo wie der Diamant, zeigen in manchen Exemplaren oder Varietäten von Natur das Vermögen der Phosphorescenz durch Erhitzung, in andern nicht. Letzteren läßt ſich dann nach des Verfaſſers Erfahrung dies Vermögen durch elektriſche Schläge, die man darüber leitet, mittheilen. Mindeſtens fand dies bei allen Flußſpathexemplaren, ſo wie Varietäten von kohlenſaurem Kalk, die der Verfaſſer in dieſer Hinſicht unterſuchte, Statt, bei den einen in mehrerem, bei den anderen in minderem Grade; die Diamanten jedoch verhielten ſich in dieſer Hinſicht verſchieden, indem manchen Diamanten zwar das vorher fehlende Vermögen durch elektriſche Schläge mitgetheilt zu werden vermochte, anderen jedoch nicht.

Solchen Mineralien, von denen überhaupt keine Exemplare vorkommen, die das Phosphorescenzvermögen durch Wärme von Natur beſäßen, konnte es auch nicht durch elektriſche Schläge mitgetheilt werden, wie dem Amethyſt, Sapphir, Rubin, Granat und vielen anderen.

Zu 3). Durch Verſuche, die beſonders an vielen Flußſpathexemplaren angeſtellt wurden, fand der Verfaſſer, daß das Licht, was ſie vor der Elektriſirung durch Erhitzung ausſtralten, in der Farbe verſchieden war von demjenigen, was ſie nach der Elektriſirung von ſich gaben. Letzteres war dann immer das intenſivere; übrigens aber ließ ſich bei den Verſuchen des Verfaſſers keine beſtimmte Beziehung zwiſchen der Phosphorescenzfarbe vor der Elektriſirung und nach der Elektriſirung wahrnehmen; auch änderte ſich die Farbe, je nachdem mehr oder weniger Schläge über das Mineral geleitet waren. Der Verfaſſer theilt hiezu viele Belege mit, die jedoch kein anderes Reſultat liefern, als daß kein Geſetz daraus zu ziehen iſt.

Zu 4). Das Reſultat der in Bezug auf 4) angeſtellten Verſuche war, wie der Verfaſſer ſagt: „eine Reihe prachtvoller Farben und eine Erhöhung der urſprünglichen Phosphorescenz, wovon es ſchwer iſt, ſich einen Begriff zu machen.“ Er fügt eine Tabelle über die Farben, welche verſchiedene Flußſpathvarietäten, wenn ſie während der Erhitzung elektriſchen Entladungsſchlägen unterworfen wurden, annahmen, hinzu, die wir, da ſie zu keiner allgemeinen Folgerung führt, übergehen.

Zu 5). Während der foſſile phosphorſaure Kalk, Apatit, ein intenſives Phosphorescenzvermögen durch Wärme beſitzt, ſo zeigte dagegen phosphorſaurer Kalk, der durch Alkalien aus einer Löſung in Salzſäure gefällt, geſammelt und durch ſorgſames Trocknen aggregirt war, dies Vermögen nicht. Er ward calcinirt, und kleine compacte harte Stücken und Pulver davon durch 20 Entladungsſchläge von 2 Fuß Beleg elektriſirt, ohne daß Mittheilung von Phosphorescenzvermögen erfolgt war. Auch als Apatit ſelbſt in Salzſäure aufgelöſt, gefällt, getrocknet, calcinirt und elektriſirt wurde, erhielt er keine Phosphorescenz. Als ein Harnſtein von phosphorſaurem Kalk elektriſirt und erhitzt wurde, gab er ebenfalls kein Licht; nachdem jedoch durch Rothglühen die organiſchen Materien in ihm zerſtört, und nun 12 Entladungen darauf angewandt worden, entwickelte er bei Erhitzung verſchiedenfarbiges Licht. — Durch Zerreiben von Flußſpath wurde das Phosphorescenzvermögen deſſelben nicht beeinträchtigt, als aber kryſtalliſirter Flußſpath gepulvert, in Salzſäure aufgelöſt, durch Ammoniak gefällt, getrocknet und in Rothglühhitze calcinirt worden, gab er kein Licht, auch nicht, nachdem er elektriſirt worden. Letztere ſalzſaure Auflöſung ſetzte nach einiger Zeit kleine zerbrechliche Kryſtalle von Flußſpath ab, die bei Erhitzung ſchwach decrepitirten und phosphorescirten.

Zu 6). Der Verfaſſer erwähnt als Beiſpiel dieſes Umſtandes, der ihm auch noch einige andere Male vorgekommen ſei, insbeſondere eines Flußſpathkryſtalles.

Zu 7). Die Belege hierzu wurden an Chlorophan, Außerſchalen ꝛc. erhalten.

Zu 8). Als 6 bis 7 Schläge auf ein Stück weißen, calcinirten, etwas gelblichen Flußſpathes geleitet wurden, hatte daſſelbe ſeine weiße Farbe in eine bläuliche verwandelt und das Phosphorescenzvermögen durch Wärme zeigte ſich da am ſtärkſten, wo die ſo mitgetheilte Farbe am deutlichſten war. Dieſe Phosphorescenz geſchah mit blauer Farbe.

Einige Splitter und Bruchſtücke von weißem Flußſpath wurden in einem kleinen Haufen, in eine an beiden Enden offene Glasröhre, zwiſchen die, etwa 1 Zoll aus einander ſtehenden, Drähte des Entladers gebracht. Nach mehreren Schlägen hatten die weißen Splitter eine blaue Farbe erhalten, und als ſie darauf erhitzt wurden, ſtralten ſie ein ſtarkes Licht von blaßgelber Farbe aus.

Große Stücke nahmen überhaupt beim Elektriſiren eine blaue Farbe an und gaben auch beim Erhitzen ein blaues Licht; wenn ſie aber in kleine Stücke zerdrückt wurden, entwickelten ſie, nach Elektriſirung in einer Röhre und nachheriger Erhitzung ein blaßgelbes Licht, wie bei den vorhergehenden Verſuchen. Doch gaben in einigen Fällen auch die kleinen Stücke anfangs ein blaues und dann erſt ein ſtrohfarbenes Licht.

Bei ſpäteren Verſuchen beobachtete der Verfaſſer auch an Flußſpathexemplaren die Entſtehung einer blaßrothen Farbe, anſtatt einer blauen. Die blaßrothe Färbung iſt nach ihm am ſtärkſten an den Kanten, ſchwach auf den Flächen; die blaue Färbung am ſtärkſten an den Ecken der Stücke und den ſoliden Winkeln der Spalten.

Flußſpathſtücke, die von Natur am gefärbteſten ſind, nehmen auch, nachdem ſie durch Hitze weiß gemacht worden, am leichteſten wieder durch Elektricität eine Färbung an.

Die durch Elektriſirung hervorgebrachte blaue Farbe des Minerales ſchien ſich an der Oberfläche oder nahe an derſelben aufzuhalten; denn wenn ſo gefärbte Stücke zerbrochen wurden, waren ſie inwendig farblos, oder an den Rändern gefärbt. Die farbloſen Theile phosphorescirten nicht, während es die farbigen und äußeren Theile thaten.

Die blaue Färbung war nicht permanent, manche Stücken verloren ſie im Lichte in wenigen Tagen, andere, die im Dunkeln aufbewahrt wurden, zeigten ſie noch nach zwei Monaten.

III. Eigenthümliche Wirkungen des Lichtes.

Wirkung auf Magnetismus.

Von den negativen Reſultaten, die man neuerdings in Bezug auf dieſe, früher ſupponirte, Einwirkung erhalten hat, iſt ſchon S. 46 die Rede geweſen.

Chemiſche Wirkungen des Lichtes.

Döbereiner *) hat beobachtet, daß eine Auflöſung von kleeſaurem Eiſenoxyd zwar an einem dunkeln Orte und in einer Temperatur von 100° C. keine ſinnlich wahrnehmbare Veränderung erleidet; im Sonnenlichte aber unter Entbindung von kohlenſaurem Gas kleeſaures Eiſenoxydul fallen läßt. Kleeſaures Silberoxyd erleidet unter Waſſer in der Wärme keine Veränderung, zerfällt aber am Sonnenlichte partiell in metalliſches Silber und Kohlenſäure; Iridiumſalmiak, Platinchlorid, Goldchlorid erleiden ebenfalls unter Mitwirkung von Kleeſäure, am Lichte Veränderungen.

Auch Vogel (Pharm. Zeitſchr. Nr. 10. S. 156) hat Verſuche über die Einwirkung des Lichtes an einigen 20 organiſchen und unorganiſchen Stoffen angeſtellt, indem er ſie 6 Monate hindurch, theils in offenen, theils in verſchloſſenen Gläſern und Papierkapſeln an ein helles, nach Süden gelegenes, Fenſter ſetzte. Seine Beobachtungen, die ſich bloß auf Veränderungen in Farbe und Geruch dieſer Subſtanzen durch das Licht beziehen, bieten jedoch kein beſonderes Intereſſe dar.

Verſuche von Mark Watt.

Mark Watt **) hat Inſtrumente angegeben, welche eine große Wirkung des Lichtes auf leicht bewegliche Körper darzuthun dienen ſollen. Das Hauptfactum, welches er mittelſt derſelben gefunden haben will, beſteht darin, daß alle Körper von hinlänglicher ſpecifiſcher Leichtigkeit, welche zwei platte flächenartige Seiten haben und ſich frei bewegen können, immer die Ränder ihrer Flächen dem Ausſtrömungspuncte des Lichtes zukehren und ihre Flächen parallel der Einfallslinie werden.

---

*) Schweigg. LXII. 90.

**) Froriep's Notiz. Nr. 17. des XXI. Bandes oder Baumg. Zeitſchr. IV. 229; V. 335.

Man kann indeß gegenwärtig mit Sicherheit annehmen, daß bei dieſen allerdings Statt findenden Bewegungen das Licht an ſich gar keine Rolle ſpiele, ſondern der ganze Erfolg abhängig ſei von der durch daſſelbe bewirkten Erwärmung, wohin ſich ſowohl Muncke's Verſuche, von welchen ſchon Th. I. S. 343 die Rede war, als Verſuche, welche Pfaff*) mit den nach Watt's Angaben verfertigten Apparaten eigends angeſtellt hat, vereinigen. Pfaff nimmt hiebei an, die Erwärmung wirke durch Luftſtrömungen, die ſie erzeuge, indeß wird es durch Muncke's Erfahrungen weit wahrſcheinlicher, daß hiebei eine thermoelektriſche Wirkung auf das Glas, welches die Apparate umſchließt, im Spiele ſei, indem nämlich das durch die Wärme elektriſch gewordene Glas die leichten Körper nach ſich hin zieht.

Jedenfalls wollen wir nicht unterlaſſen, die Verſuche Pfaff's, welche den wirklichen Einfluß der Wärme bei Watt's Apparaten darthun, anzuführen.

Pfaff wandte ein beinahe 8 Zoll langes Stück aus der Ruthe der Schwanzfeder eines Pfaues als Wagebalken an, welcher ſich mittelſt einer kleinen Agatpfanne, die, etwa bei ¼ der Länge des Balkens von dem Anheftungspuncte der Scheiben, in ein in erſterem angebrachtes Loch eingefügt war, auf einer feinen Stahlſpitze bewegte. Die an dem kürzern Ende des Balanciers befeſtigte Scheibe wurde durch ein kleines Gewicht am andern Ende aufgewogen, und der auf dieſe Art im Gleichgewichte ſchwebende, höchſt bewegliche Wagebalken konnte ſich wie eine Compaßnadel bewegen. Die Scheiben, deren Pfaff ſich bediente, waren: 1) zwei von den farbigen Spitzen der Schwanzfedern des Pfaues, die ſogenannten Pfauenaugen, die mit ihren matteren Flächen an einander geleimt wurden; 2) eine Scheibe von Blattſilber, die ganz nach der von Mark Watt beſchriebenen Art zugerichtet war und 2 Zoll im Durchmeſſer hatte; 3) eine ganz ähnliche Scheibe von Blattgold. Der Wagebalken mit den Scheiben, die nach der Reihe den Verſuchen unterworfen wurden, befand ſich unter einer großen Glocke, um jede Bewegung durch Luftzug ꝛc. zu vermeiden.

Es zeigte ſich ihm nun allerdings jene Erſcheinung, welche dem erſten Anſcheine nach etwas höchſt Auffallendes hat, daß nämlich, wenn bei vollkommener Ruhe des Wagebalkens eine Kerze in hinlängliche Nähe gegen die Glocke gebracht ward, von welcher aus die Stralen gegen die Scheiben ſo gerichtet waren, daß ihre mittlere Richtung entweder ſenkrecht oder ſchief auf die der Kerze zugekehrte Fläche der Scheiben traf, der Wagebalken ſehr bald anfing ſich in Bewegung zu ſetzen, und die Scheiben gegen die Kerze hinrückten, bis ihr Rand gegen den Ausgangspunct des Lichtes der Kerze, wie ſich Mark Watt ausdrückt, gerichtet war, oder die mittlere Richtung der Stralen gegen die Glocke parallel mit den Flächen der Scheiben war. Dieſer Erfolg trat bisweilen ſchon bei einer Entfernung der Kerze von einigen Schuhen ein. Daß aber dieſe ganze Bewegung wirklich bloß von Erwärmung, unabhängig vom Einfluſſe des Lichtes, abhing, erhellt aus Folgendem:

---

*) Schweigg. J. LVI. 43.

Wenn ſich Pfaff an der Seite, an welcher die Kerze geſtanden und jene Wirkung hervorgebracht hatte, nach Entfernung derſelben und nachdem der Wagebalken wieder in die vorige Lage gebracht worden, derſelben näherte, ſo trat ſogleich wieder dieſelbe Bewegung ein. Ferner erfolgte, bei Anwendung einer Kerze, die Bewegung ganz eben ſo, wenn die, der Kerze gegenüber befindliche, Stelle der Glocke mit Kienruß geſchwärzt war, ſo daß alſo das Hinzugelangen des Lichtes verhindert ward. Dagegen konnte Pfaff (gegen Watt's Behauptung) auch nicht die leiſeſte Bewegung der Scheiben beobachten, als er, ſowohl zur Zeit des erſten oder letzten Viertels, als auch zur Zeit des Vollmondes, das Mondlicht in ſeiner gewöhnlichen Beſchaffenheit, oder durch eine convexe Linſe verdichtet, auf die Scheiben fallen ließ, eben ſo wenig, als er einen, durch eine convexe Linſe hervorgebrachten, Stralenkegel jenſeits des Focus in einer ſolchen Entfernung durch die Scheiben auffing, daß er bald ihre ganze Fläche beſtralte, bald weniger divergirend nur die Hälfte oder ein Viertheil derſelben bedeckte; es mochte nun die Axe des Stralenkegels ſenkrecht oder in einer beliebigen ſchiefen Richtung gegen die Fläche ſtehen.

Was mehrere andere, von Watt angeführte, ſonderbare Erſcheinungen anlangt, namentlich daß Gold- und Silberblättchen, wenn ſie längere Zeit dem Lichte ausgeſetzt werden, dieſe eigenthümliche Beweglichkeit durch das Licht verlieren; ferner, daß die Silberblättchen ganze Stunden hindurch eine ſchwingende Bewegung haben, vermöge welcher ſie abwechſelnd bald ihre Fläche, bald ihren Rand dem Lichte zukehren, ſo konnte Pfaff ebenfalls nichts davon bemerken.

IV. Photometrie.

Photometer.

Von Ritchie *). Dies Photometer (Figur 13.) beſteht aus einem Schirm von weißem Papier ab, welcher durch ein ſenkrecht darauf geſetztes ſchwarzes Kartenblatt cd in zwei Abſchnitte getheilt und in einem Käſtchen mit offenen Enden ausgeſpannt iſt, ſo daß das von den verſchiedenen zu unterſuchenden Flammen ausgehende Licht von zwei ſchräg geſtellten Spiegeln oder Papierflächen ef, eg aufgefangen und von dieſen gegen den Papierſchirm reflectirt wird. Am obern Theile des Apparates kann man eine Camera obscura von der Geſtalt eines abgeſtumpften Kegels anbringen.

---

*) Philosoph. transact. 1829. oder Froriep's Notizen Nr. 1. des XXVIII Bandes S. 1.

durch welche man den Schirm beobachtet und mittelſt der alles fremdartige Licht, wodurch ein fehlerhaftes Ergebniß herbeigeführt werden könnte, ausgeſchloſſen wird. Um dies Inſtrument zu gebrauchen, bringt man die beiden zu prüfenden Lichter mit dem Photometer in dieſelbe gerade Linie, ſo daß das letztere ſich zwiſchen den erſtern befindet, wie in Figur 13. zu ſehen. Haben die Lichter nun gleiche Intenſitäten, ſo werden ſie dieſelbe Wirkung hervorbringen, wenn ſie gleich weit vom Inſtrumente abſtehen. Haben ſie dagegen ungleiche Intenſitäten, ſo muß das Photometer mehr oder weniger gegen das ſchwächere Licht zugerückt werden, bis die Abtheilungen des Schirmes gleich ſtark beleuchtet ſind, und dann werden ſich die Leuchtkräfte der beiden Lichter verhalten wie die Quadrate der Abſtände.

Dieſes Inſtrument kann auch ſehr gut dazu dienen, um die von durchſcheinenden oder durchſichtigen Subſtanzen abſorbirte Lichtquantität zu meſſen, indem man, nach vorheriger Gleichſtellung der Beleuchtung, Glas, Papier ꝛc. zwiſchen eins der Lichter und das Photometer bringt, und den Abſtand mißt, um welchen das Inſtrument weiter von dem einen und näher an das andere Licht gerückt werden muß, um die Beleuchtung der beiden Abtheilungen des Schirmes wieder gleich zu machen.

Von Potter *). Potter hat ſich zu ſeinen Verſuchen über die Lichtmenge, welche Metallſpiegel bei verſchiedenen Einfallswinkeln reflectiren, folgenden Photometers bedient, welches im Princip mit dem vorigen übereinkommt.

Ein horizontaler Tiſch iſt durch eine verticale, der Länge nach ſenkrecht auf der Tiſchplatte ſtehende, undurchſichtige Papierplatte in 2 Theile getheilt, und an einem Ende des Tiſches ſteht, ſenkrecht ſowohl auf dem Tiſche als auf der verticalen Platte, eine andere undurchſichtige Wand, die aber in der Mitte ein viereckiges, 2½ Zoll hohes, 4 Zoll langes Loch hat, das mit feinem Papier überdeckt iſt. Stellt man in jede der zwei Abtheilungen des Tiſches eine Kerzenflamme, ſo beleuchtet jede eine Hälfte des Papieres auf der viereckigen Öffnung, und man ſieht hinter dem Papiere dieſe beiden Hälften durch den Schatten der Scheidewand von einander getrennt, kann aber leicht durch Annähern oder Entfernen der einen oder andern Lichtquelle die Beleuchtung beider Hälften auf gleiche ſcheinbare Stärke bringen, worauf ſich die Lichtſtärken wie die Quadrate der Entfernung der betreffenden Flammen von der Öffnung verhalten werden.

Über die Intenſität des Lampen- und Kerzenlichtes, und ihre Veränderungen während des Brennens.

Die Umſtände bei Einrichtung der Lampen, von welchen die Intenſität ihres Lichtes abhängt, ſind nach Peclet **) folgende: 1) der innere Durchmeſſer des Dochtrohres; 2) das Verhältniß der beiden Luftſtröme; 3) die

---

*) Edinb. J. of sc. Nr. VI. p. [illegible] oder Baumg. Zeitſchr. IX. [illegible].

**) Erdm. J. I. [illegible].

Höhe der bauchigen Erweiterung des Cylinders; 4) der Durchmeſſer des Cylinders oberhalb der Erweiterung; 5) die Höhe des Ölbehälters; 6) die Höhe des Dochtes über dem Rohre.

Die Umſtände andererſeits, welche vorzüglich auf Veränderungen der Intenſität des Lichtes während der Verbrennung Einfluß haben, ſind nach demſelben folgende:

1) Die Erhitzung des Dochtrohres und des Cylinders; 2) das Verhältniß der beiden Luftzüge; 3) das Niedrigerwerden des Ölniveaus; 4) die größere oder geringere Capillarwirkung in dem Raume um den Docht herum.

Der Verfaſſer hat den Einfluß aller dieſer Umſtände ſpeciell erörtert und photometriſche Belege hinzugefügt. Wir verweiſen über dieſen, zu ſehr in das Gebiet der Technik überführenden, Gegenſtand auf die Originalabhandlung, werden aber die Beobachtungen ſelbſt über die Änderungen der Intenſität und die Vergleichung derſelben bei verſchiedenen Lichtern, die der Verfaſſer gemacht hat, hier hinzufügen. Über die Art, wie der Verfaſſer ſeine photometriſchen Beobachtungen anſtellte, die ſich nicht von den bekannten Arten unterſcheidet, verweiſen wir ebenfalls auf die Originalabhandlung.

Veränderungen in der Lichtintenſität einer Uhrlampe *), die Intenſität beim Anzünden = 100 geſetzt.

Zeit nach dem Anzünden der Lampe.	Lichtintenſität der Lampe.
Anfang	100
1 Stunde	108
2 —	116
3 —	116
4 —	117
5 —	117
6 —	117
7 —	117

Es erhellt aus dieſer Verſuchstabelle, daß die Intenſität der Lampe, welche fortwährend angezündet blieb, während der erſten 4 Stunden im Wachſen war, dann aber ſich gleich blieb. Später machte der Verfaſſer

---

*) Dieſe von Carcel und Carreau erfundenen Lampen, deren Docht beſtändig durch ein mit ihnen verbundenes Uhrwerk mit einer mehr als hinreichenden Menge Öl verſehen wird, als zur Verbrennung nöthig iſt, geben, wie aus dem Obigen ſelbſt erhellt, einige Stunden, nachdem ſie angezündet worden ſind, ein ganz gleichbleibendes Licht, weshalb ſich auch der Verfaſſer ihrer zur Vergleichung der Intenſität anderer Lichter vermittelſt Gleichmachens der Schatten bedient hat.

auch bei allen Lampen anderer Art die Bemerkung, daß ſie beim Anfange des Brennens an Intenſität zunehmen, nur daß dieſe Zunahme bei Weitem nicht ſo lange dauert. Die Urſache dieſer Erſcheinung iſt in dem zu Anfange der Verbrennung Statt findenden Wärmeverluſt, erzeugt durch die noch kalten Umgebungen der Flammen, zu ſuchen, der nach einiger Zeit aufhört. Bei den gewöhnlichen Lampen wird dieſer Wärmeverluſt durch die Erhitzung der Dochthülſe und des Rauchfanges bedingt, die eine gewiſſe nach und nach abnehmende Wärme einſchlucken. In der Carcel'ſchen Uhrlampe ſind es das Öl und der Rauchfang, welche der Flamme in den erſten Stunden des Brennens Wärme entziehen, und da die Erwärmung des Öles nicht eher zu ſteigen aufhört, als bis das Öl im Behälter dieſelbe Temperatur angenommen hat, als dasjenige, welches ſich über den Docht ergießt, ſo begreift ſich hieraus, warum hier die Lichtſtärke erſt nach längerer Zeit bleibend wird.

Veränderungen in der Intenſität eines ungeputzten gewöhnlichen Talglichtes (6 auf das Pfund), vom Maximum derſelben angefangen.

Zeit der Beobachtung.	Intenſitäten, verglichen mit der bei der erſten Beobachtung = 100.
0 Minuten	100
3 —	92
13 —	50
15 —	41
19 —	38
21 —	34
23 —	32
28 —	25
31 —	20
33 —	19
35 —	17
39 —	14
43 —	14

Binnen ½ Stunde ſank alſo die Intenſität des Lichtes von 100 auf 20 und in 39 Minuten von 100 auf 14; dann blieb ſie merklich unverändert. Putzte man das Licht, ſo nahm es die urſprüngliche Intenſität von 100 wieder an.

Rumford fand die Intenſität einer Talglichtflamme in 11 Minuten von 100 auf 39 vermindert, in 19 Minuten auf 23, in 29 Minuten auf 16. Daß **Peclet** geringere Veränderungen beobachtete, rührt wahrſcheinlich von der verſchiedenen Beſchaffenheit der gebrauchten Lichter her.

Die vorzüglich aus Stearin beſtehenden ſogenannten Sparlichter (chandelles économiques) zeigen dieſe Veränderungen in noch bei weitem geringern Grade, als oben für die gewöhnlichen Talglichter angegeben worden; da ihr Licht ſich nach Peclet in 30 Minuten von 100 bloß auf 32 vermindert, während das der gewöhnlichen Lichter in derſelben Zeit ſchon auf 20 ſinkt. In etwa doppelt ſo langer Zeit als die gewöhnlichen Lichter erreichen aber auch ſie eine Unveränderlichkeit, welche in demſelben Verhältniſſe zum Maximum der Lichtſtärke ſteht, wie bei den gewöhnlichen Lichtern. Das dann eingetretene conſtante Lichtminimum kann durch Entſtehung von Schwämmen an dem Dochte noch tiefer herabſinken; wenn dieſe aber verbrennen oder abfallen, ſo nimmt das Licht ſeine vorige gleichbleibende Intenſität wieder an.

Um zu erfahren, ob wirklich, wie man behauptet, ungeputzte Lichter mehr Talg verzehren als geputzte, wog Peclet zwei Lichter aus demſelben Paquete und ließ ſie 4 Stunden lang brennen, während welcher Zeit das eine regelmäßig geputzt wurde, das andere aber nicht. Als ſie nachher aufs Neue gewogen wurden, fand ſich, daß das erſte 31 Grammen verloren hatte, das zweite aber 31,35 Grammen. Mehrere andere Verſuche gaben ein gleiches Reſultat, wonach die Zunahme der Conſumtion bei ungeputzten Lichtern nur ſehr klein iſt.

In Bezug auf Kerzen aus Wachs und ähnlichen Subſtanzen erhielt der Verfaſſer durch eine große Anzahl von Verſuchen folgende Reſultate:

Wenn man eine Wachs-, Stearinſäure- oder Wallrathkerze mit ſehr kurzem Dochte anzündet, ſo nimmt die Intenſität ihres Lichtes zu, bis der Docht ſo lang geworden iſt, daß er aus dem weißen Theile der Flamme hervorragt, und dann hat die Lichtſtärke ihr Maximum erreicht. Bilden ſich dann keine Schwämme, ſo bleibt das Licht unveränderlich, geſchieht dies aber, ſo wird das Licht einige Minuten lang ſchwächer, bis die Schwämme verzehrt ſind, und dann erreicht die Lichtſtärke wieder ihr Maximum. Dieſes Ab- und Zunehmen erfolgt mit einer ziemlichen Regelmäßigkeit; indeß iſt es nur an den Stearinſäurekerzen einigermaßen bemerklich, und auch hier nur ſchwach und von kurzer Dauer.

Maxima der Intenſitäten verſchiedener Kerzen, verglichen mit einer Uhrlampe, welche 42 Grammen Öl in der Stunde verzehrt, deren Intenſität = 100 geſetzt.

Uhrlampe	100
Wachskerze	13,61
Wallrathkerze	14,40
Stearinſäurekerze	14,30

Verhältniß der Intenſitäten von Talglichtern und verſchiedenen anderen Kerzen, nebſt ſtündlicher Conſumtion und Koſten der Beleuchtung, verglichen mit der obigen Uhrlampe, deren Intenſität = 100 geſetzt iſt *).

	Intenſitäten.	Verbrauch in 1 Stunde in Kilogrammen.	Preis des Kilogrammes.		Koſtenaufwand in 1 Stunde.	
			Francs.	Cent.	Francs.	Cent.
Talglicht (6 auf d. Pf.)	10,66	8,51	1	40	—	12
— (8 — —)	8,74	7,51	1	40	—	10
Sparlicht (6 — —)	7,50	7,42	2	40	—	17
Wachslicht (5 — —)	13,61	8,71	7	60	—	66
Wallrathkerze (5 —)	14,40	8,92	7	60	—	68
Stearinſäurek. (5 —)	14,40	9,33	6	0	—	55

Man erſieht aus dieſer Tabelle:

1) daß, wenn man die Lichter 6 und 8 auf das Pfund, in Beziehung auf Leuchtkraft und Conſumtion, vergleicht, die Conſumtion im Verhältniß zum Lichte bei letztern größer als bei erſtern ausfällt;

2) daß die vermeintlichen Sparlichter eigentlich keine ſind, da ſie mehr in der Stunde koſten als die gemeinen Lichter, und dabei weniger leuchten; doch haben ſie den Vorzug, daß ſie weniger rinnen als die gewöhnlichen, trockener und weißer ſind, keinen ſo unangenehmen Geruch haben und nicht ſo oft geputzt zu werden brauchen;

3) daß die ſtündlichen Koſten der Beleuchtung mit Wachs- und Wallrathkerzen wenig verſchieden ſind.

Der Verfaſſer hat auch die Intenſitäten des Lichtes von 11 Öllampen verſchiedener Einrichtung verglichen, und in Bezug zur Ölconſumtion derſelben betrachtet, um ſo zum Schluſſe zu gelangen, welches Verfahren der Verbrennung das meiſte Licht mit den verhältnißmäßig wenigſten Koſten gewährt. Hinſichtlich dieſer Vergleichung verweiſen wir auf die Originalabhandlung, da ihre Anführung ohne nähere Angaben der Beſchaffenheit und Dimenſionen der verglichenen Lampen nutzlos ſein, dieſe Angabe aber zu viel Platz wegnehmen würde. Aus der Geſammtheit dieſer Vergleichung ergab ſich übrigens, daß unter allen verglichenen Beleuchtungsarten, zu denen der Verfaſſer noch die Flamme vom Ölgas gefügt hat, die Beleuchtung mit Wachskerzen die theuerſte, die Beleuchtung mit Ölgas die billigſte iſt, in ſo weit dabei bloß auf die Koſten des verzehrten Materials Rückſicht genommen wird.

---

*) Als Intenſität der Talglichter wurde ihre mittlere Lichtſtärke aus 10 Minuten genommen, da man dieſe in der Regel ſo lange brennen läßt, ohne ſie zu putzen. Bei den übrigen Kerzen iſt das conſtante Maximum angegeben.

Auch **Drummond** hat mittelſt der Methode der Schatten (nach **Rumford**) und der Methode der gleich beleuchteten Flächen (nach **Ritchie**) die Intenſität mehrerer Lichtarten verglichen, wobei die Intenſität einer, mit dem feinſten Wallrathöl verſorgten, Argand'ſchen Lampe von $\frac{7}{8}$ Zoll Durchmeſſer = 1 geſetzt ward. Durch Schirme mit Öffnungen ward bewirkt, daß von jeder Flamme nur eine gleiche Größe zur Vergleichung zugezogen ward.

	Intenſität des Lichtes bei gleichem Umfange.
Argand'ſche Lampe	1
Franzöſiſche Lampe (french Lamp)	4,0
Ölgaslampe (Oil gas burner)	0,85
Licht nach Drummond's Methode durch Kalk*)	264,1

Eine ausführliche Abhandlung von **Drummond** über die Anwendung des nach ſeiner Methode erzeugten Lichtes bei Leuchtthürmen, die nach vorläufigen Verſuchen günſtige Reſultate gegeben zu haben ſcheint, ſ. Philosoph. transact. 1830. P. I. p. 383.

Bei Verſuchen, welche **Taylor****) in York über das Verbrennen des Steinkohlengaſes anſtellte, hat derſelbe u. a. das Reſultat erhalten, daß, wenn man auf den Glascylinder einer Gasflamme, die aus einem Brenner von Argand'ſcher Conſtruction hervorkommt, ein Drahtgewebe legt, ſich alsdann die Flamme um das Zwiefache ihrer anfänglichen Höhe vergrößert und noch einmal ſo viel Licht giebt, als vorhin. Auch fand er, daß ſechs Argand'ſche Gasflammen, die bei gewöhnlicher Einrichtung 100 Cubikfuß Gas innerhalb 3 Stunden 25 Minuten verbraucht hatten, mit einer Kappe von Drahtgewebe verſehen, nur 50 Cubikfuß Gas in derſelben Zeit verzehrten.

Verſuche über die Art, wie Kerzendochte am zweckmäßigſten aus mehreren Fäden zuſammenzuſetzen ſind, um den Vortheil einer möglichſt hellen Flamme zu erlangen, hat **Reid** angeſtellt. Da ſie mehr von techniſchem, als phyſikaliſchen Intereſſe ſind, ſo verweiſen wir auf die Originalabhandlung in Edinb. J. of sc. 1830. Jul. 337 oder Erdmann's J. IX. 451.

V. Zurückwerfung des Lichtes.

Reflexionsvermögen des Glaſes.

Faraday maß mittelſt einer geeigneten Vorrichtung den Verhältnißtheil Licht, welchen verſchiedene Glasſorten bei einem Einfallswinkel von

---

*) Dadurch erzeugt, daß man eine durch Sauerſtoff und Waſſerſtoff genährte Flamme gegen Kalk richtet.

**) Pogg. XV. [illegible] oder Erdmann's J. V. [illegible].

45° von der Vorderfläche zurückwerfen. Die Intenſität des einfallenden Lichtes (Lampenlicht) iſt gleich 1 geſetzt:

		Zurückgeworfenes Licht.
Glas aus 112 Bleioxyd, 8 Kieſelerde, 36 Boraxſäure		$\frac{1}{11{,}8}$
Glas aus 112 Bleioxyd, 16 Kieſelerde, 36 Boraxſäure		$\frac{1}{14{,}4}$
Glas aus 112 Bleioxyd, 12 Kieſelerde, 36 Boraxſäure		$\frac{1}{16{,}5}$
Flintglas		$\frac{1}{19{,}5}$
Drei verſchiedene Sorten Kronglas	a	$\frac{1}{22{,}1}$
	b	$\frac{1}{23{,}2}$
	c	$\frac{1}{24{,}2}$
Zwei verſchiedene Sorten Tafelglas	a	$\frac{1}{25{,}8}$
	b	$\frac{1}{26{,}0}$

Wenn man das Brechungsverhältniß von Glas oder anderen durchſichtigen Subſtanzen kennt, ſo kann man nach einer von **Fresnel** auf theoretiſche Beobachtungen gegründeten Formel (Pogg. XXII. 100) den Verhältnißtheil Licht berechnen, der bei verſchiedenen Einfallswinkeln an den erſten Oberflächen dieſer Körper zurückgeworfen wird. Dieſe Formel werden wir nachher anführen; hier aber wollen wir eine Tabelle mittheilen, welche von **Brewſter** (Pogg. XXII. 293) nach dieſer Formel für Glas, deſſen Brechungsverhältniß = 1,525, berechnet worden iſt. Die Anzahl der einfallenden Stralen oder die Intenſität des einfallenden (nicht polariſirten) Lichtes iſt hierbei = 100 geſetzt.

Einfallswinkel.		Brechungswinkel.		Reflectirte Lichtmenge, die einfallende = 100 geſetzt.
0°	0′	0°	0′	4,323
2	0	1	18¾	4,326
10	0	6	32	4,339
20	0	12	58	4,341
25	0	16	5	4,364
30	0	19	8⅓	4,478
35	0	22	6	4,633
40	0	24	56	4,910
45	0	27	37½	5,366
50	0	30	9	6,136
56	45 *)	33	15	7,950
60	0	34	36	9,331
65	0	36	28	12,436
70	0	38	2	16,267
75	0	39	18	25,756
78	0	39	54	32,996
78	7	39	55	33,330
79	0	40	4	35,927
80	40	40	13	39,170
82	4	40	35	49,944
84	0	40	42	56,032
85	0	40	47	61,628
85	50¾	40	50¾	66,644
86	0	40	51	67,626
87	0	40	54	74,411
88	0	40	57½	81,990
89	0	40	58	90,481
90	0	40	58	100,000

Die Formel, nach welcher vorſtehende Tabelle berechnet iſt, iſt zwar nach theoretiſchen Betrachtungen hergeleitet, doch können die Data, die ihrer Herleitung zu Grunde liegen, als der reine Ausdruck von Umſtänden angeſehen werden, welche durch Verſuche entweder ermittelt oder beſtätigt worden ſind, und ſo läßt ſich von ihr vermuthen, daß ſie der Erfahrung wirklich entſprechen werden, wiewohl ſie Beſtätigungen durch dieſelbe wirklich erſt noch erwartet.

Potter **) hat zwar neuerdings das Reflexionsvermögen verſchiedener Glasſorten unter verſchiedenen Einfallswinkeln geprüft, allein er hat das Brechungsverhältniß derſelben dabei nicht angegeben *), daher ſeine Reſultate ſich nicht direct mit den Reſultaten der Freſnel'ſchen Formel vergleichen laſſen; ſo viel erhellt allerdings, daß die Potter'ſchen Reſultate ſämmtlich kleiner als die in der vorigen Tabelle ſind; indeß könnte dies möglicherweiſe von einer mißlichen Complication des, im Weſentlichen mit dem S. 84 beſchriebenen, übereinſtimmenden photometriſchen Verfahrens, bei dem jedoch noch eine Hülfsvorrichtung angewandt wurde, um die Quantität des fremdartigen zurückgeworfenen Lichtes ſchätzen und in Abzug bringen zu können, herrühren. Das Reſultat ſeiner Verſuche ſelbſt iſt folgendes:

---

*) Winkel des Polariſationsmaximum.

**) Brewſter Edinb. J. of sc. 1831. Janv. p. 37.

Reflectirte Stralen von 100 einfallenden Stralen, an der erſten Oberfläche **).

Einfallswinkel.	Crownglas von 2,511 ſpec. Gew.	Tafelglas von 2,511 ſpec. Gew.	Flintglas von 3,225 ſpec. Gew.
10°	3,66	3,68	3,82
20	3,82	3,74	4,13
30	4,17	4,09	4,45
40	4,49	4,40	4,84
50	5,25	5,57	6,30
60	7,76	8,00	8,89
70	13,70	14,06	17,06
80	33,73	34,30	35,68
85	54,57	54,59	57,27

Potter hat dieſe Beobachtungen auch durch eine empiriſche Formel zu repräſentiren geſucht ***), welche folgende iſt:

$$y = a + \frac{c^3}{r + b - x}$$

worin y die Quantität des zurückgeworfenen Lichtes iſt, wenn die des einfallenden = r; x der Einfallsſinus; a, b, c durch die Verſuche zu beſtimmende Größen. Ungeachtet die Berechnung nach dieſer Formel mit den angeführten Verſuchen recht wohl übereinſtimmt, ſo geſtehe ich doch, daß mir die Form derſelben nicht ſehr glücklich gewählt ſcheint, und die oben angegebene, auf die Natur der Erſcheinungen ſelbſt gegründete, iſt unſtreitig richtiger †).

*) Bloß das iſt angegeben, daß das Brechungsverhältniß des Tafelglaſes etwas größer als das des Crownglaſes war.

**) Das Glas dieſer Verſuche war friſch abgerieben und polirt worden.

***) Die Brewſter-Freſnel'ſche kannte er unſtreitig nicht.

†) Potter beſtimmt die Werthe in ſeiner Formel von a, b, c für obige Verſuche folgendermaßen:

Potter hat auch geprüft, wie viel von beiden Oberflächen des Glaſes zuſammengenommen an Licht zurückgeworfen ward, ferner wie viel durch beide Oberflächen hindurchging. Durch Abzug beider Quantitäten von der Geſammtheit des einfallenden Lichtes ergab ſich dann die Quantität Licht, welche vom Glaſe verſchluckt worden. Folgendes ſind die Reſultate dieſer Verſuche; die Quantität des einfallenden Lichtes wiederm = 100 geſetzt.

Einfallswinkel.	Von beiden Oberflächen zuſammen zurückgeworfenes Licht.	Durch beide Oberflächen durchgehendes Licht.	Verſchlucktes Licht.
Bei Crownglas von ungefähr $\frac{1}{17}$ Engl. Zoll Dicke.			
0°	—	86,83	—
10	6,60	87,10	6,30
20	6,83	—	—
30	7,40	85,02	7,58
40	8,34	—	—
50	9,71	81,52	8,77
60	12,97	—	—
70	23,00	70,79	6,21
80	42,50	—	—
Tafelglas von ungefähr $\frac{1}{8}$ Zoll Dicke.			
0°	—	91,42	—
10	6,77	90,84	2,39
20	7,01	—	—
30	7,40	90,64	1,96
40	8,27	89,36	2,37
50	9,80	87,51	2,69
60	13,59	83,94	2,47
70	24,26	74,64	1,10
80	—	54,83	—

	Crownglas	Tafelglas	Flintglas
a	2,7	2,58	2,63
b	1,04	1,13	1,44
c	$\sqrt{76}$	9	10

Einfallswinkel.	Von beiden Oberflächen zuſammen zurückgeworfenes Licht.	Durch beide Oberflächen durchgehendes Licht.	Verſchlucktes Licht.
Flintglas von $\frac{1}{13}$ Zoll Dicke.			
0°	—	87,85	—
10	8,07	86,97	4,96
20	8,16	—	—
30	9,12	86,25	4,63
40	10,23	—	—
50	11,87	83,70	4,42
60	15,96	—	—
70	27,22	71,05	1,73
80	—	52,97	—

Formeln von Fresnel, um die Intenſität des von der erſten Oberfläche durchſichtiger, nicht kryſtalliſirter Körper (wie Glas, Waſſer ꝛc.), unter verſchiedenen Einfallswinkeln, zurückgeworfenen natürlichen oder polariſirten Lichtes zu beſtimmen.

Fresnel hat auf theoretiſche Betrachtungen, hinſichtlich deren wir auf ſeine eigenen Abhandlungen*) verweiſen müſſen, folgende, nachher von **Brewſter****) weiter erörterte, Formeln zur Beſtimmung des Verhältnißtheiles Licht gegründet, der von der erſten Oberfläche durchſichtiger, nicht kryſtalliniſcher Körper zurückgeworfen wird.

Der Einfallswinkel im Folgenden heiße überall i, der Brechungswinkel i′, der Winkel, welchen die Polariſationsebene mit der Einfallsebene macht, (das Azimuth der Polariſationsebene gegen die Einfallsebene), ſei a. Die Intenſität oder Menge des einfallenden Lichtes werden überall = 1 geſetzt, die Intenſität oder Menge des reflectirten heiße R.

I. Intenſität des reflectirten Lichtes bei einfallendem natürlichen Lichte auf denſelben Körper unter verſchiedenen Einfallswinkeln i.

$$R = \frac{1}{2}\,\frac{\sin^2(i-i')}{\sin^2(i+i')} + \frac{1}{2}\,\frac{\tang^2(i-i')}{\tang^2(i+i')} \qquad (1)$$

(Pogg. XXII. 87. 100; XIX. 289).

II. Intenſität des reflectirten Lichtes bei einfallendem natürlichen Lichte auf verſchiedenen Körpern unter dem Polariſationswinkel i.

$$R = \frac{1}{2}\cos^2 2i \qquad (2)$$

(Pogg. XIX. 295).

---

*) Pogg. XXII. 68. 90.

**) Pogg. XIX. 259. 291.

Dieſe Formel ergiebt ſich aus der vorigen durch Berückſichtigung, daß in unſerm Falle $i' = 90^\circ - i$; (bekanntlich ſteht der unter dem Polariſationswinkel einfallende Stral auf dem gebrochenen ſtets ſenkrecht).

III. Intenſität des reflectirten Lichtes, bei verſchiedenen Einfallswinkeln, wenn das einfallende Licht vollſtändig, und zwar in einem Azimuth = a gegen die Einfallsebene, polariſirt iſt.

$$R = \frac{\sin^2(i-i')}{\sin^2(i+i')}\cos^2 a + \frac{\operatorname{tang}^2(i-i')}{\operatorname{tang}^2(i+i')}\sin^2 a \qquad (3)$$

oder

$$R = \frac{(\operatorname{tang} i - \operatorname{tang} i')^2}{(\operatorname{tang} i + \operatorname{tang} i')^2}\cos^2 a + \frac{\operatorname{tang}^2(i-i')}{\operatorname{tang}^2(i+i')}\sin^2 a \qquad (4)$$

oder

$$R = \frac{\sin^2(i-i')}{\sin^2(i+i')}\cos^2 a + \frac{(\sin 2i - \sin 2i')^2}{(\sin 2i + \sin 2i')^2}\sin^2 a \qquad (5)$$

Dieſe drei Formeln ſind weſentlich identiſch und bloß trigonometriſche Transformationen von einander, von denen man je nach der Bequemlichkeit die eine oder andere anwenden kann. Man wird bemerken, daß dieſe Formeln zu Formel (1) zurückführen, wenn man $a = 45^\circ$ ſetzt, wie man denn wirklich einen einfallenden natürlichen Stral als beſtehend denken kann aus zwei rechtwinklich gegen einander und in einem Azimuth von 45° zu beiden Seiten gegen die Einfallsebene polariſirten Stralen.

(Pogg. XXII. 100).

IV. Intenſität des reflectirten Lichtes, wenn das einfallende Licht vollſtändig, und zwar in einem Azimuth = a gegen die Einfallsebene, polariſirt iſt, und wenn der Einfallswinkel der der vollſtändigen Polariſation iſt.

$$R = \sin^2 a \qquad (6)$$

Dieſe Formel, welche die bekannte Malus'ſche iſt, ergiebt ſich als beſonderer Fall aus den unter III. angeführten, unter Berückſichtigung, daß in unſerm Falle $i' = 90^\circ - i$.

V. Intenſität des reflectirten Lichtes, bei verſchiedenen Einfallswinkeln, wenn das einfallende Licht vollſtändig und zwar nach der Einfallsebene polariſirt iſt.

$$R = \frac{\operatorname{tang}(i - \operatorname{tang} i')^2}{\operatorname{tang}(i + \operatorname{tang} i')^2} \qquad (7)$$

oder

$$R = \frac{\sin^2(i-i')}{\sin^2(i+i')} \qquad (8)$$

Dieſe Formeln ergeben ſich als beſondere Fälle aus den unter III. angeführten, unter Berückſichtigung, daß für unſern Fall $\sin a = 0$, $\cos a = 1$.

(Pogg. XXII. 84, 97).

VI. Intenſität des reflectirten Lichtes, bei verſchiedenen Einfallswinkeln, wenn das einfallende Licht vollſtändig und zwar ſenkrecht auf die Einfallsebene polariſirt iſt.

$$R = \frac{\mathrm{tang}^2\,(i - i')}{\mathrm{tang}^2\,(i + i')} \qquad (9)$$

oder

$$R = \frac{(\sin 2\,i - \sin 2\,i')^2}{(\sin 2\,i + \sin 2\,i')^2} \qquad (10)$$

Dieſe Formeln ergeben ſich als beſondere Fälle aus den unter V. angeführten, unter Berückſichtigung, daß für unſern Fall $\cos a = 0$, $\sin a = 1$.

(Pogg. XXII. 87, 98).

VII. Intenſität des reflectirten Lichtes, bei verſchiedenen Einfallswinkeln, wenn das einfallende Licht im Azimuth a gegen die Einfallsebene, aber unvollſtändig, polariſirt iſt.

Zum Verſtändniß der folgenden Formeln wird es nöthig ſein, etwas über den Begriff der unvollſtändigen Polariſation vorauszuſchicken, wiewohl wir ſpäter derſelben noch ausführlichere Erörterungen beſonders widmen werden.

Man kann für den Begriff der unvollſtändigen Polariſation zwei Vorſtellungen, die übrigens zu gleichen Ergebniſſen führen, zu Grunde legen.

a) Man denkt ſich einen unvollſtändig polariſirten Stral als beſtehend aus zwei Theilen, wovon der eine, den wir s nennen wollen, vollſtändig polariſirt iſt, der andere (1 — s) aber ſich im natürlichen Zuſtande befindet *). In dieſem Falle kann man R als Function von s folgendermaßen ausdrücken:

$$R = \frac{\sin^2\,(i - i')}{\sin^2\,(i + i')} \cdot \left(\frac{1 + s \cos 2\,a}{2}\right) + \frac{\mathrm{tang}^2\,(i - i')}{\mathrm{tang}^2\,(i + i')} \left(\frac{1 - s \cos 2\,a}{2}\right) \qquad (11)$$

(Für natürliches Licht iſt $s = 0$).

Dieſe Formel ergiebt ſich durch Combination der Formeln (5), (7) und (9) nach der Betrachtung, daß dem Antheile natürlichen Lichtes, welchen man im unvollſtändig polariſirten Strale vorausſetzt, ſich zwei gleiche Antheile rechtwinklich auf einander polariſirten Lichtes ſubſtituiren laſſen.

b) Man ſtellt ſich (mit Brewſter) den unvollſtändig polariſirten Stral als aus zwei vollſtändig polariſirten Bündeln beſtehend vor, deren Polariſationsebenen einen gewiſſen ſchiefen Winkel mit einander bilden, welcher durch alle Zwiſchengrade von 0° an, wo die Ebenen zuſammenfallen,

---

*) Dem letztern kann man dann wieder zwei rechtwinklich auf einander polariſirte Stralen ſubſtituiren.

und der Stral vollſtändig polariſirt iſt, bis 90°, wo die Ebenen rechtwinklich auf einander ſind und der Stral einem gar nicht polariſirten oder natürlichen äquivalent iſt, variiren kann. Kennt man dieſen Winkel (den wir = 2u ſetzen wollen), wozu ſpätere Formeln führen werden, ſo ergiebt ſich die Intenſität des zurückgeworfenen Lichtes als Function deſſelben nach folgender Formel:

$$R = \frac{\sin^2(i-i')}{\sin^2(i+i')}\cos^2 u + \frac{\tan^2(i-i')}{\tan^2(i+i')}\sin^2 u \qquad (12)$$

Dieſe Formel ſtimmt, wie man ſieht, ganz mit der Formel (5) überein, wenn man u = a ſetzt.

(Pogg. XIX. 271).

Reflexionsvermögen von Metallen.

Potter hat bei metalliſchen Planſpiegeln *), von deren wirklicher Ebenheit er ſich überzeugt hatte, gefunden, daß die Annahme, daß ſie eine größere Quantität Licht bei großen als bei kleinen Einfallswinkeln zurückwerfen, ungegründet ſei, indem vielmehr bei ihnen das Umgekehrte Statt findet. Seine Verſuche wurden zu verſchiedenen Zeiten mittelſt des Photometers an zwei ebenen Spiegeln angeſtellt, deren einer A aus einer Compoſition von 14½ Zinn gegen 32 Kupfer, der andere B aus Gußſtahl beſtand.

Folgendes ſind die Reſultate, die er mit dieſen Spiegeln erhielt. Das zurückgeworfene Licht iſt in Bruchtheilen des einfallenden ausgedrückt. Die Intenſität deſſelben wurde mittelſt ſeines Photometers beſtimmt.

Spiegel A.

Einfallswinkel.	Zurückgeworfenes Licht		
	Verſuch 1.	Verſuch 2.	Verſuch 3.
10°	—	0,6861	0,6642
20	0,6945	—	—
30	—	0,6658	0,6550
40	0,6679	—	—
50	—	0,6542	0,6473
60	0,6491	—	—
70	—	0,6512	—

---

*) Edinb. J. of sc. N. S. Vol. III. p. 278 oder Pogg. XXII. 606.

Spiegel B.

Einfallswinkel.	Zurückgeworfenes Licht	
	Verſuch 1.	Verſuch 2.
10°	0,6052	0,5718
20	—	0,5564
30	0,5369	0,5549
40	—	—
50	0,5496	0,5329
60	—	0,5466

Es erhellt aus dieſen Tabellen, daß die Differenzen kleiner werden, je mehr der Einfallswinkel zunimmt. Potter glaubt, daß ſich nach dieſen Verſuchen die Quantität y des zurückgeworfenen Lichtes durch folgende Gleichung beſtimmen laſſen werde:

$$y = ax + b$$

wo die Quantität des einfallenden Lichtes = 1 geſetzt wird, b die bei ſenkrechtem Einfallen zurückgeworfene Quantität iſt; a eine andere durch Verſuche zu beſtimmende conſtante Größe; x der Sinus des Einfallswinkels. Es ſcheint mir jedoch, daß die bei Abänderung des Einfallswinkels beobachteten Differenzen viel zu klein ſind, um die Quantität des zurückgeworfenen Lichtes mit einiger Sicherheit als Function des Einfallswinkels daraus herzuleiten; überdies läßt ſich nach anderweiten Betrachtungen mit ziemlicher Sicherheit a priori vorausſetzen, daß eine Formel, wie die obige, das Geſetz nicht repräſentiren kann.

Potter*) bemerkt, daß Metallſpiegel von dem Zurückwerfungsvermögen, was ſie friſch polirt beſitzen, bald ziemlich verlieren. Er fand dies mittelſt photometriſcher Verſuche nicht nur an einem Spiegel aus einer Compoſition von 14½ Zinn und 32 Kupfer, ſondern auch an einem Spiegel von Gußſtahl beſtätigt, indem er zu verſchiedenen Zeiten nach ihrer Politur dieſe Verſuche damit anſtellte, und bloß jedesmal vor dem Verſuche die Spiegel durch weiches Leder reinigte.

Derſelbe hat über den Guß und die Politur der Spiegel für Teleſkope eine Abhandlung bekannt gemacht **), hinſichtlich deren wir, da ſie mehr techniſch als phyſikaliſch iſt, auf das Original verweiſen. Bloß Folgendes wollen wir daraus ausheben.

Für diejenige Legirung, welche das meiſte Licht zurückwirft, erklärt der Verfaſſer die von Mudge, beſtehend aus ungefähr 14½ Theil Zinn gegen 32 Theile Kupfer, was ungefähr 1 Atom Zinn gegen 4 Atome Kupfer (nach Berzelius Atomgewicht) iſt. Dieſe Legirung hat ein viel größeres ſpecifiſches Gewicht, als das nach dem ſpecifiſchen Gewichte ihrer Beſtandtheile berechnete. Potter fand es bei verſchiedenen Güſſen von 8,6 bis 8,98 wechſelnd. Zuſatz von wenig Arſenik vermehrte zwar bedeutend die Härte der Legirung; doch gewährte er weder Vortheile hinſichtlich der Politur, noch vermehrte er, wie ſich der Verfaſſer durch Meſſungen überzeugte, das Reflexionsvermögen.

---

*) Edinb. J. of sc. Jul. 1830. p. 282.

**) Ebend. 1831. Jan. p. 12.

Anſtatt den Colcothar zur Politur der Spiegel durch Calcination des grünen Eiſenvitriols zu bereiten, was ſehr große und lang anhaltende Hitze erfodert, wenn wirklich alle Säure entfernt werden ſoll, fällt er den Vitriol mit Ammoniak und calcinirt dann. Das Nähere dieſer Bereitungsart iſt Folgendes:

Eine Quantität Eiſenvitriol wird in Waſſer gelöſt und einige Tage ſtehen gelaſſen, damit ſich die Unreinigkeiten ſetzen; darauf die klare Löſung in ein anderes Gefäß gegoſſen und Ammoniakflüſſigkeit in überſchuß zugefügt. Der erhaltene Niederſchlag wird auf einem Filter von Mouſſelin geſammelt und gut gewaſchen, dann in Form eines dicken Teiges (mud) in einen, gegen Zutritt von Staub bedeckten, Tiegel gethan und zehn Minuten lang in ſchwacher Rothglühhitze erhalten, wo das Pulver fertig iſt. Für Metall, welches ein härteres Pulver erfodert, muß es längere Zeit erhitzt werden; und man kann es ſolchergeſtalt von beliebiger Härte erhalten. — Der Verfaſſer giebt der Ammoniakflüſſigkeit deshalb den Vorzug vor kohlenſaurem Kali oder kohlenſaurem Natron als Fällungsmittel, weil kohlenſaures Eiſen, wenn es im Polirpulver vorhanden iſt, den Spiegel auf eine eigenthümliche Weiſe angreift. Doch vermochte er auch ein gutes Pulver bei Fällung mit Perlaſche zu erhalten, wenn es zu verſchiedenen Malen erhitzt und jedesmal Waſſer auf das rothglühende kohlenſaure Eiſen getröpfelt wurde.

Helioſtat.

In Poggendorff's Annalen XVII. 71 iſt eine neue Einrichtung des Helioſtaten durch Gambey, nebſt Theorie deſſelben, mitgetheilt. Dieſer Helioſtat unterſcheidet ſich von früheren vortheilhaft durch folgende Umſtände: 1) kann der Beobachter, bevor er denſelben gebraucht, die reſpective Lage der beweglichen Theile, aus denen er beſteht, genau prüfen; 2) iſt das Inſtrument durch bloße Kenntniß der Breite des Beobachtungsortes und der der Beobachtungszeit entſprechenden Declinationen der Sonne leicht zu orientiren; 3) iſt der Regulator nicht ein freiſchwebendes Pendel, welches der Wind im Gange ſtören kann, ſondern in einer Uhr befindlich.

Wegen der Umſtändlichkeit der Darſtellung des Gebrauches und der Theorie dieſes Inſtrumentes verweiſen wir hinſichtlich der nähern Kenntniß deſſelben auf die Originalabhandlung.

VI. Einfache Brechung des Lichtes.

Brechungsverhältniſſe verſchiedener Körper.

Folgende Brechungsverhältniſſe hat neuerdings Herſchel *) beſtimmt:

Stoffe.	Brechungsverhältniß.
Chlorſchwefel	1,670
Salpeterſaures Wismuth,	
geringſte	1,670
ſtärkſte Brechung ungefähr	1,890
Unterſchwefligſaures Natron-Silber,	
geringſte	1,735
ſtärkſte Brechung	1,785
Spinell-Rubin	1,756
Rubellit	1,756
Labrador-Hornblende	1,800
Bleiſilicat (gleiche Atome Blei und Kieſelerde)	2,123
Salpeterſaures Blei (quadro-nitrate), ſechsſeitige Prismen, gewöhnliche Brechung	2,322

Auf folgende, ſchon früher von Euler **) mit großer Sorgfalt beſtimmte, jedoch bis jetzt wenig beachtete, Brechungsverhältniſſe, macht neuerdings Marx ***) aufmerkſam. (Die Löſungen waren ſtets in 1 Unze Regenwaſſer gemacht.)

Brechungsverhältniſſe bei 12° R. aus Luft in:

Stoffe.	Brechungsverhältniß.
Deſtillirtes Waſſer	1,3358
Regenwaſſer	1,3358
Brunnenwaſſer	1,3364
Franzwein	1.3455
Franzbranntwein	1,3602
Eine ſtärkere Sorte	1,3632
Rectiſicirter Weingeiſt	1,3634
Starker rectiſicirter	1,3706
Eiweis	1,3685
Deſtillirter Eſſig	1,3442
Löſung von arabiſchem Gummi	1,3467
Löſung von weißem Zucker	1,3457

---

*) Brewſter's J. of sc. 1829. XX. 296 oder Kaſtn. N. Arch. II. 117.

**) Schriften der Berliner Academie, von den Jahren 1756 und 1761 (S. 318 ff.).

***) Kaſtn. N. Arch. II. 118.

Stoffe.	Brechungsverhältniß.
Löſung von 2 Scrupel Salz der Salinen	1,3477
Löſung von 2 Scrupel Sal Urinae	1,3400
Provenceröl	1,4650
Terpentinöl	1,4822
Geſättigtes Mineralkali	1,3665
Salpeterſäure	1,4020
Löſung von 2 Scrupel Glauberſalz	1,3430
Löſung von 2 Scrupel Sal digest. Sylv.	1,3454
Löſung von 2 Scrupel Salmiak	1,3488
Löſung von 1 Scrupel Eiſenvitriolöl	1,3395
Oleum Tartar. per deliquium	1,3917

Brechungsverhältniſſe bei 51° R.

Brunnenwaſſer	1,3351
Löſung von 12 Gran gereinigten Salpeter	1,3380
— — 24 — — —	1,3398
— — 48 — — —	1,3450
— — 2 Drachmen — —	1,3540
Infuſion von Pfirſichblättern	1,3363
— — Nußſchalen	1,3351
— — Safran	1,3359
— — Peterſilie	1,3351
Eger Waſſer	1,3358
Selterſer Waſſer	1,3353
Liquor Anodynus	1,3650
Kampherſpiritus	1,3757
Seifenſpiritus	1,4088

Verfahren Euler's. Euler bediente ſich zweier, in einem Fernrohre anzubringender, Glas-Meniſken, wovon der erſte, dem Object zugekehrt, eine concav-concave Linſe, der andere eine nach dem Object zu concave, nach dem Bilde zu convexe, Linſe war, wie Fig. 14. erläutert.

Er taucht die beiden Linſen in die filtrirte Flüſſigkeit, drückt ſie, nachdem ſie ſich damit gefüllt, feſt zuſammen, worauf ſie, auch nach dem Herausnehmen, feſt an einander haften, befeſtigt ſie ſodann vorn in einem Fernrohre, deſſen Ocular die Brennweite von 1,56″ hat, richtet es nach einem fernen Gegenſtand und berechnet aus der Länge, um welche er das Objectiv bis zum deutlichen Sehen verſchieben oder die Röhre ausziehen muß, die Brennweite deſſelben und daher das Brechungsverhältniß der in ihm eingeſchloſſenen Flüſſigkeit. Durch gehörige Wahl der Radien läßt ſich die veränderliche Länge ſehr beträchtlich erhalten und daher das Verhältniß bis auf die vierte Decimalſtelle verbürgen. Euler gebrauchte zwei Paare von Meniſken, von gleicher Form, die er mit A, B bezeichnet. Die Dimenſionen von A giebt er ſo an: der Radius von a = 3,74″; von b =

2,46″; von c = 2,15″; von d = 2,05 Rheinl. Das Brechungsverhältniß des Glaſes 1,5399. Dann entwickelt er noch zwei Formeln, um für jedes angewandte Paar den Brechungsinder der Flüſſigkeit n zu beſtimmen; für A, $n = 1,2991 + 1,1751 \left(\frac{1}{k} + \frac{1}{f}\right)$, und für B, $n = 1,3066 + 1,1694 \left(\frac{1}{k} + \frac{1}{f}\right)$, wo f den Halbmeſſer für a, k den für d bedeutet.

Für das Brechungsverhältniß und den damit zuſammenhängenden Winkel des Polariſationsmarimum verſchiedener Metalle (auf die mittleren Stralen des Spectrums bezogen) hat Brewſter folgende Werthe gefunden:

Metalle.	Brechungsverhältniß.	Winkel des Polariſationsmarimum.
Korn-Zinn (grain tin)	4,915	78° 30′
Queckſilber	4,893	78 27
Bleiglanz	4,773	78 10
Schwefelkies	4,511	77 30
Glanz-Kobalt	4,309	76 56
Spiegelmetall	4,011	76 0
Geſchmolzenes Antimon	3,844	75 25
Stahl	3,732	75 0
Wismuth	3,689	74 50
Reines Silber	3,271	73 0
Zink	3,172	72 30
Weißblech (Tin plate) gehämmert	2,879	70 45
Juweliergold	2,864	70 45

Dieſe Beſtimmungen ſind aus den Erſcheinungen der elliptiſchen Polariſation abgeleitet, von denen weiterhin die Rede ſein wird.

Marx **) fand das Brechungsverhältniß des Selens, nach ſeinem Polariſationswinkel (67° 15′) berechnet, = 2,385 ***).

Abänderung des Fraunhofer'ſchen Inſtrumentes zur Beſtimmung des Brechungsverhältniſſes durch Prismen, von Seebeck ****).

Der Verfaſſer hat das Fraunhofer'ſche Inſtrument, welches ſich in Gilbert LVI. 266 beſchrieben findet, in ſo fern abgeändert, daß ſich die Scheibe, welche das Prisma trägt, über dem Centrum des Limbus befindet, um die aus deren excentriſcher Stellung entſtehende Parallaxe zu vermeiden, und daß die Regel nebſt Fernrohr, wie ſie Fraunhofer zu

---

*) Philos. transact. 1830. P. II. p. 324.

**) Schweigg. LXI. 46.

***) Als etwas Eigenthümliches bemerkt hiebei Marx, daß das Selen, ſelbſt im dünnſten Zuſtande, kein Licht durchließ.

****) Pogg. XX. 30.

Meſſung des Einfallswinkels anwendet, weggelaſſen wird, da ſie durch folgendes Verfahren überflüſſig wird. Seebeck ſtellt das Prisma vor dem Fernrohre des Inſtrumentes ſo auf, daß nicht nur das vom Prisma gebrochene, ſondern auch ſowohl das direct einfallende, als das von der hintern (dem Fernrohre zugekehrten) Fläche des Prisma's geſpiegelte Licht einer entfernten Lampe beobachtet werden kann. Der Unterſchied der bei der erſtern und zweiten dieſer Beobachtungen angezeigten Winkel giebt die Ablenkung des Lichtes, und der Unterſchied der bei der zweiten und dritten angezeigten Winkel giebt das Doppelte des Winkels, welchen die hintere Fläche des Prisma's auf der Axe des Fernrohres bildet. Aus dieſen beiden Größen, verbunden mit dem Neigungswinkel des Prisma's, welcher mittelſt deſſelben Inſtrumentes durch Spiegelung gemeſſen wird, ergiebt ſich das Brechungsverhältniß. Dies Verfahren gewährt den Vortheil, nicht bloß beim Minimum der Ablenkung, ſondern bei verſchiedenen Einfallswinkeln meſſen zu können.

Einfluß der Temperatur auf Brechungs- und Zerſtreuungsvermögen von Flüſſigkeiten.

Durch Beobachtungen über die Veränderung der Focalweite einer mit Schwefelkohlenſtoff gefüllten Linſe bei verſchiedener Temperatur hat Barlow *) ausgemittelt, daß das Brechungsverhältniß des Schwefelkohlenſtoffes zwiſchen 0° und 100° C. in der Vorausſetzung einer gleichförmigen Veränderung um $\frac{1}{17}$ abnimmt **), welches Verhältniß nahe der zugehörigen Ausdehnung des Schwefelkohlenſtoffes entſpricht, weshalb es Barlow wahrſcheinlich findet, daß ſich das Brechungsvermögen überhaupt direct wie die Dichte verändere. Das Zerſtreuungsvermögen anlangend, ſo glaubt Barlow durch ſeine Verſuche, die er jedoch in dieſem Bezuge noch zu erweitern verſpricht, wahrſcheinlich gemacht zu haben, daß es ſich gar nicht mit der Temperatur ändere.

Unabhängigkeit des Zerſtreuungs- vom Brechungsvermögen.

Herſchel ***) führt als Beweis der Unabhängigkeit des Zerſtreuungsvermögens vom Brechungsvermögen an, daß, wenn man dem Caſſiaöl ſeinen Waſſerſtoff durch hindurchgeleitetes Chlor entzieht, wodurch es ſich in eine viskoſe Maſſe verwandelt, ſein Brechungsvermögen ſehr wenig, ſein Zerſtreuungsvermögen ſehr ſtark abgeändert wird.

*) Ann. de Ch. et de Ph. XL. 364 (kurz in Pogg. XIV. 390).

**) Die directen Beobachtungen waren von 4°,5 C. bis 24° C. angeſtellt.

***) Edinb. J. of sc. Nr. 20. p. 308 oder Baumg. Zeitſchr. VII. 78.

VII. Doppelte Brechung des Lichtes.

Anwendung des ſalpeterſauren Natrons zu Verſuchen über die Doppelbrechung.

Marx *) empfiehlt zu Verſuchen über die Doppelbrechung in hohem Grade die, mit einer einzigen repulſiven Axe begabten, Kryſtalle des ſalpeterſauren Natrons, deſſen Doppelbrechung noch ſtärker als die des Kalkſpathes iſt, indem das conſtante Verhältniß des Einfallsſinus zum Brechungsſinus für den gewöhnlichen Stral nach Marx Meſſungen = 1,481 und für den ungewöhnlichen Stral = 1,251 iſt **). Wir wollen in Bezug auf Anſtellung ſolcher Verſuche einiges Nähere über die Verhältniſſe des ſalpeterſauren Natrons mittheilen.

In Nachtheil ſteht die Anwendung des ſalpeterſauren Natrons gegen die des isländiſchen Spathes in ſo fern, als es von letzterm leicht iſt, ſich große und durchſichtige Stücke zu verſchaffen, denen ihre natürliche Härte und Unauflöslichkeit in Waſſer eine gleichförmige, unveränderliche Dauer verleiht, während man ſich von jenem meiſt mit kleinen Kryſtallen begnügen muß, deren Klarheit nicht immer vollkommen iſt, deren Weiche ein genaues Zuſchleifen verhindert und die in feuchter Luft leicht anlaufen und matt werden, wogegen ſich jedoch klare Kryſtalle durch einen ſehr dünnen Firniß- oder Fettüberzug ſchützen laſſen. Dagegen gewähren ſie den Vortheil, daß ſie zu jeder Zeit aus einer wäſſerigen Auflöſung, und bei gehöriger Maſſe und Vorſicht oft in zollgroßen Individuen dargeſtellt, und wegen ihrer geringen Härte zu optiſchen Zwecken ſchnell und ohne Mühe zugerichtet werden können.

Die gewöhnlich erſcheinende Geſtalt des ſalpeterſauren Natrons iſt die eines ſtumpfen Rhomboeders (Fig. 15.), deſſen großer Kantenwinkel nach Marx Verſuchen 106° 33′ beträgt, und deſſen Axe, wenn die Seite der horizontalen Projection des in aufrechter Stellung befindlichen Rhomboeders als Einheit angenommen wird, hiernach $= \sqrt{2,05}$ iſt.

Abgeleitete Formen konnte der Verfaſſer bis jetzt keine anderen erhalten, als das Rhomboeder mit abgeſtumpften Polecken (Fig. 16).

Beim Kryſtalliſiren liegen die einzelnen anſchießenden Rhomboeder entweder auf der Fläche P oder auf o. Spuren von Zuſchärfungen auf den Randecken wurden wohl bemerkt, auch Zwillinge nach R — r zuſammengeſetzt, doch waren ſie nicht entſchieden und meßbar genug. Die Theilbarkeit oder der Blätterdurchgang findet vollkommen nach den Pflächen Statt, und iſt ſo rein und ſpiegelnd wie beim Kalk- und Bitterſpath. Das ſpecifiſche Gewicht des Salzes wurde = 2,1880 gefunden.

---

*) Schweigg. LVII. 285.

**) Beim Kalkſpath reſpectiv 1,6[illegible] und 1,[illegible].

Von dem, beim Kalkſpathe beobachteten, Phänomen der Vermehrung der Bilder durch eine eigenthümliche diagonale Reflexion und Refraction, die Malus von feinen, den ſtumpfen Kanten des Kryſtalles parallelen, Sprüngen, Brewſter*) und Mohs**) von zarten Einlagerungen einer andern Maſſe abgeleitet hat, konnte Marx nur geringe Anzeichen bei den Kryſtallen des ſalpeterſauren Natrons wahrnehmen. Bald jedoch gelang es ihm dieſelben willkührlich hervorzurufen, wenn er in einem klaren Kryſtall, parallel der ſtumpfen Kante, mit einem glühend heißen Meſſer einſetzte. Der Kryſtall bekam hier einen leichten Sprung, in dem ſich jene Erſcheinungen der Vervielfachung und Färbung der Bilder wiederholten. Das gleiche Verfahren gelang ihm übrigens auch an ganz reinen und gleichförmig durchſichtigen Stücken vom Doppelſpathe***).

Mittel, die Divergenz der zwei Stralenbüſchel im Doppelſpathe zu vergrößern, von Nicol †).

Man ſchleife die ſpitzigen Kantenwinkel eines 1 Zoll langen, $\frac{1}{10}$ Zoll dicken und eben ſo breiten Kalkſpathrhomboeders ſo zu, daß jener, der 65° betrug, nun die Größe 68° hat, und polire die neuen Flächen, theile dann das Rhomboeder in zwei gleiche Theile durch einen Schnitt, welcher durch die ſpitzigen Kanten geht, und nahe die ſtumpfen Körperwinkel trifft, verbinde beide Theile mit den polirten Flächen mittelſt Canadabalſam feſt mit einander, ſo, daß man dadurch ein Rhomboeder erhält, welches der natürlichen Geſtalt des Doppelſpathes ähnlich iſt.

Fällt ein Lichtſtral parallel mit einer Seitenkante auf das Rhomboeder, ſo wird er ſo ſtark in zwei Theile geſpalten, daß man nur den gewöhnlichen Stral ins Auge und ein farbenloſes Bild bekommt, welches an ſeinem natürlichen Orte entſteht. Dreht man das Rhomboeder um eine mit der längern Diagonale der Seitenflächen parallele Axe, ſo überzeugt man ſich, daß der gewöhnliche Stral ſogar über die Größe des ganzen Geſichtsfeldes hinausreicht. Da kommt ein blaues Bild zum Vorſchein, wenn der gewöhnliche Stral auf einer Seite verſchwindet, und ein oranges, von einer großen Anzahl ſehr kleiner dunkelfarbiger Franzen begleitetes, wenn dieſes auf der andern Seite der Fall iſt. Über die Franzen hinaus verſchwindet das gewöhnliche Bild, und es kommt das ungewöhnliche zum Vorſchein; doch dieſes nimmt wegen der Schiefe des einfallenden Lichtes einen kleinern Raum ein, und erſcheint minder deutlich als das gewöhnliche. Der gewöhnliche Stral taugt in der Lage, wo er in einer mit einer Seitenkante parallelen Richtung das Rhomboeder verläßt, am beſten zu Unterſuchungen über denſelben, und ein reiner Kalkſpath, in die Form eines

---

*) Philos. transact. 1815. p. 271.

**) Grundriß der Mineralogie. II. 110.

***) Vergl. hierüber auch Brewſter in Edinb. Journ. of sc. Nr. XVIII. p. 311 und Marx's Kryſtallkunde S. 61 und 270.

†) Edinb. phil. J. Nr. XI. p. 83 oder Baumg. Z. VI. 231.

Rhomboeders von der vorhin beſchriebenen Art gebracht, bringt die Farbenringe in kryſtalliſirten Körpern mit einer Schönheit hervor, wie man ſie durch Turmalinplättchen, und vielleicht durch kein anderes Mittel, erzeugen kann.

Wem die Conſtruction des eben beſchriebenen Rhomboeders aus einem Stücke zu ſchwierig ſcheint, der kann ſich das Geſchäft dadurch erleichtern, daß er aus zwei Rhomboedern die zwei Hälften deſſelben bereitet und ſie mit einander verbindet. Dabei thut man wohl, einen der zwei Theile etwas über den andern vorläufig hervorſtehen zu laſſen, und dieſes hervorſtehende Stück erſt dann wegzunehmen, wenn der Kitt vollkommen feſt geworden iſt.

Doppelte Brechung durch Druck.

Schon früher hat **Fresnel** *) durch Verſuche mit Compreſſion des Glaſes nachgewieſen, daß das Glas durch Zuſammendrückung nach Einer Richtung eine poſitive Axe doppelter Brechung in der Richtung des Druckes erhält, und er hat es hienach für ſehr wahrſcheinlich erklärt, daß man durch Druck nach zwei verſchiedenen Richtungen auch die Erſcheinungen zweiaxiger Kryſtalle am Glaſe würde hervorbringen können. Man denke ſich z. B. einen Glaswürfel, in dem die Theilchen, welche anfangs nach den drei Richtungen, ſenkrecht gegen die Flächen des Würfels, einen gleichen Abſtand von einander beſitzen, durch Compreſſion nach zwei dieſer Richtungen genähert werden. Sind dieſe Compreſſionen gleich, ſo würde der Fall auf den zurückkommen, wo bloß Druck nach einer einzigen Richtung Statt findet, mithin auf den Fall einaxiger Kryſtalle; ſind aber die Compreſſionen ungleich, ſo wird das Glas dreierlei verſchiedene Abſtände zwiſchen ſeinen Moleculen nach drei unter einander rechtwinklichen Richtungen darbieten und alle optiſchen Eigenſchaften der zweiaxigen Kryſtalle beſitzen. Die Neigung der beiden optiſchen Axen gegen dieſe drei rechtwinklichen Richtungen wird ſich aus den Verkürzungen der Dimenſionen des Würfels leicht berechnen laſſen. In Bezug auf dieſe Erzeugung der Erſcheinungen zweiaxiger Kryſtalle im Glaſe ſind jedoch bis jetzt noch keine Verſuche angeſtellt.

Brewſter **) hat neuerdings Verſuche bekannt gemacht, welche die Erzeugung einer poſitiven Axe doppelter Brechung durch Druck nach der Richtung dieſes Druckes auch an einer Miſchung von Wachs und Harz kennen lehren.

Derſelbe nahm einige Tropfen eines geſchmolzenen Gemenges aus gleichen Theilen von Wachs und Harz ***), und brachte ſie nach einander auf eine Platte dicken Glaſes, ſo daß ſie einen großen Tropfen bildeten. Ehe der Tropfen erkaltet war, legte er auf ihn ein kreisrundes Glasſtück von etwa ¾ Zoll im Durchmeſſer, und preßte ihn durch einen ſenkrechten Druck gegen die Mitte des Glasſtückes, zu einer dünnen Platte aus. Die nach dem Drucke faſt ganz durchſichtig erſcheinende Platte zeigte jetzt, polariſirtem Lichte ausgeſetzt, daß ſie eine poſitive Axe doppelter Stralenbrechung beſitze, und bot die polariſirten Farben eben ſo vollkommen, als mancher Kryſtall des Mineralreiches, dar.

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XX. 376 oder Pogg. XIX. 539.

**) Pogg. XIX. 527.

***) Ein ſolches Gemeng zeigt, wenn man eine Portion davon ſchmilzt und ohne Druck zwiſchen zwei Glasplatten erkalten läßt, die verworrene Polariſation des Bienenwachſes und beſitzt einen beträchtlichen Grad von Opalescenz.

Das der weichen Schicht durch den Druck mitgetheilte Gefüge gehört ihr nicht als Ganzes an, noch hat ſie eine durch ihren Mittelpunct gehende Axe, wie eine Kreisſcheibe von unabgekühltem Glaſe. Vielmehr iſt in jedem Puncte derſelben eine Axe doppelter Stralenbrechung ſenkrecht gegen die Schicht, und die doppelt brechende Kraft variirt mit der Inclination des einfallenden Strales gegen dieſe Axe, wie in allen regelmäßigen einaxigen Kryſtallen. Nimmt man die Glasplatten von einander, ſo kann man eine oder mehrere Portionen von der zuſammengedrückten Schicht abſondern, und dieſe wirken auf das Licht genau eben ſo, wie Blättchen von einaxigem Glimmer oder Magneſiahydrat, und zeigen eine doppelt brechende Kraft von eben ſo großer Intenſität.

Formeln Fresnel's, um den Bezug der Geſchwindigkeiten (v und v_1) der beiden Stralen, in die ſich das Licht durch doppelte Brechung ſpaltet, zu ihrer Richtung, ſo wie den Winkel (γ) der optiſchen Axen zu beſtimmen *).

Wir wollen im Folgenden die Geſchwindigkeiten der beiden gebrochenen Stralen im Sinne der Emiſſionstheorie nehmen, und ſie reſpectiv v und v_1 nennen, mit der Bemerkung, daß man, um die Verhältniſſe in die der Undulationstheorie zu überſetzen, ſtatt v und v_1 überall reſpectiv zu ſubſtituiren hätte $\frac{1}{v}$ und $\frac{1}{v_1}$; γ ſei der Winkel, den beide optiſche Axen im Fall eines zweiaxigen Kryſtalles mit einander bilden.

Für einen Kryſtall mit 2 optiſchen Axen hat man:

$$v^2 = a^2 + (a_2^2 - a^2) \sin^2 \left(\frac{\alpha - \beta}{2}\right)$$

$$v_1^2 = a^2 + (a_2^2 - a^2) \sin^2 \left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right)$$

$$v^2 - v_1^2 = (a_2^2 - a^2) \sin \alpha \sin \beta$$

$$\sin^2 \left(\frac{\gamma}{2}\right)^{**)} = \frac{a_1^2 - a^2}{a_2^2 - a^2}$$

---

*) Ich führe dieſe und die folgenden, ſchon ſeit längerer Zeit bekannten, Formeln bloß wegen Bezugs einiger der folgenden Artikel darauf hier wieder mit an.

**) Der Winkel γ iſt der wahre Axenwinkel; den ſogenannten ſcheinbaren

In dieſen Formeln ſind:

α und β die Winkel, welche der betrachtete Stral reſpective mit beiden optiſchen Axen macht.

n der conſtante Brechungsexponent in einem, aus dem zweiaxigen Kryſtalle geſchnittenen, Prisma, bei welchem die Kante des brechenden Winkels der Linie, welche den ſtumpfen Winkel der optiſchen Axen mitten durchtheilt, parallel iſt *).

n_1 der conſtante Brechungsexponent in einem Prisma, deſſen Kante der Zwiſchenlinie der Axen, d. i. der, welche ihren ſpitzen Winkel mitten durchtheilt, parallel iſt.

n_2 der conſtante Brechungsexponent in einem Prisma, bei welchem die Kante ſenkrecht auf die Ebene der optiſchen Axen iſt.

Es verdient bemerkt zu werden, daß das conſtante Brechungsverhältniß allemal demjenigen von beiden in jedem Prisma erſcheinenden Stralen angehört, deſſen Polariſationsebene ſenkrecht auf die Kante des Prisma's iſt; auf dieſen ſind mithin die Werthe n, n_1, n_2 zu beziehen.

Für einen Kryſtall mit 1 optiſchen Axe hat man:

$$v^2 = n^2$$
$$v_1^2 = n^2 + (n_1^2 - n^2)\sin^2 u$$
$$v^2 - v_1^2 = (n_1^2 - n^2)\sin^2 u$$

Hierin iſt

n das conſtante Brechungsverhältniß des ungewöhnlichen Strales;

n_1 das conſtante Brechungsverhältniß des ungewöhnlichen Strales in einem Prisma, deſſen Kante der Axe parallel iſt.

u der Winkel des Strales mit der Axe.

Wie leicht erhellt, laſſen ſich die Formeln für den einaxigen Kryſtall aus denen für den zweiaxigen ableiten, indem man ſetzt

$$\alpha = \beta = u.$$

Formeln für Beſtimmung der Richtung des ungewöhnlich gebrochenen Strales in einaxigen Kryſtallen **).

Um bei einaxigen Kryſtallen aus der Richtung des einfallenden Strales und der Kenntniß der Brechungsverhältniſſe des gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strales die Richtung des gebrochenen Strales, welche durch den Brechungswinkel δ_1 und den Winkel ω_1 der Brechungsebene mit dem Hauptſchnitte beſtimmt wird, herzuleiten, dienen folgende zwei Formeln:

$$\tang \delta_1 \sin \omega_1 = \frac{a^2 \sin\delta \sin\omega}{\sqrt{[A - a^2 \sin^2\delta\,(A \sin^2\omega + b^2 \cos^2\omega)]}}$$

Axenwinkel i berechnet man hieraus nach folgender Formel:

$$\sin\left(\frac{i}{2}\right) = n_1 \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)$$

---

*) Es wird bei dieſen und den nachfolgenden Prismen vorausgeſetzt, daß der Stral in einer auf die Kanten des Prisma ſenkrechten Ebene auffällt.

**) Baumg. Suppl. S. 103.

$$\tan \delta_{,} \cos \omega_{,} = \frac{a^2 b^2}{A} \cdot \frac{\sin \delta \cos \omega}{\sqrt{[A - a^2 \sin^2 \delta (A \sin^2 \omega + b^2 \cos^2 \omega)]}} - \frac{B}{A}$$

Hierin iſt:

λ der Winkel, den ein Perpendikel auf die Einfallsfläche mit der Axe des Kryſtalles bildet, oder, was daſſelbe iſt, der Winkel, den die Einfallsfläche mit einer auf die Axe ſenkrechten Ebene bildet;

δ der Einfallswinkel;

ω der Winkel, den die Einfallsebene mit dem Hauptſchnitte bildet;

n der Brechungsexponent für den gewöhnlichen Stral (beim Doppelſpath $= 1{,}6543$);

$n_{,}$ der (für die bekannte Richtung) conſtante Brechungsexponent für den ungewöhnlichen Stral (beim Doppelſpath $= 1{,}4833$).

Ferner iſt zur Abkürzung geſetzt:

$$a = \frac{1}{n_{,}}; \quad b = \frac{1}{n}$$

$$A = a^2 \sin^2 \lambda + b^2 \cos^2 \lambda$$

$$B = (b^2 - a^2) \sin \lambda \cos \lambda$$

Endlich ſind die geſuchten Größen:

$\delta_{,}$ der Brechungswinkel;

$\omega_{,}$ der Winkel der Brechungsebene mit dem Hauptſchnitte.

Steht die Fläche, welche den Stral trifft, auf der Axe der doppelten Brechung ſenkrecht, ſo iſt

$$\lambda = 0, \; A = b^2, \; B = 0$$

und man findet

$$\omega_{,} = \omega$$

$$\tan \delta_{,} = \frac{a^2}{b} \cdot \frac{\sin \delta}{\sqrt{(1 - a^2 \sin^2 \delta)}}$$

Iſt die Fläche, welche der Stral trifft, mit der Axe parallel, ſo hat man

$$\lambda = 90^\circ, \; A = a^2, \; B = 0$$

Fällt ein Stral in der Ebene des Hauptſchnittes oder einer damit parallelen Ebene ein, ſo iſt $\omega = 0$; für einen ſenkrecht einfallenden Stral iſt $\delta = 0$, Fälle, worauf ſich die Formel leicht anwenden läßt.

Kennt man die Ablenkung $\delta_{,}$ eines Strales bei ſenkrechtem Einfallen, (wo $\delta = 0$, $\omega_{,} = 0$), ſo findet man das Verhältniß $\frac{a}{b}$ oder $\frac{n}{n_{,}}$ nach folgender Formel:

$$\frac{a}{b} = \sqrt{\left[\frac{\tan(\lambda + \delta_{,})}{\tan \lambda}\right]}$$

Gleichung der Oberfläche der Lichtwellen in einem Mittel, deſſen Elaſticität nach den drei Hauptrichtungen verſchie-

den iſt, und Beſtimmung der Geſchwindigkeit des Lichtes nach der Richtung der Radiorum vectorum, von Ampère *).

Es ſei ein Mittel mit drei Hauptaxen der Elaſticität gegeben. Die Coordinaten werden dieſen Axen parallel genommen. a^2, b^2, c^2 ſind drei conſtante Größen, proportional den Elaſticitäten des Mittels nach der Richtung der Axen der x, y, z. Es ſei ferner

$$p = \frac{dz}{dx}, \quad q = \frac{dz}{dy}$$

$$A = c^2 p^2 + a^2 q^2 + a^2$$

$$B = b^2 p^2 + c^2 q^2 + b^2$$

ſo hat man für die gemeinſchaftliche Gleichung aller Berührungsebenen der Oberfläche einer Welle, die vom Mittelpuncte der Coordinaten ausgegangen iſt, folgende:

$$(z - px - qy)^2 = \tfrac{1}{2} \left[A + B \pm \sqrt{(A-B)^2 - 4(c^2 - b^2)(a^2 - c^2)p^2 q^2}\right]$$

und die endliche Gleichung der krummen Fläche der Welle iſt:

$$(x^2 + y^2 + z^2)(a^2 x^2 + b^2 y^2 + c^2 z^2) - a^2 (c^2 + b^2) x^2$$
$$- b^2 (a^2 + c^2) y^2 - c^2 (a^2 + b^2) z^2 + a^2 b^2 c^2 = 0$$

Setzt man in dieſer Formel zwei Elaſticitätsaxen einander gleich, ſo beſchränkt man die Formel für die Geſtalt der Welle auf Kryſtalle mit Einer optiſchen Axe. Für $b = c$ erhält man

$$[a^2 x^2 + b^2 (y^2 + z^2)](x^2 + y^2 + z^2) - 2a^2 b^2 x^2$$
$$- b^2 (a^2 + b^2)(y^2 + z^2) + a^2 b^2 = 0, \text{ oder}$$
$$(x^2 + y^2 - z^2 - b^2)[a^2 x^2 + b^2 (y^2 + z^2) - a^2 b^2] = 0$$

Der erſte Factor iſt die Gleichung einer Kugel, der zweite die eines elliptiſchen Sphäroids.

Für Kryſtalle, an welchen alle drei Elaſticitätsaxen einander ungleich ſind, läßt ſich die Gleichung der Wellengeſtalt nicht in zwei rationale Factoren zerlegen, wohl aber jeder Durchſchnitt derſelben mit den Coordinatenebenen. Dieſer Durchſchnitt erfolgt ſtets in einer Ellipſe und in einem Kreiſe, wie ſich leicht ergiebt, wenn man in der allgemeinen Gleichung ſucceſſiv $x = 0$, $y = 0$, $z = 0$ ſetzt.

Man kann aus der allgemeinen Gleichung ein Theorem zur Beſtimmung der Geſchwindigkeit **) des Lichtes nach der Richtung der Radiorum vectorum, die vom Mittelpuncte der Wellenbewegung auf die Oberfläche der Welle gezogen werden, ableiten. Schicken wir in dieſem Bezuge einige thatſächliche Vorerinnerungen voraus.

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XXXIX. 113. Die obigen Reſultate waren zum Theil ſchon von Fresnel (in Mém. de l'Acad. VII.) gefunden, aber minder einfach und allgemein erwieſen worden.

**) Die Geſchwindigkeit des Lichtes wird hier im Sinne der Wellentheorie verſtanden; um das Nachfolgende für die Geſchwindigkeit im Sinne der Emiſſionstheorie anwendbar zu machen, muß man anſtatt der, den Geſchwindigkeiten des Lichtes proportionalen, Längen ſolche, die ihnen umgekehrt proportional ſind, einführen.

Die einzige Axe des Isländiſchen Spathes, um welche alle Lichterſcheinungen ſich nach allen Richtungen gleich verhalten, bietet bekanntlich folgende zwei Eigenſchaften dar: 1) der Lichtſtral, der ſie durchläuft, hat immer dieſelbe Geſchwindigkeit, welches auch ſeine Polariſationsebene ſein mag; 2) das Licht erfährt keine Veränderung in ſeiner Richtung, wenn es in den Kryſtall ein- oder austritt durch eine auf dieſer Axe ſenkrechte Fläche und in einer mit der Axe parallelen Richtung. Eben ſo iſt bekannt, daß jeder auf dieſe Axe ſenkrechte Lichtſtral bloß die letztere dieſer beiden Eigenſchaften darbietet, nicht aber die erſte; denn er beſteht aus zwei, nach beſtimmten Richtungen rechtwinklich auf einander polariſirten, Stralen von verſchiedenen Geſchwindigkeiten, wie ſich durch die Theilung eines ſolchen Strales in zwei andere beim Austritte durch eine ſchiefe Fläche zu erkennen giebt. In den Kryſtallen mit zwei ſogenannten optiſchen Axen findet ſich die erſte Eigenſchaft bloß nach den beiden Richtungen dieſer Axen, ſo daß ein Lichtſtral, der eine dieſer Axen durchläuft, bloß Eine Geſchwindigkeit in allen ſeinen Theilen beſitzt, welche für beide optiſche Axen jedenfalls gleich iſt, und die wir mittlere Geſchwindigkeit nennen und mit c bezeichnen wollen. Die zweite Eigenſchaft dagegen iſt nicht für dieſe Axen gültig; wenn nämlich ein Lichtſtral in den Kryſtall ein- oder austritt durch eine Fläche, welche ſenkrecht auf der Richtung der optiſchen Axe iſt und in einer mit der Axe parallelen Richtung, ſo bleibt er nicht ungeſpalten, ſondern er theilt ſich ſtets in zwei, rechtwinklich auf einander polariſirte, Stralen. Dagegen hat dieſe zweite Eigenſchaft, die man beim Isländiſchen Spath ſowohl in Bezug zu ſeiner einzigen Axe als allen darauf ſenkrechten Geraden verwirklicht findet, in den Kryſtallen mit zwei optiſchen Axen nach drei auf einander rechtwinklichen Richtungen Statt, welche die Richtungen der drei Hauptaxen der Elaſticität ſind. Wenn das Licht in den Kryſtall ein- oder austritt durch Flächen, welche ſenkrecht auf dieſe Axen und in Richtungen, welche damit parallel ſind, ſo erfährt es keine Änderung in ſeiner Richtung, beſitzt aber nach jeder dieſer Axen zwei verſchiedene Geſchwindigkeiten, wie ſich dadurch zu erkennen giebt, daß es ſich in zwei rechtwinkliche, auf einander nach zwei verſchiedenen Richtungen polariſirte, Stralen theilt, wenn es, nachdem es im Kryſtalle eine dieſer Axen durchlaufen hat, durch eine ſchiefe Fläche daraus austritt.

Auf der einen dieſer drei Axen nun ſind die beiden Geſchwindigkeiten des Lichtes, welches längs derſelben hingeht, die größte und kleinſte von allen den Geſchwindigkeiten, welche es im Kryſtalle überhaupt erlangen kann. Wir wollen ſie die Hauptaxe der Elaſticität nennen und mit a die Maximumgeſchwindigkeit, mit b die Minimumgeſchwindigkeit, welche längs dieſer Axe Statt haben, bezeichnen. Ihre Richtung iſt ſenkrecht auf der Ebene der beiden optiſchen Axen. Die beiden anderen Axen befinden ſich in der letztern Ebene und theilen die vier Winkel, welche von den beiden Richtungen der optiſchen Axen gebildet werden, in zwei gleiche Theile. Die beiden Geſchwindigkeiten, deren das Licht, welches dieſe beiden

Elaſticitätsaxen durchläuft, fähig iſt, ſind für die eine die Maximumgeſchwindigkeit a und die mittlere Geſchwindigkeit c, für die andere die Minimumgeſchwindigkeit b und die mittlere Geſchwindigkeit c.

Nach dieſen Vorausſetzungen gilt zur Beſtimmung der Geſchwindigkeiten des Lichtes, nach der Richtung der Radiorum vectorum, folgender Satz:

Es ſeien Fig. 17. $O\alpha$, $O\beta$, $O\gamma$ die Richtungen der drei Elaſticitätsaxen, $O\gamma$ die Hauptaxe der Elaſticität, nach welcher die Geſchwindigkeiten a und b Statt finden, $O\beta$ die Axe, nach welcher die Geſchwindigkeiten a und c Statt finden, und $O\alpha$ die, nach welcher die Geſchwindigkeiten b und c Statt finden; O der Punct, von welchem die Lichtwelle ausgeht. Man trage nun auf jede Axe zu beiden Seiten des Punctes O zwei gleiche Längen auf, welche derjenigen der drei Geſchwindigkeiten a, b, c proportional ſind, deren das Licht nach dieſer Axe nicht fähig iſt; mithin mache man $OC = OC'$ proportional der Geſchwindigkeit c, $OB = OB'$ proportional der Geſchwindigkeit b und $OA = OA'$ proportional der Geſchwindigkeit a. Man wird nun auf den drei Geraden $AA' = 2a$, $BB' = 2b$, $CC' = 2c$ ein Ellipſoid conſtruiren können, wovon dieſe Linien die Axen ſind. Will man die beiden Geſchwindigkeiten, deren das Licht fähig iſt, nach irgend einer durch O gehenden Geraden haben, ſo lege man durch O eine auf die Gerade ſenkrechte Ebene. Dieſe wird mit dem Ellipſoid eine elliptiſche Durchſchnittsebene bilden und die beiden Axen dieſer Ellipſe werden die beiden Geſchwindigkeiten des Lichtes nach der Richtung des Lichtſtrales vorſtellen, d. h. die Geſchwindigkeiten des Strales nach dieſer Richtung werden zu den Geſchwindigkeiten nach der Richtung der Elaſticitätsaxen in demſelben Verhältniſſe ſtehen, als die Längen der Ellipſenaxen in der Durchſchnittsebene zu den Längen der Axen des Ellipſoids.

Es erhellt hieraus, daß man, um die Oberfläche der Welle zu conſtruiren, bloß nöthig haben wird, auf der Richtung jedes Strales rechts und links vom Puncte O die Längen der beiden Axen des elliptiſchen Durchſchnittes aufzutragen, den eine durch den Punct O ſenkrecht auf die Richtung dieſes Strales gelegte Ebene mit dem Ellipſoid macht.

Es läßt ſich noch ferner aus der Gleichung für die Wellenoberfläche in Bezug auf die Durchſchnitte derſelben mit den Coordinatenebenen, die nach Obigem ein Kreis und eine Ellipſe ſind, ableiten: 1) daß der elliptiſche Durchſchnitt der Wellenoberfläche und der des Ellipſoids dieſelbe Ellipſe ſind, aber in verkehrter Lage, ſo daß die gröſte Axe des einen Durchſchnittes in die Richtung der kleinen Axe des andern und umgekehrt fällt; 2) daß der kreisförmige Durchſchnitt zum Radius die Hälfte derjenigen Axe des Ellipſoids hat, welche ſenkrecht auf die Ebene dieſes kreisförmigen Durchſchnittes iſt. Beſchreibt man ſonach auf den drei Axen des Ellipſoids, ſucceſſiv als Durchmeſſer genommen, drei ſphäriſche Oberflächen, welche die Oberfläche des Ellipſoids an ſeinen Gipfeln berühren, ſo werden ſich die drei kreisförmigen Durchſchnitte der Wellenoberfläche mit den drei Coordinatenebenen unter denen der drei ſphäriſchen Oberflächen finden; die Oberfläche der Welle wird jede dieſer ſphäriſchen Oberflächen in einem ihrer größten Kreiſe berühren, und auf der ſphäriſchen Oberfläche vom mittlern Durchmeſſer werden die multipeln Puncte der Wellenoberfläche liegen, in denen ſich ihre beiden Schalen (nappes) vereinigen, ſo daß die äußere Schale der Oberfläche zwiſchen der größten und mittlern ſphäriſchen Fläche, die innere Schale zwiſchen dieſer letzten und der kleinſten ſphäriſchen Fläche enthalten ſein wird.

Beſtimmung der Elemente doppelter Brechung für Bergkryſtall, Kalkſpath, Arragonit und farbloſen Topas, von Rudberg *).

Rudberg hat durch ſorgfältige Meſſungen die Elemente der doppelten Brechung für die verſchiedenen Stralen des Spectrums im Bergkryſtall, Kalkſpath (einaxigen Kryſtallen), dem Arragonit und farbloſen Topas (zweiaxigen Kryſtallen) beſtimmt, indem er die Meſſungen auf die von Fraunhofer entdeckten dunkeln fixen Linien in den Spectris bezog. Wir theilen die Reſultate dieſer Beſtimmungen hier mit, indem wir jedoch hinſichtlich der Art, wie ſie gefunden wurden, auf die Originalabhandlung verweiſen. Da die Axenneigung und die davon abhängigen Elemente der doppelten Brechung ſich mit der Temperatur ändern, ſo ſind die nachfolgenden Beſtimmungen in voller Strenge nur für die Temperaturen gültig, bei welchen die Beobachtungen angeſtellt wurden.

Es bedeuten im Folgenden:

B, C, D, E, F, G, H dieſelben durch dunkele Linien im Farbenſpectrum bezeichneten, Stellen, die von Fraunhofer damit bezeichnet werden **). (B liegt im rothen, H im violetten Ende des Spectrums).

n, n_1, n_2, γ haben die S. 106 angegebene Bedeutung.

Bergkryſtall ***) bei + 18° C.

Stral.	n	n_1	$\frac{n_1}{n}$	$\frac{n_1^2}{n^2} - 1$
H	1,55817	1,56772	1,00613	+ 0,01230
G	1,55425	1,56365	1,00605	+ 0,01213
F	1,54965	1,55894	1,00599	+ 0,01202
E	1,54711	1,55631	1,00594	+ 0,01193
D	1,54418	1,55328	1,00589	+ 0,01182
C	1,54181	1,55085	1,00586	+ 0,01176
B	1,54090	1,54990	1,00584	+ 0,01172

---

*) Pogg. XIV. 45; XVII. 1.

**) Vergl. z. B. Biot's Lehrb. V. Taf. XXI. Fig. 12.

***) Mittel aus faſt übereinſtimmenden Beobachtungen an zwei Prismen.

Kalkſpath *) bei 17° ½ C.

Stral.	n	n_1	$\frac{n}{n_1}$	$\frac{n_1^2}{n^2} - 1$
H	1,68330	1,49780	1,12385	— 0,20826
G	1,67617	1,49453	1,12154	— 0,20499
F	1,66802	1,49075	1,11891	— 0,20126
E	1,66360	1,48868	1,11750	— 0,19925
D	1,65850	1,48635	1,11582	— 0,19682
C	1,65452	1,48455	1,11449	— 0,19492
B	1,65308	1,48391	1,11400	— 0,19420

Arragonit **) bei 16° bis 19° C.

Stral.	n_1	n	n_2	$\frac{n}{n_1}$	$\frac{n}{n_2}$	γ
H	1,54226	1,71011	1,70509	1,10883	1,00294	20° 25′ 6″
G	1,53882	1,70318	1,69836	1,10681	1,00284	20 12 6
F	1,53479	1,69515	1,69053	1,10449	1,00273	20 0 50
E	1,53264	1,69084	1,68634	1,10322	1,00267	19 53 0
D	1,53013	1,68589	1,68157	1,10154	1,00257	19 37 8
C	1,52820	1,68203	1,67779	1,10066	1,00253	19 33 14
B	1,52749	1,68061	1,67631	1,10024	1,00256	19 44 40

Farbloſer Topas ***) bei 16° bis 19° C.

Stral.	n_1	n	n_2	$\frac{n_1}{n_2}$	$\frac{n_1}{n}$	γ
H	1,63506	1,62539	1,62745	1,00466	1,00595	54° 54′ 0″
G	1,63123	1,62154	1,62865	1,00467	1,00597	55 34 24
F	1,62652	1,61701	1,61914	1,00456	1,00588	56 57 24
E	1,62408	1,61452	1,61668	1,00458	1,00592	56 40 30
D	1,62109	1,61161	1,61375	1,10455	1,00588	56 37 30
C	1,61850	1,60935	1,61144	1,00459	1,00587	56 3 0
B	1,61791	1,60840	1,61049	1,00461	1,00591	55 51 58

Die Werthe für n oder n_1 in beiden Prismen unterſcheiden ſich bloß in der letzten Decimalſtelle.

*) Beobachtungen an Einem Prisma.

**) Mittel aus Beobachtungen an ſieben Prismen.

***) Nach Beobachtungen an 4 Prismen.

Nach den vorſtehenden Werthen von n, n_1, n_2 kann man das Verhältniß der Elaſticitäten des Äthers, wie ſie ſich nach den Richtungen der ſogenannten Elaſticitätsaxen Fresnel's (Kryſtalliſationsaxen nach Ampère und Rudberg) für die verſchiedenen Farben äußern, berechnen. Nennt man nämlich:

A die Elaſticität nach der Richtung der Axe, welche den ſpitzen Winkel der optiſchen Axen halbirt;

B die Elaſticität nach der Axe, welche den ſtumpfen Winkel der optiſchen Axen halbirt;

C die Elaſticität nach der Axe, welche ſenkrecht auf der Ebene der beiden optiſchen Axen iſt; ſo hat man in zweiaxigen Kryſtallen (die Elaſticität in der Luft = 1 geſetzt):

$$A = \frac{1}{n_1^2};\quad B = \frac{1}{n_2};\quad C = \frac{1}{n_2^2}$$

mithin, z. B. für den Stral F im Arragonit, für A = 1,

A	B	C
1	0,81975	0,82424

Die Elaſticitätsaxe des Kalkſpathes entſpricht deutlich der Axe der Elaſticität A im Arragonit, von der die optiſchen Axen nur etwa um 10° auf jeder Seite abweichen. Hienach findet man für den Stral F im Kalkſpathe:

Elaſticität	
nach der Richtung der Axe	ſenkrecht gegen die Axe
1	0,79874

Zerſtreuung der Axen doppelter Brechung.

Rudberg[*]) hat durch Verſuche am Bergkryſtall, Kalkſpath, Arragonit und farbloſen Topas, deren detaillirte Ergebniſſe wir ſo eben mitgetheilt haben, das Reſultat gefunden, daß ſowohl in einaxigen als zweiaxigen Kryſtallen jeder homogene Farbenſtral ſeine eigenthümliche doppelte Brechung hat, und zwar eine deſto ſtärkere, je größer die einfache Brechbarkeit dieſer Farbe iſt.

Die Neigung zwiſchen den optiſchen Axen zeigte ſich im Arragonit vom violetten bis zum rothen Ende des Spectrums fortwährend abnehmend, während beim farbloſen Topas das Umgekehrte der Fall zu ſein ſchien, doch variirte die Neigung für die einzelnen Farbenſtralen hier nur ſehr wenig.

Man erkennt dieſe Umſtände durch Vergleichung der Werthe von ; (welches die Bezeichnung des Axenwinkels iſt), welche für die verſchiedenen durch die lateiniſchen Buchſtaben bezeichneten, Farbeſtralen nach den Tabellen S. 113 und 114 Statt finden.

---

*) Pogg. XI. S. XVII. 1.

Man ſieht, daß im Arragonit bloß der Stral B eine Ausnahme von der Abnahme des Neigungswinkels der Axen für die Stralen mit ihrer Annäherung an das rothe Ende des Spectrums macht. Dies rührt indeß nach dem Verfaſſer wahrſcheinlich von Beobachtungsfehlern her; auch bemerkt er, daß dieſe Winkel im Allgemeinen nicht bis auf eine Minute ſicher ſein können, woraus ſich unſtreitig die beim Topas beobachtete Unregelmäßigkeit der Werthe erklärt.

Einen merkwürdigen Fall der Zerſtreuung der Axen doppelter Brechung bietet nach **Brewſter** *) der **Glauberit** dar. Für die homogenen rothen Stralen beſitzt er zwei Axen, die ungefähr um 5° gegen einander geneigt ſind. Dieſe Neigung nimmt ſucceſſiv ab für die orangenen, gelben, grünen Stralen, und für die violetten fallen beide Axen zuſammen.

Meſſung des Neigungswinkels der Axen doppelter Brechung.

Rudberg **) macht in Bezug auf die Meſſung des Neigungswinkels der Axen doppelter Brechung, mittelſt der Erſcheinungen der Farbenringe, welche die bewegliche Polariſation in Platten erzeugt, die ſenkrecht auf die Zwiſchenlinie der Axen zugeſchnitten ſind, darauf aufmerkſam, daß die Mitte der im Innern der elliptiſchen Farbenringe liegenden weißen Ellipſe nicht genau mit dem Pole der optiſchen Axe coincidiren könne, und daß mithin dieſe Meſſungsmethode nicht völlig genau ſei.

Es folgt nämlich aus der Fresnel'ſchen Theorie, daß die ſenkrecht auf einander polariſirten Stralen, welche in einer Lamelle, deren Flächen unter ſich parallel und gegen die Zwiſchenlinie der Axen ſenkrecht ſind, gemeinſchaftlich mit derſelben Geſchwindigkeit die Richtung einer optiſchen Axe durchlaufen haben, ſich beim Heraustreten aus der Lamelle von einander trennen müſſen, welches bei der Lamelle eines einaxigen Kryſtalles, wenn nicht deren Flächen gegen die Kryſtalliſationsaxen geneigt ſind, nicht der Fall iſt. Der eine Stral, deſſen Polariſationsebene parallel mit der Ebene der optiſchen Axen iſt, folgt dem Carteſiſchen Geſetze, ſo daß, wenn $\frac{1}{2} i$ den Winkel zwiſchen dem ausgetretenen Stral und dem Perpendikel auf die Ebene der optiſchen Axen, γ den Neigungswinkel der optiſchen Axen bezeichnet, und n, n_1, n_2 die Seite 108 angegebene Bedeutung haben, man hat:

$$\sin \tfrac{1}{2} i = n_2 \sin \tfrac{1}{2} \gamma$$

Der andere Stral dagegen, deſſen Polariſationsebene ſenkrecht auf der Ebene der optiſchen Axen iſt, macht noch nach dem Heraustreten mit dieſer Axe einen Winkel $\frac{1}{2} e$, der, zufolge der **Huyghens'ſchen** Conſtruction, durch die Gleichung

---

*) Edinb. phil. Journ. 1829. April. 325 oder Schweigg. LVI. 318.

**) Pogg. XVII. 27.

$$\sin \tfrac{1}{2} e = \frac{n^2 \sin \tfrac{1}{2}\gamma}{\sqrt{n_1^2 - (n_1^2 - n^2) \sin^2 \tfrac{1}{2}\gamma}}$$

gegeben wird *). Die beiden Stralen alſo, obgleich ſie in der Lamelle in gleicher Richtung gegangen ſind, trennen ſich dennoch beim Heraustreten um einen gewiſſen Winkel von einander. Da nun die Farbenringe durch Interferenz der beiden entgegengeſetzt polariſirten Stralen entſtehen, und folglich der weiße Fleck in derjenigen Richtung erſcheinen wird, in der zwei Stralen, die ſenkrecht auf einander polariſirt ſind und eine gleiche Anzahl von Undulationen in der Lamelle zurückgelegt haben, parallel mit einander hervortreten, ferner aber die beiden Stralen, welche mit gleicher Geſchwindigkeit eine optiſche Axe durchlaufen haben, beim Heraustreten divergiren, ſo kann der weiße Fleck nicht in der Richtung des Strales erſcheinen, der in der Richtung einer optiſchen Axe gegangen und nach dem Carteſiſchen Geſetze gebrochen worden iſt.

VIII. Interferenzphänomene, Beugungsphänomene.

Über den mangelnden Einfluß verſchiedener Umſtände auf Beugungsphänomene, von Halbat **).

Durch noch umfaſſendere Verſuche, als es bisher geſchehen, hat neuerdings **Halbat** den negativen Einfluß vieler Umſtände auf die Beugungsphänomene nachgewieſen.

Es wurden Platten und Drähte von Eiſen, Kupfer, Silber, während ſie die Beugung bewirkten, bis zum Weißglühen erhitzt und wieder bis — 10° C. erkaltet; es wurden Strömungen und Entladungen von gewöhnlicher und galvaniſcher Elektricität, welche ſelbſt bis zum Schmelzen der Drähte getrieben wurden, bald nach der einen, bald nach der entgegengeſetzten Richtung hindurchgeleitet; der Lichtſtral ward auf den Schneiden beugender Platten, womit ein ſehr kräftiger Magnet armirt war, aufgefangen; man ließ durch die Lichtſtralen, vor ihrem Anlangen an den beugenden Platten oder Drähten, ſehr helle Flammenſtralen und mächtige elektriſche Ströme hindurchgehen; alle dieſe Umſtände bewirkten keine Veränderung in den Säumen oder anderen Beugungserſcheinungen.

---

*) Für den Stral H im Topas (S. 114) z. B. bekommt man nach dieſen Formeln, mittelſt der Werthe

$\gamma = 51° 54'$;

$n = 1{,}62539$; $n_1 = 1{,}63506$; $n_2 = 1{,}63745$

folgende Reſultate:

$\tfrac{1}{2} i = 48° 36' 30''$ und $\tfrac{1}{2} e = 48° 58' 4''$

Die beiden Stralen, obwohl in der Lamelle in gleicher Richtung gegangen, trennen ſich daher beim Heraustreten um 21′ 34″ von einander. Für denſelben Stral H im Arragonit werden

$\tfrac{1}{2} i = 17° 35' 27''$ und $\tfrac{1}{2} e = 19° 42' 47''$

weichen alſo um 2° 7′ 20″ von einander ab.

**) Ann. de Ch. et de Phys. XLI. 424 oder Schweigg. LVIII. 76

Beugungsphänomene durch Gitter.

Darſtellung ihrer Theorie durch Babinet *). Babinet erklärt die Dunkelheit zwiſchen dem directen weißen Bilde und dem erſten Spectrum, welche ein durch ein Gitter geſehenes Licht darbietet, ſo wie die Abhängigkeit der Spectra von der Summe der Breite einer Öffnung und der Dicke eines Drahtes auf folgende Weiſe.

Man nehme an, daß MN (Fig. 29.) ein Gitter vorſtelle, und LP, QA, KB, RN die für das Licht undurchdringlichen, ſo wie HL, PQ, AK, BR die durchſichtigen Theile deſſelben ſeien. Man betrachte eins der, aus einem undurchſichtigen Theile beſtehenden, Intervalle, z. B. AB, das eine ſolche Lage hat, daß für das in C befindliche Auge der Unterſchied der Linien BC und AC gleich ſei der Länge einer ganzen Undulation für eine gewiſſe Lichtgattung. Da die einfallenden Stralen SH, SA, SB ꝛc. ſenkrecht ſtehen auf der Ebene des Gitters, und ſie gemeinſchaftlich aus einem hinlänglich entfernten Lichtpuncte entſprungen ſind, überdies die Linien AC und BC, wegen Kleinheit der Linie AB, beinahe parallel laufen, ſich alſo der Bogen AG, der aus C mit dem Halbmeſſer AC beſchrieben iſt (ſo daß man hat $BG = BC - AC = \lambda$) als eine gemeinſame Normale auf den Linien AC und BC betrachten läßt, ſo wird BG, gleich λ, die Strecke ſein, um welche ein Stral, der den Weg SBC nimmt, gegen den, die Linie SAC durchlaufenden, Stral zurückbleibt.

Man denke ſich nun für einen Augenblick den Zwiſchenraum AB ganz frei, und ziehe durch den, in der Mitte von AB befindlichen, Punct I einen Stral SIC, welcher folglich nur die Hälfte von BG, d. h. um eine halbe Undulation gegen den dem Wege SAC folgenden Stral zurückbleibt. Man ſieht leicht, daß in dieſer Annahme der Stral, welcher durch A nach C geht, von dem, welcher ſich über I nach C fortpflanzt und von ihm um eine halbe Undulation abweicht, zerſtört wird. Eben ſo werden alle ſucceſſiven Elementarſtralen, welche in den verſchiedenen Puncten zwiſchen A und I entſpringen, durch diejenigen zerſtört, welche von den zwiſchen I und B liegenden Puncten ausgehen, weil ſie gegen die erſteren um eine halbe Undulation zurückſtehen. Der Theil AB des Gitters wird alſo ganz des Lichtes beraubt erſcheinen.

Wenn wir uns aber nun den opaken Theil KB des Zwiſchenraumes AB wieder hergeſtellt denken, und IF gleich AK nehmen, ſo werden die abgelenkten Stralen, die zwiſchen A und K ihren Urſprung nehmen, nicht mehr durch die, welche zwiſchen I und F entſpringen könnten, und von ihnen um eine halbe Undulation abgewichen ſein würden, zerſtört, weil dieſe letzteren von dem undurchſichtigen Stücke KB aufgefangen werden. Die erſteren bleiben alſo unvernichtet und bringen nach C ein deſto lebhafteres Licht, je mehr AK der Gleichheit mit AI, der Hälfte von AB, nahe kommt. Man darf den Zwiſchenraum AK aber nicht über I hinaus vergrößern, wie wenn z. B. AF der durchſichtige und FB der undurchſichtige Theil des Gitters wäre; denn dann würde ein Theil der nahe an A vorbeigehenden Stralen durch die zwiſchen I und F entſpringenden, von dem opaken Theil des Gitters nicht mehr aufgefangenen, Stralen vernichtet werden. Letztere Eigenthümlichkeit, welche ſich auf die Intenſität des von AB ausgehenden Lichtes bezieht, und welche Fraunhofern entgangen iſt, iſt noch durch Verſuche nachzuweiſen.

---

*) Pogg. XV. 509.

Da die Farbe, deren Undulationslänge λ iſt, in dem Gitterſtücke AB, für welches man hat $BG = \lambda$, nicht aufgehoben wird, ſo iſt es leicht, den Winkel HCA oder HCB zu beſtimmen, welchen der, dieſe Farbe zum Auge in C führende, Stral AC oder BC, mit dem directen Lichte SC macht. Ungeachtet dieſe Berechnung der Ablenkungswinkel der gebeugten Stralen ſchon nach früheren Unterſuchungen und von allgemeineren Geſichtspuncten aus bekannt iſt, ſo wollen wir doch Babinet's, ſich durch Einfachheit auszeichnende, Darſtellung hier mittheilen.

Es haben die rechtwinklichen Dreiecke HCB und BAG den Winkel B mit einander gemein und ſind daher einander ähnlich. Das Verhältniß von HB zu BC oder der Sinus des Winkels HCB, den wir mit δ bezeichnen wollen, wird alſo gleich ſein dem Verhältniß von BG zu BA, d. h. dem Verhältniß von λ zu der Größe AB, welche wir c nennen wollen. Man hat demnach:

$$\sin \delta = \frac{\lambda}{c}$$

Durch eine ähnliche Folgerung läßt ſich zeigen, daß dieſe nämliche Farbe, deren Wellenlänge λ iſt, auch in den Zwiſchenräumen des Gitters beſtehen bleibt, welche weiter als AB von H entfernt ſind, und bei welchen BC zwei-, drei- oder viermal ſo groß als λ iſt. Man hat alſo für den Ablenkungswinkel δ den Ausdruck:

$$\sin \delta = \frac{m\lambda}{c}$$

worin m eine ganze Zahl iſt, die den Rang des Spectrum bezeichnet, zu welchem die jedesmalige Farbe gehört.

Bei Unterſuchung der ſehr einfachen Beziehung, die zwiſchen der Ablenkung des Strales und ſeiner, die Farbe bedingenden, Undulationslänge λ beſteht, ſieht man ſogleich, daß die weniger brechbaren Stralen, für welche λ größer iſt, auch am meiſten abgelenkt werden, und daß demnach in jedem Spectrum das Roth am entfernteſten und das Violett am nächſten dem directen Bilde liegt. Man ſieht auch, daß die Spectra in der Nähe des directen Bildes, für welche δ nicht zu beträchtlich iſt, wegen der Proportionalität des Bogens mit dem Sinus, in gleichen Abſtänden von dieſem Bilde liegen müſſen. Eben ſo laſſen ſich alle übrigen Umſtände aus der Formel ableiten, welche das Geſetz der Erſcheinung ausdrückt *).

Wenn man mit dem Gitter MN (Fig. 29.) Stralen, welche von S′, S′, S′ herkommen, auffängt, ſo daß das in C befindliche Auge die abgelenkten Stralen durch Zurückwerfung wahrnimmt, ſo iſt leicht zu erſehen, daß die Unterſchiede im Gange der Stralen die nämlichen als im vorhergehenden Falle ſind, und daß man folglich die nämlichen Farben an den nämlichen Theilen des Gitters beobachten wird, was auch mit der Erfahrung übereinſtimmt.

Wenn man annimmt, daß die zum Gitter von F (Fig. 30.) gelangenden Stralen aus einem nicht unendlich entfernten Puncte entſpringen, ſo hängt die Farbe, die in AB zum Vorſchein kommt, von EB + BG ab, und wenn dieſe Größe gleich iſt einer oder mehreren ganzen Undulationen einer gewiſſen Farbe, ſo bleibt dieſe Farbe in dieſer Richtung für das in C befindliche Auge ſichtbar. Bezeichnet δ wie vorhin den Winkel HCB oder HCA, und α den Winkel HFA oder HFB, ſo hat man offenbar:

$$\frac{BG}{AB} = \sin\delta;\quad \frac{EB}{AB} = \sin\alpha,$$

woraus:

$$BG = c\sin\delta;\; EB = c\sin\alpha;$$

alſo:

$$BG + EB = c\sin\delta + c\sin\alpha;$$

aber dieſe Größe muß ein Vielfaches von λ ſein; man hat alſo endlich:

$$m\lambda = c\sin\delta + c\sin\alpha,$$

oder

$$\frac{m\lambda}{c} = \sin\delta + \sin\alpha$$

Es iſt leicht eine analoge Rechnung auf den Fall anzuwenden, wo die Ebene des Gitters ſchief ſtände gegen die Stralen des directen Bildes. Die Fig. 31. ſtellt dieſen Fall vor, für Stralen, die von G ausgehen und durch den Theil AB des Gitters zu dem in C befindlichen Auge gelangen. Man wird haben müſſen:

$$GAC - GBC = m\lambda.$$

Dieſelbe Figur zeigt den Fall einer ſchiefen Reflexion; die Stralen gehen vom Puncte F aus, und gelangen durch Reflexion zum Auge in C. Wenn man mittelſt der gemeinſchaftlichen Normalen AD, BE, gleiche Stücke von den Wegen der Stralen FAC, FBC abſchneidet, ſo wird die

---

*) Die Beobachtung der Ablenkungen δ iſt ſehr geeignet, die Undulationslänge λ für jede Stralengattung kennen zu lehren. Denn da die Größe c viele Male in den Gittern enthalten iſt, ſo kann man immer ein großes Multiplum dieſer Größe auf einmal meſſen und dadurch ihren Werth ſehr genau beſtimmen, wie dies auch von Fraunhofer geſchehen iſt.

Farbe von dem Unterſchiede zwiſchen AE und DB abhängen, und man wird dieſen in dem Ausdrucke:

$$AE - DB = m\lambda$$

leicht durch den Sinus der Winkel erſetzen.

Die Verſchiedenheit, welche zwiſchen den Farben der Gitter und den der engen Öffnungen beſteht, ungeachtet ſich auf beide Fälle dieſelben Interferenzprincipien anwenden laſſen, wird begreiflicher, wenn man erwägt, daß, falls AB (Fig. 29.) eine enge Öffnung, für die $BG = \lambda$, wäre, das Auge von dieſer Öffnung keinen Stral erhalten würde, während es bei dem Gitter von demſelben Theile dieſe Lichtgattung auf das allerlebhafteſte empfängt. Man kann auch nicht die Farben des Zwiſchenraumes AB am Gitter auf den durchſichtigen Theil AK, denſelben als enge Öffnung angeſehen, beziehen, weil die nach C gelangende Farbe alsdann nach der Größe AK der Öffnung veränderlich ſein müßte, was der Beobachtung widerſpricht.

Verfahren, den Abſtandswinkel der Spectra vom weißen Bilde bei den Beugungsphänomenen durch Gitter zu meſſen, von Babinet [*].

Fraunhofer hat wie bekannt den Winkelabſtand der einzelnen Farbenbilder, welche man erhält, wenn man das von einer hohen und ſchmalen Öffnung kommende Licht durch ein aus parallelen, gleich weit von einander abſtehenden, Fäden beſtehendes Gitter leitet, von der Mitte des weißen ungebeugten Strales, mittelſt eines repetirenden Theodoliths beſtimmt, und es iſt wohl zu zweifeln, daß man auf irgend einem Wege ein ſchärferes Reſultat erhalten wird; indeß giebt doch Babinet ein anderes Mittel hierzu an, welches Genauigkeit mit Einfachheit verbindet.

Es ſeien B und N (Fig. 32.) zwei ſchmale Öffnungen, deren gegenſeitige Entfernung ſehr genau bekannt iſt und deren jede links und rechts eine Reihe Farbenbilder erzeugt, wenn man das durch ſie in das verfinſterte Zimmer gelangende Licht durch ein Gitter von der oben angegebenen Art gehen läßt. Durch Abänderung des Abſtandes des Gitters kann man es leicht dahin bringen, daß ein rechts gelegenes Bild, das zur Öffnung B gehört, auf das gleichartige links liegende, von der Öffnung N herrührende, fällt. In dieſem Falle giebt die halbe Entfernung der Öffnungen von einander, dividirt durch die Diſtanz des Gitters von der Ebene der Öffnungen, den Sinus des Winkelabſtandes der betreffenden Farbenbilder von der Mitte des weißen Bildes.

---

[*] Ann. de Ch. et de Phys. XL. 166 oder Pogg. XV. 565 oder Baumg. Zeitſchr. VI. 226.

Beugungsphänomene beim Betrachten von Sternen durch Teleſkope, von Herſchel *).

Wenn wir einen glänzenden Stern durch ein ſehr gutes Teleſkop, welches nicht ſehr vergrößert, anſehen, ſo erſcheint uns derſelbe als eine condenſirte glänzende Maſſe Licht, deren Geſtalt, des Glanzes wegen, unmöglich unterſchieden werden kann, und welche, ſei auch das Teleſkop noch ſo gut, ſelten von kleinen ſtraligen Anhängen oder Franſen frei iſt. Gebrauchen wir aber ein Teleſkop von 200- bis 300- oder 400maliger Vergrößerung, ſo erſcheint uns der Stern unter günſtigen Umſtänden, dergleichen ruhige Luft, gleichförmige Temperatur ꝛc. ſind, vollkommen rund, und wie eine gut begränzte planetariſche Scheibe, die abwechſelnd mit zwei, drei oder mehreren dunklen und glänzenden Ringen umgeben iſt, welche bei aufmerkſamer Betrachtung an ihren Rändern etwas gefärbt erſcheinen, ſich faſt in gleichen Zwiſchenräumen concentriſch auf einander folgen, und gewöhnlich viel beſſer, regelmäßiger und gebildeter durch Refractoren als durch Reflectoren geſehen werden. Auch iſt die Centralſcheibe durch die erſteren viel größer als durch die letzteren zu ſehen.

Dieſe Scheiben wurden zuerſt von **Wilhelm Herſchel** (dem Vater) entdeckt, welcher, um ſie ſichtbar zu machen, ſich ſehr ſtark vergrößernder Teleſkope bediente. Sie ſind nicht die wirklichen Sternkörper, welche zu weit entfernt ſind, um ſie je durch Vergrößerungen, die wir erlangen können, ſichtbar zu machen, ſondern unterſchobene oder unreelle Bilder, die aus optiſchen Urſachen entſtehen, welche bisher bis auf einen gewiſſen Grad immer dunkel blieben. Es iſt in der That Jedem klar, der mit den Geſetzen der Interferenz und der Bildung der Brennpuncte nach dem Undulationsſyſteme vertraut iſt (das Objectivglas genau aplanatiſch vorausgeſetzt), daß der Brennpunct in der Axe durch die in vollkommener übereinſtimmung zuſammentreffenden Undulationen bewirkt werde, und natürlicher Weiſe intenſiv leuchtend erſcheinen müſſe; und daß, ſobald wir von dem Focus in einer Richtung, die mit der Axe einen rechten Winkel macht, abgehen, dieſe übereinſtimmung nicht mehr Statt finde, ſondern die Stralen, die von einer Seite des Objectivglaſes kommen, anfangen, mit jenen zu interferiren, die von der andern Seite herkommen, ſo daß in einer gewiſſen Entfernung von der Axe eine totale Oppoſition eintritt, und ein dunkler (kreisförmiger) Ring entſtehet, auf welchen aus derſelben Urſache ein heller folgt, und ſo weiter. Auf dieſe Art wird die Entſtehung der Centralſcheibe und des Ringes einleuchtend, obwohl die Berechnung ihrer Größe aus den gegebenen Größen ſchwierig ſein mag. Aber dieſes belehret uns nicht über eine der merkwürdigſten Eigenheiten dieſer Erſcheinung, nämlich daß die ſcheinbare Größe der Scheibe für verſchiedene Sterne verſchieden, und je heller der Stern, deſto größer iſt. Dies kann keine bloße Täuſchung ſein, indem, wenn zwei ungleich glänzende Sterne zu gleicher Zeit beobachtet werden, wie dies z. B. bei ſich nahen Doppelſternen direct geſchehen kann, ſich eine auffallende Ungleichheit in den Durchmeſſern ihrer unreellen Bilder ergiebt; noch kann dieſes in einem wirklichen Unterſchiede der Sterne ſelbſt liegen, da bei dem Dazwiſchentreten einer Wolke, welche ihre Helle verdunkelt, auch ihre ſcheinbaren Scheiben zu bloßen Puncten reducirt werden; noch kann es einer Irradiation oder Fortpflanzung des Eindruckes vom Puncte der Netzhaut an in die Entfernung ſein, weil in dieſem Falle das Licht der Centralſcheibe ſich den Kreiſen nähern und ſie vertilgen würde, es ſei denn, daß wir in der That eine Schwingung der Retina vorausſetzen, welche nach denſelben Geſetzen wie jene des Äthers erzeugt und der Interferenz fähig wäre, in welchem Falle die Scheibe und die Kreiſe auf der Retina das Reſultat der Interferenz beider Undulationen ſein würden.

---

*) Herſchel's Werk über das Licht S. 415 oder Baumg. Zeitſchr. VII. 460.

Herſchel d. J., welchem wir die Mittheilung des Vorſtehenden verdanken, indem er ſich der Aufklärung der erwähnten Eigenthümlichkeiten begiebt, fügt noch eine detaillirte und durch Figuren erläuterte Beſchreibung mehrerer Erſcheinungen der betrachteten Art hinzu, die durch Blendungen oder Öffnungen von verſchiedener Form, die an Objectivgläſern applicirt waren, hervorgebracht worden ſind. Wir begnügen uns, hievon folgende Beiſpiele auszuheben.

Wurde die ganze Öffnung des Teleſkops durch eine kreisrunde Blendung begränzt, welche entweder dem Objectivglaſe nahe oder in einiger Entfernung von demſelben applicirt war, ſo ſtand die Vergrößerung der Scheibe und der Kreiſe mit den Öffnungsdurchmeſſern in einem verkehrten Verhältniſſe. Wurde die Öffnung ſehr klein (z. B. für ein Teleſkop von 7 Fuß Focallänge bis auf 1 Zoll reducirt), ſo vergrößerte ſich die unreelle Scheibe bis zur planetariſchen Geſtalt, in welcher ſie wohl begränzt und nur mit einem Ringe umgeben erſchien, der lebhaft genug war, um deutlich geſehen zu werden, und ſchwach gefärbt. Die Farben folgten in folgender Ordnung von dem Mittelpuncte der Scheibe an gerechnet auf einander: Weiß, ſehr ſchwach roth, ſchwarz, ſehr ſchwach blau, weiß, äußerſt ſchwach roth, ſchwarz. Wurde die Öffnung noch weiter, z. B. bis auf einen halben Zoll verkleinert, ſo wurden die Kreiſe zu ſchwach, um noch weiter geſehen werden zu können, und die Scheibe ſehr vergrößert. Die Abſtufung des Lichtes vom Centrum an bis an den Umfang war nun ſehr merklich, ſo daß es eine nebelige und kometenartige Geſtalt erzeugte.

Bei ringförmigen Öffnungen war die Erſcheinung außerordentlich auffallend und ſehr regelmäßig. Hatte der äußere Durchmeſſer des Ringes 3 Zoll, und der innere 1¼ Zoll, ſo ſah man die Capella, wie Fig. 37. zeigt, und den Doppelſtern Caſtor, wie Fig. 38. darſtellt. Wird die Breite der ringförmigen Öffnung vermindert, ſo vermindert ſich auch die Größe der Scheibe und die Breite der Kreiſe. (Im Gegenſatze mit dem, was in den Fraunhofer'ſchen Experimenten mit außerordentlich engen ringförmigen Öffnungen Statt gefunden hat. Offenbar beruhen die gegenwärtigen Erſcheinungen auf anderen Grundgeſetzen.) Zu gleicher Zeit vermehrt ſich die Anzahl der ſichtbaren Ringe. Die Figuren 39., 40. und 41. ſtellen dar, wie die Capella erſcheint bei ringförmigen Öffnungen von 5,5 — 5 Zollen, (nämlich bei ſolchen, deren äußerer Durchmeſſer 5,5, und innerer 5 Zolle mißt), von 0,7 — 0,5″, und von 2,2 — 2 Zollen.

Bei dieſer letzten Erſcheinung reducirte ſich die Scheibe auf einen kaum bemerkbaren runden Punct, und die Kreiſe befanden ſich ſo nahe an einander, daß ſie kaum gezählt werden konnten. Wurde die Breite der ringförmigen Öffnung noch ferner bis zur Hälfte verkleinert, ſo konnten die Zwiſchenräume zwiſchen den Kreiſen nicht länger mehr unterſchieden werden. Die Dimenſionen dieſer Kreiſe und der Scheibe ſcheinen allgemein mit $\frac{r' - r}{r}$ im Verhältniſſe zu ſtehen, wo r′, r die Halbmeſſer der ringförmigen Öffnung bedeuten.

Außer den nahe der Scheibe gelegenen Kreiſen werden mit ringförmigen Öffnungen noch andere von viel größerem Durchmeſſer und ſchwächerm Lichte wie Höfe geſehen, die nach Fraunhofer's Sprache zu Spectris von einer verſchiedenen Klaſſe gehören. Bei einer einzigen ringförmigen Öffnung ſind ſie zu ſchwach, um genau geſehen werden zu können; bei einer aus zwei ſolchen Ringen zuſammengeſetzten Öffnung aber, wie in Figur 42., laſſen ſie ſich leicht beobachten und bieten dann den Anblick der Figur 43. dar, worin zu bemerken iſt, daß das Licht durch Schattirung, das Dunkle durch Weiß bezeichnet iſt.

Erklärung der Farben dicker Platten durch Interferenz, von Herſchel *).

Nach Verſuchen von Newton bilden ſich unter gewiſſen Umſtänden farbige Ringe durch Platten von durchſichtigen Mitteln, die eine beträchtliche Dicke beſitzen. Dieſe Umſtände ſind für einen der hauptſächlichſten Fälle, unter welchen die Ringe erſcheinen, folgendermaßen von Newton beſchrieben worden.

Läßt man einen hellen Sonnenſtral durch eine kleine Öffnung von $\frac{1}{3}$ Zoll Durchmeſſer in ein dunkles Zimmer gehen, fängt denſelben auf einem concavconvexen Glasſpiegel von 1 Zoll Dicke auf, deſſen beide Oberflächen zu Kugeln von 6 Fuß Halbmeſſer gehören, und deſſen hintere Seite belegt iſt, hält ein Stück weißes Papier in den Mittelpunct, welches eine Öffnung beſitzt, damit der Sonnenſtral durch dieſelbe hindurchgehen und, nachdem er vom Spiegel zurückgeworfen iſt, auch wieder durch ſie zurückgehen kann, ſo ergiebt ſich, daß die Öffnung von 4 oder 5 gefärbten concentriſchen Ringen oder Regenbogen umgeben iſt, gerade ſo, wie die zwiſchen Objectivgläſern geſehenen Ringe den mittlern Fleck umgeben, aber größer und die Farben verwaſchener. Betrug der Abſtand des Papieres vom Spie-

---

*) Herſchel's Werk über das Licht S. 362.

gel viel mehr oder viel weniger als 6 Fuß, ſo wurden die Ringe immer verwaſchener und verſchwanden völlig. Die Farben hatten hiebei dieſelbe Ordnung als bei den durchgelaſſenen Ringen zwiſchen zwei Objectivgläſern, nämlich weiß, ſchmutzig weiß, ſchwarz, violett, blau, grüngelb, gelb, roth, purpur ꝛc. Die Durchmeſſer der Ringe hatten daſſelbe Verhältniß, als die bei den Gläſern, indem die Quadrate der Durchmeſſer der abwechſelnd hellen und dunklen Ringe eine arithmetiſche Reihe bildeten, die mit Null anfing. In dem hier beſchriebenen Falle waren die Durchmeſſer der hellen Ringe 0, $1\frac{11}{16}$, $2\frac{3}{8}$, $2\frac{11}{12}$, $3\frac{3}{8}$ ꝛc. Bei Spiegeln von verſchiedener Dicke verhalten ſich die Durchmeſſer derſelben umgekehrt, wie die Quadratwurzeln der Dicke. Bei einem belegten Spiegel wurden die Ringe bloß lebhafter.

Dieſe verſchiedenen Erſcheinungen, ſo wie eine Menge anderer ähnlicher, die mehr oder weniger verwickelt ausfallen, je nachdem die Entfernung oder die Schiefe des Spiegels, oder die Krümmung der Oberflächen geändert wird, hat Newton ſehr glücklich aus den Anwandlungen der geringen Lichtmenge erklärt, die unregelmäßig an der erſten Oberfläche des Spiegels zerſtreut wird und die ſie ſichtbar macht. Indeſſen laſſen ſich dieſelben auch nach den Geſetzen der Interferenz aus der Undulationstheorie erklären, und dies iſt von Herſchel geſchehen. Wir theilen dieſe Erklärung um ſo lieber hier mit, da die Darſtellung derſelben in der deutſchen überſetzung ſeines Werkes über das Licht, theils wegen Druckfehlern im Texte, theils wegen gänzlicher Verſtümmelung der dazu gehörigen Figur, faſt ganz unverſtändlich geworden iſt.

Es giebt keine Oberfläche, wie genau ſie auch polirt ſein mag, die ſo frei von allen Ritzen und Ungleichheiten iſt, daß ſie nicht außer den Hauptſtralen, die den regelmäßigen Geſetzen der Zurückwerfung und Brechung gehorchen, noch andere ſchwächere Lichtmengen brechen und reflectiren ſollte, die nach allen Richtungen ſtralen und die Oberfläche einem in beliebiger Richtung befindlichen Auge ſichtbar machen, und ſich vorzüglich in großer Quantität in der Nähe der regelmäßig zurückgeworfenen oder gebrochenen Stralen befinden.

Es ſeien nun FAD, EBG (Figur 33.) die parallelen Oberflächen irgend eines Mittels, welches ſenkrecht einem homogenen Strale, der von C herkommt und in A auffällt, entgegengehalten wird. Der größte Theil dieſes Strales geht gerade durch A hindurch und wird nach demſelben Puncte wieder von B aus zurückgeworfen. Allein ein Theil des Strales erfährt auch eine unregelmäßige Zerſtreuung in A, und der Stral AB wird daher von einem divergenten ſchwachen Stralenkegel begleitet, deſſen Stralen von A aus alle in einerlei Phaſe, welche dieſelbe als die des einfallenden Strales iſt, ausgehen, ſo daß A als ihr gemeinſchaftlicher Urſprung angeſehen werden kann. Es ſei Q der zu A gehörige Brennpunct der von der zweiten Oberfläche reflectirten Stralen (ſind die Oberflächen eben, ſo haben A und Q gleiche Entfernungen von B), ſo werden die zerſtreueten Stralen einen Kegel bilden, der zur Axe den regelmäßig zurückgeworfenen Stral hat und von Q aus divergirt. Gehen die Stralen wieder in die Luft über, ſo ſei q der zu Q gehörige Brennpunct der an der Oberfläche FD gebrochenen Stralen. Sie werden dann nach der Brechung von q divergiren und vermöge der Eigenſchaften der Brennpuncte nach der Undulationstheorie werden die Undulationen in der Luft ſo fortgepflanzt, als ob ſie in q einen gemeinſchaftlichen, in der Luft befindlichen, Urſprung hätten, weil die Wellen nach der Brechung die Geſtalt von Kugelflächen, welche concentriſch um q ſind, haben, und daher jedes Stück ihrer Oberfläche gleich weit von q entfernt iſt, ſo daß die Stralen, wenn ſie wirklich getrennt von q ausgingen, alle dieſelbe Phaſe haben würden. Erreicht nun der zurückgeworfene Stral den Punct A, ſo wird ein Theil deſſelben wieder in einen Kegel zerſtreut, in deſſen Axe ſich der regelmäßig durchgehende Stral AC befindet, und die Stralen AO, AM, AN ꝛc. haben alle A zum Urſprunge, und befinden ſich bei ihrem Abgange von A in derſelben Phaſe als der Stral AC, der dieſelbe Phaſe hat, als wenn er von q herkäme. Betrachten wir daher einen Punct M außerhalb der Richtung des direct durchgegangenen Strales AC, ſo wird derſelbe zu gleicher Zeit von zwei Wellen erreicht, von denen eine dem Kegel um qM, die andere dem Kegel um AM zugehört, und der Wegesunterſchied iſt $qA + AM - qM$.

Iſt nun M ſehr nahe bei C, ſo wird dieſer Wegesunterſchied ſehr klein ſein, in C ſelbſt verſchwinden und hier genaue übereinſtimmung der Wellen Statt finden. Mit zunehmender Entfernung des Punctes M von C wird der Wegesunterſchied wachſen, und da, wo er bis zu einer halben Undulation gediehen iſt, werden die Stralen in vollſtändiger Entgegenſetzung ſein und ſich wechſelſeitig zerſtören. So wird es abwechſelnd fortgehen. Da dieſes nun für alle Stralen in den kegelförmigen Oberflächen um AC als Axe betrachtet, die gleiche Neigung gegen AM, qM haben, Statt findet, ſo wird eine in C aufgeſtellte weiße Tafel abwechſelnd dunkele und helle Ringe um einen hellen Mittelpunct zeigen. Um ihre Durchmeſſer zu beſtimmen, brauchen wir bloß

$$qA + AM - qM = n\,\frac{\lambda}{2}$$

zu ſetzen, oder nehmen wir $qA = a$, $AC = r$, $CM = y$,

$$a + \sqrt{rr + yy} - \sqrt{(a + r)^2 + yy} = n\,.\,\frac{\lambda}{2}$$

Löſen wir dieſe Gleichung auf, indem wir yy vernachläſſigen, ſo kommt

$$y = \sqrt{n\,.}\,\sqrt{\frac{\lambda}{a}\,(n + r)\,.\,r}$$

Dies zeigt, wenn man nach und nach 0, 1, 2, 3 ꝛc. für n ſetzt, daß die Durchmeſſer der abwechſelnd dunkeln und hellen Ringe ſich wie die Quadratwurzeln dieſer Zahlen verhalten.

Iſt die Dicke der Platte gegen den Abſtand der Tafel klein, ſo iſt auch a klein, und der Werth von y wird

$$y = r\sqrt{n}\,.\sqrt{\frac{\lambda}{a}}$$

woraus man ſieht, daß für Stralen von beſtimmter Brechbarkeit die Durchmeſſer der Ringe ſich direct wie der Abſtand der Tafel, und umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus der Dicke der Platte verhalten.

Endlich verhalten ſich die Durchmeſſer eines Ringes von derſelben Ordnung in verſchiedenem homogenen Lichte, wie die Quadratwurzeln der Undulationslängen. Dies iſt daſſelbe Geſetz, als bei den zwiſchen Objectivgläſern gebildeten Ringen. Betrachten wir daher ſtatt des homogenen Lichtes weißes, ſo müſſen wir eine Reihe von Ringen erhalten, deren Ordnung der der durchgelaſſenen Ringe in dem vorhergehenden Verſuche gleich iſt.

Die von einem einzelnen Puncte A zerſtreueten Stralen ſind aber zu ſchwach, als daß ſie ſichtbare Ringe geben könnten. Nehmen wir jedoch an, daß die Oberflächen concentriſche Kugeln (Fig. 34.) ſind, welche G zum gemeinſchaftlichen Mittelpuncte haben, ſo werden alle Stralen GA, GA′, die auf dieſe Oberflächen fallen, und reſpectiv ſenkrecht auf die Tafeln GM, GM′ ſind, auf dieſen Syſteme von Ringen hervorbringen, von denen G der Mittelpunct iſt. Wenn der Bogen AA′ nicht ſehr groß iſt, ſo werden die beiden, auf die Stralen GA, GA′ ſenkrechten Tafeln nahe zuſammenfallen, ſo daß auf der einzigen Tafel, die man ihnen ſubſtituiren kann, die Ringe, die jeder Punct der Oberfläche erzeugt, merklich genau auf einander fallen und ſo im Verhältniß der Oberfläche der Kugeln an Intenſität zunehmen werden.

Dies nun iſt gerade der Fall bei dem angeführten Newton'ſchen Verſuche; denn da die Sonne ein leuchtender Körper von bedeutender Größe iſt, ſo kann die Öffnung im Mittelpuncte der Kugeln als ein Stück der Sonne von dieſer Größe an dieſem Orte befindlich betrachtet werden. Hievon kann man jeden untheilbaren Punct als einen Urſprung eines Syſtems von Wellen anſehen, von denen jedes ſeine eigene Reihe von Ringen auf der Tafel hervorbringt. Wäre die Öffnung unendlich klein, ſo würden dieſe Ringe unendlich reiner in ihren Farben erſcheinen, als die durch Objectivgläſer durchgelaſſenen Ringe, weil ſie nicht mit der großen Menge von weißem Lichte vermiſcht ſind, die der Interferenz entgeht. Allein wegen der Größe der Öffnung fallen ihre Mittelpuncte nicht genau auf einander, und daher vermiſchen ſich ihre Farben mit einander, und dies um ſo mehr, je größer die Öffnung iſt.

Iſt c die Dicke des Glaſes, ſo haben wir, da Q der zu A gehörige Brennpunct iſt, wenn wir den Halbmeſſer der Oberfläche B, r + c ſetzen, nach den Geſetzen der Brechung durch ſphäriſche Oberflächen

$$BQ = \frac{r+e}{r-e} \cdot e;\ AQ = \frac{2re}{r-e}$$

und wenn μ das Brechungsverhältniß bedeutet

$$Aq = a = \frac{2er}{2e - \mu\,(r+e)}$$

und wenn e im Verhältniß zu r ſehr klein iſt, ſo erhalten wir

$$a = \frac{2e}{\mu};\ y = r\sqrt{a}\,.\,\sqrt{\frac{\mu}{2}\cdot\frac{\lambda}{e}}$$

welches zeigt, daß die Durchmeſſer der Ringe ſich in dieſem Falle direct wie die Wurzel aus dem Brechungsverhältniß und umgekehrt wie die Quadratwurzel der Dicke des Glaſes verhalten.

Reduciren wir dieſen Werth auf Zahlen, indem wir z. B. $\mu = \frac{3}{2}$ $e = 4$, $r = 6$ Fuß $= 72$ Zoll und $\lambda = \frac{2}{89000}$ = der Länge einer Undulation des gelben Lichtes oder ungefähr $= \frac{2}{90000}$ nehmen, ſo finden wir für den Durchmeſſer des zweiten hellen Ringes im gelben Lichte (welches dem hellſten Theile deſſelben Ringes in Weiß entſpricht),

$$2y = 72\sqrt{4\cdot\frac{3}{4}\cdot\frac{2}{90000}\cdot 4} = 2{,}35$$

welches faſt genau mit Newton's Meſſung $2\frac{3}{8} = 2{,}375$ übereinſtimmt.

Iſt der Spiegel gegen den einfallenden Stral geneigt, ſo werden die Erſcheinungen verwickelter, und ſie ſind von Newton ſehr ſchön beſchrieben worden (Optics, Th. IV. Buch II. Beob. X) In dieſem Falle liegen die Axen der beiden zuſammentreffenden Stralenkegel nicht mehr auf einander, da dieſe Axen immer die einfallenden und zurückgeworfenen Stralen ſind; allein dieſelben Grundſätze laſſen ſich in jeder Hinſicht auch auf dieſen Fall anwenden.

Herſchel fügt hiezu noch die Erklärung der von **Brewſter** beobachteten und in den Transact. of the royal Soc. of Edinb. beſchriebenen, gefärbten Streifen, die durch gegen einander geneigte dicke Glasplatten hervorgebracht werden, nach den Geſetzen der Interferenz im Sinne der Undulationstheorie. Auch dieſe Erklärung wollen wir hier mittheilen.

Dieſe Streifen erſcheinen, wenn zwei parallelflächige Glasplatten von genau gleicher Dicke, bB, aA (Fig. 55.), ſchwach gegen einander geneigt werden, und durch beide unter faſt ſenkrechten Einfallswinkeln ein kreisrunder leuchtender Körper, z. B. ein Stück des Himmels, betrachtet wird. Man ſieht dann außer dem directen Bilde noch eine Reihe von Seitenbildern, die zwiſchen den Gläſern reflectirt und nach und nach ſchwächer werden, je nachdem ſie durch 2, 4, 6 oder mehr innere Zurückwerfungen entſtehen; ſie ſind jedoch alle, das erſte ausgenommen, ſo ſchwach, daß ſie kaum ſichtbar ſind, außer wenn man ſehr ſtarkes Licht anwendet. Das directe Bild iſt farblos, allein das zurückgeworfene wird von 15 oder 16 ſchön gefärbten Streifen durchkreuzt, die mit dem gemeinſchaftlichen Durchſchnitte der Oberfläche der Glasplatten parallel laufen. Ihre Breite nimmt ſchnell ab, ſo wie der Neigungswinkel der Platten wächſt. Hatten die gebrauchten Platten 0,121 Zoll Dicke, und betrug der Neigungswinkel 1° 11′, ſo betrug die Breite des Streifen 26′ 50″, und bei allen anderen Neigungen verhielt ſich die Breite umgekehrt wie die Neigung. Bei ſchiefen Einfallswinkeln ſieht man die Streifen, wenn die Einfallsebene mit der Hauptdurchſchnittsebene der Glasplatten einen rechten Winkel macht, allein ſie ſind am deutlichſten, wenn beide Ebenen parallel laufen.

Um ihre Entſtehung zu begreifen, wollen wir die Oberflächen der Platten der Reihe nach durch A, a, B, b bezeichnen, indem wir bei derjenigen anfangen, auf welche das einfallende Licht zuerſt kommt, und einen Stral oder ein Syſtem von Wellen betrachten, das von einem gemeinſchaftlichen Urſprung in unendlicher Entfernung ausgeht. Fällt dann dieſer Stral auf die Platten, ſo erleidet er an jeder Oberfläche eine partielle Zurückwerfung, und der übrige Theil geht durch; jeder der verſchiedenen Theile wird wieder in Unterabtheilungen zerlegt, ſobald er irgend eine Oberfläche antrifft. Jedes Bild beſteht daher aus verſchiedenen Stralen, deren letzte Richtungen parallel ſind, die aber das Glas auf verſchiedenen Wegen durchlaufen haben. So beſteht das directe oder Hauptbild aus

1) dem ganzen Theile des einfallenden Lichtes, welches in A, a, B, b gebrochen wird, und dem einfallenden Stral parallel heraustritt; dies bezeichnen wir durch A a B b;

2) einem in A gebrochenen, in a zurückgeworfenen, wieder in A zurückgeworfenen, und in a, B, b gebrochenen Theil, den wir durch A a′ A′ a B b bezeichnen, wo die Buchſtaben die Oberflächen, die Accente Zurückwerfung, und die nicht accentuirten Brechung bedeuten;

3) einem Theil, der zwei ähnliche Zurückwerfungen im Innern der zweiten Platte erlitten hat, und der auf ähnliche Art durch A a B b′ B′ b bezeichnet werden kann;

4) anderen Theilen, die 4, 6 und mehr Zurückwerfungen in jeder Platte erlitten haben, und die durch ſolche Combinationen wie A a′ A′ a′ A′ a B b, A a B b′ B′ b′ B′ b oder der Kürze wegen durch $A\,(a'A')^2\,a\,B\,b$, $A\,a\,B\,(b'B')^2\,b$ ꝛc. bezeichnet werden können; allein dieſe letzteren Theile ſind zu ſchwach, als daß ſie einen merklichen Einfluß auf das Licht des directen Bildes, mit dem ſie ſich vermiſchen, haben könnten.

Das erſte reflectirte Seitenbild beſteht aus 4 Haupttheilen, von denen jeder 2 Zurückwerfungen erlitten hat, nämlich:

A a B′ a′ B b;
A a B′ a A′ a B b;
A a B b′ B a′ B b;
A a B b′ a A′ a B b:

welche alle parallel ausfahren. Außer dieſen giebt es eine unendliche Menge anderer, die durch eine größere Anzahl Zurückwerfungen, und die Theile Aa′A′a des innerhalb des erſten Glaſes reflectirten Lichtes des einfallenden Strales gebildet werden; dieſe ſind aber alle zu ſchwach, um auf das Bild zu wirken, welches wir daher bloß aus den 4 angegebenen Stralen beſtehend anſehen können. Wenden wir nun unſern Blick auf die Fig. 35., ſo ſehen wir den Weg, den jeder dieſer Theile 1, 2, 3, 4 beſchreibt, und es iſt einleuchtend, daß der erſte Theil die Dicke (t) zweimal, den Zwiſchenraum (i) zwiſchen den Gläſern dreimal durchlaufen hat, oder beinahe $2t + 3i$ (indem wir jetzt alle Rückſicht auf die Neigung der Platten bei Seite ſetzen). Der zweite Theil hat $4t + 3i$, der dritte $4t + 3i$, der vierte $6t + 3i$ durchlaufen. Hieraus ſieht man, daß die Theile 1 und 4 in ihren Wegen beinahe um viermal die Dicke des Glaſes verſchieden ſind, und ſie können daher keine Farben hervorbringen; allein die beiden anderen Theile haben bei ſenkrechtem Einfallen gar keinen Unterſchied, und werden bei kleinen Neigungen der Glasplatten und der Stralen nur wegen der kleinen Unterſchiede der Neigungen, unter denen ſie die Dicke des Glaſes und den Zwiſchenraum durchlaufen, von einander verſchieden ſein. Sie werden alſo zuſammentreffen und Farben hervorbringen, welches bloß aus dem Verzögerungsraum beider Stralen hinter einander, vermöge der veränderlichen Schiefe der Stralen, die das Auge treffen, entſteht.

Betrachten wir nun einen leuchtenden Körper von merklicher Größe, ſo fallen die Stralen, durch welche wir ſeine verſchiedenen Puncte ſehen, unter allen möglichen Ebenen und Neigungen ein; folglich erſcheint das Bild in ſeinen verſchiedenen Puncten auch verſchieden gefärbt, und die Anordnung dieſer Farben befolgt daſſelbe Geſetz, welches die Verzögerungsräume beſtimmt. Die Farben ſind daher in Streifen, Kreiſen oder anderen Formen geordnet, der Geſtalt der krummen Linien zufolge, welche geometriſch aus der Betrachtung der in jedem Puncte ihres Weges Statt findenden gleich großen Verzögerungsräume entſtehen. Solche Curven wollen wir iſochromatiſche Linien oder Linien von gleicher Farbe nennen, und in allen Fällen die Farbe numeriſch durch die Anzahl der Undulationen oder in Theilen derſelben des gelben Lichtes ausdrücken, denen der Verzögerungsraum gleich iſt.

Wir wollen zuerſt den Fall betrachten, wo der Stral in einer Ebene einfällt, die ſenkrecht auf dem gemeinſchaftlichen Durchſchnitte ſteht. In dieſem Falle (Fig. 36.) ſei **KLMN** ein Stral, der durch die Vereinigung der beiden Stralen **SAaBbIKL** und **SCEFGHKL** entſtanden iſt, deren Weg durch das Syſtem dem von 2 und 3 Fig. 35. ähnlich iſt. Man ziehe **AD** ſenkrecht auf **DC**, ſo iſt der Vergrößerungsraum gleich

$$\begin{aligned}&(DC + CE + EF + FG + GH + HK)\\ &- (Aa + aB + Bb + bI + IK)\\ &= DC + (EF - aB) + (FG - IK)\\ &\quad + 2(KH - Bb).\end{aligned}$$

Die drei erſten Theile liegen in der Luft, der letztere in Glas. Ohne nun erſt eine trigonometriſche Rechnung anzuſtellen, iſt es einleuchtend, daß dies Polynom bei ſenkrechtem Einfalle ſehr klein iſt und ſchnell wächſt, ſo wie der Einfallswinkel zunimmt, und daß es überdies faſt um gleiche Incremente wächſt, ſo wie ſich der Einfallswinkel von Null an auf beiden Seiten gleich viel ändert (während die gegenſeitige Neigung der Platten conſtant bleibt). In einer Richtung, die ſenkrecht auf dem Durchſchnitte der Flächen ſteht, werden ſich daher die Farben ſchnell ändern, und bei mäßiger Schiefe des Einfalles wird der Verzögerungsraum zu groß ſein, als daß er Farben hervorbringen könnte. Nehmen wir im Gegentheil an, daß die Stralen SA, SC in einer Ebene einfallen, die dem Hauptdurchſchnitte beinahe parallel liegt, ſo liegen die Puncte K und G nicht wie in der Figur in verſchiedenen Abſtänden von P, ſondern faſt in gleichem Abſtande, ſo daß (der Einfallswinkel mag ſein, welcher er will) KI beinahe gleich GF iſt, und aus derſelben Urſache iſt FK beinahe gleich aB. Außerdem iſt in dieſem Falle FI beinahe gleich GK, ſo wie auch die inneren Einfallswinkel einander faſt gleich ſind, ſo daß GH + GK ſehr wenig von Bb + bI verſchieden iſt, und IB iſt ſehr nahe gleich GK, alſo auch gleich IF, ſo daß F beinahe mit B zuſammenfällt; die Stralen SAaB, SCKF werden auch faſt zuſammenfallen, wo DC = o wird, und dieſe genäherte Gleichheit, ſo wie das Zuſammenfallen, wird für große Änderungen im Einfallswinkel Statt finden, vorausgeſetzt, daß die Einfallsebene ungeändert bleibt, ſo daß in einer mit dem Durchſchnitte parallelen Richtung die Farben ſich nur wenig ändern. Hieraus ſieht man, daß ſie auf die von Dr. Brewſter angegebene Art geordnet ſein werden, nämlich in Streifen, die mit dieſer Linie parallel ſind. Ihr analytiſcher Ausdruck iſt jedoch zu verwickelt, als daß er hier angegeben werden könnte, obgleich er aus dem Geſagten ſehr leicht gefunden wird.

Dr. Brewſter machte dadurch, daß er den im directen Bilde durchgelaſſenen Hauptſtral auffing, und im Auge bloß die Stralen erhielt, welche die farbigen Streifen bilden, wie die Stücke Aa′A′aBb, AaBb′B′b, eine Reihe Streifen ſichtbar, die ſonſt von dem zu ſtarken Lichte des directen Strales verborgen werden. Sie entſtehen aus der Interferenz der beiden Stralen, deren Weg durch 4t + l ausgedrückt wird, und dieſe würden daher genau gleich ſein, wenn die Platten ganz parallel wären. Ihre Theorie, ſo wie auch die aller übrigen Syſteme von Streifen, die Dr. Brewſter in der angeführten Abhandlung angegeben hat, wird aus der Anſicht der Figur deutlich.

Talbot hat bei der Betrachtung dünner Glashäutchen in homogenem gelben Lichte und ſogar im bloßen Tageslichte bemerkt, daß, wenn zwei ſolcher dünner Blättchen auf einander gelegt werden, ſich helle und dunkle Streifen oder gefärbte Franſen von unregelmäßiger Form zeigen, obgleich man ſie bei ihnen einzeln genommen nicht ſieht. Dieſe laſſen ſich nach demſelben Princip erklären, indem die Interferenz hier bei denjenigen Stralen

Statt findet, die zweimal innerhalb des obern Blättchens, und einmal an der obern Fläche des untern Blättchens zurückgeworfen werden, oder ſonſt zwiſchen dreimal zurückgeworfenen Strahlen, die durch $AaB'a'Ba'A$ und $AaB'aA'a'A$ vorgeſtellt werden, indem man annimmt, daß der Zwiſchenraum zwiſchen den Blättchen genau der Dicke des obern gleich ſei, eine Bedingung, welcher immer Genüge geleiſtet werden kann, wenn die Blättchen krumm ſind. Daſſelbe kann von den Farben geſagt werden, welche Nicholſon bei den Verbindungen von Glasplatten von ungleicher Dicke bemerkt hat. Geſetzt z. B. die Dicken derſelben t, t' ſeien um eine ſehr geringe Größe von einander verſchieden, ſo iſt der Weg der Strahlen $Aa'A'aBb$, $AaBb'B'b$, bei ſenkrechtem Einfallen $3t + i + t'$, $t + i + 3t'$ (wenn die Platten genau parallel ſind), und der Unterſchied ihrer Wege um $2t - 2t'$; iſt dies ſehr klein, ſo entſtehen Farben, oder wenn dieſes nicht der Fall iſt, ſo kann man dieſelben durch eine kleine Neigung der Platten gegen einander hervorbringen. Etwas Ähnliches findet in unendlich vielen anderen Fällen Statt.

Spiegelapparat zur Anſtellung des Fresnel'ſchen Interferenzverſuches, von Baumgartner *).

Der bekannte Fresnel'ſche Interferenzverſuch gehört zu den delicateſten der Phyſik, und ſelbſt der geübteſte Experimentator wird ihn nicht ohne vielfaches Tatonnement mit Erfolg anzuſtellen im Stande ſein, wenn er ſich nicht einer beſonders zu dieſem Verſuche beſtimmten Vorrichtung bedient, welche alle Adjuſtirungen, die die Natur des Verſuches fordert, ſchnell und ſicher zu vollziehen geſtattet. Da der von Fresnel ſelbſt angegebene Apparat in dieſem Bezuge nicht alle Anforderungen erfüllt, ſo hat Baumgartner folgende Modification deſſelben, wie ſie von Plößl in Wien nach ſeiner Angabe ausgeführt worden iſt, mitgetheilt, mittelſt welcher man die Erſcheinung auf vorzügliche Weiſe beobachten kann.

Fresnel läßt das Licht durch einen Fenſterladen in ein verfinſtertes Zimmer eindringen, nachdem er demſelben durch einen Planſpiegel, der mit einem Helioſtat in Verbindung ſtehen kann, eine horizontale Richtung gegeben hat, fängt den Lichtbüſchel mittelſt einer Convexlinſe mit kurzer Brennweite auf, damit derſelbe im Brennpuncte der Linſe zu einem leuchtenden phyſiſchen Puncte vereinigt werde, von welchem aus die Strahlen auf die Spiegel fallen.

Nach dieſer Maßregel können die aus der Interferenz der Strahlen hervorgehenden Farbenſtreifen nur die Höhe des Bildes im Brennpuncte der Linſe erhalten, und werden weder zum Wahrnehmen, noch weniger aber zum Meſſen die nöthige Höhe bekommen. Um nun die Farbenſtreifen ſo hoch zu erhalten, daß ſie deutlich geſehen werden können, bringt Baumgartner am Fenſterladen eine etwa 1 Zoll hohe, ¼ Zoll breite Öffnung an,

---

*) Baumg. Zeitſchr. VII. [illegible]

und deckt ſie mit einem cylindriſchen Glaſe, welches das eindringende Licht in horizontalem Sinne zu einer leuchtenden phyſiſchen Linie vereiniget, ohne es in verticalem Sinne abzuändern. Fig. 44. ſtellt dieſes Glas im Längen- und Querdurchſchnitte vor.

Die Spiegel, auf welche das von der genannten Lichtlinie her divergirende Licht fällt, und die Fresnel bloß mittelſt Wachs auf einem verticalen Träger befeſtiget, ſind mit einer beſondern Faſſung und mit mehreren Stellſchrauben verſehen, durch welche ſie leicht in die erforderliche Lage gegen einander gebracht werden können. Die Figuren 45., 46. und 47. ſtellen ſie ſammt dem Zubehör nach drei auf einander ſenkrechten Durchſchnitten dar. Sie beſtehen aus ſchwarzem Glaſe, ſind vollkommen plan und ſtoßen in MN unter einem Winkel zuſammen, der wenig von 180° verſchieden iſt. Die ebene Metallplatte AB dient ihnen zur Rückwand. Vier hervorſtehende Stifte, wovon in Figur 45. nur drei, i, k, l, ſichtbar ſind, haben die Beſtimmung zu verhindern, daß die Spiegel ſich nicht längs der Rückwand verſchieben können. Dabei werden ſie noch durch die hakenförmigen Anſätze c, e, f, g, h unterſtützt, die aber außer dieſem Nebendienſte hauptſächlich das zu leiſten haben, einen Spiegel an die an der Rückplatte befindliche Feder r (Fig. 47.), den andern an die Stifte i und o anzudrücken. Einer der beiden Spiegel erhält einen völlig unveränderlichen Stand, der andere läßt ſich nach zwei auf einander ſenkrechten Richtungen gegen den erſten bewegen. Dazu dienen die Schrauben d und m (Figuren 45., 47.). Die letztere geſtattet den beweglichen Spiegel ſo zu ſtellen, daß die Spiegelflächen beider ſich in einer beſtimmten Linie ſchneiden; die erſte dient zur Vergrößerung oder Verkleinerung des Winkels, unter welchem beide Spiegelflächen gegen einander geneigt ſind.

Fresnel ſieht auf die Interferenzſtreifen mittelſt einer convexen Linſe hin. **Baumgartner** dagegen bedient ſich dazu eines guten achromatiſchen Fernrohres, das in einiger Entfernung von dem Spiegelapparate aufgeſtellt wird. Derſelbe überzeugte ſich, daß das Interferenzphänomen an Reinheit und Deutlichkeit ausnehmend gewinnt, wenn man die Öffnung des Objectives dieſes Fernrohres in verticaler Richtung durch zwei geradlinige Schirme ſo verengt, daß der Breite nach etwa nur die Hälfte der ganzen Öffnung übrig bleibt, während dieſelbe der Höhe nach unverändert geblieben iſt.

Beim Gebrauche dieſes Apparates kommt es nun hauptſächlich darauf an, daß man den Spiegeln die rechte Lage gegen einander und gegen das Fernrohr gibt, und die Entfernungen des Spiegels von der Fenſteröffnung und des Fernrohres von den Spiegeln richtig beſtimmt.

Die Entfernung der Spiegel vom Fenſter mag 5 — 6 Fuß betragen, die des Fernrohres von den Spiegeln eben ſo viel; überhaupt muß die letztere Entfernung ſo beſchaffen ſein, daß man im Fernrohre das doppelte Bild der Lichtlinie deutlich ſieht. Iſt daher die Ocularröhre des Fernrohres lang, und es daher möglich, einen ziemlich nahe gelegenen Punct durch daſſelbe deutlich ſehen zu können, ſo kann man dieſe Entfernung vermindern; bei den gewöhnlichen Fernröhren wird man dieſe Diſtanz meiſtens über 4 Fuß vergrößern müſſen, weil ihr Ocular nicht ſo weit vom Objective entfernt werden kann, um das Bild eines nur 8 Fuß vom Objective abſtehenden Körpers in die deutliche Sehweite bringen zu können.

Die Spiegel müſſen gegen das an der Fenſteröffnung befindliche Glas ſo geſtellt werden, daß die gerade Linie, in welcher ſich ihre ſpiegelnden Flächen ſchneiden, mit der Axe des cylindriſchen Glaſes parallel iſt; die Stellung der Spiegel gegen das Fernrohr iſt dem Zwecke angemeſſen, wenn man beide Bilder der Lichtlinie im Geſichtsfelde hat.

Stehen dieſe zwei Bilder zu weit von einander ab, ſo vermindert man mittelſt der Schraube d die Neigung der Spiegel gegen einander, bis die rechte Entfernung der Bilder eingetreten iſt. Iſt dieſes der Fall, ſo ſieht man von jedem Bilde rechts und links einen Lichtſtreifen von der Höhe der Lichtlinie ausgehen. Fallen dieſe Streifen von beiden Öffnungen zwiſchen zwei parallele Linien, ſo daß ſie gleichſam einen continuirlichen Streifen bilden, ſo haben die Spiegel die gehörige Lage gegen einander, widrigenfalls muß man dieſe Lage mittelſt der Schraube m dahin abändern, daß die Lichtſtreifen die genannte Lage erhalten.

IX. Objective Farbenerſcheinungen durch nicht polariſirtes Licht *).

Farbentheorie von Hellwag.

Hellwag **) glaubt die Newton'ſche Farbentheorie durch eine Modification derſelben zu verbeſſern, nach der das Spectrum nicht durch Stralen, deren Brechbarkeit ſich von einem Ende des Spectrums zum andern continuirlich ändert, ſondern bloß durch 4 Stralen verſchiedener Brechbarkeit, die ſich deſſenungeachtet zum Theil im Spectrum decken ſollen, erzeugt werden ſoll. Vielleicht verſtehen Andere beſſer als ich die Möglichkeit, die Erſcheinungen nach dieſer Annahme zu repräſentiren. Ich überlaſſe es den Leſern, das Nähere darüber in der Originalabhandlung ſelbſt nachzuſehen.

Farbentheorie von Crum.

Crum hat in einem beſondern Werkchen ***) eine Farbentheorie aufgeſtellt, von der es zur geſchichtlichen Kenntniß hinreichen wird, die Notiz mitzutheilen, die **Marx** (Schweigg. LXIII. 54) davon gegeben hat, indem ſie keine weitere Erörterung verdienen möchte.

---

*) Von einigen hieher gehörigen Erſcheinungen iſt ſchon im vorigen Abſchnitte die Rede geweſen.

**) Kaſtn. Arch. IV. 81.

***) An experimental inquiry into the number and properties of the primary colours and the source of colour in the prism. 1830.

Crum glaubt mit Dr. **Reade** (in den Grundlinien einer neuen Theorie der Farben. London 1816.) annehmen zu müſſen, die Farben entſtänden nicht aus dem Lichte und auch nicht aus dem Zuſammenwirken von Licht und Dunkelheit, ſondern aus dem **Schwarzen**! Dieſes folgert er hauptſächlich aus einem Verſuche mit dem Prisma, durch welches eine ſchwarze Linie auf hellem Grunde betrachtet, ſich in einen Streifen von blau, roth und gelb auflöſt. Dieſe ſeien alſo die Grundfarben und ſie würden durch Brechung aus dem Schwarzen, welches hinwieder aus ihnen gemiſcht ſei, hervorgelockt. Eben ſo ſei in dem durch das Prisma farbig gebrochenen Spectrum des Sonnenbildes die Dunkelheit oder der Schatten über und unter demſelben die Urſache der Farben. Grün entſtünde durch das Zuſammenfallen von Gelb und Blau zweier Spectra; eben ſo Orange aus Gelb und Roth. Nur dieſe letztere Annahme ſtimmt mit der von **Göthe** überein, deſſen Werk übrigens dem Engländer gänzlich unbekannt geblieben zu ſein ſcheint.

Farbenſcale von Nobili *).

Nobili **) hat von den Färbungen, die ſich auf Metallplatten durch **geeignete** Anwendung des Galvanismus (vergl. S. 11) hervorbringen laſſen, Nutzen zur Einrichtung einer vergleichbaren Farbenſcale gezogen. Je nachdem man nämlich die galvaniſche Wirkung kürzere oder längere Zeit auf eine ſolche Platte anwendet, bilden ſich dünnere oder dickere Überzüge darauf, deren Farbe gerade ſo in Abhängigkeit von ihrer Dicke ſteht, als bei den Newton'ſchen Farbenringen.

Die Scale **Nobili's** beſteht aus 44 Farbentinten, deren jede auf eine Stahlplatte applicirt iſt. Sie ſind nach der Reihenfolge der Dicken geordnet, welche die dünnen Überzüge, die die Farben hervorbringen, haben, ſo daß Nr. 1. der Farbe des dünnſten, Nr. 44. der Farbe des dickſten Überzuges der Scale entſpricht. Folgende Tafel zeigt die Anordnung dieſer Scale ***).

---

*) Von der Einrichtung einer Farbenſcale nach **Biot's** Vorſchlag wird erſt unter den Farbenerſcheinungen durch polariſirtes Licht die Rede ſein.

**) Bibl. univ. 1830. Août. 337 oder Erdmann's J. IX. 107 oder Schweigg. J. LXI. 406.

***) Die in Parentheſen hinzufügten Zahlen dienen zur Bezeichnung des Verhältniſſes der Dicke der Überzüge, welche die Farben hervorbringen, ſo daß z. B. die Dicke des Überzuges Nr. 11., welche das Violett hervorbringt, ſich zur Dicke des Überzuges Nr. 7., welche das Kupferroth hervorbringt, merklich wie 8 : 6 verhält; doch ſind dieſe Zahlen nur approximativ, mit Vernachläſſigung von Bruchtheilen, gegeben. Es ſind dieſe Zahlen aus der Newton'ſchen Tabelle (Biot V. 10) gezogen, und ſie würden, auf Waſſerſchichten bezogen, die abſolute Dicke derſelben in Milliontheilen eines engliſchen Zolles ausdrücken. Kennte man das Brechungsverhältniß der Subſtanzen, welche die farbigen Überzüge auf den Platten bilden, ſo würde ſich hieraus auch die abſolute Dicke dieſer Überzüge berechnen laſſen.

44. Lacca rosea	Roſa-Lackfarben	(30.
43. Verde-giallo-rossiccio	Röthlich Grüngelb	(28.
42. Verde-giallo	Gelblich Grün	(27.
41. Verde	Grün	(26.
40. Violaceo-verdognolo	Grünlich Violett	(25.
39. Lacca violacea	Violett Lackfarben	(24.
38. Lacca-rosea	Roſa-Lackfarben	(22.
37. Rancio-rosea	Roſa-Orange	
36. Rancio-verde	Grünlich Orange	(21.
35. Verde-rancio	Orange-Grün	
34. Verde-giallo	Grüngelb	(20.
33. Verde-giallognolo	Gelblich Grün	
32. Verde	Grün	(19.
31. Porpora verdognola	Grünlich Purpur	(18.
30. Lacca-turchiniccia	Bläulich Lackfarben	(17.
29. Lacca-purpurea	Purpurlack	(16.
28. Lacca-accesa	Brennend Lackfarben	(15.
27. Lacca	Lackfarben	
26. Lacca-rancio	Orange-Lack	(14.
25. Rosso-rancio	Orange-Roth	
24. Rancio-rosso	Roth Orange	
23. Rancio-rossiccio	Röthlich Orange	
22. Rancio	Orange	(13.
21. Giallo-rancio	Orange-Gelb	
20. Giallo-acceso	Brennend Orange	
19. Giallo	Gelb	
18. Giallo-chiarissimo	Sehr hell Gelb	(12.
17. Celeste-giallognolo	Gelblich Himmelblau	
16. Celeste	Himmelblau	
15. Bleu-chiaro	Hellblau	(11.
14. Bleu	Blau	
13. Bleu-carico	Tiefblau	
12. Indaco	Indigo	(10.
11. Violetto	Violett	(8.
10. Rosso-violaceo	Violett-Roth	(7.
9. Ocrio-violaceo	Violett Ocherfarben	
8. Ocrio	Ocherfarben	
7. Rosso di rame	Kupferroth	(6.
6. Fulvo acceso	Brennend Gelb	
5. Fulvo	Brandgelb	
4. Biondo-acceso	Brennend Blond	(5.
3. Biondo d'oro	Goldgelb	
2. Biondo	Blond	
1. Biondo-argentico	Silberfarben	(4.

Die Farben von Nr. 1. bis 10. entſprechen dem erſten, von Nr. 11. bis 28. dem zweiten, von Nr. 29. bis 38. dem dritten und von Nr. 39. bis 44. dem vierten der Newton'ſchen zuſammengeſetzten Ringe. Allerdings hat Nobili hiebei Einiges anders gefunden, als Newton. So konnte er in der Farbe des erſten Ringes kein Blau *) finden, und was Newton Gelb und Orange in dieſem Ringe nennt, trägt nach Nobili einen ganz andern Charakter als Gelb und Orange, und geht bloß aus der Zuſammendrängung der Reihe weiß- und rothgelber Farbentinten der Scale hervor; in den Farben des zweiten Ringes vermochte Nobili das Grün nicht zu entdecken, was Newton zwiſchen Blau und Gelb ſtellt, und zwar boten ihm nicht nur die Farben der Scale kein ſolches für dieſe Stelle dar, ſondern er verſichert auch, bei directer Betrachtung der Newton'ſchen Ringe an der Stelle, wo ſich das Grün befinden ſollte, nie etwas anderes, als ein mit Azur nuancirtes Weiß, welches den Farben Nr. 15., 16. und 17. der Scale entſpricht, wahrgenommen zu haben. Auch führt er an, daß Profeſſor Amici, der auf ſeine Bitte die Newtonſchen Ringe mit allen ihm zu Gebote ſtehenden Mitteln unterſucht habe, ebenfalls kein Blau im erſten, kein Grün im zweiten Ringe zu entdecken vermochte.

Die Betrachtung der Nobili'ſchen Farbenſcale ſcheint einen für das Auge ſehr angenehmen Eindruck zu machen. Der Verfaſſer ſagt davon: „Ich habe meine Scale einer großen Menge von Perſonen und namentlich Gelehrten, die mich bei ihrer Durchreiſe von Reggio mit ihrem Beſuche beehrten, gezeigt; alle ſtimmen in der angenehmen Empfindung überein, die ihnen der Anblick dieſer Farben verurſachte, welche ſich von einem Tone zum andern auf ſo harmoniſche Weiſe abſtufen, daß das Auge ſich gedrungen fühlt, immer von Neuem dazu zurückzukehren, um ſich das Vergnügen dieſes Schauſpieles zu verlängern. Es liegt hierin keine Übertreibung, vielmehr könnte ich noch ſtärkere Ausdrücke brauchen, ohne der Wahrheit zu nahe zu treten, ſo groß iſt die Wolluſt (volupté), wenn man mir dieſes Wort erlauben will, welche das Anſchauen unſerer Farbenſcale erweckt."

Charakteriſtik der verſchiedenen Farben der Scale und Vergleichung mit Farben der Natur. Durch Betrachtung der Farben ſeiner Farbenſcale, welche angegebenermaßen mit denen der Newton'ſchen Ringe übereinſtimmen, hat Nobili Folgendes gefunden:

Farben des erſten Ringes. Die weiß- und hellgelben Farbentinten des erſten Farbenringes (Nr. 1. bis 10.) haben ein gewiſſes Feuer, etwas Metalliſches und gleichen ein wenig den Farben des Goldes und Kupfers. Sie ſind, wegen ihrer Zuſammenſetzung, durch die ſie mehr als

---

*) Es läßt ſich indeß nach Newton's Beobachtungen an Seifenblaſen (Biot V. 20), die nicht wohl eine Täuſchung geſtatteten, ſchwer annehmen, daß kein Blau in den Farben des erſten Ringes vorhanden ſein ſollte. Doch beträgt es nach Newton ſelbſt nur wenig.

die andern von den prismatiſchen Farben abweichen, ſehr ſchwer nachzuahmen. In der Natur findet man ſie namentlich: an den Haaren der Thiere, an den Federn verſchiedener Vögel, an den Faſern gewiſſer trockener Hölzer, wie des Nußbaumes, Birnbaumes ꝛc.; an den Ährenſpitzen (barbes) der Cerealien, wie des Waizens, der Gerſte, des Roggens ꝛc.; am Rauche, der ſich am Ende der Flamme entwickelt; an den Decocten geröſteter Saamen, wie der Gerſte, des Kaffee ꝛc.; in dem Hofe, den man oft um den Mond beobachtet, wenn er mit Nebel oder ſchwachen Wolken bedeckt iſt.

Die Farben der **Wolken** ſind in den Farben des erſten Ringes, die beiden erſten des zweiten Ringes mit hinzugerechnet, eingeſchloſſen; die **Rauchfarben** der Wolken entſpringen namentlich aus der mehr oder weniger innigen Verſchmelzung des Weißen und Brandgelben; die **Feuerfarben** der Wolken entſpringen aus Nr. 8., 9. und 10.; das dunkle Blau der Wolken aus Nr. 10, 11., 12.*).

Das **erſte Weiß** iſt eigentlich die Farbe der **Kinderhaare**. Es iſt merkwürdig, daß dieſe Farbe mit der Zeit dunkler wird, gerade ſo, wie es die Scale angiebt, wenn man allmälig zu Nr. 2., 3. und 4. übergeht.

Die Farbe des Goldes und Kupfers glaubt **Newton** dem zweiten oder dritten Ringe angehörig. Nach **Nobili** hingegen nähern ſie ſich mehr denen des erſten Ringes, wiewohl keine vollkommene Übereinſtimmung Statt findet.

Farben des zweiten Ringes Nr. 11. bis 28. Dieſer Ring umfaßt die ſchönſten Farben unter den übrigen, und welche ſich denen des Spectrums am meiſten nähern. In der Natur entſprechen ihnen die Farben des Himmels, wie ſie ſich beim Anbruche des Tages entwickeln, wenn der Himmel möglichſt dunſtfrei iſt.

Farben des dritten (Nr. 29. bis 38.) **und vierten Ringes** (Nr. 39. bis 44). Sie zeichnen ſich vor denen des zweiten und dritten durch ihre **Kraft** und den Hinzutritt des **Grünen** aus. Das erſte Grün erſcheint in dem dritten Ringe bei Nr. 32. der Scale, und aufs Neue in dem vierten Ringe bei Nr. 41. Dieſe beiden Farben ſind gleich ſchön und wenig von einander verſchieden; der wichtigſte Unterſchied beſteht in der Durchſichtigkeit, welche im vierten geringer iſt, als im dritten.

Die in beiden Ringen enthaltenen Farben werden häufig in den drei Naturreichen angetroffen; namentlich ſcheint das Pflanzenreich dieſelben in großer Menge zu enthalten.

---

*) Aus dem Umſtande, daß die Farben der Wolken nicht über Nr. 12. hinausgehen, und daß die Dicke der Waſſerſchicht, welche dieſe Farben zurückwirft, etwa 10 Milliontheil eines engliſchen Zolles nach **Newton** beträgt, ſchließt **Nobili**, daß die Hülle der Dampfbläschen in keinem Falle dicker als 10 Milliontheil eines engliſchen Zolles iſt. Indeß gilt jene Beſtimmung **Newton's** nur für ſenkrecht einfallende Stralen; bei ſchiefem Daraufſehen erſcheinen aber dieſelben Farben bei größeren Dicken, welcher Unterſchied jedoch für die inneren Ringe nicht ſehr merklich iſt. P.

Eigenthümliche Eigenſchaften einiger Farben der Scale.

Gießt man einen Tropfen Alkohol auf die violette Farbe Nr. 11. und verbreitet ihn ſo, daß er dieſelbe zum Theil bedeckt, ſo zeigt der befeuchtete Theil nicht mehr die urſprüngliche violette Farbe, ſondern an ihrer Stelle eine geſchwächte Farbe, welche der des Milchkaffee gleicht, während der nicht befeuchtete Theil ſeine Farbe behält. Der Unterſchied zwiſchen beiden Farben iſt ſo groß, daß man nicht begreift, wie eine durchſichtige und ganz waſſerhelle Schicht Alkohol die violette Farbe, über welche ſie verbreitet iſt, in ſolchem Grade abändern kann. Nach Verdampfung des Alkohols kehrt die Farbe zu ihrem erſten Glanze zurück.

Waſſer, Öl, Salzauflöſungen bringen denſelben Erfolg hervor; die Dicke der Flüſſigkeitsſchicht iſt ohne Einfluß auf das Phänomen. Feſte durchſichtige Körper, wie Glas, Kryſtall ꝛc., ändern die violette Farbe nicht, wenn ſie unmittelbar darauf gelegt werden. Die Adhäſion des darauf gelegten Körpers an die Platte ſcheint ſonach eine weſentliche Bedingung zur Entſtehung der Erſcheinung.

Über dem Violett ſind das Indig Nr. 12. und das Blau Nr. 13., und weiter abwärts in der Scale das Roth Nr. 10. und die Ockerfarben Nr. 8. und 9. ſehr namhaften Veränderungen durch das angezeigte Mittel unterworfen. Bei den anderen Farben der Scale dagegen bemerkt man hiebei keine Veränderungen, oder wenigſtens ſind ſie ſehr ſchwach im Verhältniß zu denen, welche ſich bei den in der Nähe des Violett Nr. 11. ſtehenden Farben zeigen.

Eine Erklärung jener Eigenthümlichkeit hat der Verfaſſer nicht zu geben vermocht.

Eine andere Eigenthümlichkeit, welche ſich bei gewiſſen Farben zeigt, iſt folgende:

Bekanntlich ändert ſich die Farbe der Newton'ſchen Ringe mit der Schiefe des Daraufſehens in der Art, daß eine größere Schiefe denſelben Erfolg hat, als wenn man die Schicht dünner machte (was jedoch weniger bei den Farben der Ringe niederer als höherer Ordnungen bemerklich wird). Nun verhalten ſich in *Nobili's* Scale die oberen Farben, welche zwiſchen dem Roth Nr. 44. und dem Gelb Nr. 21. begriffen ſind, nach der Regel. In der That, wenn man dieſe Farben unter einer gewiſſen Schiefe betrachtet, ſieht man Nr. 44. ſich in 43. verwandeln, 43. in 42. u. ſ. f. Dies Geſetz beſteht bis zum Gelb Nr. 21. fort; von dieſer Nummer an aber ändert ſich die Erſcheinung. Die ſchönen gelben Tinten Nr. 19. und 20. werden azurgrün; die helleren gelben Tinten 18. und 17. verwandeln ſich in Roth; die Azurtinten 16. und 15. werden gelblich, die blauen Tinten 14. und 13. bleiben unverändert. Hier endigt ſich dieſe Anomalie, indem von Nr. 12. bis Nr. 1. wieder das geſetzmäßige Verhalten eintritt.

Im Zuſammenhange mit dieſer Anomalie, welche die Farben des zweiten Ringes darbieten, ſteht eine beſondere Erſcheinung, welche die Nobili'ſchen *Farbenringe*, wenn ſie auf einer Metallplatte hervorgebracht ſind, darbieten *). Betrachtet man nämlich dieſe Ringe erſt unter ſenkrechten, dann unter ſchiefen Incidenzen, ſo ſieht man vom 70ſten zum 80ſten Grade der Schiefe im mittlern Theile des zweiten Ringes (vom Umfange herein) einen neuen Ring entſtehen. Dieſe Erſcheinung iſt nicht von dem Verſchwinden eines andern Ringes begleitet, ſondern es iſt ein wahrer neuer Ring, der ſich unter dieſer großen Neigung auf der, anfangs faſt ganz weißen, Mitte des zweiten Ringes bildet. Die Nobili'ſchen Ringe laſſen ſich (durch ein Verfahren, was der Verfaſſer nicht mitgetheilt hat) leicht ſo weit vergrößern, daß dieſer eingeſchobene Ring (intrus) eine Breite von 2 bis 3 Linien erlangt. Die Farben, aus denen er beſteht, erſcheinen dann ſehr deutlich und enſprechen genau denen, welche man für ſich auf den Platten 20., 19., 18., 17., 16. und 15. ſieht; nur erblickt man ſtatt dieſer Farben einen Ring, welcher aus Grün, Roth und Gelb zuſammengeſetzt iſt. — Auch wenn die Ringe nur ſo klein ſind, wie man ſie gewöhnlich unter der Platinſpitze erhält, ſchiebt ſich der Ring bei ſchiefer Betrachtung an derſelben Stelle ein, und die Beobachtung iſt eben ſo entſcheidend.

Die Newton'ſchen Ringe geben kein Anzeichen dieſer Erſcheinung; ſie entſchwinden den Augen des Beobachters, bevor die letzten Grade der Schiefe erreicht werden, und können mithin einen Umſtand nicht in die Wahrnehmung treten laſſen, für den dieſe großen Neigungen eine weſentliche Bedingung ſind. Die kleinen Dimenſionen der Ringe würden kein hinreichendes Hinderniß gegen die Beobachtung der Erſcheinung abgeben, inſofern dieſelbe bei den Nobili'ſchen Ringen, mögen ſie klein oder groß ſein, wahrgenommen werden kann.

Betrachtet man die Nobili'ſchen Ringe unter der angegebenen Schiefe von 70° bis 80°, nachdem man einen Theil derſelben mit einer Schicht von Alkohol, Öl, Waſſer ꝛc. bedeckt hat, ſo erſcheint der eingeſchobene Ring bloß da, wo die feuchte Schicht fehlt.

Farbenſcale von Field **).

Das nachfolgende Inſtrument, vom Erfinder Chromometer genannt, beruht auf bekannten Principien und hat unſtreitig nur das Intereſſe der Curioſität.

Es beſteht aus drei hohlen, keilartigen, mit Glaswänden verſehenen, Gefäßen, die ſo gefaßt ſind, daß man einen Lichtſtral nach Belieben durch alle drei oder durch eines oder das andere derſelben leiten kann. Jedes derſelben enthält einen Stoff, deſſen Farbe eine Hauptfarbe iſt, und zwar das eine rothe Krapptinctur, das andere blaue ſchwefelſaure Kupferlöſung, und das dritte gelbe eine chromſaure Kalklöſung oder Safrantinctur. Dieſe

---

*) In Bezug auf dieſe Ringe verdient bemerkt zu werden, daß ſie die umgekehrte Lage haben, als die Newton'ſchen. Letztere beginnen von der Mitte, die Nobili'ſchen vom Umfange herein.

**) Baumg. VIII. 133.

Flüſſigkeiten haben einen ſolchen Farbenton, daß ein mitten durch alle drei Gefäße gehender Stral, auf weißem Papier aufgefangen, weiß erſcheint. Nimmt man das Gefäß mit der rothen Flüſſigkeit hinweg, ſo erſcheint dieſer Stral grün, hingegen purpurroth oder orange, wenn man das Gefäß mit der gelben oder blauen Flüſſigkeit wegnimmt. Wendet man die Gefäße gegen den einfallenden Stral, ſo daß derſelbe durch dickere Schichten der Flüſſigkeit gehen muß, ſo erleidet die Farbe des durchgelaſſenen Lichtes eine Modification, und wenn man die Stellung, wo der Stral mitten durch ein ſolches Prisma geht, als Nullpunct der Farbenſcale anſieht, ſo kann man leicht durch verſchiedene Neigungen der Prismen Grade der ſich hiebei ändernden Farben feſtſetzen.

Über die Farben und prismatiſchen Spectra verſchiedener Flammen, von Herſchel *).

Die Flamme des Cyangaſes zeigt, bei Betrachtung durch eine ſchmale Öffnung, eine Purpurfarbe mit grünlich gelber Einfaſſung. Durch ein Prisma betrachtet giebt ſie ein Spectrum, welches auf eine ganz ſonderbare Weiſe von mehreren dunklen Zonen durchſchnitten iſt. Dieſe Zonen ſind im ganzen Spectrum ziemlich gleichförmig vertheilt, und die leuchtenden Theile zwiſchen ihnen ſind von faſt gleicher Helligkeit.

Die Flamme des in den Theatern gebräuchlichen Rothfeuers (welches man durch Verbrennung von ſalpeterſaurem Strontian hervorbringt) zeigt zwei lebhafte rothe Farben. Das Spectrum, welches man mittelſt des Prisma's bekommt, enthält unzählig viele Unterbrechungen, allein das Merkwürdigſte darin iſt eine ungemein helle Linie von lebhaftem Blau, die durchaus von allen übrigen unterſchieden iſt.

Die Flamme des in Joddampf brennenden Kaliums giebt auch ein beſonders merkwürdiges Spectrum.

Das Licht eines in Fäulniß übergehenden Hummers iſt bläulich grün. Mit dem Prisma unterſucht erhält man ein Spectrum, welches aber zu ſchwach iſt, als daß man darin einen Farbenunterſchied zwiſchen der Mitte und den Enden wahrnehmen könnte.

Über die Streifen in einer flackernden Flamme, von Quetelet **).

Wie bekannt hat eine ruhig brennende Kerzenflamme die Geſtalt eines Kegels, deſſen leuchtende Hülle ein Continuum darſtellt. Wenn die Flamme aber unruhig und flackernd brennt, was gewöhnlich geſchieht, wenn der Docht etwas lang geworden iſt, ſo wird ſie im oberen Theile discontinuirlich, und dann bemerkt man daſelbſt horizontale zackige Linien oder abwechſelnd helle und dunkle Streifen, wobei zugleich der Rand der Flamme oben merklich gezähnt iſt. Man kann dieſe Erſcheinung auch an einer Argand'ſchen Lampe wahrnehmen, an der man, nach fortgenommenem Glascylinder, den Docht etwas weit in die Höhe geſchoben hat. Das Flackern der Flamme ſcheint von einer durch die Länge des Dochtes erhöheten Verflüchtigung des Talges herzurühren, die eine Erkältung bewirkt und dadurch die Verbrennung ungleichförmig macht, ſo daß einige Theile entzündet ſind, andere aber nicht. Das erwähnte Phänomen ſcheint von einer Abwechslung ſolcher Schichten herzurühren.

---

*) Pogg. XVI. 187.

**) Ebend. 185.

Monochromatiſche Lampe *).

Brewſter empfiehlt neuerdings folgende Einrichtung einer monochromatiſchen Lampe, als geeignet, ein ſehr intenſives Licht zu geben. Dieſes Licht wird hiebei durch brennendes Ölgas erzeugt, was durch einen mit Kochſalzlöſung getränkten, ringförmigen Docht hindurchgeht.

Aus dem Hauptrohre MN (Figur 23.) einer Ölgaslampe ſteigt ſeitwärts ein Glasrohr abc in die Höhe, in welches ein anderes kürzeres Rohr de eingeſenkt iſt. Dieſes Rohr iſt auf- und abzuſchieben, bei e verſchloſſen und ſteht in Verbindung mit dem hohlen Ringe f, an deſſen Innenſeite ſich vier kleine Öffnungen befinden. Wenn der Hahn A geöffnet wird, ſo dringt das Gas aus dem Brenner M, zugleich aber auch durch die Röhre abc, aus den vier Öffnungen des Ringes f, und entzündet man es hier, ſo ſetzen dieſe kleinen Flammen, die übrigens durch den Hahn b zu reguliren ſind, den größern, mit Luft gemengten, Gasſtrom in Brand und werden zur Baſis einer größern Flamme, die aller Bewegung der Luft widerſteht. Wenn in Folge einer ſtarken Compreſſion das Gas mit großer Schnelligkeit aus dem Gefäße hervorſtrömt, ſo bläſt es die Flamme aus; indeß kann man es, nach des Verfaſſers Erfahrung, immer ſo einrichten, daß die Hülfsflammen den Strom in Verbrennung unterhalten **).

Um dieſe Lampe in eine monochromatiſche umzuwandeln, legt der Verfaſſer entweder auf den Ring f oder über ihm auf einen andern Ring einen breiten Kragen von grobem Baumwollendocht, der mit einer geſättigten Kochſalzlöſung getränkt iſt. Wenn man nun das Gas mit ſolcher Kraft aus M entweichen läßt, daß es eine lange und breite Säule des exploſiven Gemiſches von Ölgas und atmoſphäriſcher Luft bildet und ſie entzündet, ſo wird die blaue Flamme des Gemiſches, beim Durchgange durch den ringförmigen Docht, augenblicklich ein homogenes gelbes Licht annehmen. Der Docht hält lange Zeit ohne Erneueruug des Salzes vor, ſo daß die Lampe bei der anhaltendſten Reihe von optiſchen Unterſuchungen fortdauernd eine monochromatiſche Flamme liefert. Die Intenſität des gelben Lichtes iſt ſehr groſs, und kann, zu mikroskopiſchen Zwecken, noch leicht durch Spiegel oder Linſen concentrirt werden. Statt des ringförmigen Baumwollendochtes kann man auch einen hohlen Cylinder von Schwamm, der viele hervorragende Spitzen hat, gebrauchen; auch kann man einen ähnlich geformten Docht von Asbeſt anwenden, oder auch, wenn man es für nöthig hält, die Salzlöſung durch capillare Öffnungen in die Flamme ſpritzen laſſen.

---

*) Pogg. XVI. 379 oder Schweigg. J. LVI. 363.

**) Nach dem Verfaſſer wird eine tragbare Gaslampe dieſer Art durch dieſe Vorrichtung zu einem der ſchätzbarſten Inſtrumente für Phyſiker und Künſtler, indem es innerhalb 1 Secunde die Hitze eines Windofens lieferte.

Einwürfe, welche Goring in einem weitſchweiſigen Aufſatze in Brewſter's Edinb. J. of sc. 1831. July p. 52 gegen die Anwendbarkeit monochromatiſchen Lichtes und wirkliche Homogeneität deſſelben gemacht hat, ſind von Brewſter (ebend. S. 143) hinreichend widerlegt worden, daher es genügen mag, hier ſeinen Aufſatz namhaft zu machen.

Über farbige Gläſer.

Man hat die Erſcheinung, daſs gewiſſe Körper im durchgehenden Lichte farbig erſcheinen, daraus zu erklären geſucht, daſs ſie von dem weiſsen einfallenden Lichte gewiſſe Farbeſtralen verſchlucken und bloſs die complementären durchgehen laſſen. Mit dieſer Erklärung ſcheinen gewiſſe Umſtände, welche man bei den farbigen Gläſern beobachtet, nicht in Übereinſtimmung. So, wenn man die rothen Stralen, welche aus einem rothen Glaſe hervorgetreten ſind, durch ein blaues Glas gehen läſst, treten ſie violett daraus hervor; läſst man ſie durch ein gelbes Glas gehen, ſo treten ſie orangegefärbt heraus, und läſst man nun letztere durch ein blaues Glas gehen, ſo kommen ſie grau oder braun daraus hervor; da doch, nach der obigen Erklärung, alles Licht durch das zweite Glas intercipirt werden müſste, weil nach dieſer Erklärung z. B. ein blaues Glas ein ſolches iſt, das alle anderen Lichtſtralen als die blauen intercipirt, mithin auch die rothen, die aus dem erſten Glaſe darauf fallen, intercipiren müſste.

Unſtreitig wird man, um dieſen Einwurf zu beſeitigen, bloſs anzunehmen haben, daſs die gefärbten Gläſer zwar wohl einen Theil des einfallenden Lichtes ſo zerlegen, daſs ſie gewiſſe Farben daraus verſchlucken und die übrigen durchlaſſen, daſs aber ein anderer Theil unzerlegt und unverſchluckt hindurchgeht, der dann durch das zweite Glas partiell zerlegt werden und ſo eine gewiſſe Farbe zur Miſchung mit der durch das erſte Glas durchgegangenen, die vom zweiten Glaſe wiederum nur partiell verſchluckt wird, hergeben kann.

Mit dieſer Anſicht kommt im Weſentlichen die Erklärung, welche Jackſon *) in einer unnöthigerweiſe weitläuftigen Abhandlung von den Erſcheinungen der farbigen Gläſer giebt, überein, nur daſs er zugleich einen Grund angiebt, warum wohl ein Theil des Lichtes unafficirt durch die Gläſer hindurchgeht, weil nämlich die Färbung der Gläſer eigentlich nur durch ſehr feine in das durchſichtige Glas eingeſtreuete Theilchen undurchſichtiger

---

*) Bibl. univ. 1830. Mai. 11 oder Baumg. Zeitſchr. VIII. 187.

Oxyde bewirkt werde, die indeß doch Raum zwiſchen ſich laſſen, daß ein Theil der Lichtſtralen zwiſchen ihnen hindurchgehe, ohne anzutreffen, während ein anderer Theil des Lichtes auf ſchiefe, gegen die Oberfläche des Glaſes gerichtete, Facetten dieſer Theilchen auftrifft, ſo daß er innerhalb des Glaſes eine farbige Zurückwerfung erleidet, die ihn durch die zweite Oberfläche des Glaſes hindurchführt und die Färbung des durchgehenden Lichtes bewirkt.

Farbenveränderungen durch Hitze.

Verſchiedene Stoffe vermögen, unabhängig von chemiſcher Veränderung, durch bloße Temperaturänderungen ihre Farbe zu ändern, worüber hier einige Beiſpiele folgen mögen:

Das Jodblei wird durch Wärme orangeroth, beim Erkalten gelb*); das Queckſilberjodid ſublimirt gelb, nimmt aber beim Erkalten ſeine orangenrothe Farbe wieder an**); das baſiſch chromſaure Bleioxyd (Chromroth), das Queckſilberoxyd und der Zinnober haben kalt eine rothe, heiß eine ſchwarze Farbe***); das Zinkoxyd iſt in der Kälte weiß, in der Hitze gelb†), die ſalpetrige Säure iſt bei —20° C. farblos, bei gewöhnlicher Temperatur grün††).

Farbenſtreifen an Planſpiegeln von Quetelet†††).

Whewell, Profeſſor an der Univerſität zu Cambridge, hat zuerſt bemerkt, daß man mittelſt eines Planſpiegels Farbenſtreifen erhalten kann, wenn man ein Kerzenlicht ſo vor demſelben anbringt, daß die reflectirten Stralen deſſelben nur einen kleinen Winkel mit den auffallenden machen, und in das hinter dem Lichte befindliche Auge gelangen. Doch ſieht man dieſe Erſcheinung nicht immer, und es war nothwendig, die Bedingungen zu ſuchen, welche dieſer Erſcheinung entſprechen. Dieſes hat Quetelet gethan, indem er zeigte, daß man das Glas nur mit einer dünnen Dunſtſchicht überziehen dürfe, um genannte Erſcheinungen zu erzeugen. Noch beſſere Dienſte leiſtet eine dünne Fettſchicht, indem ſie zugleich den Vortheil gewährt, daß das betreffende Phänomen dauernd iſt, und nicht, wie im vorhergehenden Falle, mit den Dünſten wieder verſchwindet. Auch iſt nach den Erfahrungen dieſes Gelehrten dazu nicht einmal ein belegter Glasſpiegel erfoderlich; auch eine gewöhnliche Glasſcheibe leiſtet dieſelben Dienſte, nur erſcheinen die Farbenſtreifen nicht ſo rein, woran offenbar die Ungleichheiten der Glasoberfläche Schuld ſind. Ein Tropfen Terpentinöl auf die hintere Glasfläche gegeben, macht aber das Phänomen augenblicklich verſchwinden. Mit undurchſichtigen Stoffen läßt ſich der Verſuch nicht anſtellen.

---

*) Henry im Pharm. Centralbl. II. S. 350.

**) Berzelius Lehrb. d. Chem. II. 908.

***) Pogg. XXI. 580; Berzelius's Lehrbuch der Chemie II. 225; Buchner's Repert. XXXIII. 429.

†) Zur Ausmittelung der Urſache dieſer Farbenänderung beim Zinkoxyde iſt neuerdings eine Preisaufgabe von der pharmaceutiſchen Hagen-Bucholz'ſchen Stiftung ausgeſetzt worden (Pharm. Centralbl. II. S. 722).

††) Pharmac. Centralbl. II. S. 651.

†††) Quetelet Corresp. V. livr. 6. VI. livr. 1. Baumg. Zeitſch. VIII. 218.

Übrigens erſcheinen jene Streifen zur Seite des Bildes der Kerzenflamme, und zwar in einer Richtung, die auf der durch die Flamme und das Auge auf den Spiegel ſenkrecht gezogenen Ebene ſenkrecht ſteht; aber ſie erſcheinen nicht immer geradlinig; man unterſcheidet vom Bilde der Flamme aus einen bläulich grünen, einen gelben und einen rothen Streifen, u. ſ. f.

Je mehr man ſich vom Spiegel entfernt, und je mehr ſich das Auge dem Kerzenlichte nähert, oder überhaupt je kleiner der Winkel iſt, den das einfallende Licht mit dem reflectirten macht, deſto breiter werden die Farbenſtreifen.

Farbenerſcheinungen bei Zurückwerfung des Lichtes an der Berührungsfläche von feſten und flüſſigen Körpern, die eine gleiche oder wenig verſchiedene Brechkraft beſitzen, von Brewſter *).

Nachſtehendes ſind die Reſultate der folgenden Unterſuchungen:

1) Wenn Licht von der Berührungsfläche zweier Mittel von nahe gleichen Brechungskräften und ungleichen Zerſtreuungskräften (wie Flintglas und Caſſiaöl) zurückgeworfen wird, ſo hat das reflectirte Lichtbündel ſtets eine andere Farbe, als das einfallende. Dieſer Umſtand iſt eigentlich nur eine theoretiſche Folgerung aus der Ungleichheit, mit welcher ſich die brechenden Kräfte in beiden Mitteln auf die verſchiedenen Farbenſtralen äuſſern, indem dadurch gewiſſe Farbeſtralen leichter zum Durchgange disponirt werden müſſen, als andere.

Es kann (da die Brechungsverhältniſſe für jeden Farbenſtral bei allen Einfallswinkeln gleich bleiben) ein auf ſolche Weiſe zurückgeworfener farbiger Stral vermöge Änderung des Einfallswinkels zwar wohl in ſeiner Intenſität, aber nicht in ſeiner Farbe, eine Änderung erleiden, ein Umſtand, welcher nicht erlaubt, die nachfolgends unter 2) bemerkten Farbeerſcheinungen mit den hier namhaft gemachten von gleichem Grunde abzuleiten.

2) Wenn Licht durch zwei ſich innig berührende, verſchiedenartige Mittel, ein feſtes und flüſſiges hindurchgeht, ſo kann es, entgegen der gewöhnlichen Annahme, eine Zurückwerfung an der gemeinſchaftlichen Berührungsfläche ſelbſt dann erfahren, wenn die Brechungskräfte beider Mittel nahe oder ganz gleich ſind. Dies zurückgeworfene Licht iſt in der Regel farbig. Die Farbe ändert ſich bei Abänderung des Einfallswinkels nach der

---

*) Philos. transact. 1829. P. I. p. 187; Pogg. XVII. 29; oder Schweigg. J. LVII. 155.

Ordnung der Newton'ſchen Farbenringe, indem ſie mit Vergrößerung des Einfallswinkels in Ringe immer niederer Ordnung (die näher nach dem Mittelpuncte liegen) hineintritt; ſie zeigt endlich bei dieſer Abänderung des Einfallswinkels periodiſche Maxima und Minima der Intenſität. Alle dieſe Umſtände zeigten ſich an der Berührungsfläche des bei den nachfolgenden Verſuchen mit A bezeichneten Glasprisma's mit verſchiedenen Flüſſigkeiten.

Bei beſonderer Beſchaffenheit der brechenden Mittel kann es indeß geſchehen, daß Abänderung der Farben und Erſcheinen der Maxima und Minima faſt gar nicht merklich wird, ſo an der Berührungsfläche des nachgehends mit B zu bezeichnenden Glasprisma's mit den verſchiedenen Flüſſigkeiten. Es ſcheint jedoch, daß dies bloß daher rühre, daß die Farben hier zu einer langen, ſich nur langſam ändernden, Periode gehören, da man allerdings bei ſehr großer Änderung der Neigungswinkel einige Änderung der Farbe auch hier beobachtete.

Nimmt man, wofür in der That viele Gründe ſprechen, an, daß die Kräfte, vermöge deren die Lichttheilchen zurückgeworfen und gebrochen werden, in gegenſeitiger Abhängigkeit von einander ſtehen, ſo daß ihre Änderungen ſtets gleichzeitig und nach einem gleichen Geſetze erfolgen, ſo ſcheinen die in Rede ſtehenden Erſcheinungen ſich nur durch die Annahme erklären zu laſſen, daß das Geſetz dieſer Kräfte in ſtarren und flüſſigen Körpern ein verſchiedenes ſei, ſo daß, wenn auch der Geſammteffect der Reflexionskraft in ſtarren und flüſſigen Körpern zum Gleichgewicht gebracht iſt und eben ſo der Geſammteffect der Refractionskraft, doch wegen ungleicher Abnahme dieſer Kräfte auf gleiche Entfernung, noch eine verſchiedenartige Wirkung beider Mittel auf das Licht wird Statt finden können *). Die periodiſche Veränderung der Intenſität der Farbenerſcheinungen iſt unſtreitig aus der Interferenz zweier Portionen Licht zu erklären, wiewohl noch nicht ganz klar iſt, wie dieſe interferirenden Lichtbündel erzeugt werden.

3) Veränderungen in der Beſchaffenheit der Oberfläche des feſten brechenden Mittels bringen Modificationen in die unter 2) bemerkten Erſcheinungen, ohne daß ſich bis jetzt über die Art dieſes Einfluſſes etwas theoretiſch vorausſagen läßt.

Zu 1). Brewſter beobachtete, daß von einer Schicht Caſſiaöl, welche zwiſchen zwei Flintglasprismen eingeſchloſſen war, eine blaue Farbe zurückgeworfen ward. Dies wird dadurch erklärlich, daß die Brechkraft des Caſſiaöls die des Flintglaſes für die mittleren Stralen beträchtlich übertrifft, während die Wirkung beider Körper auf die weniger brechbaren Stralen einander beinahe gleich iſt. Es mußte daher ein großer Theil der rothen Stralen durchgehen, dagegen aber von den orangefarbe-

---

*) Im Undulationsſyſteme können die in Rede ſtehenden Erſcheinungen durch die Annahme erklärt werden, daß die Dichtigkeit oder Elaſticität des Äthers nahe an der Oberfläche der verſchiedenen Körper verſchieden ſei.

nen ein kleiner Theil, von den gelben ein größerer, von den grünen ein noch größerer und von den blauen ein ſehr großer Theil reflectirt werden, ſo daß der durch Reflexion gebildete Lichtbündel nothwendig hauptſächlich nur eine blaue Farbe beſitzen mußte.

Bei Anwendung verſchiedener Glasſorten und verſchiedener Öle erhielt Brewſter mehrere ähnliche Reſultate, wobei verſchiedene andere Färbungen beobachtet wurden.

Zu 2). Brewſter wandte zwei Prismen von Tafelglas, A und B, das erſte in der Glashütte, das zweite von Dollond verfertigt, an, die beide ein gleichſchenklich rechtwinkliches Dreieck zum Querſchnitt hatten und auf der Baſis polirt waren. Die Brechungsverhältniſſe m waren:

	m
In A . .	1,503
In B . .	1,510

Sie zeigten, wie aus den nachſtehenden Verſuchen erhellt, ein verſchiedenes Verhalten gegen das Licht.

Die angewandten Flüſſigkeiten waren Ricinusöl und Copaivabalſam, von denen der letztere eine größere, das erſtere eine geringere Brechkraft als die Glasprismen beſitzt. Die Brechungsverhältniſſe ſind nämlich:

	m
Im Ricinusöl . .	1,490
Im Copaivabalſam	1,528

Die Prismen A, B wurden nun an einander befeſtigt, wie in Fig. 18., und ein Schichtchen CD von Ricinusöl zwiſchen dieſelben gebracht. Ein Lichtſtral Rr wird, nach der Refraction in r, von der Fläche CoD, welche das Prisma A vom Öle trennt, in der Richtung oqm reflectirt; ein anderer Theil deſſelben aber von der Fläche GpH, welche das Öl vom Prisma B ſcheidet, in der Richtung psn. Damit die beiden Stralen qm, sn hinreichend aus einander weichen, ſind die gemeinſchaftlichen Durchſchnitte der Flächen, die den rechten Winkel enthalten, etwas gegen einander geneigt.

Wenn der Einfallswinkel RrE ſehr groß iſt, ſo erleidet das Licht eine totale Reflexion an der Fläche CoD. Innerhalb der Gränze der totalen Reflexion iſt das Licht oqm gelb; und wenn man den Einfallswinkel ſtufenweiſe vermindert, ſo geht das Lichtbündel oqm durch alle Nuancen von faſt drei Farbenordnungen, wie es die folgende Tabelle zeigt.

		Einfallswinkel RrE	Einfallswinkel an der Fläche CoD *)
Erſte Ordnung.	Gelb	70°	83° 33′
	Orange	63	81 13
	Roth	61	80 27
	Nelkenfarben (pink)	59½	79 51
	Gränze von Nelkenfarben und Blau	59	79 14
Zweite Ordnung.	Bläuliche Nelkenfarbe . . .	57	78 46
	Volles Blau	55	77 54
	Grünliches Blau	52	76 30
	Gelbliches Blau	48	74 32
	Gelb	41	70 46
	Röthliches Gelb	34	66 46
	Noch röther	26	61 54
	Roth	21	59 4
	Nelkenfarbe	17	56 11
	Gränze von Nelkenfarbe und Blau	14	54 14
Dritte Ordnung.	Blau	+ 9	50 57
	Bläulich Grün	0	45 0
	Gelblich	— 15	35 46
	Volles Gelb	— 22	30 37
	Röthliches Gelb	— 31	25 21
	Nelkenfarbe	— 52	13 30

Die Farbe des von der andern Trennungsfläche GpH erzeugten Lichtbündels psn iſt faſt bei allen Einfallswinkeln ein ſchwaches gelbliches Grau, wie man dies am beſten ſieht, wenn man die obere Seite des Prismenſyſtemes hinunterdreht und den Stral Rr mit dem Prisma B auffängt, ſo daß der reflectirte Stral psn nicht durch das Öl geht. Seine Intenſität nimmt bei zunehmendem Einfallswinkel immer mehr ab, doch nur ſehr langſam. Bei ſehr großer Incidenz bemerkte indeß doch Brewſter einen beſtimmten Übergang der Farbe aus Grau in Blau, welches angegebenermaßen die Vermuthung rege macht, daß dieſe Farben einer langen Periode zugehören, die ſich mit zunehmender Incidenz langſam dem Minimum ihrer Intenſität nähert.

Wenn das untere Prisma von demſelben Glaſe wie A verfertigt iſt, und die in obiger Tafel angeführten Farben bei anderen Einfallswinkeln

---

*) Dieſe Columne iſt nach der Formel $A = 45 \pm \text{Arc.}\left(\frac{\sin I}{m}\right)$ berechnet, wo I die Einfallswinkel der erſten Columne, A die in der zweiten bezeichnet, und $m = 1{,}508$ das Brechungsverhältniß des Glaſes iſt.

als A hervorbringt, ſo iſt das Farbenſpiel beſonders artig und die ganze Erſcheinung eine der ſchönſten der phyſikaliſchen Optik.

Wenn das einfallende Licht homogen iſt, ſo finden keine Farbenänderungen Statt; allein die reflectirten Lichtbündel haben (bei dem Prisma A) ihre Maxima und Minima von Intenſität, wie, bei homogenem Lichte, die Farbenringe dünner Platten oder die Franſen des gebeugten Lichtes.

Folgendes ſind die Perioden für das rothe und das blaue Licht.

	Rothes Licht.	Blaues Licht.
Erſtes Minimum	77° 54′	80° 27′
Zweites Minimum	50° 57′	59° 4′

Nimmt man ſtatt des dreiſeitigen Prisma's A ein vierſeitiges, ſo erſcheinen die Farben dichter zuſammengedrängt; und wenn der leuchtende Gegenſtand ein langer Streifen hellen Lichtes iſt, ſo ſieht man die meiſten Farben auf einmal.

Wenn man nun das Öl erwärmt und dadurch ſeine Brechkraft ſchwächt, ſo wird die Helligkeit der Farben bedeutend vermindert, und die erſte Periode bei einem geringern Einfallswinkel geſchloſſen.

Von dieſer Art ſind die Erſcheinungen, wenn die Brechkraft des Glaſes die der Flüſſigkeit übertrifft. Wir werden nun ſehen, was geſchieht, wenn die Flüſſigkeit eine größere Brechkraft als das Glas beſitzt; ein Fall von beſonderem Intereſſe, weil wir im Stande ſind die beiden Brechkräfte für jeden gegebenen Stral des Spectrums durch Temperaturänderung der Flüſſigkeiten zu völliger Gleichheit zu bringen.

Bei Anwendung derſelben Prismen, wie vorhin, beſtehe nun die Schicht **CDHG** aus Copaivabalſam. Bevor die totale Reflexion eintritt, iſt der reflectirte Lichtbündel vollkommen weiß; dann wird er gelb und durchläuft dieſelben Farbenreihen, wie der vom Ricinusöl. Alle dieſe Farben entſtehen jedoch bei kleineren Einfallswinkeln, und die erſte Ordnung ſchließt bei einem Winkel von 64° 58′, wie aus folgender Tafel erhellt, in welcher nur die Hauptfarben angegeben ſind.

		Einfallswinkel RrE	Einfallswinkel an der Fläche CoD
Erſte Ordnung.	Gelblich	47°	74° 10′
	Gelb	41	70 47
	Nelkenroth	36	67 57
	Nelkenfarben	33	66 10
	Gränze zwiſchen Nelkenf. u. Blau	31	64 58
Zweite Ordnung.	Bläuliche Nelkenfarbe	28	63 8
	Volles Blau	26	61 54
	Bläuliches Grün	22	59 23
	Bläuliches Gelb	18	56 50
	Gelb	10	51 37
	Röthliches Gelb	1	45 40
	Roth	— 8	39 42
	Nelkenroth	— 13	36 25
	Gränze zwiſchen Nelkenf. u. Blau	— 16	34 28
Dritte Ordnung.	Blau	— 22	30 37
	Bläuliches Grün	— 26	28 56
	Grün	— 30	25 29
	Gelbliches Grün	— 41	19 13

Bei einer ſpätern Unterſuchung fand Brewſter, daß bei Anwendung von Copaivabalſam oder anderen Flüſſigkeiten, wo die erſte Ordnung bei und unter 65° endigt, noch ein anderes Minimum zwiſchen dieſem Winkel und 90° vorhanden iſt, was jedoch durch die Intenſität des reflectirten Lichtes leicht unwahrnehmbar wird. Brewſter erkannte dieſen Umſtand ſowohl bei ſorgfältiger Wiederholung des Verſuches mit Glaswürfeln, als auch mit einem andern Prisma (als A), bei welchem nur ein Minimum bei etwa 85° von nelkenrother Farbe, welche bei kleineren Einfallswinkeln in eine blaue, ins Grünlichgraue fallende, Schattirung übergiengen, vorhanden war. Eine kleine Temperaturverringerung des Balſams brachte dieſes Minimum bis gegen 90°, eine Temperaturerhöhung aber auf geringere Incidenzen als 85°.

Nachdem Brewſter ausgemittelt hatte, daß bei einer Temperatur von 94° F. (27°,6 R.) das mittlere Brechungsverhältniß des Copaivabalſams beinahe dem des Glasprisma gleich war, ſchritt er zu der Unterſuchung, welchen Einfluß eine Temperaturveränderung von 50° (8° R.) bis über 94° F. (27°,6 R.) auf die Intenſität und Farbe des reflectirten Lichtbündels ausüben werde.

Die Prismen wurden daher in der Lage befeſtigt, daß ſie das volle Blau der zweiten Ordnung zeigten, und alsdann allmälig erwärmt. Die Farbe wurde durch die Erwärmung ſichtlich verſchönert, obgleich die Intenſität des Lichtes abnahm. In dem Augenblicke, als die Brechungsdichte des Glaſes und des Balſams gleich waren, wurde keine beſondere Veränderung bemerkt. über 94° F. hinaus wuchs die Intenſität der Farben, in Folge der abnehmenden Brechkraft des Balſams; als aber die Temperatur beträchtlich verſtärkt wurde, verſchwanden die Farben gänzlich.

Wir gehen nun zu einer merkwürdigen Erſcheinung über, die ſich in den relativen Intenſitäten der Lichtbündel oqm und psn zeigt. Bei einem Einfallswinkel von 61° 54′ an der Fläche CoD, und bei einer Temperatur von etwa 50° F., zeigt der Lichtbündel oqm ein volles Blau, psn dagegen ein graulichés Weiß von geringerer Intenſität als das Blau. Bei Vergrößerung des Einfallswinkels nimmt die Intenſität des Bündels oqm raſch zu, während die des grauen Strales langſam abnimmt, ſo daß, bei einer Incidenz von 74°, oqm zehn bis zwölf Mal leuchtender iſt als psn. Bei kleineren Incidenzen als 61° 54′ iſt aber die Lichtſtärke des Strales psn größer als die von oqm.

Bei Erwärmung wird psn gelblichweiß und ſehr intenſiv. Bei ſchieſen Incidenzen nähert er ſich nun der Helligkeit von opm, bleibt aber darin noch hinter dieſem Strale zurück, während er bei kleinen Incidenzen denſelben an Intenſität übertrifft.

In den vorhergehenden Verſuchen hatte der ſtarre Körper beinahe dieſelbe Brechungsdichte als der Balſam. Wir werden nun ein Solidum nehmen, nämlich Obſidian, welches faſt dieſelbe Brechkraft wie das Öl beſitzt.

Wenn das untere Prisma B aus Obſidian, und die Schicht CDHG aus Copaivabalſam beſteht, ſo durchläuft der Stral psn drei Farbenordnungen; nämlich:

Erſte Ordnung	Weiß
	Gelb
	Roth
	Gränze von Roth und Blau bei 73°
Zweite Ordnung.	Blau
	Bläuliches Grün
	Gelbliches Weiß
	Röthliches Weiß
	Schöne Nelkenfarbe
Dritte Ordnung.	Bläulich
	Bläulichweiß.

Die Farben ſind keineswegs gut, noch werden ſie bei Erwärmung, wobei die Brechkraft der Flüſſigkeit ſich der des ſtarren Körpers nähert, verſchönert. Die Wärme reducirt die Ordnungen auf zwei, und jede Farbe wird nun bei einem viel kleinern Winkel entwickelt. Die erſte Ordnung z. B., die bei einer Incidenz von 73° ſchloß, ſchließt nun bei einer Incidenz von 52°. Wenn die Hitze ſo groß iſt, daß man die Prismen nicht mehr mit der Hand berühren kann, ſo ſind alle Farben verſchwunden.

Wenn wir nun ſtatt des Balſams Ricinusöl nehmen, ſo ſind keine Farben ſichtbar; allein der reflectirte Lichtbündel p∘n iſt weiß und hell, ungeachtet die Brechkräfte des ſtarren und des flüſſigen Körpers zuſammenfallen. Wärme erhöht die Intenſität des Lichtbündels, erzeugt aber keine Farben.

Bisher haben wir nur die Wirkungen der beiden Flächen der Schicht betrachtet, wie ſie ſich, vermöge der prismatiſchen Geſtalt der Flüſſigkeit, ſeitwärts in zwei getrennten Bildern zeigt. Wir werden nun kürzlich die Erſcheinungen erwähnen, welche ſich zeigen, wenn, vermöge des Parallelismus der Flächen der Schicht die beiden Bilder ſich über einander lagern.

Wenn die beiden Prismen A und B einzeln und bei verſchiedenen Einfallswinkeln gleiche Farbenperioden geben, dann ſind die entſtehenden Farben ſehr unregelmäßig und undeutlich. Wenn aber die Maxima der von dem einen Prisma hervorgebrachten Perioden zuſammenfallen mit den Minimis der von dem andern erzeugten Perioden, ſo werden die Farben faſt ganz zerſtört, obgleich es nicht leicht iſt, ſich der Bedingung zu verſichern, von der dieſe Compenſation abhängt. Wenn die Prismen einzeln genau dieſelben Perioden bei denſelben Einfallswinkeln geben, dann entſprechen die Minima des einen den Minimis des andern, und die Maxima den Maximis, ſo daß die vereinigten Prismen dieſelben Farbenperioden hervorbringen, wie die Prismen einzeln; allein die Intenſität der Farben iſt verdoppelt. Dieſe Verdoppelung der Intenſität iſt leicht zu beobachten, wenn man ein Prisma, welches deutliche Farben hervorbringt, durchſchneidet und die beiden Hälften durch eine flüſſige Schicht von einander trennt.

Noch fügen wir die Erwähnung folgender Verſuche hinzu, ebenfalls mit den früheren Tafelglasprismen A und B, und mit Cuminöl und deſtillirtem Holzöl angeſtellt. Die Brechungsverhältniſſe dieſer Subſtanzen für die mittleren gelben Stralen bei 50° F. waren folgende:

	μ
Cuminöl	1,512
Tafelglas, Prisma B	1,510
Cuminöl und Holzöl gemiſcht	1,5085
Tafelglas, Prisma A	1,508
Holzöl	1,506

Brewſter combinirte die Öle hinter einander mit den beiden Prismen, wie es Figur 18. zeigt. In allen dieſen Combinationen brachte, bei weißem Lichte, die Fläche zwiſchen dem Prisma A und den Ölen, faſt drei Farbenordnungen von derſelben Intenſität und faſt bei denſelben Einfallswinkeln hervor, wie beim Copaivabalſam; dagegen reflectirte die Trennungsfläche zwiſchen dem Prisma B und den Ölen nur ein blaßgraues Bild von ſehr geringer Intenſität, die allgemein in dem Maße abnahm, als der Einfallswinkel wuchs.

Wenn das homogene gelbe Licht einer monochromatiſchen Lampe angewandt wurde, brachte die Trennungsfläche zwiſchen dem Prisma A und allen Ölen das erſte Minimum faſt bei demſelben Einfallswinkel hervor; und obgleich Brewſter das ſchwächſt brechende Öl allmälig erwärmte und das ſtärkſt brechende erkältete, um eine völlige Compenſation der entgegengeſetzten Refractionen für die gelben Stralen zu bewirken, ſo kam doch weder in dem Orte des erſten Minimums, noch in der Intenſität des reflectirten Lichtes eine wahrnehmbare Veränderung zum Vorſchein. Bei Anwendung des gemiſchten Öls wurde die Compenſation, ohne irgend eine Temperaturveränderung, durch eine bloße Änderung in der Aufſtellung des Apparates hervorgebracht.

Brewſter fügt noch eine ſehr ausgedehnte Tabelle über die Farbenerſcheinungen bei, welche viele andere Öle und Balſame zwiſchen beiden Prismen erzeugten, die wir jedoch, da ſie das Phänomen von keiner neuen Seite kennen lehren, übergehen.

Zu 3). Da Brewſter beobachtet hatte, daß die Farben zuweilen minder lebhaft wurden, wenn die Media einige Zeit in Berührung geweſen waren, und daß verſchiedene Theile einer und derſelben Fläche dieſelbe Farbe bei merklich verſchiedenen Neigungen hervorbrachten, ſo ſuchte Brewſter den hiedurch angedeuteten Einfluß einer Veränderung oder Verſchiedenartigkeit der Beſchaffenheit der Oberfläche auf die Erſcheinung durch Verſuche weiter zu verfolgen. Er nahm ein Prisma, welches mit Ricinusöl drei ſchöne Perioden gab, und nachdem er es bis zur Weißgluth erhitzt hatte, ſchliff und polirte er ſeine Flächen wieder. Es gab nun nicht mehr dieſelben Perioden wie zuvor, zerlegte aber noch das weiße Licht, welches von ſeiner Gränze mit Copaivabalſam reflectirt wurde, und warf einen ſtarken Stral von blauer Farbe zurück, ſelbſt wenn die entgegengeſetzten Refractionen vollkommen compenſirt waren. Er ſchliff und polirte nun eine der Flächen des erwähnten Obſidians. Auch er gab nun nicht mehr mit Copaivabalſam die früher beſchriebenen Farben; allein er lieferte jetzt, in Verbindung mit Ricinusöl, mit dem er zuvor keine Farben gab, einen ſchönen gelben Lichtbündel, und das reflectirte Licht war bei großen Incidenzen weiß, und wurde gelber, ſo wie ſich der Stral dem Perpendikel näherte. Um auszumitteln, welche Veränderungen durch den Proceß des Schleifens und Polirens entſtehen möchten, ſuchte Brewſter eine alte Bruchfläche an einem Stück Tafelglas aus, deſſen glatte Flächen ſchöne periodiſche Farben gaben, und bildete daran eine neue Bruchfläche. Die alte Fläche, die ſeit 10 Jahren bloß gelegen hatte, gab die gewöhnlichen Farbenordnungen; allein die neue Fläche gab nur eine, nämlich eine hellblaue, Farbe, welche er aber, wegen der Natur der Fläche, nicht bei großen oder kleinen Incidenzen unterſuchen konnte.

Da dieſe Reſultate anzudeuten ſchienen, daß das Glas durch das Liegen an der Luft entweder eine Art von Incruſtation erhalten, oder bis zu einer gewiſſen Tiefe irgend eine ſehr fein zertheilte Subſtanz abſorbirt, oder in ſeiner mechaniſchen Conſtitution irgend eine Veränderung erlitten hatte, ſo machte Brewſter mehrere, obwohl fruchtloſe, Verſuche, die Natur dieſer Veränderung zu ermitteln. Weder mit dem Mikroſkop, noch durch ſonſt ein Mittel, ließ ſich irgend ein Überzug auf der Oberfläche wahrnehmen. Er kochte die Prismen mit Salzſäure und mit ſtarken alkaliſchen Laugen, tauchte ſie in Alkohol und rieb ihre Flächen ſtark, allein ihre Wirkung auf das Licht wurde nicht im Geringſten dadurch verändert.

Hätte ſich auf der Oberfläche des Glaſes ein Häutchen von ſolcher Dicke gebildet, daß es die periodiſchen Flächen gegeben haben könnte, ſo müßte deſſen Brechkraft verſchieden von der des Glaſes geweſen ſein. Er nahm daher ein Prisma, welches periodiſche Farben gab, und ein anderes von demſelben Glaſe, welches dieſe Eigenſchaft nicht beſaß, und fand, daß ſie das Licht bei genau denſelben Winkeln polariſirten. Er ſetzte ſie dann, mit einer Zwiſchenlage von Caſſiaöl, auf die Baſis eines Flintglasprismas, und fand, daß der Winkel, bei dem ſie das Licht total reflectirten, derſelbe war *). Hieraus erhellte, daß das vermuthete Häutchen in ſeiner Brechkraft nicht vom Glaſe verſchieden war, und, wenn es wäre, daß einige der Öle, mit denen es bei den vorhergehenden Verſuchen im Contacte ſtand, eine gleiche Brechkraft gehabt, und ſein Vermögen, periodiſche Farben zu entwickeln, zerſtört haben mußten. In der Hoffnung, dies Geheimniß zu enthüllen, nahm er zwei Prismen, geſchnitten aus einer und derſelben Glasplatte, die mit Ricinusöl ſchöne periodiſche Farben gab. Vermittelſt Schrauben brachte er die Baſen der Prismen in einen optiſchen Contact. Bei großen Incidenzen war das Licht gelb, und bei verminderter Inclination wurde der Stral allmälig orangefarben und beim Verſchwinden tief roth; bei kleineren Einfallswinkeln war kein Licht ſichtbar. Bei dieſem Verſuche waren die Flächen der beiden fraglichen Häutchen in optiſchen Contact gebracht, ſo daß man hätte Farbeordnungen haben müſſen, die einem Häutchen von doppelter Dichte entſprachen.

Doch ſelbſt die Vorausſetzung eines ſolchen unſichtbaren Häutchens an dem Glaſe liefert keine Erklärung von den glänzenden Farben, welche ſich zeigen, wenn das Solidum ein kryſtalliſirtes Mineral iſt, bei dem die Farben in Beziehung zur Axe der doppelten Stralenbrechung ſtehen, wovon Brewſter in einer ſpätern Abhandlung zu ſprechen beabſichtigt.

Neue Farbenerſcheinungen auf geſtreiften Flächen metalliſcher und durchſichtiger Körper, von Brewſter **).

Zieht man auf einer ebenen polirten Metallfläche einander ſehr nahe, doch gleich weit von einander abſtehende, feine Ritzen oder Furchen, und läßt directes Kerzenlicht darauf fallen, ſo ſieht man im reflectirten Lichte, wenn die Reflexionsebene jenen Linien parallel iſt, das farbloſe Bild

---

*) Das Prisma, welches die periodiſchen Farben hervorbrachte, gab keine ſo beſtimmte Gränze zwiſchen der partiellen und totalen Reflexion, als das andere.

**) Philos. transact. 1829. II. p. 301; oder Brewſter's Edinb. J. of sc. 1830. Janv.; oder Froriep's Not. Nr. 10. des XXVII. Bandes; oder Baumg. Zeitſchr. VIII. 208.

(Hauptbild) der Kerze in der Mitte mehrerer rechts und links davon in gewiſſen Abſtänden ſich folgender, Nebenbilder von prismatiſchen Farben. Das Hauptbild entſteht durch die zwiſchen den Furchen befindliche übrig gebliebene Metallfläche (deren Breite zwiſchen je zwei Furchen wir n nennen wollen), die Nebenbilder hingegen durch die Seiten der Furchen (die Breite jeder Furche heiße m); denn vergrößert man m und vermindert dadurch n, ſo verſchwindet bei einer gewiſſen Gränze dieſer Größe das Hauptbild völlig, nachdem es immer ſchwächer geworden iſt; die Nebenbilder hingegen erreichen das Maximum ihrer Intenſität. Der entgegengeſetzte Erfolg tritt ein, wenn man n vergrößert und m verkleinert. Die Abſtände der Nebenbilder vom Hauptbilde und ihre Farbenerſcheinungen hängen ganz von der Größe $m + n$, d. h. von der Summe der Furchen und der ſie trennenden Intervalle ab.

Die allgemeinen Geſetze dieſer Erſcheinung ſind ſchon von Fraunhofer *) mit aller Schärfe feſtgeſtellt worden; bei einer nähern Unterſuchung der Nebenbilder bemerkte indeß Brewſter gewiſſe Eigenthümlichkeiten, die Fraunhofern entgangen ſind, jedoch nicht an allen Plättchen beobachtet wurden. Dieſe Eigenthümlichkeiten beſtanden darin, daß die Nebenbilder in ihrer Länge Maxima und Minima der Intenſität, deren Lage an gewiſſe Einfallswinkel geknüpft war, zeigten, und daß, wo dies Phänomen am auffallendſten hervortrat, zugleich auch das Hauptbild eine ſchwache, mit dem Einfallswinkel veränderliche und ebenfalls Maxima und Minima darbietende, Färbung zeigte. Oft zeigte ſich dies Phänomen bei nahe liegenden, andere Male bei mehr entfernten Furchen, und nur die Symmetrie, mit der es erſchien, ließ vermuthen, daß es nicht vom Zufalle abhänge.

Da dieſe Eigenthümlichkeiten bis jetzt noch nicht mit Beſtimmtheit auf ein theoretiſches Princip zurückgeführt ſind **) und bei verſchiedenen Plättchen verſchiedene Modificationen der Erſcheinungen Statt fanden, die ſich noch unter keinen allgemeinen Geſichtspunct faſſen laſſen, ſo ſind wir genöthigt, um einen Begriff davon zu geben, gleich von Vorn herein in das nähere Detail der Erſcheinungen ſelbſt einzugehen. Wir wollen hiebei zuerſt diejenigen anführen, die Brewſter in homogenem Lichte beobachtete, da dieſe die einfacheren ſind, auf welche die anderen mehr oder weniger zurückführbar erſcheinen.

Das Licht wurde bei den nachfolgenden Verſuchen durch eine ſchmale rechtwinklige Öffnung auf das zu betrachtende Plättchen geleitet, ſo daß man einen um 30° bis 40° divergirenden Lichtbüſchel erhielt. Als nun der Verfaſſer ein (von Barton verfertigtes) Stahlplättchen anwandte, in welchem 2000 Furchen auf den Zoll ſo eingegraben waren, daß die urſprüngliche Oberfläche faſt gänzlich entfernt war, hatte die Erſcheinung bei auffallendem homogenen rothen Lichte, die in Figur 19. vorgeſtellte Geſtalt, wo AB das Hauptbild der rechtwinkligen Öffnung darſtellt, wie es durch Reflexion des Lichtes an der zurückgebliebenen Stahlfläche des Plättchens entſteht, während die vier Bilder zu beiden Seiten desſelben den (hier natürlich nur einfarbig rothen) Nebenbildern entſprechen. Die Mitten der ſchattirten Rechtecke (die eigentlich in Abſtufungen ſchattirt ſein ſollten) zeigen die Stellen an, wohin die Minima der Farben fallen, welche jedoch nicht für ganz dunkel zu nehmen ſind.

---

*) Münchner Denkſchr. VIII. Schumacher's aſtron. Abh. H. II. S. 46.

**) Einiges über die Erklärung ſ. zum Schluß dieſes Artikels.

Im Falle ſtatt rothen Lichtes violettes homogenes Licht auffiel, fand die Erſcheinung auf analoge Weiſe ſtatt, nur rückte die Lage der Minima weiter vom Auge ab, d. h. ſie wurden unter größeren Einfallswinkeln geſehen, als beim rothen Lichte, wie näher aus der in der Anmerkung beigefügten Angabe der Einfallswinkel erhellt, unter welchen die verſchiedenen Minima reſpective bei rothem und violettem Lichte erblickt wurden *).

Wie leicht zu erachten alſo, wenn rothes und violettes Licht zugleich auf die Platte fällt, wird zwiſchen der Lage ihrer reſpectiven Minima ein gewiſſes Intervall bleiben, und da dieſe beiden Farben die Gränzen der prismatiſchen Farben ausmachen, ſo werden die Minima der übrigen Farbenſtralen des Spectrums in dieſes Intervall fallen. Fällt mithin weißes Licht, welches alle Farbeſtralen zugleich enthält, auf, ſo wird eine continuirliche Reihe von Minimis entſtehen, deren Gränzen durch die Minima des Roth und Violett beſtimmt werden.

In der That verhält ſich dies ſo. Die Erſcheinung nimmt in weißem Lichte die Geſtalt an, die durch Figur 20. erläutert wird.

AB ſtellt wiederum das Hauptbild der viereckigen Öffnung vor, ab, a′b′ ꝛc. die prismatiſchen Nebenbilder, welche ſymmetriſch zu beiden Seiten von jenem entſtehen. Ihre violette Seite iſt nach innen (nach dem Hauptbilde zu), ihre rothe nach außen gekehrt. Das Bild ab iſt im violetten Theile bei m (bei einem Einfallswinkel von 74°), im rothen Theile bei n (bei 66°) durch ein Minimum unterbrochen, und die Unterbrechungsſtellen der übrigen Farben fallen in die gerade Linie mn (bei Einfallswinkeln, die

---

*)

			Einfallswinkel	
			bei rothem Lichte	bei violettem Lichte
Erſtes Minimum	im Hauptbilde	p	[illegible]	84° 30′
	im erſten Nebenbilde	o	66°	74°
	im zweiten Nebenbilde	o′	[illegible]	[illegible]
	im dritten Nebenbilde	o″	[illegible]	[illegible]
	im vierten Nebenbilde	o‴	[illegible]	[illegible]
Zweites Minimum	im Hauptbilde	q	[illegible]	[illegible]
	im erſten Nebenbilde	r	[illegible]	[illegible]
	im zweiten Nebenbilde	r′	[illegible]	[illegible]
Drittes Minimum	im Hauptbilde	s	[illegible]	[illegible]

Die Buchſtaben ſind auf die in Figur 19. dadurch bezeichneten Stellen zu beziehen.

zwiſchen 76° und 90° liegen). Ähnliche Unterbrechungen erfolgen nach demſelben Principe an den Stellen der übrigen Farbenbilder, welche durch die ſchwarzen ſchiefen Linien bezeichnet ſind.

Noch deutlicher wird das Phänomen aus Figur 81. erhellen, die einen Theil eines prismatiſchen Bildes darſtellt. rr iſt der rothe, gg der grüne, bb der blaue und vv der violette Theil deſſelben und der diagonale Streif mn iſt der Ort der Minima, der bei m im violetten Theile anfängt und bei n im rothen endigt.

Nicht bloß die Nebenbilder, ſondern auch das Hauptbild ſelbſt, fand Brewſter bei dem einfallenden weißen Lichte gefärbt, und zwar zeigten ſich bei der erwähnten Platte ſenkrecht auf die Länge der Furchen vier breite Farbenſtreifen oder Farbenordnungen, welche mit denen der zurückgeworfenen Farben dünner Platten übereinſtimmten, hauptſächlich, welche unter den in der Anmerkung angegebenen Einfallswinkeln erſchienen *), ſo daß die höheren Ordnungen dem Auge näher lagen.

Daß jedoch vier Farbenordnungen erſcheinen, iſt nichts Conſtantes. Bei anderen Stahlplatten, die mit einer größern oder geringern Anzahl Furchen (500—10000) auf den Zoll verſehen waren, zeigten ſich nur die drei erſten Ordnungen von Farben (der Newton'ſchen Ringe), bei anderen nur die zwei erſten, bei noch anderen nur die erſte oder gar nur eine oder zwei Farben der erſten Ordnung (innerhalb der Grenzen der Einfallswinkel von 0° bis 90°), wie aus der Tabelle in der Anmerkung erhellt **).

---

*) **Erſte Farbenordnung**, von [illegible] bis [illegible]. Weiß, Strohgelb, Schwachroth, Blauroth.

Zweite Farbenordnung, von [illegible] bis [illegible]. Blau, Grün, Gelb, Roth, Blauroth.

Dritte Farbenordnung, von [illegible] bis [illegible]. Blau, Grün, Gelblichgrün, Gelb, Orange-, Scharlachroth.

Vierte Farbenordnung, von [illegible] bis [illegible]. Blau, Hellgrün, Gelblichgrün, Gelb, Röthlich.

**)

Zahl der Streifen auf 1 Zoll.	Farbe bei dem Einfallswinkel von [illegible] — [illegible].
[illegible]	Citronengelb der erſten Ordnung.
[illegible]	Eine vollkommene Farbenordnung, und noch etwas Röthlichgelb der zweiten Ordnung. Die Farbe ſehr ſchwach.
[illegible]	Drei vollſtändige Farbenordnungen.
[illegible]	Eine vollſtändige Farbenordnung nebſt Blau, Grün und Gelblichgrün der zweiten Ordnung.
[illegible]	Eine vollſtändige Farbenordnung mit Blau und Bläulichgrün der zweiten Ordnung. Die Farben ſehr ſchwach.
[illegible]	Eine vollſtändige Farbenordnung nebſt Blau, Grün und Grünlichgelb der zweiten Ordnung.
[illegible] in [illegible]	Eine vollſtändige Farbenordnung und Grünlichgelb der zweiten Ordnung.

Auch ſind, wenn eine gleiche Anzahl Farbeordnungen erſcheinen, doch die Winkel, unter denen ſie erblickt werden, bei verſchiedenen Stahlplatten verſchieden *).

Wenn man die Stahlplatte im Azimuth herumdreht, ſo erſcheinen dieſelben Farben am Hauptbilde bei denſelben Einfallswinkeln, und erleiden weder durch Veränderung des Abſtandes der leuchtenden Öffnung, noch durch die der Entfernung des Auges des Beobachters irgend einen Wechſel.

Die Unterbrechungen der Nebenbilder erſchienen auf Stahlplatten in der Luft im Allgemeinen bloß dann, wenn die Farben des Hauptbildes über das Blau der zweiten Ordnung hinausreichten; bei einigen Exemplaren, wo verhältnißmäßig wenig Furchen (312 bis 625 auf den Zoll) gezogen waren, beobachtete zwar **Brewſter** Unterbrechungen in den Nebenbildern, wiewohl ſich das Hauptbild ohne alle Färbung zeigte; allein bei näherer Unterſuchung der Furchen mit dem Mikroſkope ergab ſich, daß die Diamantſpitze doppelte oder dreifache Furchen gezogen hatte, ſo daß jede größere Furche aus kleineren zurückſtralenden Räumen beſtand, welche die Erſcheinung bedingten.

Wenn auf die Stahlplatte mit 1000 Furchen auf den Zoll gewöhnliches Licht beinahe ſenkrecht einfällt, ſo verſchmelzen das fünfte, ſechſte, ſiebente und achte prismatiſche Nebenbild in eine Maſſe weißlichen Lichtes, welche äußerlich durch einen ſchwarzen Raum begränzt wird. So wie ſich der Einfallswinkel vergrößert, verſchmelzen das ſechſte, ſiebente, achte und neunte Bild; unter noch größerm Einfallswinkel das ſiebente, achte, neunte und zehnte ꝛc. in dieſe Maſſe, und der ſchwarze begränzende Raum rückt, je ſchiefer die Stralen einfallen, immer weiter von der Axe oder dem Hauptbilde ab. Übrigens wird auch dieſer Abſtand um ſo größer, je ſtärker

Zahl der Streifen auf 1 Zoll.	Farbe bei dem Einfallswinkel von 90° — 0°.
2000 in Wachs	Eine vollſtändige Ordnung nebſt Gummiguttgelb der zweiten Ordnung.
2500	Eine vollſtändige Ordnung mit vollem Blau der zweiten Ordnung.
3333	Gummiguttgelb der erſten Ordnung.
5000	Eine vollſtändige Ordnung nebſt Bläulichweiß der zweiten Ordnung.
10000	Eine vollſtändige Ordnung mit Blau und einem ſchwächern Blau der zweiten Ordnung.

---

*) So erſchien bei einer Stahlplatte, die 1000 Furchen auf den Zoll hatte, und die gleich der zuerſt betrachteten S. 155 vier Ordnungen zeigte, die erſte Ordnung von 90° bis 75° 40′, ie zweite von 75° 40′ bis 58° 10′, die dritte von 58° 10′ bis 36°, die vierte von 36° bis 0°, mithin im Allgemeinen unter kleineren Incidenzen als bei der erſt betrachteten Platte.

brechend das Mittel, durch welches das Licht auf die reflectirende Fläche gelangt, iſt *).

Bisher iſt bloß von den Erſcheinungen auf Stahlplatten die Rede geweſen. Es zeigen ſich aber auch ähnliche Erſcheinungen auf Oberflächen von Gold, Silber, Zinn, Kalkſpath ꝛc., und zwar findet man, daß mit abnehmendem Brechungsvermögen der Subſtanz die Anzahl der Farbenordnungen des Hauptbildes ſich vermehrt, und daß dieſelben Stellen bei gleichem Einfallswinkel eine Farbe, die in den Newton'ſchen Ringen weiter vom Mittelpuncte abliegt, zurückwirft, wenn ſie weniger bricht, als wenn ſie ſtärker bricht. Dieſen Umſtand ſchließt jedoch Brewſter nur indirect aus Verſuchen, wo er die brechende Kraft der Oberfläche einer Stahlplatte dadurch in verſchiedenen Graden ſchwächte, daß er ſie mit einer dünnen Schicht Waſſer, Alkohol oder Caſſiaöl bedeckte. Er ſtellte zwar auch Verſuche der Art an, daß er eine Stahlplatte mit 1000 Furchen auf den Zoll in Fiſchleim, Zinn, Realgar abdrückte und an dieſem Abdrucke das Phänomen prüfte, das ſich ſolchergeſtalt ſehr gut erhalten ließ. (Das Zinn gab hiebei ziemlich dieſelben Reſultate als der Stahl; bei Realgar und der Hauſenblaſe aber wurden dieſelben Farben bei anderen Einfallswinkeln hervorgebracht). Der Verfaſſer hält es jedoch nicht für möglich, aus dieſen Verſuchen mit Fiſchleim etwas für den Einfluß des Brechungsvermögens zu ſchließen, da verminderte und von dem Grade des Austrocknens abhängige Schärfe des Abdruckes hiebei die Erſcheinungen modificiren kann.

Die Maſſe von weißem Lichte zeigte ſich bei den Abdrücken von Zinn ſehr ſchön, nie aber bei dem Fiſchleimabdrucke; dagegen zeigten ſich hier die Minima ſehr gut.

Auch auf die prismatiſchen Nebenbilder äußert das Bedecken der Stahlplatten mit Flüſſigkeit einen Einfluß. Um dieſen Einfluß zu unterſuchen, nahm Brewſter die Stahlplatte mit 10000 Furchen, bei der die Farbenreihe des Hauptbildes bis zum Blau der zweiten Ordnung reichte, bei welcher aber in den prismatiſchen Bildern keine Unterbrechungen durch Minima Statt fanden. Nachdem er es mit einer dünnen Schicht Caſſiaöl überzogen hatte, wodurch das Extrem der Farben des Hauptbildes bis zum Gummiguttgelb geſteigert ward, trat eine Unterbrechung im erſten prismatiſchen Bilde ein. Bei der großen Breite dieſes Bildes, der deutlichen Trennung der daſſelbe bildenden Farben und der großen Länge der Linie des Minimum fiel dieſe Erſcheinung außerordentlich ſchön aus.

---

*) Als Brewſter die Stahlplatte einmal mit Waſſer und einmal mit Caſſiaöl bedeckte, fand er, daß bei demſelben Einfallswinkel der Stralen die Abſtandswinkel des ſchwarzen Raumes folgende waren:

Luft	12° 23'
Waſſer	17° 15'
Caſſiaöl	21° 22'

Die Sinus dieſer Winkel verhalten ſich umgekehrt wie die Brechungsverhältniſſe der Flüſſigkeiten.

Die vorſtehenden Reſultate beziehen ſich bloß auf Stralen, die von gefurchten Oberflächen zurückgeworfen werden. Die faſt vollkommene Durchſichtigkeit dünner Blätter von Fiſchleim jedoch ſetzte Brewſter in den Stand, auch die durchgehenden Farben zu unterſuchen. Diejenigen, welche das Hauptbild zeigt, ſind ungemein glänzend, ſcheinen jedoch weder in der Zahl noch Beſchaffenheit in irgend einer Beziehung zu den zurückgeworfenen Farben zu ſtehen. Dies beweiſt außer mehreren anderen Verſuchen folgender:

Reflectirtes Licht.	Durchgehendes Licht.	Einfallswinkel.
Gelb	Dunkelblau	90°
Orange	Blaſſer Blau	
Blaßroth	Blau	
Erſte Gränze von Blaßroth und Blau	Blau	
Blau	Blaßroth	
Grün	Orangeblaßroth	
Gelb	Orange	
Orange	Gelb	
Blaßroth	Gelb	
Zweite Gränze von Blaßroth und Blau	Gelb	
Blau	Gelb	0°

Man erkennt hieraus deutlich, daß das durchgegangene Licht hier nicht die Ergänzungsfarben des reflectirten darſtellt. Der einzige directe Gegenſatz zwiſchen beiden beſteht darin, daß die Helle der durchgelaſſenen Farben mit dem Einfallswinkel abnimmt, die der reflectirten mit demſelben zunimmt.

Intereſſant iſt die Veränderung, welche die Wirkung eines ſolchen Fiſchleimplättchens mit der Zeit erleidet.

Brewſter fand in dieſer Beziehung an Plättchen, die bereits ſechs Jahre alt geworden waren, folgende Reſultate:

Ein Plättchen mit 1000 Streifen auf den Zoll, das die vorher beſchriebenen Farbenphänomene gewährt hatte, zeigte nach ſechs Jahren weder im durchgelaſſenen noch im reflectirten Lichte ein farbiges Hauptbild, und die Farben der Nebenbilder waren ſehr ſchwach, das vierte konnte man kaum mehr ſehen. Ein anderes Plättchen derſelben Art zeigte nach ſechs Jahren im reflectirten Lichte eine Farbenperiode, die beim Übergange des Einfallswinkels von einer bedeutenden Größe bis zum ſenkrechten Auffallen des Lichtes von Weiß durch Gelb in Purpurroth überging. Im durchgelaſſenen Lichte ſah man bloß bei einem großen Einfallswinkel ein ſchwaches Gelb. Ein drittes eben ſo beſchaffenes Plättchen mit beſonders ſcharfen Eindrücken gab im reflectirten Lichte zwei Farbenreihen; die erſte Gränze von Blaßroth und Blau erfolgte bei einem Einfallswinkel von 57° 45′, die zweite nahe bei einem ſenkrechten Einfalle des Lichtes; bei 10° erſchien ein Blaßroth. Im durchgelaſſenen Lichte zeigte ſich bei dem größten Einfallswinkel eine bläulich grüne Farbe, und ging bei Verminderung des Einfallswinkels durch Purpurroth in Gelb über. Alle dieſe Farben blieben bei demſelben Einfallswinkel unverändert, man mochte das Azimuth wie immer wechſeln.

Alle dieſe durchſichtigen Plättchen erhielten ihre parallelen Linien, mittelſt welcher ſie die beſprochenen Farbenphänomene gewährten, von einem Stahlplättchen durch Abdruck. Weil dadurch letzteres ſtark gelitten hatte, ſo entſchloß ſich **Brewſter**, es mit einem Polirpulver abzuſchleifen, und die dadurch bewirkten Veränderungen zu beobachten. Da durch dieſe mechaniſche Veränderung der Oberfläche die Größe a vermehrt wurde, ſo war es kein Wunder, daß die Farben des Hauptbildes verſchwanden, aber auch die Farbenunterbrechung war nicht mehr wohl ſichtbar, die weiße Lichtmaſſe verſchwand und die prismatiſchen Nebenbilder erſchienen wohl noch in derſelben Entfernung vom Hauptbilde, doch nicht mehr in ſo großer Anzahl.

Endlich mögen noch folgende Erſcheinungen erwähnt werden.

Wird ein gefurchtes Fiſchleimplättchen mn (Fig. 22.) auf eine Glasplatte ABCD gelegt und mit derſelben in optiſche Berührung gebracht, ſo erſcheint dem in df befindlichen Auge quer über das von der Fläche CD reflectirte Bild eine Reihe von Farbenſtreifen; ſie rühren von den Stralen abcef her, ſind mit den Linien auf der Fiſchleimplatte parallel und verlieren an Breite, ſo wie die Dicke AC der Glasplatte abnimmt. Kommen 1000 Linien am Plättchen mn auf einen Zoll, ſo erſcheinen dieſe Streifen ſo deutlich wie die prismatiſchen Bilder. Bei einem Verſuche dieſer Art hatte die Glasplatte nahe die Dicke $\frac{1}{10}$ Zolles, und da ſchien ein Streifen jedes Bild zu durchſchneiden; betrug dieſe Dicke mehr, ſo thaten dieſes mehrere Streifen; betrug ſie $\frac{1}{4}$ Zoll, ſo wurde ſogar das Hauptbild durchkreuzt, bei $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke der Glasplatte aber das zweite Bild nicht mehr durchſchnitten. Im erſten Falle, wo AC = $\frac{1}{10}$ Zoll war, waren die beiden Wände des Plättchens einander nicht parallel, und es ſtand zufällig die Richtung der Streifen auf dem gemeinſchaftlichen Durchſchnitte der zwei Glasflächen ſenkrecht, woraus dann von ſelbſt folgte, daß die vom Glaſe erzeugten Streifen den prismatiſchen, vom Fiſchleimplättchen herrührenden Bildern parallel ſein mußten, und das Phänomen eine Änderung erleiden mußte, wenn das Plättchen mn auf ABCD gedreht wurde.

Den Grund der hier angeführten Erſcheinungen wagt **Brewſter** nicht anzugeben. Er glaubt, ſie laſſen ſich nicht aus einer Beugung oder Interferenz des Lichtes an den Rändern der feinen Streifen erklären, weil ſie ſich nicht mit der Entfernung des leuchtenden Objectes und des Auges von ihrem Entſtehungsorte ändern, auch die neuentdeckten Farben nicht in Richtungen liegen, welche dem Zuge der Furchen parallel ſind.

Es ſcheint vielmehr, die Erklärung müſſe damit in Zuſammenhang gebracht werden, daß ſehr nahe an einander gegrabene Furchen die Brechungs- und Zurückwerfungskraft der dazwiſchen bleibenden Räume nothwendig ändern müſſen, wenn dieſe Räume kleiner ſind, als der Abſtand, bis auf welchen ſich die Zurückwerfungskraft erſtreckt. In der That findet man, wie wir geſehen haben, daß eine Schwächung der brechenden Kraft durch Bedecken der Platte mit Flüſſigkeit einen ähnlichen Einfluß auf die Erſcheinung äußert, als Verkleinerung der Zwiſchenräume. So entwickelt auf einem Plättchen von 312 Furchen auf den Zoll Caſſiabl Farben, die vorher nicht daran zu ſehen waren; mit einer Flüſſigkeit von noch größerm Brechungsvermögen würde daſſelbe auch bei einer noch geringern Zahl Furchen erreicht werden können; und, ſchließt Brewſter, wenn die Flüſſigkeit ſich in Anſehung ihrer Brechungskraft der des Metalles näherte, ſo würden ſelbſt ohne Furchen an der Oberfläche des Metalles Farben zum Vorſchein kommen.

Man ſieht ſonach, daß Brewſter die Farben, welche an der Trennungsfläche durchſichtiger Mittel von nahe gleichem Brechungsvermögen erſcheinen, wovon S. 145 die Rede, mit den hier beſchriebenen in Beziehung ſetzt.

Abſorption farbigen Lichtes durch nicht kryſtalliſirte Körper [*]).

Herſchel legt für die Abſorption des Lichtes durch nicht kryſtalliſirte Körper folgende Vorſtellungen zu Grunde [**]):

1) das Verhältniß, in welchem jeder homogene Farbenſtral abſorbirt wird, iſt im Allgemeinen für verſchiedene homogene Farbenſtralen je nach ihrer Beſchaffenheit und der des abſorbirenden Mittels verſchieden;

2) jeder Stral verliert beim Durchgange durch eine Schicht von gleicher Dicke denſelben aliquoten Theil der Intenſität, die er beim Eintritt in dieſe Schicht noch beſaß.

Geſetzt z. B. 1000 rothe Stralen drängen in ein gewiſſes Glas und es würden deren 100 beim Durchgange durch $\frac{1}{10}$ Zoll Dicke abſorbirt, ſo würden in dieſer Tiefe 900 zurückgeblieben ſein; beim Durchgange durch den zweiten Zehntheil Zoll würden von dieſen 900 Stralen wieder $\frac{1}{10}$, d. i. 90 abſorbirt werden, ſo daß zu Anfange des dritten Zehntheilchens nur noch 810 Stralen vorhanden ſein werden, von denen beim Durchgange durch deſſen dritten Zehntheilszoll 81 erlöſchen würden u. ſ. f.

Die letztere (übrigens nur als hypothetiſch ausgeſprochene) Annahme von Herſchel kommt alſo darauf zurück, daß die Quantität Stralen, welche beim Hindurchgehen durch eine gewiſſe Tiefe t unabſorbirt bleiben, ſich nach geometriſcher Progreſſion mindern wird, während t in arithmetiſcher Progreſſion wächſt. Setzt man ſonach die Totalmenge der einfallenden Stralen = 1, und nennt die Zahl derer, welche nach dem Hindurchgehen durch die Einheit der Dicke oder Tiefe unabſorbirt geblieben ſind, y, ſo wird y^t die Zahl der Stralen ſein, welche nach dem Hindurchgange durch eine beliebige Tiefe t unabſorbirt geblieben ſind.

---

[*]) Herſchel vom Lichte S. [illegible].

[**]) Die Abſorption des Lichtes in kryſtalliniſchen Mitteln hat Herſchel ebenfalls zweckmäßig betrachtet in ſ. Werke S. [illegible].

Ob die hier aufgeſtellte Annahme richtig ſei, ſcheint mir allerdings in Zweifel geſtellt werden zu können, wenn wir uns erinnern, daß, wenn die Stralwärme, die in ſo vieler Hinſicht ein dem Lichte ähnliches Verhalten befolgt, durch ſucceſſive Glasplatten hindurchgeht, die Abſorption durch jede ſpätere Glasplatte verhältnißmäßig kleiner wird als für jede frühere*), während Herſchel die Abſorption des Lichtes bei der vorigen Annahme für alle ſucceſſiven Schichten gleicher Dicke als verhältnißmäßig gleich vorausſetzt. Indeß laſſen ſich doch die bis jetzt beobachteten Thatſachen über die Abſorption des farbigen Lichtes durch unkryſtalliſirte Mittel nach der Hypotheſe Herſchel's recht wohl darſtellen, wenn ſie gleich, da man keine meſſenden Beſtimmungen darüber hat, nicht als beweiſende Zeugen dafür gelten dürfen. Wir wollen in dieſem Bezuge die nähere Entwickelung von Herſchel's Vorſtellung folgen laſſen.

Der Werth von y iſt nothwendig kleiner als 1 und hängt zugleich von der Beſchaffenheit des Strales und der des Mittels ab. Wenn man nun mit C die Anzahl rother Stralen von gleicher Intenſität, welche in einen weißen Stral eingehen, bezeichnet, mit C' die Zahl der, den rothen in der Nachbarkeit zunächſt ſtehenden, Stralen, die der weiße Stral enthält, u. ſ. f., ſo wird der Ausdruck des weißen Strales ſein

$$C + C' + C'' + \text{x.}$$

und der des durchgelaſſenen in der Tiefe t

$$C.\, y^t + C'.\, y'^t + C''.\, y''^t + \text{x.}$$

wo y, y', y'' x. die reſpectiven Werthe von y, welche jedem homogenen Strale beſonders zukommen, ſind.

Offenbar kann zufolge der Form dieſes Ausdruckes ſtreng genommen nie eine vollkommne Abſorption in einer begränzten Tiefe Statt haben. Iſt aber der Bruch y ziemlich klein, ſo reicht eine mittelmäßige Dicke hin, den Bruch y^t ganz unmerklich zu machen. Im vorſtehenden Beiſpiele, wo $\frac{1}{10}$ Zoll Dicke $\frac{1}{10}$ der rothen Stralen verlöſchte, würde ein ganzer Zoll Dicke bloß $(\frac{9}{10})^{10}$ oder 304 rothe Stralen von 1000 durchgehen laſſen; 10 Zoll aber würden bloß $(\frac{9}{10})^{100}$ = 0,0000266, d. i. weniger als drei Stralen von 100000 durchgehen laſſen, welches einer vollkommenen Undurchſichtigkeit merklich gleich zu ſetzen wäre.

Man kann auf folgende Weiſe die abſorbirende Wirkung eines Mittels auf das Licht durch eine Curve ausdrücken, aus welcher ſich für jede Dicke des Mittels die Anzahl der durchgehenden Stralen beſtimmen läßt.

Man ſtelle die Totallänge des durch Waſſer erzeugten Farbenſpectrums durch die Linie RV (Figur 24.) vor, und errichte an den verſchiedenen Punkten dieſer Linie (welche die verſchiedenen Stellen der einzelnen Farben im Farbenſpectrum bezeichnen), die ſenkrechten Linien (Ordinaten) RR′, MN, VV′, ꝛc., die alle unter ſich und der Einheit gleich ſind, indem man damit die überall = 1 geſetzte Intenſität jedes einfallenden Farbeſtrales bezeichnet. Man wird dann den Bruchtheil, der nach dem Hindurchgehen durch eine Dicke = 1 von jedem Farbenſtrale noch übrig iſt, d. i. den jedem Farbenſtrale zukommenden Werth von y, durch eine entſprechende Länge der dieſem Farbenſtrale zugehörigen Ordinate bezeichnen, ſo daß man z. B., wenn von den äußerſten rothen Stralen beim Hindurchgehen durch die Dicke = 1 ein $\frac{1}{10}$, und von den äußerſten violetten Stralen $\frac{1}{8}$ abſorbirt wird, die Ordinate Rr = $\frac{9}{10}$ von RR′ und die Ordinate Vv = $\frac{7}{8}$ von V′ nehmen wird, um den Verhältnißtheil, der von beiden Farben nach dem Hindurchgehen durch die Dicke 1 noch unabſorbirt geblieben iſt, zu bezeichnen, und auf entſprechende Weiſe wird man mit den zwiſchen Roth und Violett fallenden Farben, wie MP u. ſ. f., verfahren. Durch die Vereinigung der Endpuncte aller dieſer Ordinaten (von denen in der Figur bloß die äußerſten und eine der mittlern verzeichnet iſt) wird man nun eine Curve wie rPv erhalten, deren Geſtalt dazu dient, die Änderungen der Abſorptionsgröße, welche in demſelben Mittel für die einzelnen Farbenſtralen Statt finden, auszudrücken, indem die Höhe jeder beliebigen Ordinate MP (in Verhältniß zu MN) den Bruchtheil Stralen anzeigt, der von jeder Farbe, die dem Fußpuncte der Ordinate im Spectrum entſpricht, noch unabſorbirt geblieben iſt. Die Gerade R′NV′ würde ſolchergeſtalt ein Mittel von vollkommener Durchſichtigkeit bezeichnen.

---

*) Biot V. [illegible]

Hat man einmal die Curve rPv für eine Dicke = 1 gefunden, ſo kann man ſie nach der oben untergelegten Vorausſetzung, daß jeder Stral beim Durchgange durch eine Schicht von gleicher Dicke denſelben aliquoten Theil der Intenſität, die er beim Eintritt in dieſe Schicht noch beſitzt, verliert, leicht für eine Dicke = 2, = 3 u. ſ. f. verzeichnen.

Geſetzt nämlich es ſei:

$$MP' : MP = MP : MN$$
$$MP'' : MP' = MP' : MP \text{ ꝛc.}$$

ſo werden durch die Orte von P′, P″ ꝛc. die Curven gegeben werden, welche die Quantitäten Licht darſtellen, die durch die Tiefen = 2, = 3 u. ſ. f. bringen, und es erhellt, daß man ſolchergeſtalt ſelbſt Curven für Dicken, die kleiner als 1 ſind, finden kann, die dann zwiſchen rPv und R′NV′ fallen werden, wie z. B. gUu.

Von welcher Farbe auch das Mittel ſein mag, ſo vermag es doch alle Farben ohne Unterſchied (nur in verſchiedenen Verhältniſſen) durchzulaſſen, denn, wenn die Dicke oder Tiefe ſehr klein oder merklich t = o iſt, ſo hat man

$$y^t = 1$$

welches auch der Werth von y ſein mag, ſo daß, je kleiner die Tiefe iſt, um ſo näher die Curve gUu der Geraden R′NV′ kommt, wie denn in der

That alle farbigen Gläſer weiß erſcheinen, wenn man ſie zu ganz dünnen Flaſchen ausbläſt, was auch mit dem Schaume aller farbigen Flüſſigkeiten der Fall iſt.

Für Mittel von ſehr dunkler Farbe ſind alle Werthe von y klein. Wären ſie gleich, ſo würde das Mittel den Lichtſtral bloß ſchwächen ohne ihn zu färben; allein bis jetzt iſt kein Mittel bekannt, welches dieſe Bedingung ſtreng erfüllte.

Wenn ein Mittel gewiſſe Farbenſtralen leichter als die übrigen durch ſich hindurchläßt, ſo kann man durch Vermehrung ſeiner Dicke dieſe Farbe beliebig zum Vorwiegen bringen; in der That, wie wenig auch der für dieſe Farbe geltende Werth von y die Werthe von y für die anderen Farben übertreffen mag, ſo wird doch t immer hinreichend groß genommen werden können, daß die Werthe von y^t für letztere Farben gegen den Werth von y^t für erſtere merklich verſchwinden.

Wenn daher die Curve r P v, die ein abſorbirendes Mittel vorſtellt, ein Maximum in einem beliebigen Theile des Spectrums, z. B. im Grün (Figur 25.), hat, ſo kann man, welches auch das Verhältniß der anderen Farben zu der letztern ſein mag, doch immer letztere zum Vorwalten bringen, wenn man dem Mittel eine hinreichende Dicke giebt. Die letzte Farbe des Mittels oder der letzte Farbeſtral, den es bei hinreichend großer Dicke noch durchläßt, wird für vollkommen homogen und mit der beſondern Brechbarkeit, welcher die Maximumordinate entſpricht, begabt zu achten ſein *).

Im übergange von kleineren zu größeren Dicken können, je nach der Beſchaffenheit der Curve, durch welche das Mittel vorgeſtellt wird, öfters Farbenänderungen eintreten. So werden zwar die grünen Gläſer, die durch Figur 25. dargeſtellt werden, bei zunehmender Dicke immer dunkler grün; die gelben Gläſer (Figur 26.) dagegen ändern ihre Farbe bei zunehmender Dicke, indem ſie erſt braun, dann roth werden. Manche Mittel werden durch Curven von ſehr unregelmäßiger Form mit mehreren Maximis und Minimis, die verſchiedenen Farben entſprechen, repräſentirt. So hat die Curve einer Auflöſung von ſalzſaurem Chrom, ſo wie von Saftgrün, zwei beſondere Maxima (Figur 27.), deren eins dem äußerſten Roth, das andere dem Grün entſpricht; die abſoluten Längen dieſer Maxima aber

---

*) In der That ſieht man in Fig. 25., wie bei den unteren Curven (welche den größeren Dicken entſprechen) das Verhältniß der Ordinaten, welche den äußeren Farbeſtralen zugehören, zu den Ordinaten der mittlern grünen nur noch ſehr klein iſt, während es bei den ebenen Curven noch beträchtlich iſt. Bei noch größeren Dicken würden die Ordinaten der äußeren Farbeſtralen zwar nicht genau, aber doch ſo gut als null werden, während die Ordinaten des grünen Strales noch einen merklichen Werth behielten, und dann würde der Fall der merklichen Homogeneität eingetreten ſein. Solche Fälle, wo die Ordinaten im Fortſchritte der Dicke für gewiſſe Farbeſtralen merklich null werden, ſind in einigen der folgenden Figuren verzeichnet, ſo in Figur 26. für die violetten und blauen, wenn man deren Ort im Spectrum zur rechten Hand annimmt.

ſind ungleich, indem das Roth das Grün übertrifft. Da die rothen Stralen ſehr ſchwach erhellen, ſo afficirt das Grün, welches eine große Lebhaftigkeit beſitzt, das Auge ſtärker und waltet anfangs (bei geringeren Dicken) vor; doch wird die Gegenwart dieſer rothen Stralen ſchon bemerklich, bevor die Dicke hinlänglich groß geworden iſt, um die grünen Stralen ganz auszulöſchen. Dies iſt der Fall, welcher durch die unteren Curven der Figur 27. vorgeſtellt wird *).

Um dieß durch ein numeriſches Beiſpiel zu erläutern, wollen wir annehmen, der Werth von y ſei für die Auflöſung des ſalzſauren Chroms gleich 0,9 für die äußerſten rothen Stralen; 0,1 für das gewöhnliche Roth, das Orange und das Gelb; 0,5 für das Grün; 0,1 für das Blau, das Indig und Violett. Nehmen wir ferner einen Stral weißen Lichtes als beſtehend an aus 10000 Farbeſtralen von gleicher Intenſität in folgendem Verhältniß:

äußerſte rothe Stralen	200
rothe und orange	1300
gelbe	3000
grüne	2800
blaue	1200
indigo	1000
violette	500

Nach dem Durchgange durch die Dicke r wird folgendes die Zahl der übriggebliebenen Stralen ſein:

äußerſte rothe	180
rothe und orange	130
gelbe	300
grüne	1400
blaue	120
indigo	100
violette	50

Nach dem Durchgange durch die zweite Einheit der Dicken werden übrig ſein:

äußerſte rothe	162
rothe und orange	13
gelbe	30
grüne	700

---

*) Man kann einen Verſuch hierüber anſtellen, indem man zwiſchen zwei Glasplatten, welche einen ziemlich ſpitzen Winkel mit einander bilden, eine Auflöſung von Saftgrün oder ſalzſaurem Chrom gießt. Sieht man durch den Theil dieſes Prismas, welcher der Kante zunächſt iſt, ein weißes Papier oder eine weiße Wolke an, ſo wird der Gegenſtand ſchön grün erſcheinen; führt man aber das Prisma vor dem Auge fort, ſo daß man ſucceſſiv durch eine immer größere Dicke hindurchſieht, ſo wird das Grün immer dunkler, bis es ſich in ein unentſchiedenes Braun verwandelt, welches bald in Blutroth übergeht.

blaue	12
indigo	10
violette	5

Nach dem Durchgange durch die dritte bis ſechste:

	dritte	vierte	fünfte	ſechsſte
äußerſte rothe	146	131	118	106
rothe und orange	1	0	0	0
gelbe	3	0	0	0
grüne	350	175	87	43
blaue	1	0	0	0
indigo	1	0	0	0
violette	0	0	0	0

Man ſieht hieraus, daß das Grün nach der erſten Dicke noch ſehr über die anderen Farben vorwaltet; eben ſo noch nach der zweiten; nach der dritten aber miſcht ſich das Roth in hinlänglich großer Quantität bei, daß die Reinheit der Farbe merklich dadurch geändert wird. Nach der vierten Dicke kann man alle Farben außer Roth und Grün für merklich abſorbirt halten, ſo daß nur eine trübe Farbe zwiſchen Roth und Grün bleibt; das Roth wird nach den folgenden Dicken immer vorwaltender, bis man nichts weiter als homogenes Roth, wie es ſich an den Gränzen des Spectrums findet, unterſcheiden kann.

Die bisherige Art, die Phänomene graphiſch darzuſtellen, iſt in ſo fern nicht ganz naturgetreu, als in dem einfallenden weißen Lichte die Intenſität aller Farben, oder die Anzahl der Stralen, woraus ſie beſtehen, einander gleich geſetzt worden iſt, dagegen die verſchiedenen Farbeſtralen im Spectrum eine verſchiedene Intenſität haben. Fraunhofer hat dieſe Intenſität für die verſchiedenen Farben beſtimmt und hienach die Curve Fig. 28. conſtruirt, deren Ordinaten die Erleuchtungskraft der Farben in dem entſprechenden Theile des Spectrums, wo ſie errichtet ſind, oder, was daſſelbe ſagt, die proportionale Anzahl der gleich ſtark leuchtenden Stralen von dieſer Brechbarkeit in weißem Lichte angeben. Wollten wir dies bei unſerer geometriſchen Conſtruction berückſichtigen, ſo müßten wir für die Darſtellung des einfallenden weißen Lichtes, oder deſſen, was durch eine Dicke = 0 hindurchgeht, ſtatt der geraden Linie R′V′ in Figur 24. und den folgenden Figuren eine der Figur 28. ähnliche Figur als Curve wählen, und die übrigen krummen Linien aus dieſer auf die angegebene Art ableiten.

Herſchel erläutert die hier aus einander geſetzte Art, die Erſcheinungen der Farbenverſchluckung zu repräſentiren, noch an mehreren Beiſpielen; worüber ich auf die Originalabhandlung verweiſe.

Undulationslängen der verſchiedenen Farbenſtralen in Millimetern.

Fraunhofer hat die von ihm gemeſſenen Undulationslängen λ der Stralen, die von ihm mit den Buchſtaben B, C, D, E, F, G, H im

Farbenſpectrum bezeichnet werden (Biot's Lehrb. Taf. XXI. Fig. 1.; B im rothen, H im violetten Ende des Spectrums), in Pariſer Zollen ausgedrückt. Folgendes iſt ihr hiemit zuſammengeſtellter Werth in Millimetern, durch Multiplication jener Werthe mit 27,070 erhalten.

	Pariſer Zoll.	Millimeter.
Für den Stral B . .	λ = 0,000 02541	= 0,000 6878
C . .	= 0,000 02425	= 0,000 6565
D . .	= 0,000 02175	= 0,000 5888
E . .	= 0,000 01943	= 0,000 5260
F . .	= 0,000 01789	= 0,000 4843
G . .	= 0,000 01585	= 0,000 4291
H . .	= 0,009 01451	= 0,000 3928

Darſtellung der Complementärfarben, von Brockedon.

Man verzeichnet auf Papier mit dicken Linien ein gleichſeitiges Dreieck, und macht eine dieſer Linien roth, die andere blau, die dritte gelb, wo dann ihre reſpectiven Durchſchnitte orange, violett oder purpurn, grün erſcheinen werden. Von dieſen Farben ſteht immer eine aus zwei Hauptfarben (ſo nennt **Brockedon** die rothe, blaue und gelbe) beſtehende zuſammengeſetzte der dritten Hauptfarbe gegenüber. Man ziehe nun um das Dreieck einen breiten Kreis, mahle in die Linien, welche von der mittlern Stelle jeder der ſechs Farben des Dreieckes zum Kreis gehen, dieſe Farbe, und laſſe die Farben ſich miſchen, ſo daß z. B. das Roth deſto mehr in Gelbroth übergeht, je näher es dem Gelb kommt, bis es endlich in der Mitte zwiſchen Roth und Gelb Orange wird, und darüber hinaus das Gelb immer mehr vorherrſchend erſcheint, bis das Roth ganz verſchwindet und am gelben Radius nur das Gelb allein zum Vorſchein kommt. Dieſes geht dann immer mehr und mehr durch Beimiſchung von Blau in tieferes Grün über, das Blau durch Beimiſchung des Roth in Purpurroth, bis der Kreis mit Roth endigt. Auf dieſen Kreis oder vielmehr Ring lege man eine papierne Scheibe, die ſich um eine durch ihren und des farbigen Ringes Mittelpunct gehende Axe dreht, und zwei diametral entgegengeſetzte Längenausſchnitte hat, durch welche man die Farben des Ringes ſieht. Wie dieſe Scheibe auch gedreht werden mag, ſe ſind doch immer die Farben, welche man durch die zwei Ausſchnitte ſieht, complementär, d. h. ſie ergänzen ſich zu Weiß. Sieht man z. B. zugleich Roth und Grün, ſo wird beim Drehen der Scheibe das Roth in dem Maße in Purpur übergehen, in welchem das entgegenſtehende Grün gelber wird, bis endlich vollkommen reines Purpur dem reinen Gelb gegenüber zu ſtehen kommt. Sieht man eine der zwei Farben lange genug unverrückten Auges an, und deckt ſie dann mit einem weißen Blatte, ſo ſieht man auf demſelben die Farbe, welche der gegenüber ſtehende Ausſchnitt darſtellt.

*) Quart. Journ. Nr. 14. p. [illegible] oder Baumg. Zeitſchr. VIII. 471.

X. Katoptriſche und dioptriſche Inſtrumente und dazu angewandte Materialien.

Eine Zuſammenſtellung über die neuen Verbeſſerungen der Teleſkope und Mikroſkope in England hat Marr gegeben in Schweigg. J. LVIII. 166; LX. 60, 175. Eine Zuſammenſtellung der Regeln, welche beim Gebrauche von Mikroſkopen für Naturforſcher in Betracht kommen, liefert Jacquin in Baumg. Zeitſchr. V. 129.

Eine Darſtellung des Geſchichtlichen und der Wirkungen achromatiſcher Linſen für Mikroſkope von Liſter findet ſich in den Phil. transact. 1830. P. I. p. 187 (hieraus in Baumg. Zeitſchr. VIII. 476).

Von den Mängeln des zu optiſchen Zwecken angewandten Glaſes [*].

Faraday ſtellt das hieher Gehörige in folgenden Puncten zuſammen:

1) Durchſichtigkeit, Härte, ein gewiſſer Grad von lichtbrechender und farbezerſtreuender Kraft, die Eigenſchaften, welche das Glas zu optiſchem Gebrauche ſo ſchätzbar machen, ſind ihm ohne Mühe zu geben; allein die zu allen feineren Anwendungen deſſelben ſo weſentliche Bedingung einer vollkommen homogenen Beſchaffenheit iſt nicht ſo leicht zu erfüllen. Die einzelnen Theile des Glaſes mögen für ſich ganz tadelfrei ſein, allein ohne dieſe Bedingung wirken ſie vereint nicht mit Gleichförmigkeit; die Lichtſtralen werden von dem Wege, den ſie nehmen ſollen, abgelenkt, und das Glasſtück wird dadurch unbrauchbar. Die Streifen, Schlieren, Adern und Fäden entſpringen aus einer ſolchen Ungleichheit, aus einer Verſchiedenheit in der Brechkraft zwiſchen den benachbarten Theilen des Glaſes, und ſie werden ſichtbar, weil ſie das durchgehende Licht vom geraden Wege ablenken.

2) Können dieſe Unregelmäßigkeiten ſchon ſo groß ſein, daß man ſie mit bloßem Auge wahrnimmt, ſo müſſen ſie, wie leicht zu erachten, einen noch weit beträchtlicheren Nachtheil in Fernröhren ausüben, da hier ihre Wirkung viele Male vergrößert erſcheint. Die Streifen ſind die allerſchlimmſten Fehler eines optiſchen Glaſes, und ſie ſchaden nicht nur an ſich, ſondern es iſt auch ſehr wahrſcheinlich, daß ihre Gegenwart mit einem ſonſtigen Mangel an Homogeneität verbunden iſt. Ein Sandkorn zwar, welches durch die Glasmaſſe dringt und ſich in ihr auflöſt, kann zuweilen einen Faden von anderer Zuſammenſetzung als die umgebende Maſſe hervorbringen, und eine aufſteigende Blaſe hinterläßt vielleicht in einer leichten und ſchwach brechenden Subſtanz eine Ader von größerer Schwere und Brechkraft; allein ſehr oft ſind die Streifen nur die Linien oder Ebenen,

---

[*] Pogg. XVIII. 518.

worin zwei verſchiedene Glasſorten zuſammenſtoßen; und wenn man nun auch dieſe Streifen verdeckt, ſo daß ſie ohne nachtheiligen Einfluß bleiben, ſo können doch die übrigen Theile, da ſie nicht in jeder Beziehung einerlei ſind, eine ungleiche Wirkung auf das Licht ausüben, und das Glasſtück für die Conſtruction eines Fernrohres untauglich machen. Schon manche Scheibe, die bei der ſorgfältigſten Unterſuchung frei von Streifen und völlig homogen erſchien, hat ſich, nachdem ſie zu einem Objective geſchliffen wurde, als untauglich erwieſen, weil in der Maſſe Unregelmäßigkeiten vorhanden waren, die, wenn auch nicht groß genug, um Streifen zu erzeugen, doch ein ganz verworrenes Bild hervorbrachten; und wenn ſich dies bei einem der Vollkommenheit ſo nahe ſtehenden Glaſe ereignet, wie viel häufiger und in welch größerem Maße muß es der Fall ſein bei einem ſolchen, wo die Unregelmäßigkeiten ſchon für das bloße Auge ſichtbar ſind.

3) Man muß nicht glauben, daß die Streifen, wie man ſich zuweilen auszudrücken pflegt, von Unreinheiten herrühren. Sowohl auf als neben dem Streifen würde das Glas gleich gut zu optiſchem Gebrauche ſein, wenn es nur überall von einerlei Beſchaffenheit wäre. Aber in der Ungleichheit eben liegt der Fehler, und in dieſer Beziehung iſt die Zuſammenſetzung ſelbſt von ſehr geringem Belange. Da das Glas aus Subſtanzen beſteht, die an Brechkraft verſchieden ſind, ſo muß es während ſeiner Bereitung immer einen Moment geben, wo Streifen vorhanden ſind. Man hat alſo weniger dahin zu trachten, gerade die Verhältniſſe zu erlangen, welche in einem als gut anerkannten Glaſe durch Analyſe aufgefunden wurden, als vielmehr einen Proceß zu erdenken, durch welchen die Streifen jener Periode vor der Vollendung des Glaſes vernichtet und neue verhindert werden.

4) Außer dieſen Mängeln giebt es noch andere im Glaſe. Zuweilen iſt es, wie man ſagt, wellig, wenn es in ſeiner Maſſe das Anſehen von Wellen hat; doch iſt dies nur eine Abänderung jener Unregelmäßigkeit, welche im höheren Grade als Streifen und Schlieren erſcheint. Hin und wieder bemerkt man auch Anzeigen von einer beſondern Structur oder Kryſtalliſation, oder einer unregelmäßigen Spannung ſeiner Theile, welche Fehler man aber ſehr wahrſcheinlich durch ein ſorgfältiges Abkühlen vermeiden kann. Ferner ſchließt das Glas zuweilen auch Blaſen ein. Dieſe Blaſen wirken wie kräftige, aber ſehr kleine bi-convexe Linſen von einer lockern Subſtanz in einem ſehr dichten Medio, oder wie eben ſo tiefe bi-concave Glaslinſen in Luft wirken würden; ſie lenken daher die von ihnen aufgefangenen Lichtſtralen ſtark nach der Seite ab, und veranlaſſen ſo einen Lichtverluſt, gerade wie es dunkle Flecke von gleicher Größe gethan haben würden. Da indeß, ſelbſt wenn ſie zahlreich ſind, ihre Geſammtheit nur einen geringen Theil von der Fläche des Objectives eines Fernrohres einnimmt, ſo iſt dieſer Lichtverluſt meiſtens nur von geringer Bedeutung. Für die Praxis haben die Blaſen, wie man ſagt, keinen andern Nachtheil, als dieſen Lichtverluſt.

5) **Unter allen Fehlern iſt der, welcher die Streifen, Schlieren und Wellen hervorbringt, am ſchwerſten zu vermeiden und von den nachtheiligſten Folgen.** Von den beiden Glasſorten, welche zur Achromatiſirung eines Fernrohres erfoderlich ſind, nämlich dem Crown- oder Tafelglas und dem Flintglas, iſt das letztere am ſchwierigſten von vollkommener Beſchaffenheit zu erhalten, wie auch aus der Zuſammenſetzung beider Gläſer hervorgeht. Das Crownglas beſteht aus Kieſelerde, Kalk, Eiſenoxyd und zuweilen etwas Alkali und einer geringen Menge anderer Subſtanzen. Dieſe Stoffe ſind an Brechkraft nicht ſehr verſchieden, und es entſtehen daher beim Schmelzen keine ſtarken Streifen, wenn auch in der Zuſammenſetzung der verſchiedenen Theile des Glaſes eine geringe Ungleichheit vorhanden iſt. Auch wirkt dies Glas nicht ſonderlich auf die Maſſe des Tiegels, worin es geſchmolzen wird, ſo daß es, obgleich es viele Stunden im flüſſigen und erhitzten Zuſtande mit ihr in Berührung ſteht, doch nicht viel von ihr auflöſt, und da das Aufgelöſte in ſeiner Brechkraft nur wenig von der des Glaſes abweicht, ſo entſpringt daraus nur ein verhältnißmäßig geringer Nachtheil. Ferner iſt das ſpecifiſche Gewicht der Beſtandtheile dieſes Glaſes nicht ſehr verſchieden, und daher wird die Maſſe, vermöge der aufſteigenden Blaſen und der durch Temperaturdifferenz hervorgerufenen auf- und abſteigenden Ströme, weit ſchneller durch einander gerührt, und der Gleichförmigkeit in einer gegebenen Zeit weit näher gebracht, als es bei größeren Unterſchieden der Fall ſein würde.

6) Vom Tafelglaſe gilt faſt daſſelbe. Es beſteht im Weſentlichen aus Kieſelerde und Alkali, da die übrigen Beſtandtheile nur in geringer Menge vorhanden ſind. Seine Wirkung auf die Tiegel iſt etwas größer als die des Crownglaſes.

7) Beim Flintglaſe ſind mehrere Umſtände gänzlich verſchieden. Es beſteht zum Drittel ſeines Gewichtes oder mehr aus Bleioxyd, und dies giebt ihm nicht bloß das große Gewicht, ſondern auch dasjenige Verhältniß von lichtbrechender und zerſtreuender Kraft, wodurch es in Vereinigung mit Crown- oder Tafelglas ſo ſchätzbar wird. Eine dritte Eigenſchaft dieſes Glaſes iſt ſeine große Schmelz- und Löſekraft. Unglücklicherweiſe ſind nun dieſe drei Eigenſchaften der Bildung von Streifen ſehr förderlich. Der geringſte Unterſchied in der Zuſammenſetzung venachbarter Theile wird ſogleich ſichtbar, weil das Bleioxyd in ſeinen Eigenſchaften ſo ſehr von den übrigen Subſtanzen verſchieden iſt; und eine Variation in den Verhältniſſen, welche beim Crown- und Tafelglaſe keine ſichtbare Wirkung für das bloße Auge hervorbrächte, würde beim Flintglaſe ſtarke Streifen erzeugen. Deshalb muß hier die Miſchung viel vollkommener ſein, als bei den beiden anderen Glasſorten; allein unglücklicherweiſe vereinigt ſich Alles, ſie nur noch unvollkommener zu machen. Das Bleioxyd iſt eine ſo ſchwere und zugleich ſo leichtflüſſige Subſtanz, daß ſie ſchmilzt und zu Boden ſinkt, wenn noch die leichteren Subſtanzen im oberen Theile des Hafens angehäuft liegen; unter den gewöhnlichen Umſtänden iſt die Mi-

ſchung ſo unvollkommen, daß man aus dem obern und untern Theile eines und deſſelben Tiegels ein Glas von ſehr verſchiedenem ſpeciſiſchen Gewichte bekommt. Folgende Reſultate liefern hiezu Belege. Das Glas, aus den gewöhnlichen Materialien bereitet, hatte in den Tiegeln nur eine Tiefe von ſechs Zoll und war 24 Stunden lang in voller Hitze erhalten. Speciſiſches Gewicht:

Oben 3,38 3,30 3,28 3,21 3,15 3,73, 3,85 3,81 3,31 3,30
Unten 4,04 3,77 3,85 3,52 3,80 4,63 4,74 4,75 3,99 3,74

Dieſe Unterſchiede, zur Erläuterung ausgewählt, ſind groß; doch ſteht es allem Anſcheine nach nicht zu bezweifeln, daß derſelbe Zuſtand, wenn auch nicht in dieſem Grade, in jedem gewöhnlichen Hafen mit Flintglas Statt findet.

8) Einen andern merkwürdigen Beweis von dem Vorwalten des Bleioxydes am Boden lieferten mehrere Glasſtücke, als ſie ſenkrecht durchbrochen und der Wirkung des Schwefelwaſſerſtoffgaſes ausgeſetzt wurden. Nur am Boden liefen ſie an und zwar ſehr ſtark, oben aber gar nicht.

9) Bei ſolcher Beſchaffenheit der flüſſigen Maſſe iſt klar, daß alle die Umſtände, als Strömungen, Blaſen ꝛc., welche dahin ſtreben, das Glas durch einander zu rühren, eine Menge von Streifen und Adern von außerordentlicher Stärke erzeugen müſſen, falls ſie nicht ſo lange in Thätigkeit bleiben, bis die Miſchung gleichförmig geworden iſt, welcher Zuſtand aber in einem Tiegel mit Flintglas wohl ſelten, vielleicht nie eintritt. Denn das Glas löſt beſtändig etwas vom Tiegel auf, und da nun das an den Seiten und am Boden Aufgelöſte, vermöge ſeiner größern Leichtigkeit und vermöge der von den heißeren Theilen des Tiegels aufſteigenden Ströme, beſtändig mit der übrigen unverſchlechterten Maſſe vermiſcht wird, ſo entſpringt daraus jene Unregelmäßigkeit in der Zuſammenſetzung, welche Streifen erzeugt.

10) Sehr wichtig für die Anwendung der Gläſer zur Conſtruction von Fernröhren iſt, daß dieſe Gläſer nicht von den gewöhnlich in der Atmoſphäre befindlichen Subſtanzen verändert oder angegriffen werden, ein Fehler, wovon auch Flint- und Tafelglas nicht ganz frei ſind. Die oberflächlichen Veränderungen des Glaſes, welche ſeinem optiſchen Gebrauche ſchaden, ſind von zweierlei Art. Die eine zeigt ſich durch ein Mattwerden oder im verſtärkten Grade durch ein Iriſiren der Oberflächen. Man kann ſie augenblicklich durch Schwefelwaſſerſtoffgas hervorbringen, welches das Bleioxyd reducirt und Schwefelblei daraus bildet. Dieſe Veränderung findet nur beim Flintglaſe Statt und wird entweder durch Schwefelwaſſerſtoffgas oder durch ſchweflige Dämpfe hervorgebracht. Im Tafelglas iſt die Veränderung anderer Natur; ſie erſcheint als kleine Vegetationen oder Kryſtalliſationen, welche überall, wo ſie ſich ausbreiten, den Durchgang des Lichtes verhindern. Dollond iſt nach ſeinen langen Erfahrungen geneigt, letztere Verletzung für die ſchädlichere zu halten. Vorhandenes Alkali äußert einen ſehr großen Einfluß zur Beförderung des Anlaufens bleihaltiger Gl

ſer, wie folgende von Faraday beobachtete Thatſachen lehren. Gewöhnliches Flintglas beſteht aus 33,28 Bleioxyd, 51,93 Kieſelerde und 13,77 Kieſelerde; die übrigen Subſtanzen ſind nur in ſehr geringer Menge vorhanden, und können daher vernachläſſigt werden. Vermehrt man das Bleioxyd, was demnach 33,28 Hundertel vom Ganzen beträgt, nur ein wenig, um das Disperſionsvermögen zu erhöhen, ſo wird das Glas, in einer ſtädtiſchen Atmoſphäre, ſogleich zum Anlaufen geneigt. Dies iſt der Fall mit einem Guinand'ſchen Glaſe, welches, nach der Analyſe, aus 43,05 Bleioxyd, 44,3 Kieſelerde und 11,75 Kali beſteht. Wenn indeß das Alkali fehlt, kann die Menge des Bleioxydes ohne Schaden außerordentlich vermehrt werden, wie denn ein Glas, welches aus 64 Bleioxyd und 36 Boraxſäure beſtand, innerhalb 18 Monaten an derſelben Stelle nicht anlief, wo Flintglas matt geworden war. Noch deutlicher geht dies aus folgendem Falle hervor. Ein Glas, beſtehend aus gleichen Gewichtstheilen Kieſelerde und Bleioxyd, zeigte an gewöhnlicher Luft ſeit dem Februar 1828 keine Neigung zum Mattwerden. Als acht Theile von dieſem mit dem Äquivalent von 1 Theil Kali an Pottaſche zuſammengeſchmolzen wurden, entſtand ein Glas, welches ſtark anlief. Andere 8 Theile dagegen, die man noch mit 3 Theilen Bleioxyd mehr zuſammenſchmolz, ſo daß der Gehalt an dieſem faſt verdoppelt wurde, lieferten ein Glas, welches nicht im geringſten Grade anlief.

Neuere Verſuche zur Bereitung eines Glaſes zu optiſchem Gebrauche, von Faraday *).

Die Schwierigkeiten, ein von allen Mängeln freies Glas zu optiſchen Zwecken darzuſtellen, ſind nach vorſtehenden Erörterungen ſehr groß, wie u. a. dadurch beſtätigt wird, daß Dollond, einer der erſten engl. Optiker, ſeit den letzten 5 Jahren nicht im Stande war, eine Scheibe Flintglas von 4½ Zoll im Durchmeſſer zu erhalten, die zu einem Fernrohre getaugt hätte. Einige Perſonen haben jahrelang die mühſamſten Arbeiten unternommen, um dieſe Schwierigkeiten zu überwinden, ſo Guinand, der mit geringen Mitteln aber großer Ausdauer ſeine Unterſuchungen im Jahre 1784 begann und bis zu ſeinem Tode im Jahre 1823 fortſetzte. Auch Fraunhofer beſchäftigte ſich unabläſſig mit der Löſung dieſes praktiſchen Problems. Im Beſitze aller der Vortheile, die eine gründlich wiſſenſchaftliche Bildung und ausgedehnte Hülfsmittel ihm darboten, arbeitete er in der Glashütte, wie in der Werkſtatt und dem Studierzimmer, beſtändig ſein Vorhaben im Auge behaltend, bis auch ihn der Tod den Wiſſenſchaften entriß. Beide Männer haben allerdings große Stücke eines vollkommenen Glaſes dargeſtellt, allein ſie haben — ſei es, daß ihre Erfahrungen gänzlich praktiſcher, nicht mittheilbarer, Natur waren oder daß andere Umſtände im Wege lagen — keine befriedigende Anweiſung hinterlaſſen, ſolches Glas mit Sicher-

---

*) Pogg. XVIII. 515.

heit und nach Belieben hervorzubringen, ſo daß für öffentliche Belehrung zur Bereitung eines vollkommenen Glaſes kein Gewinn aus ihren Unterſuchungen hervorgegangen iſt.

In Betracht deſſen fand ſich der Präſident und Rath der königlichen Societät zu London im Jahre 1824 bewogen, eine Commiſſion zur Verbeſſerung des Glaſes zu optiſchem Behufe zu ernennen, beſtehend aus Mitgliedern der Kön. Geſellſchaft und des Längenbureau's; und man erlangte es von der Regierung, nicht nur daß ſie die Schmelzverſuche von allen geſetzlichen Abgaben befreiete, ſondern auch, daß ſie die Koſten wegen der Öfen, der Materialien und des Arbeitslohnes übernahm, ſo lange als die Verſuche noch irgend einen glücklichen Erfolg würden hoffen laſſen. Nach dieſen Begünſtigungen wurde im Jahre 1825 ein kleiner Glasofen erbaut, und eine Menge Verſuche ſowohl im Großen wie im Kleinen mit Flintglas und anderen Glasſorten angeſtellt. Es ergab ſich jedoch bald, daß die Verſuche viele Arbeit und eine lange Zeit erforderten, wenn ſie erfolgreich werden ſollten. Daher wurde am 5. Mai 1825 die unmittelbare Leitung und Anſtellung der Verſuche einer Specialcommiſſion übertragen, welche anfänglich aus Herſchel, Dollond und Faraday, vom März 1829 an aber nur aus den beiden Letzten beſtand, da Herſchel eine Reiſe nach dem Continent unternahm. Faraday war hauptſächlich der chemiſche Theil des Unternehmens übertragen, Dollond hatte die Gläſer zu ſchleifen und auf praktiſchem Wege ihre guten oder ſchlechten Eigenſchaften auszumitteln, und Herſchel lag es ob, die phyſikaliſchen Eigenſchaften zu unterſuchen, deren Wirkung und Nutzen zu beſtimmen, ſo wie überhaupt das Ganze der Unterſuchung mit ſeinem Urtheil zu unterſtützen.

Der Glasofen zu den Verſuchen wurde anfänglich auf dem Grundſtücke der Herren Green und Pellat, bei den Falcon-Glashütten, erbaut; wegen der Entfernung jedoch dieſes Ortes vom Aufenthaltsorte Faraday's, welche dieſem eine anhaltende Aufmerkſamkeit auf die Verſuche nicht geſtattete, wurde ſpäter auf dem Grundſtücke der Kön. Inſtitution ein Gebäude mit Ofen zur Fortſetzung der Verſuche errichtet. Im September 1827 war daſſelbe fertig. Seitdem wurden die chemiſchen Verſuche von Faraday, unter thätiger Mitwirkung des Sergeanten Anderſon von der Kön. Artillerie, unabläſſig fortgeſetzt. Anfangs waren ſie hauptſächlich auf die Bereitung von Flint- und Crownglas gerichtet, vom September 1828 an aber ausſchließlich auf die Darſtellung und Vervollkommnung eines eigenthümlichen ſchweren und leicht ſchmelzbaren Glaſes, worin, wie der Verfaſſer ſagt, auch bis heute unausgeſetzt Fortſchritte gemacht wurden. Von dieſem Glaſe, aus dem ſchon Fernröhre gemacht worden ſind, das jedoch der Verfaſſer noch zu verbeſſern hofft, handelt der folgende Artikel. Wir hielten das Geſchichtliche darüber intereſſant genug für den Leſer, um es hier mitzutheilen.

Schweres Glas von Faraday zu optiſchen Zwecken[*]).

Faraday hat mittelſt vielfältiger Verſuche (vgl. den vorigen Artikel) ausfindig gemacht, daß ein Glas, aus Borarſäure, Blei und Kieſelerde in gewiſſen Verhältniſſen bereitet, vermöge ſeiner phyſikaliſchen Eigenſchaften das Flintglas in Fernröhren erſetzen könne, ja in einigen Fällen noch Vorzüge vor demſelben zu beſitzen ſchien. Man hat Härte, Farbe, ſpecifiſches Gewicht, Refractions- und Diſperſionsvermögen des Glaſes durch Abänderung der Verhältniſſe ſeiner drei Beſtandtheile ſehr in der Gewalt, ohne der Maſſe ihre Leichtflüſſigkeit zu rauben. Das Verhältniß, bei welchem Faraday hauptſächlich ſtehen blieb, war 112 Bleioxyd, 16 Kieſelerde, 24 trockene Borarſäure.

Um ein nach dieſen Verhältniſſen zuſammengeſetztes Glas hervorzubringen, wendet Faraday 154,14 Theile ſalpeterſaures Blei, 24,00 kieſelſaures Blei (durch Schmelzen von 10 Sand mit 8 Bleiglätte erhalten) und 42,00 kryſtalliſirte Borarſäure an. Man zerreibt dieſe wohl gereinigten Ingredienzien in einem reinen Mörſer, vermiſcht ſie mit einander unter Vermeidung des Gebrauches metalliſcher Werkzeuge und ſchmilzt ſie erſt zur Fritte, welche dann in einem Platintiegel (der von Glas nicht angegriffen wird, ſich daher am beſten hiezu eignet), umgeſchmolzen und abgekühlt wird.

Das ganze hiebei zu befolgende Verfahren findet ſich mit der größten, für den Praktiker Behufs eigener Darſtellung, völlig genügenden, Ausführlichkeit in Pogg. Ann. XVIII. 525 ff. beſchrieben, in welchem Bezuge wir auf das Original verweiſen, indem wir uns hier auf die Beſchreibung des ſo erhaltenen Glaſes beſchränken. Es wurden von dieſem Glaſe Platten von 7 Zoll im Quadrat und 8 Pfund im Gewicht bereitet, und Faraday hält ſich überzeugt, daß die Schwierigkeiten nicht mit der Größe der Platten wachſen, daß im Gegentheil die Verſuche ſich ſehr wahrſcheinlich im Großen ſicherer als im Kleinen anſtellen laſſen würden.

Es wird im Folgenden zugleich noch auf die Eigenſchaften eines Glaſes, welches bloß aus gleichen Atomen Bleioxyd und Borarſäure (112 Bleioxyd, 24 Borarſäure) beſteht, und einige Abänderungen der Beſtandtheilverhältniſſe Rückſicht genommen werden. Der Kürze halber wollen wir das vorhin erwähnte kieſelerdehaltige Glas mit A, das letztere kieſelfreie mit B bezeichnen. Im Allgemeinen bezeichnet Faraday die, in verſchiedenen Verhältniſſen aus Borarſäure und Bleioxyd mit oder ohne Kieſelerde beſtehenden Gläſer mit dem Namen ſchwerer Gläſer.

Specifiſches Gewicht. Das ſpecifiſche Gewicht des Glaſes A beträgt ungefähr 5,44. So wie die Menge des Bleioxydes verringert wird, nimmt das ſpecifiſche Gewicht ab. Bei B ſteigt das ſpecifiſche Gewicht oft bis 6,39 oder 6,4, alſo bis zum Doppelten des einiger Flintglasſorten. (Das ſpecifiſche Gewicht von Guinand's ſchwerem Flintglaſe beträgt etwa

---

[*]) Pogg. XVIII. 615; in kurzem Auszuge in Baumg. Zeitſchr. VIII. [illegible].

3,616, das von einem gewöhnlichen Flintglaſe 3,290, das vom Tafelglaſe 2,5257 und das vom Crownglaſe 2,5448.)

Brechungs- und Zerſtreuungsvermögen. Daſſelbe wurde von **Herſchel** von A und B folgendermaßen gefunden (μ iſt der Brechungsinder):

		A	B
Brechender Winkel des Prisma		30° 26′	29° 6′
Refractionsinder für das äußere Roth	$\mu =$	1,8521	2,0430
— — — Maxim. des Gelb	$\mu =$	1,8735	2,0652
— — — äußere Violett	$\mu =$	1,9135	2,1223
Disperſionsinder $= \dfrac{\partial \mu}{\mu - 1}$	$=$	0,0703	0,0740

Dieſe kräftige Wirkung auf das Licht iſt mit keinem Umſtande verbunden, welcher etwa das Glas zur Compenſation mit Crown- oder Tafelglas untauglich machte; indem drei deshalb geſchliffene Objective bewieſen, daß die Compenſation mit ihnen eben ſo leicht, als mit dem Flintglaſe bewerkſtelligt werden kann.

Farbe. Die Gläſer A und B ſcheinen in noch weit höherm Maße als das Flintglas geneigt zu ſein, die Farbe von beigemengten Mineralſubſtanzen zu entwickeln, wodurch es ſchwer wird, ſie ganz farblos zu erhalten. Ihre gewöhnliche Farbe iſt mehr oder weniger gelb und rührt wahrſcheinlich immer von einem geringen Eiſengehalte her. Durch Erwärmung wird ſie erhöht und durch Temperaturerniedrigung geſchwächt. Durch Steigerung der Menge, ſowohl der Kieſelerde als der Borſäure, wird ſie ſchnell und bleibend vermindert. Das Glas A wurde zuletzt bei ſorgfältiger Befolgung aller zur Entfernung von Unreinigkeiten dienenden Vorſichtsregeln von ſo ſchwacher Farbe erhalten, daß weißes Papier, welches man bei offenem Tageslichte durch ein 9 Zoll dickes Stück betrachtete, in Ton und Tiefe der Farbe der Oberfläche einer Citrone glich. Glas, welches aus 1 Atom = 112 Theilen Bleioxyd, 1 Atom = 16 Theilen Kieſelerde und 1½ Atom = 36 Theilen Boraxſäure beſtand, gab, auf gleiche Weiſe unterſucht, bei einer Dicke von 7 Zoll nur die blaſſe Farbe des Stangenſchwefels. (Glas aus 3 Atomen Boraxſäure und 1 Atom Bleioxyd iſt faſt ſo farblos als gutes Flintglas, möchte jedoch in anderer Beziehung nicht tadelfrei ſein.) Übrigens iſt die Farbe des ſchon bis jetzt erhaltenen Glaſes nicht tiefer als die des Crownglaſes, welches man gewöhnlich zu Fernröhren anwendet, und welches durch ſeine Farbe keine bedeutende Menge Licht abſorbirt, und bei Hindurchſehen durch gleiche Platten aus dem ſchweren Glaſe und aus Crownglas findet man ſogar, daß letzteres viel mehr Licht verſchluckt. Der Verfaſſer hofft die Färbung, die ſolchergeſtalt ſchon jetzt der Anwendung zu Fernröhren nicht hinderlich iſt, künftig noch ganz beſeitigen zu können.

Reflexionsvermögen. Das, für die Anwendung zu Fernröhren ſo beeinträchtigende, Reflexionsvermögen iſt bei allen ſchweren Glasſorten ſehr ſtark, weit ſtärker als beim Flintglaſe, und nimmt mit dem Bleigehalte zu. Den Lichtverluſt in Folge der Reflexion an beiden Seiten einer Platte aus ſchwerem Glaſe hält Faraday für größer als den, welcher aus der vereinten Wirkung der Farbe und der Blaſen in einem Glasſtücke von 7 Zoll Dicke entſpringt. (Vgl. die Tabelle über das Reflexionsvermögen verſchiedener Glasſorten S. 190).

Härte. In dieſer Eigenſchaft weichen die ſchweren Gläſer, je nach dem Verhältniſſe ihrer Beſtandtheile, ſehr ſtark von einander ab. Das einfach boraxſaure Bleioxyd (das Glas B) iſt ſehr weich, das doppelt boraxſaure iſt härter und das dreifach boraxſaure kommt in der Härte dem Flintglaſe gleich. Das Glas A iſt weicher als Flintglas, allein das Glas, welches aus 1 Atom Bleioxyd, 1 Atom Kieſelerde und 1½ Atom Boraxſäure beſteht, iſt ſo hart als gewöhnliches Flintglas und beſitzt auch Schmelzbarkeit, Farbe und alle übrigen Eigenſchaften in einem ſehr ſchätzbaren Grade.

Schmelzbarkeit. Dieſe Eigenſchaft, welche bis zu gewiſſem Grade unterhalten werden muß, um die Streifen und Blaſen fortſchaffen zu können, nimmt mit Verringerung des Bleioxydes ab. Das Glas B iſt ſo leicht ſchmelzbar, daß es unter ſiedendem Öle weich wird; das Glas A iſt völlig ſchmelzbar genug, um noch die zur Entfernung der Streifen und Blaſen nöthigen Operationen zu geſtatten.

Faraday bemerkt hiebei, daß man die Schmelzbarkeit dieſer Gläſer, ſo wie überhaupt eines jeden Glaſes, nicht mit der Neigung eines Glaſes, in höherer Temperatur zu erweichen, verwechſeln dürfe. Nicht das Glas nämlich, was zuerſt weich wird, ſchmilzt auch zuerſt bei einer gegebenen Hitze. Oft begegnete es **Faraday**, wenn er verſchiedene Glascompoſitionen neben einander in Platinſchalen erhitzte, daß diejenige, welche zuerſt erweichte, bei ſtärkerer Erhitzung nicht ſo flüſſig wurde, wie andere, welche der erſten Einwirkung der Hitze länger widerſtanden. Es fand ſich auch immer, daß diejenigen Gläſer, welche bei Erhitzung langſam aus dem ſtarren in den flüſſigen Zuſtand übergingen, am wenigſten geneigt waren, bei dem Proceſſe des Abkühlens eine kryſtalliniſche Structur anzunehmen.

Haltbarkeit. Zwar laufen die ſchweren Gläſer ſchnell an und viel ſtärker als Flintglas, wenn man ſie in eine mit Schwefelwaſſerſtoff verſetzte Atmoſphäre bringt, doch zeigte ſich kein ſolches Anlaufen, als ſie längere Zeit hindurch ohne beſondere Vorſichtsmaßregeln an der atmoſphäriſchen Luft verwahrt wurden. Übrigens ſchlägt **Faraday** vor, um jedenfalls das Anlaufen in Fernröhren zu verhüten, Bleiweiß, gefälltes boraxſaures Bleioxyd oder fein geriebene Bleiglätte, Subſtanzen, welche ſich eignen, ſchwefelwaſſerſtoffſaure Dämpfe zu binden, mit dem Pigment zu vermiſchen, mit dem man gewöhnlich die Innenſeite des Fernrohres zur Abhaltung fremden Lichtes ſchwärzt.

Elektricität. Die ſchweren Gläſer iſoliren, wahrſcheinlich weil ſie wegen Abweſenheit von Alkali nicht geneigt ſind, mit hygroſkopiſcher Feuchtigkeit zu beſchlagen, ohne Vergleich beſſer als die gewöhnlichen Gläſer, ſo gut als Siegellack oder Gummilack, auch nehmen ſie ſehr leicht ſchon durch ſchwaches Reiben mit Flanell oder Seide ſtarke Elektricität an, und behalten ſie lange.

Aplanatiſche Lupen und Feldſtecher, von Plößl in Wien.

In Baumg. Zeitſchr. VIII. 189 werden dieſe Apparate, vom Opticus Plößl in Wien verfertigt, als „von einer früher nirgends erreichten Vollkommenheit“ der Aufmerkſamkeit des Publicums anempfohlen und ihr Preiscourant beigefügt.

Um dem Übelſtande abzuhelfen, welchen ſonſt ſelbſt die beſten Lupen, beſonders jene, wenn eine größere Fläche überſehen werden ſoll, darbieten, nämlich nur einen kleinen Theil des Gegenſtandes in der Mitte ſcharf und klar, am Rande aber nur undeutlich und verwaſchen zu zeigen, verſuchte Plößl eine größere ſolche Lupe aus zwei paſſend vereinigten achromatiſchen Linſen zuſammenzuſetzen. Der Erfolg übertraf ſeine Erwartungen, und es ſollen dieſe zuſammengeſetzten aplanatiſchen Linſen an gleichförmiger Deutlichkeit und Schärfe alles in dieſer Art Vorhandene übertreffen.

Gleichförmig gefärbte optiſche Gläſer, von Lerebour *).

Die gefärbten Augengläſer, deren ſich Leute, deren Sehorgan ſehr empfindlich iſt oder die eine Staaroperation erlitten haben, gewöhnlich bedienen, haben bei ſtärkeren Nummern den ſehr fühlbaren Nachtheil, daß die Färbung des Glaſes an den dicken Stellen deſſelben, alſo je nachdem ſie concav oder convex ſind, an den Rändern oder in der Mitte bedeutend ſtärker als an den dünnen Stellen iſt. Lerebour, um dieſem Übelſtande abzuhelfen, bedeckt eine Platte von gefärbtem Glaſe mit einer ungefärbten Glasſchicht und ändert deren Dicke nach der Beſchaffenheit des Geſichts und nach dem Radius der Kugel, auf welcher ſie angebracht wird, ab. Er läßt zu dieſem Behufe in der Glasfabrik zu Choiſy eigends Gläſer aus zwei Schichten bereiten, von welchen die eine blau, die andere ungefärbt iſt. Die Ausführung dieſer Operation erfodert eine große Übung von Seiten des Arbeiters, wenn man eine Glasmaſſe erhalten will, die aus zwei, vollkommen gleich dicken, Schichten beſteht, und die groß genug iſt, um daraus einen Glascylinder zu machen, aus welchen man nach der, für das Fenſterglas üblichen, Methode eine Glasplatte bilden kann. Deſſenungeachtet gelang dieſe Operation ſehr gut, ſo daß man dem Glaſe nur auf die gewöhnliche Weiſe eine gekrümmte Oberfläche zu geben braucht. Man wählt hiezu die reinſten Stücke und polirt und ſchleift dieſelben auf der blauen Oberfläche nach einer Fläche, die genau mit der Linie, die die beiden Schichten von einander trennt, parallel läuft, ſo daß die blaue Schicht überall gleich dick werde. Hierauf giebt man der entgegengeſetzten Fläche

---

*) Dingler's polyt. J. XLI. 118.

die gehörige Krümmung. Bei den periſkopiſchen Gläſern muß die ſchwächſte Krümmung jene der blauen Glasſchicht ſein. Wie groß auch immer die Krümmung des Glaſes ſein mag, ſo wird auf dieſe Weiſe die Färbung desſelben doch ſtets an allen Stellen gleich ſein. Francoeur hat der Soc. d'encourag. einen ſehr günſtigen Bericht über dieſe neue Erfindung Lerebour's abgeſtattet, welchen man im Bullet. de la soc. d'encourag. 1830. mars. p. 145 findet.

Object zur Prüfung des Achromatismus.

Als das paſſendſte Object, um den Achromatismus von optiſchen Gläſern zu prüfen, empfiehlt Goring *) ein kleines Queckſilberkügelchen auf einem vollkommen ſchwarzen oder nicht polirten Grunde, in welchem man ein Licht, oder die Sonne oder auch bloß das Fenſter ſich abſpiegeln läßt. Man betrachtet dies mittelſt des zu prüfenden Glaſes, innerhalb und außerhalb des Focus, und ſieht zu, ob es dabei Farben zeigt.

Anwendung verſchiedener Stoffe ſtatt Glas zu Linſen für Mikroſkope **).

Eine weſentliche Verbeſſerung mikroſkopiſcher Linſen läßt ſich dadurch erwarten, daß man ſtatt des Glaſes ein ganz anderes Material für ſie wählt. Das gemeine Glas hat ein für ſeine Dichtigkeit geringes ſowohl Brechungs- als Zerſtreuungsvermögen. Durch Zuſatz von Bleierde nehmen beide, wenn auch nicht in gleichem, doch immer in fortſchreitendem Verhältniß zu, und die Vortheile, welche die ſtärkere Brechung dadurch gewährt, wird großentheils durch die Undeutlichkeit, die aus den vermehrten Farbenſäumen entſpringt, wieder aufgehoben. Mehrere Mineralien hingegen ſind vom Zuſammentreffen beider Eigenſchaften bis zu einem gewiſſen Grade frei. Die meiſten Edelſteine gehören in dieſe Klaſſe und ihre Verarbeitung zu optiſchen Zwecken verdient daher die höchſte Aufmerkſamkeit. Die vorzüglichſten ſind nachſtehende:

	Brechungsindex.	Zerſtreuende Kraft.
Diamant	2,470	0,38
Sapphir	1,780	0,26
Rubin	1,779	0,26
Granat	1,815	0,33

Hiebei mögen zu einiger Vergleichung noch folgende ſtehen

	Brechungsindex.	Zerſtreuende Kraft.
Flußſpath	1,436	0,22
Bernſtein	1,552	0,41
Bergkryſtall	1,562	0,26
Tafelglas	1,525	0,33

---

*) Brewſter's Edinb. phil. J. 1828. Jul. 68.

**) Schweigg. J. LX. 68 (Zuſammenſtellung von Marx).

Von dieſen letzteren möchte der Flußſpath, obgleich ſeine Farbenzerſtreuung beinahe die geringſte von allen mineraliſchen Subſtanzen iſt, wegen ſeiner ſchwachen Brechung des Lichtes, nicht zu optiſchen Zwecken dienen. Bei dem Bernſteine würde umgekehrt die ſtarke Zerſtreuung hinderlich ſein, wenn man auch ziemlich waſſerhelle Stücke anwendete. Der Bergkryſtall, obgleich nicht ſehr vom Glaſe verſchieden, ſcheint dagegen, wenn auch nicht zu ſehr kleinen Linſen, doch zu größeren Objectiven zu empfehlen *). Die vier erſteren indeß ſind zu mikroſkopiſchen Linſen ganz beſonders tauglich und geeignet, und mit ihrer Verarbeitung haben ſich in der neueſten Zeit mehrere engliſche Künſtler beſchäftigt.

Am eifrigſten und glücklichſten hierin iſt Pritchard geweſen, deſſen Linſen von Sapphir und beſonders von Diamant ſich einen großen Ruhm erworben haben. Er brachte es dahin, von beiden Mineralien Linſen bis zu [illegible] engliſchen Zoll Brennweite anzuarbeiten, und über ihre hohe, alle anderen weit hinter ſich laſſende Wirkung, iſt nur eine Stimme **). Es iſt auch einleuchtend, welch ein großer Fortſchritt in die Einſicht der feinſten organiſchen Gliederung gewonnen iſt, wenn es gelingt, einfache Linſen darzuſtellen, welche an Vergrößerung, Helligkeit, Deutlichkeit und Geſichtsfeld mit den beſten zuſammengeſetzten Mikroſkopen wetteifern; denn während wir mit jenen die Gegenſtände unmittelbar betrachten, können wir bei dieſen nur das von dem Objectiv erzeugte (Luft-) Bild derſelben mit dem Augenglas anſehen. Was jedoch einer größeren Verbreitung und Anwendung dieſer Linſen immer im Wege ſtehen wird, iſt ihr erſtaunlich hoher Preis, der für Sapphirlinſen von 2 bis 6 Guineen, für Diamantlinſen von 10 bis 12 Guineen ſteigt. Dieſer rührt theils von der Koſtbarkeit des Materials her und von den mannichfaltigen verborgenen Fehlern deſſelben, die oft erſt nach vollendeter Arbeit zum Vorſchein kommen und ſie unnütz machen ***), theils von der Schwierigkeit der Zubereitung ſelbſt. Aber

---

*) Vergl. hierüber den weiter unten folgenden Artikel über Bergkryſtallfernröhren von Cauchoix.

**) Vergl. hierüber Schweigg. XLII. 394 und Brewſter in Edinb. J. of sc. Nr. XX. 301. Dieſer macht hier auch den Vorſchlag, Linſen von Realgar (mit dem Brechungsverhältniſſe 2,549), Zinkblende (Br. V. 2,260) und Antimonglas (Br. V. 2,216 für rothe Strahlen) zu verſuchen und dabei homogenes Licht anzuwenden. Man ſtellte den Verſuch an und erhielt durch Schmelzung in Glasröhren recht durchſichtige Linſen von Realgar, aber ihre tief gelbrothe Farbe, verbunden mit ihrer enormen Farbenzerſtreuung (= [illegible]), vereitelte alle Bemühung ſie als mikroſkopiſche Linſen zu gebrauchen. Dazu kommt noch, daß ſie beim Poliren einen ſchwarzen Metallſchimmer annehmen, der ihre Durchſichtigkeit vermindert.

***) Dieſe Fehler liegen zum Theil in der Natur aller kryſtalliſirten Körper, indem ſie faſt immer aus verſchiedenen Individuen zuſammengeſetzt ſind, wodurch in der ſcheinbar gleichförmigen Maſſe Streifen, Knoten, ab- und eingeſprengte Blätterrichtungen und verſchiedene Zuſtände der Dichtigkeit entſtehen; zum Theil in den Verhältniſſen der ein- und zweiaxigen Kryſtalle zum Lichte, wonach bei gewiſſen Richtungen doppelte Bilder erſcheinen, zu deren möglicher Vermeidung lich ſpricht ſich der vorgenannte Künſtler in folgender, lehrreicher Weiſe aus*). „Ehe man einen Diamanten in die ſphäriſche Form bringt, iſt es durchaus nöthig, daß er mit zwei parallelen Seiten flach geſchliffen werde, wenn er nicht von Natur ſchon eine Platte bildet, ſo daß man durch ihn hindurch ſehen und wie ein Stück Flintglas ihn prüfen kann. Ohne dieſe Vorſicht würde das Schleifen ſehr gefährlich ſein, denn manche Diamante geben eine doppelte, ja ſogar eine Art von dreifacher Refraction und bilden zwei oder drei Bilder von einem Object. Dieſe Eigenſchaft macht ſie zum Behufe der Linſen ganz unbrauchbar. Kaum iſt zu bemerken, daß ſie müſſen vom feinſten Waſſer ausgeſucht und, durch die ſtärkſten Loupen unterſucht, frei von allen Flecken, Wolken und Federn erkannt werden. Jene Eigenthümlichkeit der beſondern Refraction möchte von verſchiedenen Graden der Dichtigkeit oder Härte in demſelben Steine herrühren. Die Diamantſchneider ſind gewohnt männliche und weibliche Steine zu unterſcheiden; öfter iſt ein Er und eine Sie (d. h. ein harter und ein weicher Stein) in derſelben Gemme vereinigt. Wenn ein Diamant, welcher verſchiedene Refractionen zeigt, in eine ſphäriſche Figur geſchliffen und theilweiſe polirt worden, ſo zeigt er unter dem Mikroſkop ein beſonderes Anſehen von kleinen ſchillernden Kryſtallblättchen, die zuweilen nach einer Richtung, zuweilen ſtrahlenförmig liegen und die vollſtändige Politur verhindern. Auch andere Edelſteine ſind, ihres kryſtalliniſchen Gefüges wegen, ähnlichen Mängeln für optiſche Abſichten unterworfen.“

„Hat man nun die Güte eines Steines erprobt, ſo muß er zum Schleifen vorbereitet werden. In vielen Fällen wird es rathſam ſein, die Diamantlinſen planconvex zu machen, ſowohl weil dieſe Figur eine ſehr geringe Aberration giebt, als auch weil ſie der Mühe überhebt, zwei Seiten zu ſchleifen. Die flache Seite muß ſo eben wie möglich polirt werden, ohne Ritze und Riſſe; zu dieſem Zwecke muß der Diamant ſo gelegt werden, daß man die Freiheit behält, ihn herumzudrehen, damit er die gehörige Richtung in Bezug auf ſeine Blätterdurchgänge erhalte. Iſt die flache Seite vollendet, ſo muß die andere Seite gegen einen andern Diamanten gearbeitet und durch Abſchaben der Oberfläche in eine kugelartige Form gebracht werden. Sodann hat man eine Hohlſchale von Gußeiſen nach der verlangten Krümmung auf der Drehbank zu formen, die eine kurze Docke hat, von etwa ½ Zoll Durchmeſſer, und eine Geſchwindigkeit von 60 Umdrehungen in der Secunde. Der Diamant muß man durch einen ſehr harten Kitt aus gleichen Theilen des beſten Schellacks und Bimsſteinpulvers, die ſorgfältig zuſammengeſchmolzen, ohne angebrannt, an einen kurzen Griff befeſtigt und gegen die ſich herumdrehende Hohlſchale mit den Fin-

---

die Axe der Linſe mit der [illegible] [illegible] zuſammenfallen möchte. Auch der braſilianiſche Diamant zeigt bisweilen dieſe Structur. (S. d. [illegible] Edinb. phil. Journ. III. 100 und Edinb. Transact. VIII. [illegible])

*) Edinb. Journ. of sc. new ser. I. 150—152.

gern gehalten werden. Dieſe Schale muß mit Diamantpulver ausgepflaſtert ſein, das mit einem gehärteten converen Stahlbunzen hineingehämmert worden. Iſt die Linſe gleichförmig übergeſchliffen, ſo hat man höchſt feinen geſiebten Diamantſtaub, der ſorgfältig in Öl gewaſchen, an eine andere Hohlſchale von Gußeiſen zu bringen. Das feinſte gewaſchene Pulver muß allmälig nachgeſetzt werden, bis die Linſe vollkommen polirt iſt. Während des Schleifens iſt der Stein von Zeit zu Zeit mit einem Vergrößerungsglaſe zu unterſuchen, ob er eine wahrhaft ſphäriſche Form habe; denn zuweilen begegnet es, daß die Ecken ſich ſchneller abſchleifen als das Centrum, und daraus entſteht eine conoidiſche Form, welche die Linſe für den optiſchen Zweck unbrauchbar macht. Die ſphäriſche Abweichung einer Diamantlinſe iſt, verglichen mit der einer Glaslinſe, ganz erſtaunlich gering. Dieſe Verringerung rührt von dem enormen Brechungsvermögen des Edelſteines her, weshalb auch bei ſehr flachen Krümmungen doch die Vergrößerung ſo beträchtlich iſt. Die Längenabweichung einer planconveren Diamantlinſe iſt nur 0,955, während die einer Glaslinſe 1,166 iſt; beide Zahlen ſind in Beziehung auf ihre Dicke genommen und ihre erhabenen Oberflächen den parallelen Stralen zugekehrt. Aber die Undeutlichkeit der Linſen entſteht hauptſächlich daher, daß jeder mathematiſche Punct von der Oberfläche des Objectes in einen kleinen Kreis ausgebreitet wird; dieſe Kreiſe, die ſich unter einander vermiſchen, verurſachen ein verworrenes Sehen des Objectes. Nun muß dieſer Irrthum in dem Verhältniſſe des Flächenraumes dieſer kleinen Kreiſe ſtehen, und da dieſe ſich wie die Quadrate der Durchmeſſer verhalten, ſo wird die Seitenabweichung einer Diamantlinſe 0,912 ſein, während die einer Glaslinſe von gleicher Krümmung 2,775 iſt. Aber die vergrößernde Kraft der Diamantlinſe verhält ſich zu der des Glaſes wie 8 zu 3; oder in andern Worten, die oberflächliche Vergrößerung eines Objectes mit der erwähnten vollkommenen Diamantlinſe iſt 225000 Mal, während die einer Glaslinſe nur 3136 Mal iſt, wenn man 6 Zoll als die Entfernung des deutlichen Sehens annimmt. So wird uns der Diamant in den Stand ſetzen, eine größere Kraft zu erlangen, als nur irgend durch Glaslinſen möglich iſt; denn die Brennweite der kleinſten Glaslinſe, die ich vermögend war zu ſchleifen und zu poliren, iſt ungefähr $\frac{1}{20}$ Zoll, während die eines Diamantes, der in denſelben Schalen gearbeitet worden, nur $\frac{1}{180}$ Zoll ſein würde."

„Wenn wir die Abweichung zweier Linſen von gleicher Kraft zu vergleichen wünſchen, ſo muß die Krümmung des Glaſes vergrößert werden; und da die Seitenabweichungen (bei gleicher Öffnung und Stellung) im umgekehrten Verhältniſſe des Quadrates der Halbmeſſer wachſen, ſo wird die Abweichung der Diamantlinſe nur $\frac{1}{18}$ von der des Glaſes ſein, bei gleicher Dicke; da aber die Krümmung des Diamantes geringer iſt, ſo kann ſeine Dicke ſehr vermindert werden. Da die chromatiſche Diſperſion des Diamantes faſt ſo gering wie die des Waſſers iſt, ſo kann ihr Einfluß bei kleinen Linſen von dem Auge kaum bemerkt werden, ſogar bei Unterſuchung der merkwürdigen Klaſſe mikroſkopiſcher Objecte, welche, um nur ſichtbar gemacht zu werden, enorme Winkel der Öffnungen verlangen.“

Übrigens iſt die Bearbeitung des Diamantes ſo mühſam und umſtändlich, der Erfolg ſo unſicher und im ungünſtigen Falle der Verluſt ſo bedeutend, daß, aller der aufgezählten Vorzüge ungeachtet, doch Pritchard ſelbſt vorzieht, Linſen aus Sapphir zu verfertigen. Die bläuliche, oft in das Violette ſpielende, Farbe dieſes Steines ſoll hiebei eher günſtig als nachtheilig wirken. Mindeſtens behauptet Wollaſton, daß ſich das violette Farbelicht zur Beleuchtung mikroſkopiſcher Gegenſtände am vortheilhafteſten erweiſe. Der Künſtler hat in Verbindung mit Goring die Anwendung der neuen Linſen durch Unterſuchung neuer Objecte beſonders merkwürdiger Inſectenlarven bewährt und mit meiſterhaft gezeichneten und colorirten Abbildungen derſelben belegt. (The natural History of several new, popular and diverting living objects for the microscope etc., von Goring und Pritchard. London 1829. I. Einen Auszug daraus in Edinb. J. of sc. XX. 360.)

Methode, das Vergrößerungsverhältniß bei Mikroſkopen zu beſtimmen, von Jacquin und Ettingshauſen *)

Die Vergrößerung eines Mikroſkopes wird bekanntlich in der Regel durch Vergleichung des Bildes im Geſichtsfelde mit dem des direct geſehenen Gegenſtandes gefunden. Man legt z. B. einen fein getheilten Mikrometer als Object ein und ſieht auf das Bild deſſelben mit einem Auge, zugleich aber auch mit dem andern auf einen in der Entfernung von 8 Zoll befindlichen Maßſtab, ſo daß man auf dieſem die Projection des Bildes wahrnimmt. So vielmal die wirkliche Größe des Gegenſtandes in dem Stücke des Maßſtabes enthalten iſt, welches jenes Bild deckt, ſo groß iſt die Vergrößerungszahl.

Dieſe Methode erfodert einige Übung, gewährt aber auch in den Händen des genaueſten Beobachters nicht die Schärfe, welche der nachfolgenden von Jacquin angegebenen, hier nur dem Weſentlichen nach zu beſchreibenden, Methode zukommt.

Man ſtelle (Fig. 48.) das Mikroſkop auf eine Baſis, an deren Seite ſich ein verticales Bret mit einer Linienſcale erhebt, und zwar in einer ſolchen Entfernung vom Mikroſkope, welche der deutlichen Sehweite vom Oculare aus gleich geſetzt werden kann, befeſtige dann über dem Oculare einen kleinen metallenen Planſpiegel mit der in der Figur abgebildeten Vorrichtung (das ſogenannte Sömmerring'ſche Spiegelchen mit ſeinem Ringe und Stellſchrauben), ſo daß ſeine ſpiegelnde Fläche um 45° gegen die Axe des Rohres geneigt und von der Wand, worauf die Scale ſich befindet,

---

*) Jacquin in Baumg. Zeitſchr. IV. 1. V. 131. Ettingshauſen in Baumg. V. 316. Die obige Darſtellung nach den Supplementen zu Baumgartners Phyſik S. 636.

gerade abgewendet iſt. Hierauf lege man einen Glasmikrometer als Object ein, gebe ihm die rechte Entfernung vom Objective, um im Geſichtsfelde ein deutliches Bild zu erhalten, und ſuche den Spiegel ſo zu ſtellen, daß man dieſes Bild auf die Scale der verticalen Wand projicirt ſieht. Hier wird man leicht angeben können, wie viele Linien ein bekanntes Stück des Mikrometers deckt und wie groß daher die Vergrößerungszahl iſt.

Bei dieſer Operation wird erfodert, daß die Scale hinreichend deutlich gezeichnet und gehörig beleuchtet ſei. Es iſt ſehr gut, wenn die Zeichnung weiß auf ſchwarzem Grunde iſt und man die Unterſuchung Nachts anſtellt, wo man mittelſt einer Lampe leicht die rechte Beleuchtung trifft. Ferner müſſen die Theilſtriche des Mikrometers ſo liegen, daß ſie bei der Projection mit den Strichen der Scale parallel werden, und man muß dafür ſorgen, daß die Scale dem Oculare gerade gegenüber in derſelben Horizontalebene ſteht. Man ſoll dabei immer nur die Größe des Bildes in der Nähe der Axe der Röhre zum Vergleichungspuncte nehmen, nicht aber die des dem Rande nahen, weil da ein anderes Vergrößerungsverhältniß herrſchen kann, als in der Mitte des Geſichtsfeldes. Meſſungen, auf ſolche Weiſe vorgenommen, haben eine deſto größere Schärfe, je geringer die vergrößernde Wirkung des Mikroſkopes iſt, bei ſtarken Vergrößerungen erſcheinen theils die Theilſtriche des Mikrometers ſo dick, daß bei der Beſtimmung ihrer Lage ſtets eine kleine Unſicherheit zurückbleibt, theils iſt man gezwungen, Bruchtheile des Abſtandes zweier Theilſtriche zu ſchätzen, eine Arbeit, die faſt nie fehlerfrei abläuft, indem man wegen zu geringem Geſichtsfelde ſelbſt bei ungemein fein getheilten Mikrometern kaum mehr als ein Intervall auf einmal zu ſehen bekommt. Man kann dieſe Methode zwar durch alle Combinationen der Objective und Oculare eines zuſammengeſetzten Mikroſkopes durchführen, wird aber bei den letzten ſtarken Vergrößerungen nur mit großer Mühe und nicht ohne Anſtrengung der Augen zum Ziele gelangen. Man kann ſich aber das Geſchäft bedeutend erleichtern, indem man ſo verfährt: Man ſuche nach der vorhergehenden Methode die Vergrößerungszahlen bei Anwendung *jedes* Ocularaufſatzes mit *einem* der ſchwächeren Objective. Hierauf lege man einen Mikrometer als Object ein, deſſen Scale ſchon bei der kleinſten Vergrößerung das ganze Geſichtsfeld ausfüllt. Steht einem kein ſolcher Mikrometer zu Gebote, ſo lege man in das Diaphragma einen Schirm mit einer Öffnung von ſo geringer Größe, daß ſie vom Bilde der Mikrometerſcale ganz eingenommen wird. Nun beobachte man mit allen Combinationen der Oculare und Objective die Anzahl der Intervalle des Mikrometers, die auf einmal überſehen werden. Da verhält ſich nun die Vergrößerungszahl m bei einer beſtimmten Verbindung eines Oculares mit einem Objective, zur Zahl m_1 bei einer andern Verbindung, wie die Anzahl Intervalle n_1 des in letztem auf einmal überſehenen Mikrometerſtückes zur Anzahl dieſer Intervalle n im erſten Falle, oder man hat

$$m : m_1 = n_1 : n \text{ oder } m_1 = m \cdot \frac{n}{n_1}.$$

Da nun n und n_1 durch Beobachtung gegeben ſind, und m aus der Beſtimmung mittelſt der vorhergehenden Methode bekannt iſt, ſo läßt ſich m_1 leicht berechnen. Dieſes Verfahren hat zuerſt Ettingshauſen empfohlen.

Zu allen dieſen Unterſuchungen braucht man Mikrometer, von deren richtigen Theilung man vor ihrer Anwendung gehörig überzeugt ſein muß. Beſitzt man ein Mikroſkop mit einem Schraubenmikrometer, ſo kann man ſich dieſe Überzeugung leicht verſchaffen, indem man den Mikrometer nur als Object einzuſetzen, und den Abſtand je zweier Theilſtriche mit Aufmerkſamkeit und wiederholt zu meſſen braucht.

Man kann auch zum Ziele gelangen, wenn man die Öffnung des Diaphragma eines Mikroſkopes hinreichend verengt, den Mikrometer als Object einſetzt, und, indem man verſchiedene Theile desſelben durch das Geſichtsfeld führt, beobachtet, ob immer gleich viele Längenſtücke des Mikrometers auf einmal geſehen werden.

Spiegelmikroſkope *).

In neueren Zeiten pflegt man häufig Spiegelmikroſkope anzuwenden, welche die Vortheile gewähren, daß das Bild, welches die Spiegel entwerfen, von der chromatiſchen Abweichung ganz frei iſt, und von der ſphäriſchen durch eine geſchickte Behandlung und Krümmung der Spiegel großentheils befreit werden kann.

Eine einfache Vorſtellung eines ſolchen Mikroſcopes gewährt Fig. 50., wo DC einen von Innen und Außen polirten und bei HI durchbrochenen metalliſchen Planſpiegel, AB einen Hohlſpiegel bezeichnet. Die Stralen von dem nahen Objecte G (das von der Außenſeite DC und noch vermittelſt einer Glaslinſe beleuchtet wird) werden von dem Hohlſpiegel AB nach (dem innern) DC und von da nach g und in die Ocularröhre EF reflectirt, von wo ſie in das Auge O gelangen. Die große Lichtmenge, welche von den Spiegeln aufgenommen wird, bewirkt, trotz des Verluſtes, der durch die Öffnung HI entſteht, ein klares, und wenn der Spiegel AB eine elliptiſche Krümmung hat, von beiderlei Aberration freies Bild, deſſen Vergrößerung nach Belieben durch die Oculareinſätze erlangt werden kann. Die Helligkeit und Deutlichkeit der Bilder iſt hier ungemein groß und wird nicht bemerkbar geſtört durch den eigenthümlichen Lichtſchimmer, der von der Metallreflexion herrührt. Auch die horizontale Stellung iſt ein bedeutender, dem Auge wie dem Körper zu Gute kommender Vortheil.

Die neueren Spiegelmikroſkope verdanken ihre Vervollkommnung faſt einzig den Bemühungen des Italieners Amici **), deſſen Conſtruction, der auch die engliſchen Inſtrumente dieſer Art meiſt nachgebildet ſind, folgende iſt:

---

*) Marx in Schweigg. J. LX. 179.

**) Der übrigens neuerdings auch ein dioptriſches Mikroſkop eingerichtet hat, das nachher beſchrieben wird.

Sie iſt ihrem Weſen nach das Umgekehrte von der Einrichtung des Newton'ſchen Spiegelteleſkopes. Die von dem (durch Spiegel und Linſe vollkommen erleuchteten) Gegenſtande ausgehenden Lichtſtralen dringen durch die unten angebrachte Öffnung einer 12″ langen horizontalen Röhre, treffen da auf einen (durch den Durchſchnitt eines Cylinders von $\frac{1}{12}''$ Durchmeſſer erhaltenen) metallenen Planſpiegel, der um 45° gegen die Axe der Röhre geneigt und durch eine Schraube höher und tiefer zu ſtellen iſt. Von da fallen ſie auf einen Hohlſpiegel von $1\frac{1}{12}''$ Öffnung und von elliptiſcher Form, ſo daß von ſeinen zwei Brennpuncten der eine $2\frac{4}{12}$, der andere 12″ von ſeiner Mitte entfernt iſt. Von hier aus gehen die Stralen in die Ocularröhre und zum Auge. Da vorausgeſetzt wird, daß die von einem Puncte des Objectes ausgehenden Stralen wieder in einen Punct zuſammentreffen, ſo muß das Object eigentlich in dem Einen Brennpuncte des zweiten Spiegels ſtehen, und da der Mittelpunct des Planſpiegels von dem des Hohlſpiegels $\frac{5}{12}''$ entfernt iſt, ſo kann das Object ſich noch um ½″ von der Röhre entfernt halten, welches für Handhabung und Beleuchtung deſſelben ungemein günſtig iſt. Die Wirkung eines ſolchen Inſtrumentes iſt, ungeachtet des Lichtverluſtes, welches der im Gange der Stralen befindliche Planſpiegel verurſacht, ausnehmend groß, und die Reſultate, welche Amici damit erhalten, ſind beſonders für die Anatomie der Pflanzen von Wichtigkeit geworden.

Dahin gehören ſeine Unterſuchungen über den Bau und die Saftbewegung in der Chara vulgaris, Caulinia fragilis und anderen Pflanzen, die er mit den ſchönſten und naturgetreueſten Abbildungen erläutert hat *). Dieſe letzteren erlangte er dadurch, daß er eine eigene Vorrichtung zum Nachzeichnen der vergrößerten Objecte an dem Inſtrumente anbrachte. Auch von anderen ſind ſchon dergleichen zu ſolchem Behufe angewandt worden, wie der kleine Sömmerring'ſche Spiegel und Wollaſton's Camera lucida, die Amici ſchon früher in einigen Stücken verbeſſert hatte **). Beſonders ſinnreich und eigenthümlich aber iſt die neueſte Methode, die er hiezu angegeben hat.

Wenn in Figur 51. die Röhre des Inſtrumentes B das Ocular verſtellt, ſo bezeichnet C ein daran geſchobenes Käſtchen; D einen aufrechten Planſpiegel von rectangulärer Form, der in der Mitte eine Spalte i

---

*) Seine erſteren ſchon mehr bekannten Arbeiten (vgl. Gilbert's Ann. XLVI. 253) ſtehen im 18ten Bande der Memorie della Società Italiana S. 111 f. Die neueren im 19ten Bande S. 234 — 246, wo er S. 237 in der Anmerkung ſagt: „Le figure tutte sono state da me delineate colla camera lucida applicata a Microscopio.“

**) Vgl. Ann. de Ch. et de Ph. XXII. 107 und daraus in dem neuen Gehler'ſchen Wörterb. Bd. II. 39. Auch in dem Edinb. J. of sc. V. 150, wo der Herausgeber bemerkt, daß ihm anſtatt der hiebei nöthigen Glasſcheibchen mit vollkommen paralleler Oberfläche, natürliche Spaltungsplatten von Topas, und anſtatt der kleinen Spiegel, Kryſtalle von Rothgültigerz, Zinkblende, Zinnſtein oder Eiſenglanz, gute Dienſte geleiſtet.

(z. B. von weggenommener Belegung) etwas kleiner als die Öffnung der Pupille, hat; E die Faſſung eines vor dem Spiegel befindlichen rechtwinkeligen, gleichſchenkeligen Glasprismas. Befindet ſich nun unterhalb desſelben die Hand des Beobachters mit einem Zeichenſtift, ſo bringen die Strahlen davon durch die untere Seite gh des Prisma's ein, werden von ſeiner Hypotenuſe fg nach fh reflectirt, wo ſie heraustreten und in den Planſpiegel gelangen. Wenn alſo das Auge bei i ſteht, ſo wird es mit einem Theile ſeiner Sehöffnung durch die Spalte das Bild des vergrößerten Objectes, zugleich aber auch mit dem andern durch den Planſpiegel das (aufrechte) Bild der Hand in das Bild projicirt ſehen, und daher jenes vermittelſt des Zeichenſtiftes auf einem horizontal liegenden Papiere leicht entworfen werden können. Nach einiger Übung wird man dazu gelangen, mit dieſer Vorrichtung umzugehen und ſie den jedesmaligen Umſtänden anzupaſſen, wie dies Marr, von welchem dieſe Beſchreibung entlehnt iſt, nach eigener Erfahrung verſichert.

Marr macht indeß doch die Bemerkung hiebei, daß dieſe, ſowie jede ähnliche Methode bei allen Vorzügen, die ſie beſitzt, für das Geſicht anſtrengend und ermüdend, und eine einfachere und leichtere Methode noch wünſchenswerth ſei. In dieſem Bezuge macht er folgenden Vorſchlag, über deſſen nähere Ausführung er künftig Mehreres mitzutheilen verſpricht.

Das was zunächſt verlangt wird, iſt, eine Nachbildung des Objectes zu geben, wie es ſich vergrößert im Brennpuncte des Oculars darſtellt. Können wir alſo dieſes Luftbild unmittelbar umzeichnen und projiciren, ſo wird daraus die vollkommenſte Zeichnung hervorgehen. Wie iſt aber dieſes zu bewerkſtelligen? Man mache in der Ocularröhre in der Ebene des Brennpunctes oder Bildes einen Einſchnitt und bringe hier eine äußerſt feine Spitze an, die von Außen mit einer Vorrichtung zuſammenhängt, welche nach Art eines Storchſchnabels conſtruirt iſt. Während man nun durch das (horizontal oder vertical ſtehende) Mikroſkop ſieht, erblickt man auch die feine Spitze am Orte des Bildes, und dieſe wird an den Umriſſen des Gegenſtandes ſich ſtetig herumbewegen, indem die Hand mit dem äußern Stifte des Storchſchnabels auf der Zeichentafel hin und her geführt wird. Dieſe Methode vereinigt, nach Marr, die größte Sicherheit mit der größeſten Leichtigkeit.

Von Merz verbeſſertes aplanatiſches Mikroſkop aus dem optiſchen Inſtitute von Utzſchneider und Fraunhofer, beſchrieben von Döllinger *).

Die bisher in dem optiſchen Inſtitute von Utzſchneider und Fraunhofer verfertigten zuſammengeſetzten Mikroſkope entſprechen den beiden Erforderniſſen, die Gegenſtände hinlänglich zu beleuchten und die Ränder, ſowie die dunkleren und helleren Stellen der durchſcheinenden Objecte in voller

---

*) Pogg. XVII. 58

Schärfe und Klarheit nach der beſtimmteſten Begränzung wahrnehmen zu laſſen, auf eine wahrhaft bewundernswerthe Weiſe. Die herrlichen achromatiſchen Objective dieſer Inſtrumente laſſen vermöge ihrer weiten Öffnungen eine ſolche Maſſe ungetrübten Lichtes zum Auge des Beobachters gelangen, daß man in dem Mikroſkop mehr Helle als außer ihm anzutreffen glaubt; auf der andern Seite verhindert die Reinheit der Glasmaſſen und die Genauigkeit der Bearbeitung jede Zerſtreuung der Stralen, und alle Umriſſe können ſich auf das Beſtimmteſte und Schärfſte umgränzt dem Auge darſtellen, um ſo mehr, als die Einrichtung des Ganzen ſo getroffen iſt, daß die Stärke der Vergrößerung mehr von dem Oculare als von dem Objective abhängig wird, mithin auch keine der achromatiſchen Linſen eine ſo ſtarke Convexität zu haben braucht, daß daraus eine die Deutlichkeit und Schärfe des Bildes merklich ſtörende Abweichung der Lichtſtralen entſpringen könnte.

Indeß laſſen doch die Fraunhofer'ſchen Mikroſkope bei dieſen wichtigen Vortheilen die Bemerkungen zu, 1) daß die Vergrößerungen, welche ſie bewirken, nicht ſo ſtark ſind, als es der Naturforſcher in manchen Fällen wünſchen muß; 2) daß ſie nicht alle jene Bequemlichkeiten beim Gebrauche darbieten, die man billig von einem ſolchen Inſtrumente fodern kann; Mängel, welchen Hr. Merz, der gegenwärtig das optiſche Inſtitut an Fraunhofer's Stelle leitet, abzuhelfen geſucht hat.

1) Die kleinen achromatiſchen Mikroſkope des optiſchen Inſtitutes, welche ſo eingerichtet ſind, daß ihr Käſtchen auch zugleich als Geſtell dient, vergrößern den Durchmeſſer höchſtens 100 Mal; mit den größeren Inſtrumenten, welche mit einem höchſt genau gearbeiteten Apparate zum Meſſen des Diameters der Objecte verſehen ſind, erlangt man als höchſte eine Linearvergrößerung von 140 bis 150 Mal, was manchmal nicht hinreichend ſein kann, inſofern ſich nach dem Verfaſſer annehmen läßt, daß eine Vergrößerung des Durchmeſſers von 250 Mal die Gränze iſt, bis wohin ſich die Möglichkeit, etwas Neues an irgend einem Gegenſtande, der zu einer ſolchen Vergrößerung geeignet iſt, durch das Mikroſkop zu ſehen, erſtreckt. Behufs der Verſtärkung der Vergrößerungen nun verfertigt Herr Merz ein achromatiſches Objectiv von nicht ganz $\frac{1}{2}$ Zoll Brennweite, welches den bisher den Fraunhofer'ſchen Mikroſkopen beigegebenen Objectiven, deren letztes $\frac{2}{3}$ Zoll Brennweite hat, als Nr. 5. hinzugefügt wird, und dann wird die Faſſung dieſer Objective ſo eingerichtet, daß man ihrer mehrere an einander ſchrauben und ſo combinirt als ein einzelnes Objectiv gebrauchen kann, was für die Stärke der Vergrößerung ſowohl, als Deutlichkeit und Schärfe des Bildes große Vortheile gewährt.

2) Wiewohl die verticale Lage des Körpers der zuſammengeſetzten Mikroſkope mehrfachen Vortheil gewährt, ſo iſt es doch namentlich für den, welcher die vergrößerten Objecte zeichnen will, wichtig, die Objecte auch durch horizontales Hineinſehen erblicken zu können. Um nun das Hinein-

hen ſowohl in verticaler als horizontaler Richtung bewerkſtelligen zu können, hat **Merz** folgende Vorrichtung getroffen:

Geſetzt, man wollte das Hineinſehen in horizontaler Richtung bewerkſtelligen, ſo wird auf der obern Mündung der verticalen Röhre E, an deren unterm Ende ſich das Objectiv befindet (Fig. 49.), ein Reflexionsprisma D angebracht, welches genau ſo geſtellt iſt, daß es unter einem rechten Winkel das vom Objecte empfangene Bild reflectirt. Die ſo reflectirten Lichtſtralen gelangen nun durch eine zweite Röhre C, welche an dem Hälter des Prisma in horizontaler Lage mit dem hintern Ende angeſchraubt wird, auf den Brennpunct des, am vordern Ende von C befeſtigten, Oculars. Wie man ſieht beſteht ſolchergeſtalt der Körper des Inſtrumentes aus zwei rechtwinklich auf einander gerichteten Theilen, zwiſchen denen das Reflexionsprisma angebracht iſt. — Um daſſelbe Inſtrument zum verticalen Hineinſehen einzurichten, hat man nur nöthig, entweder unmittelbar das Ocular auf die verticale, verhältnißmäßig kurze, Röhre E aufzuſetzen, wodurch eher an Lichtſtärke gewonnen wird, ungeachtet die Vergrößerungen hiebei verhältnißmäßig weniger ſtark ſein können; oder auch die Röhre C, mit Weglaſſung des Reflexionsprisma's, auf E in derſelben verticalen Richtung aufzuſchrauben, womit zwar die Vergrößerungen viel an Stärke gewinnen, doch aber auch, weil ſich auf dem kürzern Wege das Licht mehr zerſtreuen kann, die Lichtſtärke ein wenig leidet. Durch die Einſetzung des Reflexionsprismas wird freilich der Körper des Inſtrumentes noch mehr verlängert, und hiedurch, oder wohl durch das Prisma ſelbſt, welches ſich nicht abſolut vollkommen darſtellen läßt, wird eine Lichtzerſtreuung hervorgebracht, die bei feiner Beobachtung leicht beeinträchtigend ſein kann. Indeß, bemerkt der Verfaſſer, iſt der Naturforſcher einmal mit ſeinem Gegenſtande durch den einfachern und damit ſicherern Apparat bekannt und vertraut geworden, ſo wird er ſich durch die kleinen Mängel, welche von der Complication ſeines Inſtrumentes unzertrennlich ſind, nicht ſtören laſſen, und die ihm vielleicht etwas unklar vorſchwebenden Bilder bald zu deuten verſtehen.

Um dem Beobachter auch ferner alle jene Bequemlichkeiten zu verſchaffen, welche er beim Anbringen, Richten und Beleuchten der verſchiedenen Objecte wünſchen kann, iſt der Objectenträger ſo eingerichtet, daß man Feſtes und Flüſſiges ſicher ſtellen, alle Arten Schieber anbringen, von vorne und zur Seite einſchieben und richten mag; ein hinlänglich großer Hohl- und Planſpiegel und ein reines converes Glas bewirken, jene bei durchſcheinenden, dieſes bei unburchſichtigen Objecten, deren Beleuchtung von unten und oben, und ſind ſelbſt in jeder Hinſicht leicht beweglich. Sowohl der Objectenträger, als auch die Röhre können plötzlich verſchoben und in jeder Lage, welche ihnen gegen einander gegeben wird, leicht wieder befeſtigt werden, dabei iſt der Objectentiſch noch insbeſondere durch die an ihm angebrachte Mikrometerſchraube aufs Leiſeſte bewegbar.

Das Inſtrument läßt mit demſelben Objective eine Reihe Vergrößerungen in ſteigender und ſinkender Proportion zu, denn außerdem, daß es dem Beobachter frei ſteht, ſich des kürzern oder verlängerten Tubus zu bedienen, ſo ſind auch mehrere Oculare von verſchiedener Stärke beigegeben, wodurch es möglich wird, für denſelben Gegenſtand bei demſelben Objective vielerlei Grade der Vergrößerung hervorzubringen, ohne daß eine andere Bewegung nothwendig wird, als jene zarte des Objectentiſches, welche mit der Mikrometerſchraube gegeben wird.

Eine beſondere Vorrichtung an dem Inſtrumente erlaubt, die Beleuchtung, wo es nöthig iſt, in erfoderlichem Maße zu mäßigen und auf den paſſenden Grad zu bringen. Es iſt nämlich eine geſchwärzte, in der Mitte mit einer kleinen Öffnung verſehene, Platte ſo angebracht, daß ſie zwiſchen dem Spiegel und dem Object nach Belieben eingefügt werden kann; iſt ſie zwiſchen den Spiegel und den Objectenträger geſtellt, ſo fällt auf das Object nur ſo viel Licht, als die kleine Öffnung, womit ſie durchbohrt iſt, durchläßt; nun kann die Platte mit ihrer Öffnung leicht verſchoben, dem Objecte genähert und von ihm entfernt werden. Iſt die Platte möglichſt nahe an dem Objecte, ſo iſt ſie, da die Öffnung in ihr ein wenig größer iſt, als das ausgebreitetſte Sehfeld, ohne beſondere Wirkung, und hemmt den Gang des Lichtes, ſo viel als der Spiegel ſendet, nur inſofern, als ſie das unnützer Weiſe reflectirte Licht abhält. In dem Maße aber, als die Platte vom Objecte entfernt, und dem Spiegel nahe gebracht wird, wirkt ſie verdunkelnd, indem ſie immer mehr die Wirkung des Spiegels beengt. Da der Beobachter während der Beobachtung des Gegenſtandes die Platte in Bewegung ſetzen kann, ſo hat er es ganz in ſeiner Gewalt, nicht allein Verſuche zu machen, um die beſte Beleuchtung für ſein Objectiv zu finden, ſondern er kann auch jedesmal jene Beleuchtung erhalten, wie ſie der Witterung, der Lage des Himmels, der Tageszeit ꝛc. entſpricht.

Das ganze Inſtrument iſt in der Geſtalt, wie es zum Hineinſehen in horizontaler Richtung dienen ſoll, abgebildet in Pogg. Ann. XVII. Taf. I. Fig. 8. und die Beſchreibung der einzelnen Theile gegeben ebend. S. 69.

Einrichtung des Mikroſkopes von Amici in Modena, nebſt Bemerkungen darüber, von Jacquin *).

Dies Mikroſkop (1829 verfertigt) weicht in ſeiner Einrichtung von den früheren deſſelben Meiſters bedeutend ab; denn es iſt ein dioptriſches Inſtrument, während die erſteren (vergl. S. 186) eine katadioptriſche Einrichtung haben.

Es beſteht aus 5 Ocularen und 5 Objectiven. Von den Ocularen ſind die drei ſchwächeren mit einem Ramsden'ſchen Collectivglaſe verſehen; das vierte iſt eine Doppellinſe ohne Collectivglas, und das fünfte, einfach, eben-

---

*) Eine ausführlichere Beſchreibung nebſt Abbildung dieſes Inſtrumentes kann man finden in Dingler's polyt. J. XXXII. Heft 4., oder Quat. J. of sc. 1829. April to June. 270. Auch in Baumg. J. VI. Taf. I. Fig. 8. iſt eine Abbildung des Inſtrumentes mit einer kurzen Beſchreibung ebend. S. 92 gegeben.

falls ohne Collectivglas. Die drei Objective ſind achromatiſch und zum übereinanderſchrauben, nach Selligue's Methode, eingerichtet.

Um das Inſtrument in eine horizontale Stellung zu bringen, befindet ſich, analog wie bei der Merz'ſchen Einrichtung der Fraunhofer'ſchen Mikroſkope, in dem Rohre am vordern Ende ein Prisma, von welchem das durch den vertical ſtehenden Objectivapparat entſtehende vergrößerte Bild des Objectes rechtwinklich durch das Collectivglas auf drei Blenden reflectirt wird, um mit der Ocularlinſe beſehen zu werden. Um das bei dieſer Stellung des Inſtrumentes läſtig werdende, in das Auge fallende, Tages- oder Lampenlicht abzuhalten, wird eine 4 Zoll im Durchmeſſer haltende, ſchwarze Scheibe von Pappe vor das Ocular geſteckt.

Von den drei Objectiven können die zwei ſchwächeren auch einzeln oder in Verbindung gebraucht werden, beſonders für opake Objecte. Doch muß der Objectivlinſe Nr. 1 die vorhandene Blende vorgeſchraubt werden, um mehr Schärfe am Rande des Sehfeldes zu erzielen. Dieſe Linſe Nr. 1 giebt mit dem ſchwächſten Oculare ſchon eine Vergrößerung von 50 Mal linear, und die für Naturforſcher oft ſehr wünſchenswerthen ſchwächeren Vergrößerungen von 18 — 20 Mal linear fehlen an dieſem Inſtrumente. Die Objectivlinſe Nr. 2 iſt, einzeln gebraucht, nicht ſcharf, und die Linſe Nr. 3 gar nicht zu benutzen, eben ſo wenig die Verbindung von 2 mit 3. Die Vergrößerungen derſelben ſind daher auch vom Hrn. Profeſſor Amici nicht angegeben worden. Selbſt die durch die Verbindung der Linſen 1 und 2 hervorgebrachten Bilder ſind nicht von ausgezeichneter Schärfe. Dagegen iſt aber die Verbindung aller drei Objectivlinſen von hoher Vollkommenheit, und giebt mit den Ocularen I., II., III., alſo bei Vergrößerungen von 133 — 300 Mal linear, unübertrefflich ſcharfe Bilder. Die Vergrößerung mit dem Ocular IV. von 600 Mal linear iſt ſchon weniger ſcharf; jene mit dem Ocular V. von 1700 Mal linear aber ſchon ſo undeutlich und dunkel, daß man ſie wohl für den Naturforſcher als unbrauchbar und überflüſſig erklären muß.

Die vom Profeſſor Amici ſelbſt angegebenen Vergrößerungen ſind, nach einer Meſſung mit ſeiner Camera lucida, bei der ungewöhnlichen Sehweite von 13 Zoll 11 Linien Pariſer Maß, alſo mehr als 14 Zoll Wiener Maß, nämlich der zufälligen Höhe des Mikroſkopes vom Tiſche, angegeben. Sie fallen daher ſehr hoch aus. Jacquin hat deshalb die Vergrößerungen nach der von ihm angegebenen Methode (S. 183), mittelſt des Sömmerring'ſchen Spiegelchens (Gilb. LXI. 102), bei einer Sehweite von 8 Zoll Wiener Maß oder 0,21 Meter, aufs Neue ſorgfältig beſtimmt und folgendermaßen befunden.

Objectiv.	Ocular.	Vergrößerung	
		Linear.	Fläche.
1	I.	50	2500
—	II.	90	8100
1 + 2	I.	120	14400
—	II.	160	25600
—	III.	200	40000
1 + 2 + 3	I.	233	17689
—	II.	250	62500
—	III.	300	90000
—	IV.	600	360000
—	V.	1700	2890000

Zur Beleuchtung durchſichtiger Objecte iſt ein gewöhnlicher gläſerner, concaver Reflexionsſpiegel von bedeutenderer Größe, bei 4″ im Durchmeſſer, vorhanden. Außerdem eine bewegliche coniſche Blende mit mehreren runden Öffnungen von verſchiedener Größe, welche überdies nach Willkür noch mit einem mattgeſchliffenen Glaſe geſchloſſen werden können. Sie dienen, um das von dem großen Spiegel reflectirte zu grelle Licht nach Befinden zu mildern. Auch iſt zu demſelben Zwecke noch beſonders eine mattgeſchliffene Glastafel vorhanden, um ſolche unter das Object auf dem Objecttiſche zu ſchieben.

Um opake Objecte zu beſehen, können bei dieſem Mikroſkope, wie bei allen, ſchon wegen der Beſchaffenheit dieſer Objecte ſelbſt, nur die ſchwächeren Vergrößerungen, nämlich nur die Objectivlinſe Nr. 1 und ihre Verbindung mit Nr. 2 mit den drei erſteren Ocularen angewendet werden, und hiezu iſt eine halbconvexe Beleuchtungslinſe an dem vordern Ende des Rohres angebracht, deren Mechanismus und Wirkung jedoch nach Jacquin's Bemerkung nicht bequem und empfehlenswerth iſt, und in beider Hinſicht den von Plößl gewählten Beleuchtungsarten, beſonders dem Sellique'ſchen ſphäriſchen Prisma, weit nachſteht. Dieſe Unvollkommenheit ſcheint Amici auch veranlaßt zu haben, die zweite ältere Einrichtung mit dem Lieberkühn'ſchen Spiegel beizufügen, die aber, ſo zweckmäßig ſie auch bei einfachen iſt, bei ſtärkeren Vergrößerungen zuſammengeſetzter Mikroſkope manche Schwierigkeiten darbietet. Für dieſe Art von Beleuchtung wird ein eigener, ſehr zweckmäßiger Objectträger aus einer Glastafel mit aufgekittetem kleinen ſchwarzen Glascylinder erfoderlich, und iſt auch vorhanden.

Unter die vorzüglich ſinnreichen Apparate bei Amici's Mikroſkopen gehören bekanntlich ſeine Camerae lucidae, zum Zeichnen der mikroſkopiſchen Objecte. Davon ſind auch zwei dieſem neueſten Mikroſkope beigefügt, aber ohne eine neue Veränderung.

Die mechaniſche Arbeit an dieſem Inſtrumente beweiſt nach dem Verfaſſer die bedeutenden Fortſchritte, welche man in dieſem Kunſtfache in der letztern Zeit auch in Modena gemacht hat, wenn ſie gleich dem, was man nunmehr bei uns (in Wien) zu leiſten im Stande iſt, noch weit nachſteht. Der dabei angebrachte Meßapparat mit Mikrometerſchrauben dient beſonders als Beleg des Geſagten.

Noch verdienen die beigegebenen Probeobjecte eine ſehr rühmliche Erwähnung; indem hier zuerſt trocken aufbewahrte, ausnehmend ſchöne Präparate von Schraubengängen, Treppenwegen und Saftröhren der Pflanzen beigelegt worden ſind. Desgleichen ſind hier als Probeobjecte die durchſichtigen Schuppen aus dem Flügelſtaube der ſogenannten Bläulinge, Papilio Argus, Argiolus, Alexis ꝛc. beigefügt, welche, wie Jacquin bemerkt, ein inländiſches Probeobject liefern, das, wenn es gleich den bisher von dem ſurinam'ſchen P. Menelaus und dem braſiliſchen P. Anaxibia und Adonis genommenen Schuppen an Zierlichkeit nachſteht, ſie dagegen an Feinheit weit übertrifft, und auch als opaker Gegenſtand den höchſten Probeſtein eines Mikroſkopes abgiebt. Dieſe Probeobjecte ſind zwiſchen ſehr dünnen Glastafeln befeſtigt, und der Achromatismus der Objectivlinſen auf die durch die Dicke der Glastafeln bewirkte Aberration berechnet. Daher müſſen aber alle kleinen Objecte, die der Naturforſcher mit dieſem Mikroſkope unterſuchen will, zwiſchen ſolchen Glastafeln, deren zu dieſem Behufe drei Paar vorhanden ſind, beobachtet werden, wenn die höchſte Schärfe erreicht werden ſoll, was aber doch nicht immer ausführbar iſt; daher es z. B. Plößl bei ſeinen Inſtrumenten für zweckmäßiger gehalten hat, ſeine Objectivlinſen in dieſer Hinſicht auf unbedeckte und bloßliegende Objecte einzurichten und ſich lieber die kleine Unvollkommenheit bei den eingeſchloſſenen Probeobjecten gefallen zu laſſen.

Sogenanntes Doppelmikroſkop, von Wollaſton *).

Wollaſton ſchlägt eine doppelte Verbeſſerung bei dem Mikroſkope vor, wovon die eine ſich auf den Beleuchtungsapparat bezieht und ſich bei jedem Mikroſkope anbringen ließe, die andere die Vergrößerungslinſe betrifft.

Die erſtere beruht auf der Beobachtung, daß alles Licht, welches bei Beleuchtung mikroſkopiſcher Gegenſtände, außer dem im vollen Wirkungskreiſe des Objectives liegenden, geſammelt und in's Auge gebracht wird, mehr dahin ſtrebt, das deutliche Sehen zu ſchwächen, als es zu verſtärken. Darum ſucht Wollaſton das hinzugelaſſene Licht in einem Brennpuncte

---

*) Philos. transact. F. 1829. P. I. p. 9, oder Pogg. XVI. 176, auch kurz in Schweigg. LX. 66 oder Baumg. VIII. 484. — Goring hat, jedoch ohne directe Prüfung der Brauchbarkeit des Wollaſton'ſchen Inſtrumentes, mehrere Einwürfe gegen die Richtigkeit der Principien, auf die es ſich ſtützt, gemacht, die zu erörtern, hier zu weit führen würde. Man findet ſie im Quat. J. Nr. XIV. p. 246 oder Baumg. VIII. 484.

in der Ebene des zu beobachtenden Gegenſtandes zu vereinigen. Er fängt es zu dieſem Ende auf einem Planſpiegel auf und concentrirt es ſodann durch eine planconvexe Linſe, deren flache Seite dem Objecte zugekehrt iſt. Die andere Einrichtung betrifft erwähntermaßen die Vergrößerungslinſe, die Wollaſton aus zwei planconvexen in paralleler genau centrirter Stellung zuſammengeſetzt hat (das Umgekehrte des Huyghens'ſchen aſtronomiſchen Oculares, wobei die ſphäriſche, wie die chromatiſche Aberration am geringſten iſt); und die beide in einen ſolchen Abſtand von einander gebracht werden können, daß ſie die beſtmögliche Wirkung hervorbringen. Am beſten fand er das Verhältniß ihrer Brennweite von 3 : 1, und die Entfernung ihrer ebenen Flächen um 1,4 der kürzeren Brennweite.

Folgendes iſt die nähere Beſchreibung des von Wollaſton angewandten Apparates:

Beleuchtungsapparat. TUBE (Fig. 52.) iſt eine Röhre von ungefähr 6 Zoll Länge und einem ſolchen Durchmeſſer, daß alle Reflexion des fremdartigen Lichtes von den Seiten her verhindert wird, zu welchem Ende es noch ſicherer iſt, das Rohr inwendig zu ſchwärzen. Am Ende des Rohres, oder in demſelben ein wenig vom Ende, befindet ſich eine planconvexe Linſe ET, die eine Brennweite von ungefähr $\frac{3}{4}$ Zoll beſitzt und mit ihrer flachen Seite dem Gegenſtande, der betrachtet werden ſoll, zugewandt iſt. Am Boden iſt eine kreisrunde Öffnung A von ungefähr 0,3 Zoll Durchmeſſer; ſie iſt beſtimmt, das vom Spiegel R reflectirte Licht zu begränzen, welches darauf von der Linſe ET $\frac{9}{10}$ Zoll über derſelben in deren Brennpunct a vereinigt wird, ſo daß daſelbſt, in der Ebene des zu unterſuchenden Gegenſtandes, ein deutliches Bild von der Öffnung A entſteht. Die Länge der Röhre und die Entfernung der planconvexen Linſe von der Öffnung können jedoch etwas abgeändert werden. Die hier gegebene Länge von 6 Zoll wurde für die Höhe des Auges über dem Tiſche am zweckmäßigſten befunden. Das Bild der Öffnung A darf nicht mehr als 0,05 Zoll im Durchmeſſer halten, es ſei denn, die Vergrößerungen wären ſchwächer als die hier beabſichtigten.

Die Stärke der Beleuchtung hängt von dem Durchmeſſer der Beleuchtungslinſe, ſo wie von dem Verhältniß der Öffnung zu deren Bilde ab, und kann demgemäß nach Wunſch des Beobachters abgeändert werden.

Die Linſe ET oder die Öffnung A muß eine Vorrichtung haben, vermöge welcher man den Abſtand zwiſchen beiden verändern und das Bild der Öffnung in die Ebene des zu unterſuchenden Gegenſtandes bringen kann, was vielleicht am zweckmäßigſten dadurch geſchieht, daß man beide Röhren in einander ſchraubt.

Linſenapparat des Mikroſkopes ſelbſt. Man ſieht bei M (Fig. 52.) einen Apparat, der zwei in einander geſteckten Fingerhüten nicht unähnlich iſt, nur daß hier die Hüte cylindriſch ſind, und anſtatt bloß in einander geſteckt zu werden, in einander eingeſchraubt ſind. Wo die Spitze des Fingerhutes ſein würde, ſind die Hütchen durchbohrt, und in dieſen Öffnungen ſind die zwei planconvexen Linſen, mit den ebenen Flächen nach dem Gegenſtande zugekehrt, angebracht (wie in der Figur zu ſehen), welche das zuſammengeſetzte Mikroſkop bilden und deren Brennweiten ungefähr im Verhältniß von 3 : 1 ſtehen. Durch Schrauben der Hütchen laſſen ſich dieſe Linſen leicht in einen ſolchen Abſtand von einander bringen, daß ſie den beſtmöglichen Effect gewähren. Zur Beſtimmung des Abſtandes zwiſchen den ebenen Flächen der Linſen iſt von **Wollaſton** folgende Vorrichtung angebracht worden. Ein Metalldraht **abc** (Fig. 53.) wird in die Form einer Zwinge gebogen, und an den Enden mit zwei kleinen Glasplatten d, e verſehen. Zwiſchen dieſe Glasplatten wird, wie es die Figur zeigt, das innere Hütchen oder das, worin die Linſe mit längerer Brennweite ſitzt, eingeſchoben, und dann der Abſtand zwiſchen den äußeren Flächen der Glasplatten mit einem Taſterzirkel gemeſſen. Dann ſchraubt man das kleinere Hütchen in das größere, und unterwirft es gemeinſchaftlich mit dieſem derſelben Operation. Die Zunahme des Abſtandes zwiſchen den beiden äußeren Flächen der Glasplatten wird dann offenbar gleich ſein dem Abſtande zwiſchen den ebenen Flächen der Linſen.

Eine Unterlage zum Tragen der Gegenſtände, verſehen mit der nöthigen Seitenbewegung, wird zwiſchen dem Mikroſkop und der Linſe **ET** in a befeſtigt. Dieſe Einſtellung zum deutlichen Sehen geſchieht mittelſt einer Vorrichtung, die an den Träger des zuſammengeſetzten Mikroſkopes angebracht iſt.

Zur Vollkommenheit dieſes Mikroſkopes iſt erfoderlich, daß die Axen der Linſen und das Centrum der Öffnung A in einer und derſelben geraden Linie liegen. Dies iſt der Fall, wenn das Bild der Öffnung in ſeiner ganzen Ausdehnung erleuchtet und ſein Umfang überall gleich gut begränzt iſt. Des Nachts kann man ſich zur Beleuchtung mit großem Vortheil einer gemeinen Ochſenaugenlaterne bedienen.

Zweckmäßige Anordnungsweiſe des ganzen Inſtruments. Das oben beſchriebene Inſtrument kann natürlicherweiſe in mannichfache Formen gebracht werden. Nachſtehende, in Fig. 54. vorgeſtellte, wird von **Wollaſton** als zweckmäßig empfohlen.

Eine Röhre von hinreichender Länge und Weite bildet den Körper des Inſtrumentes. Das eine Ende derſelben verſchließt eine Platte, verſehen mit einer Schraube, mittelſt welcher die Röhre auf den Deckel des als Fußgeſtell dienenden Kaſtens zu dieſem Inſtrumente befeſtigt werden kann. Oberhalb dieſer Platte hat die Röhre, wie durch die punctirte Linie angedeutet iſt, einen Ausſchnitt, damit Licht auf den kleinen Spiegel falle, welcher an einer durch die Mitte der Röhre gehenden Horizontalaxe befeſtigt iſt. Die Neigung dieſes Spiegels kann durch einen, auswendig an der Axe befindlichen Knopf beliebig verändert werden; die übrige Einſtellung, ſenkrecht darauf, geſchieht durch Drehen des Kaſtens dieſes Mikroſkopes.

Über der Öffnung iſt in das Rohr ein coniſcher Einſatz eingelöthet, und in dieſen wiederum ein kleines cylindriſches Rohr, welches die zuvor erwähnte Blendung trägt, eingeſchraubt. Die planconvexe Linſe iſt in einem federnden Rohre befeſtigt, welches in dem größern ſich verſchieben läßt. Die Lage der Linſe kann demnach ſo verändert werden, daß dadurch das Bild der Blendung in die Ebene des zu betrachtenden Gegenſtandes kommt. Ein Stück Tafelglas von zwei Quadratzoll, oder weniger, wenn man es für angemeſſen hält, dient am Ende des Rohres als Unterlage, und hat zwei gegen einander rechtwinkliche Seitenbewegungen. Der Einſatz, in welchem die Vergrößerungsgläſer ſitzen, kann durch Zahnſtange und Triebrad verſchoben werden; doch müſſen bei dieſer Einrichtung die mikroſkopiſchen Linſen ſich durchaus genau in der verlängerten Axe der Röhre bewegen. Das Rohr beſteht aus zwei in einander geſchrobenen Stücken von gleicher Länge, wodurch, wenn ſie von einander genommen ſind, das ganze Inſtrument in einen Kaſten von ungefähr 4 Quadratzoll eingepackt werden kann.

Vorausgeſetzt, daß die planconvexe Linſe ſich im gehörigen Abſtande von der Unterlage befinde, kann man das Bild der Blendung leicht in die Ebene des Gegenſtandes bringen. Man befeſtigt nämlich einen dünnen Draht mit etwas Wachs quer über die Öffnung derſelben, beobachtet einen auf die Glasplatte der Unterlage gelegten Gegenſtand mit dem Mikroſkop, und ändert die Entfernung der Blendung von der Linſe mittelſt der Schraube an erſterer ſo lange ab, bis das Bild des Drahtes gleichzeitig mit dem Gegenſtande auf der Glasplatte deutlich geſehen wird.

Wollaſton erhielt mit einem Apparate dieſer Art ausgezeichnete Wirkungen, indem er die feinſten Streifen und Auszackungen auf den Schuppen von Lepisma und Podura, ſo wie die Schuppen auf einem Mückenflügel mit einem Grade von Deutlichkeit zu erblicken vermochte, den er bei den anderen ihm bekannten Mikroſkopen vergebens ſuchte.

Aplanatiſches Mikroſkop (Engyſkop), von Goring.

Eine ausführliche Beſchreibung dieſes Inſtrumentes mit Abbildung aller ſeiner einzelnen Theile findet man im Laboratorium, Weimar. Heft XV. Taf. LX. Neuere Angaben darüber von Goring in Brewſter's Edinb. J. of sc. 1831. July. p. 72. —

Vervollkommnung der Mikroſkope von Plößl in Wien*).

Bei Vergleichung eines Amici'ſchen Mikroſkopes von neuer Einrichtung mit ſelbſt gefertigten Inſtrumenten fand Plößl, daß dieſe bei höheren Vergrößerungen von 300 Mal und darüber an Schärfe bedeutend hinter erſteren zurückblieben, erkannte aber ſogleich auch die Urſache und die Wege, welche Amici eingeſchlagen, um ſeinen Zweck zu erreichen. Er fand darin die Beſtätigung einer ſchon früher von ihm ſelbſt gemachten Erfahrung, daß nämlich mehrere Linſen, wovon jede, einzeln gebraucht, die höchſte Schärfe zeigt, zuſammengefügt kein höchſtes Reſultat liefern, und umgekehrt; daß man daher darauf Verzicht leiſten müſſe, eine Linſenreihe zu erhalten, wovon jede einzelne und zugleich jede Zuſammenſetzung derſelben vollkommen ſei. Indem er ſich nun raſtlos längere Zeit hindurch mit der Aufgabe beſchäftigte, nicht nur dieſe höchſte Vollkommenheit auch bei ſeiner ſtärkern Vergrößerung zu erreichen, ſondern auch auf die von Amici weniger berückſichtigten ſchwächeren Vergrößerungen zu verbreiten, gelang ihm dies in ſolchem Grade, daß ſeine neueſten ſeitdem fertig gewordenen Mikroſkope, nach Jacquin's Verſicherung, nicht nur in den ſtärkſten Vergrößerungen bis 500 Mal linear den Amici'ſchen nicht mehr nachſtehen, ſondern auch durch eigene, abgeſonderte Linſenverbindungen die niederen Vergrößerungen mit einer Schärfe geben, die nichts zu wünſchen übrig läßt. Auch hat nach Muncke's Verſicherung das, während der Heidelberger Verſammlung der Naturforſcher mit mehreren anderen Inſtrumenten der vorzüglichſten Künſtler Europa's verglichene, für die daſige Univerſität von Plößl verfertigte, Mikroſkop den Vorzug erhalten.

---

*) Baumg. VII. 262.

Fernröhre oder Teleſkope.

Zur Geſchichte der erſten Teleſkope. über die erſte Erfindung der Teleſkope hat Moll von Utrecht eine ausführliche Abhandlung bekannt gemacht, welche aus den hinterlaſſenen Papieren des Prof. V. Swinden zuſammengeſtellt iſt. Da die darin enthaltenen Data und Citate zu wenig eines Auszugs fähig ſind, ſo verweiſen wir auf die Abhandlung ſelbſt, im Journ. of the royal Instit. 1830. Nr. 2. p. 319.

Zur Geſchichte der achromatiſchen Teleſkope*). In dem Annuaire présenté au Roi par le bureau des longitudes findet ſich die Angabe, daß das erſte achromatiſche Teleſkop 1750 vom Herrn Cheſter More Hall (Esquire von More Hall in Eſſer) vollendet und erſt acht Jahre ſpäter, im Jahre 1758, die Entdeckung von Hrn. Dollond (dem Vater) bekannt gemacht worden ſei.

In dem Novemberhefte 1798 des Philos. Journ. (Gentleman's Mag. Oct. 1790) kommt über dieſen Gegenſtand folgende nähere Notiz von Ramsden vor:

„Der erſte Erfinder des achromatiſchen Teleſkopes war Hr. Cheſter More Hall, Esquire von More Hall in Eſſer.“

Aus ſeinen Schriften erhellet, daß er ſeine Arbeiten ſchon im Jahre 1729 angefangen und nach vielen Verſuchen endlich ſo glücklich war, zwei Sorten von Glas zu finden, welche das erfoderliche Zerſtreuungsvermögen für die Lichtſtralen in entgegengeſetzten Richtungen hatten, um, zu Linſen zuſammengeſetzt, die Objecte farbenlos zu zeigen.

---

*) Baumg. VII. 457.

„Ungefähr im Jahre 1733 vollendete er mehrere achromatiſche Objective (obgleich er ſie noch nicht mit dieſem Namen belegte), die eine Öffnung von 2½ Zoll im Durchmeſſer hatten, wiewohl ihre Brennweite nicht über 20 Zoll ging. Eines derſelben iſt noch gegenwärtig im Beſitze des wohlehrwürdigen Herrn Smith in Charlotte-street, Rathbone place (in London), von mehreren ausgezeichneten Kunſtverſtändigen unterſucht und darin alle jene Eigenſchaften gefunden worden, die unſere neueren achromatiſchen Linſen beſitzen. Herr Hall verwendete mehrere arbeitende Optiker, um ſeine Gläſer zu ſchleifen, denen er die Radien der Oberflächen angab, die erfoderlich waren, nicht nur das verſchiedene Brechungsvermögen für die Lichtſtralen, ſondern auch die von der ſphäriſchen Geſtalt der Linſen herrührenden Abweichungen auszugleichen. Einer dieſer Arbeiter, durch die Herr Hall ſeine Erfindung ausführen ließ, war Herr Baß der Ältere, welcher zu ſeiner Zeit in der Gegend von Bridewell lebte."

„In dem Rechtsſtreite, der in Weſtminſterhall wegen des Patentes auf achromatiſche Teleſkope geführt worden, wurde Herr Hall zwar unbedingt als erſter Erfinder erklärt, aber Lord Mansfield bemerkte, daß der durch ein Patent zu erlangende Gewinn von einer neuen Erfindung nicht Demjenigen gebühre, der ſeine Erfindung im Schreibepulte verſchloſſen behält, ſondern Jenem, der ſie zum Nutzen ſeiner Mitbürger zuerſt verbreitet. Dieſer Ausſpruch war vielleicht um ſo gerechter, als Herr Hall ein ſehr wohlhabender Gutsbeſitzer war, und gar keinen Geldgewinn von ſeiner Erfindung ſuchte. Daß Herr Ayscough, Optiker in Ludgate-Hill, ſchon 1754 ein Teleſkop von Herrn Hall beſaß, iſt auch eine unläugbare Thatſache."

Mittel, die Vergrößerung mittelſt Fernröhren zu meſſen, von Walz *).

Die mittelſt eines Fernrohres zu erhaltende Vergrößerung läßt ſich aus dem Winkel abnehmen, welchen die von den Rändern eines Objectes von bekanntem Durchmeſſer kommenden Stralen mit einander machen, wenn ſie durch das Ocular des Fernrohres gegangen ſind. Dazu iſt die Sonne beſonders tauglich. Mißt man den Durchmeſſer ihres Bildes, welches die Stralen nach ihrem Austritte aus dem Oculare in einer gewiſſen Entfernung von demſelben machen, und theilt ihn durch dieſe Entfernung, multiplicirt mit der doppelten Tangente des Sonnenhalbmeſſers, ſo giebt dieſer Quotient die geſuchte Größe an. Setzt man jene Entfernung der Cotangente des Sonnendurchmeſſers gleich, ſo giebt der Halbmeſſer des Sonnenbildes, mit dieſem Maße gemeſſen, den reciproken Werth der Vergrößerungszahl unmittelbar an. Im Jänner müßte jene Entfernung demnach 105, im Juli 109, im April und October 107 betragen; doch wäre es nothwendig, zur Erlangung eines genauen Reſultates von obiger Zahl noch

---

*) Bibl. univ. 1829. May. p. 25 oder Baumg. VI. 163.

den Durchmeſſer des kleinen Bildes abzuziehen, welches da entſteht, wo man die Entfernung zu meſſen beginnt. Wäre das Geſichtsfeld zu klein, als daß das ganze Sonnenbild auf ein Mal überſehen werden könnte, ſo könnte man das bekannte Geſichtsfeld ſtatt des Sonnenbildes wählen; wäre dieſes aber nicht bekannt, ſo müßte man es durch daſſelbe Verfahren mittelſt der Zeit finden, die ein Sonnenflecken braucht, um central durch das auf einem Schirme aufgefangene Bild zu gehen.

Um die Richtigkeit dieſes Verfahrens leichter deutlich machen zu können, ſei $\alpha\beta$ (Fig. 55.) das Bild im Fernrohre, von welchem die Stralen unmittelbar auf das Ocular A gelangen, in deſſen optiſchem Mittelpuncte c ſich die Hauptſtralen ſchneiden. Stellt nun BC eine auf der optiſchen Axe des Inſtrumentes ſenkrechte Tafel vor, welche in der Entfernung cd vom Oculare die durch letzteres fahrenden Stralen auffängt, ſo iſt ab die Größe des Bildes auf dieſer Tafel, acd der Winkel, unter welchem das vergrößerte halbe Bild erſcheint. Nennt man dieſen Winkel m, den, unter welchem das halbe Bild ohne Inſtrument erſcheint, n, ſo iſt

$$\frac{\text{tang m}}{\text{tang n}} = \mu$$

die Vergrößerungszahl. Man hat daher

$$\text{tang m} = \mu \text{ tang. n},$$

$$\text{tang. m} = \frac{\frac{1}{2}\,\text{ab}}{\text{cd}},$$

mithin

$$\mu = \frac{\text{ab}}{2 \,.\, \text{cd} \,.\, \text{tang n}},$$

welche Formel obiger Regel gemäß iſt.

Bergkryſtallfernröhre (Lunettes vitro-crystallines), von Cauchoix *).

Cauchoix hat ein Erfindungspatent auf achromatiſche Fernröhre genommen, in denen das Crownglas durch Bergkryſtall erſetzt iſt. Die Vortheile, welche man durch Anwendung dieſer Subſtanz erhält, ſind, bei gleicher Deutlichkeit und größerer Helligkeit, welche der Verfaſſer daran rühmt, insbeſondere eine geringere Länge, die man dem Fernrohre geben kann. So, wenn man in den bekannten Dollond'ſchen Fernröhren von 3½ Zoll Durchmeſſer und 42 Zoll Brennweite, bei denen das Objectiv aus Crown- und Flintglas beſteht, das Crownglas durch Bergkryſtall erſetzt, kommt die Brennweite auf 28½ Zoll herab; und erſetzt man zugleich das engliſche Flintglas durch Guinand'ſches Flintglas, ſo kommt die Brennweite auf 25 Zoll herab. Bei terreſtriſchen Fernröhren läßt ſich aber eine noch größere Verkürzung mittelſt Anwendung von Bergkryſtall erhalten, da man hier,

---

*) Pogg. XV. 244, oder Baumg. VI. 214 aus den Annales de l'industrie française et étrangère. T. II. p. 34.

um mit Objectiven von kürzerer Brennweite dieſelbe Vergrößerung zu erhalten, Oculare von kürzerer Brennweite anwenden muß. Man kann daher, mit Rückſicht auf den Unterſchied der Helligkeit, die Größe des Objectives um $\frac{1}{3}$ und die geſammte Länge des Inſtrumentes auf die Hälfte reduciren, um noch dieſelben Wirkungen zu erlangen als mit den gewöhnlichen Inſtrumenten.

Der Verfaſſer ſchließt ſeine Auseinanderſetzung über dieſen Gegenſtand mit folgender Nachricht:

„Nachdem ich die Vorzüge des Bergkryſtalles zur Erſetzung des Crownglaſes bei mehreren meiner Objective erkannt, habe ich in den letzten drei Monaten Fernröhre der Art verfertigt, von allen Dimenſionen, welche der Gebrauch erfodert. Ich kann daher dem Publicum ſolche Fernröhre anbieten, welche meiſtens die gewöhnlichen von doppelter Länge erſetzen; wie mehrere Land- und Seeofficiere, denen ich ſolche geliefert habe, bezeugen können. Ich habe auch an einem Theodolithen ein Fernrohr von 20 Linien Durchmeſſer und 18 Zoll Länge, durch eins der neuen von gleicher Länge und 30 Linien wirklicher Öffnung erſetzt. Mit dieſem Fernrohre ſieht man Sterne am Himmel, welche ſich mit dem frühern nicht wahrnehmen laſſen. Durch Verfolgung dieſes Fabricationszweiges hoffe ich bald den Aſtronomen die größten Fernröhre, welche mit den gegenwärtig in Paris befindlichen Bergkryſtallſtücken möglich ſind, liefern zu können.

Die Vortheile, welche ich hinſichtlich der eigentlichen Fernröhre angegeben habe, kommen auch den Operngucken zu, zu welchen ich ebenfalls Bergkryſtall angewandt habe. Die vermehrte Helligkeit, welche daraus erfolgt, wird beſonders merklich, wenn die Vergrößerung bis zu einer ſieben- oder achtmaligen erhöht iſt, wie man ſie zum erſten Male bei den Operngucken mit veränderlicher Vergrößerung geſehen hat, die ich im Jahre 1816 der Academie der Wiſſenſchaften überreichte.“

Barlow's achromatiſches Refractionsteleſkop, mit einer flüſſigen Correctionslinſe *).

Bei der gewöhnlichen Conſtruction der achromatiſchen Fernröhre ſind bekanntlich die zwei oder drei Linſen, welche das Objectiv ausmachen, in unmittelbare Berührung gebracht. Barlow dagegen, indem er eine flüſſige (zwiſchen Glas eingeſchloſſene) concave Correctionslinſe mit Schwefelkohlenſtoff ſtatt einer Flintglaslinſe anwandte, ſah ſich durch das große Dispersionsverhältniß dieſer Flüſſigkeit in den Stand geſetzt, die flüſſige Correctionslinſe ſo weit von der Tafelglaslinſe zu entfernen, daß ihr Abſtand davon die halbe Brennweite der letztern oder noch etwas mehr beträgt, welches ſich ihm nach Verſuchen in der That als das günſtigſte Verhältniß zu erkennen gab **). Man erreicht hiedurch den Vortheil, daß die flüſſige

---

*) Phil. transact. f. [illegible]. 1. p. 33 oder Bull. des sc. math. [illegible]. 170.

**) Wenn a', a'', a''' die Brechungsindices für die rothen, grünen und vio-

Linſe, welche den ſchwierigſten Theil der Conſtruction ausmacht, nur halb oder nicht einmal halb ſo groß wie die Tafelglaslinſe zu ſein braucht (weil ſie nämlich den Stralenkegel, der die convexe Tafelglaslinſe zur Baſis hat, ungefähr auf der Hälfte ſeines Weges durchſchneidet, wo er mithin entſprechend verengert iſt), ſo daß, mit Ausnahme der Tafelglaslinſe, die Verfertigung eines Fernrohres von 10 bis 12 Zoll Öffnung keine größere Schwierigkeit hat, als die eines gewöhnlichen von 5 bis 6 Zoll Öffnung, und, was vielleicht noch wichtiger iſt, ſo beſitzt ein Fernrohr dieſer Art von 10 bis 12 Fuß Länge gleiche Focalkraft mit einem von 16 oder 20 Fuß. Auch hofft **Barlow** durch dieſe Einrichtung eine Beſeitigung oder ſehr beträchtliche Schwächung des ſogenannten ſecundären Spectrums erlangen zu können.

Die Principien dieſer ganzen Einrichtung und einige Verſuche darüber ſind ſchon in einem frühern Aufſatze *) genauer entwickelt worden. Neuerdings hat er nach dieſen Principien ein größeres Refractionsteleſkop wirklich ausgeführt, deſſen weſentliche Einrichtung und Leiſtungen folgende ſind:

Die Öffnung deſſelben iſt 7,8 Zoll, d. i. ungefähr 1 Zoll größer als von irgend einem in England exiſtirenden Refractor. Sein Rohr iſt 11 Fuß, und das Rohr des Oculares mit indegriffen, 12 Fuß lang, ſeine wirkliche Focalkraft aber 18 Fuß. Die Vergrößerung iſt 700fach. Die convexe Glaslinſe hat 78 Zoll Brennweite, die flüſſige Linſe 59,8 Zoll Brennweite. Sie iſt in 40 Zoll Entfernung hinter der erſten angebracht. Die Gläſer von gleicher Dicke, zwiſchen welchen die Flüſſigkeit eingeſchloſſen iſt **), um die biconvexe Linſe zu bilden, haben, das eine 30, das

---

letten Stralen der vordern Linſe; α', α'', α''' dieſelben für die Concavlinſe bedeuten, ſo findet er für den Fall der Proportionalität der beiden entſprechenden Indices, d. h. für die vollkommene Farbloſigkeit des Bildes, wenn f die Brennweite der vordern, d die Entfernung der concaven Linſe bezeichnet:

$$d = f\alpha''\left(\frac{(\alpha''-\alpha')(a'''-a'')-(\alpha'''-\alpha'')(a''-a')}{(\alpha''-\alpha')(a'''-a'')a'-(\alpha'''-\alpha'')(a''-a')\alpha''}\right)$$

Im Crownglas iſt, nach **Fraunhofer**, $a' = 0{,}515$; $a'' = 0{,}525$; $a''' = 0{,}535$. Im Flintglas $\alpha' = 0{,}602$; $\alpha'' = 0{,}620$; $\alpha''' = 0{,}640$. Dieſe Werthe ſubſtituirt geben $d = 0{,}734\,f$, eine in dieſem Falle unausführbare Entfernung, weil die Zerſtreuungskraft des Flintglaſes nicht groß genug iſt, um, wenn ſo weit entfernt, die vordere Linſe zu corrigiren. Wären die letzteren Indices 0,607; 0,621; 0,640: ſo würde $d = o$, oder die Linſen müßten ſich berühren. Alſo eine Änderung von 0,001 in dem Index der grünen Stralen ändert die Entfernungen der Linſen von 0 bis zu faſt drei Viertel der Brennweite der vordern. Deshalb hängt die Beſtimmung der zur Vereinigung der drei Farben erforderlichen Diſtanz, von der feinſten Beſtimmung ihrer Indices ab. Die Ausmittelung derſelben für den Schwefelkohlenſtoff mit Hülfe eines Prisma's wollte **Barlow** nicht gelingen, daher er wirkliche Verſuche an Inſtrumenten ſelbſt anſtellte.

*) Philos. transact. f. 1828. II. 105 oder Pogg. XIV. 313.

) Folgende Art, die Flüſſigkeit einzuſchließen, fand **Barlow nach mehreren Verſuchen als die zweckmäßigſte. Nachdem man durch Probiren den beſten andere, dem Oculare zugekehrte, 144 Zoll Krümmung. Die Flächen der convexen Glaslinſe anlangend, ſo hat die eine derſelben 56,4 Zoll, die andere 144 Zoll Krümmung. Das Rohr beſteht aus 3 Stücken, jedes zu 3 Fuß 8 Zoll Länge, zuſammen von 11 Fuß Länge, während das Ocularrohr 1 Fuß lang iſt. Die beiden erſten Röhrenſtücke ſind feſt mit einander vereinigt, das dritte wird eingeſchraubt und trägt eine kleine Röhre, welche in die erſte hineintritt, 3 Fuß 6 Zoll Länge, 5 Zoll Durchmeſſer hat, in zwei inneren Ringen (colliers) verſchiebbar iſt und die flüſſige Linſe trägt.

Das Inſtrument wird von einem verticalen Fuße getragen, mittelſt deſſen es ſich leicht in ein beliebiges Azimuth und unter beliebige Neigung ſtellen läßt. Der Feſtigkeit halber ſind dem Fuße ſtarke Dimenſionen gegeben; er wiegt ungefähr 400 und das Teleſkop 130 Pfund. Deſſenungeachtet läßt ſich dieſe große Maſſe mit größter Leichtigkeit bewegen, ſo daß man, um einem Stern in ſeiner Bewegung zu folgen, faſt nur ſo leicht als auf die Taſten eines Pianofortes zu drücken braucht.

Die mit dieſem großen Teleſkope an Doppelſternen angeſtellten Beobachtungen haben gezeigt, daß ſein Hauptverdienſt nicht ſowohl darin beſteht, dieſe Sterne zu trennen, als die kleinſten Geſtirne ſichtbar zu machen. Die Planeten anlangend, ſo erſchien Venus von ſchön weißer Farbe und gut begränzt bei 120facher Vergrößerung; bei 360facher Vergrößerung aber zeigte ihre Scheibe einige Färbung. Bei der erſten Vergrößerung ſind Saturn und ſein doppelter Ring vollkommen begränzt; auch ſind ſie es noch gehörig (bien) bei der zweiten Vergrößerung. Der Mond erſcheint von bewundernswürdiger Schönheit, ſeine Ränder und Flecken ſind ſehr markirt und man unterſcheidet die kleinſten Details (accidens) darin.

Abſtand ausgemittelt hat, in welchen die beiden Glashälften von einander zu bringen ſind, befeſtigt (ajuste) man ihre Ränder in einen gemeinſchaftlichen, vollkommen gearbeiteten, Ring und erhöht dann ihre Temperatur über den Punct, den das Teleſkop niemals überſchreiten wird. Einige Augenblicke darauf füllt man ihren Zwiſchenraum vollſtändig mit der, auf dieſelbe Temperatur gebrachten, Flüſſigkeit an, verſchließt unmittelbar darauf die Oeffnung und läßt ſie erkalten. Die ſich hiedurch condenſirende Flüſſigkeit läßt einen leeren oder vielmehr mit Dunſt gefüllten Raum, vermöge deſſen der atmoſphäriſche Druck die Theile des Apparates, deſſen kreisförmige Ränder mit Serum von Menſchenblut zuſammengekittet ſind, in inniger Berührung erhält. — Marx äußert ſich (Schweigg. LVIII. 196) nach Verſuchen, die er ſelbſt mit einer flüſſigen Concavlinſe angeſtellt, und die in optiſcher Hinſicht gleichfalls befriedigend ausfielen, ſcheine ihm doch eine vollkommene Einſchließung beinahe unmöglich.

XI. Über das Sehen und die ſubjectiven Geſichtserſcheinungen.

Verſchiedene, das Sehen betreffende, Umſtände.

Dr. Plagge hat phyſiologiſche Bemerkungen über das Sehen bekannt gemacht (Hecker's Annal. 1830. Auguſt. S. 404), zu deren Charakteriſtik es hinreichen wird, folgendes Reſultat, das er nach vielem Forſchen gefunden, mitzutheilen:

Bei dem Sehen wird gar kein Licht von den äußeren Gegenſtänden in das Auge hineingeworfen, vielmehr beruht das Sehen darauf: „daß das diluirte Licht, welches den uns umgebenden Raum erhellt, in das Innere des Auges eindringt, nach phyſikaliſchen Geſetzen von der hintern Spiegelfläche des Auges zurückgeworfen wird, und erſt dann das Sehen der äußeren Gegenſtände bewirkt, wenn dieſes aus den Augen zurückgeworfene Licht die äußeren Gegenſtände berührt.“

Eine Abhandlung, die Zerſtreuungsbilder auf der Netzhaut betreffend, von Dr. Tortual (in Heckers Annalen 1829. Oct. S. 69) kenne ich bloß aus der kurzen Nachricht darüber in Kleinert's Repert. IV. 69. Unter Zerſtreuungsbild verſteht der Verfaſſer die Area der Lichterſcheinung, welche die, von einem leuchtenden Puncte ausgehenden, Lichtſtralen auf der Netzhaut hervorbringen, wenn der Punct näher oder ferner als die jedesmalige Sehweite iſt. Als Reſultate von des Verfaſſers Unterſuchungen werden folgende angeführt:

1) durch einen gelinden und gleichmäßigen Druck auf den Augapfel läßt ſich nicht ſelten das Zerſtreuungsbild verringern oder ſelbſt völlig vernichten, wovon die Urſache in der durch den Druck bewirkten Abflachung der Hornhaut liegt, wodurch der Convergenzpunct des Lichtkegels der Netzhaut genähert oder bis zum völligen Zuſammenfallen mit ihr fortgerückt wird. Durch denſelben Handgriff gelingt es nicht ſelten, entfernte, unklar erſcheinende, Gegenſtände zur deutlichen Vorſtellung zu bringen.

2) Wenn auf der Netzhaut von nahe liegenden Puncten Zerſtreuungsbilder entſtehen, und ſich gleichzeitig nach allen Richtungen hin erweitern, ſo bedecken ſie ihre dunklen Zwiſchenräume und greifen wie Kreisflächen in einander.

3) Treten Zerſtreuungsbilder von heterogenem Lichte in einander, ſo indifferenziren ſich ſelbige zu einem mittlern Puncte. So erſcheint ein ſchwarzer Streifen auf weißem Grunde, dem Auge zu nah oder zu fern gehalten, um ſeinen Rand grau.

4) Wird eine dunkle oder farbige Fläche dem Auge ſehr nahe gehalten, ſo erſcheint um den Rand derſelben eine Art Schattenbild, deſſen Gränze dem Rande der Fläche gleichlaufend iſt, und welches um ſo breiter wird, je mehr das Object ſich dem Auge nähert. Es iſt dies ein wirkliches Doppeltſehen mit Einem Auge.

5) Durch Vermittelung der Zerſtreuungsbilder können ſelbſt Gegenſtände innerhalb der Gränzen des Geſichtsfeldes unſichtbar werden. Dies gilt von allen Körpern, welche als Schatten in die Erſcheinung treten, indem ſie, nicht ſelbſt leuchtend, ſich zwiſchen dem Auge und einem Lichte befinden. Sie verſchwinden augenblicklich, ſobald der Raum, welchen ihr Bild auf der Netzhaut einnimmt, von Zerſtreuungskreiſen der benachbarten lichten Theile bedeckt wird. So bemerkt man ein einzelnes Blatt nicht vor der glänzenden Mondſcheibe. Werden aber z. B. durch Anwendung einer Brille die Zerſtreuungskreiſe aufgehoben, ſo ſpringt ſofort das Blatt als ein dunkler Fleck in die Erſcheinung. Auf demſelben Grunde beruht größtentheils das Nichtſehen kleiner und zu entfernter Gegenſtände.

Den Schluß der Abhandlung bildet eine, durch eine Menge Verſuche erläuterte, Unterſuchung über die Verhältniſſe der Zerſtreuungsbilder zur Erſcheinung der zwiſchen ihren Gegenſtänden und dem Auge befindlichen Mittelkörper, und über das Verhältniß des Dunklen zum Hellen in den Zerſtreuungsbildern ſelbſt.

Berthold in Göttingen hat*) folgende Frage unterſucht: Aus welchem Grunde erkennen wir einen, in irgend einer Richtung vor unſerm Auge her ſich bewegenden Körper als ſehr deutlich ſich bewegend, während uns doch ein ſtillſtehender ruhender bei der Bewegung unſers eigenen Auges, obgleich das Geſichtsobject in dieſem Falle nicht minder als in jenem gegen uns ſelbſt oder gegen unſer Auge und deſſen verſchiedene Netzhautpuncte eine andere oder wechſelnde Lage annimmt, ſich nicht zu bewegen ſcheint.

Die Antwort (die freilich noch keine Erklärung in ſich ſchließt) iſt, daß die eigene active Bewegung des Augapfels im einen Falle im Gegenſatz der paſſiven Ruhe im andern Falle den Unterſchied in der Empfindung bedinge; deshalb ſcheinen auch dem Fahrenden die Gegenſtände ſich zu bewegen, weil ſein Auge ſich paſſiv verhält, während es in ein veränderteś Verhältniß zur Oertlichkeit der Gegenſtände tritt.

Verfahren zur Beſtimmung des deutlichen Sehens.

Young**), Mile***), Lehot†), Holke††) haben ſich zur Beſtimmung der Gränzen der deutlichen Sehweite einer Vorrichtung bedient, deren Weſentliches in nichts Anderem beſteht, als in einem weißen Faden, der auf einer dunkeln Fläche ausgeſpannt wird, und längs deſſen man mit dem, am einen Ende des Fadens befindlichen, Auge hinſieht.

Holke, der den Faden von dem untern Augenlide an ausſpannen läßt, giebt folgende Beſtimmung über die dabei Statt findenden Erſcheinungen.

---

*) Im medicin. Converſationsblatt. 1. Jahrg. 1830. No. XVIII. 137.
**) Young. V. 432.
***) Magendie Journ. de physiol. T. III. No. 2. p. 168.
†) Bull. univ. des sc. math. 1829. nov. p. 417.
††) Holke Disquisitio de acie oculi dextri et sinistri p. 6.

Der Faden wird an der Stelle am dünnſten, zuſammengezogen erſcheinen, wo er dem Auge am deutlichſten erſcheint, dagegen ſich um ſo mehr ausbreiten, je mehr ſeine Puncte von dieſer deutlichſten Stelle entweder nach dem Auge zu oder von dem Auge ab liegen, ſo daß er alſo die Geſtalt zweier ſich entgegengeſetzten Pyramiden ab und cb (Fig. 67.) darbietet, die an der Stelle b zuſammenſtoßen, wo das deutlichſte Sehen Statt findet. Dieſer Punct b rückt mehr nach dem Auge zu oder mehr vom Auge ab, je nachdem man ſich anſtrengt, nähere oder entferntere Puncte des Fadens deutlich zu ſehen, und die nächſte Gränze, bis zu welcher man ſolchergeſtalt die gemeinſchaftliche Spitze b der Pyramiden zu bringen vermag, wird die *erſte* Gränze der deutlichen Sehweite, die entfernteſte Gränze dagegen die *zweite* Gränze der deutlichen Sehweite, das Intervall zwiſchen beiden den *Spielraum* der deutlichen Sehweite darſtellen.

Etwas andere Beſtimmungen giebt *Lehot*, was vielleicht daher rühren mag, daß bei der von ihm angewandten Vorrichtung das Auge ſich nicht in der Verlängerung des Fadens, ſondern etwas darüber erhaben findet, was mir freilich die Beſtimmung der deutlichen Sehweite etwas zu verwickeln ſcheint.

Sein Apparat beſteht nämlich in einem mit ſchwarzem Sammet überzogenen Lineale von 30 Centimetern Länge gegen 5 Centimeter Breite, auf deſſen Mitte der Länge nach der weiße Faden ausgeſpannt iſt. Das Auge nimmt ſeine Stellung an einer runden Öffnung von 20 Millimeter Durchmeſſer, deren Mitte 35 Millimeter über der Ebene des Lineals erhaben iſt (ſie befindet ſich in einem Brettchen, ſenkrecht auf der Oberfläche des Lineales), und mit dem Faden in derſelben Verticalebene liegt *).

Applicirt man nun ein Auge an der runden Öffnung, ſo erſcheint nach *Lehot*, wenigſtens wenn ich ſeine Beſchreibung nicht mißverſtehe, der Faden in der Geſtalt der Figur 68., wo b die erſte, c die zweite Gränze, bc der Spielraum der deutlichen Sehweite iſt; man ſieht mithin nach *Lehot* beide Gränzen zugleich, dagegen man ſie nach *Holke* nur durch ſucceſſive Fixation des Geſichtes auf verſchiedenen Puncte des Fadens findet. *Lehot* ſagt nämlich:

Wenn man ein Auge an die runde Öffnung bringt, ſo erſcheint der dem Auge nächſte Theil des Fadens halb durchſichtig und unter Geſtalt eines Winkels **), deſſen Spitze ſich auf dem Faden in einem gewiſſen Abſtande findet, den man *erſte Gränze* der deutlichen Sehweite nennt. Für die meiſten Perſonen erſcheint der unmittelbar darauf folgende Theil

---

*) Neben dem ſchwarzen Lineale, in 3 Millimetern Abſtand davon, bringt *Lehot* noch einen getheilten Leiſten an, an welchem ſich Zeiger, die auf das Lineal bis zu deſſen Mitte herüber reichen, verſchieben laſſen, um die Abſtände zu beſtimmen.

**) Hierunter iſt der Winkel b (Fig. 68.) mit den beiden ihn einſchließenden Seiten zu verſtehen.

in einer gewiſſen Länge beſtimmt (nette) und von mattem Weiß. Dann erſcheint er wieder in Geſtalt eines, dem erſten entgegengeſetzten Winkels, deſſen Spitze die **zweite Gränze** der deutlichen Sehweite beſtimmt; und das Intervall zwiſchen beiden iſt der **Spielraum** (le champ) der deutlichen Sehweite.

Holke erinnert, daß Beſtimmungen mit Apparaten dieſer Art bei Kurzſichtigen (Myopen) in der Regel leicht zu erhalten ſind, minder leicht bei Weitſichtigen (Presbyopen), am meiſten Schwierigkeit aber bei denen haben, die ein gutes geſundes Auge haben, wegen der Größe des Spielraumes des deutlichen Sehens.

Über verſchiedene, die Sehweite betreffende, Umſtände.

Reſultate von Lehot *). Mittelſt des im Vorigen aus einander geſetzten Apparates hat **Lehot** folgende Beſtimmungen gefunden.

Ein biconvexes oder planconvexes Glas, das ſich zwiſchen dem Auge und dem Objecte befindet, bringt die beiden Gränzen der Sehweite einander näher, und zwar deſto mehr, je kürzer die Brennweite der Linſe iſt. So z. B. war für ein Auge ohne Glas

die erſte Gränze der Sehweite =	27,5	Centimeter,
„ zweite „ „ „	33	„
mithin der Spielraum	5,5	„

wurde aber eine Linſe von 45 Centimetern Brennweite gebraucht, ſo fiel

die erſte Gränze der Sehweite auf	22,1	Centimeter,
„ zweite „ „ „	25,7	„
mithin der Spielraum	3,6	„

mit einer Linſe von 22 Centimeter Brennweite betrug

die erſte Gränze der Sehweite	9,9	Centimeter,
„ zweite „ „ „	13,1	„
mithin der Spielraum	3,2	„

Die Gränzen der Sehweite liegen dem Auge um ſo näher, und der Spielraum derſelben iſt deſto kleiner, je brechbarer das Licht iſt, welches vom Objecte ins Auge gelangt.

Eine beiderſeits concave Linſe, zwiſchen das Object und das Auge geſtellt, entfernt die Gränzen der Sehweite von einander, und daſſelbe leiſtet auch ein Mittel, welches dichter als die Luft, und mit parallelen Wänden begränzt iſt.

Es giebt Perſonen, deren zweite Gränze der Sehweite nur 2 Zoll beträgt, andere, bei denen ſie in einer unbeſtimmbaren Entfernung liegt. Im Allgemeinen ſind dieſe Gränzen für jedes der zwei Augen einer Perſon anders. Bei einer derſelben lag für das linke Auge die erſte Gränze in

---

*) Annal. des sc. d'obs. T. 1. Nr. 2. Juin. 1829.; oder Bullet. des sc. math. etc. T. XII. p. 417; oder Baumg. VII. 453.

51°, die zweite in 57°,5, während für das rechte dieſe zwei Gränzen 52° und 57°,7 waren *).

Dieſe Gränzen ändern ſich mit den Jahren, und zwar entfernt ſich die erſtere von dem Auge. Der gewöhnliche Gebrauch der Augen und das Tragen von Brillen modificirt dieſe Gränzen ebenfalls.

Eine Erweiterung der Pupille entfernt die erſte Gränze und nähert die zweite, vermindert alſo den Abſtand derſelben von einander; eine Verengung der Pupille bringt eine entgegengeſetzte Wirkung hervor. Einige Menſchen ſcheinen nach Belieben die Gränzen der Sehweite ändern zu können. Ein Druck mit dem Finger auf das Auge verſchiebt dieſe Gränzen ebenfalls.

Von einem Objecte, das ſich außerhalb des Spielraumes der deutlichen Sehweite befindet, erhält man nur ein undeutliches Bild. Dieſe Undeutlichkeit iſt deſto größer, je kleiner das Object iſt, falls die Entfernung deſſelben ungeändert bleibt; ſie kann ſo weit gehen, daß das Object ganz verſchwindet, welches nach T. Mayer mit einem ſchwarzen auf weißem Grunde verzeichneten Kreiſe, den man im Schatten anſieht, bei einem Sehwinkel von nahe 34″ erfolgt.

Für ein Auge, deſſen zweite Gränze der Sehweite weiter vom Auge entfernt iſt, verſchwindet das Bild eines ſolchen Objectes auch erſt in größerer Ferne, als für ein ſolches, deſſen zweite Gränze demſelben näher liegt. Mittelſt eines durchſtochenen Blattes kann man die Entfernung, bei welcher das Verſchwinden eintritt, vergrößern. Beim Gebrauche eines convexen Glaſes tritt jenes Verſchwinden bei einer geringern Entfernung ein, als mit freiem Auge, beim Gebrauche eines concaven Glaſes hingegen in einer größern Entfernung.

Befindet ſich das Object dieſſeits der erſten Gränze der Sehweite, ſo finden analoge Verhältniſſe Statt.

Aus dieſen Gründen meint Lehot, daß uns Gegenſtände nicht wegen zu kleinem Geſichtswinkel verſchwinden, ſondern wegen zu großer Undeutlichkeit, etwa ſo, wie die Bilder auf der Wand eines Zimmers, wohin das Licht durch Fenſter gelangt, und welche den Gegenſtänden angehören, die das Licht ins Zimmer ſenden, wegen zu großer Undeutlichkeit nicht wahrnehmbar ſind.

Dieſe Bemerkungen benutzt Lehot, um für ein kurz- oder weitſichtiges Auge die paſſende Brille zu wählen. Es giebt für jedes Object, das ſich in einer beſtimmten Entfernung außerhalb der Gränzen der Sehweite befindet, eine Linſe, welche dieſe Gränzen und ihre gegenſeitige Entfernung ſo abändert, daß das Bild am reinſten an der Gränze der Sehweite erſcheint. Convexe Linſen ermüden die Augen darum ſo ſehr, weil ſie den Abſtand der beiden Gränzen der Sehweite vermindern.

---

*) Noch mehrere Belege hiezu hat Holke geliefert (ſ. das Folgende).

Reſultate von Holke *). Dr. Holke hat durch Vergleichung einer ſehr großen Anzahl Fälle von Kurz- und Weitſichtigkeit **) nicht uninintereſſante Reſultate über das häufigſte Vorkommen dieſer reſpectiven Geſichtsfehler je nach Stand, Geſchlecht und Alter gefunden, deren Überſicht in den beigefügten Tabellen vorliegt. Folgendes ſcheinen mir die bemerkenswertheſten Ergebniſſe zu ſein, die ſich aus der Anſicht der Tabellen und der vom Verfaſſer hinzugefügten Erörterungen ergeben.

(Hieher Tabelle I.)

Es fanden ſich unter 14075 Fällen jedes Alters, Standes und Geſchlechtes:

6379 Kurzſichtige ***) (Myopen),
5685 Weitſichtige (Presbyopen),
2011 Amblyopen.

wonach die Fehler der Kurzſichtigkeit und der Weitſichtigkeit faſt gleich oft vorzukommen ſcheinen.

Unter den Kurzſichtigen war bei 2744 Fällen die Kurzſichtigkeit größer auf dem einen als auf dem andern Auge, bei 3635 Fällen auf beiden Augen gleich; unter den Weitſichtigen war bei 1989 Fällen die Weitſichtigkeit größer auf einem als dem andern Auge, bei 2011 Fällen auf beiden Augen gleich.

Es kommen auch Fälle vor, wo das eine Auge kurzſichtig, das andere weitſichtig iſt. So war bei einem Gelehrten die Sehweite (die mittlere?) des rechten Auges 70, die des linken 10 Zoll; bei einem Kaufmann die Sehweite des rechten Auges 11, die des linken 40 Zoll ꝛc. Mehrere Beiſpiele hierzu enthält Tabelle II. — Schielende zeigten faſt ohne alle Ausnahme eine verſchiedene Sehweite beider Augen (Tabelle dazu im Original Seite 18).

Verſchiedene Phyſiologen, u. a. Porterfield und Treviranus, haben angenommen, daß eine Ungleichheit in der Geſichtsweite beider Augen für das Deutlichſehen vielmehr vortheilhaft als nachtheilig ſei, indem dann ein Auge den näheren, das andere den weiteren Gegenſtänden mehr angepaßt ſei. Die Beobachtungen des Verfaſſers jedoch widerſprechen dieſem; denn nicht nur fand er bei vielen Menſchen, die ſowohl nähere als fernere Gegenſtände mit vorzüglicher Deutlichkeit erblickten, beide Augen von gleicher Sehweite, ſondern er beobachtete auch Beiſpiele, wo das kurzſichtigere

---

*) Deſſen Disquisitio de acie oculi dextri et sinistri etc. Lipsiae 1830. (zu haben bei Voß).

**) Theils nach eigenen Beobachtungen, theils nach Notizen, die aus dem im phyſikaliſch-optiſchen Inſtitute Tauber's zu Leipzig geführten Diarium geſchöpft war. Die Reſultate wurden theils durch das S. 204 f. angegebene Verfahren, theils durch Beobachtungen über den Gebrauch von Augengläſern gefunden.

***) Wie es nach Seite 7 ſcheint, iſt als allgemeines Kriterium der Kurzſichtigkeit genommen, daß das Deutlicherſehen entfernter Gegenſtände durch biconvexe; der Weitſichtigkeit, daß das Deutlicherſehen naher Gegenſtände durch biconcave Gläſer unterſtützt wird.

Tabelle I.

[illegible]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
[illegible]	40	201	61	9	70	27	212	12	von.	40	2	1	5	[illegible]	140	5	15	5	10	5	von.	3	3	3	[illegible] in 1157 Jahren.
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	7	111	21	[illegible]	17	von.	[illegible]	5	5	[illegible]	[illegible]	108	5	5	5	12	1	von.	1	1	1	[illegible] in 1077 Jahren.
17	4	[illegible]	21	17	[illegible]	[illegible]	197	[illegible]	von.	[illegible]	15	[illegible]	10	[illegible]	[illegible]	21	5	von.	15	0	5	1	5	10	[illegible] in 277 Jahren.
10	5	110	[illegible]	0	[illegible]	17	[illegible]	71	von.	[illegible]	13	11	7	[illegible]	[illegible]	21	2	1	0	4	von.	1	0	0	[illegible] in 1012 Jahren.
[illegible]	140	[illegible]	150	10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	27	von.	110	5	10	9	21	[illegible]	15	[illegible]	13	[illegible]	0	0	1	2	15	[illegible] in [illegible] Jahren.
40	[illegible]	207	70	72	170	57	[illegible]	204	4	150	57	[illegible]	[illegible]	[illegible]	751	190	2	2	40	0	21	17	10	[illegible]	[illegible] in [illegible] Jahren.
10	5	[illegible]	10	10	[illegible]	24	114	37	0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	172	[illegible]	140	10	2	[illegible]	10	[illegible]	[illegible]	47	117	[illegible] in [illegible] Jahren.
[illegible]	[illegible]	1707	[illegible]	150	775	[illegible]	[illegible]	[illegible]	12	511	131	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	71	[illegible]	104	[illegible]	[illegible]	[illegible]	75	170	[illegible]

[illegible]

[illegible]
[illegible]

Augen die Weitſichtigkeit des andern beſchränkte, wenn es mit ihm zugleich angewandt wird, ſo daß beim Sehen mit beiden Augen zugleich Gegenſtände nur in minderer Entfernung deutlich erblickt werden konnten, als beim Sehen mit dem weitſichtigern Auge allein. Erläuternd in dieſem Bezuge wird die beigefügte Tabelle III. ſein.

Unter Perſonen weiblichen Geſchlechtes giebt es mehr Weitſichtige als Kurzſichtige; denn es wurden unter 2330 weiblichen Perſonen jeden Alters (zwiſchen 8 und 90 Jahren) und jeden Standes 1476 Weitſichtige gegen 854 Kurzſichtige gefunden. Die Weitſichtigkeit bildet ſich jedoch erſt ſpäter aus; denn unter Mädchen von 8 bis 16 Jahren findet ſich Kurzſichtigkeit häufiger als Weitſichtigkeit, nämlich die Fälle der Kurzſichtigkeit zu denen der Weitſichtigkeit verhalten ſich hier wie 23 : 3. Geringer war letzteres Verhältniß bei Knaben von demſelben Alter, wo 52 Kurzſichtige gegen 10 Weitſichtige gefunden wurden.

Was den Einfluß der Stände anlangt, ſo wird Kurzſichtigkeit am meiſten durch den Gelehrtenſtand begünſtigt, denn es verhielt ſich die Zahl der kurzſichtigen zu der der weitſichtigen Gelehrten (Schüler und Studenten eingeſchloſſen) in dem Alter von 16 bis 60 Jahren wie 690 : 2914. Weitſichtigkeit trifft man an beſonders bei Jägern, Ökonomen, Bauern.

Tabelle II.

Fälle, wo das eine Auge kurzſichtig, das andere weitſichtig iſt.

Stand der Perſon.	Sehweite *) des rechten Auges in Zollen.	Sehweite des linken Auges in Zollen.
Schreiber	7	26
Bäcker	24	30
Gelehrter	10	30
Kaufmann	11	40
Student	15	32
Kaufmann	16	50
Kaufmann	40	12
Student	34	15
Kaufmann	60	11
Gelehrte	70	10
Kaufmann	36	26
Gelehrter	26	34
Kaufmann	20	23
Kaufmann	20	14

---

*) Wie es ſcheint, iſt wohl die mittlere Sehweite hierunter zu verſtehen, was im Original nicht bemerkt iſt.

Tabelle III.

über verſchiedene Fälle der Ungleichheit der Gränzen der Sehweite auf beiden Augen.

Gränzen der Sehweite beim Sehen mit beiden Augen in Zollen.	Gränzen der Sehweite beim Sehen bloß mit dem rechten Auge in Zollen.	Gränzen der Sehweite beim Sehen bloß mit dem linken Auge in Zollen.
2½ — 56¼	3 — 51	2 — 59
2½ — 35½	3¼ — 40	3¼ — 33
2½ — 47	2¼ — 12¼	2½ — 43½
3¼ — 56½	2¾ — 54¾	2¼ — 54¾
2¾ — 35½	2¼ — 34¼	2¾ — 28¾
2¾ — 13	2¾ — 17½	3¼ — 7
2¾ — 49½	2¾ — 38¼	2¼ — 38¼
2¾ — 27	2¼ — 33½	2¾ — 23½
3¼ — 27	2¾ — 35½	3¼ — 21
3¼ — 12¼	2¾ — 10	2¼ — 13
3¼ — 24	3¼ — 27¾	4½ — 7¾
2¾ — 47¾	5¼ — 7¾	2¾ — 49½
2½ — 61	3½ — 63½	2½ — 55½
3½ — 31¼	2¼ — 35	4 — 13
3 — 36	2½ — 46	2½ — 32
3 — 33	3 — 31¼	3¼ — 28
2¾ — 59	2⅛ — 63½	3¾ — 4½
3 — 63½	3⅛ — 61	2¾ — 62⅛
3 — 15¾	3 — 16½	3 — 14¼
28⅜	24½	31¼
3 — 16	3 — 5¾	3 — 19¼
3 — 37	3 — 40	3 — 28¾
2¼ — 13	3½ — 14¾	2½ — 8
2¼ — 29¾	3 — 31¼	2 — 27
3½ — 31	2¼ — 28	2¼ — 34
2½ — 28	2½ — 4¼	2¼ — 30½
2¼ — 22¾	2¼ — 24½	3¼ — 17½

Über die Dauer der Geſichtseindrücke bei verſchiedenen Farben, von Plateau*).

Plateau hat über dieſen Gegenſtand, der dem von Savart in Bezug auf den Schall behandelten ſehr analog iſt, neuerdings Verſuche angeſtellt, welche zu genaueren Beſtimmungen darüber führen, als frühere, die man namentlich von d'Arcy *) und Young **) über dieſen Gegenſtand hat, da das Verfahren von d'Arcy (Young führt keine Verſuche an) mehrere Schwierigkeiten darbot, die vom Verfaſſer zum Theil beſeitigt worden ſind.

---

*) Pogg. XX. 304.

Als hauptſächlichſtes Reſultat geht aus ſeinen Verſuchen hervor:

In der abſoluten Dauer des Lichteindruckes, den verſchiedene Farben hervorbringen, findet folgende Reihenfolge Statt: Weiß, Gelb, Roth, Blau, ſo daß der Eindruck, den Weiß hervorbringt, am längſten dauert, der Eindruck von Blau am Kürzeſten.

Dieſelbe Reihenfolge findet aber auch unter ihnen Statt hinſichtlich der verhältnißmäßigen Abnahme des Lichteindruckes in gleicher Zeit, ſo daß der Eindruck, den Weiß auf das Auge gemacht hat, in gleicher Zeit verhältnißmäßig um mehr abnimmt, als der Eindruck, den Roth oder Blau gemacht hat. Beſtätigt und erläutert werden dieſe Umſtände durch folgende Verſuche werden.

1) Gleichgeſtaltete Stücke aus weißem, gelben, rothen und blauen Papier ***) wurden mittelſt des anhangsweiſe beizufügenden Verfahrens ſchnell im Kreiſe gedreht, und, indem man dieſelben gegen einen Hintergrund aus ſchwarzem Sammet betrachtete, die Schnelligkeit des Umlaufes verglichen, welche für dieſe verſchiedenen Farben erfoderlich war, um (wie bei dem bekannten Verſuche mit dem Umſchwunge einer glühenden Kohle) den Anſchein eines continuirlichen farbigen Kreiſes zu geben, wonach ſich dann die Dauer eines Eindruckes der Farbe auf das Auge beſtimmen ließ †). Solchergeſtalt ergaben ſich für die Dauer eines Eindruckes in Sexageſimalſecunden folgende Reſultate:

	Weiß.	Gelb.	Roth.	Blau.
	0″,34	0″,36	0″,33	0″,31
	0 ,33	0 ,36	0 ,37	0 ,30
	0 ,35	0 ,36	0 ,37	0 ,33
	0 ,35	0 ,35	0 ,33	0 ,30
	0 ,38	0 ,36	0 ,35	0 ,34
	0 ,37	0 ,34	0 ,32	0 ,36
Mittel	0″,35	0″35	0 34	0 ,32

---

*) Mém. de l'Acad. des sc. 1765

**) A Course of lectures on natural philos. I. 455.

***) Die Papiere waren gefärbt mit Gummigutt, Carmin und Berlinerblau.

†) Die Dauer eines Eindruckes iſt nämlich gleich der eines Umlaufes, wenn die Breite des Gegenſtandes vernachläſſigt werden kann; wenn er dagegen, wie bei den Verſuchen des Verfaſſers, einen bogenförmigen Streifen bildet, der z. B. ein Viertel des zu durchlaufenden Kreiſes ausfüllt, ſo muß man hier von der Dauer eines Umlaufes ein Viertel abziehen.

Sonach dauert der Geſichtseindruck von Weiß und Gelb am längſten, kürzere Zeit der von Roth, noch kurzer der von Blau. Wahrſcheinlich iſt er etwas kürzer für Gelb als Weiß, was jedoch die geringe Genauigkeit, mit der ſich dieſe Verſuche anſtellen laſſen, nicht zu unterſcheiden erlaubte.

2) Wenn man eine Papierſcheibe ſich in ihrer Ebene um ihre Mitte drehen läßt, die in abwechſelnd ſchwarze und gefärbte*) Abtheilungen getheilt iſt, wie in Fig. 63. vorgezeichnet iſt, ſo gewahrt bei langſamer Geſchwindigkeit das Auge, welches ſich vor dem Inſtrumente befindet, nur ein Zittern, eine raſche Folge von hellen und dunklen Lichtern. Vermehrt man aber dieſe Geſchwindigkeit, ſo nimmt dieſe Verwirrung ab, und man gelangt endlich zu einem Puncte, wo ein gleichförmiger Farbenton erſcheint**). Bei Vergleichung nun der Dauer eines Umlaufes, welche bei den verſchiedenen Farben erfoderlich war, um einen ſolchen homogenen Farbenton zu erreichen, wurden folgende Reſultate erhalten***).

	Weiß.	Gelb.	Roth.	Blau.
	0″,191	0″,201	0″,248	0″,323
	0 ,194	0 ,201	0 ,230	0 ,295
	0 ,198	0 ,202	0 ,227	0 ,264
	0 ,182	0 ,192	0 ,224	0 ,297
Mittel	0″,191	0″,199	0″,232	0″,295

Dieſe Reſultate ſtehen, wie man ſieht, in umgekehrter Ordnung, als die unter 1) gefundenen, und ſcheinen für den erſten Anblick in Widerſpruch damit zu ſtehen, den jedoch der Verfaſſer durch folgende Erörterungen beſeitigt.

Die unter 1) erhaltenen Reſultate lehren allerdings, daß Weiß und Gelb Geſichtseindrücke von der größten abſoluten Dauer hervorbringen; was damit zuſammenzuhängen ſcheint, daß ihre Eindrücke auf das Auge die größte Intenſität haben; allein ſo wie von zwei ungleich heißen Körpern der intenſiv heißere zwar langſamer auf die Temperatur der äußern Umgebung zurückkommt, aber doch verhältnißmäßig ſchneller erkaltet, als ein minder heißer, ſo ſcheinen auch die unter 2) gefundenen Reſultate davon abzuhängen, daß die ſchwächeren Geſichtseindrücke, welche von Roth und

---

*) Die weiß gelaſſenen Trapeze ſind mit Blau, Roth oder Gelb gefärbt zu denken.

**) Der ganze, in ſchwarze und gefärbte Felder getheilte, Raum zeigt ſich dann vollkommen gleichförmig und ſeine Farbe iſt der gleich, welche aus einer Vermengung von Schwarz mit der Nuance der gefärbten Felder entſtehen würde. Sind die ſchwarzen Felder ausgeſchnitten, ſo erſcheint die Scheibe durchſichtig, und Gegenſtände, die man zwiſchen der Scheibe und dem ſchwarzen Sammet anbringt, ſind wie durch einen gefärbten Schleier ſichtbar.

***) An einer Scheibe, welche 12 ſchwarze und 12 gefärbte Felder enthielt, ſo daß man die Dauer eines Umlaufes nur nöthig hat durch 21 zu dividiren, um den Zeitraum zwiſchen den Durchgängen zweier auf einander folgender gefärbter Felder, oder, mit anderen Worten, die Zeit, während welcher ein Eindruck ſich ohne merklichen Verluſt erhält, zu erhalten.

Blau hervorgebracht werden, langſamer abnehmen als die ſtärkeren, welche von Gelb und Weiß erzeugt werden. Denn man hat Grund anzunehmen, daß erſt bei einer ſolchen Geſchwindigkeit der ſich drehenden Scheibe ein gleichförmiger Farbenton entſteht, wo der Eindruck, den das erſte Farbenfeld erzeugt hat, noch merklich ungeſchwächt fortbeſteht, wenn das zweite in demſelben Raume anlangt. Wenn nun bei Gelb und Weiß in gleicher Zeit eine ſtärkere Schwächung des Eindruckes Statt findet, als bei Roth und Blau, ſo wird auch bei letzteren Farben die Homogeneität der Färbung bei minderer Schnelligkeit der Drehung eintreten können, als bei erſteren; oder, um die Sache auf eine vielleicht anſchaulichere Weiſe darzuſtellen, die unter 1) und 2) angeführten Reſultate ſcheinen durch die Annahme erklärlich, daß Weiß und Gelb bei ſchneller Drehung zwar eine längere Spur hinter ſich laſſen, die daher eher einen vollſtändigen Kreis completiren kann, als Blau und Roth; daß aber ihrerſeits Blau und Roth eine gleichförmigere Spur hinterlaſſen, als Weiß und Gelb, bei denen ſie ſchnell an Intenſität abnimmt, ſo wie ſie hinter dem Orte der wirklichen Farbe zurückbleibt, daher ein gleichförmig gefärbter Kreis leichter durch Blau und Roth, als durch Weiß oder Gelb erzeugt werden wird *).

3) Man theile zwei Scheiben A und B (Figur 64.) in ſchwarze und weiße Sectoren, und zwar jede Scheibe in eine gleiche Anzahl, gebe aber auf einer Scheibe den weißen Sectoren gegen die ſchwarzen, und auf der andern Scheibe den ſchwarzen Sectoren gegen die weißen eine geringere Breite. Man drehe nun nach einander beide Scheiben genau mit der Geſchwindigkeit, welche zu Hervorbringung eines gleichförmigen Farbentones erfoderlich iſt, und meſſe in beiden Fällen die Dauer eines Umlaufes. Man wird dieſe Zeiten ſtets einander gleich finden, wie ungleich auch die Breite der ſchwarzen und weißen Sectoren iſt.

Dieſer Verſuch führt zu derſelben Folgerung, als der Verſuch 2) in Betreff des für die Abnahme der Eindrücke gefundenen Geſetzes. Denn erſtlich folgt aus der Gleichheit der Geſchwindigkeit beider Scheiben, daß die weißen Sectoren von A, welche viel ſchmäler als die von B ſind, einen weit ſchwächern Eindruck als dieſe hervorbringen**), und dies beweiſt auch

---

*) Man kann fragen, warum, wenn der gleichförmige Farbenton dadurch entſteht, daß der Eindruck, den ein Farbenfeld im Vorbeigehen hervorgebracht hat, noch merklich ungeſchwächt bis zum Vorbeigehen des nächſten Farbenfeldes fortbeſteht, doch dieſer Farbenton dunkler iſt, als wenn die ganze Scheibe ohne Abwechſelung mit ſchwarzen Feldern mit der Farbe tingirt wäre. Die Antwort hierauf iſt, daß jedes gefärbte Feld mit zu großer Schnelligkeit vor dem Auge vorübergeht, um einen vollſtändigen Eindruck zu hinterlaſſen, denn auch die Entſtehung eines Geſichtseindruckes erfodert eine gewiſſe Zeit. Die Erſcheinung geht vielmehr aus einer Aneinanderfügung unvollkommener aber gleichförmiger Eindrücke hervor.

**) Denn die ſchmäleren Streifen entſchwinden dem Auge eher als die breider gleichförmige Farbenton, welcher bei der Scheibe A viel dunkler als bei der andern iſt. Wir haben hier alſo zwei Eindrücke von gleicher Natur, aber ungleicher Stärke, deren Abnahme wir vergleichen können. Aus der Gleichheit der Geſchwindigkeit beider Scheiben folgt ferner, daß die ſchwarzen Sectoren von A, da ſie breiter ſind als die von B, eine längere Zeit als dieſe zu ihrem Vorübergange vor dem Auge gebrauchen, und daraus ergiebt ſich nothwendig, daß die Zeit, während welcher der Eindruck ſich ohne merklichen Verluſt erhält, bei der Scheibe A länger iſt als bei der Scheibe B, oder, mit anderen Worten, daß ein ſchwacher Eindruck langſamer abnimmt als ein ſtarker. Daraus folgt endlich unſer Abnahmegeſetz.

Endlich führt auch folgender Verſuch zu derſelben Folgerung:

4) Man theile zwei Scheiben A und B (Figur 65.) in abwechſelnd weiße und ſchwarze Sectoren, und gebe den weißen Sectoren auf beiden Scheiben eine gleiche Breite, bringe ſie aber in ungleicher Zahl an, ſo daß die ſchwarzen Zwiſchenräume auf der einen Scheibe breiter als auf der andern ſind. Man laſſe nun die beiden Kreiſe genau mit der Geſchwindigkeit drehen, welche zur Hervorbringung eines gleichförmigen Farbentones erforderlich iſt, wo dann, wie man ſich erinnern wird, die Dauer des Vorüberganges eines Sectors gleich iſt der Zeit, während welcher der Eindruck ſich ohne merklichen Verluſt erhält. Da die ſchwarzen Sectoren auf der Scheibe A breiter ſind als auf der Scheibe B, ſo wird die Geſchwindigkeit der erſteren größer als die der letzteren ſein müſſen, damit die Schnelligkeit des Vorüberganges der Sectoren die Breite derſelben compenſire; und dies beſtätigt auch die Erfahrung. Wenn aber die Scheibe A ſich ſchneller als die Scheibe B dreht, ſo erzeugen die weißen Sectoren der erſten einen unvollkommenern und folglich ſchwächern Eindruck im Auge als die zweiten, und dies zeigt die Erfahrung dadurch, daß der gleichförmige Farbenton der Scheibe A viel dunkler iſt als der der Scheibe B. Man ſieht, daß wir uns durch dieſes einfache Mittel zwei Eindrücke von gleicher Natur, d. h. aus gleicher Farbe entſpringend, verſchafft haben, die nur an Stärke verſchieden ſind, und an denen wir die Geſchwindigkeit der Abnahme vergleichen können. Finden wir nun dieſe Geſchwindigkeit ungleich, nämlich kleiner bei dem ſchwächern Eindruck, ſo müſſen wir daraus ſchließen, daß ein und derſelbe Eindruck raſcher oder langſamer abnimmt, als er mehr oder weniger ſtark iſt, und daß folglich, beim Erlöſchen eines Eindruckes, der Gang der Abnahme ſich verzögert, in dem Maße als der Eindruck ſeinem Ende nahe kommt.

Um die Geſchwindigkeiten der Abnahme zu vergleichen, braucht man nur für jede unſerer Scheiben die Zeit zu ſuchen, während welcher der Eindruck ohne merklichen Verluſt beſtanden hat, d. h. die Dauer des Vorüberganges eines Sectors (die Rechnung bietet keine Schwierigkeit dar,

---

teren, und laſſen denſelben daher nicht ſo viel Zeit, den Eindruck zur Vollſtändigkeit gelangen zu laſſen.

weil man die Breite der Sectoren und die Dauer eines ganzen Umlaufes kennt). Der Verfaſſer hat dieſe Zeit in einigen Fällen beſtimmt, und beſtändig gefunden, daß dem Kreiſe, welcher den ſchwächern Eindruck hervorbringt, eine längere Zeit, d. h. eine geringere Geſchwindigkeit, der Abnahme entſpricht. Wenn z. B. die ſchwarzen Sectoren der Scheibe A, wie in Figur 65., vier Mal ſo groß wie die der Scheibe B ſind, ſo verhält ſich die Zeit, während welcher der Eindruck ohne merklichen Verluſt andauert, bei der Scheibe A zu der bei der Scheibe B wie 1 : 0,76.

Nähere Beſchreibung des Inſtrumentes, welches bei Verſuch 1) angewandt ward. Dies Inſtrument beſteht (wie das von d'Arcy bei ſeinen Verſuchen angewandte) aus einem Syſtem von verticalen Rädern, die ſo von Gewichten in Bewegung geſetzt werden, daß das letzte Rad eine beträchtliche Geſchwindigkeit erlangen kann, während die des Rades mit dem Gewichte nur ſehr gering iſt. Die Axe jenes Rades trägt einen Zeiger mit einer Pincette am Ende, beſtimmt die Gegenſtände zu halten. Durch Vermehrung oder Verminderung der Gewichte kann man dem Zeiger alle möglichen Grade von Geſchwindigkeit ertheilen, und ſeine Bewegung, die in den erſten Augenblicken eine beſchleunigte iſt, wird nach einigen Minuten gleichförmig, weil die Reibung und andere Widerſtände mit der Geſchwindigkeit wachſen, und endlich die von der Schwerkraft bewirkte Beſchleunigung zerſtören. Das Inſtrument war überdies, zur Regulirung ſeines Ganges, mit einem Windfang verſehen, und der ganze Apparat wurde in der Höhe des Auges in einiger Entfernung dem Fenſter gegenüber aufgeſtellt. Da das Ende des Zeigers einen Kreisumfang beſchrieb und alle wünſchenswerthen Grade von Geſchwindigkeit erlangen konnte, ſo befand ſich der farbige Gegenſtand unter den erfoderlichen Bedingungen. Um die Dauer eines Umlaufes deſſelben zu beſtimmen, brauchte man nur das Inſtrument eine beſtimmte Zeit hindurch gehen zu laſſen, und die Umläufe eines der erſteren Räder, deſſen Geſchwindigkeit nur unbedeutend war, zu zählen; aus der Zahl der Zähne auf den Rädern und Getrieben ergab ſich dann die Zahl der Umläufe des letzten Rades, und dieſe Zahl, durch die Zeit dividirt, war dann die Dauer eines Umlaufes.

Als farbiger Gegenſtand, der an den Zeiger befeſtigt wurde, diente ein gefärbter Papierſtreifen, der das Viertheil des Kreiſes ausfüllte, in dem er gedreht wurde *).

Vergleichung der Stärke der Farben, von Plateau **).

Das Reſultat von Plateau's Verſuchen iſt, daß, wenn man Gelb durch Gummigutt, Roth durch Carmin, Blau durch Berlinerblau hervorbringt und unter einander mit Weiß vergleicht, die Stärke des Eindruckes, den dieſe Farben auf das Auge machen, in folgender Ordnung ſteht:

---

*) Genauer geſprochen beſtand der Gegenſtand aus einem Papierſtreifen, der durch zwei, der Axe des Zeigers concentriſche, Kreisbogen begränzt war und durch zwei Radien, die einen rechten Winkel mit einander bildeten.

**) Pogg. XX. 304.

Weiß, Gelb, Roth, Blau,

welches auch die Ordnung der Dauer ihres Eindruckes iſt. Es ergab ſich dies Reſultat übereinſtimmend nach folgenden 2 ganz verſchiedenen Methoden.

1) Eine Kreisſcheibe wurde in verſchiedenartig gefärbte Sectoren, z. B. blaue und rothe, getheilt und durch Verſuche ermittelt, welche Breiten reſpectiv die Sectoren der einen und andern Farbe gegen einander haben müſſen, um bei ſchneller Drehung der Scheibe dieſe ſo gefärbt erſcheinen zu laſſen, daß weder die eine noch die andere Farbe vorzuwiegen ſchien. Natürlich wird man annehmen müſſen, daß diejenige Farbe einen ſchwächern Geſichtseindruck hervorbringt, die hiebei einer größern Breite bedarf. Folgendes waren die Reſultate:

a) eine Kreisſcheibe, getheilt in blaue und gelbe Sectoren, gab einen Farbenton, der zu keiner dieſer Farben vorwaltend hinneigte, ſobald die blauen Sectoren beinahe 4 Mal ſo breit waren, als die gelben;

b) ein prächtiges Violett wurde erhalten, als Blau und Roth faſt in demſelben Verhältniß angewandt wurden, d. h. das Blau war 4 Mal breiter, als das Roth;

c) Endlich gaben Roth und Gelb ſehr nahe in dem Verhältniß fünf zu drei ein Orange, welches genau zwiſchen beiden in der Mitte zu legen ſchien.

2) In Betracht, daß, wenn eine Farbe unter einem kleinern Geſichtswinkel als eine andere ſichtbar iſt, oder, was daſſelbe ſagt, wenn ein mit der erſtern Farbe bemalter Gegenſtand in größerer Entfernung als ein gleicher mit der andern bemalter Gegenſtand geſehen werden kann, dies davon abzuleiten iſt, daß das Auge von der erſten einen ſtärkern Eindruck als von der letztern erfährt, unterſuchte Plateau, unter welchem Geſichtswinkel jede der vier Farben, Weiß, Gelb, Roth, Blau aufhöre für das Auge ſichtbar zu ſein. Zu dieſem Ende bemalte er kleine Papierſtreifchen von 1 Centimeter mit den genannten Farben, befeſtigte ſie an einer geſchwärzten Tafel, die vertical im Freien aufgeſtellt war, und entfernte ſich langſam ſo weit, bis der farbige Gegenſtand nur als eine kleine, kaum wahrnehmbare Wolke mehr erſchien, und einige Schritte weiter vollſtändig verſchwand. Nach der ſo erreichten Entfernung vom Gegenſtande wurde dann der Winkel zwiſchen den Geſichtsſtralen berechnet, die von dem Auge zu den beiden Enden des Durchmeſſers der Scheibe gingen. Die Reſultate in zwei Fällen waren folgende:

	Im Schatten.	Im Sonnenſchein.
Weiß	18"	12"
Gelb	19	13
Roth	31	23
Blau	42	26

Verſchiedene bemerkenswerthe Erſcheinungen, durch Einwirkung farbiger Geſichtseindrücke auf einander.

Brockedon *) hat mehrere intereſſante Erfahrungen über die ſubjectiven Farbenerſcheinungen gemacht, welche Statt finden, wenn man mit jedem beider Augen durch verſchieden gefärbte Flüſſigkeiten hindurchſieht.

Er hatte drei flache Flaſchen, deren eine mit rother Krapptinctur, die andere mit blauer ſchwefelſaurer Kupferlöſung, die dritte mit chromſaurer Kalklöſung oder Safrantinctur gefüllt war. Hielt er nun die flache Seite der Flaſche mit der gelben Flüſſigkeit an das eine, und die Flaſche mit blauer Flüſſigkeit an das andere Auge, ſo zeigte ſich durch das Zuſammenwirken beider Farben Grün. Sah man lange mit einem Auge durch eine ſolche Flüſſigkeit, ſo erſchien bald am andern Auge die complementäre Farbe derſelben, und beide Farben neutraliſirten ſich. Merkwürdig iſt die Erſcheinung, welche ſich darbot, als man ſchief durch die Flaſchen ſah, und wo die reine, die complementäre und die reſultirende Farbe zugleich erſchienen. Wurde das rothe Glas an der rechten Seite, das blaue an der linken vor das Auge gehalten, und beide mit der Naſe völlig in Berührung gebracht, hierauf aber gegen ein Fenſter hingeſehen, ſo daß man mit jedem Auge bei der Flaſche vorbei das Fenſter erblicken konnte; ſo erſchien der mittlere Theil, wo ſich die Farben deckten, purpurroth. Zuerſt nahm das rechte Auge Roth wahr und das linke Blau, doch traten die complementären Farben bald ſo mächtig hervor, daß der Himmel, den man durch das Fenſter ſah, an der rechten Seite ſchön blaugrün, an der linken Seite roth orange erſchien, und man nicht mehr recht wußte, in welcher Hand man das rothe, in welcher man das blaue Glas hielt. Die Intenſität der dem Auge ſich darſtellenden Farben läßt bald nach, und wird endlich durch die complementäre ganz aufgehoben. Hält man die flache Seite eines der farbigen Gläſer vor ein Auge, ſo erregt das Blau des rechten Auges Orange, das Gelb des linken Purpurroth; entfernt man die Gläſer, ſo erſcheinen mit beiden Augen für einen Augenblick alle Objecte röthlich, doch kann man es durch ſchnelles und abwechſelndes Öffnen des einen und andern Auges dahin bringen, daß eine Weile hindurch alle Gegenſtände dem rechten Auge orange, dem linken purpurroth erſcheinen.

Von anderer Art, als die hier beſchriebenen, ſind die nachfolgenden Beobachtungen von **Plateau** **), die ſich mir indeß doch am natürlichſten hier anreihen zu laſſen ſcheinen.

1) Verſetzt man eine Scheibe, die in Sectoren von zwei verſchiedenen Farben getheilt iſt, in eine Drehung, die noch nicht ſo groß iſt, um einen gleichförmigen Farbenton hervorzubringen, ſo gewahrt man bald, inmitten des aus der Folge der Eindrücke entſtehenden Flimmerns, ſehr lebhafte Farben, die *verſchieden* ſind von den auf der Scheibe befind-

---

*) Baumg. VIII. 474.

**) Pogg. XX. 328.

lichen Farben und von deren Miſchung. Sind z. B. Gelb und Blau die in Bewegung geſetzten Farben, ſo unterſcheidet man ſehr hervortretende Nuancen von lebhaftem Weiß und Orange; ſind es dagegen Gelb und Roth, ſo iſt die fremde Nuance ein ſehr ſchönes Grün.

Zum völligen Gelingen dieſer Verſuche ſind mehrere Umſtände erfoderlich. Erſtlich iſt die Geſchwindigkeit nicht gleichgültig; man erhält die zweckmäßigſte, wenn man ſie anfangs ſehr klein nimmt, und dann ſtufenweiſe vergrößert. Dann muß das Auge ſich vor dem Mittelpuncte der Scheibe befinden. Endlich müſſen die Farben mehr oder weniger geſättigt ſein, je nach dem fremden Farbentone, welchen man hervorbringen will. Sollen z. B. Blau und Gelb ein ſchönes Weiß geben, muß das Blau ſehr intenſiv ſein, und die Breite der mit ihm bemalten Sectoren 5 bis 6 Mal größer als die der gelben Sectoren; ſollen ſie dagegen ein ſchönes Orange geben, muß das Gelb intenſiver und das Blau ein wenig blaß ſein. Gelb und Roth geben nur dann eine ſchöne grüne Farbe, wenn ſie beide intenſiv ſind ꝛc. Das Sonderbarſte bei dieſen Erſcheinungen iſt aber die Entſtehung des Weißen; denn dieſes Weiß ähnelt durchaus nicht dem graulichen Weiß, welches man durch ſchnelle Umdrehung einer mit den ſieben Hauptfarben bemalten Scheibe bekommt; es iſt vielmehr ſehr lebhaft.

2) Um die genannten Erſcheinungen hervorzurufen, haben wir unſeren Scheiben nur eine geringe Geſchwindigkeit gegeben; drehen wir ſie jetzt ſo raſch, daß ſie einen gleichförmigen Farbenton liefern. Nun zeigt ſich eine andere Thatſache, nämlich die, daß die hiedurch bewirkte Combination der Eindrücke beider Farben bei weitem nicht immer denſelben Farbenton hervorbringt, wie das materielle Gemenge der beiden angewandten Farben. Macht man in zweckmäßigem Verhältniß ein Gemenge von Gummigutt und Berlinerblau, und bemalt damit ein weißes Papier, ſo bekommt man ein ſchönes Grün. Theilt man aber eine Scheibe in Sectoren, und bemalt die einen mit Gummigutt, die anderen mit Berlinerblau, trägt beide Farben recht ſtark auf, und giebt den Sectoren ein ſolches Breitenverhältniß, daß in der reſultirenden Farbe weder das Blau noch das Gelb vorherrſchen würde, ſo wird die gleichförmige Farbe, welche bei ſchneller Umdrehung der Scheibe entſteht, vollkommen grau ſein, ohne den mindeſten Stich ins Grüne. Nur bei Anwendung eines blaſſen Blaues gelingt es, dieſem Grau einen ſchwachen Stich ins Grüne zu geben, und ohne Zweifel iſt es ein ſolches Blau geweſen, deſſen ſich d'Arcy bediente, als er ſuchte, was das Reſultat der Umdrehung einer gelb und blau bemalten Scheibe ſein würde; denn er behauptet Grün bekommen zu haben. Die Combination der Eindrücke des Gelben und Rothen, oder des Rothen und Blauen bietet keine analogen Erſcheinungen dar, d. h. ſie giebt beinahe dieſelbe Farbe wie das materielle Gemenge der beiden Pigmente. So erhält man im erſten Falle Orange, im zweiten Violett, und dies letztere iſt ſogar lebhafter als das, welches ein mit dem Gemenge von Roth und Blau bemaltes Papier darbietet.

3) Als Plateau unterſuchte, welchen Einfluß der Grad der Dunkelheit einer Farbe auf die Stärke des von ihr gemachten Eindruckes haben könnte, wurde er zu der Beobachtung einer dritten Thatſache geführt, zu der, daß es für die meiſten Farben eine gewiſſe Abſtufung zwiſchen dem Dunklen und Blaſſen giebt, bei welcher ſie in dem Gemenge von Eindrücken, das Maximum des Einfluſſes ausüben. Geſetzt man habe eine Scheibe in rothe und blaue Sectoren getheilt, auf die Weiſe, wie es Figur 66. zeigt, den rothen Sectoren eine gleichförmige Farbe gegeben, den blauen aber eine von dem Mittelpuncte aus gegen den Umfang hin ſtufenweiſe immer dunkler werdende*). Wenn man dieſe Scheibe mit einer hinreichenden Schnelligkeit dreht, erblickt das Auge nur concentriſche violette Zonen; allein von der Mitte aus ſieht man den Einfluß des Blau immer größer und größer werden, bis zu einer gewiſſen Zone, von welcher ab derſelbe wieder nach dem Umfange hin abnimmt. Wenn demnach dieſe mittlere Zone ein reines Violett darbietet, zeigen alle übrigen, ſowohl nach der Mitte, wie nach dem Umfange hin, ein ſich immer mehr und mehr ins Rothe ziehendes Violett. Die blaue Farbe, welche dieſer mittlern Zone entſpricht, erzeugt alſo einen Eindruck, welcher, bei ſeiner Combination mit dem des Rothen, einen größern Einfluß hat als die bläſſeren oder dunkleren Farben. Sonderbar iſt es, daß gerade dies Blau zu den blaſſen gehört; es iſt die Farbe des Himmels an ſeinen dunkelſten Stellen.

Das Roth zeigt eine durchaus ähnliche Erſcheinung, und ſeine Maximum-Tinte iſt verhältnißmäßig eben ſo blaß wie des Blau. Das Gelb ſcheint eine Ausnahme zu machen; es wirkt um ſo ſtärker auf die anderen Eindrücke, als es intenſiver iſt.

Nur das Gelb, Roth und Blau ſind von dem Verfaſſer dieſen Verſuchen unterworfen worden, doch hält er es für wahrſcheinlich, daß alle übrigen Farben, die aus der Vermengung dieſer entſtehen können, analoge Reſultate geben.

Sobald eine Farbe ihre Maximum-Tinte in Bezug auf eine andere Farbe erreicht hat, ſo behält dieſe Farbe das Maximum dieſes Einfluſſes, wie dunkel auch die andere Farbe ſei; wenigſtens zeigte dies die geringe Zahl von Verſuchen, die der Verfaſſer hierüber anſtellte. So behält dasjenige Blau, welches das Maximum in Bezug auf ein gewiſſes Roth beſitzt, dieſes Übergewicht gegen jedes dunklere oder hellere Roth. Dies iſt leicht nachzuweiſen, wenn man, für jedes Farbenpaar, mehrere Scheiben auf ähnliche Weiſe wie Figur 66. bemalt, jedoch ſo, daß man die abgeſtuften Sectoren auf allen Scheiben einander völlig gleich macht, die Sectoren aber, welche, wie in der erwähnten Figur die rothen, einen gleichförmigen Farbenton erhalten, auf jeder Scheibe hinſichtlich der Intenſität der Farbe verſchieden. Setzt man dieſe Scheiben in Bewegung, ſo ſieht man, daß die Zone, welche dem Maximum entſpricht, auf jeder Scheibe denſelben Platz einnimmt.

---

*) Die Querlinien in den blauen Sectoren der genannten Figur ſcheiden die verſchiedenen Abſtufungen des Blaues, welche durch die Buchſtaben a, b, c, d, e, f, g bezeichnet ſind; a iſt das bläſſeſte, g das dunkelſte Blau.

Endlich wäre noch zu unterſuchen, ob die Maximum-Tinte einer Farbe in Bezug auf eine andere immer dieſelbe bleibt, von welcher Natur auch letztere ſei; z. B. ob die Tinte des Rothen, welche das Maximum gegen das Blau beſitzt, auch gegen das Gelb, Grün ꝛc. am kräftigſten wirke. So viel wenigſtens erklärt der Verfaſſer gefunden zu haben, daß das Blau dieſe Eigenſchaft gegen das Roth und gegen das Gelb beſitzt.

Optiſche Täuſchungen, durch Drehung von Rädern, Stäben ꝛc. hervorgebracht.

Roget *) ſcheint der erſte geweſen zu ſein, der auf eine beſondere Art der nachfolgends zu beſchreibenden optiſchen Täuſchungen, welche von der Dauer des im Auge zurückbleibenden Lichteindruckes abhängen, aufmerkſam gemacht hat. Unter einem allgemeinern Geſichtspuncte ſind ſie nachher von Plateau **) unterſucht worden, und endlich hat neuerdings Faraday ***) mehrere beſondere Formen und bequeme Arten ihrer Hervorbringung beſchrieben.

Beobachtungen von Roget. Die von Roget beſchriebene optiſche Täuſchung beſteht in Folgendem:

Betrachtet man durch eine Reihe verticaler Öffnungen, z. B. durch die Zwiſchenräume eines Gitters, das Rad eines auf dem Boden mit großer Geſchwindigkeit dahin rollenden Wagens, ſo unterſcheidet man nicht mehr die ſich drehenden Speichen, ſondern ſtatt deren unbewegliche Curven auf der Fläche des Rades. Die Form dieſer Curven ſieht man in Figur 57.

Folgendes ſind die näheren Umſtände dieſer Erſcheinung, wie ſie ſich aus Roget's Beobachtungen ergeben:

1) Ein gewiſſer Grad von Schnelligkeit iſt dem Rade nöthig, wenn es die eben beſchriebene Täuſchung hervorbringen ſoll. Theilt man ihm eine allmälig wachſende Geſchwindigkeit mit, ſo iſt zuerſt an den horizontal liegenden Speichen eine Krümmung wahrzunehmen; und ſobald dieſe beobachtet iſt, erzeugt eine geringe Vergrößerung in der Geſchwindigkeit des Rades plötzlich die Krümmung aller zur Seite liegenden Speichen. Der Grad der Krümmung bleibt genau derſelbe, wie zu Anfange, wie ſehr man auch die Geſchwindigkeit des Rades vergrößern mag; vorausgeſetzt nur, ſie ſei nicht ſo groß, daß das Auge verhindert werde, die Speichen

---

*) Ann. of Phil. Aug. 1825. p. 107 oder Pogg. V. 93.

**) Pogg. XX. 319.

***) Journ. of the royal Inst. Nr. 2. p. 205, 334; oder Froriep's Notizen Nr. 1. und 2. des XXXI. Bandes; oder Baumg. Zeitſchr. X. 80; oder im Auszuge in Pogg. XXII. 601.

bei ihrem Fortrollen deutlich zu verfolgen. Denn es iſt klar, die Geſchwindigkeit der Umdrehung könnte ſo groß ſein, daß die Speichen nicht mehr ſichtbar wären. Noch iſt zu bemerken, daß, wie ſchnell auch das Rad ſich umdrehen mag, dennoch jede einzelne Speiche während des Momentes, worin ſie betrachtet wird, zu ruhen ſcheint.

2) Die Anzahl der Speichen im Rade macht keinen Unterſchied in dem Grade der Krümmung, welchen ſie zeigen.

3) Die Krümmung läßt ſich mit größerer Vollkommenheit ſehen, wenn die Zwiſchenräume der Stäbe, durch welche man das Rad beſchaut, enge ſind; vorausgeſetzt nur, daß ſie die Weite haben, die nöthig iſt, um nach einander alle Theile des Rades bei deſſen Fortollen deutlich ſehen zu können. Aus demſelben Grunde wird die Erſcheinung am beſten wahrgenommen, wenn die Stäbe eine dunkle Farbe haben oder ſchattirt (shaded) ſind, und ein lebhaftes Licht auf das Rad geworfen iſt. Auf gleiche Weiſe wird die Täuſchung durch jeden Umſtand unterſtützt, der dahin wirkt, die Aufmerkſamkeit von den Stäben auf das Rad zu lenken und daſelbſt zu befeſtigen.

4) Wird die Anzahl der Stäbe in dem nämlichen gegebenen Raume vergrößert, ſo hat dies weiter keinen Unterſchied zur Folge, als daß die gekrümmten Bilder der Speichen vervielfältigt werden. Wenn aber ein gewiſſes Verhältniß aufrecht gehalten wird zwiſchen den Geſichtswinkeln, unter welchen der ganze Zwiſchenraum der Stäbe und die Extremitäten der Speichen am Auge erſcheinen, ſo wird die Vervielfältigung dieſer Bilder berichtigt (corrected). Der Abſtand des Rades von den Stäben iſt von keinem Einfluß, ſobald nur die letzteren dem Auge nicht ſehr nahe ſind; in dieſem Falle möchten die Öffnungen zwiſchen den Stäben geſtatten, einen zu groſen Theil des Rades auf einmal zu überſehen.

5. Wenn die Stäbe, ſtatt vertical zu ſtehen, gegen den Horizont geneigt ſind, ſo erfolgen im Allgemeinen dieſelben Erſcheinungen, jedoch mit dem Unterſchiede, daß es die mit den Stäben parallel liegenden Speichen ſind, die keine ſcheinbare Krümmung beſitzen, während die Krümmungen der übrigen Speichen in denſelben Beziehungen zu dieſen gerade erſcheinenden Speichen ſtehen, wie in dem vorhergehenden Falle. Iſt jedoch die Neigung der Stäbe beträchtlich, ſo werden die Bilder mehr zuſammengedrängt und die Deutlichkeit der Erſcheinung wird dadurch verringert. Die Täuſchung hört gänzlich auf, wenn das Rad durch Stäbe betrachtet wird, die parallel mit der Richtung ſeiner (fortſchreitenden) Bewegung liegen.

6) Zur Erzeugung dieſer Erſcheinung iſt es weſentlich, daß eine fortſchreitende Bewegung, mit einer drehenden vereinigt, Statt findet. So ſtellt ſie ſich nicht ein, wenn die Stäbe ſtill ſtehen und das Rad ſich bloß um ſeine Axe dreht, ohne dabei zugleich fortzurücken, auch nicht, wenn es ſich ohne Drehung horizontal fortbewegt. Auf der andern Seite nehmen die Speichen ſogleich ein gekrümmtes Anſehen an, wenn den Stäben eine fortſchreitende Bewegung gegeben iſt, während ſich das Rad um ſeine

Axe dreht. Der nämliche Vorgang wird auch entſtehen, wenn das ſich drehende Rad durch feſtſtehende Stäbe von einem Beobachter betrachtet wird, welcher ſich ſelbſt entweder nach der Rechten oder nach der Linken hin bewegt, indem eine ſolche Bewegung von Seiten des Beobachters eine Veränderung in der relativen Lage der Stäbe und des Rades hervorbringt.

Roget's Erklärung der hier mitgetheilten Erſcheinung iſt folgende: Zuvörderſt kann man annehmen, daß die Stäbe des Gitters horizontal fortbewegt werden, und daß das Rad ſich um eine feſte Axe drehe; die Reſultate werden dadurch offenbar nicht geändert. Dann braucht man, der größern Einfachheit wegen, nur eine Speiche und eine Öffnung zu betrachten. Dieſe beiden Linien, von denen die eine ſich um einen feſten Punct dreht und die andere parallel mit ſich ſelbſt fortrückt, werden ſich dem Anſcheine nach in einer Reihe von Puncten ſchneiden, deren Geſammtheit eine beſtimmte Curve bildet. Wenn nun die Speiche ſtark beleuchtet und die Öffnung in einer dunkeln Fläche ausgeſchnitten iſt, ſo wird jeder Durchſchnittspunct ein helles Bild auf der Netzhaut erzeugen, und die Folge dieſer Bilder muß den Anblick einer zuſammenhängenden Curve gewähren, weil der Eindruck von dem erſten Bilde noch da iſt, wenn der vom zweiten erzeugt wird. Die Geſtalt der Curve wird von der urſprünglichen Lage der Speiche und der Öffnung abhängen, und deshalb werden, wenn mehrere Speichen und mehrere Öffnungen da ſind, gleichzeitig auch mehrere Curven gebildet. Sind die beiden Bewegungen gleichförmig, ſo müſſen allemal, wenn die Speichen und Öffnungen in dieſelben relativen Lagen zurückkehren, ſich auch dieſelben Erſcheinungen wiederholen; daher die Unbeweglichkeit dieſer Curven. Es iſt übrigens leicht, dieſe Curven geometriſch zu conſtruiren und die Gleichungen für dieſelben aufzuſuchen, welches auch beides von Roget geſchehen iſt.

Es ergiebt ſich ſolchergeſtalt, daß die Curven, welche aus der Kreuzung eines Durchſchnittspunctes zweier Linien hervorgehen, von denen die eine parallel mit ſich ſelbſt fortſchreitet, und die andere ſich um eine Axe dreht, zu der Klaſſe der ſogenannten Quadratrices gehören, welche die gemeinſchaftliche Gleichung

$$y = (b - x) \operatorname{tang} x$$

haben, worin die Axe der x horizontal durch den Drehpunct gehend, die Axe der y aber vertical angenommen wird, und wo das Centrum, worin alle Zweige der Curve zuſammenlaufen, vom Anfange der Coordinaten um die Größe b auf der Axe der x entfernt liegt.

Beobachtungen von Plateau. Derſelbe wurde auf ſeine Unterſuchungen von folgenden Beobachtungen aus geleitet. Er bemerkte, daß, wenn man ein ſenkrecht auf ſeiner Ebene mit Zähnen verſehenes Rad in ſchnelle Drehung verſetzt und das Auge in einiger Entfernung davon in die Ebene dieſes Rades ſtellt, ſo daß die Zähne der einen Hälfte durch die der andern verdeckt werden, man alsdann eine Reihe ganz unbeweglicher

Zähne erblickte; ferner, daß, wenn ſich zwei Räder hinter einander mit beträchtlicher Geſchwindigkeit, aber in entgegengeſetzter Richtung, um eine und dieſelbe Axe drehten, es ſchien, als ſähe man ein Rad mit unbeweglichen Speichen; endlich, daß das feſtſtehende Bild aus Curven beſtand, wenn die Räder ſich um zwei verſchiedene Axen drehten. Durch Verfolg dieſer Beobachtungen, die er mit den vorbeſchriebenen Roget's in Beziehung ſetzte, gelangte nun Plateau zu folgendem allgemeinen Reſultate:

> „Denkt man ſich das Auge vor zwei parallelen Ebenen ſo befindlich, daß die eine dieſer Ebenen, wenn ſie undurchſichtig wäre, die andere dem Auge verdecken würde, gleichviel übrigens, welche abſolute Richtung dieſe Ebenen im Raume haben; denkt man ſich ferner zwei erhellte, aber undurchſichtige (gerade oder krumme) Linien (oder ſchmale Streifen) in dieſen Ebenen, und eine jede derſelben mit einer beträchtlichen und gleichförmigen Geſchwindigkeit um eine, ſenkrecht auf ihre Ebene durch ſie hindurchgehende, Axe gedreht (nach Art einer geraden oder gebogenen Radſpeiche), ſo daß ein ſcheinbarer Durchſchnittspunct *) beider von ſucceſſiv ſich ändernder Lage entſteht; nimmt man endlich an, daß die Geſchwindigkeit der einen beweglichen Linie ein genaues Multiplum von der der andern iſt, ſo wird das Auge, welches ſich vor dem Syſteme befindet, in der Mitte des unbeſtimmten Schleiers, welcher durch die Bewegung beider Linien dem Auge erſcheint, das unbewegliche Bild einer Curve erblicken, die dunkler iſt als der Grund, auf welchem ſie erſcheint.“
>
> „Dieſes krummlinige Spectrum iſt der Ort der ſcheinbaren Durchſchnittspuncte der in Bewegung befindlichen Linien.“

Die beweglichen Linien können durch ſchmale Streifen vorgeſtellt werden, welche aus dickem weißen Papier geſchnitten ſind, und hinter dem ganzen Syſtem kann ein Stück geſchwärzte Pappe aufgeſtellt werden.

Auf dieſe Weiſe kann man für das Auge die allerverſchiedenartigſten Curven hervorbringen, deren Entſtehung ſich folgendermaßen erklärt. Es ſeien A B und A′ B′ (Fig. 66. bis) zwei ſucceſſive Lagen des erſten Streifens **), C D, C′ D′ zwei ſucceſſive Lagen des zweiten, ſo daß, wenn beide Streifen von ihren erſten Lagen ausgehen, ſie gleichzeitig in ihren zweiten Lagen anlangen; endlich ſei die Linie mrn der Ort der ſcheinbaren Durchſchnittspuncte beider Streifen auf dieſer Bahn ***).

---

*) Scheinbarer Durchſchnittspunct iſt die Stelle, wo eine Linie die andere dem Auge verdeckt.

**) Die Streifen ſind hier als krumm zugeſchnitten angenommen, und man muß ſich erwähntermaßen vorſtellen, daß ſie ſich um eine, durch ihre Länge und ſenkrecht auf ihre Ebene gehende Axe drehen.

***) Sind die Streifen unendlich ſchmal oder Linien ohne Breite, ſo wird auch der Ort ihrer ſcheinbaren Durchſchnitte eine Linie ohne Breite bilden, wie er in der Figur vorgeſtellt iſt; haben dagegen die Streifen, wie in der Wirklichkeit, eine größere Breite, ſo wird begreiflich auch der Ort ihrer ſcheinba-

Da die beiden hellen Streifen ſich bei ihrer Bewegung ſucceſſiv längs der ganzen Linie *mrn* ſchneiden, ſo kann ein jeder Punct letzterer Linie nur den Eindruck von dem Streifen, der dem Auge des Beobachters zugekehrt iſt, ins Auge ſenden, während alle übrigen Puncte des Vierſeits *mpqn*, da in ihnen die beweglichen Streifen nie anders als nach einander anlangen, ſtets zwei ſucceſſive Eindrücke ins Auge ſenden. Die Linie *mrn*, ſo wie die ganze Folge der Durchſchnittspuncte, muß demnach weniger hell, als das ganze übrige Vierſeit erſcheinen. Da nun die Geſchwindigkeit des einen Streifens ein Multiplum von der des andern iſt, ſo werden beide, nachdem der Streifen mit geringerer Geſchwindigkeit einen Umlauf gemacht hat, in ihre urſprüngliche Lage zurückkehren, und die Erſcheinung wird ſich wiederholen. Es muß alſo daraus ein feſtes Bild entſtehen, welches ſo lange verweilt, als die Bewegung der beiden Streifen dauert. Übrigens muß dieſe Bewegung, wie leicht einzuſehen, ſo raſch ſein, daß das Auge die ſich drehenden Streifen nicht unterſcheiden kann.

Es folgt aus dieſer Erklärung, daß dieſe Erſcheinung ſich noch erzeugen wird, wenn der vordere Streifen, ſtatt hell zu ſein, ſchwarz iſt; denn dieſer ſchwarze Streifen wird an allen Puncten der Durchſchnittslinie das von dem hellen Streifen herkommende Licht auffangen, während alle übrigen Puncte die von letzterm Streifen erzeugten Eindrücke ins Auge ſenden. Dies wird auch von der Erfahrung vollkommen beſtätigt; die feſten Streifen ſind ſogar deutlicher auf dieſem Wege als auf dem erſten.

Der vordere Streifen kann auch in einer ſchwarzen Fläche ausgeſchnitten ſein, und wenn dann der hintere Streifen beleuchtet iſt, erſcheint das feſte Bild heller als der Grund, auf welchem es ſich zeigt. Dieſe Erſcheinung muß auf gleiche Weiſe wie die von Roget beſchriebene erklärt werden.

Wenn die Geſchwindigkeit des einen Streifens kein genaues Multiplum von der des andern iſt, ſo kommen die beiden Streifen, nachdem die langſamere einen Umlauf gemacht hat, nicht wieder in ihre urſprünglichen Lagen zurück, und da ſich dadurch nach jedem dieſer Umläufe ein neuer Streifen erzeugt, ſo ſieht das Auge nicht das Bild einer feſten Linie, ſondern eine raſche Folge verſchiedener Linien. Wenn indeß die größere Geſchwindigkeit nur ſehr wenig von einem Multiplum der kleinern abweicht, ſo wird der Unterſchied zwiſchen zwei einander folgenden Bildern ſehr unbeträchtlich ſein und das Auge nicht mehr eins von dem andern unterſcheiden können; das Spectrum wird dann nach und nach ſeine Geſtalt ändern und in alle die Formen übergehen, welche aus einer Verſchiedenheit der urſprünglichen Lagen entſpringen können. Es iſt keine der unintereſſanteſten Eigenthümlichkeiten der Erſcheinung, daß wir hiedurch Übergänge von Curven erhalten, die oft keine Ähnlichkeit mit einander haben; Übergänge, die

von Durchſchnittspuncte als ein Streifen von einer gewiſſen Breite erſcheinen müſſen.

man nach Belieben verlangſamen kann, ſobald die Einrichtung des Inſtrumentes es erlaubt, das Verhältniß der Geſchwindigkeiten um ſehr kleine Unterſchiede abzuändern*).

Kennt man die beweglichen Streifen, das Verhältniß ihrer Geſchwindigkeiten, die Richtung eines jeden derſelben, den ſcheinbaren Abſtand der Bewegungsmittelpuncte und die urſprünglichen Lagen der Streifen, ſo iſt der feſte Streifen völlig beſtimmt und die Gleichung für denſelben leicht aufzufinden. Der Verfaſſer beſchränkt ſich jedoch darauf, beiſpielsweiſe bloß einige bekannte Curven aufzuführen, welche aus der Kreuzung zweier, durch ihre Drehpuncte gehenden, geraden Linien oder Streifen entſtehen.

1) Wenn die Geſchwindigkeiten gleiche Richtung haben und im Verhältniß 1 : 2 ſtehen, ſo iſt die feſte Curve eine Focale**), welche ihren Scheitel im Drehpuncte der ſchnellern Linie, und ihren Vielfachpunct im Drehpuncte der andern hat. Dieſe Focale wird ein Kreis, durchzogen von einer geraden Linie, ſobald die beiden beweglichen Geraden in ihren urſprünglichen Lagen einander decken.

2) Sind die Geſchwindigkeiten gleich und von gleicher Richtung, ſo iſt die feſte Curve ein Kreis, der durch die beiden Drehpuncte geht.

---

*) Dies geſchieht leicht, wenn man die Streifen durch Rollen in Bewegung ſetzt, deren Durchmeſſer man um eine kleine Größe ändern kann, wenn man die Spannung der Schnur etwas ändert. Das Verhältniß der Geſchwindigkeiten kann dadurch ſo wenig als man will vergrößert oder verringert werden.

**) Zur nähern Beſtimmung deſſen, was man unter Focale verſteht, Folgendes (Pogg. XX. 341):

Man denke ſich einen Kegel zweiten Grades von einer durch ſeine Axe gelegten Ebene durchſchnitten. Die Durchſchnittsfigur wird von zwei ſich in dem Scheitelpuncte ſchneidenden Geraden begränzt ſein. Durch irgend einen Punct einer dieſer Geraden ſei eine Reihe von Ebenen ſenkrecht gegen den genannten Schnitt gelegt. Eine jede dieſer Ebenen ſchneidet den Kegel nach einer Curve zweiten Grades, die im Allgemeinen zwei Brennpuncte hat. Die Geſammtheit dieſer Brennpuncte bildet eine ebene Curve, und dieſe iſt es, welche man Focale, Curva focale, Brennpunctlinie, genannt hat.

Folgendes iſt, nach der Entwicklung von v. Rees, die Gleichung der Focale:

$$(ay - bx + 2ab)(x^2 + y^2) - c^2(ay + bx) = 0$$

Hierin ſind x, y, z rechtwinklige Coordinaten, und die beiden erſten liegen in der Ebene des genannten Schnittes, die Axe der x fällt mit der Axe des Kegels zuſammen, und der Anfangspunct mit dem Scheitel deſſelben. a iſt die in jenem Schnitte liegende halbe Axe derjenigen Ellipſe, deren Ebene die Kegelaxe ſenkrecht ſchneidet; c die andere, der z parallele, halbe Axe dieſer Ellipſe; b endlich der Abſtand des Mittelpunctes dieſer Ellipſe vom Scheitelpuncte des Kegels.

Unter den Eigenſchaften der Focale des geraden Kegels verdient in phyſikaliſcher Hinſicht vielleicht die folgende am meiſten Intereſſe. Die Focale iſt der Ort der Puncte, wo ein Lichtpunct auf einer Reihe concentriſcher Kreiſe reflectirt erſcheint, wenn das Auge ſich außerhalb der Geraden befindet, die vom Lichtpuncte zum gemeinſchaftlichen Mittelpuncte der Kreiſe gezogen wird.

5) Sind die Geſchwindigkeiten gleich, aber von ungleicher Richtung, ſo iſt das feſte Bild eine Hyperbel, welche durch die beiden Drehpuncte geht.

Man kann das feſte Bild und eine der beweglichen Curven als gegeben annehmen, in welchem Falle man dann durch eine ſehr einfache geometriſche Conſtruction die andere findet. Nichts hindert uns aber als feſtſtehendes Bild irgend eine Figur zu nehmen, z. B. den Kopf eines Menſchen, ein Wort u. ſ. w.; alsdann erhält man durch die beſagte Conſtruction eine ungeſtaltete Figur, die, wenn ſie gleichzeitig mit der gegebenen Curve umgedreht wird, ein vollkommen regelmäßiges Bild hervorbringt.

Hier hat man demnach eine Art ganz neuer Anamorphoſen. Wenn dieſe vollſtändig gelingen ſollen, muß die mißgeſtaltete Figur ſchwarz ſein und ſich vor einer weißen Curve drehen, oder, wenn man ſie weiß nehmen will, muß die letztere in einer ſchwarzen Fläche ausgeſchnitten ſein. Im erſten Falle erhält man das regelmäßige Bild ſchwarz auf einem weißlichen Grunde, im letztern weißlich auf einem ſchwarzen Grunde.

Beobachtungen von Faraday. Die von Faraday beſchriebenen Erſcheinungen bilden einen beſondern Fall von denen, welche Plateau betrachtet hat. Statt daß nämlich jener ſeine Unterſuchungen auf die Geſammtheit aller Trugbilder ausdehnt, die aus den ſcheinbaren Durchſchnittspuncten irgend zweier ſchnell herumgedrehten Linien entſpringen, ſchränkt ſich Faraday auf diejenigen ein, welche durch die Speichen oder Zähne zweier verticalen Räder hervorgebracht werden. Es mag, da nach Kenntniß der Plateau'ſchen Unterſuchungen der größte Theil der Faraday'ſchen kein neues Intereſſe gewährt, genügen, hier den Apparat zu beſchreiben, welchen Faraday erdacht hat, dieſe intereſſanten Erſcheinungen, welche ſich ſo häufig bei Betrachtung von Räderwerken darbieten, leicht und ohne Koſten hervorzurufen.

Ein etwas dickes Brettchen ſteht ſenkrecht auf einem Fuß und iſt, wie Figur 59. zeigt, ſo ausgeſchnitten, daß es drei Ständer bildet, welche mittelſt kleiner, aus Kupferblech geſchnittener Pfannen, von der Form wie Figur 60., die Stahlaxen der beiden verticalen Stirnräder tragen. Jede dieſer, in einer Linie liegenden Axen trägt außer dem Rade ein Röllchen, das ſich mit einiger Reibung hin- und herſchieben läßt. Mittelſt dieſer Rollen wird den beiden Rädern durch die dazwiſchen liegende horizontale Scheibe eine entgegengeſetzte Rotation mitgetheilt. Dieſe etwa 4 Zoll im Durchmeſſer haltende Scheibe, obwohl ſie ſich um eine in den mittleren Pfeiler eingelaſſene Verticalaxe dreht, ruht nämlich mit ihrer untern, mit Sandpapier überzogenen, Fläche auf den Rollen. So wie alſo die Scheibe, entweder an ihrer Axe mit den Fingern, oder mittelſt der auf die Axe geſchobenen Rollen durch eine Schnur, in Umdrehung geſetzt wird, drehen ſich auch die Räder in entgegengeſetzter Richtung mit Geſchwindigkeiten, die man durch Hin- und Herſchieben der Rollen auf den horizontalen Axen innerhalb einer gewiſſen Gränze in jedes beliebige Verhältniß zu einander bringen, auch vergrößern und verringern kann.

um den Rädern eine Bewegung in gleicher Richtung zu ertheilen. Es wurde im Brett ein Ausſchnitt gemacht, beſtimmt zur Aufnahme einer Walze, über welche und die Rollen dann endloſe Schnüre gezogen wurden. Dreht man nun die Walze, nachdem die Scheibe fortgenommen iſt, ſo rotiren auch die Räder in gleichem Sinne.

Die Räder werden aus weißer Kartenpappe geſchnitten, etwa von 7 Zoll im Durchmeſſer und mit einer beliebigen Zahl von Zähnen verſehen.

Die mit dieſem Apparate hervorzubringenden Erſcheinungen ſind nun hauptſächlich folgende. Dreht man die Räder mit gleicher und entgegengeſetzter Geſchwindigkeit, und ſtellt das Auge ſo, daß man beide frei neben einander ſieht, ſo nimmt man nur einen gleichförmigen Schleier wahr. Iſt das Auge aber in die Verlängerung der Axe beider Räder gebracht, ſo erblickt man ſogleich das feſtſtehende Bild eines Rades mit doppelt ſo vielen Zähnen, als jedes der rotirenden Räder für ſich beſitzt. Iſt die Geſchwindigkeit beider Räder ungleich, ſo ſteht das Bild nicht mehr ſtill, ſondern dreht ſich in Richtung des Rades mit der größern Geſchwindigkeit. Steht das Auge außerhalb der Axe der Räder, aber noch ſo, daß dieſe ſich theilweiſe decken, ſo erblickt man ein krummliniges Zerrbild von mannichfaltiger Geſtalt.

Es mag noch erwähnt werden, daß man dieſe Erſcheinungen auch mit einem Rade und ſeinem Schatten oder ſeinem Bilde in einem Spiegel darſtellen kann, ſobald man das Auge ſo ſtellt, daß es das Rad beim Rotiren ſeinen Schatten oder ſein Spiegelbild ſchneiden ſieht. Nach der Stellung des Auges und nach der Lage der ſchattenauffangenden Ebene oder des Spiegels ſind natürlich die Geſtaltungen der Zerrbilder verſchieden.

Was die Erklärung dieſer Erſcheinungen betrifft, ſo iſt die von Faraday gegebene durchaus einerlei mit der früher auseinandergeſetzten von Plateau.

Optiſche Täuſchung beim Fahren auf der Eiſenbahn zwiſchen Liverpool und Mancheſter *).

Die Eiſenbahn iſt doppelt, ſo daß man von den Fenſtern einer auf der einen Bahn fahrenden Kutſche die andere ſehen kann, wobei man Folgendes wahrnimmt:

Wenn man 12 bis 15 (engliſche) Meilen die Stunde reiſt, ſo ſcheint der gewöhnliche Weg, die Ufer und die übrigen Gegenſtände, wie wenn man in der gewöhnlichen Poſtkutſche fährt, ſich rückwärts oder nach der entgegengeſetzten Richtung als die Poſtkutſche zu bewegen; legt man aber in der Stunde 24 bis 30 Meilen zurück, ſo ſcheint die benachbarte Eiſenbahn ſich mit der Geſchwindigkeit des Dampfwagens in derſelben Richtung wie dieſer fortzubewegen. Dieſe, durch verſchiedene Geſchwindigkeiten ver-

---

*) Journ. of the royal Instit. of Great Britain No. III. May 1831. (Froriep's Notiz. Nr. [illegible] des XXXI. Bandes S. [illegible]

veranlaßte, verſchiedene Art des Ausſehens beruht auf dem Umſtande, daß die eiſernen Gleiſe nicht vollkommen glatt ſind, ſondern ſtellenweis geringe Unebenheiten darbieten, welche bei mäßiger Geſchwindigkeit ſichtbar ſind und dem Gleiſe das Anſehen des Zurückweichens geben; dagegen bei verdoppelter Geſchwindigkeit dieſe Unregelmäßigkeiten nicht mehr einzeln vom Auge unterſchieden werden können, ſo daß das Gleis ſich ſo ausnimmt, als ob es gar keine Unregelmäßigkeiten hätte, während die größeren Unregelmäßigkeiten des gewöhnlichen Weges und des Ufers nicht dadurch verwiſcht werden können. In Bezug auf deren fortdauernde ſcheinbar rücklaufende Bewegung ſcheint daher jetzt das Gleis eine vorwärtslaufende zu haben.

Über die ſubjectiven Complementärfarben.

Lehot *) hat über die ſubjectiven Geſichtserſcheinungen, welche durch das Fixiren des Auges auf gefärbte Felder hervorgebracht werden, intereſſante Beobachtungen gemacht, aus welchen mehrere bisher zum Theil noch unbekannte Beſtimmungen dieſer Phänomene hervorgehen, durch die er ſich veranlaßt findet, ſtatt der gewöhnlichen (Scherffer'ſchen) Erklärungsweiſe dieſer Erſcheinungen, nach welcher das Auge durch längeres Betrachten einer Farbe unempfindlich dafür wird, eine andere aufzuſtellen, die wir, nach Anführung ſeiner Beobachtungen ſelbſt, mittheilen werden.

1) Wenn man, nachdem man ein rothes Feld ſtarr angeſehen, die Augen nach einem ſchwarzen Grunde wendet, ſo ſieht man ein grünes Feld, deſſen Farbe aber ins Schwärzliche zieht.

Lehot glaubt, daß dies Reſultat in Widerſpruch mit der Scherffer'ſchen Theorie ſtehe, in ſofern ſich hier das grüne Feld auch auf ſchwarzem Grunde darſtellt, welcher kein weißes Licht zurückſtrahlt. Indeß würde ſich hierauf wohl mit Fug entgegnen laſſen, daß von den ſcheinbar ſchwarzen Körpern doch immer noch eine gewiſſe Quantität weißes Licht in das Auge zurückgeworfen wird, da wir ſchwerlich ein abſolutes Schwarz kennen.

2) Wenn man, nachdem man das rothe Feld fixirt hat, die Augen auf einen farbigen Grund richtet, ſo iſt die Farbe des ſecundären Feldes aus der Ergänzungsfarbe des Rothes und der Farbe des Grundes zuſammengeſetzt.

Wenn man z. B. ein gelbes Feld fixirt hat und hierauf einen grünen Grund erblickt, ſo erſcheint die Farbe des ſecundären Feldes aus Violett und Grün zuſammengeſetzt. — Dieſe Thatſache war ſchon früher bekannt, ſie wurde aber nach der Scherffer'ſchen Theorie folgendermaßen ausgeſpro-

---

*) Froriep's Notiz. Nr. 12. des XXVIII. Bandes S. 177 aus den Annal. des sc. d'observ. par Saigey et Raspail. III. p. 3 Mars. 1830.

chen: das auf dem farbigen Grunde geſehene Feld wird die Farbe des Grundes, nach Abzug der Farbe des primären Feldes, haben.

3) Wenn man ein rothes Feld fixirt hat, und den Blick hierauf gegen einen weißen Grund wendet, ſo ſieht man ein grünes Feld, welches aber kleiner, eben ſo groß oder größer als das rothe Feld erſcheint, je nachdem das weiße Papier, welches man anſieht, dem Auge näher, in gleichem oder in größerem Abſtande von demſelben iſt, als das rothe Feld.

Dieſer Umſtand, daß die Größe des ſecundären Bildes ſich mit dem Abſtande des Grundes verändert, ſcheint von Lehot zuerſt wahrgenommen worden zu ſein.

4) Man lege ein rothes rundes Feld auf einen weißen Grund, und nachdem man es lange mit einem einzigen Auge fixirt hat, nähere man dieſes Auge der rothen Scheibe, ſo wird man auf der letztern eine zweite rothe Scheibe, aber von weit weniger dunkler Färbung ſehen, und dieſe zweite Scheibe wird um ſo kleiner werden, je mehr ſich das Auge der erſten nähert.

Dieſe blaßrothe Scheibe durchläuft dieſelben Größengrade, wie die auf dem weißen Grunde erſcheinende grüne Scheibe (ſiehe 3)), wovon ſich Lehot durch Meſſen beider, bei gleichem Abſtande des Auges von der Ebene, auf der ſich die Scheiben darſtellten, überzeugte.

Hieraus ergiebt ſich, mit Bezug auf 3), daß, wenn man einen farbigen Körper fixirt, die Farbe deſſelben binnen einer gewiſſen Zeit immer bläſſer erſcheinen wird. Dies Reſultat ſcheint der Scherffer'ſchen Theorie in der That zu widerſprechen, denn nach ihr müßte die Farbe des Körpers immer dunkler werden, während ſie vielmehr weißer erſcheint. Sie wird in der That auch nach Lehot nach langer Zeit wieder dunkler, ja noch dunkler als im Anfange, vermöge Ermüdung des Auges; allein immer läßt ſich nach der Scherffer'ſchen Theorie nicht erklären, warum während der erſten Zeit des Verſuches die Farbe heller erſcheint.

5) Wenn man, ſtatt das Auge der rothen Scheibe zu nähern, daſſelbe entfernt, ſo ſieht man jene Scheibe von einem grünen Rande umgeben, und wenn man den äußern Durchmeſſer des letztern mißt, ſo findet man ihn dem Durchmeſſer der grünen Scheibe, welche auf einem weißen Grunde erſcheint, gleich, wenn die Entfernung des Auges dieſelbe bleibt.

Man kann nicht läugnen, daß namentlich das Reſultat 4) ſehr dafür ſpricht, daß das ſecundäre Grün, welches auf weißem Grunde nach Betrachtung von Roth erſcheint, anſtatt durch eingetretene Unempfindlichkeit des Auges gegen das Roth in weißem Lichte hervorgebracht zu werden, vielmehr von einer ſelbſtſtändigen Entwickelung der Empfindung des Grün im Auge herrührt, da das Roth ſelbſt noch während der Betrachtung deſſelben ſich annäherungsweiſe zu Weiß neutraliſirt (verblaßt), was nicht durch Unempfindlichkeit dagegen, wo Dunklerwerden der Farbe entſtehen müßte, erklärt werden kann. In der That iſt Lehot's Erklärung, die er an vorſtehende Thatſachen knüpft, folgende:

Der Eindruck, den die Empfindung einer gewiſſen Farbe im Auge hervorbringt, modificirt ſich von ſelbſt in der Art, daß nach einiger Zeit die Empfindung der Ergänzungsfarbe zur Perception gelangt. Dieſer modificirte Eindruck dauert nicht nur ſo lange als der primäre, ſondern auch noch eine Zeit lang, nachdem dieſer, in Folge des Verſchwindens des ihn hervorbringenden Körpers, aufgehört hat.

Der Verfaſſer verſucht nicht zu erklären, wie der primäre Eindruck die Entſtehung des ſecundären veranlaſſen kann oder wie beide Eindrücke zugleich exiſtiren können. Er knüpft aber an die hier aufgeſtellte Anſicht noch die Erklärung einiger anderen Thatſachen, die ſich in der That ſehr gut danach ergiebt, namentlich folgender:

Den Leuten, welche ſich blauer oder grüner Brillen bedienen, erſcheinen die Gegenſtände in dem Augenblicke, wo ſie dieſelben vor die Augen bringen, von der Farbe der Brillen; aber bald darauf wieder beinahe mit der natürlichen Farbe. Dies erklärt ſich dadurch, daß der Eindruck der blauen Stralen, welche durch das Glas ſtreichen, durch die Coexiſtenz des ſecundären Eindruckes, der ſich von ſelbſt erzeugt, wieder zu Weiß neutraliſirt werden.

Nachdem man den Himmel mit dem rechten Auge durch ein rothes Glas betrachtet hat, bringe man zwei Streifen, z. B. von orangefarbenem Papiere, den einen in 4 bis 5 Zoll, den andern in 8 bis 20 Zoll Abſtand vor die Augen. Fixirt man dann den entfernten Streifen, ſo ſieht man den nähern doppelt, allein das im rechten Auge erzeugte Bild erſcheint viel weißer als die beiden andern.

Auch den Umſtand, daß wir rothe und weiße Körper bei Betrachtung durch ein rothes Glas für einerlei gefärbt halten, ſetzt Lehot mit ſeiner Anſicht in Beziehung.

Mangelndes Unterſcheidunsvermögen für gewiſſe Farben.

Es ſind neuerdings wieder mehrere Fälle von mangelndem Unterſcheidungsvermögen für Farben beobachtet worden. Beobachtungen über ſich ſelbſt und mehrere andere, die mit ihm in der Art des Nichtunterſcheidungsvermögens übereinſtimmten, theilt Dalton mit in Brewſter's Edinb. J. of sc. 1831. July. 88. Zwei andere Fälle werden von Colquhoun im Glasgow Medic. J. und hieraus in Froriep's Notiz. XXIV. S. 305 angeführt; zwei andere von Brewſter in Brewſter's Edinb. J. of sc. und hieraus in Baumg. Zeitſchr. VI. 232.

Die von Dalton an ſich ſelbſt beobachtete Anomalie beruht nicht allein darauf, daß im Spectrum viel weniger Farben als von Anderen unterſchieden werden, ſondern auch, daß gewiſſe Farben anders Abends bei Kerzenlicht als bei Tageslicht erſcheinen, die den gewöhnlichen Augen gleich erſcheinen. Dieſe Anomalie ſcheint nicht gar zu ſelten mit derſelben Beſchaffenheit vorzukommen. Denn nicht nur theilte ſie Dalton's Bruder, ſondern er ſagt auch, er habe bei deshalb angeſtellten Nachforſchungen ungefähr 20 Perſonen (darunter kein weibliches Subject) gefunden, die ganz dieſelbe Anomalie des Geſichtes dargeboten, als er ſelbſt *). So waren in einer Familie, die aus 6 Söhnen und 1 Tochter beſtand, 4 von den Söhnen damit behaftet. Bloß in Einem Falle hatte ſich die Anomalie vererbt. Die Augen der damit Behafteten boten übrigens nichts Bemerkenswerthes dar, und das Geſicht beſaß dieſelbe Deutlichkeit als bei anderen Perſonen; nur 2 bis 3 waren kurzſichtig. Im Allgemeinen wiſſen die Perſonen nichts von der Eigenthümlichkeit ihres Geſichtes, wenn nicht einmal eine ausdrückliche Vergleichung mit dem Geſichte anderer ſie darauf hinführt; ſie glauben bloß, daß in der Bezeichnung der Farben eine große Verwirrung herrſcht.

Den Grund dieſer Eigenthümlichkeit ſucht Dalton in einer, wahrſcheinlich bläulichen, Färbung irgend einer der Augenfeuchtigkeiten, und zwar wahrſcheinlich des Glaskörpers, da ſonſt das Auge auch wohl dem äußern Anſehen dieſe Färbung verrathen hätte, was nicht der Fall war.

Folgendes ſind die charakteriſtiſchen Eigenthümlichkeiten vom Geſichte Dalton's und der mit ihm übereinſtimmenden Perſonen:

1) In dem Sonnenſpectrum erſcheinen bloß drei Farben, Gelb, Blau und Purpur. Die beiden erſten ſtehen in beſtimmtem Contraſt; die zwei letztern ſcheinen ſich mehr in dem Grade als der Art nach zu unterſcheiden.

2) Nelkenroth (pink) erſcheint im Tageslichte als ein etwas verblaßtes (faded) Himmelblau; im Lampenlichte nimmt es ein orangenes oder gelbliches Anſehen an, welches in ſtarkem Gegenſatze mit Blau ſteht.

3) Carmeiſin erſcheint im Tageslichte trübe (muddy) blau, und carmeiſinenes wollenes Garn erſcheint faſt dunkelblau.

4) Roth und Scharlach haben ein lebhafteres und feurigeres Anſehen im Kerzenlichte als im Tageslichte.

5) Es findet bei Tage kein großer Unterſchied zwiſchen der rothen Farbe eines Stückes Siegellack und der Farbe des Graſes Statt.

6) Dunkelgrünes wollenes Zeuch erſcheint trübroth, viel dunkler als Gras und von ſehr verſchiedener Farbe.

*) Auch der, in den Philosoph. transact. 1777 erzählte, Fall von Harris ſtimmte, wiewohl er nach der Beſchreibung ſich etwas anders als Dalton's zu verhalten ſchien, doch wahrſcheinlich damit überein, mindeſtens zeigte das Geſicht eines noch lebenden Bruders von Harris mit dem von Dalton ganz gleiche Eigenthümlichkeit.

7) Die Farbe einer floriden Complexion (florid complexion) iſt dunkelblau.

8) Auf Kleidungsſtücken erſchienen oft Linien, wo andere keine ſahen.

9) In allen Stücken, wo ein Unterſchied vom Geſichte anderer Perſonen Statt findet, iſt er viel kleiner bei Kerzen- als bei Tageslichte.

Der Verfaſſer ſpecialiſirt dieſe Anomalie des Geſichtes noch mehr in Bezug zu verſchieden gefärbten einzelnen Gegenſtänden.

Die von Colquhoun und Brewſter mitgetheilten Fälle kommen mit den beſchriebenen Dalton'ſchen in den meiſten Eigenthümlichkeiten überein, indem auch bei jenen faſt nur Gelb und Blau, und etwa Braun, unterſchieden, dagegen Grün und Roth mit Blau verwechſelt wurden, worüber ſich in den Originalabhandlungen nähere Beſtimmungen finden, die zu umſtändlich ſind, um ſie hier ausführlich mitzutheilen *).

Die weſentliche übereinſtimmung der von Colq. angeführten Fälle mit den Dalton'ſchen wird noch wahrſcheinlicher dadurch, daß Colq. auch von jenen erwähnt, die Farben ſeien durch Kerzenlicht ſehr modificirt worden. Beſondere Erwähnung aber verdient einer der beiden, von Brewſter angeführten, Fälle, bei dem ſich zwar auch alle Farben auf Gelb und Blau reducirten, überdies aber noch die Eigenthümlichkeit Statt fand, daß dasjenige, welches dem geſunden Auge als Weiß erſcheint, von der betreffenden Perſon unter Umſtänden wirklich weiß, oder weiß mit einem Stich in Blau und Gelb, oder auch geradezu Blau erſchien, was ſich ergab, als man dieſe Perſon die Farben beurtheilen ließ, welche polariſirtes Licht beim Hindurchgehen durch ein Glimmerblättchen (mit Hülfe von Turmalin) erzeugt.

*) Einige intereſſante Beiſpiele der Verwechſelung mögen indeß hier angeführt werden. Das eine der von Colquhoun angeführten Individuen konnte ein Stück rothes Siegellack, welches ins Gras geworfen worden, oder ein Stück Scharlachtuch auf einem Zaune nicht erkennen, wenn es nicht ganz nahe daran war. Eine auf einem rothen Dache wachſende grüne Flechte hielt er für gleichfarbig mit dem Dache, ein blaues Kleid für gleichfarbig mit einem rothen. — Die andere der von ihm erwähnten Perſonen erkannte im Regenbogen bloß Gelb und Blau, hielt das Gras für gleichfarbig mit einem rothen Dache ꝛc. —

Auch die beiden, von Brewſter angeführten, Perſonen unterſchieden nur Gelb und Blau im Sonnenſpectrum oder Regenbogen.

XII. Über die gewöhnliche oder geradlinige Polariſation.

Verſchiedene Reſultate über die Polariſation durch Zurückwerfung und Brechung, und das Verhalten polariſirter Stralen bei Zurückwerfung und Brechung, für durchſichtige, einfach brechende Körper.

Durch theoretiſche Erörterungen **Fresnel's** (Pogg. XXII. 68, 90) und Verſuchsbewährungen **Brewſter's** (Pogg. XIX. 259, 281, 518) iſt man neuerdings zur Feſtſtellung mehrerer Formeln in Bezug auf die hier zu betrachtenden Umſtände gelangt, von denen einige des Zuſammenhanges halber ſchon S. 296 mitgetheilt worden ſind, und von denen wir die übrigen, nebſt den Verſuchsbelegen, in den folgenden Artikeln hinzufügen werden *). Hier mögen diejenigen Reſultate vorangeſtellt werden, welche ſich einfach durch Worte oder mit Zuziehung weniger mathematiſcher Zeichen ausdrücken laſſen. Dieſe Reſultate gelten für einfach brechende durchſichtige Körper.

1) Ein auf eine durchſichtige Fläche auffallender natürlicher Stral verhält ſich in allen Stücken wie ein ſolcher, der aus zwei Bündeln von gleicher Intenſität zuſammengeſetzt iſt, die rechtwinklich gegen einander und jeder um 45° (zu beiden Seiten) gegen die Einfallsebene polariſirt ſind. Man kann daher alle Formeln, die für polariſirtes Licht gelten, auf gewöhnliches Licht anwenden, wenn man in den für das polariſirte Licht geltenden Formeln den Winkel der Polariſationsebene mit der Einfallsebene = 45° oder die Tangente dieſes Winkels = 1 ſetzt.

2) Nach einer von **Brewſter** aufgeſtellten, und ſich in den Erſcheinungen bewährenden, Vorſtellung verhält ſich ein durch Zurückwerfung (unter andern Winkeln als dem Polariſationswinkel) oder durch Brechung unvollkommen polariſirter Stral in allen Stücken wie ein, aus zwei gleichen Bündeln beſtehender Stral, deren Polariſationsebenen zu beiden Seiten einen gleichen Winkel mit der Zurückwerfungs- oder Brechungsebene machen, der aber kleiner oder größer iſt als 45°, kleiner im Fall der Zurückwerfung, größer im Fall der Brechung. Die unvollkommene Polariſation nähert ſich der vollkommenen um ſo mehr, je näher die Polariſationsebenen beider Bündel dem Parallelismus unter einander kommen, d. h. je mehr der Winkel, den ſie zu beiden Seiten mit der Zurückwerfungs- oder Brechungsebene bilden, ſich 0° oder 90° nähert. Die Neigung der Polariſationsebenen jedes beider Bündel gegen die Zurückwerfungs- oder Brechungsebene (und hiemit zugleich ihre, da[illegible] Doppelte betragende, gegen-

---

*) Die Formeln in den folgenden Artikeln ſind fortlaufend numerirt. Die Belege werden wir nach den zuſammengehörigen Artikeln zuletzt vereinigt folgen laſſen.

ſeitige Neigung) läßt ſich nach dem Einfallswinkel, unter welchem die unvollkommene Polariſation erfolgt iſt, und dem Brechungsverhältniß der Subſtanz berechnen, wozu die Formeln (1) bis (7) führen. Das Reſultat dieſer Berechnung für Glas findet ſich in der, dieſem Artikel angehängten, Tabelle S. 238. Eine nähere Erörterung aber der hier gegebenen Vorſtellung von der unvollſtändigen Polariſation wird in einem der nächſten Artikel folgen.

3) Das Brechungsverhältniß einer Subſtanz als bekannt vorausgeſetzt, ſo iſt man im Stande, für jeden gegebenen Einfallswinkel zu berechnen, welche Lichtmenge in dem zurückgeworfenen Strale vollſtändig nach der Zurückwerfungsebene oder in dem gebrochenen Strale ſenkrecht darauf polariſirt iſt. Hiezu führen die Formeln von (18) an. Das Reſultat dieſer Berechnung für Glas findet ſich in der Tabelle S. 238.

4) Das Brechungsverhältniß einer Subſtanz als bekannt vorausgeſetzt, ſo iſt man ferner im Stande, die Änderung, welche die Richtung der Polariſation eines ſchon polariſirten Strales erleidet, zu beſtimmen, wenn er bei beliebigen Einfallswinkeln und bei beliebigen Neigungen der Einfallsebene gegen die anfängliche Polariſationsrichtung zurückgeworfen oder gebrochen wird. Hiezu führen die Formeln (8) bis (17).

5) Ein natürlicher Stral kann durch die wiederholteſten Zurückwerfungen, wenn ſie unter anderen Winkeln als denen der vollſtändigen Polariſation geſchehen, nie zur vollkommenen Polariſation gelangen, wiewohl er ſich ihr mit zunehmender Zahl der Zurückwerfungen unter demſelben Winkel immer mehr nähert, ſo daß der Unterſchied von der vollſtändigen Polariſation zuletzt merklich verſchwinden kann; und zwar verſchwindet der Unterſchied nach einer um ſo geringern Zahl Zurückwerfungen, je näher der Winkel der wiederholten Zurückwerfungen dem Winkel des Polariſationsmaximums kommt. Dieſe Umſtände gehen aus Formel (2) und (27) hervor.

6) Wenn die ſucceſſiven Zurückwerfungen unter verſchiedenen Winkeln geſchehen, ſo trägt jede neue Zurückwerfung, mag ſie dem Winkel des Polariſationsmaximums näher oder ferner liegen, als die vorhergehende, doch bei, den Stral der vollſtändigen Polariſation näher zu bringen, nur wird dieſe Näherung um ſo mehr betragen, je näher der Winkel der neuen Zurückwerfung dem Winkel des Polariſationsmaximums liegt (Formel (3).)

7) Je kleiner das Brechungsverhältniß der zurückwerfenden Subſtanz iſt, um ſo weniger Zurückwerfungen ſind hinreichend, einen zuerſt im natürlichen Zuſtande einfallenden Stral merklich vollſtändig zu polariſiren; und (was damit zuſammenhängt) bei gleichem Einfallswinkel polariſiren Körper mit kleinerer brechender Kraft eine größere Menge Lichtes in einem natürlichen Strale, als Körper mit größerer brechender Kraft (Formel (1) und (2)*).

---

*) Nach dieſen Formeln nimmt nämlich der Winkel φ, den die Polariſa-

8) Die von Arago gegebene Regel, daß in einem natürlichen Strale gleiche Lichtmengen durch Zurückwerfung polariſirt würden, wenn der Einfallswinkel eben ſo weit unterhalb als oberhalb vom Winkel des Polariſationsmaximum differirt, iſt irrig, indem ſie eben ſo wenig mit Formel (21) als mit Brewſter's Verſuchen ſtimmt.

9) Es giebt keinen Einfallswinkel, bei welchem alle Farbenſtralen des einfallenden Lichtes gleichzeitig durch Zurückwerfung polariſirt zu werden vermöchten, indem jeder Farbenſtral bei um ſo größerm Einfallswinkel eine vollſtändige Polariſation erfährt, je größer ſeine Brechbarkeit iſt. Der Winkel des Polariſationsmaximums iſt demnach für denjenigen zu halten, bei dem die mittleren Farbenſtralen vollſtändig polariſirt werden *).

10) Ein natürlicher Stral kann weder durch eine einmalige Brechung noch ſelbſt durch die wiederholteſten Brechungen, unter welchen Winkeln es immer ſei, eine vollſtändige Polariſation erfahren (Formel (6), (33), und es verhält ſich mithin in dieſer Hinſicht anders mit der Brechung als mit der Zurückwerfung, bei welcher letztern der Stral, wenn die Zurückwerfung unter einem gewiſſen Winkel (dem Polariſationswinkel oder Winkel des Polariſationsmaximum) geſchieht, wirklich vollſtändig polariſirt wird.

11) Das Quantum Licht, was in einem natürlichen Stral durch einmalige Brechung mittelſt der erſten Oberfläche, ſo wie das, welches durch zweimalige Brechung mittelſt Durchganges durch beide Oberflächen einer parallelflächigen Platte polariſirt wird, nimmt von 0° Incidenz bis 90° Incidenz immer mehr zu. Ferner nimmt es mit dem Brechungsverhältniß des Körpers zu (Formel (4), (5), (6), (32), (33)).

12) Die Quantität des Lichtes, welche durch Brechung in dem durch die erſte Oberfläche eines durchſichtigen Körpers hindurchgegangenen Stral ſenkrecht auf die Brechungsebene polariſirt iſt, iſt ſtets gleich der Quantität des Lichtes, welche in dem gleichzeitig zurückgeworfenen Strale in der Zurückwerfungsebene polariſirt iſt, wie auch der Einfallswinkel beſchaffen ſein mag (Formeln (30), (31)). Dagegen findet dieſe Gleichheit nicht Statt in Bezug auf das Licht, was in dem durch beide Oberflächen einer parallelflächigen Platte durchgegangenen Stral polariſirt iſt, und dem, welches in dem gleichzeitig an der erſten Oberfläche zurückgeworfenen Stral polariſirt iſt, und die von Arago in dieſem Bezuge angeführten Erfahrungen ſind irrig **).

---

tionsebenen der beiden Bündel, aus welchen nach (2) der unvollkommen polariſirte Stral beſtehend gedacht werden kann, mit der Einfallsebene bilden, ab, wenn der Unterſchied zwiſchen dem Einfallswinkel i und dem Brechungswinkel i' (wovon das Brechungsverhältniß abhängt) abnimmt. Die unvollkommene Polariſation nähert ſich aber angegebenermaßen der vollkommenen um ſo mehr, je kleiner dieſer Winkel φ iſt, d. h. je mehr ſich die Polariſationsebenen beider Bündel dem Parallelismus mit der Einfallsebene nähern.

*) Dieſer ſchon früher bekannte Satz ergiebt ſich leicht daraus, daß die Summe des Einfalls- und Brechungswinkels für das Polariſationsmaximum ſtets = 90°.

**) In der That würde dieſer Umſtand ſowohl den weiter anzuführenden

13) Wiewohl nach 10) ein natürlicher Stral ſelbſt durch eine noch ſo oft wiederholte Anzahl Brechungen keine abſolut vollſtändige Polariſation erfahren kann, ſo kann er doch durch wiederholte Brechungen ſich derſelben bis ins Unbeſtimmte nähern, ſo daß nach einer gewiſſen Anzahl Brechungen die Polariſation wenigſtens für die Wahrnehmung vollſtändig zu ſein ſcheinen wird. (Formel (6)).

14) Jede neue Brechung trägt dazu bei, den Verhältnißtheil ſenkrecht auf die Brechungsebene polariſirten Lichtes in dem Strale zu vermehren, unter welchem Winkel auch die neue Brechung geſchehen mag. Dieſer Verhältnißtheil nimmt aber um ſo raſcher zu, und die vollſtändige Polariſation wird um ſo eher für die Wahrnehmung erreicht, je näher die Incidenzen jedesmal an 90° ſind und je größer das Brechungsvermögen der Platten iſt.

15) Es giebt einen Einfallswinkel, bei welchem ein jeder Körper eben ſo viel Licht zurückwirſt als durchläßt oder abſorbirt. Dies iſt der, wo beim reflectirten und dadurch unvollſtändig polariſirten Lichte die Neigung der Polariſationsebenen gegen die Reflexionsebene (nach Brewſter's Vorſtellung) das Complement iſt zu der Neigung der Polariſationsebenen des gebrochenen Strales gegen dieſelbe Ebene.

16) Unter dem Polariſationswinkel wird bei allen Körpern ein Bruchtheil des einfallenden Lichtes zurückgeworfen, welcher dem halben Quadrat des Coſinus des doppelten Polariſationswinkels gleich iſt. (Die Formel in dieſem Bezuge iſt ſchon S. 92 gegeben).

17) Es kann ſich treffen, daß ein Körper bei einem Winkel, der nicht der der vollſtändigen Polariſation iſt, eine größere abſolute Quantität polariſirten Lichtes zurückwirft, als bei dem Winkel der vollſtändigen Polariſation; denn wiewohl im erſten Falle die ganze Menge des zurückgeworfenen Lichtes polariſirt iſt, ſo kann doch dieſe geringer ſein, als der polariſirte Bruchtheil des reichlichern Lichtes, welches bei anderen Einfallswinkeln zurückgeworfen wird. So werden vom Glas bei dem Polariſationswinkel 56° 45′ bloß 79,50 Stralen von 1000 auffallenden im Ganzen zurückgeworfen; dagegen bei 79° werden 359,27 Stralen zurückgeworfen, wovon 157,60 in der Einfallsebene polariſirt ſind. (Vgl. die Tabellen.)

18) Ein Stral, der durch eine einmalige Brechung an der erſten Oberfläche einer parallelflächigen Platte eine theilweiſe Polariſation erfahren hat, wird durch die nachfolgende Zurückwerfung von der zweiten Oberfläche wieder in den Zuſtand natürlichen Lichtes zurückgebracht, wenn $\cos^2 (i - i') = \cos (i + i')$, wo i den Einfalls-, i' den Brechungswinkel an der erſten Oberfläche bedeutet. Dies findet im Glaſe (deſſen Brechungsverhältniß 1,525) beim Einfallswinkel 82° 44′ Statt. Bei allen kleineren

---

Formeln widerſprechen, als auch hat Brewſter durch eine Analyſe des Arago'ſchen Verſuches und eigene Erfahrungen (Pogg. XIX. 520), worüber ich auf die Originalabhandlung verweiſe, die Untriftigkeit deſſelben erwieſen.

Werthen von i enthält das Bündel Licht, welches nach der Reflexionsebene polariſirt iſt; bei allen größeren Winkeln dagegen Licht, welches ſenkrecht gegen die Reflexionsebene polariſirt iſt, deſſen Menge bei 82° 44′ ihr Maximum erreicht und bei 90° zu ihrem Minimum zurückkehrt. (Formel (6) bis) *).

19) Natürliches Licht, welches durch die erſte Oberfläche einer parallelflächigen Platte zurückgekehrt iſt (ſo daß es zwei Brechungen mit einer intermediären Reflexion erlitten hat), enthält bei allen Einfallswinkeln, von 0° bis zum Winkel des Polariſationsmaximum, eine Portion Licht, die nach der Reflexionsebene polariſirt iſt. Oberhalb des Polariſationswinkels nimmt der nach der Reflexionsebene polariſirte Theil des Lichtbündels ab, bis $\cos(i + i') = \cos^3(i - i')$, wo er verſchwindet, und das geſammte Bündel den Character des gewöhnlichen Lichtes beſitzt, was im Glaſe bei 78°,7, beim Waſſer etwas über 80° der Fall iſt. Oberhalb des letztern Winkels enthält das Lichtbündel eine Portion Licht, die ſenkrecht gegen die Reflexionsebene polariſirt iſt, welche bis zu einem Maximum wächſt und dann bei 90° auf Null herabſinkt. (Formel (7)).

Tabellen über die Polariſation, für Glas berechnet **).

Brewſter hat nach den in den nächſten Artikeln folgenden Formeln (1), (5), (26) und der Formel (1) S. 94 folgende Umſtände für eine parallelflächige Platte von Tafelglas, deſſen Brechungsverhältniß = 1,525 iſt, für einfallendes natürliches Licht bei Abänderung des Einfallswinkels, berechnet:

1) welchen Winkel φ die Polariſationsebene jedes der beiden Bündel, aus denen der durch die Zurückwerfung unvollſtändig polariſirte Stral nach Brewſter's Vorſtellung (S. 233) beſteht, mit der Zurückwerfungsebene bildet (wo dann 2φ der Winkel der Polariſationsebenen beider Bündel unter einander iſt);

2) welchen Winkel φ_2 jedes der beiden Bündel, aus denen der durch beide Oberflächen der Platte hindurchgegangene, und durch die hiebei erfahrene zweimalige Brechung unvollſtändig polariſirte, Stral nach Brewſter's Vorſtellung beſteht, mit der Brechungsebene bildet;

3) welche Geſammtquantität Licht R unter den verſchiedenen Einfallswinkeln zurückgeworfen und welche durchgelaſſen wird;

4) welche Quantität in der Zurückwerfungsebene polariſirten Lichtes in dem zurückgeworfenen Strale enthalten iſt.

Die Quantität des einfallenden Lichtes iſt = 1000 Stralen geſetzt.

---

*) Dieſe Reſultate laſſen ſich bloß an einem Strale beobachten, der nach der Zurückwerfung von der zweiten Oberfläche ſenkrecht auf eine Fläche (die man deshalb an der Platte ſchief zuſchneidet, Figur 73.) austritt, damit er nicht hier eine zweite Brechung erfährt.

**) Pogg. XIX. 273, 293, 528.

Einfallswinkel i	Brechungswinkel i'	Neigung der Polariſationsebenen des zurückgeworfenen Strales φ	des zweimal gebrochenen Strales $φ_2$	Zurückgeworfene Lichtmenge R.	Durchgelaſſene Lichtmenge 1000 — R.	Im zurückgeworfenen Stral polariſirte Lichtmenge.
0° 0′	0° 0′	45° 0′	45° 0′	43,23	956,77	0,00
2 0	1 18⅓	44 57	45 0,7	43,26	956,74	0,07
10 0	6 32	43 51	45 3	43,39	956,61	1,73
20 0	12 58	40 13	45 13	43,41	956,59	7,22
25 0	16 5	37 21	45 21	43,64	956,36	11,60
30 0	19 8½	33 40	45 31	44,78	955,22	17,24
35 0	22 6	29 8	45 44	46,33	953,67	24,40
40 0	24 56	23 41	46 0	49,10	950,90	32,20
45 0	27 37½	17 22½	46 20	53,66	946,33	44,00
50 0	30 9	10 18	46 45	61,36	938,64	57,40
56 45	33 15	0 0	47 29	79,50	920,50	79,50
60 0	34 36	5 4½	47 54½	93,31	906,69	91,60
65 0	36 28	12 45	48 42	124,86	875,14	112,70
70 0	38 2	18 32	49 28	162,67	837,33	129,80
75 0	39 18	26 52	50 55	257,56	742,44	152,30
78 0	39 54	30 44	51 48	329,95	670,05	157,60
78 7	39 55	30 53	51 50	333,20	666,80	157,65
79 0	40 4	31 59	52 7	359,27	640,73	157,60
80 40	40 13	33 13	52 27⅓	391,70	608,30	156,70
82 4	40 35	36 22	53 26½	499,44	500,56	154,40
84 0	40 42	38 2	53 57	560,32	439,68	134,93
85 0	40 47	39 12	54 22	616,28	383,72	123,70
85 50⅔	40 50⅔	40 12	54 44	666,44	333,56	111,11
86 0	40 51	40 22,7	54 48	676,26	323,74	100,67
87 0	40 54	41 32	55 16	744,11	255,89	89,80
88 0	40 57⅓	41 43	55 48	819,90	180,10	65,90
89 0	40 58	43 51	56 14	904,81	95,19	36,30
90 0	40 58	45 0	56 29	1000,00	0,00	0,00

Brewſter hat ferner für eine parallelflächige Glasplatte (Fig. 72. und 73.), von gleicher Beſchaffenheit mit der vorigen, und einfallendes natürliches Licht Sa den Winkel berechnet, welchen die Polariſationsebenen der beiden Bündel, aus denen der durch Brechung unvollſtändig polariſirte Stral beſteht, mit der Brechungsebene machen:

1) nach einmaliger Brechung (in dem Theile aC, Fig. 72. oder 73.);

2) nach einmaliger Brechung und einmaliger Zurückwerfung (in dem Theile CR, Fig. 73.);

3) nach zweimaliger Brechung mit intermediärer Zurückwerfung (in dem Theile bR, Fig. 72.).

Einfallswinkel I in der erſten Oberfläche	Brechungswinkel I′ an der erſten Oberfläche und Einfallswinkel an der zweiten Oberfläche	Neigung der Polariſationsebenen gegen die Brechungsebene		
		in dem Theile aC Fig. 72 oder 73.	in dem Theile CR Fig. 73.	in dem Theile bR Fig. 72.
0° 0′	0° 0′	45° 0′	45° 0′	45° 0′
32 0	20 33	45 34	32 20	32 51
40 0	25 10	45 58	24 12	24 56
45 0	27 55	46 17	17 49	18 58
56 30	33 30	47 22	0 0	0 0
67 0	37 34	48 57	18 20	20 50
70 0	38 30	49 33	23 34	27 6
75 0	39 46	50 45	32 22	37 48
78 37	40 29	51 49	38 10	44 59
79 0	40 33	51 56	38 49	45 46
80 0	40 42	52 16	40 27	47 46
83 0	41 5	53 21	44 39	53 40
86 30	41 23	54 47	50 58	60 13
90 0	41 58	56 29	56 29	66 19

Geſetze, nach welchen eine zurückwerfende oder brechende durchſichtige Oberfläche von einfacher Brechung die Richtung der Polariſationsebene abändert *).

Wenn ein vollſtändig polariſirter Stral auf eine durchſichtige Oberfläche von einfachem Brechungsvermögen (Glas, Waſſer ꝛc.) auffällt, ſo wird er, im Fall die Richtung ſeiner Polariſationsebene mit der Richtung der Reflexionsebene zuſammenfällt, vollſtändig, und zwar in derſelben Ebene, polariſirt bleiben, unter welchem Winkel auch die Incidenz geſchehen mag. Im Fall dagegen die Richtung ſeiner urſprünglichen Polariſation einen Winkel mit der Reflexionsebene bildet, ſo wird die Polariſationsebene ſich um einen gewiſſen Winkel nach der Reflexionsebene zu drehen, und zwar wird, im Fall die Incidenz unter dem Winkel des Polariſationsmaximum geſchieht, die Polariſationsebene bis in die Zurückwerfungsebene gedreht werden und, wenn dieſe ſelbſt gedreht wird, ihr ſtets folgen; im Fall dagegen die Incidenz unter anderen Winkeln als denen des Polariſationsmaximum geſchieht, wird ſich die neue Richtung der Polariſations-

---

*) Das Nachfolgende gilt auch für die Zurückwerfung von der zweiten Oberfläche durchſichtiger Körper, doch nur, ſo lange der Einfallswinkel kleiner als der der totalen Zurückwerfung iſt; überſchreitet aber der Einfallswinkel die erſte Gränze totaler Reflexion, ſo treten andere Erfolge ein, die in einem ſpätern Artikel aus einander geſetzt werden ſollen.

ebene bloß der der Reflexionsebene mehr oder weniger nähern, je nachdem die Incidenz dem Polariſationswinkel mehr oder weniger nahe kommt. Die Drehung wird auch um ſo mehr betragen, je kleiner das Brechungsvermögen der Subſtanz iſt.

Durch fortgeſetzte Reflexionen unter demſelben Winkel oder auch verſchiedenen Winkeln vermag die Polariſationsebene eines Strales der Zurückwerfungsebene immer mehr genähert zu werden, ſo daß ſie nach einer gewiſſen Anzahl Zurückwerfungen für die Wahrnehmung wirklich mit derſelben zuſammenfällt, wiewohl ſtreng genommen, dies durch keine endliche Anzahl Zurückwerfungen genau erreichbar iſt, außer in dem Falle, wo eine der verſchiedenen Zurückwerfungen unter dem Polariſationswinkel erfolgt, da ſchon eine einzige Zurückwerfung unter dieſem Winkel hinreicht, die Polariſationsebene genau in die Zurückwerfungsebene zu drehen, woraus ſie dann durch Zurückwerfungen in derſelben Ebene unter anderen Einfallswinkeln nicht wieder abgelenkt zu werden vermag.

Wenn ein vollſtändig polariſirter Stral durch die erſte Oberfläche eines durchſichtigen Körpers hindurchgeht, oder wenn er durch beide Oberflächen einer parallelflächigen Platte oder auch beliebig viele parallele Platten hindurchgeht, ſo wird er in dem Falle, daß die Richtung ſeiner Polariſationsebene mit der Richtung der Brechungsebene zuſammenfällt, vollſtändig, und zwar in derſelben Ebene polariſirt bleiben, unter welchem Winkel auch die Incidenz an der erſten Oberfläche geſchehen ſein mag. Im Fall dagegen die Richtung ſeiner urſprünglichen Polariſation einen Winkel mit der Brechungsebene bildet, ſo wird die Polariſationsebene ſich um einen gewiſſen Winkel von der Brechungsebene ab, alſo nach entgegengeſetzter Richtung als die des gleichzeitig zurückgeworfenen Strales drehen. Dieſe Drehung wird um ſo größer ſein, je größer der Einfallswinkel an der erſten Oberfläche, je größer die Zahl der parallelen Oberflächen, je größer das Brechungsvermögen der Platten (oder der Platte) iſt; unter keinem Einfallswinkel aber, ſelbſt nicht bei 90°, wird eine einzige Oberfläche hinreichen, die Polariſationsebene bis in die ſenkrechte Lage gegen die Brechungsebene zu drehen, außer bei 90°, im Fall der Vorausſetzung eines unendlichen Brechungsvermögens.

Durch wiederholte Brechungen mittelſt paralleler oder auch nicht paralleler Platten vermag die Polariſationsebene eines Strales, wie ſie auch anfangs gegen die Brechungsebene geſtellt geweſen ſein mag, der darauf ſenkrechten Lage ins Unbeſtimmte immer näher gebracht zu werden, ſo daß ſie zuletzt wirklich merklich, d. i. für die Wahrnehmung, mit ihr zuſammenfällt.

Wir werden nachher die Formeln mittheilen, welche die Drehung der Polariſationsebene aus der Neigung der Polariſation gegen die Einfallsebene und dem Einfallswinkel, ſowohl für den zurückgeworfenen als den gebrochenen Stral, genau berechnen laſſen. (Formeln (8) bis (17)).

Über den Begriff der unvollſtändigen Polariſation, von Brewſter*).

Einen Stral *natürlichen* Lichtes, der auf einen zurückwerfenden Körper fällt, kann man bekanntlich als einen ſolchen betrachten, der gleiche Quantitäten rechtwinklich auf einander polariſirten Lichtes enthält, und man gelangt zu demſelben Reſultate, mag man nun die Polariſation aller Theilchen bloß als nach zwei *beſtimmten*, auf einander rechtwinklichen, Richtungen Statt findend annehmen, oder in gleichem Verhältniſſe nach allen beliebigen auf einander ſenkrechten Richtungen. Ein Stral *vollkommen polariſirten* Lichtes andererſeits iſt ein ſolcher, bei welchem die Polariſationsebenen aller Theilchen einander *parallel* ſind, und zwar, wie bekannt, wenn ein Stral durch Zurückwerfung unter dem vollſtändigen Polariſationswinkel polariſirt worden iſt, ſo ſind die Polariſationsebenen ſämmtlicher Lichttheilchen der Zurückwerfungsebene parallel.

Fällt ein Stral *erſter* Art ſenkrecht auf ein Rhomboid von isländiſchem Spath, ſo theilt er ſich in zwei Bündel von *gleicher* Intenſität, ein Stral *zweiter* Art dagegen theilt ſich hiebei im Allgemeinen in zwei Bündel *ungleicher* Intenſität, indem die Quantität Licht, die als gewöhnliches Bündel erſcheint, dem Quadrat des Coſinus des Winkels proportional iſt, den der Hauptſchnitt des Rhomboides mit der Polariſationsebene bildet.

Wird ein natürlicher Stral unter einem Winkel, der größer oder kleiner als der vollſtändige Polariſationswinkel iſt, von einem Körper zurückgeworfen, ſo erhält er dadurch eine Modification, die ihn der vollſtändigen Polariſation in der Zurückwerfungsebene nähert, wie ſich theils dadurch zu erkennen giebt, daß wiederholte Reflexionen oder Brechungen unter *demſelben* Winkel zuletzt ihn wirklich merklich vollſtändig polariſiren, theils dadurch, daß der unvollſtändig polariſirte Stral bei ſenkrechtem Einfalle auf ein Rhomboid isländiſchen Spathes ſich im Allgemeinen in zwei Bündel ungleicher Intenſität theilt.

Gewöhnlich nun betrachtet man einen ſolchen *unvollſtändig polariſirten Stral* als zuſammengeſetzt aus zwei Antheilen Lichtes, einem vollſtändig in der Zurückwerfungsebene polariſirten, und einem natürlichen Antheile, welcher letztere ſich jedoch angegebenermaßen wieder in zwei rechtwinklich auf einander polariſirte Antheile zerlegen läßt, und analyſirt man mithin einen ſolchen Stral mittelſt eines Rhomboides aus isländiſchem Spath, deſſen Hauptſchnitt der Zurückwerfungsebene parallel iſt, ſo wird der gewöhnliche Stral den ganzen Antheil des vollſtändig polariſirten Lichtes und die Hälfte des natürlichen Lichtes enthalten, der ungewöhnliche Stral bloß die andere Hälfte des natürlichen Lichtes. Jedenfalls kann man daher unter *Quantität des polariſirten Lichtes* in einem unvollſtändig polariſirten Stral den Lichtüberſchuß verſtehen, den unter dieſen Umſtänden der gewöhnliche Stral über den ungewöhnlichen beſitzt.

---

*) Pogg. XIX. 250, 262.

Man kann jedoch auch für die Beſchaffenheit der unvollkommenen Polariſation noch eine andere Anſicht zu Grunde legen, welche mit der vorigen weſentlich zu gleichen Ergebniſſen führt. Dieſe Anſicht, welche Brewſter aufgeſtellt hat, iſt folgende:

Während ein natürlicher Stral aus zwei gleichen Antheilen rechtwinklich auf einander polariſirten Lichtes beſteht, ein vollſtändig polariſirter aber aus Lichttheilchen, deren Polariſationsebenen ſämmtlich parallel ſind, beſteht ein durch Zurückwerfung unvollkommen polariſirter Stral aus zwei gleichen Antheilen Licht, deren Polariſationsebenen einen gewiſſen ſchiefen Winkel mit einander bilden, und zu beiden Seiten gleich geneigt gegen die Zurückwerfungsebene ſind *), und die unvollkommene Polariſation wird ſich der vollkommenen um ſo mehr nähern, je mehr dieſer ſchiefe Winkel verſchwindet oder die Polariſationsebenen aller Theilchen dem Parallelismus unter ſich und mit der Zurückwerfungsebene nahe kommen.

Es würde mir nutzlos ſcheinen, Streitigkeiten darüber führen zu wollen, ob die erſte, von Fresnel, Arago u. a. befolgte, Vorſtellung oder die letzte von Brewſter befolgte richtiger ſei. Unſtreitig ſind ſie beide gleich richtig, d. h. ſie ſind beide nur verſchiedene Arten oder Formen, eine und dieſelbe Erſcheinung Behufs leichterer Repräſentation ſich zerlegt zu denken, und man wird daher von beiden, definitiv nur als mathematiſche Fictionen anzuſehenden, Vorſtellungen diejenige wählen können, die man für ſich ſelbſt am bequemſten hält, vorausgeſetzt natürlich, daß wirklich eine auf dieſelben Ergebniſſe führt als die andere. Daß dies nun bei der Brewſter'ſchen Vorſtellung wirklich der Fall iſt, hat Brewſter auf dem Erfahrungswege dadurch dargethan, daß er den Einfluß, den die Zurückwerfung unter Winkeln unvollſtändiger Polariſation auf Änderung des Winkels rechtwinklich gegen einander geneigter Polariſationsebenen (wie ſie in einem natürlichen Strale vereinigt angenommen werden) hat, an zwei rechtwinklich auf einander polariſirten getrennten Bündeln nachwies. Es zeigte ſich, als er zwei ſolche (durch doppelte Brechung getrennte) Bündel unter Winkeln unvollkommener Polariſation von einer Glasplatte zurückwerfen ließ und die zurückgeworfenen Stralen mittelſt eines Rhomboides von isländiſchem Spath auf die Richtung ihrer Polariſationsebenen prüfte, daß die Polariſationsebenen beider Bündel ſich je nach der Größe des Zurückwerfungswinkels unter verſchiedene Winkel gegen einander ſtellten, und zwar unter um ſo kleinere, oder daß ſie dem Parallelismus unter ſich und mit der Zurückwerfungsebene um ſo näher kamen, je näher der Einfallswinkel auf dem Glaſe dem der vollſtändigen Polariſation kam **).

---

*) So daß dieſe ihren ſchiefen Winkel mitten durchtheilt.

**) Was im Grunde ſchon aus den Fresnel'ſchen Formeln über die Drehung der Polariſationsebene beim Einfall unter verſchiedenen Winkeln, oder den im vorigen Artikel gegebenen Erörterungen von ſelbſt folgt. F.

tes in einem unvollkommen polariſirten Strale zu ſprechen, wofern man nur hierunter die Antheile verſteht, die als ſolche bei Analyſe durch den isländiſchen Spath erſcheinen, nicht aber zugleich annimmt, daß ſie ſchon vor der Analyſe ſich als ſolche im Strale befinden. Der Brewſter'ſchen Vorſtellung angemeſſener aber wird es ſein, den Grad der Annäherung an die vollſtändige Polariſation durch die Kleinheit des Winkels zu beſtimmen, welchen die beiden partiellen Bündel des Strales noch mit der Einfallsebene (im zurückgeworfenen Strale) oder der darauf ſenkrechten Richtung (im gebrochenen Strale) machen.

Formeln zur Beſtimmung des Winkels, welchen die beiden partiellen Bündel eines unvollſtändig polariſirten Strales nach Brewſter's Vorſtellung mit der Einfallsebene machen.

Wenn man den Einfallswinkel i des natürlichen Strales auf die erſte Oberfläche eines durchſichtigen Körpers von bekanntem Brechungsvermögen kennt, ſo kann man mittelſt nachſtehender Formeln den Neigungswinkel (oder, wie ſich die Franzoſen auszudrücken pflegen, das Azimuth) φ beſtimmen, den die Polariſationsebene jedes der beiden partiellen Bündel, woraus der zurückgeworfene unvollſtändig polariſirte Stral nach Brewſter's Vorſtellung beſteht, mit der Einfallsebene bildet. Derſelbe wird nämlich, wenn bloß eine einmalige Zurückwerfung unter dem Winkel i Statt fand, durch folgende Gleichung gegeben:

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{\cos(i + i')}{\cos(i - i')} \qquad (1)$$

worin i′ der Brechungswinkel iſt; wenn dagegen n ſucceſſive Zurückwerfungen unter demſelben Winkel i Statt finden, ſo wird die Tangente des Neigungswinkels φ_n, den die Polariſationsebene jedes jener Bündel nach der nten Zurückwerfung mit der Reflexionsebene noch bildet, durch die Gleichung

$$\operatorname{tang}\varphi_n = \frac{\cos^n(i + i')}{\cos^n(i - i')} \qquad (2)$$

$$= \operatorname{tang}^n \varphi_1 \qquad (2\ \text{bis})$$

gegeben, wo φ_1 der Neigungswinkel nach der erſten Zurückwerfung iſt.

Endlich findet man tang φ_n, wenn die n ſucceſſiven Zurückwerfungen, ſtatt unter demſelben Winkel i vielmehr unter den ſucceſſiven Winkeln i, i_1, i_2 .... geſchehen, welchen die Brechungswinkel i', i'_1, i'_2 zugehören, durch folgende Formel:

$$\operatorname{tang}\varphi_n = \frac{\cos(i + i')\cos(i_1 + i'_1)\cos(i_2 + i'_2)\ldots}{\cos(i - i')\cos(i_1 - i'_1)\cos(i_2 - i'_2)\ldots} \qquad (3)$$

Dieſe Formeln ſind nur Folgerungen aus ſpäter anzuführenden allgemeinern Formeln, die von Fresnel theoretiſch hergeleitet und von Brewſter durch Verſuche bewährt worden ſind.

Um den Winkel φ, φ_2 oder φ_n zu beſtimmen, unter dem die Polariſationsebene jedes der beiden Bündel eines durch einmalige, zweimalige oder nmalige Brechung unvollſtändig polariſirten Strales gegen die Brechungsebene geſtellt iſt, gelten ſowohl nach Brewſter's Erfahrungen*) (Pogg. XIX. 285), als Fresnel's theoretiſchen Erörterungen (Pogg. XXII. 103) folgende Formeln:

a) nach einmaliger Brechung durch die erſte Oberfläche eines durchſichtigen Körpers, unter dem Einfallswinkel i und Brechungswinkel i'

$$\cot \varphi = \cos (i - i') \tag{4}$$

oder, was bloß eine Transformation dieſer Formel iſt:

$$\tan \varphi = \frac{2 \sin (i + i')}{\sin 2i + \sin 2i'} \tag{4 bis}$$

Das erſte iſt die Brewſter'ſche, das letzte die Fresnel'ſche Form. Die nachſtehenden Formeln, worin wir bei der Brewſter'ſchen Form ſtehen bleiben werden, ſind aus (4), (4 bis) und (1) blos abgeleitet.

b) Nach zweimaliger Brechung, vermöge Durchganges durch die beiden Oberflächen einer parallelflächigen Platte, wenn der Einfalls- und Brechungswinkel an der erſten Oberfläche reſpectiv i und i' ſind

$$\cot \varphi_2 = \cos^2 (i - i') \tag{5}$$

c) Nach nmaliger Brechung vermöge Durchganges durch n parallele Oberflächen, wenn der Einfalls- und Brechungswinkel an der erſten Oberfläche reſpectiv i und i' ſind

$$\cot \varphi_n = \cos^n (i - i') \tag{6}$$

d) Nach einmaliger Brechung durch die erſte Oberfläche und einmaliger Zurückwerfung durch die zweite Oberfläche einer parallelflächigen Platte.

$$\cot \varphi = \frac{\cos (i + i')}{\cos^2 (i - i')} \tag{6 bis}$$

e) Nach zweimaliger Brechung durch die erſte Oberfläche mit dazwiſchenfallender Zurückwerfung durch die zweite Oberfläche einer parallelflächigen Platte.

$$\cot \varphi_2 = \frac{\cos^3 (i - i')}{\cos (i + i')} \tag{7}$$

Für Formel (5), mit deren Erweis zugleich die Beſtätigung der übrigen, in unmittelbarem Zuſammenhange damit ſtehenden, für die Brechung geltenden Formeln ſich als gegeben anſehen läßt, hat Brewſter die unter Beleg 3) enthaltene Verſuchsreihe mitgetheilt, ſo wie auch mehrere der unter Beleg 2) enthaltenen Verſuche dieſen Formeln zur Erläuterung dienen können.

---

*) Brewſter ſcheint die nachfolgenden Formeln bloß empiriſch abgeleitet zu haben. Durch gehörige Transformation findet man aber, daß ſie mit den, aus den Fresnel'ſchen theoretiſchen Erörterungen hervorgehenden, übereinſtimmen. Man hat nämlich nur zu berückſichtigen, daß

$$\sin 2i + \sin 2i' = 2 \sin (i + i') \cos (i - i').$$

P.

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01560/013

Formeln *) für den Ausdruck der Geſetze, nach welchen eine zurückwerfende oder brechende durchſichtige Oberfläche die Richtung der Polariſationsebene eines polariſirten Strales abändert **).

Kennt man den Einfallswinkel i, unter welchem ein vollſtändig polariſirter Stral auf die erſte Oberfläche eines durchſichtigen zurückwerfenden Körpers auffällt, und den zugehörigen Brechungswinkel i', der bei Kenntniß des Brechungsverhältniſſes des Körpers mit i zugleich gegeben iſt, kennt man ferner das Azimuth oder den Winkel a, um welchen die Ebene der urſprünglichen Polariſation von der Reflexionsebene abweicht, ſo kann man mittelſt nachſtehender Formeln den Winkel φ beſtimmen, um welchen die Polariſationsebene des Strales nach einmaliger Reflexion noch von der Reflexionsebene abweicht, ſo wie auch den Winkel φ_n, um welchen ſie dann abweicht, wenn die Reflexion ſich unter demſelben Winkel oder auch verſchiedenen Winkeln i an mehreren Platten derſelben Subſtanz $n$mal wiederholt. Der Unterſchied $a - \varphi$ oder $a - \varphi_n$ giebt dann die Drehung der Polariſationsebene an.

Auch die durch Brechung hervorgebrachte Drehung der Polariſationsebenen läßt ſich mittelſt anzuführender Formeln aus der Kenntniß des Einfalls- und Brechungswinkels und dem urſprünglichen Azimuth der Polariſationsebene des einfallenden Strales gegen die Einfalls- oder Brechungsebene berechnen.

Man möge in den folgenden Formeln Acht haben, daß, wenn der Einfallswinkel i der der vollſtändigen Polariſation iſt, dann nach dem bekannten Geſetze der Brechungswinkel i' das Complement dazu, mithin $i + i' = 90°$, $\cos(i + i') = 0$ iſt; ferner daß für $a = 45°$ ſowohl $\tang a$ als $\cot a = 1$ iſt.

1) **Werth des Azimuth φ nach einmaliger Reflexion unter dem Einfallswinkel i und Brechungswinkel i'.**

$$\tang \varphi = \frac{\cos(i + i')}{\cos(i - i')} \tang a \qquad (8)$$

Dieſe Formel wurde von Arago durch 10 Verſuche mit verſchiedenen Einfallswinkeln beim Glaſe und durch 4 beim Waſſer beſtätigt ***) (Pogg.

---

*) Dieſe Formeln für Reflexion gelten unbeſchränkt für die erſte Oberfläche durchſichtiger einfach brechender Körper, für die zweite Oberfläche aber bloß ſo lange, als der innere Einfallswinkel nicht die erſte Gränze der totalen Reflexion überſchreitet. Übrigens verſteht es ſich von ſelbſt, daß um die Modificationen, welche die innere Reflexion hervorbringt, rein für ſich zu erhalten, dabei der Stral ſenkrecht durch eine Oberfläche ein- und auch ſenkrecht wieder austreten muß, damit die Brechung keine Complication hinein bringt.

**) Vgl. Fresnel in Pogg. XXII., Brewſter in Pogg. XIX. [illegible], [illegible].

***) Brewſter (Pogg. XXI. 223) hat gefunden, daß ſie ſelbſt für die Reflexion von Metallen gilt, ſo lange der Einfallswinkel größer oder kleiner als die Winkel iſt, bei denen die elliptiſche Polariſation, von der ſpäter die Rede ſein wird, bemerklich iſt.

XXII. 88), doch ſind ſeine Verſuche nur für den Fall angeſtellt, daß $a = 45°$, wo alſo tang a aus der Formel verſchwindet. **Brewſter**[*]) aber hat neuerdings dies Geſetz nicht nur bei $a = 45°$ durch mehr erweiterte Verſuche von Neuem für Glas und Diamant bei den verſchiedenſten Einfallswinkeln beſtätigt, ſondern auch a ſelbſt bei Quarz von 0 bis 90° abgeändert, und das Geſetz richtig befunden, ſo daß es ſich als allgemein erwieſen betrachten läßt. (Vgl. Beleg 4)[**]).

2) **Werth des Azimuth φ_n nach nmal wiederholter Zurückwerfung unter dem conſtanten Einfallswinkel i.**

$$\tang \varphi_n = \frac{\cos^n (i + i')}{\cos^n (i - i')} \tang a \qquad (9)$$

3) **Werth von φ_n, wenn mehrere ſucceſſive Zurückwerfungen unter ungleichen Einfallswinkeln $i, i_1, i_2 \ldots$ geſchehen, welchen reſpectiv die Brechungswinkel $i', i'_1, i'_2 \ldots$ entſprechen.**

$$\tang \varphi_n = \frac{\cos (i + i') \cos (i_1 + i'_1) \cos (i_2 + i'_2) \ldots}{\cos (i - i') \cos (i_1 - i'_1) \cos (i_2 - i'_2) \ldots} \tang a \qquad (10)$$

Die Formeln (9) und (10) laſſen ſich ohne Schwierigkeit aus Formel (8) ableiten.

4) **Werth des Azimuth φ[***]) nach einmaliger Brechung durch die erſte Oberfläche.**

$$\cot \varphi = \cot a \cos (i - i') \qquad (11)$$

oder

$$\tang \varphi = \frac{\tang a}{\cos (i - i')} \qquad (11 \text{ bis})$$

oder

$$\tang \varphi = 2 \tang a \frac{\sin (i + i')}{\sin 2i + \sin 2i'} \qquad (12)$$

welches dreies bloß Transformationen derſelben Formel ſind (Pogg. XIX. 285; XXII. 103).

5) **Werth des Azimuth φ_2 nach zweimaliger Brechung vermöge Durchganges durch beide Oberflächen einer parallelflächigen Platte:**

$$\cot \varphi_2 = \cot a \cos^2 (i - i') \dagger) \qquad (13)$$

---

[*]) Pogg. XIX. 285.

[**]) Es verdient Bemerkung, daß Quarz ein doppeltbrechender Körper iſt. **Fresnel's** Formeln ſind zunächſt bloß für einfach brechende Körper abgeleitet. Es ſchiene alſo nach **Brewſter's** Verſuchen, daß dieſen Formeln eine noch allgemeinere Gültigkeit zukommt. Der Einfall bei Quarz geſchahe auf einer natürlichen Säulenfläche bei 15°.

[***]) Immer gegen die Einfallsebene gerechnet.

[†]) In Pogg. XIX. 286 ſind mehrere der hier angeführten Formeln falſch angegeben.

F.

6) Werth des Azimuth φ_n nach Hindurchgang des Strales durch n parallele Oberflächen eines gleichbeſchaffenen Mittels.

$$\cot \varphi_n = \cot a \cos^n (i - i') \qquad (14)$$

7) Werth des Azimuth φ_n nach Hindurchgang des Strales durch n nicht parallele Oberflächen eines gleichbeſchaffenen Mittels.

Es ſeien die ſucceſſiven Einfallswinkel auf den ſich folgenden Oberflächen $i, i_1, i_2 \ldots$ und die ſucceſſiven Brechungswinkel $i', i'_1, i'_2 \ldots$, ſo hat man

$$\cot \varphi_n = \cot a \cos (i - i') \cos (i_1 - i'_1) \cos (i_2 - i'_2) \qquad (14 \text{ bis})$$

Brewſter hat die Formel (13) theils durch die, unter Beleg 3) mitzutheilende Verſuchsreihe bewährt, in welcher, bei conſtantem $a = 45°$, i abgeändert wurde, theils durch die, unter Beleg 5) mitzutheilende, Verſuchsreihe, wo bei conſtantem $i = 80°$ ſucceſſiv a von 0° bis 90° abgeändert wurde. Sie ſelbſt, ſo wie die Formeln (14) und (14 bis), ſind einfache Folgerungen aus Formel (11).

8) Werth des Azimuth φ' oder φ'' bei Combination von Brechung mit Zurückwerfung in einer parallelflächigen Platte.

Wenn wir eine parallelflächige durchſichtige Platte MPQN Fig. 72. haben, auf welche der, in dem Azimuth a gegen die Einfallsebene polariſirte, Stral unter der Incidenz i einfällt, und es heißt:

φ das Azimuth der Polariſationsebene des Strales gegen die Einfallsebene nach einmaliger Brechung in a, mithin in dem Theile aC des Strales

φ' das Azimuth nach einmaliger Brechung in a und einmaliger Zurückwerfung in C, mithin in dem Theile Cb des Strales

φ'' das Azimuth nach zwei Brechungen in a und b, mit intermediärer Zurückwerfung in C, mithin in dem Theile bR des Strales, ſo haben wir (Pogg. XIX. 522):

$$\cot \varphi = \cot a \cos (i - i') \qquad (15)$$

$$\tan \varphi' = \tan a \frac{\cos (i + i')}{\cos^2 (i - i')} \qquad (16)$$

$$\cot \varphi'' = \cot a \frac{\cos^3 (i - i')}{\cos (i + i')} \qquad (17)$$

Dieſe Formeln ſind bloß eine Folgerung der früher angeführten Formeln.

Hat man eine Platte, welche bei MN ſchief abgeſchnitten iſt (Figur 73.), und läßt man den Stral SA ſo einfallen, daß er ſenkrecht auf MN wieder austritt, mithin die zweite Brechung wegfällt, ſo gilt die Formel (16) für die Polariſationsebene des austretenden Strales bR; dagegen, wenn, wie in der vorigen Figur, der Stral wieder durch die erſte Oberfläche austritt, mithin die Lage ſeiner Polariſationsebene noch durch die zweite

Brechung verändert wird, die Formel (17) für den austretenden Stral bR gilt.

Formeln für die Quantität Licht, welche in einem beliebigen zurückgeworfenen oder gebrochenen Strale nach der Zurückwerfungsebene oder ſenkrecht auf die Brechungsebene polariſirt iſt *).

1) Für Licht, welches von der erſten Oberfläche eines durchſichtigen Körpers zurückgeworfen wird **). Sei der einfallende Stral ſchon nach irgend einer Richtung vollſtändig polariſirt, oder ſei er unvollſtändig polariſirt, oder in natürlichem Zuſtande, ſo wird doch die Quantität Licht, welche ſich nach ſeiner Zurückwerfung in der Zurückwerfungsebene polariſirt findet, in dem S. 241 angegebenen Sinne genommen, durch folgende Formel ausgedrückt werden können. In dieſer Formel iſt die Quantität des reflectirten Lichtes = 1 geſetzt, Q der Bruchtheil des reflectirten Lichtes, der in der Zurückwerfungsebene polariſirt iſt, i der Einfallswinkel, i′ der Brechungswinkel, a der Winkel, welchen die urſprüngliche Polariſationsebene mit der Zurückwerfungsebene bildet. Dieſer Winkel wird bei natürlichem Lichte = 45° geſetzt ***), was (für dies Licht) tang a = 1 giebt, bei unvollſtändig polariſirtem Lichte iſt er der Hälfte des Winkels gleich, den die Polariſationsebenen der beiden Bündel, die den Stral ausmachen, nach Brewſter's Anſicht einſchließen.

$$Q = 1 - 2 \left\{ \frac{\left[\operatorname{tang} a \dfrac{\cos(i + i')}{\cos(i - i')}\right]^2}{1 + \left[\operatorname{tang} a \dfrac{\cos(i + i')}{\cos(i - i')}\right]^2} \right\} \qquad (18)$$

$$= 1 - 2 \frac{\operatorname{tang}^2 a \,.\, \cos^2(i + i')}{\cos^2(i - i') + \operatorname{tang}^2 a \,.\, \cos^2(i + i')} \qquad (19)$$

$$= \frac{\cos^2(i - i') - \operatorname{tang}^2 a \,.\, \cos^2(i + i')}{\cos^2(i - i') + \operatorname{tang}^2 a \,.\, \cos^2(i + i')} \qquad (20)$$

Für natürliches Licht iſt:

$$Q = 1 - 2 \frac{\cos^2(i + i')}{\cos^2(i - i') + \cos^2(i + i')} \qquad (21)$$

$$= \frac{\cos^2(i - i') - \cos^2(i + i')}{\cos^2(i - i') + \cos^2(i + i')} \qquad (22)$$

---

*) Brewſter in Pogg. XIX. 259.

**) Die nachfolgenden Formeln gelten indeß auch für die zweite Oberfläche durchſichtiger Körper, vorausgeſetzt, daß der Stral beim Ein- oder Austritt in den Körper ſenkrecht auf deſſen Oberfläche iſt, und der innere Einfallswinkel kleiner als die erſte Gränze totaler Zurückwerfung.

***) Inſofern ſich nämlich das natürliche Licht, als aus zwei rechtwinklich auf einander polariſirten gleichen Lichtpartieen beſtehend, anſehen läßt, deren Polariſationsebenen um 45° zu beiden Seiten gegen die Reflexionsebene geneigt ſind.

Dieſe Formeln ſind nur Folgerungen aus den ſchon früher über die Polariſation angeführten Formeln *).

Will man die Quantität des in der Zurückwerfungsebene polariſirten Lichtes als Function, nicht des zurückgeworfenen, ſondern des einfallenden Lichtes haben, und nennt man Q' dieſe Quantität, während die des einfallenden Lichtes = 1 iſt, ſo findet man durch Combination von Formel (12) S. 97 mit den vorigen Formeln:

$$Q' = \left[\frac{\sin^2(i-i')}{\sin^2(i+i')}\cos^2 a + \frac{\tang^2(i-i')}{\tang^2(i+i')}\sin^2 a\right] \times \\ \left[\frac{\cos^2(i-i') - \tang^2 a \,.\, \cos^2(i+i')}{\cos^2(i-i') + \tang^2 a \,.\, \cos^2(i+i')}\right] \qquad (23)$$

worin für natürliches Licht zu ſetzen iſt:

$$\sin^2 a = \cos^2 a = \tfrac{1}{2};\ \tang a = 1$$

Verlangt man zu wiſſen, welche Quantität Q in der Einfallsebene polariſirt iſt, wenn natürliches Licht n ſucceſſive Zurückwerfungen ſtets unter demſelben Winkel i von den erſten Oberflächen von Platten derſelben Subſtanz erfahren hat, ſo findet man, durch Combination der verſchiedenen Formeln mit Formel (9) S. 247, folgende Formel, wo die Quantität des zum ntenmale zurückgeworfenen Lichtes = 1 geſetzt iſt:

$$Q = 1 - 2\,\frac{\cos^{2n}(i+i')}{\cos^{2n}(i-i') + \cos^{2n}(i+i')} \qquad (24)$$

$$= \frac{\cos^{2n}(i-i') - \cos^{2n}(i+i')^{**)}}{\cos^{2n}(i-i') + \cos^{2n}(i+i')} \qquad (25)$$

Wenn die ſucceſſiven Zurückwerfungen unter ungleichen Winkeln i, i_1, i_2…. geſchehen, und die letzte Zurückwerfung unter dem Winkel J (und Brechungswinkel J'), ſo findet man Q, indem man in Formel (18) oder (19) S. 249 für i und i' reſpectiv ſubſtituirt J und J', für tang a aber den Werth ***)

$$\frac{\cos(i+i')\cos(i_1+i'_1)\cos(i_2+i'_2)\ldots}{\cos(i-i')\cos(i_1-i'_1)\cos(i_2-i'_2)\ldots}$$

Will man die Quantität Licht Q, welche vollſtändig in der Einfallsebene polariſirt erſcheint, wenn man einen zuerſt im natürlichen Zuſtande einfallenden Stral nach einmaliger oder nmaliger Zurückwerfung unter beliebigen Winkeln durch einen isländiſchen Spath zerlegt, als Function des Winkels φ oder φ_n beſtimmen, den die Polariſationsebene jedes der beiden Bündel, aus denen man ſich den zurückgeworfenen (und dadurch unvollſtändig polariſirten) Stral nach Brewſter's Vorſtellung (S. 242) beſtehend denken kann, mit der Einfallsebene bildet, ſo hat man hierfür folgende Formel, wo die Quantität des einfallenden Lichtes = 1 geſetzt iſt:

---

*) Vgl. Pogg. XIX. 230; ſtatt eines + muß daſelbſt in der obigen Formel ein — ſtehen.

**) Die Formeln (20), (21), (22), (24) und (25) finden ſich nicht in den Originalabhandlungen Brewſter's, laſſen ſich aber auf einfache Weiſe aus den dort gegebenen Formeln folgern.

***) Der letzte Einfallswinkel J und Brechungswinkel J' gehen nicht in dieſen Werth von tang a ein.

$$Q = 1 - 2 \sin^2 \varphi \qquad (26)$$

oder

$$Q = 1 - 2 \sin^2 \varphi_n. \qquad (27)$$

Man ſieht leicht, daß es zur Beſtimmung der durch einmalige oder mehrmalige Zurückwerfungen in der Einfallsebene polariſirten Lichtmenge genügt, erſt den Winkel φ oder φ_n nach den S. 244 gegebenen Formeln zu berechnen, und dann Q nach den vorſtehenden Formeln daraus abzuleiten.

Arago*) hat aus einigen Verſuchen geſchloſſen, daß bei gleichen Winkelabſtänden (zu beiden Seiten) vom Winkel der vollſtändigen Polariſation gleiche Lichtmengen in einem natürlichen Strale durch Zurückwerfung polariſirt würden. So wurden beim Glaſe 82° 48′ und 24° 18′ als Winkel gefunden, bei denen gleiche Lichtmengen polariſirt wurden; es weicht aber das Mittel von 82° 48′ und 24° 18′, nämlich 53° 33′, nicht ſehr vom Winkel des Polariſationsmaximum ab; indeß würde dieſer Umſtand der Formel (21) zuwider ſein. Auch hat Brewſter (Pogg. XIX. 274) durch Verſuche nachgewieſen, daß die Arago'ſche Regel nicht genau iſt. So maß er beim Waſſer den Winkel, bei welchem genau eben ſo viel Licht, als beim Winkel 86° 31′ polariſirt wird, und fand ihn = 15° 10′. Es iſt aber das Mittel aus beiden 50° 50′ anſtatt 53° 11′, welches der Winkel des Polariſationsmaximum auf Waſſer iſt.

Aus den Formeln (24) und (25) erhellt, daß eine vollſtändige Polariſation, d. h. wo Q = 1, durch keine Anzahl ſucceſſiver Zurückwerfungen eines urſprünglich natürlichen Strales zu Stande kommen kann, mögen ſie unter gleichen oder beliebigen ungleichen Winkeln geſchehen, es ſei denn, daß darunter ein Einfallswinkel, der dem des Polariſationsmaximum gleich iſt, vorkäme, weil in dieſem Falle $\cos (i + i') = 0$, wohl aber wird durch ſucceſſive Zurückwerfungen immer unter demſelben Winkel der Stral ſich der vollſtändigen Polariſation immer mehr nähern, da der Werth des mit 2 multiplicirten Gliedes in Formel (24) S. 250 mit Zunahme von n immer mehr abnimmt, und dieſe Abnahme wird um ſo ſchneller ſein, je näher die ſucceſſiven Einfallswinkel denen der vollſtändigen Polariſation kommen. Die Verſuche in Beleg 6) können dieſem zur Bewährung und Erläuterung dienen.

Bemerkt mag werden, daß Brewſter früher in den Phil. transact. f. 1815 andere Formeln gegeben hat, um zu beſtimmen, nach welcher Anzahl Zurückwerfungen unter beliebigen Winkeln ein natürlicher Stral die vollſtändige Polariſation erlangt hat, Formeln, welche auch in Biot V. 136 und 137 Anm. mitgetheilt ſind. Dieſe Formeln waren jedoch bloß auf empiriſche Weiſe abgeleitet und werden von Brewſter ſelbſt neuerdings für ungenügend erklärt.

---

*) Pogg. XIX. 272.

Da der Werth von Q in Formel (21) und (22) S. 249 von der Beziehung von i zu i′, d. i. vom Brechungsverhältniß, abhängt, und dieſes für jede Farbe im Spectrum ein anderes iſt, ſo erhellt, daß Q verſchiedene Werthe für die verſchiedenen Farben haben wird, woraus folgt, daß der Antheil Licht, welcher im zurückgeworfenen Strale vollſtändig in der Einfallsebene polariſirt iſt, in anderm Verhältniſſe als im einfallenden weißen Lichte aus den verſchiedenen Farbenſtralen zuſammengeſetzt ſein, und demgemäß ſowohl er ſelbſt, als der Reſt unpolariſirtes Licht im zurückgeworfenen Strale gefärbt ſein muß. Zerlegt man mithin den Stral, unter welchem Winkel er auch zurückgeworfen worden ſein mag, durch einen isländiſchen Spath, deſſen Hauptſchnitt der Zurückwerfungsebene parallel iſt, ſo wird ſowohl das gewöhnliche Bild, welches alles vollſtändig polariſirte Licht und die Hälfte vom Reſt natürlichen Lichtes, als das ungewöhnliche Bild, welches die andere Hälfte des Reſtes von natürlichem Lichte enthält, gefärbt erſcheinen müſſen. Dieſe Färbung muß um ſo augenfälliger werden, je mehr ſich der Einfallswinkel dem der vollſtändigen Polariſation nähert, weil eine um ſo größere abſolute Quantität Farbenſtralen dann in ungleichem Verhältniſſe polariſirt wird.

Brewſter führt an, daß er in der That den Umſtand dieſer Färbung bei Caſſiaöl, Realgar und anderen das Licht ſtark zerſtreuenden Körpern, wo er natürlich am leichteſten wahrnehmbar werden muß, beſtätigt gefunden habe.

2) Für gebrochenes Licht *). Die nachſtehenden Formeln ſind Folgerungen der Formeln (13) oder (14) Seite 247.

Es ſei bei einfallendem natürlichen Lichte Q_1 die Quantität Licht, welche in dem durch die erſte Oberfläche durchgelaſſenen Strale ſenkrecht auf die Brechungsebene polariſirt iſt, wenn die Geſammtquantität Licht im durchgelaſſenen Strale = 1 geſetzt wird. Es ſei a der Winkel, den die Polariſationsebene des einfallenden Strales mit der Einfalls- oder Brechungsebene bildet, welcher Winkel für natürliches Licht zufolge der Vorſtellung S. 233 = 45° geſetzt werden kann; dann hat man:

$$Q_1 = 1 - \frac{2 \cot^2 a \cos^2 (i - i')}{1 + \cot^2 a \cos^2 (i - i')} \qquad (28)$$

Setzt man nicht die Quantität des gebrochenen, ſondern die des einfallenden Lichtes = 1, ſo hat man für die Quantität Q_1 des ſenkrecht auf die Brechungsebene polariſirten Lichtes:

$$Q_1 = \Big\{ 1 - \tfrac{1}{2} \Big(\frac{\sin^2 (i - i')}{\sin^2 (i + i')} \cos^2 a$$

$$+ \frac{\tang^2 (i - i')}{\tang^2 (i + i')} \sin^2 a \Big) \Big(1 - \frac{2 \cot^2 a \cos^2 (i - i')}{1 + \cot^2 a \cos^2 (i - i')} \Big) \Big\} \qquad (29)$$

---

*) Pogg. XIX. 280, 522.

Für natürliches Licht hat man zu ſetzen:

$$\cot a = 1,\ \cos^2 a = \sin^2 a = \tfrac{1}{2}.$$

Man kann auch die Quantität des durch Brechung eines natürlichen Strales ſenkrecht auf die Brechungsebene polariſirten Lichtes als Function derjenigen Quantität Licht ausdrücken, welche aus demſelben Stral zurückgeworfen wird. Nennt man erſtere Quantität q, letztere R, ſo hat man

$$q = 1 - R\left\{1 - \frac{2\cos^2(i - i')}{1 + \cos^2(i - i')}\right\} \qquad (30)$$

Das zweite Glied dieſes Ausdruckes iſt gleich

$$R\left\{1 - \frac{2\left(\frac{\cos(i + i')}{\cos(i - i')}\right)^2}{1 + \left(\frac{\cos(i + i')}{\cos(i - i')}\right)^2}\right\} \qquad (31)$$

welches der Ausdruck für die Quantität Licht iſt, welche in dem zurückgeworfenen Strale in der Zurückwerfungsebene polariſirt wird, woraus folgt, daß an der erſten Oberfläche der Körper im durchgehenden und zurückgeworfenen Stral gleiche Quantitäten Licht, ſenkrecht auf einander, polariſirt werden.

Will man die Quantität Licht Q_1, welche vollſtändig ſenkrecht auf die Brechungsebene polariſirt erſcheint, wenn man einen zuerſt im natürlichen Zuſtande einfallenden Stral nach einmaliger oder nmaliger Brechung unter beliebigen Einfallswinkeln durch einen isländiſchen Spath zerlegt, als Function des Winkels φ oder φ_n beſtimmen, den die Polariſationsebene jedes der beiden Bündel, aus denen man ſich den gebrochenen (und dadurch unvollſtändig polariſirten) Stral nach Brewſter's Vorſtellung (S. 242) beſtehend denken kann, mit der Einfallsebene bildet, ſo hat man, die Quantität des gebrochenen Lichtes = 1 geſetzt, hierfür folgende Formeln:

$$Q_1 = 1 - 2\cos^2\varphi \qquad (32)$$

oder

$$Q_1 = 1 - 2\cos^2\varphi_n \qquad (33)$$

worin φ oder φ_n durch die Formeln S. 244 beſtimmt werden können.

Wollte man ſtatt des gebrochenen Lichtes die Quantität des (vor der letzten Brechung) einfallenden Lichtes = 1, und die Quantität des hiebei zurückgeworfenen Lichtes = R, ſetzen, ſo würde man ſtatt voriger Formeln folgende haben:

$$Q_1 = (1 - R)(1 - 2\cos^2\varphi) \qquad (34)$$

oder

$$Q_1 = (1 - R)(1 - 2\cos^2\varphi_n) \qquad (35)$$

Es erhellt aus der Formel (33) in Verbindung mit (6), daß auch durch die größte Anzahl wiederholter Brechungen, unter welchem Winkel es immer ſei, keine vollſtändige Polariſation hervorgebracht werden kann, weil $\cos\varphi_n$ nie genau null werden kann, wohl aber ein der vollſtändigen Polariſation immer mehr ſich näherndes Reſultat (eben ſo wie bei der Reflexion) erzielt werden kann, ſo daß nach einer gewiſſen Anzahl Brechungen allerdings das Bündel merklich vollkommen polariſirt erſcheinen kann. **Brewſter** hat hiefür als Belege mehrere ſchon früher in den Phil. transact. f. 1814 bekannt gemachte, aber damals noch nicht richtig gedeutete, Verſuche angeführt, die man unter Beleg 7) finden wird.

3) Für Licht, welches zweimal gebrochen und einmal zurückgeworfen worden iſt. Geſetzt, der auf die parallelflächige Platte **MPNQ** (Fig. 72.) auffallende Stral **Sa** ſei gewöhnliches Licht, ſo wird in dem von der zweiten Oberfläche **MQ** zurückgeworfenen Strale **Cb** eine Quantität Licht Q_2 polariſirt ſein, welche durch folgende Formel ausgedrückt wird *):

$$Q_2 = J \left\{ 1 - \frac{2 \left[\frac{\cos(i + i')}{\cos^2(i - i')} \right]^2}{1 + \left[\frac{\cos(i + i')}{\cos^2(i - i')} \right]^2} \right\} \qquad (36)$$

wo die geſammte Lichtintenſität von **aC** = 1, die geſammte Lichtintenſität von **Cb** = J geſetzt iſt;

In dem durch die erſte Oberfläche **PN** zurückkehrenden Strale **bR** aber wird eine Quantität Licht Q_3 polariſirt ſein, welche durch folgende Formel ausgedrückt iſt:

$$Q_3 = J_2 \left\{ 1 - \frac{\left[\frac{\cos^2(i - i')}{\cos(i + i')} \right]^2}{1 + \left[\frac{\cos^2(i - i')}{\cos(i + i')} \right]^2} \right\} \qquad (37)$$

wo die geſammte Lichtmenge von **Cb** = 1, die geſammte Lichtmenge von **bR** = J_2 geſetzt iſt.

Belege zu vorſtehenden Artikeln.

Beleg 1). Zum Beweiſe, daß die Polariſationsebenen zweier rechtwinklich gegen einander und um 45° rechts und links gegen die Einfallsebene polariſirter Stralen bei Zurückwerfung unter Winkeln unvollſtändiger Polariſation ihren gegenſeitigen Neigungswinkel, mithin auch den Neigungswinkel gegen die (ihren Winkel halbirende) Zurückwerfungsebene verkleinern, um ſo mehr, je näher der Einfallswinkel dem der vollſtändigen Polariſation kommt, führt **Brewſter** folgende Verſuche an:

Es mögen Figur 69. A, B die Querſchnitte zweier, durch doppelte Brechung von einander getrennter und rechtwinklich gegen einander polariſirter Lichtbündel vorſtellen; **ab** und **cd** ſeien die Richtungen ihrer Polariſationsebenen, die den rechten Winkel **aec** bilden; **MN** ſei die Reflexionsebene auf der Oberfläche von Tafelglas, welche den Winkel **aec** halbirt, ſo daß die Ebenen **ab** und **cd** die Winkel + 45° und — 45 mit der Ebene

---

*) Pogg. XIX. 525, 526.

MN bilden. Endlich mag ein Kalkſpath-Rhomboeder zur Prüfung der Polariſationsrichtung des Strales ſeinen Hauptſchnitt in der Reflexionsebene liegen haben.

Bei einer Incidenz von 90°, gerechnet von dem Perpendikel, erleiden die reflectirten Bilder von A und B keine Veränderung, der Winkel aec iſt noch ein rechter, und die vier Lichtbündel, welche vom Kalkſpathe gebildet werden, ſind alle von gleicher Intenſität. So wie man indeß den Einfallswinkel verringert, wird auch der Winkel aec kleiner, und das gewöhnliche und ungewöhnliche Bild von A und B werden an Intenſität verſchieden. Bei einer Incidenz von 80° iſt der Winkel aec ſtatt 90° nur 66°; bei 70° beträgt er nur 40°, und bei 56° 45′, dem Winkel des Polariſationsmaximum, iſt er Null, d. h. die Polariſationsebenen ab und cd ſind nun parallel. Unterhalb dieſes Winkels, bei 50° z. B., neigen die Axen wiederum gegen einander und bilden einen Winkel von 22°; bei 40° bilden ſie den Winkel von 50° und endlich bei 0°, oder bei ſenkrechter Incidenz, ſind ſie wieder auf ihre urſprüngliche Inclination von 90° zurückgebracht. Stellt MN den Quadranten der Incidenz vor, von 90° bei M bis 0° bei N, ſo zeigen die Curven 90°,0° die allmäligen Veränderungen in der Lage der Polariſationsebenen, welche Tangenten der Curve ſind für die Incidenz, die irgend einem Puncte dieſer Curve entſpricht.

Wendet man ſtatt des Glaſes eine Diamantfläche an, ſo iſt die Neigung der Polariſationsebenen ab, cd auf 46° reducirt bei der Incidenz von 80°; auf 8° bei der Incidenz von 70°; und bei 67° 45′ werden die Axen parallel.

So verhält es ſich mit der Wirkung der reflectirenden Kräfte auf A und B einzeln genommen. Um die Anwendung hievon auf natürliches Licht, welches als eine Verſchmelzung von A und B gedacht werden kann, zu machen, ſo werden bei 90° und bei 0° Incidenz die reflectirenden Kräfte keine Änderung in der Neigung der Polariſationsebenen bewirken; allein bei 56° 45′ beim Glaſe, oder bei 67° 45′ beim Diamant, werden die Axen aller Partikel in Parallelismus mit der Reflexionsebene gebracht; und wenn man alſo das Bild, welches ſie geben, durch das Kalkſpath-Rhomboeder betrachtet, werden ſie alle in das gewöhnliche Bild übergehen, zum Beweiſe, daß ſie ſämmtlich in der Reflexionsebene polariſirt ſind.

Gehen wir nun zu den Winkeln über, bei denen der Bündel nur partiell polariſirt iſt. Bei 80° z. B. (auf Glas) beträgt der Winkel zwiſchen den Flächen ab, cd 66°, d. h. jede der Polariſationsebenen iſt aus der Neigung von 45° in die von 33° gegen die Reflexionsebene gedreht. Das Licht iſt daher jetzt weder natürliches, noch polariſirtes. Es iſt nicht natürliches Licht, weil ſeine Polariſationsebenen nicht rechtwinklich gegen einander ſind, und eben ſo wenig iſt es polariſirtes Licht, weil dieſe Ebenen nicht parallel ſind. Es iſt vielmehr Licht, deſſen phyſiſcher Character darin beſteht, daß die eine Hälfte deſſelben gegen die andere unter einem Winkel von 66° polariſirt iſt.

Beleg D). Für den Umſtand, daß die Polariſationsebenen zweier rechtwinklich gegen einander und um 45° rechts und links gegen die Einfallsebene polariſirter Stralen bei Brechung durch eine durchſichtige Oberfläche ihren gegenſeitigen Neigungswinkel vergrößern und ſich ſo der Rechtwinklichkeit gegen die Brechungsebene nähern, um ſo mehr, je näher der Einfallswinkel an 90° iſt, führt **Brewſter** folgende Verſuche *) an, die zugleich zur Erläuterung der Formeln (4) und (5) dienen können.

Nimmt man eine Glasplatte, deren Flächen nicht ganz parallel ſind, damit das Hauptbild nicht zuſammenfalle mit den von den inneren Flächen reflectirten Bildern, ſo ſieht man, ſelbſt bei großen Schiefen, das durchgelaſſene Licht frei von jeder Beimengung von reflectirtem Lichte. Es ſei nun dieſe Platte auf einen getheilten Kreis gelegt, ſo daß man durch ſie zwei Stralen polariſirten Lichtes, deren Querſchnitte A und B ſind (Fig. 70.), erblicken kann, die durch Doppelbrechung entſtanden ſind und mit ihren Polariſationsebenen unter + 45° und — 45° gegen die Refractionsebene MN neigen. Bei dem Einfallswinkel 0°, alſo bei ſenkrechtem Durchgange des Lichtes, erleidet die Lage der Polariſationsebenen keine Veränderung; allein bei einer Incidenz von 30° ſind ſie um 40′ gedreht, ſo daß ihre Neigung gegen MN oder der halbe Winkel aec = 45° 40′ betragen wird. Bei 45° iſt dieſe Neigung 46° 47′; bei 60° iſt ſie 50° 7′, und ſo nimmt ſie zu bis 90° Incidenz, wo ſie 66° 19′ beträgt. Das Maximum der Veränderung, welche eine einzelne Glasplatte in der Lage der Polariſationsebenen hervorbringt, iſt demnach: 66° 19′ — 45° = 21° 19′, und ſie kommt derjenigen gleich, welche die Reflexion bei Winkeln von 39° und 70° erzeugt.

In dieſem Verſuche wirken die beiden Flächen zugleich, und er muß daher nach Formel (5) beurtheilt werden. Um die von einer einzigen Fläche hervorgebrachte Drehung zu erhalten, nahm **Brewſter** ein gut abgekühltes Glasprisma ABC (Figur 71.), an dem der Winkel BAC eine ſolche Größe hatte, daß ein möglichſt ſchief einfallender Stral RR in der Richtung Rr, ſenkrecht gegen die Fläche AC ausfahren mußte, und ließ den Stral ſo nahe als möglich am Scheitel A einfallen, wo das Glas am dünnſten und folglich am freieſten von irgend einem polariſirenden Gefüge war. Auf dieſe Weiſe erhielt er folgende Meſſungen.

Glas.

Einfallswinkel.	Neigung der Ebenen ab und ad (Figur 70.) gegen die Reflexionsebene.	Drehung.
87° 38′	54° 15′	9° 15′
54 50	47 25	2 25
32 20	45 22	0 22

---

*) Pogg. XIX. [illegible]

Die folgenden Verſuche ſtellte er mit einem parallelflächigen Stücke Tafelglas und mit einem ſehr dünnen Stücke Kronglas an, welches letztere den Vortheil darbot, daß es das reflectirte Licht von dem durchgehenden trennte.

	Tafelglas		Kronglas	
Einfallswinkel.	Neigung.	Drehung.	Neigung.	Drehung.
0°	45° 0′	0° 0′	45° 0′	0° 0′
40	47 28	2 28	47 18	2 18
55	49 35	4 35	49 19	4 19
67	52 53	7 53	52 16	7 16
80	58 53	13 53	58 42	13 42
86½	61 16	16 16	61 0	16 0

Um ferner den Einfluß der Brechkraft zu ermitteln, ſtellte er nachſtehende Verſuche an:

Schicht Seifenwaſſer *).

Einfallswinkel.	Neigung.	Drehung.
85°	54° 17′	9° 17′

Metalliſches Glas von ſehr ſtarker Brechkraft (Dünne Platte).

Einfallswinkel.	Neigung.	Drehung.
0°	45° 0′	0° 0′
20	45 42	0 42
30	46 50	1 50
40	48 0	3 0
55	51 12	6 12
80	62 32	17 32

Es geht aus dieſen Verſuchen hervor, daß die Drehung mit der Ablenkung des gebrochenen Strales variirt (d. h. mit i — i′, dem Unterſchiede des Einfalls- und Brechungswinkels), daß bei dem Einfallswinkel 0° ein Minimum, bei 90° ein Maximum Statt findet, Umſtände, die durch die Formel wirklich repräſentirt werden. Daß dies auch für die zwiſchenfallenden Werthe der numeriſchen Ergebniſſe noch der Fall iſt, geht aus folgendem Belege hervor.

Beleg 3) für Formel (5) geltend. **Brewſter** nahm eine Platte gut abgekühlten Glaſes, welche bei allen Einfallswinkeln die reflectirten Stralen von den durchgelaſſenen ſonderte und deren Brechungsverhältniß nahe gleich 1,510 war, und erhielt bei einem Stral, der um 45° gegen die Einfallsebene polariſirt war, folgende Reſultate damit.

---

*) über ein Rähmchen von Kupferdraht ausgeſpannt.

**) Pogg. XIX. 227.

Einfallswinkel.	Refractionswinkel.	Drehung $\varphi_2 - 45°$. beobachtet.	Neigung φ_2 beobachtet.	Neigung φ_2 berechnet.	Unterſchied.
0°	0° 0′	0° 0′	45° 0′	45° 0′	
10	6 36½	0 13	45 13	45 6	+ 0° 7′
20	13 5	0 27	45 27	45 25	+ 0 2
25	16 15	0 32	45 32	45 40	— 0 8
30	19 20	0 40	45 40	46 0	— 0 20
35	22 19	1 12	46 12	46 25	— 0 13
40	25 10	1 30	46 30	46 56	— 0 26
45	27 55	1 42	46 47	47 34	+ 0 47
50	30 29	2 48	47 42	48 24	— 0 42
55	33 52	3 54	48 54	48 59	— 0 6
60	35 0	5 7	50 7	50 36	— 0 29
65	56 53	6 48	51 48	52 7	— 0 19
70	38 29	8 7	53 7	53 59	— 0 52
75	39 45	9 55	54 55	56 18	— 1 23
80	40 42	12 10	57 10	59 5	— 1 55
85	41 17	15 45	60 45	62 24	— 1 39
86	41 21	16 39	61 39	63 9	— 1 30
90	41 28			66 19	

Die übereinſtimmung zwiſchen den beobachteten und berechneten Werthen iſt ziemlich befriedigend, da der Unterſchied im Mittel nur 41′ beträgt. Da indeß die Unterſchiede faſt ſämmtlich negativ ſind, ſo vermuthete Brewſter in der Ajuſtirung des Inſtrumentes einen Fehler, und in der That, als er die Meſſung bei 80° Incidenz, als der fehlerhafteſten, wiederholte, fand er die Neigung φ_2 gleich 58° 40′, welches den Unterſchied von 1° 55′ auf 25′ herabbringt. Die übrigen Beobachtungen hielt der Verfaſſer für unnöthig zu wiederholen, indem er den beſten Beweis der Genauigkeit der Formel darin fand, daß, wenn er das zerlegende Kalkſpath-Rhomboëder in die berechneten Neigungen φ_2 brachte, das ungewöhnliche Bild jedesmal verſchwand.

Beleg 4). Folgende Tabellen enthalten die Reſultate von Brewſter's Verſuchen, zuſammengeſtellt mit den nach der Formel (8) berechneten Reſultaten.

Tafelglas (von 1,426 Brechungsverhältniß); a = 45°.

Einfallswinkel i.	Refractionswinkel i'.	Neigung φ der Polariſationsebene gegen die Reflexionsebene		Unterſchied.
		beobachtet.	berechnet.	
90°	0° 0′	45° 0′	45° 0′	0° 0′
88	42 23	43 4	42 49	+ 0 35
86	42 17	40 43	40 36	+ 0 7
84	42 8	38 47	38 22	+ 0 25
80	41 37	33 13	33 46	— 0 33
75	40 40	28 45	27 41	+ 1 4
70	39 20	22 6	21 3	+ 1 3
65	37 41	14 40	13 53	+ 0 47
60	35 45	6 10	6 16	— 0 6
56	34 0	0 0	0 0	0 0
50	31 22	9 0	9 0	0 0
45	28 29	16 55	16 31	+ 0 24
40	25 42	22 37	23 1	— 0 24
30	19 43	32 25	33 19	— 0 54
20	13 20	39 0	40 4	— 1 4
10	6 44	44 0	43 49	+ 0 11

Diamant von 2,440 Brechungsverhältniß; a = 45°.

Einfallswinkel i.	Refractionswinkel i'.	Neigung φ der Polariſationsebene gegen die Reflexionsebene		Unterſchied.
		beobachtet.	berechnet.	
90° 0′	24° 12′	45° 0′	45° 0′	0° 0′
85 0	24 6	34 30	33 56	+ 0 34
80 0	23 48	24 0	23 12	+ 0 48
75 0	23 19	14 30	13 8	+ 1 22
70 0	22 39	4 30	3 54	+ 0 36
67 43	22 17	0 0	0 0	0 0
60 0	20 47	12 30	11 41	+ 0 49
50 0	18 18	24 0	23 30	+ 0 30

Quarzkryſtall (auf einer ſchönen natürlichen Säulenfläche); $i = 75°$.

Werth von a.	Neigung der Polariſationsebene		Unterſchied.
	φ beobachtet.	φ berechnet.	
9°	0° 0′	0° 0′	0° 0′
10	4 54	4 29	+ 0 25
20	10 0	10 16	— 0 16
30	15 50	16 2	— 0 12
35	20 0	19 12	+ 0 48
40	23 30	22 40	+ 0 50
45	26 20	26 27	— 0 7
50	30 0	30 40	— 0 40
55	35 30	35 23	+ 0 7
60	40 0	40 45	— 0 45
70	53 0	53 49	— 0 49
80	70 0	70 29	— 0 29
90	90 0	90 0	0 0

Die dritte Spalte der letzten Tabelle iſt nach der Formel $\tang \varphi = \tang a \tang 26° 27'$ berechnet, da für $a = 45°$, wo

$$\tang \varphi = \frac{\cos (i + i')}{\cos (i - i')},$$

ſich $\varphi = 26° 27'$ ergab, mithin

$$\frac{\cos (i + i')}{\cos (i - i')} = \tang 26° 27'.$$

Beleg 5). Folgende Tabelle enthält die Reſultate von **Brewſter's** Verſuchen, zuſammengeſtellt mit den Ergebniſſen der Formel (13).

Glas, von nahe 1,510 Brechungsverhältniß; i = 80°.

Werth von a.	Neigung φ_2		Unterſchied.
	beobachtet.	berechnet.	
0°	0° 0′	0° 0′	0° 0′
2½	7 10	7 20	— 0 10
5	9 40	8 19	+ 0 21
10	17 10	16 25	+ 0 45
15	24 42	24 6	+ 0 36
20	32 30	31 19	+ 1 11
25	39 15	37 54	+ 1 21
30	44 10	43 57	+ 0 13
35	49 38	49 28	+ 0 10
40	54 36	54 31	+ 0 5
45	58 40	59 5	— 0 25
50	63 10	63 19	— 0 9
55	66 58	67 15	— 0 17
60	70 18	70 56	— 0 38
65	74 8	74 24	— 0 16
70	76 56	77 42	— 0 46
75	79 20	80 53	— 1 33
80	83 23	83 58	— 0 35
85	86 23	86 0	+ 0 23
90	90 0	90 0	0 0

Die vorletzte Columne wurde nach der Formel $\cot \varphi_2 = \cot a \cdot \cot$ 58° 40′*) berechnet, da für $a = 45°$ ſich $\varphi_2 = 58° 40'$ fand.

Beleg 6). **Brewſter** fand (Pogg. XIX. 275) bei Tafelglas von 1,525 Brechungsverhältniß, daß das Licht durch zwei Reflexionen bei 61° 3′ und in einem andern Verſuche bei 60° 28′ merklich (d. h. für die Wahrnehmung) vollſtändig polariſirt war. Dies ſtimmt mit den angeführten Formeln überein, indem wir, wenn wir die Menge des polariſirten Lichtes, die nach den beiden Zurückwerfungen im zurückgeworfenen Lichte enthalten iſt, nach Formel (24) oder (25), oder auch durch Combination von Formel (27) mit Formel (2) berechnen, dieſe Quantität ſo groß finden, daß der Rückſtand unpolariſirten Lichtes der Wahrnehmung bei Verſuchen darüber entgehen muß; und zu demſelben Reſultate gelangen wir auch durch bloße Berechnung des Winkels φ_2 nach Formel (2), indem dieſer Winkel verſchwindend klein wird, was der Character der merklich erreichten vollſtändigen Polariſation iſt.

---

*) Fälſchlich ſteht in Pogg. XIX. ſtatt deſſen cos: 58° 40′.

	φ_1 nach der erſten Reflexion	φ_2 nach der zweiten Reflexion	Menge des unpolariſirten Lichtes *), nach zwei Reflexionen
Zwei Reflexionen bei 61° 3′	6° 45′	0° 47′	0,00037
60° 28′	5° 38′	0° 33′	0,0001

Auf gleiche Weiſe fand Brewſter, daß das Licht nach fünf Reflexionen bei 70° merklich vollſtändig polariſirt war. Die Formeln geben hier:

Nach der	Werthe von φ_n	Menge des unpolariſirten Lichtes
1ſten Reflexion bei 70°	20° 0′	0,23392
2ten — — —	7 32′	0,03432
3ten — — —	2 45′	0,00460
4ten — — —	1 0′	0,00060
5ten — — —	0 22′	0,00008

In einem andern Verſuche fand Brewſter, daß das Licht an der Gränzfläche von Glas und Waſſer unter folgenden Winkeln merklich vollſtändig polariſirt war:

	Werthe von φ_n	Menge des unpolariſirten Lichtes
Nach 2 Reflexionen bei 44° 51′	0° 56′	0,0005
3 — — 42° 27′	0° 26′	0,0001

In allen dieſen Fällen waren die Winkel bei den ſucceſſiven Reflexionen einander gleich; daß aber auch die Formeln, welche für ſucceſſive Zurückwerfungen unter ungleichen Winkeln gegeben ſind, gültig ſind, ergiebt ſich aus folgenden Beobachtungen, wo nach den angegebenen Zurückwerfungen der Stral ſich ebenfalls merklich vollſtändig polariſirt zeigte:

a) Beide Winkel größer als der Polariſationswinkel:

	φ_2	Menge des unpolariſirten Lichtes
Eine Reflexion bei 58° 2′ und eine bei 67° 2′	0° 34′	0,0002

b) Ein Winkel größer, der andere kleiner als der Polariſationswinkel:

	φ_2	Menge des unpolariſirten Lichtes
Eine Reflexion bei 53° und eine bei 58° 2′	0° 12′	0,000024

Beleg 7). Zum Erweiſe, daß die Formel (33) in Verbindung mit Formel (6) wirklich dienen kann, die Anzahl Brechungen durch parallelflächige Glasplatten (unter ſtets demſelben Einfallswinkel) zu beſtimmen, welche hinreichend iſt, einen zuerſt im natürlichen Zuſtande einfallenden Stral merklich vollſtändig zu polariſiren, führt Brewſter folgende Verſuche **) an. Zu bemerken iſt dabei, daß die Polariſation dann vollſtändig ſein würde, wenn $\varphi_n = 90°$ (durch Formel (6)), mithin $\cos \varphi_n = 0$ gefunden würde, weil dann Q_1 in Formel (33) $= 1$, d. i. gleich der ganzen Quantität gebrochenen Lichtes ſein würde. Das Folgende zeigt wenigſtens große Annäherungen an dieſe Gränzen.

---

*) Die des zurückgeworfenen Lichtes = 1 geſetzt.

**) Pogg. XIX. [illegible].

Bei einem Verſuche ward das Licht einer Wachskerze in einer Entfernung von 10 oder 12 Fuß durch 8 Platten oder 16 parallele Flächen von Tafelglas unter einem Einfallswinkel von 78° 52′ merklich vollſtändig polariſirt. Die Formel giebt

$$\cot\varphi = \cos^{16}(i - i') \text{ und } \varphi = 88° \, 50'.$$

Daß in der That ein Lichtſtral, deſſen Polariſationsebene einen Winkel von 88° 50′ mit der Brechungsebene macht, für die Wahrnehmung vollſtändig polariſirt erſcheint, wenn er die Intenſität des geprüften Kerzenlichtes hat, davon überzeugte ſich Brewſter durch directe Verſuche:

Bei einem Einfallswinkel von 61° 0′ erſchien das Lichtbündel durch 24 Platten oder 48 Flächen merklich vollſtändig polariſirt. Hier hat man

$$\cot\varphi = \cos^{48}(i - i'); \text{ alſo } \varphi = 89° \, 56'.$$

Bei einem Einfallswinkel von 48° 34′ wurde das Licht durch 47 Platten oder 94 Flächen merklich polariſirt; dies giebt:

$$\cot\varphi = \cos^{94}(i - i') \text{ und } \varphi = 88° \, 27'.$$

Inſtrument zur Meſſung des Polariſationswinkels, von Seebeck *).

Folgendes Inſtrument hat Seebeck d. J. bei ſeinen (im folgenden Artikel mitzutheilenden) Verſuchen über das Brewſter'ſche Geſetz, welches den Zuſammenhang des Brechungsindex mit dem Polariſationswinkel ausdrückt, angewandt.

AAA (Fig. 74.) iſt ein getheilter Kreis von 6 Zoll Durchmeſſer, der in verticaler Stellung unbeweglich ſtehen bleibt. Die Alhidade BC trägt bei C den Nonius, welcher die Winkel bis 1 Minute angiebt. Sie erhält ihre Bewegung durch das an ihrem andern Ende befindliche, auf dem gezähnten Rande des Kreiſes laufende Trieb B. An die Alhidade iſt mit den Schrauben a, a ein meſſingener Rahmen bbb angeſchraubt, deſſen obere Fläche ſenkrecht gegen den Limbus ſteht und der Collimationslinie der Alhidade entſpricht, und in deſſen kreisrunden Ausſchnitt ein meſſingener Ring ccc von 10 Linien Durchmeſſer eingelaſſen iſt, ſo daß der Ring in dem Rahmen gedreht werden kann. In dieſen Ring wird bei X die zu unterſuchende Fläche mit Wachs ſo eingeſetzt, daß ſie mit der obern Fläche des Ringes und des Rahmens in einer Ebene liegt, alſo mit einer durch die Collimationslinie der Alhidade winkelrecht gegen den Limbus gelegten Ebene coincidirt. — An der Stelle, wo 0° angeſchrieben iſt, trägt der Kreis eine faſt 2 Zoll lange, innen geſchwärzte Röhre dd′, welche ganz verſchloſſen iſt, und nur an ihrer vordern und hintern Wand bei d und d′ eine feine Öffnung hat, durch welche von einer Öllampe D ein Lichtpinſel dd′X, parallel dem durch 0° und 180° gezogenen Durchmeſſer, nach der Mitte des

---

*) Pogg. XX. 32.

Ringes ee, alſo auf die zu unterſuchende Fäche X fällt. Unter den vorausgeſetzten Bedingungen giebt der Nonius unmittelbar den vom Lichtpinſel mit der Fläche gebildeten Winkel an, d. h. das Complement des Einfallswinkels. — Der Lichtpinſel dX wird nun von der Fläche X reflectirt, und dieſes reflectirte Licht iſt durch die Spiegelung mehr oder weniger vollkommen polariſirt. Wenn man daher durch ein Stück Kalkſpath, deſſen Hauptſchnitt entweder dem Limbus parallel oder rechtwinklich gegen denſelben iſt, das geſpiegelte Bild der Öffnung d′ betrachtet, ſo wird man zwei Bilder wahrnehmen, von denen das eine viel weniger intenſiv iſt, als das andere. Will man nun den Einfallswinkel finden, bei welchem die Polariſation des geſpiegelten Lichtpinſels am vollkommenſten iſt, d. h. wo jenes ſchwächere Bild ſein Minimum der Lichtſtärke erreicht, ſo muß das mit dem Kalkſpathe bewaffnete Auge des Beobachters dem geſpiegelten Strale folgen, während die Alhidade hin und her geführt wird. Damit dies mit Bequemlichkeit geſchehen könne, iſt an dem Inſtrumente folgende Einrichtung getroffen. An der hinteren Seite des Kreiſes iſt eine zweite Alhidade EG angeſetzt. Dieſe trägt 1) einen gezähnten Bogen ee, deſſen Zähne in die Zähne des Triebes B eingreifen, und 2) an dieſem Bogen eine runde Kapſel Fff, deren eine Seite ff ganz offen iſt, die andere aber bei F eine Öffnung von $\frac{1}{10}$ Zoll Durchmeſſer hat. Jeder Zahn, ſowohl des Bogens ee als des Kreiſes AAA, beträgt 1 Grad. Indem nun das Trieb B von der einen Seite in die Zähne des feſtſtehenden Kreiſes AAA, von der andern in die des beweglichen Bogens ee eingreift, bewegt es, wenn es gedreht wird, 1) ſich ſelbſt in Beziehung auf den Kreis AAA, zugleich aber 2) den Bogen ee in Beziehung auf ſich um eben ſo viele Grade. Wie man demnach auch das Trieb B führen mag, ſo werden die Winkel CXd′ und BXF um gleich viel wachſen oder abnehmen, und wenn man daher der Alhidade EG für einen Stand der Alhidade BC eine ſolche Stellung gegeben hat, daß $< BXF = < CXd'$, ſo werden dieſe beiden Winkel für jeden Stand einander gleich bleiben. In dieſem Falle aber wird der einfallende Stral d′X nach der Öffnung F reflectirt. Durch dieſe Einrichtung wird alſo hervorgebracht, daß der geſpiegelte Stral ſtets durch die Öffnung F geht, wie man auch die Alhidade BC führen mag, und der Beobachter hat, um dem geſpiegelten Stral ſtets mit dem Auge zu folgen, daſſelbe nur immer über der Öffnung F zu halten. — Die Kapſel Fff enthält den Kalkſpath, welcher, damit die beiden Bilder ſtärker aus einander treten, ſchwach prismatiſch geſchliffen iſt. Der gemeinſchaftliche Hauptſchnitt beider Flächen dieſes Prismas iſt ein für allemal rechtwinklich gegen den Limbus geſtellt, ſo daß das ordinäre Bild das verſchwindende iſt.

Der Gebrauch des Inſtrumentes iſt demnach dieſer: indem ich durch die Öffnung F nach der bei X eingeſetzten ſpiegelnden Fläche ſehe, führe ich die Alhidade hin und her, bis das durch die ordinäre Brechung geſehene Spiegelbild der Öffnung d′ entweder ganz verſchwindet, oder das

Minimum ſeiner Intenſität erreicht. Leſe ich nun den vom Nonius C angezeigten Winkel ab, ſo habe ich das Complement des geſuchten Polariſationswinkels.

Die Fehler, welche entſtehen, wenn die zu unterſuchende ſpiegelnde Fläche nicht ganz genau der obern Fläche des Rahmens parallel eingeſetzt iſt, werden corrigirt, wenn man nach einer oder mehreren Meſſungen den Ring ccc ſammt der ſpiegelnden Fläche in dem Rahmen bbb um 180° dreht, nun eben ſo viele Meſſungen macht, und aus beiden das Mittel nimmt, weil in beiden Fällen jene Fehler im entgegengeſetzten Sinne ausfallen.

Da das Schwächerwerden und Verſchwinden des zu beobachtenden Spiegelbildes ſehr allmälig erfolgt, ſo kann nicht ohne einige Unſicherheit *) geſchätzt werden, bei welchem Stande der Alhidade jenes Bild ſein Minimum der Lichtſtärke erreiche, und es iſt, um einen zuverläſſigern Werth des Polariſationswinkels zu erhalten, nothwendig, das Mittel aus einer nicht zu unbeträchtlichen Anzahl Meſſungen zu nehmen.

Seebeck ſtellte bei den Verſuchen, wovon im nächſten Artikel die Rede ſein wird, auf jeder der unterſuchten Flächen eine Reihe von 20 oder mehr Meſſungen an. Die größte Differenz zwiſchen den einzelnen gemeſſenen Werthen und den Mittelwerthen betrug in den meiſten Fällen nicht viel über 20′, und nur in ſehr wenigen über 30′. Die Mittelwerthe aus 20, auch ſchon aus 10 Meſſungen, für eine und dieſelbe Fläche, wichen nur um wenige Minuten von einander ab.

Beſtätigung des Brewſter'ſchen Geſetzes über den Zuſammenhang zwiſchen Brechungsvermögen und Polariſationswinkel, von Seebeck **).

Bekanntlich hatte Brewſter (Philos. transact. 1815.) aus Verſuchen (mit 18 Subſtanzen) das Geſetz abgeleitet, zufolge deſſen der Brechungsinder gleich der Tangente des Polariſationswinkels iſt. Die Vergleichung der nach dieſem Geſetze berechneten Winkel mit den beobachteten Winkeln bei ſeinen Verſuchen ließ indeß doch größere Differenzen (von + 25′ bis — 32′) finden, als mit der Genauigkeit dieſes Geſetzes vereinbar erſcheint, und wiewohl dieſe Abweichungen zum Theil dadurch erklärbar werden, daß mehrere der von ihm geprüften Subſtanzen doppelt brechender Natur ſind, für welche ſpäteren Unterſuchungen Brewſter's zufolge ***) der Polariſationswinkel veränderlich iſt, ſo zeigen doch auch die von ihm unterſuchten Gläſer nicht zu vernachläſſigende Abweichungen von dem Geſetze der Tangenten. Zwar hält er dieſe nur für ſcheinbare Ausnahmen, indem durch eine beim Liegen an der Luft erzeugte chemiſche Veränderung der Oberfläche das Brechungsvermögen dieſer Oberfläche und folglich der Polariſationswinkel geändert werde, während das Brechungsvermögen der übrigen Subſtanzen ungeändert bleibe; indeß da dieſe Annahme durch keine Verſuche weiter unterſtützt war, ſo blieb es immer wünſchenswerth, die Genauigkeit des Geſetzes von Neuem zu prüfen.

---

*) Dieſe Unſicherheit findet beſonders dann Statt, wenn die Polariſation weniger vollkommen iſt, was im Allgemeinen bei den ſtärker brechenden Subſtanzen, z. B. in hohem Grade bei der Blende, der Fall iſt.

**) Auszug aus einer Diſſertation Observationes de corporum lucem simpliciter refringentium angulis polarisationis. Berol. 1830. in Pogg. XX. 27.

***) Phil. transact. 1819. oder Biot VI. 134 Anm.

Dies nun hat Seebeck an verſchiedenen Glasſorten und einigen Mineralien gethan, indem er erſt ihren Brechungsindex genau beſtimmte, und dann an ganz friſch von ihm ſelbſt geſchliffenen Flächen *) oder bei der Blende auf dem ſo eben entblößten Bruche den Polariſationswinkel mittelſt des S. 263 beſchriebenen Inſtrumentes maß. Die ſich ſo ergebenden Polariſationswinkel ſtimmten, wie aus nachfolgender Zuſammenſtellung erhellt, ſo vollkommen mit den nach dem Brewſter'ſchen Geſetze berechneten überein, daß die kleinen noch übrig bleibenden Differenzen lediglich den zufälligen Beobachtungsfehlern zugeſchrieben werden können. Die beobachteten Werthe ſind im Allgemeinen jeder das Mittel aus 20 Meſſungen.

Namen der Subſtanzen.	Brechungsindex **)	Berechneter Polariſationswinkel	Beobachteter Polariſationswinkel	Differenz
Farbloſer Flußſpath . .	1,4341	55° 6′,7	55° 6′,7	0°0′,0
Bläulicher Flußſpath . .	1,4343	55 7 ,0	55 3 ,8	— 0 3 ,2
Gemeiner Opal.	1,4516	55 26 ,3	55 29 ,3	+ 0 3 ,0
Farbloſes engl. Tafelglas	1,5150	56 32 ,2	56 36 ,0	+ 0 3 ,8
Farbloſes Tafelglas . .	1,5266	56 46 ,4	56 45 ,5	— 0 0 ,9
Engliſches Crownglas .	1,5321	56 52 ,0	56 50 ,2	— 0 1 ,8
Engliſches Crownglas .	1,5523	57 12 ,6	57 12 ,6	0 0 ,0
Engliſches Flintglas . .	1,5783	57 38 ,5	57 41 ,0	+ 0 2 ,5
Engliſches Flintglas . .	1,6206	58 19 ,4	58 16 ,6	— 0 2 ,8
Pyrop	1,8136	61 7 ,7	61 4 ,0	— 0 3 ,7
Gelbe Blende	1,3692	67 7 ,0	67 8 ,2	+ 0 1 ,2

Summe der poſitiven Differenzen 10′,5
— — negativen — 12′,4

Es muß bemerkt werden, daß ein reiner natürlicher Zuſtand der Flächen ſehr weſentlich iſt, wenn man wirklich ſo genaue Reſultate erhalten will;

---

*) Sie wurden auf einer Glastafel mit Schmirgel und Waſſer geſchliffen, auf Seiden- oder Baumwollenzeug mit Colcothar und Waſſer polirt und hierauf mit Waſſer abgewaſchen.

**) Gültig für den mittlern Theil des Spectrums einer Öllampe.

in der That, als **Seebeck** bei früheren Verſuchen die Polariſationswinkel auf denſelben Flächen maß, welche vorher als Flächen der Prismen zur Beſtimmung des Brechungsverhältniſſes gedient hatten, deren meiſte 6 bis 8 Monate zuvor vom Mechanicus geſchliffen waren, zeigten ſich Differenzen zwiſchen den beobachteten und berechneten Werthen, welche bei einigen Subſtanzen auf 38′ bis 40′ ſtiegen, die jedoch angegebenermaßen verſchwanden oder in die Gränzen der Beobachtungsirrthümer herabkamen, nachdem den Subſtanzen friſche Flächen gegeben worden.

Seebeck glaubt übrigens, daß nicht ſowohl eine chemiſche Änderung der Oberflächen an der Luft, als vielmehr eine zufällige mechaniſche Verunreinigung derſelben vielleicht beim Abputzen nach dem Schleiſen und Poliren durch den Mechanicus Urſache der größeren Abweichungen war. In der That fand er auf der von ihm ſelbſt polirten Fläche des Glaſes, welches die Differenz — 0° 1′,8 gegeben hatte, den Polariſationswinkel im Mittel aus 20 Meſſungen nach 6 Wochen 56° 54′,6, nach 14 Wochen 56° 51′,8, nach 6 Monaten 56° 54′,0, wovon die theils poſitiven, theils negativen Differenzen ganz innerhalb der Gränzen der zufälligen Beobachtungsfehler liegen, ſo daß die Oberfläche durch die Zeit keine Veränderung erlitten zu haben ſchien. Als er dagegen die von ihm ſelbſt geſchliffene Fläche des Glaſes, welches die Differenz + 2′,5 gegeben hatte, hierauf vom Mechanicus ſchleifen und poliren ließ und nun ſo, wie er ſie von dieſem erhielt, unterſuchte, fand er den Polariſationswinkel 58° 7′,0, was die Differenz + 0° 28,5 giebt. Da an denſelben Prismen die früheren Verſuche — 0° 23′ bis 0° 38′ Differenz gegeben hatten, dieſe mithin hier negativ geweſen war, ſo ſcheint die Behandlung durch den Mechanicus einen ſehr zufälligen und veränderlichen Einfluß zu haben.

Über den Polariſationswinkel am Kalkſpath, von Seebeck d. J. *).

In den doppelt brechenden Körpern findet, wie ſchon **Brewſter** **) entdeckt hat, kein conſtanter Winkel des Polariſationsmaximum Statt, ſondern dieſer hängt ab von der Neigung der Einfallsebene und der Einfallsoberfläche gegen die Axe. Da **Brewſter** dieſe Abhängigkeit nur unvollſtändig unterſucht und durch ungenügende Formeln ausgedrückt hat, ſo unternahm **Seebeck** eine neue Prüfung derſelben, vorläufig nur am Kalkſpath.

Ich werde im Folgenden zuerſt die directen allgemeinen Erfahrungsergebniſſe **Seebeck's** und die Formeln, ſo weit ſich jene dadurch ausdrücken laſſen, anführen, dann die ſpeciellen Data der Beobachtungen hinzufügen.

Bemerkt mag werden, daß **Seebeck**, wo er nicht natürliche Bruchflächen anwandte, ſtets ſelbſt geſchliffene Flächen den Verſuchen unterwarf, die mit Kreide und deſtillirtem Waſſer polirt waren, da das Poliren mit Colcothar oder Zinnaſche Veränderungen in der Oberfläche hervorrief, welche fremdartige Änderungen in dem Polariſationswinkel beſtimmten.

---

*) Pogg. XXI. 290; XXII. 128.

**) Philos. transact. f. 1819.

Allgemeine Reſultate der Beobachtungen und Formeln zum Ausdrucke derſelben.

Es heiße im Folgenden λ das Complement des Winkels, welchen die Einfallsfläche *) mit der Axe macht, μ der Winkel, welchen der Hauptſchnitt mit der Einfallsebene macht, **n** der conſtante Index der gewöhnlichen, **m** der der ungewöhnlichen Brechung.

1) Für jede beſtimmte Einfallsfläche, d. h. für jeden conſtanten Werth von λ, erreicht der Polariſationswinkel ſein Minimum, wenn die Einfallsebene der Ebene des Hauptſchnittes parallel, d. h. wenn $\mu = 0°$ iſt, und wächſt mit zunehmendem μ, bis $\mu = 90°$, wo er ſein Maximum für dieſe Fläche erreicht. Der Unterſchied zwiſchen dieſem Maximum und Minimum iſt um ſo größer, je größer λ iſt.

2) Für jeden conſtanten Werth von μ erreicht der Polariſationswinkel ſein Minimum bei $\lambda = 90°$ und wächſt bei abnehmendem λ bis $\lambda = 0°$, d. h. bis zur ſenkrecht angeſetzten Endfläche, wo er ſein abſolutes Maximum erreicht.

3) Aus dem Vorigen folgt, daß er ſein abſolutes Minimum erreicht, wenn $\lambda = 90°$ und $\mu = 0°$ iſt, d. h. auf einer Fläche parallel der Axe, wenn dieſe Axe ſelbſt der Reflexionsebene parallel iſt.

4) Wenn die Einfallsebene ſenkrecht auf die Axe und die Einfallsfläche ihr parallel iſt, ſo iſt die Tangente des Polariſationswinkels gleich dem Index der gewöhnlichen Brechung, ſo daß in dieſem Falle der Einfluß des ungewöhnlichen Brechungsvermögens auf den Polariſationswinkel ganz aufzuhören ſcheint.

5) Ein Stral, der durch Zurückwerfung auf irgend einer Schnittfläche des Kalkſpathes die möglichſt vollſtändige Polariſation erlangt hat, iſt im Allgemeinen nicht in der Reflexionsebene polariſirt, ſondern in einer Ebene, welche mit dieſer einen Winkel bildet, der je nach der Lage der Axe verſchieden, aber immer nur klein iſt, wenn die Zurückwerfung in Luft erfolgt **). Dieſe kleine (höchſtens einige Grade betragende) Ablenkung der Polariſationsebene wird jedoch = 0, d. h. die Polariſationsebene fällt mit der Zurückwerfungsebene zuſammen: a) auf allen Flächen, wenn der Hauptſchnitt mit der Zurückwerfungsebene coincidirt, d. h. für jeden Werth

---

*) d. i. die Oberfläche des Kalkſpathes, auf welcher der Stral einfällt.

) **Brewſter vermochte dieſe Ablenkung der Polariſation beim Übergange aus Luft in Kalkſpath nicht wahrzunehmen, wohl aber beim Übergange aus mehreren Flüſſigkeiten, beſonders Caſſiaöl in Kalkſpath. Die Ablenkung iſt hier viel ſtärker als ſie **Seebeck** (an friſchen Bruchflächen) beim Übergange aus Luft in den Kryſtall beobachtete. Übrigens hat **Seebeck** dieſe Ablenkung nicht genauer unterſucht.

von λ, wenn $\mu = 0$ oder 180°; und b) auf den der Axe parallelen Flächen auch dann, wenn dieſe Axe ſenkrecht gegen die Zurückwerfungsebene liegt, d. h. für $\lambda = 90°$, wenn $\mu = 90°$.

6) Nennt man überhaupt

a den Polariſationswinkel bei $\lambda = 90°$ und $\mu = 0°$
b — — — $\lambda = 90$ und $\mu = 90$
c — — — $\lambda = 0$
α — — — λ beliebig, und $\mu = 0$

ſo findet man folgende Relationen:

$$\operatorname{tang} b = n \qquad (1)$$

$$\operatorname{tang} a = n \sqrt{\frac{m^2 - 1}{n^2 - 1}} \qquad (2)$$

$$\operatorname{tang} c = m \sqrt{\frac{n^2 - 1}{m^2 - 1}} \qquad (3)$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{n^2 (m^2 - 1) \sin^2 \lambda + m^2 (n^2 - 1) \cos^2 \lambda}{m^2 n^2 - 1} \qquad (4)$$

oder was auf daſſelbe herauskommt:

$$\sin^2 \alpha = \sin^2 \lambda \sin^2 a + \cos^2 \lambda \sin^2 c \qquad (5)$$

Von den vorſtehenden Formeln wurden die erſte, zweite und dritte zuerſt empiriſch von Seebeck abgeleitet, und nachher in einer zweiten Abhandlung durch beſondere Erörterungen mit Fresnel's Theorie in Bezug geſetzt. Statt der zur Beſtimmung von α dienenden vierten oder fünften Formel hatte Seebeck anfangs eine andere, empiriſch abgeleitete, gegeben, welcher er jedoch ſpäter (Pogg. XXII. 134, 135) die Formeln (4) oder (5) ebenfalls vermöge Erörterungen, die ſich an Fresnel's Theorie knüpfen, ſubſtituirte; auch ſchließen ſich die letzteren Formeln ſehr wohl den Beobachtungen an, wie aus der weiter folgenden Zuſammenſtellung erhellt.

Die vorſtehenden Formeln umfaſſen die Beziehungen, welche zwiſchen Polariſationswinkel und den Werthen von λ und μ Statt finden, allerdings nicht allgemein, ſondern gelten, wie man ſieht, bloß für einige beſondere Fälle; indeß ſcheint es nach dem bisherigen Stande der Theorie und der Erfahrungen noch nicht Zeit, allgemeine Formeln oder Formeln für die übrigen beſonderen Fälle zu geben; auch hat Seebeck den, in ſeinem erſten Aufſatze von ihm in dieſem Bezuge gemachten, Verſuch ſpäter ſelbſt für ungenügend erklärt.

Es verdient noch beſondere Bemerkung, daß ſelbſt die oben gegebenen Formeln keineswegs ſich auf ſo ſtreng erwieſene theoretiſche Vorderſätze ſtützen, daß man ſie ohne Hinzutritt von Erfahrungen für geſichert halten könnte, und daß andererſeits die Erfahrungen zum Theil noch zweifelhaft laſſen könnten, ob nicht auch andere Formeln denſelben genügten, ſo daß nur durch die Übereinſtimmung, welche die Folgerungen aus wahrſcheinlichen theoretiſchen Folgerungen darbieten, mit den Ergebniſſen der Erfahrung die Sicherung jener Folgerungen für feſtgeſtellt angeſehen werden darf.

Detail der Beobachtungen.

(Die nachfolgends berechneten Werthe ſind aus den Formeln (4) oder (5) hergeleitet).

Werthe von λ	Werthe von μ	Beobachtete Polariſationswinkel	Berechnete Polariſationswinkel
89° 48′	0° 0′	54° 14′,9	54° 3′,4
	22 30	55 1 ,8	
	45 0	56 16 ,6	
	67 30	58 6 ,7	
	90 0	58 56 ,0	
89° 35′	0° 0′	54° 12′,4	54° 3′,4
	90 0	58 56 ,1	
62° 58′	0° 0′	55° 36′,1	55° 27′,1
	90 0	59 3 ,9	
44° 56′½	0° 0′	57° 19′,7	57° 23,2
	22 30	57 45 ,9	
	45 0	58 33 ,9	
	67 30	59 29 ,1	
	90 0	59 50 ,9	
44° 31′	0° 0′	57° 21′,9	57° 23,2
	90 0	59 47 ,7	
44° 16′½	0° 0′	57° 21′,3	57° 24,9
	90 0	59 46 ,7	
25° 58′½	0° 0′	59° 19′,0	59° 25,9
	90 0	60 14 ,8	
0° 13′	0° 0′	60° 33′,4	60° 47,1

Polariſationswinkel am Selen *).

Den Polariſationswinkel des Selens fand Marx, von der Fläche an gezählt, = 22° 45′, alſo von der Normale an gezählt = 67° 15′. Das bei der vollſtändigen Polariſation verſchwindende Bild erſchien ſchön

---

*) Schweigg. LXI. 14.

dunkel ſtahlblau, während das andere noch ſichtbar in reinem Spiegelglanze ſtralte. Etwas Ähnliches findet ſich bei Eiſenglanz und Realgar.

Brewſter's polariſirende Axen und Parallelogramm der Farben.

Marx hat die Anſicht Brewſter's über die Art, wie Kryſtallplatten auf polariſirtes Licht wirken, nebſt den ſehr triftigen Gegenbemerkungen Biot's neuerdings ausführlich in Schweigg. J. LVII. 144; LVIII. 145 dargeſtellt *). Da dieſe Anſicht ſchon vor längerer Zeit aufgeſtellt worden iſt und keinen Eingang bei anderen Phyſikern gefunden hat, ſo verweiſen wir die, welche ſie wegen des Bezuges zu den übrigen Unterſuchungen Brewſter's kennen zu lernen wünſchen, auf die Originalabhandlung. Wir wollen hier nur hauptſächlich wegen der Beziehung der Nomenclatur Folgendes bemerken:

In einaxigen Kryſtallen fällt Brewſter's polariſirende Axe mit der gewöhnlichen optiſchen Axe zuſammen, in zweiaxigen Kryſtallen dagegen liegen Brewſter's polariſirende Axen in einer Ebene, ſenkrecht auf der Ebene der gewöhnlichen optiſchen Axen, welche letzteren Brewſter reſultirende Axen nennt. Der Character der optiſchen und zugleich polariſirenden Axe in den einaxigen Kryſtallen iſt bekanntlich, daß ſie eine Farbe depolariſirt, die dem Sinus des Winkels, den der Stral mit der Axe macht, proportional iſt **); der Character der polariſirenden Axen in den zweiaxigen Kryſtallen aber iſt nach Brewſter's Beſtimmung folgender.

Die beiden polariſirenden Axen depolariſiren durch ihr Zuſammenwirken eine Farbe T, deren Maß die Diagonale eines Parallelogrammes iſt, deſſen Seiten die Farben t und t' vorſtellen, welche von jeder der Axen einzeln depolariſirt werden, und die unter ſich einen Winkel C einſchließen, der das Doppelte iſt von der Neigung der beiden Ebenen, die durch den Stral und durch jede der Axen gehen.

Brewſter leitet dann auf mathematiſchem Wege die [illegible] der reſultirenden oder optiſchen Axen aus der der polariſirenden ab, und er beſtimmt die Lage, welche zwei Linien dagegen haben müſſen, die [illegible] bekannten Character der optiſchen Axen tragen, eine Farbe zu depolariſiren, die dem Producte sin u sin u' proportional iſt, wenn u, u' die Winkel ſind, die der Stral mit dieſen beiden Linien macht.

Biot erklärt, und wie es ſcheint mit Recht, die ganze Vorſtellungsart Brewſter's von den polariſirenden Axen als eine überflüſſige Fiction, welche den Gegenſtand, anſtatt ihn zu vereinfachen, vielmehr complicirter macht und zu keinem andern Reſultate führt, als die Anknüpfung der Farbenerſcheinungen an die gewöhnlichen optiſchen Axen.

---

*) Hier findet ſich zugleich eine Darſtellung früherer Verſuche Biot's über Doppelbrechung. — Auch in Herſchel's Werk über das Licht S. 571 findet ſich die Anſicht Brewſter's erörtert.

**) Es wird für die Farben hier der Newton'ſche Maßſtab (Biot V. 60) zu Grunde gelegt, d. h. ſie werden ausgedrückt durch die relativen Dicken dünner Blättchen, wodurch ſie zurückgeworfen werden würden.

Farbenringe oder iſochromatiſche Curven in Kryſtallen durch gewöhnlich polariſirtes Licht.

Wahl und Zubereitung der Kryſtalle *). Um die Erſcheinung der Farbenringe oder ſogenannten iſochromatiſchen Curven durch bewegliche Polariſation hervorzubringen, muß man bekanntlich Kryſtallplatten haben, deren Flächen ſenkrecht auf der optiſchen Axe oder (wenn es ein zweiaxiger Kryſtall iſt) auf einer der beiden optiſchen Axen ſtehen, in welchem Falle die iſochromatiſchen Curven kreisförmige Ringe ſind, oder auch Platten, deren Flächen ſenkrecht auf der Zwiſchenlinie der Axen (die keinen zu großen Winkel einſchließen dürfen), ſtehen, wo man die Lemniſcaten erhält.

Die Zahl der einaxigen Kryſtalle, an welchen ſich die Ringe mit Leichtigkeit beobachten laſſen, iſt nach **Marx** nicht groß; von natürlichen Kryſtallen fand er bis jetzt nur den **Doppelſpath**, **Quarz**, **Beryll**, **Turmalin**, **Glimmer**, **Apophyllit**, von künſtlichen den **unterſchwefelſauren Kalk**, das **unterſchwefelſaure Blei** und das **ſalpeterſaure Natron** brauchbar.

Zweiaxige Kryſtalle giebt es ſehr viele, welche die iſochromatiſchen Curven zeigen **). Solche, bei denen ſchon die natürlichen Spaltflächen ſenkrecht auf eine der Axen ſind, ſind der **Zucker**, das **unterſchwefelſaure Natron** und das **chromſaure Kali**, welches letztere jetzt von den Fabriken in ſehr großen Kryſtallen geliefert wird ***). (Die Axenneigungen der beiden erſten ſind reſpectiv 50° 0′; 89° 22′.) Kryſtalle andererſeits, wo die natürlichen Spaltflächen ſenkrecht auf die Zwiſchenlinie der Axen ſind, ſind der **Topas** und **ſibiriſche Glimmer**.

Unter den einaxigen Kryſtallen giebt vorzüglich der isländiſche Spath, unter den zweiaxigen Kryſtallen der Salpeter die iſochromatiſchen Curven ſehr rein, bei denen jedoch die Flächen erſt künſtlich zugeſchnitten werden müſſen. Hiebei verfährt man auf folgende Weiſe:

Um aus dem **isländiſchen Spathe** eine Platte ſenkrecht auf die Axe zuzuſchneiden, muß man ſich zuerſt die Stärke am Kryſtall anzeichnen, die man wegnehmen muß. Man bezeichnet daher an den Kanten der zwei rhomboedriſchen Winkel des Kryſtalles mit einem Zirkel Puncte, die von dieſem Winkel gleich weit abſtehen, und zieht dann auf den Kryſtallflächen

---

*) **Herſchel**, **Marx**, **Kobell** in Schweigg. XLIX. 167; Pogg. XX. 343. Suppl. zu Baumg. Phyſ. 502; Herſchel über das Licht 400.

**) Vgl. Biot IV. 359.

***) Die Kryſtalle des chromſauren Kali ſtellen gewöhnlich Zwillinge vor, und zeigen drei ſehr deutliche Durchgänge, von denen der mit der breiteſten Fläche parallel gehende in mehr oder minder dicken, hochroth durchſichtigen, Blättchen die Erſcheinung der Ringe gewähret.

von einem ſolchen Puncte zum andern gerade Linien mit einem Meſſer oder einer Nadel, ſo daß dadurch an jedem Winkel die Baſis der dreiſeitigen gleichſeitigen Pyramide bezeichnet wird, die weggeſchliffen werden muß. Dieſe Pyramiden ſchneidet man hierauf mit einer feinen Laubſäge oder mit einer beſchmirgelten Kupferplatte ab, und polirt die Schnittflächen mit Colcothar auf einer Holzſcheibe oder auf Glas.

Der Salpeter kryſtalliſirt gewöhnlich in langen ſechsſeitigen Prismen, deren Durchſchnitt ſenkrecht auf die Seiten ein reguläres Sechseck iſt. Seine optiſchen Axen liegen in einer Ebene, die der Axe des Prisma parallel und ſenkrecht auf einer der Seitenflächen deſſelben iſt. Die regelmäßige Structur deſſelben iſt häufig ſehr unterbrochen*), indeß findet man bei Unterſuchung des gewöhnlichen verkäuflichen Salpeters leicht Stücke, die in ziemlicher Ausdehnung durchſichtig ſind, und ſolche hat man auszuwählen. Um eine zur Beobachtung der iſochromatiſchen Curven geeignete, auf die Zwiſchenlinie der optiſchen Axen ſenkrechte, Platte zu erhalten, ſchneide man aus dem Salpeterprisma, ſenkrecht gegen die Axe deſſelben, mit einem Meſſer eine, ungefähr ½ Zoll dicke, möglichſt parallelflächige Platte, und ſchleife dieſelbe auf einer breiten naſſen Feile ſo lange ab, bis die Dicke ungefähr ¼ bis ⅙ Zoll beträgt; man glätte die Oberflächen auf einem naſſen Stücke mattgeſchliffenen Glaſes und polire ſie dann auf einem Stücke Seide, welches ſtraff über eine Glasplatte gezogen und mit einer Miſchung von Talg und Colcothar gerieben iſt. Dieſe Operation erfodert viel Übung. Sie läßt ſich nicht ausführen, wenn der Salpeter nicht naß iſt und gerieben wird, bis er trocknet, indem man die Stärke der Reibung immer vermehrt, während die Feuchtigkeit verdunſtet. Man muß dabei Handſchuhe anziehen, da die Ausdünſtung der Finger, ſo wie der leichteſte Hauch, die Politur augenblicklich blind macht. Unter dieſen Vorſichtsmaßregeln erhält man leicht eine glasartige Politur.

Eine nähere Beſchreibung der hiedurch zu erhaltenden Ringe findet man in Herſchel's Werke über das Licht S. 488.

Apparate zur Beobachtung der Farbenringe. Zur einfachen Beobachtung der Farbenringe empfiehlt Marx folgenden, in Fig. 75. von vorn, in Fig. 76. von der Seite vorgeſtellten Apparat. **a b** iſt eine Zange von Meſſingblech, von der Breite eines Zolles, c und e ſind zwei vorn geſchwärzte Scheiben deſſelben Metalles mit Öffnungen, in welche die Turmalinplatten d und f eingefügt ſind (ſo daß ſie als eine Art Fenſter dienen), die parallel mit der Axe des Kryſtalles geſchnitten worden und ſo geſtellt ſind, daß ihre Axen ſich rechtwinklich kreuzen**). Zwiſchen dieſen

---

*) Öfters findet man Kryſtalle dieſes Salzes, deren Querſchnitt aus unterſchiedenen Theilen beſteht, in denen die Hauptſchnitte Winkel von 60° mit einander machen und dadurch eine zuſammengeſetzte fehlerhafte Structur des Kryſtalles anzeigen. Dieſe Stücke ſind von einander durch dünne Lagen getrennt, die die ſonderbarſten Erſcheinungen durch innere Zurückwerfung zeigen.

**) Vgl. über die Wirkung der Turmalinplatten Biot V. [illegible]

Turmalinplatten wie das Kryſtallblättchen eingeklemmt. Durch die halbkreisförmigen Zwingen g werden die Scheiben in ihren vertieften Rändern feſtgehalten, doch ſo, daß ſie ziemlich leicht in ihrer Ebene umgedreht und nach Entfernung der Zwingen wieder herausgenommen werden können.

Um in jedem kleinen oder großen beliebigen Spaltungsſtücke von isländiſchem Spath ohne alle Vorbereitung die Farbenringe hervorzubringen, giebt Marx *) folgendes Verfahren an: In Fig. 77. bedeuten aa und bb zwei gehörig geſtellte Polariſationsſpiegel, cc eine unten mit einer ebenen Glasſcheibe verſchloſſene und mit Waſſer gefüllte Röhre, d den an einem Stäbchen mit Wachs befeſtigten Kryſtall, durch den man nach der Richtung der Axe fg das Licht einfallen läßt. Während man in den Spiegel a ſieht, ändert man, vermittelſt des in der Hand gehaltenen Stäbchens, die Stellung des Kryſtalles ſo lange ab, bis er der Axe entlang ſich aufhellt, dann wird man zugleich die Farbenerſcheinung erblicken. Die Flüſſigkeit ebenet gewiſſermaßen die Pole des Rhomboeders, ſo daß die mit der Axe parallel einfallenden Strahlen beinahe ohne Brechung zum Auge gelangen.

Kobell *) hat gefunden, daß Glimmer, ſowohl einaxiger als zweiaxiger, ferner Chlorit, Talk, Lithionglimmer, in Tafeln nach den vollkommenen Blätterdurchgängen geſpalten, Topas nach ſeinen Durchgängen parallel oP ***), Orthoklas nach den Durchgängen parallel der Endfläche, ſchwefelſaurer Baryt nach $\infty \breve{P} \infty$, Anhydrit nach oP, Bitterſalz nach $\infty \breve{P} \infty$, Bitterſpath und Kalkſpath durch die Rhomboederflächen, Arragonit durch oP, ja ſelbſt Platten von gewöhnlichem Glaſe, am beſten Platten aus Spiegelglas von drei bis vier Linien Dicke, ſtatt Turmalin zur Beobachtung der Farbenringe gebraucht werden können †), nur müſſen ſie der Platte, welche die Farbenringe erzeugt, nicht parallel gehalten werden, ſondern die Farbenringe erſcheinen um ſo deutlicher, je ſchiefer der Einfall des Lichtes auf ihnen iſt. Wahrſcheinlich hängt dies mit dem Umſtande zuſammen, daß durchſichtige Platten überhaupt eine um ſo größere Menge Licht ſenkrecht auf die Brechungsebene polariſiren, je ſchiefer der Einfall auf ihnen geſchieht, ſo daß mithin die Platten durchſichtiger Körper die Stelle eines zweiten Polariſationsſpiegels vertreten ††).

Es mögen hier einige, von Kobell in dieſem Bezuge mitgetheilte, Anordnungsarten von Verſuchen beſchrieben werden.

---

*) Schweigg. XLIX. 171.

**) Pogg. XX. 349, 412. Vergl. hiebei Marx in Schweigg. LXII. 26.

***) Vergl. Marx Charakteriſtik der Mineralien.

†) Mineralien von einfacher Strahlenbrechung dagegen, wie Flußſpath, Steinſalz ꝛc. eignen ſich untauglich dazu.

††) Nur erhellt hieraus nicht, warum nicht einfach brechende Mineralien dann eben ſo gut als doppelt brechende und als Glas zur Beobachtung tauglich ſein ſollten.

Es ſei m n (Figur 78.) ein horizontaler ſchwarzer Spiegel, k o eine ſenkrecht auf die Axe zugeſchnittene Platte isländiſchen Spathes, welche eine Neigung von 50° gegen den Spiegel hat, c d ein Glimmerblatt, deſſen Ebene in der Lage c d parallel mit k o iſt, oder, indem es an dem Kryſtallträger eines Wollaſton'ſchen Goniometers befeſtigt iſt, auch unter beliebige Winkel dagegen geſtellt werden kann, ſo daß ſeine Ebene z. B. die Lagen c e oder b f erhalten kann; der Geſichtsſtral p q ſei ſenkrecht auf k o.

Indem man nun das Glimmerblatt c d um c dreht, findet man:

Das Bild mit dem ſchwarzen Kreuze erſcheint deutlich, wenn man das Glimmerblatt von der Lage c d an, wo es mit der Platte isländiſchen Spathes k o parallel iſt, und wo ſich kein Bild zeigt, um 45° nach der einen oder andern Richtung gedreht hat, wenn mithin der Winkel a oder b in der Lage des Kryſtallblattes c f oder c e 45° beträgt, und es wird immer ſchöner, wenn man das Blatt von da an zu drehen fortfährt, je kleiner mithin der Winkel a oder b wird, ſo daß es ſcheint, als würde das Bild am vollkommenſten zu ſehen ſein, könnte man durch das Glimmerblatt ſehen, während ſeine Ebene ſenkrecht auf die Platte des isländiſchen Spathes, d. i. parallel mit ſeiner Axe wäre.

Wenn man das Glimmerblatt aus einer Lage, wo ſich das Bild zeigt, nach der mit der Kalkſpathplatte parallelen Lage zurückdreht, und dadurch das deutliche Bild zum Verſchwinden bringt, ſo ſieht man, daß von den Puncten, wo dies Verſchwinden erfolgt, die Arme des Kreuzes in zwei ſich trennende Hyperbeln zerfallen, jenſeits dieſer Puncte ſich aber wieder zu einem ähnlichen Kreuze zu vereinigen ſcheinen, welches letztere aber ſehr blaß und ohne farbige Ringe iſt, und um ſo blaſſer wird, als die Glimmertafel ſich der mit der Kalkſpathplatte parallelen Stellung nähert, ſo daß es in dieſer Stellung ganz unſichtbar wird.

Es geht hieraus hervor, daß beim Umdrehen der Glimmertafel durch 4 rechte Winkel zwei derſelben das Bild deutlich, die dazwiſchen liegenden aber nur ſehr blaß oder gar nicht zeigen.

Um die Bilder deutlicher, und ohne durch fremdes Licht geſtört zu werden, ſehen zu können, kann man ſich auch zweckmäßigerweiſe folgender Vorrichtung bedienen: Man befeſtige in einem ungefähr 3 Zoll langen, 2 Zoll im Durchmeſſer haltenden, Rohre (Fig. 79.), deſſen innere Seite geſchwärzt iſt, eine Tafel von einaxigem oder zweiaxigem Glimmer, oder von hinlänglich dickem Spiegelglas in diagonaler Stellung, und bringe in a eine Öffnung an, wodurch man ſieht. Dieſes Rohr hält man bei Verſuchen unter dem nöthigen Winkel gegen einen ſchwarzen Spiegel und bewegt dazwiſchen eine Kalkſpathplatte, ein Glimmerblatt ꝛc., bis das eine Bild erſcheint. Dreht man dann das Rohr um 90° herum, ſo erhält man das zweite Bild.

Eigenthümlichkeiten einiger Kryſtalle in Bezug auf die Erſcheinung der Farbenringe.

Marx (Pogg. VIII. 249) hat die Bemerkung gemacht, daß die meiſten Arragonitkryſtalle, welche, nach dem Äußern zu ſchließen, einfach ſind, im polariſirten Lichte als Zwillinge erſcheinen, und daher mit den bekannten Beobachtungsmitteln vier Syſteme farbiger Ringe darbieten, was auch **Kobell** *) an einem, ſenkrecht auf die Hauptaxe geſchnittenen, reinen böhmiſchen Kryſtall beſtätigt fand. Derſelbe bemerkte aber auch, daß ein ſolcher Kryſtall beim Durchſehen in gewiſſen Richtungen für ſich allein ſchon (ohne Turmalintafel) Syſteme farbiger Ringe zeigt, und als er durch denſelben unter dem nöthigen Winkel auf einen ſchwarzen Spiegel ſahe, bemerkte er ſechs ſolche Syſteme, wovon vier mit einem ſchwarzen, zwei aber mit ungefärbtem oder weißen Striche durchſchnitten waren **).

Naumann hat die mehrfache Zuſammenſetzung dieſer Kryſtalle aus Hemitropien nach einem Schnitte parallel einer Fläche von ∞ P erklärt, und die Zuſammenſetzungsflächen, deren mehrere ſehr nahe an einander liegen, ließen ſich an dem beobachteten Kryſtall durch die angeſchliffenen Flächen auch ſehr leicht erkennen. Es wird daher wahrſcheinlich, daß ein Theil des Kryſtalles für den andern ſelbſt als Turmalinplatte wirkt. Nur iſt dann ſchwer erklärbar, wie zugleich Bilder von auf einander rechtwinklicher Polariſation (mit ſchwarzem und weißem Strich) erblickt werden konnten.

Ein ähnliches Verhalten beobachtete **Kobell** auch am **zweiaxigen Glimmer**, indem, wenn man in einer gewiſſen Richtung durch ſeine Flächen (mit nahe gebrachtem Auge) gegen einen ſchwarzen Spiegel ſieht, die beiden Arten der Bilder, doch nicht zu gleicher Zeit und gewöhnlich nur blaß, zum Vorſchein kommen. In einer ſpätern Notiz fügt er endlich auch noch den **ſchwefelſauren Baryt**, geſchnitten nach o P ***), und den Topas (durch ſeine vollkommenen Durchgänge betrachtet), und zwar in ganz einfachen Kryſtallen angewandt, zu den Mineralien, die dieſe Erſcheinung darbieten. Der Verfaſſer glaubt, dieſelbe lieſſe ſich hier vielleicht durch Wirkung einer verſteckten blätterigen Structur nach pyramidalen oder ſonſt in der Kryſtallreihe möglichen Flächen erklären.

---

*) Pogg. XX. 342, 416.

) **Brewſter (Philos. transact. f. 1819. p. 20) hat ſchon früher analoge Beobachtungen gemacht: „Einige blätterige Kryſtalle... as Mica, Epidote or such as have an imperfect transparency from a defective aggregation of their elementary crystals, frequently exhibit their absorbtive qualities and also *their system of coloured rings by exposure to common light*. The light is in these cases analyzed in passing obliquely through the laminae, in the same manner, as if it has been transmitted through a bundle of glas plates.“ (Schweigg. J. LXII. 236.)

***) Vgl. **Marx** Charakteriſtik der Mineralien I. Abth. S. 84.

Der Bergkryſtall zerfällt bekanntlich in zwei Varietäten, die in Bezug auf polariſirtes Licht ein verſchiedenes Verhalten zeigen. Marx *) nun hat nachgewieſen, daß der Amethyſt aus einer regelmäßigen Zuſammenſetzung dieſer beiden Varietäten beſteht, und hat die Erſcheinungen, die er demgemäß in polariſirtem Lichte zeigt, genau beſchrieben und durch Figuren erläutert. Wegen des zu ſpeciellen Intereſſes, was dieſe Beobachtungen darbieten, verweiſen wir hinſichtlich ihres Näheren auf die Originalabhandlung.

Farbenmeſſer von van Beek **).

Der Farbenmeſſer, den der Verfaſſer nach dem von Biot (Lehrb. V. 228) gemachten Vorſchlage hat ausführen laſſen, iſt in Fig. 80. und 81. in verſchiedenen Lagen abgebildet.

abcdef iſt ein vierkantiger kupferner Kaſten, an welchem oben und unten kupferne Röhren g und h befeſtigt ſind. Dieſer kupferne Kaſten iſt vermittelſt eines Charnieres mit der kupfernen Säule ik verbunden, welche in einem feſten Fuße befeſtigt iſt; vermittelſt der Schraube l kann das Inſtrument in jeder beliebigen Lage befeſtigt werden. In dem Kaſten abcdef, welcher in Fig 80. beſonders abgebildet iſt, befindet ſich ein kupferner Ring m, welcher ſich frei in ihm um die Zapfen n und o drehen läßt und mit einem Zeiger verbunden iſt, welcher die Lage des Ringes auf der auswärts angebrachten Theilung angiebt.

In der untern Röhre h, welche an der vordern Seite eine Öffnung hat, befindet ſich ein Glasſpiegel, deſſen hintere Fläche mit Tuſche geſchwärzt iſt, und der eine ſolche Lage hat, daß er mit der Axe der Röhre einen Winkel von 54° 35′ bildet. In der obern Röhre befindet ſich ein eben ſolcher Spiegel, welcher mit der Röhre denſelben Winkel macht, aber ſo aufgeſtellt iſt, daß ſeine Reflexionsebene ſenkrecht auf der des erſten Spiegels ſteht, wie dieſes die punctirte Linie in Fig. 80. und 81. angiebt. Dieſe Röhre g iſt oben geſchloſſen, jedoch an der Seite, dem Spiegel gegenüber, iſt eine kleine runde Öffnung angebracht, worin ſich eine kleine Linſe n′ von kurzer Brennweite befindet. In dem Kaſten abcdef befindet ſich außer dem bereits erwähnten Ringe noch ein kleiner Rahmen pq, welcher durch eine kleine in ſeiner Mitte befindliche Öffnung Licht hindurchläßt.

Auf dieſe Art hat man ein vollſtändiges Polariſationsinſtrument, in welchem der Lichtſtral nicht von dem obern Spiegel reflectirt wird. Hält man aber das Auge nach n und legt in den Ring oder den Rahmen pq ein Glimmerblättchen, deſſen Axe mit der Polariſationsebene einen Winkel von 45° bildet: ſo werden von dem zweiten Spiegel Farben reflectirt, beren Beſchaffenheit von der Dicke des Glimmerblättchens und der Lage der beiden Axen der doppelten Brechung abhängt, und welche nun mit den Farben der Naturkörper verglichen werden können.

---

*) Schweigg. LXI. 1. Vgl. hiebei Pogg. XXI. [illegible].

**) Aus den Nieuwe Verhandelingen der eerste Klasse van het Koninklyk-Nederlandsche Instituut van Wetenschappen, Letterkunde en schoone Kunsten te Amsterdam. Bd. II. S. 213 in Schweigg. LXII. 246.

Man wähle nun unter verſchiedenen Glimmerblättchen eins aus, welches allenthalben dieſelbe Dicke hat, was man am Beſten daran erkennt, daß ein unter beliebigem Winkel hindurch gegangener polariſirter Lichtſtral das Blättchen mit einer einzigen Farbe erſcheinen läßt. Das Blättchen muß dabei ſo dünn ſein, daß bei ſenkrecht einfallendem Lichte eine von den weißblauen Farben von Newton's Scale der Farben dünner Blättchen erſcheint. Hat man ein ſolches Stück gefunden, dann bezeichne man ſo genau als möglich die Lage der Axe der doppelten Stralenbrechung in dem Blättchen und meſſe alsdann ſeine Dicke vermittelſt des Sphärometers, ſo iſt man im Stande vermittelſt des bekannten Coefficienten für Glimmer den numeriſchen Werth der Farbe in Newton's Tafel (Biot V. 40) zu beſtimmen, welche bei ſenkrecht auffallendem Lichte erſcheint. Weil indeß die Oberfläche des Glimmers ſelten ganz frei von kleinen Unebenheiten iſt, ſo muß bei Anſtellung dieſer Meſſungen nothwendig eine kleine Unſicherheit übrig bleiben, daher es der Verfaſſer für zweckmäßiger hält, die Farbe, welche bei ſenkrecht einfallenden Stralen erſcheint, durch genaue Beobachtungen zu beſtimmen.

Bei dem Gebrauche legt man nun ein Stück von dem Glimmerblättchen ſo in den Ring, daß ſeine Axe der doppelten Stralenbrechung genau mit der Richtung der Axe des Ringes zuſammenfällt*); den übrigen Glimmer theile man in kleine viereckige Stücke von hinreichender Größe, klebe ſie auf ſchwarze Kartenblätter, welche genau in den Rahmen pq paſſen und in der Mitte ein rundes Loch o haben, welches die Größe von dem im Boden des Rahmens hat. Man ſorge hiebei ſtets dafür, daß die Axen der doppelten Stralenbrechung unter einander parallel und zugleich parallel mit der Axe des Blättchens liegen, welches ſich in dem Ringe befindet.

Iſt der Apparat auf dieſe Weiſe zuſammengeſtellt, ſo kann man für jede Neigung des im Ringe befindlichen Glimmers aus der bekannten Anzahl der im Rahmen befindlichen Blättchen und mit Zuziehung des ebenfalls als bekannt vorausgeſetzten Brechungsverhältniſſes des Glimmers den Werth der Farbe in Newton's Tafel nach folgender Formel beſtimmen:

$$E = \frac{(E)}{\sin^2 \vartheta_1} \cdot \frac{\cos^2 \vartheta' \sin^2 \vartheta_1 + \sin^2 \vartheta'}{\cos \vartheta'}$$

---

*) Es iſt nicht nöthig, daß das Glimmerblättchen den ganzen Ring ausfülle, weil hiezu ſehr viel Glimmer erfodert werden würde, und es ſehr ſchwer hält, ein großes Stück zu finden, welches allenthalben dieſelbe Dicke hat. Man lege in den Ring nur eine ſchwarze Platte mit einer länglichen viereckigen Öffnung, in welcher das Glimmerblättchen befeſtigt iſt (Figur 82.), und ſorge nur dafür, daß die Breite dieſer Öffnung ungefähr den Durchmeſſer des Loches in dem Rahmen hat, und daß dieſe Öffnung ſenkrecht auf der Axe ſteht, um die ſich der Ring bewegt.

Hier iſt E die für die gegebene Neigung beobachtete Farbe; (E) der numeriſche Werth der Farbe in **Newton's** Tafel, welche bei ſenkrecht einfallenden Stralen erſcheint; ϑ' der aus dem Brechungsverhältniß des Glimmers für die gegebene Neigung des Ringes berechnete Brechungswinkel; ϑ_1 der Brechungswinkel des Glimmers, bei welchem die Farbe ihr Minimum erreicht, und für welchen **Biot** durch genaue Verſuche 22° 35′ 36″ findet *).

Zum bequemern Gebrauche hat der Verfaſſer noch eine Tabelle beigefügt, welche für die Einfallswinkel von 1° bis 70° die zugehörigen Brechungswinkel ϑ' unter der Vorausſetzung angiebt, daß das Brechungsverhältniß des Glimmers dem des Crownglaſes ($= \frac{3}{2}$) gleich ſei.

XIII. Von der kreisförmigen und elliptiſchen Polariſation.

Kreisförmige oder circuläre Polariſation **).

Geſchichtliches. Unter den Erſcheinungen, welche von der circulären Polariſation abhängen, ſind die zuerſt beobachteten die, welche **Biot** mit dem Namen Polariſation durch Drehung (Biot's Lehrb. V. 209) beſchrieben hat, d. ſ. die Farbenerſcheinungen, welche ein polariſirter Stral, der durch eine ſenkrecht auf die Axe zugeſchnittene Platte aus Bergkryſtall längs der Axe hindurchgegangen iſt, bei nachheriger Zerlegung durch ein doppelt brechendes Prisma darbietet, Erſcheinungen, auf die zuerſt **Arago** aufmerkſam machte und die nachher von **Biot** weiter verfolgt wurden. Dieſe Erſcheinungen ließen indeß die Verhältniſſe der circulären Polariſation

*) Der Beweis dieſer Formel iſt in Biot's Traité (dem größern Werke) T. IV. p. 559 gegeben.

) Ein genaues theoretiſches Verſtändniß der circulären Polariſation läßt ſich unmöglich anders erhalten, als mit Hülfe mathematiſcher, an die Undulationstheorie geknüpfter, Erörterungen, welche von dem Plane dieſes Werkes ausgeſchloſſen ſind. Ich begnüge mich hier mit Darſtellung der hauptſächlichſten Erſcheinungen, welche die circuläre Polariſation auf erfahrungsmäßige Weiſe characteriſiren, und wenigſtens Anführung der Sätze, auf die ihre Erklärung zurückzuführen iſt. Näher über den Zuſammenhang der circulären Polariſation mit der Undulationstheorie kann man ſich, außer aus Herſchel's öfters angeführtem Werke über das Licht S. 576, insbeſondere aus **Fresnel's Abhandlungen in Pogg. XXI. 276; XXII. 68, 90; XXIII. 372 und der Abhandlung von **Airy** in Pogg. XXIII. 204 (die mir nur eben erſt zu Händen gekommen iſt) belehren; auch in Baumgartner's Suppl. S. 532 findet ſich etwas in der Kürze darüber angegeben. — Die Formeln, nach denen ſich der Übergang der geradlinigen Polariſation in circuläre oder elliptiſche durch totale innere Reflexion berechnen läßt, werde ich übrigens noch in einem beſondern Artikel mittheilen, der zugleich mehrere daraus zu ziehende Folgerungen für das Zuſtandekommen der circulären Polariſation, die ich hier übergangen habe, enthält.

nicht in ihrer einfachſten Geſtalt zur Wahrnehmung kommen, da ſie der Erfolg des Auſeinanderwirkens zweier circulär polariſirter Stralen ſind. **Fresnel** war es vorbehalten, dieſe Erſcheinungen zu analyſiren und zu zeigen, auf welche einfache Modificationen ſie ſich zurückbringen laſſen, indem er zuvörderſt die reinen Merkmale der circulären Polariſation an einem durch totale innere Reflexion in Glas (unter gehörigen Verhältniſſen) modificirten polariſirten Stral nachwies, dann zeigte, daß ſich ein polariſirter Stral, der längs der Axe von Bergkryſtall hingeht, in zwei Stralen von derſelben Beſchaffenheit, als man durch ſolche innere Reflexionen erlangen kann, aber von ungleicher Geſchwindigkeit, ſpaltet; endlich die Entſtehungsart und Beſchaffenheit der circulären Polariſation mit der Undulationstheorie in Beziehung ſetzte, durch ſie erläuterte und Formeln zur Berechnung ihrer Entſtehung ableitete, die ſich mit der Erfahrung bis jetzt vollkommen in Übereinſtimmung gezeigt haben. **Fresnel** muß daher als der eigentliche Schöpfer der Lehre von der circulären Polariſation betrachtet werden.

Charactere der circulären Polariſation.

Die circuläre Polariſation iſt eine Modification des Lichtes, welche ſich durch folgende Hauptmerkmale characteriſirt, denen ſich jedoch noch andere, von gleichem Grunde abhängige, Eigenthümlichkeiten anſchließen.

1) Ein circulär polariſirter Stral giebt, wenn er durch ein doppelt brechendes **Prisma** unterſucht wird, bei jeder Lage deſſelben zwei Bilder von gleicher Intenſität, und behält, auf einer Turmalinplatte aufgefangen, bei Umdrehung derſelben dieſelbe Intenſität; hierin unterſcheidet er ſich von dem geradlinig oder gewöhnlich polariſirten Lichte *) und ſtimmt mit dem gemeinen Lichte überein.

2) Wenn ein circulär polariſirter Stral in einem Glasparallelepipedum (Fig. 83.) bei ſenkrechtem Ein- und Austritt zwei totale innere Zurückwerfungen in G und F unter dem Winkel 54° 37'½ erfährt **), ſo zeigt er, nach dem Wiederaustritte, ſich geradlinig in einer Ebene polariſirt, welche um 45° gegen die Ebene geneigt iſt, in welcher die Zurückwerfungen geſchahen, welche Lage auch dieſe Ebene gehabt haben mag ***).

---

*) Man ſetzt nämlich die bekannte gewöhnliche Polariſation der circulären und elliptiſchen unter dem Namen der **geradlinigen** entgegen.

**) Dieſer Winkel gilt für Glas, deſſen Brechungsverhältniß = 1.51. Um der Bedingung der zweimaligen innern Zurückwerfung unter dieſem Winkel bei ſenkrechter Ein- und Austrittsfläche zu genügen, müſſen die Winkel ABC, ADC (Fig. 83.) ebenfalls 54° 37'½ betragen.

***) Hiebei mag gleich bemerkt werden, daß, wenn die circuläre Polariſation auf die nachher anzugebende Art durch zwei totale innere Reflexionen eines um 45° gegen die Einfallsebene polariſirten Strales erſt erzeugt war, und er durch zwei neue totale Reflexionen in derſelben Ebene wieder in die geradlinige Polariſation zurückgeführt wird, die Richtung der wieder hergeſtellten Polariſation ſenkrecht auf der Richtung der urſprünglichen Polariſation ſteht; indem die Rei-

Hiedurch unterſcheidet er ſich von einem Strale gemeinen Lichtes, das durch keine Zahl ſolcher totaler Reflexionen in ſeinen Eigenſchaften geändert wird.

Bei manchen circulär-polariſirten Stralen wird nun die Polariſationsebene rechts, bei anderen links von der Zurückwerfungsebene gekehrt und hienach unterſcheidet man die **rechts gekehrte** und die **links gekehrte** circuläre Polariſation.

3) Läßt man einen circulär-polariſirten Stral durch ein Blättchen Frauneis hindurchgehen, und analyſirt ihn dann mit einem doppelt brechenden Prisma*), ſo giebt er zwei farbige Bilder von Complementärfarben, wodurch er ſich entſchieden von dem gewöhnlichen Lichte unterſcheidet, während auf der andern Seite dieſe Farben nicht mit denen übereinſtimmen, die von einem gewöhnlich polariſirten Strale hervorgebracht werden. Sie ſind nämlich um ¼ der Farbe davon verſchieden**).

4) Die Farbenringe, welche eine ſenkrecht auf die Axe zugeſchnittene Kalkſpathplatte in gewöhnlich polariſirtem Lichte (bei Betrachtung durch eine Turmalinplatte) darbietet, zeigen ſich unterbrochen und in gewiſſem Grade verſchoben, wenn man ſtatt des gewöhnlich polariſirten Lichtes circulär polariſirtes Licht anwendet; das Kreuz, welches die 4 Quadranten trennt, iſt von gleichförmiger Intenſität, welche ungefähr der mittlern Intenſität des Lichtes gleich iſt, und die Lage und das Anſehen dieſes Kreuzes bleiben ungeändert, wenn man die Turmalinplatte, durch welche man die Ringe betrachtet, in ihrer Ebene herumdreht***).

---

gung der wiederhergeſtellten Polariſation um 45° nach der andern Seite der Reflexionsebene abweicht.

*) d. h. ſtellt man den Verſuch ſo an, wie er zu Darſtellung der Farbenerſcheinungen durch die ſogenannte mobile Polariſation **Biot's** (Biot's Lehrb. V. 120) mit gewöhnlich polariſirten Lichte angeſtellt wird.

**) Dies iſt auf folgende Weiſe zu verſtehen. Man vergleiche die Complementärfarben mit den Farben der, durch eine dünne Luftſchicht zwiſchen Objectivgläſern zurückgeworfenen und durchgelaſſenen Newton'ſchen Ringe. Stimmt nun z. B. die eine Complementärfarbe mit der Farbe eines durch die Dicke t zurückgeworfenen oder durchgelaſſenen Ringes überein, wenn der Stral die gewöhnliche oder geradlinige Polariſation erfahren hatte, ſo wird ſie nun, wenn der Stral circulär polariſirt iſt, vielmehr mit der Farbe eines durch die Dicke (1 + ¼) t oder (1 — ¼) t zurückgeworfenen oder durchgelaſſenen Ringes übereinſtimmen. Was in Pogg. Ann. XXI. 277 oder in den Ann. de Ch. et de Ph. XXVIII. 149 vom Farbenkreiſe (cercle chromatique) Newton's geſagt iſt, verſtehe ich nicht, da dieſer Kreis gar nichts mit dieſer Klaſſe von Erſcheinungen zu thun hat.

***) Man ſieht in Pogg. Ann. XXIII. Taf. II. Figur 1., 2., 3. die Ringe, wie ſie ſich im gewöhnlich polariſirten Lichte bei verſchiedenen Lagen der Turmalinplatte darſtellen, und Figur 4. die Ringe, wie ſie bei jeder Lage der Turmalinplatte im circulär polariſirten Lichte erſcheinen. Doch ſcheint das Kreuz in der Mitte etwas zu dunkel gehalten. Ebendaſelbſt S. 211 und 226 hat **Airy** die nähere Beſchreibung und Erklärung dieſer Ringe nach den Interferenzgeſetzen gegeben.

5) Ein circulär polariſirter Stral zeigt keine Farbenerſcheinungen, wenn er durch Quarz (in der Richtung von deſſen Axe), Terpentinöl, Limonienöl ꝛc. geht, und dann mittelſt eines doppelt brechenden Prisma's zerlegt wird. Hierin ſtimmt er mit dem gewöhnlichen Lichte überein, und unterſcheidet ſich vom gewöhnlich polariſirten.

Verfahrungsarten, die circulare Polariſation hervorzubringen.

Gleichwie die gewöhnliche oder geradlinige Polariſation ſowohl durch Zurückwerfung als durch Brechung unter gehörigen Umſtänden und in geeigneten Mitteln hervorgerufen werden kann, iſt dies auch bei der circulären Polariſation der Fall.

a) Durch Zurückwerfung. Dieſe Methode beſteht in einer Umkehrung des unter 2) angegegebenen Verfahrens. Man laſſe (Fig. 83.) in die Seite CD eines Glasparallelepipetums, das ſo geſchnitten iſt, daß der Stral bei ſenkrechtem Ein- und Austritt (in H und E) zwei totale innere Zurückwerfungen (in G und F) unter dem Winkel von $54^{\circ}\frac{1}{2}$ erfährt *), einen gewöhnlich polariſirten Stral ſenkrecht einfallen, während das Parallelepipedum ſo geſtellt iſt, daß die Ebene der inneren Zurückwerfungen 45° gegen die der urſprünglichen Polariſation geneigt iſt. Der in E rechtwinklich auf AB heraustretende Stral wird die circuläre Polariſation angenommen haben.

Wenn der innere Einfallswinkel ein anderer als $54^{\circ}\frac{1}{2}$ iſt, ſo vermag der Stral durch bloß zwei Reflexionen die circuläre Polariſation nicht mehr vollſtändig zu erlangen, wohl aber, wenn man ihn eine gewiſſe größere Anzahl Reflexionen unter demſelben innern Einfallswinkel machen läßt. So kommt die circuläre Polariſation zu Stande durch drei Zurückwerfungen in Glas von 1,51 Brechungsverhältniß unter einem Einfallswinkel von $69^{\circ}\,12'\frac{1}{2}$, durch vier bei einem Einfallswinkel von 74° 41′ 50″ **).

Brewſter (Pogg. XXI. 228) hat übrigens gefunden, daß auch eine einmalige Reflexion von polirtem reinen Silber unter der Incidenz von 73° einem gegen die Einfallsebene um 45° polariſirten Strale die circuläre Polariſation zwar nicht vollſtändig, aber doch ziemlich nahe, zu ertheilen vermag.

b) Durch Brechung. Während bei der vorigen Methode, einen Stral circulär zu polariſiren, bloß eine einzige Art circulärer Polariſation, die rechts oder links gekehrte, entſteht, bringt der Durchgang durch gewiſſe durchſichtige Mittel beide zugleich hervor, indem ſich der Stral hiebei vermöge einer eigenthümlichen Art doppelter Brechung in einen rechts und einen links circulär polariſirten Stral theilt, ſo daß alſo hier etwas Analoges Statt findet, als bei der durch Doppelbrechung erzeugten gewöhnlichen oder geradlinigen Polariſation, wo der Stral in zwei ſenkrecht auf einander polariſirte Bündel getheilt wird.

---

*) Für Glas von 1,51 Brechungsverhältniß iſt der erfoderliche Winkel genau $54^{\circ}\,37'\frac{1}{3}$.

**) Die hier angeführten Werthe ſind von Fresnel für Glas von 1,51 Brechungsverhältniß nach einer Formel berechnet worden, die ich in dem Artikel, der von dem Übergange der geradlinigen in die kreisförmige und elliptiſche Polariſation beſonders handelt, mittheilen werde. Verſuche, welche Fresnel zu ihrer Prüfung anſtellte (Pogg. XXII. 119), ergaben merklich damit übereinſtimmende Reſultate.

Um die circuläre Polariſation durch Brechung hervorzurufen, laſſe man einen in irgend einer Ebene polariſirten Stral durch eine Platte Bergkryſtall, deren Eintrittsfläche ſenkrecht auf die Axe der doppelten Brechung geſchnitten iſt, parallel mit der Axe, alſo unter ſenkrechter Incidenz, hindurchgehen. Der Stral wird, wenn die Austrittsfläche ebenfalls ſenkrecht auf die Axe iſt, ungetheilt bleiben, aber aus einem rechts und einem links circulär polariſirten Stral beſtehen, die ſich mit ungleicher Geſchwindigkeit nach derſelben Richtung bewegen; iſt die Austrittsfläche ſchief gegen die Axe gerichtet, ſo wird der Stral wirklich in zwei, einen Winkel mit einander bildende, Stralen getrennt herausfahren, deren einer rechts, der andere links circulär polariſirt iſt. Doch läßt ſich dieſe Trennung bloß durch feine Hülfsmittel ſichtbar machen*).

In dem Falle nun, wo man die Trennung der entgegengeſetzt circulär polariſirten Bündel bewirkt hat, wird jedes dieſer Bündel für ſich die oben angegebenen Merkmale eines circulär polariſirten Strales darbieten, der eine die der rechts, der andere die der links gekehrten**). Treten aber beide Bündel in derſelben Richtung heraus, ſo daß ſie ſonach in demſelben Strale zuſammen fallen, ſo fragt ſich nun, welche Eigenſchaften wird der ſo zuſammengeſetzte Stral zeigen. In dieſer Hinſicht gilt folgendes Geſetz:

Wenn ein in irgend einer Ebene polariſirter Stral durch eine Platte Bergkryſtall, deren beide Flächen ſenkrecht auf die Axe zugeſchitten ſind, parallel mit der Axe hindurchgeht, ſo wird der ſenkrecht und ungetheilt austretende Stral ſich verhalten wie ein gewöhnlich oder geradlinig polariſirter Stral, deſſen Polariſationsebene aber einen gewiſſen Winkel mit der Ebene der urſprünglichen Polariſation bildet, und dieſer Ablenkungswinkel wird der Dicke der durchlaufenen Platte genau proportional ſein.

---

*) Fresnel's Verfahren zu dieſem Zweck findet ſich beſchrieben in Pogg. XXI. 276 oder Herſchel's Werk über das Licht S. 586. — In Bezug auf das Nachfolgende mag gleich hier bemerkt werden, daß in dem Strale, welcher ſich wie ein durch zwei totale innere Reflexionen modificirter Stral verhält, deſſen Reflexionsebene links von der Ebene der urſprünglichen Polariſation lag, dasjenige partielle Bündel, welches dem andern um $\frac{1}{4}$ Undulation voraus iſt, ſeine Polariſationsebene links liegen hat von der des zurückſtehenden Bündels. in dem andern Strale dagegen liegt die erſtere Polariſationsebene rechts von der zweiten.

**) Bemerkung verdient dabei, daß verſchiedene Varietäten Bergkryſtall ſich in ſo fern verſchieden verhalten, als bei dem einen der rechts, bei dem andern der links circulär polariſirte Stral der ſchnellere iſt (der Unterſchied der Geſchwindigkeiten jedoch iſt in beiden Varietäten gleich). Dieſer Gegenſatz wird durch verſchiedene damit zuſammenhängende Folgeerſcheinungen bemerklich, namentlich die Richtung, nach welcher die Polariſation durch Drehung erfolgt.

Die beiden in entgegengeſetzter Richtung circulär polariſirten Stralen wirken alſo, wenn ſie zuſammenfallen, ſo auf einander ein, daß dadurch ein Stral entſteht, der ſich in keiner Eigenſchaft von dem urſprünglichen gewöhnlich polariſirten Strale unterſcheidet, außer in der Richtung der Polariſation, und der in ſeiner Vereinigung keine der characteriſtiſchen Eigenſchaften zeigt, welche den bloß nach Einer Richtung circulär polariſirten Stral vom gewöhnlich polariſirten Lichte unterſcheiden *).

Sätze, auf welche die Erklärung der Entſtehung und Erſcheinungen der circulären Polariſation zurückzuführen iſt.

Eine gehörige Erklärung der Entſtehung und Erſcheinungen der circulären Polariſation iſt bis jetzt nur nach der Undulationstheorie gegeben worden. Nach derſelben läßt ſich ein circulär polariſirter Stral beſtehend betrachten als aus Äthertheilchen, welche kreisförmige Schwingungen mit gleichförmiger Geſchwindigkeit in Ebenen ſenkrecht auf die Richtung des Strales vollbringen **). Dieſe Schwingungen geſchehen in zwei Stralen von entgegengeſetzter circulärer Polariſation nach entgegengeſetzter Richtung.

Um die Erſcheinungen der circulären Polariſation auf dieſe Vorſtellung zurückzuführen, muß man ſich verſchiedene Sätze, welche in der Lehre von den Interferenzen der Schwingungen bewieſen werden, zurückrufen, namentlich folgende*):

---

*) Ich hebe dieſen Umſtand beſonders hervor, um eine, nach manchen zu kurzen Angaben ſonſt leicht mögliche, Verwirrung der Begriffe zu verhüten. Man ſpricht öfters ſchlechthin von einer circulär polariſirenden Wirkung des Bergkryſtalles auf gewöhnlich polariſirte Stralen, die längs ſeiner Axe hingehen; aber bloß in dem Falle, wenn dieſe getrennt austreten, kann die Eigenſchaft der circulären Polariſation an ihnen nachgewieſen werden, ſonſt verhält ſich das zuſammengeſetzte austretende Bündel durchaus nur wie ein gewöhnlich polariſirter Stral, deſſen Polariſationsebene ſich aber während des Durchganges durch die Platte mit gleichförmiger Geſchwindigkeit um ſeine Axe gedreht hat. Biot's ſogenannte Polariſation durch Drehung (Biot V. 209), worunter die von dieſer Drehung abhängigen Phänomene verſtanden werden, iſt ſonach nicht mit der circulären Polariſation zu verwechſeln. Die erſte betrifft nämlich bloß die zuſammengeſetzten Erſcheinungen, welche ein, aus zwei entgegengeſetzt circulär polariſirten Bündeln beſtehender Stral darbietet, welcher dem Erfolge nach von einer Drehung der Ebene der gewöhnlichen Polariſation abhängig gemacht werden können, während die circuläre Polariſation die jedem dieſer Bündel, wenn es vom andern getrennt iſt, für ſich zukommenden Eigenſchaften betrifft, welche von denen der gewöhnlichen Polariſation weſentlich verſchieden ſind.

**) Ein geradlinig oder gewöhnlich polariſirter Stral hingegen iſt bekanntlich ein ſolcher, in welchem alle Theilchen geradlinig in parallelen Richtungen in Ebenen ſenkrecht auf den Stral ſchwingen.

1) Ein kreisförmig polariſirter Stral, inſofern man die angegebene Vorſtellung für ſeine Beſchaffenheit zu Grunde legt, entſteht durch die Interferenz zweier Bündel von gleicher Intenſität, die rechtwinklich auf einander polariſirt ſind und in ihrem Gange um den vierten Theil einer Undulation (oder ungerade Multipla eines Viertel, wie $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{4}$ u. ſ. f.) verſchieden ſind, oder, was daſſelbe ſagt, deren Phaſenunterſchied 90° oder 270° iſt. Die Lichttheilchen in dem circulär polariſirten Strale drehen ſich von der Rechten zur Linken, wenn das vordere Bündel ſeine Polariſationsebene rechts liegen hat von der des um $\frac{1}{4}$ Undulation zurückſtehenden Bündels; dagegen drehen ſie ſich von der Linken zur Rechten, ſobald die erſtere Ebene links von der zweiten liegt, oder, falls die beiden Polariſationsebenen den erſten Fall darbieten, ſobald der Unterſchied im Gange $\frac{3}{4}$ Undulationen beträgt.

2) Umgekehrt läßt ſich daher jeder circulär polariſirte Stral als aus der Vereinigung zweier rechtwinklich auf einander geradlinig polariſirten Stralen von gleicher Intenſität beſtehend betrachten, die um $\frac{1}{4}$ (oder $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{4}$ u. ſ. f.) Undulation von einander abweichen.

3) Ein in irgend einer Ebene geradlinig polariſirter Stral läßt ſich betrachten als beſtehend aus der Vereinigung zweier anderen, in derſelben Ebene polariſirten, Stralen, die in ihren Phaſen um $\frac{1}{4}$ Undulation verſchieden ſind (ſo daß die Phaſe des einen $\frac{1}{8}$ Undulation mehr, die andere $\frac{1}{8}$ Undulation weniger beträgt, als die des ganzen Strales) und deren jeder die halbe Intenſität des ganzen Strales hat.

4) Auf eine andere Weiſe läßt ſich aber auch ein geradlinig polariſirter Stral als beſtehend betrachten aus zwei rechtwinklich auf einander polariſirten Stralen von gleicher Intenſität, deren Phaſenunterſchied entweder 0° oder 180° oder 360° beträgt, und von denen der eine in einer Ebene polariſirt iſt, welche einen Winkel von 45° zur einen Seite, der andere in einer Ebene, welche einen Winkel von 45° zur andern Seite mit der urſprünglichen Polariſationsebene macht (ſo daß dieſe den rechten Winkel der Polariſationsebenen beider partiellen Stralen mitten durch theilt).

5) Noch allgemeiner läßt ſich ein geradlinig polariſirter Stral beſtehend betrachten aus zwei nach beliebigen, auf einander ſenkrechten, Richtungen polariſirten Bündeln von gleicher oder um 180° oder um 360° verſchiedener Phaſe, deren Intenſitäten ſich zu einander verhalten wie $\cos^2 \varphi$ zu $\sin^2 \varphi$, wenn man die Zerlegung der Polariſation nach zwei ſolchen Richtungen vorgenommen hat, daß ihre Ebene reſpectiv den Winkel φ und

---

*) Wer mit den hier in Betracht kommenden Vorſtellungen nicht vertraut iſt, wird ſich aus der gegen Ende des Abſchnittes über das Licht beigefügten Darſtellung darüber belehren können. Vergl. namentlich die Artikel Schwingungen, Phaſe, Interferenz, Elaſticität.

$90° - \varphi$ mit den Richtungen der Polariſation der partiellen Bündel macht. (Für $\varphi = 45°$ iſt $\cos\varphi = \sin\varphi$.)

Zu dieſen Interferenzgeſetzen ſind noch folgende zwei Sätze zu fügen, deren erſter ſich durch anderweite Erörterungen Fresnel's ergeben hat, oder auch aus der Entſtehungsweiſe der circulären Polariſation durch innere totale Reflexion ſelbſt abgeleitet werden kann. Der zweite iſt eine durch die Erſcheinungen ſelbſt nöthig gemachte Hypotheſe.

6) Wenn ein Stral, der mit irgend einer Neigung gegen die Einfallsebene polariſirt iſt *), eine innere Reflexion durch Zurückwerfung von der zweiten Oberfläche eines durchſichtigen Körpers erfährt, ſo findet im reflectirten Strale zwiſchen den beiden parallel und ſenkrecht auf die Zurückwerfungsebene polariſirten Bündeln, in die man ihn zerlegt denken kann, kein Phaſenunterſchied Statt, ſo lange die innere Incidenz kleiner iſt als die, bei welcher totale Reflexion erfolgt; wird ſie aber größer, ſo tritt zwiſchen beiden partiellen Bündeln ein Phaſenunterſchied ein, der von der Größe des Einfallswinkels und dem Brechungsverhältniß der Subſtanz abhängt und ſich nach unten ſtehender Formel berechnen läßt **), und der ſich bei jeder neuen innern Reflexion um die der Incidenz zugehörige Größe vermehrt.

7) In dem Bergkryſtalle iſt vermöge einer beſondern Beſchaffenheit der Theilchen die Elaſticität des Äthers rings um die Axe eine andere in der Drehungsrechtung von Rechts nach Links, als von Links nach Rechts.

Die Entſtehung der circulären Polariſation durch totale innere Reflexion in Glas unter den geeigneten Umſtänden erklärt ſich mit Zuziehung dieſer Sätze folgendermaßen:

Wenn ein um 45° gegen die Einfallsebene polariſirter Stral innen einfällt, ſo läßt er ſich nach Satz 4) in zwei rechtwinklich auf einander polariſirte Bündel gleicher Intenſität zerlegt denken, deren einer parallel, der andere ſenkrecht gegen die Einfallsebene polariſirt iſt, und die, ſo lange der innere Einfallswinkel kleiner als der der vollſtändigen Reflexion iſt, gleiche Phaſen behalten. Wenn aber der innere Einfallswinkel größer wird als die erſte Gränze der totalen Reflexion, ſo tritt ein Phaſenunterſchied ein, und man hat es mithin nur ſo einzurichten, daß dieſer Phaſenunterſchied = 90° wird, damit nach Satz 1) die circuläre Polariſation zu Stande komme. Wenn man nun für Glas vom Brechungsverhältniß 1,51 nach der unten angegebenen Formel berechnet, wie groß der Phaſenunter-

---

*) d. h. deſſen Polariſationsebene beim Einfall irgend einen Winkel mit der Einfallsebene macht.

**) Es ſei γ der Phaſenunterſchied beider partieller Bündel, n das Brechungsvermögen der Subſtanz, i der innere Einfallswinkel, der jedoch jedenfalls die erſte Gränze der totalen Reflexion überſchreiten muß, ſo iſt

$$\cos\gamma = \frac{2n^2 \sin^4 i - (n^2 + 1)\sin^2 i + 1}{(n^2 + 1)\sin^2 i - 1}$$

Wir werden in einem andern Artikel auf dieſe Formel zurückkommen.

ſchied iſt, der durch eine einmalige innere Reflexion unter einer Incidenz von 54° 37'½ hervorgebracht wird, ſo findet man ihn gleich 45°. Eine zweite innere Reflexion unter dieſem Winkel wird dieſen Phaſenunterſchied verdoppeln, d. h. auf 90° bringen, und ſo wird die circuläre Polariſation erreicht ſein. Bei anderen Einfallswinkeln wird der Phaſenunterſchied, der ſich durch eine einmalige Reflexion hervorbringen läßt, im Allgemeinen kleiner ſein als 45°, daher hier eine mehrmalige Reflexion als 2 erfoderlich iſt, den Phaſenunterſchied auf 90° zu treiben *). Dies wird noch näher örtert werden in dem Artikel, der von der Verwandlung der geradlinigen in circuläre Polariſation eigends handelt. Übrigens wird man auch aus dem Vorſtehenden leicht einſehen, warum der innen einfallende Stral um 45° gegen die Einfallsebene polariſirt ſein muß, damit er in circulär polariſirten Zuſtand übergehen kann. Es gehört nämlich nach Satz 1) zu den Merkmalen eines circulär polariſirten Strales, daß er ſich in zwei auf einander ſenkrecht polariſirte Bündel gleicher Intenſität vom Phaſenunterſchied 90° zerlegen laſſe. Nun ſind die beiden partiellen Bündel, die durch die inneren Reflexionen auf den Phaſenunterſchied 90° gebracht werden, bloß in dem Falle von gleicher Intenſität, wenn die anfängliche Polariſationsebene um 45° gegen die Einfallsebene geneigt iſt, mithin wird auch nur bei dieſer Neigung ſich circuläre Polariſation erlangen laſſen. Wählt man andere Neigungen der anfänglichen Polariſation gegen die Einfallsebene, ſo wird zwar ebenfalls noch derſelbe Phaſenunterſchied zwiſchen dem parallel und dem ſenkrecht gegen die Einfallsebene polariſirten partiellen Bündel, worein ſich der Stral zerlegen läßt, eintreten, als bei 45° Neigung; allein dieſer Unterſchied wird jetzt nach Satz 5) zwei Bündel von ungleicher Intenſität betreffen. Der hieraus reſultirende Stral kann daher nicht die circuläre Polariſation erlangen, hat aber eine andere Modification angenommen, die wir weiterhin unter dem Namen der elliptiſchen Polariſation betrachten werden.

Was die Entſtehung der circulären Polariſation durch Brechung im Bergkryſtall anlangt, ſo muß ſie als von einem eigenthümlichen Zuſtande der Elaſticität des Äthers im Quarzkryſtall abhängig gedacht werden, über den es übrigens noch an genügenden Erörterungen fehlt.

Das erſt angeführte Merkmal eines circulär polariſirten Strales (S. 280), daß er bei Betrachtung durch ein doppelt brechendes Prisma immer zwei Bilder von gleicher Intenſität giebt, folgt aus Satz 2). Denn da er aus zwei rechtwinklich auf einander polariſirten gleichen Stralen beſtehend gedacht werden kann, ſo muß er gerade ſo wie natürliches Licht durch die doppelte Brechung in zwei Stralen gleicher Intenſität zerlegt werden, da der Unterſchied der Phaſen hiebei nicht in Betracht kommt.

---

*) Denn 45° iſt bei Glas nahe das Maximum des Phaſenunterſchiedes, was ſich durch einmalige Reflexion hervorbringen läßt (das abſolute Maximum iſt 45° 43',5, und findet bei der Incidenz 51° 20'½ Statt, ſo daß bei Winkeln, die größer oder kleiner als dieſer ſind, der Phaſenunterſchied wieder abnimmt).

Das **zweite** Merkmal, daß dieſelbe Anzahl innerer Reflexionen (unter gleichen Umſtänden), welche einem gewöhnlich polariſirten Strale die circuläre Polariſation ertheilt hat, ihn nachher wieder zum geradlinig polariſirten Zuſtande zurückzuführen vermag, erklärt ſich aus Satz 6) in Verbindung mit Satz 4). Haben nämlich die beiden partiellen Bündel, aus denen man ſich den Stral beſtehend denkt, durch zwei ſolche Reflexionen einen Phaſenunterſchied von 90° erfahren, ſo werden die zwei nächſten Reflexionen unter gleichen Verhältniſſen dieſen Phaſenunterſchied auf 180° bringen. Dadurch aber hat nach Satz 4) der Stral wieder den Character des geradlinig polariſirten Lichtes erlangt.

Die Erklärung des S. 281 angeführten **dritten** Merkmales iſt auf Folgendes zurückzuführen:

Fällt ein circulär polariſirter Stral auf ein kryſtalliſirtes Blättchen, ſo kann derſelbe als aus zweien beſtehend angeſehen werden, von denen der eine in der Ebene des Hauptſchnittes, der andere in einer darauf ſenkrechten Ebene polariſirt iſt, die gleiche Intenſität beſitzen und in ihren Phaſen um ¼ Undulation verſchieden ſind. Jeder derſelben geht unverändert hindurch und ſie werden ſich daher hinſichtlich ihrer Interferenzen bei dem Heraustritt und der erfolgenden Zerlegung eben ſo verhalten, wie die zwei Theile eines Strales, der urſprünglich in einem Azimuth von 45° gegen die Ebene des Hauptſchnittes polariſirt war und durch die doppelte Brechung des Blättchens in zwei zerlegt wurde, vorausgeſetzt, daß man zu der Phaſe des einen dieſer Stralen den vierten Theil einer Undulation hinzufügt. Solche Stralen bringen nun, wie hier als aus anderweiten Theilen der Lichtlehre als bekannt vorausgeſetzt werden muß *), Farben der Art hervor, wie ſie circulär polariſirtes Licht wirklich zeigt.

Die Erklärung des **vierten** Merkmales hängt von denſelben Erörterungen ab.

Das **fünfte** Merkmal, daß ein circulär polariſirter Stral, wenn er durch eine ſenkrecht auf die Axe geſchnittene Platte Bergkryſtall in der Richtung der Axe hindurchgeht, keine Farbenerſcheinungen zeigt, wenn er nach ſeinem Austritte durch ein doppelt brechendes Prisma zerlegt wird, hängt davon ab, daß ſich der Stral beim Durchgange durch die Platte nicht in zwei Stralen von verſchiedener Geſchwindigkeit trennen kann; weil nämlich ſeine Schwingungen ſchon in der kreisförmigen Richtung der Elaſticität, die im Bergkryſtalle Statt findet, geſchehen, und er daher ohne weitere Zerlegung bloß die einfache Geſchwindigkeit, die dieſer Elaſticität angehört, annimmt. Inſofern nun die Farbenerſcheinungen, welche Kryſtallblätter in geradlinig polariſirtem Lichte darbieten, aus der Interferenz der Stralen verſchiedener Geſchwindigkeit entſtehen, in die ſich der Stral im Kryſtall in der Richtung AP geſchieht, die andere in einem Kreiſe wie BQ in der Richtung BQ. Es ſeien A und B zwei Theilchen, die zu gleicher Zeit aus A und B in dieſen Kreiſen mit gleichen Geſchwindigkeiten ausgehen, ſo iſt die Bewegung von C in jedem Augenblick der aus beiden Bewegungen zuſammengeſetzten gleich. Sobald A nach P kommt, gelange B nach Q, ſo iſt AP = BQ, und jede der Bewegungen in P und Q läßt ſich in zwei zerlegen, von denen diejenigen, die mit CD parallel ſind, zuſammenwirken, während die in den Richtungen PD, QD parallel mit PQ einander aufheben, da ſie gleich ſind; C bewegt ſich alſo bloß vermöge der Summe der beiden erſten, und ſeine Schwingungen ſind daher geradlinig und geſchehen in der Ebene CD ſenkrecht auf PDQ. Iſt die Dicke der Platte des Quarz Null, oder ſo beſchaffen, daß der Verzögerungsraum eine vollſtändige Anzahl Undulationen beträgt, ſo liegen A und B auf den entgegengeſetzten Seiten eines Durchmeſſers, und die neue Polariſationsebene CD wird auf dieſem Durchmeſſer AM ſenkrecht ſtehen oder mit der urſprünglichen Polariſationsebene zuſammenfallen. Findet dies aber nicht Statt, ſo hat die eine Bewegung über die andere einen Theil der Peripherie MB gewonnen, der ſich zur ganzen Peripherie verhält, wie die Dicke der Platte ſich zu der Dicke verhält, welche einen Unterſchied von einer ganzen Undulation hervorbringen würde, und nehmen wir an, daß das eine Theilchen von A ausgeht, ſo wird nach dem Austritte der Wellen in die Luft, wo ſie mit gleicher Geſchwindigkeit circuliren, das andere Theilchen nicht von M, ſondern von B ausgehen, folglich wird die neue Polariſationsebene CD (die dem ſo eben Bewieſenen zufolge immer den Winkel ACB halbiren muß) nicht mehr mit der urſprünglichen Polariſationsebene CN zuſammenfallen, ſondern einen Winkel DCN damit bilden, der halb ſo groß als BCM, und daher MB oder dem Verzögerungsraum, d. h. der Dicke der Platte proportional iſt. Das aus der Quarzplatte heraustretende Stralenſyſtem bildet daher einen in einer Ebene polariſirten Stral, die dieſelbe Lage hat, als wenn die urſprüngliche Ebene ſich gleichförmig um den Stral als Axe während ſeines Durchganges durch die Platte gedreht hätte.

---

*) Vgl. Herſchel's Werk S. 532.

**) Die Richtung der Schwingungen in dem einfallenden circulär polariſirten Stral.

Von der elliptiſchen Polariſation Fresnel's *).

Die elliptiſche Polariſation iſt eine von Fresnel entdeckte Modification des Lichtes, welche zwiſchen der geradlinigen und circulären in jedem Bezuge inne ſteht, und als der Übergang der einen zur andern betrachtet werden kann.

In der That läßt ſich jeder elliptiſch polariſirte Stral allen Erſcheinungen nach betrachten als ein ſolcher, der zugleich eine gewiſſe Quantität

---

*) Eine nähere Belehrung über elliptiſche Polariſation findet man in denſelben Abhandlungen und Werken, welche S. 279 in Bezug zur circulären Polariſation angeführt worden ſind. Vergl. auch den folgenden Artikel.

im Allgemeinen zerlegt, eine ſolche Zerlegung aber bei dem circulär polariſirten Strale hier nicht Statt findet, ſo kann er auch keine Farbenerſcheinungen unter den angezeigten Umſtänden hervorbringen.

Um die Zerlegung eines geradlinig polariſirten Strales in zwei circulär polariſirte von ungleicher Geſchwindigkeit beim Durchgang durch eine, ſenkrecht auf die Axe zugeſchnittene, Platte Bergkryſtall in der Richtung dieſer Axe, ſo wie die davon abhängigen Erſcheinungen der ſogenannten Polariſation durch Drehung zu erklären, müſſen wir zuerſt nach Satz 4) den Stral als in zwei andere Stralen (A und B) von gleicher Intenſität zerlegt betrachten, von denen der eine A in einer Ebene polariſirt iſt, die mit der (als vertical gedachten) Ebene der urſprünglichen Polariſation einen Winkel von 45° zur rechten Hand, die andere einen Winkel von 45° zur linken Hand bildet *). Vermöge Satz 3) kann man nun jeden dieſer Stralen wieder zwei andern Stralen gleich ſetzen, die die halbe Intenſität haben und in ihren Phaſen um $\frac{1}{4}$ einer Undulation verſchieden ſind. Es ſei alſo der Stral A in zwei zerlegt, von denen der eine Aa in der Ebene + 45° polariſirt und ſeine Phaſe um + $\frac{1}{8}$ Undulation (von der des urſprünglichen Strales A) verändert iſt; der andere Ab auch + 45° polariſirt, ſeine Phaſe aber um — $\frac{1}{8}$ Undulation geändert wird. Auf ähnliche Art zerlege man B in Ba in der Ebene — 45°, deſſen Phaſe um + $\frac{1}{8}$ Undulation von der des urſprünglichen Strales B verſchieden iſt, und in Bb, der in der Ebene — 45° polariſirt iſt und deſſen Phaſe um — $\frac{1}{8}$ Undulation von der von B abweicht. Verbindet man dieſe Stralen kreuzweis zu zweien, ſo ſind Aa, Bb gleiche, aber entgegengeſetzt polariſirte Stralen, die um $\frac{1}{4}$ Undulation von einander verſchieden ſind und daher nach Satz 1) einen circulär polariſirten Stral bilden, in welchem die Drehung von der rechten Hand nach der linken gehen wird. Auf gleiche Weiſe bildet das Paar Ab, Ba einen andern gleich ſtarken circulär polariſirten Stral, deſſen Drehung der vorigen entgegengeſetzt iſt. Dieſe gehen nun zufolge Satz 7) mit ungleicher Geſchwindigkeit durch den Quarz hindurch, weil ſie durch verſchiedene Elaſticitäten fortgepflanzt werden, wodurch ein Verzögerungsraum (ein Zurückbleiben des einen Strales hinter dem andern) entſteht, und iſt die Oberfläche, durch welche ſie ein- und austreten, gegen die Axe ſchief, ſo findet vermöge dieſer ungleichen Geſchwindigkeiten eine doppelte Brechung Statt, und beide Stralen treten in verſchiedenen Richtungen heraus, wie die Verſuche zeigen. Iſt die Oberfläche ſenkrecht gegen die Axe, ſo decken ſie einander und bilden Einen Stral. Wir wollen nun unterſuchen, in welchem Zuſtande der Polariſation ſich dieſer Stral befindet.

Zu dieſem Zwecke denke man ſich, daß ein Äthertheilchen zu gleicher Zeit von zwei kreisförmigen Bewegungen in entgegengeſetzter Richtung bewegt werde, ſo daß die eine Bewegung in einem Kreiſe wie AP (Fig. 84.)

---

*) Der Kürze halber werde die erſte Polariſation durch Polariſation + 45°, die zweite durch Polariſation — 45° bezeichnet.

circulär polariſirtes Licht und eine gewiſſe Quantität geradlinig polariſirtes Licht enthält*), und, je nachdem das eine oder andere in ihm überwiegt, ſich in allen ſeinen Characteren mehr dem circulär polariſirten Lichte oder mehr dem geradlinig polariſirten Lichte nähern wird; auch ſchreitet die geradlinige Polariſation, wenn ſie ſich durch mehrere ſucceſſive totale innere Zurückwerfungen in die circuläre umwandelt, hiebei ſtets durch die elliptiſche Polariſation hindurch, und umgekehrt, wenn ein kreisförmig polariſirter Stral durch ſucceſſive totale innere Zurückwerfungen in den geradlinig polariſirten Zuſtand zurückkehrt, geht er ebenfalls, bevor dieſe Rückkehr vollſtändig erfolgt iſt, durch den Zuſtand der elliptiſchen Polariſation hindurch. Man kann daher auch die elliptiſche Polariſation als eine unvollkommene kreisförmige Polariſation definiren.

Wenn man will, kann man jedoch auch einen elliptiſch polariſirten Stral als einen ſolchen betrachten, der aus zwei rechtwinklich auf einander polariſirten Bündeln von ungleicher Phaſe und im Allgemeinen auch von ungleicher Intenſität beſteht, indem jeder Stral elliptiſch polariſirt iſt, in dem die beiden rechtwinklich auf einander polariſirten Bündel, aus denen man ihn beſtehend denken kann, nicht entweder gleiche oder um 180° verſchiedene Phaſen haben (wo der Stral geradlinig polariſirt ſein würde, wie auch das Verhältniß der Intenſitäten beider Bündel beſchaffen ſein mag), oder in dem nicht der Phaſenunterſchied 90° oder 270° beträgt, und zugleich beide Bündel gleiche Intenſität haben (in welchem Falle der Stral circulär polariſirt iſt).

Übrigens läßt ſich leicht einſehen, wie beide Vorſtellungen auf einander zurückführbar ſind. Man kann nämlich, wenn man zuerſt die erſte Vorſtellung angenommen hat, ſowohl das kreisförmig als das geradlinig polariſirte Bündel nach denſelben auf einander rechtwinklichen Richtungen zerlegen, und wird ſo, indem man die beiden Componenten, die in die eine Richtung fallen, nach den Interferenzregeln für ſich zuſammenſetzt, und eben ſo die, die in die andere Richtung fallen, wirklich dadurch zwei rechtwinklich auf einander polariſirte Bündel von im Allgemeinen verſchiedener Phaſe und Intenſität erhalten.

Was übrigens die wirkliche Beſchaffenheit eines elliptiſch polariſirten Lichtſtrales anlangt (denn das Vorige ſind, wie ſchon angedeutet, eigentlich nur Fictionen, die zur leichtern Darſtellung der Erſcheinungen, welche ſich nach ihnen vollkommen getreu darſtellen laſſen, dienen), ſo iſt derſelbe

---

*) Es iſt wohl zu bemerken, daß dieſe Zerlegung bloß als eine Fiction, welche zur bequemen Repräſentirung der Erſcheinungen dient, angeſehen werden muß; denn an ſich iſt die elliptiſche Polariſation eine zwiſchen der geradlinigen und kreisförmigen wirklich inne ſtehenden Modification, welche den ganzen Stral in gleichem Grade betrifft (indem ſie allen ſeinen Theilchen eine elliptiſche Bewegung ſtatt einer geradlinigen oder kreisförmigen einpflanzt); kommt es jedoch bloß darauf an, die Erſcheinungen darzuſtellen, ſo *verhält ſich* ein elliptiſch polariſirter Stral wirklich in allen Stücken wie eine Verbindung eines kreisförmig und eines geradlinig polariſirten Strales.

nach den Vorſtellungen der Undulationstheorie ein ſolcher, in welchem alle Theilchen ſich in Ebenen, ſenkrecht auf die Richtung des Strales, in gleichbeſchaffenen Ellipſen bewegen.

Man ſieht aus dem Vorigen, daß die elliptiſche Polariſation viel leichter zu erhalten ſein muß, als die circuläre, da ſie an viel weniger beſtimmte Verhältwiſſe gebunden iſt, aber ihre Charactere ſind auch viel minder feſt beſtimmt; das Bleibende darin iſt Folgendes:

1) Ein elliptiſch polariſirter Stral verhält ſich, wenn er durch ein doppelt brechendes Prisma oder eine Turmalinplatte analyſirt wird, ganz wie ein Stral, der die unvollſtändige geradlinige Polariſation erfahren hat*), d. h. er giebt im doppelt brechenden Prisma im Allgemeinen zwei Bilder von ungleicher und mit Drehung des Prisma ſich ändernder Intenſität, deren Intenſitäten jedoch ſtets weniger von einander abweichen, als bei vollſtändiger geradliniger Polariſation, und von denen keines bei Drehung des Prisma in irgend einer Lage ganz verſchwindet; desgleichen bei Betrachtung durch eine Turmalinplatte wird die Intenſität des elliptiſch polariſirten Strales ſich zwar bei Drehung der Platte ändern und in einer gewiſſen Lage derſelben ein Minimum und in der darauf ſenkrechten ein Maximum werden; aber in keiner Lage der Platte ganz verſchwinden, wie es der Fall wäre, wenn der Stral vollſtändig geradlinig polariſirt wäre.

In der That leuchtet ein, daß, wenn der elliptiſch polariſirte Stral ſich als ein ſolcher betrachten läßt, der eine gewiſſe Quantität geradlinig polariſirtes Licht und eine gewiſſe Quantität circulär polariſirtes Licht enthält, ſo wird das letzte bei jeder Lage des zerlegenden Prisma zufolge des S. 280 angegebenen Merkmales zwei Bilder gleicher Intenſität liefern, ſo daß die ganze Variation der Intenſität bloß an den Theilen der Bilder Statt finden kann, welche durch Zerlegung des geradlinig polariſirten Bündels hervorgehen; und bloß das Licht, was dieſes Bündel enthält, wird ganz aus dem einen Bilde verſchwinden können, wenn nämlich der Hauptſchnitt des Kryſtalles ſenkrecht oder parallel mit ſeiner Polariſationsebene iſt. Eben ſo wird bei Betrachtung durch eine Turmalinplatte bloß das Licht des geradlinig polariſirten Bündels ganz aus dem Strale verſchwinden können (wenn nämlich die Axe des Turmalins parallel mit der Ebene der geradlinigen Polariſation iſt), dagegen die eine Hälfte des circulär polariſirten Lichtes bei Drehung der Turmalinplatte ſtets mit unveränderter Intenſität hindurchgehen wird.

Man ſieht, wie wir durch dieſe Betrachtungen zu Methoden geführt werden, a) die Polariſationsrichtung b) die Intenſität des geradlinig polariſirten Theiles im elliptiſch polariſirten Strale erfahrungsmäßig zu beſtimmen, und damit zugleich von der größern oder geringern Annäherung der letztern an die circuläre Polariſation zu urtheilen.

---

*) Es iſt wohl zu bemerken, daß dieſe Übereinſtimmung mit den Merkmalen eines unvollſtändig geradlinig polariſirten Strales bloß für das hier angeführte, nicht für die anderen Merkmale gilt.

Der geradlinig polariſirte Theil wird nämlich in der Richtung polariſirt ſein, in welche der Hauptſchnitt des zerlegenden Prisma's gedreht werden muß, damit die Intenſität des gewöhnlichen Bildes ein Maximum werde, oder in welche die optiſche Axe der Turmalinplatte gedreht werden muß, damit die Intenſität des durchgehenden Strales ein Minimum ſei. Die Intenſität des geradlinig polariſirten Theiles aber wird man finden, wenn man bei Anwendung des zerlegenden Prisma, nachdem es in die Lage gedreht iſt, wo das eine Bild das Maximum, das andere das Minimum der Intenſität hat, die Intenſität des letztern von der des erſtern abzieht, oder bei Anwendung der Turmalinplatte, die Differenz der Intenſitäten des Maximumbildes und Minimumbildes, welche bei Drehung der Platte ſucceſſiv in zwei auf einander rechtwinklichen Lagen der optiſchen Axe der Platte erſcheinen, nimmt. Dieſe Differenz ſtellt die Intenſität des geradlinig polariſirten Lichtes vor, welche dem circulär polariſirten Lichte im elliptiſch polariſirten Strale beigemiſcht iſt, ſo daß letztere ſich der circulären Polariſation um ſo näher befinden wird, je mehr jene Differenz verſchwindet.

2) Läßt man einen elliptiſch polariſirten Stral durch ein dünnes Kryſtallblättchen gehen, und analyſirt ihn dann mit einem doppelt brechenden Prisma, ſo giebt er zwei farbige Bilder von Complementärfarben, die aber weder mit denen eines geradlinig, noch mit denen eines circulär polariſirten Strales genau übereinſtimmen, ſondern zwiſchen beiden inne liegen.

3) Durch ein= oder mehrmalige Zurückwerfung von der Oberfläche von Metallen oder innere totale Zurückwerfungen in Glas unter geeigneten Einfallswinkeln läßt ſich ein elliptiſch polariſirter Stral ſtets auf einen geradlinig polariſirten zurückführen, wovon ſich letzteres ſofort aus dem bei der circulären Polariſation angeführten Umſtande erklärt, daß innere totale Reflexionen in Glas einen Phaſenunterſchied in den partiellen Bündeln des elliptiſch polariſirten Strales herbeiführen, oder vielmehr den vorhandenen fortgehends durch neue Zuſätze verändern, ſo daß, wenn man die Einfallswinkel ſo wählt, daß nach einer gewiſſen Zahl innerer totaler Reflexionen der Phaſenunterſchied 180° wird, die geradlinige Polariſation wiederhergeſtellt ſein muß. Die erſte Oberfläche der Metalle ſcheint in dieſer Hinſicht der zweiten Oberfläche durchſichtiger Körper analog zu wirken.

Die bisher bekannten Wege, die elliptiſche Polariſation zu erzeugen, ſind folgende:

1) *Durch totale innere Zurückwerfungen eines geradlinig polariſirten Strales in durchſichtigen Körpern.* Ein geradlinig polariſirter Stral geht durch totale innere Zurückwerfung in durchſichtigen Körpern, ſei es einmalige oder mehrmals wiederholte, unter allen Umſtänden in elliptiſche Polariſation über, außer in folgenden Fällen:

a) Wenn die innere Incidenz 90° beträgt oder der Stral parallel mit der innern Einfallsoberfläche einfällt, wie auch die übrigen Umſtände (Neigung der Polariſation, Zahl der Zurückwerfungen) beſchaffen ſein mögen. In dieſem Falle behält nämlich der Stral ſeine geradlinige Polariſation nach derſelben Richtung bei.

b) Wenn die Polariſationsebene des einfallenden Strales parallel mit oder ſenkrecht auf die Ebene der innern totalen Zurückwerfungen iſt, unter welchem Einfallswinkel immer dieſe geſchehen mögen; in dieſem Falle behält der Stral ebenfalls die geradlinige Polariſation in derſelben Ebene bei.

c) Wenn die Neigung der Polariſation des einfallenden Strales 45° gegen die Einfallsebene iſt, und wenn zugleich die Zurückwerfungen unter einem gewiſſen, vom Brechungsverhältniß des Mittels abhängigen, Winkel (bei Glas von 1,51 Brechungsverhältniß 54° 37′½) und in einer gewiſſen Anzahl (bei Glas für den vorigen Winkel zwei Mal) geſchehen. In dieſem Falle erlangt nämlich der Stral die circuläre Polariſation.

Bei jeder Abweichung von einer oder mehreren der von a) bis c) aufgeführten Bedingungen wird der Stral nach der Zurückwerfung elliptiſch polariſirt ſein.

2) Nach Brewſter erlangt ein geradlinig polariſirter Stral auch durch Zurückwerfung von metalliſchen Oberflächen die elliptiſche Polariſation. Indeß zeigen dieſe Oberflächen hiebei zugleich noch eigenthümlich geartete Wirkungen, welche eine beſondere Betrachtung der hier erfolgenden Erſcheinungen nöthig machen*), die wir nachher folgen laſſen werden.

3) Nach neueren Unterſuchungen Airy's**) ſcheint ſich als gewiß anſehen zu laſſen, daß die Doppelbrechung im Bergkryſtall das Licht elliptiſch polariſirt, außer in dem Falle, wo der Stral längs der Axe hingeht, in welchem Falle ſich die elliptiſche Polariſation in kreisförmige verwandelt. Die ſubtilſten Farbenerſcheinungen, die der Bergkryſtall hervorbringt, ſtimmen in der That vortrefflich mit Berechnungen, welche Airy auf folgende Vorausſetzungen gegründet hat:

a) Daß der gewöhnliche Stral aus elliptiſch polariſirtem Lichte beſtehe, und die große Axe ſeiner Ellipſen (der elliptiſchen Schwingungsbahnen der Lichttheilchen) ſenkrecht gegen den Hauptſchnitt liege; umgekehrt daß der ungewöhnliche Stral aus elliptiſch polariſirtem Lichte beſtehe, deſſen Ellipſen ihre große Axe in dem Hauptſchnitte liegen haben.

---

*) Es geht nämlich, wie mir deucht, aus den im folgenden Artikel mitzutheilenden Formeln Fresnel's hervor, daß ein durch totale innere Zurückwerfung elliptiſch polariſirter Stral nach Wiederherſtellung zur gewöhnlichen Polariſation durch fortgeſetzte innere Reflexionen in derſelben Ebene ſeine Polariſationsebene eben ſo gut ſenkrecht gegen die Ebene der urſprünglichen Polariſation gekehrt haben muß, als dies bei der circulären Polariſation der Fall iſt. Allein bei der durch Metalle hervorgebrachten und wiederhergeſtellten elliptiſchen Polariſation iſt dies nicht der Fall, daher ſcheint mir die Oberfläche der Metalle der Hinterfläche durchſichtiger Körper nicht in aller Hinſicht gleich zu wirken.

**) Ich bin genöthigt, die nähere Mittheilung derſelben, die ſich in Poggend. XXIII. 204 finden, auf die nächſte Lieferung dieſes Repertoriums zu verſparen, da ſie mir eben erſt zur Hand gekommen ſind. Sie ſind ſehr wichtig.

b) Daß, wenn der gewöhnliche Stral rechts elliptiſch polariſirt iſt, der ungewöhnliche Stral links elliptiſch polariſirt ſei, und ſo umgekehrt.

c) Daß das Verhältniß der Axen in beiden Ellipſen gleich ſei, und daß es gleich Eins werde, wenn die Richtung der Stralen mit der Kryſtallaxe zuſammenfällt; daß dagegen jene Axen, nach einem unbekannten Geſetze, ungleich werden, ſo wie die Stralen gegen die Kryſtallaxe neigen. Die kleine Axe der Ellipſen hat eine merkwürdige Größe, wenn die Stralen um 10° gegen die Kryſtallaxe neigen.

d) Daß der Lauf der Stralen nach der Refraction durch die von Huyghens für den Kalkſpath gegebene Conſtruction beſtimmt werden könne, mit dem Unterſchiede jedoch, daß das abgeplattete Sphäroid, welches zur Beſtimmung der Lage des ungewöhnlichen Strales dient, nicht mit der Kugel, welche die Lage des gewöhnlichen Strales beſtimmt, als in Berührung, ſondern als gänzlich in derſelben enthaltend, gedacht werden müſſe.

Ich hoffe, ein anderes Mal noch ein ausführlicheres Kapitel über die elliptiſche Polariſation liefern zu können. Es ſchien mir indeß nicht überflüſſig, hier einige vorläufige Kenntniſſe davon beizubringen. Mehreres Nähere darüber enthält auch der folgende Artikel.

Nähere Beſtimmungen über Verwandlung der geradlinigen Polariſation in elliptiſche oder kreisförmige Polariſation durch totale innere Zurückwerfungen, von Fresnel*).

Bekanntlich läßt ſich jeder im polariſirten Zuſtande einfallende Stral von der Intenſität J, welches Azimuth u auch ſeine Polariſation gegen die Einfallsebene haben mag, als eine Vereinigung zweier partieller Stralen anſehen, deren einer in der Einfallsebene, der andere ſenkrecht auf die Einfallsebene polariſirt iſt, und welche reſpectiv die Intenſitäten $J \cos^2 u$ und $J \sin^2 u$ haben und eine eben ſolche Zerlegung findet am zurückgeworfenen Strale Statt.

Geſetzt nun, es falle ein ſo im Azimuth u gegen die Einfallsebene polariſirter Stral auf die innere Oberfläche eines einfach brechenden Körpers**), ſo werden die beiden ſenkrecht auf einander polariſirten partiellen

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 225 oder Pogg. XXII. 90. — In Herſchel's Werk S. 590 iſt meines Erachtens eine falſche Darſtellung dieſes Gegenſtandes gegeben.

**) Es iſt im Folgenden ſtets vorausgeſetzt, daß der innen einfallende Stral, an welchem die von obigen Umſtänden abhängigen Erſcheinungen beobachtet werden ſollen, ſenkrecht durch eine Oberfläche ein- und auch ſenkrecht durch eine Oberfläche wieder austrete, damit ſeine Polariſation oder die Modification, die

Bündel des zurückgeworfenen Strales genau an demſelben Puncte der Oberfläche zurückgeworfen werden, mithin kein Weges- oder Phaſenunterſchied derſelben Statt finden, ſo lange der innere Einfallswinkel kleiner iſt, als die Gränze, bei welcher totale Reflexion einzutreten beginnt, ſo lange alſo die Zurückwerfung bloß partiell geſchieht; wenn aber der innere Einfallswinkel ein ſolcher iſt, bei dem totale Reflexion Statt findet, ſo findet, wie Fresnel mittelſt ſehr ſcharfſinniger theoretiſcher, durch nachher anzuführende Verſuche beſtätigter, Erörterungen*) nachgewieſen hat, ein Phaſen- oder Wegesunterſchied beider partiellen Bündel im reflectirten Strale Statt, indem der eine in einer etwas andern Tiefe als der andere zurückgeworfen wird.

Dieſer Unterſchied iſt bei der erſten Gränze der totalen Reflexion **) noch null, ſteigt von da mit zunehmendem Einfallswinkel bis zu einem Maximum, und nimmt dann wieder ab bis zur zweiten Gränze der totalen Reflexion, d. h. wo die innere Incidenz = 90° oder parallel mit der Einfallsoberfläche iſt, wo er abermals null wird.

Der Phaſenunterſchied, der durch eine einmalige totale Reflexion unter einem gewiſſen Winkel erzeugt worden iſt, verdoppelt, verdreifacht ſich u. ſ. f., wenn der Stral noch eine zweite, dritte Reflexion u. ſ. f. unter demſelben Winkel erfährt, indem jede neue Reflexion einen dem erſten gleichen Phaſenunterſchied hinzufügt, ſo daß ſich durch hinreichend oft wiederholte Reflexionen unter demſelben Winkel der Phaſenunterſchied beliebig vergrößern läßt.

Nun geben nach den Geſetzen der Interferenz ***) zwei geradlinig und rechtwinklich auf einander polariſirte Bündel bloß in dem Falle durch ihre Vereinigung wieder einen geradlinig polariſirten Stral, wenn der Phaſenunterſchied beider Bündel null iſt oder 180° oder ein Mehrfaches von 180° beträgt, oder mit anderen Worten, wenn ihr Wegesunterſchied null iſt, oder gleich einer oder mehreren halben Undulationen (wie auch ihre relative Intenſität beſchaffen ſein mag); dagegen bei jedem andern Phaſenunterſchiede beider rechtwinklich auf einander polariſirten partiellen Bündel der aus ihm reſultirende Stral im Allgemeinen eine elliptiſche oder kreisförmige Polariſation haben wird, d. h. die Bahnen der Theilchen, aus denen er

---

er durch die innere Zurückwerfung erfährt, nicht durch Brechung an der Ein- oder Austrittsfläche abgeändert werden.

*) Dieſe Erörterungen fußen allerdings nur auf wahrſcheinlichen, noch nicht ganz ſicher geſtellten, Grundlagen, ſo daß bei den darauf gegründeten Berechnungen der Erſcheinungen noch Zweifel der Richtigkeit bleiben könnten; indeß die Coincidenz der Verſuche mit den Reſultaten derſelben ſtellt ſie vollends ſicher.

**) d. h. wo $\sin i = \frac{1}{n}$, wenn i der innere Einfallswinkel, n das Brechungsverhältniß iſt.

***) Sie werden zum Schluß des Abſchnittes über das Licht mitgetheilt werden.

beſteht, werden elliptiſch oder kreisförmig (in Ebenen ſenkrecht auf die Richtung des Strales) ſein. Es erhellt alſo, daß ein in geradlinig polariſirtem Zuſtande innen einfallender Stral durch Zurückwerfung unter Winkeln totaler Reflexion die elliptiſche oder kreisförmige Polariſation erlangt.

Kennt man von beiden auf einander rechtwinklich polariſirten partiellen Bündeln, welche im zurückgeworfenen Strale enthalten ſind, die relativen Intenſitäten und den Phaſenunterſchied, ſo läßt ſich nach den (zum Schluß des Abſchnittes über das Licht mitzutheilenden) Interferenz-Formeln*) dann die Form, Richtung und Größe der Schwingungen und der hievon abhängige Polariſationszuſtand des zurückgeworfenen Strales, der aus ihrer Vereinigung reſultirt, berechnen. Zu dieſer Beſtimmung der geſuchten Intenſitäten und des Phaſenunterſchiedes nun führen folgende Formeln**).

Es ſeien gegeben:

J die Intenſität des einfallenden Strales;

u die Neigung der Polariſationsebene des innen einfallenden Strales gegen die Einfallsebene;

i der innere Einfallswinkel;

n das Brechungsverhältniß des Mittels, in welchem der innere Einfall geſchieht;

und es werden aus jenen Größen geſucht:

a^2 die Intenſität des in der Einfallsebene polariſirten partiellen Bündels;

b^2 die Intenſität des ſenkrecht auf die Einfallsebene polariſirten partiellen Bündels;

γ der Phaſenunterſchied dieſer beiden Bündel;

ſo hat man:

$$\left.\begin{aligned} a^2 &= J \cos^2 u \\ b^2 &= J \sin^2 u \end{aligned}\right\} \tag{1}$$

$$\cos \gamma = \frac{2 n^2 \sin^4 i - (n^2 + 1) \sin^2 i + 1}{(n^2 + 1) \sin^2 i - 1} \tag{2}$$

Man kann ferner noch zu beſtimmen wünſchen, bei welchem innern Einfallswinkel i_m das Maximum des Phaſenunterſchiedes γ eintritt und welches die Größe γ_m dieſes Maximums iſt. Hiezu führen folgende Formeln:

$$\sin^2 i_m = \frac{2}{n^2 + 1} \tag{3}$$

$$\cos^2 \gamma_m = \frac{8 n^2}{(n^2 + 1)^2} - 1 \tag{4}$$

Weiter kann man zu wiſſen verlangen, welcher Einfallswinkel i erfoderlich iſt, damit nach $m$mal wiederholter innerer Reflexion unter dieſem Winkel der Phaſenunterſchied beider partiellen Bündel $= t$ Graden ſei. Die hiezu führende Formel iſt folgende, worin $z = \cos\left(\frac{t}{m}\right)$

---

*) Mit Berückſichtigung, daß darin die Intenſitäten der Bündel den ihnen proportionalen Quadraten der Schwingungsamplitude ſubſtituirt werden können.

**) Die nachſtehenden Formeln finden ſich nicht alle in der Originalabhandlung, laſſen ſich aber ohne Schwierigkeit aus der Grundformel (2) ableiten.

$$\sin^2 i = \frac{(n^2+1)(1+z) \pm \sqrt{(1+z)\{(n^2+1)^2(1+z)-8n^2\}}}{4n^2} \qquad (5)$$

Um zu beſtimmen, welche Zahl m von Zurückwerfungen unter dem Winkel i erforderlich iſt, damit der Phaſenunterſchied t Grade betrage, gilt die Formel

$$m = \frac{t}{\text{arc}\,(\cos = z)} \qquad (6)$$

worin

$$\left.\begin{aligned} z &= \frac{2n^2 \sin^4 i - (n^2+1)\sin^2 i + 1}{(n^2+1)\sin^2 i - 1} \\ &= \frac{2n^2 \sin^4 i}{(n^2+1)\sin^2 i - 1} - 1 \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

Für den Winkel, wo das Maximum des Phaſenunterſchiedes eintritt, d. h. wo

$$\sin^2 i = \frac{2}{n^2+1}$$

hat man ſtatt vorigen allgemeinen Ausdrucks für z folgenden:

$$\left.\begin{aligned} z &= \frac{6n^2 - n^4 - 1}{(n^2+1)^2} \\ &= \frac{8n^2}{(n^2+1)^2} - 1 \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

Um endlich zu beſtimmen, welches Brechungsverhältniß n eine Subſtanz haben muß, damit durch einmalige totale Zurückwerfung unter dem Winkel i der Phaſenunterſchied γ hervorgebracht werde, gilt die Formel:

$$n^2 = \frac{\cos\gamma + 1}{\text{tang}^2\, i\,(\cos 2i + \cos\gamma)} \qquad (9)$$

Folgerungen vorſtehender Formeln und Erfahrungsbelege dazu.

1) Aus Formel 2) folgt, daß an den beiden Gränzen der totalen Reflexion, wo $\sin i = \frac{1}{n}$ und $= 1$, kein Phaſenunterſchied beider partiellen Strahlen Statt findet, da hier $\cos\gamma = 1$, mithin $\gamma = 0$. Die Vereinigung beider partiellen Bündel muß demnach ein Licht erzeugen, das wie das einfallende vollſtändig polariſirt iſt, und zwar in demſelben Azimuth als das einfallende Licht. Dies ſtimmt mit der Erfahrung überein.

2) Die Formel (2) zeigt ferner, daß der Phaſenunterſchied mit von der erſten Gränze der totalen Reflexion an zunehmenden Einfallswinkeln nicht in's Unbeſtimmte zunimmt, ſondern, wie ſchon oben erwähnt wurde,

ein Maximum bei einem gewiſſen Einfallswinkel oder Werthe von i erreicht. Die Größe dieſes Maximum und der Werth von i, bei dem es eintritt, werden durch Formel (3) und (4) beſtimmt, die auf die bekannte Weiſe (durch Differenziren der Formel (2) und Setzen des Differenzials = 0) abgeleitet ſind. So ergiebt ſich für Spiegelglas von St. Gobain, deſſen Brechungsverhältniß = 1,51, das Maximum des Phaſenunterſchiedes = 45° 48',5 mithin wenig größer als ⅛ Kreisumfang, und der Winkel i, bei dem es eintritt, = 51° 20').

In der That fand Fresnel bei ſchon vorlängſt angeſtellten Verſuchen, daß der größte Phaſenunterſchied (nach davon abhängigen Erſcheinungen hergeleitet), der durch eine einzige innere Reflexion in Glas von 1,51 Brechungsverhältniß hervorgebracht zu werden vermag, kaum ⅛ Undulation oder 45° überſchreitet, und daß dieſer Unterſchied wieder abnimmt, wenn man über den Einfallswinkel, bei dem er eintrat, hinausgeht, bis er bei $i = 90°$ Null geworden iſt.

3) Das Maximum des Phaſenunterſchiedes iſt um ſo größer und tritt bei um ſo kleineren Einfallswinkeln ein, je größer das Brechungsverhältniß der Subſtanz iſt (Formel (3) und (4)).

4) Allgemein findet man durch Formel (5), daß, wenn es darauf ankommt, einen beſtimmten Phaſenunterſchied durch ein- oder mehrmalige Reflexion unter demſelben Winkel zu erzeugen, zwei verſchiedene Einfallswinkel dieſem Genüge leiſten, die jedoch in dem beſondern Falle ſich auf einen einzigen reduciren, wenn der verlangte Phaſenunterſchied ein Maximum wird *).

5) Da ein circulär polariſirter Stral ein ſolcher iſt, der aus zwei rechtwinklich auf einander polariſirten Bündeln von gleicher Intenſität, deren Phaſen um 90° verſchieden ſind, beſteht, ſo wird zur Erlangung eines circulär polariſirten Strales durch innere totale Reflexion zuvörderſt erforderlich ſein, daß der einfallende Stral um 45° gegen die Einfallsebene polariſirt ſei, damit die Intenſitäten der partiellen rechtwinklich auf einander polariſirten Bündel, aus denen der zurückgeworfene Stral beſteht, einander nach Formel (1) gleich werden **). Um aber den Werth des Einfallswinkels i zu berechnen, welcher erforderlich iſt, damit nach 1maliger oder $n$maliger innerer Reflexion unter demſelben der Stral circulär polariſirt ſei, hat man Formel (5) anzuwenden, indem man $t = 90°$ ſetzt. Man erhält ſolchergeſtalt zwei Werthe für i, bei denen circuläre Polariſation eintritt.

6) Da das Brechungsverhältniß oder der Werth von n für die verſchiedenen Farbenſtralen verſchieden iſt, ſo können in einem einfallenden weißen Stral nie alle Farbenſtralen zugleich die vollſtändige circuläre Polariſa-

---

*) Alsdann nämlich wird $(n + 1)^2 (n + 1) - 8n^2$ in Formel (5) gleich Null, vermöge des Werthes, den s nach Formel (4) erlangt.

**) Für $a = 45°$ iſt nämlich $\cos a = \sin a$.

tion erfahren, weil jeder hiezu unter einem verſchiedenen Winkel einfallen müßte. Die circuläre Polariſation wird alſo, wenn der einfallende Stral nicht homogen iſt, ſtets nur für einen gewiſſen Farbenſtral vollſtändig und für die andern bloß angenähert ſein können.

Um die Annäherung möglichſt vollkommen erſcheinen zu laſſen, wird man die vollſtändige circuläre Polariſation für den mittlern Stral zu bewerkſtelligen ſuchen und von beiden Winkeln, unter welchen ſie erfolgen kann, den größern, d. h. denjenigen, der von der (für die verſchiedenen Farbenſtralen verſchiedenen) erſten Gränze totaler Reflexion am weiteſten abliegt, zu wählen haben.

7) Das nach Folgerung 2) für Glas geltende Reſultat, daß eine einmalige innere Reflexion nicht hinreicht, einen Phaſenunterſchied von 90° zu erzeugen, iſt nicht allgemein, indem bei hinreichend großem Brechungsverhältniß allerdings dieſer Erfolg ſchon bei einer einmaligen Reflexion eintreten kann. So findet man aus Formel (9), mit Zuziehung von (3) und (4), daß ein Körper, der durch einmalige Reflexion einen Phaſenunterſchied von 90° als Maximum erzeugen ſoll, ein Brechungsverhältniß = 2,414213 *) beſitzen, und der erfoderliche Einfallswinkel hiebei 32° 45′,8 betragen muß.

8) Die genaue Incidenz, welche erfoderlich iſt, damit ein, um 45° gegen die Einfallsebene polariſirt einfallender, Stral nach zweimaliger Zurückwerfung unter demſelben Winkel circulär polariſirt erſcheine, hat, nach Formel (5) berechnet, für Glas von 1,51 Brechungsverhältniß die beiden Werthe 48° $37'\frac{1}{2}$ und 54° $37'\frac{1}{2}$, wo bei Verſuchen, wo man eine möglichſte Annäherung zur vollſtändigen Polariſation aller Farbenſtralen verlangt, der letzte Werth vorzuziehen iſt.

Für eine dreimalige innere Zurückwerfung iſt der berechnete erfoderliche Winkel 43° $10'\frac{2}{3}$ und 69° $12'\frac{1}{3}$; für eine viermalige Zurückwerfung 42° 19′ 50″ und 74° 41′ 50″.

Die Richtigkeit dieſer Berechnungen hat Fresnel durch folgende Verſuche bewährt:

a) Er ſchnitt aus Spiegelglas von St. Gobain, deſſen Brechungsverhältniß = 1,51, ein Parallelepiped, bei dem die Eintritts- und Austrittsflächen den Winkel 54° 37′ mit den beiden anderen Flächen machten, ſo daß ſie ſenkrecht waren gegen den, um 45° gegen die Einfallsebene polariſirten, Stral, welcher hier ſucceſſiv zwei innere Reflexionen unter der berechneten Incidenz von 54° 37′ erlitt. Bei Unterſuchung der ausfahrenden Stralen mit einem Kalkſpathrhomboeder wurden die beiden Bilder beinahe farblos und von gleicher Stärke gefunden, in welches Azimuth auch der Hauptſchnitt des Rhomboeders gedreht werden mochte, welches das Kennzeichen der circulären Polariſation iſt.

---

*) Die erſte Gränze der totalen Reflexion iſt hier bei 24° 28′. — Die Formel (9) würde übrigens außer dem obigen Werthe noch den zweiten Werth 0,4142136 für n finden laſſen, welchem aber ein unmöglicher Werth von i entſpricht.

b) Er ließ zwei Glastrapezoeder ſchneiden, an denen die Ein- und Austrittsflächen in entgegengeſetzter Richtung gegen die beiden reflectirten Flächen neigten, in dem einen um 43° 11′, in dem andern um 69° 12′, ſo daß ſie ſenkrecht waren gegen die einfallenden Stralen und gegen die, welche in dem erſten Glaſe unter der Incidenz 43° 11′ und in dem zweiten unter 69° 12′ dreimal reflectirt wurden.

Die erſte Incidenz kommt dem Beginnen der totalen Reflexion zu nahe, als daß nicht der Werth von γ merklich von einer Stralengattung zur andern variiren ſollte. Auch bemerkte Fresnel einige Spuren von Färbung in den beiden Bildern, als er das ausfahrende Bündel mit einem Kalkſpathrhomboeder unterſuchte, übrigens ſchien es ihm ſo vollſtändig circulär polariſirt zu ſein, als man es nur erwarten konnte.

Das andere, nach der Incidenz 69° 12′ geſchnittene, Glas gab ein Bündel, das für die verſchiedenen Stralen weit gleichförmiger modificirt war. Mit einem Kalkſpathrhomboeder unterſucht, gab es ſtets zwei weiße Bilder von gleicher Intenſität, in welches Azimuth auch der Hauptſchnitt des Kryſtalles gedreht wurde.

c) Endlich wandte Fresnel vier innere Reflexionen unter einem Winkel von 74° 42′ in einem gegen den ein- und austretenden Stral ſenkrecht zugeſchnittenen Glasparallelepiped an. Auch hier erhielt er einen vollſtändig circulär polariſirten Stral.

9) Das Maximum des Phaſenunterſchiedes, was durch einmalige totale Zurückwerfung von der Berührungsfläche von Glas (von der vorigen Beſchaffenheit) und Waſſer erlangt werden kann, iſt 14° und findet bei der Incidenz 69° 34′ Statt, ſo daß alſo ſechs ſolcher Reflexionen noch nicht hinreichend ſind, den Phaſenunterſchied bis 90° zu treiben (denn $6 \times 14 = 84°$), oder einen um 45° gegen die Einfallsebene polariſirten Stral circulär zu polariſiren.

Das Erfoderniß ſo vieler Reflexionen, die noch dazu unter ſo ſchiefen Incidenzen erfolgen müßten, erſchwert Verſuche über die Hervorrufung der circulären Polariſation durch innere Reflexion an der Berührungsfläche von Glas und Waſſer, da man dazu eine Glasplatte von ſo großer Länge nöthig hätte, daß zu befürchten ſteht, ſie möchte, auch bei möglichſt guter Abkühlung, doch auf einem ſo langen Wege durch Spuren regelmäßig kryſtalliniſchen Gefüges eine doppelt brechende Wirkung äußern und mithin einen dem zu prüfenden Phänomen fremdartigen Gang- oder Phaſenunterſchied in die beiden Lichtbündel bringen.

Da jedoch Fresnel auch für den betreffenden Fall die Gültigkeit ſeiner Formeln zu prüfen wünſchte, ſo traf er den Ausweg, zwei totale Reflexionen an der Berührungsoberfläche von Glas und Waſſer zu combiniren mit zwei totalen Reflexionen an der Berührungsfläche von Glas und Luft, damit dieſe die von den beiden erſten angefangene circuläre Polariſation vervollſtändigten. Er fand, daß die Incidenz, welche bei innerer Reflexion bloß am Glas γ = 31° machte, war i = 68° 27′, die, wie man ſieht, wenig abweicht von i = 69° 34′, welche Incidenz dem Maximum von γ für die Berührungsfläche des Glaſes mit Waſſer entſpricht. Da eine Größe in der Nähe ihres Maximums wenig variirt, ſo mußte bei Annahme der Incidenz 68° 27′ noch ganz nahe 14° Phaſenunterſchied für die Reflexion an der Berührungsfläche von Glas und Waſſer Statt finden, wie ſich auch durch directe Berechnung ergiebt, welche 13° 53′½ finden läßt. Dieſe, addirt zu 31°, geben 44° 53′½, deſſen Doppeltes 89° 47′, wie man ſieht, wenig von 90° abweicht.

Fresnel ließ demgemäß aus Glas ein Parallelepiped ſchneiden, deſſen Ein- und Austrittsflächen unter 68° 27′ gegen die anderen Flächen neigten, und deſſen Länge ſo abgemeſſen war, daß die zur Mitte der Vorderfläche einfallenden Stralen nach vier inneren Reflexionen unter der Incidenz 68° 27′ auch wieder zur Mitte der Hinterfläche hinaustraten, ſo daß es hinreichte, das Parallelepiped ſo weit zu neigen, bis die Eintrittsfläche ſich in der Mitte der Austrittsfläche ſpiegelte, um gewiß zu ſein, daß die zum Auge gelangenden Stralen wirklich unter der berechneten Incidenz reflectirt worden waren*). Wenn das Parallelepiped nur mit Luft in Berührung ſtand, gab der ausfahrende Lichtbündel, bei Unterſuchung mit einem Kalkſpathrhomboeder, zwei Bilder von veränderlicher und im Allgemeinen ungleicher Intenſität, und man konnte wahrnehmen, daß das Licht ſchon über den Punct der Circularpolariſation hinaus war. Legte man aber ein Stück feuchten Papieres auf eine der reflectirenden Flächen, ſo erſchien der ausfahrende Lichtbündel vollſtändig depolariſirt, d. h. circulär polariſirt, übereinſtimmend mit der Rechnung. Wenn man endlich beide reflectirenden Flächen benetzte, ſo war das Licht nur theilweiſe depolariſirt, und man konnte an der Richtung der Ebene ſeiner partiellen Polariſation erkennen, daß es ſich diesſeits und nicht jenſeits der vollſtändigen Depolariſation befand, was letzteres der Fall war, wenn keine der Flächen benetzt wurde.

10) Wenn die urſprüngliche Polariſation des innen einfallenden Strales eine andere als 45° gegen die Einfallsebene iſt, ſo kann er, weil er ſich dann in zwei ungleiche partielle Bündel zerlegt, jedenfalls nur eine elliptiſche Polariſation erlangen, die auch durch keine Anzahl wiederholter Reflexionen in derſelben Ebene, unter welchen Einfallswinkeln ſie immer geſchehen mag, in die kreisförmige Polariſation übergehen kann, weil die relative Intenſität beider partieller Bündel durch dieſe wiederholten Reflexionen ungeändert bleibt, zur circulären Polariſation aber Gleichheit beider partiellen Bündel weſentlich iſt. Dagegen kann ein ſolcher elliptiſch polariſirter Stral bei öfters wiederholter Reflexion in derſelben Ebene unter gehörigen Einfallswinkeln zur geradlinigen Polariſation zurückkehren,

---

*) Auf gleiche Weiſe regulirte er die Länge anderer Glasſtücke, die zu den vorhergehenden Verſuchen angewandt wurden.

und es iſt für eine gleiche Anzahl von Reflexionen der hiezu erfoderliche Einfallswinkel bei der elliptiſchen Polariſation derſelbe, als bei der circulären, welches auch die Neigung der urſprünglichen Polariſation gegen die Einfallsebene ſein mag (Verſuche über die Beſtätigung dieſer Folgerung der Theorie fehlen noch).

In der That hängt der Zuwachs des Phaſenunterſchiedes beider partieller Bündel, den jede ſucceſſive Reflexion hervorbringt, gar nicht von der urſprünglichen Neigung der Polariſationsebene, ſondern nur vom Einfallswinkel ab, und er wird daher für eine gleiche Anzahl Reflexionen bei denſelben Einfallswinkeln 180° werden (welches die Bedingung der Rückkehr zur geradlinigen Polariſation iſt), unter welcher Neigung auch der Stral urſprünglich gegen die Einfallsebene polariſirt ſein mochte.

11) Die Polariſationsebene ſowohl des circulär polariſirten, als des elliptiſch polariſirten Strales ſteht nach der Wiederherſtellung zur geradlinigen Polariſation ſenkrecht auf der urſprünglichen Polariſationsebene. Dies folgt nach den Interferenzgeſetzen aus der Verwandlung des Phaſenunterſchiedes beider an Intenſität gleich bleibenden partiellen Bündel aus 0° in 180°.

Die vorſtehenden Formeln und Erörterungen enthalten die Endreſultate der Berechnungen und Erfahrungen Fresnel's über die Umwandlung der geradlinigen Polariſation in circuläre oder elliptiſche durch totale innere Reflexion, und ſie ſind es, auf welche man zur Beſtimmung der Erſcheinungen zurückzugehen hat. Wie man ſieht, wird dabei der zurückgeworfene Stral in zwei ſenkrecht auf einander polariſirte Stralen oder Bündel von im Allgemeinen verſchiedener (blos bei dem Azimuth der Polariſation = 45° gleicher) Intenſität und von abweichender Phaſe zerlegt gedacht und nach den Interferenzregeln ermittelt, was aus der Vereinigung zweier ſolcher partiellen Stralen entſteht. Die Analyſe, durch welche Fresnel zu dieſer Darſtellung der Erſcheinungen gelangt iſt, ſchreitet aber noch durch eine andere Zerlegung und Wiederzuſammenſetzung der beiden partiellen Stralen ſelbſt durch, wovon wir um ſo mehr ſprechen müſſen, da hiebei die Grundmodificationen zum Vorſchein kommen, welche die totale innere Reflexion auf die polariſirten Stralen hervorbringt, von welchen die oben angeführten Reſultate in der That erſt abhängen.

Fresnel weiſt nämlich durch ſeine Erörterungen nach, daß, wenn ein in der Einfallsebene oder ein ſenkrecht auf dieſelbe polariſirter Stral (wie die beiden partiellen Stralen oder Bündel ſolche darſtellen) unter Winkeln totaler Zurückwerfung innen einfällt, er ſich hiebei vermöge der Wirkung dieſer Reflexion ſelbſt in zwei Bündel, die wir componirende Bündel nennen wollen, zerlegt *), die mit ihm in derſelben Ebene

---

*) Ein urſprünglich unter einer gewiſſen Neigung gegen die Einfallsebene polariſirter Stral läßt ſich alſo nach der Zurückwerfung zuerſt in zwei partielle

polariſirt ſind, aber verſchiedene, mit der Größe des innern Einfallswinkels ſich ändernde, Intenſitäten haben und in der Phaſe um ¼ Undulation oder 90° von einander abweichen, indem das eine componirende Bündel die Phaſe des einfallenden Strales bei der Zurückwerfung von der Trennungsfläche beider Mittel ſelbſt fortſetzt, das andere componirende Bündel aber in einer um ſo viel davon abweichenden Tiefe zurückgeworfen wird, daß der Wegesunterſchied ¼ Undulation beträgt. Dies gilt ſowohl für einen parallel, als einen ſenkrecht gegen die Einfallsebene polariſirten Stral, mithin auch für die beiden partiellen Stralen, in die ſich ein unter beliebigem Azimuth gegen die Einfallsebene polariſirt einfallender Stral zerlegen läßt, nur daß für beide Stralen das Verhältniß der Intenſitäten ſeiner componirenden Bündel verſchieden iſt, wie die nachſtehenden Formeln näher zeigen.

Fresnel giebt nun zuerſt Formeln, um für jeden gegebenen Einfallswinkel totaler innerer Zurückwerfung zu beſtimmen:

1) die Intenſitäten beider componirenden Bündel in dem partiellen Strale, welcher parallel mit der Einfallsebene polariſirt iſt;

2) die Intenſitäten beider componirenden Bündel in dem Strale, welcher ſenkrecht auf der Einfallsebene polariſirt iſt.

Indem nun ſolchergeſtalt die Intenſitäten und der jedenfalls 90° betragende Phaſenunterſchied beider componirenden Bündel in jedem zurückgeworfenen partiellen Strale bekannt ſind, iſt die Beſchaffenheit deſſelben dadurch gänzlich beſtimmt; denn ſeine Intenſität iſt der Summe der Intenſitäten der componirenden Bündel gleich, er iſt noch in derſelben Ebene parallel oder ſenkrecht auf die Zurückwerfungsebene polariſirt, als vorher, und der Unterſchied ſeiner Phaſe von der Phaſe desjenigen ſeiner componirenden Bündel, welcher die Phaſe des einfallenden Strales fortſetzt, läßt ſich durch die Interferenzregeln beſtimmen. Indem nun ſo die Phaſe für beide aus den componirenden Bündeln reſultirenden partiellen Stralen bekannt iſt, iſt auch der Phaſenunterſchied γ der beiden partiellen Stralen bekannt und ſomit die Formel (2) gefunden, aus der die nachfolgenden ſich dann auf einfache Weiſe ableiten laſſen.

Es wird vielleicht nicht überflüſſig ſein zu bemerken, daß ſolchergeſtalt dreierlei Phaſenunterſchiede bei dieſer Analyſe der Erſcheinungen zu betrachten vorkommen, die es wichtig iſt, nicht zu verwechſeln.

1) Der Phaſenunterſchied zwiſchen den beiden componirenden Bündeln, der in beiden partiellen Stralen 90° oder ¼ Undulationen beträgt.

2) Der Unterſchied der Phaſe jedes partiellen, aus Zuſammenſetzung der componirenden Bündel reſultirenden, Strales von der Phaſe desjenigen ſeiner componirenden Bündel, welches die Phaſe des einfallenden Strales

---

Stralen, deren einer in, der andere ſenkrecht auf der Einfallsebene polariſirt iſt, zerlegen, jeder dieſer partiellen Stralen aber in zwei (in derſelben Ebene mit dem partiellen Strale polariſirte) componirende Bündel.

an der Gränzfläche beider Mittel fortſetzt. Dieſer, in den nachgehends mitzutheilenden Formeln mit α und β zu bezeichnende, Phaſenunterſchied*) iſt in beiden partiellen Stralen verſchieden und hängt bei jedem von der relativen Intenſität ſeiner beiden componirenden Bündel ab, welche Intenſität ſelbſt wieder von der Größe des innern Einfallswinkels abhängt (daher ſich auch α und β ſich gleich als Functionen des letztern ausdrücken laſſen).

5) Der Phaſenunterſchied beider partiellen zurückgeworfenen Stralen, aus denen der totale zurückgeworfene Stral beſteht. Dieſer Unterſchied, den wir mit γ bezeichnet haben, iſt die Differenz von den beiden mit α und β bezeichneten Unterſchieden, und wird durch Formel (2) als Function des innern Einfallswinkels beſtimmt.

Wir wollen jetzt in Bezug auf dieſe Analyſe der Erſcheinungen die Formeln hinzufügen, welche Fresnel zur Beſtimmung der Intenſitäten der componirenden Bündel in beiden partiellen Stralen und der Phaſenunterſchiede α und β als Functionen des innern Einfallswinkels gegeben hat.

Es mögen im Folgenden a^2, b^2, i, n die S. 297 angegebenen Bedeutungen haben; ferner ſei:

A_0 die Intenſität desjenigen componirenden Bündels im zurückgeworfenen Strale, deſſen Phaſe mit der des einfallenden Strales an der Trennungsfläche des Mittels coincidirt oder ſie fortſetzt.

A_1 die Intenſität des andern componirenden Bündels, deſſen Phaſe um ¼ Undulation von der des einfallenden Strales an der Trennungsfläche der Mittel abweicht.

α der Phaſenunterſchied des aus der Vereinigung beider componirenden Bündel reſultirenden zurückgeworfenen partiellen Strales von demjenigen ſeiner componirenden Bündel, deſſen Intenſität A_0 iſt, für den Fall, daß der einfallende Stral in der Einfallsebene polariſirt iſt.

β daſſelbe für den Fall, wo der einfallende Stral ſenkrecht auf die Einfallsebene polariſirt iſt.

Man hat dann:

In dem parallel mit der Einfallsebene polariſirten partiellen Strale:

$$A_0 = a^2 \left[\frac{1 + n^2 - 2n^2 \sin^2 i}{n^2 - 1}\right]^2$$

$$A_1 = a^2 \frac{4n^2 (1 - \sin^2 i)(n^2 \sin^2 i - 1)}{(n^2 - 1)^2}$$

$$\sin \alpha = -\frac{2n \sqrt{(1 - \sin^2 i)(n^2 \sin^2 i - 1)}}{n^2 - 1}$$

$$\cos \alpha = \frac{n^2 + 1 - 2n^2 \sin^2 i}{n^2 - 1}$$

---

*) α bei dem parallel, β bei dem ſenkrecht auf die Einfallsebene polariſirten partiellen Strale.

In dem ſenkrecht auf die Einfallsebene polariſirten partiellen Strale:

$$A_0 = b^2 \frac{(n^4 + 1)^2 (\sin^2 i - n^2 - 1)^2}{(n^2 - 1)^2 [(n^2 + 1) \sin^2 i - 1]^2}$$

$$A_1 = b^2 \frac{4 n^2 (1 - \sin^2 i) (n^2 \sin^2 i - 1)}{(n^2 - 1)^2 [(n^2 + 1) \sin^2 i - 1]^2}$$

$$\sin \beta = \frac{2 \sqrt{n^2 (1 - \sin^2 i) (n^2 \sin^2 i - 1)}}{(1 - n^2) [(1 + n^2) \sin^2 i - 1]}$$

$$\cos \beta = \frac{(n^4 + 1) \sin^2 i - n^2 - 1}{(1 - n^2) [(1 + n^2) \sin^2 i - 1]}$$

Wirkung der Metalle auf polariſirtes Licht oder elliptiſche Polariſation Brewſter's.

Schon früher haben **Brewſter** (Pogg. XXI. 219) und **Biot** (Biot's Lehrb. V. 223) Unterſuchungen über die Wirkung der Reflexion von metalliſchen Oberflächen auf polariſirte Stralen angeſtellt, die ſchon einen Theil der Eigenthümlichkeiten, die ſich hier darbieten, kennen lehrten, jedoch weder ſo ins Detail verfolgt noch ſo auf ſichere und richtige Beſtimmungen gebracht waren, als es durch die neueren Verſuche und Erörterungen **Brewſter's** geſchehen iſt, die wir hier folgen laſſen werden*).

Das allgemeine Reſultat iſt, daß ein, auf irgend eine metalliſche Oberfläche in gewöhnlich polariſirtem Zuſtande auffallender Stral in elliptiſch polariſirtem Zuſtande zurückgeworfen wird, unter welchem Einfallswinkel er auch auffalle, oder in welcher Neigung gegen die Zurückwerfungsebene er auch anfänglich polariſirt geweſen ſein mag, außer in folgenden Fällen: a) wenn die Incidenz 0° oder 90° beträgt; b) wenn die Neigung der urſprünglichen Polariſation gegen die Zurückwerfungsebene 0° oder 90° iſt, in welchen Fällen der zurückgeworfene Stral ſeine geradlinige oder gewöhnliche Polariſation beibehält.

Daß wirklich in den anderen Fällen der anfangs geradlinig polariſirte Stral nach der Zurückwerfung die elliptiſche Polariſation erlangt hat, er-

---

*) Die Originalabhandlung iſt in den Phil. transact. f. 1830. P. II. p. 287 enthalten, Überſetzungen davon in Pogg. XXI. 219, Baumg. Zeitſchr. X. 101. — Ich muß bemerken, daß dieſe Arbeit mit großer Fahrläſſigkeit von **Brewſter** niedergeſchrieben worden iſt, indem ſich eine Menge Unklarheiten der Darſtellung und Verſehen im Ausdrucke der Formeln darin finden, welche das Studium dieſer Arbeit ſehr erſchweren. Es geht dies ſo weit, daß ich ungeachtet angeſtrengter Aufmerkſamkeit über mehrere Puncte der Darſtellung nicht habe in's Klare zu kommen vermocht, und wer ſich die Mühe geben will, die Originalabhandlung ſelbſt zu ſtudiren, dürfte finden, daß die Schuld hiebei mehr an **Brewſter** als an mir liegt. Es iſt dies um ſo mehr zu bedauern, da dieſe Arbeit an intereſſanten und wichtigen Reſultaten ſehr reich iſt. — Auch das mag bemerkt werden, daß die im Folgenden mitzutheilenden Formeln ſämmtlich empiriſch ſind, und bei einigen derſelben die Gültigkeit noch ziemlich zweifelhaft ſein möchte, inſofern man nicht die zu ihrem Belege beigebrachten Verſuche für ausreichend hiezu anſehen will.

giebt ſich daraus, daß er alle drei auf S. 292 angeführten, Merkmale zeigt *). Denn 1) er verhält ſich bei directer Analyſe durch einen isländiſchen Spath wie ein Stral, dem man die unvollſtändige geradlinige Polariſation ertheilt hat; 2) er giebt, wenn er vor der Analyſe durch den isländiſchen Spath durch ein Fraueneisblättchen gegangen iſt, zwei farbige Bilder von Complementärfarben, die aber von denen, welche das circulär polariſirte und welche das geradlinig polariſirte Licht hervorbringt, abweichen; 3) wenn man den durch eine einmalige Reflexion von Metall elliptiſch polariſirten Stral neue Reflexionen von Metall machen läßt, ſo erlangt er nach einmaliger oder mehrmaliger Reflexion unter gehörigen Einfallswinkeln die geradlinige Polariſation wieder.

Die Reflexion an der Oberfläche von Metallen ſcheint ſich alſo inſofern der totalen innern Reflexion in durchſichtigen Körpern ähnlich zu verhalten, indeß findet bei der Reflexion von Metallen manches Eigenthümliche, u. a. der Umſtand Statt, der mir wenigſtens nach Fresnel's Theorie nicht bei der totalen innern Reflexion ſcheint Statt finden zu können, daß die Ebene der wiederhergeſtellten Polariſation bei der Reflexion durch Metalle nicht ſenkrecht iſt auf die Ebene der urſprünglichen Polariſation, ſondern einen kleinern Winkel damit bildet **).

Dies macht eine geſonderte Betrachtung der elliptiſchen Polariſation auf Metallen nöthig, die ich, unabhängig von anderweiten Betrachtungen, nach Brewſter's Verſuchen im Folgenden geben werde.

Der Kürze halber werden wir uns im Nachſtehenden folgender Ausdrücke bedienen: Wir ſagen, ein im gewöhnlich polariſirten Zuſtande auf eine Metallplatte einfallender Stral ſei + 45° polariſirt, wenn ſeine Polariſationsebene einen Winkel von 45° mit der Reflexionsebene auf dieſer Platte, und zwar nach rechts von derſelben, macht; dagegen nennen wir ihn — 45° polariſirt, wenn ſeine Polariſationsebene einen Winkel von 45° nach links von der Reflexionsebene macht; und dieſelbe Bezeichnung werden wir auf andere Winkel übertragen. Wenn wir daher z. B. ſagen, die Polariſation eines Strales ſei durch Zurückwerfung von einer Platte aus + 45° in — 45° übergegangen, ſo wird dies heißen, daß die Ebene der zweiten Polariſation ſenkrecht auf der erſten ſteht, und daß die Zurückwerfungsebene den Winkel beider Ebenen halbirt; ſagten wir, die Polariſationsebene ſei aus + 45° in — 17° übergegangen, ſo hieße dies, daß die Polariſationsebene nach der Zurückwerfung einen Winkel von 17° links mit der Zurückwerfungsebene bildet, während ſie vorher einen Winkel von 45° rechts mit derſelben machte, u. ſ. f.

---

*) Wobei jedoch bemerkt werden muß, daß, wenn die Umſtände des Einfalls den angegebenen Ausnahmefällen nahe kommen, die Abweichung von der geradlinigen Polariſation ſo klein ſein kann, daß ſie, wenn man nicht ſehr ſtarkes Licht anwendet, für einmalige Reflexion unmerklich erſcheint.

**) Succeſſive totale innere Reflexionen ändern nämlich nur den Phaſenunterſchied der beiden partiellen, parallel und ſenkrecht gegen die Reflexionsebene polariſirten Bündel, in die ſich der reflectirte Stral zerlegen läßt, aber nicht ihre relative Intenſität, welche dieſelbe iſt, wenn der Phaſenunterſchied 180° geworden iſt, d. h. Wiederherſtellung der geradlinigen Polariſation eingetreten, als wenn er 0° war, d. h. bei der anfänglichen Polariſation. Sollte bei dem Phaſenunterſchiede 180° der partiellen Bündel der Stral nicht ſenkrecht gegen die bei dem Phaſenunterſchiede 0° Statt findende Richtung der Polariſation polariſirt ſein, ſo müßte ſich zugleich die relative Intenſität beider partiellen Bündel geändert haben. — Vielleicht dürfte ſich die Modification eines durch Metalle elliptiſch polariſirten Strales auf die Interferenz eines Theiles Licht, auf den die Metallfläche nach Art der zweiten Oberfläche durchſichtiger Körper wirkt, mit einem andern Theile Licht, auf den ſie wie die erſte Oberfläche durchſichtiger Körper wirkt, erklären laſſen; mindeſtens gäbe dieſe Annahme eine Erklärung der Ablenkung der wiedergeſtellten Polariſation von der auf die urſpüngliche ſenkrechten Richtung.

Unter Neigung eines Strales werden wir ſtets dieſen poſitiven oder negativen Winkel verſtehen, den die Ebene ſeiner urſprünglichen oder ſeiner wiederhergeſtellten Polariſation mit der erſten Reflexionsebene, d. i. der Ebene der Reflexion auf der Platte, auf welche der urſprünglich polariſirte Stral auffiel, macht. (Neigung iſt mithin nicht mit Einfallswinkel zu verwechſeln.) Unter Azimuth einer Zurückwerfungsebene oder einer Platte werden wir dagegen den Winkel verſtehen, den die Zurückwerfungsebene des Strales auf einer zweiten oder folgenden Platte mit der Zurückwerfungsebene auf der erſten Platte macht.

Alſo ſowohl Neigung als Azimuth ſind ſtets auf den Winkelabſtand von der erſten Reflexionsebene auf dem Metalle zu beziehen, und zwar bedienen wir uns erſten Wortes bloß für den Winkelabſtand der Polariſationsebene, des letztern für den Winkelabſtand einer ſpätern Zurückwerfungsebene gegen die erſte Zurückwerfungsebene *).

Unter Wiederherſtellung eines elliptiſch polariſirten Strales verſtehen wir ſeine Zurückführung auf den geradlinig polariſirten Zuſtand und unter Wiederherſtellungswinkel den Einfallswinkel, unter welchem ſie auf der Platte erfolgt, welche die Wiederherſtellung bewirkt.

Endlich mag ein- und für allemal erinnert werden, daß der Stral vor ſeinem Einfall auf die erſte Metallplatte jedesmal durch irgend ein Mittel ſchon mit vollſtändig geradliniger Polariſation begabt vorausgeſetzt wird, indem von der Wirkung der Metallplatten auf gewöhnliches Licht erſt im nächſten Artikel die Rede ſein wird.

a) über den Wiederherſtellungswinkel.

1) Das Maximum der elliptiſchen Polariſation (d. i. die größte Abweichung von der geradlinigen und die größte Annäherung an die

---

*) Im Original wird Azimuth bald für den Winkel der Polariſationsebene, bald für den der zweiten Zurückwerfungsebene gegen die erſte gebraucht, was leicht Verwirrung hervorbringt. Für die, welche die nachfolgende Darſtellung mit der Originalabhandlung vergleichen wollen, bemerke ich daher, daß die Ausdrücke Azimuth und Neigung, wie ich ſie gebraucht habe, eben weil ich beſtändig bei derſelben Bedeutung geblieben bin, nicht immer mit der in der Originalabhandlung coincidiren.

kreisförmige Polariſation) wird durch eine einmalige Reflexion von einer Metallplatte dann erlangt, wenn der einfallende Stral + 45° oder + 135° oder — 45° oder — 135° polariſirt iſt, und der Einfall bei dem Polariſationswinkel *) des Metalles (alſo auf Stahl bei 75°, auf Silber bei 73°) geſchieht. Bei Einfallswinkeln, die ſich 0° oder 90° nähern, iſt die elliptiſche Polariſation faſt unmerklich und es wird hier bloß die, auch auf durchſichtigen Körpern Statt findende, Drehung der Polariſationsebene wahrgenommen, welche vom Einfallswinkel und dem Brechungsverhältniß des Metalles abhängt und durch Formel (8) S. 246 beſtimmt wird.

Es fange z. B. eine Stahlplatte einen um 45° polariſirten Lichtſtral von gewöhnlicher Stärke auf. Bei den Incidenzen 89°, 88°, 87° erleidet dieſer kaum eine wahrnehmbare (wiewohl an ſich unſtreitig in geringem Grade Statt findende) Abweichung von der gewöhnlichen Polariſation, bloß findet man, daß die Polariſationsebene ſich um einen gewiſſen Winkel nach der Einfallsebene zu gedreht hat, wie es auch bei einem durchſichtigen Körper der Fall geweſen ſein würde. In gleicher Weiſe wird bei allen Einfallswinkeln von 0° bis etwa 40° keine deutlich wahrnehmbare Abweichung vom gewöhnlichen Polariſationszuſtande hervorgebracht, ausgenommen die Drehung der Polariſationsebene. Bei Winkeln kleiner als 87° beginnt die elliptiſche Polariſation wahrnehmbar zu werden; ſie erreicht ihr Maximum bei 75° und nimmt bis zu 40° allmälig ab **).

2) Wenn der Stral, der durch Zurückwerfung unter den vorhin angegebenen Umſtänden (urſprüngliche Polariſation bei 45° oder 135° und Einfall beim Polariſationswinkel) das *Maximum* der elliptiſchen Polariſation erlangt hat, unter demſelben Einfallswinkel (dem Polariſationswinkel) von einer zweiten Platte deſſelben Metalles zurückgeworfen wird, ſo zeigt er ſich nach der Zurückwerfung in geradlinig polariſirten Zuſtand wiederhergeſtellt, wofern das Azimuth der zweiten Zurückwerfungsebene 0° oder 90° iſt, d. h. wofern die zweite Zurückwerfungsebene parallel oder ſenkrecht gegen die erſte iſt ***).

Iſt dagegen das Azimuth der zweiten Zurückwerfungsebene ein anderes als 0° oder 90°, ſo wird ein größerer oder kleinerer Einfallswinkel hiezu erfodert. So fand ſich für einen urſprünglich + 45° polariſirten

---

*) Die Polariſationswinkel für die verſchiedenen Metalle ſind S. 102 angegeben worden. Über Beſtimmung derſelben ſ. den folgenden Artikel.

**) Daß auch bei ſehr kleinen und ſehr großen Einfallswinkeln wirklich eine Modification vom Lichtſtral erfahren wird, wenn ſie ſich auch wegen ihrer Geringfügigkeit nicht beobachten läßt, giebt ſich dadurch zu erkennen, daß Wiederholung der Reflexion unter dieſen Winkeln den Erfolg deutlicher macht, wie in den weiter folgenden Sätzen erörtert werden wird.

***) Die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation (immer gegen die erſte Zurückwerfungsebene betrachtet) iſt eine andere, als die urſprüngliche. Die dieſe Neigungsänderung betreffenden Sätze werde ich erſt anführen, nachdem die, welche den Wiederherſtellungswinkel betreffen, mitgetheilt worden ſind.

Stral bei Stahl, wenn das Azimuth der zweiten Zurückwerfungsebene 0° war, der Wiederherſtellungswinkel 75°, welcher dem Polariſationswinkel und zugleich Einfallswinkel auf der erſten Platte gleich iſt; war dagegen das Azimuth der zweiten Zurückwerfungsebene + 45° (alſo parallel der urſprünglichen Polariſationsebene), ſo war der Wiederherſtellungswinkel 80° und war es — 45° (ſenkrecht gegen die urſprüngliche Polariſationsebene), ſo war er 70° *), und für die zwiſchenliegenden Azimuths fanden Zwiſchengrade Statt.

3) Auch für jede andere Neigung der urſprünglichen Polariſation als 45° oder 135°, und jeden andern Einfallswinkel auf der erſten Platte als dem Polariſationswinkel giebt es einen Einfallswinkel auf der zweiten Platte, wo Wiederherſtellung des von der erſten Platte reflectirten Strales in geradlinig polariſirten Zuſtand erfolgt. Dieſer Wiederherſtellungswinkel ändert ſich mit dem Azimuth der zweiten Zurückwerfungsebene gegen die erſte, mit der Neigung der urſprünglichen Polariſation und dem Einfallswinkel auf der erſten Platte.

4) Wenn der Stral urſprünglich in einer Neigung 45° oder 135° polariſirt iſt und zugleich die zweite Zurückwerfungsebene der erſten parallel iſt, ſo entſpricht jedem Einfallswinkel auf der erſten Platte oberhalb des Polariſationswinkels (d. h. der größer als der Polariſationswinkel iſt) ein Wiederherſtellungswinkel auf der zweiten Platte unterhalb des Polariſationswinkels und umgekehrt. So z. B. wenn ein + 45° polariſirter Stral bei 76° 33′ Incidenz von einer Silberplatte (für die der Polariſationswinkel 73° iſt) zurückgeworfen worden iſt, ſo wird eine Zurückwerfung in derſelben Ebene von einer zweiten Silberplatte unter dem Winkel 68° 59′ ihn wiederherſtellen, und umgekehrt, wenn der Einfall auf der erſten Platte 68° 59′ war, wird der Wiederherſtellungswinkel auf der zweiten Platte 76° 33′ ſein, eine Reciprocität, die unter den hier vorausgeſetzten Umſtänden ſtets Statt findet. Wir wollen dieſe ſich entſprechenden Winkel oberhalb und unterhalb des Polariſationswinkels **Winkel gleicher Phaſe** nennen.

Die Winkel gleicher Phaſe ſind ſtets durch die Beziehung mit einander verbunden, daß ſie, wenn man ihren Werth ſucceſſiv für i in nachfolgenden Ausdruck ſubſtituirt, denſelben Werth für tang φ finden laſſen.

$$\tang \varphi = \frac{\cos (i + i')}{\cos (i - i')} \qquad (1)$$

In dieſer Formel iſt i′ der zu dem jedesmaligen Werthe von i gehörige Brechungswinkel des Metalles, welcher nach dem bekannten Brechungsverhältniſſe deſſelben **) berechnet werden muß. Beſtätigungen dieſer Beziehung findet man unter Beleg 1).

[*] Dieſe Angabe findet ſich in Pogg. XXI. S. 227; dagegen in der Tabelle Pogg. Seite 211 (oder Beleg 2) ſtatt 80° und 70° reſpectiv 70° und 80° angegeben iſt.

[**] Das Brechungsverhältniß für die verſchiedenen Metalle läßt ſich wie bei

5) Im Fall der Stral, + 45° polariſirt, *unter dem Polariſationswinkel* einfällt, und man läßt das Azimuth der zweiten Reflexionsebene ſich von 0° an bis 360° drehen, ſo ändert ſich der Wiederherſtellungswinkel auf folgende Weiſe. In den poſitiven Azimuths 0°, 90°, 180° und 270° iſt er dem Polariſationswinkel gleich, wie ſchon S. 309 angegeben. Im Azimuth + 45° und + 225°, d. h. wenn die zweite Reflexionsebene der urſprünglichen Polariſationsebene parallel geworden iſt, findet ein Maximum des Wiederherſtellungswinkels Statt (welches ſonach größer als der Polariſationswinkel iſt); in den darauf ſenkrechten Azimuths aber (135° und 315°) ein Minimum (welches kleiner als der Polariſationswinkel iſt), und in den Zwiſchenlagen finden Zwiſchenwerthe Statt. Die unter Beleg 1) beigefügte Tabelle kann zur nähern Erläuterung hievon dienen.

Man kann übrigens unter den vorausgeſetzten Umſtänden (urſprüngliche Neigung des Strales 45° und Einfall beim Polariſationswinkel) den Wiederherſtellungswinkel für jedes Azimuth der zweiten Zurückwerfungsebene nach der ſogleich mitzutheilenden Formel berechnen, wenn man durch directe Beobachtung die Wiederherſtellungswinkel für die beiden Fälle beſtimmt hat: a) wenn die Reflexionsebene der zweiten Platte um 45°, b) wenn ſie um 135° oder, was daſſelbe iſt, um — 45° von der Reflexionsebene der erſten Platte gedreht iſt*).

Es ſei gegeben:

a das Complement (Ergänzung zu 90°) des Wiederherſtellungswinkels für den Fall, daß das Azimuth der zweiten Zurückwerfungsebene — 45°,

b für den Fall, wenn es + 45° iſt (alſo a das Complement des Minimums, b das des Maximums);

φ ſei das Azimuth der zweiten Reflexionsebene, für welches der Wiederherſtellungswinkel unter den oben angegebenen Umſtänden geſucht wird; endlich

x das Complement des geſuchten Wiederherſtellungswinkels.

Man hat nach *Brewſter***):

$$x = \frac{a\,b}{\sqrt{a^2 \cos^2 (\varphi - 45^\circ) + b^2 \sin^2 (\varphi - 45^\circ)}} \qquad (2)$$

---

durchſichtigen Körpern aus dem Winkel des Polariſationsmaximum berechnen und ſeine Werthe für die verſchiedenen Metalle ſind S 182 angegeben worden.

*) Doch braucht man auch nach *Brewſter* nur die Beſtimmung für einen dieſer Fälle vorgenommen zu haben, wofern man zugleich die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation auf der zweiten Platte für den Fall paralleler Zurückwerfungsebenen (alſo bei Stahl 17°, bei Silber 18° 40′) kennt. Die hiebei geltende Beziehung wird unter Satz 14) angegeben werden.

**) Die folgende Formel iſt bloß eine Transformation der Brewſter'ſchen, deßhalb von mir gewählt, um x gleich als Function von φ ausdrücken zu können.

Als Beleg für dieſe, übrigens gleich den anderen nur empiriſch hergeleitete, Formel theilt Brewſter die unter Beleg 2) angeführte Verſuchstabelle für Stahl mit.

Es verdient Bemerkung, daß in der Formel (2) x geometriſch als der Radius vector einer Ellipſe vorgeſtellt werden kann, von welcher a die große, b die kleine Halbaxe, erſtere im Azimuth 45° links, letztere im Azimuth 45° rechts von der erſten Reflexionsebene liegend, iſt *). Für Stahl ergab ſich die große Halbaxe durch directe Beobachtung = 22°, die kleine = 12°. Für Silber ſind beide Axen faſt gleich, ſo daß ſich die Ellipſe einem Kreiſe ſehr nähert, d. h., daß bei abgeändertem Winkel der Reflexionsebenen gegen einander ſich doch der Wiederherſtellungswinkel auf der zweiten Platte nur ſehr wenig ändert.

6) Wenn ein urſprünglich + 45° polariſirter Stral unter einem andern Winkel als dem Polariſationswinkel auf die erſte Platte auffällt, ſo hat man nach 4) als zugehörigen Wiederherſtellungswinkel auf der zweiten Platte den Winkel gleicher Phaſe zur andern Seite des Polariſationswinkels, doch nur für den Fall, daß die Zurückwerfungsebene auf der zweiten Platte mit der auf der erſten coincidirt. Iſt dagegen die zweite Zurückwerfungsebene ſenkrecht auf der erſten, ſo iſt der Wiederherſtellungswinkel auf der zweiten Platte jedenfalls dem Einfallswinkel auf der erſten Platte gleich.

Läßt man endlich das Azimuth alle Grade von 0° bis 360° durchlaufen, ſo ändert ſich auch (während der Einfallswinkel auf der erſten Platte

---

*) Im Original (Pogg. XXI. 241) ſteht: Die große Axe liege rechts, die kleine links von der erſten Reflexionsebene; allein wenn der Stral, wie hier angenommen iſt, mit der Neigung + 45°, d. h. rechts von der erſten Reflexionsebene polariſirt, einfällt, ſo muß das oben angegebene umgekehrte Verhältniß Statt finden, da, wie unter Satz 2) angegeben wurde, der Wiederherſtellungswinkel größer (mithin ſein Complement kleiner) in dem Falle iſt, wo die zweite Zurückwerfungsebene der urſprünglichen Polariſationsebene parallel, als wenn ſie ſenkrecht darauf iſt. Mit anderen Worten, die Angabe unter Satz 2) zeigt deutlich, daß die kleine Axe der obigen geometriſchen Conſtruction der Complemente auf dieſelbe Seite von der Reflexionsebene als die urſprüngliche Polariſationsebene fallen muß, wie auch dies aus der unter Beleg 2) angeführten Tabelle hervorgeht, vorausgeſetzt, wie nach anderen Stellen anzunehmen iſt, daß die Azimuthe von der erſten Reflexionsebene von Brewſter nach rechts gezählt werden. — Auch bei folgendem Satze habe ich in Rückſicht des unter Satz 2) angeführten Datums, das Brewſter deutlich genug ausgeſprochen hat, das Minimum der Complemente nach rechts, das Maximum nach links für die Vorausſetzung des urſprünglich rechts polariſirten Strales verlegt, ungeachtet Brewſter's Ausdrücke hier wieder das Gegentheil anzudeuten ſcheinen. Ich muß indeß geſtehen, daß die gränzenloſe Verwirrung, die mir hier in Brewſter's Darſtellung obzuwalten ſcheint, mir doch einigen Zweifel läßt, ob ich hiebei das Richtige getroffen habe; denn es iſt mir auf keine Weiſe gelungen, ſeine Ausdrücke und zugleich ſeine gegebenen Data in Harmonie mit einander zu bringen. Man mag es daher noch für problematiſch anſehen, ob nicht in Satz 5) und 6) die Ausdrücke links und rechts vielleicht vertauſcht werden müſſen.

unverändert bleibt) der zugehörige Wiederherſtellungswinkel, und ſchreitet dabei zweimal durch ein Maximum und zweimal durch ein Minimum, deren Lagen auch rechtwinklich auf einander ſind, aber nicht wie unter 5) in die Azimuths + 45°, 135°, 225° und 315°, ſondern dazwiſchen fallen. Iſt nämlich der Einfallswinkel größer als der Polariſationswinkel, ſo fällt das Azimuth des Maximum zwiſchen das Azimuth + 45° und die erſte Reflexionsebene, iſt er kleiner, ſo fällt es zwiſchen das Azimuth + 45° und 90° (jedenfalls alſo auf dieſelbe Seite von der Reflexionsebene als die urſprüngliche Polariſationsebene) *), ſo daß für die Gränzfälle 90 und 0° Incidenz das Azimuth des Maximums reſpectiv parallel oder ſenkrecht der erſten Reflexionsebene wird.

Verſuche zur Erläuterung hierüber findet man im Beleg 3), wo jedoch Acht zu haben iſt, daß nicht die Wiederherſtellungswinkel ſelbſt, ſondern ihre Complemente mitgetheilt ſind, von denen das Maximum dem Minimum des Wiederherſtellungwinkels entſpricht.

Man kann erfahrungsmäßig für jeden gegebenen Einfallswinkel auf der erſten Platte das Azimuth, in welchem der Widerherſtellungswinkel ein Maximum iſt, nach folgender Methode beſtimmen.

Man ſtellt die zweite Platte zuerſt im Azimuth Null unter ſolchem Winkel gegen den von der erſten Platte unter dem gegebenen Winkel zurückgeworfenen Stral, daß er zwei bis drei Grad größer iſt als der Wiederherſtellungswinkel im Azimuth 0°, mithin einige Grade größer als der Winkel gleicher Phaſe mit dem Einfallswinkel (auf der erſten Platte), und dreht darauf die zweite Platte, während der Einfallswinkel auf ihr unverändert bleibt, um den Stral in alle Azimuthe von 0° bis 90° des rechts **) von der erſten Zurückwerfungsebene liegenden Quadranten. Man wird ſolchergeſtalt in zwei Azimuths gelangen, wo eine vollſtändige Wiederherſtellung der Polariſation in geradlinigen Zuſtand erfolgt. Das Azimuth, welches in der Mitte zwiſchen dieſen beiden Azimuths liegt oder ihren Winkel mitten durchtheilt, wird das Azimuth des Maximums ſein, womit dann zugleich die um 90° links davon abliegende Lage des Minimums gegeben iſt.

Hat man ſolchergeſtalt für den betreffenden Einfallswinkel auf der erſten Platte die Lage oder das Azimuth des Maximums und Minimums des Wiederherſtellungswinkels und mithin auch ihrer Complemente gefunden, ſo hat man alle Data, die erfoderlich ſind, um die Wiederherſtellungswinkel (bei demſelben Einfallswinkel) für alle beliebige Azimuths durch eine analoge Gleichung zu beſtimmen, als im vorigen Satze für den beſondern Fall, wo der Einfall auf der erſten Platte unter dem Polariſationswinkel geſchah, gegeben wurde. Durch das Azimuth des Maximums und Minimums der Widerherſtellungswinkel iſt nämlich zugleich das Azimuth des Maximums und Minimums ihrer Complemente oder der Axen der Ellipſe, welche die Gleichung vorſtellt, gegeben, und außerdem ſind noch vier Puncte der Ellipſe durch folgende Beſtimmungen bekannt: Der Radius vector der Ellipſe in dem Azimuthe 90° und 270° iſt immer das Complement zum gegebenen Einfallswinkel auf der erſten Platte und der Radius vector in dem Azimuthe 0° und 180° das Complement des Winkels von gleicher Phaſe mit dieſem Einfallswinkel, der durch Satz 4) beſtimmt iſt. Hienach laſſen ſich die Axen und die ganze Gleichung der Ellipſe, welche die geometriſche Conſtruction der Complemente der Wiederherſtellungswinkel iſt, leicht nach den bekannten Regeln der analytiſchen Geometrie finden.

---

*) Ich beziehe mich jedoch hiebei auf die Anmerkung zum vorigen Satze.

**) Vorausgeſetzt, daß der auf der erſten Platte einfallende Stral + 45° polariſirt war.

7) Wenn der unter dem Polariſationswinkel auf die erſte Platte einfallende Stral urſprünglich unter andern Winkeln als + 45° polariſirt iſt, ſo bleiben die Wiederherſtellungswinkel für die Azimuths 0°, 90°, 180° und 270° der zweiten Reflexionsebene zwar dieſelben, als bei der Polariſirung + 45°, aber in allen Zwiſchenazimuths (poſitiven ſowohl als negativen) nehmen die Wiederherſtellungswinkel ab, während die Neigung der urſprünglichen Polariſationsebene gegen die erſte Zurückwerfungsebene ſich von 45° bis 0° ändert, und nehmen zu, während dieſe Neigung ſich von 45° bis 90° ändert.

Für den Fall, daß der Winkelabſtand beider Reflexionsebenen = 45° iſt, hat Brewſter (Pogg. XXI. 248) eine Formel gegeben, um den Wiederherſtellungswinkel für jede Neigung der urſprünglichen Polariſationsebene gegen die erſte Zurückwerfungsebene zu berechnen, wenn man ihn für den Werth dieſer Neigung bei 45° kennt; nebſt einer hinzugefügten Verſuchstabelle. Allein auch hier findet im Original nothwendig eine Verwirrung der Bezeichnungen Statt.

8) Wenn ein urſprünglich + 45° polariſirter Stral unter dem Polariſationswinkel wiederholt von parallelen Platten zurückgeworfen wird, ſo nimmt er abwechſelnd die elliptiſche Polariſation (im Maximum) und die gewöhnliche Polariſation an. Auch wenn die Platten nicht parallel ſind, und der Einfall ein anderer als beim Polariſationswinkel iſt, wird dies der Fall ſein, wofern man nur alle Incidenzen, welche für die paaren Zahlen von Zurückwerfungen gelten, ſo einrichtet, daß ſie unter den Wiederherſtellungswinkeln geſchehen, welche den Incidenzen für die unpaaren Zahlen von Zurückwerfungen entſprechen.

9) Wenn ein, urſprünglich + 45° polariſirter Stral unter anderen Winkeln als dem Polariſationswinkel von parallelen Platten zurückgeworfen wird, ſo reicht eine einzige Zurückwerfung nicht hin, ihn bis zum Maximum der elliptiſchen Polariſation zu bringen, und die zweite Zurückwerfung ſtellt ihn nicht in geradlinigen Zuſtand wieder her, vielmehr trägt jede neue Reflexion dazu bei, ſeine elliptiſche Polariſation zu vermehren, bis er wirklich zum Maximum gelangt iſt. Setzt man dann die Reflexionen von parallelen Platten noch weiter fort, ſo wird er durch jede jetzt hinzu-

kommende Reflexion wieder der geradlinigen Polariſation mehr genähert, bis er nach eben ſo viel Reflexionen, als erfoderlich geweſen waren, ihn zum Maximum der ellpitiſchen Polariſation zu bringen, wieder zum geradlinig polariſirten Zuſtand hergeſtellt iſt.

So reichen bei Stahl drei ſucceſſive Zurückwerfungen in derſelben Ebene unter einem Winkel von 85° 45′ oder von 51° 24′ hin, das Maximum der elliptiſchen Polariſation hervorzurufen, worauf er nach den folgenden drei Zurückwerfungen unter demſelben Winkel wieder zur gewöhnlichen Polariſation zurückgekehrt ſein wird; nach drei abermaligen Zurückwerfungen unter 85° 45′ (oder 51° 24′) wird er wieder elliptiſch polariſirt ſein u. ſ. f.

Allgemein, wenn ein Stral nach einer gewiſſen Anzahl Zurückwerfungen in derſelben Ebene unter einem gewiſſen conſtanten Einfallswinkel i wieder in den geradlinig polariſirten Zuſtand zurückgeführt iſt, ſo hat man anzunehmen, daß er nach der Hälfte dieſer Zurückwerfungen das Maximum der elliptiſchen Polariſation gehabt habe, da dies in allen Fällen wirklich Statt findet, wo es ſich beobachten läßt. Nun beobachtet man aber auch, daß bei manchen Einfallswinkeln die Wiederherſtellung nach 3, nach 5 oder überhaupt einer ungeraden Anzahl von Reflexionen Statt hat, und in dieſen Fällen muß man ſich ſonach denken, daß das Maximum der elliptiſchen Polariſation nach $1\frac{1}{2}$, nach $2\frac{1}{2}$ u. ſ. f. Reflexionen erfolgt ſei, d. h. daß es in der Mitte einer Reflexion Statt gefunden habe, ſo daß nach Beendigung dieſer Reflexion der Stral ſchon angefangen hat, zur geradlinigen Polariſation zurückzukehren.

Man wird ſelbſt durch den Zuſammenhang der Erſcheinungen genöthigt, anzunehmen, daß die elliptiſche Polariſation bei manchen Einfallswinkeln anſtatt in der Mitte, vielmehr in irgend einem Bruchtheile einer Reflexion zu Stande komme; allein dieſer Fall wird ſich in der Erſcheinung immer auf einen der beiden vorigen reduciren.

Geſetzt z. B. es gäbe einen Einfallswinkel, für den das Maximum der elliptiſchen Polariſation nach $1\frac{1}{3}$ Zurückwerfungen erfolgt wäre, ſo würde die Zurückführung nach $2\frac{2}{3}$ Zurückwerfungen Statt finden, mithin hier nicht beobachtet werden können, weil der Stral nach der dritten Zurückwerfung ſchon wieder zum Theil elliptiſch polariſirt iſt. Allein nach noch $1\frac{1}{3}$ Zurückwerfung mehr, mithin im Ganzen nach 4 Zurückwerfungen, wird der Stral jetzt wieder zum Maximum elliptiſch polariſirt ſein, und nach den nächſten 4 Zurückwerfungen wird man nun ſeine Zurückführung in geradlinig polariſirten Zuſtand wirklich beobachten können, nachdem er vorher bei $5\frac{1}{3}$ Zurückwerfung noch eine Zurückführung erlitten hat, die ſich aber, weil ſie in eine Bruchzahl fiel, wieder nicht beobachten ließ.

10)*) Wenn man das Brechungsverhältniß des Metalles kennt, mit dem man zu thun hat, ſo läßt ſich nach der gleich anzuführenden Formel für den, mit der urſprünglichen Neigung 45° einfallenden, Stral berechnen, wie viel Zurückwerfungen auf parallelen Platten unter einem beliebigen Einfallswinkel i erfoderlich ſind, den Stral bis zum Maximum der elliptiſchen Polariſation zu bringen, und wie viel mithin auch erfoderlich ſind (nämlich doppelt ſo viel), um ihn wiederherzuſtellen.

---

*) Dieſer ganze Satz mit ſeinen Formeln und Belegen iſt in der Brewſter'ſchen Originalabhandlung ſo unklar dargeſtellt, daß man alle Mühe hat, den

Man findet hiebei, daß jedesmal zwei Einfallswinkel, einer oberhalb und einer unterhalb des Polariſationswinkels, in der Zahl der erfoderlichen Zurückwerfungen übereinkommen, und daß dies dieſelben ſind, die wir S. 310 mit dem Namen Winkel gleicher Phaſe bezeichnet haben, indem ſie durch dieſelbe Beziehung mit einander verknüpft werden.

Die Formel ſelbſt iſt folgende:

Es iſt gegeben der Einfallswinkel i, der zugehörige Brechungswinkel i', und es wird geſucht die kleinſte Zahl n Zurückwerfungen*) unter dem

---

rechten Sinn herauszufinden. Für die, welche die Originalabhandlung vergleichen wollen, will ich in dieſem Bezuge bemerken, daß das, was in Pogg. XXI. 237 ff. Phaſe P genannt iſt, eigentlich Phaſenunterſchied heißen ſollte, nämlich Phaſenunterſchied der beiden ſenkrecht auf einander polariſirten Stralen, durch deren Interferenz der elliptiſch polariſirte entſtehend gedacht wird; wenn dieſer Phaſenunterſchied P 180° oder ein Vielfaches davon wird, ſo iſt der Stral nach den Interferenzgeſetzen zur geradlinigen Polariſation zurückgekehrt. Ferner iſt zu bemerken, daß in der Tabelle ebend. S. 238 die Zahlen in der erſten Columne, welche ein $\frac{1}{2}$ bei ſich führen, nicht genau ſind, indem z. B. ſtatt $2\frac{1}{2}$ ſtehen müßte $2\frac{2}{5}$ (durch Diviſion von 12 mit 5 erhalten); ferner $1\frac{1}{3}$ ſtatt $1\frac{1}{2}$. Was Brewſter'n zu dieſer, auch in der Tabelle S. 231 Statt findenden, Ungenauigkeit veranlaßt hat, vermag ich nicht zu enträthſeln. Zu bemerken iſt auch, daß S. 238 Z. 1 ſtatt 45°, welches ein Druckfehler iſt, zu leſen iſt 90. Endlich muß man ſich hüten, unter dem, was Brewſter (Pogg. XXI. 238) φ oder Neigung der Polariſationsebene nennt, nicht etwa die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation gegen die Zurückwerfungsebene zu verſtehen, was leicht geſchehen kann, da Brewſter φ früher (S. 230 ff.) zur Bezeichnung hiervon braucht; es iſt vielmehr die Neigung darunter verſtanden, in welche ſich auf durchſichtigen Flächen nach der S. 246 gegebenen Formel die Polariſationsebene eines + 45° gegen die Einfallsebene polariſirten Strales nach der Zurückwerfung ſtellt, wenn die Incidenz unter verſchiedenen Einfallswinkeln i (in der zweiten und dritten Columne der Tabelle auf S. 238) ſtellt. Daß übrigens die Regel zur Berechnung der Zahl n, wie ich ſie dargeſtellt habe, wirklich richtig von mir aufgefaßt worden iſt, ergiebt ſich daraus, daß die Zahlen der Tabelle in Pogg. S. 259 und 260, die ich zum Schluß dieſes Artikels mittheilen werde, wirklich richtig danach wiedergefunden werden. — Die Darſtellung in der Originalabhandlung wird noch dadurch unklarer, daß Brewſter S. 238 eine Berechnung nach der Formel

$$\operatorname{tang} \varphi = \frac{\cos(i + i')}{\cos(i - i')}$$

giebt, aber erſt S. 273 zeigt, wie das Brechungsverhältniß und mithin der Brechungswinkel i' bei Metallen zu beſtimmen ſei, ſo daß man dort noch nicht weiß, woher er die Baſis zur Berechnung nimmt.

*) Dieſe Zahl wird für die meiſten Einfallswinkel einen Bruch mit ſich führen, d. h. das Maximum der elliptiſchen Polariſation wird innerhalb einer Zurückwerfung ſelbſt fallen und nicht beobachtet werden können. Durch hinlängliche

Winkel i, nach welcher der Stral das Maximum der elliptiſchen Polariſation erlangt hat, oder die Zahl 2n, nach welcher er vollſtändig zur geradlinigen Polariſation zurückgekehrt iſt; man hat:

$$n = \frac{45^\circ}{45^\circ - \varphi} \qquad (5)$$

worin φ durch folgende Formel beſtimmt wird:

$$\tang \varphi = \frac{\cos (i + i')}{\cos (i - i')} \qquad (6)$$

Für die Richtigkeit dieſer Formel theilt Brewſter (Pogg. XXI. 237) eine Verſuchstabelle mit, die ich nicht mit aufnehme, da jedenfalls eine Ungenauigkeit der Berechnung darin vorhanden iſt. Jedenfalls zeigt dieſe Tabelle, daß wirklich für jede Anzahl zur Wiederherſtellung erfoderlicher Zurückwerfungen ein Einfallswinkel oberhalb und einer unterhalb des Polariſationsmaximums vorhanden iſt, und daß dieſe Winkel beziehungsweiſe der obigen Formel Genüge leiſten.

Brewſter hat auch für Silber nach obiger Formel ausgedehnte Tabellen berechnet, welche die den verſchiedenen Einfallswinkeln entſprechenden Zahlen 2n enthalten, die erfoderlich ſind, daß der Stral wieder in den geradlinig polariſirten Zuſtand zurückkehre. Dieſe Tabellen werden wir zum Schluß dieſes Artikels vor den Belegen anführen*).

11) Eine Folgerung der beiden vorigen Sätze iſt, daß, je gröſser die Anzahl Zurückwerfungen des urſprünglich 45° polariſirten Strales von parallelen Platten iſt, die man Statt finden läßt, um ſo mehr wird es Einfallswinkel geben, welche der Bedingung der Wiederherſtellung der Polariſation nach dieſer Anzahl Zurückwerfungen Genüge leiſten. So wird z. B. für den Fall von 6 Reflexionen die Wiederherſtellung erfolgen können: 1) bei den zwei Einfallswinkeln gleicher Phaſe, die 6 Reflexionen zugehören, und die für Silber nach Ausſage der zum Schluß beigefügten Tabellen 48° 38′ und 85° 6′ ſein würden; 2) bei zwei Einfallswinkeln, welche mit den Winkeln gleicher Phaſe für die Hälfte von 6, d. i. für 3 Reflexionen übereinſtimmen, mithin nach Ausſage der Tabelle bei Silber 63° 43′ und 79° 40′; endlich 3) bei einem Einfallswinkel, welcher mit dem für das Dritttheil von 6, d. i. für 2 Reflexionen geltenden übereineinſtimmt, d. i. beim Polariſationswinkel.

Mittelſt einer graphiſchen Darſtellung, welche Brewſter gegeben hat, kann man die hiebei Statt findenden Verhältniſſe leicht überſchaulich machen. In Fig. 85. iſt eine ſolche bis zu 6 Reflexionen von Silber ge-

---

Vervielfachung der Zahl n wird man immer auf eine ganze Zahl kommen, oder ſich wenigſtens einer ſolchen genügend nähern können, und dies wird dann die Zahl Zurückwerfungen ſein, nach welcher ſich die elliptiſche Polariſation am zurückgeworfenen Strale wirklich beobachten läßt.

*) Man ſieht, daß Tabelle I. unter Vorausſetzung des Polariſationswinkels = 71°, Tabelle II. aber unter Vorausſetzung dieſes Winkels = 73° berechnet iſt. Warum dies Brewſter gethan hat, kann ich nicht einſehen.

geben. Der Bogen I,I gilt für eine einmalige, der Bogen II,II für eine zweimalige Reflexion u. ſ. f. Die (zum Theil ihrem Werthe nach beigezeichneten) Winkelabſtände der Knotenpuncte von der Axe A C dienen zur Bezeichnung der Einfallswinkel, unter welchen die Wiederherſtellung (durch die Anzahl Reflexionen, für welche der Bogen gilt) erfolgen kann. So zeigen die zwei Knotenpuncte, welche ſich im Bogen III,III befinden*), an, daß für den Fall dreier Reflexionen die Wiederherſtellung unter 2 verſchiedenen Winkeln erfolgen kann, nämlich dem Winkel a A III und dem Winkel b A III. Die dickſten Stellen der Bogen dienen eben ſo zur Bezeichnung der Maxima der elliptiſchen Polariſation, als die Knotenpuncte zur Bezeichnung der Minima oder der Wiederherſtellungen, ſo daß man alſo durch die Winkelabſtände jener dickſten Stellen von A C ebenfalls die Einfallswinkel, unter welchen ſie erfolgen, beſtimmen kann. Überhaupt wird man, um zu wiſſen, in welchem Zuſtande ſich ein Stral nach einer gegebenen Anzahl Reflexionen unter einem gewiſſen Winkel befindet, bloß nöthig haben, einen Radius von A aus an denjenigen Punct des für dieſe Anzahl Reflexionen geltenden Bogens zu ziehen, welcher ſich in einem, dem Einfallswinkel gleichen, Winkelabſtande von A C befindet, und zu ſehen, wo er in den Bogen einſchneidet; je dicker die Stelle iſt, wo dies geſchieht, um ſo mehr wird ſich der Stral dem Maximum, je dünner ſie iſt, um ſo mehr dem Minimum der elliptiſchen Polariſation oder der Wiederherſtellung zur geradlinigen Polariſation nähern.

12) Der Polariſationswinkel, ſo wie der zugehörige Wiederherſtellungswinkel, iſt für die verſchiedenen Farbenſtralen verſchieden, und daher, wenn ſchlechthin davon geſprochen wird, auf die *mittleren* Farbenſtralen zu beziehen. So fand *Brewſter*, indem er unter den Umſtänden, wo der Wiederherſtellungswinkel auf der zweiten Platte dem Einfallswinkel auf der erſten Platte gleich iſt, Verſuche mit homogenem Lichte anſtellte, bei Silber einen Winkelunterſchied von 5° für rothes und blaues Licht, ſo daß, wenn der Polariſationswinkel oder Wiederherſtellungswinkel 73° für den mittlern gelben Stral iſt, er für die blauen 70°½ und für die rothen 75°½ ſein wird**).

---

*) Wenn wir die für 0° und 90° Incidenz Statt findenden nicht berückſichtigen.

**) Es findet hiebei eine merkwürdige und noch unerklärte Anomalie Statt. Alles läßt ſchließen, daß man nach dem Polariſationswinkel für die mittleren Stralen auf Metallen auch das mittlere Brechungsverhältniß der Metalle mittelſt der bekannten Beziehung berechnen kann, da das ſo abgeleitete Brechungsverhältniß in der Formel S. 266 zur Ableitung des Winkels i' aus i angewandt, die Drehung der Polariſationsebene eines einfallenden Strales unter Winkeln, wo die elliptiſche Polariſation noch nicht ſehr merklich iſt (vgl. S. 300), richtig angiebt, wie dies wenigſtens *Brewſter* (Pogg. XXI. 225) behauptet. Aus dem Umſtande nun aber, daß der Polariſationswinkel auf Metallen für rothe Stralen größer als für blaue iſt, folgt, daß Metalle ſtärker brechend auf rothes Licht als auf blaues wirken, entgegen dem, was in durchſichtigen Körpern geſchieht. (Nach den obigen Datis berechnet, würden die Brechungsverhältniſſe in Silber ſein 2.866 für rothes, 2.371 für gelbes, 2.024 für blaues Licht.)

b) Von der Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation.

13) Wenn ein unter irgend einem Winkel und mit irgend einer urſprünglichen Neigung auf die erſte Platte einfallender, Stral durch Zurückwerfung von einer zweiten, der erſten parallelen, Platte wiederhergeſtellt worden iſt, ſo macht die Richtung der wiederhergeſtellten Polariſation mit der Reflexionsebene einen Winkel, der kleiner iſt, als die Neigung der urſprünglichen Polariſation und auf die andere Seite der Reflexionsebene fällt. War z. B. die Neigung der urſprünglichen Polariſation + 45°, ſo wird die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation negativ und dem Werthe nach kleiner als 45° ſein. Bloß für die Gränzfälle der urſprünglichen Neigung, 0° und 90°, ſo wie für die Incidenzen 0° und 90° iſt die negative Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation der poſitiven Neigung der urſprünglichen Polariſation gleich.

14) Wenn der Stral unter dem Polariſationswinkel mit der Neigung + 45° auf die erſte Platte einfällt, ſo hat die negative Neigung ſeiner Polariſationsebene nach der Zurückwerfung von der zweiten der erſten parallelen Platte für die verſchiedenen Metalle folgende Werthe.

Namen der Metalle.	Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation *) gegen die Reflexionsebene.	
Reines Silber	39°	48′
Gemeines Silber	36	0
Feines Gold	35	0
Juwelier-Gold	33	0
Kornzinn	33	0
Meſſing	32	0
Weißblech (Tin plate)	31	0
Kupfer	29	0
Queckſilber	26	0
Platin	22	0
Wismuth	21	0
Spiegelmetall	21	0
Zink	19	10
Stahl	17	0
Eiſenkies	14	0
Antimon	16	15
Speiskobalt	13	0
Glanzkobalt	12	30
Blei	11	0
Bleiglanz	2	0
Spiegeleiſen	0	0

Übrigens behauptet Brewſter (Pogg. XXI. 274) gefunden zu haben, daß auch die Circularpolariſation für die blauen Stralen durch zweimalige totale Reflexion in Fresnel's Parallelepiped bei geringeren Einfallswinkeln als für die rothen Stralen eintrete

*) Er iſt uberall mit dem Vorzeichen — zu nehmen.

Es verdient Bemerkung, daß dieſe Anordnung die umgekehrte von dem Polariſationsvermögen der Metalle auf gewöhnliches Licht iſt, indem z. B. Silber die mindeſte Annäherung des unter dem Polariſationswinkel einfallenden natürlichen Lichtes an den Zuſtand der geradlinigen Polariſation zu bewirken vermag, Blei und Bleiglanz eine ſehr ſtarke. (Vergl. den folgenden Artikel).

Wenn man das Maximum und Minimum des Wiederherſtellungswinkels kennt, welche bei Drehung des Azimuth der zweiten Zurückwerfungsebene (nach Satz 6) für die hier betrachteten Umſtände (Neigung der urſprünglichen Polariſation 45° und Einfall unter dem Polariſationswinkel auf der erſten Platte) Statt finden, ſo kann man daraus den Neigungswinkel der wiederhergeſtellten Polariſation nach folgender Beziehung berechnen:

$$\sin 2\beta = \frac{b}{a} \tag{7}$$

Hierin iſt β die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation für die betrachteten Umſtände, b das Complement des Maximums, a das Complement des Minimums des Wiederherſtellungswinkels.

So ward β nach obiger Tabelle $= 17°$, mithin $2\beta = 34°$ gefunden. Dies giebt $\sin 2\beta = 0{,}559$. Das direct gemeſſene Verhältniß von $\frac{b}{a}$ war 0,555.

Beim Silber, wo $\beta = 39° \, 48'$, iſt $\sin 2\beta = 0{,}9836$. In der That ergab ſich hier der direct beſtimmte Werth von $\frac{b}{a}$ faſt $= 1$.

Übrigens iſt auch dieſe Beziehung, gleich den übrigen in dieſer Arbeit mitgetheilten, nur empiriſch und von Brewſter bloß durch dieſe beiden, allerdings ſehr gut damit übereinſtimmenden, Beiſpiele bewährt worden, da er für andere Metalle das Verhältniß von $\frac{b}{a}$ nicht direct gemeſſen hat.

15) Wenn die Neigung der urſprünglichen Polariſation nicht + 45° (oder überhaupt keine derer, bei welchen das Maximum der elliptiſchen Polariſation unter dem Polariſationswinkel erfolgt) iſt, ſo iſt, bei Vorausſetzung übrigens derſelben Umſtände als unter 14), nämlich Einfall beim Polariſationswinkel und Zurückwerfung von parallelen Platten, die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation eine andere, als unter 14) angegeben, indem, wenn die urſprüngliche Neigung ſich von + 45° nach 90° hin dreht, die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation ſich nach entgegengeſetzter Richtung, z. B. bei Silber von — 39° 48′ nach — 90° hin dreht, und wenn die urſprüngliche Neigung von + 45° nach 0° hin geht, auch die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation von — 39° 48′ nach 0° hingehen wird. Man überſieht dies am beſten aus der unter Beleg 4) beigefügten Tabelle.

Kennt man übrigens durch directe Beobachtung die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation für die urſprüngliche Neigung + 45°, ſo kann man daraus nach **Brewſter** die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation für jede andere urſpr. Neigung mittelſt folgender Formel berechnen. Es ſei a die Neigung der urſprünglichen Polariſation, für welche die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation (unter den hier vorausgeſetzten Umſtänden) geſucht wird; β der durch directe Beobachtung gefundene oder aus der Tabelle S. 319 entnommene Werth der Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation für den Fall der urſprünglichen Neigung = 45°; endlich γ die geſuchte (negative) Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation, welche für die urſprüngliche Neigung = a Statt findet. Man hat:

$$\mathrm{tang}\,\gamma = \mathrm{tang}\,\beta\ \mathrm{tang}\,a. \qquad (8)$$

Für die Richtigkeit dieſer Formel führt **Brewſter** die unter Beleg 5) mitgetheilte Tabelle an, worin freilich die Differenzen zwiſchen den beobachteten und berechneten Winkeln zum Theil mehrere Grade betragen.

16) Wenn ein urſprünglich + 45° polariſirter Stral unter dem Polariſationswinkel wiederholt von parallelen Platten zurückgeworfen wird, und dadurch nach Satz 8) abwechſelnd das Maximum der elliptiſchen Polariſation und die gewöhnliche Polariſation annimmt, ſo wird die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation nach jeder neuen geraden Zurückwerfung (alſo der zweiten, vierten, ſechſten u. ſ. f.) 0° immer näher kommen, und nach einer gewiſſen Anzahl Zurückwerfungen dieſe Gränze (zwar nie abſolut aber doch) merklich erreicht haben.

Dieſer Satz iſt eigentlich nur eine Folgerung aus dem vorigen. Da nämlich die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation ſtets kleiner iſt, als die Neigung der urſprünglichen Polariſation, ſo wird, wenn nach den erſten zwei Zurückwerfungen ſich die Neigung z. B. von + 45° auf − 17° reducirte (wie bei Stahl), ſie nach den folgenden zwei Zurückwerfungen, für deren Beginnen nun − 17° als urſprüngliche Neigung betrachtet werden kann, ſich von − 17° auf einen noch kleinern Winkel (bei Stahl + 5° 22′) reduciren müſſen, u. ſ. f.; auch erhellt hieraus, daß, je tiefer die Metalle in der S. 319 angegebenen Reihe ſtehen, nach einer um ſo kleinern Anzahl von paaren Zurückwerfungen wird der Stral merklich in der Zurückwerfungsebene polariſirt ſein, wie man dies in der That beim Vergleiche der unter Beleg 6) für Stahl und Silber angeführten Verſuche finden wird.

Kennt man übrigens durch directe Beobachtung oder aus der Tabelle S. 319 den Werth der Neigung nach der erſten paaren Zahl von Zurückwerfungen, ſo kann man ihn nach **Brewſter** nach jeder beliebigen Anzahl Zurückwerfungen (unter immer denſelben Umſtänden) nach folgender Formel finden, wo β die Neigung der, nach den erſten zwei Zurückwerfungen wiederhergeſtellten, Polariſation, γ die geſuchte Neigung nach $2n$ Zurückwerfungen iſt.

$$\mathrm{tang}\,\gamma = \mathrm{tang}^{n}\beta \qquad (9)$$

In Bezug auf dieſe Formel vergl. Beleg 5).

17) Wenn ein urſprünglich + 45° polariſirter Stral unter anderen Einfallswinkeln als dem Polariſationswinkel auf die erſte Platte auffällt, ſo reicht, wie in Satz 9) angeführt worden iſt, eine zweite Zurückwerfung an einer gleichbeſchaffenen der erſten parallelen Platte nicht hin, ihn wiederherzuſtellen, wohl aber mehrere. In dieſem Falle iſt die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation eine andere, als bei dem Einfall unter dem Polariſationswinkel oder bei Wiederherſtellung durch zweimalige Zurückwerfung. Kennt man jedoch durch directe Beobachtung oder durch Berechnung nach Formel (5) und (6) die Zahl Zurückwerfungen, welche hinreichend iſt, den Stral für den gegebenen Einfallswinkel auf den parallelen Platten zum Maximum zu polariſiren und mithin die doppelte, welche fähig iſt, ihn wiederherzuſtellen, ſo läßt ſich die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation aus der Kenntniß dieſer Zahl für jeden Einfallswinkel nach folgender, von Brewſter aufgeſtellten, Formel berechnen.

Es ſei β der durch die Tabelle S. 219 für jedes Metall als gegeben zu betrachtende Werth der Neigung nach zweimaliger Zurückwerfung unter den vorausgeſetzten Umſtänden, $2n$ die Zahl Zurückwerfungen, für welche die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation geſucht wird, β' dieſe geſuchte Neigung, ſo hat man:

$$\operatorname{tang}\beta' = \frac{\operatorname{tang}\beta + \operatorname{tang}^{n}\beta}{2} \qquad (10)$$

So wird man, um auf Stahl für den Einfallswinkel 85° 45' die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation nach der zur Zurückwerfung erfoderlichen Zahl Zurückwerfungen zu finden, zu ſetzen haben $2n = 6$; da nach S. 315 die drei erſten Zurückwerfungen unter 85° 45' auf Stahl den Stral vollſtändig polariſiren, die drei nächſten ihn wieder vollſtändig zur geradlinigen Polariſation zurückführen; ferner hat man hier, zufolge S. 319, β zu ſetzen $= 17°$. Solchergeſtalt ergiebt ſich $\beta' = 9° 30'$.

Zur Beſtätigung vorſtehender Formel theilt Brewſter die unter Beleg 6) angeführten Verſuche mit.

Die vorige Formel gilt nur für den Fall, wo die Zurückführung zur geradlinigen Polariſation durch eine ganze paare Zahl ($2n$) von Zurückwerfungen erfolgt. Erfolgt ſie durch eine unpaare oder gebrochene Zahl ν, ſo wird zufolge Brewſter die Beſtimmung nach einer andern Formel vorgenommen. Man beſtimmt in dieſem Falle zuerſt den Werth β' für die nächſt höhere gerade Zahl*) $2n$ nach der vorherigen Formel, und hat dann, wenn β'' die geſuchte Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation nach ν Zurückwerfungen iſt und β die vorige Bedeutung hat:

$$\operatorname{tang}\beta'' = \operatorname{tang}\beta - \nu + \frac{\operatorname{tang}\beta - \operatorname{tang}\beta'}{n-1} \qquad (11)$$

---

*) Alſo z. B. für $2n = 4$, wenn die unpaare oder gebrochene Zahl $\nu = 3$ oder $= 3\frac{1}{2}$ u. ſ. f. iſt.

Brewſter ſelbſt bemerkt, daß die letzte Formel (11) zwar auch auf eine gerade Anzahl Reflexionen angewandt werden kann, aber hier nicht genau dieſelben Reſultate wie Formel (10) giebt (wiewohl der Unterſchied wenigſtens bei den von Brewſter angeführten Fällen in die Beobachtungsfehler fällt). Zur Beſtätigung der Formel (11) werden übrigens von Brewſter die unter Beleg 7) mitgetheilten Verſuche angeführt.

Kennt man durch Verſuche oder durch Formel (10) oder (11) die Neigung β' oder β'' der wiederhergeſtellten Polariſation für die kleinſte Zahl von Zurückwerfungen, welche dieſe Wiederherſtellung zu bewirken vermag, ſo kann man dann die Neigung γ' nach $n$maliger Wiederholung dieſer Anzahl Zurückwerfungen (unter demſelben Winkel) nach der folgenden Formel beſtimmen:

$$\operatorname{tang} \gamma' = \operatorname{tang}^n \beta' \qquad (12)$$

welche, wie man ſieht, mit Formel (9) in der Form übereinſtimmt. Belege für dieſe Formel im jetzigen Falle werden von Brewſter nicht mitgetheilt.

18) Wenn ein + 45° polariſirter Strahl unter einem gewiſſen Winkel oberhalb oder unterhalb des Polariſationswinkels auf der erſten Platte eingefallen und durch Zurückwerfung in derſelben Ebene von einer zweiten Platte unter dem Winkel gleicher Phaſe wiederhergeſtellt worden iſt, ſo läßt ſich die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation nach der Kenntniß des Einfallswinkels und der Kenntniß der Neigung, welche für den Fall des Einfalls unter dem Polariſationswinkel Statt findet, nach einer Formel berechnen, welche Brewſter angegeben hat, die aber durch Druckfehler ſo entſtellt iſt, daß ich ihre richtige Form nicht anzugeben weiß. Ich will daher bloß die zum Belege derſelben von Brewſter mitgetheilte Verſuchstabelle nebſt den nach der Formel berechneten Werthen anführen:

Reflexionen bei Winkeln gleicher Phaſe.		Neigung der nach der zweiten Reflexion wiederhergeſtellten Polariſation.	
erſte Reflexion bei	zweite Reflexion bei	beobachtet	berechnet
90°	0°	45	45° 0'
87½	41	—	30 0
85	54	26	26 5
80	64	19	20 8
77	72	18	17 2
75	75	17	17 0

19) Wenn zwei parallele Metallplatten, welche zwei ſucceſſive Zurückwerfungen an dem urſprünglich + 45° polariſirten Strahle bewirken, von verſchiedener Materie ſind, und man läßt dieſe Reflexionen auf beiden unter dem Einfallswinkel erfolgen, welcher der mittlere ihrer beiderſeitigen Polariſationswinkel iſt, ſo wird auch die Neigung der wiederher-

---

*) Pogg. XXI. 219; Philos. transact. p. [illegible]

geſtellten Polariſation die mittlere zwiſchen den Neigungen ſein, die Statt gefunden hätten, wenn beide Platten bloß aus dem einen oder bloß aus dem andern Metalle beſtanden hätten.

So war, als die eine Platte von Stahl, die andere von Silber war, bei dem mittlern Winkel das Polariſationsmaximum 74° die Neigung der Ebene des zur gewöhnlichen Polariſation wiederhergeſtellten Strales 28° 30′, welches das Mittel von 39° 48′ und 17′ iſt (vergl. Tabelle S. 319). Durch vier Reflexionen bei 74° wurde die Neigung auf 14° reducirt.

c) Combination von Verſuchen über Circulärpolariſation mit denen über elliptiſche Polariſation.

20) Eine Circulärpolariſation, wie ſie durch eine oder mehrere innere totale Reflexionen (unter gehörigen Verhältniſſen) von Glas hervorgebracht wird, kann immer durch eine oder mehrere Reflexionen von Metallen auf die geradlinige Polariſation zurückgeführt werden, vorausgeſetzt, daß die letzteren ſämmtlich bei Winkeln unterhalb des Polariſationswinkels geſchehen und die Ebenen beider Klaſſen von Reflexionen einander parallel liegen. Die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation gegen die Zurückwerfungsebene liegt dann mitten inne zwiſchen — 45° und zwiſchen der Neigung, welche Statt gefunden haben würde, wenn der Stral, anſtatt circulär, elliptiſch polariſirt geweſen wäre.

So wurde ein urſprünglich + 45° gegen die Einfallsebene polariſirter Stral, nachdem er durch zwei innere totale Reflexionen in Glas bei 54°½ Incidenz die circuläre Polariſation erlangt hatte, durch eine Reflexion von Stahl in derſelben Einfallsebene unter gehörigem Einfallswinkel wieder zur geradlinigen Polariſation zurückgeführt, und die Neigung der Polariſationsebene des wieder geradlinig polariſirten Strales gegen die Zurückwerfungsebene betrug — 30°½, das arithmetiſche Mittel zwiſchen — 45° und — 17°, welches letztere der Werth iſt, der Statt gefunden hätte, wenn der Stral anſtatt circulär polariſirt durch innere Reflexionen, vielmehr elliptiſch polariſirt durch eine erſte Stahlplatte eingefallen wäre. — Mit Silber betrug die Neigung der wiederhergeſtellten Polariſation — 42°½.

21) Fängt man den durch innere Reflexionen circulär polariſirten Stral durch eine Metallplatte ſo auf, daß die Reflexionsebene auf der Platte nicht parallel der Ebene der inneren Reflexionen, ſondern unter andere Azimuths dagegen geſtellt iſt, ſo findet man bei dem Azimuth 90°, daß die Circulärpolariſation durch eine Reflexion von Metall oberhalb 80° Incidenz compenſirt (zur geradlinigen Polariſation zurückgeführt) wird. Verringert man dies Azimuth allmälig bis 0°, ſo nimmt der Wiederherſtellungswinkel auch ab; bei Stahl geht er durch 75° und er vermindert ſich bis zu einer Zahl, die abhängig iſt von dem Einfallswinkel, bei welchem die totale Reflexion bewerkſtelligt wurde *). Hierüber behält ſich Brewſter noch ausführlichere Unterſuchungen vor.

*) Dies verſtehe ich nicht recht, da die circuläre Polariſation bei zwei Re-

Tabellen über die elliptiſche Polariſation auf Silber.

Die nachfolgenden Tabellen ſind nach der Formel 6) S. 317 berechnet. In der Tabelle ganze Multipla ſind die Zahlen von Zurückwerfungen angegeben, nach denen ſich die Wiederherſtellung wirklich beobachten läßt, da ſie nach den in der erſten Spalte angegebenen Reflexionen (außer bei den wenigen ganzen Zahlen) in einen Bruchtheil der Reflexion ſelbſt fällt, ſo daß nach vollendeter Reflexion der Stral ſchon wieder einen Anfang von elliptiſcher Polariſation erlitten hat. Das Zeichen — und + bei den Zahlen deutet an, ob die wiederhergeſtellte Polariſation ſich links oder rechts von der Reflexionsebene befindet, wobei vorausgeſetzt iſt, daß die anfängliche Polariſationsebene des Strales rechts von der Einfallsebene lag. Dieſe Zeichen ſollen mithin nicht eine Poſitivität oder Negativität der Zahlen ſelbſt, bei denen ſie ſtehen, andeuten.

flexionen in Glas ſtets nur unter demſelben Einfallswinkel erfolgen kann, und wenn ſie auch durch mehrere Reflexionen unter anderen Winkeln bewerkſtelligt wird, der circulär polariſirte Stral identiſch iſt mit dem durch zwei Reflexionen circulär polariſirten. F.

Tabelle

Anzahl der Reflexionen von Silber, bei welcher elliptiſch polariſirtes
entſprechenden Einfallswinkeln und der Lage der wiederherge-

(Für Winkel kleiner als der

Anzahl 2n der Reflexionen.	Ganze Multipla.	Wiederherſtellungswinkel i.
− 2	+ 4 − 6 + 8 − 10 + 12 − 14 + 16 − 18 + 20	71° 0′
$2\frac{1}{9}$	+ 19	71 42
$2\frac{1}{8}$	+ 17	71 32
$2\frac{1}{7}$	+ 15	71 23
$2\frac{1}{6}$	− 13	71 8
$2\frac{1}{5}$	+ 11	70 48
$2\frac{2}{9}$	− 20	70 34
$2\frac{1}{4}$	− 9 + 18	70 17
$2\frac{2}{7}$	− 16	69 53
$2\frac{1}{3}$	+ 7 + 14	69 29
$2\frac{3}{8}$	− 19	69 3
$2\frac{2}{5}$	− 12	68 59
$2\frac{3}{7}$	− 17	68 33
$2\frac{1}{2}$	− 5 + 10 − 15 + 20	67 54
$2\frac{4}{7}$	− 18	67 14
$2\frac{3}{5}$	+ 13	66 58
$2\frac{2}{3}$	− 8 + 16	66 25
$2\frac{5}{7}$	+ 19	66 0
$2\frac{3}{4}$	− 11	65 45
$2\frac{4}{5}$	− 14	65 23
$2\frac{5}{6}$	+ 17	65 9
$2\frac{6}{7}$	− 20	65 0
+ 3	+ 6 + 9 + 12 + 15 + 18	63 43
$3\frac{1}{6}$	− 19	62 29
$3\frac{1}{5}$	− 16	62 15
$3\frac{1}{4}$	− 13	61 55
$3\frac{1}{3}$	− 10	61 20
$3\frac{2}{5}$	− 17	60 53
$3\frac{1}{2}$	− 7 + 14	60 15
$3\frac{3}{5}$	− 18	59 38
$3\frac{2}{3}$	+ 11	59 13
$3\frac{3}{4}$	− 15	58 42

I.

Licht zu geradlinig polariſirtem wieder hergeſtellt wird, nebſt den ſtellten Polariſationsebene in Bezug auf die Reflexionsebene.

des Polariſationsmaximums).

Anzahl 2n der Reflexionen.	Ganze Multipla.	Wiederherſtellungswinkel i.
$3\frac{4}{5}$	+ 19	58° 15′
— 4	+ 8 — 12 + 16 — 20	57 16
$4\frac{1}{4}$	+ 17	55 54
$4\frac{1}{3}$	+ 13	55 29
$4\frac{1}{2}$	— 9 + 18	54 42
$4\frac{2}{3}$	— 14	53 54
$4\frac{3}{4}$	— 19	53 31
+ 5	+ 10 + 15 + 20	52 27
$5\frac{1}{3}$	— 16	51 5
$5\frac{1}{2}$	— 11	50 27
$5\frac{2}{3}$	— 17	49 49
— 6	+ 12 — 18	48 38
$6\frac{1}{3}$	+ 19	47 23
$6\frac{1}{2}$	— 13	46 57
$6\frac{2}{3}$	— 20	46 32
+ 7	+ 14	45 35
$7\frac{1}{2}$	— 15	44 13
— 8	+ 16	43 0
$8\frac{1}{2}$	+ 17	41 52
+ 9	+ 18	40 51
$9\frac{1}{2}$	— 19	39 51
— 10	+ 20	39 0
+ 11		37 15
— 12		35 50
+ 13		34 33
— 14		32 30
+ 15		32 15
— 16		31 17
+ 17		30 30
— 18		29 42
+ 19		28 56
— 20		28 10

Tabelle

Anzahl der Reflexionen von Silber, bei welcher elliptiſch polariſirtes
entſprechenden Einfallswinkeln und der Lage der wiederherge-

(Für Winkel kleiner als der

Anzahl 2 n der Reflexionen.	Ganze Multipla.	Wiederherſtellungswinkel i.
— 2	+ 4 − 6 + 8 − 10 + 12 − 14 + 16 − 18 − 20	73° 0′
$2\frac{1}{9}$	— 19	74 9
$2\frac{1}{8}$	+ 17	74 18
$2\frac{1}{7}$	— 15	74 28
$2\frac{1}{6}$	+ 13	74 44
$2\frac{1}{5}$	— 11	75 0
$2\frac{2}{9}$	— 20	75 12
$2\frac{1}{4}$	+ 9 + 18	75 26
$2\frac{2}{7}$	— 16	75 43
$2\frac{1}{3}$	— 7 + 14	76 2
$2\frac{3}{8}$	+ 19	76 19
$2\frac{2}{5}$	— 12	76 33
$2\frac{3}{7}$	+ 17	76 44
$2\frac{1}{2}$	+ 5 + 10 + 15 + 20	77 13
$2\frac{4}{7}$	— 18	77 38
$2\frac{3}{5}$	— 13	77 48
$2\frac{2}{3}$	— 8 + 16	78 38
$2\frac{5}{7}$	— 19	78 23
$2\frac{3}{4}$	+ 11	78 33
$2\frac{4}{5}$	— 14	78 47
$2\frac{5}{6}$	+ 17	78 57
$2\frac{6}{7}$	— 20	79 4
— 3	+ 6 — 9 + 12 — 15 + 18	79 40
$3\frac{1}{6}$	+ 19	80 57
$3\frac{1}{5}$	— 16	80 24
$3\frac{1}{4}$	+ 13	80 34
$3\frac{1}{3}$	— 10 + 20	80 50
$3\frac{2}{5}$	— 17	81 2
$3\frac{1}{2}$	+ 7 + 14	81 19
$3\frac{3}{5}$	— 18	81 35
$3\frac{2}{3}$	— 11	81 45
$3\frac{3}{4}$	+ 15	81 57

II.

Licht zu geradlinig polariſirtem wieder hergeſtellt wird, nebſt den ſtellten Polariſationsebene in Bezug auf die Reflexionsebene.

des Polariſationsmaximums).

Anzahl 2n der Reflexionen.	Ganze Multipla.	Wiederherſtellungswinkel i.
3⅘	— 19	82° 8′
— 4	+ 8 — 12 + 16 — 20	82 30
4¼	+ 17	82 58
4⅓	— 13	83 16
4½	+ 9 — 13	83 23
4⅔	— 14	83 38
4¾	+ 19	83 45
— 5	+ 10 — 15 + 20	84 5
5⅓	— 16	84 27
5½	+ 11	84 38
5⅔	— 17	84 48
— 6	+ 12 — 18	85 6
6⅓	— 19	85 22
6½	+ 13	85 30
6⅔	— 20	85 36
— 7	+ 14	85 49
7½	+ 15	86 7
— 8	+ 16	86 21
8½	+ 17	86 35
— 9	+ 18	86 46
9½	+ 19	86 56
— 10	+ 20	87 5
— 11		87 20
— 12		87 35
— 13		87 46
— 14		87 56
— 15		88 4
— 16		88 11
— 17		88 18
— 18		88 24
— 19		88 28
— 20		88 33

Beleg 1). Die nachfolgende Verſuchstabelle dient zur Beſtätigung der für die Winkel von gleicher Phaſe Statt findenden Beziehung, welche durch Formel (1) S. 310 ausgedrückt wird. Die nachſtehenden Einfallswinkel und zugehörigen Wiederherſtellungswinkel ſind durch directe Beobachtung gefunden. (Der Stral fiel mit einer Neigung von + 45° ein und das Azimuth der zweiten Reflexionsebene war null.) Je zwei zu einander gehörige Winkel gleicher Phaſe, ſucceſſiv in Formel (1) ſubſtituirt, müßten denſelben Werth für tang φ und mithin für φ finden laſſen; die beigefügten berechneten Werthe von φ zeigen, daß dies mit hinlänglicher Annäherung der Fall iſt.

Stahl, von 3,732 Brechungsverhältniß.

Winkel gleicher Phaſe nach der Beobachtung		Berechneter Werth von φ	
Einfallswinkel.	zugehöriger Wiederherſtellungswinkel.	für den Einfallswinkel.	für den Wiederherſtellungswinkel.
87°½	41°	36° 5′	36° 11′
85	54	27 28	28 0
80	68	12 12	12 36
77	72	5 24	5 59
75	75	0 0	0 0

Beleg 2). Nachſtehende Verſuchstabelle wird von Brewſter zur Beſtätigung der Formel (2) mitgetheilt. Der Stral war um + 45° polariſirt und fiel unter 75° (dem Polariſationswinkel) auf Stahl ein.

Azimuth der zweiten Reflexionsebene (nach rechts von der erſten gerechnet).	Wiederherſtellungswinkel.	Complement des Wiederherſtellungswinkels	
		beobachtet.	berechnet.
0° und 180	75°	15°	14°,9
22½ — 202½	77	13	12 ,7
45 — 225	78	12	12
67½ — 247½	77¾	12¼	12 ,7
90 — 270	75	15	14 ,9
112½ — 292½	70	20	19
135 — 315	68	22	22
157½ — 337½	70	20	19
180 — 360	75	15	14 ,9

Beleg 3). Die folgenden Verſuche gehören zu Satz 6). Sie wurden theils mit Stahl, theils mit Silber angeſtellt. Der Stral war + 45° polariſirt und wurde bei zwei verſchiedenen Einfallswinkeln, nämlich 80° und 68°, deren einer oberhalb, der andere unterhalb des Polariſationswinkels liegt und welche für den Stahl Winkel merklich gleicher Phaſe ſind, geprüft, wobei die zweite Zurückwerfungsebene alle Azimuths theils links, theils rechts von der erſten Zurückwerfungsebene durchlief.

Stahl. — Einfallswinkel auf der erſten Platte 80°.

Azimuth links *).	Complement des Wiederherſtellungswinkels.	Azimuth rechts.	Complement des Wiederherſtellungswinkels.
0°	23°	0°	23°
11¼	25	11¼	20
22½	26	22½	26½
33¾	24	33¾	13
45	20½	45	11½
56¼	18	56¼	10
67½	15½	67½	9½
78¾	11	78¾	9¾
90	10	90	10

Stahl. — Einfallswinkel 68°.

0°	11	0°	11°
11¼	24	11¼	10
22½	24½	22½	9
33¾	25½	33¾	9¾
45	26½	45	11½
56¼	25½	56¼	15
67½	20	67½	18
78¾	21	78¾	20
90	22	90	22

---

*) Zu bemerken iſt, daß ich hier links und rechts in Bezug zu ihrem Gebrauch in der Originalabhandlung vertauſcht habe, um ſie mit der im Texte angegebenen Darſtellung und dem Belege 2) übereinſtimmend zu machen. Man möge indeß hiebei die S. 312 gegebene Anmerkung berückſichtigen.

Silber. — Einfallswinkel 80°.

Azimuth links.	Complement des Wiederherſtellungswinkels.	Azimuth rechts.	Complement des Wiederherſtellungswinkels.
0°	28° 2′	0°	28° 2′
11¼	26 35	11¼	24 40
22½	25 20	22½	21 0
33¾	21 13	33¾	16 40
45	18 20	45	14 35
56¼	14 20	56¼	11 10
67½	11 32	67½	10 0
78¾	10 15	78¾	10 0
90	10 0	90	10 0

Silber — Einfallswinkel 68°.

0°	13°	0°	13°
11¼	14	11¼	13
22½	15½	22½	13½
33¾	16	33¾	14
45	17	45	14½
56¼	19	56¼	15½
67½	20	67½	16½
78¾	20	78¾	18
90	20	90	20

Beleg 4). Zur Bewährung der Formel (8) führt **Brewſter** folgende Verſuche mit einer Silberplatte (wo $\beta = 39° 48'$) an, angeſtellt unter den, in Satz 15) vorausgeſetzten, Umſtänden.

Neigung α der urſprünglichen Polariſationsebene gegen die Zurückwerfungsebene.	Neigung γ der wiederhergeſtellten Pol. gegen die Zurückwerfungsebene nach der Beobachtung.	Berechneter Werth von γ.
+ 90°	— 90° 0′	— 90° 0′
85	84 36	84 0
75	74 10	72 10
65	63 51	60 46
55	52 18	49 57
45	39 48	39 48
35	32 25	30 28
25	23 10	21 14
15	13 16	12 35
5	4 40	4 10
0	0 0	0 0

Beleg 5). Zur Beſtätigung der Formel (9) führt **Brewſter** folgende Verſuche an (bei anfänglicher Neigung + 45°).

Stahl (β = 17°).

Zahl der Zurückwerfungen unter 75° Incidenz.	Zuſtand des zurückgeworfenen Lichtes.	Neigung γ der Polariſationsebene beobachtet.	Neigung γ der Polariſationsebene berechnet.
1.	Elliptiſche Polariſation	·	·
2.	Gewöhnliche Pol.	− 17° 0′	− 17°
3.	Elliptiſche Pol.	·	·
4.	Gewöhnliche Pol.	+ 5 10	+ 5 22′
5.	Elliptiſche Pol.	·	·
6.	Gewöhnliche Pol.	− 2 0	− 1 33
7.	Elliptiſche Pol.	·	·
8.	Gewöhnliche Pol.	0 0	+ 0 30
9.	Elliptiſche Pol.	·	·
10.	Gewöhnliche Pol.	0 0	− 0 9
11.	Elliptiſche Pol.	·	·
12.	Gewöhnliche Pol.	0 0	+ 0 3

Silber (β = 38° 15′*)).

Zahl der Zurückwerfungen unter 73° Incidenz.	Zuſtand des zurückgeworfenen Lichtes.	Neigung γ der Polariſationsebene beobachtet.	Neigung γ der Polariſationsebene berechnet.
1.	Elliptiſche Polariſation	·	·
2.	Gewöhnliche Pol.	− 38° 15′	− 38° 15′
3.	Elliptiſche Pol.	·	·
4.	Gewöhnliche Pol.	+ 31 15	+ 31 52
5.	Elliptiſche Pol.	·	·
6.	Gewöhnliche Pol.	− 26 0	− 26 6
12.	Gewöhnliche Pol.		+ 13 30
18.	Gewöhnliche Pol.		− 6 42
36.	Gewöhnliche Pol.		+ 0 47

Beleg 6). Folgende Verſuche werden von **Brewſter** zur Beſtätigung der Formel (10) mitgetheilt:

---

*) Dieſer Werth weicht etwas von dem in der Tabelle S. 319 angegebenen Werthe ab. Wahrſcheinlich war die Silberplatte von etwas anderer Beſchaffenheit, was übrigens **Brewſter** nicht anführt.

Silber.

Werth von 2n	Einfallswinkel i.	Neigung β′ der Polariſationsebene	
		beobachtet.	berechnet.
2	73° 0′	39° 48′	39° 48′
4	82 30	37 45	37 22
6	85 6	35 0	35 22
	Stahl.		
2	75 0	17 0	17 0
4	83 30	11 30	11 17
6	85 45	9 30	9 30

Beleg 7). Folgende Verſuche führt **Brewſter** zur Beſtätigung der Formel (11) an:

Zahl v.	Einfallswinkel i.	Neigung β″ der Polariſationsebene	
		beobachtet.	berechnet.
3	79° 40′	38° 28′	38° 33′
5	77 13	33 10	33 36
5	84 5	26 0	26 24
	Stahl.		
3	77 37	13 15	14 11
5	84 38	10 30	10 23

Von der Wirkung der Metalle auf gewöhnliches Licht.

Unter welchem Winkel auch ein Stral auf eine metalliſche Oberfläche auffällt, ſo vermag er doch durch eine einmalige Zurückwerfung nicht vollſtändig polariſirt zu werden, wie ſich dadurch zu erkennen giebt, daß bei Analyſe deſſelben (nach der Zurückwerfung) durch einen isländiſchen Spath in keiner Lage des Spaths eines beider Bilder verſchwindet. Wohl aber bemerkt man an einem der Bilder eine Schwächung des Lichtes, als wenn eine Portion des zurückgeworfenen Strales in der Zurückwerfungsebene polariſirt wäre, und zu demſelben Reſultate wird man durch Betrachtung der Farbenringe geführt, welche das von einer Metallplatte zurückgeworfene Licht beim Hindurchgehen längs der Axe von Kryſtallplatten (bei Betrachtung durch Turmalin) entwickelt. In der That, hätte das Licht keine Veränderung durch die Reflexion am Metall erlitten, ſo würden die Ringe wie bei gewöhnlichem Lichte ganz unſichtbar ſein, während ſie doch mit Leichtigkeit in dem von allen Metallen reflectirten Lichte wahrgenommen werden. In der Stärke der polariſirenden Wirkung ſtehen die Metalle (und Erze) in der umgekehrten Ordnung von der, in der ſie S. 319 angeführt ſind, ſo daß z. B. die Ringe mit Silber und Gold nur undeutlich zu erhalten ſind, dagegen ſie mit Bleiglanz und metalliſchem Blei am ſchärfſten begränzt erſcheinen.

Bei jedem Metall giebt es einen Einfallswinkel, bei dem dieſe Annäherung zu den Erſcheinungen der Polariſation in der Einfallsebene am vollſtändigſten erfolgt, und welcher der Polariſationswinkel des Metalles genannt werden kann. Er iſt für die verſchiedenen Metalle S. 102 mitgetheilt worden.

Wenn eine einmalige Reflexion von Metallen nicht hinreichend iſt, den Stral vollſtändig zur geradlinigen Polariſation in der Einfallsebene zu bringen, ſo ſind doch mehrere ſucceſſive Reflexionen hiezu vermögend, und zwar werden um ſo weniger hiezu hinreichend ſein, je näher der Winkel der ſucceſſiven Reflexionen dem Polariſationswinkel kommt und je tiefer das Metall in der S. 319 angeführten Reihenfolge ſteht. Vollſtändig zwar vermag nach dem bald Anzuführenden der Stral durch keine Anzahl ſucceſſiver Reflexionen von Metall geradlinig polariſirt zu werden, aber doch ſich dieſer Polariſation (in der Einfallsebene) nach einer gewiſſen Anzahl Reflexionen ſo zu nähern, daß er für die Erſcheinung als vollſtändig geradlinig polariſirt betrachtet werden kann. Deshalb läßt ſich auch keine beſtimmte Anzahl Reflexionen angeben, nach welcher der Stral wirklich polariſirt iſt, ſondern bloß nach welcher er für die uns zu Gebote ſtehenden Beobachtungsmittel und bei der angewandten Intenſität des Lichtes ſo erſcheint.

So, wenn der leuchtende Gegenſtand eine in 10 Fuß Entfernung aufgeſtellte Wachskerze iſt, polariſirt nach Brewſter's Verſuchen eine Stahlplatte das geſammte Licht merklich vollſtändig in der Einfallsebene durch achtmalige Reflexion zwiſchen 60 und 80° Incidenz; bei Winkeln über 80° und unter 60° iſt eine größere Anzahl von Reflexionen erfoderlich. Beim Bleiglanz, Blei, Kobalt und Antimon polariſirt ſchon eine weit geringere Anzahl von Reflexionen den Stral merklich vollſtändig in der Einfallsebene; dagegen iſt bei reinem und polirten Silber eine ſehr große Anzahl von Reflexionen dazu erfoderlich.

Dieſer Umſtand einer mit der Zahl der Reflexionen zunehmenden Annäherung an die geradlinige Polariſation in der Einfallsebene wird leicht erklärlich durch Rückblick auf das, was in Satz 16) und 17) des vorigen Artikels für wiederholte Reflexionen eines urſprünglich in der Neigung 45° polariſirten Strales geſagt worden iſt. Wie dort angegeben, nimmt bei jeder neuen Wiederherſtellung des durch vorgängige ein- oder mehrmalige Reflexion elliptiſch polariſirten Strales zur geradlinigen Polariſation die Neigung der Polariſation gegen die Zurückwerfungsebene immer mehr ab, ſo daß ſie nach einer hinreichenden Anzahl Reflexionen 0° wird. Nun läßt ſich nach einer, ſchon öfters gebrauchten, Vorſtellung ein natürlich einfallender Stral als zuſammengeſetzt aus zwei Stralen gleicher Intenſität betrachten, deren einer um + 45°, der andere um — 45° gegen die Einfallsebene polariſirt iſt, und man kann mithin alles, was im vorigen Artikel geſagt worden iſt, auch auf einen natürlichen Stral anwenden, mit der Rückſicht, daß hier beide rechts und links von der Einfallsebene polariſirten partiellen Bündel immer gleichzeitig die dort angegebenen Modificationen erfahren, ſo daß die Beſchaffenheit des reſultirenden Strales die iſt, wie ſie aus der Vereinigung beider gleichzeitig modificirter Bündel hervorgehen muß.

Wenn alſo die Neigung beider, urſprünglich + 45° und — 45° gegen die Zurückwerfungsebene polariſirten, Bündel durch wiederholte Zurückwerfungen merklich null geworden iſt, ſo wird auch der aus ihnen zuſammengeſetzte Stral merklich vollſtändig in der Einfallsebene polariſirt ſein.

Es erhellt zugleich aus dieſer Betrachtung, warum die Leichtigkeit, mit der die Metalle das Licht polariſiren, die umgekehrte von der iſt, in welcher ſie in der Tabelle S. 319 aufgeführt worden ſind. Je größer nämlich die Verkleinerung des Neigungswinkels beider partiellen Bündel gegen die Zurückwerfungsebene und mithin auch gegen einander bei jeder Wiederherſtellung iſt, um ſo ſchneller muß die Annäherung an die Polariſation in der Einfallsebene erfolgen.

Die hier angegebene Vorſtellung, ſich den natürlich einfallenden und ſucceſſive Zurückwerfungen von Metallplatten erfahrenden Stral als einen ſolchen zu denken, der aus zwei anfangs rechtwinklich auf einander geradlinig polariſirten gleichen Bündeln beſteht, deren gegenſeitige Neigung aber durch fortgeſetzte Reflexionen immer mehr abnimmt, läßt ſich begreiflicherweiſe nur auf diejenigen Reflexionen anwenden, in welchen wirklich Wiederherſtellung zur geradlinigen Polariſation erfolgt, während man annehmen muß, daß in den dazwiſchenfallenden Reflexionen die beiden partiellen Bündel elliptiſch polariſirt ſind, und es fragte ſich nun, was aus der Zuſammenſetzung zweier ſolcher elliptiſch polariſirten Bündel hervorgehen muß. Dieſe Frage hat indeß Brewſter nicht erörtert.

Für die Reflexionen, wo wirklich Wiederherſtellung der elliptiſchen Polariſation zur geradlinigen bei den partiellen Bündeln erfolgt, kann man jedenfalls, wenn der Neigungswinkel beider partiellen Bündel nach den in Satz 16) ff. des vorigen Artikels gegebenen Regeln oder Formeln bekannt iſt, dann die Quantität Licht berechnen, welche bei Analyſe durch den isländiſchen Spath vollſtändig in der Einfallsebene polariſirt erſcheint, indem man hiezu die Formel (26) S. 251 anwendet.

Von den Erſcheinungen complementärer Farben durch elliptiſche Polariſation auf Metallen.

Wie ſchon S. 318 erwähnt worden, ſind der Polariſationswinkel und die davon abhängigen Wiederherſtellungswinkel auf Metallen nicht für alle Farbenſtralen dieſelben, ſondern der Polariſationswinkel iſt größer für die rothen als die blauen Stralen, was dahin deutet, daß die blauen Stralen ein ſchwächeres Brechungsverhältniß als die rothen in Metallen haben. Alle die von dem Werthe dieſer Winkel oder dem damit zuſammmenhängenden Brechungsvermögen des Lichtes abhängigen Modificationen, welche die Metalle hervorzubringen vermögen, werden ſich daher in ungleichem Grade auf die verſchiedenen Farbenſtralen äußern, und hiedurch können mannichfache Farbenerſcheinungen hervorgerufen werden, von denen wir die einfachſten hier in der Kürze betrachten wollen, indem wir beiſpielweiſe Silber zu Grunde legen.

Wie S. 318 angeführt, iſt der Polariſationswinkel für die mittleren gelben Stralen auf Silber 73°, für die blauen 70°½, für die rothen 75°½; wenn wir daher ein urſprünglich + 45° polariſirt einfallendes Bündel, nachdem es zweimal unter einem gegebenen Winkel (von parallelen Platten) reflectirt worden iſt, mittelſt eines Prisma aus isländiſchem Spath analyſiren, indem wir den Hauptſchnitt des Prisma jedesmal in die Lage drehen, wo das ungewöhnliche Bild ein Minimum iſt, und zuſehen, was für Farben darin zurückbleiben, ſo werden wir Folgendes finden müſſen. Bei der Incidenz 70°½ verſchwinden die blauen Stralen und die rothen bleiben zurück; bei 75°½ Incidenz verſchwinden die rothen Stralen und das complementäre Blau wird ſichtbar (immer im ungewöhnlichen Bilde), wogegen bei 73° Incidenz das Gelb verſchwindet und Roth und Blau zuſammen ſichtbar werden. Bei Einfallswinkeln größer als 75°½ und kleiner als 70°½, und auch bei dazwiſchenliegenden Winkeln, wird das Blau oder das Roth in dem ungewöhnlichen Bündel vorherrſchen, das Blau bei allen Winkeln größer als 73° und das Roth bei allen Winkeln kleiner als 73°. Und gerade ſo ſind die Erſcheinungen, wie aus folgender Tafel hervorgeht:

Einfallswinkel bei den beiden Reflexionen.	Farbenerſcheinungen bei einfallendem weißen Lichte.
63°	Sehr blaſſes Gelb, bei geringeren Incidenzen weißer werdend.
64	Blaſſes Gelb.
65	Blaſſes Safrangelb.
66	Safrangelb.
67	Bläſſeres Orangegelb.
68	Orangegelb.
69	Röthliches Orange.
70	Ziegelroth.
70½	Zinnoberroth.
71	Scharlach.
72	Helles Nelkenroth.
73	Dunkles Nelkenroth.
74	Dunkles Chinablau.
75	Indigo.
75½	Reines Hellblau.
76	Blaſſeres Blau.
77	Weißliches Blau.
78	Bläuliches Weiß, bei großen Winkeln weiß werdend.

Es wird dies hinreichen, zu zeigen, auf welches Princip die Entſtehung der complementären Farben zurückzuführen iſt, welche durch die elliptiſche Polariſation durch Metalle im analyſirenden Prisma hervorgerufen werden. Eine ausführlichere Erörterung derſelben findet ſich noch von **Brewſter** gegeben (Pogg. XXI. 267).

Es iſt zur Entſtehung der Farbenerſcheinungen auf Metallen durch ſucceſſive Reflexionen nicht weſentlich, daß das einfallende Licht ſchon urſprünglich polariſirt ſei, indem es durch die Reflexionen ſelbſt der Polariſation näher gebracht wird, daher auch ſchon natürlich einfallende Stralen bei Analyſe durch den isländiſchen Spath nach mehrmaliger Zurückwerfung die, von der ungleichen Annäherung der verſchiedenen Farbenſtralen an den Polariſationszuſtand abhängigen, Farbenerſcheinungen in mehrerm oder mindern Grade zeigen müſſen. Eine theoretiſche Erörterung dieſer Erſcheinungen würde ſich unſtreitig aus dem Vorigen nach der Betrachtungsweiſe eines natürlichen Strales als aus zwei gleichen, + und — 45° gegen die Einfallsebene polariſirten Bündeln beſtehend, ergeben; indeß iſt **Brewſter** nicht näher darauf eingegangen.

Unſtreitig in (wiewohl noch nicht hinreichend erörtertem) Zuſammenhange mit dem Vorigen ſtehen die Beobachtungen, welche neuerdings **Nobili** *) über die Farben gemacht hat, welche zum Vorſchein kommen, wenn man Stralen mittelſt des isländiſchen Spathes analyſirt, die von Metallen reflectirt worden ſind, welche dünne gefärbte Überzüge entweder durch ſein elektrochemiſches Verfahren (S. 11 u. 135) oder durch Erhitzung erhalten haben, ja ſelbſt einige thieriſche Theile von metallartigen Farben ſind fähig, analoge Erſcheinungen hervorzubringen. Auch einige frühere Beobachtungen von **Brewſter** und **Arago**, ſo wie einige neuere Verſuche von **Airy** ſind hieher zu ziehen, nur daß bei dieſen ſämmtlichen Erſcheinungen unſtreitig zugleich die Geſetze der Farbenerzeugung durch dünne Blättchen in Betracht kommen. In Ermangelung einer bis jetzt genügenden theoretiſchen Erörterung dieſer Erfahrungen werde ich ſie ſchlechthin nach einander mittheilen.

a) Verſuche von Nobili.

Das allgemeine Reſultat von Nobili's Verſuchen iſt, daß, wenn man Metallplatten, die nach dem von ihm angegebenen elektrochemiſchen Verfahren gefärbt ſind, oder die einen dünnen farbigen Oxydüberzug durch Hitze erhalten haben, oder gewiſſe thieriſche Theile von metalliſch glänzenden Farben unter ſehr ſchiefen Einfallswinkeln durch einen Kalkſpath betrachtet, ſo erfolgt eine Trennung des zurückgeworfenen Lichtes in zwei Bilder von ſehr verſchiedenen Farben, deren Vereinigung dieſelbe Farbe geben würde, als der Körper zeigt, wenn man ihn ohne Hülfe des Kalkſpathes bei derſelben Schiefe betrachtet.

---

*) Bibl. univ. 1830. Nov. 239 oder Schweigg. LXIII. 207 oder im Auszuge Pogg. XXII. 614.

Nobili macht zugleich darauf aufmerkſam, daß alle die Farben, welche dieſe Eigenthümlichkeit darbieten, zur Klaſſe der mit der Schiefe des Daraufſehens changirenden gehören, während die nicht changirenden eigenthümlichen Farben der Körper zufolge des von Arago bemerkten Umſtandes, daß ſie größtentheils ſenkrecht auf die Zurückwerfungsebene polariſirt ſind, beim ſchiefen Daraufſehen durch einen Kalkſpath den größten Theil des Colorits dem außerordentlichen Bilde mittheilen.

Folgendes ſind die näheren Beſtimmungen der von Nobili beobachteten Erſcheinungen:

Verhalten der durch das elektrochemiſche Verfahren gefärbten Stahlplättchen *). 1) Die Beſchaffenheit der Politur ſcheint die Erſcheinungen nicht weſentlich abzuändern; zwar zeigt eine Spiegelpolitur ſchönere und beſtimmtere Bilder, als eine weniger vollkommene Politur, aber das Geſetz der Erſcheinung ſcheint in beiden Fällen das nämliche zu ſein. Sobald man nur als Untergrund des farbigen Überzuges das Metall behält, ſo zeigen ſich die Bilder auf dieſelbe Art, mag man den Verſuch in der Richtung der kleinen Riſſe auf der Oberfläche oder in der darauf ſenkrechten anſtellen.

2) Die Trennung der Farben in beiden Bildern fängt nicht bei allen Farben der Scale bei demſelben Neigungswinkel an. Die Reihe der hellblauen Farben Nr. 12., 13. und 14. (S. 136) zeichnet ſich in dieſer Hinſicht in hohem Grade aus, indem hier die Trennung der Farben weit früher erfolgt, als bei irgend einer andern Farbe. Im Allgemeinen iſt die Trennung am vollſtändigſten bei Einfallswinkeln zwiſchen 75 und 85°.

3) Die Intenſität der beiden gefärbten Bilder iſt faſt bei jeder Farbe der Scale verſchieden; bald iſt das ordentliche, bald das außerordentliche Bild am lebhafteſten gefärbt. Die erſten Farben der Scale, alſo diejenigen, welche dem erſten Ringe Newton's entſprechen, behalten faſt alle ihre gewöhnliche Farbe im ordentlichen Bilde; dagegen in den letzten Farben, welche dem vierten Ringe entſprechen, hat das außerordentliche Bild die Farbe der Platte.

4) Der Metallgrund polariſirt die Farben der dünnen Blättchen nicht allein, ſondern er ändert auch die Natur derſelben, indem er ihre Zuſammenſetzung unter den gegebenen Umſtänden abändert, wahrſcheinlich nicht ſowohl, weil eine neue Farbe hiebei wirkſam wird, als, weil die Polariſation einige von den ſchon vorhandenen Stralen aufhebt.

Dieſer Umſtand wird dadurch augenſcheinlich, daß von dem Geſetze, nach dem ſich die Farben dünner Blättchen mit der Schiefe des Daraufſehens ändern, bei mehreren Farben Abweichungen zeigen, wenn man zu ſehr ſchiefen Einfallswinkeln übergeht, wie dies ſchon S. 139 erörtert wurde.

---

*) Der Polariſationswinkel der Stahlplättchen wurde, nach Arago's Verfahren von Nobili beſtimmt, nahe an 75° gefunden, alſo übereinſtimmend mit Brewſter's für ungefärbten Stahl gegebenem Werth.

So zeigt das Gelb Nr. 18. der Scale, welches nach der Reihe der himmelblauen Farben 12., 13., 14. folgt, bei ſchief einfallenden Stralen nicht dieſe Farben, wie es nach dem Geſetze zeigen ſollte, ſondern geht in ein Roth über, deſſen Stärke gleich der von Nr. 23. iſt. Dieſe Abänderung iſt als eine Wirkung der Polariſation, welche bei ſchiefen Einfallswinkeln eintritt, anzuſehen, wie noch beſtimmter dadurch erhellt, daß, wenn man die Platten mit einer Flüſſigkeitsſchicht überzieht, welche, wie unter 5) angeführt werden wird, die polariſirende Wirkung aufhebt, dann das Geſetz, nach welchem die Farbe mit dem Einfallswinkel ſich ändern ſollte, wieder rein hervortritt.

Alle Farben der Scale ſind mehr oder weniger dieſen Änderungen durch die Polariſation bei ſchiefen Einfallswinkeln unterworfen; am auffallendſten aber zeigen ſich dieſe Änderungen bei den Centralfarben des zweiten Ringes an der Stelle, wo ſich der eingeſchobene Ring (S. 140) bildet.

Die Farben der Scale ändern ſonach ihre Nuancen auf zwei völlig verſchiedene Weiſen; die eine, die ordentliche Änderung, hängt bloß von dem Einfallswinkel ab; die zweite, die außerordentliche, rührt von der Polariſation her, welche die Farbe von dem Metallgrunde erleidet, auf welchem ſie angebracht iſt. Die Bedeckung der Metallplatten mit einer flüſſigen Schicht giebt ein Mittel ab, die erſte Änderung unabhängig von der zweiten zu erhalten.

5) überdeckt man die Farben der Scale mit einer Schicht Waſſer, Alkohol, Öl ꝛc., und beobachtet ſie alsdann durch den Kalkſpath, ſo ſind alle von der Polariſation abhängigen Änderungen verſchwunden; es findet keine Trennung der Farben mehr Statt, beide Bilder ſcheinen dieſelbe Farbe zu haben und alles geht ſo vor ſich, als wenn der polariſirende Untergrund nicht mehr vorhanden wäre. Gießt man ein wenig von dieſen Flüſſigkeiten auf die Stelle, wo ſich der eingeſchobene Ring befindet, ſo erſcheint auch dieſer nicht mehr. Eine dünne Firnißſchicht, ſo wie überhaupt jede beliebige Schicht, mit welcher man die Oberfläche des Metalles bedeckt, iſt von gleicher Wirkung.

Verhalten der durch das Feuer gefärbten Metalle. — Stahl. Betrachtet man eine violett angelaufene Uhrfeder unter ſchiefem Winkel durch einen Kalkſpath, ſo erhält man zwei Bilder, das ordentliche hat die violette Farbe des Stahles, das außerordentliche eine Farbe, welche reiner und ſtärker iſt, als die erſte.

Kupfer. Die Farben des (angelaufenen) Kupfers werden ebenfalls beim Durchgange durch ein Kalkſpathprisma getheilt; einige Stralen erleiden die ordentliche, andere die außerordentliche Brechung.

Spathiger Eiſenglanz. Auch die ſchönen Farben dieſes Eiſenerzes laſſen ſich durch das Kalkſpathprisma theilen. Bei den roſenrothen Kryſtallen iſt das ordentliche Bild roth, das außerordentliche grün gefärbt, ſo daß man verſucht ſein könnte, hierin Farben, die ſich zu weißem Lichte ergänzen, zu ſehen, was jedoch nicht der Fall iſt, indem durch ihre Vereinigung nur die urſprüngliche roſenrothe Farbe erzeugt wird.

Verhalten gewiſſer thieriſcher Farben. Chylocopoca violacea (Fab.) Der violette Flügel dieſes Inſectes giebt, durch den Kalkſpath betrachtet, ein violettrothes ordentliches und ein dunkelgrünes außerordentliches Bild.

Chrysomela graminis (Fab). Der gelbgrüne Flügel giebt, durch den Kalkſpath betrachtet, ein gelbliches ordentliches und ein dunkelgrünes außerordentliches Bild.

b) Frühere Verſuche von Brewſter*).

Dieſe Verſuche, an durch Feuer gefärbten Stahlplatten angeſtellt, ſchließen ſich ganz an die vorigen an. Sie ſind, nach Brewſter's eigenen Worten, folgende:

„Ich verſchaffte mir verſchiedene gut polirte Stücke Stahl und erhielt bei verſchiedenen Temperaturen alle Farbennuancen von einem blaſſen Strohgelb bis zum dunkelſten Indigo. Wurde das Licht einer Kerze von dem indigfarbenen Oxyde bei einem großen Einfallswinkel (etwa 75° oder 80°) reflectirt und dann vermittelſt eines Kalkſpathprismas unterſucht, ſo ſchien es durchaus keine neue Modification erlitten zu haben; wurde aber der Einfallswinkel etwa bis 55° oder 60° verkleinert, ſo hatte das am wenigſten gebrochene Bild eine glänzende rothe Farbe, während das andere Bild keine Farbenänderung erlitten zu haben ſchien. Drehte ich das Prisma um die Geſichtslinie herum, ſo hatte das am ſtärkſten gebrochene Bild eine helle rothe Farbe am Ende einer Viertelumdrehung, und bei jeder Vierteldrehung hatten die Bilder abwechſelnd dieſe glänzende Farbe."

„Wurde das reflectirte Licht durch eine Achatplatte betrachtet, deren Lamellen ſenkrecht auf der Polariſationsebene ſtanden, ſo war das Bild der Kerze lebhaft roth, und das formloſe nebelige Licht, welches ſich um daſſelbe zeigte, war matt blau; waren aber die Lamellen parallel mit der Reflexionsebene, ſo nahm das Bild ſeine gewöhnliche Farbe an."

„Hielt ich ein Glimmerblättchen zwiſchen das blaue Oxyd und den Kalkſpath, oder die Achatplatte, ſo erhielt das rothe Bild dieſelbe Farbe, als das andere."

„Wurde Licht dadurch polariſirt, daß es von Waſſer reflectirt wurde, oder durch Achat hindurchging, und dann unter dem paſſenden Winkel von dem blauen Oxyde reflectirt, ſo erſchien das Bild in einer Ebene, welche ſenkrecht auf der Reflexionsebene ſtand, von rother Farbe, ähnlich dem Bilde, welches in den übrigen Verſuchen entſtand."

„Bei Anwendung der übrigen Stahlſtücke, deren Farben bei niedrigeren Temperaturen erzeugt werden, als das indigofarbene Oxyd, hatte das Bild, welches im vorigen Verſuche roth erſchien, eine orange oder gelbe Farbe."

---

*) Schweigg. LXIII. 218.

c) Verſuche von Arago *).

Dieſe Verſuche betreffen Abänderungen, welche die Erſcheinung der Farbenringe, die durch dünne Luftſchichten erzeugt werden, bei Analyſe mittelſt des isländiſchen Spathes darbietet, je nachdem dieſe Ringe durch eine zwiſchen zwei Glaslinſen oder zwiſchen einer Glaslinſe und einem Metallſpiegel befindlichen Luftſchicht erzeugt werden. Sie ſind nach Arago's Darſtellung folgende:

Betrachtet man die Farbenringe, welche ſich zwiſchen zwei Glaslinſen bilden, vermittelſt eines Kalkſpathes, deſſen Hauptſchnitt ſenkrecht auf der Polariſationsebene ſteht oder mit demſelben parallel iſt, ſo haben bei ſenkrecht einfallendem Lichte beide Bilder dieſelbe Intenſität; wird der Stral mehr gegen die Ebene der Ringe geneigt, ſo wird eins dieſer Bilder nach und nach ſchwächer und verſchwindet endlich bei einem Einfallswinkel von 55°, zeigt ſich dann aufs Neue bei einem ſchiefern Einfallswinkel und erhält eine deſto größere Intenſität, je kleiner der Winkel wird, welchen der Stral mit der Ebene bildet, in der die Ringe liegen. Das Licht wird hier alſo ebenſo polariſirt, als in jedem andern Falle, wo es von dem Glaſe reflectirt wird, ohne daß die zweite Fläche auf die Erſcheinung den geringſten Einfluß äußert. Unterſucht man die hindurchgegangenen Ringe vermittelſt eines Kalkſpathprismas, ſo werden ſie unter denſelben Umſtänden polariſirt, als die reflectirten. Senkrecht betrachtet werden die Ringe in zwei gleich lebhafte Bilder getheilt, eins verſchwindet bei einem Winkel von 55°, und erſcheint wieder, wenn der Winkel des Strales mit der Ebene der Ringe größer wird. Wichtig aber iſt dabei der Umſtand, daß die hindurchgehenden Stralen auf dieſelbe Art polariſirt ſind, als die reflectirten; für dieſelbe Lage des Kalkſpathes verſchwindet bei dem Winkel der vollſtändigen Polariſation ſtets daſſelbe Bild.

Legt man eine Glaslinſe auf einen Metallſpiegel, ſo ſind die entſtandenen Ringe vollſtändig polariſirt, wenn der Einfallswinkel 55° beträgt und wenn man den Verſuch auf dieſe Art macht, ſo läßt ſich am leichteſten nachweiſen, daß die reflectirten und durchgegangenen Ringe auf dieſelbe Art polariſirt ſind. Legt man nämlich eine Linſe auf einen Metallſpiegel, ſo daß das zerſtreuete Licht der Atmoſphäre auf den Spiegel fallen kann, ohne daß es genöthigt iſt, durch die Linſe zu gehen, hält alſo das direct auf die Linſen fallende Licht ab, ſo zeigen ſich hier die hindurchgehenden Ringe, während die reflectirten erſcheinen, wenn man die Oberfläche des Spiegels mit ſchwarzem Papier überdeckt. In beiden Fällen verſchwindet ſtets bei einerlei Lage des Kalkſpathes daſſelbe Bild.

Wenn man dann, wenn die Ringe durch eine, auf einem Metallſpiegel liegende, Linſe gebildet werden, den Einfallswinkel ändert, ſo ſieht man bis zu einem Winkel von 55° zwei Bilder, welche einander ſehr ähnlich ſind und von denen eins bei dieſem Winkel der vollſtändigen Polari-

---

*) Mém. d'Arcueil. III. 223 oder Schweigg. LXIII. [illegible].

ſation verſchwindet, je nachdem der Hauptſchnitt des Kalkſpathprismas mit der Reflexionsebene zuſammenfällt oder auf ihr ſenkrecht ſteht. Wird nun der Einfallswinkel kleiner, ſo erſcheint zwar das zweite Bild aufs Neue, aber ſeine Farben ſind nun die complementären von denen, welche das nicht verſchwundene bei der vollſtändigen Polariſation hatte. Erſchien der Centralfleck der Ringe z. B. dem bloßen Auge roth, ſo zeigen ſich jetzt im Kryſtalle zwei Bilder, ein grünes und ein rothes. Wir ſehen hieraus alſo, daß die Stralen, durch welche die gefärbten Ringe gebildet werden, bei ſenkrecht einfallendem Licht alle Eigenſchaften des natürlichen Lichtes haben, daß ſie bei einem Winkel von 55° vollſtändig polariſirt ſind, und daß ſie endlich bei kleineren Einfallswinkeln eine beſondere Modification erleiden, durch welche ſie ſich ſowohl von dem gewöhnlichen, als dem vollſtändig polariſirten Lichte unterſcheiden. Aus welchem Metall übrigens auch der darunter liegende Spiegel beſtehen möge, ſtets iſt der Winkel der vollſtändigen Polariſation derſelbe, welchen wir beim Glaſe beobachten.

Ein geringer Grad von Mattigkeit auf der Oberfläche des untern Metallſpiegels iſt keineswegs ein Hinderniß für die Entſtehung der Ringe; dann aber laſſen ſich bei jedem Einfallswinkel zwei Reihen von Bildern beobachten. Die erſte derſelben wird durch das regelmäßig reflectirte Licht erzeugt, und ſtimmt ganz mit derjenigen überein, welche man auf vollkommen polirten Spiegeln wahrnimmt; die zweite ſchwächere Reihe entſteht durch das zerſtreute Licht, welches von den kleinen Unebenheiten des Spiegels reflectirt wird, und iſt nur dann ſichtbar, wenn das regelmäßig reflectirte Licht durch einen Schirm abgehalten wird. Beide Bilder haben ſtets die complementären Farben, ein Beweis, daß ſie nicht auf dieſelbe Art entſtehen. Dieſe neuen Ringe werden ebenſo wie die erſten bei einem Einfallswinkel von 55°, alſo unter demſelben Winkel als beim Glaſe, vollſtändig polariſirt. Bei Winkeln, welche kleiner ſind als 55°, zerlegt ein Kalkſpathprisma dieſe neuen Ringe in zwei unähnliche Bilder, welche nicht ganz die complementären von einander ſind, da die Ringe einfache Durchmeſſer haben.

Um zu entſcheiden, ob Metallſpiegel die einzigen Körper wären, welche es vermöchten, den Stralen der Ringe die Eigenſchaft zu geben, daß ſie bei gewiſſen Neigungswinkeln in zwei unähnliche Bilder zerlegt würden, nahm er ſtatt des untern Spiegels Körper, welche ſich in Betreff der Undurchſichtigkeit den Metallen am meiſten näherten, als polirte Platten aus Steinkohle, Anthrazit, Achat ꝛc. Hier waren beide Bilder ſehr ähnlich oder wenig von einander verſchieden. In der Vermuthung, daß der Grund hievon in dem großen Brechungsvermögen der Metalle liegen möchte, nahm er glänzende Stücke Schwefel, Diamant ꝛc., aber auch hier zeigte ſich keine Umkehrung; jedoch ſind die letzteren Verſuche nicht entſcheidend, da das Brechungsvermögen der Metalle das von Schwefel und Diamant ſehr übertrifft. Selbſt bei Metalloxyden bemerkt man kaum einen Unterſchied zwiſchen den beiden im Kalkſpath erſcheinenden Bildern.

Iſt demnach die Gegenwart eines Metalles erfoderlich, wenn die Ringe durch eine Luftſchicht gebildet werden, ſo iſt dieſes nicht mehr nöthig, wenn der dünne Körper eine größere Dichtigkeit hat und mit einer ſeiner Flächen ein anderes ſtark brechendes Mittel berührt. So zeigt die Steinkohle auf ihren Brüchen häufig ſehr lebhafte Farben, welche durch eine dünne darüber liegende Schicht gebildet ſind und bei paſſendem Einfallswinkel in zwei complementäre Bilder zerlegt werden. Die Farben, welche Alkohol und ätheriſche Öle bei fortſchreitender Verdunſtung auf der Oberfläche von Kohle zeigen, geben ebenfalls zwei unähnliche Bilder mit complementären Farben. Daſſelbe bemerkt man bei den gefärbten Kryſtallen von Eiſenglanz, Kupferkies, Bleiglanz ꝛc.

d) Verſuche von Airy *).

Wenn man eine Glaslinſe auf eine ebene Glasplatte legt, ſo ſieht man, wie bekannt, eine Reihe von Ringen, deren Mittelpunct auffallend ſchwarz iſt. Es iſt gleichgültig, ob man dabei gemeines oder polariſirtes Licht anwendet; nur verſchwinden bei letzterem die Ringe, ſobald die Polariſationsebene ſenkrecht auf der Reflexionsebene ſteht, und die Stralen unter dem Winkel des Polariſationsmaximums einfallen; ſo wie man aber den Einfallswinkel größer oder kleiner macht, erſcheinen auch die Ringe mit ihrem ſchwarzen Mittelpuncte wieder.

Legt man jedoch die Glaslinſe auf eine Metallfläche, und läßt man Licht darauf fallen, das ſenkrecht gegen die Einfallsebene polariſirt iſt, ſo zeigt ſich Folgendes. So lange der Einfallswinkel klein iſt, erſcheint der Mittelpunct der Ringe ſchwarz; iſt er dem Winkel des Polariſationsmaximums beim Glaſe gleich, ſo verſchwinden die Ringe, obwohl das Metall noch reichlich Licht reflectirt; wird endlich der Winkel auch nur um ein Geringes vergrößert, ſo erſcheinen die Ringe wieder, aber mit einem weißen Mittelpunct, und ſo bleibt die Erſcheinung, bis der Einfallswinkel = 90° geworden iſt.

Es iſt einerlei, ob das Licht vor oder nach der Reflexion polariſirt wird. Dies giebt zu einer merkwürdigen Erſcheinung Anlaß. Läßt man nämlich gemeines Licht unter einem Winkel, größer als dem der vollſtändigen Polariſation, einfallen, ſo haben die Ringe einen ſchwarzen Mittelpunct; bringt man aber eine Turmalinplatte mit ihrer Axe ſenkrecht gegen die Reflexionsebene geſtellt, zwiſchen das Auge und die Linſe, ſo ſieht man die Ringe mit einem weißen Mittelpuncte.

Aus der Art, wie ſich die Ringe bei Umdrehung des Turmalins verändern, ſchließt Airy, daß die in der Reflexionsebene liegenden Vibrationen des Lichtes (nach der Undulationstheorie) mehr durch die Reflexion von der Metallfläche beſchleunigt werden, als die auf der Reflexionsebene ſenkrechten

---

*) Pogg. XXII. 641.

Vibrationen. Der ſchwarze Mittelpunct iſt bei Anwendung eines Metalles nie ſo dunkel, als wenn die Linſe auf Glas liegt, und eben ſo iſt der weiße niemals ſehr hell.

XIV. Hauptſächlichſte Beſtimmungen der Undulationstheorie.

Die Undulationstheorie fängt ſeit der Entwickelung, die ſie namentlich durch **Fresnel** erhalten hat, ſo ſehr an, das Übergewicht über die Emiſſionstheorie zu gewinnen; ſie erklärt viele Erſcheinungen, die bis jetzt noch als unaufgelöſte oder nur durch ſehr precäre Vorausſetzungen zu löſende Probleme für die letztere daſtehen, auf eine ſo einfache und anſprechende Weiſe, daß eine Bekanntſchaft mit derſelben für jeden, der eine gründliche Einſicht in die Lehre des Lichtes und namentlich der ſo intereſſanten und merkwürdigen Polariſationsphänomene erlangen will, immer unentbehrlicher wird. Eine vollſtändige Darſtellung dieſer Lehre zu geben, kann natürlich hier auf keine Weiſe der Ort ſein, und ſie wäre um ſo überflüſſiger, da wir in dieſem Bezug auf das oft erwähnte Werk von **Herſchel** verweiſen können, freilich auch das einzige, worauf ſich verweiſen läßt.

Es ſchien mir indeß nützlich, hier eine kurze, dabei möglichſt beſtimmte und faßliche, Definition und Erörterung der Grundbegriffe zu geben, von denen die Undulationstheorie bei ihrem jetzigen Standpuncte ausgeht oder auf die ſie in jedem Augenblicke zurückkommt; theils um etwas zu haben, worauf wir uns bei folgender Fortſetzung dieſes Werkes beziehen können, theils auch um demjenigen, dem beim Studium von Abhandlungen, welche die Kenntniß des Undulationsſyſtems vorausſetzen, dieſer oder jener Ausdruck nicht gleich in ſeiner richtigen Bedeutung geläufig iſt, eine Quelle zum Nachſehen darzubieten, weshalb ich auch die einzelnen Artikel nach alphabetiſcher Ordnung geſtellt habe, ſo daß man dieſen Abſchnitt als eine Art kleines Wörterbuch der Undulationstheorie anſehen mag, das jedoch begreiflich weder auf ins Detail eingehende Vollſtändigkeit, noch Ausführlichkeit Anſpruch machen kann.

Äther.

Zur Erklärung der Erſcheinungen des Lichtes nach der Undulationstheorie nimmt man an, daß der ganze Weltraum mit einer ungemein feinen dünnen Flüſſigkeit erfüllt iſt, welche man **Äther** nennt, und die auch durch die Poren oder Zwiſchenräume der Theilchen aller Körper hindurch verbreitet iſt. Wiewohl die Eigenſchaften dieſes Äthers durch ſinnliche Wahrnehmungen nicht unmittelbar erkennbar ſind, ſo kann man doch aus den Erſcheinungen des Lichtes ſelbſt auf dieſelben ſchließen, oder vielmehr, man iſt, um die Erſcheinungen des Lichtes nach der Vorſtellung, daß ſie durch Schwingungen der Äthertheilchen erzeugt werden, mit Genauigkeit darzuſtellen, genöthigt, dem Äther gewiſſe Grundeigenſchaften beizulegen, namentlich folgende:

a) Er beſteht aus Theilchen, die in Entfernungen von einander befindlich ſind, in welchen ſie durch gegenſeitige abſtoßende Kräfte erhalten werden. Der Abſtand je zweier Theilchen von einander iſt ſo groß, daß die Dimenſionen der Theilchen ſelbſt dagegen verſchwinden.

b) Der Äther iſt im Beſitze einer vollkommenen Elaſticität, d. h. die Kraft, mit der ein aus der Lage ſeines Gleichgewichtes (Ruhepunct) gebrachtes Äthertheilchen in dieſe Lage zurückzukehren ſtrebt, iſt der Entfernung vom Ruhepuncte genau proportional und nach dieſem Puncte gerichtet, vorausgeſetzt, daß der Äther nach allen Richtungen von gleichförmiger Beſchaffenheit iſt.

c) Eine Schwere des Äthers, wenn ſie Statt findet, kann doch bei allen Erſcheinungen des Lichtes gegen die anderen Kräfte, wovon dieſe abhängen, vernachläſſigt werden, ſo daß ſich der Äther in dieſem Bezuge als nicht ſchwer anſehen läßt.

d) Die Theilchen des Äthers laſſen ſich viel leichter gegen einander verſchieben, als durch Zuſammendrückung einander nähern.

e) Die Theilchen des Äthers ſind vermöge der Elaſticität deſſelben gerade ſo einer Schwingung fähig, wie die Theilchen der Luft, wenn ſie durch irgend eine Urſache aus der Lage des Gleichgewichtes gebracht ſind, und dieſe Schwingungen pflanzen ſich von Theilchen zu Theilchen auf analoge Weiſe fort, als die Schallſchwingungen in der Luft.

f) Die Schwingungen der Äthertheilchen, durch welche die Erſcheinungen des Lichtes hervorgerufen werden, ſind ſo klein, daß ſie nur ſehr wenig im Verhältniß zum gegenſeitigen Abſtande der Äthertheilchen betragen, und daß die relative Ordnung der Äthertheilchen dadurch nicht verrückt wird; oder mit anderen Worten, daß es nie über die Peripherie, welche die es zunächſt umgebenden Äthertheilchen darum bilden, hinaus in die Mitte anderer Äthertheilchen geführt wird.

g) Die Dichtigkeit und Elaſticität des Äthers iſt in Körpern von verſchiedener Beſchaffenheit verſchieden. Die ſpecifiſche Elaſticität deſſelben (d. h. die abſolute Elaſticität, dividirt durch die Dichtigkeit deſſelben) iſt in den brechenden Mitteln kleiner, als im leeren Raume, und je ſtärker das Mittel bricht, um ſo geringer iſt die ſpecifiſche Elaſticität des darin befindlichen Äthers.

Amplitude ſ. Schwingungen.

Axen der Elaſticität ſ. Elaſticität.

Elaſticität des Äthers.

Die Elaſticität des Äthers iſt eine Kraft, welche erfahrungsmäßig nur durch die davon abhängige Geſchwindigkeit des Lichtes, d. h. durch die

Geſchwindigkeit, mit der ſich die Schwingungen von einem Ätherpünktchen zum andern fortpflanzen (oder vielmehr nur durch die in bekannter Beziehung zu dieſer Geſchwindigkeit ſtehenden Erſcheinungen des Lichtes), beſtimmt und gemeſſen werden kann, und es iſt daher für das Verſtändniß der Erſcheinungen vor Allem nöthig, den Bezug deſſen, was man Elaſticität nennt, zu dieſer Geſchwindigkeit genau zu kennen.

In dieſer Hinſicht kann man Elaſticität des Äthers nach irgend einer Richtung als eine Kraft beſtimmen, welche dem Quadrat der Geſchwindigkeit proportional iſt, mit welcher ſich Schwingungen, die in der betrachteten Richtung geſchehen, durch den Äther fortpflanzen.

Haben wir daher einen nach allen Richtungen gleich elaſtiſchen Äther, wie er ſich im leeren Raume oder homogenen nicht kryſtalliſirten Körpern findet, ſo werden Schwingungen, in welcher Richtung ſie auch geſchehen, mit gleicher Geſchwindigkeit durch denſelben fortgepflanzt werden, und man wird daſſelbe ausdrücken, wenn man ſagt, der Äther habe in einem gewiſſen Körper dieſer Art die vierfache Elaſticität, als wenn man ſagt, das Licht habe die doppelte Geſchwindigkeit darin.

Haben wir dagegen einen nach verſchiedenen Richtungen verſchieden elaſtiſchen Äther, von welcher Beſchaffenheit er in den meiſten kryſtalliſirten Körpern iſt, ſo werden Schwingungen, die nach den verſchiedenen Elaſticitätsrichtungen geſchehen*), ſich mit ungleichen Geſchwindigkeiten darin fortpflanzen, mit Geſchwindigkeiten, welche den Quadratwurzeln der Elaſticitäten, welche nach dieſen Richtungen Statt haben, proportional ſind.

Da die Richtung des Strales oder, was daſſelbe iſt, die Richtung der Fortpflanzungsgeſchwindigkeit des Lichtes (vgl. Stral) ſtets ſenkrecht auf den Schwingungsebenen der Lichttheilchen ſteht, ſo hängt die Geſchwindigkeit des Lichtes nicht von derjenigen Elaſticität des Äthers ab, welche in der Richtung des Strales ſelbſt Statt findet, ſondern von der Elaſticität, welche ſenkrecht auf die Richtung des Strales in der Schwingungsebene der Theilchen parallel mit der Richtung der Schwingungen Statt findet; und die Richtung der Fortpflanzungsgeſchwindigkeit des Lichtes ſteht ſonach ſtets ſenkrecht auf der Richtung der Elaſticität, vermöge deren dieſe Fortpflanzung geſchieht und von der ihre Geſchwindigkeit abhängt.

Wenn man die hier gegebenen Beſtimmungen feſthält, ſo wird man immer das, was in theoretiſchen Darſtellungen der Lichtlehre in Bezug auf die Elaſticität, die eine nicht unmittelbar erſcheinende Kraft iſt, ausgedrückt wird, in die Sprache der Erſcheinungen überſetzen können. Denn wiewohl auch die Geſchwindigkeit des Lichtes nicht direct durch ſinnliche

---

*) Es iſt wohl in Obacht zu nehmen, daß hier wie im Übrigen nicht von der Richtung des Lichtſtrales, ſondern von der darauf ſenkrechten Richtung, in der die Theilchen, aus denen er beſteht, ſchwingen, die Rede iſt; (vgl. Stral).

Wahrnehmung zu beſtimmen iſt, ſo hängt doch von ihr die Richtung, in der ſich das Licht fortpflanzt (die Richtung des Strales), ſo unmittelbar ab, daß man von Änderung in der Richtung des Strales unmittelbar auf Änderungen in der Geſchwindigkeit ſchließen kann, und umgekehrt; denn in einfach brechenden Körpern verhält ſich der Einfallsſinus zum Brechungsſinus wie die Geſchwindigkeit im erſten zur Geſchwindigkeit im zweiten Mittel, und bei doppelt brechenden Körpern wird der Bezug der Richtung zur Geſchwindigkeit des Strales durch die Formeln S. 107 gegeben.

Was die ſächliche Definition der Elaſticität des Äthers anlangt, ſo iſt ſie die Kraft, mit welcher ein beliebiges Theilchen deſſelben in die Lage ſeines Gleichgewichtes zurückzukehren ſtrebt, wenn es um eine gewiſſe kleine Weite aus dieſer Lage abgelenkt worden iſt. Abſolute Elaſticität bezeichnet die ganze Größe dieſer Kraft, welche unter übrigens gleichen Umſtänden der Dichtigkeit des Äthers direct proportional iſt; ſpecifiſche Elaſticität aber iſt die abſolute Elaſticität, dividirt durch die Dichtigkeit des Äthers, oder, was daſſelbe ſagt, die abſolute Elaſticität, auf die Einheit der Dichtigkeit des Äthers bezogen. Nur von dieſer ſpecifiſchen Elaſticität des Äthers hängt die Geſchwindigkeit des Lichtes ab, und das zu Anfange Geſagte iſt daher nur auf dieſe zu beziehen (die man in der Regel verſteht, wenn man von Elaſticität des Äthers ſchlechthin ſpricht), ſo wie auch die Geſchwindigkeit des Schalles in verſchiedenen Mitteln nicht durch die abſolute Elaſticität derſelben beſtimmt wird, denn ſonſt müßte ſie in dichterer Luft größer als in dünnerer ſein, ſondern durch die ſpecifiſche Elaſticität, welche, da Dichtigkeit und Elaſticität in der Luft in gleichem Verhältniſſe wachſen, für dichte und dünne Luft conſtant bleibt. Wenn ſich der Äther überall unter denſelben Umſtänden befände, ſo würde die ſpecifiſche Elaſticität deſſelben, wie bei der Luft, für alle Dichtigkeiten deſſelben conſtant bleiben; allein da in brechenden Körpern die Kraft, mit welcher die Theilchen des Äthers ihre urſprüngliche Lage wieder einzunehmen ſtreben, durch die anziehenden Kräfte der Körpertheilchen ſelbſt beſchränkt wird, ſo iſt bei einer größern Dichtigkeit des Äthers in dieſen Körpern doch die ſpecifiſche Elaſticität des Äthers darin kleiner, als im leeren Raume.

Die Elaſticität des Äthers iſt nicht bloß verſchieden in verſchiedenen Körpern, ſondern ſie kann auch in demſelben Körper verſchieden nach verſchiedenen Richtungen ſein.

Im leeren Raume und in homogenen nicht kryſtalliſirten Mitteln iſt dieſelbe nach allen Richtungen gleich.

In den Kryſtallen mit Einer Axe poſitiver doppelter Brechung iſt dieſelbe ein Maximum in den mit dieſer Axe parallelen Richtungen, ein Minimum in allen darauf ſenkrechten Richtungen, und ſie hat Zwiſchen-

---

*) Die bei Vergleichung der Elaſticität verſchiedener Mittel conſtant zu nehmen iſt.

werthe zwiſchen dem Maximum und Minimum in allen gegen die Axe geneigten Richtungen.

In den Kryſtallen mit Einer Axe negativer doppelter Brechung fällt umgekehrt das Minimum der Elaſticität in die Richtung der Axe, das Maximum in die darauf ſenkrechten Richtungen. Jedenfalls iſt in den einaxigen Kryſtallen die Elaſticität gleich in allen ſenkrecht gegen die Axe genommenen Richtungen, ſo wie auch gleich in allen gegen die Axe gleichgeneigten Richtungen; ebenſo iſt ſie gleich, aber von den vorigen verſchieden, in allen mit der Axe parallelen Richtungen.

In den Kryſtallen mit zwei optiſchen Axen ſind drei auf einander ſenkrechte Hauptrichtungen bemerkenswerth, welche man die Axen der Elaſticität nennt. In die Richtung der einen fällt das Maximum, in die der andern das Minimum der Elaſticität, und in die dritte eine gewiſſe zwiſchen dem Maximum und Minimum liegende Elaſticität. Die letzte wollen wir der Kürze halber die Axe der mittlern Elaſticität nennen, womit aber bloß ausgedrückt ſein ſoll, daß die nach ihrer Richtung Statt findende Elaſticität zwiſchen der Maximum- und Minimum-Elaſticität liegt, ohne gerade das arithmetiſche Mittel davon zu ſein, da ſie vielmehr je nach der Verſchiedenheit der Kryſtalle beliebige Werthe zwiſchen beiden haben kann. Die Lage dieſer Axen beſtimmt ſich ſo, daß die Axe der mittlern Elaſticität ſenkrecht auf der Ebene beider optiſchen Axen (die mit den Elaſticitätsaxen nicht zu verwechſeln ſind) ſteht, die beiden anderen Elaſticitäten aber in dieſer Ebene enthalten ſind, und zwar ſo, daß die eine den ſpitzen, die andere den ſtumpfen Winkel beider optiſchen Axen gerade mitten durch theilt.

Die Lage der Elaſticitätsaxen kann immer auf die hier angegebene Weiſe in Bezug zu den durch bekannte Eigenſchaften beſtimmten optiſchen Axen als erfahrungsmäßig gegeben angeſehen werden*); man kann ſie aber noch durch eine andere, für die mathematiſche Analyſe der Erſcheinungen wichtige, Betrachtung theoretiſch beſtimmen, die wir jetzt angeben wollen:

Wenn in einem homogenen Mittel, worin der Äther nach verſchiedenen Richtungen verſchiedene Elaſticitäten hat, ein Äthertheilchen aus ſeiner Lage verrückt worden iſt, ſo wird es, einige beſondere Fälle ausgenommen, nicht in der Richtung der Verrückung zurückgetrieben werden, ſondern (vermöge der Wirkung aller Theilchen, zu denen ſein Verhältniß verändert worden iſt), in einer Richtung, die mit der Richtung ſeiner Verrückung einen Winkel macht. Es werden aber doch in jedem ſolchen Mittel im Allgemeinen drei auf einander rechtwinkliche Richtungen Statt finden, welche die Eigenſchaft haben, daß, wenn ein Äthertheilchen in ihrer Richtung verrückt worden iſt, es in der Richtung ſeiner Verrückung wieder zurückzukehren ſtrebt, und dieſe drei Richtungen ſind die der Elaſticitätsaxen. (Vgl. Herſchel's Werk S. 556).

---

*) Die relativen Werthe der nach ihrer Richtung Statt findenden Elaſticitäten laſſen ſich ebenfalls erfahrungsmäßig nach den drei (für gewiſſe Richtungen des Schnitts und Einfalls) conſtanten Brechungsexponenten des Kryſtalles finden. Die in dieſer Hinſicht Statt findende Beziehung iſt S. 115 angegeben worden. (Statt die Elaſticität in der Luft Z. 13 v. u. muß es dort heißen die Elaſticität in der erſten Richtung.)

Wie unter Stral und Polariſation angegeben werden wird, geſchehen in jedem Lichtſtrale die Schwingungen der Theilchen ſenkrecht auf die Richtung des Strales; ein (gewöhnlich oder geradlinig) polariſirter Stral iſt ein ſolcher, in welchem ſie überdies ſämmtlich in parallelen Richtungen geſchehen, und die Polariſationsrichtung iſt die, welche in der auf der Richtung des Strales ſenkrechten Ebene ſenkrecht auf der Richtung der Schwingungen iſt.

Wir wollen nun zur Erläuterung und Anwendung des Vorigen betrachten, was für ein Erfolg eintreten muß, wenn ein polariſirter Stral mit dieſer Beſchaffenheit längs der Axe der mittlern Elaſticität durch einen Kryſtall geht. Jedenfalls, da die Schwingungen ſeiner Theilchen in einer Ebene geſchehen, welche die Axe der größten und kleinſten Elaſticität des Kryſtalles enthält, wird die Fortpflanzungsgeſchwindigkeit des Strales *) nur von dieſer Maximum- und Minimum-Elaſticität abhängen können. Bloß von der erſten wird ſie abhängen, wenn der Stral ſenkrecht auf die Axe des Maximums parallel mit der des Minimums polariſirt iſt, weil dann die Schwingungen ſeiner Theilchen der Maximumaxe parallel geſchehen; bloß von der Minimumelaſticität wird ſie abhängen, wenn der Stral ſenkrecht auf die Axe des Minimums polariſirt iſt, und in beiden Fällen wird der Stral ungetheilt bleiben. Iſt dagegen der Stral in einer zwiſchen die vorigen fallenden Richtung polariſirt, ſo werden ſich ſeine Schwingungen (nach dem Verhältniß des Sinus und Coſinus des Winkels der Richtung mit den Axen) in zwei Theile, deren einer parallel der Maximum-, der andere parallel der Minimumaxe geſchieht, zerlegen laſſen, und der Stral wird ſich dann in zwei Theile ſpalten, deren einer mit der Maximum-, der andere mit der Minimumgeſchwindigkeit ſich fortpflanzt.

Inſofern nun eine andere Geſchwindigkeit auch im Allgemeinen eine andere Richtung des Strales bei Brechung durch eine ſchiefe Fläche mit ſich bringt, werden ſich die beiden, mit verſchiedenen Geſchwindigkeiten fortgehenden, Theile des Strales wirklich beim Austritt durch eine ſolche Fläche von einander trennen und dadurch die Erſcheinungen der doppelten Brechung oder der Theilung in ein gewöhnliches und ein ungewöhnliches Bündel hervorbringen, in denen die Schwingungen der Theilchen in auf einander ſenkrechten Richtungen geſchehen, oder, was daſſelbe ſagt, die ſenkrecht auf einander polariſirt ſind.

---

*) Wohl zu unterſcheiden von der Geſchwindigkeit der Schwingungen, vgl. Geſchwindigkeit.

Begreiflich, da ein natürlicher Stral ſich als aus Theilchen beſtehend anſehen läßt, welche Schwingungen nach allen möglichen Richtungen in Ebenen ſenkrecht auf die Richtung des Strales vollbringen, ſo wird man durch Zerlegung aller dieſer Schwingungen nach der Maximum- und Minimumaxe ebenfalls eine Theilung des Strales in zwei Bündel von verſchiedener Geſchwindigkeit und mithin die Erſcheinung der Doppelbrechung beim Austritt durch eine ſchiefe Fläche erhalten; ja dieſe Doppelbrechung wird unter allen Umſtänden, wo der Stral längs der Axe der mittlern Elaſticität hingeht, Statt finden müſſen, da hier nie alle Schwingungen zugleich einer der beiden Axen parallel ſein können, wie im Fall eines ſenkrecht auf eine beider Axen polariſirten Strales, vielmehr, da die Schwingungen im natürlichen Strale in gleichem Verhältniß nach allen möglichen Richtungen geſchehen, wird die Zerlegung nach der Richtung der einen Axe ſtets eine eben ſo große Summe geben, als die Zerlegung nach der andern, ſo daß ſich der Stral hier ſtets in zwei Bündel gleicher Intenſität ſpaltet, welche reſpectiv mit der Maximum- und Minimum-Geſchwindigkeit fortgehen.

Dieſe Auseinanderſetzung galt für den Fall, wenn der Stral längs der Axe der mittlern Elaſticität fortging. Man ſieht nun nach derſelben Schlußfolge leicht ein, daß ein Stral, der längs der Minimumaxe hingeht, ebenfalls zweier Geſchwindigkeiten fähig iſt, derjenigen nämlich, welche von der Maximumelaſticität und der, welche von der mittlern Elaſticität abhängt, und daß ein Stral, der längs der Maximumaxe hingeht, bloß der Minimumgeſchwindigkeit und der mittlern Geſchwindigkeit fähig iſt, von denen er entweder eine ungetheilt beſitzt, wenn er bloß nach der auf die zugehörige Axe ſenkrechten Richtung polariſirt war, oder die er beide zugleich beſitzt, indem er ſich in zwei Theile ſpaltet, welchen dieſe Geſchwindigkeiten angehören, wenn er in einer Richtung zwiſchen beiden Axen polariſirt war oder ſich im natürlichen Zuſtande befand.

Das Verhalten eines Strales, der längs der Axe eines einaxigen Kryſtalles hingeht, wird ſich hienach von ſelbſt ergeben.

Wir würden zu weit in das Gebiet der doppelten Brechung eingehen müſſen, wenn wir auch das erörtern wollten, was Statt haben muß, wenn der Stral nach anderen Richtungen als denen der Elaſticitätsaxen durch den Kryſtall hindurchgeht, und es iſt kaum möglich, ohne mathematiſche Formeln hier deutlich zu werden. Eine ſehr klare Erörterung der Regeln und Geſetze, die hiebei in Betracht kommen, findet ſich in Herſchel's oft erwähntem Werke über das Licht S. 560 ff. *). Bloß ſo viel wollen wir noch erwähnen, daß die optiſchen Axen eines zweiaxigen Kryſtalles durch die Bedingung als beſtimmt angeſehen werden können, daß, wenn ein Stral längs ihrer Richtung hingeht, die Geſchwindigkeiten der beiden auf einander ſenkrecht polariſirten Bündel, in die er ſich hiebei zerlegt, gleich wer-

---

*) Einige Erläuterung wird auch das auf S. 111 Angeführte gewähren.

den, daher auch ein ſolcher Stral beim Austritt durch eine ſchiefe Fläche ungeſpalten bleibt.

Erſchütterung.

Unter Erſchütterung verſteht man die Anregung, die ein oder mehrere Theilchen dadurch zur Schwingung erhalten, daß ſie, durch welche Kraft es auch ſei, aus der Lage ihres Gleichgewichtes entfernt werden. Die Erſchütterung eines Theilchens iſt entweder eine *mitgetheilte* oder eine *urſprüngliche*, je nachdem ſie ſich bloß von anderen Theilchen auf das Theilchen fortpflanzt, oder je nachdem ſie durch darauf einwirkende ſelbſtſtändige Kräfte hervorgebracht wird. Letzteres iſt bei den ſelbſtleuchtenden Theilchen der Fall, erſteres bei den Theilchen, zu denen der Lichtſtral vom leuchtenden Theilchen aus gelangt. — *Mittelpunct der Erſchütterung* iſt der Punct, welchen das leuchtende Theilchen im Ruhezuſtande einnimmt.

Farbe.

Der Eindruck der Farbe, den ein Lichtſtral hervorbringt, hängt gerade ſo von der Menge Schwingungen, welche die darin enthaltenen Ätheriheilchen in gleicher Zeit vollbringen, ab, als die Höhe des Tones von der Menge Luftſchwingungen, welche in gleicher Zeit unſer Ohr treffen, und zwar ſind die brechbarſten Stralen (violett) diejenigen, in denen die meiſten, die mindeſten brechbaren Stralen (roth) diejenigen, in welchen die wenigſten Schwingungen in gleicher Zeit vollbracht werden.

Zufolge des Umſtandes, daß die Undulationslänge oder die Größe des Abſtandes zweier Wellenoberflächen von einander mit der Größe des Raumes übereinkommt, durch welchen ſich die Welle während der Zeit einer ganzen Schwingung fortpflanzt, während die Geſchwindigkeit dieſer Fortpflanzung bei gleichbeſchaffenen Mitteln ſich bei jeder Schnelligkeit der Schwingungen gleich bleibt, müſſen die Stralen, in welchen die Schwingungen die kürzeſte Dauer haben, d. h. in welchen in gleicher Zeit die meiſten Schwingungen vollbracht werden, zugleich die kleinſten Undulationslängen beſitzen. Daher beſitzen die brechbarſten oder violetten Stralen die kleinſten, die mindeſt brechbaren oder rothen Stralen die größten Undulationslängen.

Die Erſcheinungen der Farben dünner Blättchen führen zur Kenntniß der abſoluten Größe der Undulationslängen für die verſchiedenen Farbenſtralen. Man hat ſolchergeſtalt gefunden, daß die Länge einer Undulation in Luft für die äußerſten rothen Stralen 266 Zehnmilliontheile, für die äußerſten violetten 167 Zehnmilliontheile eines engliſchen Zolles beträgt, woraus ſich berechnen läßt, daß die Anzahl der Schwingungen, die in 1 Secunde von Theilchen eines violetten Strales vollbracht werden, 458 Billionen, die von Theilchen eines rothen Strales vollbracht werden, 727 Billionen beträgt, während für die dazwiſchenfallenden Farben Zwiſchenwerthe Statt finden. (Eine Tabelle für die verſchiedenen Farben findet ſich in Herſchel's Werke S. 307.)

Da man über die Gränzen des Roth und Violett hinaus im Farbenſpectrum keine Farben weiter wahrnimmt, aber nicht wohl ein Grund iſt, anzunehmen, daß in der Natur bloß Schwingungen innerhalb der angegebenen Gränzen der Schnelligkeit Statt finden ſollten, ſo hat man vielmehr anzunehmen, daß die Empfindlichkeit unſers Auges für Farben gerade ſo innerhalb gewiſſer Gränzen eingeſchloſſen iſt, als die Empfindlichkeit unſers Ohres innerhalb gewiſſer Gränzen der Höhe und Tiefe für Töne. Es erhellt aber zugleich, daß die Gränzen für das Auge viel enger als für das Ohr ſind, da das Verhältniß der äußerſten noch wahrnehmbaren Schwingungen beim Auge beinahe wie das von 1,58 : 1 iſt, daher weniger als eine Octave beträgt und ungefähr der kleinen Sexte gleichkommt. (Vgl. Herſchel's Werk S. 301, 307.)

Ein weißer Lichtſtral oder Lichtbündel kann in der Undulationstheorie bei allen Betrachtungen eben ſo als eine Vereinigung ſämmtlicher farbiger Lichtſtralen gedacht werden, als in der Emiſſionstheorie.

Geſchwindigkeit.

In der Undulationstheorie des Lichtes kommen hauptſächlich dreierlei Arten von Geſchwindigkeiten vor, die es wichtig iſt, nicht zu verwechſeln:

1) Die Geſchwindigkeit, die ein Lichttheilchen in jedem Puncte ſeiner Bahn hat. Dieſe hängt ab von der abſoluten Elaſticität des Äthers in dem Mittel, durch welches das Licht hindurchgeht, von der Größe der ganzen Schwingung und von der Entfernung des Theilchens vom Ruhepuncte in dem Zeitpuncte, in welchem die Schwingung betrachtet wird.

2) Die Geſchwindigkeit der Schwingungen, oder die Geſchwindigkeit, mit der ſie ſich ſuccediren, welche im umgekehrten Verhältniſſe der Dauer jeder einzelnen Schwingung ſteht, aber unabhängig von der Größe oder Amplitude der Schwingungen iſt. Sie beſtimmt die Farbe des Lichtes. (Vgl. Farbe.)

3) Die Geſchwindigkeit des Lichtes oder des Strales ſelbſt, oder, wie man öfters ſagt, die Geſchwindigkeit, mit der ſich der Stral bewegt. Dies iſt die Schnelligkeit, mit der ſich die Schwingungsbewegung von einem Theilchen zum andern fortpflanzt. Sie iſt unabhängig von den beiden vorigen Geſchwindigkeiten, und hängt bloß von der ſpecifiſchen Elaſticität des Mittels ab, durch welches das Licht ſich bewegt.

Näheres über Geſchwindigkeit ſ. unter Licht und Schwingung.

Intenſität des Lichtes ſ. Licht.

Interferenz der Schwingungen oder Stralen.

Die hierüber erfoderlichen Erörterungen werden im Zuſammenhange im folgenden Kapitel gegeben werden.

Leuchtender Punct oder leuchtendes Theilchen.

Hierunter verſteht man einen urſprünglich erſchütterten Punct, von dem aus ſich dann die Erſchütterung zu den anderen Puncten des Äthers wellenförmig fortpflanzt.

Licht.

Die *Materie*, die den Erſcheinungen des Lichtes nach der Undulationstheorie zu Grunde liegt, iſt der *Äther* (ſ. Äther), und die *Empfindung* des Lichtes in unſerm Auge entſteht nach dieſer Theorie durch regelmäßige Schwingungen der Äthertheilchen, welche unſer Sehorgan treffen, auf ganz analoge Weiſe, als die Empfindung des Schalles durch Schwingungen der Lufttheilchen, welche unſer Gehörorgan treffen.

Die *Fortpflanzung* oder *Bewegung* des Lichtes beſteht darin, daß die Schwingung, in die ein oder mehrere Äthertheilchen durch Entfernung aus der Lage ihres Gleichgewichtes verſetzt worden ſind, ſich den anliegenden Äthertheilchen mittheilt, dieſe wieder den ihnen zunächſt liegenden u. ſ. f., ſo daß ſich ſolchergeſtalt die Schwingung von dem urſprünglich erſchütterten Theilchen (*leuchtenden Theilchen*) durch die ganze Maſſe des Äthers fortpflanzt. Während ſich daher nach der *Emiſſionstheorie* die Theilchen ſelbſt fortpflanzen, und z. B. das unſer Auge treffende Sonnenlicht aus Theilchen beſteht, die wirklich von der Sonne ausgefahren ſind, pflanzt ſich nach der *Undulationstheorie* bloß der Schwingungszuſtand der Theilchen fort, während jedes Theilchen ſich nicht weiter von ſeiner Stelle bewegt, als die kleine Schwingung, in die es geräth, und die es abwechſelnd nach beiden Seiten ſeiner Gleichgewichtslage führt, mit ſich bringt.

Die *Farbe* des Lichtes hängt von der Anzahl Schwingungen der Äthertheilchen ab, welche in gleicher Zeit vollbracht werden und unſer Auge treffen, oder von der Geſchwindigkeit der Schwingungen; ſie iſt mithin analog der Tonhöhe. (Vgl. *Farbe*.)

Die *Intenſität* oder *Stärke* des Lichtes hängt bei geradlinigen Schwingungen ab von der Amplitude, bei kreisförmigen oder elliptiſchen von der Größe des Radius oder der Halbaxen. Sie iſt im erſten Falle dem Quadrat der Amplitude, im letzten dem doppelten Quadrat des Radius oder der Summe der Quadrate der Halbaxen proportional. Sie iſt ganz analog der Stärke des Schalles und nimmt bekanntlich in einem gleichförmigen Äther nach dem quadratiſchen Verhältniſſe des Abſtandes vom leuchtenden Theilchen ab.

Die *Geſchwindigkeit* des Lichtes hängt ab von der Schnelligkeit, mit welcher ſich die Schwingung von dem urſprünglich erſchütterten Äthertheilchen (leuchtenden Theilchen) ſucceſſiv zu den übrigen Äthertheilchen durch den Raum hindurch fortpflanzt, und ſie iſt daher wohl von der Geſchwindigkeit der einzelnen Äthertheilchen zu unterſcheiden.

Die Geſchwindigkeit des Lichtes iſt unabhängig von der Größe (Amplitude), Geſchwindigkeit und Form*) der Schwingungen, welche die einzelnen Theilchen machen, indem, wie auch dieſe Umſtände beſchaffen ſein mögen, doch die Mittheilung der Schwingungen von einem Theilchen zum andern mit gleicher Schnelligkeit Statt hat. Während daher die Lichtſtärke (von der Amplitude der Schwingungen abhängig) gleich der Stärke des Schalles mit zunehmender Entfernung vom Anfangspuncte abnimmt, bleibt die Geſchwindigkeit unverändert, und ſo wie die Töne der verſchiedenſten Höhe doch mit gleicher Schnelligkeit fortgepflanzt werden, pflanzt ſich auch Licht von den verſchiedenſten Farben mit gleicher Schnelligkeit fort, vorausgeſetzt, daß die Beſchaffenheit des Äthers ſich unterwegs nicht ändert.

Die Schnelligkeit des Lichtes hängt bloß ab von der Beſchaffenheit des Äthers, durch welchen hindurch die Fortpflanzung geſchieht, *und zwar iſt ſie der Quadratwurzel der ſpecifiſchen Elaſticität des Äthers proportional.*

So lange die ſpecifiſche Elaſticität des Äthers ſich nicht ändert, bleibt ſich die Geſchwindigkeit des Lichtes gleich, d. h. es pflanzt ſich in gleichen Zeiten um gleich viel fort; beim Übergange aus einem Äther von größerer ſpecifiſcher Elaſticität in einen Äther von geringerer ſpecifiſcher Elaſticität (vgl. Äther und Elaſticität) aber verlangſamt ſich das Licht, und daher pflanzt es ſich langſamer durch brechende Mittel als den leeren Raum fort. Nach der *Emiſſionstheorie* findet in dieſer Hinſicht gerade das Umgekehrte Statt.

Oscillation ſ. *Schwingung*.

Phaſe.

Phaſe einer Schwingung. Man theilt die Zeit, welche ein Äthertheilchen zur Vollendung einer ganzen Schwingung braucht (dieſe Zeit von dem Augenblicke der größten Ausweichung des Äthertheilchens an bis zu ſeiner Rückkehr zu demſelben Puncte gerechnet)**) in 360 Grade, indem man ſie ſich gleichſam als einen Kreis vorſtellt, und nennt die ſo beſtimmte Zeit, welche vom Anfange der Schwingung verfloſſen iſt, die *Phaſe der Schwingung* ***).

---

*) d. h. ob ſie geradlinig, kreisförmig oder elliptiſch ſind.

**) Manche rechnen die Phaſe von der Mitte der Schwingung an. Begreiflich kommt es bloß darauf an, ſich jedesmal hierüber zu verſtändigen. Ich werde die Phaſe ſtets wie oben angegeben rechnen. — Man kann den Ausdruck Phaſe, den ich oben zunächſt nur für geradlinige Schwingungen erörtere, auch für kreisförmige und elliptiſche Schwingungen brauchen, indem man ſie von einem beſtimmten Puncte des Kreiſes oder der Ellipſe, z. B. bei letzterer von der Zeit an, wo ſich das Äthertheilchen an einem Ende der großen Axe befindet, rechnet; aber immer mit Bedacht, daß man darin nicht den elliptiſchen Bogen, ſondern die Zeit, welche zu ſeiner Durchlaufung gebraucht wird, in 360 gleiche Grade zu theilen hat.

***) Die Phaſe einer Schwingung zur Zeit t, dieſe Zeit vom Puncte der

Geſetzt z. B. es ſei ſeit dem Zeitpuncte, wo ſich das Äthertheilchen auf dem Puncte ſeiner größten Ausweichung befand, $\frac{1}{8}$ der Zeit verfloſſen, welche es zur Vollendung der ganzen Schwingung braucht, ſo wird man ſagen, die Phaſe des Theilchens ſei 45° oder ein Achtel Umkreis; iſt das Viertheil der Zeit einer ganzen Schwingung von jenem Zeitpuncte an verfloſſen, ſo wird die Phaſe 90° betragen, u. ſ. f.

Inſofern man die Zeit einer ganzen Schwingung in vier Viertheile auf analoge Weiſe als den Kreis in vier Quadranten theilt, kann man vier Hauptphaſen der Schwingung unterſcheiden, in denen die Bewegung ähnlich iſt, aber in entgegengeſetzter Richtung oder auf entgegengeſetzten Seiten des Mittelpunctes Statt findet. In der erſten Phaſe befindet ſich das Theilchen rechts vom Mittelpuncte (um von dieſer Lage auszugehen) und nähert ſich demſelben; in der zweiten iſt es links von demſelben, allein in beiden geſchieht die Bewegung von der rechten nach der linken Hand. In der dritten Hauptphaſe liegt das Theilchen links vom Centrum und bewegt ſich gegen daſſelbe, von der linken nach der rechten Hand. In der vierten iſt es rechts vom Mittelpuncte, und entfernt ſich von demſelben, indem es immer von der linken nach der rechten Seite zu ſich bewegt.

Die Phaſe 360° fällt, wie leicht zu erachten, mit der Phaſe 0° zuſammen, da nach Vollendung der Zeit 360° das Theilchen ſich wieder beim Anfange ſeiner Schwingung befindet.

Poſitive Phaſen werden wir künftig alle diejenigen nennen, welche in den beiden erſten, negative die, welche in den beiden letzten dieſer Hauptphaſen begriffen ſind. Entgegengeſetzte Phaſen ſind ſolche, deren Unterſchied 180° beträgt.

Es muß in Obacht genommen werden, daß, da das Äthertheilchen in geradlinigen Schwingungen ſich nicht mit gleichförmiger Geſchwindigkeit bewegt, die Phaſe, die nach dem Vorigen der Zeit proportional iſt, nicht zugleich allgemein dem vom Äthertheilchen durchlaufenen Raume proportional ſein kann, dies iſt bloß zu Anfang oder Ende der vier Hauptphaſen der Fall, indem allerdings, wenn z. B. die erſte Hauptphaſe oder $\frac{1}{4}$ der Zeit der ganzen Oscillation vollendet iſt, auch der durchlaufene Weg $\frac{1}{4}$ des ganzen zu durchlaufenden Weges beträgt; und wenn die halbe Zeit der ganzen Schwingung oder die zweite Hauptphaſe vollendet iſt, der durchlaufene Weg die Hälfte des ganzen (hin und zurück) zu durchlaufenden Weges ſein wird; dagegen z. B. in der Phaſe 45° zwar die Zeit $\frac{1}{8}$ der Zeit der ganzen Schwingung, aber nicht der Raum $\frac{1}{8}$ des ganzen zu durchlaufenden Raumes betragen wird.

größten Ausweichung des Äthertheilchens an gerechnet, iſt

$$= 2\pi \frac{t}{T}$$

wo $\pi = 180°$ und T die Dauer einer ganzen Schwingung iſt.

Phaſe einer Undulation. Auf ganz analoge Weiſe, als man die zu einer ganzen Schwingung erfoderliche *Zeit* nach Phaſen abtheilt, theilt man die *räumliche Länge*, die wir mit *Wellenlänge* oder *Undulationslänge* (ſ. dieſe) bezeichnen, nach Phaſen ab, die man dann *Phaſen der Undulation* nennt. So wird man z. B. von einem Puncte, deſſen Entfernung vom Anfange einer Undulation (in der Richtung des Strales) ein Viertheil der Undulationslänge beträgt, ſagen, die Phaſe ſeiner Undulation ſei 90° u. ſ. f.

Es verdient bemerkt zu werden, daß die Phaſe der *Schwingung* eines Theilchens allemal dieſelbe als die Phaſe der *Undulation* eines Theilchens iſt, ſo daß, wenn die eine z. B. 90° oder 30° u. ſ. f. beträgt, auch die andere 90° oder 30° u. ſ. f. ſein wird; oder mit anderen Worten, wenn die Zeit, die ſeit der Epoche, wo ſich das Äthertheilchen auf dem Puncte ſeiner größten Ausweichung befand, $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{12}$ der Dauer der ganzen Schwingung beträgt, ſo wird ſich dies Theilchen zugleich auf dem Viertheil oder Zwölftheil der Undulationslänge befinden, zu der es gehört.

Dies hängt davon ab, daß:

a) Undulationslänge die Länge iſt, durch welche eine Welle während der Dauer einer ganzen Schwingung fortſchreitet;

b) daß dieſe Fortſchreitung gleichförmig geſchieht, mithin gleichen Zeitincrementen gleiche Incremente des Fortrückens der Undulation entſprechen;

c) daß man ſowohl den Anfang einer Schwingung als einer Undulation von der Zeit oder Stelle an rechnet, wo ſich das Äthertheilchen auf dem Puncte ſeiner größten Ausweichung befindet.

Nach dieſer Übereinſtimmung der Werthe der *Schwingungsphaſe* oder *Undulationsphaſe* iſt es daher auch gleichgültig, ob man ſagt, ein Äthertheilchen befinde ſich in dieſer oder jener Phaſe der Schwingung oder in dieſer oder jener Phaſe der Undulation, indem hiedurch jedenfalls derſelbe Zuſtand des Äthertheilchens bezeichnet wird, nur in jenem Falle durch eine zeitliche, in dieſem durch eine räumliche Beziehung.

Phaſe und Phaſenunterſchied von Stralen. Der Ausdruck Phaſe eines Strales wird hauptſächlich bei Stralen, die in einem Puncte zuſammentreffen oder interferiren, gebraucht, und man verſteht darunter die Phaſe der Undulation oder Schwingung, in der das an dieſem Puncte befindliche Äthertheilchen ſich in dem betrachteten Zeitpuncte befinden würde, wenn die Schwingungsbewegung ſich durch den betrachteten Stral allein dahin fortgepflanzt hätte. Noch mehr als der abſolute Werth der Phaſe jedes der zuſammentreffenden Stralen kommt jedoch in der Regel der *Phaſenunterſchied* derſelben in Betracht, indem von ihm der Zuſtand, in den das Theilchen durch das Zuſammentreffen beider Stralen bei ihm geräth, abhängt. So bleibt das Theilchen ruhig, wenn zwei *gleiche* Stralen, deren Phaſenunterſchied 180° beträgt, bei ihm interferiren, da ſie jeder ür ſich es in völlig entgegengeſetzte Zuſtände verſetzen würden, dagegen ſeine

Amplitude doppelt ſo groß wird, als im Fall bloß einer beider gleichen Stralen bei ihm angelangt wäre, wenn der Phaſenunterſchied beider Stralen 0° oder 360° iſt. Auch vom Phaſenunterſchiede zweier Stralen, die in allen ihren Puncten zuſammenfallen, kann man ſprechen. Dann iſt vorausgeſetzt, daß dieſer Phaſenunterſchied für alle übereinanderfallende Puncte durch den ganzen Stral conſtant iſt, oder mit anderen Worten, daß je zwei zuſammenfallende Puncte darin denſelben Phaſenunterſchied haben, als je zwei andere der zuſammenfallenden Puncte. Dies kommt beſonders häufig bei Zuſammenſetzung und Zerlegung von Stralen in Betracht.

Polariſation und polariſirter Stral.

Polariſirter Stral. Wenn man von einem polariſirten Strale ſchlechthin ſpricht, ſo verſteht man immer das darunter, was im Folgenden als *geradlinig* oder *gewöhnlich polariſirter Stral* erklärt werden wird.

Geradlinig oder gewöhnlich polariſirter Stral iſt ein ſolcher, in welchem die Äthertheilchen alle in parallelen, auf die Richtung des Strales ſenkrechten, geradlinigen Richtungen hin und zurück oscilliren. Ein geradlinig oder gewöhnlich polariſirter Stral läßt ſich ſtets in zwei andere, in *derſelben Ebene* polariſirte, Stralen zerlegt denken, die um ½ Undulation in der Phaſe verſchieden ſind und deren jeder die halbe Intenſität des totalen Strales hat. Nach einer andern Zerlegungsweiſe jedoch läßt ſich auch der einfache polariſirte Stral in zwei andere *ſenkrecht auf einander* polariſirte Stralen von *gleicher* Phaſe zerlegt denken, deren Intenſitäten ſich zu einander verhalten wie das Quadrat des Sinus zum Quadrat des Coſinus des Winkels, den die Polariſationsebene des einen partiellen Strales mit der Polariſationsebene des totalen Strales macht.

Entgegengeſetzt polariſirte oder ſenkrecht auf einander polariſirte Stralen ſind ſolche, in deren einem die Schwingungen in einer Ebene geſchehen, welche ſenkrecht iſt auf der Schwingungsebene der Theilchen im andern Strale.

Kreisförmig oder circulär polariſirter Stral iſt ein ſolcher, in welchem die Theilchen alle ſich mit gleichförmiger Geſchwindigkeit und nach derſelben Richtung in Kreiſen bewegen, deren Ebenen auf der Richtung des Strales ſenkrecht ſtehen.

Ein kreisförmig oder circulär polariſirter Stral läßt ſich ſtets in zwei geradlinig polariſirte Stralen zerlegt denken, deren Intenſitäten gleich, deren Polariſationsebenen ſenkrecht auf einander und deren Phaſen um ¼ Undulation von einander abweichend ſind.

Elliptiſch polariſirter Stral iſt ein Stral, in welchem die Theilchen ſich in gleichbeſchaffenen Ellipſen, deren Ebene ſenkrecht auf der des Strales iſt, bewegen. Von der Art, wie ſich ein elliptiſch polariſirter Stral zerlegen läßt, iſt ſchon S. 291 geſprochen.

Natürlicher oder nicht polariſirter Stral iſt ein ſolcher, in welchem die Äthertheilchen in allen möglichen verſchiedenen geradlinigen Richtungen, die jedoch alle ſenkrecht auf die Richtung des Strales ſind, ſchwingen. Ein natürlich einfallender Stral kann im Erfolg betrachtet werden als beſtehend aus zwei rechtwinklich gegen einander, und (jeder) von beiden Seiten um 45° gegen die Einfallsebene polariſirten Stralen von gleicher Phaſe und Intenſität.

Polariſationsebene iſt die durch einen geradlinig polariſirten Stral ſenkrecht auf die Schwingungsrichtung ſeiner Theilchen gelegte Ebene.

Schatten.

Jedes Äthertheilchen, zu welchem ſich vom leuchtenden Theilchen aus eine Schwingung fortgepflanzt hat, kann eigentlich ſelbſt wieder als ein neuer Mittelpunct der Erſchütterung angeſehen werden, welcher rings um ſich Wellen ſchlägt, d. h. von welchem ſich nach allen Seiten Schwingungen fortpflanzen*); allein in einem nach allen Richtungen freien Raume heben ſich die Schwingungen, die in einer von der urſprünglichen Richtung (welche bei kugelförmigen Wellen auf der Oberfläche derſelben ſenkrecht ſteht) abweichenden Richtung fortgepflanzt werden, durch wechſelſeitige Einwirkung gegenſeitig auf, ſo daß für die Betrachtung bloß die Fortpflanzung nach dieſer Richtung, welche man dann Richtung des Lichtſtrales nennt, übrig bleibt**).

Iſt der Raum nicht überall frei, ſondern treffen die Wellen beim Fortſchreiten durch denſelben irgend ein begränztes undurchſichtiges Hinderniß an, ſo ſcheint es, da ſich die Äthertheilchen an den Rändern des Hinderniſſes ebenfalls als neue Mittelpuncte der Erſchütterung betrachten laſſen, als müßte ſich eine Bewegung von hier aus auch nach allen Seiten hinter das Hinderniß fortpflanzen, als könnte mithin die Erſcheinung des Schattens, welche eine mangelnde Fortpflanzung der Lichtſchwingungen in dem Raume hinter dem Hinderniſſe anzeigt, nicht Statt finden, und als müßte, wenn das Licht durch eine noch ſo kleine Öffnung einer Wand dringt, der ganze Raum hinter der Wand vermöge der von den Rändern der Öffnung ſich ringsum verbreitenden Wellen erhellt erſcheinen, da doch bloß der Theil (oder vielmehr vermöge der Beugung des Lichtes ein nur wenig größerer Theil) erhellt erſcheint, welcher in der Richtung der bei den Rändern des Hinderniſſes vorbei- oder durch die Öffnung der Wand hindurch-gehenden urſprünglichen Lichtſtralen liegt. In der That kann die Compenſation der Schwingungen nach den von der Richtung des urſprünglichen Lichtſtrales abweichenden Richtungen in Bezug auf den Hinterraum des Körpers oder der Wand nicht mehr Statt finden, weil anſtatt der Puncte der Wellenoberfläche, von welchen diejenigen Schwingungen ausgehen ſollten, welche zur Compenſation der nach einwärts von den Rändern des Körpers, oder nach auswärts von den Rändern der Öffnung ſich fortpflanzenden Schwingungen dienen müßten, die Theile des Körpers oder der Wand vorhanden ſind, welche keine Schwingungen fortpflanzen, und es ſcheint eine Abweſenheit des Schattens um ſo mehr vorausgeſetzt werden zu müſſen, da wir bemerken, daß der Schall, der ſich nach ähnlichen Geſetzen durch die Luft fortpflanzt, als wir bei Fortpflanzung des Lichtes durch den Äther vorausſetzen, ſich hinter Hinderniſſe verbreitet oder ſo zu ſagen um Ecken herumgeht. In der That hat man daher auch die Erſcheinung des Schattens als einen Einwurf gegen die Undulationstheorie angeführt. Dieſer Einwurf verliert jedoch ſeine Kraft durch folgende Annahme, deren Nothwendigkeit zwar bis jetzt aus der Beſchaffenheit der Ätherſchwingungen noch nicht erwieſen iſt, die aber einerſeits nichts Widerſprechendes an ſich, andererſeits ſogar die Analogie des Schalles für ſich hat; dies iſt folgende:

---

*) In der That, da es beim leuchtenden Theilchen bloß die Entfernung aus der eigenen Lage des Gleichgewichtes iſt, was das Gleichgewicht der Nachbartheilchen ringsum ſtört, ſo muß jedes Theilchen, welches durch eine mitgetheilte Schwingung aus ſeiner Gleichgewichtslage entfernt wird, hiedurch eben ſo auf alle Theilchen ringsum wirken, als das urſprünglich leuchtende Theilchen ſeiner Umgebung.

**) Die Nachweiſung dieſes Umſtandes ſ. in Herſchel's Werke S. 331.

> „Wenn Schwingungen in einer, von der urſprünglichen Richtung der Fortpflanzung abweichenden, Richtung fortgepflanzt werden, ſo nimmt zwar nicht die Geſchwindigkeit der Fortpflanzung, wohl aber die Amplitude oder Stärke der Schwingungen in dem Maße ab, als der Winkel der neuen Fortpflanzungsrichtung mit der alten größer wird, und zwar ſehr ſchnell ab“.

Es findet hienach zwar in der That eine Fortpflanzung der Schwingungen auch nach den Richtungen, die ſich von den Rändern eines Körpers nach einwärts neigen, Statt, und giebt ſich wirklich durch gewiſſe Erſcheinungen der Inflexion oder Beugung des Lichtes zu erkennen; aber nach allen, einen nur etwas in Betracht kommenden Winkel mit der urſprünglichen Richtung bildenden, Richtungen der Fortpflanzung geſchehen die Schwingungen zu ſchwach, um noch einen wahrnehmbaren Eindruck auf unſer Auge zu machen.

Hiemit ſtimmt ſehr wohl der Umſtand überein, daß auch der Schall in um ſo ſchwächerm Grade gehört wird, je mehr er genöthigt iſt, ſich in einer von der urſprünglichen Richtung abweichenden Richtung fortzupflanzen; denn obſchon man ihn um eine Ecke herum hört, ſo hört man ihn doch nicht mit derſelben Stärke, als wenn er in ſeiner urſprünglichen Richtung dieſelbe Strecke Weges durchlaufen hätte; nur iſt die Schwächung für den Schall bei Zunahme des Abweichungswinkels viel kleiner als für das Licht, was unſtreitig auf der verſchiedenen Beſchaffenheit des ſchwingenden Mittels, das beim Schalle die Luft, beim Lichte der Äther iſt, beruht. Man kann ſich u. a. durch folgenden einfachen Verſuch (Herſchel's Werk S. 299) von dieſer Schwächung des Schalles beim Herumgehen um eine Ecke überzeugen:

Man nehme eine einfache Stimmgabel und halte dieſelbe, nachdem ſie in ſchwingende Bewegung geſetzt iſt, mit der platten Seite 3 oder 4 Zoll von dem Ohre entfernt; hierauf bringe man einen Kartenſtreifen, der etwas länger als die Gabel iſt, in eine Entfernung von ungefähr ½ Zoll von der Gabel zwiſchen ſie und das Ohr. Der Ton wird faſt völlig aufgehalten, und wird die Karte ſehr ſchnell hin- und herbewegt, ſo hört man wechſelsweiſe einen Ton und eintretende Stille, zum Beweiſe, daß die Schwingungen auch der Luft keineswegs mit gleicher Stärke um den Rand der Karte fortgepflanzt werden, als in gerader Richtung.

Schwingung, Vibration oder Oſcillation *) eines Äthertheilchens.

Hierunter wird nicht bloß die Bewegung eines Äthertheilchens verſtanden, bei der es in gerader Linie abwechſelnd von einer Seite des Ruhepunctes zur andern übergeht, ſondern man nennt ſo auch Bewegungen eines Äthertheilchens in Kreiſen oder Ellipſen um den Ruhepunct als Centrum, welche letzteren Bewegungen wirklich auch außer den geradlinigen in der Natur vorkommen **), die kreisförmigen nämlich in den kreisförmig oder circulär polariſirten, die elliptiſchen in den elliptiſch polariſirten Stralen, während in den geradlinig oder gewöhnlich polariſirten Stralen, ſo wie in den Stralen natürlichen Lichtes, die Theilchen geradlinige Schwingungen machen.

Die Richtungen, in welchen die geradlinigen Schwingungen oder die Ebenen, in welchen die kreisförmigen oder elliptiſchen Schwingungen eines Äthertheilchens geſchehen, ſtehen jedenfalls ſenkrecht auf der Richtung des Strales oder der Fortpflanzungsgeſchwindigkeit des Lichtes, und ſind bei kugelförmigen Wellen parallel mit der Oberfläche der Welle. (Vergl. hierüber *Stral*.)

Jede kreisförmige oder elliptiſche Schwingung läßt ſich nach den, im folgenden Kapitel anzuführenden, Regeln und Geſetzen in zwei geradlinige Schwingungen zerlegt denken, daher hauptſächlich die Betrachtung der letzteren von Wichtigkeit iſt (die ohnehin häufiger vorkommen), indem ſich die der anderen immer darauf zurückführen laſſen.

Bei jeder Schwingung kommt außer der Form und Richtung derſelben hauptſächlich in Betracht: die *Amplitude* der Schwingung, im Fall es

---

*) Wohl zu unterſcheiden von *Welle* oder *Undulation*.

**) Wenn, wie man bei der Undulationstheorie annimmt, eine Kraft, welche proportional der Entfernung von dem Puncte des Gleichgewichtes und nach dieſem Puncte gerichtet iſt, in einem Äther von nach allen Richtungen gleichförmiger Beſchaffenheit, der einzige Grund der Schwingungen der Theilchen iſt, ſo ſind, bei dem Ausſchluſſe von Bewegungen ins Unendliche, nach mechaniſchen Geſetzen bloß die dreierlei Bewegungen in *gerader Linie*, in *Kreiſen* und *Ellipſen* möglich, von welchen übrigens begreiflich die beiden erſten als beſondere Fälle des letztern betrachtet werden können, wenn nämlich die eine Axe der Ellipſe null, oder beide Axen einander gleich werden.

eine geradlinige iſt, der *Radius* der Bahn, wenn es eine kreisförmige, und die *beiden Halbaxen*, wenn es eine elliptiſche Schwingung iſt; — außerdem noch die *Dauer* der Schwingung, und die davon abhängige *Geſchwindigkeit*, mit der ſich die Schwingungen ſuccediren, endlich die *Geſchwindigkeit des Theilchens* an jedem Puncte ſeiner Bahn während der Schwingung.

1) *Amplitude der Schwingung* iſt für den Fall einer geradlinigen Schwingung die größte Ausweichung des Äthertheilchens vom Ruhepuncte, oder, nach anderen, dieſe größte Ausweichung doppelt genommen, wo ſie dann die ganze Weite der Schwingung vorſtellen würde*). Wir werden uns jedoch des Wortes Amplitude ſtets im erſtern Sinne bedienen, wonach es alſo die größte Entfernung, in die das Äthertheilchen bei ſeiner Schwingung nach einer Seite des Ruhepunctes gelangt, vorſtellt.

Von der Amplitude der Schwingung der Theilchen in einem Lichtſtrale hängt die Intenſität oder Helligkeit des Strales ab, ſie iſt nämlich dem Quadrat der Amplitude direct proportional**).

Die Amplitude der Schwingung von Theilchen, zu denen ſich die Schwingungsbewegung von einem leuchtenden Puncte aus fortgepflanzt hat, ſteht im umgekehrten einfachen Verhältniß des Abſtandes dieſer Theilchen vom leuchtenden Puncte.

2) *Dauer einer ganzen Schwingung* iſt die Zeit, welche ein Theilchen braucht, um von dem Puncte, wo es am weiteſten von der Lage ſeines Gleichgewichtes entfernt iſt, auf die andere Seite dieſes Punctes und wieder zum erſten Puncte zurückzugelangen, bei einer geradlinigen Schwingung alſo die Zeit, die zur Vollendung eines Hin- und Herganges (zuſammengenommen) erfoderlich iſt, bei der kreisförmigen und elliptiſchen Schwingung die Zeit, die zur Vollendung eines ganzen Umlaufes des Theilchens gebraucht wird. Man theilt die Dauer einer ganzen Schwingung nach *Phaſen* ab, wie bei *Phaſe* näher angegeben iſt.

Die Dauer einer ganzen Schwingung iſt, wie bei kleinen Schwingungen überhaupt, unabhängig von der Weite der ganzen Schwingung, ſo daß Schwingungen von ſehr verſchiedenen Amplituden oder Halbaxen doch in gleicher Zeit vollendet werden, wofern ſie in einem Mittel von gleicher Elaſticität des Äthers geſchehen.

3) *Geſchwindigkeit oder Schnelligkeit der Schwingungen.* Dieſe wird durch die Zahl der Schwingungen beſtimmt, welche in gleicher Zeit vollbracht werden, und ſteht mithin im umgekehrten Verhältniß der Dauer derſelben. Der Ausdruck Geſchwindigkeit oder Schnelligkeit der

---

*) *Herſchel* in ſeinem Werke über das Licht iſt ſich in dieſem Bezuge nicht conſequent geblieben, indem er S. 303 daſſelbe *halbe Amplitude* nennt, was er S. 320 als *ganze Amplitude* beſtimmt.

**) Bei kreisförmigen Schwingungen iſt die Intenſität des Strales dem halben Quadrat des Durchmeſſers oder dem doppelten Quadrat des Radius, bei elliptiſchen Schwingungen der Summe der Quadrate beider Halbaxen proportional.

Schwingungen bezieht ſich auf die Schnelligkeit, mit der ſich die Schwingungen ſuccediren, und er iſt daher nicht mit der Geſchwindigkeit, die das Theilchen in jedem Puncte ſeiner Bahn während jeder einzelnen Schwingung hat, zu verwechſeln. Eben ſo wenig darf ſie mit der Geſchwindigkeit des Lichtſtrales, d. h. der Geſchwindigkeit, mit der ſich die Schwingungen von einem Theilchen zum andern fortpflanzen, verwechſelt werden.

4) Geſchwindigkeit der Theilchen während der Schwingung. Außer der Schnelligkeit, mit der ſich die Schwingungen eines Theilchens ſuccediren, welche durch den vorigen Ausdruck bezeichnet wird, kommt auch noch die Geſchwindigkeit, welche das Theilchen in jedem Puncte ſeiner Bahn während jeder einzelnen Schwingung hat, in Betracht. Dieſe Geſchwindigkeit iſt im Fall einer kreisförmigen Schwingung gleichförmig, im Fall einer geradlinigen oder elliptiſchen aber ungleichförmig, und zwar ein Maximum beim Durchgange durch den Ruhepunct oder in der größten Nähe beim Ruhepuncte vorbei, ein Minimum oder Null in der größten Entfernung vom Ruhepuncte.

Die näheren Beſtimmungen für die Geſchwindigkeit eines Theilchens ſind überhaupt für den Fall einer geradlinigen Schwingung folgende:

a) Wenn zwei Theilchen Schwingungen von verſchiedener Amplitude in einem gleichbeſchaffenen Mittel machen, ſo verhält ſich die Geſchwindigkeit derſelben an correſpondirenden Puncten ihrer Bahn*) wie die Größe der Amplituden, ſo daß z. B. ein Theilchen, deſſen Schwingung die doppelte Amplitude von der eines andern hat, mit doppelter Geſchwindigkeit ſowohl durch den Ruhepunct, als jeden andern correſpondirenden Punct der Bahn hindurchgehen wird, als das andere Theilchen.

b) Die relative Geſchwindigkeit des Theilchens in jedem Puncte ſeiner Bahn hängt von ſeiner Entfernung vom Ruhepuncte ab und kann durch folgende geometriſche Conſtruction beſtimmt werden, wenn die Geſchwindigkeit deſſelben beim Durchgange durch den Ruhepunct bekannt iſt.

Man ſtelle in Fig. 86. die Amplitude der Schwingung durch die Linie cb vor, worin c der Ruhepunct iſt. Man beſchreibe um c als Mittelpunct mit dem Radius ca = cb = cg einen Kreis agb. Dann wird ſich die Geſchwindigkeit des Theilchens an jedem Puncte e der Bahn zur Geſchwindigkeit beim Durchgange durch den Ruhepunce verhalten, wie das Perpendikel ef zur Länge bc oder cg, ſo daß der Kreis ſelbſt die Curve der Geſchwindigkeiten für alle Puncte der Bahn darſtellt.

---

*) Correſpondirende Puncte zweier Bahnen nenne ich die, deren Abſtand vom Ruhepuncte ein gleiches Verhältniß zur Amplitude hat, ſo daß z. B. zwei Theilchen ſich in correſpondirenden Puncten ihrer Bahn befinden werden, wenn ſowohl das eine als das andere $\frac{1}{2}$ der Amplitude vom Ruhepuncte an durchlaufen hat.

c) Bei gleicher Amplitude und gleichem Abſtande vom Ruhepuncte verhält ſich die Geſchwindigkeit zweier Theilchen in zwei Mitteln von verſchiedener Elaſticität des Äthers direct wie die Quadratwurzel der abſoluten Elaſticität.

Homologe Schwingungen. Wenn ein Theilchen einmal in Schwingung verſetzt iſt, ſo wird es dieſe Schwingung gerade ſo wiederholen, wie eine einmal in Schwingung verſetzte Saite. Diejenigen Schwingungen zweier verſchiedenen Äthertheilchen nun, die ſich in der Ordnungszahl von der erſten an gerechnet, entſprechen, werde ich *homologe* Schwingungen nennen, ſo daß z. B. die zweite Schwingung des einen Äthertheilchens homolog iſt der zweiten Schwingung des andern Äthertheilchens u. ſ. f.

Zuſatz. Nach folgenden Formeln läßt ſich die Entfernung x eines Theilchens vom Ruhepuncte, und die Geſchwindigkeit ν deſſelben bei der *geradlinigen* Schwingung in jedem Augenblick beſtimmen.

Für das leuchtende Theilchen.

Es ſei a die größte Ausweichung oder Amplitude der Schwingung des leuchtenden Theilchens, E die abſolute Kraft der Elaſticität des Äthers, T die Dauer einer ganzen Schwingung, t die Zeit, für welche x oder ν geſucht wird, von dem Augenblicke an gerechnet, wo der leuchtende Punct ſich an der Stelle der größten Ausweichung befindet oder in die erſte Hauptphaſe (ſ. Phaſe) der Schwingung eintritt, $\pi = 180°$, dann hat man für das *leuchtende* Theilchen:

$$x = a \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right)$$

$$\nu = a\sqrt{E}\sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right)$$

$$= \sqrt{E(a^2 - x^2)}$$

Für ein Theilchen in der Entfernung D vom leuchtenden Theilchen.

Um x und ν für ein Theilchen, welches ſich in der Entfernung D vom leuchtenden Theilchen oder Mittelpuncte der Erſchütterung in einem Äther von gleichförmiger Dichte und Elaſticität befindet, zu beſtimmen, ſei α die Amplitude des *betrachteten* Äthertheilchens, t die Zeit, für welche ν oder x geſucht wird, von dem Augenblicke an gerechnet, wo das *leuchtende* Theilchen in die erſte Hauptphaſe ſeiner erſten Schwingung eintritt; T die Dauer einer ganzen Schwingung des leuchtenden oder jeden andern Theilchens (da dieſe in einem gleichförmigen Mittel überall gleich iſt), V die Geſchwindigkeit des Lichtes oder der Raum, durch den ſich die Erſchütterung in der Zeiteinheit durch den Äther hindurch fortpflanzt, λ die Undulationslänge oder der Raum, durch den ſich das Licht während der Dauer einer Schwingung (T) fortpflanzt; E und π haben dieſelbe Bedeutung als vorhin. Dann hat man

$$x = \alpha \cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{D}{VT}\right)\right]$$
$$= \alpha \cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{D}{\lambda}\right)\right]$$
$$\nu = \alpha\sqrt{E} \sin\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{D}{\lambda}\right)\right]$$
$$= \sqrt{E\,(\alpha^2 - x^2)}$$

Die Herleitung dieſer Formeln ſ. in Herſchel's Werk S. 302 oder Pogg. XXIII. 217.

Es erhellt aus letzteren Formeln, daß die eigentliche Geſchwindigkeit der Ätherteilchen in jedem beliebigen Verhältniſſe kleiner als die des Lichtes ſein kann, denn der Werth von ν hängt hinſichtlich ſeines numeriſchen Ausdruckes nur von α oder der Größe der Ausweichung und von E oder der abſoluten Elaſticität des Mittels ab, aber gar nicht von V oder der Geſchwindigkeit des Lichtes (der Geſchwindigkeit, mit der die Welle fortgepflanzt wird).

Stral*).

Was Stral und Richtung des Strales im Sinne der Wellentheorie ſei, muß zunächſt in Bezug auf Wellen, die ſich im leeren Raume oder in Körpern von conſtanter Elaſticität **) (homogenen Körpern) bewegen, erklärt

---

*) Die häufig und u. a. auch in Herſchel's Werke S. 307 gegebene Definition: „Die Richtung eines Strales im Undulationsſyſtem iſt eine Linie, welche auf der Oberfläche der Welle ſenkrecht ſteht", iſt zu eng, da ſie zwar für den Fall kugelförmiger, aber nicht ellipſoidiſcher Wellen gilt, wo die Stralen keineswegs ſenkrecht auf die Wellenoberfläche ſind, und man kann überhaupt die Richtung eines Strales nicht allgemein durch ſeinen Bezug zur Richtung der Wellenoberflächen beſtimmen. Fresnel (Mém. de l'Acad. T. VII. p. 145) ſagt in dieſem Bezuge, unter der beſondern Überſchrift: *Définition du mot rayon*, ſehr bündig: „Le mot *rayon* dans la théorie des ondes doit toujours être appliqué à la ligne qui va du centre de l'onde à un point de surface, *quelle que soit d'ailleurs l'inclinaison de cette ligne sur l'élément*, *auquel elle aboutit*, ainsi que l'a remarqué HUYGENS; car cette ligne offre en effet toutes les propriétés optiques de ce qu'on appelle *rayon* dans le système de l'émission".

Ich bin dieſer, unſtreitig richtigen Definition Fresnel's gefolgt, nach welcher Stral nichts anders als ein Radius vector der Wellenoberfläche iſt. Sie kann jedoch, wie man ſieht, direct nur auf Wellen, die ſich in gleichförmigen Mitteln fortpflanzen, angewandt werden, und gebrochene, zurückgeworfene oder krummlinige Stralen, wie ſie bei plötzlich oder continuirlich ſich ändernder Beſchaffenheit des Mittels Statt finden, können nur als Zuſammenſetzungen geradliniger Stralen betrachtet werden, die man von jedem Puncte an, wo eine Änderung der Beſchaffenheit des Mittels eintritt, von neuem verfolgen muß, was bei continuirlicher Änderung der Beſchaffenheit nicht wohl anders als mittelſt höherer Rechnungsarten geſchehen kann.

**) d. h. in denen die Elaſticität des Äthers ſich nicht von einem Puncte zum andern ändert, was nicht hindert, daß ſie (wie in den meiſten kryſtalliſirten Körpern) um jeden Punct nach verſchiedenen Richtungen verſchieden ſei.

werden. Wie der Stral zu beſtimmen iſt, wenn die Wellen in ihrem Fortgange auf Körper von verſchiedenem Brechungsvermögen (welches von der Elaſticität des Äthers abhängt) treffen, oder durch Schichten von continuirlich ſich änderndem Brechungsvermögen hindurchgehen, wird nachher beſonders angegeben werden.

Unter Vorausſetzung alſo des leeren Raumes oder eines homogenen Körpers, durch welchen die Wellen fortſchreiten, iſt Richtung des Strales die gerade Linie, welche vom Mittelpuncte der Welle nach einem Puncte ihrer Oberfläche gezogen wird (was man Radius vector der Oberfläche nennt), und Stral ſelbſt die Reihe von Äthertheilchen, die in dieſer geraden Linie enthalten iſt*).

Öfters indeß verſteht man auch unter Stral nicht bloß eine einzige Linie von Äthertheilchen, ſondern eine Vereinigung mehrerer ſolcher nebeneinanderliegender Linien, die man ſich dann als einen dünnen geraden Cylinder vorſtellen kann, deſſen Axe die Richtung des Strales angiebt. Eben ſo oft nennt man eine ſolche Vereinigung aber auch ein Lichtbündel.

Die Richtung des Strales giebt die Richtung an, nach welcher jede Welle ſich an dem Puncte, wo der Stral in ſie eintrifft, fortpflanzt, und ſie iſt daher dieſelbe mit der Fortpflanzungsrichtung des Lichtes. Auf der Richtung des Strales wird der Abſtand der Wellenoberflächen von einander oder die Undulationslänge gemeſſen, und man ſagt daher von einem Stral ſelbſt, er habe eine größere oder kleinere Undulationslänge, je nachdem die Abſtände der Wellenoberflächen, die er durchſchneidet, größer oder kleiner ſind.

Die Richtung des Strales iſt ſtets ſenkrecht auf der Ebene, in der die Schwingungen ſeiner Theilchen, mögen ſie nun geradlinig, kreisförmig oder elliptiſch ſein, geſchehen.

In den kugelförmigen Wellen, wie ſie im leeren Raume oder einem Mittel, in welchem der Äther nach allen Richtungen gleiche Elaſticität hat (in homogenen nicht kryſtalliſirten Körpern), Statt finden, ſteht die Richtung der Stralen, da ſie die Radien der Wellen bilden, auch allenthalben ſenkrecht auf der Oberfläche derſelben.

In ellipſoidiſchen Wellen dagegen ſtehen die Stralen bloß in der Richtung der Axen der Ellipſoiden auf der Oberfläche derſelben ſenkrecht.

Wenn man von Bewegung oder Fortpflanzung eines Strales durch einen Körper hindurch ſpricht, ſo iſt darunter nicht die ſchwingende Bewegung, nicht eine Fortſchreitung der Theilchen, welche den Stral bilden, zu verſtehen, ſondern bloß die Fortpflanzung des Schwingungszuſtandes durch die Theilchen längs der Richtung des Strales.

---

*) Genauer: deren Ruhepuncte in dieſer geraden Linie enthalten ſind, da die Theilchen in auf den Stral ſenkrechter Richtung oscilliren.

Bei einem Lichtſtrale iſt außer der Richtung deſſelben beſonders zu betrachten:

1) Die Geſchwindigkeit des Strales, d. h. die Schnelligkeit, mit welcher ſich die Schwingung durch die Reihe Ätherthellchen, aus denen der Stral beſteht, fortpflanzt. Dieſe Geſchwindigkeit iſt gleichförmig im leeren Raume, ſo wie in gleichförmigen Mitteln; ſie iſt um ſo kleiner, je größer das Brechungsvermögen der Körper iſt, durch den ſich der Stral bewegt, und iſt, wenn ſich der Stral durch einen Körper bewegt, worin die Elaſticität des Äthers verſchieden nach verſchiedenen Richtungen iſt, am größten, wenn die Schwingungen ſeiner Theilchen in der Richtung der größten Elaſticität geſchehen (wobei er ſelbſt mithin ſenkrecht auf dieſe Richtung hindurchgehen muß).

2) Die Intenſität oder Helligkeit des Strales. Dieſe hängt ab von der Amplitude der Schwingungen, welche den Stral bilden, indem ſie (bei geradlinigen Schwingungen) dem Quadrate dieſer Amplitude proportional iſt *). Die Intenſität zweier Stralen kann dadurch, daß ſie in demſelben Puncte zuſammentreffen (oder in derſelben Linie übereinanderfallen), eine reſultirende Lichtintenſität für das an dieſem Puncte befindliche Auge geben, welche entweder größer oder kleiner als die Summe der Intenſitäten beider Stralen für ſich iſt, je nach den Phaſen, in denen ſie zuſammentreffen; ja es kann durch das wechſelſeitige Zuſammentreffen eine wechſelſeitige Zerſtörung beider Stralen, d. h. ein Verſchwinden ihrer Intenſität zu Stande kommen.

In der That, wenn ein Theilchen vermöge der Schwingungsbewegung, die ſich längs des einen Strales zu ihm fortpflanzt, zu derſelben Zeit gerade die entgegengeſetzte Richtung und Geſchwindigkeit der Bewegung annehmen würde, als vermöge der, längs des andern Strales zu ihm fortgepflanzten, Schwingungsbewegung, ſo müſſen ſich beide Bewegungen wechſelſeitig gerade aufheben, die Schwingungsamplitude des Theilchens wird null werden, und es wird Dunkelheit für das am Puncte des Zuſammentreffens beider Stralen vorhandene Auge ſein. Umgekehrt, wenn zwei Stralen von gleicher Intenſität in gleichen Phaſen ihrer Schwingung zuſammentreffen, ſo wird die Amplitude der Schwingung des Theilchens, das am Puncte des Zuſammentreffens liegt, nach den Geſetzen der Superpoſition kleiner Schwingungen, doppelt ſo groß werden, als in jedem Strale für ſich, und, da die Intenſität des Strales dem Quadrate der Amplitude proportional iſt, ſo wird die Intenſität des reſultirenden Lichtes nicht das Doppelte, ſondern das Vierfache der Intenſität jedes einzelnen Strales ſein.

Ausführlicher wird hievon im folgenden Kapitel die Rede ſein.

3) Die Farbe des Strales. Sie hängt ab von der Schnelligkeit

---

*) Für elliptiſche und kreisförmige Schwingungen vgl. S. 354.

der Schwingungen der Theilchen, welche den Stral bilden, oder der Undulationslänge derſelben (vgl. Farbe).

4) Der Polariſationszuſtand des Strales, welcher die Form und das Verhältniß der Schwingungen ſeiner Äthertheilchen betrifft, ob ſie nämlich geradlinig, kreisförmig oder elliptiſch, parallel oder verſchieden gerichtet ſind (vgl. Polariſation).

Ein Stral kann in derſelben geraden Richtung nur ſo lange verfolgt werden, als das Brechungsvermögen des Mittels, worin ſich die Wellen bewegen, conſtant bleibt. Trifft er auf die Trennungsfläche zweier heterogenen Mittel, ſo ändert ſich ſeine Richtung (durch die Zurückwerfung und Brechung). Man muß in dieſem Falle den Punct, wo der Stral in die Trennungsfläche eintrifft, als einen neuen Mittelpunct der Erſchütterung anſehen, welcher Wellen um ſich ſchlägt und von dem mithin nach allen Seiten Stralen als die Radii vectores dieſer Wellen ausgehen, und in ſo fern würde ſich eigentlich jeder Stral an der Trennungsfläche zweier heterogener Mittel in unendlich viele verſchiedene theils zurückgeworfene theils gebrochene Stralen ſpalten.

Durch mathematiſche Betrachtung jedoch läßt ſich zeigen, daß die Stralen, die nach anderen als zwei (oder bei doppelt brechenden Körpern im Allgemeinen drei) Richtungen, welche man die des zurückgeworfenen und des gebrochenen Strales nennt, von dem neuen Wellenmittelpuncte ausgehen, zerſtört werden durch andere Stralen, die von anderen Puncten derſelben Trennungsfläche aus bei denſelben Puncten des Raumes anlangen[*]), ſo daß definitiv für die Betrachtung bloß der zurückgeworfene und gebrochene Stral (oder die gebrochenen Stralen) als Fortſetzungen des einfachen übrig bleiben.

Die allgemeinſte Definition von der Richtung des Strales möchte hienach die ſein: es iſt die Richtung, in welcher ſich die Schwingungsbewegung von einem Mittelpuncte aus fortpflanzt, ohne von den von anderen Mittelpuncten aus fortgepflanzten Schwingungen aufgehoben zu werden.

Um einen Stral durch ein Mittel hindurchzuführen oder zu conſtruiren, hat man daher in jedem Falle eigentlich nöthig, jeden gefundenen Punct deſſelben als einen neuen Mittelpunct von Schwingungen zu betrachten, und nun zu unterſuchen, nach welchen Richtungen die Schwingungen wirkſam oder unaufgehoben bleiben; iſt es eine einzige Richtung, ſo wird ſich der Stral nach dieſer einzigen Richtung fortſetzen; ſind es mehrere, ſo wird ſich der Stral ſpalten.

Dieſe Regel, auf die Fortpflanzung des Lichtes im leeren Raume oder Körpern von homogener Beſchaffenheit angewandt, führt, wie wir ſchon bei Welle erörtert haben, zu dem Reſultate, daß die Fortſetzung jedes Strales von jedem Puncte ſeiner Länge aus immer in dieſelbe gerade Linie fällt, und eben deshalb iſt der Stral geradlinig. Dieſelbe Regel, mittelſt höherer Rechnungsarten angewandt, kann aber auch dazu dienen, die Richtung des Strales in Mitteln, deren Brechungsvermögen ſich continuirlich ändert, zu beſtimmen: nur muß man begreiflich hiebei die Geſetze kennen, wie Stralen auf einander einwirken, was im folgenden Kapitel näher betrachtet werden wird.

---

[*] d. h. die Schwingungsbewegungen, welche ſich nach anderen als den Richtungen des zurückgeworfenen und gebrochenen Strales fortpflanzen, werden aufgehoben durch entgegengeſetzte Schwingungsbewegungen, welche bei demſelben Puncte des Raumes durch die von anderen Puncten der Trennungsfläche ausgehenden Stralen anlangen.

Ähnliche Stralen nennt man ſolche, welche gleiche Richtung, gleiche Farbe (mithin gleiche Undulationslänge) und gleichen Polariſationszuſtand (d. i. Parallelismus der in ihnen vor ſich gehenden Schwingungen) beſitzen, während Urſprung oder Phaſe und Intenſität der Stralen beliebig verſchieden ſein kann.

Übereinſtimmung oder Entgegenſetzung zweier Stralen. Man ſagt von zwei in einem Puncte zuſammentreffenden oder interferirenden Stralen, daß ſie übereinſtimmen oder entgegengeſetzt ſind, je nachdem das am Puncte ihres Zuſammentreffens befindliche Äthertheilchen durch beide in gleichen oder in entgegengeſetzten Phaſen ſich befinden würde.

Urſprung eines Strales. Urſprung eines Strales iſt zunächſt der Punct, wo ſich das leuchtende Theilchen in der Phaſe = Null ſeiner Schwingung befindet. Man braucht jedoch auch das Wort Urſprung öfters für einen beliebigen andern Punct innerhalb des Strales, wo ſich ein Theilchen in einem gewiſſen Zeitpuncte in der Phaſe = Null findet, mithin überhaupt für den Anfang jeder beliebigen Undulationslänge in dem Strale. Unterſchied des Urſprunges iſt mit Unterſchied in der Undulationsphaſe gleich zu achten. Sagt man z. B. von zwei Stralen, die an einem Puncte zuſammentreffen oder interferiren, der Unterſchied ihres Urſprunges betrage ½ oder ¼ Undulationslänge, ſo iſt dies daſſelbe, als wenn man ſagte, der Unterſchied ihrer Phaſen betrage 180° oder 90° an dem Puncte des Zuſammentreffens.

Undulation und Undulationslänge ſ. Welle und Wellenlänge.

Vibration ſ. Schwingung.

Welle oder Undulation.

Der Zuſtand eines elaſtiſchen Mittels, durch welches ſich eine Schwingungsbewegung von einem Mittelpuncte aus fortpflanzt, iſt ſo beſchaffen, daß man ſich daſſelbe in, um den Mittelpunct concentriſche, Oberflächen oder Schalen (in der Regel kugelförmiger oder ellipſoidiſcher Geſtalt) getheilt denken kann, deren jede alle die Puncte enthält, zu denen die Erſchütterung vom Mittelpuncte aus in demſelben Augenblicke gelangt iſt, und in deren jeder ſich auch fortwährend die Theilchen in gleicher Phaſe der Schwingung befinden. Geht man von einer Oberfläche zur nächſtfolgenden über, ſo iſt die Phaſe der Schwingung (zu demſelben Zeitpuncte betrachtet) nicht mehr dieſelbe, weil die Theilchen jeder nächſtfolgenden (weiter vom Mittelpuncte abliegenden) Oberfläche um einen Augenblick ſpäter in die bewußte Phaſe eintreten, als die Theilchen jeder vorhergehenden, und man wird ſolchergeſtalt im weitern Fortſchreiten vom Mittelpuncte aus ſucceſſiv durch Oberflächen von allen möglichen poſitiven und negativen Phaſen der Schwingung gelangen; es werden aber in gewiſſen (räumlichen) Intervallen (nach Durchlaufung aller poſitiven und negativen Zwiſchenphaſen) immer Oberflächen von **gleicher Phaſe der Schwingung** wiederkehren, deren jede von der nächſten um einen ſo großen Raum abliegt, als die Erſchütterung während der Zeit einer ganzen Schwingung des leuchtenden Theilchens zu durchlaufen vermag. — Bleiben wir nun bei Betrachtung bloß der Schalen oder Oberflächen ſtehen, in welchen ſich die Theilchen gerade im Maximum ihrer Ausweichung befinden, d. i. gerade in die erſte Hauptphaſe einer Schwingung eintreten oder, was daſſelbe ſagt, gerade die letzte vollendet haben, und theilen durch dieſe Schalen das Mittel in concentriſche Schichten ab!

Welle oder Undulation iſt nun die Schicht oder Geſammtheit der Theilchen, welche zwiſchen zwei ſolchen auf einander folgenden Schalen, worin die Theilchen eben in die erſte Phaſe der Schwingung eintreten, oder die letzte beendigen, enthalten ſind.

Innere Oberfläche der Welle heißt diejenige Oberfläche, welche die Welle nach dem Mittelpuncte der Schwingung zu begränzt.

Äußere Oberfläche der Welle diejenige, welche ſie nach der vom Mittelpuncte der Schwingung abgewandten Seite begränzt.

Begreiflich fällt ſolchergeſtalt die äußere Oberfläche jeder Welle mit der innern Oberfläche der ihr vorangehenden Welle zuſammen.

Zwiſchen den beiden Oberflächen einer Welle, die ſolchergeſtalt bloß Theilchen, die ſich zu Anfange der erſten oder am Ende der letzten Phaſe einer Schwingung befinden, enthalten, befinden ſich Oberflächen von allen möglichen poſitiven und negativen Phaſen der Schwingung.

Wenn von der Form von Wellen geſprochen wird, ſo iſt dieſe allemal auf die Oberflächen derſelben zu beziehen.

In einem elaſtiſchen Mittel von nach allen Seiten gleicher ſpecifiſcher Elaſticität ſind die Oberflächen aller Wellen kugelförmig; denn da ſich in einem ſolchen Mittel die Erſchütterung nach allen Seiten mit gleicher Geſchwindigkeit und auf dieſelbe Weiſe fortpflanzt, ſo fangen Theilchen, die in gleicher Entfernung vom Mittelpuncte der Erſchütterung liegen, auch in gleicher Zeit ihre Schwingung an und behalten ſtets gleiche Phaſen der Schwingung.

Dagegen können in einem Mittel von nach verſchiedenen Richtungen variirender Elaſticität des Äthers die Oberflächen der Wellen andere Geſtalten annehmen, weil ſich hier die Erſchütterung nach verſchiedenen Seiten mit ungleicher Geſchwindigkeit fortpflanzt.

In einem nach allen Richtungen freien Raume haben die Wellen eine continuirlich fortſchreitende Bewegung (worin die Fortpflanzung des Lichtes beſteht), d. h. wenn in einem gewiſſen Augenblicke die Oberfläche einer Welle ſich in einem gewiſſen Abſtande vom Mittelpuncte der Erſchütterung befand, ſo wird ſie im nächſten Augenblicke um ein wenig vorgerückt ſein u. ſ. f. bis ins Unbeſtimmte, wobei aber wohl zu bemerken iſt, daß in jedem Augenblicke neue Theilchen die Oberfläche der fortſchreitenden Welle bilden, indem dieſe die Theilchen nicht mit fortzieht, ſondern ſie ſo zu ſagen nur durch ſie hindurchſchreitet. Die Fortpflanzung der Wellen iſt in der That nichts anders als ein Fortſchreiten deſſelben Bewegungszuſtandes durch verſchiedene ſucceſſive Theilchen, und während eine vom Mittelpuncte der Erſchütterung ausgehende Welle ſucceſſiv bei allen Theilchen anlangt, die ſie im Raume trifft und ſo den ganzen Raum ausmißt, entfernen ſich die Theilchen ſelbſt dabei nicht weiter von ihrer Stelle, als die kleinen Schwingungen mit ſich bringen, die jedes um ſeinen Ruhepunct macht.

Es iſt überhaupt ſehr weſentlich, daß man Welle oder Undulation nie mit Schwingung, Vibration oder Oscillation verwechſele, welches, wie aus der angegebenen Definition erhellt, zwei ganz verſchiedene Dinge ſind. Schwingung bezieht ſich auf die Bewegung der einzelnen Theilchen, und iſt eine abwechſelnd hin- und hergehende oder kreisförmige oder elliptiſche Bewegung derſelben; Welle oder Undulation bezieht ſich auf den Bewegungs- oder Schwingungszuſtand einer Geſammtheit von Theilchen. Beſonders aber iſt wichtig, die Geſchwindigkeit der Wellen oder des Lichtes nicht mit der Geſchwindigkeit der Schwingungen der Theilchen ſelbſt zu verwechſeln, welche beide ganz unabhängig von einander ſind.

Die Geſchwindigkeit der Wellen iſt in einem Mittel von gleichförmiger Dichtigkeit und Elaſticität gleichförmig, d. h. die Oberfläche jeder Welle ſchreitet in gleichen Zeiten um gleich viel vor; die Geſchwindigkeit der Theilchen ſelbſt aber ändert ſich von einem Puncte ihrer Bahn zum andern, indem ſie an dem Puncte, wo das Theilchen ſeine größte Ausweichung hat, null iſt und von da bis zum Durchgange des Theilchens durch den Ruhepunct oder (bei elliptiſcher Bewegung) in der größten Nähe beim Ruhepuncte wieder bis zu einem Maximum wächſt. Auch iſt die langſamſte Fortpflanzung der Wellen mit einer ſehr großen Geſchwindigkeit der ſchwingenden Theilchen vereinbar und umgekehrt, da beide von verſchiedenen Umſtänden abhängen.

Bemerkt mag noch werden, daß man Undulation auch öfters ſtatt deſſen braucht, was richtiger Undulationslänge oder Wellenlänge genannt wird (ſ. den folgenden Artikel).

Syſtem von Wellen iſt die Geſammtheit der von einem Mittelpuncte ausgehenden, durch eine einzige Erſchütterung hervorgerufenen und ſich nach demſelben Geſetz bildenden Wellen.

So bilden alle kugelförmigen Wellen, die in einem gleichförmig dichten und elaſtiſchen Äther bei Erſchütterung eines Theilchens von ihm ausgehen, zuſammen ein einziges Syſtem von Wellen.

Es können aber auch um denſelben Mittelpunct zwei Wellenſyſteme zugleich Statt finden. So bildet ſich beim Einfalle des Lichtes auf die Oberfläche einariger Kryſtalle um den Einfallspunct zugleich ein Syſtem von kugelförmigen und eins von ellipſoidiſchen Wellen.

Homologe Wellen. In zwei Wellenſyſtemen nennen wir homologe Wellen diejenigen, die in ihrer Reihenfolge vom Mittelpuncte der Erſchutterung an derſelben Ordnungszahl entſprechen, ſo daß z. B. die zweite Welle vom Mittelpuncte an im einen Syſtem homolog iſt der zweiten Welle im andern Syſtem u. ſ. f.

Ähnliche Wellenſyſteme ſind zwei Wellenſyſteme, in denen die homologen Wellen in Geſtalt und ſonſtiger Beſchaffenheit ganz gleich ſind; *unähnliche*, wo dies nicht der Fall iſt. So ſind die zwei Wellenſyſteme, welche ſich gleichzeitig um den Einfallspunct auf einem einarigen Kryſtalle bilden, einander unähnlich; dagegen z. B. zwei ähnliche Wellenſyſteme um denſelben Mittelpunct ſich dann bilden und einander folgen würden, wenn er zweimal zu verſchiedenen Zeiten erſchüttert würde.

Vordere und hintere Wellen. *Vordere* Wellen nennt man in einem Wellenſyſteme diejenigen, welche weiter vom Mittelpuncte der Erſchütterung abliegen, *hintere* die, welche näher nach ihm zu liegen. Die *vorderſte* Welle iſt zugleich diejenige, welche *zuerſt* entſtanden iſt, indem ſie ihr Fortſchreiten vom Mittelpuncte aus zuerſt begonnen hat, und ſie bleibt ſtets die vorderſte; dagegen die *hinterſte* Welle, wenn ſie ſeit ihrer Entſtehung um eine Undulationslänge fortgeſchritten iſt, eine neue Welle hinter ſich erhält, die nun zur hinterſten wird.

Wellenlänge oder Undulationslänge.

Dies iſt der lineare Abſtand zwiſchen der innern und äußern Oberfläche einer Welle oder, was daſſelbe ſagt, die Weite, um welche eine Lichtwelle im Raume fortſchreitet, während ein Äthertheilchen eine ganze Schwingung vollendet. Je kürzer daher die Dauer der Schwingungen iſt, um ſo kleiner iſt die Undulationslänge. Daher haben die brechbarſten Farben (Violett) die kleinſten Undulationslängen.

Eine Undulationslänge iſt das Doppelte der Länge einer Anwandlung nach *Newton's* Sinne.

XV. Interferenz oder Zuſammenſetzung und Zerlegung von Wellen, Stralen oder Schwingungen *).

Wenn zwei Wellen oder zwei Stralen von beſtimmter Amplitude und Richtung der Schwingungen in einem und demſelben Puncte zuſammentreffen, ſo ſagt man: ſie oder ihre Schwingungen *interferiren* an dieſem Puncte.

Wenn Interferenz zweier Stralen bei einem Äthertheilchen Statt findet, ſo würde vermöge der Fortpflanzung der Schwingungen längs jedem dieſer Stralen, für ſich betrachtet, das Äthertheilchen, was ſich am Puncte ihres Zuſammentreffens findet, in eine Schwingung von einer gewiſſen Form, Amplitude und Richtung gerathen ſein; aus der Zuſammenſetzung beider gleichzeitig bei demſelben Theilchen anlangenden Schwingungsbewegungen entſteht nun aber eine mittlere Schwingungsbewegung von einer neuen Amplitude und Richtung, und es iſt Sache der Interferenzregeln, die Amplitude, Richtung und Form der reſultirenden Schwingung aus den entſprechenden Beſtimmungen der zuſammentreffenden oder *interferirenden* Schwingungen abzuleiten.

In der Lichtlehre kommt hauptſächlich die Interferenz von ſolchen Stralen in Betracht, die von *einer und derſelben* Quelle ausgegangen in einem und demſelben Puncte unter ſehr kleinem Winkel wieder zuſammentreffen, oder auch welche, indem ihre Richtung in dieſelbe gerade Linie fällt, *in allen ihren Puncten* auf einander fallen oder interferiren.

Ein einfaches Beiſpiel der Interferenz erſter Art giebt der Fall, wenn von einem leuchtenden Puncte aus Stralen zu beiden Seiten eines dünnen Fadens vorbeigehen. Vermöge der Inflexion, welche die auf der einen Seite in der Nähe des Fadens vorbeigehenden Stralen erleiden, können ſie mit den von der andern Seite ſich ihnen entgegenbeugenden Stralen oder auch ſelbſt mit den in einer kleinen Entfernung vom Faden auf der andern Seite geradlinig fortgehenden Stralen interferiren.

Ein Beiſpiel der Interferenz zweiter Art giebt ein in ſich ſelbſt zurückgeworfener Stral, der ſenkrecht auf eine durchſichtige Oberfläche auffällt. Hier interferirt nicht nur der von der erſten Oberfläche zurückgeworfene Stral mit dem direct auffallenden, ſondern auch der von der zweiten Oberfläche zurückgeworfene, auf ſeinem Wege zurückkehrende Stral interferirt in allen Puncten ſowohl mit dem direct auffallenden als dem von der erſten Oberfläche zurückgeworfenen Strale.

---

*) Über die Herleitung der im Folgenden zu gebenden Regeln verweiſe ich auf Herſchel's Werk.

überhaupt bietet ſich die Interferenz bei Betrachtung der Erſcheinungen des Lichtes nach der Undulationstheorie faſt auf jedem Schritte dar.

Es verdient bemerkt zu werden, daß, wenn gleichfarbige Stralen an einem Puncte interferiren, zwar die abſolute Größe der Phaſen, in denen ſie bei dem Puncte zuſammentreffen, ſich fortwährend ändern wird, weil jeder Punct, der auf einem Strale liegt, ſucceſſiv in alle mögliche Phaſen, vermöge der Fortpflanzung der Wellenbewegung längs des Strales, treten muß, allein der Unterſchied der Phaſen wird doch conſtant bleiben, weil vermöge der gleichen Schwingungsdauer und Undulationslänge gleichfarbiger Stralen die Phaſe des einen ſich ſtets um dieſelbe Größe als die des andern ändern wird. Noch mehr, wenn gleichfarbige Stralen durch Übereinanderfallen in ihrer Länge coincidiren, ſo wird der Phaſenunterſchied auch für alle coincidirenden Puncte der Stralen derſelbe ſein und bleiben, wenn gleich die abſolute Größe der Phaſen ſich von einem Puncte derſelben zum andern und von einem Augenblicke zum andern ändert. Man kann daher den Ausdruck Phaſenunterſchied, der eigentlich zunächſt nur auf die einzelnen zuſammentreffenden Schwingungen zu beziehen iſt, gleich auf die ganzen interferirenden Stralen anwenden; indem man mit Phaſenunterſchied zweier Stralen nichts anderes bezeichnet, als den gemeinſchaftlichen und conſtanten Phaſenunterſchied ihrer ſämmtlichen zuſammentreffenden Schwingungen.

Der bei der Interferenz zweier Stralen am meiſten in Betracht kommende Erfolg derſelben iſt die Veränderung, welche in der Summe der Intenſitäten der interferirenden Stralen hervorgebracht wird. Zwei Stralen können ſich durch ihre Interferenz geradezu vernichten, ſo daß das am Orte ihres Zuſammentreffens befindliche Auge die Empfindung der Dunkelheit erhält, ſie können aber auch bei anderen Umſtänden des Zuſammentreffens eine Lichtintenſität geben, welche doppelt ſo groß als die Summe der Intenſitäten der interferirenden Stralen iſt, und zwiſchen dieſen beiden Gränzen können alle Zwiſchengrade der Veränderung Statt finden. Man kann leicht finden, unter welchen Umſtänden die beiden Gränzfälle eintreten müſſen.

Wenn von zwei, von demſelben Mittelpuncte ausgegangenen, interferirenden Stralen, in denen die Schwingungen gleiche Amplitude haben und in parallelen Richtungen geſchehen, der eine mit dem andern, vermöge verſchiedener Länge des Weges oder verſchiedener Geſchwindigkeit des Strales, gerade in entgegengeſetzter Phaſe der Schwingung zuſammentrifft, ſo ſind hier zwei gleiche Bewegungszuſtände in entgegengeſetzter Richtung vorhanden, die eine Amplitude und mithin eine Intenſität = Null geben. Träfen dagegen dieſe Schwingungen in derſelben Phaſe zuſammen, ſo würden die Geſchwindigkeiten, welche das Äthertheilchen vermöge jeden einzelnen Strales angenommen haben würde, ſich zu einander addiren, auch die Amplitude würde zufolge der weiterhin zu gebenden Regeln die doppelte von der jeder Seitenſchwingung werden, und da die Intenſität dem Quadrate der Amplitude proportional iſt, ſo wird in dieſem Falle die Intenſität des reſultirenden Strales das Vierfache von der Intenſität jedes Seitenſtrales oder das Doppelte von der Summe ihrer Intenſitäten betragen.

So wie Stralen, die in einem oder in allen Puncten zuſammentreffen, reſultirende Schwingungen an den Puncten des Zuſammentreffens hervorbringen, deren Beſchaffenheit durch die Beſchaffenheit der Seitenſchwingungen beſtimmt wird, ſo läßt ſich umgekehrt jede einfache Schwingung oder jeder einfache Stral als durch Interferenz zweier oder mehrerer Schwingungen oder Stralen hervorgegangen ſetzen und in ſolche wieder zerlegt denken. Die Beſchaffenheit dieſer partiellen oder Seiten-Schwingungen oder Stralen ſteht dann wiederum in Abhängigkeit von der Beſchaffenheit des urſprünglichen Strales oder der urſprünglichen Schwingung.

Wird ein Stral in mehrere andere zerlegt gedacht, ſo iſt dabei allemal vorausgeſetzt, daß ſie mit ihm gleiche Richtung haben und in ihrer ganzen Länge übereinanderfallen, während dagegen die Schwingungen in den Seitenſtralen je nach der Art der Zerlegung ganz andere Richtungen als in dem zerlegten Strale haben können.

Wir wollen nun im Folgenden zuerſt die einfachen Geſetze der Zuſammenſetzung oder Interferenz und Zerlegung der Stralen in Worten mittheilen, dann die Formeln, welche zu ihrem allgemeinen und beſtimmten Ausdrucke dienen, hinzufügen.

Geſetze der Interferenz und Zerlegung der Lichtſchwingungen.

Die Geſetze der Interferenz zweier Schwingungen ſchließen folgende Hauptbeſtimmungen ein:

I. Die Beſtimmung der Richtung und Geſchwindigkeit des Äthertheilchens, das ſich am Interferenzpuncte zweier Stralen findet, im Augenblicke des Zuſammentreffens derſelben.

II. Die Beſtimmung der Form, Richtung, Geſchwindigkeit, Phaſe und Amplitude der ganzen reſultirenden Schwingungen, wenn die entſprechenden Umſtände für die Seitenſchwingungen gegeben ſind.

I. Beſtimmung der Richtung und Geſchwindigkeit des Äthertheilchens, das ſich am Interferenzpuncte von Stralen findet, im Augenblicke des Zuſammentreffens derſelben.

Es gilt in dieſem Bezuge folgende Regel:

Stellt man die Geſchwindigkeiten, welche das Äthertheilchen vermöge jeder zu ihm gelangenden Wellenbewegung angenommen haben würde, durch die Größe von Linien vor, und ſetzt dieſe unter dem Winkel, den die Richtungen der einzelnen Bewegungen mit einander bilden, zu einem Parallelogramm zuſammen, ſo wird die Größe der durch dieſen Winkel gelegten Diagonale die Größe, und die Richtung derſelben die Richtung der Bewegung des Äthertheilchens geben.

Eben ſo wie zwei laſſen ſich auch mehrere Bewegungen, die ein Äthertheilchen vermöge der Interferenz zu ihm gelangender Wellenbewegungen anzunehmen ſtrebt, zu einer einzigen Bewegung zuſammenſetzen, indem man erſt je zwei dieſer Bewegungen zu einer einzigen, dann dieſe wieder mit einer andern zuſammenſetzt u. ſ. f., bis alle Bewegungen zu einer einzigen Reſultante vereinigt ſind.

Wendet man dies auf die Zuſammenſetzung dreier Bewegungen an, ſo ergiebt ſich dafür die Regel, daß man aus den drei einzelnen Seitenbewegungen ein Parallelepiped bildet, indem man die Seiten deſſelben den Größen der Seitengeſchwindigkeiten proportional nimmt und dieſe Seiten unter dem Winkel zuſammenſetzt, welchen die Richtungen der Geſchwindigkeiten mit einander bilden; dann wird die reſultirende Geſchwindigkeit der Größe und Richtung nach durch die Diagonale dieſes Parallelepipedes vorgeſtellt werden.

So wie zwei oder mehrere Bewegungen, die ein Äthertheilchen ſollicitiren, zu einer einzigen zuſammengeſetzt werden können, ſo läßt ſich umgekehrt jede einfach erſcheinende Bewegung eines Äthertheilchens als aus dem Zuſammentreffen zweier oder mehrerer Seitenbewegungen hervorgehend denken und darein in Gedanken zerlegen. Die häufigſte Zerlegungsart in dieſer Hinſicht iſt die, daß man, wenn ſie in bloß zwei Bewegungen geſchehen ſoll, ſie in zwei auf einander rechtwinkliche Bewegungen zerlegt, welche die Seiten eines Rechtecks bilden, wozu dieſelbe die Diagonale iſt, oder wenn ſie in drei Bewegungen geſchehen ſoll, ſie in drei auf einander rechtwinkliche Bewegungen, welche die Seiten eines Parallelepipedes bilden, zerlegt.

Eine ſolche Zerlegung in zwei oder drei (oder mehrere) geradlinige Bewegungen kann ſelbſt dann Statt finden, wenn die Bewegung des Äthertheilchens, anſtatt ſelbſt geradlinig zu ſein, vielmehr kreisförmig oder elliptiſch iſt. Es wird nämlich das Theilchen dann doch in jedem Puncte ſeiner Bahn eine gewiſſe Richtung und Geſchwindigkeit haben, die ſich nur von einem Puncte der Bahn zum andern ändert, und man wird daher für jeden Punct der Bahn eine neue Zerlegung vorzunehmen haben; ja es findet dies auch bei der geradlinigen Bewegung ſelbſt Statt, denn wiewohl hier die Richtung der Bewegung ſtets in dieſelbe gerade Linie fällt, ſo iſt doch die Geſchwindigkeit an jedem Puncte der Bahn verſchieden, ſo daß die Linie, durch welche die zu zerlegende Geſchwindigkeit dargeſtellt wird, von Null bis zum Maximum, durch welches die Geſchwindigkeit beim Durchgange durch den Ruhepunct dargeſtellt wird, variirt, und auch die Richtung dieſer Linie muß nach der einen oder entgegengeſetzten Seite genommen werden, je nachdem ſich das Äthertheilchen in der einen oder entgegengeſetzten Richtung bewegt.

Umgekehrt iſt daher zu bemerken, daß, wenn gleich nach den vorigen Regeln die aus zwei oder drei Seitenbewegungen reſultirende Bewegung ihrer Richtung und Geſchwindigkeit nach in jedem Augenblicke als die Diagonale eines Parallelogrammes dargeſtellt werden kann, doch dieſe bei der

Interferenz zweier Stralen ſich der Größe und Richtung nach in jedem Augenblicke ändern und hieraus eine krummlinige Bewegung reſultiren kann. Denn vermöge jedes der interferirenden Stralen für ſich würde das Ätherteilchen in den ſucceſſiven Augenblicken alle möglichen Werthe der Geſchwindigkeit von Null bis zum Maximum durchlaufen; und man hat daher in den ſucceſſiven Augenblicken nicht immer dieſelben Geſchwindigkeiten zuſammenzuſetzen. Was für ein Reſultat aus dieſer, auf die ſucceſſiven Zeitpuncte ausgedehnten, Zuſammenſetzung hervorgeht, iſt nun in den folgenden Regeln enthalten, welche hauptſächlich zur Regulirung der Erſcheinungen dienen.

II. Beſtimmung der Form, Richtung, Geſchwindigkeit, Phaſe und Amplitude der ganzen reſultirenden Schwingung, wenn die entſprechenden Umſtände für die Schwingungen der interferirenden Stralen gegeben ſind.

Es gilt zuvörderſt die allgemeine Regel, daß, wenn zwei interferirende Stralen ſich in der Geſchwindigkeit oder Dauer der Schwingungen gleich ſind, ſo wird auch die Geſchwindigkeit oder Dauer der reſultirenden Schwingungen mit der der Seitenſchwingungen übereinſtimmen, oder mit anderen Worten, zwei gleichgefärbte interferirende Stralen geben durch Interferenz ſtets einen Stral von derſelben Farbe, wie auch die übrigen Umſtände dieſer Stralen beſchaffen ſein mögen.

Wir wollen uns nun im Folgenden auf die Darſtellung der Interferenzgeſetze gleichfarbiger geradlinig polariſirter Stralen, d. h. in denen die Schwingungen mit gleicher Schnelligkeit und in geraden (in jedem Strale unter ſich parallelen) Richtungen geſchehen, beſchränken, da bis jetzt faſt bloß dieſe bei Analyſe der Erſcheinungen in Betracht gezogen worden ſind und zur Repräſentirung der meiſten Erſcheinungen ausreichen *).

Interferenzregeln für gleich ſchnelle, parallele geradlinige Schwingungen von verſchiedener Amplitude, die in ungleicher Phaſe zuſammentreffen, oder, mit anderm Ausdruck:

Interferenzregeln für ähnliche, d. i. gleichfarbige, in derſelben Ebene polariſirte, Stralen von im Allgemeinen verſchiedener Intenſität und welche von ihrem gemeinſchaftlichen Urſprunge an bis zu ihrem Zuſammentreffen ungleiche Wege, oder auch gleiche Wege mit verſchiedenen Geſchwindigkeiten durchlaufen haben.

Um aus der Amplitude und Phaſe zweier interferirender Stralen dieſer Art die Amplitude und Phaſe des reſultirenden Strales zu finden, gilt folgende Regel:

Man conſtruire ein Parallelogramm, deſſen anliegende Seiten den Amplituden der Seitenſtralen (d. h. ihrer Schwingungen) proportional ſind,

---

*) Neuerdings fängt indeß auch die Interferenz circulär- und elliptiſch polariſirter Stralen an wichtig zu werden.

und wo der von ihnen eingeſchloſſene Winkel dem Unterſchiede ihrer Phaſen oder ihres Urſprunges gleich iſt; dann giebt die, durch dieſen Winkel gelegte, Diagonale dieſes Parallelogrammes die Amplitude des reſultirenden Strales, und der von ihr und jeder Seite eingeſchloſſene Winkel giebt den Unterſchied zwiſchen ſeiner Phaſe und dem des entſprechenden Seitenſtrales, oder, was daſſelbe iſt, den Unterſchied des Urſprunges derſelben.

Wenn der Phaſen- oder Urſprungsunterſchied zweier Stralen null iſt oder 180° beträgt, ſo ſcheint die vorige Regel ihre Anwendbarkeit zu verlieren, weil die Seiten des zu bildenden Parallelogrammes dann in eine und dieſelbe Linie, entweder nach gleicher oder nach direct entgegengeſetzter Richtung fallen, mithin kein Parallelogramm daraus gebildet werden kann. Aus dem analytiſchen Ausdrucke der Regel aber ergiebt ſich, daß ihr für dieſe Fälle folgende Beſtimmungen ſubſtituirt werden können.

Die Amplitude des reſultirenden Strales iſt gleich der Summe oder gleich der Differenz der Amplituden der Seitenſtralen, je nachdem der Phaſenunterſchied derſelben 0 oder 180° iſt.

Die Phaſe des reſultirenden Strales ſtimmt mit der Phaſe beider oder mit der Phaſe eines der beiden Seitenſtralen überein, je nachdem der Phaſenunterſchied dieſer Stralen 0 oder 180° iſt.

Einfach hieraus abzuleitende Folgerungen ſind nachſtehende:

1) Die Intenſität des reſultirenden Strales iſt gleich der Summe der Intenſitäten der Seitenſtralen, wenn der Phaſenunterſchied dieſer Stralen ¼ Undulation oder 90° beträgt.

2) Sie iſt gleich dem Doppelten der Summe der partiellen Intenſitäten, wenn beide interferirende Stralen (im Puncte des Zuſammentreffens) in den Phaſen übereinſtimmen.

3) Sie iſt gleich Null, wenn beide ſich in entgegengeſetzten Phaſen der Undulation treffen, d. h. wenn ihr Phaſenunterſchied 180° beträgt.

4) Sie iſt kleiner als die Summe, wenn der Urſprung der Stralen um weniger als ¼ Undulation verſchieden iſt, größer, wenn der Unterſchied zwiſchen ¼ und ¾ liegt, wieder kleiner, wenn der Unterſchied zwiſchen ¾ und ⁵⁄₄ enthalten iſt u. ſ. f.

Nun werden ſich zwei ähnliche Stralen, die von demſelben Mittelpuncte mit gleicher Geſchwindigkeit ausgegangen ſind, in gleichen Phaſen dann treffen, wenn der Unterſchied der Wege, die ſie bis zum Interferenzpuncte durchlaufen haben, entweder null oder einer beliebigen Anzahl ganzer Undulationslängen (oder, was daſſelbe ſagt, einer beliebigen paaren Anzahl halber Undulationslängen) gerade gleich iſt. In dieſen Fällen *alſo bringt die Interferenz ein Licht hervor*, deſſen Intenſität doppelt ſo groß iſt, als die Summe der Intenſitäten des interferirenden Lichtes.

Andererſeits werden ſich dieſe Stralen in gerade entgegengeſetzten Phaſen treffen, wenn ihr Wegesunterſchied ½ Undulationslänge oder überhaupt eine beliebige unpaare Anzahl von halben Undulationslängen beträgt.

In dieſen Fällen werden ſich die Stralen, wie man ſagt, vernichten, d. h. die aus der Interferenz reſultirende Intenſität des Lichtes wird null ſein.

In den Fällen, wo der Wegesunterſchied weder einer paaren, noch einer unpaaren Anzahl halber Undulationslängen gleich iſt, wird die reſultirende Intenſität Mittelgrade zwiſchen dieſen beiden Gränzen zeigen.

So wie zwei ähnliche Stralen ſich durch Interferenz zu einem einzigen Strale vereinigen, deſſen Beſchaffenheit nach der vorigen Regel beſtimmt wird, ſo kann auch umgekehrt jeder einfach erſcheinende Stral als durch Interferenz zweier anderen, die verſchiedenen Urſprung und verſchiedene Amplitude haben, entſtanden gedacht oder darein in Gedanken zerlegt werden, indem man dabei ganz dieſelben Regeln anwendet, welche in der Mechanik bei Zerlegung der Kräfte gebraucht werden; denn wie leicht erhellt, iſt die vorige Regel ganz der Zuſammenſetzung der Kräfte nach der Regel des Parallelogrammes der Kräfte analog, und eben ſo die Zerlegung.

So kann man ſich z. B. jeden einfach erſcheinenden Stral zerlegt denken in zwei ähnliche, deren jeder die halbe Intenſität deſſelben hat, und deren Urſprung um ¼ Undulation von einander verſchieden iſt.

Allgemein kann man einen Stral in zwei andere ähnliche von beliebiger Intenſität zerlegen, indem man ihm einen gehörigen Phaſenunterſchied beilegt, oder umgekehrt in zwei Stralen von beliebigem Phaſenunterſchied, indem man ihm eine gehörige Intenſität beilegt. Anſtatt alſo z. B. einen Stral in zwei ähnliche von gleicher Intenſität zu zerlegen, könnte man ihn auch in zwei zerlegen, deren einer ½, ¼ oder einen beliebigen Bruchtheil der Intenſität des andern hätte, wenn man ihnen einen ſolchen Phaſenunterſchied beilegte, daß ſie bei Zuſammenſetzung nach der obigen Regel wieder den urſprünglichen Stral geben.

So wie zwei ähnliche Stralen zu einem einzigen zuſammengeſetzt oder ein Stral in zwei zerlegt werden kann, ſo können auch eine beliebige Anzahl ähnlicher Stralen zu einem einzigen zuſammengeſetzt oder ein Stral in eine beliebige Anzahl zerlegt werden, indem man nämlich von allen Stralen erſt zwei zu einem einzigen, dann dieſe wieder mit einem der übrigen u. ſ. f. zuſammenſetzt, oder indem man einen Stral erſt in zwei zerlegt, dann einen oder jeden dieſer Stralen in zwei neue u. ſ. f.

Interferenzregeln für geradlinige gleich ſchnelle Schwingungen, welche in gleicher Phaſe zuſammentreffen, aber im Allgemeinen ungleiche Amplitude haben und unter Winkeln gegen einander geneigt ſind;

oder mit anderm Ausdruck:

Interferenzregeln für gleichfarbige, geradlinige aber in verſchiedenen Ebenen polariſirte, Stralen von im Allgemeinen ungleicher Intenſität, welche einen gleichen Weg von ihrem gemeinſchaftlichen Urſprunge an bis zum Puncte des Zuſammentreffens (mit gleicher Geſchwindigkeit) zurückgelegt haben.

Zwei Schwingungen dieſer Art laſſen ſich nach der Regel des Parallelogrammes der Kräfte zuſammenſetzen, indem man ihre Amplituden, durch entſprechende lineare Längen vorgeſtellt, unter dem Winkel, den ihre Richtungen mit einander bilden, zuſammenſetzt und das Parallelogramm vollendet, wo dann die Diagonale dieſes Parallelogrammes die Größe und Richtung der reſultirenden Schwingung vorſtellen wird.

Auf ähnliche Weiſe läßt ſich die aus drei dergleichen Schwingungen reſultirende Schwingung durch die Diagonale eines Parallelepipedes vorgeſtellt denken, deſſen drei anliegende Seiten in Länge und Richtung der Größe und Richtung der Seitenſchwingungen entſprechen. Sind noch mehr ſolcher Schwingungen zuſammenzuſetzen, ſo geſchieht es durch ſucceſſive Zuſammenſetzung auf ähnliche Weiſe als S. 376.

Jedenfalls iſt die auf ſolche Weiſe entſtehende reſultirende Schwingung wieder eine geradlinige, deren Phaſe mit der Phaſe der Seitenſchwingungen übereinſtimmt, und man kann daher umgekehrt jede geradlinige Schwingung in zwei oder drei (oder mehrere) andere geradlinige Schwingungen zerlegen, die in Größe und Richtung die Seiten eines Parallelogrammes oder Parallelepipedes vorſtellen, wozu die urſprüngliche Schwingung die Diagonale iſt und die in der Phaſe mit ihr übereinſtimmen.

Zerlegungen und Zuſammenſetzungen dieſer Art werden bei Betrachtung der Interferenzerſcheinungen ſehr häufig vorgenommen, und zwar pflegt die Zerlegung faſt allgemein in zwei oder drei *auf einander rechtwinkliche* Schwingungen zu geſchehen, wo ſich dann die Amplitude jeder Seitenſchwingung zu der der mittlern wie der Coſinus des Winkels, den die Richtung der mittlern Schwingung mit ihr bildet, verhält.

Interferenzregeln für auf einander ſenkrechte geradlinige gleich ſchnelle Schwingungen, welche im Allgemeinen ungleiche Amplitude haben und in verſchiedener Phaſe zuſammentreffen;

oder mit anderm Ausdruck:

Interferenzregeln für gleichfarbige, ſenkrecht auf einander polariſirte Stralen, im Allgemeinen von verſchiedener Intenſität, die einen gewiſſen Wegesunterſchied haben.

1) Wenn zwei auf einander rechtwinkliche gleichfarbige geradlinige Schwingungen interferiren, ſo iſt die reſultirende Schwingung im Allgemeinen eine elliptiſche. Die Größe und Richtung beider Axen dieſer Ellipſe hängt von den Amplituden und dem Phaſenunterſchiede der Seitenſchwingungen ab und wird durch die ſpäter beizufügenden Formeln beſtimmt werden. Jedenfalls iſt die Summe der Quadrate der Halbaxen der elliptiſchen Schwingung gleich der Summe der Quadrate der Amplituden der Seitenſchwingungen.

2) Die elliptiſche Schwingung verwandelt ſich in eine *kreisförmige*, wenn der Phaſenunterſchied beider auf einander rechtwinklicher Schwingungen 90° beträgt und zugleich ihre Amplituden gleich ſind.

5) Die elliptiſche Schwingung verwandelt ſich in eine geradlinige dann und nur dann, wenn der Phaſenunterſchied beider Stralen 0 oder 180° iſt, wie auch ihre reſpectiven Amplituden beſchaffen ſein mögen, wodurch dieſer Fall unter den der vorigen Regel zurückkommt.

Umgekehrt läßt ſich daher nicht nur jede geradlinige (welcher Fall ſchon S. 380 betrachtet worden), ſondern auch jede kreisförmige oder elliptiſche Schwingung in zwei auf einander ſenkrechte geradlinige Schwingungen zerlegen.

Im Fall die zerlegte Schwingung geradlinig iſt, iſt der Phaſenunterſchied der auf einander rechtwinklichen Seitenſchwingungen null; ihre Amplituden verhalten ſich zu der Amplitude der zerlegten mittlern Schwingung reſpectiv wie die Coſinuſſe der Winkel, die ihre Richtung mit der der mittlern bildet, zu Eins, und die Summe der Quadrate der Amplituden der Seitenſchwingungen (die Summe der Intenſitäten der interferirenden Stralen) iſt dem Quadrate der mittlern Schwingung (der Intenſität des zerlegten Strales) gleich.

Im Fall die zerlegte Schwingung kreisförmig iſt, beträgt der Phaſenunterſchied der auf einander rechtwinklichen Seitenſchwingungen 90° oder ¼ Undulation; ihre Amplituden ſind einander gleich und die Amplitude jeder Seitenſchwingung iſt gleich dem Radius des Kreiſes.

Im Fall die zu zerlegende Schwingung elliptiſch iſt, kann die Zerlegung in zwei auf einander rechtwinkliche Schwingungen von beliebigem Phaſenunterſchiede, wofern nur dieſer nicht 0 oder 90 oder 180° iſt, geſchehen, und je nachdem man den Phaſenunterſchied wählt, werden ſich die Größen der Amplituden der Seitenſchwingungen ändern.

So wie zwei auf einander rechtwinkliche Schwingungen ſich im allgemeinen Falle zu einer elliptiſchen Schwingung zuſammenſetzen, ſo iſt daſſelbe auch mit drei auf einander rechtwinklichen Schwingungen der Fall; daher ſich auch umgekehrt jede elliptiſche Schwingung in drei auf einander rechtwinkliche geradlinige Schwingungen zerlegen läßt, wozu jedoch ebenfalls die Regeln nur durch Formeln ausgedrückt werden können.

Interferenzregeln für gleich ſchnelle geradlinige Schwingungen, welche in verſchiedener Richtung und in verſchiedenen Phaſen zuſammentreffen;

oder mit anderm Ausdruck:

Interferenzregeln für gleichfarbige, aber ſonſt unähnliche Stralen.

Wie viele ſolcher Stralen auch mit einander interferiren mögen, und in welchen Richtungen dies geſchehen mag, ſo läßt ſich doch das Reſultat ihrer Interferenz jedenfalls auf das der Interferenz bloß dreier, oder, im Fall die Schwingungen ſämmtlich in derſelben Ebene geſchehen, auf den Fall bloß zweier, auf einander rechtwinklicher, Schwingungen von verſchiedenen Phaſen, d. h. auf den vorigen Fall, reduciren, und wir haben daher nur anzugeben, wie dieſe Reduction vorzunehmen iſt.

Man ſubſtituire zuerſt jeder einzelnen der interferirenden Schwingungen zwei oder drei andere, die nach den zwei oder drei (beliebig gewählten) rechtwinklichen Richtungen gehen, indem man ſie nach den mitzutheilenden Formeln darein zerlegt. Solchergeſtalt wird man für jede der zwei oder drei rechtwinklichen Richtungen eine Summe von ſo viel Schwingungen (im Allgemeinen ungleicher Phaſe) erhalten, als interferirende Schwingungen vorhanden waren.

Jede Summe für ſich ſetze man nun wieder nach den unter 1) gegebenen Regeln zu einer einzigen Schwingung zuſammen.

Auf ſolche Weiſe werden definitiv bloß zwei oder drei auf einander rechtwinkliche einfache Schwingungen im Allgemeinen von verſchiedener Phaſe zu betrachten übrig bleiben, für deren Interferenz wir die Formeln im Folgenden mittheilen wollen.

Formeln für Zuſammenſetzung und Zerlegung gleichfarbiger (gleich ſchneller), in derſelben Ebene vor ſich gehender, Schwingungen *).

Der Kürze halber nennen wir im Folgenden eine geradlinige Schwingung von der Amplitude a oder b ſchlechthin die Schwingung a oder b; und die Richtung der Schwingung von der Amplitude a oder b die Richtung a oder b. Ferner werden wir uns ſtatt des Ausdruckes elliptiſcher Schwingungen öfters des bloßen Ausdruckes Ellipſe bedienen. Unter Amplitude iſt bei geradliniger Schwingung die größte Ausweichung des Äthertheilchens vom Ruhepuncte, alſo die halbe Ausdehnung der ganzen Oscillation verſtanden. Der Bezug der Amplitude zur Intenſität iſt S. 362 angegeben worden.

---

*) Die Herleitung der weiterhin folgenden allgemeinern, aus den ſchon bekannten Interferenzformeln, iſt von mir auf folgende Weiſe geſchehen. Um zwei, einen beliebigen Winkel mit einander bildende, geradlinige Schwingungen von beliebigem Phaſenunterſchiede zu einer elliptiſchen Schwingung zuſammenzuſetzen, wurde jede von den beiden geradlinigen Schwingungen zuvörderſt nach (denſelben) zwei auf einander rechtwinklichen Schwingungen zerlegt und ſolchergeſtalt vier Schwingungen erhalten, von denen zwei von verſchiedener Phaſe nach der einen, zwei ebenfalls von verſchiedener Phaſe nach der darauf ſenkrechten Richtung gehen. Die zwei, in dieſelbe Richtung fallenden, Schwingungen wurden nun jederſeits für ſich zuſammengeſetzt und ſo durch dieſe beiden Zuſammenſetzungen zwei auf einander rechtwinkliche Schwingungen von verſchiedener Phaſe erhalten, deren Zuſammenſetzung zu einer elliptiſchen Schwingung dann nach ſchon bekannten Formeln ausgeführt ward. Auf analoge Weiſe wurden die Formeln für Zuſammenſetzung zweier kreisförmiger, oder einer kreisförmigen und einer geradlinigen Schwingung gefunden, indem jede Seitenſchwingung erſt in zwei auf einander rechtwinkliche Schwingungen zerlegt ward u. ſ. f. Die Formeln für Zerlegung ergeben ſich aus den Formeln für Zuſammenſetzung, indem man die hier als gegeben angenommenen Größen als geſucht ſetzt und umgekehrt. Eine weitere Entwickelung der Interferenzformeln und Ableitung der intereſſanteſten Folgerungen daraus behalte ich mir für ein anderesmal vor. — Was die ſchon bekannten Interferenzformeln betrifft, ſo findet man ſie theils oben wieder mitgetheilt, theils kann man darüber vergleichen Herſchel's Werk S. 329 und Pogg. XXIII. 271.

Die Phaſe einer geradlinigen Schwingung iſt allemal von der Stelle des Maximums der Excurſion an gerechnet, die einer elliptiſchen Schwingung von dem einen Ende der großen Axe. Bei einer kreisförmigen Schwingung iſt der Anfang der Phaſe willkürlich beſtimmt.

Bei Anwendung von Polcoordinaten zur Beſtimmung des Ortes des Äthertheilchens im Augenblicke der Interferenz iſt der Anfang des Radius vector p oder P jedesmal im Mittelpuncte der Schwingung oder dem Ruhepuncte angenommen.

1) Zuſammenſetzung zweier paralleler (oder in der Richtung zuſammenfallender) geradliniger Schwingungen von beliebigen Phaſen.

Die reſultirende Schwingung iſt wieder geradlinig und von gleicher Richtung mit den Seitenſchwingungen.

Es ſeien gegeben:

a, a' die Amplituden beider Seitenſchwingungen;

α und α' die Phaſen reſpectiv von a und a';

$\zeta = \alpha - \alpha'$, der Phaſenunterſchied beider Seitenſchwingungen.

Es werden geſucht:

A die Amplitude der reſultirenden Schwingung;

κ die Phaſe der reſultirenden Schwingung;

$\vartheta = \alpha - \kappa$, der Phaſenunterſchied der reſultirenden Schwingung von der Schwingung a;

$\vartheta' = \kappa - \alpha'$, der Phaſenunterſchied der reſultirenden Schwingung von der Schwingung a'.

Man hat:

$$A^2 = a^2 + a'^2 + 2aa' \cos\zeta \tag{1}$$

$$\sin\kappa = \frac{a\sin\alpha + a'\sin\alpha'}{A};\quad \cos\kappa = \frac{a\cos\alpha + a'\cos\alpha'}{A} \tag{2}$$

$$\operatorname{tang}\kappa = \frac{a\sin\alpha + a'\sin\alpha'}{a\cos\alpha + a'\cos\alpha'} \tag{3}$$

$$\sin\vartheta = \frac{a'\sin\zeta}{A};\quad \cos\vartheta = \frac{a + a'\cos\zeta}{A} \tag{4}$$

$$\sin\vartheta' = \frac{a\sin\zeta}{A};\quad \cos\vartheta' = \frac{a' + a\cos\zeta}{A} \tag{5}$$

(Es iſt nöthig, von κ, ϑ, ϑ' ſowohl Sinus als Coſinus mitzutheilen, um die Wahl zwiſchen dem doppelten Werthe, den jeder Sinus oder Coſinus für ſeinen zugehörigen Winkel zuläßt, zu beſtimmen).

2) Zerlegung einer geradlinigen Schwingung in zwei andere geradlinige Schwingungen, welche mit ihr parallel oder gleich gerichtet ſind.

Die Buchſtaben mögen dieſelbe Bedeutung als unter 1) haben, ſo daß A, κ ſich auf die totale oder zu zerlegende Schwingung, a, a', α, α' ſich auf die Seitenſchwingungen, in welche die Zerlegung erfolgen ſoll, beziehen.

Die Zerlegung kann auf 4 verſchiedene Weiſen geſchehen:

a) in zwei Seitenſchwingungen von beliebig gegebener Phaſe, wo dann bloß die Amplituden derſelben zu ſuchen ſind;

b) in zwei Seitenſchwingungen von beliebig gegebener Amplitude, wo bloß die Phaſen derſelben zu ſuchen ſind;

c) in zwei Seitenſchwingungen, bei deren einer die Amplitude und Phaſe gegeben iſt, ſo daß ſie bloß bei der andern zu ſuchen iſt;

d) in zwei Seitenſchwingungen, bei deren einer die Amplitude, aber nicht die Phaſe, bei der andern die Phaſe aber nicht die Amplitude gegeben iſt.

a) Zerlegung in zwei Seitenſchwingungen von gegebener Phaſe.

Gegeben: $A, \varkappa, \alpha, \alpha', \vartheta, \vartheta', \zeta$; **geſucht:** a, a'.

Man hat:

$$\left.\begin{aligned} a &= \frac{A \sin(\varkappa - \alpha')}{\sin(\alpha - \alpha')} = \frac{A \sin \vartheta'}{\sin \zeta} \\ a' &= \frac{A \sin(\alpha - \varkappa)}{\sin(\alpha - \alpha')} = \frac{A \sin \vartheta}{\sin \zeta} \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

b) Zerlegung in zwei Seitenſchwingungen von gegebener Amplitude.

Gegeben: $A, \varkappa, a, a'$; **geſucht:** $\zeta, \vartheta, \vartheta', \alpha, \alpha'$.

Man hat:

$$\cos \zeta = \frac{A^2 - a^2 - a'^2}{2 a a'}; \ \sin \zeta = \pm \sqrt{1 - \cos^2 \zeta} \qquad (7)$$

$$\cos \vartheta = \frac{A^2 + a^2 - a'^2}{2 A a}; \ \sin \vartheta = \frac{a' \sin \zeta}{A} \qquad (8)$$

$$\cos \vartheta' = \frac{A^2 + a'^2 - a^2}{2 A a'}; \ \sin \vartheta' = \frac{a \sin \zeta}{A} \qquad (9)$$

$$\alpha = \varkappa + \vartheta; \ \alpha' = \varkappa - \vartheta'$$

Das doppelte Vorzeichen des Werthes von $\sin \zeta$ entſpricht zwei möglichen Auflöſungen. Damit die Zerlegung überhaupt möglich ſei, muß A kleiner als $a + a'$ ſein, ſonſt würde man $\cos \zeta > 1$ finden.

c) Zerlegung in zwei Seitenſchwingungen, bei denen Amplitude und Phaſe bloß für eine Schwingung gegeben iſt.

Gegeben: $A, \varkappa, a, \alpha, \vartheta$; **geſucht:** $a', \vartheta', \zeta, \alpha'$.

Man hat:

$$a'^2 = A^2 + a^2 - 2 a A \cos \vartheta \qquad (10)$$

$$\sin \vartheta' = \frac{a}{a'} \sin \vartheta; \ \cos \vartheta' = \frac{A - a \cos \vartheta}{a'} \qquad (11)$$

$$\sin \zeta = \frac{A}{a'} \sin \vartheta; \ \cos \zeta = \frac{A \cos \vartheta - a}{a'} \qquad (12)$$

$$\alpha' = \varkappa - \vartheta \qquad (13)$$

d) Zerlegung in zwei Seitenſchwingungen, bei deren einer die Amplitude, bei der andern die Phaſe gegeben iſt.

Gegeben: $A, \varkappa, a, \alpha', \vartheta'$; **geſucht:** $a', \alpha, \vartheta, \zeta$.

Man hat:

$$a' = A \cos \vartheta' \pm \sqrt{a^2 - A^2 \sin^2 \vartheta'} \qquad (14)$$

$$\sin \vartheta = \frac{a' \sin \vartheta'}{a}; \quad \cos \vartheta = \frac{A - a' \cos \vartheta'}{a} \qquad (15)$$

$$\sin \zeta = \frac{A \sin \vartheta'}{a}; \quad \cos \zeta = \frac{A \cos \vartheta' - a'}{a} \qquad (16)$$

$$\alpha = \varkappa + \vartheta \qquad (17)$$

Das doppelte Vorzeichen im Werthe von a' entſpricht zwei möglichen Auflöſungen.

3) Zuſammenſetzung zweier, einen beliebigen Winkel mit einander bildenden, geradlinigen Schwingungen von gleicher Phaſe.

Die reſultirende Schwingung iſt jedenfalls wieder geradlinig und von gleicher Phaſe mit den Seitenſchwingungen.

Gegeben: m und n die Amplituden beider Seitenſchwingungen;
μ und ν die Winkel ihrer Richtungen mit einer gegebenen fixen Richtung, nach derſelben Seite von dieſer fixen Richtung an gezählt;
$\delta = \mu - \nu$ ihr gegenſeitiger Neigungswinkel.

Geſucht: M die Amplitude der reſultirenden Schwingung;
$\mathfrak{M}$ der Winkel ihrer Richtung mit der gegebenen fixen Richtung, nach derſelben Seite als μ und ν gezählt;
$\varepsilon = \mu - \mathfrak{M}$ der Winkel ihrer Richtung mit der Richtung der Seitenſchwingung m;
$\varepsilon' = \mathfrak{M} - \nu$ der Winkel ihrer Richtung mit der Richtung der Seitenſchwingung n.

Man hat zur Beſtimmung von M, $\mathfrak{M}$, ε, ε' ganz dieſelben Formeln, als unter 1), wenn man den Buchſtaben, die in den dort gegebenen Formeln vorkommen, reſpectiv die hier darunter geſetzten ſubſtituirt:

$$\begin{array}{ccccccccc} A. & a. & a'. & \alpha. & \alpha'. & \vartheta. & \vartheta'. & \varkappa. & \zeta. \\ M. & m. & n. & \mu. & \nu. & \varepsilon. & \varepsilon'. & \mathfrak{M}. & \delta. \end{array}$$

4) Zerlegung einer geradlinigen Schwingung in zwei andere, einen beliebigen Winkel damit bildende von gleicher Phaſe.

Wenn die Buchſtaben m, n, M ꝛc. dieſelbe Bedeutung haben als unter 3), ſo hat man zu Beſtimmung der geſuchten Größen ganz dieſelben Formeln als unter 2), wenn man wiederum den Buchſtaben, die in den dort gegebenen Formeln vorkommen, die wie oben darunter geſetzten ſubſtituirt.

5) Zuſammenſetzung zweier auf einander rechtwinklicher geradliniger Schwingungen von beliebigen Phaſen.

Die reſultirende Schwingung iſt im Allgemeinen eine elliptiſche, die jedoch unter beſondern Verhältniſſen ſich auf eine geradlinige oder kreisförmige reduciren kann.

Der Ort des Äthertheilchens in ſeiner Bahn im Augenblicke der Interferenz kann entweder durch rechtwinkliche Coordinaten x, y, oder durch Polcoordinaten p, φ, oder durch die Phaſe Q beſtimmt werden.

Directe Drehung des Äthertheilchens heiße die, wo das Theilchen ſich in der Richtung von den poſitiven x nach den poſitiven y hinbewegt, oder nach derſelben Richtung, nach welcher der Winkel φ gezählt wird; umgekehrte Drehung die, wo die Drehung in der Richtung von den poſitiven x nach den negativen y erfolgt, oder in entgegengeſetzter Richtung, als nach welcher φ gezählt wird.

Gegeben: a und b die Amplituden beider Seitenſchwingungen;
α und β ihre reſpectiven Phaſen;
$\gamma = \alpha - \beta$ ihr Phaſenunterſchied.

Geſucht: r und r' die halbe große und die halbe kleine Axe der reſultirenden Ellipſe;
$i^2 = r^2 + r'^2$ die Intenſität der reſultirenden Ellipſe;
ψ der kleinſte der beiden poſitiven Winkel, welche die große Halbaxe mit der Richtung a, und mithin die kleine Halbaxe mit der darauf ſenkrechten Richtung b macht, nach derſelben Seite gezählt als φ und φ';
x und y die rechtwinklichen Coordinaten des Äthertheilchens, den Ruhepunct als Anfang geſetzt, und die poſitive Axe der x in die Richtung a, die poſitive Axe der y in die Richtung b nach der Seite fallend gedacht, wo der Anfang der Schwingungen a und b angenommen wird.
p der Radius vector der Ellipſe;
φ der Winkel, den der Radius vector der Ellipſe mit der Richtung der poſitiven x nach der Seite der poſitiven y macht;
φ' der Winkel, den der Radius vector der Ellipſe nach derſelben Seite mit der großen Halbaxe macht;
q die Phaſe der Ellipſe;

Die Gleichung der Ellipſe in rechtwinklichen Coordinaten x, y, oder Polcoordinaten p, φ oder p, φ'.

Die Richtung der erfolgenden Drehung.

Zu bemerken iſt, daß a, a', p ſtets poſitiv ſind.

Größe und Lage der Ellipſenaxen.

$$\left.\begin{aligned} r^2 &= \frac{a^2 + b^2}{2} + \frac{\sqrt{(a^2 - b^2)^2 + 4a^2b^2\cos^2\gamma}}{2} \\ r'^2 &= \frac{a^2 + b^2}{2} - \frac{\sqrt{(a^2 - b^2)^2 + 4a^2b^2\cos^2\gamma}}{2} \end{aligned}\right\} \quad (18)$$

oder, wenn man ψ ſchon nach den unten folgenden Formeln beſtimmt hätte:

$$\left.\begin{aligned} r^2 &= \frac{a^2 + b^2}{2} + \frac{a^2 - b^2}{2\cos 2\psi} \\ r'^2 &= \frac{a^2 + b^2}{2} - \frac{a^2 - b^2}{2\cos 2\psi} \end{aligned}\right\} \quad (19)$$

$$i^2 = a^2 + b^2 \quad (20)$$

$$\sin 2\psi = \frac{2ab\cos\gamma}{r^2 - r'^2};\ \cos 2\psi = \frac{a^2 - b^2}{r^2 - r'^2} \qquad (21)$$

$$\operatorname{tang} 2\psi = \frac{2ab\cos\gamma}{a^2 - b^2} \qquad (22)$$

Coordinaten, Phaſe und Drehungsrichtung der elliptiſchen Schwingung.

$$x = a\cos\alpha;\ y = b\cos\beta \qquad (23)$$

$$p^2 = a^2\cos^2\alpha + b^2\cos^2\beta \qquad (24)$$

$$\sin\varphi = \frac{b\cos\beta}{p};\ \cos\varphi = \frac{a\cos\alpha}{p} \qquad (25)$$

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{b\cos\beta}{a\cos\alpha} \qquad (26)$$

$$\varphi' = \varphi - \psi \qquad (27)$$

$$\sin q = \frac{a\cos\psi\sin\alpha + b\sin\psi\sin\beta}{t} = \frac{p}{r'}\sin\varphi' \qquad (28)$$

$$\cos q = \frac{a\cos\psi\cos\alpha + b\sin\psi\cos\beta}{t} = \frac{p}{r}\cos\varphi' \qquad (29)$$

$$\operatorname{tang} q = \frac{a\cos\psi\sin\alpha + b\sin\psi\sin\beta}{a\cos\psi\cos\alpha + b\sin\psi\cos\beta} = \frac{r}{r'}\operatorname{tang}\varphi' \qquad (30)$$

worin t ein poſitiver Werth iſt, der durch folgende Gleichung beſtimmt wird:

$$t^2 = a^2\cos^2\psi + b^2\sin^2\psi + ab\sin 2\psi\cos(\alpha - \beta) \qquad (31)$$

Die Drehung iſt direct, wenn $\alpha - \beta$ poſitiv und zugleich $< 180°$; desgleichen, wenn $\beta - \alpha$ poſitiv und zugleich $> 180°$.

Die Drehung iſt umgekehrt, wenn $\alpha - \beta$ poſitiv und zugleich $> 180°$; desgleichen, wenn $\beta - \alpha$ poſitiv und zugleich $< 180°$.

Iſt $\alpha - \beta = 0$ oder $= \pm 180°$, ſo wird die Schwingung geradlinig, und es iſt keine entgegengeſetzte Drehung mehr zu unterſcheiden.

Die Regeln wegen der Richtung der Drehung laſſen ſich einfacher auch ſo ausſprechen:

Die Drehung iſt direct, wenn $\sin(\alpha - \beta)$ poſitiv iſt, dagegen umgekehrt, wenn $\sin(\alpha - \beta)$ negativ iſt.

Gleichung der Ellipſe.

$$\left(\frac{x}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right)^2 - \frac{2xy}{ab}\cos\gamma = \sin^2\gamma \qquad (32)$$

$$\text{oder } p^2 = \frac{a^2 b^2 \sin^2\gamma}{a^2\sin^2\varphi + b^2\cos^2\varphi - ab\sin 2\varphi\cos\gamma} \qquad (33)$$

$$\text{oder } p^2 = \frac{a^2 b^2 \sin^2\gamma}{a^2\sin^2(\varphi' + \psi) + b^2\cos^2(\varphi' + \psi) - ab\sin 2(\varphi' + \psi)\cos\gamma} \qquad (34)$$

Die Schwingung wird geradlinig, wenn $\sin\gamma = 0$; kreisförmig, wenn $a = b$ und zugleich $\sin\gamma = 1$.

6) Zerlegung einer elliptiſchen Schwingung in zwei auf einander ſenkrechte geradlinige Schwingungen.

Die Buchſtaben haben dieſelbe Bedeutung als unter 5); die Gleichung der Ellipſe in Polcoordinaten iſt gegeben durch:

$$p^2 = \frac{r^2\, r'^2}{r^2 \sin^2 \varphi' + r'^2 \cos^2 \varphi'} \tag{35}$$

Damit die Zerlegung unabhängig von der Phaſe eine beſtimmte ſei, muß außer r, r′, φ′ noch gegeben ſein eine der folgenden Größen: ψ, γ, a, b. Hiedurch ergeben ſich folgende Zerlegungsweiſen:

a) Zerlegung in zwei Seitenſchwingungen von gegebenem Winkel mit den Axen.

Gegeben: der Winkel ψ, außerdem r, r', φ', q, p.

Geſucht: a, b, γ, α, β, φ.

$$a^2 = r^2 \cos^2 \psi + r'^2 \sin^2 \psi = \frac{r^2 + r'^2}{2} + \frac{(r^2 - r'^2) \cos 2\psi}{2} \tag{36}$$

$$b^2 = r^2 \sin^2 \psi + r'^2 \cos^2 \psi = \frac{r^2 + r'^2}{2} - \frac{(r^2 - r'^2) \cos 2\psi}{2} \tag{37}$$

$$\cos \gamma = \frac{(a^2 - b^2) \operatorname{tang} 2\psi}{2ab} =$$

$$\frac{(r^2 - r'^2) \sin 2\psi}{\sqrt{(r^2 + r'^2)^2 - (r^2 - r'^2)^2 \cos^2 2\psi}} \tag{38}$$

$$\cos \alpha = \frac{p \cos(\varphi' + \psi)}{a} = \frac{r \cos q \cos \psi - r' \sin q \sin \psi}{a} \tag{39}$$

$$\cos \beta = \frac{p \sin(\varphi' + \psi)}{b} = \frac{r' \sin q \cos \psi + r \cos q \sin \psi}{b} \tag{40}$$

$$\varphi = \varphi' + \psi \tag{41}$$

Die Phaſen α und β, ſo wie ihr Unterſchied γ, ſind jede eines doppelten Werthes fähig, je nachdem man $\sin \alpha$, $\sin \beta$, $\sin \gamma$ poſitiv oder negativ nimmt.

Für den Fall, daß $\psi = 0$, hat man: $a = r$, $b = r'$, $\gamma = 90°$.

b) Zerlegung in zwei Seitenſchwingungen von gegebenem Phaſenunterſchiede.

Gegeben: der Phaſenunterſchied γ, außerdem r, r', φ', q, p.

Geſucht: a, b, ψ, α, β.

$$a^2 = \frac{r^2 + r'^2}{2} \pm \frac{\sqrt{(r^2 + r'^2)^2 - 4 r^2 r'^2 \operatorname{cosec}^2 \gamma}}{2} \tag{42}$$

$$b^2 = \frac{r^2 + r'^2}{2} \mp \frac{\sqrt{(r^2 + r'^2)^2 - 4 r^2 r'^2 \operatorname{cosec}^2 \gamma}}{2} \tag{43}$$

$$\operatorname{tang} 2\psi = \frac{2ab \cos \gamma}{a^2 - b^2} \tag{44}$$

$$= \frac{2 r r' \cos \gamma}{\sqrt{(r^2 + r'^2)^2 \sin^2 \gamma - 4 r^2 r'^2}} \tag{45}$$

$\cos \alpha$ und $\cos \beta$ wie unter a).

Damit die Zerlegung möglich ſei, muß man haben:

$$\sin^2 \gamma = \text{oder} > \left(\frac{2\,r\,r'}{r^2 + r'^2}\right)^2 \tag{46}$$

Im Falle der Gleichheit iſt:

$$a^2 = b^2 = \frac{r^2 + r'^2}{2}; \text{ und } \psi = 45^\circ.$$

e) Zerlegung in zwei Seitenſchwingungen, von deren einer die Amplitude gegeben iſt.

Gegeben: die Amplitude a, außerdem r, r', φ', q, p.

Geſucht: b, ψ, γ, α, β.

$$b^2 = r^2 + r'^2 - a^2 \tag{47}$$

$$\cos 2\psi = \frac{2a^2 - (r^2 + r'^2)}{r^2 - r'^2} \tag{48}$$

$$\sin 2\psi = \pm \frac{2\sqrt{a^2\,(r^2 + r'^2 - a^2) - r^2\,r'^2}}{r^2 - r'^2} \tag{49}$$

$$\cos \gamma = \frac{2a^2 - (r^2 + r'^2)}{2a\sqrt{r^2 + r'^2 - a^2}} \operatorname{tang} 2\psi$$

$$= \pm \frac{\sqrt{a^2\,(r^2 + r'^2 - a^2) - r^2\,r'^2}}{a\sqrt{r^2 + r'^2 - a^2}} \tag{50}$$

$\cos\alpha$ und $\cos\beta$ wie unter a).

Die oberen Zeichen in den Werthen von $\sin 2\psi$ und $\cos\gamma$ gehören zuſammen, und eben ſo die unteren.

Dieſe doppelten Vorzeichen entſprechen zwei möglichen Auflöſungen.

Damit die Zerlegung überhaupt möglich ſei, muß man nehmen $a =$ oder $< r$.

7) Zuſammenſetzung zweier, einen beliebigen Winkel mit einander bildenden, geradlinigen Schwingungen von beliebiger Phaſe zu einer elliptiſchen Schwingung.

Gegeben: m die Amplitude der einen Schwingung;

μ ihre Phaſe;

δ der Winkel derſelben mit einer angenommenen fixen Richtung;

n, ν, ε daſſelbe reſpectiv für die andere Schwingung;

Die Winkel δ und ε ſind nach derſelben Seite von der fixen Richtung an genommen.

Geſucht: r, r', i^2, ψ, p, φ, φ', q.

Dieſe Buchſtaben haben hier dieſelbe Bedeutung als unter 5), mit der Bemerkung, daß die Winkel ψ, φ, die dort auf die Richtung a bezogen wurden, hier auf die gegebene fixe Richtung zu beziehen ſind.

Hier werden r, r', ψ durch die unter 5) gegebenen Formeln beſtimmt, worin a, b und $\cos\gamma$ auf folgende Weiſe von den gegebenen Größen abhängen:

$$a^2 = m^2 \cos^2 \delta + n^2 \cos^2 \varepsilon + 2 m n \cos \delta \cos \varepsilon \cos (\mu - \nu) \qquad (51)$$

$$b^2 = m^2 \sin^2 \delta + n^2 \sin^2 \varepsilon + 2 m n \sin \delta \sin \varepsilon \cos (\mu - \nu) \qquad (52)$$

$$a^2 + b^2 = m^2 + n^2 + 2 m n \cos (\delta - \varepsilon) \cos (\mu - \nu) \qquad (53)$$

$$a^2 - b^2 = m^2 \cos 2\delta + n^2 \cos 2\varepsilon + 2 m n \cos (\delta + \varepsilon) \cos (\mu - \nu) \qquad (54)$$

$$\cos \gamma = \frac{m^2 \sin 2\delta + n^2 \sin 2\varepsilon + 2 m n \sin (\varepsilon + \delta) \cos (\mu - \nu)}{2 a b} \qquad (55)$$

Zur Beſtimmung von i, p, φ, φ′, q hat man folgende Formeln:

$$i^2 = a^2 + b^2$$

$$p^2 = a^2 (m \cos \delta \cos \mu + n \cos \varepsilon \cos \nu)^2 + b^2 (m \sin \delta \cos \mu + n \sin \varepsilon \cos \nu)^2 \qquad (56)$$

$$\left.\begin{aligned} \sin \varphi &= \frac{m \sin \delta \cos \mu + n \sin \varepsilon \cos \nu}{p} \\ \cos \varphi &= \frac{m \cos \delta \cos \mu + n \cos \varepsilon \cos \nu}{p} \end{aligned}\right\} \qquad (57)$$

$$\varphi' = \varphi - \psi \qquad (58)$$

$$\left.\begin{aligned} &\sin q = \frac{p}{r'} \sin \varphi'; \quad \cos q = \frac{p}{r} \cos \varphi'; \\ &\operatorname{tang} q = \frac{r}{r'} \operatorname{tang} \varphi' \end{aligned}\right\} \qquad (59)$$

Die Drehung geſchieht nach der Richtung, nach welcher die Winkel φ, δ, ε gezählt werden, oder nach der entgegengeſetzten, je nachdem

$$\sin (\varepsilon - \delta) \sin (\mu - \nu) \qquad (60)$$

poſitiv oder negativ iſt.

Damit die Winkel, welche die Seitenſchwingungen unter einander bilden, halbirt werden von den Axen der Ellipſe, muß man haben $a = b$.

Damit die reſultirende Schwingung kreisförmig werde, muß man, wenn $\cos (\mu - \nu) = 0$, noch überdies haben $\cos 2 (\delta - \varepsilon) = -\frac{m^4 + n^4}{2 m^2 n^2}$; oder, wenn $m = n$, muß man haben: $\cos (\delta - \varepsilon) = - \cos (\nu - \mu)$.

Damit $r^2 + r'^2 = m^2 + n^2$, iſt erfoderlich und hinreichend, daß $\cos (\delta - \varepsilon) \cos (\mu - \nu) = 0$.

Allgemeine Zerlegungsformeln, welche den hier betrachteten Fällen der Zuſammenſetzung entſprechen, laſſen ſich nicht wohl geben, indem die Herleitung derſelben auf Gleichungen des 4. Grades führen würde.

8) Zuſammenſetzung zweier kreisförmigen Schwingungen.

Gegeben: r und ρ die Radien beider kreisförmigen Seitenſchwingungen;

i^2 und $\iota^2 = 2 r^2$ und $2 \rho^2$ ihre reſpectiven Intenſitäten;

η und q ihre reſpectiven Phaſen, von den in beiden Kreiſen ſich correſpondirenden Puncten an gezählt, wo eine in beliebiger Richtung durch den Mittelpunct der Kreiſe gelegte fixe geradlinige Richtung die Kreiſe auf derſelben Seite vom Mittelpuncte ſchneidet. Wenn man will, kann man beliebig η oder $q = 0$ ſetzen, indem man die fixe Richtung ſo annimmt, daß dieſer Bedingung Genüge geſchieht.

Geſucht: $R, R', J^2, \Psi', P, \Phi, \Phi', Q$.

Dieſe Buchſtaben haben hier dieſelbe Bedeutung als die entſprechenden kleinen Buchſtaben unter 5), mit der Bemerkung, daß die Winkel Ψ', Φ, die dort auf die Richtung a bezogen ſind, hier eben ſo auf die fixe Richtung bezogen werden.

a) Für den Fall, daß beide Schwingungen derſelben Richtung folgen.

$$R^2 = R'^2 = P^2 = r^2 + \rho^2 + 2 r \rho \cos (q - \mathfrak{q}) \qquad (61)$$

$$J^2 = \mathfrak{i}^2 + i^2 + 2 \mathfrak{i} i \cos (q - \mathfrak{q}) \qquad (62)$$

$$\Psi' = 0 \qquad (63)$$

$$\sin \Phi = \frac{r \sin q + \rho \sin \mathfrak{q}}{R}; \cos \Phi = \frac{r \cos q + \rho \cos \mathfrak{q}}{R} \qquad (64)$$

Die reſultirende Schwingung iſt alſo jedenfalls wieder kreisförmig.

Die Drehungsrichtung iſt dieſelbe als in den Seitenſchwingungen.

Zählt man Q von der gegebenen fixen Richtung an, ſo iſt $Q = \Phi$;

Für $r = \rho$ hat man: $\Phi = \frac{q + \mathfrak{q}}{2}$

Für $q = \mathfrak{q}$ hat man: $\Phi = q = \mathfrak{q}$; $R = r + \rho$.

Der reſultirende Radius R iſt gleich der Summe der Seitenradien r und ρ, wenn $q - \mathfrak{q} = \pm 90°$; gleich der Differenz derſelben, wenn $q - \mathfrak{q} = \pm 180°$, mithin die reſultirende Amplitude ſowohl als Intenſität 0, wenn, während der Phaſenunterſchied der Seitenſchwingungen $= \pm 180°$, zugleich $r = \rho$. Die reſultirende Intenſität $(J = 2 R^2)$ iſt gleich der Summe der Seitenintenſitäten $(2 r^2 + 2 \rho^2)$, wenn $q - \mathfrak{q} = \pm 90°$.

b) Für den Fall, daß beide Schwingungen einander entgegengeſetzter Richtung folgen.

$$R = r + \rho; R' = r - \rho; J^2 = \mathfrak{i}^2 + i^2 \qquad (65)$$

$$\Phi = \frac{q - \mathfrak{q}}{2} \qquad (66)$$

$$P^2 = r^2 + \rho^2 + 2 r \rho \cos (q + \mathfrak{q}) \qquad (67)$$

$$\sin \Phi = \frac{r \sin q - \rho \sin \mathfrak{q}}{P}; \cos \Phi = \frac{r \cos q + \rho \cos \mathfrak{q}}{P} \qquad (68)$$

$$\Phi' = \Phi - \Psi'; Q = \frac{q + \mathfrak{q}}{2} \qquad (69)$$

Die Schwingung iſt alſo elliptiſch und wird für $r = \rho$ geradlinig. Die Drehungsrichtung folgt der Schwingung vom Radius r oder ρ, je nachdem $r >$ oder $< \rho$. Die Intenſität iſt vom Phaſenunterſchiede unabhängig.

9) Zerlegung einer kreisförmigen Schwingung in zwei andere kreisförmige, nach derſelben Richtung mit der urſprünglichen gehende, Schwingungen.

Gegeben: R und Q, außerdem 2 beliebige von folgenden 4 Größen: $r, \rho, q, \mathfrak{q}$.

Geſucht: Die beiden andern der letzten 4 Größen.

Die Buchſtaben haben dieſelbe Bedeutung als unter 8), mit der Bemerkung, daß q und $\mathfrak{q}$ von derſelben beliebig gewählten fixen Richtung an gezählt werden *), von welcher Q gezählt wird.

Es finden hier dieſelben Formeln Statt als unter 2), wenn man die dort vorkommenden Buchſtaben mit den reſpectiv hier darunter geſetzten vertauſcht.

$$\begin{array}{ccccccccc} A. & a. & a'. & \alpha. & \alpha'. & \vartheta. & \vartheta' & u. & \zeta. \\ R. & r. & \rho. & q. & \mathfrak{q}. & (q-Q). & (Q-\mathfrak{q}). & Q. & (q-\mathfrak{q}). \end{array}$$

10) Zerlegung einer elliptiſchen Schwingung in zwei kreisförmige von entgegengeſetzter Richtung.

Gegeben: R, R', J^2, Ψ, Q.

Geſucht: r, ρ, $\mathfrak{i}^2$, i^2, q, $\mathfrak{q}$.

$$r = \frac{R + R'}{2}; \quad \rho = \frac{R - R'}{2} \tag{70}$$

$$\mathfrak{i}^2 = \frac{J^2 + 2RR'}{2}; \quad i^2 = \frac{J^2 - 2RR'}{2} \tag{71}$$

$$q = \frac{Q + \Psi}{2}; \quad \mathfrak{q} = \frac{Q - \Psi}{2} \tag{72}$$

Eine elliptiſche Schwingung läßt ſich nur auf eine einzige Art in zwei kreisförmige von entgegengeſetzter Richtung zerlegen.

11) Zuſammenſetzung einer geradlinigen und einer kreisförmigen zu einer elliptiſchen Schwingung.

Die Phaſe der kreisförmigen Schwingung werde von demjenigen Durchſchnittspuncte derſelben mit der geradlinigen Schwingung an gezählt, welcher dem Anfang der Phaſe der geradlinigen Schwingung zunächſt liegt.

Gegeben: a die Amplitude, a^2 die Intenſität, α die Phaſe der geradlinigen Schwingung;

ρ der Radius, i^2 die Intenſität, f die Phaſe der kreisförmigen Schwingung;

$k = f - \alpha$ der Phaſenunterſchied beider Schwingungen.

Geſucht: R, R', J^2, Ψ, P, ϑ, ϑ', Q, wo dieſe Buchſtaben dieſelbe Bedeutung haben, als die entſprechenden kleinen Buchſtaben unter 5), und die Winkel Ψ, ϑ ebenfalls auf die Richtung a zu beziehen ſind.

Man hat:

$$R^2 = \frac{a^2 + 2\rho^2 + 2a\rho\cos k}{2} + \frac{a\sqrt{a^2 + 4\rho^2 + 4a\rho\cos k}}{2} \tag{73}$$

$$R'^2 = \frac{a^2 + 2\rho^2 + 2a\rho\cos k}{2} - \frac{a\sqrt{a^2 + 4\rho^2 + 4a\rho\cos k}}{2} \tag{74}$$

$$J^2 = a^2 + i^2 + 2a\rho\cos k \tag{75}$$

---

*) Oder vielmehr von den correſpondirenden Durchſchnittspuncten dieſer fixen Richtung mit den Kreiſen.

$$\sin 2\psi = \frac{2a\rho \sin k}{R^2 - R'^2};\ \cos 2\psi = \frac{a^2 + 2a\rho \cos k}{R^2 - R'^2} \qquad (76)$$

$$\operatorname{tang} 2\psi = \frac{2\rho \sin k}{a + 2\rho \cos k} \qquad (77)$$

$$P^2 = \rho^2 + a^2 \cos^2 \alpha + 2a\rho \cos \alpha \cos f \qquad (78)$$

$$\sin \varphi = \frac{\rho \sin f}{P};\ \cos \varphi = \frac{\rho \cos f + a \cos \alpha}{P} \qquad (79)$$

$$\varphi' = \varphi - \psi \qquad (80)$$

$$\sin Q = \frac{P}{R'} \sin \varphi';\quad \cos Q = \frac{P}{R} \cos \varphi' \qquad (81)$$

Die Drehung geſchieht nach derſelben Richtung, nach welcher φ und φ' gezählt werden, oder nach entgegengeſetzter Richtung, je nachdem $\rho + a \cos k$ poſitiv oder negativ iſt.

Die reſultirende Schwingung iſt im Allgemeinen elliptiſch, ſie wird aber geradlinig und ihre Amplitude $= a$, wenn $\cos k = -\frac{\rho}{a}$; kreisförmig, mit dem Radius $= \frac{a}{2}$ oder der Intenſität $\frac{a^2}{2}$, wenn $\cos k = -\frac{a^2 + 4\rho^2}{4a\rho}$.

Die reſultirende Intenſität J^2 iſt gleich der Summe der Seitenintenſitäten, wenn $k = \pm 90°$; geringer als die Summe dieſer Intenſitäten, wenn $\cos k$ negativ, größer, wenn $\cos k$ poſitiv iſt; gleich der bloßen Intenſität a^2, wenn $\cos k = -\frac{\rho}{a}$; gleich der bloßen Intenſität 1^2, wenn $\cos k = -\frac{a}{2\rho}$; null, wenn $\cos k = -\frac{a^2 + 2\rho^2}{2a\rho}$.

Die große Axe fällt mit der Richtung a zuſammen, wenn $k = 0$ und ſteht ſenkrecht darauf, wenn $k = \pm 180°$.

12) Zerlegung einer elliptiſchen Schwingung in eine geradlinige und eine kreisförmige

Die Buchſtaben haben dieſelbe Bedeutung als unter 11).

a) Für einen gegebenen Phaſenunterſchied der geradlinigen und kreisförmigen Schwingung.

Gegeben, R, R', Q, k.
Geſucht: a, ρ, ψ, f, α.

$$a = R \pm R' \qquad (82)$$

$$\rho = \frac{-a \cos k \pm \sqrt{a^2 \cos^2 k + 2(R^2 + R'^2 - a^2)}}{2} \qquad (83)$$

$$\sin 2\psi = \frac{2a\rho \sin k}{R^2 - R'^2};\ \cos 2\psi = \frac{a^2 + 2a\rho \cos k}{R^2 - R'^2} \qquad (84)$$

$$\sin f = \frac{R' \sin Q \cos \psi + R \cos Q \sin \psi}{\rho} \qquad (85)$$

$$\cos f = \frac{R\cos Q\cos\Psi - R'\sin Q\sin\Psi}{\varrho + a\cos k} - a\sin f\sin k \qquad (86)$$

$$\omega = f - k. \qquad (87)$$

b) Für eine gegebene Lage der geradlinigen Schwingung.

Gegeben: R, R', Q, Ψ.

Geſucht: a, ϱ, k, f, ω.

$$a = R \pm R' \qquad (88)$$

$$\varrho^2 = \frac{(R^2 - R'^2)^2}{2a^2} + \frac{a^2}{2} - (R^2\cos^2\Psi + R'^2\sin^2\Psi) \qquad (89)$$

$$\left.\begin{aligned} \sin k &= \frac{(R^2 - R'^2)\sin 2\Psi - a^2}{2a\varrho} \\ \cos k &= \frac{(R^2 - R'^2)\cos 2\Psi - a^2}{2a\varrho} \end{aligned}\right\} \qquad (90)$$

f und ω wie unter 17) a).

c) Für eine gegebene Amplitude der kreisförmigen Schwingung.

Gegeben: R, R', Q, ϱ.

Geſucht: a, Ψ k, f, ω.

$$a = R \pm R' \qquad (91)$$

$$\cos k = \frac{R^2 + R'^2 - a^2 - 2\varrho^2}{2a\varrho} \qquad (92)$$

$$\sin k = \pm\sqrt{1 - \cos^2 k} \qquad (93)$$

$$\sin 2\Psi = \frac{2a\varrho\sin k}{R^2 - R'^2};\ \cos 2\Psi = \frac{a^2 + 2a\varrho\cos k}{R^2 - R'^2} \qquad (94)$$

f und ω wie unter 17) a).

18) Zuſammenſetzung von vier auf einander rechtwinklichen Schwingungen zu einer elliptiſchen Schwingung.

Gegeben: a und a' die Amplituden zweier Seitenſchwingungen, die nach der einen Richtung gehen;

b und b' die Amplituden der beiden Seitenſchwingungen, die nach der darauf ſenkrechten Richtung gehen;

α, α', β, β' die ihnen reſpectiv zugehörigen Phaſen.

Geſucht: R, R', Ψ, X, Y, P, Φ, Φ', Q.

Die geſuchten Buchſtaben haben dieſelbe Bedeutung als die entſprechenden kleinen Buchſtaben unter 5), wobei im jetzigen Falle das auf die gemeinſchaftliche Richtung der a und a' zu beziehen iſt, was unter 5) auf die Richtung a bezogen wurde.

Um nicht zu complicirte Ausdrücke zu erhalten, wollen wir uns der Hülfsgrößen A, B, Γ, π, D bedienen, die wir unten als Functionen der gegebenen Größen ausdrücken werden.

Größe und Lage der Ellipſenaxen.

$$R^2 = \frac{A^2 + B^2}{2} + \frac{\sqrt{(A^2 - B^2)^2 + 4A^2B^2\cos^2\Gamma}}{2} \qquad (95)$$

$$R'^2 = \frac{A^2 + B^2}{2} - \frac{\sqrt{(A^2 - B^2)^2 + 4A^2B^2\cos^2\Gamma}}{2} \qquad (96)$$

$$\sin 2\Psi = \frac{2AB\cos\Gamma}{R^2 - R'^2};\ \cos 2\Psi = \frac{A^2 - B^2}{R^2 - R'^2} \qquad (97)$$

$$\operatorname{tang} 2\Psi = \frac{2AB\cos\Gamma}{A^2 - B^2} \qquad (98)$$

Coordinaten, Phaſe und Drehungsrichtung der elliptiſchen Schwingung.

$$X = A\cos\mathfrak{m};\ Y = B\cos\mathfrak{n} \qquad (99)$$

$$P^2 = A^2\cos^2\mathfrak{m} + B^2\cos^2\mathfrak{n} \qquad (100)$$

$$\sin\Phi = \frac{B\cos\mathfrak{n}}{P},\ \cos\Phi = \frac{A\cos\mathfrak{m}}{P} \qquad (101)$$

$$\Phi' = \Phi - \Psi \qquad (102)$$

$$\sin Q = \frac{A\cos\Psi\sin\mathfrak{m} + B\sin\Psi\sin\mathfrak{n}}{T} = \frac{P}{R'}\sin\Phi' \qquad (103)$$

$$\cos Q = \frac{A\cos\Psi\cos\mathfrak{m} + B\sin\Psi\cos\mathfrak{n}}{T} = \frac{P}{R}\cos\Phi' \qquad (104)$$

$$\operatorname{tang} Q = \frac{A\cos\Psi\sin\mathfrak{m} + B\sin\Psi\sin\mathfrak{n}}{B\cos\Psi\cos\mathfrak{m} + B\sin\Psi\cos\mathfrak{n}} \qquad (105)$$

wo $T^2 = A^2\cos^2\Psi + B^2\sin^2\Psi + AB\sin 2\Psi\cos(\mathfrak{m} - \mathfrak{n})$ (106)

Die Drehung iſt direct oder folgt der Richtung, nach welcher Φ, Φ', Ψ gezählt werden, wenn sin $(\mathfrak{m} - \mathfrak{n})$ poſitiv iſt, umgekehrt, wenn sin $(\mathfrak{m} - \mathfrak{n})$ negativ iſt.

Gleichung der reſultirenden Ellipſe.

$$\left(\frac{X}{A}\right)^2 + \left(\frac{Y}{B}\right)^2 - \frac{2XY}{AB}\cos\Gamma = \sin^2\Gamma \qquad (107)$$

$$P^2 = \frac{A^2B^2\sin^2\Gamma}{A^2\sin^2\Phi + B^2\cos^2\Phi - AB\sin 2\Phi\cos\Gamma} \qquad (108)$$

Die Größen A, B, Γ, $\mathfrak{m}$, $\mathfrak{n}$ und ihre vorkommenden Combinationen ſind folgendermaßen als Functionen der gegebenen Größen beſtimmt:

$$A^2 = a^2 + a'^2 + 2aa'\cos(\alpha - \alpha') \qquad (109)$$

$$B^2 = b^2 + b'^2 + 2bb'\cos(\beta - \beta') \qquad (110)$$

$$A^2 + B^2 =$$
$$a^2 + a'^2 + b^2 + b'^2 + 2aa'\cos(\alpha - \alpha') + 2bb'\cos(\beta - \beta') \qquad (111)$$

$$A^2 - B^2 =$$
$$a^2 + a'^2 - b^2 - b'^2 + 2aa'\cos(\alpha - \alpha') - 2bb'\cos(\beta - \beta') \qquad (112)$$

$$\Gamma = \mathfrak{m} - \mathfrak{n}$$

$$AB\cos\Gamma =$$
$$ab\cos(\alpha - \beta) + ab'\cos(\alpha - \beta') + a'b\cos(\alpha' - \beta) + a'b'\cos(\alpha' - \beta') \qquad (113)$$

$$AB\sin\Gamma =$$
$$ab\sin(\alpha - \beta) + ab'\sin(\alpha - \beta') + a'b\sin(\alpha' - \beta) + a'b'\sin(\alpha' - \beta') \qquad (114)$$

$$\sin\mathfrak{m} = \frac{a\sin\alpha + a'\sin\alpha'}{A};\ \cos\mathfrak{m} = \frac{a\cos\alpha + a'\cos\alpha'}{A} \qquad (115)$$

$$\sin \text{ↄ} = \frac{b \sin \beta + b' \sin \beta'}{B}; \quad \cos \text{ↄ} = \frac{b \cos \beta + b' \cos \beta'}{B} \qquad (116)$$

14) Zuſammenſetzung zweier elliptiſchen Schwingungen zu einer einzigen elliptiſchen Schwingung.

Gegeben: r, r', ψ, φ, φ', p, q für die eine der elliptiſchen Seitenſchwingungen, wo die Buchſtaben dieſelbe Bedeutung haben als unter 5), nur daß man ψ und φ von einer beliebigen fixen Richtung an zählt.

Ferner ϱ, ϱ', ξ, f, f', ϖ, q daſſelbe reſpectiv für die andere elliptiſche Seitenſchwingung, wo ξ und f von derſelben fixen Richtung an und nach derſelben Seite gezählt werden, als ψ und φ.

Geſucht: R und R' die groſe und die kleine Halbaxe der reſultirenden Ellipſe;

Ψ' der Winkel der groſen oder der kleinen Halbaxe der reſultirenden Ellipſe mit der gegebenen fixen Richtung, je nachdem die in den folgenden Formeln vorkommende Gröſze A gröſzer oder kleiner als B iſt;

P der Radius vector der reſultirenden Ellipſe;

Φ der Winkel, den P mit der gegebenen fixen Richtung nach derſelben Seite macht, nach welcher φ und f gezählt werden;

Φ' der Winkel, den P nach eben dieſer Seite mit der groſen Axe der Ellipſe macht;

Q die Phaſe der Ellipſe.

Man hat zur Beſtimmung der geſuchten Gröſzen die unter 13) gegebenen Formeln, worin aber noch a, b, a', b', α, β, α', β' als Functionen der hier gegebenen Gröſzen r, r', ϱ, ϱ' ꝛc. auszudrücken ſind, ſo daß man ſonach, um die geſuchten Gröſzen zu finden, wiederholte Subſtitutionen vornehmen muß.

Man hat:

$$a^2 = r^2 \cos^2 \psi + r'^2 \sin^2 \psi \qquad (117)$$

$$b^2 = r^2 \sin^2 \psi + r'^2 \cos^2 \psi \qquad (118)$$

$$a'^2 = \varrho^2 \cos^2 \xi + \varrho'^2 \sin^2 \xi \qquad (119)$$

$$b'^2 = \varrho^2 \sin^2 \xi + \varrho'^2 \cos^2 \xi \qquad (120)$$

$$a^2 + b^2 = r^2 + r'^2; \quad a^2 - b^2 = (r^2 - r'^2) \cos 2\psi \qquad (121)$$

$$a'^2 + b'^2 = \varrho^2 + \varrho'^2; \quad a'^2 - b'^2 = (\varrho^2 - \varrho'^2) \cos 2\xi \qquad (122)$$

$$\cos \alpha = \frac{p^{*)} \cos(\varphi' + \psi)}{a} = \frac{r \cos q \cos \psi - r' \sin q \sin \psi}{a} \qquad (123)$$

$$\cos \beta = \frac{p \sin(\varphi' + \psi)}{b} = \frac{r' \sin q \cos \psi + r \cos q \sin \psi}{b} \qquad (124)$$

$$\cos \alpha' = \frac{\varpi \cos(f' + \xi)}{a'} = \frac{\varrho \cos q \cos \xi - \varrho' \sin q \sin \xi}{a'} \qquad (125)$$

---

*) p iſt hier durch Formel (25) beſtimmt

$$\cos \beta' = \frac{\varpi \sin (\mathfrak{f}' + \xi)}{b'} = \frac{\varrho' \sin q \cos \xi + \varrho \cos q \sin \xi}{b'} \qquad (126)$$

$$\cos (\alpha - \beta) = \frac{a^2 - b^2}{2\,a\,b} \operatorname{tang} 2\,\psi \qquad (127)$$

$$\cos (\alpha' - \beta') = \frac{a'^2 - b'^2}{2\,a'\,b'} \operatorname{tang} 2\,\xi \qquad (128)$$

Wenn beide Seitenſchwingungen nach derſelben Richtung gehen, muß man $\sin (\alpha - \beta)$ von gleichem Vorzeichen mit $\sin (\alpha' - \beta')$ nehmen, wenn ſie dagegen nach entgegengeſetzter Richtung gehen, vom entgegengeſetzten Vorzeichen.

Die reſultirende Schwingung ſtimmt in der Richtung mit der Schwingung, deren Halbaxen $\mathfrak{r}$ und $\mathfrak{r}'$ ſind, überein, wenn

$$\sin (\aleph - \beth) = \frac{a\,b \sin(\alpha - \beta) + a\,b' \sin(\alpha - \beta') + a'\,b \sin(\alpha' - \beta) + a'\,b' \sin(\alpha' - \beta')}{A^2} \qquad (129)$$

gleiches Vorzeichen mit $\sin (\alpha - \beta)$ hat; dagegen hat ſie die entgegengeſetzte Richtung, wenn das Vorzeichen von $\sin (\aleph - \beth)$ das entgegengeſetzte als von $\sin (\alpha - \beta)$ iſt.

Neunter Abſchnitt.

Lehre von der Wärme.

I. Wärmeleitung, Wärmeſtralung und verſchiedene, die Wärme betreffende, Umſtände.

Wärmeleitungsvermögen der Metalle, von Fiſcher*).

Nach dem Verfaſſer iſt das Leitungsvermögen des Platin und Palladium keine conſtante Größe, ſondern es ändert ſich in ſeinem Verhältniſſe zum Leitungsvermögen anderer Metalle je nach dem Temperaturgrade, dem das erwärmte Ende ausgeſetzt wird, nach der Lage, in der es gehalten wird, ſo wie auch (wofür aber keine Verſuche angeführt ſind) nach der Dicke des angewandten Metalles, ein Umſtand, der z. B. die Beſtimmung von Despretz (Biot IV. 319) über den Werth des Leitungsvermögens des Platins unzuverläſſig machen ſoll; ja der Verfaſſer fand es nicht einmal an derſelben Stelle in der Reihe der Metalle, als Despretz. Die allgemeinen (zum Theil etwas ſonderbaren!) Reſultate, die ſich aus ſeinen Verſuchen ergeben, ſind:

1) Die Ordnung der Metalle hinſichtlich ihres Leitungsvermögens iſt: Silber, Kupfer, gewöhnliches legirtes Gold, Palladium, Platin. Während indeß das Platin und Palladium den anderen genannten Metallen im Leitungsvermögen ſtarker Wärmegrade beträchtlich nachſtehen, ſtehen ſie ihnen in der Fertigkeit, ſchnell ins Glühen zu kommen, voran.

2) Wenn man das Leitungsvermögen von Streifen aus dieſen Metallen ſo vergleicht, daß man das eine Ende derſelben erhitzt, und beobachtet, in welchen Zeiten ſich die Wärme auf gleiche Weiten fortpflanzt, ſo findet man, daß der Unterſchied zwiſchen dem Leitungsvermögen des Platins von dem der drei erſtgenannten Metalle größer ausfällt, wenn das Ende in einer Weingeiſtflamme zum Glühen gebracht, als wenn es bloß mittelſt kochenden Waſſers erhitzt wird.

---

*) Pogg. XIX. 507.

3) Es iſt nicht ohne Einfluß auf die Schnelligkeit der Fortpflanzung der Wärme, insbeſondere beim Platin, wenn das Metall von der Flamme, in der ſein eines Ende erhitzt werden, entfernt wird, in welcher Richtung man es hält, indem ſich die Wärme bei verticaler Richtung weit ſchneller fortpflanzt, wenn das erhitzte Ende nach unten, als wenn es umgekehrt nach Oben gehalten wird *).

4) Die Fortpflanzung der Wärme von dem erhitzten Ende eines Metalles aus nach den entfernten Enden erfolgt bei Weitem ſchneller, wenn dieſes Ende, ſtatt in der Luft durch eine Flüſſigkeit, beſonders durch Waſſer, abgekühlt wird.

Folgende Verſuche werden als Belege dieſer Sätze angeführt, die allerdings nicht mittelſt genauer Inſtrumente, noch unter völlig vergleichbaren Umſtänden, angeſtellt waren.

Zu 1). a) Gleich dünne Streifen von Silber, Gold (welches legirt war), Kupfer, Platin und Palladium wurden, unter ziemlich gleichen Umſtänden, an dem einen Ende der ſchwachen Flamme einer gewöhnlichen Weingeiſtlampe ausgeſetzt und in gleicher Entfernung von dem erhitzten Ende mit der Hand gehalten. Die Wärme theilte ſich nach der angegebenen Ordnung bei den erſten drei Metallen ſchnell der gehaltenen Stelle mit, und erhitzte ſie dergeſtalt, daß ſie kaum mehr gehalten werden konnte; bei den letzteren beiden wurde erſt ſelbſt nach längerer Zeit nur eine ſehr geringe Wärme wahrgenommen; obgleich das der Flamme ausgeſetzte Ende derſelben ſofort hellroth glühte, was wieder bei keinem der erſten der Fall war; d. h. Silber, Gold, Kupfer konnten, ſelbſt an einer von dem erhitzten Ende weit entfernteren Stelle, nicht ſo lange mit der Hand gehalten werden, bis ſie glühend wurden, was beim Platin und Palladium in wenigen Secunden der Fall iſt.

b) Bei fernerer Einwirkung der Hitze pflanzt ſich die Wärme bei den erſten drei Metallen immer weiter fort, ſo daß ſie nur immer entfernter von dem erhitzten Ende gehalten werden können; bei den letzteren beiden hingegen findet dieſes ſehr unbedeutend Statt, ſo daß z. B. nach 10 Minuten langem Glühen der Silberſtreifen kaum noch in der Entfernung von 6 Zoll vom glühenden Ende gehalten werden kann, während das Platin in einer Entfernung von 2 Zoll weit weniger erhitzt iſt.

c) Ganz dieſer Wahrnehmung durch das Gefühl iſt auch das Schmelzen des Wachſes, womit die Metallſtreifen überzogen waren, entſprechend, und hier kann dann das angegebene Verhältniß des Leitungsvermögens beobachtet werden, nach dem die Ordnung der Metalle folgende iſt: Silber, Kupfer, Gold, Palladium und Platin.

d) So wie die Fortpflanzung der Wärme, während des fortgeſetzten Erhitzens an dem einen Ende, ſo erfolgt ſie auch, wie natürlich, in der

---

*) Sollte nicht das Aufſteigen der erhitzten Luft zur Erwärmung der oberen Theile hiebei mitwirken?

erſten Zeit, wenn der Streifen aus der Flamme genommen wird, ſo daß bei einer beſtimmten Entfernung, bei welcher man während des Erhitzens keine Wärme wahrgenommen hat, ſie jetzt ſehr deutlich und nach dem Verhältniß dieſer Entfernung ebenfalls unerträglich werden kann. Auch hier findet der doppelte Unterſchied zwiſchen den erſten dreien und den letzten beiden Metallen Statt, indem dieſe letzteren α) beim Erhitzen bis zum hellen Rothglühen die Wärme kaum bis zur Hälfte der Entfernung zeigen, bis zu welcher ſie beim Silber ꝛc., ſelbſt wenn es nur kurze Zeit der Flamme ausgeſetzt war, wahrgenommen wird, und β) weit ſchneller die Wärme fortpflanzen, wenn das glühende Ende aus der Flamme genommen wird, als ſo lange es in der Flamme bleibt.

Zu 2). Wenn die Enden der mit einander verglichenen Metalle in kochendes Waſſer geſteckt werden, ſo findet man, daß die Weiten, bis zu welchen das Wachs ſchmilzt, bei Platin und den drei erſtgenannten Metallen ſich der Gleichheit mehr nähern, als wenn die Enden in die Flamme geſteckt werden.

Zu 3). Das unter 3) ausgeſprochene Ergebniß kann man bei Anwendung eines beſtimmten Hitzgrades leicht wahrnehmen, wenn man ſchnell mit den Richtungen abwechſelt, indem man, ſobald das erhitzte Ende nach Unten zugekehrt iſt, eine bedeutende Vermehrung der Wärme wahrnimmt, die beim Umkehren nach oben nicht oder ſehr unbedeutend zunimmt, was hingegen wieder bei der erſten Richtung Statt findet. Jedoch erfolgt dieſer Umſtand in den erſten Zeitmomenten.

Zu 4). Wenn ein Platin- oder Silberlöffel ſo lange erhitzt wird, bis der in der Hand gehaltene Stiel eben warm zu werden anfängt, und dann in den Löffel Waſſer gegoſſen wird, ſo theilt ſich die Hitze ſchnell mit, ſo daß der Löffel nicht mehr gehalten werden kann. Hiebei verdient noch beſonders bemerkt zu werden, daß dieſe Fortpflanzung nur dann durch das Waſſer beſchleunigt wird, wenn die Hitze des Löffels nicht den Grad erreicht hat, bei welchem das Waſſer das bekannte Leidenfroſt'ſche Phänomen darſtellt.

Temperatur des aus einem Dampfkeſſel ausſtrömenden Dampfes, von Ewart *).

Wenn Dampf von hoher Temperatur aus einem Dampfbehälter durch eine Öffnung ausſtrömt, ſo erkältet er ſich hiebei, wie bekannt, wegen der Ausdehnung, die er beim Ausſtrömen erfährt, und ein, dicht an die Öffnung des Sicherheitsventiles eines Dampfkeſſels von hohem Druck, in den ausſtrömenden Dampf gehaltenes Thermometer zeigt daher keine ſo hohe Temperatur an, als der Dampf zufolge der, zur Hebung des Ventiles erfoderlichen, Elaſticität im Innern des Keſſels beſitzen muß. So fand **Ewart** bei einer innern Temperatur des Dampfes von 290° F. (143⅓° C.), die Temperatur des aus der Öffnung des Sicherheitsventiles ausſtrömenden Dampfes dicht an der Öffnung bloß 160° F. (71°⅑ C.). Dieſer Umſtand unterliegt keiner Schwierigkeit, dagegen iſt intereſſant, daß nach deſſelben Erfahrung unter gewiſſen Umſtänden die Temperatur des ausſtrömenden Dampfes in einer gewiſſen Entfernung wieder ſteigen kann, wenn man ihn nämlich in ein Rohr mit offener Mündung austreten läßt.

---

*) Philos. Mag. and Ann. T. V. p. 247 oder Pogg. XV. 289.

Ewart hat dies durch folgende Erfahrungen bewieſen: A Figur 87. iſt eine eiſerne Röhre ½ Zoll im Lichten, welche mit dem Dampfkeſſel in Verbindung ſteht, und durch einen Hahn B von gleich großer Öffnung wie die Röhre verſchloſſen iſt. An dieſen Hahn wurde luftdicht ein kupfernes Rohr geſchraubt, 2 Zoll weit und 16 Zoll lang. In dieſes Rohr war das Thermometer D eingelaſſen, ſo daß es gerade vor die Mitte der Öffnung des Hahnes B und ungefähr anderthalb Zoll davon entfernt zu ſtehen kam. Ein zweites Thermometer E war auf gleiche Weiſe nahe an dem andern, ganz offenen Ende des kupfernen Rohres befeſtigt. Die Elaſticität des Dampfes betrug in dem Keſſel ungefähr 58 Pfund (einſchließlich der Atmoſphäre) auf den Quadratzoll, und daher mußte die Temperatur inwendig ungefähr 285° F. betragen. Bei völlig geöffnetem Hahne ſtand nun das Thermometer D auf 212° F., während E auf 232° ſtand und folglich eine Temperaturzunahme von 20° am Ende des Kupferrohres anzeigte.

Nachdem dieſes Rohr fortgenommen worden, wurde ein anderes C (Figur 88.) von gleichem Durchmeſſer und 9 Zoll Länge an den Hahn B geſchraubt. Dies Rohr war, wie beim letzten Verſuche, mit einem Thermometer D verſehen. Das Ende E des Kupferrohres war aber durch eine Platte verſchloſſen, bis auf ein Loch von ungefähr einer Linie im Durchmeſſer, in der Mitte der Platte. Bei ungefähr derſelben Elaſticität und bei geöffnetem Hahne B ſtand das Thermometer D auf 292° F., während ein anderes Thermometer mit ſehr kleiner Kugel, welches, nahe an dem Loche E, in den herausſtrömenden Dampf geſteckt worden war, 185° zeigte.

Man kann mit dem Apparate Fig. 2. zugleich auch Erfahrungen machen, welche unter die Kategorie der Th. I. S. 127 ff. angeführten gehören. Wenn man nämlich eine kleine, an beiden Enden offene, oben zu einer feinen Spitze ausgezogene, Glasröhre F mit der Spitze in den Dampfſtrom ſteckt, während ihr unteres Ende in Queckſilber getaucht iſt, ſo ſteigt das Queckſilber im Rohre F und zwar um ſo höher, je näher es dem Ende E gebracht wird.

Stralwärme.

Einfluß der Oberflächen auf Wärmeſtralung. Einen, vielleicht zu einer nützlichen Anwendung führenden, Beleg für die Wirkung der Beſchaffenheit der Oberflächen auf die Wärmeſtralung liefert folgende Erfahrung von Fox. Zwei gleich große kubiſche Gefäße aus verzinntem Blech, deren Oberfläche bei dem einen glänzend, bei dem andern mit Lampenruß überzogen war, wurden durch Röhren mit einem Dampfkeſſel verbunden und nach 72 Minuten das in ihnen condenſirte Waſſer abgezapft. Es fanden ſich in dem glänzenden Gefäße 5,7 und in dem geſchwärzten 10,2 Cubikzoll Waſſer. Die Temperatur des Dampfes betrug 215° F. (101°,7 C.), die des Gemaches 52° F. (11°,1 C.).

---

*) Ed. J. of sc. Nr. XVIII. p. [illegible] oder Pogg. XV. [illegible]

Phänomen der Stralwärme.

Powell *) führt folgenden intereſſanten Verſuch an: Man ſtelle ein ſchwarz und ein weiß angeſtrichenes Thermometer **) neben einander in kleinem Abſtande von einer leuchtenden Wärmequelle (rothglühende Eiſenſtange, Flamme einer Lampe oder Kerze) auf, und beobachte, um wie viel das eine ſteigt, wenn das andere um eine gegebene Größe, z. B. um einen Grad, ſich erhebt. Mit Beibehaltung der Thermometer in derſelben Stellung wiederhole man nun die Beobachtung mit einem dazwiſchen geſtellten Glasſchirm. Die Ungleichheit im Steigen der Thermometer wird nun jedenfalls größer ſein.

Powell ſieht dieſen Verſuch als einen Beweis an, daß es zwei verſchiedene Arten wärmender Agentien gebe, die in der leuchtenden Wärme vereinigt ſind, und ſich folgendermaßen unterſcheiden: die eine Wärme durchdringt Glas und wirkt auf die Körper gemäß der Dunkelheit ihrer Farbe; die andere durchdringt Glas nicht, und wirkt auf die Körper gemäß des Gefüges ihrer Oberfläche. Die Sonnenwärme ſoll nach dem Verfaſſer nur aus der erſten Art beſtehen; die der leuchtend glühenden Körper aus beiden, und die der nicht leuchtend glühenden Körper bloß aus der letzten. Es ſcheint mir indeß nicht, daß ein Verſuch wie der obige eine ſolche Unterſcheidung zweier Wärmen rechtfertigen könne. Wie viele Arten Lichtes hätte man zu unterſcheiden, wenn man ſich durch jede Trennung eines Strales in verſchiedenartige Lichtportionen (z. B. durch Brechung und Zurückwerfung u. ſ. f.) veranlaßt finden wollte, hier verſchiedene Agentien zu Grunde zu legen.

Über die vorgebliche Polariſation der Stralwärme, von Powell ***).

Berard hat Verſuche angeſtellt †), zufolge deren die Wärmeſtralen unter denſelben Umſtänden als die Lichtſtralen polariſirt werden ſollen.

---

*) Pogg. XXI. 316.

**) Thermometer von gewöhnlicher Empfindlichkeit ſind hinreichend.

***) Edinb. J. of sc. N. S. Vol. III. p. 297; V. 286; im Auszuge in Pogg. XXI. 311.

†) Ann. de Ch. LXXXV. 309; Biot's Lehrb. V. 285 (Originalabhandlung in Mém. d'Arcueil. Vol. III.).

Powell jedoch ſtieß bei Wiederholung dieſer Verſuche mit einem dem Berard'ſchen ähnlichen Apparate theils auf manche Schwierigkeiten, welche ſich der Ausführbarkeit ſolcher Verſuche, um ſichere Reſultate daraus ziehen zu können, entgegenſetzen, und deren größte darin beſteht, daß in allen Fällen das die Wirkungen meſſende Thermometer immer nur eine ſehr geringe Wärmemenge erhält, theils beſtätigten die ſchwachen Wirkungen, die er erhielt, die Berard'ſche Angabe nicht; denn, ſagt er: „was die bloß ſtralende (nicht leuchtende) Wärme betrifft, ſo war es mir unmöglich, irgend einen Unterſchied in den Wirkungen zu bemerken, die Zurückwerfungsebene des zweiten Spiegels mochte im Azimuthe 0° oder 90° von der des erſten ſtehen. Bei der nicht leuchtend glühenden Kugel war in dieſen beiden Stellungen, ſelbſt nach vielmaliger Wiederholung der Verſuche, nicht der geringſte Unterſchied zu beobachten, welcher indeß, bei Anwendung der leuchtenden Wärme einer Lampe, ſicherlich zum Vorſchein kam. Die leuchtend glühende Kugel gab, bei Zwiſchenſtellung eines Glasſchirmes, einen wahrnehmbaren Unterſchied in den beiden rechtwinklichen Azimuthen. Nahm man aber den Schirm fort, ſo ſtieg zwar im Ganzen die Erwärmung, allein jener kleine Unterſchied wurde dadurch nicht vergrößert. Mit einem Worte, gerade der weſentlichſte Theil der Berard'ſchen Reſultate, nämlich der, welcher ſich auf die bloße Wärme bezieht, konnte durch dieſe Verſuche durchaus nicht beſtätigt gefunden werden."

Über den Leidenfroſt'ſchen Verſuch.

Fiſcher[*] hat beobachtet, daß, wenn flüchtige und zuſammengeſetzte Flüſſigkeiten den Leidenfroſt'ſchen Verſuch erleiden, weit mehr Zerſetzung als Verflüchtigung derſelben erfolgt. So ſtellt ſich bei Anwendung von Weingeiſt ſogleich der Geruch der ſogenannten Lampenſäure dar; Äther entwickelt einen ſcharfen, die Reſpirationsorgane ſo wie die Augen ſehr reizenden unſichtbaren Dunſt, die ätheriſchen Öle, und unter dieſen auch Terpentin- und Stein-Öl, entwickeln ſtarke weiße Dämpfe, welche entweder keinen eigenthümlichen, oder einen ganz verſchiedenen von dem des ätheriſchen Öles ſelbſt zeigen. Concentrirte Schwefelſäure entwickelt dicke bläuliche geruchloſe Dämpfe, die ganz unſchädlich zum Athmen ſind und namentlich nicht im Geringſten zum Huſten reizen, was bekanntlich die Dämpfe der unzerſetzten Schwefelſäure in ſo hohem Grade thun[**]). Beim Waſſer allerdings hat Döbereiner, der einen Verſuch in Bezug darauf anſtellte, keine Zerſetzung bemerkt; indeß glaubt Fiſcher, dies könne daher rühren, daß die Beſtandtheile des Waſſers in dem Maße, als ſie ſich zerſetzten, auch wieder ſich verbänden, ſo daß beim Waſſer das Phänomen in einem abwechſelnden Trennen und Verbinden der Beſtandtheile beſtände.

---

[*] Pogg. XIX. 514; XXI. 163.

[**] Der Verfaſſer glaubt, es erfolge Zerſetzung in Sauerſtoff und in vielleicht noch unbekanntes Schwefeloxyd.

Die Angabe Döbereiner's, daß auch das Queckſilber das Leidenfroſt'ſche Phänomen zeige, fand Fiſcher nicht beſtätigt. Nach ihm erfolgt entweder das Verdampfen dieſes Metalles, ob es gleich die Kugelgeſtalt beibehält, ſehr ſchnell, wenn es in den bis über den Siedepunct des Queckſilbers erhitzten Platinlöffel gethan wird, oder es erfolgt unmittelbar eine ſtarke Adhäſion, Amalgamation, wenn der Löffel bis zum ſtarken Glühen erhitzt worden iſt; oder endlich das Queckſilber behält ſeine Kugelgeſtalt und verbunſtet gar nicht oder ſehr unbedeutend, wenn die Temperatur des Löffels niedriger als der Siedepunct des Queckſilbers war, oder, wenn in den ſtark erhitzten Löffel verhältnißmäßig viel Queckſilber gethan wird. Dagegen hat Fiſcher gefunden, daß ſich das Leidenfroſt'ſche Phänomen beſonders leicht bei Anwendung von Flüſſigkeiten, welche flüchtiger als Waſſer ſind, nicht bloß auf erhitzten Metallen, ſondern auch auf erhitztem Glas und Porzellan hervorbringen läßt.

Perkins hat beobachtet, daß, wenn man, nachdem man den Generator der Dampfmaſchine mit einem kleinen Loch durchbohrt hat, denſelben erhitzt, der Dampf durch dies kleine Loch heraustritt, bis das Gefäß rothglühend geworden iſt, wo dann alles Ausſtrömen aufhört, ein Phänomen, welches auf den Leidenfroſt'ſchen Verſuch zurückkommt.

Lechevallier *) hat wahrgenommen, daß auch, wenn man den Dampfkeſſel, in dem ſich das Waſſer befindet, erſt dann durchbohrt, nachdem er ſchon bis zum Rothglühen erhitzt iſt, kein Ausſtrömen von Dampf Statt findet, bis die Temperatur wieder bis zu gewiſſem Grade unter die des Rothglühens herabgekommen iſt, wo dann vermöge der plötzlichen Verwandlung in Dämpfe eine Art Explosion und ein ſtarker Rückſtoß entſteht.

Lechevallier will zugleich gefunden haben, daß die Temperatur des Waſſers, welches in einem glühenden Gefäße den Leidenfroſt'ſchen Verſuch erfährt, niedriger als die des ſiedenden Waſſers iſt; da er jedoch nur nach dem Gefühle der Hand und einem andern indirecten Verfahren, wo der beobachtete Unterſchied ohnehin nicht ſehr bedeutend war, urtheilte, ſo möchte hiedurch die entgegengeſetzte Angabe Döbereiner's (Schweigg. LXXIX. 45), bei dem ein in die Waſſerkugel geſenktes Thermometer zwiſchen 81 und 79° R. ſchwankte, nicht widerlegt werden.

Frei **) glaubt, das Leidenfroſt'ſche Phänomen dadurch erklären zu können, daß der im Berührungspuncte des Waſſertropfens und glühenden Metalles ſich entwickelnde Dampf zwiſchen Metallfläche und Tropfen eine Weile zurückgehalten werde, dadurch eine höhere Temperatur und ſtärkere Elaſticität annehme, ſolchergeſtalt den Tropfen in die Höhe hebe oder wenigſtens ſeine Berührungspuncte mit dem Metall mindere; das verlangſamte Verdampfen des Tropfens aber erklärt der Verfaſſer daher, daß durch die, jedenfalls in gewiſſem Grade Statt findende Verdampfung von der freien Oberfläche des Tropfens in jedem Augenblicke mehr Wärme entzogen werde, als durch die wenigen Berührungspuncte des Tropfens mit dem Metall zugeführt wird, daher ſinke die Temperatur des Tropfens unter den Siedepunct.

---

*) Journ. de Pharmac. 1830. Nov. 666; oder Journ. de ch. méd. 1830. Sept. 540; oder Erdm J. X. 334.

**) Kaſtn. Arch. IV. 57.

Dieſe Erklärung ſcheint mir ſehr ungenügend zu ſein, denn wenn der Tropfen kälter als ſiedendes Waſſer wäre — was jedoch nach Döbereiner's Verſuchen nicht der Fall iſt — ſo würde ſich der unter dem Tropfen ſupponirte Dampf von höherer Elaſticität daran verdichten müſſen und folglich die Wirkung nicht äußern können, die man ihm zuſchreibt; überdies vermag unter keinen Umſtänden eine ſiedende Flüſſigkeit durch die Entwickelung ihrer eigenen Dämpfe ſich unter den Siedepunct abzukühlen, ſondern nur auf dieſem zu behaupten; anderer Umſtände nicht zu gedenken, für welche die angegebene Erklärung keine iſt, z. B. daß Waſſer, welches durch Dinte oder Kohlenſtaub undurchſichtig gemacht iſt, das Leidenfroſt'ſche Phänomen nicht zeigt (Biot V. 367).

Über die Erwärmung des Waſſerſtoffgaſes.

Bei Gelegenheit der Erfahrung von **de la Rive** und **Marcet** (Schweigg. J. LV. 426), daß das Waſſerſtoffgas ſich ſchneller durch eine gleiche Wärmequelle erwärmt, als andere Gasarten, während unter den übrigen Gasarten ſelbſt in dieſer Hinſicht wenig Unterſchied zu bemerken iſt, erinnert **Prevoſt** *) an frühere Verſuche von **Achard** (in den Denkſchriften der Berliner Akademie von 1785), welche zu einem gleichen Ergebniſſe führen.

Über die Grundgeſetze der Wärme und das wahre Maß der Temperaturen, von Schitko **).

Vorausſetzungen, unter welchen nachſtehende Formeln ihre Gültigkeit haben. 1) Ein gegebener Körper dehnt ſich für jeden Wärmegrad nicht um einen und denſelben aliquoten Theil ſeines urſprünglichen, d. i., bei einer beſtimmten Temperatur zur Einheit angenommenen, Raumes aus, ſondern dieſer aliquote Theil muß vielmehr auf den Raum bezogen werden, den der Körper bei jedem vorausgehenden Wärmegrade behauptet ***).

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XL. 332 oder Schweigg. J. LV. 432.

**) Baumg. und Ett. Zeitſchr. IV. 436. — Dieſe Unterſuchungen ſcheinen mir der Aufmerkſamkeit nicht unwerth zu ſein, wenn ſie gleich auf keinen Fall ausreichend ſind. In der That würden ſie für tropfbare Flüſſigkeiten kein Maximum der Dichtigkeit finden laſſen, und man muß geſtehen, daß die Grundlagen derſelben zum Theil problematiſch ſind. Indeß findet für die feſten Körper eine beachtenswerthe Übereinſtimmung der beobachteten mit den nach obigen Unterſuchungen berechneten Werthen Statt. Von anderen Unterſuchungen deſſelben Verfaſſers über die Wärme (Baumg. V. 138; VI. 138) wird im Kapitel von der ſpecifiſchen Wärme die Rede ſein.

***) Der analytiſche Ausdruck dieſer (gewiß ſehr wahrſcheinlichen) Vorausſe-

2) Die tropfbaren Flüſſigkeiten und feſten Körper ſetzen der ausdehnenden Kraft der Wärme einen Widerſtand entgegen, der mit der zunehmenden Raumvergrößerung immer mehr abnimmt, ſo daß die Ausdehnung dieſer Körper für ſucceſſive gleiche Wärmezuwüchſe immer mehr zunimmt.

3) Man kann ſich unbeſchadet der Sache vorſtellen, als würden die Incremente, um welche ſich der Körper wegen des abnehmenden Widerſtandes mehr ausdehnt, durch einen vermehrten Einfluß der Wärme hervorgebracht, und, indem man beſtimmt, um was die Wärmegrade vermehrt werden müſſen, um die geſammte Ausdehnung eines Körpers zu erhalten, dann jenen Widerſtand aus der Rechnung laſſen.

4) Die Incremente der Wärme, welche in der Wirkung mit dem abnehmenden Widerſtande gleichgeltend ſein ſollen, befolgen das quadratiſche Verhältniß *).

6) Gasarten und Dämpfe ſetzen der ausdehnenden Kraft der Wärme entweder keinen oder einen ſich immer gleichbleibenden Widerſtand entgegen.

Formeln und Geſetze.

Nach vorſtehenden Vorausſetzungen hat man für das allgemeine Geſetz, nach welchem ſich die Körper durch die Wärme ausdehnen, folgende Formeln:

zung iſt folgender: Wenn ſich ein gegebener Körper, deſſen anfängliches Volumen etwa beim natürlichen Gefrierpuncte v iſt, um den $\frac{1}{m}$ Theil dieſes Raumes bei dem erſten Wärmegrade ausdehnt; ſo muß dann ſein Rauminhalt $v' = v\left(1 + \frac{1}{m}\right)$ ſein. Wird dieſer Körper, deſſen Volumen nun v' iſt, abermals um einen gleichen Grad in ſeiner Temperatur erhöhet; ſo wird er aus einem gleichen Grunde, wie vorhin, den Raum

$$v'' = v'\left(1 + \frac{1}{m}\right) = v\left(1 + \frac{1}{m}\right)^2,$$

und überhaupt bei x Wärmegraden den Raum $v\left(1 + \frac{1}{m}\right)^x$ einnehmen müſſen. Wird der anfängliche Raum beim natürlichen Gefrierpuncte zur Einheit geſetzt, ſo hat man das Volumen des Körpers $= \left(1 + \frac{1}{m}\right)^x$. Bezieht ſich der urſprüngliche Raum nicht auf den natürlichen Gefrierpunct, ſondern auf irgend einen andern Wärmegrad x', ſo wird der Rauminhalt des Körpers bei x Graden $= \left(1 + \frac{1}{m}\right)^{x - x'}$ ſein.

---

*) Dieſe Annahme macht Schitko nach der Analogie des Newton'ſchen Geſetzes für die Gravitation. Es möchte indeß ſehr problematiſch ſein, ob dieſe Analogie hier ihre Gültigkeit hat.

$$v^{*)} = (1 + \mu)^{x + \alpha x^2} \text{ oder } \log v = (x + \alpha x^2) \log (1 + \mu) \quad (1)$$

Hierin iſt v das Volumen, was der Körper bei den wahren Temperaturgraden x einnimmt, μ und α aber ſind durch Verſuche für jeden gegebenen Körper beſonders zu beſtimmende Conſtanten, von welchen μ von der ſpecifiſchen Ausdehnbarkeit des Körpers durch die Wärme, α von dem Widerſtande, den er der Ausdehnung entgegenſetzt, abhängt **).

Die Beſtimmung von α und $\log (1 + \mu)$ geſchieht erfahrungsmäßig nach folgenden Formeln:

$$\log (1 + \mu) = \frac{\log V}{X + \alpha X^2} = \frac{\log V'}{x' + \alpha x'^2} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{x' \log V - X \log v'}{X^2 \log v' - x'^2 \log V} \quad (3)$$

Hierin bedeuten v' und V die durch Verſuche beſtimmten Volumina, die der Körper reſpectiv bei den Temperaturgraden x' und X hat.

---

*) Statt x^2 würde in dieſen Formen eine andere Function von x ſtehen müſſen, wenn die Incremente der Wärme unter 4) nicht das quadratiſche Verhältniß, ſondern das Verhältniß dieſer Function befolgten.

**) Folgendes iſt Schitko's Herleitung der Formel (1). Wenn das Increment der Wärme, was der Abnahme des Widerſtandes bei Erhöhung um den erſten Wärmegrad gleichgeltend geſetzt werden kann, mit α bezeichnet, und wenn ferner angenommen wird, daß ein gegebener Körper bei conſtantem Widerſtande für den erſten Wärmegrad den Raum $v = 1 + \frac{1}{m}$ einnehmen würde (ſ. die vorige Anmerkung), ſo müßte dieſer Raum wegen des nachgelaſſenen Widerſtandes in

$$v' = v\left(1 + \frac{1}{m}\right)^{\alpha} = \left(1 + \frac{1}{m}\right)^{1 + \alpha}$$

übergehen. Bei dem zweiten Wärmegrade würde der Körper den Raum

$$v'' = v'\left(1 + \frac{1}{m}\right) = \left(1 + \frac{1}{m}\right)^{2 + \alpha}$$

einnehmen, wenn der Widerſtand unverändert derſelbe bliebe, wie er zu Ende des erſten Wärmegrades war; da er aber wieder nachläßt und dadurch die Ausdehnung ſo gewinnt, als wenn die Temperatur um 3α erhöht worden wäre; ſo wird das eigentliche Volumen deſſelben

$$v''' = v''\left(1 + \frac{1}{m}\right)^{3\alpha} = \left(1 + \frac{1}{m}\right)^{2 + 4\alpha}$$

ſein. Aus gleichem Grunde erlangt der Körper bei dem dritten Grade den Raum $\left(1 + \frac{1}{m}\right)^{3 + 9\alpha}$, und überhaupt bei x Wärmegraden den Raum

$$v = \left(1 + \frac{1}{m}\right)^{x + \alpha x^2}$$

Setzt man $\frac{1}{m} = \mu$, ſo findet man die Formel (1).

Für Gasarten und Dämpfe iſt $\alpha = 0$.

Es iſt wohl in Betracht zu nehmen, daß in vorſtehenden Formeln x', X und allgemein x weder nach den Graden des Queckſilber- noch des Luftthermometers beſtimmt werden können. In der That ſchließen vorſtehende Formeln die Folgerung in ſich, daß die Ausdehnung weder der Luft noch des Queckſilbers irgends gleichförmig mit den Temperaturzuwüchſen geſchieht, daß mithin die gleichen Grade unſerer Luft- und Queckſilber-Thermometer ungleichen Wärmezuwüchſen entſprechen. Um nun die an dieſen Thermometern beobachteten Temperaturgrade y auf wahre Temperaturgrade x zurückzuführen, legt Schitko den erſten Grad der Centeſimalſcale als Einheit der wahren Grade zu Grunde, die er übrigens gleich den gewöhnlichen von 0° an rechnet. Dann dient zur Reduction der gegebenen gewöhnlichen Grade der Centeſimalſcale auf die eigentlichen wahren Temperaturgrade folgende Formel:

$$\log (1 + \mu' y) = (x + \alpha x^2) \log (1 + \mu) \qquad (4)$$

Hierin bedeutet μ' den Bruchtheil des beim Gefrierpuncte zur Einheit angenommenen Volumens, um den ſich der thermometriſche Körper für 1 gemeinen Centeſimalgrad zwiſchen Froſt- und Siede-Punct ausdehnt*) (für Queckſilber nach Dulong und Petit $= 0{,}00018018$, für Luft $0{,}00375$); y die beobachteten gemeinen Grade der Centeſimalſcale, x die wahren Grade, auf die ſie reducirt werden ſollen.

α und μ ſind nach den Formeln (3) und (4) durch Verſuche zu beſtimmen.

Hiernach findet Schitko für das Queckſilberthermometer

$$x = \frac{-1 + \sqrt{1 + 153{,}7850506 \log^{**}) (1 + 0{,}00018018\, y)}}{0{,}00599839} \qquad (5)$$

und für ein Luftthermometer

$$x = \frac{\log (1 + 0{,}00375\, y)}{0{,}00172556} \qquad (6)$$

In folgender Tabelle iſt eine Vergleichung einiger gemeiner Centeſimalgrade des Queckſilberthermometers y mit den wirklichen Graden x, auf die ſie reducirt werden ſollen, enthalten:

---

*) Man findet μ', indem man die Geſammtausdehnung zwiſchen 0° und 100° durch 100 dividirt.

**) Gewöhnlicher Logarithmus.

Queckſilberthermometer.

Gemeine Centeſimalgrade y	Wirkliche Grade *) x
0	0
25	23,38133
50	44,09769
75	62,87235
100	80,14940
150	111,13111
200	139,07656
250	165,39838
300	187,56359
360	213,35688

Folgendes ſind die Werthe, die Schitko für α und $\log(1 + \mu)$ nach Beobachtungen anderer für verſchiedene Körper berechnet hat:

	α	log **) $(1 - \mu)$	Nach Verſuchen von
Luft	0	0,00172556	
Queckſilber .	0,0029991969	0,0000780101	Dulong und Petit.
Eiſen	0,01116219	0,00000399	Hallſtröm.
Kupfer . . .	0,00336067	0,000007317	Horner. Lavoiſier.
Zink	0,0046175	0,0000116	Horner.
Glas	0,07722243	0,000000764	Hallſtröm.

Vergleichung der Rechnung mit Beobachtungen.

Eine Vergleichung von den unter Zuziehung der vorhin gegebenen Werthe von α und $\log(1 + \mu)$ berechneten Ausdehnungswerthen mit wirklich berechneten Werthen iſt in folgender Tabelle enthalten. W° bedeutet darin die wirklichen Grade.

---

*) In der Folge von Schitko's Unterſuchungen werden die gemeinen Centeſimalgrade ſtets ſchlechthin mit C, die wirklichen mit W° bezeichnet.

**) Gewöhnlicher Logarithmus.

Ausdehnung der Luft.

$\alpha = 0$; $\log(1 + \mu) = 0{,}00172556$.

Queckſilberthermometer		Volumen der Luft		Differenzen.
Centeſimalgrade.	W°.	Beobachtet.	Berechnet.	
0	0	1,0000	1,0000	0
25	23,33133	1,0965	1,0973	+ 0,0008
50	44,09769	1,1900 Luc.	1,1915	+ 0,0015
75	62,87235	1,2860	1,2838	— 0,0022
100	80,14940	1,3750	1,3750	0
150	111,3074	1,5576	1,5551	— 0,0025
200	139,07656	1,7389	1,7377	— 0,0012
250	165,39838	1,9189 Dulong.	1,9293	+ 0,0104
300	187,56359	2,1094	2,1069	— 0,0025
360	213,35688	2,3125	2,3343	+ 0,0218

Ausdehnung des Queckſilbers.

Luftthermometer		Volumen des Queckſilbers		Differenzen.
Centeſimal.°.	W°.	Beobachtet	Berechnet.	
200	140,8426	1,0363	1,0366	+ 0,0003
300	189,7073	1,0552	1,0549	— 0,0003

Dulong und **Petit** haben die Verſuche über die Ausdehnung des Queckſilbers, im Vergleich mit der Luftausdehnung, angeſtellt, und aus mehreren Verſuchen das Mittel gezogen. Sie ſind in Schweigg. J. XXV. 314 enthalten.

Ausdehnung des Eiſens.

Queckſilberthermometer		Längenausdehnung des Eiſens		Differenzen.
Cent.°.	W°.	Beobachtet.	Berechnet.	
0	0	1,000000	1,000000	—
20	18,94886	1,000211	1,000211	0,000000
40	36,07627	1,000453 Hallſtröm	1,000465	+ 0,000012
60	51,81133	1,000734	1,000751	+ 0,000017
80	66,43649	1,001063	1,001063	0,000000
100	80,14942	—	1,001396	—

Die Verſuche, die **Hallſtröm** über die Längenausdehnung des Eiſens angeſtellt hat, ſind aus Gilb. Ann. XXXVI. 64 entnommen, und die Größen α und log $(1 + \mu)$ aus den Verſuchen des 20ſten und 80ſten Wärmegrades berechnet.

Ausdehnung des Kupfers.

Queckſilberthermometer		Längenausdehnung des Eiſens			Differenzen.
Cent °.	W°.	Beobachtet.		Berechnet.	
0	0	1,000000		1,000000	0,000000
25	23,38133	1,000425	Horner.	1,000425	0,000000
50	44,09769	1,000844		1,000852	+ 0,000008
75	62,87235	1,001234		1,001284	0,000000
100	80,14942	1,001722	Lavoiſier.	1,001730	+ 0,000008

Die, im Original noch für Zink und Glas beigefügten, Tabellen ergaben eine eben ſo vorzügliche übereinſtimmung der beobachteten mit den berechneten Werthen, als die vorigen Tabellen.

Um aus der linearen Ausdehnung die cubiſche, und umgekehrt aus dieſer jene zu erhalten, muß, wie leicht einzuſehen iſt, die entſprechende Größe log $(1 + \mu)$ im erſten Falle mit 3 multiplicirt, im zweiten mit 3 dividirt werden.

Der Theorie **Schitko's** würde der Umſtand widerſprechen, daß nach **Gay-Luſſac** die Ausdehnung expanſibler Flüſſigkeiten im Zwiſchenraume zwiſchen Gefrier- und Siede-Punct regelmäßig und mit dem Queckſilber übereinſtimmend ſein ſoll. Hiegegen macht jedoch **Schitko** die Angabe **Dalton's** geltend, daß innerhalb dieſer Puncte ein Luftthermometer etwa um einen Grad, und zwar um die Mitte der Scale, vorauseile, dann aber beim Siedepuncte wieder mit dem Queckſilberthermometer zuſammenfalle, ein Umſtand, der in der That durch **Schitko's** Formeln repräſentirt wird.

In der That findet man dann, daß bei 50° C. des Queckſilberthermometers ($= 44{,}09769$ W°) die Ausdehnung eines bei $0° = 1$ geſetzten Luftvolumens 0,1915 iſt, was, durch Diviſion mit 0,00375 auf gemeine Centeſimalgrade des Luftthermometers reducirt, giebt

$$\frac{0{,}1915}{0{,}00375} = 51{,}0667° \text{ C.}$$

Theorem von Sturm.

Sturm hat in einer Abhandlung, wovon eine vorläufige Notiz im Bull. des sc. math. XI. 424 erſchienen iſt, folgendes Theorem dargethan:

Es ſei eine feſte Kugel, beſtehend aus einer unendlichen Menge unendlich dünner concentriſcher Schichten gegeben, deren Dichtigkeit, Wärmecapacität und Leitungsvermögen ſich von einer Schicht zur andern nach beliebigen Geſetzen ändert, während dieſe Umſtände in der ganzen Ausdehnung jeder Schicht dieſelben ſind. Die Schichten mögen ferner willkührliche Anfangstemperaturen haben und die Kugel ſich in einem unbegränzten Mittel von conſtanter Temperatur befinden. Unter dieſen Vorausſetzungen werden, nach Verfluß einer mehr oder minder langen Zeit, die Temperaturen aller Schichten der Kugel entweder höher ſein als die des äußern Mittels, und zugleich von der äußern Oberfläche nach dem Mittelpuncte wachſend, oder alle niedriger als die des äußern Mittels und zugleich von der Oberfläche nach dem Mittelpuncte hin abnehmend. — Daſſelbe gilt, wenn die Oberfläche der Kugel auf einer conſtanten Temperatur erhalten wird. Auch kann dies Theorem auf andere Körper ausgedehnt werden.

Folgendes, von demſelben erwieſenes, Theorem gilt für alle Körper von beliebiger Geſtalt, mögen ſie homogen oder nicht homogen ſein.

Wenn ein Körper ſich in einem Mittel von conſtanter Temperatur befindet, oder wenn alle Puncte ſeiner Oberfläche auf derſelben fixen Temperatur erhalten werden, ſo werden nach einer gewiſſen Zeit alle Puncte dieſes Körpers höhere oder niedrigere Temperatur haben, als das Mittel oder die Oberfläche.

Die vorſtehenden Sätze unterliegen übrigens einer Ausnahme, welche Statt hat, wenn die in dem Problem gegebenen Functionen durch eine beſondere, von **Sturm** in ſeiner Abhandlung näher angegebene, Beziehung verknüpft ſind.

Gleichungen für die Bewegung der Wärme in feſten Körpern oder im Raume, von Cauchy*).

Die Gleichungen für dieſen Gegenſtand ſind ſchon von **Fourier** und **Poiſſon** gegeben, indeß zeigt **Cauchy**, daß man auf dieſelben Gleichungen auch durch Vorausſetzungen ganz anderer Art, als jene zu Grunde gelegt haben, geführt werden kann. Er legt die folgenden zu Grunde:

Die Wärme iſt eine Flüſſigkeit, von welcher jedes Theilchen ſich von einem gegebenen Puncte (x, y, z) ſtets nach derjenigen Richtung bewegt, nach welcher die Dichtigkeitsabnahme (der Wärme) die möglichſt ſtärkſte iſt, und die Wärmequantität, welche während einer ſehr kurzen Zeit dt durch ein Flächenelement hindurchgeht, welches ſenkrecht auf dieſe Richtung iſt, iſt dieſem Maximum der Dichtigkeitsabnahme proportional und hängt außerdem noch ab vom Leitungsvermögen des Punctes (x, y, z).

Unter dieſer Annahme findet man nämlich Folgendes:

Durch den Punct (x, y, z) ſei ein Flächenelement s gelegt und auf daſſelbe werde ein Perpendikel errichtet, welches reſpectiv die Winkel λ, μ, ν

---

*) **Cauchy** Exerc. III. p. 121 ff. 146.

mit den (rechtwinklichen) Axen der poſitiven x, y, z macht. Es ſei k das Leitungsvermögen des Punctes (x, y, z) und ϱ die Temperatur oder die Dichtigkeit der Wärme an derſelben, ſo iſt die Quantität Wärme, welche in der Zeit dt durch das Flächenelement s geht, folgendem Ausdrucke proportional:

$$-\,k\left(\cos\lambda\,\frac{d\varrho}{dx}+\cos\mu\,\frac{d\varrho}{dy}+\cos\nu\,\frac{d\varrho}{dz}\right)$$

Denken wir uns jetzt, das Element s gehöre der äußern Oberfläche eines feſten Körpers an, die Temperatur des Elementes ſei ϱ, die des umgebenden Mittels ſei σ, und die Wärmequantität, welche während des Zeitelementes dt durch s hindurchgeht, ſei der Differenz $s - \sigma$ proportional, ſo hat man

$$-\,k\left(\cos\lambda\,\frac{d\varrho}{dx}+\cos\mu\,\frac{d\varrho}{dy}+\cos\nu\,\frac{d\varrho}{dz}\right)=K\,(\varrho-\sigma)$$

wo K einen, das Stralungsvermögen der Oberfläche bezeichnenden, Coefficienten bedeutet.

Iſt die Temperatur des äußern Mittels null, ſo hat man

$$\cos\lambda\,\frac{d\varrho}{dx}+\cos\mu\,\frac{d\varrho}{dy}+\cos\nu\,\frac{d\varrho}{dz}+\frac{K}{k}\,\varrho=0$$

Endlich findet man noch unter denſelben Vorausſetzungen die bekannte Formel:

$$\frac{d\varrho}{dt}=k\left(\frac{d^2\varrho}{dx^2}+\frac{d^2\varrho}{dy^2}+\frac{d^2\varrho}{dz^2}\right)$$

wieder.

II. Ausdehnung der Körper durch die Wärme.

Ausdehnung feſter Körper.

Ausdehnung des Glaſes. Muncke *) fand die lineare Ausdehnung des Würzburger Glaſes, aus dem die Röhren verfertigt waren, die zu ſeinen Verſuchen über die Ausdehnung der Flüſſigkeiten dienten, bei einer Röhre = 0,0000088481, bei einer anderen = 0,0000089815 für 1° C., das Volumen bei 0° C. = 1 geſetzt. Dieſe Beſtimmungen nähern ſich ſehr dem Reſultate von Laplace 0,0000089694. Sie ſind die Ergebniſſe von höchſt ſorgfältigen Verſuchen, welche auf Vergleichung der ſcheinbaren Ausdehnung des Queckſilbers in Röhren von dem zu prüfenden Glaſe mit der, nach den Verſuchen von Dulong und Petit genau bekannten, wahren Ausdehnung des Queckſilbers beruhen.

---

*) Abhandlung über die Ausdehnung der Flüſſigkeiten S. 21 in den Petersburger Abhandlungen.

Ausdehnung des Marmors. Dunn und Sang fanden durch Verſuche, hinſichtlich deren Detail wir auf die Originalabhandlung *) verweiſen, daß die Linearausdehnung des ſchwarzen Marmors bei der Temperaturerhöhung von 0° bis 100° C. 0,000450, die des weißen carrariſchen Marmors aber 0,001072 der Länge, die er bei 0° hat, beträgt, wonach die Ausdehnung des weißen Marmors mehr als doppelt ſo groß als die des ſchwarzen iſt. Dieſelben zeigten das Experiment vor, einen 31 Zoll langen Marmorſtreifen durch Erhitzen mittelſt Spirituslampen um [illegible] Zoll zu verlängern.

Ausdehnung von Meſſing. Stampfer **) fand die lineare Ausdehnung von Meſſing (ſogenanntes Tafelmeſſing) durch ſehr genaue (im Intervall von 30° bis 50° R. angeſtellte) Verſuche an einer 1 Zoll breiten und 25 Zoll langen Meſſingſchiene = 0,000024 für 1° R., mithin = 0,0000192 für 1° C., welches mit früheren Beſtimmungen anderer ſehr nahe übereinkommt.

Ausdehnung des Stahles bei der Härtung. Man nimmt an, daß Stahl, wenn man denſelben bis auf den Härtungsgrad erhitzt, ſich um [illegible] Zoll im Fuße ausdehnt, und bei dem Härten nur ungefähr um [illegible] der Länge, um welche er ſich ausdehnte, wieder zuſammenzieht, vorausgeſetzt, daß wirklich Härtung Statt hat; denn ſonſt zieht er ſich beinahe auf ſeine urſprüngliche Länge zuſammen. Indeß fand Tyler, daß dieſe bleibende Ausdehnung keine nothwendige Folge des Härtens ſei, indem er in einer Menge von Fällen, bei dünnen hohlen Cylindern oder flachen Ringen, wo die Abkühlung am leichteſten durch und durch, und beinahe augenblicklich, geſchehen konnte, fand, daß keine bleibende Vergrößerung Statt hatte. Dies unterſtützt die Anſicht, daß dieſe Vergrößerung in den anderen Fällen davon abhängt, daß die äußeren Schichten gewöhnlich eher erſtarren als die inneren noch ausgedehnten. — Derſelbe fand, daß, wenn man kleine Stahlſtücke, z. B. von 1 Zoll ins Gevierte und [illegible] bis [illegible] Zoll Dicke wiederholt härtete, dieſelben nach drei- bis viermaliger Härtung bedeutend geſchwollen waren, und daß jede Härtung ihre Convexität vermehrte, bis endlich in der Mitte einer der Flächen die Oberfläche wirklich barſt. (Dingler's polyt. Journ. XXXVIII. 29—33).

Bleibende Ausdehnung des Gußeiſens nach öfterm Erhitzen ***). Prinſep beſtimmte den Cubikinhalt einer Retorte aus Gußeiſen vor dem Erhitzen, und als er ſie ein Mal oder öfter einer ſtarken Hitze ausgeſetzt hatte, und überzeugte ſich, daß ſie nach jeder Erhitzung größer ward, ſelbſt nachdem ſie ihre urſprüngliche Temperatur wieder angenommen hatte. Er beſtimmte ihre Capacität durch das Gewicht von reinem Queckſilber, das ſie bei 80° F. faßte. So fand er ihre Capacität

---

*) Edinb. N. phil. Journ. 1831. Jan. p. 66; oder Dingler's polyt. Journ. XLI. 275; oder Froriep's Notizen Nr. 2. des XXXII. Bandes S. 18.

**) Pogg. XXI. 68.

***) Brewster's Journ. of sc. Nr. 20. p. 356 oder Baumg. VII. 215.

vor dem erſten Verſuche = 9,13 Cubikzoll
nach der erſten Erhitzung = 9,64 —
nach der dritten Erhitzung = 10,16 —

Merkwürdig iſt, daß die Zunahme des Volumens größer iſt als die Temperatur fordert, welcher das Eiſen ausgeſetzt war. Eiſen dehnt ſich innerhalb des Fundamentalabſtandes, alſo für 100° C. um 0,0105 nach einer Dimenſion, oder um 0,0315 dem Volumen nach aus. Ein Volumen von 10 Cubikzoll ſollte demnach bei einer Temperatur von 300° F. (welcher die Retorte ausgeſetzt war) um 0,315 Cubikzoll zugenommen haben. Aber der wirkliche bleibende Zuwachs war größer, zum Beweiſe, daß jene Ausdehnung des Eiſens nicht ſo weit über den Fundamentalzuſtand hinaus dem Gange der Wärme proportionirt ſei.

Ausdehnung des Platins. **Daniell**[*]) hat gefunden, daß Platin, welches einer ſo hohen Temperatur (wenigſtens 1800° C.) ausgeſetzt worden iſt, daß ſeine Textur dadurch verändert worden iſt (indem es, vorher weich, biegſam und von glatter Oberfläche, nach ſo ſtarker Erhitzung hart, zerbrechlich, von rauher und kryſtalliniſcher Oberfläche geworden iſt), dennoch dieſelbe Ausdehnbarkeit durch die Wärme als vor dem Erhitzen beſitzt: denn als die Ausdehnung einer Platinſtange bis zum Siedepuncte des Queckſilbers vor und nach dieſer Erhitzung in einem Regiſter von Graphit (vergl. das weiterhin zu beſchreibende Regiſterthermometer von **Daniell**) geprüft ward, zeigte ſie ſich bis auf eine, in die Gränzen der Beobachtungsirrthümer fallende, Spur von Unterſchiede in beiden Fällen gleich. (Durch dieſelben Verſuche ward auch gefunden, daß die Ausdehnbarkeit des Graphites durch ſo hohe Temperaturen nicht verändert wird).

Ausdehnung und Maximum der Dichtigkeit des reinen Waſſers.

Die mannichfaltigen Verſuche, welche über die Temperatur des Maximums der Dichtigkeit des Waſſers und das Ausdehnungsgeſetz deſſelben angeſtellt worden ſind, ſind mit beſonderer Ausführlichkeit von **Hallſtröm** in Pogg. Ann. I. erörtert worden, und es ſchien ſich hieraus als der wahrſcheinlichſte Werth für die Temperatur des Maximums 4°,1 C. zu ergeben. Indeſſen ſtimmen ſehr genaue Verſuche, die neuerdings **Muncke** einerſeits und **Stampfer** andererſeits angeſtellt haben, dahin überein, daß dieſer Punct niedriger liegt, indem ihn erſterer zu 3°,78 C., letzterer zu 3°,75 C. oder 3° R. beſtimmt. Dieſelben Phyſiker haben auch Tabellen über die Dichtigkeit des Waſſers bei den verſchiedenen Temperaturen nach

---

[*]) Ann. of Phil. 1821. Nov. p. 356.

Formeln berechnet, welche aus ihren Verſuchen abgeleitet ſind *). Wir wollen dieſe Tabellen als die Endergebniſſe ihrer Verſuche, nach Vorausſchickung einiger Reſultate Muncke's von allgemeinerem Intereſſe, hier zuerſt mittheilen und dann die erforderlichen nachträglichen Bemerkungen über die Verſuche ſelbſt hinzufügen. Eine andere Tabelle, welche neuerdings Markiewitz (in Pogg. Ann. XIX. S. 135) für die Vorausſetzung, daß der Punct der größten Dichtigkeit bei 4°,1 C. liege, nach der von Hallström gegebenen Formel berechnet hat, glauben wir übergehen zu können, einerſeits, weil dieſe Vorausſetzung jetzt nicht mehr als gültig anerkannt werden kann; zweitens, weil die von Markiewitz berechnete Tabelle bloß eine Ausdehnung der, ſchon von Hallström ſelbſt von 0° bis 30° berechneten, Tabelle iſt, die ſich Hallström ſelbſt nach ſeiner Formel nicht weiter zu berechnen getraute.

Der Werth des Maximums der Dichtigkeit, wie er oben von beiden Beobachtern angegeben iſt, iſt nicht direct durch Beobachtung beſtimmt, ſondern ergiebt ſich aus den Formeln, welche das ganze Ausdehnungsgeſetz des Waſſers auszudrücken dienen. Da aber dieſe nachher mitzutheilenden Formeln ſelbſt aus den Beobachtungen abgeleitet und eigentlich nur der zuſammenfaſſende Ausdruck derſelben ſind, ſo kann man mit Sicherheit ſchließen, daß jene Beſtimmungen des Maximumpunctes auch der Erfahrung entſprechen werden, ja beſſer entſprechen werden, als wenn ſie durch directe Beobachtung verſucht würden, da der Umſtand, daß die Änderungen des Volumens um den Punct des Dichtigkeitsmaximums nur ſehr gering ſind, der genauen directen Beobachtung hinderlich in den Weg tritt **). Doch ergeben auch die directen Beobachtungen, daß der Punct des Maximums jedenfalls zwiſchen 3°,6 und 3°,9 liegen müſſe.

In Bezug auf das Verhältniß der Ausdehnungen oberhalb und unterhalb des Punctes des Maximums der Dichtigkeit bemerkt Muncke Folgendes: „Es iſt wohl ſo ziemlich allgemein angenommen, daß von dieſem Puncte aus nach beiden Seiten für gleiche Grade der abnehmenden und zunehmenden Temperatur die Ausdehnungen einander gleich ſind. Im Ganzen haben auch wir dieſes beſtätigt gefunden, jedoch ſchien es uns bei den ſehr feinen, abſichtlich für dieſe Beſtimmung angeſtellten, Verſuchen, als wenn die Ausdehnungen über dieſem Puncte ſchneller zunähmen, als unter demſelben. Der bisher angenommene Satz kann daher noch nicht als ein feſt begründetes phyſikaliſches Geſetz gelten. Wenn übrigens ein Unterſchied der Ausdehnungen nach beiden Seiten hin Statt findet, ſo iſt derſelbe ſehr gering und kann nicht anders aufgefunden werden, als wenn man das Waſſer mehrere Grade unter dem Gefrierpuncte erkalten läßt und dann ſeine Ausdehnung findet. Dieſen Verſuch durften wir aber wegen der unausbleiblichen Gefahr für unſern, mit größter Mühe und vielem Zeitaufwande hergeſtellten, Apparat nicht wagen, und auf alle Fälle iſt die Differenz der Ausdehnung für gleiche Grade über dem Puncte der größten Dichtigkeit des Waſſers, und von dieſem Puncte aus bis zum Gefrierpuncte, eine unmeßbare Größe, weswegen wir auch eine gleichmäßige Ausdehnung des Waſſers vom Puncte ſeiner größten Dichtigkeit ausgehend nach beiden Seiten hin bei der Berechnung angenommen haben."

---

*) Es verdient Bemerkung, daß die Tabelle Muncke's auf Verſuche, welche das ganze Intervall von 0° bis 100° C. umfaſſen, gegründet iſt, die Tabelle Stampfer's dagegen bloß auf Verſuche, die zwiſchen 0° und [illegible]° C. angeſtellt waren; daher letztere auch nicht bis über [illegible]° C. hinaus berechnet worden iſt.

**) In der That blieb die Volumveränderung bei einer um ¼ Grad C. ſich ändernden Temperatur ganz unmerklich und war für 3° und 4° C. nur um 0,[illegible] von dem bei 3°½ verſchieden.

Tabelle von Muncke.

Temperatur C.	Volumen, das bei 0° = 1 geſetzt	Dichtigkeit, die bei 0° C. = 1 geſetzt.	Volumen, das bei 3°,78 C. = 1 geſetzt	Dichtigkeit, die bei 3°,78 C. = 1 geſetzt
0	1,0000000000	1,0000000000	1,0001107981	0,9998892140
1	0,9999486763	1,0000513277	1,0000594729	0,9999405307
2	0,9999134010	1,0000866065	1,0000241591	0,9999758015
3	0,9998938160	1,0001061953	1,0000045141	0,9999953859
4	0,9998895643	1,0001104479	1,0000003526	0,9999996376
5	0,9999002974	1,0000997125	1,0000110955	0,9999889046
6	0,9999256736	1,0000743319	1,0000364717	0,9999635296
7	0,9999653584	1,0000346428	1,0000761565	0,9999238493
8	1,0000190238	0,9999809765	1,0001298219	0,9998701949
9	1,0000864393	0,9999135082	1,0001972374	0,9998028015
10	1,0001670204	0,9998330071	1,0002778189	0,9997222583
11	1,0002607315	0,9997393364	1,0003715296	0,9996286084
12	1,0003671815	0,9996329533	1,0004779796	0,9995222488
13	1,0004860775	0,9995141585	1,0005968756	0,9994034504
14	1,0006171337	0,9993832468	1,0007279318	0,9992725977
15	1,0007600703	0,9992405065	1,0008708689	0,9991298889
16	1,0009146166	0,9990862192	1,0010254147	0,9989756377
17	1,0010805058	0,9989206604	1,0011913039	0,9988101136
18	1,0012574800	0,9987440992	1,0013682781	0,9986335916
19	1,0014452880	0,9985567082	1,0015560861	0,9984463316
20	1,0016436352	0,9983590121	1,0017544333	0,9982485895
21	1,0018524341	0,9981509911	1,0019632322	0,9980406145
22	1,0020713041	0,9979329772	1,0021821022	0,9978226490
23	1,0023000716	0,9977052066	1,0024108697	0,9975949286
24	1,0025385199	0,9974675078	1,0026493180	0,9973577821
25	1,0027864392	0,9972213834	1,0028972373	0,9971111326
26	1,0030436267	0,9969656088	1,0031544248	0,9968554963
27	1,0033098566	0,9967010326	1,0034206547	0,9965909765
28	1,0035850298	0,9964277767	1,0036958279	0,9963177809
29	1,0038688744	0,9961460360	1,0039796725	0,9960361025
30	1,0041612454	0,9958558987	1,0042720435	0,9957461292
31	1,0044619746	0,9955575402	1,0045727727	0,9954481415
32	1,0047709008	0,9952517526	1,0048816989	0,9951420163
33	1,0050878098	0,9949378836	1,0051986079	0,9948282131
34	1,0054127342	0,9946164027	1,0055235323	0,9945070085
35	1,0057438538	0,9942874667	1,0058546519	0,9941779429
36	1,0060823951	0,9939542153	1,0061931932	0,9938417636
37	1,0064333316	0,9936077016	1,0065441297	0,9934984171

Temperatur C.	Volumen, das bei 0° C. = 1 geſetzt	Dichtigkeit, die bei 0° C. = 1 geſetzt	Volumen, das bei 3°,90 C. = 1 geſetzt	Dichtigkeit, die bei 3°,90 C. = 1 geſetzt
38	1,0067804438	0,9932573294	1,0068912419	0,9931490315
39	1,0071509150	0,9928919921	1,0072617131	0,9927907839
40	1,0075203517	0,9925337818	1,0076311498	0,9924236495
41	1,0078919430	0,9921646300	1,0080027411	0,9920548734
42	1,0082905013	0,9917875025	1,0084012994	0,9916781296
43	1,0086709416	0,9914035073	1,0087817397	0,9912942079
44	1,0090600960	0,9910133060	1,0091708941	0,9909074503
45	1,0094721637	0,9906157103	1,0095829618	0,9905072994
46	1,0098823105	0,9902140026	1,0099931086	0,9901054754
47	1,0103000094	0,9898049403	1,0104108075	0,9896964019
48	1,0107238103	0,9893899913	1,0108346084	0,9892814438
49	1,0111542299	0,9889658145	1,0112650280	0,9888604393
50	1,0115910019	0,9885417611	1,0117018000	0,9884334094
51	1,0120343271	0,9881087758	1,0121451252	0,9880006009
52	1,0124840330	0,9876676757	1,0125948311	0,9875618256
53	1,0129401543	0,9872251541	1,0130509524	0,9871171907
54	1,0134026924	0,9867745736	1,0135134905	0,9866660088
55	1,0138716157	0,9863161735	1,0139824138	0,9862080081
56	1,0143469596	0,9858510943	1,0144577577	0,9857432900
57	1,0148287265	0,9853809993	1,0149395246	0,9852808795
58	1,0153169555	0,9849141337	1,0154277536	0,9848066051
59	1,0158116129	0,9844345027	1,0159224110	0,9843271383
60	1,0163127918	0,9839420441	1,0164235899	0,9838417860
61	1,0168205123	0,9834577370	1,0169313104	0,9833505080
62	1,0173348213	0,9829605544	1,0174456194	0,9828535117
63	1,0178557730	0,9824574925	1,0179665711	0,9823505293
64	1,0183834298	0,9819484209	1,0184942279	0,9818412066
65	1,0189178544	0,9814333861	1,0190286525	0,9813266737
66	1,0194591268	0,9809123081	1,0195699249	0,9808057059
67	1,0200073469	0,9803851145	1,0201181450	0,9802790319
68	1,0205625432	0,9798517919	1,0206733413	0,9797453892
69	1,0211248719	0,9793121561	1,0212356700	0,9792059663
70	1,0216944149	0,9787662301	1,0218052130	0,9786602079
71	1,0222712019	0,9782139415	1,0223820000	0,9781079305
72	1,0228553893	0,9776551161	1,0229661874	0,9775492256
73	1,0234474605	0,9770907272	1,0235582586	0,9769849092
74	1,0240470257	0,9765176563	1,0241578238	0,9764120107
75	1,0246544222	0,9759387929	1,0247652203	0,9758332740

Temperatur C.	Volumen, das bei 0° C. = 1 geſetzt	Dichtigkeit, die bei 0° C. = 1 geſetzt	Volumen, das bei 3°,78 C. = 1 geſetzt	Dichtigkeit, die bei 3°,78 C. = 1 geſetzt
76	1,0252697941	0,9753530297	1,0253805922	0,9752476374
77	1,0258932925	0,9747602477	1,0260040906	0,9746549835
78	1,0265250756	0,9741603237	1,0266358737	0,9740551890
79	1,0271653083	0,9735531291	1,0272761064	0,9734481254
80	1,0278141625	0,9729835296	1,0279249606	0,9728336565
81	1,0284718170	0,9723163857	1,0285826151	0,9722116487
82	1,0291384578	0,9716865524	1,0292492559	0,9715819509
83	1,0298142774	0,9710488793	1,0299250755	0,9709444150
84	1,0304994757	0,9704032108	1,0306102738	0,9702988854
85	1,0311992593	0,9697493862	1,0313050574	0,9696452013
86	1,0318988417	0,9690872396	1,0320096398	0,9689831969
87	1,0326134434	0,9684166000	1,0326242415	0,9684064733
88	1,0333382918	0,9677372917	1,0334490899	0,9676335388
89	1,0340736215	0,9670491339	1,0341844196	0,9669455283
90	1,0348196736	0,9663519408	1,0349304717	0,9662484847
91	1,0355766965	0,9656455220	1,0356874946	0,9655422174
92	1,0363449453	0,9649296834	1,0364557434	0,9648265316
93	1,0371246822	0,9642042245	1,0372354803	0,9641012277
94	1,0379161763	0,9634689417	1,0380269744	0,9633661019
95	1,0387197037	0,9627236264	1,0388305018	0,9626209456
96	1,0395355472	0,9619680661	1,0396463453	0,9618655464
97	1,0403639968	0,9612020438	1,0404747949	0,9610996872
98	1,0412152493	0,9604162066	1,0413260474	0,9603140174
99	1,0420599085	0,9596377250	1,0421707066	0,9595357015
100	1,0429279852	0,9588389474	1,0430387833	0,9587371208

Die Formel, welche ſich aus Muncke's Verſuchen nach ſeiner Berechnung für den Ausdruck des Ausdehnungsgeſetzes ergiebt, in welcher jedoch zur Berechnung der vorſtehenden Tabelle nur eine geringere Anzahl Decimalſtellen in den Coefficienten beibehalten wurde, iſt folgende:

$$\begin{aligned} \Delta v = & - 0{,}000059478293438686551352255055\ t \\ & + 0{,}000008210025064329789838947637\ t^2 \\ & - 0{,}000000062140721105613272174439\ t^3 \\ & + 0{,}000000000289157446947445791540\ t^4 \end{aligned}$$

Hierin iſt Δv die Volumenvermehrung für die Temperatur t in Graden C., wenn das Volumen des reinen Waſſers bei 0° C. = 1 iſt.

Um das Volumen für den Fall zu finden, wo man das Volumen bei dem Puncte des Dichtigkeitsmaximums = 1 ſetzt, hat man zu jedem, der nach voriger Formel gefundenen, Volumen die Größe: 0,0001107980657925 hinzuzuaddiren.

Tabelle von Stampfer.

Temperatur C.	Dichtigkeit, die bei 3°,75 C. = 1 geſetzt.	Differenzen zwiſchen zwei ſucceſſiven Dichtigkeiten.	Volumen, das bei 3°,75 C. = 1 geſetzt.	Differenzen zwiſchen zwei ſucceſſiven Volumen.
− 3	0,999627		1,000373	
2	0,999731	104	1,000269	104
1	0,999818	87	1,000182	87
0	0,999887	69	1,000113	69
+ 1	0,999939	52	1,000061	52
2	0,999975	36	1,000025	36
3	0,999995	20	1,000005	20
3,75	1,000000	5	1,000000	5
4	0,999999	1	1,000001	1
5	0,999988	11	1,000012	11
6	0,999962	26	1,000038	26
7	0,999921	41	1,000079	41
8	0,999865	56	1,000135	56
9	0,999795	70	1,000205	70
10	0,999711	84	1,000289	84
11	0,999613	98	1,000387	98
12	0,999503	110	1,000497	110
13	0,999380	123	1,000620	123
14	0,999244	136	1,000757	137
15	0,999095	149	1,000906	149
16	0,998935	160	1,001066	160
17	0,998763	172	1,001239	173
18	0,998580	183	1,001422	183
19	0,998386	194	1,001617	195
20	0,998180	206	1,001822	205
21	0,997965	215	1,002039	217
22	0,997740	225	1,002265	226
23	0,997504	236	1,002502	237
24	0,997259	245	1,002749	247
25	0,997003	256	1,003005	256
26	0,996740	263	1,003271	266
27	0,996468	272	1,003545	274
28	0,996187	281	1,003828	283
29	0,995898	289	1,004119	291
30	0,995601	297	1,004418	299
31	0,995296	305	1,004726	308
32	0,994984	312	1,005041	315
33	0,994665	319	1,005363	322
34	0,994338	327	1,005694	331
35	0,994004	334	1,006032	338
36	0,993665	339	1,006375	343
37	0,993320	345	1,006725	350
38	0,992968	352	1,007081	356
39	0,992611	357	1,007444	363
40	0,992247	364	1,007813	369

Die Formel, nach der die vorſtehende Tabelle berechnet wurde, iſt folgende:

$$D = 0{,}999887 + 0{,}000060932\,t - 0{,}0000084236\,t^2$$
$$+ 0{,}00000005800\,t^3 - 0{,}0000000001217\,t^4$$

worin D die Dichtigkeit bedeutet, wenn das Maximum derſelben = 1 geſetzt wird, t die Temperatur in Graden C.

Sollte die Dichtigkeit D als Function nicht von Centeſimalgraden, ſondern von Réaumur'ſchen Graden gegeben werden, ſo würde man ſtatt voriger Formel folgende erhalten:

$$D = 0{,}999887 + 0{,}000076165\,t - 0{,}000013162\,t^2$$
$$+ 0{,}00000011327\,t^3 - 0{,}0000000002972\,t^4$$

Wie man ſieht, ſtimmen die Tabellen beider allerdings nicht ganz überein; doch kommen die Zahlen von Stampfer denen von Muncke näher, als den Zahlen anderweiter Tabellen, wie aus folgender Zuſammenſtellung erhellt, worin die zweite Spalte die Dichtigkeit nach Stampfer enthält, die anderen Spalten aber bloß die Differenzen der von anderen Phyſikern gegebenen Zahlen von denen Stampfer's angeben. Die mit I. bezeichnete Spalte bezieht ſich auf eine in Gehler's Wört. I. S. 616 enthaltene Tabelle.

Temperatur C.	Stampfer.	Biot.	I.	Hällſtröm.	Muncke.
0°	0,999887	+ 0,000038	+ 0,000007	+ 0,000005	+ 0,000002
5	0,999988	− 0,000003	+ 0,000009	+ 0,000007	+ 0,000001
10	0,999711	+ 0,000019	+ 0,000093	+ 0,000072	+ 0,000011
15	0,999095	+ 0,000076	+ 0,000212	+ 0,000170	+ 0,000034
20	0,998181	+ 0,000138	+ 0,000335	+ 0,000272	+ 0,000067
25	0,997004	+ 0,000188	+ 0,000441	+ 0,000355	+ 0,000107
30	0,995601	+ 0,000193	+ 0,000503	+ 0,000391	+ 0,000145
35	0,994004	+ 0,000137	+ 0,000503		+ 0,000174

Man wird bemerken, daß ſämmtliche Differenzen in vorſtehender Tabelle poſitiv, mithin Stampfer's Reſultate unter allen die kleinſten ſind.

Bemerkungen zu Muncke's Verſuchen.

Die Verſuche von Muncke betreffen nicht allein die Ausdehnung des Waſſers, ſondern noch 9 anderer Flüſſigkeiten, wovon wir die Reſultate nachher anführen werden. Sie finden ſich ausführlich mitgetheilt in den Mémoires présentés à l'Académie impériale des sciences de St. Pétersbourg par divers savans. T. I., die Tabellen, welche die Reſultate enthalten, auch größtentheils in Baumg. Zeitſchr. X. 366.

Dieſe Verſuche ſcheinen mit großer Umſicht und Genauigkeit angeſtellt. Thätig unterſtützt wurde Muncke dabei durch einen jungen angehenden Phyſiker Arnoth und den Candidaten der Forſtwiſſenſchaft von König.

Zur Beſtimmung der Ausdehnung des, zuvor ſtark und anhaltend ausgekochten, reinen deſtillirten Waſſers wurden für das ganze Intervall von 0° bis 100° C., nach vorheriger Beſtimmung der Ausdehnungsgröße der zu den Verſuchen angewandten gläſernen Meßröhren *), drei Verſuchsreihen angeſtellt, deren genaue Einrichtung, ſo wie die dabei nöthige Berechnung (welche zur Beſeitigung von Rechnungsfehlern von Muncke und Arnoth doppelt geführt ward) in der Originalabhandlung ausführlich auseinandergeſetzt iſt. Das Mittel aus dieſen Verſuchen iſt für 47 verſchiedene Grade des Thermometers als eigentliches Reſultat der Verſuche genommen und dann die nach den Potenzen der Wärmegrade t geordnete Formel bis zur vierten Potenz ſo geſucht, wie ſie dieſem Mittel am beſten entſprach. Die Methode der kleinſten Quadrate wurde deshalb nicht zur Beſtimmung der Coefficienten der Formel angewandt, weil ſie zu Rechnungen mit ſo vielen Ziffern geführt haben würde, um die Elimination faſt unausführbar zu machen, überdies ein einziger hiebei unterlaufender Schreib- oder Rechnungsfehler die ganze Arbeit unnütz gemacht haben würde. Übrigens erhellt aus der Originalabhandlung (S. 49), daß keine Mühe geſpart wurde, die genaueſten Werthe dieſer Coefficienten auch ohne Hülfe dieſer Methode zu erhalten.

Eine Zuſammenſtellung einer Anzahl beobachteter mit den berechneten Werthen wird übrigens am beſten zeigen, wie genau ſich Formel und Verſuche an einander anſchließen.

Temperatur C.	Volumen		Differenzen.
	nach der Formel.	nach dem Verſuche.	
0	1,0000000000	1,0000000000	0,0000000000
1	0,9999486748	0,9999553718	+ 0,0000066970
3	0,9998938160	0,9998930380	— 0,0000007780
5	0,9999002974	0,9999042710	+ 0,0000039736
10	1,0001670208	1,0001588272	— 0,0000081936
15	1,0007600708	1,0007657311	+ 0,0000056603
20	1,0006436852	1,0016007439	— 0,0000429413
25	1,0027864392	1,0027746269	— 0,0000118123
30	1,0041612454	1,0041563995	— 0,0000048459
35	1,0057453538	1,0056862924	— 0,0000690614
40	1,0075203517	1,0074831356	— 0,0000372161
50	1,0115910519	1,0116277050	+ 0,0000366531
60	1,0163127918	1,0161092732	+ 0,0001964814
70	1,0216944149	1,021649951	— 0,0000794198
80	1,0278141625	1,0280525377	+ 0,0002383752
90	1,0348196736	1,0347994561	— 0,0000202175
100	1,0429279852	1,0420846576	— 0,0008433276

---

*) Vergl. S. 409.

Die Verfahrungsweiſe bei den Verſuchen ſelbſt war folgende:

Alle Meſſungen wurden mit thermometerartigen Apparaten angeſtellt, welche aus einer Glaskugel von 0,75 bis 1,25 Par. Zoll Durchmeſſer und einem angeblaſenen Thermometerröhrchen von 11 Zoll Länge beſtanden. Sie waren von dem bekannten, in Arbeiten dieſer Art ſehr geübten, Mechanicus Loos in Darmſtadt aus Würzburger Glaſe verfertigt. Auf die Röhrchen war mit den feinſten Strichen eine Scale von 200 gleichen Theilen geätzt. Sie waren darauf mit reinem Queckſilber gefüllt und nach Art der Thermometer vollſtändig ausgekocht worden. Auf ſolche Weiſe gefertigt und bis obenhin mit Queckſilber gefüllt erhielt ſie der Verfaſſer vom Künſtler und benutzte ſie dann zu den Verſuchen. Zum Meſſen der Temperaturen wurde ein gewöhnliches, bis 80° R. und ein anderes bis 250° R. getheiltes Queckſilberthermometer, gleichfalls von Loos, mit auf Glas geätzten Scalen angewandt, bei denen die Richtigkeit der beiden feſten Puncte vorläufig berechnet wurde, und die zu noch größerer Sicherheit mit 6 anderen verglichen wurden. Ein drittes, von — 30° bis + 30° R. gehendes, Thermometer, welches in Gebrauch gezogen ward, war vom jüngern Greiner in Berlin verfertigt. Jeder Grad daran war in fünf Theile getheilt, wovon 0,5 eines Theiles und bei erfoderlicher Übung 0,25 deſſelben mit genügender Sicherheit geſchätzt werden kann, ſo daß die Beobachtungen der Verfaſſer für einige, dicht bei dem Nullpuncte liegende, Temperaturen bis auf $\frac{1}{4}$° R. unmittelbar, und bis auf $\frac{1}{10}$° R. noch nach immer ſehr ſicherer Schätzung gingen. Wie die Parallaxe beim Ableſen der Theilſtriche vermieden ward, iſt in der Originalabhandlung ausführlich angegeben.

Meßröhre und Thermometer wurden in einen irdenen Topf mit Waſſer geſenkt, jedoch nicht ſo, daß ſie den Boden berührten, welches nie richtige Reſultate gab, ſondern der Beobachter hielt die Röhren beider Inſtrumente zwiſchen den Fingern möglichſt in der lothrechten Axe des Topfes ſchwebend, die Durchmeſſer beider Kugeln in einer horizontalen Ebene, und maß die Tiefe der Einſenkung nach derjenigen Höhe ab, bis zu welcher die Flüſſigkeit im Meßröhrchen ſchon aufgeſtiegen war, um den Stand der Flüſſigkeit und die Scale über dem Rande des Topfes bequem erkennen und letztere genau ableſen zu können. Der Topf ſelbſt ſtand in einem blechernen Gefäße mit etwa 2,5 Zoll hohem Rande, welches theils zur Aufnahme des überfließenden Waſſers diente, theils zur Erhaltung einer conſtanten Temperatur beförderlich war, zu welchem Ende daſſelbe mit Waſſer von nahe der nämlichen Temperatur gefüllt ward, als welche im Topfe ſelbſt bleibend erhalten werden mußte. Dem Waſſer im Topfe wurde die erfoderliche Wärme durch Zugießen von heißem Waſſer oder durch Beimiſchung von etwas Schnee gegeben, welche beide in Gefäßen nahe zur Hand bereit gehalten wurden. Durch dies Mittel wurde zuerſt das Waſſer auf die erfoderliche Temperatur gebracht, und um es dann die gehörige Zeit unverändert darauf zu erhalten, da die Kugel der Meßröhre ungleich größer und außerdem die Empfindlichkeit in dieſem Apparate größtentheils ungleich geringer gegen den Einfluß des umgebenden Waſſers war, als die des Queckſilbers im Thermometer, wurden in kurzen Zeitintervallen ſo geringe Quantitäten heißen Waſſers oder Schnees zugeſetzt, daß die Temperatur des Waſſers im Topfe eine beliebige Zeit lang unverändert blieb, auf allen Fall ſo lange, bis die Flüſſigkeit im Meßröhrchen anhaltend einen bleibenden Stand zeigte.

Dies, bei Temperaturen zwiſchen etwa 10° und 30° C. leicht ausführbare Verfahren ward indeß ſehr beſchwerlich und langweilig für höhere Grade und reichte von etwa 60° C. an überhaupt nicht mehr aus, um dem Waſſer die erforderliche Temperatur bleibend zu erhalten. Hier bedienten ſich dann die Experimentirenden zweier Weingeiſtlampen, deren eine durch ihre größere Flamme die Wärme des Waſſers zu erhöhen diente, die andere aber ſo eingerichtet war, daß ſie möglich genau hinreichte, die erforderliche Temperatur des Waſſers bleibend zu erhalten. Ein beſtändiges Geſchäft eines der Experimentatoren war hiebei, das Waſſer in dem Topfe beſtändig umzurühren, indem die Beobachtung zeigte, daß erwärmtes Waſſer kaum einige Secunden ruhig ſtehen darf, ohne ſich in Schichten ungleicher Temperatur zu theilen, ſo daß das Thermometer in unbewegtem Waſſer faſt augenblicklich ſeinen Stand veränderte und bei einer nur geringen Veränderung der Tiefe, bis zu welcher es eingetaucht war, um mehr als einen ganzen Grad ſtieg oder fiel.

Da die Röhren der Meßapparate zu kurz waren, als daß die ganze Ausdehnung der in ihnen enthaltenen Flüſſigkeiten in einer einzigen Reihenfolge von Beobachtungen gemeſſen werden konnte, ſo mußte ein Theil der Flüſſigkeit herausgenommen werden, wenn ſie dem Ende der Scale nahe gekommen war, mit der verminderten Quantität wurde dann eine oder noch einige der letzten Beobachtungen wiederholt, um hiedurch die Quantität der herausgenommenen Flüſſigkeit zu beſtimmen.

Bemerkungen zu Stampfer's Verſuchen.

Stampfer, Profeſſor am K. K. polytechniſchen Inſtitute zu Wien, hat ſeine Verſuche zunächſt in der Abſicht angeſtellt, das abſolute Gewicht des Waſſers mit möglichſter Schärfe in Wiener Maß und Gewicht feſtzuſetzen. Dieſe Verſuche, welche ebenfalls mit großer Genauigkeit und Umſicht angeſtellt zu ſein ſcheinen, finden ſich in allem Detail in den Jahrbüchern des K. K. polytechniſchen Inſtitutes in Wien, Band XVI., und in ſehr vollſtändigem Auszuge hieraus in Pogg. Ann. XXI. 75 beſchrieben.

Das von Stampfer angewandte Verfahren war ein weſentlich anderes, als das von Muncke, denn während letzterer die Ausdehnung des Waſſers bei den verſchiedenen Temperaturen direct maß, beſtimmte Stampfer vielmehr die Dichtigkeit des Waſſers bei verſchiedenen Temperaturen durch die bekannte Methode der Abwägung eines Körpers von conſtantem Volumen darin. Zu dem Ende ließ er in der Werkſtatt des K. K. polytechniſchen Inſtitutes einen mit größter Vollkommenheit gearbeiteten, luftdicht verſchloſſenen hohlen Cylinder von 3 Zoll Höhe und 3 Zoll Durchmeſſer aus etwa ⅓ Linie dickem Meſſingblech verfertigen, ſo daß der ganze Cylinder etwa 26 Loth wog Die Dimenſionen dieſes Cylinders wurden mit der ſcrupulöſeſten Genauigkeit beſtimmt. (Die Originalabhandlung enthält ausführliche Details über die Art ſeiner Verfertigung und Maßbeſtimmung.) Hohl wurde der Körper gemacht, um das Gewicht deſſelben zu verringern und ſomit die Genauigkeit der Abwägung zu erhöhen, vorzüglich aber, damit derſelbe die jedesmalige Temperatur des Waſſers leichter und ſchneller annehme. Zur Wägung wurde eine ſehr genaue, von Joſ. Florenz in Wien verfertigte, Wage angewandt, von ſo großer Empfindlichkeit, daß bei Belaſtung von 1 Pfund auf jeder Seite das Zulegen von ¼ Milligramm oder ⅕ Richtpfennig noch einen deutlichen Ausſchlag gab. Ferner wurde ein Kilogramme Gewichtseinſatz aus Meſſing gewählt, der von Fortin in Paris verfertigt, von Lefèvre-Gineau mit einem Certificate verſehen und in der mathematiſchen Sammlung des K. K. polytechniſchen Inſtitutes aufbewahrt iſt. Zur Beſtimmung der kleinſten Gewichtsdifferenzen dienten eigends an einer ſehr guten Granwage verfertigte Gewichtchen von ¼ bis ½ Milligramme.

Als Gefäß für das Waſſer diente eine 7 bis 8 Zoll weite und 10 Zoll tiefe Glasglocke, ſo daß der in der Mitte hängende Cylinder rings herum von einer wenigſtens 2 Zoll dicken Waſſerſchicht umgeben war. Der Aufhängedraht von Meſſing war nicht ganz 0,1 Linie dick, und der eingetauchte Theil deſſelben wurde ſo oft abgemeſſen, als ſich die Länge änderte *). Beim Einſenken des Cylinders wurde alle Vorſicht gebraucht, daß keine Luft an ihm hängen bleibe; deshalb geſchah die Einſenkung ſo langſam, daß die Haarröhrchenkraft zur Benetzung der Oberfläche gleichen Schritt halten konnte **).

Die Temperatur des Waſſers wurde durch zwei zuvor hinſichtlich ihrer Richtigkeit geprüfte Thermometer gemeſſen, welche einander gegenüber, ganz nahe am Cylinder, ſo in das Waſſer gehangen wurden, daß ihre Kugeln mit dem Mittelpuncte des Cylinders in einer geraden horizontalen Linie lagen. Jede Thermometerkugel war über einen Zoll von der Wand des

*) Der Draht war an einem, zu dieſem Behufe mit einem Löchelchen verſehenen, meſſingenen Schräubchen befeſtigt, das in der Mitte der krummen Seitenfläche des Cylinders angebracht war. Der Verfaſſer zog dieſe Lage vor, weil beim Einſenken des Cylinders in das Waſſer unter ſolchen Verhältniſſen die Luft leichter ausweichen konnte, als wenn der Cylinder in der Verlängerung ſeiner Axe aufgehangen, folglich mit horizontaler Grundfläche eingeſenkt wurde. Das Volumen des Schräubchens nebſt jedesmaliger Länge des eingeſchraubten Drahttheiles wurde bei der Berechnung mit in Rückſicht genommen.

**) Damit nicht etwa ein fettiger Überzug die genaue Adhäſion des Waſſers am Cylinder verhindern möchte, wurde der Körper vorher mit Salzwaſſer gewaſchen.

Gefäßes entfernt. Die Scale war nach Réaumur und unmittelbar auf die Glasröhren zart eingeſchnitten, wozu die Röhren auf der Seite der Theilung plangeſchnitten waren. Auf dieſen Scalen betrugen 11°,6 einen Wiener Zoll. Es iſt nicht angegeben, ob noch Unterabtheilungen von Graden auf der Scale verzeichnet waren; doch bemerkt, daß der Fehler, der bei Schätzung der Temperatur, wenn ſie zwiſchen zwei Theilſtrichen fiel, begangen werden konnte, ſelten $\frac{1}{20}$ Grad betragen mochte und ſich noch überdies durch Wiederholung der Verſuche verringern ließ.

Um das Volumen des Körpers für jede Temperatur zu haben, mußte die Ausdehnungsgröße deſſelben bekannt ſein. Der Verfaſſer ſtellte zu dieſem Zweck eine eigene Reihe von Verſuchen über die Ausdehnung des Meſſings an einer 1 Zoll breiten und 25 Zoll langen Schiene von demſelben Meſſing, aus welchem der Cylinder verfertigt war, zwiſchen Temperaturen von 30° und 50° R. an, deren Reſultat ſchon S. 410 mitgetheilt iſt. überdies wurde noch die geringe Convexität, welche die Böden des Cylinders bei Erwärmung der inwendig eingeſchloſſenen Luft vermöge zunehmenden Druckes annehmen mußten, mittelſt Hülfsverſuchen ausgemittelt und bei der Volumenbeſtimmung mit in Rechnung genommen. Wie alles dies erreicht wurde, iſt in der Originalabhandlung ausführlich erörtert.

Zu den Abwägungsverſuchen wurde deſtillirtes Waſſer verwendet, welches der Verfaſſer aus dem Laboratorium der allgemeinen techniſchen Chemie am K. K. polytechniſchen Inſtitute erhielt, wo daſſelbe auch jedesmal ausgekocht wurde. Dieſes Auskochen geſchah meiſtens in der Glasglocke ſelbſt, in welcher die Abwägung vorgenommen wurde, um das Aufnehmen von Luft während des Umſchüttens zu vermeiden. Das Waſſer wurde wenigſtens eine halbe Stunde im Sieden erhalten und dabei zugedeckt, um daſſelbe gegen Staub und Aſche zu ſchützen. Einige Male wurde das Waſſer in einem Glaskolben ausgekocht, aus dieſem ſiedend in die Glasglocke geſchüttet und in dieſer noch einige Minuten kochen gelaſſen. Die Verſuche zeigten keinen merklichen Unterſchied zwiſchen beiden Verfahrungsarten des Auskochens. Mit dieſem Waſſer wurden die Verſuche zwei, ſelten drei Tage fortgeſetzt, dann aber wieder neues, friſch ausgekochtes Waſſer genommen.

Um die Verſuche für verſchiedene Wärmegrade des Waſſers zu erhalten, wurde dieſes bei einer Temperatur an die Wage gebracht, welche um einige Grade höher oder tiefer als die der umgebenden Luft war, ſo daß während der Beobachtungen die Temperatur des Waſſers ſich nach und nach jener der Luft näherte. Auch der Verfaſſer bemerkte die Schwierigkeit, die ganze, den Cylinder umgebende, Waſſermenge in eine nach verticaler Richtung gehörig gleiche Temperatur zu verſetzen oder die mittlere Temperatur derſelben genau auszumitteln. Da aber die Differenz zwiſchen der Temperatur der übereinanderliegenden Schichten um ſo kleiner wird, je näher die Temperatur des Waſſers der der Luft kommt, ſo unternahm der Verfaſſer die Verſuche, um eine vollſtändige Reihe derſelben von

0° bis 25° R. zu erhalten, zu verſchiedenen Jahreszeiten, und ſuchte auf dieſe Weiſe die jedesmalige Temperaturdifferenz zwiſchen Waſſer und Luft möglichſt klein zu machen. Aus, in der Originalabhandlung beigefügten, Erörterungen ſchließt übrigens der Verfaſſer, daß, wenn wie bei den Verſuchen geſchehen, die beiden Thermometer jedesmal in eine Waſſerſchicht, welche durch den Mittelpunct des Cylinders ging, gebracht wurden, die von der Temperaturdifferenz der verſchiedenen Waſſerſchichten abhängigen Fehler höchſtens die ſechſte Decimalſtelle im ſpecifiſchen Gewicht des Waſſers afficiren, ſo lange die Temperatur des Waſſers und der umgebenden Luft nicht über 80° R. beträgt.

Bei der Abwägung des Cylinders im Waſſer wurde ſo verfahren. Durch Wegnahme oder Zulegung von kleinen Gewichten wurde das Gleichgewicht etwas geſtört, hierauf die Zeit des ſcharfen Einſpielens der Zunge abgewartet, und für dieſen Moment der Stand der beiden Thermometer im Waſſer, die Temperatur der umgebenden Luft, die Summe der Gewichte in der Schale, und um die Geſchwindigkeit der Temperaturänderung des Waſſers und die Zwiſchenzeit der Verſuche erſehen zu können, auch die Uhrzeit aufgeſchrieben. Dieſe Operation wurde in der Nähe eines ganzen Grades der im Waſſer befindlichen Thermometer mehrmals wiederholt, und aus den einzelnen Beobachtungen das Mittel genommen.

Die Reduction der Wägungsverſuche geſchah, wie natürlich, auf den leeren Raum.

Zur Berechnung der, auf die Verſuche gegründeten, Formel wurde die Methode der kleinſten Quadrate angewandt.

Über die Kraft der Ausdehnung des Waſſers beim Gefrieren *).

Während des Winters 1828 und 1829 wurden im Arſenal zu Warſchau folgende Verſuche über die Kraft, mit welcher das Waſſer ſich beim Gefrieren auszudehnen ſtrebt, angeſtellt:

Es wurde eine Haubitze von Gußeiſen von 6 Zoll 8 Linien Durchmeſſer, 1 Zoll 2 Linien Öffnung und 1 Zoll 2 Linien Wanddicke, die 46,29 Cubikzoll faßte, bei einer Lufttemperatur von 21° F. (= 4°,88 R.) mit Waſſer von 41° F. (= 4° R.) angefüllt. Als das Waſſer gefroren war, ragte aus dem Halſe der Kugel ein Eiscylinder von dem Durchmeſſer der Öffnung hervor, und wuchs innerhalb zwei Stunden auf eine Länge von 2 Zoll 2 Linien an. Weiter fand keine Zunahme deſſelben Statt, ſo daß man daraus erſehen kann, das Volumen des Waſſers habe beim Gefrieren um 2,31 Cubikzoll oder um $\frac{1}{20}$ zugenommen. Eine andere Kugel wurde mit Waſſer gefüllt, mit einem Holzpfropf verkeilt und dann der oben genannten Temperatur ausgeſetzt. Da wurde der Propf herausgetrieben und ſein Platz von Eis eingenommen. Eine dritte Kugel wurde, nachdem ſie

---

*) Bibl. univ. 1830. Févr. p. 314 oder Baumg. Zeitſchr. VIII. 469.

mit Waſſer gefüllt war, durch eine eiſerne Schraube verſchloſſen und wieder obiger Kälte ausgeſetzt. Nach 7 Stunden borſt die Kugel in zwei ungleiche Theile, wovon der kleinere 10 Fuß, der größere 7 Fuß von Ort und Stelle geſchleudert wurde, und doch hatte ſich nur eine 6 Linien dicke Eiskruſte gebildet, der Reſt war flüſſig geblieben. Endlich ward noch eine andere Kugel mit Waſſer von 46° F. (= 6°,22 R.) gefüllt, die Öffnung mit einer 6 Linien dicken Schraube geſchloſſen und in die Luft gebracht, die eine Temperatur von 28° F. (= – 1°,77 R.) hatte. Auch dieſe borſt in zwei ungleiche Theile, deren einer 4 Fuß weit hinweg flog. Die entſtandene Eiskruſte war 13 Linien dick, der Reſt blieb flüſſig. Bei einem ferneren Verſuche dieſer Art betrug die Dicke der Kruſte Eis, welches ſich beim Berſten der Kugel zeigte (das wieder bei 28° F. erfolgte), 5 Linien.

Ausdehnung verſchiedener Flüſſigkeiten durch die Wärme.

Wie S. 418 angegeben, hat Muncke außer der Ausdehnung des reinen Waſſers durch die Wärme auch gleichzeitig die von verſchiedenen anderen Flüſſigkeiten unterſucht. Wir wollen dieſe zuerſt, mit Hinzufügung einiger Bemerkungen bei jeder, namhaft machen, dann die Formeln mittheilen, welche Muncke aus dieſen Verſuchen für das Geſetz ihrer Ausdehnung abgeleitet hat, und nach denen ſich die Ausdehnung für jeden beliebigen Grad berechnen läßt; darauf ausführliche Tabellen wenigſtens für Alkohol und Schwefelſäure, als die wichtigſten Flüſſigkeiten, herſetzen Verlangt man irgend ein Datum für eine andere der angegebenen Flüſſigkeiten (bei denen wir bloß einige wenige Werthe mittheilen werden), ſo kann man es entweder aus den beigebrachten Formeln leicht ableiten, oder man findet auch die dafür geltenden Tabellen in Baumg. Zeitſchr. X. 366.

Die Verſuche wurden mit demſelben Apparate angeſtellt, als die über die Ausdehnung des Waſſers, und mit gleicher Sorgfalt berechnet. Bei den Beobachtungen unter dem Gefrierpuncte wurde die Meßröhre nebſt dem Thermometer zugleich in die kaltmachende Miſchung geſenkt, ſo daß die Kugeln beider in unmittelbarer Berührung waren; auch wurden dieſe Verſuche bei ſtrenger Winterkälte angeſtellt. Doch überzeugten ſich die Experimentatoren ſchon während der Verſuche, daß wegen der ungleichen Empfindlichkeit der in den Kugeln enthaltenen Subſtanzen gegen die, wenn gleich langſamen, Änderungen der Temperatur, auch weil an einzelnen Stellen die Miſchung durch unbekannte Einflüſſe ungleich erkaltet ſein konnte, die hier erhaltenen Reſultate an Genauigkeit denjenigen weit nachſtehen, die über dem Gefrierpuncte erhalten wurden, obgleich das, zur Aufnahme der Apparate dienende, Gefäß in einem weit größern, gleichfalls mit Schnee und Kochſalz gefüllten, ſtand und die Beſtandtheile der Miſchung in jenem vor dem Hereinſenken der Apparate mit einem hölzernen oder gläſernen Rührſtabe ſtark und lange unter einander gemengt wurden.

Die Beobachtungen über dem Gefrierpuncte wurden wie beim Waſſer angeſtellt. Für Temperaturen über dem Siedepuncte des Waſſers ward ein Gefäß mit Olivenöl und die Weingeiſtlampe angewandt (wobei das Dampfen des Öles allerdings ſehr läſtig war). Das Öl ward hiebei beſtändig umgerührt.

Sämmtliche Flüſſigkeiten (mit Ausnahme des aus einer guten Officin bezogenen Mandelöls) waren Muncke'n von dem ausgezeichneten Chemiker L. Gmelin mitgetheilt worden, ſo daß die Reinheit derſelben keinem Zweifel unterliegt. Bei den Flüſſigkeiten, wo die Temperaturgrade über 100° C. ſteigen, ſind Grade des Luftthermometers zu verſtehen, indem die beobachteten Grade des Queckſilberthermometers hierauf reducirt worden ſind.

1) Seewaſſer, künſtlich von Gmelin nach den genau abgemeſſenen Beſtandtheilen des wirklichen Seewaſſers bereitet, wobei die Analyſen von Vogel und Lagrange zu Grunde gelegt wurden. Die Verſuche umfaſſen das Intervall von 0° bis 100° C. Sowohl die Differenzen der durch die Beobachtung erhaltenen Werthe, als auch die ſpätere Berechnung derſelben zeigten, daß die Beobachtungen darüber zu den vorzüglich genauen gehörten *). Aus den Verſuchen wie aus der Formel geht hervor, daß über dem Nullpuncte kein Maximum der Dichtigkeit Statt findet. Nach der Formel liegt es bei — 5°,¼ C., und eine von Muncke angeführte Beobachtung zeigt, daß bei — 1°,25 C. wirklich noch eine Verminderung des Volumens Statt findet, was mit des jungen Erman Unterſuchungen (Pogg. XII. 463) völlig übereinſtimmt, welche zugleich gezeigt haben, daß minder geſalzenes Waſſer allerdings noch einen Punct größter Dichtigkeit über dem Gefrierpuncte darbietet, der aber tiefer als der des reinen Waſſers iſt. Inſofern man Grund hat anzunehmen, daß der Punct des Dichtigkeitsmaximums einer Flüſſigkeit in der Nähe ihres Gefrierpunctes liegt, ſtimmt übrigens obiges Ergebniß der Formel über das Dichtigkeitsmaximum beim Seewaſſer auch ſehr gut mit der Angabe Wrangel's, daß Seewaſſer bei — 5° C. zu kryſtalliſiren anfängt.

2) Alkohol. Der angewandte Alkohol war als abſol. Alkohol von Gmelin nach Richter's Methode bereitet und zeigte mittelſt ganz genauer Beſtimmungen ein ſpecifiſches Gewicht 0,808 bei 12°,5 C. **), was zufolge der nachſtehenden Verſuche auf 20° C. reducirt, ein ſpecifiſches Gewicht 0,801 geben würde, während nach Richter und Meißner das ſpecifiſche Gewicht des abſoluten Alkohols bei 20° C. = 0,792 oder = 0,791 ſein ſoll. Es muß dahin geſtellt bleiben, ob letztere Beſtimmungen des ſpecifiſchen Gewichtes von abſ. Alkohol, die mit minder genauen Inſtrumenten angeſtellt waren, nicht ganz richtig ſind, oder ob der von Gmelin bereitete Alkohol nicht ganz waſſerfrei war.

---

*) Zu bemerken iſt, daß dies Waſſer nicht wie das deſtillirte Waſſer vor der Anwendung lang und anhaltend gekocht, ſondern bloß bis zu anfangendem Sieden erhitzt ward, um nicht durch Verdampfung ſein Miſchungsverhältniß zu ändern; da es indeß friſch bereitet war, konnte es nur wenig Luft enthalten.

**) Auf das ſpecifiſche Gewicht des Waſſers bei derſelben Temperatur = 1 bezogen.

Die Formel, nach welcher die Tabelle berechnet iſt, gründet ſich auf zwanzig Beobachtungen, welche das Intervall von 0° bis 72°,5 C. umfaſſen *). Die Behauptung, die Tralles (Gilbert XXXVIII. 364) nach ſeinen Verſuchen aufgeſtellt hat, die Ausdehnung des abſoluten Alkohols ſei zwiſchen — 26°,11 und + 37°,22 C. ganz gleichförmig und betrage für 1° C. zwiſchen dieſen Gränzen 0,000846 ſeines Volumens, muß nach Muncke's Verſuchen für irrig erklärt werden. — Das Maximum der Dichtigkeit des Alkohols würde durch Berechnung nach der Formel bei — 56°,6 C. fallen. — Hinſichtlich der wahrſcheinlichen Übereinſtimmung dieſes Punctes mit der Erfahrung erinnert Muncke, daß nach dem Berichte Parry's auf dem Verdecke ſeines Schiffes bei der Melville-Inſel in einer Temperatur, welche — 45° C. und auf kurze Zeit — 48°,5 C. als ihr Maximum erreichte, der ſtärkſte Conjac zu einer ſyrupartigen Maſſe geſtand, wonach man vermuthen kann, daß der Gefrierpunct oder wenigſtens der Punct des Dichtigkeitsmaximums beim Alkohol nicht ſo ſehr tief unter dieſer Temperatur liegen wird. Zwar behauptet Hutton, Alkohol von 0,798 ſpecifiſchem Gewichte bei 79° C. zum Gefrieren gebracht zu haben; indeß ſcheint

---

*) Die Tabelle iſt, wie man ſieht, bis zu Graden weit unter 0° fortgeſetzt, ungeachtet die Verſuche, aus welchen die zu ihrer Berechnung dienenden Formeln hergeleitet wurden, bloß Temperaturen über 0° betreffen. Zwar wurden auch bei Temperaturen unter 0° Verſuche angeſtellt, allein dieſe boten wegen mehrerer hinderlicher Umſtände keine hinlängliche Übereinſtimmung dar, daher es Muncke gerathener fand, ſie bei der Berechnung nicht mit zuzuziehen. Muncke ſelbſt äußert übrigens in Bezug auf die Zuverläſſigkeit jener Ausdehnung der Tabellen Folgendes: „Nach meiner feſten Überzeugung erwächſt indeß aus der Mangelhaftigkeit dieſer Verſuche in niederen Temperaturen durchaus kein weſentlicher Nachtheil. Es folgt nämlich ſchon aus früheren Verſuchen, namentlich mit Alkohol, und geht aus den unſrigen mit dem höchſten Grade der Gewißheit hervor, daß mit Ausnahme des reinen Waſſers jede Flüſſigkeit, ſo lange ſie ihren Aggregatzuſtand nicht ändert, das ihr eigenthümliche Geſetz der Ausdehnung durch Wärme, ohne Abweichung befolgt, und da unſere Verſuche über die Vermehrung des Volumens beim Alkohol in den Temperaturen über dem Gefrierpuncte unter die allergenaueſten gehören, ſo kann ich es durchaus nicht für zweifelhaft halten, daß ſich das Geſetz der Ausdehnung deſſelben aus ihnen mit vollkommener Schärfe finden und auch auf die Temperaturen unter dem Gefrierpuncte ausdehnen laſſe, um ſo mehr als es bei der Unzuverläſſigkeit der bekannten Angabe Hutton's und einigen von mir in Verbindung mit meinem Collegen L. Gmelin vermittelſt der flüſſigen ſchwefligen Säure nach Buſſy angeſtellten Verſuchen ſehr zweifelhaft iſt, ob ſich durch die bis jetzt bekannten Mittel ein Grad der künſtlichen Kälte erreichen laſſe, wodurch der abſolute Alkohol ſeinen Aggregatzuſtand ändert. Eben deßwegen, und mit beſonderer Rückſicht auf die von uns in den Temperaturen unter dem Gefrierpuncte des Waſſers angeſtellten Beobachtungen, wodurch im Allgemeinen ſehr ſichtbar wurde, daß ſich das Volumen des Alkohols ſtets der Wärmeabnahme proportional verminderte, ohne daß jedoch die erhaltenen Größen uns zur Begründung eines Geſetzes genügend ſchienen, trage ich nicht das mindeſte Bedenken, das aus unſeren Verſuchen über dem Gefrierpuncte des Waſſers erhaltene Geſetz der Ausdehnung dieſer Flüſſigkeit auch auf die Temperaturen unter dem Gefrierpuncte anzuwenden."

ſeine Angabe nicht viel Zutrauen zu verdienen, denn es iſt bisher Niemandem gelungen, ſeine Reſultate zu reproduciren.

3) Schwefeläther. Der angewandte Äther hatte ein ſpecifiſches Gewicht 0,733 bei 12°,5 C., die Ausdehnungen deſſelben wurden von — 21° C. bis + 40° C. beſtimmt. Da der Siedepunct des reinen Äthers ſchon bei + 35° C. liegt, ſo ſcheint es für den erſten Anblick auffallend, daß die Verſuche noch weiter fortgeſetzt werden konnten. Dies beruhete auf dem merkwürdigen Umſtande, daß der Äther, der in offenen Gefäßen wirklich bei 35° C. kochte, und der auch in eben der (thermometerartig eingerichteten) Meßröhre, ſo lange er bloß die Kugel, nicht aber die enge Röhre, füllte, bei 35° kochte, erſt bei 40°, ja bei 42°, zum Kochen kam, wenn er ſich in der engen Röhre 6 bis 10 Zoll hinauf erſtreckte. Dieſe Verſchiedenheit hat nach der Meinung des Verfaſſers darin ihren Grund, daß die Dämpfe im letzten Falle, indem ſie ſich unten entwickeln, nicht bloß den Druck der Atmoſphäre, ſondern auch noch den Widerſtand zu überwinden haben, den die Adhäſion der Flüſſigkeit ihrem Aufſteigen entgegenſetzt.

Der Punct der größten Dichtigkeit des Äthers, nach der Formel beſtimmt, fällt nahe genau auf — 36° C. Indem nun der Äther nach Fourcroy und Vauquelin ſchon bei — 31° C. glänzende Blättchen abſetzt, bei — 44° C. aber zu einer weißen kryſtalliniſchen Maſſe geſteht, findet es Muncke hiermit ganz übereinſtimmend, daß nach der Formel das Dichtigkeitsmaximum faſt genau zwiſchen dieſen beiden Temperaturen in die Mitte fällt, denn $\frac{31 + 44}{2} = 37,5$.

4) Rectificirtes Steinöl, von 0,78125 ſpecifiſchem Gewicht bei 12°,5 C. Die Beobachtungen gehen von 0° bis 95° C. — Der Punct der größten Dichtigkeit fällt nach der Formel ſehr nahe bei — 71° C.

5) Ätzammoniakflüſſigkeit, von 0,9465 bei 12°,5 C. Die Beobachtungen gehen von — 15° C. bis + 45° C. Man findet aus der Formel, daß dieſe Flüſſigkeit kein Maximum der Dichtigkeit hat, dagegen läßt ſie ein Maximum der Ausdehnung bei 74°,8 C. finden, was unſtreitig anzeigt, daß, wenn die Flüſſigkeit ſtärker erhitzt wird, alles Gas entweicht und die Flüſſigkeit nicht mehr bleibt, was ſie ſein ſoll.

6) Salzſäure, von 1,1978 ſpecifiſchem Gewicht bei 12°,5 C. Die Verſuche gehen von — 20° C. bis + 45° C. Die Formel giebt keinen Punct der größten Dichtigkeit, aber ein Maximum der Ausdehnung, welches zwiſchen 87°,5 und 88° C. liegt.

7) Salpeterſäure, von 1,4405 ſpecifiſchem Gewicht bei 12°,5 C. Die Verſuche gehen von — 20° C. bis + 115° C. Die Formel giebt keinen Punct der größten Dichtigkeit, aber ein Maximum der Ausdehnung bei 186°,3 C.

8) Schwefelſäure, von 1,836 ſpecifiſchem Gewichte bei 12°,5 C. Die Verſuche gingen von — 30° bis + 230° C. (auf Luftthermometer

reducirt); doch wurden bloß die Beobachtungen über 0° zur Herleitung der Formel zugezogen, da der Verfaſſer Urſache hatte, den Beobachtungen unter 0° nicht ganz daſſelbe Zutrauen zu ſchenken, als den über 0°. Es ſind zwei Formeln gegeben und hienach zwei Tabellen berechnet worden; die eine Formel wurde nämlich aus ſämmtlichen Beobachtungen von 0° bis 230° C. abgeleitet, die andere bloß aus den von 0° bis 100° C. Zufolge Erörterungen, die in einem nachfolgenden Artikel folgen werden, läßt ſich mit Fug annehmen, daß die aus den Beobachtungen bloß zwiſchen 0° und 100° C. abgeleitete Formel genauere Reſultate für alle Temperaturen, die zwiſchen — 100° C. und + 100° C. liegen, giebt, als die andere, dagegen ſie unzuläſſig wird, wie auch aus der Anſicht der Tabelle ſelbſt hervorgeht, für höhere Temperaturen, wo die andere Formel brauchbarere Reſultate giebt. Wahrſcheinlich ſollten eigentlich für höhere Temperaturen noch mehr Glieder in die Formel aufgenommen werden.

Was den Punct des Maximums der Dichtigkeit anlangt, ſo ergiebt er ſich nach der, aus Temperaturen bloß zwiſchen 0° und 100° C. abgeleiteten, Formel = — 59°,2.

Wirklich gefriert nach Thomſon das zweite Schwefelſäurehydrat, deſſen ſpecifiſches Gewicht = 1,845, in Thermometerkugeln bei — 39° C., welches ſomit hiermit ſehr gut übereinſtimmen würde. Wollte man den Punct des Dichtigkeitsmaximum aus der, aus den Beobachtungen von 0° bis 230° C. abgeleiteten Formel herleiten, ſo würde er ſich bei — 104° C. ergeben, welcher Werth unſtreitig nach dem viel höhern Froſtpuncte der Schwefelſäure nicht zuverläſſig ſein kann.

9) **Gutes feines Mandelöl** aus einer guten Officin. Das ſpecifiſche Gewicht wurde nicht beſtimmt. Die Verſuche wurden von 0° bis 120° (Luftthermometer) in Rechnung genommen. Das Öl hat nach der Formel kein Maximum der Dichtigkeit; dagegen fällt ein Maximum der Ausdehnung nach der Formel nahe genau bei 296° C. Dies ſtimmt bemerkenswerther Weiſe mit dem Umſtande überein, daß die Zerſetzung des Öles bei ungefähr 300° C. beginnt.

Formeln für die Ausdehnung der verſchiedenen Flüſſigkeiten.

Es ſei Δv die Volumenvermehrung, welche die Flüſſigkeit erfährt, wenn man ſie bis zu t Centeſimalgraden erwärmt, das Volumen der Flüſſigkeit bei 0° C. = 1 geſetzt. Man hat dann für die verſchiedenen Flüſſigkeiten folgende allgemeine Formel:

$$\Delta v = at + bt^2 + ct^3 + dt^4$$

Hierin haben a, b, c, d für die verſchiedenen Flüſſigkeiten verſchiedene Werthe, die ſich nach **Muncke's** Verſuchen folgendergeſtalt beſtimmen.

(Hieher die eingeheftete Tabelle).

Tabellen über die Ausdehnung der Flüſſigkeiten.

Volumen des Seewaſſers.

Temperatur C.	Nach Rechnung.	Nach Beobachtung.
0	1,0000000000	1,00000000
+ 5	1,0004136016	1,00043545
50	1,0136704155	1,01360053
95	1,0404471284	1,04044010
100	1,0441787935	1,04420981

Volumen des Alkohols von 0,808 ſpecifiſchem Gewicht bei 12°,5.

a) Berechnete Tabelle.

C.	Volumen.	Dichtigkeit.	C.	Volumen.	Dichtigkeit.
−50	0,9653257647	1,0359197252	−25	0,9779158364	1,0225828878
−49	0,9655474921	1,0356818338	−24	0,9786640867	1,0218010588
−48	0,9657974075	1,0354138375	−23	0,9794266222	1,0210055325
−47	0,9660748501	1,0351164708	−22	0,9802030004	1,0201968363
−46	0,9663791677	1,0347905184	−21	0,9809927875	1,0193754864
−45	0,9667097171	1,0344366900	−20	0,9817955581	1,0185410718
−44	0,9670658637	1,0340557324	−19	0,9826103977	1,0176968344
−43	0,9674469812	1,0336483750	−18	0,9834383926	1,0168405134
−42	0,9678524536	1,0332153380	−17	0,9842776501	1,0159734907
−41	0,9682816697	1,0327573384	−16	0,9851282775	1,0150962294
−40	0,9687340324	1,0322741501	−15	0,9859898935	1,0142091786
−39	0,9692089496	1,0317692593	−14	0,9868621251	1,0133127765
−38	0,9697058394	1,0312405673	−13	0,9877446083	1,0124074498
−37	0,9702241280	1,0306896841	−12	0,9886369877	1,0114936140
−36	0,9707632507	1,0301172807	−11	0,9895389167	1,0105716745
−35	0,9713226511	1,0295240195	−10	0,9904500573	1,0096420235
−34	0,9719017822	1,0289105528	− 9	0,9913700802	1,0087050436
−33	0,9725001049	1,0282775240	− 8	0,9922986652	1,0077611057
−32	0,9731170897	1,0276255659	− 7	0,9932355004	1,0068105697
−31	0,9737522153	1,0269553016	− 6	0,9941802828	1,0058537846
−30	0,9744049691	1,0262673444	− 5	0,9951327182	1,0048910881
−29	0,9750748482	1,0255623959	− 4	0,9960925208	1,0039228075
−28	0,9757613561	1,0248407499	− 3	0,9970594141	1,0029492585
−27	0,9764640072	1,0241032876	− 2	0,9980331299	1,0019707463
−26	0,9771823230	1,0235504807	− 1	0,9890134086	1,0009875657

C.	Volumen.	Dichtigkeit.	C.	Volumen.	Dichtigkeit.
0	1,000000000	1,000000000	36	1,0383247623	0,9630898119
1	1,0009926616	0,9990083228	37	1,0394484702	0,9620486533
2	1,0019911607	0,9980127962	38	1,0405754330	0,9610067356
3	1,0029952727	0,9970136721	39	1,0417061906	0,9599635761
4	1,0040047816	0,9960111927	40	1,0428394914	0,9589203403
5	1,0050194803	0,9960055895	41	1,0439767925	0,9578756995
6	1,0060391718	0,9939970888	42	1,0451177608	0,9568299741
7	1,0070636652	0,9929558802	43	1,0462635180	0,9557821550
8	1,0080927798	0,9919721875	44	1,0474112005	0,9547348731
9	1,0091263440	0,9909561929	45	1,0485639493	0,9536852766
10	1,0101641939	0,9899380774	46	1,0497209153	0,9526341577
11	1,0112062738	0,9889179150	47	1,0508822579	0,9515813903
12	1,0122521423	0,9878961557	48	1,0520481455	0,9505268407
13	1,0133019573	0,9868726620	49	1,0532187551	0,9494703690
14	1,0143554923	0,9858476713	50	1,0543942725	0,9484118286
15	1,0154126271	0,9848213163	51	1,0555748860	0,9473510721
16	1,0164732511	0,9837937190	52	1,0567608179	0,9462879236
17	1,0175372619	0,9827649929	53	1,0579522591	0,9452222360
18	1,0186045658	0,9817352721	54	1,0591494390	0,9441538306
19	1,0196750781	0,9807045611	55	1,0603525864	0,9430825301
20	1,0207487227	0,9796730358	56	1,0615619392	0,9420085147
21	1,0218254323	0,9786407427	57	1,0627777438	0,9409305058
22	1,0229051482	0,9776077495	58	1,0640002565	0,9398493974
23	1,0239878204	0,9765741155	59	1,0652297411	0,9387646265
24	1,0250734077	0,9755398906	60	1,0664664768	0,9376759811
25	1,0261618778	0,9745051163	61	1,0677107282	0,9365832651
26	1,0272532070	0,9734698253	62	1,0689628007	0,9354862483
27	1,0283473810	0,9724340417	63	1,0702229907	0,9343847111
28	1,0294443919	0,9713977830	64	1,0714916050	0,9332784273
29	1,0305442410	0,9703610581	65	1,0727689603	0,9321671646
30	1,0316469441	0,9693238619	66	1,0740553818	0,9310506860
31	1,0327525177	0,9682861885	67	1,0753512039	0,9299287492
32	1,0338609913	0,9672480231	68	1,0766567691	0,9288011079
33	1,0349724019	0,9662093396	69	1,0779724302	0,9276767865
34	1,0360867960	0,9651701034	70	1,0792985444	0,9265277019
35	1,0372042283	0,9641302770			

b) Tabelle zur Zuſammenſtellung der beobachteten mit den berechneten Werthen.

C.	Nach Rechnung.	Nach Beobachtung.	Unterſchiede.
5	1,0050194808	1,0050824960	+ 0,0000630152
10	1,0101641939	1,0101840492	+ 0,0000198553
15	1,0154126271	1,0153856500	— 0,0000269771
20	1,0207487227	1,0206928300	— 0,0000558927
25	1,0261618778	1,0260823872	— 0,0000794906
30	1,0316469441	1,0315659911	— 0,0000809530
35	1,0372042283	1,0371662152	— 0,0000380131
40	1,0428394914	1,0430379485	+ 0,0001984571
45	1,0485639493	1,0485470775	— 0,0000168718
50	1,0543942725	1,0541932878	— 0,0002009847
55	1,0603525864	1,0605704432	+ 0,0002178568
60	1,0664664768	1,0667704028	+ 0,0003039260
65	1,0727689603	1,0731401401	+ 0,0003711798
70	1,0792985444	1,0786234327	— 0,0006751117

Volumen des Schwefeläthers von 0,734 ſpecifiſchem Gewicht bei 12°,5 C.

C.	Nach Rechnung.	Nach Beobachtung.
— 21	0,9717062904	0,9696422011
— 5	0,9925652784	0,9921213984
— 0	0,0000000000	1,0000000000
+ 5	1,0075526655	1,0077034673
35	1,0548121589	1,0550428172
40	0,0642299627	1,0635234723

Volumen des Steinöls von 0,78125 ſpecifiſchem Gewichte bei 12°,5 C.

C.	Nach Rechnung.	Nach Beobachtung.
0	1,0000000000	1,0000000000
+ 5	1,0049925820	1,0049867263
50	1,0526527665	1,0524866935
90	1,0994334677	1,0994586197
95	1,1059918552	1,1060059094

Volumen der Ammoniakflüſſigkeit von 0,78125 ſpecifiſchem Gewichte bei 12°,5 C.

Temp. C.	Nach Rechnung.	Nach Beobachtung.
— 15	0,9960316994	0,99610728484
5	0,9986284001	0,99860241529
0	1,0000000000	1,0000000000
+ 5	1,0015003011	1,00147271958
40	1,0170099379	1,01696283540
45	1,0196703748	1,01983104130

Volumen der Salzſäure von 1,1978 ſpecifiſchem Gewichte bei 12°,5 C.

Temp. C.	Nach Rechnung.	Nach Beobachtung.
— 20	0,9879712412	0,9884144497
— 5	0,9971431469	0,9970455511
0	1,0000000000	1,0000000000
+ 5	1,0028197879	1,0028623581
40	1,0224870011	1,0224502708
45	1,0252441612	1,0253597951

Volumen der Salpeterſäure von 1,4405 ſpecifiſchem Gewichte bei 12°,5 C.

Temperatur C. (Luftthermometer).	Nach Rechnung.	Nach Beobachtung.
— 20	0,9776281364	0,9804017331
5	0,9946224692	0,9951419654
0	1,0000000000	1,0000000000
+ 5	1,0052949774	1,0053458473
50	1,0535635691	1,0535164607
100	1,1152790302	1,1148852683
110	1,1280821641	1,1286436741
115	1,1344366724	1,1354793173

Volumen der Schwefelſäure von 1,836 ſpecifiſchem Gewichte bei 12°,5 C.*).

a) Berechnet nach der Formel, welche aus Beobachtungen bloß von 0° bis 100° C. abgeleitet iſt.

Temp. C. (Luftth.)	Berechnet.	Beobachtet.	Differenzen.
— 30	0,9883575935	0,9818624389	+ 0,0064951546
— 20	0,9910441620	0,9884862579	+ 0,0025579041
— 10	0,9950614015	0,9941195953	+ 0,0009418062
0	1,0000000000	1,0000000000	0,0000000000
10	1,0055186238	1,0056740113	+ 0,0001553875
20	1,0113439181	1,0112810869	— 0,0000628312
30	1,0172705066	1,0172633678	— 0,0000071388
40	1,0228444462	1,0231947601	+ 0,0003503139
50	1,0289459546	1,0290212865	+ 0,0000753319
60	1,0346239549	1,0346529476	+ 0,0000289927
70	1,0402615310	1,0401975113	— 0,0000640197
80	1,0459931998	1,0460087996	+ 0,0000155998
90	1,0520214570	1,0529976834	+ 0,0009762264
100	1,0586167770	1,0578494784	— 0,0007672986
110	1,0661176127	1,0638236199	— 0,0022939928
120	1,0749308957	1,0691885459	— 0,0163409903
130	1,0855295362	1,0751056683	— 0,0104238679
140	1,0984574232	1,0805539534	— 0,0179034698
150	1,1143244241	1,0872713799	— 0,0270530442
160	1,1338088853	1,0939739632	— 0,0398349221
170	1,1576571314	1,1001882075	— 0,0574689239
180	1,1866834662	1,1065592120	— 0,0801242542
190	1,2217701716	1,1128822331	— 0,1088879385
200	1,2638675084	1,1192886194	— 0,1445788890
210	1,3145215808	1,1259128487	— 0,1886087321
220	1,3732350130	1,1322464397	— 0,2401885733
230	1,4427455956	1,1388576701	— 0,3038879255

---

*) Für Temperaturen bis zu + 100° C. kann man entweder die Werthe der Tabelle a) oder b) anwenden, die hier nicht ſehr von einander abweichen; doch verdient hier die Tabelle a) den Vorzug. Für Temperaturen, die + 100° C. überſteigen, ſind aber bloß die berechneten Werthe der Tabelle b) zuläſſig. —

b) Berechnet nach der Formel, welche aus Beobachtungen von 0° bis 230° C. abgeleitet iſt.

Temp. C. (Luftth.)	Berechnet.	Beobachtet.	Differenzen.
— 30	0,98444724922911	0,98186245890461	+ 0,00258479032450
— 25	0,98687121115800	0,98516516106350	+ 0,00170605009450
— 20	0,98937250085093	0,98848625799263	+ 0,00088624285830
— 15	0,99154328775689	0,99135488195335	+ 0,00018840580354
— 10	0,99457611957519	0,99411959535155	+ 0,00045652422364
— 5	0,99726392225597	0,99707687055519	+ 0,00018705170078
0	1,00000000000000	1,00000000000000	0,00000000000000
5	1,00277803525866	1,00281920220224	+ 0,00004116694358
10	1,00559208873402	1,00567401139927	+ 0,00008192266525
15	1,00843659937874	1,00842484705394	— 0,00001175232480
20	1,01130638439625	1,01128108691689	— 0,00002529747936
25	1,01419663924041	1,01408097860115	— 0,00011566063926
30	1,01710293761593	1,01726336788872	+ 0,00016043027279
35	1,02002123147804	1,02007593627517	+ 0,00005470479713
40	1,02294785103271	1,02319476013769	+ 0,00024690910498
45	1,02587807388383	1,02611664306614	+ 0,00023856918231
50	1,02881327929654	1,02901528656728	+ 0,00020200727074
55	1,03174663967077	1,03181878170543	+ 0,00007214203466
60	1,03468742506767	1,0346529476[illegible]	— 0,00003448137703
65	1,03760386893746	1,03743377300385	— 0,00017009593361
70	1,04052455901674	1,04019751133161	— 0,00032704768513
75	1,04343847723913	1,04312375501648	— 0,00031472222265
80	1,04634497982467	1,04600879960895	— 0,00033618021572
85	1,04924380123508	1,04902662166471	— 0,00021717957037
90	1,05213505318274	1,05299768337307	+ 0,00086263019033
95	1,0550192256[illegible]068	1,05493246865419	— 0,00008676057649
100	1,05789719679255	1,05784947846067	— 0,00004771833188
105	1,06077020313268	1,06088255507339	+ 0,00011235194071
110	1,06363887436903	1,06382261996930	+ 0,00018374560027
115	1,06650821445821	1,06665414636210	+ 0,00014593190389
120	1,06937760562540	1,06918854593936	— 0,00018905968604
125	1,07225080833470	1,07215479838645	— 0,00009600994825
130	1,07513086130345	1,07510556835646	— 0,00002529294699
135	1,07802158149990	1,07825436366821	+ 0,00023278216831
140	1,08092592448478	1,08055395244582	— 0,00037197103896
150	1,08679706889708	1,08727135999901	+ 0,00047429110193
160	1,09278126432957	1,09397396324018	+ 0,00119269891061
170	1,09892386321429	1,10018820758792	+ 0,00126434437363
180	1,10627572235548	1,10755921204427	+ 0,00128348968879
190	1,11189372248775	1,11288223307444	+ 0,00098851058669
200	1,11884079847606	1,11928861939872	+ 0,00044782092260
210	1,12618599711553	1,12591284871763	— 0,00027308839790
220	1,13400417723102	1,13224643971251	— 0,00175773751851
230	1,14237660266081	1,13885767006582	— 0,00351893259499

Volumen feinen officinellen Mandelöls von nicht beſtimmtem ſpecifiſchen Gewichte.

Temperatur C. (Luftherm.)	Nach Rechnung.	Nach Beobachtung.
0	1,0000000000	1,0000000000
+ 5	1,0038302074	1,0038308130
50	1,0382548874	1,0385062879
100	1,0787425209	1,0787004689
115	1,0911575019	1,0911303269
120	1,0953001676	1,0952835887

Über das Ausdehnungsgeſetz der tropfbaren Flüſſigkeiten.

Seit Thomas Young hat man angenommen, das Ausdehnungsgeſetz der tropfbaren Flüſſigkeiten könne durch eine Formel von folgender Form dargeſtellt werden,

$$v^t = 1 + at + bt^2 + ct^3 + dt^4 + \dots pt^n$$

worin v^t das Volumen der Flüſſigkeit bei der Temperatur t iſt, das Volumen bei $t = 0$ als Einheit genommen, und worin a, b, c... durch Verſuche für jede Flüſſigkeit beſonders zu beſtimmende Coefficienten ſind. Man hat aber keinen Beweis für die, bei dieſer Form Statt findende, Vorausſetzung gegeben, daß die Potenzen der Temperaturen wirklich nach der Reihe der ganzen natürlichen Zahlen ſteigen müſſen, und ganz unbeſtimmt gelaſſen, wie viele Glieder von jener allgemeinen Formel für jede Flüſſigkeit beizubehalten ſind, ſo daß man jene Vorausſetzung und die Beibehaltung einer gewiſſen beſtimmten Anzahl Glieder nur durch die Übereinſtimmung der Verſuche mit den Reſultaten der Berechnung nach jener Formel rechtfertigen kann.

Die im Vorigen mitgetheilten Verſuche Muncke's eignen ſich nun wegen der großen Ausdehnung in der, und der großen Genauigkeit, mit der ſie angeſtellt worden ſind, ganz vorzüglich, Aufſchlüſſe über dieſen Gegenſtand zu geben, und es geht aus Vergleichung der Beobachtungen mit den nach jener Formel berechneten Reſultaten Folgendes hervor:

1) Ob die Exponenten der Temperaturen nach ganzen Zahlen wachſen müſſen, oder ob zwiſchen dieſen liegende gebrochene Exponenten, und wie viele derſelben aufgenommen werden müßten, läßt ſich zur Zeit noch nicht entſcheiden. Unterſuchungen hierüber würden ſehr verwickelte Rechnungen nöthig machen, welche zur Zeit noch nicht angeſtellt worden ſind.

2) An ſich enthält die Formel eine ins Unbeſtimmte fortgehende Anzahl Glieder mit ſteigenden Potenzen der Temperaturen; allein die Coefficienten der Potenzen nehmen mit dem Hinaufrücken der Potenzen immer mehr an Größe ab, und die höheren Glieder verlieren daher bei nicht zu

hohen Temperaturen ihren Einfluß, ſo daß man ſie hier aus der Acht laſſen kann.

3) Sollen einmal in der Formel bloß ganze Exponenten der Temperaturen aufgenommen werden, ſo geht ſo viel aus Vergleichung der Verſuche Muncke's mit den Reſultaten der, unter jener Vorausſetzung darauf gegründeten, Formeln hervor, daß durch Beibehaltung der Glieder bis zur vierten Potenz von t das Ausdehnungsgeſetz für ſämmtliche von ihm unterſuchte Flüſſigkeiten, alſo wahrſcheinlich für alle Flüſſigkeiten überhaupt, genau ausgedrückt werden kann, wofern man ſich dabei innerhalb der Temperaturen — 100° C. und + 100° C. hält und auch die Coefficienten der Potenzen bloß aus Verſuchen zwiſchen dieſen Gränzen berechnet. In der That iſt die Übereinſtimmung der hienach geführten Rechnungen mit den Beobachtungen im Allgemeinen ſo groß, daß ſie nicht beſſer verlangt werden kann.

4) Dagegen kann man nicht mit Sicherheit darauf rechnen, daß Beibehaltung der Glieder bloß bis zur vierten Potenz von t und Beſtimmung der 4 Coefficienten aus Beobachtungen zwiſchen — 100° C. und + 100° C. den Beobachtungen auch außerhalb dieſer Gränzen Genüge leiſten werde, und umgekehrt kann man eben ſo wenig mit Sicherheit eine richtige Beſtimmung der Coefficienten der 4 erſten Potenzen von t erwarten, wenn man zu ihrer Beſtimmung Beobachtungen, die außerhalb jener Gränzen angeſtellt worden ſind, zuzieht.

In der That iſt ſchon a priori leicht einzuſehen, daß, wenn die poſitiven oder negativen Temperaturen ſehr große Werthe erhalten, dann ihre Potenzen t^5, t^6 ꝛc., ſelbſt wenn ſie mit ſehr kleinen conſtanten Coefficienten multiplicirt ſind, doch einen Einfluß auf das Reſultat gewinnen können. Dieſer Einfluß nun wird durch die Formel mit bloß 4 Potenzen von t, die aus mittleren Temperaturen abgeleitet worden iſt, nicht wiedergegeben werden können, und umgekehrt wird, wenn man die Coefficienten für die 4 erſten Potenzen von t, mit Zuziehung von Beobachtungen in Temperaturen, die über 100° C. hinausliegen, ableitet, der Einfluß, den die höheren weggelaſſenen Glieder hiebei äußern, ſich auf die Coefficienten der 4 erſten Glieder mit vertheilen und ſie dadurch ungenau machen müſſen.

Dieſe Umſtände erhalten eine ſehr gute Beſtätigung durch die Berechnungen, welchen Muncke ſeine Verſuche über die Ausdehnung der Schwefelſäure unterworfen hat. Er beſtimmte einmal die Coefficienten der, bis zu 4 Potenzen von t genommenen, Formel bloß aus Beobachtungen zwiſchen 0° und 100° C., ein anderes Mal aus Beobachtungen von 0° bis 250° C., wo ſich denn zeigte, daß die auf erſte Weiſe beſtimmte Formel den Beobachtungen bis zu + 100° C. ſehr wohl Genüge leiſtete, aber nicht den in einiger Entfernung über 100° C. liegenden Beobachtungen, während umgekehrt die auf letztere Weiſe beſtimmte Formel zwar die ganze Reihe von Beobachtungen, aus denen ſie abgeleitet war, mit hinreichender Genauigkeit repräſentirte, aber eine ſo tiefe Temperatur für das Dichtighitzmaximum finden ließ, als nach den vorhandenen Beobachtungen nicht für zuläſſig angeſehen werden kann, dagegen dieſe Temperatur ſich aus der auf die erſte Weiſe beſtimmten Formel ſo ergab, wie ſie nach den vorhandenen Erfahrungen wirklich ſehr wahrſcheinlich iſt. Alle dieſe Umſtände nun laſſen ſich ſehr wohl durch die Annahme repräſentiren, daß in der auf die erſte Art beſtimmten Formel zwar die Coefficienten richtig beſtimmt ſind, aber keine für höhere Temperaturen hinreichende Anzahl Glieder beibehalten, daß aber in der auf die zweite Art beſtimmten Formel die Coefficienten der erſten Glieder nicht genau ſind, weil zu ihrer Beſtimmung Beobachtungen zugezogen wurden, in welchen höhere Glieder, als die beibehaltenen, Einfluß gewinnen.

Sind die Coefficienten der höheren Potenzen ſehr klein, ſo kann allerdings auch für höhere Temperaturen noch die Beibehaltung von 4 Potenzen genügend ſein, ſo z. B. beim Mandelöle, wo der Coefficient der vierten Potenz von t faſt zwanzig Mal kleiner iſt, als bei der Schwefelſäure.

5) Bei weniger als 4 Potenzen von t ſtehen zu bleiben, wenn man innerhalb des Intervalles von — 100° C. und + 100° C. richtige Reſultate durch die Formel erhalten will, kann nicht für zuläſſig gelten.

III. Thermometrie und Pyrometrie.

Über Beſtimmung der fixen Puncte des Thermometers.

Parrot *) hat über dieſen Gegenſtand 100 Verſuche angeſtellt, wovon folgendes die (zum Theil nicht ſehr wahrſcheinlichen) Reſultate ſind. Der Nullpunct des Réaumur'ſchen Thermometers, mittelſt Eiſes aus dem Newafluſſe beſtimmt, iſt um $\frac{1}{10}$ Grad tiefer, als wenn man Eis von deſtillirtem Waſſer anwendet. Die Temperatur des Dampfes von kochendem Waſſer in faſt geſchloſſenen Gefäßen iſt veränderlich je nach der Größe der Öffnung, welche zum Austritt des Dampfes dient; ſo wie auch nach der Höhe, in welcher ſich die Thermometerkugeln über der Oberfläche des ſiedenden Waſſers befinden. Die Hitze des Waſſerdampfes iſt immer geringer als die des kochenden Waſſers, durch welches der Dampf erzeugt wird, und dieſe Verſchiedenheit geht wenigſtens bis zu 0,5° R. Die Hitze des kochenden Waſſers und des dadurch erzeugten Dampfes iſt nicht immer dieſelbe bei demſelben Luftdrucke, wenn auch das Waſſer in vollſtändigem

---

*) Die folgende Notiz iſt entlehnt aus dem Bull. univ. 1829. p. 130., welche aus einer Abhandlung Parrot's: Mém. sur les points fixes du thermomètre; in 4° de 60 pages et 3 plan. Pétersbourg 1829., die mir nicht zu Geſicht gekommen iſt, ausgezogen iſt.

Sieden zu ſein ſcheint. Es giebt für jeden Luftdruck ein Maximum der Wärme, welches man nicht erreicht, wenn man zu wenig Hitze anwendet, aber nicht zu überſchreiten vermag, wenn man Hitze über Erfoderniß anwendet. Dieſer Punct findet ſich von 17 bis wenigſtens 54 Linien unter der Oberfläche des ſiedenden Waſſers.

Reductionsformel für das Queckſilberthermometer bei hohen Wärmegraden, von August *).

Ein Hauptvorzug des Queckſilber-Thermometers vor den meiſten übrigen beſteht bekanntlich darin, daß die Anzeigen deſſelben innerhalb der Temperaturen von — 25° bis + 100° C. der wirklichen Wärmezunahme ſo genau proportional ſind, daß bis jetzt die ſorgfältigſten Verſuche darüber auf keine Verſchiedenheit geführt haben. Je mehr ſich aber das Queckſilber auf der einen Seite dem Gefrieren, auf der andern Seite dem Sieden nähert, deſto mehr weichen die Anzeigen deſſelben von denen eines Luftthermometers ab, dem man mit Recht die vollkommenſte Uebereinſtimmung mit der Wärmeänderung zuſchreibt. Es war daher wünſchenswerth, ein einfaches Mittel zu finden, die Anzeigen des Queckſilberthermometers, wenn ſie außer den Grenzen jener Correſpondenz mit dem Luftthermometer liegen, auf die Uebereinſtimmung mit dieſem zu reduciren. August hat eine ſolche einfache Reductionsmethode aus Betrachtung der Reſultate, welche Dulong und Petit über dieſen Gegenſtand erhalten haben (Gehler's Wört. I. 599) abgeleitet; ſie iſt in folgender Regel **) enthalten, worin wir mit e die Anzahl Temperaturgrade bezeichnen wollen, welche über 100° C. hinausliegen (d. i. den poſitiven Unterſchied der beobachteten Temperatur von 100° C.).

Um die über 100° C. fallenden Anzeigen des Centeſimalqueckſilberthermometers auf die wahre Temperatur zu reduciren, ſo multiplicire die Summe 0,09 + 0,00025 e mit [illegible] e und ziehe dies Product von den beobachteten Temperaturgraden ab ***).

Dieſe Regel kann wenigſtens bis 300° C. als zuverläſſig gelten, und es ſcheint ihre Gültigkeit bis nahe an den Siedepunct des Queckſilbers zu reichen.

Folgendes iſt die Tabelle der von Dulong und Petit gemachten Beobachtungen über Vergleichung des Luft- und Queckſilber-Thermometers.

---

*) Poggend. XIII. 119.

**) Dieſelbe Regel hat auch Muncke angegeben in ſeiner Abhandlung über die Ausdehnung der tropfbaren Flüſſigkeiten S. 112.

***) Nennen wir die wahre Temperatur w, die am Centeſimalqueckſilberthermometer q, und ſetzen e = q — 100°, ſo iſt

$$w = q - [illegible]\, e\,(0{,}09 + 0{,}00025\, e).$$

Für Réaumur'ſche Grade w', q', wo e' = q' — 80° wird, geht die Formel in folgende über:

$$w' = q' - [illegible]\, e'\,(0{,}09 + [illegible]\, e').$$

aus denen dieſe Regel abgeleitet worden iſt und die man umgekehrt als Bewährung derſelben anſehen kann. Die Correction wegen Ausdehnung des Glaſes iſt dabei ſchon berückſichtigt.

A. Queckſilberthermometer.	B. Luftthermometer.	Unterſchied beider A—B.	Differenz der Unterſchiede.	Zweite Differenz derſelben.
100	100	0		
150	148,70	1,30	1,30	
200	197,05	2,95	1,65	0,35
250	245,05	4,95	2,00	0,35
300	292,70	7,30	2,35	0,35
360	350,00	10,00		

Nimmt man die erſten fünf Beobachtungen und die damit bereits vorgenommenen Reductionen in Beziehung auf die Ausdehnung des Glaſes als vollkommen richtig an, ſo iſt die Herleitung der Formel für das Geſetz, dem die Unterſchiede beider, welche die dritte Spalte der Tabelle angiebt, zu folgen ſcheinen, nicht ſchwer zu entdecken. Man bemerke nur, daß die in der fünften Spalte aufgeführten zweiten Differenzen dieſer Unterſchiede vollkommen gleich ſind; daß alſo die Zahlen der dritten Spalte, d. h. dieſe Unterſchiede ſelbſt, eine arithmetiſche Reihe zweiter Ordnung bilden. Nimmt man nun daſſelbe Geſetz auch für die dazwiſchenliegenden Temperaturen an, ſo findet man durch Einſchaltung von je 49 Gliedern einer arithmetiſchen Reihe zweiter Ordnung zwiſchen zwei Zahlen dieſer Spalte diejenigen Unterſchiede, welche ſich auf die einzelnen Grade beziehen. Die Interpolirung ſelbſt führt auf folgende Formel:

$$\delta = \tfrac{1}{4}\,(0{,}09\,r + 0{,}00028\,r^2),$$

wenn r die Anzahl über 100° nach dem Centeſimalqueckſilberthermometer, und δ den Unterſchied der Queckſilbergrade von den wirklichen Wärmegraden anzeigt.

Hieraus ergiebt ſich dann die obige Regel.

Aus dem Geſetze, daß die in der letzten Spalte angeführten zweiten Differenzen der Unterſchiede von A und B vollkommen gleich ſind, mithin dieſe Unterſchiede ſelbſt eine arithmetiſche Reihe zweiter Ordnung bilden, tritt, wie die Tabelle lehrt, bloß die unterſte Beobachtung (360 u. 350 reſpectiv unter A und B heraus. Indeß vermuthet Muncke, durch einen Schreibfehler ſei hier ſtatt 350 und 340 in der Abhandlung der franzöſiſchen Phyſiker 360 und 350 geſetzt worden, und ſelbſt, wenn man dieſe Annahme nicht macht, würde die Berechnung nach der obigen Formel für 360° (unter A) ſtatt 350 349,418 (unter B) finden laſſen, ſo daß die Differenz nicht groß iſt, und bei Beobachtung in ſo hoher Temperatur um den Siedepunct des Queckſilbers leicht einem Irrthum des Verſuches beigemeſſen werden kann.

Vergleichung einer frühern Thermometerſcale mit den jetzigen.

Eine neulich in Florenz wiederaufgefundene Kiſte, in welcher ſich neben anderen alten Inſtrumenten eine große Menge in 50° getheilter Thermometer der **Academia del Cimento** befanden, haben das Mittel gegeben, die Grade ihrer Scale mit denen der jetzigen Thermometer zu vergleichen, was nicht ohne Wichtigkeit iſt, da hiedurch viele thermometriſche Beobachtungen, welche von jener Academie angeſtellt wurden, auch jetzt noch brauchbar werden. Libri *) fand durch dieſe Vergleichung, daß der Nullpunct jener alten Thermometer — 15° R. und 50° der alten Thermometer + 44° R. entſpricht.

In ſchmelzendem Eiſe zeigte das alte Thermometer 13°½ weniger einer zu vernachläſſigenden Quantität; und da die Academiker ebenfalls angegeben haben, daß ihr Thermometer in zerſtoßenem Eiſe auf 13°½ ſinke, ſo folgt hieraus, daß der Nullpunct jener alten Thermometer nicht geſtiegen iſt, wie dies im Allgemeinen bei den neueren Thermometern der Fall.

Schon im zweiten Bande der **Ann. du Mus. de Florence** findet ſich eine Tafel zur Vergleichung der thermometriſchen Beobachtungen der **Academia del Cimento** mit den neuen; allein fälſchlich iſt darin angenommen, daß der Nullpunct ihres Thermometers — 9° R. entſpreche, während er doch — 15° R. entſpricht.

Über richtige Conſtruction von Weingeiſtthermometern.

Aus den S. 430 mitgetheilten Reſultaten **Muncke's** **) über die Ausdehnung des abſoluten Alkohols ***) durch die Wärme ergeben ſich für die Conſtruction von Weingeiſtthermometern folgende Beſtimmungen.

Wenn das Volumen des Alkohols bei 0° C. = 1 geſetzt wird, ſo iſt es mit Weglaſſung der höheren Decimalſtellen bei 1° = 1,00099, welches von 1,001 um eine unmeßbare Größe abweicht; bei 2° iſt daſſelbe = 1,00199 und es wächſt alſo hier genau um 0,001 und eben ſo bei 3°, indem es hier = 1,00299 iſt. Setzt man alſo ohne Rückſicht auf die verſchwindenden Differenzen der höheren Decimalſtellen 0,00099 = 0,001; 0,00199 = 0,002 und 0,00299 = 0,003, ſo wächſt das Volumen für 1° C. um 0,001 der Einheit, und dieſes geht in Beziehung auf nicht mehr als drei Decimalſtellen regelmäßig fort bis 24°, wo das Volumen um 0,025 vermehrt iſt. Wird dieſer Unterſchied bei einem empiriſch graduirten Thermometer*) auf alle durchlaufenen Grade vertheilt, ſo beträgt er für jeden einzelnen Grad $\frac{1}{20}$ſtel oder ungefähr 0,05 eines Grades, eine auf gewöhnliche Weiſe nicht wahrnehmbare Größe. Hieraus ergiebt ſich alſo, daß ein ſolches Weingeiſtthermometer bis mindeſtens 25° C. mit einem Queckſilberthermometer völlig zu harmoniren ſcheinen kann.

---

*) **Ann. de Ch. et de Ph.** XLV. 354 oder Pogg. XXI. 325.

**) Abhandlung über die Ausdehnbarkeit der tropfbaren Flüſſigkeiten S. 61.

***) Bloß ſolcher iſt zu Weingeiſtthermometern tauglich, da wäſſeriger Weingeiſt eine ganz unregelmäßige Ausdehnung hat.

Wäre ein Weingeiſtthermometer bis zu 70° C. nach der Vorausſetzung einer von 0° an gleichförmig erfolgenden Ausdehnung graduirt, und würde hiebei für 1° C. die bei niederen Graden merklich genaue Ausdehnung = 0,001 des bei 0° Statt findenden Volumens zu Grunde gelegt, ſo würde das Weingeiſtthermometer 54°,4 zeigen, während das Queckſilberthermometer bloß 50° zeigte, und 79°,3 zeigen, während das Queckſilberthermometer bloß 70° zeigte. Ein für niedere Grade über 0° richtig graduirtes Weingeiſtthermometer muß daher weiter hinauf viel zu hohe Anzeigen geben.

Für die Grade unter dem Gefrierpuncte des Waſſers muß eine ähnliche Abweichung Statt finden, und hier iſt ſie ungleich wichtiger, weil die Weingeiſtthermometer ganz eigentlich zur Beſtimmung hoher Kältegrade benutzt werden. Wird alſo für — 1° C. die Volumensänderung = 0,001 angenommen, ſo muß das Volumen, dieſes bei 0° C. = 1 geſetzt, = 1 — 0,001 = 0,9990 werden, welches merklich genau mit dem Werthe der Tabelle für Weingeiſt übereinſtimmt, doch iſt die Verminderung etwas geringer, indem das Volumen nach der Tabelle 0,9990134036 iſt. Wird dieſer Unterſchied vernachläſſigt, alſo unter der Vorausſetzung, daß die Theilung der Scale nach den Graden nahe über dem Gefrierpuncte des Waſſers gemacht wäre, wo ſie ſehr genau 0,001 des Volumens für 1° C. betragen würde, ſo müßte unter Vorausſetzung einer gleichmäßigen Zuſammenziehung des Alkohols dies Volumen bei — 50° C. genau 1 — 0,05, alſo 0,95 betragen. Statt deſſen aber giebt die Tabelle, mit Weglaſſung der höheren Decimalſtellen, 0,965 und da die Grade der Scale der Volumensverminderung parallel gehen, ſo folgt, daß die Temperatur 51°,5 C. betragen muß, wenn das Weingeiſtthermometer 50° zeigt. Wäre aber ein ſolches Weingeiſtthermometer auf die Weiſe graduirt, daß man den Stand des Weingeiſtes bei 0° C. und bei + 50° C. (des Queckſilberthermometers) beobachtete und die hienach beſtimmte Länge der Scale für 50° auf den unter 0° C. liegenden Theil derſelben aufgetragen hätte, wie es gewöhnlich bei empiriſcher Graduirung derſelben geſchieht, ſo kämen zu jenen 1°,5 noch 5°,4 und die wahre Temperatur würde alſo — 56°,9 C. ſein, wenn die Scale — 50° zeigte.

Hieraus ergiebt ſich von ſelbſt, daß Weingeiſtthermometer, welche auf die gewöhnliche empiriſche Weiſe graduirt ſind, weder in den höheren noch den niederen Graden richtig ſein können.

---

*) Die empiriſche Graduirung geſchieht bekanntlich ſo, daß der Verfertiger auf der Scale des Weingeiſtthermometers durch Vergleichung mit einem ſorgfältig geprüften Normalqueckſilberthermometer das Intervall zwiſchen etwa 0° und 40 oder 50° C. bezeichnet und durch Unterabtheilung dieſes Intervalles in gleiche Theile die Grade des Inſtrumentes beſtimmt.

Es giebt allerdings Mittel zu einer richtigen Theilung der Scalen für Weingeiſtthermometer, deren praktiſche Ausführbarkeit aber großen Schwierigkeiten unterliegt. So könnte man die Zehntel und allenfalls Hundertſtel der Scalentheile auf einem Maßſtabe vermittelſt der Transverſallinien oder eines Nonius auftragen, und nach der Tabelle die Grade mit Rückſicht auf die ſtets wachſenden Incremente des Volumens beſtimmen. Ungleich ſchwieriger würde es ſein, die der Gleichung für die Ausdehnung des Weingeiſtes zugehörige Curve für ein zu theilendes Thermometer zu zeichnen und hienach die Theilung aufzutragen. Es bleibt daher am einfachſten und leichteſten, die genau calibrirten Weingeiſtthermometer auf folgende Weiſe empiriſch zu theilen. Man beſtimme genau den Nullpunct des zu graduirenden Thermometers und dann den Stand des Weingeiſtes nach einem geprüften Queckſilber-Normalthermometer von 20 zu 20 Graden oder größerer Genauigkeit halber von 10 zu 10 Graden, und theile die Zwiſchenräume in gleiche Theile, ſo wird die Abweichung der Scale von einer abſolut richtigen unmerklich ſein. Da aber dies Verfahren für die Grade unter dem Gefrierpuncte des Waſſers nicht wohl anwendbar iſt, ſo würde es am gerathenſten ſein, den Stand des Weingeiſtes bei — 20° C. genau zu beſtimmen, die zwiſchen dieſem und dem Gefrierpuncte des Waſſers befindliche Länge bis — 40° C. und dann bis — 60° aufzutragen und in gleiche Theile zu theilen, denn in dieſem Falle würde die Abweichung von der abſolut richtigen Scale beim Gefrierpuncte des Weingeiſtes nicht mehr als etwa 1° C. betragen.

Iſt der Künſtler im Beſitz einer genauen und hinlänglich feinen Theilmaſchine, ſo läßt ſich die Scale mit aller erfoderlichen Schärfe auf folgende Weiſe auftragen. Es ſei der Stand des Weingeiſtes bei 0° und bei 10° C. vollkommen genau beſtimmt. Giebt die Maſchine, welche mit einer Mikrometerſchraube verſehen ſein möge, für dieſe Länge der Scale m Umdrehungen, ſo gehören zu 1 Grade $\frac{m}{10}$ Umdrehungen. Es zeigt aber der Anblick der Tabelle, daß der zehnte Grad um 0,16 der einfachen Volumensvermehrung durch Summirung der Incremente jedes einzelnen der 10 Theile zugenommen hat, wenn die höheren Decimalſtellen für die einzelnen Grade vernachläſſigt werden. Hienach geben $\frac{m}{10}(1 - 0{,}016) = 0{,}984\,\frac{m}{10} = n$ Umdrehungen die geſuchte Einheit, womit ſich die Theilung für Grade über und unter dem Gefrierpuncte auf folgende Art bewerkſtelligen läßt:

Für Grade über 0° C.

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
n	(0,99;	2;	3;	4;	5,01;	6,03;	7,06;	8,09;	9,12;	10,15.)...

Für Grade unter 0° C.

— 1° — 2° — 3° — 4° — 5° — 6°...

n (1—0,01; 2—0,03; 3—0,05; 4—0,09; 5—0,13; 6—0,18.)...

und auf gleiche Weiſe nach der Anleitung der berechneten Tabelle, welche auch namentlich für verneinte Grade leicht noch weiter fortgeſetzt werden könnte, wenn man es für dieſen Zweck nöthig fände. Es verſteht ſich von ſelbſt, daß man hiebei allezeit vom Anfangspuncte an rechnen muß, ſo daß alſo für 10 Grade über 0 im Ganzen 10,16 n, und für 6 Grade unter 0 überhaupt n (6—0,18) Umdrehungen gemacht ſind. Die Ausdehnung und Zuſammenziehung des Glaſes macht hiebei keine Schwierigkeiten; denn da dieſelbe entweder überhaupt oder mindeſtens innerhalb der hiebei erfoderlichen Gränzen merklich gleichmäßig iſt, ſo wird hienach die Säule des Weingeiſtes im Rohre des Thermometers bis zu den gemeſſenen 10 Graden um eben ſo viel kürzer, als die nächſtfolgende von 10° bis zu 20° C. und ſo fort, ſo daß alſo dieſe Correction ſchon in der urſprünglichen Meſſung enthalten iſt. Noch vollſtändiger aber läßt ſich dieſe Correction dadurch erhalten, wenn der Künſtler die feſten Puncte bei 0° und 50° C. beſtimmt, und die oben angegebene Methode der Scalentheilung befolgt.

Breguet'ſches Thermometer zur Beobachtung des Maximums und Minimums, von Lechevallier[*].

Um das Breguet'ſche Thermometer zur Beobachtung des Maximums und Minimums einzurichten, höhle man in der Mitte des graduirten Kreiſes, auf welchem ſich die Spitze der Nadel bewegt, eine mit dieſem Kreiſe concentriſche Furche aus und bringe darin oder darauf (y) zwei ſehr leichte Läufer, einen zu jeder Seite der Nadel, an, die dem geringſten Anſtoß zu weichen vermögen. Begreiflich werden dieſelben bis zum Maximum oder Minimum durch die fortſchreitende Nadel fortgeſchoben werden und daſelbſt liegen bleiben. Die Schraubenwindung des Thermometers muß ſtark genug ſein, daß die Bewegung der Nadel durch den kleinen Widerſtand, den die Läufer darbieten, kein Hinderniß erfahre.

Maximumthermometer (Regiſterthermometer), von J. King[**].

King macht den gewöhnlichen ſogenannten Maximumthermometern, bei denen die Queckſilberſäule beim Steigen ein Stahlſtängelchen vor ſich herſchiebt, und es beim Zuſammenziehen am höchſten Puncte liegen läßt, den Vorwurf, daß ſie ſich nicht wohl transportiren laſſen, und auch zur See wegen der beſtändigen Bewegung des Schiffes von keiner Anwendung ſind, indem bei jedem Stoße ſich das Stahlſtängelchen ins Queckſilber taucht. Er ſchlägt nun zwei verſchiedene Vorrichtungen vor, die beſſer zum Zwecke führen ſollen. Die erſte iſt in Figur 93. abgebildet und ſtellt in Doppelthermometer vor, welches aus einer einzigen Röhre verfertiget zu ſein ſcheint. Das eine dieſer zwei Thermometer A iſt wie ein gewöhnliches Queckſilberthermometer eingerichtet und auch mit einer Scale verſehen, wie ſie dieſe Inſtrumente zu haben pflegen; das zweite hingegen hat eine von jenem verſchiedene Einrichtung. Es reicht nämlich die Röhre B in das Queckſilbergefäß H hinein, wie dieſes in Figur 94. zu ſehen iſt, und läuft in demſelben in eine Spitze aus. Dieſe Röhre enthält nicht wie die erſtere Queckſilber, ſondern gefärbten Weingeiſt, der durch eine in K befindliche Luftſäule vom Queckſilber getrennt iſt. Das Gefäß H, welches mit G möglichſt gleichen Inhalt haben muß, iſt bis D mit Queckſilber gefüllt, enthält aber ober dieſem Luft.

---

[*] Bull. univ. des sc. math. et phys.

[**] Edinb. J. N. XVII. p. 113 oder Baumg. V. 101.

Beim Gebrauche wird dieſes Inſtrument wie ein gewöhnliches Thermometer aufgehängt und ſo adjuſtirt, daß die Röhre B bloß Weingeiſt enthält. Steigt nun die Temperatur, ſo dehnt ſich das Queckſilber im erſten Thermometer aus, wirkt auf die Luft in K, und durch dieſe auf die Weingeiſtſäule in B. Dadurch tritt ein Theil deſſelben in das Gefäß H, und ſteigt wegen ſeines geringern ſpecifiſchen Gewichtes über das Queckſilber daſelbſt. Sinkt nun die Temperatur wieder, ſo gelangt ſtatt des vertriebenen Weingeiſtes eine proportionirte Queckſilberſäule in die Röhre C, aus deren Länge man abnehmen kann, wie groß die höchſte Temperatur war, welcher das Inſtrument ausgeſetzt war.

Um dieſes Thermometer wieder zu fernerem Gebrauche einzurichten, berührt man das Gefäß G mit einer warmen Hand, und vertreibt dadurch die Queckſilberſäule aus der Röhre B. Iſt dieſes erfolgt, ſo bringt man, ohne die erwärmende Hand zu entfernen, das Inſtrument in eine geneigte Lage, daß die Spitze C das Queckſilber verläßt und nunmehr in Weingeiſt getaucht iſt, zieht dann die Hand zurück, läßt das Thermometer die vorige Temperatur annehmen, damit der Weingeiſt wieder in die Röhre B gezogen werde. Sobald dieſes geſchehen iſt, hängt man das Inſtrument wieder an ſeinen Platz, denn nun iſt es zu einer fernern Beobachtung des Maximums der Temperatur geeignet.

Man kann den Weingeiſt auch ganz weglaſſen und dafür die Röhre B bloß mit Luft füllen, doch dürfte nach King's Meinung dadurch die Richtigkeit des Inſtrumentes leiden, wenn nicht etwa durch Horizontallegen dieſem übel abgeholfen wird. Auf den erſten Blick ſcheint dieſes Inſtrument ſchwer zu verfertigen zu ſein; man kann ſich aber die Arbeit bedeutend erleichtern, wenn man jedes der zwei Thermometer für ſich verfertiget und ſie hierauf in K mit einander verbindet.

King giebt noch eine andere Einrichtung eines Regiſterthermometers an, welches mit dem von Blackadder bekannt gemachten (Baumg. und Ett. Zeitſchr. II. 78 oder Pogg. VII. 244) im Weſentlichen übereinſtimmt. Indeß verſichert Baumgartner, durch viele, mit einem ſolchen Inſtrumente angeſtellte, Verſuche ſich überzeugt zu haben, daß es kein genaues Reſultat giebt, weil nicht alles Queckſilber, welches durch die Wärme aus der offenen Thermometerröhre vertrieben wird, und in die daran geſteckte Kugel fallen ſoll, wirklich dahin fällt, ſondern an der äußerſten Glasſpitze der Röhre einen bald größern, bald kleinern Tropfen bildet, der ſich beim Sinken der Temperatur wieder in die Röhre zurückzieht. Daher fällt das Maximum der Temperatur, welches dieſes Inſtrument anzeigt, ſtets geringer aus, als es wirklich iſt.

Maximumthermometer (Geothermometer), von Magnus*).

Das nachfolgende ſinnreiche Inſtrument wurde vom Verfaſſer conſtruirt, um damit die Temperatur in großen Tiefen der Erde zu beſtimmen, und hat ſich bei damit angeſtellten Verſuchen ſehr brauchbar erwieſen. Der Verfaſſer giebt ihm deshalb den Namen *Geothermometer* oder *Erdthermometer*.

Dies Inſtrument (Figur 89.) beſteht aus einem gewöhnlichen Thermometer T A, das oben bei T offen und ſo getheilt iſt, daß ſowohl der Nullpunct deſſelben, als auch der Punct T und jeder zwiſchenliegende Punct den gleichnamigen Puncten irgend einer der bekannten Thermometerſcalen entſprechen, ſo daß, wenn man dies Inſtrument in dieſelbe Temperatur mit einem nach derſelben Scale getheilten Thermometer bringt, beide dieſelbe Anzahl von Graden zeigen. Erwärmt man nun das Inſtrument bis zu einer Temperatur, die höher iſt als T, ſo wird ein Theil des in ihm enthaltenen Queckſilbers ausfließen, und bringt man es danach wieder in eine und dieſelbe Temperatur mit dem nach derſelben Scale getheilten Thermometer (das wir Normalthermometer nennen wollen), ſo wird es nicht mehr dieſelbe, ſondern eine niedrigere Anzahl von Graden zeigen als jenes. Aus der Differenz des Standes, den es wirklich hat, und dem, den es haben ſollte und der durch das Normalthermometer angezeigt wird, läßt ſich leicht die Temperatur finden, bis zu der es erwärmt geweſen. Denn bei dieſem Maximum der Temperatur, das wir der Kürze wegen mit x bezeichnen, war das Inſtrument ganz, d. i. bis T, mit Queckſilber gefüllt; es war daher ſo viel Queckſilber herausgetreten, daß es nur T° zeigte, während das Normalthermometer x° gezeigt haben würde. Es kommt alſo eigentlich nur darauf an, dieſe Differenz $x - T$ zu finden. Dieſe wird man aber leicht beobachten können, wenn man das Inſtrument mit dem Normalthermometer in eine Temperatur bringt, die geringer iſt als x; denn das Inſtrument wird dann um ſo viel unter dem Normalthermometer ſtehen, als es bei der Temperatur x unter demſelben geſtanden hatte, nämlich um $T - x$, nur daß dieſes $T - x$ die gehörigen Correctionen erleiden muß, da es hier nicht bei der Temperatur x, ſondern bei einer niedrigern gemeſſen wird.

Dieſe Betrachtung macht es auch zugleich anſchaulich, daß zur Beſtimmung des Maximums der Temperatur keineswegs gerade das urſprüngliche Queckſilbervolumen, nach welchem das Inſtrument getheilt worden und daß es bei der Temperatur 0° gerade bis Null erfüllt, in demſelben vor dem Verſuche enthalten zu ſein brauche; ſondern, daß dieſes Queckſilbervolumen größer oder kleiner ſein dürfe, wenn es nur hinreichend iſt, das Inſtrument bei der Temperatur x° gänzlich, d. h. bis T, zu füllen. Dieſer Umſtand aber, daß die Beſtimmung des Maximums unabhängig iſt von der Queckſilbermenge, die vor dem Verſuche in dem Inſtrumente enthalten geweſen, macht daſſelbe eigentlich erſt recht anwendbar. Denn man braucht nur dafür zu ſorgen, daß es nicht zu wenig Queckſilber enthalte, ohne daß es auf die Quantität ankommt, die man zu dem Ende einführt; und die ganze Beobachtung beſteht nur darin, daß man nach dem Verſuche das Inſtrument mit dem Normalthermometer in eine und dieſelbe Temperatur bringt, um den Stand von beiden zu verzeichnen.

---

*) Pogg. XXII. 136.

Hiezu bedient man ſich, in Ermangelung einer andern conſtanten Temperatur, am beſten eines Eimers mit friſchem Brunnenwaſſer, der bis zu der Zeit, wo die Thermometer einen unveränderlichen Stand angenommen haben, ſeine Wärme nicht ändert. Die Vergleichung in der Luft könnte durch unvorſichtige Annäherung des Körpers, oder durch Zug und andere zufällige Umſtände leicht einen Irrthum veranlaſſen. Beſonders hat man auch darauf zu achten, daß das Inſtrument, nachdem es den Ort verlaſſen hat, deſſen Temperatur x es annehmen ſoll, nicht noch höher erwärmt werde, bevor der Stand deſſelben mit dem des Normalthermometers verglichen iſt. Deshalb darf man ſich bei Bohrlöchern oder verlaſſenen Schächten nicht bloß damit begnügen, die Temperatur der größten Tiefe zu unterſuchen, ſondern man muß auch die von verſchiedenen anderen weniger tief liegenden Puncten beſtimmen, um ſicher zu ſein, daß das Inſtrument ſein Maximum nicht in einer geringern Tiefe erreicht habe, als die, bis zu der es herabgelaſſen worden.

Man ſieht leicht ein, daß die Genauigkeit des Inſtrumentes davon abhängt, daß von dem Queckſilber, das oben bei T durch die Erwärmung heraustritt, beim Erkalten nichts wieder zurückgehe. Dies kann man nur erreichen, wenn man das Thermometerrohr bei T ganz fein auszieht und dann ſcharf abſchneidet. Bei den Inſtrumenten des Verfaſſers iſt die Öffnung bei T ſo fein, daß man ſie kaum mit bloßen Augen ſehen kann. Damit aber jedes aus derſelben hervortretende Queckſilberkügelchen ſogleich abfalle, iſt die Spitze wie in Figur 89. ſo gebogen, daß ſie horizontal ſteht. Die Thermometerröhre ſelbſt hat einen ziemlich weiten innern Durchmeſſer, und der daran geblaſene Behälter iſt ſo groß, daß jeder Grad der Scale (Réaumur'ſche) 0,5 Zoll beträgt. Sollte alſo auch ein Queckſilberkügelchen an der Spitze hängen bleiben, ohne ſogleich abzufallen, und ſich beim Abkühlen wieder in das Thermometerrohr mit hineinziehen, ſo iſt dies wegen der Feinheit der Öffnung, durch die es mit dem übrigen Queckſilber zuſammenhängt, doch ſtets ſo klein, daß es kaum $\frac{1}{10}$ eines ſolchen Grades beträgt. Übrigens kann man bei Anfertigung des Inſtrumentes mit einiger Geſchicklichkeit es leicht dahin bringen, daß auch jede noch ſo geringe Menge Queckſilber ſogleich beim Heraustreten abfalle.

Die Feinheit der Öffnung bei T iſt keineswegs ein Hinderniß, um neues Queckſilber einzufüllen, wenn etwa zuviel herausgetreten ſein ſollte. Man legt zu dem Ende das Inſtrument horizontal, paßt auf die alsdann vertical ſtehende Spitze einen kleinen Trichter, in den man einige Tropfen ganz reines und vollkommen trockenes Queckſilber gießt, und erwärmt die Kugel, bis das ganze Rohr mit Queckſilber gefüllt iſt; läßt man ſie alsdann wieder erkalten, ſo folgt das Queckſilber aus dem Trichter dem in der Röhre befindlichen bei ſeiner Zuſammenziehung. Als Trichter nimmt der Verfaſſer einen gewöhnlichen Kork, der oben ſo vertieft iſt, daß er einige Tropfen Queckſilber faßt und unten eine kleine Öffnung hat, mit der er auf die Spitze bei T aufgepaßt wird. Figur 90. ſtellt einen Durchſchnitt deſſelben dar.

Um nun die für die Scale des Inſtrumentes nöthigen Puncte zu beſtimmen, füllt man daſſelbe auf die eben beſchriebene Art mit Queckſilber, und bringt es, ohne den Trichter abzunehmen, mit dem Normalthermometer, nach deſſen Scale es getheilt werden ſoll, in eine beliebige, unveränderliche Temperatur T. Wenn man ſicher iſt, daß daſſelbe dieſe Temperatur angenommen, nimmt man den Trichter mit dem überſchüſſigen Queckſilber ab und bringt das Inſtrument zuerſt in fein zerſtoßenes Eis, um den Nullpunct deſſelben zu beſtimmen, und darauf mit dem Normalthermometer in verſchiedene Temperaturen, die zwiſchen 0° und T° liegen, um ſo viele Puncte der Scale als nöthig zu beſtimmen. Sind dieſe Puncte einmal beſtimmt, ſo kommt es nicht mehr darauf an, daß gerade das Queckſilbervolumen, deſſen Ausdehnung ſie anzeigen (das ſchon oben das urſprüngliche Queckſilbervolumen genannt worden iſt), in dem Inſtrumente bleibe; man braucht daher nun nicht mehr zu ſcheuen, daſſelbe einer Temperatur auszuſetzen, die höher iſt als T.

Das Zufüllen von Queckſilber wird ſehr erſchwert, wenn das Thermometerrohr inwendig feucht werden ſollte; man muß deshalb dafür ſorgen, daß, beſonders beim Hinablaſſen des Inſtrumentes in Waſſer, von dieſem nichts durch die Öffnung bei T eindringen könne. Um dies zu vermeiden, befeſtigt der Verfaſſer über die Röhre und die daran befindliche Meſſingſcale eine enge Glasglocke h h Figur 91., deren oberes verſchloſſenes Ende die Spitze bei T ſo nahe als möglich berührt, und verſieht dieſelbe unten mit einer Öffnung, damit das Waſſer, wenn das Inſtrument in daſſelbe hinabgeſenkt wird, ungehindert ſeinen Druck auf die in der Glocke befindliche Luft ausüben könne. Wird dieſe nun hiedurch auch zuſammengedrückt, ſo kann dieſe Zuſammendrückung doch niemals ſo weit gehen, daß das Waſſer die Öffnung bei T erreichen könnte.

Der Druck, der in der Tiefe auf das Inſtrument ausgeübt wird, wirkt auf das Thermometer ſowohl von außen, als auch durch die Öffnung bei T von innen. Dieſer Druck mag daher noch ſo ſtark werden, man hat

Name der Flüſſigkeit *).	a	b	c	d
Reines Waſſer (0° bis 100°)	− 0,0000064732936307	+ 0,00000831007906433	− 0,0000000521407211	+ 0,00000000048915765
Meerwaſſer (0° bis 100°)	+ 0,0000578993825000	+ 0,0000050965356000	− 0,0000000157530426	+ 0,0000000000617307
Alkohol, von 0,808 bei 12°,5 C. (0° bis 78°,5)	+ 0,0010486607871271830206	+ 0,00000175104000000001795	− 0,000000008959846004190004715	+ 0,0000000005630458800021877
Äther von 0,729 bei 12,5 C. (— 21° bis + 40°)	+ 0,0013086844700045000036086	+ 0,000002355214087647380086	− 0,0000001573308118457759880	+ 0,000000004186645876215055
[illegible] Geiſt von 0,79125 bei 12°,5 C. (0° bis 75°)	+ 0,0009385588213554386716011	+ 0,00000218048033046800014	− 0,000000025763501197943033	+ 0,000000000195087741680090
Ammoniakflüſſigkeit von 0,9465 bei 12°,5 C. (— 15° bis + 40°)	+ 0,000486560008338000738	+ 0,00000280015867258517	+ 0,0000000041635797784	− 0,0000000001046984008518
Salzſäure von 1,1970 bei 12°,5 C. (— 30° bis + 45°)	+ 0,000446370008743854376202	− 0,00000082948066128857808	+ 0,000000087084759013800073	− 0,000000000472156320076813
Salpeterſäure von 1,4405 bei 12°,5 C. (— 30° bis + 110°)	+ 0,00098618869488707383888...	− 0,00000044610861613446388...	+ 0,00000004460180001800038...	− 0,00000000015824007980444...
Schwefelſäure von 1,296 bei 12,°5 C. (0° bis 100°).	+ 0,00042798861053212838651	+ 0,000000871808381086004340	− 0,0000000512940560440085	+ 0,000000000833864371280517
Desgl. (0° bis 200°)	+ 0,00055161955810650671088880804458	+ 0,000000888519875107988570657576	− 0,0000000081712310850756779303880	+ 0,00000000000252167097123500480183
Reines Mandelöl (ſp. Gew. nicht beſtimmt) (0° bis 180°)	+ 0,0007446473088204848004500	+ 0,0000008134379007744488876	+ 0,000000002750003086634588110	− 0,000000000001597507903870048

*) Die in den Einklammerungen dieſer Colonne angegebenen Grade bezeichnen die Grenzen der Temperatur C., zwiſchen welchen die Beobachtungen angeſtellt worden ſind, die zur Herleitung der Formel gedient haben.

Univ. Bibl.
München

niemals eine Beſchädigung des Glaſes durch denſelben zu befürchten. Allein da das Glas und das Queckſilber demſelben Drucke ausgeſetzt werden, die Zuſammendrückbarkeit des Queckſilbers aber bedeutender als die des Glaſes iſt, ſo wird um ſo viel weniger Queckſilber aus der Öffnung bei T heraustreten, als dieſer Unterſchied der Zuſammendrückbarkeit beträgt. Colladon und Sturm haben dieſe Größe beſtimmt und gefunden, daß ſie für den Druck von einer Atmoſphäre 1,75 Milliontheile des angewandten Queckſilbervolumens beträgt. Hieraus kann man leicht berechnen, wie viel Queckſilber zu wenig aus dem Inſtrumente entwichen iſt, und danach die Beobachtung corrigiren.

Man braucht zwar die Thermometerkugel des Inſtrumentes nicht größer zu machen, als die eines gewöhnlichen Thermometers, allein die zunehmende Größe derſelben, von der auch die Größe der einzelnen Grade der Scale abhängig iſt, vermehrt die Genauigkeit, ohne Übelſtände herbeizuführen; da man doch jedenfalls das Inſtrument ſo lange an der zu unterſuchenden Stelle laſſen muß, bis auch die größere Queckſilbermaſſe die Temperatur derſelben vollſtändig angenommen hat, wozu beiläufig nur etwa eine Viertelſtunde erfoderlich iſt. Allein je größer die Kugel iſt, um ſo leichter iſt ſie auch dem Zerbrechen ausgeſetzt; man muß daher Sorge tragen, ſie gehörig zu verwahren. Dies erreicht der Verfaſſer dadurch, daß er ſtatt der Kugel einen cylindriſchen Queckſilberbehälter wählt und denſelben zwiſchen zwei Meſſingſcheiben a b und c d Figur 92. einſchließt, die durch drei Schrauben a c, b d ꝛc. mit einander verbunden ſind; in jede der beiden Scheiben iſt eine Korkplatte eingelaſſen, ſo daß der Cylinder nur von den Korkplatten berührt wird, in die er etwas verſenkt iſt. Der obere Kork iſt durchbohrt, und durch die Öffnung deſſelben geht das Rohr des Thermometers. Auf dieſem ſind die nach dem Normalthermometer beſtimmten Puncte mit einem Diamant verzeichnet, damit, wenn man das Inſtrument aus einander nehmen ſollte, man ſich immer wieder überzeugen könne, daß dieſe auch wirklich gerade über den entſprechenden Puncten der Meſſingſcale liegen. Sollte dieſes nicht genau der Fall ſein, ſo kann man es leicht dahin bringen, indem man die Schrauben a c, b d ꝛc. ein wenig anzieht oder nachläßt, wodurch die Meſſingſcale, die nur auf die obere Platte c d aufgeſchraubt iſt, dem Cylinder genähert oder von ihm entfernt wird. Die Platte c d iſt bei f g mit einem Schraubengewinde verſehen, um auf dieſes die Meſſinghülſe h zu ſchrauben, in welche die Glasglocke h k eingekittet iſt. Dieſe Meſſinghülſe hat eine kleine Öffnung, damit das Waſſer bei vermehrtem Druck ungehindert in die Glocke eintreten könne.

Um nun den genauen Werth von x der geſuchten Temperatur zu finden, ſo bezeichne man das urſprüngliche Queckſilbervolumen, wonach das Inſtrument getheilt worden, und das es bei 0° bis zum Nullpuncte füllt, mit V; und das Queckſilbervolumen, das nach dem Verſuche in dem Inſtrumente enthalten iſt, gleichfalls bei der Temperatur 0° betrachtet, mit V'; ferner ſei t die Temperatur, in welche das Inſtrument zur Vergleichung mit dem Normalthermometer nach dem Verſuche gebracht wird, und t' die Anzahl von Graden, welche das Inſtrument bei dieſer Temperatur einnimmt; endlich $\frac{1}{\delta}$ die Ausdehnung des Queckſilbers für einen Grad der Scale, nach welcher das Inſtrument getheilt worden, ſo hat man folgende Gleichung:

$$V'\left(1 + \frac{t}{\delta}\right) = V\left(1 + \frac{t'}{\delta}\right),$$

weil das Volumen V' bei der Temperatur t denſelben Raum einnimmt, den V, als das Inſtrument getheilt wurde, bei der Temperatur t' einnahm.

Ferner hat man die Gleichung:

$$V'\left(1 + \frac{x}{\delta}\right) = V\left(1 + \frac{T}{\delta}\right),$$

denn bei der Temperatur x hatte ſich V' ſo ausgedehnt, daß es das ganze Inſtrument erfüllte, d. h. denſelben Raum einnahm, den V bei der Temperatur T eingenommen.

Dividirt man die obigen Gleichungen durch einander, ſo erhält man:

$$\frac{1 + \frac{t}{\delta}}{1 + \frac{x}{\delta}} = \frac{1 + \frac{t'}{\delta}}{1 + \frac{T}{\delta}}$$

oder:

$$\frac{\delta + t}{\delta + x} = \frac{\delta + t'}{\delta + T}$$

woraus ſich ergiebt:

$$x = \frac{\delta + T}{\delta + t'}(\delta + t) - \delta,$$

oder:

$$x = \frac{(t - t' + T)\,\delta + tT}{\delta + t'}.$$

Da Colladon und Sturm den Unterſchied in der Zuſammendrückbarkeit des Queckſilbers und des Glaſes für den Druck einer Atmoſphäre von $0^m,76$ Queckſilber oder $10^m,32$ Waſſerhöhe zu $\frac{1,73}{1000000}$ gefunden haben; ſo beträgt die Queckſilbermenge, die durch den Druck von einer ſolchen Atmoſphäre verhindert worden aus dem Inſtrumente zu entweichen, $\frac{1,73}{1000000} \cdot V'$, und wenn man dieſe Größe in Graden des Inſtrumentes ausdrückt:

$$\frac{1,73 \,.\, V'}{1000000} \cdot \frac{\delta}{V} \text{ Grade.}$$

Da nun V' nur um ſehr wenig von V unterſchieden iſt, ſo kann man beide, ohne einen Fehler zu begehen, einander gleich ſetzen, und erhält dann:

$$\frac{1,73}{1000000}\cdot\delta.$$

Bezeichnet nun h die Höhe der Waſſerſäule, die, wenn das Inſtrument in die Tiefe hinabgelaſſen iſt, auf daſſelbe drückt, ſo iſt, da $10^m,32 = 32,8$ preußiſche Fuß:

$$\frac{h}{32,8}$$

dieſe Höhe in Atmoſphären ausgedrückt, und folglich iſt:

$$\frac{1,73}{1000000}\cdot\frac{\delta h}{32,8}$$

die Anzahl von Graden, um die ſich das Queckſilber weniger ausgedehnt hat, als es ſich ausgedehnt haben würde, wenn es dieſem Drucke nicht ausgeſetzt geweſen wäre; man muß daher dieſe Größe noch zu dem obigen Werthe von x hinzufügen, wodurch dieſer dann wird:

$$x = \frac{(t - t' + T)\,\delta + t\,T}{\delta + t'} + \frac{1,73}{1000000}\cdot\frac{\delta h}{33,8}$$

Da δ für alle gebräuchliche Thermometerſcalen, ſelbſt die Fahrenheit'ſche, ſehr groß iſt in Vergleich mit t, t' und T, ſo ſind die nicht mit δ multiplicirten Glieder ſehr klein, in Vergleich mit den übrigen, und können daher gänzlich vernachläſſigt werden, wodurch man erhält:

$$x = t - t' + T + \frac{1,73}{1000000}\cdot\frac{\delta h}{32,8}$$

Bathometer zu thermometriſchen Beobachtungen in der Meerestiefe, von Lenz.

Lenz hat auf der, unter Kotzebue gemachten, Reiſe um die Welt ſich eines vom Profeſſor Parrot angegebenen Bathometers zur Meſſung der Temperaturen in der Meerestiefe bedient, deſſen Beſchreibung nebſt einer Kritik der früher zu demſelben Zwecke angewandten Apparate in Pogg. Ann. XX. 73 enthalten iſt. Da die Beſchreibung dieſes, übrigens ſehr ſorgfältig conſtruirten, Inſtrumentes in Verhältniß zu dem Intereſſe, was es bei ſeiner beſchränkten Anwendung finden kann, zu viel Raum erfodern würde, ſo verweiſe ich hinſichtlich derſelben auf die Originalabhandlung.

Thermometer zu Verſuchen über die Veränderlichkeit des Siedepunctes, von Kemp*).

Kemp ſucht die Empfindlichkeit der Thermometer für dieſe Unterſuchungen durch zwei Mittel zu erhöhen, wovon das erſte keineswegs neu iſt, denn er verſieht ein gewöhnliches Inſtrument mit engem Rohre nur mit einer größern Kugel und einem cylindriſchen weiten Anſatze. Die zweite von ihm empfohlene Einrichtung hingegen verdient nähere Erwähnung.

---

*) Edinb. J. Nr. IV. p. 262 oder Baumg. VII. 452.

Sie beſteht in einer Abänderung des Leslie'ſchen Differenzialthermometers. Die beiden Kugeln (A und B) befinden ſich nicht, wie bei der gewöhnlichen Einrichtung dieſes Inſtrumentes, an der geraden Thermometerröhre, ſondern dieſe iſt zwei Mal rechtwinkelig, und zwar zuerſt horizontal, dann abwärts gebogen; ferner reicht die Röhre faſt bis auf den Boden der Kugel A, und iſt ſtets in die gefärbte Schwefelſäure getaucht, welche einen Theil des inneren Raumes dieſer Kugel einnimmt, während ſie in der Kugel B heberförmig aufwärts gebogen iſt,

Will man mit dieſem Inſtrumente z. B. einen Verſuch über den Einfluß der Natur des Gefäßes auf den Siedepunct des Waſſers machen, ſo wird jede der zwei Kugeln dieſes Inſtrumentes in ein Gefäß mit ſiedendem Waſſer getaucht. Hat dieſes in beiden Gefäßen einerlei Temperatur, ſo wird man an der flüſſigen Säule keine Bewegung wahrnehmen; findet aber ein Temperaturunterſchied Statt, ſo wird ſich derſelbe aus der Bewegung der Flüſſigkeit der Größe nach abnehmen laſſen.

Taſchenthermometer, von Wrench *).

Wrench, phyſikaliſcher Inſtrumentenmacher in London, verfertigt Taſchenthermometer, die ſich auf die Ausdehnung feſter Metalle durch die Wärme gründen, von folgender Einrichtung:

Der weſentliche Theil des Inſtrumentes beſteht aus einem runden Stabe oder Ringe von Stahl und einem ähnlichen von Meſſing, welche beide offen ſind, um Ausdehnung zu geſtatten. Dieſe beiden Ringe ſtehen in Berührung, ungefähr ſo wie eine Compenſationsbalance eines Chronometers, und ſetzen, wenn ſie ſich ausdehnen oder zuſammenziehen, mittelſt einer empfindlichen Feder einen Zeiger in Bewegung, welcher die Wärme- oder Kältegrade auf einem Emaillezifferblatte angiebt. Das Inſtrument hat ungefähr die Größe einer gewöhnlichen Taſchenuhr. Eine Abbildung deſſelben iſt Figur 94. gegeben. Ein Theil des Zifferblattes iſt weggenommen, damit man die inneren Theile ſehen kann. Man wird bemerken, daß das eine Ende des offenen Ringes durch eine Schraube feſt an der Platte angeſchraubt, das andere aber freigelaſſen iſt. Der Ring beſteht innerhalb aus Meſſing, außerhalb aus Stahl, und ein kleines Stück, welches an ſeinem äußern Ende hervorſteht, liegt an dem Arme des hängenden gezahnten Kreisabſchnittes an. Dieſer gezahnte Kreisabſchnitt greift in ein ſehr kleines Triebrad in der Mitte der Platte, auf der Achſe des Zeigers, und eine ſehr fein gewundene Feder iſt mit der Achſe verbunden, welche den Zeiger in der einen Richtung treibt, während die Ausdehnung des Ringes ihn nach der entgegengeſetzten Richtung treibt. Wenn ſich durch Erhöhung der Temperatur der Umfang des Ringes verlängert, ſo wird der Arm des hängenden Kreisabſchnittes nach der einen Seite getrieben und zugleich das Triebrad gedreht, und der auf dem Zifferblatte herumgeführte Zeiger giebt die Wärmegrade an; vermindert ſich die Temperatur, ſo verkürzt ſich der metallene Ring, die um die Centralachſe gewundene Feder bringt das Triebrad zurück und der gezahnte Kreisabſchnitt und der Zeiger geben die Kältegrade an.

---

*) Dingler's polyt. J. XLI. 102.

Die Temperaturveränderungen werden durch dies Inſtrument nicht ſo ſchnell als durch das Queckſilberthermometer angezeigt.

Pyrometer von Macaire Prinſep *).

Die neueſten Pyrometer, die man bis jetzt zum Maße hoher Temperaturen vorgeſchlagen hat, ſind unzulänglich, wenn es darauf ankommt, zu verſchiedenen Zeiten und an verſchiedenen Orten vergleichbare und identiſche Reſultate damit zu erhalten. **Macaire Prinſep** ſchlägt zur Erreichung dieſes Zweckes folgende neue pyrometriſche Einrichtung vor:

Als fixe Puncte ihrer Scale gelten die Schmelzpuncte des Silbers, Goldes und Platins; die Zwiſchengrade werden durch die Schmelzpuncte von Legirungen dieſer Metalle, die nach einem beſtimmten Verhältniß derſelben gemacht ſind, gegeben. Da der Schmelzpunct des Goldes nicht viel höher als der des Silbers iſt, ſo werden bloß 10 Zwiſchengrade zwiſchen den Schmelzpuncten beider angenommen, welche Grade ſo beſtimmt ſind, daß die Quantität Goldes in jeder der Zwiſchenlegirungen immer um 10 Procent zunimmt, und der Grad 10 ſelbſt dem Schmelzpuncte des reinen Goldes, der Nullpunct dem Schmelzpuncte des reinen Silbers entſpricht. Zwiſchen dem Schmelzpuncte des reinen Goldes bis zu dem des reinen Platins ſind 100 Grade angenommen, indem ſucceſſiv 1 Procent des letztern Metalles für jede höhere Legirung zugeſetzt wird, ſo daß 100° dem reinen Platin ſelbſt entſpricht. Es iſt allerdings ſehr fraglich und ſelbſt wenig wahrſcheinlich, daß dieſe ſo feſtgeſetzten Grade den wirklichen Temperaturen ſelbſt genau proportional ſind, da die Schmelzbarkeit der Legirungen im allgemeinen nicht die mittlere der in ſie eingehenden Metalle iſt; allein man wird wenigſtens eine genaue Bezeichnung derſelben abſoluten Temperatur dadurch erhalten, indem man jede Temperatur durch die ſtrengflüſſigſte der Legirungen bezeichnet, welche bei dieſer Temperatur noch darin zu ſchmelzen vermag, was für die praktiſche Anwendbarkeit hinreicht, und es iſt dann noch möglich, durch directe Verſuche die Vergleichung dieſer Grade mit den auf das Luftthermometer bezogenen wirklichen Temperaturgraden zu finden, wie **Prinſep** ſelbſt für einige dieſer Temperaturen gethan hat.

Die Bezeichnungsart, die **Prinſep** zur Angabe der Grade ſeiner pyrometriſchen Vorrichtung gewählt hat, iſt folgende:

S. 0,3 G. bedeutet eine Legirung aus 0,7 Silber, 0,3 Gold;
G. 0,23 P. eine Legirung aus 0,77 Gold und 0,23 Platin u. ſ. f.

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 247 oder Erdmann's J. VII. 80.

Zur bequemen Anwendung ſeiner pyrometriſchen Vorrichtung hat Prinſep kleine Kapellen, von denen jede in geſonderten Fächern 8 bis 10 auf einander folgende pyrometriſche Legirungen bloß von der Größe eines Stecknadelkopfes enthält. Dieſe Kapellen werden der zu beſtimmenden Temperatur ausgeſetzt, und die ſchwerflüſſigſte der Legirungen, die dann ſchmilzt, dient zur Bezeichnung der Temperatur.

Solchergeſtalt fand Prinſep u. a. folgende Reſultate über die Temperatur verſchiedener Theile und Arten von Öfen.

Muffel eines Probirofens, vorn	S. 0,0 G.
desgl. — — in der Mitte	S. 0,3 G.
desgl. — — hinten	S. 0,5 G.
Kohle von Calcutta, welche beſſer als die von Benares iſt, erhitzt gewöhnlich die Muffel auf	S. 0,04 P.
Silberſchmelzofen in Calcutta, aber von engliſcher Einrichtung	G. 0,075 P.
Offener Ofen, zu Calcutta gebräuchlich	G. 0,06 P.
Reverberirofen zu Calcutta, zum Schmelzen der Proben	G. 0,20 P.
Ofen mit Graphitſole, ohne Rauchfang	G, 0,08 P.
Ende der Flamme eines Blasbalges mit verdichteter Luft	G. 0,20 P.
Höchſter Hitzegrad eines mit Kohle von Benares geheizten Schmiedeofens	G. 0,55 P.
Ungefährer Schmelzpunct des Kupfers nach 2 Verſuchen unter einer Muffel	G. 0,03 P.
Ungefährer Schmelzpunct des Eiſens	G. 0,30 P.

Um den Schmelzpunct des Silbers und einiger anderen Temperaturen durch Grade des Luftthermometers zu beſtimmen, verfuhr Prinſep ſo, daß er das Luftvolumen beſtimmte, welches aus einer goldenen Retorte, die der Temperatur des ſchmelzenden Metalles ausgeſetzt war, vermöge Ausdehnung der darin enthaltenen Luft austrat, welches Luftvolumen durch die Quantität Öl gemeſſen ward, die aus einem mit der Retorte durch abgekühlte Röhren in Verbindung geſetzten und mit einem Abzugshahne verſehenen, Reſervoire abgelaſſen werden mußte, damit das erſte Gleichgewicht des Druckes ſich herſtellte. Dieſe Operationsmethode erfodert, um hinreichend genaue und zuläſſige Reſultate zu geben, viele Rückſichten und Correctionen, die Prinſep nicht vernachläſſigt hat, hinſichtlich deren ich jedoch auf die Originalabhandlung verweiſe. Jedenfalls fand er ſolchergeſtalt folgende mittlere Reſultate:

Volle Rothglühhitze	1200° F. = 649° C.
Orangeglühhitze	1650° F. = 899° C.
Schmelzpunct des Silbers	1830° F. = 999° C.
Silber mit $\frac{1}{13}$ Gold	1920° F. = 1048° C.
Silber mit $\frac{1}{4}$ Gold	2050° F. = 1121° C.

Bemerkt muß werden, daß dieſe Data vielleicht um einige Grade zu tief ſind, wenn man berückſichtigt, daß Prinſep die nur bis 100° C.

bekannte Ausdehnung des Goldes gleichförmig nach demſelben Geſetze als für die höchſten Temperaturen fortſchreitend angenommen und hienach das in der goldenen Retorte zurückgebliebene Luftvolumen corrigirt hat, da doch nach Erfahrungen bei anderen Metallen anzunehmen iſt, daß in hohen Hitzegraden die Zuwüchſe der Ausdehnung raſcher als die der Temperatur ſteigen, mithin die Luft eine etwas größere Expanſion erfahren haben möchte, als Prinſep bei obigen Beſtimmungen zu Grunde gelegt hat.

Pyrometer von Neumann *).

Neumann ſchlägt vor, einen langen Platinſtreifen von etwa $\frac{1}{4}$ Lin. Dicke, 3 Lin. Breite und 240 Zoll Länge, der bequemern Form halber in eine Schraubenlinie von 50 Windungen zuſammengebogen, der Hitze, die man meſſen will, auszuſetzen, und die erfolgende Ausdehnung durch, mit der Lamelle in Verbindung ſtehende Hebel, Räderwerk und Zeiger zu vergrößern und anzuzeigen. Er hat die Art, wie ein ſolches Inſtrument am zweckmäßigſten auszuführen ſein möchte, näher beſchrieben und durch Figuren erläutert. Da indeß bis jetzt ein ſolches Inſtrument noch nicht verfertigt und zu Verſuchen angewandt iſt, ſo verweiſen wir hinſichtlich des Nähern auf die Originalabhandlung. Natürlich können die Hitzegrade den Ausdehnungsgrößen nicht vollkommen proportional ſein, wegen der mit der Temperatur ſteigenden Ausdehnbarkeit des Platins.

Regiſter-Pyrometer von Daniell **).

Dies Inſtrument iſt beſtimmt, hohe Temperaturen durch den Ausdehnungsunterſchied einer Platinſtange und einer (hohlen) Graphitſtange zu meſſen. Das Weſentliche ſeiner Einrichtung beruht auf Folgendem:

Man nimmt eine ſolide Stange von Graphit (black-lead earthenware), die Daniell das Regiſter nennt, von 8 Zoll Länge, $\frac{7}{10}$ Zoll Breite und derſelben Dicke, und bohrt ihrer Axe nach eine cylindriſche Hölung in dieſelbe von $\frac{3}{10}$ Zoll Durchmeſſer und $7\frac{1}{2}$ Zoll Tiefe (ſo daß alſo die Hölung die Geſtalt einer Nadelbüchſe haben würde). Am obern Ende werden ungefähr $\frac{6}{10}$ Zoll Länge von der Stange bis zur Hälfte ihrer Dicke weggeſchnitten (ſo daß in dieſem Theile der Länge die Hölung einen Halbcylinder bildet, der ſich nach unten in einen ganzen Cylinder fortſetzt). Man ſteckt nun eine Platinſtange von $6\frac{1}{2}$ Zoll Länge in die cylindriſche Höle, ſo daß ſie ſich an den Boden derſelben ſtützt, und auf den Gipfel dieſer Stange ſetzt man ein cylindriſches Porzellanſtück von ungefähr $1\frac{1}{2}$ Zoll Länge auf, welches Daniell den Index nennt. Aus den angegebenen Dimenſionen der Theile geht hervor, daß dieſer Index mit einem Ende ſeiner Länge ſich noch in dem ganz cylindriſchen Theile der Höle befinden wird (da die Metallſtange, auf welcher er aufſteht, kürzer als dieſer ganz cylindriſche Theil iſt), und mit dem andern Theile über den halbcylindriſchen Theil der Hölung hervorragen wird (da die Summe der Längen der Metallſtange und des Porzellanſtückes 8 Zoll iſt, während der ganz cylindriſche und halb cylindriſche Theil der Hölung zuſammen nur 7½ Zoll Länge haben). Um den Index zu fixiren, legt man einen gemeinſchaftlichen Ring von Platin um ihn und den obern (halbcylindriſchen) Theil der Graphitſtange, den man durch Einſchiebung eines kleinen Keiles von Porzellain anſpannt.

---

*) Baumg. X. 284.

**) Phil. transact. 1830. P. II. p. 257; oder Journ. of the royal Inst. Nr. 2. p. 338; oder Baumg. X. 258 oder Erdmann's J.

Begreiflich nun, wenn dieſer Apparat einer hohen Temperatur ausgeſetzt wird, wird die Metallſtange vermöge des Überſchuſſes ihrer Ausdehnung über die des Graphites den Index vorwärts treiben, und dieſer wird nach erfolgter Wiederabkühlung an der Stelle ſeiner größten Elongation liegen bleiben. Es kommt alſo nur noch darauf an, dieſe Weite, auf welche der Index von ſeiner urſprünglichen Lage fortgerückt worden iſt, auf das Genaueſte zu meſſen.

Da dieſe Weite jedenfalls nicht groß iſt, ſo bedient ſich Daniell des, in der Regel bei ſolchen Verſuchen angewandten Verfahrens, ihre Anzeige durch einen als Hebel wirkenden Zeiger zu vergrößern. Hinſichtlich der Ausführung dieſes Theiles des Inſtrumentes verweiſe ich auf die Originalabhandlung, wo ſie durch Figuren erläutert iſt.

Wie man ſieht, erfodert die Anwendung dieſes Pyrometers, daß man das Ausdehnungsverhältniß des Graphites kenne, den man zum Regiſter angewandt hat, um aus der ſcheinbaren Ausdehnung der Platinſtange die wahre und hienach (mittelſt des bekannten Ausdehnungsverhältniſſes des Platins) die Temperatur berechnen zu können. Daniell nun beſtimmt die abſolute Ausdehnung des Graphites dadurch, daß er die ſcheinbare Ausdehnung einer Platin- oder Eiſenſtange mittelſt des Regiſters ſelbſt beſtimmt, und hievon die wahre Ausdehnung des Platins oder Eiſens, die er als durch Dulong und Petit's Verſuche bekannt anſieht, abzieht; den Reſt betrachtet er alsdann als die Ausdehnung des Graphites. Er fand ſolchergeſtalt für die Ausdehnung eines Regiſters von 6,5 Zoll Länge zwiſchen 64° und 66° F. eine lineare Ausdehnung von 0,00784 Zoll bei Prüfung durch Platin und 0,00878 Zoll bei Prüfung durch Eiſen, welche nahe (?) übereinſtimmenden Werthe er zugleich als einen Beweis der Genauigkeit ſeines Werkzeuges anſieht.

Übrigens iſt zu bemerken, daß die Beſchaffenheit des Graphites auf ſein Expanſionsvermögen von Einfluß iſt, indem ſich nach Daniell's Verſuchen Graphit von feinerm Korn minder ausdehnt als Graphit von gröberm: daher die Expanſion für jedes Regiſter aus anderm Graphit beſonders beſtimmt werden muß.

Noch iſt zu bemerken, daß bei dem jetzigen Stande unſerer Kenntniſſe die genaue Reduction der Anzeigen, welche dieſes Inſtrument giebt, auf Grade des Luftthermometers etwas Precäres hat, inſofern wir nicht wiſſen, in welchem Verhältniſſe die Incremente der Temperaturen und Ausdehnungen (welche letztere das Inſtrument nur anzeigt) bei ſehr hohen Hitzgraden zu einander ſtehen.

Bekanntlich wachſen die Ausdehnungen ſtärker als die Temperaturen; aber nur bis 300° C. iſt für das Platin durch Dulong und Petit ausgemittelt worden, in welchem Verhältniſſe. Indeß kann man, als wahrſcheinliches Reſultat, annehmen, wie dies auch von Daniell geſchicht, daß der Zuwachs der Ausdehnung gegen die Temperaturen auch für höhere Temperaturen nach demſelben Verhältniſſe fortſchreitet, und hienach die Temperaturen berechnen.

Pyrometriſches Verfahren von Schwartz.

Schwartz *) ſchlägt zur Meſſung hoher Ofentemperaturen vor, einen in dem Ofen erhitzten Platinwürfel in Queckſilber einzutauchen und aus der Temperaturerhöhung, die dieſes erfährt, mit Rückſicht auf die bekannte Wärmecapacität des Platins und Queckſilbers, die Ofenhitze zu berechnen. Uns ſcheint jedoch, abgeſehen von anderen Schwierigkeiten, die eine Genauigkeit bei dieſer Methode zu erlangen erſchweren, dieſe Methode ſchon deshalb ihr Mißliches zu haben, weil die Wärmecapacität in hohen Temperaturen mit der in niederen Temperaturen nicht übereinſtimmt.

Verſchiedene Pyrometer und Calorimeter.

Eine zuſammenſtellende Beſchreibung und Abbildung der Calorimeter von Lavoiſier, Rumford, May, und Pyrometer von Mortimer, Wedgwood, Mill, Prinſep, Muſchenbroeck, Smeaton, Ferguſon, de Luc, Hare findet ſich in dem zu Weimar erſcheinenden Laboratorium 24. Heft Taf. XCV.

IV. Schmelzen und Erſtarren der Körper.

Schmelzpunct verſchiedener Metalle **).

Daniell hat mittelſt ſeines neuen Regiſterthermometers Verſuche über die Schmelzpuncte verſchiedener Metalle angeſtellt, die er für zuverläſſiger erklärt, als die früher von ihm angegebenen Schmelzpuncte. Es ſind folgende:

	Schmelzpunct ***)
von Silber	1873° F. = 1022°; C.
von Kupfer	1996° F. = 1091°; C.

---

*) Erdmann's J. II. 241.

**) Phil. transact. 1830. P. II. p. 256.

***) Dieſe Schmelzpuncte wurden mittelſt eines Platin-Regiſterthermometers

Schmelzpunct

von Gold	2091° F. = 1108°½ C.
von Eiſen	2786° F. = 1530° C.

Daß Prinſep den Schmelzpunct des Silbers = 999° C. gefunden hat, iſt ſchon S. 454 erwähnt worden, was, wie man ſieht, ſehr nahe mit Daniell's Reſultate ſtimmt, und wahrſcheinlich noch mehr ſtimmen würde, wenn Prinſep die Correction wegen Ausdehnung der Retorte etwas höher angenommen hätte (vergl. S. 454).

Schwartz *) gibt folgende Beſtimmungen über die Schmelzpuncte mehrerer Metalle:

Zinn ſchmelz bei	230° C.
Blei	340°
Wismuth	280°
Zink	500°
Antimon	680°

Es ſcheint indeß nicht, als ob die Methode, deren er ſich zu dieſer Beſtimmung bediente, großes Zutrauen verdiente. Dieſe Methode beruhte auf der S. 457 angegebenen Weiſe, hohe Temperaturen zu beſtimmen.

Über Expanſion und Contraction geſchmolzener Metalle beim Erſtarren, von Marx **).

Das Wismuth beſitzt in hohem Grade die, bekanntlich auch dem Waſſer zukommende, Eigenſchaft, während des Erſtarrens oder Kryſtalliſirens einen größern Raum als im flüſſigen Zuſtande einzunehmen und mit einer ſtarken Gewalt ſich auszudehnen.

Man kann dieſe Erſcheinung durch verſchiedene leichte und belehrende Verſuche nachweiſen. Man nehme eine kleinere oder größere Quantität Wismuth und ſchmelze ſie in einem eiſernen Löffel oder auch in einer Glasröhre über der Spiritusflamme, und halte dann die geſchmolzene Maſſe aus der Flamme, ſo wird ſie noch einige Zeit flüſſig bleiben, dann auf der Oberfläche erſtarren. Wenn man nun glauben möchte, der ganze Inhalt ſei ſchon erſtarrt, ſo bemerkt man, oft erſt nach einigen Minuten, eine Bewegung an der Oberfläche, und plötzlich dringen an einer oder an verſchiedenen Stellen Theile des Metalles aus dem Innern hervor und ſetzen ſich von Außen in ſphäroidiſchen

---

gefunden, und ſind wegen des ſteigenden Verhältniſſes der Ausdehnung für höhere Temperaturen, unter zu Grundelegung des von Dulong und Petit gefundenen Verhältniſſes corrigirt (vgl. S. 437). Bei Vernachläſſigung dieſer Correction, unter Annahme nämlich, daß gleiche Incremente der Ausdehnung des Platins gleichen Temperaturzunahmen entſprechen, würden die Temperaturen der Schmelzpuncte in Fahrenheit'ſchen Graden reſpective geweſen ſein: von Silber [illegible], Kupfer [illegible], Gold [illegible], Eiſen [illegible].

*) Erdmann's J. II. 344.

**) Schweigg. J. LVIII. 154. Pharmac. Centralbl. I. [illegible]

Formen an *). Dieſe Theile bilden ein Ganzes mit der übrigen Maſſe, und bricht man ſie ab, ſo zeigt ſich ihr Blättergefüge unmittelbar zuſammenhängend mit dem übrigen. Macht man den Verſuch in einem Schmelztiegel über Kohlen, ſo findet das Gleiche Statt; gießt man die geſchmolzene Maſſe aus, ſo zeigen ſich an ihr dieſelben Erſcheinungen, nur daß die Auswüchſe mehr kugelförmig ſind. Iſt das Ausgegoſſene ſehr flach und dünn, ſo erſtarrt es meiſt ohne weitere Veränderungen. Am beſten glücken ſowohl dieſe, als viele der ſpäter anzuführenden Verſuche, wenn man das Geſchmolzene auf eine eiſerne Platte, welche halbkugelförmige Vertiefungen hat, ausgießt. Die hervorgedrungenen Theile ſtehen ſtets im Verhältniß zur angewandten Menge. Leicht iſt nun der Urſprung der warzenförmigen Erhöhungen erklärlich, die man ſtets auf den im Handel vorkommenden Wismuthkuchen findet.

Bei einem Verſuche, wo das Hervorgedrungene ſich beſonders rein von der übrigen Maſſe ablöſen ließ, beſtimmte Marx das gegenſeitige Gewicht derſelben. Das größere Stück wog 52,551 Grammen, das aus dem Innern Herausgewachſene 1,012 Grammen.

Wie groß die bei der Ausdehnung des Wismuthes in Wirkung tretende Kraft ſei, können folgende Verſuche zeigen.

Man erhitze enge Glasröhren, mit gepulvertem Wismuth gefüllt, vorſichtig. Das geſchmolzene Metall wird bei nachherigem Erſtarren die Röhren zerſprengen. Oder (was eine leichtere Art iſt, den Verſuch anzuſtellen) man tauche erwärmte Thermometerröhren in einen Tiegel, worin ſich Wismuth in dünnem Fluſſe befindet, und ſauge dann mit dem Munde einen Metallfaden, der oft 6 bis 10 Zoll betragen kann, herauf. Wenige Minuten, oft wenige Secunden, nachdem man die Röhre in die Luft gehalten oder auf Papier gelegt, zerſpringt ſie, zuweilen mit einem heftigen Knall, nach verſchiedenen Seiten hin, was bei Anwendung anderer Metalle als Wismuth im Allgemeinen nicht der Fall iſt. Die Röhren zerſpringen oft ſo der Länge nach, daß ſich lange und parallele Glasfaſern, wie ſie nicht wohl auf anderen Wegen erlangt werden möchten, abtrennen, ſo daß augenſcheinlich die ausdehnende Kraft gleichförmig und ſenkrecht auf die Längenrichtung der Röhren wirkt. Zuweilen indeß, und zwar gerade am Meiſten beim reinen Wismuthe, bleiben die Röhren auch nach dem Füllen unverſehrt. Dann ſind die aufgezogenen Fäden zu kurz, ſo daß ſie ſich der Länge nach ausdehnen können, alſo die Röhre nicht zertrümmern. Man kann ſich jedoch davon, daß auch in dieſem Falle Ausdehnung Statt finde, leicht dadurch überzeugen, daß man einen ſolchen Faden oder einen kleinen Theil deſſelben in der Röhre bis zum Schmelzen erhitzt; beim Erkalten ſieht man dann ein neues kleines Stück aus demſelben hervortreten, das bei wiederholtem Erhitzen ſich wieder zurückzieht.

Das Wismuth vermag ſeine Eigenſchaft, ſich beim Erſtarren auszu-

---

*) Von einer Gasentwickelung ließen ſich bei dieſem Vorgange keine deutlichen Spuren wahrnehmen.

behnen, auch vielen anderen Metallen (Natrium, Zinn, Antimon, Kupfer, Silber ꝛc.) mitzutheilen, wenn es ſich in hinlänglichem Verhältniß mit ihnen verbindet. Wir verweiſen jedoch hinſichtlich der ſpeciellen Angaben hierüber, da ſie keine weiteren Eigenthümlichkeiten der Erſcheinung darbieten, auf die Originalabhandlung, und wollen nur des in der angegebenen Hinſicht ſehr ausgezeichneten Schwefelwismuthes und des ſich entgegengeſetzt verhaltenden Schwefelantimons noch beſonders erwähnen.

Man erhält das Schwefelwismuth, wenn man Schwefel auf das geſchmolzene Metall wirft und den überſchüſſigen wegbrennen läßt. Beim Guße nun zeigen ſich die merkwürdigſten Erſcheinungen von allen bisher beſchriebenen; kaum hat man das Schwefelwismuth in die Vertiefung gegoſſen, ſo erſtarrt es, und aus ihm heraus treiben ſich gewaltige Erhöhungen, die faſt den vierten Theil des ganzen Volumens betragen. Zwiſchen ihnen quellen glänzende Kugeln hervor, und nimmt man raſch einen erſtarrten, aber noch warmen Kuchen und ſchlägt ihn entzwei, ſo ſieht man allerwärts aus dem Innern noch ähnliche Kügelchen hervordringen. Im Rühren läßt ſich die geſchmolzene Maſſe durchaus nicht aufziehen; eher ſcheint ein Abſtoßen von derſelben, als ein Adhäriren Statt zu finden. Bei Schwefelſilber, Schwefelblei, Schwefeleiſen konnten keine analogen Erſcheinungen wahrnehmbar gemacht werden; Schwefelantimon aber zeigte eben ſo merkwürdige entgegengeſetzte Eigenſchaften *).

Wenn man das gewöhnliche Antimonium crudum ſchmilzt und in die Vertiefungen ausgießt, ſo zieht es ſich beim Erſtarren zuſammen. Es bilden ſich Spalten und Riſſe, die zuweilen mit ſolcher Gewalt auseinander fahren, daß die einzelnen Theile weit hingeſchleudert werden. Durch das Zuſammenziehen werden zuweilen in der übrigen noch weichen Maſſe einzelne Theile herausgetrieben, welche dann auch zu Kugeln erſtarren.

Auch an dem reinen Zink nahm Marx ein Verhalten wahr, welches gewiſſermaßen das Widerſpiel von dem des Wismuthes iſt. Wird es in einem Tiegel geſchmolzen und dann in eine Vertiefung, die in eiſernes Blech geſchlagen iſt, ausgegoſſen, ſo bleibt es noch einige Zeit flüſſig, dann entſteht eine Bewegung auf ſeiner Oberfläche, die hierauf in der Mitte ſich vertieft, Furchen bekommt und ſich ſomit heftig nach allen Seiten hin zuſammenzieht. Dieſe Zuſammenziehung dauert auch ſpäter noch fort, welches aus den Erſcheinungen der Glasröhren deutlich hervorgeht. In

---

*) Schweigger-Seidel (Schweigg. Journ. LIII. Ich bemerkte mehrmals beim Erkalten der officinellen Schwefelleber und der Antimonleber, insbeſondere aber der Schlacken vom Spießglanzkönig, ein analoges Hervortreiben halbflüſſiger Maſſen aus dem Innern, als beim geſchmolzenen Wismuth und Schwefelwismuth, nur in weit geringerem Maße. — Der Verſuch mit der Kaliſchwefelleber glückte Marx bei der Wiederholung nicht; wohl aber beobachtete er beim Ausgießen und Erkalten der Antimonleber auf einem Eiſenblech eine heftige Zuſammenziehung, die mit Reißen, Zerſpringen und Fortſchleudern der Theile verbunden war.

dieſen läßt ſich das gut geſchmolzene Zink leicht in langen und dünnen Fäden auffangen. So wie dieſe allmälig erkalten, ſpringen die Röhren der Quere nach, weil das Glas, deſſen Verkürzung durch die Wärme ungefähr nur ⅓ von der des Zinkes beträgt, der Zuſammenziehung des Metalles nicht ſchnell genug folgen kann. Zuweilen ſahe Marx die Zinkfäden deßhalb ſelbſt an verſchiedenen Orten auseinander reißen. Das Zerſpringen der Röhren fängt manchmal erſt nach ½ Stunde an und dauert oft ſtundenlang fort. Längenriſſe, die dabei erſcheinen, ſind nur Folge der Querriſſe.

Das reine Zinn ſcheint beim Erſtarren ebenfalls eher eine Zuſammenziehung als eine Ausdehnung zu erfahren. Wenigſtens zeigen geſchmolzene Zinnmaſſen während des Erkaltens eine gegen die Mitte mehr vertiefte Oberfläche, wo ſich indeſſen auch ein Netzwerk nadelförmiger Kryſtalliſationen bildet.

Am Antimon und Blei wurden keine, mit den vorigen analoge, Erſcheinungen wahrgenommen.

Umſtände, beim Erkalten des geſchmolzenen Schwefels wahrgenommen, von Marx *).

Aus des Verfaſſers Unterſuchungen gehen folgende Reſultate hervor:

1) Der Schwefel erleidet beim Erſtarren nicht, wie man angegeben hat, eine Ausdehnung; vielmehr bemerkt man, wenn man das Niveau, das er geſchmolzen in Gefäßen einnimmt, bezeichnet hat, im Moment des Erſtarrens ein Herabſinken unter dies Niveau, ein Zuſammenziehen nach verſchiedenen Richtungen, von denen die Kryſtallnadeln ausgehen. Daß der geſchmolzene und in Formen erſtarrte Stangenſchwefel oft ein ſo geringes ſpecifiſches Gewicht von nur 1,92 beſitzt, rührt daher, daß die anſchießenden Kryſtallnadeln, während ihre Endſpitzen ſich verdichten, zwiſchen ſich hohle, luftleere Räume laſſen. Auch in Röhren aufgeſogen zeigt der Schwefel keine Spur von Ausdehnung und in dünnwandigen gläſernen Kugeln erſtarrend nicht das geringſte Beſtreben, ſie zu zerbrechen. Beobachtet man umgekehrt die Erſcheinung des erſtarrten Schwefels bei nochmaliger Schmelzung, ſo ſieht man deutlich, wie der flüſſig werdende ſich ausdehnt und nach und nach die eben bemerkten leeren Räume wieder ausfüllt.

2) Wenn der Schwefel von der Temperatur an, wo er dickflüſſig [illegible] erkaltet, ſo iſt der Gang dieſes Erkaltens ein ſehr ungleichförmiger; anfangs nämlich (von 150° R. bis ungefähr 125° C.) hinab, nehmen die ſucceſſiven Zeiten, in welchen er um je 5° R. erkaltet, immer mehr an Länge ab, von da an aber wieder zu.

3) Bei verſchiedenen Verſuchen zeigte ſich eine große Verſchiedenheit hinſichtlich der Temperatur, bei welcher der Schwefel noch flüſſig zu bleiben vermochte, indem er in einem Verſuche noch bei 79° R. flüſſig blieb, bei dem andern bis 83° R., eine Verſchiedenheit, die von zufälligen, kaum

---

*) Schweigg. J. LX. 1.

zu vermeidenden, äußeren Urſachen, hauptſächlich von kleinen Erſchütterungen herrühren mag.

4) Beſondere Aufmerkſamkeit verdient die große Wärmemenge, welche beim Feſtwerden des Schwefels entbunden wird, die ſo groß iſt, daß das Thermometer nicht nur genöthigt wird, beinahe um 8° R. wieder in die Höhe zu gehen, ſondern auch, daß es, um wieder auf den vorigen Stand zurückzuſinken, faſt eine volle Viertelſtunde Zeit braucht; woraus zugleich erhellt, daß die Frage nach dem Schmelzpuncte des Schwefels eigentlich unbeſtimmt iſt, weil während ſeines Feſt- und Flüſſigſeins eine ſo große Temperaturdifferenz Statt finden kann.

5) Der ſchon erſtarrte Schwefel kühlt ſich bis zum erſten Erſtarrungspuncte mit beſchleunigter, und erſt von hier an mit verminderter Geſchwindigkeit ab.

Die Verfahrungsweiſe des Verfaſſers bei Beobachtung der Erkaltungszeiten des Schwefels war, daß ungefähr 1 Pfund deſſelben in einem Schmelztiegel, der in einem eiſernen Ringe hing, über Kohlen erhitzt ward und die Abkühlungszeiten mit einer Secundenuhr von Grad zu Grad unter Anwendung eines ſehr genau calibrirten Thermometers beſtimmt wurden. Im Original ſind mehrere Beobachtungsreihen beigefügt.

Über Stockung beim Erkalten von Metalllegirungen, von Rudberg *).

Rudberg hat die bemerkenswerthe Erfahrung gemacht, daß eine Legirung aus zwei Metallen, die über den Schmelzpunct erhitzt iſt, anſtatt gleichförmig zu erkalten, vielmehr bei zwei Temperaturgraden einen eine Zeitlang ſtationären Zuſtand zeigt. Der eine, niedrigere dieſer Puncte iſt für alle Legirungen, die (in verſchiedenen Verhältniſſen) aus denſelben Metallen beſtehen, derſelbe, und bezeichnet ihre Erſtarrungstemperatur, der andere ändert ſich mit dem Verhältniſſe zwiſchen beiden Metallen und fällt für ein gewiſſes Verhältniß mit dem vorigen zuſammen. Dies Reſultat ergab ſich bei Legirungen von **Blei** und **Zinn**, **Zinn** und **Wismuth**, **Zink** und **Zinn**, **Blei** und **Wismuth**, **Zink** und **Wismuth**, welche in dieſer Hinſicht geprüft wurden, und iſt wahrſcheinlich eine gemeinſame Eigenſchaft aller Legirungen. Es findet dies Reſultat ſogar auch für ternäre Legirungen Statt, indem auch hier ein ganz fixer Punct ſich für die verſchiedenſten Verhältniſſe ihrer Beſtandtheile findet; aber ſtatt eines finden ſich hier zwei je nach den Verhältniſſen veränderliche ſtationäre Puncte.

Die beigefügte Tafel enthält die Reſultate der mit Legirungen aus **Zinn** und **Blei** angeſtellten Beobachtungen **). Die Metalle waren in beſtimmten einfachen Atomenverhältniſſen zuſammengeſchmolzen, welche oben

---

*) Pogg. XVIII. 240.

**) Im Original ſind auch analoge Tabellen für Legirungen aus Zinn und Wismuth und Zinn und Zink beigefügt. Übrigens bemerkt der Verfaſſer, daß, da das von ihm angewandte Thermometer nicht calibrirt war und keinen richtiin der horizontalen Columne angegeben ſind. In den verticalen Columnen ſtehen die Erkaltungszeiten für jede 10 Grade.

Beobachtete Erkaltungszeiten bei Legirungen von Blei und Zinn für jede 10 Grade des hunderttheiligen Thermometers.

	Th. Gr.	Pb.	Pb^3.Sn.	Pb^2.Sn.	Pb.Sn.	Pb.Sn^2.	Pb.Sn^3.	Pb.Sn^4.	Pb.Sn^6.	Pb.Sn^{12}.	Sn.	Th. Gr.	
Das Blei erſtarrte bei 325°.	350°											350°	
	340											340	
	330	12″										330	
	320	(2′51″)	11″	11″+	11″	10″+	11″	11″	11″	11″		320	
	310	16″	13	13	13 −	13	13 +	13 −	13	13 −		310	
	300	15	14	14 +	13 +	14	14	14	14 +	13 +		300	
	290	15	15	15	16 −	15	15 +	15	15	15 +	14″	290	
	280	16 +	(1′36″)	17	17	17	18 −	17 +	17	17	16	280	
	270	17 −	58″	(1′6″)	19 −	17 +	18	18	18	18	17 +	270	
	260	17 ,5	45	(1′0″)	19 +	19	19	20	19 +	18 +	19	260	Das Zinn erſtarrte bei 228°.
	250	19 −	40	50	21	20 +	20	21	21	21 −	20	250	
	240	20	36	44	(1′7″)	22	23 −	22	22	22 −	22	240	
	230	22	33	41	57 +	24	24 +	24	24 −	23 +	23 +	230	
	220	23 +	33	39 −	51	28	25	25	25 +	24	(9′20″)	220	
Feſter Punct bei 187°.	210	25	33	37 +	49	30	28	28	28	(4′23″)	33″	210	
	200	27	34	38	48	(1′2″)	31	30	(3′ 5″)	2 34	33	200	
	190	31	36	40	49	1′0″	35 −	34	3′ 1″	1 56	35	190	
	180	34	(1′48″)	(3′0″)	(5′48″)	(9′25″)	(11′29″)	(11′51″)	(6′26″)	(3 49)	38	180	
	170		45 −	40	40	44	50″	41 −	41″	41″	40	170	
	160		42	42	40	44 +	54	42	42	43	43	160	
	150		50	49 −	52	53	1′ 5″	53	52	49	50 −	150	
	140		1′12	1′27	1′33	1′25″	1 11	1′ 5″	59	56	52	140	
	130		1′19	1′10	1′ 2	1′ 8	1 17	1 4	1′ 3	1′ 1″		130	

gen Nullpunct beſaß, die gegebenen Thermometergrade nicht als ganz genau gelten können.

Bei allen 8 Legirungen aus Blei und Zinn, von denen erſteres bei 325° C., letzteres bei 228° C. erſtarrt, blieb das Thermometer immer lange Zeit durchaus auf demſelben Puncte, nämlich auf 187° C. ſtille ſtehen, weshalb die Zeiten für das Intervall von 190° bis 180° C. bedeutend größer ſind, als die Zeiten, welche den zunächſt vorangehenden und nachfolgenden 10 Graden entſprechen. Außer dem Stillſtande bei dieſem durchaus feſten Puncte hat aber das Thermometer noch eine zweite Verzögerung erlitten, für die Legirung aus 3 Atomen Blei und 1 Atom Zinn (Pb^3Sn) zwiſchen 290° C. und 280° C. eine von 1′ 36″, für die Legirung Pb^2Sn zwiſchen 280° und 270° eine von 1′ 6″ ꝛc. bei vermehrtem Zuſatz von Zinn kommt dieſer Stillſtandspunct dem feſten Puncte immer näher, und bei der Legirung $PbSn^3$, deren Erkaltungszeiten einen ganz regelmäßigen Gang beſitzen, fällt er endlich mit ihr zuſammen, bei der Legirung $PbSn^4$ blieb das Thermometer gleich unter 190° für einige Augenblicke ſtehen, und fiel darauf auf 187°. Bei $PbSn^6$ iſt der obere Punct ſichtbarer, weil das Thermometer zwiſchen 210° und 200° eine Zeit von 3′ 5″ gebrauchte; noch mehr iſt dies der Fall bei $PbSn^{12}$, wo das Thermometer 4′ 23″ lang zwiſchen 220° und 210° verweilte.

Es giebt alſo, mit Ausnahme einer einzigen Legirung, $PbSn^3$ wie es ſcheint, für alle Miſchungen aus Blei und Zinn zwei Puncte, wo das Thermometer ſtehen bleibt, einen durchaus feſten bei 187°, und einen beweglichen, der deſto höher liegt, je mehr ſich die Miſchung durch Zuſatz des einen oder des andern Metalles von dem Verhältniſſe $PbSn^3$ entfernt. Die Stillſtandszeit des Thermometers auf dem feſten Puncte wird auch, zu beiden Seiten von $PbSn^3$, in demſelben Maße kürzer, als die Menge des in Überſchuß genommenen Metalles wächſt, bis ſie endlich bei den beiden einfachen Metallen = 0 wird, wo auch der bewegliche Punct mit der Erſtarrungstemperatur dieſer Metalle zuſammenfällt.

Was die anderen Legirungen betrifft, ſo waren die Reſultate (incluſive der vorigen) folgende. Die in der erſten Columne eingeſchalteten Zahlen zeigen die Schmelzpuncte der Metalle für ſich an.

Legirungen aus	Ganz feſter Punct bei	Legirung, bei welcher der obere ſtationäre Punct mit dem untern zuſammenfällt.
Blei (bei 325° C.) und Zinn (bei 228° C.)	187° C.	$PbSn^3$
Zinn (bei 228° C.) u. Wismuth (bei 264° C.)	143° C.	Sn^3Bi^2
Zink (über 400° C.) und Zinn (228° C.)	204° C.	$ZnSn^6$
Blei (bei 325° C.) u. Wismuth (bei 264° C.)	129° C.	Pb^3Bi^2
Zink (über 400° C.) u. Wismuth (bei 264° C.)	251° C.	? *)
Blei, Zinn und Wismuth	ungefähr 98° C.	? **)

Wie bei den Legirungen aus Zinn und Blei, ſo fand auch bei den Legirungen aus den anderen Metallen ſtets ein zweiter ſtationärer Punct Statt, ſobald entweder das Verhältniß des einen oder des andern Metalles über das in der letzten Columne der vorigen Tabelle angegebene vermehrt ward, und bei der ternären Legirung finden zwei ſolche bewegliche Puncte Statt.

Die Erklärung, welche **Rudberg** von dieſem Phänomen giebt, iſt folgende:

Wenn zwei Metalle in irgend einem Verhältniſſe zuſammengeſchmolzen werden, ſo bildet ſich immer aus dem einen Metalle und aus einem Theile des andern eine nach einfachen Atomverhältniſſen zuſammengeſetzte Legirung (nach den in der letzten Spalte der vorigen Tabelle angegebenen Verhältniſſen), welche der Verfaſſer **chemiſche Legirung** nennt. Die geſchmolzene Maſſe iſt nur ein Gemenge von dieſer chemiſchen Legirung und von dem im Überſchuß vorhandenen Metalle.

Hat man die Metalle in dem Verhältniß zuſammengeſchmolzen, daß ſich gerade die chemiſche Legirung bildet, ſo wird dieſe bis zu ihrer Erſtarrungstemperatur, welche den feſten Punct ausmacht, regelmäßig erkalten. Enthält aber die Miſchung eins der Metalle in Überſchuß, ſo geht dieſer Überſchuß, obgleich derſelbe, ſo lange die Maſſe flüſſig iſt, mit der chemiſchen Legirung mechaniſch gemiſcht bleibt, beim Erkalten in den feſten Zuſtand über und tritt dabei ſeine latente Wärme ab, wodurch das Verweilen des Thermometers auf einem Puncte, der oberhalb der Erſtarrungstemperatur der Legirung liegt, verurſacht wird. Es folgt auch daraus, daß dieſer Übergang in den feſten Zuſtand bei einer deſto höheren Temperatur erfolgt, je größer der Überſchuß des einen Metalles in der Miſchung iſt. Das erſtarrte Metall bleibt jetzt mechaniſch vertheilt in der noch fließenden Legirung, bis auch dieſe erſtarrt und ihre latente Wärme abgiebt, wodurch dann das zweite und immer auf demſelben Grade erfolgende Stillſtehen des Thermometers hervorgebracht wird.

---

*) Die hier zu nennende Legirung ſcheint dem reinen Wismuth ſehr nahe zu liegen.

**) Wurde nicht beſtimmt.

Eine Beſtätigung der Richtigkeit dieſer Anſicht findet der Verfaſſer noch darin, daß, wenn man die fließende Maſſe auf einen kalten Körper ausgießt, die Maſſe, wie ſich beobachten läßt, nicht bis zum Erſtarren vollkommen flüſſig bleibe, ſondern eine mehr oder weniger lange Zeit vorher, je nachdem es die Lage des beweglichen Punctes mit ſich bringt, augenblicklich das Anſehen eines Mörtels annimmt, welcher ſich während des Erkaltens mit immer größerer Schwierigkeit umrühren läßt. Bei der chemiſchen Legirung iſt dies nicht der Fall.

Wie viel Wahrſcheinliches jedoch auch dieſe Erklärungsart auf den erſten Anblick haben mag, ſo hat doch Erman (Pogg. XX. 282, XII. 463) auf einen Umſtand aufmerkſam gemacht, welcher anzuzeigen ſcheint, daß die Stockung in den Erkältungszeiten vielleicht mehr noch, als mit dem ſucceſſiven Feſtwerden verſchiedener Elemente der Verbindung, mit dem Eintritt von einem Maximum der Dichtigkeit zuſammenhängen möchte. Derſelbe beobachtete nämlich, daß auch bei dem Waſſer, um den Punct ſeines Maximums der Dichtigkeit, eine Stockung im Erkalten eintritt, wo man doch ſchwerlich berechtigt iſt, ein ſucceſſives Feſtwerden zweier ſich entmiſchender Elemente anzunehmen. Er beobachtete nämlich einſt den Gang der Erkältungszeiten beim Waſſer wie folgt:

von	6°,0	bis	5°,5 R.	50″
—	5 ,5	—	5 ,0	44
—	5 ,0	—	4 ,5	50
—	4 ,5	—	4 ,0	50
—	4 ,0	—	3 ,5	66
—	3 ,5	—	3 ,0	198
—	3 ,0	—	2 ,5	60
—	2 ,5	—	2 ,0	70

Ferner fand derſelbe, bei Verſuchen mit Löſungen von ſalzſaurem Natron, daß bei vermehrtem Salzgehalte des Waſſers das Maximum der Dichtigkeit ſowohl, als die Stockung in den Erkaltungszeiten, beide vollkommen gleichmäßig, immer tiefer gegen den Gefrierpunct der Flüſſigkeit herabſinken, gerade ſo wie der bewegliche ſtationäre Punct bei den Legirungen ſich mit den Beſtandtheilsverhältniſſen ändert. Erman hält es daher für das Wahrſcheinlichſte, daß auch bei Rudberg's Verſuchen die Phänomene der Stockung und Erkaltung vielmehr mit dem Eintritt eines Maximums der Dichtigkeit zuſammen hingen, und fodert Rudberg auf, Verſuche zur Prüfung hievon anzuſtellen.

In einer Erwiederung auf Erman's Bemerkung (Pogg. XXI. 317) geſteht Rudberg zwar zu, daß der von jenem beim Waſſer beobachtete Umſtand alle Aufmerkſamkeit verdiene, nur ſei eine Beziehung dieſes merkwürdigen Stationirens des Thermometers im Waſſer um den Punct des Maximums der Dichtigkeit mit dem Stationären in Legirungen am obern beweglichen Puncte nicht wohl anzunehmen. Er fügt in dieſem Bezuge noch mehrere Erörterungen hinzu, welche Erman's Anſicht nicht ganz günſtig ſind. Indeß ſcheint mir doch, daß ſich die Sache nicht eher entſcheiden läßt, bevor nicht durch Erfahrung über die Dichtigkeitsänderungen bei dem Stationiren der Metalle entſchieden iſt.

Geſetz über die Schmelzbarkeit von Miſchungen.

Oſann *) glaubt das Geſetz nachgewieſen zu haben, daß die ſchmelzbarſte Miſchung zweier Stoffe die iſt, wo die Stoffe im umgekehrten Verhältniß der Atomgewichte, die ſich davon mit einander verbinden können, mit einander vermiſcht werden; indeß hat er freilich das Geſetz nur auf ziemlich indirecte Weiſe durch folgende wenige Data bewährt, denen der Umſtand zu Grunde liegt, daß als das leichtflüſſigſte Gemiſch dasjenige angeſehen werden kann, welches als Froſtmiſchung das Maximum der Kälte erzeugt **).

Unter verſchiedenen Miſchungen von Eis und Kochſalz brachte diejenige die größte Kälte hervor, welche dem Verhältniß von 1 Gewichtstheil Eis und 0,96 Theilen Kochſalz am meiſten nahe kam, und unter verſchiedenen Miſchungen von Eis und Salmiak diejenige, welche dem Verhältniß von 5,13 Eis zu 0,87 Salmiak am nächſten kam. Es verhält ſich aber das Gewicht von 6 Atomen Waſſer zu 1 Atom Kochſalz ***) wie 0,96 zu 1, und das Gewicht von 1 Atom Salmiak zu 1 Atom Waſſer wie 5,13 zu 0,87. Zur Unterſtützung führt Oſann noch die Erfahrung an, daß von zwei Miſchungen aus kohlenſaurem Kali mit (waſſerfreiem) kohlenſaurem Natron, deren eine im Verhältniß ihrer Atomgewichte, die andere im umgekehrten Verhältniß dieſer Gewichte gemacht war, die letztere bei gleichem Feuer eher ſchmolz als die erſtere.

V. Über latente und ſpecifiſche Wärme.

Methoden zur Beſtimmung der latenten Wärme beim Erſtarren geſchmolzener Körper.

Unter latenter Wärme verſteht man bekanntlich die Quantität Wärme, welche die Gewichtseinheit eines Körpers bei Veränderungen des Aggregatzuſtandes, alſo beim Übergange aus dem gasförmigen in den tropfbaren, oder aus dem tropfbaren in den feſten Zuſtand entwickelt, oder beim Übergange in umgekehrter Richtung verſchluckt. Black ſuchte dieſe Wärme bei fließendem Zinn und Wachs dadurch zu beſtimmen, daß er dieſe geſchmolzenen Körper in Waſſer goß und aus dem Temperaturmaximum, welches das Waſſer hiebei erlangte, auf die latente Wärme, welche Wachs und Zinn beim Feſtwerden abgegeben hätten, ſchloß; allein dies Verfahren iſt, abgeſehen von anderen Urſachen der Unzuverläſſigkeit, die es darbietet, ſchon dadurch ganz unſtatthaft, daß man nie ſicher ſein kann, der ſchmelzende Körper habe beim Eingießen in das Waſſer gerade die Temperatur des Erſtarrens. Er wird vielmehr im Allgemeinen ſtets eine höhere Temperatur haben, ſo daß das Waſſer nicht bloß durch Wirkung der latenten Wärme, welche beim Erſtarren frei wird, ſondern auch durch Wirkung der Wärme, welche der Körper abgiebt, um zu ſeinem Erſtarrungspuncte herabzukommen, erwärmt wird. In der That lehrt die Vergleichung der Reſultate, die Black durch ſein Verfahren für Zinn erhielt, mit denen durch eine beſſere Methode von Rudberg gefundenen Reſultaten, daß er die latente Wärme deſſelben ungefähr 13 Mal ſo groß gefunden hat, als ſie wirklich iſt.

---

*) Kaſtn. N. Arch. I. 101.

**) Da nämlich die Erkältung durch Verflüſſigung des Gemiſches entſteht, ſo muß eine gute Froſtmiſchung eine ſolche ſein, welche bei einer ſehr niedern Temperatur flüſſig zu werden vermag.

***) Fuchs hat gezeigt, daß eine kryſtalliſirbare Verbindung zwiſchen Waſſer und Kochſalz in dieſem Verhältniß beſteht.

Die Methode, die Rudberg *) anwendet, beruht auf Folgendem:

Man vergleicht die Erkaltungszeit des Metalles für die 10 Grade, zwiſchen welchen es erſtarrt, mit der Zeit, welche Queckſilber unter denſelben Umſtänden zu ſeiner Erkaltung um dieſelben 10 Grade braucht. Da alle äußeren Umſtände, ſo wie auch die Temperaturdifferenzen, bei der Erkaltung gleich ſind, ſo müſſen ſich die Wärmeverluſte des Queckſilbers und des andern Metalles gerade wie die erwähnten Zeiten verhalten, wenn man gewiſſe kleine Einflüſſe nicht berückſichtigt. Da durch die Verſuche von Dulong und Petit die ſpecifiſche Wärme des Queckſilbers (die Quantität Wärme, welche es verliert, z. B. um 1° C. zu erkalten), ſowohl für niedere, als für höhere Temperaturen bekannt iſt, ſo kann der Wärmeverluſt dieſes Metalles berechnet werden, folglich auch der Wärmeverluſt des andern Metalles, der theils in latenter Wärme beſteht, theils von der Erkaltung um die 10 Grade herrührt.

Der Apparat, den der Verfaſſer zu dieſer Beſtimmungsmethode anwandte, war folgender:

Ein cubiſches Gefäß von dünnem Eiſenblech, 8 Zoll in Seite, war in ein anderes Gefäß von 10 Zoll Höhe, 12 Zoll Breite und Höhe, ſo geſtellt, daß ſeine Wände von denen des letztern überall um 2 Zoll abſtanden. Der Zwiſchenraum dieſer beiden Gefäße wurde mit Schnee gefüllt, damit der innere Raum des Würfels während der Dauer des Verſuches ſtets auf der Temperatur 0° bliebe. Die inneren Wände des Würfels waren mit Kienruß, der mit Weingeiſt abgerieben worden, geſchwärzt, um ihre abſorbirende Kraft auf das Maximum zu bringen; das äußere Gefäß konnte durch einen in zwei Theile getheilten Deckel geſchloſſen werden, der oben mit Schnee bedeckt und an der untern Seite geſchwärzt worden war. In der Mitte des Würfels ruhete auf einem Ringe von feinem Platindraht, der von vier an den Wänden befeſtigten Platindrähten getragen wurde, ein ſehr dünner Tiegel von getriebenem Eiſenblech. Der Deckel von Eiſenblech, der dieſen Tiegel dicht verſchloß, hatte in der Mitte ein Loch, verſehen mit einer Dille, damit ein Korkſtöpſel feſt eingeſetzt werden konnte. Durch dieſen Pfropfen ging das Rohr eines für jeden fünften Grad bis zu 350° auf dem Glaſe ſelbſt getheilten Thermometers, und zwar ſo, daß, wenn der Deckel auf den Tiegel geſetzt war, die Kugel dieſes Thermometers ſich in der Mitte des Tiegels befand. Tiegel und Deckel waren überdies auswendig mit Kienruß geſchwärzt, um deren Oberfläche eine ſtets gleiche und möglich größte ſtrahlende Kraft zu ertheilen.

---

*) Pogg. XVIII. 240; XIX. 125.

Nun wurde der in den Ring gehängte Tiegel mit dem fließenden Metalle gefüllt, ſein Deckel, nachdem das in ihm befeſtigte Thermometer behutſam erwärmt worden, aufgeſetzt, und dann die beiden Deckelhälften des großen Gefäßes dicht um das Thermometerrohr zuſammengeſchoben. Hierauf wurden die Erkaltungszeiten des Metalles an dem darin ſtehenden Thermometer von 10 zu 10 Graden mittelſt einer genauen Secundenuhr beobachtet. Derſelbe Verſuch ward mit dem Queckſilber angeſtellt.

Die Berechnung gründet ſich auf Folgendes:

Iſt des Queckſilbers Maſſe $= m$, deſſen ſpecifiſche Wärme*) in der Nähe der Erſtarrungstemperatur $= c'$, ſo iſt deſſen Wärmeverluſt beim Erkalten während der in der Nähe dieſer Temperatur liegenden 10 Grade $= 10\,mc'$. Das andere Metall verliert nicht nur ſeine latente Wärme, ſondern auch die Wärme, welche es beim Erkalten um die genannten 10 Grade abgiebt. Iſt folglich deſſen Maſſe $= M$, deſſen latente Wärme, für die Gewichtseinheit, $= L$, und deſſen ſpecifiſche Wärme bei der Erſtarrungstemperatur $= c$, ſo wird ſein Wärmeverluſt $= M\,(L + 10\,C.)$. Iſt ferner die Zeit, welche zum Sinken des Thermometers um 10 Grade erfodert wird, wenn Queckſilber den Tiegel füllt, $= t$, und, wenn das andere Metall ihn füllt, $= T$, ſo wird:

$$M\,(L + 10\,C) : 10\,mc' = T : t,$$

oder, wenn man auch auf des Tiegels Wärmeverluſt Rückſicht nimmt, und deſſen Maſſe mit μ, deſſen ſpecifiſche Wärme mit c'' bezeichnet:

$$M\,(L + 10\,C) + 10\,\mu c'' : 10\,(mc' + \mu c'') = T : t,$$

woraus:

$$L = \frac{10\,(mc' + \mu c'')\,T}{Mt} - 10\left(C + \frac{\mu}{M}\,c''\right)$$

Dieſe Formel iſt zwar nicht vollkommen richtig, weil, wenn der Tiegel mit Queckſilber gefüllt iſt, die Temperatur während der ganzen Zeit t fortwährend ſinkt, wogegen ſie, wenn das andere Metall den Tiegel füllt, während des größten Theiles der Zeit T unverändert bleibt; handelt es ſich aber nur um die Zeit des Erkaltens um 10 Grade, und iſt der Temperaturüberſchuß ſo hoch wie für das Zinn, nämlich 230° C, oder wie für das Blei, nämlich 330° C, ſo bringt ein Fehler in dieſer Formel keinen großen Fehler in dem berechneten Werthe von L hervor.

---

*) Unter ſpecifiſcher Wärme wird hier die Quantität Wärme verſtanden, welche die Gewichtseinheit eines Körpers abgeben muß, um um 1° C. zu erkalten.

Von den in die Formel eingehenden Größen ſind m, M und T ſehr große Zahlen, ſo daß ein Fehler, welcher bei den zu ihrer Beſtimmung nöthigen Beobachtungen begangen wird, keinen großen Einfluß hat. Das Gegentheil findet bei der Zeit t Statt, welche höchſt gering iſt, und ſich folglich ſchwer mit der erfoderlichen Schärfe beſtimmen läßt. Wenn die Zeit T ſich auf mehrere Hunderte von Secunden beläuft, iſt t nur noch ſo gering, daß bei dem Werthe derſelben ein Irrthum von einer halben Secunde von größerer Bedeutung iſt, als ein Fehler von mehreren ganzen Secunden beim Werthe der erſten Zeit. Dieſe Zeitbeſtimmungen können nun aus zweierlei Urſachen fehlerhaft werden, einmal durch eine unrichtige Schätzung der Unterabtheilungen der Secunde an der angewandten Secundenuhr, und dann beſonders dadurch, daß man nicht den rechten Augenblick beobachtet, wenn die Queckſilberſäule in dem Thermometer durch den mit Diamant auf der Glasröhre gezogenen Gradſtrich geht. Da es ſchwierig iſt, bei dem beſtändigen Fallen des Thermometers eine Parallaxe beim Ableſen zu vermeiden, ſo erfodert es beſondere Sorgfalt, nicht in den letzten Fehler zu verfallen.

Rudberg hat nach dieſer Methode die latente Wärme des Bleies und Zinnes beſtimmt, indem er jedoch die letzte Fehlerquelle nicht genau vermieden zu haben glaubt (was er bei zu wiederholenden Verſuchen zu thun beabſichtigt), erinnert er, daß die erhaltenen numeriſchen Werthe möglicherweiſe um ein paar Einheiten in der erſten Decimale verſchieden ſein können.

Erman*) ſchlägt ſtatt des vorigen ein Verfahren vor, bei welchem man bloß nöthig hat, die Nähe der Erkaltungszeiten eines Metalles für ſich der Berechnung zu Grunde zu legen. Dieſe Berechnung gründet ſich auf Folgendes:

Wenn man aus den Erkaltungsintervallen vor und nach dem Eintreten der, durch das Feſtwerden im Erkalten bewirkten, Stockung durch eine einfache Interpolation die logarithmiſche Reihe ſo ergänzt, wie ſie ohne Exiſtenz der latenten Wärme hätte gehen ſollen, ſo giebt der Überſchuß des, in der Nähe des Schmelzpunctes beobachteten, Stationirens über das berechnete, das directe Maß des frei gewordenen Wärmeſtoffes.

Und zwar: wenn (s) die Temperatur des Schmelzpunctes,

$F'(s)$ die, bei dieſer Temperatur, unter den Umſtänden des Verſuches zu 1° Temperaturerniedrigung nöthige Zeit,

---

*) Pogg. XX. 282.

T die Dauer des anomalen Stationirens beim Schmelzpuncte, und K die ſpecifiſche Wärme des zu unterſuchenden Körpers in Bezug auf dieſelbe Einheit, auf welche man die latente Wärme beziehen will, bezeichnen, ſo wird die latente Wärme l:

$$l = \frac{T}{F(s) . K.}$$

Wo F (s) der Form nach durch die allgemeinen Geſetze der Erkaltung, ihren Conſtanten nach aber durch die vor und nach dem Feſtwerden beobachteten Theile der Erkaltungsreihe gegeben iſt.

Dieſe einfache Relation gilt indeß nur dann, wenn die ganze der Beobachtung unterworfene Maſſe vom Gewicht p: 1) klein genug iſt, daß man den Einfluß der Leitungsfähigkeit auf den Verſuch vernachläſſigen könne, und:

2) ausſchließlich aus der zu unterſuchenden Subſtanz beſteht. — Iſt, wie es immer der Fall ſein wird, dieſe Subſtanz noch in eine Hülle eingeſchloſſen, deren Gewicht p′ und ſpecifiſche Wärme k′ iſt, ſo erhält man:

$$l = \frac{T}{F(s)} \left(\frac{p + p'}{pK + p'K'} \right)$$

Im Original iſt ein Beiſpiel dieſer Berechnungsart beigefügt.

Übrigens macht doch Rudberg*) gegen das Verfahren Erman's mehrere Einwendungen, die mir von Gewicht zu ſein ſcheinen. Einerſeits nämlich kennt man den zur Berechnung erfoderlichen Werth von K für die meiſten Metalle nicht; andererſeits ſcheint es darum nicht ſtatthaft, die Conſtanten der Function F (s) mittelſt der vor und nach der Erſtarrung beobachteten Erkaltungszeiten zu berechnen, weil die Änderung des Aggregatzuſtandes bei der Erſtarrung unſtreitig bewirkt, daß die Erkaltung nach der Erſtarrung nicht eine regelmäßige Fortſetzung der Erkaltung vor dem Erſtarren, die nur durch das Erſtarren ſelbſt unterbrochen wurde, iſt, ſondern ſchon wegen der Volumenänderung, die bei der Erſtarrung eintritt, die Erkaltungszeiten auf andere Art nach als vor dem Erſtarren fortſchreiten müſſen. In der That fand auch Rudberg die latente Wärme des Zinnes nach Erman's Verfahren berechnet = 12 ſtatt 13,3, wie ihm ſein Verfahren gegeben hatte, welchen letzteren Werth er nicht um eine ganze Einheit unſicher hält.

Latente Wärme einiger Metalle.

Mittelſt des S. 463 beſchriebenen Verfahrens hat Rudberg folgende Werthe für die latente Wärme des Bleies und Zinnes gefunden, die wir hier zugleich mit der ſchon früher bekannten des Waſſers zuſammenſtellen**).

---

*) Pogg. XXI. 241.

**) Bei der Berechnung der Beobachtungen wurde die ſpecifiſche Wärme des Zinnes in der Nähe ſeiner Erſtarrungstemperatur = 0,0566, die des Bleies

	Abſolute latente Wärme.	Relative latente Wärme.
Waſſer	75,000	1,000
Zinn	13,314	0,1775
Blei	5,858	0,0781

Dieſe Angaben ſind ſo zu verſtehen:

Ein Gewichtstheil flüſſigen Zinnes entbindet im Erſtarren ſo viel Wärme, als erfoderlich iſt, um 13,314 Gewichtstheile Waſſer in ihrer Temperatur von 0° auf 1° C. zu bringen.

1 Gewichtstheil flüſſigen Bleies entbindet beim Erſtarren ſo viel Wärme, um 5,858 Gewichtstheile Waſſer in ihrer Temperatur von 0° auf 1° C. zu bringen.

Es iſt jedoch zu bemerken, daß dieſe Reſultate nach Rudberg's eigener Bemerkung nur als annähernd gelten können und vielleicht um einige Einheiten in der erſten Decimale von den wahren abweichen (wahrſcheinlich ſind ſie etwas zu groß), wegen einer nicht ganz vermiedenen Fehlerquelle (vergl. S. 470), die jedoch der Verfaſſer bei künftigen Verſuchen zu beſeitigen hofft. Jedenfalls verdienen ſie unendlich mehr Vertrauen, als das Reſultat Black's, welcher für Zinn ſtatt 13,314 gefunden hatte 277,77, mithin ungefähr den 20fachen Werth des von Rudberg erhaltenen. Wir haben ſchon von der Unzuverläſſigkeit des Black'ſchen Verfahrens geſprochen (S. 459).

Über die beim Verbrennen der Körper frei werdende Wärme.

Die Wärme, welche ein Körper bei der Verbrennung entwickelt, muß nach unſeren jetzigen Anſichten als aus zwei Theilen zuſammengeſetzt betrachtet werden: 1) der, welche durch den Act der chemiſchen Verbindung ſelbſt hervorgebracht wird, 2) der, welche unabhängig hievon durch die Verdichtung des Sauerſtoffgaſes entſteht; und man hätte hienach vorauszuſetzen, daß, in je verdichteterm Zuſtande das Sauerſtoffgas dem brennbaren Körper ſchon dargeboten wird, um ſo weniger wird die bei der Verbrennung entwickelte Wärme betragen, weil die Verdichtung dann zum Theil ſchon vor der Verbrennung vollbracht iſt, mithin der zweite Theil der Wärmeentwickelung bei der Verbrennung ſelbſt geſchwächt ſein wird. In der That führt Despretz*) dieſen Umſtand als ein Mittel an, die bei der Verdichtung von Sauerſtoffgas entwickelte Wärme zu meſſen, indem man nämlich die Wärme vergleichen ſoll, die bei Verbrennung eines Kör-

---

= 0,0352 angenommen, nach der Vorausſetzung, daß ſie von niederen zu höheren Temperaturen eben ſo wachſe, als die des Queckſilbers. Sie iſt nämlich bei jenen beiden Metallen bis jetzt nur für niedere Temperaturen genau beſtimmt worden.

*) Pogg. XII. 520.

pers in verſchieden verdichtetem Sauerſtoffgaſe entwickelt wird. Mit Recht jedoch erinnert **Dulong** *), daß dieſes Verfahren zu keinem Reſultate führen könne. In der That beträgt die Wärme, welche durch eine, die Dichte des Sauerſtoffgaſes verdoppelnde Compreſſion entwickelt wird, noch nicht $\frac{1}{2}$ Hunderttheil von der bei Verbindung dieſes Gaſes z. B. mit Kohle erzeugten Wärme, d. i. von der Menge, welche man durch das von **Despretz** vorgeſchlagene Verfahren unmittelbar mißt, ſo daß die Unterſchiede, die man beobachten wollte, in die Gränzen der Beobachtungsfehler fallen würden.

Wärme, welche durch Compreſſion oder Dilatation der Metalle frei oder verſchluckt wird **).

Durch ſeine Verſuche und Berechnungen nach den Th. I. S. 72 angeführten Formeln hat **Weber** ausgemittelt, daß die Temperatur bei folgenden Metallen um 100° C. ſteigt oder fällt, wenn

Eiſen um $\frac{1}{13}$,
Kupfer um $\frac{1}{18}$,
Silber um $\frac{1}{18}$,
Platin um $\frac{1}{27}$

ſeines Volumens comprimirt oder dilatirt wird.

über die Miſchungsmethode, zur Beſtimmung der ſpecifiſchen Wärme, von Neumann ***).

Neumann hat dieſe Methode, die bekanntlich nur unter beſonderen Vorſichtsmaßregeln und mit Zuziehung beſonderer Correctionen zuverläſſige Reſultate gewähren kann, in folgender Art ausgeführt. Sie iſt hier in Bezug auf die Vergleichung der ſpecifiſchen Wärme des kalten Waſſers mit der des heißen Waſſers beſchrieben; indeß wird man ohne beſondere Erörterungen einſehen, daß ſie ſich eben ſo zur Vergleichung der ſpecifiſchen Wärme verſchiedener Flüſſigkeiten unter einander, ja ſelbſt feſter mit flüſſigen Körpern anwenden laſſen wird, wofern man nur in letzterm Falle am Apparate diejenigen Veränderungen anbringt, welche erfoderlich ſind, um **feſte** Körper aus dem trocknen Raume, der durch die umgebenden ſiedendheißen Waſſerdämpfe in einer conſtanten hohen Temperatur erhalten wird, unmittelbar in das Abkühlungswaſſer fallen zu laſſen.

Das Hauptſtück des Apparates beſtand in einer Vorrichtung (Fig. 96.), um das heiße Waſſer mit einer hinlänglich ſicher bekannten Temperatur in das kalte Waſſer zu bringen. Ein cylindriſches Gefäß von Weißblech A befand ſich in einem zweiten ſolchen Gefäße B; in den Zwiſchenraum beider Gefäße traten durch die Röhre D die Dämpfe des im Gefäße C ſieden-

---

*) Pogg. XVI. 453.
**) Pogg. XX. 208.
***) Pogg. XXIII. 40.

den Waſſers; dieſe traten durch die Röhre E wieder heraus, nachdem ſich hier ein Stanniolblättchen aufgehoben hatte. Dieſer Dampf diente dazu, das Waſſer, deſſen ſpecifiſche Wärme unterſucht werden ſollte, und das in dem erſten Gefäß A ſich befand, zu erwärmen. Das Gefäß A war oben offen, und wurde hier durch einen Pfropfen F verſchloſſen, um die Verdampfung des Waſſers in ihm an der Oberfläche geringer zu machen. Durch dieſen Pfropfen ging ein ſtarker Meſſingdraht, die Handhabe des in der kleinen Meſſingröhre G koniſch eingeſchliffenen Zapfens K. — Die Röhre G ſowohl als der Zapfen K waren ſo durchbohrt, daß durch Drehung der Handhabe H die Öffnung dieſer Röhre geöffnet und verſchloſſen werden konnte.

Das Waſſer in A nimmt, in Übereinſtimmung mit der Theorie, eine conſtante Temperatur an, die nur wenig verſchieden iſt von der Temperatur des Waſſerdampfes, der, durch den Zwiſchenraum der Gefäße A, B ſtreichend, durch E in die Luft tritt*). Sobald das Waſſer in C lange genug gekocht hatte, daß dieſe conſtante Temperatur erreicht war, wurde der Apparat ſo geſtellt, daß die Öffnung der Röhre G ſich über dem Gefäße befand, in welchem das kalte Waſſer enthalten war, mit welchem das in A befindliche gemiſcht werden ſollte. Dies Gefäß beſtand aus Kupfer und ſein Gewicht betrug 1513,4 Grammen. Es wurde mittelſt eines Bleches, das an einem Drahte befeſtigt war, fleißig vor und während der Miſchung umgerührt, um mittelſt des darin befindlichen Thermometers die wahre mittlere Temperatur dieſes Waſſers zu erhalten. Das Gewicht dieſes Meſſingbleches mit dem Drahte betrug 148,8 Grmm.; von dem Drahte waren nach der Miſchung des kalten und heißen Waſſers nicht vom Waſſer berührt 16 Grammen. Zu der Quantität des kalten Waſſers, das durch das heiße erwärmt wurde, ſind alſo 1515,4 S_k + 140 S_m zu addiren, wo S_k und S_m die ſpecifiſche Wärme des Kupfers und des Meſſinges bezeichnen, und wo für den nicht vom Waſſer berührten Theil des Drahtes angenommen iſt, daß er halb ſo viel Wärme erhält, als der vom Waſſer berührte Theil deſſelben, eine Annahme, die nur annäherungsweiſe richtig iſt, aber ohne allen merklichen Einfluß bleibt**).

Das Thermometer (M) zur Beſtimmung der Temperatur des kalten Waſſers und der der Miſchung hatte die Einrichtung, daß die Glasröhre neben der Scale ſich befand; auf der Scale bewegte ſich ein Schieber, an welchem ſich ein Mikroſkop zur Beobachtung der Queckſilberhöhe und ein zu der, auf der Scale befindlichen, Theilung gehöriger Nonius befand. Die Thermometergrade, die ſich hiernach bis auf 0,01 richtig beobachten ließen, wurden noch in Bezug auf die Calibrirung der Röhre corrigirt.

---

*) Um dieſen Unterſchied in Rechnung zu bringen, zog der Verfaſſer von der Temperatur des Siedepunctes für den beſtehenden Luftdruck 0,168° R. ab, und nahm den ſo verminderten Siedepunct als die Temperatur des Waſſers in A an, was ſich ihm nach vorläufigen, mittelſt eines Thermometers J (Fig. 96.) angeſtellten, Verſuchen als merklich zuläſſig ergeben hatte.

**) Nach Dulong iſt S_k = 0,094, und für Meſſing nahm der Verfaſſer S_k = 0,093, weil die ſpecifiſche Wärme des Zinkes nach Dulong 0,092 beträgt. Danach wird jene zur Quantität des kalten Waſſers zu addirende Größe 155,2. —

Das kalte Waſſer wurde zu jedem Verſuche in das Gefäß eingewogen und ſeine Temperatur mit dem Thermometer (M) beobachtet; dieſe war nur wenig verſchieden von der Temperatur der Stube, und deshalb wurde zugleich die der beobachteten Temperatur zugehörige Zeit mittelſt einer Secundenuhr beobachtet. Einige ſolche Beobachtungen genügten, um die Temperatur dieſes Waſſers für den Augenblick zu finden, wo die Miſchung mit dem warmen Waſſer vorgenommen wurde. Dieſe Miſchung geſchah dadurch, daß durch Umdrehen des Zapfens K in dem cylindriſchen Gefäße A, welches ſich ſchon während der vorhergehenden Beobachtung ſenkrecht über dem kalten Waſſer befand, dieſes Gefäß A, nachdem das darin befindliche Waſſer ſeine conſtante Temperatur angenommen hatte, geöffnet wurde; nachdem eine geeignete Menge Waſſer herausgefloſſen, wurde es wieder geſchloſſen und zur Seite geſchoben.

Die durch die Beobachtungen gegebenen Größen, welche bei der Berechnung zuzuziehen ſind, ſind nun folgende:

A Gewicht des heißen Waſſers im Gefäße A;
Q Gewicht des kalten Waſſers, mit Hinzufügung eines ſolchen Gewichtes Waſſer, als die Wärmecapacität des kupfernen Gefäßes und Meſſingbleches nebſt Draht repräſentirt (vgl. S. 474);
B die Temperatur des kalten Waſſers;
x die Temperatur des heißen Waſſers im Gefäße A;
C die höchſte Temperatur, welche die Miſchung nach Anzeige des Thermometers (M) erlangt;
v der Wärmverluſt, den das Waſſer während des Einfließens erleidet, und der auf unten anzugebende Weiſe beſtimmt wird *);

---

*) Wenn der horizontale Durchſchnitt des Gefäßes, worin ſich das kalte Waſſer befindet, groß iſt, ſo wird ſein Niveau nach der Miſchung ſich nur wenig erhohen, und dann kann die Öffnung G des Gefäßes A der Oberfläche näher gebracht werden, wodurch der Verluſt v ſehr klein werden kann. Wenn er ſich jedoch nicht vernachläſſigen läßt, ſo muß man ihn annäherungsweiſe dadurch zu beſtimmen ſuchen, daß man mehrere Beobachtungsreihen mit verſchiedener Entfernung der Öffnung G von der Oberfläche des kalten Waſſers anſtellt, und, indem man v als Unbekannte in der obigen Formel betrachtet, durch Combination der Beobachtungen nach dieſer Formel zugleich das Verhältniß $\frac{S''}{S'}$ und v beſtimmt. Zu dieſem Zwecke ſetzt man für die einzelnen Beobachtungen den Werth v der Höhe, durch welche das Waſſer zu fallen hat, proportional, was, wenn auch nicht genau, doch für kleine Höhen nicht ſehr von der Wahrheit abweichend ſein kann. Als Fallhöhe muß das Mittel aus der Höhe der Öffnung G über der Oberfläche des kalten Waſſers vor und nach dem Verſuch (wo ſich das Niveau durch das hinzugekommene Waſſer erhöht hat) betrachtet werden.

w der Wärmeverluſt, den die Miſchung in der Zeit erleidet, welche vom Augenblicke der Miſchung an bis zu dem Augenblicke, wo das Temperaturmaximum beobachtet wird, verfließt *).

Sind dieſe Größen beſtimmt worden, ſo findet man, wenn S', S'' die ſpecifiſche Wärme des kalten und heißen Waſſers bedeuten, das geſuchte Verhältniß $\frac{S''}{S'}$ beider nach folgender Formel:

$$S'' A (x - C - w - v) = S' Q (C - B + w).$$

In der Originalabhandlung findet man Verſuche, welche als Beiſpiele zu dieſem Verfahren gelten können.

Vorſchlag zu einer neuen Beſtimmungsmethode der ſpecifiſchen Wärme feſter Körper.

Neumann **) macht auf eine Methode zur Beſtimmung der ſpecifiſchen Wärme feſter Körper aufmerkſam, welche gewiſſermaßen das Gegenſtück der Methode des Eiscalorimeters iſt. In letzterm wird die ſpecifiſche Wärme durch die Menge des flüſſig gewordenen Eiſes beſtimmt, umgekehrt wird in der von Neumann angedeuteten Methode die ſpecifiſche Wärme einer Subſtanz nach der Quantität Waſſerdampf beſtimmt, die ſich an ihr aus Dampf von einer gewiſſen Temperatur niederſchlägt.

Der Verfaſſer bemerkt indeß, vorläufige Verſuche, welche er über die Anwendbarkeit dieſer Methode angeſtellt, hätten ihm noch einige Zweifel darüber gelaſſen, abhängig von dem Umſtande, daß der Niederſchlag an einer meſſingenen Kugel, oder vielmehr die Bildung von Waſſertropfen am niedrigſten Theile der Kugel in einem Kaſten, der mit ſiedend heißen Waſſerdämpfen gefüllt war, auch nach ſehr langer Zeit nicht vollkommen aufhörten.

Dieſen anomalen Umſtand glaubt der Verfaſſer nur auf eine von folgenden zwei Arten erklären zu können: 1) entweder erreichte die Kugel in dem Raume, der eine conſtante Temperatur hatte, nicht dieſelbe Temperatur, weil ſie durch ein Glasfenſter, welches in den Wänden des Kaſtens angebracht war, immer einen Theil ihrer Wärme durch Stralung verlor; oder 2) es findet ein Niederſchlag an der Kugel Statt, der nicht von einer niedrigern Temperatur derſelben herrührt, ſondern auf einer andern Einwirkung der meſſingenen Kugel auf den Waſſerdampf beruht.

---

*) Die Beſtimmung dieſes Verluſtes w geſchieht ſo, daß man zuſieht, um wie viel nach eingetretenem Maximum die Miſchung in einer gewiſſen Zeit erkaltet, und hieraus rückſchließt, wie viel von der Zeit der Miſchung bis zu der Zeit des beobachteten Maximums das Erkalten betragen hat, wobei die bekannte Erkaltungsformel zu Grunde zu legen iſt.

**) Pogg. XXIII. 7.

Methode, die ſpecifiſche Wärme der feſten Körper bei conſtantem Volumen zu beſtimmen, von Weber *).

Dieſe Methode beruht auf dem Th. I. S. 67 erörterten Verfahren, Drähte plötzlich zu verlängern oder zu verkürzen, ſie in dieſem verlängerten oder verkürzten Zuſtande zu fixiren und die Spannungsänderungen zu meſſen, die ſie vermöge ihrer freiwilligen Temperaturänderungen erfahren. Es wird dann, zufolge der Verknüpfung, die zwiſchen den Datis, die man ſo erhält, und der ſpecifiſchen Wärme der feſten Körper Statt findet, folgende Gleichung zur Beſtimmung der ſpecifiſchen Wärme der feſten Körper bei conſtantem Volumen, die bei conſtantem Druck als bekannt vorausgeſetzt, führen:

$$\beta' = \beta \left(1 - \frac{3\,k' t}{r + \frac{1}{2}\,k' t}\right)$$

In dieſer Gleichung iſt β' die ſpecifiſche Wärme bei conſtantem Volumen, β die ſpecifiſche Wärme bei conſtantem Druck, k' der Ausdehnungscoefficient des Drahtes für 1° Temperaturerhöhung in Theilen der Länge des Drahtes ausgedrückt; r wird durch die Gleichung Th. I. S. 72 beſtimmt, wo dann t aus der Gleichung wegfällt.

Weber hat nach dieſer Methode den Werth von β' für Eiſen, Kupfer, Silber und Platin beſtimmt, wie weiterhin angegeben werden wird.

Specifiſche Wärme der Metalle.

Von Blei und Roſe'ſchem Metalle, nach Roſe.

Mittelſt eines, dem von Dulong und Petit genau nachgeahmten, Apparates fand Roſe **) das Verhältniß der ſpecifiſchen Wärme

von Zinn : Blei = 55212 : 30173,

von Zinn : Roſe'ſchem Metall = 55212 : 34329.

Nimmt man daher die ſpecifiſche Wärme des Zinnes mit Dulong und Petit zu 0,0513 an, ſo iſt die des Bleies = 0,0295, die des Roſe'ſchen Metalles = 0,0338.

Verſchiedener Metalle von Potter.

Potter ***) hat die ſpecifiſche Wärme mehrerer Metalle mittelſt der Miſchungsmethode aufs Neue unterſucht. Um die Unſicherheit, die man dieſer Methode mit ſo großem Rechte vorwirft, zu beſeitigen, wandte er dieſe Methode auf eine doppelte Weiſe an, indem er einmal das auf den Siedepunct des Waſſers erhitzte Metall mit dem kalten Waſſer, das anderemal das kalte Metall mit dem erhitzten Waſſer zuſammenbrachte und das Reſultat nur dann für brauchbar hielt, wenn beide Methoden ein nahe übereinſtimmendes Ergebniß lieferten. Nach mehreren vergeblichen Verſuchen es hiezu zu bringen, glückte ihm dies dadurch, daß er das Metall mit dem Waſſer in einem zuſammengeſetzten Gefäße mengte, beſtehend aus einem innern Gefäße von dünner Wachsleinwand, umgeben von einem dichten Friestuche, die beide in einem irdenen Gefäße, welches gerade groß genug war, um ſie aufzunehmen, enthalten waren *). Mit dieſem Gefäße, welches ungefähr 350 Gran Waſſer zu faſſen vermochte, operirte er nach der erſten Weiſe ohne weitere Vorſichtsmaßregel, als möglichſt ſchnelle Anſtellung des Verſuches; dagegen er es, um nach der zweiten Weiſe ein hiermit übereinſtimmendes Reſultat zu erhalten, nöthig fand, das zuſammengeſetzte Gefäß mit Waſſer von nahe derſelben Temperatur, als mit welchem er experimentirte, zu umgeben, und zugleich die Verdampfung von der Oberfläche des Waſſers im Gefäße durch einen Deckel aus Wachsleinwand mit wollenem Zeuche überzogen zu verhüten.

---

*) Pogg. XX. 210.

**) Pogg. XX. 289.

***) Brewſter's Edinb. J. of sc. 1831. July. p. 75 (Dingler's polyt. J. XLII. 119); 1832. Jan. p. 166; vergl. dabei Johnſton's und Potter's Discuſſionen ebend. 1831. Oct. p. 265; 1832. Jan. p. 163.

Die Erhitzung des Metalles und Übertragung in das kalte Waſſer geſchah ſo, daß das Metallſtück oder die Metallſtücke, welche dem Verſuche unterworfen wurden, in kochendes Waſſer gebracht, dann zugleich mit dem kochenden Waſſer auf ein Haarſieb geſchüttet wurden, um das Waſſer ablaufen zu laſſen, und nun durch möglichſt ſchnelles Umkehren des Siebes in das kalte Waſſer fallen gelaſſen wurden, eine Methode, die mir allerdings ziemlich ſchlecht zu ſein ſcheint, indem theils der Verfaſſer ſelbſt erwähnt, daß dieſe Übertragung wenigſtens $\frac{1}{2}$ Secunde Zeit erfoderte, während welcher ein Wärmeverluſt Statt finden mußte, theils doch nothwendig heißes Waſſer am Metall adhärirend bleiben und in das kalte Waſſer mit übergeführt werden mußte, Umſtände, die ich nicht in Rechnung gebracht finde.

Die meiſten Metalle, welche der Verfaſſer zu ſeinen Verſuchen anwandte, hatten die Geſtalt runder Scheiben von ungefähr $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmeſſer und $\frac{9}{10}$ bis $\frac{12}{10}$ Zoll Dicke. Das angewandte Gewicht des Metalles betrug in der Regel 4000 bis 5000 Gran und das angewandte Gewicht des Waſſers $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{2}$ dieſes Gewichtes. Folgendes ſind die Reſultate ſeiner Verſuche **).

---

*) Dieſe Beſchreibung, die ich nicht recht verſtehe, lautet im Original folgendermaßen: My later experiments have been made with a compound vessel, consisting of a inner vessel of thin varnished linen surrounded by a close and friezed woollen cloth, and both these fixed in an earthen-ware one, of a dimension just sufficient to admit them. Wahrſcheinlich iſt gemeint: Er bediente ſich eines irdenen Gefäßes, welches mit einer doppelten Lage, einer äußern von Fries, einer innern von Wolle ausgekleidet war, damit die ſchlechte Wärmeleitung dieſer Subſtanzen den Verluſt an Wärme verhinderte.

**) Die in der erſten ſeiner Abhandlungen angeführten Reſultate, denen der Verfaſſer ſelbſt die der letzteren, durch mit mehr Umſicht angeſtellte Verſuche erhaltenen, vorzieht, übergehe ich. — Die oben angeführten Zahlen ſind die mittleren aus den in des Verfaſſers zweiter Abhandlung angeführten ſpeciellen Datis (mit Berückſichtigung der Zahl der Verſuche genommen). In der Originalabhandlung iſt eine Tabelle mittlerer Reſultate gegeben, bei denen die Zahlen ein we-

Name des Metalles.	Specifiſche Wärme nach der erſten Methode, durch Eintauchen des Metalles von 100° C. in Waſſer von ungefähr 10° C.	Specifiſche Wärme nach der zweiten Methode, durch Eintauchen des Metalles von ungefähr 7° C. in Waſſer von ungefähr 43° C.
Eiſen, aus der Schmiede .	0,1131	
Kupfer	0,0944	
Zink	0,0928	
Silber (gemünztes) *) . . .	0,0603	0,0618
Zinn	0,0548	0,0550
Antimon	0,0512	
Gold (gemünztes) *)	0,0393	0,0331
Wismuth	0,0322	0,0326
Queckſilber (für Barometer gereinigt)	0,0332	

Für Blei führt der Verfaſſer die Zahl 0,032 an, es iſt aber nicht mitgetheilt, ob das Reſultat nach der erſten oder zweiten Methode gefunden ward. Übrigens ſtimmen die Zahlen des Verfaſſers größtentheils ziemlich genau mit denen von Dulong und Petit überein.

Von Zink nach Neumann.

Neumann fand die ſpecifiſche Wärme des Zinkes = 0,0929 (Pogg. XXIII. 37).

Von Eiſen und Platin nach Schwartz.

Leonhard Schwartz **) hat in Verbindung mit Köchlin mittelſt der Methode des Eintauchens einige Verſuche über die ſpecifiſche Wärme des Eiſens und Platins angeſtellt; doch wird nichts über die Maßregeln angegeben, die bei dieſen Verſuchen allein die Genauigkeit der Reſultate ſicher ſtellen können. Die Reſultate werden folgendergeſtalt angegeben:

Bei Verſuchen mit Gußeiſen fand der Verfaſſer, daß, wenn man ein Stück dieſes Metalles von beſtimmter Temperatur in gleich viel Waſſer von niederer Temperatur taucht, jeder Grad, um welchen die Temperatur des Waſſers ſich erhöht, 10° entſpricht, um welche das Eiſen vor Anſtellung des Verſuchs wärmer war. Gußeiſen von 100° wird hienach die Temperatur einer gleich großen Waſſermaſſe von 10° auf 19° erhöhen, ſo daß die Temperaturzunahme des Waſſers um 9° den 90° entſpricht, um welche das Eiſen wärmer als das Waſſer war. — Dies Reſultat ſtimmt ziemlich

---

nig von den obigen abweichen; allein ich ſehe nicht, wie ſie aus des Verfaſſers Verſuchen folgen.

*) Nach Johnſton enthält das engliſche gemünzte Silber 7,5 Procent Kupfer und das engliſche gemünzte Gold $\frac{1}{12}$ Silber.

**) Erdmann's J. II. 341.

mit **Dulong** und **Petit's** Reſultaten überein, zufolge deren die ſpecifiſche Wärme des Waſſers 10,9 Mal größer als die des Eiſes iſt. Deſto mehr aber weicht das Reſultat, was die Verfaſſer über die ſpecifiſche Wärme des Platins im Verhältniß zu der des Queckſilbers erhielten, von der Angabe anderer Beobachter ab. Ihre Angaben darüber ſind folgende:

Ein Platinwürfel 93 Gran ſchwer wurde zu 40° (C.?) erhitzt und in 1116 Gran Queckſilber von 20° getaucht. Das Thermometer gab eine Temperaturerhöhung von 1° an (das Gewicht des Queckſilbers im Thermometer iſt in jenen 1116 Gran mit eingeſchloſſen). — Das Platin zu 60° erwärmt und in das Queckſilber von 20° getaucht, erhöhete deſſen Temperatur um 2°; überhaupt wurden folgende Reſultate (einſchließlich der vorigen) erhalten:

zu 40° erwärmt erhöhete es die Temperatur um 1°
60° — — — — — 2°
80° — — — — — 3°
100° — — — — — 4°
120° — — — — — 5°

Dieſe Verſuche würden die ſpecifiſche Wärme des Queckſilbers 1,58 Mal ſo groß als die des Platins geben, während nach den Verſuchen von **Dulong** und **Petit** (Biot V. 352) die ſpecifiſche Wärme des Platins ein wenig größer als die des Queckſilbers iſt. Wie es jedoch ſcheint, war das von **Schwartz** angewandte Queckſilber nicht rein; denn es findet ſich, eben in Bezug auf die Differenz der Reſultate von denen **Dulong's** und **Petit's**, zum Schluſſe angegeben. „Die Verfaſſer haben ſich deshalb auch vorgenommen, Verſuche mit gereinigtem Queckſilber und mit Platin von 20 bis 21 ſpecifiſchem Gewicht anzuſtellen.“

Specifiſche Wärme der Metalle unter conſtantem Volumen, von Weber *).

Weber hat mittelſt ſeiner Verſuche nach der S. 477 erörterten Methode folgende Werthe für die ſpecifiſche Wärme folgender Metalle bei conſtantem Volumen gefunden:

Eiſen = 0,1026
Kupfer = 0,0872
Silber = 0,0525
Platin = 0,0259

Hiebei ſind folgende Beſtimmungen **Dulong's** für die ſpecifiſche Wärme bei conſtantem Drucke zu Grunde gelegt:

Eiſen = 0,1100
Kupfer = 0,0949
Silber = 0,0557
Platin = 0,0314

und die des Waſſers = 1 angenommen.

---

*) Pogg. XX. 211.

Specifiſche Wärme verſchiedener Mineralien.

Neumann*) hat durch eine ſehr ſorgfältig ausgeführte Methode der Miſchungen (vgl. S. 473) folgende Reſultate über die ſpecifiſche Wärme nachſtehender Mineralien (zwiſchen 0° und 100° C.) erhalten, wobei die ſpecifiſche Wärme des Waſſers = 1 geſetzt iſt. Es iſt bei dieſer Beſtimmung eine Correction (wegen der Leitungsfähigkeit der Subſtanzen) vernachläſſigt worden, die jedoch nach des Verfaſſers Schätzung höchſtens 0,001 betragen wird.

Es wurden im Allgemeinen für jede Subſtanz mehrere Verſuche angeſtellt, wovon in Folgendem bloß die Mittel mitgetheilt ſind:

Adular (Gotthardt)	0,1861
Albit (Penig)	0,1961
Feldſpath (Lomnitz)	0,1911
Labrador	0,1926
Kalkſpath	0,2046
Witherit	0,1078
Weiß-Bleierz	0,0814
Bleivitriol	0,0848
Grauſpießglanz	0,0907
Quarz	0,1883
Eiſenglanz (Elba)	0,1692
Zinnſtein	0,0931
Zinkmetall	0,0920
Kohlenſaurer Strontian	0,1445
Rauſchgelb (Perſien)	0,1132
Realgar (käufliches)	0,1111
Rutil	0,1724
Topas	0,2019
Hornblende (Baſalt. Böhm.)	0,1976
Hornblende (Freiberg)	0,1958
Strahlſtein	0,2046
Tremolith	0,2070
Zoiſit (Fichtelgebirge)	0,1940
Augit (Baſalt. Böhm.)	0,1938
Diopſid (Tyrol)	0,1906
Arragonit (Freiberg)	0,2018
Cöleſtin (Nordamerika)	0,1356
Kupferkies	0,1289
Iſerin (Iſerwieſe)	0,1763
Schwerſpath	0,1088
Flußſpath	0,2082
Gyps	0,2728

---

*) Pogg. XXIII. 1.

Uranpecherz (Sachſen)	0,1023
Körn. Zinnerz (Mexico)	0,0965
Magneteiſen	0,1641
Chryſolith	0,2056
Glanzkobalt	0,1070
Magnetkies	0,1067
Speiskobalt	0,0920
Rothkupfererz	0,1073
Corund	0,1942
Blende	0,1144
Schwefelkies	0,1256
Parat. Kalk (Steiermark)	0,1963
Grauſpießglanz (Felſobanya)	0,0877
Saphir (Geſchiebe)	0,1972
Haarkies	0,1282

Die ſpecifiſche Wärme noch von einigen andern zuſammengeſetzten Körpern, die hier nicht aufgenommen ſind, wird man in der Tabelle des folgenden Artikels finden.

Geſetz für die ſpecifiſche Wärme zuſammengeſetzter Körper.

Nach Neumann's Unterſuchungen über die ſpecifiſche Wärme zuſammengeſetzter Körper läßt ſich für dieſelben ein ähnliches Geſetz aufſtellen, als das von Dulong und Petit für die einfachen Körper iſt. Dies Geſetz iſt folgendes:

Es verhalten ſich bei chemiſch ähnlich zuſammengeſetzten Stoffen**) die ſpecifiſchen Wärmen umgekehrt wie die ſtöchiometriſchen Quantitäten***), oder was daſſelbe iſt, das Product aus der ſtöchiometriſchen Quantität in die ſpecifiſche Wärme iſt bei chemiſch ähnlich zuſammengeſetzten Stoffen eine conſtante Quantität.

Der Verfaſſer hat dies Geſetz bei waſſerfreien kohlenſauren Salzen, ſchwefelſauren Salzen, Schwefelmetallen und Oxyden bewährt gefunden, wie folgende Zuſammenſtellung der beobachteten und berechneten Werthe lehrt *).

---

*) Pogg. XXIII. 1.

**) Unter chemiſch ähnlich zuſammengeſetzten Stoffen ſind Verbindungen verſchiedener Radicale oder Baſen mit denſelben einfachen Stoffen (Sauerſtoff, Schwefel ꝛc.) oder denſelben Säuren nach gleichen Atomverhältniſſen verſtanden. So bilden alle waſſerfreien Oxyde, welche 1 Atom Sauerſtoff gegen 1 Atom Metall enthalten, eine Reihe chemiſch ähnlich zuſammengeſetzter Stoffe, ebenſo alle Schwefelmetalle mit gleichen Atomen Schwefel, ebenſo alle waſſerfreien kohlenſauren Salze von proportionaler Zuſammenſetzung ꝛc.

***) Unter ſtöchiometriſchen Quantitäten ſind ſolche Gewichtsmengen verſtanden, welche (im Fall von Oxyden oder Sauerſtoffſalzen) gleiche Quantitäten Sauerſtoff oder (im Fall von Schwefelverbindungen) gleiche Quantitäten Schwefel enthalten (entſprechend bei Chlor-, Jodverbindungen u. ſ. f.).

Man wird bemerken, daß die ſpecifiſche Wärme der Oxyde, welche 1 Atom Sauerſtoff gegen 1 Atom Metall enthalten, ſich zu der ſpecifiſchen Wärme derjenigen, welche 3 Atome Sauerſtoff gegen 2 Atome Metall enthalten, ſehr nahe wie 2 : 5 verhält, und daß die ſpecifiſche Wärme der kohlenſauren Salze ſich zu der der ſchwefelſauren Salze ſehr nahe wie 7:8 verhält. Ob dieſe einfachen Verhältniſſe zufällig ſind, muß zur Zeit noch unentſchieden bleiben.

---

*) Die im Ganzen nur geringen Differenzen beider finden zum Theil auch darin ihre Erklärung, daß die zur Beobachtung angewandten Stoffe nicht chemiſch rein (die Oxyde und Schwefelmetalle z. B. käuflich) waren; auch die Reſultate der Beobachtung mit einem von der innern Leitungsfähigkeit der Subſtanzen abhängigen geringen Fehler behaftet. —

Bemerken will ich, daß die auf der folgenden Seite angeführte Tabelle nicht genau mit der in der Originalabhandlung gegebenen übereinſtimmt, was daher rührt, daß ich in der meinigen die vom Verfaſſer in ſeiner Nachſchrift gegebenen abgeänderten Beſtimmungen benutzt habe.

Claſſe der Subſtanzen.	Namen der Subſtanzen.	Stöchiometriſche Quantität.
Oxyde mit 1 Atom Sauerſtoff gegen 1 Atom Metall.	Magneſia	2,58
	Queckſilberoxyd . .	13,66
	Zinkoxyd.	5,03
	Kupferoxyd	4,957
	Kalk*).	3,56
Oxyde mit 3 Atomen Sauerſtoff gegen 2 Atome Metall.	Eiſenoxyd	9,75
	Mennig	23,89
	Chromoxyd	10,03
Schwefelmetalle mit 1 Atom Schwefel gegen 1 Atom Metall.	Zinnober	14,66
	Realgar	6,71
	Bleiglanz	14,95
	Blende	6,04
Waſſerleere ſchwefelſaure Salze.	Schwerſpath. . . .	$\dot{\mathrm{Ba}}\,\overline{\mathrm{S}} = 14,58$
	Anhydrit.	$\dot{\mathrm{Ca}}\,\overline{\mathrm{S}} = 8,57$
	Cöleſtin	$\dot{\mathrm{Sr}}\,\overline{\mathrm{S}} = 11,46$
	Bleivitriol.	$\dot{\mathrm{Pb}}\,\overline{\mathrm{S}} = 19,95$
Waſſerleere kohlenſaure Salze.	Witherit	$\dot{\mathrm{Ba}}\,\bar{\mathrm{C}} = 12,31$
	Kalkſpath	$\dot{\mathrm{Ca}}\,\bar{\mathrm{C}} = 6,32$
	Bitterkalkſpath . .	$\frac{\dot{\mathrm{Ca}}\,\bar{\mathrm{C}} + \dot{\mathrm{Mg}}\,\bar{\mathrm{C}}}{2} = 5,88$
	Kohlenſ. Strontian	$\dot{\mathrm{Sr}}\,\bar{\mathrm{C}} = 9,23$
	Magneſitſpath . . .	$\frac{7\,\dot{\mathrm{Mg}}\,\bar{\mathrm{C}} + \dot{\mathrm{Fe}}\,\bar{\mathrm{C}}}{8} = 5,75$
	Spatheiſenſtein . .	$\dot{\mathrm{Fe}}\,\bar{\mathrm{C}} = 7,15$
	Galmei.	$\dot{\mathrm{Zn}}\,\bar{\mathrm{C}} = 7,79$
	Weißbleierz	$\dot{\mathrm{Pb}}\,\bar{\mathrm{C}} = 16,71$

*) Die ſpecifiſche Wärme des Kalkes iſt nach Laplace und Lavoiſier

Beobachtete ſpecifiſche Wärme.	Product A der ſpecifiſchen Wärme in die ſtöchiometriſche Quantität.	Aus dem Mittelwerthe von A berechnete ſpecifiſche Wärme.	Differenzen der beobachteten und berechneten Werthe.
0,276	0,718	0,270	— 0,006
0,049	0,671	0,051	— 0,002
0,132	0,664	0,138	— 0,006
0,137	0,640	0,140	— 0,003
0,217	0,772 0,679	1,96	+ 0,021
0,164	1,606	0,182	— 0,018
0,0616	1,779	0,0615	+ 0,000
0,196	1,563 1,792	0,177	— 0,019
0,0520	0,762	0,0510	+ 0,0010
0,1111	0,7455	0,1114	— 0,0003
0,0530	0,791	0,0500	+ 0,0030
0,1145	0,0016 0,7475	0,1237	— 0,0092
0,1088	1,586	0,1087	+ 0,0001
0,1954	1,589	0,1949	+ 0,0005
0,1356	1,557	0,1380	— 0,0026
0,0948	1,607 1,585	0,0936	+ 0,0012
0,1078	1,327	0,1069	+ 0,0009
0,2046	1,298	0,2072	— 0,0026
0,2161	1,271	0,2238	— 0,0077
0,1645	1,334	0,1652	— 0,0007
0,2270	1,305	0,2286	— 0,0016
0,1519	1,300	0,1540	— 0,0021
0,1718	1,331	0,1695	+ 0,0023
0,0814	1,300 1,316	0,0797	+ 0,0017

[illegible]

Specifiſche Wärme des Waſſers.

Aus früheren Miſchungsverſuchen von De Luc, Flauguergues und Ure würde ſich das Reſultat ergeben, daß das heiße Waſſer eine geringere ſpecifiſche Wärme als das kalte hat *), indem ſie die Temperatur der Miſchung von kaltem und heißen Waſſer niedriger als das arithmetiſche Mittel der Temperaturen vor der Miſchung fanden. Begreiflich gehören Verſuche über dieſen Gegenſtand theils wegen der Geringfügigkeit des zu ſchätzenden Unterſchiedes, theils wegen der Correctionen, welche das Miſchungsverfahren erfodert, um zuverläſſige Reſultate zu geben, zu den ſchwierigſten, und nur durch ſehr genaue Berückſichtigung aller hiebei in Betracht kommenden Umſtände wird man hoffen dürfen, ein zuverläſſiges Reſultat zu finden. In dieſem Bezuge zeichnen ſich die neuen Verſuche von Neumann **) über dieſen Gegenſtand, welche nach der S. 473 beſchriebenen Methode geführt worden ſind, vor denen der früheren Beobachter vortheilhaft aus, und ſein von ihm gefundenes Reſultat, wiewohl es denen jener Beobachter widerſpricht, ſcheint daher auch das meiſte Zutrauen zu verdienen. Es iſt folgendes:

Die ſpecifiſche Wärme des heißen Waſſers iſt größer als die des kalten Waſſers.

Das directe Reſultat der Verſuche, als Mittel mehrerer Beobachtungsreihen, gab als Verhältniß der ſpecifiſchen Wärme des Waſſers bei 80° R. zur ſpecifiſchen Wärme des Waſſers bei 22° R. folgendes: 1,0127 : 1.

Setzt man voraus, daß die Incremente der ſpecifiſchen Wärme proportional der Temperatur ſind, ſo kann man aus dem gefundenen Verhältniſſe ableiten das Verhältniß des Waſſers bei 80° R. zu Waſſer bei 0° R. Das Reſultat dieſer Ableitung iſt = 1,0176 : 1.

Vergleicht man dies Reſultat mit den Größen, um welche die ſpecifiſche Wärme bei einer Temperaturzunahme um 80° R. wächſt bei den von Dulong und Petit unterſuchten feſten Körpern, ſo ſieht man, daß dieſe Größe beim Waſſer viel kleiner iſt, indem ſie etwa $\frac{1}{4}$ des kleinſten von dieſen Beobachtern gefundenen Werthes und etwa $\frac{1}{2}$ des größten dieſer Werthe beträgt.

Über die ſpecifiſche Wärme der Gasarten von Dulong ***).

De la Rive und Marcet †) haben bekanntlich aus ihren Verſuchen das, auch ſchon früher von Haykraft aufgeſtellte, Reſultat gezogen, daß alle einfache ſowohl als zuſammengeſetzte Gaſe bei gleichem Volumen und gleicher Elaſticität eine gleiche ſpeciſiſche Wärme beſitzen.

---

*) d. h. daß, um Waſſer z. B. von 70° R. in der Temperatur um eine gewiſſe Anzahl Grade zu erhöhen, weniger Wärme erfoderlich iſt, als um Waſſer von 10° R. um dieſelbe Zahl von Graden zu erhöhen.

**) Pogg. XXIII. 40.

***) Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 113; oder Mém. de l'Acad. des sc. X. 1831. p. 147; oder Pogg. XVI. 438.

†) Pogg. X. 363; XVI. 340.

Ihr Verfahren beſtand im Weſentlichen darin, daß gleiche Volumina von verſchiedenen Gaſen eine gleiche Zeit hindurch (5 Minuten) in einem Glaskolben einer gleichen Wärmequelle ausgeſetzt und aus der Zunahme der Elaſticität eines jeden Gaſes die Temperatur hergeleitet wurde, die es nach Ablauf dieſer Zeit erlangt hatte, indem bekanntlich eine Beziehung zwiſchen den ſo erlangten Temperaturen und der ſpeciſiſchen Wärme Statt findet. Da nun alle Gaſe (mit Ausnahme des Waſſerſtoffgaſes) in gleicher Zeit ſich um gleich viel erwärmten, ſo ſchloſſen die Verfaſſer daraus auf eine gleiche ſpeciſiſche Wärme derſelben.

Dulong jedoch hat gegen dies Verfahren Einwürfe vorgebracht, nach welchen daſſelbe in der That unzuläſſig und die mittelſt deſſelben erhaltenen Reſultate ungültig erſcheinen müſſen. Einerſeits nämlich betrug, wie aus den Umſtänden der Verſuche hervorgeht, im günſtigſten Falle die Wärme, welche das Gas bei den Verſuchen jener Verfaſſer aufnahm, nur etwa $\frac{1}{16}$ von der, welche der Ballon, um eine gleiche Temperaturerhöhung zu erfahren, aufnehmen mußte, da doch nach früheren Erörterungen und Verſuchen von Dulong und Petit (Ann. de Ch. et de Ph. X. 400) es nöthig iſt, wenn man ein ſicheres Reſultat aus der Vergleichung der Zeiten der Erwärmung in Bezug auf die Vergleichung der ſpeciſiſchen Wärmen hoffen will, daß die Wärmemenge, welche von dem, den Körper einſchließenden, Gefäße verſchluckt wird, kein zu großer Antheil von der Geſammtheit der beim Verſuche aufgenommenen Wärme ſei; andererſeits aber hängen auch die Zeiten, welche verſchiedene, in denſelben Ballon gebrachte, Gasarten brauchen, um ſich um eine gleiche Zahl von Graden zu erwärmen, keineswegs allein von der Wärmecapacität derſelben ab, ſondern vielmehr von der mehr oder weniger beträchtlichen Geſchwindigkeit, mit der ſich die inneren Theilchen des Gaſes mit den äußeren, welche allein die Wärme durch unmittelbare Mittheilung von den Wänden des Ballons erhalten, vermiſchen.

Dulong zeigt noch ferner, auf welche Weiſe die von Rive und Marcet gefundenen Reſultate, daß die verſchiedenſten Gasarten unter gleichem Druck eine gleiche Zeit zur Erwärmung bedurften, und daß bei Verdünnung der Gaſe eine ſchnellere Erwärmung derſelben Statt fand, aus den Umſtänden der Verſuche erklärlich werden, ohne daß dabei etwas anderes als die Beweglichkeit der Gastheilchen in Rückſicht gezogen zu werden brauchte, ſo daß die Beziehung dieſer Umſtände auf die Wärmecapacität der Gaſe hienach als unhaltbar erſcheinen muß.

Dulong ſelbſt hat auf einem andern Wege, welcher den Mängeln des vorigen Verfahrens nicht ausgeſetzt iſt, die ſpeciſiſche Wärme der Gaſe bei conſtantem Drucke und conſtantem Volumen von Neuem beſtimmt, und iſt dadurch zu dem Reſultate gelangt, daß zwar die einfachen Gaſe oder Gemenge einfacher Gaſe, wie Sauerſtoff, Waſſerſtoff, Luft ſich hinſichtlich ihrer ſpecifiſchen Wärme bei conſtantem Drucke oder conſtantem Volumen gleich verhalten, nicht aber die zuſammengeſetzten, wie kohlenſaures Gas, ölbildendes Gas, Stickſtoffoxydgas (doch verhielt ſich auch das Kohlenoxydgas mit der Luft merklich gleich). Ich werde im Folgenden 1) die Reſultate von Dulong's Verſuchen ſelbſt anführen, mit einigen Erörterungen; 2) ſein zur Ausmittelung angewandtes Verfahren mittheilen.

1) Tabelle über die ſpecifiſche Wärme der Gaſe nach Dulong's Verſuchen.

Namen der Gaſe.	Dichtigkeit der Gaſe.	Spec. Wärme bei conſtantem Volumen, die der Luft = 1 geſetzt.	Spec. Wärme bei conſtantem Druck, die der Luft = 1 geſetzt.	Verhältniß der ſp. Wärme bei conſt. Druck zur ſp. Wärme bei conſt. Vol.	Temperaturerhöhung in C. durch eine Verdichtung v. [illegible] bis urſpr. Vol. bei 0° und unter 0m,76 vorausgeſetzt.	Spec. Wärme bei conſtantem Druck, nach den früheren Beobachtungen von de la Roche u. Berard.
Atmoſphäriſche Luft	1	1	1	1,421	0°,421	1,
Sauerſtoffgas	1,1026	1	1	1,415	0 ,421	0,976
Waſſerſtoffgas	0,0688	1	1	1,407	0 ,421	0,903
Kohlenſaures Gas	1,524	1,249	1,175	1,337	0 ,337	1,258
Kohlenoxydgas	0,974	1	1	1,423	0 ,423	1,034
Stickſtoffoxydgas	1,527	1,227	1,16	1,343	0 ,343	1,35
Ölbildendes Gas	0,981	1,754	1,531	1,240	0 ,240	1,553
(1)	(2)	(3)	(4)	(5).	(6)	(7)

Erörterungen. Die Zahlen der fünften Columne, welche das Verhältniß der ſpecifiſchen Wärmen bei conſtantem Drucke und conſtantem Volumen bezeichnen, ſind diejenigen, zu denen die Beobachtungen direct geführt haben; die der dritten, vierten und ſechſten ſind erſt nach den unten anzugebenden Betrachtungen aus ihnen abgeleitet. Wie man ſieht iſt beim Sauerſtoffgaſe, Waſſerſtoffgaſe und der Luft, d. i. den einfachen Gaſen ſo wie einem Gemenge aus einfachen Gaſen jenes Verhältniß ſehr nahe gleich gefunden worden, und man wird um ſo mehr zu ſchließen haben, daß die noch Statt findenden Differenzen auf bloßen Beobachtungsfehlern beruhen, da die directe Beobachtung bloß die Quadratwurzeln dieſes Verhältniſſes finden läßt, mithin die Zahlen der Tabelle durch eine Erhebung zum Quadrat, welche die Differenz vergrößern muß, entſtanden ſind. In der dritten, vierten und ſechſten Spalte iſt daher auch das Verhältniß der Gleichheit für die angezeigten drei Gasarten zu Grunde gelegt worden.

Die Zahlen der fünften Spalte ſind ſämmtlich größer als 1, was natürlich iſt, weil man die ſpecifiſche Wärme bei dem conſtanten Volumen zur Einheit angenommen hat, und weil die Wärmemenge, welche zu einer gleichen Temperaturerhöhung erfodert wird, bei einer Ausdehnung größer iſt als bei ungeändertem Volumen. Wenn man alſo die Wärmemenge, die erfoderlich iſt, um eine gewiſſe Gasmaſſe, deren Volumen unveränderlich bleibt, z. B. um einen Grad in ihrer Temperatur zu verändern, zur Einheit annimmt, ſo wird die Wärmemenge, welche nöthig iſt, um dieſelbe Maſſe, ſobald ſie ſich unter ihrem anfänglichen Druck frei ausdehnen kann, um einen Grad zu erwärmen, 1,421 betragen, und das Volumen der Maſſe, wenn man von der Temperatur 0° ausgeht, um 0,00375 = $\frac{1}{267}$ zunehmen. Man nehme nun an, daß die Maſſe, nachdem ſie dieſe Temperatur- und Volumensänderung erlitten hat, plötzlich und ohne Wärme zu verlieren auf ihr früheres Volumen zurückgeführt werde; dann wird die Temperaturerhöhung, welche ſich einſtellt, gänzlich herrühren von der Wärmepertion, die der bloßen Volumensänderung entſpricht, von der Wärmemenge, welche dieſelbe Maſſe bei einer Ausdehnung von $\frac{1}{267}$, ohne Temperaturveränderung, abſorbiren würde; und da die Wärmecapacität für das urſprüngliche Volumen zur Einheit genommen iſt, ſo wird der Überſchuß 0,421 der erſten Zahl über die Einheit das Maß des thermometriſchen Effectes ſein, welcher, in der Maſſe bei conſtantem Volumen, durch die bei einer Verdichtung von $\frac{1}{267}$ entwickelte Wärme hervorgebracht werden würde. Dieſelbe Schlußfolge läßt ſich auf alle übrigen elaſtiſchen Flüſſigkeiten anwenden, und man kann ſo die Temperaturerhöhungen, die in allen dieſen Körpern bei einer gleich großen Zuſammendrückung erfolgen würden, mit einander vergleichen, wie in der ſechſten Spalte geſchehen iſt.

Die Zahlen der dritten Columne ſind nach folgender Betrachtung gefunden:

Unter Vorausſetzung, daß die Ungleichheiten der Temperaturänderungen, die in allen Gaſen durch eine plötzliche Dichtigkeitsänderung von gleicher Größe hervorgebracht werden, allein von einer Verſchiedenheit ihrer Wärmecapacität abhängen, müſſen die entſprechenden Temperaturänderungen ſich umgekehrt wie die ſpecifiſchen Wärmen bei conſtantem Volumen verhalten. Da z. B. die entſprechenden Temperaturänderungen, welche Luft und Kohlenſäure erleiden, 0,421 und 0,337 ſind (Spalte 6), ſo wird man das Verhältniß der ſpecifiſchen Wärmen dieſer beiden Gaſe bei conſtantem Volumen durch die Proportion

$$0{,}421 : 0{,}337 = x : 1$$

erhalten, welche giebt $x = 1{,}249$.

Die Zahlen der vierten Spalte ergeben ſich nach derſelben Vorausſetzung, wenn man das Product aus den Zahlen der dritten und fünften Spalte (z. B. für Kohlenſäure $1{,}249 \times 1{,}337 = 1{,}670$) mit 1,421 dividirt. Man ſieht durch Vergleichung mit den Zahlen der ſiebenten Spalte, daß ſie von denen, welche Berard und de la Roche durch directe Beobachtungen erhielten, ſehr wenig abweichen.

Dieſe Übereinſtimmung ſpricht dafür, daß die Vorausſetzung, unter welcher die Zahlen berechnet wurden, richtig iſt, daß mithin wirklich die Temperaturänderungen, welche erfolgen, wenn man bei gleicher Temperatur und unter gleichem Druck ein gleiches Volumen von verſchiedenen Gasarten nimmt und plötzlich um einen gleichen Bruchwerth dieſes Volumens zuſammendrückt oder ausdehnt, ſich wie die ſpecifiſchen Wärmen dieſer Gasarten bei conſtantem Volumen verhalten, wonach die abſoluten Wärmemengen, welche hiebei entwickelt oder verſchluckt werden, bei allen Gasarten gleich ſein werden.

Verfahren von Dulong. Das Verfahren Dulong's, das Verhältniß zwiſchen der ſpecifiſchen Wärme bei conſtantem Druck und conſtantem Volumen zu beſtimmen, beruht auf Ausmittelung der Schallgeſchwindigkeit in den verſchiedenen Gasarten, indem zwiſchen dieſer Geſchwindigkeit und jenem Verhältniß folgende bekannte Beziehung obwaltet (nach Laplace):

$$k = \frac{v^2}{\frac{g\,h}{D}\,(1 + 0{,}00375\,.\,t)}$$

Hierin iſt k das Verhältniß der beiden ſpecifiſchen Wärmen, h der Barometerſtand in Metern Queckſilberhöhe, g die Intenſität der Schwere (= 9,82827 Meter für Paris), D die Dichtigkeit des Gaſes gegen die des Queckſilbers = 1, t die Temperatur in Centeſimalgraden über 0°, v die beobachtete Schallgeſchwindigkeit in Metern.

Dulong beſtimmte nun zuvörderſt den Werth von k für atmoſphäriſche Luft, indem er als Mittel aus einer großen Zahl (von anderen Phyſikern angeſtellter) Beobachtungen 333 Meter als die Geſchwindigkeit des Schalles bei 0° und 0,76 Meter Druck annahm. Hiedurch ergab ſich k = 1,421*). Für andere Gasarten, als atmoſphäriſche Luft, läßt ſich die Schallgeſchwindigkeit nicht wohl beſtimmen; da aber zwiſchen der Geſchwindigkeit des Schalles in einer Gasart und der Tonhöhe eines Blasinſtrumentes, das mit der Gasart gefüllt iſt, eine gewiſſe Beziehung Statt findet, ſo bot ſich ein Mittel, die Schallgeſchwindigkeit in den verſchiedenen Gaſen zu beſtimmen, darin dar, daß man eine und dieſelbe Röhre (eine gewöhnliche Labialpfeife) hinter einander erſt mit Luft, dann mit verſchiedenen anderen Gaſen anſprechen ließ, und die Höhe des ſo gefundenen Tones beſtimmte; es ſind nämlich unter dieſen Umſtänden die Fortpflanzungsgeſchwindigkeiten des Schalles direct proportional den Schwingungsmengen, welchen die durch ſie hervorgebrachten Töne entſprechen, ſo daß, wenn man die Geſchwindigkeit des Schalles in der Luft durch directe Beobachtung kennt, ſie dann für die anderen Gasarten durch eine einfache Proportion herzuleiten iſt.

Dulong zog dies Verfahren, die Schallgeſchwindigkeit in den verſchiedenen Gasarten zu beſtimmen, dem vor, ſie direct aus dem Abſtande zwiſchen zwei Schwingungsknoten in der, mit verſchiedenen Gasarten gefüllten Pfeife herzuleiten; denn ungeachtet, theoretiſch genommen, zwiſchen der Größe dieſes Abſtandes bei einem gewiſſen Tone und der Schallgeſchwindigkeit ebenfalls ein bekanntes Verhältniß Statt findet, ſo hat ſich doch Dulong überzeugt (Th. I. S. 265), daß, unſtreitig weil die Bedingungen, unter welchen Labialpfeifen in der Wirklichkeit tönen, den Vorausſetzungen der Theorie, für welche letztes Verhältniß gültig iſt, nicht genau entſprechen, man durch die Berechnung nach letzterem Verhältniſſe ſtets eine etwas zu kleine Schallgeſchwindigkeit finden würde.

Das Verfahren Dulong's konnte übrigens bloß unter der Vorausſetzung für ſtatthaft angeſehen werden, daß die Beſchaffenheit des Gaſes keine Veränderung in der Theilungsart einer Säule des Gaſes von gleicher Länge hervorbringt, und, wie ſchon Th. I. S. 267 angeführt, hat ſich Dulong hievon durch eigends angeſtellte Verſuche wirklich überzeugt.

Theoretiſche Unterſuchungen Schitko's**) über die gebundene Wärme.

Vorausſetzungen.

1) Die Geſammtmenge der Wärme, die in einem Körper vorhanden iſt, ſo wie die er noch dazu aufnimmt, läßt ſich als aus zwei Theilen beſtehend betrachten, einem Theile, welcher auf das Thermometer und Gefühl einwirkt und freie Wärme heißt (dieſer bedingt ſeine Temperatur), und einem zweiten, welcher in einem ſolchen Zuſtande in den Körpern vorhanden iſt, daß er dieſe Einwirkung nicht zu äußern vermag, und den wir gebundene Wärme nennen.

---

*) Dieſe Zahl weicht von der früheren, auf anderem Wege erhaltenen, Beſtimmung durch Gay-Luſſac und Welter, welche 1,3748 fanden, ab.

**) Baumg. V. 129.

2) Wenn ein Körper einen Wärmezuwachs erfährt, ſo ſteht der aliquote Theil deſſelben, der gebunden wird, im quadratiſchen Verhältniſſe des Temperaturzuwachſes, welchen der Wärmezuwachs hervorbringt*), und hängt außerdem von der Beſchaffenheit des Körpers ab, ſo daß bei einer Temperaturerhöhung um x Grade eine Wärmequantität γx^2 latent wird, wenn man mit γ die Wärme, die bei der Temperaturerhöhung um den erſten Grad gebunden wird, bezeichnet.

3) Ungleichartige Körper beſitzen bei gleicher Maſſe eine ſpecifiſche ungleiche Anziehung zum geſammten Wärmeſtoffe, die **Schitko** mit **Bindungsvermögen** bezeichnet und δ nennt.

Folgerungen.

Die vereinte oder geſammte Wärme q, d. h. die aus freier und gebundener zuſammengeſetzte, welche ein Körper bei der Temperaturerhöhung um x wahre Grade (vergl. S. 404) aufgenommen hat, wird bei Einheit der Maſſe durch folgende Formel gegeben:

$$q = x + \gamma x^2 \tag{1}$$

die unmittelbar aus Vorausſetzung 2) fließt. Es wird ſich hienach die fühlbare Wärme zur geſammten Wärme

$$\text{wie } x : x + \gamma x^2 \text{ oder wie } 1 : 1 + \gamma x$$

verhalten. Will man die Verhältnißgröße $1 + \gamma x$ die **Temperaturscapacität** nennen, ſo wird ſie für eine jede gegebene Temperatur angeben, wie viel Mal mehr Wärme der Körper in ſich aufgenommen hat, als das Thermometer **wirklich** anzeigt.

Nimmt man zugleich auf Maſſe m und Bindungsvermögen δ des Körpers Rückſicht, die in der vorigen Formel = 1 geſetzt worden, ſo wird

$$q = m\delta\,(1 + \gamma x)\,x \tag{2}$$

Für einen andern Körper von der Maſſe M, dem Bindungsvermögen δ', und bei welchem γ den Werth γ' hat, wird die Geſammtquantität Wärme Q, die er aufzunehmen hat, um zur Temperatur X zu gelangen, ſein:

$$Q = M\delta'\,(1 + \gamma' X)\,X,$$

mithin

$$q : Q = m\delta\,(1 + \gamma x)\,x : M\delta'\,(1 + \gamma' X)\,X \tag{3}$$

---

*) Dieſe Suppoſition iſt ſelbſt an folgende geknüpft. **Schitko** ſtellt ſich vor, daß die Wärme, die ein Körper aufnimmt, die aber das Thermometer nicht in gleichem Maße anzeigt, durch eine mit der Ausdehnung des Körpers wachſende Anziehung gegen die Körperelemente in ihrer freien Expanſivkraft beſchränkt werde. Inſofern er nun den Grundſatz aufgeſtellt hat (S. 402), daß die Ausdehnung der Körper durch die Wärme wegen des wachſenden Widerſtandes ſo zunehme, als wenn die Temperatur um einen aliquoten Theil im quadratiſchen Verhältniſſe der Wärmegrade wachſe, vermuthet er auch, daß die Körperelemente in demſelben Verhältniſſe, als ſie der Expanſivkraft der Wärme minder widerſtehen und durch ihre Entfernung von einander ſich gegenſeitig weniger anziehen, gegen den Wärmeſtoff eine größere Anziehung ausüben und denſelben in ſeiner freien Expanſion mehr binden werden.

wird $m = M$, $x = X$ geſetzt, ſo hat man

$$q : Q = \delta\,(1 + \gamma x) : \delta'\,(1 + \gamma x) \qquad (4)$$

welches der Ausdruck für das Verhältniß der ſpeciſiſchen Wärme zweier Körper von gleicher Temperatur iſt.

Bei gleichartigen Körpern endlich, wo $\delta = \delta'$ und $\gamma = \gamma'$, hat man

$$q : Q = m\,(1 + \gamma x)\,x : M\,(1 + \gamma X)\,X \qquad (5)$$

Zur Beſtimmung der Werthe von δ und γ kann man ſich derjenigen Methode bedienen, nach welcher gleichartige oder ungleichartige Körper von verſchiedener Temperatur gemengt werden und wobei die gemeinſchaftliche Temperatur, welche die Körper nach der Mengung annehmen, beobachtet wird.

Es ſeien die Temperaturen zweier gleichartigen Maſſen M und m reſpectiv X und x vor der Vermengung und ihre gemeinſchaftliche Temperatur nach der Vermengung z, ſo hat man*):

$$\gamma = \frac{(M + m)\,z - (MX + mx)}{MX^2 + mx^2 - (M + m)\,z^2}$$

oder

$$= \frac{m\,(z - x) - M\,(X - z)}{M\,(X^2 - z^2) - m\,(z^2 - x^2)} \qquad (6)$$

Iſt $x = 0$, ſo hat man

$$\gamma = \frac{(M + m)\,z - MX}{MX^2 - (M + m)\,z^2}$$

oder

$$= \frac{mz - M\,(X - z)}{M\,(X^2 - z^2) - mz^2} \qquad (7)$$

Kennt man γ, ſo ergiebt ſich z nach folgender Formel:

$$z = \frac{-1 + \sqrt{\frac{4\gamma\,[M(X + \gamma X^2) + m(x + \gamma x^2)]}{M + m} + 1}}{2\gamma} \qquad (8)$$

Iſt $x = 0$, ſo hat man

$$z = \frac{-1 - \sqrt{\frac{4\gamma\,M\,(X + \gamma X^2)}{M + m} + 1}}{2\gamma} \qquad (9)$$

Schitko vergleicht die Reſultate dieſer Formeln mit Verſuchen von de Luc und Flaugergues über Miſchung von Waſſermaſſen ungleicher Temperatur.

---

*) Herleitung. Die geſammte Quantität der Wärme vor der Miſchung iſt

$$M\,(X + \gamma X^2) + m\,(x + \gamma x^2),$$

und nach der Miſchung

$$(M + m)\,(z + \gamma z^2).$$

Da aber die Wärmemengen vor und nach der Miſchung einander gleich ſein müſſen, ſo iſt

$$M\,(X + \gamma X^2) + m\,(x + \gamma x^2) = (M + m)\,(z + \gamma z^2)$$

welches zur obigen Beſtimmung von γ führt.

Man kann auch die Geſammtwärme, die ein Körper aufnimmt, unabhängig von Verſuchen, nach folgender Formel beſtimmen *):

$$q = \frac{\log (1 + \mu' y)}{\log (1 + \mu')} \qquad (10)$$

worin μ' und y dieſelbe Bedeutung als S. 404 haben und q die geſammte Wärme bedeutet.

Um die aufgenommene Geſammtwärme zu finden, ſind ſonach lediglich die für eine gleichförmige Ausdehnung beſtimmte Größe μ' und die der Ausdehnung entſprechenden Grade y zu wiſſen erfoderlich. Da aber Thermometer, die aus verſchiedenen Materien verfertigt ſind, keine vollkommen übereinſtimmenden Grade nach der gemeinen Scale anzeigen und nur bei dem Siedepuncte zuſammentreffen, ſo iſt es am einfachſten, wenn man die Geſammtwärme vorerſt für den Siedepunct beſtimmt. Will man das Volumen, welches ein gegebener Körper beim Siedepuncte annimmt, mit v bezeichnen, ſo iſt die geſammte Wärme für dieſen Temperaturpunct

$$= \frac{\log v}{\log (1 + \mu')} \qquad (11)$$

und allgemein:

$$y = \frac{\log v - x' \log (1 + \mu')}{x'^2 \log (1 + \mu')} \qquad (12)$$

wo x' die wahren Wärmegrade des Siedepunctes bezeichnet.

Folgendes ſind die Werthe von q und y, die Schitko nach den bekannten Werthen von μ' und v für verſchiedene Körper berechnet hat. q bedeutet hier die, in wahren Centeſimalgraden W (vergl. S. 404) ausgedrückte Geſammtwärme, die jeder dieſer Körper vom Froſtpuncte bis zum Siedepuncte des Waſſers aufnimmt.

---

*) Herleitung. Wenn der Widerſtand, den die Körpertheile der ausdehnenden Kraft der Wärme entgegen ſetzen, bei allen Körpern und in allen Temperaturen derſelbe bliebe, oder wenn vielmehr kein Widerſtand Statt fände, ſo könnte auch die Anziehung zum Wärmeſtoffe mit der Ausdehnung nicht wachſen. Die geſammte Wärme, die der Körper zur Erlangung einer beſtimmten Ausdehnung erfodert, müßte ganz als freie Wärme hervortreten. Unter dieſer Vorausſetzung müßte auf eine ähnliche Art wie bei den expanſibeln Flüſſigkeiten ſein

$$1 + \mu' y = (1 + \mu')^q,$$

welches zu obiger Formel führt.

	q	γ
Waſſer	97,8177	0,00275038
Queckſilber	99,1752	0,0029633
Eiſen	99,9350	0,0030794
Kupfer	99,9148	0,0030768
Zink	99,8538	0,0030673
Glas	99,9504	0,0030824
Luft und Dampf . .	85,0801	0,0007675

Das bisher Angeführte bezieht ſich bloß auf Körper einerlei Art, die auf verſchiedene Temperaturen gebracht werden, wo $\delta = 1$ geſetzt werden kann.

Um, wenn man reſpectiv γ und γ' für zwei verſchiedene Körper kennt, δ für den einen derſelben zu beſtimmen, während man δ' für den zweiten $= 1$ ſetzt, dient folgende Formel:

$$\delta = \frac{M\,[X + \gamma' X^2 - (z + \gamma' z^2)]}{m\,[z + \gamma z^2 - (x + \gamma x^2)]}$$

Hierin iſt m die Maſſe des Körpers, für welchen δ geſucht wird, M die Maſſe desjenigen, für welchen $\delta' = 1$ geſetzt iſt; γ gehört dem Körper von der Maſſe m, γ' dem von der Maſſe M zu; x und X ſind die Temperaturen, die ſie reſpectiv vor ihrer Vermiſchung hatten und z die gemeinſchaftliche, die ſie nach der Miſchung beſitzen*). Die Beſtimmung von δ wird mithin hier ebenfalls durch Miſchungsverſuche erhalten**).

Will man ſich des Eiscalorimeters bedienen, ſo führen folgende Formeln zur Beſtimmung von δ und der ſpecifiſchen Wärme.

---

*) **Herleitung.** Werden zwei ungleichartige Körper, deren Maſſen m, M und Temperaturen x, X ſind, mit einander vermiſcht, und erlangt die Miſchung die Temperatur z, ſo iſt die Wärmemenge vor der Miſchung

$$m\delta\,(x + \gamma x^2) + M\delta'\,(X + \gamma' X^2),$$

und nach der Miſchung

$$m\delta\,(z + \gamma z^2) + M\delta'\,(z + \gamma' z^2);$$

da nun dieſe Werthe einander gleich ſein müſſen, ſo iſt

$$\delta' : \delta = m\,[z + \gamma z^2 - (x + \gamma x^2)] : M\,[X + \gamma' X^2 - (z + \gamma' z^2)],$$

welches, $\delta' = 1$ geſetzt, zu obiger Formel führt.

) **Beiſpiel. Wird 1 Pfund Waſſer von 100° C. (gemeine Grade) mit 1 Pfund Queckſilber von 0° gemengt, ſo wird die Miſchung die Temperatur von 96,8° C. annehmen. Überſetzt man die angegebenen Temperaturen in die wahren Wärmegrade und ſubſtituirt in die Gleichung für δ, wo $X = 80{,}1494$, $z = 78{,}0260$, $\gamma = 0{,}00296$ und $\gamma' = 0{,}00275$ zu ſetzen ſind, ſo ergiebt ſich $\delta = 0{,}03197$. Hienach findet man nach Formel (4) für die ſpecifiſche Wärme des Queckſilbers für den Siedepunct

$$0{,}03197 \left(\frac{1 + 0{,}00296 \times 80{,}1494}{1 + 0{,}00275 \times 80{,}1494}\right) = 0{,}03240$$

Es ſeien p und P die Gewichte geſchmolzenen Eiſes, die zwei ungleichartige Körper beim Erkalten um ungleichartige Temperaturen ſchmelzen, ſo iſt

$$p : P = m\delta (x + \gamma x^2) : M\delta' (X + \gamma' X^2)$$

und

$$\delta : \delta' = \frac{p}{m (x + \gamma x^2)} : \frac{P}{M (X + \gamma' X^2)}$$

In einigen Tabellen (Baumg. VI. 153) giebt jetzt **Schitko** eine Überſicht über die freie, latente und geſammte Wärme, ſo wie die Wärmecapacität einiger Körper (Waſſer, Queckſilber, Eiſen, Glas) auf die angegebene Weiſe für verſchiedene Temperaturen beſtimmt. Ich begnüge mich, die Tabellen für Queckſilber und Glas mitzutheilen.

Die erſte Spalte enthält die Wärmegrade nach der gemeinen hunderttheiligen Scale; in der zweiten ſind dieſe Grade in die wahren Temperaturgrade W überſetzt; hienach ſind ſodann die gebundene und vereinte Wärme, dann die Temperaturcapacität, worunter **Schitko** die Verhältnißgröße $1 + \gamma x$ verſteht, endlich die ſpecifiſche Wärme oder Capacität nach den angegebenen Formeln berechnet.

Queckſilber.

$\gamma = 0{,}0029633$; $\delta = 0{,}03197$.

Freie Wärme.		Gebundene Wärme.	Geſammte Wärme.	Temperaturcapacität.	Specifiſche Capacität.
0 C°	0 W°	0	0	1	0,0320
1	1	0,0030	1,0030	1,0030	0,0320
20	18,9489	1,0628	20,0117	1,0561	0,0321
40	36,0763	3,8524	39,9287	1,1068	0,0322
60	51,8113	7,9459	59,7572	1,1534	0,0323
80	66,4365	13,0649	79,5014	1,1966	0,0323
100	80,1494	19,0258	99,1752	1,2372	0,0324
200	139,0766	57,2532	196,3298	1,4117	0,0326
300	187,5636	104,1331	291,6967	1,5552	0,0328

Glas.

$\gamma = 0,0030824; \; \delta = 0,1740.$

Freie Wärme.		Gebundene Wärme.	Geſammte Wärme.	Temperatur-capacität.	Specifiſche Capacität.
0 C°	0 W°	0	0	1	0,1740
1	1	0,0031	1,0031	1,0031	0,1741
20	18,9489	1,1068	20,0557	1,0584	0,1750
40	36,0763	4,0117	40,0880	1,1112	0,1759
60	51,8113	8,2744	60,0857	1,1597	0,1766
80	66,4365	13,6051	80,0416	1,2043	0,1772
100	80,1494	19,8010	99,9504	1,2470	0,1778
200	139,0766	59,6207	198,6973	1,4287	0,1798
300	187,5636	108,4391	296,0027	1,5781	0,1811

Das bisher Angeführte gilt in ſo fern, als der Körper ſeinen Aggregatzuſtand beibehält; ſo wie er aber dieſen verändert, nimmt er eine andere Menge Wärme auf, die das Thermometer nicht anzeigt, und die man nach Schitko die Wärme des Aggregationszuſtandes (gewöhnlicher latente Wärme) nennen kann. Dieſe iſt dann zur geſammten Wärme hinzuzufügen, ſo daß, wenn die Geſammtwärme z. B. für das tropfbare Waſſer von 100° C. durch

$$m\delta\,(X + \gamma X^2)$$

ausgedrückt wird, ſie für den Dampf von 100° C. durch

$$m\delta\,(X + \gamma X^2) + m\lambda$$

ausgedrückt werden wird, wo λ die latente Wärme bedeutet, die das ſiedende Waſſer aufnehmen muß, um in Dampf überzugehen.

VI. Phyſiologiſche Wärme.

Douville*) hat auf einer Reiſe, die er in eine noch nie von Europäern betretene Gegend Afrika's gemacht, Verſuche über die Blutwärme von Negern angeſtellt, woraus er den Schluß zieht, daß bei jungen Negern das Blut wärmer iſt, als bei alten, und bei dieſen wärmer, als bei Weißen. Dieſe Verſuche ergaben folgendes: Um 7 Uhr Morgens, ehe die Perſonen (die Reiſegeſellſchaft?) ausgegangen waren und ſich der Sonne ausgeſetzt hatten, ſtieg das Thermometer des von der Hand umgebenen Réaumur'ſchen Thermometers

---

*) Froriep's Notizen Nr. 4. des XXXII. Bandes S. 57; oder J. de chim. méd. 1832. Févr. p. 93.

bei einem	12jährigen	Weißen auf	$29\frac{1}{12}$
— —	12jährigen	Neger auf	$31\frac{1}{12}$
— —	20jährigen	Weißen	29
— —	20jährigen	Neger	31
— einer	14jährigen	Weißen	$29\frac{8}{12}$
— —	14jährigen	Negerin	$32\frac{1}{12}$

Dieſe Tabelle zeigt ſonach einen Wärmeunterſchied von faſt 2 Grad R. Douville führt noch etwa 25 andere Verſuche *) an, welche dieſelben Reſultate gegeben haben.

Derſelbe glaubt bei ſeinen Beobachtungen bemerkt zu haben, daß die Wärme mit den geiſtigen Fähigkeiten in einem umgekehrten Verhältniß ſteht. So fand er bei einem Verſuche, welchen er im Monat Juli auf einer 2150 Meter über der Meeresfläche gelegenen Ebene anſtellte, folgende Grade:

bei einem	dummen und faulen 18jährigen Neger	$29\frac{11}{12}$
— —	faulen 18jährigen Neger	$29\frac{8}{12}$
— —	verſtändigen (intelligent) 18jähr. N.	$29\frac{4}{12}$
— —	verſtändigen und rührigen Neger	$29\frac{1}{12}$

In freier Sonne und in Hütten, wohin die Sonne nicht dringt, erhielt er folgende Reſultate:

bei einem unthätigen und faulen Neger in ſeiner Hütte	$29\frac{8}{12}$
in der Sonne	$32\frac{2}{12}$
bei einem rührigen Neger in der Sonne arbeitend	$31\frac{10}{12}$

Zum Vergleich der Wärme zwiſchen Negern und Negerinnen wird folgende Tabelle mitgetheilt:

Neger von 15 Jahren	$32\frac{3}{12}$
Negerin von 15 —	$31\frac{9}{12}$
Weißer von 20 —	$30\frac{3}{12}$
Neger von 20 —	$31\frac{2}{12}$
Negerin von 20 —	$31\frac{7}{12}$
Neger von 25 —	$31\frac{1}{12}$
Negerin von 25 —	$30\frac{11}{12}$
Neger von Koanda von 54 Jahren	$30\frac{1}{12}$
Weißer von 20 Jahren	$30\frac{3}{12}$

Es ſcheint hieraus hervorzugehen, daß bis zum 20ſten Jahre die Wärme der Negerinnen größer als die der Neger iſt; daß ſie aber nach dieſer Zeit geringer iſt, aber noch größer als die der Weißen.

Übrigens bedarf es keiner Erinnerung, daß eine ſo geringe Anzahl Beobachtungen keine ſicheren Reſultate begründen kann.

---

*) Die jedoch in Froriep's Notizen nicht enthalten ſind.

Berichtigungen.

Die zu dieſem Bande gehörigen Berichtigungen werden zu Ende des dritten Bandes folgen.

Fig. 1

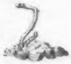

Fig. 2

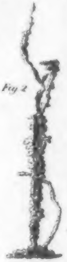

Fig. 3

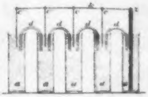
c
c
c
c
k
z
d
d
d
d
a
a
a
a

Fig. 4

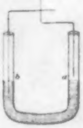

Fig. 5

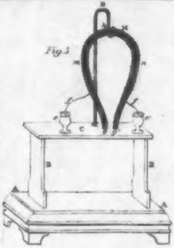
D
M
N
m
n
f
f
e
e
C
B
B
A

Fig. 6

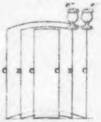

Fig. 6 bis

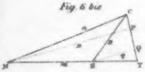

Fig. 8

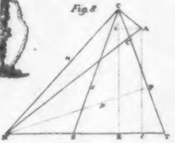

Fig. 7

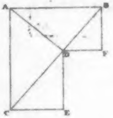

Fig. 9

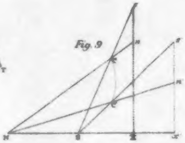

Fig. 10

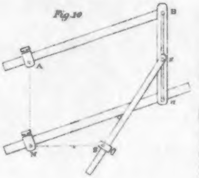

Fig. 12

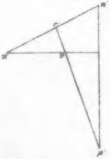

Fig. 14

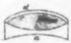

Fig. 15

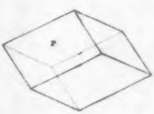

Fig. 16

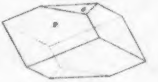

Fig. 11

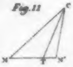

Fig. 13

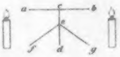

Univ. [illegible]
[illegible]

Fig. 17

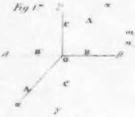
z
α
A
C
α
B
O
B
β
c
A
α
y

Fig. 18

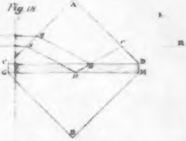
A
m
n
b
R
C
G
D
M
p
B

Fig. 19

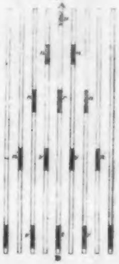

Fig. 20

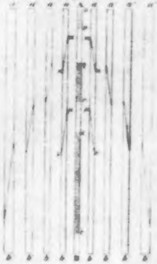

Fig. 21

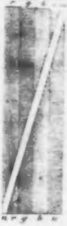

Fig. 22

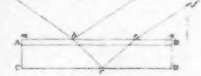
a
a
f
A
m
b
e
n
B
C
r
D

Fig. 23

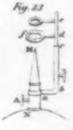

Fig. 24

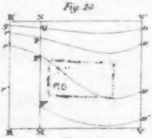
K
N
V
g
r
r
M
P
w
w
w
w
P.D.
R
M
V

Fig. 28

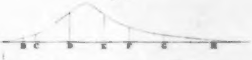

Fig. 29

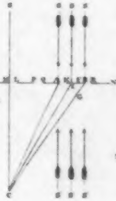
S
S S S
L P Q A K E B R
N
G
C
S S S

Fig. 30

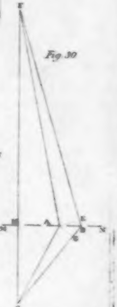

Fig. 31

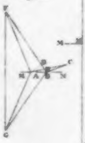

Fig. 25

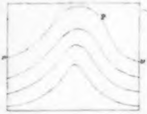

Fig. 26

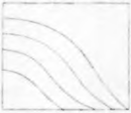

Fig. 27

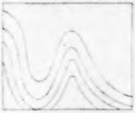

Fig. 32

U[illegible]
[illegible]an

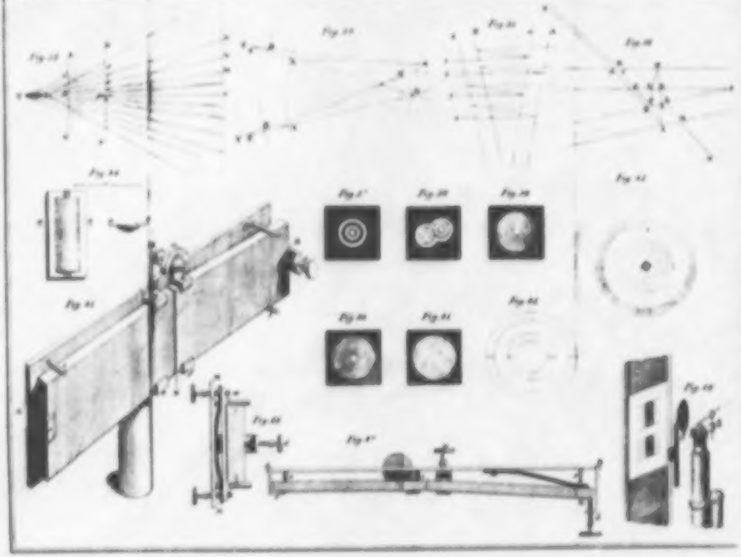

[illegible]

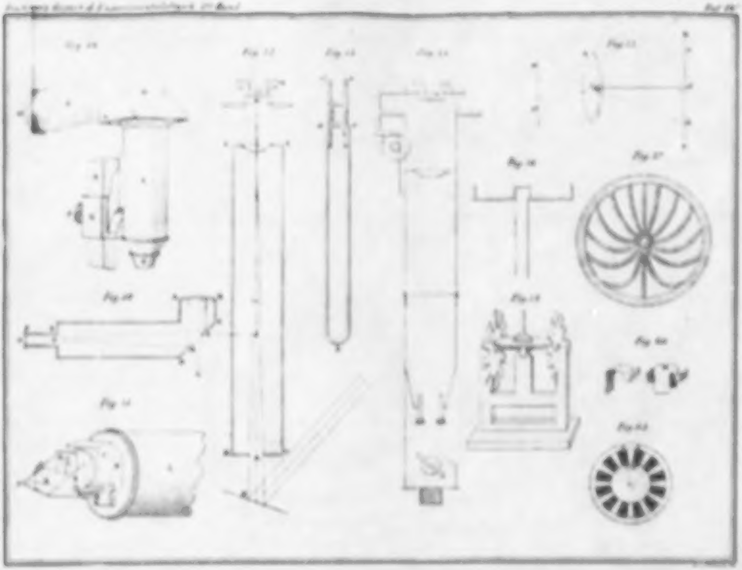

Univ. [illegible]
[illegible] ia

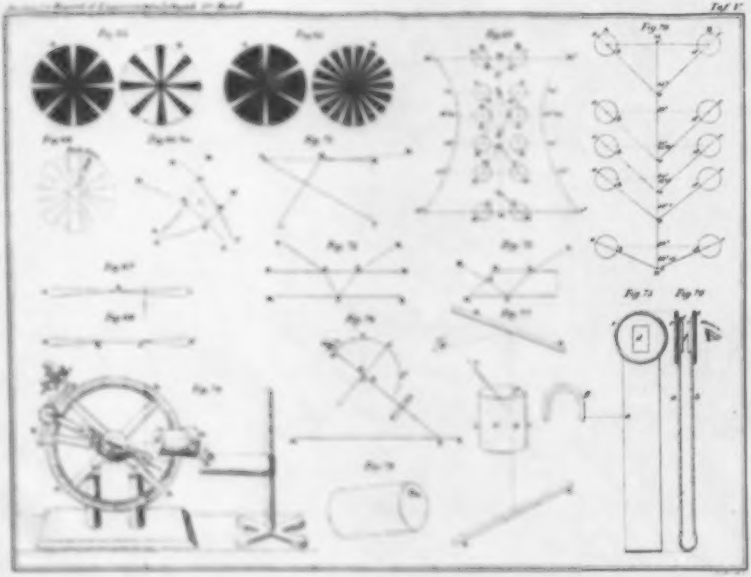
Fig 70
Fig 72
Fig 73
Fig 75
Fig 76
Fig 79

Univ [illegible]
[illegible] an

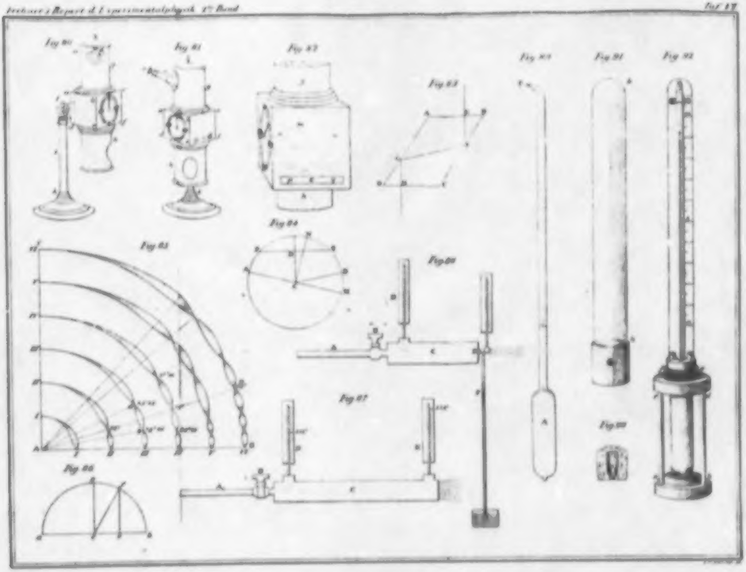
Fig. 80
Fig. 81
Fig. 82
Fig. 83
Fig. 89
Fig. 91
Fig. 92
Fig. 84
Fig. 85
Fig. 88
Fig. 87
Fig. 86
Fig. 90

Univ. [illegible]
[illegible]

Fig. 93

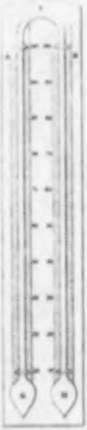

Fig. 97

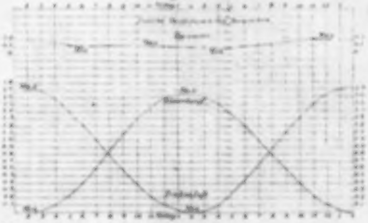

Fig. 96

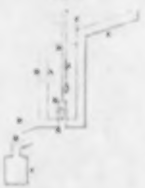

Fig. 94

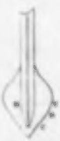

Fig. 98

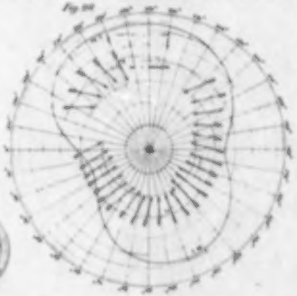

Fig. 99

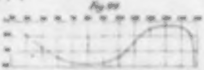

Fig. 100

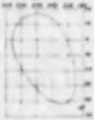

Fig. 101

Fig. 95

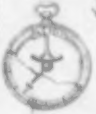

Fig. 102

Repertorium

der

Experimentalphyſik,

enthaltend

eine vollſtändige Zuſammenſtellung der neuern
Fortſchritte dieſer Wiſſenſchaft.

Als

Supplement

zu

neuern Lehr- und Wörterbüchern der Phyſik

von

Guſtav Theodor Fechner,

Doctor der Philoſophie und außerordentlichem Profeſſor zu Leipzig.

Dritter Band.

Leipzig, 1832.
Verlag von Leopold Voß.

Universitäts
München
Bibliothek

Inhaltsverzeichniß zum dritten Bande.

Zehnter Abſchnitt.

Allgemeine kosmiſche, telluriſche und meteorologiſche Verhältniſſe.

I. Vom Planetenraume.

Seite

Über die Dichtigkeit des Äthers im Planetenraume (Walz) . . . 1

Temperatur des Planetenraumes (Svanberg) 5

Reſultate einer Luftfahrt (Forſter) 5

II. Allgemeine Witterungsverhältniſſe.

Einfluß des Mondes auf die Witterung (Schübler, Flaugergues, ꝛc. 6

Einfluß der Erdbeben auf die meteorologiſchen Erſcheinungen (Hoffmann) 8

Vorherbeſtimmung der Witterung (Wiegmann, Schön, Schübler) 10

III. Vom Barometerſtande.

Barometerſtand im Niveau des Meeres unter verſchiedenen Breiten und Längen (Erman, Rieſe) 11

Mittler Barometerſtand im Niveau der Nord- und Oſtſee (Rieſe) 12

Gang der monatlichen mittlern Barometeränderungen (Buch, Dove) 13

Urſache der täglichen Barometerſchwankungen (Dove) . . . 14

Beſtimmungen über die täglichen Barometerſchwankungen nach den neuern Beobachtungen (Bouvard, Carlini, Kämtz) . 21

Mathematiſche Darſtellung des Ganges der täglichen Barometerveränderungen an einem Orte (Hallſtröm, Kämtz ꝛc.). . 26

Einfluß des Mondes auf die Barometerſchwankungen (Flaugergues, Schübler, Hallaſchka, Biber) . . . 27

Einfluß der Gewitter auf den Barometerſtand (Strehlke) . . 32

Fortſchritt eines ungewöhnlich erhöheten Luftdruckes (Meißner) . 33

Barometriſche Höhenmeſſung (Horner, Eſchmann, Gautier, Dove) 34

IV. Vom Winde.

Seite
Windverhältniſſe in Europa im Allgemeinen (Dove) 37
Jährliche Variation der mittlern Windrichtung in Deutſchland (Schübler) 39
Einfluß der Windrichtung auf den Druck der trockenen Luft und des atmoſphäriſchen Waſſerdampfes, ſo wie auf den ganzen Barometerſtand (Dove) 40
Formeln für die Abhängigkeit des Drucks der trockenen Luft, der Elaſticität des atmoſphäriſchen Waſſerdampfes und des Barometerſtandes von der Windesrichtung (Dove) 42
Einfluß des Mondes auf die Windesrichtung (Dove) 43

V. Hygrometriſcher Zuſtand der Luft.

Abhängigkeit des atmoſphäriſchen Feuchtigkeitszuſtandes von der Zeit und Höhe (Dove) 44

VI. Wäſſerige Niederſchläge aus der Atmoſphäre.

Regenmeſſer oder Hyetometer (Horner, Schrön, Adam) . . 46
Regenmenge in verſchiedenen Höhen (Ideler, Bugge) . . 48
Einfluß des Mondes auf die Menge der wäſſerigen Niederſchläge aus der Atmoſphäre (Schübler) 49
Hagel (Olmſted, Ideler) 56
Schnee (Quetelet) 61

VII. Über Variation der Kohlenſäure in der Atmoſphäre (Sauſſure) 61

VIII. Über atmoſphäriſche Elektricität und Gewitter.

Abhängigkeit der atmoſphäriſchen Elektricität von der Windesrichtung (Schübler) 74
Gewitterbildung (Dove) 78
Relative Häufigkeit der Gewitter in den einzelnen Monaten (Schmöger) 79

IX. Erdmagnetismus.

Methode, die Variationen der Inclination und Declination zu vergrößern und zu berechnen (Moſer) 80
Beſeitigung der Fehler beim Meſſen der magnetiſchen Neigung (Kupffer) 83
Noch einige andere Fehlerquellen bei Beſtimmung der magnetiſchen Neigung (Hanſteen) 85
Maß der Intenſität des Erdmagnetismus (Poiſſon, Moſer und Rieß) 86
Erdmagnetismus im Allgemeinen (Kupffer) 89
Geſtalt der iſogoniſchen, iſokliniſchen und iſodynamiſchen Linien im J. 1829 (Erman, Hanſteen) 90
Allgemeine Betrachtungen über die iſogoniſchen, iſokliniſchen und iſodynamiſchen Linien (Erman) 96

Seite
Veränderung in der Lage des magnetiſchen Äquators, und der magnetiſchen Pole (Duperrey ꝛc.) 97
Combinirte Betrachtung der Inclination und Declination (Legrand) 98
Zuſammenhang der iſodynamiſchen Linien mit dem Streichen von Erdſchichten (Necker) 99
Gang der täglichen Variation in der Declination auf der nördlichen Hemiſphäre (Humboldt ꝛc.) 100
Tägliche Variation der Declination unter den Tropen (Bouſſingault) 103
Zuſammenhang der täglichen Variation der Declination mit der Witterung (Farquharſon) 104
Gang der Variation der Declination für längere Perioden (Hanſteen) 104
Tägliche Veränderung der Inclination (Arago) 106
Veränderung der Inclination in längeren Perioden (Hanſteen, Humboldt) 107
Inclination in Tiefen unter der Erde (Humboldt) . . . 114
Gang der täglichen und jährlichen Änderung der horizontalen Intenſität (Moſer und Rieß, Reich) 114
Veränderung der Intenſität in längeren Perioden (Hanſteen) . 115
Abnahme der Intenſität mit der Höhe über der Erdoberfläche (Kupffer) 115
Einfluß der Nordlichter auf die Magnetnadel 116
Einfluß von Erdbeben auf die Magnetnadel (Erman) . . . 118

X. Atmoſphäriſche Lichterſcheinungen.

Zur Theorie des Regenbogens (Ringer) 119
Erklärung der Höfe und Ringe um leuchtende Körper (Moſer) . 122
Verſchiedene das Nordlicht betreffende Umſtände (Richardſon, Hanſteen, Farquharſon, Dove, Field) 124
Nordlicht vom 7. Januar 1831 125
Zuſammenhang des Nordlichtes mit Sternſchnuppen 126

XI. Temperaturverhältniſſe.

Veränderungen der urweltlichen Temperatur (Cuvier, Humboldt) 127
Gleichbleiben der mittlern Temperatur in längern Perioden (Libri) 128
Maximum und Minimum der täglichen Temperatur (Meermann) 128
Zeit der jährlichen mittlern Temperaturen und Temperaturextreme (Kämtz) 129
Methode, den Gang der Temperatur im Jahre zu berechnen (Kämtz) 130
Quellen- oder Bodentemperatur im Allgemeinen (Kupffer) . . 135
Gleichung für die Abhängigkeit der Quellentemperatur von der geographiſchen Breite (Kupffer, Brewſter) 136
Temperaturabnahme mit der Höhe (Guérin, Kupffer) . . 138
Temperatur im Innern der Erde 141
Temperatur des Meerwaſſers in verſchiedenen Tiefen (Lenz) . . 141
Bildung des Grundeiſes 143
Einfluß der Windesrichtung auf die mittlere Temperatur (Dove) . 144
Theorem in Bezug auf die iſothermiſchen Linien (Cauchy) . . 144

Literatur der kosmiſchen, phyſikaliſch-telluriſchen und meteorologiſchen Beobachtungen, die ſeit Anfang des Jahres 1829 erſchienen ſind.

I. Kosmiſche Verhältniſſe 146
II. Phyſikaliſche Geographie und Geologie 147
III. Allgemeine meteorologiſche Verhältniſſe 152
IV. Luftdruck (Barometer) 155
V. Hygrometeorologie 157
VI. Verſchiedene Beſtandtheile der Atmoſphäre 158
VII. Wind 159
VIII. Atmoſphäriſche und telluriſche Elektricität 159
IX. Erdmagnetismus 160
X. Atmoſphäriſche Lichterſcheinungen 162
XI. Temperaturverhältniſſe 164

Literatur neuerer Abhandlungen über Gegenſtände der mathematiſchen Phyſik und Mechanik 166

Verzeichniß der in- und ausländiſchen Schriften, welche ſeit 1829 über Phyſik, Mechanik und Meteorologie erſchienen ſind 208

Literatur der Abhandlungen, welche wegen zu ſpäten Erſcheinens in dieſer Lieferung des Repertoriums nicht haben aufgenommen werden können 217

Sachregiſter 227

Namenregiſter 243

Zehnter Abſchnitt.

Allgemeine kosmiſche, telluriſche und meteorologiſche Verhältniſſe.

I. Vom Planetenraume.

Über die Dichtigkeit des Äthers im Planetenraume, von Balz *).

Bekanntlich iſt die Verzögerung, welche der ſogenannte Encke'ſche Komet von kurzer Periode in ſeiner Bahn erfahren hat, von Encke ſelbſt einem Widerſtande des im Planetenraume vorhandenen Äthers beigemeſſen worden. Balz hat in einem andern Phänomen deſſelben Kometen bei ſeinem Erſcheinen im Jahre 1828 eine neue Veranlaſſung gefunden, die Exiſtenz eines ſolchen Äthers für wahrſcheinlich zu erklären. Dieſer Komet zeigte nämlich eine mit der Annäherung an die Sonne zunehmende Verkleinerung ſeines Volumens, welche Balz auf Rechnung des vermehrten Druckes ſchreibt, welchen die Maſſe des Kometen durch die in der Sonnennähe vermehrte Dichtigkeit des Äthers erfährt.

In der That, wenn man die Data zu Grunde legt, 1) daß die Dichtigkeit des Äthers in verſchiedenen Abſtänden von der Sonne ſich wie der Druck des Äthers multiplicirt mit der Schwerkraft in dieſem Abſtande verhalte; 2) daß die Schwerkraft ſich umgekehrt wie das Quadrat des Abſtandes verhält; 3) daß die Volumenänderungen des Kometen (der ſich als eine Art gasförmiger Maſſe von höchſt geringer Dichtigkeit ſcheint betrachten zu laſſen) im umgekehrten Verhältniß der Dichtigkeitsänderungen des Äthers ſtehen; 4) daß die Temperaturänderungen, welche der veränderte Abſtand des Kometen von der Sonne mit ſich bringt, auf ihn nicht in

---

*) Bibl. univ. 1830. Juin. p. 113; Oct. 125.

Rechnung gezogen zu werden brauchen; 5) daß kein Verluſt an Maſſe des Kometen Statt fand, und wenn man nach dieſen (zum Theil ſehr precären) Vorausſetzungen die Durchmeſſer berechnet *), welche der Komet in verſchiedenen Entfernungen von der Sonne zufolge ſeiner Dichtigkeitsänderungen erlangen mußte, ſo erhält man eine ſehr gute Übereinſtimmung der berechneten mit den beobachteten Werthen, wie aus folgender Zuſammenſtellung erhellt:

Epochen.	Radius vector; den mittlern Radius vector = 1 geſetzt.	Horizontalparallare.	Beobachteter ſcheinbarer Durchmeſſer.	Berechneter ſcheinbarer Durchmeſſer.	Wahrer Durchmeſſer in Erdradien.
Aphelium des Kometen	4,108	.	.	.	271,42
16. Sept. 1828	1,9708	7",83	.	16',68	129,98
18. Oct. —	1,5930	13 ,95	.	20 ,41	92,89
28. — —	1,4617	15 ,23	20' Balz	20 ,8	79,36
7. Nov. —	1,3217	16 ,66	18 Struve	18	64,82
30. — —	0,9668	17 ,96	9 dgl.	8 ,56	29,85
7. Dec. —	0,8473	18 ,12	6 dgl.	6	19,87
14. — —	0,7285	18 ,12	3,30 dgl.	3 ,25	11,30
24. — —	0,5419	17 ,12	1 Balz	0 ,53	3,10
Perihelium des Kometen	0,3454	.	.	.	0,165

(Die ſcheinbaren Durchmeſſer ſind durch Multiplication der wahren Durchmeſſer mit der Horizontalparallare gefunden).

---

*) Die Formel, zu der man geführt wird, iſt folgende: Es ſeien δ, δ', δ'' die den Abſtänden r, r', r'' von der Sonne entſprechenden Durchmeſſer des Kometen, ſo hat man:

$$\left(\frac{\delta'}{\delta}\right)^{3r\,(r'-r'')} = \left(\frac{\delta'}{\delta''}\right)^{3r''\,(r'-r)}$$

oder, für die Berechnung bequemer:

$$\log\delta = \log\delta' + \frac{r'-r}{r'-r''}\cdot\frac{r''}{r}\,\log\frac{\delta''}{\delta'}$$

Die letzte Formel, welche aus den in zwei verſchiedenen Abſtänden r', r'' beobachteten Durchmeſſern δ', δ'' des Kometen die bei den übrigen Abſtänden r Statt findenden δ zu berechnen dient, iſt vom Verfaſer zur Berechnung der Werthe in obiger Tabelle angewandt worden, indem er die Beobachtungen vom 7. Nov. und 7. Dec. zu Grunde legte, welches giebt, wenn man den mittlern Radius vector der Erde als Einheit ſetzt:

$$\log\delta = 2{,}77911 - \frac{1{,}21236}{r}$$

Zur Beſtimmung der Dichtigkeiten des Äthers für verſchiedene Entfernungen von der Sonne, wie ſie ſich durch dieſelbe Berechnungsweiſe nach den für den erwähnten Kometen gefundenen Datis ergeben, hat Balz folgende Tabelle beigefügt. Die dritte Spalte darin enthält die Durchmeſſer, die ein hypothetiſcher Komet, deſſen Volumen bei der mittlern Erdferne dem Volumen der Erde gleich wäre, in verſchiedenen Abſtänden von der Sonne haben würde, und die Dichtigkeiten des Äthers in denſelben Abſtänden ſind den Cuben dieſer Durchmeſſer umgekehrt proportional.

	Abſtände von der Sonne, in mittlern Erdfernen.	Durchmeſſer des hypothetiſchen Kometen in Erddurchmeſſern.
Perihelium des Merkur	0,3075	0,00186
Aphelium deſſelben	0,4667	0,04116
Venus.	0,7233	0,34368
Erde	1	1
Mars	1,5237	2,611
Ceres	2,7672	5,947
Jupiter	5,2028	9,538
Saturn	9,5388	12,173
Uranus	19,1833	14,102
Aphelium des Kometen von 76 Jahren	35,3318	15,073
Desgl. von 354 —	100	15,863
Desgl. von 11180 —	1000	16,266
Desgl. von 353553 —	10000	16,307
Desgl. von 11180210 —	100000, Parall. 2″	
	u. Unendliche	16,312

Es erhellt nach dieſer Tabelle, daß die Dichtigkeit des Äthers zwar in großer Nähe an der Sonne ſehr ſchnell mit der Nähe zunimmt, in großen Abſtänden dagegen nur ſehr langſam mit der Entfernung abnimmt, und ſich einer conſtanten Gränze immer mehr nähert, die ſie in ſehr großen Entfernungen merklich, und im Unendlichen völlig erreicht.

Andere Beſtätigungen ſeiner Anſicht und Rechnungsweiſe findet Balz in Beobachtungen, welche Hevelius über den Kometen von 1652, und Cyſat über den von 1618 aufgeführt hat; doch bemerkt er ſelbſt, daß die Beobachtungen von Hevelius nur bis zu gewiſſen Gränzen der Verkleinerung des Cometen mit der Rechnung merklich übereinſtimmen, dagegen dieſe Übereinſtimmung ſich bei den Durchmeſſern des Cometen von 4′ bis 5′ nicht mehr zeigt, wovon er den Grund in der Schwierigkeit der Schätzung ſo kleiner Durchmeſſer oder auch in einer eingetretenen Zuſtandesänderung des Cometen ſucht. Auch die Beobachtungen von Cyſat ſchließen ſich nicht

Über die Temperatur des Planetenraumes.

Fourier iſt durch ſeine Unterſuchungen über die Wärme zu der Annahme geführt worden, daß die Temperatur des Planetenraumes — 50° C. ſei, und es iſt bemerkenswerth, daß neuerdings Svanberg von ganz anderen Betrachtungen aus zu merklich demſelben Reſultate gelangt iſt. Er drückt die Temperatur der Atmoſphäre für beliebige Höhen mittelſt einer Formel aus, welche zwei Conſtanten enthält, deren eine, welche zugleich eine Function der Zeit iſt, ſtets durch die unmittelbare Beobachtung der entſprechenden Temperatur auf der Erdoberfläche gegeben iſt, während die andere, die ſich nicht mit der Zeit ändert, die Temperatur des Planetenraumes iſt **), die ſich ſonach beſtimmen laſſen wird, wenn man die Temperatur gleichzeitig an der Erdoberfläche und in einem Puncte von ſehr großer Höhe über der Erdoberfläche kennt. Bei zu Grundelegung des von Gay-Luſſac bei ſeiner Luftfahrt gefundenen Datums nun findet Svanberg nach ſeiner Formel für die Temperatur des Planetenraumes — 49°,85 C. Von einer andern Betrachtung ausgehend ***) ergibt ſich ihm 50°,35 C., welche beide Beſtimmungen, wie man ſieht, faſt ganz mit der von Fourier zuſammenfallen. Da übrigens die genaue Begründung der Formel und die danach geführte Berechnung bis jetzt nicht mitgetheilt iſt, ſo läßt ſich nicht angeben, wie viel Zutrauen man dieſen Beſtimmungen zu ſchenken hat.

Auch muß bemerkt werden, daß, wenn man von den mehrjährigen Beobachtungen über die Temperaturabnahme mit der Höhe, welche auf dem St. Bernhard angeſtellt worden ſind, ausgeht, ſich nach Valz †) nur — 45° C. für die Temperatur des Planetenraumes zu ergeben ſcheint; doch kann ein von der Temperatur der Luft eines Berges entlehntes Reſultat ſchwerlich auf die Temperatur der freien Atmoſphäre eine Anwendung finden.

Reſultate einer Luftfahrt ††).

T. Forſter ſtieg am 30. April 1831 bei 29,29 (engl.?) Zoll Bar. und 63° F. Temperatur zu Moulsham bei Chelmsford mit einem, mit Kohlenwaſſerſtoff gefüllten, Ballon bis über 6000 Fuß Höhe auf. Die ganze Luftfahrt dauerte nicht völlig eine Stunde. Reſultate, die uns unter den Beobachtungen, die er hiebei machte, intereſſiren können, ſind folgende:

---

*) Bibl. univ. 1830. Avril. p. 367.

**) Dieſe Formel iſt nicht mitgetheilt.

***) Von dem Datum Lambert's über die Abſorption, welche das Licht erfährt, welches vom Zenith einfallend die ganze Atmoſphäre durchläuft, und unter der Annahme, daß das Differenzial der Temperaturzunahme der Portion des abſorbirten Lichtes ſtets proportional iſt.

†) Bibl. univ. 1830. Juin. p. 127.

††) Bibl. univ. 1831. Août. p. 437.

1) Der Ballon drehete ſich bei ſeinem langſamen Aufſteigen in derſelben Richtung als die Erde und Planeten bei ihrer Umwälzung, d. h. von Rechts nach Links*); doch war dieſe Bewegung ſo ſanft, daß ſie nur durch Beobachtung der Gegenſtände auf der Erde merklich wurde. Beim Wiederherabſteigen oscillirte der Ballon in derſelben Richtung.

2) Der Ballon, der ſich bei einem ſchwachen und veränderlichen Winde erhoben hatte, wurde in einer gewiſſen Höhe, in faſt umgekehrter Richtung als er erſt gehabt, ſüdöſtlich getrieben, in größerer Höhe änderte der Luftſtrom wieder ſeine Richtung und in 6000 Fuß Höhe war die Luft ganz ſtill. Am andern Tage traten dieſe Luftſtröme in derſelben Folge, als Forſter in ſie gelangt war, auf der Erdoberfläche ein, ſo daß z. B. zuerſt der Südoſtwind erſchien, welcher Regen brachte. Überhaupt glaubt Forſter nach wiederholten Beobachtungen ſchließen zu dürfen, daß es ſich ſo mit den Luftſtrömen in den oberen Regionen der Atmoſphäre verhält.

3) Die Wolken, welche man mit dem Namen Cirro cumulus bezeichnet, befinden ſich oberhalb des Punctes, bis zu welchem Ballons gelangen können, indem ſie von der größten erreichbaren Höhe geſehen noch ebenſo hoch über den gewöhnlichen Wolken ſind, als ſie unten über der Erde zu ſein ſcheinen.

II. Allgemeine Witterungsverhältniſſe.

Über den Einfluß des Mondes auf die Witterung.

Wiewohl unter dem Volke der Glaube an einen Einfluß des Mondes auf die Witterung allgemein iſt, ſo konnte doch ohne Vergleichung zuverläſſiger Beobachtungen hierüber ſich kein ſicheres Urtheil über die Richtigkeit und Art dieſes Einfluſſes fällen laſſen. Nun haben zwar ſchon verſchiedene ältere Naturforſcher, wie Hanow, Toaldo, Pilgram, Lamark, Haberle einen Einfluß des Mondes auf unſere Atmoſphäre nachzuweiſen geſucht, indeß blieb doch dieſer Gegenſtand bis auf die neueſte Zeit ſehr zweifelhaft. Erſt jetzt ſcheint es durch die neueſten übereinſtimmenden Reſultate von Flaugergues, Hallaſchka und Siber über den Einfluß des Mondes auf die Barometerſchwankungen und die ſich hieran anſchließenden Reſultate Schübler's und einiger anderer über den Einfluß deſſelben auf die Menge wäſſeriger Niederſchläge aus der Atmoſphäre, heiterer und trüber Tage und mehrerer anderer Witterungsverhältniſſe außer Zweifel geſetzt zu ſein, daß der Mond wirklich auf dieſe Umſtände einen Einfluß äußere, wiewohl derſelbe verhältnißmäßig nicht ſehr ſtark iſt und

---

*) Unſtreitig vermöge einer zufälligen Richtung des anfänglichen Impulſes.
F.

nur durch ein Mittel ſo vieler Beobachtungen, daß ſich der viel wichtigere Einfluß anderer Urſachen, welche auf die Witterung von Einfluß ſind, darin merklich compenſirt, wahrnehmbar gemacht werden kann, daher auch der Stand oder die Phaſe des Mondes allein nur eine geringe Wahrſcheinlichkeit des Eintretens dieſer oder jener Witterung oder dieſes oder jenes Barometerſtandes bedingen kann.

So ereigneten ſich nach Schübler's Berechnung 28jähriger Beobachtungen auf 100 Tage des Zuſammentreffens der, die wäſſerigen Niederſchläge am meiſten begünſtigenden, Puncte des ſynodiſchen und anomaliſtiſchen Umlaufes 57 Mal Niederſchläge, und 43 Mal erfolgten dieſe nicht, und umgekehrt erfolgten beim Zuſammentreffen der, die Aufheiterung am Meiſten begünſtigenden, Verhältniſſe 64 bis 66 Mal keine Niederſchläge, während dennoch an dieſen Tagen 34 bis 36 Mal Niederſchläge erfolgten.

Man könnte daher auch noch in Zweifel ſein, ob dieſer in 28jährigen Beobachtungen ſichtbare Einfluß nicht doch durch ein Mittel aus noch mehreren Beobachtungen verſchwinden würde, wenn nicht die bemerkenswerthe Coincidenz der Reſultate der verſchiedenen Beobachter unter einander dieſen Einfluß vollgültig bewieſe. Es mögen in dieſer Hinſicht folgende, von Schübler *) mitgetheilte, Zuſammenſtellungen hier Platz finden:

Es verhält ſich die Zahl der Witterungsänderungen zur Zeit des Vollmondes zu der Zahl derſelben zur Zeit des letzten Viertels:

nach Gronau (100jährige Beobachtungen) = 100 : 83,7
nach Toaldo (50j. Beob.) = 100 : 86,2
nach Schübler (28j. Beob.) = 100 : 80,2
nach Flauguergues (20j. Beob.) = 100 : 79,2
Mittel = 100 : 82,3

Ferner verhält ſich die Zahl der Witterungsveränderungen zur Zeit der Syzygien zu der Zahl derſelben bei den Quadraturen

nach Gronau = 100 : 86,4
nach Toaldo = 100 : 84,9
nach Pilgram (25jähr. Beob.) = 100 : 90,9
nach Flauguergues = 100 : 88,2
nach Schübler = 100 : 92,2
Mittel = 100 : 88,5

Die nahe übereinſtimmung dieſer Reſultate iſt um ſo bemerkenswerther, da die Beobachtungen, auf denen ſie beruhen, in ſehr verſchiedenen Gegenden angeſtellt worden ſind. Eine nicht minder gute übereinſtimmung zeigen die, für den Einfluß des Mondes auf den Barometerſtand von verſchiedenen Beobachtern erhaltenen Reſultate, wie in dem vom Barometerſtande handelnden Kapitel näher angeführt werden wird.

Den größten Einfluß äußert nach übereinſtimmung der Unterſuchungen

---

*) Kaſtn. Arch. für Met. IV. 17. 162. ff.

von Flauguergues und Schübler die Stellung des Mondes in ſeinem ſynodiſchen Umlaufe; aber auch die Entfernung des Mondes von der Erde und die Declination deſſelben ſcheinen nicht ohne Einfluß darauf zu ſein.

Was die näheren Beſtimmungen dieſes Einfluſſes anlangt, ſo ſind allerdings noch länger fortgeſetzte und mehr Beobachtungsreihen erfoderlich, um etwas Genaues hierüber feſtzuſetzen, als bisher vorhanden oder in Rechnung gezogen ſind; indeß ergeben ſich doch ſchon aus Schübler's Berechnung 28jähriger Beobachtungen, und Flauguergues Berechnung 20jähriger Beobachtungen manche Puncte mit ziemlicher Zuverläſſigkeit, und in anderen Hinſichten ſind wenigſtens Andeutungen gewonnen, die der Prüfung durch fernere Beobachtungen vorliegen. Wir werden das in dieſer Hinſicht bis jetzt Gefundene in dem Kapitel vom Barometerſtande, den wäſſerigen Niederſchlägen und den Winden mittheilen.

Wovon der Einfluß des Mondes auf die Witterung abhänge, muß zur Zeit noch für unbekannt angeſehen werden. Nach den Berechnungen von Laplace und Bouvard ſcheint die Attraction des Mondes hiebei keinen in Betracht kommenden Einfluß äußern zu können, wie denn auch mehrere der von Schübler aufgefundenen Beſtimmungen, z. B. daß der Vollmond ſich ſtärker und beſtimmter auf die Atmoſphäre einwirkend zeigt, als der Neumond, und Anderes hieraus nicht erklärbar ſein würde; man möchte es daher für das Wahrſcheinlichſte halten, daß der Lichteinfluß des Mondes hiebei eine Rolle ſpielt, wenn gleich bei den faſt unmerklichen phyſikaliſchen Wirkungen, die wir vom Mondlichte kennen, dieſe Annahme ebenfalls bis jetzt mehr einer Erklärung bedürfen, als einer Erklärung ähnlich ſehen würde.

Vom Einfluſſe der Erdbeben auf die meteorologiſchen Erſcheinungen.

Die Annahme, daß die Erdbeben einen Einfluß beſonderer Art auf die Atmoſphäre äußern, der ſich durch ungewöhnliche Erſcheinungen in derſelben kund gebe, iſt wenigſtens unter dem Volke, und zwar ſelbſt in den Ländern, wo Erdbeben am häufigſten vorkommen, ziemlich allgemein. Es mußte daher intereſſant ſein, dieſe Annahme durch Vergleichung einer hinreichenden Anzahl beobachteter Erdbebenfälle genau zu prüfen. Dies iſt von Hoffmann*) geſchehen, welcher zu dieſem Zwecke das auf der Sternwarte zu Palermo geführte meteorologiſche Journal benutzte, in welchem vom J. 1792 bis 31. Sept. 1831 57 Erdbeben, die dort verſpürt wurden, nebſt den gleichzeitigen meteorologiſchen Zuſtänden aufgezeichnet ſind. Da dieſes Journal überhaupt regelmäßige Regiſter des Barometerſtandes und der übrigen meteorologiſchen Erſcheinungen enthält, ſo war es ſolchergeſtalt möglich, die zur Zeit der Erdbeben beobachteten Erſcheinungen mit denen,

saur

---

*) Pogg. XXIV. 49.

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01561/014

die ſonſt im Mittel in Palermo beobachtet werden, zu vergleichen, und zu ſehen, ob ſich jene wirklich ungewöhnlich verhalten.

Das Reſultat dieſer Vergleichung, zu der in der Originalabhandlung tabellariſche Belege vorliegen, iſt indeß ein negatives. Der Verfaſſer ſagt in dieſem Bezuge:

„Vergebens habe ich bei den zu Rathe gezogenen 57 genauer beobachteten Erdbebenfällen geſucht, irgend eine Witterungserſcheinung aufzufinden, welche ſich mit denſelben möglicherweiſe hätte in irgend eine wahrſcheinliche Verbindung können bringen laſſen. Die Erdſtöße erſcheinen hier bei heiterem oder bedecktem Himmel, bei kaltem oder heißem Wetter, vor oder nach Regen und mit oder ohne ihn. Ja ſelbſt die Stärke oder Richtung des Windes ſcheint vom Auftreten derſelben vollkommen unabhängig, und dies iſt zugleich auch die Meinung aller unterrichteten Perſonen, welche Gelegenheit hatten, in verſchiedenen Theilen der Inſel das Vorkommen von Erdſtößen zu beobachten. Zwar ſcheint dies zu Palermo bei vorübergehender erſter Anſicht der hier eben betrachteten Erdbebenfälle nicht ganz zuzutreffen, denn von 57 ſehen wir 17 bei Nordoſt und 15 bei Südweſtwind, mithin faſt die Hälfte von allen bei dieſen beiden angegeben, doch vermindert ſich das Auffallende dieſer Erſcheinung, wenn wir berückſichtigen, daß gerade dies auch, vermöge der Lage von Palermo, die Richtung des hier bereits äußerſt fühlbaren Wechſels von den wenigſtens ſechs Monate im Jahre hindurch wehenden Land- und Seewinden ſei, welche ſehr leicht in den niedrigeren Luftſchichten über die im Allgemeinen durchſtreifenden Winde die Oberhand gewinnen. Die letzteren insbeſondere ſind immer vorwaltend Nordoſt (ſ. Scinà Topografia di Palermo, p. 137), die erſtere theils Südweſt, theils weſtlich.“

Auch zum Barometerſtande ergab ſich aus der angeſtellten Vergleichung keine beſtimmte Beziehung der Erdbeben. Gewöhnlich glaubt man, daß die Erdbeben einen niedrigern Barometerſtand hervorriefen; allein die Vergleichung lehrte, daß die Barometerſtände ſich in 31 Fällen über dem (aus 34jährigen Barometerbeobachtungen zu Palermo geſchloſſenen) Mittel deſſelben Monats, in 24 Fällen darunter, und in zweien gerade auf demſelben befanden; von dem Mittelſtande des Jahres aber waren die Barometerſtände in 32 Fällen ins + und in 25 Fällen ins — abweichend. Es ſtand alſo das Barometer häufiger vielmehr über als unter dem Mittel. Was die Größe der Abweichungen vom Mittel anlangt, ſo erreichten dieſe bei den Erdbeben in den angegebenen 40 Jahren weder über noch unter dem Mittel jemals die Gränzen, welche in Mitteljahren ohne außerordentliche äußere Einflüſſe vorzukommen pflegen, ja ſie blieben in den meiſten Fällen noch immer anſehnlich und ſehr oft um mehr als die Hälfte des ganzen Werthes von dieſen Gränzen entfernt.

Vorherbeſtimmung der Witterung.

Wiegmann hat die Regel aufgeſtellt: am 40ſten Tage nach der Erſcheinung eines ſich zwiſchen dem 1. Nov. und 21. März zeigenden Höhenrauchs (ſtinkenden, trockenen Nebels) fällt ſtrenge Kälte ein *). Auch **Schön** erkannte durch Vergleichung mehrjähriger Beobachtungen in Würzburg dieſe Regel für zutreffend **), wenn ſie auf folgende Weiſe erweitert und modificirt wird:

Um den 40. Tag nach einem vom Monat September an (bis wenn?) ***) ſich zeigenden trockenen und höhenrauchartigen Nebel tritt eine merkliche Wetterveränderung ein. Belege dazu ſ. in ſeinen Abhandlungen. Derſelbe †) fand folgende Regeln gültig:

Wenn in der zweiten Hälfte des Octobers eiskalte Stürme, ſogenannte Gewitterſchauer, mit Regen, Schnee und Graupeln eintreffen, ſo deutet dieſes auf einen bald beginnenden ſtrengen Winter. Das Nichteintreffen jener Stürme läßt dagegen einen gelinden oder mittelmäßigen Winter vermuthen.

Wenn in einem Jahre die Differenz zwiſchen der mittlern Juli- und Auguſttemperatur gleich oder kleiner als die, ſich nach mehrjährigen Mitteln ergebende, iſt, ſo wird der folgende Winter nicht ſtreng ſein; iſt ſie aber größer und iſt zugleich die mittlere Octobertemperatur deſſelben Jahres niedriger als die ſich nach einem mehrjährigen Mittel ergebende Octobertemperatur, ſo folgt höchſt wahrſcheinlich ein ſtrenger Winter.

Die beiden letzteren Regeln hat **Schön** aus 22jährigen meteorologiſchen Beobachtungen zu Würzburg abgeleitet, und er ſetzt dieſelben an die Stelle einer andern, von einem Ungenannten in Nr. 94. vom 4. April 1830 des Correſpondenten von und für Deutſchland mitgetheilten Regel, die er nicht hinlänglich zutreffend fand.

Es wird hie und da angenommen, daß ſich aus der früheren Ankunft der Wandervögel, namentlich der Schwalben und Störche, auf bald eintretende günſtige Frühlingswitterung und überhaupt auf ein gutes Jahr ſchließen laſſe. Dreizehnjährige Beobachtungen **Schübler's** ††) zu Tübingen ſind jedoch dieſer Anſicht nicht günſtig. Ihre frühere oder ſpätere Ankunft ſcheint vielmehr mit den in den Gegenden ihres Winteraufenthaltes bereits eingetretenen Witterungsverhältniſſen in Beziehung zu ſtehen.

---

*) Kaſtn. Arch. X. 491; XV. 495; XVI. 54, 230.

**) Kaſtn. N. Arch. für Met. II. 382; IV. 385.

***) Die vom Verfaſſer in ſeinen Belegen zu dieſer Regel angeführten Nebel fallen in die Monate vom September bis Februar; alſo ſcheint er ebenfalls die Regel bis zu den Märznebeln auszudehnen.

†) Kaſtn. N. Arch. II. 385.

††) Ebend. IV. 395.

III. Vom Barometerſtande.

Über den Barometerſtand im Niveau des Meeres unter verſchiedenen Breiten und Längen.

Entgegen früheren, von **Muncke** (Gehler's Wörterb. I. 914) gezogenen, Folgerungen findet **Erman** d. J.*) durch Benutzung theils eigener, auf ſeiner Reiſe durch das aſiatiſche Rußland gemachter, theils mehrerer zuverläſſiger fremder Beobachtungen auf offenem Meere oder an Küſtenorten, folgendes Reſultat.

Der mittlere Luftdruck im Niveau des Meeres iſt gleichzeitig abhängig von der Länge und von der Breite des Beobachtungsortes, kann daher nicht als eine Function der Breite allein angeſehen werden. Auf demſelben Meridiane aber nimmt er nicht zu, ſondern vielmehr ab mit wachſender Breite.

In den Paſſatzonen (die hauptſächlich vom Verfaſſer in Bezug auf den Einfluß der Länge unterſucht wurden) findet ein Maximum des Luftdruckes unter den Azoriſchen Meridianen Statt, und von dort aus werden ſowohl gegen Oſten als gegen Weſten abnehmende Barometerſtände gefunden, bis man ein Minimum des Luftdruckes auf den kamſchatiſchen Meridianen erreicht. — Unter 40° nördlicher Breite ſcheint dieſelbe Ordnung der Meridiane in Bezug auf die Größe des Luftdruckes Statt zu finden.

Die Beobachtungen, die zu Gunſten dieſer Anſicht ſprechen, ſcheinen zahlreich genug, um dieſelbe als begründet erſcheinen zu laſſen, ſind aber doch noch zu vereinzelt, um leicht überſichtliche und direct vergleichbare Mittel zu gewähren; daher ich es vorziehe, hinſichtlich derſelben auf die Originalabhandlung zu verweiſen. Beſonders merkwürdig und ganz in Übereinſtimmung mit **Erman's** Anſichten iſt der ſo äußerſt niedrige Barometerſtand an der Weſtküſte von Kamſchatka, wo er (unter 52° bis 58° nördlicher Breite) nur zwiſchen 330 und 332 Par. Lin. beträgt.

Der in Biot I. 217 angegebene theoretiſche Grund für eine Abnahme des Barometerſtandes von den Polen nach dem Äquator zu kann deshalb kein Gewicht haben, weil, wenn gleich die Schwere der Luft von den Polen nach dem Äquator wirklich abnimmt, doch dies zugleich mit dem Queckſilber, welches den von jener Schwere abhängigen Druck mißt, der Fall iſt, was macht, daß eine verhältnißmäßig höhere Queckſilberſäule am Äquator, als an den Polen erfodert wird, um einem gleichen Drucke das Gleichgewicht zu halten.

Dagegen macht **Rieſe****) für die Annahme, daß der Barometerſtand vom Äquator nach den Polen zu abnehme, folgende indirecte Schlußfolge geltend, die ſonach zur Unterſtützung der **Erman**'ſchen Erörterungen dienen kann.

---

*) Pogg. XXIII. 121.

**) Pogg. XVIII. 127.

Wenn an ſich genommen der Druck der Luft am Äquator und an den Polen verſchieden wäre, ſo müßten unausweichlich Luftſtröme in horizontaler Richtung zwiſchen beiden Statt finden. Von dieſen, und beſonders ſolchen, welche eine Abnahme des Druckes nach dem Äquator hin zeigten, findet ſich jedoch nichts, oder höchſtens zwiſchen den Tropen einige Spuren *), weshalb man im Allgemeinen auf einen gleichen Druck der Luft an der ganzen Erdoberfläche ſchließen muß. Findet nun dieſe Gleichheit im Allgemeinen oder im Mittel Statt, ſo muß der mittlere Barometerſtand in demſelben Verhältniſſe von den Polen nach dem Äquator hin zunehmen, wie die Schwere abnimmt, weil offenbar die, derſelben Elaſticität das Gleichgewicht haltende, Queckſilberſäule ſo viel höher ſein muß, als die Schwere des Queckſilbers abnimmt. Dies als richtig vorausgeſetzt, ſo würde man den Barometerſtand unter dem Äquator zu dividiren haben durch 1 + dem, mit 0,00520053 multiplicirten, Quadrat des Sinus der Breite, um den Barometerſtand unter irgend einer Breite zu erhalten **).

Die Beobachtungen ſcheinen indeß größere, von der Breite abhängige, Unterſchiede zu ergeben, als daß ſie bloß durch dieſe Betrachtungen erklärlich und durch dieſe Regel repräſentirt würden (vgl. die **Erman**'ſche Abhandlung).

Über den mittlern Barometerſtand im Niveau der Nord- und Oſtſee.

Der auf 0° reducirte mittlere Barometerſtand unter ungefähr 54° 40′ nördlicher Breite ergab ſich:

im Niveau der Oſtſee = 336,987 Par. Lin.
im Niveau der Nordſee = 337,093 Par. Lin.

Dies Reſultat findet **Rieſe** ***) durch Erörterung nachfolgender Beobachtungen: vom Profeſſor **Strehlke** im Jahre 1827 und 1828 in

---

*) Für mehr als bloße Spuren eines ſolchen allgemeinen Luftſtromes kann man nach **Rieſe** den von Polarſtrömen abgeleiteten allgemeinen Oſtwind zwiſchen den Tropen nicht halten, da außerdem ſolche Polarſtröme gar nicht oder doch nur an ganz einzelnen Stellen factiſch nachgewieſen ſind, und zur Bewirkung jenes Oſtwindes die Luftſtröme von ziemlich niedern Breiten ausgehen können, welches um ſo wahrſcheinlicher wird, als bekanntlich in dem atlantiſchen und ſtillen Ocean unter mittleren und etwas nördlichen Breiten die weſtlichen, und im weſtlichen Europa die ſüdweſtlichen Winde, welche ſämmtlich auf Ströme vom Äquator deuten, folglich jenen Strömen von den Polen entgegenſtehen, vorherrſchen.

) Es ſei B der mittlere Barometerſtand unter dem Äquator, b der unter der Breite φ, k ein conſtanter Coefficient, nach **Laplace = 0,00569031, nach **Muncke** = 0,0051000; nach **Schmidt** = 0,00520053; ſo hat man:

$$b = \frac{B}{1 + k \sin. \varphi^2}$$

***) Pogg. XVIII. 130.

Danzig; unter Beſſel's Leitung in denſelben Jahren in Königsberg; vom Pfarrer Sommer 1815 bis 1822 ebendaſelbſt; vom Dr. Neuber 1823 bis 1827 zu Arenrode (im Herzogthum Schleswig) angeſtellt.

Gang der monatlichen mittleren Barometerveränderungen, von Leopold von Buch *).

Das für höhere Breiten wenigſtens zum Theil geltende Reſultat, daß die mittleren monatlichen Barometerhöhen daſelbſt vom Winter zum Sommer zunehmen, iſt nicht allgemein; vielmehr hat Leopold von Buch durch Vergleichung vieler Beobachtungen unter verſchiedenen Breiten gefunden, daß es in jeder Halbkugel eine Zone giebt, welche er die ſubtropiſche Zone nennt **), in der umgekehrt die mittleren Barometerhöhen der einzelnen Monate vom Winter gegen den Sommer abnehmen, und zwar ſehr regelmäßig, und um ſo mehr, je weiter ſie ſich (innerhalb dieſer Zone) vom Äquator entfernen, was mit der Natur der in dieſer Zone je nach den Jahreszeiten herrſchenden Winde zuſammenzuhängen ſcheint, worüber Buch mehrere Erörterungen beifügt.

Die Gränzen der ſubtropiſchen Zonen gegen den Äquator hin werden nach Buch durch die Gränzen der tropiſchen Regen beſtimmt, die Gränzen gegen die Pole durch die Gränzen, von wo an keine regelmäßige Veränderung der monatlichen mittleren Barometerſtände mehr Statt findet. Geographiſch beſtimmt Buch dieſe Gränzen folgendermaßen: in der nördlichen Halbkugel fällt die ſüdliche Gränze der ſubtropiſchen Zone etwas nördlich von den Capverdiſchen Inſeln, ungefähr auf den 20. Grad der Breite; im Innern von Africa noch etwas ſüdlicher; die nördliche Gränze iſt über Cairo zu ſetzen, doch nicht ganz bis Algier, daher in den 32. Grad der Breite. In der ſüdlichen Halbkugel geht dieſe Gränze noch weiter gegen den Pol, doch wie es ſcheint nicht viel weiter als 33°.

Buch führt in einer Tabelle die monatlichen Mittel von 19 Orten auf, von welchen folgende in die ſubtropiſchen Zonen gehören, inſofern bei ihnen die monatlichen Mittel regelmäßig vom Winter zum Sommer abnehmen:

Havannah	(23° 8′ N. B.);
Natchez Miſſiſippi	(31° 20′ N. B.);
Seringapatam . .	(12° 20′ N. B.);
Bangalore . . .	(12° 55′ N. B.);
Madras	(13° 5′ N. B.);
Calcutta	(22° 40′ N. B.);
Benares	(25° 18′ N. B.);
Khatmandu . . .	(27° 42′ N. B);
Macao	(22° 50′ N. B.);
Cairo	(30° 2′ N. B.).

---

*) Pogg. XV. 236.

**) In der nördlichen Hemiſphäre wird dieſe gewiſſermaßen dadurch charakteriſirt, daß in ihr vorzugsweiſe der Dattelbaum gedeiht.

Über die ſubtropiſche Zone hinaus findet dieſer Gang nicht weiter Statt, ſondern iſt, gleichſam in ſcharfem Abſchnitt, verſchwunden. Schon in Palermo (38° 5′ N. B.), Cadix, Mafra finden die tiefſten mittleren Höhen nicht mehr im Sommer Statt, noch weniger an Orten von höherer geographiſcher Breite.

Noch allgemeinere Reſultate in Bezug auf den Gang der monatlichen Barometeränderungen unter verſchiedenen Breiten ſtellt Dove*), mit Benutzung der vorſtehenden Unterſuchungen Buch's auf, nämlich folgende:

1) In der heißen Zone ſinkt das Barometer von den kälteren Monaten nach den wärmeren hin und ſteigt mit abnehmender Wärme. Der Unterſchied des höchſten und niedrigſten barometriſchen monatlichen Mittels iſt an den Wendekreiſen größer als am Äquator. Er nimmt ab mit der Höhe über das Meeresniveau.

2) In der gemäßigten Zone ſteht das Barometer in den Frühlingsmonaten tiefer als im Sommer. Der Unterſchied des höchſten und niedrigſten Mittels nimmt zu mit der Höhe über dem Meeresniveau.

3) In der kalten Zone findet gerade das Umgekehrte Statt. Der höchſte Barometerſtand findet ſich im Frühling, der tiefſte in den entſchiedenen Sommermonaten.

Für die heiße Zone bringt Dove als Beiſpiel die Berechnung 8jähriger Beobachtungen zu Calcutta (22° 40′ N. B.) bei; für die gemäßigte Zone verweiſt er auf die zahlreichen Beiſpiele in Schön's Witterungskunde, und für die kalte Zone werden die Beobachtungen von Parry und Scoresby mitgetheilt und mit Prager Beobachtungen verglichen. Für die Abnahme der Differenz des Maximums und Minimums der monatlichen Mittel nach der Höhe in der heißen Zone werden Beobachtungen zu Benares und Khatmandu verglichen, und für die Zunahme dieſer Differenz mit der Höhe in der gemäßigten Zone Beobachtungen zu Genf und auf dem St. Bernhard.

Dove ſetzt dieſe Umſtände mit den Einflüſſen in Beziehung, welche herrſchende Windesrichtung und Druck des Waſſerdampfes in der Luft in den verſchiedenen Klimaten auf den Barometerſtand äußern müſſen. Unſtreitig iſt indeß die Vergleichung von noch mehr Beobachtungsreihen nöthig, als bis jetzt in dieſer Beziehung unterſucht worden ſind, um dieſe Beziehungen mit Schärfe und Sicherheit feſtſetzen zu können. (Vergl. die für den Einfluß des Windes auf den Barometerſtand gefundenen Reſultate unter IV.)

Über die Urſache der täglichen Barometerſchwankungen, von Dove**).

Da die trockene Luft und die mit ihr vermiſchten Waſſerdämpfe gemeinſchaftlich auf das Barometer drücken, die in ihm gehobene Queckſilberſäule alſo aus zwei Theilen beſteht, deren einer durch die trockene Luft, der andere durch die Waſſerdämpfe getragen wird, ſo erhellt leicht, daß, da mit ſteigender Wärme ſich die Dichtigkeit der Luft mindert, während die Verdampfung ſteigt, die täglichen Barometerveränderungen mit dem täglichen Temperaturwechſel nicht in einem leicht überſichtlichen Zuſammenhange ſtehen werden. So lange wir nämlich nicht das quantitative Verhältniß beider, gleichzeitig in entgegengeſetztem Sinne Statt findender, Veränderungen kennen, läßt ſich nicht einmal beſtimmen, ob der Geſammtdruck mit einem Wachſen der Wärme zu- oder abnehmen wird, ob nicht vielleicht in einem Theile des Tages das Übergewicht auf Seiten der einen Veränderung iſt, den übrigen Theil des Tages auf Seiten der andern. Es iſt daher klar, daß nur durch das gleichzeitige Beobachten des Barometers und Hygrometers ein Verſtändniß der täglichen Veränderungen zu erwarten iſt.

---

*) Pogg. XXIV. [illegible]

**) Pogg. XXII. [illegible], [illegible]; vgl. auch XXIV. [illegible]

Mit Rückſicht auf dieſe Betrachtungen hat Dove in einer ſehr wichtigen Abhandlung die Trennung des Ganges, den der Druck der trockenen Luft und den der Druck des in der Atmoſphäre vorhandenen Waſſerdampfes zeigt, verſucht, hiebei die Beobachtungen zu Grunde legend, welche Dr. Reuber in Apenrade vom Juni 1824 bis (incl.) Mai 1825 angeſtellt und im erſten Bande der Collectanea meteorologica sub auspiciis societatis scientiarum Danicae edita bekannt gemacht hat. Das Barometer und das Daniell'ſche Hygrometer wurden hiebei täglich 10 Mal, nämlich um 7, 9, 11, 12, 1, 3, 5, 7, 9 und 11 Uhr beobachtet.

Das Reſultat dieſer Sonderung iſt ſehr überraſchend und enthält eine bedeutende Aufklärung über dieſen ganzen Gegenſtand. Man findet durch nähere Betrachtung der unten mitzutheilenden Reſultate jener Beobachtungen und namentlich, wenn man ihren Gang durch Formeln darſtellt, welche ihn leicht zu überſehen erlauben:

> „Daß der Druck der trockenen Luft und der des Dampfes in der Atmoſphäre einen entgegengeſetzten Gang befolgen, in der Art, daß das Maximum des einen nahe *) mit dem Minimum des andern zuſammenfällt; daß ſonach die täglichen Veränderungen, die das Barometer anzeigt, eigentlich bloß die Unterſchiede zweier viel bedeutenderer, vom Winter nach dem Sommer ſehr raſch zunehmender, Veränderungen ſind **), und daß die zwölfſtündige Periode der barometriſchen Verän-

---

*) In den Sommermonaten bis auf eine Differenz von 3 Minuten Zeit, zufolge der Berechnung nach den weiterhin zu gebenden Formeln. Auch im Mittel des ganzen Jahres fällt das Maximum des Dampfdruckes mit dem Minimum des Druckes der trockenen Luft auf dieſelbe Stunde (2 Uhr Nachmittags), das Minimum des Dampfdruckes jedoch etwas ſpäter (3 Uhr Morgens) als das Maximum des Druckes der trockenen Luft (welches um 1 Uhr Morgens fällt).

**) Es beträgt nämlich, wie man aus den weiterhin folgenden Datis ſieht, im jährlichen Mittel die tägliche Variation des Dampfdruckes 0,820 Linien, des Druckes der trockenen Luft 0,854 Linien, des barometriſchen Druckes aber, der derungen ein zuſammengeſetztes Reſultat iſt, welches durch das gleichzeitige Stattfinden dieſer zwei beſonderen Veränderungen, deren jede eine 24ſtündige Periode befolgt, bewirkt wird."

Drücken wir daher den Gang der täglichen Änderungen der Elaſticität des Waſſerdampfes und des Druckes der trockenen Luft durch eine Curve aus, ſo erſcheinen beide einfach gekrümmt, nur kehren ſie ihre convexen Scheitel nach entgegengeſetzten Seiten. Recht anſchaulich wird überhaupt das ganze Größenverhältniß der einzelnen Veränderungen und die Art ihrer Aufeinanderfolge werden, wenn man die graphiſche Verzeichnung in Fig. 97. betrachtet, worin Dove für die drei Sommermonate den Gang des Dampfdruckes, des Druckes der trockenen Luft und des barometriſchen Druckes in ihrer wechſelſeitigen Beziehung dargeſtellt hat *); auch wird folgende, für das Mittel des ganzen Jahres geltende, überſicht der Maxima und Minima und ihrer Zeiten zur Erläuterung dienen können, wobei die Zahlen den Druck in Pariſer Linien angeben.

Waſſerdampf	Maximum	4,188,	2 Uhr Nachmittags,
	Minimum	3,368,	3 Uhr Morgens,
	Oscillation	0,820	
Trockene Luft	Maximum	332,803,	1 Uhr Morgens,
	Minimum	331,949,	2 Uhr Nachmittags,
	Oscillation	0,854	
Barometer **)	1ſtes Maximum	336,211	10 Uhr Morgens,
	1ſtes Minimum	336,194	4 Uhr Nachmittags,
	Oscillation	0,017	
	2tes Maximum	336,231	10 Uhr Abends,
	2tes Minimum	336,127	4 Uhr Morgens,
	Oscillation	0,104	

Es knüpft ſich an dieſes Entſprechen der beiden geſonderten Veränderungen des Dampfdruckes und Druckes der trockenen Luft nach entgegengeſetzter Richtung folgende wichtige Betrachtung an:

Da wir von der Elaſticität des Waſſerdampfes wiſſen, daß ihre Steigerung durch keine andere phyſikaliſche Urſache bewirkt werden kann, als durch die mit der Temperatur zunehmende Verdampfung, die Verdünnung der trockenen Luft aber zufolge des Vorſtehenden immer gleichzeitig mit der vermehrten Elaſticität des Waſſerdampfes zunimmt, ſo muß dieſe nothwen-

---

beide zugleich anzeigt, in der erſten täglichen Periode bloß 0,017, in der zweiten 0,104 Linien. Im Sommer iſt der Unterſchied noch größer, wie dies auch direct aus der graphiſchen Verzeichnung Fig. 97. (vorig. Bd.) zu erſehen iſt.

*) Die rechts und links beiſtehenden Zahlen 0.1; 0.2 u. ſ. w. drücken den Stand des Druckes um 0,1 Linien, 0,2 Linien u. ſ. ſ. über dem Minimumſtande aus.

**) Welches das zuſammengeſetzte Reſultat beider Drucke giebt.

dig durch dieſelbe Urſache bedingt werden als jene. Die täglichen Oscillationen des Barometers, welches beide Veränderungen zugleich angiebt, entſtehen alſo durch die täglichen Veränderungen der Temperatur.

Die tägliche Oscillation des Druckes der trockenen Luft iſt, wie man aus der vorigen Überſicht erſieht, im Allgemeinen größer als die des Dampfdruckes, und bloß dieſer Überſchuß bewirkt die tägliche barometriſche Oscillation, vermöge deren mit zunehmender Tageswärme das Barometer fällt. Wenn aber irgendwo ein unverhältnißmäßiges Steigen der Elaſticität des Waſſerdampfes Statt fände, ſo daß beide Veränderungen einander gleich würden, ſo würden die täglichen barometriſchen Veränderungen verſchwinden. Dieſe Bedingung ſcheint, bei der täglichen Abwechſelung der Land- und Seewinde, bei dem Beginnen und Ende des Südweſt-Mouſſon gegeben zu ſein, und hieraus würde ſich dann die bisher unerklärte Erſcheinung des Wegfallens der täglichen Veränderung in Indien, zu beſtimmten Zeiten des Jahres, ſehr natürlich ergeben. Da außerdem die Maxima und Minima des barometriſchen Druckes nur durch das ungleichmäßige Zu- und Abnehmen zweier gleichzeitiger Veränderungen entſtehen, ſo ſieht man leicht ein, warum dieſe an verſchiedenen Orten zu ziemlich verſchiedenen Zeiten ſich zeigen. Locale Bedingungen, welche das Verhältniß der Feuchtigkeit modificiren, müſſen, ſo gering ſie ſind, hier von Einfluß ſein.

Ich will, nachdem ich die Reſultate der Unterſuchungen Dove's in möglichſter Überſichtlichkeit mitgetheilt habe, nun auch noch die Data ſelbſt folgen laſſen, aus denen ſie gezogen ſind, nebſt den Formeln, die zu ihrer Verknüpfung gedient haben. Bei den Beobachtungen beſchränke ich mich darauf, ſie für die 4 Jahreszeiten zuſammengezogen mitzutheilen *); der Druck iſt in Pariſer Linien Queckſilberhöhe ausgedrückt.

Waſſerdampf.

Stunde.	Sommer.	Herbſt.	Winter.	Frühling.	Jahr.
7	5‴,225	3‴,772	2‴,500	2‴,883	3‴,570
9	5 ,641	4 ,133	2 ,511	3 ,141	3 ,828
11	6 ,024	4 ,402	2 ,613	3 ,299	4 ,042
Mittag 12	6 ,148	4 ,470	2 ,669	3 ,355	4 ,133
1	6 ,216	4 ,515	2 ,691	3 ,401	4 ,177
3	6 ,170	4 ,515	2 ,680	3 ,366	4 ,155
5	5 ,956	4 ,335	2 ,578	3 ,243	3 ,997
7	5 ,562	4 ,099	2 ,511	3 ,051	3 ,754
9	5 ,160	3 ,952	2 ,488	2 ,939	3 ,582
11	4 ,785	3 ,828	2 ,488	2 ,803	3 ,468

---

*) Im Original ſind ſie auch für die einzelnen Monate angeführt, ſo wie ſie auch daſelbſt mittelſt nachſtehender Formeln für alle Stunden berechnet ſind, worüber ich auf das Original verweiſe.

Trockene Luft.

Stunde.	Sommer.	Herbſt.	Winter.	Frühling.	Jahr.
7	330‴,983	330‴,333	333‴,816	334‴,998	332‴,584
9	330 ,588	330 ,085	333 ,874	334 ,748	332 ,378
11	330 ,194	329 ,881	333 ,790	334 ,577	332 ,178
Mittag 12	330 ,080	329 ,791	333 ,696	334 ,497	332 ,069
1	329 ,998	329 ,703	333 ,598	334 ,412	331 ,931
3	330 ,022	329 ,616	333 ,561	334 ,393	331 ,951
5	330 ,245	329 ,816	333 ,716	334 ,506	332 ,125
7	330 ,667	330 ,090	333 ,832	334 ,791	332 ,392
9	331 ,082	330 ,131	333 ,914	335 ,007	332 ,613
11	331 ,520	330 ,226	333 ,963	335 ,235	332 ,769

Barometer.

Stunde.	Sommer.	Herbſt.	Winter.	Frühling.	Jahr.
7	336‴,208	334‴,105	336‴,316	337‴,881	336‴,154
9	336 ,229	334 ,218	336 ,385	337 ,889	336 ,206
11	336 ,218	334 ,283	336 ,403	337 ,876	336 ,220
Mittag 12	336 ,228	334 ,261	336 ,365	337 ,852	336 ,202
1	336 ,214	334 ,218	336 ,289	337 ,813	336 ,158
3	336 ,192	334 ,131	336 ,241	337 ,759	336 ,106
5	336 ,201	334 ,151	336 ,294	337 ,749	336 ,122
7	336 ,229	334 ,189	336 ,343	337 ,842	336 ,176
9	336 ,242	334 ,083	336 ,402	337 ,946	336 ,195
11	336 ,305	334 ,054	336 ,451	338 ,038	336 ,237

Die daraus durch die Methode der kleinſten Quadrate abgeleiteten Formeln ſind folgende, worin e die Elaſticität des Waſſerdampfes bezeichnet, p den Druck der trockenen Luft, B den Stand des ganzen Barometers, x den von 7 Uhr Morgens an gezählten Stundenwinkel *).

---

*) Im Original ſind nach dieſen Formeln Tabellen berechnet.

Jahr $e^{(x)} = 3''',732 + 0''',4086 \sin(x - 14^\circ 15') + 0''',0522 \sin(2x + 266^\circ 5')$

Sommer $e^{(x)} = 5''',3965 + 0''',8296 \sin(u - 12^\circ 18') + 0''',0079 \sin(2x - 15^\circ 12')$

Herbſt $e^{(x)} = 4''',0389 + 0''',4549 \sin(x - 20^\circ 57') + 0''',0902 \sin(2x - 66^\circ 52')$

Winter $e^{(x)} = 2''',5544 + 0''',0714 \sin(x - 7^\circ 45') - 0''',0641 \sin(2x + 241^\circ 58')$

Frühling $e^{(x)} = 3''',0194 + 0''',3586 \sin(x - 14^\circ 31') + 0''',0445 \sin(2x - 55^\circ 21')$

Jahr $p^{(x)} = 332''',4576 + 0''',4220 \sin(x + 166^\circ 12') + 0''',0713 \sin(2x + 38^\circ 44')$

Sommer $p^{(x)} = 330''',8395 + 0''',8689 \sin(x + 168^\circ 25') + 0''',0176 \sin(2x - 66^\circ 57')$

Herbſt $p^{(x)} = 330''',0632 + 0''',3159 \sin(x + 154^\circ 6') + 0''',1169 \sin(2x + 72^\circ 1')$

Winter $p^{(x)} = 333''',7832 + 0''',0968 \sin(x + 180^\circ 27') + 0''',1219 \sin(2x + 26^\circ 45')$

Frühling $p^{(x)} = 334''',8706 + 0''',4663 \sin(x + 166^\circ 6') + 0''',0801 \sin(2x + 8^\circ 6')$

Jahr $B^{(x)} = 336''',1696 + 0''',0138 \sin(x + 22') + 0''',0526 \sin(2x - 8^\circ 10')$

Sommer $B^{(x)} = 336''',236 + 0''',0407 \sin(x + 5^\circ 11') + 0''',0201 \sin(2x - 46^\circ 12')$

Herbſt $B^{(x)} = 334''',1059 + 0''',1433 \sin(x + 8^\circ 55') + 0''',0769 \sin(2x + 21^\circ 32')$

Winter $B^{(x)} = 336''',3976 + 0''',0281 \sin(x + 201^\circ 31') + 0''',0787 \sin(2x - 1^\circ 15')$

Frühling $B^{(x)} = 337''',89 + 0''',1078 \sin(x + 101^\circ 51') + 0''',0639 \sin(2x - 30^\circ 29')$

Dove macht in Bezug auf dieſe Formeln noch folgende ſehr erhebliche Bemerkungen: Betrachten wir nach denſelben den Ausdruck der täglichen Veränderung da, wo ſie am entſchiedenſten hervortritt, nämlich im **Sommer**, ſo zeigt die unbedeutende Größe der Coefficienten $0''',0079$ und $0''',0176$, daß wir eine bedeutende Annäherung erhalten werden, wenn wir die damit multiplicirten Glieder vernachläſſigen. Es wird dann:

$$e^{(x)} = 5''',3965 + 0''',8296 \sin(x - 12^\circ 18')$$

$$p^{(x)} = 330''',8395 - 0''',8689 \sin(x - 11^\circ 35')$$

Die täglichen Veränderungen des Druckes der trockenen Luft ſowohl als die der Elaſticität des Waſſerdampfes, ſind alſo nahe (bei dem Waſſerdampfe beträgt die größte Abweichung der nach dieſer Formel berechneten Werthe von den beobachteten Werthen 0''',02, bei der trockenen Luft 0''',03) proportional dem Sinus des Stundenwinkels, von den Extremen an gerechnet. Dieſe Extreme fallen angegebenermaßen bis auf einen Unterſchied von 3 Minuten Zeit zuſammen, das Maximum des einen mit dem Minimum des andern. Weil aber mit ſteigender Wärme die Elaſticität des Waſſerdampfes nicht ſo ſtark zunimmt, als der Druck der trockenen Luft abnimmt (der Coefficient 0''',8689 iſt etwas größer als 0''',8296), ſo fällt das Barometer mit ſteigender Wärme.

Dieſe Symmetrie des Steigens und Fallens findet indeß doch nur mit angenäherter Vollkommenheit Statt. Da ſelbſt die Temperatur nicht in der einen Hälfte des Tages in denſelbem Verhältniſſe ſteigt, als ſie in der andern fällt, da die dynamiſchen Urſachen einen, wenn auch geringen, Einfluß auf den Druck der Luft haben, ſo wird das zweite Glied nöthig, jene Modificationen auszudrücken. Doch bleibt dies immer, verglichen mit dem erſten, klein, ſo daß die Formel nur Ein Maximum und Minimum giebt. Nur im Winter findet dies bei den betrachteten Beobachtungen nicht Statt, was nach Dove offenbar daher kommt, daß die Verdampfung mit dem Feuchtigkeitsverhältniſſe der Winde zuſammenhängt, deren Unregelmäßigkeit nicht durch einjährige Beobachtungen ausgeglichen worden iſt. Denn eine Zunahme der Elaſticität des Waſſerdampfes in der Nacht kann nur durch plötzliches Eintreten ſüdlicher Winde entſtehen, wovon wir in nördlichen Gegenden häufig Beiſpiele haben, welche aber bei längeren Beobachtungen ihren ſtörenden Einfluß verlieren werden.

Beſtimmungen über die täglichen Barometerſchwankungen nach den neueren Beobachtungen.

Über die täglichen Variationen des Barometers ſind neuerdings mehrere nicht unwichtige Unterſuchungen erſchienen, deren Reſultate wir im Folgenden mittheilen werden. Abgeſehen von der im Vorigen ſchon benutzten Abhandlung Dove's ſind hieher namentlich zu rechnen:

1) Eine Arbeit von Bouvard in Schweigg. LIX. 135. Dieſer hat durch Anwendung der mathematiſchen Verfahrungsart, die wir nach dieſem Artikel folgen laſſen werden, auf alle Beobachtungen, welche er erhalten konnte, ſowohl gedruckte als handſchriftlich ihm mitgetheilte, allgemeine Reſultate über die täglichen Barometerſchwankungen zu ziehen geſucht. Dieſe Reſultate ſind den Zahlenergebniſſen nach vereinigt in einer in Schweigg. LIX. 153 beigefügten Tabelle [*]). Außerdem hat Bouvard

---

[*] In dieſer Tabelle bedeutet beobachtete Periode den beobachteten Unterſchied zwiſchen dem Stande des Barometers um 9 Uhr Morgens und 3 Uhr Nachmittags; m die Größe dieſer Periode für die geographiſche Breite ϑ. — Die Temperatur in der fünften Spalte iſt nicht die mittlere des Beobachtungsortes, ſondern die mittlere Temperatur, welche der Dauer der Periode zwiſchen 9 Uhr Morgens und 3 Uhr Nachmittags entſpricht (für den Äquator zu 30° C.

die Reſultate 11jähriger, zu Paris angeſtellter, Beobachtungen in Bezug auf die täglichen Barometerſchwankungen verglichen (Schweigg. LIX. 129).

2) Eine Arbeit von Carlini in den Mém. della societ. ital. della scienza. T. X. und im Auszug in Baumg. und Ettingh. Zeitſchr. V. 468. Derſelbe legte ſeinen Berechnungen folgende Beobachtungen zu Grunde: a) Eigene Beobachtungen zu Mailand, vom 28. Mai bis 29. Juni von 4 zu 4 Stunden, von da bis in die Hälfte des Juli von 2 bis 2 Stunden Tag und Nacht fortgeſetzt, und 40tägige Beobachtungen vom 1. Dec. bis 20. Jan. von 4 zu 4 Stunden fortgeſetzt; — b) Beobachtungen, von Chiminello im Jahre 1778 zu Padua von 2 zu 2 Stunden theils im Sommer (es iſt nicht angegeben in welchen Monaten), theils im Winter (vom 1. Januar bis 6. Februar und vom 10. October bis 22. December) angeſtellt, jedoch bloß von Mittag bis 10 Uhr Abends; — c) Beobachtungen, welche im Jahre 1823 gleichzeitig an mehreren Orten Italiens, namentlich Mailand, Pavia, Turin, Padua, Modena, Bologna und Florenz vom 18. Januar bis zum 18. Juli von 2 zu 2 Stunden von 8 Uhr früh bis 10 Uhr Abends angeſtellt worden ſind. — Sämmtliche benutzte Beobachtungen eignen ſich ſonach wegen der kleinen Zwiſchenintervalle, in denen die Beobachtungen geſchahen, vorzugsweiſe zur Ziehung von Reſultaten über die tägliche Variation. Carlini legt übrigens der Berechnung eine ähnliche Formel zu Grunde als Bouvard.

3) Eine Arbeit von Kämtz über die täglichen Oscillationen zu Halle in Schweigg. LIX. 154, nach eigenen dreijährigen Beobachtungen, größtentheils von Stunde zu Stunde, oder von 2 zu 2 Stunden am Tage, wobei der Verfaſſer auch durch Benutzung anderer Beobachtungen an anderen Orten allgemeinere Reſultate zu ziehen verſucht, unter Anwendung einer ähnlichen Berechnungsart als Bouvard und Carlini.

Folgendes dürften die hauptſächlichſten Reſultate ſein, die ſich aus dieſen Arbeiten ergeben:

1) Bouvard glaubt aus den von ihm verglichenen Beobachtungen ſchließen zu können, daß ſich die Größe der des Nachts Statt findenden Barometerſchwankung *), zur Größe der am Tage Statt findenden Barometerſchwankungen nahe conſtant = 1 : 1,62 verhalte; denn er fand für die Orte, für welche er hinreichend genaue Data zu dieſer Vergleichung erhalten konnte, das Verhältniß von 1 zu folgenden Zahlen:

Touloufe	1,70
Clermond-Ferrand . . .	1,65

---

angenommen). Dieſe Temperaturen ſind nach Bouvard's Bemerkung meiſt nur grobe Annäherungen an die Wahrheit, mit denen man ſich jedoch aus Mangel an ſicheren Beſtimmungen begnügen mußte.

*) Unter Barometerſchwankung wird der Unterſchied des Maximums und des darauffolgenden Minimums des Barometerſtandes verſtanden. Die am Tage Statt findende Barometerſchwankung findet von Morgens ungefähr 9 oder 10 Uhr bis Nachmittags 3 oder 4 Uhr, auch wohl noch früher oder ſpäter (an verſchiedenen Orten und zu verſchiedenen Jahreszeiten verſchieden) Statt.

Maeſtricht	1,60
Alais	1,49
Bern	1,68
	1,62

Indeß muß dieſe nahe Übereinſtimmung der angeführten fünf Orte wohl als zufällig betrachtet werden, da weder die Orte, welche in der ausgedehnten Tabelle von Kämtz (Schweigg. LIX. 162) angeführt ſind, noch die Reſultate, welche Carlini für Padua und Mailand fand (Baumg. V. 478, 481, 484), mit jenem Mittelwerthe oder unter einander übereinſtimmen. Nach jener Tabelle würde an einigen Orten (Abo, München, Chittlebroog) die tägliche Barometerſchwankung ſogar kleiner ſein als die nächtliche; an anderen Orten wiederum ohne Vergleich größer als obiger Mittelwerth ausſagt, indem ſich z. B. für Mexico dies Verhältniß = 4,50, für Halle = 2,38 u. ſ. f. ergiebt. Doch ſind für die meiſten dieſer Orte die Beobachtungen minder lange fortgeſetzt, als an jenen von Bouvard verglichenen Orten.

Kämtz hält es übrigens für zweckmäßiger (Schweigg. LIX. 163), anſtatt das Verhältniß der täglichen und nächtlichen Schwankung bei einer Vergleichung zu berückſichtigen, vielmehr das Mittel der beiden Minima von dem Mittel der beiden Maxima zu ſubtrahiren und die ſo erhaltene Größe an verſchiedenen Orten zu vergleichen.

2) Nach den bis jetzt verglichenen Beobachtungen zu Toulouſe von Bouvard und zu Padua und Mailand von Carlini iſt die tägliche Schwankung im Sommer bedeutend größer als im Winter *). In Bezug auf die nächtliche Schwankung fand Bouvard dieſelbe Größe für Sommer und Winter, dagegen ſich nach Carlini im Sommer eine ungefähr vier Mal kleinere Schwankung als im Winter ergeben würde (vergl. die Tabelle Seite 25. (Schweigg. LIX. 141; Baumg. V. 478, 481, 484.)

3) Die Größe der täglichen Schwankung kann an denſelben Orten in verſchiedenen Jahren ziemlich verſchieden ausfallen. So wechſelte in den 12jährigen Beobachtungen von 1816 bis 1827 zu Paris, welche Bouvard zuſammenſtellt, die jährliche mittlere Differenz des Barometerſtandes um 9 Uhr früh und 3 Uhr Nachmittags zwiſchen 0,676 und 0,909 Millimeter. (Schweigg. LIX. 130).

4) Die Größe ſowohl der täglichen als nächtlichen Schwankung iſt im Niveau des Meeres größer nach dem Äquator als nach den Polen zu. Für die am Tage Statt findende Schwankung geben die Beobachtungen, welche zwiſchen den Wendekreiſen im Niveau des Meeres angeſtellt ſind, eine Größe, welche nach Bouvard's Tabelle 3 Millimeter überſteigt; je größer aber die Breite wird, deſto mehr nimmt dieſe Größe ab, bis ſie in

---

*) Auch die Genfer Beobachtungen (Pogg. XIII. 157; XXIII. 120) laſſen dies Reſultat finden.

75° N. B. verſchwindet. Auch in der von Kämtz gegebenen Tabelle iſt dieſe Abnahme ſichtbar (Schweigg. LIX. 153, 162).

5) Die Höhe des Beobachtungsortes über dem Niveau des Meeres ſcheint einen bedeutenden, jedoch noch nicht genügend erörterten, Einfluß auf die Größe der Barometerſchwankungen zu haben. Dies erhellt namentlich aus der von Bouvard unternommenen Vergleichung der Beobachtungen, welche im Kloſter auf dem St. Bernhard (2491 Meter hoch über dem Meeresniveau) um 9 Uhr Morgens und 3 Uhr Abends angeſtellt worden ſind. Aus dieſen Beobachtungen ergiebt ſich als Unterſchied zwiſchen dem Stande des Barometers zu beiden Zeiten die ſehr unbedeutende Größe 0,046 Mill. *), während in Clermont-Ferrand, Chambery und Genf, alſo Orten, die ſehr nahe unter derſelben Breite liegen, dieſer Unterſchied reſpectiv 1,00, 0,94, 0,74 Mill. beträgt; auch hat dieſer Unterſchied auf dem St. Bernhard das entgegengeſetzte Vorzeichen, als an allen übrigen in der Tabelle des Originals aufgeführten Orten; denn das Barometer ſteigt auf dem St. Bernhard von 9 Uhr Morgens bis 3 Uhr Nachmittags, während es an allen anderen Orten ſinkt. Die Meſſungen zwiſchen den Wendekreiſen in Santa-Fé de Bogota (2660 Meter hoch), Quito (2907 Meter) und in der Meierei von Antiſana (4093 Meter) zeigen ebenfalls denſelben Umſtand einer kleinern Differenz zwiſchen dem Stande um 9 Uhr Morgens und 3 Uhr Nachmittags in großen Höhen als an niedriger gelegenen Orten unter nahe derſelben Breite, wiewohl hier der Unterſchied dieſer Differenz viel weniger beträchtlich iſt, als bei dem St. Bernhard, auch der Gegenſatz des Vorzeichens nicht Statt findet. Es ſcheint daher, daß auf dem St. Bernhard noch eine beſondere lokale Urſache wirkſam iſt.

Übrigens iſt auch jener Umſtand einer mit der Höhe abnehmenden Schwankung nicht allgemein, wenigſtens beſtätigt er ſich nicht für kleinere Höhendifferenzen, wie aus den von Carlini erörterten Beobachtungen **) hervorgeht, wo dem höchſten Orte (Turin) die kleinſte tägliche Barometerſchwankung entſpricht (Schweigg. LIX. 141; Baumg. V. 483).

6) Die Größe der am Tage Statt findenden Schwankung hängt zugleich von der Temperatur und der Breite des Beobachtungsortes ab, und zwar ſteht ſie im zuſammengeſetzten geraden Verhältniſſe der Temperatur des Ortes und des Quadrates des Coſinus ſeiner geographiſchen Breite. Unter Temperatur iſt jedoch hiebei nicht die abſolute mittlere Temperatur des Beobachtungsortes verſtanden, ſondern die mittlere Temperatur der Zeitperiode, welche zwiſchen dem Maximum des Barometerſtandes und dem Minimum Nachmittags fällt (Bouvard).

Es ergiebt ſich hieraus folgende Regel, um die Größe der barometriſchen Schwankung an irgend einem Orte auf die Verhältniſſe des Äquators zu reduciren.

*) Auch die neueren Beobachtungen (Pogg. XXIII. 120) auf dem St. Bernhard beſtätigen die Geringfügigkeit dieſer Größe.

**) Für Padua, Florenz, Mailand, Bologna, Modena, Pavia, Turin.

Multiplicire 1) die Größe der barometriſchen Schwankung am Beobachtungsorte mit der, zu 30° C. angenommenen, Temperatur des Äquators; 2) multiplicire das Quadrat des Coſinus der geographiſchen Breite des Beobachtungsortes mit der Temperatur dieſes Ortes; 3) dividire das erſte dieſer Producte durch das letzte. Der Quotient iſt der geſuchte reducirte Werth*).

Man findet in der achten Spalte der Tabelle von **Bouvard's** Originalabhandlung die Werthe, die ſich durch eine ſolche Reduction der einzelnen Beobachtungen nach voriger Regel ergeben. Dieſe Werthe müßten, wenn theils die Regel, theils die Beobachtungen alle richtig und die letzteren umfaſſend genug wären, alle gleich ausfallen.

Wenigſtens nähern ſie ſich der Gleichheit ſo weit, als nach der für die meiſten Orte noch ſehr ungenügenden Anzahl von Beobachtungen und unſicheren Beſtimmungen der Temperatur immer erwartet werden kann; ſo daß die obige, allerdings nur auf empiriſchem Wege gefundene, Regel wirklich ihre Gültigkeit zu beſitzen ſcheint**). Dieſe wird noch dadurch unterſtützt, daß eine eigenthümliche Folgerung, zu der dieſe Regel führt, ſich in der That in der Wirklichkeit beſtätigt.

Dieſe Folgerung iſt, daß, wenn die Temperatur irgend eines Beobachtungsortes negativ wird, d. h. unter 0° fällt, zugleich auch die Schwankungen negativ werden, d. h. die Änderung des Barometerſtandes nach entgegengeſetzter Richtung vor ſich gehen muß, als an den Orten, wo die Temperatur höher als 0° iſt, wenn man Reſultate erhalten will, die mit den übrigen übereinſtimmen***).

Bouvard erinnert in dieſem Bezuge an die Beobachtungen auf dem **St. Bernhard**, wo die Temperatur — 0°,7 C. iſt, und auf **Melville's** Inſel.

Die Beobachtungen auf erſterm, welche **Bouvard** für gut hält, zeigen angeführtermaßen, daß das Barometer von 9 Uhr Morgens bis 3 Uhr Nachmittags um $0^{mm},046$ ſteigt, während es ſonſt einen ſinkenden Gang befolgt. Reducirt man nun die Größe $+ 0,046^{mm}$ auf den Äquator, ſo

---

*) Dieſe Regel iſt in folgender Formel enthalten:

$$m' = \frac{t'}{t} \cdot \frac{m}{\cos^2 \Theta}$$

wo m die Größe der Schwankung in der Breite Θ, t die dieſer Schwankung entſprechende Temperatur, t' die zu 30° C. angenommene Temperatur des Äquators im Niveau des Meeres, m' die Größe der Schwankung, auf letztern Punct bezogen, bezeichnet.

**) Die ſiebente Spalte der Tabelle des Originals iſt unter der Vorausſetzung berechnet, daß $t' = t$, um den bloßen Einfluß der Breite, unabhängig von der Temperatur oder bei Gleichheit derſelben, auf die Größe der täglichen Periode in die Augen fallen zu machen.

***) d. h., wenn m' conſtant und poſitiv bleiben ſoll, ſo muß, wenn t negativ wird, zugleich auch m einen negativen Werth erhalten.

ſindet man — 4,09^{mm}, welche Größe in der That daſſelbe Zeichen und nahe denſelben Werth hat, als die übrigen in der Tafel gegebenen.

Die Beobachtungen des Capitain **Sabine** auf **Melville's** Inſel beweiſen ebenfalls, daß die Schwankungen in höheren Breiten ihr Zeichen ändern. Da aber die zugehörige Temperatur nicht bekannt iſt, ſo kann ein näherer Beweis daraus nicht gezogen werden.

7) **Bouvard** glaubt ſogar, daß das vorige Princip, nach welchem ſich die Bewegungen des Barometers verhalten wie die Temperaturen, auch richtig ſei, wenn man die verſchiedenen Schwankungen während des Tages an demſelben Orte mit einander vergleicht.

Bouvard ſindet nämlich *) nach einjähriger Aufzeichnung der Thermometerſtände zu Paris die mittlere Temperatur der Tagesſchwankung von 9 Uhr Morgens bis 10 Uhr Abends = 13°,81 C. und die der nächtlichen Schwankung = 9°,36. Das Verhältniß dieſer beiden Größen iſt 1,48, was in der That nicht bedeutend von dem oben ſich aus den, von **Bouvard** berechneten, Barometerbeobachtungen ergebenden Verhältniſſe 1,62 abweicht.

8) Die Zeit, wo das Maximum am Morgen eintritt, ſo wie die übrigen Wendeſtunden, ändern ſich mit der Jahreszeit, wie übereinſtimmend aus **Bouvard's** und **Carlini's** Erörterungen hervorgeht.

So tritt in Toulouſe nach **Bouvard** das Maximum im Sommer ſehr nahe um 8 Uhr 10 Minuten Morgens, im Winter um 9 Uhr 30 Minuten Morgens, alſo 1 Stunde 20 Minuten ſpäter ein als im Sommer. **Carlini** ſindet für Mailand und Padua folgende Beſtimmungen:

Stunden des Maximums.	Stunden des Minimums.	Maximum u. Minimum in Millimetern.		Ort und Jahreszeit.
				Mailand.
1 Uhr 38′ Früh	5 Uhr 39′ Nachm.	332,8431	332,4517	Sommer.
9 Uhr 39′ Früh	4 Uhr 14′ Früh	332,9378	332,8284	
10 Uhr 43′ Abends	5 Uhr 25′ Nachm.	331,7574	331,6672	Winter.
10 Uhr 25′ Früh	3 Uhr 35′ Früh	331,8891	331,6854	
				Padua.
0 Uhr 38′ Früh	5 Uhr 38′ Nachm.	333,9811	333,7475	Sommer.
10 Uhr 7′ Früh	5 Uhr 31′ Früh	334,1871	333,9487	
10 Uhr 12′ Abends	3 Uhr 51′ Nachm.	337,2853	336,8892	Winter.
10 Uhr 15′ Früh	4 Uhr 36′ Früh	347,1576 †	336,8889	

---

*) Schweigg. LIX. 149.

† Unſtreitig Druckfehler.

Hienach treten die zwei Minima im Winter eher ein, als im Sommer, während das Morgenmaximum im Winter etwas ſpäter kommt. (Schweigg. LIX. 141; Baumg. V. 478, 481, 484).

9) Die Zeit des Eintrittes des täglichen Maximums und Minimums iſt nicht bloß in verſchiedenen Jahreszeiten, ſondern auch an verſchiedenen Orten verſchieden.

Dieſen Satz hatte man zwar ſchon aus früheren Beobachtungen geſchloſſen (Biot I. 224), indeß waren die verglichenen Beobachtungen nicht von dem Einfluſſe der Jahreszeiten gehörig befreit worden, da viele derſelben zu verſchiedenen Jahreszeiten angeſtellt waren. Es ergiebt ſich indeß dieſes Reſultat neuerdings auch aus den durch **Carlini** erörterten gleichzeitigen Beobachtungen in den genannten Städten Italiens. Folgende Tafel giebt an, um wie viel eher oder ſpäter an jedem Orte ein Augenblick eintrat, wo der Barometerſtand gerade das Mittel zwiſchen dem Maximum und Minimum am Tage hielt, als zu Mailand.

Pavia, früher	$1^h,9$	Turin, ſpäter	$0^h,5$
Padua, ſpäter	$3^h,4$	Modena, früher	$0^h,9$
Bologna, früher	$0^h,6$	Florenz, früher	$2^h,2$

Durch berechnende Combination dieſer Beobachtungen findet **Carlini** (für Italien):

a) daß ſich die Barometerſchwankung von Weſt nach Oſt und von Süd nach Nord fortpflanze;

b) daß die Richtung, in welcher die Luftwelle von Mailand aus fortſchreitet, einen Winkel von 24° mit dem Meridian bildet, und daß mithin in der darauf ſenkrechten durch Mailand gehenden Linie, welche einen Winkel von 66° zur andern Seite mit dem Meridian bildet, die Barometerſchwankungen nahe gleichzeitig mit denen zu Mailand erfolgen, welche Richtung nahe mit dem Zuge der Küſten des adriatiſchen Meeres zuſammenfällt;

c) daß ſich die Oscillationen der Atmoſphäre in der Richtung der Länge drei bis vier Mal ſchneller fortpflanzen, als in der Richtung der Breite (Baumg. V. 489).

Mathematiſche Darſtellung des Ganges der täglichen Barometeränderungen an einem Orte.

Hallſtröm, **Bouvard**, **Carlini**, **Kämtz**, **Dove** und überhaupt alle Neuere bedienen ſich zu Darſtellung des Ganges der täglichen Barometeränderungen der Verknüpfung derſelben durch eine (ſchon vorher von **Beſſel** zu anderm Behuf angewandte) Formel, welche nach allen bisher angeſtellten Vergleichungen vortrefflich zur genauen Darſtellung der-

---

*) **Hallſtröm** Pogg. VIII. 141; XI. 251. — **Bouvard** Schweigg. LIX. 136. — **Carlini** Baumg. Zeitſchr. V. 472. — **Kämtz** Schweigg. LIX. 157. — **Dove** in

ſelben und auch zu Herleitung der Zeit der Wendeſtunden und der Größe der Maxima und Minima dienen kann.

Dieſe Formel iſt, wie ſie von Hallſtröm, Kämtz u. a. dargeſtellt wird, folgende *):

$$B_t = B + u' \sin (t \,.\, 15^\circ + v') + u'' \sin (t \,.\, 30^\circ + v'')$$

wo t die Stunde, von Mittag an gerechnet, iſt, B_t den dieſer Stunde entſprechenden Barometerſtand bezeichnet, B, u', u'', v', v'' aber conſtante, durch die Beobachtungen (am beſten mittelſt der Methode der kleinſten Quadrate) näher zu beſtimmende Größen ſind **).

B iſt das, was man mittlern Barometerſtand nennt. Das Glied $u' \sin (t \,.\, 15^\circ + v')$ nennt Carlini die phyſiſche und das Glied $u'' \sin (t \,.\, 30^\circ + v'')$ die dynamiſche Fluth der Atmoſphäre.

Die Zeiten der Maxima und Minima werden durch die Wurzeln der Gleichung gegeben, die man erhält, wenn man das Differenzial des zweiten Gliedes dieſer Formel = 0 ſetzt, und die auf dieſe Art gefundenen Werthe von t, in die allgemeine Formel geſetzt, geben dann die Größe der Extreme ſelbſt.

Um den Unterſchied zwiſchen dem Mittel der beiden Maxima und dem Mittel der beiden Minima, die binnen 24 Stunden eintreten, als Function der geographiſchen Breite auszudrücken, bedient ſich Kämtz (Schweigg. LIX. 163) folgender empiriſcher Formel:

$$D_\varphi = A + B \cos (\varphi + v) + C \cos^2 \varphi$$

worin D_φ die Größe dieſes Unterſchiedes in der Breite φ bedeutet; A, B, C, v aber conſtante, durch die Beobachtungen zu beſtimmende, Größen ſind.

Er hat Schweigg. LIX. 164 eine Vergleichung der hienach berechneten Werthe mit beobachteten Werthen für verſchiedene Orte gegeben, welche allerdings keine recht genaue übereinſtimmung zeigt, was indeß der Verfaſſer zum Theil auf Rechnung deſſen ſchreibt, daß er zur Beſtimmung der Conſtanten Orte nahm, die unter verſchiedenen Climaten liegen, während er es wahrſcheinlich findet, daß Continental- und See-Klimate ſich hiebei verſchieden verhalten.

Über den Einfluß des Mondes auf die Barometerſchwankungen ***).

Bekanntlich hat Bouvard (Biot I. 228) aus Berechnungen 15jähriger, zu Paris angeſtellter, Beobachtungen gefolgert, daß der Mond in unſeren Klimaten keinen merklichen Einfluß auf den Stand des Barometers äußere, da hingegen die Beobachtungen von **Flaugergues** einen ſolchen Einfluß entſchieden zu erkennen gaben. Die Löſung dieſes ſcheinbaren Widerſpruches liegt nach der neuen Erörterung dieſes Gegenſtandes durch **Schübler** in Folgendem: Die Reſultate **Bouvard's** ſind in der Annahme berechnet, daß Voll- und Neumond und beide Viertel auf unſere Atmoſphäre dieſelbe Wirkung beſitzen, welches zwar in Bezug auf die Veränderungen, die der Mond durch ſeine Attraction auf dieſelbe äußert, richtig ſein muß, aber in Bezug auf mögliche Veränderungen, die ſein Lichteinfluß äußert, erſt noch nachzuweiſen geweſen wäre. Die auf dem Pariſer Obſervatorium angeſtellten Beobachtungen müßten daher erſt einer neuen Berechnung für die einzelnen Mondesphaſen ſelbſt unterworfen werden, um aus ihnen die Zuläſſigkeit vom Mondeseinfluß abhängiger periodiſcher Schwankungen widerlegen oder beſtätigen zu können, indem wir aus den bis jetzt mitgetheilten Beobachtungen bloß die für Vollmond und Neumond (für die Syzygien) und Quadraturen gemeinſchaftlich berechnete mittlere Barometerhöhe kennen lernen, nicht aber die mittleren Barometerhöhen für die 4 Hauptphaſen ſelbſt, noch weniger für die dazwiſchen liegenden Puncte. Da nun aber nach den Unterſuchungen von **Flaugergues** und den eigenen Unterſuchungen **Schübler's** das monatliche mittlere Minimum der Barometerhöhe, ſo wie die größte Neigung zu Niederſchlägen aus der Atmoſphäre in die Nähe des Vollmondes, in den meiſten Jahreszeiten zwiſchen dieſen und das erſte Viertel, das mittlere Maximum der Barometerhöhe und die größte Neigung zur Aufheiterung zwiſchen das letzte Viertel und den Neumond fällt, ſo können die aus den Syzygien und Quadraturen gezogenen Mittelzahlen nur unbedeutende Verſchiedenheiten geben. Daß wirklich dem Monde ein Einfluß auf den Stand des Barometers beigemeſſen werden müſſe, läßt ſich in der That, nachdem zu den früheren Beobachtungen von **Flaugergues** über dieſen Gegenſtand neue deſſelben Beobachters, ſo wie andere von **Schübler**, **Hallaſchka** und **Siber** hinzugekommen ſind, welche ſämmtlich zu übereinſtimmenden Reſultaten führen, wohl nicht mehr bezweifeln. Wir wollen zuerſt dieſe Reſultate mit Worten anführen, dann die Tabellen, welche die mittleren Reſultate der Beobachtungen ſelbſt enthalten, hinzufügen.

---

*) Bouvard wendet noch ein Glied mehr an, als in folgender Formel mitgetheilt iſt.

**) Man findet dieſe Beſtimmung für verſchiedene Orte von Hallſtröm in Pogg. XI. 251; für Halle in Kämtz in Schweigg. LIX. 157; für Mailand, Pavia, Turin, Padua, Modena, Bologna, Florenz von Carlini in Baumg. Zeitſchr. V. 487.

***) Neuere Literatur: Laplace in Connaiss. du tems pour 1826. 378. —

Aus der Tabelle von **Flaugergues**, welche aus 20jährigen Beobachtungen zu **Viviers** abgeleitet iſt, ergeben ſich folgende Reſultate:

Bouvard in Mém. de l'Acad. T. VII. 287; Auszug daraus, doch ohne Detail der Beobachtungen in Pogg. XIII. 137; deſſen Berechnungen des Einfluſſes in Schweigg. LIX. 4 oder Pogg. XIII. 137. — **Flaugergues** in Bibl. univ. XXXVI. 261; XL. 265 (Schweigg. LIX. 11). — **Schübler** in ſeinen Unterſuchungen über den Einfluß des Mondes auf die Veränderungen unſerer Atmoſphäre; derſelbe in Kaſtner's Arch. der Met. S. 13, 161. **Hallaſchka** in Kaſtn. Arch. f. Met. II. 81. **Siber** ebend. IV. 419. — **Bouſſingault's** Beobachtungen, berechnet von **Schübler** in des letztern Schrift über den Einfluß des Mondes S. 78. Frühere Literatur ſ. in Schweigg. LIX. 1.

1) Während eines ſynodiſchen Umlaufes des Mondes ſteigt das Barometer vom zweiten Octanten, wo es am niedrigſten ſteht, bis zur zweiten Quadratur, wo es am höchſten ſteht; das Queckſilber ſinkt darauf bis zum zweiten Octanten. Der Unterſchied zwiſchen dem höchſten und niedrigſten Stande dieſer Periode beträgt 1,44 Mill.

2) Die Declination des Mondes hat ebenfalls Einfluß auf die Verminderung des Druckes der Atmoſphäre. Dieſe Wirkung iſt zu Viviers bei ſüdlicher Declination der Sonne größer als bei nördlicher, was nothwendig daraus folgt, daß die mittlere Höhe des Barometers bei ſüdlicher Declination der Sonne um 0,27 Millimeter kleiner iſt, als bei nördlichem Luniſtitium.

3) Die Wirkung des Mondes auf die Veränderung des Druckes ändert ſich auch mit der Entfernung dieſes Geſtirnes von der Erde. Die mittlere Barometerhöhe nimmt zu, oder die Wirkung des Mondes nimmt ab, ſo wie die Parallaxe kleiner wird, und dieſes ohne Ausnahme, welches allerdings dahin zu deuten ſcheint, daß dieſe Wirkung mit der Newton'ſchen Anziehung der Atmoſphäre vom Monde in Beziehung ſteht.

4) In allen Fällen, wo man annehmen darf, daß die Wirkung des Mondes eine mittlere ſei, ſtimmen die erhaltenen Größen (ſämmtlich für dieſelben Tagesſtunden genommen) nahe überein. Bei der mittlern Entfernung des Mondes finden wir 755,46 Millimeter wenn er im Äquator iſt, 755,45 Millimeter, und beide faſt gar nicht von einander abweichende Größen ſtimmen auch mit dem allgemeinen Mittel 755,46 Millimeter überein. — Dies dient der Annahme, daß die in den anderen Fällen beobachteten Unterſchiede wirklich von der Wirkung des Mondes abhängen, ſehr zur Unterſtützung.

Die Beobachtungen Hallaſchka's ſtimmen in Folgendem mit denen von Flauguergues überein:

1) daß das Minimum des Barometerſtandes zur Zeit des zweiten Octavſcheines iſt;
2) daß der Barometerſtand höher zur Zeit der Mondferne, als zur Zeit der Mondnähe iſt;
3) daß er größer zur Zeit des nördlichen als des ſüdlichen Luniſtitiums iſt.

Im übrigen zeigt ſich bei den Prager Beobachtungen der bemerkenswerthe Umſtand, daß der Barometerſtand zur Zeit ſämmtlicher 4 Octavſcheine tiefer ſteht als zur Zeit der Syzygien oder Quadraturen, ſo daß er abwechſelnd ſteigt und fällt. Das abſolute Maximum fällt bei den Prager Beobachtungen zur Zeit des Neumondes, und die ganze vom Monde abhängige Variation beträgt bloß 0,76 Linien, iſt mithin nur ungefähr halb ſo groß als zu Viviers.

Siber, welcher Beobachtungen, die von 1781—1791 auf dem hohen Prißenberge in Baiern angeſtellt worden ſind, berechnet hat, führt in Betreff unſeres Gegenſtandes Folgendes an:

„In Rückſicht der Einwirkung des Mondes habe ich mir die Mühe gegeben, den Stand des Mondes bei allen höchſten Barometerſtänden aller Monate der von mir bearbeiteten 10 Jahre zu beachten, und es ergab ſich, daß alle dieſe Höhen nahe an das Apogäum und Perigäum fielen. Sie fielen nämlich drei Mal auf den Tag des Perigäums und zwei Mal auf den Tag des Apogäums ſelbſt, 25 Mal nach dem Perigäum, 40 Mal vor demſelben, 24 Mal nach und 24 Mal vor dem Apogäum. Von allen dieſen Höhen fielen nur 8 derſelben 6 bis 7 Tage, 12 auf 5 vor oder nach dem Perigäum oder Apogäum; alle übrigen 99 auf höchſtens 4 Tage von dieſem Puncte weg.“

Was Schübler anlangt, ſo hat er nach 28jährigen, zu Augsburg, Stuttgart und München angeſtellten, Beobachtungen zwar nicht direct die Abhängigkeit des Barometerſtandes vom Mondeseinfluſſe, aber doch die Abhängigkeit der damit zuſammenhängenden Witterungsänderungen unterſucht, wovon die Reſultate, die ſich ebenfalls den vorſtehenden ſehr gut anſchließen, weiterhin mitgetheilt werden ſollen.

Tabelle von Flaugergues, nach Beobachtungen vom 19. Oct. 1808 bis zum 8. Oct. 1828, zu Viviers.

Mondpuncte.	Zahl der Beobachtungen.	Barometerhöhe um Mittag.
Allgemeine mittlere Höhe	7281	755,46
Conjunction oder Neumond	247	5,48
Erſter Octant	248	5,44
Erſte Quadratur	247	5,40
Tag vor dem zweiten Octanten . . .	248	5,01
Zweiter Octant	247	4,79
Tag nach dem zweiten Octanten . . .	247	4,85
Oppoſition oder Vollmond	246	5,30
Dritter Octant	246	5,69
Tag vor der zweiten Quadratur . . .	246	6,19
Zweite Quadratur	246	6,23
Tag nach der zweiten Quadratur . .	247	5,87
Vierter Octant	247	5,50
Nördliches Luniſtitium	271	5,75
Mond im Äquator	534	5,45
Südliches Luniſtitium	272	5,48
Perigäum (mittlere Parallaxe 60′ 24″)	265	4,73
Horizontalparallaxe von 60′	371	5,01
59′	529	5,30
58′	530	5,41
57′ (mittl. Entfernung)	530	5,46
56′	529	5,50
55′	530	5,64
54′	354	5,75
Apogäum (mittlere Parallaxe 54′ 4″) .	265	755,73

Tabelle von Hallaſchka, nach Beobachtungen vom 1. Januar 1818 bis zum 31. December 1827, zu Prag.

Mondpuncte.	Barometerhöhe.
Allgemeines Mittel	27″ 5‴,6
Conjunction oder Neumond	— 5 ,90
Erſter Octant	— 5 ,51
Erſte Quadratur	— 5 ,75
Zweiter Octant	— 5 ,14
Oppoſition oder Vollmond	— 5 ,73
Dritter Octant	— 5 ,21
Zweite Quadratur	— 5 ,63
Vierter Octant	— 5 ,53
Perigäum (131 Beobachtungen)	— 5 ,62
Apogäum	— 5 ,20
Nördliches Luniſtitium	— 6 ,26
Südliches Luniſtitium	— 5 ,69

Einfluß der Gewitter auf den Barometerſtand.

Strehlke*) beſtätigt durch eigene Beobachtungen die von Roſenthal angeführte Erfahrung**), daß bei heraufziehenden Gewittern das Barometer ſchnell ſteige und mit Entfernung deſſelben wieder ſinke; nur, ſagt er, „möchte ich aus den angeſtellten Beobachtungen nicht ſchließen, daß das Barometer ſeinen höchſten Stand erreicht, wenn das Gewitter am nächſten dem Beobachtungsorte iſt; vielmehr ſcheint die ſtärkſte Erhebung der Queckſilberſäule in einer gewiſſen Entfernung von der Gewitterwolke Statt zu finden.“

Zum Belege dieſes Steigens bei heraufziehenden Gewittern führt Strehlke die Beobachtungen von fünf Gewittern (in den Jahren 1827, 1828, 1829) an. Bei dem einen derſelben ſtieg während des von Oſten heraufziehenden Gewitters das Barometer ſo plötzlich, daß es faſt unmöglich war, den Bewegungen beim Einſtellen der Mikroſkope ſo ſchnell zu folgen; eben ſo führt er bei einem andern an, das Queckſilber ſei mit heraufziehendem Gewitter in kurzem Zeitraume von 2 bis 3 Minuten um 0,5 Linien geſtiegen. Wir begnügen uns, ſpeciell folgende Beobachtungen anzuführen:

---

*) Pogg. XIX. 148.
**) Biot I. 221.

Am 10. Jun. 1830.	Bar. bei 0° L.	
12 U. Mitt.	333,72	Bed. N.
2 U. Nachm.	336,57	Ebenſo.
4	336,31	O. Im S. eine Gewitterwolke, deren unterer Theil eine gräuliche Farbe hatte.
4 20′	336,82	Das Gewitter kommt näher.
5	336,68	Das Gewitter entfernt ſich.
5 20′	336,91	Schwacher Regen. Neues Gewitter.
6	336,86	Der Regen hat aufgehört. Entfernter Donner.
8	336,73	N. W. Schwaches Tröpfeln.
9 4′	337,47	Im S. ein Gewitter. W. Kein Regen.
9 56′	337,40	Regen. Das Gewitter ferner.
10	337,27	W.
10 10′	337,17	Heftiger Schlag, doch entfernt.
Am 11. Juni.		
6 U. Morg.	336,76	O. Faſt ganz heiter. Sonnenſchein.

Über den Fortſchritt eines ungewöhnlich erhöhten Luftdruckes, von Meißner *).

Vom 6. bis 8. Februar 1821 fand in einem großen Theile Europa's ein ungewöhnlich erhöhter Luftdruck Statt **). **Meißner** hat die darüber vorhandenen Beobachtungen geſammelt, tabellariſch zuſammengeſtellt und den allgemeinen Gang des Phänomens daraus hergeleitet, auch durch eine Charte erläutert.

Das Maximum des Luftdruckes fiel nicht an allen Orten gleichzeitig, trat zuerſt am atlantiſchen Ocean ein und zeigte eine ſehr regelmäßig fortſchreitende Bewegung. In England erreichte der Druck ſeine größte Höhe am 6. Februar früh um 8 Uhr, und wandte ſich in der Richtung von Weſten nach Oſten. Zu derſelben Zeit war auch der höchſte Barometerſtand an der franzöſiſchen Küſte in Bordeaux und im ſüdlichen Frankreich zu Dijon den 6. um 8 Uhr. In Paris trat das Maximum um 9 Uhr ein. Die niederländiſchen Städte Utrecht und Maeſtricht hatten die größte Höhe um 10 Uhr deſſelben Tages, welche Zeit auch den Städten am Rhein und der Umgegend, wie Carlsruhe, Augsburg, Würzburg, Straßburg, Münſter, den höchſten Stand brachte. Göttingens höchſter Barometerſtand war den 6. um 8 Uhr, eben ſo Königsbergs. Kurhaven hatte Mittags um 12 Uhr den höchſten Stand. In Mitteldeutſchland ſcheint dieſer Luftſtrom vom Harze, Thüringerwalde, Erz- und Rieſengebirge aufgehalten zu werden, denn in Berlin, Halle, Leipzig, Prag, Brünn, Wien, Breslau, Krakau erreichte das Queckſilber erſt den 7. und 8. ſeine größte Höhe. In Conſtantinopel ward der ſtärkſte Luftdruck erſt den 8. Abends empfunden. Ganz derſelbe Fall iſt es mit den Gebirgsthälern der Schweiz und Italiens, wo die Alpen wie eine ſchützende Wand den Druck aufzuhalten ſcheinen. Daß dies der Fall war, ſcheint dadurch bewieſen zu werden, daß der Druck über Straßburg unaufgehalten noch bis Augsburg, Würzburg, Carlsruhe, München vordrang, während in Gotha, Halle, Leipzig und in Brünn, Wien, Breslau erſt den 7. und 8. der höchſte Barometerſtand eintrat.

---

*) Kaſtn. N. Arch. II. 130.

**) In den erſten Tagen des Februar war das Queckſilber im Allgemeinen nur wenig über das Mittel erhoben und fiel dann auf die mittlere Höhe, an manchen Orten ſogar noch unter dieſelbe, bevor es dann in den höhern Stand überging.

Auch in Italien trifft der Druck am 7. richtig ein, nur iſt ſehr auffallend, daß, während in Piſa, Florenz, Mailand, Udine, St. Bernhard der höchſte Barometerſtand erſt den 7. und 8. eintrat, derſelbe in Padua nach Santini's Beobachtung bereits den 6. um 2 Uhr Nachmittags eingetreten iſt. Der vermehrte Luftdruck hat ſich ſonach wie ein Strom in drei Tagen über Europa ergoſſen, von England bis Conſtantinopel. Nach dem höchſten Stande ſank das Barometer in drei bis fünf Tagen wieder bis unter das Mittel herab. Im Original ſind noch für eine große Anzahl von Orten die Höhen über dem mittlern Stande beigefügt, zu welchen das Barometer in den genannten Tagen ſtieg. Am ſtärkſten war der Luftdruck in Coblenz, Würzburg, Düſſeldorf*), wo gleichſam das Centrum war; am ſchwächſten in der Schweiz und Italien. Das nördliche und öſtliche Deutſchland hielten ſich ſo ziemlich im Mittel zwiſchen beiden. An den Seeküſten fand ein geringerer Druck Statt als auf dem flachen Lande, und auf dem St. Bernhard betrug die Höhe über dem mittlern Stande nur 3 Linien.

Das Wetter war um die Zeit des höchſten Standes heiter, aber vorher und nachher wütheten heftige Stürme und Erdbeben.

Über barometriſche Höhenmeſſung.

Ungeachtet der Vollkommenheit, welche die barometriſche Höhenmeſſung erlangt hat, iſt ſie doch noch mehreren ſtörenden Urſachen unterworfen, deren Einfluß nicht mit völliger Genauigkeit ausgemittelt iſt; hierunter gehören namentlich der Einfluß der Tagesſtunde, der Jahreszeit und der Windesrichtung auf das Reſultat.

Hierüber ſind neuerdings mehrere Unterſuchungen erſchienen.

Einfluß der Tagesſtunden und Jahreszeit. Schon früher haben mehrere Beobachter**) übereinſtimmend gefunden, daß man aus Morgen- oder Abendbeobachtungen am Barometer die Höhe eines Ortes kleiner findet, als aus Mittagsbeobachtungen. Correſpondirende mehrtägige Beobachtungen, die **Horner** und **Eſchmann*****) auf dem Rigi (Culm) und in Zürich, ein Mal im Winter (Januar 1827), das andere Mal im Sommer (Juni desſelben Jahres) angeſtellt haben, beſtätigen dieſen Umſtand aufs Neue, und erlauben einige allgemeine Bemerkungen daraus zu ziehen; auch verdienen in dieſem Bezuge die, zwar nicht einmal einen ganzen Tag umfaſſenden, aber bei beſonders ſchönem Wetter und hohem Barometerſtande angeſtellten correſpondirenden Beobachtungen von Gautier in Verbindung mit Horner auf dem Rigi und in Zürich *) nicht übergangen zu werden.

---

*) In Coblenz 13‴,9, in Würzburg 13‴,2, in Düſſeldorf 13‴,1 über dem Mittel.

) Vergl. die Zuſammenſtellung von **Brandes hierüber in Gehler's phyſikaliſchem Wörterbuche V. 314 ff.

***) Bull. univ. 1831. Avril. p. 337.

Wir wollen hier zuvörderſt die Tabellen der Reſultate, berechnet nach den in der Littrow'ſchen Aſtronomie enthaltenen, auf der Formel von Laplace beruhenden, Tafeln mittheilen **); dann die Bemerkungen, die ſich daran knüpfen laſſen.

Die Beobachtungen Horner's und Eſchmann's waren ſtündliche von 7 Uhr Morgens bis 10 Uhr Abends; die Winterbeobachtungen 11 Tage, die Sommerbeobachtungen (die bei ſehr unregelmäßigem ſchlechten Wetter angeſtellt waren) 15 Tage hindurch fortgeſetzt, woraus nachſtehends die Mittel folgen. Die Beobachtungen Gautier's und Horner's wurden vom 18. Juni 1831 von 9 Uhr Abends bis zum 19. Juni 12 Uhr Mittags angeſtellt. Die trigonometriſch beſtimmte Höhe des Rigi über Zürich iſt 703,3 Toiſen.

Beobachtungen von Horner und Eſchmann.

Stunde.	I. Winterbeobachtungen.			II. Sommerbeobachtungen.		
	Thermometerſtand C.		Niveaudifferenz in Toiſen †).	Thermometerſtand C.		Niveaudifferenz in Toiſen †).
	Zürich.	Rigi.		Zürich.	Rigi.	
7	— 3°,7	— 5°,5	693,6	+ 10°,3	+ 3°,5	704,2
8	3 ,5	5 ,2	694,6	10 ,9	3 ,8	706,0
9	2 ,9	4 ,4	697,2	11 ,7	4 ,4	707,9
10	2 ,3	3 ,5	699,5	12 ,2	4 ,6	708,6
11	1 ,6	2 ,2	702,2	12 ,7	5 ,2	709,3
12	0 ,4	2 ,3	703,1	13 ,1	5 ,3	709,1
1	0 ,5	2 ,0	703,6	13 ,4	5 ,0	708,3
2	0 ,3	1 ,9	703,4	13 ,6	4 ,7	707,8
3	0 ,7	2 ,4	702,0	13 ,6	4 ,6	707,0
4	1 ,2	3 ,3	699,5	13 ,6	4 ,5	706,1
5	1 ,6	4 ,0	697,7	13 ,3	4 ,1	704,7
6	1 ,9	4 ,4	696,3	12 ,8	3 ,7	703,6
7	2 ,0	4 ,6	695,0	12 ,4	3 ,6	703,0
8	2 ,2	4 ,7	695,7	11 ,8	3 ,4	701,2
9	2 ,1	5 ,0	694,8	11 ,3	3 ,2	701,0
10	2 ,2	5 ,0	693,6			

---

*) Bibl. univ. 1831. Août. p. 337.

**) Wir haben die Barometerſtände der Kürze halber nicht beigefügt, ſondern nur die daraus mit allen Correctionen berechneten Höhen.

†) Mit allen Correctionen berechnet.

Beobachtungen von Gautier und Horner.

Stunden.	Niveaudifferenz in Toiſen.	Niveaudifferenzen bei vernachläſſigter Correction der Barometerhöhe wegen der äußern Temperatur.
9 Uhr Abends . . .	689,4	653,5
10½ — — . . .	687,3	654,4
5 Uhr Morgens . .	685,7	656,9
6 — — . . .	687,7	656,4
7 — — . . .	690,3	655,5
8 — — . . .	692,2	655,2
9½ — — . . .	694,3	653,5
11 — — . . .	696,5	651
12 — — . . .	700	649,1

Die Tabellen von Eſchmann und Horner führen zu folgenden Folgerungen:

1) bei den Winterbeobachtungen fand zwiſchen dem Maximum und Minimum der gefundenen Höhe ein Unterſchied von 10 Toiſen, d. i. ungefähr $\frac{1}{70}$ der Totalhöhe, bei den Sommerbeobachtungen ein Unterſchied von 8,3 Toiſen Statt;
2) das Wachsthum der beobachteten Höhen nimmt ziemlich regelmäßig mit der mittlern Wärme zwiſchen beiden Stationen im Laufe des Tages zu;
3) Die mittlere Höhe im Sommer ergiebt ſich um 7½ Toiſen größer als im Winter*);
4) daß der Unterſchied zwiſchen dem Maximum und Minimum größer im Winter als im Sommer gefunden wurde, coincidirte mit dem, wahrſcheinlich damit zuſammenhängenden, Umſtande, daß der Unterſchied zwiſchen dem Maximum und Minimum der Temperatur (der mittlern zwiſchen beiden Stationen) im Winter größer als im Sommer, nämlich dort 3°,5, hier nur 2°,3 war;
5) der in den beobachteten Höhen des Rigi bemerkte Gang kam nicht auf Rechnung der täglichen Variation des Barometers geſchrieben werden; denn die Bergeshöhe erreicht ihr Maximum um Mittag, ihr Minimum des Morgens und Abends; während die Extreme der baro-

---

*) Horner geht hiebei in einiges Detail ein, um zu beweiſen, daß dieſe Anomalie weder von Irrthümern der Beobachtung, noch vom relativen Zuſtande der Barometer abhängen konnte, als wodurch nur ganz kleine Differenzen veranlaßt werden konnten. Die Luftfeuchtigkeit jedoch konnte nicht in Rechnung gezogen werden, da bei den Winterbeobachtungen kein Hygrometer beobachtet ward.

metriſchen Beobachtungen um 9 Uhr Morgens und 3 bis 4 Uhr Nachmittags fallen;

6) Da die Beobachtungen bei ſehr ungünſtigem Wetter, Nebel, Schnee, Regen, Wind angeſtellt wurden, ſo erhellt, daß dieſe das Phänomen der Variation der Bergeshöhe nicht verhindern.

Dieſe Reſultate zeigen mit großer Beſtimmtheit einen Zuſammenhang des Phänomens mit dem Gange der Temperatur an.

Einfluß der Windesrichtung. Dove*) bemerkt, daß in der gemäßigten Zone, da die Atmoſphäre hier nicht im Zuſtande des Gleichgewichtes ſei, das barometriſche jährliche Mittel für den Einfluß der mittlern Windesrichtung corrigirt werden müſſe, und ſchlägt zu dieſem Behufe vor, ſtatt des barometriſchen Mittels die Summe der barometriſchen Windmittel zu nehmen, da, wenn die Intenſität gleich geſetzt wird, ſo lange kein Maß für dieſelbe vorhanden, der Zuſtand des Gleichgewichtes verglichen werden kann dem Zuſtande der Atmoſphäre, wenn alle Winde gleich lange wehen. Welchen Einfluß die Windesrichtung auf den Barometerſtand haben kann, wird man durch Vergleichung nachſtehender Beobachtungen erſehen können.

	Nicht corr. Barom. Mittel.	Corrig. Mittel.	Zahl der Beobachtungsjahre.
Berlin	335‴,14	333‴,19	8
Hamburg	335 ,8	335 ,86	18
Middelburg . . .	336 ,34	336 ,22	5
Paris	335 ,85	335 ,80	10

Man ſieht, daß die Correctionen faſt nirgends groß ausfallen, aber doch Beachtung verdienen.

IV. Vom Winde.

Über die Abhängigkeit der atmoſphäriſchen Elektricität von der Windesrichtung nach Schübler's Unterſuchungen vgl. Kapitel VIII.

Über den Einfluß der Windesrichtung auf die mittlere Temperatur vgl. Kapitel XI.

Über den Einfluß des Windes auf den Kohlenſäuregehalt der Atmoſphäre vgl. Kapitel VII.

Über die Windverhältniſſe in Europa im Allgemeinen.

Veranlaßt durch Gegenbemerkungen Schouw's (Pogg. XIV. 541) gegen die von Dove aufgeſtellten Anſichten über die Windverhältniſſe in Europa hat letzterer in Pogg. XV. 53 eine neue Erörterung ſeiner Anſichten und der Gründe, auf die ſie ſich ſtützen, gegeben, die als eine Art Reſumé ſeiner früheren Abhandlungen über dieſen Gegenſtand *) betrachtet werden kann. Auch hat er Schouw's Bemerkungen noch weiter berückſichtigt in Pogg. XXIII. 65.

---

*) Pogg. XIV. 219.

Über die jährliche Variation der mittlern Windrichtung in Deutſchland, von Schübler **).

Schübler hat durch Berechnung 14jähriger Beobachtungen, welche an einem Orte im **ſüdlichen** Deutſchland, und 30jähriger Beobachtungen, welche an einem Orte im **nördlichen** Deutſchland angeſtellt waren, gefunden, daß für beide Gegenden ein in der Hauptſache übereinſtimmender periodiſcher Wechſel der Winde Statt findet, der Art, daß die ſüdlichen Winde am häufigſten in den Herbſt- und Wintermonaten, die nördlichen in den Frühlings- und Sommermonaten wehen; ferner die weſtlichen Winde das Maximum der Häufigkeit im Sommer, namentlich den Monaten Juni, Juli und Auguſt erreichen, die öſtlichen dagegen im April und den Wintermonaten. Die nachfolgenden Tabellen werden die Belege hiezu liefern.

Bemerkung verdient, daß wenn man Reſultate über die Windrichtung in einer größern Landſtrecke wie Deutſchland aus Beobachtungen an einzelnen Orten ableiten will, man ſich hüten muß, dazu Beobachtungen anzuwenden, welche in Thälern und Gebirgsgegenden angeſtellt ſind, da hier die Localverhältniſſe ſo viele Modification in das allgemeine Geſetz bringen können, daß ſich nicht mit Sicherheit allgemeine Reſultate aus ſolchen Beobachtungen ziehen laſſen. **Schübler** beweiſt dies näher durch Vergleichung von Windbeobachtungen, welche im Jahr 1827 in mehreren Gegenden Würtembergs, eines von Thälern und Bergketten durchſchnittenen Landes, gleichzeitig angeſtellt worden ſind, wo ſich für die verſchiedenen Orte ausnehmend von einander abweichende Reſultate ergeben.

Deßhalb wählte **Schübler** mit Bedacht zur Herleitung obiger Reſultate zwei Orte, welche nach allen Seiten frei dem Winde ausgeſetzt ſind. Die 14jährigen Beobachtungen im ſüdlichen Deutſchland wurden nämlich zu Böringen (48° 29' N. B. und 27° 11' Länge) auf dem Plateau der ſchwäbiſchen Alp, 2367 Pariſer Fuß über dem Meere, in einer, dem Zuge der Winde ringsum nirgends ein Hinderniß entgegenſetzenden, Gegend vom Pfarrer **Höſlin** in den Jahren 1764 — 1778; die 30jährigen Beobachtungen im nördlichen Deutſchland aber in Hamburg (53° 34' N. B. und 27° 35' Länge) von **Buek** angeſtellt.

Folgendes ſind die Tabellen, welche die Schlußreſultate der Berechnungen **Schübler's** enthalten, welche in der Originalabhandlung noch für die einzelnen Winde ſpecificirt und denen graphiſche Verzeichnungen beigefügt ſind.

---

*) Pogg. XI. [illegible]; XIII. [illegible], [illegible], [illegible], [illegible].

**) Schweigg. LV. [illegible].

***) Ebend. [illegible].

Als ſüdliche Winde gelten im Folgenden: SO., S., SW.; als nördliche: NO., N., NW.; als öſtliche: NO., O., SO.; als weſtliche SW., W. und NW. Die mittlere Windrichtung iſt nach Lambert's Formel *) berechnet; die Winkel werden von Süd an nach Weſten gezählt.

Die Verhältniſſe in den erſten Columnen beziehen ſich auf die Zahl, nicht auf die Intenſität der Winde, welche in den reſpectiven Monaten beobachtet wurden.

Tabelle für Böringen.

	Verhältniſſe der		Mittlere Windrichtung.
	ſüdlichen zu den nördlichen Winden.	öſtlichen zu den weſtlichen Winden.	
Januar . . .	100 : 59	100 : 124	26° 42′ oder SSW.
Februar . . .	100 : 56	100 : 185	44 27 — SW.
März	100 : 119	100 : 113	155 50 — NNW.
April	100 : 187	100 : 91	177 1 — N.
Mai	100 : 239	100 : 94	186 6 — N.
Juni	100 : 151	100 : 194	127 53 — NWW.
Juli	100 : 169	100 : 224	119 17 — WNW.
Auguſt . . .	100 : 112	100 : 181	106 13 — WN.
September .	100 : 87	100 : 134	68 50 — WSW.
October . . .	100 : 63	100 : 113	14 31 — SSW.
November . .	100 : 51	100 : 172	40 41 — SW.
December . .	100 : 47	100 : 98	359 15 — S.
Mittel . .	100 : 95,6	100 : 135,8	84 17 — W.

---

*) Die Formel iſt dieſe: Zählt man von S. als dem Nullpunct der Windroſe nach W., ſo iſt W. = 90, N. = 180 und O. = 270 Grade; bezeichnet man mit φ den Winkel der mittlern Windrichtung, ſo erhält man:

$$\operatorname{tang} \varphi = \frac{a + b \cos 45^\circ}{\alpha + \beta \cos 45^\circ}$$

wenn 8 Windrichtungen unterſchieden werden und

$a =$ W. − O. $\qquad \alpha =$ S. − N.

$b =$ NW. + SW. − NO. − SO. $\beta =$ SW. + SO. − NW. − NO. iſt, wo die Windzeichen die Summe der Beobachtungen bezeichnen, wenn die Intenſitäten als gleich geſetzt werden.

Tabelle für Hamburg.

	Verhältniſſe der		Mittlere Windrichtung.
	ſüdlichen zu den nördlichen Winden.	öſtlichen zu den weſtlichen Winden.	
Januar . . .	100 : 60	100 : 158	60° 55′ oder SWW.
Februar . . .	100 : 63	100 : 203	68 12 — WSW.
März	100 : 135	100 : 119	136 22 — NW.
April	100 : 127	100 : 109	145 43 — NWN.
Mai	100 : 167	100 : 124	141 52 — NWN.
Juni	100 : 172	100 : 286	109 28 — WNW.
Juli	100 : 76	100 : 322	89 31 — W.
Auguſt . . .	100 : 70	100 : 280	78 23 — WS.
September .	100 : 77	100 : 226	78 31 — WS.
October . . .	100 : 40	100 : 155	57 43 — SWS.
November .	100 : 47	100 : 170	49 45 — SW.
December . .	100 : 50	100 : 163	45 41 — SW.
Mittel . .	100 : 81,9	100 : 178,7	77 42 — WS.

Einfluß der Windrichtung auf den Druck der trockenen Luft und des atmoſphäriſchen Waſſerdampfes, ſo wie auf den ganzen Barometerſtand, von Dove *).

Dove hat aus dreijährigen Beobachtungen Daniell's, mit ſeinem Schwefelätherhygrometer in London angeſtellt, folgende allgemeine Reſultate abgeleitet, für die es allerdings wünſchenswerth wäre, noch ausgedehntere Beſtätigungen an anderen Orten und für mehrere Jahre zu erhalten, um ihre Allgemeinheit ſicher verbürgen zu können.

1) Die Abhängigkeit des Druckes der trockenen Luft **) und der Elaſticität des Dampfes in der Atmoſphäre von der Windesrichtung iſt eine umgekehrte, indem den Winden, welchen ein höherer Grad des Druckes der trockenen Luft entſpricht, zugleich ein niedrigerer Grad der Elaſticität des Dampfes entſpricht.

2) Der größte Druck der trockenen Luft und die kleinſte Elaſticität des Dampfes entſpricht nach den Daniell'ſchen Beobachtungen dem Nordoſtwinde, der kleinſte Druck der trockenen Luft und die größte Elaſticität des Dampfes dem Südwinde. In dem Maße als ſich der

---

*) Pogg. XVI. 285; XXIV. 211.

**) d. h. des barometriſchen Druckes nach Abzug des Druckes, welcher zufolge der Angabe des Hygrometers auf Rechnung der in der Luft vorhandenen Waſſerdämpfe zu ſchreiben iſt.

Wind von Süd durch Weſt nach Nordoſt dreht, ſteigt der Druck der trockenen Luft und fällt die Elaſticität des Dampfes; in dem Maße, als ſich der Wind von Nordoſt durch Oſt nach Süd dreht, findet das Umgekehrte Statt.

3) Auf der Weſtſeite der Windroſe nimmt der Druck der trockenen Luft im Laufe des Tages zu, auf der Oſtſeite ab; während die Elaſticität des Dampfes das umgekehrte Verhältniß befolgt.

4) Auf der Weſtſeite iſt das Wachsthum des Druckes der trockenen Luft im Laufe des Tages größer als die Abnahme der Elaſticität des Waſſerdampfes, und auf der Oſtſeite die Zunahme der Elaſticität des Waſſerdampfes geringer, als die Abnahme des Druckes der trockenen Luft; daher ſteigt das Barometer, welches beide Veränderungen zugleich angiebt, mit weſtlichen Winden und fällt mit öſtlichen.

5) Die Differenz der Elaſticität des Waſſerdampfes zwiſchen nördlichen und ſüdlichen Winden iſt im Sommer größer als im Winter; daſſelbe gilt von der Differenz des Druckes der trockenen Luft zwiſchen dieſen Winden.

Die tabellariſchen Belege zu dieſen Sätzen findet man in Pogg. XVI. 288 und 290.

Über den verſchiedenen Einfluß, den die Windesrichtung in den verſchiedenen Klimaten auf den Stand des Barometers hat, bringt Dove (Pogg. XXIV. 211) folgende allgemeine Reſultate bei.

Für die heiße Zone zeigt die in Pogg. XIII. 583 von Dove mitgetheilte barometriſche Windroſe für Calcutta, daß die in den Wintermonaten wehenden Winde zur Erhebung des Barometerſtandes, die in den Sommermonaten herrſchenden zur Erniedrigung deſſelben wirken.

In der gemäßigten Zone ſind erhebende Winde in den wärmeren Monaten die vorherrſchenden, deprimirende im Winter. Dove bezieht ſich hiebei auf die Beſtimmung des Einfluſſes des Windes auf den Barometerſtand, die er für Paris (Pogg. XI. 583 oder XXIV. 112) gegeben hat.

Für die kalte Zone hat Dove durch Berechnung der barometriſchen Windroſen für Melville-Inſel, Winter-Inſel, Port-Bowen u. a. Orte der Parry'ſchen Expeditionen folgende Sätze ermittelt:

1) der Wind hat auf das Barometer einen unerheblichen Einfluß;

2) ſeine Richtung iſt innerhalb der jährlichen Periode ſehr geringen Änderungen unterworfen;

3) während die mittlere Windesrichtung in Port-Bowen auf die Südoſtſeite fällt, in Melville dagegen auf die Nordweſtſeite, ſtimmt doch der Gang der monatlichen barometriſchen Mittel an beiden Orten überein.

Formeln für die Abhängigkeit des Druckes der trockenen Luft, der Elaſticität des atmoſphäriſchen Waſſerdampfes und des Barometerſtandes von der Windesrichtung, von Dove [*].

Dove legt hiefür ähnliche empiriſche Formeln zu Grunde, als man für die Abhängigkeit des Barometerſtandes und Thermometerſtandes von der Zeit anzunehmen pflegt, und zeigt durch Vergleichung mit vorhandenen Beobachtungen, daß ſie denſelben hinlänglich genügen.

Es bezeichne x den vom Nullpuncte der Windroſe (von N. nach O.) in ihr gerechneten Winkel, p_x den zugehörigen Druck der trockenen Luft in der Atmoſphäre, e_x die zugehörige Elaſticität des Waſſerdampfes in der Atmoſphäre, B_x, den zugehörigen Barometerſtand, $= p_x + e_x$, die übrigen Größen in nachfolgenden Formeln Conſtanten, die aus den Beobachtungen zu beſtimmen ſind, ſo iſt:

$$p_x = a + a' \sin(x + \alpha') + a'' \sin(2x + \alpha'')$$
$$e_x = b + b' \sin(x + \beta') + b'' \sin(2x + \beta'')$$
$$B_x = c + c' \sin(x + \gamma') + c'' \sin(2x + \gamma'')$$

Die dritte Gleichung iſt aus den beiden erſten unmittelbar gegeben, indem man hat:

$$\begin{aligned} c &= a + b \\ c' \cos\gamma' &= a' \cos\alpha' + b' \cos\beta' \\ c' \sin\gamma' &= a' \sin\alpha' + b' \sin\beta' \\ c'' \cos\gamma'' &= a'' \cos\alpha'' + b'' \cos\beta'' \\ c'' \sin\gamma'' &= a'' \sin\alpha'' + b'' \sin\beta'' \end{aligned}$$

Dove hat die Conſtanten in den obigen Formeln aus den Daniell'ſchen Beobachtungen (für London und engliſches Maß) beſtimmt, wo dann die Formeln zu folgenden werden:

$$\begin{aligned} p_x = {} & 29'',52387 + 0'',18314 \sin(x + 58^\circ\ 16') \\ & + 0'',05373 \sin(2x + 290^\circ\ 43') \\ e_x = {} & 0'',36637 + 0'',06675 \sin(x + 254^\circ\ 58') \\ & + 0'',01172 \sin(2x + 123^\circ\ 41') \\ B_x = {} & 29'',89075 + 0'',12089 \sin(x + 49^\circ\ 10') \\ & + 0'',04239 \sin(2x + 287^\circ\ 9') \end{aligned}$$

Eine Vergleichung der hienach berechneten Werthe mit den beobachteten Mittelwerthen iſt in folgender Tabelle enthalten, wo jedoch der Kürze halber ſtatt der beobachteten Werthe ſelbſt bloß die Differenzen derſelben von den berechneten beigefügt ſind.

---

[*] Pogg. XVI. 285. Vergl. hiebei frühere Unterſuchungen von Dove in Pogg. XI. 545.

	Berechnete Werthe.			Unterſchied der beobachteten und berechneten Werthe.		
	P_x	e_x	B_x			
NO.	29″,7211	0″,3027	30″,0238	−0″,005	+0″,001	−0″,004
O.	29 ,6704	0 ,3398	30 ,0103	+0 ,004	−0 ,006	−0 ,002
SO.	29 ,4628	0 ,4066	29 ,8694	0 ,000	+0 ,007	+0 ,007
S.	29 ,3179	0 ,4409	29 ,7588	−0 ,004	−0 ,005	−0 ,009
SW.	29 ,3646	0 ,4180	29 ,7827	+0 ,005	0 ,000	+0 ,005
W.	29 ,4778	0 ,3744	29 ,8522	−0 ,004	+0 ,005	+0 ,001
NW.	29 ,5469	0 ,3401	29 ,8871	0 ,000	−0 ,006	−0 ,006
N.	29 ,6293	0 ,3123	29 ,9417	+0 ,004	+0 ,004	+0 ,008

Die Geringfügigkeit der Differenzen ſpricht allerdings für die Anwendbarkeit der Formeln.

Übrigens muß bemerkt werden, daß die Abhängigkeit der obgenannten Umſtände von der Windesrichtung eine verſchiedene iſt, je nach den Jahreszeiten, ſo daß, wenn man dieſe Abhängigkeit nicht für das Mittel des ganzen Jahres, ſondern für gewiſſe Jahreszeiten beſtimmen will, die Conſtanten für dieſelben beſonders zu beſtimmen ſind, wie Dove (in der Originalabhandlung) für die 4 Jahreszeiten nach den Daniell'ſchen Beobachtungen gethan.

Einfluß des Mondes auf die Windesrichtung.

Schübler hat in ſeiner Schrift: „Unterſuchungen über den Einfluß des Mondes auf die Veränderungen unſerer Atmoſphäre“ auch den Einfluß des Mondes auf die Windesrichtung unterſucht, indem er dabei 16jährige Beobachtungen, von 1813 — 1828 zu Augsburg angeſtellt, zu Grunde legte. Die Hauptreſultate ſind in folgenden zwei Tabellen enthalten*). Hier ſind zu den nördlichen Winden gerechnet: NW., N. und NO., zu den weſtlichen SW., W. und NW. u. ſ. w.; und die mittlere Windesrichtung iſt nach Lambert's Formel berechnet.

Am Tage des	Verhältniß der nördlichen zu den ſüdlichen Winden.	Verhältniß der öſtlichen zu den weſtlichen Winden.	Mittlere Windrichtung.		
Neumonds . .	100 : 108,4	100 : 120,4	19°	0′	oder SSW.
1ſten Viertels .	100 : 108,8	100 : 149,4	55	58	oder SWW.
2ten Octanten	100 : 118,8	100 : 160,4	78	34	oder WS.
Vollmondes . .	100 : 106,9	100 : 159,2	85	37	oder nahe W.
letzten Viertels	100 : 98,3	100 : 112,8	90	0	völlig W.

---

*) Im Original ſind auch Tabellen für die einzelnen Winde vorhanden, von denen die oben gegebenen Tabellen nur die Zuſammenfaſſung ſind.

An den Tagen	Verhältniß der nördlichen zu den ſüdlichen Winden.	Verhältniß der öſtlichen zu den weſtlichen Winden.	Mittlere Windrichtung.
der Erdnähe . .	100 : 138,0	100 : 142,3	72° 28′ oder WSW.
am folgenden Tag	100 : 93,8	100 : 160,5	90 10 oder W.
der Erdferne . .	100 : 138,0	100 : 147,4	54 8 oder SWW.
am folgenden Tag	100 : 104,7	100 : 123,0	78 16 oder WS.
2 Tage nachher	100 : 100,0	100 : 119,4	97 46 oder WN.
3 Tage nachher	100 : 88,0	100 : 107,3	126 14 oder NWW.

Zufolge der erſten Tabelle nehmen die ſüdlichen und weſtlichen Winde bis zum zweiten Octanten zu, wo ſie am häufigſten weheten, wurden dagegen zur Zeit des letzten Viertels am ſeltenſten, wo dagegen verhältnißmäßig die meiſten nördlichen und öſtlichen Winde weheten. Die allgemeine mittlere Windrichtung war beim Neumond am ſüdlichſten, erhielt zur Zeit des zweiten Octanten beim Maximum des Regens eine mehr ſüdweſtliche Richtung, wurde mit dem Vollmond beinahe Weſt und fing mit dem letzten Viertel an, in eine etwas nordweſtliche Richtung überzugehen.

Zufolge der zweiten Tabelle hatten die Winde einen Tag nach der Erdnähe am häufigſten eine weſtliche Richtung; am Tage der Erdnähe ſelbſt hatten ſie noch mehr eine ſüdweſtliche Richtung, die wenigſten weſtlichen und relativ die meiſten öſtlichen Winde weheten einige Tage nach der Erdferne, an welchen Tagen die Winde zugleich eine mehr nördliche Richtung annahmen.

V. Hygrometriſcher Zuſtand der Luſt.

Abhängigkeit des atmoſphäriſchen Feuchtigkeitszuſtandes von der Zeit und der Höhe, von Dove *).

Dove hat theils aus Sauſſure's, theils aus Daniell's Beobachtungen, theils aus Beobachtungen Deluc's in ſeinen Idées sur la météorologie und Dalton's in den Manch. Mém. 1824., folgende Beſtimmungen über die von der Zeit oder Höhe abhängigen Veränderungen des Feuchtigkeitszuſtandes der Atmoſphäre abgeleitet. Wir werden in Folgendem unter relativem Feuchtigkeitsgrade oder relativem Feuchtigkeitszuſtande den, vom Haarhygrometer angezeigten Grad der Feuchtigkeit verſtehen, der mithin nicht die abſolute Quantität der Feuchtigkeit,

---

*) Pogg. XVI. [illegible]. Über die Abhängigkeit von der Windesrichtung vgl. S. 19.

ſondern nur die größere oder geringere Annäherung derſelben an den Sättigungszuſtand für die beſtehende Temperatur bezeichnet. Die tabellariſchen Belege ſind zuletzt beigefügt. (Für Satz 9), 10), 11) bezieht ſich der Verfaſſer auf nicht beigefügte Beobachtungen der genannten Beobachter).

1) Das Maximum der relativen Feuchtigkeit fällt (nach Sauſſure) in der Ebene in der Regel eine Stunde nach Sonnenaufgang, das Minimum um 3 oder 4 Uhr Nachmittags. Der Gang der täglichen relativen Feuchtigkeitsänderungen iſt mithin der umgekehrte, als der der thermiſchen (Tabelle I.).

2) Die täglichen Veränderungen des relativen Feuchtigkeitszuſtandes ſind gleich den Temperaturveränderungen im Winter am kleinſten, ſcheinen aber im Frühjahre noch bedeutender zu ſein als im Sommer (Tabelle I.).

3) Auch in Bezug auf die jährlichen Perioden entſprechen der wärmern Jahreszeit im Allgemeinen höhere Grade des relativen Feuchtigkeitszuſtandes, der kältern geringere (Tabelle I.).

4) Die Elaſticität des Dampfes in der Atmoſphäre iſt in der Ebene in den Frühlingsmonaten (Februar, März, April, Mai) des Morgens größer als Nachmittags, in allen übrigen Monaten des Morgens kleiner als Nachmittags, während der Druck der trockenen Luft (zu gleichen Tageszeiten beobachtet) durch das ganze Jahr größer Vormittags als Nachmittags iſt. Mithin erfolgen in dieſen übrigen Monaten die Änderungen des Druckes der trockenen Luft und der Elaſticität des Dampfes nach entgegengeſetzter Richtung, und es ſind in dieſen Monaten, ſo wie auch im jährlichen Mittel die täglichen Veränderungen des ganzen Barometerſtandes geringer, als die Änderungen des Druckes der trockenen Luft (Tabelle II.).

5) Bei Sonnenaufgang nimmt der relative Feuchtigkeitsgrad mit Erhebung über das flache Land ab, und zwar im Sommer ſtärker als im Winter (Tabelle III).

6) Nachmittags um 2 Uhr nimmt, außer im Januar und Februar, der relative Feuchtigkeitsgrad mit Erhebung über die Erdoberfläche zu (Tabelle III.).

7) Unter Vorausſetzung, daß das Mittel der Beobachtungen bei Sonnenaufgang und um 2 Uhr den mittlern relativen Feuchtigkeitszuſtand angiebt, nimmt dieſer das ganze Jahr hindurch nach der Höhe ab, außer im Frühling (März, April, Mai) (Tabelle III.).

8) Sowohl die täglichen als jährlichen Veränderungen des relativen Feuchtigkeitszuſtandes nehmen ab mit zunehmender Höhe (Tabelle III.).

9) überall, wo eine dichte Wolke oder ein Nebel ſich befindet, iſt der Thaupunct des Daniell'ſchen Hygrometers gleich der Temperatur der Atmoſphäre, die Luft mithin mit Feuchtigkeit geſättigt.

10) Wenn ein Gebirge ganz oder größtentheils durch einen Nebel einge-

hüllt iſt, ſo iſt der Unterſchied zwiſchen der Lufttemperatur und dem Thaupuncte gering.

11) Die mittlere Wärmeabnahme der Atmoſphäre iſt 1° F. für 240 Fuß in den wärmſten Stunden des Tages, während die mittlere Abnahme des Thaupunctes 1° F. für 390 Fuß iſt.

Die Urſache der Erſcheinung, daß es (in der Ebene) Zeiten giebt, wo die Elaſticität und relative Menge des in der Luft enthaltenen Waſſerdampfes abnimmt, während die Temperatur und mit ihr die Verdunſtung doch zunimmt (1 und 4), ſcheint in dem aufſteigenden Luftſtrom geſucht werden zu müſſen. Wenn nämlich die am Boden erwärmte Luft als ſpecifiſch leichter in die Höhe ſteigt, ſo läßt ſich einſehen, wie, wenn dieſe Strömung recht lebhaft iſt, dadurch mehr Feuchtigkeit nach Oben abgeführt werden kann, als durch die geſteigerte Verdampfung erſetzt wird, was ganz in Übereinſtimmung mit 6) iſt, wonach nämlich in der wärmſten Tageszeit die Feuchtigkeit mit der Höhe zunimmt, während ſie bei Sonnenaufgang und überhaupt im Mittel (nach 5) und 6) mit der Höhe abnimmt.

Tabelle I.

Enthaltend die Mittel aus 8jährigen Beobachtungen von 1818 bis 1825 mit dem Haarhygrometer in Paris, wo — Steigen, + Fallen bedeutet.

	Mittel		3 Uhr Nachm.		9 U. M. - 3 U. A.		3 U. A. - 9 U. A.	
	Hygrometer.	Therm. C.	Hygrometer.	Thermomet.	Hygrometer.	Thermometer.	Hygrometer.	Thermometer.
Januar	83°,2	3°,3	81°,5	4°,4	+ 8	— 2,3	— 8,3	+ 2
Februar	81 ,7	4 ,8	76	6 ,7	+ 14,2	— 3,2	— 13	+ 3
März	74 ,9	7 ,9	66 ,1	9 ,7	+ 15,5	— 2,9	— 16,7	+ 3,7
April	67 ,1	12 ,9	57 ,3	14 ,9	+ 14,7	— 2,9	— 21,1	+ 4,2
Mai	69 ,4	18 ,2	62 ,3	17 ,9	+ 9,7	— 2,1	— 17	+ 4,6
Juni	67 ,4	19 ,2	60	21 ,1	+ 9,1	— 2,4	— 18,1	+ 5,0
Juli	67 ,3	20 ,8	59 ,6	22 ,5	+ 11	— 2,4	— 17,5	+ 5,0
Auguſt	69 ,8	21 ,1	61 ,5	23 ,1	+ 9,8	— 2,7	— 17,4	+ 5,1
Sept.	74 ,1	17 ,9	64 ,3	20 ,1	+ 13,6	— 3,2	— 19,6	+ 5,0
October	83 ,1	12 ,9	73 ,9	14 ,7	+ 15,6	— 2,3	— 16,6	+ 4,2
Nov.	88 ,4	8 ,3	82 ,8	9 ,7	+ 10,3	— 2,8	— 9,1	+ 2,5
Decemb.	88 ,8	4 ,8	85	5 ,9	+ 5,9	— 2,3	— 6,6	+ 1,8

Tabelle II.

Berechnet aus 3jährigen, von Daniell in London mit ſeinem Hygrometer angeſtellten Beobachtungen, nach der von ihm in ſeinem Nat. Essai p. 157 angegebenen Tabelle, in engliſchem Maße.

	Mittel		Druck der trockenen Luft			Elaſt. des Dampfes		
	trockene Luft.	Dampf.	Morgens.	Nachmittags.	Abends.	Morgens.	Nachmittags	Abends.
Jan.	29″,672	0 ,,,251	29″,682	29″,668	29″,670	0″,247	0 ,256	0″,251
Febr.	809	0 ,257	824	796	806	0 ,258	0 ,257	0 ,253
März	539	0 ,301	548	527	543	0 ,305	0 ,304	0 ,295
April	541	0 ,342	544	529	549	1 ,347	0 ,345	0 ,335
Mai	527	0 ,373	535	514	533	0 ,377	0 ,374	0 ,369
Juni	572	0 ,449	583	553	581	0 ,447	0 ,461	0 ,439
Juli	382	0 ,495	390	369	386	0 ,494	0 ,502	0 ,490
Aug.	377	0 ,514	381	358	392	0 ,513	0 ,526	0 ,504
Sept.	452	0 ,469	447	425	483	0 ,476	0 ,480	0 ,452
Oct.	403	0 ,369	409	382	419	0 ,373	0 ,379	0 ,357
Nov.	461	0 ,316	467	445	472	0 ,314	0 ,323	0 ,310
Dec.	403	0 ,292	410	393	405	0 ‘284	0 ,298	0 ,293

Tabelle III.

Enthaltend die Mittel aus 4jährigen Beobachtungen von 1822 bis 1825 mit dem Haarhygrometer in Genf und auf dem St. Bernhard.

	Sonnenaufgang			Nachmittag 2 Uhr			Mittel		
	Genf.	Bernhard.	Unterſchied.	Genf.	Bernhard.	Unterſchied.	Genf.	Bernhard.	Unterſchied.
Januar	93,4	86,8	+ 6,6	86,0	82,5	+ 3,5	89,7	84,6	+ 5,1
Februar	93,0	87,8	+ 5,2	80,9	80,5	+ 0,4	86,9	84,1	+ 2,8
März	98,7	86,3	+ 2,4	74,4	81,5	− 7,1	81,5	83,9	− 2,4
April	91,5	85,5	+ 6,0	72,3	82,3	−10	81,9	83,9	− 2,0
Mai	92,6	85	+ 7,6	71,0	81,8	−10,8	81,8	83,4	1,6
Juni	93,8	83,5	+10,3	71,5	79	− 7,5	82,6	81,2	+ 1,4
Juli	94,1	83,3	+10,8	71,4	80,8	− 9,4	82,7	82,0	+ 0,7
Auguſt	94,7	85,5	+ 9,2	74,6	83,5	− 8,9	84,6	84,5	+ 0,1
Septemb.	96	85,5	+10,5	77,9	80,5	− 2,6	86,9	83	+ 3,9
October	95,9	86	+ 9,9	82,3	83	− 0,7	89,1	84,5	+ 4,6
Novemb.	93,6	85,3	+ 8,3	79,8	83,8	− 4	86,8	84,5	+ 2,3
December	91,6	88,5	+ 3,1	86,2	87,1	− 0,9	89	87,8	+ 1,2

VI. Wäſſerige Niederſchläge aus der Atmoſphäre.

Regenmeſſer oder Hyetometer.

Ein Hyetometer von **Horner** findet ſich beſchrieben und abgebildet in Schweigg. J. LIX. 36; ein anderes von **Schrön** im Laboratorium, Weimar Heft XIII. Taf. LII. Da die Beſchreibung und Abbildung von beiden zu viel Raum erfodern würde, ſo verweiſe ich hinſichtlich derſelben auf die Originalabhandlungen. Auch **Adam** hat in **Brewſter's** Edinb. J. of sc. 1830. July. 53 ein Hyetometer beſchrieben und abgebildet, welches jedoch keine ſonderlichen Vorzüge zu beſitzen ſcheint.

Regenmenge in verſchiedenen Höhen.

Wenn man zwei Regenmeſſer in verſchiedenen Höhen aufſtellt, ſo findet man die Quantität des geſammten Regens größer in den unteren als in den oberen. **Ideler** *) ſtellt in dieſem Bezuge folgende Beiſpiele zuſammen.

Bugge (Nye Samling af Kiöbenhavn Vidensk. Selskabs Skrifter, Bind II. p. 227) fand folgende Regenhöhen:

1783	in	7	Monaten	im	Garten	1250**)	120′	höher	951
1784	—	12	—	—	—	2468	—		2140
1785	—	—	—	—	—	2804	—		2274
1786	—	—	—	—	—	2671	—		1921
1787	—	—	—	—	—	2985	—		2193
1788	in	6	Monaten	—	—	944	—	—	650

So daß auf eine Höhe von 120′ eine Zunahme von $\frac{3}{10}$ des Ganzen kommt. **Heberden** (Philosoph. transact. Vol. LIX. p. 1) ſagt, daß die Mengen des Waſſers, welches nach Angabe der Hyetometer auf die Weſtminſterabtei in London, auf ein Haus ganz in der Nähe derſelben und 15′,5 tiefer herabfiel, ſich wie 3 : 8 : 10 verhielten. In Paris fällt im Hofe des Obſervatoriums 564^{m},72, auf der Terraſſe 28^{m} höher 482^{mm},41 Regen, alſo $\frac{13}{100}$ mehr auf 58′ (**Bouvard**, Mémoire sur les observations météorologiques faites à l'observatoire royal de Paris, p. 41 seq.)

Über den Einfluß des Mondes auf die Menge der wäſſerigen Niederſchläge aus der Atmoſphäre.

Schübler hat hierüber in ſeiner S. 43 erwähnten Schrift ausführliche Unterſuchungen mitgetheilt, wovon wir uns begnügen, die in Worten ausgeſprochenen Reſultate nebſt einigen tabellariſchen Belegen auszuziehen, mit der Bemerkung, daß in der Originalſchrift noch viele andere Tabellen und inſtructive graphiſche Darſtellungen beigefügt ſind, die wir hier nicht alle mittheilen können. Daß für manche der nachfolgenden Reſultate die Zahl der Beobachtungen, aus denen ſie abgeleitet ſind, bis jetzt noch zu gering iſt, um ihnen jetzt ſchon völlige Sicherheit beilegen zu können, bedarf wohl keiner Erinnerung. Die Reſultate ſind faſt ſämmtlich (außer wo es bemerkt iſt) aus 28jährigen Beobachtungen hergeleitet, während welcher Zeit 4298 Niederſchläge fielen.

---

*) Pogg. XVII. 471.

**) In $\frac{1}{12}$ Theilen des Pariſer Cubikzolles ausgedrückt.

Von dieſen Beobachtungen wurden 16jährige zu Augsburg von Stark in den Jahren 1813 bis 1828 angeſtellt, 4jährige in den Jahren 1809 bis 1812 in Stuttgart, theils vom Verfaſſer ſelbſt, theils von ſeinem Bruder, endlich 8jährige in den Jahren 1781 bis 1788 in München, welche in den Mannheimer meteorologiſchen Ephemeriden im Druck erſchienen ſind.

1) Das Maximum des Regens aus allen Beobachtungen des Jahres fällt nahe hin in die Mitte zwiſchen das erſte Viertel und den Vollmond in den zweiten Octanten; die Neigung zu Niederſchlägen vermindert ſich mit dem Vollmond und zunächſt nach dieſem, anfangs langſamer, dann ſchneller; das Minimum der Niederſchläge liegt zwiſchen dem letzten Viertel und vierten Octanten, von da an nimmt die Regenmenge wieder langſam gegen den Neumond zu, vermehrt ſich am langſamſten gegen den erſten Octanten, ſchneller gegen das erſte Viertel, wo ſie ihrem gegen den zweiten Octanten eintretenden Maximum zueilt.

2) Der Zeitraum der abnehmenden Regenmenge vom Maximum zum Minimum iſt im Mittel etwas kürzer, als der Zeitraum der zunehmenden Regenmenge, nach den mittlern Jahresreſultaten im Verhältniß von 14 : 18 oder = 7 : 9; (auch die Beobachtungen von Flaugergues gaben für das monatliche periodiſche Steigen und Fallen des Barometers ein entſprechendes verſchiedenes Verhältniß; es ſteigt ſchneller und fällt langſamer).

3) Das mittlere Maximum des Regens aus allen Jahreszeiten fällt auf den zweiten Octanten, bei Annäherung zu den Solſtitien entfernt es ſich von dieſer mittlern Richtung in entſprechendem Verhältniß nach beiden Seiten, in den Sommermonaten rückt es dem Vollmond, in den Wintermonaten dem erſten Viertel näher, im Sommerſolſtitium ſelbſt fällt es mit dem Vollmonde, im Winterſolſtitium nahe hin mit dem erſten Viertel zuſammen.

4) Der Eintritt des mittlern Minimums des Regens zeigt in den verſchiedenen Jahreszeiten entſprechende Verſchiedenheiten, es nähert ſich im Sommer mehr dem Neumonde, in der Mitte des Winters mehr dem letzten Viertel.

5) Das Maximum des Regens im Sommer iſt gerade um die Hälfte eines ſynodiſchen Umlaufes von dem Eintritte des Minimums entfernt. Erſteres fällt zur Zeit des Vollmondes, letzteres zur Zeit des Neumondes.

6) Das Maximum des Regens im Winter ſteht ſeinem Minimum weniger regelmäßig gegenüber, letzteres rückt dem letzten Viertel etwas näher, welches wahrſcheinlich mit folgendem Verhältniß in naher Beziehung ſteht.

7) Im Winter tritt zur Zeit des Neumondes an den Tagen des Minimums der Sommermonate ein kleineres Maximum des Regens ein, wovon ſich in der Mitte des Sommers nichts bemerken läßt; der Neumond ſcheint in den Wintermonaten zum Theil die Stelle des Vollmondes zu vertreten, deſſen Wirkung im Winter geringer iſt. Im Sommer ſteht der Vollmond, im Winter der Neumond am tiefſten (ſüdlichſten), welches vielleicht mit dieſem wechſelnden Verhältniß der Wirkung des Neumondes und Vollmondes in Beziehung ſteht, ob man gleich nach den Attractionsgeſetzen vom Vollmonde während ſeines höchſten Standes im Winter, und vom Neumonde während ſeines höchſten Standes im Sommer gerade umgekehrt für unſere Gegenden die ſtärkſten Wirkungen erwarten ſollte.

8) Das Maximum des Regens im Sommerſolſtitium (zur Zeit des Vollmondes) iſt von dem Maximum des Regens zur Zeit des Winterſolſtitiums (zur Zeit des erſten Viertels) nahe hin um ¼ des ſynodiſchen Umlaufes entfernt; in entſprechendem Verhältniß ändern ſich die Zeitpuncte des Minimums des Regens vom Sommer (im Neumonde) bis zum Winter (letzten Viertel). Nach den Attractionsgeſetzen ſcheint ſich auch dieſes Verhältniß nicht erklären zu laſſen; es geht aber ſo beſtimmt und einfach aus den Beobachtungen hervor, daß kein Grund vorhanden iſt, an der Richtigkeit zu zweifeln.

9) Theilt man den ſynodiſchen Umlauf des Mondes ſeiner verſchiedenen Regenmenge entſprechend in zwei Hälften, ſo fällt im Mittel der meiſte Regen in der Hälfte vom erſten Octanten, durch das erſte Viertel, Vollmond bis zum dritten Octanten (den letztern Tag noch dazu gerechnet); der wenigſte Regen fällt dagegen in der andern Hälfte, vom dritten Octanten, durch das letzte Viertel, Neumond bis zum erſten Octanten. Die Menge der Regentage während der einen Hälfte verhält ſich zur Menge der Regentage während der andern Hälfte = 100 : 111. Die größere Regenmenge fällt daher im Mittel während des zunehmenden Mondes, ſetzt ſich jedoch noch einige Tage nach dem Vollmonde fort.

10) Die Wendepuncte dieſer größern und geringern monatlichen Regenhälfte ſind in den verſchiedenen Jahreszeiten einem dem Maximum und Minimum entſprechenden Wechſel unterworfen. Im Sommer fällt der meiſte Regen von der Mitte zwiſchen dem erſten Octanten und erſten Viertel durch den Vollmond bis zur Mitte zwiſchen dem dritten Octanten und letzten Viertel; in der Mitte des Winters fällt umgekehrt der meiſte Regen in der Hälfte, in welche der Neumond fällt, in der Hälfte vom vierten Octanten durch den Neumond und das erſte Viertel bis zum zweiten Octanten. Im Sommer verhält ſich die Zahl der Regentage in der kleinern Regenhälfte zur größern = 100 : 110,3, im Winter = 100 : 107,7.

11) Die meiſten vollkommen heitern Tage fanden zur Zeit des letzten Viertels ſtatt, die meiſten vollkommen trüben zur Zeit des zweiten Octanten, und nächſt dieſem zur Zeit des Vollmondes; das meiſte meteoriſche Waſſer (quantitativ beſtimmt) fiel zur Zeit des zweiten Octanten, das wenigſte zur Zeit des letzten Viertels; die am Tage des zweiten Octanten gefallene Regenmenge verhält ſich zur Regenmenge am Tage des letzten Viertels = 100 : 136. Folgende, aus 16jährigen Beobachtungen abgeleitete, Tabelle wird dies näher erläutern:

An den Tagen	Zahl der heiteren Tage.	Zahl der trüben Tage.	Verhältniß der trüben zu den heiteren Tagen.	Regenmenge	
				Regentage.	Menge des Regens in Par. Lin.
des Neumonds .	31	61	= 100 : 52	93	298,89
erſten Viertels .	33	57	= 100 : 66	92	276,55
zweiten Octanten	25	65	= 100 : 38	97	301,44
Vollmonds . . .	26	61	= 100 : 42	96	278,36
letzten Viertels .	41	53	= 100 : 77	76	220,90

12) Es findet eine größere Neigung zu Niederſchlägen zur Zeit der Erdnähe als zur Zeit der Erdferne Statt, obgleich die Wirkung des anomaliſtiſchen Umlaufes weniger ſtark zu ſein ſcheint, als die des ſynodiſchen. Der meiſte Regen fällt am Tage der Erdnähe, der wenigſte zwei Tage nach der Erdferne, die mittlere, am letzten Tage fallende, Regenmenge verhält ſich zur mittlern Regenmenge am Tage der Erdnähe = 100 : 118,9.

13) Der vorige Satz gilt für das allgemeine Mittel der Beobachtungen. Auch wenn man die Beobachtungen bloß aus den Jahren zuſammennimmt, wo die Erdnähe bei ſüdlicher, die Erdferne bei nördlicher Abweichung eintritt, fallen die Regentage häufiger bei der Erdnähe als bei der Erdferne; das Verhältniß war hier (nach 12jährigen Beobachtungen) = 111,2 : 100. Nimmt man dagegen die Beobachtungen bloß aus den (neun) Jahren zuſammen, wo die Erdnähe bei nördlicher, die Erdferne bei ſüdlicher Abweichung eintritt, ſo erhalt man ein entgegengeſetztes Reſultat, indem ſich hier die Zahl der Regentage während der Erdferne im Verhältniß von 100 : 94,5 ſtärker zeigt, als während der Erdnähe. Die Urſache dieſer Abweichung vom allgemeinen Mittel ſcheint ſich einfach aus dem Umſtande zu erklären, daß in Jahren, in welchen die Erdferne bei ſüdlicher Abweichung eintritt, zugleich auch der Vollmond (die Zeit des Maximums der monatlichen Regenmenge im Sommer) in die Nähe der Erdferne fällt, wodurch bei der mächtigern Einwirkung des Vollmondes ſich die Regenverhältniſſe leicht auf dieſe Art abändern können. In den (ſieben) Jahren, während welcher die Erdnähe und Erdferne mehr in der

Nähe des Äquators eintreten, verhält ſich die Zahl der Regentage zur Zeit der Erdferne zur Zahl der Regentage zur Zeit der Erdnähe = 100 : 116,5.

Die Apſiden ſcheinen hienach die größte Wirkung auf unſere Atmoſphäre zu beſitzen, wenn ſie in der Nähe des Äquators eintreten.

14) In den (zwölf) Jahren, wo die Erdnähe während ſüdlicher Abweichung und die Erdferne während nördlicher Abweichung eintritt, vermehrte ſich die Zahl der Regentage beim Durchgange durch die Erdnähe in dem Verhältniß von 100 : 102,8, verminderte ſich dagegen beim Durchgange durch die Erdferne in dem Verhältniſſe von 100 : 90,4 (wobei die Summen der Regentage in den zwei der Erdnähe und Erdferne zunächſt vorausgehenden und folgenden Tagen zur Vergleichung gewählt ſind). In den Jahren bei nördlich eintretender Erdnähe und ſüdlich eintretender Erdferne zeigte ſich zwar gleichfalls am Tage der Erdnähe ſelbſt eine Zunahme der Regenmenge; im Ganzen war jedoch die Wirkung weit geringer und die mittlere Zunahme an dem zur Vergleichung angewandten Tage war nur = 100 : 100,2; bei der Erdferne war die Verminderung der Regentage gleichfalls geringer, ſie verminderte ſich in dem Verhältniſſe von 100 : 93,1.

15) Die Apſiden wirken in den ſechs Sommermonaten (April bis September) ſtärker und regelmäßiger auf die Veränderungen in unſerer Atmoſphäre, als in den ſechs Wintermonaten (October bis März); die mittlere Zahl der Regentage in den drei zunächſt auf die Erdferne folgenden Tagen verhielt ſich zur Zahl der Regentage in den drei zunächſt auf die Erdnähe folgenden:

im Sommer = 100 : 125,7;
im Winter = 100 : 107,1.

Die Zahl der Regentage vermehrte ſich beim Durchgange durch die Erdnähe im Sommer in dem Verhältniſſe von 100 : 111,4; ſie verminderte ſich dagegen bei der Erdferne in dem Verhältniſſe von 100 : 88,5. Beide Verhältniſſe ſind bedeutend größer, als die oben aus dem Mittel der Beobachtungen aller Jahreszeiten erhaltenen; in den Wintermonaten verminderte ſich die Zahl der Niederſchläge beim Durchgange des Mondes durch ſeine Erdferne nur in dem Verhältniſſe von 100 : 98,5 und bei der Erdnähe trat nur am Tage der Erdnähe ſelbſt einige Vermehrung der Regenmenge ein.

16) Vergleichen wir die im Mittel auf 100 Erdnähen und Erdfernen des Mondes erfolgenden Niederſchläge nach den aus dem Mittel der zwei zunächſt angrenzenden Tage berechneten Mittelzahlen, ſo ergeben ſich zwiſchen Sommer und Winter entſprechende Verſchiedenheiten. Es ereigneten ſich im Mittel

Niederſchläge an 100 Tagen.	im Sommer.	im Winter.
der Erdnähe	53,9	41,7
der Erdferne	45,9	38,5
2 Tage nach der Erdferne	43,1	37,4
3 Tage nach der Erdferne	39,2	37,1

An dieſen Tagen der Extreme verhielt ſich daher das Minimum zum Maximum der Regenmenge

im Sommer = 100 : 137,5,
im Winter = 100 : 112,4.

Werden die Tage der Erdferne zwiſchen Sommer und Winter für ſich verglichen, ſo fällt an den einzelnen Tagen im Sommer etwas häufiger Regen als im Winter, was ſich genügend aus der größern Neigung zu Niederſchlägen in der wärmern Jahreszeit überhaupt erklärt, ohne dem erhaltenen allgemeinern Reſultate zu widerſprechen.

17) Durch das Zuſammentreffen der Erdnähe mit den Hauptpuncten des ſynodiſchen Umlaufes (Voll- und Neumond, die Viertel, der zweite Octant) vermehrt ſich im Allgemeinen die Menge der Niederſchläge, durch das Zuſammentreffen mit der Erdferne vermindert ſie ſich (vergl. Schübler Seite 37).

In übereinſtimmung hiemit ſind Gronau's Reſultate (Kaſtn. N. Arch. für Met. IV. 164).

18) Die Neigung zu trüben Tagen war zur Zeit der Erdnähe bedeutend größer als zur Zeit der Erdferne; ſie war an dem auf die Erdnähe folgenden Tage ſelbſt noch etwas größer, als zur Zeit des zweiten Octanten beim ſynodiſchen Umlauf. Das meiſte meteoriſche Waſſer fiel am Tage der Erdnähe, das wenigſte zwei Tage nach der Erdferne. Folgende Tabelle, aus 16jährigen Beobachtungen abgeleitet, wird dies näher darlegen:

An den Tagen	Zahl der heiteren Tage.	Zahl der trüben Tage.	Verhältniß der trüben zu den heiteren Tagen.	Regenmenge	
				Regentage.	Menge des Regens in Par. Lin.
der Erdnähe ..	32	83	100 : 38,5	109	333,49
am folgenden Tage	21	85	100 : 24,7	102	300,53
der Erdferne ..	41	75	100 : 54,6	103	283,91
am folgenden Tage	40	72	100 : 55,5	99	277,57
zwei Tage nachher	36	56	100 : 64,3	95	247,63
drei Tage nachher	45	46	100 : 97,9	90	295,35

19) Der wenigſte Regen fällt im Mittel zur Zeit des nördlichen Luniſtitiums, er vermehrt ſich beim Herabſteigen des Mondes durch den Äquator und wird am häufigſten zur Zeit des ſüdlichen Luniſtitiums und kurze Zeit nachher. Im Allgemeinen iſt der Einfluß dieſer monatlichen periodiſchen Veränderung des Mondes auf die Witterung geringer, als der Einfluß des ſynodiſchen und anomaliſtiſchen Umlaufes; das Minimum der Niederſchläge verhält ſich zum Maximum bei dieſer monatlichen Periode = 100 : 120,6. Während des Aufſteigens des Mondes durch den Äquator fällt mehr Regen, als während des Abſteigens durch denſelben nach dem nördlichen Luniſtitium. — Vergleicht man die Summe der Niederſchläge, welche ſich in den ſieben Tagen ereigneten, während welcher der Mond eine aufſteigende Bewegung hatte, mit der Summe der Niederſchläge an den ſieben Tagen, während welchen er täglich tiefer ſank, ſo findet man das Verhältniß der Zahlen = 103,7 : 100.

20) Im Sommer fällt im Verhältniß von 113,6 : 100 mehr Regen während des ſüdlichen Luniſtitiums, als während des nördlichen; im Winter fällt umgekehrt im Verhältniß von 108,6 : 100 mehr Regen während des nördlichen als ſüdlichen Luniſtitiums. Erſteres erklärt ſich aus der immer ſüdlichen Stellung des Vollmondes im Sommer, wo das Maximum des Regens nach den oben gefundenen Verhältniſſen eintritt, während das nördliche Luniſtitium im Sommer in die Nähe des Neumondes fällt, wo im Mittel das monatliche Minimum des Regens eintritt; letzteres (die größere Regenmenge während dem nördlichen Luniſtitium im Winter) erklärt ſich aus der in dieſer Jahreszeit nördlichen Stellung des Vollmondes, während der Neumond ins ſüdliche Luniſtitium fällt, welcher im Winter nur ein kleineres Maximum des Regens bildet; es erklärt ſich zugleich aus dieſem Umſtande, warum das Verhältniß der Regenmenge beider Luniſtitien im Sommer, wo das kleinere durch den Neumond veranlaßte Minimum des Regens beinahe völlig verſchwindet, bedeutend größer iſt als im Winter.

Im Winter fällt bei Weitem der meiſte Regen während des Aufſteigens des Mondes durch den Äquator zwiſchen dem ſüdlichen und nördlichen Luniſtitium, der wenigſte beim Abwärtsſteigen des Mondes durch den Äquator. Im Sommer fällt beim Durchgange durch den Äquator, beim Auf- und Abſteigen beinahe dieſelbe Regenmenge; ſie iſt (auf eine gleiche Anzahl Tage reducirt) geringer, als im ſüdlichen, aber größer als im nördlichen Luniſtitium.

Werden die bei verſchiedener Abweichung des Mondes im Winter und Sommer und nach den in allen Jahreszeiten überhaupt ſich ereignenden Niederſchläge auf dieſelbe Summe von je 100 Beobachtungen reducirt, ſo erhält man folgende Reſultate, wenn der Berechnung die Menge der Niederſchläge zu Grunde gelegt wird, welche ſich an den Tagen des Durchganges des Mondes durch die Luniſtitien und den Äquator und an dem zunächſt vorausgehenden und nachfolgenden Tage ereigneten.

Zahl der Niederſchläge auf 100 Beobachtungen reducirt.	Im Sommer.	Im Winter.	Mittel aus allen Jahreszeiten.
Während dem ſüdlichen Luniſtitium	46,8	38,1	42,6
Während dem Aufſteigen durch den Äquator	43,3	42,9	43,2
Während dem nördlichen Luniſtitium	41,3	40,9	41,1
Während dem Abſteigen durch den Äquator	43,4	37,2	40,4

Im Sommer fallen die Maxima und Minima auf die Luniſtitien ſelbſt, im Winter, wegen des überwiegenden Einfluſſes des ſynodiſchen Umlaufes, auf den Durchgang durch den Äquator.

21) Die Zahl der Niederſchläge iſt größer in den Monaten, in welchen Sonnen- und Mondfinſterniſſe eintreten, als in den übrigen. Die Summe der Regentage in den Monaten, in welchen die Syzygien in die größte Breite des Mondes fielen, verhielt ſich zur Summe der Regentage in den Monaten, in welchen ſie in die Knoten fielen = 10 : 11. (Das Nähere über dieſes Verhältniß ſ. in Schübler S. 51 ff.).

22) Schließlich füge ich noch eine Tabelle hinzu, welche eine nähere Überſicht der mittlern Menge der Niederſchläge, welche ſich für die Hauptſtellungen des Mondes ergeben, enthält. Die Beobachtungen ſind ſämmtlich auf 100 reducirt.[1]

Es erfolgten je auf 100 Tage, an welchen der Mond folgende Stellungen hatte, Regentage, nach dem Mittel der zu allen Jahreszeiten angeſtellten Beobachtungen:

Am Tage des Neumondes	42,8	Synodiſcher Umlauf.
Am Tage des erſten Octanten	43,1	
Am Tage des erſten Viertels	44,1	
Am Tage des zweiten Octanten	47,5	
Am Tage des Vollmondes	46,4	
Am Tage des dritten Octanten	44,6	
Am Tage des letzten Viertels	38,7	
Am Tage des letzten Octanten	38,3	
Am Tage der Erdnähe	48,6	Anomaliſtiſcher.
Am folgenden Tage	47,7	
Am Tage der Erdferne	42,4	
Am folgenden Tage	40,4	
Nach zwei Tagen	39,6	
Im ſüdlichen Luniſtitium	42,6	Abweichung.
Beim Aufſteigen durch den Äquator	43,2	
Im nördlichen Luniſtitium	41,1	
Beim Abſteigen durch den Äquator	40,4	
Beim Eintritt in die Knoten	44,9	Breite.
Beim Eintritt in die größte Breite	40,6	
Auf die Erdnähe im erſten Viertel	57,1	Zuſammentreffen wirkſamer Puncte.
Auf die Erdnähe im zweiten Octanten	57,3	
Auf die Erdnähe im Vollmond	44,1	
Auf die Erdnähe im Neumond	43,1	
Auf die Erdferne im letzten Viertel	37,3	
Auf den Vollmond in den Knoten	50,0	
Auf den Neumond in den Knoten	46,9	
Auf d. letzte Viertel in d. größten Breite	35,8	
Auf die Erdnähe in den Knoten	48,9	
Auf die Erdferne in den Knoten	39,0	
An den zwei folgenden Tagen	33,5	

über den Hagel *).

Umſtände, welche beim Hageln beobachtet werden. Olmſted zieht nach Vergleichung einer großen Menge von Beſchreibungen, welche Hagelwetter betreffen, den Schluß, daß ſich die wichtigſten hierauf beziehenden Erſcheinungen auf folgende Puncte zurückführen laſſen.

*) Vergl. hierüber beſonders Gehler's Wörterbuch Artikel Hagel. Die nachfolgends benutzten Abhandlungen von Ideler ſind in Pogg. XVII. 435, von Olmſted in Schweigg. LXI. 154 oder Froriep's Notizen Nr. 8. des XXVIII. Bandes enthalten.

1) Heftige Hagelwetter werden durch das Zuſammentreffen aller, die Gewitter gewöhnlich begleitenden, Elemente charakteriſirt; ſehr ſchwarze, heftig bewegte Wolken ziehen mit der größten Schnelligkeit durch die Luft und fahren noch häufiger mit Heftigkeit gegen einander, begleitet von mächtigen (high) Winden, von furchtbarem Donnern und Blitzen*).

2) Die Hagelwettter vorgenannter Natur ſind auf die gemäßigten Zonen beſchränkt; ſie kommen nur ſelten in irgend einer Form in der heißen Zone vor**), und wenn es geſchieht, ſo iſt es nur in gebirgigen Gegenden. Der Hagel iſt zwar häufig in den Polargegenden, jedoch größtentheils von der Beſchaffenheit gefrorner Regentropfen. Unter allen Erdſtrichen zeichnet ſich das ſüdliche Frankreich am meiſten durch häufige und heftige Hagelwetter aus.

3) Die heftigſten Hagelſtürme kommen vorzüglich in der wärmern Hälfte des Jahres und am häufigſten in den heißeſten Monaten vor.

4) Die Hagelkörner, welche während der Dauer eines und desſelben Wetters fallen, werden auf den Bergen viel kleiner als in der nahen Ebene befunden.

5) Obſchon die Hagelkörner in ſehr verſchiedener Form erſcheinen, ſo beſteht doch ſehr häufig der Mittelpunct derſelben aus einem weißen und poröſen Kerne, um welchen ſich concentriſche Eisſchichten gelagert haben, welche entweder durchſichtig oder undurchſichtig weiß, oder wohl auch abwechſelnd durchſichtig und undurchſichtig ſind.

5) Nach einem Hagelfalle in warmer Jahreszeit folgt häufig kühles Wetter; zu Frühlings- und Herbſtzeiten iſt der Hagel als Vorbote von Kälte beſonders bekannt.

Auch Ideler hat die Hauptumſtände, welche den Hagelfall betreffen, nach Beobachtungen zuſammengeſtellt***), und zwar in folgenden Puncten:

1) Der Hagel kommt zu allen Tageszeiten vor, am Tage und bei Nacht. Letzteres iſt ſeltener, mag aber wohl öfterer geſchehen, als man glaubt, da es zu dieſer Zeit gemeiniglich an Beobachtern fehlt.

2) Hagel kommt bei allen Temperaturen über 0° und ſelbſt unter dem Gefrierpuncte vor.

---

*) Phil. transact. Vol. IV. et V.

**) Rees leugnet ihr Vorkommen gänzlich, dagegen ſagt der Verfaſſer des Artikels Phys. Geogr. in der Edinb. Encycl., daß ſie allerdings in einer Höhe von mindeſtens 1500 bis 2000 Fuß Statt finden. (Tilloch's Magaz. Vol. XLIII. S. 191.

***) Pogg. XVII. 413 ff. Es iſt zugleich die Literatur der Beobachtungen, nebſt den hauptſächlichſten daraus entnommenen Belegen, beigefügt, aus denen obige Puncte hergeleitet ſind, worüber ich auf die Originalabhandlung verweiſe.

3) Der Hagel iſt ein den gemäßigten Zonen eigenthümliches Phänomen. In den Äquatorialgegenden macht nach Humboldt ein Hagelfall einen größern Eindruck auf das Volk, als bei uns das Herabſtürzen von Meteorſteinen. Indeſſen ſind einige Beiſpiele von Hagelwettern in Höhen unter 350 Toiſen zwiſchen den Tropen aufgezeichnet. Peron erzählt, daß ſich die älteſten Einwohner in Isle de France nur eines einzigen Hagelwetters entſinnen konnten. In höheren Regionen, über 350 Toiſen dagegen iſt Hagel nichts ſeltenes. Den öfters in Polargegenden beobachteten Hagel hält Ideler ebenfalls bloß für gefrorne Regentropfen.

4) Regen und Hagel, Schnee und Hagel, ja alle drei Arten von Niederſchlägen fallen oft zu gleicher Zeit herab.

5) Bei dem Hagel findet gemeiniglich ein plötzliches Hervortreten der Wolke Statt.

6) Der Hagel pflegt, wo nicht immer, doch ſehr häufig, von einem ſogenannten vent par rafales begleitet zu ſein, welcher Luftſchichten von ſehr verſchiedener Temperatur ſchnell nach einander herbeiführt.

7) Die Höhe der Hagelwolke iſt gemeiniglich ſehr niedrig, wie dies Arago aus dem Zeitintervalle erwieſen hat, welches zwiſchen Blitz und Donner bei ihrer Entladung verfließt. Indeß iſt dies nicht immer der Fall.

8) Hagel iſt ein gewöhnlicher Begleiter der Waſſerhoſen.

Theorieen der Hagelbildung: Es kann kein Zweifel ſein, daß der plötzliche Eintritt einer großen Kälte in den Regionen, wo die Hagelbildung beginnt, als die unmittelbare Urſache dieſer Erſcheinung angeſehen werden müſſe; die Frage iſt nur, wodurch dieſe große Kälte hervorgebracht wird. Mit Beiſeitelaſſung anderweiter hierüber aufgeſtellter Theorieen *) wollen wir hier nur die von Leopold v. Buch **), als welche neuerdings von Ideler beſonders erörtert und mit Gründen unterſtützt worden iſt, und die von Olmſted anführen. Beide unterſcheiden ſich hauptſächlich dadurch, daß der erſtere Vermiſchung von Luftſchichten ungleicher Temperatur in verticaler, letzterer in horizontaler Richtung bei der Erklärung zuzieht. Zwiſchen beiden zu entſcheiden, überlaſſen wir geübteren Meteorologen.

Theorie von Leopold v. Buch. Im Weſentlichen kommt ſie auf Folgendes zurück:

> „Der Hagel entſteht dadurch, daß über ſtark von der Sonne beſchienenen und dadurch ſehr erhitzten Gegenden ſtarke Strömungen von Luft und Dampf bis zu beträchtlichen Höhen aufſteigen, aus denen Waſ-

---

*) Vgl. darüber Gehler's Wörterb. Art. Hagel oder Pogg. XVII. 453.

**) Abhandl. der Berl. Acad. phyſ. Kl. 1814—15. 73 ff.

ſertropfen niedergeſchlagen werden, welche beim Fallen ſo viel mehr verdunſten, je mehr ſie aufſteigenden Luftſtrömungen begegnen, wodurch ſie ſehr erkalten, gefrieren und dann im Fallen durch die Aufnahme des Waſſerdunſtes der Wolken vergrößert werden.“ (Nach Gehler's Wört.).

Ideler hat durch großentheils theoretiſche Erörterungen, die zu ausführlich ſind, um hier Platz zu finden, die Statthaftigkeit dieſer Theorie nachzuweiſen geſucht, nur glaubt er folgende Reſtriction machen zu müſſen: „Die Hagelbildung geht in den höheren, unmittelbar unter den Wolken belegenen, Schichten beim Durchfallen der Tropfen durch dieſelben vor ſich, nicht durch die ganze verticale Luftſäule bis zur Erdoberfläche. Vorzüglich günſtige Bedingungen für die Entſtehung des Hagels ſind: große Trockenheit in dieſen Schichten, kältere Luftſtrömungen, welche wärmere Luftſäulen in bedeutender Ausdehnung unterbrechen, ein vent par rafales ꝛc.“

Theorie von Olmſted.

> „Die Urſache der Hagelwetter iſt das Gefrieren des in einer kalten und feuchten Luftmaſſe enthaltenen Waſſerdampfes durch die jählinge Vermiſchung mit einem kalten Winde in den oberen Regionen der Atmoſphäre.“

Unmittelbar beim Zuſammentreffen dieſer Winde gefriert der Waſſerdampf des warmen Windes mit einer der Temperatur des kältern Windes entſprechenden Intenſität, die alſo gebildete und mit einer außerordentlichen Kälte begabten Hagelkörner beginnen ſogleich ihren Fall und vergrößern innerhalb deſſelben ihren Umfang, um ſo mehr, je niedriger die Temperatur war, welche die Hagelkörner beim Beginnen des Fallens beſaßen, je größer der Fallraum iſt und je mehr Feuchtigkeit die Luft enthält. Dieſe Theorie erklärt ſehr wohl, warum die eigentlichen Hagelwetter eine Eigenthümlichkeit gemäßigter Zonen ſind; da nämlich dieſe zwiſchen der heißen und kalten Zone eingeſchloſſen ſind,. ſo kann hier leicht ein ſehr warmer Wind von einer Seite einem ſehr kalten von der andern entgegenkommen, wozu weder in der kalten noch heißen Zone dieſelben günſtigen Bedingungen vorhanden ſind. In der kalten Zone wird allerdings der Regen oft in Geſtalt von Hagel herabfallen können, dieſer aber nothwendigerweiſe zu jener kleinen Art von Hagel gehören, welcher ſich in der Nähe der Erde bildet und den Polargegenden eigenthümlich iſt; in der heißen Zone möchte nur in der Nähe der mit Schnee bedeckten niederen Gebirge eine Möglichkeit der Hagelbildung anzunehmen ſein, wo es in der That zuweilen hagelt.

Frankreich iſt durch ſeine Lage zwiſchen den Alpen und Pyrenäen ganz beſonders den Hagelwettern ausgeſetzt. Indem nämlich das zwiſchen dieſen hohen Gebirgen gelegene Land im Sommer durch die Sonne erwärmt wird, ſo müſſen die aus der Schnee- und Eisregion kommenden kalten Luftſtröme bei ihrer Vermiſchung mit der warmen und gleichzeitig feuchten Luft dieſer Gegenden, welche ſie durchziehen, in Übereinſtimmung mit den feſtgeſtellten Principien, häufige Hagelwetter hervorbringen.

Die heftigſten Hagelwetter kommen in der wärmern Jahreszeit vor, und gewöhnlich auch in den heißeſten Monaten, weil in dieſen die Sonnenwärme am meiſten zur Erzeugung von entgegengeſetzten Luftſtrömen beiträgt. Die Hagelkörner ſind auf den Berghöhen kleiner als in den nahen Ebenen, weil ſie wegen der geringern Fallhöhe weniger Gelegenheit haben, ſich durch Gefrierung ſucceſſiver Schichten von Waſſerdünſten zu vergrößern. Der weiße, ſchneeige Kern, welcher oft das Centrum der großen Hagelkörner ausmacht, beweiſt, daß die Erſtarrung des Waſſers in einer ſehr verdünnten Luft begann; denn es hat derſelbe genau das Anſehen eines, im evacuirten Raume der Luftpumpe gefrornen Waſſertropfens *). Die ſchnelle und bedeutende Temperaturerniedrigung, welche oft eine unmittelbare Folge der Hagelwetter iſt, beweiſt endlich nur, daß der kalte Luftſtrom, welcher ſie hervorbrachte, zuweilen ſeinen Einfluß bis auf die Oberfläche der Erde erſtreckt.

Olmſted widmet noch dem Umſtande eine beſondere Betrachtung, warum die Hagelkörner mit ſo wenig Gewalt auf die Erde niederfallen? Obgleich nämlich die Hagelkörner, wenn ſie groß ſind, großen Schaden unter den Feldfrüchten anrichten, und wohl auch öfters kleine Thiere tödten, ſo muß man ſich doch im Allgemeinen wundern, daß ihr gewöhnlich aus der Höhe von mehreren 100 Fuß erfolgender Fall nicht mit noch größerer Kraft verbunden iſt, als wirklich Statt findet. Olmſted erklärt dieſen Umſtand auf folgende Weiſe: die Erzeugung der größten Hagelkörner fängt mit einem ſehr kleinen Kern an, welcher während des Herabfallens immer mehr an Maſſe zunimmt, bis er den Boden erreicht. Aber der Waſſerdunſt, welcher den Stoff zu dieſer Zunahme liefert, iſt eine ruhende Maſſe, welche durch den fallenden Körper erſt in Bewegung geſetzt werden muß, dieſer erhält aber hiedurch auf jedem Puncte ſeines Fortſchreitens ein neues zu überwindendes Hinderniß, welches nothwendiger Weiſe eine ſtete Verminderung ſeiner Geſchwindigkeit herbeiführen muß. Die Geſchwindigkeitszunahme, welche der fallende Körper in jedem Momente des fortſchreitenden Falles erhält, wird durch die, jener ſo großen Menge träger Materien, welche die Umfangsvermehrung der Hagelkörner verurſacht, mitgetheilte Bewegung aufgehoben.

Ein Ungenannter **) fügt hinzu, daß der von Olmſted geltend gemachte Verzug noch dadurch verſtärkt werden müßte, daß der Hagel auf ſeinem Wege eine aufſteigende, und folglich der ſeines kleinen Kernes gerade entgegengeſetzte, Bewegung zu überwinden habe; da der warme feuchte ſüdliche Wind im Augenblicke ſeiner Miſchung mit dem trockenen kalten nördlichen Winde eine aufſteigende Bewegung haben müſſe.

---

*) Leslie Edinb. Encycl. Art. Meteorology.

**) Bibl. univ. 1830. Sept. p. 62.

Schnee.

Quetelet hat unterſucht, ob nicht eine Beziehung zwiſchen der Geſtalt und Dichtigkeit des Schnee's Statt fände. Er verglich zu dieſem Zwecke die verſchiedenen Volumina Waſſer, welche durch Schmelzen des Schnee's entſtanden, wo ſich folgende Reſultate ergaben:

Datum.	Temperatur R.	Volumen des geſchmolzenen Waſſers.	Geſtalten.
25. Nov. 1829	+ 0,5	5,60	Unförmliche Flocken.
16. Dec. —	0	7,00	Feiner Schnee ohne beſtimmte Geſtalt.
19. — —	— 0,8	7,50	
20. — —	— 1,5	14	? **)
21. — —	— 1,0	8,18	Unförmlich.
24. — —	— 4,0	6,16	Desgl.
25. — —	— 4,5	7,78	? **)
10. Jan. 1830	+ 1,0	2,80	Der Schnee ſchmilzt im Fallen.
12. — —	— 1,8	10,00	Sehr kleine Sterne.
13. — —	— 3,3	10,00	Desgl.
15. — —	— 6,0	12,00	Desgl.
6. Febr. —	— 10,0	8,80	? **)
17. — —	+ 0,3	.	Große Flocken, welche ſchmelzen.

VII. Über Variation der Kohlenſäure in der Atmoſphäre;

von Th. de Sauſſure.

Sauſſure hat ſeine früheren Unterſuchungen ***) über die Schwankungen des Kohlenſäuregehaltes der Atmoſphäre jetzt ausgedehnt †) und er hat neben einer Kritik der früheren Methoden, welche von andern zur Beſtimmung des Kohlenſäuregehaltes der Atmoſphäre angewandt worden ſind, 1) ſein eigenes neuerdings angewandtes Verfahren zu dieſer Beſtimmung ſehr ausführlich beſchrieben, 2) die Reſultate angeführt, welche ſich aus

---

*) Bull. univ. des sc. math. 1830. Juin. p. 449 aus Quetelet Corresp. math. VI. 213.

**) Es findet ſich hier keine Angabe beigefügt.

***) Gilb. LIV. 217.

†) Ann. de Ch. et de Ph. XLIV. 5; oder Schweigg. J. LX. 17, 129; oder Pogg. XIX. 391.

52 Beobachtungen des Mittags und eben ſo vielen des Abends oder in der Nacht während der Jahre 1827, 1828 und 1829 zu Chambeiſy *), ſo wie aus Beobachtungen von mehreren andern Standpuncten, für die Abänderungen des Kohlenſäuregehaltes in der Atmoſphäre je nach den verſchiedenen Umſtänden ergeben; 3) die Tabellen ſeiner Beobachtungen ſelbſt mitgetheilt **):

I. Verfahren von Sauſſure.

Das von **Sauſſure** angewandte Verfahren zur Beſtimmung des Kohlenſäuregehaltes kommt im Weſentlichen darauf zurück, daß man Barytwaſſer, welches mit kohlenſaurem Baryt geſättigt iſt, in einen großen, die Luft, deren Kohlenſäuregehalt geprüft werden ſoll, enthaltenden Ballon mit enger und wohlverſchließbarer Öffnung gießt ***), darauf den verſchloſſenen Ballon entweder eine Stunde lang anhaltend ſchüttelt oder ſieben bis acht Tage ſtehen läßt, dann den erzeugten kohlenſauren Baryt herausnimmt, in Salzſäure auflöſt, die Löſung durch ſchwefelſaures Natron fällt und aus dem entſtandenen ſchwefelſauren Baryt die Kohlenſäure berechnet. Dies Verfahren erfodert, um genaue Reſultate zu liefern, viele Vorſichten und Nebenmaßregeln, die **Sauſſure** ſehr ausführlich beſchrieben hat, und hinſichtlich deren wir die, welche dieſe Verſuche fortſetzen wollen, auf die Originalabhandlung verweiſen.

II. Hauptreſultate.

Als Hauptreſultate ſeiner Beobachtungen hebt **Sauſſure** ſelbſt folgende hervor:

Die Veränderungen, welche man im Kohlenſäuregehalte der Atmoſphäre auf offenem Felde beobachtet, ſtehen hauptſächlich mit zwei Umſtänden in Beziehung:

a) **mit den Veränderungen des Bodens.** Benetzung deſſelben durch anhaltenden Regen vermindert die Kohlenſäure; Austrocknung deſſelben vermehrt ſie;

b) **mit der Tageszeit.** In der Nacht iſt nämlich die Atmoſphäre reicher an Kohlenſäure als bei Tage.

Die oberen Schichten der Atmoſphäre enthalten mehr Kohlenſäure als die unteren.

---

*) Der Beobachtungsort war eine Wieſe in der Nähe des Dörfchens Chambeiſy, [illegible] Lieues von Genf, 16 Meter über dem Genfer See, [illegible] Meter von ihm entfernt. Ihre Höhe über dem Meeresniveau iſt [illegible] Meter; ſie iſt trocken, liegt offen und luftig und hat einen thonigen ſchwach geneigten Boden.

**) Dieſe werden wir zum Schluß des Artikels beifügen.

***) Man muß wenigſtens vier ſolcher Ballons haben, um zugleich an verſchiedenen Orten, bei Tage und bei Nacht, Beobachtungen anſtellen zu können. Der Ballon wird ausgepumpt, ehe man die zu prüfende Luft hineintreten läßt.

Die Schwankung des Kohlenſäuregehaltes zwiſchen Nacht und Tag iſt wenig oder gar nicht merklich in den oberen Schichten; ſtärkeren Antheil ſcheinen dieſe an der weniger plötzlichen Variation zu nehmen, welche bei allgemeiner Benetzung des Bodens in den unteren Schichten Statt findet.

Die Schwankung zwiſchen Tag und Nacht tritt in den Straßen von Genf wenig hervor; allein auf dem benachbarten See, wo die Seitenſtrömungen der Luft vom Lande her kein Hinderniß finden, iſt ſie beträchtlich.

Ein heftiger Wind vermehrt bei Tage gewöhnlich den Kohlenſäuregehalt in den unteren Schichten der Atmoſphäre, und vernichtet hier, ganz oder theilweiſe, die Vermehrung dieſes Gehaltes, welche ſonſt bei ruhigem Wetter während der Nacht Statt findet. . . . . . .

Nähere Erörterung der Reſultate.

Mittler, kleinſter und größter Kohlenſäuregehalt der Atmoſphäre zu Chambeiſy; 10000 Volumtheile Luft enthalten 4,15 Volumtheile Kohlenſäure nach einem Mittel aus 104 Beobachtungen, welche bei Tag und bei Nacht in allen Jahreszeiten zu Chambeiſy 4 Fuß über dem Boden angeſtellt wurden. Die größte Menge in jenem Luftvolumen betrug daſelbſt 5,74, die kleinſte 3,15.

Einfluß des Regens. Eine anhaltende regnichte Witterung verringert den Kohlenſäuregehalt der Atmoſphäre; ſei es, daß der Regen ſelbſt die Kohlenſäure abſorbirt oder den Boden zu deren Abſorption disponirt. Um dieſen Einfluß zu beurtheilen, muß man jedoch nicht bloß zwei oder drei regnichte Tage vergleichen, wo man nur nichtsſagende Reſultate erhalten würde, ſondern einen oder mehrere heitere Monate im Sommer oder Herbſt eines Jahres mit denſelben regnichten Monaten eines andern Jahres. Der Regen wirkt nämlich nur langſam auf die Luft, und anſtatt daß ein, nach einer trockenen Witterung erfolgender, Platzregen den Kohlenſäuregehalt der Atmoſphäre verringert hätte, ſchien es vielmehr Sauſſure'n nach einigen, jedoch in dieſem Bezuge nicht hinreichend zahlreichen, Beobachtungen, daß er vielmehr dadurch vermehrt worden ſei, ſei es nun, daß das eindringende Waſſer Kohlenſäure aus dem Boden vertreibt, oder daß die obern Schichten der Atmoſphäre verſchoben werden.

Folgende Tabelle, aus den Beobachtungen zu Chambeiſy gezogen, dient zur Erläuterung des Zuſammenhanges der Regenmenge mit dem Kohlenſäuregehalte *).

---

*) Dieſe Tabelle enthält bloß Beobachtungen für Sommer- und Herbſtmonate, weil in dem Klima von Genf die Wirkung des Regens für Winter und Frühling, wo ſie durch das Gefrieren und Aufthauen abgeändert wird, nicht wohl beſtimmbar iſt; letzteres bewirkt nach Sauſſure eine Änderung des Kohlenſäuregehaltes, ſelbſt wenn kein Regen fällt.

		Regenmengen in Millimetern.	Mittlere Menge von Kohlenſäure in 10000 Luft am Mittage.
Juni	1828	10	4,79
—	1829	77	4,07
Juli	1827	9	5,18
—	1828	173	4,56
—	1829	52	4,32
Auguſt	1827	75	5,01
—	1828	128	4,28
—	1829	116	3,80
September . . .	1827	30	5,10
—	1828	104	4,18
—	1829	254	3,57
October	1828	75	3,94
—	1829	113	3,76
November . . .	1828	81	4,11
—	1829	138	3,89
December . . .	1828	9	4,14
—	1829	34	3,72

Der Juli 1828 war ungemein regnicht, und der Kohlenſäuregehalt in demſelben, obgleich geringer als in einem ſehr trocknen Juli, ſcheint deshalb größer, als er nach anderen Reſultaten hätte ſein ſollen; allein der Juni, welcher ſehr trocken war, hat auf den Kohlenſäuregehalt dieſes Juli's eingewirkt. Die große Dürre des Juli 1827 hat auf die beträchtliche Menge Kohlenſäure des folgenden Auguſts, welcher regnicht war, eingewirkt.

Einfluß der Gefrierung des Bodens auf die Kohlenſäure in der Atmoſphäre. Die folgenden Beobachtungen, welche im Winter 1829 zu Chambeiſy angeſtellt wurden, zeigen, daß ein anhaltend gefrorner Boden die Menge der Kohlenſäure vermehrt, und liefern einen neuen Beweis von dem Einfluſſe der Trockenheit des Bodens auf die Vermehrung dieſer Säure.

Im December 1828, während deſſen es faſt nicht regnete, der Boden aber in Folge von Nebeln und einer den Froſtpunct nur wenig überſteigenden Temperatur ſehr feucht blieb, ſchwankte die Menge der Kohlenſäure in 10000 Th. Luft, nach zehn bei Tage und bei Nacht gemachten Beobachtungen, zwiſchen 3,85 und 4,25.

Zu Anfange des Januars wurde der Boden mit einer ſchwachen Schneedecke belegt, und nach 14 Tagen, während welcher der Boden beſtändig gefroren blieb, war die Menge der Kohlenſäure auf 4,57 geſtiegen; gegen Ende des Monats trat ein mehrtägiges Thauwetter ein, und nun ward die Säure auf 4,27 vermindert. Anfangs Februar begann der Froſt auf's

Neue, und in der Mitte des Monats war er 8 Zoll tief eingedrungen *); die Kohlenſäure hatte ſich nun bis zu 4,52 vermehrt, und als dann abermals Thauwetter eintrat, ſank ſie wieder auf 3,66 herab. Die Menge des Regens oder Schnee's, welche in den Monaten December, Januar und Februar fiel, war zu klein, als daß ſie hätte auf die obigen Schwankungen Einfluß haben können.

Vergleichung des Kohlenſäuregehaltes der Atmoſphäre über Waſſer und Land. Die Luft des Genfer See's wurde 4 Fuß über deſſen Oberfläche aufgefangen, ¼ Lieues von ſeinem ſüdlichen Ende und in der Mitte der Breite, welche hier, in der Nähe von Chambeiſy, etwa ½ Lieue betrug. Aus Vergleichung dieſer Luft mit der zu Chambeiſy ergiebt ſich:

1) daß die Luft über dem See im Allgemeinen weniger Kohlenſäure enthält, als die Luft auf dem Lande;
2) daß an beiden Orten die Luft im Mittel faſt dieſelben Veränderungen in Bezug auf die Jahreszeiten und auf die entgegengeſetzten Wirkungen der Nacht und des Tages erleidet.

Folgendes iſt die Tabelle der Beobachtungen.

Nummer der Beobachtungen.	Tag der Beobachtungen.				Kohlenſäure in 10000 Theilen Luft	
					zu Chambeiſy.	über dem Genfer See.
17. u. 18.	29.	Dec.	1826	Mittags	4,21	3,85
25. u. 26.	22.	Mai	1827	—	5,40	5,02
29. u. 31.	2.	Juli	1827	—	5,23	5,78
37. u. 38.	9.	Aug.	1827	—	5,21	5,42
44. u. 45.	28.	Sept.	1827	—	4,95	4,74
50. u. 51.	19.	Jan.	1828	—	4,91	4,46
63. u. 64.	7.	Jul.	1828	—	4,81	4,41
71. u. 72.	12.	Aug.	1828	—	4,08	3,92
74. u. 75.	26.	Aug.	1828	—	4,22	4,10
85. u. 86.	26.	Sept.	1828	—	4,14	3,20
88. u. 89.	—	—	—	8 U. Ab.	4,93	4,30
122. u. 123.	5.	Febr.	1829	Mittags	4,45	4,76
130. u. 131.	7.	März	1829	—	4,63	4,65
138. u. 139.	18.	April	1829	—	4,29	4,22
161. u. 162.	7.	Juli	1829	11¼ U. Ab.	5,34	5,10
163. u. 164.	8.	—	1829	Mittags	4,35	4,08
197. u. 198.	13.	Oct.	1829	—	3,54	3,42
199. u. 200.	13.	—	—	11 U. Ab.	4,16	3,68
				Mittelwerthe	4,60	4,39

---

*) Ein vorübergehender Froſt, der auf der Oberfläche bleibt oder nur einen

Man darf ſich übrigens nicht wundern, daß der mittlere Unterſchied zwiſchen dem Kohlenſäuregehalte über dem See und dem zu Chambeiſy nicht mehr als etwa $\frac{1}{10}$ beträgt, weil die Entfernung beider Stationen (welche faſt in gleicher Höhe liegen und von einander ſichtbar ſind) nicht größer als $\frac{1}{4}$ Lieue iſt, und weil bloß Nr. 198. und 200. bei vollkommener Windſtille angeſtellt wurden, während die übrigen Reſultate in einer Atmoſphäre erhalten wurden, deren, wenn auch nur ſchwache, Bewegung doch eine Vermengung der Luft des See's mit der Luft des benachbarten Ufers bewirken konnte. Aus demſelben Grunde darf man auch nicht ſchließen, daß das Ergebniß 2) hinſichtlich der Ähnlichkeit der Veränderungen über Land und See, welches bei ſo kleiner Entfernung vom Ufer gefunden ward, ſich für größere Entfernungen vom Ufer erſtrecken würde; und in der That kann man bemerken, daß gerade Nr. 198. und 200. eine geringere Variation zwiſchen Tag und Nacht auf der See, als auf dem Lande anzeigen.

Vergleichung des Kohlenſäuregehaltes in der Stadt und auf freiem Felde. Zu Anſtellung dieſes Vergleiches wurde zu Genf die Luft in einem großen Hofe, rue de la cité, 19 Meter über dem See aufgefangen, zu Chambeiſy dagegen auf offenem Felde, nahe in gleicher Höhe mit erſterer Station, und 1,3 Meter über dem Boden, wie die übrigen Beobachtungen.

Aus dieſen Beobachtungen ging hervor:

1) daß der Kohlenſäuregehalt bei Tage viel größer in der Stadt als auf dem Lande iſt;
2) daß die jahreszeitlichen Schwankungen deſſelben an beiden Stationen ähnlich ſind;
3) daß er bei Nacht mehr auf dem Lande, als in der Stadt zunimmt *).

Folgendes die Tabelle der Beobachtungen:

Zoll tief in den Boden dringt, wirkt nicht auf die Variationen der Kohlenſäure.

*) Eine im Sommer ſehr ſeltene Ausnahme machte der 25. Juli 1829, wo der am Tage vorhandene Kohlenſäuregehalt bei ruhiger Luft während der Nacht zu Chambeiſy abnahm. Dieſe Abnahme zeigte ſich auch gleichzeitig in der Stadt, und war hier noch weit größer, weil die nächtliche Aushauchung von Kohlenſäure, die auf dem Lande in der Regel größer iſt, hier nicht entgegenwirkte. Während dieſer Beobachtungen war der Himmel heiter, die Luft warm und, wie der Boden, trocken, auch fiel kein Thau, allein eine Stunde nach Hineinbringung der Luft in den Ballon bezog ſich der Himmel, und es fielen einige Tropfen Regen.

Nummer der Beobachtungen.	Tag der Beobachtungen.		Kohlenſäure in 10000 Theilen Luft	
			zu Chambeiſy.	zu Genf.
21. u. 22.	12. Febr. 1827	Mittags	3,58	4,55
25. u. 27.	22. Mai 1827	—	5,40	5,69
29. u. 30.	2. Juli 1827	—	5,23	5,65
52. u. 53.	26. Mai 1828	—	4,71	5,28
6[illegible] u. 70.	9. Aug. 1828	—	4,53	4,76
120. u. 121.	28. Jan. 1829	—	4,26	4,27
124. u. 125.	19. Febr. 1829	—	4,62	4,82
127. u. 128.	26. — 1829	—	4,65	5,00
136. u. 137.	10. April 1829	—	3,90	4,45
169. u. 170.	25. Juli 1829	—	4,44	4,93
171. u. 172.	25. — 1829	Mitternacht	4,07	3,85
182. u. 183.	4. Sept. 1829	11 U. Ab.	4,41	4,39
184. u. 185.	5. — 1829	Mittags	3,82	4,20
193. u. 194.	1. Oct. 1829	11 U. Ab.	4,14	4,23
195. u. 196.	2. — 1829	Mittags	3,67	4,05
		Mittel	4,37	4,68

Vergleichung des Kohlenſäuregehaltes auf Bergen und in der Ebene. Es wurden Beobachtungen 4 Fuß über dem Boden auf den Kalkbergen des Jura und des Salève, ungefähr 3 Lieues von Chambeiſy, wo correſpondirende Beobachtungen gemacht wurden, angeſtellt. Dieſe Berge begränzen von zwei Seiten die Ebene, in der Chambeiſy liegt. Das Reſultat, welches gleichzeitig an dem Fuße des Berges erhalten wurde, war ſehr nahe dem zu Chambeiſy gleich.

Es geht aus dieſen Beobachtungen hervor:

1) der Kohlenſäuregehalt der Atmoſphäre iſt auf Bergen größer als in der Ebene, was durch die Betrachtung erklärbar wird:
   a) daß die Zerſetzung der Kohlenſäure hauptſächlich in den unteren Schichten, wo die Vegetation ausgebreiteter iſt, Statt findet;
   b) daß die Kohlenſäure mehr von dem Boden der Ebene abſorbirt werden muß, weil hier das Regenwaſſer einen langſamern Abfluß findet. —
2) Die bei Tage vorhandene Kohlenſäure wird auf Bergen wenig oder gar nicht durch den Einfluß der Nacht vermehrt.

Folgendes die Tabelle der Beobachtungen:

Nr.	Ort und Zeit der Beobachtung.	Höhe der Orte über dem Genfer See.	Kohlenſäure in 10000 Th. Luſt. auf dem Berge.	in der Ebene.
		Meter.		
34.	Gipfel der Dôle; 20. Juli 1827, Mittags	1267	4,61	4,74 Chambeiſy (388 Met. hoch), Mittags.
39.	Grand-Salève-sur-Crevin; 28. Auguſt 1827, Mittags	877	5,57	4,82 Chambeiſy, Mittags.
40.	Einſiedelei (Klein-Salève); 28. Auguſt 1827, 3 u. Nachmittags	331	5,44	4,82 — —
60.	Gipfel der Dôle; 28. Juni 1828, Mittags	1267	4,91	4,46 — —
61.	Vasserode-sous-la-Dôle; 28. Juni 1828, 3 Uhr Nachmittags	908	4,88	4,46 — —
147.	Grand-Salève-sur-Grange-Tournier, 25. Mai 1829, Mittags	945	4,13	3,67 Colonge, am Fuß des Salève, Mittags. 3,59 Chambeiſy.
165.	Col de la Faucille, im Jura; 14. Juli 1829, 11 Uhr Abends	963	4,43	4,14 — 11 u. Ab.
167.	Col de la Faucille; 15. Juli Mittags	963	4,54	4,15 — Mittags.
174.	Col de la Faucille; 7. Auguſt 11 Uhr Abends	963	3,69	3,87 — 11 u. Ab.
176.	Col de la Faucille; 8. Auguſt Mittags	963	3,60	3,22 — Mittags.
189.	Col de la Faucille; 29. September 11 Uhr Abends	963	4,22	3,55 — 11 u. Ab.
190.	Col de la Faucille; 30. September Mittags	963	3,95	3,15 — Mittags.

Die erſte Beobachtung (welche allein eine Ausnahme von den bei Tage erhaltenen Reſultaten hinſichtlich der größern Kohlenſäuremenge auf Bergen macht), wurde bei ſehr anhaltender Dürre und bei heftigem Winde angeſtellt.

Den größten Unterſchied zwiſchen der Luft in der Ebene und der auf dem Berge zeigt die letzte Beobachtung; ſie wurde zu einer ungemein regnichten Zeit angeſtellt.

Einfluß des Windes auf den Kohlenſäuregehalt bei Tage. Um dieſen Einfluß zu beſtimmen, wurden die Kohlenſäuremengen verglichen, welche zu Chambeiſy am Tage bei ruhiger und bei ſehr bewegter Luft beobachtet wurden. Die mit einander verglichenen Reſultate waren durch keine größere Zwiſchenzeit als 13 Tage getrennt *). Dieſe Reſultate zeigen:

Daß die Kohlenſäuremenge, welche bei Tage in einer Ebene auf offenem Felde enthalten iſt, gewöhnlich durch den Wind vermehrt wird; daß jedoch dieſe Vermehrung zu gering iſt, als daß ſie anders als durch ein Mittel aus mehreren Beobachtungen wahrnehmbar gemacht werden könnte.

Wahrſcheinlich rührt dieſe Vermehrung von der Vermiſchung der unteren Schichten mit den oberen her, welche in der Regel bei Tage eine größere Quantität Kohlenſäure enthalten.

Übrigens wird man leicht einſehen, daß bei dieſer Gattung von Veränderungen häufig Anomalien vorfallen werden, wenn man berückſichtigt, wie ſehr das Reſultat der Vermiſchung der oberen mit den unteren Schichten durch die viel leichtere Vermiſchung mit ſeitlichen Schichten abgeändert werden kann, indem z. B. vielleicht der Ort des Beobachters trocken iſt, während die benachbarte Gegend vom Regen überſchwemmt wird.

---

*) Für eine geringere Zwiſchenzeit würden die Beobachtungen nicht zahlreich genug geweſen ſein, und bei einer größern hätte der Unterſchied der Jahreszeit zu ſtark eingewirkt.

Tabelle der Beobachtungen.

Kohlenſäure in 10000 Volumentheilen Luft.									
Bei Windſtille oder ſehr ſchwachem Winde. Mittags.					Bei ſtarkem Winde. Mittags.				
Nr.					Nr.				
56. —	13.	Juni	1828	4,75	58. —	26.	Juni	1828	5,09
92. —	14.	Oct.	—	3,81	95. —	15.	Oct.	—	3,82
110. —	7.	Dec.	—	4,06	109. —	2.	Dec.	—	4,29
11. —	27.	Dec.	—	4,13	118. —	31.	Dec.	—	4,18
149. —	25.	Mai	1829	3,59	151 —	31.	Mai	1829	3,62
156. —	17.	Juni	—	3,80	152. —	7.	Juni	—	4,04
160. —	30.	Juni	—	4,39	158. —	29.	Juni	—	4,41
175. —	8.	Aug.	—	3,22	177. —	19.	Aug.	—	3,44
181. —	31.	Aug.	—	4,30	177. —	19.	Aug.	—	3,44
184. —	5.	Sept.	—	3,82	186. —	15.	Sept.	—	3,95
188. —	19.	Sept.	—	3,37	186. —	15.	Sept.	—	3,95
197. —	13.	Oct.	—	3,54	201. —	26.	Oct.	—	3,76
205. —	2.	Nov.	—	3,35	201. —	26.	Oct.	—	3,76
205. —	2.	Nov.	—	3,85	203. —	29.	Oct.	—	4,04
209. —	25.	Nov.	—	3,43	207. —	17.	Nov.	—	3,40
219. —	24.	Dec.	—	3,36	221. —	26.	Dec.	—	4,22
222. —	30.	Dec.	—	3,66	221. —	26.	Dec.	—	4,22
			Mittel	3,76				Mittel	3,98

Unterſchied zwiſchen dem Kohlenſäuregehalt bei Tag und bei Nacht. **Ingenhouß**, welcher durch Verſuche in verſchloſſenen Gefäßen entdeckt hat (Expér. sur les véget. II. 64), daß die grünen Pflanzen im Dunkeln Kohlenſäure erzeugen, vermuthete in freier Luft bei Nacht eine größere Menge dieſes Gaſes zu finden, als bei Tage; allein er nahm keinen Unterſchied wahr, obgleich er ſeine Unterſuchungen unter den günſtigſten Umſtänden anſtellte. Aus **Sauſſure's** Verſuchen jedoch geht dieſer Unterſchied wirklich erfahrungsmäßig hervor, indem dieſelben folgende Reſultate ergaben:

Die Luft enthält im Allgemeinen in einer offenen Ebene mehr Kohlenſäure bei Nacht als bei Tage. Dieſer Unterſchied wird im Winter ſehr gering; oft verſchwindet er dann ganz und ſelten findet man ihn unabhängig von den Fehlern des Verfahrens. Einige Reſultate zeigen indeß, daß er auch in dieſer Jahreszeit vorhanden iſt, ſelbſt wenn die Erde von einem dicken Schneelager bedeckt wird und die Temperatur mehrere Grade unter dem Gefrierpuncte liegt.

Die meiſten der nächtlichen Verſuche wurden um 11 Uhr Abends angeſtellt; allein die in Rede ſtehende Variation iſt im Sommer ſchon um 8 Uhr Abends ſehr deutlich. Das Maximum der Kohlenſäuremenge innerhalb 24 Stunden findet ſich gegen das Ende der Nacht; das Minimum in der Mitte des Tages. Die größte Zunahme in der Nacht ſtieg auf ein Drittel der am Tage vorhandenen Menge.

Die beträchtlichſten oder ſchnellſten Veränderungen treten ein zwiſchen Ende der Nacht und den Frühſtunden des Tages, und zwiſchen vier und acht Uhr des Abends; diejenigen, welche zwiſchen neun Uhr Morgens und drei Uhr Nachmittags Statt finden, können mit den Beobachtungsfehlern zuſammenfallen.

Die Verdeckung der Sonne durch Wolken hindert die Beobachtung der nächtlichen Zunahme des Kohlenſäuregehaltes nicht; die Zunahme zeigt ſich bei ſchwachem wie bei immerwährendem Regen, und auch, wenn der Boden durch lang anhaltenden Regen ganz mit Waſſer getränkt iſt; nur iſt ſie unter dieſen Umſtänden geringer.

Obgleich dieſe Variation auch ohne Thau Statt findet, ſo wurden doch die größten Vermehrungen des Kohlenſäuregehaltes beobachtet, wenn jener ſehr reichlich da war, und wenn die Hitze des Tages ſehr gegen die Kühle der Nacht abſtach.

Eine ſtarke Bewegung in der Luft vermindert dieſe Variation oder hebt ſie ganz auf, wie man aus den Nummern 58. und 59., 93. und 94., 138. und 140., 186. und 187., 201. und 202., 203. und 204. der unten ſtehenden Tabelle erſehen kann. Dieſe Wirkung, welche zum Theil von der Vermengung der oberen Schichten mit den unteren abhängen kann, zeigt, daß die Variation in ſehr großer Höhe nicht exiſtirt.

Der allgemein vorhandene Unterſchied zwiſchen den Kohlenſäuremengen bei Tage und bei Nacht erklärt ſich leicht dadurch, daß die Vegetation dieſes Gas, welches durch tauſend verſchiedenartige Agentien und vor Allem durch die Ackererde unaufhörlich gebildet wird, nur bei Lichte zerſetzt; und man begreift danach, wie dieſe Variation durch den Wind und während des Winters abnehmen oder verſchwinden muß. Indeß iſt ſie auch Ausnahmen unterworfen (14. und 25. Juli 1829, Nr. 166. und 171.), welche weder von der Jahreszeit noch von der Bewegung der Luft herrühren, vielmehr die Wirkung einer allgemeinen Urſache ſein müſſen, da ſie gleichzeitig an entfernten Orten Statt gefunden haben. Die Trockenheit der Luft, die in einem dieſer Fälle größer war bei Nacht als am Tage, ſcheint eine gewöhnliche Urſache dieſer Regelloſigkeit zu ſein, und ſie reicht auch hin, die Vegetationskraft, und folglich auch die in Rede ſtehende Variation zu ſchwächen, allein nicht um ſie ganz verſchwinden zu machen. Da man ſieht, daß in dieſen Ausnahmen der Kohlenſäuregehalt nicht nur bei Nacht nicht wächſt, ſondern ſogar abnimmt, ſo muß man annehmen, daß eine von der Vegetation unabhängige Wirkung zur Vernichtung dieſes Gaſes beitrage; eine Annahme, zu welcher man auch noch durch den Umſtand geführt wird, daß im Winter die Menge der Kohlenſäure oft geringer iſt, und daß auch zuweilen in dieſer Jahreszeit, wo doch die Vegetation keine Thätigkeit beſitzt, die tägliche Variation ſich bemerklich macht. Durch einen nähern Vergleich nun der Variationen des Kohlenſäuregehaltes mit dem allgemeinen Gange der atmoſphäriſchen Elektricität glaubt Sauſſure die Annahme begründet, daß im Freien die Menge der Kohlenſäure im umgekehrten Verhältniſſe zu dieſer Elektricität ſtehe (mit Ausnahme der Fälle, wo die Verringerung der Säure ſichtlich von deren Abſorption durch Waſſer abhängt), und daß die Elektricität es ſei, welche die Kohlenſäure zerſetzt, ohne daß er jedoch eine Andeutung giebt, wie man ſich dieſe zerſetzende Wirkung denken ſoll *). Auch legt er für den Gang der atmoſphäriſchen Elektricität Annahmen zu Grunde, die unſtreitig nicht richtig ſind; denn wenn er ſeine Hypotheſe durch folgende Angaben zu rechtfertigen ſucht:

1) die atmoſphäriſche Elektricität iſt am Tage ſtärker als bei Nacht;
2) ſie iſt im Winter ſchwächer als im Sommer (ſiehe Sauſſure's Voyages §. 303.);
3) ſie iſt in den Sommernächten weit ſeltener aufzuſinden, als in Winternächten;
4) ſie iſt auf Bergen ſchwächer als in der Ebene (ſiehe Sauſſure's Voyages §. 2055.);
5) ihre Intenſität wird gewöhnlich von heftigem Winde vermindert,

ſo muß bemerkt werden, daß die ſo ſorgfältigen und umfaſſenden Beobachtungen Schübler's (Biot II. S. 290, 293) gerade das Gegentheil von 2) und 4) lehren.

In der folgenden, hauptſächlich zur Vergleichung der Kohlenſäuremenge bei Tag und bei Nacht dienenden Tabelle ſind die Beobachtungen, wo ausnahmsweiſe die Menge der Kohlenſäure größer am Tage als bei Nacht war, mit einem Sternchen bezeichnet. Die Winde ſind in der Tabelle durch griechiſche Buchſtaben angedeutet; α bedeutet einen mäßigen, β einen ſtärkern, γ einen ſehr ſtarken Wind, R. bedeutet Regen. Wo kein griechiſcher Buchſtabe ſteht, war die Luft ruhig oder nur ſchwach bewegt.

---

*) In der That dürfte der Schluß von der zerſetzenden Wirkung des elektriſchen Funken auf Gasarten keine Anwendung auf die atmoſphäriſche Elektricität erleiden, und es ſcheint mir, daß, wenn ein coincidirendes Verhältniß zwiſchen Kohlenſäuregehalt und Elektricität auch Statt findet, dies wohl mehr einer gemeinſchaftlichen Urſache, als einer gegenſeitigen Abhängigkeit beizumeſſen ſei.
F.

Tabelle der Beobachtungen.

Nummer und Datum der Beobachtungen.	Kohlenſäure in 10000 Volumentheilen Luft	
	Mittags.	in der Nacht.
Nr. 25. u. 28. — 22. Mai 1827	5,4	5,72 Ab. 11 U.
— 42. u. 43. — 3. Sept. —	5,25	5,62
— 47. u. 48. — 6. Nov. —	4,06	4,54
— 54. u. 55. — 31. Mai 1828	4,50	4,82
— 56. u. 57. — 13. Juni —	4,75	5,40
— 58. u. 59. — 26. Juni —	5,09*γ	4,85 γ
— 67. u. 68. — 1. Auguſt —	4,09	5,69
— 74. u. 77. — 26. Auguſt —	4,22	4,76 Ab. 8 U.
— 74. u. 78. — 26. Auguſt —	4,22	4,69 Mittern.
— 74. u. 79. — 26. u. 27. Aug. —	4,22	5,74 Mrg. 3¾ U.
— 82. u. 84. — 14. Sept. —	4,22	4,91 Ab. 11 U.
— 85. u. 88. — 26. Sept. —	4,14	4,93 Ab. 8½ U.
— 85. u. 91. — 26. Sept. —	4,14	4,98 Ab. 11½ U.
— 85. u. 91. — 26. u. 27. S. —	4,14	5,09 Morg. 4 U.
— 93. u. 94. — 14. Oct. —	3,81*γ	3,58*γ Ab. 11 U.
— 96. u. 97. — 22. Oct. —	4,20	4,49 Ab. 11 U.
— 103. u. 105. — 14. Nov. —	4,16	4,51
— 106. u. 107. — 21. Nov. —	3,91	4,30
— 111. u. 112. — 5. Dec. —	4,06*	3,92*
— 114. u. 115. — 22. Dec. —	4,18*	4,25*
— 116. u. 117. — 27. Dec. —	4,13*	4,09*
— 126. bis — 19. Febr. 1829	3,66*	3,70*
— 132. u. 133. — 12. März —	4,25	4,80
— 138. u. 140. — 18. April —	4,29*	3,90*α
— 144. u. 146. — 10. Mai —	3,54	4,63
— 154. u. 153. — 12. u. 11. Juni	3,72	4,41 R.
— 154. u. 155. — 12. Juni 1829	3,72	4,25
— 156. u. 157. — 17. Juni —	3,80	4,30 α Ab. 11 U.
— 160. u. 159. — 30. u. 29. Juni	4,39 R.	4,67 α R.
— 163. u. 161. — 8. u. 7. Juli	4,35	5,35
— 168. u. 166. — 15. u. 14. Juli	4,15*	4,14*
— 169. u. 171. — 25. Juli 1829	4,44*	4,07*
— 175. u. 173. — 8. u. 7. Aug. —	3,22	3,87
— 177. u. 178. — 19. Aug. —	3,44	3,94 β
— 179. u. 180. — 22. Aug. —	3,85	4,32
— 184. u. 182. — 5. u. 4. S. —	3,82	4,41
— 186. u. 187. — 15. Sept. —	3,95*γ	3,21*

Nummer und Datum der Beobachtungen.	Kohlenſäure in 10000 Volumentheilen Luft	
	Mittags.	in der Nacht.
Nr. 192. u. 190. — 30. u. 29. S. 1829	3,15	3,55
— 195. u. 193. — 2. u. 1. Oct. 1829	3,67	4,14
— 197. u. 199. — 13. Oct. 1829	3,54	4,16
— 201. u. 202. — 26. Oct. —	3,76*β	3,77*
— 203. u. 204. — 29. Oct. —	4,04*β	3,29 β
— 205. u. 206. — 2. Nov. —	3,35*	3,38*
— 207. u. 208. — 17. Nov. —	3,40 γ	3,63 γ
— 209. u. 210. — 25. Nov. —	3,43*	3,40*
— 211. u. 212. — 3. Dec. —	3,53	3,70
— 213. u. 214. — 7. Dec. —	3,50	3,73
— 215. u. 216. — 15. Dec. —	3,74*	3,75*
— 217. u. 218. — 18. Dec. —	4,04	3,96*
— 219. u. 220. — 24. Dec. —	3,36	3,77
— 222. u. 223. — 30. Dec. —	3,66	4,02
— 224. u. 225. — 3. Jan. 1830	3,71*	3,71*
Mittelwerthe	3,98	4,32

VIII. Atmoſphäriſche Elektricität und Gewitter.

Abhängigkeit der atmoſphäriſchen Elektricität von der Windesrichtung, von Schübler *).

Schübler hat Unterſuchungen über den Einfluß der Windesrichtung auf die Elektricität der atmoſphäriſchen Niederſchläge (Regen und Schnee) bekannt gemacht, welche einen Zeitraum von 30 Monaten umfaſſen. Es wurde 16 Monate hindurch in Ellwangen **) vom Januar 1805 bis April 1806; 14 Monate hindurch in Stuttgard ***) vom Juni 1810 bis Auguſt 1811 beobachtet.

Wir werden zuerſt die Reſultate, die ſich aus **Schübler**'s Beobachtungen ſelbſt ergeben, anführen, wobei wir erinnern, daß die Stärke der Elektricität in Graden des **Volta**'ſchen Strohhalmelektrometers angegeben iſt, mithin dieſe Angaben nicht für ein abſolutes Maß derſelben angeſehen werden dürfen.

---

*) Schweigg. LV. 219.

**) 1331 Pariſer Fuß über der Meeresfläche unter 48° 57′ 25″ N. B. und 27° 48′ O. L.

***) 817 Pariſer Fuß über dem Meere, unter 48° 50′ 30″ N. B. und 26° 50′ 36″ O. L.

Wir werden darauf die Tabelle von Schübler's Beobachtungen, welche die Belege dieſer Reſultate enthält, anführen, und zuletzt über die Art, wie die Beobachtungen berechnet wurden, Bemerkungen hinzufügen.

Allgemeine Reſultate.

1) Das Verhältniß der poſitiv zu den negativ elektriſchen Niederſchlägen zeigt durch die ganze Windroſe einen regelmäßigen Wechſel.

2) Die Niederſchläge ſind am häufigſten poſitiv elektriſch bei Nordwinden, am häufigſten negativ elektriſch bei Südwinden; bei Nordwinden ſind die + elektriſchen Niederſchläge ſelbſt etwas häufiger (im Verhältniß von 12 : 11) als die — elektriſchen; bei Südwinden ſind die Niederſchläge mehr als um das Doppelte häufiger negativ elektriſch (im Verhältniß von 65 : 28).

3) Die drei ſüdlichen Winde S., SW. und SO. zeigen im Gegenſatz der drei nördlichen Winde NO., N. und NW. nahehin daſſelbe Verhältniß; bei den ſüdlichen ſind die Niederſchläge beinahe doppelt ſo häufig — elektriſch als bei den drei nördlichen, in dem Verhältniß von 230 : 114.

4) Die öſtlichen und weſtlichen Winde ſtehen zwiſchen dieſen Extremen mehr in der Mitte, jedoch ſo, daß ſich die drei öſtlichen Winde im Allgemeinen mehr den nördlichen, die drei weſtlichen Winde mehr den ſüdlichen nähern. Die Elektricität iſt bei den weſtlichen häufiger negativ als bei den drei öſtlichen, in dem Verhältniß von 161 : 133. (Beim reinen Oſtwinde wurden zwar verhältnißmäßig mehr negativ elektriſche Regen beobachtet als beim reinen Weſtwinde, dieſes dürfte jedoch bloß zufällig ſein, da dem für die öſtlichen Winde auszumittelnden Reſultat überhaupt nur wenige Beobachtungen zu Grunde gelegt werden konnten).

5) Die Elektricität der ſämmtlichen Niederſchläge iſt häufiger negativ als poſitiv, in dem Verhältniß von 155 : 100.

6) Die mittlere Stärke (die Intenſität) der poſitiven Elektricität der Niederſchläge iſt dagegen größer als die der negativen in dem Verhältniß von 69 : 43.

7) Die Stärke der Elektricität der atmoſphäriſchen Niederſchläge iſt ſowohl bei der poſitiven als negativen Elektricität am ſtärkſten bei den nördlichen Winden; ſie iſt im Mittel für beide Elektricitäten am ſtärkſten bei NO. und N.

8) Am ſchwächſten iſt die Elektricität im Mittel bei den drei ſüdlichen Winden; die mittlere Stärke der Elektricität bei den drei ſüdlichen Winden verhält ſich zu der Stärke bei den drei nördlichen = 39 : 75.

9) Bei den drei öſtlichen Winden iſt die Elektricität im Mittel in dem Verhältniß von 72 : 48 ſtärker als bei den drei weſtlichen. (Bei O. und SO. ergaben zwar die Reſultate nur eine ſehr geringe Stärke, es konnten jedoch über Niederſchläge bei dieſen Windrichtungen überhaupt nur ſehr

wenige Beobachtungen angeſtellt werden; ein einziges Gewitter von O. oder SO. würde ein entgegengeſetztes Mittelreſultat herbeigeführt haben.

10) Die mittlere Stärke der Elektricität aller poſitiv und negativ elektriſchen Niederſchläge, welche ſowohl bei nördlichen, ſüdlichen, öſtlichen als weſtlichen Winden beobachtet wurden, war 53°; es kommt dieſes genau mit dem Mittel überein, welches ſich für die bei Weſtwinden fallenden Niederſchläge ergab.

11) Die Gegenſätze der + und — Elektricität treten am reinſten und ſtärkſten bei nördlichen und öſtlichen Winden hervor; die + und — Elektricität erreicht auch bei dieſen Windrichtungen nahehin dieſelbe Stärke. Weit weniger iſt dieſes der Fall bei den weſtlichen, und am wenigſten bei den ſüdlichen Winden; bei den letzteren iſt im Mittel die negative Elektricität am ſchwächſten. Ihre mittlere Stärke iſt bei den drei ſüdlichen Winden ſelbſt um das Doppelte ſchwächer als die poſitive Elektricität. — Die ſüdlichen Winde zeichnen ſich daher im Allgemeinen durch eine geringere Stärke, aber größere Häufigkeit an negativ elektriſchen Niederſchlägen aus, die nördlichen durch größere Stärke und reinere Gegenſätze der poſitiv oder negativ elektriſchen Ladung.

12) Bei weitem die meiſten elektriſchen Niederſchläge ereigneten ſich bei Weſt-, die wenigſten bei Oſtwinden; für ihre mittlere Richtung erhält man nach Lambert's Formel, wenn S. mit 0°, W. mit 90°, N. mit 180° ꝛc. bezeichnet wird: 86° 9′, alſo Weſt mit vier Graden Abweichung gegen SW.

Tabelle über Schübler's Beobachtungen.

Winde.	Elektriſche Niederſchläge.		Verhältniß der poſitiv zu den negativ elektr. Niederſchlägen.	Mittlere Stärke der Elektricität		Mittlere Stärke beider Elektricitäten.	Summe der Niederſchläge.
	poſitive.	negative.		poſitive.	negative.		
N.	12	11	100 : 92	+ 131	— 99	116	23
NO.	11	12	100 : 109	+ 105	— 132	120	23
O.	3	5	100 : 166	+ 15	— 13	13	8
SO.	4	7	100 : 175	+ 19	— 10	13	11
S.	5	13	100 : 260	+ 26	— 23	24	18
SW.	28	65	100 : 232	+ 66	— 33	44	93
W.	73	106	100 : 145	+ 75	— 39	53	179
NW.	25	32	100 : 128	+ 31	— 46	40	57
Bei den drei nördlichen Winden, NW., N., NO.	48	55	100 : 114	+ 74	— 75	75	103
Bei den drei ſüdlichen Winden, SO., S., SW.	37	85	100 : 230	+ 57	— 26	39	122
Bei den drei weſtlichen Winden, SW., W., NW.	126	203	100 : 161	+ 57	— 38	48	329
Bei den drei öſtlichen Winden NO., O., SO.	18	24	100 : 133	+ 71	— 72	72	42
Allgemeinere Mittel	161	251	100 : 155	+ 69	— 43	53	412

Bemerkungen über die Berechnung der Beobachtungen.

Bei Berechnung der Elektricität atmoſphäriſcher Niederſchläge treten mehrere Schwierigkeiten ein. Es geſchieht nämlich bei denſelben häufig, daß ihre Elektricität, vorzüglich bei Gewittern und vorüberziehenden Regen oder Schneegeſtöbern, oft mehreremal zwiſchen + E und — E abwechſelt, während die Elektricität bei anderen Niederſchlägen oft auch wieder Tage lang bloß + oder — elektriſch bleibt. Man würde in dieſem Falle über die Stärke der atmoſphäriſchen Elektricität ein ſehr unrichtiges Reſultat erhalten, wenn man bei der Berechnung die beobachteten Grade der poſitiven Elektricität von der negativen abziehen wollte, wie etwa Kälte- und Wärmegrade bei Berechnung der mittlern Temperatur von einander abgezogen werden. Schübler berechnete vielmehr, ſowohl die beobachteten poſitiven als negativen Elektricitätsgrade, jedesmal beſonders. War + und — Elektricität einige Male mit einander abwechſelnd, ſo addirte er die beobachteten Grade ſowohl zu den + als — elektriſchen Niederſchlägen; zeigte ſich ein überwiegen der + oder — Elektricität, ſo wurden dieſe im entſprechenden Verhältniß in Rechnung gebracht; zeigte ein Niederſchlag bloß dieſelbe Elektricität in verſchiedener Stärke, ſo wurde bloß der höchſte beobachtete Grad der Elektricität einmal in Rechnung gebracht, indem ſich das Elektrometer während der meiſten Regen in einer anhaltend ſchwankenden Bewegung befindet, je nachdem der Regen mehr oder weniger dicht, gleichförmig oder abgebrochen fällt.

Die Mittel für die vier Hauptwindrichtungen der nördlichen, ſüdlichen, weſtlichen und öſtlichen Winde, ſo wie das mittlere Hauptreſultat, iſt nicht ein aus dem Mittel je von drei oder acht Winden gezogenes Mittel, ſondern der Berechnung dieſer Mittel liegen die Summen der ſämmtlichen, an den einzelnen Windrichtungen angeſtellten, Beobachtungen zu Grunde.

Über Gewitterbildung, von Dove *).

Dove beſtreitet die Anſicht, daß die Elektricität das Urſächliche der Gewitterbildung ſei, und ſtellt die Gründe zuſammen, nach denen die beim Gewitter hervortretende Elektricität vielmehr umgekehrt eine ſecundäre Wirkung raſcher Wolkenbildung und eines plötzlichen Niederſchlages iſt. Die Umſtände, welche einen ſolchen raſchen Niederſchlag begünſtigen, müſſen daher nach ihm auch der Erzeugung der Gewitter günſtig ſein, wohin vorzugsweiſe das Vermiſchen zweier Winde von ſehr ungleicher Temperatur gehört. Dove erörtert hierauf die Bedingungen, welche ein ſolches am leichteſten herbeiführen können.

Nach früheren Auseinanderſetzungen von Dove **) erfolgt die Drehung des Windes oder die Succeſſion, in der ein Wind in den andern übergeht, in der Regel in der Richtung SWNO, und es verdrängt ein nördlicher Wind raſcher den ſüdlichen als umgekehrt. Mithin wird eine raſche Vermiſchung ungleich warmer Luftſtröme vorzugsweiſe bei einer Drehung des Windes SWO erfolgen; es wird, ehe das Gewitter heraufkommt, im Allgemeinen ein ſüdlicher Wind wehen, nachher ein nördlicher, die Gewitter überhaupt aber vorzugsweiſe der Weſtſeite der Windroſe anheim fallen. Da der kältere Wind zuerſt unten einfällt, ſo wird unmittelbar vor der Gewitterwolke der kältere nördliche Wind herwehen, und, inſofern dem nördlichen Winde im Allgemeinen ein höherer, dem ſüdlichen ein tieferer Barometerſtand entſpricht, das Barometer während des Gewitters raſch ſteigen, die Temperatur ſich nach demſelben bedeutend erniedrigen.

---

*) Pogg. XIII. 419.

**) Vergl. Biot's Lehrb. V. 451.

Folgen mehrere Gewitter raſch auf einander, ſo wird das folgende Gewitter im Allgemeinen aus einer immer mehr nördlichen Gegend kommen.

Soll durch einen ſüdlichen Wind, der auf einen kältern Wind folgt, plötzliche Vermiſchung entſtehen, ſo muß die Intenſität des ſüdlichen Windes bedeutend ſein. Solche Gewitter gehören der Oſtſeite der Windroſe an; ſie müſſen höher ziehen und können ſich wegen der widerſtehenden kältern Luft nur langſamer fortpflanzen. Das Barometer fällt während ſolcher Gewitter, während die Temperatur ſich erhöhet. Sie ſind im Ganzen ſelten. Übereinſtimmend mit dieſen ſind die ſeltenen Gewitter der Weſtſeite während des Zurückſprunges des Windes. Auch bei dieſen fällt das Barometer, ſteigt die Temperatur.

Dove ſtellt die Erfahrungsdata zuſammen, welche die Gültigkeit der oben ausgeſprochenen Sätze im Allgemeinen beſtätigen. In dieſem Bezuge verweiſen wir auf die Originalabhandlung.

Relative Häufigkeit der Gewitter in den einzelnen Monaten.

Nach Schmöger *) war die Zahl der Gewitter über oder nahe an Regensburg ſeit 1774 bis 1830 (incl.) folgende:

Januar	8	Mai	155	September	71
Februar	3	Juni	209	October	18
März	11	Juli	217	November	5
April	64	Auguſt	210	December	3

---

*) Kaſtn. N. Arch. IV. 119.

IX. Erdmagnetismus.

Methode, die Variationen der Inclination und Declination zu vergrößern und zu berechnen, von Moſer *).

Moſer giebt im Nachfolgenden eine Methode, die Veränderungen, ſei es der Inclination oder der Declination, ſo zu vergrößern, daß ſie in allen Fällen beobachtet werden können, und die wirklichen Inclinationen und Declinationen dann daraus zu berechnen. Dieſe Methode beruht darauf, daß die Veränderungen in der Richtung der Nadel durch die abſtoßende Kraft eines feſtliegenden Magneten unterſtützt werden. Zwar hat ſchon Biot **) dieſelbe angedeutet, aber für die Ausführung nicht hinreichend brauchbar gemacht. Mit übergehung der mathematiſchen Herleitung der nachfolgenden Methode, über die wir auf das Original verweiſen ***), beſchränken wir uns, das Weſentliche derſelben ſelbſt anzuführen.

Man habe eine, um ihren Schwerpunct als Mittelpunct bewegliche, Declinations- oder Inclinationsnadel. Man bringe in die Verlängerung derſelben und in einem Abſtande von ihr, der groß genug iſt, daß die Nadel keine Umkehrung dadurch erfährt, einen feſtliegenden Magneten an, ſo daß Nadel und Magnet einander die feindſchaftlichen Pole zukehren, und beobachte nun die Winkel z, um welche die Nadel unter dem Einfluß des Magneten vermöge der Variationen der Declination oder Inclination abweicht. Dieſe Winkel werden größer ſein, als wenn der feſtliegende Magnet nicht vorhanden wäre, und mithin eine leichtere Beobachtung geſtatten. Man wird aber den Winkel i, welcher die wahre Variation in der Inclination oder Declination, die bei Abweſenheit des Magneten Statt finden würde, ausdrückt †), aus dem Winkel z nach der folgenden Gleichung ableiten können:

$$\frac{\sin(z-i)}{\omega \sin z} = a - b \sin^2 \tfrac{1}{2} z + c \sin^4 \tfrac{1}{2} z - d \sin^6 \tfrac{1}{2} z + \ldots \quad (1)$$

In dieſer Gleichung ſind a, b, c, d... conſtante Größen, welche auf folgende Weiſe durch Verſuche beſtimmt werden ††).

---

*) Pogg. XX. 431.

**) Ann. de Ch. et de Ph. XXIV. 140.

***) Es ſind darin einige bedeutende Druckfehler vorhanden:
S. 437 Z. 5 v. u. p ſtatt h
ebend. — 4 v. u. — ſtatt =
— 444 — 24 v. u. β und β^2 ſtatt Θ und Θ^2.

†) In Bezug auf das Nachfolgende iſt darauf Acht zu haben, daß der Winkel i die Abweichung der Lage des fixen Magneten vom jedesmaligen magnetiſchen Meridian ausdrückt, deſſen veränderliche Lage aber durch die Variationen der Declination und Inclination erkannt wird.

††) Sie ſind abhängig von der Intenſität und Vertheilung des Magnetis-

Aus dem Centrum der beweglichen Nadel beſchreibe man einen Kreis in der Ebene der Bewegung dieſer Nadel, alſo vertical bei einer Inclinations-, horizontal bei einer Declinationsnadel. Den Kreis theile man ein, indem man den Meridian oder die Verlängerung der Neigungslinie mit 0 bezeichnet. Den feſten Magneten lege man, mit ſeinem abſtoßenden Pole der Nadel zugekehrt, ſucceſſive in verſchiedene Radien dieſes Kreiſes*), wobei aber der Mittelpunct des Magneten von dem der Nadel immer in derſelben Entfernung bleiben muß, in der man ihn bei den nachherigen Beobachtungen feſt legt.

Man nenne i den Winkel, den der Magnet, z den, welchen die Nadel mit dem Meridian oder der Neigungslinie macht, und ſubſtituire die beobachteten Werthe von z und i in die Gleichung (1). Solchergeſtalt verſchaffe man ſich ſo viele Eliminationsgleichungen, als man unbekannte a, b, c... angenommen hat, und beſtimme dieſe hieraus. Für die kleinen Werthe, welche z vermöge der Variation der Declination oder Inclination erhält, iſt es vollkommen hinreichend, deren drei beizubehalten. Übrigens hat man eine Probe, ob die Coefficienten durch dieſe Elimination hinlänglich genau gefunden worden ſind, darin, daß man a noch auf folgende Weiſe, unabhängig von den anderen Coefficienten, beſtimmt, und zuſieht, ob der ſo gefundene Werth mit dem durch Elimination gefundenen übereinſtimmt. Es läßt ſich nämlich der erſte Coefficient a auch durch Schwingungen der Magnetnadel nach folgender Formel finden,

$$a = 1 - \frac{t^2}{\Theta^2}$$

wo t die Schwingungsdauer der Nadel unter dem bloßen Einfluſſe der Erde, Θ die Schwingungsdauer derſelben unter dem gemeinſchaftlichen Einfluß der Erde und des Magneten bei der zu Anfange angegebenen fixen Lage deſſelben bedeutet.

Die Größe ω anlangend, ſo drückt ſie bloß die Correction aus, die man wegen der Änderungen der Intenſität anbringen muß, welche der feſtliegende Magnet vermöge Temperaturveränderungen erfährt. Dieſe Größe ω iſt nämlich gleich der Intenſität des Magneten für die beobachtete Temperatur, wenn man die Intenſität bei der Temperatur, von der man ausgeht, = 1 ſetzt, und ſie läßt ſich durch Eintauchungsverſuche nach den Regeln beſtimmen, welche Th. II. S. 45 gegeben ſind. Übrigens wird dieſe Correction in den meiſten Fällen ſo unbedeutend ſein, daß man $\omega = 1$ ſetzen kann. Die Temperatur der Nadel macht an ſich keine Correction nöthig,

---

mus in der Erde, der Nadel und dem feſtliegenden Magneten, von dem Trägheitsmomente der Nadel und von der Entfernung des Magneten von der Nadel.

*) Hiebei muß Obacht genommen werden, daß dieſe Radien nicht zu weit von dem Meridian abweichen dürfen, weil ſonſt ſo große Werthe von z erhalten werden würden, daß man zu viel Glieder von der Gleichung (1) für die richtige Beſtimmung der Coefficienten durch Elimination beibehalten müßte.

da der Factor, den ſie einführen würde, allen Gliedern der Gleichung (1) gemeinſchaftlich wird.

Streng genommen erleiden die Coefficienten a, b, c... auch durch Veränderung der telluriſchen Intenſität eine Veränderung, da ſie mit hievon abhängen; der Einfluß, der hievon auf die Beſtimmung von i reſultirt, iſt jedoch bei den geringen Veränderungen, welche die telluriſche Intenſität erfährt, jedenfalls ſo gering, daß man nicht nöthig hat, eine Correction deshalb anzubringen, zu der ohnehin kein einfacher Weg in dieſem Falle vorliegt.

Beiläufig findet man aus der Formel (1), daß die Vergrößerung der Variationen durch das vorſtehende Verfahren für kleine Werthe von a durch $\frac{1}{1 - a}$ dargeſtellt wird, ſo daß, wenn z. B. $a = 0{,}855767$ gefunden wird, die Vergrößerung beinahe ſiebenmalig ſein wird.

Der Verfaſſer bewährt die Ausführbarkeit des hier Entwickelten durch eine mit einer Declinationsnadel angeſtellte Verſuchsreihe.

Beſeitigung der Fehler beim Meſſen der magnetiſchen Neigung, nach Kupffer *).

Wenn man die magnetiſche Neigung mitteiſt eines Inclinationsinſtrumentes beobachtet, ſo können verſchiedene, von der Conſtruction des Inſtrumentes abhängige Irrthümer wegfallen, von deren Beſeitigung das Folgende handeln wird.

Die größere oder geringere Abweichung, die jede beobachtete Neigung von der wahren zeigt, kann folgende Urſachen haben:

1) Der Collimationsfehler des getheilten Kreiſes, d. h. wenn der Radius des Kreiſes, der durch den Nullpunct der Eintheilung geht, nicht vollkommen horizontal iſt.

2) Der Collimationsfehler der Nadel, wenn eine Linie, die durch die beiden Endſpitzen der Nadel geht, mit der magnetiſchen Axe derſelben nicht genau parallel iſt.

3) Wenn die Achatplatte, auf welcher die Nadel ruht, nicht vollkommen horizontal iſt.

4) Wenn der Schwerpunct der Nadel nicht vollkommen genau mit dem Drehungspunct zuſammenfällt.

Hiezu kommt noch der Fehler, welcher entſteht, wenn der Drehungsmittelpunct der Nadel nicht genau im Mittelpuncte des Kreiſes liegt, welcher indeß ſofort verſchwindet, wenn man das Mittel aus den beiden Ableſungen an beiden Enden der Nadel nimmt **).

---

*) Pogg. XXIII. 449.

**) Hanſteen (Pogg. XXI. 405) fügt zu dieſen Fehlerquellen noch die Abweichung der Zapfen von der cylindriſchen Form und eine mögliche ſchwache magnetiſche Polariſation des eingetheilten Kreiſes. Über die Beſeitigung dieſer Fehlerquellen ſ. den folgenden Artikel.

Hat man die Axe der Buſſole vermittelſt des Niveau's, welches an derſelben befeſtigt iſt, vollkommen ſenkrecht geſtellt, ſo wird durch Umdrehung des getheilten Kreiſes von 180° um dieſe Axe der *erſte* der angeführten Fehler, ohne ſeinen Werth zu ändern, negativ, verſchwindet alſo im Mittel aus beiden Beobachtungen.

Der *zweite* Fehler verſchwindet auf eben dieſelbe Weiſe, wenn man die Nadel auf ihren Unterlagen umkehrt.

Der *dritte* Fehler hebt ſich ebenfalls auf, wenn man den getheilten Kreis, in deſſen Mittelpunct die Achatplatten befeſtigt ſind, — 180° um die verticale Axe herumdreht.

Zur Beſeitigung des *vierten* und größten Fehlers endlich, den wir den *Schwerpunctsfehler* nennen wollen, ſind ſchon früher von *Borda* und *Mayer* Methoden angegeben worden, denen *Kupffer* neuerdings eine dritte hinzugefügt hat. Dieſe werden wir nach einander mittheilen, indem wir jedoch hinſichtlich der mathematiſchen Herleitung derſelben auf die Originalabhandlung *Kupffer's* verweiſen.

Unter ω werde das Azimuth der Nadel, vom magnetiſchen Meridian an gerechnet, verſtanden, wonach das Azimuth $\omega = 0$ in das von $\omega = 180°$ dadurch verwandelt wird, daß man das Inſtrument aus der Lage, wo ſich die Nadel in der Ebene des magnetiſchen Meridians befindet, um 180° oder im Halbkreiſe um ſeine verticale Axe dreht.

Methode von Borda. Dieſe Methode erfodert 4 Beobachtungen:

1) eine bei $\omega = 0°$ und eine bei $\omega = 180°$;
2) dieſelben Beobachtungen nach Umkehrung der Pole.

Unter Vorausſetzung, daß der Magnetismus der Nadel vor und nach Umkehrung der Pole gleiche Intenſität behalten hat, und daß die beobachteten Neigungen ſchon von den erſten drei Fehlern befreit ſind, iſt die wahre Neigung das arithmetiſche Mittel aus jenen vier beobachteten Neigungen.

Größerer Genauigkeit halber fügt man gewöhnlich noch eine Wiederholung dieſer vier Beobachtungen hinzu, nachdem man die Nadel auf den Unterlagen umgekehrt hat, und nimmt dann das Mittel aller acht Beobachtungen. Bei gut ausgeführten Nadeln giebt indeß die Wiederholung daſſelbe Reſultat als die vier erſten Beobachtungen.

Methode von Mayer. Bei dieſer Methode hat man abſichtlich den Schwerpunct der Nadel vom Drehungsmittelpuncte zu entfernen, durch Befeſtigung eines kleinen Gewichtes an der Seite der Nadel, auf einer Linie, die durch den Mittelpunct der Nadel geht und mit der Länge der Nadel einen rechten Winkel macht *). Wenn man keine ſo zugerichtete Nadel beſitzt, ſo kann man ein Stückchen Siegellack an die Nadel kleben. Macht man nun eine erſte Beobachtung bei $\omega = 0°$, eine zweite bei

---

*) Es iſt hinreichend, wenn dieſe Umſtände nur annäherungsweiſe getroffen ſind.

$\omega = 180°$, kehrt nun die Nadel auf den Unterlagen um, macht eine dritte Beobachtung bei $\omega = 180°$ und eine vierte bei $\omega = 0°$, wiederholt endlich dieſe vier Beobachtungen nach Umkehrung der Pole und bezeichnet das Mittel aus der erſten und dritten Beobachtung mit Θ, das Mittel aus der zweiten und vierten mit Θ', das Mittel aus der fünften und ſiebenten mit Θ'' und das Mittel aus der ſechſten und achten mit Θ''', die wahre Neigung mit α, ſo hat man:

$$\cot \alpha = \frac{\cot \Theta \cot \Theta''' - \cot \Theta' \cot \Theta''}{(\cot \Theta + \cot \Theta''') - (\cot \Theta' + \cot \Theta'')}$$

In dieſer Formel iſt nicht vorausgeſetzt, daß die magnetiſche Kraft der Nadel vor und nach der Umkehrung der Pole ſich gleich bleibe. Iſt dies indeß der Fall, ſo erhält die Formel folgende weit einfachere Geſtalt.

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{1}{\cot \Theta + \cot \Theta'} + \frac{1}{\cot \Theta'' + \cot \Theta'''}$$

Bei dieſer Methode verſchwinden die drei erſten Fehler von ſelbſt.

Die Mayer'ſche Formel iſt nur da anwendbar, wo die Werthe von Θ und Θ' ſehr verſchieden ſind, die Borda'ſche Methode nur da, wo es dem Künſtler gelungen iſt, dem Schwerpuncte der Nadel eine ſehr geringe Entfernung vom Mittelpuncte der Drehung zu geben. Sie ſetzt überdies voraus, daß die magnetiſche Kraft der Nadel ſich durch die Umkehrung der Pole nicht ändert, welches nicht immer der Fall iſt. Es iſt aber wünſchenswerth eine Formel zu finden, die auf dieſe Änderung der Intenſität Rückſicht nimmt, und doch den Fall, wo Θ nahe gleich Θ' iſt, nicht ausſchließt. Dies conſtituirt die nachfolgende Methode von Kupffer.

Methode von Kupffer. Bei dieſer Methode iſt erforderlich, außer der Neigung noch die Zeit zu beobachten, welche die Nadel braucht, um eine gewiſſe Anzahl von Schwingungen in ihren verſchiedenen Stellungen zu vollbringen.

Es mögen Θ, Θ', Θ'', Θ''' dieſelbe Bedeutung wie bei Mayer's Methode haben; es mögen ferner ν, ν', ν'', ν''' die reſpectiven Zeiten bedeuten, welche die Nadel zu derſelben Zahl von Schwingungen bei gleicher Anfangsamplitude in den verſchiedenen Lagen braucht, welchen die Werthe von Θ, Θ', Θ'', Θ''' zugehören *); dann hat man, wenn der Kürze halber geſetzt wird:

$$\frac{\nu^2 + \nu'^2}{\cos \Theta + \cos \Theta'} = A, \quad \frac{1}{\cot \Theta + \cot \Theta'} = C$$

$$\frac{\nu''^2 + \nu'''^2}{\cos \Theta'' + \cos \Theta'''} = B, \quad \frac{1}{\cot \Theta'' + \cot \Theta'''} = D$$

$$\tfrac{1}{2} \operatorname{tang} \alpha = \frac{AD + BC}{A + B}$$

---

*) Jeder Werth von ν, ν' ꝛc. iſt mithin ebenſo das Mittel aus zwei beobachteten Schwingungszeiten, als Θ, Θ' ꝛc. das Mittel aus zwei beobachteten Neigungen.

über noch einige andere Fehlerquellen bei Beſtimmung der magnetiſchen Neigung, von Hanſteen *).

Hanſteen macht über dieſen Gegenſtand folgende Bemerkungen: Die engliſchen Nadeln ſind im Allgemeinen im Verhältniß ihrer Länge zu ſchwer, und die Zapfen der Axen zu dick und nicht genau genug gearbeitet. In dieſem Stücke zeichnen ſich die **Gambey**'ſchen Inſtrumente aus, welche unſtreitig die vorzüglichſten ſind. Allein obgleich die Inſtrumente dieſes ausgezeichneten Künſtlers dem Beobachter den größten Theil ſeiner Mühe erſparen, ſind ſie doch auch nicht ganz unfehlbar. Wenn die Nadel durch die Zange gehoben und wieder auf den Steinen niedergelaſſen wird, kommt ſie nicht immer genau auf demſelben Puncte in Ruhe, wovon ſich der Verfaſſer durch Beobachtungen mit fünf verſchiedenen Inſtrumenten dieſes Künſtlers überzeugte; Abweichungen von 3′ bis 5′ ſind gewöhnlich, von 10′ oder darüber ſeltener. Die von den meiſten Beobachtern angewandte Methode, bloß die Nadeln Ein Mal in jeder Lage zu beobachten, iſt mithin nicht genügend, wenn man ſich einer einzelnen Minute im Endreſultate vergewiſſern will. **Hanſteen** hebt immer die Nadel vier Male in jeder Lage und rechnet ſonach 32 Ableſungen für eine vollſtändige Beobachtung. Hiezu kommen noch die **conſtanten Fehler** des Inſtrumentes. Dieſe haben ihren Urſprung in zwei verſchiedenen Urſachen: in der **Abweichung der Zapfen** von der **cylindriſchen Form**, und in einer möglichen ſchwachen **magnetiſchen Polarität des eingetheilten Kreiſes**. An einer und derſelben Stelle der Erdoberfläche ruht die Nadel bei den vier Umlegungen immer auf den nämlichen vier Puncten der Zapfen, und die Abweichung der Zapfen von der Cylinderform hat alſo immer **dieſelbe** Wirkung. **Gambey** hat dieſe Unſicherheit zu heben geſucht, indem er jedem Inſtrumente zwei Nadeln mitgab. Wenn dieſe zwei Nadeln einerlei Reſultat geben, ſo iſt es nicht wahrſcheinlich, daß die Fehler in beiden Axen nach derſelben Seite wirken. Geben aber dieſe zwei Nadeln ein verſchiedenes Reſultat **), ſo iſt man nicht ſicher, welche von beiden Nadeln das rechte giebt, oder ob ein Medium aus beiden die Wahrheit iſt. **Hanſteen** hat es daher vortheilhafter gefunden, eine loſe Axe zu benutzen, welche mit ſtarker Reibung in der Nadel umgedreht werden kann. Wenn eine Inclinationsbeobachtung beendigt iſt, wird die Axe 45° oder 90° umgedreht und eine neue Inclination beobachtet, und auf dieſe Weiſe weiter fortgefahren, die Axe bei jeder neuen Reihe umzudrehen, bis ſie in die erſte Lage zurückkehrt. Gewöhnlich findet man bei dieſem Verfahren eine Lage der Axe, in welcher die Nadel immer die größte, und eine andere, in welcher ſie immer die kleinſte Neigung giebt. Ein Medium aus allen dieſen iſt höchſt wahrſcheinlich vom Einfluſſe der Fehler der Axe befreit, und eine Nadel mit beweglicher Axe leiſtet folglich dieſelben Dienſte, wie vier oder acht Nadeln mit feſter. Je leichter die Nadel und je feiner die Zapfen im Verhältniſſe der Nadel ſind, deſto geringer werden natürlicher Weiſe dieſe Differenzen.

---

*) Pogg. XXI. [illegible]

) Profeſſor **Kupffer in Petersburg hatte ein **Gambey**'ſches Inſtrument, an welchem die eine Nadel **immer** ein um mehrere Minuten größeres Reſultat gab, als die andere.

Der Bequemlichkeit der Ableſung willen müſſen die Spitzen der Nadel beinahe den eingetheilten Kreis berühren, ſo daß der Abſtand höchſtens $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{20}$ Linie iſt. In einer ſo geringen Entfernung hat aber das unbedeutendſte Eiſentheilchen, oder was immer für eine andere magnetiſche Kraft, im eingetheilten Kreiſe einen merklichen Einfluß auf die Stellung der Nadel, da ſie auf den Endpunct eines ſo langen Hebels wirkt. Sind beide Nadeln gut abgewogen, ſo werden ihre Spitzen an einer und derſelben Stelle der Erde ſehr nahe um die nämlichen vier Puncte des Limbus ſpielen, und dieſe werden alſo auf beide Nadeln denſelben Einfluß haben. Um ſich von dem Daſein einer ſolchen Wirkung zu überzeugen, giebt es kein anderes Mittel, als, nach Mayer's Vorſchlage, das Gleichgewicht der Nadel aufzuheben, ſo daß ſie bei den vier Umkehrungen ſehr verſchiedene Stellungen annimmt, in der einen z. B. über den neunzigſten Grad in den nächſtliegenden Quadranten einſchreitet. Giebt die Nadel alsdann mit verſchiedenen Gewichten dieſelbe Neigung, und ſtimmt dieſe wiederum mit dem Reſultate überein, was gefunden wird, wenn die Nadel abgeglichen iſt, ſo iſt man ſicher, daß ſich keine conſtanten Fehler von dieſer Art finden; im entgegengeſetzten Falle iſt eine Mittelzahl aus den verſchiedenen Reſultaten allemal ſicherer, als eine einzelne Beobachtung mit abgeglichener Nadel; und dies iſt Hanſteen's Meinung nach der einzige, aber zugleich bedeutende Nutzen dieſer Methode. Hat man einmal gefunden, daß das gebrauchte Inſtrument von dieſem Fehler frei iſt, alsdann kann man mit Sicherheit die gewöhnliche Methode anwenden.

Der Verfaſſer erläutert dieſe Bemerkungen durch mehrere Beobachtungen.

Maß der Intenſität des Erdmagnetismus.

Poiſſon hat eine Methode angegeben, die magnetiſche Intenſität eines Ortes durch Anwendung zweier Nadeln, unabhängig von der Intenſität beider Nadeln, zu beſtimmen, welche den Vortheil gewährt, die Intenſität des Erdmagnetismus zu verſchiedenen Zeiten und an verſchiedenen Orten mit einander vergleichen zu können, auch wenn man ſich nicht derſelben Nadeln dabei bedienen kann, oder wenn die Nadeln ihren Magnetismus in der Zwiſchenzeit der Beobachtungen geändert haben ſollten *).

Die Löſung dieſes Problemes nach Poiſſon's Methode kommt auf Folgendes zurück.

---

*) Ausführlich entwickelt iſt dieſe Methode in Pouillet's Elem. de Ph. I. 694; und hinreichend in Pogg. XVIII. [illegible].

Man habe zwei, horizontal in ihrem Schwerpuncte aufgehangene, Magnetnadeln *), A und B, deren eine in die Verlängerung der andern, im magnetiſchen Meridian fällt. Der Abſtand ihrer Schwerpuncte ſei r, der Winkel, den ihre horizontale Lage mit der Linie der Neigungsnadel bildet, ſei i, ihre Schwingungszeit in unendlich kleinen Bogen, wenn ſie außer gegenſeitigem Einfluß bloß durch den Einfluß der Erde ſchwingen, ſei t für A und t_1 für B; ihre Trägheitsmomente in Bezug zur Drehungsaxe ſeien reſpectiv m und m_1, $\pi = 3{,}141\,..$; endlich φ die magnetiſche Erdkraft, ſo hat man

$$\varphi = \frac{\pi^2 \sqrt{f.}\ \sqrt{m\, m_1}}{t.\ t_1 \cos i \sqrt{u}}$$

In dieſer Formel kann $\sqrt{f.} = 1$ geſetzt werden **), m, m_1, t, t_1, i laſſen ſich auf bekannte Weiſe finden, und es iſt daher zur Löſung des Problemes bloß noch u zu beſtimmen, welches eine von den Dimenſionen der Nadeln und der Intenſität und Vertheilung des Magnetismus darin abhängige Größe iſt.

Zu dieſer Beſtimmung von u gelangt man auf dem Verſuchswege, indem man eine Nadel in Gegenwart der andern bei abgeänderten Entfernungen ihrer Schwerpuncte ſchwingen läßt, und zwar auf folgende Weiſe. Es heiße Θ die Schwingungszeit der Nadel A, auf unendlich kleine Bogen reducirt, wenn ſie in Gegenwart der andern, die hiebei befeſtigt iſt, ſchwingt, während ihr Schwerpunct im Abſtande r von dem der andern iſt. Es habe Θ_1 dieſelbe Bedeutung für B, ſo findet man u durch folgende Gleichungen ***).

$$\left.\begin{aligned} u + \frac{a}{r^2} + \frac{b}{r^4} + \text{etc.} &= \frac{m\, \pi^2\, r^2\, (t^2 - \Theta^2)}{2\, t^2\, \Theta^2} \\ u + \frac{a_1}{r^2} + \frac{b_1}{r^4} + \text{etc.} &= \frac{m_1\, \pi^2\, r^3\, (t_1^{\,2} - \Theta_1^{\,2})}{2 t_1^{\,2}\, \Theta_1^{\,2}} \end{aligned}\right\} \text{(f)}$$

Aus dieſen Gleichungen ſind die Unbekannten a, b...., a_1, b_1...., zu eliminiren, was dadurch geſchieht, daß man die Beobachtung der Schwingungszeiten beider Nadeln mit Abänderung von r wiederholt und ſich dadurch ſo viele Gleichungen (f) verſchafft, als zur Elimination der Unbekannten a, b..., a_1, b_1... nöthig ſind, deren man um ſo mehr wird beizubehalten haben, je kleinere Werthe von r man hiebei anwendet. Die Gleichungen (f) gelten inzwiſchen nur in der Vorausſetzung einer ſymmetriſchen Vertheilung des Magnetismus in jeder der beiden Nadeln zu beiden Seiten ihres Schwerpunctes; da man jedoch nie ſicher ſein kann, daß dieſer Umſtand vollſtändig erreicht iſt, ſo muß man noch neue Unbekannte durch r, r^3, r^5 ꝛc. dividirt einführen, und auf ähnliche Weiſe eliminiren. Noch muß auch bemerkt werden, daß bei den Nadeln eine hinlängliche Coercitivkraft vorausgeſetzt iſt, daß ſie durch ihren wechſelſeitigen Einfluß nicht die Vertheilung des Magnetismus, die in ihnen Statt findet, ändern können.

---

*) Man könnte auch Neigungsnadeln, die dann in ihre gegenſeitige Verlängerung zu ſtellen wären, anwenden; in dieſem Falle hätte man bloß nöthig, in den obigen Formeln cos i = 1 zu ſetzen.

**) Mit f wird nämlich die Conſtante bezeichnet, welche die Größe der gegenſeitigen Wirkungen zwiſchen zwei als Einheit geſetzten Quantitäten magnetiſchen Flüſſigkeit bei der Einheit des Abſtandes bezeichnet. Dieſe Größe iſt unabhängig von Art, Temperatur und Träger des Magnetismus.

***) Jede beſtimmt ſchon für ſich den Werth von u, daher man ſie zu gegenſeitiger Controlle benutzen kann.

Die hier erörterte Methode iſt theoretiſch zuläſſig, allein der Ausführung derſelben treten die beiden Schwierigkeiten entgegen, 1) daß man noch keine Correctionsformel hat, um die Schwingungen, die eine Nadel in Gegenwart der andern macht, auf unendlich kleine Bogen zurückzuführen, 2) daß die Gleichungen (f) ſehr wenig convergent ſind, ſo daß man zufolge eines von Moſer und Rieß gegebenen Beiſpieles bei zu Grundelegung derſelben kaum mit der Annahme von fünf oder ſechs Unbekannten auch nur irgends zuſammenſtimmende Werthe erhält. Beiden Übelſtänden läßt ſich nach Moſer und Rieß*) durch Anwendung folgender Methode abhelfen, bei der es nur nöthig iſt, zwei der Geſtalt nach gleiche Nadeln (bei denen m und m, mithin gleich geſetzt werden können) anzuwenden, und die zugleich in der magnetiſchen Kraft ſo wenig verſchieden ſind, daß man auf beide dieſelbe Correction wegen Reduction auf unendlich kleine Bogen ſtatthaft finden kann**).

Dann beſtimmt ſich u direct durch folgende Gleichung, in welcher Θ und Θ_1 ſchon corrigirt enthalten ſind, t und t_1 aber auf die gewöhnliche bekannte Weiſe noch zu corrigiren ſind:

$$\Theta_1^2 u + \Theta_1^2 \frac{a_1}{r^3} + \Theta_1^2 \frac{b_1}{r^5} \dots - \Theta^2 u - \Theta^2 \frac{a}{r^3}$$

$$- \Theta^2 \frac{b}{r^5} - \text{etc.} = \frac{m \pi^2 r^3}{2} \left(\frac{\Theta^2}{t^2} - \frac{\Theta_1^2}{t_1^2} \right) \quad (g)$$

Wenn im Laufe des Verſuches Änderungen in der Intenſität des Erdmagnetismus oder in der Temperatur eintreten, ſo ſind dieſerhalb noch beſondere Correctionen anzubringen. Geſetzt der Werth der Kraft φ, welchen man der Rechnung zu Grunde legen will, veränderte ſich während der Verſuche in $p\varphi$, ſo muß man die Werthe von t'^2 und Θ'^2, welche bei dieſer Kraft beobachtet worden ſind, nach folgenden Gleichungen auf die Werthe von t^2 und Θ^2, welche für die Kraft φ gelten, zurückführen:

$$t^2 = p t'^2; \quad \Theta^2 = \frac{\Theta'^2 \, t^2}{t^2 - (p-1)\, \Theta'^2}$$

---

*) Pogg. XVIII. 226; XIX. 161.

**) Man hat dann nämlich nur Θ^2 und Θ_1^2 in der Formel (f) mit einem unbekannten Factor zu multipliciren, der die Reduction auf unendlich kleine Bogen bedeutet und dieſen Factor zwiſchen beiden Formeln zu eliminiren, was zu obiger Gleichung führt.

Die Correction wegen der Temperatur anlangend, ſo ſei die Intenſität der Nadeln vermöge veränderter Temperatur von μ zu $\omega\mu$ geworden, ſo hat man, um die beobachteten Zeiten t' und Θ' zu corrigiren, folgende Gleichungen:

$$t^2 = \omega t'^2;\ \Theta^2 = \frac{\omega^2\ \Theta'^2\ t^2}{t^2 - \Theta'^2\ \omega\ (1-\omega)}$$

Hinſichtlich einer etwaigen nicht ſymmetriſchen Vertheilung des Magnetismus in den Nadeln gilt übrigens auch bei der Methode von Moſer und Rieß das S. 88 Erwähnte, und es ſind dann eben ſo in die Gleichung (g) noch Unbekannte, mit r, r^3 ꝛc. dividirt, einzuführen. Übrigens kann man auf dem Verſuchswege finden, ob die Bedingung der ſymmetriſchen Vertheilung erfüllt iſt, indem man nämlich jede der beiden Nadeln vor jedem der beiden Pole der andern (in gleichem Abſtande) ſchwingen läßt. Im Fall der ſymmetriſchen Vertheilung muß dann die Gleichung erfüllt werden:

$$\tfrac{1}{2}\left(\frac{1}{\Theta^2} + \frac{1}{\Theta'^2}\right) = \frac{1}{t^2}$$

worin t die Schwingungszeit einer Nadel für ſich, Θ die Schwingungszeit vor dem freundſchaftlichen, Θ' die vor dem feindſchaftlichen Pole der andern Nadel bedeutet.

Die Verfaſſer entwickeln noch die Formeln zur Beſtimmung von u nach Herleitung der Werthe von a, b.... (Pogg. XVIII. 236; XIX. 168), und zeigen an einem Beiſpiele die völlig genügende Anwendbarkeit jener Methode.

Über Erdmagnetismus im Allgemeinen.

Als ein gewiß ſehr beachtungswerthes Argument für die Annahme, daß die Erde nicht ſowohl ein ſelbſtſtändiger Magnet ſei, als vielmehr, auf analoge Weiſe als ein Stück weiches Eiſen, von Außen durch Vertheilung magnetiſirt werde (wahrſcheinlich durch den Einfluß der Sonne), macht Kupffer [*]) Folgendes geltend. Wenn die letztere Annahme die richtige iſt, ſo muß die Intenſität der magnetiſchen Erdkraft mit der Bodentemperatur zunehmen, weil die Leichtigkeit der magnetiſchen Vertheilung mit der Temperatur wächſt (vgl. Biot IV. 61); wäre die erſtere richtig, ſo müßte ſie abnehmen (vgl. ebend. S. 68). Nun ſcheinen die Beobachtungen, die freilich in dieſer Hinſicht noch nicht zahlreich genug ſind, zu ergeben, daß, wenn eine Linie gleicher Neigung durch mehrere Puncte geht, die eine gleiche Bodentemperatur haben, auch die Intenſität der magnetiſchen Kraft für ſie dieſelbe iſt; reſpectiv größer oder geringer dagegen, wenn ſie eine größere oder geringere Bodenwärme zeigen [**]). Hieraus würde zugleich erhellen, warum der Pol der Intenſitäten ſüdlicher fällt, als der Pol der

---

[*]) Pogg. XV. 190.

[**]) Die Belege ſ. in Pogg. XV. 191.

Neigungen. Da die Bodentemperatur nach dem Norden hin abnimmt, ſo gehen die dem Neigungspole zunächſt liegenden Linien gleicher Neigung im Norden deſſelben durch kältere Puncte, als im Süden; in jenen kälteren Puncten muß aber nach dem Obigen die Intenſität geringer ſein, als in dieſen wärmern, man muß alſo den Pol der Intenſitäten, d. h. den Punct, wo die Intenſitäten ihr Maximum erreichen, im Süden vom Neigungspole ſuchen, wo er ſich, nach den neueſten, von Hanſteen berechneten, Beobachtungen auch wirklich findet. Es liegt nämlich hienach der Neigungspol unter 71° Breite und 102° Länge, der Intenſitätspol unter 56° Breite und 80° Länge von Paris.

über die Geſtalt der iſogoniſchen, iſokliniſchen und iſodynamiſchen Linien im Jahr 1829, von G. A. Erman [*]).

Auf einer in den Jahren 1828, 1829 und 1830 ausgeführten Reiſe hat Erman die Intenſität der magnetiſchen Kraft, die Declination und Inclination an 310 verſchiedenen Orten der Erdoberfläche beſtimmt; 125 dieſer Orte befinden ſich auf dem Continente der alten Welt zwiſchen dem Meridian 15° und 160° O. L. (von Greenwich), die übrigen größtentheils auf Meeren, die unter Meridianen von mehr als 160° O. L. liegen.

Erman hat die Linien gleicher Abweichung, gleicher Neigung und gleicher Intenſität, welche ſich durch graphiſche Interpolation dieſer Beobachtungen ergeben, in zwei Charten, einer größern und einer kleinern, verzeichnet, welche ſich in Pogg. Ann. XXI. Taf. II. finden. Die größere hat einen zu großen Umfang, als daß wir ſie mit Fug hier aufnehmen könnten; dagegen habe ich die kleinere, welche bloß Behufs einiger Erörterungen die Projection einer iſokliniſchen Linie (75°) und einer iſodynamiſchen Linie (1,45) auf die Ebene des Erdäquators enthält, aufgenommen (Fig. 98.). Die Länge iſt überall von Greenwich an nach Oſten gezählt.

In genauem Bezuge zu den Gegenſtänden der Erman'ſchen Unterſuchungen ſtehen die von Hanſteen in Pogg. XXI. 361, welchen ebenfalls eine, für das Jahr 1829 geltende, Abweichungscharte, theils nach eigenen, theils nach mehreren fremden Beobachtungen entworfen, beigefügt iſt. Wir werden dieſe, welche in dem hier betreffendem Bezuge minder umfaſſend ſind, als die Erman'ſchen, zu einigen Anmerkungen benutzen.

Die weſentlichſten Reſultate, welche ſich aus Erman's Unterſuchungen und dem Anblick der Charten ergeben, ſind folgende [**]):

---

[*]) Pogg. XXI. 119.

[**]) Ich bemerke ausdrücklich, daß das Nachfolgende dem, welcher ſich gründlich über dieſen Gegenſtand unterrichten will, das Studium der Originalabhandlung nebſt der größeren Charte nicht überflüſſig machen kann. Das Obige wird aber wenigſtens dazu dienen, den großen Gehalt und die Wichtigkeit dieſer Unterſuchungen anzuzeigen.

1. Iſogoniſche Linien oder Linien gleicher Abweichung.

Von 80° Länge an wird das aſiatiſche Feſtland durch eine ununterbrochene Linie ohne Abweichung in zwei Theile getheilt (Fig. 99. vorigen Bandes); im Norden derſelben findet man nur öſtliche, im Süden weſtliche Abweichungen. Vergleicht man dieſe Nulllinie mit einer Darſtellung derſelben für das Jahr 1800 (in Hanſteen's Magnetismus der Erde, Atlas Taf. X.), ſo ſieht man, daß ſie nicht ſowohl eine Verrückung parallel mit ſich, als eine merkliche Geſtaltänderung erlitten hat. Namentlich iſt der weſtliche Zweig dieſer Linie gegen Weſten hin, die beiden (der aufſteigende und der niederſteigende) öſtlichen Zweige aber ſind gegen Oſten hin fortgerückt, ſo daß dadurch eine Erweiterung des nördlich von der Curve enthaltenen Raumes oder des Gebietes der Oſtabweichung entſtanden iſt *).

In Bezug auf den, in neuerer Zeit angeregten, Fragepunct: ob Aſien von zwei geſonderten Linien ohne Abweichung durchzogen ſei, wird die beſtimmteſte Entſcheidung dafür erhalten, daß es nur jene eine giebt, die aber mehrere Biegungen macht, welche Erman als ab- und aufſteigende Zweige bezeichnet **).

Dieſe Linie ohne Abweichung zieht ſich von dem Ochozker Meere, wo Erman ihren niederſteigenden Zweig zum letzten Male durchſchnitt, durch den großen Ocean, wahrſcheinlich noch mit bedeutenden Abbiegungen von der Meridianrichtung, und geht dann durch den Continent von Neuholland und endlich zum Südpol der Erde.

Von dieſer Linie ohne Abweichung iſt zu unterſcheiden eine zweite Linie dieſer Art, die, vom Südpol der Erde ausgehend, den ſüdlichen Atlantiſchen Ocean durchſchneidet, in den Amerikaniſchen Continent ein wenig nördlich von Rio Janeiro eintritt und in ihrer nördlichen Verlängerung von einander trennt: die iſogoniſchen Linien öſtlicher Abweichung, welche ſich in Nordamerika finden, von denen weſtlicher Abweichung, die den nördlichen Ocean einnehmen.

---

*) In Hanſteen's Charte iſt neben der Linie ohne Abweichung für das Jahr 1829 auch der weſtliche Zweig dieſer Linie für das Jahr 1769 verzeichnet, wo man die Statt gefundene weſtliche Bewegung dieſes Zweiges ſogleich überſieht.

**) Die Linie ohne Abweichung, wie ſie auf der Hanſteen'ſchen Charte verzeichnet iſt, ſtimmt mit der von Erman gegebenen in Geſtalt und Lage im Allgemeinen überein; bei Hanſteen fehlt aber das Stück von ungefähr 50° bis 100° O. L. (von Greenwich), aus Mangel an Beobachtungen, ſo daß der Zuſammenhang des weſtlichen Zweiges mit den auf- und abſteigenden öſtlichen nicht erhellt. Hanſteen vermuthet daher auch noch, daß das, was bei Erman auf- und abſteigender öſtlicher Zweig iſt, wohl eine in ſich ſelbſt zurücklaufende krumme Linie bilden möge. — Beiläufig wollen wir bemerken, daß nach Hanſteen (Pogg. XXI. 401) zwiſchen den Abweichungsſyſtemen der ſüdlichen und nördlichen Halbkugel eine große Symmetrie Statt findet, wie derſelbe näher in Bezug zu ſeinen Abweichungscharten erörtert.

Es giebt daher auf der Erde wirklich nur zwei zuſammenhängende ſelbſtſtändige Linien ohne Abweichung, über deren gegenſeitige Geſtaltungsverhältniſſe Erman noch mehrere Betrachtungen beifügt, hinſichtlich deren wir jedoch auf die Originalabhandlung verweiſen, da ſie ohne Beifügung der Charten nicht gut verſtändlich ſein möchten.

Die iſogoniſchen Linien anlangend, ſo laſſen ſie ſich ihrer Geſtalt und ihrem Verlaufe nach in folgende eintheilen:

1) Solche, die in ſich zurückkehren, ohne einen der beiden aſtronomiſchen Erdpole zu erreichen. Man könnte ſie vorzugsweiſe geſchloſſene iſogoniſche Linien nennen. Ein ſchönes Beiſpiel dieſer Art giebt das Syſtem öſtlicher Abweichung in der Südſee, wo die Linie von 5° öſtlicher Abweichung (Fig. 100.) einen Raum einſchließt, in welchem die Abweichung ſich gegen den Mittelpunct zu vermindert, doch, wie es ſcheint, nicht unter 2°. Bei dem Syſteme weſtlicher Abweichung, ſo weit es Erman's Beobachtungen kennen lehren, iſt ein ähnliches Verhältniß in China auf dem Meridiane von Jakuzk vorhanden; doch können die daſelbſt ſich zeigenden geſchloſſenen Curven nur einen weit geringern Raum einſchließen, als die in der Südſee vorhandenen. Außerdem findet noch der unterſcheidende Umſtand Statt, daß, während bei dem geſchloſſenen Syſteme der Südſee die Abweichung vom Mittelpuncte gegen die Peripherie hin zunimmt, bei dem Aſiatiſchen Syſteme ſie ſich in demſel Sinne hin abnehmend zeigen muß.

2) Iſogoniſche Linien, die nur durch einen der aſtronomiſchen Erdpole gehen. Man kann ſie zurückkehrende nennen, inſofern ſie zu der Polargegend, von der ſie ausgehen, zurückkehren, ohne die entgegengeſetzte zu erreichen; ſie durchſchneiden alle zwiſchen 90° und einem für eine jede beſonders anzugebenden Minimum enthaltenen Parallelkreiſe der Erde.

In jeder geographiſchen Halbkugel der Erde giebt es bekanntlich zwei Arten von Puncten, durch welche mindeſtens eine iſogoniſche Linie für einen jeden Grad gehen muß. Namentlich iſt der aſtronomiſche Pol der Halbkugel einer dieſer Puncte; die Puncte der zweiten Art ſind diejenigen, in welchen der Winkel der magnetiſchen Kraft mit dem Horizonte = 90° iſt. Die Zahl der letzteren iſt uns noch unbekannt, wir können daher bis jetzt nur ſagen, daß je zwei zurückkehrende iſogoniſche Linien mindeſtens zwei Durchſchnittspuncte haben müſſen. Außerdem ſieht man auch aus dieſer Betrachtung, daß, wenn für irgend einen Grad der Abweichung geſchloſſene iſogoniſche Curven vorkommen, für denſelben Grad außerdem noch eine zurückkehrende oder eine von der unten zu erwähnenden Art vorhanden ſein müſſe. Solche zurückkehrende iſogoniſche Linien ſind in der nördlichen Halbkugel alle die von 20° und mehr Weſtabweichung, und die von mehr als 15° Oſtabweichung, mit Beſtimmtheit; es kann aber auch ſein, daß für jede Art der Abweichung noch einige zu niedrigeren Graden gehörige Linien dieſer Klaſſe gehören.

3) Iſogoniſche Linien, die von einem aſtronomiſchen Pole zum andern gehen. Jede von ihnen durchſchneidet alle Parallelkreiſe der Erde mindeſtens ein Mal, und unter ſich haben je zwei derſelben mindeſtens vier Durchſchnittspuncte. Man könnte ſie kreuzende iſogoniſche Linie nennen. In dieſer Klaſſe befinden ſich:

Für die weſtliche Abweichung: für jeden Werth kleiner als 15°, und für die öſtliche Abweichung: für jeden Werth kleiner als 10°; mindeſtens eine iſogoniſche Linie.

4) Iſogoniſche Linien, die an einem Puncte in zwei Zweige ſich ſpalten, von denen der eine zurückkehrend, der andere kreuzend iſt. Eine Linie, die zu einem von 10° öſtlicher Abweichung wenig verſchiedenen Werthe gehört und im großen Ocean ſich befindet, iſt in dieſem Falle. Da Linien dieſer Art immer zu dem größten derjenigen Werthe gehören müſſen, für welchen noch eine kreuzende iſogoniſche Linie ſich findet, ſo könnte man ſie letzte kreuzende Linie nennen.

Der Häufigkeit ihres Vorhandenſeins nach ſtehen die iſogoniſchen Linien in folgender Ordnung:

1) die zurückkehrenden,
2) die kreuzenden,
3) die geſchloſſenen,
4) die letzten kreuzenden,

von denen nie mehr als zwei für öſtliche und zwei für weſtliche Abweichung vorhanden ſein können.

Noch kann man bemerken, daß für einen jeden Grad der Abweichung mindeſtens zwei von einander unabhängige iſogoniſche Linien von irgend einer der genannten vier Arten vorhanden ſind. Finden ſich für einen Werth mehr als zwei Linien, ſo ſind die überſchüſſig vorhandenen von der Art der geſchloſſenen iſogoniſchen Linien.

Um die Frage über eine, zwiſchen den Richtungen der magnetiſchen Meridiane Statt findende, Convergenz zu prüfen, hat Erman auf der Charte (Fig. 98), welche die nördliche Halbkugel der Erde auf die Ebene des Erdäquators orthographiſch projicirt vorſtellt, durch Pfeile die Richtungen der magnetiſchen Meridiane angedeutet, welche von verſchiedenen, ſämmtlich an der punctirt gezeichneten Peripherie der iſokliniſchen Linie von 75° gelegenen, Puncten beobachtet wurden. Aus der Anſicht hievon erhellt, daß nur in der Nähe der Meridiane von 110° und 290° dieſe Richtungen nach der Seite des Erdpols hin ſtark convergiren, an den übrigen Theilen aber entweder nur langſam einander ſich nähern, oder, an zwei Stellen, ſogar gegen den Pol zu divergiren, ſo daß ihre, gegen den Äquator gerichteten Verlängerungen ſich durchſchneiden würden, welches auf das Vorhandenſein zweier Anziehungsmittelpuncte in den betrachteten Hemiſphären deutet. Denkt man ſich nämlich dieſe zwei Anziehungspuncte durch eine Gerade AB (Fig. 101.) vereinigt, ſo muß es Orte geben, wie E, an welchen die Ebene des magnetiſchen Meridians ſenkrecht ſteht auf AB, und es iſt klar, daß zwei Beobachter, welche von einem ſolchen Orte E aus, der eine gegen C, der andere gegen D, parallel mit A B ſich fortbewegen, nothwendig Meridianrichtungen beobachten werden, die nach der Seite der anziehenden Mittelpuncte hin divergiren.

2. Iſokliniſche Linien oder Linien gleicher Neigung.

Die Linien dieſer Art, in ſo weit ſie aus Erman's Beobachtungen (zwiſchen + 76° und — 65° Neigung)*) ſich erſchließen laſſen, ſind ſämmtlich geſchloſſen und von doppelter Krümmung. Die Entfernung ihrer Theile von einer an ſie gelegten Berührungsebene wird um ſo größer, zu einem je höhern Werthe der Neigung die betrachtete Curve gehört.

Unter ſich nähern ſich dieſe Linien mehr dem Parallelismus, als die iſogoniſchen, doch erleidet derſelbe auch hier gewiſſe Ausnahmen.

Aus einer nähern Unterſuchung ihrer Geſtalt geht hervor, daß man ſich jede iſokliniſche Linie angenähert vorſtellen könne als zwei in verſchiedenen Ebenen gelegene Kreiſe, die da, wo ſie ihren zwei Durchſchnittspuncten ſich nähern, verbunden ſind durch, gegen die Mittelpunctslinie der beiden Kreiſe zu, convexe Curvenſtücke. Für die Linie von 75° in der Nordhemiſphäre z. B. (vergl. Fig. 98.)**) würde der eine Kreis in einer gegen den Erdäquator um 12° von NW. gegen SO., der andere Kreis aber in einer gegen dieſelbe Ebene um 9° von NO. gegen SW. geneigten Ebene liegen. Es leuchtet ein, daß auch dieſe Geſtalt der iſokliniſchen Linien gar ſehr für die Gegenwart zweier anziehenden Mittelpuncte in jeder Hemiſphäre der Erde ſpricht.

Hinſichtlich der näheren Angaben, namentlich über die von Erman direct beſtimmte Linie von 75°, verweiſen wir auf die Originalabhandlung; auch laſſen ſie ſich aus der Charte (Fig. 98.) von ſelbſt überſehen; dagegen wollen wir nicht unterlaſſen, folgendes höchſt wichtige allgemeine Geſetz mitzutheilen, welches Erman für eine Statt findende Beziehung der iſokliniſchen zu den iſogoniſchen Linien aufgefunden hat, und das ſich, ſo weit ſich bis jetzt Beobachtungen vergleichen laſſen, durchgehends beſtätigt hat.

Der Winkel zwiſchen der Normale der iſokliniſchen Linie und dem Meridian des Ortes iſt von gleichem Zeichen***) und nahe gleich der an dieſem Orte Statt findenden magnetiſchen Abweichung, oder mit anderen Worten, die magnetiſchen Meridiane verſchiedener Orte ſind die Normalebenen zu den durch dieſe Orte gehenden iſokliniſchen Linien.

---

*) Mit + bezeichnet Erman eine Neigung, bei welcher das Nordende, mit — eine Neigung, bei welcher das Südende der Nadel dem Horizonte des Ortes zugekehrt iſt.

**) Die mit 1,45 bezeichnete Linie derſelben Charte iſt eine iſodynamiſche Linie.

***) + gehört der weſtlichen, — der nördlichen Abweichung nach Erman's Bezeichnung an.

Es leuchtet ein, daß im Fall dies Abhängigkeitsverhältniß zwiſchen der Abweichung und den iſokliniſchen Linien mehr als ein angenähertes ſein ſollte, die an beliebigen Orten der Erde Statt findenden Abweichungen ſich ohne directe Beobachtungen aus einem hinlänglich vollſtändigen Syſteme von Neigungen würden erſchließen laſſen, während von der andern Seite ein Syſtem von Abweichungen nicht im Stande iſt, die Neigungen kennen zu lehren.

Ein auffallender Beweis für das in Rede ſtehende Geſetz liegt zunächſt darin, daß von den Sibiriſchen Linien ohne Abweichung der erſte und dritte Zweig die iſokliniſchen Linien genau an den Stellen ſchneiden, wo ihre Entfernung vom Erdpole ein Minimum, der zweite da, wo dieſelbe ein Maximum iſt. Da nun aber an allen dieſen Stellen die iſokliniſchen Linien die Erdmeridiane unter rechten Winkeln ſchneiden müſſen, mithin ihre Normalen in die Ebene des Erdmeridians fallen, ſo iſt das Vorkommen von keiner Abweichung an denſelben nur ein Folgeſatz von dem angegebenen Geſetze.

Eben ſo ſehr ſpricht folgender Umſtand für das Geſetz.

Man ſieht nach Erman's Charte das Zeichen + bei den iſogoniſchen Linien der Nordhalbkugel nur da vorkommen, wo dieſelben von aufſteigenden, d. h. von SW. nach NO. gerichteten, Zweigen der iſokliniſchen Linien geſchnitten werden; das — Zeichen findet ſich hingegen nur an den von iſokliniſchen Linien, die von NW. nach SO. gerichtet ſind, durchſchnittenen Stellen. Da nun + eine Weſt-, — aber eine Oſtabweichung andeutet, ſo zeigt ſich wiederum die gleiche Richtung der Normalebenen an den iſokliniſchen Linien und der magnetiſchen Meridiane.

Dieſelbe übereinſtimmung mit der Regel ergiebt ſich auch, wenn das Verhältniß der iſokliniſchen zu den iſogoniſchen Linien in der Nähe des Äquators verfolgt wird, wie durch nähere Erörterungen in der Originalabhandlung dargethan iſt.

3. Iſodynamiſche Linien oder Linien gleicher Kraft.

Der Mangel an Parallelismus zwiſchen dieſen Linien und den iſokliniſchen zeigt, daß nicht zu gleichen Intenſitäten immer gleiche Neigungen gehören. So finden z. B. auf der iſokliniſchen Nulllinie ſehr verſchiedene Intenſitäten Statt, wie ſich aus Erman's Charte überſehen läßt. übrigens, zu je größerm Werthe der Intenſität die iſodynamiſchen Linien gehören, deſto unverkennbarer ſpricht ſich auch in ihnen die Exiſtenz zweier in einer jeden Halbkugel der Erde vorherrſchenden Anziehungsmittelpuncte aus, und es wird beiſpielsweiſe hinreichen, in dieſem Bezuge die Geſtalt der auf der Charte (Fig. 98.) mit 1,45 bezeichneten Projection einer iſodynamiſchen Linie auf die Ebene des Äquators zu betrachten. übrigens ſcheint eine nähere Vergleichung der Geſtalt der iſodynamiſchen mit den iſokliniſchen Linien dahin zu deuten, daß der Aſiatiſche Mittelpunct eine geringere Tiefe unter der Erdoberfläche beſitzt, als der Amerikaniſche;

denn es geht aus jener Vergleichung hervor, daß, in Bezug auf Intenſität, die Wirkung des Aſiatiſchen Mittelpunctes um weniger zurückbleibt gegen die des Amerikaniſchen, als in Bezug auf Neigung.

Allgemeine Betrachtungen über die iſogoniſchen, iſokliniſchen und iſodynamiſchen Linien.

Erman macht die ſehr beachtungswerthe Bemerkung, daß die iſogoniſchen und iſokliniſchen Linien im Grunde keine recht reale Bedeutung für die Theorie des Erdmagnetismus haben. Denn ſo wie die, von der Intenſität und Lage der magnetiſchen Mittelpuncte abhängigen, und zu ihrer Beſtimmung zurückführenden magnetiſchen Curven, welche Eiſenfeilſtaub um Magnetſtäbe bildet, nicht durch die Verbindung der Eiſenfeilſpäne, welche eine gleiche Richtung im Raume haben, gebildet werden, ſo würden auch die Curven von wirklicher Bedeutung für die Beſtimmung der magnetiſchen Mittelpuncte der Erde, anſtatt iſokliniſche und iſogoniſche zu ſein, vielmehr ganz auf analoge Weiſe als jene magnetiſchen Curven folgendergeſtalt zu beſtimmen ſein:

Man müßte, von einem beliebigen Beobachtungsorte anfangend, ſich dahin fortbewegen, wohin die Richtung der Magnetnadel (die gewiſſermaßen die Stelle eines Eiſenfeilſpänchens vertritt) an dieſem Orte neigt; dann nach Zurücklegung eines kleinen bekannten Weges auf dieſer geraden Linie wiederum die Richtung der Nadel beobachten, und ſo, durch wiederholtes Beobachten, ein Curvenſtück von der erfoderlichen Länge durch ſeine Tangente conſtruiren. Man würde außerdem noch an jedem Puncte dieſer, durch die Natur des Problems angedeuteten, Bahn die Größe der magnetiſchen Kraft zu meſſen haben.

Leider jedoch iſt dieſe Beſtimmungsmethode unausführbar, da wir genöthigt ſind, immer auf der Oberfläche des elliptiſchen Erdſphäroides zu bleiben, während die Verfolgung der Richtung der Magnetnadel uns im Allgemeinen in dieſe hinein- oder darüber hinausführen würde, da die wahren magnetiſchen Curven oder vielmehr Oberflächen nicht mit der Erdoberfläche coincidiren, ſondern von ihr bloß an einzelnen Stellen geſchnitten werden.

Eine andere nicht minder wichtige Bemerkung von Erman iſt die, daß man die Verwickelung des Problemes dadurch vermehrt hat, daß Neigung ſowohl als Abweichung der zwei Winkelcoordinaten, durch welche man die Richtung der magnetiſchen Reſultanten im Raume fixirt, an jedem der unendlich vielen Beobachtungsorte ſo gemeſſen werden, daß man dabei jedesmal von neuen Ebenen anzählt, da doch die Reſultate der Beobachtungen einen viel beſſern Anhalt für daraus durch Rechnung zu ziehende Reſultate gewähren würden, wenn man ein unveränderliches Coordinatenſyſtem zu Grunde legte oder die bisher auf die gewöhnliche Weiſe gegebenen Beſtimmungen auf ein ſolches zurückführte, z. B. auf folgendes:

Man nehme die Ebene des Äquators als die an, worin die eine der Winkelcoordinaten d', und die rechtwinklich darauf ſtehende Ebene des erſten geographiſchen Meridianes als die, worin die zweite i' liegen ſoll, und laſſe ſtets die Durchſchnittslinie der zwei erwähnten Ebenen einen Schenkel zu jeder der anzugebenden Winkelcoordinaten ſein. Man hat dann zur Reduction der gewöhnlichen Angaben auf dies Coordinatenſyſtem:

$$i' = \varphi + 90^\circ - i$$
$$d' = l + d$$

$$\text{wenn}\ \left.\begin{array}{l}\varphi\ \text{Polhöhe}\\ l\ \text{Länge}\end{array}\right\}\ \text{der Beobachtungsorte,}$$
$$\left.\begin{array}{l}i\ \text{Neigung}\\ d\ \text{Abweichung}\end{array}\right\}\ \text{nach der gewöhnlichen Bezeichnung}$$

bedeuten.

Dieſes Coordinatenſyſtem iſt übrigens willkürlich gewählt; denn obwohl unſtreitig die Wahl eines Coordinatenſyſtemes vortheilhafter für die Einfachheit der Behandlung des Problems (die Lage und Intenſität der magnetiſchen Mittelpuncte aufzufinden) ſein würde, als ein anderes, ſo würde es doch ſchon die Löſung dieſes Problemes vorausſetzen, das zweckmäßigſte Coordinatenſyſtem angeben zu können.

Wollte man für dieſe neuen Coordinaten wiederum die Orte der Erdoberfläche, an denen eine der Coordinaten denſelben Werth erlangt, durch continuirliche Linien verbinden, ſo würde man Curven anderer Art als die jetzigen iſogoniſchen oder iſokliniſchen erhalten, die jedoch eben ſo wenig als dieſe zur Löſung des Problems geeignet ſein würden, und nur beſondere Betrachtungen erleichtern könnten.

Weit wichtiger als die Gleichungen der iſogoniſchen und iſokliniſchen Linien würde es ſein, die der iſodynamiſchen zu kennen, deren jede als der Durchſchnitt zwiſchen derjenigen krummen Oberfläche, auf welcher eine beſtimmte Intenſität der Geſammtwirkung des Erdmagnetismus Statt findet und der ſphäroidiſchen Erdoberfläche iſt.

Veränderung in der Lage des magnetiſchen Äquators und der magnetiſchen Pole *).

Nicht nur directe Beobachtungen der Inclination, ſondern auch die Art, wie die Größe derſelben an verſchiedenen Orten ab- oder zunimmt, führen zu dem Schluſſe, daß die Knoten oder Durchſchnittspuncte des magnetiſchen Äquators mit dem wirklichen eine Bewegung von Oſten nach Weſten haben. Man kann nämlich, nach dem bekannten Verhältniſſe zwiſchen Inclination und magnetiſcher Breite (gemeſſen auf dem als größten Kreis betrachteten magnetiſchen Meridian des Ortes) ſchließen, daß, wo vermöge Bewegung des magnetiſchen Äquators die magnetiſche Breite zunimmt, zugleich die Neigung der Magnetnadel abnimmt, und umge-

---

*) Pogg. X. 175; XV. 328.

kehrt. Dies in Betracht gezogen, ſtimmen folgende Puncte dahin zuſammen, jene Bewegung anzuzeigen.

1) Auf der in den Jahren 1822 bis 1825 mit der Corvette „la Coquille" unternommenen Reiſe um die Welt durchſchnitt Duperrey den Äquator ſechs Mal, nämlich an folgenden Puncten:

a)	27°	19′	22″	W.	L.*)	und	12°	27′	11″	S.	B.
b)	14	20	15	—	—	—	9	15	0	—	—
c)	83	38	0	—	—	—	7	45	0	—	—
d)	85	46	0	—	—	—	6	18	0	—	—
e)	170	37	24	O.	L.	—	0	53		N.	B.
f)	145	2	33	—	—	—	7	0		—	—

Nun war unter 27°½ und 14°⅓ W. L. nach Morlet im Jahr 1780 die Breite des magnetiſchen Äquators 14° 10′ und 11° 36′; ſeit 1780 hat ſich alſo der erſte Punct um 1° 43′, der zweite um 1° 51′ dem geographiſchen Äquator genähert. Die vier übrigen Puncte haben ſich dagegen, nach den Charten von Hanſteen und Morlet, ſeitdem davon entfernt.

2) Die Inclination hat ſeit Cook's Reiſen, alſo ſeit 50 Jahren, beträchtlich auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung und auf St. Helena zugenommen, auf der Inſel Aſcenſion dagegen abgenommen, und hat ſich auf Otahaiti, wo der magnetiſche Äquator dem Erdäquator faſt parallel läuft, nur wenig geändert, indem Baily, Wales und Cook zwiſchen 1773 und 1777 die Neigung hier zu 30° fanden, Duperrey ſie noch auf 30° 36′ antraf.

Eine Charte, auf welcher die gegenwärtige Lage des magnetiſchen Äquators nach den Beobachtungen von Duperrey, Bloſſeville und Sabine verzeichnet iſt, entworfen von Duperrey, findet ſich in Pogg. Ann. XXI. Taf. II., nebſt Erörterungen ebend. S. 151 und Beobachtungen in Tabellen nach S. 176.

Combinirte Betrachtung der Inclination und Declination**).

Legrand hat, indem er nicht wie gewöhnlich die Inclination und Declination der Magnetnadel iſolirt, ſondern in Verbindung betrachtete, durch Berechnung der Pariſer Beobachtungen von 1671 bis 1819 gefunden, daß der Durchſchnitt der koniſchen Fläche, welche die Magnetnadel beſchreibt, mit der Ebene des Erdäquators ein Stück einer Ellipſe darſtellt, deren große Axe ſich im magnetiſchen Meridian befindet. Angenommen nun, daß die Nadel einen geraden Kegel beſchreibt, deſſen Axe ſich in der Richtung des Erdmeridians befinde ***), ſo reicht es zur Beſtimmung der

---

*) Von Paris.

**) Bull. des sc. math. 1830. Juill. p. 25 aus den Ann. des sc. d'obs. p. 25.

***) Die Nothwendigkeit einer ſolchen Annahme ſcheint mir aus Nichts zu erhellen. F.

Richtung dieſer Axe und zur Kenntniß der Öffnung des Kegels hin, das Maximum der Declination und die entſprechende Neigung zu kennen, oder ſich zweier, in ziemlich entfernten Zeitpuncten gemachten Beobachtungen zu bedienen. Nimmt man nun 22° 30′ als Declinationsmaximum im J. 1829 an, während die Neigung 68° 25′ war, ſo findet man, daß die Axe der von der Magnetnadel beſchriebenen Kegelfläche einen Winkel von 25° 89′ mit der Ebene des Erdäquators macht, daß die Öffnung dieſes Kegels 17° 19′ iſt, und daß der Bogen, den ihre Generatrix auf dem als Baſis dienenden Kreiſe durchlaufen hat, 69° 9′ 15″ ſeit 1666, wo die Declination null war, bis 1819, wo ſie ein Maximum war, beträgt.

Zuſammenhang der iſodynamiſchen Linien mit dem Streichen von Erdſchichten.

Necker[*]) fand bei Betrachtung von **Sabine's** Charte der iſodynamiſchen Linien eine auffallende Analogie ihrer Richtung mit der Geſtalt und Lage der zwei großen Continente, auf denen ſie verzeichnet ſind, ſo nämlich, daß die Richtung der iſodynamiſchen Linien im Allgemeinen conform der Richtung der Küſten dieſer Continente iſt. Er glaubt, dieſe Übereinſtimmung möchte mehr als zufällig ſein, und findet ſich in Folge deſſen veranlaßt, auch einen Zuſammenhang zwiſchen der Richtung der iſodynamiſchen Linien und der Richtung, in welcher die Erdſchichten an der Oberfläche ſtreichen, zu vermuthen. Die Zuſammenſtellungen, welche die bisherigen Erfahrungen zu machen erlauben, ſcheinen ihm dieſer Vermuthung zu entſprechen. So geht die magnetiſche Curve von 297 Secunden (auf **Sabine's** Charte) durch Schottland in einer Richtung von SW. nach NO., und in genau derſelben Richtung fand er die Erdſchichten dieſes Landes ſtreichen, als er daſſelbe perſönlich beſuchte. Die Curve geht dann nach Chriſtiania und Norwegen in derſelben Richtung fort; und in der That iſt nach **Buch** dies die Richtung der Erdſchichten in Chriſtiania. Im weſtlichen Europa haben im Allgemeinen die iſodynamiſchen Linien und das Streichen der Erdſchichten eine nordöſtliche, im öſtlichen Europa beide eine nordweſtliche Richtung.

Abgeſehen jedoch davon, daß **Necker** ſelbſt zugiebt, daß dieſe Coincidenz zwiſchen der Richtung der iſodynamiſchen Linien und der Richtung, in der die Erdſchichten ſtreichen, nicht durchgängig gefunden wird (Pyrenäen, Steiermark u. a.), ſo möchte eine Beziehung der Art, wie ſie der Verfaſſer vorausſetzt, auch deshalb ſchwer anzunehmen ſein, weil die Richtung, in der die Erdſchichten ſtreichen, eine unveränderliche iſt, während die iſodynamiſchen Linien ihre Lage ändern.

---

[*]) Bullet. univers. 1830. p. 166 oder Journal of the royal Institut. 1831. Nr. 2. p. 372.

Über den Gang der täglichen Variation in der Declination*) auf der nördlichen Hemiſphäre.

In Folge einer Auffoderung von **Humboldt** ſind correſpondirende Beobachtungen über die tägliche Variation der magnetiſchen Declination von mehreren Phyſikern, an feſtgeſetzten Tagen des Jahres von Stunde zu Stunde in den Jahren 1828, 1829 und 1830 angeſtellt worden. Die Tage waren der

20. und 21. März,
4. und 5. Mai,
21. und 22. Juni,
6. und 7. Auguſt,
23. und 24. September,
5. und 6. November,
21. und 22. December.

Die Orte waren: **Berlin**, **Freiberg** (auf dem tiefen Fürſtenſtollen, ungefähr 35 Lachter = 70 Meter unter der Tagesoberfläche), **Petersburg**, **Kaſan**, **Nicolajew**.

Von dieſen Beobachtungen eignen ſich vorzüglich die Freiberger zu einer Herleitung des Ganges der Variation, da ein Theil derſelben nicht bloß von Stunde zu Stunde, ſondern von Viertelſtunde zu Viertelſtunde geſchah und daher eine genaue Beſtimmung der Maxima und Minima am meiſten zuläßt; wir wollen daher zunächſt anführen, was ſich aus dieſen Beobachtungen für den Gang der täglichen Variation ergeben hat, und was großentheils nur eine Beſtätigung des in Biot IV. S. 132 Angeführten iſt, und dann das Allgemeine, was ſich durch Vergleichung mit den Beobachtungen an den übrigen Orten ergeben hat, hinzufügen**).

Es ſind 13 Tage in den Freiberger Beobachtungen, an welchen die Nadel ununterbrochen jede Viertelſtunde beobachtet ward, nämlich

1828 13. October, 2. November, 2. December;
1829 2. Januar, 2. Februar, 2. März, 25. März, 16. und 17. April, 8. Juli, 5. Auguſt, 1. October, 19. December.

Vereinigt man die zu denſelben Tageszeiten angeſtellten Beobachtungen der 13 Tage je zu einem Mittel, ſo führen ſie zu folgenden Ergebniſſen.

Nachdem die Nadel von ihrem öſtlichſten Stande (— 3′ 2″ als Minimum) ***) Morgens um 8 Uhr 15 Minuten (bürgerliche Zeit) ſich bis 1 Uhr 45 Minuten **weſtlich** (bis zu + 6¼″ als Maximum) bewegt hat und dabei um 10 Uhr 30 Minuten durch den mittlern Meridian †) gegangen iſt, geht ſie wieder ununterbrochen, aber mit geringerer Geſchwindigkeit, öſtlich bis 6 Uhr 30 Min. (der Zeit des zweiten Durchganges durch den mittlern Meridian), wo eine kurze Unterbrechung eintritt, von welcher ſich in den Beobachtungen der meiſten Tage eine Andeutung findet. Die Bewegung nach Oſt beginnt aber ſogleich wieder und dauert mit einigen rückgängigen Schwankungen bis 1 Uhr 15 Minuten Morgens (bis — 2′ 50″ als Minimum), ſo daß alſo das zweite abſolute Minimum faſt genau 12 Stunden nach dem erſten Maximum eintritt. Dieſer zweite öſtliche Stand iſt merklich gleich dem erſten des Morgens *); auf dieſe erſte große Oscillation folgt nun eine kleinere nur ungefähr ſieben Stunden dauernde, welche nicht an ſo beſtimmte Stunden als die frühere fixirt, mehr als ein unbeſtimmtes Schwanken erſcheint, und ſo unbedeutend iſt, daß die Nadel faſt als ruhig anzuſehen iſt **).

---

*) Pogg. XIX. 357.

**) Im Original ſind die Tabellen über die Originalbeobachtungen beigefügt.

***) Es iſt in der Einſchaltung die Abweichung des Minimums oder Maximums vom mittlern magnetiſchen Meridian bezeichnet.

†) Als mittlerer Meridian iſt die mittlere Lage der Nadel aus den 96 gleich

Bemerkenswerth iſt, daß die Nadel, wenn ſie bei dem Gange der täglichen Variation ihre weſtliche Bewegung in eine öſtliche und umgekehrt verwandelt, nicht eine Zeit lang unverändert ſtehen bleibt, ſondern gleichſam plötzlich umwendet.

Dieſe Reſultate gelten als mittlere für das ganze Jahr. Berückſichtigt man aber die Unterſchiede nach den einzelnen Jahreszeiten, ſo ergiebt ſich Folgendes:

1) die Zeit des Maximums am Tage ſcheint unabhängig von den Jahreszeiten zu ſein, zwiſchen 1 und 2 Uhr Nachmittags;

2) die Zeit des Minimums am Tage aber ſcheint in den Sommermonaten früher als im Winter, jedenfalls zwiſchen 6 und 9 Uhr Morgens (im Mittel um 8 Uhr 15 Minuten) einzutreten;

3) Die Zeit des erſten Durchganges durch den mittlern Meridian ſcheint unabhängig von den Jahreszeiten um 10 Uhr 30 Minuten einzutreten, die Zeit des zweiten Durchganges aber iſt zwiſchen 4 und 8 Uhr veränderlich gefunden worden, ohne daß ſich ein beſtimmter Bezug zu den Jahreszeiten ergeben hätte.

4) die Größe der Veränderungen iſt bedeutender im Sommer als im

---

weit von einander abſtehenden Beobachtungen angenommen. Da die Nadel längere Zeit auf der Weſtſeite als der Oſtſeite dieſes Meridianes nach Obigem verweilt, ſo rührt es daher, daß das Maximum und Minimum der Abweichung nicht um gleiche Winkel vom mittlern Meridian entfernt liegen.

*) In der That würde der Unterſchied von — 2′ 50″ und — 3′ 2″ bei einem Mittel aus mehreren Beobachtungen wahrſcheinlich verſchwinden.

**) Der Gang war folgender:

Minimum = — 2′ 50″ um 1 Uhr 15 Minuten Morgens,
Maximum = — 0′ 51″ um 3 Uhr 30 Minuten,
Zwiſchenl. Min. = — 1′ 40″ um 4 Uhr 30 Minuten,
Maximum = — 0′ 48″ um 6 Uhr 15 Minuten,
Minimum = — 3′ 2″ um 8 Uhr 15 Minuten.

Die Bogen, Minuten und Secunden bedeuten die Abweichung vom mittlern Meridian.

Winter; denn der Unterſchied zwiſchen dem Minimum des Morgens und Maximum des Nachmittags war

October bis November = 10′ 10″,5,
December bis Februar = 6 45 ,4,
März bis Mai = 13 15 ,2,
Juni bis Auguſt = 14 57 ,2.

Vergleichen wir nun auch die übrigen Beobachtungen mit den Freibergern und unter einander, ſo ergiebt ſich ein bemerkenswerther Parallelismus im Gange (nicht jedoch der Größe) der täglichen Variation, indem Maxima und Minima und Durchgang durch den mittlern Meridian merklich zu gleichen Tageszeiten an den verſchiedenen Orten fallen *); dagegen finden öfters die auffallendſten Unterſchiede hinſichtlich der Größe der Oscillationen zwiſchen den verſchiedenen Orten Statt (Pogg. XV. 335; XIX. 380). So war z. B. am 5. Aug. die Größe der Oscillation vier Mal kleiner in Berlin als in Kaſan, am 21. März hingegen faſt ½ Mal größer in Berlin als in Kaſan, und ähnliche Nichtübereinſtimmungen zeigten ſich auch für die anderen Orte an mehreren anderen Tagen, während jedoch auch wieder gewiſſe Tage eine nahe Übereinſtimmung darboten. Übrigens ſcheint die Größe der Oscillationen mit der geographiſchen Breite zuzunehmen, und da, wo die ſtörenden Urſachen an der Erdoberfläche wegfallen (in Freiberg), ebenfalls größer zu ſein.

Mit den vorigen Reſultaten können diejenigen in Verbindung geſetzt werden, welche Dove und Rieß **) mittelſt täglicher dreimonatlicher Beobachtungen im September, October und November 1830 (in Berlin?) gleichzeitig für die Intenſität (der horizontalen Nadel) und Declination erhalten haben. Die Beobachtungen wurden zur Zeit der Extreme, nämlich von Rieß für die Intenſität Morgens und Abends 9 Uhr, für die Abweichung von Dove Morgens 8 Uhr und Nachmittags 1 Uhr angeſtellt, und außerdem beobachtete Rieß, um eine gleichzeitige Beobachtung zu erhalten, noch ebenfalls Morgens um 8 Uhr ***).

Es ergab ſich, daß vom September zum November die Größe der täglichen Veränderung (Unterſchied der Beobachtung um 8 Uhr und 1 Uhr) der Declination zuerſt langſam, dann ſehr raſch abnahm, denn ſie betrug im Mittel: im September 9′ 56″, im October 9′ 16″, im November 5′ 11″, und daß die weſtliche Abweichung im October größer als im September und November war †).

---

*) Sehr erläuternd iſt in dieſem Bezuge die Taf. II. Fig. 2. in Pogg. XIX., wo der correſpondirende Gang der Nadeln für zwei Tage graphiſch verzeichnet iſt.

**) Pogg. XX. 545.

***) Die Tabelle der Originalbeobachtungen iſt in Pogg. XX. 547 beigefügt.

†) Durch Vergleichung des Mittels der abſoluten Extreme aus ſtündlichen Beobachtungen, welche an vier Tagen im September und November angeſtellt wurden mit dem Mittel aus den Beobachtungen um 8 Uhr und 1 Uhr an den-

Es zeigte ſich ferner bei Vergleichung der einzelnen ſucceſſiven Beobachtungen, daß, wenn unregelmäßige Änderungen in der Größe der täglichen Oscillationen eintreten, wie aus unbekannten Urſachen öfters der Fall, dieſe in der Regel nicht auf einen Tag beſchränkt ſind, ſondern eine längere Zeit dauern, und zwar ſo, *daß einer auffallend kleinern Oscillation in der Regel eine auffallend große vorangeht und ihr folgt* *).

Endlich ergab ſich, daß mit unregelmäßigen Änderungen der Declination ein ſo häufiges Zuſammentreffen von Änderung der horizontalen Intenſität Statt fand, daß ein Zuſammenhang derſelben unverkennbar war, wozu mehrere Belege in der Originalabhandlung beſonders herausgehoben ſind.

Über die tägliche Variation der Declination unter den Tropen.

Aus Beobachtungen von *Bouſſingault* **) unter den Tropen hat ſich ergeben:

1) daß ſich nördlich vom magnetiſchen Äquator das Nordende der Nadel, und zwar ſowohl bei nördlicher als ſüdlicher Declination der Sonne, von Oſten gegen Weſten bewegt, während daſſelbe Ende, ſüdlich vom magnetiſchen Äquator, von Weſten gegen Oſten geht;
2) daß (eben ſo wie beim Barometer) die tägliche magnetiſche Periode unter den Tropen eine ſehr große Regelmäßigkeit zeigt.

In der That fand *Humboldt* bei Berechnung von 500, zu Marmata in der Republik Columbien angeſtellten, Beobachtungen (meiſt ſechs bis ſieben täglich), die ihm *Bouſſingault* eingeſchickt, für jede der drei Decaden des Auguſts reſpectiv 4′ 10″, 4′ 47″ und 4′ 37″ als Variation von 7 Uhr Morgens bis Mittag, und für die drei Decaden des Septembers 3′ 55″, 3′ 40″ und 2′ 23″, alſo im mittlern Werthe von fünf Decaden nur eine Abweichung von 1 Minute ***).

ſelben Tagen überzeugte ſich *Dove*, daß beide Mittel nahe genug übereinkommen, um die Annahme auszuſchließen, daß im Laufe jener drei Monate eine Verrückung der Extreme der täglichen Perioden Statt gefunden.

*) Dieſer bemerkenswerthe Umſtand wird durch folgende Beobachtungen belegt, worin die Größe der täglichen Veränderung für die ſucceſſiven Tage, in welchen die Änderung Statt hat, angegeben iſt.

Sept. 12.—14.] 15′ 17″. 5′ 43″. 13′ 1″
— 14.—20.] 13′ 1″. 4′ 45″. 5′ 43″. 2′ 11″. 1′ 35″. 7′ 32″. 15′ 21″.
— 20.—23.] 15′ 21″. 9′ 56″. 4′ 54″. 15′ 35″.
Oct. 8.—13.] 10′ 50″. 8′ 30″. 4′ 13″. 2′ 32″. 9′ 16″. 14′ 41″.
Oct. 30. — Nov. 4.] 7′ 36″. 0′ 0″. 3′ 23″. 6′ 1″. 6′ 1″. 12′ 16″.
Nov. 10.—15.] 15′ 21″. 9′ 25. — 0′ 54″. 2′ 25″. 2′ 52″. 6′ 19″.

**) Pogg. XV. 331.

***) Der abſolute Werth der öſtlichen Declination zu Marmata, welcher von Morgens bis Mittags abnimmt, iſt 6° 33′.

Über den Zuſammenhang der täglichen Variation der Declination mit der Witterung.

Farquharſon *) glaubt aus mehreren, wiewohl nicht regelmäßig angeſtellten, Beobachtungen den Schluß ziehen zu können, daß die Größe der täglichen Variation der Declination von der Heiterkeit oder Trübheit des Wetters abhängt. So fand er (zu Alford) am hellſten Tage ſeiner Beobachtungen, den 2. October 1829, bei einer Temperatur von 11°,1 C. die tägliche Variation 26′ 20″ W.; an den zwei trübſten Tagen, dem 3. und 4. December 1829, bei 5°,5 C. die tägliche Variation bloß 3′ 20″ und 3′ 40″. Andere Data werden nicht mitgetheilt, nur fügt er noch hinzu, die Vergleichung einiger Beobachtungen im Januar 1830 an hellen Tagen, wo aber die Erde mit Schnee bedeckt war und ein kalter Wind wehete mit anderen, ebenfalls an hellen Tagen (in demſelben Monat), wo aber die Erde größtentheils frei von Schnee war, laſſen ihn vermuthen, daß hiebei mehr die Wärme als das Licht der Sonne ins Spiel komme, indem im erſten Falle, wo die Wärmeabſorption durch die Schneedecke verhindert war, die Variation ebenfalls kleiner ausfiel, als im letzten. Unſtreitig werden dieſe Beobachtungen bis jetzt nur dazu dienen können, auf eine Prüfung der Sache aufmerkſam zu machen.

Über den Gang der Variation der Declination für längere Perioden.

Eine Vergleichung älterer und neuerer Beobachtungen über die magnetiſche Abweichung zu Chriſtiania, durch das ganze ruſſiſche Reich bis Kamtſchatka und zur Weſtküſte Nordamerika's, ſo wie auch zwiſchen den Tropen, zur Überſicht des Ganges der Magnetnadel an dieſen Orten für längere Perioden, von Hanſteen, findet ſich in Pogg. XXI. 362. Aus dieſer Vergleichung ergeben ſich folgende Reſultate:

1) Vor Anfange des jetzigen Jahrhunderts war die weſtliche Abweichung in Chriſtiania und Stockholm, wie allenthalben in Europa, im Zunehmen; bald nach Anfange dieſes Jahrhunderts blieb ſie erſt einige Zeit unveränderlich, und hierauf fing ſie an abzunehmen. Dieſe jährliche Abnahme beträgt in Chriſtiania ungefähr 1′. Weiter oſtwärts, wie in Stockholm, Petersburg ꝛc., zwiſchen dem 50. und 60. Breitengrade, iſt ſie ungefähr = 3′ jährlich, bis man den Meridian 60° öſtlich von Ferro erreicht. Von dieſem Meridian an fängt die Abnahme der weſtlichen oder die Zunahme der öſtlichen Abweichung an zu wachſen bis zum Meridian 92° bei Tara, wo ſie ihr Maximum von 9′ erreicht zu haben ſcheint; weiter oſtwärts wird ſie wieder geringer und ſcheint etwas öſtlich von Selenginſk zu verſchwinden. Von dieſem Puncte nimmt wieder die weſtliche Abweichung zu oder die öſtliche ab, bis gegen den Meridian von

---

*) Phil. transact. 1830. P. I. p. 115.

Irkutzk, wo die Veränderung ungefähr ihr Maximum von 5′ jährlich erreicht. Weiter oſtwärts nimmt die jährliche Veränderung wieder ab, bis zur Inſel Unalaſchka, wo ſie verſchwindet. An der Nordweſtküſte Amerika's, z. B. in Sitka, ſcheint die öſtliche Abweichung wieder etwas zuzunehmen. Nördlich vom 60° Breitengrade, z. B. in Archangelsk und Nova Zemlia, ſind die Veränderungen größer, ſüdwärts von 50°, z. B. in Aſtrachan, geringer.

2) Auf einer frühern Karte der Abweichung, die Hanſteen (in ſeinem Atlas zum Magnetismus der Erde) für das Jahr 1700 gegeben hat, hat derſelbe ein Paar Linien angegeben, in welchen ſich die Abweichung vom Jahre 1700 bis 1756 nicht verändert hat. Die eine dieſer Linien geht von Petersburg durch das ſchwarze Meer, den arabiſchen Meerbuſen und Madagaskar bis 40° S. B., dreht ſich hierauf gen Oſten und geht neben der Weſtküſte Neuhollands vorbei, nordwärts nach Malacca und China. Aus den neueren Beobachtungen erhellt, daß ſich der öſtliche Zweig dieſer Linie weiter nordwärts bis zum Baikalſee verlängern läßt, und daß ſich ihr weſtlicher Zweig, der um die Mitte des verfloſſenen Jahrhunderts durch Petersburg nach der Oſtküſte Spitzbergens ging, jetzt weiter gen Weſten verrückt hat, ſo daß er jetzt ungefähr durch Paris und dicht an der Weſtküſte Norwegens vorbeigeht. Auf dem ganzen Stücke der Erdoberfläche, welche von dieſer Linie eingeſchloſſen iſt, alſo zwiſchen der Oſtſee und dem Baikal oder im größten Theil Aſiens und des indiſchen Meeres, hat ſich der Nordpol der Magnetnadel in mehr als 100 Jahren gen Oſten bewegt; außerhalb dieſer Linie hingegen gen Weſten.

3) Von Acapulco nach Carthagena bewegt ſich der Nordpol der Nadel gen Oſten. Vom Meridiane 300° öſtlich von Ferro, wo die Nadel gegenwärtig ſtillſtehend iſt, bis zur Oſtküſte Afrika's bewegt ſie ſich dagegen gen Weſten. Das Maximum dieſer weſtlichen Bewegung ſcheint bei St. Helena und Aſcenſion einzutreffen, wo es ungefähr 9′ des Jahres iſt. Beim Einlauf in den arabiſchen Meerbuſen verſchwindet wieder dieſe weſtliche Bewegung und geht in eine öſtliche über, deren Maximum nahe am Cap Comorin und Ceylon eintrifft, wo ſie = 5′ jährlich iſt. Dieſe verſchwindet wieder bei Macao und Manilla. Im ganzen Südmeere iſt die Bewegung der Nadel öſtlich, aber ſehr gering, und ſcheint nirgends eine Minute zu überſteigen; ſie verſchwindet wieder in Amerika beim Meridiane 300° öſtlich Ferro.

4) An der Weſtküſte Südamerika's bewegt ſich der Nordpol der Magnetnadel etwas gen Oſten; allein dieſe öſtliche Bewegung iſt jetzt weit geringer als vor hundert Jahren. Am Feuerlande verſchwindet ſie ganz und geht weiter oſtwärts in eine weſtliche Bewegung über, welche am Vorgebirge der guten Hoffnung bis 8 oder 9 Minuten ſteigt. Dieſe verſchwindet wieder bei Madagascar und der Inſel Bourbon, etwa beim

Meridiane 70° öſtlich Ferro, und wird weiter oſtwärts öſtlich, wahrſcheinlich durch das ganze ſtille Meer bis Südamerika.

5) Gleichwie in der nördlichen Halbkugel das große weſtliche Abweichungsſyſtem in der Hudſonsbay in 200 Jahren gen Oſten vorgedrungen iſt, und das kleine öſtliche Syſtem, welches in Europa lag, und das kleine weſtliche Syſtem bei Novaja Zemlia vor ſich gegen die öſtlichen Gränzen Aſiens hineingetrieben hat, ſo iſt auch in der ſüdlichen Halbkugel das große weſtliche Syſtem, welches vor 200 Jahren auf das indiſche Meer eingeſchränkt war, gen Weſten vorgedrungen und hat das öſtliche Syſtem, welches im ſüdlichen atlantiſchen Ocean lag, vor ſich dem Feuerlande zugetrieben. Die Bewegung beider Linienſyſteme iſt alſo öſtlich in der nördlichen Halbkugel, weſtlich in der ſüdlichen.

Von dieſer entgegengeſetzten Bewegung beider Halbkugeln giebt Hanſteen folgende Urſache an: Um das Jahr 1600 lag der Nordpol der ſchwächern Magnetaxe nahe bei Novaja Zemlia, und ihr Südpol etwas weſtlich vom Feuerlande. Dieſe Axe hatte damals eine ſtarke Excentricität gegen die Oberfläche des atlantiſchen Meeres, wodurch ihre Wirkung im atlantiſchen Meere vorherrſchend war, wo ſie ein zuſammenhängendes öſtliches Abweichungsſyſtem hervorbrachte. In den folgenden 200 Jahren bewegte ſich ihr Nordpol gen Oſten, ihr Südpol gen Weſten, wodurch ihre Excentricität vermindert wurde, bis endlich ihr Mittelpunct jetzt an die entgegengeſetzte Seite des Mittelpunctes der Erde gekommen iſt. Die ſtärkere Magnetaxe iſt dadurch die vorherrſchende auf unſerer Seite der Erde geworden, wo ſie ein zuſammenhängendes weſtliches Abweichungsſyſtem hervorgebracht hat.

Über die tägliche Veränderung der Inclination.

Arago *) hat ſich durch ſorgfältige Beobachtungen, und zwar nicht bloß durch Mittelzahlen aus mehreren Verſuchen, ſondern durch directe Ableſung, überzeugt, daß die Neigung um 9 Uhr Morgens größer als um 6 Uhr Abends iſt. Dieſe Variation der Neigung iſt im Sommer größer als im Winter.

Über die Veränderung der Inclination in längeren Perioden.

Hanſteen **) und Humboldt ***) haben Zuſammenſtellungen der bekannten alten und neuen Neigungsbeobachtungen gegeben, um daraus den Gang der Neigungsveränderungen in längeren Perioden zu beurtheilen. Die Zuſammenſtellung von Hanſteen iſt die umfaſſendere †). Ich beſchränke mich darauf, die allgemeinen Reſultate anzuführen, die aus dieſen Zuſammenſtellungen hervorgehen, mit Hinzufügung der Neigungsveränderungen für einige der wichtigſten Orte, indem ich hinſichtlich der übrigen auf das Original verweiſe:

---

*) Pogg. XV. [illegible].

**) Ebend. XXI. 412.

***) Ebend. XV. 319.

†) Derſelben iſt auch eine Charte beigegeben, welche die Veränderungen

1) Die Neigung iſt in Europa in fortwährendem Abnehmen begriffen.

2) Die Größe dieſer Abnahme in Europa mindert ſich immer mehr. So betrug im mittlern Theile Europa's (Paris, London, Berlin, Genf) im Jahre 1780 die jährliche Abnahme der Neigung zwiſchen 5′ und 6′ und iſt ſtufenweiſe bis zum Jahre 1830 auf etwa 3′ herabgeſunken, ſo daß die Neigung ſich jetzt hier einem Minimum zu nähern ſcheint, welches wahrſcheinlich vor dem Schluſſe des jetzigen Jahrhunderts eintreten wird.

3) Die Größe dieſer Abnahme wird für Chriſtiania, London, Paris, Berlin, Göttingen, Mailand, Florenz, Turin (ſämmtlich zwiſchen 45° und 60° N. B.) nahe gleich gefunden, nämlich:

Chriſtiania	1825	= — 3′,56
London	1820	= — 3 ,55
Paris	1820	= — 3 ,47
Berlin	1820	= — 3 ,02
Göttingen *)	1820	= — 3 ,05
Mailand	1817,5	= — 3 ,37
Florenz	1815,5	= — 3 ,30
Turin	1815,5	= — 3 ,50.

4) Längs der Küſten Südamerika's nimmt die ſüdliche Neigung bedeutend ab. In einiger Entfernung von den Küſten Südamerika's, ungefähr im Meridiane 10° weſtlich Ferro, trifft man einen Punct, wo die Neigung unveränderlich iſt. Bei den Inſeln Aſcenſion, St. Helena und dem Vorgebirge der guten Hoffnung nimmt die ſüdliche Neigung wieder beträchtlich zu. Dieſes Wachsthum wird weiter gen Oſten geringer und verſchwindet endlich bei den Sunda-Inſeln. Zwiſchen Amboina und dem Meridiane 145° weſtlich Ferro nimmt die ſüdliche Neigung ab, bei Otaheiti wieder zu; in der übrigen Ausdehnung des Südmeeres, gerade bis an die Küſten Südamerika's, iſt ſie abnehmend. Endlich iſt es ziemlich entſchieden, daß die nördliche Neigung wenig zunehmend bei Kamtſchatka und wieder abnehmend bei Unalaſchka iſt.

5) Nach Hanſteen's Anſicht (Pogg. XXI. 427) hat jede Neigungslinie vier fixe Puncte, zwiſchen welchen ſie eine ſchlangenförmige Bewegung annimmt, ſo daß ſich die zwiſchen denſelben liegenden Stücke abwechſelnd gen Norden und gen Süden bewegen.

Recht gut läßt ſich dies auf der Neigungscharte überſehen, welche Hanſteen ſeiner Abhandlung beigegeben hat. Man ſieht hier, daß durch

---

zwiſchen 30° S. B. und 30° N. B., welche ſeit 1780 Statt gefunden haben, mit Einem Blicke zu überſehen erleichtert.

*) In Bezug auf Göttingen vergl. für frühere Perioden Pogg. XXI. 419; XV. 223.

das atlantiſche Meer, etwa bei dem Meridiane 10° weſtlich von Ferro, eine Linie von Norden nach Süden geht, in welcher alle Neigungslinien deſſelben Namens für 1780 und 1827 einander ſchneiden *), und wo alſo die Neigung zwiſchen dieſen zwei Jahren unverändert geblieben iſt. An der öſtlichen Seite dieſer Linie haben ſich die Linien gen Norden, an der weſtlichen gen Süden bewegt, d. i. auf der öſtlichen Seite hat die nördliche Neigung abgenommen, die ſüdliche zugenommen, auf der weſtlichen umgekehrt die nördliche zugenommen, die ſüdliche abgenommen. Zwei andere Linien, in welchen die gleichnamigen Neigungslinien einander ſchneiden, findet man im Südmeere in der Länge 120° und 145° weſtlich; und eine oder zwei ähnliche Linien in dem indiſchen Meere zwiſchen den Meridianen 80 und 120°. Zwiſchen den Meridianen 10° weſtlich und 120° weſtlich, alſo im weſtlichen Theile des atlantiſchen Meeres, ganz Amerika und dem öſtlichen Theile des Südmeeres, haben ſich alle Neigungslinien gen Süden, zwiſchen den Meridianen 10° weſtlich und 120° öſtlich, alſo im öſtlichen Theile des atlantiſchen Meeres, ganz Europa, Afrika und dem größten Theile des indiſchen Meeres, gen Norden bewegt. Zwiſchen den Meridianen 120° und 145° weſtlich haben ſich die Linien gen Norden, und zwiſchen den Meridianen 145° weſtlich und 120° öſtlich gen Süden bewegt. Man erkennt auch aus Hanſteen's Charte, daß alle Neigungslinien ihre Form beträchtlich verändert haben.

Die größte Bewegung zwiſchen den vier fixen Puncten gen Süden herrſcht in Amerika im Meridiane 40° weſtlich und die größte gen Norden im Meridiane 40° öſtlich in Afrika und Europa. Bemerkenswerth iſt ferner der Meridian 70° weſtlich, wo die Linien nahe am Äquator faſt keine Bewegung zu haben ſcheinen, während ſie ſich in der ſüdlichen Halbkugel etwas gegen Süden, und in der nördlichen vielleicht etwas gegen Norden bewegt haben.

6) Hanſteen ſetzt dieſe geſchlängelte Bewegung der Neigungslinien auf folgende Weiſe mit der von ihm angenommenen Bewegung der vier Magnetpole der Erde in Beziehung.

Jede Neigungslinie hat, zumal in der Nähe der Pole, eine doppelte Biegung gegen den Äquator, auf der nördlichen Halbkugel in Nordamerika und im Meridiane von Irkutzk, auf der ſüdlichen im indiſchen Meere und im Südmeere etwas weſtlich von Südamerika. Da ſich nun die nördlichen Magnetpole nach Oſten, die ſüdlichen nach Weſten bewegen, ſo müſſen dieſe vier Biegungen auch ihre Lage in denſelben Richtungen verändern. Denkt man ſich eine Ebene ſenkrecht auf eine der Magnetaxen durch ihren Indifferenzpunct, ſo könnte dieſe der Äquator dieſer Axe benannt wer-

---

*) d. h. jede beliebige Neigungslinie von 1780 hat einen Punct, wo ſie die gleichnamige Neigungslinie von 1827 ſchneidet. Der Ort aller dieſer Durchſchnittspuncte iſt die nordſüdlich gehende Linie, wovon oben die Rede iſt.

P.

den. Ginge dieſe Ebene zugleich durch den Mittelpunct der Erde, ſo würde, wenn es nur Eine Magnetaxe gäbe, die Neigungsnadel in dieſer Ebene horizontal ſein. Denkt man ſich einen ähnlichen Äquator zu der andern Magnetaxe, ſo werden dieſe zwei Äquatorflächen einander in einem Diameter ſchneiden, an deſſen Endpuncten die Neigungsnadel horizontal ſein muß. Alle andere Puncte der Linie ohne Neigung müſſen zwiſchen dieſen zwei Ebenen doch der Äquatorialebene der ſtärkern Axe näher liegen. Sie muß alſo eine Linie von doppelter Krümmung werden, deren verſchiedene Biegungen ſich verändern müſſen, wenn die vier Pole ihre relative Lage ändern. Aus der Bewegung des ſibiriſchen Poles gen Oſten erhellt ebenfalls, warum die Inclination in Europa und Sibirien bis zum Meridian von **Irkutzk** abnimmt, und von **Irkutzk** und **Kamtſchatka** zunimmt. Aus der Bewegung des amerikaniſchen magnetiſchen Nordpoles gen Oſten folgt, daß die Inclination auf der Nordweſtküſte Amerika's abnehmen, in Grönland zunehmen, irgendwo im atlantiſchen Meere zwiſchen Amerika und Europa ohne Veränderung bleiben, und endlich in Europa wieder in Kurzem zuzunehmen anfangen müſſe. Aus der Bewegung der zwei ſüdlichen Magnetpole nach Weſten folgt ebenfalls, daß die ſüdliche Neigung bei Neuholland und öſtlich von den Sunda-Inſeln abnehmen, beim Cap der guten Hoffnung zunehmen, bei Südamerika abnehmen und bei Otaheiti zunehmen müſſe.

Neigungsbeobachtungen für Paris *).

Beobachter.	Jahr.	Neigung		Unterſchied.
		beobachtet.	berechnet.	
Le Mennier	1776	72°25′	72° 9′,1	+ 15′,9
Caſſini	1780	71 48	71 41 ,4	+ 6 ,6
	1791	70 52	70 32 ,1	+ 19 ,9
Humboldt und Borda	1798	69 51 *	69 53 ,2	− 2 ,2
Gay-Luſſac . . .	1806	69 12	69 13 ,6	− 1 ,6
Humboldt und Arago	1810	68 50 *	68 55 ,9	− 5 ,9
	1812	68 42	68 47 ,4	− 5 ,4
	1817	68 39	68 28 ,0	+ 11 ,0
	1823	68 9	68 7 ,2	+ 1 ,8
Arago	1824	68 7 *	68 4 ,1	+ 2 ,9
	1825	68 0	68 1 ,0	− 1 ,0
Humboldt und Mathieu	1826	67 56 ,5 *	67 58 ,0	− 1 ,5
	1827	67 58	67 51 ,1	+ 6 ,9
Arago	1830	67 41 ,3 *	67 46 ,8	− 5 ,5

---

*) Die berechneten Werthe in den nachfolgenden Tabellen ſind nach den nach-

Neigungsbeobachtungen für London *).

Beobachter.	Jahr.	Neigung.	Nummer.
Graham	1723	74° 42'	1
Nairne	1772	72 19	2
Cavendish . . .	1775	72 31*	3
Gilpin	1786	72 5,7	4
	1787	72 5,7	5
	1788	72 4,0	6
	1789	71 54,7	7
	1790	71 53 ,7	8
	1791	71 23 ,7	9
	1795	71 11 ,4*	10
	1797	70 59 ,6	11
	1798	70 55 ,2	12
	1799	70 52 ,2	13
	1801	70 35 ,6	14
	1803	70 32 ,0	15
	1805	70 21 ,0	16
	1806	70 1 ,0	17
Unbekannt . . .	1811	70 32 ,5	18
Sabine	1821	70 3 ,0*	19
Segelcke	1830	69 37 ,5*	20

der folgenden Formeln beigefügt, und die mit einem Sternchen bezeichneten Beobachtungen sind die, aus welchen die Formeln abgeleitet sind.

---

*) In Bezug auf die Londoner Beobachtungen bemerkt Hansteen, daß sie, mit Ausnahme der zwei letzten, wahrscheinlich alle falsch sind, vorzüglich weil sie in Häusern und zum Theil mit mittelmäßigen Instrumenten oder ohne Umkehrung der Pole genommen wurden. Doch hat er zur Ableitung der Formel auch die Beobachtungen Nr. 3 und Nr. 10 mit zugezogen. Nr. 20 ist ein Mittel aus vier Beobachtungen des Premierlieutenants Segelcke, der durch Hansteen selbst in Untersuchungen dieser Art eingeweiht worden. — Es fehlt übrigens oben die Beobachtung von Sabine für das Jahr 1828 in London, wo er als Mittel mehrerer Versuche mit verschiedenen Nadeln fand: 69° 47',9 (Extreme 69° 38',3 und 69° 58',3) (Baumg. VII. 90).

Neigungsbeobachtungen für Berlin *).

Beobachter.	Jahr.	Neigung beobachtet.	Neigung berechnet.	Unterſchied.
Euler	1769	72°45′ *	72°45′,9	− 0′,9
Humboldt	1806	69 53 *	69 46 ,7	+ 6 ,3
Erman	1812	69 16 *	69 24 ,8	− 8 ,8
Erman	1824	68 48 *	68 47 ,1	+ 0 ,9
Humboldt u. Erman	1826	68 42 ,4 *	68 41 ,5	+ 0 ,9

Neigungsbeobachtungen für Genf.

Beobachter.	Jahre.	Neigung.
Shuckburgh	1775	69° 27′ *
Arago	1825	65 41 ,5 *
De la Rive und Gauthier .	1830	65 31 ,2 *

Neigungsbeobachtungen für Chriſtiania.

Beobachter.	Jahre.	Neigung.
Hanſteen	1820	72° 42′,6
	1822	72 33 ,5
	1825	72 26 ,5
	1828	72 16 ,6
	1830	72 7 ,0

---

*) Neuere Beobachtungen über Berlin zugleich mit ſeinen früheren giebt Erman in Pogg. XXIII. 496. Es ſind folgende:

1812		69°	15′	36″
1824	November	68	50	45
1826	November	68	45	46
1828	April	68	37	53
1831	Mai	68	14	8

Ich weiß nicht, wie es kommt, daß die Werthe oben etwas anders angeben ſind.

Neigungsbeobachtungen für das Vorgebirge der guten Hoffnung.

Beobachter.	Jahre.	Neigung.
La Caille	1751	43° 0′
Bayley	1772	45 37
Bayley	1775	45 19
Abercrombie	1775	46 26
Bayley	1776	46 30 ,8
Bertrand	1792	47 25

Neigungsbeobachtungen für die Inſel St. Helena.

Beobachter.	Jahre.	Neigung.
La Caille	1754	9° 0′
Ekeberg	1771	13 0
Cook	1775	11 25
Duperrey	1824	14 56 ,6

Hanſteen hat für mehrere Orte durch Berechnung der genaueſten unter den vorhandenen Beobachtungen empiriſche Formeln zur Beſtimmung des Ganges der jährlichen Veränderung in der Neigung abgeleitet, die wir hier mittheilen wollen; wiewohl die Zuverläſſigkeit ſolcher Formeln bei den großentheils ſehr mangelhaften Elementen, die zu ihrer Ableitung dienten, wohl nicht ſehr groß ſein kann.

Es ſei darin i die Neigung, v die jährliche Veränderung der Neigung, t die Anzahl Jahre, die zu einer gewiſſen, bei jedem Orte zu Grunde gelegten, Anfangs-Jahreszahl hinzugefügt werden müſſen, um die Zahl des Jahres, für welche die Neigung oder ihre Veränderung geſucht ward, zu erhalten *):

---

*) So iſt z. B. bei Paris die Jahreszahl 1798 zu Grunde gelegt, ſucht man mithin die Neigung für das Jahr 1810, ſo iſt t = 12.

Name des Ortes.	Jahr.	i.
Paris	$1798 + t$	$+69°53',2 - 5',2704\,t + 0',041316\,t^2$
London*)	$1775 + t$	$+72\;45\;,9 - 5\;,8599\,t + 0\;,027832\,t^2$
Berlin	$1769 + t$	$+72\;31 \quad - 4\;,3076\,t + 0\;,02191\,t^2$
Genf	$1775 + t$	$+69\;27 \quad - 5\;,1961\,t + 0\;,01654\,t^2$
Rio Janeiro	$1751 + t$	$-20\;\;0 \quad - 2\;,877\,t + 0\;,09788\,t^2$
Talcahuano	$1710 + t$	$-55\;30 \quad - 5\;,551\,t + 0\;,09573\,t^2$
Aſcenſion	$1754 + t$	$+11\;12 \quad - 5\;,727\,t - 0\;,02880\,t^2$
Cap der guten Hoffnung	$1751 + t$	$-43\;\;0 \quad - 9\;,075\,t + 0\;,06359\,t^2$
Manilla	$1766 + t$	$+11\;45 \quad - 6\;,205\,t + 0\;,16620\,t^2$
Otaheiti	$1773 + t$	$-29\;43 \quad - 2\;,545\,t + 0\;,03015\,t^2$

Name des Ortes.	Jahr.	v.
Paris	$1798 + t$	$-5',2704 + 0',0826\,t$
Berlin	$1769 + t$	$-5\;,8599 + 0\;,055664\,t$
London	$1775 + t$	$-4\;,3076 + 0\;,04382\,t$
Genf	$1775 + t$	$-5\;,1961 + 0\;,03308\,t$

Folgendes ſind die aus dieſen Interpolationsformeln gefundenen jährlichen Veränderungen der Neigung für Paris, London, Berlin und Genf.

Jahre.	Jährliche Veränderungen			
	Paris.	London.	Berlin.	Genf.
1780	— 6′,75	— 4′,90	— 5′,26	— 5′,04
1790	— 5 ,92	— 4 ,57	— 4 ,71	— 4 ,71
1800	— 5 ,11	— 4 ,21	— 4 ,15	— 4 ,38
1810	— 4 ,29	— 3 ,88	— 3 ,70	— 4 ,05
1820	— 3 ,47	— 3 ,55	— 3 ,00	— 3 ,72
1830	— 2 ,64	— 3 ,22	— 2 ,50	— 3 ,39

Die Zeit und Größe des eintretenden Minimums der Neigung würden nach den gegebenen Formeln ſein bei

Paris	67° 5′,2	im Jahre 1862
London	68° 59′,3	im Jahre 1873
Berlin	67° 37′,5	im Jahre 1874

Für Genf würde nach der Formel das Minimum erſt um 1933 fallen.

---

*) Für London iſt die Formel wenig zuverläſſig.

Neigung in Tiefen unter der Erde.

Humboldt *) verglich im Sommer 1828 die Neigung der Magnetnadel in einer Freiberger Grube (Churprinz), wo das Geſtein (Gneis) nicht auf die Magnetnadel wirkt, in einer Saigerteufe von 800 Fuß und an der Oberfläche ſenkrecht über dem unterirdiſchen Puncte. Die Neigung zeigte ſich unten um 2',06 größer als oben.

Über den Gang der täglichen und jährlichen Änderung der horizontalen Intenſität.

Moſer und **Rieß** **) haben in Schulzendorf, zwei Stunden von Berlin, Beobachtungen über die Schwingungen der horizontalen Nadel vom 4. Mai bis zum 24. Juni angeſtellt, wovon die vom 4. und 5. Mai ſtündlich ſind. Sie ſind auf eine zuverläſſige Weiſe wegen der Temperatur corrigirt. Es geht daraus für die tägliche Änderung der horizontalen Seitenkraft der Intenſität (die allerdings eben ſowohl von Veränderung der Neigung als der abſoluten Intenſität abhängen kann) Folgendes hervor:

Die Intenſität hat einen regelmäßigen Gang. Sie fällt vom Maximum, welches um 7 Uhr 55 Minuten Abends eintritt, ſchnell ab, kommt dem Minimum ſchon um 3 Uhr Morgens ſehr nahe, erhält ſich auf dieſem Stande bis um 9 Uhr Morgens, wo ſie das wirkliche Minimum erreicht, und ſteigt dann allmälig zum Maximum auf. Im Juni war nicht nur die Intenſität, ſondern auch die Größe ihrer täglichen Variation ſchwächer als im Mai. Hinſichtlich der Tabellen verweiſen wir auf die Originalabhandlung.

Reich ***) hat mittelſt eines **Gambey**'ſchen Inſtrumentes jeden Monat einmal früh und Abends die Schwingungen der horizontalen Magnetnadel in Freiberg 35 Lachter = 70 Meter tief unter der Erde beobachtet. Dieſe Beobachtungen haben den Vorzug, daß ſie bei gleichbleibender Temperatur angeſtellt ſind, denn die Variationen der täglichen Temperatur erſtrecken ſich nicht auf jene Tiefe. Es geht aus dieſen Beobachtungen hervor, daß die horizontale Seitenkraft der magnetiſchen Intenſität ihr Minimum im Juni, ihr Maximum im Januar oder Februar hat, und daß ſie im Allgemeinen Abends größer als Morgens iſt.

Hinſichtlich der Tabelle der Verſuche verweiſen wir ebenfalls auf die Originalabhandlung.

Über Veränderung der Intenſität in längeren Perioden.

Nach **Hanſteen**'s Erörterungen †) iſt gegenwärtig die Intenſität in ganz Europa und dem nördlichen Aſien bis zum Meridian von Irkutzk im

---

*) Pogg. XV. 321.
**) Ebend. XIX. 173.
***) Ebend. XVIII. 57.
†) Ebend. XXI. 130.

Abnehmen begriffen, zwiſchen Irkutzk und Kamtſchatka im Zunehmen, an der [illegible] Küſte Nordamerika's im Abnehmen; in Grönland und Island im Zunehmen. Aller Wahrſcheinlichkeit nach wird ſie bald wieder in Europa zuzunehmen anfangen. In der ſüdlichen Halbkugel nimmt ſie bei Van Diemens Land ab, auf Isle de France zu, auf dem Feuerlande ab und auf Otaheiti zu.

Über die Abnahme der Intenſität mit der Höhe über der Erdoberfläche, von Kupffer *).

Bei einer Beſteigung des Elbrus, des höchſten Gipfels des Caucaſus, welcher nach barometriſchen Meſſungen ungefähr 15400 Par. Fuß über der Meeresfläche liegt, fand **Kupffer**, durch genaue Verſuche mittelſt einer **Gambey**'ſchen, zur Beobachtung der täglichen Variationen beſtimmten, Nadel, daß die Intenſität des Erdmagnetismus mit der Höhe abnimmt, welche Abnahme 0,01 Secunden auf 24 Secunden Schwingungszeit für jede 1000 Fuß Erhebung entſpricht. Allerdings ſcheint die Beobachtung **Gay-Luſſac's**, welcher in 7000 Meter (etwas über 21000 Fuß) Höhe dieſelbe Schwingungszahl der Nadel beobachtete, wie auf der Erdoberfläche, hiermit nicht in Übereinſtimmung; allein **Kupffer** findet gerade in dieſer unveränderten Schwingungsdauer eine Beſtätigung ſeiner Erfahrung, indem die 40° C. betragende Erkältung, welche bei **Gay-Luſſac's** Luftfahrt mit der Erhebung Statt gefunden, nothwendig eine Verſtärkung der Intenſität der Nadel hätte hervorbringen müſſen, wenn nicht dieſer Einfluß durch die Abnahme der Intenſität mit der Höhe compenſirt worden wäre. **Kupffer** findet ſelbſt durch Berechnung, daß unter dieſer Annahme faſt derſelbe Werth der Abnahme des Erdmagnetismus mit der Höhe aus **Gay-Luſſac's** Beobachtung der unveränderten Schwingungsdauer hervorgehe, als aus ſeinen directen Beobachtungen, indem er nämlich nach jenen 0,008 ſtatt 0,01 Secunden ſein würde; jedoch hat er hiebei keine ganz richtigen Data zu Grunde gelegt, da er ſich bloß auf ſein Gedächtniß verlaſſen mußte **). Er hat indeß verſprochen, nach ſeiner Rückkehr eine Reviſion dieſer Rechnungen vorzunehmen und ſeine Beobachtungen ausführlicher mitzutheilen.

Einfluß der Nordlichter auf die Magnetnadel.

Die bisherigen Erfahrungen darüber haben Folgendes ergeben:

Die Declination ſo wie die Inclination und Intenſität der Magnetnadel wird manchmal durch Nordlichter, ſogar wenn ſie (nur in entfernten Gegenden ſichtbar) nicht über dem Horizont der Nadel erſcheinen, auffalſtark afficirt, andere Male nicht, ohne daß man bis jetzt die Umſtände genau anzugeben weiß, auf welche es hiebei ankommt.

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 105 oder Schweigg. J. LVIII. 79.

) Er nimmt nämlich die Höhe, zu welcher ſich **Gay-Luſſac erhob, bloß zu 18000 Fuß an, und die Temperaturdifferenz zu 40° R. anſtatt 40° C. — Bei Anwendung der richtigen Data würde man 0.005" anſtatt 0.008" erhalten. J.

Farquharſon *) ſchließt allerdings aus mehreren Beobachtungen, daß die Declinationsnadel bloß dann vom Nordlicht afficirt werde, wenn die in der Richtung von Weſt nach Oſt ſich erſtreckenden Bogen (fringes) deſſelben ſo weit ſüdlich heraufgerückt ſind, daß die Richtung der Neigungsnadel in die Ebene derſelben oder in die Verlängerung der mittelſten oder höchſten Lichtſtreifen (streamers), die von den Bogen ausgehen, fällt. Indeß wie würden ſich nach dieſer Regel die Wirkungen auf die Magnetnadel in Fällen erklären, wo das Nordlicht gar nicht über dem Horizont erſcheint.

Richardſon **) zieht aus ſeinen, in den Jahren 1825 bis 1827 angeſtellten Beobachtungen am Bärenſee folgende allgemeine Reſultate über dieſen Gegenſtand.

1) Das helle und lebendige Stralenſchießen des Nordlichtes verurſacht eine Ablenkung der Magnetnadel, wenn man es durch eine nebelige Atmoſphäre bemerkt und die Stralen und Lichtbogen die prismatiſchen Farben zeigen. Iſt hingegen die Atmoſphäre hell, und zeigt ſich das Nordlicht als dichtes ruhiges Licht von gelber Farbe, ohne Bewegung, ſo blieb oft die Nadel bei ſeinem Auftreten unafficirt.

2) Das Nordlicht wirkt am kräftigſten (auf die Nadel), wenn es ſich aus einer Wolke in der Nähe der Erde erhoben zu haben ſcheint.

3) Wenn das Nordlicht am ſtärkſten wirkt, vernimmt man meiſtens um ſeine Stralenbüſchel herum einen Nebel, wiewohl der übrige Theil des Himmels frei von Nebel und Wolken iſt.

4) Der Pol der Magnetnadel, welcher dem Nordlichte am nächſten liegt, wird nach dem Puncte hingezogen, von wo die Bewegung des Nordlichtes ausgeht; ſeine Ablenkung iſt am größten, wenn die Bewegung am ſchnellſten vor ſich geht, übrigens iſt die Wirkung dieſelbe, die Bewegung mag von einem niedrigen Bogen ausgehen, oder von einem, der durch das Zenith geht.

Nach Erörterung mehrerer correſpondirenden Beobachtungen an verſchiedenen Orten bei einigen Nordlichtern (Pogg. XX. 337) ſcheint es, als ob die Größe der Wirkung auf die Magnetnadeln von einem gewiſſen Orte aus wie von einem Centrum mit der Entfernung abnehme.

Nach Dove's Anſicht hat man das Nordlicht nicht ſowohl als eine äußere Urſache der Störung der Magnetnadel zu betrachten, ſondern vielmehr als eine bis zum leuchtenden Phänomen geſteigerte telluriſche Thätigkeit, die als gleichzeitige Wirkung jenes Leuchten und die Schwingungen der Magnetnadel hat, denn man beobachtet öfters die Unruhe der Nadel ſehr bedeutend vor dem Eintritte der leuchtenden Erſcheinung (Pogg. XIX. 337). Die Declinationsnadel verhielte ſich hienach ungefähr wie ein atmoſphäriſches Elektrometer, deſſen Divergenz auch die geſteigerte Spannung der Elektricität anzeigt, ehe dieſe ſo groß geworden iſt, daß der Funken überſchlägt.

---

*) Philos. transact. 1830. P. I. p. 12.

**) Edinb. phil. J. Nr. 12. p. 241 oder Baumg. V. 216.

Noch anſprechender ſcheint mir folgende Anſicht von Erman d. J.*) zu ſein, wonach man die vom Nordlichtbogen ſenkrecht aufſchießenden Lichtſtreifen (streamers, beams der Engländer) als analog dem Bogen glühender Dämpfe betrachten ſoll, welcher in dem bekannten Davy'ſchen Verſuche die Stelle eines Leiters zwiſchen beiden Polen der Volta'ſchen Säule vertrat und eine unter ihn geſtellte Magnetnadel abweichen machte, wobei man ſich dann vorzuſtellen hat, daß, ſo wie dieſer Leiter beim Verſuche im Kleinen auf die darunter ſchwebende Nadel wirkte, der Nordlichtsbogen es auf die magnetiſche Erdaxe thue.

Mehrere neuerdings beobachtete Nordlichter ſind durch ihre ausgezeichnete Wirkung auf die Magnetnadel bemerkenswerth geweſen. So ſchreibt Hanſteen**) am 29. December von Chriſtiania: „Seit Ende Juli ſind hier in Chriſtiania etwa 35 Nordlichter beobachtet worden, alle von ſtarken Bewegungen der Magnetnadel (Abweichungsnadel) begleitet. Die meiſten Bewegungen der Nadel waren gegen Oſten. Die größten Unregelmäßigkeiten trafen ein am 6. October, da die Nadel ſchwankte zwiſchen

+ 0° 22′ und — 1° 22′ vom mittlern Stand
7. October + 0 1 — — 1 47 — — —
7. December — 0 22 — + 3 8 — — —

Die äußerſten Ausweichungen liegen folglich in dieſem Herbſte 4° 55′ von einander, und wir haben wohl jetzt den Anfang einer neuen Nordlichtperiode.“

Nicht minder ſtarke unregelmäßige Bewegungen beobachtete Hanſteen***) bei den Nordlichtern, die vom Datum jenes Schreibens bis in den April 1831 zu Chriſtiania geſehen wurden, wobei die öſtlichen Bewegungen ſelten, dagegen die weſtlichen die häufigſten waren.

Es fand ſich hierunter ſogar die größte unregelmäßige Bewegung, die überhaupt bis jetzt durch den Einfluß des Nordlichtes beobachtet wurde; denn während bis jetzt Wilke das Maximum in dieſer Hinſicht, 5° 30′ betragend, beobachtet hatte, ſah Hanſteen bei einem Nordlichte am 19. April 1831 die Nadel in Chriſtiania von 10 Uhr 44 Minuten bis 11 Uhr 31 Minuten einen Bogen von 6° 12′ durchwandern.

Auch das berühmte Nordlicht vom 7. Januar 1831 zeichnete ſich durch ſeine magnetiſche Wirkung aus.

Die vollſtändigſten Beobachtungen hierüber ſind von Dove, Moſer und Erman d. J. in Berlin angeſtellt worden†). Die größte Differenz im Stande der Declinationsnadel am 7. Januar betrug hienach 2° 53′ 4″ und trat zwiſchen 8 Uhr 47 Minuten (Zeit des Maximums der weſtlichen Declination des Nordendes) und 9 Uhr 15 Minuten (Zeit des Minimums) ein *). Die größte Differenz der Inclination vom 7. und 8. Januar betrug 38′, indem am 7. Januar um 7 Uhr 23 Minuten Abends die Inclination um 31′ größer, und am 8. Januar um 11 Uhr 53 Minuten Vormittags um 7′ kleiner war, als der mittlere Werth der Neigung an den auf das Nordlicht folgenden Tagen **).

---

*) Pogg. XXII. 552.

**) Ebend. XXII. 552.

***) Ebend. XII. 536. 537.

†) Ebend. XXII. 543. Hier findet man die Reſultate der drei Beobachter tabellariſch zuſammengeſtellt.

Die Intenſität ſchwankte am 7. und 8. Januar von 1,0183 bis 0,9988. Das Maximum ward am 7. Januar um 6 Uhr 58 Minuten Abends, das Minimum am 8. Januar um 9 Uhr 23 Minuten Morgens beobachtet.

Aus genauerer Betrachtung der in der Originalabhandlung gegebenen Zahlen ſcheint ſich zu ergeben, daß in den Augenblicken der ſtärkſten Verrückungen des magnetiſchen Meridianes die Intenſität der Kraft und die Neigung die ſtärkſten Zuwächſe angenommen hatten und daß die Intenſität ſich ihrem Normalwerthe wieder näherte, ſobald der magnetiſche Meridian zu ſeiner mittlern Richtung zurückkehrte. Die Neigung ſcheint während der Dauer des Nordlichtes nie zu ihrem Normalwerthe völlig zurückgekehrt zu ſein, und zeigte ſich noch um 11 Uhr Abends um 14′ größer als die mittlere Neigung der folgenden Tage, während die Abweichung einige Mal zu ihrem Normalwerthe zurückkehrte.

Erman's Beobachtungen ergeben ferner noch folgende Beſtimmungen:

1) Den Schwächungen und Zunahmen der magnetiſchen Wirkungen des Nordlichtes ſchienen nicht immer entſprechende Schwächungen des Lichtproceſſes entſprochen zu haben; denn wiewohl dies um 7 Uhr 50 Minuten allerdings ſehr beſtimmt der Fall war, ſo konnte doch bei den ſpäteren Oscillationen der magnetiſchen Wirkung keine entſprechende Oscillation der Intenſitäten der Lichterſcheinungen wahrgenommen werden.

2) Indem der magnetiſche Meridian zu ſeiner Normalſtellung zurückkehrte, überſchritt er ſogar einigemale dieſelbe gegen Weſten hin, indeſſen um ein viel Geringeres, als der Betrag ſeiner öſtlichen Verrückungen.

3) Nach einer ſcheinbaren Unterbrechung der magnetiſchen Wirkſamkeit des Nordlichtes waren immer der anfängliche Gang des magnetiſchen Meridianes gegen Oſten hin und die Intenſitätszunahmen, welche denſelben begleiteten, weit ſchleuniger, als die Rückkehr nach Weſten und die Intenſitätsabnahmen, welche beide auf die größten öſtlichen Verrückungen folgten.

---

*) Das Nordlicht fing in Berlin gegen 6 Uhr an ſichtbar zu werden, und verlor ſich gegen 11 Uhr in einen leichten Lichtnebel. — In Paris betrug nach Arago's Beobachtungen die Differenz im Stande der Magnetnadel am 7. Januar nur 1° 6′ 47″.

**) In Paris trat am 7. Januar die ſchwächſte Inclination um 2 Uhr 10 Minuten Nachmittags, die ſtärkſte um 7 Uhr 35 Minuten ein. Die geſammte Veränderung betrug 21 Minuten.

4) Die Ausweichungen des magnetiſchen Meridianes wurden immer kleiner, je öfter ſie ſich wiederholt hatten, ohne jedoch vor 4 Uhr Morgens ganz aufzuhören.

Neue ſpecielle Beobachtungen über den Einfluß des Nordlichtes auf die Magnetnadel ſind überhaupt in folgenden Abhandlungen enthalten: Kupffer in Pogg. XVI. 131 (Zuſammenſtellung correſpondirender Beobachtungen zu Kaſan und Paris); Dove in Pogg. XIX. 386, XX. 333 (Erörterung der am 5. Mai und 19. und 21. December in Petersburg, Berlin, Freiberg, Kaſan, Nicolajew gemachten correſpondirenden Beobachtungen); Gale in Nordamerika in Baumg. Zeitſchr. VII. 248, oder Kaſtn. Arch. XVII. 30. — Farquharſon in Philos. transact. 1830. P. I. p. 97. — Hanſteen in Pogg. XXII. 534, 552 (unter andern eine Tabelle über den Gang der Declinationsnadel während eines Nordlichtes am 18. April 1831.) — Zuſammenſtellung der Beobachtungen beim Nordlicht am 7. Jan. 1831, namentlich zu Berlin und Paris angeſtellt. Pogg. XXII. 540. — Erman Pogg. XXII. 560 (Beobachtungen in Sibirien).

Einfluß von Erdbeben auf die Magnetnadel *).

Man will ohnlängſt einen Einfluß von Erdbeben auf die Declination der Magnetnadel beobachtet haben. Erman d. J. indeß fand einige Minuten nach einem ſtarken Erdbeben in Irkutzk, daß ein Gambey'ſches Declinatorium, welches vor dem Erdſtoß fünf Tage hindurch zur Beſtimmung der täglichen Periode genau beobachtet war, keine Anomalie zeigte, die nur um 1′ von der zu dieſer Tageszeit gehörigen mittlern Declination abwich, ſo daß alſo hier ein Erdbeben ohne allen magnetiſchen Einfluß beobachtet ward.

X. Atmoſphäriſche Lichterſcheinungen.

Zur Theorie des Regenbogens, von Kinger **).

Nach der gewöhnlichen, von Biot gut aus einander geſetzten, Theorie des Regenbogens nimmt man bekanntlich an:

1) daß zwar vermöge der von der erſten Oberfläche der Tropfen in der Regenwolke zurückgeworfenen Stralen ein weißlicher Schein über die ganze Oberfläche der Wolke entſteht, daß aber

2) von den, nach einmaliger oder zweimaliger innerer Zurückwerfung aus den Tropfen hervortretenden in Farben zerlegten Stralen bloß diejenigen einen merklichen Eindruck auf das Auge machen, welche in parallelen Rich-

---

*) Pogg. XVI. 153.

**) Journ. of the royal Instit. 1831. Nr. 2. p. 291.

tungen (unter dem, dem Maximum der Ablenkung entſprechenden Winkel) in das Auge gelangen, weil die anderen vermöge ihrer Divergenz zu ſchwach werden, um in der Entfernung des Zuſchauers noch einen Eindruck auf deſſen Auge zu bewirken. Von dieſen parallel austretenden Stralen nun leitet man bekanntlich die Erſcheinung des Regenbogens ab.

Ainger bemerkt, und wie mir ſcheint mit Recht, daß dieſe beiden Annahmen etwas Contradictoriſches enthalten; denn wenn die von den inneren Oberflächen zurückgeworfenen Stralen durch Divergenz unſichtbar werden können, ſo müßte daſſelbe auch bei allen, von der erſten Oberfläche in anderen als parallelen Richtungen ins Auge gelangenden Stralen der Fall ſein, und es könnte daher kein weißlicher Schein über die ganze Wolke entſtehen, da dieſe Bedingung des Parallelismus nicht für dieſelben erfüllt werden kann, es ſei aber überhaupt bei einem größern erleuchteten Raume nicht ſtatthaft anzunehmen, was allerdings, wenn das divergirende Lichtbündel bloß von Einem Puncte ausgeht, gilt — daß die Divergenz der davon herkommenden Stralen vermöge zu großer Schwächung derſelben den Eindruck auf das Auge verſchwinden laſſe — da das Zuſammenwirken der von ſo vielen Tropfen herkommenden divergirenden Stralen die Schwäche compenſiren müſſe, in welchem Bezuge der Verfaſſer das allerdings nicht ſehr nahe liegende Beiſpiel als Analogie anführt, daß man zwar 100 Seidenwürmer in einer Seidenzucht noch nicht freſſen höre, wohl aber es hört, wenn eine ſehr große Anzahl derſelben zuſammen frißt. Ein paſſenderes Beiſpiel wäre vielleicht geweſen, daß eine große weiße Wand in ſehr großer Entfernung nicht unſichtbar wird, wenn gleich die von ihr zurückgeworfenen Stralen nach allen Seiten divergiren.

Jedenfalls, ſchließt der Verf., iſt man hienach genöthigt anzunehmen, daß nicht bloß die in den Regenbogenſtreifen begriffenen Tropfen, ſondern alle Tropfen in dem Raume der Wolke, welcher vom innern Regenbogen umſchloſſen wird, farbige Stralen, die vom Auge empfunden werden, zu demſelben ſenden; nur werden, vermöge der Superpoſition dieſer Farben, alle Tropfen weiß erſcheinen, bis zu der Gränze, wo die Tropfen eine ſolche Lage haben, daß Farbeſtralen, welche das Maximum der Ablenkung erhalten, in unſer Auge zu gelangen anfangen, denn da von den Tropfen, welche außerhalb dieſer Gränze liegen, keine Farbeſtralen dieſer Art weiter nach innerer einmaliger Rückwerfung in unſer Auge gelangen können, ſo hört von hier an die gegenſeitige Ergänzung zu weißem Lichte auf. An dieſer Stelle alſo bildet ſich der durch den Parallelismus der Stralen zwar an Deutlichkeit gewinnende, aber nicht weſentlich von demſelben abhängende innere Regenbogen, der ſolchergeſtalt nicht ſowohl ein iſolirter Farbeſtreifen iſt, als vielmehr analog den Farbenenden eines durch ein Prisma geſehenen Körpers, bei welchen auch die Farbigkeit der inneren Theile des Bildes bloß vermöge Superpoſition der verſchiedenen Farben verſchwindet. Von Tropfen außerhalb des innern Regenbogens erhält nun das Auge kein Licht mehr durch Stralen, die nach einmaliger innerer Zurückwerfung austreten; *und hierin liegt die Erklärung der Dunkelheit, die den innern Regenbogen umgiebt, und welche bisher noch nicht genügend erklärt worden war.* Dieſe Dunkelheit reicht bis zu der Gränze, wo Tropfen zuerſt in die Lage kommen, daß Farbeſtralen (zuerſt die rothen) nach *zweimaliger* innerer Rückwerfung davon in unſer Auge gelangen können, d. i. wo der innere Rand des äußern Regenbogens beginnt, welche Lage die iſt, wo die Stralen, die von dem Raum außerhalb des innern Regenbogens nach zweimaliger innerer Zurückwerfung zu uns gelangen können, das *Minimum* ihres Ablenkungswinkels haben.

Als einen Umſtand, der mit der vorſtehenden Theorie ganz in Übereinſtimmung iſt, erwähnt *Ainger* den, daß der violette Rand des Regenbogens in Verhältniß zum rothen eine ausnehmend unbeſtimmte Begränzung hat. Nach der gewöhnlichen Theorie würde dieſer Umſtand nicht erklärlich ſein, es müßten vielmehr die parallel austretenden violetten Stralen eine ganz deutliche violette Lichtlinie hervorrufen, da die rothen und gelben Stralen für dieſe Lage der Tropfen eine beträchtliche Divergenz zeigen. Die Wahrheit aber iſt, daß die letzteren trotz ihrer Divergenz doch keineswegs für das Auge unmerklich ſind, und daß ſie durch ihre Vermiſchung mit den parallelen violetten Stralen dieſe zu zuſammengeſetztem Lichte beinahe ergänzen.

Was das große Vorwiegen des innern Regenbogens über den äußern an Helligkeit betrifft, ſo hält *Ainger* daſſelbe keineswegs hinreichend durch den Umſtand erklärt, daß die Stralen dort bloß Eine innere Zurückwerfung erfahren haben, denn die zweifachen Zurückwerfungen geſchehen unter ſo günſtigen Winkeln, daß dieſer Unterſchied faſt dadurch aufgewogen wird. Vielmehr mißt er daſſelbe folgenden Umſtänden bei:

1) Die Stralen, welche das Maximum der Ablenkung im innern Regenbogen erfahren, gelangen auf die Oberfläche des Tropfens unter einem viel kleinern Einfallswinkel, als diejenigen, welche das Minimum der Ablenkung in dem äußern Regenbogen erfahren; die letzteren werden daher in größerm Verhältniſſe von der erſten Oberfläche zurückgeworfen und treten in viel kleinerm Verhältniſſe in den Tropfen ſelbſt ein.

2) Der Winkel, unter welchem der Stral nachmals von der innern Oberfläche in die Luft gebrochen wird, iſt bei dem äußern Regenbogen ebenfalls der Zurückwerfung günſtig und der Brechung ungünſtig, ſo daß nur ein kleiner Theil der ſchon reducirten Quantität eingetretenen Lichtes gebrochen wird.

3) Der Umfang der Zerſtreuung (extent of dispersion) wird durch die zweite Zurückwerfung vergrößert, wie aus der größern Breite des äußeren Bogens erhellt.

Ainger fügt noch einige ſpecielle Verſuche zur Unterſtützung der Anſicht bei, daß in der That nicht bloß die parallel nach ein- oder zweimaliger innerer Zurückwerfung in das Auge gelangenden Stralen den Geſichtseindruck bei dem in Rede ſtehenden Phänomen bewirken.

Er brachte eine mit Waſſer gefüllte hohle Glaskugel aus ganz dünnem Glaſe unter verſchiedenen Winkeln gegen einen leuchtenden Körper und das Auge. Es zeigte ſich hier, daß obwohl die Stralen, wenn ſie nach einmaliger innerer Zurückbeugung unter dem Maximum des Ablenkungswinkels in das Auge gelangten, am glänzendſten waren, doch die Verſchiedenheit derſelben in dieſer Hinſicht von denen, welche unter anderen Winkeln ins Auge gelangten, nur eine gradweiſe war, und ſo beſchaffen, daß ein Unſichtbarwerden der letzteren durch bloße Divergenz nicht wahrſcheinlich erſchien. In der That wurde der Stral nach einer innern Zurückwerfung ſofort ſichtbar, als er aufhörte mit dem, durch Zurückwerfung von der erſten Oberfläche erhaltenen, Strale zu verſchmelzen, wie in Fig. 102.

Er nahm an Helligkeit immer mehr zu, aber ohne merkliche Färbung, bis die Kugel ſich unter dem Maximum des Ablenkungswinkels für die violetten Stralen des innern Regenbogens befand, worauf das Licht ſchwächer und gefärbter ward, bis es ſich ganz und gar in ein ſchwaches Roth verlor. Eine analoge Progreſſion wurde bei Verſuchen beobachtet, wo der Stral nach zweimaliger innerer Zurückwerfung in das Auge gelangte*).

Unſtreitig wird man auch bei dieſen Verſuchen zu ſchließen haben, daß die Stralen, welche unter anderen Winkeln, als welche ein paralleles Austreten der Stralen zur Folge haben, in die Kugel dringen, in Farben zerſtreut werden, und wenn ſie demnach nach einmaliger oder zweimaliger innerer Zurückwerfung merklich weiß in das Auge gelangen, ſo kann dies wie bei der Regenwolke nur vermöge der Superpoſition verſchiedener Spectra Statt finden.

Univ. Bibl. München

Erklärung der Höfe und Ringe um leuchtende Körper, von L. Moſer **).

Man pflegt in neueren Zeiten (beſonders nach **Fraunhofer** und **Venturi**) die Entſtehung der Ringe, Nebenſonnen ꝛc. von der Annahme abhängig zu machen, daß zur Zeit, wo ſie beobachtet werden, prismatiſche Eisnadeln in der Luft ſchweben, die durch ihre Brechung in gewiſſen Lagen das Phänomen hervorbringen. Der Verfaſſer zeigt indeß durch Erörterungen und Berechnungen:

1) daß dieſe Erklärungsart den Erſcheinungen nicht gehörig Genüge leiſte;

2) daß man die Erſcheinung unter gehöriger Berückſichtigung der Umſtände recht wohl von der Brechung des Lichtes in Dampfbläschen abhängig machen könne.

Da ein Auszug aus dieſer Abhandlung, ohne derſelben in's Detail zu folgen, nicht zweckmäßig ſein würde, ſo verweiſen wir die Leſer lieber auf die Originalabhandlung.

---

*) Hier fängt man mit einer Lage der Kugel zwiſchen Auge und Licht an.

**) Pogg. XVI. 67.

***) Vergl. Gehler's Wörterb. Artikel Hof.

Verſchiedene das Nordlicht betreffende Umſtände.

Außer den, ſchon S. 116 beim Einfluß des Nordlichtes auf die Magnetnadel angeführten, Reſultaten über das Nordlicht zieht Richardſon aus ſeinen Beobachtungen noch folgende*):

1) Eine niedrige Temperatur ſcheint dem hellen Stralenſchießen günſtig zu ſein, indem ſelten eine große Bewegung Statt fand, und die prismatiſchen Farben ſelten erſchienen, wenn die Temperatur über 0° ſtand.

2) Ein beweglicher Lichtglanz beim Nordlicht erſcheint ſeltener am erſten Viertel eines Tages und bei Vollmond, als bei einer andern Lichtgeſtalt deſſelben, war aber am dritten Viertheil eines Tages und im Neumonde am öfterſten zu ſehen.

3) Man ſah am Bärenſee in den Jahren 1825 — 1826 343 Mal ein Nordlicht, ohne daß man ein Geräuſch dabei vernommen hätte.

4) Der Umſtand, daß man das Nordlicht in einigen Fällen die untere Fläche dichter Wolken beleuchten ſahe, läßt ſchließen, die Höhe des Nordlichtes ſei nicht ſehr bedeutend. Als Dr. Richardſon und Kendall am Bärenſee im Frühlinge des Jahres 1826 ihre Ausflüge machten, ſah erſterer das Nordlicht ſehr glänzend und in voller Bewegung, während letzterer kein Funkeln daran wahrnahm, und doch war letzterer nur 20 Meilen (engl.) von erſterem entfernt.

5) Das Goldblattelektrometer, welches am Obſervatorium aufgeſtellt war, wurde nie von einem Nordlichte afficirt.

6) Bei vier Gelegenheiten ſah man das Blitzen des Nordlichtes ſehr deutlich vor dem gänzlichen Verſchwinden des Tageslichtes, und oft bemerkte man, daß ſich ſelbſt zur Tageszeit die Wolken in Reihen und Bögen angeordnet hatten, wie dieſes bei einem Nordlichte der Fall iſt.

Hanſteen **) macht, nach zahlreichen, zu Chriſtiania über die Nordlichter angeſtellten, Beobachtungen folgende Bemerkungen darüber:

1) Wiewohl die kurzen Tage in den Monaten November, December, Januar und Februar die Beobachtung des Nordlichtes begünſtigen, ſieht man es doch, wie auch ſchon Mairan bemerkt hat, häufiger in den Zeiten der Tag- und Nachtgleiche oder bald nach derſelben, als in anderen Zeiten des Jahres.

2) In den letzten 10 bis 12 Jahren hat die Häufigkeit des Nordlichtes ſehr zugenommen, und ſo häufig, wie in den Tag- und Nachtgleichen, im Herbſt 1830 und Frühjahr 1831 wurde es ſeit 1793 nicht in Chriſtiania geſehen.

Hanſteen fährt fort:

„Es iſt klar, daß wir jetzt an einer neuen Nordlichtperiode ſtehen. Die vorige fing 1707 mit dem merkwürdigen Nordlicht an, welches der berühmte Ole Römer in Kopenhagen beobachtete (einige wenige ſchwache waren jedoch einige Jahre früher von ihm bemerkt worden), war um 1752 am ſtärkſten und hörte um 1790 auf, worauf eine Pauſe von etwa 20 bis 25 Jahren eintrat, während welcher nur im hohen Norden Nordlichter, und noch dazu ſchwache, geſehen wurden.

---

*) Baumg. V. 247.

**) Pogg. XXII. 534.

Von ſolchen Perioden habe ich geglaubt, ſeit dem Jahre 502 vor Chriſti Geburt bis auf unſere Zeit 24 nachweiſen zu können, von welchen beſonders die neunte, von 541 bis 603, die zwölfte, von 823 bis 887, die zweiundzwanzigſte, von 1517 bis 1588, und die vierundzwanzigſte, von 1707 bis 1788 ſich durch ungewöhnlich ſtarke und häufige Nordlichter auszeichneten".

Farquharson*) führt neuerdings wieder mehrere Belege an, daß das Nordlicht hauptſächlich ſolchen Winden vorausgeht oder ſie begleitet, welche ſtarke Kälte bringen (zu Alford, dem Beobachtungsorte, W. und SW. Winde).

Ferner führt derſelbe unter mehrern andern Einzelheiten in den Beobachtungen, welche auf einen Zuſammenhang des Nordlichtes mit der Verdichtung der Dünſte und Wolkenbildung hinweiſen, auch die an, daß während der ganzen Zeit eines Nordlichtes ſich ein nebelichtes Licht über dem Gipfel einer Wolke zeigte, die einen ſtationären Stand über dem Gipfel eines großen Hügels hatte, ungeachtet dieſe Wolke ganz außer dem Bereich des übrigen Nordlichtes lag.

Da nach den übereinſtimmenden Angaben von Kries (in Gotha) und Gerling (in Marburg)**) in dem dunkeln Segmente, welches der letzte Nordlichtbogen vom 7. Januar 1831 einſchloß, Sterne ohne Schwächung ihres Glanzes ſichtbar waren, ſo iſt dies ein Beweis, daß dieſes dunkle Segment des Nordlichtes nicht, wie man wohl vermuthet hat und der Anſchein wirklich zu glauben verleiten kann, eine gewöhnliche Wolke iſt.

Dove ſchließt aus correſpondirenden Beobachtungen eines Nordlichtes, welches am 20. December 1830 von entfernten Stationen aus beobachtet ward, daß die Höhe deſſelben an ſeinen oberen Gränzen nicht über 4000 Fuß betragen haben könne (Pogg. XX. 336).

Einen Nordlichtsbogen von ganz ungewöhnlicher Form beobachtete Field***) am 9. März 1831 zu Fayetteville in Nordamerika. Derſelbe bildete nämlich nicht wie gewöhnlich einen einzigen regelmäßigen Kreisbogen, ſondern beſtand aus mehreren mit einander verbundenen Kreisſtücken von verſchiedenen Durchmeſſern, wie man ſie durch Verbiegung eines einzigen Kreisbogens erhalten könnte. Die nähere Beſchreibung und Abbildung ſ. in Pogg. Ann. XXIII. 158.

---

*) Philos. transact. 1830. P. I. p. 111, 114.

**) Pogg. XXII. 453, 454.

***) Field, der zu Fayetteville in den vereinigten Staaten Nordamerika's ſeit mehreren Jahren ein meteorologiſches Tagebuch führt, bemerkt, daß er in den 10 Jahren von 1820 bis 1830 im Durchſchnitt jährlich etwa 18 Nordlichter geſehen habe, daß aber in den 12 Monaten, vom Mai 1831 rückwärts gerechnet, allein 56 ſichtbar waren (Pogg. XXIII. 158.).

Über das Nordlicht vom 7. Januar 1831.

Dieſes Nordlicht iſt wegen der Schönheit, mit der es ſich gezeigt hat — denn unter allen ſeit dem 22. October 1804 im mittlern Europa ſichtbar gewordenen Nordlichtern iſt es unſtreitig das größte und prachtvollſte geweſen — und der großen Menge von Orten, an denen es beobachtet worden iſt, unſtreitig eins der merkwürdigſten, ſo daß einige Nachrichten darüber hier nicht am unrechten Orte ſein werden. Sie ſind entlehnt aus der ſehr guten Zuſammenſtellung, welche über dieſes Nordlicht in Pogg. Ann. XXII. 434, 534 gegeben iſt, wo man auch detaillirte einzelne Beſchreibungen dieſes Nordlichtes, die wir hier übergehen zu müſſen glauben, finden wird *).

Was zunächſt die Sichtbarkeit des Meteors betrifft, ſo ſcheint dieſelbe ſich über das ganze nördliche und mittlere Europa erſtreckt zu haben, namentlich über England, Norwegen, Schweden, Rußland, Preußen, Polen, Dänemark, ganz Deutſchland, die Schweiz, die Niederlande und Frankreich. In Petersburg wurde es, wegen bedeckten Himmels, nicht geſehen, dagegen aber im Gouvernement Wologda, ja ſogar in Orenburg, ferner in Dorpat, Riga, Königsberg, Warſchau, Breslau, Krakau, Wien, Trieſt, München, Genf, Brüſſel, Utrecht, Paris, Verſailles, Gosport, Bedford, Woolwich, Chriſtiania, Chriſtianſand, Stockholm und Upſala, ſo wie an unzählig vielen Puncten innerhalb dieſes großen Kreiſes. Im ſüdlichen Norwegen, namentlich in Chriſtianſand, ſo wie in Holland und England, hat es offenbar die größte Ausbildung erreicht, weniger vollkommen, doch immer noch höchſt ausgezeichnet, war es im nördlichen Deutſchland und Frankreich, und nur ſehr tief nach Süden hin erſchien es als ein bloßer Schein am Himmel, ſo daß man hie und da eine ferne Feuerbrunſt zu ſehen glaubte. In den ſchweizeriſchen Ortſchaften, ſüdlich von Bern z. B., wurden die Einwohner ſehr in Alarm gebracht, weil man glaubte, die Landleute hätten die Stadt in Brand geſteckt. In Krakau dagegen ſah das Volk in dieſem prächtigen Nordlicht ein Wahrzeichen großen Unglückes. Es ſtürzte ſchaarenweiſe nach dem Floriansthore und flehete ſchluchzend vor dem Bilde der heiligen Jungfrau um Rettung Polens aus der gegenwärtigen Bedrängniß.

Faſt überall, wo man frühzeitig genug auf das Meteor aufmerkſam wurde, nahm man es gegen 6 Uhr, an einigen Orten noch früher wahr, und die letzten Spuren deſſelben verſchwanden erſt gegen Mitternacht, in England ſogar erſt nach 1 Uhr Morgens.

Wenn man die in Deutſchland gemachten Beobachtungen mit einander vergleicht, ſo findet man ſie darin übereinkommend, daß ſie als das Blei-

---

*) Eine Literatur über dieſes Nordlicht wird man in der Literatur der meteorologiſchen Beobachtungen finden.

bende in der ſo ſehr wechſelnden Erſcheinung einen gelblichweißen Lichtbogen angeben, der am nördlichen Horizont ein dunkles Segment einſchloß, nach innen zu ziemlich gut begränzt war, nach außen aber ſich gegen den ſternhellen Himmel ins Unbeſtimmte verlief. Die Höhe dieſes dunklen Segmentes wurde in Berlin und Stettin auf 6 bis 8 Grad geſchätzt, und die Höhe des äußern Lichtrandes in Berlin auf 18° bis 20°, in Gotha (von Herrn v. Hoff) auf 25°), und in Wien (auf der Sternwarte) auf 30°. Die Verſchiedenheit dieſer Angaben mag ihren Grund zum Theil wohl in dem Mangel an genauer Meſſung und in der unbeſtimmten Begränzung des Lichtbogens haben, zum Theil auch wohl darin, daß die Höhe deſſelben, wie aus mehreren (im Original mitgetheilten) Beſchreibungen hervorgeht, wirklich nicht ganz gleich blieb im Verlaufe der Erſcheinung. Faſt an allen Orten ſah man den Scheitelpunct des Bogens nicht genau im Norden, ſondern weſtlich davon liegend, in Berlin um etwa 16° bis 18°, in Gotha 15° bis 18°, alſo ungefähr im magnetiſchen Meridian, was einige Beobachter auch eigends anführen; nur die Wiener Beobachtung macht hievon eine merkwürdige Ausnahme*), da ſie ſagt, die größte Höhe des Bogens habe vom Meridian nach Oſten abgewichen.

Sämmtliche Berichte aus dem nordöſtlichen und mittlern Deutſchland ſprechen nur von einem einzigen, während der ganzen Erſcheinung andauernden, Bogen; dagegen haben die Beobachter im nordweſtlichen Deutſchland zwei concentriſche Bogen geſehen.

über die Höhe dieſes Nordlichtes in der Atmoſphäre ſind einige Data von Hanſteen (Pogg. XXII. 483) mitgetheilt worden, die jedoch kein zuverläſſiges Reſultat geben.

über ſeine Einwirkung auf die Magnetnadel vgl. S. 117.

Zuſammenhang des Nordlichtes mit Sternſchnuppen.

Farquharſon ſchließt aus zahlreichen eigenen Beobachtungen, die er an Sternſchnuppen anſtellte**), daß ihre Entſtehung in einem weſentlichen Bezuge zu der des Nordlichtes ſtehe, daß ſie nur eine Verzweigung (branch) oder Modification deſſelben ſeien. Denn nicht nur fand er, daß ſie bei anweſendem Nordlichte viel häufiger als an anderen Abenden erſcheinen, ſondern auch, daß (bei abweſendem Nordlichte) die Richtung ihrer Bewegung in deutlicher Beziehung zu der Richtung des magnetiſchen Meridianes ſtand, mit welcher bekanntlich ihrerſeits die Erſcheinung des Nordlichtes in Bezug ſteht. In den bei Weitem meiſten Fällen nämlich nahmen die Sternſchnuppen ihren Urſprung in der Gegend, nach welcher das obere Ende der Neigungsnadel hinneigt, und bewegten ſich von da in der Richtung des magnetiſchen Meridianes, alſo parallel mit der Richtung, welche die von den Nordlichtsbogen ausgehenden Streifen (streamers) nahmen.

---

*) Zeitſchrift für Phyſik und Mathematik. Band IX. S. 212.

**) Philos. transact. 1830. P. I. p. 170.

War aber dies nicht der Fall, ſo bewegten ſie ſich in Ebenen, ſenkrecht auf die Richtung des magnetiſchen Meridianes, alſo in ſolchen Ebenen, welche denen der Nordlichtsbogen (fringes) parallel ſind. Farquharſon beobachtete ſogar eine Succeſſion von 3 oder 4 oder mehr kurz nach einander fallenden Sternſchnuppen, deren Bahn ſämmtlich innerhalb derſelben auf den magnetiſchen Meridian ſenkrechten Ebene, oder innerhalb einer ſo ſchmalen Zone, als ein Nordlichtsbogen einnehmen würde, fielen; und nach einer beträchtlichen Zeit wieder eine ähnliche Succeſſion von Sternſchnuppen, die in einer andern dergleichen, nur weiter ſüdlich gelegenen, Zone ſich bewegten, als wenn die Ebene der Bewegung ſich eben ſo wie ein Nordlichtsbogen ſüdlich fortbewegt hätte.

XI. Temperaturverhältniſſe.

Über Veränderungen der urweltlichen Temperatur.

Bekanntlich hegt Cuvier[*]) die Anſicht, daß die Elephanten, welche das foſſile Elfenbein lieferten, in den Ländern, wo man gegenwärtig ihre Knochen findet, lebten und wohnten, und daß eine plötzliche, jene Länder betreffende, Erkältungsurſache Urſache ihres Verſchwindens daſelbſt ſei, da ſich ſonſt nicht erklären laſſe, wie, zufolge einiger bekannten Fälle, die Gerippe dieſer Thiere zuweilen noch mit Fleiſch umgeben dort vorgefunden werden konnten [**]).

Nach den neuerdings von Humboldt [***]) gegebenen Erörterungen iſt indeß der Schluß, den Cuvier von dieſen Umſtänden aus auf eine plötzliche Erkältung macht, nicht ſo bindend, als es dem erſten Anblick nach ſcheinen möchte, da die Kälte der unterirdiſchen Schichten, welche, ungeachtet der Wärme der gegenwärtigen Sommer in Sibirien, auch jetzt noch dort in einer Tiefe ſchon von 5 bis 6 Fuß herrſcht, die Conſervation dieſer Thiere, die durch ſchwache Erdſtöße, Riſſe im Boden u. dgl. darein verſenkt worden ſein konnten, recht wohl erklärt, ohne nöthig zu haben, zu einer plötzlichen Erkältungsurſache ſeine Zuflucht zu nehmen. Daß übrigens dieſe Thiere früher in jenen Regionen zu leben vermochten, wo es jetzt nicht mehr der Fall iſt, geſchah wahrſcheinlich vermöge „des Einfluſſes der innern Erdwärme, die durch Spalten in der oxydirten Kruſte, in den nördlichſten Regionen mit der Atmoſphäre in Verbindung ſtand".

---

[*]) Cuvier Ossemens fossiles T. I. p. 203 oder Pogg. XXIII. 104.

[**]) Folgendes ſind Cuvier's Worte: „Alles macht es ungemein wahrſcheinlich, daß die Elephanten, welche das foſſile Elfenbein lieferten, in den Ländern, wo man gegenwärtig ihre Knochen findet, lebten und wohnten. Sie können nur durch eine Umwälzung, welche alle damals lebenden Thiere tödtete, oder durch eine Veränderung des Klima's, welche ihre Fortpflanzung daſelbſt hinderte, verſchwunden ſein. Was aber auch die Urſache davon ſei, ſo hat ſie ſehr plötzlich wirken müſſen. — Wäre die Kälte gradweiſe und langſam eingetreten, ſo würden dieſe Knochen, und noch vielmehr die weichen Theile, von denen dieſe noch zuweilen umgeben ſind, Zeit gehabt haben ſich zu zerſetzen, wie die, welche man in heißen und gemäßigten Ländern findet. Es würde unmöglich geweſen ſein, daß ein ganzer Leichnam, wie der von Herrn Adams entdeckte, ſein Haar und ſeine Haut behalten hätte, wäre er nicht unmittelbar von dem Eiſe, das ihn uns aufbewahrt hat, eingeſchloſſen worden. Alle Hypotheſen von einer allmäligen Erkältung der Erde oder einer Veränderung in der Neigung der Erdaxe fallen mithin von ſelbſt“.

[***]) Pogg. XXIII. 105.

Übrigens zeigen ſich auch heut zu Tage noch Tiger, ganz den indiſchen ähnlich, von Zeit zu Zeit in Sibirien bis zur Breite von Berlin und Hamburg.*)

Humboldt erläutert dieſe Anſichten noch durch anderweite intereſſante Erörterungen, hinſichtlich deren wir auf die Originalabhandlung verweiſen.

Über das Gleichbleiben der mittlern Temperatur in längeren Perioden.

Libri hat durch Vergleichung der neueren, zu Florenz ſeit 1820 angeſtellten, thermometriſchen Beobachtungen mit denen, welche vor 150 Jahren 16 Jahre hindurch vom Pater **Raineri** mit Thermometern der Academia del Cimento angeſtellt wurden, gefunden, daß die aus dieſen Beobachtungen erhaltenen Mittel bis auf ganz kleine Differenzen, die wahrſcheinlich von der verſchiedenen Lage der Thermometer abhiengen, übereinſtimmen.

Dies iſt ein nicht unwichtiger Umſtand in Bezug zur Entſcheidung der Frage, ob die mittleren Temperaturen der Orte eben ſo ſeculären Veränderungen unterworfen ſind, als z. B. die magnetiſchen Kräfte.

Über Maximum und Minimum der täglichen Temperatur.

Peter Meermann hat zu Frankfurt am Main vom Jahre 1758 bis 1777 tägliche Thermometerbeobachtungen angeſtellt, bei denen er, anſtatt zu beſtimmten Stunden zu beobachten, vielmehr jedesmal das **Minimum** Vormittags und das **Maximum** Nachmittags aufzeichnete. Die zwanzigjährigen Mittel dieſer Beobachtungen für Zeiträume von 5 zu 5 Tagen durch das ganze Jahr ſind von **Thilo** in Schweigg. LVII. 257 mitgetheilt worden. Es ergeben ſich daraus folgende Reſultate, die zum Theil nur Beſtätigungen ſchon früher bekannter Sätze ſind.

a) Der Unterſchied zwiſchen dem Maximum und Minimum bleibt ſich nicht das ganze Jahr hindurch gleich. Im Ganzen iſt er im Sommer auffallend größer, als im Winter. Während er im Winter nur 2° R. beträgt, beträgt er im Sommer 8 bis 9°.

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 158.

b) Während die Wärme im Aufſteigen begriffen iſt, d. h. im Frühjahre, iſt dieſer Unterſchied immer größer als im Herbſt, wo die Wärme wieder ſinkt. So beträgt nach den zwanzigjährigen Beobachtungen am 27. März das Mittel aus dem Maximum und Minimum 5° R. und die Differenz zwiſchen Maximum und Minimum 7°; am 13. November beträgt das Mittel ebenfalls 5°, die Differenz bloß 2°½. Am 10. Mai beträgt das Mittel 11°, die Differenz 8°¼; am 26. September das Mittel ebenfalls 11°, die Differenz nur etwas über 6°¾.

c) Dagegen richtet ſich dieſe Differenz ziemlich genau nach der aſtronomiſchen Jahreszeit, indem ſie an einem Tage nach dem Sommerſolſtitium eben ſoviel beträgt, als an einem gleich weit abſtehenden Tage vor dem Sommerſolſtitium. Dies wird in der Originalabhandlung durch eine beſondere Tabelle belegt. Addirt man hier die Zahlen für die einzelnen fünftägigen Perioden vor dem Solſtitium, ſo bekommt man als Summe 208,7; addirt man eben ſo die Zahlen für die entſprechenden fünftägigen Perioden nach dem Solſtitium, ſo bekommt man 211,4 oder als mittlere Differenz für die Jahreshälfte vor dem Solſtitium 5°,80, als mittlere Differenz für die Jahreshälfte nach dem Solſtitium 5°,87.

Zeit der jährlichen mittleren Temperaturen und Temperaturextreme *).

Kämtz hat durch Berechnung von Temperaturbeobachtungen für eilf Orte **), welche zwiſchen den Parallelkreiſen von Enontekis in Lappland und Abuſheher am perſiſchen Meerbuſen (29° N. B.) liegen, gefunden, daß die Zeit des jährlichen Mittels und der Extreme der Temperaturen in keiner nachweisbaren Abhängigkeit von der Polhöhe oder ſonſtigen klimatiſchen Verhältniſſen ſteht, ſo daß im Mittel aus den Beobachtungen für jene eilf Orte die Tage des Jahres, an welchen die mittlere Temperatur eintritt, der 24. April und 21. October angeſehen werden können, der kälteſte Tag des Jahres als der 14. Januar, der wärmſte als der 26. Juli.

Ich muß allerdings bemerken, daß hinſichtlich des kälteſten Tages dies von Kämtz durch Berechnung gefundene Reſultat nicht mit der Erfahrung übereinzuſtimmen ſcheint, da aus den von Brandes für zehn Orte gegebenen, von 5 zu 5 Tagen fortſchreitenden, Beobachtungen ***) direct hervorgeht, daß die kälteſte Zeit des Jahres faſt allenthalben vielmehr um den Anfang des Jahres fällt, dagegen um die Mitte des Januar ſchon ein Abfall der Kälte eingetreten iſt, dem jedoch an mehreren Orten um das Ende des Januars eine neue Steigerung der Kälte folgt. Letzterer Umſtand möchte es auch erklärlich machen, warum Kämtz Rechnung, bei welcher bloß die ganze Mitteltemperatur des Januars in Verhältniß zu den Mitteltemperaturen der anderen Monate in Betracht gezogen wird, das Minimum um die Mitte fallen läßt.

---

*) Schweigg. LV. 377.

**) Vergl. S. 133.

***) S. Brandes Unterſuchungen über den mittlern Gang der Wärmeänderungen durch das ganze Jahr ꝛc. Leipzig 1820. oder Biot's Lehrbuch V. S. 401, 410.

Methode, den Gang der Temperatur im Jahre zu berechnen, von Kämtz *).

1) Man kann den Gang der Temperatur an einem Orte nach folgender, ſchon von Hallſtröm zu dieſem Zwecke gebrauchten, Formel beſtimmen, deren Anwendbarkeit Kämtz neuerdings noch mehr beſtätigt und erläutert hat **).

$$T_n = t + \alpha \sin [(n + \tfrac{1}{2})\, 30^\circ + \nu'] + \beta \sin [(n + \tfrac{1}{2})\, 60^\circ + \nu''] \qquad (1)$$

Hierin bedeutet T_n die Temperatur des Monats ***), deſſen Ordnungszahl n iſt, und zwar ſo, daß der Werth von $n = 0$ dem Anfang des Jahres, $n = 1$ dem Ende des erſten, $n = 2$ dem Ende des zweiten Monats u. ſ. f. entſpricht, Bruchwerthe von n aber den einzelnen Monatstagen; t bedeutet die mittlere Temperatur des Jahres als arithmetiſches Mittel aus allen 12 monatlichen mittleren Temperaturen. Die Werthe von α, ν', β, ν'' ſind für jeden Ort conſtante Größen, die aus den beobachteten 12 monatlichen Mitteln für jeden Ort beſonders zu beſtimmen ſind. Indem dies Kämtz für verſchiedene Orte gethan, fand er, daß α allgemein gleich iſt der halben Differenz zwiſchen der mittlern Temperatur des wärmſten und der des kälteſten Monats, oder, wenn M die Temperatur des wärmſten, m die des kälteſten Monats iſt, $\alpha = \frac{1}{2}(M - m)$ †); ferner fand er, daß alle Werthe, welche man an den verſchiedenen Orten für ν' erhält, ſich ſo wenig von dem conſtanten mittlern Werthe 248° 54′ entfernen, daß man befugt ſcheint, die erhaltenen Differenzen davon abzuleiten, daß die mittleren monatlichen Temperaturen, welche zur Berechnung der Conſtanten angewandt worden ſind, nicht durch eine hinlängliche Zahl Beobachtungen beſtimmt waren; wenigſtens zeigen dieſelben keine Spur irgend einer Abhängigkeit von der Polhöhe oder mittlern Wärme. Die beiden Conſtanten β und ν'' anlangend, ſo iſt eine allgemeine Beſtimmung derſelben ſchwer; da das Glied, in welchem dieſe Conſtanten vorkommen, ſtets nur einen ſehr geringen Einfluß auf die Beſtimmung der Conſtanten hat, da ferner die Unregelmäßigkeiten im Gange der Temperatur einen größern Einfluß auf die Werthe von β und ν'', als auf die von α und γ' zu äußern ſcheinen. Indeß glaubt Kämtz, man werde ſich von der Wahrheit nicht ſehr entfernen, wenn man annimmt, es ſei β ebenſo wie α eine Function von $(M - m)$, und ſetzt man der Einfachheit wegen $\beta = p\,(M - m)$, ſo findet ſich nach einem Mittel der nachher anzuführenden Data ſehr nahe $p = \frac{1}{12}$ oder

---

*) Schweigg. LV. 278.

**) Dieſe Formel iſt indeß nur da anwendbar, wo zwei jährliche Extreme Statt finden, zwiſchen den Wendekreiſen, wo in der Regel zwei Maxima und Minima vorkommen, oder wo die Temperatur mehrere Monate hindurch conſtant iſt, müßte obige Formel je nach der verſchiedenen Breite der Orte mehrere Glieder haben. Ihr Gebrauch in obiger Geſtalt iſt daher nur auf Orte außerhalb der Wendekreiſe zu beſchränken, wie auch von Kämtz geſchehen iſt.

***) Für das Folgende in Centeſimalgraden angenommen.

†) Vgl. die nachfolgende Zuſammenſtellung in dieſer Hinſicht.

$$\beta = \tfrac{1}{12}\,(M - m).$$

Die Werthe von ν'' ferner ſtimmen für alle Orte hinlänglich nahe zu dem Mittelwerthe zuſammen

$$\nu'' = 353^\circ\ 46',$$

Faßt man dieſes zuſammen, ſo wird ſich die dem nten Monate entſprechende Temperatur allgemein für alle Orte (außerhalb der Wendekreiſe) ausdrücken laſſen durch:

$$\begin{aligned} T_n = t &+ \tfrac{1}{2}\,(M - m)\sin\left[(n + \tfrac{1}{2})\,30^\circ + 248^\circ\ 54'\right] \\ &+ \tfrac{1}{12}\,(M - m)\sin\left[(n + \tfrac{1}{2})\,60^\circ + 353^\circ\ 46'\right] \quad (2) \end{aligned}$$

2) Um die Zeit, wo die mittlere Jahrestemperatur t eintritt, zu finden, hat man n durch folgende Gleichung zu beſtimmen *):

$$\alpha \sin\left[(n + \tfrac{1}{2})\,30^\circ + \nu'\right] + \beta \sin\left[(n + \tfrac{1}{2})\,60^\circ + \nu''\right] = 0$$

Die Zeit der größten und kleinſten Jahrestemperatur andererſeits ergiebt ſich durch die Gleichung **):

$$\alpha \cos\left[(n + \tfrac{1}{2})\,30^\circ + \nu'\right) + 2\beta \cos\left[(n + \tfrac{1}{2})\,60^\circ + \nu''\right] = 0$$

Stellt man die nach dieſen Formeln berechneten Tage, an welchen die mittleren Temperaturen, ſo wie die, an welchen die Extreme eintreten, für verſchiedene Orte zuſammen, ſo findet man, wie ſchon S. 129 erwähnt wurde, daß die Werthe für dieſe Tage für die verſchiedenen Orte nahe zuſammenfallen, und daß die Statt findenden Differenzen keine Spur einer Abhängigkeit von der Polhöhe oder der ſonſtigen Beſchaffenheit des Klima's zeigen, daher ſie in der That nur von der unzureichenden Zahl angeſtellter Beobachtungen abzuhängen ſcheinen. Nimmt man das Mittel aus den für die weiterhin anzugebenden eilf Orte erhaltenen Werthe, ſo findet man:

Tage der mittlern Temperatur:	24. April und 21. October;
Kälteſter Tag des Jahres	14. Januar;
Wärmſter Tag des Jahres	26. Julius.

3) Die im Vorigen ausgeſprochenen Reſultate ſetzen uns in den Stand, die mittleren Temperaturen von Orten zu beſtimmen, wo der Thermometerſtand kein ganzes Jahr hindurch aufgezeichnet iſt. Ziehen wir nämlich in Betracht, daß die Änderungen der Temperatur von einem Monat bis

---

*) Für ſie nämlich wird in Gleichung (1) der Werth $T_n = t$.

**) Sie ergiebt ſich, indem man das Differenzial der Gleichung (1) gleich Null ſetzt. Übrigens ſcheint mir doch, da im Januar nicht ſowohl ein Minimum, als vielmehr zwei Minima der Temperatur nach Brandes Unterſuchungen Statt finden, die Anwendung der obigen Formel zur Beſtimmung deſſelben einiger Bedenklichkeit zu unterliegen. Vgl. S. 130.

zum folgenden von dem Werthe von M — m abhängen, ſo dürfen wir die letztere Größe nur aus der erſtern herleiten; haben wir dann M — m beſtimmt, ſo dürfen wir nur die Temperaturen der gegebenen Monate vermittelſt der Formel (2) berechnen und daraus die mittlere Temperatur herleiten. Vergleichungen, welche **Kämtz** für Orte angeſtellt, deren mittlere Temperaturen durch länger fortgeſetzte Beobachtungen gefunden ſind, haben ihm ergeben, daß dieſes Verfahren in der That Reſultate giebt, welche der Wahrheit ſehr nahe kommen.

Unter den Belegen zu 3) wird man die Berechnung nach dieſer Methode durch einige Beiſpiele erläutert finden.

Belege zu vorſtehenden Beſtimmungen.

Zu 1) Man findet in folgender Tabelle die Werthe von α, ν, β, ν'', wie ſie ſich durch directe Berechnung für die nachſtehenden eilf einzelnen Orte ergeben haben. Beigefügt ſind die unmittelbar aus den Beobachtungen gezogenen Werthe $\frac{1}{2}$ (M — m) und $\frac{1}{10}$ (M — m), mit welchen α und β coincidiren ſollen, während ν und ν'' nach dem Vorigen eigentlich für alle Orte einen conſtanten Werth behalten ſollen. Man erkennt daher aus der folgenden Tabelle, mit welcher Annäherung dies nach den bisherigen Beobachtungen Statt findet. Dieſe ſind jedoch für manche der angeführten Orte noch nicht lange genug fortgeſetzt.

Orte.	Zahl der Beobachtungsjahre.	a	$\frac{1}{2}(M-m)$	β	$\frac{1}{30}(M-m)$	r'	r''
Enontekis . . .	3	16,620	16,695	1,0558	1,1130	251° 59'	347° 21'
Chriſtiania . . .	12	10,639	10,595	1,1865	0,7063	249 26	404 29
Upſala	30	10,980	11,290	0,5932	0,7520	251 23	390 15
Fort Sullivan . .	4	11,449	11,785	0,2729	0,7857	243 31	331 3
Mancheſter . . .	25	6,718	6,555	0,5336	0,4370	249 46	342 32
Turin	20	11,156	11,180	1,0055	0,7453	252 41	313 41
Padua	7	11,696	11,795	0,6382	0,7863	245 52	351 17
Rom	17	8,133	7,945	0,6825	0,5330	245 21	356 14
Capſtadt . . .	8	4,845	5,105	0,7111	0,3403	249 38	327 43
Fort Johnſton . .	4	8,440	8,105	0,2705	0,5403	250 31	378 23
Abuſchehr . . .	1	9,854	9,445	0,8746	0,6297	247 47	322 20
Summe der Mittel		110,550	110,435	7,8344	7,3639	248 54	353 46

Zu 2) In folgender Tabelle iſt eine Zuſammenſtellung der Tage gegeben, an welchen an den verſchiedenen obgenannten Orten die Mittel und Extreme nach der Berechnung eintreten würden.

Orte.	Tage des Mittels.		Tage der Extreme.	
Enontekis .	28. April	22. Oct.	20. Jan.	26. Juli
Chriſtiania .	3. Mai	14. —	17. —	20. —
Upſala . .	22. April	19. —	16. —	21. —
Fort Sullivan	26. —	26. —	24. —	29. —
Mancheſter .	27. —	23. —	12. —	27. —
Turin . . .	18. —	26. —	3. —	27. —
Padua . . .	20. —	15. —	15. —	26. —
Rom . . .	1. Mai	24. —	16. —	1. Aug.
Capſtadt . .	19. April	21. —	(4. Febr.)	(6. Juli)
Fort Johnſton	21. —	19. —	13. Jan.	21. —
Abuſheher .	23. —	22. —	12. —	18. —
Mittel . .	24. —	21. —	14. —	26. —

Zu 8) **Beiſpiel der Berechnung.** Nach fünfjährigen Beobachtungen von **Marabitti** iſt die mittlere Temperatur von **Palermo** 16° 77 (**Schouw's** Pflanzengeographie S. 212). Geſetzt, es wäre dort nur drei Monate beobachtet, etwa im Januar, Mai und September, ſo läßt ſich das Jahresmittel aus dieſen folgendermaßen annähernd beſtimmen. Es iſt die Temperatur

Januar 10°,78
Mai 17 ,71 Unterſchied 6,93
September 21 ,57 — 3,86

Die Summe der Unterſchiede beträgt demnach 10°,79. Wir dürfen dieſe Summe nur an einem andern Orte, wo die Größe von M — m bekannt iſt, aufſuchen. In Rom haben wir die Temperatur im

Januar 7°,70
Mai 17 ,77 Unterſchied 9,99
September 20 ,76 — 2,99

Es iſt mithin die Summe der Unterſchiede 12°,98. Der Werth von M — m iſt in Rom 15°,89, er wird alſo in Palermo in dem Verhältniſſe von 12°,98 zu 10°,79 kleiner, mithin 13°,24. Setzen wir dieſe Größe in den oben gefundenen allgemeinen Ausdruck und bezeichnen wir die mittlere Temperatur mit x, ſo erhalten wir für den

Januar x — 6°,00 = 10°,78
Mai x + 2 ,24 = 17 ,71
September x — 4 ,16 = 21 ,57

und hieraus x = 16°,69, was mit der durch Beobachtungen gefundenen Größe 16°,77 vollkommen übereinſtimmt.

In **Ulea** in 65° N. B. iſt nach den Beobachtungen **Julin's** die mittlere Temperatur 0°,66 (v. **Buch's** Reiſe durch Norwegen und Lappland II. 295). Bleiben wir hier bei denſelben Monaten ſtehen, welche der

Vergleichung in Palermo zum Grunde gelegt wurden, ſo erhalten wir folgende Temperaturen

Januar	13°,54 C.		
Mai	4 ,94	Unterſchied	18,48
September	5 ,05	—	3,11

Die Summe der Unterſchiede beträgt 21°,59. Dieſe Größe mit der gleichartigen für Rom verglichen giebt $M - m = 26,49$. Darnach erhalten wir, wenn x die mittlere Jahreswärme bezeichnet,

Januar $x - 12°,72 = - 13°,54$
Mai $x + 0,88 = 4,41$
September $x + 8,33 = 8,05$

und hieraus im Mittel $x = 0°,99$, was von der durch Beobachtungen gefundenen Größe $x = 0°,66$ um ⅓ Grad abweicht.

Über Quellen- oder Bodentemperatur im Allgemeinen, von Kupffer *).

Kupffer bemerkt, daß die Quellen in bergigen Gegenden keine ſo ſichere Anzeige von der Temperatur des Bodens geben können, als die Quellen des flachen Landes, weil die erſten ihren Urſprung von Höhen haben können, wo ſie dann eine tiefere Temperatur zeigen, als ihnen nach der Lage des Ortes, wo ſie ſich befinden, zukommen würde. Auch Quellen, welche aus einem ſumpſigen Boden kommen, ſind zur Beſtimmung der Bodenwärme ungeeignet, weil ihre Temperatur durch Vermiſchung mit dem ſtagnirenden und der Wirkung der Luft ſtets ausgeſetzten Sumpfwaſſer verändert wird.

Durch Vergleichung einer namhaften Menge von Beobachtungen (ſiehe die Tabellen derſelben im folgenden Artikel) hat Kupffer **) ferner ausgemittelt:

1) daß die Quellentemperatur, ſo wie die mittlere Wärme der Luft, ſich auf demſelben Parallelkreiſe nicht gleich bleibt. Wenn man durch alle Puncte, die dieſelbe Quellen- oder Bodentemperatur haben, Linien zieht, ſo ähneln dieſe Linien, die Kupffer Iſogeothermen nennt, den (ſich auf die Temperatur der Luft beziehenden) Iſothermen darin, daß ſie dem Äquator nicht parallel ſind, weichen aber übrigens von dieſen mehrfach ab***).

2) Daß die Bodenwärme, ſo wie die mittlere Wärme der Luft, abnimmt, indem die geographiſche Breite zunimmt, aber auf eine regelmäßige Weiſe. Die Abnahme der Wärme vom Äquator nach den Polen zu geſchieht deſto raſcher, je näher man ſich dem Parallelkreiſe von 45° nähert; höher hinauf geſchieht ſie wieder minder raſch. Hieraus läßt ſich der

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 372.

**) Pogg. XV. 160.

***) Kupffer hat ſeiner Abhandlung eine Verzeichnung der Iſogeothermen zugleich mit den Iſothermen, ſo daß ſich ihr Verhältniß mit einem Blicke überſehen läßt, beigegeben.

von **Humboldt** bemerkte Umſtand erklären, warum ſie in niedrigen Breiten niedriger iſt, als die mittlere Lufttemperatur. Bekanntlich nämlich nimmt dieſe bis 20° B. ſehr wenig ab; die Bodenwärme alſo, die bis dahin immerfort abnimmt, muß in dieſen Breiten geringer ſein, ſelbſt wenn ſie am Äquator eben ſo groß war, als die mittlere Wärme der Luft. Bei einer mittlern Breite endlich holt die Bodenwärme die mittlere Wärme der Luft wieder ein, da die erſtere nicht ſo raſch abnimmt, als die letztere. In höheren Breiten endlich ſchreitet aus demſelben Grunde die Bodenwärme der mittlern Wärme der Luft voraus.

3) Hinſichtlich der Quellentemperaturen am Äquator findet man, daß diejenigen Puncte, die auf meerbeſpülte Küſten oder Inſeln fallen, eine niedrigere Temperatur haben, als diejenigen, die ſich mitten in einem großen Continente befinden. Der wärmſte Punct des Äquators befindet ſich im Innern von Africa; im Norden dieſes Punctes, wenigſtens in Breiten, die nicht über 50° gehen, haben die Iſogeothermen eine ſtarke Beugung nach Norden. Der kälteſte Bodenpunct des Äquators liegt wahrſcheinlich zwiſchen 80° weſtlicher und 60° öſtlicher Länge (von Paris) im großen Ocean zwiſchen der Weſtküſte von Afrika und der Oſtküſte von Amerika; von hier aber nimmt die Bodentemperatur nach Oſten und nach Weſten raſch zu.

4) Es iſt wahrſcheinlich, daß weder die kälteſte Bodentemperatur mit dem Pole zuſammenfällt, noch die wärmſte Iſogeotherme mit dem Äquator; doch reichen die Beobachtungen noch nicht aus, hierüber etwas Beſtimmtes feſtzuſetzen.

Gleichung für die Abhängigkeit der Quellentemperatur von der geographiſchen Breite.

Kupffer[*]) findet, daß man die Abhängigkeit der auf das Niveau der Meeresfläche reducirten, mittlern Quellentemperatur von Orten, die unter demſelben Meridian liegen, ſehr genügend durch folgende Formel ausdrücken kann:

$$t = a - b \sin^2 . l,$$

wo a und b aus den Beobachtungen zu beſtimmenden Conſtanten, l die geographiſche Breite, t die Quellentemperatur iſt. In der That ergiebt ſich mit einzelnen Ausnahmen eine ſehr genaue Übereinſtimmung der Beobachtung und Berechnung, wenn man (für Réaumur'ſche Grade) ſetzt:

Für den Meridian

	a	b
von Paris, 0° L.	21,3	20,9
von Umeo, 20° O. L.	24,4	25,6
von Ural, 60° W. L.	22,9	27,5
von Cumana 80° W. L.	24,0	33,7

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. XLII. p. 366 oder Pogg. XV. 159.

wie aus folgender Zuſammenſtellung erhellt. Die beobachtete Quellentemperatur iſt in den nachfolgenden Tabellen nicht diejenige, welche wirklich beobachtet worden iſt, ſondern die, welche man erhält, wenn man für je 250° Meter Erhebung des Beobachtungsortes über der Meeresfläche 1° R. von der wirklich beobachteten Quellentemperatur abzieht; um dadurch die Reduction auf die Temperatur zu erlangen, welche der Boden haben würde, wenn er im Niveau des Meeres läge. Dieſe Reduction iſt allerdings nur auf eine wahrſcheinliche Annahme vom Abnehmen der Temperatur mit der Erhebung über der Meeresfläche gegründet.

Meridian von Paris 0° L.			Meridian von Umeo 20° O. L.		
	berechnet.	beobachtet.		berechnet.	beobachtet.
Äquator	21,3		Äquator	24,4	
Teneriffa	16,5	14,4	Cairo	18,0	18,0
St. Yago	19,9	19,6	Berlin	8,3	8,1
Carmeaux	11,6	11,6	Carlskrona	6,7	6,8
Genf	10,4	10,3	Upſala	5,2	5,2
Paris	9,5	9,5	Umeo	3,7	2,3
Dublin	7,8	7,7	Giwartenſiäll	3,0	3,0
Keswick	7,4	7,4	Pol	— 1,2	
Edinburg	7,0	7,0			
Pol	+ 0,4				

Meridian des Ural 60° W. L.			Meridian von Cumana 80° W. L.		
	berechnet.	beobachtet.		berechnet.	beobachtet.
Äquator	22,9		Äquator	24,0	
Kisnekeiewa	4,7	4,7	Rockfort	20,9	20,9
Nigenei-Tagulsk	3,1	3,1	Cumana		20,5
Werkhotourie	2,7	2,7	Havanna	18,8	18,8
Bogolowsk	2,3	2,3	Cincinnati	10,5	10,5
Pol	— 4,6		Philadelphia	10,2	10,2
			Pol	— 9,7	

Die einzelnen Ausnahmen betreffend, ſo bemerkt Kupffer, Teneriffa liege ſchon ſehr weſtlich, gehöre mithin eigentlich nicht unter den Meridian von Paris; bei Cumana und Umeo, wo ebenfalls ſtarke Abweichungen der Rechnung von der Beobachtung Statt finden, müſſen locale Urſachen, welche die Quellentemperatur erniedrigen, zur Erklärung angenommen werden. Übrigens iſt auch in Betracht zu ziehen, daß die Formel

$$a - b \sin^2 l = t$$

nur als eine empiriſche Annäherungsformel betrachtet werden darf, da, wenn ſie genau wäre, man denſelben Werth für den Pol finden müßte, auf welchen Meridian man auch denſelben bezöge, was aber zufolge der Tabelle nicht der Fall.

Abgeſehen hievon läßt ſich nach der gegebenen Formel leicht die Bodentemperatur für jeden Breitengrad unter einem von den Meridianen, für welchen die Conſtanten beſtimmt ſind, finden, ſo wie umgekehrt für einen der genannten Meridiane die Puncte, in welchen die Quellentemperatur 5, 10, 15 ꝛc. Grade beträgt *).

Kupffer hat hievon zur Verzeichnung der Iſogeothermen Gebrauch gemacht.

Wenn die vorſtehende Formel von Kupffer nur eine empiriſche iſt, ſo hat dagegen Brewſter **) eine, mit der Natur des Problemes zuſammenhängende, Formel aufzuſtellen geſucht, unter der Annahme, daß zwei Pole der größten Kälte Statt finden, welche (was wohl eine ſehr precäre Annahme ſein möchte), in den gerade entgegengeſetzten Meridianen liegen und eine gleiche Temperatur beſitzen.

Dieſe Formel iſt folgende:

$$T = (t - r) (\sin^n \delta \, . \, \sin^n \delta') + r$$

Hierin bedeutet:

T die mittlere Temperatur irgend eines Punctes der Erdoberfläche (auf das Meeresniveau reducirt);

t das Maximum der Äquatorialtemperatur;

r die Minimumtemperatur an jedem der Kältepole;

δ und δ' die Abſtände des Ortes von jedem der Kältepole. Dieſe Abſtände werden durch die Formeln erhalten:

$$\cos \delta = \frac{\cos L \cos (l - \vartheta)}{\cos \vartheta}$$

$$\operatorname{tang} \vartheta = \cos M \operatorname{tang} L$$

Hier iſt:

L die Colatitude des Poles der größten Kälte;

l die Colatitude des Ortes;

M der Längenunterſchied zwiſchen dem Orte und dem Kältepole.

t iſt nach Brewſter nahe 82°,5 F. (28°$\frac{1}{9}$ C.), und r fällt zwiſchen 0° bis — 3°,5 F. (— 17°$\frac{7}{9}$ bis — 19°$\frac{7}{9}$ C.). Der Exponent n beträgt nahe $\frac{1}{2}$. Die Beobachtungen ſcheinen nach ihm am beſten dargeſtellt werden zu können, wenn man den amerikaniſchen Pol unter 73° N. B. und

---

*) Kupffer ſetzt zu dieſem Zwek die Formel unter folgender Form an:

$$\cos^2 l = 1 - 2 \frac{a - t}{b}$$

**) Pogg. XXI. 223 oder ausführlicher in Froriep's Notiz. Nr. 16. und 17. des XXX. Bandes.

100° W. L. von Greenwich, den aſiatiſchen Pol unter 73° N. B. und 80° O. L. ſetzt.

Über Temperaturabnahme mit der Höhe.

Bekanntlich hat man über die Temperaturabnahme, welche bei der Erhebung über die Erdoberfläche Statt findet, ausnehmend viel verſchiedene nicht unter einander übereinſtimmende Angaben *). Der Grund dieſer Nichtübereinſtimmung kann jetzt wohl als ziemlich aufgeklärt angeſehen werden. Dieſe Abnahme nämlich iſt nicht zu allen Jahreszeiten eine conſtante Größe für gleiche Höhendifferenzen, ſondern ändert ſich mit der abſoluten Temperatur der Standpuncte, von denen man ausgeht, oder iſt eine Function derſelben, und zwar in ſolcher Art, daß im Sommer (oder allgemein bei höherer Temperatur des untern Standpunctes) gleichen Temperaturdifferenzen geringere Höhendifferenzen, oder, was daſſelbe ſagt, gleiche Höhendifferenzen größeren Temperaturdifferenzen entſprechen, als im Winter. So fand Guérin **) mittelſt häufiger Erſteigung des Berges Ventoux bei Avignon, daß, um eine Temperaturverminderung von 1° R. zu erlangen, ein Erhebung nöthig war:

im Sommer von	80 Toiſen,
im Winter von	100 Toiſen,
in den Zwiſchenjahreszeiten von	90 Toiſen.

Zu denſelben Reſultaten führen in noch weiterm Umfange die gleichzeitig zu Genf und auf dem St. Bernhard angeſtellten Beobachtungen, welche wegen ihrer großen Anzahl durch ihre mittleren Reſultate zugleich dienen können, die Formeln, durch die man etwa verſuchen möchte, die von der Erhebung abhängigen Temperaturabnahmen als Function der Temperatur des untern Standpunctes auszudrücken, zu prüfen.

Nun genügt den Beobachtungen ſehr gut folgende Formel ***). Es ſei:

t die Temperatur der untern Station;
t'' die abſolute Temperatur des Planetenraumes;
c ein durch die Beobachtungen zu beſtimmender Coefficient;

dann hat man für die Erhebung um die erſten 1000 Meter eine Temperaturabnahme

$$= \frac{t - t''}{c}$$

Für die Abnahme bei der Erhebung um die zweiten, dritten, vierten 1000 Meter u. ſ. f.

---

*) Eine Zuſammenſtellung derſelben in Gehler's Wörterb. III. 1029.
**) Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 420.
***) Walz in Bibl. univ. 1830. Juin. p. 127.

$$\left(\frac{c-1}{c}\right)\left(\frac{t-t^{\circ}}{c}\right);\ \left(\frac{c-1}{c}\right)^{2}\left(\frac{t-t^{\circ}}{c}\right)$$

$$\left(\frac{c-1}{c}\right)^{3}\left(\frac{t-t^{\circ}}{c}\right)^{*)}\ \text{u. ſ. f.}$$

Der Werth von t° kann ſo wie der von c nach der vorigen Formel aus den Beobachtungen ſelbſt beſtimmt werden; und erſterer findet ſich dann = — 45° C., welcher von dem durch Fourier beſtimmten — 50° C. nicht gar zu weit abweicht; der Werth von c ergiebt ſich nach einem Mittel aus mehr als 7000 Beobachtungen = 0,094 oder merklich = $\frac{1}{11}$ **) und die gute Übereinſtimmung der nach dieſer Formel aus den verſchiedenen Beobachtungen berechneten Werthe von c, die aus der in der Anmerkung beigefügten Tabelle erhellt, ſpricht allerdings gar ſehr für die Gültigkeit dieſer Formel.

Indeß ſcheint es doch, daß die obige Beſtimmung der Conſtanten im Verhältniß zu der Temperaturabnahme, welche man aus den atmoſphäriſchen Refractionen ſchließt, eine etwas zu raſche Temperaturabnahme finden laſſen würde. Vielleicht rührt dies daher, daß Beobachtungen auf einem Berge keine den Umſtänden der Temperaturabnahme in freier Atmoſphäre ganz entſprechenden Reſultate liefern möchten.

Kupffer ***) fand bei ſeiner Erſteigung des Elbrus im Julimonat von 1300 bis 10400 Par. Fuß (Schneegränze) Erhebung über die Meeresfläche eine mittlere Temperaturabnahme von 1° R. für je 680 Fuß Erhebung, von 10400 Fuß bis 14800 Fuß Erhebung an aber 1° R. mittlere Abnahme für 690 Fuß Erhebung †).

---

*) Dieſe Formeln ſind, wie leicht erhellt, nur eine Folgerung der erſten.

**) Folgendes ſind die einzelnen Werthe, welche ſich aus den verſchiedenen Beobachtungsmitteln für c ergeben:

	Frühling.	Herbſt.	Sommer.	Winter.	Mittel.
1826	0,097	0,105	0,097	0,082	0,095
1827	0,100	0,097	0,101	0,106	0,103
1828	0,090	0,095	0,090	0,076	0,087
1829	0,090	0,090	0,095	0,095	0,093
Minimum	0,109	0,092	0,089	0,101	0,097
9 Uhr	0,095	0,091	0,078	0,091	0,090
12 Uhr	0,095	0,091	0,095	0,090	0,093
3 Uhr	0,101	0,097	0,100	0,091	0,097
Maximum	0,096	0,090	0,090	0,095	0,094
Mittel	0,099	0,091	0,095	0,090	0,094

***) Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 110.

†) Bei der untern Station von 1300 Fuß war zu derſelben Zeit die Temperatur 23° R., wo ſie in 10400 Fuß Höhe 9°,6 R. war, und in erſter Station zu derſelben Zeit 21° R., wo ſie in 14800 Fuß 1°,5 war.

Eine Bemerkung von **Forbes** über **Leslie's** Formel zur Beſtimmung der Wärmeabnahme mit der Höhe in der Atmoſphäre ſ. in Brewſter's Edinb. J. of sc. July. 17.

Über die Temperatur des Planetenraumes vgl. S. 1.

Über die Temperatur im Innern der Erde.

Zu den früheren Beobachtungen über die Zunahme der Temperatur im Innern der Erde mit der Tiefe ſind manche neue hinzugekommen:

1) Auf Veranlaſſung des Herrn Alexander von **Humboldt** ſind von 1828 bis Ende 1830 in mehreren Bergwerken des preußiſchen Staates Beobachtungen mit großer Sorgfalt angeſtellt worden, indem in den Bergwerken an ſolchen Puncten, wo es trocken iſt und kein Luftzug hindringt, Bohrlöcher in das feſte Geſtein geſchlagen, und in dieſe Thermometer, welche mit ſchlechten Leitern umgeben waren, verſenkt wurden, und zwar ſo, daß ihre Scalen daraus hervorragten. Die genaue Beſchreibung der Art, wie die Verſuche angeſtellt wurden, und detaillirte Darlegung ihrer Reſultate findet ſich in Pogg. XXII. 497.

2) Mehrere, in Bergwerksſchachten angeſtellte, Temperaturbeobachtungen von verſchiedenen Beobachtern hat **Henwood** geſammelt. Sie wurden im Grubenwaſſer ſelbſt unmittelbar bei ſeinem Austritte aus dem Geſtein, woher es kam, oder in einer geringen Entfernung davon angeſtellt. Die Tabelle dieſer Beobachtungen mit hinzugefügten Anmerkungen findet ſich im Journ. of sc. Nr. XX. p. 234 oder Baumg. VII. 218.

3) Einige neuere Angaben zu ſeinen früheren über die Temperatur der Grubenwäſſer in Cornwall fügt **Fox** in Pogg XXI. 171 zu.

Dieſe ſämmtlichen Beobachtungen bringen uns indeß in der Kenntniß des Gegenſtandes noch nicht viel weiter als früher, indem ſie zwar die Zunahme der Erdwärme mit der Tiefe beſtätigen, übrigens aber ſo ſehr von einander abweichende Werthe für die abſolute Größe dieſer Zunahme geben, daß kein Geſetz daraus abgeleitet werden kann. Ich überhebe mich daher auch der detaillirten Anführung der Beobachtungen, und will nur anführen, daß nach dem Mittel der in Preußen angeſtellten Beobachtungen bis zu einer Tiefe von 339,8 Par. Fuß unter der Oberfläche die Temperaturzunahme von 1° R. der Tiefe von 218 Par. Fuß entſpricht; daß ferner bei einer Tiefendifferenz der Thermometer von 332,95 Par. Fuß und einer Tiefe des obern unter der Erdoberfläche von 169,3 Par. Fuß der Wärmezunahme von 1° R. die Tiefe von 172°,5 entſpricht.

Temperatur des Meerwaſſers in verſchiedenen Tiefen, von Lenz *).

Lenz hat über dieſen Gegenſtand auf der Ruſſiſchen Expedition (um die Welt) in den Jahren 1823 bis 1826 ſorgfältige Verſuche mit ſeinem

---

*) Pogg. XX. 73.

Bathometer angeſtellt, indem er bei Beſtimmung der Tiefe den Winkel, den der Strick mit der Verticale macht, die Verkürzung des Strickes durch die Näſſung und ihre Verlängerung durch ihr eigenes Gewicht und das des Bathometers in Rechnung zog, bei Beſtimmung der Temperatur andererſeits die Veränderungen berückſichtigte, welche das Bathometer während des Herausziehens erfahren mußte, wie in der Originalabhandlung im Detail angegeben iſt. Folgendes iſt die Tabelle ſeiner Beobachtungen:

Nördliche Breite.	W. Länge v. Greenwich.	Tiefe in Toiſen.	Corrigirte Temperat. C.	Bemerkungen.
7°20′	21°59′	0	25,80	October 1823.
		539	2,20	Atlantiſcher Ocean.
21 14	196 1	0	26,40	Mai 1824.
		140,7	16,36	Südſee.
		413,0	3,18	
		665,1	2,92	
		914,9	2,44	
25 6	156 58	0	21,50	Februar 1825.
		167	14,00	Südſee.
32 6	136 48	0	21,45	Auguſt 1825.
		89,8	13,35	Südſee.
		214,0	6,51	
		450,2	3,75	
		592,6	2,21	
32 20	42 30	0	20,86	Mai 1826.
		1014,8	2,24	Atlantiſcher Ocean.
41 12	141 58	0	19,2	Auguſt 1825.
		205,0	5,16	Südſee.
		512,1	2,14	
45 53	17	0	14,64	Mai 1826.
		197,7	10,36	Atlantiſcher Ocean.
		396,4	9,95	

Aus dieſer Tafel laſſen ſich nun folgende Schlüſſe ziehen:

1) Die Temperatur des Weltmeeres nimmt, von 45° N. B. bis zum Äquator, bis auf 1000 Toiſen beſtändig ab. Tiefen von mehr als 1000 Toiſen ſind noch nicht unterſucht.

2) Die Abnahme der Temperatur geſchieht anfangs ſchleunig, wird immer langſamer und zuletzt faſt unmerklich.

3) Der Punct, wo die Abnahme unmerklich zu werden anfängt, ſcheint mit der größern Breite höher heraufzurücken. Bei 41° und 32° Breite liegt er zwiſchen 200 und 300 Toiſen, bei 21° bei 400 Toiſen. Bei 45° und 53° ſcheint die Beobachtung zwar eine ſehr geringe Abnahme anzuge-

ben, die Temperatur iſt noch 10° bei 400 Toiſen; allein vielleicht iſt dieſe Beobachtung durch die Nähe des Landes modificirt, da ſie im atlantiſchen Ocean nur 15° W. von Greenwich, alſo ziemlich nahe an der europäiſchen Küſte, geſchah, während die übrigen auf offener Südſee, fern von allem Feſtlande, Statt fanden. Aber auch bei der geringen Temperaturabnahme bemerkt man doch deutlich den Punct des Unmerklichwerdens derſelben bei 200 Toiſen.

4) Die niedrigſte Temperatur, die in der Tiefe gefunden wurde, war 2°,2 C., und von dieſer Temperatur ſind ungefähr alle Tiefen, wo die Abnahme unmerklich zu werden anfängt. Dieſe Temperatur rückt alſo nach Obigem mit höherer Breite immer mehr herauf, und es wäre intereſſant zu beobachten, in welcher Breite dieſelbe die Oberfläche erreicht.

Bildung des Grundeiſes.

Bekanntlich liegt die Schwierigkeit einer Erklärung des Grundeiſes *) darin, daß das auf den Froſtpunct abgekühlte Waſſer leichter iſt, als das bei einigen Graden über 0°, da das Maximum der Dichtigkeit des Waſſers auf + 3° R. fällt, ſo daß man erwarten ſollte, das Eis könne ſich nur an der Oberfläche des Waſſers bilden. Indeß ſind doch auch neuerdings wieder mehrere unzweideutige Fälle von Grundeis beobachtet worden (vergl. u. a. Berzel. Jahresber. 1831. S. 78), und es leiten namentlich die Beobachtungen von Hugi (Schweigg. J.) und Reaucourt (le Globe. 17. Févr. 1830.) zu folgender einfachen Erklärung deſſelben:

Waſſer kann, gleich vielen anderen flüſſigen Körpern, ohne zu frieren bis unter die Temperatur, wobei es erſtarrt, oder wobei es vom feſten Zuſtande in den flüſſigen übergeht, abgekühlt werden, und zwar iſt dies eben ſo gut bei ſtarker Bewegung als in völliger Ruhe der Fall. Folglich wird Waſſer in einem reißenden Strome leicht bis zu — 2 oder — 3° ohne zu frieren abgekühlt, und durch die Bewegung wird alles ſo durch einander gebracht, daß das kalte Waſſer auch auf den Boden gelangt; die hervorſtehenden Steine determiniren alsdann das Erſtarren des Waſſers in Folge des bekannten Einfluſſes, den feſte Körper auf die Kryſtalliſation haben, indem ſie ein Kern für die im Kryſtalliſiren begriffene Subſtanz werden. Erhöht ſich die Kälte noch darüber hinaus, ſo verwandelt ſich das Waſſer in eine Maſſe kleiner Kryſtalle, deren Vereinigung eine Zeit lang durch die Bewegung verhindert wird, die aber doch zuletzt Statt findet, wodurch nun die Maſſe ihre Flüſſigkeit verliert.

---

*) Die Bildung des Grundeiſes beſteht bekanntlich darin, daß bei einer ſchnell eintretenden heftigen Kälte ſich die Steine auf dem Boden von Flüſſen, von einer gewiſſen ſtarken Strömung, mit Eis überkleiden, welches auf ihnen anwächſt, ſich endlich ablöſt und auf der Oberfläche ſchwimmt, und daß bei lange anhaltender Kälte ſich zuletzt die ganze Waſſermaſſe in einen Brei von Eisnadeln verwandelt, der endlich nicht weiter fließen kann, während unterwärts das Flußbett trocken wird.

Über den Einfluß der Windesrichtung auf die mittlere Temperatur, von Dove.

Durch Berechnung 27jähriger Beobachtungen in Paris *) und 14jähriger Beobachtungen in London **) hat Dove folgende Reſultate gefunden:

1) Die Veränderung der mittlern Windesrichtung innerhalb der jährlichen Periode äußert einen merklichen Einfluß auf den Gang der Temperatur. In London wird durch die mehr nördliche Richtung im Sommer die Temperatur erniedrigt ***), durch die mehr ſüdliche im Winter erhöht. Im Frühling und Herbſt ſind die Wirkungen hier unerheblich, doch ſchließt ſich der Frühling an den Sommer, der Herbſt an den Winter an. Die unten folgende Tabelle enthält das Reſultat für beide Orte.

2) Die mittlere Windesrichtung in London für das ganze Jahr, welche als vollkommner Weſtwind anzuſehen iſt, iſt auf die mittlere Temperatur von London ohne Einfluß, da die Berechnung bloß + 0°,005 C. als Erhöhung über die mittlere Temperatur, welche ohne Einfluß des Windes Statt finden würde, ergab; dagegen bewirkt die mehr ſüdliche mittlere Windesrichtung des Jahres in Paris eine merkliche Temperaturerhöhung, indem ſie = + 0°,217 C. gefunden ward.

Folgende Tabelle enthält eine Zuſammenſtellung der Veränderungen, welche die mittlere Windesrichtung, ſowohl der einzelnen Jahreszeiten als des ganzen Jahres, in der mittlern Temperatur der Jahreszeiten und des Jahres hervorbringt. (Es ſind bloß die Differenzen von derjenigen Temperatur angegeben, welche bei Elimination des Einfluſſes der Windesrichtung Statt haben würde, in Graden C.).

	Paris.	London.	Paris.	London.
Jahr	+ 0,217	+ 0,045	WSW.	W.
Winter	+ 0,886	+ 0,321	SW.	WSW.
Frühling	+ 0,622	— 0,036	WSW.	NNW.
Sommer	— 0,777	— 0,189	W.	WNW.
Herbſt	+ 0,500	+ 0,086	SSW.	WSW.

Ein Theorem in Bezug auf die iſothermiſchen Linien, von Cauchy †).

Wenn man in einem Körper oder im Raume von einem gegebenen Puncte zu einem zweiten ſehr nahen Puncte übergehen will, der ſo gelegen iſt, daß die Differenz der an beiden Puncten vorhandenen Wärmequantitäten die größtmögliche ſei, ſo muß man der Richtung der Normale folgen, welche vom erſten Puncte auf die iſothermiſche Fläche errichtet wird, in welcher ſich dieſer (erſte) Punct befindet.

---

*) Pogg. XI. 515.

**) Ebend. XXIII. 54.

***) d. h. über diejenige erniedrigt, welche Statt finden würde, wenn alle Winde gleich oft geweht hätten oder keine mittlere Windesrichtung Statt fände.

†) Cauchy Exerc. de math. III. p. 124.

Dieſen Satz leitet Cauchy, indem er die Wärme als eine Flüſſigkeit betrachtet, als Folgerung aus folgendem allgemeinern Satze ab, der ſich auf feſte und flüſſige Maſſen jeder Art bezieht und durch mathematiſche Betrachtungen erwieſen wird:

Wenn man eine feſte oder flüſſige Maſſe durch Oberflächen, welche einander unendlich genähert ſind, in homogene Schichten theilt, und von einem beliebigen Puncte, der auf einer dieſer Oberflächen genommen wird, zu einem zweiten ſehr nahen Puncte übergeht, ſo wird die Abnahme oder Zunahme der Dichtigkeit die größtmögliche ſein, wenn der Abſtand beider Puncte ſenkrecht auf die in Rede ſtehende Oberfläche iſt.

Literatur der meteorologiſchen und phyſikaliſch-telluriſchen Beobachtungen, die ſeit Anfang des Jahres 1829 erſchienen ſind *).

Im Folgenden bedeutet Pogg. Poggendorff's Annalen; Schweigg. Schweigger's Jahrbuch; Kaſtn. N. Arch. Kaſtner's Archiv für Chemie und Meteorologie; Kaſtn. Arch. Kaſtner's Archiv für die geſammte Naturlehre.

I. Kosmiſche Verhältniſſe.

Über Beſtimmung der Dichtigkeiten des Äthers im Planetenraume, von Balz, Bibl. univ. XLIV. 113. — Über die Temperatur des Planetenraumes, von Svanberg, Bibl. univ. XLIII. 367. — Beobachtungen an Sonne, Planeten und Kometen während des Jahres 1831; Schwabe, Kaſtn. N. Arch. IV. 393. — Sonnenflecken in den Jahren 1829 u. 1830, Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 342; XLV. 392. — Vulkaniſcher (?) Heerrauch und ungewöhnliche Himmelshellungen von Kaſtner in ſ. N. Arch. IV. 124. — Feuerkugel am 26. Nov. 1831 beobachtet zu Sägel in Aremberg, Fror. Not. Nr. 10. des XXXII. Bandes S. 154.

Meteorſteine im Allgemeinen. Beitrag zur Geſchichte der Meteorſteine aus morgenländiſchen Schriftſtellern; Hammer Baumg. Zeitſchr. VII. 264. — Einige ältere Nachrichten über Meteorſteinmaſſen, von Ritter, Pogg. XVIII. 621. — Über den Urſprung der Meteorſteine But-

---

*) Dieſe Literatur iſt unſtreitig nicht vollſtändig. Die hieher gehörigen Notizen und Abhandlungen ſind in ſo vielen Werken zerſtreut, daß mehr Hülfsmittel, als mir zu Gebote ſtehen, dazu gehört haben würden, hier etwas Umfaſſendes zu liefern. Eben deshalb aber werde ich anderen, welche Gelegenheit zu Ergänzungen der obigen Literatur finden, ſehr für Mittheilung derſelben verbunden ſein, um ſie in der nächſten Lieferung dieſes Repertoriums nachtragen zu können. F.

ter, Froriep's Notiz. Nr. 3. des XXVII. Bandes S. 33 oder Bull. univ. des sc. math. et phys. XV. 239. — Neue Beiträge zu Chladni's Verzeichniſſen von Feuermeteoren und herabgefallenen Maſſen; Hoff, Pogg. XVIII. 174, 315; XXIV. 221. — Bemerkungen über Meteorſteine; Leſſon, Kaſtn. N. Arch. V. 25. — Modell zu Bahnen von Feuerkugeln; Boguslawsky, Kaſtn. N. Arch. V. 126.

Einzelne Meteorſteinfälle: in Virginien bei Richmond; Cocke in Kaſtn. Arch. XVII. 31 oder Schweigg. J. LVII. 47. — Shepard über denſelben Stein in Schweigg. J. LVII. 50; — in den vereinigten Staaten bei Drake's Creek am 9. Mai 1827; Kirkpatrik Bibl. univ. XLIII. 114; XLV. 422; auch Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 416; — zu Forſyth in Georgien am 8. Mai 1829; Sillim. Journ. XVIII. 388, oder Journ. of the royal Instit. 1831. Nr. 2. p. 415; oder Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 417; — zu Atacama; Edinb. N. phil. J. 1830. Jan. — Avril. p. 390; — am Bord eines Schiffes am 5. April 1820; Lhotſky, Baumg. Zeitſchr. VII. 253, 382; — zu Weſſely am 9. Sept. 1831; Fror. Not. Nr. 19. des XXXII. Bandes S. 298; — zu Augsburg am 13. Nov. 1831; Creuzburg Kaſtn. N. Arch. IV. 285.

Analyſen von Meteorſteinen: vom Cap, von Holger; Baumg. Zeitſchr. VIII. 279; — von Lenarto und Agram, von Holger; ebend. VII. 129; von Bohumiliz, von Holger; ebend. IX. 323; — von Louiſiana, von Shepard; Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 430. — Kupfer und Molybdän in Meteoreiſen; Stromeyer, Pogg. XXIV. 651.

Erdregen: zu Orleans am 1. Oct. 1829; Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 417; — zu Siena am 6. Mai 1830; Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 419; — Blutartige Erſcheinungen in Ägypten, Arabien und Sibirien, nebſt einer Kritik der früher bekannten; Ehrenberg, Pogg. XVIII. 477. — Sogenannte Getreide- oder Schwefelregen; Göppert, Pogg. XXI. 550.

II Phyſikaliſche Geographie und Geologie.

über den innern Bau der Erde; Leslie, N. Edinb. J. Oct.—Dec. 1828 oder Schweigg. LVI. 396. — über den Einfluß, den Waſſer, Luft, Elektricität auf Hervorbringung chemiſcher Veränderungen auf der Oberfläche der Erde äußern; Davy, Fror. Notiz. Nr. 21. des XXVIII. Bandes. — über Bildung der Erde; Davy, Edinb. N. phil. J. 1830. Jan. —Avril. p. 320. — Unterſuchung der geologiſchen Phänomene, welche am meiſten mit theoretiſchen Speculationen zuſammenhängen; Conybeare, Phil. magaz. 1831. March. 188.

Verſuche, den Unterſchied in der Schwingungszahl zu beſtimmen, welche von einem unveränderlichen Pendel auf dem königl. Obſervatorium zu Greenwich und Altona gemacht worden iſt; Sabine, Philos. transact. 1830. P. II. p. 185 (Auszug Bull. univ. XVI. 185).

Unterſuchungen über einige Revolutionen der Oberfläche der Erde, welche Beweiſe der übereinſtimmung des Aufrichtens der Lagen verſchiedener Gebirgsſyſteme und der plötzlichen Veränderungen liefern, wodurch die Gränzlinien entſtanden ſind, die man bei gewiſſen auf einander folgenden Stufen des Terrains, aus Niederſchlägen gebildet, antrifft; Beaumont, Ann. des sc. natur. XVIII. oder Fror. Not. XXVI. 97. — Revolution der Erdoberfläche, welche zwiſchen der Periode der Kreideablagerung und der der tertiären Gebirge eingetreten iſt; Beaumont, Fror. Not. Nr. 5. des XXVII. Bandes. S. 64 und Nr. 6. S. 83. — Allgemeine Betrachtungen über die Natur der Vegetation, welche die Erdrinde in den verſchiedenen Perioden ihrer Bildung bedecken; Brogniart, Ann. des sc. nat. XV. 225 oder Pogg. XV. 385.

über den geognoſtiſchen Charakter von Italien; Hoffmann, Edinb. N. phil. J. 1829. Oct. 76. — über Geologie und Vegetation von Sicilien; John Hogg, Fror. Notiz. Nr. 22. des XXVII. Bandes. 337. — Phyſikaliſche Notizen über die Bay von Neapel; Froriep's Notiz. XXIII. 193, 209. — Phyſiſche und botaniſche Geographie des Königreichs Neapel; Tenore, Fror. Not. Nr. 22. des XXVIII. Bandes. 341. — Notizen über die Geologie von Spitzbergen; Keilhau, Edinb. N. phil. J. 1829. Oct. 144.

über Höhlen: in Tonkin; Brewſter's Edinb. J. of sc. 1830. Nr. 4. p. 263; — in Booban, ebend. 268; — in Roquefort; Buzareignes, Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 362.

Entdeckung urweltlicher Excremente; Buckland, Pogg. XXI. 336. — Salſen und Feuer in Baku; Pogg. XXIII. 297.

Berge.

Höhe der Berge: der Berge im Herzogthume Steyermark aus den Protokollen der Generaldirection der K. K. Kataſtral-Landesvermeſſung ausgezogen; Baumgartner, Baumg. Zeitſchr. X. 129. — Der Berge in Tyrol, nach denſelben Quellen; derſelbe ebend. 301. — Der Berge im Herzogthum Krain, mit Einſchluß des Görzer und Trieſter Kreiſes; nach denſelben Quellen, ebend. 410. — Der Berge im ſteinigen Arabien; Rüppel, Bibl. univ. XLVIII. 47. — Die vornehmſten Gipfel der Cordilleras und Andes in Peru; Edinb. N. phil. J. 1830. Jan.—Avril. p. 350. — Einiger Berge Peru's; Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 435. — Der Berge in Thüringen, von Hoff, Kaſtn. Arch. XVIII. 401. — Barometriſche Höhenbeobachtungen von Galbraith; Jameſon's Edinb. N. philos. J. 1830. Oct.—Dec. p. 40; 1831. Jul.—Oct. p. 316. — Der höchſte bewohnte Erdenort; Kaſtner, Kaſtn. N. Arch. II. 96. — über das relative Alter der Berge, Beaumont, Froriep's Not. XXV. 81. — über Dauer der Felſen; Edinb. N. phil. J. 1830. Jan.—Avril. p. 392.

über das eigenthümliche Getöſe zu Nakuhs am Sinai; Ehrenberg, Pogg. XV. 312. — Magnetiſche Eigenſchaften des Felſens auf dem Gipfel von Arthurs Seat; Galbraith, Jameſons Edinb. N. phil. J. 1831. July—Oct. 285. — Tag- und Nachtwechſel auf den höchſten Alpen und thermometriſches Höhenmeſſen; Hugi, Kaſtn. N. Arch. IV. 131. — Wärmeſtralung und Luftelektricität auf dem großen St. Bernhard und am Genfer See; de la Rive, Kaſtn. N. Arch. II. 224. — Leuchten der Firnmaſſen; Hugi, Kaſtn. N. Arch. II. 390.

Gletſcher: das Sonſt und Jetzt derſelben; Venetz, Kaſtn. N. Arch. II. 225.

Vulkane insbeſondere.

Betrachtungen über die Urſache vulkaniſcher Ausbrüche; Guibourt, Ann. de Ch. et de Ph. XLVII. 39. — Verzeichniß von vulkaniſchen Ausbrüchen; Hoff, Pogg. VII. 159, 289; IX. 589; XII. 555; XV. 363; XVI. 33; XVIII. 38; XXI. 202. — über die ſeit 1827 bemerkten vulkaniſchen Erſcheinungen zu Lulworth. Fror. Not. Nr. 18. des XXIX. Bandes. 281. — über die Erſcheinungen der Vulkane; Davy, Baumg. V. 222. — Erſcheinungen beim letzten Ausbruche des Veſuvs; Morgan, Bull. univers. des sc. math. XII. 348; Donati im Journ. of the royal Inst. 1831. Nr. 2. p. 296. — Ausgezeichnetes Toſen des Veſuvs im Mai 1830; Kaſtn. N. Arch. IV. 121. — über das beim vulkaniſchen Ausbruche von Lanzerote ausgeworfene Waſſer; Brandes, Schweigg. LVI. 394. — über Fortpflanzung des Tones und weite Verbreitung der ausgeworfenen Materialien beim Ausbruche des Schwefelberges; Fror. Not. Nr. 18. des XXXII. Bandes S. 280.

über Bergketten und Vulkane von Inneraſien und über einen neuen vulkaniſchen Ausbruch in der Andeskette; Humboldt, Pogg. XVIII. 1, 319 oder Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 337. — über Vulkane in Japan, Klaproth, Pogg. XXI. 331 oder Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 348. —

über den neuen Meervulcan in der Nähe von Sciacca in Sicilien; Kaſtner in ſ. N. Arch. IV. 50; — verſchiedene Nachrichten ebend. 121, 279, 429; — von Brun-Tropis-Iſidore in Fror. Not. Nr. 17. des XXXI. Bandes. 257; — von Smith, ebend. Nr. 19. S. 298; — von einem Officier der Philomele in Edinb. N. phil. J. 1831. July—Oct. p. 365; — von Hoffmann (beſonders beachtenswerth) Pogg. XXIV. 65. — über den Vulkan Wimpen in Auſtralien; Wilton in Brewſter's Edinb. J. of sc. 1830. Nr. 4. p. 270. — über einen Vulkan in Neuſeeland; Fror. Not. Nr. 18. des XXXI. Bandes. 280. — über einen Vulkan in Neu-Südwallis; Mackie in Fror. Not. XXIV. 215. — über den Vulkan Kirauea; Stewart, Fror. Not. Nr. 3. des XXXII. Bandes. 65. — Erſteigung des Vulkans Mer-Api in Java und Unterſuchung ſeines Kraters; Leſchenault, Fror. Not. XXVI. 305. — über einen neuen Schlammvulcan; Fror. Not XXIII. 218. — Beſchreibung einer Reiſe nach dem Vulkan Tangkoeban-Prahor, auf Java; Fror. Notiz. Nr. 21. des XXXII. Bandes.

Erdbeben.

Entſtehung und Zuſammenhang der Erdbeben, Feuerkugeln, Nordlichter, Seuchen, magnetiſchen Abweichung ꝛc.; Reſtmann, Kaſtn. N. Arch. II. 393. — Beſchränkungen der Hypotheſe von Commun über Vulkane und Erdbeben; Bell, Sillim. J. XVI. Nr. 1. p. 511. — über einige Umſtände, welche bei Erdbeben vorkommen; Roulin, Fror. Notiz. XXIV. 246. — über die Umſtände, welche die Erdbeben in Amerika in der Republik Venezuela begleiten; Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 410. — Verzeichniß der Erdbeben von Hoff; Pogg. VII. 159, 289; IX. 589; XII. 555; XV. 363; XVI. 38; XVIII. 38; XXI. 202. — Erderſchütterungen in den Jahren 1829 und 1830; Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 347; XLV. 395. — Erderſchütterungen im Jahre 1828; Schübler, Schweigg. LIX. 33. — über die Erdbeben in Baku; Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 417. — Einiges von Erderſchütterungen in Thüringen; Hoff, Pogg. XIX. 429. — Erdbeben, am 2. Februar 1828 auf der Inſel Iſchia; Fror. Not. XXIII. 176; — im Hafen Callao in Peru; Fror. Not. XXVI. 136; — im Departement du Haut-Rhin am 7. Auguſt 1829; Bull. univ. des sc. math. XII. 350; — in Neu-Südwales; Brewſter's Edinb. J. of sc. 1829. Oct. 373; — am Miſſiſſippi; Flint, Fror. Not. XXVI. 278.

Meer.

über das Waſſer des Weltmeeres in verſchiedenen Tiefen in Rückſicht auf die Temperatur und den Salzgehalt; Lenz, Pogg. XX. 73. — über den mittlern Barometerſtand an der Nord- und Oſtſee; Rieſe, Pogg. XVIII. 130. — über die Niveaudifferenz zwiſchen dem ſtillen und atlantiſchen Meere; Pogg. XX. 131. — über Süßwaſſerquellen auf dem Boden des Meeres; Edinb. N. phil. J. 1829. Oct. 140. — über das Steigen der Gewäſſer des Oceans; Baumg. Zeitſchr. VII. 250. — über angebliche und wirkliche Veränderungen des Waſſerſtandes der Meere; Schmieder, Kaſtn. Archiv. XVIII. 332. — Phosphorescenz des Meeres im Golfe von St. Lawrence; Bonnycaſtle, Schweigg. J. LXI. 56. — Leuchten des Meeres; Ingalls, Fror. Not. XXIII. 22. — über einen neuen, das Leuchten des Meeres bedingenden lebenden Körper; Ehrenberg, Pogg. XXIII. 147. — über einen neuen, vom Meere bedeckten Wald an der Küſte von Tiree; Smith, Jameſon's Edinb. N. phil. J. 1829. April—Juny; oder Fror. Notiz. XXV. 289. — Sind die jetzigen Continente öfters vom Meere überſchwemmt worden; Prevoſt, Fror. Not. XXIV. 83.

Seen.

Beſchreibung des See's Alagul; Alexander Kazim Bey, Pogg. XXIII. 295. — über die Variationen im Waſſerſtande der großen Amerikaniſchen Seen; Dearborn, Bull. univ. des sc. math. XII. 444. — über den See bei Salzungen; Hoff, Pogg. XIX. 429. — über den Salzſee Inder im aſiatiſchen Rußland; Alexander, Edinb. N. phil. J. 1830. Jan.—Avril. p. 18. — Höhe und Temperatur des Bodenſee's im Jahre 1828; Schübler, Schweigg. LIX. 31; LXV. 56. — über periodiſches Anſchwellen von Seen und Flüſſen; Kittel, Kaſtn. Arch. XVIII. 463.

Quellen und Flüſſe.

Thatſachen in Bezug auf die Bildung der Quellen und ihre Stärke zu verſchiedenen Jahreszeiten; Henwood, Phil. mag. 1831. March. 170. — über Tönen von Mineralquellen nach Art chemiſcher Harmonika; Kaſtner, Kaſtn. N. Arch. I. 426. — über den Schluß von der Temperatur einer Quelle auf ihre Compreſſion; Bibl. univ. XLV. 64. — überſicht der Mineralwäſſer und warmen Quellen der Niederlande und eines Theils von Preußen, mit Angabe ihrer geologiſchen übereinſtimmung. Nach einem Aufſatze von Dethier, mit Anmerkungen und Zuſätzen von Courtois; Fror. Notiz. XXIV. 336. — über die Fontaine ronde, eine periodiſche Quelle im Jura; Dutrochet, Ann. de Ch. et de Ph. XXXIX. 434 oder Pogg. XV. 533. — Höhe des Neckars in verſchiedenen Jahreszeiten; Schübler, Schweigg. LIX. 32. — überſchwemmung in Oſtindien, Kaſtn. N. Arch. II. 96. — Beſtimmung der Höhe des mittlern Donauſtandes bei Regensburg über dem Meere; Schmöger, Kaſtn. Arch. XVIII. 392. — Einfluß der Jahreszeiten auf den Waſſerſtand der Brunnen; Bland, Fror. Not. Nr. 22. XXXII. 343. — über die heißen Quellen zu Anaval bei Suraat; Fror. Not. Nr. 5. XXXIII. 70. — über die Bedeutung der Mineralquellen und der Gaſexhalationen bei der Bildung und Veränderung der Erdoberfläche, dargeſtellt nach geognoſtiſchen Beobachtungen und chemiſchen Verſuchen; Biſchof, Schweigg. LXIV. 377.

Arteſiſche Brunnen.

Ramazzi, de fontium Mutinensium admiranda scaturigine. Genevae 1717; ein Auszug daraus in den Act. erud. von 1692. p. 505. — K. F. Seibmann, vom Erd- und Bergbohrer und deſſen Gebrauch. Leipzig 1823. — *Garnier*, de l'art du fontainier sondeur et des puits artésiens. 1821; zweite Auflage 1826. (Von der erſten Ausgabe erſchien im Jahre 1824 zu Wien eine deutſche überſetzung von Waldauf von Waldenſtein; auch iſt ein Auszug in Pogg. XVI. 592 gegeben). — *Héricart* Considérations géologiques et physiques sur la cause du jaillissement des eaux des puits forés ou fontaines artificielles etc. Paris 1829. — Poppe, die arteſiſchen Brunnen ꝛc. 1830. — Blume, die arteſiſchen Brunnen. 1831. — Spetzler, Anleitung zur Anlage arteſiſcher Brunnen. 1832. — Gambihler, gründliche Anweiſung ꝛc. beim Bohren arteſiſcher Brunnen. 1832. — über arteſiſche Salzſoolen und Gasbrunnen in China; Baumg. Zeitſchr. VII. 468; Pogg. XVIII. 603; Kaſtner in ſ. Archiv.

XVIII. 466 und N. Arch. II. 238. — Jacquin, arteſiſche Brunnen in Unteröſterreich; Baumg. Zeitſchr. VIII. 257. — Partſch, ebendaſ. 277; Pogg. XXI. 352. — Eine Nachricht von den meiſten arteſiſchen Brunnen, die in Frankreich gebohrt worden ſind; Dingler's polytechn. Journal XL. Heft 5. S. 395 oder Allg. Anzeiger 1831. Nr. 194. S. 2650. — Nachricht von den vier, im Schloßgarten zu Reibersdorf bei Zittau, im Nov. 1830 gebohrten Brunnen; Allgem. Anz. 1831. Nr. 95. S. 1345; Vergl. auch Pogg. XVI. 592; XXI. 352.

Farbe des Waſſers.

Davy Edinb. J. of sc. Nr. XVIII., oder Kaſtn. Arch. XVII. 223 oder Baumg. V. 238; — Jackſon Bibl. univ. XLIII. 420; — Edinb. N. phil. J. 1829. Oct. p. 193.

Eis.

über das Vorkommen ſchwimmender Eisberge in ungewöhnlich niedern Breiten der ſüdlichen Halbkugel; Horsburgh, Pogg. XVIII. 624 oder Bibl. univ. 1831. Juin. 154. — Grundeis und Eisinſeln; Hugi, Bibl. univ. XLI. 201, oder Kaſtn. Arch. XIII. 59, oder Schweigg. LVII. 408, oder Fror. Not. XXVI. 211. — über Grundeis; Berzelius, Berzel. Jahresber. 1831. 81. — über Bildung des Grundeiſes; Duhamel, Bull. univ. des sc. math. XV. 243. — über Verdunſtung des Eiſes; Schübler, in Naturwiſſ. Abh. I. 211.

Gasquellen.

über Quellen entzündlichen Gaſes in China; Edinb. N. phil. J. 1829. Oct. 103. — Natürliches Ausſtrömen entzündlichen Gaſes bei Bedlay; Thomſon, Edinb. J. of sc. 1829. June 67, oder Bull. un. des sc. math. XII. 142 oder Fror. Notiz. XXV. 177. — Entwickelung von Stickſtoffgas aus heißen Quellen; Daubeny, Bibl. univ. XLV. 374. — Kohlenſäureentbindung in der Auvergne; Fournet, Bull. univ. des sc. math. XII. 350 oder Fror. Not. XXV. 209.

II. Allgemeine meteorologiſche Verhältniſſe.

Fragmente zu einer Geſchichte der Meteorologie von Siber; Kaſtn. N. Arch. IV. 287, 420; V. 53. — über Meteorologie der Chineſen; Fror. Not. Nr. 4. XXXIII. 58. — überſicht der meteorologiſchen Veränderungen in Vergleich mit den phyſiologiſchen Erſcheinungen, nach den auf der königl. Sternwarte zu Paris angeſtellten Beobachtungen und den neueſten ſtatiſtiſchen Unterſuchungen entworfen; Guerry, Fror. Not. XXV. 33. — über Witterungsperioden von Lampadius, Schweigg. LVII. 266. —

über den Einfluß des Mondes auf die Witterung; Schübler's Schrift über dieſen Gegenſtand, Schweigg. LXIV. 348, Kaſtn. N. Arch. IV. 17, 162.

Vorherbeſtimmung der Witterung.

über die Zugvögel als Witterungspropheten; Schübler, Kaſtn. N. Arch. IV. 399. — Witterungsanzeigen von Davy; Edinb. phil. J. Nr. 10. p. 387 oder Baumg. Zeitſchr. V. 241. — über Wiegmann's Regel; Kaſtn. Arch. X. 491; XV. 495; XVI. 54. 230 und Kaſtn. N. Arch. II. 382; IV. 385.

Meteorologiſche und klimatiſche Verhältniſſe gewiſſer Orte.

Bericht über die meteorologiſchen Beobachtungen auf Duperrey's Reiſe, in Mém. de l'Acad. 1830. T. IX. p. LXXXII. — Zur Klimatologie der Schweiz in Kaſtn. N. Arch. IV. 126. — Zur Kenntniß der klimatiſchen Verhältniſſe von Grönland und Labrador, aus verſchiedenen Berichten der Miſſionäre Knuth, Mehlhoſe und Ulbricht in Kaſtn. N. Arch. IV. 132. — über das Klima von Mullye, von Tytler; Froriep's Not. Nr. 7. XXXI. 97. — über die klimatiſchen Verhältniſſe von Gießen; Fror. Not. Nr. 6. XXXI. 81. — über das Klima der Magellanſtraße; King, Fror. Not. Nr. 8. XXXI. 219. — Siebenhaar's meteorologiſche Beobachtungen auf der Schneekoppe und meteorologiſcher Apparat; Kaſtn. N. Arch. III. 85. — Zur Meteorologie in Oberguinea; Kaſtner, Kaſtn. Arch. XVIII. 152.

Allgemeine Witterungsverhältniſſe einzelner Perioden.

Beiträge zur Geſchichte der Witterung und der Krankheiten im Jahre 1831; Clarus, Radius Mittheilungen über die Cholera. 1832. Nr. 65. — über einige meteorologiſche Eigenthümlichkeiten des Sommers 1831, beobachtet zu Danzig; Radius Mittheilungen über die Cholera. 1832. Nr. 61. — über den Winter von 1829 bis 1830 und die meteorologiſche Conſtitution dieſes letzten Jahres; Baron d'Hombres (Firmas), Bibl. univ. 1831. Janv. 73. oder Baumg. Zeitſchr. IX. 480. — über die meteorologiſchen Erſcheinungen der beiden Monate September und October 1831 in Wien; Littrow, Wiener Zeitſchr. für Kunſt, Lit. ꝛc. 1832. N. 6. S. 41, Nr. 7. S. 49, Nr. 8. S. 57. — Denkwürdigkeiten der berühmten Winter von 1740 u. 1809 ꝛc. von C. G. v. H. Leipzig bei Barth. 1830.

Meteorologiſche Beobachtungen, welche das Barometer, Thermometer, Hygrometer, Wind- und Wetterverhältniſſe, alle oder wenigſtens mehrere dieſer Puncte zugleich betreffen.

A. Fortlaufende Beobachtungen.

Für Berlin (vierteljährig), Pogg. Ann. zum Schluſſe jedes Bandes; — auf dem großen St. Bernhard (monatlich), in der Bibl. univ. zum Schluſſe jedes Heftes, (jährliche überſichten in den Januarheften); —

für Boſton (monatlich), in Phil. mag. zum Schluſſe jedes Heftes; — für Cangan Cottage (vierteljährig), in Brewſter's Edinb. J. of sc. zum Schluſſe jedes Heftes; — für Edinburgh, in Brewſter's Edinb. J. of sc. am Schluſſe (jedes?) Hefts; — für Freiburg in der Schweiz, in jedem Januarhefte der Bibl. univ. — für Genf (monatlich), in Bibl. univ. zum Schluſſe jedes Hefts, (jährliche überſichten in den Januarheften); — für Gosport (monatlich), in Phil. mag. zum Schluſſe jedes Heftes; — für Kendal (vierteljährig), in Brewſter's Edinb. J. of sc. zum Schluſſe jedes Heftes; — für Leipzig, im Leipziger Tageblatt, zu Anfange jedes Montagsſtückes; — für London (monatlich), in Phil. mag. zum Schluſſe jedes Heftes; (halbjährlich) in Phil. transact. zum Schluſſe jedes Theiles eines Jahrganges; — für Montpellier (jährlich), in Gergonne Ann. de Math. in jedem Bande (XIX. 9, 308; XX. 372); — für Penzanze (monatlich), in Phil. mag. zum Schluſſe jedes Heftes; — für Paris (monatlich), in den Ann. de Ch. et de Ph. zum Schluſſe jedes Heftes und jährliche Reſultate in XLII. 337, XLV. 387 (auch Bull. univ. des sc. math. 1831. Janv. 35); — für Wien (monatlich), in Baumg. Zeitſchr. zum Schluſſe jedes Heftes.

B. Für einzelne Epochen.

Zu Aberdeen für 1829, Edinb. N. phil. J. 1830. Jan. — Avril. p. 387; — zu N. Bedford für 1827 und 1828, Silliman Amer. J. XVI. Nr. 1.; — in Connekticut für 1828, in Silliman Amer. J. 1829. Avril. p. 70 oder Bull. univ. XII. 442; — zu Cracau, ſtündliche Beobachtungen am 15. Januar und 17. Juli 1830 und am 15. Januar 1831; ferner überſicht der meteorologiſchen Beobachtungen im Jahr 1831; Weiße, Schweigg. LVIII. 215, LX. 63, LXI. 272, LXIV. 360; — zu Danzig von 1807 bis 1830, von Kleefeld; Meteorologiſche Beobachtungen, angeſtellt zu Danzig ꝛc. 1831. Halle bei Rengger; — zu Erlangen für 1829; Küttlinger, Kaſtn. N. Arch. I. 184; — zu Fayetteville (in Nordamerika) vom 30. April 1828 bis 1. Mai 1829, Americ. J. of sc. 1829. Juillet. p. 238 oder Bull. univ. des sc. math. XII. 444; — zu Frankfurt a. M. für 1826 bis 1829, im Jahrbuche zur Verbreitung naturwiſſenſchaftlicher Kenntniſſe veranſtaltet vom phyſikaliſchen Vereine zu Frankfurt für das Jahr 1831. S. 19; — in den Freiſtaaten Nordamerika's für 1822 bis 1825; Lovell, Fror. Not. XXIV. 289, 309; — zu Funchal auf Madeira für 1827 und 1828; Heinecken, Brewſter's Edinb. J. of sc. 1829. Janv. 73, Juli 34; — zu Gersfeld für 1830 und 1831; Feuchter, Kaſtn. N. Arch. II. 405, III. 52; — zu Giengen für 1828, Kaſtn. Arch. XVII. 77; für December 1830 bis Mai 1831, Kaſtn. N. Arch. IV. 1, 167, 177; — zu Gotha für 1829; Hoff, Kaſtn. N. Arch. I. 129; für 1830, ebend. II. 321; für 1831, ebend. V. 1; — zu Hamburg für November und December 1830; Maß, Kaſtn. N. Arch. IV. 297; — zu Iluluk auf Unalaſchka, für 1827 und

1828; Kupffer, Pogg. XXIII. 114; — zu Joyeuſe für 1829; Tardy de la Broſſy, Bibl. univ. XLIII. 150; — zu Isle of Man für 1826 bis 1829; Stuart, Brewſter's Edinb. J. of sc. 1830. Nr. 4. p. 249; — zu Kendal für December 1830 und Januar bis Auguſt 1831; Brewſter's Edinb. J. 1832. Jan. 183; — zu Kinfauns Caſtle für 1829; Jameſon's Edinb. N. phil. Journ. 1830. Jan. p. 387; 1831. Jan. p. 379; — zu London für 1827 bis 1829; Lubbock, Phil. transact. 1831. T. I. p. 223; — zu Maſtricht für 1829; Crahay, Quetelet's Corresp. math. VI. 179; — zu Marietta im Ohioſtaate für 1828; Hildreth, Silliman Amer. J. XVI. Nr. 1; — zu München für 1830; Siber, Kaſtn. N. Arch. II. 363; für 1805 bis 1814 (Thermometer und Barometer); Häberl, Kaſtn. N. Arch. V. 46; — auf dem Peißenberg in Baiern für 1781 bis 1791 und von 1800 bis 1809; Siber, Kaſtn. N. Arch. IV. 414; — zu Petersburg für 1830; Kupffer, Pogg. XXIII. 109; — zu Prag für 1817 bis 1827; Hallaſchka in ſeiner Sammlung dieſer Beobachtungen (Auszug in Kaſtn. N. Arch. II. 81, 88); — zu Regensburg für 1829 bis 1831; Schmöger, Kaſtn. Arch. XVII. 482., XVIII. 435; Kaſtn. N. Arch. I. 887, II. 401, IV. 140, V. 74; — in Würtemberg für 1828; Schübler, Schweigg. LVIII. 84, 205, 327.

IV. Luftdruck (Barometer) *).

über einen ausgezeichnet hohen Stand des Barometers vom 6. bis 8. Februar 1821; Meißner, Kaſtn. N. Arch. II. 130, 226. — Merkwürdige barometriſche Anomalie für Oſtſibirien; Erman, Pogg. XVII. 337. — Beobachtungen der Größe des Luftdruckes über dem Meere und Beziehung dieſes Phänomens zu den geographiſchen Coordinaten der Orte; Pogg. XXIII. 121. — Vertheilung des atmoſphäriſchen Druckes in der jährlichen Periode; Dove, Pogg. XXIV. 205.

Einfluß des Mondes auf das Barometer; Bouvard, Schweigg. LIX. 4; Flaugergues, Schweigg. LIX. 11; Schübler, Kaſtn. N. Arch. IV. 13. — Einfluß der Gewitter auf den Barometerſtand; Strehlke, Pogg. XIX. 148.

Tägliche Barometerſchwankungen.

Bouvard's allgemeine Beſtimmungen darüber, Schweigg. LIX. 129 (enthält u. a. die Reſultate 12jähriger Beobachtungen zu Paris). — Carlini's Beſtimmungen; Baumg. Zeitſchr. V. 468 (enthält u. a. die Reſultate 6monatlicher von 2 zu 2 Stunden am Tage angeſtellter correſpon-

---

*) Vgl. hiebei die Literatur S. 153 und 154.

dirender Beobachtungen an 7 Orten in Italien). — Urſachen der täglichen Änderung; **Dove**, Pogg. XXII. 219 (enthält u. a. die Reſultate einjähriger Beobachtungen, von 2 zu 2 Stunden am Tage in Apenrade angeſtellt). — Tafel, enthaltend die Änderungen von 9 Uhr Morgens bis 3 Uhr Nachmittags für viele Orte; **Bouvard**, Schweigg. LIX. 153. — Über die Größe der täglichen Änderung an verſchiedenen Orten; **Kämtz**, Schweigg. LIX. 162. — Über die Zeit der Wendeſtunden an verſchiedenen Orten; **Kämtz**, Schweigg. LIX. 159. — Tägliche Barometerſchwankungen zu Halle, nach 3jährigen Beobachtungen von 1827 bis 1829; **Kämtz**, Schweigg. LIX. 154; — zu Cöln; **Günther**, Kaſtn. N. Arch. IV. 11.

Jährliche Barometerſchwankungen.

Monatliche Mittel des Barometer- und Thermometerſtandes in der Capſtadt, vom Jahre 1819 bis zum Jahre 1826, mitgetheilt von **Lichtenſtein**; Pogg. XV. 316. — Monatliche Mittel des Barometerſtandes für 19 Orte zwiſchen 22° S. B. und 52° N. B. liegend *), zuſammengeſtellt von **Leopold v. Buch** in Pogg. XV. 357. — Monatliche Mittel, Maxima und Minima zu Kaſan und Slatouſt im Jahre 1828, mitgetheilt von **Kupffer** in Pogg. XV. 497. — Monatliche Mittel zu Calcutta, nach 3jähriger Beobachtung, von **Dove**; Pogg. XXIV. 205. — Mittlere Größe der monatlichen Veränderungen zu Stuttgart (10jähr. Beobachtung); **Schübler**, Schweigg. LXIV. 255. — Über Barometerbeobachtungen zu Bützow in den Jahren 1781 bis 1789, von **Ernſt Mizze**. 1831. Stralſund bei Löffler. 27. S. 4. — Monatliche Mittel der Barometerſtände zu Genf und auf dem großen St. Bernhard um 9 Uhr Morgens und 3 Uhr Abends, von den Jahren 1826 und 1827, in Pogg. XXII. 149; von den Jahren 1828, 1829, 1830, Pogg. XXIII. 119. — Monatliche Mittel zu Paris von 1826 bis 1827; **Bouvard**, Schweigg. LIX. 129. — Gang der monatlichen mittleren Barometeränderungen; **Buch**, Pogg. XV. 355.

Jährliche Mittel.

Zu Paris von 1816 bis 1826; **Bouvard**, Schweigg. LIX. 129; — zu Malmanger und Ullenswang in Norwegen von 1798 bis 1828; **Herzberg**, Edinb. J. of sc. Nr. XVIII. p. 292 oder Baumg. Zeitſchr. V. 491 (vgl. auch III. 248). — Mittlerer Barometerſtand an der Nord- und Oſtſee; **Rieſe**, Pogg. XVIII. 130. — Die Höhe Marburgs über dem Meere aus Barometerbeobachtungen, berechnet von **Gerling**. 1829. 8.

---

*) Capſtadt, Rio Janeiro, St. Fé de Bogota, Havannah, Natchez, Miſſiſippi, Seringapatam, Bangalore, Madras, Calcutta, Benares, Khatmandu, Macao, Cairo, Paramatta, Palermo, Isle de Leon, Madera, Paris, Berlin.

V. Hygro-Meteorologie.

Hygrometriſcher Luftzuſtand.

Über die von der Windesrichtung abhängigen täglichen und jährlichen Veränderungen der Dampfatmoſphäre; Dove, Pogg. XVI. 285. — Über die täglichen und jährlichen Veränderungen der Dampfatmoſphäre; Dove, Pogg. XVI. 293. — Über den hygrometriſchen Zuſtand der Luft in einigen Theilen von Aſien; Humboldt, Pogg. XXIII. 74. — Außerordentliche Trockenheit der Atmoſphäre in Griechenland; Edinb. N. phil. J. 1829. Oct. p. 190. — Hygrometriſche Beobachtungen mit dem Pſychrometer im nördlichen Aſien und an den Ufern des Caspiſchen Meeres, von Humboldt, in Auguſt über die Fortſchritte der Hygrometrie. Berlin 1830. S. 25. — Größe der wäſſerigen Ausdünſtung, Feuchtigkeit und Trockenheit der Luft im Jahre 1828 in Tübingen; Schübler, Schweigg. J. LVIII. 208, 209; in Stuttgart im Jahr 1830, Schweigg. LXV. 56. — Reſultate hygrometriſcher Beobachtungen, ein Jahr hindurch von 2 zu 2 Stunden am Tage mit dem Daniell'ſchen Hygrometer zu Apenrade angeſtellt; Pogg. XXII. 222.

Wolken.

Über merkwürdige Wolkenbildungen; Harvey, Brewſter's Edinb. J. of sc. 1829. Janv. p. 33, 148, oder Bull. univ. XI. 205, 366, oder Baumg. Zeitſchr. VI. 244. — Die Ringelwolke, vielleicht eine eigenthümliche Wolkenform; Kaſtner, Kaſtn. N. Arch. I. 386. — Eine merkwürdige elektriſche Wolke; Macvicar, Edinb. J. of sc. N. ser. Nr. 1. 177 oder Schweigg. J. LVI. 384.

Nebel und Heerrauch.

Über einige Beſonderheiten verſchiedenartiger Nebel; B. Mons in Nouveaux Mémoires de l'Académie royale des sciences et belles lettres de Bruxelles. T. IV. 371 oder Bull. des sc. math. et phys. 1830. Janv. 124. — Über die Bedeutung der trocknen heerrauchartigen Nebel nach Wiegmann's Regel, von Schön, Kaſtn. N. Arch. IV. 385. — Über Heerrauch und ſpäte Abendröthe; Brandes in Kaſtn. N. Archiv. IV. 387. — Über den am 11. Auguſt 1831 zu Lemberg geſehenen Höhenrauch; Toroſiewicz, Kaſtn. N. Arch. V. 65. — Zur Kenntniß des Heerrauchs; Kaſtner in ſ. N. Arch. V. 72. — Über den Heerrauch von Schmöger, Kaſtn. Arch. XVII. 65, XVIII. 462; von Schön, ebend. XVIII. 129; von Wiegmann, Kaſtn. N. Arch. I. 208; von Heß, Kaſtn. N. Arch. II. 89.

Regen.

Einfluß des Mondes auf die Menge und Häufigkeit des Regens; von Schübler in ſeiner Schrift über den Einfluß des Mondes ꝛc. — Starker Regenfall zu Calf of Man am 16. September 1830; Jameſon's Edinb.

N. phil. J. 1830. Oct.—Dec. 176. — Über die wäſſerigen Meteore auf den Zipſer Alpen in Ungarn; Rumy, Baumg. Zeitſchr. V. 57, 161. — Über Eiszapfenbildung; Merian, Kaſtn. N. Arch. IV. 125.

Regenmenge: Zuſammenſtellung der jährl. Periode der Regenmenge für 10 Gegenden Deutſchlands nach vieljähr. Beobachtungen; **Schübler**, im 9. Abſchnitte der Meteorologie der Encyclopädie der Landwirthſchaft der Deutſchen; Leipzig 1829. 132. — Regenmenge zu Bombay von 1817 bis 1827; **Adie**, Edinb. J. of sc. 1828. Janv. 367 oder Bull. univ. des sc. math. XI. 367; oder Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 366; — zu Havannah von 1821 bis 1827; Bibl. un. XLI. 33 oder Schweigg. LV. 405; — zu Syracuſe von 1805 bis 1827; Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 363; — zu Mailand von 1764 bis 1828; Baumg. Zeitſchr. VI. 244; — im Staat New-York im Jahre 1829; Brewſter's Edinb. J. of sc. 1831. Janv. p. 80; — zu Rochelle von 1777 bis 1793; Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 361; — zu Palermo; Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 362.

Schnee.

Über die Urſache der Färbung des Schnee's; Bibl. univ. 1829. Oct. p. 172 oder Baumg. Zeitſchr. VII. 240. — Über den früheſten und ſpäteſten Schnee bei Regensburg; **Schmöger**, Kaſtn. N. Arch. IV. 120. — Über die Geſtalt des Schnee's; **Quetelet**, Bull. univ. 1830. Jan. 449.

Hagel.

Über den Hagel und die elektriſchen Erſcheinungen unſerer Atmoſphäre von **Ideler**; Pogg. XVII. 435. — Über die Urſachen des Hagelwetters und die daſſelbe begleitenden Erſcheinungen von **Olmſtedt**; Schweigg. LXI. 154 oder Fror. Not. Nr. 8. XXVIII. — Über die Hagelſtürme in Indien und die Theorie der Hagelbildung überhaupt; **Reßmann**, Schweigg. LXIV. 358. — Über Bildung des Hagels; **Perevoſchtſchikoff**, Bull. univ. XVI. 259. — Bemerkenswerther Hagel zu Pordum; Bibl. univ. XLIV. 336. — Ungewöhnlicher Hagel zu Maſtricht, in Correspondance math. et phys. III. p. 95 oder Pogg. XVI. 363. — Notiz in Bezug auf Hagelfall; Bibl. univ. XLIV. 60. — Geräuſch vor dem Niederfallen des Hagels von **Morier**; Schweigg. J. LVI. 303. — Hagelwetter in Indien von **Craigie** in Jameſon's Edinb. N. phil. J. 1831. Jan. pag. 303. — Die königliche Akademie zu Paris über Hagelableiter; Mém. de l'Acad. 1830. T. IX. p. LII.

Tromben.

Von einer merkwürdigen, mit einem leuchtenden Meteore verbundenen, Windhoſe in der Gegend von Trier am 25. Juni 1829; **Nöggerath**, Schweigg. J. LVI. 377. — Tromben auf dem See von Neufchatel am 9. Juni 1830; Bibl. univ. 1830. Juin. oder Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 470.

VI. Verſchiedene Beſtandtheile der Atmoſphäre.

über die Schwankungen des Kohlenſäuregehaltes der Atmoſphäre; Sauſſure, Ann. de Ch. et de Ph. XLIV. 5 oder Pogg. XIX. 391. — Salpetrige Atmoſphäre zu Tirhoot; Pogg. XXIII 160.

VII. Wind.

über die jährlichen Perioden in den mittlern Windesrichtungen Deutſchlands; Schübler, Schweigg. LV. 135. — über die nächſte Urſache gewiſſer Winde und Stürme; Mitchell, Jameſon's Edinb. N. phil. J. 1831. Jun.—Oct. p. 288. — Einfluß des Mondes auf die Windesrichtung; Schübler in ſ. Unterſ. über den Einfluß des Mondes ꝛc. S. 23 und 41. — über den Zug der Stürme im Departement der kleinen Loire; Triſtan in Schweigg. LVII. 280. — Einfluß der Winde auf den Barometerſtand; Bouvard, Edinb. J. of sc. Nr. 17. p. 77 oder Baumg. Zeitſchr. V. 243. — über die von der Windesrichtung abhängigen Veränderungen des Druckes der trocknen Luft und der Feuchtigkeit darin; Dove, Pogg. XVI. 285; XXIV. 211. — über den Einfluß der Windesrichtung auf die mittlere Temperatur; Dove, Pogg. XXIII. 54. — über Mouſſons und Paſſat; Dove, Pogg. XXI. 177. — über den Samum; Kämtz, Schweigg. LX. 145. — über den Sirocco; Kaſtner, Kaſtn. N. Arch. I. 400; Heinecken, Brewſter's Edinb. J. of sc. 1829. July. 34. — Betrachtungen über den Nord- und Südwind; Blanc, Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 421. — Orkane und Sturmfluthen in Südcarolina; Kaſtner, Kaſtn. N. Arch. I. 408. — Bemerkenswerthe Fortpflanzung des Windes bei Albany am 12. Juli 1829; Ann. de Ch. et de Ph. XLV. 420. — Sturm zu Hauenſtein im Canton Baſel am 16. Juli 1830; Bibl. univ. XLV. 209. — Elektriſcher Wind; Black, Journ. of the royal Instit. Nr. 1. p. 198. — über ein ſich im Sturm auflöſendes Gewitter am 13. Auguſt 1830 zu Dresden; Lampadius, Schweigg. LX. 171. — Ein Sturm auf dem mittelländiſchen Meere mit Caſtor- und Polluxlichtern; Schweigg. LVII. 284 — Reſultate 9jähriger Windbeobachtungen zu Elberfeld, zuſammengeſtellt von Förſtemann; Kaſtn. N. Arch. I. 196. — über Stürme zu Cöln im Januar 1832; Günther, Kaſtn. N. Arch. V. 44.

VIII. Atmoſphäriſche und telluriſche Elektricität.

Einfluß der Elektricität der Erde auf meteorologiſche Erſcheinungen; Matteucci, Schweigg. LVII. 287; — Abhängigkeit der atmoſphäriſchen

Elektricität von der Windesrichtung; **Schübler**, Schweigg. LV. 249. — über Elektricität des Windes; **Black**, Journ. of the royal Instit. 1831. Nr. 1. p. 198. — über Wärmeſtralung und Luftelektricität auf dem großen St. Bernhard und am Genfer See; **de la Rive**, Kaſtn. N. Arch. II. 224. — Merkwürdige elektriſche Wolke; **Macvicar**, Fror. Notiz. XXV. 100 oder Schweigg. LVI. 390. — Merkwürdige elektriſche Erſcheinungen auf dem Meere, beobachtet auf dem Schiffe l'Harmonie; Fror. Not. Nr. 9. XXVII. 137. — Caſtor- und Polluxlichter bei einem Sturme; Schweigg. LVII. 284; auf dem Veſuv; **Morgan**, Schweigg. LVII. 405; auf Schiffsmaſten, **Milne**, Edinb. philos. Journ. 1830. Oct. 214 oder Schweigg. LXI. 52. — Blitzröhren bei Blankenburg; Schweigg. LVI. 481; LVII. 206; **Ribbentrob's** Schrift darüber.

über die Zahl der Gewitter über oder nahe bei Regensburg von 1774 bis 1830; **Schmöger**, Kaſtn. N. Arch. IV. 119.

Beſchreibung von Gewitter- und Blitzſchlägen.

Strehlke in Pogg. XIX. 151. — **Schmöger** in Kaſtn. N. Arch. I. 384. — **Williams** in Brewſter's Edinb. J. of sc. 1829. Janv. p. 81 oder Bullet. univ. XI. 366. — **Triſtan** in Bullet. univ. XII. 347. — **Bryant** in Schweigg. J. LXI. 48. — **Lampadius** in Schweigg. LX. 171. — **Nöggerath** in Schweigg. LXIII. 189. — **Siber** in Kaſtn. N. Arch. IV. 59. — **Neſtmann** in Kaſtn. N. Arch. IV. 120. — **Huber-Burnand** in Bibl. univ. 1831. Août. p. 443. — **Reichenbach** Baumg. Zeitſchr. X. 74. — **Lebauld de Nans** in Kaſtn. N. Arch. III. 87. — **Schön**, ebend. IV. 378.

IX. Erdmagnetismus.

Seculäre Veränderungen der Elemente des Erdmagnetismus.

Tabelle über die Variationen der Magnetnadel zu Boſton und in den umgebenden Ländern, von 1672 bis 1800; Bull. des sc. math. et ph. XV. 239; oder Edinb. J. of sc. 1829. Janv. p. 22 oder Bibl. univ. 1830. Mars. p. 249. — Eine Zuſammenſtellung und Vergleichung älterer und neuerer Abweichungs- und Neigungsbeobachtungen zur Beſtimmung des jährlichen Ganges der Abweichung und Neigung, nebſt einigen Bemerkungen über die magnetiſche Intenſität; auch einer Abweichungs- und Neigungscharte zur Erläuterung; **Hanſteen**, Pogg. XXI. 362.

Tägliche und jährliche Änderung der Elemente des Erdmagnetismus.

über den Gang der täglichen Änderung der horizontalen Intenſität; **Reich**, Pogg. XVIII. 57; **Moſer und Rieß**, Pogg. XIX. 173; —

über den Gang der horizontalen ſowohl als der ganzen Intenſität zu Spitzbergen, vom 30. Juli bis 9. Auguſt (ſtündliche Beobachtungen am Tage); Forſter, Phil. transact. 1829. 303 oder Bull. univ. des sc. math. XIII. 442. — über die regelmäßigen täglichen Veränderungen ſämmtlicher Elemente im Januar 1831 zu Berlin; Erman, Pogg. XXII. 554. — über den Gang der täglichen Variation der Declination in unſerer Hemiſphäre, nach den durch Humboldt veranlaßten correſpondirenden Beobachtungen in Berlin, Freiberg, Petersburg, Kaſan, Nicolajew, nebſt Tabellen dieſer Beobachtungen; Pogg. XIX. 357. — über gleichzeitige Störungen der täglichen Veränderung der Intenſität und Declination; Dove, Pogg. XX. 545. — über tägliche und jährliche Veränderung der Inclination in Petersburg; Pogg. XXIII. 449.

Declination insbeſondere.

Tabelle über Declination in Indien; White, Phil. mag. 1829. Août. p. 153 oder Baumg. Zeitſchr. VII. 89. — Tabellen über beobachtete Declinationen auf einer Reiſe durch Rußland, von Erman, Pogg. XVI. 143 und XVII. 335. — über die iſogoniſchen Linien im Jahre 1829; Erman, Pogg. XXI. 119. — über Declination in Berlin; Erman, Pogg. XXIII. 485. — über Declination zu Cracau; Weiße, Schweigg. LXV. 48. — über Declination in Petersburg; Erman, Mém. prés. à l'Acad. impér. des sc. de St. Pétersb. par divers savans. T. I.

Inclination insbeſondere.

Tabelle von Beobachtungen über die Inclination, gemacht auf einer Reiſe nach dem Ural, dem Altai und dem Caspiſchen Meere von Alex. v. Humboldt, zwiſchen 45° bis 60° N. B. und 42° bis 82° O. L. (von Paris); Pogg. XVIII. 335. — Tabelle über Inclination in den Jahren 1798 bis 1803 von 48° 50′ N. B. bis 12° S. B. und 3° 2′ O. L. bis 106° 22′ W. L. (von Paris), in Frankreich, Spanien, den canariſchen Inſeln, dem atlantiſchen Ocean, Amerika und der Südſee, von Humboldt; Pogg. XV. 336. — Tabellen über Inclination, beobachtet auf einer Reiſe durch Rußland; Erman, Pogg. XVI. 143, XVII. 335. — über die iſokliniſchen Linien im Jahre 1829; Erman, Pogg. XXI. 119. — über Inclination zu London; Sabine, Phil. transact. 1829. P. I. 47 (Auszug in Baumg. Zeitſchr. VII. 87). — über Inclination zu Petersburg; Kupffer, Pogg. XXIII. 449; Erman, Mém. prés. à l'Acad. impér. de St. Pétersb. par divers savans. T. I. — über Inclination in Berlin; Erman, Pogg. XXIII. 485. — Beſtimmungen der Inclination Behufs künftiger Vergleichungen in den Jahren 1826 bis 1828 von Humboldt für folgende Orte: Metz, Frankfurt a. M., Teplitz, Prag, Milliſchauer, Porphyrſchieferberg, Freiberg, Dresden; Pogg. XV. 319.

Intenſität insbeſondere.

Beobachtungen über die Intenſität; **Sabine**, Quart. J. Nr. XI. 14 oder Baumg. Zeitſchr. VIII. 221. — über die Intenſität an verſchiedenen Orten Deutſchlands und der Niederlande; **Quetelet**, Fror. Not. Nr. 9. XXVIII. oder Bibl. univ. XLIII. 360. — Intenſitätsbeobachtungen in Italien; **Quetelet**, Pogg. XXI. 153. — Tabellen über Intenſität in den Jahren 1798 bis 1803 von 48° 50′ N. B. bis 12° S. B. und 3° 2′ O. L. bis 106° 22′ W. L. (von Paris), in Frankreich, Spanien, den canariſchen Inſeln, dem atlantiſchen Ocean, Amerika und der Südſee, von **Humboldt**, Pogg. XV. 336. — Tabellen über Intenſität, beobachtet auf einer Reiſe durch Rußland, von **Erman**, Pogg. XVI. 143, XVII. 334. — über die Intenſität zu Funchal, Copenhagen, Island; **Hanſteen**, Magaz. for Naturvid. VIII. p. 314 (Bull. un. 1831. Sept. 148). — über die Abnahme der Intenſität des Erdmagnetiſmus mit der Höhe; **Kupffer**, Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 105 (Ausz. Schweigg. LVIII. 79.) — über die iſodynamiſchen Linien im Jahre 1829; **Erman**, Pogg. XXI. 119. — über Intenſität in Berlin; **Erman**, Pogg. XXIII. 485. — über Intenſität in Petersburg; **Erman**, Mém. prés. à l'Acad. impér. de St. Pétersb. par divers savans. T. I.

Einfluß des Nordlichtes auf die Magnetnadel, vgl. S. 119.

X. Atmoſphäriſche Lichterſcheinungen.

Ungewöhnliche Lichtbrechung der Atmoſphäre; **Cruikſhank**, Edinb. phil. J. Nr. 14. p. 254 oder Baumg. Zeitſchr. VII. 249. — Fata Morgana in Mittelindien; Fror. Not. XXVI. 289 oder Edinb. J. of sc. 1830. Nr. 4. p. 265. — Schatten in der Luft, von Bergen geſehen; **Grant**, Jameſon's Edinb. N. phil. J. 1830. Oct.—Dec. p. 165; **Macpherſon**, Fror. Not. Nr. 16. XXX. — über ſpäte Abendröthe in Leipzig am 25. September 1831; **Brandes**, Kaſtn. N. Arch. IV. 387; an einigen anderen Orten, ebend. IV. 391, V. 128. — Lichtmeteore im Jahre 1829 in New-York; Brewſter's Edinb. J. of sc. 1831. Jan. 80; — zu Plymouth, Brewſt. J. of sc. 1830. Nr. 4. p. 371; — zu Stralſund am 8. Januar 1829; Bull. univ. des sc. math. 1830. Mars. p. 226; — zu Augsburg am 13. November 1831; Kaſtn. N. Arch. IV. 285. — über einige atmoſphäriſche Lichterſcheinungen; **Stokes**, Phil. mag. 1829. Dec. 416. — über die ſpäte Dämmerung im Sommer 1831; **Oſann**, Kaſtn. N. Arch. V. 129.

Nebenſonnen, Nebenmonde, Höfe u. dergl.

Wahrnehmungen von Nebenſonnen, Nebenmonden und Halo's zu Gotha, nebſt einigen Bemerkungen über ſolche Erſcheinungen überhaupt; **Hoff**, Kaſtn. Arch. XVI. 57, XVII. 473. — Halo's, Nebenſonnen und Nebenmonde im Jahre 1830; **Hoff**, Kaſtn. N. Arch. II. 361. — Erklärung der Höfe und Ringe um leuchtende Körper; **Moſer**, Pogg. XVI. 67. — über eine in Danzig beobachtete Nebenſonne mit Höfen und Ringen; **Strehlke**, Pogg. XVIII. 617. — Nebenſonne am 1. Februar 1831 zu Bedford geſehen; Phil. mag. 1831. March. 232. — über einen Lichtkreis im Januar 1832 zu Cöln; **Günther**, Kaſtn. N. Arch. V. 44.

Regenbogen.

über die Theorie des Regenbogens; **Ainger**, J. of the royal Inst. 1831. Nr. 2. 281. — **Arago** Ann. de Ch. et de Ph. XXXIX. 430 oder Pogg. XV. 537; **Brewſter** in Brewſt. Edinb. J. of sc. 1829. Janv. 163 oder Bull. univ. XI. 367; **Kämtz**, Schweigg. LVI. 387; **Meyer**, Kaſtn. N. Arch. II. 391. — **Jameſon's** Edinb. N. phil. Journ. 1831. Jan. p. 310.

Nordlicht im Allgemeinen.

über die Erſcheinung des Nordlichtes und ſeine Höhe über der Erdoberfläche; **Farquharſon**, Philos. transact. 1829. 103 oder Baumg. Zeitſchr. VII. 242. — über Entſtehung des Nordlichtes; ein Ungenannter, Bibl. univ. 1830. Mars. 110 oder Baumg. Zeitſchr. VIII. 110. — über das Nordlicht, mit Berechnungen, um die Lage und den Zug (course) der Bögen im Verhältniß zur Erdoberfläche zu beſtimmen; Brewſter's Edinb. phil. J. 1831. July. 23. — Erinnerung an gewiſſe nordlichtartige vulkaniſche Erſcheinungen; **Kaſtner**, Kaſtn. N. Arch. III. 84. — **Dietmar's** Schrift über die Polarſcheine. — über den Einfluß der Nordlichter auf die Magnetnadel ſ. Literatur S. 119.

Überſichten von Nordlichtern.

Im Jahr 1830 in Schottland; Jameſon's Edinb. N. phil. J. 1830. Oct. — Dec. 177. — Überſicht von Nordlichtern in den Jahren 1828 bis 1830; Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 351, XLV. 403. — Verzeichniß der vom Juli 1830 bis April 1831 zu Chriſtiania beobachteten Nordlichter; **Hanſteen**, Pogg. XXII. 534. — Angabe der Nordlichter im Jahr 1830 von vielen Orten im Staate Neu-York; Brewſter's Edinb. phil. J. 1830. Nr. 10. p. 259. — Angabe der Nordlichter im December 1830 an verſchiedenen Orten; **Kaſtner**, Kaſtn. N. Arch. II. 376. — Angabe der Nordlichter im December 1829, Januar und Februar 1830 zu Alford, **Farquharſon**, Philos. transact. 1830. P. I. p. 95. — Angabe der Nordlichter vom 19. April 1830 bis 11. Jan. 1831 zu Bedfort; **White**, Phil. mag. 1831. April. 393 (Bull. univ. 1831. Sept. p. 145).

Beſchreibungen einzelner Nordlichter.

Zu Perth; Edinb. J. of sc. 1829. Jan. 179; — am 8. September 1827 in Auguſta; **Bawdoin**, Bibl. univ. 1830. Dec. 425 oder Fror.

Not. Nr. 9. XXVIII.; — am 1. und 26. December 1828 und 29. September 1828 zu Mancheſter; Blackwall, Phil. mag. 1829. Febr. 153; — am 23. März 1829 in Biggleswade; Maclear, Phil. mag. 1829. Mai. 373; — am 19. und 20. December 1829; Dove, Pogg. XX. 333; — am 5. und 6 Mai 1830 zu Petersburg; Kupffer, Pogg. XVIII. 611; — am 5. October 1830 in Gosport; Phil. mag. 1830. Dec. 465; — am 20. October 1830 in London; Phil. mag. 1830. Oct. 316; — am 7. Januar 1831 ſ. nachher; — im März 1831 zu Schleck in Curland (Blancs Nordlicht); Büttner, Kaſtn. N. Arch. III. 76; — am 9. März 1831 zu Fayetteville (anomaler Bogen); Pogg. XXIII. 158; — am 19. April 1831 zu Berlin und am 20. April 1831 zu Kitzingen; Kaſtn. N. Arch. III. 85.

über das Nordlicht am 7. Januar 1831 insbeſondere.

Reichhaltige Zuſammenſtellung von Beobachtungen an vielen Orten; Pogg. XXII. 434, 497; — eine andere Zuſammenſtellung in Kaſtn. N. Arch. III. 1 ff., 53 ff.; vergl. ferner Kaſtn. N. Arch. IV. 7, 134; Schweigg. LXI. 136, 266; Oken's Iſis 1831. S. 567; Baumg. Zeitſchr. IX. 212; J. of the royal Instit. 1831. Nr. 2. p. 262; Phil. mag. 1831. March. 253.

über Irrlichter, Bleſſon, Kaſtn. N. Arch. V. 29.

über Sternſchnuppen. Modell zu Bahnen von Sternſchnuppen; Boguslawsky, Kaſtn. N. Arch. V. 126.

XI. Temperaturverhältniſſe.

über die Frage, ob vor der Sündfluth ein gleichförmiges Klima auf der Erde obwaltete; H—n, Jam. Edinb. N. phil. J. 1830. Jan.—April. 320. — über Veränderungen des Klima's im Laufe der Jahrhunderte; Jameſ. Edinb. N. phil. J. 1831. Jul.—Oct. 333. — über das frühere Klima der arktiſchen Regionen; Fleming, Edinb. N. phil. J. 1829. Oct. p. 65. — Daß Klima und ſonſtige Naturverhältniſſe nur einen geringfügigen Einfluß auf den Charakter der Völker haben; Schouw, Froriep's Notiz. XXIII. 113. — Betrachtungen über die Temperatur in einigen Theilen von Aſien; Humboldt, Pogg. XXIII. 74. — über die Temperatur des Erdballes; Brewſter, Fror. Not. Nr. 16. und 17. XXX. (Einiges daraus auch Pogg. XXI. 323). — über Quellen- und Bodentemperatur; Kupffer, Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 372. — über das Klima der ſüdlichen Hemiſphäre; Chanticleer, Edinb. N. phil. J. 1829. Oct. p. 191. — über die Temperaturverhältniſſe der Schwäbiſchen Alp; Kern, Kaſtn. N. Arch. IV. 20. — über das Klima von Soolothoo und Kotgurh;

Patrik Gerhard, Fror. Not. XXIII. 65. — über das Klima von Sennaar; Brocchi, Fror. Not. XXV. 275.

über Temperaturabnahme mit der Höhe; Guérin, Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 429; Balz, Bibl. un. 1830. Juin. 127; Kupffer, Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 110.

über Temperatur im Innern der Erde vgl. S. 141 dieſes Bandes.

über den Gang der Temperatur im Jahre (enthält u. a. die monatlichen Mittel von 11 Orten); Kämtz, Schweigg. LV. 377. — über den Einfluß der Windesrichtung auf die mittlere Temperatur der Orte; Dove, Pogg. XXIII. 54. — über Vorausbeſtimmung ſtrenger Fröſte und Winterkälte; Schön, Kaſtn. N. Arch. II. 382, 385. — Mittlere monatliche Beobachtungen für vier Stunden des Tages zu Bombay im Jahr 1827; Adie, Brewſt. Edinb. J. of sc. 1829. Oct.—Avril. p. 17. — Monatliche Mittel der Thermometer- und Barometerſtände in der Capſtadt von den Jahren 1819 bis 1826; Lichtenſtein, Pogg. XV. 316. — Mittlere Wärme an der Oberfläche der Erde zu Düſſeldorf; Benzenberg, Kaſtn. N. Arch. V. 108. — Temperatur des Quellwaſſers zu Fayetteville in Nordamerika; Field, Amer. J. XV. 190 oder Kaſtn. Arch. XVII. 254. — Tägliche Maxima und Minima des Thermometerſtandes von 1758 bis 1777 in Frankfurt; Meermann, Schweigg. LVII. 257. — Mittlere jährliche Temperatur zu Funchal; Heinecken, Brewſt. Edinb. J. of sc. Vol. I. Nr. 1. 1829. July. — Mittlere Temperatur zu Kaſan; Chertakof (Beobachtungen vom 1. November 1827 bis 1. November 1828) und Bronner (vom Jahre 1814 bis 1827), Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 368. — Mittlere Thermometerſtände zu Malmangar und Ullensmang in Norwegen von 1798 bis 1828; Herzberg, Edinb. J. of sc. XVIII. 292 oder Baumg. Zeitſchr. V. 491. — über die mittlere Temperatur von 29 verſchiedenen Orten im Staate Neu-York im Jahre 1829; Brewſt. Edinb. J. 1831. Jan. p. 77. — über die mittlere Temperatur von 34 verſchiedenen Orten im Staate Neu-York im Jahre 1830; Brewſter's Edinb. J. 1831. Oct. p. 255. — Mittlere Temperatur zu Penzanſe nach 7jährigen Beobachtungen; Gibby, Edinb. J. of sc. Nr. 17. oder Baumg. Zeitſchr. V. 493. — Minima der Temperatur im Winter 1829 bis 1830 an verſchiedenen Orten; Schön, Kaſtn. N. Arch. II. 380. — Höchſte Temperatur im Sommer 1830 und 1831 zu Würzburg und ſpäte Himmelsröthe; Oſann, Kaſtn. N. Arch. II. 367; IV. 376. — Die 10 heißeſten Tage des Sommers 1830 zu Giengen; Kaſtn. N. Arch. II. 82. — Die Erlanger Temperaturen der letztern Januarwochen in den Jahren 1820 bis 1831; Küttlinger, Kaſtn. N. Arch. II. 564. — über die kalten Tage im Februar 1829 an vielen Orten; Kaſtn. Arch. XVI. 54, 230, 500; XVII. 88, 486; XVIII. 60. — über bemerkenswerthe Fröſte zu England und an anderen Orten; Bull. univ. des sc. math. 1830. Janv. 126. — über die Temperatur der letzten Woche des Januar und der erſten des Februar im Jahre 1830 zu Yverdun; Huber-Burnand, Bibl. univ.

XLIII. 355. — Über eine außerordentliche Kälte zu Yverdun, in der Nacht vom 25. zum 26. December; Huber-Burnand, Bibl. univ. XLVI. 100. — Witterungsbeobachtungen, beſonders thermometriſche, im Winter $18\frac{12}{13}$ zu Giengen, Gotha, München, Würzburg, Regensburg; Kaſtn. N. Arch. I. 194, 207, 209, 215, 380. — Kälte in Südafrika im Jahre 1829; Kaſtn. N. Arch. II. 98. — Über die kalte und regnichte Witterung des Jahres 1829; Bibl. univ. XLIII. 155.

Literatur neuerer Abhandlungen über Gegenſtände der mathematiſchen Phyſik und Mechanik.

Ich habe mich im Folgenden nicht darauf beſchränkt, die ſeit 1829 erſchienenen Abhandlungen dieſer Art anzuführen, ſondern man wird überhaupt die in folgenden periodiſchen Schriften enthaltenen oder angezeigten Abhandlungen hier angezeigt finden.

Mémoires de la classe des sciences mathématiques et physiques de l'Institut de France. T. I. — XIV.

Mémoires de l'Académie royale des sciences de l'Institut de France. T. I. — X.

Mémoires présentés par divers savans à l'Institut. T. I. — II.

Journal de l'école polytechnique. Cahier XIV. — XX.

Annales de mathématiques par *Gergonne.* T. I. — VIII. und T. XIX. — XXI. *).

Annales de Chimie et de Physique. T. I. — XLVIII. (mit Ausnahme von XXXIV., XXXV. und XXXVI.).

Bulletin universel des sciences mathématiques et physiques. 1825 bis zum Novemberheft 1831.

Bulletin de la société philomatique. 1815 bis 1825.

Exercices de mathématiques, par *Cauchy.* Livraison 1. — 51.

Philosophical transactions. P. I. 1824 bis 1831.

Commentationes soc. Gott. recent. T. I. — VI.

Abhandlungen der Berliner Akademie aus den Jahren 1804 bis 1828.

Poggendorff's Annalen. Band I. bis XXIV.

Baumgartner's Zeitſchrift. Band I. bis X.

Andere benutzte Zeitſchriften, in denen ſich bloß wenig Ausbeute gefunden oder von denen ich bloß einzelne Bände zu Geſicht bekommen konnte, ſind hier nicht mit angeführt. Durch die Benutzung des Bulletin universel hat übrigens dieſe Literatur eine viel größere Vollſtändigkeit erlangt, als es nach der vorſtehenden Aufzählung der direct von mir durchgeſehenen Zeitſchriften ſcheinen möchte, da ſich darin die Abhandlungen vieler ausländiſchen Zeitſchriften, die mir ſelbſt nicht zu Gebote ſtanden, angezeigt finden. Doch hat dies den Übelſtand mit ſich geführt, daß man mehrere Abhandlungen, die eigentlich engliſch oder italieniſch abgefaßt ſind, unter franzöſiſchen Titeln angezeigt finden wird.

---

*) Die Literatur aus den Bänden IX. bis XVIII. hoffe ich in der nächſten Lieferung mittheilen zu können; gegenwärtig konnte ich dieſe Bände nicht erhalten.

Ungeachtet der Mangelhaftigkeit dieſer Literatur, die durch den in Leipzig Statt findenden Mangel einer hinreichend vollſtändigen öffentlichen Bibliothek entſchuldigt werden mag, hoffe ich doch, daß dieſelbe nicht ganz nutzlos ſein wird, da wenigſtens keine der wichtigern neuern phyſikaliſch-mathematiſchen Abhandlungen darin fehlen dürfte, und ich durch eigne Erfahrung weiß, wie wünſchenswerth es oft iſt, nur den Ort von Unterſuchungen zu wiſſen, die theils wegen der geringen Zugänglichkeit der Quellen, theils des ſchweren Verſtändniſſes halber wenig verbreitet und nur ſelten angeführt werden. In ſpäteren Lieferungen dieſes Repertoriums hoffe ich übrigens dieſer Literatur noch mehr Vollſtändigkeit und Ausdehnung zu geben.

Der Kürze halber bezeichne ich im Folgenden das Bulletin de la société philomatique durch Bull. phil.; die Mém. de la classe des sciences math. et phys. de l'Institut durch Mém. de math. de l'Instit.; die Mém. de l'Académie royale des sciences de l'Inst. aber durch Mém. de l'Acad. — Die übrigen Abkürzungen wird man von ſelbſt leicht zu deuten wiſſen.

Überſicht der Anordnung.

I. Über verſchiedene Gegenſtände der reinen Mathematik, von beſonderer Anwendung auf phyſikaliſche Probleme.
  1) Beſtimmte Integrale;
  2) Partielle Differenzialgleichungen;
  3) Entwickelung der Functionen in periodiſche Reihen und Summation derſelben;
  4) Mittlere Werthe und Wahrſcheinlichkeitsrechnung;
  6) Variation der willkürlichen Conſtanten.

II. Allgemeine Principien und Methoden der Mechanik.

III. Verhältniſſe und Beziehungen der Kräfte im Allgemeinen. Allgemeine Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen.

IV. Über Rotation und Trägheitsaxen.

V. Gleichgewicht und Bewegung, mit Bezug auf den phyſikaliſchen Zuſtand der Körper im Allgemeinen. Druck, Zug im Allgemeinen.

VI. Gleichgewicht und Bewegung, Druck und Zug feſter Körper.

VII. Gleichgewicht und Bewegung elaſtiſcher und biegſamer feſter Körper insbeſondere. Schallſchwingungen feſter Körper.

VIII. Attraction und Repulſion.
IX. Bewegungen der Himmelskörper.
X. Geſtalt der Himmelskörper.
XI. Über verſchiedene Verhältniſſe des Planetenſyſtemes.
XII. Bewegung ſchwerer Körper, Fall, Schwerpunct.
XIII. Pendel insbeſondere.
XIV. Stoß feſter Körper.
XV. Verſchiedene Probleme der Statik feſter Körper.
XVI. Verſchiedene Probleme der Dynamik feſter Körper.
XVII. Gleichgewicht, Druck tropfbarer flüſſiger Körper.
XVIII. Capillarität insbeſondere.
XIX. Bewegung tropfbarer Flüſſigkeiten und ſchwimmender Körper.
XX. Gleichgewicht, Expanſivkraft elaſtiſch-flüſſiger Körper.
XXI. Bewegung, Schallſchwingungen elaſtiſch-flüſſiger Körper.
XXII. Verſchiedene Gegenſtände der angewandten Mechanik.
XXIII. Elektricität und Galvanismus.
XXIV. Magnetismus.
XXV. Elektromagnetismus.
XXVI. Licht.
    1) Allgemeine Unterſuchungen über das Licht.
    2) Undulationstheorie, Interferenzen.
    3) Brennpuncte, kauſtiſche Curven, gleichbeleuchtete Linien.
    4) Atmoſphäriſche Lichterſcheinungen, atmoſphäriſche Refraction.
    5) Verſchiedene ſpecielle Gegenſtände der Lichtlehre.
XXVII. Wärme.
    1) Allgemeine Unterſuchungen.
    2) Temperatur des Erdkörpers und damit in Beziehung ſtehende Probleme.
    3) Temperatur der Gaſe.
    4) Verſchiedene die Wärme betreffende Probleme.
XXVIII. Verſchiedenes.

I. Über verſchiedene Gegenſtände der reinen Mathematik, von beſonderer Anwendung auf phyſikaliſche Probleme.

1. Über beſtimmte Integrale.

1) Abel, Crelle J. II. 22.

2) Cauchy, Exerc. de math. T. I. p. 54, 92, 95, 211; II. 112, 233. — Mém. prés. par divers savans. Tom. I. 1827. p. 599—784. — J. de l'école polyt. Cah. 19. p. 571. — Bull. univ. des sc. math. III. 214. — Gergonne's Annales XVI. Nr. 4.; XVII. Nr. 3. —

ſ. Leçons de calcul infinitif. p. 130. — ſ. Mém. sur les intégrales déf. etc. Paris 1825. — Bull. philom. 1822. p. 161—174.
3) Deflers, Bull. phil. 1819. p. 161—166.
4) Dirichlet, Crelle J. IV. 94. (Ausz. Bull. univ. XI. 262—264).
5) Jacobi, Crelle J. II. 1.
6) Laplace, Mém. math. de l'Inst. T. XI. 1810. P. I. p. 279—347. — J. de l'école polyt. T. VIII. cah. 15. p. 235.
7) Legendre, Mém. math. de l'Instit. T. X. p. 416—509.
8) Poiſſon, Mém. de l'Acad. T. VI. p. 570—602. (Ausz. im Bull. univ. X. 116.) — J. de l'école polyt. T. IX. cah. 16. p. 215—246. — T. X. cah. 17. p. 612—631. — T. XI. cah. 18. p. 295—341. — T. XII. cah. 19. p. 476—501 (Ausz. im Bull. phil. 1822. 134. Ausz. im Bull. univ. I. 332).

2. Über partielle Differenzialgleichungen.

9) Ampère, J. de l'école polyt. T. XI. cah. 17. p. 549—611. — T. XII. cah. 18. p. 1—188.
10) Briſſon, J. de l'école polyt. cah. XIV. p. 191—261.
11) Cauchy, J. de l'école polyt. T. XII. cah. 19. p. 510—539. — T. XIII. cah. 20. p. 297—309. — Bull. philom. 1819. p. 10—21; 1821. 101—112, 145—152; 1822. p. 49—54. — Bull. univ. IV. p. 71—75; XIII. 273—279.
12) Eytelwein, Berl. Abh. 1824. S. 53—82.
13) Jacobi, Crelle J. II. 317.
14) Laplace, Mém. de l'Acad. des sc. 1779. — J. de l'école polyt. T. VIII. cah. 15. p. 235.
15) Poiſſon, Mém. de l'Acad. royale T. III. 1818. p. 121—126. — J. de l'école polyt. T. XII. cah. 19. p. 215—248; 464—476. — (Ausz. Bull. un. III. 81—83). — Bull. philom. 1815. p. 183—185; 1817. p. 180—183; 1822. p. 81—85).

3. Entwickelung der Functionen in periodiſche Reihen und Summation derſelben.

16) Cauchy, Mém. de l'Acad. T. VI. p. 603—612.
17) Deflers, Bull. philom. 1819. p. 161—166.
18) Dirckſen, Berl. Abh. 1827. S. 85—113.
19) Poiſſon, J. de l'école polyt. T. XI. cah. 18. p. 417—489. — T. XII. cah. 19. p. 145—162, 404—464.

4. Über mittlere Werthe und Wahrſcheinlichkeitsrechnung.

20) Cauchy, Sur le système des valeurs, qu'il faut attribuer à deux élémens déterminés par un grand nombre d'observations, pour que la plus grande de toutes les erreurs, abstraction faite du signe, devienne un minimum; Bull. phil. 1824. p. 92—99.

21) **Cauchy**, Sur le système de valeurs, qu'il faut attribuer à divers élémens, déterminés par un grand nombre d'observations, pour que la plus grande des erreurs, abstraction faite du signe, devienne un minimum; J. de l'école polyt. T. XIII. cah. 20. p. 175.

22) **Fourier**, Sur les résultats moyens d'un grand nombre d'observations et sur les erreurs de mesures; Bull. un. II. p. 88; XIII. 89.

23) **Gauß**, Theoria combinationis observationum minimis erroribus obnoxiae etc. in 4°. Pr. 12 Gr. Gött. Dietrich.

24) **Gauß**, Supplementum Theoriae comb. etc.; comment. Gott. Rec. VI. p. 57—98.

25) **Hauber**, über Beſtimmung der Genauigkeit der Beobachtungen; Baumg. Zeitſchr. V. 286, 406.

26) **Hauber**, Theorie der mittleren Werthe; Baumg. Zeitſchr. VIII. 25, 147, 295, 443; IX. 302; X. 425.

27) **Ivory**, Sur la méthode des moindres carrés; Phil. mag. LXV, p. 3, 81 et 161. (Auszug Bull. univ. V. 97); ibid. 1826. Sept. 161. (Auszug Bull. univ. VII. 96).

28) **Legendre**, Méthode des moindres carrés, pour trouver le milieu le plus probable entre les résultats de diff. observ.; Mém. math. de l'Inst. T. XI. P. II. p. 149—154).

29) **Littrow**, Bemerkungen zum praktiſchen Gebrauche der Wahrſcheinlichkeitsrechnung; Baumg. IX. 433.

30) **Poiſſon**, Sur la probabilité des résultats moyens des observations; Connaiss. du temps pour 1827. p. 273. (Auszug Bull. univ. III. p. 208—211; XI. 335—341; XIII. 266—271).

5. Über die Variation der willkürlichen Conſtanten.

31) **Lagrange**, Sur la théorie générale de la variation des constantes arbitraires dans tous les problèmes de la mécanique; Mém. math. de l'Inst. T. IX. 1808. p. 257—302.; T. X. p. 343—352.

32) **Oſtrogradsky**, Note sur la variation des constantes arbitraires; Mém. de St. Péterb. 6me ser. T. I. livr. 1. 1830. (Auszug Bull. univ. XIV. p. 2—5).

33) **Poiſſon**, Sur la variation des constantes arbitraires dans les questions de mécanique; J. de l'école polyt. T. VIII. cah. 15. p. 266. – Mém. de l'Acad. royale. T. I. 1816. p. 1. (Inh. Bull. phil. 1816. p. 140).

II. Allgemeine Principien und Methoden der Mechanik.

34) **Binet**, Sur les principes généraux de dynamique, et en particulier sur un nouveau principe de mécanique générale; J. de l'école polyt. T. XII. cah. 19. p. 163. (Auszug Bull. univ. p. 79).

35) **Cauchy**, Mémoire sur l'application du calcul des résidus à la solution des problèmes de physique mathématique. Paris 1827.

36) **Cauchy**, Second mémoire sur l'application du calcul des résidus aux questions de physique mathématique; Mém. de l'Acad. Tom. VII. p. 463.

37) **Cauchy**, Sur un nouveau principe de mécanique; Bull. univ. XII. 116—122.

38) **Dubuat**, Doutes et réflexions sur quelques principes fondamentaux de la mécanique rationnelle; Ann. de Gerg. VI. 201.

39) **Gauß**, Neues Princip der Mechanik; Crelle J. IV. Heft 3. (Inh. Bull. univ. XII. 304).

40) **Möbius**, Der barycentriſche Calcul, in 8°. 454 S. Leipzig 1827. Barth. (Inh. Bull. un. IX. p. 77—80).

41) **Schubert**, Réflexions sur les principes de la mécanique. (Handelt bloß vom Princip der Proportionalität der Kräfte zu den Geſchwindigkeiten); Mém. de St. Petersb. T. X. p. 57. (Auszug Bull. univ. IX. p. 68—74).

42) **Cournot**, Extension du principe des vitesses virtuelles au cas, où les conditions de liaison du système sont exprimées par des inégalités; Bull. univ. VIII. 165.

43) **Navier**, Détails historiques sur l'emploi du principe des forces vives dans la théorie des machines et sur diverses roues hydrauliques; Ann. de Ch. et de Ph. IX. 146—159.

44) **Petit**, Sur l'emploi du principe des forces vives dans le calcul de l'effet des machines; Ann. de Ch. et de Ph. VIII. 287—305.

45) **Power**, Démonstration générale du principe des vitesses virtuelles; Transact. of the Cambridge phil. soc. T. II. p. 273. (Ausz. Bull. univ. X. 123).

III. Verhältniſſe und Beziehungen der Kräfte im Allgemeinen. Allgemeine Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen.

46) **Cauchy**, Recherches des équations généraux d'équilibre pour un système de points matériels assujetis à des liaisons quelconques; Exerc. de math. II. 1. (Auszug Bull. univ. VIII. 20).

47) **Cauchy**, Sur les mouvemens, que peut prendre un système invariable, libre ou assujeti à certaines conditions; Exerc. de math. II. 70.

48) **Chasles**, Mémoire de géométrie pure sur les systèmes de force, et le système d'aires plánes etc.; Quetelet Corresp. VI. livr. 2. (Inh. Bull. univ. XIII. 246—249).

49) **Chasles**, Note sur les propriétés généraux du système de deux corps semblables entr'eux et placés d'une manière quelc. dans l'espace et sur le déplacement fini, ou infiniment petit, d'un corps solide libre; Bull. univ. XIV. 321—326.

50) **Cauchy**, Sur les momens linéaires; Exerc. p. 66. (Inh. Bull. univ. VI. 266).

51) **Cauchy**, Sur les momens linéaires de plusieurs forces appliquées à différens points; Exerc. p. 117. (Ausz. Bull. un. VII. 11).

52) **Cauchy**, Sur les conditions d'équivalence de deux systèmes de forces appliqués à des points liés invariablement les uns aux autres; Exerc. p. 151. (Ausz. Bull. univ. VII. 11. p. 12).

53) **Dirckſen**, über die Bedingungen des Gleichgewichts eines freien materiellen Punctes; Berl. Abh. 1826. S. 271.

54) **Levy**, Sur quelques propriétés des systèmes de forces; Quetelet's Corresp. math. T. VI. livr. 4. Nr. 10. (Inh. Bull. univ. 1831. Juillet. p. 12).

55) **Möbius**, Entwickelung der Bedingungen des Gleichgewichts zwiſchen Kräften, die auf einen freien feſten Körper wirken; Crelle J. VII. 205.

56) **Poiſſon**, Sur une propriété des équations généraux du mouvement; Bull. philom. 1826. p. 109—112.

57) **Poiſſon**, Sur le mouvement d'un système de corps, en supposant les masses variables; Bull. philom. 1819. p. 60—62.

---

58) **Binet**, Sur la composition des forces et sur la composition des momens; J. de l'école polyt. T. X. cah. 17. p. 321.

59) **Cauchy**, Sur la résultante et les projections de plusieurs forces appliquées à un seul point; Exerc. de math. I. 29. (Inh. Bull. un. VI. 101).

60) **Chasles**, Sur quelques propriétés des centres des moyennes distances des points d'application de plusieurs forces; Quet. Corresp. math. T. V. livr. 2. (Inh. Bull. univ. XI. 324).

61) **King**, Nouvelle démonstration du parallélogramme des forces; Transactions of the Cambridge Phil. soc. T. II. P. I. p. 45. (Ausz. Bull. un. VII. 223; vgl. auch ibid. VIII. 238).

62) **Lloyd**, Nouvelle démonstration de la composition des forces; Phil. J. Dublin. Nr. 1. p. 41. (Ausz. Bull. univ. V. 313).

63) **Paucker**, Neuer ſtatiſch-geometriſch-elementarer Beweis des Parallelogrammes der Kräfte. Jahresverh. der Kurländ. Geſellſch. 1819. I. 238. (Inh. Bull. un. IV. 85).

64) **Poinſot**, Sur la composition des momens en mécanique; Mém. de l'Acad. T. VII. p. 557.

65) **Poinſot**, Notes sur la composition des momens en mécanique; Bull. un. VIII. p. 230—237; IX. p. 74—77.

66) **Poinſot**, Sur la composition des momens et des aires; J. de l'école pol. cah. XIII. p. 191 ou Statique par *Poinsot*. 317. 4e. édit.

67) **Poinſot,** Sur les momens linéaires; Bull. un. VII. p. 224—226.
68) **Poiſſon,** Note sur la composition des momens; Bull. univ. VII. p. 357—358; VIII. 338—339.
69) **Tralles,** über Zuſammenſetzung der Kräfte als mathematiſche Aufgabe betrachtet; Berl. Abh. 1804—11. S. 161—187.
70) **Vallès,** Démonstration du parallélogramme des forces; Ann. de math. XX. 292.

IV. Über Rotation und Trägheitsaxen*).

71) **Ampère,** Sur quelques nouvelles propriétés des axes permanens de rotation des corps et des plans directeurs de ces axes; Mém. de l'Acad. T. V. 1821—22. p. 86—152.
72) **Binet,** Sur la théorie des axes conjugués et des momens d'inertie des corps; J. de l'école polyt. T. IX. cah. 16. p. 41.
73) **Cauchy,** Sur les momens d'inertie; Exerc. de math. II. 93.
74) **Cauchy,** Mémoires sur l'équation, qui a pour racines les momens d'inertie principaux d'un corps solide, et sur diverses équations du même genre; Mém. de l'Acad. T. IX. p. 111.
75) **Legendre,** Du mouvement de rotation d'un corps solide autour d'un point fixe, in ſ. Traité des fonctions elliptiques et des intégrales eulériennes.
76) **Poiſſon,** Variations des constantes arbitraires, relatives au mouvement de rotation; J. de l'école polyt. T. VIII. cah. 15. p. 314.
77) **Poiſſon,** Sur un cas particulier du mouvement de rotation des corps pesans; ibid. T. IX. cah. 16. p. 247.
78) **Poiſſon,** Note sur le plan invariable; Bull. univ. IX. 361—366.
79) **Poiſſon,** Variations des constantes arbitraires relatives au mouvement de rotation; J. de l'école polyt. T. VIII. p. 314—344.
80) **Whewell,** Sur le mouvement de rotation des corps; Transactions of the Cambridge Philos. soc. T. II. P. I. p. 11. (Inh. Bull. un. VII. 169).

V. Über Gleichgewicht und Bewegung, mit Bezug auf den phyſikaliſchen Zuſtand der Körper im Allgemeinen. Druck und Zug.

81) **Cauchy,** Sur l'équilibre et le mouvement d'un système de points matériels sollicités par des forces d'attraction ou de répulsion mu-

---

*) Vergl. hiebei IX.

tuelle; Exerc. de math. III. p. 188. (Inhalt Bull. univers. XI. p. 112—114).

82) Cauchy, De la pression ou tension dans un système de points matériels; ibid. p. 213. (Inh. Bull. un. XII. 11).

83) Cauchy, Sur les équations différentes d'équilibre ou de mouvement pour un système de points matériels sollicités par des forces d'attraction ou de repulsion mutuelle; Exerc. de math. IV. 129.

84) Oſtrogradsky, Méthode simple de trouver les équations de l'équilibre et du mouvement des corps solides, considérés comme composés de molécules disjointes; Bull. univ. XIV. 249—255.

85) Cauchy, Sur l'équilibre et le mouvement intérieur des corps considérés comme des masses continues; Exerc. de math. IV. p. 293.

86) Cauchy, Sur les div. méth., à l'aide desquelles on peut établir les équations, qui représentent les lois d'équilibre ou le mouvement intérieur des corps solides ou fluides; Bull. univ. XIII. 169—176.

87) Cauchy, Sur la division d'une masse solide ou fluide en couches homogènes; Exerc. de math. III. p. 121.

88) Cauchy, Sur la condensation et la dilatation des corps solides; Exerc. de math. II. p. 60. (Ausz. Bull. un. XI. 174—178).

89) Cauchy, Sur quelques théorèmes relatifs à la condensation ou à la dilatation des corps; Exerc. de math. III. 237.

90) Cauchy, Sur les corps solides ou fluides, dans lesquels la condensation ou dilatation linéaire est la même en tous sens autour de chaque point; Exerc. de math. IV. p. 214. (Auszug Bull. univ. XIII. 88—89).

91) Cauchy, Sur les rélations, qui existent dans l'état d'équilibre d'un corps solide ou fluide, entre les pressions ou tensions et les forces accélératrices. Exerc. de math. II. 108.

92) Poiſſon, Sur les équations générales de l'équilibre et du mouvement des corps solides, élastiques et fluides; J. de l'écol. polyt. T. XIII. cah. 20. p. 1. (Ausz. Bull. univ. XIII. p. 394—412 oder Ann. de Ch. et de Ph. XLII. 145—170).

93) Béne, Sur les pressions. Bull. univ. IX. 7—22.

VI. Gleichgewicht und Bewegung. Druck und Zug feſter Körper im Allgemeinen *).

94) Anderſon, Mathemathical Investigation of the motion of solids on surface etc.; Transact. of the Amer. phil. soc. Vol. III. P. II. N. ser. (Inh. Bull. un. XI 178—130).

---

*) Vergl. hiebei V. und VII.

95) **Cauchy**, Sur les pressions ou tensions, supportées en un point donné d'un corps solide par trois plans perp. entre eux. Exerc. de math. IV. p. 30.

96) **Cauchy**, Sur la relation, qui existe entre les pressions ou tensions supportées par deux plans quelconques en un point donné d'un corps solide; Exerc. de math. p. 31. (Auszug Bullet. univ. XI. 333–334).

97) **Cauchy**, De la pression ou tension dans un corps solide; Exerc. de math. II. p. 42. (Inh. und Ausz. Bull. univ. VIII. 22; XI. 8).

98) **Cauchy**, Addition à l'article précédent; ibid. 57.

99) **Cauchy**, Usage des momens linéaires dans la recherche des équations d'équilibre d'un système invariable entièrement libre dans l'espace; Exerc. de Math. I. p. 125. (Inh. Bull. univ. VII 13).

100) **Cauchy**, Usage des momens linéaires dans la recherche des équations d'équilibre d'un système invariable assujeti à certains conditions; ibid. p. 155.

101) **Cauchy**, Sur la force vive d'un corps solide ou d'un système invariable en mouvement; ibid. II. p. 104.

102) **Gergonne**, Recherche des conditions d'équilibre dans un système libre, de forme invariable; Ann. de Gergonn. VIII. 14.

103) **Lamé und Clapeyron**, Sur l'équilibre intérieur des corps solides homogènes; Crelle J. VII. 145, 337.

104) **Link**, über die Feſtigkeit der Körper; Pogg. Ann. VIII. 25–36; 151–164; 283–298.

VII. Über Gleichgewicht und Bewegung elaſtiſcher und biegſamer feſter Körper, insbeſondere Schallſchwingungen feſter Körper.

105) **Binet**, Sur l'expression de l'élasticité et de la raideur des courbes à double courbure; J. de l'école polyt. T. X. cah. 17. p. 418.

106) **Cauchy**, Sur les équations, qui expriment les conditions d'équilibre, ou les lois du mouvement intérieur d'un corps solide, élastique ou non élastique; Exerc. de math. III. p. 160. (Inh. Bullet. univ. XII. 10–11, 221).

107) **Cauchy**, Sur l'équilibre et le mouvement d'une lame solide; ſ. Exerc. III. 245. (Inh. Bull. univ. XII. 13).

108) **Cauchy**, Addition à l'article précédent; ibid. p. 327.

109) **Cauchy**, Sur l'équilibre et le mouvement d'une plaque solide; ibid. p. 328. (Inh. Bull. univ. XII. 15).

110) **Cauchy**, Sur l'équilibre et le mouvement d'une verge rectangulaire; ibid. p. 356. (Inh. Bull. un. XII. 16).

111) **Cauchy**, Sur l'équilibre et le mouvement d'une plaque élastique, dont l'élasticité n'est pas la même dans tous les sens; ibid. IV. 1. (Inh. Bull. univ. XII. 18).

112) **Cauchy**, Sur l'équilibre et le mouvement d'une verge rectangulaire, extrait d'un corps solide, dont l'élasticité n'est pas la même en tous sens; ibid. p. 15. (Inh. Bull. un. XII. 18).

113) **Cauchy**, Sur les vibrations longitudinales d'une verge cylindrique ou prismatique à base quelconque; ibid. p. 43.

114) **Cauchy**, Sur la tension et les vibrations tournantes d'une verge rectangulaire; ibid. p. 47 (auch Mém. de l'Acad. T. IX. p. 119; Inh. Bull. univ. XII. 21).

115) **Cauchy**, Démonstration analytique d'une loi découverte par *Savart* et relative aux vibrations des corps solides ou fluides; Mém. de l'Acad. T. IX. p. 117. (Bull. univ. XI. 111—112).

116) **Fourier**, Note relative aux vibrations des surfaces élastiques et au mouvement des ondes; Bull. phil. 1818. p. 129—136.

117) **Germain**, Examen des principes, qui peuvent conduire à la connaissance des lois de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques; Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 123—130.

118) **Laplace**, Sur la transmission du son à travers les corps solides; Bull. phil. 1816. p. 190—192.

119) **Laplace**, Sur une lame élastique, repliée naturellement sur elle-même en forme de spirale; J. de l'ecol. polyt. T. VIII. 260.

120) **Laplace**, Sur l'action réciproque des pendules et sur la vitesse du son dans les diverses substances; Ann. de Ch. et de Ph. III. 162.

121) **Monge**, Construction de l'équation des cordes vibrantes; J. de l'école polyt. T. VIII. cah. 15. p. 118.

122) **Navier**, Sur la flexion des plans élastiques; Bull. phil. 1823. p. 92—102. (Ann. de Ch. et de Ph. 264—278).

123) **Navier**, Sur la flexion des verges élastiques courbes; Bull. de la soc. philom. 1825. Juill. et Août. p. 98 et 114. (Ausz. Bull. un. V. 303; Bull. phil. 1825. 98).

124) **Navier**, Solution de diverses questions relatives aux mouvements de vibration des corps solides élastiques; (Ausz. Bull. phil. 1825. p. 178—182).

125) **Navier**, Sur les lois de l'équilibre et du mouvement des corps solides élastiques; Mém. de l'Acad. T. VII. p. 375. (Ausz. Bull. phil. 1823. p. 177—181).

126) **Pagani**, Sur les équations différentes d'une surface flexible et inextensible en équilibre; Quetelet's Corresp. math. T. III. Nr. 2. 1827.

127) **Pagani**, Mémoires sur le mouvement du fil flexible, in 4°. de 147 pag. Bruxelles 1826. oder Mémoires couronnés par l'Académie de Bruxelles. T. V. (Inh. Bull. univ. IX. p. 83—85).

128) **Pagani**, Sur les vibrations normales d'une membrane élastique circul.; Quetelet's Corresp. math. T. V. livr. 4. (Inh. Bull. univ. XII. 99—201).

129) **Pagani**, Note sur le mouvement vibratoire; Quetel. Corresp. V. 227. VI. 25.

130) **Pagani**, Considérations sur les principes, qui servent de fondement à la théorie mathématique de l'équilibre et du mouvement vibratoire des corps solides élastiques *); Quet. Corresp. VI. 87.

131) **Pagani**, Mémoire sur l'équilibre des systèmes flexibles; Nouv. Mém. de l'Acad. de Bruxelles. T. IV. p. 195. (Inh. Bull. univ. XII. 195—197).

132) **Pagani**, Explication mathématique du phenomène accustique. connu sous le nom de résonnance; Quetelet Corresp. math. 1827. Tom. III.

133) **Piola**, Théorie des courbes élastiques dans les trois espèces d'élasticité; Sull. appl. de' principii della mec. anal. etc. Milan. 1825.

134) **Plana**, Sur les oscillations des lames élastiques; J. de l'école polyt. T. X. cah. 17. p. 349. 633.

135) **Poiſſon**, Sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques; Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 357—570. (Inh. Bull. univ. XI. 98—191; oder Ann. de Ch. et de Ph. XXXVII. 337—354 oder Pogg. Ann. XIII. 383—399).

136) **Poiſſon**, Addition au mémoire précédent; ibid. p. 623.

137) **Poiſſon**, Sur le mouvement d'une corde vibrante, composée de deux parties de matières différentes; J. de l'écol. polyt. T. XI. cah. 18. p. 442.

138) **Poiſſon**, Sur l'intégrale relative aux vibrations des plaques élastiques; Bull. phil. 1818. p. 125—128.

139) **Poiſſon**, über die Ausziehung elaſtiſcher Drähte und Platten; Ann. de Ch. et de Ph. XXXVI. 384 oder Pogg. XII. 516—518.

140) **Poiſſon**, Note sur la compression d'une sphère creuse; Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 330—335 oder Pogg. XIV. 177—180.

141) Discuſſionen von **Navier** und **Poiſſon** über die Lois de l'équilibre et du mouvement des corps élastiques; die Literatur hierüber ſ. in dieſem Repert. I. S. 38.

---

*) Enthält eine Discuſſion der von Poiſſon und Navier zu Grunde gelegten Annahmen.

VIII. Über Attraction und Repulſion *).

142) **Airy**, Sur l'attraction des sphéroides; Phil. mag. 1827. Juin. p. 442. **Derſelbe**, Transact. of the Cambridge philos. soc. II. 379. (Inh. Bull. univ. IX. 150; X. 122).

143) **Lagrange**, Eclaircissement d'une difficulté singulière, qui se rencontre dans le calcul de l'attraction des sphéroides très-peu différens d'une sphère; J. de l'écol. polyt. T. VIII. cah. 15. p. 57.

144) **Laplace**, Sur l'attraction des corps sphériques et sur la répulsion des fluides élastiques; Bull. phil. 1821. p. 83—87 oder Ann. de Ch. et de Ph. XVIII. 181—190.

145) **Legendre**, Sur l'attraction des ellipsoides homogènes; Mém. math. de l'Instit. 1810. T. XI. P. II. p. 155.

146) **Oſtrogradsky**, Note sur une intégrale, qui se rencontre dans le calcul de l'attraction des sphéroides; Mém. de Pétersb. 6me ser. T. I. p. 39—53. (Ausz. Bull. un. XIV. p. 81—88).

147) **Poiſſon**, Sur l'attraction des sphéroides. Additions à la connaissance des temps pour l'année 1829. (Inh. Bull. phil. 1829. p. 130; Bull. univ. VIII. 14).

148) **Sharpe**, On the solid of greatest Attraction; Phil. Mag. 1830. Oct. p. 256 (Inh. Bull. univ. 1831. Juillet. p. 7).

149) Résumé des discussions de *Poisson*, *Ivory* et *Airy* sur l'attraction des sphéroides; Bull. univ. IX. 150—158; X. 122—123; XI. 411—413.

150) **Airy**, Sur la figure, que prend une masse fluide homogène, dont les particules sont assujetties à leur attraction mutuelle et des forces étrangères très-faibles; Transact. of the Cambridge Phil. soc. T. II. P. I. p. 203. (Inh. Bull. univ. VII. 286).

151) **Ivory**, Equilibre d'un fluide attiré vers un centre fixe; Phil. mag. LXVIII. p. 10. (Inh. Bull. univ. VI. 269).

152) **Drobiſch**, Verſuche zur Beſeitigung der von **Parrot** angegebenen Schwierigkeiten in der Theorie der Ebbe und Fluth; Pogg. Ann. VI. 233—238. (vgl. Pogg.

153) **Knerr**, Disquisitiones quaedam de aestu maris (Dissert.). Berol. 1830. 23. S. 4.

154) **Laplace**, Sur le flux et le reflux de la mer; Mém. de l'Acad. 1818. T. III. p. 1—90.

155) **Parrot**, Über eine Unvollkommenheit in der biſherigen Theorie der Ebbe und Fluth; Pogg. IV. 219—230; VIII. 150.

---

*) Vergl. hiebei die Abhandlungen von **Cauchy** und **Oſtrogradsky** unter V. S. ferner IX.

156) **Fergola**, Problème inverse des forces centrales pour les courbes algébriques, résolu facilement par les sections angulaires; Mém, de l'Acad. des sc. de Naples T. I. Part. I. p. 237. (Inh. Bull. univ. V. 167).

157) **Legendre**, Du mouvement d'un corps attiré vers deux centres fixes; Traité des fonctions elliptiques.

158) **Littrow**, Sur le mouvement des corps, qui s'attirent en raison directe de leurs distances; Effemeridi astronomiche di Milano, pour les années 1824 et 1825. p. 77. (Inh. Bull. univ. III. 290).

159) **Piola**, Détermination du mouvement d'un corps considéré comme un point, qui est attiré vers un centre fixe par une force proportionnelle à une fonction de sa distance à ce même centre; in ſ. Sull. applicazione de' principii della Mec. analit. etc. Milan. 1825.

160) **Poletti**, Sur le mouvement d'un point, repoussé par un centre fixe, ou attiré et repoussé par deux centres fixes, la force d'attraction et celle de repulsion étant en raison inverse des carrés des distances; Mém. della Reale Acad. della sc. di Torino. Tom. XXXI. 153. (Inh. Bull. un. XI. 180—181).

---

161) **Cauchy**, De la différence entre les attractions exercées par une couche infiniment mince sur deux points infiniment rapprochés, situés l'un à l'intérieur, l'autre à l'extérieur de cette même couche; Bull. phil. 1815. p. 55.

162) **Strong**, On central forces; Sillim. American J. XXI. p. 66—69, 334—342.

IX. Über Bewegung der Himmelskörper.

163) **Beſſel**, Analytiſche Löſung der Kepler'ſchen Aufgabe; Berl. Abh. 1816—17. S. 40.

164) **Beſſel**, Unterſuchung des Theils der planetariſchen Störungen, welcher aus der Bewegung der Sonne entſteht; Berl. Abh. 1824. 52. (Auſz. Bull. phil. 1825. p. 33—34).

165) **Binet**, Sur la détermination des orbites des planètes et des comètes; J. de l'écol. polyt. T. XIII. cah. 20. p. 249.

166) **Burkhardt**, Formules générales pour les perturbations de quelques ordres supérieurs; Mém. math. de l'Instit. T. IX. 1808. P. II. p. 36—67.

167) **Cauchy**, Sur l'équation, à l'aide de laquelle on détermine les inégalités séculaires des mouvemens des planètes; in ſ. Exerc. IV. p. 140.

168) **Encke**, über die Bahn der Veſta; Berl. Abh. 1826. S. 257—271.

169) **Lagrange**, Sur la théorie des variations des élémens des planètes, et en particulier des variations des grandes axes; Mém. math. de l'Instit. T. IX. 1808. P. I. p. 1–72; P. II. p. 363.

170) **Laplace**, Sur les mouvemens des corps célestes autour de leurs centres de gravité; Mém. math. de l'Instit. p. 301–376.

171) **Laplace**, Sur les équations séculaires des mouvemens de la lune, de son époque et de ses noeuds; Mém. math. de l'Instit. II. p. 126–152.

172) **Lubbock**, Über die Conſtanten in der elliptiſchen Bahn der Planeten; Philos. transact. 1830. p. 301. 327. (Inh. Bull. univ. XIV. 259–260).

173) **Plana**, Sur divers points relatifs à la théorie des perturbations planétaires, exposée dans la méc. cél.; Ann. of phil. 1820. Janv. p. 65. (Inh. Bull. un. V. 255).

174) **Poiſſon**, Sur le mouvement de rotation de la terre; J. de l'école polyt. T. VIII. cah. 15. p. 195.

175) **Poiſſon**, Equations, dont dépendent les mouvemens de l'axe de rotation de la terre; J. de l'école polyt. T. VIII. cah. 15. p. 337.

176) **Poiſſon**, Sur le mouvement de la terre autour de son centre de gravité; Mém. de l'Acad. Tom. VII. p. 199. (Inh. Bullet. univ. VIII. 117).

177) **Poiſſon**, Note relative à ce mémoire; ibid. T. IX. p. 309.

178) **Poiſſon**, Sur les inégalités séculaires des moyens mouvemens des planètes; J. de l'école polyt. T. VIII. cah. 15. p. 1.

179) **Quetelet**, Sur quelques constructions graphiques des orbites planétaires; Nouv. mém. de l'Acad. de Bruxelles. III. 163. (Auſz. Bull. univ. VI. 316).

180) **Utting**, Sur une analogie planétaire ou sur une loi de mouvement, qui s'observe dans toutes les orbites planétaires; Phil. mag. and Journ. 1823. Août. p. 119; Sept. p. 184. (Auſz. Bull. univ. I. 203).

X. Über Geſtalt der Himmelskörper *).

181) **Airy**, On the figure of the earth; Philos. transact. 1826. P. I. p. 548–578.

182) **Biot**, Sur la figure de la terre; Mém. de l'Acad. T. VIII. 1.

183) **Ivory**, Sur la théorie de la figure de la terre; Phil. mag. 1825. Avril. p. 241. (Inh. Bull. univ. V. 87).

*) Vergl. hiebei VIII. und XVII.

184) Ivory, Sur la théorie de la figure des planètes, contenue au III. livre de la méc. cél.; Phil. mag. Déc. 1825. p. 429; Janv. 1826. p. 31 et Févr. p. 81. (Ausz. Bull. univ. VI. 86).

185) Ivory, On the equilibrium of fluids and the figure of a homogeneous planet in a fluid state; Phil. transact. 1831. P. I. p. 109.

186) Laplace, Sur la figure de la terre et la loi de la pésanteur; Bull. phil. 1818. 122—125; 1819. p. 97—100 oder Ann. de Ch. et de Ph. VIII. 313; XI. 31.

187) Poſelger, über die Figur der Erde; Berl. Abh. 1827. 57—84.

188) Ivory, Ellipticité de la terre déduite des expériences faites avec le pendule; phil. mag. LXVIII. 3 et 92. (Jnh. Bull. un. T. VI. 269).

---

189) Ivory, Solution d'un problème de géodésie; Phil. mag. 1824. Juillet. p. 25. (Jnh. Bull. univ. II. 279).

190) Littrow, über die perſpectiviſchen Projectionen der Erd- und Himmelscharten: Baumg. IX. 449.

191) Puiſſant, Application de la méthode la plus avantageuse à la détermination de l'aplatissement du sphéroide osculateur en France, par la comparaison d'un arc de méridian avec un arc de parallèle; Bull. univ. I. 271.

192) Puiſſant, Moyen d'évaluer rigoureusement la longueur d'une ligne géodésique et celle de ses différentes parties, à l'aide d'un réseau de triangles appuyés sur deux bases, qui présentent entre elles une petite discordance; Bull. univ. II. p. 275 oder Bull. phil. p. 17.

193) Puiſſant, Note sur une nouvelle formule générale propre à donner l'aplatissement terrestre par la comparaison de deux arcs. Bull. univ. III. p. 74—76.

194) Puiſſant, Sur la mesure et le calcul des azimuts propres à la détermination des longitudes terrestres; Mém. de l'Acad. Tom. IX. p. 185.

XI. Über verſchiedene Verhältniſſe des Planetenſyſtemes.

195) Cauchy, Sur la mécanique céleste et sur un nouveau calcul, qui s'applique à un grand nombre de questions diverses; Bull. univ. XV. p. 260—269.

196) Challis, über die Anwendung des von Bode gefundenen empiriſchen Geſetzes, rückſichtlich der Entfernungen der Planeten von der Sonne auf die Entfernungen der Nebenplaneten von ihren Hauptplaneten; Transact. of the Cambridge Phil. soc. Vol. III. P. I. (Jnh. Gött. gel. Anz. 1832. Nr. 20.

197) **Ivory,** Sur la variation de densité et de pression dans l'intérieur de la terre; Phil. mag. Nov. 1825, p. 321–329. (Auszg. Bull. univ. V. 159).

198) **Lamont,** Über die Frage, ob ſich aus der beſchleunigten Bewegung des Encke'ſchen Kometen auf Widerſtand des Äthers ſchließen läßt; Kaſtn. Arch. XVI. 65.

199) **Laplace,** Sur la diminution de la durée du jour par le refroidissement de la terre; Bull. phil. 1820. p. 81–85, 108–109 oder Ann. de Ch. et de Ph. XIII. 410–417; XIV. 315–316.

200) **Lubbock,** Recherches sur l'Astronomie physique; Phil. transact. 1831. P. I. p. 17. (Ausz. Bull. univ. XVI. 183–185).

201) **Poinsot,** Mémoires sur la théorie et la détermination de l'équateur du système solaire; Bull. univ. XIII. 327–341.

202) **Poiſſon,** Note sur l'invariabilité du jour moyen; Bull. philom. 1819. p. 100–103.

XII. Bewegung ſchwerer Körper, Fall*), Schwerpunct.

203) **Abel,** Auflöſung eines Problems, betreffend die Bewegung eines ſchweren Punctes auf einer krummen Fläche; Crelle J. d. Math. Bd. I. 153. (Auszg. Bull. un. VII. 220).

204) **Euler,** Enodatio maximi paradoxi in problemate quodam mechanico (pertinens ad lapsum corporis curvam datam sequentis); Mém. de l'Acad. des sc. de Pétersb. T. X. p. 7. (Ausz. Bull. univ. IX. p. 65–67).

205) **Fuß,** De descensu gravium super arcum lemniscatae; Mém. de Pétersb. T. IX. p. 91. (Ausz. Bull. univ. III. 336).

206) **Galbraith (Will.),** On the Deviation of a Falling Body from the Vertical to the Earth's surface; Phil. Mag. 1829. Nov. 321.

207) **Grunert,** Über die Bewegung eines fallenden Körpers mit Rückſicht auf die Veränderung der Schwere; Pogg. Ann. X. 457–469.

208) **Buſſe,** Erwiderung auf dieſe Abhandlung; Pogg. XII. 527–528.

209) **Piola,** Détermination du mouvement d'un point pesant, assujeti à parcourir une ligne droite, pendant que celle-ci décrit une surface conique à base circulaire, en tournant uniformément; in ſ. Sull' applicazione de' principii della Meccanica analitica, etc. in 4°. de 275 pag. Milan 1825.

210) **Piola,** Détermination du mouvement d'un point pesant dans la vis d'Archimède, qui tourne uniformément autour de l'axe de son

---

*) Über Pendel beſonders unter XIII.

cylindre; ibid. (Une autre solution se trouve dans le mémoire sur la mécanique, par *Dubuat*. Paris 1821).

211) Piola, Détermination du mouvement d'un point pesant, qui descend le long d'une hélice, pendant que la figure de cette courbe est changée par l'effet d'un mouvement quelconque, qui en écarte également toutes les parties, sans les allonger; ibid.

212) Piola, Recherche des équations du mouvement d'un point grave sur une courbe plane; ibid.

---

213) Bobillier und Lenthéric, Recherche du lieu des centres communs de gravité de tous les systèmes de rayons vecteurs d'une même ellipse; Ann. de Math. par Gerg. XX. 34.

214) Timmerhans, Sur le centre de gravité d'une pièce de 24, en bronze; Quet. Corresp. VI. 32, 211.

XIII. Pendel.

215) Airy, Sur les perturbations des pendules et balanciers, et sur la théorie des échappemens; Bull. univ. 1831. Nov. p. 227—233.

216) Beſſel, Unterſuchungen über die Länge des einfachen Secundenpendels; Berlin 1828.; beſonderer Abdruck aus den Berl. Abhandl. 1826. S. 1—257.

217) Evereſt, Remarques sur les erreurs, qui paraissent provenir dans la détermination de la longueur du pendule, de la fausse position des axes fixes; Mem. of the astron. soc. of London. Vol. IV. P. I. p. 25. (Inh. Bull. un. 1831. Nov. p. 246—247).

218) Français, Solution d'un problème sur le pendule et sur le pont volant; Ann. de Gerg. VI. 126.

219) Gompertz, Sur le pendule susceptible de retourne; Mém. of the astr. soc. of London. Vol. IV. P. I. p. 171. (Inh. Bull. un. 1831. Nov. p. 247—249).

220) Laplace, Sur l'action réciproque des pendules; Ann. de Ch. et de Ph. III. 162.

221) Laplace, Sur la longueur du pendule à secondes; Bull. philom. 1816. p. 170—172.

222) Laplace, Sur la réduction de la longueur du pendule; Ann. de Ch. et de Ph. XXX. 381—387.

223) Lubbock, Berechnung verſchiedener Umſtände, welche auf Verſuche mit Kater's Pendel Einfluß haben können; Philos. transact. 1830. P. I. p. 201.

224) Nulty, Recherche d'un théorème proposé par *Ritterhouse*, et application de ce théorème aux vibrations du pendule dans un cer-

cle; Transact. of the American phil. soc. Vol. I. nouv. serie. 1818. p. 395. (Inh. Bull. un. IV. p. 226–227).

225) **Poiſſon**, Sur la longueur du pendule à secondes; Bull. ph. 1816. p. 172–174; 1817. p. 193–194.

226) **Poiſſon**, Mouvement d'un corps pesant, suspendu à l'extrémité d'un fil extensible; J. de l'école polyt. T. XI. cah. 18. p. 476.

227) **Poiſſon**, Sur les oscillations du pendule dans un milieu résistant et en ayant égard à l'extensibilité du fil; J. de l'école polyt. T. VII. cah. 18. p. 476.

228) **Poiſſon**, Addition au mémoire précédent; ibid. T. VIII. cah. 15. p. 345.

229) **Poiſſon**, Sur l'influence réciproque de deux pendules voisins; Addition à la connaissance des temps pour 1833. p. 3. (Auſz. Bull. univ. XV. p. 269–275 oder Ann. de Ch. et de Ph. XLVIII. p. 242–249).

230) **Poiſſon**, Sur le pendule de *Borda*. (Calcul des corrections suivantes: 1) flexibilité du fil de suspension; 2) frottement sur l'axe du couteau; 3) dilatation ou contraction du fil par suite du changement des temps); Addition à la connaissance du temps pour 1833. p. 41. (Inh. Bull. univ. XV. 275–276).

XIV. Stoß feſter Körper.

231) **Behr**, Théorie mathématique du jeu de Billard; Quetel. Corresp. math. T. IV. Nr. 2.

232) **Cauchy**, Sur le choc des corps élastiques; Bull. phil. 1826. p. 180–182.

233) **Cournot**, Sur les percussions entre deux corps durs, qui se choquent en plusieurs points; Bull. univ. VII. p. 4–15; 85–90.

234) **Navier**, Note sur les effets des secousses imprimées aux pieds suspendus à des fils ou à des verges élastiques; Bull. phil. 1823. p. 73–76.

235) **Schulten**, Enodatio generalis problematis de collisione duorum corporum solidorum in unico puncto concurrentium; Mém. de Pétersb. IX. 200. (Inh. Bull. un. III. 338).

XV. Verſchiedene Probleme der Statik feſter Körper.

236) **Bérard**, Recherche des conditions de stabilité d'une échelle, en ayant égard au frottement; Ann. de Gerg. VIII. 196.

237) **Bobillier**, De l'équilibre de la chaînette sur une surface courbe, Ann. de math. XX. 285.

238) **Cardinal**, Solution d'un problème de mécanique, concernant le levier; Nuov. collez. di opusc. scient. Bologna 1824. cah. III. p. 143. (Inh. Bull. un. IV. p. 157).

239) **Eytelwein**, über den Druck belaſteter Balken, wenn deren mehr als zwei ſind; Berl. Abh. 1804—11. S. 28—64.

240) **Fourier**, Mémoires d'analyse inédits, relative à plusieurs questions de mécanique; Bull. univ. II. 202.

241) **Gergonne**, Sur la stabilité de l'équilibre d'un corps pesant abandonné à lui même sur un plan horizontal; Ann. de Gergonne. VIII. 349.

242) **Ein Unbekannter**, Recherche des conditions de stabilité d'une échelle, en ayant égard au frottement; Ann. de Gerg. VIII. 196.

243) **Ein Unbekannter**, Solution d'un problème de statique*); Ann. de math. par Gerg. XIX. 339.

244) **Maſetti**, Théorie de l'équilibre d'une courbe rigide quelconque, laquelle doit, en tournant autour d'un point fixe, soulever un poids donné; Nuov. collez. di opusc. scient. Bologna. cah. 1. 1823. p. 37. (Inh. Bull. univ. IV. 157).

245) **Navier**, Note sur les questions de statique, dans lesquelles on considère un corps pesant supporté par un nombre de points d'appui surpassant trois; Bull. phil. 1825. Mars. p. 35. (Inh. Bull. univ. V. 166).

246) **Nieuport**, Sur l'équilibre des corps, qui se balancent librement sur un fil flexible et sur celui des corps flottans; Nouv. mém. de l'Acad. de Bruxell. I. 1820. p. 68—85. (Inh. Bull. un. II. 273).

247) **Piola**, Plusieurs problèmes relatifs à la caténaire non homogène; ſ. Sull. appl. de' principii della mec. anal. etc. Milan 1825.

248) **Béne**, Sur la résistance d'une plaque adhérente à une surface par des vis de pression: ou un enduit glutineux; Bull. univ. IV. p. 279—280.

---

*) Es iſt folgendes: De quelle manière doit être posé un fil uniformément pesant, d'une longueur donnée, parfaitement flexible et inextensible, sur deux triangles fixes, rectilignes, horizontales et parallèles d'un diamètre infiniment petit, n'exerçant sur ce fil aucun frottement, pour s'y tenir en équilibre? Quelle est en outre la moindre longueur de ce fil, qui puisse permettre l'équilibre.

XVI. Verſchiedene Probleme der Dynamik feſter Körper.

249) **Ampère**, Solution d'un problème de dynamique *), suivie de considérations sur le problème général de forces centrales; Ann. de math. par Gerg. XX. 37.

250) **Barbier**, Solution d'un problème dynamique**); Ann. de math. par Gerg. XIX. 235. (Unrichtige Löſung).

251) Solution d'un autre problème de dynamique***); ibid. 359.

252) **Barbier**, Solution d'un problème relatif aux petits oscillations d'un corps solide, posé sur un plan horizontal; Ann. de Gergonne. VIII. 298.

253) **Cournot**, Mémoire sur le mouvement d'un corps rigide, soutenu par un plan fixe; in 4°. de 32 pages. Paris 1829. Hachette. (Inh. Bull. univ. XI. 264–266).

254) **Lehmus**, Auflöſung dreier ſpecieller mechaniſcher Probleme; Crelle J. II. 217. (Inh. Bull. univ. IX. 161).

*) Dies iſt daſſelbe Problem, was **Barbier** in den Ann. de Math. XIX. 235 unrichtig gelöſt hatte. Vergl. Nr. 250.

**) Das Problem iſt folgendes: Un tube cylindrique rectiligne, d'une longueur indéfinie, est lié d'une manière invariable à un axe horizontal fixe, auquel il est perpendiculaire, de telle sorte, que l'axe de rotation passe par l'axe du tube, qui se trouve ainsi contraint de se mouvoir comme une lunette méridienne dans un plan vertical fixe.

On introduit dans l'intérieur de ce tube une sphère pesante, d'un diamètre égal au sien, dont le centre de gravité coincide avec son centre de figure, qui de la sorte se trouve constamment dans l'axe du tube.

On suppose, que ce tube est contraint à tourner d'un mouvement uniforme sur l'axe horizontal fixe, qui le supporte, et l'on demande de déterminer les circonstances du mouvement du centre de la sphère dans le plan vertical, en faisant d'ailleurs abstraction de la résistance de l'air et du frottement.

***) Das Problem iſt folgendes: Une roue circulaire porte à sa circonférence un canal annulaire, dont toutes les sections, suivant des plans conduits par l'axe de la roue, sont des cercles égaux, ayant leurs centres sur une circonférence située dans le plan de cette roue et concentrique avec elle.

La roue est mobile dans l'espace, mais de telle sorte, que son centre coincide constamment avec le sommet d'un cône droit fixe, dont l'axe est vertical; qu'elle doit tourner uniformément autour de ce cône avec une vitesse donnée de manière à le toucher successivement, suivant toutes ses génératrices, et à n'avoir avec lui qu'un frottement du second dégré.

Dans l'intérieur du canal, supporté par la roue, on a introduit une sphère pesante de même diamètre que ce canal, ayant son centre de gravité à son centre de figure et à laquelle on a imprimé une vitesse quelconque; et l'on demande de déterminer les lois du mouvement du centre de cette sphère, en faisant d'ailleurs abstraction de la résistance de l'air du frottement et en supposant d'ailleurs la sphère assez petite, pour qu'il soit permis de regarder toute sa masse comme étant réunie à son centre.

255) **Pagani**, Sur le problème de la rotation d'une chaîne; Quetel. Corresp. math. T. IV. Nr. 5.

256) **Pagani**, Sur les mouvemens particuliers de rotation des corps, suspendus à un fil; Quetel. Corresp. math. T. IV. Nr. 2. (Inh. Bull. un. X. 107).

257) **Poiſſon**, Sur le mouvement d'une chaîne pesante; J. de l'école polyt. T. VII. cah. 14. p. 319.

258) **Poiſſon**, Sur le frottement des corps qui tournent; Bull. univ. VI. 161—175.

259) **Schulten**, Sur le mouvement absolu et relatif d'un point sur une surface de figure invariable, qui se meut suivant une loi donnée; Mém. de Pétersb. X. 130. (Inh. Bull. un. IX. 164—165).

260) **Tédenat**, Théorie des petites oscillations d'un corps pesant terminé inférieurement par une surface courbe et posé sur un plan horizontal; Ann. de Gerg. IX. 93.

261) **Tédenat**, Théorie du mouvement d'une échelle pesante appuyée supérieurement contre un mur vertical et posant inférieurement sur un plan horizontal, en ayant égard au frottement; Ann. de Gerg. IX. 106.

XVII. Gleichgewicht, Druck, Widerſtand tropfbar flüſſiger und eingetauchter Körper *).

262) **Cauchy**, De la pression dans les fluides; Exerc. de math. II. pag. 23.

263) **Cauchy**, Sur les équations, qui expriment les conditions d'équilibre ou les lois du mouvement des fluides; ibid. III. 128.

264) **Cournot**, Observations sur les conditions d'équilibre des fluides; Bull. univ. IX. 153—161.

265) **Gauß**, Principia generalia theoriae figurae fluidorum in statu aequilibri; in 4°. 53 pag. Gott. 1830. (Ausz. Bull. univ. XIV. p. 241—249).

266) **Ivory**, Note concernant la théorie de l'équilibre des fluides; Phil. mag. LXVII. 241, 340.

267) **Ivory**, On an Omission in Clairaut's Theory of the equilibrium of a homogeneous fluid; Phil. Mag. 1831. March. 185.

268) **Ivory**, Sur l'équilibre des fluides et la figure d'une planète homogène à l'etat fluide; Phil. transact. 1831. P. I. 109—145. (Ausz. Bull. univ. 1831. Juin. 323—329).

---

*) Vgl. hiebei VIII., X. und XVIII.

269) **Ivory**, On the figure requisite to maintain the equilibrium of a homogeneous fluid mass, that revolves upon an axis. Phil. transact. 1824. P. I. p. 85—150. (Inh. Bull. un. III. 333—336).

270) **Pagani**, Solution d'un problème, concernant un corps plongé; Quetel. Corresp. math. T. II. Nr. 6. (Inh. Bull. univ. VIII. 82).

271) **Poiſſon**, Observations sur ce mémoire d'*Ivory*; Ann. de Ch. et de Ph. XXVII. 225—235.

272) **Poiſſon**, Sur l'équilibre des fluides; Mém. de l'Acad. T. IX. p. 1—88. (Inh. Bull. univ. XI. 409—411 oder Ann. de Ch. et de Ph. XXXIX. 333—335).

273) **Scholtz**, De figura guttae cadentis in aëre resistente; in 4°. p. 47. Breslau. 1826. Kupfer. (Inh. Bull. univ. VII. 279).

274) **Tredgold**, Nouvelle théorie de la résistance des fluides; Phil. mag. 1828. Avril. 245—262. (Inh. Bull. un. X. 306—307).

275) **Woltmann**, Einige Bemerkungen und Erörterungen über die Stellung und Standhaftigkeit (position et stabilité) feſter Körper, wenn ſie auf Waſſer ſchwimmen; Berl. Abh. 1827. S. 115—138.

XVIII. Capillarität.

276) **Gauß**, Principia generalia theoriae figurae fluidorum in statu aequilibrii; in 4°. 59 pag. Gott. 1830.

277) **Girard**, Sur l'attraction qui se manifeste à des distances sensibles entre des surfaces solides, mouillées par un liquide, dans lequel elles sont submergées; Ann. de Ch. et de Ph. XXIX. 260.

278) **Girard**, Sur les atmosphères liquides et leur influence sur l'action mutuelle des molécules solides, quelles enveloppent; Mém. de l'Ac. T. IV. 1819 et 1820. 1—98. (Inh. Bull. un. III. 142—144)*).

279) **Laplace**, Supplément au 10me livre du traité de mécanique céleste sur l'action capillaire. Paris. de 65 pages.

280) **Laplace**, Supplément à la théorie de l'action capillaire. Paris, de 78 pages.

281) **Laplace**, Considérations sur la théorie des phénomènes capillaires; Ann. de Ch. et de Ph. XII. 5—11.

282) **Laplace**, Sur le moyen de détruire les effets de la capillarité dans les baromètres; Connaiss. du temps pour 1829. Nr. 7.

283) **Petit**, Théorie mathématique de l'action capillaire; J. de l'école polyt. T. IX. cah. 16. p. 1.

284) **Petit**, Observations sur les mémoires, que *Brunacci* a insérés dans le Giorn. di Fis. etc., relativement à la théorie des tubes capillaires; Ann. de Ch. et de Ph. IV. 54—63; V. 404—406.

*) Vergl. auch Nr. [illegible], [illegible], [illegible].

285) Poiſſon, über die Wirkungen, die durch Capillarität und Affinität von heterogenen Subſtanzen hervorgebracht werden können; Ann. de Ch. et de Ph. XXXV. 98 oder Pogg. XI. 134—145.

286) Poiſſon, Nouvelle théorie de l'action capillaire. 1831. Paris, de 300 pag. (Inh. Ann. de Ch. et de Ph. XLIV. 61—69).

287) Rudberg, Théorie mathématique des phénomènes de la capillarité; Mém. de l'Acad. royale de Stockholm. 1819, 153; 1822, 26.

XIX. Bewegung tropfbarer Flüſſigkeiten und ſchwimmender Körper *).

288) Barbier, Essai sur les petites oscillations des corps flottans; Ann. de Gerg. VIII. 37.

289) Belanger, Essai sur la solution numérique de quelques problèmes relatifs au mouvement permanent des eaux courantes; in 4°. de 38 pages. Prix 2 Fr. 25 Cent. Paris 1828. (Inh. Bull. univ. XI. 114—115).

290) Cauchy, Sur l'équilibre et le mouvement des liquides et des fluides élastiques; Bull. univ. XI. 413—419.

291) Cauchy, Sur la théorie de la propagation des ondes à la surface d'un fluide pesant d'une profondeur indéfinie; Mém. prés. par divers savans à l'Acad. royale. 1827. T. I. p. 3. (Inh. Bull. univ. II. p. 13).

292) Cauchy, Notes au précédent mémoire; ibid. p. 124.

293) Cauchy, Sur une espèce particulière du mouvement des fluides; J. de l'ecol. polyt. T. XII. cah. 19. p. 204. (Ausz. Bull. univ. III. p. 9—10).

294) Challis, On the integration of the general equations of the motion of incompressible fluids; Phil. Mag. 1829. Aug. 123. Oct. 129. 1830. Mai 329.

295) Challis, Sur les équations générales du mouvement des fluides incompressibles et compressibles, et sur la pression des fluides en mouvement; Transact. of the Cambridge phil. soc. Vol. III. P. III. p. 383. (Ausz. Bull. univ. XVI. 177—183).

296) Corancez, Intégration de quelques équations aux différences partielles et du mouvement de l'eau dans les vases; Bull. univ. X. p. 111—116).

297) Eytelwein, Unterſuchungen über die Bewegung des Waſſers, wenn auf die Contraction, welche beim Durchgange durch verſchiedene Öff-

---

*) Vergl. hiebei V.

nungen Statt findet, und auf den Widerſtand, welcher die Bewegung längs der Wände der Behältniſſe verzögert, Rückſicht genommen wird; Berl. Abhandl. 1814—15. S. 137—178. (Ausz. Bull. phil. 1823. p. 113—116).

298) **Eytelwein**, Unterſuchungen über die Bewegung des Waſſers, wenn auf den Widerſtand, welcher dieſe Bewegung längs den Wänden der Behältniſſe verzögert, Rückſicht genommen wird; Berl. Abh. 1818 1819. S. 9.

299) **Eytelwein**, Beſtimmung der Waſſermenge eines Stromes; Berl. Abh. 1820—21. S. 9—14.

300) **Girard**, Sur le mouvement des fluides dans les tubes capillaires et l'influence de la température sur ce mouvement; Mém. math. de l'Instit. 1813. T. XIV. p. 249—380. (Ausz. Bull. phil. 1815. 57).

301) **Girard**, Sur l'écoulement linéaire de diverses substances liquides par des tubes capillaires de verre; Mém. de l'Acad. royal. 1816. I. p. 187—259.

302) **Girard**, Sur l'écoulement de l'éther et de quelques autres fluides par des tubes capillaires de verre; ibid. p. 260.

303) **Kramp**, Essai d'application de l'analyse mathématique à la circulation du sang; Ann. de Gerg. III. 77; VII. 270.

304) **Merian**, über die Bewegung der Flüſſigkeiten in den Gefäßen; in 4°. 1828. 43 S. Schweighauſer. (Inh. Bull. un. XIII. 87).

305) **Moſeley**, A proposition on the motion of Fluids; Phil. Mag. 1830. August. 145.

306) **Moſſotti**, Sur le mouvement de l'eau des canaux; Actes de la soc. ital. des sc. de Modène. T. XIX. (Inh. Bull. un. VIII. 100).

307) **Navier**, Sur les lois du mouvement des fluides, en ayant égard à l'adhésion de leurs molécules; Bull. phil. 1822. p. 75—79 oder Ann. de Ch. et de Ph. XIX.

308) **Navier**, Sur les lois du mouvement des fluides; Mém. de l'Acad. T. VI. 1823. p. 389—440. (Ausz. Bull. phil. 1825. 49—52; Bull. univ. X. 11—14).

309) **Piola**, Théorie du mouvement des fluides rapporté à deux coordonnées; in ſeiner Applicazione de' principii della Mec. analit. etc. Milan. 1825.

310) **Poiſſon**, Sur la théorie des ondes; Mém. de l'Acad. T. I. 1816. p. 71. (Ausz. Bull. philom. 1815. p. 162—163; 1817. p. 85—89; Ann. de Ch. et de Ph. V. 122).

311) **Poiſſon**, Note sur le problème des ondes; Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 571.

312) **Poiſſon**, Remarques sur les rapports, qui existent entre la propagation des ondes à la vitesse de l'eau et leur propagation dans les plaques élastiques; Bull. phil. 1818. 97—99).

313) **Rudberg**, Recherches théoriques sur la contraction de la veine

fluide; Mém. de l'Acad. royale de Stockholm. (Inh. Bull. univ. I. p. 18).

314) Tredgold, Sur la résistance d'une molécule fluide heurtée par un corps en mouvement; Phil. Mag. T. LXVIII. 11 et 112. (Inh. Bull. univ. VII. 169).

315) Barbier, Sur les oscillations verticales d'un flotteur de révolution; Ann. de Math. XX. 175.

316) Poiſſon, Sur les petites oscillations de l'eau contenue dans un cylindre; Ann. de math. par Gerg. XIX. 225.

317) Sarrus, Sur les oscillations des corps flottans; Ann. de math. par Gerg. XIX. 185.

XX. Gleichgewicht, Expanſivkraft, Widerſtand elaſtiſcher Flüſſigkeiten.

318) Auguſt, über Berechnung der Expanſivkraft des Waſſerdunſtes; Pogg. XIII. 122—136.

319) Avogrado, Remarques sur la loi de la force élastique de l'air; Mém. de l'Acad. de Turin. XXXIII. (Ausz. Bull. univ. X. 291—301; XI. 115—121).

320) Bouvard, Berechnung der vom Monde bewirkten atmoſphäriſchen Fluth; Mém. de l'Acad. des sc. T. VII. 267, oder Pogg. XIII. 137—149 oder Schweigg. LIX. 4—11.

321) Cauchy, Sur l'équilibre et le mouvement des liquides et des fluides élastiques; Bull. un. XI. 413—419.

322) Dallari, Recherche de la loi, suivant laquelle doit varier, pour l'équilibre, la densité des couches d'une masse gazeuse sphérique, dont les molécules ne sont soumises qu'à leur attraction mutuelle; Ann. de math. XX. 31.

323) Dirckſen, über die mechaniſche Beſchaffenheit der elaſtiſchen Flüſſigkeiten; Berlin 1830. (Allg. Lit. Zeit. 1832. Febr. Nr. 37. 289).

324) Laplace, Action de la lune sur l'atmosphère; Connaissance des temps pour 1826. p. 308; Ann. de Ch. et de Ph. XXIV. p. 280—293; Bull. un. III. 233—234).

325) Mayer, Lex Mariotti ex principiis theoreticis deducta; Comm. Gott. Rec. VI. p. 3—26.

326) Rogg, über den Einfluß der Feuchtigkeit auf barometriſche Höhenmeſſungen und deſſen Correction durch das Pſychrometer; Pogg. XIV. 437—442.

327) Schmidt, Theorie des Widerſtandes der Luft bei der Bewegung der Körper. Göttingen 1831.

XXI. Bewegung, Schallſchwingungen elaſtiſcher Flüſſigkeiten.

328) Cauchy, Sur l'équilibre et le mouvement des liquides et des fluides élastiques; Bull. un. XI. 413–419.

329) Challis, über die Theorie der kleinen ſchwingenden Bewegungen elaſtiſcher Flüſſigkeiten; Transactions of the Cambridge Philos. soc. Vol. III. P. I. p. 269. (Ausz. Bull. univ. 1831. Nov. 233–245).

330) Challis, Some general Considerations respecting the propagation of Motion trough Elastic Mediums; Phil. Mag. 1830. Mai 325.

331) Challis, Sur les équations générales du mouvement des fluides incompressibles et compressibles, et sur la pression des fluides en mouvement; Transact. of the Cambr. ph. soc. Vol. III. P. III. p. 383. (Ausz. Bull. univ. XVI. 177–183).

332) Ivory, Sur les lois de la condensation et de la dilatation de l'air et de gaz et sur la vitesse du son; Phil. Mag. Juillet. 1825. p. 3. (Ausz. Bull. un. V. 238).

333) Ivory, Sur la vitesse du son; Phil. Mag. 1827. Avril. p. 249. (Ausz. Bull. un. VIII. 371).

334) Laplace, Développement de la théorie des fluides élastiques et application de cette théorie à la vitesse du son; Bull. phil. 1821. p. 161–172.

335) Laplace, Eclaircissemens de la théorie des fluides élastiques; Ann. de Ch. et de Ph. XVIII. 273–279; XXI. 22–23.

336) Poiſſon, Sur la théorie des ondes; Mém. de l'Acad. Tom. I. 1816. p. 71. (Ausz. Bull. phil. 1815. p. 162–168; 1817. 85–89; Ann. de Ch. et de Ph. V. 122).

337) Poiſſon, Sur l'intégration de quelques équations linéaires aux différences partielles et particulièrement de l'équation générale du mouvement des fluides élastiques; Mém. de l'Acad. T. III. 1818. p. 121. (Ausz. Bull phil. 1819. p. 113–115).

338) Poiſſon, Sur la théorie du son; J. de l'école polyt. VII. 319.

339) Poiſſon, Sur le mouvement des fluides élastiques dans des tuyaux cylindriques et sur la théorie des instrumens à vent; Mém. de l'Ac. Tom. II. 1817. p. 305–402; (Ausz. Bull. phil. 1818. p. 43–45; 1819. p. 28–31; Ann. de Ch. et de Ph. VII. p. 288–298; X. p. 129–141).

340) Poiſſon, Extrait d'un mémoire sur la propagation du son dans les fluides élastiques; Ann. de Ch. et de Ph. XXII. 266–249.

341) Poiſſon, Sur la vitesse du son. Addition à la connaissance des temps pour 1826. p. 257). (Ausz. Ann. de Ch. et de Ph. XXIII. 5–15 oder Bull. univ. III. 7–9).

342) Poiſſon, Sur le mouvement de deux fluides élastiques superposés; Mém. de l'Acad. X. 317.

343) **Poiſſon**, Sur la propagation du mouvement dans les milieux élastiques; Mém. de l'Acad. T. X. p. 549–606. (Inh. Bull. univ. II. 15–18; Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 423–433).

---

344) **Girard**, Rapport sur un mémoire de *Lagerhielm* relativement à l'écoulement de l'air par des orifices; Ann. de Ch. et de Ph. XXI. 204–209.

345) **Girard**, Sur l'écoulement de l'air atmosph. et du gaz hydrogène carboné dans des tuyaux de conduite; Mém. de l'Acad. Tom. V. 1821–1822. p. 1–26. (Inh. Bull. univ. VIII. 5).

346) **Navier**, Sur l'écoulement des fluides élastiques dans les vases et les tuyaux de conduites; Mém. de l'Acad. T. IX. 311. (Ausz. Bull. univ. XIII. 97–104).

XXII. Verſchiedene Gegenſtände der angewandten Mechanik (Maſchinen).

347) **Coriolis**, Calcul de l'effet des machines. Rapport sur cet ouvrage; Bull. univ. XII. 103–116.

348) **Coſte**, Recherches balistiques sur les vitesses initiales, le recul et la résistance de l'air; 1 Vol. in-8°. Paris 1823. (Auszug Bull. univ. I. 17).

349) **Doolittle**, Sur le mouvement d'une manivelle; American J. of sc. XIV. Nr. 1. p. 60. (Inh. Bull. univ. XI. 402).

350) **Eytelwein**, Theorie des Krummzapfens; Berl. Abh. 1812–13. S. 95–108.

351) **Eytelwein**, Beſtimmung der Kraft, welche erfodert wird, den Widerſtand der Getraidekörner beim Getraidemalen zu überwältigen; Berl. Abh. 1812–13. S. 109–118.

352) **Eytelwein**, Zuſammenſtellung der Gründe, von welchen der Gebrauch des Woltmann'ſchen hydrometriſchen Flügels abhängt, unabhängig von jeder Theorie über den Stoß des Waſſers; Berl. Abh. 1816–17. S. 23.

353) **Garnier**, Sur les machines; Nouv. Mém. Acad. Brux. I. 104–136. (Inh. Bull. un. II. 274).

354) **Gerſtner**, Bemerkungen über das hydrometriſche Pendel; 92 Seit. Prag 1829. (Inh. Leipz. Lit. Zeit. 1823. März. S. 590 oder Bull. univ. II. 18).-

355) **Girard**, Recherches sur les canaux de navigation, considérés sous le rapport de la chute et de la distribution de leurs écluses; Mém. de l'Acad. T. V. p. 27; T. VII. p. 1; T. VIII. p. 165;

T. X. p. 1. (Ann. de Ch. et de Ph. XIV. 225—256; XVIII. 223—255; XXIV. 33—55; 113—139; XXXII. 36—52; 131—165; 286—293).

356) **Girard**, Application des principes de la dynamique à l'évaluation des avantages respectifs des divers moyens de transport; Mém. de l'Acad. T. VII. p. 433.

357) **Lackerbauer**, Der hydrauliſche Balancier in ſeinem Princip; Baumg. VII. 315, 385.

358) **Poiſſon**, Formules relatives aux effets du tir d'un canon sur les différentes parties de son affût, et règles pour calculer la grandeur et la durée du recul; Imprimé par ordre du ministre de la guerre. Broch. in-8°. de 76 p. Paris 1826. Guiraudet. (Inh. Bull. univ. VI. 16).

359) **Poncelet**, Sur les roues verticales à palettes courbes mues par dessous, suivi d'expériences sur les effets mécaniques de ces roues; Ann. de Ch. et de Ph. XXX. 136—187; 225—262; 388—395.

360) **Poncelet**, Solution d'un problème de mécanique rationnelle, concernant la roue hydraulique; Bull. philom. 1826. 66—68. (Conf. Bull. univ. X.).

XXIII. Elektricität und Galvanismus.

361) **Bary**, Calcul des indications de l'électromètre; Ann. de Ch. et de Ph. 37—43 oder Pogg. XIV. 330—336.

362) **Bigeon**, Note sur la théorie de l'électricité; Ann. de Ch. et de Ph. XXXIII. 151—155 oder Pogg. XIII. 614—618.

363) **Ohm**, Verſuch einer Theorie der durch galvaniſche Kräfte hervorgebrachten elektroſkopiſchen Erſcheinungen; Pogg. VI. 459—469; VII. 45—54, 117—118.

364) **Ohm**, Nachweiſung eines überganges von dem Geſetze der Elektricitätsverbreitung zu denen der Spannung; Kaſtn. Arch. XVI. 1. 452.

365) **Poiſſon**, Sur la distribution de l'électr. à la surface des corps conducteurs; Mém. math. de l'Instit. 1811. T. XII. P. I. 1—92; P. II. 163—274.

366) **Poiſſon**, Sur la distribution de l'électricité dans une sphère creuse électrisée par influence; Bull. un. II. 146 oder Bull. phil. 1824. 49.

367) **Bernier**, De la distribution de l'électricité dans le cas de trois sphères en contact, dont les deux extrêmes sont égales et les centre sur une même ligne; In-4°. de 24. pag. Paris 1824.

XXIV. Magnetismus.

368) **Barlow**, Essai on magnetic attractions; 2me éd. London. Mawman 1823. (Inh. Bull. univ. 39).

369) **Poiſſon**, Sur la théorie du magnetisme; Mém. de l'Acad. T. V. 1821–22. p. 247–338, 488–533. (Ausz. Bull. univ. II. 90; III. 203; Bull. phil. p. 3; Ann. de Ch. et de Ph. XXV. 115–137, 221 223; XXVIII. 5–15; Pogg. I. 301; III. 429).

370) **Poiſſon**, Sur la théorie du magnétisme en mouvement; Mém. de l'Acad. T. VI. 1823. p. 441–570. (Ausz. Ann. de Ch. et de Ph. XXXII. p. 225, 306; ferner Bull. univ. VI. 175)

371) **Poiſſon**, Solution d'un problème relatif au magnétisme terrestre (mesure de l'intensité de l'action magnétique de la terre, comparable pour tous les temps). Additions à la connaiss. des temps pour 1828. p. 322–330 oder Elémens de Physique, par *Pouillet*. T. I. p. 494–501 oder Bull. phil. 1826. p. 19–21. (Ausz. Bull. univ. V. 247).

XXV. Elektromagnetismus.

372) **Ampère**, Théorie des phénomènes électro-dynamiques, uniquement déduite de l'expérience. Paris 1826. de 226 pages.

373) **Ampère**, Sur la théorie mathématique des phénomènes électro-dynamiques, uniquement déduite de l'expérience; Mém. de l'Acad. T. VI. 1823. p. 175–388.

374) **Ampère**, Extrait d'un mémoire sur les phénomènes électro-dynamiques; Ann. de Ch. et de Ph. XXVI. 134–161; 246–257.

375) **Ampère**, Lettre à Mr. *Gerhardi* sur divers phénomènes electro-dynamiques; ibid. XXIX. 373–380.

376) **Ampère**, Sur une nouvelle expérience électro-dynamique, sur son application à la formule, qui représente l'action mutuelle de deux élémens de conducteurs Volt., et sur de nouvelles conséquences déduites de cette formule; Ann. de Ch. et de Ph. XXIX. 381 –403; XXX. 29–41.

377) **Ampère**, Note sur l'action mutuelle d'un aimant et d'un conducteur Volt.; ibid. XXXVII. 113–139.

378) **Liouville**, Note sur l'électro-dynamique; Bull. univ. 1831. Janv. p. 29 oder Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 415–421.

379) **Savary**, Extrait d'un mémoire sur les phénomènes électro-dynamiques; Ann. de Ch. et de Ph. XXII. 91–99.

XXVI. Über das Licht.

1. Allgemeine Unterſuchungen über das Licht.

380) **Ampère**, Démonstration d'un théorème, d'où l'on peut déduire toutes les lois de la réfraction ordinaire et extraordinaire; Mém. math. de l'Instit. 1813. T. XIV. p. 235—248.

381) **Fiſcher**, Analytiſche Unterſuchungen über die Zurückſtralung des Lichtes von Metallſpiegeln, die nach irgend einem Kegelſchnitt gekrümmt ſind; Berl. Abh. 1814—15. S. 1—29.

382) **Gergonne**, Du mouvement de la lumière dans un milieu transparent, dont la densité varie dans tous les sens, suivant une loi mathématique quelconque; Ann. de math. par Gergonne. XIX. 257

383) **Malus**, Optique; J. de l'école polyt. T. VII. p. 1. 84.

384) **Schleiermacher**, über den Gebrauch der analytiſchen Optik bei der Conſtruction optiſcher Werkzeuge und über die Übereinſtimmung der dadurch erhaltenen Reſultate mit der Erfahrung; Pogg. Ann. XIV. 1—43.

385) **Schleiermacher**, Analytiſche Optik; Baumg. Zeitſchr. IX. 1. 161. 454; X. 171. 329.

386) **Schulten**, Recherche générale sur la quantité de lumière directe ou indirecte, envoyée dans l'oeil par les objets lumineux; Mém. de l'Acad. de St. Pétersb. T. I. livr. 1. p. 39. Sav. etr.

387) **Sorlin**, Mémoires sur la dioptrique; J. de la soc. du Bas-Rhin. 1827. p. 224—258. (Inh. Bull. univ. XI. 401).

2. Erſcheinungen des Lichtes, nach der Undulationstheorie erklärt, Interferenzen.

388) **Ampère**, Sur la détermination de la surface courbe des ondes lumineuses dans un milieu, dont l'élasticité est différente suivant les trois directions principales etc. Ann. de Ch. et de Ph. XXXIX. 113—144.

389) **Cauchy**, Application des formules qui représentent le mouvement d'un système de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle à la théorie de la lumière; Exerc. de math. V. p. 19.

390) **Cauchy**, Sur le mouvement d'un système de molécules, qui s'attirent ou se repoussent à de très-petites distances et sur la théorie de la lumière; Mém. de l'Acad. IX. 114.

391) **Cauchy**, Théorie de la lumière, première partie; Mém. de l'Acad. X. 293—316 oder Bull. univ. XIII. 414—427.

---

*) Die Unterſuchungen über die Undulationstheorie ſind unten beſonders zuſammengeſtellt.

392) **Cauchy,** Sur la réfraction, la réflexion et la dispersion de la lumière dans le système des ondes; Bull. univ. XIII. 6–13.

393) **Fresnel,** Sur la lumière (dans le syst. des ondes); in der franz. überſetzung von Thomſon's Chemie oder Pogg. III. 89—123, 303—328; V. 223–256; XII. 197–217; 366–398.

394) **Lagrange,** De la théorie de la lumière par Huyghens; Ann. de Ch. et de Ph. IV. p. 128–145.

395) **Poiſſon,** Sur le mouvement de deux fluides élastiques superposés; Mém. de l'Acad. X 317.

396) (**Poiſſon,** Extrait d'une lettre à *Fresnel* (sur le système des ondes); Ann. de Ch. et de Ph. XXII. 270–280).

397) (**Fresnel,** Réponse à cette lettre; ibid. XXIII. 129–134).

---

398) **Airy,** Über die Natur des Lichtes in den beiden durch die Doppelbrechung des Bergkryſtalles hervorgebrachten Stralen; Transact. of the Cambridge phil. soc. T. IV. oder Pogg. XXIII. 204–280.

399) **Challis,** Theory of the transmission of Light trough Mediums, and of its Reflexion at their surfaces, according to the Hypothesis of Undulation; Phil. mag. 1832, March. 161—166.

400) **Challis,** An Attempt to explain theoretically the different Refrangibility of the Rays of Light, according to the Hypothesis of Undulations; Phil. Mag. 1830. Sept. 169.

401) **Fresnel,** Sur la double réfraction; Mém. de l'Acad. VII. 45–166 oder Pogg. XXIII. 372–431; 494–556.

402) **Fresnel,** Explication de la réfraction dans le système des ondes; Ann. de Ch. et de Ph. XXI. 213–228.

403) **Fresnel,** Sur la loi des modifications, que la réflexion imprime à la lumière polarisée; Ann. de Ch. et de Ph. XLIV. 225–264 oder Pogg. XXII. 90–125. (Ausz. Ann. de Ch. et de Ph. XXIX. 175–186).

404) **Fresnel,** Résumé d'un mémoire sur la réflexion de la lumière; Ann. de Ch. et de Ph. XV. 379–386.

405) **Fresnel,** Note sur la coloration des lames cryst.; ibid. XVII. 167–195; 312–315.

406) **Fresnel,** Note sur le phénomène des anneaux colorés; ibid. 129–134 oder Pogg. XII. 599–604.

407) **Fresnel,** Sur la polarisation de la lumière; Ann. de Ch. et de Ph. XVII. 179. 312 oder Pogg. XXII. 68. 89.

---

408) **Arago,** Rapport fait à l'Académie des sciences sur les mémoires envoyés au concours pour le prix sur la diffraction; Ann. de Ch. et de Ph. XI. 5–30.

409) **Babinet,** Sur les couleurs des réseaux; ibid. XL. 166–177 oder Pogg. XV. 505–516.

410) Fresnel, Sur la diffraction de la lumière; Mém. de l'Acad. T. V. 1821—1822. p. 339—475. Ann. de Ch. et de Ph. I. 239; XI. 246—255; 337—378.

411) Young, über die Farben der Gitter; Ann. de Ch. et de Ph. XL. 178—182.

3. Brennpuncte, cauſtiſche Curven, gleichbeleuchtete Linien.

412) Borboni, Sur les lignes uniformément éclairées; Giorn. di Fis. Mai et Juin. 1823. p. 196; Juillet et Août p. 253. (Inh. Bull. univ. II. 105).

413) Chasles, Sur les lignes dirimantes à deux foyers conjugués; Quetelet Corresp. math. V. 116.

414) Chasles, Sur la génération des focales; Quetelet Corresp. math. VI. 207.

415) Lambert, Sur les caustiques planes; Ann. de Math. XX. 97.

416) Pouillet, Sur les foyers du crystallin; Bull. phil. 1826. Janv. p. 6. (Ausz. Bull. univ. VI. 62).

417) Quetelet, Sur une nouvelle manière de considérer les caustiques, produites soit par la réflexion, soit par la réfraction; Nouv. Mém. de l'Acad. de Bruxelles. 1826. T. III. p. 89. (Inh. Bullet. univ. T. VII. p. 15).

418) Quetelet, Sur une nouvelle théorie des caustiques, suivie de différentes applications à la théorie des projections stéréographiques; in-4°. de 35 pag. 1827. (Auch Mém. de l'Acad. de Bruxell. T. IV.; Inh. Bull. univ. VIII. 102).

419) Quetelet, Construction des points brillans et des courbes uniformément éclairées, déduite de sa théorie des caustiques; Quetel. Corresp. math. II. Nr. 1.

420) Quetelet, Quelques théorèmes nouveaux sur les caustiques; ibid. Nr. 2.

421) Quetelet, Sur les lignes dirimantes à deux foyers conjugués; Quetelet Corresp. math. V. 109.

422) De la Rive, Dissertation sur la partie d'optique, qui traite des courbes dites caustiques; in-4°. Genève 1824. (Inh. Bull. univ. I. p. 231).

423) Timmermans, Démonstration nouvelle du principe énoncé par *Quetelet*, sur les caustiques par réflexion et par réfraction; Quet. Corresp. math. I. Nr. 6.

4. Atmoſphäriſche Lichterſcheinungen, atmoſphäriſche Refraction.

424) Biot, Recherches sur les réfractions extraordinaires, qui s'observent très-près de l'horizon; Mém. math. de l'Inst. T. X. 1809. P. I. p. 1—260.

425) Dandelin, Solution du problème du plus court crépuscule, proposé d'abord par *Nonius*; Quetelet Corresp. math. II. Nr. 2.

426) Fraunhofer, über die Theorie der Höfe, Nebenſonnen ꝛc. in Aſtron. Abh. von Schumacher. 3s Heft S. 33. (Inh. Bull. univ. VI. 277).

427) Gergonne, Essai analytique sur le phénomène du mirage. Ann. de math. XX. 1.

428) Mile, Sur la grandeur apparente des objets, causée par la réfraction de la lumière dans l'atmosphère; J. de phys. 1822. Nov. (Ausz. Bull. univ. I. 299).

429) Moſer, über einige optiſche Phänomene und Erklärung der Höfe und Ringe um leuchtende Körper; Pogg. XVI. 67—81.

430) Spooner, über den Widerſchein von Sonne und Mond in den Meereswellen; Pogg. IX. 89—106.

431) Svanberg, Disquisitiones analyticae in theoriam refractionum astrorum; Nov. act. reg. soc. scient. Upsal. IX. 89. (Inh. Bull. un. XII. 335—336).

432) Wrede, über die ſcheinbare Lage paralleler Stralen in der Atmoſphäre und ihre Anwendung zu meteorologiſchen Meſſungen; Pogg. VII. 217—224; 305—310.

433) Forſter, Mémoires sur les variations du pouvoir de réflexion, de réfraction et de dispersion de l'atmosphère; Phil. mag. 1824. Mars. p. 192. (Inh. Bull. univ. II. 110).

434) Ivory, On the astronomical refractions; Phil. transact. 1823. p. 409; Ann. of Phil. 1824. Avril. p. 299. (Inh. Bull. un. II. 332).

435) Ivory, Observations sur les nouveaux tableaux de réfractions; Phil. mag. 1824. Avril p. 261; Juin 418. (Inh. Bull. univ. III. 10—11).

436) Olbers und Schumacher, Extension des séries inverses pour le calcul de la réfraction, avec une solution directe du problème; Journ. of sc. p. 139 Nr. 31. (Inh. Bull. univ. IV. p. 235).

437) Laplace, Sur les mouvemens de la lumière dans les milieux diaphanes; Mém. math. de l'Instit. T. X. 1809. p. 300—342).

438) Plana, Recherche analytique sur la densité des couches de l'atmosphère et la théorie des réfractions astronom; Mém. de l'Acad. de Turin. T. XXVII. 1823. p. 143. ((Inh. Bull. univ. I. 206).

439) Recherches historiques sur les diverses solutions du problème des réfractions; Quart. J. of sc. 1825. Nr. 36. p. 347. (Inh. Bull. univ. III. p. 353).

440) Ein Unbekannter, über die aſtronomiſchen Refractionen von Beſſel; J. of sc. 1823. Juillet. p. 356. (Inh. Bull. un. I. 343).

441) Young, A finite and exact expression for the refraction of an Atmosphere nearly resembling that of the earth; Philos. transact. 1824. P. I. p. 159—161.

442) Zach, Refractions- und Correctionstafeln in Bezug auf Thermometer- und Barometerſtand, nach den von Beſſel beſtimmten Werthen der Conſtanten berechnet; Aſtronom. Correſpond. von Zach. Th. IX. S. 214.

5. über verſchiedene ſpecielle Gegenſtände der Lichtlehre.

443) Bary, Sur la détermination élémentaire du minimum de déviation, qu'un rayon de lumière homogène puisse subir en traversant un prisme donné; Ann. de Ch. et de Ph. XLVII. 88.

444) Biot und Arago, Sur les affinités des corps pour la lumière et particulièrement sur les forces réfringentes des différens gaz; Mém. math. de l'Instit. 1806. T. VII. P. II. p. 301–386.

445) Fiſcher, Theorie der Nebenbilder, welche ebene Glasſpiegel zeigen, ihre Flächen mögen vollkommen parallel ſein oder nicht; Berl. Abh. 1812–13. S. 45–74.

446) François, Des courbes d'intersection apparente de deux lignes, qui tournent avec rapidité autour de deux points fixes; Quetelet Corresp. math. V. 120.

447) François, Théorie mathématique des courbes d'intersection apparente de deux lignes, qui tournent avec rapidité autour de deux points fixes; Quetelet Corresp. math. T. V. livr. 2.

448) Hachette, Théorie et description de l'héliostate; J. de l'école polyt. T. IX. cah. 16. p. 263.

449) Hachette, Addition à ce mémoire; ibid. T. X. cah. 17. p. 632.

450) Lehot, Application de la loi mathématique de l'évaluation des distances; Bull. univ. IV. 17.

451) Littrow, über Sonnenuhren; Baumg. IX. 148.

452) Poiſſon, Sur le phénomène des anneaux colorés; Ann. de Ch. et de Ph. XXIII. 5–15.

453) Prevoſt, De l'effet du mouvement d'un plan réfringent sur la réfraction; Ann. de Ch. et de Ph. XV. 183–191.

454) Puiſſant, Nouvelle méthode analytique pour déterminer les effets de l'aberration sur la position des astres; J. de l'école polyt. T. X. cah. 17. p. 596.

455) Quetelet, Sur un problème de réflexion de la lumière; Quetel. Corresp. math. T. IV. Nr. 2. (Inh. Bull. univ. X. 109).

456) Rudberg, über die Diſperſion des Lichtes; Pogg. IX. 483–487.

457) Bigeon, gegen dieſe Abhandlung; Ann. de Ch. et de Ph. XXXVII. 440–441).

458) Spunar, Beitrag zur Theorie der Refractionen; Baumg. Zeitſchr. VIII. 410.

XXVII. Über die Wärme.

1. Allgemeine Unterſuchungen über die Wärme.

459) **Fourier**, Théorie analytique de la chaleur, en 1 vol. in-4°, de 650 pages, (Inh. Bull. phil. 1822. p. 1—3 oder Ann. de Ch. et de Ph. III. 350).

460) **Fourier**, Théorie du mouvement de la chaleur dans les corps solides; Mém. de l'Acad. T. IV. 1819 et 1820. p. 185—555. (Inh. Bull. un. III. 145—147).

461) **Fourier**, Suite du précédent mémoire; ibid. T. V. 1821—1822. p. 153—246.

462) **Fourier**, Sur la théorie physique de la chaleur rayonnante; Ann. de Ch. et de Ph. VI. 259—303.

463) **Fourier**, Remarques sur la théorie math. de la chaleur rayonnante; Ann. de Ch. et de Ph. VI. 337—365.

464) **Fourier**, Résumé théorique des propriétés de la chaleur rayonnante; Ann. de Ch. et de Ph. XXVII. 236—280 oder Bull. univ. IV. p. 3—7).

465) **Fourier**, Sur la distinction des racines imaginaires et sur l'application des théorèmes d'analyse algébrique aux équations transcendantes qui dépendent de la théorie de la chaleur; Mém. de l'Acad. VII. 605.

466) **Fourier**, Sur la théorie analytique de la chaleur; Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 581—623. (Ausz. Bull. univ. XI. 13—30).

467) **Fuſinieri**, De la différence qui existe entre le calorique ordinaire latent et spécifique et le calorique des expansions spontanées en lames très minces, et de l'influence de celui-ci sur la détermination de la capacité des corps pour le calorique; Giorn. di Fis. di Pavia. 1823. Avril. 131. (Inh. Bull. un. I. 154).

468) **Libri**, Sur la théorie de la chaleur; Crelle J. VII. 116.

469) **Libri**, Sur la théorie de la chaleur; *Libri* Memorie di Math. et Fis. 1827. 1 fasc. Pisa 1827. (Inh. Bull. univ. XI. 121—124).

470) **Liouville**, Sur la théorie analytique de la chaleur; Ann. de Gerg. XXI. p. 133.

471) **Poiſſon**, Mémoire sur la distribution de la chaleur dans les corps solides; J. de l'école polyt. T. XII. cah. 19. p. 1. 145. 249. (Ausz. Bull. univ. II. 269; Bull. phil. 1815. p. 85; 1816. p. 11; 1820. p. 92; 1821. p. 177; Ann. de Ch. et de Ph. XIX. p. 337—349).

472) **Poiſſon**, Sur la chaleur rayonnante; Ann. de Ch. et de Ph. XXVI. 225—245.

473) **Schitko**, Grundgeſetze der Wärme; Baumg. und Ett. Zeitſchr. VI. 133. 257.

474) **Poiſſon**, Discussion relative à la théorie de la chaleur rayonnante; Ann. de Ch. et de Ph. XXVIII. 37–55.

475) Résumé de la discussion de *Fourier* et *Poisson* sur la chaleur rayonnante; Bull. univ. IV. p. 75–81; 135–140.

2. Temperatur des Erdkörpers und damit in Berührung ſtehende Probleme.

476) **Fourier**, Sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires; Mém. de l'Acad. VII. 570.

477) **Fourier**, Remarques générales sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires; Ann. de Ch. et de Ph. XXVII. 136–166.

478) **Fourier**, Sur le réfroidissement séculaire du globe terrestre; (Ausz. Ann. de Ch. et de Ph. XIII. 418–436.).

479) **Ivory**, über die Temperatur der Atmoſphäre in der Höhe; Phil. Mag. 1825. Août. p. 81; Oct. p. 242. (Ausz. Bull. un. V. 242).

480) **Lamé** und **Clapeyron**, Mémoire sur la solidification par réfroidissement d'un globe liquide; Ann. de Ch. et de Ph. XLVII. 250 oder Bull. univ. XVI. 255–259).

481) **Pagani**, Sur le mouvement de la chaleur dans une sphère composée de deux parties hétérogènes et concentriques; Quet. Corresp. math. IV. livr. 6. (Inh. Bull. un. XI. 163).

482) **Poiſſon**, Sur la température des différens points de la terre et particulièrement près de sa surface; Connaiss. des temps pour 1827. p. 303. (Ausz. Bull. univ. III. 211–213).

483) **Tralles**, über die Erwärmung der Erde von der Sonne; Berl. Abh. 1818–19. S. 57.

3. Temperatur der Gaſe.

484) **Navier**, Sur la variation de température, qui accompagne les changemens de volume des gaz; Ann. de Ch. et de Ph. XVII. p. 372–379 oder Bull. philom. 1820. p. 97–101.

485) **Poiſſon**, Sur la chaleur des gaz et des vapeurs; Ann. de Ch. et de Ph. XXIII. 337–352; 407–408.

486) **Sankey**, Theory of the action of caloric in producing the expansion of Fluids and Solids, with a formula for the Modulus of Gravity; Brewſter's Edinb. J. of sc. 1829. N. ser. Vol. I. 17.

4. Verſchiedene, die Wärme betreffende, Probleme.

487) **Fourier**, Recherches expérimentales sur la faculté conductrice des corps minces soumis à l'action de la chaleur et description d'un nouveau thermomètre de contact.; Ann. de Ch. et de Ph. XXXVII. 291–314 oder Pogg. XIII. 327–343.

488) **Fourier**, Sur la température des habitations et sur le mouvement varié de la chaleur dans les prismes rectangulaires; Bullet. phil. 1818. p. 1—11.

489) **Navier**, Note sur l'action mécanique des combustibles; Ann. de Ch. et de Ph. XVII. 357—379.

490) **Poiſſon**, Sur la distribution de la chaleur dans un anneau homogène et d'une épaisseur constante, lorsque la température du lieu; où il est placé, varie d'un point à un autre; Connaiss. du temps. 1826. p. 248. (Inh. Bull. un. II. 337.

Verſchiedenes.

491) **Krziz**, Die Höhe der Atmoſphäre, mathematiſch begründet; Baumg. und Ett. Zeitſchr. VIII. 420.

Verzeichniß der in- und ausländiſchen Schriften, welche ſeit 1829 über Phyſik, Mechanik und Meteorologie erſchienen ſind.

I. Allgemeine Lehr- und Wörterbücher der Phyſik*).

1) **Ajaſſon de Grandſagne**, Nouveau manuel complet de physique et de météorologie. Paris 1829. in-18. Fig. (Prix 6 Fr.)

2) **Arnott (N.)**, Elemente der Phyſik oder Naturlehre, dargeſtellt ohne Hülfe der Mathematik. Nach der dritten Auflage aus dem Engliſchen überſetzt; mit 9 Taf. Abbild. 1829. gr.-8°. 37 Bog. Weimar, Ind. Compt. (geh. 2 Thlr. 18 gl.).

3) **Baumgartner (A.)**, Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zuſtande, mit Rückſicht auf mathematiſche Begründung. Dritte umgearbeitete und vermehrte Auflage; mit 8 Kupfertaf. in Fol. 1829. gr.-8°. 50 Bogen. Wien, Heubner. (3 Thlr.).

---

*) Eine gute Literatur auch über die wichtigſten älteren phyſikaliſchen Lehrbücher und Journale wird man u. a. in Muncke's Handbuch der Naturlehre I. 11 ff. finden.

4) **Baumgartner**, (Andreas), Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zuſtande, mit Rückſicht auf mathematiſche Begründung. „Supplementband, den mathematiſchen und experimentellen Theil enthaltend. Wien 1830. 1831. bei Heubner. (Heidelberger Jahrb. 1831. Juli. 699).

5) **Belli** (Giuſeppe), Corso elementare di Fisica sperimentale. Vol. I. Milan. 1830. della società tipografica de' classici italiani. (Prezzo 3,50 lir. austr.

6) **Beudant** (F. S.), Lehrbuch der Phyſik, nach der vierten franzöſiſchen Originalausgabe, überſetzt von K. F. A. **Hartmann**, mit 15 lithogr. Taf. gr.-8°. 36 Bog. auf Druckpap. bei Brockhaus (3 Thlr.) (Leipz. Lit. Zeit. 1831. Nr. 198. S. 1577).

7) **Biot** (J. B.), Lehrbuch der Experimentalphyſik oder Erfahrungs-Naturlehre. Zweite Auflage der deutſchen Bearbeitung, mit Hinzufügung der neuen und einheimiſchen Entdeckungen von G. Th. **Fechner**. 5 Bände mit Kupfern. 1828 bis 1830. (11 Thlr.).

8) **Brandes** (H. W.), Vorleſungen über die Naturlehre, zur Belehrung derer, denen es an mathematiſchen Vorkenntniſſen fehlt. 3 Thle. 1830 bis 1831. Leipzig. Göſchen (Heidelb. Jahrb. 1831. Juli 727; — Leipz. Lit. Zeit. 1830. Juli. Nr. 181. S. 1441).

9) **Despretz** (C.), Traité élémentaire de physique, ouvrage adopté par le conseil royal de l'Instruction publique, pour l'enseignement dans les établissemens de l'Université de France. Troisième édition, entièrement refondue et ornée de 16 planches, un très-fort volume in-8°. Prix broché 12 Fr. Paris 1832, chez *Méquignon-Marvis*, rue du Jardinet Nr. 13.

10) **Deſroches**, Traité élémentaire de Chimie et de Physique. Paris 1830. 8°. avec des planches.

11) **Eckerle** (W. W.), Kleine Naturlehre zur Anregung und Begründung des religiöſen Gefühls, für die Jugend und Jugendlehrer bearbeitet. 1831. gr.-8°. (8½ Bogen). Heidelberg. Oßwald (**Winter**). (Preis 10 gl.).

12) **Exley** (Th.), Principles of natural philosophy; or a new theory of physics, founded on gravitation and applied in explaining the general properties of Matter, the phenomena of Chemistry, Electricity, Galvanism, Magnetism and Electromagnetism. 1829. 8vo. (price 14 sh.).

13) **Fechner** (G. Th.), Repertorium der Experimentalphyſik, enthaltend eine vollſtändige Zuſammenſtellung der neuern Fortſchritte dieſer Wiſſenſchaft. Als Supplement zu neuern Lehr- u. Wörterbüchern der Phyſik. 3 Bde. Leipzig, Voß. 1832. (Leipz. Lit. Zeit. 1832. Mai. S. 857).

14) **Fiſcher** (E. G.), Mechaniſche Naturlehre im Auszuge, für den höhern Schulunterricht entworfen vom Prof. Dr. E. F. **Auguſt**. 1829. 8°. 27 Bogen. Berlin, Nauk. (22 gl.).

15) **Fiſcher** (E.), Physique mécanique. Traduite de l'Allemand avec des notes, par *Biot*. 4me édit. revue et augmentée. in-8°. de 35 feuilles avec 12 pl. Paris 1830, Bachelier. (7 fr. 50 c.).

16) **Fladung** (J. A. F.), Populäre Vorträge über Phyſik. Gehalten vor einem Kreiſe gebildeter Damen in den Gärten von Kecompe; 2 Bändchen. — Auch unter dem Titel: Populäre Vorträge über Phyſik für Damen; 2 Bdchen. 16. 27¼ Bogen mit vielen eingedruckten Holzſchnitten. Wien 1831. Wallishauſer in Commiſſ. (1½ Thlr.).

17) **Focke** (Dr. C.), Lehrbuch der Phyſik, einfach und zum Selbſtunterricht für Lehrer und Lernende abgefaßt. Mit 21 lithogr. Tafeln. 8°. 12 Bogen. Göttingen 1831. Kübler. geh. (21 gl.).

18) **Friedleben** (Dr. Th.), Populäre Experimentalphyſik für angehende Mathematiker, Dilettanten und die Jugend. Erſter Theil: Die allgemeine Phyſik. Mit 8 Steintafeln. Zweiter und dritter Theil: Der ſpeciellen Phyſik erſte und zweite Abtheilung. Mit 8 Steintafeln. (Die 3 Theile complet 2 Thlr.).

19) **Gehler** (J. S. T.), Phyſikaliſches Wörterbuch, neu bearbeitet von **Brandes, Gmelin, Horner, Muncke, Pfaff**. 1829—1830. Fünfter Band, erſte bis zweite Abtheilung, von H—K gehend, 1572 Seiten. Leipzig bei Schwickert.

20) **Kaſtner** (K. W. G.), Grundzüge der Phyſik und Chemie, zum Gebrauch für höhere Lehranſtalten und zum Selbſtunterricht. Nürnberg bei Stein. Zweite Auflage erſter Band. 1832.

21) Kleine Naturgeſchichte und Naturlehre für die Jugend, über alle Gegenſtände der Natur, wie ſie auf der Erde gefunden werden, wachſen, leben und erfunden worden ſind. Mit 112 Holzſchnitten und 1 illum. Titelkupfer. 8°. 14 Bog. München 1831. Lindauer. (geh. 12 gl.).

22) **Lechevallier**, Cours de physique et de chimie industrielle. in-8°. Metz 1829, chez Me Thiel.

23) Die Lehren der Phyſik in dialogiſcher Form. Zum Selbſtunterricht und zum Gebrauch in Schulen, zunächſt für die Jugend beiderlei Geſchlechts. Aus dem Engl. nach der 6ten Auflage der Conversations on natural philosophy. Mit Zuſätzen von Fr. **Vogel**. Zweite (wohlfeilere) Ausg. Mit 23 Kupf 1830, gr.-8°. Darmſtadt. Heyer.

24) **Leuchs** (J. C.), Polytechniſche Vorleſungen oder faßliche und praktiſche Darſtellung der vorzüglichſten Lehren der Phyſik, Chemie ꝛc., Technologie ꝛc., ein Lehrbuch für Privatperſonen, für den Selbſtunterricht und die häusliche Unterhaltung. Mit Holzſchnitten. 1830. 8°. 26 Bog. Leuchs und Comp. (geh. 1 Thl.).

25) **Macvicar**, *Elements of the Economy of Nature; or the principles of Physics, Chimistry and Physiology. Founded on the recently discovered phenomena of Light, Electro-Magnetism and Atomic-Chemistry.* 8vo. 1831. Edinb. Black. (16 sh.).

26) **Michl** (W.), Naturlehre für die Jugend. 6te Aufl. 1830. 8°. 14 Bog. und 1 Kupfer. Straubing, Schorner. (3 gl.).

27) **Muncke** (G. W.), Die erſten Elemente der geſammten Naturlehre, zum Gebrauche für höhere Schulen und Gymnaſien. Zweite verb. Aufl. mit 2 Kupf. in 4°. 1829. 8°. 15 Bogen. Heidelberg, Oswald-Winter. (22 gl.).

28) **Muncke** (G. W.), Handbuch der Naturlehre. 2 Thle. gr.-8°. Heidelberg, Winter. Erſter Theil, die Experimentalphyſik enthaltend, mit 5 Kupf. 1829. 57½ Bog. (4½ Thl.); Zweiter Theil: die angewandte Phyſik enthaltend, mit 2 Kupf. 35 Bogen. (Leipz. Lit. Zeit. 1830. Nov. S. 2153; — Bull. univ. XIII. Nr. 180.; XVI. Nr. 176).

29) **Neumann** (Joh. Ph.), Lehrbuch der Phyſik. 1r Band. Mit 7 Kupfertafeln in gr.-4°. Zweite, bedeutend veränderte und vermehrte Aufl. gr.-8°. 30 Bogen. Wien 1830. Gerold. (3 Thlr. 8 gl.).

30) **Peclet** (E.), Traité de Physique. 2me édit. T. I. in-8°. de 630 pag. et 15 pl. Paris 1830.; T. II. in-8°. de 576 pag. et 19 pl. Paris 1830. Mahler et Comp. (Bull. univ. 1830. Juill. p. 17).

31) **Poppe** (J. H. M.), Die Phyſik, vorzüglich in Anwendung auf Künſte, Manufacturen u. a. nützliche Gewerbe. Als Lehrbuch für Realſchulen, Handwerksſchulen und polytechniſche Lehranſtalten überhaupt, oder auch zum Selbſtunterricht bearbeitet. Mit 4 Steintafeln in 4°. 1830. gr.-8. 20 Bogen. Tübingen, Fues. (1 Thl. 16 gl.).

32) **Pouillet**, Élémens de physique expérimentale et de météorologie. 2 Vol. in-4°. en 4 parties de 780 et 830 pag. avec 31 pl. Paris 1827, 1828, 1829 et 1830; Béchet jeune. (30 fr.).

33) **Rouvroy** (W. H. v.), Vorleſungen über die erſten Anfangsgründe der Phyſik und Chemie, insbeſondere als Vorbereitung zu dem Studium der Artillerie. Zum Gebrauche der Kön. Sächſ. Militair-Akad. 1829. gr.-8°. 13 Bogen und 1 Steintafel. Dresden und Leipzig. Arnold. (1½ Thlr.) (Beck's Repert. 1829. IV. 204; Hall. Liter. Zeit. 1832. Jun. 294).

34) **Schmidt** (J. A. Fr.), Allgemeinfaßliche Lehren und Experimente der Phyſik. Ein gemeinnütziges und unterhaltendes Lehrbuch für alle diejenigen, welche nur wenig oder gar keine mathematiſchen Kenntniſſe beſitzen. In 2 Theilen. Erſter Theil auch unter dem Titel: Gemeinnützige Naturlehre, mit IX. lithogr. Taf. 1830. 8°. 35½ Bogen. Ilmenau, Voigt. (1 Thl. 12 gl.). Zweiter Theil auch unter dem Titel: Phyſikaliſche Experimente und Beluſtigungen. Eine ſyſtematiſch-geordnete Sammlung vieler phyſikaliſchen Verſuche und Kunſtſtücke, auch mancher für Gewerbe und Haushaltung nützlicher Vorſchriften. Mit X lithogr. Tafeln. 1831. 8°. 40 Bog. (2 Thl.) (Leipz. Lit. Zeit. 1832. Mai. S. 999).

35) **Scholz** (Dr. Benj.), Anfangsgründe der Phyſik, als Vorbereitung zum Studium der Chemie. 4te umgearb. und verm. Auflage. Mit 5

Kupfertaf. in quer gr. Fol. gr.-8°. 49½ Bog. Wien, Heubner. 1832. (3⅚ Thlr.).

36) Schule gemeinnütziger Kenntniſſe und Wiſſenſchaften. 2. Abth. Kurzgefaßte Naturlehre. Mit Abbildungen. 8°. 6 Bogen. Leipzig und Kaſchau 1831. (geh. 6 gl.).

37) Tſcharner (Beat. v.), Handbuch der Experimentalphyſik, zur Selbſtbelehrung und zum Gebrauche bei Vorleſungen. Neue, vermehrte und mit 4 Tafeln in Steindruck verſehene Auflage. 1830. gr.-8. 35 Bog. Frankfurt. Hermann. (Druckvelinp. geh. 2¼ Thlr.).

38) Weinholz (Dr. W.), Handbuch der pharmaceutiſch-mathematiſchen Phyſik und Chemie. Zum Selbſtſtudium für angehende Chemiker, Ärzte und Apotheker. Nebſt einer verſchiebbaren chemiſchen Äquivalenten-Scale (in Fol. und lithogr.) und 28 tabellar. überſichten. gr.-8°. 32¼ Bog. 1832. Ilmenau, Voigt. (2 Thlr.).

II. Lehrbücher der Mechanik.

39) Arnott (Nicol.), Mécanique des solides, renfermant un grand nombre de développemens neufs et d'applications usuelles et pratiques; à l'usage des personnes les moins versées dans les mathématiques, des gens de lettres, des médécins et de tous ceux, qui ne se sont pas livrés d'une manière spéciale à l'étude des sciences; traduit de l'Anglais sur la 3me édit. et augmentée de notes et d'additions mathématiques, par *T. Richard.* in-8°. de 330 pag. avec 6 pl. grav. Paris 1829. Anselin. (5 fr. 50 c.).

40) Brewer (J. J.), Lehrbuch der Mechanik (ohne Hülſe der Differenzialrechnung). Erſter Theil: vi und 215 S. 1829.; Zweiter Theil: xiv und 268 S. 1830. (Beck's Repert. IV. S. 98; Leipz. Lit. Zeit. 1830. Juli S. 1419); Dritter und letzter Theil. 28½ Bogen. 1832. 8°. Düſſeldorf, Schaub. (Alle 3 Theile 6 Thlr.).

41) Brix (Ad. F. W.), Elementarlehrbuch der dynamiſchen Wiſſenſchaften, mit beſonderer Rückſicht auf techn. Anwendung. 1r und 3r Band 1831 (der zweite Theil erſcheint ſpäter). Berlin, Duncker u. Humbl. (Der dritte Band 2 Thlr. 2 gl.). (Götting. gel. Anz. 1832. Nr. 18.; Bull. univ. XVI. 161).

42) Cournot (A.), Mémoire sur le mouvement d'un corps rigide, soutenu par un plan fixe. in-4°. de 32 pag. Paris Janv. 1829. (Bull. univ. XI. p. 264).

43) Förſter (W.), Erſter Unterricht in der Statik oder Geoſtatik, für Militairſchulen und zum Selbſtunterricht. Nebſt 2 Blättern lithogr. Figuren. Glogau und Liſſa, im Verlage der R. Günther'ſchen Buch-

handlung. 146 S. 4°. (16 gl.) (Leipzig. Liter. Zeit. 1830. Juli. Nr. 148. S. 1179).

44) **Forſtner** (Alex. Frhrr. v.), Lehrbuch der theoretiſchen Mechanik oder der Gleichgewicht- und Bewegungslehre feſter, tropfbarer und luftförmiger Körper, ſo weit dieſe Lehren durch die Elementarmathematik vorgetragen werden können, mit Hinweiſung auf die praktiſche Mechanik und auf die weitere Ausführung der Mechanik durch die höhere Mathematik. In 2 Bänden. **Erſter Band**, enthaltend die Einleitung in die Mechanik, die allgemeine Statik, die Geoſtatik, Hydroſtatik und Aeroſtatik. Mit 3 Kupfertaf. 1831. x und 483 S. in-8°. Berlin bei Fr. Laun. (Gött. gel. Anz. 1832. St. 41. S. 401. Bull. univ. XVI. 162).

45) **Gerſtner** (F. J. v.), Handbuch der Mechanik, mit Beiträgen von neuern engliſchen Conſtructionen vermehrt. Erſter Band in 4 Heften. Mechanik feſter Körper. 653 S. in-4°. mit 40 Kupfertaf. in quer Fol. 1831. (Gött. gel. Anz. 1831. Nr. 175.—176.); Zweiter Band, Mechanik flüſſiger Körper, 2 Abtheilungen. 1832. (Prän. Pr. für 3 Bde mit 100 Kupfertaf. 24 Thlr.).

46) **Hay** (Jam.), A concise system of Mechanics in theory and practise etc. Edinb. 1829. Oliver et Boyd.

47) **Lehmann** (Dr. Jac. Wilh. Heinr.), Anfangsgründe der höhern Mechanik, nach der antiken, rein geometriſchen Methode bearbeitet. Berlin bei Reimer. 1831. 620 S. 8°. mit 2 Steindrucktafeln. (3 Thlr.); (Berlin. Jahresb. der wiſſ. Kritik. 1831. Nov. Nr. 100.; Jen. Lit. Zeit. 1832. Jan. Nr. 17. 18. S. 130—138).

48) **Meier** (Dr. Chriſt. Ernſt), Die Bedingungen und Geſetze des Gleichgewichts, nebſt einem Verſuch über die Urſachen der Ruhe und Bewegung der Körper. Zweite Ausgabe, mit einer Steindrucktaf. Erfurt, Knick 1830. x u. 221 S. 8°. (14 gl.) (Beck's Rep. 1830. IV. 292).

49) **Moſeley** (H.), Treatise on Hydrostatics and Hydrodynamics for the Use of students in the University. Cambridge 1830.

50) **Poinſot**, Elemente der Statik, als Lehrbuch für den öffentlichen Unterricht und zum Selbſtſtudium. Nach der 5ten Ausgabe aus dem Franz. überſ. von Dr. J. G. **Hartmann**. 8°. 16 Bog. und 3 Steindrucktafeln in gr.-4°. 1831. Berlin, Rücker.

51) **Young** (J. R.), Elements of Mechanics comprehending the theory of Equilibrium and of Motion, and the first principles of Physical Astronomy; together with a variety of Statical and Dynamical Problems; by J. Souter, School Library, 73. St. Paul's Churchyard. (10s. 6 d. in cloth.) 1832.

III. Meteorologiſche Literatur.

a) Allgemeine Schriften.

52) **Bailly** (C.), Résumé complet de Météorologie; in-32. de 322 p. avec pl. Paris 1830. au Bureau de l'Encyclopédie portative.

53) **Hellinger** (J. Ph.), Das Syſtem der allgemeinen Witterungskunde und meteorologiſcher Proſpectus der Jahre 1828 und 1829, nebſt jenem des merkwürdigen Nachwinters von 1829 und 1830. 1830. 8°. 3 Bogen. Coblenz, Hergt. (Velinp. 16 gl.).

54) **Kämtz** (L. F.), Lehrbuch der Meteorologie; Halle in der Gebauer'ſchen Buchhandlung. 1831. 8°. Bd. I. mit 3 lithogr. Taf. xvi und 510 S. (Leipz. Lit. Zeit. 1832. Nr. 13. S. 98. Hall. Lit. Zeit. 1832. Nr. 44. S. 345. — 1832. Bd. II. mit 3 Taf. xx und 596 S.).

55) **Kaſtner** (K. W. G.), Handbuch der Meteorologie. Für Freunde der Naturwiſſenſchaft. In 2 Bänden. 2r Bd. 2te Abth. mit 5 Kupfern. 1830. gr.-8°. 40½ Bog. Erlangen, Palm und Enke. (2 Thl. 20 gl.). (1r Band und 2r Band 1ſte Abtheil. ebendaſ. 1823 und 1825 koſten 5½ Thlr.).

56) Meteorik oder Witterungs- und Wetterkunde zur Erläuterung alltäglicher Erſcheine im Dunſtkreiſe und deren Vorausſicht. Aus dem Franz. überſ. und nach den telluriſchen Gründen und neueſten phyſiſchen Anſichten bearbeitet vom Prof. **S. G. Dietmar**. Mit 32 erläuternden Zeichnungen und colorirtem Plane zu einem Wettertelegraphen (auf 3 Steintafeln). 8°. 1832. 22½ Bogen. Ilmenau, Voigt. (1 Thl. 8 gl.).

57) **Rolte** (Dr. C.), Die großen und merkwürdigen kosmiſch-telluriſchen Erſcheinungen im Luftkreiſe unſerer Erde in Folge 20jähriger Beobachtungen, auch in Beziehung zur Cholera dargeſtellt und beobachtet. gr.-8°. 6½ Bogen. 1831. Hannover, Hahn'ſche Buchhandl. (Druckvel. geh. 8 gl.).

58) **Schübler** (G.), Unterſuchungen über den Einfluß des Mondes auf die Veränderungen unſerer Atmoſphäre, mit Nachweiſung der Geſetze, nach welchen dieſer Einfluß erfolgt. Leipzig, bei Baumgärtner. 1830. iv und 94 S. in-8° mit 2 Kupfertaf. und mehreren Tabellen. (Leipz. Lit. Z. 1830. Dec. S. 2597; Beck's Repert. 1831. II. 441).

59) **Schübler** (G.), Grundſätze der Meteorologie in näherer Beziehung auf Deutſchlands Klima, mit 8 Kupfern, einer vergleichenden Thermometer-Scale und mehreren Tabellen. (Ein integrirender Theil der allgemeinen Encyclopädie der geſammten Land- und Hauswirthſchaft der Deutſchen). Leipzig, in der Baumgärtner'ſchen Buchhandlung. 8°. 1831. 206 S. (Beck's Repert. 1831. II. 441).

60) **Sommer** (Joh. Gottfr.), Gemälde der phyſiſchen Welt, oder: Unterhaltende Darſtellung der Himmels- und Erdkunde. Nach den beſten

Quellen und mit beſtändiger Rückſicht auf die neueſten Entdeckungen bearbeitet. Zweite, verbeſſerte und vermehrte Auflage IV. Band. Phyſikaliſche Beſchreibung des Dunſtkreiſes der Erdkugel. 486 S. mit 4 Kupfertafeln und 2 Steindrücken. VI. Band: Gemälde der organiſchen Welt. 628 S. Prag, bei Calve. 1830 und 1831. (Preis der 3 Bände 5 Thl. 9 gl.) (Leipz. Lit. Zeit. 1832. April S. 846).

b) Literatur über ſpecielle Beobachtungen und Gegenſtände der Meteorologie.

61) **Auguſt**, über die Fortſchritte der Hygrometrie in der neueſten Zeit. Eine phyſikaliſche Vorleſung nebſt erläuternden Zuſätzen und der Berechnung einiger Hygrometer. Beobachtungen, welche bei Gelegenheit der Reiſe des Freiherrn Alex. v. Humboldt im nördlichen Aſien und an den Ufern des caspiſchen Meeres angeſtellt worden ſind, mit einer Abbildung in Steindr. 1830. gr. 4°. 4 Bogen. Berlin, Trautwein. (geh. 8 gl.).

62) **Auguſt**, Luftfeuchtigkeit und Cholera, ein meteorolog. Beitrag zur allgemeinen Charakteriſtik der Krankheit. Mit 1 Kupf. 4°. 3 Bogen. Berlin 1831, Trautwein. (geh. 12 gl.).

63) **Bunſen** (R. G.), Enumeratio ac descriptio hygrometrorum, quae inde a Saussurii temporibus proposita sunt. Commentatio praemio regio ornata Gottingae, apud Vandenhoeck et Ruprecht. 1830. 80 S. 4°. 10 S. Tafeln und 5 lithogr. Figurentaf. (1 Thlr.) (Leipz. Lit. Zeit. 1831. April S. 750).

64) Collectanea meteorologica sub auspiciis societatis scientiarum Danicae edita. fasc. I., continens observationes *D. Neuberi*, Apenroae institutas. Hafniae 1829. 4°. (10malige Beobachtungen für jeden Tag aus dem Jahre vom Juni 1824 bis 1825 von Seite 1—181. Dann folgen die aus dieſen Beobachtungen erhobenen Zuſammenſtellungen und Folgerungen von **Schouw** von S. 185—345).

65) Denkwürdigkeiten der berühmten Winter von 1740 und 1709. Nebſt meteorologiſchen Bemerkungen und Regeln, nach welchen beſonders aus der Witterung des Winters auf die wahrſcheinliche Witterung der folgenden Jahreszeiten zu ſchließen iſt. Herausgeg. von L. G. v. H. 1830. 8°. 5 Bog. Leipzig, Barth. (geh 5 gl.) (Leipz. Lit. Zeit. 1830. Nr. 49. S. 389).

66) **Dietmar**, Der Polarſchein oder das Nordlicht. Nach einer naturgemäßen Theorie erklärt. Mit 4 lithogr. colorirt. Zeichnungen. Berlin 1831. 8. (Leipz. Lit. Zeit. 1831. Juli. S. 1432).

67) **Gerling** (Chriſt. Ludw.), Die Höhe Marburgs über dem Meere aus Barometerbeobachtungen berechnet. 1829. 64 S. 8°. (6 gl.) (Beck's Rep. 1830. IV. S. 226).

68) **Hallaſchka** (L.), Sammlung der vom 7. Mai 1817 bis 31 December 1827 im K. K. Convictgebäude nächſt dem Piariſtencollegium auf

der Neuſtadt Prag Nr. C. 856. angeſtellten aſtronomiſchen, meteorologiſchen und phyſiſchen Beobachtungen. 1830. gr.-4°. 34 Bog. Prag, Calve. (3⅓ Thlr.) (Leipz. Lit. Zeit. 1830. Juli S. 1396).

69) **Heubner** (A.), Observationes meteorologicae a Cal. Jun. 1824 ad Cal. Jun. 1825. Hafniae 1829. xxxiv und 245 S. 4°. (Leipz. Liter. Zeit. 1830. Nr. 318).

70) **Hopf** (G.), Enumeratio atque descriptio hygrometrorum, quae inde a Saussurii temporibus proposita sunt, additis formulis et tabulis, quarum ope vaporum, qui aëri atmosphaerico insunt, aquosorum vis elastica, densitas et copia determinari possunt. Commentatio, quam ampl. ord. phil. Gott. insigni cum laude ad praemium regium accessisse censuit. Gottingae, sumtibus Vandenhoeck et Ruprecht. 1830. 57 S. 4°. 4 Bog. Taf. und 3 lithogr. Figurentaf. (20 gl.) (Leipz. Lit. Zeit. 1831. April S. 750).

71) **Ideler** (Dr. Jul. Ludw.), über den Urſprung der Feuerkugeln und des Nordlichtes. gr.-8°. 6½ Bogen. Berlin, Th. Enslin. 1832. ([illegible] gl.).

72) M[illegible]ologiſche Beobachtungen, angeſtellt zu Danzig in den Jahren 180[illegible] bis 1830 von Dr. **Kleefeld** und vollſtändig herausgegeben von der naturforſchenden Geſellſchaft zu Danzig. gr.-4°. 37¼ Bog. Halle 1831. bei Menger. (5 Thlr.).

73) **Mizze** (Ernſt), über Barometerbeobachtungen zu Bützow in den Jahren 1781 bis 1789. 1831. 27 S. 4°. Stralſund bei Löffler. (Hall. Lit. Zeit. 1832. Jan. Nr. 17. S. 134).

74) **Schmöger** (F. v.), Tafeln für die Beobachter des Thermo-Hygrometers. 1829. gr.-4°. 2 gedruckte und 3 lithographirte Bogen. Nürnberg, Schrag.

IV. Literatur über phyſikaliſch-telluriſche und kosmiſche Gegenſtände.

75) **Brandes** (H. W.), De cometarum caudis disquisitio mathematica. Pars I. Lips. 1830. (Leipz. Lit. Zeit. 1831. Aug. S. 1552).

76) **Daubeny** (C.), Tabellariſche Überſicht vulkaniſcher Erſcheinungen, enthaltend ein Verzeichniß der feuerſpeienden Berge und ihrer Ausbrüche, von der älteſten bis auf die gegenwärtige Zeit, nebſt den damit zuſammenhängenden bedeutendſten Erdbeben. Aus dem Engl. 1829. Imp. Fol. 1 Blatt. Weimar, geogr. Inſtitut. (15 gl.) (Mit eingedruckt iſt eine vergleichende und illuminirte Anſicht der Höhen der vulkaniſchen Berge).

77) **Erman** (Dr. Ad.), Bericht an die Kön. Acad. der Wiſſenſchaften zu Berlin, über die Fortſetzung ſeiner magnetiſchen Beobachtungen im

Ruſſiſchen Aſien durch den großen und atlantiſchen Ocean. (Abdruck aus Berghaus Annalen). Nebſt 1 magnet. Karte in gr.-Fol. gr.8°. 2½ Bog. Berlin 1830, Reimer. (geh. 10 gl.).

78) **Girardin** (M. G.), Considérations générales sur les volcans et examen critique des diverses théories, qui ont été successivement proposées pour expliquer les phénomènes volcaniques. Paris. 1831. in-8°.

79) **Humboldt** (Alex. v.), Fragmens de géologie et de climatologie asiatiques. 2 vol. in-8°. Paris 1831. (Jnh. Bibl. univ. 1831. Dec. p. 347).

80) **Humboldt** (Alex. v.), Fragmente einer Geologie und Klimatologie Aſiens. Aus d. Franz., mit Anm., 1 Charte und 1 Tabelle vermehrt von Jul. **Löwenberg**. gr.-8°. 17½ Bogen. 2 Charten und 1 Tab. 1832. (geh. 2 Thlr.).

81) **Klöden** (Karl Friedrich), über die Geſtalt und Urgeſchichte der Erde, nebſt den davon abhängenden Erſcheinungen in aſtronomiſcher, geognoſtiſcher, geographiſcher und phyſikaliſcher Hinſicht. Zweite vermehrte Auflage der Grundlinien zu einer Theorie der Erdgeſtaltung. Mit 8 illum. und ſchwarzen Kupfern. 1829. xxx und 334 S. 8°. Berlin bei Nauck. (Hall. Lit. Zeit. 1832. Febr. S. 231).

82) **Pontécoulant** (M. G. v.), Théorie analytique du système du monde. Paris 1829, Bachélier. 2 vol. in-8. (18 fr.).

83) **Reuter** (A. P.), Lehrbuch der mathematiſchen und phyſikaliſchen Geographie für Gymnaſien. Nürnberg bei Schrag, mit 4 Kupfertaf. 1830. 8°. (1½ Thl.) (Hall. Lit. Zeit. 1831. Nr. 238., 239., 240.).

84) **Schmidt** (J. C. Ed.), Lehrbuch der mathematiſchen und phyſiſchen Geographie. 2 Theile mit 4 Kupfern. 1830. gr.-8°. 70½ Bogen. Göttingen 1829. 1830. Vandenhoeck und Ruprecht. (4 Thl.) (Leipz. Lit. Zeit. 1831. Nr. 103., 104. S. 877.; Hall. Lit. Zeit. 1831. Nr. 238. S. 457; Nr. 239. S. 466; Nr. 240. S. 473).

V. Über Maße und Gewichte.

85) **Adolph** (J. G. B.), Theorie des Längen-, des Quadrat- und Riemen- und des Körper- und Schachtruthenmaßes, für angehende Geometer ꝛc., nebſt Tafeln zum barometr. Höhenmeſſen und Vergleichen der üblichen Thermometer, der Factoren von 1—10800; des Fuß-, Ellen-, Lachter-, Ruthen- und Meilenmaßes; des Geldes und der Münzfüße ꝛc., nebſt mehreren anderen Reductionstabellen, Notizen und Nachrichten. 1829. 12. 12 Bog. und 8 Tab. Mainz, Müller. Leipzig, Hinrichs. (1 Thlr.).

86) Chailan (F.), Le Rhytolomètre, ou Tableau général des mesures de capacité, employées pour les liquides dans les principales villes d'Angleterre, d'Allemagne, d'Italie, d'Espagne, du Levant etc., mises en rapport avec l'hectolitre de France et entr'eux. in-18. de 10 feuilles $\frac{1}{2}$. 1831. à Marseille chez Anfonce et à Paris chez Lecointe, Quai des Augustins. Nr. 49. (4 fr.).

87) Chelius (G. K.), Maß- und Gewichtsbuch. Dritte vom Verfaſſer ſelbſt ganz umgearbeitete und ſehr vermehrte Auflage. — Nach deſſen Tode herausgegeben und mit Nachträgen begleitet von J. T. Hauſchild. Mit einer Vorrede von H. L. Schumacher. gr.-8°. Frankfurt a. M. 1830. (2 Thlr. 8 gl. oder 4 Fl. 3 Kr.) (Leipz. Lit. Zeit. 1831. Febr. S. 359).

88) Jahn (G. A.), Tafeln zur Vergleichung der gebräuchlichen Thermometer- und Barometerſcalen. 1830. gr.-12. 1 Bogen. Leipzig, Voß. (geh. 6 gl.).

89) Kloſe (W.), Tafeln zur Berechnung der Höhenunterſchiede aus beobachteten Barometer- und Thermometerſtänden, zum Gebrauche des badiſchen militairiſch-topographiſchen Bureau's für Meter-, Maß und hunderttheiliges Thermometer berechnet, mit 1 lithograph. Figur zur Correction für die Temperatur der freien Luft. Carlsruhe 1830, bei Braun. (16 gl.).

VI. Über Gleichgewichts- und Bewegungserſcheinungen tropfbarer Flüſſigkeiten.

90) Bidone, Mémoire sur la determination théorique de la section contractée des veines liquides. Turin 1829.

91) Bidone (G.), Expérience sur la forme et sur la direction des veines et des courans d'eau lançés par diverses ouvertures. in-4°. Turin 1829.

92) Burdin, Nouveau système d'écluses, évitant toute perte de forces vives, autrement dit, ne dépensant qu'un poids d'eau égal à celui des bateaux ascendans, et gagnant, au contraire, la même quantité de liquide à la descente de ces derniers. in-4°. de 31 pages, avec une planche gravée. Paris 1830. (Bericht darüber von Mallet im Bull. de la soc. d'encour. 1830. Oct. 391).

93) Emy (A. R.), Du mouvement des ondes et des travaux hydrauliques maritimes. 1 vol. in-4°. 183 pag. avec un atlas de 10 planches gravées. Paris 1831, chez Anselin.

94) Gauß (C. F.), Principia generalia theoriae figurae fluidorum in statu aequilibrii. Gott. sumt. Dieterich. 4°. 53 pag. 1830.

95) Hydraulics. in-8°. 1830. Londres. (6 Pences für jedes Heft).

96) **Knorr** (Ernſt), Disquisitiones quaedam de aestu maris. Dissert. Berol. 1830. 23 pag. 4°. (Leipz. Lit. Zeit. 1831. Nr. 311. S. 2487).

97) **Koſſak** (F. W. A.), über die Bewegung des Waſſers beim Ausfluſſe aus Behältern. Mit einer Figurentafel. 1830. in gr.-4°. gr.-8°. 5 Bog. Danzig bei Gerhard. (geh. 12 gl.).

98) **Poiſſon** (S. D.), Nouvelle théorie de l'action capillaire. Paris, Bachelier. 1831.

99) **Rudrauff** (G. F.), Beiträge zur Hydroſtatik und Aräometrie, angewandt auf die Ausübung der Apothekerkunſt. Zweite Auflage. Mit 12 Steintafeln. gr.-4°. Bern 1831. (1 Thlr. 4 gl.).

Über arteſiſche Brunnen insbeſondere.

100) **Blume** (J. A.), Die arteſiſchen Brunnen. Dresden und Leipzig, bei Arnold. 1831. 31 S. 8°. (4 gl.) (Leipz. Lit. Zeit. 1831. Juli. S. 1431).

101) **Cirini**, Delle pressione idrostatica a cui sono soggette le acque sotteranee anche in località non dominante de monti superiori, ossia cause idrostaticho-fisiche della forza saliente nei pozzi trivellati detti artesiani. Milano 1831. presso Luigi Nervetti. in-8°. di p. 100.

102) **Héricart**, Considérations géologiques et physiques sur la cause du jaillissement des eaux des puits forés ou fontaines artificielles etc. Paris 1829.

103) **Héricart**, Concours sur le percement des puits forés à l'effet d'obtenir des eaux jaillissantes applicables aux besoins de l'agriculture. in-8°. 1830. chez veuve Husard. 64 pag.

104) **Jacquin** (J. v.), Die arteſiſchen Brunnen in und um Wien, nebſt Bemerkungen über dieſelben von **Paul Partſch**; mit 1 lithograph. Tafel. 1831. 48 S. 8°. (8 gl.) (Jen. Lit. Zeit. 1832. Jan. S. 27).

105) **Poppe** (J. H. M.), Die arteſiſchen Brunnen, ihre Beſchaffenheit, die Art ihrer Verfertigung und ihre Benutzung, mit allen dazu gehörigen Inſtrumenten und Maſchinen zum Bohren, Ausfüttern und gehörigem Einrichten dieſer Brunnen als Spring-, Lauf- und Pumpbrunnen. Mit 3 Steintaf. 1830. 8°. 4½ Bog. (8 gl.). (Leipz. Liter. Zeit. 1831. Jan. S. 125).

106) **Spetzler** (J. A.), Anleitung zur Anlage arteſiſcher Brunnen. Mit 6 Steintafeln. Lübeck bei Rohden. 1832. 90 S. 8°. (18 gl.) (Leipz. Lit. Zeit. 1832. März. S. 506; Gött. gel. Anz. 1832. den 19. April S. 623).

107) **Waldauf v. Waldenſtei**[illegible].), Die neueſten Beobachtungen und Erfahrungen von **Garnier**, **Héricart de Thury**, **Baillet**, **Omalius d'Halloy**, **Flachat**, **Beurrier**, v. **Bruckmann** u. A. m. über die Anlage der arteſiſchen Brunnen. Als Anhang und Nachtrag zur Überſetzung von **Garnier's** Preisſchrift, über die An-

wendung des Bergbohrers, zur Aufſuchung von Brunnenquellen. Mit 4 lithogr. Tafeln. Wien bei Beck. 1831. 192 S. 8°. (1 Thl. 8 gl.) (Leipz. Lit. Zeit. 1832. März S. 506).

VII. Über Gleichgewichts- und Bewegungserſcheinungen und Widerſtand gasförmiger Körper.

108) **Benzenberg**, über die Dalton'ſche Theorie. 8°. 192 S. mit 3 Kupfertafeln. Düſſeldorf 1830, Schaub. (Gött. gel. Anz. 1830. St. 196. S. 1945; Bull. univ. 1831. Nov. 249).

109) **Dirckſen** (E. H.), über die mechaniſche Beſchaffenheit der elaſtiſchen Flüſſigkeiten. 1830. 27 S. 4°. Berlin. (Hall. Lit. Zeit. 1832. Febr. Nr. 37. S. 289).

110) **Hachette**, Notice historique sur les machines à vapeurs. in-8°. Paris 1829.

111) **Hachette**, Histoire des Machines à vapeurs, depuis leur origine jusqu'à nos jours. in-8°. Paris 1830. (Bull. des sc. techn. XV. 50).

112) Mémoire sur la direction des aërostats. in-8°. 1½ feuille. Impr. de Feissat. Marseille.

113) **Rumford** (Benj. v.), Verſuche mit dem baliſtiſchen Pendel, die Geſchwindigkeit geſchoſſener Körper zu beſtimmen. Nach deſſen Philos. papers aus dem Engl. überſetzt durch **Röblich**. 1830. gr.-8°. 5½ Bogen und 4 Steintafeln in quer gr.-Fol. Berlin, Reimer. (Velinpap. 1 Thl. 4 gl.).

114) **Schmidt** (J. L. Gd.), Theorie des Widerſtandes der Luft bei der Bewegung der Körper. Göttingen 1831. Mit einer Kupfertafel. 8°. 71 Seiten.

115) **Wronski**, Complément de la nouvelle théorie mathématique des machines à vapeurs. in-4°. Paris 1829. Didot aîné. 4 feuilles.

VIII. Über Imponderabilien.

a) Über mehrere Imponderabilien gemeinſchaftlich.

116) **Peytavin** (J. B.), Essai sur la constitution physique des fluides élastiques et magnétiques. Paris 1830. 8°.

117) **Pohl** (G. F.), Anſichten und Ergebniſſe über Magnetismus, Elektricität und Chemismus. Ein Bericht an das größere naturwiſſenſchaftliche Publicum. Auszugsweiſe vorgetragen in der Verſammlung der deutſchen Naturforſcher und Ärzte zu Berlin. 1829. 8°. 6¼ Bogen. Berlin, Dümmler. (geh. 8 gl.).

118) **Thomſon**, Outline of the sciences of Heat and Electricity. 1830. 8°.

b) über gewöhnliche Elektricität.

119) **Böckmann** (J. L.), über Blitzableiter. Eine Abhandlung auf höchſten Befehl ausgearbeitet. Neue Auflage von Dr. G. Fr. **Wucherer**. 1839. Mit einer gr.-4° Tafel illum. Abbildung in Steindruck. gr.-8°. 6½ Bogen. Carlsruhe, Braun. (14 gl.).

120) **Murray** (John), Treatise on atmospheric electricity, incl. obs. on lightning-Rods and Paragrêles. London 1828. 8°.; 2me éd. 1830.

121) **Murray** (J.), Manuel de l'électricité atmosphérique, comprenant les instructions nécessaires pour établir les paratonnemes et les paragrèles. Traduit par Riffault. in-12 de 264 pages, avec 2 pl., faisant partie de la collection des Manuels. Paris 1831, Roret. (Bull. univ. 1831. Juillet. 20).

122) **Preibſch** (Chriſtian), über Blitzſtralableiter, deren Nutzbarkeit und Anlegung. Zur Belehrung und zum Unterricht für den Bürger und Landmann. Mit erläuternder Abbildung. Zweite, viel vermehrte und verbeſſerte Auflage. Leipzig und Zittau, bei Schöps. 1830. 46 S. 8°. (Leipz. Lit. Zeit. 1830. Aug. Nr. 191. S. 1528).

123) **Ribbentrop** (G.), über die Blitzröhren oder Fulguriten, und beſonders über das Vorkommen derſelben am Regenſteine bei Blankenburg. Braunſchweig, bei Vieweg. 1830. 46 S. 8°. 1 Taf. (8 gl.).

124) **Roth** (J. J.), De electricitatis in organismum humanum effectu, diss. physiologico-pathologica. Monachii 1829.

125) **Saur** (Dr. L.), Betrachtungen über die Elektricität. 8°. 5 Bogen. Berlin, L. Öhmigke in Commiſſ. 1831. (8 gl.).

126) **Weber** (Dr. Joſ. v.), Der Elektrophor in ſeiner Vervollſtändigung und Zurückführung ſeiner Erſcheinungen auf beſtimmte Geſetze. München bei Anton Weber. 1831.

c) über Galvanismus.

127) **Fechner** (Guſt. Theod.), Maßbeſtimmungen über die galvaniſche Kette. Mit 1 lithogr. Tafel. Leipzig bei Brockhaus. 1831. XII und 260 S. 4°. (3 Thlr.) (Leipz. Lit. Zeit. 1832. Mai S. 993).

128) **Fiſcher** (N. W.), Verhältniß der chemiſchen Verwandtſchaft zur galvaniſchen Elektricität, in Verſuchen dargeſtellt. 1830. gr.-8°. 5½ Bogen und 1 Tab. Berlin, Schleſinger. (1½ Thlr.).

129) **Marianini** (Dr. Stephan), Memoria sopra la teoria chimica degli elettromotori voltiani semplici e composti. Venezia 1829 della tipographia di Alvisopoli. in-8vo.

d) über Magnetismus.

130) **Becker** (L. A.), Der mineraliſche Magnetismus und ſeine Anwendung in der Heilkunſt. Mühlhauſen bei Heinrichshofen. 1829. 202 S. 8°. (Leipz. Lit. Zeit. 1830. Mai Nr. 113. S. 897).

131) Magnetism. in-8°. 64 pages. Londres 1831. (Bull. univ. 1831. Juin. 336).

e) über Elektromagnetismus.

132) **Fechner** (G. Th.), Elementarlehrbuch des Elektromagnetismus, nebſt Beſchreibung der hauptſächlichſten elektro-magnetiſchen Apparate. Mit 4 Kupf. 1830. gr.-8. 10½ Bog. Leipzig, Voß. (1 Thlr. 12 gl.).

133) **Pohl** (G. F.), Der Elektro-Magnetismus, theoretiſch-praktiſch dargeſtellt. Erſte Abth. mit 3 Kupfern. Berlin 1830, bei Dunker und Humblot. (Bull. des sc. math. 1831. Juin. p. 331).

134) **Schelling** (Fr. W. J. v.), über **Faraday's** neueſte Entdeckung, zur öffentlichen Sitzung der Kön. Academie der Wiſſenſchaften am 8. März 1832. München 1832. 8°. 31 S. (4 gl.).

135) **Watkins** (Fr.), A popular sketch of electro-magnetism, or electro-dynamics, with outlines of electricity and magnetism. 8°. with plates. London 1832. (3 sh.).

f) über Licht.

136) **Brewſter** (David), A treatise on optics. London 1831. 8°. 383 S. mit 177 in den Text eingedruckten Holzſchnitten. (6 Sh.) (Gehört zu **Lardner's** Cabinet Cyclopaedia). (Berl. Jahrb. 1832. März S. 469. 473).

137) **Chevallier** (C.), Notice sur l'usage des chambres obscures et des chambres claires, contenant la description et l'emploi des meilleurs appareils de ce genre, des modifications, dont ils ont été l'objet, ainsi que les mémoires publiés à ce sujet par le Dr. *Wollaston* et le professeur *Amici*. Documens utiles à toutes les personnes, qui s'occupent du dessin d'après la nature. in-8°. de 100 p. avec 4 pl. Paris 1829, Vincent et C. Chevallier, opticiens, quai d'horloge. Nr. 69.

138) **Coddington** (H.), A treatise on the reflexion and refraction of Light being Part. I. of a System of Optics. 8°. Cambr. 1829.

139) **Coddington**, A treatise on the eye, and on Optical Instruments being Part. II. of a System of Optics. 8°. Cambr. 1830.

140) **Crum** (Walter), An experimental inquiry into the number and properties of the primary colours, and the source of colour in the prism. Glasgow, Ackinson et Comp.; London, Longmann et Comp.; Paris, Treuttel et Würtz; Berlin, Dümmler. 1830. 47 S. gr.-8°. mit illum. Kupfern.

141) **Davenport** (R.), Supplement to „The Amateur's Perspective." London 1829. 4°. pag. 64.

142) Double refraction and polarisation of Light. in-8°. 2 liv. 64 pag. London 1829. (Bull. univ. 1831. Juin p. 334).

143) Entdeckung der Convergenz des Sonnenlichtes, indem es die Atmo-

ſphäre durchdringt. Mit einer Steintafel. 1830. gr.-8°. 4 Bog. Leipzig, Weidmann. (geh. 12 gl.).

144) Herſchel, Traité de la lumière, traduit de l'Anglais avec notes par *P. F. Verhulst* et *A. Quetelet*. 2 Tom. Paris 1829.

145) Herſchel (J. F. W), Vom Lichte. Aus dem Engliſchen überſetzt, von Dr. J. C. Ed. Schmidt. Mit 11 lithogr. Tafeln. gr.-8°. 43¼ Bogen. Stuttgart und Tübingen, Cotta 1831. (3 Thlr.).

146) Holland (James), The Herschelian, or Companion to the telescope etc. Part. I. (Orion und Haſe). gr.-Fol. London 1831, Longmann und Comp. (5 Sh.) (Inh. Bull. univ. XV. 278).

147) Holke (F. A.), Disquisitio de acie oculi dextri et sinistri, in mille ducentis hominibus sexu, aetate et vitae ratione diversis examinata. Dissert. inaug. med. Lips. 1830.

148) Littrow, Dioptrik oder Anleitung zur Verfertigung von Fernröhren. Wien 1830.

149) Lloyd (Humphrey), A treatise on light and vision. 8° 1831. — 15 pag. cloth.

150) Michaelis (G. A.), über das Leuchten der Oſtſee, nach eigenen Beobachtungen, nebſt einigen Bemerkungen über dieſe Erſcheinung in anderen Meeren. Mit einem Vorworte von Pfaff. Mit 2 Kupfertafeln in gr.-4°. 1830. gr.-8°. 3½ Bogen. Hamburg, Perthes und Beſſer. (10 gl.).

151) Newton's Optics. in-8. 64 pag. 1829—1830. (Bull. univ. 1831. Juin. p. 333).

152) Plateau (J.), Dissertation sur quelques propriétés des impressions produites par la lumière sur l'organe de la vue; 32 p. in-8°. Liège 1829, Dessain.

153) Roux (Jacob), Die Farben. Drittes Heft. Heidelberg, Winter.

154) Schaffer (J. F.), Verſuch einer Beantwortung der von der mathematiſch-phyſikaliſchen Klaſſe der Academie der Wiſſenſchaften zu St. Petersburg aufgegebenen Preisfrage über das Licht; bearbeitet als 1r Theil eines Syſtems der Phyſik. Mit 1 Steintafel. 1830. gr.-8°. 7¼ Bogen. Bremen, Heyſe in Comm. (16 gl.) (Leipz. Lit. Zeit. 1830. Juli Nr. 175. S. 1393).

155) Tourtual (C. Th.), über die Erſcheinung des Schattens und deren phyſiologiſche Bedingung, nebſt Bemerkungen, die wechſelſeitigen Verhältniſſe der Farben betreffend. Mit 1 Kupfer. 1830. gr.-8°. 8½ Bog. Berlin, Reimer. (18 gl.).

156) Wedel (G. W. U.), über optiſche Täuſchungen und deren Grundurſachen in den Erſcheinungen am Himmel und auf unſerer Erde. Ein Reſultat vieljähriger Studien und Forſchungen in der Natur, wodurch er zur Entdeckung eines naturgemäßen Erdſyſtems, der Erfindung eines der engliſchen Preisaufgabe vollkommen entſprechenden Längengradweiſers, der Erfindung eines alle die Erde betreffenden Na-

turerſcheinungen erklärenden und anſchaulich machenden Tellurii, und der Erkenntniß des Urſprunges der bisher geherrſchten Irrlehren in obgedachtem wichtigen Zweige der Naturwiſſenſchaft gelangt iſt. 1830. gr.-8°. Altona 1829. Leipzig, Rein. (12 gl.).

g) Über Wärme.

157) **Breſſon**, De la chaleur, spécialement appliquée à l'industrie manufacturienne. 1. et 2. liv. Paris 1829, chez Crochard.

158) **Göppert** (H. R.), über die Wärmeentwickelung in Pflanzen, deren Gefrieren und Schutzmittel gegen daſſelbe. Breslau, bei Joſ. Max und Comp. 1830. (1 Thlr. 16 gl.) (Leipz. Liter. Zeit. 1831. April. Seite 649).

159) **Peclet** (E.), über die Wärme und deren Verwendung in den Künſten und Gewerben. Ein vollſtändiges und nöthiges Handbuch für Phyſiker, Technologen, Fabrikanten, Mechaniker, Architekten, Forſt- und Hüttenmänner ꝛc. Aus dem Franz., mit den nöthigen Zuſätzen für Deutſchland verſehen von Dr. C. F. A. **Hartmann**. Braunſchweig, Vieweg. gr.-8°. 1r Theil mit 7 lithogr. Tafeln. 1830. ($1\frac{5}{6}$ Thlr.) (Erdmann's Journ. VII. 476; Leipz. Lit. Zeit. 1831. Mai. Seite 921).

160) Traité complet des thermomètres-pyromètres, offrant l'histoire, la théorie et la pratique des instrumens, qui donnent la mesure de la chaleur avec la construction et l'application de ces intrumens etc., traduit de l'anglais par *N. E. Pelouze*. in-8°. de 10 feuilles. Paris 1829, Fortic.

IX. Über verſchiedene phyſikaliſche Gegenſtände.

161) **Boullay** (Polydore), Dissertation sur le volume des atomes et sur les modifications, qu'il subit dans les combinaisons chimiques. Première thèse soutenue devant la faculté des sciences de Paris, pour obtenir le grade de docteur. Paris 1830. 8°.

162) **Braun** (R.), Mikroſkopiſche Beobachtungen, welche in den Monaten Juni bis Auguſt 1827 gemacht worden, über die Theilchen, welche im Pollen der Pflanze enthalten ſind, und die allgemeine Exiſtenz ſelbſtſtändig beweglicher Molecule in organiſchen und unorganiſchen Körpern. Aus der engl. nicht in den Buchhandel gekommenen Urſchrift ins Deutſche übertragen von **Beilſchmidt**. 8°. $1\frac{1}{2}$ Bogen. Nürnberg, Riegel und Wiesner. (geh. 4 gl.) (Beck's Repert. 11r Jahrg. III. 67).

163) **Gräbner** (Dr. K.), Frictionstheorie. Über die Urſache der Entſtehung der Weltkörperatmoſphären, deren Verſchiedenheit in Ausbre-

chung ihrer Lichtentwickelung ꝛc. Aphorismen zu einer Hypotheſe der höhern Phyſik. gr.-8°. 1¼ Bogen. Weimar 1832, Gräbner. (geh. 6 gl.).

164) Lagerhielm (Peter), Verſuche zur Beſtimmung der Dichtheit, Gleichartigkeit, Elaſticität, Schmiedebarkeit und Stärke des gewalzten und geſchmiedeten Stabeiſens. Aus dem Schwediſchen überſetzt von Dr. J. W. Pfaff. Mit XI. Kupfertaf. gr.-4°. 1829. (4 Thlr.).

165) Libri (G.), Mémoires de mathématique et de physique. T. I. in-4°. Florence 1829.

166) Lövy (H.), über Polarität. gr.8°. 4 Bog. 1831. Prag, Barroſch und André. (geh. 12 gl.) (Bull. univ. 1831. Nov. 251).

167) Nicholſon, Anweiſung zur Kenntniß, Prüfung, Anwendung und Verfertigung aller Arten Thermometer, Barometer, Hygrometer, Pyrometer, Aräometer, Hydrometer u. dgl. A. d. Engl. mit Zuſätzen. Mit Steintafeln. 8°. Quedlinburg 1832. (18 gl.).

X. Über Geſchichte, Literatur und Kritik der Phyſik.

168) Berichte über die Verſammlung deutſcher Naturforſcher zu Berlin im Jahr 1828 (von Humboldt und Lichtenſtein), zu Heidelberg im Jahr 1829 (von Tiedemann und Gmelin), zu Hamburg im Jahr 1830 (von Bartels und Fricke), ſind reſpectiv erſchienen in Berlin bei Trautwein, in Heidelberg bei Winter und in Hamburg bei Perthes und Beſſer. Über die Hamburger Verſammlung iſt auch ein anderer Bericht bei Hoffmann und Campe erſchienen.

169) Bibliotheca physico-medica. — Verzeichniß wichtiger älterer ſowohl, als ſämmtlicher ſeit 1821 in Deutſchland gedruckter Bücher aus den Fächern der Phyſik, Chemie, Geognoſie, Mineralogie, Botanik, Zoologie, vergleichenden und menſchlichen Anatomie, Phyſiologie, Pathologie, Therapie, Materia medica, Chirurgie, Augenheilkunde, Geburtshülfe, Staatsarzneikunde, Pharmacie, Thierarzneikunde ꝛc., zu finden bei Leopold Voß in Leipzig. Lexicon-8°. 10 Bogen. Leipzig im Januar 1832. (16 gl.).

170) Cuvier (G.), Geſchichte der Fortſchritte in den Naturwiſſenſchaften ſeit 1789 bis auf den heutigen Tag. Aus dem Franz. von Dr. F. A. Wieſe. Zweiter Band (enthält die Fortſchritte der Chemie, Phyſik, Meteorologie, Mineralogie und Geologie von 1809 bis 1827). gr.-8°. 22½ Bogen. Leipzig, Baumgärtner. (1 Thlr. 12 gl.).

171) Erreurs dévoilées des physiciens modernes dans l'explication des phénomènes; examen critique du traité de chimie de Mr. *Thénard* et quelques observations sur l'aberration et la nutation. 1 vol. in.8°.

453 p. avec 2 pl. gr. Paris 1831. chez Dufort. (Prix 6 fr. francs de port par la poste).

172) Gallerie der vorzüglichſten Ärzte und Naturforſcher Deutſchlands nach neuen Originalzeichnungen geſtochen und herausgegeben von Rosmaesler. 1s Heft. Fol. (6 Bildniſſe und 1 Bl. Text.) Gotha 1831. J. Perthes in Comm. (2 Thlr. 8 gl.); — 2s Heft. Fol. 6 Bildniſſe. (1 Thlr. 16 gl.).

173) Marx (C. M.), Die phyſikaliſche Sammlung des herzogl. Collegii Carolini in Braunſchweig. Mit Abbild. (auch einer Titelvignette und 1 Kupfertafel in gr.-Fol.) Braunſchweig bei Vieweg 1831. 8°. (XII und 134 S. (20 gl.).

174) Paris (A. J.), The life of sir Humphry Davy. Baronet. London 1830.

175) Recueil des actes de la séance publique de l'Académie Impériale des sciences de St. Pétersbourg, tenue le 29. Dec. 1828. gr.-in-4°. (19½ Bog. und 2 Steindr.) St. Péterb. 1829. (Leipsic, Cnobloch). (2 Thlr. 21 gl.). — Le même, tenue le 29 Dec. 1829. gr.-in-4°. 32 Bog. 1830. Velinp. (2 Thlr. 21 gl.).

176) Rixner (A.) und Siber (J.), Leben und Lehrmeinungen berühmter Phyſiker am Ende des XVI. und am Anfange des XVII. Jahrh., als Beiträge zur Geſchichte der Phyſiologie in engerer und weiterer Bedeutung. I. Heft. Theophraſtus Paracelſus, mit deſſen Portrait. 2te vermehrte und verbeſſerte Auflage. 1829. gr.-8. 16 Bogen. Sulzbach, Seidel. (16 gl.).

177) Röttger (J. C.), Kritik der mathematiſchen Naturlehre und Darſtellung der gänzlich falſchen Grundverfaſſung dieſer Lehre. Mit 1 Steindrucktafel. 1830. 8°. 16½ Bogen. Neuhaldensleben, Eiraud. (1 Thlr. 4 gl.).

178) Steffens (H.), Polemiſche Blätter zur Beförderung der ſpeculativen Phyſik. gr.-8°. Breslau, Max und Comp. 1s Heft (bildet ein für ſich abgeſchloſſenes Ganze, nämlich zur Geſchichte der heutigen Phyſik). 1829. 11 Bogen. (22 gl.) (Leipz. Lit. Zeit. 1830. Aug. Nr. 203. S. 1622.

Namenregiſter der Verfaſſer der von Seite 168 an angeführten mathematiſch-phyſikaliſchen Abhandlungen.

Abel, 1. 205.
Airy, 142. 149. 150. 181. 215. 398.
Ampère, 9. 71. 249. 372 — 377. 380.
Anderſon, 94.
Arago, 408. 444.
Auguſt, 318.
Avogrado, 319.

Babinet, 409.
Barbier, 250. 252. 288. 315.
Barlow, 368.
Bary, 361. 443.
Behr, 231.
Belanger, 289.
Berard, 236.
Beſſel, 163. 164. 216.
Bigeon, 362. 457.
Binet, 34. 58. 72. 105. 164.
Biot, 182. 424. 444.
Bobillier, 213. 237.
Borboni, 412.
Bouvard, 320.
Briſſon, 10.
Burkhardt, 166.
Buſſe, 203.

Cardinal, 238.
Cauchy, 2. 11. 16. 20. 21. 35 — 37. 46. 47. 50 — 52. 59. 73. 74. 81—83. 85—91. 95—101. 106—115. 161. 167. 195. 252. 262. 263. 290—293. 321. 328. 389—392.
Challis, 196. 294. 295. 329—331. 399. 400.
Chasles, 48. 49. 60. 413. 414.
Clapeyron, 103. 480.
Coranzez, 296.
Coriolis, 347.
Coſte, 348.
Cournot, 42. 233. 253. 264.

Dallari, 322.
Dandelin, 425.
Deflers, 3. 17.
Dirichlet, 4.
Dirckſen, 18. 53. 323.
Doolittle, 349.
Drobiſch, 152.
Dubuat, 38.

Encke, 168.
Euler, 204.
Evereſt, 217.
Eytelwein, 12. 239. 297—299. 350 —352.

Fergola, 156.
Fiſcher, 381. 445.

Forſter, 433.
Fourier, 22. 116. 240. 459—466. 475. 476—478. 487. 488.
François, 218. 446. 447.
Fraunhofer, 426.
Fresnel, 393. 397. 401—407. 410.
Fuſinieri, 467.
Fuß, 205.

Galbraith, 206.
Garnier, 353.
Gauß, 23. 24. 39. 265. 276.
Gergonne, 102. 241. 382. 427.
Germain, 117.
Gerſtner, 354.
Girard, 277. 278. 300—302. 344. 345. 355. 356.
Gompertz, 219.
Grunert, 207.

Hachette, 448. 449.
Hauber, 25. 26.

Jacobi, 5. 13.
Ivory, 27. 149. 151. 183—185. 188. 189. 197. 266—269. 332. 333. 434. 435. 479.

King, 61.
Knorr, 153.
Krzis, 491.

Lackerbauer, 357.
Lagrange, 31. 143. 169. 394.
Lambert, 415.
Lamé, 103. 480.
Lamont, 193.
Laplace, 6. 14. 118—120. 144. 154. 170. 171. 186. 199. 220—222. 279—282. 324. 334. 335. 437.
Legendre, 7. 28. 75. 145. 157.
Lehmus, 254.
Lehot, 450.
Lentherik, 213.
Levy, 54.
Libri, 468. 469.
Link, 104.
Liouville, 378. 470.
Littrow, 29. 158. 190. 451.
Lloyd, 62.
Lubbock, 172. 200. 223.

Malus, 383.
Mayer, 325.
Maſetti, 244.
Merian, 304.
Mile, 428.
Möbius, 40. 55.
Monge, 121.
Moſeley, 305.
Moſſotti, 306.

Navier, 43. 122—125. 141. 234. 245. 307. 308. 346. 484. 489.
Nieuport, 246.
Nulty, 224.

Ohm, 363. 364.
Olbers, 436.
Oſtrogradsky, 32. 84. 146.

Pagani, 126—132. 255. 256. 270. 481.
Parrot, 155.
Paucker, 63.
Petit, 44. 283. 284.
Piola, 133. 159. 209—212. 247. 309.
Plana, 134. 173. 438.
Poinſot, 64—67. 201.
Poiſſon, 8. 15. 19. 30. 33. 56. 57. 58. 76—79. 92. 135—141. 147. 149. 174—178. 202. 225—230. 257. 258. 271. 272. 285. 286. 310—312. 316. 336—343. 358. 365. 366. 369—371. 395. 396. 452. 471. 472. 474. 475. 482. 485. 490.
Poletti, 160.
Poncelet, 359. 360.
Poſelger, 187.

Pouillet, 416.
Power, 45.
Prevoſt, 453.
Puiſſant, 191—194. 454.

Quetelet, 179. 417—421. 455.

Rive, 422.
Rogg, 326.
Rudberg, 287. 313. 456.

Sankey, 436.
Sarrus, 317.
Savary, 379.
Schitko, 473.
Schleiermacher, 384. 385.
Schmidt, 327.
Scholz, 273.
Schubert, 41.
Schulten, 235. 259. 386.
Schumacher, 436.
Sharpe, 148.
Sorlin, 387.
Spooner, 430.
Spunar, 458.
Strong, 162.
Svanberg, 431.

Tedenat, 260. 261.
Timmerhans, 214. 423.
Tralles, 69. 483.
Tredgold, 274. 314.

Unbekannte, 242. 243. 439. 440.
Utting, 180.

Vallès, 70.
Vène, 93. 248.
Vernier, 367.

Whewell, 80.
Woltmann, 275.
Wrede, 432.

Young, 411. 441.

Zach, 442.

Namenregiſter der Verfaſſer der von Seite 203 an angeführten phyſikaliſchen Schriften.

Adolph, 85.
Ajaſſon, 1.
Arnott, 2. 39.
Auguſt, 61. 62.

Bailly, 52.
Baumgartner, 3. 4.
Becker, 130.
Belli, 5.
Benzenberg, 108.
Beudant, 6.
Bidone, 90. 91.
Biot, 7.
Blume, 100.
Böckmann, 119.
Boullay, 161.
Brandes, 8. 75.
Breſſon, 157.
Brewer, 40.
Brewſter, 136.
Brix, 41.
Brown, 162.
Bunſen, 63.
Burdin, 92.

Chailan, 86.

Chelius, 87.
Chevallier, 137.
Cirini, 101.
Coddington, 138. 139.
Cournot, 42.
Crum, 140.
Cuvier, 170.

Daubeny, 76.
Davenport, 141.
Deſpretz, 9.
Deſroches, 10.
Dietmar, 56. 66.
Dirckſen, 109.

Eckerle, 11.
Emy, 93.
Erman, 77.
Exley, 12.

Fechner, 13. 127. 132.
Fiſcher, 14. 15. 128.
Fladung, 16.
Focke, 17.
Förſter, 43.
Forſtner, 44.
Friedleben, 18.

Gauß, 94.
Gehler, 19.
Gerling, 67.
Gerſtner, 45.
Girardin, 78.
Göppert, 158.
Gräbner, 163.

Hachette, 110.
Hallaſchka, 68.
Hartmann, 159.
Hay, 46.
Hellinger, 53.
Hericourt, 102. 103.
Herſchel, 144. 145.
Heubner, 69.
Holland, 146.
Holke, 147.

Hopf, 70.
Humboldt, 79. 80.

Jahn, 88.
Jacquin, 104.
Ideler, 71.

Kämtz, 54.
Kaſtner, 20. 55.
Kiefeld, 72.
Klöden, 81.
Kloſe, 89.
Knorr, 96.
Koſſac, 97.

Lagerhielm, 164.
Lechevallier, 22.
Lehmann, 47.
Leuchs, 24.
Libri, 165.
Littrow, 148.
Lloyd, 149.
Lövy, 166.

Macvicar, 25.
Marianini, 125.
Marx, 173.
Meier, 48.
Michaelis, 150.
Michl, 26.
Moſeley, 49.
Muncke, 27. 28.
Murray, 120. 121.

Neuber, 64.
Neumann, 29.
Neuton, 150.
Nicholſon, 167.
Nizze, 73.
Nolte, 57.

Paris, 174.
Peclet, 30. 159.
Peitavin, 116.
Pelouze, 160.
Plateau, 152.

Pohl, 117. 153.
Poinſot; 49.
Poiſſon, 98.
Pontecoulant, 82.
Poppe, 31. 105.
Pouillet, 32.
Preibſch, 122.

Reuter, 83.
Ribbentrop, 123.
Rixner, 176.
Röttger, 177.
Roth, 124.
Rouvroy, 33.
Roux, 153.
Rudrauff, 99.
Rumford, 113.

Saur, 125.
Schaffer, 154.
Schelling, 134.
Schmidt, 34. 84. 114. 145.
Schmöger, 74.
Scholz, 35.
Schübler, 58. 59.
Siber, 176.
Sommer, 60.
Spezler, 106.
Steffens, 178.

Thomſon, 178.
Tourtual, 155.
Tſcharner, 37.

Vogel, 23.

Waldauf, 107.
Watkins, 135.
Weber, 126.
Webel, 156.
Wronski, 115.

Young, 51.

Literatur der Abhandlungen, welche wegen zu ſpäten Erſcheinens in dieſer Lieferung des Repertoriums nicht haben aufgenommen werden können*).

Dieſe Literatur iſt in Bezug auf die vornehmſten Journale fortgeführt bis zu:

Pogg. Ann. XXIV. Heft 4.
Schweigg. J. LXV. Heft 3.
Kaſtner's Archiv für Chemie und Meteorologie**). V. Heft 1.
Ann. de Ch. et de Ph. XLIX. Märzheft 1832.
Bibl. univ. 1832. Février.
Bull. univ. des sc. math. et phys. 1831. Nov.
Jameſon's Edinb. N. phil. J. Oct.—April. 1832.
Brewſter's Edinb. J. of sc. 1832. April.
Phil. mag. 1832. Mai.
Phil. transact. 1831. P. I.

Mechaniſche Phyſik.

Auguſt, über einige iſochroniſche Schwingungen elaſtiſcher Federn; in 2 Abhandl. phyſikal. und mathemat. Inhalts. Berlin 1829.

Babinet, über Anwendung der Undulationslängen zu Feſtſtellung eines abſoluten Maßes; Pogg. XV. 514.

Barlow, Verſuche über die Rigidität und Stärke verſchiedener Holzarten.

Benoit, Hygrometer aus Papier; Dingler's polyt. J. XXXV. 252.

Bevan, Verſuche über den Torſionsmodulus; Phil. transact. 1829. P. I. p. 127.

Brown, Verſuche über die Rigidität und Stärke verſchiedener Holzarten; Bibl. univ. 1832. Janv. p. 109.

---

*) Auch einige überſehene Abhandlungen ſind hier mit aufgeführt.

**) Mit Kaſtn. N. Arch. im Folgenden bezeichnet.

Challis, Verſuche über die Zuſammendrückbarkeit der Materie, aus welcher der Erdkern beſteht; Phil. mag. 1831. Sept. 200.

Condenſation des Queckſilbers durch Druck; J. of the royal Instit. Nr. 4. p. 128.

Dove, Einige Bemerkungen über Gaſe und Dämpfe.

Dulong, Barometer mit ebener oder concaver Fläche des Queckſilbers; Baumg. X. 234.

Earle, über die Urſachen der Exploſionen von Dampfkeſſeln; Dingler's polyt. J. XLIII. 242.

Fuchs, über einen Fall von Moleculärbewegung; Schweigg. LXII. 257.

Hygrometer aus Schwamm mit Pottaſchenlöſung; Dingler's polyt. Journ. XXXVI. 131.

Johnſton, Beſchreibung des Rotaſkops, eines Inſtrumentes zur Darſtellung und Erläuterung verſchiedener Geſetze der Drehungsbewegung; Silliman's J. XXI. 265.

Kryſtalliſation; Pogg. XVIII. 169. — Daniell J. of the royal Inst. Nr. 4. p. 30.

Lamé, Verſuche über die Stärke des ruſſ. Eiſendrahtes; Dingl. polyt. J. XXXV. 354.

Lechevallier, über Bewegung der Flüſſigkeiten; Bull. univ. 1831. Févr. p. 98.

G. M., Neuer mechaniſcher Verſuch; Bibl. univ. 1831. Août. p. 443.

Marx, über Schwefelkohlenſtoffdampf; Schweigg. J. LXII. 460.

Meyer, über die Haltbarkeit der verſchiedenen Roheiſenſorten; Erdm. J. VII. 142.

Mitchell, über das Durchdringen der Gaſe durch Cautſchouc; Journ. of the royal Instit. Nr. 4. p. 101.

Niemann, über die Spannkraft von condenſirtem ſalzſauren und kohlenſauren Gaſe; Pharmac. Centralbl. III. 207.

Parrot, Inſtrument zum Maß der Zuſammendrückung des Waſſers in großen Meerestiefen; J. of the royal Inst. Nr. 4. p. 180.

Pictet, Verſuche über die Congreve'ſchen Brandraketen; Bibl. univ. 1832. Janv. p. 110.

Poggendorf, Zur Erklärung der von Poncelet beobachteten Erſcheinungen ſtehender Wellen; Pogg. XXII. 593.

Poiſſon, über die gleichzeitigen Bewegungen des Pendels und der umgebenden Luft; Ann. de Ch. et de Ph. XLVII. 242.

Prinſep, über das Zuſtandekommen von Legirungen in ſtarrem Zuſtande; Pogg. XIV. 526.

Rennie, Verſuche über die Reibung; Phil. transact. 1829. P. I. p. 127.

Robinſon, Transportabler Barometer; Dingler's polytechn. Journal XLI. 152.

Roſtrick und Hartley, Verſuche über die Reibung an Wagenrädern; Dingl. polyt. J. XXXV. 146.

Sabine, Verſuche zur Beſtimmung der Correction wegen der Temperatur beim Pendel; Phil. transact. 1830. P. II. p. 229. (Bull. univ. XV. 186).

Schweigger und Wach, über Endosmoſe und Exosmoſe; Schweigg. J. LVIII. 1.

Shires Verfahren, kleine Winkel zu meſſen; Dingler's polyt. Journ. XL. 339.

Thilorier, über eine neue Pumpe zur Compreſſion oder Verdichtung der Gaſe; Dingl. polyt. J. XLIV. 12.

W. J. R., Vorſchlag zu einer neuen verbeſſerten Luftpumpe; Dingl. polyt. J. XLIV. 10.

über eine doppelt wirkende Luftpumpe; J. of the royal instit. Nr. 5. 31. oder Fror. Not. Nr. 1. XXXIII.

Neue Luftpumpe von Körner; Kaſtn. N. Arch. IV. 93.

Willis, über den Druck, welchen eine ebene Platte erleidet, die einem, aus einer Öffnung in einer Ebene herausſtrömenden, Luftſtrome entgegengehalten wird; Transact. of the Cambridge phil. soc. Vol. III. P. I. p. 341.

Zavadovsky, über den Widerſtand des Holzes; Bull. univ. des sc. technol. XVII. 278.

Zinken, Atmidometer; Pogg. XXII. 298.

über die Schnelligkeit des Fluges bei Inſekten; Fror. Notiz. Nr. 1. des XXXIII. Bandes.

Schall.

Babinet, über die Schallleitung des Waſſers; Pogg. XXIII. 447.

Bennati, Savart, Cagnard-Latour, Verſuche bei Gelegenheit einer Schlundkehlkopfsfiſtel angeſtellt; Fror. Notiz. 10. des XXXII. Bandes S. 153.

Blackburn, Beſchreibung eines paraboliſchen Schallbretts an der Kanzel der Attercliffe Kirche; Dingl. polyt. J. XXXV. 272.

Cagnard-Latour, über die Töne der Sirene; Pogg. XXIII. 448.

Faraday, über eine beſondere Klaſſe von Klangfiguren ec.; Ann. de Ch. et de Ph. XLIX. 46.

Hällſtröm, über Combinationstöne; Pogg. XXIV.

Latour, über den Ton, den das Pfeifen mit dem Munde hervorbringt; Magendie Journ. 1830. Janv. et Avril. oder Fror. Not. Nr. 10. des XXVII. Bandes.

Marx, über eine neue Art die Klangfiguren hervorzubringen (auf zarten Membranen von Gummi elaſticum); Schweigg. J. LXV. 148.

Muncke, über das Trevelyan-Inſtrument; Pogg. XXIV. 466.

Trevelyan, neue Art Töne zu erregen; J. of the royal instit. Nr. 4. p. 119 oder Schweigg. LXIV. 421.

Wheatſtone, über die Fortpflanzung der Töne durch feſte lineare Leiter und die dadurch hervorgebrachte Reſonanz; J. of the royal Instit. Nr. 5. p. 223 oder Baumg. Zeitſchr. X. 469.

Willis, über Vokaltöne und Zungenpfeifen; Pogg. XXIV. 397.

Gewöhnliche Elektricität.

Barry, über die chemiſche Wirkung der atmoſphäriſchen Elektricität; Phil. transact. 1831. P. I. p. 165.

Becquerel, über die Veränderungen, welche im Zuſtande der Körper durch Wärme hervorgebracht werden; Ann. de Ch. et de Ph. XLVII. 113; XLIX. 131.

Erman (P.), Beiträge zur Monographie des Marekanit, Turmalin und braſilianiſchen Topas, in Bezug auf Elektricität (beſondere Schrift).

Fuſinieri, Fortführung der Subſtanzen durch den Blitz; Bibl. univ. 1831. Déc. p. 371; 1832. Janv. p. 1.

Harris, über den Nutzen der Blitzableiter auf Schiffen; Silliman's J. XXI. 367.

Henderſon, Horizontale Elektriſirmaſchine; Dingl. pol. J. XLII. 109.

Kaſtner, Elektriſches Leuchten des Zinns bei ſeiner Oxydation; Pharm. Centralbl. III. 462.

Köhler, Thermoelektriſche Mineralien; Pogg. XVII. 146.

Ohm, über eine verkannte Eigenſchaft der gebundenen Elektricität; Schweigg. LXV. 129.

Verſuche über den Einfluß von Blitzableitern auf die Vegetation; Jameſ. Edinb. N. phil. J. 1831. Jul.—Oct. p. 306.

Galvanismus.

Becquerel, Allgemeine Betrachtungen über die elektro-chemiſchen Zerſetzungen und die Reduction des Eiſenoxydes, der Zirkonerde, Magneſia ꝛc. durch ſchwache elektriſche Ströme; Ann. de Ch. et de Ph. XLVIII. 337. (Ausz. Pharm. Centralbl. III. 567).

Döbereiner, Darſtellung Nobiliſcher Farbenfiguren; Schweigg. J. LXIII. 472.

Dutrochet, über Wirkung des Galvanismus auf Eidotter-Emulſion; Fror. Not. Nr. 1. des XXXIII. Bandes. — **Derſelbe**, über die ungleichnamig elektriſche Beſchaffenheit der organiſchen Subſtanzen, welche in den Blutkügelchen über einander geſchichtet ſind; Fror. Not. Nr. 11. des XXXIII. Bandes.

Hare, Empfindlicher Multiplicator; Baumg. X. 236.

Kemp, über die elektriſche Leitungsfähigkeit einiger zu tropfbaren Flüſſigkeiten verdichteter Gaſe; Baumg. X. 124.

Ohm, In Thatſachen fortgeführte Nachweiſung des Zuſammenhanges, in welchem die mannichfaltigen Eigenthümlichkeiten galvaniſcher, insbeſondere hydro-elektriſcher, Ketten unter einander ſtehen; Schweigg. J. LXIII. 385; LXIV. 21. 130. 257.

Pfaff, Zur Kritik von Fiſcher's Schrift, über das Verhältniß der chemiſchen Verwandtſchaft zur galvaniſchen Elektricität; Schweigg. J. LXIV. 1. 129.

Ritchie, über die Wirkungsverſtärkung durch Zahl der Plattenpaare; Fror. Not. Nr. 8. des XXXIII. Bandes.

Magnetismus.

Barlow, über den wahrſcheinlich elektriſchen Urſprung aller Erſcheinungen des Erdmagnetismus; Phil. transact. 1831. P. I. p. 99.

Erman, über verſchiedene Verhältniſſe des Magnetismus; Pogg. Ann. XXIII. 487.

Fox, über Variation der Intenſität des Erdmagnetismus und den Einfluß des Nordlichtes darauf; Bibl. univ. 1832. Avril. p. 381. oder Phil. transact. 1831. P. I. p. 199.

Harris, über die Fähigkeit einiger Subſtanzen, die magnetiſche Wirkung zu intercipiren; Journ. of the royal Inst. Mai. 1831. Nr. 3. (Ausz. Bibl. univ. 1831. Juin. 134). — Derſelbe, über den vorübergehenden magnetiſchen Zuſtand, deſſen gewiſſe Subſtanzen fähig ſind; Phil. transact. 1831. P. I. 67.

Pouillet, Magnetiſche Temperaturgränzen; Schweigg. LXV. 122.

Prevoſt, Bemerkungen über den Magnetismus des Erdkörpers; Bibl. univ. 1832. Avril. p. 337.

Rieß, Zur Beſtimmung der magnetiſchen Inclination eines Ortes; Pogg. XXIV. 193.

Schweigger-Seidel, Zuſammenſtellung über Magnetiſirung durch Galvanismus; Schweigg. LXV. 115.

Scoresby, über das Vermögen des Magnetismus, durch alle bekannte Subſtanzen hindurchzuwirken, und die Anwendung hiervon zur Beſtimmung der Dicke feſter Subſtanzen; Jameſon's Edinb. N. phil. J. 1831. Oct. p. 319. (Unvollſt. Not. in Baumg. X. 468).

Sturgeon, über Vertheilung und Feſthaltung des Magnetismus in Metallen; Phil. mag. 1832. Mai. 324.

Watt, Inſtrument zu Beobachtung der Änderung der Intenſität des Magnetismus; Baumg. VIII. 90.

Elektromagnetismus und Thermomagnetismus.

Über die durch Faraday entdeckte neue Klaſſe elektromagnetiſcher Erſcheinungen: Faraday's Brief an Hachette; Ann. de Ch. et de Ph. XLVIII. 402 oder Schweigg. J. LXIV. 441. — Auszug aus Faraday's Abhandlung; Bibl. univ. 1832. Avril. p. 341. — Becquerel's und Ampère's Verſuche; Ann. de Ch. et de Ph. XLVIII. 402 oder Schweigg. J. LXIV. 442 oder Pogg. Ann. XXIV. 612. — Verſuche von Nobili und Antinori; Bibl. univ. 1832. Févr. p. 127 oder Schweigg. J. LXIV. 450 oder Pogg. XXIV. 475. 621. — Pohl's Verſuche; Pogg. XXIV. 489.

Moll, über Magnetiſirung weichen Eiſens durch elektriſche Ströme; Quetelet's Corresp. 1830. 6me livr. 327. (Bibl. univ. 1831. Sept. 141).

Negro, Elektro-magnetiſche Verſuche; Bibl. univ. 1832. Avril. p. 331.

Ritchie, über Beziehung von Elektricität und Magnetismus; Journ. of the royal Instit. Nr. 4. p. 123.

Schweigger-Seidel, Magnetiſirung durch Galvanismus; Schweigg. J. LXV. 115.

Sturgeon, über Elektromagnete; Phil. mag. XI. 194 oder Pogg. XXIV. 632. — Derſelbe, über Thermomagnetismus homogener Körper; Phil. mag. 1831. Juillet. p. 24. 116., oder Bibl. univ. 1831. Août. p. 351; Sept. p. 1 oder Baumg. X. 221

Licht.

Airy, über die Natur des Lichtes in den beiden durch die Doppelbrechung des Bergkryſtalles hervorgebrachten Stralen; Brewſter's Edinb. J. of sc. 1831. Nr. 10. p. 324 oder Pogg. XXIII. 204.

Babinet, über die Abſorption des polariſirten Lichtes; Pogg. XXIII. 435.

Bachelor, über eine Art mouches volantes; Bibl. univ. 1831. Avril. p. 427 oder Phil. mag. 1831. Mars.

Barlow, über Verfertigung flüſſiger Fernrohrlinſen; Philos. transact. 1831. P. I. p. 9.; J. of the royal Inst. Nr. 4. p. 1.

Berzelius, über Glühen beim Löſchen des Ätzkalks; Berzel. Jahresber. XI. 122.

Brewſter, über eine neue Zerlegung des Sonnenlichtes in die drei Grundfarben, welche coincidirende Spectra von gleicher Länge bilden; Brewſter's Edinb. J. of sc. 1831. Nr. 10. p. 197 oder Pogg. XXIII. 435. — Derſelbe, über das Princip der Erleuchtung mikroſkopiſcher Objecte; Brewſter's Edinb. J. of sc. 1832. Jan. p. 83.

Dietrich, Beſchreibung eines neuerfundenen Reflectors; Dingler's polyt. J. XXXV. 409.

Döbereiner, Intereſſantes Farbenſpiel durch Erhitzung von Kupfer; Schweigg. LXIII. 475 oder Pharm. Centralbl. III. 125.

Ehrenberg, Betrachtungen über die Sehkraft des menſchlichen Auges; Pogg. XXIV. 1. — Derſelbe, über das neueſte Mikroſkop von Piſtor und Schink; Pogg. XXIV. 188. — Derſelbe, über einen neuen, das Leuchten der Oſtſee bedingenden Körper und das Leuchten der Schmetterlingsaugen; Pogg. XXIII. 147.

Farbenänderungen von Zirkon und Glas; Pogg. XXIV. 386; von vanadinſaurem Baryt; Schweigg. LXIII. 42.

Fresnel, über die doppelte Stralenbrechung; Pogg. XXIII. 372. 494.

Gergonne, über die zufälligen Farben; Gergonne's Annal. XXI. 284.

Hermann, Leuchten der Alkalimetalle; Pharm. Centralbl. III. 400.

Jackſon, über Durchſichtigkeit und Farbe der Atmoſphäre und der in Entfernung geſehenen Gegenſtände; Bibl. univ. 1832. Févr. 163.

Kobell, Verhalten des Apatits in polariſirtem Lichte; Schweigg. Journ. LXIV. 420.

Liſter, über einige Eigenſchaften achromatiſcher Objectivgläſer, welche zur Verbeſſerung des Mikroſkopes anwendbar ſind; Brewſter's Edinb. J. of sc. 1831. Nr. 9. und 10.

Nordenſkiöld, Unterſuchung einiger neuen Phänomene beim Farbenſpiel des Labradors; Pogg. XIX. 179.

Plateau, über optiſche Täuſchungen; Ann. de Ch. et de Ph. XLVIII. p. 268.

Potter, Mathematiſche und praktiſche Anweiſung zur Politur von Linſen und Spiegeln, zur Hervorbringung von Krümmungen in Geſtalt von Kegelſchnitten; Brewſter's Edinb. J. of sc. 1832. VI. p. 278.

Powell, Verſuche über die Interferenz des Lichtes; Phil. mag. 1832. Jan. p. 1.

Shaw, über die Richtung des Sehens der Gegenſtände; Fror. Not. Nr. 6. des XXXIII. Bandes S. 87.

South, Die zwei größten bis jetzt bekannten Objectivgläſer; Dingler's polyt. J. XXXVI. 171.

Unterſuchungen über die Farben von Druck und Papier, durch welche das Auge am wenigſten ermüdet wird; Brewſter's Edinb. J. of sc. 1832. Jan. oder Froriep's Notiz. Nr. 8. des XXXIII. Bandes.

Verſuche über Beobachtung der Kügelchen der wäſſerigen Feuchtigkeit im eigenen Auge; Fror. Notiz. Nr. 1. des XXVIII. Bandes.

Young, Zur Theorie der Interferenzphänomene; Ann. de Ch. et de Ph. XL. 178 oder Baumg. VI. 221.

Wärme.

Bartlett, Verſuche über die Ausdehnung und Zuſammenziehung von Bauſteinen durch Temperaturänderungen; Sillim. J. XXII. 136.

Crahay, über die Erhitzung eines an einem Ende glühenden Eiſenſtabes beim Eintauchen in kaltes Waſſer; Bull. univ. 1831. Oct. p. 143.

Dutrochet, über Circulation der Flüſſigkeiten in Röhren durch Wärme; Ann. de Ch. et de Ph. XLVIII. 268.

Johnſon, über die ſchnelle Erzeugung des Dampfes bei Berührung des Waſſers mit Metallen in hoher Temperatur; Bibl. univ. 1831. Juill. p. 241. — **Derſelbe**, Experimentalverſuche über Hitze und Dampf; Sillim. J. XXI. p. 304. — **Derſelbe**, über ein Dampfpyrometer; Sillim. J. XXII. p. 96.

Lamé und **Clapeyron**, über Erkaltung der Erde; Ann. de Ch. et de Ph. XLVII. 250.

Lenz, über die Ausdehnung des Seewaſſers durch die Wärme; Pogg. XX. 116.

Melloni, über den Durchgang der ſtralenden Wärme durch verſchiedene Flüſſigkeiten; Bibl. univ. 1832. Avril. p. 337. — **Derſelbe**, über eine neue Eigenſchaft der Sonnenwärme; Ann. de Ch. et de Ph. XLVIII. 385 oder Pogg. XXIV. 640. — **Derſelbe** mit **Nobili**, über mehrere Wärmeverſuche mittelſt des Thermo-Multiplicators; Ann. de Ch. et de Ph. XLVIII. 198.

Svanberg, über den Erſtarrungspunct von Legirungen; Berzelius Jahresbericht XI. 126.

Phyſikaliſche Geologie.

über den letzten Ausbruch des Veſuvs; **Torrie**, Jameſ. Edinb. N. phil. J. 1831. Oct. p. 384.

über den wahrſcheinlichen Urſprung der Mineralquellen; Jameſon's Edinb. N. phil. J. 1831. Oct. p. 290.

Pendelbeobachtungen von **Luetke**; Baumg. X. 237.

über das beim Anlegen arteſiſcher Brunnen in und um Wien übliche Verfahren; Baumg. IX. 475.

Meteorologie.

Beſchreibung eines Sturmes in Nordamerika; **Audubon**, Jameſon's Edinb. N. phil. Journ. 1831. Oct. p. 278.

über Berechnung der Höhe des Nordlichtes; **Potter**, Brewſter's Edinb. J. of sc. July. p. 27; Oct. p. 209.

Bemerkungen über die Urſache der Halos und die Erſcheinungen divergirender und convergirender Stralen; **Necker**, Brewſter's Edinb. Journ. of sc. 1832. Nr. 12. p. 251.

Beſchreibung einer Methode, die Menge der in der Atmoſphäre enthaltenen Kohlenſäure zu beſtimmen; **Brunner**, Pogg. XXIV. 569.

über den Einfluß des Mondes auf unſere Atmoſphäre; **Schübler**, Schweigg. LXIV. 348; **Siber**, Kaſtn. N. Arch. V. 48.

Pſychrometriſche Tabellen von **Kämtz**, in ſ. Meteorol. I. 319.

über Bildung des Hagels; **Perevoſchtchikoff**, Bull. univ. XVI. 259.

Störung der Magnetnadel durch Nordlicht; **Henry**, Silliman's Journ. XXII. 143.

Meteorologiſche Beobachtungen an der Magellanſtraße (Barometer, Thermometer, Daniell's Hygrometer) im Jahr 1828 von Anfang Januar bis Mitte Auguſt, das Thermometer und Barometer täglich um 6, 9, 12, 3 und 6 Uhr, das Hygrometer um 3 Uhr beobachtet; nebſt Ziehung allgemeiner Reſultate, auf dem von **King** commandirten Schiff Adventure; Fror. Not. Nr. 14. des XXXIII. Bandes S. 209.

Monatliche Mittel der Thermometer- und Barometer-Beobachtungen um 9 Uhr 30 Min. Vorm. und 8 Uhr 30 Min. Nachmittags, nebſt jähriger Regenmenge zu Inverneß in den Jahren 1830 u. 1831; **Adam**, Jameſ. Edinb. N. phil. J. 1831. Oct. 289.

über die ſtündlichen Oſcillationen des Barometerſtandes bei Edinburg, abgeleitet aus 4410 Beobachtungen (von 1827 — 1830, zu 5 Stunden des Tages), nebſt einer Unterſuchung über das Geſetz der geographiſchen Vertheilung der Erſcheinung; Forbes, Brewſter's Edinb. J. of sc. 1832. Nr. 12. p. 261—286.

über jährige Perioden in der Größe der Barometerſchwankungen zu Stuttgart nach 10jährigen Beobachtungen; Schübler, Schweigg. LXIV. 355.

Hygrometer- und Pſychrometer-Beobachtungen; Schübler, Schweigg. J. LXV. 58.

Meteorologiſche Beobachtungen mittlerer monatlicher Temperatur, Maximum und Minimum, nach täglichen dreimaligen Beobachtungen, bei Sonnenaufgang, um 2 Uhr und 9 Uhr Nachmittags im Jahr 1831, Regen, Wolken, Wind und Wetter zu Marietta, Ohio; von Hildreth, Sillim. J. XXII. 109.

Reſultate der meteorologiſchen Beobachtungen zu N. Bedford im J. 1831, enthaltend die monatlichen Mittel des Thermometers und Barometers um Sonnenaufgang, 2 Uhr Nachmittags, Sonnenuntergang und 10 Uhr Abends, die Maxima und Minima dieſer Stände, Regen, Wind, Wolken; Sillim. J. XXII. 188.

Tägliche Thermometerbeobachtungen im Jahr 1828 vom Mai bis October, um 7½ Uhr Vormittags und 8½ Uhr Nachmittags, nebſt monatlicher Regenmenge zu Wanlockhead, von Lang; Jameſ. Edinb. N. phil. J. 1831. Oct. p. 335.

Mittlere monatliche Barometer- und Thermometerſtände nach täglichen Beobachtungen um 9½ Uhr Morgens und 8½ Uhr Abends vom 1. November 1830 bis 1. November 1831, desgl. monatliche Regenmenge und Wolken- und Windbeobachtungen zu Banff Caſtle; Jameſon's Edinb. N. phil. J. 1831. Oct. p. 336.

über das Klima der Jyntea-Berge; Beadon, Transact. of the med. and phys. soc. of Calcutta. 1829. Vol. IV.

über das Klima von Deyrah-Doon; Shore, ebend.

über das Klima von Mullye; Tytler, ebend.

über das Klima von Poorce; Brander, ebend.

Vergleichende Darſtellung der außerordentlichen Witterung des Febr. 1832 in Bezug auf Heiterkeit, Trockenheit, Schnee mit 132 Februarmonaten anderer Jahre, von Mädler; Berl. med. Zeit. 1832. Nr. 10. S. 145—147.

Sachregiſter.

Abweichung ſ. Declination.

Achromatismus, II. 179.

Adhäſion, der Metalle; Prechtl, I. 79; Adhäſionsphänomen von Camelli, I. 80.

Äolsharfe, Theorie; I. 309.

Äther, II. 346; III. 1.

Anemometer, I. 125.

Aräometer, I. 221.

Arteſiſche Brunnen; Literatur über — III. 151.

Ausdehnung; Allgemeine Sätze für — feſter Körper; Cauchy, I. 57; — feſter Körper, II. 406. 409; — des Waſſers, II. 411; — verſchiedener Flüſſigkeiten, II. 425; — des Seewaſſers, III. 233; — von Bauſteinen, III. 233.

Barometer von Wollaſton, I. 115; von Robinſon, III.; von Dulong, III.; Barometerſtand im Niveau des Meeres, III. 11; Monatliche Barometeränderungen, III. 13; Tägliche Barometeränderungen, III. 14; Einfluß des Mondes auf den Stand des — III. 27; Einfluß der Gewitter auf den Stand des — III. 32; Höhemeſſung mit dem — III. 34; Einfluß der Windesrichtung auf den Stand des — III. 37; Literatur über — III. 155.

Bathometer, II. 451.

Berge, Literatur, III. 149.

Bergkryſtall, Doppelbrechung in — II. 113. 294.

Beugung, des Lichtes, II. 117.

Bewegungen; — der kleinſten Körpertheilchen, I. 12; Mathematiſche Betrachtungen der Bewegungserſcheinungen, I. 35; Fortpflanzung der — in elaſtiſchen feſten Körpern, I. 81. 82; — feſter Körper in Widerſtand leiſtenden Mitteln, I. 85; Elektrochemiſche — II. 23; — der Wärme, II. 408.

Blitz; Literatur über den — III. 160; Fortführung der Subſtanzen durch den — III. 230.

Brechung des Lichtes. Einfache — II. 100; Brechungsverhältniſſe verſchiedener Körper, II. 100; Inſtrument zur Beſtimmung der — II. 102; Einfluß der Temperatur auf die — II. 103; Beziehung der — zur Zerſtreuung, II. 103. Doppelte — II. 104; — durch Druck, II. 106; Fresnel's Formeln, II. 107; III. 232; Elemente der — in verſchiedenen Kryſtallen, II. 113; Zerſtreuung der Axen der — II. 115.

Capillaritätserſcheinungen, I. 96.

Combinationstöne, von Blein; I. 257; von Hallſtröm, III. 229.

Dämpfe; Spannkraft der — I. 173; — feſter Körper, I. 195; — des Äthers, I. 196; — des Eiſens, I. 196; Temperatur der — II. 396; Bemerkungen von Dove über — III. 228; — des Schwefelkohlenſtoffes, III. 228; Durchdringen der — durch Caoutchouc, III. 228; Spannkraft der — von condenſirten Gaſen, III. 228.

Dampfmaſchinen. Geſchichte, I. 183; Exploſionen, I. 184.

Declination der Magnetnadel. Methode die Variationen der — zu vergrößern; III. 80; Iſogoniſche Linien, III. 90; Conſtruction der — III. 98; Variation der — III. 100; Literatur der — III. 160. 161.

Dehnbarkeit, des Blei's, I. 27; — der Haare, I. 28.

Drehwage; Conſtruction der — von Ritchie, I. 77; Störung der — durch thermoelektriſche Wirkung, Muncke, I, 78.

Druck, in feſten Körpern, Cauchy, I. 46; Poiſſon und Cauchy, I. 52; — ſchraubenförmiger Drähte, Weber, I. 62; — des Sandes, Burnand, I. 65; Princip der Gleichheit des — in Flüſſigkeiten, Poiſſon, I. 90; — des Meeres, I. 92.

Ductilität ſ. Dehnbarkeit.

Ebenheit; Prüfung der — Kater, I. 4.

Eis; Grund — III. 143; Literatur über das — III. 152.

Elaſticität, des Holzes, Savart, I. 30; — der Kryſtalle, Savart, I. 30; — der Metalle, Savart, I. 31; — des Äthers, II. 346.

Elektricität; Lehre von dergewöhnlichen — I. 342; III. 230; Erregung der — I. 342. 449. 450; Vertheilung und Binden der — I. 347; Entladungen der — I. 352; Atmoſphäriſche — III. 74; Literatur der atmoſphäriſchen und telluriſchen — III. 159; Chem. Wirk. der atmoſphäriſchen — III. 230; — der Mineralien, III. 230.

Elektriſirmaſchine, Henderſon's, III. 230.

Elektrochemiſche Theorie von Becquerel, II. 1.

Elektromagnetismus, II. 70; III. 231.

Elektroſkope, I. 350.

Erdbeben; Einfluß der — auf meteorologiſche Erſcheinungen, III. 8; Einfluß der — auf die Magnetnadel, III. 117; Literatur der — III. 150.

Erde, Literatur geologiſcher Phänomene, III. 147.
Erregende Oberfläche, I. 417.
Farben, objective durch nicht polariſirtes Licht II. 134; — durch Zurückwerfung, II. 145; — auf geſtreiften Flächen, II. 154; Stärke der — II. 215; Subjective — II. 217; III. 232; Mangelndes Unterſcheidungsvermögen für — II. 230; Parallelogramm der — II. 271; — nach der Undulationstheorie, II. 352; — des Kupfers bei Erhitzung, III. 232; Änderungen der — bei Zirkon, Glas und vanadinſaurem Baryt, III. 232; — der Atmoſphäre, III. 232; — von Druck und Papier, welche am günſtigſten für das Geſicht ſind; III. 234.
Farbenringe, in polariſ. Lichte, II. 272. 276.
Farbenſkale, von Nobili, II. 135; von Field, II. 140; von B. Beek, II. 277.
Fernröhre, II. 197.
Feſtigkeit, der Metalle, I. 26. 32; III. 228; — der Holzarten, III. 229.
Figuren, magnetiſche, II. 51.
Flammen; Elektriſches Verhalten der — I. 345; Farben der — II. 141.
Froſchſchenkelverſuche, Galvaniſche, I. 472.
Flüſſigkeiten; Princip der Gleichheit des Druckes in — I. 90; Zuſammendrückung der — I. 94; Capillarerſcheinungen der — I. 96; Ausfluß der — I. 98; Permanente Curven auf — I. 102; Siedepunct der — I. 183; Leitungsvermögen der — I. 405; Ausdehnung der — II. 425.
Galvanismus; Lehre vom — I. 354; III. 230; Theorieen des — I. 354; Vertheilung des — I. 367; Meſſung des — I. 388; Geſetze des — I. 392; Phyſiologiſcher — I. 471.
Gasarten; Gleichgewicht, I. 108; Mariotteſches Geſetz, I. 110; Abſorptionserſcheinungen, I. 111; Pulvergas, I. 121; Verbreitung der — I. 121; Ausſtrömen der — I. 127. 131; Abſolutes und ſpecifiſches Gewicht, I. 233; Schallgeſchwindigkeit in — I. 250; Bemerkungen von Dove über — III. 228; Durchdringen der — durch Caoutchouc; III. 228; Spannkraft der Dämpfe der condenſirten — III. 228.
Gender, I. 314.
Geothermometer, II. 446.
Geſchwindigkeit, des Waſſers, I. 105; — des Lichtes, II. 353.
Geſicht, II. 203; III. 232.
Gewitter; Barometerſtand bei — III. 32; Bildung der — III. 78; Häufigkeit der — III. 79; Literatur der — III. 160.
Gleichgewicht, Mathematiſche Betrachtung der Gleichgewichtserſcheinungen, I. 35.
Glas, Zurückwerfungsvermögen des — II. 89; Farbiges — II. 143; Optiſches — II. 169. 173; Polariſation des Lichtes auf — II. 237; Ausdehnung des — II. 409.

Goniometer von **Majocchi**, I. 6; Beurtheilung der Fehler des — **Weisbach**, I. 7.
Grundeis, II. 143.
Hagel, III. 56; Literatur, III. 158.
Harmonika, chemiſche, I. 255.
Heerrauch, Literatur, III. 157.
Helioſtat, II. 99.
Höfe, III. 122. 162.
Hydrauliſcher Widder, I. 108.
Hygrometer, I. 199 ff.; III. 228.
Hygrometriſche Verhältniſſe der **Atmoſphäre**, III. 44. 157.
Inclination der Magnetnadel; Methode die Variation der — zu vergrößern, III. 80; Beſeitigung der Fehler beim Meſſen der — III. 82; Iſokliniſche Linien, III. 90; Änderungen der — III. 98. 106; Literatur der — III. 161.
Intenſität des Erdmagnetismus; Maß der — nach **Poiſſon**, **Moſer** und **Rieß**, III. 86; Iſodynamiſche Linien, III. 90. 99; Änderungen der — III. 114; Literatur der — III. 162. 231.
Interferenz; Phänomene der — II. 117; Erklärung und Geſetze der — II. 373; **Powell's** Verſuche, III. 232.
Irrlichter; Literatur der — III. 164.
Iſomeriſche Körper, I. 23.
Kalkſpath; Vergrößerung der Doppelbrechung des — II. 105; Polariſationswinkel am — II. 267.
Kette, galvaniſche; Elektroſkopiſche Wirkungen der — I. 370; Geſetze der — I. 392 ff.; Wirkungsabnahme der — I. 430; Wogen der Kraft in der — I. 434; Umkehrungsphänomene der — I. 458; Zerſetzungswirkungen der — II. 1; Anwendung der — zur Prüfung der Reinheit der Metallſalze und Metalle; II. 8.
Klangfiguren, Hervorbringung, I. 291. III.; Geſtalt auf verſchiedenen Körpern, I. 294 ff.; beſondere Klaſſe, III. 229.
Körper; Entfernung ihrer Theilchen von einander, I. 9; Kryſtalliſirte Structur der — **Savart**, I. 10; Lagenveränderungen der kleinſten Theilchen der — I. 12; Grundzuſtand der — **Poiſſon** und **Cauchy**, I. 19.
Kohlenſäure; Gehalt der — in der Atmoſphäre, III. 61; Methode der Beſtimmung der — von **Brunner**, III. 234.
Kryſtalliſation und **Kryſtalle**; Kryſtalliſirte Structur der Metalle und anderer Körper, **Savart**, I. 10; Elaſticität der — **Savart**, I. 30; Härte der — **Frankenheim**, I. 32; — Neue Beobachtungen, III. 228.
Ladungsphänomene, I. 456.
Lampe, Lichtintenſität der — II. 84; Monochromatiſche, II. 142.

Leidenfroſt'ſcher Verſuch, II. 400.

Leiter und Leitungsvermögen. **Elektriſche Leiter**; Unipolare Leiter, I. 373; Leitungsvermögen der Mineralien, I. 403; — der Kohle, I. 404; — der Flüſſigkeiten, I. 405. III.

Leuchten der Blumen, I. 352; — des Ätzkalks beim Löſchen, III. 232; — der Oſtſee, III. 232; — der Alkalimetalle, III. 232.

Licht; Lehre vom — II. 71. III. 232; — Verhältniß des — zur Wärme, II. 72; Geradlinige Bahn des — II. 73; Erregung des — II. 75; Chemiſche Wirkungen des — II. 81; Wirkung des — auf Magnetismus, II. 46; Undulationstheorie des — (vgl. Undulationstheorie); Zurückwerfung des — II. 89; Brechung des — II. 100 (vgl. Brechung).

Lichterſcheinungen; Galvaniſche Funken, I. 464; Atmoſphäriſche — III. 119. 162.

Linſen, aus Sapphir und Diamant, II. 180; Flüſſige — II. 200; III. 232.

Luftelektrophor, I. 348.

Luftpumpe; verſchiedene, von **Kemp**, **Mile**, I. 116 ff.; von **Thilorier**, von **R. J. R.** ꝛc. III. 229.

Lupen, II. 178.

Magnetismus; Lehre vom — II. 32. III. 231; Vertheilung des — II. 32; Einfluß des Aggregatzuſtandes, Streichens, Temperatur, Licht auf den — II. 35; Mittheilung des — II. 47; Erregung des — II. 48. III. 231; — durch Drehung, II. 57; Wirkung des — auf chemiſche und Kryſtalliſationserſcheinungen, II. 67; — der Erde, III. 80 (ſ. Inclination, Declination, Intenſität); Literatur des Erdmagn., III. 160.

Mariotte'ſches Geſetz, I. 110.

Maßſtäbe, von **Knar**, I. 2; von **Werner**, I. 1; Biegung der — **Kater**, I. 2.

Maultrommel, Theorie, I. 313.

Meer; Temperatur des — III. 141; Literatur über das — III. 150.

Metalle; Kryſtalliniſche Structur, I. 10; Tenacität, I. 27. 28; Elaſticität, I. 31; Adhäſion, I. 79; Galvaniſche Prüfung der Reinheit, II. 9; Niederſchlagung durch einander, II. 18; Elliptiſche Polariſation durch — II. 295; Wirkung der — auf gewöhnliches Licht, II. 334; Wärmeleitung, II. 394; Schmelzpunct der — II. 475; Expanſion und Contraction der — beim Erſtarren, II. 458; Latente Wärme, II. 472; Wärme bei Compreſſion oder Dilatation von — II. 473; Specifiſche Wärme, II. 477. 480.

Meteorologie, III. 1; Literatur, III. 146.

Meteorſteine; Literatur der — III. 146.

Mikroſkope, II. 179. 183. 185. 187. 190. 193. 196. III. 232.

Mond; Einfluß des — auf die Witterung, III. 6. 234; Einfluß des — auf die Barometerſchwankungen, III. 27; Einfluß des — auf die Windesrichtung, III. 43; Einfluß des — auf die Menge der wäſſerigen Niederſchläge aus der Atmoſphäre, III. 48.

Monochord von **Weber**, I. 259.
Multiplicator, elektromagnetiſcher, I. 401. III. 230.

Nebel, Literatur über — III. 157.
Nebenmonde und Nebenſonnen; Literatur der — III. 162
Neigung ſ. **Inclination**.
Nordlicht; Einfluß des — auf die Magnetnadel, III. 115. 234; Verſchiedene, das — betreffende Umſtände, III. 123; — vom 7. Januar 1831, III. 125; Literatur des — III. 163.

Pendel; über gleichzeitige Bewegungen des — und der Luft; III. 228; Correction wegen der Temperatur, III. 229.
Phaſe, beim Licht; II. 355. 357.
Phosphorescenz, von Talg, II. 77; — von Mineralien, II. 77.
Photometer, II. 83.
Planetenraum; Verhältniſſe des — III. 1.
Polariſation; Lehre von der gewöhnlichen — II. 233. (vgl. das Inhaltverzeichniß); Lehre von der kreisförmigen und elliptiſchen — II. 279; die — nach der Undulationstheorie, II. 358; — der Wärme, II. 398.
Pyrometer von **Prinſep**, II. 453; von **Neumann**, II. 455; von **Daniell**, II. 455; verſchiedene, II. 457. III. 233.

Quellen; Temperatur der — III. 135; Literatur über — III. 151; Gas — III. 152.

Regen; Menge des — in verſchiedenen Höhen, III. 48; Einfluß des Mondes auf die Menge des — III. 48; Literatur, III. 157.
Regenbogen; Theorie des — III. 119; Literatur des — III. 163.
Regenmeſſer, III. 48.
Regiſterpyrometer, II. 455.
Reibung, I. 78. 79. III. 223.
Reſonanz, I. 261.
Rotationsapparat, elektromagnetiſcher, II. 70.

Säulen, trockene, I. 381 ff.; — mit feuchten Zwiſchenleitern, Conſtruction, I. 384; Geſetze, I. 425. III. 231.
Saiten; Geſetze der Schwingungen der — I. 267 ff.; Plötzliche Verlängerung und Verkürzung der — I. 67.
Schall; Lehre vom — I. 241. III. 229. (vgl. Inhaltsverzeichniß).
Schmelzpunct, der Metalle; II. 457.
Schnee; Geſtalt des — III. 61; Literatur über den — III. 158.
Schwefel; Erſcheinungen beim Erſtarren des geſchmolzenen — II. 461.
Schwingungen; Geſetze der — der Saiten, Stäbe, Membranen ꝛc., I. 264; — des Lichtes, II. 361; — elaſtiſcher Federn, III. 227.
Seen; Literatur über — III. 150.
Sirene, III. 229.

Spannung, von Saiten, I. 66. 69.
Specifiſches Gewicht; Beſtimmungsmethode des — von Levy, I. 219; von Leslie, I. 220; von Meikle, I. 220; von Oſann, I. 225; — verſchiedener Körper, I. 228; — des Waſſers, I 232; — der Gaſe, I. 233.
Specifiſche Wärme; Miſchungsmethode zur Beſtimmung der — II. 473; Vorſchlag Neumann's zu einer neuen Beſtimmungsmethode der — II. 476; Weber's Methode, die — der feſten Körper bei conſtantem Vol. zu beſtimmen, II. 478; — der Metalle, II. 477; — verſchiedener Mineralien, II. 481; — des Waſſers, II. 486; — der Gasarten, II. 486.
Spratzen des Silbers, I. 16.
Sternſchnuppen; Literatur über — III. 164.
Stimme, menſchliche, I. 334. III. 229.

Telegraph, elektromagnetiſcher, I. 401.
Teleſkope, II. 197.
Temperaturverhältniſſe der Erde, III. 127; Literatur der — III. 164.
Thermoelektricität, I. 482 ff.
Thermometer, I. 489; II. 438 (vgl. Inhaltsverzeichniß).
Ton, Töne; Bewegung von — I. 251; Combinationstöne I. 257; III. 229; — von Saiten, Stäben, Membranen ꝛc., I. 264; Gränze der — I. 335; Unterſcheidung der — I. 341.
Torſion, ſtarrer Streifen und Stäbe; Savart, I. 73; Bevan, III. 227.
Tromben; Literatur über — III. 158.

Undulationstheorie des Lichtes; Literatur, II. 71; Gleichung für die Geſtalt der Wellen, II. 109; hauptſächlichſte Beſtimmungen der — II. 345.

Vulkane; Literatur der — III. 149.

Wärme; Lehre von der — II. 395 (vergl. das Inhaltsverzeichniß und Temperaturverhältniſſe), III. 233.
Wage, von Ritchie, I. 7.
Waſſer; Spannkraft der Dämpfe des — I. 173; Ausdehnung des — II. 411; Farbe des — III. 152.
Waſſerſtoffmetalle, galvaniſche Bildung; II. 2.
Waſſerwage, I. 5. 6.
Wellen, ſtehende auf Waſſer, I. 102; III. 228; — des Lichts, II. 109. 369.
Widerſtand; Leitungswiderſtand der Elektricität, I. 405. 414.
Wind; Verhältniſſe des — III. 37. 144; Literatur, III. 159.
Winkelmeſſung, optiſches Verfahren; Moſer, I. 6.; vgl. Goniometer. Verfahren von Shires, III. 229.

Zitterrochen; Elektricität des — I. 481.
Zungenpfeifen, Einrichtung und Theorie von Weber, I. 314; von Willis, III. 230.
Zuſammendrückbarkeit, einer Kugel, I. 55; — der Materie des Erdkörpers, III. 228; — des Queckſilbers, III. 228; Parrot's Inſtrument zum Maß der — des Waſſers im Meere, III. 228.
Zwiſchenbogen in der Kette, I. 427.

Namenregiſter.

Achard, Erwärmung des Waſſerſtoffgaſes, II. 401.
Ainger, Theorie des Regenbogens, III. 119.
Airy, Doppelbrechung im Bergkryſtall, II. 294; Farbenringe im polariſirten Lichte, II. 344.
Albert, Galvaniſcher Apparat, I. 387.
Amici, Spiegelmikroſkop, II. 185; Dioptriſches Mikroſkop, II. 190.
Ampère, Elektromagnetiſcher Telegraph, I. 402; Oberfläche der Lichtwellen, II. 109; Faraday's Verſuche, III. 231.
Antinori, Faraday's Verſuche, III. 231.
Arago, Spannkraft der Dämpfe, I. 173; Exploſion von Dampfkeſſeln, I. 184; Farbenringe durch polariſirtes Licht, II. 342; Magnetiſche Neigung, III. 106.
Aubuiſſon, Ausfluß des Waſſers, I. 98.
Auguſt, Hygrometer und Pſychrometer, I. 199. 202. 204; Reductionsformel für das Queckſilberthermometer, II. 439; Iſochroniſche Schwingungen elaſtiſcher Federn, III. 227.

Babinet, Beugungsphänomene, II. 118. 121; Undulationslänge als Maß, III. 227; Schallleitung des Waſſers, III. 229; Abſorption polariſirten Lichtes, III. 232.
Bachelor, Mouches volantes, III. 232.
Barlow, Brechung des Lichtes, II. 103; Teleſkop mit flüſſiger Linſe, II. 200; III. 232; Stärke der Holzarten, III. 227; Elektriſcher Urſprung des Erdmagnetismus, III. 231.
Barry, Chemiſche Wirkung der atmoſphäriſchen Elektricität, III. 230.
Bartlett, Ausdehnung und Zuſammenziehung von Bauſteinen, III. 233.
Bary, Elektroſkope, I. 350.
Bauernfeind, Phosphorescenz von Fett, II. 77.

Baumgartner, Anſchwellen thieriſcher Blaſe, I. 113; Leslie's Inſtrument, I. 220; Apparat zu Interferenzverſuchen, II. 132.

Beck, Farbenſcale, II. 277.

Becquerel, Verſchiedene galvaniſche und elektrochemiſche Verſuche, I. 356. 450. 453. 456; II. 2; Thermoelektriſche Verſuche, I. 484. 487. 489; Elektrochemiſche Theorie, II. 1; Galvaniſche Erzeugung elektrochemiſcher Verbindungen, II. 12; Wirkung der Wärme auf Elektricität, III. 230; Reduction von Metallen, III. 230; Elektromagnetiſcher Verſuch Faraday's, III. 231.

Bennati, Stimme, I. 334; III. 229.

Benoit, Hygrometer, III. 233.

Benzenberg, Dalton'ſche Theorie, I. 108.

Berthold, Subjective Geſichtserſcheinung, II. 204.

Berzelius, Beobachtung an Phosphorſalz und Chromoxyd, I. 17; Chemiſche Wirkung der Magnetnadel, II. 67; Licht beim Löſchen von Ätzkalk, III. 232.

Beudant, Specifiſches Gewicht der Mineralien, I. 228.

Bevan, Torſionsmodulus, III. 227.

Bigeon, Leitungswiderſtand der Flüſſigkeiten, I. 407; Erregende Oberfläche, I. 423.

Blackburn, Paraboliſches Schallbret, III. 229.

Blein, Combinationstöne, I. 257.

Bonnycaſtle, Elektricitätsentziehung, I. 345.

Boullay, Specifiſches Gewicht, I. 230.

Bouſſingault, Magnetiſche Variation, III. 103.

Bouvard, Tägliche Barometeränderungen, III. 20.

Brande, Galvaniſche Zerſetzung von Alkaloiden, II. 4.

Brewſter, Zurückwerfung des Lichtes, II. 90; Doppelbrechung durch Druck, II. 106; Glauberit, II. 116; Monochromatiſche Lampe, II. 142; Farbenerſcheinungen durch Zurückwerfung, II. 145; Farben auf geſtreiften Flächen, II. 154; Nichtunterſcheiden der Farben, II. 230; Polariſation des Lichtes, II. 233. 237. 239. 241. 244. 246. 249; Polariſirende Axen, II. 271; Elliptiſche Polariſation, II. 306. 334. 341; Bodentemperatur, III. 138; Neue Zerlegung des Sonnenlichtes, III. 232; Beleuchtung mikroſkopiſcher Objecte, III. 232.

Brockedon, Complementärfarben, II. 168; Einwirkung der Farben auf einander; II. 217.

Brown, Actives molecules, I. 12; Rigidität der Holzarten, III. 227.

Brunner, Hygrometriſches Verfahren, I. 216; Verfahren zur Beſtimmung der Kohlenſäure in der Atmoſphäre, III. 234.

Buch, Barometeränderungen, III. 13; Theorie der Hagelbildung, III. 53.

Buff, Wägung der Gaſe, I. 233.

Cagnard-Latour, Sirene, III. 229; Pfeifen mit dem Munde, III. 229.

Camelli, Adhäſionsphänomen, I. 80.

Carlini, Tägliche Barometeränderungen, III. 21.

Cauchoix, Bergkryſtallfernröhre, II. 199.

Cauchy; Mathematiſche Behandlung der Gleichgewichts- und Bewegungserſcheinungen, I. 35; Druck und Zug in feſten Körpern, I. 46; Ausdehnung und Zuſammenziehung feſter Körper, I. 57; Schallgeſchwindigkeit, I. 241; Geſetze der Tonſchwingungen, I. 264; Bewegung der Wärme, II. 403; Iſothermiſche Linien, III. 144.

Challis, Zuſammendrückbarkeit der Materie des Erdkörpers, III. 228.

Chladni, Klangfiguren, I. 291.

Chriſtie, Vertheilung des Magnetismus, II. 32.

Clapeyron, Erkaltung der Erde, III. 233.

Colquhoun, Nichtunterſcheiden der Farben, II. 230.

Coriolis, Ductilität des Bleies, I. 27.

Crahay, Erhitzung von Eiſen, III. 233.

Crum, Farbentheorie, II. 134.

Cuvier, Urweltliche Temperatur, III. 127.

Dallari, Gleichgewicht elaſtiſcher Flüſſigkeiten, I. 108.

Dalton, Nichtunterſcheiden der Farben, II. 230.

Daniell, Ausdehnung des Platins, II. 411; Pyrometer, II. 455.

David, Galvaniſch-phyſiologiſche Verſuche, I. 481.

Davy, Elektricität des Zitterrochens, I. 481.

Delezenne, Unterſcheidung der Töne, I. 341.

Despretz, Wärme beim Verbrennen. II. 472.

Dietrich, Neuer Reflector, III. 232.

Döbereiner; Elektricitätserregung, I. 342; Chemiſche Wirkung des Lichtes, II. 81; Nobili'ſche Figuren, III. 230; Farbenſpiel durch Erhitzung von Kupfer, III. 232.

Donné, Trockne Säulen, I. 331.

Dove; Verdunſtungsverſuch, I. 196; Monatliche Barometeränderungen, III. 14; Urſache der täglichen Barometeränderungen, III. 14; Einfluß der Windesrichtung auf den mittlern Barometerſtand, III. 37; Windverhältniſſe im Allgemeinen, III. 37. 40. 42; Hygrometriſcher Luftzuſtand, III. 44; Gewitterbildung, III. 78; Magnetiſche Variation, III. 102; Nordlicht, III. 117. 124; Einfluß des Windes auf die mittlere Temperatur, III. 144; über Gaſe und Dämpfe, III. 228.

Drummond, Licht auf Leuchtthürmen, II. 89.

Dulong; Spannkraft der Dämpfe, I. 173; Schallgeſchwindigkeit, I. 246. 250; Specifiſche Wärme der Gaſe, II. 487; Barometer, III. 228.

Dunn (und Sang), Ausdehnung des Marmors, II. 410.

Dutrochet, Galvaniſche Verſuche, III. 230; Circulation von Flüſſigkeiten durch Wärme; III. 230.

Earle, Exploſionen von Dampfkeſſeln, III. 230.

Ehrenberg; Sehkraft des Auges, III. 228; Neueſtes Mikroſkop, III. 232; Leuchten der Oſtſee, III. 232.

Erdmann; Beobachtung an eſſigſaurem Natron, I. 15; Chemiſche Wirkung des Magnetismus, II. 67.

Erman; Unipolarität, I. 380; Specifiſche Wärme, II. 470; Barometerſtand unter verſchiedenen Breiten und Längen, III. 11; Geſtalt der iſogoniſchen, iſokliniſchen und iſodynamiſchen Linien, III. 90; Nordlicht III. 117; Erdbeben, III. 119; Elektricität der Mineralien, III. 230; Verſchiedenes über Magnetismus, III. 231.

Eſchmann ſ. **Horner**.

Euler, Brechungsverhältniß, II. 100.

Ewart; Ausſtrömen von Gas, I. 128; Temperatur des ausſtrömenden Dampfes, II. 396.

Faraday; Beobachtungen an kleeſaurem Kalk, I. 16; Durchſtrömen der elaſtiſchen Flüſſigkeiten, I. 127; Verflüchtigung, I. 194; Reflexionsvermögen des Glaſes, II. 89; Mängel des optiſchen Glaſes, II. 169; Bereitung des optiſchen Glaſes, II. 173; Optiſche Täuſchungen, II. 226; Klangfiguren, III. 229; Neue elektromagnetiſche Entdeckungen, III. 231.

Farquharſon; Magnetiſche Variation, III.104; Nordlicht, III. 116. 124.

Fechner; Klangfiguren, I. 300; Verſuche gegen die chemiſche Theorie des Galvanismus, I. 359 ff.; Vertheilung der Elektricität in galvaniſchen Combinationen, I. 367; Wirkungsverſtärkung der Säulen, I. 388; Meſſung des Galvanismus, I. 388; Geſetze der galvaniſchen Kette, I. 392 ff.; Umkehrungsphänomen der galvaniſchen Kette, I. 460; Thermoelektriſches Inſtrument, I. 482; Elektrochemiſche Färbung von Reagenzpapieren, II. 6; Elektromagnetiſcher Rotationsapparat, II. 70; Beſtimmungen der Undulationstheorie des Lichtes, II. 345; Interferenzformeln, II. 382.

Field; Farbenſcale, II. 140; Nordlicht, III. 124.

Fiſcher; Färbung der Reagenzpapiere, II. 6; Galvaniſche Prüfung der Reinheit der Metalle, II. 9; Niederſchlagung der Metalle, II. 23; Wärmeleitung, II. 394; Leidenfroſt'ſcher Verſuch, II. 399.

Flaugergues, Einfluß des Mondes auf den Barometerſtand, III. 28.

Forſter, Luftfahrt, III. 5.

Fox; Leitungsvermögen der Mineralien, I. 403; Elektricitätsentwickelung in Schachten, I. 451; Wärme im Innern der Erde, III. 141; Intenſität des Erdmagnetismus, III. 231.

Frankenheim, Härte der Kryſtalle, I. 32.

Frei, Leidenfroſt'ſcher Verſuch, II. 400.

Fresnel; Formeln für Zurückwerfung des Lichtes, II. 91; Formeln für Doppelbrechung, II. 107; III. 232; Kreisförmige Polariſation, II. 279; Elliptiſche Polariſation, II. 290. 295.

Frey, Beſtimmung der Menge der zu einer Feuerſtelle zuſtrömenden Luftmenge, I. 125.

Fuchs, Molecularbewegung, I. 16; III. 228.

Fuſinieri, Blitz, III. 230.

Gambey, Helioſtat, II. 99.

Gauß; Princip der Mechanik, I. 44; Capillarerſcheinungen, I. 96.

Gauthier, Einfluß der Tagesſtunde auf barometriſche Höhemeſſungen, III. 35.

Gergonne; über das Licht, II. 73; Zufällige Farben, III. 232.

Göbel; Niederſchlagung von Metallen, II. 22; Lichtentwickelung, II. 77.

Goring; Monochromatiſche Lampe, II. 143; Achromatismus, II. 179; Engyſkop, II. 196.

Graham; Anſchwellen thieriſcher Blaſe, I. 111; Verbreitung der Gasarten, I. 121.

Granville, Stimme, I. 334.

Green, Druck des Meeres, I. 93.

Guérin, Temperaturabnahme mit der Höhe, III. 139.

Halbat; Magnetiſche Verſuche, II. 35. 51; Bewegung des Lichtes, II. 117.

Hallaſchka, Einfluß des Mondes auf das Barometer, III. 29.

Hallſtröm, Combinationstöne, III. 229.

Hanſteen; Erdmagnetismus, III. 90. 104. 106. 108. 117; Nordlicht, III. 123.

Hare, Multiplicator, III. 230.

Harris; Binden der Elektricität, I. 348; Nutzen der Blitzableiter, III. 230; Interception magnetiſcher Wirkungen, III. 231; Vorübergehender magnetiſcher Zuſtand mehrerer Subſtanzen, III. 231.

Hayes, Beobachtungen im Queckſilberjodid, I. 13.

Hellwag, Farbentheorie.

Henderſon, Elektriſirmaſchine, III. 230.

Henry (und **Ten Eyk**), Magnetiſirung, II. 49.

Hermann; Beobachtungen an ſalzſauren Lithon, I. 18; Leuchten der Alkalimetalle, III. 232.

Herſchel; Beobachtungen an ſchwefelſaurem Kupferoxydkali, I. 14; Brechungsverhältniß, II. 100. 103; Beugungsphänomene der Teleſkope, II. 122; Erklärung der Beugungsfarben dicker Platten, II. 124; Farben der Flammen, II. 141; Abſorption des Lichtes, II. 162; Farbenringe, II. 272.

Hoffmann, Erdbeben, III. 8.

Holke, Sehweite, II. 204. 208.

Horner (und **Eſchmann**), Einfluß der Tagesſtunden auf barometriſche Höhenmeſſung, III. 34.

Huber-Burnand, Druck, Reibung, Ausfluß des Sandes, I. 65. 79. 82.

Hünefeld, Beobachtungen an einem Doppelſalze aus Chlor, Zink und Platin, I. 14.

Hugi, Grundeis, III. 143.

Humboldt; Magnetiſche Variation, III. 100. 106; Urweltliche Temperatur, III. 127.

Jackſon; Farbige Gläſer, II. 143; Durchſichtigkeit und Farbe der Atmoſphäre, III. 232.

Jacquin, Mikroſkop, II. 183.

Ideler, Hagel, III. 58.

Johnſon, Dampfbildung, I. 188; III. 233.

Johnſton, Rotaſkop, III. 228.

Kämtz; Trockene Säulen, I. 381; Tägliche Barometeränderungen, III. 21; Meteorologiſche Temperatur, III. 129. 130.

Karſten, Feſtigkeit, I. 26.

Kaſtner; Kohle zu galvaniſchen Verſuchen, I. 388; Dendritiſches Ammoniumamalgam, II. 4; Klingende Legirungen, I. 255; Elektriſches Leuchten des Zinnes, III. 230.

Kater; Biegung der Linearmaßſtäbe, I. 2; Prüfung der Ebenheit, I. 4.

Keil, Starke Magnete, II. 48.

Kemp; Luftpumpe, I. 116; Galvaniſche Apparate, I. 384; Leitungsvermögen der Kohle, I. 404; Galvaniſcher Schlag, I. 472; Thermometer, II. 451; Leitung condenſirter Gasarten, III. 230.

King, Maximumthermometer, II. 444.

Knar, Maßſtab, I. 2.

Kobell; Farbenringe, II. 274. 276; Verhalten des Apatits im polariſirten Lichte, III. 233.

Köchlin-Schouch, Elektricitätserregung, I. 342.

Köhler, Thermoelektriſche Mineralien, III. 230.

Kupffer; Meſſen der magnetiſchen Inclination, III. 82; Erdmagnetismus, III. 89; Abnahme der magnetiſchen Intenſität mit der Höhe, III. 115; Quellen- und Bodentemperatur, III. 135. 136; Temperaturabnahme mit der Höhe, III. 140.

Lamé; Stärke des Eiſens, III. 228; Erkaltung der Erde, III. 233.

Lampadius; Beobachtungen an Platin und Nickel, I. 18; an Queckſilber und Natrium, I. 18.

Lechevallier; Leidenfroſt'ſcher Verſuch, II. 400; Maximumthermometer, II. 444; Bewegung der Flüſſigkeiten, III. 228.

Legrand, Erdmagnetismus, III. 98.

Lehot; Galvaniſche Froſchſchenkelverſuche, I. 472; Gränzen des Sehens, II. 205; Subjective Complementärfarben, II. 228.

Lembert, Galvaniſch-phyſiologiſche Verſuche, I. 479.

Lenz; Bathometer, II. 451; Temperatur des Meeres, III. 141; Ausdehnung des Meerwaſſers, III. 233.

Lerebour, Optiſche Gläſer, II. 178.

Lesbros, Ausfluß der Flüſſigkeiten, I. 98.

Libri; Alte Thermometerſcale, II. 441; Gleichbleiben der mittlern Temperatur, III. 128.
Lind, Anemometer, I. 125.
Liſter, Objectivgläſer, III. 239.
Lüdersdorf, Galvaniſche Zerſetzung des Alkohol's, II. 5.
Magnus; Waſſerſtoffteller, II. 3; Geothermometer, II. 446.
Majocchi, Goniometer, I. 6.
Marianini, Galvaniſche Verſuche, I. 364. 422. 456. 458. 461. 464. 465. 471. 472. 480.
Marx, Beobachtungen an ſchwefelſaurem Kupferoxydkali, I. 14; Beobachtungen an eſſigſaurem Natron, I. 15; Siedepunct, I. 183; Brechungsverhältniß, II. 100; Doppelbrechung, II. 104; Farbenringe, II. 273. 276; Erſcheinungen beim Schmelzen und Erſtarren der Metalle, II. 458; beim Erſtarren des Schwefels, II. 461; Schwefelkohlenſtoffdampf, III. 228; Klangfiguren, III. 229.
Matteucci; Electricitätserregung, I. 343; Galvaniſcher Verſuch, I. 362; Galvaniſch-phyſiologiſche Verſuche, I. 472. 481; Galvaniſche Zerſetzungsverſuche, II. 2. 5; Magnetiſche Verſuche, II. 46.
Meermann, Maximum und Minimum der Temperatur, III. 123.
Meikle, Heber, I. 220.
Meißner, Erhöheter Luftdruck, III. 59.
Melloni; Hygrometer, I. 200; Galvaniſches Differenzialthermometer, I. 490; Verſchiedene Wärmeverſuche, III. 235.
Merz, Mikroſkop, II. 187.
Meyer, Haltbarkeit des Eiſens, III. 225.
Mile, Luftpumpe, I. 118.
Mitchell, Durchdringen der Gaſe und Dämpfe durch Cautchouc, III. 228.
Mitis, Feſtigkeit des Eiſens, I. 32.
Mitſcherlich, Beobachtungen an verſchiedenen Salzen, I. 18.
Moll, Magnetiſirung von weichem Eiſen durch Elektricität, III. 232.
Mons, Chemiſche Harmonica, I. 255.
Moſer; Winkelbeſtimmung, I. 6; Magnetiſche Verſuche, II. 35. 36; Methode zur Vergrößerung der Variation des Erdmagnetismus, III. 80; Maß der Intenſität des Erdmagnetismus, III. 88; Änderung der magnetiſchen Intenſität, III. 114; Nordlicht, III. 117; Höfe, III. 122.
Müller, Galvaniſch-phyſiologiſche Verſuche, I. 476.
Muncke; Brown's mikroſkopiſche Bewegungen, I. 12; Drehwage, I. 78; Hygrometer, I. 204; Elektricitätserregung, I. 343; Ausdehnung des Glaſes, II. 409; Ausdehnung des Waſſers, II. 411; Ausdehnung verſchiedener Flüſſigkeiten, II. 425; Ausdehnungsgeſetze der Flüſſigkeiten, II. 436; Reductionsformel für das Queckſilberthermometer, II. 439; Conſtruction von Weingeiſtthermometern, II. 441; Trevelyaninſtrument, III. 229.
Muret de Bore, Elektricitätserregung, I. 342.

Navier; Tenacität, I. 29; Gleichungen für elaſtiſche Körper, I. 53; Ausfluß von Gaſen, I. 131.
Necker, Erdmagnetismus, III. 99.
Negro, Elektromagnetiſcher Verſuch, III. 232.
Neumann; Specifiſche Wärme, II. 473. 476. 479. 481. 482; Pyrometer, II. 455.
Nicol, Doppelſpath, II. 105.
Niemann; Spannkraft der Dämpfe, I. 180; III. 228; Galv. Verſuche mit liq. Kohlenſäure, II. 2.
Nixon, Waſſerwage, I. 5.
Nobili; Galvanometer, I. 392; Galvaniſche Froſchſchenkelverſuche, I. 472; Galvanismus gegen Lähmung, I. 482; Thermoelektriſches Differenzialthermometer, I. 489; Galvaniſche Färbung von Metallplatten, II. 10; III. 230; Farbenſcale, II. 135; Wirkung der Metalle auf das Licht, II. 338; Anſtellung der Faraday'ſchen elektromagnetiſchen Verſuche, III. 231.
Nordenſkiöld, Labrador, III. 233.

Ohm; Gegen die chemiſche Theorie des Galvanismus, I. 359. 364; Störungen bei elektrochemiſchen Verſuchen, I. 366; Elektroſkopiſche Wirkungen der geſchloſſenen Kette, I. 370; Unipolare Leiter, I. 373; Wirkungsabnahme der Kette in Schwefelſäure, I. 421; Elektricitätserregung durch Berührung von Flüſſigkeiten, I. 452; Ladungsphänomene, I. 457; Glühkraft der Drähte, I. 466; Verſuche mit concentrirter Schwefelſäure in der galvaniſchen Kette, II. 10; Neue Abhandlungen über Elektricität und Galvanismus, III. 230.
Olmſted, Hagel, III. 56.
Oſann, Specifiſches Gewicht, I. 225. 232; Schmelzbarkeit von Miſchungen, II. 467.
Parrot; Chemiſche Theorie des Galvanismus, I. 359; Fixe Puncte des Thermometers, II. 438; Inſtrument zum Maß der Zuſammendrückung des Waſſers, III. 228.

Pearſall, Phosphorescenz, II. 77.
Peclet, Lampen- und Kerzenlicht, II. 84.
Pelliſov, Erregung von Tönen, I. 255. 256; Äolsharfe, I. 309.
Peltier, Trockene Säulen, I. 383.
Perkins, Leidenfroſt'ſcher Verſuch, II. 400.
Pfaff; Vertheilung der Elektricität, I. 347; Berührungstheorie des Galvanismus, I. 355 ff.; Leitungsvermögen der Flüſſigkeiten, I. 412; Magnetiſirung durch Galvanismus, II. 48; Verſuche gegen Watt, II. 82; Zur Kritik von Fiſcher's Schrift, III. 231.
Pianciani, Elektricitätsentladung, I. 352.
Pictet, Congreve'ſche Raketen, III. 228.
Plagge, über das Sehen, II. 203.

Plateau; Magnetiſche Verſuche, II. 47; Subjective Geſichtserſcheinungen, II. 210. 217. 222; III. 233; Relative Stärke der Farben, II. 215.

Plößl, Optiſche Inſtrumente, II. 178. 196.

Pohl; Galvaniſche Verſuche, I. 365. 429; Elektromagnetiſche Verſuche, III. 231.

Poiſſon; Grundzuſtand der Körper, I. 19; Mathematiſche Behandlung der Gleichgewichts- und Bewegungserſcheinungen, I. 35; Druck und Zug in feſten Körpern, I. 52; Fortpflanzung der Bewegung in elaſtiſchen feſten Körpern, I. 81; Princip der Gleichheit des Druckes nach allen Richtungen in Flüſſigkeiten, I. 90; Capillarerſcheinungen, I. 96; Schallgeſchwindigkeit, I. 241; Geſetze der Tonſchwingungen, I. 264; Klangfiguren, I. 295; Maß der Intenſität des Erdmagnetismus, III. 86; Gleichzeitige Bewegungen des Pendels und der Luft, III. 228.

Poncelet; Ausfluß der Flüſſigkeiten, I. 98; Permanente Curven im Waſſer, I. 102; III. 228; Maß und Geſchwindigkeit des Waſſers, I. 105.

Potter; Photometer, II. 84; Reflexion von Metallen, II. 97; Specifiſche Wärme der Metalle, II. 477; Politur von Linſen und Spiegeln, III. 233.

Pouillet, Magnetiſche Temperaturgränzen, III. 231.

Powell; Polariſation der Wärme, II. 398; Interferenz des Lichtes, III. 233.

Pravaz, Galvanismus gegen Biß toller Hunde, I. 481.

Prechtl, Adhäſion, I. 79.

Prevoſt, Magnetismus des Erdkörpers, III. 231

Prinſep; Ausdehnung des Gußeiſens, II. 410; Pyrometer, II. 455; Bildung von Legirungen im ſtarren Zuſtande, III. 228.

Pritchard, Sapphirlinſen, II. 180.

Quetelet; Bewegung von Gas, I. 128. 130; Streifen in Flammen, II. 141; Streifen an Spiegeln, II. 144; Geſtalt des Schnee's, III. 61.

Raucourt, Geſchwindigkeit des Waſſers, I. 105.

Reich, Änderung der magnetiſchen Intenſität, III. 114.

Rennie, Reibung, I. 78.

Richardſon, Nordlicht, III. 116. 123.

Rieſe; Abnahme der Barometerhöhe vom Äquator nach den Polen, III. 11; Barometerſtand im Niveau der Nord- und Oſtſee, III. 12.

Rieß; Magnetiſche Verſuche, II. 35. 36; Maß des Erdmagnetismus, III. 86; Magnetiſche Variation, III. 102. 114. 231.

Ritchie; Drehwage, I. 7. 77; Elektromagnetiſcher Telegraph, I. 402; Leitungswiderſtand der Flüſſigkeiten, I. 408; Galvaniſche Verſuche,

I. 449. 456; Photometer, II. 83; Geſetze der galvaniſchen Säule, III. 231; Beziehungen zwiſchen Elektricität und Magnetismus, III. 232.
Rive (de la); Chemiſche Theorie der Elektricität, I. 354 ff.; Galvaniſche Verſuche, I. 449. 454. 455. 458; Specifiſche Wärme der Gaſe, II. 486.
Robinſon, Barometer, III. 228.
Roche, Spannkraft der Dämpfe, I. 179.
Roget; Magnetiſche Curven, II. 53; Optiſche Täuſchungen, II. 210.
Roſe, Specifiſche Wärme, II. 477.
Roſtrick, Reibung, III. 223.
Rudberg; Doppelbrechung, II. 113. 115. 116; Erſcheinungen beim Erkalten von Legirungen, II. 462; Specifiſche Wärme, II. 468; Latente Wärme, II. 471.
Runge; Platineiſenkette in Ätzkalilauge, II. 5; Elektrochemiſche Bewegungen, II. 28.

Sabine, Correction wegen Temperatur des Pendels, III. 229.
Saigey, Magnetismus durch Drehung, II. 57. 59.
Saladin, Verdampfung, I. 195.
Sauſſure, Kohlenſäuregehalt der Atmoſphäre, III. 61.
Savart; Kryſtalliniſches Gefüge der Körper, I. 10; Elaſticität der Körper, I. 30; Torſion, I. 73; Erregung von Tönen, I. 251; Klangfiguren, I. 294; Gränze der Töne, I. 335.
Schitko; Dämpfe, I. 178. 181; Wärme, II. 401. 491.
Schmidt, Balliſtiſches Problem, I. 86.
Schmöger, Gewitter, III. 79.
Schön, Witterungsregel, III. 10.
Schübler; Verdunſtung des Eiſes, I. 196; Hygrometer, I. 199; Einfluß des Mondes auf die Witterung, III. 6. 235; Witterungsanzeigen durch Vögel, III. 10; Variation der mittlern Windrichtung, III. 38; Einfluß des Mondes auf die Windrichtung, III. 43; Einfluß des Mondes auf die Regenmenge, III. 45; Einfluß des Windes auf die atmoſphäriſche Elektricität, III. 74.
Schwartz; Pyrometriſches Verfahren, II. 457; Specifiſche Wärme von Eiſen und Platin, II. 479.
Schweigger, Endosmoſe und Exosmoſe, III. 229.
Schweigger-Seidel, Beobachtungen an Queckſilberjodid, I. 14; Magnetiſirung durch Galvanismus, III. 231.
Scoresby, Durchgang des Magnetismus durch Körper, III. 231.
Seebeck; Inſtrument zur Beſtimmung des Brechungsverhältniſſes, II. 102; Inſtrument zur Meſſung des Polariſationswinkels, II. 263; Beſtätigung des Brewſter'ſchen Geſetzes, II. 265; Polariſationswinkel am Kalkſpath, II. 267.

Sertürner, Verhältniß des Lichtes zur Wärme, II. 72.
Shaw, Richtung des Sehens, III. 233.
Shires, Winkelmeſſung, III. 229.
Siber, Einfluß des Mondes auf das Barometer, III. 29.
Simon, Galvaniſche Zerſetzungsverſuche, II. 1. 8.
South, Objectivgläſer, III. 233.
Stampfer; Ausdehnung von Meſſing, II. 410; Ausdehnung des Waſſers, II. 411.
Stern, Erſcheinung an tönender Glasröhre, I. 85.
Strehlke; Klangfiguren, I. 291. 305; Einfluß der Gewitter auf den Barometerſtand, III. 32.
Sturgeon; Magnetismus der Metalle, III. 231; Elektromagnetiſche Verſuche, III. 232.
Svanberg; Temperatur des Planetenraumes, III. 5; Erſtarrungspunct von Legirungen, III. 234.

Taylor, Brennen des Steinkohlengaſes, II. 89.
Thénard, Compreſſionsfeuerzeug, II. 75.
Thilorier, Luftpumpe, III. 229.
Tortual, Zerſtreuungsbilder, II. 203.
Tregaskis, Spannkraft der Dämpfe, I. 177.
Trevelyan, Erregung von Tönen, I. 254; III. 229.
Tyler, Ausdehnung des Stahles, II. 410.

Valz; Fernröhre, II. 193; Dichtigkeit des Äthers, III. 1.
Vogel, Chemiſche Wirkung des Lichtes, II. 81.
Volz, Ausſtrömen der Luft, I. 129.

Wach; Beobachtungen an flußſaurem Kalk, I. 16; Niederſchlagung der Metalle, II. 13; Endosmoſe und Exosmoſe, III. 229.
Watt, Verſuche über das Licht; II. 81.
Weber, Luftelektrophor, I. 365.
Weber; Druck von Drähten, I. 62; Verlängerung oder Verkürzung von Saiten, I. 67; Erſcheinung an tönender Glasröhre, I. 84; Specifiſches Gewicht des Waſſers, I. 232; Schallgeſchwindigkeit, I. 245; Monochord, I. 259; Zungenpfeifen, I. 314; Compenſirte Orgelpfeifen, I. 330; Wärme bei Compreſſion und Dilatation von Metallen, II. 473; Specifiſche Wärme, II. 477. 480.
Weisbach, Goniometer, I. 7.
Werner, Maßſtab, I. 1.
Wetzlar; Verſuch mit Eiſen in ſalpeterſaurer Silberauflöſung, I. 455; Ungleichzeitiges Eintauchen homogener Platten, I. 461; Chemiſche Wirkung des Magnetes, II. 67.
Wheatſtone; Reſonanz, Maultrommel, Geber, I. 261. 313. 314; Fortpflanzung der Töne, III. 229.

Wiegmann, Witterungsregel, III. 10.
Willis; Anziehungserſcheinungen einer Platte gegen einen Luftſtrom, III. 229; Vocallaute und Zungenpfeifen, III. 230.
Wollaſton; Barometer, I. 115; Doppelmikroſkop, II. 198.
Wrench, Taſchenthermometer, II. 652.

Young, Interferenz, III. 233.

Zamboni, Trockene Säulen, I. 364.
Zantedeschi, Chemiſche Wirkung des Magnetiſmus, II. 69.
Zavadovsky, Widerſtand des Holzes, III. 229.
Zawadzky, Leuchten der Blumen, I. 352.
Zincken; Beobachtungen an Eiſenſchlacken, I. 16; Aräometer, III. 229.

Berichtigungen.

1) Berichtigungen zu einigen Abhandlungen über das Licht in Poggendorff's Annalen und zu Herſchel's Werk über das Licht*).

Zu Poggendorff's Annalen XIX.

Seite 270 Zeile 1 v. o. ſt. $Q = 1 + 2$ l. $Q = 1 - 2$
— 286 — 11 v. u. ſt. $[\cot x \cos (i - i')]^n$ l. $\cot x\, [\cos (i - i')]^n$
— 286 — 10 v. u. ſt. $\sqrt[n]{\cot x \,.\, \cos (i - i')}$ l. $\cot x \sqrt[n]{\cos (i - i')}$
— 288 — 2 v. u. ſt. $\cot x \,.\, \cos^2 56° 40'$ l. $\cot x \cot 56° 40'$
— 292 — 3 v. o. ſt. φ l. 1
— 321 — 11 v. o. ſt. BA l. RA
17 v. o. ſt. ma l. Ma
— 603 — 13 und 15 v. o. ſt. φ l. φ''

Zu Pogg. Ann. XXI.

Seite 230 Zeile 1 v. o. ſt. 45° l. 90°
— 242 — 19 v. o. ſt. a:b l. b:a
— 253 — 1 v. o. nach **war** fehlt ein Satz, der im Original heißt: This tint varied from a quarter of tint in value down zero
— 286 — 10 v. o. nach **Strahlen** ſchalte ein: aus dem ungewöhnlichen Bündel

Zu Pogg. Ann. XXII.

Seite 91 Zeile 8 v. u. vor **Falle** ſchalte ein: **erſtern**
— 120 — 15 v. u. nach $\alpha - \beta$ ſchalte ein: **nicht**
— 121 — 1 v. u. ſt. Waſſer l. Glas

Zu Pogg. Ann. XXIII.

Seite 223 Zeile 2 v. u. ſt. $-2 \cos \varphi$ l. $-\cos 2\varphi$
— 224 — 1 und 2 v. o. ſt. $\frac{e^2}{2}$ l. e^2

---

*) Da ich aus eigener Erfahrung weiß, wie hemmend und unangenehm oft bloße Druckfehler bei dem Studium phyſikaliſch-mathematiſcher Abhandlungen ſein können, ſo glaube ich, daß die Anzeige einiger deßfalls zu machenden Berichtigungen, die mir gerade aufgeſtoßen ſind, bei Abhandlungen, deren erleichtertes Studium vorzugsweiſe zu wünſchen iſt, nicht überflüſſig ſein möchte.

2) Berichtigungen zu Herſchel's Werk über das Licht.

Seite 216 Zeile 7 v. u. ſt. beliebiger Färbung l. beliebig dunkler Färbung
— 303 u. 320 Hier muß man ſich hüten, daß die verſchiedene Beſtimmung des Wortes Amplitude nicht Verwirrung verurſache, indem S. 303 das halbe Amplitude genannt wird, was S. 320 als Amplitude ſchlechthin beſtimmt iſt.
— 321 — 8 v. o. ſt. des Quadrats l. des Quadrats der Amplitude
— 323 — 15 v. u. ſt. $\sqrt{a^2 - 2aa' \cos k + a'^2}$ l. $\sqrt{a^2 + 2aa' \cos k + a'^2}$
— 333 — 7 v. u. ſt. SMX l. SAX
— 356 — 4 v. u. ſt. Reihen l. Ringe
— 365 — 4, 5, 9, 11, 13 v. u. ſt. AG l. AC
13 v. u. ſt. AG l. AO
8 u. 7 v. u. ſt.: ſo wird derſelbe zu gleicher Zeit von einer Welle erreicht, die jedem Stralenkegel zugehört, wovon die eine nach qM aus q, die andere nach AM von A ausgeht, l.: ſo wird derſelbe zu gleicher Zeit von zwei Wellen erreicht, deren eine dem Kegel um qM, die andere dem Kegel um AM zugehört.
— 366 — 2 u. 4 v. u. ſt. G l. C
— 372 — 12 v. o. ſt. dieß l. dieß Polynom
— 383 — 18 v. u. ſt. haben l. haben, fortgepflanzt
— 387 — 19 v. o. ſt. PF l. PN
— 390 — 5 v. u. ſt. $PD = \frac{a}{a+b}$ l. $PD \times \frac{a}{a+b}$
— 400 — 22 v. u. ſt. gerade durch l. ſenkrecht auf
17 v. u. ſt. Talg oder Todtenkopf l. eine Miſchung von Talg und Colcothar
— 501 6 v. o. ſt. ein Θ^2 ein Θ' l. ein Θ ein Θ'
— 508 Der mit drittens anhebende Satz iſt falſch und ungenau dargeſtellt. Er muß ſo heißen, wie ich ihn Th. II. S. 201 angeführt habe.
— 509 Der Paragraph 1056. iſt meines Erachtens unrichtig, in ſo fern der Phaſenunterſchied δ fälſchlich auf die beiden Antheile Licht, deren einer parallel, der andere ſenkrecht auf die Einfallsoberfläche iſt, bezogen wird. Vgl. dies Repertorium II. S. 295 ff.

---

3) Nachträgliche Berichtigungen zu meinen Maßbeſtimmungen über die galvaniſche Kette.

Seite 29 Zeile 7 v. o. ſt. 37,8 l. 30,5
— 35 in der erſten Zeile der Tabelle ſt. 19,6 l. 19,25
— 43 — 5 v. u. ſt. (Zinnkupfer) 0,221 l. (Zinkkupfer) 0,221
— 44 — 1 v. o. ſt. Zinnkupfer l. Zinkkupfer

4) Nachträgliche Berichtigungen zur zweiten Ausgabe von Biot's Lehrbuch.

Zu Theil I.

Seite 268 Zeile 2 v. o. ſt. 1° l. 0°
— 269 — 2 v. o.
— 270 — 2 v. o. eben ſo.
— 271 — 2 v. o.
— 273 — 1 v. u. ſt. krummen l. ſchief gekrümmten
— 293 — 20 und 9 v. u. ſt. Roſe l. Erman d. J.

Zu Theil II.

Seite 17 Zeile 13 v. o. ſt. + l. ×
— 19 — 3 v. u. ſt. 4117,57 l. 4117
— 118 — 3 v. u. ſt. offenen l. gedeckten
— 119 — 2 v. u. ſt. gedeckten l. offenen
— 120 — 27 v. u. ſt. offenen l. gedeckten
— 120 — 26 u. 25 v. u. ſt. ſchwächerer l. ſtärkerer
— 311 — 12 v. u. ſtreiche weg: noch weniger
— 312 — 23 v. o. ſtreiche weg: nicht
— 340 — 22 v. u. ſt. an l. in

Zu Theil III.

Seite 76 Zeile 15 v. o. ſt. Drahtes l. Bogens
— 90 — 19 v. u. ſt. Kraft l. Nadel
— 163 — 3 v. o. ſt. Überganges l. Schließungsdrahtes
— 190 — 20 v. u. ſt. 0,0725 l. 0,0676
12 v. u. ſt. 0,0222 l. 0,0217
1,400 l. 1,3976
4 v. u. ſt. 0,0725 l. 0,0676
3 v. u. ſt. 0,09118 l. 0,9167
— 212 — 29 v. o. ſt. 1fache l. 11fache
— 213 — 2 v. o. ſt. 11fache l. 1fache
— 260 — 14 v. o. ſt. 4 l. 8.
— 265 — 7 v. u. ſt. 0,970 (0,15) l. 0,966 (0,19)
— 319 — 7 v. o. und ff. Dieſer Saz iſt falſch und muß ſo dargeſtellt werden, wie in dieſem Repertorium I. S. 430; 5)
— 330 — 6 v. u. ſt. L l. L'
— 370 — 17 v. o. ſt. XIV. l. XVII.
— 422 — 25 v. u. ſt. 564 l. 504
— 474 — 7 v. u. ſt. 213 l. 190
— 554 — 13 v. o. ſt. 44,25 t l. 22 t

Zu Theil IV.

Seite 347 Zeil v. o. ſt. ein U ein U' l. kein U ein U'

Zu Theil V.

Seite 45 Zeile 26 v. u. ſtreiche weg: dünne
— 141 — 5 v. u. ſt. bei l. aus
— 303 — 21 v. u. ſt. 33°,5 l. 30°,5

5) Berichtigungen zu dieſem Repertorium.

Zu Theil I.*).

Seite 39 Zeile 17 v. o. ſt. Mangel l. Stempel
— 40 — 6 v. u. ſt. an l. von
† — 105 — 20 v. o. ſt. des l. de
— 123 — 4 v. u. ſt. 9,9723 l. 0,9723
† — 207 — 10 v. u. ſt. iſt (unter einander zuſammenhängenden) die l. iſt die (unter einander zuſammenhängenden)
— 242 — 9 v. o. nach erſten Secunde füge hinzu: wenn dieſe als Zeiteinheit angenommen wird.
† — 254 — 2 v. o. man laſſe weg: und der Elektrochemie
— 266 — 15 v. o. ſt. dem halben l. — dem halben
— 273 — 12 v. u. ſt. $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{r}{\varrho w}}$ l. $\frac{1}{2a}\sqrt{\frac{r}{\varrho w}}$
— 284 — 12 v. u. ſt. Zahl l. Zahlen
— 286 — 15 v. u. ſt. μ'_{n} l. μ
† — 299 — 21 v. o. ſt. Werthe l. Werthen
† — 300 — 21 v. o. ſt. Ecke l. Ecke a
— 309 u. ff. ſt. Pelliſow l. Pelliſov
— 345 — 2 v. u. ſt. einer geladenen Leydener Tafel l. eine geladene Leydener Tafel
— 447 in der 7. Querſpalte v. u. ſt. $\left.\begin{array}{l}0{,}0732\\0{,}0976\\0{,}103\\0{,}163\end{array}\right|\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}\\ \\ \end{array}\right\}1:2\\ \left.\begin{array}{l}\\ \\ \end{array}\right\}4:5\end{array}$ l. $\left.\begin{array}{c}7\\0{,}0968\\0{,}131\\0{,}162\end{array}\right|$ 3 . 4 . 5
— 457 — 6 v. u. ſt. Übergangszuſtande l. Übergangswiderſtande
— 461 — 22 v. o. ſt. den andern l. einen andern in den andern Schenkel

Zu Theil II.

Seite 100 Zeile 22 v. o. ſt. ungewöhnlichen l. gewöhnlichen
— 111 — 12 v. u. ſt. zwei rechtwinkliche, auf einander l. zwei, rechtwinklich auf einander
— 115 — 12 v. o. ſt. in der Luft l. in der erſten Richtung
— 421 — 11 v. u. ſt. — 4°,98 l. — 4°,98
— 430 — 22 v. u. ſt. 1,0261909363 l. 1,0261910106
— 432 — 9 v. u. ſt. 0,0642299627 l. 1,0642299627
— 462 — 17 v. u. ſt. ihre Erſtarrungstemperatur l. die Erſtarrungstemperatur einer gewiſſen Legirung unter ihnen (chem. Legirung)
— 473 — 15 v. u. nach Verhältniß ſchalte ein: (das der chemiſchen Legirung)

Zu Theil III.

Seite 28 Zeile 16 u. 4 v. u. } ſt. Halleſchka l. Hallaſchka
— 29 — 16 v. u. }
— 32 — 1 v. o. }
— 37 — 10 v. u. ſt. Verlin l. Berlin
— 61 — 2 v. u. ſt. LX. l. LXI.
— 90 — 3 v. u. ſt. aber l. eben

---

*) Die mit einem † bezeichneten Berichtigungen ſind ſolche, welche ſchon in Th. I. angezeigt worden ſind.

Beweis,
daß
# der Mond aus Jodine beſtehe.

Beweis,

daß

der Mond aus Jodine beſtehe.

Von

Dr. Mises.

Nr. 1.

Zweite Auflage.

Leipzig, 1832.
Verlag von Leopold Voß.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die erſte Auflage dieſes Schriftchens erſchien im Jahre 1821, zu der Zeit, wo die Jodine anfing, als Heilmittel Aufſehen zu machen. Es war ſonach eigentlich für ein temporaires und zum Theil locales Intereſſe berechnet. Ich laſſe es dahin geſtellt ſeyn, in wie weit ſich jetzt noch Jemand dafür intereſſiren kann.

Universität München Bibliothek

Die Jodine iſt ein Heilmittel von außerordentlicher Wirkſamkeit. Sehr natürlich. Es iſt noch kein Jahr, daß ſie angefangen hat, gegen den Kropf wirkſam zu ſeyn, und ſomit hat ſie durch das Alter noch nichts von ihrer erſten Kraft verloren. Denn wir finden bei jedem Heilmittel, daß es zu Anfange ſeines Gebrauchs unübertreffliche Wirkungen zeigt und alle früher gegen dieſelbe Krankheit angewandte Mittel ganz und gar entbehrlich macht; ſobald es aber eine Zeit lang im Medicinkaſten der Materia medica gelegen hat, zur verlegenen und kraftloſen Waare wird, gerade ſo wie Kinder, an denen man in ihren frühern Jahren einen ausgezeichneten Verſtand bemerkte, im ſpätern Alter gewöhnlich Dummköpfe werden. Wir haben an der Ratanhiawurzel vor einigen Jahren ein auffallendes Beiſpiel dieſer Art geſehen. Drohte ſie nicht in ihrem Uebermuthe, alle unſere Tonica und Adstringentia aus den Apothekerkaſten zu werfen, und beſchämte ſie nicht ſelbſt die China, die ſich doch ſonſt immer in Reſpect zu erhalten weiß, durch die Wundercuren, die ſie von ſich erzählte? Jetzt möchte die Ratanhia ſich ſelder mit Ratanhia kuriren, da ſie, wie es den Aerzten zu gehen pflegt, die von den Krankheiten, die ſie am häufigſten heilen, am öfterſten angeſteckt werden, an einer ſo chroniſchen Schwäche leidet, daß ſie alle Prahlereien vergißt und ſich ganz ruhig zur Tormentille und Columbo hinſetzt, über die ſie ſonſt mit einer ſo vornehmen Miene hinwegſah; und wenn ſonſt kein Schleim- und Blutfluß war, der nicht vor dem bloßen Namen Ratanhia gezittert hätte, ſo ſehen wir jetzt dieſe ungezogenen Krankheiten häufig der großen Meiſterin geradezu ins Geſicht lachen und eine Widerſpenſtigkeit zeigen, von der ſie zu Anfange ihrer Praxis laut allen Nachrichten nie eine Spur erfahren hatte. Man kann nach dieſem Allen den Aerzten nicht genug rathen, die Jodine jetzt, da ſie noch noch in ihrer erſten Jugendkraft iſt, ſo oft als möglich zu benutzen, ehe auch ſie der Marasmus senilis unbrauchbar macht.

Jetzt in der That dürfte es wohl kaum einen Kropf geben, den die Jodine nicht von Grund aus heilte; und dieß nicht allein. Ein neues Mittel greift den Menſchen erſt bei einem ſchwachen Puncte an; aber es frißt um ſich, wie ein Krebs; und ſo hat denn die Jodine auch ſchon die Skropheln und Krankheiten des Uterus angegriffen; und kein Zweifel, daß ſie von da aus ſich noch weiter umſehen wird. Es geht den Mitteln wie geſcheuten Leuten. Lange Jahre können verfließen, ehe Jemand daran denkt, ſie zu brauchen; man weiß kaum, daß ſie da ſind; haben ſie aber erſt Geſchick in einer Sache gezeigt, ſo häuft man nach und nach ſo viel Functionen, Ehren und Würden, mögen ſie dazu taugen oder auch nicht taugen, auf ſie, daß ſie, weil ſie doch nicht alles zugleich leiſten können, nun gar nichts mehr leiſten und blos von ihrem alten Rufe zehren. Die Jodine hat es allerdings noch nicht ſo weit gebracht; ſie muß noch rüſtig ſeyn und ſich rühren, ehe ſie ſich ihrerſeits wird zur Ruhe ſetzen können. Unterſtütze man ſie darin; man wird deſto eher das Vergnügen haben, zu einem andern Mittel übergehen zu können. Indeß es iſt unnöthig, hierzu noch beſonders zu ermahnen, da ohnehin in neuerer Zeit ſchon das Mögliche geſchieht, ein Mittel durch alle Krankheiten hindurch zu jagen, bis es zuletzt todtmüde abſteht; man hat überdieß jetzt den Vortheil, doppelt ſo ſchnell als früher zu Stande zu kommen, weil, während ein Mittel gegen die eine Hälfte der Krankheiten von der Allopathie verordnet wird, es ſtets zugleich gegen alle Krankheiten von direct entgegengeſetzter Natur von der Homöopathie gebraucht wird, ſo daß ihr keine Krankheit ſo leicht entgehen kann. So werden wir gewiß nächſtens erleben, daß die Einen die Jodine gegen die Fettſucht empfehlen, weil ſie die Leute mager macht, und die Andern gegen die Schwindſucht, auch, weil ſie die Leute mager macht: und da mithin die Jodine vermöge dieſes Grundes zwei geradezu entgegengeſetzte Wirkungen zu leiſten vermag, ſo wüßte ich nicht, was im Himmel und auf Erden die Jodine nicht ſollte zu bewirken vermögen, blos aus dem Grunde, weil ſie die Leute mager macht.

Uebrigens ſollte es mich freuen, wenn ſich die Jodine nun zunächſt gegen die Schwindſucht wendete. Es iſt wirklich ſchon zu lange her, daß Herz in Hufeland's Journal dem Phellandrium aquaticum an den Recepttafeln am Krankenbette ſeinen Platz als Symptom der Schwindſucht anwies, die man manchmal daran erkennen kann, auch wenn die übrigen Symptome derſelben fehlen (in welchem Falle beſonders glückliche Curen damit vorkommen); es mag der Jodine immerhin nun ſeinen Platz abtreten; und dieſe wird ihm gern eine andere Krankheit dafür ablaſſen. Gewiß, es bedarf nur dieſer Anregung, einen Arzt zu vermögen, die Sache zu veranſtalten.

Freilich aber bleiben dieſe und ähnliche Vorſchläge nur pia vota, wenn wir nicht einen Weg aufzufinden wiſſen, die Jodine in reichlicherem Maße zu gewinnen, als dieſes bisher möglich war. Bei der Homöopathie zwar beſteht die Verlegenheit nicht ſowohl darin, wie ſie recht viel Jodine, ſondern, wie ſie recht wenig bekommen ſoll, da, wenn wir allen Homöopathen zuſammen einen Gran ſchenken, ſie darum wie die Ameiſen um den Chimboraſſo, in Verzweiflung, ihn je abtragen und klein machen zu können, herumlaufen werden, allein die Allopathen, die müſder genügſam ſind, wollen doch auch curiren. Für dieſe wäre in der That ſehr zu wünſchen, daß nun auch ein Bergwerk von Jodine entdeckt würde, welches die nöthige Quantität von Zentnern lieferte, die die jährliche Conſumtion erfordern dürfte. Denn ſchon jetzt wollen alle Fucusarten des Weltmeeres nicht mehr zureichen, den nöthigen Bedarf von Jodine zu verſchaffen, da man doch von derſelben noch weiter nichts hat, als die Tinctur. Wie ſoll es dann werden, wenn ſie erſt eine ganze Nachkommenſchaft von Salben, Pflaſtern, Pillen und andern Compoſitionen in der Polygamie mit andern Mitteln wird erzeugt haben, die einem ſo kräftigen Heilmittel gar nicht fehlen kann. Ich thue daher, da ſich bis jetzt von einer ſolchen Fundgrube noch keine Spur gezeigt hat, folgenden Vorſchlag zu Auffindung derſelben. Man laſſe künftig blos mit Kröpfen und Skropheln behaftete Bergleute, und Weiber, die an Unordnung der Katamenien leiden, in den Gruben arbeiten. Findet man nun, daß hier ein Kropf einſinkt, dort eine angelaufene Drüſe verſchwindet, oder bei einer Frau die Katamenien wieder eintreten: ſo hat man eo ipso den Beweis, daß dieſe Grube Jodine enthalten müſſe, und kann nun keck die Erde aus derſelben als jodinehaltig in ſchicklichen Verbindungen gegen die genannten Krankheiten anwenden. Auf ähnliche Weiſe wurde ja auch die Wirkſamkeit des Braunſteins gegen die Krätze entdeckt, nur daß ich hier den

Schluß umdrehe, wobei ich indeſſen hoffe, nicht gegen die logiſchen Regeln verſtoßen zu haben.

Ich bahne mir nun den Weg zu der Hauptaufgabe dieſes Büchleins dadurch, daß ich die gewöhnlichen Wege, auf denen man bisher die Gegenwart der Jodine auszuforſchen und zu erweiſen pflegte, kürzlich beleuchte und zugleich zeige, in wie fern ſie brauchbare Reſultate geben konnten, oder nicht.

Ein Apotheker Courtois entdeckte die Jodine zuerſt in der Aſche des Tangs, eines Meergewächſes. Sogleich faßte man den Verdacht gegen alle Meerbewohner, daß ſie dies Heilmittel verheimlichten; durch das ganze Meer wurde ſogleich die ſtrengſte Hausſuchung angeſtellt, und die gelddurſtigen Spanier können den armen Indianern nicht ärger mitgeſpielt haben, als wir es den Seegeſchöpfen thaten: denn welche Marter, welche Waſſer- oder Feuerprobe wurde wohl in unſern chemiſchen Laboratorien unverſucht gelaſſen, um den armen Meerproducten das Geſtändniß auszupreſſen, daß ſie Jodine verſteckt hielten; und als ſolches ſah man denn allgemein einen rothen Dampf an, den man durch ſiedende Schwefelſäure von ihnen zu erzwingen pflegte. Ein ſolcher rother Dampf war hinreichend, gerade wie ſonſt die rothen Augen eine Hexe, alle Individuen der Art zum Scheiterhaufen zu verdammen, die man nun mit unerbittlicher Strenge aus ihren Schlupfwinkeln hervorzog, um aus ihrer Aſche die Jodine zu gewinnen. Dieß iſt auch jetzt noch die gewöhnlichſte Art, die Jodine aufzuſuchen und darzuſtellen, und jedes Meerproduct kann daher Gott danken, das ſich von dieſer gefährlichen Waare frei weiß. Freilich bemerkte man bald, daß man auf dieſem Wege nur eine ſehr ſpärliche Ausbeute erhielt, und voll Unmuth darüber, daß den Kindern des Oceans ſo wenig abzugewinnen war, packte man nun ſogar den alten Oceanus ſelber an, ſchüttete ihn in eine Deſtillirblaſe *) und ſuchte durch Sieden und Schmoren ihn zum Geſtändniſſe ſeiner Reichthümer zu zwingen; aber bis jetzt hat er ſtandhaft die Folter ausgehalten.

Was nun zu thun? Jodine mußten die Aerzte haben, und die Apotheker ſchafften keine. Sie geriethen alſo auf eine weit ſinnreichere Art, die Gegenwart der Jodine auszuforſchen, als bisher Statt gefunden hatte, und waren auch wirklich ſo glücklich, auf ſolche Weiſe dieſelbe in Subſtanzen zu finden, in denen der Chemiker mit ſeinen Reagentien freilich keine Spur entdecken konnte. Und wie fingen die Leute denn dieſes an? Je nun, ſie dankten die Chemie ab und machten die Logik zum Hüttenknechte. Dieſe warf die ganzen Retorten und Blaſen der Chemie zum Fenſter hinaus, ſetzte ſich an den Blaſebalg, heizte eine Weile mit Syllogismen und Soriten ein, und ſiehe da, in kurzem lag aus einer Menge Subſtanzen ein ſchö-

---

*) In der That unterſuchte man das Meerwaſſer auf Jodine.

nes braunes Jodinekorn da, wie man es ſich nicht ſchöner hätte wünſchen können. Freilich ſtand nun die Chemie, die Ignorantin, dabei und wußte vor Verwunderung über die Entdeckung von Schätzen, die ſie auf ihrem eignen Gebiete doch billig hätte zuerſt finden ſollen, gar nicht, was ſie dazu ſagen ſollte. Wahrlich ein ganzes Jahrtauſend hätte die Chemie operiren können, und ſie würde in dem Gölis'ſchen Kinderpulver oder Pulvis antihectico-scrophulosus (das, wie bekannt, aus gebranntem Hirſchhorn, Nux moschata und baccis lauri beſteht, und deſſen nähere Analyſe nach unſerer neuen Methode ich noch weiter unten angeben werde) nimmermehr ein Atom Jodine haben entdecken können, dagegen unſre neue Verfahrungsart, die Subſtanzen durch Schlüſſe und Gründe zu zerlegen, uns ſehr bald gelehrt hat, daß Jodine der einzig wirkſame Beſtandtheil darin ſey. Ein ähnlicher Fall iſt es mit der gebrannten Schwammkohle. Die Jodine war kaum bekannt geworden, ſo wußte auch jeder Arzt, der ſich unſre Zerlegungsmethode zu eigen gemacht hatte, daß der Schwamm Jodine enthalten müſſe. Die Chemie wollte nun auch nicht zurückbleiben und fing an, ſich auf alle Art zu martern und zu quälen, doch auch nach ihrer Verfahrungsweiſe die Jodine daraus darzuſtellen. Umſonſt — ſie fand entweder gar keine, oder dieſelbe doch nur in ſo unbedeutender Menge darin, daß ſelbſt Hahnemann nach der darin enthaltenen Quantität der

Jodine die Schwammkohle für ein zu ſehr verdünntes Mittel erklären dürfte *).

Aber es iſt der Chemie ſchon recht, daß ſie einmal ſo abgetrumpft wird, und daß man ihr ihre Unwiſſenheit auf ihrem eignen Gebiete ſo ſtattlich nachgewieſen hat. Dieſe gottloſe Wiſſenſchaft wird jetzt alle Tage anmaßender und wagt es häufig, den geiſtreichſten Anſichten unſerer größten Köpfe auf eine unausſtehliche und für eine ſo junge Wiſſenſchaft recht unſchickliche Art zu widerſprechen. Viele Aerzte haben ſie daher auch ganz aus ihrem Hauſe verbannt, und nennen ſie, wenn ſie es wagt, gegen ihre Syſteme einige nicht allzubeſcheidene Zweifel zu erheben, ein junges unverſtändiges Ding, das noch viel zu lernen hätte. Wie will aber auch die Wiſſenſchaft die reißenden Fortſchritte machen, die der jetzige Zeitgeiſt von ihr verlangt, wenn die Chemie ſich ihr auf allen Schritten mit ihren Kolben und Kübeln in den Weg ſtellt, jedes Goldkorn, das ihr entfällt, darein wirft und ſo lange die Feuerprobe ausſtehen läßt, bis es gewöhnlich in Rauch und Luft verfliegt; wenn ſie jeder Wahrheit über die Zuſammenſetzung der Welt und der Weltkörper, mit der ein großer Geiſt die Welt beſchenkt, auf jedem Tritte ſo lange Legitimationen abfordern will, bis ſie aus Verdruß über ei-

---

*) Im zweiten [illegible] [illegible] hat man mehr Jodine gefunden.

ne ſo beiſpielloſe Illiberalität endlich ganz zu Hauſe bleibt. Auf dieſe Art kommen wir freilich um unſre ſchönſten und genialſten Syſteme und werden nie erfahren lernen, woraus die Welt beſtehe.

Wir wußten es ſchon einmal: ich weiß nicht, welcher Philoſoph die Welt durch die galvaniſche Kraft ſeiner Schlüſſe in Waſſerſtoffluft und Sauerſtoffluft zerlegt hatte; aber die Chemie, wahrſcheinlich um ſeiner Meinung, daß Alles aus Luft beſtände, deſto mehr Gewicht zu geben, machte das Experiment zuerſt mit ſeiner Hypotheſe (denn mit dieſem Ekelnamen belegen kleine Geiſter die ausgemachten Wahrheiten, die große Männer aus eigner Fülle zeugen), und zerlegte ſie glücklich auch wieder in Luft.

Man ſieht alſo, wie wenig mit der Chemie anzufangen iſt, wie ſehr ſie dem Genie, das einen freien, feſſelloſen Flug liebt, die Fittige beſchneidet und ſeine Fortſchritte hemmt. Doch iſt dieß ein Tadel, der nicht blos die Chemie, ſondern auch alle andern realen Wiſſenſchaften trifft. Ich beleuchte hier die ganze Behandlungsart der Wiſſenſchaften im Allgemeinen etwas genauer, da zum großen Theil auch unſre neue chemiſche Zerlegungsmethode ſich darauf ſtützt. Es wäre recht ſehr zu wünſchen, daß geiſtreiche Männer auf dem ſchon mit ſo vielem Glücke betretnen Wege fortführen, und ſich bei Conſtruction ihrer Syſteme weder von der Chemie, noch von einer andem realen Wiſſenſchaft Einwendungen machen ließen: denn jedes Ding iſt ja um ſo idealer, göttlicher, je mehr es vom Realen ſich losmacht; und nur dann erſt werden wir eine ganz göttliche Wiſſenſchaft haben, wenn ſie gar nicht mehr auf Realitäten, d. h. auf Thatſachen, geſtützt ſeyn wird. Auch iſt in der That nicht zu verkennen, daß das Streben der meiſten jetzigen Philoſophen darauf hingeht, die Wiſſenſchaft auf dieſen Gipfel zu erheben. Wenn die Erfahrung mit Schneckenfüßen langſam am Boden hinkriecht und Jahrhunderte braucht, ehe ſie die ſteile Höhe der Wiſſenſchaft erklimmt, ſo erreichen dagegen die weitausgreifenden Schwingen des Genies und der Speculation im Nu den Gipfel derſelben. Man wirft uns zwar vor, daß dieſe Schwingen wächſerne wären und von dem erſten leuchtenden Sonnenblicke, der darauf fiele, zerſchmölzen, daher ſie auch nur in heiliger Dunkelheit ſich regten, wo ihrem Auge Niemand folgen könnte; aber, wer ſieht nicht, daß dieß bloße Verläumdung iſt, und daß, wenn ſie wirklich das Dunkel lieben, dieß blos darauf beruht, weil ſie zu viel inneres Licht beſitzen, um noch eines äußeren benöthigt zu ſeyn! Auch iſt es ja genug, wenn Jeder ſein Syſtem nur ſelbſt verſteht; und ſelbſt hierin iſt man in neuern Zeiten nachſichtiger geworden. — Mit Recht! — Denn wie will man einem Schriftſteller zumuthen, ein Syſtem zu verſtehen, das er mit beiſpielloſer und wahrhaft bewundernswürdiger Kunſt ſo aus lauter Widerſprüchen zuſammengeſetzt hat, daß es ja gar nicht verſtanden werden kann; und dieß iſt doch in der That der Triumph der Wiſſenſchaft, es ſo weit gebracht zu haben. Ein Syſtem, wo Alles in einander paßt, zu conſtruiren, und wo die Natur noch dazu die Materialien liefert, das kann doch ſo ſchwer nicht ſeyn; da aber, wo die Natur ſich auf jedem Schritte entgegenſtemmt, nirgends ein feſter Grund aufzufinden iſt, mitten in der Luft und aus der Luft ein Syſtemgebäude aufzuführen: das iſt eine Sache, die nur dem Genie möglich iſt. Aber freilich iſt hier auch die Bauart anders. Die alten Aegypter bauten ihre Pyramiden auf eine breite Grundfläche und ſetzten den ſpitzigſten Theil oben hin. Neuere Baumeiſter würden die Sache umdrehen und die Pyramide auf der Spitze zu balanciren ſuchen; wenigſtens herrſcht jetzt dieſe Conſtructionsmethode in allen unſern neuern Syſtemen. Auf der Nadelſpitze eines Grundſatzes conſtruirt man ein ganzes Lehrgebäude luſtig ins Blaue hinein, ſtatt daß man ſonſt erſt eine breite Baſis von Erfahrungen zu erlangen ſuchte, und das Reſultat aus dieſen als Thurmknopf oben auf ſetzte. Jedermann wird mir zugeſtehen müſſen, daß jene Art, das Gebäude ſtehend zu erhalten, nicht nur weit kunſtreicher, ſondern auch die ganze Bauart für den Lernenden weit bequemer ſey, der nicht erſt mühſam zur Spitze hinaufzuklettern braucht, ſondern gleich dabei ſitzt und, wenn es ihm Vergnügen macht, das Gebäude ſelbſt um ſeine Spitze pirouettiren laſſen kann.

Die hier enthaltenen Grundſätze, glaube ich, werden hinreichend ſeyn, zu zeigen, worin eigentlich das ganze Geheimniß des jetzigen ſchnellen Fortſchreitens der Wiſſenſchaft liegt, und werden uns zugleich die Mittel an die Hand geben, wie wir auch, um ſchnell vorwärts zu kommen, bei unſerer chemiſchen Intelligenzweſen zu verfahren haben. Es kommt nämlich auch hier blos darauf an, einen oberſten Grundſatz aufzufinden und aus dieſem, wie aus einem einzigen Saamenkorn, den ganzen Baum unſerer neuen chemiſchen Wiſſenſchaft luſtig aufſchießen zu laſſen, wobei uns noch das ſehr zu Statten kommt, daß wir dieſen oberſten Grundſatz nicht erſt zu erweiſen nöthig haben: denn wir ſind nicht ſo ignorant, daß wir nicht wüßten, daß jedes Princip über allen Beweis erhaben iſt, und daß ein Princip, das man erweiſen will, gar keines ſeyn kann. — Es kann nicht in dem Zwecke gegenwärtigen Schriftchens liegen, hier die ganze Chemie nach einem ſolchen Urprincip abzuhandeln, obgleich es kein geringes Vergnügen ſeyn könnte, die hier aufgeſtellte Methode in einer ganzen Wiſſenſchaft praktiſch mit Conſequenz durchzuführen, die auf dieſe Art gemachten Entdeckungen in der Wirklichkeit nachzuweiſen, und die herrlichen, vorher nie geahnten Reſultate, die man auf ſolche Weiſe findet, der Welt vor Augen zu legen. — Wir begnügen uns, unſere hier aufgeſtellten Grundſätze bei Auſſuchung der Jodine, an die es nun wieder einmal Zeit iſt, zu denken, in Anwendung zu bringen, und zu zeigen, wie wir ſie auf dieſe Art in ihren geheimſten Schlupfwinkeln und in ſolchen Subſtanzen, wo ſie ſich in unendlich kleiner (wir können das Wort im mathematiſchen Sinne nehmen) Quantität vorfindet, ausforſchen können.

Wir haben ſchon oben ein Paar Beiſpiele gegeben, wie wir in zwei Subſtanzen die Jodine auf dieſe Art entdeckt haben, und werden noch öfters darauf zurückkommen. Laßt uns doch nun ſehen, welches der oberſte Grundſatz war, der hier die Scheidung verrichtete, und dann verſuchen, ob wir ihn nicht noch fruchttragender machen können.

Die Aerzte hatten die Bemerkung gemacht, daß die Jodine Kröpfe heile. Was war alſo natürlicher, als daß ſie folgenden Schluß machten: *die Jodine heilt Kröpfe, ergo: ein Mittel, das den Kropf heilt, enthält Jodine.*

Hier haben wir, was wir ſuchen. Halten wir dieſen Fund feſt und theilen, um ein Beiſpiel ſeiner Anwendung zu geben, zunächſt die Analyſe des ſchon oben erwähnten *Göhlis*'ſchen Kinderpulvers mit, mittelſt deren ein ausgezeichneter Mann, deſſen Name mir nur leider entfallen iſt, nachgewieſen hat, daß daſſelbe einzig durch ſeinen Gehalt an Jodine die Skropheln heilt. Die Ingredienzien und Reagentien zur Ausſcheidung werden folgende ſeyn.

1) Der Hauptgrundſatz: was den Kropf heilt, enthält Jodine.

2) Mittel, die den Kropf heilen, heilen häufig auch die Skropheln, alſo heilt die Jodine die Skropheln.

4) Aus dem Vorigen folgt wiederum, daß, was die Skropheln heilt, Jodine enthalten müſſe.

4) Ergo, da das genannte Pulver die Skropheln heilt, muß es nothwendig auch Jodine enthalten.

Wie ſchön folgt hier ein Glied aus dem andern, und dieſe Sätze ſind wahrlich mehr als hinreichend, die Gegenwart der Jodine in dieſem Pulver ganz außer Zweifel zu ſetzen. Um aber auch alle Zweifel denen zu benehmen, die weniger in unſre höhern Anſichten einzugehen wiſſen, wurden noch folgende Reagentien hinzugeſetzt, die die Sache nun klarer als das Licht machen.

1) Das Göhlis'ſche Kinderpulver enthält gebranntes Hirſchhorn, eine thieriſche Kohle.

2) Der gebrannte Schwamm iſt nach Einigen auch eine thieriſche Kohle und enthält Jodine, denn er heilt den Kropf.

3) Ergo, da der gebrannte Schwamm vielleicht eine thieriſche Kohle iſt und Jodine enthält: ſo ent-

halten alle thieriſchen Kohlen, ſie ſeyen auf dem Lande oder im Meere gewachſen, Jodine.

4) Alſo enthält auch das gebrannte Hirſchhorn Jodine.

Und in der That nach dieſem ſchönen Kettenſchluſſe ſieht man ſie nun nicht gleichſam vor den Augen da liegen, und muß man nicht den Geiſt des Mannes bewundern, der auf einem ſo ſchwierigen Wege zuerſt die Jodine in dieſem ſo bekannten und beliebten Mittel darzuſtellen wußte? Ich wenigſtens kann ihm meine höchſte Bewunderung nicht verſagen und geſtehe, nie von einer ähnlichen, in jeder Hinſicht ſo merkwürdigen und genialen Analyſe etwas gehört zu haben; und obwohl ich mir dieſelbe bei meinen nachfolgenden Unterſuchungen mit zum Muſter genommen habe: ſo gebe ich doch gern zu, daß ich unendlich weit hinter dem Scharfſinne zurückgeblieben bin, mit dem ſie angeſtellt worden iſt.

Man glaube übrigens ja nicht, daß die hier angegebene Zerlegungsweiſe ſich blos eigne, die Gegenwart der Jodine zu erforſchen. Ganz auf ähnliche Weiſe erfuhr man vor einiger Zeit, daß die Blauſäure das Princip aller narkotiſchen Subſtanzen ſey: denn da ſie ſelbſt narkotiſche Wirkungen zeigt, ſo folgte daraus ganz klar und dem Grundſatze, den wir zu Auffindung der Jodine aufgeſtellt haben, ganz analog, daß alle narkotiſchen Subſtanzen Blauſäure enthalten müßten. Ebenſo leicht, da das Morphium in die Welt getreten war, und doch auch untergebracht ſeyn wollte, machte es ebenfalls Anſprüche auf die Verwaltung der Narcotica; und da es ſich durch dieſelben Gründe legitimiren konnte, als die Blauſäure: ſo mußte dieſe ihm die Hälfte ihres Privilegiums abtreten. Neuerlich ſind die Narcotica gewiſſermaßen unter Sequeſtration gekommen und haben jetzt gar keinen beſtimmten Herrn.

Solche Veränderungen müſſen ſich freilich die Arzneimittel öfters gefallen laſſen und ſind in der That zum Theil wohl ſelbſt Schuld daran, da ſie ihre Wirkung ſo häufig ändern, daß ſie natürlich nach einiger Zeit immer eine andere Stelle im Syſteme einnehmen müſſen. Ich erinnere hier nur an das Opium. Welches heftig reizende Mittel war dieſes zu Brown's Zeiten, wie ganz geeignet für die damals aſtheniſchen Nervenfieber, in denen es ſeinen Ruhm auch in der That ſo begründete, daß ſelbſt tauſend Fälle, wo die Kranken davon ſtarben, ihm dieſen Ruhm nicht ſtreitig machen konnten; wie ſchnell half es oft bei den wüthendſten Delirien, ſo daß der Kranke nach wenig Stunden nicht nur kein unverſtändiges Wort, ſondern überhaupt gar kein Wort mehr ſprechen konnte; und wie ſehr änderte es nach kurzer Zeit in allen Stücken dieſes ſein Betragen. Als man das Brown'ſche Syſtem zu Grabe getragen hatte, mochte das Opium es ſich zu Herzen genommen haben, es wurde nun ein ganz ruhiges Mittel, das die Menſchen ſchläfrig machte, und ſich gegen Nervenfieber und Gehirnaffectionen durchaus nicht mehr brauchen ließ. Jetzt bekommt es manchmal wieder ſeine alte Laune und reizt und beruhigt nun wechſelsweiſe, wie es ihm gerade einfällt. Eben ſo iſt bekannt, daß das Opium ſonſt immer nur Verſtopfung erregte; aber ſeit Hahnemann fängt es an zu laxiren, und wird daher auch mit ſolchem Erfolge gegen Verſtopfung angewendet, daß in der That ſchon eine unendlich kleine Doſis deſſelben Oeffnung bewirken kann. Doch dies nur einſchaltungsweiſe, und nun raſch auf unſer letztes Ziel los.

Da wir den Grundſatz zur Baſis unſerer Unterſuchungen aufgeſtellt haben, daß jede Subſtanz Jodine enthalte, die den Kropf heile: ſo wollen wir jetzt die Mittel aufzählen, die dieſes Vermögen in vorzüglichem Grade beſitzen ſollen. Dieß ſind folgende: Gebrannter Schwamm, von dem ſchon oben die Rede geweſen iſt, Extractum Cicutae, Digitalis, Antimonium crudum, Mercurius dulcis, gebrannte Eierſchalen, Juchten und Tuchlappen. Nun iſt gar kein Zweifel, daß alle dieſe Mittel wirklich Jodine enthalten, die ſich auch nach unſrer Zerlegungsmethode ſehr leicht würde daraus darſtellen laſſen; und ſelbſt das Meſſer, welches die Exſtirpation des Kropfes verrichtet, kann dies nicht anders, als durch ſeinen Gehalt an Jodine bewirken, indeß ſteht doch zu befürchten, daß bei unſerm immer ſkrophulöſer werdenden Zeitalter am Ende alle dieſe Mittel nicht mehr ausreichen werden, und ich habe daher, um dieſem Mangel im Voraus vorzubeugen, darüber nachgedacht, ob ſich nicht ein anderer Körper entdecken ließe, der die Jodine in noch reichlicherem Maße enthielte, und ſiehe, da bin ich auf eine herrliche Entdeckung gerathen, von der ſich nie ein Arzt, nie ein Chemiker, noch Phyſiker je etwas hat träumen laſſen, und die, ich kann es mit Stolz ſagen, als ein glänzendes Meteor in den Jahrbüchern der Wiſſenſchaft daſtehen wird. Hört es und ſtaunt! Der Mond, ja der Mond iſt nichts weiter, als ein großer Klumpen Jodine. Als ächtes Meeresproduct ſchwimmt er dort im blauen Himmelsocean herum, um, wie ſelbſt jedem alten Weibe bekannt iſt, die Kröpfe auf dieſer Erde zu vertreiben, und beurkundet hierdurch ſo ſchön, daß nichts ohne Nutzen und Zweck an ſeinen Ort geſtellt iſt. Man könnte zwar dann fragen, wozu die kleinen Jodinekleckſe, die Sterne, da wären? Je nun, doch wohl um die Warzen zu curiren, als kleinere Verkröpfungen der Hände und des Geſichts, deren Vertreibung man ſonſt fälſchlich mit auf Rechnung des Mondes ſetzte. Welche reichhaltige Quelle von Jodine iſt uns durch dieſe Anſicht auf einmal geöffnet, wie ſchön laſſen ſich alle Erſcheinungen an und im Monde damit in Uebereinſtimmung bringen, und zu welchen glänzenden Reſultaten wird ſie uns noch weiter führen, ſo daß ich behaupten kann, das ganze Jahrhundert habe keine folgenreichere und für die Wiſſenſchaft wichtigere Entdeckung aufzuweiſen.

Ich hätte übrigens nun nicht nöthig, noch weitere Beweiſe für die Jodinität des Mondes anzuführen, da, wenn man den Mond auf den Probirſtein unſers oben angeführten Grundſatzes legt, er die Probe ſo ſchön aushält; aber ich will der Welt zeigen, daß ich auch eine nähere Beleuchtung meines Fundes nicht zu ſcheuen brauche, und zugleich mit auf die wichtigen ſich daraus ergebenden Folgerungen aufmerkſam machen.

Jetzt erſt ſind wir im Stande, auf eine ganz genügende Weiſe das periodiſche Abnehmen des Mondes zu erklären: denn da wir finden, daß der Mond blos, wenn er im Abnehmen begriffen iſt, den Kropf heilt, folgt daraus nicht ſehr natürlich, daß eben dieſe große Conſumtion für Kropfkranke den Subſtanzverluſt am Monde hervorbringt, der ſich alle Monate auf eine uns noch unbekannte Weiſe wieder reproducirt, was wir allerdings eben ſo wenig erklären können, als warum der Krebs ſeine Scheeren wiederbekommt.

Durch dieſe unſre Anſicht gewinnt auch die ſchon alte Meinung wieder ſehr an Wahrſcheinlichkeit, daß der Mond ein Excrement und quasi sputum der Erde ſey, das ſie, wahrſcheinlich nach einer Ueberladung, ausvomirt habe. Wenigſtens erklärt ſich daraus ſehr genüglich, warum jetzt nur noch ſo wenig Jodine auf der Erde angetroffen wird, denn wenn man viel Galle weggebrochen hat, wird der Magen rein.

Ferner kommen wir nun endlich auch aufs Reine über den Urſprung der ſogenannten Mondſteine. Man hat ſie bisher häufig für eine Art Deſerteurs und Ueberläufer von dem Monde zur Erde gehalten. Allein, wenn ſie wirklich von dem Fleiſch und Bein des Mondes entſtanden wären, ſo müßte ſich nothwendig Jodine in ihnen nachweiſen laſſen, oder vielmehr, ſie müßten ganz aus Jodine beſtehen. Da nun beides von den Vertheidigern ihres ſelenitiſchen Urſprungs noch nicht dargethan worden iſt: ſo iſt mir allerdings eine von den folgenden beiden Meinungen viel wahrſcheinlicher: entweder, daß ſie als eine Art Gichtconcremente zu betrachten ſeyen, die ſich in der Atmoſphäre, dem Gelenkwaſſer zwiſchen zwei Weltkörpern, die man nicht übel mit Knochen des Weltalls vergleicht, erzeugen; oder daß ſie ein käſeartiges Gerinnſel des Aethers ſeyen, der, wie die Milch, durch elektriſche und galvaniſche Proceſſe zuſammenſchlickert.

Weiter: Wäre die alte Anſicht richtig, daß der Mond nichts weiter ſey, als ein gewöhnlicher Weltkörper, und das Mondlicht mithin ein wahres Licht, wie wollte man denn daraus erklären, daß nach glaubwürdigen Beobachtungen das Mondlicht keine Wärme erzeugt, ſondern vielmehr Kälte? Es werden doch jedem die neueſten Unterſuchungen über die Wärme und das Licht bekannt ſeyn, nach welchen die Wärme blos der Körper des Lichts iſt, die Breitefunction deſſelben, vermöge deren es ſich auch nach rechts und links umſehen kann, da es ſonſt nur der Naſe nach zu laufen pflegt. Ja man kann — denn ſolche Vergleiche erläutern die Sache mehr als alles andere, und es iſt ſehr zu loben, daß man jetzt ſo ſorgfältig in Aufſuchung derſelben iſt — zu dieſen Beſtimmungen noch mehrere hinzufügen, wie ich jetzt verſuchen will, obwohl ich nicht läugne, daß man in jedem naturphiloſophiſchen Compendium weit ſcharfſinnigere findet. Da Licht und Wärme weiter nichts ſind, als die beiden Pole des Feuers, oder, deutlicher ausgedrückt, ſein Plus und Minus, ſo kann man erſtere auch die Schulden des Feuers nennen, letzteres ſeine Activa. Eben ſo kann man die Wärme definiren als die Sünde oder den Egoiſmus, als die Lüge, das ſaure Princip, die linke Seite, das Schwanzende, das Ganglienſyſtem, das Pflanzenorgan des Feuers; das Licht hingegen als die Tugend, die Wahrheit, das baſiſche Princip, die rechte Seite, das Kopfende, das Gehirn, das Thierorgan des Feuers: denn alle dieſe Bezeichnungsarten ſind in der That der Idee nach vollkommen gleich, und blos durch die verſchiedene Stufe der Poſition, d. h. durch ihre Potenz, zu unterſcheiden, bei welchen naturphiloſophiſchen Anſichten noch zu bemerken iſt, daß die Potenzen, je höher ſie werden, der Null deſto näher rücken und ſich endlich ganz in ſie verflüchtigen, ſo daß die höchſte philoſophiſche Idee auch die höchſte Null iſt. (ſ. z. B. Oken's Lehrbuch der Naturphiloſophie). Die Naturphiloſophie iſt daher nicht uneben mit einem hohen Thurme zu vergleichen, wo eine große Menge Stufen, die man, wie geſagt, Potenzen nennt, endlich zu einem kleinen runden Platze führen, den ſie Zero oder Null heißen, und von dem man dann die Ausſicht auf die ganze Welt hat. Jeder Naturphiloſoph wird mir doch zugeſtehen müſſen, da alles nur durch den Gegenſatz beſteht, und ſich nur durch ihn erhält, da das Plus ohne das Minus, der Geiſt ohne den Körper, durchaus nicht exiſtiren kann, daß auch der Geiſt des Feuers, das Licht, nicht ohne deſſen Körper, die Wärme, werde gedacht werden können, und daß mithin das ſogenannte Mondlicht, dem die Wärme abgeht, etwas ganz anders als wahres Licht ſeyn müſſe, welches ſich auch durch die übrigen oben angeführten Symbole des Lichts und der Wärme durchführen läßt. Ein Naturphiloſoph nämlich kann nach ſeinen Grundſätzen nie Capitalien beſitzen, ohne eben ſo viel Schulden, er kann nie tugendhaft ſeyn, ohne dabei egoiſtiſche Abſichten zu haben, nie die Wahrheit reden, ohne die Hälfte Lügen beizumiſchen. Er kann keinen Eſſig brauen, ohne ein paar Hände Pottaſche darein zu werfen, ja er darf nicht einmal einen Kopf haben, ohne zugleich hinten einen Schwanz aufzuweiſen, denn alles dieß ſind polar entgegengeſetzte Sachen, und ein Pol beſteht ja nicht ohne den entgegengeſetzten.

Wenn aber der Mondſchein kein wahres Licht iſt, was iſt er denn? — Nun natürlich weiter nichts, als ein Ausfluß von Jodine. — Aber er ſieht ja gelb aus? — Je nun, das rührt blos von der verſchiedenen Potenzirung her, die die Jodine hier erlitten hat, antworte ich, und hoffe, einem Naturphiloſophen klar und verſtändlich geantwortet zu haben; und da ich blos für geſcheute Leute ſchreibe: ſo wird jeder Naturphiloſoph ſogleich wiſſen, daß ich ſchon zufrieden bin, wenn er es nur verſtanden hat. Hieraus läßt ſich übrigens auch erklären, warum im Mondſchein Kälte entſteht, die ja allemal eintritt, wo eine Subſtanz ſich verflüchtigt, alſo auch bei dieſer Verflüchtigung der Jodine.

Ich würde nun nach allem dieſen recht ſehr rathen, daß ein Chemiker den Mondſchein in einer Schüſſel auffinge und einer chemiſchen Analyſe unterwürfe: denn wie geeignet eine ſolche materielle Behandlungsart auch für die ſogenannten imponderablen Stoffe ſey, haben uns die Experimente gelehrt, wo wir mittelſt feiner Drehwagen herausgebracht haben, daß das Sonnenlicht, was einen Tag lang auf einen Quadratfuß Fläche fällt, etwas über 2 Gran wiegt *), und ähnliche Verſuche ſind, freilich

---

*) Wirklich hat dieß Dr. Mitchill in England auf dieſe Art gefunden.

er oft ſo auffallend dabei abnimmt; und daß die Jodine ſchön roth oder violett ſchwitzt, iſt ja bekannt.

Durch dieſe beiden letztern Anſichten hoffe ich auch die gewöhnlichen Chemiker, die manchmal in dem Verlaufe dieſer Schrift nicht ganz mit mir zufrieden geweſen ſeyn dürften, wieder mit mir verſöhnt zu haben, da die Schlüſſe, worauf die Beweiſe beruhen, alle Speculation verſchmähend, blos auf reinen Thatſachen beruhen.

So ſcheide ich denn von allen hiermit in Ruhe und Frieden und wünſche nur noch ſchließlich der Jodine eine längere Jugend, als ich ihr in meinem Prognoſtikon habe prophezeien können.

Von Dr. Miſes ſind ferner erſchienen:

II. Panegyrikus der jetzigen Medicin und Naturgeſchichte. 8. Leipzig, 1822. 8 Gr.

III. Stapelia mixta. 8. Leipzig, 1824. 1 Thlr. 8 Gr.

IV. Vergleichende Anatomie der Engel. 8. Leipzig, 1825. 6 Gr.

V. Schutzmittel für die Cholera, nebſt einem Anhange enthaltend die vornehmſten Meinungen der Aerzte über den Sitz und das Weſen oder die nächſte Urſache, die Contagioſität oder Nichtcontagioſität dieſer Krankheit. 12. Leipzig, 1832. 15 Gr.

874. Ph 443.

17

DE VARIIS

INTENSITATEM VIS GALVANICAE METIENDI METHODIS.

DISSERTATIO,

QUAM PRO LOCO IN AMPLISSIMO PHILOSOPHORUM ORDINE

RITE OBTINENDO

IN AUDITORIO JURIDICO

ILLUSTRIS ICTORUM ORDINIS CONCESSU

DIE XIV. MENS. DEC. A. MDCCCXXXV.

HORIS CONSUETIS

PUBLICE DEFENDET

GUSTAVUS THEODORUS FECHNER

SAERCHENO-LUSATUS

PHILOS. DOCT. ET AA. L. L. M.

ASSUMTO SOCIO

CAROL. GUIL. HERRMANN. BRANDES,

STUDIOSO PHYSICES.

LIPSIAE,
TYPIS BREITKOPFIO-HAERTELIANIS
MDCCCXXXV.

AD
BIBL.UNIV.
MONAC.

Universitäts-
München
Bibliothek

Virium in natura obvenientium mensuram ex earum actionibus repetendam esse, satis constat. Sed saepe optio datur, vel quamnam ex pluribus actionem, vel quamnam methodum ad mensuram praeferamus. In quo deliberando respiciendum, ut mensura non solum sit ad comparationes instituendas per se apta, accurata et difficultatibus non nimis impedita; sed etiam quam maxime accommodata ad conditiones illas, sub quibus vis per eam determinanda se exserit. Haec igitur et nostrae attentionis erunt, quibus propositum est, varios modos perlustrare et comparare inter se, quibus vim galvanicam metiri hucusque tentatum est.

Actionum, a flumine sic dicto galvanico profluentium, haec fere genera discernuntur: physiologicarum, chemicarum, calorificarum et electro-magneticarum, quarum nulla est, quae non mensurae passim locum dederit. Sed priusquam de singulis exponamus, examinandum videtur, num omnes illae actiones ab una eademque vi ita pendeant, ut mensura, a quacunque earum petita, etiam ad reliquas valeat, ut v. c. vis galvanicae intensitas, effectu chemico duplex cognita, illico etiam duplicem effectum in acum magneticam exserendo par habenda sit. Quod si non esset, totidem genera mensurae retinere necesse foret, quot genera actionum a viribus diversis penderent.

Et quidem obiter quaestionem examinanti facile diversitas virium galvanicarum magis probanda videretur. Nam experimentis vulgatissimis cognitum est, actionem calorificam et eletromagneticam ut plurimum multo minus aucto *numero*, quam aucta *superficie* electromotorum increscere, physiologicam contra; circulosque galvanicos occurrere per-

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01562/015

multos, qui inertes in sensu organis viventium commovendo, tamen maximos caloris gradus excitare eximiosque effectus electromagneticos prodere valeant. Sed in hac saepissime jactata comparatione conditionum diversitas negligitur. Experimenta enim pariter ac theoria nuper docuerunt, *quemlibet* effectum circuli galvanici magis ad proportionem increscentis numeri, quam superficiei electromotorum augeri, si conductor *imperfectus* circulum jungat, et contra, si perfectus. Nunc cum in phaenomenis calorificis et electromagneticis edendis circulus galvanicus semper fere nonnisi filis metallicis, nec longitudine nec tenuitate flumen galvanicum valde remorantibus, jungatur, in physiologicis autem corpore humano vel animali, sat multum renitente, facile patet, hanc causam accusari posse, cur auctus numerus electromotorum plus momenti afferat ad effectus physiologicos, quam superficiei incrementum, et contra in calorificis et electromagneticis. Quod non temere conclusum esse, etiam magis directis experimentis evinci potest. Sic circulus, vel maxima electromotoris simplicis superficie instructus, eximiumque calorem movens, quam diu solo filo metallico junctus erat, statim frigescet, quando corpus humanum ei interponetur, nec ulterius augmentum superficiei valebit aliquid ad pristinam efficaciam ei restaurandam. En documentum non contemnendum: sub conditione pari, (vulgo quidem non servata), actionem calorificam electromotoris simplicis eandem rationem sequi ac physiologicam. Ut aliud afferam, jungas circulum aliquem filo metallico tenui et longissimo, observabis in actione ejus electromagnetica vix ullam variationem per auctam vel diminutam superficiem, maximam per variatum numerum electromotorum. Ergo sub pari conditione etiam actio electromagnetica pariter se habet ac physiologica, nam filum pertenue et perlongum aeque resistere valet flumini galvanico, ac corpus humanum. Si porro, ad actionum galvanicarum omnem varietatem simul observandam, eidem circulo ranam praeparatam, multiplicatorem electromagneticum, filum tenue ignitioni aptum, et tubum aqua decomponenda repletum, interposueris ita, ut flumini galvanico ex altero in alterum transeundum sit, semper per quamcunque mutationem, in circuli instructione factam, omnes actiones simul, et quantum sensu attingere licet, pari proportione crescere et decrescere videbis. Haec aliaque similia, quae, ne longior sim, hic omitto, profecto ejusmodi sunt, ut nihil in iis requiratur ad plenam convictionem, praeter mensuram accuratam. Nec haec deest respectu actionis chemicae et electromagneticae. Bischofius enim (Kastn. Arch. IV. 46.) experimentis diligentissimis, gasis ex aqua decomposita evoluti quantitates metiendo proportionem eruit, inter augmenta effectus chemici et numeri electromotorum intercedentem, cujus legem, cum omni theoria nota consentientem, etiam ad effectus electromagneticos pertinere, mea posthac experimenta (Maassbest. der galv. Kette, p. 103.) exhibuerunt. Ceterum huic confirmationi etiam aliam magis directam adjicere liceret experimento sic instituendo, ut circulo cuidam tubus, aquam decomponendam continens, gasique metiendo aptus, simul cum multiplicatore intercalaretur, quo facto facilis foret comparatio variationum simultanearum chemicae et electromagneticae actionis per methodos in sequentibus describendas. De physiologicis et calorificis actionibus confitendum quidem, non jam suppetere experimenta, quae eas ex eodem fonte repetendas esse, etiam illis evincant, quibus, jure forsan, nihil in physicis nisi per exactae mensurae testimonium persuaderi potest, vixque per peculiares conditiones harum actionum sperandum, hujusmodi mensurae de iis locum fore. Sed si superiora collecta non sufficere videntur ad plene convincendum, vim galvanicam, quamquam variorum effectuum causam, semper unam eandemque esse, unumque mensurae genus omnibus ejus effectubus sufficere, certe tam probabilem mihi reddere videntur hanc opinionem, ut pro recta haberi debeat, donec contraria probetur.

Licebit igitur, cuicunque fini mensura vis galvanicae destinata sit, illud semper mensurae genus praeferre, quod per se commodius vel exactius videbitur.

De mensura, ex actione physiologica ducenda.

Cum ex actione physiologica primus ad galvanismi cognitionem aditus fuerit, non mirum, hanc, quamquam ex omnibus minime aptam, ante ceteras mensurae inserviisse, si mensura recte dici potest comparatio, quae non per quantitates certo definitas sed per differentias indeterminatas fit. Facile enim patet, ad mensuram exactam nullum actionis physiologicae usum esse, cum nec contractionum vigor, in ranis praeparatis excitandarum, nec sensus concussionis, in nostris vel aliorum animantium organis per vim galvanicam commovendus, certa quantitate definiri possit, et, si vel posset, tamen eo mensurae exactae inhabilis foret, quod non minus a sensibilitatis organicae maxime variantibus conditionibus, quam ab ipsa intensitate galvanica metienda penderet. Ceterum eo commendatur hoc actionis genus ad comparationes instituendas, quae severitate non egent, quod et observationi facili se praebet, et quod ejus indicia scalam peramplam intensitatum complectuntur: nam ranas recenter mactatas et rite praeparatas ne multiplicatori quidem sensibilitate in vestigiis ultimis galvanismi persequendis cedere, nostra autem organa intensitates permagnas columnae galvanicae sustinere et accusare valere, satis notum est.

Forsan hic locus foret, fusius de omnibus istis conditionibus, a Rittero, Pfaffio, Humboldtio, Marianino, Nobilio, aliisque plurima diligentia indagatis, exponendi, quibus sensibilitas organorum, experimentis galvanicis subjectorum, vel augetur vel minuitur, ut in indiciis inde petendis variationum ejus ratio haberi possit, sed taedet, tantum operae impendere mensurae generi expoliendo, quod tamen nunquam eo perducetur, ut vel modicae severitati satisfaciat; itaque sufficiat ejus meminisse.

De mensura, ab actione calorifica petenda.

Vix magis quam physiologica ad mensuram utilis est actio calorifica galvanismi. Nam quamquam caloris, in conductore aliquo, circulum jungente, excitati gradus suam mensuram thermometro habeant, tamen hanc mensuram illico ad vim galvanicam ipsam referre eo vetamur, quod non jam constat, an simplex et directa, an alia quaedam ratio inter vim galvanicam et calorem, quem parit, intercedat. Hoc quidem dubium forsan experimentis posteris aliquando tolli poterit; sed alia pertinacius obstabunt. Huc referendum, quod solummodo ex majori intensitate fluminis galvanici calor, instrumentis detegendus, prodeat, et quod variae causae refrigerantes semper tantum detrahant calori exorto, ut residuum ejus minime rationem legitimam ad fluminis galvanici intensitatem retinere queat. Sunt quidem, qui fili metallici longitudinem, per circulum quendam ad ignitionem perducendam, pro mensura directa intensitatis galvanicae ejus circuli habuerint, sed perperam. Nam per Ohmii theoriam, cui in reliquis experientia hucusque non contradixit, certum est, intensitatem galvanicam et longitudinem fili per eam ignescentis, non secundum eandem rationem procedere, nec conclusionem ab altera ad alteram fieri posse, nisi ante proportio longitudinis reductae fili (ut ouwn verbo utar) ad longitudinem reductam reliqui circuli cognita sit. Sed hanc cognoscere non solum multo operosius est, quam ad mensuram commodum, sed etiam jam aliam mensuram requirit. Itaque jure etiam actio calorifica a mensura galvanismi excluditur.

De mensura, quam chemica actio exhibet.

Ex chemicis actionibus decompositio conductorum fluidorum, quos flumen galvanicum percurrit, praeprimis aquae, mensurae occasionem offert, duplici quidem modo. Nam vel quantitates gasorum comparari possunt, quae paribus temporis intervallis ex aqua evolvuntur, vel temporum spatia, quae ad paria gazorum volumina evolvenda explentur, cum illae inversam, haec directam proportionem ad intensitatem galvanicam, per quam decompositio procedit, servent. Hoc mensurae genus non rejiciendum, sed tamen ita comparatum est, ut raro usui sit. Non enim valet ad circulorum simplicium intensitates comparandas, quippe per quos gazorum evolutio non sensibilis sit, habetque id incommodi, quod longiorem observationem requirat ad unam mensuram. Nunc, cum intensitas galvanica circuli uniuscujusque a primo juncturae momento decrescere continuet, ab initio quidem citius, sensim tardius, facile patet, mensuram, quae non parvo temporis intervallo absolvatur, nec ad indicandam primam intensitatem circuli cujusdam inservire posse, quam cognoscere tamen saepissime desideratur, nec prius applicationem ejus esse ad varios intensitatis gradus comparandos, quam decrementum usque eo retardatum sit, ut per mensurae tempus vel negligi possit, vel methodum observationum alternantium tuto admittat. Sed statum hunc fere aequabilem ad comparandas variorum circulorum intensitates exspectanti nova gravissimaque difficultas inde oritur, quod lex decrementi variat pro varia instructione circuli. Experimentis enim, jam pridem a me institutis, innotuit, in circulo ex pluribus vel minoribus electromotoribus composito citius illud decrementum procedere, quam in altero, ex paucioribus vel majoribus constructo, nec minus longitudinem reductam totius circuli, compositionemque chemicam fluidi laminis electromotoribus interpositi plurimum momenti afferre ad decrementum aut retardandum aut accelerandum, nullam contra certam rationem decrementi esse ad intensitatem galvanicam primam, ita ut duo circuli galvanici, juncturae momento exacte pari intensitate valentes, post aliquod tempus quam maxime discrepare possint. Quod quamquam non impedit, quo minus ex actione chemica mensuram derivemus comparativam intensitatis in eodem circulo vel temporis progressu vel alia quacunque de causa variantis, tamen saepe maximo obstaculo est, quando varios circulos comparando ipsas leges, secundum quas intensitas galvanica a varia constructione apparatus galvanici pendet, eruere studemus, cum primo juncturae momento ob brevitatem a mensura excluso, non separare liceat, quid in actione galvanica progressa primae intensitati, quid decremento successivo debeatur. Omnino nihil impedire videtur, quo minus hanc difficultatem eo eludamus, ut pro variorum circulorum apparatu potius variam ejusdem circuli instructionem comparemus, tum demum perpetratam, cum ad statum aequabilem jam deventum sit. Sit v. c. lex examinanda, secundum quam minuto electromotorum numero effectus minuatur, non necesse videtur relationem effectuum observatione persequi, qui a duobus circulis, ex diverso numero electromotorum constructis exercentur, cum eidem circulo composito sensim plures electromotores detrahendo comparationem desideratam tempore opportunissimo instituere liceat. Sed nova objectio inde oritur, quod omnis circulus, qui jam ad statum satis aequabilem pervenit, quocunque dein modo instructio ejus mutetur, dispositionem ad novam spontaneam variationem acquirit, ita ut statim post mutationem factam vel augmentum, vel decrementum intensitatis sensim procedens denuo plerumque observetur. Ergo eadem difficultas, quae obstat, quo minus actione chemica ad mensuram primis post juncturam effectam momentis utamur, redit, si experimenta ad statum circuli aequabilem traducendo mensurae exactae desiderio consulere studemus. Fatendum quidem, hanc spontaneam variationem, a mutata instructione circuli oriundam, non semper tam conspicuam esse, ut mensuram, etiam quae paullo longius temporis intervallum requirat, plane excludat, id quod Bischofii experimenta docuerunt, sed nec accurati nec plane certi quid inde expectare licet ad comparandos effectus diversarum conditionum apparatus, ad quos potius mensura quaerenda, quae tam parvo temporis intervallo absolvatur, ut variatio actionis spontanea, intra hoc ipsum intervallum procedens, negligi queat. Haec considerantibus si parum utiles videntur effectus chemici circulorum galvanicorum ad comparandam variatae instructionis eorum efficaciam, tamen opportunissimos se offerent id agentibus, ut quantitas actionis tota determinetur, quae per certum tempus a circulo quodam exserta est, nec scio, an praeter methodum oscillationum, mox explicandam, ulla sit, quae idem valeat praestare. Sed multo minus commoda ad hunc usum methodus oscillationum, cum continuam attentionem observatoris requirat ad numerandas oscillationes, quae per definitum temporis intervallum peraguntur, cum contra observatio voluminis gazorum, per certum tempus producti, brevi temporis momento absolvi queat. His de utilitate mensurae, ab actione chemica petitae, praemissis jam accedam ad ea exponenda, quae in ipsa hac mensura exsequenda sunt respicienda.

Ne quid gazorum ex aqua per galvanicam actionem productorum mensuram praeterlabatur, simplicissimum videtur, super duo fila parallela, ex platino, ut metallo maxime inalterabili confecta, per fundum vasis, aqua repleti, transmissa, campanam vitream vel unam communem, vel, ad separandum gas oxygenium ab hydrogenio, duas campanas, gradubus notatas, itidem aqua repletas invertere. Communicatione dein illorum filorum cum polis columnae instituta, gas sursum tendens superiorem partem campanae vel campanarum replebit, et quantitas ejus, per certum temporis intervallum collecta, vel intervalli, ad certum gazis volumen colligendum consumti inversa ratio, mensuram praestabit totius actionis, per hoc intervallum exsertae. Huic apparatui, quo Gay Lussacius, Thenardius, aliique multi, nulla, quae ad rem esset, mutatione facta, usi sunt, alium substituit Bischofius, eo commendandum, quod ejus ope intervallum temporis, quo certum gazis volumen completum est, vel parum attento observatore et nulla campanae divisione adhibita, tamen accuratius definiri potest, quam illo superiore apparatu. Scilicet tubo vitreo, in siphonis formam flexo, cujus alteruter vertex clausus erat, ita duo fila ex platino confecta inserebat, ut alter per verticem clausum in cavum tubi aliquantum descenderet, alterius autem fili, partem lateralem tubi trajicientis, apex illius apici obviam porrigeretur, parva distantia inter utrumque relicta.

Eo effectum est, ut filorum communicatione cum polis columnae instituta, procedente decompositione chemica, aqua tubi magis magisque per gas productum depressa, tandem ad eum limitem deveniret, ut fila ista non aqua amplius mergerentur. Sic sponte decompositio gazisque evolutio cessabat, ubi certum quoddam et constans in omnibus experimentis volumen gazis collectum erat, et quidem tam subito, ut ne de dimidia quidem minuta secunda ambigi posset, intervallumque temporis, quo constans illud volumen produceretur, certius hoc modo determinaretur, quam si ex ipsa observatione depressionis aquae, ad limitem certum provectae, colligi debuisset.

Sed utut ingeniosus sit hic modus procedendi, tamen priori pluribus mihi cedere videtur. Primo enim extra voluntatem nostram ponit, per quod temporis intervallum mensura actionis continuetur, dein quandam erroris causam vitare non sinit, quam Faradius nuper primus notavit. Is enim observavit (Pogg. Ann. XXXIII. 149), gazorum hydrogenii et oxygenii, ex aqua decomposita separatorum, recompositionem ex parte fieri in contactu cum filis vel laminis, ex platino confectis, inprimis cum electropositiva, ut ita, nisi cito gaza evoluta extra hunc contactum evehantur, volumen gazorum, post actionem finitam restans, non exacte repraesentare possit actionem totam, a columna per tempus destinatum exsertam. Sed in Bischofii apparatu hic contactus usque ad finem actionis necessario continuatur, cum contra in apparatus instructione super exposita facile sit, filorum apices sub superficiem aquae decomponendae tam alte demittere, ut gaza, super hanc superficiem se attollentia, nunquam in contactu cum platino perseverare possint, quod commode pluribus modis exsequi Faradius ipse docuit (Pogg. Ann. XXXIII. 316).

Praeter hanc causam erroris in utroque modo procedendi aliae quaedam sunt respiciendae. Oxygenii ex aqua decomposita enati, forsan etiam hydrogenii, pars quaedam in aqua solvitur, ergo mensurae subtrahitur; dum autem solvitur, paullulum azoti, quod jam ante aquae inhaerebat, expellit; imo, Cruikshankio et Davio testibus, etiam ex oxygemio, quod aqua ante ex aëre hauserat, aliquid expellitur: nam hydrogenio, ex aqua non ante decocta seorsim ad polum negativum collecto, oxygenii aliquid admixtum inveniebatur, cum contra in aqua ante decocta merum gaz hydrogenium circa hunc polum appareret. Haec irregularitatis causa non plane amoveri posse videtur, ita tamen minui, ut mensuram modice exactam non excludat. Davius enim aquam, quae jam ante experimentum oxygenio saturata erat, adhibendo, et ita solutionem oxygenii ex aquae decompositione oriundi praevertendo, assecutus est, ut gazorum ad utrumque polum seorsim collectorum relatio volumine esset ut 27 ad 57, quod non multum differt a relatione legitima 1 : 2, nec tamen exacte eam aequat. Non liquet, unde parvus hydrogenii, quod purum fuisse davius perhibet, excessus originem traxerit, nec magis liquet, cur ex aqua oxygenio saturata nihil oxygenii se hydrogenio admiscuerit, cum tamen id in aqua, aërem continente, observatum fuerit.

Faradius pro aqua pura aquam acido sulphurico mixtam adhibens, parum molestam istam, de qua agitur, irregularitatem expertus est (Pogg. Ann. XXXIII. 323.) et ejusmodi, quae per comparationem duorum vel trium experimentorum facile corrigi posset. Imprimis commendat acidum dilutum pondere specifico 1,336, quippe ex quo omnium frequentissime legitima proportio oxygenii et hydrogenii exstiterit, simulque major quantitas, quam ex inferiori ullo concentrationis gradu, cum contra in magis concentrato acido oxygenii non parum elaberetur, ut videtur, formando aquam oxygenatam absorptum. Ceterum errorem, ab oxygenio consumto timendum, facile etiam eo evitare licet, ut nonnisi hydrogenium collectum mensurae adhibeatur.

In metiendo gazorum volumine etiam barometri et thermometri rationem habendam esse, vix admonitione eget. Quae correctio cum communis sit cum vulgaribus chemiae operationibus, hic accuratius a me non exponetur.

Itaque haec de actionis chemicae usu ad mensuram galvanismi sufficiant.

De mensura electromagnetica intensitatis galvanicae.

Mensura, quae ex actione electromagnetica galvanismi petitur, si modo bona methodo instituatur, vel facilitatis, vel severitatis respectu omni alii mensurae generi praeferenda, maximeque eo commendanda, quod aeque ad circulos simplices quam compositos, aeque ad infimos quam maximos intensitatis galvanicae gradus usui est. Cum plures exstent modi, hanc actionem mensurae adaptandi, praemoneo, me non omnes recensurum esse, qui forsan ex natura hujus actionis depromi possent, sed eas potissimum, quorum ad mensuram applicatio jam satis vel theoria vel experimentis exculta est, ut judicium de iis certum sit. Cui enim usui foret, omnes maxime varios motus vel aequilibrii situs corporum conductorum, circulo interpositorum, vel corporum magneticorum, in vicinia circuli suspensorum, percurrere, quos forsan quis mensurae adhibere posset, profecto non meliori ratione, nec majori fructu, quam illos, de quibus hic acturus sum.

Hos quidem ad tres methodos referre licet, brevitatis causa a me appellandas primam methodum *declinationis*, alteram *torsionis*, tertiam *oscillationum*, quas deinceps exponam, paucis praemissis, quae ad singulas communiter conveniunt.

Ad omnem mensuram, quae ab actione electromagnetica petitur, acus magnetica aut majoris aut minoris molis adhiberi solet actioni recipiendae et indicandae. Sed simplici acui fere semper, ubi paullo majori sensibilitate opus est, substitui potest systema duarum acuum, Nobiliano more compositum, quo calculus observationum nihil mutatur, quippe qui absolutam quantitatem magnetismi, in quam agitur, semper ut factorem constantem, ergo in relationibus virium mensura determinatarum evanescentem secum fert.

Cum acus magnetica, vi galvanicae obnoxia, simul etiam terrae magnetismo impellatur, nunquam in calculo mensurae faciendo hujus ratio omittenda. Si nihil severitatis reliqui facere vellemus, magnetismi terrestris intensitas pro variabili in calculum inducenda foret, quippe quae suas variationes et diurnas et annuas habeat; sed cum hae variationes, per tempus ad experimentorum seriem quandam absolvendam necessarium procedentes vix aestimandi momenti sint, nec facile foret eidem observatori ejus variationes simul cum mensura virium galvanicarum persequi, vulgo conceditur, constantem illam intensitatem supponere.

Ut etiam magnetismus acus pro constanti supponi possit, adhibenda est acus et ex chalybe duro confecta, et ad satietatem magnetismi perducta, ne periculum sit variationis cujusdam, ab actione magnetizante fluminis galvanici ipsius oriundae. Quae annon locum habuerit, insuper etiam experimento ipso est explorandum, ita instituendo, ut oscillationes acus, soli terrae obnoxiae, ante et post mensuras peractas observentur, annon celeritate increveriut.

1) *De methodo declinationum.*

Hujus methodi vel ad calculum vel ad observationem simplicissima instructio videtur ea, ut circulus galvanicus non, ut solet, simplici circuitu fili cujusdam, sed vel gyris pluribus parallelis sibi lato tractu juxtapositis ejusdem fili, vel una simplici vel in simplicem gyrum flexa lamina metallica sat lata ita jungatur, ut directio gyrorum communis vel axis laminae longitudinalis sit parallela axi acus magneticae declinandae, superne vel infra suspensae. Tum flumine electrico per gyros vel laminam transmisso acus declinabitur, ad eum situm aequilibrii perventura, quo $m.\sin \alpha = i.\cos \alpha$; siquidem m vim illam significat, qua terrae magnetismus acum in meridionalem magneticam reducere nititur, i intensitatem galvanicam, qua acus declinatur, α angulum declinationis. Multis demonstare hanc aequationem nihil opus, cum per simplicissimam virium decompositionem prodeat. Hinc:

$$i = m \tan \alpha.$$

Ergo cum intensitas vis galvanicae in proportione sit ad tangentem anguli declinationis, observando hunc angulum mensuram habebimus intensitatis galvanicae.

Monendum tamen, aequationem illam hac solummodo conditione valere, ut acus declinata eadem vis galvanicae intensitate afficiatur, quam non declinata, quod secus est, ubi declinando poli acus relationem ad fluminis galvanici tractum mutant. Itaque aequationis illius usus ad hanc conditionem restringenda, ut lamina vel gyrorum tractus tam longe lateque extendatur, vel declinatio tam parva sit, ut actio cum illa consentiat, quae per tractum infinite longum et latum exsereretur.

Haec quidem conditio maxime obstat methodi, de qua agimus, utilitati. Nam flumen galvanicum, dum per laminam latam diffunditur, tantum intensitatis perdit, ut per apparatus debiliores effectus ad mensuram sufficiens non sit expectandus. Certum quidem est, totam vis galvanicae, laminam permeantis, quantitatem imminutam manere, quamquam maxime in latum lamina extendatur, imo augeri paullulum per diminutionem longitudinis reductae eo effectam, sed cum actio partium laminae ad distantiam earum ab acu inversam quadrati proportionem servet, haec quantitas aucta tamen minorem effectum exseret ob laminae extrema nimium ab acus polis dimota. Si pro lamina simplici multiplicatorem adhiberes, lato tractu gyrorum sibi juxtapositorum constructum, intensitas galvanica non quidem diffusione, sed longitudine reducta multum adaucta facile ad gradum mensurae non sensibilem extenuabitur. Haec causa esse videtur, quod hac ceterum percommoda et forsan in quibusdam occasionibus non rejicienda methodo physici hucusque non usi sunt, nisi forsan Pouilletius eam significat, cum in enarratione experimentorum, quae de facultate conducendi filorum metallicorum instituit, dicit, se usum esse apparatu, in quo vis electromagnetica in proportione fuerit ad tangentem declinationis acus magneticae (Elém. de Phys. Ed. I. T. I. p. 255.)

Multo magis, quam haec modo memorata methodus, alia quaedam convenire videtur ad tangentem declinationis mensurae adhibendam, hucusque nondum in publicum edita, quam mihi privatim communicavit NERVANDER, professor physices Aböensis, sic comparata. Fingas disci cujusdam circularis (i. e. cylindri sat brevis) totam superficiem ita involutam multiplicatoris gyris sibi juxtapositis parallelis, ut gyrus medius diametrum quandam disci sequatur, exteriores ad instar chordarum, huic diametro parallelarum, ab utraque parte ductae magis magisque longitudine decrescant. Nunc, disco interiore remoto, intra gyros ita ordinatos et ad transmittendum filum suspensorium in medio paullulum dimotas, acum magneticam demissam esse ponas, eamque vel cum indice non magnetico vel cum altera acu magnetica, more NOBILII superne junctam; jam patet, declinationes in instrumento sic comparato observandas exacte legem tangentum supra allatam secuturas; cum poli acus, utcunque a situ suo deflexi, semper tamen eadem quantitate vis galvanicae ex eadem distantia afficiantur, nihilque mutetur per declinationem in relatione acus ad systema gyrorum praeter directionem actionis. Per hanc enim considerationem distantia ex calculo abit, reditque illa prius allata aequatio, quae vim galvanicam tangenti declinationis proportionatam esse perhibet.

Auctor hujus methodi, quam ipse nondum expertus sum, affirmavit mihi, se, experimentis eam examinando, plurimae severitatis capacem invenisse; moxque publici juris facturum. Quae utilitas ad initialem intensitatem vis galvanicae metiendam inde expectanda sit, in capite sequenti monebo.

Expositis methodis, in quibus distantia variabilis polorum acus declinatae a flumine galvanico evitata est, jam ad illas devenio, in quibus distantiae per declinationem variantis respectus non omitti potest, primum considaturus illum casum, qui simplicissimus videtur, ubi declinatio a filo jungente simplici, vel in paucos, in angustum coactos, gyros flexo, proficiscitur. In quo casu ubi verticalis distantia fili, super vel infra acum ipsi parallelam porrecti, ab acu tam parva est, ut respectu longitudinis acus negligi possit, vim fluminis galvanici metietur productum ex sinu in tangentem declinationis, ut Kaemtzius demonstravit vires rite decomponendo (Schweigg. Annal. XXXVIII. 100), unde consequitur, intra parvas declinationes quadratum tangentis declinationis pro mensura vis galvanicae haberi posse. Sin distantia acus a filo major, quam ut negligi possit, mensurae calculus fieri poterit per hanc formulam, itidem a Kämtzio vires decomponendo derivatam:

$$i = \text{tang.}\ \alpha \sqrt{(d^2 + \sin^2 \alpha)}$$

in qua i intensitas vis galvanicae, α declinatio, d distantia verticalis plani horizontalis, in quo acus movetur, a filo sibi parallelo, dimidia acus longitudine, vel potius dimidia polorum ejus distantia pro unitate posita. Valor d vel mensura directa determinari potest, vel, quod accuratius est, combinando duo experimenta, in quibus flumen galvanicum constanti intensitate per filum transmittitur acui non parallelum, sed in duobus experimentis meridionalem magneticam sub diverso angulo secans. Re enim sic disposita si declinatio acus per fluminis galvanici actionem ita dirigetur, ut angulus inter filum et acum augeatur, intensitas galvanica hunc habebit valorem

$$i = \frac{\sin \alpha}{\cos\ (\alpha + \varepsilon)} \sqrt{d^2 + \sin^2\ (\alpha + \varepsilon)}$$

in quo α declinationem ex magnetica meridionali, ε angulum, quem filum cum hac meridionali facit, significat. Ergo variatis valoribus α et ε, constante i, ex duobus experimentis facilis erit derivatio valoris constantis d. Ceterum haec experimenta etiam ita instituere licet, ut acus polus uterque per actionem galvanicam in contrariam illi directionem declinet, in quam ab initio a filo divergebat, ut igitur vel filo appropinquetur, vel ultra filum actus in contrariam partem ab eo repellatur; sed in hoc casu pro formula modo allata haec est substituenda:

$$i = \frac{\sin \alpha}{\cos (\alpha - \varepsilon)} \sqrt{d^2 + \sin^2 (\alpha - \varepsilon)} \quad .$$

Hanc methodum non inutilem esse, ipsius Kaemtzii experimenta docuerunt, quippe qui per eam accurate exploraverit, secundum quam proportionem multiplicatoris efficacia aucto gyrorum numero crescat. Non valet quidem, nisi ad majores intensitates determinandas, cum multiplicatoris multos gyros precario admittat, ut infra exponemus, sed usui est tunc, ubi magna longitudo reducta fili jungentis cavenda. Ceterum et commoditate cedit methodo oscillationis et praecisione certe eam non superat, unde prae hac ferme supervacaneam dicerem.

Si quis uti volet ad methodum declinationis multiplicatore vulgari modo constructo, cujus gyri nec tam pauci nec tam in augustum coacti sint, ut actio tota ad medium gyrum referri possit, vix per calculum directum proportionis, quae inter actionem multiplicatoris et declinationem intercedit, scopum attinget. Nam in multiplicatore, cujus gyri non ordine certo sibi juxtapositi vel superpositi essent, necesse foret, singulorum gyrorum actiones in acum pro situ et distantia earum ab acu diversis calculo determinatas in mediam actionem componere, quod et calculi et mensurae inextricabilis foret; in multiplicatore autem, cujus gyri sibi secundum normam certam succederent, sufficeret quidem extremarum situm et distantiam ab acu mensura determinasse, ut dein per calculum integralem actio tota colligi posset, sed et hoc calculo longum, mensura difficile et parum accuratum foret. Sed suppetit methodus empirica, in quolibet multiplicatore, ad mensuras adhibendo, declinationum valores accuratissime determinandi, hac quidem ratione:

Istum multiplicatorem, cujus gradus determinandi sunt, simul cum alio multiplicatore, qui ad methodum torsionis vel oscillationum post describendam aptus est, eidem circulo intercales, et, cum ad statum sat aequabilem deventum sit, declinationes varias, variata longitudine reducta circuli in illo multiplicatore prodeuntes, compares cum intensitatibus, quas in altero per torsionem vel oscillationes accuratissime deprehendere licebit. Ita scala sat multorum graduum per comparationem determinata et in tabulam redacta, reliqui interpolando intercalari poterunt.

Instrumentum, hac via mensurae adaptatum, usu facillimum et commodissimum, praeprimis illis galvanismi amatoribus commendandum videtur, qui vel operam vel calculum methodorum directarum mox describendarum adhibere gravantur, nec profecto a physicis rejiciendum, inprimis ad observationes de decremento spontaneo intensitatis galvanicae instituendas. Certe suadendum confectoribus et venditoribus multiplicatorum, ut, illa comparatione a perito quodam petita vel ab ipsis instituta, tabulam adjiciant unicuique multiplicatori, ad mensuram destinato, quae relationem inter gradus circuli divisi, super quo acus movetur, et intensitates galvanicas exhibeat. Ceterum ne per parallaxin in legendo gradu peccetur, ex re erit, acu longiori et proxime ad circulum divisum demisso uti.

Non omittam hic monere, jam Becquerelium (Pogg. Ann. VI. 343.) viam monstrasse, intensitates, multiplicatoris gradubus correspondentes, empirice determinandi, sed, inscitia melioris comparandi methodi, tantae et tam in utilis operae plenam, ut pluribus eam explanare taedeat.

Inter varios modos, quibus declinatione ad mensuram intensitatis galvanicae usi sunt, non negligenda est mentio methodi sat ingeniosae, quam Lenzius (Pogg. Ann. XXXIV. 385.) nuper adhibuit ad effectus sic dictos magnetoelectricos metiendos. Sat notum est experimentis Faradii aliorumque, qui eum secuti sunt, si ferri ductilis frustum, filo metallico circumvolutum, polis magnetis cujusdam admoveatur vel ab iis abstrahatur, eodem momento flumen galvanicum oriri, quod filum permeans per multiplicatorem, cum filo communicantem, indicari possit.

Hoc flumen cum non continuum sit, sed puncto temporis transcurrat, actio ejus in acum simplici impulsui assimilanda, ex quo declinatio permanens exsistere non potest. Itaque ad metiendam hujus actionis intensitatem nullus est usus descriptarum methodorum; sed prima elongatio acus ex situ aequilibrii dimotae, mensurae inservire potest, ut ex posteris patebit.

Celeritas, qua acus impellitur, ad intensitatem impulsus in proportione est, sed haec celeritas, qua a situ aequilibrii recedere coepit, illi est par, quam recuperat revecta ad hunc situm actione magnetismi terrae. Nunc ex legibus notissimis virium aequabiliter accelerantium facile derivatur, quadratum hujus celeritatis in proportione esse ad sinum versum elongationis primae; unde haec aequatio exoritur:

$$A = f \sqrt{(\text{sin. vers. } \alpha)},$$

in qua A celeritatem initialem vel ei proportionatam intensitatem galvanicam, f quantitatem constantem quandam, a conditionibus constantibus experimenti pendentem, α elongationem primam significat. Substituendo p pro $f \sqrt{2}$ et $2 \sin^2 \frac{1}{2} \alpha$ pro sin. vers. α, haec aequatio mutabitur in

$$A = p \sin \tfrac{1}{2} \alpha,$$

ex qua docemur, intensitatem fluminis galv. in proportione esse sinus dimidiae elongationis primae.

Cum in hac methodo exsequenda plane necessarium sit, ut multiplicator, mensurae instrumentum, in tantum removeatur a magnete, fluminis excitatore, ut actio magnetis in acum multiplicatoris ob distantiam negligi possit, aut duobus observatoribus opus est, quorum alter ferrum admoveat vel abstrahat a magnete, alter elongationem inde natam e vicinia observet, aut, si quis administri operam spernat, imago multiplicatoris, per speculum convenienter inclinatum reflexa, observatori, prope magnetem agenti, telescopii ope observanda, quae procedendi ratio eo etiam praeferenda, quod tam remoto et in positione certa fixo oculo nullum a parallaxi inter acus apices et circuli divisiones periculum. Monendum, quoniam abstractio ferri multo aequabilius et magis subito fieri potest, quam applicatio ad magnetem, illam praeferendam esse ad mensuram instituendam.

In omni methodo, in qua mensura per acus declinationem absolvitur, ex re erit, ad errorem vitandum, qui ab excentricitate acus suspensae oriri possit, non solum unum sed etiam alterum apicem acus observare, ut declinatio vera media inde derivari possit. Si timor esset, ne ob vestigia torsionis in filo sericeo suspensorio residentia positio initialis acus a magnetica meridionali paullulum differret, declinatio conversione junctionis in utramque partem vertenda, mediumque observationum pro vera mensura habenda foret, insuper tamen etiam correctio amplitudinis declinationis ob torsionem fili residuam, experimentis praeviis determinatam, adhibenda. Si tamen filo sericeo simplici sat longo utaris, vix hac correctione opus erit, nisi in experimentis, in quibus per reliquas conditiones tanta praecisio concessa est, ut vel minutissima persequi operae pretium sit.

2) *De methodo torsionis.*

Ad hanc methodum opus est apparatu illo, ceterum notissimo, quo maxime Coulombius usus est ad virium vel electricarum vel magneticarum intensitates torsione comparandas, nihil mutato, quam quod acus magnetica vel circuitu simplici, vel multiplicatoris gyris sibi parallelis cincta, jugi locum teneat. Operandi per sic instructum apparatum haec est ratio: Index torsionis gradui zero applicetur, dein, flumine galvanico per circuitum transmisso, in contrariam declinationi factae directionem circumagatur, eo usque, ut acus, indicem (quamquam non pari passu) sequens, pristinum situm recuperet. Numerus graduum ad hunc finem ab indice peragratus, mensuram directam praebebit vis galvanicae, quae declinationem effecerat, cujus enunciati rationes, ut notissimas, hic explanare omitto.

Haec methodus, primum ab Ohmio in usum experimentorum conversa et diligentissime descripta (Schweigg. Ann. XLVI. 137. LXIV. 30.), ejusmodi est, ut, si instrumentum suppetat accuratum, observatorque sit diligens, et ipsa sit maxime commendanda, nec dubium, quin multum praestet omnibus hucusque memoratis methodis vel facilitate vel severitate mensurae, excepta forsan Nervandri methodo, de qua judicium certum ferre non jam licet. Sed eo ipso mihi cederevi detur methodo oscillationis post describendae, quod probitas mensurae per eam peragendae non minus a diligentia artificis, qui instrumentum confecit, quam observatoris, qui eo utitur, dependet; et quamquam id quidem ei commune sit cum plurimis in physice obvenientibus mensurae modis et propter summam dexteritatem eorum, quibus physici instrumenta conficienda mandare solent, minoris forsan momenti esse videatur, tamen ceteris paribus id mensurae genus praeferendum esse videtur, in quo errorum fontes per se sint minus numerosi faciliusque per ipsius observatoris sollertiam vitandi.

Ceterum etiam minus aptum est ad minima vestigia vis galvanicae persequenda, cum in methodo oscillationum filum tenuissimum sericeum, vix sensibili torsione resistens, acum retineat, in methodo torsionis autem torsio declinationi resistens ad mensuram ipsam requiratur.

Contra etiam suas praerogativas habet methodus torsionis. Nam primo mensura sola inspectione graduum, quos index torsionis emensus est, capitur, nec ullo calculo ad eam derivandam opus, quae res saltem ad commoditatem valet, quamquam, cum etiam in methodo oscillationum calculus sit simplicissimus, nec desidiae physici sit serviendum, hoc non multi facerem. Majoris momenti illud videtur, quod per methodum torsionis via exstat, vim galvanicam primo juncturae momento metiendi, antequam decrementum spontaneum ei aliquid detraxerit, quod ad discutiendas plures galvanismi leges plane necessarium. Illud decrementum enim saepe tam cito procedit, ut, mensura nisi citius etiam peracta fuerit, non primam et integram sed jam ex parte deminutam intensitatem nobis indicet. Nunc in methodo oscillationum, etiam si intra paucarum oscillationum numerum consistas, tamen minutarum secundarum aliquot intervallo ad mensuram plenam opus erit. Methodus torsionis quidem, sin more consueto procedas, longiore etiam tempore egebit, ut oscillationibus sedatis acus in certo suo situ figatur, sed Ohmius (Schweigg. Ann. LXIV. 30.) hanc methodum ita instituere docuit, ut etiam ad simplex fere momentum observatio reducatur, quamquam non sine plurima opera et patientia odservatoris, tali quidem modo:

Acus magnetica, quam expedit pondere non nimis levem esse, obstaculo quodam a latere posito, impeditur, quo minus in hanc partem declinet, motu in alteram libero permisso. Nunc ante juncturam factam index torsionis in illam directionem, quam acus per obstaculum sequi nequit, eo usque circumagitur, ut junctura facta et illico rursus soluta acus ab obstaculo, contra quod nititur, parum modo in partem liberam recedat. Index torsionis dein rursus in eandem directionem ac antea movetur, sed perparum tantummodo, ita ut nova junctura facta acus minus etiam quam prima vice ab obstaculo recedat. Ita juncturam tempore brevissimam saepius repetendo indicemque minus minusque in eandem directionem promovendo tandem eo usque pervenies, ut acus juncturae momento quietissima loco maneat, nec vel in illam directionem, in quam motus liber est, nec in alteram, quam obstaculum sequi vetat, tendat. Numerus graduum, quem index ad hunc terminum emensus erit, mensuram praebebit intensitatis illius, qua circuitus ipso juncturae momento pollet, nam, quamquam junctura pluries sit repetenda, antequam mensura ad finem perducatur, tamen, si semper nonnisi per brevissimum tempus continuata fuerit, decrementum intensitatis nihilominus negligi poterit. Sed ne quid precario assumatur, redintegratio experimenti, ante renovata superficie electromotorum, instituenda est ita, ut index torsionis ante primam statim juncturam per tot gradus agatur, quot in priori experimento motu reiterato percurrerat, observeturque, an juncturae momento ullus motus acus perspicuus sit; qui si plane deerit, per hanc novam mensuram prima ut exactissima confirmabitur, sin minus, experimentum renovandum erit, usque dum consensus adsit.

Forsan hic aliquis objiciat, etiam tum acum necessario contra obstaculum applicatam restare, cum pro aequilibrio inter vim declinantem et torsionem excessus torsionis adsit, ergo mensuram, ex statu aequilibrii ducendam, dubiam esse ex observata acus quiete. Sed si primo experimento non saltu inconsiderato sed gradubus cautissime procedendo torsionis indicem ante quamlibet juncturam promoveris, nihil timendus erit ejusmodi excessus, cum praesertim quaelibet junctura, quae non brevissima sit, eo solum tendat, ut intra minorem numerum graduum consistatur, quam qui intensitati initiali respondeat. Inde in experimento secundo torsio nunquam justa mensura major, sed solummodo minor expectanda est.

Haec methodus laboris tam plena, temporis tam vorax, ut optandum sit, aliam suppetere, quae idem praestet. Et concedendum quidem, nullam hucusque innotuisse, quae revera mensuram tam stricte ad primum juncturae momentum restringat. Sed non opus foret hac restrictione ad primam intensitatem assequendam in circulis, si qui tales exstarent, in quibus prima intensitas per aliquod tempus juncturae superstes sit. Ohmio ejusmodi circuli non obvenisse videntur, ideo methodum oscillationum, quae saltem plures minutas secundas ad mensuram poscit, plane rejicit ad metiendam intensitatem initialem. Mihi tamen, examinanti conditiones, quae ad decrementum vel accelerandum vel retardandum valent, plurimi sic comparati circuli observati sunt, si recte constantem fuisse primam intensitatem per plures secundas, imo saepe minutas, eo conclusi, quod ad primas oscillationes plane non brevius tempus requirebatur, quam ad proxime subsequentes.

Confitendum quidem, si decrementi maxima pars intra primam post juncturam secundam cadat, vix ex hoc consensu oscillationum conclusionem illam valere; id quod Ohmius indicare videtur in Schweigg.

Ann. LXIV. 33. 34. Sed nec verisimile foret, inter primum repentinum decrementum ejusque ulteriores progressus intermissionem interjectam esse status aequabilis, aliquamdiu durantem, quae tamen sola ratio esset, observationes meas ad Ohmii sensum explicandi; nec Ohmius ipse experimentis comprobavit, omnibus circulis tam repentinum decrementum commune esse, quod in quibusdam detegere et per ipsam methodum oscillationum mihi licuit, per quam quadrantis secundae differentias sat bene percipere licet. Sed ubi tam repentina diminutio juncturam statim sequebatur, non solum conditiones aderant, decremento praecipue faventes, sed etiam statim progressus decrementi factus est, nullo statu aequabili interjecto. Itaque quamquam maxime utilitatem methodi explicatae ad metiendam primam intensitatem agnoscens, tamen hucusque nondum Ohmio assentiri possum, solam esse, quae adhiberi possit. Sed ut plane diluatur haec dissensio, optandum, ut Ohmius ipse suo instrumento suaque diligentia examinet, an revera in illis circulis, quos indicavi lentissimi decrementi esse, in quibus e. c. superficies electromotorum et longitudo reducta circuli magna, et aqua laminis interposita vitriolo cupri mixta est, intensitas primo temporis momento per methodum supra explicatam observata discrepet ab illa, quae post aliquot secundas restat.

Ceterum non negaverim, mensuram per oscillationes non tam aptam esse ad primam intensitatem determinandam, ut alia non sit quaerenda, quae breviore tempore absolvatur. Hoc respectu commendanda v etur Nervandri methodus supra explicata, quippe in qua tempus primae oscillationis sufficit ad mensuram, ex limitibus oscillationis facile derivandam, quod secus est in reliquis declinationis methodis, ubi acus per declinationem a flumine galvanico longius discedit, ideoque positio aequilibrii tandem attingenda non media esse potest inter limites elongationum. Haec methodus, si etiam experimento comprobabitur, profecto commoditate multo superior erit methodo torsionis ad intensitatem primam metiendam, nec probabile, severitate inferiorem fore.

Sed satis de utilitate methodi torsionis cum reliquis comparata. Adjiciamus, quae maxime observanda sint, ut mensuram exhibeat exactam et commodam.

Et primum quidem praeter exactissimam divisionem circuli, quem index torsionis, Nonio muniendus, percurrere debet, anxie est ab artifice perficiendum, ut centrum torsionis, ex quo filum vel taenia tenuissima metallica, quam Ohmius filo etiam praefert, dependet, in centrum circuli divisi exacte cadat. Ad parallaxin in observanda acus positione vitandam, Ohmius filum sericeum verticali directione ante lineam, circulum divisum inferiorem medio secantem, tendit, oculumque observantem semper ita collocat, ut haec linea filo illo occultetur. Ipse ad eundem finem hac utor apparatus instructione. In superficie superiore acus secundum ejus axim lineam atram duxi, in circuli divisi inferioris autem margine speculum parvum erexi hac positione, ut oculo ex adverso sito imago lineae atrae, in acu delineatae per filum, quo acus dependet, obtegatur tum, cum acus ad suum situm reducta est.

Instrumenti positio ea esse debet, ut ante experimentum filum suspensorium nullatenus contortum sit, axisque acus magneticae exacte in meridionalem magneticam cadat. De quo si minus certi erimus, ex duplice mensura, directionem fluminis galvanici invertendo, vera mensura ut media erit elicienda.

3) *De methodo oscillationum.*

Methodum oscillationum, ad quam explicandam nunc accedo, Biotius excogitavit ad leges, secundum quas simplex filum jungens in acum magneticam agit, eruendas (Lehrb. v. Biot. T. IV. p. 170.) Sed mirum, a Francogallis non minus quam ab exteris hanc methodum praestantissimam dein ita oblivione sepultam jacuisse, ut ad quaslibet potius alias multo operosiores minusque accuratas methodos saepe confugerint, inscitia melioris.

Mihimet, Bioti opus tractanti, simulque experimentis de galvanismi legibus occupato, exoptatissima haec methodus obvenit, videorque mihi experientia docuisse, esse eam ejusmodi, quae omnibus ferme metiendi desideratis plane sufficiat. Non solum enim plurimae severitati satisfacit, etiam si instrumento utaris parvi impendii et nulla praecipua diligentia confecto, sed etiam per omnem scalam intensitatum vel minimarum vel maximarum mensurae est apta. Quibus methodo torsionis cedere magis videatur, quam cedat, jam capite superiore exposui.

Ratio hujus methodi haec est.

Acus magnetica, intra gyros multiplicatoris vel super filum jungens simplex suspensa, actione galvanica non declinabitur, sed firmius potius positioni suae inhaerebit, si gyri multiplicatoris vel fili longitudo axin acus ad perpendiculum secent, polique acus in eandem partem spectent, in quam fluminis galvanici impulsu vergunt. Si acus, flumini galvanico his conditionibus obnoxia, alio quodam impulsu declinata fuerit, oscillationibus pristinam positionem repetet, combinato impulsu vis magneticae terrestris et vis galvanicae acta. Sat notum est, quadratum celeritatis, qua hujusmodi oscillationes peraguntur, pro mensura haberi posse vis illius continuae, cujus actioni debentur, modo ne eam amplitudinem excedant, intra quam tautochronismus earum sensibilis existat. Ergo vel numerando oscillationes parvas, intra tempus definitum peractas, vel temporis minuta intervalla, intra certum oscillationum numerum elapsa, mensuram habebimus combinatae vis terrae et fluminis galvanici, si oscillationes sub combinato eorum influxu peraguntur, terrae solius, si circuitu soluto sub solius terrae magnetica vi procedunt; unde hanc mensuram ab illa subtrahendo existet nobis mensura vis galvanicae solius.

Hinc methodus oscillationum ita exsequenda est:

Experimento eam positionem multiplicatoris vel fili simplicis jungentis determines, ut acus vel acuum systema a situ suo nihil deflectatur, quando flumen galvanicum per instrumentum transmittitur. Numeres dein circulo soluto ad ictum horologii vel penduli puncta temporis, quae ad peragendum quendam oscillationum numerum definitum requiruntur sub solius terrae influxu. Cui horologium pendulo sic dicto centrifugali instructum (Gilb. Ann. XVI. 494. Pogg. Ann. V. 355.) suppetit, cum ejusmodi apparatu, ut indicis motus ad intervallum quodlibet temporis exactissime restringi possit, magis etiam exacta mensura utetur. Sit ille numerus N; dabitur mensura vis, qua terrestris magnetismus in acum agit, per $\frac{1}{N^2}$ Dein circulo juncto numeres puncta temporis, quae in eodem numero oscillationum consumuntur sub combinato influxu terrae et fluminis galvanici. Sit hic numerus punctorum temporis M; dabitur mensura combinatae vis terrae et fluminis galvanici per $\frac{1}{M^2}$. Ergo mensura vis galvanicae solius erit

$$\frac{1}{M^2} - \frac{1}{N^2} = \frac{N^2 - M^2}{N^2 M^2}$$

et si terrae vim ut constantem pro unitate ponemus, dabitur haec mensura per

$$\frac{N^2 - M^2}{M^2}$$

Numerum N constantem habebimus tam diu, quam terra et acus constantem magnetismi intensitatem retinebunt. Cum autem variatio magnetismi terrae per tempus mensurae sit negligenda, variatio magnetismi acus autem diligenter excludenda, patet, numerum N semel observatum dein per totam observationum seriem valere posse; modo ne cautio illa, jam supra memorata, negligatur, ut observationibus peractis ultimo experimento circulo soluto exploretur, num idem numerus N redeat, qui ad caput experimentorum observatus fuerat.

Monendum, hic descriptam methodum, qua praescribitur puncta temporis numerare, quae ad certum quendam numerum oscillationum explentur, multo praeferendam esse illi, qua oscillationes numerantur, per certum quoddam temporis intervallum peractae. Nam quoniam finis hujus intervalli utplurimum non cum fine oscillationis coincidet, defractione unius oscillationis in numero oscillationum semper fere ambigetur. Confitendum quidem, etiam in altera methodo fractionem intervalli temporis, quo numerus oscillationum ad finem perducitur, non accuratissime definiri posse, nisi per horologium ut supra instructum mensura fiat; sed quod his intervallis minutissimis uti licet, error inde vix sensibilis timendus, praesertim si numerus oscillationum paullo major ad mensuram adhibeatur.

Haec summa est methodi oscillationum, sed plura adhuc adjicienda, quae ad eam vel accuratius vel commodius transigendam facere possint.

Numerorum N et M quadrata exacte inversam proportionem ad vires, quarum mensurae inserviunt, tum solummodo haberent, si oscillationum acus amplitudo non esset sensibilis, quo major autem amplitudo, eo minus correctioni illi supersedere licebit, qua oscillationes ad infinite parvas reducuntur. Hinc patet, ut correctio haec negligi possit, intra exiguam amplitudinem oscillationum consistendum esse. Quod ut fieri possit, paullo longiore acu utendum et circulus metallicus, qui ad divisiones recipiendas infra acum poni solet, removendus, ne per notam actionem magneto-electricam laminae metallicae oscillationum amplitudo nimis cito minuatur. Forsan quidem aliquis contenderet, nunquam istam correctionem physico severo negligendam esse, quod et mihi ita videretur, si semper tam exacte constantem statum circuitus galvanici mensurae adhibere liceret, ut error, ab oscillationum amplitudine parva neglecta timendus prae multo majori irregularitate, ex statu variabili intensitatis galvanicae oriunda, sentiri possit.

Videtur quidem ille error plane removeri posse, nulla correctionis incommoditate adjuncta, eo, ut semper ad mensuram eundem numerum intra eosdem fines amplitudinis adhibeamus, quo efficietur, ut factor, correctionem continens, communis sit omnibus observationibus, itaque in comparatione earum excidat. Hanc methodum Hansteenius laudat (Pogg. Ann. III. 260). Sed facile reperies, oscillationes, sub diversarum virium influxu ab eadem semper oscillatione inceptas, non post eundem numerum peractum ad eandem etiam elongationem reduci; sed lentiorum oscillationum minorem numerum, quam celeriorum ad hoc requiri. Si tamen elongatio prima parva semperque eadem, numerusque oscillationum item semper idem servetur, error remanens minimi erit momenti et ut plurimum plane negligendus.

Ipse in mensuris, quas peregi ope multiplicatoris vulgari modo constructi, acu plerumque usus sum, cujus longitudo circiter 2½ vel 3 pollices duodec. paris. aequabat, et, ab elongatione 20° incipiendo vel 16, vel 20, vel 24, vel 32 oscillationes explere solitus sum, ubi statu aequabili circuli galvanici uti licebat. Sed facile patet, hic eximium etiam locum esse apparatui, ab ingeniosissimo Gaussio ad variationes magnetismi terrestris observandas instructo (Poggend. Ann. XXVIII. 247), in quo acui parvae magneticae magnes sat longus et ponderosus substitutus est, et per speculum, in magnete fixum telescopii ope adjuncta (ut planius loco citato descriptum est) observatio declinationum accuratius et commodius fieri potest, quam per ullum alium apparatum; nam sive correctionem ob amplitudinem oscillationum negligere placeat, consistere licebit hujus apparatus ope in tam parvis oscillationibus, ut vel severissimo physico neglectio haec excusata esse debeat, vel correctionem tamen adhibere velis, vix suppetet praestantior methodus, elongationum fines accurate observandi. Nec aliud afferri potest, quod vulgarem multiplicatorum instructionem prae hac commendet, quam quod parvi impendii est et in parvum spatium redigi potest, ita ut cuilibet facile ad usum se praebeat, quod secus est in illo Gaussii apparatu.

In mensura severissima etiam alia obvenit correctio facienda ob fili suspensorii torsionem, praeprimis ubi, ut in Gaussii apparatu, magnes non filo serico simplici, sed filo metallico vel combinatis pluribus filis sericeis suspensus est. Facile enim patet, magnetem, a situ aequilibri deflexum, non solum per magnetismum terrae, sed etiam per elasticitatem fili, torsione excitatam, ad hunc situm reduci, ita ut numerus oscillatorius ejus non mensuram simplicem virium in magnetismum ejus agentium sed communem virium harum et vis torsionis exhibeat. Hanc correctionem ut rite instituamus, oportet loco magnetis aliud corpus non magneticum, sed paribus dimensionibus et pari pondere praeditum, filo eodem suspendere, oscillationesque ejus, nunc sola torsionis actione perpetratas, numerare, unde facile torsionis vis separata cognoscetur, et dein a communi mensura subtrahi poterit.

Ne quid praetermittatur, quod ad exacte definiendum tempus, quo numerus oscillationum definitus transigitur, facere possit, e consilio est, numerandi initium non ab initio vel fine oscillationis facere, quippe ubi oscillatio, directionem vertens, paullulum quasi immoratur positioni suae; id enim causae est, ut momentum temporis, quo acus oscillationem ingreditur vel finit, non accuratissime deprehendi queat. Multum praestat, a medio oscillationis termino, per quem acus celeritate maxima agitur, numerandi exordium facere. Quod ut exacte fieri possit, in usu multiplicatoris vulgaris ista media positio, circa quam acus oscillat, linea vel filo subtus delineata vel tenso designanda est, ipsoque momento temporis, quo acus oscillans hanc lineam vel hoc filum praetervehitur, numerandi initium a zero faciendum, finis autem numerando ponendus post parem oscillationum numerum confectum ipso rursus momento, quo acus ad notam rediit. Quae fractio intervalli huic momento superest vel deest, aestimando est per approximationem determinanda.

De cautionibus quibusdam, in qualibet metiendi methodo ob variationes spontaneas status galvanici adhibendas.

Quamquam ad has cautiones jam in superioribus pluries respectum sit, tamen non abs re fuerit, gravissimas earum hic collectas repetere, aliasque quasdam adjicere non minus curae commendandas.

Notissimum est, saepiusque jam memoratum, intensitatem fluminis galvanici, ipso juncturae momento maximam, dein spontaneo decremento, vario pro varia instructione circulorum, sed semper initio vel paullo post initium rapidiore, dein magis magisque lentiore, ultimo lentissimo, imo vix amplius conspicuo, minui.

Lex hujus decrementi nondum exacte nota, notae tamen conditiones ejus, quippe longitudo circuitus reducta et superficies electromotrix magnae, numerus autem electromotorum ad circuitum compositorum exiguus intensitatis decrementum ab initio retardant, contrariae conditiones praecipitant, nec natura conductoris fluidi laminis interpositi sine effectu, cum quaedam, ut vitrioli cupri solutio, decremento retardando, aliae, ut solutiones natri carbonici, vitrioli zinci etc. accelerando praeprimis faveant.

Nunc cum ad explorandas plures galvanismi leges necesse sit, intensitatem initialem circulorum cognosere, nec tamen fieri possit ut mensura ejus ad ipsum juncturae momentum restringatur, nisi per Ohmii supra explicatam laboriosissimam methodum, conveniet, istas conditiones, quibus decrementum retardari dictum est, in instruendis circulis in tantum observare, quantum natura experimentorum fert; quod permittet, etiam per methodum oscillationum vel methodum Nervandri intensitatem initialem sat accurate determinare, modo ne oscillationum numerus mensurae adhibendus ultra limitem illum extendatur, quo primae oscillationes cum ulterioribus tempore consentiunt.

Junctura ipsa, ut puncto temporis transigi possit, non perficienda est immergendo laminas electromotrices in conductorem fluidum, sed potius mergendo filum quoddam metallicum, circulo galvanico intercalandum, in vas mercurio plenum.

Plerumque tamen praestabit ad tranquillius observandum, si modo natura argumenti explorandi ita feret, experimenta in id tempus differre, quo decrementum spontaneum usque eo retardatum est, ut per mensurae tempus intensitas pro constante haberi possit, aut saltem methodum observationum alternantium tuto admittat. Quae experimenta ubi instituuntur ad leges eruendas, quibus intensitas circulorum galvanicorum pro varia instructione eorum variet, multae cautionis erit, ne circuli instructionem quodam modo mutando etiam conditiones aliae status galvanici ita simul pervertantur, ut mensura prior cum posteriori non sit comparabilis. Itaque haec solliciter curanda:

1) Contactus laminae negativae cum conductore fluido nullatenus turbandus, ergo lamina haec nec extrahenda ex conductore fluido, nec fluidum ipsum in ejus vicinia agitandum. Quam conditionem si laeseris, statim pristinae intensitatis partem circulus recuperabit. Ad laminam positivam hujus cautionis nulla videtur esse applicatio, ut experimentis sat memorandis, in libro meo (Maassbest. der galv. Kette) descriptis edoctus sum. Videtur per hanc cautionem excludi tam augmentum quam diminutio superficiei electromotricis, quippe quae vetet, laminas (saltem negativam) aut sursum allevare ex fluido aut profundius in id immergere. Sed sufficiet, superficiem electromotricem pluribus laminis, per separata vasa dispositis, et rite filorum ope conjunctis, composuisse, ut dein filis jungentibus demtis parte qualibet eam minuere aut novis in communionem adjectis augere possis; modo ne recentes vel diutius jam ex circulo dimissas laminas cum iis jungas, quae decremento continuo obnoxiae fuerunt, sed potius eas, quae ante per idem tempus ad circulum separatum junctae erant, plane aequalem illi, quocum combinandae sunt. Si distantia laminarum est mutanda, poterit id quidem secundum meam experientiam fieri, laminam *positivam* ita ex fluido allevando, ut nonnisi pars parva ejus immersa restet, dein per fluidum ad distantiam desideratam promovendo, rursus immergendo et figendo; sed cautissime erit agendum, ut omnis fluctuatio vehemens fluidi contra laminam negativam plane vitetur, quoniam hac cautione non observata statim pars pristinae intensitatis redit. Ceterum pertinet ad hanc cautionem, ut laminarum altera alteri nunquam nimis appropinquetur, nam alias non fieri posset, ut positiva sine turbatione fluidi negativae vicini moveretur.

2) Quamcunque mutationem in circulo galvanico perficias, mensurae novae, cum priore comparandae, destinatam, tamen nunquam ita est facienda, ut per eam circulus solvatur. Nam per quamlibet solutionem circulus partem jacturae intensitatis, quam decremento spontaneo fecerat, resarcit, eo majorem, quo diutius junctura interrupta manet. Itaque si v. c. conductor quidam ex circulo est removendus, hoc non prius est efficiendum, quam jam junctura nova ita sit effecta, ut conductore remoto circulus clausus maneat. Si tamen per negligentiam vel accidens quoddam circulus solvebatur, noxae inde oriundae ita ocurri potest, ut junctura illico reficiatur, paulloque expectetur, antequam experimenta continuentur. Nam intensitas, per solutionem circuli perbrevem adaucta junctura dein facta cito ad pristinum statum rursus descendet.

3) Cum Ohmii meisque ipsius experimentis sit demonstratum, circuli intensitatem, decrementi progressu jam ad statum aequabilem provectam, ad novam variationem disponi aucta vel diminuta longitudine reducta, post unamquamque mutationem longitudinis reductae ad talem variationem (quae tamen non semper conspicua est) attendendum erit, et, si quae ejus vestigia deprehenduntur, simili cautione procedendum, ac in intensitate initiali circulorum metienda.

THESES.

I. Corpora ex compage particularum discretarum, quas rite atomos vocamus, constant.

II. Phaenomena lucis, caloris, electricitatis et magnetismi non ex viribus pendent, quae corporibus ponderabilibus propriae sint, sed a materia quadam subtilissima (vel una vel pluribus), per haec corpora simul et spatia coelestia diffusa, eduntur.

III. Vulgo quidem secundum Kantium concluditur: si per materiam solummodo vis attractiva valeret, vel materia per solam vim attractivam exsisteret, totum mundum in unum punctum confluere debuisse, quod cum non factum sit, concedendum, vim attractivam primitivam vi repulsiva primitiva limitatam esse. Sed haec conclusio irrita est.

IV. Nos quidem in tribus spatii dimensionibus existimus, quarta tamen ejus dimensio non solum cogitari potest, sed etiam existit.

V. Philosophiae studium sine matheseos et naturae studio mancum et vanum est.

243. [illegible]

DE NOVA METHODO
MAGNETISMUM EXPLORANDI, QUI PER ACTIONEM GALVANICAM IN FERRO DUCTILI EXCITATUR.

DISSERTATIO,
QUA AD AUDIENDAM ORATIONEM PROFESSIONIS PHYSICES
ORDINARIAE ADEUNDAE CAUSA
ILLUSTRIS ICTORUM ORDINIS CONCESSU
IN AUDITORIO JURIDICO
D. XVI. M. DECEMBR. MDCCCXXXV. HOR. IX.
HABENDAM OBSERVANTISSIME
INVITAT

GUST. THEOD. FECHNER,
PHILOSOPH. DOCT. ET AA. LL. M.

LIPSIAE,
TYPIS BREITKOPFIO-HAERTELIANIS
MDCCCXXXV.

A D
BIBL. UNIV.
MONAC.

Universitäts-
München
Bibliothek

De vi insigni, quam flumen galvanicum ad magnetismum ferri ductilis excitandum exserit, plurima jam experimenta exstant, sed, nisi fallor, nulla, quae hujus actionis exactam mensuram determinent, praeter pauca, nec jam completa, quae ipse in Schweiggeri annalibus publici juris feci. In illis experimentis usus sum comparatione ponderum, quae ferri ductilis solea, filo metallico circumvoluta, sustinere valet, cum variis, filum illud permeantis, fluminis galvanici intensitatibus. Hic tamen observandi modus solummodo ad eos magnetismi inducti gradus examinandos valet, qui satietatem ferri ductilis superant*), cum ad minores determinandos ponderum retentorum observatio non satis sit accurata. Minores autem gradus peculiarem legem sequi, irregularitas quaedam, in graduum inferiorum scala a me observata, indicare videbatur, quam explorare eo utilius duxi, quod lex, augmenta magnetismi ad satietatem increscentis in ferro ductili moderans, sine dubio etiam applicationem quandam habet ad augmenta, quibus chalybs ad satietatem evehitur, cum ferri ductilis et chalybis relatio ad causas magnetismum inducentes non natura sed gradu solummodo differat.

---

*) Mirum quidem fortasse quibusdam videbitur, me termini satietatis in ferro ductili mentionem facere, cum in plurimis libris legatur, ferrum ductile magnetismum fixum retinere omnino non valere. Sed diligentius rem experimentis scrutando nullum invenies ferrum ductile, cui non a quacunque vi magnetismum inducente residuum fixum inhaereat, minore quidem intensitate, quam quod in chalybe figeretur, sed minime tamen negligendum, et cum ipsa intensitate vis, magnetismum excitantis, usque ad terminum quendam satietatis increscens. Quod pluribus hic exponerem, nisi praeter mea ipsius aliorum etiam experimenta satis jam hanc rem declarassent.

Itaque aliam excogitavi methodum, prioris complementum, quae vel ad infimos gradus magnetismi inducti accurate metiendos accommodata est, superioribus contra applicari nequit. Hanc methodum hic exponam, adjunctis ad utilitatem ejus demonstrandam experimentis quibusdam ex serie eorum, quae partim jam secundam eam institui, partim minus impedito tempori instituenda reservo. Nam quamquam jam ex his, quae proferam, lex certa quaedam prodeat, tamen supersunt adhuc, ad quae examinanda ulterioribus experimentis opus est.

De methodo observationes instituendi et ad calculum redigendi.

Magnetismo recipiendo inserviit acus ex ferro ductili, inducendo autem multiplicator (no. 1 appellabo), ex quatuor filis parallelis cupreis sat longis et tenuibus confectus, cui ista acus, filo sericeo simplici suspensa, non aliter inserta est, ac si ut acus chalybea magnetica metiendae fluminis galvanici intensitati destinata esset.

Haec acus ferrea (rhombi formam prae se ferens, cujus longior diagonica 28,6, brevior 4,2 lineas duodec. paris. aequabat, tertia dimensio autem parum chalybis laminas elasticas, in horologiorum majorum usum confectas, excedebat), nunquam antea actionem fluminis galvanici nec magis magnetis perpessa, vix, nec per aliam quam terrae magneticam vim, ad certam directionem tendebat. Sed, cum per multiplicatorem, ea positione fixum, ut gyrorum directio meridionalem magneticam ad perpendiculum secaret, flumen galvanicum transmitteretur, statim acus, magnetismo inducto impulsa, firmiter in eam directionem conversa est, quae angulum rectum cum gyris faceret, eandemque oscillationibus repetiit, si vel mechanica vi vel prope admoto bacillo magnetico inde declinata esset. Imo etiam extincto aut remoto fluminis galvanici influxu acus huic directioni inhaerebat, ob magnetismum fixum retentum, modo ne nimis exilis fuerit actio galvanica. Celeritatis, qua hac oscillationes peraguntur, quadratum mensuram esse vis illius, qua acus in situm aequilibrii reducitur, modo elongatio oscillationum parva sit, vel intra constantes fines teneatur, satis notum est. Pendet autem haec vis composita non solum a viribus externis, in acum se exserentibus, sed etiam a vi magnetica, quam acus ipsa recepit, prodit quippe multiplicando summam virium externarum per internae valorem, unde, virium externarum intensitate cognita, ex variatione celeritatis oscillationum variationem magnetismi, acui inducti, calculo assequi licet. Cui calculo talia substruenda sunt. Vires externae, acum impellentes, sunt magnetismus terrae, cujus intensitas semper unitatis loco a nobis ponetur, et vis fluminis galvanici multiplicatorem permeantis $= \nu$; vis acus interna autem composita est ex magnetismo illo, qui flumine galvanico intermisso fixus restat et illo, qui simul cum influxu galvanico evanescit; vel, quod magis consentaneum esse ipsa experimenta docebunt, ex parte constanti *a* (*fixam* vocabo), quae nihil augmenti vel jacturae capit, si infra terminum quendam intensitas galvanica varietur, et parte b (*variabilem* dicam), quae fluminis galvanici intensitatem crescentem vel decrescentem correspondentibus variationibus sequitur secundum legem quandam, per ipsa experimenta indagandam. Hinc vis totius, acum impellentis, mensura exprimi potest per

$$\frac{1}{p^2} = (1 + \nu)\,(a + b) \qquad (1)$$

siquidem p numerum punctorum temporis (brevitatis causa numerum oscillatorium a me appellandum) significat, quo acus eget, ad oscillationum certum numerum sub combinata terrae et fluminis electrici actione absolvendum.

Monendum, partem a magnetismi inducti, quam fixam dixi, tum solummodo constantem manere, si in varianda fluminis galvanici intensitate non ultra illum terminum procedatur, quo ipse ille magnetismi fixi gradus natus est, augeri contra, si supra ascendatur.

Primis enim statim experimentis compertum est, si acum ferream recentem increscenti intensitati galvanicae exponas, non solum numerum oscillatorium, intermissa actione galvanica per solam terrae vim in magnetismum fixum retentum exsertam observandum, magis magisque minui, sed etiam valores p majores iisdem intensitatibus ab infima increscentibus quam a maxima rursus decrescentibus respondere; cum contra valores p sibi consentientes reperiantur in descendendo et in adscendendo, si a superiori quodam gradu intensitatis galvanicae incipiendo dein infra hunc intensitas varietur.

Hinc duae quaestiones oriuntur: 1) quomodo sensim increscente fluminis electrici intensitate magnetismus fixus ferri ductilis, nunquam antea vim magneticam vel galvanicam experti, increscat; 2) quomodo magnetismus variabilis variante flumine electrico variet. Primam quaestionem alii tempori solvendam relinquo; alteram experimentis sequentibus explorabo, quae, ut facile patet, ita instituenda erant, ut a majori quadam intensitate galvanica initium faciendo dein minores perlustrarem, ne magnetismi fixi variatio complicationem afferret.

Suppositio simplicissima, inde prima omnium experimentis exploranda, illa se offert, magnetismi variabilis simplicem et directam proportionem esse ad intensitatem galvanicam, vel potius, (ob concursum constantem actionis terrae) ad summam actionum, quae a terra et a flumine galvanico in acum exercentur. Hac suppositione, quam legitimam esse ipsa experimenta evincent, aequatio (1) mutatur in

$$\frac{1}{p^2} = (1 + \nu)\,[1 + (1 + \nu)\,\delta]\;a \qquad (2)$$

siquidem δa illam magnetismi variabilis intensitatem significat, quae per unitatem virium, i. e. terrae magnetismum, gignitur.

Sit y numerus oscillatorius ille, quem in acu ferrea observaremus, si per solam terrae vim ($= 1$) in magnetismum ejus constantem ($= \alpha$) exsertam, impelleretur (qui quidem numerus non in observationem directam cadit, quoniam flumine galvanico omisso valori constanti α additur magnetismi variabilis valor actioni terrae respondens). Exorietur aequatio $\alpha = \frac{1}{y^2}$. Substituamus porro valori $1 + \nu$, summam magnetismi terrae et intensitatis galvanicae exprimenti, simplicem k, transformabitur aequatio (2) in:

$$\frac{1}{p^2} = \frac{k\,(1 + k\,\delta)}{y^2} \quad (3) \text{ vel}$$

$$p^2 = \frac{y^2}{k\,(1 + k\,\delta)} \quad (4)$$

Hac formula reperta inquirendum est, num valores p observati, correspondentes diversis valoribus itidem observatis k (qui quomodo determinentur statim exponam), cum valoribus illis consentiant, quos calculus per secundum aequationis (4) membrum exhibet, in quo valores y^2 et δ per ipsam experimentorum combinationem secundum methodum quadratorum minimorum determinandi sunt*). Quem consensum si exsistere constabit, etiam hypothesin, qua formula (4) nititur, legitimam declarare licebit.

Jam restat, ut methodum explicem, valores k vel $1 + \nu$, variis valoribus p^2 correspondentes, observatione determinandi. Est autem haec:

---

*) Si post flumen galvanicum omissum nullum magnetismi variabilis vestigium superstes acui inhaereret, facilis foret valoris y^2 determinatio per directam observationem numeri oscillatorii q, quem acus omisso flumine galvanico exhiberet, et valorem medium δ, ex omnium experimentorum serie deductum. Valeret enim aequatio:

$$q^2 = \frac{y^2}{1 + \delta} \quad (5)$$

quae tamen minime experientia confirmatur, ut postea videbimus.

Eidem circulo galvanico, qui multiplicatorem no. 1 continebat, intercalatus est alius multiplicator (no. 2 appellabo), secundum Nobilii methodum constructus, qui ad metiendas fluminis electrici intensitates serviret. Conjunctio multiplicatorum no. 1 et no. 2 ea erat, ut flumen galvanicum non successione ex altero in alterum migraret, sed partitione inter eos discederet secundum proportionem quandam, quae in omnibus experimentis constans manere debebat, siquidem nihil in ratione, qua multiplicatores flumen galvanicum conducerent, mutaretur *).

Oscillationum in multiplicatore no. 2 observatio proxime solummodo ad determinandum istius actionis valorem n valet, quae ab hoc ipso multiplicatore in acuum, quas continet, systema exseritur. Sed ratione constante inter n et ν semel reperta, ex quolibet in multiplicatore no. 2 observato valore n statim concludere licebit valorem actionis ν correspondentem, quam per idem tempus multiplicator no. 1 in acum ferream, quam continet, exserit.

Ad hanc rationem constantem $\frac{n}{\nu} = m$ determinandam experimenta praevia instituta sunt hoc modo.

---

*) Suspicionem hic quis objecerit, ne hujus proportionis ratio eo variaverit, quod per calorem, ipso flumine electrico in multiplicatorum filis excitandum, facultas conducendi diverso modo in mult. no. 1 et no. 2, non exacte ad parem normam constructis, variaret. Fateor, mihi hanc curam tum demum occurrisse, cum experimentorum seriebus, quas hic edere libet, jam peractis, aliis experimentis, sed alia apparatus instructione institutis, edoctus essem, non semper eam negligendam esse, nec in redintegrandis his experimentis dubitarem, alterum conjunctionis modum, quamquam multo minus commodum ad majores fluminis galvanici intensitates vel excitandas vel metiendas, praeferre, quo flumen electricum ex altero multiplicatore in alterum transmittitur. Monendum tamen, multiplicatorum duorum, quibus usus sum, tam longa fila cuprea fuisse, ut vix calorem ullum sensibilem flumen electricum iis inducere potuerit. Ceterum ipse concentus obtentorum valorum ad certam legem documento est, nihil erroris in hac causa latuisse.

Priusquam multiplicatori no. 1 acus ferrea insereretur, acum magneticam, ex chalybe duro confectam, forma illi exacte parem, immisi, oscillationesque comparavi, quas tam per solius terrae actionem, quam sub earundem intensitatum galvanicarum influxu haec acus et systema acuum multiplicatori no. 2 inditum, peragerent. Sit N numerus oscillatorius constans, in acu chalybea multiplicatoris no. 1 per solam terrae actionem observatus, M numerus variabilis ille, quem variae fluminis electrici intensitates adjuncta terrae actione efficiunt: sit literarum Q et P eadem respective significatio in systemate acuum multiplicatoris no. 2. Exsistent duae aequationes:

$$n = \frac{Q^2}{P^2} - 1,\ \nu = \frac{N^2}{M^2} - 1$$

unde colligitur

$$m = \frac{n}{\nu} = \frac{M^2}{P^2} \frac{(Q^2 - P^2)}{(N^2 - M^2)}$$

Secundum hanc aequationem m facile ut medius valorum, pluribus experimentis obtentorum, accuratissime determinari potest, quod in experimentis post afferendis praeviis a me factum est. Ita invento valore m dein, cum acus ferrea pro chalybea multiplicatori no. 1 inserta erit, valor k pro qualibet fluminis electrici intensitate ex sola valorum P et Q observatione in multiplicatore no. 2 facta concludetur per aequationem

$$k = 1 + \frac{n}{m} = \frac{M^2}{mQ^2} - \frac{1 - m}{m}$$

Si quis contra hanc methodum, rationem m determinandi, moneat, vix ac ne vix quidem fieri posse, ut acus chalybea in experimentis praeviis plane eundem situm capiat intra multiplicatoris no. 2 gyros, ac acus ferrea post in principalibus, unde diversam actionem ab iisdem fluminis galvanici intensitatibus propter imparem gyrorum distantiam perpeti debeant, contra monendum est, per parvam situs variationem circa illum, qui medius est inter gyrorum duos tractus, actionem multiplicatoris in acum tam parum variare, ut erroris sensibilis ab hac variatione oriundi cura excludatur.

Ponatur enim in primo quocunque acus situ distantia ejus perpendicularis a superiore circumvolutionum tractu = a, ab inferiore = b; porro actio, quam superior tractus pro unitate distantiae in acum exserit = m, illa, quae ab inferiori pro eadem distantiae unitate exercetur = n. Licebit totam multiplicatoris actionem A exprimere per

$$A = \frac{m}{a} + \frac{n}{b}$$

Nunc si acus situs ita mutatur, ut quantitate c a superiore tractu abscedat, inferiori appropinquetur, nova Actio B multiplicatoris exprimetur per

$$B = \frac{m}{a - c} + \frac{n}{b + c}$$

unde exorietur differentia

$$B - A = \frac{mbc\ (b+c) - nac\ (a-c)}{ab\ (a-c)\ (b+c)}$$

et ratio:

$$\frac{B - A}{A} = \frac{mbc\ (b+c) - nac\ (a-c)}{(a-c)\ (b+c)\ (mb + na)}$$

Si autem ponamus m = n, quod permissum est, propter ferme aequalem constructionem tractus superioris et inferioris gyrorum, porro a = b, considerantes variationem circa situm medium intra gyros, exorietur aequatio:

$$\frac{B - A}{A} = \frac{c^2}{(a-c)\ (a+c)}$$

Ponatur exempli causa $a = 15$, $c = 1$, erit $\frac{B-A}{A} = \frac{1}{224}$; ergo variatio actionis = $\frac{1}{224}$ actionis primae.

Sed praeterquam, quod calculus tam exiguam actionis variationem indicat, etiam ipsa experientia comprobavi, acus magneticae, fluminis galvanici constanti cuidam intensitati obnoxiae, oscillationes nullam errores observationum excedentem mutationem capere, si situs ejus circa medium magis etiam dedita opera variaretur, quam in transitu ab experimentis, ad valorem m explorandum instituendis, ad experimenta principalia fieri poterat, ubi ejusdem situm, quam poterat fieri exactissime restituere curae habui.

Eorum, quae ad experimenta calculo subjicienda requiruntur, brevis recollectio.

Quae in superioribus fusius explicata sunt, hic, quatenus ad calculos instituendos faciunt, breviter collecta et in ordinem redacta tradam.

Magnetismus, per fluminis electrici intensitatem quandam inductus, in duas partes dividitur, quarum altera, fixa appellanda, constans remanet non solum omisso flumine galvanico, sed etiam quocunque modo varietur intensitas fluminis galvanici infra primam, altera autem, quam variabilem appellabimus, cum intensitate galvanica crescit et minuitur. Nunc si verum est, simplicem et directam proportionem inter augmenta hujus magnetismi variabilis et intensitatis galvanicae intercedere, valebit formula talis ad valores p, experimento inventos, per calculum restituendos

$$p^2 = \frac{y^2}{k\,(1+k\delta)} \quad (4)$$

Terrae vis in hac formula pro unitate posita est. Literarum in ipsa et in experimentorum expositione sequenti obvenientium haec est significatio:

p numerus oscillatorius (pro 32 oscill.) in acu ferrea, multiplicatori no. 1 inserta, observandus, dum haec acus flumini galvanico terraeque magnetismo conjunctim agentibus obnoxia est.

y numerus oscillatorius (pro 32 oscill.) in observationem directam non cadens, qui observaretur in acu ferrea, multiplicatori no. 1 inserta, si nullus nisi fixus magnetismus ei inhaereret, nec ulla nisi terrae vi impelleretur; inde: $\frac{1}{y^2}$ mensura magnetismi fixi, quem acus ferrea per fluminis electrici et terrae combinatam actionem recepit.

$$k = \frac{Q^2}{m P^2} - \frac{1-m}{m}$$

vis universa, ex vi terrae et vi fluminis galvanici, multiplicatorem no. 1 permeantis composita, qua magnetismus acus ferreae excitatur. Valor k experimentis praeviis hic inventus est:

$$k = \frac{171844{,}5}{P^2} - 2{,}125$$

K vis suprema k ex illis, quibus in qualibet experimentorum sequentium parte acus ferrea exposita fuit.

δ ratio intensitatis magnetismi variabilis, quem unitas virium, i. e. terrae magnetismus in acu ferrea gignere valet, ad magnetismi fixi intensitatem $= \frac{1}{y^2}$ positam, unde $\frac{\delta}{y^2}$ magnetismi illius variabilis, quem unitas virium parit, ipsa intensitas.

$x = 10000000 \, \frac{\delta}{y^2}$

q numerus oscillatorius (pro 32 oscill.), quem acus ferrea exhibet, ubi omisso flumine electrico soli terrae actioni relinquitur.

P numerus oscillatorius (pro 16 oscill.), in systemate acuum multiplicatoris no. 2 sub influxu fluminis galvanici et terrae conjuncto observatus.

Q numerus oscillatorius constans (pro 16 oscill.), in eodem acuum systemate omisso flumine galvanico per solam terrae vim observatus.

M numerus oscillatorius (pro 32 oscill.), in acu chalybea magnetica, multiplicatori no. 1 inserta (antequam ferream reciperet) observatus, dum flumine galvanico et terra simul impellitur.

N numerus oscillatorius constans (pro 32 oscill.), in eadem acu per solam terrae vim observatus.

$n = \frac{Q^2}{P^2} - 1$ intensitas illa fluminis galvanici, quam acuum systema in multiplicatore no. 2 indicat.

$\nu = \frac{N^2}{M^2} - 1$, intensitas illa fluminis galvanici, quam experimentis praeviis acus chalybea a multiplicatore no. 1 experitur, dum multiplicatorem no. 2 vis intensitatis n permeat.

$m = \frac{n}{\nu}$ ratio constans inter n et ν, per experimenta praevia = 0,32 inventa.

Valores p, q, P, M, n, ν variantes in experimentis singulis, et Q, N constantes per omnes tres eorum series sequentes, observatione directa determinantur. m itidem communis tribus singulis seriebus ut medium plurium experimentorum praeviorum prodiit, hinc etiam singuli valores k dati sunt. y et δ combinando experimenta secundum methodum quadratorum minimorum inveniuntur. His valoribus simul cum valoribus k in formulam (4) substitutis calculus valorum p^2 efficietur.

Comparatio etiam institui potest valorum $\frac{y}{\sqrt{1+\delta}}$ et q, qui pares et constantes pro qualibet Parte serierum sequentium esse deberent, nisi etiam post flumen omissum acus ferrea vestigia magnetismi variabilis retineret.

Methodus observandi accuratius descripta.

Ut oscillationum acus ferreae in mult. no. 1 facilis esset observatio, acus lignea, indicem agens, cum ea conjuncta erat eodem modo, quo acus superior (extra gyros sita) cum inferiori in multiplicatoris instructione, quae Nobili dicitur. Acus ferreae oscillationum semper 32 numeravi, ab elongatione 30 graduum incipiens, quoniam minor elongatio mensuram graduum infimorum magnetismi inducti non admisisset; systematis autem acuum magneticarum, multiplicatori no. 2 inserti, semper 16 oscillationes numeravi, ab elongatione 20 graduum incipiens. Intervalla singula temporis, quorum numero numeri oscillatorii definiebantur, erant $^3/_7$ secundarum. Multiplicator no. 1 alii mensae, ac multiplicator no. 2 impositus erat, satis remotae, ut acus ferreae in mult. no. 1 et acuum magneticarum in mult. no. 2 mutuus praeverteretur influxus. Conjunctio multiplicatorum no. 1 et no. 2 sat longis filis effecta est.

Apparatus galvanicus compositus erat vasibus cupreis angustis sex, solutione diluta sulphatis cupri impletis, totidemque laminis zinci, in ea immergendis. Unumquodque vasorum cupreorum internam superficiem habebat duorum pedum quadratorum, ut ita totus apparatus 12 pedum quadratorum cupream superficiem exhiberet. Conjunctio vasorum singulorum ad electromotorem simplicem facta facile ita converti poterat, ut apparatus ad libitum etiam columnae galvanicae vel sex, vel minoris numeri electromotorum vicem agere posset. Usus autem sum tali junctione ad maximas fluminis electrici intensitates obtinendas, quibus junctio omnium vasorum ad electromotoris simplicis normam non sufficeret, minores autem intensitates nunquam excludendo unum vel plura vasa ex circulo obtinui, sed intercalando vel breviora vel longiora fila metallica tenuia in circuli galvanici ejus partem, quae extra discessum multiplicatorum no. 1 et 2 posita esset. Hunc modum intensitatis diminuendae ut praeferrem, eo adductus sum, quod aequabilitati intensitatis galvanicae diminutio superficiei galvanicae obest, augmentum longitudinis reductae circuli (ut Ohmii verbo utar) contra favet. Amplissimam igitur superficiem galvanicam semper retinendo, longitudinem circuli reductam contra, in quantum per intensitatem obtinendam licebat, augendo, solutionem sulphatis cupri adhibendo, experimentorum tandem initium aliquantum post circuli junctionem faciendo, quae singula ad aequabilitatem actionis galvanicae tuendam faciunt, hoc assecutus sum, ut intensitatis galvanicae variationes spontaneae ad minimum redirent, imo per tempus, ad singulas observationes instituendas necessarium, in inferioribus intensitatis galvanicae gradubus plane evanescerent. Ceterum, ut omnis de hac vacillatione intensitatis galvanicae cura excluderetur, observationibus alternantibus usus sum, explorans primum numerum oscillatorium in multiplicatore no. 1, dein in mult. no. 2, dein rediens ad mult. no. 1, tandem medium primae et tertiae observationis cum secunda comparans, vel alias duarum observationum in mult. no. 2 institutarum medium cum una observatione; in mult. no. 1 facta, conferens, Hinc duplices valores, quanquam semper proxime consentientes, numerorum p et P, in tabulis experimentornm obvii, provenere.

Ordo observandi hic erat. Apparatus galvanicus cum rite instructus esset, primo experimenta illa praevia instituebantur, quibus valor m explorandus erat. Dein multiplicator no. 1 ex circulo galvanico per tempus omissus est, ut acus ferrea pro chalybea inseri posset, interea autem in multiplicatoris locum filum metallicum (filum A dicam) substitutum, cujus longitudo reducta exacte aequalis multiplicatori no. 1 experimentis ante institutis inventa erat, eo fine, ut totius circuli galvanici longitudine reducta immutata servata, variatio intensitatis galvanicae tutius praeverteretur. Post, cum etiam experimentis directis comprobatum esset, satis constantem esse statum apparatus galvanici, in locum fili A confestim removendi multiplicator no. 1 circulo galvanico restitutus est, statimque oscillationum observatio alternans in duobus multiplicatoribus incepta et peracta. Ita inventis valoribus p et P, qui majori cuidam fluminis electrici intensitati corresponderent, pro aliis, successive decrescentibus, interdum tamen etiam rursus usque ad primam intensitatem adscendentibus, intensitatis galvanicae valoribus observationem numerorum p et N repetii. Non praetermittenda est cautio, in transeundo a majori intensitate ad minorem a me adhibita, quae quam sit necessaria, ipsa experientia edoctus sum. Peracta aliqua observatione sub majoris intensitatis influxu, priusquam mutata apparatus instructione minores intensitates explorarem, multiplicatorem no. 1 denuo ex circulo galvanico exmisi, filumque A ei substitui, tum demum illum in circulum restituturus remoto filo A, cum experimentis mihi compertum esset, constantissimum intensitatis galvanicae, statim minutae, statum perseverare vel praeterlapsa vacillatione, quae unamquamque in circulo galvanico mutationem factam facile sequitur, rediisse. Quod non solum eo fine feci, ut observatio per statum intensitatis aequabilem certior esset, sed etiam, quod experimentis, quorum exempla offerram (confer annotationem secundam ad seriem secundam), edoctus eram, acum ferream ab intensitate superiori majorem magnetismi variabilis gradum retinere, quam minori intensitati galvanicae par sit, nisi intra duarum intensitatum actionem intermissio fluminis facta sit. Saepe, quamquam non semper, hac intermissione usus sum ad valorem q determinandum, qui quidem in tabulis sequentibus ad 32 oscillationes reductus reperietur, observatus tamen semper est pro 8 oscillationibus.

Experimenta praevia ad valorem $m = \frac{n}{\nu}$ constantem, experimentis principalibus omnibus communem, determinandum.

$Q = 234,5$ ad 16 oscill.
$N = 139,5$ ad 32 oscill.

A. Valores, ante primam experimentorum principalium seriem observati

P ad 16 osc.	M ad 32 osc.	n	ν
123	46,25.46,5	2,6348	8,0467
128	48,25	2,3517	7,3591
145	56,5	1,6155	5.0961
154	62.61,5	1,3187	4,1037
158	63,33.63,5	1,2029	3.8384
171.171	71,5	0,8806	2,8067
178,5	77.77,25	0,7259	2,2712
179.179	77.	0,7163	2,2822
195.194	90	0,4536	1,4025
		11,9000	37,2066

medius valorum novem $\frac{n}{\nu} = 0,31984.$

B. Valores, ante tertiam experimentorum principalium seriem observati

P ad 16 osc.	M ad 32 osc.	n	ν
136,5	52,25.52,25	1,9514	6,1282
144	56	1,6519	5,2055
145	56,5	1,6155	5,0961
150	59,5.59,5	1,4441	4,4969
153	61,5.61,5	1,3430	4,1453
174	74,67.74,67	0,8163	2,4903
198,5	93,5.93,5	0,3947	1,2260
		9,2169	28,7883

medius valorum septem $\frac{n}{\nu} = 0,32016.$

medius omnium sedecim valorum $\frac{n}{\nu} = m = 0,31998.$

Ex comparatione valorum A cum valoribus B patet, valorem m exacte constantem fuisse per omnes experimentorum principalium series, quod non secus erat expectandum, cum in apparatus conditionibus nihil mutatum esset. Pro valore 0,31998, qui medius ex sedecim valoribus inventus est, ad calculos faciendos commodiorem 0,32 substituere permissum duxi.

Experimenta principalia, quibus formulam, pag. 9 allatam, legitimam esse comprobatur.

Tres experimentorum series sequentes, quamquam eadem acu ferrea et nihil mutata instructione circuli galvanici instituta, tamen eo non inter se comparabiles sunt, quod in transeundo ab altera ad alteram acus ferreae pondus alia acu lignea adjuncta mutatum, vel ad demendum magnetismum ex priori serie receptum acus igni exposita erat. Conclusiones certae igitur solummodo ex comparatione valorum, ad eandem experimentorum seriem pertinentium, derivari possunt. In duabus seriebus non satis habui ab una fluminis galvanici intensitate descendendo inferiores ejus gradus percurrere; sed, cum totam seriem valorum inferiorum perlustrassem, dein ad altiorem quandam intensitatem fluminis galvanici transilivi, a qua rursus ad valores inferiores descenderem. Inde partitio harum serierum in duas partes, exacte inter se comparabiles, exoritur.

Series prima.

$$Q = 234,3.$$

Pars	Ordo experimentorum	P observatum ad 16 osc.	p observatum ad 32 osc.	p calculo determinatum ad 32 osc.	q observatum ad 32 osc.	Valores K, δ, y^2 et x
I	1	131.132	189	188,7	1146	$K = 7,8879$
	8	133,5.	196	196,7		$\delta = 1,559283$
	2	143.143,66	235	235,1		
	4	155,5.155,5	289	287,8	1120	$y^2 = 3700871$
	3	163.163,5	332	332,6		$x = 4,2123$
	7	170.170	378	373,0		
	6	177	423,5	420,2	1138	$\frac{y}{\sqrt{1+\delta}} = 1202,5$
	5	194.	558,5	561,6		
II	1	110.111.	120	120,45	916	$K = 12,0775$
	9	110.110,75	120	120,16	848	$\delta = 0,6140684$
	8	130.130.	175	173,9		
	2	143.144.	215	219,6	860	$y^2 = 1445154$
	3	146.146,66	232	230,8		
	7	163.162,33.	302	299,7		$x = 4,2482$
	6	169.169.	334	331,0		
	5	181.180.	396	395,6		$\frac{y}{\sqrt{1+\delta}} = 946,33$
	4	194,5.195.	491	492,6		

Annotatio. q in ultima (nona) observatione partis secundae = 848 inventum, post undecim horas (quibus mult. no. 1. circulo exemtus erat), denuo exploratum = 876 erat.

Conclusiones ex prima serie.

1) Valores p computati cum sat bene consentiant cum observatis, ratum haberi potest calculi fundamentum, i. e. hypothesis, magnetismi, per fluminis galvanici intensitatem quandam inducti duas esse partes, alteram fixam, per omnes inferiores gradus intensitatis galvanicae persistentem, alteram directa et simplici proportione cum intensitate galvanica crescentem et decrescentem. In comparandis valoribus p calculo et observatione inventis notandum est, dissensum, quamquam sat exiguum, horum valorum tamen eo auctum esse, quod omnis error observationis calculo ad valores p rejectus sit, cum tamen valores P, ut plane exacti assumti, aeque erroribus observationum affecti esse debeant, qua consideratione dissensum istum calculi et observationum dimidio minorem esse censendum est, quam ex tabulis experimentorum prodire videtur. Idem de reliquis seriebus valet.

2) Valores q cum sint variabiles, et singuli inferiores valore computato $\frac{v}{\sqrt{1 + \delta}}$, qui numerum oscillatorium omisso flumine galvanico observandum exprimeret, si nihil magnetismi variabilis ab antegresso influxu electrico retineretur, censendum, magnetismum variabilem non omnem cum flumine galvanico simul evanescere, sed vestigia quaedam, sed variantia, nec legi ulli adstricta, aevi inhaerentia remanere.

3) Cum in Parte I. numerus q inventus sit post primam observationem = 1146, post secundam = 1120, post septimam = 1138; porro in parte II. post primam = 916, post tertiam = 860, post nonam = 848; videtur magnetismi variabilis post flumen omissum retenta quantitas non statim per primum sat brevem fluminis gal-

vanici influxum ad maximum pervenire,*) sed reiterata actione augeri. Quod autem valor p, in observatione secunda (Partis I.) jam ad valorem 1120 deminutus, rursus in nona observatione auctum se prodidit, indicio est, non constans quoddam esse maximum variabilis magnetismi retenti, quod semel receptum, dein firmiter acui inhaereat, sed tam laxa copula magnetismi variabilis residuum retineri, ut etiam sine ulla causa apparente rursus jactura ejus fieri possit per experimenta sequentia; id quod etiam multo certius ex reliquis experimentorum seriebus elucebit. Ceterum aliis experimentis edoctus sum, differentiam inter residuum magnetismi variabilis, quod post primam fluminis electrici actionem retinetur et illud, quod post secundam auctum inhaerescit, magis etiam, quam in his allatis experimentis conspicuam esse, si prima actio solummodo per punctum temporis continuata fuerit.

4) Quod valores x in parte I. et II. exacte ferme consentiunt, indicio est, paribus intensitatis galvanicae augmentis paria magnetismi variabilis augmenta etiam fere correspondere, cum magnetismi fixi intensitas adsit diversa.

5) Ratio intensitatum K, quibus magnetismus fixus exortus est, in Parte I. et II. est 1 : 1,5512, ratio autem intensitatum magnetismi fixi, $\left(\frac{1}{y^2}\right)$ inde nati 1 : 2,3904. Ergo magnetismus fixus saltem ab initio citius increscit, quam vis, qua excitatur.

---

*) Scilicet tempus, per quod acus flumini galvanico, e. g. in observatione prima Partis I. obnoxia erat, non ultra 131 + 132 + 189 intervalla temporis, i. e. 3,23 minuta, quibus P et p observabantur, duravit, quibus elapsis multiplicator no. 1. statim circulo galvanico exemtus est.

Series secunda.

$$Q = 234{,}3.$$

[illegible]	Ordo experimentorum	P observatum ad 16 osc.	p observatum ad 32 osc.	p calculo determinatum ad 32 osc.	q observatum ad 32 osc.	K, δ, y_2, x, $\frac{y}{\sqrt{1+\delta}}$
I	1	85,5.85.	63,5	64,37	732	$K = 22{,}285$
	2	85,5.85.	63,5	64,37	712	$\delta = 0{,}34\,8535$
	3	91.91.	74	73,68	700	$y^2 = 744987{,}5$
	7	92.92.	75	75,16		
	11	94.94.	78	78,94		
	14	93.94,5.	78	78,39	684	$x = 4{,}5887$
	4	98.99.	86,76	86.91		
	8	107.107.	103	103,7	688	
	5	112,25.112.	116	114,2	668	$\frac{y}{\sqrt{1+\delta}} = 743{,}10$
	9	130,25.131.	159	158,9		
	13	139.139.	185	182,2		
	12	154.154.	228	230	664	
	6	168.168.	282	282,5	676	
	10	203	438	463,0		
II	1	72.75.	47	46,70		
	2	74.74.	48	47,46	644	$K = 31{,}025$
	9	78.81.	54	54,75	6[illegible]0	$\delta = 0{,}2547157$
	3	80.79,5.	55	55,16	624	$y^2 = 555867{,}5$
	4	86.86.	63,5	64,26	632	$x = 4{,}5823$
	5	92.92.	72,75	73,70	624	
	6	106.106,25.	99	98,71	624	$\frac{y}{\sqrt{1+\delta}} = 665{,}61$
	8	136.137.	170	167,01	616	
	7	166,5.165,5.	255,5	257,00		

Annotationes. 1) Cum post ultimam (trecesimam) observationem Partis I. multiplicator no. 1. per decem circiter minuta circulo galvanico exemtus fuisset, numerus q, initio = 684 inventus, ad 696 increverat.

2) Observatio tertia et sexta Partis I. nihil immutatis valoribus P ita repetitae sunt, ut sibi succederent, non tamen, ut alias semper factum, multiplicator no. 1., acum ferream continens, in intervallo duorum experimentorum ex circulo galvanico exmissus est. Id hunc effectum habuit, ut loco valoris $p = 282$ inveniretur prima numeratione 260, secunda 264; quippe acus ex antegresso validiori influxu partem magnetismi variabilis retinuerat, quae sensim minuebatur. Ad similem modum observationes undecima et decima exacte iisdem valoribus P restauratae sunt, ita ut decima undecimam sequeretur, nec in intervallo mult. no. 1. ex circulo galvanico excluderetur, eo effectu, ut valori $P = 203$ non jam valor $p = 438$ responderet, sed prima numeratione 412, secunda 418.

Conclusiones ex serie secunda.

1) Conclusiones no. 1., 2., 3., 4., ex serie prima deductae, nova hac serie confirmantur.

2) Ex annotatione secunda consequitur, in transitu a validiori influxu electrico ad debiliorem majorem magnetismi variabilis partem retineri, quam debiliori conveniat pro lege proportionis directae et simplicis, si acus circulo per intervallum non exemta fuerit.

3) In observatione decima Partis I. tanta exstat differentia valoris p computati $= 463{,}0$ ab observato $= 438$, ut minime per observationis errorem explicari possit, unde etiam haec observatio a calculo valorum δ et y^2 exclusa est. Patet autem ex hac observatione, aliisque ad alias experimentorum series, hic non a me afferendas, pertinentibus, non solum plane omisso flumine electrico, sed etiam ubi ad perexiguas ejus intensitates descensum sit, residuum magnetismi variabilis a majoribus fluminis electrici intensitatibus restare

posse, legi proportionis directae et simplicis exemtum, quamquam acus e circulo galvanico emissa fuerit, antequam major intensitas electrica in minorem mutaretur.

4) Ratio magnetismi fixi $\left(\frac{1}{y^2}\right)$ in Parte I. et II. est 1 : 1,3402, dum vires K, quibus magnetismi hujus intensitates ortae sunt, proportionem habent : 1 : 1,3922. Inde patet, conclusionem no. 3, ex serie prima deductam, non per totam intensitatis electricae scalam valere.

Series tertia.

$Q = 234,5.$

Ordo experimentorum	P observatum ad 16 osc.	p observatum ad 32 osc.	q calculo determinatum ad 32 osc.	p observatum ad 32 osc.	K, δ, y², x. $\frac{y}{\sqrt{1+\delta}}$
1	85.86.	64,5	64.89	764	$K = 21,66$ $\delta = 0,5013401$ $y^2 = 1055218$ $x = 4,7520.$ $\frac{y}{\sqrt{1+\delta}} = 838,4$
13	88	68,75.69	68,96		
17	88	69	68,96		
10	88,25.88.	69	69,17		
7	88,66.89	70	70,34		
22	90.89.	71	71,47		
4	89	71,25.71,25	70,62		
2	90.90.	72,83	72,31		
5	95,33.96	82	82,34		
11	93,5	93,5	92.49		
12	106,33.107	101.103	103,81		
18	109.109.	109,5.	109,10	744	
8	114.114.	120	120,41		
16	144,5	144,5.	145,1		
14	150	150	150,4		
15	130.130,5	161	162,3	752	
21	144.144.	204	204,6		
20	152,5	235	234,7	760	
6	159,25.159,66	263	261,6		
9	169.170.	304	305,4		
19	171.171.	311	312,5		
3	183.183.	372	374,1		

Annotatio. Acus ferrea, post hanc seriem ad satietatem ope magnetis artificialis perducta, numerum oscillatorium 808 ad 32 osc. prodidit, unde patet, maximam fluminis electrici intensitatem, cui pro apparatus instructione eam exponere licebat, tamen aliquantum adhuc abfuisse a magnetismo maximo excitando.

Conclusiones ex serie tertia.

1) Haec series, quae ex prioribus deducta sunt, confirmat.

2) Magnetismi $\frac{1 + 21,66\,\vartheta}{y^2} = \frac{1 + 21,66 \times 0,3013}{1033218}$, quem acus ferrea sub influxu maximae intensitatis electricae retinuit, ad magnetismum $\frac{1}{741^2}$, quem omisso flumine electrico retinere valuit, ratio est 6,22 : 1; magnetismi autem illius, quem ad satietatem arte perducta recepit, ad eundem magnetismum ratio est 2,143 ad 1. Ergo acus ex magnetismo per flumen electricum recepto, satietatem multum superante, omisso flumine electrico non solum tantum perdidit, ut ad satietatem reduceretur, sed multo plus.

Eorum, quae experimentis ante allatis evicta sunt, brevis recollectio.

Magnetismi, per flumen electricum in ferro ductili excitandi, duae sunt partes distinguendae, quarum altera fixa ferro inhaeret etiam post omissum flumen electricum, nec ullam mutationem capit per quascunque intensitates fluminis electrici prima inferiores ferrum dein excitetur, novum tamen augmentum accipit, si intensitatem, quae antea summa erat fluminis electrici, novo experimento excedas. Non dubium, hanc magnetismi partem gradubus increscente fluminis electrici intensitate ad terminum quendam extremum satietatis vergere, quem tamen per multiplicatoris magnetisantem vim attingere meis experimentis non licuit. Pars altera magnetismi excitati variat exacte secundum eam legem, ut directa et simplici ratione ad fluminis electrici intensitatem crescat et minuatur (modo in transitu a majori ad minorem intensitatem intermissio fluminis fiat) — hac tamen restrictione, ut, si ad intensitates perexiguas descendas aut flumen electricum plane omittas, residuum quoddam, huic legi non consentaneum, magnetismi variabilis restet, quod indicare videtur, ferrum non facillime perdere magnetismi variabilis ultima vestigia. Ceterum experimenta docuerunt, hoc magnetismi variabilis residuum, quod fixo se addit omisso flumine electrico, non primo vel brevissimo fluminis electrici influxu statim ad maximum pervenire, sed reiterato vel continuato usque ad terminum quendam augeri, nec legi ulli adstrictam esse, cum per eandem experimentorum seriem nullo certo ordine servato intra fines non nimis angustos modo creverit, modo minutum sit. Memoratu autem dignissimum, nec ejusmodi, quod ante expectaretur, mihi videtur, magnetismi, per flumen electricum excitati, non omnem copiam, sed partem tantummodo intermisso flumine retineri, quamquam non jam ad satietatem ferri magneticam perventum sit, id quod non solum ultima, sed aeque prioribus experimentorum seriebus declaratur, per quarum nullam acum satietatem attigisse experientia docuit, cum tamen expectandum videretur, omnem magnetismum usque ad satietatis terminum retinendum esse.

Haec scribendi occasionem dedit clementia ANTONII, regis Saxoniae potentissimi, sociique imperii ejus celsissimi, FRIDERICI AUGUSTI, quibus placuit, per administratores supremos cultus divini et publicae institutionis munus professoris physices ordinarii in me conferre. Cujus beneficii accepti ut gratias publicas more solemni agerem, diem designavi XVI. m. Dec., orationem praemissurus *de corporum isomerium historia*. Cui ut splendorem adspergere velitis Vestra praesentia, RECTOR MAGNIFICE, RELIQUIQUE PROCERES ACADEMIAE GRAVISSIMI, COMMILITONES ORNATISSIMI ET HUMANISSIMI hac scriptione invitatos Vos cupio.

Das Büchlein

vom

Leben nach dem Tode.

Von

Dr. Mises.

[Gustav Theodor Fechner]

No. VI.

> Indeſſen freut es immer, wenn man ſeine Wurzeln ausdehnt und ſeine Exiſtenz in Andere eingreifen ſieht.
> (Schiller im Briefwechſel mit Göthe. III. S. 53.)

Dresden,
Ch. F. Grimmerſche Buchhandlung.

1836.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Erſtes Kapitel.

Der Menſch lebt auf der Erde nicht einmal, ſondern dreimal. Seine erſte Lebensſtufe iſt ein ſteter Schlaf, die zweite eine Abwechſelung zwiſchen Schlaf und Wachen, die dritte ein ewiges Wachen.

Auf der erſten Stufe iſt des Menſchen Leib Theil eines andern Menſchenleibes; auf der zweiten hat er ſeinen Leib für ſich und hat keinen Theil an andern Leibern, auf der dritten ſind andrer Menſchen Leiber Theile ſeines eignen Leibes.

Auf der erſten Stufe lebt er einſam im Dunkel; auf der zweiten lebt er geſellig, aber geſondert neben und zwiſchen andern in einem Lichte, das ihm die Oberfläche abſpiegelt; auf der dritten verflicht er ſich mit andern Geiſtern zu neuen Geiſtern und durchſchaut das Weſen der endlichen Dinge.

Auf der erſten Stufe entwickelt ſich der Körper aus dem Keime und erſchafft ſich ſeine Werkzeuge für die zweite, auf der zweiten entwickelt ſich der Geiſt aus dem Keime und erſchafft ſich ſeine Werkzeuge für die dritte; auf der dritten entwickelt ſich der göttliche Keim, der in jedes Menſchen Geiſte liegt, und ſchon hier in ein für uns dunkles, für den Geiſt der dritten Stufe tageshelles, Jenſeits durch Ahnung, Glaube, Gefühl und Inſtinct des Genius über den Menſchen hinausweiſt.

Der Uebergang von der erſten zur zweiten Lebensſtufe heißt Geburt; der Uebergang von der zweiten zur dritten heißt Tod.

Der Weg, auf dem wir von der zweiten zur dritten Stufe übergehen, iſt nicht finſtrer als der, auf dem wir von der erſten zur zweiten gelangen. Der eine führt zum äußern, der andre zum innern Schauen der Welt.

Wie aber das Kind auf der erſten Stufe noch blind und taub iſt für allen Glanz und alle Muſik des Lebens auf der zweiten und ſeine Geburt aus dem warmen Mutterleibe ihm hart ankommt und es ſchmerzt, und wie es einen Augenblick in der Geburt giebt, wo es die Zerſtörung ſeines frühern Daſeyns als Tod fühlt, bevor noch das Erwachen zum äußern neuen Seyn Statt findet, ſo wiſſen wir in unſerm jetzigen Daſeyn, wo unſer ganzes Bewußtſeyn noch im engen Körper gebunden liegt, noch nichts vom Glanze und der Muſik und der Herrlichkeit und Freiheit des Lebens auf der dritten Stufe und halten leicht den engen dunkeln Gang, der uns dahin führt, für einen blinden Sack, aus dem kein Ausgang ſey. Aber der Tod iſt nur eine zweite Geburt zu einem freiern Seyn, wobei der Geiſt ſeine enge Hülle ſprengt und liegen und verfaulen läßt, wie das Kind die ſeine bei der erſten Geburt.

Mittelſt was für höhern Sinnen wir die Erweiterung unſrer Daſeynsſphäre in der dritten Stufe ausmeſſen werden, vermöchten wir nicht einmal zu ahnen, ſo wenig als das Kind im Mutterleibe das Sehen und Hören ahnen kann. Aber das iſt gewiß, daß das, was uns mit unſern jetzigen Sinnen äußerlich und gleichſam nur aus der Ferne nahe gebracht wird, dann innerlich in uns ſeyn und von uns empfunden werden wird. Der Geiſt wird nicht mehr vorüberſtreifen am Berge und Graſe, er wird nicht mehr, umgeben von der ganzen Wonne des Frühlings, doch von der Wehmuth gequält werden, daß das Alles ihm nur äußerlich bleibt, ſondern er wird Berg und Gras durchdringen und jenes Stärke und deſſen Luſt im Wachſen fühlen; er wird ſich nicht mehr abmühen, durch Worte und Geberde einen Gedanken in Andern zu erzeugen, ſondern in der unmittelbaren Einwirkung der Geiſter auf einander, die nicht mehr durch die Körper getrennt, ſondern durch die Körper verbunden werden, wird die Luſt der Gedankenzeugung beſtehen; er wird nicht äußerlich den zurückgelaſſenen Lieben erſcheinen, ſondern er wird in ihren innerſten Seelen wohnen als Theil derſelben, in ihnen und durch ſie denken und handeln.

Zweites Kapitel.

Das Kind im Mutterleibe hat blos einen Körpergeiſt, den Bildungstrieb. Die Schöpfung und Entwickelung der Gliedmaßen, womit es aus ſich herauswächſt, ſind ſeine Handlungen. Es hat noch nicht das Gefühl, daß dieſe Glieder ſein Eigenthum ſind, denn es gebraucht ſie nicht und kann ſie nicht gebrauchen. Ein ſchönes Auge, ein ſchöner Mund ſind ihm blos ſchöne Gegenſtände, die es geſchaffen, unwiſſend, daß ſie einſt dienſtbare Theile ſeines Selbſt ſeyn werden. Sie ſind für eine folgende Welt gemacht, wovon das Kind noch nichts weiß, es ſtößt ſie aus vermöge eines ihm ſelbſt dunklen Triebes, der nur in der Organiſation der Mutter klar begründet liegt *). Aber ſo, wie das

---

*) Dem Phyſiologen läßt ſich bezeichnender ſagen: das ſchaffende Princip des Kindes liegt vor der Geburt nicht

Kind, zur zweiten Lebensſtufe reif, die Organe ſeines bisherigen Schaffens abſtreift und dahintenläßt, ſieht es ſich plötzlich als ſelbſtkräftige Einheit aller ſeiner frühern Schöpfungen. Dieſes Auge, dieſes Ohr, dieſer Mund ſind jetzt ihm zugehörig, und wenn es erſt nach dunkelem eingebornen Gefühle dieſelben ſchuf, ſo lernt es jetzt deren köſtlichen Gebrauch kennen. Die Welt des Lichts, der Farben, der Töne, der Düfte, des Geſchmacks und Gefühls gehen ihm erſt jetzt in den dazu geſchaffenen Werkzeugen auf, wohl ihm, wenn es ſie brauchbar und tüchtig ſchuf.

Das Verhältniß der erſten Stufe zur zweiten wird geſteigert wiederkehren im Verhältniſſe der zweiten zur dritten. Unſer ganzes Handeln und Wollen in dieſer Welt iſt eben ſo nur berechnet, uns einen Organismus zu ſchaffen, den wir in der folgenden Welt als unſer Selbſt erblicken und brauchen ſollen.

---

in dem, was nach der Geburt von ihm fortleben wird, was ja jetzt erſt das Abhängige iſt, das Geſchaffene, ſondern in dem, was vom Kinde bei der Geburt in Rückſtand bleiben und verderben wird, wie der Leib des Menſchen im Tode (placenta cum funiculo umbilicali, velamentis ovi eorumque liquoribus); aus ſeiner Thätigkeit, als ſeine Fortſetzung wächſt ter junge Menſch hervor.

Alle geiſtigen Wirkungen, alle Folgen der Kraftäußerungen, die bei Lebzeiten eines Menſchen von ihm ausgehn, und ſich durch die Menſchenwelt und Natur hindurchziehen, ſind ſchon durch ein geheimes unſichtbares Band mit einander verbunden; ſie ſind die geiſtigen Gliedmaßen des Menſchen, die er bei Lebzeiten treibt, verbunden zu einem geiſtigen Körper, zu einem Organismus von raſtlos weiter greifenden Kräften und Wirkungen, deren Bewußtſeyn noch außer ihm liegt und die er daher, obwohl untrennbar mit ſeinem jetzigen Seyn zuſammengeſponnen, doch nur im Ausgangspuncte von demſelben für ſein erkennt. Im Augenblick des Todes aber, wo ſich der Menſch von den Organen ſcheidet, an welche ſeine ſchaffende Kraft hier geknüpft war, erhält er auf einmal das Bewußtſeyn alles deſſen, was als Folge ſeiner frühern Lebensäußerungen in der Welt von Ideen, Kräften, Wirkungen fortlebt, fortwirkt, und als Einem Quell organiſch entfloſſen, auch noch ſeine organiſche Einheit in ſich trägt, die aber nun lebendig, ſelbſtbewußt, ſelbſtkräftig wird und in der Menſchheit und Natur mit eigener individueller Machtvollkommenheit nach eigener Beſtimmung waltet.

Was irgend Jemand während ſeines Lebens zur

Schöpfung, Geſtaltung oder Bewahrung der durch die Menſchheit und Natur ſich ziehenden Ideen beigetragen hat, das iſt ſein unſterblicher Theil, der auf der dritten Stufe noch fortwirken wird, wenn auch der Leib, an den die wirkende Kraft auf der zweiten geknüpft war, lange verfault iſt. Was Millionen geſtorbener Menſchen geſchaffen, gehandelt, gedacht haben, iſt nicht mit ihnen geſtorben, noch wird es wieder zerſtört von dem, was die nächſten Millionen ſchaffen, handeln, denken, ſondern es wirkt in dieſen fort, entwickelt ſich in ihnen ſelbſtlebendig weiter, treibt ſie nach einem großen Ziele, das ſie ſelbſt nicht ſehen.

Freilich erſcheint uns dieſes ideale Fortleben nur als eine Abſtraction und das Fortwirken des Geiſtes der geſtorbenen Menſchen in den Lebenden nur als ein leeres Gedankending. Aber nur darum erſcheint es uns ſo, weil wir keine Sinne haben, die Geiſter auf der dritten Stufe in ihrem wahren, die Natur erfüllenden und durchdringenden, Seyn zu erfaſſen, blos die Anknüpfungspuncte ihres Daſeyns an unſeres können wir erkennen, den Theil, mit dem ſie in uns hineingewachſen ſind und der uns eben unter der Form jener Ideen erſcheint, die ſich von ihnen in uns fortgepflanzt haben.

Schon während ſeiner Lebzeiten wächſt jeder Menſch mit ſeinen Wirkungen in andre hinein durch Wort, Beiſpiel, Schrift und That. Schon als Göthe lebte, trugen Millionen Mitlebende Funken ſeines Geiſtes in ſich, an denen neue Lichter entbrannten, ſchon als Napoleon lebte, drang ſeines Geiſtes Kraft in faſt die ganze Mitwelt ein; als beide ſtarben, ſtarben dieſe Lebenszweige, die ſie in die Mitwelt getrieben, nicht mit; blos die Triebkraft neuer Zweige erloſch, und das Wachsthum und die Fortentwickelung dieſer, von Einem Individuum ausgegangenen, in ihrer Geſammtheit Ein Individuum wieder bildenden, Ausgeburten geſchieht jetzt mit einem gleichen inwohnenden, von uns freilich nicht zu erfaſſenden, Selbſtbewußtſeyn, als früher ihr erſtes Hervortreiben. Noch leben ein Göthe, ein Schiller, ein Napoleon, ein Luther unter uns, in uns als ſelbſtbewußte, zum Theil ſchon höher als bei ihrem Tode entwickelte, in uns denkende und handelnde, Ideen zeugende und erhaltende Individuen, nicht mehr eingeſchloſſen in einen einzigen Leib, ſondern ergoſſen durch die Welt, die ſie bei Lebzeiten bildeten, erfreuten, beherrſchten, und weit hinausreichend mit ihrem Selbſt über die Wirkungen, die wir noch von ihnen ſpüren denn der Theil, mit dem ſie noch in ihr früheres Daſeyn hineingewachſen ſind, der einzige für uns erkennbare, iſt nur der Grund, von dem aus ihr höheres Daſeyn gen Himmel emporwächſt.

Das größte Beiſpiel eines mächtigen Geiſtes, der in der Nachwelt ſichtbar fortlebt und fortwirkt, haben wir an Chriſto. Es iſt nicht ein leeres Wort, daß Chriſtus in ſeinen Bekennern lebe; jeder ächte Chriſt trägt ihn nicht blos vergleichungsweiſe, ſondern wahrhaft lebendig in ſich; jeder iſt ſeiner theilhaftig, der in ſeinem Sinne handelt und denkt, denn eben nur Chriſti Geiſt wirkt in ihm dieſes Handeln und Denken. Er hat ſich ausgebreitet durch die ganzen Glieder ſeiner Gemeinde und alle hängen durch ſeinen Geiſt zuſammen, wie die Aepfel durch die Zweige Eines Stammes.

Aber nicht blos die größten Geiſter, ſondern jeder tüchtige Menſch erwacht in der folgenden Welt mit einem ſelbſtgeſchaffenen, eine Einheit unendlicher geiſtiger Schöpfungen, Wirkungen, Momente in ſich befaſſenden Organismus, der einen größern oder kleinern Umfang erfüllen und mehr oder weniger Fortentwickelungskraft haben wird, je nachdem der Geiſt des Menſchen ſelbſt bei Lebzeiten weiter und kräftiger um ſich griff. Wer aber hier an der Scholle klebte und ſeinen Geiſt nur brauchte, ſeine Materie zu bewegen, zu nähren und zu vergnügen, von dem wird das überbleibende Weſen ſich verlieren als ein bedeutungsloſes Moment und erdrückt oder verſchlungen werden von den übrigen mächtigern Geiſtern, und wenn er ſich nicht in der dritten Welt noch aufrafft, ſo wird er zuletzt zerfließen in anderer Daſeyn.

Die Räthſel unſers jetzigen Geiſteslebens, der Durſt nach Erforſchung der Wahrheit, die uns zum Theil hier nichts frommt, das Streben jedes rechten Geiſtes, Werke zu ſchaffen, die blos der Nachwelt zu Gute kommen, das Gewiſſen mit der Reue, das uns eine unergründliche Angſt wegen ſchlechter Handlungen einpflanzt, die uns doch hier keine Nachtheile bringen, gehen aus ahnenden Vorgefühlen hervor, was uns alles dies in jener Welt eintragen wird, wo ſelbſt die Frucht unſrer kleinſten und verborgenſten Thätigkeit uns als ein Theil unſers Selbſt anheimfällt.

Das iſt die große Gerechtigkeit der Schöpfung, daß jeder ſich die Bedingungen ſeines zukünftigen Seyns ſelbſt ſchafft. Die Handlungen werden dem Menſchen nicht durch äußerliche Belohnungen oder Strafen vergolten, es giebt keinen Himmel und keine Hölle im gewöhnlichen Sinne der Chriſten, Juden und Heiden, wohin die Seele nach dem Tode käme, ſie macht weder einen Sprung aufwärts, noch einen Fall abwärts, noch einen Stillſtand; ſie zerplatzt nicht, ſie zerfließt nicht in das Allgemeine; ſondern nachdem ſie die große Stufenkrankheit, den Tod, überſtanden, entwickelt ſie ſich nach der unwandelbaren, jede ſpätere Stufe über dem Grunde der frühern aufbauenden, Folgerechtigkeit der Natur auf der Erde ruhig weiter fort in einem und zu einem höhern Seyn; und, je nachdem der Menſch gut oder ſchlecht, edel oder gemein gehandelt, fleißig oder müßig geweſen, wird er im folgenden Leben einen geſunden oder kranken, einen ſchönen oder häßlichen, einen ſtarken oder ſchwachen Organismus als ſein Eigenthum finden, und ſeine freie Thätigkeit in dieſer Welt wird ſeine Stellung zu den andern Geiſtern, ſeinen Schickſalsweg, ſeine Anlagen und Talente für das weitere Fortſchreiten in jener Welt, beſtimmen.

Darum ſeid rüſtig und wacker. Denn wer hier langſam geht, wird dort lahm gehen, und wer ſeine Augen nicht aufthut, wird dort ein blödes Geſicht haben, und wer Falſchheit und Bosheit übt, wird ſeine Disharmonie mit dem Chor der wahren und guten Geiſter als Schmerz fühlen, der ihn noch in jener Welt treiben wird, das Uebel zu beſſern und zu heilen, was er in dieſer verſchuldet, und ihn nicht Raſt und Ruhe finden laſſen wird, bis er auch ſeine kleinſte und letzte Uebelthat abgeſtreift und abgebüßt. Und wenn die andern Geiſter ſchon lange in Gott ruhen, oder vielmehr leben als Theilhaber ſeiner Gedanken, wird er noch umgetrieben werden im Trübſal und in der Wandelbarkeit des Lebens auf der Erde, und ſein Seelenübel wird die Menſchen plagen mit Ideen des Irrthums und Aberglaubens, ſie verführen zu Laſter und Thorheiten, und indem er ſelbſt dahinten bleibt auf ſeinem Wege in der dritten Welt zur Vollendung, wird er auch ſie, in denen er fortlebt, zurückhalten auf ihrem Wege in der zweiten zur dritten.

Wie lange aber auch das Unwahre, Böſe und Gemeine noch fortwirken möge, ſo wird es doch zuletzt von dem Wahren, Rechten und Schönen bezwungen und vernichtet werden; und weſſen Seele daher nichts in ſich hat, als Lüge, Bosheit und Schmuz, von dem wird zuletzt nichts übrig bleiben; er wird nach ſchmerzvollem Kampfe zuletzt erdrückt oder in ewige Einſamkeit ausgeſtoßen werden von den ihn überwachſenden guten Geiſtern. Nur das iſt der ewige unvergängliche Theil des Menſchen, was an ihm wahr, gut und ſchön iſt. Und wenn nur ein Senfkorn davon in ihm iſt, ſo wird es zuletzt gereinigt von Spreu und Schlacken durch das, nur den Böſen quälende, Fegefeuer des Lebens auf der dritten Stufe übrig bleiben, und, wenn auch ſpät, noch zum herrlichen Baume erwachſen können.

Freut euch auch, ihr, deren Geiſt hier geſtählt iſt durch Trübſal und Schmerzen; euch wird die Uebung zu Gute kommen, die ihr hier im wackeren Kampfe mit den Hinderniſſen gegen euer Fortſchreiten gefunden, und kräftiger geboren in das neue Daſeyn, werdet ihr raſcher und freudiger einholen, was Euer Geſchick euch hier verſäumen ließ.

Drittes Kapitel.

Der Menſch verbraucht viele Mittel zu Einem Zwecke; Gott dient Ein Mittel zu vielen Zwecken.

Die Pflanze denkt, ſie ſei blos für ſich da, zu wachſen, im Winde ſich zu ſchaukeln, Licht und Luft zu trinken, Düfte und Farben zu bereiten für ihren eignen Schmuck, mit Käfern und Bienen zu ſpielen; — ſie iſt auch für ſich da, aber zugleich iſt ſie nur eine Pore, worin ſich Licht, Luft und Waſſer begegnen und verwickeln in Proceſſen, wichtig für das ganze Erdenleben, ſie iſt da, um für die Erde auszudünſten, zu athmen, ihr ein grünes Kleid zu weben, und Menſchen und Thieren Stoff zu Nahrung, Kleidung und Wärme darzubieten.

Der Menſch denkt, er ſei blos für ſich da, ſich zu vergnügen, zu wirken und zu ſchaffen für ſein eignes leibliches und geiſtiges Wachsthum; — er iſt auch für ſich da, aber zugleich iſt ſein Leib und Geiſt nur eine Wohnung, worein höhere fremde Geiſter eintreten, ſich verwickeln nnd entwickeln, und allerlei Proceſſe unter einander treiben, die zugleich das Fühlen und Denken des Menſchen ſind, und ihre höhere Bedeutung für die dritte Lebensſtufe haben.

Des Menſchen Geiſt iſt ununterſcheidbar zugleich ſein Eigenthum und das Eigenthum jener höhern Geiſter, und was darin vorgeht, gehört ſtets beiden zugleich an, aber auf verſchiedene Weiſe.

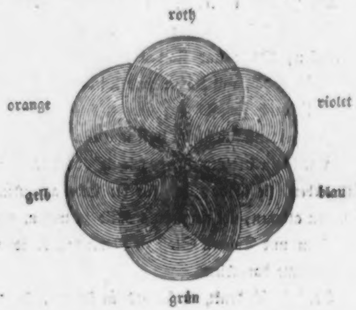

Gleichwie in dieſer Figur, die kein Abbild, ſondern nur ein Symbol oder Gleichniß ſeyn ſoll, der in der Mitte ſtehende bunte Stern als ein Selbſtſtändiges, ſeine innere Einheit in ſich Tragendes betrachtet werden kann, doch aber nur zuſammengefloſſen iſt aus der Verkettung der ſechs einfach gefärbten Kreiſe, deren jeder auch ſeine innere Einheit für ſich hat, und wie jeder Stral deſſelben ſowohl ihm ſelbſt als den Kreiſen, durch deren Ineinandergreifen er entſteht, angehört, ſo iſt es mit der menſchlichen Seele.

Der Menſch weiß oft nicht, woher ihm ſeine Gedanken kommen, es fällt ihm etwas ein; es wandelt ihn eine Sehnſucht, eine Bangigkeit oder Luſt an, von der er ſich keine Rechenſchaft zu geben vermag, es drängt ihn eine Macht zu handeln oder es mahnt ihn eine Stimme davon ab, ohne daß er ſich eines eigenen Grundes bewußt iſt. Das ſind Anwandlungen von Geiſtern, die in ihn hineindenken, in ihn hineinhandeln von einem andern Mittelpunkte aus, als ſeinem eignen. Noch augenfälliger werden ihre Wirkungen in uns, wenn in abnormen Zuſtänden, das, eigentlich gegenſeitige, Abhängigkeitsverhältniß zwiſchen ihnen und uns ſich zu ihren Gunſten entſchieden hat, ſo daß unſer Geiſt nur noch als ihr Glied erſcheint, in das ihr Bewußtſeyn hineinſtralt ohne Rückwirkung von unſrer Seite. Die Ahnungen, die vorbedeutenden Träume, das zweite Geſicht, die ganzen Wunder des thieriſchen Magnetiſmus, mit der Vorſtellung der Gegenwart Verſtorbener dabei, ſinden hier ihre Stelle. Der innere Mittelpunkt des Menſchen ſchläft, oder nimmt nur noch paſſiv auf, was ihm von höhern Geiſtern zuſließt, von Geiſtern, welche den Zuſammenhang der irdiſchen Dinge leicht überſehen, der Urſachen und Wirkungen deſſen, was auf unſerm niedern Erdenleben vorgeht, des Rückgreiſens derſelben in die Vergangenheit und des Vorgreiſens derſelben in die Zukunft; denn die Unwiſſenheit der Geiſter dritter Stufe bezieht ſich nur auf Dinge höherer Ordnung.

So lange aber der menſchliche Geiſt wach und geſund iſt, iſt er nicht das willenloſe Spiel oder Product der Geiſter, die in ihn hineinwachſen oder aus denen er zuſammenwächſt; ſondern das was eben dieſe Geiſter verknüpft, der unſichtbare urlebenskräftige Mittelpunct voll geiſtiger Anziehungskraft, in dem alle zuſammenſtrömen, in dem ſich alle kreuzen und durch wechſelſeitigen Verkehr mit einander die Gedanken zeugen, dieſer iſt nicht erſt durch die Kreuzung der Geiſter entſtanden, ſondern iſt dem Menſchen als ſein Ureigenthum bei der Zeugung eingeboren, und der freie Wille, die Selbſtbeſtimmung, das Selbſtbewußtſeyn, die Vernunft und der Grund aller geiſtigen Vermögen liegen hierin enthalten. Aber alles das liegt bei der Geburt noch darin wie in einem unaufgeſchloſſenen Keime, erſt harrend der Entwickelung zum Organismus voll lebensvoller individueller Wirklichkeit. So wie der Menſch in das Leben getreten iſt, ſpüren es die fremden Geiſter und drängen ſich von allen Seiten an ihn heran und ſuchen ſeine Kraft zu der ihrigen zu machen, um durch ſie ein Moment ihrer ſelbſt zu verſtärken, aber indem ihnen dieß gelingt, wird zugleich dieß Moment Eigenthum des Menſchengeiſtes ſelbſt, wird ihm eingebildet und trägt zu ſeiner Entwickelung bei.

Die in den Menſchen eingewachſenen fremden Geiſter ſind eben ſowohl, obſchon in anderer Weiſe, dem Einfluſſe des menſchlichen Willens unterworfen, als der Menſch von fremden Geiſtern abhängig iſt; er kann eben ſowohl aus der Mitte ſeines geiſtigen Seyns Neues in die in ihm verknüpften Geiſter hineingebären, als dieſe auf ſein Innerſtes beſtimmend einwirken können; aber in dem harmoniſch entwickelten Geiſtesleben hat kein Wille die Obermacht über den andern. Da jeder große Geiſt nur einen Theil ſeiner Selbſt mit dem einzelnen Menſchen in Gemeinſchaft hat, ſo kann der Wille des einzelnen Menſchen nur einen anregenden Einfluß auf den größern Geiſt haben, der mit ſeinem ganzen übrigen Theile außer dem Menſchen liegt; und da jeder menſchliche Geiſt eine Gemeinſchaft ſehr verſchiedener Geiſter in ſich ſchließt, ſo kann der Wille des einzelnen Geiſtes, indem er ſein in den Menſchen hineingewachſenes Moment beſtimmt, auch nur einen anregenden Einfluß auf den ganzen Menſchen haben, und nur, wenn der Menſch mit freier Willkühr ſich ganz ſeines Selbſt an einzelne Geiſter entäußert, wird er der Fähigkeit verluſtig, ſie zu bemeiſtern.

Nicht alle Geiſter können unterſchiedslos in derſelben Seele zur Einheit ſich verknüpfen; darum ſtreiten ſich die guten und die böſen, die wahren und die Lügen-Geiſter um den Beſitz derſelben, und wer im Streite ſiegt, behält das Feld. Der innere Zwieſpalt, der ſo oft im Menſchen Platz hat, iſt nichts als dieſer Kampf fremder Geiſter, die ſeinen Willen, ſeine Vernunft, kurz ſein innerſtes Weſen für ſich gewinnen wollen. Wie der Menſch die Einigung der in ihm wohnenden Geiſter empfindet als Ruhe, Klarheit, Harmonie und Sicherheit ſeiner ſelbſt, empfindet er ihren Kampf in ſich als Unruhe, Zweifel, Schwanken, Verwirrung und Entzweiung ſeines Innern. Aber nicht als müheloſer Preis oder träge Beute fällt er den ſtärkern Geiſtern in dieſem Streite anheim, ſondern mit dem Quell ſelbſtthätiger Kraft im Mittelpunkte ſeines Weſens ſteht er zwiſchen den entgegenſtrebenden Kräften inne, die ihn an ſich ziehen wollen und ſtreitet mit für welchen Theil er will, und vermag ſo den Sieg auch für den ſchwächern Antrieb zu entſcheiden; indem er ihm ſeine Kraft gegen den ſtärkern beigeſellt. So bleibt das Selbſt des Menſchen inmitten des Geiſterſtreites ungefährdet, ſo lange er ſich die angeborne Freiheit ſeiner Kraft bewahret und nicht müde wird ſie zu gebrauchen. Fällt er dennoch ſo oft den böſen Geiſtern anheim, ſo iſt es darum, weil die Kraftentwickelung aus ſeinem Innern mit Mühſeligkeit verbunden iſt, und ſo reicht, um böſe zu werden, oft hin, nur faul und läſſig zu ſeyn.

Je beſſer der Menſch ſchon iſt, um ſo leichter wird es ihm, noch beſſer zu werden und je ſchlechter er iſt, um ſo leichter verdirbt er ganz und gar. Denn der gute Menſch hat ſchon viel gute Geiſter in ſich aufgenommen, die ſich nun mit ihm verbünden gegen die zurückgebliebenen und die neu andrängenden böſen Geiſter, und ihm die Kraftentwickelung aus ſeinem

Innern erſparen. Der Gute thut das Gute ohne Mühe; ſeine Geiſter thun es für ihn; der Schlechte muß aber erſt aus innerer Kraft alle böſen Geiſter dämpfen und überwinden, die ihm dabei entgegenſtreben.

Zudem ſucht und knüpft ſich Verwandtes an Verwandtes und flieht ſein Gegentheil, wenn es daſſelbe nicht zwingt. Die guten Geiſter in uns locken die guten Geiſter außer uns, und die böſen Geiſter in uns das Böſe außer uns. Gern kehren die reinen Geiſter in eine reine Seele ein, und an dem Böſen in uns faßt uns das Böſe außer uns. Haben die guten Geiſter erſt in unſrer Seele überhand genommen, ſo flieht bald von ſelbſt auch der letzte Teufel, der noch darin zurückgeblieben iſt, und ſo wird die Seele guter Menſchen eine reine himmliſche Wohnung für ſelige darin bei einander wohnende Geiſter. Aber auch die guten Geiſter, wenn ſie verzweifeln, den übermächtig gewordenen böſen eine Seele abzuſtreiten, überlaſſen ſie ihnen allein, und ſo wird ſie zuletzt zu einer Hölle, einem Orte, blos für die Qualen der Verdammten. Denn die Pein des Gewiſſens und die innere Zerſtörung und Ruheloſigkeit in der Seele der Böſen ſind Schmerzen, welche nicht dieſe allein, ſondern mit noch bitterm Wehe die verdammten Geiſter in ihnen fühlen.

Viertes Kapitel.

„Wir ſehen jetzt durch einen Spiegel in einem dunkeln Wort; dann aber von Angeſicht zu Angeſicht. Jetzt erkenne ich es ſtückweiſe; dann aber werde ich es erkennen, gleichwie ich erkannt bin.“ 1. Cor. 13, 12.

Das, was von den höhern Geiſtern in den Menſchen eingeht, erſchöpft nicht ihr ganzes Daſeyn; ſondern auf eine uns unfaßbare Weiſe beſteht in der Natur noch ein großer Theil ihres Weſens, wovon wir nichts mehr ſpüren, weil er nie in unſre Exiſtenz eingriff, keine Wirkungen in uns erzeugte, alſo keine Fortwirkungen in uns zurückließ. Alles was der Menſch in ſich geiſtig entwickelt hat, gehört zu demſelben Organismus mit dem zuſammen, was er geiſtig in andern zeugte, und wird von ihm, als zur Baſis ſeiner neuen Entwickelung gehörig, als eine Bedingung ſeiner künftigen Anlagen und Vermögen in die folgende Welt hinübergenommen; wir aber wiſſen nur von dem, was von ihm in uns hinüberwuchs und hinterblieb. Die Menſchheit iſt nur ein Theil der irdiſchen Natur, und nicht an uns allein knüpft ſich die Exiſtenz der höhern Geiſter; ſondern ein Theil dieſer Exiſtenz tritt gleich Anfangs nicht in unſere Erkenntniß- und Bewußtſeynsſphäre, und der größere Theil derſelben wächſt bald darüber hinaus. Wenn daher ein Menſch auf einer wüſten Inſel ſein Leben geführt und beſchloſſen hätte, ſo würde zwar keine Wirkung von ihm in der Menſchheit zurückbleiben; aber ſeine Individualität würde dennoch auf der dritten Lebensſtufe jenſeits unſres Bewußtſeyns ſelbſtkräftig fortbeſtehen, und nach Maßgabe der Bildung und Entwickelung, die er hier einſam ſeinem Geiſte gegeben, würden ſeine Anlagen ſich geſtalten, die Natur der dritten Welt auf höhere Weiſe zu erkennen und zu durchdringen. So wie nun der Menſch erſt im Tode das volle Bewußtſeyn und den Nießbrauch deſſen erhält, was er in Andern geiſtig gezeugt, wird er auch im Tode erſt zum vollen Bewußtſeyn und Gebrauch der geiſtigen Glieder gelangen, die er in ſich ſelbſt getrieben. Was er geſammelt während ſeines Lebens an geiſtigen Schätzen, was ſein Gedächtniß erfüllt, was ſein Gefühl durchdringt, was ſeinen Verſtand und ſeine Phantaſie bewegt, das Alles bildet in

Wahrheit ein Organismus unzähliger lebenskräftiger Glieder; aber das Alles liegt noch in ihm unerhellt durch den Stral des Bewußtſeyns; blos der Gedanke ſchreitet mit einer lichten Ampel hindurch und beleuchtet, was auf der ſchmalen Linie ſeines Weges liegt und läßt alles Andre im Dunkel. Nimmer wird der Geiſt ſeiner ganzen innern Fülle auf einmal gewahr, blos indem ein Moment deſſelben ein neues zur Verknüpfung herbeilockt, taucht es einen Augenblick aus dem Dunkel hervor und ſinkt im nächſten wieder dahin zurück. So iſt der Menſch Fremdling in ſeinem eignen Geiſte und irrt darin herum dem Zufall folgend, oder mühſam am Faden des Schluſſes ſeinen Weg ſuchend, und vergißt oft ſeine beſten Schätze, die abſeits von der leuchtenden Spur des Gedankens verſenkt liegen im Dunkel, was des Geiſtes weites Geſilde deckt. Aber im Augenblicke des Todes, wo eine ewige Nacht das Auge ſeines Körpers überzieht, wird es zu tagen beginnen in ſeinem Geiſte. Da wird der Mittelpunkt des innern Menſchen zu einer Sonne entbrennen, welche alles Geiſtige in ihm durchleuchten und zugleich als inneres Auge durchſchauen wird mit überirdiſcher Klarheit. Schon im lebenden Menſchen glimmte dieſe Sonne und ſie war es, die dem Gedanken Licht gab auf ſeiner einſamen

Wanderung; aber die ſchwere Körperhülle dämpfte ihre Flamme und ließ ihr nur durch wenig Poren kärglich von dem Elemente zufließen, an dem ſich ihr Feuer nährt, und in das ſie nach dem Zerbrechen des Leibes ganz eingetaucht ſeyn wird. In jener neuen allgemeinen Klarheit wird er nicht mehr mühſam zuſammenſuchen müſſen, was er verknüpfen möchte und zerſtückeln in ſeine Merkmale, was er ſcheiden möchte, ſondern mit einem Augenſchlage wird alles, was in ihm ſelbſt iſt, gleichzeitig von ihm erblickt werden in ſeinen Verhältniſſen der Einheit und des Widerſpruchs, des Zuſammenhangs und der Trennung, der Harmonie und des Zwieſpalts, nicht blos nach einer Richtung des Denkens, ſondern gleichzeitig nach allen. So hoch der Flug und das Auge des Vogels über dem langſamen Kriechen der blinden Raupe ſchwebt, die nichts erkennt, als was ihr träger Schritt berührt, wird jene höhere Erkenntnißweiſe ſich erheben über die unſre. Und ſo werden im Tode mit dem Leibe des Menſchen auch ſein Sinn, ſein Verſtand, ja der ganze, auf dieſe Endlichkeit berechnete Bau ſeines Geiſtes untergehen, als Formen, die zu eng geworden für ſein Weſen, als Glieder, die ihm nichts mehr nützen in einer Ordnung der Dinge, wo er Alles, was ſie einzeln, mühſam, unvollkommen ihm ſchaffen und erſchließen müßten, auf einmal unvermittelt in ſich haben, ſchauen, und genießen wird. Das Selbſt des Menſchen aber wird unverſehrt in ſeiner vollen Ausbreitung und Entwicklung beſtehen in jener Zertrümmerung ſeiner zeitlichen Formen und an die Stelle jener erloſchenen niedern Thätigkeitsweiſe wird ein höheres Leben treten. Zwar hört dann jeder Fortſchritt innern Denkens auf, weil ja das Denken jetzt des ganzen Geiſtes Breite auf einmal erfüllt; beſchwichtigt iſt alle Unruhe der Gedanken, die ſich ja nicht mehr zu ſuchen brauchen, um ſich zu finden, und nicht mehr zu einander zu bewegen, um ſich ihres Verhältniſſes bewußt zu werden. Aber dafür beginnt nun ein höheres Wechſelleben von Geiſtern mit Geiſtern; wie die Gedanken mit einander in unſerm Geiſte, verkehren jene zuſammen in dem höhern Geiſte, deſſen alles verknüpfende Mitte wir Gott nennen, und unſer Gedankenſpiel ſelbſt iſt nur eine Verzweigung dieſes Verkehrs. Da wird es keiner Sprache mehr bedürfen, ſich gegenſeitig zu verſtehen, und keines Auges den andern zu erkennen, ſondern wie in uns der Gedanke den Gedanken verſteht und auf ihn einwirkt, ohne Vermittelung von Ohr und Mund und Hand, ſich mit ihm verbindet oder von ihm ſcheidet ohne fremdes Band und ohne Scheidewand, ſo heimlich, innig und unvermittelt wird das Wechſelleben der Geiſter unter einander ſeyn, und Keinem wird im andern mehr etwas verborgen bleiben. Da werden alle ſündigen Gedanken, die hier im Dunkel des Geiſtes ſchlichen, und alles, was der Menſch in ſich bedecken möchte vor ſeines Gleichen mit tauſend Händen, offenkundig werden allen Geiſtern. Und nur der Geiſt, der hier ganz rein uud wahr geweſen, wird ohne Scham in jener Welt den andern entgegentreten können; und wer verkannt geweſen hier auf Erden, der wird dort ſeine Anerkennung finden.

Und auch am eignen Weſen wird der Geiſt bei ſeiner Selbſtdurchſchauung gewahren jede Lücke und was noch unvollendet, ſtörend, disharmoniſch darin zurückgeblieben iſt aus dieſem Leben, und nicht blos erkennen wird er dieſe Mängel, ſondern fühlen mit gleicher Stärke des Gemeingefühls, als wir unſre körperlichen Gebrechen. Wie aber in uns der Gedanke am Gedanken ſich reinigt von dem, was unwahr in ihm iſt, und wie ſich die Gedanken verknüpfen durch ihre gemeinſamen Momente zu höhern Gedanken, und jeder ſich dadurch ergänzt in dem, was jedem fehlt, ſo werden auch die Geiſter in ihrem gegenſeitigen Verkehr die Mittel ihres Fortſchritts zur Vollendung finden.

Fünftes Kapitel.

Die Sehnſucht, die jedem Menſchen inwohnt, denen die ihm hier am liebſten waren, nach dem Tode wieder zu begegnen, mit ihnen zu verkehren und das frühere Verhältniß zu erneuern, wird in vollkommnerem Grade erfüllt werden, als je geahnt und verſprochen worden.

Denn nicht blos begegnen werden ſich in jenem Leben die, welche in dieſem durch ein gemeinſchaftliches geiſtiges Element verknüpft waren, ſondern in eins zuſammenwachſen werden ſie durch dieß Element; es wird ein ihnen gemeinſchaftliches Seelenglied werden, das beiden mit gleichem Bewußtſeyn angehört.

Denn ſchon jetzt ſind ja die Todten mit den Lebenden wie die Lebenden ſelbſt unter einander, durch unzählige ſolche gemeinſchaftliche Elemente verwachſen; aber erſt, wenn der Tod den Knoten löſt, den der Körper um die Seele jedes Lebenden zieht, wird das Bewußtſeyn dieſer gemeinſchaftlichen geiſtigen Momente in einander fließen.

Jeder wird im Augenblicke des Todes erkennen, daß das, was ſein Geiſt von früher Verſtorbenen aufnahm oder mit ihnen gemeinſchaftlich hatte, ja auch dieſen Geiſtern immer noch mit angehört, und ſo wird er nicht wie ein fremder Gaſt in die dritte Welt eintreten, ſondern wie ein längſt Erwarteter, dem Alle, mit denen er hier durch eine Gemeinſchaft des Glaubens, des Wiſſens, der Liebe verknüpft war, die Hände entgegenſtrecken werden, ihn an ſich zu ziehen als ein ihnen zugehöriges Weſen.

In gleich innige Gemeinſchaft werden wir auch treten mit jenen großen Todten, die lange vor unſerer Zeit die zweite Lebensſtufe durchwandert und an deren Beiſpiel und Lehre ſich unſer Geiſt gebildet. So, wer hier ganz in Chriſto lebte, der wird dort ganz in Chriſto ſeyn. Aber ſeine Individualität wird nicht erlöſchen in der höhern Individualität, ſondern nur Kraft gewinnen in ihr und jener Kraft zugleich verſtärken. Denn welche Geiſter mit einander verwachſen durch ihre gleichen Momente, die gewinnen jeder des andern Kraft zu ihrer eignen.

So werden ſich manche Geiſter gegenſeitig verſtärken durch große Theile ihres Weſens, andre auch nur verknüpft ſeyn durch einzelne zuſammenfallende Momente.

Nicht alle dieſe Verknüpfungen, die auf die Gemeinſchaftlichkeit eines geiſtigen Moments gegründet ſind, werden bleiben; aber die werden bleiben, deren Moment der Wahrheit, Schönheit oder Tugend angehört.

Jedes geiſtige Moment, was nicht die ewige Harmonie in ſich trägt, wird, wenn es auch dieſes Leben noch überdauert, doch endlich in ſich zerfallen, und eine Zerſpaltung der Geiſter bewirken, die eine Zeit lang dadurch zu einem verwerflichen Bunde vereinigt waren.

Und weil die Auflöſung dieſer verwerflichen Momente in der Fortentwickelung der Geiſter dritter Stufe von ſelbſt begründet liegt, ſo wird auch der, deſſen geiſtiges Weſen nur aus ſolchen beſtand, beim Eintritt in die dritte Welt nur noch Wenige finden, an die er ſich anſchlieſſen kann, und mit dieſen wird er zuletzt wieder zerfallen in Zwietracht und

Feindſchaft und ſo zuletzt ganz verſtoßen aus der Gemeinde der edlen Geiſter verſchmachten in der Hölle der Einſamkeit.

Die meiſten geiſtigen Momente, die im jetzigen Leben ſich entwickeln, und die wir in das folgende mit hinübernehmen, tragen zwar einen Kern des Wahren, Guten oder Schönen in ſich, aber eingehüllt durch viel Zuſatz des Unweſentlichen, Falſchen, Verkehrten und Verderbten. Welche Geiſter durch ſolche Momente zuſammenhängen, die können verbunden bleiben oder ſich trennen; je nachdem ſie ſich beide vereinigen, das Gute und Rechte darin feſtzuhalten und das Schlechte den böſen Geiſtern, bei ihrer Scheidung von ihnen, allein zurückzulaſſen oder je nachdem der eine das Gute der andere das Schlechte ergreift.

Welche Geiſter aber einmal ſich einer Form oder Idee des Wahren, Schönen oder Guten in ihrer ewigen Reinheit gemeinſchaftlich bemächtigt haben, die bleiben auch durch ſie verbunden in alle Ewigkeit, und beſitzen ſie auf dieſelbe Weiſe als Theil ihrer ſelbſt in ewiger Einigkeit.

Das Erfaſſen der ewigen Ideen von den höhern Geiſtern iſt daher ein Zuſammenwachſen derſelben durch dieſe Ideen zu größern geiſtigen Organiſmen; und wie alle individualen Ideen in allgemeinen und dieſe in allgemeinern wurzeln, ſo werden zuletzt alle Geiſter als Gliedmaßen mit dem größten Geiſte, mit Gott, zuſammenhängen.

Die Geiſterwelt in ihrer Vollendung wird daher nicht eine Verſammlung, ſondern ein Baum von Geiſtern ſeyn, deſſen Wurzel in dem Irdiſchen eingewachſen iſt und deſſen Krone wieder in Gott wurzelt.

Nur die größten und edelſten Geiſter, Chriſtus, die Genien und Heiligen, vermögen unmittelbar mit ihrem beſten Theile bis zu Gott hinanzuwachſen; die kleineren und geringeren wurzeln in ſie wie Zweige in Aeſte und Aeſte in Stämme ein, und hängen ſo mittelbar durch ſie mit dem Höchſten zuſammen.

So ſind die geſtorbenen Genien und Heiligen die wahren Vermittler zwiſchen Gott und den Menſchen; ſie ſind zugleich der Ideen Gottes theilhaftig, führen ſie den Menſchen zu, zugleich empfinden ſie die Leiden, Freuden und Wünſche der Menſchen, und führen ſie Gott zu.

Man merke aber wohl, daß, wenn des Menſchen

Geiſt auch auf der dritten Stufe zu Gott ſich zu erheben vermag, ſo iſt die dritte Stufe doch noch nicht die höchſte, die er erreichen kann. Nur das, was von Gott in das irdiſche Leben eingeht, vermag durch den Beſchluß dieſes irdiſchen Lebens auf der dritten Stufe vollſtändig vom Menſchengeiſte erfaßt zu werden; aber Gott hat ſich offenbaret in noch höhern Stufen, die wir durch den unbeſtimmten Namen des Himmels zuſammenfaſſen. Zu dieſem ſtrebt der Menſch in der dritten Stufe erſt hinan, um in der folgenden in ihr zu leben. Nichts was auf der Erde vorgeht, wird dem Menſchen der dritten Stufe mehr verborgen bleiben; und die größten Geiſter dritter Stufe werden die Statthalter Gottes auf Erden ſelbſt werden; aber zum Leben in der übrigen Welt wird der Menſch erſt durch einen zweiten Tod geboren werden müſſen.

Sechstes Kapitel.

Indem die höhern Geiſter nicht blos in einzelnen Menſchen wohnen, ſondern indem jeder ſich in mehrere hineinverzweigt, ſind ſie es, die dieſe Menſchen auf geiſtige Weiſe verknüpfen, ſey es zu einer Form des Glaubens, oder einer Wahrheit, einer moraliſchen oder politiſchen Beſtrebung. Alle Menſchen, die irgend eine geiſtige Gemeinſchaft mit einander haben, gehören zum Leibe eines und deſſelben Geiſtes zuſammen und gehorchen der Idee, die von ihm in ſie eingegangen iſt, wie zuſammengehörige Glieder. Oft lebt eine Idee in einem ganzen Volke auf einmal, oft wird eine Maſſe Menſchen zu einer und derſelben That begeiſtert: das iſt ein mächtiger Geiſt, der ſie alle überkommt, in alle epidemiſch hineinſtralt. Freilich nicht blos durch die Geiſter der

Todten geſchehen dieſe Verknüpfungen, ſondern unzählige neugeborne Ideen wirken von den Lebenden in die Lebenden hinein; aber alle dieſe Ideen, die vom Lebenden in die Welt gehen, ſind ja ſchon Glieder ſeines künftigen geiſtigen Organismus.

Wenn nun zwei verwandte Geiſter in der Menſchheit ſich begegnen, und durch ihre gemeinſchaftlichen Momente zu einem größern geiſtigen Individuum verwachſen, ſo treten zugleich die Geſellſchaften, Geſchlechter oder Völker, die erſt einzeln durch ſie verknüpft waren, in geiſtige Gemeinſchaft mit einander und bereichern ſich gegenſeitig durch ihr geiſtiges Beſitzthum. So iſt das Wachsthum der Geiſter der dritten Stufe untrennbar mit dem Fortſchritt der Menſchheit verbunden. Die allmälige Ausbildung des Staats, der Wiſſenſchaften, der Künſte, des menſchlichen Verkehrs, die Organiſation dieſer Lebensſphären von tauſend und abertauſend Ideen zu immer größern harmoniſch gegliederten Ganzen iſt die Folge dieſes Zuſammenwachſens von unzähligen geiſtigen Individualitäten, die in der Menſchheit leben und weben, zu größern geiſtigen Individualitäten.

Wie möchten auch ſonſt jene großartigen Sphären ſich nach ſo unwandelbaren Ideen herausgeſtalten aus dem wirren egoiſtiſchen Treiben der Einzelnen, die mit ihrem kurzſichtigen Auge in der Mitte nicht den Umfang und im Umfang nicht die Mitte erblicken, wenn nicht die klar durch das Ganze ſchauenden höhern Geiſter durchwirkten durch das Getriebe, und indem ſie ſich alle um Gott als ihren gemeinſchaftlichen Mittelpunkt drängen, und dabei zuſammenfließen mit ihren göttlichen Theilen, auch die Menſchen, in denen ſie wirken, dem höhern Ziele vereint zuführeten.

Aber neben der Harmonie der Geiſter, die ſich freundlich begegnen und gatten, beſteht auch ein Kampf der Geiſter, deren Weſen in Widerſpruch iſt, ein Kampf, in dem alles in endlichem Zwiſt Befangene ſich zuletzt ſelbſt aufreiben wird, damit das Ewige in ſeiner Reinheit allein übrig bleibe. Auch dieſes Kampfes Spuren zeigt die Menſchheit auf im Streit der Syſteme, im Haß der Secten, in den Kriegen und Empörungen zwiſchen den Fürſten und Völkern und den Völkern unter einander.

In alle dieſe großen geiſtigen Bewegungen tritt die Maſſe der Menſchen hinein mit blindem Glauben, mit blindem Gehorſam, mit blindem Haß, mit blinder Wuth; ſie hört nicht und ſieht nicht mit den Ohren und Augen des eignen Geiſtes; ſie wird getrieben von fremden Geiſtern nach Zwecken und Zielen, von denen ſie ſelbſt nichts weiß, ſie läßt ſich führen durch Sklaverei und Tod und gräuliche Drangſale, wie eine Heerde folgend dem Antriebe der höhern Geiſter.

Freilich giebt es auch Menſchen, die mit klarem Selbſtbewußtſeyn und mit innerer Selbſtſtändigkeit handelnd und leitend in dieſe große Bewegung eingreifen. Aber ſie ſind nur freiwillige Mittel zu großen vorbeſtimmten Zwecken; durch ihr freies Handeln zwar vermögend, die Art und Schnelligkeit aber nicht das Ziel des Fortſchrittes zu beſtimmen. Nur die haben Großes in der Welt gewirkt, welche die geiſtige Richtung der Gegenwart, in der ſie lebten, erkannt und ihr freies Handeln und Denken nach dieſer Richtung gelenkt haben; wohl eben ſo große Menſchengeiſter, die ihr widerſtrebten, ſind untergegangen, weil ſie nicht mit, ſondern gegen den höhern Geiſt wirkten. Jene hat ſich der höhere Geiſt als Mittelpunkt ſeiner bewegenden Kraft auserſehen, weil er den verwandten Geiſt in ihnen erkannte; ſie ſind nicht ſeine blinden Werkzeuge, aber indem ſie aus eignem Triebe, nach eignem Verſtande handeln, fördern ſie zugleich die Zwecke des größern Geiſtes, und finden ihren Zweck durch ihn geſichert.

Weil aber das geiſtige eigne Weſen keines Menſchen ganz zuſammenfällt mit dem ganzen Weſen des größern Geiſtes, der in ihm und durch ihn wirkt; ſo wird auch der größte menſchliche Genius nicht vermögend ſeyn, eine Idee, deren Verwirklichung im höhern Geiſte beſchloſſen iſt, durch ſich allein in voller Reinheit darzuſtellen; denn was in ſeinem Weſen unangemeſſen dazu iſt, wird noch ſtörende und fremdartige Wirkungen beygeſellen; aber indem der Geiſt Mehrere dazu zuſammen- und einander entgegenführt, und mit allem iſt, was in ſeinem Sinne geſchieht und gegen alles iſt, was wider ſeinen Sinn gethan wird, erfüllt ſich zuletzt ſeine höhere Abſicht.

Siebentes Kapitel.

Der Menſch verkehrt während ſeines Lebens nicht allein geiſtig, ſondern auch materiell mit der Natur.

Wärme, Luft, Waſſer und Erde dringen von allen Seiten in ihn hinein, und ſtrömen nach allen Seiten aus ihm wieder zurück, ſchaffen und wechſeln ſeinen Leib; aber indem ſie, die außer dem Menſchen nur neben einander hergehen, ſich in ihm begegnen und kreuzen, knüpfen ſie einen Knoten, der des Menſchen leibliches Gefühl, und hiermit zugleich alles, was noch innerlicher iſt, als dieß Gefühl, abſchließt vom Gefühle der Außenwelt.

In der That, nur deßhalb fühlt ſich der Menſchenleib nicht als unmittelbaren Theil des mütterlichen Erdleibes, ſondern als ſelbſtſtändig ihm gegenüber, weil, was immer von der Außenwelt in ihn eindringt, nicht unverändert in ihn übergeht, ſondern vor der Aufnahme an der Gränzfläche ſeines Leibes durch das hier Statt findende Aufeinanderwirken aller Elemente ſich ſelbſt umwandelt.

So wird der Geiſt im Leben durch ſeinen Leib abgeſperrt von der Außenwelt, wie durch ein Gehäuſe, und blos durch die Fenſter der Sinne, durch welche die Elemente noch unverändert, noch unverknüpft in ſeinen Leib einſtrömen, vermag er in die Außenwelt hineinzuſehen und hineinzufühlen und ihre Theile in ſich und ſich als ihren Theil zu empfinden.

Wenn aber der Menſch ſterben wird, ſo wird ſich mit dem Verfaulen ſeines Leibes jener Knoten löſen, und der Geiſt, nicht mehr durch ihn gefeſſelt, wird ſich nun mit völliger Freiheit durch die Natur ergießen. Er wird nicht mehr blos die Licht- und Schallwellen da empfinden, wo ſie an ſein Auge und Ohr ſchlagen, ſondern wie ſie im Aether- und Luftmeere ſelbſt fortrollen, nicht mehr blos das Anwehen des Windes und das Anwogen des Meeres gegen ſeinen darin gebadeten Leib fühlen, ſondern in der Luft und dem Meere ſelbſt rauſchen; nicht mehr einſam im Waldes- und Wieſengrün wandeln, ſondern Wald und Wieſe mit den darin wandelnden Menſchen fühlend durchdringen.

So geht ihm alſo nichts verloren im Uebergange zu der höhern Stufe als Werkzeuge, deren beſchränkten Dienſt er miſſen kann in einem Daſeyn, wo er vollſtändig und unvermittelt Alles in ſich tragen und empfinden wird, was in der niedern Stufe ihm durch jener träge Vermittelung nur einzeln und äußerlich nahe trat. Was ſollten wir auch in das folgende Leben noch Aug' und Ohr mit hinübernehmen, um das Licht und den Schall zu ſchöpfen aus dem Borne der lebendigen Natur, da wir ſelbſt zu dieſem Borne geworden ſind.

Die Geiſter der dritten Stufe werden in der irdiſchen Natur, von der die Menſchheit ſelbſt ein Theil iſt, wohnen wie in einem gemeinſchaftlichen Leibe, und alle Proceſſe der Natur ihnen daſſelbe ſeyn, was uns jetzt die Proceſſe unſres Leibes. Ihr Leib wird die Leiber der zweiten Lebensſtufe umfangen als eine gemeinſchaftliche Mutter, gleichwie die Leiber der zweiten Stufe die der erſten umfangen.

Jede niedere Lebensſphäre iſt eingeſchloſſen in der höhern Lebensſphäre, zu der ſie nach dem Durchbruche einſt ſelbſt erwachſen wird; ſie keimt aus ihr, in ihr und durch ſie hervor, mittelſt Adern, die von der höhern in die niedere hineinwachſen. Aber kein Nerv des Bewußtſeyns geht von der einen zur andern. Keine Lebensſphäre hat noch die Anſchauung und das Gefühl der größern Lebensſphäre, in der ſie beſchloſſen iſt und die ſie künftig ſelbſt erfüllen wird. So gleicht der Menſch in ſeinem jetzigen Seyn dem Samenkorn, das, im Schooße der Pflanze wachſend und ſich entwickelnd, doch nichts von dem Lichtleben der Pflanze weiß, das es einſt ſelbſt führen wird, wenn es im Tode von ihr abgefallen.

Achtes Kapitel.

Der Erdleib oder der Leib der Geiſter dritter Stufe liegt in ſich ſelbſt beſchloſſen da, blos durch das Licht und die allgemeine Gravitation hängt er mit einem größern Leibe, der Sonne zuſammen, wie das Kind durch den Nabelſtrang mit dem Leibe der Mutter, und empfängt von ihr alle Anregung zum Leben.

Und ſo wie der Embryo, indem er an der Mutter hängt, ſich fortentwickelt, bis er durch die erſte Geburt in die Lebensſphäre der Mutter ſelbſt übertritt, und ſo wie der geborne Menſch, indem er an dem Erdleibe hängt, ſich fortentwickelt, bis er durch den Tod in die Lebensſphäre der Erde ſelbſt übergeführt wird, ſo werden die Geiſter der dritten Stufe, deren Leib an der Sonne hängt, ſich fortentwickeln, bis ſie im Uebergange zur vierten Stufe in das Sonnenleben ſelbſt hineingeboren werden.

Wenn alſo der Menſch ſeinen Cyclus von drei Lebensſtufen auf der Erde vollendet hat, ſo beginnt er einen neuen Cyclus auf einem höhern Weltkörper, und ſeine höchſte Lebensſtufe auf der Erde iſt nur ein Embryonenzuſtand für ſeine niederſte im höhern Weltenleben.

So iſt die Erde nichts anders als ein Ei, aus dem die Sonne beſtändig Geiſter ausbrütet, die nach ihr emporfliegen auf Schwingen des Lichtes.

In ihrem Sonnenleben werden die Geiſter mittelſt des Lichtſtrals und der Gravitation in alle Weltenräume hinausblicken und hinausfühlen, und verkehren mit Sonnen und Planeten, ſo weit der Flug des Lichts und das Fühlen durch die Schwere reicht. Das bunte Leben und Weben auf allen Planeten wird durch den gemeinſamen Sinn des Lichtes von den Sonnenweſen in einem Augenſchlage mit gleicher Klarheit überſchaut werden, als von uns unſre nächſte Umgegend; und ſo werden wir, obwohl nur auf einem derſelben geboren, doch alle einſt kennen lernen, ohne nöthig zu haben, das Leben auf allen einzeln zu durchlaufen. Alle Geiſter, die auf den einzelnen Planeten ſich fremd gelebt haben, werden ſich auf der Sonne begegnen in derſelben Lebensſphäre; und jeder wird nicht nur den Schauplatz ſeines eignen frühern Lebens, ſondern auch die Erziehungsplätze aller andern Geiſter dort überſehen. Aber auf einer folgenden Stufe werden die Geiſter von der einzelnen Sonne in das freie unendliche Meer der Sonnen und Planeten ſelbſt hinausgeboren werden, wo nur die Gränzenloſigkeit des Geiſtes Gränze iſt; und in einer noch ſpätern Stufe werden ſie zum ewigen Quell gelangen, aus dem Zeit und Raum hervorſtrömen, der ſelbſt aber nicht zeitlich noch räumlich iſt; und endlich werden ſie über Zeit und Raum emporwachſen und ſich in Gottes ewige Klarheit verſenken.

Neuntes Kapitel.

So ſchauet denn muthig hinaus über das Grab und laßt euch nicht kümmern die blinde Lehre, welche ſagt, der menſchliche Geiſt zergehe bei ſeinem Tode in den abſoluten Geiſt, wie des Menſchen Körper der allgemeinen Erde zurückgegeben wird.

Es iſt wahr, der Menſch geht nach dem Tode in das Abſolute zurück, aber nicht nach dem nächſten, ſondern nach dem letzten Tode, und nicht wie ein Regentropfen zerfließt in ſeinem Urquell, dem Meere, ſondern wie ein Schmetterling ſeine Eierſchale und ſeine Raupenhäute abſtreifend auffliegt in ſein reines älterliches Element.

Nichts anders iſt der letzte Tod des Menſchen oder jedes Geiſtes, als die Aufnahme eines neuen ſelbſtſtändigen individuellen Moments, das ſich während ſeiner Lebensſtufen und durch dieſelben entwickelte, in den Anfangs der Schöpfung noch unbeſtimmten Urgrund des Seyns, wodurch dieſer ſich fortbeſtimmt und fortentwickelt.

Das Abſolute iſt nicht ein Kirchhof für zerfallende Leichname, ſondern die Geburtsſtätte göttlicher Kinder, die dort zu Engeln erwachſen, welche Gott dienen werden als ſein Auge, ſein Ohr und ſeine Hand, mit denen er hinausreicht in die niedern Welten, herab bis in die unſre.

Nachſchrift.

Die erſte Anregung zu der in dieſer Schrift ausgeführten Idee, daß die Geiſter der Geſtorbenen als Individuen in den Lebenden fortexiſtiren, ward mir durch eine Unterredung mit meinem, damals in Leipzig, jetzt in Halle lebenden, Freunde, Profeſſor W. Indem dieſe Idee in eine Reihe verwandter Vorſtellungen bei mir theils eingriff, theils ſolche erweckte, hat ſich dieſelbe auf vorſtehende Weiſe geſtaltet und durch eine Art nothwendigen Fortſchritts zur Idee eines höhern Naturlebens der Geiſter erweitert. Inzwiſchen hat der Urheber derſelben, wie in der Religionsphiloſophie überhaupt, ſo namentlich in der Unſterblichkeitslehre, eine von der hier verfolgten ganz verſchiedene und ſich directer an das kirchliche Dogma anſchließende Richtung genommen, welche ihn ſogar von jener Grundidee großentheils oder ganz wieder abgeführt hat, daher ich, indem ich ihn als Schöpfer derſelben glaubte bezeichnen zu müſſen, doch nicht mehr als ihren Vertreter zu nennen wage. Die eignen Anſichten dieſes Philoſophen über den betreffenden Gegenſtand wird man in einem, demnächſt von demſelben zu erwartenden, Werke entwickelt finden.

Geſchrieben in Gaſtein, im Auguſt 1835.

Von Dr. **Mises** ſind ferner erſchienen:

- I. **Beweis, daß der Mond aus Jodine beſteht.** 2te Aufl. 1832. 4 Gr.
- II. **Panegyrikus der jetzigen Medicin und Naturgeſchichte.** 8. 1822. 8 Gr.
- III. **Stapelia mixta.** 8. 1824. 1 Thlr. 8 Gr.
- IV. **Vergleichende Anatomie der Engel.** 8. 1825. 6 Gr.
- V. **Schutzmittel für die Cholera.** 12. 1832. 15 Gr.

Gedichte

von

Dr. Mises.

Leipzig, 1841.
Druck und Verlag von Breitkopf und Härtel.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Inhaltsverzeichniß.

Balladen.

Der gute Schmied 3
Die Krone und das Lamm 7
Windesbotſchaft 9
Der Welle Botſchaft 11
Die rothe und weiße Roſe 13
Der Goldfiſch 14
Die Nacht im Ahnenſaale 18
Die Botſchaft von der Jagd 22
Des Räubers Sohn 24
Die kleine Marie 26
Die Spinnerin 28
Die Kanne 29
Die Bachſtelze 31
Maria und Eliſabeth 33
Eliſabeth und Eſſex 35
Johann ohne Furcht 38

Vermischtes.

Der Vogelſteller 45
Das Gefühl 46
Dichters Aufgabe 47
Der geblendete Vogel 48
Der ſchwarze Vogel 49

Nächtliches Geſicht	50
Ein Lied in Trübſal	51
Der Augenkranke	54
Wiegenlieder	55
Die junge Pflanze	59
Der Streit der Blumen	62
Des Steinmetzen Werkſtatt	64
Die entwendete Roſe	65
An einen Falken	66
Kinder im Sande	67
Die Begegnung	68
San Lazaro	69
Der Hahnenſchrei	71
Der Traum	72
Gedankenflug	74
Morgen und Frühling	76
Berglieder	89
Der Wein	109
Blumenverſe	127
Herzensverſe	128
Apoll von Belvedere	132
Der Froſchteich	134
Die Pappeln	136
Der gefangene Adler	138
Die vier Hühnchen	141
Der Mäuſehimmel	143
Der Krebs und der Schneider	145
Möpschen und Aeffchen	147
Die ſechs Kleckſe	151
Die Entſtehung der Kopfnuß	155
Sprüche und Epigramme	158
Fürs Tiſchlein ein Wiſchlein	161
Räthſel und Charaden	174

Balladen.

BAYERISCHE
STAATS-
BIBLIOTHEK
MÜNCHEN

Der gute Schmied.

'S iſt in der guten Schmiede ſtill,
Verlöſchen auf dem Heerde will
Der Kohlen letztes Funkeln;
Der Blasbalg ſauſet aus ſein Lied,
Der ſtarke Hammer hat nun Fried',
Der Schmied ſitzt ſtill im Dunkeln.

Ei Hammer, wardſt mir heut ſo ſchwer,
Ich fühl's, es taugen mir nicht mehr
Zu ird'ſchem Werk die Hände;
Bitt', Gott, dich drum aus Herzensgrund,
Wollſt bald mir geben Feierſtund',
Und ſelig mach' mein Ende.

Wie er ſo ſitzt und vor ſich ſchaut,
Gemahnt's der Jugend ihn, der Braut,
Die Gott von ihm geſchieden:
Und laß ich Weib und Kind nicht hier,
So ſoll zurück doch bleiben mir
Der Ruf des guten Schmieden.

Da hört er's nahn mit leiſem Schritt,
Ein Mägdlein weiß von Kleide tritt
Ins Dunkel ſeiner Hütte;
Es beut ihm frommen Gruß die Maid
Und ſpricht: eh ihr macht Feierzeit,
Gewährt noch eine Bitte.

Grabſcheit und Schaufel brauch ich neu;
Sorgt, daß mir beides fertig ſei
Zur Arbeit früh im Grünen;
Und, dünkt es euch auch etwas ſpat,
Wißt, es iſt eine gute Saat,
Zu der ſie müſſen dienen.

Der Stimme feſter heller Klang
Den alten müden Schmied bezwang,
Er ſpricht: gilt's gutem Werke,
Steht meine Hand euch zu Gebot,
Und ob mir Müdigkeit giebt Noth,
Giebt Gott dazu wohl Stärke.

Er ſchürt der Kohlen Reſt zurecht,
Er zieht am Blaſebalg nicht ſchlecht,
Die Gluth muß wieder lodern,
Er legt hinein das Eiſen gut,
Schaut ſorglich nach, recht iſt die Gluth,
Nun wird es Arbeit fodern.

Er hebt erſt an mit Schlägen ſchwach,
Doch bald wird alte Kraft ihm wach,
Wird Jugend in ihm mächtig;
Es wächſt dem Hammer die Gewalt,
Der Ambos ſtark und ſtärker hallt,
Die Funken ſtieben prächtig.

Die Maid ihn wohl nicht ſtören will,
Sie ſtehet vor dem Ambos ſtill,
Indeß die Arbeit währet.
Die Gluth beſtrahlet ihr Geſicht,
Ihr Antlitz und ihr Kleid ſind licht
Wie Morgenroth verkläret.

Vollbracht iſt bald der Arbeit Lauf,
Da hebt der Schmied die Augen auf,
Sieht ſtehen ſie im Glanze.
So ſtand die Braut, die ihm geraubt
Der Herr, bevor ſie noch ihr Haupt
Schmückt mit dem Myrtenkranze.

Doch heut im Haar trägt ſie ihn grün.
Wie hell und mild ſchaut ſie auf ihn!
Der Erd' will's ihn entrücken.
Nicht hemmt er drum der Arbeit Lauf,
Doch immer blickt er wieder auf,
Am Schaun ſich zu erquicken.

Gethan der letzte Schlag nun war,
Da reicht er ihr die Arbeit dar;
Sie ſpricht: du haſt hienieden
Als guten Schmied dich bis zuletzt
Erzeigt; getroſt komm mit mir jetzt
Hin, wo dein Lohn beſchieden.

Sie rührt ihn an, der Hammer fiel,
Um Haupt und Herze wehn ihm kühl
Zwei lichte Engelsflügel;
Aus Nacht zum Licht da ſtiegen ſie:
Grabſcheit und Schaufel warfen früh
Ins Land den grünen Hügel.

Die Krone und das Lamm.

Es war ein ſchöner Garten,
Der kleine Königsſohn
Spielt dort auf goldnem Gange
Mit einer goldnen Kron'.

Es war eine grüne Wieſe,
Da trieb mit grünem Reis
Ein fröhlich Kind ſein Lämmlein,
Das wie der Schnee ſo weiß.

Das Gatter war wohl offen,
„Dein Lämmlein gieb es mir!" —
„Mein Lämmlein ſollſt du haben,
Doch gieb die Krone dafür!"

Er ſetzt ihr auf die Krone:
„Meine Königin ſollſt du ſein."
Sie bringt ihm zu das Lämmlein:
„Und du der Schäfer mein."

Das Gatter wird verſchloſſen,
Das Kinderſpiel iſt aus,
Da nimmt er heim ſeine Krone,
Sie treibt ihr Lamm nach Haus.

8

Das Schloß am Gatter verroſtet,
Ein König ſteigt zu Thron,
Die Lämmlein gehn auf der Wieſe,
Auf dem Schloſſe ſtrahlet die Kron'.

Da kam ein goldner Abend:
Der König ſah noch ziehn
Am Himmel ein ſilbernes Lämmlein,
Die Schäferin Kronen glühn.

Windesbotſchaft.

Geh Wind, geh Wind
Uebers Waſſer geſchwind!
Da ſitzt ein arm Kind,
Dem iſt wohl bange, wohl bange,
Das härmt und grämt ſich ſchon lange.
Geh Wind, geh Wind
Uebers Waſſer geſchwind;

Und Botſchaft bring
Dem armen Ding;
Du kennſt ſie am Ring,
Am Ring, dran iſt eine Taube,
Den gab ich in heimlicher Laube
Dem armen Ding,
Und ging, und ging.

Sag', daß ich ſchwomm
Zum Meer, daß ich komm',
Bin wieder fromm.
Im Fenſter des kleinen Häuslein
Da findſt du ein Myrtenſträußlein,
Dem ſag' im Ziehn:
Sei grün, ſei grün!

Der Wind richt's aus,
Er ſind't das Haus
Mit dem Myrtenſtrauß;
Da ſpricht er ohn' Beſinnen:
Sag', iſt das Mägdlein drinnen,
Das arme Ding
Mit dem Täublein am Ring?

Der bring ich her
Gar ſchöne Mähr,
Die ſtillt die Zähr',
Macht ihr wohl frohe Mienen,
Du aber ſollſt ſchön grünen
Zum Hochzeitskranz;
Ich komm' zum Tanz.

Nicht hier, o Wind,
Such's arme Kind;
Fahr hin zur Lind'!
Da ruht's; hat ſchon ſein Kränzlein;
Magſt tanzen dort dein Tänzlein.
Nichts frommt, o Wind,
Deine Mähr dem Kind.

Der Welle Botſchaft.

Es liegen Muſcheln an dem Strand,
Zerborſtner Kiel ragt aus dem Sand,
Ein Leichnam liegt dabei geſtreckt,
Kommt eine Wog', den Fuß ihm leckt.

Verläßt alsbald den ſchlimmen Ort,
Wankt wohl durch tauſend Meilen fort,
Ob's ſtürzt entgegen, kreuzt den Lauf,
Nichts hält die Wog' im Wandern auf.

Ein Mägdlein ſitzt am Meeresſtrand,
Spielt mit den Muſcheln in dem Sand;
Die Woge kommt, leckt ihr den Fuß:
Kühl ſteigt zum Herzen auf der Gruß.

Die Woge rauſcht, die Woge ſpricht,
Hell vor der Maid ſteht das Geſicht,
Die Woge ſchwankt, die Seele wankt,
Sie fühlt, wie ſich's ums Herze rankt.

Weh', ruft ſie, um ihn iſt's gethan,
Und weh', was faßt mich ſelber an!
Die Wog' zerſtiebt zu weißem Schaum,
Und wie die Woge, ſo der Traum.

Nicht liegt am Strand er hingeſtreckt,
Durch ſeinen Kuß wird ſie geweckt;
Nicht liegt's zerſchellt auf ödem Riff,
Der Braut die Perlen bringt ſein Schiff.

Die rothe und weiße Roſe.

Ein Röslein weiß, ein Röslein roth,
Am Kloſterthore prangen;
Durchs Thor hinaus tritt eine Maid
Mit roſenrothen Wangen.

Sie bricht im Gehn das Röslein roth:
„Will nun der Welt mich freuen.“
Das Röslein weiß hält ſie am Kleid:
„Du wirſt die Wahl bereuen.“

Ein Röslein roth, ein Röslein weiß,
Am Kloſterthore prangen;
Durchs Thor hinein tritt eine Frau
Noch jung, mit bleichen Wangen.

Sie bricht im Gehn das Röslein weiß;
„Bin aus der Welt hier wieder.“
Das rothe Röslein läßt ſie ziehn,
Und bückt ſich ſtille nieder.

Der Goldfiſch.

Die Sonne ſchien ſo helle,
Das Waſſer rann ſo klar,
Da ſpielte in der Welle
Ein Fiſchlein goldig gar;
Es blinkerte und blitzte
Und ſchwenkte ſich und ſpritzte,
Ei wie das luſtig war.

Die Sonne ſchien ſo helle,
Das Waſſer rann ſo klar;
Es blickte in die Welle
Ein Knab' mit goldnem Haar,
Sahs Fiſchlein blinkern, blitzen,
Und ſchwenken ſich und ſpritzen;
Gefiel ihm ganz und gar.

Möcht', Fiſchlein, möcht' dich fangen,
„So komm doch her zum Land!"
„Trag' auch nach dir Verlangen,
Doch darf nicht hin zum Strand;
Im Waſſer, in dem kühlen,
Komm, Knab', mit mir zu ſpielen!
Da bin ich gleich zur Hand."

Die Sonne ſchien ſo helle,
Das Waſſer rann ſo klar;
Hernieder ſtieg zur Welle
Der Knab' mit goldnem Haar,
Thät nach dem Fiſchlein langen,
Denkt ſchon, er hat's gefangen;
Huſch, fort das Fiſchlein war.

„Ei Knab', nicht geht's ſo ſchnelle,
Laß fangen mich nicht hier,
Weiß eine ſchönre Stelle,
Da ſpiel' ich gern mit dir."
Das Fiſchlein ſchwang ſich, ſchlang ſich,
Und macht bald kurz bald lang ſich:
„Komm Knabe folge mir!"

Der Knab' iſt nachgegangen,
Langt immer mit der Hand,
Und konnt's doch nicht erlangen,
Ein Fiſchlein iſt gewandt:
Fiſch ſchwimmt und Knabe tappelt,
Fiſch taucht und Knabe zappelt,
Langt wieder nach dem Land.

Die Sonne ſchien ſo helle,
Das Waſſer rann ſo klar;
Sich ſonnen in der Welle

Viel Mägdlein grün von Haar:
„Was bringſt du, Fiſchlein, heute,
Was bringſt du uns für Beute?“
So rief die muntre Schaar.

„Ihr Mägdlein ſchön und holde,
Ein Knäblein bring' ich dar,
Sein Haar iſt ganz von Golde,
Sein Auge blau und klar.“
Sie huben an zu ſingen:
„Der Herrin woll'n wir's bringen,
Nichts je ſo lieblich war.“

Sie plätſchern all' im Kreiſe
Wohl um das Knäblein rund,
Sie faſſen's allerweiſe,
Sie küſſen's auf den Mund:
„Mußt, Knäblein, mußt dich fügen,
Mußt nun im Schooße liegen
Der Fee vom Waſſergrund.“

Doch kaum daß ſie ſo ſangen,
Zerſtoben ſie mit Schrein;
Es ſchlug mit einer Stangen
Von oben mächtig drein,
Und ſcheltend rief's: „Ihr fixen
Vermaledeiten Nixen,
Es ſoll euch nicht gedeihn!

Ihr laſſet mich nichts fangen,
Den Fang verderb' ich euch!"
Der Knab' griff nach der Stangen:
Zeuch, guter Fiſcher, zeuch!
So oft zum Waſſer gingſt du,
So ſchönes Fiſchlein fingſt du
Im Fluſſe nicht, noch Teich.

„Was bringſt du für das Fiſchlein
Mir, Fiſcher, heut zum Kauf?"
„Fing nur ein einzig's Fiſchlein!"
Sein Körblein deckt er auf:
Müd' ſchlief der Knab', der holde;
Die Mutter wog mit Golde
Den Fang des Fiſchers auf.

Der Fiſcher warf die Netze:
„Da, Knab', ein Goldfiſchlein!
Das ſchöne Fiſchlein ſetze
In eine Schale drein!"
Schön Fiſchlein in der Stube,
Wer Andern gräbt die Grube,
Ei, der fällt ſelbſt hinein!

Die Nacht im Ahnenſaale.

Das Schloß, das Schloß erzittert
Vom Grunde bis zum Knauf,
Der Sturm ſitzt in dem Bügel,
Reißt auf die Fenſterflügel;
Hei! alte Ahnen auf!

Da ſchwankt es an den Wänden,
Lebendig wird der Chor;
Die grauen Ahnenbilder,
Sie ſchwenken ihre Schilder,
Sie treten all' hervor;

Sie ſteigen all' hernieder,
Sie ſteigen wieder auf
Auf Nebelroſſe ſchäumend,
Wild ſchnaubend und ſich bäumend,
Die Ahnfraun mit im Hauf.

Die Ritter alle grimmig,
Die Frauen traurig ſchaun:
Da ſind auch viele Knappen,
Die laden auf die Wappen
Und helfen auf den Fraun.

Der Urahn vornen winket,
Es haben's Alle Acht!
Ein Brauſen giebt's, ein Grauſen,
Durchs offne Fenſter ſauſen
Sie alle in die Nacht.

Sie ſauſen wie Gewitter
Nach einem fernen Thurm.
Ruinen rings, nichts weiter!
Da ſchwinden Roß und Reiter,
Und ſtille wird der Sturm.

Der Graf ſteht auf vom Lager,
Geht durch den Ahnenſaal,
Das Fenſter zu verſchließen:
Da ſieht er drohend grüßen
Den Urahn noch einmal.

Ein wunderſchönes Fräulein
Mit einer Grafenkron'
Sitzt auf dem Thurm in Harme;
Er ſtrecket aus die Arme:
In Nacht ſank alles ſchon.

Wie war's ſo friſch und luſtig,
Wie wird es nun ſo ſchwül,
So dumpf mit einem Male
Im weiten Ahnenſaale
Dem Grafen auf dem Pfühl.

Und wieder wird's lebendig,
Es dränget ſich herein
Durch das verſchloſſne Fenſter
Ein neuer Zug Geſpenſter,
Der iſt von anderm Schein.

Es ſchlumperte, es ſchleppte,
Es humpelte, es kroch;
Die Einen trugen Päcke,
Die Andern huckten Säcke,
Und zwiebelhaft es roch.

Sie liefen zu den Kaſten,
Sie wandten alles um:
Wohl wenig ſchien's zu munden,
Was ſie allda gefunden;
Doch blieben alle ſtumm.

Mit Gold und Perl' beladen
Ein Jungfräulein war da;
Die trat hin zu dem Grafen,
Der wieder hat geſchlafen,
Doch ſchlafend alles ſah.

Sie griff nach ſeinem Ringe,
Dran war ein Edelſtein;
Den prüft ſie mit der Feile
Und ſpricht nach einer Weile:
Der ſcheint doch ächt zu ſein.

Steckt ihn an ihren Finger:
Da neigt ſich tief der Chor,
Wirft hin die alten Päcke,
Huckt ab die Lumpenſäcke,
Steigt an der Wand empor.

Steigt in die leeren Rahmen,
Füllt alle wieder aus,
Und eine gute Strecke
Noch hängen Bärt' und Röcke
Aus jedem Bild heraus.

Der Graf der iſt erwachet;
Schon hallet Glockenlaut:
Da führt er mit Erbauung
Zur Tauf' erſt, dann zur Trauung
Hin ſeine reiche Braut.

Die Botſchaft von der Jagd.

Was ſchlägt ſo grimm mit Flügeln,
Was hackt ans Fenſter wild?
Es iſt des Herren Falke:
„Sag' an, Falk', was du willt?
Der Herr zur Jagd ritt nieder;
Wie kehrt er heim ſchon wieder?
Der Falk' iſt treu dem Herrn,
O Buhle, bleibe fern!“

Was heulet vor der Thüre,
Was kratzt daran ſo wild?
Es iſt der Hund des Herren:
„Sag' an, Hund, was du willt?
Der Herr zur Jagd ritt nieder;
Wie kehrt er heim ſchon wieder?
Der Hund iſt treu dem Herrn,
O Buhle, bleibe fern!“

Was wiehert vor dem Thore,
Was ſtampft und ſcharrt ſo wild?
Es iſt des Herren Rappe:
„Sag' an, Rapp', was du willt?
Der Herr zur Jagd ritt nieder;
Wie kehrt er heim ſchon wieder?
Das Roß iſt treu dem Herrn,
O Buhle, bleibe fern!“

Was ſteigt hinan die Stiegen,
Was klopfet an ſo wild?
Der Herr iſt's nicht, der Buhle:
„Sag', Buhle, was du willt?
Der Herr zur Jagd ritt nieder,
Doch kehrt er heim ſchon wieder;
Mir banget vor dem Herrn;
O Buhle, wärſt du fern!"

Sein Arm thät ſie umringen,
Sein Arm und Wort war wild:
„Dafür hab' ich geſorget,
Sag' was du mehr noch willt?
Dein Herr ſoll uns nicht ſtören,
Dein Herr ſoll mir nicht wehren,
Was fürcht' ich deinen Herrn!
Der bleibt im Walde fern."

Am Fenſter ſchlägt's mit Flügeln,
Heult an der Thüre wild,
Es ſtampft und ſcharrt am Thore,
Am Schwert es blutroth quillt.
Es geht durchs Schloß ein Grauen,
„Gott helf' mir armen Frauen!
Du ſchlugeſt meinen Herrn,
So bleib mir ewig fern."

Des Räubers Sohn.

Den kühnen Räuber hat man gefangen,
Es jauchzt das Volk als er mußt' hangen;
Gefangen ward mit des Räubers Sohn,
Den zog man auf um Gottes Lohn.

Des Räubers Sohn hat wilde Mucken:
Da mußt' er unter Schlägen ducken,
Man hielt ihm Predigten ſo lang,
Bis ihm der kühne Muth ward krank.

Verlernen mußt' er die freien Lieder,
Verlernen mußt' er die Kraft der Glieder,
Verlernen den ſichern Schuß zum Ziel,
Und führen lernen den Gänſekiel.

So zog man ihn, den jungen Leuen,
So zwang man ihm den Sinn, den freien.
Er mußte werden gelehrt und gut,
Er, den der Vater getauft mit Blut.

Ward ſtill und ſtiller von Tag zu Tage:
Man dachte, daß ihn wohl Kummer nage,
Dieweil er ſei eines Räubers Kind,
Hielt drum ihn nur für frömmer geſinnt.

Ward von den Schülern einer der beſten,
Ging zierlich einher in Frack und Weſten;
Nur, wenn er Waffen ſah und Blut,
Stieg ins Geſicht ihm rothe Gluth.

Da ſtand er einſtens im Gedränge;
Nach fremden Thieren ſchaut die Menge;
Der Leu im Käfig liegt und brüllt,
Der Tiger wandelt unruhig wild.

Der Panther ſchlägt mit dem ſtarken Schweife,
Den Schnabel wetzen zwei mächtige Greife;
Der Wärter bringt die Speiſe voll Blut;
Das heult und brüllt und lechzt voll Wuth.

Ein Lehrer ſpricht: merk' an den Thieren
Genau auf Formen und Manieren,
Das was man in Natur geſehn,
Läßt Buch und Bild um ſo beſſer verſtehn.

Doch in des Knaben Bruſt inwendig
Wie in den Käfigen wird's lebendig:
Gedanken wie Tieger und Leuen groll'n,
Die Feſſeln ſchüttelnd ins Freie woll'n.

Und heulend läuft er zurück zum Walde,
Des Vaters Genoſſen find't er balde;
Mit Jauchzen hört er der Büchſe Ton,
Mit Jubel empfängt man des Hauptmanns Sohn.

Die kleine Marie.

Das kleine Mariechen, das kann nicht mehr,
Sie ſitzt im Schnee und weinet ſehr;
Ihr Kleidchen! ach, das iſt gar zu dünn;
Sie reibt die Händlein her und hin.

Schneeglöckchen ſoll ſie bringen nach Haus;
Schneeglöckchen, die ſind noch nicht heraus;
Mariechen allein mußt' hinaus auf die Au':
Stiefmutter, das iſt eine böſe Frau.

„Ach Mutter, wie hatt' ich's bei dir ſo warm!
Ach ſäheſt du, Mutter, wie ich bin arm!
Ach wär' ich doch wo mein Schweſterlein iſt,
Die nahmſt du zu dir am heiligen Chriſt.“

Sie ſieht auf der Erde noch einmal ſich um;
Wie wird nun Alles ſo finſter und ſtumm!
So weiß iſt die Erde, ſo ſchwarz iſt der Tod,
So licht ſteht drüber im Himmel das Roth.

Da ſpricht's im Himmel: lieb' Mutter mein,
Soll ich nun holen mein Schweſterlein?
Sie liegt im Schnee und ſchläft ganz ſtill.
Die ſpricht: ja jetzt iſt's Gottes Will'.

Das Englein herab geflogen kam,
Das kleine Mariechen zum Himmel mit nahm,
Und legt ſie der Mutter gleich in den Schoos:
Da wird ſie warm und die Glieder los.

Und wie ſie die Augen hat aufgethan,
Da ſehn ſie die Augen der Mutter an:
's iſt alles ſo herrlich, verwunderlich;
Zwei ſchöne Flügel gar ſieht ſie an ſich.

Was in dem Schnee liegt kalt und ſchwer,
Das iſt das kleine Mariechen nicht mehr.
Der bieten die Engel jetzt Spiel und Willkomm,
Das ſind die Kindlein, die waren hier fromm.

Die Spinnerin.

Ein Mägdlein ſitzet vor der Thür,
Das Mädlein dreht ſich um:
„Was ſpinneſt du, fein Mägdlein dir?“
„O kümmre dich nicht drum!“

„Ei Mägdlein, ei würdſt nicht ſo roth,
Spännſt nicht das Brautbett dein.“
„Zum Brautbett thät die Braut erſt noth,
Die ſpinnt wohl feinern Lein.“

„Der Lein iſt gut, der Lein iſt gut,
Nur viel zu ſpröd', o weh!“
„Und iſt er ſpröde, ei das thut
Der Spinnerin blos weh.“

„Wenn ſpröde thun dir wehe thut,
So helf' ich dir ſogleich.“
Er küßt die Dirne wohlgemuth
Brautlinnen gab's da weich.

Die Kanne.

„Ei Anne, Anne, ſag' mir doch an:
Wo haſt du die Kanne denn hingethan?“
„Lieb' Mutter, mög's euch nicht machen Verdruß,
Beim Waſſerholen nahm mit ſie der Fluß,
Hinunter zur neuen Mühle;
Es giebt ja der Kannen noch viele.“

„Ei Anne, Anne, was iſt denn das?
Verlierſt ja ſonſt weder Kanne noch Faß,
Doch ſeit das Mühlrad da unten geht um,
So dreht ſich's im Kopfe dir auch herum,
So iſt es mit dir nicht richtig,
So biſt du zu nichts mehr tüchtig.“

„Guten Morgen Frau Nachbarn! hätt's nicht gedacht,
Daß ihr ſo zeitig ſchon aufgewacht;
's iſt wahr, 's iſt wahr, der Morgen erfriſcht:
Da hab' ich im Waſſer was aufgefiſcht;
Nehmt's hin, nehmt's hin Jungfer Anne!
Wohl euer iſt, denk' ich, die Kanne.“

„Ade, Herr Müller, habt ſchönen Dank!“
„Ei Anne, Anne, nun merk' ich den Schwank,
Der Roſenſtrauß, den du pflückteſt heut,
Wie kam er doch an des Müllers Kleid?
Und die Myrte dafür in der Kanne,
Was heißt denn das, Jungfer Anne?“

An Maximiliane von J.

Die Bachſtelze.

Die Marel auf der Zinnen,
Bachſtelzchen in der Rinnen,
Wer hat den frohſten Muth?
Wie beide ſich erblickten,
Gleich freundlich ſie ſich nickten,
Als wär's verwandtes Blut.

Bachſtelzchen thut manierlich,
Hüpft auf und ab gar zierlich
Dort auf der alten Schanz',
Singt hell und immer heller,
Und giebt ſich kleine Schneller
Mit ſeinem kleinen Schwanz.

Bei Mareln ſtand ein Weiſer,
Der weiſt ihr Schloß und Häuſer,
Und Wieſen, Garten, Feld,
Und ſpricht, als er's gewieſen,
Was iſt es, das von dieſen
Am beſten dir gefällt?

Was ſoll'n mir Stock und Steine,
Spricht ſie, was todte Zäune!
Das laſſ' ich Alles dir.
Am beſten hat gefallen
Bachſtelzchen mir von Allen,
Komm, Vögelchen, mit mir!

Drauf iſt ſie fortgezogen,
Bachſtelzchen nachgeflogen;
Der Weiſe ſinnt allein.
Dann ſchnell den Weisheitsplunder
Wirft er vom Schloß hinunter
Und ziehet hinterdrein.

Maria und Eliſabeth.

1.

Es ſteht ein ſchwarz Gerüſte
In einem ſchwarzen Saal;
Die Königin Maria
Dort betet zum letzten mal,

Und ſchwört: mög' Gott meine Seele
Hinſenden zu ewiger Noth,
Wenn ich der Sünde bin ſchuldig,
Um die ich leide den Tod.

Mit Weinen nehmen die Frauen
Ihr ab das Obergewand;
Sie theilet aus ihr Geſchmeide;
Man legt um die Augen ein Band.

Da plötzlich in hellem Geſichte
Eine Brücke ſich vor ſie ſtellt;
Der Darnley ſteht drüben und winket,
Und das Beil des Richters fällt.

2.

Eliſabeth, die Königin,
Spricht zu ſich auf dem Thron:
So lang das Haupt ihr ſitzet,
Sitzt mir nicht meine Kron'.

Eliſabeth, die Königin,
Die wandelt in dem Saal,
Sie wandelt wie eine Löwin
Und eine Füchſin zumal.

„Geſchrieben hab' ich's, geſchrieben;
Doch ſteht's noch in meiner Huld;
Und mißverſtand mich der Schreiber,
So komme auf ihn die Schuld."

Da pocht's, da kniet ein Bote:
„Gefallen iſt das Beil!"
Da jauchzt es durch die Straßen:
Der Königin ſei Heil!

Es läuten alle Glocken;
Da ſteht ſie nun voll Leid:
„Von zwanzigjähr'gem Ruhme,
Weh' mir, das Grabgeläut!"

Eliſabeth und Eſſex.

1.

Dem Grafen Eſſex die Königin bot
Einen Ring von ihrem Finger:
„Den zeige mir in der höchſten Noth,
So will ich ſie machen geringer.“

Zum Grafen Eſſex die Königin ſpricht:
Wohl Unart will ich verzeihen;
Nur rühre mir an mein Scepter nicht,
Das müßteſt du bitter bereuen.

Graf Eſſex lacht, wenn die Königin droht,
Die Königin ſchlägt ihm die Wangen;
Graf Eſſex alles Volk aufbot,
Nun liegt er im Tower gefangen.

2.

Graf Eſſex, der fürchtet kein Gericht;
Das Ringlein in ſeinen Händen
Wohl alle Feſſeln und Thore zerbricht
Und mag den Tod von ihm wenden.

„Den Ring tragt mir zu der Königin.“
So beſchwört er der Königin Dame;
Die nimmt den Ring, ſie gehet hin
Und legt ihn zu ihrem Krame.

Die Königin harret, es harret der Graf,
Die Königin harret wohl bänger:
„Und will er nicht Gnade, ſo leid' er die Straf';
Ich will es verſchieben nicht länger.“

Es klopfen die Hämmer, es ſteigt das Gerüſt,
Die Königin harrt noch voll Schmerze:
Der Ring iſt verſchloſſen, es ſtreichet die Friſt,
Da trifft's ein Haupt und ein Herze.

3.

Der Königin dünket die Krone ſchwer,
Sie muß ſie mit Leide tragen;
Der, den ſie hatte geliebt ſo ſehr,
Den hat ſie ſelber erſchlagen.

Und die Lady wirft's auf das Todtenbett:
Zur Königin hin ſie ſendet:
„Nicht weigert mir Gnad' an letzter Stätt',
Ich hab' euch dies Ringlein entwendet.“

Da faßt die Königin hart ſie an:
„Verzeihen kann ich euch nimmer;
Ob ihr von Gott mögt Gnade empfahn,
Seht zu!“ — und wich aus dem Zimmer.

Und nahm nicht zu ſich Speiſe noch Trank,
Und weinte zwanzig Nächte:
Da hallte von den Thürmen der Klang
Ob der letzten von Tudors Geſchlechte.

Johann ohne Furcht,

Herzog von Burgund.

Johann, Burgundens Herr, der fürchtete nicht Gott
Und fürchtet' Menſchen nicht, es war ihm alles Spott;
Drum hat man ihn genannt den Herzog ohne Scheue;
Doch beſſer hieß man ihn den ohne Glaub' und Treue.

Er faßt ſein Scepter an und wirft es aus der Hand:
Was nutzt doch, ſprach er, mir des ſchwachen Reiſes Tand?
Die beſten Waffen gebt und gebt die beſten Tücken,
Daß nicht vor Frankreich mehr Burgund ſich müſſe bücken.

So ſinnend ſaß er da bis Nachts auf ſeinem Thron;
Da trat zu ihm der Fürſt der Nacht: „Glück auf, mein Sohn!
Die Sorge um dein Reich ſoll dir den Muth nicht kränken,
So ſchöne Mitgab' will ich dir zum Throne ſchenken.

Statt Scepter biet' ich dir ein blankgeſchliffen Schwert:
Ein einzelnes zwar nur, doch tauſend Schwerter werth;
Denn wenn du wirſt damit nach einem Feinde winken,
So wird ſein rothes Blut alsbald die Erde trinken.

Verfallen iſt dem Schwert jed' Haupt, das nicht ganz rein,
Und wo mag in der Welt jetzt eines ſchuldlos ſein!
Geſchmiedet hab' ich's ſelbſt in meinem beſten Feuer;
So nimm's und brauch' es gut zu füllen meine Scheuer."

„Willkommen iſt die Gab', die ſolche Dinge thut,
Und gern dafür verſchreib' ich mich mit meinem Blut.“
Das, ſprach der Böſe, mag für jetzo unterbleiben,
Von ſelber wird das Schwert mit Blut dich mir verſchreiben.

Johann, indem er wiegt das Schwert in ſeiner Hand,
Fühlt froh die böſe Luſt von böſer Kraft bemannt,
Er neigt es hin und her, und ringsum ſah man fallen
Vom Streich der Henkershand die trotzenden Vaſallen.

Nicht löſcht im Blute ſich, es wächſt der Durſt nach Blut:
„Nach einem höhern Haupt ſteht jetzo mir der Muth;
Gemäht haſt du jetzt Heu, im Weg ſteht mir die Eiche;
Nun, Ludwig, gilt es dir, dem Hort vom Franken-Reiche.“

Wohl würde Ludwig ſtehn dem Herzog in der Schlacht;
Doch Friede ſchwört Johann, ſchläft als Geſell zu Nacht
Mit ihm im ſelb'gen Bett, trinkt aus derſelben Schale,
Und geht an ſeiner Seit' zum heil'gen Abendmahle.

Doch kaum daß Chriſti Blut für ſie der Prieſter trank,
Als auch Johann das Schwert ſchon hinter Ludwig ſchwang;
Gewärtig ſeines Winks ſind hundert Mörderhände;
Mit Frankreichs Helden iſt auch Frankreichs Kraft zu Ende.

Nicht löſcht im Blute ſich, es wächſt der Durſt nach Blut:
„Nach Einzel-Häuptern ſteht mir jetzt nicht mehr der Muth;
Wie wagteſt du's, Paris, mich ſchmählich zu verjagen?
Biſt, Schwert, du ſtark genug auch eine Stadt zu ſchlagen?“

Das Schwert iſt ſtark genug. Johann am Thor es ſchwang —
Die Riegel ſpringen auf, die Stadt durchfunkelt's blank,
Gewärtig ſeines Winks ſind tauſend Mörderhände,
Die Straße fließt von Blut, von Blut der Häuſer Wände,

Von Blut der Seine Strom. Wohin das Schwert mag ſchaun,
Sieht Bürger und Soldat in Stücke man gehaun;
Nach Zinnen auch und Thurm wirft hin es ſeine Grüße,
Und alles was da ſteht, das ſtürzt auf nackte Spieße.

Werft Blumen in das Blut! ſpricht jetzo Fürſt Johann;
Da zieht mit Saitenklang auf prächtigem Geſpann
Durch Blut und Blumen ein die Königin Iſabelle,
Die mit ihm ſchloß zuvor den argen Bund der Hölle.

Auf freiem Marktplatz nun Johann gebietend ſtand,
Ein blut'ger Henker reicht ihm eine müde Hand;
Des Henkers Hand iſt laß, Johann thäts Schwert noch ſchwingen;
Wer wird des Schwertes Wink nun fürder noch vollbringen?

Nicht Menſchenkraft thut's mehr, der Engel kommt der Peſt,
Schwebt einem Geier gleich ob ſchwacher Vöglein Neſt,
Hat hunderttauſend bald mit ſeinem Arm erſchlagen,
Die Wölfe heulend Nachts durch alle Straßen jagen.

Müd' ſelbſt iſt nun das Schwert. Johann ſpricht: darfſt nicht ruhn!
Es bleibt der beſte Schlag dir jetzo noch zu thun;
Zuvor muß König Karl noch deinem Wink erliegen,
Eh' kann ſich zu Burgund nicht Frankreichs Krone fügen.

Nun wahre, König Karl, dich vor Burgundens Trug,
Nicht traue deſſen Wort, der Stadt und Volk dir ſchlug!
Umſonſt, beim milden Karl genügt, ſich zu entſchuld'gen,
Daß ihm der Herzog ſchwört, zum Lehn woll' er ihm huld'gen.

Nach Montereau zur Bruck' zieht eine Ritterſchaar,
Und von der andern Seit' kommt eine zweite dar;
Vor ihren Zügen her die beiden Fürſten ſchritten,
Nun ſtehn ſie Aug' an Aug' dort auf der Brücke Mitten.

Johann läßt auf das Knie ſich vor dem Lehnsherrn hin,
Mit Demuth in dem Knie, mit Tücke in dem Sinn;
Ein ſtrafend Wörtlein läßt der König Karl da fallen,
Und mächtig ſchwillt der Zorn im Buſen des Vaſallen.

Gewärtig ſeines Winks ſteht hinter ihm der Hauf',
Er richtet ſich empor, er faßt des Schwertes Knauf:
Johann, das Schwert iſt müd'! dem König, dem gar frommen
Hat Höllenkraft nichts an; doch deine Stund' iſt kommen!

Der Fürſt der Nacht ſchaut zu und ſpricht mit tück'ſchem Blick:
Schlägt vorwärts nicht das Schwert, ei nun, ſo ſchlag's zurück;
Genug hat es gethan, Johann, in deinen Händen;
Zurücke fodr' ich's heut und will den Lohn dir ſpenden.

Schon lauernd auf der Brück' ſteht er dem Herzog nah,
Der Beute froh und froh der That, die jetzt geſchah.
Des Herzogs Griff und Blick verſtanden Frankreichs Degen,
Und eh' er noch gewinkt, erlag er ihren Schlägen.

So fuhr Johann dahin ohn' Buß' und Sacrament;
Sein Leib liegt grablos da, die Seel' im Abgrund brennt.
Doch weh' auch, Frankreich, dir, daß dir die That gefallen!
Heimgehend blitzt das Schwert ob deinen Fluren allen.

Vermiſchtes.

Der Vogelſteller.

In Feld und Wieſ' und Wald die Vöglein luſtig ſangen,
Zum hohen Schloß hinan, zum Thal hinab ſich ſchwangen,
Vor Liebchens Fenſter auch wohl manche Lieder klangen.
Ein Vogelſteller kam des Wegs daher gegangen,
Bewehrt in ſeiner Hand mit leimbeſtrichnen Stangen;
Ein Vöglein hat er hier, dort wieder eins gefangen,
Auch manches was er fing iſt wieder ihm entgangen;
Verſammelt bringt er hier das was zuletzt blieb hangen:
Nach dem was ihm gefällt mag nun ein Jeder langen.
Dünkt gut euch nicht das Lied, ſchaut ob die Federn prangen;
Rupft nur die Vöglein nicht, ihr ſeht ja, wie ſie bangen.

Das Gefühl.

Was iſt doch ein Gefühl?
Ich kann's nicht von mir geben;
Es iſt ein reg Gewühl,
Ein wunderbares Leben.

Wo nichts ſich ſcheiden will,
Wo nichts kann los ſich ringen,
Wo nichts ſich meiden will,
Keins kann das Andre zwingen.

Als Lied will es heraus,
Kein Lied doch kann es ſingen;
Die Arme breit' ich aus,
Und kann's doch nicht umringen.

Ein Rauſchen iſt's im Hain,
Drin tauſend Blätter beben,
Ein Blühn auf Wieſ' und Rain,
Dran tauſend Blumen weben.

Ich horche auf ein Blatt,
Ich pflücke eine Blüte;
Und fortgerauſchet hat
Es immer im Gemüthe.

Dichters Aufgabe.

Der Bergmann hat aus tiefem Schacht
Wohl Gold und Demant dir gebracht;
Der Fiſcher aus des Meeres Gründen
Die ſchönſten Fiſche, die zu finden.

Der Seher, von des Thurmes Höhn,
Zeigt dir, wie Mond und Sonne gehn;
Der Pflanzenkenner auf den Auen,
Wie ſich die ſchönen Blumen bauen.

Daß Jeder recht ſein Werk beſchickt,
Drum hat man ſo die Welt zerpflückt;
Wie könnt' in ſolchem großen Garten
Ein Jeder aller Beete warten.

Doch was tief in der Erde Grund,
Was in des Meeres dunklem Schlund,
Was auf der Sterne weiten Bahnen,
Was auf der Wieſen grünen Planen

Zum Leben einet alles Sein,
Beim Einzelwerk fällt Keinem ein;
Drum mögt ihr wohl den Dichter preiſen,
Der's Jedem zeigt in ſeinen Kreiſen.

Der geblendete Vogel.

Ein Vogel ſaß in bittrer Trauer
Gefangen da in ſeinem Bauer,
Für ihn iſt alles nun geendet,
Sein Augenlicht hat man geblendet.

Einſt wiegt' er ſich auf grünen Bäumen,
Liebt' einſt und lebt' in grünen Räumen,
Flog über Wieſen, über Wellen,
Und trank auf Felſen aus den Quellen.

Was er erlebt' und ſah auswendig,
Wird in ihm alles nun lebendig;
Es gähret in ihm von Geſichten,
Die werden alle zu Gedichten.

Es will hervor die ganze Seele
Sich drängen durch die laute Kehle,
Und ob die Augendecke dunkel,
Die Stimme wird nun zum Gefunkel.

Da hört ihr was ſonſt nur kann ſcheinen,
Doch immer klingt es durch wie Weinen,
Und ob das Lied auch ſcheint zu ſcherzen,
Doch weh davon wird allen Herzen.

Der ſchwarze Vogel.

Schwarzer Vogel, was willſt du auf dem Baum,
Sitzend vor meinem Fenſter im grünen Raum?
Schau' ich des Morgens hinaus in den Garten,
Seh' ich dich meiner im Grünen ſchon warten;
Schleich' ich des Abends dem Lager zu,
Auf mich lange ſchon lauerſt du.

Schwarzer Vogel, was willſt du auf dem Baum?
Schwarzer Vogel, was willſt du in meinem Traum?
Bis in mein Herz, das kranke, das kranke,
Kommſt du und niſteſt, ein ſchwarzer Gedanke;
Ach Jugend! ach Lenz! ſo grün, ſo grün!
Da, wo er niſtet, will nichts mehr blühn.

Schwarzer Vogel, was willſt du auf dem Baum?
Sitzeſt ſchon wieder, verjaget kaum;
Ach von dem Baum wohl, doch nimmer, ach nimmer,
Aus dem Herzen, da ſitzeſt du immer;
Sitzeſt und brüteſt und ſingſt mir zu Nacht,
Was ſo unſäglich elend mich macht.

Nächtliches Geſicht.

Die um die Stirn ſtatt ird'ſchem Kranze
Jezt flicht die Kron' aus Himmelslicht,
Sie trat zu mir mit mildem Glanze
Des Mitleids in dem Angeſicht.

Still ſtand ſie an der Lagerſtätte
Des Armen, ſchaute auf ihn hin,
Wie ſie die kranke Seele rette,
Erwog ſie zweifelnd in dem Sinn.

Ich fühlt' es wohl in meinem Schlummer,
Sah herrlich ſtehn ſie, wie noch nie,
Den Schrein, der einſchloß meinen Kummer,
Mit leiſem Finger rührte ſie.

Es öffnet ſich des Herzens Kammer,
Und wie ſie lang hineingeblickt,
Da wandt' ſie ſich und ging voll Jammer;
Doch hat's die Seele mir erquickt.

Ein Lied im Trübſal.

Wenn Alles ſich verdunkelt,
Erloſchen iſt der Schein,
Der einſam noch gefunkelt
Vom letzten Sternelein;
O denk, daß eine Sonne
Lebendig doch noch geht,
Ein neuer Tag der Wonne
Dereinſt bevor dir ſteht.

Ob's hier ſei oder drüben,
Bekümmere dich nicht;
Wenn Gott es will verſchieben,
Zu zeigen dir ſein Licht,
Gewiß daß deine Augen,
Gewöhnt an Erden-Nacht,
Hienieden noch nicht taugen,
Zu ſchauen ſolche Pracht.

Was immer dich mag kränken,
Der es geführt heran,
Weiß es auch ſo zu lenken,
Daß es iſt wohlgethan.
Auf ihn leg' deine Sorgen,
Der auf dich legt die Laſt;
Wer weiß, ob du nicht morgen
Sie ausgetragen haſt.

Was hilft es, daß dein Grämen
Du rufeſt in die Welt:
Die Welt wird dir nicht nehmen,
Was Gott dir hat beſtellt;
Vom Jammern wächſt der Jammer,
Wird ſtille, biſt du ſtill;
Drum bet' in deiner Kammer
Nur leiſ': wie Gott es will.

Kannſt ſolchen Troſt du faſſen,
So biſt du nicht mehr krank,
So biſt du nicht verlaſſen,
Und kannſt noch ſagen Dank
Für das, was er geſchicket
Zu lindern deine Qual:
Wär' Alles dir geglücket,
So wär' dir alles ſchaal.

In ird'ſchen Lebensſtunden
Wen nie hat was gekränkt,
Wer Alles hat gefunden,
Woran das Herze hängt,
Der wird vorm Tode bangen,
Der bitter Trank ihm ſcheint;
Du darfſt nach ihm verlangen,
Gott ſendet dir den Freund.

Hab' Frieden drum, Gemüthe,
Ihr Augen weinet nicht,
Daß Gott ſchon vor der Blüte
Des Lebens Mark zerbricht.
All Alles bind zuſammen,
Was giebt und gab dir Pein,
Und leg's, woher's mag ſtammen,
In Gottes Schoos hinein.

Der Augenkranke.

Ich gönn' euch gern die heitern Tag', die euern,
Wo ihr zu ſchauen geht, wie ſchön der Frühling lacht,
Indeß mein krankes Aug' daheim muß feiern,
Weil es nur Dämmerung verträgt und trübe Nacht.

O mög' es euch mit Unmuth nicht erfüllen,
Wenn Gott, nachdem er vor euch ging in Glanz und Pracht,
Auf kurze Zeit ſein Antlitz will verhüllen,
Daß auch das kranke Aug' hab' ſeines Sehens Acht.

Wiegenlieder.

1.

Schlaf ein, lieb Kind, ſchlaf ein!
Die getreuen Engelein
Im Schlafe werden kommen
Zum Kindlein, zu dem frommen.
Lieb Kindlein, ſchlafe ein!

Ja ſchlafe ein, mein Kind!
Schon da die Engel ſind,
Die wollen dich bewachen,
Die machen dich zu lachen.
Schlaf ein, ſchlaf ein, mein Kind!

Ja ſchlaf in gelinder Ruh!
Thu' Aug' und Mündchen zu!
Denn willſt du ſtill nicht liegen,
Gleich fort die Englein fliegen.
Schlaf, ſchlaf in gelinder Ruh!

Ja ſchlafe, Kindlein mein!
Und was die Engelein
Im Schlaf dir werden ſagen,
Heb's auf den künft'gen Tagen!
Schlaf, liebes Kindlein mein!

Schlaf ſtill in meinem Schoos!
Ach wenn du erſt biſt groß,
Kein Englein wird mehr kommen
Zum Kind, dem nicht mehr frommen.
Schlaf ſtill in meinem Schoos!

Nun, Kindlein, gute Nacht!
Die Mutter ſingt nun ſacht,
Freut ſich der rothen Wänglein,
So lieb hat dich kein Englein.
Lieb Kindlein, gute Nacht!

2.

Eia popeia, ſchlaf, Kindlein, ſchlaf!
Es kommen die Zicklein, es kommen die Schaf',
Die Schäflein mäh mäh und die Zicklein meck meck;
Hübſch leiſe, daß keines das Kind mir erweck'!
Die Schäflein, die bringen die Woll' auf dem Rücken,
Damit die Mutter kann Strümpfchen dir ſtricken;
Die Zicklein, die ſpringen ſo munter und froh;
Mein Kindlein, das machſt du bald eben ſo.

Eia popeia, die Aeuglein thu zu!
Es kommen die Küh' mit dem Ochſen muh muh.
Mein Kindlein, habe davor nicht Schreck!
Den böſen Ochſen, den jag' ich weg;
Und wenn die Küh' auch ſchön nicht ſingen,
Doch ſchöne Milch ſie dem Kindlein bringen;
Von der wird keine Butter gemacht,
Die kriegt das Kindlein, wenn 's iſt erwacht.

Eia popeia, ſchlaf, Kindlein, ein!
Es kommen die Hühner und gackern mit drein;
Es kommt auch der Hahn, ſchreit kickeriki.
Lieb Kindlein, für dich iſt's immer noch früh;
Die Mutter nur wollte der Hahn erwecken,
Das Kindlein von neuem zuzudecken;
Den Hühnern ruft er: legt jede ein Ei,
Damit es dem Kindlein nicht fehle zum Brei.

Eia popeia, nun ſchlafe recht feſt!
Das Schwälblein draußen zwitſchert ums Neſt,
Was bringſt du, Schwälblein, dem Kinde mein?
Und bringſt du nichts mit, nicht laß ich dich ein.
Ei Schwälblein, Schwälblein, komm nur geſchwinde,
Du bringſt ja des Hauſes Segen dem Kinde.
Mein Kindlein im Schlafe das lächelt dazu,
Eia popeia, mein Kindlein, halt Ruh!

Die junge Pflanze.

1.

Das Samenkorn im Boden lag,
Von edeln Säften ſchwellend
Und aufwärts nach dem heitern Tag
In raſchen Trieben quellend.

Der vollen Jugend erſte Kraft,
Vom jungen Lenz verliehen,
Ein gährend Leben in dem Saft
Läßt es den Boden fliehen.

O wüßteſt du, welch farbig Kleid
Vom Lichte wird gewoben,
Wie groß der Liebe Seligkeit,
Die deiner wartet droben,

Und kennteſt du den Hauch ſo lind,
Der jenſeits ſüß dich ſchaukelt,
Von Blumenkind zu Blumenkind
Die Düfte tragend gaukelt;

Und wüßteſt du, wie du im Thau
Des Morgens ſchön wirſt prangen,
Wie ſüß am Abend, mild und lau,
Der Schlaf dich wird befangen;

Wie tauſend Schweſtern dort mit dir
Des Lichtes Wonne theilen;
Ja wüßteſt du's, du würdeſt ſchier
Noch raſcher aufwärts eilen.

Noch weißt du's nicht, doch Ahnung ſpricht
Zu dir, du zarte Pflanze;
Folg' ihr, brich durch die dünne Schicht
Und bade dich im Glanze.

2.

Der Frühling ging, der Sommer kam,
Hin trat ich zu der Wieſe,
Wo ich vom Keime Abſchied nahm,
Daß ich die Blume grüße;

Und dachte, daß ſie ſtralend nun
Im bunten Kleide ſchwelle,
Um farbenſatt bald auszuruhn; —
Ein Stein lag an der Stelle.

Nichts fühlend, ſtarr, dem Lichte gram,
Drückt er das Pflänzchen nieder;
Als ich ihn von der Stelle nahm,
Da kannt' ich kaum es wieder.

Von kalter Grabesluft gebleicht,
Von Sehnſucht hingeſchwunden
Hat's um den Stein, der nimmer weicht
Wie flehend ſich gewunden;

Trinkt ſelig jetzt vom Sonnenlicht,
Will ihm entgegenſtreben;
Der Armen, ach, die Kraft gebricht,
Im Licht erliſcht ihr Leben.

Der Streit der Blumen.

So ſchön ſtand jede Blüte,
So fröblich im Gemüthe,
So ſtolz ob ihrer Wonnen,
Daß ſolch ein Streit begonnen:

Die Roſ' hats Wort genommen:
Ich bin allein vollkommen,
Bin Schönheit ohne Hülle,
Bin Farbe, Duft und Fülle.

Doch deine Dornen ſtechen,
Hub an die Nelk' zu ſprechen,
Und wer trägt ſolche Garben,
Wie ich, von Duft und Farben?

Sprach Lilie: nicht ich neide
Um Farb' und Füll' euch beide,
Im Kleid, dem einfach weißen,
Wird man mich ſchöner heißen.

Drauf auch mit ſtolzer Miene
Pries ſich die Georgine,
Und nannt' im Hochmuthsärger
Die Andern kleine Zwerger.

Die ſprach, ich bin die reinſte,
Die rühmt ſich als die feinſte,
Und die hat gar gepralet,
Daß man ſie theu'r bezahlet.

Der Gärtner ſprach: nicht ſtreiten
Solln eure Eitelkeiten,
Seid alle doch nur Stücken,
Viel Schöneres zu ſchmücken.

Zum Strauß will ich euch ſchlingen,
Der Herrin euch zu bringen,
Die hat den Preis vor Allen,
Die ihr zumeiſt gefallen.

Des Steinmetzen Werkſtatt.

Im Lande der Citronen
Ging ich in einer Schlucht;
Dort in des Felſen Bucht
Ein Steinmetz mochte wohnen.

Im Grünen Dantes Büſte
Auf hohem Sockel ſtand;
Gar wohl war mir bekannt
Der Züge ernſt Gerüſte.

Den Tod ſang er der Seele,
Es ſchweigt ſein Bild im Stein;
Doch drauf ein Vögelein
Singt laut aus voller Kehle

Ein Lied, wohl möcht' ich's wiſſen;
Davon ward eingewiegt
Das Kind, das ſchlafend liegt
Dort auf des Grabſteins Kiſſen.

Die entwendete Roſe.

Ein Röslein hatt' ich mir gebrochen
Aus fremder Hecke keck heraus;
Das Röslein hat mich nicht geſtochen,
Doch eine Frau ſchalt derb mich aus.

Ei, Frau, wie mögt ihr doch ſo ſchelten,
Was macht denn ihr euch aus der Roſ'!
Schälts Mägdlein dort, ich ließ es gelten;
Das aber droht und lächelt blos.

An einen Falken.

Du Falke, der jetzt nieder ſchoß,
O hätt' ich deine Schwingen!
Ein Täublein droben ſitzt im Schloß,
Das möcht' ich gern bezwingen.

Du Thor, die Falkin iſt es ja,
Die ſitzt im Schloſſe droben!
Nach der hinauf der Tauber ſah,
Als ſäß ſein Täublein oben.

Kinder im Sande.

Zwei Kinder im Sand an der Sonnen
Dort ſpielen ſo munter und froh,
O Tage, wo ich mit Wonnen
Trieb Spiele noch eben ſo!

Sie ſchaun nach dem grämlichen Manne:
Komm, komm, damit er nicht ſchilt!
Die Kinder laufen von dannen,
Von dannen das freundliche Bild.

Die Begegnung.

Das Weib, das bleich und ſacht hinging am grünen Zaun,
Gleich kannt' ich wieder ſie, und dennoch ſind es traun
Wohl zwanzig Jahr, ſeitdem ich ihr nicht konnt' begegnen,
Dacht' auch kaum mehr an ſie am Orte, dem entlegnen.

Sonſt oftmals traf ich ſie auf dieſem ſelben Steg,
Sprach nie mit ihr ein Wort, ging gern doch dieſen Weg;
Uns blühten beiden wohl noch damals roth die Wangen,
Doch zwanzig Jahre ſind's, ſeit ich hier nicht gegangen.

Was thaten, armes Weib, die zwanzig Jahre dir?
Auch heute ohne Wort ſpricht deine Miene mir:
In zwanzig Jahren Zeit genug iſt für den Kummer,
Für Tage voller Qual, für Nächte ohne Schlummer.

Mit herbem Mitleid ſahn wir beid' einander an,
Auch ſie ſah wohl an mir, was ſchwere Zeit gethan.
Im kurzen Blick, den wir begegnend tauſchten beide,
Wir tauſchten zwanzig Jahr voll bitterm Seelenleide.

Ich liebt' ſie nicht und doch kehrt mir in ihrem Blick
Die frühe Jugendzeit wie ein Geſpenſt zurück.
Gedanken, eingeſargt ſchon längſt, o fahret nieder!
Niemals deſſelben Wegs geh' ich zurücke wieder.

San Lazaro.

San Lazaro, wie liegt's ſo ſchön,
So ſtill, ſo abgeſchieden;
Von blauer Wog', von lauem Wehn
Gewiegt in ſanften Frieden.

Jasmin und Oleander ſtehn
Dort in dem ſchönſten Garten,
Und fromme Mönche drinnen gehn,
Der Blumen betend warten.

Aus Neugier nur zu dieſem Strand
Wohl ſchon vor manchen Jahren,
Auf weiter Reiſ' durch Meer und Land,
Ein Mägdlein iſt gefahren.

Die ſieht jetzt ſtill ein Zweiglein an,
Ein Zweiglein weiß und grüne,
Das ihr dort brach ein ernſter Mann
Vom duftenden Jasmine.

Dazu er ihr den Segen gab,
Legt ihr aufs Haupt die Hände,
Still ward ihr Herz, als ob hinab
Gott ew'gen Frieden ſende.

Das Zweiglein, ach, verdorrt iſt lang,
Verdorrt iſt auch der Segen,
Ach, könnt' ich ziehen, denkt ſie bang,
Dorthin, daß er möcht' legen

Die Hände wieder mir aufs Haupt,
Das möchte mir wohl frommen,
Ein Zweiglein brechen friſch belaubt,
Vielleicht würd' Ruhe kommen.

Der Hahnenſchrei.

Vorlängſt, als ich nach Mitternacht
Von meinem Schlummer bin erwacht,
Sah ich zu meinem Haupte ſitzen
Ein ſchwarzes Ding, deß Aug' thät blitzen.

Ich dacht', 's iſt eine Fledermaus,
Und jagt' das ſchwarze Ding hinaus;
Gleich kamen wieder zweie, dreie;
Verjagt' ich die, wohl hundert neue.

Sie tanzten um mich mit Geſchwirr,
Im Kopfe wurde mir ganz wirr,
Und riefen: wir ſind deine Sorgen,
Die geſtern du beſtellt auf morgen.

Dacht' ſchon, es ſei um mich gethan,
Da that den erſten Schrei der Hahn,
Ein Frührothſtrahl quoll durch das Fenſter;
Und ſpurlos ſchwanden die Geſpenſter.

Der Traum.

Ich ſitz' am Haus im grünen Mai,
Wohl müde von ſeinen Wonnen;
Es ſtreicht eine laue Luft vorbei,
Es rauſcht ein kühler Bronnen.

Die Sonne ſchaut in den Bronnen hinein,
Ihr iſt wohl ſelber ſchwüle;
Ei nein, es iſt ja des Mondes Schein,
Ja der, der liebt die Kühle.

Wart', wart', gleich werf' ich mein Netz hinein,
Dich goldenes Fiſchlein zu fangen,
Zu bringen dich der Liebſten mein,
Die trug nach dir Verlangen.

Das Netz, das Netz ich gar nicht find';
Was flackerſt du ſo mit dem Lichte?
Ei ſieh, aus dem Mondſchein iſt geſchwind
Geworden der Liebſten Geſichte.

Wie ſchauſt du doch heute ſo ſanft und mild,
Machſt nicht das Wäſſerchen trübe,
Und blinkſt und winkſt, du ſonſt ſo wild!
Gleich, gleich komm' ich, o Liebe.

O weh, nun iſt es mein eigen Geſicht,
Und droben da ſteht die Loſe,
Was plätſchert mir denn ins Angeſicht?
Sie warf herab eine Roſe.

Die traf die Naſe mir auf ein Daus,
Davon ich natürlich erwachte,
Und oben ſchaute zum Fenſter heraus,
Die loſe Liebſte und lachte.

Gedankenflug.

Es wird den Gedanken zu enge im Haus,
Sie heben die Schwingen und fliegen hinaus.

Der Adler, die Falken, die Finken, die Taub',
Die Einen zum Singen, die Andern zum Raub.

Ihr Adler, ihr Falken, ihr Finken von Gold,
Zerſtreut euch und flieget wohin ihr nur wollt!

Du weißes Täublein, was ſiehſt du mich an?
Ja dir, dir zeig ich ſelber die Bahn.

„O Felder golden, o Wälder grün!“
Hinüber, hinüber, mußt weiter ziehn!

„O blaue Berge, o klare Fluth!“
Hinüber, hinüber, mein Täublein gut!

„O lichter Felſen von Marmelſtein!
O Schloß mit Fenſtern von rothem Schein!“

Da ſenke die Schwingen, mein Täublein hold,
Ins Fenſter dich ſetze ins Abendgold!

Und gurre, und gurre! es gurrt ihr ins Ohr; —
So ſchön iſt keine; — ſie tritt hervor:

„Schön Täublein, was bringſt du mir heute für Kund'?“
Sie koſet mit dir wohl eine Stund'.

Ums Haupt jetzt weht ihr dein Fittig weiß,
Und wieder nimmt ſie ans Herze dich heiß.

„Mein Täublein am Fenſter, das Roth iſt verglüht,
Zurücke, zurücke zieh nun in Fried'!“

O weh, deine Schwingen ſind gar zu weiß,
Der finſtre Adler kehrt auch von der Reiſ'!

Der finſtre Adler das Täublein erſchreckt;
Wohl unter den Nebel hat ſich's verſteckt.

Ich weiß nicht, ob es der Adler geraubt;
Da kommt er und horſtet in meinem Haupt.

Morgen und Frühling.

1.

O Gott, ich möchte wohl zu dir beten,
Es betet alles um mich;
Doch find' ich die Worte nicht, die es thäten;
Dich ſelber, wo find ich dich?

Mein Antlitz doch möcht' ich zu dir wenden,
Sonſt muß ja die Andacht vergehn;
Es drängt ſich an mich von allen Enden,
Das Ird'ſche iſt gar zu ſchön.

Und hat ſeiner Schönheit auch nirgends Hehle,
Entgegen kommt, was prangt;
Es freut ſich und lacht meine ganze Seele,
Wie's liebend nach ihr langt.

Du aber, Gott, willſt mich nicht faſſen;
Doch ſehnt mich's nach deiner Hand,
Die all die Pracht hat wachſen laſſen,
Mich ſelber ſchlang ins Band.

Wie fragend ſo mein Herz erbanget,
Ging's heimlich durch die Flur:
Was in uns nach dir liebend langet,
Iſt Gott ja ſelber nur.

In dir auch regt er ſeine Hände,
Die ſtrecken nach uns ſich aus,
Nicht ſuch' ihn wo die Welt zu Ende,
Bei dir iſt Gott im Haus.

2.

Der Morgen, der zwiſchen den Bergen geht,
Dem iſt wohl friſch zu Sinnen;
Was jauchzend ſteigt, was rauſcht und weht,
Das trägt er alles innen.

In engen Leib nicht feſtgebannt,
Regt er die freien Glieder;
Hier ſtürzt es von der Felſenwand,
Dort nebelt's auf und nieder.

Die Goldbraut ſteigt, ſieh, wie er bald
Erröthet, bald erblaſſet!
Wie er mich faſſet mit Gewalt,
Fühl ich's, wie ihn es faſſet.

3.

Der Nebel gürtet den Berg, er liegt noch auf dem See,
Ziehet langſam dort einher, ſteigt raſch dort in die Höh'.
Bevor die Nacht vergeht noch, erwacht der junge Tag,
Was ziehn im Himmel ſoll, was unten gehen mag.

Ich ſteige den Berg hinan, es wächſt dem Blick das Land,
Es kommt der See zum See, zur Felſenwand die Wand;
O ſchau dich nicht mehr um, hinauf, hinauf zur Spitz'!
Nun ſteh und wende dich! Hier iſt dein Morgenſitz.

Ihr Berge und Wälder rings, Schneegipfel über dem Wald,
Auf die wir warten all', die muß nun kommen bald.
Es kündet, daß ſie nahe, die immer glühnere Bahn,
Im Weſten glüht's bergab, im Oſten dämmert's an.

Die Nacht mit dem nebligen Fuß, die weichet Schritt
vor Schritt,
In ihren Fußtapf tritt der Tag mit goldenem Tritt,
Er ſteigt ins Thal hinab, zu ſeinen Geliebten, den Seen,
Von fern entgegen ſchon die Nebelſchleier wehn.

Noch harren müſſet ihr, ihr Seeen blau geaugt,
Zuvor mein eignes Aug' muß ſein in Gluth getaucht;
Ich harre ſelber noch, die Gletſcher glühn ſchon ganz;
Das Höchſte trifft zuerſt des Allerhöchſten Glanz.

Wohl hob ich andachtsvoll zum Himmel meine Hand,
Da glühte morgenroth daran der Sonne Brand;
Aufs Haupt ſank mir der Schein, ein Blitz im Aug' erglänzt,
Ein Gluthrand ſteiget auf, wo Erd' an Himmel grenzt.

So ſtand ich da vor dir, ſah deinem Steigen zu,
Ach, was mich überkam für eine ſel'ge Ruh!
Ich ſang hinaus ins Land ein lautes Morgenlied,
Indeß das Morgenroth mich ganz und gar beglüht.

4.

Der Morgen hat ein mächtig Lied,
Das läßt er im Walde klingen,
Das ſingt er hinein in mein Gemüth,
Das möcht' ich wieder ſingen.

Meine Seele wird ſelber wie Wald und Thal;
O Stimmen, unzählige neue!
Ein Vöglein aber nur auf einmal
Mag ſingend ſich ſchwingen ins Freie.

5.

Mir iſt wie lachen und ſcherzen,
Die Nacht hat mich umgewandt,
Ich trage den Morgen im Herzen
Hinaus zum Morgen im Land.

Ich will meine Luſt mitbringen
Als Gaſt an den grünen Tiſch;
Ich will mit der Lerche ſingen,
Mir iſt wohl auch ſo friſch.

Meine Seel' iſt ſo hell und reine,
Als wie ein klarer Bronn':
Der Thau iſt's nicht alleine,
In dem erglänzt die Sonn'.

Die Blumen, die weißen und bunten.
Nicht blos der Herr macht froh;
Ein Andrer geht hier unten,
Dem that er eben ſo.

Was alles mir begegnet,
Das hat ſo friſchen Blick,
Ob's hingeht, wo Gott ſegnet,
Ob's kommt davon zurück.

Die Schwalben und die Bienen,
Die ſchliefen bei mir im Haus,
Die ſind geflogen zum Grünen
Wohl lang ſchon mir voraus.

Woll'n nun zuſammen bleiben,
Hier in der grünen Welt,
Und jeder fröhlich treiben,
Wozu wir ſind beſtellt.

6.

Im Oſten glüht's, rings iſt es hell und grün,
Es thut ſich alles auf, will putzen ſich und blühn;
Vom Weſten aber droht die graue Wolke Regen;
Was wird das ſein für Leid zuerſt und dann für Segen!

7.

Als Lenz und Morgen ſchritten durchs Land,
Begegnend einer den andern fand;
Spricht Morgen: ei, welch Blütenprangen!
Spricht Lenz: ei, welche roſ'ge Wangen!

Die Freude, die ſich ſo thut kund,
Schließt zwiſchen beiden ſchnell den Bund;
Und feſter noch das Band zu ſchließen,
Mit ſchönen Gaben ſie ſich grüßen.

Der Morgen wirft in den Blütenkranz
Des Lenzes Demanten und Perlen voll Glanz.
Der Frühling ſetzt dem herrlichen Sohne
Der Nacht aufs Haupt die grünſte Krone.

So ſchreiten ſie fürder Hand in Hand,
Und wo ſie ſchreiten, jauchzet das Land;
Da kommen den beiden auf ihren Wegen
Zwei ſchöne Frauengeſtalten entgegen.

Und als die beiden ſie angeſchaut,
Erkennt ein jeder gleich ſeine Braut,
Der Morgen die Jugend, der Lenz die Liebe;
Sie faſſen einander mit brünſtigem Triebe.

Nun ruhn ſie einander Bruſt an Bruſt,
Und tauſchen zuſammen Luſt um Luſt,
O wollt beim wechſelſeitigen Schenken
Des armen Dichters auch gedenken!

8.

Der Frühling will nicht kommen,
Das Veilchen iſt ſchon da,
Die Schwalb' hat Platz genommen
Im Neſt, der Storch iſt nah.

Ei, ei, du Lenz, du ſchlechter,
Schon ſind die Gäſt' im Haus;
Das iſt kein Wirth, kein rechter,
Der da noch bleibet aus.

9.

Ich thät in meines Hauſes Kaſten
Den langen Winter verträumend raſten;
Da klopft der Frühling an meine Thür:
„Wach' auf, mach' auf und tritt herfür!“

Ei, Lenz, du klopfſt ja viel zu balde,
Schaff erſt ſein grünes Kleid dem Walde,
Die Blumenkindlein ruf hervor,
Dann poche wieder an mein Thor!

„Wie, Träger, willſt du denn verſäumen,
Die ſchönſte Luſt von jungen Keimen?
Das Schneeglöcklein ſchon auf der Zeh'
Sich hebt und blicket aus dem Schnee.

Ich ruf' dich, daß dir's ſelber fromme.“
Ja Lenz, ich komme ſchon, ich komme!
Als ich die Thür hab' aufgethan,
Sehn tauſend Augen gleich mich an.

Der Lenz winkt mir mit tauſend Händen;
Wohin, wohin ſoll ich mich wenden?
Nach allen Seiten lockt's hinaus,
Noch zaudernd ſteh' ich in dem Haus.

Da horch, ob meinem Haupt welch Klingen!
Bekanntes Zwitſchern, Schlag von Schwingen!
Willkommen, Schwälblein, in dem Haus!
Ihr ziehet ein, ich ziehe aus.

Nun weiß ich, wo ich hin ſoll ziehen,
Zu ſchaun des Lenzes ſchönſtes Blühen;
Ihr fliegt voran wohl ſeinem Flug,
Ich ſchreit' entgegen ſeinem Zug.

Bis daß ich kehr' zu meinem Dache,
Vertrau' ich's, Schwälblein, eurer Wache,
Im Herbſt kommt ihr entgegen mir,
Dann ſchütz' ich euer Neſt dafür.

Berglieder.

1.

Ich ſitz' auf dem Berge,
Den Blick unverwandt,
Das Auge iſt König
Vom ganzen Land.

Ihm Unterthanen
Die Hügel und Seen;
Die Lüfte, die Boten,
Sie kommen und gehn.

Im Thale liegt Nebel,
Schläft menſchliche Noth;
Am Berge, im Herzen,
Wachts Morgenroth.

Gedanken tummeln
Hervor ſich wild,
Und ſchweifen und jagen
Durch das Gefild,

Und ſpringen wie Gemſen
Von Stein zu Stein,
Und fliegen wie Vögel
Ins Blaue hinein;

Und fliegen hinüber
Ueber die Wand,
Die ferne, die graue,
Ins Heimathsland;

Und laſſen ſich nieder
Auf ſchneeweißen Flaum,
Und bringen der Liebſten
Den ſchönſten Traum.

2.

Die Blumen in dem Thale
Sind jedem gleich zur Hand;
Die Blumen und die Dirnen
Mag pflücken und umzwirnen
Da unten jeder Fant.

Auch's rothe Alpenröslein
Steckt mancher an den Hut.
Die Senn'rin iſt nicht ſpröde,
Iſt nur der Bub' nicht blöde
Und hat er muntern Muth.

Doch eine Blume weiß ich,
Die hat wohl höhern Preis;
Die wächſt auf höchſter Spitzen,
Wo nur die Adler ſitzen,
Das iſt das Edelweiß *).

Wer die ſich will gewinnen,
Muß kühner Steiger ſein,
Sich übern Abgrund bücken;
Die Blume will ich pflücken
Der hohen Herrin mein.

---

*) Das Edelweiß iſt eine Blume der Salzburger Alpen, welche auf den unzugänglichſten Stellen wächſt und eine poetiſche Bedeutung bei den Gebirgsbewohnern erlangt hat.

3.

Des Schneees weiße Mütze
Bedeckt des Berges Spitze;
Darunter dunkelgrün
Ein Band die Tannen ziehn.

Im Grünen ganz gemüthlich
Die Kühe thun ſich gütlich;
Es hüpft die junge Geis
Und knuſpert an dem Reis.

Und auf des Berges Mitte
Steht eine kleine Hütte,
Von Holze ſchlecht erbaut,
Davor ein Beet mit Kraut;

Da ſitzt die alte Mutter,
Macht täglich Käs und Butter;
Der Sohn iſt auf der Freit'
Im Dorf, es iſt nicht weit.

Wie ich's heut hier erfahren,
War's ſchon vor hundert Jahren,
Im Land bringt jeder Tag
Neu Volk und neue Plag'.

4.

Rings ruht die grüne Alpenhut,
Rauſcht grüner Wald, ſpringt friſche Fluth,
Im Wald und Quell was rauſcht und ſchäumt,
Hab's in der Hütte mitgeträumt.

Der Morgen kommt, vom Berge rollt
Die Sonn' herab ihr erſtes Gold;
Der Senne von dem Lager ſpringt;
Das Alphorn klingt, der Finke ſingt;

Friſch auf, friſch auf, bin auch dabei!
Der Tag iſt jung, die Luſt iſt neu!
Die Bergluft ruft: zieh aus! hinaus!
Weiß noch manch ſchönes Alpenhaus.

5.

Die Welle wie träge,
Die Lüfte wie ſchwül.
Wie ſtaubig die Wege;
Nur Schenken das Ziel.

Die Dirnen hier unten
Gefallen mir nicht,
Die kurzen und runden
Mit breitem Geſicht.

Wie anders ſpringet
Dort oben der Quell;
Manch Glöcklein klinget
Dort wunderhell;

Es weht durch die Zweige,
Es weht durch die Bruſt,
Wie höher ich ſteige,
Steigt höher die Luſt;

Und ſteigt bis zur Spitzen;
Da will ich ſtehn,
Da will ich ſitzen
Bei der Sennerin ſchön.

6.

Droben, wo man konnte ſenden
Rings den Blick nach allen Enden,
Stand ich, für die weitre Reiſe
Auszuſuchen mir die Gleiſe.

Ach, was lagen da für Seeen,
Wohl nach allen mocht' ich gehen;
Was für ſchöne Bergesſpitzen,
Wohl auf allen mocht' ich ſitzen.

Theilte ein die Tag' und Stunden,
Hatt' es richtig ausgefunden,
Wie ich alles wollt' beſchreiten,
Heim noch ſein bei rechten Zeiten.

Doch die Stunden, Tage gehen;
War bei keinem noch der Seeen,
War auf keiner noch der Spitzen,
Blieb in enger Hütte ſitzen.

Ja die Seeen wohl, die blauen,
Konnt' ich von dem Berge ſchauen,
Und für See und Berg die Stunden
Waren leichtlich aufgefunden;

Doch nicht ſchaun konnt' ich des braunen
Mädchens Augen, Mädchens Launen
Und berechnen nicht die Stunden,
Die ſie hier mich hat gebunden.

7.

Ade, lieb Dirnel, und gieb mir die Hand,
Und ſchenk' mir vom Hute dein grünes Band,
Einen Kuß zuletzt noch gieb auf den Weg,
Dann wandr' ich fröhlich den felſigen Steg.

„Viel Glück auf die Reiſe, da habt ihr die Hand,
Doch ſelber behalt' ich mein grünes Band,
Auch ſtünd's euch ſchlecht zu dem blaſſen Geſicht,
Und eure Küſſe, die mag ich nicht.“

Lieb Dirnel, ich bringe dir für dein Band
Den ſchönſten Strauß von der Felſenwand,
Und für den Kuß, ſag ſelber an,
Was wär dir lieb, ich will dir's than.

„Hei ſeht doch, wie die Gems dort ſpringt.
Wenn ihr die Gems mir eben fingt,
Gäb' ich euch Band und Kuß noch drein;
Nun macht, ſonſt holt ihr ſie nicht ein.“

BAYERISCHE
STAATS-
BIBLIOTHEK
MUENCHEN

8.

Nun geht's auf den verwunſchnen Berg;
Habt ihr, Frau Wirthin an die Zwerg'
Was droben zu beſtellen? —
„Behüt' mich Gott, nehmt euch in Acht;
In ihrer Wirthſchaft hergebracht
Iſt's, Reiſende zu prellen.“

Die Sorg', Frau Wirthin, thut von euch,
Ich war ſchon in der Zwerge Reich,
Umſonſt ward ich tractiret;
Was ihr von ihnen eben ſpracht,
Das haben ſie von euch geſagt,
Mein Beutel hat's geſpüret.

9.

Giebt's eine ſchönre Alpenluſt,
Als, wenn die Glöcklein klingen,
Das, was dir recht erfüllt die Bruſt,
Ins Thal hinab zu ſingen?

Daß alle, die da unten gehn,
Mit Bergluſt es erfülle;
Doch eine braucht's nur zu verſtehn,
Die denket bei ſich ſtille:

Der, den ſie hören all' im Thal,
Iſt meine und ich ſeine;
Ob's allen auch gefällt zumal,
Mir gilt ſein Lied alleine.

10.

Wir fuhren auf dem See,
Der See war dunkelblau,
Der Mond ſtieg in die Höh',
Die Luft war lind und lau.

Das Schiff fuhr langſam hin,
Gar ſtill ein Jeder ſaß,
Weil Jeder in dem Sinn
Was Anderes ermaß.

Der denket in die Fern'
Wohl an die Liebſte ſein,
Dran dacht' ich auch wohl gern,
Doch nannt' ich keine mein.

Dem kehrte wohl zurück
Im fremden ſchönen Land
Der Jugend heimiſch Glück,
Das hab' ich nie gekannt.

Deß Antlitz hat gelacht;
Die ſchönſte Melodie
Bracht' ihm wohl dieſe Nacht.
Ach, das geſchah mir nie.

So fuhr ich auf dem See,
Von ſeiner Pracht gedrückt;
Ach, ſelbſt des Herzens Weh
Hätt' heute mich beglückt.

11.

Dort, wo die Kötſchach brauſet,
Der alte Berggeiſt hauſet,
Der Geiſt der Menſchen ſcheu.
Ihn ſelber ſiehſt du nimmer
Im öden Felſgetrümmer,
Doch ſeine Spur ſtets neu.

Am langen Thales Ende
Erheben ſich die Wände
Des hohen Tiſchklar;
Da liegt ſein weiſſes Bette,
Ein Schmuck der Bergeskette
Schon viele tauſend Jahr.

Wenn lang der Frühling glänzet
Und Hügel lachend kränzet,
So ſchlummert er noch feſt.
Doch ſteigt der Sommer nieder,
Regt er die Rieſenglieder,
Geweckt vom lauen Weſt.

Das giebt ein mächtig Tönen,
Das Thal, die Berge dröhnen,
Die Lock' wirft er zurück,
Die ſtürzt als Lawine
Herab ins Thal, ins grüne,
Mit manchem Felſenſtück.

Er ſprengt des Froſtes Klammern,
Da öffnen ſich die Kammern
Des Gletſchers, und heraus
Bricht ſeine Silberheerde,
Sich ſehnend nach der Erde
Aus ihrem kalten Haus.

Froh, daß ſie nichts mehr zwinget,
Vom Berg herab gleich ſpringet
Die weiße muntre Schaar;
Sie ſchäumen und ſie ſpritzen
Und alle Wände glitzen
Am ſtolzen Lichtaltar.

Von einem Fels zum andern
Beginnt er jetzt zu wandern,
Du hörſt nicht ſeinen Schritt,
Hörſt nur die Kieſelbach grollen,
Wenn Felſentrümmer rollen
Herab von ſeinem Tritt.

Du ſiehſt nicht ſeine Mienen,
Siehſt nur die Wälder grünen,
Wie er ſie angeſchaut;
Ob dir auch nichts geſchähe,
Dran fühlſt du ſeine Nähe,
Wie es der Seele graut.

Er will es dir verleiden,
Daß du trittſt unbeſcheiden
In ſeiner Freuden Kreis;
Gern mag er nur bewirthen
Die Heerden und den Hirten,
Der von dem Geiſt nichts weiß.

12.

Gar ſtille ruht der Königsſee;
Rings ragen Felſen in die Höh',
Da iſt nicht Platz für Hirt noch Heerden,
So einſam iſt kein Ort auf Erden.

Still wie im See war's in der Bruſt,
Es ſchwieg der Gram, es ſchwieg die Luſt,
Nur heimliche Gedanken zogen
Hindurch, wie durch den See die Wogen.

Da, zu ermuntern das Gemüth,
Die Schiffer heben an ein Lied
Und rufen auf des Seees Mitte
Das Echo an nach alter Sitte.

Das Schiff flog eilend ſeine Bahn,
Wohl rudern ſtarke Arme dran;
Was will dabei die Maid, die feine,
Die abſeit ſitzt dort und alleine!

Sie rudert emſig und gewandt,
Doch Stärke, ſieht man, fehlt der Hand;
Wohl könnten ihre Wangen blühen,
Doch ſind ſie bleich von ſchweren Mühen.

Im Schiffe war manch ſchönes Weib,
Getauſcht hätt' jed' mit ihrem Leib,
Nicht künden's ihre edeln Mienen,
Daß ſie geboren ſei zu dienen.

Iſt, Alter, euer Kind die Maid,
Die dort ſo traurig ſitzt bei Seit,
Und ſtimmt nicht ein in Red' und Singen?
So ſchönem Mund müßt's wohl gelingen.

„Nicht, Herr, mein Kind iſt dieſe Magd,
Und weß ſie ſei, Gott ſei's geklagt,
Das konnten nimmer wir erkunden;
Als Kind am See ward ſie gefunden.

Wir haben Gut's an ihr gethan,
Zur Arbeit hielten wir ſie an,
Doch mag ſie uns nur wenig nützen,
Ihr ſeht das ſchwache Ding ja ſitzen.

Viel Redens iſt nicht ihre Art —
He, Mädel, munter auf der Fahrt!
Und willſt von Schloß und Prinzen träumen,
Mußt doch das Rudern nicht verſäumen.“

13.

Hier bring ich ſelber euch Hut und Stock,
Weil ihr doch einmal müſſet gehn;
Das Alpenröslein noch ſteckt an den Rock,
Und mögt zuweilen danach ſehn;
Und wenn's verwelkt iſt unten im Thal,
So denkt an mich zum letzten mal,
Und werft's hinein in den grünen Bach,
Ein Stücklein ſchwimmt's euch doch noch nach.

14.

Nun ſoll ich ziehn zur Heimath hin;
Als ließ ich die Heimath, ſo iſt mir's zu Sinn.

Ein jeder Schritt wird mir zum Leid,
Schon weit zurücke liegt Luſt und Freud'.

Die Aehren ſich neigen vor mir im Feld;
Doch hinter mir ſteigt von Bergen die Welt.

Ich ſchreite hinein in die falbe Au,
Und hinter mir wächſt den Bergen das Blau.

Und hinter mir winkt es hervor aus dem Blau:
Zurücke doch kehre, zurücke nur ſchau!

Und wie ich ſtehe und wende den Blick,
So muß ich verſchmerzen von Neuem mein Glück.

So fliehet zurücke und fliehet hin
Und kann euch nicht laſſen, nicht halten mein Sinn.

Er ſteigt auf die Höhen, er taucht in das Thal;
Lebt wohl, lebt wohl nun zum letzten mal!

Zum letzten mal wend' ich noch Auge und Bruſt,
Ach, daß ich je von euch ſcheiden gemußt!

Der Wein.

Ein Faß aus der Muſen Keller
Zu kaufen, reicht bin nicht mein Heller,
Doch will ich euch, Zecher, beſcheren
Von einer Traube die Beeren.

1.

Die Erde giebt den Saft,
Die Lüfte geben Kraft,
Die Sonne giebt den Geiſt;
Gar ſchön der Wein beweiſt,
Was er empfing für Leben,
Weil er's kann wiedergeben.

2.

Wer trinken will den Wein,
Der ſitze nicht allein,
Der Wein hat keine Kräfte
Bei einſamem Geſchäfte.

Der Teich, das Meer ſich freut
Ob ſeiner Einſamkeit;
Nicht lernte dieſe Tugend
Der Wein in ſeiner Jugend.

Es ragen im Verband
Die Berge in das Land
Und drauf die grünen Reben
Führ'n ein geſellig Leben.

Und an der Rebe hängt
Dicht Traub' an Traub' gedrängt,
Und jede Traub' im Kleinen
Ein Völkchen will erſcheinen.

So, was den Wein erſchafft,
Lebt ſchon in Brüderſchaft;
Ihn endlich zu gebären,
Vereint die Säfte gähren.

Das iſt dem Wein geblieben,
Die Nachbarſchaft zu lieben,
Drum, ſtellt ihr ihn allein,
Macht's euch und ihm nur Pein.

Viel Fäſſer in den Kellern,
Viel Gläſer vor den Tellern,
Viel Herzen rings im Bund,
Das macht den Wein geſund.

3.

Es ſtritten zwei mächtige Geiſter,
Wer in dem Schaffen ſei Meiſter;
Der eine ſchuf die Meere,
Der andre am Weinſtock die Beere.

Der ſchuf im Meere die Fiſche,
Darunter auch Auſtern, ganz friſche;
Doch der aus dem Wein die Gedanken,
Darunter die luſtigſten, blanken.

Wer hat den Streit nun gewonnen?
Der Schöpfer der Bronnen? der Tonnen?
Sie konnten den Streit nicht entſcheiden,
Da reichten die Hand ſich die beiden.

Drum, wo's nun giebt Auſtern, Sardellen,
Sollt ſtets auch den Wein ihr beſtellen,
Zu feiern den ewigen Frieden
Der ſchaffenden Geiſter hienieden.

4.

Was macht wohl Schwache ſiegen?
Des Weines Zauberſaft.
Was Starke unterliegen?
Des Weines ſtärkre Kraft.

Was kann den Schmerz verſöhnen?
Des Weines Lieblichkeit.
Was eure Freude krönen?
Des Weins Vergnüglichkeit.

Welch Band, als das der Reben,
Läßt den entfernten Freund,
Läßt Todte ſo mit leben,
Wie's Lebende vereint?

Bald mag der Wein euch bringen
Den Schlaf als ſeine Fracht,
Bald mit dem Schlafe ringen
Und ſiegen in der Schlacht.

Zum Thor macht er den Weiſen,
Dem Thor er Weisheit ſchafft,
So weiß er alle Weiſen,
So übt er jede Kraft.

5.

Die Eiche ſtand voll Stolze,
Ob ihrem feſten Holze,
Umſchlungen vom Gewebe
Der blätterreichen Rebe.

Und wiegend ihre Krone
Zur Reb' ſprach ſie mit Hohne:
Willſt armes, ſchwaches Weſen
Du Eicheln bei mir leſen?

Die Rebe hört's voll Demuth
Und ſprach zu ſich voll Wehmuth:
Ich hab' doch edle Säfte,
Was fehlen mir die Kräfte?

Nach oben treibt lebendig
Die Sehnſucht mich inwendig;
Warum, empor zu dringen,
Muß Andres ich umſchlingen? —

Der Becher ſtand voll Stolze,
Auf feſtem Eichenholze,
Gefüllt mit Saft der Traube,
Umkränzt von Eichenlaube.

Es naht ein edler Zecher,
Setzt an den vollen Becher;
Da mocht' der Geiſt der Reben
Frei auf zum Geiſte ſchweben.

6.

Die Häuſer, worin die Geiſter weilen,
Haben nicht Backſteine, noch Säulen,
Sie ſind nicht gezimmert mit Mühe und Noth,
Was nützt den Geiſtern ein Haus, das todt?

Der eine ſchaut trüb' wohl vom Monde herunter,
Andre unten tanzen ganz munter;
Dort einer auf einem grünen Blatt
Sich in einem Thautröpflein bad't.

Der eine liebt einſame Bergesſpitzen,
Andre gern traulich zuſammenſitzen,
Und was das Auge kaum erkannt,
Iſt manchmal ein ganzes Geiſterland.

Doch haben ſie vor Allem liebgewonnen
Die Plätze an den kühlen Bronnen,
Und wo eine Linde Schatten giebt,
In ſolche ſind ſie gar verliebt.

Auch manche, die ſich lieber wärmen,
Am Tage in der Sonne ſchwärmen,
Oder ſitzen in ihrem Blumenhaus
Und gucken den ganzen Sommer hinaus.

Will's ihnen wo nicht mehr gefallen,
Fort ziehn ſie ohne Pack und Ballen,
Und legen in einem Augenblick
Wohl tauſend Meilen gleich zurück.

Wollt ihr aber etwa erkunden,
Wo ich die meiſten beiſammen gefunden,
Das iſt in der Beere des Weins,
Von allen Dingen hat ſo viel keins.

Da haben ſie den Stral der Sonnen,
Im Thaue auch den kühlen Bronnen,
Dazu den Schatten giebt das Blatt,
Da werden ſie von Luſt recht ſatt.

Sie drängen ſich ſo in der Beeren Zellen
Zuſammen, daß die davon wachſen und ſchwellen;
's ſind Geiſter von mancherlei Art;
Auch Manches, was ſchlecht ſich zuſammenpaart.

Zuletzt kann die Beere ſie nicht mehr faſſen,
Auch kommt der Herbſt, und da verlaſſen
Die Geiſter ſie alle auf einmal
Und verſammeln ſich in einem Saal.

Der will den Menſchen, den gemeinen,
Nur eine ſchlechte Tonne ſcheinen;
Und ihr hört doch, wie's drin gährt und ziſcht:
Das ſind die Geiſter, die machen den Giſcht,

Indem ſie ſich drinnen berathen mit Lärmen,
Wohin ſie fürder wollen ſchwärmen.
Zuletzt da thei't ſich der ganze Verein
Und die Menſchen ſagen: gezapft wird der Wein.

Es bleiben aber immer noch in jeder Flaſche
Mehr zuſammen, als Geld in mancher Taſche,
Und manchmal fahren ſie gar mit Gebraus,
Sind's nur die rechten, oben hinaus.

Doch andre bleiben ſtill bei einander,
Und leben ſich immer mehr ein ſelbander;
Ihr glaubt nicht, was in einer Flaſche voll altem Saft
Lebt für eine herrliche Geiſter-Gemeinſchaft;

Und was die weiß für ſchöne Geſchichten,
Und wie ſie zuſammen ſchwatzen und dichten. —
Ihr fragt mich, woher ich das Alles erfuhr;
Ei nun, von den Geiſtern ſelber nur.

Denn als ich aus der Flaſche thät trinken,
Da wollt' es mich ſogleich bedünken,
Das Alles geſchehe in meinem eigenen Kopf,
Der ſonſt doch nur iſt ein leerer Topf.

Und damit ihr es ſelber mögt erproben,
Hab' ich dieſe Flaſche für euch aufgehoben;
Nur macht recht leicht erſt Kopf und Sinn,
Daß für die Geiſter auch Platz wird drin.

7.

Zu Kopf blos ſteigt der Wein,
Doch keiner ſteigt ins Bein,
Drum laufen die Gedanken,
Die Füße aber wanken.

8.

Was wir bei dir eſſen,
Iſt andern Tags vergeſſen;
Gut deiner zu gedenken,
Mußt uns mit Gutem tränken.

9.

Die Lieb' iſt jung, der Wein iſt alt,
So paſſen ſie trefflich zuſammen,
Iſt Schmerz zu heiß, iſt Luſt zu kalt,
So löſcht oder ſchürt er die Flammen;
Drum, gebt ihr gleich der Jungen den Preis,
So ehrt mir doch auch den verſtändigen Greis.

10.

Zag' nicht, o holde Kleine,
Zag' nicht vor dieſem Weine,
Nur uns zu Kopf er ſteigt.
Nicht deinen wird er ſchmerzen,
Euch ſteigt er zu dem Herzen,
Macht Lieb' und Lachen leicht.

11.

Die Liebe ſaß im Herzen
Und jammerte voll Schmerzen;
Da lief vorbei der Wein,
Der hörte ihre Pein.

Und wie er war im Magen,
Da hub er an zu fragen,
Weßhalb ſie Klage führt?
Die Liebe ſprach: mich friert;

Verloſchen meine Sonnen,
Die Bronnen meiner Wonnen!
Der Wein ſprach: habe Muth!
Ich mach' es wieder gut.

Ins Blut iſt er gelaufen,
Mit Feuer es zu taufen,
Und wie von tauſend Kerzen
Wird's warm und hell im Herzen.

12.

Nicht ſeid, nein trinkt euch Zöpfe.
Woll'n ſelber Traube ſein,
Die Beeren unſre Köpfe,
Nichts drin, als lautrer Wein;
Die Stühle unſre Stiele,
So feſt ſitzen wir drauf,
Und fall'n wir ab am Ziele,
Lieſt man uns doch wohl auf.

13.

Bei Tiſche ſaß ich geſtern,
Da waren auch zwei Schweſtern.
Die eine, die war blaß,
Die andre roth wie Roſen.
Mit welcher ſollt' ich koſen?
Gefiel'n mir beide baß.

Die eine ſchien voll Feinheit,
Voll Klarheit und voll Reinheit,
Trotz Mancher um ſie warb,
Die andre hatt' viel Freier
Ob ihrem Geiſt und Feuer
Und ihrer ſchönen Farb'.

Doch wen ſie hat entzücket,
O weh, dem war verrücket
Gar bald der arme Kopf;
Die andre ſchien wohl milde,
Führt' auch nichts Gut's im Schilde,
Erfuhr es bald, ich Tropf.

Ich dacht' in meinem Herzen:
Mit beiden wechſelnd ſcherzen
Bringt wohl zumeiſt Gewinn;
Wandt' bald mich zu der blaſſen,
Bald wieder ſie zu laſſen,
Liebäugelt' her und hin.

Das hat ſie wohl verdroſſen,
Daß ich nicht angeſchloſſen
Mich einer ganz und gar.
Wie ich mit der mich neckte,
Die andre heimlich ſteckte
Ein Zöpflein mir ans Haar.

Doch wie ich wieder drehe
Zur andern mich, o wehe,
Das Zöpflein fiel vom Kopf,
Und jene nun voll Tücke
Steckt an mir lang und dicke
Statt ſeiner einen Zopf.

Hätt's dennoch nicht geſpüret,
Wies Schweſternpaar gezieret
So ſchön mich geſtern hat,
Spräch' nicht vom langen Zopfe,
Den ich trug an dem Kopfe,
Nun heut die ganze Stadt.

14.

Die ſchwarzgeflügelten Sorgen
Von geſtern, heute und morgen,
Die niſteten ſich ins Haus;
Auf meinen Scheitel ſie hupften,
Und neckten und zweckten mich, zupften
Faſt alle Haare mir aus.

Nicht wußt' ich mehr, was mich rette,
Sie fielen mich an im Bette,
Sie huckten mir auf bei Tag',
Sie gruben ſich in die Stirne,
Sie krochen mir ins Gehirne,
Mehr als ägyptiſche Plag'.

Da ſucht' ich in alten Schriften,
Womit man könne vergiften
Das Ungeziefer zumal,
Und fand mit deutlichen Zeichen,
Kein Mittel ſei zu vergleichen
Dem Wein im goldnen Pokal.

Und ſeit ſie den Wein gerochen,
So ſind ſie zu Kreuze gekrochen,
Die Flügel, die ſchrumpften ein;
Nur darf ich nicht ſäumen, nicht feiern,
Muß immer den Göttertrank erneuern,
Sonſt kehret die alte Pein.

Blumenverſe.

1.

Warum iſt ſo ſpitz die Naſe denn
Und warum iſt ſo hohl die Blüte?
Ei nun, damit die Naſe ſich könn'
Die Blumen machen zur Düte.

2.

Das Kind, dem die blaue Blume gefällt,
Des Feldes voll Aehren nicht ſchonet,
Der Mann zertritt eine Blumenwelt,
Wenn eine Aehr' es ihm lohnet.

3.

Die Lilie dünket mich allzumal
Zu ſein der lieblichſte Zecher,
Wenn Nachts ſie den ſilbernen Mondesſtrahl
Trinkt mit dem ſilbernen Becher.

4.

Die Lilie dünket mich allzumal
Zu ſein der lieblichſte Schenke,
Hebt ſelbſt entgegen den Silberpokal
Und reichet Duft als Getränke.

Herzensverſe.

1.

Mein Herz iſt ein feſt verſchloſſen Haus.
Es klingelt; — wer iſt da? — ruft es heraus.
Ein armer Junge, der ſchmachtet zur Stell'.
Ei, laß mich in Ruhe und pack' dich Geſell.

Beſcheiden jetzo klopft's an die Thür.
Wer iſt denn, ruft es, ſchon wieder hier?
O laßt den Beſuch doch, den freundlichen, ein!
Ei, wollt' ich Beſuche, was ſchlöß' ich mich ein?

Ein Rittersmann kommt jetzt ſchön und ſchlank;
Er klingelt nicht erſt und klopfet nicht lang;
Er ſchlägt ohne Weitres die Thüre entzwei;
Der ſchaltet im Hauſe jetzt frank und frei.

2.

Mein Herz iſt eine harte welſche Nuß;
Man ſchneidet und ſticht dran herum zum Verdruß;
Doch hat man die rechte Stelle getroffen,
Liegt der weiche Kern auf einmal offen.

3.

Mein Herz iſt wie ein Hühnerei,
Erſt war drin Alles einerlei;
Doch als dein leuchtendes Aug' es gewärmet,
So ward es lebendig und gackert und lärmet.

4.

Ach laßt mich, mein Herz iſt ſo voll und ſo ſchwer,
's geht wahrlich hinein heute keiner mehr;
Doch habt die Güte, kommt wieder morgen,
So kann ich ein Plätzchen vielleicht beſorgen.

5.

Mein Herz hat einen eingeſeiften Schwanz,
Ich halt' es und halt' es, fort läuft doch der Hans.

6.

Mein Herz gleicht einem Fangeballe,
Fliegt hin und her, es haben's alle;
Zuletzt einſt muß das Spiel doch enden,
Dann bleibt er Einer in den Händen.

7.

Dein Herz iſt ein Brennglas von Eis,
Selbſt kalt, macht's andre doch heiß.

8.

Zwei Klöppel die Augen, die deinen,
Mein Herz die Trommel dazu,
Drauf klopfen die Flegel, die kleinen,
Es möchte zerſpringen im Nu.

9.

Ich bin ein Stehauf aus Kopf und aus Herz,
Das Herz ſtets oben, der Kopf abwärts,
Und kehr' ich mit Mühe das Ganze herum,
So kegelt's von ſelber doch gleich wieder um.

10.

Mögen Andre ſterben vor Liebesdurſt!
Ich trinke mein Bier und eſſe meine Wurſt;
Das Herz iſt doch nur eine Bommel am Magen,
Was ſoll ich viel mich damit plagen?

11.

Dein Herz muß wohl eine Kirche ſein,
Was ließeſt du ſonſt alle Anbeter ein?
Sie werden ein Weilchen drin beten und ſingen,
Zu bleiben wirſt du doch keinen zwingen.

12.

Vernunft und Liebe im Kopf,
Die wollen zuſammen nicht taugen,
Vernunft drum fährt in den Zopf,
Die Liebe ins Herz und die Augen;

Da hat ſie nicht lange Ruh',
Sie ſchürt ein Feuer, das ſackelt,
Der Zopf, der ſchüttelt dazu,
Die ganze Perücke, die wackelt.

Da flammt es hell in die Höh';
Der Zopf, er ſprudelt im Feuer;
Nun läuft die Liebe, o weh,
Fort mit dem Kopf ohne Steuer.

Apoll von Belvedere.

Apoll von Belvedere
Steht vor dem Badehaus,
Das lieget hart am Meere;
Ein Jüngling ſteigt heraus.

Der Jüngling iſt geweſen
Der ſchönſte ſeiner Zeit;
Man nannt' ihn auserleſen
Im Lande weit und breit.

Nackt ſteht er vor dem Nackten,
Sie meſſen Beide ſich:
Weh, ruft er, welch vertracten,
Verſchlackten Leib hab' ich!

Geh' ich in Frack und Hoſen,
Nennt mich doch jeder ſchön;
Vor dieſem Ohnehoſen
Möcht' ich vor Scham vergehn.

Was magſt du dich doch grämen?
Apollo zu ihm ſpricht;
Nur ich hab' mich zu ſchämen,
Du aber brauchſt es nicht.

Daß man mich nackt läßt ſtehen,
Macht ſchamroth jede Dam';
Wollt' ich in Hoſen gehen,
Verging' ich ſelbſt vor Scham.

Der Froſchteich.

1.

Zum grünen Teich ging man ſpazieren;
Ich mußt' ein ſchönes Fräulein führen; —
Mit zarten Reden, Schritten ſacht,
Hin ging es durch des Frühlings Pracht.

Sie ſprach zu mir von dem Gefallen
An Maiengrün und Nachtigallen,
Wie gern ſie auf dem Lande wohnt
Und ſchaut zum lieben, ſüßen Mond.

Als ſie das alles mir entdeckte,
Zum Teich heraus ſein Köpflein ſteckte
Ein Froſch, der auch des Lenzes froh,
Nur fand er nicht die Worte ſo.

Das Fräulein ſchwamm ganz in Gefühlen,
Der Froſch im Waſſer, in dem kühlen,
Sie ſchlug den Blick zum Himmel auf,
Da guckte auch der Froſch hinauf.

Und wie ſich ihre Augen drehn,
Im Kopf herum ſie ihm auch gehn;
Sie rief: o ſchöner Blumenhag!
Das Fröſchlein rufte: quak, quak, quak!

So Fröſchlein, Fräulein ſchwärmten beide,
Fröſchlein im Sumpf, Fräulein in Seide.
Hätt' lieber mit dem Froſch gequakt,
Als mich ans Fräulein angehakt.

2.

Geſegnet mit Gefühlen kamen
Herzu jetzt auch die andern Damen.
Sie zu begrüßen allzugleich,
Schrie brekeker der ganze Teich.

Da hat man laut die Fröſch' geprieſen,
Daß ihr Gefühl ſie mit bewieſen;
Und Eine Stimme gab es nur,
Daß alles ſchön in der Natur.

Weil alſo man die Fröſche lobte,
Kam einer gleich, der es erprobte;
Der Schönſten ſprang er auf das Bein
Und quakte zärtlich: ich bin dein.

Die iſt in Ohnmacht gleich gefallen,
Ringsum Geſchrei ertönt von Allen,
Und nach dem Froſch fällt mancher Schlag;
Der hüpft ins Waſſer: quak, quak, quak!

Die Pappeln.

'S wollt' einer von Leipzig nach Halle gehn;
Ei, dacht' er, was werd' ich da Neues ſehn!
Das iſt eine ſchöne Reiſe,
Da lang' ich wohl an ganz weiſe.

Und als er hinauskam vor das Thor,
Da ſtand ihm das erſte Neue bevor;
Das waren zwei lange Pappeln,
Zwei lange, lange Pappeln.

Er ſah die langen Pappeln ſich an,
Hat zwanzig Schritte weiter gethan,
Da ſtanden wieder zwei Pappeln,
Zwei lange, lange Pappeln.

Er dachte, nun geht das Neue erſt an,
Hat zwanzig Schritte weiter gethan,
Da ſtanden wieder zwei Pappeln,
Zwei lange, lange Pappeln.

Nun, ſagt' er, ſeh' ich's noch einmal mit an,
Hat zwanzig Schritte weiter gethan,
Da ſtanden wieder zwei Pappeln,
Zwei lange, lange Pappeln.

Da ward er böſe wie ein Hahn,
Er lief gar grimmig drauf und dran,
Sah doch, trotz rappeln und zappeln,
Nur Pappeln, Pappeln, Pappeln.

Nun waren die letzten Pappeln vorbei,
Da merkt' er, daß er in Halle ſei,
Und daß er ein Greis am Stabe,
Der noch in Leipzig ein Knabe.

Der gefangene Adler.

Ein Adler ſaß gefangen
In ſeinem Käfig da,
Durch deſſen Eiſenſtangen
Er nimmer Felſen ſah.

Da kamen alle Hühner
Vom Hofe rings herbei,
Und duckten ſich als Diener,
Weil es der König ſei.

Den Adler kümmert's wenig,
Still ſchaut er vor ſich hin;
Es war ein ſolcher König
Nicht nach der Hühner Sinn.

Ei, ſagten ſie, man ſpüret,
Es iſt der Rechte nicht;
Man hat uns angeführet,
Das iſt ſo klar wie Licht.

Kein Thier ſaß je ſo träge
Vom frühen Morgen an,
Da iſt doch allerwege
Was andres unſer Hahn.

Er ſpringt nicht auf der Stange,
Er ruft nicht kikericki;
Wir gackern hier ſchon lange,
Er piepte ſogar nie.

Auch iſt kein Thier wohl dümmer,
Denn fragt ihn was der Hahn,
Verſteht er's nicht, thut immer,
Als ging es ihn nicht an.

Indeß ſich ſo verſtändig
Beſpricht der Hühner Rath,
Im Himmel wird's lebendig,
Die Wetterwolke naht.

Die Hühner nehmen eilig
Des nächſten Schuppen wahr,
Zu Ruhe froh und heilig
Wird's dem gefangnen Aar.

Ein Blitz fährt krachend nieder,
Zerſchlägt das Eiſenhaus;
Da breitet ſein Gefieder
Der Aar und fliegt hinaus.

Er fliegt hinauf zum Sitze,
Wo noch der Donner rollt,
Zu bringen Dank dem Blitze,
Der ihn erlöſen wollt'.

Die Hühner ſahn mit Staunen
Ihn ziehen ſeine Bahn,
Und fingen an zu raunen,
Daß einen Gott ſie ſahn.

Die vier Hühnchen.

Der Hahn hat mir heut Morgen früh
Erzählet dieß Geſchichtchen hie.

Es iſt nun gerade Jahr und Tag,
Wie ich mich wohl erinnern mag,
Da ſaßen vier Hühnchen auf einem Stackete,
Worüber ein grünes Zweiglein wehte.

Die Hühnchen, die wollten recht luſtig ſein,
Da fiel's dem einen der viere ein,
Hinaufzuſpringen zum Zweiglein oben,
Das wollten die andern auch erproben.

Wohl dreien der Sprung ganz gut gelang,
Das vierte leider zu niedrig ſprang;
Die droben erhoben ein frohes Gekrähe,
Das unten, das ſchrie Zeter und Wehe.

Die dreie wollten recht luſtig ſein,
Da fiel's dem einen der dreie ein,
Zu ſpringen noch nach dem Zweiglein darüber;
Ei, riefen alle, je höher, je lieber!

Wohl zweien der Sprung ganz gut gelang,
Das eine leider zu niedrig ſprang;
Die oben erhoben ein frohes Gekrähe,
Die unten ſchrieen Zeter und Wehe!

Die zweie wollten recht luſtig ſein,
Da fiel's dem einen der zweie ein,
Hinaufzuſpringen noch vollends zur Spitzen;
Das andere rief: da will ich mit ſitzen.

Dem einen der Sprung ganz gut gelang,
Das andere leider zu niedrig ſprang;
Das droben erhob ein frohes Gekrähe,
Die unten ſchrieen Zeter und Wehe!

Das Hühnchen, das jetzt ſaß oben drauf,
Seitdem zum großen Hahn wuchs auf;
Der hat ſich den Baum zum Sitz erwählet,
Das iſt der Hahn, der dieß erzählet.

Die unten ſchrieen noch lange Glucks,
Da kam und fraß ſie alle der Fuchs;
Den droben mußt' er ſich laſſen vergeben,
Der lacht' ihn aus von ſeinen Höhen.

So geht es zu in dem Hühnerreich,
Es will jedes auf einen grünen Zweig;
Doch alle können nicht oben ſitzen,
Drei fallen, eines gelangt zur Spitzen.

Der Mäuſehimmel.

Ein Mäuslein ſprach einſt zu der Maus:
Wenn ſein wird unſer Leben aus,
Das wir geführt auf dieſer Erden,
Was wird doch künftig aus uns werden?

Die Maus ſpricht: Mäuslein, haſt du hier
Gelebt in Tugend für und für,
Wirſt du zwei ſchöne Flügel kriegen,
Als Engel in den Himmel fliegen;

Wirſt finden dort ein voll Gedeck
Von himmliſchem ſtatt ird'ſchem Speck,
Wirſt ſchweben hoch ob allen Katzen,
Und nimmer fürchten ihre Tatzen.

Das Mäuslein ſpricht: o Seligkeit,
Hätt' ich doch ſchon mein Engelskleid!
Doch ſprich, will's denn kein Engel gönnen,
Daß wir ihn hier ſchon ſchauen können?

Die Maus zum Mäuslein ſpricht darauf:
Wer ſchaut recht ſtät nach oben auf,
Dem mag's zuweilen wohl geſchehen,
Daß ſich ein Engel läſſet ſehen.

Das Mäuslein ſchrieb ſich's in den Sinn,
Lief manchen Tag noch her und hin,
Und kam, verlockt durch Wohlgerüche,
Einſtmals auch auf den Heerd der Küche.

Als es da hat empor geblickt,
Wie wird ſein ganzer Sinn entzückt!
Erfüllet iſt nun all ſein Hoffen,
Den Himmel ſieht's auf einmal offen.

Der hänget ganz voll Himmelsſpeck,
Und wirkend an dem höhern Zweck
Schaut nieder auf die Welt voll Mängel
Die Fledermaus als Mäuſeengel.

Das Mäuslein, dem ward dieß Geſicht,
Vergaß es all ſein Lebtag nicht;
Ein Maler ward's von heil'gen Bildern,
So ſchön wußt' Engel kein's zu ſchildern.

O Mäuslein, wie verdienſt du Neid!
Der Menſch niemals bracht' es ſo weit,
Daß er den Himmel, den er baute,
Auch leiblich hier mit Augen ſchaute.

Der Krebs und der Schneider.

Ein Krebs zu einem Schneider kam,
Beſtellt' ſein Hochzeitkleid;
Der Schneider dazu ſchön Scharlach nahm,
Vier Zoll lang, zweie breit.

Der Krebs wollt' holen ſeinen Rock;
Da ſah er, der war roth.
Ei, ſprach er, du dummer Ziegenbock,
So ſehn ja die Krebſe todt.

Das Schneiderlein wohl ſchrie meck meck;
Es half ihm gar nichts doch:
Der Krebs nahm ihm ſeine Scheeren weg,
Die trägt er heute noch.

Alsbald er hinterm Ofen fand
Von ſchwarzem Zeug ein Pack;
Draus ſchnitt er ſelbſt mit fert'ger Hand
Sich Hoſen, Weſt' und Frack.

Darauf gar höflich rückwärts ſchritt
Er zu der Thür hinaus,
Und ſang gar laut: roth will ich nit,
Schwarz, das ſieht luſtig aus!

So lang der Krebs lebt in der Welt,
Mag er an Schwarz ſich freun;
Und wem das Rothe beſſer gefällt,
Ein dummer Menſch muß ſein.

Aus dieſer Mähr ihr lernen könnt:
Jed's will einen andern Rock;
Was dem iſt recht, iſt dem verwendt,
Doch glaubt's kein Ziegenbock.

Möpschen und Aeffchen.

1.

Hey heiſa, hey heiſa, welch luſtiger Tanz!
Das Möpschen will beißen den eigenen Schwanz,
Das Schnäuzchen und Schwänzchen, die haſchen ſich rings,
Gehts Schnäuzchen nach rechts, gehts Schwänzchen nach
links,
Iſt hinten das Schnäuzchen, iſt vorne das Schwänzchen,
So wird niemalen fertig das Kränzchen.

Hey heiſa, hey heiſa, ein neuer Tanz!
Das Möpschen läßt jezt zufrieden den Schwanz,
Nun will es ſich beißen in ſeinen Schopf,
Es ſchüttelt und wirft in die Höhe den Kopf;
Möcht' machen gern, das Schnäuzlein wär' drüber,
Und bäumt ſich und purzelt gar hinten über.

Hey heiſa, nun wird erſt recht luſtig der Tanz,
Wie kläfft das Möpschen, wie ſchlägt's mit dem Schwanz,
Wie zuckt's mit dem Pfötchen und beißt ſich ins Bein,
Springt bald vor ſich her, bald hinter ſich drein;
Niemalen ein Böckchen, niemalen ein Schöpschen
Hat ſo ſich geberdet wie unſer Möpschen.

Ein Aefflein ſaß ganz ruhig dabei
Und ſprach zum kleinen Mopſe: ei, ei,
Was ficht dich, kleiner Faulpelz, denn an?
Du haſt ja ſonſt niemals ſo gethan.
Hauhau, hat drauf das Möpschen geſprochen,
Ein Floh hat ganz und gar mich zerſtochen.

Klug Aeffchen ſpricht: welch dummer Streich!
Was haſt du mir das geſagt nicht gleich?
Ich hätte den Floh dir weggeknickt,
Ohn' daß du dich von der Stelle gerückt:
Juckt's dich, wo du dich nicht kannſt kratzen,
Nimm gleich dazu des Freundes Tatzen.

2.

Das Aefflein hatte wohl Verſtand,
Und bot gern hülfreich ſeine Hand,
Doch konnt's ſelbſt lernen noch genug,
Kein Menſch noch Aff' iſt je ganz klug;
Drum laß ich, um euch zu belehren,
Der Fabel Fortgang euch noch hören.

Alsbald, nachdem der kleine Mops
Umſonſt gethan ſo manchen Hops,
Er vor dem warmen Ofen lag
Und ruhig ſeines Schlafes pflag,
Als plötzlich auf die Flamme ſprühte,
Ein Köhlchen ſprang heraus, das glühte.

Und ſiehe da, das Köhlchen klein
Dem Mops fuhr in den Pelz hinein,
Worauf alsbald das Möpschen ſchrie:
Hauhau, komm Aeffchen, hilf! hie, hie!
Schnell iſt das Aeffchen zugefahren,
Denkt, Floh ſitzt wieder in den Haaren.

Allein, o weh! 's hat ſeine Hand
Am heißen Köhlchen ſich verbrannt,
Und ſtatt, daß es den Mops gelauſt,
Ihn tüchtig noch dazu gezauſt,
Weil ſich vor Schmerz und Krampf die Krallen
In Möpschens Haar zuſammenballen.

Aus dieſer Mähr ihr lernen könnt:
Wenn's Jemand auf den Buckel brennt,
So fahrt nicht zu gleich ohne Sinn;
Seht erſt, wo will die Sache hin!
Denn ſonſt beſorget, daß entſtehe
Zum erſten noch ein zweites Wehe.

3.

Dir ward's erzählt, du großer Hans,
Nicht minder dir, du große Gans;
Doch was jetzt kommt, ſoll ganz allein
Für dich, klein Hänschen, erzählet ſein,
Weil's viel zu dumm für die großen Hänſe,
Und viel zu klug für die großen Gänſe.

Das Mizelein dem Aeffein hat's nicht getraut.
Sie haben ſich beide gar derb gezauſt,
Denn's Aeffein war wohl von Herzen gut.
Doch, ärgert ſich's, kam's gleich in Wuth.
Schlug um ſich 'rum mit ſeinem Schwänzlein,
Und biß und ſchrie, ganz wie mein Hänslein.

Mizelein war auch ſchlimm von Gemüth
Und biß, eh's Aeffchen ſich's verſieht,
Sein Schwänzchen ihm ab in einem Nu;
Papa hebt's auf, wie er kommt dazu,
Giebt beiden damit erſt tüchtige Prügel,
Und ſteckt das Schwänzchen dann hinter den Spiegel.

Was wird aus dem Aeffchen nun ohne Schwanz?
Ei, das iſt ja mein kleiner Hans!
Und was aus dem Schwänzchen? die Ruthe, hoho!
Die immer zurück will zum kleinen Popo,
Und wenn recht ſchreit und zankt mein Hänschen,
Gleich hinter dem Spiegel merkt's das Schwänzchen.

Die ſechs Kleckſe.

Ein Schwank.

Hatt' einſt zu einer Frau zu gehen,
Die fand ich in der Küch' voll Ruß
Gar emſig an dem Feuer ſtehen,
Im Keſſel rührend Pflaumenmuß.

Sie fragt mich, was mich hergeführet,
Und reicht zum Gruß die eine Hand,
Indeß die andre immer rühret,
Weil ſonſt das Muß wär' angebrannt.

Ich wollt' ihr meinen Auftrag ſagen,
Das war mir ganz und gar verwehrt,
Weil rings um ſie ſich lärmend jagen
Sechs Kinder, daß kein Wort man hört.

Sie liefen all' in weißen Hemdchen,
Denn Sonntag war es und noch früh;
Der Schneider hatte für die Beinchen
Geſchnitten keine Hoſen hie.

Die Mutter ſchilt und droht vergebens,
Nur immer toller wird der Spuk,
Da endlich ruft ſie: Herr des Lebens,
Nun hab' ich an dem Lärm genug!

Den Keſſel hebt ſie ſchnell vom Dreifuß,
Hat noch im Zorn des Mußes Acht,
Drauf hinter jedem kleinen Zweifuß
Hat ſcheltend ſie die Jagd gemacht.

Es fliehen Hans und Barb' und Töffel,
Die Mutter immer hinterdrein,
Schwingt in der Hand den muß'gen Löffel,
Und holt ſie eins der Kleinen ein,

Setzt einen derben Klaps es hinten,
Davon entſteht ein ſchwarzer Klecks;
Es halfen ihnen nichts die Finten,
Sie zeichnete ſie alle ſechs.

Schön ſtachen ab die ſchwarzen Schilder
Von jedes weißer Hinterwand,
Doch tobten ſie nur deſto wilder,
Indeß ihr ſelbſt der Athem ſchwand.

Ich aber ſprach zu ihr mit Lachen:
Ihr habt verfehlt den rechten Fleck,
Ich will euch zeigen, wie's zu machen;
Sprach's, und nahm ihr den Löffel weg.

Und als ich ihn mit Muß gefüllet,
Ruft' ich ein Jegliches herbei;
Schnell war da jeder Mund geſtillet,
Den ich geſtopft mit ſchwarzem Brei.

Die Mutter ließ es ſtill geſchehen,
Das Muß blos ſchien ihr leid zu thun;
Zum Kleckſe hinten konnt' man ſehen
Auch vorne ſchwarze Mäulchen nun.

Der Mutter macht die Hausehr' Sorgen,
Sprach: ſezt nun hin euch alle ſechs!
Sie dachte wohl, dann blieb' verborgen
Doch meinem Aug' der hintre Klecks.

Das beſte ſicher that der Dreier,
Den jedem ich verſprach dazu,
Daß auf der weißen Bank am Feuer
Bald alle ſaßen gut in Ruh.

Sie ſaßen ſtille wie ſechs Säulchen,
Den Blick vergnügt nach mir gewandt.
Die Mutter ſprach: nun wiſcht die Mäulchen,
Dann küßt dem güt'gen Herrn die Hand.

Befolgt ward's gleich von jedem Kinde,
Sein Hemdlein vorn hob jedes auf,
Und wiſcht vom Mund den Fleck geſchwinde,
Der ſaß nun vorn am Hemdlein drauf.

Der Mutter mocht' es wohl nicht ſcheinen,
Gewonnen hätten ſie an Zier;
Sie jagte von der Bank die Kleinen
Und ſperrte ſie hinaus zur Thür.

Doch wo geſeſſen all' die Sechſe,
Dort auf der Bank ſo weiß und rein,
Da blieben jetzt ſechs ſchwarze Kleckſe,
Die einen groß, die andern klein.

Die Mutter hatt' es nicht verſpüret,
Und weil ich mit ihr ſprach gar lang,
Ihr Muß derweil' ſie fertig rühret,
Drauf ſetzt ſie ſelbſt ſich auf die Bank;

Stand wieder auf nach einer Weile,
Die Frau war dick, das Kleid war breit,
Trug ſelber nun die ganze Zeile
Der Kleckſe hinten auf dem Kleid.

Die Fabel hier ſoll euch wohl lehren:
Schwärzt niemals weiße Unſchuld an;
Zuletzt wird zu euch wiederkehren
Vereint, was ihr an ihr gethan.

Die Entſtehung der Kopfnuß.

Vorlängſt ging ein Schulmeiſterlein
Mit ſeiner Schul' ins Holz hinein:
Sprach: Jungens, mögt euch ſputen,
Zu ſammeln Haſelruthen.

Und find't ihr Nüſſe dran, ihr Pack,
Die thut hinein in dieſen Sack;
Die Nuß kommt mir zu Gute
Und euch die Haſelruthe.

Und hör' ich irgend wo: knicks, knacks,
Zeig' ich an euren Rücken ſtracks,
Wie's Holz ſchmeckt von den Nüſſen,
Die ihr habt aufgebiſſen.

O weh, o weh, Schulmeiſterlein,
Wie ſchwer iſt doch das Aemtchen dein!
Zu zügeln ſolche Rangen,
Woll'n keine Ruthen langen.

Knicks, knacks ging es in einem fort,
Es knickſte hier, es knackſte dort;
Das Männlein ſprang und keuchte,
Kaum Einen doch erreichte.

Und als er ſich ganz abgehetzt,
Sich unter einen Baum er ſetzt,
Dieweil er war todtmüde,
So mußt' er machen Friede.

Und ſprach: bringt nun den Sack herbei!
O weh, o weh, nicht zwei, nicht drei,
Nicht eine Nuß war drinnen;
Da rief er faſt von Sinnen:

Und bin ich ſelber auch ein Tropf,
So laß' der Himmel meinem Kopf
Beifallen doch ein Mittel,
Zu zücht'gen euch als Büttel.

Wie er ſo ſeinem Schmerz gab Raum,
Ließ gleich ein Eichhörnlein vom Baum
Aus ſeinen kleinen Krallen
Der Nüſſe ſchönſte fallen.

Die fällt dem Männlein auf den Kopf;
Wie ſchlägt und wehret ſich ſein Zopf!
Von dieſer Kopfnuß ſtammen
Die Kopfnüß' all zuſammen.

Was ſelber ihm gab ſo viel Pein,
Alsbald ſein Knöchel, hart wie Stein,
Rings jedem Kopf ertheilte,
Daß alles um ihn heulte.

Drauf ſorglich das Schulmeiſterlein
Die Kopfnuß pflanzt ins Schulgärtlein,
Wo ſie gedeiht noch heute
Zum Abſcheu junger Leute.

Sprüche und Epigramme.

Auf der Erde nur giebt es vernünftige Weſen;
So kann man bei Hegels Schülern leſen;
Doch daß nicht alle vernünftig drauf ſind,
Erſieht aus ſelbigem Satze ein Kind.

Was ziehet ihr die Stirne kraus
Und ſprecht: mit Poeſie iſt's aus!
Mit Poeſie iſt's aus mit nichten,
Euch fehlet nur das rechte Dichten.

Natur, ſprecht ihr, für ſich iſt roh und ungeſchlacht,
Die Schönheit wird dazu vom Menſchengeiſt gebracht.
Nicht doch, der Menſchengeiſt iſt roh und ungeſchlacht,
Bis er als ſchön erkannt, was die Natur gedacht.

Für dich mag ſich wohl ſchicken,
Was für die Weiſen nicht;
Die kehren der Welt den Rücken
Und ſchauen in das Licht.
Den Quell der ewigen Klarheit
Und was ſie dort erſchaut,
Das, ſagen ſie, iſt Wahrheit,
Worauf man Häuſer baut.

Du, kehr' der Sonn' den Rücken
Und ſchaue in die Welt,
So wirſt du klar erblicken,
Was ſie darin erhellt;
Und daß dein Aug' erkenne,
Wo Sonn' am Himmel geht,
Nicht ſelbſt es dran verbrenne,
Sieh, wo der Schatten ſteht!

Und miſchteſt du noch ſo viel Sachen,
Du wirſt das Gold aus Gold nur machen;
Das iſt die einz'ge Alchemie,
Zugleich die einz'ge Poeſie,
Daß ſie das Gold uns blank hinleget,
Was roh das Erz ſchon in ſich träget.

Du ſagſt: ich trinke nur, damit ich könne dichten,
Gedeihen wird es dir, beſorge ich, mit nichten;
Gar manches Lied entſprang wohl aus der Flaſche Wein,
Doch nie dem Dichter bracht's die Flaſche wieder ein.

Der Junge, den man dort ſo fürchterlich zerbläut,
Erwecket Mitleid dir; erwecken ſollt' er Neid.
Ein jeder in der Welt in Schläge muß ſich ſchicken,
Doch jeder nicht empfing dazu ſo guten Rücken.

Als ich zuerſt die Welt begrüßte,
So ſchrie ich als ob man mich ſpießte;
Als ich zum Knaben vorgerückt,
Hab' froh ich in die Welt geblickt;
Dem Jüngling iſt das ſchon vergangen,
Doch blieb er an der Hoffnung hangen;
Als Mann hab' Wackres ich gewagt,
Doch wackrer noch ward ich geplagt;
Am Ziele meiner Lebensreiſe
Denk' ich: wie war das Kind doch weiſe!

Natur, die junge Maid, ſteht da im ſchönſten Prangen,
Weil ſie den jungen Lenz als Braut hat zu empfangen;
Doch bleibt der eigne Reiz für ſie wie unter Siegel,
Beut nicht des Menſchen Aug' ihr dar ſich als ein Spiegel.

Sollt'ſt du das Meer auch nimmer ſehn,
Siehſt doch, wohin die Flüſſe gehn;
So, daß ein Gott ſei, wirſt du wiſſen,
Wenn nach du gehſt des Lebens Flüſſen.

Fürs Tiſchlein ein Wiſchlein.

Liegt ſchwer dir der Braten im Magen,
Mußt künftig ſelber ihn jagen. —

Du neideſt ſein Gaſtmahl dem König,
Sein Magen beneidet dein Wenig. —

Den Freßtrog, den vollen, dem Rüſſel;
Dem Mund in der Schüſſel ſein Bißel. —

Gewürz kann Hunger dir machen,
Doch Hunger würzt ſelbſt ſchon die Sachen. —

Denk, wenn du ſitzeſt beim Weine,
Noch tragen den Kopf ſechs Beine;
Doch wenn du wirſt aufſtehen,
So muß er auf zweien gehen. —

Brod ſollſt du aus eigenen Taſchen,
Doch Zucker aus fremden nur naſchen;
Drum führ' in jenen nicht Plätzchen,
Es ſei denn, du gingeſt zum Schätzchen. —

Wer Sorg' hat ums tägliche Eſſen,
Beim Eſſen ſoll ſie vergeſſen;
Die Sorge machet nicht ſatter,
Und was er ſorgte, das hat er. —

Nach Tiſche ſollſt nicht laufen,
Noch liegen als wie ein Haufen;
Daß gut ſich kochen die Speiſen,
So quirle in kleinen Kreiſen;
Dieß Sprüchlein wird dem Magen
Und Topfe gleich behagen. —

Thu Wirthin nicht beim Feſte,
Als ſeiſt du Gaſt der Gäſte.
In Kleidern zeig' und Mienen,
Du ſtehſt nur vor dem Dienen.

Bring her die weißeſte Decke,
Der Gaſt wird bringen die Flecke;
Und wird er den Rothwein vergießen,
Mehr ihn als dich ſoll's verdrießen.

Biſt, Wirth, du nicht gar ein Toffel,
Genügt auf den Tiſch die Kartoffel;
Doch weißt du zum Gaſt nicht zu ſprechen,
Trag auf, daß die Tafeln brechen!

Wie viel du Gäſte ſollſt laden,
Zu wiſſen, ſo nimm einen Faden,
Und miß, ſtatt des Tiſches Umgang,
Des Beutels Läng' und Umfang.

Den ſelbſt zum Eſſen Erböt'gen
Unnöthig wär's, ihn zu nöth'gen;
Doch arme Studenten, Autoren,
Ohne Nöthigen wären verloren.

Plagt dich der Schmarotzer Gelichter,
Nichts helfen dir ſaure Geſichter;
Vielmehr mit der ſüßeſten Miene
Und ſauerm Wein ſie bediene.

Nicht leicht mag trocken ſcheinen
Ein Toaſt bei guten Weinen;
Sollſt doch nur den ausbringen,
Der klingt ohne Gläſerklingen. —

Aal.

„Der Aal iſt mir der liebſte Fiſch;
Käm' heute einer doch zu Tiſch!“
So ſprach ein Biſchof an dem Rhein;
Es hört's der Aal, ſtellt gleich ſich ein,
Und wind't und krümmet ſich gar ſehr
Ob der ihm angethanen Ehr',
Im Herzen denkend: ſicherlich
Mit Schot' und Erbs traktirt man mich.
Empfangen ward er feierlich;
Wie ging's nun bei der Tafel? ſprich!
Statt daß der Aal die Schoten fraß,
Der Biſchof ſelbſt dazu ihn aß.

Wenn Große loben dich und laden,
So ſprich: ich danke euer Gnaden.

Bier.

„Ei, gut ſein iſt es hier,
Denn hier giebt's gutes Bier;“
„Nein, ſchlecht ſein iſt es hier,
Denn hier giebt's gutes Bier.“
So ſtritten zweie ſich jüngſthin vor eine Schenke;
Der ſah die Trinker an und jener das Getränke.

Bretzeln.

Warum doch winden ſich die Bretzeln als wie Schlangen?
Einfacher wär' es ja, zu backen ſie in Stangen!
Du fragſt mit Recht; doch wenn's nichts gäb' dabei zu fragen,
Verſchwände am Gebäck ſogleich auch das Behagen.
Im größten Bretzelkorb iſt's grad auch ſo beſtellt;
Drum ſchilt die Krümmen nicht und Schlangen in der Welt.

Brod.

Der Menſch denkt, wenn er im Gebet
Sein täglich Brod von Gott erfleht:
Beim Menſchen Brod ſich zum Braten verſteht,
Gott wird verſtehn es umgedreht.

Brodplatz.

Die Mutter hatte wohl manchmal Noth,
Zu ſchaffen uns Kindern das tägliche Brod;

Und läßt nur ſoviel davon leben,
Daß es mög' neue Eier geben.

Fürwahr, die Regel iſt bequem,
Für Eiereſſer angenehm,
Für die, die, wenn ſie ruhig liegen,
Der Hahnenſchrei ſtört im Vergnügen.
Ich aber lobe mir die Schaar,
Die ſelbſt nimmt ihres Rechtes wahr,
Und ſtatt als Ei zu ſein ein Eſſen,
Sich balget um ihr eignes Freſſen;
Wo fröhlich kräht, wer obgeſiegt,
Gelebt doch hat, wer unterliegt.

Ente.

Aus Schlechtem Nutzen ziehn und ſelber bleiben rein,
Mit Unrecht dünket dir unmöglich das zu ſein.
Sieh' nur, wie aus den Schlamm den Wurm ſich wühlt die Ente,
Und ſchwimmt doch rein darob im reinen Elemente.

Erdbeeren.

Ein Stolzer ſprach: niemals werd' ich mich bücken;
So möcht' ich wiſſen doch, wie er will Erdbeern pflücken.

Gans.

Ein philoſophiſcher Begriff gebratner Gans entſpricht,
Daß ſie von ſelber Aepfel fräß, geſehen hab' ich's nicht;

Doch Jeder freut des Inhalts ſich, wenn man ſie bringt zum Schmaus:
Das, was man hat hineingethan, nimmt wieder man heraus.

Henne.

Zu einem alten weiſen Hahn
Hub einſtmals eine Henne an:
Kannſt lehren mich nicht ein Gebet,
Wodurch von Menſchen man erfleht,
Zu gehn mit uns nicht ins Gericht?
Geſchlachtet würd' ich gerne nicht.

Darauf der Hahn ſprach zu dem Huhn:
Weil du's biſt, ſo will ich es thun;
Thu jeden Morgen einen Schrei,
Ganz einfach, und dann leg' ein Ei;
All Gackern hilft nicht ſo zum Ziel;
Was du willſt ſchrein, das iſt gleichviel.

Hirſch.

Wie ſchön klingt bei der Jagd des Waldhorns helles Grüßen;
Doch kann der, der es bläſt, dabei den Hirſch nicht ſchießen.
Der Eine mög' das Wort, die That der Andre bringen,
Verſtehen's beide recht, wird's klingen und gelingen.

Kaffee.

Natur vor jenem Thore liegt einſam, wunderſchön,
Durch's andre auf dem Sande doch blos die Leute gehn;

Sei noch ſo ſchön, Natur, es kömmt kein Menſch zu dir,
Wenn du nicht ladeſt ein auf Kaffee oder Bier.

Kartoffel.

Man pflanzet die Kartoffel nicht,
Damit ſie Blatt und Blüten bringe;
Doch iſt das, was ſie treibt ans Licht,
Bedingung, daß ſie ſelbſt gelinge.

Drum nicht in myſt'ſchem Dunkel hockt,
Treibt grüne Zweige in das Leben!
Habt ihr euch tüchtig da beſtockt,
Wird's Freud' auch bei der Ernte geben.

Kartoffel.

Wie konnten doch die Menſchen leben,
Als es Kartoffeln nicht gegeben?
Ei, alle, die nicht konnten leben,
Die hat's auch damals nicht gegeben.

Krebs.

Der Krebs iſt ſchwarz im Leben,
Im Tode freudenroth;
Verkehrt ging er im Leben,
Recht hat er wohl im Tod.

Krebs.

Der Krebs hat äußerlich ganz gut gebaute Augen,
Doch was er innen trägt, zum ſehen will's nicht taugen.

Bei Philoſophen iſt das innre Aug' das klare,
Die äußern Augen meiſt nur ungebrauchte Waare.
So hab' ich euch gezeigt in dieſen wen'gen Strophen:
Verkehrte Krebſe ſind, ſonſt nichts, die Philoſophen.

Krebs.

Ich hatte weder Geſchick noch Glück,
Statt vorwärts ging es gleich anfangs zurück;
Doch ſicher gelingt es dem Krebſe noch,
Daß er zuletzt kommt in ſein Loch.

Kuchen.

Wer gehn will, einen Schatz zu ſuchen,
Eß' trocken Brod zuvor, nicht Kuchen;
Sonſt denkt der Schatz: ei nun, der braucht's nicht;
Und Gott: dem Leckermaul, dem taugt's nicht.

Doch, wenn gelungen iſt das Suchen,
Zum Gaſtmahl ſetze auf den Kuchen;
Sonſt wieder denkt der Schatz: der braucht's nicht;
Und Gott: dem Geizhals, ei, dem taugt's nicht.

Kürbis.

Ein Kürbis aufgeblaſen zu den andern Früchten ſpricht:
Geſteht's, daß ich von allen doch die Perle bin.
Die ſagen: dicker Mann, wir leugnen's nicht,
Doch eine, die man wirft den Säuen hin.

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER, G.T. FN. 01563/016

Lerche.

Was klagſt du, daß man dir nicht lohne den Geſang,
Singſt du aus eigner Luſt, haſt du ja deinen Dank;
Singſt nicht aus eigner Luſt, wem kann dein Lied dann frommen?
So kannſt du Dichter nie etwas von uns bekommen.

Wer gäbe Frucht für das, was ohne Frucht verklingt?
Man ſingt den wieder an, der ſelber an uns ſingt;
Man ſteht und gafft den an, der ſelber ſteht zu gaffen,
Giebt aber Brod nur dem, der ſelber Brod mag ſchaffen.

Du ſelber lobſt, doch lohnſt ja nicht der Lerche Lied,
Jßt ſie ſogar im Herbſt mit großem Appetit;
Drum ſchilt uns nicht, daß wir dir nichts zu eſſen geben,
Dank' uns vielmehr dafür, daß wir dich laſſen leben.

Nudeln.

Aus gutem Teige einen guten Ballen
Zur flachen Scheibe mandle erſt vor allen,
Dann ſchneide rechts und links und kreuz und quer,
So giebt der Ballen dir die ſchönſten Nudeln her.
Wolltſt einzeln ſchneiden ſie, wär' alle Müh' zu nichte;
Vor Nudeln erſt den Ball, Idee vor dem Gedichte!

Pfannkuchen.

Es giebt Pfannkuchen gefüllte und leere,
Du wägſt ſie umſonſt nach ihrer Schwere;
Und wögſt du alle Pfannkuchen der Welt,
Du triffſt nur den, der dir ward beſtellt.

Pfeffer und Salz.

Vom Salzfaß ſteht nicht weit das Pfefferfaß zumeiſt;
Vom Witz nicht weit der Sinn, der gern nach andern beißt.

Pudding.

Ein Pudding, brennend aufgetragen,
Mag Jedermann gar wohl behagen,
Was iſt es, was uns dran ergötzt?
Daß, wenn die Flamm' erliſcht zuletzt,
Der Pudding hinterbleibt uns gut,
Gekocht in ſeiner eignen Glut.
Mög' Jugend nutzlos nicht verlodern,
Man wird zuletzt den Pudding fodern.

Radieschen.

Weiß ſelbſt nicht, was ich trieb,
Ich glaube wohl, ich ſchrieb,
Als unten rief ſchön Lieschen:
Sallat, Sallat, Radieschen!

Ei ei, was ſoll das ſein,
Was lauf' ich hinter drein!
Iſt's etwa nach den Radieschen?
Iſt's etwa nach dem Lieschen?

Rettig.

Ein Junge und ein Rettig, die biſſen einander an;
Der Junge biß zuerſt, drauf kam der Rettig dran;

Doch wie er ſich auch wehrt, bald iſt er aufgegeſſen;
Wohl manchen Rettig noch hat ſo der Jung' gefreſſen.
Dich lehrt dieß Heldenlied: wer ausbeißt, leichtlich ſiegt;
Doch wer bloß wiederbeißt, gewißlich unterliegt.

Schöpſenbraten.

Um Schöpſenbraten gut zu eſſen,
Will man nicht ſelber Gras auch freſſen;
Genug iſt's, daß der Schöps es fraß;
Zu Gründlicher, o merke das!

Schwein.

Kein ſchöner Feſt kenn' ich, als eines Schweines Schlachten;
Erfüllet wird dabei, woran längſt alle dachten,
Die Mutter an die Wurſt, an's Würſtlein jed's der Kinder;
Noch mehr gefiel es mir, wenn nur das Schwein ſchrie minder,
Und wenn mir, der kein Schwein ſelbſt hat, es wollte glücken,
Daß jeder, der eins hat, ein Würſtlein wollte ſchicken.

Truthahn.

Ein Truthahn ging umher mit rauſchendem Gefieder,
Sah auf der Hühner Heer mit ſtolzen Blicken nieder.
Der Hausherr hält auf mich, denkt er, ſo große Stücke,
Weil ich ihm ſeinen Hof durch Kraft und Schönheit ſchmücke.

Du irreſt, Truthahn, ſehr, indem du dieſes meinſt,
Gleichgültig iſt's dem Herrn, was lebend du erſcheinſt,
Doch, daß geſchlachtet noch du giebſt den größten Braten,
Das iſt's, was ihm erſcheint die ſchönſte deiner Thaten.
Nimm dir's zu Herzen auch, du eitler Erdenkloß,
Was nach dem Tode bleibt, das macht allein dich groß.

Wein.

Beim Thee will man entſcheiden,
Wer größer ſei von beiden,
Ob Schiller oder Göth'?
Beim Kaffee fragt Frau Schnattrin,
Wie auskommt die Gevattrin,
Und wie das Kleid ihr ſteht?

Beim Bier will man ſtudieren,
Wer wird die Schlacht verlieren,
Schlägt ſelbſt mit Zungen drein.
Beim Saft allein der Reben
Lebt man und läſſet leben:
Drum leb' allein der Wein!

Weintraube.

Du klagſt, daß dir kein Glück will munden,
Weil ihm was bittres ſtets verbunden,
Und iſſeſt doch die Traube gern,
Die in ſich trägt ſo herben Kern.
Warum? du weißt ihn auszuſpucken,
Oder ganz auch zu verſchlucken.

Räthſel und Charaden.

1.

Ein Kindlein iſt es, jung und friſch,
Doch ſtarb bei der Geburt die Mutter;
Statt warmen Milchbrei auf den Tiſch,
Gab man den kältſten ihm zum Futter.

Die einen bei der Mutter gehn
Zu Grabe mit betrübten Mienen;
Die meiſten bei dem Kindlein ſtehn
Und freuen ſich, daß es erſchienen.

Was wird einſt aus dem jungen Held,
So hör' ich ringsum alle fragen,
Der gleich, ſo wie er kam zur Welt,
Ein Dutzend tapfer hat geſchlagen?

2.

Wer nennt mir die Häuslein ſo nett und rein,
Mit dem Gewölb' von weißem Stein!
Sich ſelber baun ſie ohne Müh',
Du weißt wohl wo, doch weißt nicht wie.

Gar friedlich in guter warmer Hut
Ein ganzes Dörfchen beiſammen ruht;
All' haben ſie eine Beſitzerin,
Die aber wohnt nicht ſelber drin.

Doch iſt ein Inſaß in jedem Haus,
Der hat kein Fenſter zu gucken hinaus,
Der hat keine Thüre zu gehen hinein,
Schlägt, will er hinaus, die Wände ein.

3.

Wer ſollte wohl von einer Hennen
Was ſonſt als dieß erwarten können:
Im runden Neſt ein rundes Ei,
Das reinlich liegt auf reiner Streu?

Mein Räthſel macht's ſonſt wie die Hennen,
Doch loben werdet ihr's nicht können;
Denn ach, zu ſagen ſchon iſt's arg,
Es legt ſein Ei grad' in den Quark.

Und Wunder, wenn es iſt geſchehn,
Wollt ihr es etwa euch beſehn?
Dreht's rechts und links und rings herum,
Ihr findet nichts dran rund und krumm.

4.

Der Länge nach iſt's ein gewunden Band,
Das bindendſte, das dauerndſte von Allen,
Und dennoch in ſich loſe zum Zerfallen.
Der Breite nach iſt's eine Scheidewand,
So ſchneidend, ſcheidend keine iſt zu haben,
Und dennoch liegt ſie unten ganz im Graben.
Nach Höh' und Tiefe iſt es eine Hand,
Geſchickt, zu wurfeln Leichtes von dem Schweren,
Und von dem ſchweren Satz die leichte Spreu zu kehren.
Schon ſeit Jahrtauſenden iſt es gerannt,
Trägt auf dem Rücken dich oft ſelber fort mit Schnelle,
Und bleibt im Ganzen doch ſtets auf derſelben Stelle.

5.

Ich weiß ein hohes, ſchönes Schloß.
Drin wohnt ein mächtiger König,
Der hat ein ſchnelles Flügelroß,
Das kümmert die Weite wenig.

Bald brauſt es hin wie Wetterſtrahl,
Bald geht es langſam am Zügel;
Fünf Thore führen zum Königsſaal,
Davon hat jedes zwei Flügel.

Durchs erſte Thor bringt man hinein
Dem König die köſtlichſten Gaben,
Was ſchön von Formen oder Schein,
Das will der König haben.

Durchs zweite Thor ziehn ein ins Schloß
Der Sänger und Spieler gar viele,
Wenn ab der König ſtieg vom Roß,
So freut er ſich am Spiele.

Durchs dritte Thor hinaus man ſieht
In einen ſchönen Garten,
Wo manche Blume duftend blüht,
Dem König aufzuwarten.

Ein zweiter Garten iſt noch nah,
Wo ſüße Früchte hangen;
Das vierte Thor iſt dazu da,
Daß ſie ins Schloß gelangen.

Zehn Ritter ſtehn am fünften Thor,
Je fünf auf jeder Seite,
Die ſchickt der König oft hervor,
Bald friedlich, bald zum Streite.

Die Ritter zu der rechten Hand
Sind tapfrer als die linken,
Die werden meiſtens nur geſandt,
Wenn jene etwa hinken.

Geöffnet ſind den ganzen Tag
Die Thore all' des Schloſſes,
Bis Abends müd' darnieder lag
Der Herr des Flügelroſſes.

6.

Nichts iſt mir gleich an Einfachheit,
Und doch ruft Wunder bei mir Einer,
Der Andre Wehe bei mir ſchreit,
Und liebeſeufzend braucht man meiner.

Dieß iſt die erſte des Gedichts.
Wollt ihr auch die Geſtalt erkunden?
Ei nun, ſie wird der Form des Nichts
In allen Stücken gleich gefunden.

Die zweite ſcheinet zwar als Licht,
Und dennoch, biſt du gleich kein Blinder,
Wirſt du ſie ſehn dein' Tage nicht,
Begreifen wirſt du ſie noch minder.

Wer weiß, wie langes Faſten thut,
Dem wird das Ganze wohl behagen;
Es ſchmecken Eier dazu gut,
O ſchönes Feſt für Seel' und Magen!

7.

Die erſte rechnet ſich zu einem großen Heere,
Viel eher zähltet ihr die Tropfen in dem Meere;
Dort in der erſten Reih' man gleich es ſtehen ſieht,
Doch oftmals tritt es auch allein aus Reih' und Glied.

Wozu die Kraft ihm reicht, das bindet ſeine Schlinge;
Dabei iſt's, wie man ſagt, zumeiſtens guter Dinge;
Stets ſchreitet es voran der Koppel, die es band;
Die finſtern Parzen ſelbſt thät's feſſeln Hand an Hand.

Die heil'gen Könige aus ſchönem Morgenlande,
Der Grazien Schweſterſchaft ſchlug es in ſeine Bande;
Was es gebunden hat, zu halten thut ihm Noth,
Denn ließ' es eines los, erlitt' es ſelbſt den Tod.

Die andre Sylb', ob zwar ein weſenloſes Weſen,
Steht doch für ihren Mann, als wär' ſie's ſelbſt geweſen;
Gefallen laß' ich mir ſie hinterm Rücken gern,
Doch red' mich nicht ſo an, nicht paßt's für ſolchen Herrn.

Sollt'ſt von dem Ganzen du recht viel aufweiſen können,
So würde man mit Recht dich einen Reichen nennen;
Doch iſt der Reiche grad' viel ärmer meiſt daran,
Als es der Bettler iſt und arme Handelsmann.

8.

Die erſte Sylbe iſt ein Gott mit tauſend Schrecken,
Die andern zwei ein Menſch, bequem zum Necken,
Das Ganze iſt gemacht um drauf zu gehn,
Die beiden andern aber müſſen drunter ſtehn,
Sonſt würde alles drauf und drunter gehn.

9.

Die zwei erſten.

Ein flinker Schnitter bin ich euch,
Ich mache ganze Wälder
In einem Nu dem Boden gleich,
Schnell ſtehen kahl die Felder,
Mit meiner Senſe hau' ich drein
Und tauſend Stämme ſtürzen ein.

Sie werf' ich in ein weißes Meer,
Das auf gen Himmel ſchäumet,
Sein Uferrand iſt rings umher
Schön goldig eingeſäumet.
Es ſchwimmen luſt'ge Blaſen drauf
Und heißer Dampf ſteigt von ihm auf.

Die zwei andern.

Als einſt, wer weiß der Jahre Zahl,
Die erſte aller Frauen
Den erſten aller Aepfel ſtahl,
Woran wir heut noch kauen,
Hat ſie ihn ſicher nicht geſchält,
Weil ich hab' damals noch gefehlt.

Das Ganze.

Der Mann, der vorhin mit euch ſprach,
Der vielgewandte Schnitter,
Legt ſeine Felder mit mir brach
Und haut den Wald in Splitter,
Denn ich bin ſeine Senſe;
Nun rathet friſch, ihr Hänſe!

BAYERISCHE
STAATS-
BIBLIOTHEK
MUENCHEN

10.

Halb wie Hufſchlag klingt's und halb wie Tritte von Männern,
Jetzt wie Leiergetön, wieder wie Flügelgerauſch.
Naht eine feſtliche Schaar? Es iſt ein einziges Roß nur,
Das ſich ſelber zum Gang ſchlägt mit den Flügeln Muſik
Jetzo geht es im Schritt, im Trab, dann wieder im Fluge,
Immer nach eigener Luſt, nimmer nach eigenem Ziel;
Denn es lenket das Roß ein hochgewaltiger Reiter,
Ohne zu zügeln den Gang, ſicherem Ziele doch zu.
Wer den Blick nicht erhebt, der ſchaut vom Ritt nur die Füße,
Viere wechſelnd im Takt, zween in ſicherem Sitz;
Höret tönen den Huf und ſtehet und lauſchet und ſtaunet,
Ahnend, ein Mächtiges ſei's, was ihm betäubet das Ohr.
Aber weß Auge begegnet dem Auge des reitenden Geiſtes,
Den erfaßt er ſogleich, führet im Ritt ihn dahin.
Raſtlos gehet der Lauf durch Schlachtengedräng, über Meere,
Furchtlos ſchwimmet das Roß, purpurn erglänzet die Fluth;
Jetzt hinan zum Olymp erhebt es die rauſchenden Flügel,
Von dem ambroſiſchen Mahl fahren die Himmliſchen auf.
Donnernd erhebt ſich Zeus und winkt mit den mächtigen Brauen,
Daß die Erde erſchrickt, daß der Olympos erbebt.

Aber entgegen donnert das Roß und ſchlägt mit den Flügeln,
Mächtig wächſt ihm der Muth, wenn ihm ein Mächtiges naht.
Nieder zum Acheron dann ſich ſtürzt's mit gewaltigem Sprunge,
Da erbrauſet die Fluth, Strahlen durchſchießen die Nacht.
Aber der Reiter ergreift die Himmliſchen alle und Schatten,
Reißt ſie mit ſich dahin auf dem geflügelten Ritt.
So Jahrhunderte lang vertrieb ſich der Reiter die Weile,
Keinem Gefährten geſellt, mit dem gewaltigen Spiel;
Denn nur Spielzeug ſind die Götter und Menſchen ihm alle,
Spielend wirft er ſie hin, wie er ſie ſpielend ergriff.
Aber ein einziger Gott bezwingt ihn ſelber im Spiele;
Eros, der mächtige iſt's, welcher ihn trifft mit dem Pfeil.
Ruhig wandelt er nun, das Roß geleitend am Zügel,
Strafend den raſchen Schritt, neben der lieblichſten Frau.
Sorglich ein Jedes mißt den Schritt nach dem Schritte des Andern,
Anmuth ſahſt du und Kraft nimmer ſo traulich geſellt.
Niemals geht ſie allein, nicht wär' es geziemend dem Weibe,
Aber an ſeiner Hand gerne betritt ſie die Flur.
Zarter iſt ſie gebaut und auch nach anderm Verhältniß,
Mit dem holdeſten Reiz gürtet ein Band ihr den Leib.

Fünf der Füße nur mißt, was ſechs bei ihm hat gemeſſen,
Wie ſo anmuthvoll ſchaut ſie zum Höheren auf!
Da vergißt er der Schlachten, des Styx und auch des Olympos,
Trauliches Wechſelgeſpräch kürzet die Länge des Wegs;
Eins an's Andre geſchmiegt durchwandeln ſie grünende Auen,
Hin an dem rieſelnden Bach, wo die Schalmeie erklingt,
Hüben ein Schäfer klagt, weil drüben die Schäferin gehet,
Und der Epheu grünt an dem verfallenen Schloß.
Aber Verſtändiges auch und Heiteres mag ſie erfreuen,
Grazien kommen und Scherz, bieten voll Blumen den Korb.
Und ſie faſſen ihn an und reichen ihn rings in die Runde;
Jeder lange ſich zu, wer ſich an Blühendem freut.
Nach dem Röslein wohl, dem niedlichſten, wollteſt du langen,
Ei, da ſtach dich ein Dorn, beide belachen ſie's nun.
Alſo gehn ſie zuſammen in Koſen und Scherzen und Plaudern,
Aber das letzte Wort hatte die Liebliche ſtets.
Selber geſtehts ſie's ja, ſie gingen jetzt eben vorüber,
Heiter beſprechend ſich über den eigenen Bund.

Ueber das höchſte Gut.

Von

Guſtav Theodor Fechner.

Leipzig, 1846.
Druck und Verlag von Breitkopf und Härtel.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

9

I.

Unter höchſtem Gut verſtehe ich den Endzweck, auf den alles Denken und Handeln, Dichten und Trachten des Menſchen hinzielen ſoll, und zwar nicht nur des Einzelnen, ſondern in Bezug auf welchen ſich auch das aller Menſchen vereinigen ſoll. Mit der Beſtimmung deſſelben iſt zugleich das höchſte Sittenprincip beſtimmt. Man hat dieſes höchſte Gut wie das darauf gerichtete Handeln unter verſchiedene Ausdrücke zu faſſen geſucht, als: Gott zu willen handeln, Gott ähnlich werden, Gott erkennen, Gott lieben, vernünftig handeln, naturgemäß handeln, ſich als Glied des (organiſchen) Ganzen fühlen, dem man angehört; im Sinne und zur Erhaltung deſſelben handeln; die wahre Beſtimmung des Menſchen erfüllen, die wahre Beſtimmung der Dinge erfüllen, für ſeine eigene Luſt handeln, für Andrer Luſt handeln, möglichſte ſinnliche Luſt, möglichſte geiſtige Luſt, ruhige Luſt, bewegte Luſt ſuchen, und was dergl. mehr iſt.

Bei den meiſten dieſer Formeln iſt nicht unmittelbar verſtändlich, was damit geſagt ſeyn ſoll; denn, was heißt Gott zu willen handeln, Gott ähnlich werden, Gott lieben; was iſt Sache der Vernunft; was iſt naturgemäß; was iſt der Sinn des Ganzen, dem man angehört? u. ſ. w. Vielleicht wollen alle dieſe Principe factiſch daſſelbe, jedes blos in einer andern Sprache, ja gewiß wollen alle factiſch daſſelbe, denn alle ſind nach der vorhandenen Moral, die im Weſentlichen überall und zu allen Zeiten dieſelbe geweſen, nicht die vorhandene Moral nach ihnen gemacht; es ſind Verſuche, deren Geſammtinhalt in eine Spitze ſcharf zuſammenzudrängen. Aber das iſt noch nicht die rechte Spitze, die ſelbſt noch eine Analyſe verträgt, ja bedarf; und dieß gilt von den meiſten jener Principe.

Näher betrachtet zeigen ſich nur die Principe der Luſt oder Glückſeligkeit, wie man ſie auch nennt, unmittelbar klar und verſtändlich; denn was Luſt, Glück, was mehr, was weniger Luſt, Glück iſt, fühlt jeder unmittelbar; nur über die Mittel dazu kann man ſtreiten, während man bei dem Ausdruck der übrigen ſelbſt um die Sache zu den Mitteln noch ſtreiten kann. Aber gerade die Principe der Luſt hat man mit vorzugsweiſer Mißachtung bei Seite gelegt; das Wort Luſt ſelbſt hat einen böſen Klang in der Sittenlehre gewonnen.

Deſſenungeachtet iſt es wieder ein Princip der Luſt oder Glückſeligkeit, was ich im Folgenden aufſtelle, ein Princip, welches ſich von den bisherigen blos in dem einen Puncte unterſcheidet, daß es ihre Einſeitigkeiten nicht theilt, indem es dieſelben verknüpft.

Die Luſt dünkt mich nach Allem der Stein zu ſeyn, der von den Bauleuten nur verworfen iſt, daß er einſt zum Eckſtein werde. Es gilt aber, ihn auf die breite Seite zu legen; und man hat immer blos die Kanten oder die ſchmalen Seiten ins Auge gefaßt; weil ſie freilich ſtärker in den Blick einſchneiden.

Die Sittenlehre ſelbſt dünkt mich eine hohe Frau zu ſeyn, mit einem ernſten dunkeln Gewande, aber einem Antlitz, das von Luſt leuchtet, über die ganze Menſchheit hin leuchtet, in eine höhere Welt hinauf leuchtet. Es gilt nur, auch den Blick bis zur Höhe ihres Antlitzes zu erheben, ſtatt ihn auf die dunkeln Falten ihres Kleides zu heften; weniger nach ihren Füßen zu blicken, womit ſie jede Blume, die in ihrem Wege wächſt, ſchonungslos niedertritt, als nach ihren Händen, aus denen zu allen Luſtſaaten, die auf der Erde ſprießen, erſt der Saamen, dann der Segen kommt.

II.

Betrachten wir die anerkannten Grundregeln der Moral, als: ſey mäßig, keuſch, gerecht, wahr, wohlthätig, achte andrer Leben und Eigenthum, ſey der Obrigkeit und den Geſetzen gehorſam, trage Glaube, Hoffnung und Liebe zu etwas Göttlichem u. ſ. w., wir werden keine finden, die nicht befolgt die Wirkung hätte, den Luſtzuſtand, das Glück der Menſchheit im Ganzen, ja tief ins Einzelne herab, zu ſichern, zu wahren, zu födern. Es ſind gerade die Regeln, durch deren allgemeinſte Befolgung der Luſtzuſtand der Menſchheit auch nach den allgemeinſten Beziehungen, in den tiefſten Fundamenten geſichert wird; es ſind Wurzeln, die freilich losgehauen im Schober des Syſtems nichts von Luſt verrathen; wer aber im Garten des Lebens von ihnen aufwärts blickt, der ſieht ſie die Blütenkrone der Luſt wirklich tragen, und erkennt an, daß ſie nur da ſind, dieſe zu tragen; und nennt endlich Alles faul, was nicht Saft und Kraft im Trachten nach dieſer Krone regt. Nur ſie kann verrathen, ob die Wurzeln ſelber gut ſind.

Wie bei allen Fundamenten iſt es aber leichter, die Bedeutung der moraliſchen Grundregeln als ſolcher zu erkennen, wenn man, anſtatt auf das zu achten, was ſteht, ſo lange ſie ſtehen, auf das achtet, was einſtürzt, wenn ſie ſelbſt ſtürzen.

Wie nun würde es um den Luſtzuſtand der Welt ſtehen, wenn jene Regeln aufhörten gültig zu ſeyn, ſtehen in einer Welt, wo kein Geſetz der Mäßigung waltete, keiner dem Worte des Andern trauen könnte, keiner ſeines Eigenthums, ſeiner Frau, ſeines Lebens ſicher wäre, keine Geſetze und Obrigkeiten mehr das Leben zu ordnen, zügeln, in ſichern Bahnen zu erhalten vermöchten, kein Glaube, keine Liebe, keine Hoffnung zu etwas Göttlichem walteten, wie ſtehen in einer Welt, in der nur *eine* dieſer Regeln faul geworden wäre, nicht wenigſtens im Durchſchnitt befolgt würde? Und wer mag leugnen, daß, wenn dieſe Regeln von allen und überall befolgt würden, auch das Glück, die Luſt in der Welt ſo allgemein und ſicher vorbedingt ſeyn würde, als es überhaupt durch Menſchen für Menſchen ſeyn kann; denn Erdbeben und Waſſerfluthen können freilich nicht dadurch abgewendet werden. Nicht abgewendet, aber ſelbſt ihr Schaden dadurch zum Beſten gewendet werden. Auf dem Boden, der von Feuer, Sturm oder Fluth wüſt gelegt worden, baut Fleiß, Ordnung; Eintracht, Geſetz, Vertrauen auf höhere Hülfe, mit der durch das Unheil ſelbſt geſtählten Kraft alsbald ſchönere Städte auf. Die Krankheiten, die Gott den Menſchen ſendet, trägt am leichtſten der, der ſie am beſten trägt und heilt am leichtſten die Natur, die ſich dem beſten Maße fügt und immer fügte.

Wie nun kann man doch ſagen, daß die Regeln, an denen all dieß hängt, bezugslos zur Luſt ſeyen? Freilich kümmern ſie ſich nicht um dieſe oder jene einzelne Luſt, nicht um die Luſt nun eben hier, nun eben jetzt, und ſo ſchließt der Menſch, der die Luſt immer gleich fertig zubereitet in Schüſſel und mit Löffel vor ſich haben oder wie die Blume am dünnen Stiele greifen möchte, ſie kümmern ſich um die Luſt überhaupt nicht; während das Wahre das iſt: ſie kümmern ſich nicht um die Einzelluſt, weil ſie ſich um die Luſt des Ganzen im Ganzen kümmern; um das kümmern, was alle Schüſſeln und Löffel füllt und wieder füllt, um den Grund kümmern, der breit und weit Eines Luſt zugleich mit Aller Luſt begründet.

Aber ſo iſt es, je feſter ein Haus in ſeinen Fundamenten ruht, deſto geneigter iſt der oberflächliche Blick, den Nutzen der Fundamente ſelbſt zu verkennen, weil das Haus dann um ſo mehr für ſich zu ſtehen ſcheint; indeß der tiefer ſtrebende Blick, angezogen von der Größe und Würde der Fundamente, andrerſeits das Haus leicht nur als eine ſpielende und laſtende Zuthat derſelben zu betrachten anfängt. So verachtet der Eine die großen Grundlagen der menſchlichen Luſt und reißt Steine heraus, um ſich Luſthäuſer, die der nächſte Wind umwehen wird, auf Sand zu bauen; der Andre verachtet den Luſtbau ſelbſt und heißt die Menſchen ſich in den Kellern der Fundamente vergraben.

Und nicht nur bezugslos, ſogar feindlich gegen die Luſt erſcheinen dem kurzen Blick die moraliſchen Grundregeln. Erſchrecken nicht die Meiſten, Luſt ſuchend, ihnen auf dem Wege zu begegnen! Und freilich ſetzen ſie der Luſt allenthalben Schranken, aber ſehen wir näher hin, ſo findet ſich als das einzige Princip dieſer Schranken doch nur das, um des Wachsthums der Luſt im Ganzen willen einzelne Momente derſelben zu beſchränken.

So zieht das Geſetz der Mäßigkeit dem Menſchen den Becher halb ausgetrunken vor dem Munde weg; aber nur damit er nicht die Kraft von der Wittwe Oelkrüglein verliere, mit der ihn die Natur für dich verſehen; jedes Verſagen iſt nur ein Vertagen der Luſt, um ihre Kraft und Mittel zu erhalten und zu ſtärken. Das Geſetz des Eigenthums vertritt dir den Weg, wenn du in deines Nachbars Haus oder Garten brechen, in ſeinen Speicher, ſeine Käſten langen willſt, aber ohne dieß Geſetz würde es überhaupt weder Haus, noch Garten, noch gute Früchte, noch Zierliches und Nützliches in Kiſten und Schränken geben; jeder würde jedes ergreifen, ſtören und zerſtören. Die Erde für ſich trägt üppig Unkraut, wilde Früchte und Thiere; aber der ganze Flor der Gärten, Wieſen und Felder, deſſen ſich unſer Auge erfreut, der unſern Leib nährt, der unſern Gaumen letzt, alles, was feſt und ſchön gefügt daſteht in einem geſicherten Leben, erblüht und geſtaltet ſich nicht aus der Erde, ſondern aus dieſem Geſetze. Das Geſetz der Nächſtenliebe heißt dich das Kleid aus deinem eignen Schranke nehmen und zu deinem ärmern Nachbar tragen, aber warum anders, als weil es hier eine Blöße zu decken findet, indeß du ſchon über und über gedeckt biſt, weil es dort müßig und kalt hing, nun wirkt es lebendig, wozu es gewirkt ward, zur Luſt, und wie es warm wird, indem es wärmt, ſo theilſt du die Luſt, die du giebſt. Das Geſetz der Wahrheit legt deine Blößen bloß mit Schmerzen, aber verwandelt ſie dadurch in Stärken. Das Kind, das ſich durch Lügen die Ruthe erſparte, gewinnt ja nicht, indem es einſt den Strick dafür gewinnt.

Geht alle moraliſchen Grundregeln einzeln durch, bei keiner wird ſich ein andres Princip der Luſtverkürzung finden, als dieſe Abſicht auf den Luſtgewinn im Ganzen. Nur um den Thaler Luſt zu gewinnen, gebieten ſie uns, den Pfennig Luſt hinzuwerfen; nur um den Scheffel der Luſt zu ärnten, den Abſtrich von der Metze der Luſt zu machen; nur der Luſt an Zerſtörung der Luſt treten ſie ſelbſt mit Drohung der Zerſtörung gegenüber. Alles, was beiträgt, Luſt im Ganzen zu erhalten und zu fördern, Unluſt im Ganzen zu mindern, iſt ihnen heilig, und wird uns heilig zu halten von ihnen geboten. Die ſchwerſte Bürde und härteſte Pein, die ſie uns auferlegen, verhütet oder heilt doch nur noch ſchwerere Bürde, noch härtere Pein.

Das Gute in der Welt iſt wie ein Roſenbuſch im Garten. Kinder kommen und ſchelten den dornigen Strauch, in dem ſie nur den neidiſchen Wächter der Roſen ſehen, reißen die Roſen ab zum ſchnell verwelklichen Kranze, und verwüſten den Strauch. Sie haben einmal Roſen gehabt und nicht wieder. Finſtre Männer kommen und ſchelten den vergänglichen Flitter der Roſen, reißen ſie ab, um ſie unter die Füße zu treten, flechten den Dornenkranz ums Haupt, und ſagen, das ſey die ewige Krone, und das Blut, das von den Dornen rieſelt, die himmliſchen Roſen. Sie haben auch nicht einmal irdiſche Roſen gehabt.

Freilich iſt Einer mit dem Beiſpiele des Dornenkranzes vorangegangen; aber er nahm die Dornen nicht vom blühenden Buſche, ſondern ſetzte den blutigen Kranz vom Haupte der Menſchheit hinüber auf ſein eignes Haupt. Das wandelte den Kranz zur ewigen Krone und das Blut in himmliſche Roſen. Wer nun das Blut und die Wunden nur von zwei Häuptern um die eines Einzelhauptes abkauft, der hat zugleich in Jenes Einen Sinne und im Sinne der größten Luſt Aller gehandelt; wer aber meint, daß Gott den Roſenbuſch habe wachſen laſſen, daß der Menſch die Dornen ſich und Andern ins Fleiſch drücke, der läſtert Gott und ſeine Werke.

Was der Menſch thun ſoll, iſt, mit Gebet ſich zur Arbeit zu heben, im Schweiße ſeines Angeſichts den Garten zu graben, mit Bedacht den Strauch zu wählen, zu pflanzen, zu veredeln, mit Geduld zu pflegen, mit Hoffnung die Knospen zu grüßen, mit Freudigkeit die Roſen zu pflücken, wenn ſie am ſchönſten erblüht ſind, mit Jauchzen den Becher und die Liebſte damit zu kränzen, ſie zum Reigen zu führen mit den gleich bekränzten Nachbarpaaren, und endlich Gott zu loben, der den Garten, den Strauch, die Roſe, die Rebe, das Mädchen und ihn ſelbſt mit der Kraft zur Luſt und Luſt zur Kraft geſchaffen.

Um Kleineres als jene Arbeit iſt die Luſt in dieſer Welt nicht zu haben; aber die Arbeit um die Luſt vermag dem Menſchen ſelbſt Luſt zu bringen.

Die größte Luſt werden alle dann haben, wenn alle einträchtig nach dem Größten der Luſt arbeiten, jeder nach ſeinen Kräften und Werkzeugen, und dieß Größte wird nicht wachſen wie die Summe derer, die dazu zuſammenwirken, ſondern wie das Vielfache dieſer Summe durch ſich ſelbſt.

In ſolch gemeinſames Trachten und Wirken greift nun jede der moraliſchen Grundregeln von einer andern Seite her hülfreich, ermunternd, ködernd, wo noththut drohend und gebietend ein. Jede ſcheint etwas ganz Andres zu verlangen und zu wollen als die Andern; aber Eins und nur Eins iſt, worin alle einig ſind, dieſe Richtung auf das Größte der Luſt. Es ſind Schweſtern mit verſchiedenen Geſtalten, Mienen und Sinnesweiſen; aber gemeinſchaftlich wirken alle an dem großen Teppich der Luſt, jede mit einem Faden, der durch das Allgemeine und Ganze läuft, dem Teppich, auf den Gott ſeine Füße ſetzen will, wenn er wandelt in der Welt des Wandels.

III.

Was ſich ſo in allen moraliſchen Grundregeln, alle verknüpfend, alle bindend, wiederfindet, faſſe ich nun in ein allgemeines, oberſtes, rückwärts wieder alle Regeln des Handelns aus ſich gebärendes, verknüpfendes, bindendes, richtendes, meſſendes Princip zuſammen, das nun aber nicht blos die geſchriebenen Regeln wiedergeben, ſondern eingehend in den innerſten Sinn, den Gedanken, das Herz des Menſchen bis ins Einzelnſte und Unterſte des Lebens von ihm durchgebildet werden ſoll.

Der Menſch ſoll, ſo viel an ihm iſt, die größte Luſt, das größte Glück in die Welt überhaupt zu bringen ſuchen; ins Ganze der Zeit und des Raumes zu bringen ſuchen.

Unluſt mindern iſt aber gleichgeltend dem Mehren der Luſt.

Die erſte Hauptfolgerung dieſes Geſetzes iſt: der Menſch ſoll ſich und Andre ſo erziehen, daß er die größtmögliche Luſt an ſolchem Trachten und Handeln, die größtmögliche Fertigkeit darin und die größtmögliche Kenntniß von dem gewinnt, was das Glück, den Luſtzuſtand der Welt fördert, womit er zugleich der möglichſt beſte Menſch wird.

Nicht ſo, daß er nöthig hätte, ſein Denken und Handeln mit dem *Worte* Luſt in Beziehung zu ſetzen; aber mit der *Sache*. Auch ohne zu wiſſen, daß die moraliſchen Grundregeln in letzter entſcheidender Inſtanz auf Luſt gehen, iſt doch der gut zu nennen, der ſie zu befolgen Luſt und Fertigkeit gewonnen hat, und zu erkennen weiß, was im einzelnen Falle im Sinne derſelben iſt, weil er hiermit der Sache nach im Sinne der größten Luſt der Welt denkt und handelt.

Ueberhaupt handelt, wer im Sinne der anerkannten moraliſchen Grundregeln handelt, nothwendig eben ſo im Sinne unſers Princips, und, wer im Sinne unſers Princips handelt, genöthigt und ſicher iſt, im Sinne der moraliſchen Grundregeln zu handeln, weil ja *unſer* Princip nur das allgemeine Princip *dieſer Regeln ſelbſt* iſt. Wer da glaubt, daß ſich beides je ſcheiden könne, hat entweder das Princip oder die Regeln oder Beides mißverſtanden. Es können aber beide wechſelſeitig dienen, ſich zu erläutern.

Nur greift das Princip nothwendig weiter, als alle einzelnen Regeln, aus denen es abgeleitet worden, die es doch ſelbſt nur nach einzelnen Richtungen entwickeln und hiermit den Reichthum des Lebens nicht decken können. Nachdem alle Canäle aus dem Quell des Princips durch das Ganze gezogen ſind, kann jeder noch mit ſeinem Becher beſonders dazu treten und daraus ſchöpfen, wie es ſeinem Sonderbedürfniß entſpricht. Es reicht nicht blos durch die Moral, es knüpft das ganze Leben an ſie an. Das Wahre wird zum Gedanken, das Schöne zum Antlitz, das Nützliche zur Hand des Guten. Es hält die Wage der Gerechtigkeit über das ganze Land und theilt den Apfel noch zwiſchen zwei Kindern. Es webt der Erde das Gewand von goldnen Aehren und blauem Flachs und ſtickt dem Menſchen noch die Blume in ſein Kleid.

IV.

Im Zuſammenhange mit dem Vorigen geſtaltet ſich der oberſte Geſichtspunkt, durch den ſich die Religion mit der Moral und folgweis mit dem Leben verknüpft, ſo: daß Gott als Geiſt, ſey es über dem Ganzen oder des Ganzen ſelbſt, ſelbſt auch Luſt hat an der Förderung der Luſt dieſes Ganzen durch die in demſelben gelegenen Kräfte; daß alle Unluſt der Welt ihm ſelbſt nur Mittel iſt, einſt höhere Luſt zu zeugen; und daß er auch Macht und Weisheit hat, Alles in dieſem Sinne zu kehren; der Menſch nennt es zum Beſten kehren.

Ein ſolcher Gott iſt zugleich der beſtmögliche Gott und Vorbild des beſten Menſchen; iſt ſtrafender Richter des Schlechten, und doch noch in ſeiner Strafe gütig und gnädig; ſofern die Strafe über kurz oder lang, hier oder dort, den Menſchen muß zum Beſſern umkehren.

Dieſer Vorſtellungsweiſe zufolge werden ſich nun alle Gebote, an deren Befolgung im Ganzen die Erhaltung und Förderung des Glücks des Ganzen vorzugsweiſe geknüpft iſt, d. i. die allgemeinen moraliſchen Grundregeln vorzugsweiſe als göttliche Gebote betrachten laſſen.

Umgekehrt, wenn man nach anderweiten Gründen in den moraliſchen Grundregeln von vorn herein göttliche Gebote erblickt, wird man durch Betrachtung ihres gemeinſchaftlichen Sinnes finden können, daß Gottes Wille wirklich dahin geht, die Handlungen der Menſchen möglichſt auch zum Glück der Menſchheit zuſammen wirken zu laſſen.

So iſt der Ausſpruch unſers Princips ſelbſt nur als der allgemeinſte Ausdruck des allerooberſten göttlichen Gebots zu betrachten.

Und ſo haben wir keinen Gott mehr, der Luſt hat an der Selbſtqual und der traurigen Miene ſeiner Kinder und Diener, Luſt an Händen, die ſich müßig falten, ſtatt rüſtig anzugreifen in der großen Werkſtatt ſeiner Luſt, Luſt an Zellen, worin die Luſt verſtockt, ſtatt ſich zu beſtocken und zu begrünen; ſondern wir haben einen Gott, zu dem wir mit Freuden aufblicken mögen, weil er Freude hat an der Förderung unſerer Freude; der uns das Trachten darnach nicht mißgönnt, ſondern als ſeinen eignen Dienſt von uns fordert; der nur die Hand verdorren läßt, die ſich nicht gerührt hat, in dieſem Sinne zu wirken.

Wollen wir Beſtätigung dieſer Lehre; blicken wir hinaus in Gottes Weltordnung. Iſt nicht allen Weſen allenthalben das Trachten nach Luſt eingepflanzt! Wie hätte Gott ſich ſo ſelbſt widerſprechen können, daß er ein Trachten geſchaffen, was er verdammte. Jeder Einzelne will die Luſt, und aus dem Getriebe des Einzelnen ſehen wir allenthalben Anſtalten erwachſen, Aller Kräfte auch zur Förderung der Luſt Aller zu einigen, in Staat, Kirche, Familie, Geſetz, und als Hebel dieſer Kräfte Strafe und Lohn, Drohung und Verheißung, Warnung und Belehrung ſtandhaft und ſtetig in derſelben Richtung wirken. Es iſt ein unermüdliches Trachten, immer fern vom Ziele, aber immer zuſtrebend dieſem Ziele. Gott läßt das Unheil freſſen durch ſeine Folgen, und das Gute ſich mehren durch ſeinen Samen; er hat den Himmel mit ſeinen Sternen über uns gebaut, eine unendliche Ausſicht für unendliche Hoffnungen des Guten; aber er hat auch ein qualvolles Feuer im Buſen des Sünders entzündet, einen Funken dereinſtiger Hölle, der uns ſchon jetzt vor der wirklichen warnt. Alles das hat der Menſch nicht gemacht, ſondern mit all dieſem iſt er von Gott gemacht worden.

Warum giebt es überhaupt Unluſt, Böſes in der Welt? Wir wiſſen es nicht, und niemand weiß es; ſie ſind da; ſie ſind mit Gott zugleich da; wir können Gott nicht ohne ſie haben. Eine Schwierigkeit des Begreifens und Vermittelns liegt hier für jede Lehre, in jeder verſteckt, nicht gehoben, durch andere Worte. Gleich viel aber, ob Unluſt, Uebel durch Gott oder trotz Gott da ſind, ſo kann unter den Bedingungen dieſer

Exiſtenz keine Lehre beſſer ſeyn, als welche das Uebel durch das Uebel ſelbſt zerſtören läßt und das Gute mehrt durch Zutheilung von Gutem; keine beſſer, aber auch keine wahrer; denn alle Andeutungen, die wir aus dem Jetzt und Hier von einer höhern Weltordnung ſchöpfen können, gehen dahin, daß dieß ihr Sinn und Gang im Ganzen ſey, angelegt hier, zu vollenden dort.

Hiernach mag jeder den Glauben von dem Gott, deſſen Geiſt in dieſer Weltordnung waltet, ſich in ſeiner Weiſe zurecht legen.

Und ſo lege ich mir den meinen am liebſten ſo zurecht, es ſey nicht ſowohl die augenblickliche und gegenwärtige Einzelluſt ſeiner Weſen, die Gott ſelbſt als gleiche Luſt theilt, dann wäre er nicht mehr als die Summe ſeiner Weſen und hätte ihre Unluſt wie ihre Luſt zu theilen; ſondern, was ihm Luſt macht, ſey die Fortführung des Ganzen und jedes Einzelnen in dieſem Ganzen zu einem luſtvollen Endziele, oder, ſofern es kein Ende gibt in der Welt, zu immer größerer Annäherung an eine reine, der ſeinen gleiche, Seligkeit und immer größere Erweiterung des Gebiets dieſer Seligkeit.

Darum mögen ihm unluſtvolle Anfänge und Umwege in ſeiner Welt ſo gut recht ſeyn, als luſtvolle. Sie verdoppeln nur ſeinen luſtvollen Weg. Von allem Uebel, aller Unluſt in der Welt hat er ſein luſtvolles Theil in der Beſſerung, Wendung, Heilung deſſelben; nur, wenn er Eines ungebeſſert, ungewandt, ungeheilt ließe, würde er ſelbſt es mit Unluſt ſpüren. So mag jedes neu entſtehende Weſen von Neuem der Gefahr des phyſiſchen und moraliſchen Uebels unterliegen; was hälfe es auch, es leugnen zu wollen, es iſt ſo; aber, was einmal entſtanden iſt, geht ſicher einem guten Ziele zu, weil Gottes eigne Befriedigung daran hängt, das Böſe endlich zum Guten, das Gute zum Beſſern zu führen.

So wird die Welt einerſeits immer reicher an Seelen, die der ewigen Luſt immer näher kommen, für die ſich das

Gebiet derſelben immer mehr ausbreitet, indem ſie immer mehr ſelbſt in Gottes luſtvolles Wirken eingreifen lernen, indeß rückwärts immer neue Seelen aus dem Urgrunde auftauchen als neue Anfänge für Gottes und ſeiner ihm ſchon näher getretenen Weſen unſterbliches Wirken; und die Unendlichkeit ſeiner Welt und Zeit hat auch Platz für ein unendliches Wachsthum in Zahl und Größe von Seelen und Seligkeiten. Die Hölle ſelbſt tritt nur als die Zerſtörung eines Unluſtquells durch einen größern auf, woraus nach dem allgemeinen Geſetze aufeinander wirkender Negationen ein höheres poſitives Erzeugniß von Luſt dereinſt erfolgt. Eben darum kann ſie keine ewige ſeyn, weil ſie Qualen hat über jedes Maß, die ſelbſt den Böſeſten endlich zwingen müſſen; dann wird er geläutert zum Himmel aufſteigen. So haben wir auch keinen Gott mehr, der eine ewige Hölle hat für zeitliche Sünden, aber einen Gott, der große Schrecken anwendet, um noch größere Schrecken abzuwenden und zu großer Seligkeit zu nöthigen. Ein Vater ſtraft nicht anders, wie ſollte Gott anders ſtrafen.

Auf ſolche Weiſe trifft Gott, den wir uns ſelbſt gern ewig ſelig denken möchten, keine zeitliche Unluſt ſeiner Welt, weil ihn auch keine zeitliche Luſt derſelben trifft; nicht der Tritt, nur der Gang der Luſt in ſeiner Welt iſt's, der ihn vergnügt; und doch geht ihm, dem wir unſere Luſt und unſer Leid ſo gern nahe gelegt möchten, alles innerlichſt nahe, denn ſeine eigne Luſt hängt daran, unſere Unluſt zu wenden, und was er mag, weiß und vermag er auch und dieß verbürgt uns dieſe dereinſtige Wendung. Sey's auch, daß ſie zögert; Gott weiß und ſieht und fühlt ſie voraus, wie der Muſiker die Auflöſung der Disharmonie, die in ſeiner Idee liegt, die in ſeiner Hand ſteht, vorausfühlt; und darum fühlt er ſelbſt die Disharmonie als ſchön; wie der Dichter mit Luſt ſeinen Helden durch allerlei Mißgeſchicke führt, des guten Ausgangs im Voraus froh, den er ſelbſt ihm bereiten wird. Jeder Menſch iſt ein ſolcher Held vor Gott; aber dieß Leben nur ein Act des Ganzen; jeder Menſch nur eine einzelne Stimme der Muſik, aber jede Stimme muß für ſich gut durchgeführt werden, ſonſt ſpürt auch die Harmonie des Ganzen den Fehler. Iſt es nicht auch eine Mitgabe von Gottes eigenem Gefühle, die den guten Menſchen in der Theilnahme am Leiden Andrer eben ſo wohl Luſt finden läßt, als an der Freude Andrer, ſofern er ſich nur zugleich als Mittler weiß, dieß Leid in Freude für ihn zu wenden. Gott aber fühlt ſich als Mittler alles Leid der Welt zum Segen zu kehren.

Dieß nun nehme ſich ein Jeder an, nach Maßgabe, als es ihn befriedigt. Was feſtſtehen muß, wenn unſer Princip mit Gott beſtehen ſoll, iſt, daß Gott das Wirken ſeiner Weſen für ihre eigene Luſt im Ganzen will, daß ſeine Gebote dieſen Sinn haben, daß er Lohn und Strafe hier und dort in dieſem Sinne wirken läßt, und dadurch endlich alle zur Befolgung dieſer Gebote und hiermit zu ihrem eigenen Beſten leitet. Zur Beſtätigung dieſer Lehre aber vereinigt ſich der erſte und oberflächlichſte Blick auf das Trachten aller Weſen mit dem letzten und tiefſten Blicke auf den Gang und Plan der Weltordnung im Ganzen.

V.

Mit dem aufgeſtellten Princip widerſpreche ich den von Andern aufgeſtellten Principien der Moral nicht, ich betrachte es blos als die letzte klarſte Auslegung derſelben; ſey es auch, daß deren Urheber ſelbſt dieß nicht zugeben mögen.

Befolgt nämlich ein Menſch dieß Princip, ſo handelt er Gott zu willen, wird Gott ähnlich, erkennt Gott recht, gewinnt Liebe zu Gott; es liegt dieß Alles theils direct, theils indirect in der angegebenen Verknüpfung des moraliſchen und religiöſen Princips; er handelt ferner vernünftig, denn was kann vernünftiger ſeyn, als jede einzelne Handlung nach einer allgemeinen Maxime auf ein Ganzes zu beziehen; wir haben im Grunde das Kantiſche Princip, aber gefüllt mit realem Inhalt; er handelt naturgemäß, denn was liegt mehr auf der Oberfläche der Natur, als das Trachten Aller nach Luſt und mehr in der Tiefe derſelben, als der Zuſammenhang der Luſt jedes Einzelnen mit der Geſammtluſt; er handelt als Glied, im Sinne und zur Erhaltung des Ganzen, dem er organiſch angehört, denn was bezeichnet beſſer den Charakter der organiſchen Verknüpfung eines Gliedes mit dem Ganzen, als daß es ſchlechthin zum Wohle des Ganzen wirke; er erfüllt ſeine und die Beſtimmung der Dinge zugleich, oder was ließe ſich für eine ſchönere und beſſere Beſtimmung denken, als die Dinge und ſich ſelbſt zu ſeinem und Aller Glück zu verwenden; er vereinigt endlich die Rückſicht auf ſeine und Aller Luſt und jedwede Art Luſt überhaupt.

In der That, darin eben liegt der weſentliche Unterſchied unſers Luſtprincips von allen frühern, daß es von vorn herein keine beſondere Art oder Seite der Luſt vor der andern anzuſtreben gebietet, und dadurch allen gerecht zu werden vermag. Nicht die eigne Luſt, nicht die fremde Luſt, nicht die ſinnliche, nicht die geiſtige Luſt, nicht die jetzige, nicht die künftige Luſt, nicht die Luſt des Guten, nicht die Luſt des Böſen, nicht die ruhige, nicht die bewegte, nicht die extenſiv dauernde, nicht die intenſiv ſtarke Luſt hat im Princip von vorn herein einen Vorzug. Sondern ſein Weſen liegt darin, daß es das Maximum der Luſt ſchlechthin als das Anzuſtrebende ſetzt, gleich viel zunächſt, wie, wo, wann, durch was für Mittel. Welche Luſt in jedem Falle den Vorzug haben ſoll, muß ihn durch ihre Größe und die ihrer Folgen verdienen.

Es giebt aber für jede gerechte Luſt einen Ort und eine Zeit, die von keiner andern mit größerm Vortheil eingenommen werden könnte, und hierdurch erhält die kleinſte ſinnliche Luſt ſo gut ihre Stelle als die größte und als die geiſtigſte; ja ſelbſt jede Unluſt, ſofern ſie geboten iſt, wird hierdurch geboten, ſofern ſie mit Einrechnung ihrer Folgen ein größeres Luſtreſultat in die Welt bringt, als jede Luſt an ihrer Stelle.

Die richtige Entwickelung dieſes Maximumprincips mit Bezug auf die Natur der Menſchen und Dinge und die allgemeinen und beſondern Umſtände, unter denen zu handeln iſt, vertheilt, ordnet, mißt, wählt die Luſt und Unluſt überhaupt ſo, daß alle Forderungen der reinſten Moral, der natürlichſten Gerechtigkeit, der höchſten Zweckmäßigkeit, der weiteſten Umſicht dadurch befriedigt werden. Geſetze, wie Einzelfälle, ja die Erkenntnißmittel ſelbſt des Guten und Rechten ſchöpfen ihre Beſtimmung und ihre Berechtigung daraus.

Ich kann dieß hier nicht ausführlich entwickeln und muß manchen Einwänden Raum geben. Der Gegenſtand iſt groß, die Richtung der Entwickelung doch ſchon zu überſehen. Hier iſt blos die Abſicht, den oberſten und die hauptſächlichſten leitenden Geſichtspuncte darzulegen. Erſteres iſt im Vorigen, Letzteres ſoll im Folgenden geſchehen, und zwar in Form der Beantwortung einiger Einwürfe, die ſich zunächſt erheben möchten. Oeffentliche Vorträge über dieſen Gegenſtand ſind beſtimmt, in Weiteres einzugehen.

VI.

Niemand wird mögen und vermögen zu leugnen, daß wirklich an die Befolgung der moraliſchen Grundregeln oder göttlichen Geſetze das Glück der Menſchheit weſentlich gebunden ſey, ja daß, ſo weit irgend dieß Glück von den freien Handlungen der Menſchen abhängt, es mit der Standhaftigkeit und Allgemeinheit der Befolgung jener Geſetze auch ſtetig und allgemein wächſt. Aber theils wird man, was man im Allgemeinen nicht leugnen kann und mag, doch im Beſondern leugnen wollen, theils wird man ſagen: Etwas Beiläufiges an jenen Geſetzen wird hier zum Kern, zur Hauptſache gemacht.

Aber wenn es ſelbſt nur ein beiläufiges Kennzeichen der Hauptſache wäre, würde es ein gutes ſeyn; weil es ein klares iſt, während alle anderweit gegebenen Beſtimmungen, worauf das Handeln gehen ſoll, unklar ſind. Es hindert aber nichts, die Hauptſache ſelbſt darin zu ſehen, und es hindert nicht nur nichts, ſondern es ſind treibende Gründe dazu da: erſtens der formale, daß es wirklich der einzige, keiner weitern Klärung mehr fähige noch bedürftige Geſichtspunct iſt, unter den ſich dieſe Geſetze allgemein faſſen laſſen, daher auch der einzige, der eine directe Klarheit in Folgerungen zu verbreiten vermag; zweitens der materiale und praktiſche, daß hiermit gerade das als Zweck des menſchlichen Handelns aufgeſtellt wird, worauf ohnehin von ſelbſt alles menſchliche Handeln geht, und woran ſich von Natur alle Motive zum Handeln knüpfen, nur ſo aufgeſtellt wird, daß er auch für Einen und Alle zugleich erreichbar ſey.

Das Erſte anlangend, ſo darf man ſagen, daß alle nicht auf Luſt bezügliche Geſichtspuncte, unter denen man ſonſt verſucht hat, die moraliſchen Grundregeln zu vereinigen, faſt ſelbſt noch mehr Kräfte und Mühe zu ihrer eigenen Klärung fordern, als ihrerſeits zur Klärung von Anderm zu dienen vermögen. Nicht zwar, daß mit unſerm Princip ſelbſt gleich auch Alles auf einmal erleuchtet wäre; aber man hat doch nicht nöthig, das Princip ſelbſt erſt noch zu erleuchten, damit es Anderes erhelle. Was Gott, was Vernunft, was Natur, was organiſches Ganze, was Beſtimmung iſt, darüber hat jeder von vorn herein eine andere, kaum jemand eine ganz klare, ja klar zu machende, Meinung, alles das läßt ſich ſo oder ſo verſtehen, und, weil es ſich ſo oder ſo verſtehen läßt, wird es auch immer ſo oder ſo verſtanden werden.

Anders mit der Luſt, welche den Kern unſeres Princips bildet. Niemand kann ſie erklären; aber indem ſie überall unmittelbar in jedes Bewußtſeyn aufzeigbar iſt, iſt in letzter

Inſtanz kein Mißverſtand darüber möglich. So gewiß jemand ſeine Exiſtenz fühlt, ſo gewiß wird er auch Luſt und Unluſt im Gefühle dieſer Exiſtenz unterſcheiden, und ſo gewiß wird er ſie richtig unterſcheiden, weil die Wahrheit einer Gefühls-Unterſcheidung und Meſſung eben mit ihrer Exiſtenz ſelbſt zuſammenfällt.

Freilich ſind auch Gott, Natur, Vernunft, Beſtimmung ein ewig Feſtes; aber nicht ſo unſere Meinung darüber; und die tauſend verſchiedenen Angriffspuncte und Eingänge, welche der menſchliche Verſtand an jenen großen Veſten finden kann, werden ihm ſtets auch eben ſo viele Anfänge von Irrwegen bleiben. Nur der irrt nicht mehr, der bis zur Mitte derſelben durchgedrungen iſt und nun das Ganze überſchaut; aber der Menſch ſteht nicht von vorn herein in dieſer Mitte, und nicht durch die Luſt kann man ihn dahin verſetzen. Die Wiſſenſchaft iſt dazu da, dieß in der Wirklichkeit Feſtgegründete nochmals in der Idee vor uns zu erbauen, ſie kann nicht wie von etwas Fertigem davon ausgehen.

An dem Begriffe der Luſt aber findet der Verſtand von vorn herein gar keinen Angriffspunct und Eingang. Er iſt nicht wie ein Haus, ſondern wie der unzertrümmerbare Stein zum Hauſe, der eben deßhalb dienen kann, es zu bauen, indem er immer von Neuem in neuer Ordnung und Form über einander geſetzt wird. Unſer Princip gibt dieſen Bauſtein zuſammt dem Plan des Baues; und im ganzen Baue wird es immer und immer derſelbe Stein ſeyn, der wiederkehrt, nur eine Wiederholung des erſten Grundſteins; und Gottes Luſt der Stein, der das Gewölbe ſchließt. Man kann nicht Häuſer mit Häuſern bauen wollen.

In der That, die Luſt iſt dem Verſtande etwas an ſich Unanalyſirbares, Unerklärbares, Einiges, Letztes; aber eben, weil durch nichts von ihm zu ſpalten, zugleich das beſte Spalt- und Bindemittel für ihn; weil durch nichts zu begründen, der beſte Grund; weil durch nichts zu erklären, das beſte Licht.

Nachdem der Verſtand den Begriff der Luſt von aller fremden Zuthat gereinigt, liegt derſelbe vor ihm ein einfaches, kahles, nacktes Ding; denn was jemand noch davon ausſagen möchte, es iſt nur etwas um und an der Luſt, nicht Luſt, die im Gefühle ihrer ſelbſt und nur in dieſem uns unmittelbar klar wird. Wer nie Luſt gefühlt hätte, dem würde keine Definition klar machen, was Luſt ſey, und wer ſie gefühlt hat, dem wird es keine Definition klarer machen können; obwohl ſich viel über das ſagen läßt, weſſen Folge ſie iſt, und was ſie zur Folge hat. Während ſo der Verſtand mit ſeinem Meißel umſonſt an ihrem Begriffe herumarbeitet, mit ſeiner Laterne umſonſt daran herumleuchtet, merkt er, daß dieß harte Unantaſtbare ſelbſt in ſeinen Meißel einſchneidet und das Licht ſeiner Laterne zu überleuchten anfängt, und erkennt endlich den ſelbſtleuchtenden Diamanten, das zugleich Edelſte und Unzerſtörbarſte darin, und wirft ſeinen Meißel und ſeine Laterne weg, um ſich fortan des Diamanten ſtatt Beider zu bedienen. Dieſer Diamant iſt die Luſt.

Indem ſo die Luſt jeder Aufſchließung ihres Begriffes ſpottet, ſteht ſie aber in einem, nicht minder als ſie ſelbſt klar aufzeigbaren, ſeiner Geſetzlichkeit nach verfolgbaren, lebendigen, cauſalen Zuſammenhange mit Allem, was iſt und wirkt in der Welt. Ein Diamant für den Verſtand iſt ſie ein pulſirendes Herz für alles Leben der Welt, nach dem alle Adern zuſammenlaufen, und von dem alle wieder auslaufen. Alles in Himmel und Erde, in Leib und Seele des Menſchen und andrer Geſchöpfe hat in nächſter oder letzter Inſtanz Beziehung auf deren Luſtzuſtand, und die größte Luſt oder Bedingungen der größten Luſt ſchaffen, heißt daher zugleich, die ganze Welt auf eine gewiſſe Weiſe organiſiren. Der kleine Satz ſpricht hiermit die größte Aufgabe aus, und zwar feſt, beſtimmt und ſicher aus, weil jedes Maximum an feſt beſtimmten Bedingungen hängt. Wirf jemand einen Haufen Steine hin, und ſage ihm, ordne ſie zu einer Wand, welche den größtmöglichen Raum umſchließe; es bedarf nichts weiter; er kann ſie nur zur Kugel ordnen. Freilich muß er es anders her wiſſen, daß es eben die Kugelform iſt, welche der Aufgabe genügt; aber wozu wäre die Mathematik da? So müſſen ſich auch die Mittel, den Foderungen unſres Princips zu genügen, noch beſonders aus- richtiger Erkenntniß der Natur der Menſchen und Dinge ergeben; und hieran hat ſich das Princip weiter zu entwickeln. Solchergeſtalt wird aber auch zu dieſer Erkenntniß hingetrieben; der Entwicklungsdrang des Princips iſt zugleich ein Drang, die Natur der Menſchen und Dinge bis in ihre Tiefen zu erforſchen, und ſo vermag der in ſich ſtarre Begriff der Luſt doch nach ſeiner Stellung im Princip die ganze Welt des Wiſſens lebendig in ſein Gebiet zu ziehen. Hoch oben ſteht das Wiſſen von der Straf- und Segensgewalt der göttlichen Gebote; tief unten von der Bedeutung des Inſects und des Wurmes; aber ſelbſt das Wiſſen vom Inſect und Wurme, ſeiner Empfänglichkeit für Luſt und Unluſt, ſeiner Beziehung zu unſrer Luſt und Unluſt, ſeiner Stellung zur ganzen Natur iſt kein gleichgültiges für die Entfaltung des Princips in ſeine letzten Verzweigungen.

Doch noch wichtiger, als der Bezug, den alles Wiſſen zur Luſt hat, iſt hier der, den alles Handeln dazu hat. Ein feſter und untrennbarer Bezug beſteht zwiſchen den Trieben, wovon das willkührliche wie das inſtinctartige Handeln der Weſen abhängt, und Luſt und Unluſt. Es gibt keinen Trieb, der nicht darauf zielte, Luſt zu erzeugen oder zu erhalten, Unluſt zu beſeitigen oder zu verhüten. Es wird meiſt genügen, eins dieſer Aequivalente zu berückſichtigen.

Zwar wird man ſagen: iſt nicht dem Willen oder vernünftigen Triebe gerade das weſentlich, ſich unabhängig von der Beſtimmung durch Luſt- und Unluſtgefühle machen zu können; dem Inſtincte gegenüber, der es nicht kann. — Aber ſehen wir nur genauer hin, ſo finden wir den Unterſchied Beider in etwas ganz Anderm liegend, darin liegend, daß im

Willen die Triebkraft zur Luſt, die ihm wie dem Inſtincte beiwohnt, ſich an eine klare Vorſtellung deſſen, was wir um der Luſt willen zu thun haben, knüpſt; im Inſtinct an unklare Beſtimmungen des Gemeingefühls. So ſehr man zwiſchen beiden ſcheiden mag, obwohl die Natur keine feſte Gränze zwiſchen ihnen kennt, in ihrem Bezuge zur Luſt gibt es jedenfalls nichts zu ſcheiden. Alle ſubjectiven wie objectiven Beſtimmungsgründe des Menſchen zum Handeln, welchen Namen ſie immer führen, auf welchen Theil ſeiner Natur ſie bezogen werden mögen, alle ſeine Motive und Zwecke, ſchließen offen oder verſteckt, bewußt oder unbewußt, doch für den analyſirenden Verſtand immer erkennbar, den Bezug zur Luſt ein; ja es läßt ſich in den ſo unſäglich mannichfaltigen Motiven und Zwecken des Menſchen gar nichts andres Gemeinſames finden, als dieſer Bezug zur Luſt, den man nur dann nicht ſehen kann, wenn man ihn nicht ſehen will, oder unter Luſt nur die Luſt am Eſſen und Trinken verſteht.

Dieß läßt ſich des Nähern zeigen.

Gehen wir alle Hauptrichtungen des menſchlichen Trachtens durch: was iſt es, worauf es von jeher gegangen iſt und noch heute geht? Auf das Annehmliche und Schöne; aber was dünkte uns annehmlich und ſchön außer ſofern es uns directe Luſt gewährt; — auf das Nützliche; aber wo gibt es ein Nützliches, das ſich nicht in nahes oder fernes Mittel der Luſt oder Gegenmittel der Unluſt überſetzen ließe; — auf das Wahre; aber hat nicht Gott eine eingeborne Befriedigung geknüpſt an die Einſtimmung und Vermehrung unſres Wiſſens, und muß nicht das Wiſſen uns dienen, uns mit der Natur unſrer Luſtquellen auch deren Nutzung zu lehren: wer möchte das Wahre ohne das Eine oder das Andre ſuchen, und nicht am liebſten um Beides willen; — an das Gute; aber iſt die innere Gewiſſensfreude, die direct am Guten hängt, keine Luſt; und iſt nicht eben das Gute dadurch werthvoller, als Angenehmes, Schönes, Nützliches, Wahres, daß es alles zuſammen in ſeinem Schooße oder auf ſeiner Grundlage trägt, daß es mit Anbetracht nicht gewiſſer, ſondern aller Rückſichten auf die größte Luſt im Ganzen zielt.

Um dieß verneinen zu können, muß man erſt das widerlegen können, was über die Beziehung der göttlichen Gebote zum Glück der Menſchheit geſagt iſt.

Freilich, der Geizige darbt ſich andrerſeits freiwillig jeden Genuß ab; der Boshafte fügt dem Andern mit Fleiß Schaden, alſo Unluſt zu; der Wahrhafte erträgt Strafe, um nicht eine Unwahrheit zu ſagen; der Märtyrer läßt ſich auf einem glühenden Roſte braten. Aber, würde der Geizige darben, wenn ihm Geld haben nicht luſtvoller wäre, als eſſen, der Boshafte Schaden thun, wenn es ihm nicht Freude machte, Andern zu ſchaden, der Wahrhafte um der Wahrheit willen Strafe tragen, wenn die innere Strafe für die Unwahrheit ihm nicht noch ſchwerer dünkte; der Märtyrer ſich braten laſſen, wenn er nicht fürchtete, vom Roſte abſteigend in das hölliſche Feuer zu fallen und nicht hoffte, daß aus dem verbrannten Leibe die Seele in die Seligkeit des Himmels aufſteigen würde. Alſo immer nur Luſt, Unluſt als Zweck oder Motiv zum Handeln, je nachdem man es faſſen will; und nur immer die kleinere von der größern, oder, was ſich ſonſt auch zeigt, die fernere von der nähern. überboten. Es kommt blos darauf an, was jedem mehr oder nähere Luſt oder Unluſt macht oder verſpricht.

Nicht darin alſo unterſcheiden ſich die beßten Menſchen von den ſchlechteſten, daß ſie weniger als ſie um Luſt willen handelten; ſondern daß ſie Luſt an etwas Anderm haben; nämlich Luſt an dem, was ſelbſt luſtbringend oder luſtgründend für das Ganze iſt; die Böſen aber an dem, was unluſtbringend oder gründend für das Ganze iſt.

So beſteht freilich auch ein großer Unterſchied zwiſchen der niedern gemeinen Luſt des rohen, ſinnlichen Menſchen und der höhern geiſtigen Luſt des Edeln, nur ſoll man nicht meinen, der Unterſchied liege darin, daß blos das eine Luſt ſey, das andere nicht, ſondern darin liegt er, daß das eine Luſt iſt, die aufgeht im Eſſen, Trinken, Spielen, das andere aber Luſt, die aufgeht im Erzeugen und dem Bewußtſeyn, Erzeuger der Luſt zu ſeyn; eine transcendente Luſt, die der niedern nicht widerſprechen kann, da ſie ſolche vorausſetzt.

Unſer Princip ſpricht aber nicht nur das, was dunkel ohnehin allgemeiner Zweck des menſchlichen Strebens iſt, klar als das aus, was auch der Zweck deſſelben ſeyn ſoll, ſondern ſpricht dieß zugleich auch ſo aus, *wie* es der Zweck deſſelben ſeyn ſoll.

Die Menſchen beginnen alle damit, ihre größte Luſt vorzugsweiſe in der nächſten und eignen Luſt zu ſuchen; aber in der entwickelten Betrachtung der Menſchen und Dinge zeigt ſich, daß die größte Luſt des Einzelnen eben nicht direct durch Hinwirken blos auf ſeine eigne nächſte Luſt, ſondern nur auf die größte Luſt im Ganzen überhaupt erreichbar iſt; daß beides ſich nicht trennen läßt. Dieſes Ergebniß, wohin das tiefſte Eingehen in die Natur der menſchlichen und göttlichen und letzten Dinge übereinſtimmend führt, wird nun im Principe vornweg dem Menſchen geſchenkt, um es durch das ganze Leben durchzubilden, und ſo das, was er vom Anfange an will, ihn ſicherer treffen zu laſſen, als wenn er es mit ſeinem eigenen kurzen Blick, dem Blick des Kindes oder des Wilden, verfolgt. Nun wird es freilich auch nöthig, ſo viel von der Lehre der menſchlichen, göttlichen und letzten Dinge zuzufügen, daß ihm das Geſchenk auch ein Geſchenk und werthvoll erſcheine.

Aber ſelbſt, bevor das Princip zu dieſer Stütze greift, weckt es durch ſeinen bloßen Ausſpruch auch ſchon Luſt, es zu befolgen, und dieß iſt kein geringer Vorzug an einem Gebote, deſſen ganzer Werth an ſeiner Befolgung hängt. Iſt ſchon dem Menſchen vorzugsweiſe das Streben nach der nächſten und eigenen Luſt angeboren, ſo iſt es doch nicht allein. So lange kein Conflict ſich geltend macht, waltet der allgemeinere Trieb in ihm, Luſt überhaupt zu ſchaffen und nicht blos an, ſondern auch um ſich zu ſehen, und nun wird ihm nicht nur erlaubt, ſondern geboten, die größtmögliche zu ſchaffen, an ſich und andern in Eins; und das Weitere dient nur, zu zeigen, daß, was er gern nicht trennen möchte, ſich wirklich nicht trennt. Ein ſolches Gebot lacht den Menſchen ſo freudig an, daß er es wieder freudig anlachen möchte. Das beßte und höchſte Gebot erſcheint ihm nun auch als das willkommenſte und ſchönſte. Alle einſeitigen Luſtprincipe löſen den Conflict zwiſchen den Neigungen des Menſchen nicht und treten dadurch von vorn herein ſelbſt in Conflict mit ſeinem geſunden Gefühl. Ein Gebot, was ihn zunächſt oder vorzugsweiſe auf die eigene oder ſinnliche Luſt hinweiſt, erſcheint ihm egoiſtiſch, grob; und ein ſolches, welches ihn nur zu Opfern für Andrer Luſt verpflichtet oder auf geiſtige Luſt hinweiſt, erſcheint ihm unnatürlich und leer. Aber ein Princip, welches die Luſt des Einen von der Luſt Aller nicht trennt, jeder Luſt überhaupt gleiches Recht giebt, und zwar dadurch, daß es ihr Recht nach ihrem Beitrage zum Größten der Luſt im Ganzen abmißt, vereinigt die Zugkräfte aller einzelnen Principe in ſich ohne einen Gegenzug.

So gewinnt unſer Princip dadurch, daß es dem Menſchen den Kernpunct aller ſeiner Zwecke, aus allen Schalen gelöſt, rein, klar, ganz und voll hinlegt, durch die Schönheit, in der ſich dieſer ſo darſtellt, von ſelbſt die Neigung des Menſchen, dieſen Kern auch zu pflegen und die Erfüllung des Zweckes anzuſtreben. Indem der dicke Kopf des Nagels voll getroffen wird, dringt deſſen Spitze am tiefſten ein.

Und dieß freundliche Geſicht des Princips, womit es alle anreizt, ihm zu folgen, iſt doch eben nur die Einladung. Nun ſetzt es ſich fernerweit, wie wir geſagt, in Beziehung mit den Erkenntniſſen über die Natur der menſchlichen, göttlichen und letzten Dinge, und je tiefer wir dahineindringen, deſto kräftigere Motive entwickeln ſich für ſeine Befolgung.

So weiſt das Princip, erſt blos im Menſchlichen umherblickend, auf den Mäßigen, Sparſamen, Gerechten, Friedfertigen, Wohlthätigen, Fleißigen, Geſetzlichlebenden, Gottvertrauenden hin, wie auf ſeine Seite Geſundheit, Wohlhabenheit, Friede, Liebe, Achtung, Ehre, Freiheit, ruhiges Gewiſſen und Ruhe in Gott fällt; und andrerſeits auf den Unmäßigen, Liederlichen, Ungerechten, Faulen, Geſetzloſen, Gottverachtenden, wie auf ſeine Seite Krankheit, Armuth, Zank, Haß, Verachtung, Unehre, Gefängniß, Züchtigung, Schuldbewußtſeyn fällt. Dieß alles um ſo ſicherer, je beſſer die ganze menſchliche Ordnung ſelbſt im Sinne des Princips geworden; in einer ſchlechten Ordnung wird dem Guten wohl mancher Lohn verkürzt, dem Schlechten manches Böſe gelohnt; aber überall und zu allen Zeiten iſt doch die Ordnung der Dinge gut genug geweſen, daß im Durchſchnitt und im Ganzen der Beſſere beſſer und der Schlimmere ſchlimmer gefahren; und ob die Gerechtigkeit anfangs hinkend hinter dem Menſchen hergeht, faſt immer ereilt ſie ihn noch vor dem Lebensende. Welches Motiv aber könnte den Menſchen veranlaſſen, vielmehr im Sinne der Ausnahmfälle als der Regel ſeinen Wandel einzurichten! Vieles Leid auch widerfährt dem Guten von Gott; allein je beſſer der Menſch, zu ſo Beſſerem wendet er ſelbſt ſein Leid und ſo mehr helfen Andere es ihm wenden. Doch weiter und höher erhebt ſich der Blick. Wie zahlreich und bitter uns die Ausnahmfälle von der Gerechtigkeit hienieden erſcheinen mögen, das was ſich im Durchſchnitt und Fortſchritt vom Anfange der Welt an immer und immer beſtätigt hat, wird zum Fingerzeig für den Plan, die Anlage, die Richtung der Weltordnung im Ganzen, die mit dem Jetzt und Hier nicht beſchloſſen iſt. Wer nun glaubte nicht, daß die feſt und ſicher gelegte Anlage auch ihre ſichere Durchführung und Vollendung finden werde, wenn die Anlage nicht zugleich das Ende iſt. Wird hier die Vergeltung oft verſchoben, weil im großen Zuſammenhange

Andres ſich zwiſchenſchiebt, und bleibt doch drohend und ſtärker drohend und ſchon mit dieſer Drohung ſtrafend oder mit der Ausſicht lohnend immer bevorſtehend, ſo mag ſie auch über dies Leben hinausgeſchoben werden, aber indem der Schritt der uns nacheilenden Gerechtigkeit immer größer, als der unſere iſt, werden wir mit dem letzten großen Schritt, den wir in das andere Leben hinüber thun, ihr nicht entfliehen können, ſondern ſie ſelbſt wird es ſeyn, die, uns einholend und faſſend, uns in die andere Welt hinunterſtürzt oder hinaufträgt. Ich will ſagen, wenn der einzelne Menſch nach dem Zuſammenhange der ganzen Ordnung der Dinge hier ſeinen Lohn oder ſeine Strafe nicht hat erhalten können, wird das Sterben ſelbſt mit dazu da ſeyn, ihn unter neue Bedingungen zu verſetzen, die es möglich machen.

Legt Jemand eine Frucht hier in die Erde und thut an ihr das Seine, ſo wird ſie über die Erde hinaus nach dem Himmel wachſen und blühen und tragen. Wer nun fragt, welchen Lohn er für das, was er Gutes im Irdiſchen thut, im Himmel erwerben werde, den können wir dahinweiſen, und ſagen: war der Same und die Pflege des Samens in der Erde dein, ſo wird auch der Baum mit allen Blüten und Früchten über der Erde einſt dein ſeyn. So großen Lohn kann ein kleines Irdiſche dereinſt tragen, wie die Eiche aus der Eichel wächſt. Und ſo mag die Natur als Pflanzgarten Gottes uns, die wir auf dem Boden deſſelben Gartens ſtehen, noch manches ſchöne Zeichen geben.

Solches ſind die Luſtmotive, die unſer Princip zu ſeiner Befolgung zu verwenden hat. Was hier kurz angedeutet iſt, hat die Lehre weiter auszuführen.

Daß es nur Luſt iſt, um was es ſich bei allem Handeln des Menſchen in letzter Inſtanz handelt und handeln kann, iſt ſo wahr, daß ſelbſt die Lehrer der Moral, welche die Luſt ſo fern als möglich von ihren Syſtemen zu halten ſuchen, doch nicht umhin können, ihre Motive dennoch auch in Luſt zu legen, nur daß ſie von aller Luſt blos die höchſten Spitzen und Gipfel wollen gelten laſſen, als wenn die höchſten Höhen verlören und nicht vielmehr beſtänden durch die bis in die Wurzeln der Erde ſich verlierende Baſis. Ohne die Verweiſung auf die Luſt des Gewiſſens, die Freude, mit Gott in Einſtimmung zu ſtehen und die ewige Seligkeit wäre jede Moral lahm, hülflos und vergeblich; ja daß ſie auch mit dieſer Verweiſung es noch bleibt, beweiſt ſie einfach dadurch, daß ſie den Meiſten ſogar als ein Schreckbild erſcheint. Und freilich macht der lieblichſte, freundlichſte Kopf abgehauen nur zu fürchten. Die Moraliſten aber trennen in Wahrheit den Kopf der Luſt von ihrem Leibe, halten ihn uns hin, und ſagen: wie ſchön iſt er! Ja er iſt ſchön, aber zuſammengewachſen mit allem Andern, was ſchön.

In unſerm Sinne erhält die Luſt des Gewiſſens die rechte Bedeutung dadurch, daß ſie erſcheint als der beßte Lohn in Luſt, den Gott an das beßte Wirken für Luſt hienieden geknüpft hat, als der geiſtige Reflex aller von uns ausgeſtralten oder ſelbſt nur auszuſtralen geſtrebten Luſt im reinen runden Spiegel unſers Weſens brennpunctartig vereinigt, als ein Theil der göttlichen Luſt ſelbſt, ſofern ja Gottes Luſt an gleiches Trachten geknüpft iſt, als die Luſt einer Welle, die ſich fühlt ein Theil vom Luſtquelle. Die ewige Seligkeit aber erhält ihre Bedeutung dadurch, daß ſie als das Luſtpfund erſcheint, was von uns in die Welt ausgethan, dereinſt mit all dem Wucher, den es getragen, uns als Eigenthum zurückgezahlt wird, und hätte es hier nicht gewuchert, trotz unſrer Arbeit, würde es uns Gott dort zu einem höhern Zinsfuß wuchern laſſen.

Die gewöhnliche Moral aber erklärt wohl richtig einen Lohn in Luſt für das Letzte und Höchſte, was uns werden kann, aber die Luſt, für die uns dieſer Lohn wird, für Nichts. Hat die Luſt dort den höchſten Werth, warum hier keinen?

Die gewöhnliche Moral ſagt: kümmere dich nicht um die

Stufen, die zum Letzten und Höchſten gebaut ſind, weil ſie nicht das Letzte und Höchſte ſind, ſondern nur um dieſes ſelbſt.

Wir wollen die Stufen und den Gipfel, die Stufen, weil ſie zum Gipfel führen, und den Gipfel, weil das Trachten nach ihm durch die Stufen führt, und er ſelbſt nur die höchſte iſt, auf der wir mit Gott und ſeinen Engeln zuſammentreffen; auf den untern aber mit ſeinen untern Weſen, die doch auch Gottes ſind.

VII.

Man wird ſagen: das Gebot, nur immer nach dem Größten der Luſt zu trachten, unangeſehen die Art derſelben, ſetze ein vergleichbares Maß aller Luſt voraus; ein ſolches aber ſey nicht zu finden. Schon ſinnliche und geiſtige Luſt ſeyen unvergleichbar mit einander; und im ſinnlichen und geiſtigen Gebiete insbeſondre gebe es wieder die verſchiedenartigſte Luſt, die kein gemeinſchaftliches Maß der Größe habe, wenigſtens kein brauchbares.

Aber doch giebt es ein ſolches; ja es iſt das directeſte und am directeſten brauchbare, was es geben kann; weil es jeder Menſch unmittelbar mit ſich führt und unmittelbar anzulegen verſteht. Ja nicht nur einen, ſondern zwei ſich ergänzende Maßſtäbe der Luſt giebt es; einen ſubjectiven, mit dem wir die eigne Luſt, und einen objectiven, mit dem wir die fremde Luſt meſſen. Jener liegt in dem unmittelbaren Gefühle des Mehr und Weniger der Luſt und des daran geknüpften ſtärkern oder ſchwächern Triebes; dieſer in den von dieſen Gefühlen und Trieben abhängigen Handlungen, durch welche Luſt theils ausgedrückt, theils angeſtrebt wird. Beide meſſen unterſchiedlos über alle Luſt hin.

In der That können wir den täglichen Beweis, daß alle Luſt, ſo verſchiedenartig ſie ſeyn mag, ein gemeinſchaftliches

Maß hat, darin finden, daß wir täglich eine der andern vorziehen ſehen und ſelbſt vorzuziehen wiſſen. Ein Knabe wird ſich nicht in Verlegenheit finden, zwiſchen einem Apfel und einem Buche zu wählen, weil es ſich dort um ſinnliche, hier um geiſtige Luſt oder auch Unluſt handelt, als ob er ſich in den Vergleich derſelben nicht zu finden wüßte. Und wie hätte ſich der allgemeine Tauſchhandel der Menſchen mit Luſtmitteln, wo jeder das, was ihm minder lieb iſt, um das giebt, was ihm lieber iſt, ausbilden und einen gemeinſchaftlichen Maßſtab im Gelde finden können, wenn die verſchiedene Qualität der Luſt den Vergleich ihrer Quantität hinderte.

Man darf vielmehr ſagen, daß für ein Princip, welches maßgebend für das Handeln ſeyn ſoll, eben kein Maß gelegner ſeyn kann, als was unmittelbar in dem Gefühle liegt, von dem das Handeln ausgeht und was durch die Handlungen ſelbſt auch objectiv aus uns herausgeſtellt wird. Freilich können Irrungen in Anwendung dieſes Maßes vorfallen, indem wir vergangene oder zukünftige Luſt im Nach- oder Vorgefühle nicht in ihrem richtigen Verhältnißwerthe reproduciren, oder Handlungen Anderer falſch deuten. Aber die Möglichkeit des Irrthums darf uns nicht veranlaſſen, das Mittel der Wahrheit ſelbſt wegzuwerfen, ſondern durch immer größere Achtſamkeit es immer ſichrer zu machen. Eine Elle, die durch ſich ſelbſt richtig mißt, giebt es nirgends; es muß genügen, wenn ſie ſcharf mißt, ſofern ſie ſcharf angelegt wird.

Und nicht blos die Vergleichung, ſondern auch die Summirung der verſchiedenartigſten Luſt iſt dem Menſchen eben ſo möglich als geläufig. Ein Tag bringt meiſt andere Luſt und Unluſt mit ſich als der andere, doch wird der Menſch wohl wiſſen, welchen von verſchiedenen Tagen er im Ganzen am glücklichſten zugebracht. Ja der Menſch hat eine ſehr merkwürdige Fähigkeit, alle, auch aus einander liegende, Luſt oder Unluſt, die an einer Sache oder Handlung für uns oder Andre hängt, oder deren Bedingung ſie zu ſeyn verſpricht, auch im

Gefühle zu ſummiren, und hiedurch entſteht ihm das Gefühl des Werths der Dinge und Handlungen. Was das Ding oder ſein Aehnliches geleiſtet hat, wird hierbei maßgebend für das, was es zu leiſten verſpricht. Auch in dieſem Gefühle kann der Menſch irren; aber was daraus folgt, iſt wiederum nicht, daß er dieß Gefühl verwerfe, ſondern immer feiner und richtiger ausbilde und mit andern etwa zu Gebote ſtehenden Mitteln combinire.

VIII.

Man wird ſagen: das aufgeſtellte Princip iſt ein Rechnungsprincip, deſſen Anwendung unmöglich fällt, oder das beim Verſuche es anzuwenden mehr Schaden als Nutzen bringen muß. Jeder andre Fall, wo es zu handeln gilt, bringt andre Bedingungen mit ſich, die Bedingungen compliciren ſich in der Welt ins Unendliche; wie kann man ein Princip aufſtellen, welches die unmögliche Berechnung fordert oder die trügliche Berechnung ſanctionirt, was in jedem einzelnen Falle aus dieſer oder jener Handlung für Luſt oder Unluſt hervorgehen werde, um zu entſcheiden, ob man ſo handeln ſolle oder nicht.

Ich frage zuvörderſt dagegen, ob nicht das, was hier als unmöglich erklärt oder als trüglich verworfen wird, täglich geſchieht und gut geheißen wird. Wann haben die Menſchen je anders gehandelt, als in Bezug auf die vorausſetzlichen Folgen ihrer Handlungen und den Einfluß dieſer Handlungen auf ihr Glück und Unglück, und wenn ſie hierbei täglich irren, ſo iſt immer die Antwort zu wiederholen, daß ſie ſich nur beſtreben müſſen, täglich weniger hierin zu irren, den Vorblick immer ſichrer zu machen, ſtatt ihn ganz aufzugeben, um mit blinden oder geſchloſſenen Augen ihres Wegs zu gehen. Unſer Princip verlangt ja, indem es den Menſchen auf dieſen

Vorblick anweiſt, nichts Neues von ihm, es verlangt nur, daß er das, was er ohnehin ſchon thut, noch mehr thue als bisher, daß er nicht blos auf die nächſten, ſondern ſo viel er nur immer kann, auch auf die fernſten Folgen und alles Umſichwirken ſeiner Handlungen Bedacht nehme; daß er nicht blos klug, ſondern daß er weiſe ſey. Kann nun der Menſch hierbei nicht allerwegs das Beßte finden, ſo iſt er darum nicht minder anzuhalten, es allerwegs zu ſuchen.

Wird aber dem Princip untergeſchoben, daß es den Menſchen hierbei blos auf Berechnung deſſen, was aus jedem Einzelfalle an Luſt und Unluſt hervorgehen werde, beſchränke, ſo iſt dieß eben nur eine Unterſchiebung. Nicht jede Art des Vorblicks iſt eine Berechnung.

Weder ſoll jeder Einzelne dieß berechnen, noch ſoll er es für jeden einzelnen Fall berechnen, noch iſt der Menſch überhaupt durch das Princip blos auf Berechnung verwieſen.

Denn es iſt gewiß, daß die meiſten Menſchen triftige Berechnungen über die Folgen ihrer Handlungen überhaupt nicht anſtellen könnten, daß keiner ſie nach allen Beziehungen anſtellen kann, daß, wenn jeder für ſich ſeine Rechnung führen wollte, jeder zu andern Reſultaten kommen, mithin das Zuſammenwirken der Menſchen zu gemeinſchaftlichen Zwecken aufhören würde, daß endlich über der Zeit der Berechnung die Zeit zum Handeln meiſt verſtreichen würde.

Aber eben deßhalb, weil bei ſolcher Berechnung jedes einzelnen Falles durch jeden einzelnen Menſchen nicht das Beßte herauskommen würde, kann auch unſer Princip dieſe Berechnung nicht verlangen, ſondern muß ſie geradezu verbieten oder vielmehr auf das rechte Maß beſchränken; und es kann dieſe Beſchränkungen rein aus ſich ſelbſt nur mit Bezug auf die Natur der Menſchen und Dinge entwickeln. Hiernach gilt es, zu unterſuchen, welche Weiſe, die Handlungen zu leiten, ſelbſt am dienlichſten für das Glück der Menſchheit iſt; irgend etwas muß ſich finden laſſen; und daran hat man ſich zu halten.

In dieſer Beziehung gehört es zu den erſten und wichtigſten Folgerungen unſers Princips, daß der Menſch ſich in den Hauptbeziehungen des Lebens, ſtatt nach eigner Einzelberechnung der Folgen ſeiner Handlungen, nach allgemeinen Geſetzen und Regeln zu richten habe, welche im Durchſchnitt, im Ganzen das beſte Reſultat gewähren, und wovon die moraliſchen Grundregeln ſelbſt die höchſten und wichtigſten ſind. Denn theils vereinfachen ſich für allgemeine Regeln die Geſichtspuncte mehr, als für concrete Fälle, es läßt ſich alſo für den Durchſchnitt das Beſte leichter finden, als für das Einzelne; theils können zu Feſtſtellungen für den Durchſchnitt der Fälle lange Erfahrungen zu Hülfe genommen werden, und alle beſtehenden Regeln und Geſetze fußen mehr oder weniger auf ſolchen; theils können dieſe Feſtſtellungen und die mit Aenderung der Verhältniſſe nothwendig werdenden Abänderungen in die Hände vorzugsweiſe Befähigter gegeben werden, und die Natur der Menſchen und Dinge tendirt von ſelbſt dahin, ſie auch wirklich in die Hände ſolcher zu legen; theils liegt abgeſehen von dem materiellen Nutzen der Regeln und Geſetze ein großer formaler, aber für das Glück der Menſchheit gleich wichtiger darin, daß dadurch ein einträchtiges Handeln derſelben, ein Anſtreben gemeinſchaftlicher Ziele, eine erleichterte und weiter greifende Berechnung der Folgen des Handelns für jeden Einzelnen möglich wird, indem jeder weiß, welches Zuſammenwirken oder Gegenwirken er von Seiten Anderer bei ſeinen Handlungen vorausſetzen kann; daß ferner jeder, indem er der objectiven Geſetze und Regeln ſich als ſubjectiver annimmt, Gewöhnungen und Uebungen erwerben kann, die ihm Feſtigkeit und Sicherheit und ſomit Erfolg beim eignen Handeln verleihen, und es zugleich um ſo nützlicher in das allgemeine Handeln eingreifen laſſen.

Wenn endlich Geſetze und Regeln, wohin im weitern

Sinne auch Sitten und Gebräuche zu rechnen, eine Zeit lang unter den Menſchen beſtanden, gewinnen dieſelben noch einen beſonders wichtigen Einfluß auf ihren Wohlzuſtand dadurch, daß ſich Sinn und Anſtalten derſelben ſchon danach eingerichtet haben, und bei der Verſatilität der Menſchen können ſich dieſelben auf Mancherlei einrichten, ohne daß man auf dem Wege der Vernunft ſagen könnte, eins ſey beſſer, als das andere; der Beſtand ſelbſt kann beitragen, beſtehende Geſetze und Regeln gut zu machen.

Die Geſetze und Regeln laſſen ſich dann in ſolche ſcheiden, welche alle Menſchen zu allen Zeiten angehen, indem ſie ſich auf das Unveränderliche und Gemeinſchaftliche in der menſchlichen Grundnatur ſtützen, und ſolche, welche ſich nach particulären Verhältniſſen ändern und ändern müſſen. Erſteres die göttlichen, letzteres die menſchlichen Geſetze. Die Befolgung der erſten wird die weitgreifendſten, allgemeinſten, überall gültigen Vortheile für das Menſchengeſchlecht haben; die Befolgung der letztern Vortheile für die beſondern Verhältniſſe, aus denen ſie ſich entwickelt haben, und die ſich hinwiederum nach ihnen fixirt haben.

In Folge dieſer Betrachtung wird nun der Menſch verpflichtet, ſich zunächſt allgemein an die göttlichen Geſetze zu halten, demnächſt insbeſondre an die menſchlichen, die in dem Umkreis ſeines Lebens und Wirkens gelten, mit welchem ſein Wohl und Wehe zunächſt zuſammenhängt. An erſtere ſchlechthin, ſofern ſie nicht durch gegenſeitigen Conflict Ausnahmen von einander ſelbſt bedingen; an letztere jedenfalls ſo lange, als ſie nicht erweislich ſchlecht ſind. Es iſt aber aus angezeigten Gründen immer wahrſcheinlicher, daß ſie gut für die beſtehenden Verhältniſſe, als nicht gut ſind, beſſer wenigſtens, als ein Einzelner ſelbſt ſie zu machen vermöchte, ja ſelbſt, wenn ſie erweislich ſchlecht wären, würden wir ſie noch in den meiſten Fällen befolgen dürfen und müſſen, in Betracht der großen formalen Vortheile, die in der allgemeinen Unterordnung unter dieſelben an ſich liegen.

Auf ſolche Weiſe iſt alſo dem einzelnen Menſchen ſchon ein großer Theil der eignen Beurtheilung des Guten und Schlimmen vorweg abgenommen, nicht gegen den Sinn unſers Princips, ſondern nach reinen und klaren Folgerungen deſſelben, bei denen es ſich auf Nichts ſtützt, als worauf ſich alles ſtützen ſollte, die Natur deſſen, worauf es ſich bezieht. Es zeigt ſich, mögen wir nach Pſychologie, Philoſophie oder Hiſtorie die Natur des menſchlichen Urtheilens, Handelns, Glücks und Unglücks betrachten, daß bei dem Handeln jedes einzelnen Menſchen blos nach ſeinem einzelnen Urtheil das Glück der Menſchheit zu kurz kommen würde; daß alle beſſer fahren, wenn alle ſich nach allgemeinen Geſetzen richten, die alle binden; folglich verlangt auch unſer Princip, daß das einzelne Urtheil dagegen wirklich zurückgeſtellt werde.

Inzwiſchen kann hierin nur eine Beſchränkung, nicht eine Aufhebung der eignen Beurtheilung liegen. Geſetze müſſen theils gegeben, theils abgeändert, theils ausgelegt werden, alſo haben doch die, denen dieß obliegt, eignes Urtheil nöthig. Oefters kommen Geſetze, göttliche mit göttlichen, menſchliche mit menſchlichen, oder beide wechſelſeitig in Conflict, und da es ſelbſt göttliches Geſetz iſt, die Staatsgeſetze zu befolgen, kann ein Conflict letztrer Art unter Umſtänden ſelbſt den Character eines Conflictes erſter Art annehmen; hier bedarf es wieder des eignen Urtheils zur Entſcheidung. Alle Geſetze endlich, ja ſelbſt die ſubſidiär leitenden Sitten und Gebräuche, laſſen doch dem Menſchen noch Spielraum genug für das Handeln frei; in gewiſſer Beziehung wird ſogar dieſer Spielraum durch das Walten derſelben vergrößert; wie denn der Umfang freier Willensbeſtimmungen bei dem Wilden, der durch ſo wenig Geſetze gebunden iſt, unendlich beſchränkter iſt, als bei uns, die nach allen Seiten durch Geſetze gebunden ſcheinen. Es hängt dieß daran, daß von dem geſicherten Boden der Geſetzlichkeit aus jeder unbehinderter von Andern und mit weitergreifender Berechnung ſein eignes Handeln entwickeln und mit dem von Andern combiniren kann. Demnach iſt dem Menſchen immer noch anheimgegeben, auf der Grundlage der Geſetze ſein Handeln ſelbſtſtändig mittelſt eignen Urtheils auszubauen. Auch ſoll der Menſch, um höherer Bildung willen, indem er die Geſetze befolgt, zugleich der Gründe ihrer Befolgung ſo viel möglich ſich bewußt werden, und ſelbſt die göttlichen von den menſchlichen Geſetzen nicht blos nach dem Namen, ſondern nach dem Weſen des Quells, aus dem ſie fließen, ſcheiden lernen.

Was nun ſtehen dem Menſchen in dieſer Beziehung für Mittel zu Gebote? Keins derer, die ihm zu Gebote ſtehen, kann durch unſer Princip ausgeſchloſſen werden, vielmehr weiſt es ihn an, alle die ihm dienen können, wirklich ſo zu nutzen, daß ſie zum beßten Reſultat zuſammenwirken. Zu dieſen Mitteln gehört nun allerdings auch der berechnende Verſtand; aber nicht allein; und der Menſch iſt eben ſo ſehr dahin zu erziehen und daran zu erinnern, daß er ihn brauchen lerne und brauche, als abzumahnen, daß er ihn allein brauche.

Ich zeige nun, wozu hier nicht Raum iſt, auch dürfte ſchon die Andeutung genügen, auf welchen Grundlagen ſich im Menſchen neben dem urtheilenden Verſtande ein urtheilendes Gefühl entwickelt; wie es in ſeiner Sphäre gleiche Berechtigung, aber keine größere hat, als dieſer; wie jedes für ſich, einſeitig gebraucht, Vortheile und Nachtheile nach andern Seiten hat; wie beide überhaupt nur nach Maßgabe, als ſie richtig durch Erziehung und Leben gebildet ſind, auch richtig zu urtheilen vermögen; wie ſich beide wechſelſeitig in ihrer Bildung fördern, zu ihrer Controlirung dienen, einander ergänzen und aushelfen können und müſſen; wie Niemand ganz ohne Beides, aber doch die Meiſten mit Uebergewicht des Einen urtheilen; und wie das Trachten in jedem Falle dahin gehen muß, Verſtand und Gefühl zu einem einſtimmigen Urtheil zu bringen, da ein Zwieſpalt derſelben doch nie ein Zwieſpalt in der Sache, ſondern nur ein Mangel im Menſchen iſt.

An dieſe Betrachtungen knüpft ſich die Lehre vom Gewiſſen, in welchem das urtheilende Gefühl über Gutes und Böſes mit einem Triebe zum Einen und gegen das Andre und, nach der allgemeinen Beziehung von Trieb und Luſt, demgemäßen Luſt- und Unluſtgefühlen ſich verknüpft, wovon ich den Cauſalzuſammenhang zu erörtern ſuche.

Auf das Gewiſſen komme ich noch zurück; hier genügt es, auf das Factiſche deſſelben allgemeinen Bezug zu nehmen und es anzuerkennen.

Unſer Princip verläugnet alſo nicht das Gewiſſen, um die ganze Beurtheilung unſers Handelns etwa dem rechnenden Verſtande zuzuſchieben; es fordert vielmehr das Gewiſſen, weil das Urtheil ohne daſſelbe blos mit einem Fuße, alſo lahm gehn, und ſomit wieder dem Beßten der Menſchheit nicht am Beßten gedient ſeyn würde. Aber es kann andrerſeits auch nicht Geſetz, noch Gewiſſen, noch beides zuſammen, allein als maßgebend anſehn; da es ſchlechte Geſetze und ſchlechte Gewiſſen giebt; wer ſoll über dieſe urtheilen; und da Geſetz und Gewiſſen Vieles frei laſſen, wer ſoll dann urtheilen?

Die hier aus dem Geſichtspunct unſres Princips entwickelten Betrachtungen ſind ſelbſt verſtandesmäßig, wie ſie es als wiſſenſchaftliche nicht anders ſeyn können. Man ſieht aber, wie unſer Princip dem Verſtande, indem er daſſelbe braucht, auch ſelbſt die Gränzen vorſchreibt, in denen er es ferner zu brauchen hat, nämlich nicht weiter, als daß es zum Beßten diene, d. h. als um Geſetz und Gewiſſen noch ihr volles Recht zu laſſen. Somit entwickelt das Princip nicht blos den Stoff, ſondern auch die Form ſeines Gebrauchs aus ſich ſelbſt. Dieß iſt der Charakter eines ſelbſtlebendigen Princips.

Alſo der Menſch ſoll nicht *blos rechnen* wollen nach unſerm Princip, aber er ſoll doch *mit* darnach rechnen, ſo weit er eben rechnen kann; denn dazu hat er den Verſtand.

Warum ſollte ich auch nicht berechnen können und berechnen dürfen, daß auf meinen ſtarken Schultern eine Laſt ſich leichter trägt als auf den ſchwächern meines ſchwächern Bruders und ſie dann ſtatt ſeiner übernehmen; daß der erſte Groſchen ſchwerer in Luſt wiegt, als der fünfundzwanzigſte, und darum meinen fünfundzwanzigſten lieber anderwärts zum erſten machen; daß ich durch ſchlechte Gewöhnungen mehr an Mitteln und Vermögen der Luſt verwüſte, als ich je an Luſt dadurch gewinne; daß ich, die Zeit der Jugend verſäumend, weder mir noch Andern nützen werde. Alles das ſind Dinge, die der Verſtand im Sinne unſers Princips berechnen kann, und wobei er weder mit Geſetz noch Gewiſſen in Widerſpruch kommt, ſondern ſelbſt mit auf der Grundlage derſelben fußen kann.

Geſetz und Gewiſſen ſelbſt aber werden ſich, wo und von wem ſie auch gerichtet werden mögen, doch in letzter Inſtanz ihrerſeits nur in ſo weit rechtfertigen können, als ſie im Sinne unſres Princips gegeben und erzogen ſind. So iſt das Princip in jeder Beziehung ein unbedingtes.

Das rein verſtandesmäßige Gebahren mit dem Princip, was nach Vorigem im Leben nicht Statt finden darf, wird dagegen Sache der Wiſſenſchaft ſeyn. Nicht daß ſie weniger als das Leben die Berechtigung von Geſetz und Gewiſſen anzuerkennen hätte; aber ſie wird dieſelbe ſelbſt verſtandesmäßig zu begründen haben.

Die wiſſenſchaftliche Erkenntniß des Beßten in der ganzen Welt hängt aber mit der beßten wiſſenſchaftlichen Erkenntniß der ganzen Welt zuſammen, welche die Natur der Menſchen und Dinge bis in ihre erſten und letzten Gründe, Folgen und Verzweigungen zu umfaſſen hat. Und wir haben mit dem Princip keinen Zauberring erworben, der uns alle dieſe Erkenntnißſchätze plötzlich ſchenkte, ſondern nur Compaß und Steuer für eine mühevolle Fahrt durch die Natur ſelbſt. Nur dadurch mindert es die Mühe, daß es ihr die rechte und erfolgreiche Richtung anweiſt; es mehrt ſie aber dadurch, daß es uns nun auch in dieſe Richtung hinaustreibt. Aber ein Princip, was ſich mühelos ausbeuten ließe, würde auch die Mühe nicht lohnen.

Die Zeiten ſind nicht mehr, wo der Geſang des Dichters die Steine bewegte zum Baue; der Menſch muß ſie mühſam dazu herbeitragen; die Lücken ſind erſt größer als die Mauern; je größer der Bau, ſo ſpäter ſein Ende; und ſo wird auch das Wiſſen vom Beſten aller Zeiten und Welten ſchwer und langſam wachſen durch Vieler mühſeliges Wirken, und erſt mit dem Ende der Tage geendet ſeyn; aber was darin einmal auf die Natur gegründet ſteht, wird feſt und immer ſtehen; indeß die Worte, welche die Steine bewegen wollten, ſich verwandeln in Schlöſſer der Luft, und ein Phantom nach dem andern in der ſchnell erreichten Höhe vergeht.

Das Gravitationsgeſetz regiert den ganzen Himmel; wir wiſſen gewiß, es iſt der Fall; alle Geſetze der himmliſchen Bewegungen ordnen ſich ihm unter; alle Rechnungen, die Richtiges wollen, können nur aus ſeinem Geſichtspuncte geführt werden; wir verdanken ihm erſt die wahre Klarheit über die Verhältniſſe des Himmels. Aber wer noch nichts als dieß Geſetz hat, hat noch nichts; ſeine Anwendung für die Lehre fordert alle Kräfte der Rechnung heraus und überſteigt ſie oft; ſelbſt die Anziehung dreier Himmelskörper vermögen wir nicht vollſtändig darnach zu berechnen; und oft müſſen wir, um nur Annäherungen zu gewinnen, das, was ſelbſt zu berechnen wäre, zum Theil ſchon als berechnet vorausſetzen, der Zukunft anheimſtellend, die reinen und vollſtändigen Löſungen zu bringen.

So regiert unſer Geſetz gewiß alles Moraliſche, alles Praktiſche überhaupt; alle Einzelgeſetze des Praktiſchen ordnen ſich ihm unter; alle Rechnungen, die Richtiges wollen, können nur aus ſeinem Geſichtspuncte geführt werden; es vermag allein Klarheit über die Welt des Handelns zu verbreiten; aber, wer noch nichts als dieß Geſetz hat, hat noch

Nichts; ſeine Anwendung für die Lehre fordert alle Kräfte des Verſtandes heraus und überſteigt ſie oft; ſelbſt die moraliſchen und rechtlichen Verhältniſſe blos zwiſchen drei Menſchen vermöchten wir nicht vollſtändig darnach zu entwickeln; und es bleibt der Wiſſenſchaft nichts übrig, als Vieles in der Welt, was an ſich berechnungsfähig wäre, bis auf Weiteres als gegeben in die Rechnung einzuführen, mit der Hoffnung, daß ſie es dereinſt ſich noch ſelbſt werde geben können. Ihre Rechtfertigung aber, daß ſie dieß thut, kann ſie im Princip ſelbſt finden, dem gemäß es iſt, ein Gegebenes ſo lange für das Beſte zu halten, bis ein Beſſeres ſich geben läßt.

So wird freilich die Wiſſenſchaft, die ſich auf unſer Princip ſtützt, des jedesmaligen Standpuncts der Unvollkommenheit, den ſie mit jedem menſchlichen Wiſſen theilt, auch zu jeder Zeit ſich klar bewußt werden müſſen. Der Dünkel der ſogenannten abſoluten Standpuncte wird ihr fremd bleiben. Aber daß die Lücken und Schwierigkeiten des Wiſſens in ihr immer eben ſo klar daliegen, als der Zuſammenhang des Erworbenen und als das ferne Ziel der ganzen Richtung, wird ihr auch den fernern Fortſchritt immer ſichern.

IX.

Kant nennt es einen Fehler aller Principe der Luſt, daß ſie die Moral zu etwas Empiriſchem machen; denn was Luſt und Unluſt gebe, könne nur aus Erfahrungen erkannt werden.

Ich finde meinerſeits einen Vorzug aller Luſtprincipe darin, daß ſie ihrer Natur nach nicht nur alle Erfahrungen im Leben für die Lehre und folgweis wieder für das Leben nutzbar zu machen geſtatten, ſondern daß ſie ſogar nöthigen, auf die empiriſche Natur der Menſchen und Dinge einzugehen. Wie ſoll denn die Lehre vom Handeln, das ſich im Empiriſchen zu bewegen hat, ſelbſt unabhängig vom Empiriſchen ſeyn? Es ſchiene mir das wie eine Phyſik, die von der empiriſchen Natur des Körpers und der Bewegung abſtrahiren oder dieſe im Kopfe conſtruiren wollte, was man freilich verſucht hat, aber mit welchem Erfolge?

Wirklich hat auch der Verſuch, die Moral als Wiſſenſchaft über dem Empiriſchen des Lebens ſchwebend zu erhalten, damit ſie ſich die Füße nicht darin beſchmuze, immer den Erfolg gehabt, daß ſich das Empiriſche des Lebens nun auch nicht um die Wiſſenſchaft der Moral gekümmert hat, beide neben einander hergegangen ſind, oder daß man das Empiriſche noch nachträglich mit ſchlechter Verknüpfung an das Principielle hat anhängen müſſen. Ein Princip, was brauchbar ſeyn ſoll für das empiriſche Leben, kann ſich lebendig und lebendig machend auch nur am Empiriſchen ſelbſt entfalten; und je nothwendiger es deſſelben zu ſeiner eignen Entfaltung bedarf, deſto mehr wird dieß ein Beweis ſeyn, daß es deſſen Seele iſt.

Dieß hindert nicht, ſondern führt vielmehr darauf, aus der empiriſch erkannten Natur der Menſchen und Dinge, wozu auch das Innerſte gehört, was wir beſitzen, aus den erfahrungsmäßigen Beziehungen der Luſt und Unluſt zu Allem, was in und außer uns iſt, ja der Luſt und Unluſt zu einander ſelbſt, mit Hülfe der Vernunft etwas Höheres abzuleiten, als alles einzelne Material iſt, was zur Ableitung gedient hat, etwas Durchgreifendes und Allgemeines, was eben darum, weil es alles Empiriſche unter ſich faßt, geiſtig durchſetzt und verknüpft, hoch über ihm ſelbſt ſteht.

X.

Die vorigen Einwürfe waren formaler Art; es wird auch nicht an materialen fehlen.

Das Princip läßt zunächſt blos auf die Größe, nicht auf die Art der Luſt achten. So viel Luſt wie möglich ſoll in die Welt gebracht werden, gleich viel welcherlei.

Wie nun, wird man fragen, iſt nicht geiſtige Luſt an ſich, abgeſehen von ihrer Quantität, mehr werth, als ſinnliche Luſt, ihr ſchlechthin vorzuziehen? Die Luſt am Schönen, Wahren, an einer nützlichen Thätigkeit, nun gar die Luſt des Gewiſſens, nicht mehr werth, als die noch ſo große Luſt an einer gut beſetzten Tafel, an einem warmen Bette u. dgl. Wo gibt es ſo intenſive Luſt als manche ſinnliche; ſoll ſie deßhalb den Vorzug vor der geiſtigen verdienen?

Gewiß nicht, ſofern man bei den angeführten Beiſpielen ſtehen bleibt. Aber man kann ihnen andre gegenüberſtellen. Iſt nicht die Luſt an guter Nahrung und Kleidung, am Glaſe Wein und der behaglichen Ruhe nach der Arbeit, wodurch unſre Rüſtigkeit zur Arbeit ſelbſt wieder erneut und erfriſcht wird, mehr werth, als die Luſt an einem ſchlechten Romane, als die Luſt des Geizigen am Gelde, des Spielers am Spiele, des Boshaften am Verdruſſe Anderer u. ſ. f., und doch iſt Erſteres ſinnliche, Letzteres geiſtige Luſt. Alſo kann geiſtige Luſt nach Umſtänden mehr oder weniger werth ſeyn, als ſinnliche; die Qualität ſinnlich, geiſtig, entſcheidet nicht, es kommt immer darauf an, ob es gute oder böſe, edle oder gemeine, nützliche oder ſchädliche, nicht ob es geiſtige oder ſinnliche Luſt iſt.

Gewöhnlich aber, wenn man geiſtige Luſt der ſinnlichen gegenüberſtellt, hat man ſtillſchweigend eben nur edle oder gute geiſtige Luſt gemeiner oder ſchlechter ſinnlicher gegenüber im Auge; und dann verſteht es ſich freilich von ſelbſt auch im Sinne unſres Princips, daß erſtere höher zu ſchätzen; denn edle oder gute geiſtige Luſt wird eben nur dadurch edel oder gut, daß ihr Luſtwerth nicht blos am Augenblicke hängt, ſondern daß ſie auch Quell überwiegender Luſt iſt oder mit ſolchem zuſammenhängt. Dieß gilt von aller obgenannten Luſt am ächten Schönen und Wahren, an nützlichen Thätigkeiten, vor Allem von der Luſt des guten Gewiſſens, als wirkſamſtem Motiv zu fernerm Guthandeln. Aus ſolchen Arten von Luſt oder dem, woran ſie geknüpft ſind, können ſich ganze Folgereihen von Luſtwirkungen für die Menſchheit entwickeln; und hiergegen kann eine einzelne ſinnliche Luſt freilich nicht Stich halten, wenn ſie Nichts oder nur Luſtverderb für die Folge nachläßt. Aber ſo wie ſie iſt, hat doch die ſinnliche Luſt ſo gut Werth, als die geiſtige, und es wäre ſonderbar, wenn man einen Regenten lobte, weil er auch mit für das materielle Wohl ſeiner Unterthanen ſorgte, und doch dieſem ſelbſt keinen Werth beilegte.

Ueberhaupt handelt es ſich, wenn von dem Größtmöglichen der Luſt im Ganzen die Rede iſt, eigentlich gar nicht um einen Conflict zwiſchen ſinnlicher und geiſtiger Luſt, ſondern allgemein kann man ſagen, daß das Größtmögliche gewonnen wird, wenn man weder nach der einen noch der andern ausſchließlich trachtet, vielmehr die eine durch die andere zu ſtützen und zu fördern ſucht, ſo daß das Maximum im Ganzen allgemein geſprochen auch das Maximum jeder Art insbeſondre mit ſich bringt. Die ſinnliche Luſt hat der geiſtigen den Leib zu geben, durch den ſie mit der Erde und ihren Nahrungsquellen in Beziehung bleibe; die geiſtige Luſt der ſinnlichen die Seele, durch die ſie mit dem höhern Lichte in Beziehung trete. Das höchſte Standbild fordert auch die höchſte und die breiteſte Baſis. Soll nun das göttliche Bild der geiſtigen Luſt bis in den Himmel reichen, ſo muß die Unterlage der ſinnlichen Luſt die ganze Erde decken.

XI.

Man wird ſagen: unſer Princip ſey mangelhaft, ſofern es nur auf größtmögliche Luſt in der Menſchheit ſchlechthin ziele, ohne ſich um deren Vertheilung zu kümmern. Es könne doch nicht gleichgültig ſeyn, ob alle Luſt ſich blos auf Einen häufe und die Andern leer ausgehn, oder ob Alle, wenn auch im Ganzen etwas weniger, davon haben. Letzteres ſey nach geſundem Gefühle vorzuziehen, aber nach unſerm Princip nachzuſetzen. Unſer Princip ſcheide ferner nicht zwiſchen der Luſt des Guten und Böſen. Mehr Luſt des Böſen gelte ihm beſſer als weniger Luſt des Guten; das geſunde Gefühl verlange das Umgekehrte. Die Strafe des Böſen müſſe ganz wegfallen, denn wie könne es im Sinne unſres Princips ſeyn, die Unluſt, die der Böſe in die Welt gebracht, abſichtlich noch zu mehren dadurch, daß man ihm ſelbſt neue Unluſt durch die Strafe zufüge. So werde alles Gefühl der Gerechtigkeit verletzt und dieſe ſelbſt unmöglich gemacht.

Doch gilt es wieder nur, unſerm Princip die Betrachtung der Natur der Menſchen und Dinge zum Boden zu geben, ſo entwickelt ſich aus ſeinem einfachen Kerne von ſelbſt Alles, was der Menſch von jeher als Recht verlangt hat, nicht nur die Vertheilung der Luſt unter den Menſchen überhaupt, ſondern auch die gerechteſte Vertheilung derſelben.

Ein Mittel der Luſt, über einen gewiſſen Grad auf einen Menſchen gehäuft, erzeugt nie ſo viel Luſt, als auf mehrere vertheilt; alſo muß es im Sinne unſres Princips, allgemein geſprochen, ſo lange getheilt werden, bis die zu große Zerſplitterung und Verbreitung deſſelben über unangemeſſene Orte mehr Nachtheil als Nutzen bringen würde. In dem Wirken für die Luſt Andrer, der Mittheilung unſrer Güter an Andre und Stillung ihrer Leiden, dem geſellſchaftlichen Genuſſe der Luſt, liegen die reichhaltigſten Quellen geiſtiger Luſt. Alle mächtigen Luſtquellen der Welt können überhaupt nur dadurch entſtehen und beſtehen, daß Viele zugleich daran arbeiten und dann auch gemeinſchaftlich daraus ſchöpfen.

Indem unſer Maximumprincip die größtmögliche Luſt unter den Menſchen verlangt, verlangt es alſo auch von ſelbſt deren Vertheilung unter die Menſchen. Man kann ſagen: die Luſt mehrt ſich, die Unluſt mindert ſich von ſelbſt bis zu gewiſſen Gränzen mit deren Vertheilung. Der Dichter hat es kurz und ſchön mit den Worten ausgeſprochen: getheilte Freud' iſt doppelt Freude, getheilter Schmerz iſt halber Schmerz.

Nicht jede Vertheilungsweiſe aber iſt gleichgültig, und nun beſtimmt unſer Princip auch die richtige Art der Vertheilung. Allgemein geſprochen kann man in der richtigen Art der Vertheilung ſelbſt einen Luſtquell, in der unrichtigen einen Unluſtquell ſehen. Sofern alſo unſer Princip das Maximum der Luſt verlangt, beſtimmt es hiermit zugleich als die richtigſte Vertheilung eben die, welche die Bedingung dieſes Maximum iſt.

Ich erläutere dieß durch ein mathematiſches Analogon: das Product aus den Theilen, in die ſich eine Zahl zerlegen läßt, iſt abhängig von der Art ihrer Theilung, eine Function davon, wie man ſich ausdrückt. Das größtmögliche Product gehört immer einer einzigen beſtimmten Theilungsweiſe zu. Theile ich z. B. 12 in 1 und 11, ſo iſt das Product beider Theile 11; bei Theilung in 2 und 10 iſt es größer, nämlich 20; bei Theilung in 3 und 9 abermals größer, nämlich 27, u. ſ. f. Die vortheilhafteſte Theilung iſt in gleiche Theile, nämlich in 6 und 6, dieß gibt das Maximumproduct 36. Gälte es eine Theilung nicht in zwei, ſondern in drei Theile, ſo würden ebenfalls die drei gleichen Theile 4, 4, 4 das Maximumproduct geben, nämlich 64. Und ſo iſt überhaupt bei jeder Größe der Zahl und Zahl der Theile, die man wählen mag, die gleiche Theilung die günſtigſte zur Erlangung des höchſten Products, die ungleiche doch um ſo günſtiger, je mehr ſie ſich der gleichen nähert.

In ähnlicher Weiſe nun iſt auch die Größe der Luſt in der Menſchheit im Ganzen eine Function der Art, wie ſie ſich unter deren einzelne Mitglieder vertheilt, und zwar in ſolcher Weiſe, daß, Alles an dieſen Mitgliedern gleich geſetzt, das Maximum der Luſt bei der gleichen Vertheilung unter ihnen zu erwarten wäre. Nun iſt aber nicht Alles gleich unter ihnen, und hieran knüpft ſich die Zweckmäßigkeit und Gerechtigkeit der Vertheilung im Beſondern. Anlagen, Charakter, Bildung, Verdienſt, ererbte oder erworbene Stellung der Menſchen machen, daß es beſſer iſt, auf den Einen mehr Luſt oder Luſtmittel als auf den Andern zu häufen oder gehäuft zu laſſen.

Die Natur dieſer Umſtände iſt dann wieder nach ihren allgemeinen und beſondern Beziehungen in Betracht zu nehmen, und hiernach allgemeine und beſondre Regeln feſtzuſtellen. So läßt ſich zeigen, wie Eigenthums- und Erbrecht nicht gegen den Sinn, ſondern im Sinne des Princips ſind; und wären ſie es nicht, ſo verdienten ſie auch nicht zu beſtehen. Ich gehe aber auf das Nähere hiervon jetzt nicht ein.

In der Ausführung dieſes Gegenſtandes erledigt ſich nun auch der Einwand, daß durch unſer Princip die Luſt des Guten der des Schlechten gleichgeſtellt und hiermit die Strafe des Letztern aufgehoben werde. Umgekehrt wird vielmehr durch dieß Princip die Unluſt oder Strafe des Schlechten der Luſt, dem Lohne des Guten gleichgeſtellt. Der Böſe hat, ſofern er eben böſe iſt, Luſt an dem was Unluſt, der Gute, ſofern er gut iſt, Luſt an dem, was Luſt ins Ganze bringt, und hierdurch wird auch Beider Trieb zum Handeln beſtimmt. Alſo iſt die Luſt des Erſten ſelbſt als Unluſtquell, die des Letzten als Luſtquell für das Ganze zu betrachten. Dieß heißt im Sinne unſres Princips nicht gleichwerthig ſeyn. Wollte man dem Erſten für ſein Uebelthun ſelbſt noch etwa Luſt, Lohn zufügen, ſo würde man ſeine böſe Neigung, dieſen Unluſtquell nur verſtärken, dahingegen verſtärkt man durch den Lohn des Guten einen Luſtquell. Aber durch Entgegenſetzung größerer Unluſt kann auch jener Unluſtquell gezwungen und endlich gar genöthigt werden, als Luſtquell zu fließen. So kommt die Strafe in die Welt. Wird der Böſe nicht geſtraft, ſo fährt er fort, Unheil in die Welt zu bringen, Andre thun es ihm nach; es wird zwar augenblicks durch ſeine Schonung Unluſt erſpart, aber der Quell der Unluſt wächſt immer mehr und breitet ſich immer mehr aus. Strafe, göttliche wie menſchliche, iſt das Mittel, je nachdem ſie angewandt wird, den Menſchen theils an fernerem Unheil zu hindern, theils zu beſſern, theils Andere ſich ein

Beiſpiel nehmen zu laſſen; am beßten die Strafe, welche alle dieſe Vortheile zum größtmöglichen zu vereinigen weiß. Was ſie für den Augenblick von einzelner Unluſt in die Welt bringt, muß ſie dadurch überbieten, daß ſie noch mehr Unheil für die Folge im Ganzen verhütet. Dieſen Geſichtspunct verlaſſend oder überſchreitend wird ſie hart, grauſam, ungerecht, ſchädlich. Unſer Princip verlangt alſo nicht nur die Strafe des Böſen, ſondern entwickelt auch aus der Natur des Menſchen wieder die Geſichtspuncte dafür, und zwar alle, die man von jeher praktiſch dabei zugezogen hat, ohne ſie je unter ein Princip praktiſch und triftig vereinigen zu können. Zu welchen Worten und ſchwer verſtändlichen Deductionen hat man hierbei ſeine Zuflucht genommen; hier fällt die Strafe direct und einfach aus dem allgemeinſten Princip und den planſten Thatſachen der menſchlichen Natur heraus.

Wie unſer Princip die Luſt unter die Menſchen theilt, theilt es dann auch ferner dieſelbe unter die Zeit. Alle Luſt auf einmal genießen wollen, zerſtört das innere und äußere Vermögen der Luſt; immer die Luſt verſchieben und für künftige Luſt ſparen, läßt beides ungenutzt verderben und verkümmern. Ein Wechſel zwiſchen Genießen der Luſt und Schaffen für die Luſt; ein Nutzen der innern und äußern Luſtmittel, mit ſolcher Schonung, daß ſtets ein ſich mehrender Fonds für die Zukunſt erhalten wird; ein Ergreifen der Luſt im günſtigſten Momente; eine Uebernahme ſelbſt von Unluſt, um Gewinns der Zukunſt willen, ſind nahe liegende Forderungen des Princips. Alles Maß, alle Vorſicht, aller Fleiß iſt eben ſo dadurch geboten, als jede Luſt des Augenblicks erlaubt, die der Zukunſt nicht mehr koſtet, als ſie der Gegenwart einbringt.

XII.

Man wird ſagen, unſer Princip ſchließe den verderblichen und verwerflichen Satz ein, daß ein guter Zweck böſe Mittel heilige. Bringe nur der Erfolg einer Handlung überwiegende Luſt oder Nutzen, der ſich ja nach unſrer Anſicht in letzter Inſtanz immer in Luſtfolgen auflöſt, ſo könne man die ſchlechteſten Handlungen begehen, z. B. einem Reichen Brod ſtehlen, um einen hungrigen Armen damit zu ſättigen; der Reiche ſpüre es nicht, bei dem Armen werde viel Leid dadurch geſtillt oder abgewehrt. Es habe aber dieſer Grundſatz in den Händen der Jeſuiten und anderwärts Unheil genug in die Welt gebracht; ein Princip ſey nicht zu rechtfertigen, was ihn ſanctionire.

Nun aber, wenn es wahr iſt, daß durch Anwendung dieſes Grundſatzes Unheil genug in die Welt gekommen, ſo kann er ja eben deshalb keine Folgerung unſers Princips ſeyn, ſondern nur das Gegentheil, und man kann das Princip natürlich nicht durch falſche Folgerungen deſſelben widerlegen. Unſer Princip läßt ja ſeiner Natur nach nichts zu, was das Glück der Welt im Ganzen mehr benachtheiligt, als fördert. Brächte aber jener Grundſatz nicht wirklich mehr Unheil als Heil in die Welt, und alles Unheil wird ſich zuletzt in Unluſt löſen, ſo würde ihn auch Niemand je getadelt haben.

Folgendes iſt zu erwägen: die Anwendung ſchlechter Mittel zu guten Zwecken kommt näher angeſehen im Allgemeinen darauf zurück, daß wir dabei zwar etwas Einzelnes, und wäre es auch ſelbſt weitgreifendes, Gute zu erreichen ſuchen, aber durch Verletzung göttlicher Gebote die allgemeinſten und ſicherſten Grundlagen des Guten ſelbſt und ſomit die feſteſten Stützen des Luſtzuſtandes der Menſchheit erſchüttern, Conſequenzen im Ganzen herbeiführen, die mehr ſchaden, als im

Einzelnen damit gewonnen werden kann. Freilich iſt im Einzelnen nicht wohl zu berechnen, was für Vortheil aus Befolgung der göttlichen Geſetze in jedem beſondern Falle erwächſt, aber eben deßhalb müſſen wir ihn im Ganzen berechnen oder ſchätzen, und dann das Einzelne dieſem Ganzen ſchlechthin unterordnen; ſo iſt es ſowohl logiſch als praktiſch.

Man entgegnet wohl: in gewiſſen Fällen trete doch der Vortheil der Anwendung eines böſen Mittels deutlich und entſchieden hervor, greife gar mit Nutzen ins Ganze, während der Nachtheil, den die Verletzung einer allgemeinen Regel oder guten Gewöhnung ins Ganze bringe, oft eben ſo entſchieden dagegen verſchwinde. Für ſolche Fälle müßte denn doch unſer Princip den böſen Grundſatz billigen.

Hierauf iſt zu antworten, daß wir nur zu ſehr geneigt ſind, das, was wir das im Ganzen Verſchwindende und Verſchwimmende nennen, zu klein anzuſchlagen gegen das, was ſich in einzelnen faßbaren Erfolgen der oberflächlichen Betrachtung deutlich herausſtellt, während doch der ganze Halt und Vortheil der Geſetze und Regeln an jenem Verſchwimmenden hängt. Und hierdurch verfehlen wir eben ſo oft die größere allgemeinere Luſt um der kleinern einzelnen willen, verderben die Quellen derſelben. Der Sinn unſers Princips verbietet aber geradezu, das Einzelne unabhängig vom Ganzen ins Auge zu faſſen.

Wirklich aber können unter Umſtänden aus Befolgung jedes göttlichen wie menſchlichen Geſetzes ſo tief und weit in das Ganze greifende Nachtheile entſtehen, daß der allgemeine Vortheil ihrer Befolgung dagegen zurücktritt. Aber eben darum gibt es auch kein göttliches noch menſchliches Geſetz, außer dem oberſten Grundſatz ſelbſt oder ſolchen Sätzen, die nur als andrer Ausdruck dafür gelten können, deſſen Befolgung nicht unter Umſtänden ſeine Ausnahme erlitte, oder wo nicht ein oft ſchwer mit allen Kräften des Verſtandes und Gewiſſens zu entſcheidender Conflict eintreten könnte.

Man wird überhaupt finden, daß alle oder die meiſten materialen Einwände gegen unſer Princip ſich bei näherer Betrachtung darauf reduciren, daß irgendwelche üble Folgerungen daraus für die Menſchheit hervorgehen. Aber mit jedem ſolchen Einwande wird man im Grunde weiter nichts beweiſen, als dieß zweies: erſtens, daß man eine falſche Folgerung aus unſerm Princip abgeleitet hat, zweitens, daß man indirect die Richtigkeit des Princips doch ſelbſt anerkennt, indem man die Güte des Princips nach dem Glück oder Unglück beurtheilt, das daraus für die Menſchheit hervorgeht. Es ſey denn, daß man irgendwie auf üble Folgen käme, die ſich nicht auf Abbruch des menſchlichen Glücks reduciren ließen.

XIII.

Ich komme jetzt auf das Gewiſſen zurück.

Das Gewiſſen charakteriſirt ſich durch ein Vorgefühl ſowohl als Nachgefühl von Luſt, was ſich an gute Handlungen, von Unluſt, was ſich an böſe knüpft; einen demgemäßen Trieb, der, wenn nicht immer überwiegend, doch immer vorhanden iſt; einen Tact endlich in Beurtheilung deſſen, was gut und böſe iſt, der in Zuſammenhang mit jenen Gefühlen ſteht. An den unterſcheidenden Charakter derſelben knüpft ſich nämlich die Unterſcheidung des Guten und Böſen ſelbſt.

Gewöhnlich bezeichnet man das Gewiſſen nach allen ſeinen Momenten als etwas ſchlechthin Angebornes. Nun iſt zuzugeben, daß dem Menſchen die Luſt an manchem einfachen Guten, woraus vieles Andre fließt, und ein demgemäßer Trieb wirklich angeboren ſey. Die Mitluſt an der Luſt Anderer; die Luſt daran, denen Gutes zu thun, die uns Gutes gethan haben; die Luſt an der Einſtimmung der Vorſtellungen, als erſte Grundlage der Wahrheitsliebe; die Luſt der Mutter an der Pflege ihrer Kinder; und die Unluſt an dem Gegentheil oder

Unterlaſſen von allem dieſen, ſind gewiß nicht erſt durch Erfahrung und Erziehung erworben und eingepflanzt. Nur wird alles dieß compenſirt durch eine eben ſo angeborne Sucht, unſer Wohl doch dem von Andern vorzuziehen; die Luſt, dem Böſes zuzufügen, der uns Böſes gethan; die Luſt, unſrer Phantaſie freien Lauf zu laſſen und uns durch Unwahrheit vor Strafe zu ſchützen; die Luſt der Mutter, ihr Kind zu verziehen und ihr Stiefkind um ſeinetwillen zurückzuſetzen. So giebt es im Angebornen ſo viel Böſes als Gutes. Auch kann das Angeborene, wie alles Inſtinctartige beim Menſchen, höchſtens genügen, denſelben innerhalb der einfachſten Verhältniſſe zu leiten. Aus dieſem Angeborenen erklärt man alſo das Gewiſſen nicht, was den gebildetſten Menſchen in den verwickeltſten Lebensverhältniſſen immer ſicher und immer nur zum Guten leiten ſoll und wirklich dieß um ſo mehr leiſtet, je mehr er ſich in rechter Richtung über das blos Angeborene erhoben hat.

In der That ſehen wir noch das ganz unerzogene Kind noch ohne das, was man Abmahnung, Scrupel oder Biſſe des Gewiſſens nennen möchte, ein andres Kind ſchlagen, ihm ſein Spielzeug wegnehmen, ungehorſam ſeyn, ſelbſt lügen. Will man ſagen: das Gewiſſen ſey da, es ſchlafe nur noch, oder ſey noch unaufgeſchloſſen; ſo ſteht der Ausdruck frei, und mag auch, recht verſtanden, die Sache treffen; nur daß er in der That mehr geeignet iſt, dieß Verſtändniß zu verhüten als zu bewirken. Was uns leiten ſoll und leiten kann, iſt eben nur das wache und aufgeſchloſſene Gewiſſen; daß es möglicherweiſe bei jedem Menſchen erwachen und ſich erſchließen kann, wird nicht geläugnet; wohl aber, daß es immer erwacht und ſich aufſchließt. Wo nun dieß nicht der Fall iſt, fehlt dem Menſchen das, was ihn leiten ſoll und leiten kann; und es iſt nutzlos, ihn darauf ſo zu verweiſen, als wenn er es doch hätte. Wir haben dann den Fall einer unentwickelten Anlage; mit der Anlage allein aber hat Mozart nicht componirt, noch Raphael gemalt. Jener hätte blind in die Taſten gegriffen, dieſer wüſt mit dem Pinſel über die Leinwand gefahren, wenn man ſie ſammt ihrer Anlage ſich ſelbſt überlaſſen hätte; und ſo wird der Menſch mit aller Anlage zum beßten Gewiſſen blind und wüſt handeln, wenn nicht dieſe Anlage zu dem entwickelt wird, was dem Menſchen das Gewiſſen ſeyn ſoll.

In der That nicht das Gewiſſen, nur die Anlage zum Gewiſſen iſt dem Menſchen fertig mitgegeben, eben ſo und nicht mehr, als ihm Vernunft und Schönheitsſinn fertig mitgegeben ſind; es bedarf für alles Dreies noch der ſorgfältigſten Erziehung und Führung durch Aeltern, Lehrer und das Leben, bevor ſie den Menſchen wieder führen können; und eine verkehrte Erziehung kann eins wie das andre dahin verkehren, daß ſie ihn verkehrt ſtatt recht führen. Der Wilde hat an den ſcheußlichſten Fratzen ſeiner Götzenbilder Gefallen, er glaubt das Unſinnigſte von menſchlichen und göttlichen Dingen, und ſo vollführt er auch Menſchenopfer und frißt Menſchen und quält ſeine Feinde auf das Grauſamſte, ohne daß das Gewiſſen auch nur im Mindeſten zuckt während der Zuckungen ſeiner Mitbrüder.

Es handelt ſich alſo nicht darum, das Gewiſſen müßig hinzunehmen, und zu erwarten, daß es von ſelber erwache und ſich aufſchließe, noch handelt es ſich darum, eine einfache Handthierung am Gewiſſen vorzunehmen, die man mit dem Wecken und Aufſchließen vergleichen könnte; ſondern ſo richtig und fein und ſicher ins Einzelne das Gewiſſen ſelbſt den Menſchen ſoll leiten können, ſo richtig und fein und ſorgfältig ins Einzelne muß es ſelbſt erſt ausgebildet worden ſeyn. Und nun entſteht die Frage, auf welchen Grundlagen dieſe Ausbildung fußt.

Dieß iſt ein pſychologiſcher Gegenſtand, den es beſſer iſt an allgemeinen Erfahrungen, als an allgemeinen Behauptungen zu entwickeln.

Schickt einen Knaben das erſtemal an einen Ort, von dem er noch nichts weiß; er wird mit Gleichgültigkeit, und, dünkt ihm der Weg läſtig, mit Unluſt dahin gehen. Nun aber gehe es ihm wohl an dieſem Orte, er finde freundliche Geſichter, Geſpielen, was ihn ſatt und froh macht, wohl gar etwas Schöneres, als er bisher gekannt und gedacht hat, dort; ſo wird ſich ein Nachgefühl der Luſt, die er dort genoſſen, an die Erinnerung dieſes Ortes knüpfen, und ein Vorgefühl derſelben, wenn es gilt, wieder hinzugehen; er wird ſich ſehnen nach dieſem Orte; der Gang ſelbſt dahin wird ihm Luſt machen; er wird ſogar einen langen und ſchweren Weg dahin nicht mehr ſcheuen; er wird alle kleinern und näher liegenden Vergnügungen darum opfern. Derſelbe Knabe ſey an einem andern Orte geſchlagen, geſcholten, verächtlich behandelt worden, man habe ihn darben laſſen; ſo wird ein Gefühl von Mißbehagen ſich ſchon an den Gedanken dieſes Ortes für ihn knüpfen; er wird lieber Alles thun und leiden, als wieder dahin gehen. Je öfter und ausſchließlicher ſich ähnliche Erfahrungen an dieſelben Orte knüpfen, deſto mehr werden ſich dieſe Gefühle und die damit zuſammenhängenden Triebe befeſtigen. Jener Ort wird ihm zuletzt ſein irdiſcher Himmel, dieſer ſeine Hölle dünken; ja er wird zuletzt Alles darauf anſehn, ob es ihn näher da- oder dorthin führe. Oder ſetzt, es widerfahre ihm auch an andern Orten Gutes und Böſes, aber immer nach Maßgabe, als ſie jenen Orten ähnlich ſind, ſo wird ſich allmälig der ſicherſte Tact in ihm entwickeln, es jedem Orte gleich anzuſehen, ob er zu den für ihn guten oder böſen Orten zu rechnen ſey; und wenn an den guten Orten immer eine Linde, und an den böſen immer eine Tanne ſtände, ſo würde ihn zuletzt ein freudiges Gefühl beim bloßen Anblick der Linde, und ein Grauſen bei dem der Tanne ergreifen, ſelbſt ohne daß er ſich bewußt würde, warum. Iſt nicht alles dieß pſychologiſch richtig?

Was directe Erfahrungen bewirken, werden auch mehr oder weniger ſchon Belehrungen, Erzählungen, Verſprechungen und Drohungen bei dem Knaben zu bewirken im Stande ſeyn, ſofern ſie auf Erfahrungen von ihm Bezug nehmen, und ſich Glauben bei ihm verſchaffen können. Er wird ſich von vorn herein ſcheuen, an den Ort zu gehn, von dem man ihm Uebles droht, Uebles, deſſen Bedeutung er ſchon anders her hat kennen lernen; ja er wird ihn wiederum zuletzt wie die Hölle ſcheuen, wenn man ihm denſelben immer und immer wieder als eine Hölle ausmalt; er wird ſich umgekehrt nach einem Orte wie nach einem Himmel ſehnen, den man ihm immer und immer wieder als einen Himmel ſchildert, um ſo mehr, wenn überall dieſelben Schilderungen, Erzählungen ihm begegnen. Was alle mit Grauſen nennen, wird anfangen, auch ihn mit einem übermächtigen Grauſen zu erfüllen; was Alle herrlicher als Alles ſchildern, ihm auch herrlicher als Alles dünken. Denn ſo iſt allgemein die Seele des Menſchen beſchaffen, daß die Luſt oder Unluſt, die durch Erfahrungen oder geglaubte Belehrungen mit einer Sache oder Handlung für ihn in wiederkehrenden Bezug tritt, ſich als Nachgefühl oder Vorgefühl an die Vorſtellung dieſer Sache oder Handlung feſtheftet, und demgemäß den Trieb dahin oder dagegen beſtimmt. Und nach Maßgabe, als er dieß oder jenes öfter als luſt- oder unluſtbringend erkennen lernt, erwirbt er zugleich einen immer ſichrern und richtigern Tact, zu beurtheilen, ob etwas im Sinne dieſes Luſt- oder Unluſtbringenden ſey.

Hier haben wir die pſychologiſche Grundlage, von der aus ſich das Gewiſſen nach allen ſeinen Momenten im Menſchen entwickelt.

Es liegt in der Natur der göttlichen und aller guten Gebote, daß aus der Befolgung derſelben überwiegender Luſtgewinn nach allgemeinen Beziehungen für die Menſchheit erwachſe. Die Erfahrung bewährt dieſen Erfolg im Großen; und ſo kann man allgemein überſehen, wie in der Menſchheit ſich ein Gefühl vom Werth dieſer Befolgung und dem Unheil, was an deren Nichtbefolgung hängt, mit demgemäßem Triebe entwickeln muß, zugleich ein Tact in Beurtheilung deſſen, was im Sinne dieſer Gebote iſt. Dieß iſt die langſam gehende, doch im allgemeinen Weſen der menſchlichen Seele und des Guten nothwendig und darum ſicher begründete Erziehung des Gewiſſens im Großen durch Gott. Nun aber liegen die überwiegenden Luſtfolgen des Guten und Unluſtfolgen des Böſen nicht ſo unmittelbar allerwegs auf der Hand, daß das Kind und der rohſte Wilde ſie gleich faſſen und mit ihren Urſachen in Beziehung ſetzen könnte; aber, was die Weltordnung oder der in ihr waltende Geiſt des Guten die Menſchheit allmälig gelehrt hat, das pflanzt nun die Erziehung des Menſchen durch den Menſchen ſchneller fort. So entwickelt ſich der Tact jedes Einzelnen in Unterſcheidung des Guten und Böſen viel weniger durch eigne directe Erfahrung, als dadurch, daß er Alles allerweges unter den Menſchen aus dem Geſichtspuncte, ob es gut oder böſe ſey, betrachten ſieht und von allen Seiten ſelbſt zu dieſer Betrachtung angeleitet wird. In Athen wußte einſt der Geringſte zu beurtheilen, ob eine Statue, ein Vers in der Tragödie ſchön und ziemlich ſey, weil Alles allerweges aus dem Geſichtspuncte des Schönen und Ziemlichen betrachtet, jeder nur geachtet wurde nach Maßgabe, als ihm ſelbſt dieſe Betrachtung geläufig war. Was nun in Athen in einer beſondern Zeit in Betreff des Schönen ſtattfand, das hat von jeher überall zu allen Zeiten in Betreff des Guten und Böſen, wenigſtens ſeiner Hauptrichtungen, ſtattgefunden. Von Anfang an hat Gott die Menſchheit in dieſer Richtung erzogen, und fährt noch ferner damit fort; nun pflanzen die Menſchen dieſe Erziehung ſelbſt unter einander fort; und dieſe Fortpflanzung gehört im weitern Sinne zu Gottes Erziehung ſelbſt mit.

Die Entwicklung des Luſt- und Unluſtgefühls geht hiermit parallel. Indem die Menſchen Gutes und Böſes unterſcheiden lehren, knüpfen ſie auch allerweges an Erſteres Verheißung, Lob, Lohn, Ehre, freundliches und hülfreiches Entgegenkommen; an Letzteres Drohung, Tadel, Strafe, Unehre, ſtrenges Entgegentreten; und zwar nicht nur Verheißung und Drohung für Zeitliches, ſondern auch Ewiges. Immer und immer wieder kehrt dieſe Aſſociation des überwiegend des endlich durchſchlagend Luſtvollen mit dem Guten, des Unluſtvollen mit dem Böſen wieder; ſie verfolgt uns allerwegeſ, Keiner kann ihr entrinnen. Die Ruthe und das Zuckerbrod in den Händen der Aeltern, die Freundlichkeit und der Zorn auf ihrem Geſichte wirken von früh an auf das Kind in dieſem Sinne, und noch iſt es nicht mit einem Fuße ins Leben getreten, ſo wird es ſchon in demſelben Sinne auf Himmel und Hölle als Endziel des Guten und Böſen, als auf etwas über alle Maßen Herrliches und Schreckliches, über dieß Leben hinaus gewieſen. Die Lehrer, die Prediger, das Leben greifen mit immer neuen, verſchiedenartigen und doch immer in demſelben Sinne wirkenden Mitteln in dieſelbe Richtung ein. Dieſe Schläge, von der erſten Jugend an, immer wiederholt, von allen Seiten, auf dieſelbe Stelle des Gemüths gethan, prägen endlich das Moment deſſelben, was ihnen unterliegt, zu einer Feſtigkeit und Beſtimmtheit aus, wie kein andres; und nun es ausgeprägt iſt, kann man freilich die einzelnen Schläge, die dieß vollbracht, nicht mehr am fertigen Werke unterſcheiden, noch ſagen, was jeder einzelne dazu beigetragen. Alles Einzelne vielmehr, was ſo auf den verſchiedenſten Wegen dahin gewirkt, ein Luſtübergewicht an das Gute, ein Unluſtübergewicht an das Böſe zu knüpfen, ſummirt ſich in unſerm Gefühle zu einer Reſultante, deren Compoſanten ſich nicht mehr einzeln darin ſcheiden, und darum erſcheint uns die Entſtehung des Gewiſſens leicht als etwas Unerklärliches, und wir halten es überhaupt nicht für ein Entſtandenes, ſondern fertig Mitgegebenes.

Inzwiſchen kann durch vergleichende Betrachtung, wie das Gewiſſen ſich unter verſchiedenen Verhältniſſen verſchieden, immer den erziehenden Einflüſſen und einer mitbekommenen Grundanlage gemäß entwickelt, deutlich genug erkannt werden, wie all jenes Genannte wirklich Einfluß auf dieſe Entwicklung hat, und wie, wenn unter ungünſtigen Verhältniſſen ſich dieſe erziehenden Einflüſſe verkehren, auch das Gewiſſen falſche Richtungen gewinnt. Aber im Durchſchnitt muß das Gewiſſen ſich im richtigen Sinne entwickeln; theils und zuvörderſt, weil es die Natur des Guten an ſich iſt, ſich mit überwiegenden Luſtfolgen zu verknüpfen, mithin die allgemeinen Erfahrungen in dieſem Sinne gehen; theils weil ſich demgemäß auch die Belehrungen durchſchnittlich in dieſem Sinne äußern und das, was in den Erfolgen nicht klar vorliegt, aufklären und ergänzen werden; theils, weil es im Intereſſe der Menſchheit liegt, das Gute auch gut erſcheinen zu laſſen, und ſie demnach auch noch abſichtlich Luſt an das Gute und Unluſt an das Böſe knüpfen.

Im Ganzen wirken zu ſeiner Entwickelung mit Nothwendigkeit zuſammen: die Natur des menſchlichen Gemüths, welches nach Maßgabe, als der Begriff des Guten ſich zur Einheit fügt, auch alle Luſt und Unluſt, die am Guten hängt, im Gefühle und für den Trieb zur Einheit zu fügen vermag; die Natur des Guten und Böſen als Luſt- und Unluſtquellen und die Natur der Weltordnung, in welcher ſich dieſe Natur des Guten und Böſen factiſch ausprägt.

Man hat eigenthümliche Aufſchlüſſe über das Grundweſen des Gewiſſens darin zu finden geglaubt, daß daſſelbe ſeine Foderungen unter der Form: du ſollſt! geltend mache. Mir ſcheint nichts darin zu finden, als die Spur ſeiner Erziehung durch Menſchen. Weil die Menſchen ihre Foderungen immer in ſolcher Form an den Menſchen richten, wiederholt freilich auch das, von Menſchen erzogene, Gewiſſen ſeine Foderungen unter derſelben Form.

Mit all dieſem wird das Gewiſſen nicht tiefer geſtellt, als man es von jeher gehalten. Ein reines und klares und richtiges Gewiſſen wird immer noch wie ein Antheil von göttlichem Licht und göttlicher Luſt zu betrachten ſeyn; aber der Menſch hat zu dieſem Gewinn des Höchſten erſt aufzuſteigen, und darf ſich freuen, daß die Weltordnung und ſein Gemüth die Mittel in ſich ſchließen, ihn dahinauf zu führen; aber er darf nicht meinen, daß die Gabe des Höchſten ihm von vorn herein geſchenkt ſey; ſonſt wird er nie zu ihr gelangen.

Die Luſt des guten Gewiſſens und die Pein des böſen Gewiſſens haben in der That etwas, was ſie unterſcheidet von jeder andern Luſt und jeder andern Pein, etwas, wogegen jede andere zurücktritt. Dieß liegt nicht darin begründet, daß ſie reſultirende Gefühle ſind, hervorgegangen aus Unzähligem, was wir nicht mehr zu ſcheiden vermögen; denn etwas derartiges findet auch bei andern geiſtigen Luſt- und Unluſtgefühlen ſtatt; ſondern darin, daß der Bezug auf etwas ſchlechthin Ueberwiegendes, ſelbſt über das Zeitliche und Menſchliche Hinausreichendes, ihnen beiwohnt. Am Guten hängt das Uebergewicht aller Luſt, der Luſt nach allen Beziehungen; am Angenehmen, Schönen, Nützlichen nur Luſt nach dieſen oder jenen, wenn auch ſelbſt mehr oder weniger allgemeinen Beziehungen. Was auch zunächſt für Leid ſich an das Gute, für Luſt an das Böſe knüpfe; das Gewiſſen, erzogen zu dem Gefühle, daß es das Weſen des Guten ſey, doch endlich mit Luſt zu ſiegen, des Böſen, mit Unluſt beſiegt zu werden, überbietet alle gegenwärtige Luſt und Unluſt mit ſeiner Verheißung und Drohung; hiergegen kommt nichts auf. Ein Gefühl der Schlechthinigkeit, Totalität, Abſolutheit, Unendlichkeit, um einmal einige Worte von der Philoſophie zu borgen, wohnt ihm bei, wie keinem andern Luſt- und Unluſtgefühle. Und wie es durch göttliche Veranſtaltung im Menſchen erwacht, ſo beweiſt es eben auch durch dieſen Charakter die Verwandtſchaft mit einem göttlichen Gefühle. Es wird aber dadurch nicht ſchlechter, daß man zeigt, durch welche natürlichen Vermittelungen uns Gott dazu gelangen läßt. Wohl aber gewinnen dieſe natürlichen Vermittelungen ſelbſt einen höheren Charakter dadurch, daß ſie zu dem Höchſten, was der Menſch erwerben kann, führen.

Nun kann man fragen, wie doch der Trieb, den das Gewiſſen uns einpflanzt, trotz des Vorgefühls ſiegender Luſt, an das er ſich knüpft, ſo oft von andern Trieben beſiegt werden kann. Der Grund iſt der, daß die Stärke unſrer Triebe nicht blos durch das Gefühl der Größe, ſondern auch der Nähe der Luſt beſtimmt wird. Sieht man nicht täglich den Unmäßigen ſich in Genüſſe ſtürzen, von denen er ſicher weiß, daß die Folgen ihm mehr Wehe als der Genuß Luſt bringen wird; aber der Genuß liegt näher. Wie der kleine Finger uns einen Thurm verdecken kann; wir wiſſen, daß er kleiner iſt, doch verdeckt er uns den Thurm. So fühlen wir, indem wir dem Gewiſſen zuwider handeln, recht wohl, daß wir mit dem Schlechthandeln endlich gewiß ſchlecht fahren werden; eine Angſt, von deren Urſprung uns das Gewiſſen ſelbſt keine Rechenſchaft giebt, ſagt es uns; doch kann der Reiz der gegenwärtig lockenden Luſt jenen Antrieb überbieten. Das Gewiſſen muß erſt ſtark und mächtig werden und der Himmel und die Hölle uns im Vorgefühl innerlich ſehr nahe treten, wenn der Trieb des Gewiſſens immer nach ſeiner Seite den Ausſchlag geben ſoll. Auch dabei liegen rein pſychologiſche Thatſachen zu Grunde, die ſich weiter erörtern laſſen; hier genügt es, kurz darauf verwieſen zu haben.

Die hier aufgeſtellte Betrachtungsweiſe des Gewiſſens entſpricht dem Erfahrungsmäßigen; ſie zeigt ferner die Entwickelung des Gewiſſens aus der Natur des Guten und der menſchlichen Seele; ſie iſt drittens praktiſch, indem ſie uns auf die Momente hinweiſt, welche zur richtigen Ausbildung des Gewiſſens dienen können.

XIV.

Das Verhältniß unſers Princips zu den oberſten chriſtlichen Sittengeboten anlangend, ſo kann man und unſers Erachtens ſoll man dieſe ſo auslegen, daß ſie in daſſelbe hineintreten. Es bezeichnen nur die chriſtlichen Sittengebote vielmehr die Geſinnung, aus der unſer Handeln hervorgehen ſoll, unſer Princip den Zweck, worauf es ſich richten ſoll, was ſich natürlich nicht widerſpricht und ausſchließt, ſondern zuſammenhängt und bedingt. Denn um den Zweck zu erreichen, wird auch die Erzeugung der Geſinnung gefordert, die zur Erreichung dieſes Zweckes gehört; und iſt die Geſinnung da, wird ſie auch auf den Zweck gehen, dem ſie entſpricht. Nur läßt ſich eine Handlungsweiſe beſtimmter durch den Zweck charakteriſiren, auf den ſie geht, als durch die Geſinnung, von der ſie abhängt; und deßhalb laſſen ſich freilichdie chriſtlichen Sittengebote verſchieden deuten.

Iſt nun für die Wiſſenſchaft die klarſte Form die beßte, ſo kann dagegen für das Praktiſche eine Form des Princips beſſer ſeyn, welche ſich an die Geſinnung richtet, ſofern nur die, welche das Princip in der Erziehung des Menſchengeſchlechts handhaben, daſſelbe in richtigem Sinne verſtehen. So hat Chriſtus, in dem ich einen göttlichen Geiſt mit aufrichtigem Sinne verehre, die praktiſchere Form des Princips mit Grund gewählt; denn ſeine Lehre ſoll ja wirken durch das Volk, durch die Völker; aber dieß überhebt nicht einer beſondern Auslegung, in welcher Weiſe ſich die Geſinnung, die er gebietet, im Handeln ausprägen ſoll. Liebe kann zu Handlungen veranlaſſen, die dem, den man liebt, mehr ſchaden als nutzen, mehr läſtig als erfreulich ſind; Mütter beweiſen es oft in der Liebe gegen ihre Kinder.

Die Auslegung der chriſtlichen Sittengebote in unſerm Sinne und Bezugſetzung derſelben zu unſerm Princip iſt nun folgende:

Das Gebot anlangend: liebe Gott von ganzem Herzen, ganzer Seele und ganzem Gemüthe, ſo kann unſer Princip eben ſo ſehr als ein Ausfluß deſſelben angeſehen werden, als umgekehrt. Es kommt darauf an, ob man von Gott zur Welt oder umgekehrt die Richtung nehmen will; was Beides möglich und ſtatthaft iſt. Hat man einmal eine Vorſtellung vom beßten und gerechteſten Gotte und Liebe zu ihm als ſolchem gefaßt, ſo führt dieß auch von ſelbſt die Neigung herbei, ihm zu Willen, in ſeinem Sinne zu handeln, deſſen Güte und Gerechtigkeit auf das Ganze geht. Unſer Princip iſt aber das allgemeinſte Princip zugleich der Güte und Gerechtigkeit. Aber umgekehrt führt unſer Princip nothwendig zum Glauben an Gott, ja an den beßten und gerechteſten Gott, woraus dann die Liebe zu ihm von ſelbſt folgt. Es läßt ſich zeigen aus der Geſchichte, wie aus dem Herzen des Menſchen, daß der Glaube an ein perſönliches Verhältniß des Menſchen zu Gott zum Glücke der Menſchheit im Einzelnen wie im Großen nothwendig iſt, ja zu den Fundamenten deſſelben gehört; und daß kein Glaube an eine abſtracte Weltordnung einen Erſatz dafür gewähren kann. Dann aber iſt es eben der Glaube an den beßten und gerechteſten Gott, der auch dem Glücke der Menſchheit am Beßten dient. So von Gott in uns erzeugt, erzeugt das Princip wieder Gott in uns. Der Menſch kann Gott nicht miſſen; die menſchliche Geſellſchaft fiele ohne ihn rettungslos und zerſtört auseinander; ja der einzelne Menſch vermißte ohne ihn ſeinen beßten Troſt und ſein höchſtes Richtſcheit.

In Wahrheit hat keiner der ſogenannten Beweiſe für das Daſeyn Gottes den Glauben daran factiſch erhalten oder erzeugt; nur die bewußt und unbewußt empfundene Unmöglichkeit, ohne ihn Ruhe, Friede, Freude, Hoffnung durch alle Trübſal und Irrung, Halt, Ordnung, Geſetz im Ganzen zu erhalten, iſt die ewige Stütze und Wiedergeburt dieſes Glaubens geweſen. Der Umſtand, daß die Menſchheit nicht ohne Gott beſtehen kann, iſt ein ſtärkerer Beweis, als jeder andere, dafür, daß die Menſchheit nicht ohne Gott iſt.

Noch hat die Menſchheit nicht vermocht, das Bewußtſeyn ihres Gottes rein, klar, für alle befriedigend aus ſich herauszuarbeiten; es gehört dieß zu dem Höchſten, womit ſie nicht anfängt, ſondern wonach ſie hinzuarbeiten hat. Sie dahin zu führen, mag Gottes eigne Freude ſeyn. Man kann aber zum Voraus das Ziel dieſer Arbeit beſtimmen. Die Menſchheit wird bei keinem andern Glauben von Gott ſtehen bleiben, als der ihrem Glücke am förderlichſten iſt. So iſt unſer Princip factiſch das heuriſtiſche Princip für Gott.

Auch kann dieſer Weg, Gott zu finden, nicht täuſchen. Jeder Irrthum in der Erkenntniß ſelbſt des kleinſten Dinges rächt ſich über kurz oder lang an uns durch Unluſtfolgen, indem er uns theils in Widerſprüche des Denkens, theils des Handelns verwickelt, d. h. zu falſchem Benehmen in Bezug auf das Ding veranlaßt. Hierdurch ſelbſt aber wird die Heilung des Irrthums herbeigeführt. Die wahrſte Erkenntniß bleibt ſo nach allen Irrungen endlich als die befriedigendſte für den Menſchen übrig; nur bei ihr kann er ſich zuletzt beruhigen. Gilt nun dieß ſchon von dem Kleinſten in der Welt, wie ſollte es nicht von dem Größten in der Welt gelten, das auch den größten Einfluß auf ſeine Luſt und Unluſt hat. Nur wächſt mit der Schwere auch die Schwierigkeit der Erkenntniß; die Schritte im Ganzen dazu ſind groß, aber langſam. Das beweiſt der Blick auf die Religionen.

Wer freilich in Gott und ſeiner Beziehung zur Welt und den Weſen überhaupt nur das größte Mährchen der Welt erblickt, der mag in der größtmöglichen Befriedigung, die wir aus dem Glauben an ihn zu ſchöpfen vermögen, auch nur den Beweis der größten Schönheit, nicht der größten Wahrheit dieſes Mährchen finden. Ein Solcher denke nach, ob je ein Mährchen ſo mächtige Wirkungen in der Welt erzeugt, als der Glaube an Gott.

Das zweite chriſtliche Sittengebot: liebe deinen Nächſten wie dich ſelbſt, anlangend, ſo überſetzt es ſich in Bezug auf unſer Handeln dahin: es muß dir gleich ſeyn, ob die Luſt dich oder deinen Nächſten trifft, was dann von ſelbſt mit ſich bringt, daß man ſie dahin fallen laſſen wird, wo ſie am größten iſt, oder ſo zwiſchen ſich und dem Andern theilen, daß ſie im Ganzen am größten wird; ſo gewinnt man, indem man den Andern wie ſich rechnet, in jedem Falle am Meiſten.

Nun würde man aber das chriſtliche, wie unſer Princip mißverſtehen, wenn man meinte, es ginge daraus hervor, daß jeder Reiche nun geradezu ſein Vermögen unter die Armen zu theilen hätte, jeder nur eben ſo viel als der Andere behalten müßte. Es kommt darauf an, was in Anbetracht aller Folgen und des Zuſammenhangs aller Umſtände nicht blos mir und dir, ſondern auch der Geſammtheit am Meiſten an Luſt einträgt. Die Hauptſache in dieſer Beziehung iſt ſchon durch die beſtehenden Geſetze, Regeln, Sitten und Gebräuche geordnet. Es iſt gezeigt, daß man ſich hieran zu halten hat, ſofern das Verwerfliche derſelben nicht geradezu nachweisbar iſt; man kann ſicher ſeyn, daß es doch im Durchſchnitt im Sinne des Guten iſt. Aber ſo weit alles dieß noch Spielraum läßt oder ſelbſt beurtheilt werden ſoll, kann man allerdings vielfach noch nach eignem Verſtand und Gefühle berechnen oder ſchätzen, ob man mehr Luſt in die Welt bringt dadurch, daß man etwas einem Andern oder ſich ſelbſt leiſtet. Indem man nun das Princip mit Bezug auf die Natur der Menſchen und Dinge entwickelt, ſtellen und wägen ſich die Pflichten gegen uns und Andre von ſelbſt ſo ab, wie man es von jeher für das Beſte gehalten. Von vorn herein ſcheinbar Nichts feſtſtellend ſtellt es bei näherm Eingehen Alles feſt. Jeder hat im Ganzen für den Andern das zu leiſten, was er ihm beſſer, als dieſer ſich ſelbſt leiſten kann und dieſer hat ihm dafür in demſelben Sinne Gegenleiſtungen zu machen. Jeder hat andrerſeits ſich ſelbſt das zu leiſten, was er ſich beſſer, als ein Andrer ihm zu leiſten vermag. Es taugt nicht, Kräfte und Sorge zu ſehr und unterſchiedslos zu zerſplittern. So ſtellt ſich einerſeits der Vortheil heraus, vorzugsweiſe für *einen* Menſchen zu ſorgen, aber auch vorzugsweiſe *ein* Geſchäft zu beſorgen; Erſtres zielt dahin, uns ſelbſt, als das bequemſt gelegene Object unſrer

Thätigkeit auch zunächſt zu berückſichtigen, Letztres dehnt unſre Wirkſamkeit von ſelbſt mit über Andre aus.

Eine tiefer gehende Betrachtung führt zu dem Geſichtspuncte zurück, daß in einer guten Ordnung der Dinge die Rückſicht für die Luſt des Einzelnen ſich von der Rückſicht für die Luſt des Ganzen nicht trennt, jeder zugleich am Beſten für ſich ſorgt, indem er am Beſten für das Ganze ſorgt und umgekehrt; aber dieß gemeinſchaftlich Beſte des Einzelnen und Ganzen fodert eben, daß jeder nach vielen Beziehungen *zunächſt* ſich ſelbſt mehr berückſichtige, als Andre; zunächſt ſich kleide, ſpeiſe und tränke; denn ſonſt wird er auch für Andre nichts leiſten können; demnächſt am Meiſten für die leiſte, die ihm am Nächſten ſtehen, weil ſie nächſt ihm ſelbſt als die gelegenſten Objecte in den Zuſammenhang ſeiner Thätigkeit eintreten. Dieſe Andeutungen mögen hier genügen.

Es iſt vielfach jetzt üblich, das Princip des Böſen in den Egoismus, das Princip des Guten in die Liebe zu etwas uns Gegenüberſtehendem zu legen. Das Rechte ſcheint mir das zu ſeyn, daß man erkenne, wie unſer und aller und Gottes Luſt ſo zuſammenhängt, daß an das Wachsthum der einen zugleich die der andern geknüpft iſt, und daß, wo es anders ſcheint, dieß eben nur zeitweiſer Schein iſt.

Wie, ſoll ich mich meiner Geſundheit, meiner Kräfte, meiner Leiſtungen, der Achtung, der Liebe, die ich mir erworben, ja der Sinnesgenüſſe, zu denen Gott die Traube hat für mich wachſen laſſen, die Biene für mich nach der Blume ſchickt, nicht freuen, als *meiner* freuen, ſofern ich mir dabei bewußt bin, daß dieſe Geſundheit, dieſe Kräfte, dieſe Leiſtungen, dieſe Achtung, dieſe Liebe, dieſe Sinneserquickungen, indem ſie mir frommen, zugleich zum Frommen Aller dienen, und hiermit Gott ſelbſt gefallen. Kann der Arme, Schwache, Kranke, Gedrückte der Welt ſo viel dienen, als der in ſeinem Gott und ſeinem Gewiſſen und ſeinem Leibe zugleich Vergnügte; und ſoll er immer dieß Vergnügen nur als Mittel für die Luſt der

Andern betrachten? Es iſt unnatürlich, es iſt unmöglich, und ſo weit es möglich, ſchädlich, weil es die Motive zum beſten Handeln ſelbſt kraftlos macht.

XV.

Wenn ich ſchon nach dem Obigen die chriſtlichen Sittengebote als weſentlich in unſer Princip hineintretend anſehe, verkenne ich doch nicht, daß ihre Auslegung in der Entwickelung des Chriſtenthums factiſch eine ganz andre Richtung genommen, und daß der Grund davon in der heiligen Schrift ſelbſt geſucht werden kann. Immer iſt hier nur auf die großen Grundlagen der Luſt, die göttlichen Gebote hingewieſen; die einzelne Luſt, die des Fleiſches, dagegen als nichtsbedeutend, ja wohl verwerflich erklärt. Und ſie iſt es, auch im Sinne unſres Princips, ſofern ein Conflict zwiſchen beiden entſteht; aber man hat es ſo gedeutet, als ob die Luſt überhaupt nichtsbedeutend, verächtlich wäre, und hieraus ſind die Mönche, die Kaſteiungen, die Predigten gegen die Luſt dieſer Welt hervorgegangen; während doch blos die kleine vergängliche Luſt gegen das, was ſie trägt, und ewig tragen wird, hintangeſtellt iſt. Wohl mochte zu einer Zeit, wo im Heidenthum jene ewigen Grundlagen des menſchlichen Luſtzuſtandes gänzlich verfallen, verrottet, zerſtört waren, es vor Allem darauf ankommen, nur ſie wieder zu begründen, und ſelbſt den Namen der Luſt fahren zu laſſen, da man die Sache eine Zeit lang fahren laſſen ſollte; denn man kann die Grundlagen der Luſt nicht neu bauen, ohne die Luſt ſelbſt zuvor abzutragen; aber hoffen wir zu Gott, daß ein paar Jahrtauſende Zeit genug geweſen ſind, dieſe Grundlagen ſo weit zu befeſtigen, daß über dem Feſten auch wieder das Schöne ſich erheben könne. Das Bedürfniß dazu iſt wohl da; denn ſchon fängt man hier und da an dem Werthe der Grundlagen ſelbſt zu zweifeln an, ſofern es damit ſein Bewenden haben ſoll.

Eine Moral und Religion muß einſt kommen, nicht als Zerſtörerin der bisherigen, ſondern als Blüte über der bisherigen, welche das Wort Luſt wieder zu rechten Ehren bringt. Eine ſolche wird die Klöſter ſchließen und das Leben öffnen und die Kunſt heiligen, und doch heiliger als alles Schöne das Gute halten, was nicht blos luſtzeugend iſt in der nahen Gegenwart, ſondern für alle Zukunft und rings im Kreiſe; und als das Heiligſte von allem Guten Gott halten, der alles Gute in ſeiner Hand und alle Guten unter ſeiner Hut trägt und alle Böſen zuletzt unter dieſe Hut rettet.

Die Kirche iſt zwar ſchon erbauet, die Gemeine ſchon da, wo die Lehre vom Trachten nach der größten Luſt gepredigt wird; denn Gott ſelbſt hat ſie gegründet am erſten Schöpfungstage, und die Stimme ſeiner Predigt iſt von jeher ſtärker erklungen als alle menſchliche Predigt; alles menſchliche Trachten hat von jeher die Richtung auf die größte Luſt genommen: Aber ein großer Nebel liegt um die große Kirche; die Gemeine findet ſich nicht zuſammen; die Worte verhallen halb verſtanden und mißverſtanden. Nun erhebt ſich auf der höchſten Thurmes-Höhe das kleine runde Geſetz von der größten Luſt wie ein leuchtender Knopf, und nachdem er lange ſtill über den Nebeln geglänzt, kommt einſt eine Sonne, die ſie zerſtreut, und glänzender und glänzender beginnt er allmälig zu leuchten. Und wenn das Glöcklein, was den Stral, der es der eignen Nacht entnommen, dankbar verkündet hat, längſt verhallt ſeyn wird, wird auch wohl einſt eine mächtigere Glocke tönen, die mit gewaltigerer Zunge Alle zum einträchtigen Eintritt in dieſe Kirche rufen wird, von deren Gipfel das Licht des Höchſten wiederſtralt.

Nanna

oder

über das Seelenleben der Pflanzen.

Von

Guſtav Theodor Fechner.

Leipzig,
Leopold Voß.
1848.

BIBLIOTHEK
REGIA
MONACENSIS.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Vorwort.

Ich geſtehe, einiges Bedenken getragen zu haben, den ſo ganz träumeriſch erſcheinenden, im friedlichſten Naturgebiete liegenden, Gegenſtand, den ich folgends behandeln werde, zu einer Zeit zur Sprache zu bringen, wo der großartige Drang und Gang der Zeit Jedes, auch des ſonſt Friedlichſten, Aufmerkſamkeit und Intereſſe ſo überwiegend und in Bezug auf Gegenſtände von ſo viel größerer Bedeutung in Anſpruch genommen. Verlange ich denn nicht, daß man das, bisher in ſtillſter Zeit nie gehörte, Flüſtern der Blumen jetzt beim Rauſchen eines Windes zu hören beginne, der älteſtbewurzelte Stämme zu ſtürzen vermag, daran glauben, darauf achten lerne zu einer Zeit, wo die lauteſte Menſchenſtimme es ſchwer findet, zur Geltung zu kommen oder ſolche zu behaupten. Auch hat dieſe Schrift ſchon längere Zeit fertig und müßig gelegen.

Indeß las ich einmal, wie bei mancher Art Taubheit leiſe Stimmen gerade um ſo beſſer vernommen werden, je lauter zugleich eine Trommel gerührt wird. Die Erſchütterung, die ein waches Ohr betäubt, erweckt das ſchlafende. Nun weiß ich wohl, daß die Trommel der Zeit nicht zu Gunſten der leiſen Stimmen der Blumen gerührt wird; aber könnte ſie dem Hören dieſer Stimmen nicht auch zu Statten kommen? Wie lange war unſer Ohr taub dagegen, oder vielmehr, wie lange iſt es her, daß es taub dagegen geworden; und wird es nun nicht um ſo leichter wieder von dieſen verſchollenen Stimmen einer frühen Jugendzeit gerührt werden, je fremdartiger und neuer ſie in das Rauſchen hineinklingen oder davon abklingen. Ja bin ich zu kühn, wenn ich es möglich halte, daß das ungekannte leiſe Spiel, was ſich hier entfalten wird, Manchem wie ein vorgegriffener Accord aus einer friſchen Jugendzeit erklingen werde, die dereinſt im Wiſſen wie im Thun aus dem Grabe erblühen muß, in das mit ſchon hörbarem Rollen die alte Zeit verſinkt.

Zu dieſer Betrachtung, durch die ich mich ſelbſt zu ermuthigen ſuchte, trat der Gedanke, daß, nachdem der erſte Drang des unmuthig gewordenen Zeitgeiſtes, wenn nicht beſchwichtigt, doch in ſeiner Spannung etwas nachgelaſſen, und die längere Dauer der Bewegung ſelbſt ſchon hier und da das Bedürfniß nach Wechſel und Ruhepuncten hervorgerufen, ein Zurückkommen auf ſtillere Intereſſen auch hier und da genehm erſcheinen könnte. Wird nicht Mancher ſelbſt von denen, die das Treiben in der Menſchenwelt hart angegangen, auch einmal gern kurze Zeit einen Ruhepunct ſuchen in einer andern Welt, unter Weſen, die ſich ſtill befriedigt zu ſeinen Füßen ſchmiegen, deren keins ihn ſelber, keins das andre drängt, und die nur ſo viel ſprechen, als er ſelber ſie ſprechen laſſen will. In ſolche Welt will ich den Leſer führen, und will ſelber den kleinen Weſen vorantreten und ihren Dollmetſch machen, auf daß, nachdem alles Volk ſeine Vertreter gefunden, auch dieſes Völklein deſſen nicht entbehre. Nur wem es willkommen iſt, braucht ja der Einladung zu folgen.

Vielleicht findet man das Titelwort dieſer Schrift geſucht; es iſt aber in der That blos gefunden. Da ich derſelben zu kürzeſter Bezeichnung einen Eigennamen vorzuſetzen wünſchte, wählte ich eine Zeit lang zwiſchen Flora und Hamadryas. Jener Name ſchien mir doch zu botaniſch, dieſer etwas zu ſteif antiquariſch, dazu blos auf das Leben der Bäume gehend. Endlich ſtand doch Flora auf dem Titel, als mir in Uhlands Mythus von Thor

(S. 147. 152.) folgende Stelle begegnete, die mir ſo viel Anmuthiges zu enthalten ſcheint, daß ich mir nicht verſage, ſie ganz herzuſetzen, zumal ſie ſo manchen nähern Bezugspunct zum Inhalt unſerer Schrift enthält.

„Nanna, Baldurs (des Lichtgottes) Gattin, iſt die Blüte, die Blumenwelt, deren ſchönſte Zeit mit Baldurs Lichtherrſchaft zuſammentrifft. Dafür ſpricht zunächſt der Name ihres Vaters, Nep (Nepr), Knopf, Knospe; Tochter des Blütenknopfes iſt die Blume … Bei Saxo entbrennt Baldurs Liebe zu Nanna, als er ihre glänzende Schönheit im Bade ſieht; die entkleidete, badende Nanna, von Baldur belauſcht, iſt die vom Licht erſchloſſene, friſchbethaute Blüte; die Poeſie des Alterthums denkt ſich den zarteſten Blumenglanz nie anders als vom Thau gebadet. Mit der Abnahme des Lichtes geht auch das reichſte, duftendſte Blumenleben zu Ende. Als Baldurs Leiche zum Scheiterhaufen getragen wird, zerſpringt Nanna vor Jammer; dieſer Ausdruck iſt auch ſonſt für das gebrochene Herz gebräuchlich; er eignet ſich aber beſonders für die zerblätterte Blume. Aus Hels Behauſung (der Unterwelt), wo Nanna mit Baldur weilt, ſendet ſie den Göttinnen Frigg und Fulla Geſchenke, erſterer ein Frauentuch, letzterer einen goldenen Fingerring. Frigg iſt die Göttin, die über der ehelichen Liebe waltet, darum erhält ſie das Schleiertuch, das auch ſonſt als Abzeichen der Hausfrau vorkommt. Fulla, Friggs Dienerin und Vertraute, mit den jungfräulich flatternden Haaren, iſt die vollgewachſene bräutliche Jungfrau, daher geziemt ihr der Verlobungsring. Schleier und Goldring, welche Nanna noch aus der finſtern Unterwelt zum Gedächtniß heraufſchickt, ſind wohl nichts Andres, als Blumen des Spätſommers. Wie man Thiaſſi's Augen und Orvandils Zehe unter die Geſtirne verſetzte und nach Friggs hausfräulichem Rocken ein Sternblid ſchwediſch Friggerock benannt iſt, ſo wurden auch Blumen- oder Pflanzennamen der Götterwelt entnommen: Baldurs Braue, Ty's Helm, Thors Hut, Sifs Haar, Friggs Gras, daran ſich nun Friggs Schleier und Fulla's Fingergold anreihen mögen. Das bunte Spiel der norwegiſchen Wieſenblumen iſt berühmt; ein kurzer, doch heißer, Sommer läßt ſie in ſeltner Fülle und Mannigfaltigkeit erblühen ... — So wie Thor den übrigen Göttinnen der ſchönen und fruchtbaren Jahreszeit, Freyja, Idun, Sif, befreundet iſt und ſich ihrer thätig annimmt, ſo muß ihm auch der Tod Nanna's, des lieblichſten Schmuckes der von ihm beſchützten Erde, nahe gehen, und er äußert ſeinen trotzigen Unmuth, indem er ihr den Zwerg Lit, der ihm vor die Füße läuft, in das Feuer nachwirft. Lit (Litr), die Farbe, der reiche, friſche Schmelz des Frühſommers muß mit hinab, wenn Baldur und Nanna zu Aſche werden."

Da es nun Zweck dieſer Schrift iſt, die Pflanzen in einer allgemein gottbeſeelten Natur als eines individuellen Antheils dieſer Beſeelung wieder theilhaftig erſcheinen zu laſſen, und insbeſondre ihren Verkehr mit dem Lichtgotte Baldur zu ſchildern oder, kürzer und einfacher, ihnen eine eigene Seele beizulegen, und ihren Verkehr mit dem Lichte pſychiſch auszulegen; — da auch ſonſt das deutſche Weſen ſich jetzt verjüngen, wieder ſelbſtwüchſig werden, und den, ach nur zu ſchönen antiken Zopf abſtreifen will, ſo ſchien mir die alte wälſche Heidin Flora der jungen deutſchen Göttin Nanna wohl weichen zu müſſen. Hat doch ohnehin ſchon ſeit langem die erſtre ihren einen Fuß ganz im Grabe der Herbarien gehabt, und bald wird wohl das ganze fremde Alterthum ſich in die Särge der Geſchichte zur Ruhe geben. Eine heimiſche Geiſterwelt, wolle Gott auch wieder göttliche Welt, möge dafür aus dem heimiſchen Boden hervorſteigen, und Nanna mit im Vortritt die neue Blütezeit bedeuten.

Die Möglichkeit einer triftigen Löſung unſrer Aufgabe vorausgeſetzt, mag es doch vielleicht Manchem ſcheinen, daß kein ſo großer Aufwand dazu hätte gemacht werden ſollen, als hier geſchehen iſt. In der That muß ich es noch dahin ſtellen, ob das Intereſſe Andrer mir ſo weit wird zu folgen vermögen, als die eigne Liebe zur

Sache mich geführt hat. Inzwiſchen, da es hier die ernſthafte Begründung einer Anſicht galt, die jetzt noch ebenſowohl die gemeine als wiſſenſchaftliche Meinung gänzlich gegen ſich hat, und der Gegenſtand gar mancherlei Seiten und Angriffspuncte darbietet, hätte eine zu kurze Behandlung dem Zwecke nicht entſprochen. Man dürfte überdieß bald finden, daß die Frage, um die es ſich hier handelt, kein ſo vereinzeltes Intereſſe hat, als es vielleicht für den erſten Anblick ſcheinen möchte. Ob die Pflanzen beſeelt ſind oder nicht, ändert die ganze Naturanſchauung, und es entſcheidet ſich mit dieſer Frage manches Andre. Der ganze Horizont der Naturbetrachtung erweitert ſich mit Bejahung derſelben, und ſelbſt der Weg, der dazu führt, bringt Geſichtspuncte zu Tage, die in die gewöhnliche Betrachtungsweiſe nicht eintreten.

Schleiden ſagt in der Einleitung zu ſeiner Schrift über die Pflanze (S. 2.):

„Ich verſuchte zu zeigen, wie die Botanik faſt mit allen tiefſten Disciplinen der Philoſophie und Naturlehre auf's Engſte zuſammenhängt, und wie faſt jede Thatſache oder größere Gruppe von Thatſachen geeignet iſt, ſo gut in der Botanik wie in jedem andern Zweige der menſchlichen Thätigkeit die ernſteſten und wichtigſten Fragen anzuregen und den Menſchen vom Sinnlichgegebenen auf das geahnte Ueberſinnliche hinzuführen."

Man wird wohl glauben, daß, wenn die Betrachtung der materiellen Seite des Pflanzenlebens einer ſolchen Bedeutung ſich rühmen darf, um ſo mehr die Betrachtung der ideellen Seite ſie in Anſpruch nehmen wird. Ich erlaube mir daher, jene Worte nur mit der Aenderung auf meine Schrift anzuwenden, daß ich, anſtatt die überflüſſig ſich darbietenden Bezugspuncte unſers Gegenſtandes zur Philoſophie mit Vorliebe zu verfolgen, vielmehr der, nur zu großen, Aufforderung dazu mit der größtmöglichen Zurückhaltung zu begegnen ſuchen werde; da ich in der That glaube, daß das Maßhalten in dieſer Beziehung hier eher Dank verdienen werde. Noch einige Worte hierüber in folgendem Eingange der Schrift!

Was mit beigetragen hat, den Umfang dieſer Schrift zu vergrößern, war der Wunſch, mit Darlegung der Gründe für unſre Anſicht eine Darlegung der thatſächlichen Umſtände zu verbinden, welche für die Entſcheidung unſrer Frage überhaupt von Belang zu ſein verſprechen. Unſtreitig wird der Geſichtspunct, aus welchem dieſe Zuſammenſtellung hier verſucht worden, falls er anders als gültig erachtet werden ſollte, nur beitragen können, das Intereſſe, welches die hier einſchlagenden Thatſachen ſchon ſonſt beſitzen, zu vermehren; aber auch abgeſehen hiervon dürfte die kleine Sammlung derſelben, als Stoff für jede ſinnige Betrachtung des Pflanzenlebens überhaupt, Manchem nicht unwillkommen ſein; und ich habe in dieſem Intereſſe, ohne den Bezug zu unſerm Gegenſtande zu überſchreiten, doch ein etwas reicheres Material gegeben, als zum bloßen Genügen für denſelben erforderlich geweſen ſein würde (vergl. beſonders den 7ten, 8ten, 9ten, 11ten und 12ten Abſchnitt). Botaniker von Fach freilich werden, ſtatt einer Vermehrung, nur eine Benutzung ihrer Schätze hier finden, um die es aber auch hier nur zu thun ſein konnte.

Was wird zuletzt der Erfolg dieſer Schrift ſein?

Entſchlage ich mich aller poetiſchen Illuſionen, ſo denke ich, folgender:

Ein junges Mädchen von meiner Bekanntſchaft hat nicht über Alles die triftigſten Anſichten. Man giebt ſich nun wohl Mühe, durch beſtmögliche Darlegung von Gründen ſie eines Triftigern zu belehren. Sie hört die Gründe an oder auch nicht an, und ſagt zuletzt einfach: „wenn auch!“ und bleibt bei ihrer Meinung.

Meine Gründe mögen gut oder ſchlecht ſein; man wird wohl auch ſagen: „wenn auch!“

Aber, wenn auch! — Hegte ich nicht einige Hoffnung, es könne doch wenigſtens das Gefühl des jungen Mädchens beſtochen werden, das, wie nun junge Mädchen ſind, ſtets bei ihr dem Verſtande vorausläuft, ſo würde ich freilich alle Mühe ſparen. Sollte aber dieß gelingen, ſo würden nachher auch alle Gründe vortrefflich klingen. Unter dem jungen Mädchen aber meine ich die junge Zeit.

t. 24. Auguſt, 1848.

Inhaltsanzeige.

Seite

I. Stellung der Aufgabe 1

II. Allgemeiner Angriff der Aufgabe 6

III. Die Nervenfrage 37

IV. Teleologiſche Gründe 53

V. Charakter der Pflanzen 81

VI. Pflanzen-Tod und Leid 91

VII. Die Freiheitsfrage 97

VIII. Wachsthum, Winden, Biegen, Drehen der Pflanzen 118

IX. Reizbewegungen der Pflanzen 173

X. Teleologiſche Gegengründe 196

XI. Beiſpiele aus der Teleologie der Pflanzenwelt 215

XII. Stellung der Pflanze zum Thier 244

XIII. Einheit und Centraliſation des Pflanzen-Organismus 281

XIV. Näheres über Conſtitution der Pflanzenſeele 309

XV. Vergleiche, Schemata 345

XVI. Farben und Düfte 372

XVII. Reſumé 387

XVIII. Noch einige gelegentliche Gedanken 391

1. Stellung der Aufgabe.

Wenn man einen zugleich allgegenwärtigen, allwiſſenden und allwaltenden Gott zugiebt, der ſeine Allgegenwart nicht blos neben oder über der Natur behauptet, wie ihn freilich die gemeine Anſicht in unklarem Widerſpruch mit ſich ſelbſt zu faſſen liebt, ſo iſt hiermit eine Beſeelung der ganzen Natur eben durch Gott in gewiſſer Weiſe ſchon zugeſtanden, und es wird nichts in der Welt aus dieſer Beſeelung herausfallen, weder Stein, noch Welle, noch Pflanze. Oder ſollte etwa Gottes Geiſt loſer in der Natur ſtecken als unſer Geiſt in unſerem Leibe, nicht eben ſo unmittelbar ihre Kräfte beherrſchen als unſer Geiſt die Kräfte unſeres Leibes? Dann wäre er nur weniger Herr derſelben. Inzwiſchen wenn man, was freilich bei Weitem nicht Alle thun mögen, eine ſolche göttliche Allgemeinbeſeelung der Natur zugeſteht, ſieht man die Seelen der Menſchen und Thiere doch nicht unterſchiedlos darin aufgehen, ſondern innerhalb derſelben ſich mit ſelbſtſtändiger Individualität anderen Seelen gegenüberſtellen, ſieht ſie, verknüpft wie ſie ſind durch die allgemeine, höchſte göttliche Einheit, doch auch ihre untergeordnete Einheit für ſich, andern gleich untergeordneten Seeleneinheiten gegenüber haben; Triebe und Empfindungen, ja wohl mehr als das, Gedanken und Willensbeſtimmungen, für ſich haben, in ſolcher Weiſe, daß zwar der allwiſſende Geiſt, der in allen lebt und webt und iſt, und in dem alle leben und weben und ſind, unmittelbar darum weiß, ſie aber gegenſeitig nicht unmittelbar darum wiſſen, und eben dadurch ihre individuelle Scheidung verrathen. Und man kann nun fragen, ob den Pflanzen ein Gleiches zukomme; ob auch ſie, als beſeelte Individuen für ſich, Triebe und Empfindungen oder wohl gar mehr zur Einheit für ſich verknüpfen, unmittelbar zugänglich wohl dem Wiſſen des allwiſſenden Gottes, aber unzugänglich dem Wiſſen jedes anderen Weſens, es ſei denn durch vermittelnde Schlüſſe. Wäre es ſo, ſo würden die Pflanzen mit den Menſchen und Thieren einen gemeinſchaftlichen Gegenſatz gegen Steine, Waſſer- und Luftwellen und andere ſogenannte todte Dinge bilden, die für ſich überhaupt nichts von ſich wiſſen, fühlen, keine Empfindungen und (empfundenen) Triebe zu einer Einheit für ſich verknüpfen, ſondern nur im Zuſammenhange des Ganzen den göttlichen Seelenbeſtimmungen unterliegen, wie als Mitträger dazu wirken.

Aber es kann auch anders ſeyn. Vielleicht wirkt die göttliche Seele in den Pflanzen als Theilen, Gliedern der allgemeinen Natur nur ſo mit, wie unſere Seele in irgend welchen einzelnen Gliedern unſeres Leibes. Keins meiner Glieder fühlt doch vorausſetzlich etwas für ſich ſelber; nur ich, der Geiſt des Ganzen, fühle Alles, was darin vorgeht. Und ſo gefaßt könnte auch von einer eigenen Seele der Pflanzen nicht die Rede ſein, wenn nur Gott von dem wüßte, was in ihnen vorgeht, nicht ſie ſelber.

So möchte alſo immerhin die Natur für allgemein und göttlich beſeelt angeſehen werden, und die Frage bliebe doch noch ganz unentſchieden, ob auch die Pflanzen für ſich ſelber als beſeelt zu achten. Nur ſolche Beſeelung aber meinen wir immer, wenn wir nach der Pflanzenſeele fragen.

Natürlich muß die Frage, ob die Pflanzen beſeelt ſind, um ſo ſchärfer hervortreten, wenn man, wie es der gewöhnlichen Vorſtellungsweiſe angemeſſener iſt, von einer Beſeelung der ganzen Natur abſtrahirt oder gar ſie leugnet. Dann erſcheinen die beſeelten Geſchöpfe in Mitten der übrigen Natur überhaupt nur wie Inſeln im allgemeinen Ocean des ſeelenlos Todten; und es fragt ſich noch entſchiedener als vorhin: wollen wir die Pflanzen mit den Thieren und Menſchen über dieſen nächtlichen Ocean herausheben ins Seelenlichte oder mit Stein und Bein verſenken in denſelben?

Man ſieht ſchon aus dieſen flüchtigen Betrachtungen, die doch unſern Gegenſtand ſo tief berühren, daß gleich die Vorerörterungen über denſelben uns ſehr weit zu führen drohen. Erörterungen über die allgemeinſten Verhältniſſe von Gott und Natur, von Leib und Seele, ſcheinen vorausgehen zu müſſen, um den Grund zu legen, genauere Beſtimmungen über das, was unter Individualität, pſychiſcher Einheit, Bewußtſeyn und deſſen verſchiedenen Stufen zu verſtehen, von vorn herein ſich nöthig zu machen. Erſt hiermit möchte die Aufgabe zum Angriff gründlich vorbereitet erſcheinen. Aber wer iſt nicht ſchon ermüdet von dergleichen Erörterungen, und wer würde zuletzt etwas damit gewonnen halten? In der That, wie viel Tiefſinniges bis jetzt in ſolchen Erörterungen geſagt worden iſt, hat es doch viel mehr gedient, die Gegenſtände derſelben ins Dunkel zu vertiefen, als an klares Licht zu heben.

Dieß in Rückſicht nehmend, will ich lieber von vorn herein Verzicht auf ſolche Tiefe leiſten, und eher verſuchen, zu ihr hinabzuſteigen, ſo weit es eben gehen mag, als aus ihr hinaufzubauen. Man kann ja eine Blume auch wohl pflücken, ohne ſie mit der Wurzel auszuheben, und gefällt die Blume, findet ſich auch wohl noch der Spaten, der ſie ſpäter aus der Tiefe hebt, zur dauernden Verpflanzung in das rechte Beet des Gartens.

Und ſo wird, mit Beiſeitlaſſung des Verfolgs jener erſt angeſchlagenen Betrachtungen und aller weit rückgreifenden Discuſſionen überhaupt, das Folgende nur ein Verſuch ſeyn, durch möglichſt directe Bezugnahme auf ſächliche, an ſich wenig ſtreitige und der allgemeinen Faſſung leicht zugängliche Geſichtspuncte, Antwort auf die Frage zu gewinnen, wie weit an eine ähnliche pſychiſche Conſtitution der Pflanzen als der Thiere und unſrer ſelbſt gedacht werden könne, ohne es überdieß ſcharf beſtimmen zu wollen und zu können, in wie weit wir die Thiere ſelbſt uns in dieſer Beziehung ähnlich zu denken haben. Ein Feld ganz klarer Betrachtungen kann überhaupt nicht da ſein, wo wir es unternehmen, von dem

Pſychiſchen anderer Weſen als unſerer ſelbſt zu ſprechen, außer in ſofern wir ſie uns ganz analog vorausſetzen können, da doch Niemandem etwas Anderes als ſeine eigene Seele zu Gebote ſteht, um danach vorzuſtellen, wie es in einer fremden hergehen mag. Und wenn uns in Betreff der Thiere der Umſtand zu Statten kommt, daß wir als auf höherer Stufe wohl glauben dürfen, das, was ihnen auf der niedern zukommt, mit einzuſchließen, ſo iſt es doch ein Anderes, ob eine niedere Stufe, wie das thieriſch Sinnliche, ſich für ſich zum Ganzen abſchließt, oder als Baſis einer höhern dient und in dieſer erſt ihren Abſchluß findet.

Beſcheiden wir uns alſo von vorn herein, mehr als annährungweis adäquate Vorſtellungen über fremde Seelengebiete gewinnen zu können. Inzwiſchen kann ein Verſuch von Intereſſe ſein, es doch in ſolcher Annäherung ſo weit als möglich zu bringen.

II. Allgemeiner Angriff der Aufgabe.

Gewöhnlich verneint man eine ähnliche pſychiſche Conſtitution der Pflanzen als der Menſchen und Thiere ſchlechthin, weil man die phyſiſche Organiſation und Lebensäußerungen der erſteren denen der letzteren nicht analog genug findet. Und in der That iſt die Analogie des Phyſiſchen das Einzige, was uns zum Schluß auf anderes als das eigene Pſychiſche zu Gebote ſteht, da es eine Eigenthümlichkeit jeder Seele iſt, einer anderen als ſich ſelbſt nur durch äußere oder phyſiſche Zeichen erkennbar werden zu können, zu deren Deutung uns in letzter Inſtanz gar nichts Anderes als die Analogie mit dem, woran wir unſere eigene Seele geknüpft finden, geboten iſt. Sogar allgemeine philoſophiſche Betrachtungen, durch welche man verſuchen möchte, dieſen Gegenſtand zu erledigen, werden doch immer auf dieſer Analogie fußen müſſen; da, wenn man auch a priori den Pflanzen eine gewiſſe Bedeutung und Stellung im Weltorganismus anweiſen wollte, man doch eben nur aus ihrem ſichtbaren, äußeren Verhalten ſchließen könnte, ob man ſie es ſind, welche dieſer Bedeutung entſprechen, die verlangten Glieder im Weltorganismus darſtellen.

Schließe ich doch darauf, daß du Seele haſt wie ich, nur daraus, daß du analog ausſiehſt wie ich, dich äußerlich analog behabſt, ſprichſt u. ſ. w., aus Geſtalt, Bau, Farbe, Bewegung, Ton, lauter phyſiſchen Zeichen; was kann ich von deiner Seele unmittelbar ſehen? Ich lege ſie nur in all das hinein; ganz unwillkührlich freilich; doch bleibt es immer etwas Hineingelegtes. Die Thiere ſehen uns zwar ſchon anders aus als Menſchen, doch bewegen ſie ſich, nähren ſich, pflanzen ſich fort, ſchreien noch ähnlich wie wir bei ähnlichen Veranlaſſungen, thun, wenn auch nicht alle all dieß, doch mehreres von dieſem. Demgemäß erkennen wir ihnen auch noch eine ähnliche Seele zu; ziehen blos die Vernunft ab in Betracht der doch ſtattfindenden Unterſchiede. Aber bei den Pflanzen ziehen wir auf einmal die ganze Seele ab; und, wenn wir Recht haben es zu thun, wird ſich dieß Recht eben auch blos darauf gründen können, daß ſie uns und den uns analogen Thieren zu unähnlich gebaut ſind, ſich zu unähnlich behaben.

Freilich, wenn man Analogie hierbei verlangt und verlangen muß, um Seele zu finden, ſo kann man ſie doch nicht in allen Stücken und unbeſchränkt verlangen. Sonſt würde ich jeden Menſchen, der irgendwie anders ausſieht und ſich benimmt als ich, ſchon berechtigt ſeyn, für unbeſeelt zu halten. Er iſt aber blos anders beſeelt als ich. Wie unähnlich iſt mir in den meiſten Stücken der Wurm, wie anders benimmt er ſich; doch halte ich auch dieſen noch für beſeelt, nur für **anders** beſeelt als mich. Es wird alſo darauf ankommen, ob die Pflanzen auch die **weſentlichen** Zeichen der Beſeelung nicht vermiſſen laſſen, uns und den Thieren in Betreff dieſer noch analog ſind? Aber welches ſind dieſe weſentlichen Zeichen? welches der entſcheidende Umſtand, der im Uebergange vom Thierreiche zum Pflanzenreiche auf einmal einen Sprung vom Beſeeltſeyn zum Unbeſeeltſeyn machen oder auch eins ſich in das andere verlaufen läßt?

Ich glaube, man hat es ſich bequem gemacht und dieß noch niemals genügend erörtert. Denn was in dieſer Beziehung vorgebracht worden, ſcheint mir doch viel mehr den Sinn zu haben, die einmal vorgefaßte Anſicht zu rechtfertigen, als ihr Recht auch recht zu prüfen. Man überläßt ſich im Allgemeinen dem ſcheinbar entſcheidenden Eindruck des Augenſcheins, der freilich keine Seele in den Pflanzen finden läßt, da er überhaupt keine finden laſſen kann. Auf ſolche Weiſe aber iſt die Sonne lange um die Erde herumgegangen, der unmittelbare Augenſchein lehrte es ja, wer konnte an dem zweifeln, was jeder ſah; doch geht jetzt vielmehr die Erde um die Sonne herum, nachdem man ſich erſt entſchloſſen, den Standpunct in Gedanken zu wechſeln. Nun eben ſo käme es vielleicht auch nur darauf an, unſern Standpunct geiſtig zu wechſeln, um die Seele der Pflanzen auf ihrem innerlichen Standpuncte zu gewahren, die uns auf unſerem äußerlichen entgeht. Aber nichts ſchwerer, als den Menſchen zu vermögen, ſich einmal ganz aus ſich ſelbſt in eine andere Stelle zu verſetzen, und nicht eben ſich, ſondern das, was dieſer Stelle gebührt, auch da zu ſuchen. Da wo er ſich nicht wieder findet, glaubt er nichts zu finden.

Jedenfalls können wir deßhalb, weil Niemand nach dem Beweiſe der Seelenloſigkeit der Pflanzen gründlich fragt, ſie noch nicht für gründlich bewieſen halten. Im Verſuche aber, unſere Vorſtellungen triftig hierüber zu geſtalten, werden wir uns vor Allem zwei Dinge recht zu Gemüthe zu führen haben, welche die gewöhnliche Betrachtung freilich ganz vergißt, hierdurch aber ſich auch ganz der Befangenheit preisgiebt: erſtens wie daraus, daß wir von der Seele der Pflanzen auch nicht das Allergeringſte unmittelbar wahrnehmen, doch noch nicht das Allergeringſte gegen eine Seele derſelben folgt, weil dann ganz ebenſo viel gegen die Seele meines Bruders und jedes anderen Weſens als meiner ſelbſt daraus folgen würde; und zweitens daß, wenn Pflanzen ſo viel anders ausſehen und ſich behaben als Menſchen und Thiere, ſchon Menſchen und Thiere ſo verſchieden unter einander ausſehen und ſich behaben, daß man nicht nur fragen kann, ſondern auch muß, ob dieſe Verſchiedenheit nicht unbeſchadet der Beſeelung noch weiter gehen kann.

Und in der That, um die Anſicht, deren Begründung die Aufgabe des Folgenden iſt, gleich vorweg auszuſprechen, ſcheint mir bei näherer Betrachtung alles das, was man füglich als weſentlich zum Ausdruck der Beſeelung fordern könnte, bei Pflanzen ſich noch eben ſowohl als bei Thieren vorzufinden; alle Verſchiedenheit zwiſchen beiden in Bau und Lebens-Erſcheinungen aber nur geeignet, die erſteren auf ein ganz anderes, das Thierreich ergänzendes, Gebiet der

Beſeelung, nicht aber über das allgemeine Gebiet der Beſeelung hinaus zu rücken. Und wenn Manche die Seelen der Pflanzen leugnen, weil ſie nicht wiſſen, was ſie damit anfangen ſollen, ſo würde ich ſie fodern, weil mir ſonſt eine große unausgefüllte Lücke in der Natur zu bleiben ſchiene.

Iſt doch, um erſt oberflächlich auf einige Hauptpuncte einzugehen, die Pflanze noch ganz ſo gut organiſirt, und zwar nach einem ganz ſo in ſich einigen Plane, einer ſo in ſich einigen Idee, organiſirt als das Thier, nur nach einem ganz anders gearteten Plane organiſirt; wagt man doch nicht einmal, der Pflanze Leben abzuſprechen, warum ſpricht man ihr nun doch Seele ab, da es ſo viel näher läge, auf dieſer gemeinſchaftlichen Baſis des Lebens dem anderen Plane der leiblichen Organiſation auch nur einen andern Plan der Seelenorganiſation zugehörig zu denken. Was hat zuletzt der Begriff eines Lebens ohne Seele für Sinn? Wenn uns die modernde Pflanze todt ſcheint, was unterſcheidet denn eben die lebende von ihr? Iſt es blos eine andere Art todten Proceſſes, ihr Wachſen und Blühen, als ihr Vermodern? Iſt nicht der Gegenſatz zwiſchen lebender und todter Pflanze ganz ähnlich dem zwiſchen lebenden und todten Thiere? Doch ſoll die Bedeutung dieſes Gegenſatzes ſo himmelweit verſchieden ſein: der Proceß der lebenden Pflanze eine ſeelenleere Verwickelung gegenüber dem gleich ſeelenleeren Zerfallen im Vermodern; der Proceß des lebenden Thieres auf einmal eine ſeelenvolle Verwickelung gegenüber dem leeren Zerfallen. Und doch iſt die Verwickelung im Bau und den Proceſſen von Thier und Pflanze ſo ganz analog. Selbſt der Grundbau aus Zellen iſt in beiden ganz analog eingehalten, die Zellen nur in beiden anders gefügt, gruppirt, geſtreckt, in einander geſchmolzen, wie ſie aber ſchon in jedem anderen Thiere, jeder anderen Pflanze für ſich anders ſind; auch die Entſtehungsweiſe des ganzen Zellengebäudes aus einer einfachen Urzelle durch einen ähnlichen merkwürdigen Proceß der Zellen-Mehrung iſt in beiden ganz analog; ja welcher Naturforſcher weiß nicht, daß ein Same und ein Ei nur zwei verſchiedene Formen derſelben Sache ſind; auch die Art ſich fortzupflanzen, iſt ſo analog in beiden*), daß Linné ſogar das ganze Syſtem der Pflanzen auf die Analogie ihres Geſchlechtsverhältniſſes gründen konnte; auch ein Spiel von Kräften, das bisher noch jeder Berechnung nach den Lehrſätzen unſerer Phyſik und Chemie ſpottete, findet ſich in beiden ganz analog wieder.

Zelle

„Der Nahrungsſtoff ſteigt in den lebenden Gewächſen mit Kraft in die Höhe, und ſein Aufſteigen kann man keineswegs mit dem langſamen und ſtufenweiſen Aufſaugen der Flüſſigkeiten in dem abgeſtorbenen Pflanzengewebe vergleichen. Das Licht übt ſowohl auf das Aufſteigen des Nahrungsſaftes, als auf die Menge des durch die lebenden Blätter verdunſteten Waſſers einen bedeutenden Einfluß aus und ſcheint hingegen auf die nämlichen Organe nach ihrem Tode gar nicht einzuwirken; lebend zerſetzen die Blätter mit Hülfe des Lichts das kohlenſaure Gas, todt verändern ſie es gar nicht. Die chemiſchen Verwandlungen, die während des Lebens im Pflanzengewebe vorgehen, ſind ganz anderer Art als diejenigen, welche an abgeſtorbenen Gewächſen durch äußere Potenzen hervorgebracht werden; oft ſind letztere geradezu das Gegen-

---

[*] Herr Prof. Schleiden wird mich hoffentlich wegen dieſer Aeußerung nicht zu hart anlaſſen.

theil von erſteren. Die Entwicklung in die Länge und Breite, der Orgasmus, welcher der Befruchtung vorangeht, und das Erwachen des thätigen Lebens im Embryo, der im Samen gleichſam ſchlief, ſind ebenſo viele Erſcheinungen, die von keiner einzigen rein phyſikaliſchen Urſache abgeleitet werden können, und die wir, theils durch die Analogie mit dem Thierreiche, theils unmittelbar durch die Betrachtung der Gewächſe belehrt, nur zur vitalen Excitabilität rechnen dürfen". (Decandolle Pflanzen-Phyſiologie I. S. 19.)

Doch ſoll das, was ſo ganz analog in den allgemeinſten Erſcheinungen des Baues, Lebens und Webens iſt, ſo ganz unanalog ſein in dem Allgemeinſten, wofür wir die Zeichen eben nur aus dieſem Allgemeinſten des Baues, Lebens und Webens entnehmen können; denn erinnern wir uns nur, es ſteht uns nichts Anderes als jenes Aeußere zu Gebote, auf dieß Innere zu ſchließen. Statt auf dieſer allgemeinſten Uebereinſtimmung in den weſentlichſten Puncten zu fußen, halten wir uns aber an Unterſchiede im Beſonderen und ſprechen der Pflanze Seele ab, weil ſie nun nicht auch alle Einzelnheiten des Thierlebens darbietet; was doch nur den Schluß begründen könnte, daß ihre Seele nicht auch alle Einzelnheiten der Thierſeele darbietet. Das Allgemeine muß für das Allgemeine, und das Einzelne für das Einzelne einſtehen; aber wie wir die Pflanze jetzt anſehen, ſoll der Unterſchied in beſonderen Zeichen des Phyſiſchen uns einen Unterſchied im Allgemeinſten des Pſychiſchen bedeuten, zwiſchen Sein und Nichtſein deſſelben entſcheiden.

Daß Seelen nach dem verſchiedenſten Plane oder unter den verſchiedenſten Formen organiſirt ſein können, beweiſen die Menſchen mit ſo verſchiedenen Anlagen und Charakteren, die

Thiere mit ſo verſchiedenen Inſtincten. So reich die Fülle leiblicher Geſtaltungen, ſo reich die Fülle zugehöriger Seelengeſtaltungen: eins hängt am andern. Hat nun die Natur mit den Thieren die Möglichkeit verſchiedener Plane des Baues und Lebens im Leiblichen noch nicht erſchöpft, vielmehr eben in den Pflanzen noch ein ganz neues Reich hinzugefügt, welcher Grund kann uns dann anzunehmen gebieten, daß ſie im Uebergange zu dieſen auf einmal mit der Schöpfung zugehöriger Seelenplane in Rückſtand geblieben, die Möglichkeit ſolcher überhaupt minder groß als im Leiblichen ſein ſoll, da wir doch ſonſt das Gebiet der geiſtigen Geſtaltungen wohl eher noch reicher als das der materiellen halten.

Widerſtreben vielleicht die Erſcheinungen des Pflanzenlebens ſelbſt durch ihre Beſchaffenheit einer pſychiſchen Deutung? Aber warum ſoll es zu den Seelen, die da laufen, ſchreien und freſſen, nicht auch Seelen geben, die ſtill blühen, duften, im Schlürfen des Thaues ihren Durſt, im Knospentriebe ihren Drang, im Wenden gegen das Licht noch eine höhere Sehnſucht befriedigen? Ich wüßte doch nicht, was an ſich das Laufen und Schreien vor dem Blühen und Duften für ein Vorrecht voraus hätte, Träger einer Seelenthätigkeit und Empfindung zu ſein; nicht, wie fern die zierlich gebaute und geſchmückte Geſtalt der reinlichen Pflanze minder würdig ſein ſollte, eine Seele zu hegen, als die unförmliche Geſtalt eines ſchmuzigen Wurmes? Sieht ein Regenwurm uns ſeelenvoller an als ein Vergißmeinnicht? ſcheint uns ſein dunkles Wühlen unter der Erde mehr von freiem Trieb und Empfindung zu verrathen als ihr Emporſtreben über die Erde in das heitere Reich des Lichts, ihr raſtloſes Um- und Ausſichtreiben? Doch umſonſt ſind uns die Pflanzen neu gefügt, gegliedert, geſchmückt, gepflegt. Gerade da, wo wir die Anſtalt gemacht ſehen, etwas ganz Neues im Seelenreiche zu gewinnen, und eine gleich ſorgfältige Anſtalt, laſſen wir dieſe Anſtalt auf einmal nichts mehr gelten, werfen eine ganze Hälfte weg, weil ſie nicht ausſieht wie die andere. Da ſtehen nun die Pflanzen wie unzählige leere Häuſer. Die Natur hatte wohl Materie genug, dieſe Häuſer zu bauen, aber nicht mehr Geiſt genug, ſie zu bevölkern. Nachdem ſie allen Thierſeelen ihre Wohnungen gemauert, wußte ſie mit ihrem Ueberfluß an Zellen-Mauerſteinen nicht mehr was anzufangen, und verwandte das Uebrige in nachäffendem Zeitvertreibe zu den leeren Pflanzenhäuſern. Ich meine aber vielmehr, wenn ſie Ideen genug hatte, die Pflanzengeſtalten zu machen, ſo hatte ſie auch Ideen, d. i. Seelen genug, ſie in dieſe Geſtalten zu ſetzen; denn eins wird wohl zuletzt am andern hängen.

Man ſagt vielleicht: ei, wenn Gottes Seelenhauch durch die ganze Natur verbreitet iſt, welche Anſicht doch oben ſelbſt in den Vordergrund geſtellt wurde, ſo ſind ja die Pflanzen deßhalb noch nicht ſeelenleer, daß ſie keine Seele für ſich haben. Der allgemeine Geiſt durchweht ſie dann.

Aber wie vertrüge ſich's mit ſolchem Aufgehen in der Allgemeinbeſeelung, daß jede Pflanze ſo für ſich ins Einzelnſte ausgearbeitet und in ſo ſonderliche Form gebracht iſt, als ſollte auch etwas ganz Beſonderes in ihr, durch ſie, für ſie, geſchehen; daß ihre Form und Weiſe ſich ſo beſtimmt und individuell herauslöſt aus der Außenwelt; und ſolch Gewicht darauf gelegt iſt, um ſich immer zu erneuen und zu wiederholen, indeß ſonſt rings in dieſer Außenwelt die Formen und Weiſen gleichgültig fließen und wechſeln. Tritt nicht eben hierdurch die Pflanze der im Meere zerfließenden Welle, dem hin- und hergeſtoßenen, jeder Form und jedem Verhältniß ſich fügenden Stein gegenüber ganz wie das Thier, an dem wir keine anderen Zeichen ſeiner Loshebung vom Grunde der Allgemeinbeſeelung wahrnehmen können? Freilich wird der allgegenwärtige Geiſt auch die Pflanzen durchwehen; aber eben nur wie auch alle anderen Geſchöpfe, die darum noch nicht ihrer individuellen Selbſtſtändigkeit baar werden. Das iſt Gottes ſchönſtes Leben, in individuellen Geſchöpfen weben. Die Pflanzen blos von Gottes Geiſt im Allgemeinen durchdringen zu laſſen, macht ſie noch nicht lebendiger als Stein und Welle, und raubt Gott ſelber einen Theil ſeines lebendigſten Wirkens. Lebt nicht auch unſer Geiſt am kräftigſten und ſchönſten in ſeinen individuellſten Schöpfungen? Nur daß er es nicht dazu bringt, wozu der göttliche Geiſt, ihrer ſelbſt bewußte, ſich ſelbſt fühlende Geiſter zu erzeugen. Darin iſt Gott eben Gott.

Nach Allem frage ich: wenn man eben ſowohl den Ausdruck einer ideellen Verknüpfung als einer individuellen Mannigfaltigkeit verknüpfter prägnanter Lebens-Erſcheinungen in den Pflanzen wie in den Thieren ſieht, was verlangt man mehr, um hierin auch Zeichen und Ausdruck einer lebendigen individuellen Seele zu ſehen, da man die Seele ſelber doch einmal nicht ſehen kann? Man ſpreche es aus, aber klar! Vielleicht vermag die Pflanze in der That nicht mehr

Zeichen zu geben; aber iſt es auch nur überhaupt möglich, mehr zu geben? liegen nicht vielleicht eben hierin alle möglichen, ſo weit ſie weſentlich ſind? Vielerlei dergleichen wird man für das einfache Grundfactum der Beſeelung von vorn herein nicht zu erwarten haben, da alles Specielle zum Ausdruck ſpecieller Weiſen der Beſeelung dienen muß.

Ich glaube, die Eiche könnte leicht alle Argumente, die wir aus particulären Geſichtspuncten gegen ihre Seele wenden mögen, gegen die unſrige zurückwenden. Wie frei treibt ſie Zweige nach allen Seiten aus, gebiert Blatt um Blatt und ſchmückt ſich mit neuen, aus ihr ſelbſt geborenen. Wir legen blos äußeren Schmuck an und müſſen unſeren Körper laſſen, wie er einmal iſt. Sie kann auch meinen, hieran könne ſich nichts von Seele knüpfen. Wir laufen frei in der Natur herum, ſie nicht; wir wirken mehr an Anderem als an uns; aber ſpricht das unregelmäßige Herumtreiben einer Flaumfeder in der Luft mehr für ihr Beſeeltſeyn als das ſtetige Wirken eines Weſens von einem feſten Standpunct aus, das Wirken an Anderem mehr als das Wirken an ſich? Wenn wir aber wiſſen, daß wir uns doch nicht ſeelenleer umhertreiben wie die Flaumfeder, woher wiſſen wir es? Doch nur daher, weil wir ſelbſt dieſe Weſen ſind. Und wenn wir von der Pflanze es nicht wiſſen, daß ſie ihren Trieb zu treiben ſelber fühlt, warum wiſſen wir es nicht? Die Antwort liegt doch eben ſo nahe: weil wir ſelbſt nicht dieſe Pflanze ſind. Aus gleichem Grunde könnte dann aber auch die Pflanze unſer Treiben in der Welt für ſo bedeutungslos und ſeelenleer halten als das der Feder. Zwar, hätte ſie

Vernunft und Beobachtungsgabe, ſo könnte ſie unſer Handeln nach beſtimmten Zwecken, unſer Gehen nach gewiſſen Regeln bemerken, könnte finden, daß es nicht ſo rein von Zufälligkeiten äußerer Antriebe abhinge wie das Treiben der Feder. Bringt man aber das in Anſchlag, ſo haben wir gewonnen; denn treibt nicht auch die Pflanze nach gewißen Zwecken, nach beſtimmten Regeln, die unabhängig ſind von äußern zufälligen Einwirkungen? Doch man wird viel geneigter ſeyn, ihr Benehmen nach beſtimmten Regeln gegen ihr Beſeeltſeyn zu wenden. Laſſen wir das jetzt; ich komme darauf ſpäter (VII).

Iſt es nicht ſchon die gewöhnlichſte Rede von der Welt, daß die Seele es ſey, welche den Leib ſich ſelbſt als ihren Wohnſitz baue. Nichts aber giebt ein beſſer Beiſpiel zu dieſer Rede als gerade die ſich ſelber bauende Pflanze, worin wir das innerlich bauende Weſen freilich nur aus dem äußerlich ſichtbar werdenden Plane des Baues erkennen können; wie dieß nicht anders bei dem Bau von Menſch und Thier iſt. Ein beſſer Beiſpiel giebt ſie aber ſogar als Menſch und Thier ſelber, deren Seele ſich den Leib nur im heimlichen Dunkel baut und erſt mit dem faſt fertigen Bauwerk an das Licht tritt; weßhalb wir auch meinen, daß ſie den Bau nur im dunklen Unbewußtſeyn vollführe. Ganz anders die Pflanze. Sie bringt nichts fertig mit, fängt erſt recht an zu bauen, nachdem ſie an das Licht getreten, ſchafft in Mitten, ja in Folge aller wechſelnden Lebensreize fort, ſogar das Höchſte, was ſie haben will, die Blüte. Deßhalb aber eben dürfen wir das Leben der Pflanze nicht vergleichen wollen einem embryoniſchen Leben, wie es Manche thun. Vielmehr iſt offenbar dieß die Abſicht der Natur geweſen, es ſollte Seelen geben, die mehr im Schaffen und Geſtalten ihrer eigenen Organe ihr Leben führten und andere, die mehr im Wirken damit nach Außen ihr Leben führten; ein Geſichtspunct der Ergänzung ihres Lebens durch einander, der uns ſpäter (VIII) noch zu weiteren Betrachtungen Anlaß geben wird, daher ich hier davon abbreche.

Es ſcheint mir, daß wir bei unſerm Urtheil über die Stellung der Pflanzen in der Natur nicht eben klüger ſind als die nordamerikaniſchen Wilden, welche, ſtatt männliches weibliches und ſächliches Geſchlecht in der Sprache zu unterſcheiden, belebte und unbelebte Gegenſtände unterſcheiden, nun aber zu den belebten Weſen Thiere und Bäume, zu den unbelebten Kräuter und Steine rechnen. Wie lächerlich, ſagen wir, die wir uns ſo viel klüger als die Wilden dünken, die Scheidegränze des Lebens zwiſchen Bäumen und Kräutern zu ſetzen, blos weil die Bäume ein größeres und längeres Leben führen als die Kräuter. Wie lächerlich, wird ein Geiſt ſagen, der noch etwas höher ſteht als die Weiſen des indogermaniſchen Sprachſtamms, die Scheidegränze des Beſeeltſeyns zwiſchen Thieren und Pflanzen zu ſetzen, blos weil die Pflanzen ihre Seele auf andere Weiſe kund geben als die Thiere.

Die Kinder wollen, wenn ſie klein ſind, eine Gans gewöhnlich nicht für einen Vogel gelten laſſen. Die Gans ſingt und fliegt ja nicht. Was ſind wir anders als ſolche kleine Kinder, wenn wir die Pflanzen nicht für beſeelte

Weſen gelten laſſen wollen, weil ſie ja nicht ſprechen und laufen.

Die Bauern ſehen Geiſter bei Nacht, ungeachtet keine da ſind, weil ſie von Kindesbeinen an von Geiſtern, die Nachts umgehen, gehört haben; was ſind wir anders als ſolche Bauern, wenn wir die Geiſter bei Tage, die leibhaftig da ſind, nicht ſehen wollen, weil wir von Kindesbeinen an gehört haben, es wären keine da. In der That iſt es derſelbe Aberglaube, nur in umgekehrter Richtung, Geiſter bei Nacht ſehen wollen, die nicht da ſind, und Geiſter bei Tage nicht ſehen wollen, die ſich leibhaftig zeigen.

Einem Philoſophen, welcher gegen uns beweiſen will, daß die Pflanzen keine Seele haben, wird es freilich nie ſchwer fallen. Da die meiſten philoſophiſchen Syſteme ſelbſt mit auf Grund der Vorausſetzung erwachſen ſind, daß die Pflanzen keine Seele haben, wird es ſich natürlich auch aus den meiſten wieder folgern laſſen. Man weiß ja doch, daß, ſo ſehr die Philoſophen ſich den Anſchein geben mögen, Alles a priori zu beweiſen, ſie zu dieſem Standpuncte des Beweiſes von Oben ſelbſt erſt durch Heraufſteigen von Unten haben gelangen können. Sie werden aber im Aufgange von Unten viel mehr von den dort herrſchenden gemeinen Anſichten aus beſtimmt, als ſie, auf dem Gipfel angelangt, ſich noch ſelbſt geſtehen mögen; und die Uebereinſtimmung der philoſophiſchen Anſichten über den betreffenden Punct beweiſt daher nicht eben mehr als die Uebereinſtimmung der gemeinen Anſichten darüber, worauf ich gleich zu ſprechen komme. Natürlich, daß überhaupt jedes Syſtem, was, um ſelbſt triftig zu ſein, den Mangel der Pflanzenbeſeelung fordern muß, auch in ſeinem Zuſammenhange Gründe dafür wieder finden muß; aber was iſt zuletzt mit all' ſolchen Gründen bewieſen, wenn ſich ein anderer Zuſammenhang aufſtellen läßt, der ſeinerſeits zu ſeiner Triſtigkeit die Beſeelung der Pflanzen fordert und demgemäß auch wieder Gründe dafür zu finden weiß. Zuletzt wird es ſich fragen, welches Syſtem nach anderweiten Gründen triſtiger iſt. Daß nun das unſrige, welches lebendig zu beſtehen vermag, indem es eine Welt von Seelen lebendig macht, ſich ſchöner geſtalten wird als gegentheilige Syſteme, welche dieſes ganze Seelenreich in Nacht begraben, dürfte von vorn herein erhellen; und wenn die Schönheit freilich nicht die Waffe iſt, womit die gemeinen Wahrheiten ſiegen, ſo zählt ſie doch nach der Verknüpfung des Wahren und Schönen im höchſten Bezirke mit zu denen, womit die allgemeinſten ſiegen.

Hiernach werden philoſophiſche Einwürfe, von fremden Syſtemen her erhoben, überhaupt wenig Gewicht für uns haben können. Ein Beiſpiel mag genügen, eine Probe ſolcher Einwürfe zu geben und zu erledigen, ſoweit ſich dieß ins Kurze faſſen läßt; denn wir wollen unſerm Vorſatze nicht untreu werden, philoſophiſchen Erörterungen lieber auszuweichen, als uns in ſie zu verlieren.

Der Philoſoph ſtellt z. B. auf Grund irgend welcher vorgängigen Betrachtungen eine Art Schema auf, wie ſich Lebenskraft, Seele, Geiſt zu einander verhalten, welche beiden letztern er ſtrenger zu ſcheiden pflegt, als es im Leben geſchieht. Es erſcheint ihm dieß Verhältniß unter dem Geſichtspuncte einer gewiſſen Stufenerhebung, und indem er eine Repräſentation der verſchiedenen Stufen in der realen Natur fordert, kommt ihm die Pflanzenwelt von ſelbſt auf eine geiſt- und ſeelenleere Stufe zu ſtehen. Der Menſch als Gipfel repräſentirt die Totalität aller niederen Stufen, ſchließt ſie ein und in einer höheren ab. Er hat demgemäß über Lebenskraft und Seele noch den Geiſt oder die Vernunft. Das Thier, eine Stufe niedriger, hat ſich mit Lebenskraft und Seele zu begnügen; die Pflanze, noch eine Stufe niedriger, mit der bloßen Lebenskraft; dem Kryſtall fehlt dann auch noch die Lebenskraft; er iſt ganz todt, blos dem mechaniſchen Proceß anheimgefallen. Das Schema iſt klar und nett und nimmt ſich ſehr gut aus, obwohl ich deßhalb nicht ſage, daß es das aller Philoſophen iſt; jeder mag ſein eigenes haben; aber gleich viel; es kommt alles auf eins hinaus, die Natur befolgt keins von allen, und ein Beiſpiel iſt ſo gut als das andere. Halten wir uns an das gegebene, ſo meine ich, daß das Schema einer unbeſeelten Lebenskraft ſelbſt erſt aus Vorausſetzung einer unbeſeelten Pflanzenwelt entſtanden iſt und ſonſt gar keine Wurzel im Realen hat; man kann alſo aus ſeiner Annahme nichts rückwärts für eine unbeſeelte Pflanzenwelt beweiſen wollen. Giebt man dieſe Annahme auf, ſo verliert man nichts; man gewinnt nur Seele da, wo man früher keine hatte. Die Pflanzen werden ſich nun nicht mehr als ſeelenloſe Weſen den Thieren rein unterordnen; ſondern als eine andere Art beſeelter Weſen nebenordnen; oder nur in der Art der Beſeelung unterordnen, worin es in der That noch

Möglichkeiten giebt, die im Thierreich nicht erſchöpft ſind, wie weiter zu zeigen; das Schema wird ein anderes werden als das obige; und, wenn wir es nur darnach einrichten, ſich ſo gut ausnehmen können wie das obige. Es wird aber die Möglichkeit eines anderen Schema uns nun auch nicht verleiten dürfen, es auch ſofort für richtig zu halten, ohne nachzuſehen, ob das reale Verhalten der Pflanzen dem auch entſpricht; da ich zumal glaube, daß von einem ſtrengen Schema, einer reinen Stufen-An- und Ueberordnung überhaupt hier nicht die Rede ſeyn kann. Die Bequemlichkeit, Schärfe und Nettigkeit, die in obigem Schema liegt, beweiſt ſelbſt gegen ſeine Richtigkeit; denn täglich und ſtündlich macht die Natur ihrem Forſcher bemerklich, daß ihre Bequemlichkeit, Schärfe und Nettigkeit eine andere iſt, als die ſich der ſeinen fügt.

Vielleicht zwar ſind es gerade manche Philoſophen, welche den Pflanzen am leichteſten Seele zugeſtehen; aber dann freilich nur, indem ſie der Seele Alles nehmen, was ſie zur Seele macht. Denn nichts häufiger als hölzerne Eiſen in der Philoſophie. Wenn ich meinerſeits von Seele, individueller Seele der Pflanzen ſpreche, verſtehe ich ausdrücklich nicht eine Idee oder ideelle Einheit darunter, die ich in der Mannigfaltigkeit ihres Baues und Lebens erkenne, obwohl mir dieſe auf die ſelbſtfühlende und ſtrebende Einheit ihres Seelenweſens hinweiſen mag und muß; aber ich verlange dieſe ſelbſt noch dazu. Eine Seele ſoll mir nicht blos ein Spiegelbild, in ein Anderes geworfen, ſein, ſondern Fleiſch und Fülle lebendiger Empfindungen und Triebe in ſich ſelber tragen. Nicht, was ich von ihr habe, ſondern was ich von ihr nicht habe, macht ſie zur Seele. Die Idee deſſen, was ein Anderer in mir ſuchen oder finden mag, will mir ja auch ſelber nicht als meine Seele genügen. So, was hilft es der Pflanze, wenn Jemand noch ſo viel Einheit, Idee in ihrem Bau und Lebenserſcheinungen finden und dann ſagen will, inſofern hat ſie Seele, wenn ſie dabei für ſich weder ſchmecken, noch fühlen, noch riechen könnte. So meine ich es nicht mit der Seele der Pflanze, wie es Manche mit ihr meinen, es ſcheint mir das nicht gut mit ihr gemeint. Aber auch nicht ſo, als ob das, was wir zum Leben der Seele rechnen, in den Pflanzen zwar da ſey, aber nur potentia, wie man ſich ausdrückt, latent, immer ſchlafend. Empfindung und Begierde, die ſchlafen, ſind eben nicht Empfindung und Begierde; und wenn man unſere Seele noch im Schlafe Seele nennen kann, weil ſie doch die Bedingungen der wiedererwachenden Empfindung und Begierde noch in ſich trägt, ſo wäre das nimmer Seele zu nennen, wo nimmer ein ſolches Erwachen bevorſtünde. Schreibe ich alſo den Pflanzen Seele zu, ſo mag ich zwar zugeben, daß dieſe Seele ſo gut einſchlafen kann als unſere, aber nicht, daß ſie immer ſchlafe; dann ſchiene es mir noch mißbräuchlicher, von Seele der Pflanzen reden zu wollen, als wenn ich von Seele eines Leichnams ſprechen wollte, in dem Empfindung doch wenigſtens einmal wach geweſen.

Inzwiſchen nicht blos die philoſophiſchen auch die gemeinen Anſichten wenden ſich übereinſtimmend gegen uns, und dieſe Uebereinſtimmung ſcheint dem erſten

Anblick noch ein viel größeres Gewicht für uns haben zu müſſen als die der philoſophiſchen, deren Wurzel wir ja ſelbſt theilweis in den gemeinen zu finden glauben, obwohl der Einfluß im Ganzen ſicher ein wechſelſeitiger iſt. Wem unter uns fällt es ein, an eine Seele der Pflanzen zu denken, und wird ihnen hier eine ſolche zugeſprochen, werden es die Meiſten als einen ganz müßigen Verſuch anſehen. Nun ſind es gewiß nicht verſtandesmäßig entwickelte Gründe, worauf dieſe Uebereinſtimmung fußt; ein Gefühl, was ſich allen gleichermaßen von ſelbſt aufdringt, iſt es vielmehr, und von dem wohl Niemand weiß, wie es ihm gekommen iſt. Aber eben dieß ſcheint darauf zu deuten, daß es aus der Natur ſelbſt gekommen iſt, daß tief in der Natur der Sache ſelbſt liegende Gründe dem Menſchen ſo unwillkürlich und allgemein ſeine Anſicht aufgedrängt haben. Vielerlei, kann man ſagen, und von verſchiedenen Seiten mag darauf hinweiſen, was wir unbewußt zuſammenfaſſen, ohne es uns im Einzelnen klar auseinanderzuſetzen. Aber um ſo ſicherer können wir auf eine Anſicht bauen, in deren Begründung ſo gar nichts Vorgefaßtes hineingeſpielt hat. Sie muß aus einer höhern Quelle fließen, als aus der menſchlicher Irrthum kommt, und wenn irgend wo, wird hier das Sprichwort gelten, daß des Volkes Stimme Gottes Stimme iſt. Scheint uns nicht auch der Glaube an beſtändige Fortdauer unſerer eignen Seele darum nur um ſo ſicherer, daß er der trüglichen Vermittelung durch Vernunftſchlüſſe nicht erſt bedurft hat, um ſich allgemein unter allen, ſelbſt der rohſten Menſchheit zu verbreiten? So ſicher wir alſo glauben, daß unſere Seele dereinſt leben werde, ſo ſicher müſſen wir auch glauben, daß eine Seele der Pflanzen jetzt nicht lebe. Denn beiderlei Glaube iſt gleich naturwüchſiger Art.

Dieſe Betrachtungsweiſe hat ſehr viel Schein, und in rechten Gränzen freilich auch ihre Berechtigung; aber man muß Vorſicht bei ihr üben, ſonſt könnte viel falſcher Glaube ſich dadurch rechtfertigen wollen. Man braucht nur in Moſes und den Propheten, Hiob und den Pſalmen zu leſen, ſo findet man, daß die alten Juden, die man doch als bevorzugte Werkzeuge der Offenbarung Gottes anſieht, viele Jahrhunderte lang ebenſowenig an ein künftiges Leben ihrer eigenen Seelen glaubten, als wir jetzt an ein Seelenleben der Pflanzen; mit dem Tode war ihnen Alles aus; und wer ihnen von einem Leben nach dem Tode, einer Auferſtehung hätte ſprechen wollen, würde wohl für noch thörichter gehalten worden ſeyn, als wer jetzt vom Seelenleben der Pflanzen ſpricht. War nun dieß auch ſo lange Gottes Stimme, als es des Volkes Stimme war? Es iſt aber bei ihnen die Seele ſpäter aus dem Grabe des Scheols auferſtanden; ein tröſtlicherer Glaube hat ſich entwickelt und iſt die Stimme des Volks geworden, und dieſe halten wir nun für Gottes Stimme. So könnte auch die Seele der Pflanzen, die nach unſerem Glauben jetzt noch im Scheol liegt, in einem künftigen Glauben dereinſt auferſtehen, und dieſer Glaube künftig des Volkes Stimme werden, und der allgemeinere Glaube, worin er wurzelt, als Gottes Stimme gelten. Natürlich, daß ſich auch noch Manches damit im Zuſammenhange ändern müßte, was ich aber auch zuverſichtlich hoffe; denn nichts Troſtloſeres als unſere jetzige, gegen alle Seele in der Natur blinde und taube, und darum ſelber ſeelenloſe, Naturanſchauung.

Die Warnung, nicht zu viel Gewicht auf die bei uns herrſchende Uebereinſtimmung über die Seelenloſigkeit der Pflanzen zu legen, wird um ſo triſtiger erſcheinen, wenn wir bemerken, daß das, was bei uns in dieſer Hinſicht volksmäßig iſt, es doch keineswegs allgemein iſt. Viele Millionen Hindus und andere rohe Völker halten wirklich die Pflanzen für beſeelt; weil ſie überhaupt von einer ganz anderen Naturanſchauung ausgehen. Nun mögen wir zwar in Betreff aller Dinge, die über das Natürliche hinausliegen, viel klüger ſeyn als die Hindus und jene andern rohen Völker, ob es aber nicht in Betreff deſſen, was ins Bereich des Naturlebens fällt, umgekehrt iſt, möchte erſt noch die Frage ſeyn.

Sakontala ſagt in dem bekannten Drama: „Ich fühle die Liebe einer Schweſter für dieſe Pflanze;“ ja ſie nimmt förmlich Abſchied von einer Pflanze.

Im uralten Geſetzbuche des Menu*), was noch jetzt einer Autorität über alle menſchliche in Indien genießt, finden ſich Stellen wie folgt:

Kap. I., 49. (S. 11) „Die Thiere und Pflanzen, umringt mit vielgeſtaltiger Finſterniß, haben wegen voriger Handlungen inneres Bewußtſeyn, und fühlen Vergnügen und Schmerz.“

---

* Hindu Geſetzbuch oder Menu's Verordnungen nach Cullucas Erläuterungen, ins Engl. überſ. von Jones, hieraus ins Deutſche von Hüttner. Weimar 1797.

Kap. IV., 32. (S. 124.) „Jeder Hausvater muß etwas nach Recht und Billigkeit, ohne ſeiner Familie zu ſchaden, für alle empfindenden, thieriſchen und pflanzenartigen, Weſen aufbehalten.“

Kap. V., 40. (S. 168.) „Graspflanzen, Vieh, große Bäume, Amphibien und Vögel, welche des Opfers wegen vertilgt worden ſind, gelangen in der nächſten Welt zu erhabenen Geburten.“

Kap. XI., 143. (S. 420.) „Wenn jemand einmal unvorſetzlicher Weiſe Fruchtbäume, vielſtaudige Gewächſe, hinauflaufende Pflanzen oder ſolche, die nach dem Abſchneiden wieder wachſen, vorausgeſetzt, daß ſie in der Blüte waren, als er ſie beſchädigte, niedergeriſſen hat, ſo muß er hundert Sprüche des Veda herſagen.“

145. „Wenn jemand aus Muthwillen und unnützer Weiſe Grasarten niederhaut, welche angebauet werden, oder welche von ſich ſelbſt im Walde wachſen, ſo muß er eine Kuh einen Tag über bedienen und blos Milch zu ſich nehmen.“

146. „Durch dieſe Beſtimmungen kann das menſchliche Geſchlecht die Sünde der, empfindenden Geſchöpfen zugefügten, vorſetzlichen oder unvorſetzlichen, Schäden ausſöhnen.*

In Meiners Geſchichte der Religionen (I. S. 215) leſe ich folgende Stelle:

---

* Die in XI. No. 143 und No. 145 feſtgeſetzten Bußen ſtehen unter einer Reihe anderer, welche für Tödtung von Thieren feſtgeſetzt ſind. Namentlich bezieht ſich 144 auf die Tödtung von Inſecten, welche in Getreide, Obſt und Blumen leben.

„Die Talapoinen in Siam dehnen das Gebot: tödte und verletze nicht! eben ſowohl über Pflanzen, und über den Samen oder die Keime von Pflanzen, als über Menſchen und Thiere aus, weil ſie glauben, daß alles, was lebe, auch beſeelt ſey. Sie vernichten einen Baum, und brechen den Aſt eines Baumes eben ſo wenig, als ſie einen Menſchen verſtümmeln. Sie eſſen keine unreife Frucht, um nicht die Kerne derſelben zu zerſtören, noch viel weniger die Kerne ſelbſt. Bei dieſer ſtrengen Enthaltſamkeit ſcheint es ihnen nicht unerlaubt, dasjenige zu genießen, was ohne ihre Schuld das Leben verloren hat; ſelbſt das Fleiſch der Thiere.“ (Aus Loubere descript. du royaume de Siam. Amsterd. 1700. I. S. 81.)

Ich will hierbei nur gelegentlich an die Hamadryaden der Alten erinnern, die, wenn ſie auch in ſpätern Zeiten einen Glauben an eigentliche Beſeelung der Bäume nicht mehr bedeuten mochten, doch ſicher nur von Vorausſetzung einer ſolchen ausgehen konnten. Dem rohen Menſchen iſt ja überhaupt Alles beſeelt in der Natur. Auch die Aegypter beteten Pflanzen an: „Quibus haec nascuntur in hortis numina“ ſagt Juvenal (Sat. XV.).

Carus hat ſonach Unrecht, zu ſagen (Pſyche. S. 113): „weder in unſrer noch in andren Sprachen ſey von einer Seele der Pflanzen jemals die Rede geweſen.“

Auch unter uns Neuern fehlt es übrigens nicht ganz an Beiſpielen Solcher, welche an eine Seele der Pflanzen glauben.

Percival hält das Vermögen der Pflanzen, ihre Wurzeln gegen den Ort, wo ſie die angemeſſenſte Nahrung finden, ihre Blätter und Stamm gegen das Licht zu verlängern, für einen Act des Willens, der nicht ohne Empfindung könne gedacht werden. (Transact. Soc. of Manchest.)

Auch F. C. Smith glaubt, daß den Pflanzen Empfindung und, was davon die Folge ſey, ein gewiſſer Grad von Glückſeligkeit nicht abgeſprochen werden könne, inſofern ſie auf einen Reiz Bewegungen, z. B. in ihren Blättern und Staubfäden, ausüben. (Smith introd. to botany. 2. ed. 5).

Bonnet, Vrolik, F. Hedwig und Ludwig neigen ebenfalls dahin, den Pflanzen Empfindung zuzuſprechen.

Martius legt den Pflanzen nicht nur Seele, ſondern auch eine Unſterblichkeit derſelben bei. (Martius: die Unſterblichkeit der Pflanzen, ein Typus; Reden. Stuttgart. 1838.) — Ich kenne dieſe Schrift nicht näher.

Wie vermöchten wir nach ſo vielen und ſo laut ſprechenden Stimmen der Völker unſere verneinende Stimme noch für untrüglich zu halten. Nun tritt aber noch hinzu, daß wir dieſe verneinende Stimme ſogar durch eine andere bejahende Stimme in uns ſelber Lügen ſtrafen, und zwar durch eine Stimme, die viel mehr als Naturſtimme betrachtet werden kann als jene, ich meine die Stimme der Poeſie und eines ſinnigen Gemüths. Während wir die Seele der Pflanzen läugnen, brauchen wir ja doch fortwährend in der Poeſie wie im Leben Bilder von den Pflanzen, als wären ſie beſeelt, fühlen uns gemüthlich von ihrem Leben angeſprochen. Wir glauben freilich nicht mit dem Verſtande daran, aber trotz dieſes Unglaubens äußert ſich Vieles in uns unwillkürlich im Sinne dieſes Glaubens, und würde es wohl noch mehr thun, wenn wir nicht immer meinten, es ſey doch ein Irrthum. Und nun ſage ich: dieß vielmehr iſt die Natur, die durch unſere anerzogenen Vorſtellungen ſich fortwährend noch Bahn bricht. Denn in der That etwas Anerzogenes ſind dieſe Vorſtellungen, und zwar auf Grund einer Betrachtungsweiſe der Natur Anerzogenes, die der urſprünglichen und unmittelbaren Weiſe, ſie aufzufaſſen, wohl ſehr fern liegt; nicht aber ſind ſie aus ſolcher ſelbſt erwachſen; wie es der Einwand darſtellen will, da ſie ja ſonſt noch beſtimmter als bei uns unter Völkern hervortreten müßten, die dem Naturzuſtande noch näher ſind; nun aber iſt es umgekehrt. So viel zwar iſt zuzugeſtehen, daß es viel leichter fallen müßte, im Entfernen von dieſem Naturzuſtande die Seele der Pflanzen als der Thiere aus den Augen zu verlieren, denn die Analogie der letztern mit uns bleibt doch viel directer und näher; aber dieß iſt nur begünſtigend, nicht entſcheidend für die Weiſe, wie ſich jetzt unſer Gefühl in dieſer Sache ſtellt. Der Eindruck der Seelenloſigkeit, den die Pflanzen uns ſo unvermittelt zu machen ſcheinen, rührt vielmehr mindeſtens eben ſo ſehr von der Weiſe her, wie wir gelernt haben ſie zu betrachten, als wie ſie wirklich ausſehen; und gerade mit dieſer Weiſe der geiſtigen Betrachtung nehmen wir ihnen, was wir ihnen damit geben ſollten; denn des Geiſtes wäre es, den Geiſt auch da zu finden, wo ihn das Auge nicht ſieht.

In der That, wie können wir uns wundern, wenn uns gar nicht einfällt, an eine Seele der Pflanzen zu denken, da wir von Jugend auf von den Pflanzen ſo haben reden hören, als könnte von einer Seele derſelben nicht die Rede ſeyn. Wir verdammen die Pflanzen nicht anders zum Tode als der Muhammedaner die Chriſten zur Hölle. Was unter Aeltern, Lehrern, in der Moſchee, auf allen Gaſſen als eine ausgemachte Sache gilt, wie ſollte dem jungen Moslem daran ein Zweifel beifallen? Er ſieht den Giaurs die Verdammniß auf dem Geſichte geſchrieben. So wir den Pflanzen die Seelenloſigkeit. In Raffs Naturgeſchichte (S. 12) leſe ich gleich als Definition der Pflanze: „eine Pflanze iſt ein Gewächs, das aus der Erde wächſt und lebt, aber keine Empfindung hat, und ſich nicht von einem Orte zum andern bewegen kann.“ Und belehrt man das Kind nicht ſo in ausdrücklichen Worten, benimmt man ſich doch ſo, daß es den Unterſchied wohl einſieht, den man zwiſchen Pflanzen und Thieren in Hinſicht der Beſeelung macht.

Man laſſe ſtatt deſſen einmal die Mutter zu ihrem Töchterchen ſagen: Sieh, mein Kind, das Blümchen freut ſich auch ſeines Lebens, was ihm Gott gegeben, wie du, nur in anderer Weiſe; alle Blümchen haben Seelen, wenn auch nicht ſo verſtändige wie die Menſchen, aber doch recht liebliche; und du mußt keine Blume aus bloßem Muthwillen abreißen. Zwar zum Kranze oder um jemand einen Strauß zu bringen, kannſt du es; denn die Thiere haben ja auch Seelen; aber Gott hat ſie doch beſtimmt, von den Menſchen gegeſſen zu werden; ſo hat er die Blumen auch beſtimmt, ihr Leben hinzugeben, um des Menſchen Leben damit zu ſchmücken; Jedes muß ſeine Beſtimmung erfüllen. — Man laſſe den Lehrer zum Knaben in der Schule ſagen: Die beſeelten Weſen theilen ſich der Hauptſache nach in zwei Claſſen, ſolche, die in der Erde feſtgewachſen ſind, das ſind die Pflanzen, und ſolche, welche ſich darüber hinwegbewegen können, das ſind die Menſchen und Thiere. Die Pflanzen ſind uns zwar unähnlicher als die Thiere, aber da ſie doch lebendig wie dieſe wachſen, entſtehen, vergehen und in der Natur eben ſo viel für den Zweck ihrer Erhaltung und Vermehrung gethan iſt als für die Thiere, und noch aus dieſen und jenen andern Gründen müſſen wir ſie für eben ſo gut beſeelt halten als die Thiere. Doch haben die Menſchen das nicht zu allen Zeiten geglaubt; ſeht, ihr Kinder, in dieſer Beziehung ſind wir gegen früher viel weiter. — Man laſſe überhaupt unter denen, unter welchen das Kind aufwächſt, die Seele der Pflanzen eben ſo wenig in Frage geſtellt ſeyn als die Seele der Thiere, und es wird dem Kinde auch niemals die Frage einfallen, ob nicht die Pflanzen auch unbeſeelt ſeyn könnten; da ihnen ja auch in Betreff der uns unähnlichſten Thiere ſolche nicht einfällt. Schon der Name Thier genügt jetzt als Beweis der Seele. Und was den Leuten nie als Kind eingefallen, würde ihnen auch als Erwachſenen nicht einfallen, wenn die Pflanzen zu wachſen, zu blühen, zu duften fortführen, wie zur Kinderzeit. So iſt nun einmal der Menſch.

Alſo man täuſcht ſich, wenn man unſern heutigen und hieſigen Unglauben an die Beſeelung der Pflanzen aus grundnatürlichen Vermittelungen ableitet, weil man ihn aus keinen vernünftigen Gründen zulänglich abzuleiten vermag, und er uns gekommen iſt, wir wiſſen nicht wie; man irrt, wenn man ihn hierdurch gerechtfertigt findet. Wohl mancher Dieb kommt in der Nacht und raubt uns, was wir billig beſitzen ſollten, und iſt darum noch nicht im Rechte. Und ſehen wir nur näher zu, läßt ſich auch wohl die Oeffnung noch finden, durch die er hereingekommen.

Zunächſt ſind es, wie geſagt, Einflüſſe der Erziehung, denen wir jenen Unglauben verdanken; aber es bleibt noch die Frage, was ihn in dieſe ſelbſt eingeführt hat? Meines Erachtens iſt der tiefere rückliegende Grund unſerer jetzigen Betrachtungsweiſe der Pflanzen darin zu ſuchen, daß der Menſch im Hinausgehen über den anfänglichen Naturzuſtand, wo er nach einer ſchrankenloſen Analogie noch die ganze wirkende Natur für göttlich beſeelt und für lebendig gleich ſich ſelbſt hielt, über das rechte Ziel hinausgegangen iſt und nun gar zu enge Schranken der Analogie zieht. Wo die ganze Natur noch als göttlich beſeelt gilt, da iſt es viel leichter, individuelle Seelen als beſondere Ausgeburten der allgemeinen Beſeelung anzuerkennen, als wo, wie bei uns, der göttlich beſeelte Geiſt aus der Natur heraus, über ſie emporgeſtiegen iſt, und ſie entſeelt zurückgelaſſen hat. Da hat er auch die Seelen der Pflanzen mitgenommen; und wenn wir nicht unſere eigne Seele fühlten, und nicht von uns zum Affen und vom Affen abwärts zum Wurm der Faden der Aehnlichkeiten ſich gar zu deutlich fortſpönne, würden wir unſre und der Thiere Seele ſo gut leugnen als die der Pflanzen. Denn unſer jetziges Princip iſt, überall ſo wenig Seele als möglich in in der Natur anzuerkennen. Wiſſenſchaft, Kunſt, Religion, Unterricht von erſter Jugend an haben ſich mit dieſer Betrachtungsweiſe der Natur durchdrungen, alle Sphären des Glaubens und Wiſſens den tiefſten Eingriff davon erfahren. Es ändern, heißt eine Welt ändern. Erinnern wir uns aber, daß die entwickeltſte Erkenntniß, nur mit Bewußtſeyn, häufig zu dem Stande zurückkehrt, mit dem die Entwickelung der Erkenntniß begonnen hat, ſo werden wir unſerer jetzigen Betrachtungsweiſe der Natur nicht gar zu viel Gewicht beilegen dürfen, trotz dem, daß ſie uns eine ſo fortgeſchrittene erſcheint. Vielleicht iſt ſie eben deßhalb dem Puncte des Umlenkens nur um ſo näher.

Wenn der Menſch wird endlich einſehen lernen, daß Gott, unbeſchadet ſeiner Höhe und Würde, in die Natur wieder einzugehen vermag, aus der er ſich für den rohen Menſchen noch gar nicht gelöſt hatte, ohne deßhalb in den uns ſichtbarlichen Aeußerlichkeiten und Einzelnheiten derſelben aufzugehen und ohne daß deßhalb die Individualitäten ſeiner Weſen in ihm erlöſchten; ſo werden auch mit der allwärts verbreiteten Seelenſubſtanz individuelle Geſtaltungen aus ihrem Borne heraus leichter wieder Anerkennung finden. Doch auf ſolchen Ausſichten können wir jetzt nicht fußen; vielmehr muß es ſelbſt erſt gelten, Thüren und Fenſter dazu zu öffnen, und ein ſolches Fenſterlein ſoll auch dieſe Schrift ſein, indem ſie die Ausſicht in einen blühenden Seelengarten öffnet.

Die vorigen Betrachtungen namentlich ſind es, welche mich faſt mehr Gewicht auf Geſichtspuncte legen laſſen, die geeignet ſind, das verzogene Gefühl der Menſchen in Betreff der Stellung der Pflanzen in der Natur umzuſtimmen, als auf verſtandesmäßig entwickelte Gründe; da die gegen die Seele der Pflanzen gerichtete Anſicht, die wir zu bekämpfen haben, ſelbſt vielmehr auf Gefühls- als klar entwickelte Verſtandes-

Gründe ſich ſtützt. Indeß werden wir uns der letztern doch nicht entſchlagen dürfen; und namentlich der Betrachtung der Gegengründe nicht entſchlagen dürfen, um ihnen nicht ihr ſcheinbares Gewicht zu laſſen, was ſie doch nur dadurch gewinnen, daß man zu ihrem Gewicht die ſchon vorgefaßte Ueberzeugung ſchlägt.

Von allen dieſen Gegengründen will ich nun den gröbſten zuerſt herausgreifen, der aber gerade deßhalb vielleicht bei den Meiſten am meiſten wiegen dürfte. Er möchte uns ſonſt bei einem Gange, den wir ſo leicht wie möglich zu halten wünſchten, immer als ein Stein des Anſtoßes im Wege liegen. Manche Philoſophen zwar werden leicht darüber hinausfliegen; deſto ſchwerer manche Naturforſcher, die in der Natur zu gehen, nicht darüber zu fliegen gewohnt ſind.

Hier eine Zuſammenſtellung der in den folgenden Abſchnitten noch zu erledigenden Einwürfe:

1) Die Pflanzen haben keine Nerven (III).
2) Sie haben keine freie willkürliche Bewegung (VII).
3) Es fehlt ihnen ein Central-Organ und überhaupt Alles, was als Ausdruck einer verknüpfenden Seelen-Einheit zu fordern wäre (XIII).
4) Man ſieht ſie ſchonungslos niedergetreten, gemäht, gehauen und überhaupt ſchutzlos jeder Art zerſtörenden Eingriffs preisgegeben. Es widerſtrebt aber unſerm Gefühl zu glauben, daß dieß das Schickſal empfindender Weſen ſeyn könne (VI).
5) Sie erſcheinen ſo ganz auf Zweckerfüllung für Menſchen- und Thierwelt berechnet, einer fremden Seelenwelt zu Dienſt geſtellt, daß man nicht auch noch eigne Seele und Selbſtzweck in ihnen ſuchen kann (X. XI).

6) Wenn ſchon die pflanzenähnlichen Thiere nur zweideutige Zeichen von Seele geben, kann bei den eigentlichen Pflanzen gar nicht mehr von Seele die Rede ſein (XII).

7) Es laſſen ſich für einen, von dem der Thiere verſchiedenen, noch niedrern Seelenſtand überhaupt keine zulänglichen Vorſtellungen faſſen (XIV).

Die Hauptgeſichtspuncte, aus denen die Erledigung dieſer Einwürfe hervorgeht, finden ſich kurz im Schluß-Reſumé zuſammengeſtellt.

III. Die Nervenfrage.

Unleugbar, daß, wenn man nur jene eiweißartigen Fäden, die man Nerven nennt, in den Pflanzen entdeckte, die Schwierigkeit, ihnen Seele zu zuzugeſtehen, für Viele ſehr vermindert erſcheinen würde. Nun ſchließt man freilich, daß Nerven zur Seele nöthig ſind, ſelbſt zum Theil erſt daraus, daß die ſeelenlos vorausgeſetzten Pflanzen keine haben; doch iſt es dieſer Cirkelſchluß nicht allein, der hier ins Spiel kommt; hauptſächlich vielmehr folgende Betrachtung:

Wenn man das, bekanntlich aus feinſten Nervenfaſern zuſammengeſetzte, Gehirn eines Menſchen oder Thieres zerſtört, ſo zerſtört man hiermit zugleich alle äußern Bedingungen und Erſcheinungen ihres Seelenlebens; deßgleichen kann man durch Zerſchneidung oder Zerſtörung beſonderer Nervenpartien das Vermögen zu beſonderen Empfindungen aufheben. Geben aber die Thiere keine Zeichen von Seele und Empfindung mehr von ſich, nachdem man ihre Nerven zerſtört hat, ſo werden die Pflanzen von vorn herein keine Seele und Empfindung haben können, da ſie von vorn herein keine

Nerven haben. Die Nerven beweiſen eben hiermit, daß ſie, wenigſtens in unſerem irdiſchen dieſſeitigen Leben, weſentliche Bedingungen zum Beſeeltſeyn oder Werkzeuge ſind, welche die Seele braucht, ſich unter den Bedingungen dieſes Dieſſeits zu äußern.

Nichts mag triftiger ſcheinen als dieſer Schluß, und nichts kann untriftiger ſein.

Ich ſetze ihm folgenden entgegen: Wenn ich von einem Clavier, einer Violine, einer Laute, alle Saiten herunterreiße oder ſie zerſtöre, ſo iſt es aus mit den Tönen dieſer Inſtrumente; ich mag daran hämmern, klopfen, wie ich will: es entſtehen ungeregelte Geräuſche; ein eigentlicher Ton, gar eine melodiſche oder harmoniſche Folge oder Verknüpfung von Tönen läßt ſich abſolut nicht mehr hervorbringen; deßgleichen läßt ſich durch Wegreißen beſonderer Saiten das Vermögen zu beſonderen Tönen aufheben; offenbar ſind alſo die Saiten weſentliche Bedingungen zur Erzeugung der Töne; ſie ſind ſo zu ſagen die Nerven jener Inſtrumente. Und hieraus folgt nun ganz eben ſo wie vorhin, daß die Flöte, Querpfeife, Orgel von vorn herein der Töne, namentlich der melodiſchen und harmoniſchen Verbindung von Tönen, unfähig ſind, weil ſie ja von vorn herein keine Saiten haben.

Der Vergleich iſt in ſofern recht paſſend, als wir hier ein Mittel, objectiv Empfindungen zu erzeugen, mit Mitteln, ſubjectiv Empfindungen zu erzeugen, vergleichen, wobei ſich ein gewiſſes Entſprechen vielleicht von vorn herein vorausſetzen läßt. Die Violine giebt Andern, der Leib ſich ſelbſt

Empfindungen durch ihr Spiel. Der Leib iſt ſo zu ſagen eine Violine, die das innere Spiel ihrer Saiten ſelbſt fühlt.

Nun aber, wenn ich ſehe, daß die Flöte doch wirklich, trotz meines ſchönen Schluſſes, Töne giebt, objectiv Empfindungen erzeugt, ohne Saiten zu haben, ſo weiß ich nicht, warum nicht auch die Pflanze ſubjectiv Empfindungen ſoll erzeugen können, ohne Nerven zu haben. Die Thiere könnten ja eben die Saiten-Inſtrumente, die Pflanzen Flöten-Inſtrumente der Empfindung ſein. Dann würden freilich auch beider Empfindungen ſich eben ſo ſubjectiv unterſcheiden müſſen wie die Empfindungen, welche Saiten- und Blas-Inſtrumente hervorbringen, ſich objectiv unterſcheiden; aber es könnten doch in beiden gleich laute und gleich melodiſch oder harmoniſch zu pſychiſcher Einheit verknüpfte Empfindungen ſein.

Es iſt in der That nicht abzuſehen, warum der Natur weniger mannigfaltige Mittel zu Gebote ſtehen ſollten, ſelbſtgefühlte Empfindungen hervorzubringen, als unſerer Kunſt zu Gebote ſtehen, von Andern gefühlte Empfindungen hervorzubringen; da doch ſonſt die Natur in ihren Mitteln reicher und mannigfaltiger iſt als wir; wir auch ſonſt ſehen, wie die Natur denſelben allgemeinen Zweck durch die größte Mannigfaltigkeit von Mitteln nach den verſchiedenſten Principien zu erreichen liebt. Bei den Menſchen, vierfüßigen Thieren, Vögeln bilden die Athemwerkzeuge einen nach einwärts, bei den Kiemen-Thieren einen nach auswärts geſtülpten Baum; wir ſchreiten durch Fortſetzen der Beine fort; andere Geſchöpfe ſchreiten durch Zuſammenziehungen des Leibes fort, wie die Blutegel; andere haspeln ſich durch Wimperbewegungen fort, wie viele Infuſionsthiere u. ſ. w., was Alles nach total verſchiedenen Principien erfolgt. Der ideelle Zweck, durch Ortsveränderungen zu erlangen, was zum Leben gebraucht wird, iſt doch überall dabei der nämliche. Sollte nun wirklich die Natur ſo ſteif dabei ſtehen geblieben ſeyn, geiſtige Organiſation an leibliche Organiſation blos mittelſt Nervenbanden zu knüpfen? Im Gegentheil, weil ſie mir in dieſem Falle ärmer und rathloſer als gewöhnlich erſchiene, erwarte ich, daß es neben den Thieren, wo ſie den Plan der pſychiſchen Organiſation mit Hülfe von Nerven durchgeführt hat, noch ein anderes Gebiet geben wird, wo ſie ihn in anderer Weiſe durchgeführt hat.

Was liegt denn überhaupt in der Eiweißmaterie der Nerven ſo Wundervolles, das ſie allein zu Trägern oder Vermittlern von Seelenthätigkeit eignete. Mir ſcheint der Faſerſtoff der Pflanzen, wenn man einmal Faſern verlangt, ganz ebenſo gut dazu geeignet; er wird nur eben für die Dispoſitionen der Pflanzen paſſender ſein, und das Eiweiß für die der Thiere. Alles will in ſeinem Zuſammenhange betrachtet ſein. Auf der Sonne wird es weder Nerven von Eiweiß noch Faſerſtoff geben können, es würde Alles verbrennen; vielleicht giebt es da ſolche von Platin. Vielleicht giebt es überhaupt da keine; denn die Nerven ſind eben gewiß nur ein Mittel, in gegebenem Zuſammenhange Empfindungen auf eine beſondere Weiſe zu organiſiren, was anderwärts durch andere Mittel vertreten werden kann. Einen rohen Klang giebt ſelbſt der Clavierkaſten ohne Saiten; ja giebt jeder Körper überhaupt beim Anſtoß; ſo mag auch jede Bewegung in der Welt vielleicht etwas Pſychiſches an ſich tragen; nun handelt es ſich nur um die Bedingungen, dieß ſo zu fügen, daß dieſer Beitrag nicht blos im allgemeinen göttlichen Leben aufgehe, ſondern auch einem Geſchöpf für ſich zu Gute komme. Nach den Bedingungen hiervon werden wir noch beſonders zu fragen haben; aber es iſt von vorn herein höchſt unwahrſcheinlich, daß blos Nerven dazu tauglich ſein ſollten; ja daß überhaupt die Fädenform dazu weſentlich ſei. Iſt es wirklich wahr, daß die ganze Welt ein Träger, Ausdruck des göttlichen Geiſtes iſt, ſo wird man ja fragen müſſen, wo die Nerven Gottes laufen, und ſehen wir, daß die fernen Weltkörper ohne lange Seile zwiſchen ihnen doch zu einem in ſich einigen Syſtem durch Licht und Schwere verknüpft ſind, ſo werden wir den unmittelbar übereinander gebauten Zellen der Pflanzen um ſo mehr ein zuſammenhängendes Wirken, wie man es als Ausdruck des Wirkens einer Seele fordern muß, zutrauen können, da die Zeichen durch den ganzen Bau bezugsreich wirkender Kräfte ja augenfällig in der ganzen Geſtaltung des Baues ſelbſt zu Tage liegen.

Man kann der vorigen Analogie andere zur Seite ſtellen, die gleiches Sinnes mit ihr ſind, und es mag nützlich ſein, dieß noch in einigen Beiſpielen zu thun. Wir ſind nun einmal hier weſentlich an Analogien gewieſen, und läßt ſich auch damit allein nichts beweiſen, ſo läßt ſich doch ein Gegenbeweis damit entkräften, und die Art, wie dieſer Gegenſtand zu faſſen ſein möchte, in verſchiedener Form erläutern.

Die Flammen unſerer Lampen und Lichter brennen mittelſt Dochten, aus Fäden zuſammengedreht. Unſere Seelenflammen auch. Die Sonne, eine Gasflamme, brennt ohne Docht. So wird es auch wohl Seelenflammen geben können, die ohne Dochte aus Fäden brennen. Lichter und Lampen mit Dochten haben freilich ihre Bequemlichkeit; ſie laſſen ſich leicht allwärts hintragen, Gasflammen nicht; aber brennen dieſe deßhalb weniger hell, und haben ſie nicht auch ihrerſeits Vortheile? So ſind die Thiere tragbare, die Pflanzen feſtſtehende Seelenlampen. Warum ſoll die Welt blos mit tragbaren Lampen erleuchtet ſein? Jeder große Saal iſt ſogar mehr mit feſten als tragbaren Lampen erleuchtet; die Welt iſt aber der größte Saal. Und in Wahrheit können wir die Seelen recht eigentlich mit Flammen vergleichen; weil ohne ſie die Welt ganz dunkel wäre. Es iſt eben wieder der Vergleich des Subjectiven mit dem Objectiven, wie bei den Inſtrumenten der Töne. Wie viele Mittel giebt es überhaupt, objectives Licht anzubringen und zu unterhalten, und nun wollen wir die Natur in der Freiheit, das ſubjective Seelenlicht anzubringen und zu unterhalten, ſo ganz auf das enge Mittel der Nervendochte beſchränken.

Die Kreuzſpinne fängt ihren Raub mittelſt eines Netzes aus feinen und langen Fäden; ohne das Netz weiß ſie nichts zu fangen. Aehnlich mit unſerer Seele. Nur mit einem Netze feiner Nervenfäden vermag ſie Empfindungen zu fangen, indem ſie belauſcht, was aus der Außenwelt dieſe Fäden berührt. Aber brauchen deßhalb alle

Spinnen ein ſolches Netz, ihren Raub zu fangen? Mit Nichten; es giebt ſolche, die ihn unmittelbar aus einem Hinterhalte ergreifen. So könnten alſo auch die Pflanzen ihre Empfindungen ohne Nervennetz unmittelbar zu ergreifen wiſſen. Wenn wir die Spinne in ihrem Loch nicht ſehen, und kein Netz ſehen, meinen wir freilich wohl auch, es ſei blos ein Loch und keine Spinne da. Aber das Netz macht nicht die Spinne; ſondern die Spinne macht das Netz oder macht auch wohl kein Netz und kann deßhalb doch noch eine Spinne ſein.

Wenn Jemand im Wagen ſitzt und fährt, braucht man nur die Stränge durchzuſchneiden, wodurch die Pferde mit dem Wagen verbunden ſind; ſo bleibt der Wagen ſtehen, die Pferde aber laufen, wer weiß wohin. Iſt aber deßhalb eine verſtändige Beherrſchung der Pferde, die ich hier der Beherrſchung des Leibes durch eine Seele vergleiche, blos mittelſt langer Stränge möglich? Nur in ſofern wird es nöthig ſein, als der Lenker in einem abgeſonderten Kaſten ſitzt, wie unſer Geiſt, *freilich nur ſo zu ſagen*, im Gehirnkaſten. Aber man laſſe den Lenker ſich auf das Pferd ſelbſt ſetzen, ſo bedarf er nur der kurzen, wenig ins Auge fallenden Zügel, ja wenn er auf das Pferd recht mit Knieen, Gerte und Zunge eingerichtet iſt, bedarf er gar keiner Zügel. So könnten die Pflanzen nun auch Geſchöpfe ſein, wo der Reiter der Seele unmittelbar auf dem Gliederbaue des von ihm beherrſchten Leibes ſäße, während er bei uns erſt durch Stränge von einem abgeſonderten Theile darauf wirkt.

Dergleichen Analogien ließen ſich noch wie viele bringen! und warum ſollten ſie, geſchöpft wie ſie ſind aus dem allgemeinen Sachbeſtande der Natur, dem Geſichtspunkte beſchränkteſter Analogie weichen müſſen, nach dem man Seele in den Pflanzen vermißt, weil man Nerven, ein beſonderes Mittel der Seele, in ihnen vermißt. — Man kann aber dieſen Analogien noch durch eine viel directere Betrachtung zu Hülfe kommen.

Wir ſehen, daß Athmen, Säftelauf, Stoffwechſel, Ernährung in den Thieren nur mit Hülfe von Nerven, den ſogenannten Gangliennerven, von Statten gehen; in den Pflanzen giebt es keine ſolchen Nerven; doch gehen Athmen, Säftelauf, Stoffwechſel, Ernährung noch ſo gut als im Thiere von Statten; ja es beſteht, wie man meint, das ganze Leben der Pflanze eben nur darin. Kann aber die Pflanze ohne Nerven athmen und ſich nähren, warum nicht auch empfinden? Man ſieht eben hier auf das Deutlichſte, ja unwiderleglich, daß in den Pflanzen Vieles in andere Mittel gelegt iſt, was bei den Thieren in Nerven-Wirkſamkeit gelegt iſt. Den Pflanzen gehen freilich, außer den Ganglien-Nerven, auch noch die Gehirn- und Rückenmarks-Nerven (Cerebroſpinalnerven) ab, und nur an die Thätigkeit dieſer pflegt man die Seelenthätigkeit geknüpft zu halten; aber geht in den Pflanzen ohne Ganglien-Nerven etwas Sichtbares vor, was bei Thieren nur mit Ganglien-Nerven vor ſich geht, warum ſollte nicht auch ohne Cerebroſpinalnerven etwas Unſichtbares in ihnen vor ſich gehen können, was bei Thieren nur mit ſolchen vor ſich geht.

Des Nähern halten wir das Nervenſyſtem gewöhnlich dazu mühe, Behälter und Leiter irgend eines feinen unwägbaren materiellen Kraftſubſtrats oder Agens zu ſein, welches ſo zu ſagen das Mittelglied zwiſchen der Seele und dem gröbern Leibe bilde, mittelſt deſſen ſich die Impulſe von der Seele zum Körper forterſtrecken und die Empfindungen vom Körper zurückerſtrecken. Ich will dieſe Vorſtellung hier weder vertheidigen noch verwerfen; aber wollen wir ſie gelten laſſen, ſo iſt gar keine Verlegenheit, das Spiel eines eben ſolchen Agens auch ohne Nerven in den Pflanzen wiederzufinden. Wir wiſſen zunächſt gar nicht, wie die Pflanze das macht, mit ihrem verhältnißmäßig einfachen Zellenbau Stärkmehl, Zucker, Gerbſtoff, die verſchiedenſten Säuren, Alkaloide, Geruchſtoffe, Farbſtoffe, Gifte, Fette, Harze, Schleime u. ſ. w. u. ſ. w. aus unorganiſchen Stoffen zu erzeugen; jede Pflanze erzeugt etwas Anderes mit einem andern Bau, ohne daß wir doch irgendwie begreifen können, wie die andere Anordnung von Zellen, Faſern, Röhren dieß bewirken könne; ein ſicherer Beweis, daß hier eben noch etwas mehr als blos Faſern, Zellen, Röhren wirkſam ſind. Daß nun dieß Mehr wirklich wenigſtens mit in einem feinen unwägbaren Agens liege, dafür ſpricht der Umſtand, daß ſchon bei den gewöhnlichen chemiſchen Erſcheinungen, die außerhalb des Organismus von Statten gehen, ein ſolches mit im Spiele iſt; Elektricität wird dabei theils erzeugt, theils wirkt die erzeugte auf den chemiſchen Proceß zurück; und ſo wird es keine Schwierigkeit haben, vielmehr die größte Aufforderung vorliegen, auch bei den ungewöhnlichen chemiſchen Erſcheinungen in den Pflanzen ein ſolches im Spiele vorauszuſetzen, das (oder deſſen Spiel) nur eben ſo von dem Agens (oder Spiel), das die gewöhnlichen chemiſchen Erſcheinungen beherrſcht, ſich unterſcheiden mag, als beiderlei Erſcheinungen ſelbſt ſich von einander unterſcheiden. Iſt doch Grund zu glauben, daß auch die Erzeugung des Nerven-Agens, welcher Natur es immer ſein mag, in den Thieren mit den darin vorgehenden chemiſchen Proceſſen zuſammenhängt, ſo wie darauf rückwirkt; ſo daß die Structur und Anordnung des Nervenſyſtems nur für die Vertheilung und Verbreitung deſſelben von Bedeutung erſcheint.

Alſo die Bedingungen der Erzeugung und des Spiels eines ſolchen feinen Agens, das der Seele als Mittelglied dienen könne, will man ein ſolches fordern, vermißt man im Pflanzenleibe ebenſo wenig als im Thierleibe; nur die Bedingungen einer geregelten Verbreitung oder Vertheilung deſſelben, wie ſie das geordnete Wirken einer Seele verlangt, könnten mit dem Nervenſyſteme zu fehlen ſcheinen. Aber da wir nicht im Geringſten wiſſen, was die Nerven ſelbſt geeignet macht, das etwaige Nervenagens iſolirt zu leiten, ja dieß uns ſogar bis jetzt ſchwer erklärlich ſcheint, ſo können Spiral- und andere Faſern der Pflanze ganz ebenſo tauglich ſein, ein ähnliches Agens iſolirt zu leiten, wenn es, was wir noch ſehr fraglich halten, ſolcher Leitung in ähnlichem Sinne als im Thiere bedürfen ſollte.

Im Grunde iſt die ganze Annahme von einem unwägbaren Agens in den Nerven nur eine Hypotheſe, auf die wir freilich mit einer gewiſſen Wahrſcheinlichkeit aus Erſcheinungen ſchließen können; es hat aber hier kein Intereſſe, darauf zu fußen, ſondern nur zu zeigen, daß, wenn man darauf fußen will, die Pflanzen die Bedingungen zu einem geordneten Spiele dieſes Agens, wie man es der Seele nöthig halten mag, ſo gut in ſich haben als die Thiere; will man aber für das Spiel eines ſolchen Agens das irgend andrer Kräfte ſubſtituiren, wird ſich immer auch eine analoge Betrachtung darauf übertragen laſſen.

Statt hierbei Vorausſetzungen von etwas zu Grunde zu legen, wovon wir gar nichts wiſſen, wäre es jedenfalls am beſten, von Erfolgen rückzuſchließen, die deutlich vor Augen liegen. Wir ſehen doch ganz geordnete Erfolge in den Pflanzen. Die Säfte laufen in beſtimmter Richtung, die Blüte ſteigt nach gewiſſen Regeln über der Pflanze auf, die Blätter ſetzen ſich nach gewiſſer Regel im Umfang an; gewiſſe Zellenreihen füllen ſich ordnungsmäßig mit dieſen, andere mit jenen Stoffen; man betrachte auf manchem bunten Blütenblatte die ganz regelmäßigen Zeichnungen, welche beweiſen, daß die farbigen Säfte ganz beſtimmte Wege nehmen,oder die Farbenproceſſe ſich in ganz beſtimmter Weiſe ſpecialiſiren. Alles das ſpricht doch jedenfalls für ein geordnetes Spiel von Kräften, mögen dieſe Kräfte und ihre Träger heißen wie ſie wollen; die Pflanze giebt darin dem Thier nichts nach; auch befolgt jede Pflanze eine andere Ordnung als die andere, wie jedes Thier mit anderm Nervenſyſteme, ungeachtet die Pflanze überhaupt keins hat. Alſo anſtatt von Abweſenheit der Nerven auf Mangel an Ordnung der in der Pflanze waltenden Kräfte, wie ſie auch heißen mögen, zu ſchließen, ſollte man umgekehrt von dem Daſein der Ordnung auf unbekannte Bedingungen dieſer Kräfte ſchließen; und es ſich dann nicht anfechten laſſen, daß man dieſe doch noch nicht des Nähern kennt. Nur einen Beweis unſerer Unwiſſenheit, nicht ihrer Abweſenheit kann man darin ſehen.

Ich will nicht in Anſchlag bringen, daß in manchen niedern Thieren, insbeſondere den Polypen, denen Empfindung und willkürliche Bewegung beizulegen bisher noch Niemand Anſtand genommen, bisher auch noch keine Nerven haben entdeckt werden können. Unſtreitig würde man entgegnen: ſie werden ſchon noch einmal entdeckt werden; ſie ſind nur zu fein, durchſichtig, vereinzelt, als daß es bis jetzt gelungen wäre. Es mag wirklich ſo ſein. Ich habe weder Grund noch Intereſſe, es zu bezweifeln. Dieſelbe Ausſicht ſtände dann auch bei den Pflanzen offen; aber ich bin weit entfernt, ſie zu gebrauchen; es bedarf ihrer nicht; die Anſicht, daß bloß mittelſt Nerven Empfindung möglich ſei, beruht überhaupt nur auf einer willkürlichen Hypotheſe oder dem Fehlſchluſſe: weil Nerven bei Thieren zur Empfindung nöthig ſind, ſind ſie überall dazu nöthig. Was kann man dagegen haben, wenn ich den andern Schluß entgegenſetze: weil die Pflanzen keine Nerven zur Empfindung haben, werden ſie etwas Anderes dazu haben. Ein Schluß iſt ſo viel werth als der andere, d. h. keiner taugt für ſich etwas; es kommt darauf an, wie man ihn ferner ſtützen kann.

Man könnte daran denken, und hat wirklich, beſonders früherhin, viel daran gedacht, die Spiralfaſern (Spiralgefäße) der Pflanzen zu Vertretern der Nerven zu machen. Oken ſagt in ſeiner Naturphiloſophie II. S. 112 geradezu: „Die Spiralfaſern ſind für die Pflanzen das, was die Nerven für das Thier ſind.

Sie können mit vollem Rechte Pflanzennerven heißen, und ich freue mich, ſie in dieſes Recht einſetzen zu dürfen. Sie bedingen die Bewegung und Erregung der organiſchen Proceſſe" u. ſ. w. — Ich meinerſeits glaube nicht, daß bei dem ganz anders gearteten, ja, wie ſich ſpäter herausſtellen dürfte, in gewiſſer Hinſicht gerade entgegengeſetzten Organiſationsplane der Pflanzen gegen den der Thiere von wahrer Vertretung der Nerven durch irgend welche Organe die Rede ſeyn kann; jede Analogie wird nur ſehr unvollſtändig bleiben. Da es inzwiſchen bei aller Verſchiedenheit doch auch eine Seite der Einſtimmung zwiſchen beiden Organiſationsplanen geben wird, ſo mag ſich immer ſagen laſſen, die Spiralfaſern ſeyen das in den Pflanzen, was den Nervenfaſern im Thiere noch am meiſten entſpricht; ſei es auch, daß dieß Entſprechen noch in geringerem Maße ſtattfinden mag, als zwiſchen den Pfeifen einer Orgel und den Saiten eines Claviers, die ſich in gewiſſer Hinſicht als tongebende Körper allerdings ganz in beiden Inſtrumenten zu entſprechen ſcheinen, von anderer Seite aber wieder gar nicht entſprechen, da der feſte Körper der Pfeife gar nicht das Selbſttönende in der Orgel iſt, während es doch die feſten Saiten in dem Clavier ſind; jene tönen nämlich blos von der inwendigen Luft angeſtoßen etwas mit, während umgekehrt im Saiteninſtrument die Luft von den Saiten angeſtoßen mittönt. Dieſe Unmöglichkeit einer ſtrengen Durchführung der Analogie in Rückſicht genommen, kann es dann immer von Intereſſe ſeyn, dieſelbe doch ſo weit zu verfolgen, als thunlich, d. h. als die Data dazu in der Erfahrung ſelbſt liegen. Und ſo findet man namentlich folgende Vergleichspunkte zwiſchen Spiralfaſern und Nerven.

Die Spiralfaſern, Spiralgefäße, der Pflanzen bilden ſich gleich den Nervenfaſern aus einer Verſchmelzung an einander gereihter Zellen und ſtellen, wie dieſe, eigentlich feine Röhrchen dar, nur daß ſie im ausgebildeten Zuſtande blos Luft führen, während die Nervenfaſern oder Nervenröhrchen ein flüſſiges Weſen zu enthalten ſcheinen. Die Spiralfaſern erſtrecken ſich in einem continuirlichen Zuſammenhange durch die Pflanze, verzweigen ſich nie, ſondern die größeren Bündel geben blos kleinere Bündel durch Abbeugen der Faſern von ſich ab. Ihre Stellung iſt central gegen die anderen Or-

1/7

ten Faſern und Zellen der Pflanze, indem jedes Spiralfaſerbündel von ſolchen umſchloſſen wird, und zwar vorzugsweiſe von langgeſtreckten Zellen (Faſern), wie im Thiere es vorzugsweiſe Gefäße ſind, die in der Nachbarſchaft der Nerven laufen. Die Zahl und Anordnung der Spiralgefäßbündel iſt charakteriſtiſch und bedeutungsvoll für jede Pflanze, indem der Bau des Ganzen damit im Zuſammenhange ſteht; ſie treten im Ganzen um ſo mächtiger auf, und ſchließen ſich um ſo mehr zuſammen, je höher die Stufe iſt, auf der die Pflanze ſteht, während man in den niederſten Pflanzen nichts davon hat entdecken können. Eine wichtige Function muß ihnen nach ihrem eigenthümlichen Bau und ihrer Stellung in der Pflanze wohl beigelegt werden; aber wie bei den Nerven der Thiere ſpricht ſich dieſe in keiner materiellen Leiſtung unmittelbar deutlich aus. Die Pflanzenphyſiologen von Fach ſind höchſt verſchiedener Meinung darüber, und die Beſonnenſten geben zu, daß wir nichts darüber wiſſen.

Göthe ſagt von den Spiralgefäßen in ſeiner Anzeige der Recherches sur la structure intime etc. par Dutrochet (geſ. Werke Bd. 55. S. 11): „Die Spiralgefäße betrachten wir als die kleinſten Theile, welche dem Ganzen, dem ſie angehören, vollkommen gleich ſind und, als Homöomerien angeſehen, ihm ihre Eigenheiten mittheilen und von demſelben wieder Eigenſchaft und Beſtimmung erhalten. Es wird ihnen ein Selbſtleben zugeſchrieben, die Kraft, ſich an und für ſich einzeln zu bewegen und eine gewiſſe Richtung anzunehmen. Der vortreffliche Dutrochet nennt ſie eine vitale Incurvation. Dieſen Geheimniſſen näher zu treten, finden wir uns hier weiter nicht aufgefordert.“

Auch wir finden uns dieſen Geheimniſſen näher zu treten hier weiter nicht aufgefordert. Man ſieht jedenfalls, daß das hier vorliegende Naturgeheimniß, wie alle Naturgeheimniſſe, auch der wunderlichen Auslegungen nicht ermangelt.

Stellen wir jetzt in den beiden folgenden Abſchnitten dem anatomiſchen Geſichtspuncte einige teleologiſche und äſthetiſche Geſichtspuncte gegenüber, die, wenn auch in den allgemeinen Vorerörterungen (unter II.) ſchon flüchtig berührt, doch dort ihre volle Entwickelung nicht finden konnten. Mag man auch zuletzt wenig Beweiſendes in Betrachtungen der Art finden, ſo ſcheint mir deſto mehr Ueberzeugendes darin zu liegen. Jedenfalls war es in folgender Weiſe, daß ſich mir ſelbſt zuerſt die Ueberzeugung entwickelte und entſchied.

IV. Teleologiſche Gründe.

Ich ſtand einſt an einem heißen Sommertage an einem Teiche und betrachtete eine Waſſerlilie, die ihre Blätter glatt über das Waſſer gebreitet hatte und mit offner Blüte ſich im Lichte ſonnte. Wie ausnehmend wohl müßte es dieſer Blume ſein, dachte ich, die oben in die Sonne, unten in das Waſſer taucht, wenn ſie von der Sonne und dem Bade etwas empfände. Und warum, fragte ich mich, ſollte ſie nicht? Es ſchien mir, daß die Natur wohl nicht ein Geſchöpf für ſolche Verhältniſſe ſo ſchön und ſorgſam gebaut hätte, um es blos als Gegenſtand müßiger Betrachtung darzuſtellen, zumal da tauſend Waſſerlilien verblühen, ohne daß ſie Jemand betrachtet; viel mehr muthete mich der Gedanke an, ſie habe die Waſſerlilie deßhalb ſo gebaut, um die vollſte Luſt, die ſich aus dem Bade im Naſſen und Lichten zugleich ſchöpfen läßt, auch einem Geſchöpfe in vollſtem Maße zu Gute kommen, von ihm recht rein durchempfinden zu laſſen.

Wie lieblich erſcheint unter ſolcher Vorausſetzung das ganze Leben dieſer Blume*). Hat ſie Tages über die offene Blüte über das Waſſer gehoben (zuweilen bis zu mehreren Zollen Höhe), ſo ſchließt ſie dieſelbe Nachts, wenn ſie nichts mehr im Lichte zu ſuchen hat, neigt ſie nieder und, iſt es richtig was ich geleſen, geht ſie gar damit unter das Waſſer zurück, um Morgens wieder aus dem feuchten Bette damit aufzutauchen. Die Lotosblume ſoll es ebenſo machen, ja gar Nachts ſo tief niedergehen, daß man ſie mit dem eingetauchten Arme im Waſſer nicht erreichen kann; des Morgens ſteht ſie wieder auf, und wie die Sonne höher rückt, ſteigt ſie höher mit dem Stengel aus dem Waſſer. Wir glauben nicht mehr an Waſſernixen, die im Grunde des Waſſers ſchlafen und des Morgens aufſteigen, ſich im Lichte zu ſonnen; aber die Dichtung ſelber hat damit doch anerkannt, ein ſolches Leben möchte ſeine Reize haben; die Natur hat das wohl auch gewußt, und aus der Dichtung eine Wirklichkeit gemacht. Freilich erheben und neigen ſich nicht alle Blumen ſo im Wechſel, obwohl es noch manche andere thun; aber brauchen es denn alle zu thun? finden ſie nicht eben ſchon im Blüten- und Knospentriebe, im Genuß von Thau, Luft und Sonne Genüge, jede in ihrer beſondern Weiſe?

---

*) Linné (Disquis. de sexu plantar. 1760) ſagt Folgendes darüber: N. alba quotidie mane ex aqua tollitur, floremque dilatat, adeo ut meridiano tempore tres omnino pollices pedunculo aquam superemineat. Sub vesperam penitus clausa et contecta demergitur. Circa horam enim quartam post meridiem contrahit florem, agitque sub aqua omnem noctem, quod nescio an cuiquam per bis mille annos notatum sit, id est inde a Theophrasti aevo, qui hoc observavit in Nymphaea Loto .... Scripsit autem Theophrastus, hist. plant. IV. 10., de Loto ea, quae sequentur: „In Euphrate caput floresque mergi referunt, atque descendere usque in medias noctes: tantumque abire in altum, ut ne demissa quidem manu capere sit: diluculo dein redire, et ad diem magis. Sole oriente jam extra undas emergere, floremque patefacere: quo patefacto amplius insurgere, ut plane ab aqua abeit alte. — Idem prorsus mos est nostrae Nymphaeae albae (Decand. Phyſ. II. 86.).

So dachte ich nun weiter, die Natur habe auch wohl nur darum die Bergpflanze anders gebaut und an andern Ort geſtellt, um ebenſo die Friſche und Reinheit der Bergluft und was ſonſt der Berg noch anders haben mag als der Teich, einem Weſen zu recht reinem, vollen Genuß zu bringen. Iſt doch, ſagte ich mir, die Waſſerlilie wirklich ſo ganz eigen nur eben für das Waſſer, die Bergpflanze für den Berg eingerichtet; oder wollten wir es umkehren, könnten wir es nicht auch, und ſagen, das Waſſer ſei ganz für die Waſſerlilie, der Berg ganz für die Bergpflanze eingerichtet? Es iſt wahr, im Schmetterlinge, im Fiſche hat man ſchon Weſen, die ein Leben in Luft und Waſſer genießen; man kann fragen, wozu noch andere? aber wie anders gebaute, eingerichtete! Fliegen doch ſchon mehrerlei Schmetterlinge auf demſelben Berge, ſchwimmen doch ſchon mehrerlei Fiſche in demſelben Waſſer! macht einer die andern überflüſſig? Jedes gewinnt doch nach ſeiner beſondern Einrichtung und beſondern Verhalten andere Empfindungen und Triebe aus demſelben Element. Nun verhält ſich die Waſſerpflanze noch ganz anders als alle Fiſche gegen das Waſſer, die Bergpflanze noch ganz anders als alle Schmetterlinge gegen Luft und Licht; wie ganz andere Empfindungen und Triebe wird es alſo auch noch für ſie geben können! Der Umſtand ſelber, daß die Pflanze einen Schmetterling, der Schmetterling aber eine Pflanze ſich gegenüber hat, ſtellt beide ſchon verſchieden in der Natur und macht verſchiedene Empfindungen für ſie möglich; denn wenn der Schmetterling aus Blumen Nektar trinkt, kann er doch nicht dieſelbe Empfindung davon tragen als ſie. Oder wird man auch ſagen wollen, die Empfindung der Pflanze werde dadurch überflüſſig und unwahrſcheinlich, daß ja doch der Schmetterling ſchon Empfindung dabei hat? es wäre ebenſo gut, als zu behaupten, daß im Verkehr des Liebenden und der Geliebten die Empfindung des Einen die der Andern überflüſſig und unwahrſcheinlich mache, da wir doch ſehen, daß bei gleichem Antheile am lebendigen Wechſelverhältniſſe auch jedes eine Seite gleich lebendiger Empfindung davon trägt. Iſt der Letztern Gegenſatz enger als der von Schmetterling und Blume, kann dieß doch nichts Anderes mitführen, als für dieſe nun auch einen weitern Gegenſatz der Empfindung zu bedingen.

Darin beſteht ja überhaupt die größte Kunſt der Natur, aus demſelben Borne jeden etwas Anderes ſchöpfen laſſen zu können, indem der Trank ſich mit dem Becher ändert. Jedes Weſen ſtellt gleichſam ein anders geſtaltetes Sieb dar, das demgemäß andere Empfindungen aus der Natur ausſiebt; und was eines übrig läßt, iſt noch für unzählige andere. Mag alſo immerhin das Thierreich Alles aus der Natur ſich ſchon genommen haben, wofür es empfänglich iſt, ſo bleibt wohl noch eine eben ſo große Hälfte für das Pflanzenreich übrig.

Nun dünkt es mir auch gar nicht ſchwer, den Geſichtspunct der Ergänzung zu errathen, der hierbei waltet.

Der Menſch, das Thier läuft hierhin, dorthin, zerſtreut ſich zwiſchen allerlei Genüſſen, erfährt, betaſtet allerlei, was weit auseinander liegt. Das hat ſeine Vortheile. Aber ſehen wir nur im Menſchlichen ſelbſt nach, ſo erkennen wir auch die Einſeitigkeit dieſer Vortheile. Neben dem Wandern und Reiſen hat auch das häusliche Einleben ſeine Vortheile, die nicht verloren gehen dürfen; es giebt viel ſtille und ſtehende Wirkungskreiſe, die auch durchlebt und durchempfunden ſeyn wollen; die Vortheile aber, die hieran hängen, können nicht mit jenen Vortheilen zugleich in gleichem Maße erlangt werden, und wer ſich recht auf das Eine einrichten will, kann es nicht zugleich auf das Andere. Deßwegen reiſt der Eine und der Andere bleibt an der Scholle kleben. Wie im Menſchenreiche, ſo im Naturreiche. Die Menſchen und Thiere ſind die reiſenden, die Pflanzen die an die Scholle gehefteten Individuen der Welt; jene beſtimmt, ſich der fernen Bezüge der Natur empfindend und ſtrebend zu bemächtigen; dieſe, den Kreis beſtimmter Verhältniſſe in gegebenem Umkreiſe empfindend und ſtrebend zu erſchöpfen; dann können ſie ihn aber nicht durchlaufen, weil jedes Laufen über den feſten Standpunct hinausführt, ſondern nur durchwachſen. Man laſſe dieſe zweite Seite des Lebens weg, und man hat die Hälfte deſſen weggelaſſen, was gebraucht wird, damit auch Alles in der Natur gebraucht werde.

Sehen wir, wie die Natur kein Klümpchen Koth verloren gehen läßt; es zanken ſich wohl drei, vier Weſen darum, jeden Abfall, und den Abfall des Abfalls benutzt ſie, kurz ſucht die Nutzung aufs Aeußerſte zu treiben; — ſollten wir ihr nicht auch zutrauen, daß ſie zu den laufenden Bedingungen der Nutzung ſtehende wird hinzugefügt haben, weil doch die ſtehende Nutzung mit der laufenden zuſammen erſt die ganze Nutzung giebt? Ein Thier ſteckt nur einmal die Naſe dahin, wo eine Pflanze immer feſt ſteht, läuft oberflächlich über die Erde hin, in der die Pflanze tief eingewachſen iſt, bricht nur ſo zu ſagen hier und da einmal in der Richtung einzelner Radien ein in den Kreis, den eine Pflanze ganz und ſtetig ausfüllt; in demſelben Verhältniſſe weniger wird es aber auch mit ſeiner Empfindung den Kreis dieſer Verhältniſſe erſchöpfen können, welchen die Pflanze wohl zu erſchöpfen ſuchen muß, weil ſie einmal in ihn gebannt iſt, und zu erſchöpfen im Stande iſt, weil ſie einmal auf ihn eingerichtet iſt.

Ich ſah neulich meine Frau eine Pflanze mit dem Erdballen aus dem Blumentopfe heben, und bewunderte es, wie die Pflanze den Erdballen ſo vollſtändig bis ins Feinſte durchwurzelt, jedes Fleckchen Erde auszukoſten geſucht hatte; und wie unter der Erde, war es über der Erde. Erſt war die Pflanze in Zweigen auseinander gefahren und dann hatte ſie die Zwiſchenräume mit Zweigelchen und Blättern gefüllt, daß kein bischen Luft ungenoſſen durchkommen konnte; und an den Spitzen der Zweige hielt ſie noch überdieß die blauen Blümchen dem Lichte entgegen. So lobe ich es mir, Natur, wenn es nur auch der Pflanze wirklich zu Gute kommt; aber was für eitle Mühe und eitler Tand, wenn die Blumen und Bäume blos wie taube Schnörkel wüchſen. Es wäre recht Arbeit um Nichts; und das in ſo viel Wäldern und Feldern ſich immer und immer wiederholend. Sollte es blos für unſern Nutzen ſein, wäre es ja beſſer geweſen, es wüchſen gleich Scheite und Breter, Tiſche und Stühle ſtatt der Bäume.

Nun gewinnt es auch erſt die rechte Bedeutung für uns, daß die Pflanzen ſich ſo eng im Raume drängen, indeß die Thiere nur einzeln zwiſchen ihnen hin- und herfahren. Der Raum würde ja nicht ausgenutzt werden, wenn die ſtehenden Wirkungs- und Empfindungskreiſe leere Stellen zwiſchen ſich laſſen wollten, ſtatt deſſen verſchränken ſie ſich ſogar im Nebeneinander noch in einander; er würde aber eben ſo wenig recht genutzt werden, wenn das Bewegliche ſich ſelbſt den Platz zur Bewegung verkümmern wollte; ſo frißt ſogar die eine Hälfte der Thiere die andere, um nur immer wieder aufzuräumen; und iſt dieß Aufräumen ſelbſt mit Trieb und Empfindung in Bezug geſetzt. In ſolcher Weiſe entwickelt und benutzt die Natur in möglichſter Weiſe all' ihren Reichthum, ihre Fülle. Ihr Hauptreichthum aber beſteht wie der einer ruſſiſchen Herrſchaft in einem Reichthum vieler Seelen, die der Scholle zugehören.

Wie ſpärlich würde überhaupt nach Wegfall der Pflanzen aus dem Reiche der Seelen die Empfindung in der Natur verſtreut ſein, wie vereinzelt dann nur als Reh durch die

Wälder ſtreifen, als Käfer um die Blumen fliegen; und ſollten wir der Natur wirklich zutrauen, daß ſie eine ſolche Wüſtenei iſt, ſie, durch die Gottes lebendiger Odem weht. Wie anders dieß, wenn die Pflanzen Seelen haben und empfinden; nicht mehr wie blinde Augen, taube Ohren in der Natur daſtehen, in ihr, die ſich ſo vielmal ſelbſt erblickt und empfindet, als Seelen in ihr ſind, die ſie empfinden; wie anders für Gott ſelbſt, der die Empfindungen aller ſeiner Geſchöpfe gewiß in einem Zuſammenſpiel und Zuſammenklang vernimmt, wenn die Inſtrumente dazu nicht mehr in weiten Zwiſchenräumen von einander ſtehen? wo erlebt man das bei einem Conerte der armen Menſchen; nun will man es bei dem reichen Gott ſo finden. Iſt es nicht ſchöner, größer und herrlicher, zu denken, daß die lebendigen Bäume des Waldes ſelber wie Seelenfackeln gegen den Himmel leuchten, als daß ſie blos im Tode in unſeren Oefen Helle geben. Und darum ſollten ſie erſt ſo prangend in die Höhe wachſen? Die Sonne ſelber kann die Welt nicht hell machen, ohne Seelen, die ihr Leuchten ſpüren. Wie ſeelendämmerig würde es alſo im ſonnenbeſchienenſten Walde ſeyn, wenn die Sonne nicht auch Seelen der Bäume zu ſcheinen vermag. Vermag ſie es aber, ſo iſt ein Wald wie ein lebendiger Brand vor Gott, der ihm ſeine Natur erhellen hilft. Und wird der Baum dereinſt wirklich verbrannt, entweicht nur gleichſam zuletzt noch in äußerlich ſichtbarer Flamme, was ſo lange innerlich für Gott und für ſich ſelber glühte.

Freilich können wir uns das nur ſo denken; wir ſehen doch unmittelbar nichts von jenen Seelenflammen der Natur; aber da wir's denken können, warum wollten wir es nicht? Es zwingt uns auch Niemand, unſer äußeres Auge vor äußeren Lichtern aufzuthun, uns an äußeren Flammen zu wärmen. Warum thun wir's doch? Weil's uns ſo viel beſſer gefällt, als im Dunkeln und Kalten zu ſitzen. Nun wohl, in einer dunkeln und kalten Natur ſitzen wir auch, wenn wir nicht das innere Auge des Geiſtes aufthun wollen vor den inneren Flammen der Natur. Gefällt es freilich Jemand beſſer es nicht zu thun, wer kann es wehren? Und doch wie Vieles iſt, was es uns wehren ſollte!

Ueberblicken wir einmal im Zuſammenhange den ganzen Lebenskreis der Pflanze: wie die Säfte in ihr ſo regſam quellen; wie es ſie drängt, Augen und Zweige zu treiben und raſtlos an ſich ſelber zu geſtalten; wie ſie mit der Krone gen Himmel und mit der Wurzel in die Tiefe trachtet, ſelbſtmächtig, ohne daß ſie Jemand dorthin zöge oder den Weg ihr dahin wieſe; wie ſie den Frühling mit jungen Blättern, den Herbſt mit reifen Früchten grüßt; einen langen Winter ſchläft, und dann von Friſchem zu ſchaffen beginnt; im Trocknen die Blätter hängt und in der Friſche ſie aufrichtet; ſich am Thaue erquickt; als Schlingpflanze umherkriecht, die Stütze zu ſuchen; — wie die Blume erſt in der Knoſpe ſtill verborgen ruht und dann ein Tag kommt, wo ſie ſich dem Lichte öffnet; wie ſie Düfte auszuſtrömen beginnt und in Wechſelverkehr mit Schmetterlingen, Bienen und Käfern tritt; wie das Geſchlecht in ihr rege wird; ſie Morgens ſich aufthut, des Abends oder vor dem Regen ſchließt; dem Lichte zuwendet; — und es deucht mich, daß es uns doch ſchwer fallen ſollte, dieſen ganzen ſchwellenden und quellenden, an innerem und äußeren Wechſel ſo reichen, Lebenskreis vergeblich, öde, leer für die Empfindung zu denken.

Freilich ſind es nicht Zeichen der Empfindung eines Menſchen, einer Katze, eines Sperlings, eines Fiſches, eines Froſches, eines Wurmes, was wir hier erblicken; es ſind Zeichen der Empfindung einer Tanne, einer Weide, einer Lilie, einer Nelke, eines Mooſes. Aber das Seelenleben der Pflanzen ſoll ja das der Thiere nicht wiederholen, ſondern ergänzen. Und iſt nicht doch genug Analogie in jenen Lebenszeichen ſogar mit unſeren eignen, um die Pflanzen noch als unſere Seelenverwandten anzuſehen; wären wir nur nicht ſo übermäßig ſtolz auf unſere Beine, mit denen wir über ſie hinlaufen und ſie daniedertreten, als reichte es ſchon hin, Beine zu haben, um auch einer Seele den Vorrang abzulaufen. Ja könnten die Pflanzen laufen und ſchreien wie wir, niemand ſpräche ihnen Seele ab; alle jene mannigfaltigen und zarten und ſtillen Zeichen von Seele, die ſie von ſich geben, wiegen uns nicht ſo viel, als jene groben, die wir an ihnen vermiſſen; und doch ſind die Pflanzen wahrſcheinlich blos ſtumm für uns, weil wir taub für ſie ſind. Doch ſagen wir ſelber von einer Pflanze, die in der Dürre ſteht, ſie ſehe traurig aus, ſie lechze, ſchmachte. Sollten denn aber wir mehr von dem Trauern, dem Lechzen, Schmachten jener Pflanze fühlen als ſie ſelber, die wir vielleicht ganz vergnügt dabei ausſehen, während ſie die Blätter hängt und im Begriff iſt zu vergehen? es ſcheint ihr doch nach allen Zeichen näher zu gehen als uns. Und warum ſagen wir nie eben ſo von einer künſtlichen Blume, daß ſie uns anlache wie eine lebendige, ſei ſie auch noch ſo ähnlich der lebendigen? Warum anders, als weil wir nur in dieſer nicht in jener eine wirklich lachende Seele ahnen. Chriſtus ſchalt die Juden, welche Zeichen und Wunder verlangten, um zu glauben; ſind wir nicht ſchlimmer als die Juden, die wir die Zeichen und Wunder einer lebendigen Seele wirklich ſehen, und dennoch nicht an ſie glauben wollen? Was wollen wir denn ſonſt noch ſehen, um zu glauben?

Führen wir uns nun einmal von allen Momenten jenes Lebenskreiſes einen näher vor Augen und Gemüth, den, wo ſich die Blütenknospe eben aufthut.

Wie drängte vorher Alles im Leben der Pflanze nach dieſem Moment hin, und wie ſcheint es abgeſehen auf eine mächtige, plötzliche, herrliche Ueberraſchung derſelben, wenn ſie nun aufbrechend das, was ſie erſt blos im Dunkel erſtrebte, erarbeitete, ohne noch recht zu wiſſen, was es gelte, auf einmal im offenen Kelche als Geſchenk von Oben in vollem Guſſe empfängt, ein Vorbild deſſen, was wir einſt für unſere Arbeit um das Höhere aus dem Höheren empfangen werden, wenn die Seele auch unſern Leib durchbrechen wird. Oder vergleichen wir es jetzt nur mit irdiſchem Geſchehen! Thut ſich wohl die Blume anders gegen das Licht auf als das, was auch am Menſchenleibe wie eine bunte Blume erſcheint, als das Auge ſich zum erſtenmale gegen das Licht öffnet. Faltet ſie wohl ihre verſchloſſenen, in der Knoſpe zuſammengepackten, Blätter anders aus einander als der Schmetterling ſeine erſt verſchloſſenen, in der Puppe zuſammengepackten Flügel. Meint man, die Natur hat uns im aufbrechenden Auge und im ausbrechenden Schmetterlinge wirkliche Empfindung, in der auf- und ausbrechenden Blume blos äußere Zeichen der Empfindung gegeben; *wir* ſeien es, die erſt Empfindung dichtend dahineinlegten? Als wenn die Natur nicht mächtiger und reicher und tiefer mit dichtender Kraft begabt wäre als wir, wir ihr etwas ſchenken könnten, was ſie nicht ſchon viel herzinniger in ſich trüge, nicht all unſer Dichten ſelbſt erſt ein ſchwacher Abglanz von ihrem Fühlen wäre, worein freilich unſeres ſelbſt auch mit eingeht, aber doch nicht allein eingeht. So viel Gefühl, als wir uns in der erblühenden Blume denken mögen, hat ſie gewiß wenigſtens, ja gewiß mehr; jeder, der nicht eine Empfindung heuchelt, hat ſie ja tiefer und voller, als ein Anderer ſie ihm anſehen kann.

Dennoch meine ich nicht, es ſey nur in der Blütezeit, daß die Empfindung der Pflanze erwache, was wohl Manche, die recht freigebig gegen ſie zu ſein glaubten, ihr zugeſtanden haben. Und noch überdieß ſei es ein recht dunkles Ding, das bischen Empfindung, was da lebendig werde, wohl dunkler als unſere dunkelſten Traumvorſtellungen. Aber die Stärke und Klarheit für jetzt beiſeite geſetzt, warum ſoll ich nicht glauben, daß, wenn die Pflanze in der Blüte empfindet, ſie auch vor der Blüte empfindet, wenn ich nicht bezweifle, daß der Schmetterling, der als Schmetterling empfindet, auch ſchon als Raupe empfindet. Die

Pflanze vor dem Blütezuſtande iſt aber gewiſſermaßen in einem ähnlichen Verhältniſſe gegen ihren künftigen Blütezuſtand. Es erwachen nur mit der Blüte neue Sinne und Lebenstriebe in ihr, welche alle bisherigen überwachſen, Säften und Kräften eine andere Richtung und Nutzung ertheilen, womit dann freilich ihr ganzer Lebenszuſtand ein anderer wird.

Um eine kleine Abſchweifung zu machen, ſind Blumen und Inſecten, insbeſondere Schmetterlinge, überhaupt recht merkwürdige Parallelen zugleich und wechſelſeitige Ergänzungen, nur daß die Blume ihre frühere Lebensſtufe, indem ſie dieſelbe überſteigt, noch als Baſis unter ſich behält, während der Schmetterling ſeine frühere Lebensſtufe gänzlich abgeſtreift, oder richtiger, mit ſich und in ſich aufgehoben hat. Die Pflanzenſeele baut ſich ihren Leib als eine Treppe, deren Gipfel die Blüte iſt, die untern Stufen bleiben; der Schmetterling fliegt ſcheinbar über ſeine frühere Stufe empor, trägt ſie aber im Grunde mit ſich in die Lüfte und macht ſie eben dadurch zu einer höhern, deßwegen verſchwindet ſie als tiefere. Die Raupe lebt von dem Kraute, das ihr Bild iſt, der Schmetterling von der Blüte, die ſein Bild iſt. So ſchließen beide, Schmetterling und Pflanze, erſt zuſammen ihren Lebenscirkel ab. Eine Erinnerung an das Jenſeits mag ſich wieder daran knüpfen. Die Raupe findet das, womit ſie ſich im niedern Zuſtande beſchäftigt hat, auf höhere Stufe gehoben in einem höhern Lichtreiche wieder; ſo mag der Menſch den Lebenskreis, in dem er hier lebte, auch dereinſt auf höhern Zuſtand gehoben wiederfinden; aber wie der Schmetterling dann über tauſend andere Blumen ſchweifen darf, mag es dereinſt mit uns ſein. Der Pflanze mag es wehe thun, wenn die Raupe an ihren Blättern nagt. Sie denkt gewiß: die böſe Raupe! Wenn dann aber der Schmetterling zur Blüte kommt, mag es ihr ſo ſüß thun, wie es ihm thut. Hätte nun aber die Pflanze die Raupe nicht früher mit Schmerzen genährt, könnte der Schmetterling dereinſt ihr nicht Luſt bringen. So können wir uns denken, daß das, was wir im jetzigen Leben mit Schmerzen Andern opfern, uns einmal im künftigen Leben in Luſt von Engeln zurückgebracht wird. Wenn wir uns aber dächten, die Blumen im Garten empfänden eben auch nicht mehr wie Papierblumen, ſo wäre es auch freilich nichts mit dieſen und andern ſchönen Bildern; dieſe Bilder wären ſelbſt Papierblumen.

Wie Vieles in der Natur ungenoſſen bleiben möchte, wenn nicht der Pflanzenkelch der Kelch wäre, es zu ſchöpfen, können wir, die ſelbſt nicht aus dieſen Kelchen trinken, freilich ſchwerlich ahnen; aber Manches liegt doch auch uns offen genug vor, es von unſerem Standpuncte zu überſehen. Faſſen wir von ihrem oben flüchtig gezeichneten Lebenskreiſe noch ein paar Puncte näher ins Auge.

Welch' Thier macht ſich aus einem Thautropfen etwas; es ſchüttelt ihn ab und verkriecht ſich vor dem Regen. Auch wir ſchelten, müſſen wir im Thaue waden, pflanzen Regenſchirme auf, uns vor dem Regen zu ſchützen; die Pflanzen dagegen ſind wie Schirme aufgepflanzt, ihn aufzufangen; jedes Blatt breitet ſich dazu aus, macht ſich wohl gar hohl dazu; blos die Blüte, mehr für ein Leben im Lichte beſtimmt, iſt geneigt, ſich gegen den Regen zu ſchließen, um ſich nachher deſto ſchöner wieder zu öffnen; die ganze Pflanze giebt nach Thau und Regen die Zeichen der Erquickung. Aber all das gilt uns nichts. Was wir Erquickung der Pflanzen nennen, ſoll blos ein verſchönernder Ausdruck für das Aufſchwellen eines ſchwammigen Zellgewebes ſein; Regen und Thau blos da ſein, um eklig naß zu machen.

Der Landmann freut ſich freilich auch über den Regen, weil er ſonſt um ſeine Aernte kommt, und wir, weil uns der Regen den Staub löſcht und der Natur ein friſches Anſehen giebt; aber das iſt doch nur mittelbare Freude; erſpart uns noch nicht die Frage nach Weſen, die ſich auch unmittelbar an Thau und Regen freuen. Nun paßt aber beides aufs Schönſte zuſammen. Der Landmann freut ſich, weil der Regen das Gedeihen ſeiner Saaten befördert und ſo ein fernes Mittel ſeiner Luſt wird; nun wohl, die Saaten werden ſich eben ihres eigenen Gedeihens unmittelbar dabei freuen. Wir freuen uns, wenn der Staub von Wegen und Feldern weggewaſchen wird; es iſt wieder ein fernes Mittel, unſere Luſt zu fördern; was an dieſen Wegen und auf dieſen Feldern wächſt, wird ſich unmittelbar freuen, daß der Staub von ihm ſelbſt weggewaſchen wird.

Nichts hindert, ſich zu denken, wenn es einmal keiner Nerven zur Empfindung bedarf, daß, wenn das Thautröpfchen Morgens auf der Pflanze liegt, ſie es wie einen Stralpunct der Kühlung fühle, und wenn dann die Sonne aufſteigt, ſie das Sonnenbildchen darin wie einen Stralpunct der Wärme fühle, und dann fühle, wie es den Thau allmälig wegleckt. Ein niedliches Spiel von Empfindung, was auf einem Thierpelz eben nicht ſtattfinden kann; deßhalb ſchüttelt eben dieſer Pelz den Thautropfen ab; deßhalb macht die Pflanze ihre Hände hohl dagegen. Der Glanz und die Pracht, welche die beperlte Wieſe äußerlich für uns hat, iſt, denke ich, blos ein äußerlicher Abglanz von der Seelenfreude, welche ſie innerlich hat. Es iſt ſo viel ſchöner, ſich zu denken, daß es ſo ſei, nun aber finde ich auch nicht das geringſte Hinderniß zu denken, daß es ſo wahr ſei. Und warum ſollten wir es vorziehen, einen Seelentrank für bloßes Waſſer zu erklären, wenn es uns frei ſteht, aus Waſſer einen Seelentrank zu machen.

Wie mit Thau und Regen, mag es mit dem Winde ſein. Es würde viel mehr davon umſonſt verwehen, wenn die Pflanzen nicht mehr von ſeinem Wehen als wir vernähmen. Darum ſchützen ſie ſich durch keine Häuſer, keine Mäntel, keine Schlupfwinkel dagegen, ſondern ſtehen frei draußen, beugen ſich und neigen ſich, ſchwanken und zittern im Winde. Daß ſie in die Erde feſtgewachſen ſind, giebt demſelben noch einen ganz andern ſtärkern Angriff auf ſie als auf uns; bis in die Wurzeln reicht die Erſchütterung und jedes Blatt bebt und rauſcht. Ich meine, daß die Pflanze hierbei wohl noch ein ſtärkeres Gefühl davon tragen mag, als wenn der Wind uns durch die Haare fährt. Unſere Haare ſind todte Theile unſerer ſelbſt; die Blätter der Pflanzen aber lebendige; unſere weichen, mit Gelenken gegliederten Theile ſind nicht ſo geeignet, die Erſchütterung aufzunehmen und durch ſich fortzupflanzen, als ihr ſteifer Stamm oder

Stengel. Wir haben nur ein kleines Trommelfell in uns, was feſt ausgeſpannt iſt und von den Luftwellen erzittert. Die Pflanze iſt durch und durch ein ſolches Trommelfell, auf das der Wind trommelt; und hören wir die Töne äußerlich im Sauſen des Windes durch das Laub der Bäume, wie anders mag die Pflanze das innerlich empfinden. Man denke daran, daß es Niemand außer uns hört, wenn wir eine harte Brodrinde kauen, während wir es innerlich ſehr ſtark hören. Selbſt bei ſcheinbar ruhiger Luft, wenn es ſchneit, ſehen wir die Schneeflocken auf und ab, hin- und herfliegen. Was ſpüren wir von dieſer Luftbewegung? wir haben keine Organe dazu. Die Pflanze iſt wohl ganz Organ dazu; die kleinſte Bewegung der Luft bringt doch eine leichte Erſchütterung und Biegung an ihr hervor, die durch das Ganze wirkt; denn nicht blos die Erſchütterung, auch die Biegung thuts. Wird hier ein Blättchen gebogen, ſo wird zugleich ein Weg zugeſchnürt, und die Säfte müſſen durch die ganze Pflanze, ſei's auch noch ſo wenig, anders gehen. Rauſcht der Wind ſtärker durch den Wald, ergreift ſogar uns ſelbſt ſchon ganz unwillkürlich das Gefühl, der Geiſt der Natur rauſche hindurch. Und in Wahrheit ſind uns nun die Bäume und Blumen Saiten einer großen Seelenharfe geworden, die der Wind ſpielt. Jede Saite klingt anders daran, weil jede anders dazu gebaut iſt, und Gott wird das allgemeine Spiel ~~in ſich~~ vernehmen.

Denken wir weiter an den Duft. Wie ſüß erſcheint er uns; aber ſoll aller Duft verloren ſein, der nicht zufällig in eine unſrer Naſen kommt; dieſen kleinen Theil von uns, indeß die Blume ganz Weihrauchgefäß iſt? Jeder fühlt wohl, es iſt etwas unbeſchreiblich Reizendes, Liebliches im Blumenduft; aber es bleibt doch für Jeden eine unbeſchreibliche Nebenſache; wir koſten mehr von ſeiner Lieblichkeit, als wir ſie zu genießen wiſſen, und nicht eine Minute lang mögen wir die Naſe über eine Blume halten, ſo haben wir es ſatt und gehen weiter; indeß duftet die Blume fort und fort, als hätte ſie ein beſtändiges Geſchäft zu erfüllen. Iſt es ein Rauchopfer, Gott gebracht? aber was kann Gott ein Opfer dienen, das ihm nicht von einer Seele gebracht wird? Unerklärlich, mehr als halb vergeblich Alles, wenn das Duften der Blumen blos um Andrer, nicht auch um ihrer willen, ja nicht viel mehr um ihrer willen da iſt; wenn das, was wir, die dem Blumenleben ſo äußerlich gegenüberſtehen, von ſeiner Süßigkeit genießen, mehr als ein ferner Abklang deſſen iſt, was in dem Blumenleben ſelbſt davon genoſſen wird. Wer hörte jemals ein ſüßes Lied ſingen, von welchem der, der es ſang, nicht mehr fühlte als der, der es hörte, zumal wenn es nicht eine verwandte Seele iſt? Werden wir nicht alſo auch meinen, daß die Blume das innerliche Erarbeiten und Ausſtrömen des ſüßen Duftes aus ihrem Innern mit größerer Innigkeit empfindet als wir ſein äußerliches Zuſtrömen? Nun gießt ein Kelch noch überdieß dieſen Duft in tauſend andre Kelche, und ein Kelch empfängt ihn wieder von tauſend andern Kelchen. Als unſichtbarer Nebel zieht der Duft von Blume zu Blume, und der Wind weht ihn noch weit über Hecken und Feldmarken hinaus. Iſt auch dieß vergeblich? Wird nicht erſt hiermit vollends erklärlich, warum die Blumen fort und fort duften, indeß Niemand im Garten geht? ſie ſelber gehen damit zu einander, indeß ſie feſt zu ſtehen ſcheinen. Jede Blumenſeele mag durch das, was von den andern Blumen an ihr Fenſter rührt, eine Empfindung von dem empfangen, was in jeder andern Blumenſeele vorgeht; wie die Worte, die wir hören, entſprechende Empfindungen in uns erzeugen, als die ſind, mit denen ſie Andre ausſprechen. Auch Worte ſind nur aus dem Innern begeiſtete ſinnliche Boten, warum ſollten es Düfte weniger ſein? Worte für uns, Düfte für die Pflanzen; die nun freilich nicht ſo Verſtändiges werden zu übertragen wiſſen als Worte; aber giebt es blos ein Denken mit und in Andrer Seelen hinein, nicht auch ein Empfinden? Zwar giebt es auch geruchloſe Blumen, aber nicht auch ſtumme Thiere? Freilich ſehen wir keine beſondere Naſe an der Blume zum Riechen; aber wie ſie ganz als Kelch gebaut iſt, Duft auszuſtrömen, erſcheint ſie auch ganz dazu gebaut, ihn wieder zu empfangen, ſo frei und weit und offen und einfach breitet ſie ſich dazu aus. Bedenken wir nur, daß wir ja nicht im Geringſten wiſſen, was unſere eigene innere Naſenfläche befähigt, zu riechen, warum ſollte nicht die innere Blumenfläche eben ſo gut dazu befähigt ſein?

Bei uns und den Thieren liegt das Geruchsorgan verſteckt; dafür haben wir in den gewundenen Naſenmuſcheln beſondere Vorrichtungen, die geruchsempfangende Oberfläche zu vergrößern; in den Pflanzen bedurfte es ſolcher Künſteleien nicht, eben weil die ganze Blume für das Aufnehmen der Gerüche offen liegt. Was mehr ſelbſtſtändig einen Hauptzweck erfüllt, kann es ſtets in einfacherer klarer Form thun, als was ſich als Nebentheil Anderm unterordnen muß.

Der Geruch führt uns weiter zum Geſchmack, und warum ſollten wir den Pflanzen nicht auch dieſen zutrauen in ihrer Weiſe, da ſo Vieles ungeſchmeckt bleiben würde in der Natur, wenn es nicht eben die Pflanzen ſchmeckten? Der Menſch, das Thier genießt ſelbſt nur Pflanzen und andere Thiere; die Pflanze genießt Alles, was Menſchen und Thiere nicht mögen; ja am liebſten das, was dieſe am meiſten verſchmähen. So haben wir auch hier wieder ein ſich Ergänzendes, wenn außer dem Thiere noch die Pflanze zu ſchmecken vermag, und nur ein Halbes, wenn ſie es nicht vermag. Nun ſehen wir noch überdieß, daß jede Pflanze je nach ihrer Natur eine Auswahl trifft unter den Nahrungsſtoffen. Aus demſelben Boden nehmen verſchiedene Pflanzen Verſchiedenes auf; die Lehre vom Fruchtwechſel beweiſt es ins Große; Verſuche der Naturforſcher haben es im Kleinen bewieſen. Nicht jeder Pflanze ſchmeckt daſſelbe, wie nicht jedem Thiere daſſelbe ſchmeckt. Freilich hat die Pflanze wieder keine Zähne, keine Zunge; aber iſt nicht jede Wurzelfaſer, jedes Blatt, womit ſie die Nahrung koſtet und aufleckt, eine Zunge? denn man weiß, daß ſie durch die Blätter ſich ſo gut nährt als durch die Wurzeln. Und wozu die Nahrung kauen, wenn ſie ſolche ohne Zähne zu bewältigen weiß?

Sagt man etwa: daß die Pflanze ſich von todten unorganiſchen Stoffen nährt, ſpricht doch nicht ſo dafür, daß ſie eine lebendige Empfindung davon zu tragen vermag wie das Thier, das ſchon organiſch gewordene Stoffe genießt? Die Pflanzen bereiten blos das Todte zum Uebergange ins Leben vor; aber dieſer Proceß ſteht ſelbſt noch auf der Zwiſchenſtufe zwiſchen Leben und Tod. Ich frage dagegen: verräth es nicht mehr Lebenskraft, das Todte lebendig machen, als Lebendiges wandeln? Die Pflanze macht aus roher Erde, Waſſer, Luft und faulen Stoffen herrliche Geſtalt und Farbe; das Thier hat nur weniger noch zu thun, um den ſchon ſo dem Leben anheimgefallenen Stoff dann in ſich zu wandeln. Ueberall aber ſehen wir, daß je fremdartiger etwas zum Organismus tritt, je größere Lebensanſtrengung alſo gebraucht wird, es zu bewältigen, um ſo geneigter iſt es, Empfindung zu erwecken. So, meine ich, haben wir, die Geſetze unſeres eignen Organismus betrachtend, nicht weniger, ſondern eher mehr Empfindung in den Pflanzen bei Verähnlichung der Nahrungsſtoffe zu ſuchen als in uns.

Faſſen wir endlich das, was für die Pflanze das Höchſte ſein mag, das Licht, nochmals ins Auge. Auch unſer Auge iſt für das Licht empfänglich; dieſes bleibt nicht ungenoſſen, wenn auch die Pflanze nichts davon genöſſe. Aber wie ganz anders mag es noch von der Pflanze genoſſen werden, deren ganzes Leben ſich im Lichtleben gipfelt. Wer von uns mag mit geradem Blicke in die Sonne ſchauen? Nicht die Sonne, nur was ſie anſieht, wagen wir anzuſehen. Ja, wenn ſie uns auf den Scheitel ſcheint, ſetzen wir Hut oder Mütze auf. Es iſt im Ganzen ähnlich mit den Thieren. Selbſt der Adler, indem er nach der Sonne fliegt, zieht ſeine Nickhaut über das Auge. Die Blume aber thut ſich ganz und gar gegen das Licht auf, ja wird durch das Licht mit aufgethan; je mehr das Licht auf ſie ſcheint, deſto mehr thut ſie ſich auf, indeß wir unſre Augen um ſo mehr dagegen ſchließen; und ſie gedeiht herrlich und freudig darin, wenn ihr nur nachher wieder die Labung des Regens und Thaues wird. Aber wir laſſen das Alles wieder nicht für gewiſſen gelten. Es ſoll blos Weſen geben, die neben der Sonne weg ſehen, ſich in den Abfällen des Sonnenſcheins ſonnen dürfen. Ich meine aber vielmehr, wer nur neben der Sonne weg ſehen mag, beweiſt eben damit, daß ihm ihr Glanz mehr Nebenſache iſt als dem, wer gerade hinein ſehen will.

Es iſt wahr, die Pflanze hat wieder nicht ein Auge, gebaut wie unſeres; nicht Vorrichtungen, daß ein Bild der Gegenſtände in und auf ihr entſtehe wie in unſerem Auge. Aber wozu braucht ſie es? Sie hat eben nicht nach den Gegenſtänden zu laufen, nicht danach zu langen wie wir. Dazu müſſen wir uns freilich durch ein Bild der Gegenſtände leiten laſſen. Zu ihr kommt Alles von ſelber, was ſie braucht. Statt aber an den Gegenſtänden, die die Sonne beſcheint, freut ſie ſich der beſcheinenden Sonne ſelbſt, und zugleich ſelbſt der ſonnenbeſchienene Gegenſtand zu ſein. Statt ein buntes Bild der Gegenſtände auf ſich malen zu laſſen, wie auf unſrer Netzhaut geſchieht, malt ſie ſich ſelbſt bunt im Sonnenſtrahle, verleiblicht dieſen, ſo zu ſagen, in ſich. Licht wird Pflanze; ſie zwingt ihm Farbe ab; er ſucht in ihr Reizen und Duft; es glüht, es ſchwillt alles in ihr; ſie entbrennt in ihm zu einem erhöhten Gefühle ihres eigenen durchleuchteten Daſeins, und wird hierin zugleich der Wirkung eines Höchſten über ſich in ſich inne. Sie ſchaut, indem ſie in die Sonne blickt, ſo zu ſagen, ihren Gott von Angeſicht zu Angeſicht in Fülle ſeines Glanzes, und die Sonne iſt ja auch wirklich ein leuchtendes Auge Gottes, in das ſie ſchaut und womit er ſie wieder anſchaut.

Schon Schelling ſagte: hätte die Pflanze Bewußtſein, ſie würde das Licht als ihren Gott verehren. Nun, hat ſie auch kein gleich entwickeltes Bewußtſein, wie das unſre iſt, mag ſie doch im Stral der Sonne ein Gefühl gewinnen, was ſie ebenſo über ihre früher gewohnte Sphäre erhebt als uns die Aufnahme des Göttlichen in das Gemüth. — Folgende gar hübſche Bemerkung las ich in Hegels Naturphiloſophie (S. 425): „Abends, wenn man von der Morgenſeite auf eine blumenreiche Wieſe tritt, ſieht man wenige, vielleicht keine Blumen, weil alle der Sonne zugewendet ſind; von der Abendſeite prangt dann Alles voller Blüten. Auch am Morgen auf der Wieſe, wenn es früh iſt, ſieht man, von Morgen kommend, keine Blumen; erſt wenn die Sonne wirkt, kehren ſie ſich gegen Morgen.“ — Iſt das nicht ganz als wenn die Blumen der Wieſe gemeinſchaftlichen Abendgottesdienſt hielten, und dann, noch mit dem Geſichte gegen Gott gewendet, einſchliefen. Aber Gott will ſie nicht fortſchlafen laſſen; ſie ſollen immer wieder im Suchen Seines und im Mitgehen mit Ihm ihre Freude finden. Darum geht er Nachts heimlich hinter ſie herum und weckt ſie Morgens mit einem allgemeinen Scheine, und fragt: wo bin ich? und jede dreht den Kopf, bis ſie ihn gefunden, und geht nun Tages über mit ihm.

Es iſt wahr, nicht alle Pflanzen blicken mit den Blumen geradeswegs in die Sonne; wie viele ſind, die ſich neigen; ja einige giebt es, die ſie Abends öffnen und des Morgens oder vor dem Morgen ſchließen. Man denke an die Königin der Nacht*. Aber es iſt auch nicht geſagt, daß jedes Individuum und jede Art im Blumenreiche es zum höchſten Gipfel des Lichtlebens bringe; das Höchſte in ihrer Art erreichen auch der Menſchen nur Wenige. Wie wenige ſind, die ihre Seele ganz zu Gott wenden, wie wenige werden verdienen, ihn dereinſt ganz zu ſchauen. Es iſt genug, daß doch im Blumenreiche die Gelegenheit geboten iſt, zum größten und höchſten Vollgenuß des Lichtes zu gelangen, ſonſt aber nirgends. Manche Blumen mögen zu empfindlich gegen das Licht ſein, wie manche Nachtthiere; aber der Umſtand ſelbſt, daß jede Blume ſich hierbei anders und eigenthümlich verhält, wie jeder Menſch und jedes Thier ſich eigenthümlich verhält gegen ihre Empfindungsreize, ſpricht dafür, das Licht ſei auch wirklich ein ſolcher Reiz für die Pflanzen.

Wie viel mehr Bedeutung das Licht für die Pflanzen haben mag als für uns, ergiebt ſich, außer der Richtung die ſie gegen daſſelbe annehmen, namentlich daraus, daß es ſo viel mächtiger in ihren ganzen Lebensproceß eingreiſt als den unſeren. Wir wachſen nicht anders, wir athmen nicht anders im Lichte als außer dem Lichte. Spurlos und wirkungslos gleitet der Sonnenſtral über unſere Haut hin; nur das Auge iſt für ſeinen Reiz empfänglich. Aber die Pflanze ſpürt über ihre ganze Oberfläche den Reiz des Lichts, wie den Mangel dieſes Reizes. Er iſt es, der ſie ergrünen, er iſt es, der ſie erblühen macht; denn ohne Licht bleibt alles Kraut fahl, will keine Blüte ſich entwickeln. Ohne Licht ſtockt ihre Ausdünſtung, das Kraut hört auf Lebensluft von ſich zu geben, die Sproſſen werden ſchmal und lang und bleich, ſtatt kräftiger herber und bitterer Stoffe erzeugen ſich nur fade und ſüßliche. Jeder andere Farbenſtral hat anderen Einfluß auf den Lebensproceß der Pflanzen. Dabei führt die Blüte ein ganz ander Leben im Lichte als das grüne Kraut; ſie athmet anders darin*, färbt ſich anders darin, entfaltet ſich anders darin. Nun finden wir an uns ſelbſt, daß, je wichtiger und nothwendiger ein Reiz für Erhaltung und Gedeihen des Lebens iſt, deſto mehr hängt auch von ſeinem Mittelmaß, Mangel oder Ueberfluß das normale Lebensgefühl oder das Hervortreten beſonderer Bedürfnißgefühle ab, welche mit dem Mangel oder Ueberfluß des Lebensreizes in Beziehung ſtehen; deſto beſtimmter wird überhaupt jede Abänderung des Reizes empfunden. Somit können wir auch vorausſetzen, daß das Licht die wichtigſte Bedeutung für die

---

* Die Königin der Nacht, Cactus grandiflorus, öffnet ſich um 7 Uhr Abends und ſchließt ſich ungefähr um Mitternacht; mit dieſer einmaligen Blüte iſt es abgethan. Die Blüte des Mesembryanthemum noctiflorum dagegen öffnet ſich mehrere Tage hinter einander Abends um 7 Uhr und ſchließt ſich gegen 6 oder 7 Uhr Morgens wieder. Auch giebt es noch andere dergleichen Blumen. (Decand. Phyſiol. der Pflanzen II. S. 27. 28.).

---

* Die Blüte verzehrt Sauerſtoff im Lichte, während das Kraut ſolchen entwickelt.

Empfindung der Pflanzen haben werde, und zwar eine anders geartete für die Blüte als die Blätter.

Man könnte zwar meinen, der Umſtand, daß die Blume ſich ſo offen und gefahrlos dem Sonnenſtrale darbietet, ſpreche gerade am meiſten gegen eine erhebliche Empfindlichkeit derſelben für das Licht; denn daß wir unſere Augenlider geblendet gegen das Sonnenlicht ſchließen müſſen, gilt uns eben als das deutlichſte Zeichen einer großen Empfindlichkeit dafür. Aber ſehen wir näher zu, ſo iſt es ſtatt einer größern Unempfindlichkeit nur eine größere Schonung der Empfindlichkeit, was wir bei den Pflanzen anzuerkennen haben. In der That hängt das leichtere Ertragen des Sonnenlichts von Seiten der Pflanze nur davon ab, daß ihr bei ihrer allverbreiteten Reizbarkeit für das Licht nicht auch noch für eine einzelne Stelle ein ſolcher lichtconcentrirender Apparat zugegeben iſt wie uns in dem Linſenapparat des Auges. Indem dieſer das Sonnenbild mit Macht auf unſere Netzhaut, die einzige bei uns für das Licht reizbare Stelle concentrirt, ſpüren wir freilich eine gewaltige Blendung; die Pflanze bietet ſich ohne ſolch Brennglas dem Lichte überall reizbar dar, iſt aber eben deßhalb der Ueberreizung einer einzelnen Stelle nicht ſo leicht unterworfen. Wir ſtehen ſo in gewiſſer Beziehung gegen ſie gar ſehr im Nachtheil. Denn wir haben das Vermögen, Licht zu empfinden, unſerem größern Theile nach verloren, ſind nur noch zu einem Stückchen Auge; dem Stückchen mußte nun künſtlich zu Hülfe gekommen werden, ſo erhielten wir die Brillengläſer unſerer Augen; dieſe Hülfe wird doch aber wieder leicht zu viel, und dagegen brauchte es wieder künſtlicher Abhülfen. Für den offenen einfachen freien Verkehr der Pflanze mit dem Lichte bedurfte es dagegen weder künſtlicher Sammlungs-, noch ängſtlicher Schutz- und Corrections-Maßregeln. Freilich iſt jenes Kunſtſtück des Auges uns noch von anderm Werthe als blos das Licht zu ſammeln, auch es zum Bilde zu ordnen; aber eben nur für uns iſt es von dieſem Werthe, der für die Pflanzen keiner wäre.

Nach Allem wird man ſagen: aber wie, das Höchſte, was zu beanſpruchen, wäre doch wohl nur, der Pflanze, die doch jedenfalls tiefer ſtehen wird als wir, einen Anklang unſerer Empfindung beizulegen; nun ſoll ſie gar ſo Vieles ſtärker und reicher empfinden als die Menſchen und Thiere! ſo ſtünde ſie ja vielmehr höher als wir; wir ſollen es vielmehr ſeyn, die nur dieſe und jene Anklänge von dem empfinden, was ſie allſeitig, voll empfindet.

Und in der That glaube ich, daß die Pflanze höher ſteht als wir, nur in einem niedern Reiche. Eben weil ihr ein höheres Seelenleben fehlt, mag das niedere, das Sinnesleben bis zu einem Grade der Entwickelung bei ihr gediehen ſein, der uns fehlt. Bei uns hat das Sinnesleben dem höhern Leben nur zu dienen, bei der Pflanze treibt es ſelbſtſtändig ſein Geſchäft. Man irrt, wenn man meint, daß die Natur ein Geſchöpf ſchlechthin in jeder Beziehung tiefer ſtellt als ein andres. Thut ſie's im Ganzen, iſt's doch nur, um die tiefere Stufe zu einem Gipfel für ſich zu erheben. So überfliegt die Schildkröte doch in mancher Beziehung den Adler;[*] ſie riecht das Waſſer, ohne es zu ſehen; und der Holzwurm weiß und empfindet Manches beſſer als der Menſch; er iſt eben da, daß auch das Holz geſchmeckt werde, wogegen des Menſchen Zunge ſtumpf iſt. Ich meine, die Pflanze lebe ſo recht beſtändig und unabgeſchloſſen mit Erde, Waſſer, Luft und Licht, daß ſie wohl auch für die Empfindung von allen Veränderungen darin ganz aufgeſchloſſen ſein mag; rühren doch wirklich alle in ihren Lebensproceß hinein. Aber wie ſie mit all ihrem Thun nicht weit durch den Raum greift, mag ſie auch mit ihrer Empfindung nicht weit durch die Zeit greifen, nicht vor- noch nach- noch um ſich denken, nicht denken überhaupt, ſondern dahin leben in der Gegenwart, ſinnlich empfangend und gegenſtrebend. Auch Vorſtellungen in beſtimmten Bildern mögen ihr abgehen. Ich deute dieſe Stellung der Pflanzen hier nur an; es wird ſich ſpäter (XIV) noch mehr darüber und dafür ſagen laſſen. Gewiß iſt, daß, wenn wir blos ein paar Spuren Empfindung für die Pflanzen retten wollen, von den ſtärkſten und ſchönſten Gründen für ihre Seele auch nur Spuren übrig bleiben; ja es nicht mehr der Mühe werth wäre, noch davon zu ſprechen. Denn das ſieht man ja wohl, daß dieſe ſtärkſten und ſchönſten Gründe in der Schönheit und bindenden Kraft einer in ſich zuſammenhängenden reichen lebendigen Naturanſchauung liegen, welche uns entſteht, wenn wir ein entfaltetes Seelenleben nach allen den Beziehungen, wo das Menſchen- und Thierleben eine Lücke, Leere und Unvollendung läßt, ergänzend zu ihm hinzuzufügen wiſſen. Und wie groß wäre dieſe Lücke, wenn ſie nicht das Pflanzenreich füllte. Hiermit erſt wird die

Natur zu einer vollen Blume; wir aber wollen ihr die ganze Fülle der Blätter entreißen und nur ein paar Staubfäden ſtehen laſſen. Und ſei's ſogar, daß wir vielleicht etwas zu viel in den Pflanzen ſuchten, ſo iſt's ja nur ein billiger Entgelt dafür, daß man ſo lange gewiß zu wenig in ihnen ſuchte.

V. Charakter der Pflanzen.

Jede Pflanze erſcheint uns jeder andern gegenüber im Lichte einer individuellen lebendigen Charakter-Verſchiedenheit, die ſich freilich beſſer im unmittelbaren Eindruck ſelbſt zeichnet, als mit Worten zeichnen läßt. Man betrachte Aurikel und Primel; ſie ſind von einem Geſchlecht und jede macht doch ein ganz ander Geſicht. Epheu und Wein erſcheinen verwandt und doch welch verſchiedener Charakter! Nun gar Fernſtehendes: eine Roſe, eine Lilie, eine Tulpe, ein Veilchen; — eine Eiche, eine Weide, eine Birke, eine Tanne; — wie ſcheidet ſich das Alles ſo beſtimmt. Und dabei iſt doch jedes ſo ganz einig im Charakter mit ſich, ſo ganz aus einem Guſſe. In einer Pflanze Alles zart und fein; in einer andern Alles üppig voll; in einer Alles ſtreng und ſteif; in einer andern Alles weich und biegſam; die eine ſich ſpaltend und wieder ſpaltend und immer ſpaltend und ſpältelnd von Neuem; die andere ſich grad' und einfach ſtreckend; in mancher zwar Gegenſätze vorhanden, doch dieſe wieder zu einem allgemeinen Eindruck gut gebunden. Alle Worte aber erreichen's zuletzt nicht; und wie viele Pflanzen giebts, für deren Charakter uns gar kein Wort recht treffend zu Gebote ſtehen will, indeß er ſich doch auf's Beſtimmteſte bei der Anſchauung für unſer Gefühl ausprägt.

Es liegt hierin etwas ganz Aehnliches als im Charakterausdruck verſchiedener Menſchen, ſo daß ſogar ganz von ſelbſt die Neigung zu wechſelſeitiger Vergleichung entſteht. So wird die Roſe mit dem blühenden Mädchen, und das blühende Mädchen mit der Roſe verglichen; die Lilie ſteht wie ein weißer Engel unter den Blumen, und das reine engelgleiche Mädchen vergleichen wir gern wieder der Lilie; ſo erinnern die eitle Dame und die Tulpe; ein beſcheidenes Kind und ein Veilchen; ein ſtarker Mann und eine Eiche leicht und gern an einander. (Man denke an Freiligraths Gedicht: die Rache der Blumen). Umſonſt freilich würde es ſein, alle Pflanzen-Charaktere in menſchlichen Charakteren oder umgekehrt wiederfinden zu wollen; Blumen, Bäume ſind eben keine Menſchen; nur hier und da fällt uns ein vorwaltender Bezug ein, der doch das Eigenthümliche im Andern weder vollſtändig ausdrückt noch deckt; aber darauf kommt es auch nicht an, ſondern daß überhaupt Charakter-Zeichnungen der Pflanzen und Menſchen ſich ſo ebenbürtig im Ganzen und mit ſo lebendigen Bezugspuncten im Einzelnen gegenübertreten.

Nun iſt der Charakterausdruck im Menſchen nichts Anderes, als der äußere Ausdruck ſeines inneren Seelenweſens. Die Einheit und individuelle Eigenthümlichkeit der Menſchenſeele faßt ſich in dieſem Ausdruck zuſammen, tritt an die Oberfläche, ſpiegelt ſich in eine andere Seele hinein. Wie kommen wir dazu, in den Pflanzen einen analogen Ausdruck ohne etwas Analoges, was ſich ausdrücke, anzunehmen; die Einheit und individuelle Eigenthümlichkeit von Nichts hier ausgedrückt zu finden; ein Spiegelbild, wo nichts dahinter, hier zu ſehen?

Man ſagt, es iſt der Ausdruck, das Spiegelbild einer göttlichen Idee, was hier erſcheint. Nun ja, aber eben einer göttlichen Idee, wo nichts dahinter. Gerade daß nicht blos ein im Allgemeingeiſte Aufgehendes, daß ein Selbſt da iſt, muß durch den ſelbſtlebendig ſich entfaltenden, geſtaltenden, darſtellenden Charakter der Pflanze ausgeſprochen gehalten werden.

In der That ganz anders verhält es ſich in dieſer Hinſicht mit den Pflanzen als mit unſern Kunſtwerken und Geräthen. Auch an dieſen, ſollten ſie ſelbſt nichts als Lebloſes darſtellen, kann man freilich etwas individuell Charakteriſtiſches finden und was ſie aus einem Guſſe erſcheinen läßt; etwas Feines, Zierliches, Schwerfälliges, Kühnes, Edles, Gemeines, was an ein Geiſtiges oder Pſychiſches von gleichem Charakter erinnert. Aber wir wiſſen, es hat ſich aus den Händen des Menſchen dahin übergepflanzt; es trägt des Menſchen Charakter, weil es von ſeinem Charakter ausgegangen iſt. Aber die Pflanze hat ſich ſelbſt gemacht oder iſt von Gott gemacht worden, wie der Menſch; ihr Charakterausdruck kann ſich alſo nicht auf eine fremde, ſondern nur auf eine eigne Seele beziehen, weil Gott der Schöpfer eigner Seelen iſt.

Hiermit hängt zuſammen, daß das Intereſſe, was wir an den Blumen im Leben und in der Poeſie nehmen, ein viel lebendigeres, gemüthlicheres iſt, als was wir an einer Statue, einem Gemälde nehmen, welche dafür immerhin ein höheres geiſtigeres Intereſſe beanſpruchen mögen. Mit welcher Sorgfalt und Liebe zieht manches Mädchen ihr Blümchen im Töpfchen am Fenſter, und begießt es, und wäſcht ihm den Staub ab, und dreht es nach dem Lichte, und fragt den Gärtner aus, wie es recht damit zu machen; eine Aurikel- oder Pelargonienzucht macht Manchem eine ähnliche Freude als einem Andern eine Taubenzucht. Statuen, Gemälde können unſer Zimmer wohl zieren, unſern Geiſt bilden; aber ſelbſt nicht ſo mit uns leben. Man ſagt: die Aehnlichkeit mit dem eigentlich Lebendigen verführt uns; Pflanzen wachſen und treiben; das ſieht wie Leben aus; Bilder und Statuen thun's nicht. Und in der That das erklärt, aber macht zugleich den Unterſchied; verführt uns nicht, ſondern führt uns. Eben weil die Pflanze lebendig aus ſich wächſt und treibt, das Gemälde, die Statue nicht, die blos von fremder Hand erwachſen, kann man's auch in Betreff der Seele vorausſetzen: die Seele, die in der Statue liegt, iſt blos eine fremde; die in der Blume liegt, eine eigene. Die Natur hat eben das voraus vor dem Menſchen, daß ihre Kunſtwerke, d. ſ. die Thiere, Pflanzen, ſelbſtlebendige ſind.

Jeder giebt gern zu, daß, wenn das Kind nicht eben ſo lebendig und gefühlsbegabt als die Mutter wäre, die Mutter auch keine lebendige Liebe und Freude daran haben könnte. Und ſo ſcheint es mir in derſelben Verknüpfung zu liegen, daß wir uns nicht mit ſo viel Seele für die Blumen intereſſiren könnten, als wir es thun, wenn ſie nicht ſelbſt ſo viel Seele hätten; unſtreitig aber haben ſie noch bei Weitem mehr, als unſer Intereſſe für ſie verräth; weil doch die Blumen uns nur zu ferne verwandt ſind, als daß wir den Ausdruck ihrer Seele ſo leicht verſtehen könnten wie die Mutter den des Kindes. Aber es iſt doch noch ſo viel davon da, um den Schluß für das Mehrere auch anknüpfen zu können.

Will der Verſtand auf alles das nicht eingehen? Wohlan, ſo beweiſen wir ihm, daß er es unwillkürlich doch thut. Selbſt Philoſophen haben, ganz ohne den Gedanken an eine wirkliche Seele der Pflanzen unterzulegen, das in ſeiner Art ſelbſtſtändige charaktervolle Treiben des menſchlichen Gemüths durch das analoge der Pflanzen erläutert, alſo doch den Ausdruck des einen im andern wiedergefunden. „So wie die Pflanze, ſagt Lotze in ſeiner Abhandlung über die Bedingungen der Kunſtſchönheit (S. 55.), aus ihrem Keime alle Theile ihrer Geſtalt mit eigner inwohnender Triebkraft entwickelt, und Wolken und Winde ſie nie zu etwas Anderm machen, als ihre Beſtimmung war, ſo ruht auch jedes einzelne Gemüth völlig auf ſich ſelbſt, ein aus dem Ganzen gegoſſenes Ganze, das zwar äußere Einflüſſe in ihren Strudel reißen können, aber nicht in ſeinem weſentlichen Kerne verändern.“ — Nun wohlan, ſage ich, wenn das Gemüth ſo in und aus ſich treibt wie eine Pflanze, warum kann nicht eben ein Gemüth das Treibende der Pflanze ſein?

Und ebenda (S. 38) heißt es: „Mit derſelben Neigung ihres geſtaltenden Triebes, dem die einfachen Formen der Blätter entſprangen, nur auf einem überhaupt höher gelegenen Boden ihres Wirkens, entfaltet die Pflanze die geiſtigeren Geſtalten der Blüte und ſelbſt die zuſammengeſchloſſenen Umriſſe der Frucht; ſo wird auch jede Entwickelung überhaupt als eine allmälige Bereicherung und Vertiefung eines urſprünglichen Gedankens in ſich ſelbſt betrachtet werden müſſen.“

Es möchte leicht ſein, in andern philoſophiſchen Schriften Parallelſtellen zu den vorigen zu finden, die ſich mir nur eben ungeſucht bei jetziger Lectüre darboten. Daß ſie von einem Schriftſteller herrühren, der überhaupt verſtändige und ſinnige Betrachtung zu ſcharfem Ergebniſſe zu verknüpfen gewohnt iſt, mag uns übrigens mit dafür ſprechen, daß auch hier Verſtand und Sinn ſich in mehr als zufälliger Weiſe begegnen.

Bei Menſch und Thier hängt an der charakteriſtiſchen Phyſiognomie, die ihnen zukommt, auch ein charakteriſtiſch verſchiedener innerer Bau, eine charakteriſtiſche Ordnung und Weiſe der Lebensproceſſe. Eine verſchiedene Seelenwirthſchaft bedarf überhaupt einer verſchiedenen Körperwirthſchaft zum Ausdruck oder Träger, und der allgemeine Zug der Geſtalt deutet nur äußerlich die eigenthümlich zuſammenhaltende und abſchließende Einheit dieſer inneren Wirthſchaft dem Auge an. Und ganz ſo wie mit Menſch und Thier iſt's auch mit der Pflanze. Ein menſchlicher Zeichner zwar führt wohl alle ſeine Geſtalten, wie charakteriſtiſch verſchieden ſie ſein mögen, mit Schaffirungen in derſelben Manier aus; jede verſchiedene Pflanzenform aber, wie jede Thierform, iſt innerlich anders mit Zellen, Faſern, Röhren ausſchraffirt; anders auch laufen die Säfte; anders wirken die Kräfte. Und nicht blos zwiſchen verſchiedenen Arten, wie Eiche, Weide, Tulpe, Nelke, finden ſolche Verſchiedenheiten ſtatt, ſondern ſelbſt zwiſchen verſchiedenen Individuen derſelben Art; weniger deutlich, als zwiſchen den Arten, wie aber auch Neger von Neger, Maus von Maus ſich minder deutlich ſcheidet als Neger vom Weißen, Maus von Ratte oder Löwen.

Hat nun der Pflanzenleib ſo ganz Alles, was die Seele braucht, ſich einheitlich und verſchiedentlich zugleich darzuſtellen; warum ſollte es an der Seele ſelber darin fehlen?

Von Intereſſe ſcheinen mir in Betreff der Charakterverſchiedenheit von Pflanzen-Individuen derſelben Art u. a. folgende Bemerkungen Decandolle's (Phyſiol. II. S. 21):

„Unabhängig von den, durch die Arten-Natur bedingten Urſachen, die Blütezeit zu verändern, giebt es noch andere, welche von den Individuen ſelbſt abzuhängen ſcheinen; ungefähr auf gleiche Weiſe, wie man im Thierreiche bedeutende Verſchiedenheiten zwiſchen Individuen der gleichen Art wahrnimmt, welche ſcheinbar den gleichen Einwirkungen unterworfen ſind. In der Tabelle Adanſons[*] ſehen wir, daß beſtimmte Fliederſträuche (Syr. vulg.) blüheten, wenn die Summe der Wärmegrade 620 betrug, und daß andere 830 Grad brauchten; daß ferner beſtimmte Esparſetteſtauden (Hedys. onob. L.) nach 1100 Wärmegraden blüheten und andere erſt nach 1400. Unſtreitig rühren dieſe Unterſchiede häufig von Verſchiedenheiten im Standorte der Gewächſe her; wie z. B. von einer vor Nordwinden geſchützten oder überhaupt günſtigen Lage, von einer an den Wurzeln vorbeifließenden Waſſerader u. ſ. w.; in einigen Fällen ſcheinen dieſe Erklärungsweiſen aber durchaus unzuläſſig. So iſt es z. B. ſelten, daß man in einem mit Roßkaſtanienbäumen beſetzten Spazierwege, wo alle Bäume die gleiche Lage zu haben ſcheinen, nicht ſollte beſtimmte Individuen bemerken, welche ſich jährlich früher oder ſpäter als die übrigen belauben und früher oder ſpäter blühen. Zu meiner Zeit ſtanden im botaniſchen Garten zu Montpellier zwei Roßkaſtanienbäume dicht neben einander und folglich in möglichſt gleichen Verhältniſſen, dennoch blühte der eine dieſer Bäume vor allen übrigen des Ganges und der andere ganz zuletzt. Ich kenne einen Roßkaſtanienbaum in der Nähe von Genf (bei Plainpalais), welcher ſich alle Jahre einen Monat früher belaubt, und um eben ſo viel früher blüht als alle übrigen, ohne daß doch irgend eine Eigenthümlichkeit ſeines Standortes dieſe frühere Entwickelung erklären könnte. Eine ähnliche Beobachtung finde ich in einem Buche niedergelegt, welches man nicht für gewöhnlich unter den wiſſenſchaftlichen Werken anführt. Ein geiſtreicher Unbekannter ſagt in ſeinen Souvenirs (den Mémoires de Constant beigedruckt, Band VI. S. 222): „Ich würde es mir zeitlebens vorwerfen, wenn ich dieſe Gelegenheit nicht benutzte, um eine Beobachtung mitzutheilen, welche ich jährlich wiederhole, wenn ich mich zu Frühlings-Anfang in Paris befinde. Unter den Roßkaſtanienbäumen der Tuilerien, welche ſich kuppelförmig über den Bildſäulen des Hippomenes und der Atalanta erheben, befindet ſich einer, deſſen Laub ſich vor demjenigen aller übrigen Bäume in Paris entwickelt. Auf dieſen Baum achte ich nun ſchon wenigſtens 25 Jahr lang, und niemals ertappe ich ihn auf einer Nachläſſigkeit. Ja, was noch mehr ſagen will, wie ich eines Tages vor einigen Perſonen von dieſem Baume ſprach, ſo zeigte mir eine derſelben die nämliche Beobachtung in den Handſchriften ihres Großvaters niedergeſchrieben; an der Bezeichnung des Standortes ſahe man, daß durchaus der nämliche Baum gemeint war, den ich beobachtet hatte.

---

[*] Die Berechnung der Wärmegrade iſt darin auf eine eigenthümliche Weiſe geführt (Decand. II. 16.), welche es nicht nöthig iſt, hier zu erörtern, wo es blos um eine Vergleichung im Allg. zu thun.

Auch gehört hierher folgende Bemerkung von Fritſch in ſeiner Abhandlung über die periodiſchen Erſcheinungen im Pflanzenreiche S. 62: „Man ſieht nicht ſelten aus zwei Keimen einer und derſelben Pflanzenart, welche dem äußern Anſchein nach ſich gleichen, zwei Organismen ſich entwickeln, von denen der eine ſchwach und hinfällig, nach kurzer Zeit kraftlos dahin ſchwindet, während der andere ſtark und kräftig ſich entwickelt und den äußern Einflüſſen widerſteht, ungeachtet beide Keime unter gleichen örtlichen und klimatiſchen Verhältniſſen ſich entwickelten und einer gleichen Pflege aus der Hand der Natur oder der Menſchen theilhaftig waren. Tief verborgen liegen die Urſachen dieſer Erſcheinungen, und ihre Erforſchung hängt mit der Frage, worin das Leben der Pflanzen beſtehe, ſo innig zuſammen, daß noch lange ihr Einfluß auf die Entwickelung der Pflanzen unerkannt bleiben dürfte.“

Was ich bisher ausgeführt, ging mir erſt nur in flüchtigen Zügen durch die Seele, als ich am Waſſer ſtehend die Blume betrachtete, die zu dieſen ganzen Betrachtungen den erſten Anlaß gab. Und es war mir, als ſähe ich die Seele der Blume ſelbſt in leiſem Nebel aus der Blume emporſteigen, und immer mehr lichtete ſich der Nebel, wie ſich die Betrachtung beſtimmter geſtaltete, und endlich ſtand die feine Geſtalt der Seele klar, ja verklärt, über der Blume. Sie wollte wohl einmal auf das Dach ihres blühenden Hauſes ſteigen, der Sonne beſſer als im Hauſe zu genießen; da ward die ungeſehen ſich Glaubende von einem Menſchenkinde überraſcht.

In Wahrheit aber ſchien mir in all dem, was ich hier dargelegt, ſo viel Anſtalt, ſo viel Forderung, und endlich noch ſo viel Zeichen und Symbol von Seele und Empfindung für die Pflanze zu liegen, daß ich mich ernſtlich zu fragen anfing, wo denn nun die Gründe ſeien, nach denen man ſie ihr abſprechen könne; und ich erſtaunte, ſie im Ganzen doch ſo ſchwach zu finden. Wohl ſtellte ſich ein Einwand nach dem andern ein; die gewohnte Vorſtellung wollte immer wieder zu Recht kommen; Alles doch ſo anders in der Blume als in Menſch und Thier! Es war, wie wenn ſchlimme Käfer ſich um die Blume drängten, und auf die fremd darüber erſchienene Geſtalt, die ihnen den gewohnten Platz zu verkümmern drohte, einen Angriff machten, und dieſe zog ſich manchmal ſcheu davor zurück. Nun freilich Seele, drinnen iſt eigentlich dein Platz! laß Alles draußen dein Haus umſchwirren, unwiſſend der Bewohnerin; drinnen kann dir Niemand etwas anhaben. Aber ſo lange ich hier ſtehe, will ich dir die Feinde abhalten.

VI. Pflanzen-Tod und Leid.

Hart ging mich anfangs der Gedanke an, wie von allen Gräſern und Blumen der Wieſe, von allen Aehren des Feldes, von allen Bäumen des Waldes doch kaum eines eines natürlichen Todes ſtirbt, wie alles das unter der Sichel, der Senſe, der Axt fällt, und ich fragte mich: ſollte die Natur ſo viele Geſchöpfe mit Empfindung nur begabt haben, um alle einen grauſamen Tod ſterben zu laſſen? ſind ſie nicht doch blos vielmehr zum Schmucke und Nutzen für Anderes da, als ſich ſelbſt zu ſchmücken und zu eignem Zwecke zu wachſen? — Derſelbe Einwand begegnete mir zuerſt, als ich zu einem Freunde von meinem Glauben an die Pflanzenſeele ſprach. Nein, ſagte er, das wäre doch zu ſchlimm, wenn die Pflanzen als beſeelte Weſen ſich alles das gefallen laſſen müßten, und nicht einmal den Verſuch machen könnten, davon zu laufen!

Inzwiſchen betrachtete ich dagegen, wie ja in denſelben Ländern, wo kein Gras und Baum mehr eines natürlichen Todes ſtirbt, auch kein Haſe, kein Reh, kein Schaf noch

Rind, noch Pferd, ja faſt kein Menſch mehr eines natürlichen Todes ſtirbt. Denn wer wird es einen ſolchen nennen, wenn der Menſch von Krankheit grauſam zu Tode gequält wird. Man mag verſuchen, dieſen, mit dem Uebergewicht der menſchlichen Cultur eintretenden, Umſtand ſich zurecht zu legen, wie man will, aber einen Einwand gegen die Empfindung der Geſchöpfe, die dieſem Schickſal unterliegen, kann man nicht daraus ziehen. Die Natur hat unzählige Geſchöpfe mit dem Vermögen unſäglich mannigfaltiger Luſt geſchaffen, aber an jedes Vermögen, mit Luſt zu leben, knüpft ſich auch die Gefahr, mit Unluſt zu ſterben.

Daß die Pflanze nicht einmal den Verſuch machen kann, drohendem Unheil auszuweichen, ſcheint uns freilich ſchlimm, aber doch nur von unſerm Standpunct aus. Wenn der Soldat, in Reih und Glied gebannt, die Kanonenkugeln immer näher ſtreichen und nach ſich fortſchreitend Mann um Mann fallen ſieht, ſo muß ihn das freilich ſchlimm dünken. Er fühlt die Kugel eher, ja vielleicht noch mehr, als wenn ſie ihn wirklich trifft. Aber wenn der Schnitter durch das Feld geht, ſo weiß die Aehre nichts von ſeinem Nahen, und fühlt den Schnitt erſt, wenn er ſie wirklich trifft; nicht anders als auch der Menſch von ſo manchem durch ein höheres Weſen über ihn verhängten Schickſal plötzlich getroffen wird, ohne daß ſeine Lebensfreude auch nur einen Augenblick durch deſſen Vorausſicht getrübt worden wäre. Dieſes Unbeſorgtſein der Pflanze kann ſogar ſelbſt als eine ſchöne Seite ihres, der Gegenwart rein dahingegebenen, Lebens erſcheinen, als Erſatz dafür, daß ſie freilich auch höhere Genüſſe, die am größern Vorblick und Umblick hängen, miſſen muß. Glaubt man denn, es ſei der Maus beſſer zu Muthe, wenn die Katze ſie ſpielend mordet, ſo daß ſie den Tod hundertmal ſchon fühlt, ehe ſie ihn erleidet, als wenn ſie von einem Schlage ihrer Tatze getödtet wird? Und was iſt unſer Immerwiederdavonlaufen aus den Gefahren des Todes viel anders als das immer wieder Weghuſchen unter den Klauen einer großen ſchwarzen Katze, von der wir doch wiſſen, daß wir ihr endlich anheimfallen werden.

Auch ſonſt ſtellt man ſich die Sachlage für die Pflanzen leicht zu ſchlimm vor. Wie unzählige Bäume und Kräuter ſterben doch noch den natürlichen Tod in Wildniſſen; wie ſorgſam werden Fruchtbäume und Blumen von uns ſelber im Garten gepflegt. Und wenn alle Bäume unſerer Wälder endlich niedergeſchlagen werden, iſt es nach einer viel längern Lebensdauer, als im Mittel der Menſch hat. Alle Felder werden endlich abgemäht, aber was hat das ſchon zu Stroh gewordene Getreide noch zu verlieren? Gewonnen hat es doch vorher von uns Düngung und gute Pflege. Die Gräſer der Wieſe werden im Mähen vielmehr geſchoren wie die Schafe, als geſchlachtet, denn der Stock der Gräſer geht ja nicht ein, wird nur zu neuem kräftigern Austriebe gereizt. Ueberhaupt, wenn wir Theile von der Pflanze abreißen, hat das gar nicht gleiche Bedeutung, als wenn wir Theile von uns losreißen, weil die Pflanzen anders als wir darauf eingerichtet ſind, beim Abſchneiden oder Abreißen einzelner Theile andere um ſo ſtärker zu treiben. Nimmt man einer Pflanze einige Blüten, werden die andern wie die daraus hervorgehenden Früchte nur um ſo völliger ausgebildet. Wie dienlich das Beſchneiden für die Tragbarkeit von Früchten ſein kann, iſt bekannt. Alſo wird man ſich das Pflücken einer Blume oder Brechen eines Zweiges gar nicht ſo ſehr zu Herzen zu nehmen haben. Leidet auch die Pflanze zunächſt etwas davon, wird es ſein, wie mit dem Leiden des Menſchen, welches dient, ihn zu größerer Thätigkeit heilſam anzutreiben, was ihm oft durch die Folgen mehr frommt, als das Leiden unmittelbar ſchadet. — Dazu muß man es noch für ſehr fraglich halten, ob die Pflanze, wenn ſie auch empfindet, den Schnitt und das Abbrechen ebenſo mit Schmerz empfindet als das Thier, da ganz andre Bedingungen der Organiſation hier obwalten. Die Verhältniſſe der Schmerzempfänglichkeit ſind überhaupt noch nicht aufgeklärt. Sogar das Thier empfindet den Schnitt an manchen Theilen nicht, die doch gerade Hauptträger ſeiner Seelenthätigkeiten ſind. Man kann vom Gehirn große Stücke wegſchneiden, ohne daß Schmerz entſteht, während die Sinnes- und ſonſtigen Seelenthätigkeiten dabei leiden. Und ſelbſt dieſe leiden nicht, wenn man nicht zu viel wegſchneidet, indem die noch übrigen Theile dann die Function der weggenommenen vertreten. So kann man auch ein Auge zerſtören, und der Menſch ſieht noch vortrefflich mit dem andern. Und ſo wird man auch eine einzelne Blume von einer Pflanze abreißen können, ohne daß es wahrſcheinlich die Pflanze ſehr erheblich weder unmittelbar durch Schmerz noch ſonſtiges Leid ſpürt, wenn ihr nur noch andere gleich ſchöne Blumen bleiben; der Trieb in dieſe wird nur um ſo mehr zunehmen. Wollte man ihr freilich alle Blumen nehmen, ſo wäre es traurig. Aber dem Menſchen geht es auch oft traurig, und man wird nicht verlangen, daß es die Pflanze beſſer habe als der Menſch.

Die Beſorgniß, daß wir keinen Spaziergang durchs Grün mehr machen, das Mähen keiner Wieſe mehr anſehen, keine Blume mehr pflücken könnten, ohne uns ſtörend durch den Gedanken berührt zu finden, daß hierbei empfindenden Geſchöpfen ein Leides gethan werde, wird hierdurch ſchon ſehr vermindert erſcheinen. Wir ſind aber auch in ſolcher Beziehung gar nicht ſo ſentimental, als wir uns wohl manchmal einbilden möchten; und wäre es alſo nur, um uns ſelbſt unangenehme Gefühle zu erſparen, daß wir der Pflanze keine Gefühle überhaupt zuſchreiben wollten, — im Grunde der ganze Sinn des Einwandes — ſo hätten wir dabei auf etwas gerechnet, was eigentlich gar nicht da iſt.

Erinnern wir uns doch, wie es uns gar nicht anficht, zu wiſſen, daß wir auf jedem Spaziergange wohl tauſend kleine Thierchen zertreten; wie wir ohne die geringſte Anwandlung von ſchmerzlichen Gefühlen unſern Braten eſſen; große Töpfe Krebſe kochen; Hirſche, Haſen, Rehe jagen; Vögel ſchießen oder in den Bauer ſperren; Inſecten um der Sammlung willen ſpießen; Fröſche zum Experimente ſchinden; in die Luft mit dem Stocke nach Mücken ſchlagen; Ameiſen mit kochendem Waſſer übergießen; Maikäfer ſchütteln und zerſtampfen; Fliegen an Stöcken mit Fliegenleim ſich zu Tode zappeln laſſen. Höchſtens ſchilt doch jeder nur auf das, was er ſelber in dieſer Beziehung nicht zu thun gewohnt iſt. Hiernach werden wir nun wohl erwarten können, daß und auch der Gedanke an das Weh, was wir den Pflanzen im Verfolgen unſerer Zwecke etwa zufügen möchten, keine große Unbequemlichkeit machen wird. Der Menſch weiß ſich auf dergleichen einzurichten. Er verſpart ſein Mitleid für Thiere auf die Fälle, wo er eben keinen Nutzen davon hat, ſie zu tödten oder zu plagen, oder blos einem Andern als ihm ſelber dieſer Nutzen zu Gute kommt. Da kann dieß Mitleid manchmal lebendig genug werden. Und gerade ebenſo würde ſich's auch bei den Pflanzen machen. Ob das eine löbliche Seite des Menſchen iſt, braucht hier nicht unterſucht zu werden; genug, es iſt ſo, und mag immerhin ſo nothwendig in der natürlichen Verkettung der Dinge liegen. Sollte aber der Menſch wirklich lernen, die Pflanzen etwas ſchonender zu behandeln, da wo kein Zweck gebietet, ſie zu verletzen, wäre es ein Nachtheil? Ich meine, eher das Gegentheil.

VII. Die Freiheitsfrage.

Die Pflanze hat keine willkürliche freie Bewegung; dieß ſcheint Vielen ſchon Beweiſes genug, daß ſie keine Seele und mithin Empfindung hat*. Denn, ſagt man, beides, Empfindung, bezüglich auf eine Seele, und willkürliche Bewegung, ausgehend davon, hängen weſentlich zuſammen. Wo Eins nicht iſt, kann das Andere nicht ſein. Die Pflanze folgt in Allem, was mit ihr geſchieht, reinen Geſetzen der Naturnothwendigkeit. Es mag ein complicirteres Geſchehen als im unorganiſchen Gebiete ſein; aber ſo nothwendig wächſt die Pflanze in der durch Erde, Waſſer, Luft, Licht und innere Anordnungsverhältniſſe des Samenkornes

---

[*] So ſagt Autenrieth in ſeinen Anſichten über Natur- und Seelenleben S. 332: „Es lebt ein großes organiſches Reich, das der Pflanzen, ohne Spur von Freiheit oder Wahl in den Aeußerungen ſeines Lebens, alſo ohne Zeichen des Daſeins einer Seele;“ und S. 223: „Betrachten wir die Pflanzen, denen man bei ihrem gänzlichen Mangel von jeder Spur von Willensfreiheit kein Bewußtſein zuſchreiben kann.“

beſtimmten Richtung, als die Planeten ihren Weg gehen. Eine Seele aber will Freiheit, Selbſtbeſtimmung.

Vielleicht zwar ſtellt nicht jeder dieſen Einwand ſo ſcharf. Die Nothwendigkeit, mit der die Pflanze wächſt, und mit der das Planetenſyſtem ſich bewegt, wird Manchem doch nicht gleichgeltend erſcheinen, ohne daß er deßhalb die Pflanze für hinlänglich frei halten mag, um ſie auch für beſeelt zu halten. Aber je mehr der Einwand an Schärfe verliert, verliert er auch an Gewicht. Was verlangt man zuletzt für eine abſonderliche Art Freiheit, um noch Seele zu finden? Gleichviel, wie man den Einwand faſſe, ſuchen wir, im Folgenden jeder Faſſungsweiſe deſſelben zu genügen.

Dabei werden wir uns vor Allem zu hüten haben, nicht unſern ganzen Gegenſtand in die Irre, die Wirre, den Hader hinein verloren zu geben, worin die ganze Freiheitslehre, den Freiheitsbegriff an der Spitze, noch befangen liegt. Der armen, ſchlicht einfältigen Pflanzenſeele möchte ſchlimm zu Muthe werden, und ſie wohl ſelber ſich verloren halten, wenn ſich auf einmal ſo viel gelehrte Philoſophen um ſie ſtellten und jeder in ſeiner Weiſe zu examiniren anfingen, ob und was ſie von der Freiheit wiſſe und beſitze, die er ſelber gerade für die alleinſeelenmachende erklärt. Was ſoll ſie antworten? ſie verſteht nichts von allen Fragen. Aber ich nehme ſie und trage ſie ſäuberlich aus dem gelehrten Kreiſe heraus, heraus unter die Thiere des Waldes und Feldes, mit denen ſie ſich beſſer verſteht, und ſtelle ein paar einfache Fragen an ſie, die ſie wohl zu beantworten wiſſen wird.

In der That dürfte es möglich ſein, alles im Klaren und Einfachen zuhalten, und dazu es weder mit Determiniſten noch Indeterminiſten zu verderben, wenn wir nur ſcharf bei dem Puncte ſtehen bleiben, auf den es nach der ganzen Anlage unſrer Betrachtungen allein ankommen kann, zu zeigen nämlich, daß die Pflanze hinſichtlich keines der thatſächlichen Umſtände, welche bei Beurtheilung der Freiheit maßgebend ſein können, ſchlechter als die Thiere geſtellt iſt, ſei's auch in anderer Form geſtellt. Wer dann die Thiere für frei erklärt, wird auch die Pflanzen für frei erklären müſſen; wer jene nicht für frei erklärt, und wie viele ſind denn, welche den Thieren wahre Freiheit beilegen mögen, wird ſolche dann freilich auch den Pflanzen nicht zuſprechen, aber auch zur Beſeelung nicht von ihnen fordern können, da er ſie doch auch von den Thieren nicht dazu fordert. So bleibt den Pflanzen in jedem Falle ſo gut Seele als den Thieren; man mag Freiheit in ſeinem beſondern philoſophiſchen Intereſſe definiren, läugnen oder zugeſtehen, wie und ſo weit man will; genug nur, daß die gewöhnlich mit den Worten Freiheit, Willkür bei den Thieren in Bezug geſetzten Zeichen ſich bei den Pflanzen, wenn nicht in denſelben, doch in äquivalenten wiederfinden. Hüten wir uns aber, die Erfahrungen ſchon als gedeutete zu faſſen; da es ſich vielmehr erſt handelt, aus den Erfahrungen die Deutung zu ſchöpfen.

Woraus ſchließen wir denn auf jene Freiheit bei den Thieren, die wir als weſentlich zu ihrem Beſeeltſein auch wieder zu fordern pflegen? Daraus, daß wir das Thier da- und dorthin laufen, fliegen, ſchreien, Futter ſuchen ſehen, ohne daß wir von Außen genügende Veranlaſſungen dazu finden; es wirkt Etwas von Innen heraus, was wir nicht berechnen können. Nun aber ſehen wir eine Pflanze ihre Knoſpen, Aeſte, Blüten auch bald da- bald dorthin, nach dieſer oder jener Richtung treiben, ohne daß wir genügende äußere Veranlaſſungen dazu finden oder die etwaigen innern berechnen könnten. Wer will einer Pflanze nachweiſen, warum ſie die Blätter und Zweige ſo und nicht anders treibt? Die Freiheit äußert ſich freilich hier in einer ganz andern Sphäre von Thätigkeiten als beim Thiere, aber ſchon innerhalb des Thierreiches findet hierin großer Spielraum ſtatt. Daß bei den Pflanzen mehr von einer Nöthigung durch äußere Veranlaſſungen abhänge als beim Thiere, wird ſich nicht behaupten laſſen, da wir verſchiedene Pflanzen unter denſelben äußern Umſtänden ſich ſo gut anders benehmen ſehen als verſchiedene Thiere. Nie hat doch eine Pflanze ganz auf dieſelbe Weiſe ihre Zweige, Blätter und Blumen getrieben als die andere, auch wenn ſie ganz ähnlich ſtand. Freilich bleibt jede dabei innerhalb gewiſſer allgemeiner, mehr oder weniger beſtimmter Regeln, die mit ihrer Natur zuſammenhängen; aber ebenſo auch jedes Thier; es kann nur laufen, wie ihm die Beine, nur freſſen, wie ihm der Schnabel gewachſen iſt. Freilich wird die Pflanze bei den Bewegungen des Wachſens, Biegens, Faltens ihre Theile, die ſie macht, durch äußere Reize, Licht, Luſt, Feuchtigkeit, Erde mit beſtimmt; aber ebenſo auch jedes Thier. Wie ſehr werden ſeine Bewegungen durch das Verlockende und Zurückſtoßende äußerer Reize mitbeſtimmt; nur eben nicht allein, wie auch nicht bei der Pflanze. Freilich könnte man ſich bei der Pflanze möglich denken, daß die Wirkung der äußern Reize, zuſammengenommen mit den Bedingungen, die innerlich im Bau, der Einrichtung der Pflanze liegen, ihr Verhalten unter allen Umſtänden ganz nothwendig beſtimmte; aber wiederum ganz eben ſo bei dem Thiere. Hat es denn etwa weniger complicirte innere Bedingungen aufzuweiſen als die Pflanze, deren Zutritt zu den äußern alles das möglicherweiſe zu erklären vermöchte, was nicht von den äußern allein abhängig gemacht werden kann? Im Gegentheil, es hat ſogar noch mehr; was auch unſtreitig die Möglichkeit noch mannigfaltigerer und verwickelterer Thätigkeiten bei ihm erklärt. Will man alſo auf dieſem Wege der Pflanze Freiheit abſprechen, ſo kann man es zwar gewiß, und ich ſelbſt bin völlig der Meinung, daß kein Hinderniß iſt, es zu thun; es iſt aber ganz derſelbe Weg, der dazu führt, ſie auch dem Thiere abzuſprechen; und da doch das Thier trotzdem Empfindung und Trieb fühlt, ſo wird man daſſelbe auch der Pflanze ebenſo zugeſtehen können.

Freiheit im höchſten, im moraliſchen Sinne wird unſtreitig überhaupt Niemand weder den Thieren noch den Pflanzen beilegen wollen; ob aber nicht außer dieſer Freiheit Alles in der Welt nothwendig bedingt ſei, kann um ſo eher gefragt werden, als ja Manche die moraliſche Freiheit ſelbſt als innere Nothwendigkeit zu faſſen wiſſen. Gewiß jedenfalls iſt Freiheit, Willkür in gewöhnlichem niedern Sinne keine ſo ängſtlich zu nehmende Sache, daß man ihren Schein nicht ohne Gefahr, mit höhern Intereſſen in Conflict zu gerathen, in einer rückliegenden Nothwendigkeit ſich aufhebend denken könnte. Auch einem Verrückten, der in blindem Triebe hinraſt, legen wir ſie bei, ſofern er eben nicht gebunden iſt, geben aber doch zu, daß im Grunde etwas von innen heraus Nöthigendes ihn treibe, und ſprechen ihm dabei nicht Gefühl, Empfindung ab.

Ich denke, was man in Sachen der Freiheit für ein Geſchöpf weſentlich fordern muß, um ihm Seele zuſprechen zu können, iſt überhaupt nur dieß, daß es den Antrieb zu gewiſſen Thätigkeiten als ſeinen eignen fühle. Dieß genügt. Ob dann dieß Gefühl des Antriebes mit Nothwendigkeit entſtanden iſt oder nicht, kann man zwar noch unterſuchen, aber, wie die Antwort auch ausfalle, keinen Beweis gegen das Daſein der Seele daraus ziehen. Nur eine doppelte Anſicht über die Natur der ſich frei dünkenden Seele kann daraus hervorgehen. Der hungrige Fuchs packt die Henne; daß er es thut, iſt vielleicht ganz nothwendig durch ſeine Einrichtung und das Daſein der Henne bedingt; vielleicht auch nicht; denn ich entſcheide hier nichts; obwohl ich meinerſeits der erſtern Meinung bin, aber es kommt hier eben nichts darauf an. Daß er den Trieb, die Henne zu packen, als ſeinen fühlt, in ähnlichem Sinne wie ein Menſch, der einem ſinnlichen Gelüſte unterliegt, dieſes Gelüſt als ſeines fühlt, macht ſeine Handlungen immer willkürlich, frei in niederm, gemeinen Sinne, ſo wie es für ein beſeeltes Weſen wird zu fordern ſein, aber auch hinreicht. Mag alſo auch die Pflanze mit Nothwendigkeit ohne alle höhere Freiheit ihre Blätter und Zweige dahin treiben, wohin ſie dieſelben eben treibt;

wofern ſie nur den Antrieb dazu auch ebenſo als ihren eignen fühlt, das Nöthigende in ſich fühlt, wie das Thier, wenn es ſeine Krallen beim Fange ſtreckt, ſeine Füße beim Laufen ſetzt, ſo treibe ſie auch ihre Blätter und Zweige in gleichem Sinne frei, willkürlich; und wo läge ein Zeichen, daß dieß bei der Pflanze weniger der Fall ſei; vielmehr iſt, die Form des Treibens abgerechnet, alles analog als beim Thiere. Ja weiſt nicht ſelbſt die Gemeinſchaftlichkeit des Ausdrucks Trieb für uns, die Thiere und die Pflanzen auf ein Gemeinſchaftliches dabei hin? Im Triebe will etwas aus uns heraus, oder wollen wir ſelbſt über unſern jetzigen Zuſtand heraus; hiervon hat die Seele das Gefühl; ob aber der Trieb ein Weſen ganz fortreißt, das nicht angewachſen iſt, um zum Zwecke zu gelangen, wie uns, oder, wie bei der Pflanze, die angewachſen nicht ganz fortgeriſſen werden kann, ſie treibt, ſich über ſich ſelbſt hinaus zu verlängern nach allen Seiten, wo es etwas für ſie zu erlangen giebt, das ändert nichts im Weſen des Triebes, und das Gefühl davon kann in beiden Fällen gleich ſtark und lebendig ſein. Man hat gleich den Gegenſatz davon, wenn man ſich denkt, daß die Pflanze, ſtatt durch ein Spiel eigner Kräfte ſich dahin zu verlängern, wohin ein Reiz ſie treibt, oder die innere Lebensmacht ſie drängt, durch eine äußere Kraft dorthin gezerrt oder gebogen würde. Dann würde auch unſtreitig kein Gefühl eignen Triebes in ihr vorhanden ſein. Es iſt derſelbe Unterſchied, ob unſer Arm durch ein Spiel der uns ſelbſt eignen Kräfte geſtreckt wird oder ein Anderer ihn ſtreckt; der erſtere Fall iſt mit Gefühl des eignen Antriebes dazu verknüpft, der letztere nicht. Warum ſollte es bei der Pflanze anders ſein? Im Uebrigen können beide Fälle möglicherweiſe gleicher Nothwendigkeit unterliegen; einesfalls wirkt nur das Moment der Nöthigung von Innen und andernfalls von Außen.

Dieſe Betrachtungen ſtellen nichts in künſtliches Licht, ſondern bringen in Wahrheit erſt das Sachverhältniß klar zum Vorſchein, welches in der gewöhnlichen Betrachtungsweiſe durch den Cirkel getrübt iſt, daß wir die Pflanzen ohnehin ſchon für ſeelenlos den Thieren gegenüber halten; alſo ihr Treiben auch von vorn herein aus dem Geſichtspuncte einer ſeelenloſern Nothwendigkeit faſſen als das der Thiere. Dagegen zeigt ſich bei Abthun aller vorgefaßten Meinung, daß die Nothwendigkeit überhaupt bei Pflanzen nicht im Mindeſten erwieſener als bei Thieren iſt; ſo wahrſcheinlich ſie aber bei ihnen ſein mag, daß dieſe Wahrſcheinlichkeit das Thier und die Pflanze gleich betrifft; und ſelbſt ſo erwieſen ſie ſein möchte, daß nichts gegen einen Seelentrieb dadurch bewieſen wird, ſofern derſelbe gar nicht an den Kategorien des nothwendigen oder nicht nothwendigen Entſtehens hängt. Zuletzt glaubt jedes Weſen frei zu handeln, wenn es nach ſeiner Luſt handelt, denn dieß hängt mit dem Gefühle des Triebes zu einer Sache zuſammen. Aber daß es Luſt an Dem oder Jenem hat, hängt ſelbſt von ſeiner phyſiologiſchen und pſychologiſchen Einrichtung ab.

Am directeſten und entſcheidendſten ſpricht ſich der Charakter des Handelns aus freiem Triebe oder nach Luſt beim Thiere darin aus, daß es mit einem Aufwande innerer Kräfte die ihm günſtigen Lebensbedingungen zu erreichen, die ungünſtigen zu fliehen ſucht. Indem es nach Nahrung läuft, fühlt es, was es dahin laufen macht. Warum weniger glauben, daß die Pflanze, wenn ſie nach Nahrung wächſt, fühlt, was ſie dahin wachſen macht? Blos äußerlich davon angezogen wird ſie ſo wenig als das Thier. Das Thier treibt der Hunger, die Luſt am Wohlgeſchmack; warum ſoll die Pflanze weniger hungern, wenn ihr Nahrung fehlt; es weniger ſchmecken, ob ſie zuſagende oder nicht zuſagende Nahrung findet? Die Bemühungen, die rechte Nahrung zu finden, ſind jedenfalls bei der Pflanze nicht geringer als bei dem Thiere, und ſehr analog; nur daß das Thier ſich ganz fortſchiebt nach der Nahrung, die Pflanze Theile von ſich fortſchiebt nach der Nahrung; daß die Pflanze nicht durch Augen und Ohren bei ihrem Suchen geleitet wird, ſondern durch Fühlfäden, die ſie nach allen Seiten ausſchickt.

In der That, wie weit ſtreckt oft die Pflanze ihre Wurzeln; wie kriecht ſie damit herum, um fruchtbares Erdreich zu finden. Wo ſie nun ſolches findet, da ſchlägt ſie ſo zu ſagen ihre Wohnung auf, die dürren Stellen verläßt ſie; ja oft ſcheint ſie das gute Erdreich auf große Weiten zu wittern und durch ſchmale Ritzen in Mauern oder Felſen den Weg dahin zu finden, indeß ſich nach Seiten des unfruchtbaren Erdreichs die Bewurzelung wenig entwickelt. Es giebt davon bemerkenswerthe Beiſpiele. Man hat gar Fälle, wo die ganze Pflanze ſich dadurch von der Stelle bewegt hat und ſo zu ſagen auf die Sprünge des Thieres gekommen iſt. Sie beweiſen zwar nicht mehr, als wo ſie ſtehen bleibt; aber ſie beweiſen daſſelbe doch recht deutlich.

„Unter den Ruinen von New-Abbey in Gallowayſhire befindet ſich eine Art Ahorn (Acer pseudoplatanus); dieſe überragte einmal die Mauer, aber von Mangel an Raum oder Nahrung gedrängt, ſchickte ſie eine ſtarke Wurzel von der Höhe der Mauer, welche ſich in dem Boden unten feſtſetzte und in einen Stamm verwandelt wurde; und nachdem er die übrigen Wurzeln von der Höhe der Mauer losgemacht hatte, wurde der ganze Baum von der Mauer abſtehend und unabhängig. Der Baum ging auf dieſe Weiſe von ſeinem urſprünglichen Platze. Lord Kainer gedenkt der Erſcheinung, und die Thatſache iſt unbezweifelt richtig. — Ein Stachelbeerbuſch, welcher in einem Winkel eines Gartens in einem kärglichen ſandigen Boden ſtand, ſchickte einen Zweig in der Richtung nach dem beſſern Boden ab, welcher ſeine Wurzeln auf dem Wege dahin einſenkte; der urſprüngliche Buſch ſtarb ab, und die Pflanze ſchritt nach dem beſſern Boden vorwärts. — Am Comer-See, bei der Villa Pliniana, ſind auch hängende Wurzeln wahrzunehmen, welche die Fläche des Felſens abwärts gekrochen und Stämme geworden ſind.“ (Murray in Fror. Not. XXXVIII. p. 278.)

Unſtreitig freilich kann die Pflanze das gute Erdreich ſo wenig von Weitem wirklich wittern, als ein Thier etwas von Weitem wittern kann, ohne daß etwas aus der Weite zu ihm gelangt, ſei es auch nur für Geſicht oder Geruch; ſonſt muß das Thier ſo lange taſtend herumlaufen, bis es findet, was ihm zuſagt, da bleibt es dann dabei. So wird's auch mit der Pflanze ſein; vielleicht iſt's ein Moderdunſt, der die Pflanze zu fruchtbarem Boden lockt, vielleicht und viel wahrſcheinlicher ſchickt ſie ſo lange nach allen Seiten ſeine Wurzelfaſern, bis ſie guten Boden getroffen; dann nehmen dieſe an Stärke zu, verzweigen ſich; die andern gehen dafür ein, und ſo mag es ſo ausſehen, als habe die Pflanze das gute Erdreich von Weitem gerochen. Die Sache iſt noch nicht völlig ins Reine gebracht. Aber welcher Weg es auch ſei, auf dem die Pflanze ihre Nahrung findet, ſo weiß ſie ſolche doch zu finden; auch unter den Thieren giebt es ſehr verſchiedene Wege dazu.

Man kann freilich ſagen, wenn man ſolchergeſtalt eine Pflanze ihre Wurzeln lang und dünn durch unfruchtbares Erdreich nach Nahrung ſchicken ſieht, der phyſiſche Reiz des unfruchtbaren Erdbodens auf die zur zweckmäßigen Gegenwirkung eigenthümlich eingerichtete Pflanze reiche ſchon aus, dieſen Erfolg auf rein phyſiſchem Wege zu erklären; es ſey nicht nöthig, noch in der Seele einen Grund und Antrieb dazu zu ſuchen. Es iſt dieß aber nur eine andere Wendung des Einwurfs mit der mangelnden Freiheit, und dieſelbe Antwort gehört darauf. Freilich kann man ſo ſagen, nur daß man es wieder bei Menſchen und Thieren ganz eben ſo ſagen kann, wenn man die Erſcheinungen darnach deuten will, und bei den Pflanzen ganz eben ſo wenig beweiſen kann, wenn es ſich einmal um Beweis handelt; kurz der Stand der Sache bleibt bei beiden wieder derſelbe. Meines Erachtens darf bei einer Anſicht, die doch ſonſt nicht ſo verwerflich ſcheint, daß jedes Geiſtige hienieden auch ſeinen leiblichen Ausdruck unmittelbar an ſich hat, die Möglichkeit, etwas blos aus phyſiſchen oder leiblichen Vermittelungen zu erklären, der Möglichkeit der Erklärung aus geiſtigen Gründen überhaupt nicht entgegenſtehen; der geiſtige Grund verlangt ja doch dann auch ſeinen Ausdruck im Leiblichen. Wer ſich nun auf den Standpunct ſtellt, überall blos den Ausdruck im Leiblichen verfolgen zu wollen, wie dieß der Standpunct des Naturforſchers iſt, kann es dann freilich; aber er muß damit die Seele, die in dem leiblichen Ausdruck für Andere ſich auch ſelbſt gewahr wird, nicht leugnen wollen. Auch ſelbſt meinem Willen, nach einem Stück Brot zu langen, muß ja ein leiblicher Vorgang im Kopfe zugehören, der den Arm zur Bewegung anregt; wir wiſſen ja, derſelbe wird im Willensact vom Gehirn aus angeregt. Nun könnte es auch einem Phyſiologen einfallen, den Willensact der Seele leugnen zu wollen, weil er auf ſeinem Standpuncte die Armbewegung auch von jenem phyſiſchen Vorgange abhängig machen könnte, in dem der Wille ſich unmittelbar im Kopfe ausſpricht, und den er weiter rückwärts von der phyſiſchen Geſichtserſcheinung des Brotes und dem phyſiſchen Hungerzuſtande des Leibes und dem beſondern Zuſtande des Gehirns, der vor dem Willen Statt fand, bedingt anſehen könnte. Als Phyſiolog thut er vielleicht ganz recht, es ſo zu faſſen; aber der Menſch hat noch eine andere Seite als für den Phyſiologen, die dieſer wohl ungeſehen laſſen muß; warum nicht eben ſo auch die Pflanze? Wir *können* freilich phyſiologiſch Alles auf ihre innern leiblichen Bewegungen ſchieben, aber *ſollen* es deßwegen nicht, wenn ſich dieſe Bewegungen gleich zweckvoll für ſie zeigen als beim Menſchen. Die materiellen Gründe, die wir dem phyſiologiſchen Zuſammenhange zu Liebe in ſolchen Fällen immerhin ſupponiren mögen, dürfen uns doch dann eben nur als Ausdruck oder Träger von pſychiſchen Gründen für einen pſychiſchen Zuſammenhang gelten, der ſelbſt von jenem phyſiologiſchen getragen wird. Aber freilich liegt ein Grundfehler unſrer ganzen jetzigen

Naturbetrachtung darin, daß wir glauben, das Geiſtige könne nur immer vor oder hinter dem Leiblichen, aber nicht unmittelbar in ſeinen Schuhen einhertreten; und indem wir Eins immer in den Zuſammenhang des Andern hineinſchieben, verlieren wir den Zuſammenhang, den jedes ſowohl in ſich, als Eins im Ganzen mit dem Andern hat. Aber ich weiß wohl, daß ich dieß hier nicht ändern noch beſſern werde. Gleichviel, was man darüber denken mag, ſo genügt es, hier nur immer den thatſächlichen und für uns entſcheidenden Punct feſtzuhalten, daß alle vorausgeſetzte Möglichkeit, bei der Pflanze alles rein phyſiologiſch zu erklären, ſo lange nichts gegen das Wirken einer Seele in ihr beweiſen kann, als die Vorausſetzung derſelben Möglichkeit bei Thieren nach ganz gleichen Gründen beſteht; umgekehrt die Triftigkeit dieſer Vorausſetzung bei Pflanzen eine ganz eben ſo hypothetiſche als bei den Thieren iſt.

Die Mittheilung einiger beſondern Beiſpiele, wie ſich die Pflanzen durch ein Spiel innerer Triebkräfte unter die gehörigen Lebensbedingungen zu verſetzen ſuchen, wird das Vorige noch mehr zu erläutern dienen.

Profeſſor Schwägrichen erzählte mir, wie er einſt aus dem Mansfeldiſchen die Nachricht erhalten, daß ein rieſenmäßiges neues Kryptogam mit ſchuppigem Stengel in den dortigen Bergwerken aufgefunden worden, was in einer Länge wohl von 30 Ellen unter der Erde aufwärts gewachſen, ohne doch bis ganz an das Tageslicht dringen zu können. Was war es bei näherer Unterſuchung? Der unterirdiſche Stengel einer unter gewöhnlichen Verhältniſſen wenige

Zoll hohen Pflanze, einer Lathraea squamaria, von der unſtreitig durch Zufall ein Stück in die große Tiefe gelangt war. Nun ſtrebte der Stengel nach dem Lichte und wuchs und wuchs immer weiter, weil er's nicht erlangen konnte. Iſt das nicht ſo, wie Jemand, deſſen ganzes Streben nach einem beſtimmten Ziele gerichtet iſt, wenn er's nicht erreichen kann, in's Unbeſtimmte darnach fortarbeitet, bis er's endlich erreicht, oder ſich erſchöpft? Freilich wird es der Pflanze nicht klar vorgeſchwebt haben, was ſie will; was wußte ſie von dem Lichte? aber ſie wird gefühlt haben, was ſie nicht will, nämlich nicht unter der Erde bleiben, wo ſie weder Blätter noch Blüten bringen konnte. Aus dieſem Zuſtande herauszukommen, wird ſie getrieben haben. Warum aber deßhalb aufwärts wachſen? wie wußte ſie, daß das ſie aus der Erde fördern könnte, in der ſie zunächſt immer noch blieb? Aber woher weiß es denn die Raupe, daß ſie ſich einſpinnen muß, um aus ihrem jetzigen Raupenzuſtande, der ihr nicht mehr behagen mag, zu kommen? Nur wir wiſſen's nicht, woher ſie's weiß. Können aber Raupen und Spinnen den Trieb fühlen, Fäden aus ſich zu ziehen, um die von der Natur ihnen geſetzten Zwecke zu erreichen, wie ſollte nicht der Lathraea, wenn ſie ſich ſelber aufwärts zieht, ein gleiches Gefühl zuzutrauen ſein, bei einem Anlaß, der unter gleichen Geſichtspunct fällt.

Muſtel ſtellte einen Jasminſtock (Jasminum azoricum) in einem Blumentopfe hinter ein Bret, das mehrere Löcher (jedes 2 Zoll im Gevierten in je 6 Zoll Entfernung von einander) hatte. Der Stengel wuchs zuerſt durch das ihm nächſte Loch dem Lichte zu. Muſtel ſtellte Bret und Topf um, ſo daß der durchgewachſene Zweig vom Lichte wieder abgekehrt war; da wuchs der Stengel durch das zweite Loch abermals dem Lichte zu. Muſtel wiederholte das Verfahren und ſo wuchs der Stengel nach und nach, ſich von einer Seite des Bretes zur andern hin- und herſchlingend, durch alle Löcher durch (Mustel traité de la vég. II. 101).

Sperre ein Thier, einen Menſchen ein; und ſicher entwiſcht er durch das erſte oder bequemſt gelegene Loch, das du offen läßt; ſperre ihn wieder ein und er entwiſcht wieder durch das bequemſt gelegene Loch; ſo ſicher, als es hier die Pflanze thut, es ſei denn, daß ihn Ketten bänden. Daß die Pflanze es nicht minder ſicher, ja vielleicht noch ſicherer, thut, ſpricht das dagegen oder dafür, daß ſie eben ſo ſicher das Bedürfniß von Licht und Luft als wir von Freiheit fühlen? bliebe ſie einmal hinter dem Brete, möchte ich viel eher glauben, ſie kümmerte ſich nicht um das Licht; nun aber weil ihr Gefühl ſie zwingt, ſollte es darum weniger Gefühl ſein?

Glocker ſahe, wie eine am Rande eines Waldes dicht im Gebüſche ſtehende Stachys recta, nachdem ſie ihren Stengel kaum einige Zoll ſenkrecht in die Höhe getrieben, ſich auf einmal unter einem faſt ganz rechten Winkel ablenkte, und in horizontaler Richtung der Stelle zuwandte, wo das Licht durch eine kleine Oeffnung des Gebüſches verſtärkt einfiel; und in dieſer horizontalen Richtung wuchs ſie fort, bis ſie die Gränze des Gebüſches erreicht hatte, wo ihr äußerſter Theil, der itzt den vollen Lichtgenuß hatte, die verticale Richtung aufwärts wieder annahm. (**Glocker**, Verſ. über die Einwirkung des Lichts auf die Gewächſe, S. 25.)

Warren ſahe einen Kartoffel-Ausläufer in einem Keller, welcher blos durch ein kleines Loch etwas Licht erhielt, ſich 20 Fuß weit über den Fußboden nach dieſer Oeffnung ziehen. (Mem. of the american academy of arts and sc. vol. II. L. I.

Daß die Pflanze bei dieſen Verſuchen dem Lichte, nicht der Luft nachgehe, beweiſt namentlich die Beobachtung **Teſſiers**, daß, wenn man in einem Keller zweierlei Oeffnungen anbringt, woven die eine offen iſt und der Luft, aber nicht dem Lichte Zugang geſtattet, die andere mit einem Glasfenſter verſehen iſt, welches das Licht zuläßt, die in dieſem Keller gehaltenen Pflanzen ſich beſtändig, gegen die letztere Oeffnung hinziehen, nicht gegen die erſtere. (Lamarck et Decand. flore franc. T. I. 198.)

Wir nennen es Inſtinct, was jedes Thier lehrt, ſeine Bewegungen ſo einzurichten, daß ſeine rechten Lebensbedingungen ihm zu Gute kommen, wir wiſſen nicht, in welcher Weiſe lehrt. Was haben wir anders als alle äußern Erſcheinungen eines Inſtincts in jenen Beſtrebungen der Pflanzen? Ein jedes Thier handelt anders in Folge ſeiner Inſtincte, weil ihm Andres dient; auch jede Pflanze thut's. Ich bringe noch einige Beiſpiele.

Alle Pflanzen, die in der Erde wachſen, treiben ihre Wurzeln gerade abwärts; die Miſtel bindet ſich nicht an dieſe Nothwendigkeit*. Wozu diente es ihr auch? ſie wurzelt auf anderen Bäumen; und zwar nicht blos auf der Oberſeite, ſondern eben ſo gern an den Seitenflächen oder der Unterſeite der Aeſte ein; in welchem Falle es ihr ſogar nöthig werden kann, die Wurzel aufwärts zu treiben. Und ſo thut ſie's auch; indem ſie, wie immer die Oberfläche des Aſtes gerichtet ſeyn mag, ihr Würzelchen ſenkrecht dagegen treibt. Ja hängt man ein Miſtelkorn an einem Faden in einer Linie Entfernung zur Seite eines Aſtes auf; ſo ſpürt das Würzelchen ſogar aus dieſer Ferne, wo der Aſt iſt, und richtet ſich dagegen, rechts oder links, je nachdem der Aſt ſteht. Freilich wächſt es nun auch ſenkrecht gegen eine Wand von Stein oder Eiſen, in der es doch keine Nahrung findet, und ſät man Miſtelkörner über die Oberfläche einer eiſernen Kugel, ſtreben ſie alle mit den Würzelchen nach deſſen Centrum, als könnten ſie in dieſer Richtung finden, was ihnen dient. Ihr Inſtinct täuſcht ſie hier. Aber iſt das anders, als wenn die Henne Eier von Marmor ausbrüten will, und die Wachtel der Vogelpfeife ſtatt dem Rufe des Weibchens folgt? Der Inſtinct iſt überall daran gebunden, ſich durch phyſiſche Einwirkungen leiten zu laſſen, und nach Umſtänden alſo auch dadurch täuſchen zu laſſen. Unſtreitig weiß das Miſtelwürzelchen den Aſt, die Wand aus der Ferne überhaupt nur dadurch zu finden, daß Luft und Feuchtigkeit und Licht und Wärme jetzt von dieſer Seite her anders einwirken als von der andern; daher es bei zu großer Entfernung ſie auch nicht mehr findet. Im Allgemeinen und im Durchſchnitt der Umſtände wird der Inſtinct doch richtig durch dieſe Einwirkungen geleitet, weil ſeine Einrichtung darauf berechnet iſt; aber wie überall bei allgemein zweckmäßigen Einrichtungen kann in einzelnen Fällen, wo die normalen Umſtände ſich verkehren, auch einmal eine Unzweckmäßigkeit daraus entſtehen. Finden wir nun dieß bei den Inſtincten der Thiere, ſo können wir's freilich bei denen der Pflanzen auch nicht anders haben wollen.

---

* **Dutrochet** in ſ. Recherches.

Auch die Mooſe, ein ſo ganz anders geartetes Pflanzengeſchlecht als die Miſtel, treiben ihre Würzelchen nach jeder beliebigen Richtung, immer ſenkrecht gegen die Oberfläche, auf der ſie wurzeln, weil auch ſie an Stämmen und Aeſten wachſen: die übrigen Pflanzen aber ſind ſo eigenſinnig mit der Richtung ihrer Wurzeln nach abwärts, daß ſie, bei mehrmaligem Umkehren des Gefäßes, worein man ſie geſät hat, eben ſo oft die Richtung der Wurzel-Triebe umlenken. Im Grunde verhalten ſich die Pflanzen im Allgemeinen hiebei nur gegen die große Erdkugel wie die Miſtelkörner im obgenannten Verſuche gegen die kleine Kugel, auf die man ſie ſäet; indem ſie ihre Wurzeln rings um die ganze Erde gegen deren Mittelpunct treiben. Nun ſieht man, daß es der Natur gleich iſt, ob die Kugel groß oder klein iſt, ſie richtet ſich nicht nach der Größe der Kugel, ſondern hat für jede Größe der Kugel ihre Weſen, die ſich zweckmäßig dagegen zu benehmen wiſſen.

Nach Vorigem wird man überſehen können, wie untriftig es iſt, was Autenrieth in folgender Weiſe gegen die Seele der Pflanzen geltend macht[*]. „Zum Theil, ſagt er, zeigt zwar auch die Pflanze ſelbſt ſichtbare Bewegungen in einzelnen ihrer Organe auf äußern Reiz, aber nur auf ſolchen Reiz, welcher ſchon auf ſie gewirkt hat; ſie kann nicht, wie das beſeelte Thier, auch diejenigen aufſuchen, die für ſie noch nicht da ſind. Gegen einen naſſen Schwamm hin erſtreckt eine kriechende Pflanze ihre auslaufenden Ranken, aber erſt, nachdem die Waſſerdämpfe ſchon auf ſie eingewirkt haben; ein durſtiges Thier ſucht auch da Waſſer auf, wo keins iſt.“

---

[*] Anſichten über Natur und Seelenleben S. 332.

Nun aber ſuchte auch die Lathraea das Licht auf, ehe ſolches auf ſie eingewirkt, und das Miſtelwürzelchen ſucht die Fläche, in der es wurzeln will, ehe es ſolche erreicht. Daß ſie aber dazu von ihrer innern Natur und Einrichtung beſtimmt und von äußeren Einwirkungen mitbeſtimmt werden, iſt nur ganz analog mit den Thieren.

Man macht vielleicht die Bemerkung: Vieles gehe doch auch in uns zweckmäßig von Statten, wie Blutlauf und Bewegung der Verdauungswerkzeuge, Stoffwechſel und Ernährung, ohne daß wir etwas dabei empfinden; ſo könnte alſo auch bei den Pflanzen das Treiben der Wurzeln und Andres nach Zwecken ohne Empfindung des Triebes dazu von Statten gehen. Es ſei. Aber die Verdauungsbewegungen, der Blutlauf u. ſ. w. haben, wenn nicht ſelbſt empfunden, dann doch nur den Zweck, uns geſchickt zu anderweiten Empfindungen zu machen und zu erhalten; ja es könnte eigentlich gar nicht von Zweck derſelben für uns die Rede ſein, wenn ſie blos dienten, uns als im Ganzen empfindungsloſe Einrichtungen zu erhalten. Alſo geſetzt ſelbſt, an das Treiben der Wurzeln knüpfte ſich keine beſondere Empfindung des Triebes dazu, ſo würden wir doch anzunehmen haben, daß dieß dann den Zweck hätte, im Uebrigen empfindende Weſen in den Pflanzen zu erhalten. Es iſt möglich, daß es wirklich ſo ſei, daß alles Treiben der Pflanzen unter der Erde in ähnlicher Weiſe nur, ſo zu ſagen, eine ſeelendunkle Grundlage für die hellen Empfindungen gewähre, die ſich an das Treiben der Pflanzen über der Erde knüpfen, wie wir auch ein ſolches dunkles Gebiet in uns einem hellen Gebiete gegenüber annehmen; aber dieſe hellen Empfindungen ſelbſt dürfen wir dann doch nicht läugnen wollen, um nicht die Natur zu beſchuldigen, zweckmäßig handelnde Weſen ohne Zwecke für ſie geſchaffen zu haben.

Nun aber iſt es nicht einmal triftig zu ſagen, daß wir nichts von unſern Kreislaufs-, Verdauungsbewegungen u. dgl. empfinden; nur in deutlich geſonderten Empfindungen machen ſie ſich gewöhnlich nicht bemerklich; dagegen das allgemeine normale Kraft- und Lebensgefühl ſich weſentlich an den normalen Vorgang derſelben geknüpft zeigt. Man laſſe dieſe Vorgänge plötzlich ſtill ſtehen, und es iſt eben ſo plötzlich aus mit allem Lebensgefühl, nicht nur im Allgemeinen, ſondern auch jeder Empfindung im Beſondern; denn als Grundlage muß dieß Lebensgefühl ſelbſt in jede beſondere Empfindung mit eingehen. Wenn ſich aber doch keine beſtimmten Empfindungen an den gewöhnlichen Gang jener Proceſſe geknüpft zeigen, ſo treten dagegen ſolche ſofort ein, wenn etwas aus dem gewohnten Gleiſe darin heraustritt. Wir fühlen dann Hitze, Froſt, Beklemmung, Angſt, Schmerz, Krampf, Hunger, Durſt (letztre ſogar in normaler Wiederkehr), je nachdem es ſo oder ſo in unſern Eingeweiden und im Syſteme unſers Kreislaufs hergeht. Alſo geſetzt auch, die Pflanze fühlte nichts Beſonderes, wenn ihre Wurzeln immer gerade die Nahrung finden, wofür die Pflanze im Durchſchnitt berechnet iſt, ſo würde dieß nicht ausſchließen, daß, wenn ihr etwas an Erfüllung dieſer Bedingungen fehlt, ſie es ſofort in einem Bedürfniſſe empfände.

Endlich läßt ſich das Treiben der Wurzeln keineswegs mit den Bewegungen unſerer Verdauungswerkzeuge und des Bluts ganz zuſammenſtellen, ſofern dieß im Innern erfolgende Vorgänge bezüglich auf ſchon in uns aufgenommene Stoffe ſind, jenes Treiben aber behufs der Erlangung äußerer Lebensbedingungen in die Außenwelt hinein erfolgt. Alle ſolche Thätigkeiten ſtehen aber bei uns unter der Herrſchaft beſtimmt empfundener Triebe.

Alles auf's Vorſichtigſte geſtellt, ſcheint mir alſo nur die Frage ſein zu können, ob der Wurzeltrieb der Pflanzen unter gewöhnlichen Umſtänden in mehr allgemeiner oder mehr beſonderer Weiſe bei der Empfindung der Pflanze betheiligt ſei, und ich will hierüber nichts ſicher entſcheiden; aber alles ſpricht dafür, daß er doch dabei betheiligt ſei, und ſicher um ſo mehr, je mehr die Pflanze ihre normalen Lebensbedingungen erſt zu ſuchen hat; daher wir ſie ja in dieſem Falle beſondere Anſtrengungen machen ſehen, dieſe Lebensbedingungen zu finden.

In Betreff des Treibens der Pflanzen über der Erde wird der folgende Abſchnitt noch auf weitere Erörterungen eingehen, welche in die vorigen eingreifen.

VIII. Wachsthum, Winden, Biegen, Drehen der Pflanzen.

Die Betrachtungen des vorigen Abſchnitts führten darauf, das Wachſen und Treiben der Pflanzen in Wurzel, Stengel, Aeſten, Blättern u. ſ. w., in ſo weit es ſich als Mittel darſtellt, zur Befriedigung ihrer Bedürfniſſe zu führen, mit einer Thätigkeit ihrer Seele in Beziehung zu ſetzen.

Hiergegen erhebt ſich ein Einwand, der wichtig ſcheint.

Wir ſelbſt haben doch weder eine beſtimmte Empfindung von unſerem Wachsthum, noch fühlen wir einen Trieb, ſo oder ſo zu wachſen, vielmehr liegt unſer Wachsthumsproceß ganz abſeits von unſerem Bewußtſein; wie ſoll nun derſelbe Proceß bei den Pflanzen auf einmal Bezug zum Bewußtſein gewinnen?

Ich erwidere: unſer Wachsthum und das der Thiere ſind überhaupt zwei gar nicht recht vergleichbare Dinge, die zwar das Wort, aber, wie ſich bald noch näher zeigen wird, gerade alle die Puncte nicht gemein haben, welche für die Frage nach Anknüpfung von Seelenerſcheinungen entſcheidend ſein müſſen. Und ſelbſt bei uns und den Thieren kann der Wachsthumsproceß nicht als abſolut unbetheiligt an dem Seelenleben angeſehen werden, da die Proceſſe der Ernährung und des Kreislaufs, an denen er hängt, nicht unbetheiligt dabei ſind (vergl. den vorigen Abſchnitt). Vielmehr würde ein plötzliches Stocken des normalen Wachsthums gewiß in einer veränderten und wahrſcheinlich deprimirten Lebensſtimmung auch von uns empfunden werden. Nur ſcheidet ſich, was der Wachsthumproceß zum normalen Lebensgefühl beiträgt, nicht in beſonderer Empfindung aus. Wenn aber, wie wir geſehen, der Ernährungs- und Kreislaufsproceß doch bei beſondern Modificationen in beſtimmte Empfindungen, Hunger, Durſt, Froſt, Hitze u. ſ. w. ausſchlagen, ſo iſt kein Grund, den damit zuſammenhängenden Wachsthumsproceß hierzu an ſich weniger befähigt zu halten. Nur eben bei den Thieren iſt er weniger auf ſolche Modificationen eingerichtet; aber dafür bei den Pflanzen um ſo mehr; wie ſich bald zeigen wird. Es wird alſo hier an den Wachsthumsproceß der Pflanzen nicht etwas ganz Neues, Fremdartiges geknüpft; ſondern nur an die beſonders hervorſtechende und eigenthümlich geartete Entwickelung, die er bei den Pflanzen thatſächlich gewinnt, auch eine beſonders hervorſtechende und eigenthümlich geartete Entwickelung des Seelenbeitrags, den er ohnehin ſchon liefert, geknüpft.

Erinnern wir uns, daß die Pflanzen die Thiere nicht wiederholen, ſondern ergänzen ſollen. Nur die allgemeinen Bedingungen des Seelenlebens werden immer bei beiden gleich gewahrt bleiben, im Beſondern muß man die Uebereinſtimmung nicht verlangen. Pflanzen wollen durch das freie Wachsthum erreichen, was Thiere durch freie Ortsbewegung erreichen wollen, und ſo knüpfen ſich bei jenen natürlicherweiſe auch analoge Gefühlsſtimmungen und Seelentriebe an Wachsthumsbewegungen als bei dieſen an Ortsbewegungen. Der Zweck beſtimmt in der Natur die Mittel und an die verſchiedene Art der Mittel knüpft ſich ein verſchiedenes Gefühl in Betreff der Erreichung des Zwecks.

Durchlaufen wir jetzt einmal die Hauptunterſchiede zwiſchen dem Wachsthum von Thieren und Pflanzen, und wir werden finden, daß wir es hierbei in der That mit viel verſchiedenern Dingen zu thun haben, als man beim Gebrauch deſſelben Namens für Beides glauben könnte; und zugleich finden, daß die Unterſchiede wirklich in der von uns geforderten Richtung liegen.

1) Im Wachsthum der Thiere iſt für die Hauptgeſtalt nichts frei gelaſſen. Ein Hund hat *einen* Schwanz, *vier* Beine, *zwei* Augen, *eine* Zunge, dieß Alles immer an derſelben Stelle, in derſelben Zahl; nur feinere Verhältniſſe wechſeln. Wenn alſo das Thier keinen Trieb ſo oder ſo zu wachſen *fühlt*, ſo iſt es darum, weil es keinen *hat*. Ein Apfelbaum dagegen gabelt ſich bald mit zwei, bald mit mehr Hauptäſten, die ſich unter den verſchiedenſten Winkeln, in den verſchiedenſten Höhen anſetzen können; jeder Aſt treibt wieder ſo zu ſagen beliebig Zweige, Zweigelchen, nun gar Blätter ſo oder ſo; ohne Zahl, Ordnung, Richtung ſich durch eine feſte Regel vorſchreiben zu laſſen. Dieß iſt eben

freigelaſſen für einen Leib, der durch äußere Anläſſe, Empfindungsreize erſt nach da- und dorthin gelockt werden ſoll; während bei den Thieren ſtatt deſſen die Möglichkeit verſchiedener Ortsveränderung frei gelaſſen iſt. Das Thier füllt durch ſein Wachsthum ſo zu ſagen nur eine vorgeſchriebene Form aus, die ihm dann zur weitern Geſtaltung ſeines Lebens dienen muß; bei der Pflanze fällt die Geſtaltung des Lebens ſelbſt mit der des Wachsthums zuſammen; und eben darum kann ſich dieſes nicht in einer ſo beſtimmt vorgeſchriebenen Form halten. Es nimmt nach Vorſchrift von den zutretenden Bedingungen an, in Bezug zu welchen die Pflanze ſich zu benehmen hat. Und doch nicht allein von dieſen. Denn ein innerlich waltendes Einheits-Princip erhält doch, wie wir früher ausgeführt, für jede Pflanze trotz aller Freiheit ihres Wachsthums einen ſogar noch äußerlich ſichtbaren Grundcharakter unveräußerlich feſt. Das aber iſt recht der Charakter der Seele, daß ſie in aller Mannigfaltigkeit und Freiheit ihrer Aeußerungen eine das Ganze beherrſchende Richtſchnur nicht aufgiebt.

2) Dem Vorigen gemäß richtet ſich des Thieres Wachsthum wenig nach Jahres- und Tageszeit, Witterung und anderen äußeren Verhältniſſen, es wächſt immer fort in ſeiner vorgeſchriebenen Weiſe; es *handelt* aber verſchieden nach Jahres- und Tageszeit und Witterung und anderen äußeren Verhältniſſen. Die Pflanze dagegen *wächſt* verſchieden nach Jahres-, Tageszeit, Witterung und ſonſtigen äußeren Umſtänden. Alſo verhält ſich der Pflanze Wachſen wie des Thieres Handeln. Der Winter iſt ihre Schlafzeit, da wächſt ſie gar

nicht; ſie wächſt raſcher bei Tag als in der Nacht; raſcher bei rechter Abwechſelung von Wärme und Feuchtigkeit, als wenn es immer zu heiß oder zu feucht. Und nicht blos raſcher oder langſamer, auch anders bei jeder andern Witterung; anders in jeder andern Sonnenlage, anders auf jedem andern Standorte. Dabei behält die Individualität immer ihr Recht, ſofern verſchiedene Pflanzenarten, und ſelbſt verſchiedene Individuen derſelben Art, nnd ſelbſt verſchiedene Theile deſſelben Individuums auch unter gleichen äußern Umſtänden immer charakteriſtiſch verſchieden wachſen.

Prof. E. Meyer in Königsberg hat ſich überzeugt, daß ein raſch aufwachſender Stengel am Tage beinahe noch einmal ſo ſchnell wächſt als während der Nacht. Eine Amaryllis Josephinae verlängerte ihren geraden blattloſen Blütenſchaft binnen 12 Tagen um 21 Zoll Rheinl. Die Zunahme der Länge ward Morgens 6 Uhr, Mittags 12 Uhr und Abends 6 Uhr jedesmal genau gemeſſen, und betrug in den 12 Vormittagen zuſammen 6'' 9''', in den 12 Nachmittagen 7'', alſo am Tage überhaupt 13'' 9''', in den 12 Nächten aber nur 7'' 3'''. Ganz ähnliche Reſultate erhielt Dr. Palm bei Beobachtung des Hopfens und der Bohne (Fror Not. XLI. S. 218.). Vergl. auch die Verſuche von E. Meyer an Gerſten- und Weizenpflanzen in Linnaea IV. p. 98; von Mulder an dem Blatt von Urania speciosa und Cactus grandiflorus in Treviranus Phyſiol. II. 145; von Gräfe am Blütenſtiele von Littaea geminiflora in Flora. I. 1843. S. 35.

„Zwiſchen trocknem Geſtein, auf kümmerlichen beſonnten Kalkfelſen erſcheint Carlina völlig acaulis, geräth ſie auf einen nur wenig lockern Boden, gleich erhebt ſie ſich; in dem guten Gartenlande erkennt man ſie nicht mehr; ſie hat einen hohen Stengel gewonnen und heißt alsdann Carlina acaulis caulescens.“ (Göthe, Metamorphoſe der Pfl. Geſ. Werke. XXXVI. S. 125.). — Die Georgine, iſt eine im wilden Züſtande ſehr unſcheinbare Pflanze, in der man die ſtattliche Zierpflanze unſrer Gärten kaum wiedererkennen möchte. — Der Einfluß der Gartencultur auf das Wachsthum der Gewächſe iſt überhaupt bekannt genug.

Eckermann in ſ. Geſpr. (dritter Band. S. 101.) erzählt Göthe'n von Verſuchen, die er angeſtellt, das paſſendſte Holz zur Verfertigung eines Bogens ausfindig zu machen, wobei folgende auch für uns intereſſante Bemerkungen vorkommen. „Bei dieſer Gelegenheit erfuhr ich (von einem Wagner), daß zwiſchen Eiche und Eſche ein großer Unterſchied, und daß bei allen Holzarten ſehr viel auf den Ort und auf den Boden ankomme, wo ſie gewachſen. Ich erfuhr, daß das Holz des Etterberges als Nutzholz weniger Werth habe; daß dagegen das Holz aus der Umgegend von Nohra eine beſondere Feſtigkeit beſitze, weßhalb denn die Weimarſchen Fuhrleute zu Wagenreparaturen, die in Nohra gemacht, ein beſonderes Vertrauen hätten. Ich machte im Laufe meiner weitern Bemühungen die Erfahrung, daß alles auf der Winterſeite eines Abhanges gewachſene Holz feſter und von geraderer Faſer befunden wird als das auf der Sommerſeite befundene. Auch iſt es begreiflich. Denn ein junger Stamm, der in der ſchattigen Nordſeite eines Abhanges aufwächſt, hat nur Licht und Sonne nach oben zu ſuchen, weßhalb er denn, ſonnenbegierig, fortwährend aufwärts ſtrebt und die Faſer in gerader Richtung mit emporzieht. Auch iſt ein ſchattiger Stand der Bildung einer feinen Faſer günſtig, welches ſehr auffallend an ſolchen Bäumen zu ſehen iſt, die einen ſo freien Stand hatten, daß ihre Südſeite lebenslänglich der Sonne ausgeſetzt war, während ihre Nordſeite fortwährend im Schatten blieb. Liegt ein ſolcher Stamm in Theile zerſägt vor uns da, ſo bemerkt man, daß der Punct des Kernes ſich keineswegs in der Mitte befindet, ſondern bedeutend nach der einen Seite zu. Und dieſe Verſchiebung des Mittelpunctes rührt daher, daß die Jahresringe der Südſeite durch fortwährende Sonnenwirkung ſich bedeutend ſtärker entwickelt und daher breiter ſind als die Jahresringe der ſchattigen Nordſeite. Tiſchler und Wagner, wenn es ihnen um ein feſtes feines Holz zu thun iſt, wählen daher lieber die feiner entwickelte Nordſeite eines Stammes, welche ſie die Winterſeite nennen und dazu ein beſonderes Vertrauen haben." — Erinnere man ſich hiebei, daß nicht das

Gewachſene, ſondern das Wachſen, während es ſtattfindet, als Lebensäußerung der Pflanze anzuſehen. Der Baum hinterläßt ſeinen Lebensweg verholzt hinter ſich; nun iſt nicht das Holz, ſondern die Thätigkeit, welche das Holz dieſen Weg nehmen ließ, in's Auge zu faſſen. Je nachdem der Baum anders wuchs, wird er andern Trieb empfunden haben.

In denſelben Geſprächen Thl. III. S. 146 ſagt Göthe ſelbſt bei andrer Gelegenheit: „Wächſt die Eiche im Dickicht des Waldes heran, von bedeutenden Nachbarſtämmen umgeben, ſo wird ihre Tendenz immer nach Oben gehen, immer nach freier Luft und Licht. Nach den Seiten hin wird ſie nur wenige ſchwache Aeſte treiben, und auch dieſe werden im Laufe des Jahrhunderts wieder verkümmern und abfallen. Hat ſie aber endlich erreicht, ſich mit ihrem Gipfel oben im Freien zu fühlen, ſo wird ſie ſich beruhigen und nun anfangen, ſich nach den Seiten hin auszubreiten und eine Krone zu bilden. Allein ſie iſt auf dieſer Stufe bereits über ihr mittleres Alter hinaus, ihr vieljähriger Trieb nach Oben hat ihre friſcheſten Kräfte hingenommen, und ihr Beſtreben, ſich jetzt noch nach der Breite hin mächtig zu erweiſen, wird nicht mehr den rechten Erfolg haben. Hoch, ſtark und ſchlankſtämmig wird ſie nach vollendetem Wuchſe daſtehen, doch ohne ein ſolches Verhältniß zwiſchen Stamm und Krone, um in der That ſchön zu ſein. — Wächſt hinwieder die Eiche an feuchten, ſumpfigen Orten und iſt der Boden zu nahrhaft, ſo wird ſie, bei gehörigem Raum, frühzeitig viele Aeſte und Zweige nach allen Seiten treiben; es werden jedoch die widerſtrebenden retardirenden Einwirkungen fehlen, das Knorrige, Eigenſinnige, Zackige wird ſich nicht entwickeln, und, aus einiger Ferne geſehen, wird der Baum ein ſchwaches, lindenartiges Anſehen gewinnen, und er wird nicht ſchön ſein, wenigſtens nicht als Eiche. — Wächſt ſie endlich an bergigen Abhängen, auf dürftigem ſteinigten Erdreich, ſo wird ſie zwar im Uebermaß zackig und knorrig erſcheinen, allein es wird ihr an freier Entwickelung fehlen, ſie wird in ihrem Wuchs frühzeitig kümmern und ſtocken, und ſie wird nie erreichen, daß man von ihr ſage: es walte in ihr etwas, das fähig ſei, uns in Erſtaunen zu ſetzen. — Ein ſandiger oder mit Sand gemiſchter Boden, wo ihr nach allen Richtungen hin mächtige Wurzeln zu treiben vergönnt iſt, ſcheint ihr am günſtigſten zu ſein. Und dann will ſie einen Stand, der ihr gehörigen Raum gewährt, alle Einwirkungen von Licht und Sonne und Regen und Wind von allen Seiten her in ſich aufzunehmen. Im behaglichen Schutz vor Wind und Wetter herangewachſen, wird aus ihr nichts; aber ein hundertjähriger Kampf mit den Elementen macht ſie ſtark und mächtig, ſo daß nach vollendetem Wuchs ihre Gegenwart uns Erſtaunen und Bewunderung einflößt."

Hartingh ſagt nach Verſuchen an der Hopfenpflanze: „Das Wachsthum der beſondern Stengel von einer und derſelben Pflanze, obgleich vollkommen gleichen äußern Einflüſſen ausgeſetzt, iſt nicht allein nicht gleich, ſondern man nimmt auch kein regelmäßiges Verhalten in ihrer täglichen Verlängerung wahr. — Es findet im Anfange des Wachsthums eine täglich zunehmende Beſchleunigung des Wachſens ſtatt, die von äußern Einflüſſen unabhängig iſt." (Wiegmanns Arch. 1844. II. S. 41.)

3) Ein Thier wächſt bald aus, indem es ſeine Geſtalt dabei mehr dehnt als ändert; ſtatt immer fortzuwachſen, läuft es endlich fort. Eine Pflanze wächſt ihr Lebenlang beſtändig fort, aufhören zu wachſen und im Wachſen ſich neu zu geſtalten, heißt ihr aufhören zu leben; ſtatt Hände und Füße immer auf's Neue auszuſtrecken, um etwas Neues zu ſchaffen oder ſich etwas Neues zu verſchaffen, ſtreckt ſie zu demſelben Zwecke immer neue Zweige und Blätter aus; ſtatt Anderes umzugeſtalten, geſtaltet ſie fortgehends ſich ſelbſt um. — Betrachten wir eine Kornähre, wie ſie im erſten Frühjahr unaufhörlich aufwärts wächſt, und wenn ſie darin nachläßt, ſo fangen ihre Körner an zu wachſen; wenn gar nichts mehr wachſen will, verdorrt ſie; wird ſie Stroh. — Betrachten wir einen Aronsſtab (Calla), wie immer ein Blatt nach dem

andern aus der Mitte hervorwächſt; es iſt ein unerſchöpflicher Trichter, aus dem die Blätter quellen; er ſetzt es fort bis zum letzten Augenblicke. — Betrachten wir einen Baum, wie er jedes Jahr einen neuen Jahresring anſetzt, und aus dieſem neue Zweige, neue Knospen treibt; indeß die alten Blätter fallen; nicht ſie zu haben, ſie zu treiben, ſcheint ihm Lebenszweck. — Ja betrachten wir irgend eine Pflanze, die mit dem Frühling austreibt; ſie wächſt den ganzen Sommer durch, aufwärts, ſeitwärts, über der Erde, unter der Erde; macht immer etwas Neues an ſich.

Manche Pflanzen bringen's ungeheuer weit darin bei langem Leben, wie mancher Menſch bei langem Leben große und viele Werke zu zeugen vermag. Nur erſcheint die Pflanze viel mehr ſelbſt als das Werk oder der Zuſammenhang der Werke, woran ſie geſtaltet, als der Menſch; obwohl auch er im Grunde bei all ſeinem Wirken nach Außen ſich ſelber mehr oder weniger mit umgeſtaltet; und auch die Pflanze, indem ſie ſich geſtaltet, gar Manches ändernd in die Außenwelt hineinwirkt, was in deren Zwecke verrechnet iſt. Wie überall in der Natur, giebt's auch hier keine abſoluten Unterſchiede.

Wer kennt nicht die Beiſpiele ungeheuer dicker Bäume, die Jahrtauſende gewachſen, die ſich wohl gar rühmen, noch von der Schöpfung der Welt her zu ſtehen, und nicht müde geworden ſind, jedes Jahr durch einen Jahresring zu bezeichnen.

„Die berühmte *Castagno dei cento cavalli* (*Castanea vesca*) auf dem Aetna muß an tauſend Jahr alt ſein. Die Baobabbäume

(Adansonia digitata) auf dem grünen Vorgebirge taxirt man nach ihrer Dicke und der Zahl der Jahresringe an einigen Aeſten zu 2000 Jahren und drüber. Die Rieſencypreſſe (Cupressus disticha) zu Santa Maria del Tule, zwei Stunden öſtlich von Oaxaca in Mexico, hat einen Umfang von 124 ſpaniſchen Fuß, alſo 40 Fuß Durchmeſſer; rechnet man jeden Jahresring zu 2 Linien, ſo iſt der Baum faſt 1500 Jahr alt; hiſtoriſch ſicher iſt er älter als die Eroberung von Mexico durch die Spanier. Das Alter des großen Drachenbaumes (Dracaena Draco) von Orotava auf Teneriffa wird ſogar zu mehr als 5000 Jahr beſtimmt, und er wäre alſo nach gewöhnlicher Berechnungsweiſe des jüdiſchen Mythus beinahe Zeuge der Schöpfungsgeſchichte.“ (Schleiden, Grundz. II. S. 529.).

Manche Pflanzen wachſen langſam, andere ſchnell, wie es unter den Thieren träge und ſchnelle giebt.

„Eine Alge, the everlasting bladder thread, iſt von Matroſen 1500 Fuß lang gefunden worden, und Hr. Fanning, der Eigenthümer und Curator des botaniſchen Gartens zu Carracas, giebt an, daß er vor einigen Jahren eine Art von Convolvulus binnen 6 Monaten auf nicht weniger als 5000 Fuß gezogen habe, was auf 1 Tag und 1 Nacht durchſchnittlich 24 Fuß gäbe.“ (Murray in Fror. Not. XXXVIII. S. 250.).

Ein bekannter Verſuch iſt, daß man von einer blühenden Roggenähre die Staubbeutel abſtreift und den Obertheil des Halmes in Waſſer ſtellt, wo in wenigen Minuten andere Staubbeutel heraustreten und die Filamente ſich bis zu ½ Zoll verlängern.

„Nach einer annäherungsweiſe angeſtellten Berechnung bilden ſich an einem ſehr ſchnell wachſenden Pilze, dem Rieſenboviſt (Bovista gigantea) in jeder Minute 20,000 Zellen.“ (Schleiden, die Pflanze. S. 43.).

4) Bei Menſchen und Thieren fällt der Gipfel des Lebens erſt in die Zeit nach beendetem Wachsthume oder vollendeter Entwickelung aller Organe, bei den Pflanzen fällt

der Gipfel des Lebens mit der Entwickelung eines neuen Organs, der Blume ſelbſt zuſammen, und das ganze Wachsthum erfährt dabei bemerkenswerthe Aenderungen. Was kann beſſer beweiſen, als daß bei der Pflanze anders als beim Thiere die Thätigkeit des Wachsthums und die Entwickelung der Organe nicht blos Mittel zur Erreichung des Lebenszweckes ſchaffen, ſondern Mittel zur Erreichung des Zweckes ſelbſt ſein ſoll.

Manche (obwohl nicht alle) Pflanzen zeigen um die Blütezeit einen merkwürdig erhöhten Wachsthumstrieb. Die ſogenannte hundertjährige Aloe (Agave Americana) z. B. bringt im ſüdlichen Europa 3 oder 4 Jahr, und in den Treibhäuſern der gemäßigten Gegenden oft 50 oder 60 Jahre zu, ehe ſie anfängt in die Höhe zu ſchießen und zu blühen; dann aber treibt ſie plötzlich in einigen Monaten einen Blumenſtengel, der 15 und 18 Fuß lang wird. Nach der Blüte geht die Hauptpflanze ein und nur Nebenſchößlinge bleiben. So wird alle Lebenskraft im Treiben und Blühen erſchöpft. Begießt man die Erde, worin die Pflanze wurzelt, während ſie den Blütenſtengel treibt, ſo zieht ſie das Waſſer ſo ſtark in ſich, daß man es ſchon mit einem hörbaren Ziſchen will haben verſchwinden ſehen. Treibt die Pflanze aber keinen Blütenſtengel, ſo bleibt das aufgegoſſene Waſſer, was für die Befeuchtung der Erde in dem Gefäße überſchüſſig iſt, auf der Oberfläche ſtehen. — Man weiß, daß überhaupt die Pflanzen zur Blütezeit mehr Waſſer als ſonſt brauchen; ja viele, die ſonſt ſehr trocken gehalten werden müſſen, wie der Cactus, wollen um die Blütezeit erforderlich getränkt ſein. — Die Agave foetida oder Fourcraea gigantea wird im Pariſer Garten ſeit faſt einem Jahrhundert cultivirt, und hatte während dem nur eine langſame und mäßige Entwickelung gezeigt, als ſie auf einmal im Sommer 1793, der ziemlich warm war, anfing raſch in die Höhe zu ſchießen, in 77 Tagen um $22\frac{1}{2}$ Fuß, im Mittel täglich $3\frac{1}{2}$ Zoll; an manchen einzelnen Tagen aber faſt 1 Fuß. (Decand. Phyſiol. II. S. 34.).

5) Bei dem Thiere verharren die Organe, nachdem ſie vollſtändig entwickelt ſind, im lebendigſten Stoffwechſel, indem ſie, unter Verbleiben derſelben Form, immer aus neuen Stoffen zuſammengeſetzt werden, was ſogar von den Knochen gilt. Die Functionen gehen in den vollſtändig ausgebildeten Organen am kräftigſten von Statten. Bei den Pflanzen treten dagegen die Organe, nach Maßgabe als ſie gebildet ſind, mehr aus dem Stoffwechſel und der lebendigen Thätigkeit heraus; die neu zutretenden Stoffe werden immer nur gebraucht, um neue Organe zu bilden; die alten Organe bleiben mehr wie Rückſtände der früheren Lebensthätigkeit übrig, neue um ſich oder an ſich anſetzen zu laſſen; oder ſie fallen ab. So tritt der Holzkörper der Bäume, nach Maßgabe als er gebildet iſt, aus dem lebendigen Wechſelverkehr mit der Außenwelt mehr und mehr heraus; der Baum kann ſogar innerlich hohl werden, und treibt noch äußerlich lebendig fort; die Blätter zeigen alle Lebenserſcheinungen um ſo ſchwächer, je älter ſie ſind, und fallen zuletzt ab, um neuen Platz zu machen. Die Organe des Thieres altern, welken freilich auch; aber nur indem das ganze Thier altert, welkt, für immer welkt. Nicht ſo bei der Pflanze. Dieſer Unterſchied iſt, wie alle hier betrachtete, nur relativ; denn ganz fällt doch gewiß kein Organ der lebendigen Pflanze aus lebendiger Thätigkeit heraus; aber er iſt im Ganzen charakteriſtiſch.

Duhamel theilte am Stämmchen einer Saamenpflanze der Roßkaſtanie von 1⅕ Zoll Höhe einen gewiſſen Raum durch angebrachte feine Silberdrähte in 10 gleiche Theile. Im Herbſte darauf hatten ſolche ſämmtlich ſich von einander entfernt und um deſto mehr, je näher am obern Ende ſie angebracht worden waren. Im zweiten Jahre, als der neue Trieb 4 bis 5 Linien Länge hatte, ward er auf gleiche Weiſe bezeichnet, und der Erfolg war der nämliche, während im Triebe des erſten Jahres die Zeichen keine weitere Verlängerung angaben. Dieſer Theil war alſo ſo zu ſagen fertig, abgemacht. Aehnliche Beobachtungen wurden von Hales am Weinſtocke gemacht. Duhamel grub ferner neben einem jungen Baume einen Pfahl ein, mit einem Zeiger verſehen, deſſen Spitze einem Zeichen entſprach, das an der Rinde des Bäumchens angebracht war. Der Zeiger fuhr immer genau dem Zeichen zu entſprechen fort, obgleich der Baum indeſſen beträchtlich in ſeiner Höhe gewachſen war. — Einmal vollkommen verholzte Theile dehnen ſich überhaupt weder mehr in Dicke noch Länge. Das Wachsthum betrifft immer die jüngeren friſchen Theile. — Duhamel zog Silberfäden durch Wurzeln, die in bloßem Waſſer vegetirten, oder bezeichnete ſie von Außen mittelſt gefärbten Firniſſes, ſo daß er die Merkmale leicht wieder erkennen konnte. Im Allgemeinen ergab ſich das Reſultat, daß ſämmtliche Zeichen ihre Entfernung vom Halſe der Wurzel behalten hatten, wie ſehr auch dieſe ſich verlängert haben mochte; ein Beweis, daß die Wurzel nur an der Spitze fortwächſt; obwohl, wie anderweite Verſuche ergaben, dieß nicht blos durch äußeren Zellenanſatz an der Spitze geſchieht, vielmehr erfolgt innerhalb einer kleinen Strecke an der Spitze allerdings Dehnung. Noch manches Intereſſante über das Wachsthum der verſchiedenen Pflanzentheile ſ. in Treviranus Phyſ. II. 152. ff. Ein Auszug aus neuen Unterſuchungen über verſchiedene Verhältniſſe des Wachsthums von Bravais, Hartingh, Münter, Griſebach und Gräfe findet ſich in Wiegm Arch. 1844. II. 38.

6) Schneidet man einer Eidechſe den Schwanz, ein Bein ab, ſie erſetzt es wieder; eine Schnecke erſetzt ihren Kopf, ihr Fühlhorn wieder. Wo ein Thier etwas nicht erſetzen kann, da bleibt die Geſtalt verſtümmelt. Des Thieres Wachsthum iſt eben nur darauf berechnet, eine vorgeſchrie-

bene Geſtalt zu erhalten und nöthigenfalls wieder zu ergänzen. Aber eine Pflanze erzeugt nie einen weggeſchnittenen Aſt, ein weggeſchnittenes Blatt an ſeiner Stelle wieder. Sie treibt aber dafür ein anderes, auch wohl anders geſtaltetes an anderer Stelle; ihr Wachsthum dient eben nicht ſowohl, beſtimmte Organe zum Wirken zu ſchaffen, als es ſelbſt das Wirken ſein ſoll. Was gewachſen iſt, iſt ein Vergangenes; ſoll es ſelber fortleben, muß es ſelber fortwachſen.

7) Die Pflanze zeigt im Allgemeinen die Tendenz, ihre Theile in ſpiraliger Form zu entwickeln und zu ſtellen; die Spirale aber iſt eine ihrer Natur nach unabgeſchloſſene Form, während der Thiergeſtaltung mehr in ſich abgeſchloſſene Formen zu Grunde liegen. Auch dieß beweiſt, daß das Wachsthum der Pflanze ſeiner Anlage nach weniger zu einem beſtimmten End-Reſultat ſich abzuſchließen beſtimmt iſt, als das des Thieres. Der Unterſchied iſt zwar wieder nur relativ, denn es kommen auch im Thierreiche Spiralformen (in gewundenen Schneckenhäuſern, Hörnern u. ſ. w.) vor, die inzwiſchen von keinem unbegränzten Wachsthume abhängen; und auch in den Pflanzen greift die Spiral-Tendenz nicht überall und durch Alles durch; doch zeigt ſich dieſelbe im Thierreiche verhältnißmäßig ſelten, im Pflanzenreiche aber viel häufiger, als es für den erſten Anblick ſcheinen möchte.

Bei den windenden Pflanzen windet ſich der ganze Stengel ſpiralig um eine Stütze, bei manchen Bäumen der ganze Stamm ſpiralig in ſich ſelbſt (ſ. weiterhin); die Blattſtellung läuft gewöhnlich in ſpiraliger Windung um den Stengel, was neuerdings zu ausführlichen Unterſuchungen Anlaß gegeben hat (vgl. XV.); die Warzen der Mammillarien haben eine ſpiralige Stellnng;

manche Blumen ſind vor dem Aufblühen ſpiral gewunden (aestivatio contorta); manche Früchte, wie Schwertbohnen, oder Theile von Früchten, wie die Schuppen der Tannzapfen, zeigen Neigung zur ſpiralen Drehung oder Stellung: die Farrn rollen ſich in doppelter Richtung auf, einmal aus einer Spirale der Rippe, dann aus den eingebogenen Federn der ſeitlichen Richtung; die ganze Exiſtenz der Oscillatorien iſt ſpiral; ältere Fadenzweige von Lycium Europaeum neigen zu ſpiraler Windung; die Blattſtiele der italieniſchen Pappel drehen ſich, von einem Inſect geſtochen, ſpiral; an einer langen Kartoffel ſahe man alle Augen in einer Spiralfolge von der Linken nach der Rechten aufſteigend; manche Pflanzenhaare ſind mit Wärzchen, die deutlich in Spirallinien ſtehen, beſetzt; — Im Innern der Pflanzen haben wir das Syſtem der Spiralgefäße (vgl. S. 48); bei den Mooſen, Lebermooſen, Charen und Farrn die ſpiraligen Saamenfaden; in den Zellen der Chara nehmen ſelbſt die Stärkmehlkügelchen eine ſpirale Stellung an; auch haben die Flüſſigkeitsſtrömungen, die man in den Zellen von Chara bemerkt, eine ſpirale Richtung u. ſ. w. — Zahlreiche Fälle von Spiraltendenz bei den Pflanzen finden ſich in Göthe's Abhandlung: „Ueber die Spiraltendenz der Vegetation" (geſ. Werke. Band 55. S. 99) geſammelt. Ueber die geſetzlich ſpirale Windung von manchen Blumen vor dem Entfalten (aestivatio contorta), ſo wie von manchen Früchten vergl. insbeſondere: Braun in der Flora oder allg. botan. Zeit. von 1839. S. 311.

8) Die Pflanze vermag in ihren Wachsthumsproceß unorganiſche Stoffe hineinzuziehen, ſie zu bewältigen, indeß das Thier ſich nur von organiſchen Stoffen zu nähren und zu wachſen vermag; jene baut eine lebendige Geſtalt neu auf, dieſes baut ſie nur um. Auch ſonſt zeigt ſich, daß die Aſſimilation der Stoffe im Wachsthumsproceſſe der Pflanze eine ganz andere Rolle ſpielt als beim Thiere. Im Ganzen bietet ſich den verſchiedenen Pflanzen eine ziemlich ähnliche

Nahrung dar, doch vermögen ſie die allerverſchiedenſten Stoffe daraus in ſich zu erzeugen, was alles beſondere Acte der Lebensthätigkeit vorausſetzt, die auch wohl mit eigenthümlichen Beſtimmungen des Gemeingefühls verknüpft ſein können. Umgekehrt genießen die verſchiedenen Thiere zwar die verſchiedenſte Nahrung, aber erzeugen alle ziemlich dieſelben und im Ganzen ohne Vergleich weniger zahlreiche Stoffe in ſich als die Pflanzen. Die Stoffe, welche dieſelbe Pflanze enthält, ſind ebenſo wie die äußern Erſcheinungen des Wachsthums je nach Jahreszeit, Standort, Alter u. a. Umſtänden ſehr veränderlich; die beſte Arzneipflanze wirkt, zur unrechten Zeit, vom unrechten Standpunct eingeſammelt, nichts; indeß beim Thiere dergleichen nicht viel Unterſchied macht. Giebt es doch ſogar Pflanzen, die mit dem Sonnenlaufe während des Tages ihre Beſtandtheile ſehr merklich ändern, Morgens ſauer, Abends bitter ſchmecken.

„Die Blätter von Cotyledon calycina Roth (Bryophyllum calycinum Salisb.) in Indien ſind nach Hayne Morgens ſo ſauer wie Sauerampfer, gegen Mittag geſchmacklos, gegen Abend bitter. Link fand dieß beſtätigt und bemerkte daſſelbe bei Cacalia ficoides L., Portulacaria afra Jacq. und Sempervivum arboreum L.“ (Gmelins theoret. Chemie. 1829. B. II. S. 1802.)

Es ſind Fälle bekannt, wo das einfache Verſetzen einen Mandelbaum ſüße Mandeln tragen machte, der vorher bittere Mandeln lieferte. (Liebig, chem. Briefe. S. 173.)

Am meiſten Aehnlichkeit mit dem Pflanzenwachsthum dürfte noch das Wachsthum des Fötus im Mutterleibe haben; ſofern derſelbe wie die Pflanze ſeine Organe ſich von Anfange an ſelber baut. Dieſe Aehnlichkeit, oberflächlich aufgefaßt, hat nun freilich ſogleich wieder zu einem ebenſo oberflächlichen Einwurf gegen die Empfindung der Pflanzen geführt. Fötusleben gleich Pflanzenleben, alſo Pflanzenleben gleich Fötusleben. Der Fötus empfindet nicht; alſo auch die Pflanze nicht. So iſt man ſchnell fertig. Als wenn es nicht bei jeder Analogie außer der Seite der Aehnlichkeit auch eine Seite der Verſchiedenheit zu beachten gäbe.

Der Fötus bildet ſich unter dem Einfluſſe fremder Lebenskraft, ſchöpft ſeine Stoffe aus fremdem Lebensborne, wächſt als Erzeugniß und Theil eines andern Leibes unter den gleichförmigſten Einwirkungen nach einem ſtreng eingehaltenen Plane; die Pflanze wächſt aus eigner Kraft, bereitet ſich ſelbſt ihren lebendigen Stoff, wächſt in Freiheit unter den wechſelndſten Einwirkungen der Außenwelt, zwar nicht ohne Plan, doch in freiſter Entfaltung deſſelben. Alſo ſtatt der Pflanze nach Analogie ihres Wachsthums mit dem des Fötus Empfindung abzuſprechen, ſollte man vielmehr von vorn herein eine ſolche Analogie gar nicht annehmen.

Um ſo weniger triftig kann der Vergleich des Pflanzenlebens im Allgemeinen mit dem Fötusleben ſein, als ein beſonderer Theil des Pflanzenlebens mit viel größerem Rechte dieſe Vergleichbarkeit in Anſpruch nimmt; ich meine das Leben des Pflänzchens im Saamen, während er noch von der Mutterpflanze getragen wird. Schon hier nämlich entwickelt ſich die ganze Pflanzenanlage in Würzelchen, Stengel und Blattfederchen, was der Entwickelung des Fötus im Ei, während es noch im Mutterkörper enthalten, ſo analog als möglich iſt. Dieſem Pflänzchen im Saamen freilich mag ſo gut eigne Empfindung fehlen, als dem Fötus; wenn aber der Fötus nach dem Austritt aus dem Mutterkörper und Durchbruch des Eies ſolche im freien Wechſelverkehr mit Luft und Licht gewinnt, warum das Pflänzchen weniger, unter ſo analogen Umſtänden?

Vielleicht iſt es nicht undienlich, der Voreiligkeit von Schlüſſen in dieſem Felde noch mit folgender Bemerkung zu begegnen. Geſetzt, die Analogie des Lebens der erwachſenden Pflanze mit dem Fötusleben wäre ſo durchgreifend, daß ſich wirklich etwas darauf bauen ließe; hätte man ein Recht, daraus auf Abweſenheit ſelbſtſtändiger Empfindung bei der Pflanze zu ſchließen? — Noch keineswegs; ſondern gerade eben ſo gut könnte man umgekehrt auf ſelbſtſtändige Empfindung des Fötus daraus ſchließen. Die Vorausſetzung, daß der Fötus keine ſelbſtſtändige Empfindung habe, iſt ja ſelbſt eben nichts als Vorausſetzung, die, ſo wahrſcheinlich ſie uns erſcheinen mag, doch, als noch ganz unbewieſen, nicht dienen kann, Andres zu beweiſen oder zu widerlegen. Man ſagt, die Erfahrung liefert uns den Beweis; wir erinnern uns doch keiner Empfindung mehr aus dem Fötuszuſtande. Aber welcher Menſch erinnert ſich auch nur noch deſſen, was er in den erſten Wochen nach der Geburt empfunden hat? Hat er deßhalb nichts empfunden? Um ſo weniger können wir erwarten, daß der Menſch ſich deſſen noch erinnert, was er etwa vor der Geburt empfunden; aber auch um ſo weniger einen Beweis aus dem Mangel der Erinnerung an dieſe Empfindung gegen das Statthaben derſelben ziehen. Das Erinnerungs-Vermögen ſelbſt bildet ſich eben erſt mit der Geburt aus; und ſofern wir der Pflanze ebenfalls kein eigentliches Erinnerungs-Vermögen beimeſſen werden, wie ſpäter (XIV) zu erörtern, ſo ſtände ſie in der That hierin mit dem Fötus ganz auf derſelben Stufe; die Pflanze führte das Seelenleben des Fötus und der Fötus das der Pflanze.

Ich bin jedoch weit entfernt, auf die Behauptung eines wirklichen ſelbſtſtändigen Empfindungslebens im Fötus etwas *bauen* zu wollen; ich behaupte blos, daß man auf die gegentheilige Annahme eben ſo wenig etwas bauen kann, da jede Annahme hierüber erſt durch anderweite Betrachtungen begründet werden muß.

Außer den bisher betrachteten Wachsthumsbewegungen ſtehen der Pflanze noch gar manche andere Bewegungen in Faltung und Entfaltung, Hebung und Senkung, Biegung und Drehung ihrer Theile zu Gebote, welche nicht mit Wachsthumsbewegungen zu verwechſeln ſind, obwohl freilich, wie Alles in den organiſchen Proceſſen zuſammenhängt, auch damit zuſammenhängen. Können wir doch auch beim Thiere ein Doppeltes unterſcheiden, welchem die doppelte Form der Pflanzenbewegung gewiſſermaßen entſpricht. Das Thier kann ſeinen Ort ganz und gar verändern, aber auch blos einzelne Theile ſeines Körpers in verſchiedene Lagen zu einander bringen, ſie drehen, biegen, indeß es im Ganzen am Orte bleibt. Erſterm analog erſcheint es, wenn die Pflanze in ſich, unter ſich, über ſich weiter in den Raum hineinwächſt, ohne freilich ſo wie das Thier dabei ſich vom Ausgangspuncte ganz losmachen zu können; letzterm, wenn ſie, ohne ſich durch neue Anſätze fortzuſtrecken, die ſchon gewonnenen in neue Lagen bringt. Alle Theile der Pflanze über der Erde ſind ſolcher Bewegungen fähig; der ganze Stengel, die ganze Krone dreht ſich bei vielen nach dem Lichte; bei andern windet ſich der Stengel um Stützen; die Blätter heben ſich in der Friſche und ſenken ſich in der Ermattung; die Blumenblätter entfalten ſich Morgens und legen ſich Abends zuſammen; die Staubfäden mancher Blumen neigen ſich, wenn die Zeit der Befruchtung gekommen, gegen das Piſtill; es giebt Blätter, die Fliegen fangen, indem ſie ſich darum zuſammenſchließen. Manche ſolcher Bewegungen erfolgen nur unter Einfluß von beſonderen Reizen; andere ſchon ohne ſolche, wenn die Entwickelungsperiode der Pflanze dazu drängt; jede Pflanze verhält ſich anders darin; manche iſt ſo empfindlich, daß ſie bei jeder Berührung die Blätter faltet; hier ſind dieſe, dort jene Theile mehr gelenkig, reizbar und beweglich. Es giebt in all dieſem eine unerſchöpfliche Verſchiedenheit. Heben wir nun das Intereſſantere daraus hervor, wo die Beziehung auf Inſtinct und Empfindung am nächſten liegt, oder die Aehnlichkeit mit thieriſchen Bewegungen am größten iſt, immer mit Bedacht, daß wir unbeſchränkte Aehnlichkeiten überhaupt nicht zu erwarten haben.

Die Pflanze iſt ein lichtdurſtiges Weſen, und ſo genügt es ihr nicht blos, ſich durch das Wachsthum nach dem Lichte zu richten, wovon wir oben Beiſpiele ſahen; ſie wendet überhaupt alle Mittel an, die ihr zu Gebote ſtehen, ſich in recht paſſende Lage und Stellung dazu zu bringen. Auch haben die nüchternſten Forſcher hierin Aehnlichkeit mit dem Inſtinct der Thiere gefunden, obwohl freilich meiſt eben nichts als Aehnlichkeit.

So ſagt Decandolle in ſeiner Pflanzenphyſiol. II. 874: „Jedermann hat wahrgenommen, daß die Zweige der in Treibhäuſern oder auch in Zimmern gezogenen Pflanzen ſich den Fenſtern zuwenden, daß die Zweige der Waldbäume nach den lichten Stellen ſtreben, daß die an Mauern wachſenden Pflanzen das Beſtreben zeigen, ſich von denſelben abzuwenden, und daß die Gewächſe im Allgemeinen, gleichſam in Folge eines beſondern Inſtincts, nach dem Lichte zu trachten ſcheinen.“

Von den Blättern iſt es namentlich die Oberſeite, welche das Licht ſucht. Giebt man einer Pflanze oder einem Zweige eine ſolche künſtliche Lage, daß die Blätter ſtatt ihrer Oberſeite nun ihre Unterſeite dem Lichte zuwenden, ſo macht alsbald der Blattſtiel oder, in deſſen Ermangelung, die Baſis des Blattes eine Drehung, wodurch die natürliche Lage ſich herſtellt (Bonnet). Dieſe Tendenz iſt ſo mächtig, daß Knight ein Weinblatt, deſſen Unterſeite das Sonnenlicht beſchien, und welchem er jeden Weg, in die naturgemäße Lage zu kommen, verſperrt hatte, faſt jeden möglichen Verſuch machen ſahe, um dem Lichte die rechte Seite zuzuwenden. Mehrmals nachdem es während einiger Tage demſelben in einer gewiſſen Richtung ſich zu nähern geſucht und durch Zurückbeugung ſeiner Lappen faſt ſeine ganze Unterſeite damit bedeckt hatte, breitete es ſich wieder aus und entfernte ſich weiter vom Glashausfenſter, um in der entgegengeſetzten Richtung dem Lichte ſich wieder zu nähern (Treviranus Beitr. 119).

Dutrochet erzählt in ſ. Rech. p. 131: „Ich ſahe, daß, wenn man die obere Fläche des Blattes einer in freier Luft ſtehenden Pflanze mit einem kleinen Brete bedeckt, dieß Blatt ſich dieſem Schirme durch Mittel zu entziehen ſucht, welche nicht immer dieſelben, aber immer von der Art ſind, wie ſie am leichteſten und ſchnellſten zum Zwecke führen müſſen; ſo geſchahe es bald durch eine ſeitliche Biegung des Blattſtiels, bald durch eine Biegung deſſelben Blattſtiels nach dem Stengel hin. War das Bret zu groß, als daß das Blatt darunter hätte wegkommen können, ſo beugte ſich der Blattſtiel zur Erde, damit das ſeitlich unter das Bret gelangende Licht das Blatt treffen könnte.“

Derſelbe Naturforſcher bedeckte das Endblättchen eines Bohnenblattes (von Phaseolus vulgaris), welches bekanntlich 3 Blättchen beſitzt, mit einem kleinen Brete. Da ſich nun dieß Blättchen wegen der Kürze ſeines beſondern Stiels nicht durch Beugung deſſelben der Bedeckung mit dem Bretchen zu entziehen vermochte, ſo erfolgte dieß durch die Beugung des gemeinſchaftlichen Blattſtiels. „Wenn man, ſagt Dutrochet, ſieht, wie viel Mittel hier angewandt werden, um zu demſelben Zwecke zu kommen, wird man faſt verſucht zu glauben, es walte hier im Geheimen ein Verſtand, welcher die angemeſſenſten Mittel zur Erreichung des Zweckes wählt.“ — Daß es übrigens wirklich eine Sucht nach Licht, nicht eine Flucht des Bretes iſt, welche bei dieſen Verſuchen in's Spiel kommt, beweiſt der Umſtand, daß bei Wiederholung derſelben im Dunkeln ſich kein Beſtreben äußerte, ſich der Bedeckung mit dem Brete zu entziehen.

Bei jungen Blättern erfolgt das Umwenden ſchneller als bei ältern. — Selbſt ganze Baumäſte können durch die Tendenz der Blätter, ſich umzuwenden, aus ihrer Lage gebracht werden. (Daſſen in Wiegm. Arch. 1838. II. S. 159).

Nach Bonnets und Andrer Verſuchen, wenn man ein Blatt ſo befeſtigt, daß es in keiner Weiſe ſeine obere Fläche dem Lichte zuwenden kann, ſondern genöthigt iſt, die untere demſelben zuzuwenden; ſo verdirbt das Blatt, ja die Verderbniß breitet ſich von da weiter über den Zweig aus. Alſo iſt es wirklich eine ihm zuſagende Lebensbedingung, welche das Blatt durch ſeine rechte Stellung im Lichte zu gewinnen ſucht. (Vergl. S. 104.).

Daſſen (Fror. N. Not. VI. S. 51) hat neuerdings Verſuche angeſtellt, durch die er glaubt beweiſen zu können, daß die Bewegungen der Blätter, die im Vorigen dem Einfluße des Lichtes zugeſchrieben worden, in der That nicht davon abhängen, ſondern daß die Blätter überhaupt die Tendenz haben, eine ihrer Flächen nach oben zu kehren, und dieſe Lage immer wieder einzunehmen ſtreben, welcherlei Umſtände in Betreff von Licht, Wärme, Feuchtigkeit auch obwalten. In der That ſcheint aus ſeinen Verſuchen hervorzugehen, daß eine ſolche Tendenz, abgeſehen vom Lichteinfluße, ſtattfände; indeß möchten die obigen Verſuche **Dutrochets** und Anderer doch nicht ganz aus **Daſſens** Vorausſetzungen erklärbar ſein. Für uns iſt die Discußion über dieſen Gegenſtand weniger wichtig; da uns dieſe Verſuche überhaupt nur dienen ſollen zu zeigen, wie die Pflanzen in ähnlicher Weiſe als die Thiere ſich durch zweckmäßige Bewegungen in naturgemäße Verhältniße zu verſetzen ſtreben, wobei es im Grunde gleichgültig iſt, ob dieſe Verhältniße ſich auf Licht oder Schwere oder ſonſt etwas beziehen.

Unter den Blumen hat ſich die Sonnenblume ihren Namen gewiß nicht minder durch ihre Neigung, in der Stellung dem Sonnenlaufe zu folgen, als durch ihr ſonnenähnliches Ausſehen verdient. Hat doch **Athanaſius Kircher** ſogar eine Sonnenuhr hierauf zu gründen vorgeſchlagen.

Die Einrichtung ſoll folgende ſein: Mitten auf dem Boden eines großen, mit Waßer zum Theil gefüllten, Zubers werde eine Eiſenſpitze angebracht und an dieſe ein anſehnliches Stück Kork ſo befeſtigt, daß daſſelbe auf dem Waßer ruhe und ſich um die Spitze frei drehen könne. Auf dieſe Scheibe befeſtige man eine Sonnenblume ſammt der Wurzel in ſenkrechter Richtung (auch kann man den Stengel durch den Kork gehen laßen). Vom Stengel ſelbſt laße man zur Erquickung der Pflanze einige wollene Bänder in das Waßer herabgehen. Man umgebe darauf die Blume mit einem Metallringe, auf deßen innerer Seite die Stundenzahlen nach der Polhöhe des Ortes richtig verzeichnet ſind, damit der im Mittelpunct der Uhr ſteckende Zeiger ſolche gehörig anzeigen könne. Dieſe Vorrichtung ſtelle man von Morgens in die freie Luft ſo, daß die Nordſeite derſelben nach der Sonne gekehrt ſei. Die Blume ſoll ſich nun nach dem Laufe derſelben drehen und hierdurch die Stunden anzeigen.

Freilich iſt dieß nur eine Spielerei; denn das Sonnenlicht iſts doch nicht allein, was die Stellung der Sonnenblume beſtimmt; man ſieht auch Sonnenblumen genug, die nicht nach der Sonne blicken; wie ein Thier in ſeinen Stellungen und Bewegungen ja auch nicht ausſchließlich durch **einen** Reiz beſtimmt wird. Doch bleibt das Sonnenlicht jedenfalls ein **Hauptreiz**, der auf die Stellung dieſer Blume wie auf die vieler andern Blumen Einfluß hat. (Vergl. die von **Hegel** mitgetheilte Bemerk. S. 74.).

Sehr viele krautartige Pflanzen bewegen auch ihren Stamm und ihre Aeſte einigermaßen nach dem Laufe der Sonne, wie z. B. Lupinus luteus, Reseda luteola, Sonchus arvensis u. a. (Van Hall. Elem. Bot. p. 28).

So deutlich in den bisher angegebenen Fällen die Tendenz der Pflanzentheile nach dem Lichte hin iſt, ſo giebt es doch auch Fälle, wo das Licht vielmehr geflohen wird, eben wie im Thierreiche von manchen Thieren und unter gewiſſen Umſtänden derſelbe Reiz geflohen wird, den die andern unter den meiſten Umſtänden ſuchen.

So ſchreibt **Mohl** (über den Bau und das Winden der

Ranken S. 28): „Eine beſondere Merkwürdigkeit zeigen die Ranken der Rebe und nach Knight (Philos. transact. 1812. p. 314) auch die von Cissus hederacea, indem ſie nicht wie andere grüne Pflanzentheile ſich dem einfallenden Lichte zuwenden, ſondern ſich von der Seite, wo das Licht einfällt, wegdrehen. Dieſe Erſcheinung iſt um ſo auffallender, da die Blütentrauben der Rebe, aus denen die Ranken entſtehen, dieſes Fliehen vor dem Lichte nicht zeigen. Dieſes Zurückbiegen vor dem einfallenden Lichte zeigt ſich nicht nur, wenn die Rebenſchößlinge in einem Zimmer ſind, welches nur von einer Seite ſein Licht empfängt, ſondern auch in einem ſehr auffallenden Grade an Weinſtöcken, welche im Freien gezogen werden, wo die Ranken mehr oder weniger eine Richtung nach Norden zeigen, oder, wenn ſie an Mauern gezogen werden, gegen dieſe hingerichtet ſind.... Daß dieſer Umſtand das Umfaſſen von Stützen erleichtert, ſieht man leicht ein, daß aber dieſe Richtung nur Folge des Einfluſſes des Lichts iſt, ſieht man daran, daß auch an ganz frei ſtehenden Schößlingen von Reben die Ranken ſich vom einfallenden Lichte abwenden, daß, wenn man einen Schößling einer Rebe unter ein offenes Fenſter ſtellt, die Ranken rückwärts gegen den leeren Raum des Zimmers ſich wenden, und nicht ſeitwärts gegen die Mauer des Fenſters, den einzigen Körper, der in der Nähe ſteht. — Dieſes Fliehen vor dem Lichte ſcheint nur den Ranken von Cissus und Vitis zuzukommen, wenigſtens konnte ich (Mohl) an den Ranken von Paſſifloren, von Cobaea, welche in Gewächshäuſern gezogen wurden, in welche das Licht nur von einer Seite einfiel, nie bemerken, daß ſie ſich entweder dem Lichte zuwendeten oder daſſelbe flohen. Daſſelbe bemerkte ich auch an Passiflora coerulea, Pisum sativum, Lathyrus odoratus, an Kürbiſſen, welche ich in meinem Zimmer zog; obgleich die Stengel dieſer Pflanze ſich ſtark gegen das Licht bogen, ſtanden doch die Ranken gleichförmig nach allen Seiten hinaus."

Nach Dutrochet inzwiſchen fliehen auch die Stengelſpitzen des Hopfens (Humulus Lupulus) und der Zaunwinde (Convolvulus sepium), desgleichen die Würzelchen des keimenden Miſtelkorns das Licht. Nach Payer thun daſſelbe die Wurzeln von Kohl und weißem

Senf, wie man bemerkt, wenn man den Saamen dieſer Pflanze auf Baumwolle ſät, die in einem Glaſe voll Waſſer ſchwimmt. Wie die Stengel ſich gegen das Licht biegen, wenden ſich die Wurzeln vom Licht abwärts, ſo daß die Pflanze ein S darſtellt. Die Wurzeln von Sedum telephium wenden ſich nicht vom verbreiteten oder vom directen Sonnenlichte ab. Auf die Wurzeln der Kreſſe aber wirkt weder das verbreitete noch directe Licht. Wo aber auch das Licht auf die Wurzeln wirkt, iſt doch der Neigungswinkel der Wurzeln immer kleiner als der der Stämme. (Comptes rendus. 1843. II. 1043.)

Zu den intereſſanteſten inſtinctähnlichen Lebensäußerungen der Pflanzen gehören die, welche die windenden Pflanzen im Aufſuchen ihrer Stützen zeigen, worüber beſonders Mohl gute Aufſchlüſſe (in ſ. Schrift über das Winden der Ranken) gegeben hat.

Eine Pflanze, welche von der Natur die Beſtimmung erhalten hat, ſich um eine Stütze zu winden, ſtreckt ſich, aus der Erde hervorkeimend, erſt ein Stück ſenkrecht in die Höhe, beugt aber dann im Fortwachſen den obern Theil um, ſo daß er der wagrechten Richtung ſich mehr nähert, indeß der untere aufrecht bleibt. Nun fängt dieſer ſenkrechte Theil an ſich um ſeine Axe zu drehen, ſo daß die Faſern deſſelben eine Spirallage annehmen. Es iſt wie bei einem Bindfaden, der am obern Puncte feſtgehalten und mit der andern Hand um ſich ſelbſt gedreht wird; nur daß bei der Pflanze die Befeſtigung vielmehr unten durch die Einwurzelung in der Erde gegeben iſt, und die Drehung durch die eigne Lebenskraft der Pflanze erfolgt. Dabei wird natürlich der gegen den Horizont umgebogene Theil im Kreiſe herumgeführt, und mittelſt dieſer taſtenden Bewegung ſucht die Pflanze die Stütze. Iſt es bei einmaligem Kreiſen nicht gelungen, eine ſolche zu finden, ſo wiederholt ſie es wohl mehrmals, während ſie das Ausragen durch Fortwachſen immer weiter verſtreckt. Es könnte ja in einem Kreiſe von größerem Halbmeſſer eine Stütze ſtehen, die im kleineren Kreiſe fehlte. Findet aber die Pflanze auf ſolche Weiſe keine, ſo giebt ſie den Verſuch auf; es wird ihr zu ſchwer, das zu lang gewordene Aufragen über dem Boden zu erhalten, ſie legt ſich auf den Boden nieder und kriecht darauf hin, ſo lange bis ſie eine Stütze findet. Hat ſie nun eine ſolche gefunden, ſo merkt ſie es ſofort, denn ſie hört jetzt auf einmal auf, weiter zu kriechen, und läuft nun um die Stütze in die Höhe. Merkte ſie nichts davon, und gefiele es ihr nicht, die Stütze hinan zu laufen, ſo würde ſie ja doch nebenweg laufen in der Fortſetzung der bisherigen Richtung, wo ſie's ſo viel bequemer hatte, nicht gegen die Schwere anzuſtreben brauchte.

Bei dem Umſchlingen der Stütze hört dann auch die Drehung des windenden Stengels um ſich ſelbſt (welche die Faſern eine Spirallinie beſchreiben läßt) auf, wie man ſich überzeugen kann, wenn man mit Tinte Striche längs des windenden Stengels zieht; dieſe bleiben der Axe parallel (Mohl S. 111).

Freilich kann man den Erfolg wieder ſo darſtellen, und pflegt ihn wirklich ſo darzuſtellen, der phyſiſche Reiz der Stütze auf die Pflanze treibe ſie zum Aufwärtslaufen; Empfindung ſei nicht dahinter. Es iſt aber wieder die alte Geſchichte. Mit gleichem Rechte könnte man auch das Aufwärtslaufen des Eichhörnchens am Eichſtamme als ein nur etwas complicirteres Spiel des Reizes der Lichtſtrahlen, die vom Eichſtamme in's Auge des Eichhörnchens fallen und des Eichbaumes ſelber auf die noch complicirteren Einrichtungen und Bewegungen im Eichhörnchen betrachten; ja im Grunde erſcheint doch noch weniger erſichtlich, wie ein trockner Stock die windende Pflanze zum Aufwärtsklimmen reizen kann, als wie das Licht, was von einem Baume kommt und der lebendige Baum ſelber das Eichhörnchen dazu reizen kann. Und wenn man den Erfolg hypothetiſch im einen wie im anderen Falle auch ſo betrachten kann, hat man ihn deßhalb im einen wie im anderen Falle noch nicht bloß ſo zu betrachten. Doch ich verweiſe hierüber auf frühere Erörterungen.

Die Pflanze windet ſich nun bis zum Gipfel in die Höhe. Iſt ſie oben angelangt, was wird ſie thun? Die Stütze iſt zu Ende; das Bedürfniß danach erneuert ſich alſo und die Pflanze fängt wieder wie zu Anfange an, danach zu ſuchen. Sie wächſt erſt wieder ein Stückchen in die Höhe, biegt ſich dann wieder um und fängt wieder an, im Kreiſe zu ſuchen, um eine andere Stütze zu finden.

Manche von den ſich windenden Pflanzen haben die Eigenthümlichkeit, bloß rechts, und wieder andere, bloß links im Kreiſe umherzuſuchen, und winden ſich dann auch ſtets in ſolcher Richtung. Man ſtecke einen Stab links gleich neben dem Laufe einer ſich rechts windenden Pflanze ein, die ihre Stütze ſucht, und ſie findet ihn nicht, bewegt ſich vielmehr ſogar weg davon. Dieß hat man gegen das Vorhandenſein eines Inſtincts geltend gemacht. Denn, ſagt man, der Inſtinct würde die Pflanze den nahen Stock merken laſſen; ſtatt deſſen entfernt ſie ſich davon. Der Fall beweiſt aber bloß, was wir ſonſt ſchon wiſſen, daß der Inſtinct in ſeinen

Aeußerungen an natürliche Anlagen gebunden iſt. Der Taſter hat natürlich keine Augen, und ſelbſt der Hungrigſte ſieht ein Stück Brod nicht, was man hinter ſeinen Rücken hält, der Blinde ſogar nicht, wenn man es ihm vor die Naſe hält. Aber, wenn ihm ein Inſtinct ſagte, es könne um ihn etwas zu eſſen zu geben, ſo würde er auch umhertaſten, es zu finden, und dabei das Brod ſo leicht verfehlen können, als die Pflanze die Stütze verfehlt, ſofern es in ſeiner Anlage begründet iſt, nicht durch Bewegungen der Naſe, ſondern der Arme, zu ſuchen, was er braucht.

Viele Gewächſe umwinden todte, wie lebendige Stützen; die Flachsſeide (Cuscuta), eben jung hervorgekommen, unterſcheidet zwiſchen beiden; ſie umwindet nur lebendige*. Waum hat ſie einen ſo andern Inſtinct als andere Pflanzen? Ihre Lebensverhältniſſe ſind eben andere. Die andern windenden Pflanzen, indem ſie aufwärts ranken, bleiben doch noch im Boden wurzeln und ſaugen Nahrung daraus, auch ohne daß die Stütze ſolche hergiebt. Die Flachsſeide aber macht ſich, nachdem ſie im Erdboden gekeimt, von demſelben gänzlich los, indem ihre darin haftenden Wurzeln abſterben und nun vermag ſie blos noch aus dem lebenden Gewächſe durch Würzelchen, die ſie hineintreibt, Nahrung zu ziehen; was hälfe ihr da ein todter Stock. Der lebende Stengel dagegen wird von ihr mit engen Windungen umfaßt, ſie ſaugt ihn aus, oft ſtirbt er darüber ab. Wie hilft ſich jetzt die Pflanze? Am Todten kann ſie doch nicht mehr Nahrung finden. Sie fängt jetzt an ihre Windungen zu erweitern, ob ſie dadurch vielleicht ein anderes Gewächs erfaſſen kann.

---

* Mohl (über den Bau und das Winden der Ranken, S. 127. 131) ſagt zwar, daß die Cuscuta ſich um lebloſe Körper, z. B. trockne Stäbe von Tannenholz, Glasſtäbe, ſilberne Röhren, ebenſowohl winde als um lebendige Stengel, aber es betrifft dieſe Angabe ältere Exemplare, die ſich ſchon an andern lebendigen Pflanzen feſtgewurzelt haben und dann aus dieſen fortgehends Nahrung ſaugen können; dagegen fand Palm, (über das Winden der Pflanzen S. 48), daß die Flachsſeide ſich niemals um todte Körper windet; er bot ihr eine Menge abgeſtorbener oder unorganiſcher Körper verſchiedener Art als Stützen dar, und nie wollte ſie ſich um dieſelben ſchlingen, was dagegen bei lebendigen Stengeln erfolgte. Der ſcheinbare Widerſpruch zwiſchen beiden Angaben dürfte ſich alſo löſen, wenn man annimmt, daß Palm mit ganz jungen Pflanzen experimentirte; denn in dieſer Beziehung ſind Mohl's (allerdings nicht zahlreiche) Verſuche mit denen von Palm in Einſtimmung. Er ſagt (S. 136 ſeiner Schrift): „Ob die junge, erſt aus dem Saamen aufgegangene, Cuscuta Europaea eine Ausnahme

---

(vom Winden um allerlei ſowohl todte als lebende Stengel) macht, weiß ich nicht gewiß; einige Verſuche, die ich mit ihr anſtellte, ſcheinen dafür zu ſprechen; doch hatte ich nicht Gelegenheit, ſie in gehöriger Anzahl anzuſtellen, da alle Saamen von Cuscuta, welche ich zu wiederholten Malen ausſäete, nicht aufgingen, und da die jungen Exemplare, die ich im Freien aushob, alle zu Grunde gingen, bis auf das eine, mit dem ich die Verſuche anſtellte. Neben dieſes Exemplar, welches noch in der Saamenhülle ſteckte, und welches gegen 2 Zoll lang war, ſteckte ich einen Meſſingdraht, ſo daß er die Pflanze berührte; nach 3 Tagen hatte ſich dieſe auch nicht im Mindeſten um denſelben gewunden, ebenſo wenig wand ſie ſich um ein dünnes Stäbchen von Tannenholz. Sobald ich ſie aber neben eine lebende Neſſel geſetzt hatte, ſo daß ſie ihren Stengel berührte, wand ſie ſich innerhalb 9 Stunden um dieſelbe.“

Letztere Bemerkung, die ich nicht in Mohl's Schrift finde, wurde mir von Prof. Kunze mitgetheilt.

Auf das Rechts- und Links-Winden der windenden Pflanzen äußern weder Sonne, noch Mond, noch Stellung zum Licht einen Einfluß. Daß eine Art bald rechts bald links winde, war Mohl nie vorgekommen. So weit ſeine Beobachtungen reichen, winden ſich die Arten einer Gattung, aber nicht immer die einer Familie, in derſelben Richtung. Die Mehrzahl der Schlingpflanzen windet ſich links.

Nach dem Lichte richten ſich die Schlingpflanzen im Allgemeinen weniger als andere Pflanzen (vergl. S. 142). Auch Nachts und bei völliger Ausſchließung des Lichts machen ſie ihre Kreisbewegungen, oder winden ſich um ihre Stützen (Mohl S. 122.).

Der S. 129. bemerkte Einfluß der Jugend macht ſich auch beim Winden der Pflanzen geltend. Die Kreisbewegungen, welche der Stengel einer Schlingpflanze macht, erfolgen blos im jungen Zuſtande deſſelben; nachher wird er feſter, verholzt, und kann ſich nun nicht mehr um Stützen ſchlingen, ſelbſt wenn man ſolche unmittelbar mit ihm in Berührung bringt.

Der Stamm mancher Bäume kann auch ohne Stütze im geraden Emporwachſen ſich um ſich ſelbſt winden, obwohl dieſe Windungen immer nur lang gezogen ſind und meiſt nicht einmal einen ganzen Umlauf machen. Sofern es hierbei nichts Beſonderes zu ſuchen giebt, wird man hierin auch nicht Aeußerungen eines ebenſo beſtimmten Inſtincts zu ſehen haben als bei den Beſtrebungen windender Pflanzen, eine Stütze zu finden. Doch giebt es auch hierbei Puncte, welche von Intereſſe ſind, ſofern ſie an die halb geſetzliche, halb freie Art erinnern, wie im Menſchlichen und Thieriſchen ſich Anlagen entwickeln und äußern. Das Holz, kann man ſagen, benimmt ſich hierbei doch nicht hölzern, ſondern dreht und ſchmiegt ſich, nach innern und äußern Antrieben, wie man es der organiſchen Grundlage für die Entwickelung einer Seele wohl ziemend halten kann. Es geſchieht nämlich dieß Winden auch nicht nach einer einfachen, todten, überall und ein für allemal in ſelber Weiſe gültigen Regel, ſondern nach einer ſo zu ſagen lebendigen flüſſigen Regel, die theils individuellen Unterſchieden in der Natur des Gewächſes folgt, theils ſich Abänderungen äußerer Umſtände auf eine von uns nie ganz zu berechnende Weiſe anbequemt.

Man mache einen Spaziergang um Leipzig durch deſſen Allee, welche hauptſächlich aus Linden und Roßkaſtanien beſteht, und betrachte etwas aufmerkſam die Roßkaſtanienbäume darin; ſo wird man an ſo ziemlich allen tiefgehenden Rindenriſſen und erhabenen Rindenwülſten derſelben von einiger Länge die Zeichen ſpiraliger Drehung deutlich erkennen. (Beſonders auffallend u. a. an mehreren der zwiſchen Barfußpförtchen und Theater ſtehenden Stämme. Wo keine bedeutenden Riſſe oder Wülſte vorhanden, zeigen ſich Spuren der Spiraldrehung doch oft noch in der gegen die Axe des Stammes ſchiefen Richtung der kleinen Riſſe). Die Spiraldrehung ſteigt *überall übereinſtimmend* von Links nach Rechts (für den gegenüberſtehenden Beobachter) in die Höhe. Die Drehungs*richtung* iſt alſo bei dem Roßkaſtanienbaume ſo feſt beſtimmt als bei einer um einen Stengel ſich windenden krautartigen Pflanze. Aber der *Grad* der Drehung iſt ſehr verſchieden bei denſelben, wenn auch benachbarten, Stämmen. An den Linden derſelben Allee bemerkt man dagegen nirgends entſchiedene Zeichen von Drehung. Geht man weiter in's Roſenthal und betrachtet die Stämme von Hainbuche (Carpinus Betulus), die ſich zahlreich darin finden, ſo werden die meiſten ebenfalls kein entſchiedenes Zeichen von Drehung verrathen; bei manchen aber tritt ſie ſehr deutlich auf, doch ſo, daß ebenſowohl Stämme vorkommen, wo die Drehung von Links nach Rechts, als wo ſie von Rechts nach Links aufſteigt. Ich zählte bei einem größern Spaziergange 20 Stämme erſter gegen 14 Stämme zweiter Art. Das Uebergewicht der erſtern gegen die letztern rührte aber nur daher, daß auf einem gewiſſen Diſtrict blos links gewundene Stämme vorkamen, wo alſo der Entwickelung dieſer Richtung beſonders günſtige Umſtände obwalten mußten; während ich ſonſt links und rechts gewundenen im unregelmäßigſten Wechſel begegnete und hierunter zweimal den Fall hatte, daß zwei entgegengeſetzt gewundene Stämme gleich neben einander ſtanden, dem Anſchein nach unter ganz gleichartigen Verhältniſſen gewachſen. Die Eichen des Roſenthals zeigen nichts von Drehung. Combinirt man dieſe verſchiedenen Fälle, ſo wird man darin folgendes für die Entwickelung der Anlagen von Thier und Menſch geltendes Reſultat wiederfinden. Waltet eine Anlage in beſtimmter Richtung ſehr vor, ſo hat nichts mehr Macht, ſie zu verkehren; wo aber die Anlage nicht entſchieden iſt, da ſchlägt ſie nach Verſchiedenheit der äußern Umſtände dieſe oder jene Richtung der Entwickelung ein, ohne daß ſich ſolche aus den äußern Umſtänden allein berechnen ließe.

Nach Göthe's Angabe windet ſich auch die Birke ausnahmslos ſpiralig von Links nach Rechts bis in den Gipfel; was man aber nicht ſowohl auswendig als beim Spalten des Stammes erkennt.

Freiſtehende Birkenſtämme zeigen die Spiraldrehung weit auffälliger als ſolche, die im Dickicht ſtehen. Derſelbe erwähnt, daß nach forſtmänniſchen Angaben auch unter Kiefern Fälle vorkämen, wo der Stamm von unten bis oben eine gedrehte, gewundene Richtung annehme; man habe geglaubt, da man dergleichen Bäume an der Grenze gefunden, eine äußere Wirkung durch heftige Stürme ſei die Veranlaſſung; man finde aber dergleichen auch in den dichteſten Forſten und es wiederhole ſich der Fall nach einer gewiſſen Proportion, ſo daß man 1 bis etwa 1½ pC. im Ganzen das Vorkommen rechnen könnte. Auch an alten Kaſtanienbäumen und Stämmen von Crotaegus torminalis kommt nach Göthe die Spiraldrehung vor (Göthe's geſ. Werke Band 55. S. 123.). Ich ſelbſt fand einen Maßholderſtamm (Acer campestris) ziemlich ſtark gewunden. Viele Arten und Individuen von Bäumen aber zeigen wenigſtens auswendig nichts von Drehung.

Unter den Bewegungen des Faltens und Biegens, welche die Pflanzen im Entwickelungsgange ihres Lebens von ſelbſt vornehmen, iſt die Entfaltung der Blumenkrone beim Aufblühen, und ihr Schließen oder ſonſtige Lagenveränderung ihrer Theile im ſogenannten Pflanzenſchlafe, von vorzugsweiſem Intereſſe. Man vergeſſe aber nicht, ſein Augenmerk auch auf die Blütenſtiele und die Blätter zu richten. Es kommen ganz anmuthige Verhältniſſe dabei vor, die uns freilich eine Bedeutung für das Seelenleben der Pflanzen nur mehr ahnen laſſen, als daß wir ſie wirklich verfolgen könnten. Erinnern wir uns der mit dem Sonnengange zuſammenhängenden auf- und abgehenden Bewegung der Waſſerlilie und Lotosblume von Nacht zu Tag. Wie es nach Linné die Waſſerlilie im Waſſer macht, macht es der Huflattig (Tussilago Farfara) außer dem Waſſer; d. h. er ſchließt bei Nacht die Blumen und ſenkt ſie nieder, dem ſchlafenden Menſchen ähnlich, der die Augen ſchließt und das Haupt ſenkt. Ueberhaupt iſt das Senken der Blumen bei Nacht nicht ſelten, obwohl nicht überall mit Schließen der Blumen; wie anderſeits viele Blumen ſich ſchließen, ohne ſich zu ſenken. Jede macht's nach ihrer Weiſe.

Bei vielen hängt die Art der Stellung des Blütenſtengels mit der Periode der Blütezeit zuſammen. Der Mohn trägt die Knospe tief geſenkt, ſo lange ſie noch nicht aufgeblüht iſt, aber ſteif aufgerichtet, wenn ſie erblüht iſt; ungeachtet die Blume doch ſchwerer iſt als die Knospe, wie eine Jungfrau ihr Köpfchen beſcheiden neigt, um es als Frau dereinſt ſtolz emporzutragen und ſich mit ihrem Schmucke zu brüſten. — An der Hyacinthe, die aufblühen will, drängen ſich alle Blütenknospen eng um den Mutterſtamm zuſammen wie zu einer geſchloſſenen Fauſt, und ſehen noch grün wie die Blätter aus; als ſollte auch die kleinſte Ahnung deſſen, was kommen wird, von ihnen abgehalten werden. Aber wenn ſie aufblühen, biegt ſich eine ſo viel wie möglich von der andern ab, um recht ſelbſtſtändig Luft und Licht, und was es ſonſt giebt, genieſſen zu können, und das Grün verwandelt ſich in reizende Farbe. — Die Euphorbia oleaefolia Gouan läßt ihr Haupt den Winter hindurch überhängen und kündigt durch ihr Sichaufrichten (nach Draparnaud) die Wiederkehr des Frühlings an (Decand. II. 628). — Bei der Gattung Phaca und einigen andern Leguminoſen dreht ſich das Blumenſtielchen während der Zeitigung der Hülſe dergeſtalt, daß die obere Fruchtnaht, welche ſich allein öffnet, zur untern wird, und den Saamen folglich möglich macht, auszufallen. (Decand. II. 623.)

Von beſonderem Intereſſe iſt auch der Schutz, den manche Pflanzen im Schlafzuſtande durch die Stellung ihrer Blätter den zarten Theilen gewähren, indem ſie entweder durch das Aufrichten der Blätter um den Stengel oder die Spitze der Zweige eine Art von Trichter bilden, worunter die jungen Blumen oder Blätter geſchützt ſind (Malva Peruviana), oder auch, indem die oberſten Blätter ſich herabſenken und über den jungen Trieben ein Gewölbe bilden (Impatiens noli me tangere), oder indem die Blättchen eines zuſammengeſetzten Blattes ſich nach oben ſo zuſammen legen, daß ſie die Blüten zwiſchen ſich einſchließen. (Trifolium resupinatum und incarnatum, Lotus tetragonolobus und ornithopodioides u. a.)

Noch einiges Nähere über den ſogenannten Pflanzenſchlaf ſ. in den, dieſem Abſchnitte angefügten Zuſätzen.

Man hat dergleichen Biegungen, wie ſie die Pflanzentheile machen, durch ungleiche Befeuchtung oder ungleiche Erwärmung der Faſern an verſchiedenen Seiten des Stengels erklären wollen. Wie wenig das inzwiſchen ausreicht, beweiſt nicht nur das ſo ungleiche Verhalten verſchiedener Pflanzen unter denſelben Umſtänden, was vielmehr ganz analog iſt dem eben ſo verſchiedenen Verhalten verſchiedener Thiere unter denſelben Umſtänden, ſondern auch recht ſchlagend der Fall der Vallisneria spiralis, deren Stengel ſich ſogar unter Waſſer ſpiralförmig auf- und abrollt.

Alle bisher angeführten Bewegungen des Wachſens, Biegens, Drehens, Windens der Pflanzen erfolgen nur langſam in Verhältniß zu den Bewegungen, welche Menſch und Thier vornehmen können. Der Menſch, das Thier ſtreckt raſch den Arm, die Kralle, ergreift, was ihm dienlich ſcheint, und zieht ſie eben ſo ſchnell zurück. Welche ſchnell wechſelnden Bewegungen im Handthieren, Laufen, Springen. Nichts von all dem in der Pflanze. Sie ſtreckt nur langſam ihre Wurzeln, erhebt nur langſam ihren Stengel, kriecht nur allmälig eine Stütze hinauf, folgt ſcheinbar träge den Reizen, die auf ſie wirken, und verharrt ſtetiger in den Lagen, die ſie einmal angenommen. Dennoch liegt hierin kein Grund, auf ſchwächere Empfindungen und Triebe bei ihr zu ſchließen, ſofern ſtarke Empfindungen und Triebe ſich eben ſowohl in ſtarken inneren Veränderungen und Bewegungen als in einem großen Umfange oder großer Schnelligkeit äußerlicher Bewegung ausſprechen können, in welche letztere auszuſchlagen, bei dem feſten und engen Wirkungskreiſe der Pflanze wenig Anlaß war. Man betrachte einen Menſchen, welcher tief nachdenkt, wie arbeitet es in ſeinem Kopfe; ſicher, obwohl wir es nicht ſehen können, ſtrömt es dabei hin und her in den unzäligen feinen Nerven- und Gefäß-Canälen, welche ſein Gehirn bilden, wozu wären ſie ſonſt da; aber äußerlich ſieht man Nichts. Wie tief fühlt oft innerlich das Weib und wie wenig zeigt ſie's oft äußerlich; nicht daß ſich dabei nichts in ihr leiblich regte; vielmehr wollen die Thränen vielleicht mit Gewalt zum Auge heraus, ein Krampf geht ihr vielleicht durch alle Glieder, das Herz will ihr vielleicht zerſpringen, ja es giebt Fälle, daß es wirklich bei inneren Gemüths-Bewegungen geſprungen iſt, durch den gewaltigen Drang des Blutes; aber all das kann ohne äußerlich ſichtbare Bewegung erfolgen. Dergleichen innere Veränderungen ſind ſogar ein viel weſentlicherer Ausdruck von Empfindung und empfundenem Triebe, als alle äußern es ſein können, ſofern die äußern ſelbſt nur Ausläufer von jenen ſind. Wenn Jemand wüthend auf den Andern losſchlägt, iſt nicht die Bewegung ſeines Armes das, worin ſich die Gemüthsbewegung unmittelbar leiblich ausdrückt, ſondern etwas, was durch den Zorn im Gehirn aufgerührt wird, und durch Vermittelung der vom Gehirn auslaufenden Nerven den Arm erſt in Bewegung ſetzt. Man kann den Arm halten und der Zorn dauert nur geſteigert fort; könnte man die Bewegungen im Gehirn halten, ſo würde man nach der hienieden ſtatt findenden Wechſelbedingtheit von Geiſt und Leib hiermit den Zorn ſelbſt halten; es beweiſt ſich ſogleich, wenn etwa das Uebermaß des Zorns Schlagfluß herbeiführt, wobei alle Bewegungen im Gehirn und alle Leidenſchaften zugleich ſtocken.

Alſo nicht darauf kommt es an, recht ſtarke äußerliche Bewegungen zu ſehen, um auf ſtarke Triebe und Empfindungen zu ſchließen, vielmehr die innern Bewegungen ſind in Betracht zu ziehen, welche allerdings nach Maßgabe dazu auffordernder Anläſſe und Zwecke in äußere Bewegungen ausſchlagen können, aber es keineswegs immer thun.

Dürfen wir einen Schluß von uns ſelbſt machen, ſo wird es übrigens weniger die Größe der innern Bewegungen an ſich, als die Größe der Veränderungen, in denen ſie ſelbſt befangen oder in deren Erzeugung ſie begriffen ſind, ſein, womit die Stärke der Empfindungen und empfundenen Triebe zuſammenhängt. Geht Alles im gewöhnlichen Gleiſe in uns her, wo doch Blut und Nervengeiſt ſchnell genug laufen mögen, ſo tragen wir nichts als ein allgemeines Lebensgefühl davon, aber jede beſondere Aenderung oder jedes Streben dazu, was, ſei es durch einen äußeren Sinnesreiz, ſei es durch innere Anläſſe, hervorgebracht wird, fühlen wir alsbald um ſo lebhafter, je größere Kraft ſich in Hervorrufung der Aenderung thätig erweiſt. Ziehen wir dieß in Betracht, was gewiß im Allgemeinen triftig iſt, wenn gleich an der gründlichen Klarſtellung noch viel fehlt, ſo werden wir die Zeichen lebhafter Empfindungen und lebhaft empfundener Triebe ſelbſt in den äußerlich ſo gering erſcheinenden Bewegungen der Pflanze nicht vermiſſen, denn dieſe äußerlich geringen Bewegungen hängen mit einem mannigfaltigen Spiel innerer Aenderungen und einem großen Drange zu ſolchen Aenderungen zuſammen. Man weiß, daß jede freiwillige Biegung und Drehung der Pflanzentheile mit Abänderung des Säftelaufs und wahrſcheinlich noch feineren, in's Chemiſche greifenden Abänderungen in Beziehung ſteht. Und was für ein innerer Drang mag dazu gehören, die Geſtalt der Pflanze von innen heraus ſo nach allen Richtungen und dauernd zu ändern, wie es im Emporwachſen des Stengels, im Knospen- und Blütentriebe der Fall iſt. Ja die Erfahrung beweiſt direct die Kraft dieſes Dranges. Der Saft, der dazu aufſteigt, vermag durch die Kraft, mit der er es thut, große

Waſſer- und Queckſilberſäulen zu heben; und die Wurzel, die niederſteigt, vermag in ſchweres Queckſilber einzudringen, und durch feſte Erde durchzudringen. Durch keimende Erbſen, Quecken u. dgl. wird feſtes Erdreich oft in Klumpen aufgehoben. Nun ſehen wir doch den, ſo mit Gewalt emporſteigendrn oder niederſteigenden Saft die leichten Hüllen der Knospen- oder Wurzeltriebe in die er dringt, nicht roh durchbrechen; alſo wird dieſe Gewalt zum weitern Heraustreiben der Knospen- oder Wurzeltriebe, Entwickeln der Blätter und Blüten ſelbſt verwandt.

„Jedermann weiß, daß, wenn der Weinſtock beſchnitten iſt, zu den Schnittflächen, bei welchen das Holz blos gelegt iſt, Waſſer herausfließt, und daß bei nicht beſchnittenen Bäumen der Saft nicht ausfließt, und dazu dient, die Knospen zu entwickeln. Hales wollte wiſſen, mit welcher Kraft der Nahrungsſaft in den Stämmen aufſteige. Um dieſes zu erfahren, paßte er an das obere Ende eines ſieben Zoll langen Weinſtocks eine Röhre an, und verſtrich dieſe ſo ſorgfältig mit Kitt, daß das aus dem Weinſtocke dringende Waſſer nicht abfließen konnte, und ſich daher durch die aus dem Stamme neu hinzuſtrömende Flüſſigkeit von unten getrieben in der Röhre anſammeln mußte. Bei einem erſten Verſuche ſtieg das Waſſer 21 Fuß hoch; bei einem zweiten ward in der Röhre oben eingegoſſenes Queckſilber von dem zum Weinſtocke hinausdringenden Waſſer 38 Zoll hoch gehoben. In dieſem Falle muß die den rohen Nahrungsſaft treibende Kraft hinreichen, den Druck von 2½ Atmoſphären auszuhalten. Nach Hales' Berechnung iſt ſie 5 mal ſtärker als die Kraft, welche das Blut in der Schenkel-Schlagader eines Pferdes treibt.“

„Senebier erhebt gegen Hales' Verſuche Zweifel, die darauf gegründet ſind, daß, wenn der Nahrungsſaft wirklich mit der Kraft in die Höhe ſteige, welche man ihm nach dem angeführten Verſuche beilegt, es außerordentlich ſei, daß er durch die ſchwache Hülle einer Knospe könne aufgehalten werden. Nun aber (ſagt Decandolle) iſt es augenſcheinlich nicht die Knospenhülle allein, die ihn aufhält, ſondern der Umſtand kommt noch hinzu, daß der Saft zur Entwickelung neuer Theile angewendet wird, und daß, da er nicht zur Pflanze hinausfließt, auch eine ſo große Menge durch die Wurzel eindringt. (Decand. Phyſiol. I. 76.)

„Wenn man ein Saamenkorn von der wohlriechenden Platterbſe (Lathyrus odoratus L.) über einer mit laufendem Queckſilber gefüllten Schale keimen läßt, und es durch eine leicht erdenkbare Vorrichtung feſt hält, ſo richtet ſich zufolge Pinots Verſuchen das Würzelchen jenes Saamenkorns ſenkrecht gegen den Erdboden, und dringt in das Queckſilber ein, obgleich letzteres bedeutend ſchwerer iſt als jenes.“ (Journ. de pharm. 1829. T. XV. p. 490.; Annalen der Gewächskunde Band IV. H. 4. S. 408. 409. Vergl. Ann. des sciences nat. 1829.; Revue bibliographique 129. 130.)

„Werden Hyacinthen in kleinen Töpfen gezogen, ſo ſieht man die Zwiebel oft beträchtlich über die Erde gehoben, von den Würzelchen getragen, die gegen ſie verlängert ſcheinen. Auch bei Palmen beobachtet man dieſe Beſonderheit des Wachsthums. Bei Martynezia caryotaefolia H. B. K. iſt der Stamm manchmal 2 Fuß hoch über die Erde gehoben und ruht auf den zuſammenſtoßenden Würzelchen, wie auf Stützen. Das Nämliche ſieht man bei Iriartea exorhiza und I. ventricosa Mart.“ (Treviranus Phyſ. II. 157.) Dieſe Erſcheinungen hängen davon ab, daß die Wurzeln, wenn ſie bei ihrem Streben, nach Unten ſich zu verlängern, ein Hinderniß treffen, durch Heben des Gewächſes ſich helfen. Man ſieht aus dieſen Beiſpielen, daß die vereinte Kraft des Wurzelwachsthums hinreichend iſt, ganze Gewächſe emporzuheben.

„Wenn man als Stütze einen ſenkrecht aufgeſpannten Bindfaden anwendet, ſo haben die Schlingpflanzen, deren Stengel nicht gar zu dünn iſt, die Kraft, die gerade Richtung des Bindfadens durch den Druck, den ſie auf ihn ausüben, indem ſie ſich an ihn anſchmiegen, zu verändern, ſo daß er ebenfalls wie der um ihn geſchlungene Stengel die Richtung einer Spirallinie annimmt.“ (Mohl über das Winden der Ranken S. 113.)

Daſſen legte friſch abgeſchnittene Zweige von Faba vulgaris, Oxalis stricta, Lupulus albus und Robinia viscosa Abends um 6 Uhr auf Waſſer, ſo daß wenigſtens einige ihrer Blätter (die ſich vermöge des Pflanzenſchlafs zuſammenzulegen trachteten) vollkommen mit der hintern Fläche auf demſelben trieben. „Alsbald ſchienen die Blätter ihre Kräfte anzuſtrengen, um die nächtliche Richtung anzunehmen. So krümmten ſich die Blätter der erſtgenannten Art, um ſich von der Oberfläche des Waſſers loszumachen, konnten ſich aber keineswegs ganz aufheben. Die zweite Art machte dieſelbe Bewegung, durch welche die Blättchen auf die Seite fielen. Die Blättchen der dritten Art konnten ſich nicht vom Waſſer losmachen, drückten aber den Punct, wo ſie angeheftet waren, ſo weit nach unten, daß ſie beinahe dieſelbe Richtung als außer dem Waſſer erhielten. Die letzte der genannten Arten konnte wegen des Widerſtandes des Waſſers die Blättchen nicht abwärts bewegen, aber hob durch Rückwirkung den gemeinſamen Blattſtiel etwas in die Höhe.“ Durch nährere Verſuche fand Daſſen, daß jedes der Blättchen von Faba vulgaris 3 Gran mehr aufheben kann, als für die Bewegung zum Schließen des Blattes nöthig. (Wiegm. Arch. 1838. I. 218.)

Selbſt äußerlich ſind die Veränderungen, welche eine Pflanze in gegebener Zeit durch das Wachsthum erfährt, gar nicht ſo unbedeutend, als es Manchen ſcheinen mag. Ein Baum, der im Frühjahr austreibt, arbeitet an tauſend Blättern zugleich, jedes wächſt in jedem Augenblick fort; nun macht ſich die, im Ganzen große, Veränderung wegen ihrer eben ſo großen Vertheilung freilich dem Auge nicht bemerklich, weil ſie für jeden Punct nur wenig beträgt. Aber die große Summe der kleinen Veränderungen iſt doch im Ganzen etwas ſehr Erhebliches. Man denke ſich, daß der Baum allen Stoff, den er aufnimmt, und alle Kraft, die ſich zum Wachsthum im Ganzen vertheilt, immer nur darauf verwende, ein Blatt auf einmal hervorzutreiben; wäre dieß Blatt fertig, fienge ein andres an andrer Stelle an, eben ſo zu wachſen. Das würde uns ſchon viel mehr wie willkürliches Austreiben, Bilden erſcheinen; und doch iſt blos der formelle Unterſchied vorhanden, daß die Pflanze, ſtatt an einer Stelle, an allen Stellen zugleich dieſelbe Freiheit übt, Kraft und Stoff dazu allſeitig vertheilt, ſtatt ſie jedesmal auf eine Stelle vorzugsweis zu concentriren.

Die Seele der Menſchen und Thiere iſt, ſelbſt ohne immer von Neuem durch neue äußere Reize angeregt zu ſein, in einem Spiele continuirlicher Aenderungen begriffen, welches ſich in einem, unſern Blicken freilich entzogenen, aber durch Schlüſſe wohl erreichbaren, raſtloſen Spiele leiblicher Proceſſe insbeſondere im Gehirn ausdrückt. Ich erinnere nur kurz daran, daß ja ein Spiel mit dem andern ſtockt, wie es andrerſeits auch an Lebhaftigkeit damit wächſt. Aber dieß raſtlos bewegliche Spiel hinterläßt auch dauernde Aenderungen. Der Geiſt baut ſich ſelbſt durch ſeine Thätigkeit immer mehr aus, organiſirt ſich immer feiner und reicher, aber er kann es nicht anders, als indem es zugleich ſeine leibliche Grundlage thut. Wir müſſen es freilich wieder mehr mit geiſtigen als leiblichen Augen verfolgen, wie ſich ſo zu ſagen immer feinere Blätter, Blüten, in die Organiſation des Hirns hineinbilden, nach Maßgabe als die geiſtige Organiſation ſolche treibt; ſie gehen ſo in's Feine, daß ſie das Mikroſkop nicht verfolgen kann; aber wenn eine Krankeit ſie zerſtört, ſo zerſtört ſie mit den leiblichen für dieſe Welt auch die geiſtigen Blätter und Blüten.

Was wir nun hier in unſerem geiſtigen Gebiete auf's Klarſte vermöge unſeres Selbſtbewußtſeins, im zugehörigen leiblichen Gebiete aber auf's Verſteckteſte vermöge des Verſchluſſes vor unſern eignen Sinnen vor ſich gehen ſehen, das ſehen wir umgekehrt bei den Pflanzen im geiſtigen Gebiete für uns auf's Verſteckteſte, vermöge des Abſchluſſes unſeres Bewußtſeins gegen das ihre, im leiblichen aber auf das Offenſte vor ſich gehen. Die Pflanze entfaltet den leiblichen Geſtaltungs-Proceß, an den ſich bei ihr der continuirliche freiwillige Fluß ihres Seelenlebens knüpft, vor uns frei zu Tage, breitet ihn klar vor uns aus, treibt die Blätter, Blüten offen nach Außen, die unſer Gehirn in freilich ganz andrer Form verborgen nach Innen treibt. Unſtreitig knüpft ſich an letzteres Treiben ein höherer geiſtiger, an jenes ein mehr ſinnlicher Seelenproceß; aber in Betreff des continuirlichen Fortganges ſteht ſich beides gleich. Und dieß iſt ein Umſtand von Wichtigkeit. Eine Seele will immer etwas zu thun haben. So fehlt es denn auch der Pflanzenſeele nicht an beſtändigem Zeitvertreibe.

Gewiſſermaßen hat die Natur das Augenfällige im Ausdruck der Seelenbewegungen zwiſchen Thierreich und Pflanzenreich nur verſchieden vertheilt. Die Menſchen und Thiere verſtecken in ſich den ganzen unmittelbaren leiblichen Ausdruck ihrer Seelenbewegungen, aber zeigen in ſtarken, lebhaften einzelnen Bewegungen (im Glieder- und Mienenſpiel) Ausläufer davon nach Außen, die uns nun mittelbar als um ſo deutlichere Zeichen ihrer Seelenthätigkeit gelten. Bei den Pflanzen treten ſolche vereinzelte, lebhafte

Ausläufer innerer Bewegungen zurück, dafür entfalten dieſelben in einem continuirlichen ſtillen Spiel an der Oberfläche viel mehr von dem unmittelbaren Ausdrucke ihres Seelen-Lebens und Webens. Der Unterſchied iſt freilich, wie aller in der Natur, nur relativ. Dieß muß man nie vergeſſen.

In der That entbehrt auch das Pflanzenreich verhältnißmäßig raſcher und augenfälliger Bewegungen, die namentlich in Folge von Reizen eintreten (wovon im folgenden Abſchnitt die Rede), nicht völlig. Aber ſelbſt ohne Reizung erfolgen bei manchen Pflanzen und unter manchen Umſtänden Bewegungen mit dem Anſchein von Freiwilligkeit. Hierher gehören gewiſſe Bewegungen der Geſchlechtsorgane der Pflanzen, wovon wir im 11. Abſchnitte ſprechen werden, verſchiedene Bewegungen im Bereiche der niedern Pflanzen, die im 12. Abſchnitt erwähnt werden ſollen, und die Bewegungen an Hedysarum gyrans, von denen zum Schluß der jetzt folgenden Zuſätze (S. 170.) die Rede ſein wird.

Ueber den Pflanzenſchlaf.

Hier nur das Intereſſanteſte und Wichtigſte über dieſen Gegenſtand. Näheres darüber ſ. in den Lehrbüchern der Pflanzenphyſiologie, als z. B. Treviranus II. 750.; Decandolle II. 25. — Beſonders ausführlich iſt ein holländiſches Werk darüber von Daſſen, im Ausz. in Wiegm. Arch. 1838. I. 214. 358. II. 159. — Von neuern Abhandlungen vergl. Dutrochet in Comptes rendus 1843. II. 989. und Fror. N. Not. no. 13 und 14 des I. Bandes. — Fee in Comptes rendus 1846. T.

XXIII. No. 12. (Fror. Not. No. 13 des XL. Bandes.) — **Fritſch** in den Abhandl. der böhm. Geſellſch. der Wiſſenſchaften 1847. 5. Folge. 4. Band.

Die Erſcheinungen des ſog. Pflanzenſchlafs beſtehen im Allgemeinen in einer abgeänderten Stellung der Blatt- oder Blütentheile oder beider von Tag zu Nacht.

Das Phänomen ſolcher Abänderungen zeigt ſich an keine beſondere Ordnung oder Gattung, oder einen beſondern Bau der Pflanzen gebunden, kommt vielmehr bei den verſchiedenartigſten Gewächſen, doch in gewiſſen Familien mehr als in andern, vor; nach Art der Pflanzen und Pflanzentheile treten aber hierbei verſchiedene Stellungen ein. Im Allgemeinen kann man vielleicht als Regel ausſprechen, daß die Pflanzentheile bei Abweſenheit des Lichts möglichſt zu der Lage zurückkehren, welche ſie im Knospenzuſtande hatten, und daß dieſe Lage um ſo genauer angenommen wird, je jünger und zarter gebildet das Blatt iſt; bei ältern und derbern ſind die Abweichungen zwiſchen Tag und Nacht geringer, bei perennirenden und lederartigen fallen ſie ganz weg.

Schlaf der Blätter.

Bei weitem am häufigſten und auffallendſten kommen die hierher gehörigen Erſcheinungen an Pflanzen mit zuſammengeſetzten Blättern, insbeſondere aus der Claſſe der Leguminoſen und Oxalideen vor. Die Zeit, in welche der Uebergang aus der täglichen in die nächtliche Richtung und umgekehrt fällt, richtet ſich nach dem Auf- und Untergange der Sonne, und iſt im Allgemeinen viel geregelter als das Oeffnen und Schließen der Blumen. Hierbei muß man jedoch nicht außer Acht laſſen, daß Pflanzen, die aus fremden Klimaten in das unſerige übergeführt worden, im Allgemeinen fortfahren, zu der Zeit ihre Blätter zu öffnen und zu ſchließen, zu welcher ſie dieß in ihrem Vaterlande zu thun gewohnt waren. Daher ſieht man in unſern Gewächshäuſern Abends 6 Uhr, mitten im Sommer, einige Pflanzen ihre Blätter ſchließen, obgleich dann weder Licht noch

Wärme verändert iſt, während ſie auch im Winter dieſelben Morgens zu ihrer gewohnten Zeit wieder öffnen, obgleich es noch völlig finſter iſt. Unſere vaterländiſchen Pflanzen dagegen richten ſich nach der Sonne. Genau hängen die Veränderungen in der Richtung der Blätter mit der Geſundheit der Pflanzen zuſammen, und beſonders mit der der Blätter ſelbſt; je kräftiger eine Pflanze iſt, deſto geregelter und weniger abhängig von äußern Einflüſſen finden die täglichen Bewegungen ſtatt. Werden die Blätter im Herbſt alt, ſo verändern ſich die Bewegungen, hören ganz auf, oder verlieren den Bezug zu den frühern. Namentlich gilt dieß auch von den Pflanzen, die während des Winters in Häuſern aufbewahrt werden, wo dann deren Blätter meiſt keine oder eine kaum bemerkbare Verſchiedenheit zwiſchen Tag und Nacht zeigen. Junge Blätter haben vor ihrer vollkommenen Entwicklung durchgängig die Richtung, welche ſie ſpäter allein des Nachts annehmen. In der erſten Zeit nach ihrer Entwicklung zeigen ſie die Verſchiedenheit der Bewegung im höchſten Maße, ſowohl durch Schnelligkeit der Bewegungen als durch größere Vollkommenheit in der Ausführung.

Die Lage der Blätter im Schlafzuſtande anlangend, ſo ſchlafen einfache Blätter entweder ſo, daß ſie aus der horizontalen Lage, als der natürlichſten, ſich aufrichten, oder (ſeltner) daß ſie ſich rückwärts dem Stengel nähern, was übrigens beides bei verſchiedenen Pflanzen in ſehr verſchiedenem Grade geſchieht. Das Erſtere findet ſich in ſtärkerm Grade bei Sida Abutilon, Oenothera mollissima, Atriplex hortensis, Alsine media und mehrern Asklepiadeen, in geringerm Grade bei Mandragora officinalis, Datura Stramonium, Solanum Melongena, Amaranthus tricolor, Celosia cristata u. a. — Das Letztere findet ſich bei Hibiscus Sabdariffa, Achyranthes aspera, Impatiens noli tangere, einer Triumfetta und wenigen andern. — Von den Pflanzen mit zuſammengeſetzten Blättern ſchlafen manche ſo, daß die Blättchen von entgegengeſetzten Seiten des Hauptblattſtieles ſich nach oben zuſammenlegen (Lathyrus odoratus, Colutea arborescens, Hedysarum coronarium, Vicia faba), oder ſich ſenken und nach unten zuſammenlegen, ſo daß ſich entweder die Oberſeiten berühren

(Phaseolus semierectus, Robinia pseudacacia, Abrus precatorius) oder die Unterſeiten (ſämmtliche Caſſien). Endlich können ſich auch die Blättchen nach der Länge des Hauptblattſtiels dachziegelförmig über einander legen und dieß geſchieht wiederum entweder vorwärts, ſo daß die Oberſeite des hintern Blättchens die untere des vordern zum Theil bedeckt (Tamarindus Indica, Gleditschia triacanthos, mehrere Mimoſen), oder rückwärts, ſo daß die Blättchen gegen die Baſis des Blattſtiels ſich zurückbeugen und jedes vordere mit der Oberſeite dem hintern genähert iſt (Tephrosia caribaea).

Nach Maßgabe der Zuſammenſetzung der Blätter können auch zuſammengeſetzte Bewegungen eintreten. Es können bei den gefiederten Blättern die Blättchen und der gemeinſame Blattſtiel, bei den doppelt gefiederten Blättern auch noch die beſondern Blattſtiele ſich beſonders bewegen. Es ſind jedoch nur wenige Beiſpiele von Blättern bekannt, die mehr als einen beweglichen Theil haben.

Die Bewegung der Blätter und Blättchen vieler (obwohl bei Weitem nicht aller) Pflanzen, namentlich derer mit zuſammengeſetzten Blättern, erfolgt unter beſonderer Mitwirkung einer kleinen Anſchwellung (Blattkiſſen, pulvinus), welche ſich an der Baſis der Stiele oder Stielchen befindet. Die ſehr intereſſant erſcheinenden Verſuche und Ergebniſſe Dutrochet's und Daſſen's über den Mechanismus dieſer Wirkung haben indeß durch die Verſuche von Meyen und von Miquel keine rechte Beſtätigung gefunden. (Wiegm. Arch. 1839. II. 88. Meyen Phyſiol. III. 537). Daſſen glaubt ermittelt zu haben (Wiegm. Arch. 1838. I. 223. 325.), daß die Bewegung mit Aenderung des Säftelaufes und der Kohlenſäurebildung zuſammenhänge.

Feuchtigkeit befördert im Allgemeinen die nächtliche Richtung (Daſſen). Ueber Einfluß von Licht und Wärme ſind nach Maßgabe der Art, Stärke und Dauer ihrer Einwirkung oder Entziehung und nach Beſchaffenheit der Pflanzen veränderliche Reſultate erhalten worden. In den meiſten Fällen ſcheinen die beweglichen Blätter nicht durch bloße Beraubung des Lichtes den Schlafzuſtand anzunehmen; doch fand es in manchen Fällen ſtatt

(Verſuche darüber ſ. in Wiegm. Arch. 1838. II. 226.). Man hat ſogar Fälle beobachtet, daß bei ſtarkem Sonnenſchein Schließen der Blätter eintrat (bei Robinia und Mimosa pudica nach Sigwart, Reils Arch. XII. 33., bei Oxalis- und Lotusarten nach Daſſen, Wiegm. Arch. 1838. II. 216.), was Einige Mittagsſchlaf genannt haben.

Die Blätter mancher Pflanzen ſind noch beſonders empfindlich gegen gewiſſe Witterungseinflüſſe, ſo daß man ſie ſogar zu Wetteranzeigern vorgeſchlagen (ſ. unten Pflanzenbarometer). Von der Empfindlichkeit mancher Blätter gegen mechaniſche und andere Reize handelt der folgende Abſchnitt.

Schlaf der Blüten.

An unregelmäßigen Blumen, namentlich den Scitamineen, Orchideen, Labiaten, Perſonaten, Papilionaceen ſind noch keine Erſcheinungen des Schlafes beobachtet worden.

Bei manchen Blumen äußert ſich der Schlaf nur dadurch, daß ſie, während ſie am Tage aufgerichtet ſind, Nachts gegen den Horizont oder ſelbſt gegen die Erde mit ihrer Oeffnung ſich kehren. (Euphorbia platyphyllos, Geranium striatum, Ageratum conyzoides, Ranunculus polyanthemos, Draba verna, Verbascum blattaria, Achyranthes lappacea, Thlaspi bursa pastoris, Alyssum montanum, Monarda punctata, Heracleum absinthifolium, beſonders auffallend *Tussilago farfara*). Dieß Senken beruht inzwiſchen nicht auf Erſchlaffung; denn verſucht man die geſenkten Stiele aufzurichten, ſo ſchnellen ſie wieder zurück, als wenn ſie ſich in einem geſpannten Zuſtande befänden. — Am häufigſten zeigt ſich der Blütenſchlaf dadurch, daß die am Tage geöffneten Blumen ſich Nachts ſchließen oder zuſammenlegen; auch kommen einige Blumen vor, wo Neigung des Blumenſtiels mit Schließung der Blumen in Verbindung eintritt (bei Nymphaea alba und Tussilago farfara). Strahlenblumen ſchlafen ſo, daß der Strahl entweder rückwärts ſich dem Blumenſtiele nähert (gemeine Chamille, Hundschamille u. a. Arten von Anthemis und Matricaria), oder daß die Ränder des Strahls ſich an der Oberſeite einwärts rollen (Gorteria pavonia). Gewiſſe Pflanzen giebt es, wo das Schließen oder Einrollen der Blumenblätter ſtatt Nachts vielmehr umgekehrt am hellen Sonnenſchein ſtattfindet, und Abends wieder Ausbreitung eintritt (die Arten von Mirabilis, von Silene und Convolvulus, beſonders die großblumigen von beiden letztern). Das ſeltenſte Vorkommen iſt, daß der ganze Saum der Blumenkrone kraus wird, als wenn ſie verwelkt wäre, ſo daß, wenn man eine ſolche Blume im wachenden Zuſtande ſieht, man ſie nicht mehr für die nämliche halten ſollte (Commelina coelestis, Mirabilis jalappa und longiflora, Oenothera tetraptera u. a.).

Manche Blumen ſind in ihrem Oeffnen und Schließen von äußern, beſonders atmoſphäriſchen, Einflüſſen weſentlich mit abhängig und beobachten keine ganz feſte Zeit bei dieſen Bewegungen. Linne, der den Pflanzenſchlaf beſonders ſorgfältig unterſucht hat, nannte ſie meteoriſche (ſ. unten Pflanzenbarometer). Andre öffnen ſich am Morgen und ſchließen ſich am Abend; die Zeit ihres Aufgehens und Schließens ändert ſich aber mit Zu- und Abnehmen der Tage. Solche nannte er tropiſche. Noch andere endlich öffnen und ſchließen ſich immer zu beſtimmten unveränderlichen Zeiten. Dieſe nannte er Aequinoctialblumen und brachte ſie, ſo weit er Gelegenheit hatte, ſie ſelbſt zu beobachten, in eine Tabelle, auf welche er ſeine Blumenuhr (Horologium florae) gründete (ſ. unten). Vergleicht man mit ſeinen zu Upſala angeſtellten Beobachtungen diejenigen, welche Decandolle bei einer Anzahl Gewächſe in der Nähe von Paris anſtellte, ſo ſieht man, daß die Aequinoctial-Pflanzen, z. B. Papaver nudicaule, Nymphaea alba, Mesembryanthemum barbatum, Anagallis arvensis bei Paris zur nämlichen Stunde wie in Upſala ihre Blüten öffneten. Eben ſo fand R. Pulteney bei Wiederbelebung der Linne'ſchen Beobachtungen in England dieſelben bis auf einige Abweichungen beſtätigt. Selbſt in einem Treibhauſe, wo immer der nämliche Grad von Wärme unterhalten wird und ſelbſt dann, wenn die Fenſterladen verſchloſſen ſind, öffnen und ſchließen ſich die Aequinoctialblumen um die gewöhnliche Zeit.

Blumenuhr.

Zur geſchmackvollen Aufſtellung einer Blumen-Uhr hat man den Vorſchlag gemacht, die hiezu dienenden Gewächſe auf ein Kreisbeet, nach der Zeit des Oeffnens und Schließens der Blumen geordnet, mit dem Eingange nach der Nordſeite zu pflanzen. Hier die erforderlichen Angaben (nach Reichenbach); wobei man freilich die Stunden nicht auf den Punct zutreffend halten darf.

1. Pflanzen, deren Blüten ſich Vormittags öffnen: Von 3—5 Uhr Tragopogon pratense L. — Von 4—5 Uhr Thrincia tuberosa D. C. (Leontod. tub. L.); Helminthia echioides Gärtn. (Picris echioides L.); Cichorium intybus L.; Hemerocallis fulva L.; Crepis tectorum L. — Von 4—6 Uhr Picridium tingitanum Pers. (Scorz. tingit. L.) — Von 5—6 Uhr Sonchus oleraceus L.; Leontodon taraxacum L.; Barkhausia alpina Moch. (Crepis alpina L.); Tragopogon crocifolium L.; Rhagadiolus edulis Gärtn. (Lapsana rhagad. Scop.); Convolvulus sepium L. — Nach 6 Uhr Hieracium sabaudum L.; Hierac. umbellatum L. — Von 6—7 Uhr Hierac. murorum L.; Barkhausia rubra (Crepis s. Rosia rubra Moch.); Sonchus arvensis L.; Sonchus palustris L. — Von 6—8 Uhr Alyssum sinuatum L., Leontodon autumnalis L. — Nach 7 Uhr Lactuca sativa L.; Nymphaea alba L.; Anthericum ramosum L. — Von 7—8 Uhr Geracium praemorsum Schulz. (Hierac. praem. L.); Sonchus alpinus L.; Hypochaeris maculata L.; Hedypnois rhagadioloides W. (Hyoseris hedypn. L.); Mesembryanthemum barbatum L. — Nach 8 Uhr Hieracium pilosella L.; Anagallis arvensis L.; Dianthus prolifer L.; Hypochaeris glabra L. — Von 9—10 Uhr Calendula arvensis L.; Portulaca oleracea L. (Nach Andern 11 Uhr.) Von 9—12 Uhr Drosera rotundifolia L. — Nach 10 Uhr Alsine rubra Wahlb. (Arenaria rubra L.); Mesembr. crystall. L. — Von 10—11 Uhr Mesembr. linguiforme L.; Papaver nudicaule L. (Nach Andern 4—5 Uhr); Hemerocallis flava L.; Hemerocallis fulva L. — Nach 11 Uhr Ornithogalum umbellatum L.; Calendula chrysanthemifolia Vent. — Von 11—12 Uhr Tigridia pavonia Pers. (Ferraria tigr.).

II. Pflanzen, deren Blüten ſich Abends öffnen: Um 5 Uhr Mirabilis jalapa L.; Pelargonium triste Ait. — Von 6—7 Uhr Cereus grandiflorus Mill. — Von 7—8 Uhr Mesembr. noctiflorum L. (Nach Andern 10—11 Uhr).

III. Pflanzen, deren Blüten ſich Vormittags ſchließen: Um 8 Uhr Leontodon taraxacum L. — Um 10 Uhr Picridium tingitanum L.; Lactuca sativa L. — Von 10—12 Uhr Cichorium intybus L.; Sonchus arvensis L. — Nach 11 Uhr Tragopogon crocifolium L. — Von 11—12 Uhr Sonchus oleraceus L. — Nach 12 Uhr Sonchus alpinus L.

IV. Pflanzen, deren Blüten ſich Nachmittags und Abends ſchließen. Von 1—2 Uhr Hierac. umbellat. L.; Barkhausia rubra Dec. — Nach 2 Uhr Helminthia echioides L.; Hierac. murorum L.; Hypochaeris maculata L.; Geranium praemorsum Schrk. — Von 2—3 Uhr Alsine rubra Wahlb. — Nach 3 Uhr Thrincia tuberosa D. C.; Anagallis arvens. L.; Calendula arvens. L.; Calend. chrysanthemifolia Vent. — Von 3—4 Uhr Anthericum ramosum L. — Nach 4 Uhr Alyssum sinuatum L.; Nymphaea alba L. — Nach 5 Uhr Hieracium sabaudum L. — Nach 7 Uhr Leontodon autumnalis L. — Von 7—8 Uhr Papaver nudicaule L. — Um 12 Uhr (Mitternacht) Cereus grandiflorus Mill. (Reichenbach, die Pflanzen-Uhr, Leipzig, Voigt und Fernau 1846).

Pflanzen-Barometer.

Regen iſt zu erwarten, wenn Hibiscus trionum L. ſich nicht öffnet; wenn die Kelche der Carlina acaulis L. ſich ſchließen; wenn Porliera hygrometrica L., Oxalis acetosella L. und die meiſten andern Arten dieſer Gattung, ihre zuſammengelegten Blätter falten; der Klee die Stengel emporrichtet; Lapsana communis L. die Blüten Nachts nicht ſchließt, Draba verna L., Ranunculus polyanthemos L. die Blätter herabneigen; Anastatica hierochuntica L. die Zweige ausbreitet; Ranunculus repens L., Caltha palustris L. die Blüten zuſammenziehen; die Buchen Saft haben; die [illegible] ſich mit grünem Duft bedecken; die im Schatten gewachſenen, in [illegible] [illegible], Blüten von Asperula odorata L.

einen ſtarken Geruch von ſich geben; Galium verum L. ſich aufbläht und ebenfalls ſtark riecht; die Stiele der Kapſeln von Funaria hygrometrica Schreb., welche, wenn es dürr iſt, hin- und hergebogen aufgewunden ſind, ſich entwickeln und ſtrecken (vorzüglich wenn die Kapſeln entleert ſind). — Stellaria media Dill. richtet bei heiterm Wetter des Morgens gegen 9 Uhr ihre Blüten in die Höhe, entfaltet die Blätter und bleibt bis gegen Mittag wachend; bei bevorſtehendem Regenwetter aber geſchieht dieß nicht; die Pflanze hängt dann nieder und die Blüten bleiben geſchloſſen. — Calendula pluvialis öffnet ſich zwiſchen 6 und 7 Uhr Morgens und pflegt gewöhnlich bis gegen 4 Uhr Nachmittags wach zu ſein. Geſchieht dieß, ſo iſt auf beſtändige Witterung zu rechnen, ſchläft ſie aber nach 7 Uhr Morgens noch fort, ſo iſt noch vor Einbruch der Nacht Regen zu erwarten. Manche Arten der Gattung Sonchus zeigen für den nächſten Tag heiteres Wetter an, wenn ſich der Blütenkopf bei Nacht ſchließt, Regen, wenn er offen bleibt. — Pimpinella saxifraga L. verhält ſich in dieſer Hinſicht wie Stellaria media Dill. — Anemone ranunculoides L. erſchließt bei Regenwetter ihre Blüten; Anemone nemorosa L. trägt bei trübem Wetter ihre Blüten nickend, bei heiterm Wetter aufrecht. — Erſcheint die Farbe der Ellern lichter als gewöhnlich, ſo iſt Kälte und Froſt zu fürchten; ſehen ſie dagegen dunkler aus, ſo tritt Thauwind ein. (Reichenbach die Pflanzen-Uhr S. 12.). An Robinia pseudacacia, einigen Lupinus-Arten, Mimosa dealbata u. Caesalpinia pulcherrima hat man das Schließen der Blüten bei Unwetter wahrgenommen. (Daſſen).

Bewegungen des Hedysarum gyrans.

Das Hedysarum gyrans (Desmodium gyrans), deſſen Bewegungen ich hier hauptſächlich nach Treviranus Phyſiol. II. 765. ſchildere, iſt ein kleiner Strauch mit gedreiten Blättern; das Endblättchen iſt geſtielt und oval, die einander gegenüberſtehenden Seitenblättchen aber linien- oder lanzettförmig, faſt ſtiellos und vielmal kleiner als das Endblättchen. Nur dieſe Seitenblättchen zeigen eine auffallende Bewegung, während das Endblättchen blos die gewöhnlichen Bewegungen des ſogenannten Schlafens und Wachens zeigt. Es äußert ſich dieſe Bewegung der Seitenblättchen in einem faſt continuirlichen abwechſelnden Aufſteigen und Senken derſelben, und geht deſto lebhafter von Statten, je größer die Luftwärme und je kräftiger die Pflanze iſt; wird daher bei einer beträchtlich kühlen Witterung unterbrochen; dauert aber ſonſt im Schatten, wie im Lichte, bei Tag und Nacht, auch Winters im Treibhauſe fort. Gießt man kaltes Waſſer über die Zweige der Pflanze, ſo hört die Bewegung ſogleich auf, läßt ſich aber durch warme Waſſerdämpfe ſogleich wiederherſtellen. Auch wird die Pflanze gleichſam gelähmt, wenn man ſie außer dem warmen Hauſe der gewöhnlichen Temperatur ausſetzt. Setzt man eine Pflanze 2 oder 3 Stunden in's Dunkel, ſo entſteht (nach Humboldt) eine Beſchleunigung der Bewegung, wenn man ſie nachher wieder dem Lichte ausſetzt. Wird das Endblättchen durch den Wind bewegt, ſo hören die Bewegungen der ſeitlichen Blätter auf. Mechaniſche Reize, elektriſche Funken, der Magnet, flüchtige Geiſter, das Beſtreichen der Blättchen mit Oel, die Unterbindung und das Abſchneiden des Stiels haben keinen Einfluß auf die Bewegung. Am ſtärkſten iſt ſie nach Brouſſonnet zur Zeit der Befruchtung. Das Aufſteigen der Blättchen geht langſamer als das Abſteigen von Statten; überhaupt aber iſt die Bewegung nicht gleichförmig, ſondern hält zuweilen etwas an und ſchreitet dann, wie durch einen Stoß beſchleunigt, für einige Augenblicke in verſtärktem Maße fort. Gemeiniglich, wenn das eine Blättchen aufſteigt, ſinkt das gegenüberſtehende, doch iſt dieß nicht immer der Fall und ſehr oft iſt kein Zuſammenhang zwiſchen beiden Bewegungen, ſo daß das eine Blättchen ruhen kann, während das andere ſich fortbewegt. Die Bewegung hängt nicht von der Integrität der Pflanze ab; denn auch, wenn der Hauptblattſtiel vom Stocke abgelöſet, auch wenn vom Blättchen der Obertheil weggeſchnitten iſt, dauert ſie für eine Zeit lang fort und man verſichert, daß ein Blättchen ſich noch bewege, wenn es durch ſeinen Stiel mit der Spitze einer Nadel fixirt iſt. (Mirbel).

Das eigentliche Werkzeug der Bewegung liegt in der Anſchwellung der Stielchen, womit die Seitenblättchen am Hauptſtiele anſitzen.

Das Hedysarum gyrans ſcheint übrigens nicht ganz allein hinſichtlich dieſer Bewegungen zu ſtehen. Mirbel bemerkt, daß, wenn Blätter von Hedysarum vespertilionis, ſtatt einfach zu ſein, wie gewöhnlich, aus drei Blättchen beſtehen, was nicht gar ſelten der Fall ſei, die beiden Seitenblättchen eine ähnliche Bewegung, aber unendlich ſchwächer als die von Hed. gyrans, haben; auch bei Hedysarum cuspidatum W., und H. laevigatum Nutt. und H. gyroides ſcheint etwas dergleichen vorzukommen.

Außer jenen freiwilligen, vom Lichteinfluß unabhängigen, Bewegungen kommen an Hedys. gyrans auch noch vom Lichteinfluß abhängige Bewegungen vor, welche aber nicht die Seitenblättchen, ſondern die Hauptſtiele und Hauptblätter betreffen und mit den vorigen in keiner directen Beziehung ſtehen. Dieſe Bewegung beſteht in einem Aufrichten beim Licht und in einem Niederſinken in der Dunkelheit. Sie geſchieht in den Gelenken, wodurch das Blatt mit dem Stiel und dieſer mit dem Zweige verbunden iſt. Die Empfindlichkeit der Pflanze gegen das Licht iſt ſo groß, daß nach Hufelands Beobachtungen ſchon der Widerſchein der Sonne von einer ungefähr 20 Schritte entfernten Mauer ein deutliches Aufrichten, ſo wie das Abhalten des Sonnenlichtes durch einen undurchſichtigen Körper, und eine vor der Sonne vorüberziehende Wolke ein Niederſinken der Blätter bewirkte. Bei voller Mittagsſonne und bei dem durch ein Brennglas concentrirten Sonnenlicht bemerkte Hufeland eine zitternde Bewegung der Hauptblätter und der ganzen Pflanze. (Auch Daſſen ſagt, es ſei ihm keine Pflanze bekannt, deren Blätter ſich ſo ſchnell dem Lichte zuwenden als Hed. gyrans und gyroides). Das Mondlicht, künſtliche Licht, chemiſche und mechaniſche Reize hatten keinen Einfluß auf jene Bewegung; wohl aber bewirkten elektriſche Funken ein Senken der Blätter.

IX. Reizbewegungen der Pflanzen.

Man berühre einen Staubſaden der Berberis-Blüte (Sauerdorn, Berberis vulg. L.) auf ſeiner dem Piſtill zugekehrten Seite unten mit einer Nadelſpitze oder dergleichen; ſofort ſieht man ihn der Spitze entgegen eine raſche Bewegung gegen das Piſtill zu machen, und nach einiger Zeit von ſelbſt zur erſten Lage zurückkehren.

Man reize die von einander klaffenden Lappen der Narbe (des Endtheils vom Piſtill) einer Martynia annua oder Bignonia radicans oder mancher Arten von Gratiola oder Mimulus (z. B. glutinosus, aurantiacus, guttatus) an der innern Seite mit einer Nadel, einer Feder, oder laſſe einen Tropfen Waſſer darauf fallen; ſo ſchließt ſich ſogleich die Narbe und öffnet ſich nach einiger Zeit von ſelbſt wieder.

Man berühre die aus der Verwachſung von Piſtill und Staubfäden gebildete, von Natur abwärts gekrümmte, Genitalienſäule von Stylidium graminifolium, adnatum oder corymbosum. Bei der leiſeſten Berührung ſtreckt ſie den untern Theil der Krümmung gerade und ſchnellt dadurch in die Höhe bis faſt zur entgegengeſetzten Seite, wonach ſie langſam in ihre vorige Lage zurückkehrt.

Man berühre das gefiederte Blatt einer Sinnpflanze (Mimosa pudica) am verdickten Stielende, oder erſchüttere das Blatt (oder die ganze Pflanze); ſo legt es ſeine Blättchen ſogleich zuſammen, und neigt ſich ſelbſt rückwärts gegen den Stengel. (Eine empfindliche Sinnpflanze zog ſchon bei Erſchütterung der Erde durch einen vorbeireitenden Reiter die Blätter wie erſchreckt zuſammen). Allmälig kehrt auch hier die natürliche Lage von ſelbſt zurück.

Es giebt noch mehr dergleichen Beiſpiele (wovon ſpäter); für jetzt genügen dieſe.

Wer die Seele der Pflanzen nur an groben Aehnlichkeiten mit dem Thierreiche zu faſſen vermag, für den werden dieſe, den thieriſchen ſo ähnlichen, Reizbewegungen immer von beſonderm Gewicht erſcheinen. Schon die oberflächlichſte Analogie läßt ſie auf Empfindung deuten. Stellen wir unſererſeits das Gewicht dieſer Analogie gegen das, was allgemeinere Betrachtungen für uns haben müſſen, weit zurück, und geben Gegnern zu, daß ſie für ſich allein wenig oder nichts beweiſen könnten. Laſſen ſich doch, wenn man einmal keine Seele in den Pflanzen haben will, allerhand mechaniſche Erklärungsweiſen auf dieſe Bewegungen anwenden, wie freilich eben ſo gut auf die bei den Thieren analog vorkommenden, oder dieſelben von einer ſo zu ſagen todten Lebenskraft abhängig machen, die freilich ſelbſt nur ein todter Begriff iſt. Wichtiger iſt, daß ſolche Reizbewegungen im Ganzen nur Ausnahmen im Pflanzenreich ſind; und die Seele ſoll uns doch nicht blos eine Ausnahme in dieſem Reiche ſein. Man muß aber die Gründe für die Pflanzenſeele überhaupt nicht blos einzeln, ſondern im Zuſammenhange faſſen; und wenn allgemeinere Betrachtungen eine ſolche ſchon haben wahrſcheinlich erſcheinen laſſen, ſo können dann an ſich wenig beweiſende Einzelheiten zu ſchlagender Unterſtützung dienen. So, meine ich, verhält es ſich mit jenen Reizbewegungen der Pflanzen.

Als die Gallier bei ihrem Einfalle in Rom die alten Senatoren am Markte ſtill auf ihren Stühlen ſitzen ſahen (Liv. V. 41.), ſchienen ihnen dieſelben auch gar keine lebendigen Weſen zu ſein; ſo ſtill ſaßen ſie; bis Einer den Papirius am Barte zupfte, da ſchlug dieſer mit dem Stabe nach ihm. Nun zweifelte kein Gallier mehr. So, si licet magnis componere parva, iſt es mit den Pflanzen. Es fehlt im Grunde nichts an den weſentlichen Zeichen der Beſeelung, nur das Stillſitzen macht uns bedenklich. Wenn wir nun aber Eine zupfen oder ſtechen und ſie ſchlägt plötzlich aus, ſo ſollte uns das eben ſo vollends überzeugen.

Schlägt nicht jede aus, nun ſo müſſen wir uns erinnern, daß, auch wo es geſchieht, es im Grunde ſchon mehr iſt, als wir verlangen können. Im Allgemeinen ſind die Pflanzen einmal nicht darauf eingerichtet, ihre Empfindungen in auffallenden Bewegungen kund zu geben; ſie reagiren auf ihre Lebens- und Empfindungsreize in ſtillerer Weiſe durch die Art, wie ſie ihr Wachsthum, ihre Farbe, ihre Stoffbildung danach einrichten, wovon wir Beiſpiele genug kennen gelernt haben, und noch mehrere kennen lernen werden. Nun aber hat die Natur den Plan deſſen, was ſie dem Thier- und Pflanzenreiche zuertheilen wollen, bei allem Auseinanderhalten in der Hauptſache, ungewohnt und ungewillt, ſtrenge Gränzen zu ziehen, auch wieder nach ſo mancher Beziehung verſchränkt, wovon ſich uns ſpäter (XII) noch viel Beiſpiele darbieten werden; und ſo finden wir hierzu im Grunde nur einen Beleg mehr in jener Weiſe, wie ſich die Pflanze mitunter gegen Empfindungsreize benimmt. Im Uebrigen geben dieſe Bewegungen eine ganz gute Beſtätigung der frühern Bemerkung, daß die Pflanze Nerven zu ſo Manchem nicht nöthig hat, wozu das Thier ſie nöthig hat. Denn in der That ſind bei allen Reizbewegungen der Thiere die Nerven weſentlich und nothwendig im Spiele. Bedarf aber die Pflanze der Nerven nicht zur Reizbewegung, ſo wird ſie derſelben auch nicht zur Reizempfindung bedürfen. — So ſind uns dieſe Bewegungen doch in mehrfacher Beziehung von Bedeutung.

Freilich kann Jemand ſagen, der Umſtand, daß dieſe Bewegungen ohne Nerven, wie ohne Muskeln, vor ſich gehen, beweiſe gerade am beſten, daß ſie von den Reizbewegungen der Thiere ganz verſchiedener Natur, mithin wenn dieſe, nicht auch jene auf Empfindung zu deuten ſind. Und gewiß ſind beide ſehr verſchieden in Betreff der Mittel, wodurch ſie zu Stande kommen. Aber ſoll ich nochmals wiederholen, was ich ſchon bei Erörterung der Nervenfrage geſagt, daß die Natur analoge Zwecke durch verſchiedenſte Mittel zu erreichen liebt. Erfolgt doch ſogar die Reizbewegung der Polypen ohne überall nachweisbare Muskeln und Nerven; giebt es aber etwas dergleichen in ihnen, iſt es doch von dem, was bei höhern Thieren in der Reizbewegung thätig auftritt, ſehr verſchieden. (vgl. *Siebold* vgl. Anat. I. 31.) Zuletzt ſind Nerven und Muskeln urſprünglich doch auch nur aus Zellen gebildet wie die Gebilde, die bei der Reizbarkeit der Pflanzen betheiligt ſind. Alſo ſo *ganz* verſchieden ſind nicht einmal die Mittel.

Was wichtiger ſein muß als die Vergleichbarkeit der Mittel, iſt, daß die pflanzlichen Reizbewegungen jedenfalls alle weſentlichen vitalen Eigenthümlichkeiten der thieriſchen zeigen. Gilt dann überhaupt Analogie, und was ſoll ſonſt hier gelten, ſo muß die Empfindung, die ſich an die thieriſchen Reizbewegungen knüpft, auch für die ſo analogen pflanlichen mitbeweiſen. Betrachten wir alſo dieſe Uebereinſtimmung jetzt etwas näher.

1) Eine beſondere Eigenthümlichkeit der thieriſchen Reizbarkeit liegt darin, daß ſie durch Reize der verſchiedenſten Art in ähnlicher Weiſe angeſprochen wird. Eine Maſchine bewegt ſich zwar auch, wenn man ſie anſtößt, aber nicht, wenn man ſie brennt, mit Schwefelſäure betupft, ihr einen elektriſchen Schlag verſetzt; dagegen zuckt ein Glied eines Thieres ungefähr auf dieſelbe Art, welcher Reiz auch darauf einwirke; und der Sehnerv empfindet Licht, mag wirkliches Licht darauf wirken, oder ein Schlag in's Auge gethan werden. Ebenſo iſt es mit der Pflanzenreizbarkeit. Eine Sinnpflanze wird durch mechaniſche Erſchütterungen, Verbrennung mittelſt Feuer, chemiſche Reize verſchiedenſter Art, elektriſche Funken, plötzlichen Zutritt vollen Sonnenlichts,

nach zuvorigem Aufenthalt im Halbdunkel, ſchnellen Uebergang ſowohl zur Hitze als zur Kälte, plötzliches Zulaſſen freier Luſt nach längerem Verſchluß, zu denſelben Bewegungen veranlaßt, nur daß ſolche nach Maßgabe der Stärke des Reizes und der Empfindlichkeit der Pflanzen ſtärker oder ſchwächer ausfallen und mehr oder minder weit ſich erſtrecken. Aehnlich mit andern reizbaren Pflanzen (ſ. unten).

2) Eine durchgehende Uebereinſtimmung in der Wirkungs-Weiſe und Stärke derſelben Reize wird man zwar zwiſchen Pflanzen und Thieren nicht erwarten können, da ſchon im Thierreiche ſelbſt Verſchiedenheiten in dieſer Beziehung vorkommen. Aber an Beiſpielen bedeutungsvoller partieller Uebereinſtimmung fehlt es nicht. In dieſer Beziehung erſcheint beſonders wichtig, daß der Galvanismus, dieſer ſo eigenthümliche Lebensreiz für Thiere, eine ähnliche Rolle (ſelbſt in Betreff der unterſchiedenen Wirkung beider Pole) auch bei den reizbaren Pflanzen zu ſpielen vermag, und daß ſtarke elektriſche Schläge hier wie dort die Reizbarkeit vernichten.

Die Reizung der Pflanzen durch Galvanismus wird freilich durch das ſchlechte Leitungsvermögen der Pflanzen erſchwert; daher mit einfachen Ketten nichts auszurichten; und ſelbſt in Betreff der Säulenwirkungen widerſprechen ſich die Beobachter; doch hat Naſſe gezeigt (Gilb Ann. XLI. 392), wie der Verſuch an Berberis ſicher und mit vollkommner Ausſchließung alles mechaniſchen Reizes gelingt, nämlich ſo: Man bringt eine Berberis-Blume durch eine in ihren Stiel geſteckte Nadel mit dem poſitiven Pole einer Säule von etwa 40 Paaren in Verbindung oder ſtellt ſie mit ihrem Stiele in ein Glas Waſſer, in welches der Draht vom poſitiven Pole der Säule hinabhängt, und ſchiebt dann an das Blumenblatt des der Reizung auszuſetzenden Staubfadens ein Stückchen feuchtes Papier an, wobei, falls man nur jeden Stoß und Druck vermeidet, Alles noch durchaus ruhig bleibt. Dann legt man auf dieſes Papierſtückchen den Draht des negativen Pols leiſe auf. Sofort ſpringt jetzt der zugehörige Staubfaden zum Piſtill über, öfters auch die benachbarten Staubfäden zugleich oder in den nächſten Augenblicken. Die directe leiſe Berührung des obern Endes des Blumenblatts ſelbſt mit dem negativen Polardrahte (unter Schluß der Kette) ohne Zwiſchenwirkung des Papiers hat bei reizbaren Staubfäden denſelben Erfolg; weniger conſtant iſt der Erfolg, wenn die Fläche des Blumenblatts direct berührt wird. Auch das Einbringen der Blume durch Narbe und Stiel in die Kette iſt gewöhnlich fruchtlos. Eine umgekehrte Anwendung der Pole, wo nämlich der negative auf den Stiel, der poſitive auf das Blumenblatt wirkt, iſt weniger wirkſam; ſofern dann bei Blumen, die bereits durch Verſuche oder durch langes Stehen der Stiele in Waſſer angegriffen ſind, zuweilen nach Schließung der Kette die Bewegung ein- oder ein paarmal ausbleibt, oder auch wohl erſt ein paar Augenblicke nach der Schließung eintritt. Dieß entſpricht der thieriſchen Muskelreizbarkeit in ſofern, als auch bei der gewöhnlichen Reizbarkeit an Froſchſchenkeln die Zuckungen lebhafter und dauernder ſind, wenn das negative Metall an dem ſich bewegenden Theile, das poſitive am Nerven anliegt. Eine Bewegung bei Trennung der Kette konnte, ebenfalls analog wie bei Froſchſchenkeln, nicht beobachtet werden. War die Berberisblume friſch gepflückt, wenigſtens nicht durch wiederholte Reizung angegriffen, ſo brauchten die galvaniſch gereizten Staubfäden nur 2 bis 2½ Min., um ſich vom Piſtill wieder zu entfernen und wieder reizbar zu ſein.

Die Vernichtung pflanzlicher Reizbarkeit durch ſtarke elektriſche Schäge hat Humboldt an den Staubfäden von Berberis beobachtet (Verſ. ü. g. M u N. II. 195.), und Naſſe einen ähnlichen Einfluß von Waſſer und Weingeiſt auf die Reizbarkeit derſelben wahrgenommen, als auf die der Froſchſchenkel. Die ſchwächende Wirkung narkotiſcher Gifte ſollte man nach manchen Verſuchen (z. B. von Miquel und von Daſſen an Mimosa in Fror. Not. 1839. Mai. 207.; Wiegm. Arch. 1838. II. 358.; von Gärtner an Mimulus u. ſ. w.) für entſchieden halten, doch ſcheinen die Verſuche von Göppert (in Pogg. Ann. XIV.) noch entſchiedener dagegen zu ſprechen; obwohl er einen geringen Einfluß auf Mimosa zugiebt. Gewiß iſt nach Verſuchen von Marcet, Jäger, Göppert, Daſſen, daß die Pflanzen durch Blauſäure, Arſenik, Queckſilber, Kampher u. A. (in Auflöſung oder Dampfform auf verſchiedentliche Weiſe angewendet) getödtet werden. (Vgl. Treviranus Phyſiol. II. 724.; Bouchardat's Verſuche insbeſondere, wo u. a. die große Schädlichkeit aller Queckſilber-Verbindungen ſelbſt in kleinſter Menge gezeigt wird, ſ. in Comptes rendus. 1843. II. p. 112.

3) Ein gereizter thieriſcher Theil kehrt bei Wegfall des Reizes allmälig von ſelbſt zu ſeinem frühern Zuſtande zurück, doch langſamer als der Reizzuſtand eintritt. So ſchließt eine Auſter gereizt ihre Schalen raſch, öffnet ſie aber nur langſam; der grüne Polyp zieht ſich gereizt raſch zuſammen, ſtreckt ſich aber nur allmälig wieder. Daſſelbe findet ſich, und zwar ganz übereinſtimmend, bei allen Reizbewegungen der Pflanzen. Die raſch bewegten Theile kehren von ſelbſt, aber viel langſamer, in ihre vorige Lage zurück als die Hinbewegung geſchahe.

4) Bei Thieren wird die Reizbarkeit durch öfter oder länger anhaltende Reizung abgeſtumpft oder erſchöpft, durch Ruhe wieder hergeſtellt, ſofern die Reizung nicht übertrieben worden. Eben ſo bei allen reizbaren Pflanzen. Sogar Erſcheinungen der Gewöhnung an Reize hat man bei Mimosa u. a. beobachtet.

Ein Berberisſtaubfaden iſt erſt etwa 5 bis 8 Minuten, die

Geſchlechtsſäule des Stylidium 12 bis 15 Minuten nach erfolgter Reizung aufs Neue reizbar; durch wiederholte Reizung aber wird die Reizbarkeit ganz erſchöpft. Auch bei einer Sinnpflanze erfolgen die Bewegungen um ſo langſamer und unvollſtändiger, je öfter nach einander man dieſelbe ſolche vollziehen ließ.

Was ſich als Gewöhnung deuten läßt, ſind Erſcheinungen wie folgende: Desfontaines beobachtete an einer Sinnpflanze, die er mit ſich im Wagen führte, daß ſie durch die Erſchütterung anfangs ſich ſchloß; endlich aber, troß der fortdauernden Bewegung des Fahrens, geöffnet blieb; als ob ſie ſich daran gewöhnt hätte. Nachdem der Wagen eine Zeit lang gehalten, und nun wieder fortfuhr, ſchloſſen ſich die Blätter abermals und öffneten ſich dann während des Fahrens von Neuem. Daſſen wiederholte dieſen Verſuch, indem er eine Sinnpflanze $^3/_4$ Stunde lang in eine ſchaukelnde Bewegung brachte, wobei die Blätter ſich ſchloſſen, aber nach $^1/_2$ Stunde ſich wieder öffneten. Nach Beendigung dieſes Verſuchs waren die Blätter eine gute Stunde lang unbeweglich. Mit einem Male fingen alle Blätter an ſich zu ſenken, und als ſie ſich dann wieder aufrichteten, war die Reizbarkeit in ihnen wieder hergeſtellt. Bei Dionaea muscipula (S. 191.) ſcheint dieſe Gewöhnung nicht ſtatt zu finden, da die Blattlappen ſich nicht öffnen, ſo lange das gefangene Inſect dazwiſchen bleibt. Morren beobachtete an dem reizbaren Griffel der Goldfussia anisophylla (S. 187.), daß, wenn man die Pflanze aus dem warmen Treibhauſe (25° R.) in ein kühles Zimmer (+ 2° bis 10° R.) brachte, längere Zeit die Reizbarkeit ganz verſchwunden ſchien, nach 12 bis 48 Stunden aber hatte ſich die Pflanze ſo an den kühlen Aufenthalt gewöhnt, daß nun dieſelbe Reizbarkeit als in der Wärme ſtatt fand.

5) Der Grad der Reizbarkeit der Thiere hängt theils vom Geſundheitszuſtande derſelben ab, ſo daß er (abgeſehen von manchen nervöſen Krankheiten) mit der Lebenskräftigkeit derſelben zunimmt, theils haben Alter, Geſchlechtsverhältniſſe, Jahreszeit, Witterung u. a. äußere Umſtände

großen Einfluß darauf. Und wieder ebenſo bei den reizbaren Pflanzen.

Hegel (Naturphiloſophie S. 480.) ſagt, um die Reizbewegungen der Pflanzen nicht auf Gefühl deuten zu müſſen: „Die Aeußerlichkeit der Urſachen dieſer Reizbarkeit beweiſen aber beſonders die Beobachtungen von Medicus, daß mehrere Pflanzen der kältern Himmelſtriche Nachmittags und bei heißer trockner Witterung gar nicht, hingegen Morgens nach ſtarkem Thau und den ganzen Tag hindurch bei gelindem Regen ſehr reizbar ſind; daß Gewächſe der wärmern Klimate ihre Reizbarkeit nur bei heiterm Himmel äußern; und daß alle Pflanzen am reizbarſten ſind, wenn der Saamenſtaub eben reift und das Piſtill ſich mit einem glänzenden Oele bedeckt.“ — Ich begreife inzwiſchen nicht wohl, wie man hierin Beweisgründe gegen eine Bedeutung der pflanzlichen Reizbewegungen für Gefühl oder Empfindung finden kann; da in all dem die pflanzliche Reizbarkeit nur der, ſicher mit Empfindung in Beziehung ſtehenden, Reizbarkeit der Thiere (insbeſondere der niedern), analog iſt. Man erinnere ſich z. B. an das verſchiedene Verhalten der Froſchpräparate je nach Jahreszeit und andern Umſtänden bei galvaniſchen Verſuchen.

Man könnte ſich veranlaßt halten, Einwürfe gegen die pſychiſche Bedeutung der pflanzlichen Reizbewegungen daher zu entnehmen, daß ſie zu offen den Charakter phyſiſcher Nothwendigkeit an ſich tragen, und daß ſie ſelbſt noch an abgeſchnittenen Pflanzentheilen (z. B. abgeſchnittenen Zweigen der Sinnpflanze, abgeſchnittenen Narben von Mimulus) vor ſich gehen; wenn nicht, abgeſehen von dem, was ſchon früher zur Erledigung erſtern Einwands geſagt worden, auch hierin nur Aehnlichkeiten mit thieriſchen Reizbewegungen lägen, welche ſicher mit Empfindung in Beziehung ſtehen. Ein unvorhergeſehener Lichtſtral oder Nadelſtich nöthigt ja ſelbſt unſern Augen, unſern Gliedmaßen ſo gut eine Zuckung und Empfindung ab als die Nadelſpitze dem Berberisſtaubfaden. Wille, wo er in Wirkung tritt, kann freilich jene Bewegung unterdrücken, aber er macht weder ſie noch die Empfindung.

Bei kleinen Kindern, wo eigentlicher Wille überhaupt noch nicht in Kraft tritt, nehmen Reizbewegungen geradezu den Charakter unfreiwilliger Bewegungen an. Und Pflanzen verhalten ſich auch ſonſt Kindern ſehr analog (vgl. XV). „Beim leichten Reiben des Handrückens ſtrecken ſich bei kleinen Kindern alsbald die Finger, beim Reiben der Rückſeite des Vorderarms die Arme und beim gleichen Verfahren am Schienbein die Beine, wogegen das Kitzeln der innern Hand eine augenblickliche Krümmung der Finger bewirkt.“ (V. d. Kolk in Fror. und Schleidens Not. Oct. 1847. No. 75. S. 135.)

Die Reizbewegungen an abgeſchnittenen Pflanzentheilen andrerſeits ſind nur analog den Reizbewegungen, die auch an abgeſchnittenen Froſchſchenkeln, Salamanderſchwänzen u. ſ. w. beobachtet werden können. Sofern man freilich vorausſetzt, daß in den abgeſchnittenen thieriſchen Theilen ſelbſt keine Empfindung mehr walte, könnte man dieß in ſo fern gegen uns wenden, als man ſagte, daß Reizbewegungen, wenn ſie doch überhaupt ohne Empfindung vorkommen können, auch überhaupt nicht auf Empfindung deuten können. Und in der That werden Reizbewegungen an Pflanzenſtücken ſo wenig auf Empfindung dieſer Stücke deuten, als es bei Thierſtücken der Fall; aber dann doch auch ſicher eben ſo viel an ganzen Pflanzen auf Empfindung dieſer Pflanzen, als es bei ganzen Thieren der Fall. Man muß nur nicht ſchief vergleichen. Wir behaupten ja nicht, daß die Reizbe-

Die Staubfäden des gemeinen Berberisſtrauchs laſſen ſich noch in Bewegung ſetzen, wenn man ihnen auch den obern Theil abgeſchnitten oder von der Blume das Piſtill, die Kelch- und Blumenblätter weggenommen hat. Verhindert man ſie in dem Augenblicke, wo man ſie reizt, an der Aeußerung ihrer Bewegung, ſo bleiben ſie auch nachher unverändert in ihrer erſten Stellung.

Bei den Gewächſen der Cactus- und Ciſtenfamilie geſtaltet ſich die Reizbarkeit ſo, daß, wenn man mit einem Strohhalme oder dem Barte einer Feder quer über die Filamente ſtreicht oder auf ſie bläſt, dieſelben eine langſam drehende und krümmende Bewegung machen, welche immer nach der entgegengeſetzten Richtung als die, welche der Stoß ihnen ertheilt hat, erfolgt. Dieſe Bewegung iſt deſto lebhafter, je wärmer bis auf einen gewiſſen Grad die Atmoſphäre iſt, hat aber doch nicht dieſelbe Schnelligkeit als bei Berberis und wird auch nicht durch bloße Erſchütterung hervorgebracht. — Die Reizbarkeit der Centaureen zeigt ſich am lebhafteſten an Scheibenblümchen, welche eben erſt aufgeblüht ſind. Die Filamente ziehen ſich hier bei Berührung der Antheren zuſammen; nicht immer gleich, ſondern erſt eine oder etliche Secunden nach erfolgter Berührung und kehren nach einiger Zeit, aber ganz allmälig, in ihre vorige Stellung zurück, wonach ſich die Reizung mit Erfolg wiederholen läßt. Auch hier begünſtigt Wärme der Luft die Reizbarkeit. (Treviranus Phyſiol.)

Morren unterſcheidet näher 5 Bewegungen an den Blüten der Centaureen: „1) Wenn man die Blümchen vor dem Hervorkommen der Stigmate leicht berührt, ſo machen ſie eine Bewegung nach dem Mittelpuncte der zuſammengeſetzten Blüte und zurück; 2) dann geſchieht ein Herauswerfen des Pollen; 3) die Stigmate dringen hervor; 4) berührt man nun leicht die Blüten oder die Stigmate, ſo machen ſie eine drehende Bewegung. 5) Reizt man endlich die Stigmate, ſo zieht ſich die Antherenröhre nieder und ſteigt dann wieder aufwärts. Die erſte Bewegung rührt von einer Verkürzung der innern Fäden der Staubfäden her, die an das Blümchen angewachſen ſind, und das Blümchen mit dem

Piſtill fortziehen. Die zweite und dritte werden durch das Nachwachſen des Griffels hervorgebracht; die vierte iſt ebenfalls eine Folge der Verkürzung der angewachſenen Staubfäden, die nach einander erfolgt, und ſo auch die fünfte. In allen dieſen Fällen ſind es alſo die Staubfäden, welche durch ihre Reizbarkeit die Bewegungen hervorbringen.“ (Wiegm. Arch. 1844. II. S. 128.)

Reizbewegungen des Piſtills.

An der bloßen Narbe des Piſtills ſind Reizbewegungen namentlich bei mehreren Gattungen der Perſonatenfamilie mit zweilippiger Narbe beobachtet worden, wovon oben (S. 173.) Martynia annua, Bignonia radicans, und die Geſchlechter Gratiola und Mimulus (in ihren meiſten Arten) mit kurzer Beſchreibung der Erſcheinungen genannt ſind. Medicus will dieſe Reizbarkeit auch an der zweilippigen Narbe von Lobelia syphilitica, crinoides und crinus bemerkt haben, zu welcher Beobachtung jedoch, wie er ſelbſt geſteht, eine mehr als gewöhnliche Aufmerkſamkeit gehört. Außerdem ſind Reizbewegungen noch an der Narbe von Goldfussia anisophylla und Goodenia, an der Genitalienſäule von Stylidium und den kappenförmigen Anhängen am Ovarium bei Pinus larix (Lärchenbaum) beobachtet worden. Ueberall ſcheint dieſe Reizbarkeit mit dem Befruchtungsact in Beziehung zu ſtehen. Bei den zweilippigen Narben der Perſonaten iſt dieß in ſo fern der Fall, als der Pollen, auf die Narbe gelangend, ihr Schließen bewirkt und feſtgehalten wird, wobei nach Don's Anſicht der Druck auf den flüſſigen Inhalt des zum Schlauche auswachſenden Pollen beitragen ſoll, dieſen Inhalt bis zum Ei'chen herabzutreiben (?).

Ueber die Reizbarkeit der Narbe von Mimulus hat Gärtner neuerdings beſonders ſorgfältige Verſuche angeſtellt. (Gärtner Verſuche und Beobachtungen über die Befruchtungsorgane in den vollk. Gewächſen. Stuttgart. 1844.) Abgeſchnitten und in feuchtem Sande erhalten verhielt ſie ſich eben ſo wie unabgeſchnitten. Erſchütterung wirkt nicht darauf, wohl aber chemiſche

Reize, wie Schwefelſäure. Durch Morphinöl oder Strychninöl (Gemiſch aus Morphin oder Strychnin mit Oel) wird die Reizbarkeit geſchwächt und endlich zerſtört. Die Caſtration hatte auf die Reizbarkeit keinen weitern Einfluß, als daß dadurch die Dauer der Blume und ſo auch der Narbe verlängert wurde. Eine Einwirkung des eigenen Pollens auf die Reizbarkeit findet nur zur Zeit der Conceptionsfähigkeit ſtatt; chemiſche Reizen wirken aber auch außer dieſer Zeit.

Bei Goldfussia anisophylla (ſonſt Ruellia anisophylla) ſieht man, wenn die Blüte ſich öffnet, das Ende des Griffels, der die Form eines oben zum Haken umgebogenen zugeſpitzten Drahtes hat, über die Staubfäden hinaus gekrümmt, ſo daß die Narbe, welche ſich nur auf einer Seite des Griffels in einer gewiſſen Länge von der Spitze an forterſtreckt, convex nach dem Himmel gerichtet, und die Concavität des Hakens gegen die Staubfäden gewendet iſt. Wenn aber irgend etwas den Griffel berührt, oder man darauf bläſt oder die Pflanze erſchüttert, oder ſie raſch aus warmer (25° R.) in kalte (— 2° R.) Luft bringt, ſo richtet ſich das gekrümmte Ende des Griffels ganz gerade auf, bald ſo gerade wie ein Pfeil, bald etwas gekrümmt wie ein Flammberger; zuweilen (doch ſelten) zeigt der Griffel auch eine ſeitliche Bewegung, nach Rechts oder Links, nach Vorn oder nach Hinten. Ja bei großer Wärme krümmt ſich der gereizte Griffel ſogar in einem Bogen nach der entgegengeſetzten Seite, ſo daß dann der Griffel mit ſeiner Narbenfläche faſt unmittelbar auf der Corolle liegt. Bis zur Rückkehr in die freiwillige urſprüngliche Lage vergeht wohl über ¼ Stunde. Der Verſuch läßt ſich oft erneuern. Die Empfindlichkeit des Griffels beginnt nicht früher als beim Oeffnen der Antheren und dauert ſo lange, bis die Blume verblüht iſt. Sie zeigt ſich an abgeſchnittenen Blumen, ja ſelbſt an iſolirten Griffeln, ſo gut, als wenn ſie noch an der Pflanze ſind. Helligkeit oder Dunkelheit macht keinen Unterſchied im Gelingen des Verſuchs. Der Zweck der Reizbewegung iſt offenbar die Ausführung der Beſtäubung, wie ſpäter (XI näher zu erörtern. Eine freiwillige Bewegung konnte nicht wahrgenommen werden. (Nouv. Mém. de l'Acad. de Bruxelles. 1839.)

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01564/017

Bei der Gattung Stylidium, deren Reizbewegungen oben S. 173. kurz angeführt ſind, iſt die Säule, welche ſich mit zwei Antheren und der Narbe endigt, als eine Verwachſung zweier Filamente zu betrachten, welche einen Griffel einſchließen. Sie hat eine doppelte Sförmige Krümmung und iſt im natürlichen Zuſtande an der untern Seite des Blumenrandes herabgebogen. Morrens Unterſuchungen über Stylid. graminifolium ergaben näher Folgendes: Die Bewegrng des Säulchens findet blos vermöge der Beweglichkeit der Krümmung an der Baſis deſſelben ſtatt. Im Knoſpenzuſtande zeigt ſich die Reizbarkeit noch nicht; ſie beginnt nicht vor der Oeffnung der Antheren und zeigt ſich mit voller Kraft erſt dann, wenn ſie angefangen haben, ſich nach den Seiten zurückzuſchlagen, was ſie während zur Befruchtungszeit thun. Wenn der Antherenapparat verwelkt iſt, hört die Reizbarkeit auf. In der Regel erfolgt die Bewegung nur nach Reizung; doch an ſehr heißen Tagen, beſonders zur Mittagszeit, ſahe Morren auch öfters, daß ſich das Säulchen von freien Stücken aufrichtete (langſam, in etwa 1/3 Min., während bei Reizung ſehr ſchnell) und auch wieder von ſelbſt in ſeine vorige Stellung zurückkehrte. Iſt das Säulchen einmal aufgerichtet, ſo ſucht man es vergebens in ſeine Tieflage zurückzuführen; es ſchnellt durch Elaſticität von ſelbſt wieder in die Höhe. Die Reizbarkeit beſteht auch an abgeſchnittenen Säulchen, ja ſelbſt an dem aus dem Säulchen herausgeſchnittenen Krümmungsſtück der Baſis unverändert fort. (Nouv. Mém. de l'Acad. de Brux. 1838.)

Ueber die Reizbarkeit der kappenförmigen Anhänge, welche an der Baſis der Ovarien des Lärchenbaums (Pinus larix) ſitzen (von Don, wie es ſcheint fälſchlich, für Stigmate gehalten), berichtet Don wie folgt: „Ich nahm einen Zweig mit nicht befruchteten Blüten, ſchüttelte den Pollenſtaub der männlichen Kätzchen eines andern Zweiges darüber aus, fand darauf die Stigmate vollkommen mit Pollen gefüllt, und konnte nun leicht bemerken, wie die Wände des Stigma ſich allmälig bis zu vollkommenem Zuſammenſchluß zuſammenzogen; was offenbar den Zweck hat, auf den flüſſigen Inhalt der Pollenbläschen zu drücken und denſelben durch den engen Gang bis zum Eichen zu treiben. Nach erfolgter Befruchtung erweitern ſich die Wände des Stigma wieder; bald darauf verwelkt es und zeigt ſich nun mit den leeren Pollenbläschen gefüllt. Schneidet man einen Zweig mit weiblichen Blüten vor der Befruchtung ab, ſo erſtaunt man, zu ſehen, wie lange das Stigma offen und in vollkommenem Zuſtande bleibt." (Ann. des sc. nat. 1828. XIII. 63.)

Reizbewegungen anderer Blütentheile.

Bei der, mit Stylidium zu einer natürlichen Familie gehörenden, gleichfalls neuholländiſchen Gattung Leeuwenhoekia iſt das Gelenk, wodurch der fünfte Zipfel der Krone mit deren Rohr articulirt, reizbar, ſo daß er, berührt oder ſonſt gereizt, ſeine natürliche geſenkte Stellung verläßt, ſich ſchnell aufrichtet und mit ſeiner ausgehöhlten Platte die unbewegliche Genitalienſäule bedeckt. Auch bei der Gattung Caleya ſcheint die Lippe einige Reizbarkeit zu beſitzen, ſo wie bei einigen Arten von Pterostylis und bei Megaclinium falcatum Lindl. — Bei mehreren Arten des Mesembryanthemum richten ſich die Blumenblätter auf, wenn man einen Waſſertropfen auf die Staubfäden bringt. — Bei Bellis perennis läßt ſich ebenfalls ein plötzliches Aufrichten der Stralenblättchen hervorbringen; aber nur nach dem ſtärkern Eindruck des Aethers. Die glockenförmige Blume von Ypomoea sensitiva ſchließt ſich nach Turpin ſofort durch Einfaltung bei der geringſten Berührung ihrer Nerven. — An Oenothera tetraptera beobachtete Hedwig ein plötzliches Verwelken der ihrem Aufbrechen nahen Blumenkrone, wenn er mit einem Meſſerchen den Kelchtheil, der ſie noch einhüllte, behutſam aufgeſchlizt hatte.

Reizbewegungen an Blättern.

Von Pflanzen mit einfachen reizbaren Blättern iſt bis jetzt nur Dionaea muscipula bekannt. Pflanzen mit zuſammengeſetzten reizbaren Blättern kommen, ſo viel man bis jetzt weiß, nur unter den Oxalideen und Leguminoſen vor. Von den 33 bis 36 hierher gehörigen Pflanzen, welche bekannt ſind, hat man bisher näher nur die Bewegungserſcheinungen von Oxalis sensitiva, Averrhoa carambola, und am ſorgfältigſten die von Mimosa pudica oder der Sinnpflanze unterſucht. Bei Manchen iſt die Reizbarkeit nur träge. Hier ein Verzeichniß der bis jetzt bekannten:

I. **Oxalideen:** Averrhoa Bilimbi L., A. carambola L., Oxalis sensitiva L., O. stricta, O. acetosella, O. corniculata, O. purpurea, O. carnosa, O. Deppei (letztere ſechs nach Morren). — II. **Leguminoſen:** Aspalathus persica Burm. — Nauclea pudica Desc. — Aeschynomene sensitiva Swartz, A. indica L., A. pumila L. — Smithia sensitiva Ait. — Mimosa casta L., M. pernambucana L., (Desmanthus diffusus Willd.), M. asperata L., M. pigra L., M. quadrivalvis L. (Schrankia aculeata Willd.), M. pudica L., M. sensitiva L., M. viva L. Willd. — Desmanthus lacustris Dec., D. natans Willd., D. stolonifer Dec., D. triquetris Dec., D. plenus Willd., D. polyphyllus Willd. — Acacia acanthocarpa Willd. Hierzu noch nach Schreber zwei nicht genau beſtimmte Arten von Aeschynomene und nach Decandolle eine Acacia vom Senegal. (Wiegm. Arch. 1838. I. 347. 1840. II. 162.) — Nach Mohl ſchließen ſich auch bei Robinia pseudacacia, viscosa und hispida durch Schütteln der Aeſte die Blättchen einigermaßen. Er glaubt, daß dieſe Reizbarkeit des Pflanzengewebes allgemeiner ſei, als man früher geglaubt. (Botan. Zeit. 1832. II. 497.)

Im Allgemeinen lieben alle bekannten Pflanzen mit reizbaren Blättern die feuchteſten Oerter; einige, wie die Desmanthus-Arten ſind geradezu Waſſerpflanzen. Alle, mit Ausnahme der in den wärmern Gegenden der gemäßigten Zone vorkommenden, Dionaea gehören der heißen Zone an. Die meiſten ſind Kräuter, wenige Sträucher und Bäume. Alle Reize bringen bei den reizbaren Blättern nur ein Schließen, nie ein Oeffnen hervor. Bei zuſammengeſetzten reizbaren Blättern treten dieſelben Richtungen, welche durch Reize verurſacht werden können, auch im Schlafzuſtande von freien Stücken ein.

Dionaea muscipula kommt ſparſam in den Sümpfen

Nordamerika's vor. Die Blätter liegen in Roſenform ausgebreitet um den Blumenſtengel her am Boden, und haben am vordern Ende einen durch einen Einſchnitt an ſeinem Ende in zwei halbovale Lappen getheilten, rundlichen, röthlich gefärbten Anhang, der faſt nur durch die Mittelrippe mit dem übrigen Blatt verbunden iſt. Derſelbe iſt dicht mit kleinen, etwas fleiſchigen Drüſen beſetzt; außerdem ſind die Lappen nicht nur an ihrem Rande mit borſtigen Wimpern verſehen, ſondern jeder derſelben hat auch in der Mitte ſeiner Oberfläche drei aufrechtſtehende ſehr kleine Stacheln. Die Oberfläche der Lappen ſchwitzt aus den Drüſen einen Saft aus, welcher Inſecten anlockt, deren einige ſehr begierig darnach zu ſein ſcheinen. Kaum aber hat ſich ein Inſect auf die gewöhnlich ausgebreiteten Blattanhänge oder Lappen der *Dionaea* geſetzt, ſo klappen dieſe (in wenigen Secunden) oberwärts zuſammen; die Wimpern ihrer Ränder kreuzen ſich in einander und die Stacheln tragen bei, das Thierchen feſtzuhalten. Je mehr das Inſect ſich ſträubt, deſto ſtärker ſchließen die Lappen ſich an einander; nur, wenn es ſich bewegungslos verhält, öffnen ſie ſich wieder und es wird wieder frei, wenn es nicht indeß geſtorben iſt. Dieſelbe Wirkung, welche durch den Reiz eines Inſects hervorgebracht wird, wird aber auch eben ſo durch Berührung mit dem Finger, einem Strohhalme oder den Blättern benachbarter Pflanzen erzeugt. **Curtis** fand zuweilen, daß die gefangene Fliege in einer ſchleimigen Subſtanz eingehüllt war, welche als ein auflöſendes Mittel auf dieſelbe zu wirken ſchien, wornach er vermuthet, daß das gefangene Inſect zur Ernährung der Pflanze diene. Die Reizbarkeit der Pflanze ſteht mit der Temparatur der Luft in Verhältniß. Auch bei *Drosera rotundifolia* und *longifolia* will man Aehnliches als bei *Dionaea* beobachtet haben, nur viel langſamere Bewegungen; doch konnten Andere dieſe Erſcheinung hier nicht beſtätigt finden.

Oxalis sensitiva, iſt in Amboina u. a. Theilen Indiens gemein. Die abrupt gefiederten, ungefähr 12 paar eiförmige Blättchen zählenden Blätter dieſer Pflanze legen ſich bei Berührung oder Aufwerfen einiger Sandkörner ſo zuſammen, daß die untern Flächen beider Seiten an einander ſtoßen, worauf ſie bei aufhörender Reizung ſich nach einiger Zeit wieder aufrichten. Sie ſchließen ſich ſchon, wenn man ſich der Pflanze nähert und den Erdboden erſchüttert. Auch des Nachts und an regnichten Tagen ſind ſie geſchloſſen. Des Morgens ſind ſie im Zuſtande der ſtärkſten Erection und nicht ſo empfindlich gegen mechaniſche Reize, als um Mittag, wo ſie ſich ſchon bei bloßem Anhauchen zuſammenlegen.

Averrhoa carambola iſt ein in Bengalen, auf den Molukken und Philippinen der Früchte wegen angepflanzter Baum. Die Reizbarkeit der gefiederten Blätter iſt hier von trägerer Art, ſo daß ſie gewöhnlich erſt einige Minuten nach dem Reize erfolgt. Die Blättchen ſenken ſich, wenn man den Blattſtiel berührt, herab, ſo daß die von entgegengeſetzen Seiten ſich mit ihrer Unterfläche beinahe berühren.

Mimosa pudica, Sinnpflanze, mit doppelt gefiederten Blättern. Die Blättchen, die Blattrippen, der Hauptblattſtiel, ſelbſt der Zweig, haben jedes ſeine beſondere Bewegung, die eben ſowohl vermöge des gewöhnlichen Pflanzenſchlafs eintritt, als in Folge von Reizen entſtehen kann. Die der Blättchen beſteht darin, daß ſie ſich nach vorn dachziegelförmig über einander legen, die der Blattrippen, daß ſie ſich einander nähern, die des Blattſtiels, daß er ſich rückwärts dem Stengel anlegt und die der Zweige, daß ſie ſich mit der Spitze neigen. In dieſem Zuſtande der Zuſammenziehung befindet ſich die Pflanze von ſelbſt um Mitternacht; im Zuſtande der höchſten Expanſion dagegen, wo alle Theile von einander entfernt ſind, an heißen Sommertagen des Vormittags bei hellem Sonnenlicht. Jede der genannten Bewegungen kann in Folge von Reizen zwar auch ohne die andern eintreten, indeß gilt dieß vorzugsweiſe von der Bewegung der Blättchen und Blattrippen, indem die Blattſtiele ſich ſelten bewegen, ohne jene mit in Thätigkeit zu ziehen. Von dem unmittelbar mechaniſch gereizten Theile geht die Zuſammenziehung aus und pflanzt ſich auf deſto mehr größere oder kleinere fort, je ſtärker die Reizung war. Die Zeit, deren ein Blatt bedarf, um den Zuſtand der Ausbreitung herzuſtellen, wechſelt von weniger als 10 Min. bis zu ½ Stunde; dieß Oeffnen geht nicht mit ſolcher regelmäßigen Folge der Theile von Statten als das Schließen. Die Reizbarkeit hat ihren Sitz vorzugsweiſe in dem Gelenke, wodurch jedes Blättchen der Blattrippe, jede der Blattrippen dem Hauptblattſtiele und dieſer dem Zweige verbunden iſt; eine leiſe Berührung deſſelben, inſonderheit eines weißen Punctes an der Articulation jedes Blättchens mit der Blattrippe, reicht hin, die Wirkung hervorzubringen; dagegen bewirkt Berührung der Blätter nur in ſofern die Zuſammenziehung, als ſie mit einer Erſchütterung verbunden iſt, die ſich zu den Gelenken fortpflanzt.

Abgeſchnittene Zweige, zumal mit der Schnittfläche in Waſſer geſetzt, behalten ihre Reizbarkeit. Auch im nächtlichen Schlafe iſt die Pflanze noch reizbar; ſelbſt unter Waſſer öffnet und ſchließt ſie ſich noch, obwohl langſamer. In der Luft und des Tages aber bewegt ſie ſich am lebhafteſten und zwar um ſo mehr, je kräftiger ſie iſt und je höher die Lufttemperatur iſt.

Daß (wie Decandolle behauptet), bereits die Samenlappen der keimenden M. pud. reizbar ſeien, fand Daſſen nicht beſtätigt; auch beſitzen junge Blätter, bevor ſie die dunkelgrüne Farbe der ältern angenommen, wenig Beweglichkeit. Gelbgewordene Blätter ſind nicht ſehr reizbar, was aber weniger bei Anwendung mechaniſcher als chemiſcher Reize bemerkbar wird (Daſſen). Bei Entwickelung neuer Blätter und beim Blühen vermindert ſich die Beweglichkeit in den nächſtſtehenden Blättern merklich; beim Reifen der Früchte hören die Bewegungen auf.

Angewandte Reize erſtrecken ihre Wirkung oft weit über den Ort ihrer Anwendung, was beſonders deutlich iſt, wenn man ein Blättchen ſacht brennt; denn viel weiter, als die Wärme reicht, legen ſich die Blätter zuſammen. Dieſe Fortpflanzung der Wirkung erfordert Zeit, indem ſich die vom Reize entfernten Blätter ſpäter zuſammenlegen als die nähern. Nach Dutrochet beträgt die Fortpflanzungsgeſchwindigkeit in den Blattſtielen 8 bis 15 Mill. in 1 Sec., im Stengel höchſtens 2 bis 3 Mill.; nach Daſſen jedoch iſt keine ſo genaue Beſtimmung möglich.

Ueber die mannigfachen Reize, auf welche die Sinnpflanze reagirt, ſ. oben S. 177. Der Einfluß eines und deſſelben Reizes iſt aber im Grade verſchieden nach dem verſchiedenen Zuſtande der Sinnpflanze, daher die oft abweichenden Angaben der Beobachter. Mechaniſche Reize durch Verwundung haben (nach Daſſen) keine Bewegung zur Folge, es ſei denn, daß ſie mit Saftverluſt oder Erſchütterung verbunden ſind, wie man denn beim Einſchneiden in ein Blatt oft Bewegung entſtehen ſieht, nicht aber, wenn dieß mit einer ſcharfen Scheere vorſichtig geſchieht. Als wirkſame chemiſche Reize hat man u. a. erkannt: Chlor, Ammoniakflüſſigkeit, ſalpetrige Säure, ſchweflige Säure, Schwefeläther, ätheriſche Oele, als Dampf oder Flüſſigkeit mit den Blättern der Mimosa pudica in Berührung gebracht. Sie können ihre Einwirkung ſehr weit erſtrecken. So kann man dadurch, daß man eine ſtarke Säure vorſichtig auf ein Blättchen bringt, ohne damit eine Erſchütterung zu verbinden, bewirken, daß alle naheſtehenden Blätter ſich ſchließen. Campher vernichtet die Empfindlichkeit und tödtet die Pflanze, ohne daß die Blätter ſich ſchließen. — Verbrennung durch Feuer iſt einer der kräftigſten Reize. Daſſen bediente ſich dazu, als beſonders zweckmäßig, dünner, mit Wachs getränkter Baumwollenfäden. Mit der ſehr kleinen Flamme derſelben konnte er junge Blätter zur Bewegung bringen, welche auf keine andere Weiſe zu bewegen waren. Nach dem plötzlichen Zutritt einer Kälte, die unter dem Gefrierpuncte war, zu einem Zweige einer Sinnpflanze ſahen du Fay und Duhamel dieſen ſich mit ſeinen Blättchen erſt ſtärker als vorhin öffnen, dann ſich ſehr ſchnell ſchließen und wieder öffnen. — Galvanismus ſcheint, wegen ſchlechter Leitung der Pflanze, nur ſchwierig einzuwirken, daher die Beobachter ſich in dieſem Bezuge widerſprechen.

Verbrennt man die Wurzeln mit concentrirter Schwefelſäure oder einer Flamme, ſo entſteht nicht die geringſte Bewegung in den Blättern (Daſſen), wohl aber, wenn man verdünnte Schwefelſäure anwendet (Dutrochet), wo noch Aufſaugung möglich iſt.

Alles, was dem Leben der Pflanze nachtheilig iſt, z. B. das Untertauchen derſelben unter Waſſer, das Beſtreichen der Blätter mit

Oel oder Weingeiſt, die verdünnte Luft einer Luftpumpe, eine zu kalte wie zu warme Atmoſphäre, längere Entziehung von Luft, Gifte verſchiedener Art, das kohlenſaure, ſalpeterſaure und Stickgas, ſchwächen oder zerſtören auch die Reizbarkeit. Durch Gifte wird die Mimoſa getödtet, bevor die Blätter durch das Gift erreicht werden, und „ſo kann man (ſagt Daſſen) deſſen Wirkung nur aus ſeiner Wirkung auf die ganze Pflanze erklären, die verſchieden nach den Giften iſt, da bei narkotiſchen die Glieder ſchlaff, bei corroſiven Giften ſteif werden.“ Ueberall bemerkt man dabei, daß die natürlichen Bewegungen (durch Schlafen und Wachen) erſt ſpäter als die Reizbewegungen verſchwinden. (Vgl. von neuern Verſuchen über Mim. pudica: Meyen in ſ. Phyſiologie III. 473.; Daſſen in Wiegm. Arch. 1838. I. 345.; Miquel in Fror. N. Not. no. 9 des X. Bandes. Göppert in Pogg. Ann. 1828. XIV. 252.)

X. Teleologiſche Gegengründe.

Wir haben früher mancherlei Zweckbetrachtungen zu Gunſten der Pflanzenſeele geltend gemacht. Aber man wird zuletzt alle dieſe Betrachtungen durch die einfache Gegenbetrachtung niederzuſchlagen meinen, daß die Pflanze doch viel zu ſehr und ſichtlich andern Zwecken diene, als daß füglich von Selbſtzweck derſelben die Rede ſein könne.

Laſſen wir den Einwand ſich zuvörderſt nach ſeinem vollen Gewichte entwickeln.

Der Bau, die Einrichtung, das Leben und Sterben der Pflanzen gehen in Zweckbeziehungen für Menſchen- und Thierreich ganz und gar auf, und dieß iſt ganz auf ſie gewieſen. Ohne Pflanzen verhungerte Alles, verkäme Alles in Hülfsloſigkeit; hätte der Menſch nicht Brod, nicht Kartoffeln, nicht Linnen, nicht Holz; und hiermit nicht Haus, nicht Schiff, nicht Faß, nicht Feuer; und hiermit nicht Wärme im Winter, nicht Hitze für den Topf, nicht Glut für die Metalle; und hiermit nicht Axt, nicht Pflug, nicht Meſſer, nicht Geld. Ohne die Pflanze hätte er nicht einmal Fleiſch, nicht Milch, nicht Wolle, nicht Seide, nicht Feder, nicht Leder, nicht Talg, nicht Schmalz; denn woher hat denn dieſes erſt das Thier? Und ohne all dieß hätte er auch nicht Handel, nicht Handwerk, nicht Kunſt, nicht Schrift, nicht Bücher, nicht Wiſſenſchaft; kurz, hätte er nichts als das nackte Leben, und bald auch dieß nicht mehr.

Der Menſch braucht alſo die Pflanzen und zu dieſem Gebrauche ſind ſie geſchaffen, und was der Menſch nicht braucht, das braucht das Thier, das ſelbſt wieder theilweiſe vom Menſchen gebraucht wird, aber auch ſeine Zwecke für ſich hat. Jede Pflanze, die den Menſchen nicht unmittelbar dient, gewährt ſicher noch einem oder auch mehreren Thieren zugleich Nahrung und Aufenthalt; und ſelbſt noch im Zerfallen ſpeiſt jede Millionen Infuſorien. Die Pflanze erfüllt genug des Zwecks, indem ſie alles dieſes leiſtet; und es erklärt ſich daraus zur Genüge, weßhalb ſie da iſt. Die ganze unendliche Mannigfaltigkeit der Pflanzenwelt und ihrer Erzeugniſſe will eben nichts Andres bedeuten als der eben ſo großen Mannigfaltigkeit beſonders gearteter Bedürfniſſe im Menſchen- und Thierreiche theils vorzuarbeiten, theils directes Genüge zu gewähren.

Bald ſehen wir Einer Pflanze vielerlei, oft ſich kreuzende, Nutzleiſtungen für Thiere und Menſchen auferlegt, bald Eine Pflanze ganz auf eine Hauptleiſtung für Menſch oder Thier berechnet. Beides aber beweiſt gleichermaßen, daß die Beſtimmung der Pflanze eben nur in Zweckleiſtungen für Andres aufzugehen hat. Oft an derſelben Pflanze die Wurzel für den Wurm, das Blatt für die Raupe, die

Blume für den Schmetterling, Duft und Farbe für den Menſchen, die Frucht für ſeinen Gaumen und Magen, das Kraut noch für ſein Vieh. Nicht wenig als 70 verſchiedene Arten von Inſecten ſollen allein auf und von der Eiche leben. Dazu ſingt noch in ihren Aeſten der Vogel und klettert das Eichhorn; das Schwein lieſt die herabfallenden Früchte auf, die Haſelmaus ſucht Schutz unter ihrer Wurzel, der Menſch gerbt mit ihrer Rinde, zimmert aus ihrem Stamme den Kiel ſeiner Schiffe wie die Balken ſeines Hauſes, und wärmt ſich noch im Hauſe an ihren Aeſten. So ganz zerfährt dieſer eine Baum ſo zu ſagen in Zweckleiſtung für Andres. Andrerſeits betrachte man den Flachs, den Wein, den Hopfen, ſo viele Arzeneipflanzen, wie ſie ſo ganz beſonders für einen beſtimmten Hauptzweck, dem Menſchen zu Gute, berechnet ſind. Ja ſelbſt das eitle Vergnügen des Menſchen ſteht noch hoch genug, Bau und Leben beſondrer Pflanzen eigends deſſen Befriedigung unterzuordnen. Weil die Natur die Frauen eitel ſchuf, ſchuf ſie auch eine Pflanze zum beſondern Dienſte dieſer Eitelkeit. So wie ſie es iſt, mußte die Maulbeerpflanze gemiſcht ſein, damit ſich auch Seide aus ihr ſpinnen ließe; und daß es wirklich eben um dieſen Zweck bei ihr zu thun, beweiſt der, nur zu ihrer Zerſtörung beigegebene, und dafür mit einem Vorſchmack von Empfindung belohnte, Seidenwurm. Thee und Kaffee hätten ſicher nicht ſo wunderlich gemiſchte Stoffe in ſich, wenn nicht dem Menſchen ſo wunderliche Gelüſte danach eingepflanzt worden wären. Und überall, wenn die Pflanze das vorbereitet, geſchafft, was ſie den Menſchen oder

Thieren leiſten ſoll, wird ſie ſchonungslos zerſtört, das Korn alsbald gemäht, die Kartoffel ausgeriſſen, der Baum geſchlagen, der Flachs geröſtet. Nirgends ſcheint es der Natur Schade um eine Pflanze, wenn es gilt, durch ſie einen Zweck für Menſchen und Thiere zu erfüllen.

Nach Allem kann nur dieß der Sinn des Verhältniſſes zwiſchen Thier und Pflanze ſein. Menſch und Thier waren beſtimmt, Seele, Idee, Zweck in die Natur zu bringen; das verlangte nun freilich Materie zum Träger und zur Verwirklichung. Damit aber das Ideelle nicht zu ſehr ſelbſt im Materiellen befangen bliebe, davon belaſtet würde, ward der bei Weitem größte Theil materieller Zuthat und Arbeit, welche für die Zwecke des Ideellen nöthig, in eine beſondre Welt verlegt, in der die materielle Laſt und Mühe leicht getragen wird, weil ſie nicht darin empfunden wird. Sollte der Menſch und das Thier all das rein Irdiſche, Stoffliche ſelbſt noch mit eignen Organen durch eignes Thun und von vorn an herrichten müſſen, was ihnen durch die Pflanzen ſchon vorgerichtet übergeben wird, ſo möchte ein Blick nach dem Höhern ſich nimmer frei im Menſchen entwickeln können und ſelbſt dem Thiere ſein freies Schweifen über die Erde verkümmert ſein. Nun aber genießen Menſch und Thier theils gleich mit Luſt, was ſie ſonſt erſt mühſam ſchaffen müßten, theils bleibt nur noch die letzte Bearbeitung auf das aus den Händen der Pflanze ſchon vorbereitet Ueberkommene zu wenden, und hierin finden ſie dann zugleich die günſtigſten Bedingungen zur Bethätigung ihres ideellen Factors.

Die ganze Exiſtenz des Menſchen- und Thierreichs zeigt ſich ſo auf die des Pflanzenreichs wie auf einen Unterbau geſtützt; man kann aber nicht vom Träger verlangen, daß er das Höhere auch ſelbſt noch in ſich enthalte, was er beſtimmt iſt, über ſich zu einem freiern müheloſern Sein emporzuheben, d. i. hier die Seele. Soll auch der Leuchter noch leuchten, indem er das Licht trägt? Ja, hieße es nicht, nachdem ſich die Pflanze den Zwecken beſeelter Weſen ganz und gar untergeordnet zeigt, einen Ueberfluß und eine Unmöglichkeit zugleich verlangen, daß ſie nun auch noch Zwecke für ſich ſelber habe? Muß es nicht vielmehr für ſie, wie für die Thier- und Menſchenwelt, gerade das Günſtigſtmögliche ſein, daß ſie den Werth eines Lebens auch nicht einmal kennen, die Luſt eines Lebens auch nicht einmal ahnen lerne, das doch nur beſtimmt wäre, in Opfern für Andre aufzugehen? So wie ſie iſt, giebt ſie ſich widerſtandslos den Zwecken Preis, die ſie zu erfüllen beſtimmt iſt, dient eben hiermit am beſten dieſer Erfüllung, und es braucht der Natur und uns nicht leid zu ſein, ſie dazu zu verwenden.

Ich habe der Entwickelung dieſes Einwands ſo viel Spiel gegeben, weil ſich dabei eine in Wahrheit wunderbar ſchöne und große Seite der Natur entfaltet, die ausnehmend genaue, ſorgfältige, in's Einzelnſte ſich erſtreckende zweckmäßige Einrichtung des einen organiſchen Reiches zu Frommen des andern, aber freilich auch eben nur eine Seite, und hierin liegt die Untriſtigkeit des Einwandes und hiermit läßt er uns ein Wunder über jene Wunder vergeſſen und verlieren. Denn das größte Wunder der Natur liegt doch darin, daß jedes ihrer Weſen in jedem Bezirke, indem es ganz für andere Weſen gemacht erſcheint, zugleich ganz auf eigne Zwecke geſtellt bleibt, eins immer dem andern dient, nach andrer Beziehung nur, als Andres ihm wieder dient; und Alles dabei ſo abgewogen in einander greift, daß das Ganze haltbar und lebendig beſteht. Laſſen wir alſo die Pflanze noch ſo ſorgſam gebaut, eingerichtet ſein, Zwecke für Menſchen und Thiere zu erfüllen, ja ganz und gar für ſolche Zweckerfüllung berechnet, was thut es! die ganze Vorausſetzung iſt grundfalſch, als ob ſich hiermit eine eben ſo ſorgſame, vollſtändig genaue Berechnung des Baues, der Einrichtung der Pflanze für eigne Zwecke nicht vertrüge. Jeder Blick auf die Kette der Naturweſen, der ſich nicht abſichtlich in einſeitiger Betrachtung abſchließt, reicht hin, dieſe Zweck-Verkettung zu zeigen.

Hund und Katze müſſen dem Vergnügen oder den Vortheilen des Menſchen dienen; aber haben ſie deßwegen weniger Luſt und Trachten danach in ſich? Die Katze frißt den Sperling; aber der Sperling iſt deßhalb nicht bloß für die Katze da; der Sperling frißt die Raupe, aber die Raupe iſt deßhalb nicht blos für den Sperling da; die Raupe frißt die Pflanze; warum ſoll nun die Pflanze auf einmal blos für die Raupe, und was rückwärts liegt, da ſein? Ich finde nichts in der Natur, was der Luſt, die dieſe Leiter abſteigt, verböte, auch noch in die blühende Pflanze hinabzuſteigen; ſieht denn dieſe aus wie eine Stufe aus Stein und Eiſen? Die Pflanze dient andern Zwecken, es iſt wahr; die Gerechtigkeit fordert alſo, daß Andres wieder ihren Zwecken diene; und die Natur übt dieſe Gerechtigkeit, wie ſich näher zeigen wird. Aber dann muß die Pflanze auch Zwecke haben können; und dieß kann nur ein Weſen mit Seele; ich meine nicht gerade Zwecke im Sinne Hegel'ſcher Zweck-Kategorien, ſondern wenn auch nur Zwecke, wie ſie nun eben ein Weſen hat, das nach etwas einen Trieb fühlt, und ſich wohl hat, wenn es ſolches erreicht.

Kann eine Pflanze ſo vielen Andern ſo vieles zugleich leiſten, als wir am Beiſpiel der Eiche geſehen, ſo iſt darin nicht ſowohl ein Ueberſchuß von Zweckerfüllung, als der ſicherſte Hinweis zu finden, daß man an den Hauptzweck dabei noch gar nicht gedacht hat. Denn kann ſie ſo vielen Andern ſo Vieles zugleich leiſten, ſo liegt doch am nächſten zu glauben, daß ſie vor Allem auch ſich ſelbſt etwas wird leiſten können. Weil ſie ſich aber ſelbſt die nächſte, wird ſie ſich dieſes auch am beſten und im beſten Zuſammenhange leiſten können. Alſo eben hierin wird der Hauptzweck zu ſuchen ſein. Alle jene Zwecke, die ſie für Andere erfüllt, zerſplittern ſich doch nur; heften ſich an einzelne Aeußerlichkeiten, Ausläufer ihres Lebens. Indeß iſt die Eiche ein in ſich gebundenes Feſtes, Ganzes, Einiges, hat ſich ſelber ganz beiſammen. Und dieſem ſo ganz in ſich zuſammenhängenden organiſchen Wirkungsgebiete ſollte kein in ſich zuſammenhängendes Zweckgebiet entſprechen? Es fehlte, wenn der Eiche ſelbſt keine Zwecke zukommen. Wer glaubt nicht, daß, wenn ein Stern Stralen nach allen Seiten ſendet, in ihm ſelber etwas entſprechend und geſammelt leuchte. Wir aber laſſen die Eiche Stralen aus einem dunklen Kern ſenden.

Wenn manche Pflanze blos gemacht erſcheint, um kleine wohl gar fehlerhafte Neigungen der Menſchen zu befriedigen, ſo ſollte das jedenfalls am beſten beweiſen, daß das, wozu ſie blos gemacht erſcheint, nur das Wenigſte und Unweſentlichſte von dem ſein kann, wozu ſie wirklich gemacht iſt; oder unſere Betrachtung der Natur wird eine ſehr unwürdige.

Meint man aber, die Natur habe die materielle Arbeit zur größern Hälfte auf ſeelenleere Weſen verlegen wollen, um die ſeelenvollen dadurch zu erleichtern, ſo ſollte man dagegen erwägen, daß nach allgemeiner Einrichtung der Natur überhaupt materielles Thun nur das iſt, worin ſich hienieden das Thun der Seelen äußern kann. Alſo nicht Arbeit wäre der Seele erſpart, ſondern Seele für die Arbeit wäre geſpart, wenn der Einwand Recht hätte, wenn, was noch mit Seele von Statten gehen konnte, doch ohne ſolche von Statten gehen ſollte. An jede Arbeit und Mühe aber wird ſich auch ein Lohn der Arbeit, eine Vergeltung der Mühe zu knüpfen wiſſen. Der König und Gelehrte ſelbſt müſſen noch mit Gehirn und Feder arbeiten; indeß der Bauer und Handwerker mehr mit Arm und Hobel arbeitet. Aber dieſer fühlt ſo gut und ſtark wie jener die Anſtrengung ſeiner Arbeit und genießt ſo gut den Lohn von ſeiner Arbeit. Gefühl und Genuß iſt nur dort feiner und entwickelter, hier gröber und einfacher, wie es die Arbeit und der Stoff der Arbeit und des Arbeitenden ſelbſt iſt. Kann aber der Bauer den König nähren und noch fühlen, was er thut, um ihn zu nähren, wird auch die Pflanze das Thier nähren und noch fühlen können, was ſie thut, es zu nähren. Alle Gründe, nach welchen dem Pflanzenſtande die Seele zu Gunſten des Standes der Menſchen und Thiere abgeſprochen wurde, würden in der That eben ſo nöthigen, ſie dem Bauernſtande zu Gunſten des Standes der Gelehrten und Herren abzuſprechen.

Man ſagt etwa dagegen, unſre Werkzeuge ſeien doch auch Dinge, die blos Zwecken dienen, ohne Zwecke zu haben, warum nicht eben ſo die Pflanzen? Aber gerade die Zuſammenſtellung mit unſern Werkzeugen kann, wie ſchon bei frühern Betrachtungen, am beſten dienen zu zeigen, daß die Pflanzen unter andern Geſichtspunct fallen.

Unſre Werkzeuge leben, weben und wachſen nicht aus ſich ſelbſt wie die Pflanzen, ſie haben Alles, Beſtand, Form und Fügung von uns, alſo können ſie auch nichts von Zweck für ſich verlangen; die Arbeit, die mit ihnen gethan wird, thun nicht ſie ſelber, wir ſind es, die ſie thun; alſo können auch nur wir den Lohn der Arbeit verlangen; die Pflanzen aber, wenn ſie Werkzeuge ſind, ſind ſelbſtlebendige, in und mit und an und aus ſich ſelbſt heraus arbeitende Werkzeuge, wie wir, können alſo auch ähnliche Anſprüche machen wie wir; ſind Werkzeuge Gottes wie wir; in Gottes Werkſtatt aber hat kein Werkzeug einſeitig dem andern, ſondern jedes wechſelſeitig dem andern zu dienen.

Hiermit nun kommen wir auf die zweite Seite unſers Gegenſtandes, die der Einwand ganz überſehen oder durch die erſte einſeitig als verſchlungen angeſehen hat, während ſie vielmehr auf's Schönſte damit verſchlungen iſt. Und hiermit wird das gegen die Seele der Pflanzen gewandte Argument ſich vollends zu ihren Gunſten kehren.

Die Pflanzen dienen Menſchen und Thieren; umgekehrt aber haben die Menſchen und Thiere den Pflanzen zu dienen; und machte jenes die Pflanzen ſeelenlos, müßte dieſes auch Menſchen und Thiere ſeelenlos machen. Nur deßhalb, weil wir, alles nach uns und unſern Bedürfniſſen zu meſſen gewohnt, nicht in derſelben Art den Pflanzen zu Dienſten ſtehen als ſie uns, achten wir es überhaupt nicht als einen Dienſt.

Mit demſelben Rechte, als man ſagt, daß die Menſchen und Thiere die Früchte des Feldes eſſen und freſſen, kann man in der That ſagen, daß die Früchte des Feldes die Menſchen und Thiere wieder freſſen; denn Alles, was von Menſchen und Thieren abgeht, geht wieder in die Pflanzen über, und muß in ſie übergehen, damit ſie wachſen und gedeihen. Sie zerreißen den Menſchen nur nicht ſo bei lebendigem Leibe, wie wir es mit ihnen thun. Sie warten auf das, was von uns abgeht, bis es zu ihnen kommt, erwarten unſern Tod, ehe ſie ſich ganz unſrer bemächtigen. Dieſe Geduld wird ihnen nun als träge Unempfindlichkeit und todte Paſſivität ausgelegt; aber mit Unrecht, denn daß ſie doch wirklich nicht unempfindlich gegen all das ſind, beweiſen ſie ja eben dadurch, daß ſie all das, wenn es an ſie kommt, doch gierig annehmen und freudig dadurch wachſen. Es hängt nur dieſe Geduld überhaupt mit ihrem Gebanntſein an die Scholle und ihrem, ſo zu ſagen, weiblichen Charakter den Thieren gegenüber zuſammen. Wartet doch auch eine Königin, daß man ihr bringe, was ſie braucht; ſie iſt freilich ſicher, daß ſie nicht zu warten braucht; viel Hände ſind von ſelbſt für ſie geſchäftig. So wartet nun die ganze Pflanze, daß des Thieres Leib ſich auflöſe, ihren Leib zu bauen; die Blume wartet, daß das Inſect zu ihr komme, ihr bei der Befruchtung zu helfen; der Same wartet, daß der Säemann ihn ergreift und in's Land ſäet; das Inſect und der Menſch thun es ja ſicher, freilich zunächſt ihrentwegen; aber die Natur hat die Inſecten und Menſchen eben ſo eingerichtet, daß das ihrentwegen zugleich zu einem Ihretwegen wird.

Sollte die Natur auch die Pflanzen noch mit den Thieren ſich um das ſtreiten laſſen, was eins vom andern braucht, da es dieſe ſchon ſo viel unter ſich thun? Sie hat es vorgezogen, in Frieden und Eintracht Geben und Nehmen hier in einander greifen zu laſſen, damit nicht Alles ſich in Zwietracht auflöſe. So geſtattete ſie nun uns, die Pflanzen nach Willkür zu unſern Zwecken zu gebrauchen, ohne daß die Pflanze ſich auch nur wehren kann; aber ſelbſt gegen unſern Willen müſſen wir den Pflanzen wieder dienen; und können wir uns etwa mehr dagegen wehren?

Der Dünger und der verweſende Leichnam ſind es nicht allein, was den Pflanzen als Nahrung von Menſchen und Thieren zu Gute kommt. In einem geheimen, den meiſten Menſchen unbekannten, Verkehre müſſen ſie vielmehr den Pflanzen das Wichtigſte leiſten mit dem Wichtigſten, was ſie ſelber haben. In der That, woher glaubt man wohl, daß eine Pflanze, die im Topfe oder auch draußen wächſt, ſo groß wird? Das Erdreich ſcheint ſich ja kaum zu mindern. Auch läßt eine Pflanze beim Verbrennen wenig Aſche zurück. Viel thut freilich das aufgenommene Waſſer, aber wenig Erde und viel Waſſer macht bei Weitem noch keine Pflanze. Wie ſonderbar es Manchen klingen mag, iſt es doch gewiß, daß es hauptſächlich der Athem der Menſchen und Thiere iſt, aus dem ſich die Pflanze erbaut, der ihr feſtes Gerüſte ſchafft. Merklich allen feſten Stoff, der beim Verbrennen der Pflanzen als Kohle zurückbleibt, ſchöpft die Pflanze aus der Kohlenſäure der Luft (und dem damit geſchwängerten Waſſer), demſelben Weſen, das auch als Schaum des Champagners entweicht. Dieſe Kohlenſäure wird von Menſchen und Thieren ausgeathmet, von den Pflanzen aufgenommen, der Kohlenſtoff daraus abgeſchieden und in ihre Subſtanz verwandelt, der Sauerſtoff aber (deſſen Verbindung mit dem Kohlenſtoffe eben die Kohlenſäure bildet) der Atmoſphäre zurückgegeben.

„Sicherlich, ſagt Dumas, enthielt das Fleckchen Boden, auf welchem die Eichel vor Jahrhunderten keimte, aus welchem der vor uns ſtehende gewaltige Baum entſtanden iſt, nicht ein Millionſtel des Kohlenſtoffs, den die Eiche nun beſitzt. Der übrige, d. h. der ſämmtliche, Kohlenſtoff iſt ihr aus der Luft zugegangen.“ (Dumas Statik der organ. Ch.).

Bouſſingault fand, daß der Dünger, der auf einem Landgute für eine Hektare Boden verbraucht worden, nur 2793 Kilogr. Kohlenſtoff enthielt, die davon gemachte Ernte aber 8383 Kilogr. Auf einem andern Landgute enthielt die Ernte ſogar 7600 Kilogr. Kohlenſtoff mehr als der Dünger. Der Ueberſchluß mußte alſo aus der Luft herrühren.

Derſelbe ſtellte einen Verſuch an, wonach in reinem Kiesſand gelegte und mit deſtillirtem Waſſer begoſſene Erbſen, die alſo ihre Nahrung lediglich aus der Luft beziehen mußten, dennoch ſich entwickelten, Blätter und Samen trugen. (Ebendaſ.)

Wie begierig die Pflanzen den Kohlenſtoff aus der Luft aufnehmen, beweiſt folgender Verſuch Bouſſingaults. Er fand, „daß Weinblätter, welche man in einen Ballon einführte, die ſämmtliche, in der durch denſelben geleiteten Luft enthaltene Kohlenſäure aufſaugten, wenn man den Luftſtrom auch noch ſo geſchwind durchſtreichen ließ. Desgleichen ſahe Boucherie aus den Wurzelſtöcken von in vollem Saft gefällten Bäumen die Kohlenſäure in gewaltiger Menge entweichen.“ (Ebendaſ.)

Im Winter erſtarrt unſer Athem zu Blumen am Fenſter, im Sommer ſchießen die lebendigen Blumen der Wieſe daraus an. Gott, ſagt man, hauchte den Menſchen die Seele ein, umgekehrt, kann man ſagen, hauchen die Menſchen den Pflanzen den Leib ein.

Die Menſchen und Thiere müſſen alſo athmen und leben, damit die Pflanzen wachſen und leben; ja die Lungen der Menſchen und Thiere laſſen ſich geradezu als Organe anſehen, welche den Pflanzen dieſes nothwendigſte Lebensbedürfniß zuzubereiten haben. Wir halten Kühe, uns die Milch in ihren Eutern zu bereiten, den Pflanzen werden von Gott Menſchen und Thiere gehalten, die Kohlenſäure für ſie in den Lungen zu bereiten. Die Kuh ſelber, indem ſie das Gras frißt, hilft durch ihren Athem neues Gras bauen; ſie frißt nur die alten Blätter, d. h. die Producte der frühern Lebensthätigkeit der Pflanzen, und wie früher erinnert hat das Fertige für die Pflanzen nicht gar viel mehr zu bedeuten; ſie haucht dafür den Stoff zu neuer Lebensthätigkeit aus, denn in der Verwandlung jenes halb geiſtigen Stoffs in leiblichen beſteht die Hauptaufgabe des Lebens der Pflanzen; das eben macht ſie wachſen, grünen, leben. Könnte man nun hier nicht auch ſagen: die Natur hat von der Pflanze den größten Theil der materiellen Vorarbeit, den ganzen Zermalmungs- und Verdauungsproceß der groben Stoffe auf das Thier ſo zu ſagen abgeladen, der Pflanze iſt blos die ſchöne, leichte, heitre Aufgabe geblieben, aus dem geiſterartigen Weſen, was als letztes Product jenes groben Proceſſes hervorgeht, den zierlichſten, lieblichſten Körper immer neu zu bauen und zu ſchmücken, Bildnerin und Malerin in Eins, und ſie hat ſich dazu nicht einmal vom Platze zu mühen. Schwebt hier nicht das Ideelle ganz im Pflanzenreiche, und liegt nicht die grobe Baſis ganz im Thierreiche?

Zwar der Athem machts nicht allein; viel zur Kohlenſäure der Luft trägt auch das Verbrennen des Holzes bei; denn was die Pflanze aus den Geiſtern der Natur im Leben ſchöpfte, geht im Tode der Pflanze als feuriger Hauch darein zurück; doch nur zum Wachsthum neuer Pflanzen, zur Verjüngung der Pflanzenwelt. Die ganze Pflanze muß doch einmal ſterben. In dieſer Beziehung können wir den Menſchen die Bedeutung von Todesengeln für die Pflanzen beilegen. Wir malen den Tod mit der Senſe; für ſie geht er leibhaftig mit Senſe und Art einher, ein höheres Weſen, zerſtörend für das Einzelne, doch der Erneuerung des Ganzen dienend.

Indem die Pflanze aus dem Athem und den Producten des Feuers Nahrung ſchöpft, hat ſie freilich gleich eine Gegenleiſtung dafür zu machen. Nähme ſie die Kohlenſäure aus der Luft nicht an ſich, würde dieſe immer mehr verderben, weil die Kohlenſäure als Product des Athmens oder Verbrennens ſelbſt nicht mehr dienen kann, das Athmen oder Feuer anzufachen und zu unterhalten, vielmehr erſtickt beides, wo die Luft ſich mit zu viel Kohlenſäure beladet. Nun aber ſtellt die Pflanze, indem ſie dieſem Gaſe ſeinen Kohlenſtoff entzieht, daraus wieder die Lebensluft (den Sauerſtoff) her, welche urſprünglich für Athmen und Verbrennen diente, und erhält durch Rückgabe derſelben an die Atmoſphäre dieſe immer friſch und munter für Unterhaltung von Leben und Feuer. So ergänzen ſich Pflanzen- und Thierwelt in ihren Zweckleiſtungen. Die Pflanze athmet die Kohlenſäure ein, welche das Thier ausathmet, und das Thier athmet den Sauerſtoff ein, welchen die Pflanze ausathmet; die Pflanze zerſetzt die Kohlenſäure und nimmt den feſten Stoff, den Kohlenſtoff daraus an ſich, um ihren Leib zu bauen; das Thier verbindet den Sauerſtoff mit Kohlenſtoff des eignen Leibes und giebt dieſe Verbindung in Gasgeſtalt von ſich, um ſich eines verbrauchten Stoffes zu entledigen. Beides aber iſt zur Unterhaltung des Lebens beider nöthig.

Nach Allem wird es freilich immer möglich bleiben zu ſagen: ja, damit der Menſch Holz haben könne, mußte der Baum erſt wachſen und ſich fortpflanzen, und damit der Menſch Brod haben könne, mußte das Korn blühen und Früchte tragen, und damit der Menſch die Luft immer rein zum Athmen fände, mußte das Kraut darin ergrünen. Aber es wird immer eben ſo möglich bleiben, es umzukehren und zu ſagen, damit der Baum, das Getreide, das Kraut wachſen, grünen, blühen, Früchte tragen konnten, mußte der Menſch und das Thier erſt den Dünger und die Kohlenſäure der Luft produciren, mußte der Menſch immer wieder das alte Holz verbrennen; mußten Menſch und Thier ſo wachſen und ſich nähren, daß ſie dieß alles im Leben thun, und noch im Tode ſo geeignete Verweſungsproducte für die Pflanzen liefern konnten. Nun würde es freilich jeder höchſt thöricht finden, im Ernſt zu glauben, daß die ſchöne und kunſtvolle Einrichtung des Menſchen und Thieres nur dazu da ſei, daß ihre Abfälle, Neben- und Zerſtörungsproducte den Pflanzen zu Gute kommen; aber ſieht man denn nicht, daß es ganz eben ſo thöricht iſt zu glauben, daß die Pflanzen ſo ſchön und kunſtvoll eingerichtet und gebaut ſind blos deßhalb, damit die Abfälle, Neben- und Zerſtörungsproducte dieſes ſchönen Baues umgekehrt den Thieren zu Gute kommen, zumal da weit der meiſte Nutzen derſelben in Zerſtörungsproducten liegt. In der That aber iſt dieß die Betrachtungsweiſe, mit der wir uns gewöhnlich zufrieden geſtellt halten. Der Weinſtock iſt dazu da, damit wir ſeine Trauben zerquetſchen; der Baum dazu da, daß wir ihn in Scheite zerhacken und in den Ofen ſtecken, der Kohl dazu da, daß ihn die Raupe frißt und wir ihn kochen. Oder wollen wir auf den äſthetiſchen Eindruck, den uns die Pflanzen doch lebend machen, noch viel Gewicht legen? Die Pflanzen erfreuen ja doch auch lebendig durch ihr Grünen und Blühen das Auge des Menſchen. Aber wie viele Pflanzen vergehen, ohne überhaupt einen Eindruck auf ein menſchliches Auge zu machen; und bevor der Menſch auf der Erde entſtand, waren ſchon viele Jahrtauſende durch Pflanzen auf der Erde gewachſen, deren Grün ſicher kein äſthetiſches Gefühl in den Mammuths und Hölenbären erweckte. Und für was anderes erklärt man hiermit die Pflanzen als für geputzte Leichen oder übertünchte Gräber, indem man ihrer lebendigen äußern Erſcheinung noch den Zweck beilegt, uns durch äußern Putz zu erfreuen, indeß ihr ganzer Inhalt nur der Zerſtörung geweiht ſei? Dieſe Betrachtungsweiſe erſcheint mir ſo ſinnlos, daß ich um ihretwillen allein die Pflanze nicht ſeelenlos halten möchte: auch iſt unſer natürliches Gefühl weit entfernt, darin einzuſtimmen, wie ſchon mehrfach erörtert.

Meint der Menſch, indem er ſich cultivirt, die ganze Welt habe nichts weiter zu thun gehabt, als hierzu mitzuwirken, ſo hat er freilich in gewiſſer Beziehung Recht. Aber die Roſe, Georgine, die im Laufe dieſer Cultur-Entwickelung aus einem rohen einfachen Gewächs zu einer herrlichen prangenden Blume in tauſend Varietäten erwachſen iſt, hat wohl eben ſo recht, wenn ſie meint, Alles und der Menſch ſelbſt habe ſich hierbei nur um ihre Cultur-Entwickelung gedreht; ohne den Menſchen hätte es doch nie zu ſo ſchöner Fülle, ſo reicher Abwechſelung bei ihr kommen können; der Menſch mußte ſich cultiviren, um ſie zu cultiviren. Auch das Korn des Feldes mag Recht haben, wenn es meint, es ſei Alles nur darauf abgeſehen geweſen, es zu ſeiner ſchön geordneten Geſellſchaft Aehren zu bringen; der Menſch nur ein von der Natur hergerichtetes Werkzeug, den Pflug zu führen und den Acker zu ſeinen Gunſten zu beſtellen, damit auf kleinſtem

Raum ſich die größte Zahl Aehren unbeirrt von fremden Eindringlingen erhalten könne. Ja wird nicht vielleicht auch der Menſch ſelbſt wieder von höhern Geiſtern ſo geſät und gezogen wie die Georgine und das Aehrenfeld; iſt nicht der Tod das Abbrechen einer Blume, eine Schlacht das Mähen eines Feldes?

Ich denke, es iſt mit Menſch und Thier und Pflanze nicht anders als mit Sonne, Erde und Mond. Der Mond erſcheint als das der Bedeutung nach Untergeordnetſte im Planetenſyſteme, wie die Pflanze im Syſteme unſrer irdiſchen organiſchen Welt. Aber wer auf dem Monde ſteht, ſieht doch die Erde und die Sonne ſich um den Mond drehen, erblickt ſich ſelber im Mittelpunct des Ganzen. Wer auf der Sonne ſteht, ſagt: du irrſt; du, ſammt der Erde drehſt dich um mich. Aber ſie irren beide, oder haben beide Recht, wie man will. Im Grunde dreht ſich jedes um das Andere, je nachdem man den Standpunct auf dem Einen oder dem Andern nimmt; auf abſolutem Standpuncte aber dreht ſich eins ſo wenig um das andre als das andre, ſondern Alles um den gemeinſchaftlichen Schwerpunct, der die Totalität des ganzen Syſtems repräſentirt. So dreht ſich alles Leben um Gott; aber Gott ſelbſt repräſentirt in ſeiner Einheit das Leben und Weben all ſeiner Geſchöpfe. Ein Schwerpunct iſt eben nichts ohne die Kraft, die alle Theile des Schweren gegen einander zieht.

Mancher gründet ſeinen Glauben an dereinſtige Fortdauer der Menſchenſeele darauf, daß Gott doch wohl den Menſchenleib nicht mit ſo außerordentlicher Kunſt gebaut und mit ſolcher ins Kleinſte gehenden Zweckmäßigkeit eingerichtet haben würde, wenn nicht zu Gunſten einer ewigen Seele; ſonderbar, wenn man meinen kann, er habe den Pflanzenleib mit ſo großer Sorgfalt und Zweckmäßigkeit zu Gunſten ſogar von gar keiner Seele eingerichtet.

XI. Beiſpiele aus der Teleologie der Pflanzenwelt.

Die niedlichſten zugleich und treffendſten Abweiſe, daß in der Stellung der Thier- und Pflanzenwelt gegen einander eine einſeitige Zweckrückſicht obgewaltet habe, gewährt unſtreitig das Verhältniß teleologiſcher Gegenſeitigkeit zwiſchen Inſecten und Pflanzen beim Befruchtungsgeſchäft der letztern*. Wen es nicht verdrießt, uns durch einiges Detail zu folgen, wird im Folgenden manchen intereſſanten Umſtand in Bezug darauf finden. Die Erörterung dieſes Materials kann nach allem ſchon im vorigen Abſchnitt Geſagten kurz ſein, bietet indeß doch auch noch manchen eigenthümlichen Geſichtspunct dar:

Bekanntlich beſteht die weſentlichſte Bedingung der Pflanzenbefruchtung darin, daß der Blumenſtaub (Pollen) aus den Staubbeuteln (Antheren), d. i. den Endtheilen der Staubfäden (Filamenten) auf die Narbe (Stigma), d. i. den Endtheil des Piſtills, gelange. Die Staubbeutel ſind aber immer in gewiſſer Entfernung von der Narbe angebracht*, auch finden in manchen Pflanzen noch beſondere Umſtände ſtatt, welche die Uebertragung des Blumenſtaubes auf die Narbe erſchweren. Um ſolche dennoch zu Stande zu bringen, hat nun die Natur mannigfache und merkwürdige Veranſtaltungen getroffen, worunter die Einrichtung der Inſtincte und Lebensart vieler Inſecten eine Hauptrolle ſpielt. Ueberall, wo das Befruchtungsgeſchäft durch die Pflanze ſelbſt vermöge des Bau's und der Stellung ihrer Theile nicht gehörig vollzogen werden könnte, ſind Inſecten bereit, Aushülfe zu leiſten, indem ſie durch ihre Bewegungen in der Blume die Uebertragung des Staubes von den Staubfäden auf die Narbe vermitteln. Nicht blos Bienen und Schmetterlinge, auch viele Käfer (aus den Gattungen Cetonia, Elater, Chrysomela, Curculio u. a.), Halbkäfer und Netzflüger betheiligen ſich hierbei.

---

* Vgl. beſonders über dieſen Gegenſtand: Conrad Sprengel, das entdeckte Geheimniß der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen. Berlin 1793.

---

* Am meiſten gilt dieß von den ſogenannten Monöciſten (einhäuſigen Pflanzen) und Diöciſten (zweihäuſigen Pflanzen), ſofern hier die Staubfäden und Piſtille in verſchiedenen (reſpectiv männlichen und weiblichen) Blüten enthalten ſind. Der Unterſchied beider liegt darin, daß bei den Monöciſten die männlichen und weiblichen Blüten ſich auf derſelben Pflanze, bei den Diöciſten gar auf verſchiedenen Pflanzen befinden. Zu den Monöciſten gehören u. a. Mais, Melone, Kürbiß, Ricinus, Lärche, Haſelnuß u. ſ. w., zu den Diöciſten Spinat, Hanf, Bingelkraut, Wachholder u. ſ. w.

Bei vielen Blumen helfen mehrere Arten Inſecten zur Befruchtung, z. B. bei den Schirmblumen, den Euphorbien; bei vielen aber verrichtet blos Eine Art Inſecten dieß Geſchäft „weil, wie ſich Conr. Sprengel ausdrückt, die übrigen entweder zu dumm ſind, um zu wiſſen, wo der Saft verſteckt iſt, und wie ſie zu demſelben gelangen können, oder, wenn ſie es wiſſen, entweder zu groß ſind, um in die Blume hineinkriechen zu können, oder zu klein, als daß ſie beim Hineinkriechen die Antheren und das Stigma berühren ſollten.“ So wird nach Sprengel Nigella arvensis blos von den Bienen befruchtet, Iris xiphium hingegen blos von Hummeln, beide auf eine ſehr beſtimmte Art. — In Penſylvanien leiſtet auch eine ſehr kleine Art von Colibri, Hummelvogel genannt, für die Befruchtung einiger Gewächſe den nämlichen Dienſt wie Inſecten, indem er ſich dem Nektar der Blumen nähert, in deren Röhren er ſeinen langen und ſpitzen Schnabel tief einſenkt, wobei er von einer Blume zur andern hin und wieder fliegt. (Kalm Reiſe in d. nörd. Amerika II. 354.)

Folgende Umſtände nun greifen merkwürdig in Betreff dieſer Zweckerfüllung in einander ein.

Um die Inſecten zu dem Beſuche zu veranlaſſen, ſind dieſen die Honiggefäße (Saftbehälter, Nectarien) beigegeben; auch haben manche Inſecten, wie die Bienen, den Inſtinct, Blumenſtaub ſelbſt einzuſammeln. Die Blumen ſchwitzen eben dann am meiſten Honigſaft aus, wenn ihre Staubfäden und Narben zum Beſtäubungsgeſchäft tüchtig ſind, wie Schkuhr (Handb. II. 84.) bei Tropaeolum, Delphinium, Helleborus und L. Ch. Treviranus (Phyſiol. II. 390.) bei Anemone, Chrysosplenium und Saxifraga ſpeciell beobachtet haben. Der Honigſaft findet ſich gemeiniglich am tiefſten, verſteckteſten Orte der Blume, ſo daß die Inſecten nicht zu ihm gelangen können, ohne beim Ein- und Auskriechen die Befruchtungstheile zu berühren und den Blumenſtaub auf die Narbe zu bringen. Durch kleine Härchen von geeigneter Stellung ſind die Nectarien gewöhnlich gegen den Regen und mithin die Verdünnung ihres Saftes geſchützt, ohne daß doch die Härchen den Inſecten den Zutritt verſperren. Eine klebrige Beſchaffenheit oder fadige Textur des Blumenſtaubes begünſtigt ſehr deſſen Anhängen am Körper der Inſecten. Andrerſeits findet man bei den auf Blumen lebenden Inſecten überall entweder eine pelzartige Behaarung des ganzen Körpers oder bürſtenartige Freßſpitzen, bürſtenartige oder pinſelartige Haarbüſchel an den Füßen, oder eine eigenthümliche Organiſation gewiſſer Theile, zum Zweck, den Blumenſtaub leichter abzuſtreifen. Man betrachte z. B. den behaarten dicken Körper der Bienen und Hummeln und anderer bienenartigen Inſecten und zugleich die Heftigkeit. womit ſie ſich in den Blumen bewegen. Bei den Nymphen unter den Tagſchmetterlingen, die am öfterſten Blumen beſuchen, aber nicht lange auf ihnen verweilen, findet man ſtatt ausgebildeter Vorderfüße, pinſelförmige Putzpfoten, deren thätige Bewegung, während der Schmetterling auf der Blume ſitzt, leicht den Erfolg hat, den an ſeiner behaarten Bruſt hängen bleibenden Blumenſtaub abzuputzen, ſo daß er wieder auf die Blume fällt. Nicht ohne Abſicht iſt auch der Umſtand, den ſchon Ariſtoteles bemerkt und neuere Beobachter beſtätigen (Mittheil. der k. k. ſchleſ. Geſellſch. 1823. 174.), daß die Bienen bei ihren Ausflügen gemeiniglich nur eine Art Blumen beſuchen; wobei der Blumenſtaub leicht ſelbſt zwiſchen verſchiedenen, aber doch, wie es zum Zweck der Befruchtung nöthig, gleichartigen Pflanzen übertragen werden kann.

Als unterſtützend kann man anführen, daß durch die eigenthümliche Farbe, theilweis auch den Geruch der Blumen und das entwickelte Geſichtsorgan der Inſecten den letztern das Finden der erſtern erleichtet wird. Oft ſind auch die Wege zu den Nectarien noch durch beſtimmtere Färbungen (Saftmale) an den Blumenblättern wie durch Wegweiſer beſonders angezeigt. Ich glaube zwar kaum, daß dieſer Umſtand und manches Andere ſo großes Gewicht hat, als ihm Conr. Sprengel in ſeinem entdeckten Geheimniß der Natur beilegt, doch hat deſſen Darſtellung dieſes Gegenſtandes ſchon wegen der Liebe, mit der er ihn auffaßt, ihr Intereſſe.

Er ſagt darüber (S. 15. ſeiner Schrift) Folgendes: „Wenn ein Inſect, durch die Schönheit der Krone oder durch den angenehmen Geruch einer Blume gelockt, ſich auf dieſelbe begeben hat, ſo wird es entweder den Saft ſogleich gewahr, oder nicht, weil dieſer ſich an einem verborgenen Orte befindet. Im letztern Falle kömmt ihm die Natur durch das Saftmal zu Hülfe. Dieſes beſteht aus einem oder mehreren Flecken, Linien, Düpfeln oder Figuren von einer andern Farbe, als die Krone überhaupt hat, und ſticht folglich gegen die Farbe der Krone ſchwächer oder ſtärker ab. Es befindet ſich jederzeit da, wo die Inſecten hineinkriechen müſſen, wenn ſie zum Saft gelangen wollen. Reguläre Blumen haben ein reguläres, irreguläre ein irreguläres Saftmal. Wenn der Safthälter von der Oeffnung, durch welche die Inſecten hineinkriechen, entfernt iſt, ſo zieht ſich das Saftmal, welches vor der Oeffnung anfängt, durch dieſelbe hindurch bis zum Safthalter, dient alſo den Inſecten zu einem ſichern Wegweiſer. Hat eine Blume mehrere Eingänge zum Safthalter, ſo hat ſie auch eben ſo viele Saftmäler. Wenn eine Blume mehrere Safthalter hat, welche rings herum um den Fruchtknoten ſtehen, oder zwar nur Einen, welcher aber in der Geſtalt eines Ringes den Fruchtknoten umgiebt, und deſſen Saft das Inſect nicht anders verzehren kann, als wenn es im Kreiſe um denſelben herumläuft und ſeinen Saugrüſſel öfters hineinſteckt; ſo hat das Saftmal eine ringförmige Geſtalt, und führt das Inſect im Kreiſe herum.“

„Bei Gelegenheit des Saftmals muß ich von der Verſchiedenheit der Saftblumen reden, welche auf der Tageszeit, in welcher ſie blühen, beruht. So wie es Inſecten giebt, die blos bei Tage umherſchwärmen, und ſolche, die blos des Nachts ihrer Nahrung nachgehen, eben ſo giebt es auch Tagesblumen und Nachtblumen.“

„Die Tagesblumen brechen des Morgens auf. Viele von denſelben ſchließen ſich des Abends, oder ſenken ſich, da ſie am Tage aufrecht ſtanden, oder es geht eine andere Veränderung mit ihnen vor, woraus man ſchließen kann, daß ſie nur für Tagesinſecten beſtimmt ſind. Manche ſchließen ſich am erſten Abend und öffnen ſich am folgenden Morgen nicht wieder, blühen alſo nur Einen Tag; die mehrſten blühen mehrere Tage.“

„Die Tagesblumen ſind mit einem Saftmal geziert, obgleich nicht alle.“

„Die Nachtblumen brechen des Abends auf. Bei Tage ſind die mehrſten von denſelben geſchloſſen, oder welk und unanſehnlich, woraus erhellt, daß ſie für Tagesinſecten nicht beſtimmt ſind. Manche blühen mehrere Nächte; die gemeine Nachtkerze (Oenothera biennis) blüht zwei Nächte.“

„Die Nachtblumen haben eine große und hellgefärbte Krone, damit ſie in der Dunkelheit der Nacht den Inſecten in die Augen fallen. Iſt ihre Krone unanſehnlich, ſo wird dieſer Mangel durch einen ſtarken Geruch erſetzt. Ein Saftmal hingegen findet bei ihnen nicht ſtatt. Denn hätte z. B. die weiße Krone einer Nachtblume ein Saftmal von einer andern, aber auch hellen, Farbe, ſo würde daſſelbe in der Dunkelheit der Nacht gegen die Farbe der Krone nicht abſtechen, folglich ohne Nutzen ſein.

Hätte ſie aber ein dunkel gefärbtes Saftmal, ſo würde dieß nicht in die Augen fallen, folglich eben ſo unnütz ſein als jenes.“

Faſt komiſch naiv erſcheint das Examen, was der Verfaſſer über die Zweckeinrichtungen bei Nigella arvensis mit ſich ſelbſt anſtellt (S. 285 f. Schrift), wobei er die kleinſten Kleinigkeiten teleologiſch zu deuten ſucht. Er fragt u. a. „Warum iſt endlich die Blume gerade ſo groß, als ſie iſt, nicht größer, nicht kleiner? Antwort: Weil die Natur wollte, daß ſie blos von den Bienen befruchtet werden ſollte, folglich gleichſam das Maß zu derſelben von dem Körper der Biene nehmen müßte. Wäre die Blume im Durchmeſſer noch einmal ſo groß, ſo ſtünden auch die Antheren und die Stigmate noch einmal ſo hoch, und die Bienen würden unter denſelben herumlaufen, ohne ſie zu berühren. Wäre ſie aber halb ſo groß, ſo ſtünden auch die Antheren und die Stigmate halb ſo hoch, und die Bienen würden ſie nicht auf eine zweckmäßige Art berühren. In beiden Fällen würde alſo die Befruchtung unmöglich oder höchſt mißlich ſein. Gerade ſo groß mußte die Blume ſein, daß die Bienen zwar beinahe, aber nicht ganz ungehindert unter den Antheren und den Stigmaten herumlaufen können. Daß die Natur dieſe Blumen blos für die Bienen beſtimmt habe, und ſie blos von ihnen befruchten laſſe, iſt höchſt wahrſcheinlich. Ich habe mich oftmals auf den Acker, auf welchem die Pflanze wächſt, bei ſchönem Wetter hinbegeben, aber niemals andere Inſecten auf den Blumen geſehen als Bienen.“

„Stapelia hirsuta, ſagt er S. 148, ſtinkt blos deßwegen wie Luder, damit die Fleiſch- und Luderfliegen, denen dieſer Geruch höchſt lieblich iſt, dieſelbe beſuchen und befruchten. Bienen und Hummeln werden dieſelbe gewiß nicht beſuchen, weil ſie einen ſolchen Geruch verabſcheuen.“

Hier noch einige ſpecielle Angaben über die bei der Lage der Nectarien genommenen Zweckrückſichten nach Reichenbachs Schriftchen über die Erhaltung der Welt (S. 27):

„Betrachten wir die höchſt einfach gebildeten Honiggrübchen und Honigſchuppen bei den Ranunkeln; die Blumen liegen offen ausgebreitet, und der Zutritt der Inſecten iſt leicht; allein die Grübchen ſelbſt liegen tief an der Baſis der Blätter der

Blume, da wo ſich die Staubfäden über ſie hinbeugen. Den Ranunkeln ſind Inſecten angewieſen aus der Abtheilung der Käfer mit halben Flügeldecken; die kleinſten Staphylinen, Anthophagen, Omalien, ferner die kleinſten Schmetterlinge, die es giebt, aus der Familie der Motten, goldglänzende Oecophoren und im Kleinen prachtvolle Adelen. Während dieſe kleinen Geſchöpfe die Honiggrübchen aufſuchen, heben ſie die Staubfäden in die Höhe, ſo daß deren Staubbeutel die in der Mitte ausgebreiteten Narben berühren, übrigens bleiben ſie auch in der Blume, wenn ſie ſich ſchließt, und ſitzen dann unmittelbar auf den Staubbeuteln und Narben, oft ſo häufig, daß ſie die ganze Blume ausfüllen. Bei den Doldengewächſen ſind die Nectarien drüſiger Natur, nicht ſehr verborgen liegend, und ihre Blumen in eine Ebene geſtellt, ſo daß von einem mäßig großen Körper viele zugleich berührt werden können, daher ſetzen ſich hier ſchon größere Inſecten, langfüßige Lepturen, Bienen mit haarigem Körper, und bienenähnlich gebildete Käfer, die, am ganzen Körper gleich einer Bürſte behaart, auf einen großen Theil Blumen einer Dolde zugleich einwirken; daher ſind die Blumenblättchen klein und liegen flach, die Narben und Staubbeutel aber ſind lang und ragen hervor über die Fläche. Wo die Nectarien aber mehr verborgen ſind, da iſt auch der Bau der Blumen den Inſecten angemeſſen, deren Körper mit ihnen in Berührung kommen ſoll. Die Lippenblumen ſowie Röhrenblumen haben ihre Honiggefäße ebenfalls tief im Grunde, an der Baſis ihrer Röhre, die Staubgefäße ſitzen an der innern Wand derſelben an, und die Staubbeutel kommen dahin zu liegen, wo ſich die Röhre erweitert, und dadurch wird es möglich, daß die beſonders am Vordertheil ihres Körpers behaarten Inſecten mit ihrer Zunge die Nectarien berühren, während ihr pelzbedecktes Bruſtſtück den Samenſtaub abſtreift von den Staubbeuteln, und bei dem Herauskriechen auf das darum höher geſtellte Stigma bringt. Hierdurch iſt es auch möglich, daß ſelbſt die Bombylien, die dieſe Arten von Blumen, die Primeln, Pulmonarien, Lamien und ähnliche beſuchen, während ſie vor der Blume ſchwebend, ohne ſich auf ſie zu ſetzen, den Honig ausſaugen, die Begattung befördern."

Zwar, wie es auch ſonſt die Gewohnheit der Natur iſt, ſich nicht auf ein Mittel allein zu verlaſſen, und unter mehrern Mitteln zu demſelben Zweck nur bald dieß bald jenes vorwalten zu laſſen, iſt die Befruchtung bei den meiſten Pflanzen auch ohne Mithülfe von Inſecten nach der übrigen Einrichtung möglich; doch bleibt dieſe Mithülfe überall nützlich, und für manche, bei denen eben das Hauptgewicht auf dieß Mittel gelegt iſt, wirklich weſentlich. Manche ausländiſche Blumen bleiben daher bei uns unbefruchtet, weil ſie aus der ſüdlichen Hemiſphäre zu uns gelangt ſind, und nun ihre Zeit des Blühens, welches unſre Winterzeit iſt, noch in unſern Gewächshäuſern einhalten, wo es dann keine Inſecten giebt, welche zu ihrer Befruchtung helfen könnten. Manche mögen auch in ihrem Vaterlande von einem Inſecte befruchtet werden, welches ſich in unſern Gegenden nicht aufhält. (C. Sprengel, entd. Geh. S. 44.). Selbſt bei einheimiſchen Gewächſen kann man hieher gehörige Beobachtungen machen. So bemerken aufmerkſame Gärtner, daß in Melonen- und Gurkenbeeten, die man geſchloſſen hält, nicht wohl Früchte anſetzen, weil die Inſecten abgehalten werden und der ſchwere Blumenſtaub nicht für ſich auf die Narbe gelangen kann. Auch bei den Irisarten, Malvaceen, dem Hollunder (Sambucus), Veilchen (Viola odor.), der Miſtel, Abroma augustum, den Oſterluzei-Arten (Aristol. clem. und sipho) ſoll die Befruchtung nur mit Hülfe von Inſecten geſchehen können. (Kölreuter, vorläuf. Nachr. 21..32. Zweite Fortſ. 70.). Insbeſondere aber ſind hieher die Aſklepiadeen und Orchideen zu rechnen.

Ich theile hierüber folgende Angabe von Schleiden mit: „Beſonders in den beiden großen Pflanzenfamilien, den Asklepiadeen, denen die ſyriſche Seidenpflanze angehört, und den Orchideen, die mit ihren prachtvollen, bunten Schmetterlingen und wunderlich gebauten Inſekten gleichenden Blüten die feuchtwarmen Schatten der Tropenwälder ſchmücken — bei dieſen beiden Pflanzengruppen beſonders zeigt ſich das entſchiedene Eingreifen der Inſecten zur Vermehrung der Pflanzen, bei ihnen iſt der Blütenſtaub jedes Staubbeutels durch einen Vogelleim ähnlichen Stoff zu einer Maſſe zuſammengeklebt und hängt ſich den ſuchenden Inſecten ſo feſt an, daß ſie ihn nicht abwerfen können. Die Honigbehälter ſind in einer Weiſe an den Blumen angebracht, daß das Inſect, um zu denſelben zu gelangen, nothwendig eng an der Narbe vorbei ſtreifen muß, und ſo wird der Pollen an ſeinen Ort gebracht. Oft ſieht man auf der Seidenpflanze Fliegen umherkriechen, die eine große Anzahl ſolcher keulenförmiger Pollenmaſſen an den Beinen hängen haben, und in einigen Gegenden kennen die Bienenväter eine eigne Krankheit ihrer fleißigen Thierchen, die Keulenkrankheit, die in nichts Anderem beſteht, als daß ſich ſo viele Blütenſtaubmaſſen der Orchideen an die Stirne der Bienen feſtgeheftet haben, daß ihnen das Fliegen unmöglich wird und ſie darüber zu Grunde gehen.“ (Schleiden, die Pflanze. S. 70.).

Bei einigen Blumen geſtaltet ſich der Vorgang noch in ganz beſonders merkwürdiger Weiſe; ſo bei der Oſterluzei (Aristolochia clematitis). Hier iſt die Blume eine unten bauchige, oberwärts anfangs engere, dann gegen den ſtumpf zungenförmigen Rand der Mündung zu wieder weitere Röhre, welche vor der Befruchtung inwendig mit Härchen beſetzt iſt, die alle abwärts gerichtet ſind. Die Staubbeutel ſitzen ohne Staubfäden unterhalb des Fruchtknotens, und von ſelbſt könnte von ihnen aus kein Saamenſtaub auf die Narbe kommen. Nach Conr. Sprengel kriechen aber, ſobald die

Blume ſich geöffnet hat, kleine Schnaken mit gefiederten Fühlhörnern (Tipula pennicornis) in die Blumenröhre; die abwärts gerichteten Haare verſperren ihnen dabei den Rückweg. So ſchwärmen ſie in dem bauchigen Theile der Röhre herum, bis ſie dabei mit ihren gefiederten Fühlhörnern den Saamenſtaub von den Staubbeuteln abgeſtreift und auf die Narbe gebracht haben. Oft erſcheinen ſie davon ganz gepudert, wenn man die Blumen bei Zeiten aufſchneidet. Kaum iſt die Befruchtung geſchehen, ſo hört der Trieb des Saftes gegen die Blumenkrone auf, die Haare vertrocknen und fallen ab, und die kleinen Fliegen ſind wieder aus ihrem Gefängniſſe erlöſt.

Man überlege ernſtlich dieſen Fall; kann man wirklich glauben, daß empfindende Geſchöpfe hier zu Gunſten von empfindungsloſen eingefangen werden, um ſo lange eingeſperrt zu bleiben, bis ſie ihren Zweck für letztere erfüllt?

Bei der Gattung Eupomatia iſt alle Verbindung zwiſchen Staubbeuteln und Narbe durch die innern unfruchtbaren blumenblattartigen Staubfäden aufgehoben, ſie wird aber hergeſtellt durch Inſecten, welche jene verzehren, die vollkommnen Staubfäden aber unverletzt laſſen. (R. Brown verm. bot. Schr. I. 140.).

Die Einrichtung der reizbaren Staubfäden von Berberis (S. 173.) iſt unſtreitig darauf berechnet, daß durch Berührung von Inſecten oder dergl. die Staubfäden veranlaßt werden, ſich zum Piſtill zu bewegen. In andrer Weiſe dient die, ebenfalls leicht durch Inſecten zu veranlaſſende, Reizbewegung der Genitalienſäule von Stylidium oder des Griffels von Goldfussia dem Zwecke (S. 187. 188.). Bei Stylidium entfernen ſich die auf der Genitalienſäule aufſitzenden Antheren im Zuſtande der Reife von der Narbe, ſtatt ſich ihr zu nähern, und ſchütten ihren Pollen auf gewiſſe Haare aus, die auf dem Gipfel der Säule reichlich wachſen, aber im niedergebogenen Zuſtande der Säule ſich unter der Narbe befinden. Schnellt nun die Säule durch Berührung eines Inſects oder dergl. in die Höhe, ſo kann nicht nur hierdurch der Staub leicht von den Haaren auf die Narbe geſchleudert werden, ſondern die Haare befinden ſich auch nachher in günſtiger Stellung, den Blumenſtaub von oben auf die Narbe fallen zu laſſen (Morren in Mém. de l'acad. de Brux. 1838.). Bei Goldfussia dient die Bewegung des Griffels dazu, die Narbe mit gewiſſen Haaren der Corolle in Berührung zu bringen, auf welche der Pollen der gegen die Narbe an ſich ungünſtig geſtellten Antheren theils von ſelbſt fällt, theils durch Inſecten gebracht wird. Morren ſahe oft kleine Ameiſen in dieſe Blumen dringen, Pollen auf die Haare bringen und die Bewegung des Griffels verurſachen (ebendaſ. 1839. S. 17.). Die Beziehung der Reizbewegung zur Geſchlechtsfunction zeigt ſich bei beiden Pflanzen auch namentlich darin deutlich, daß die Reizbarkeit nur während der Zeit derſelben beſteht (S. 187.).

Eine eben ſolche Gleichſtellung der Pflanzen mit den Thieren als in ihren gegenſeitigen teleologiſchen Beziehungen finden wir in den eigenthümlichen zweckmäßigen Einrichtungen der Pflanzen für ſich wieder. Es iſt in dieſer Beziehung für die Erhaltung und Vermehrung der Pflanzen ganz ebenſo als für die der Thiere geſorgt. Der Umſtand ſelbſt, daß die Thiere einerſeits zwar als eine Mithülfe, andrerſeits aber auch nur als eine Mithülfe, die ſogar unter Umſtänden ſehr zurücktritt, beim Fortpflanzungsproceſſe der Pflanzen in's Spiel treten, weiſt auf eine ſelbſtſtändige Bedeutung dieſes Proceſſes für die Pflanzen hin. Unter mehrern Mitteln, den genannten Zweck zu erfüllen, ſind die Thiere nur eben auch eins. Und die andern Mittel zu demſelben Zweck ſind zum Theil nicht minder ſinnreich angeordnet als die Mithülfe der Inſecten. All das aber würde den Charakter einer leeren Spielerei annehmen, wenn man der Pflanze keine andere Bedeutung beilegen wollte als nur fremden Zwecken zu dienen.

Zwar könnte jemand ſagen: bleibt es nicht doch in jedem Falle leere Spielerei? Iſt nicht alles, was wir hierbei zweckmäßig nennen, doch eigentlich nur die halbe Verbeſſerung einer ganzen Unzweckmäßigkeit, die um ſo größer ſein mußte, je künſtlicherer Mittel es bedurfte, ſie zu beſeitigen? Wäre es nicht am einfachſten und hiermit zweckmäßigſten geweſen, ſofern die Beſtäubung der Narbe des Piſtills zur Befruchtung einmal nöthig, den Blumenſtaub gleich auf der Narbe oder unmittelbar in ihrer Nähe wachſen zu laſſen, ſtatt ihn in abgeſonderten Staubbeuteln anzubringen, und oft ſogar die Schwierigkeiten der Uebertragung zu häufen, um dann erſt beſonderer Hülfsmittel benöthigt zu ſein, ſie dennoch zu Stande zu bringen?

Wer ſo ſpricht, beweiſt, daß er überhaupt den Geiſt der Teleologie der Natur ſchlecht gefaßt hat. Ganz ebenſo könnte man ja ſagen: wäre es nicht am einfachſten und hiermit zweckmäßigſten geweſen, daß uns die Natur die Aepfel in den Mund wachſen ließe, ſtatt daß ſie uns erſt Hände gab, ſie aus der Ferne zu langen; oder uns die Häuſer fertig hinſetzte, ſtatt uns erſt mit Sinnen und Verſtand zu verſehen, um ſie uns ſelber zu bauen? Warum ließ ſie uns überhaupt etwas übrig ſelber zu thun? Die Antwort iſt die, weil eben im Erſehnen und Erſtreben von alle dem, was uns nicht gleich fertig zugeworfen wird, ſich unſre Seele fühlend und ſtrebend äußert und äußern ſoll; und ſo Vielerlei es giebt, was wir haben müſſen, ohne es noch zu haben, ſo viele Weiſen des Fühlens und Strebens der Seele werden möglich. Durch dieſe Betrachtung und durch ſie allein erhalten die mannigfaltigen Mittel, welche die Natur angewandt hat, den Zweck der Befruchtung bei den Pflanzen in die Ferne zu rücken, und doch durch Zwiſchenwirkungen erreichen zu laſſen, eine vernünftige Deutung; werden aber auch zugleich hiermit beweiſend für das Walten einer Seele in den Pflanzen; denn iſt keine Seele in den Pflanzen thätig, ſo iſt in der That jenes Verſchieben und dann doch künſtliche Erreichen der Zweckerfüllung ganz ohne Sinn und Ernſt; haben ſie aber Seele, ſo wird jede andere Art der Verſchiebung und nachherigen Erreichung des Zweckes auch ein anders gefühltes Bedürfniß und ein anderes Spiel der Befriedigung für die Seele anzeigen.

Aus dieſem allgemeinen Geſichtspuncte werden uns die folgenden Beiſpiele bedeutungsvoller werden; wobei freilich nicht verlangt werden kann, daß wir dieſe Bedeutung derſelben für das Pſychiſche auch im Einzelnen näher angeben können.

Im Allgemeinen ſehen wir, daß unter Umſtänden die Pflanze ſich bei der Zweckerfüllung mehr paſſiv verhält, unter andern mehr ſelbſtthätig mitwirkt; ähnlich wie bei Befriedigung der Bedürfniſſe der Menſchen Glück und Geſchick in verſchiedenem Verhältniß Antheil haben. Glück ſchließt Zufall ein; aber zufällig regnet es zum Gedeihen jeder Ernte.

Wind und Schwere ſind auf ſolche Weiſe in Rechnung genommen, daß ſie der Narbe den Blumenſtaub zuwerfen müſſen. Der Erfolg kann zum Theil verfehlt werden; aber wenn auch nicht aller Blumenſtaub auf die Narbe gelangt, ſo iſt dafür deſſen in ſolcher Genüge vorhanden, daß dieß auch nicht nöthig, ja wohl ſelbſt wider den Zweck ſein möchte.

Bei Hibiscus Trionum zählte Kölreuter 4863 Pollenkörner in einer Blume, von denen in der beſten Jahreszeit 50 bis 60 zur Befruchtung hinreichten. Bei Mirabilis Jalappa betrug von ſämmtlichen 5 Antheren der Pollen 293 Körner, bei M. longiflora 321; in beiden Fällen aber waren zu einer vollkommenen Befruchtung 2 bis 3 Pollenkörner hinreichend.

Die Wirkung der Schwere findet man in folgender Weiſe in Anſpruch genommen. Bei aufrechtſtehenden Blumen iſt das Piſtill gewöhnlich ſo kurz, bei hängenden Blumen dagegen ſo lang in Verhältniß zu den Staubfäden, daß die Staubbeutel den Blumenſtaub im einen wie im andern Falle von Oben auf die (erforderlichen Falls etwas umgeſchlagene) Narbe ausſchütten müſſen. Zwar iſt es nicht überall ſo; doch befolgt die Natur gern dieß Verhältniß. Recht ſchön zeigen u. a. die Aloëarten, welche zu den Pflanzen gehören, wo das

Piſtill die Staubfäden überragt, die Benutzung dieſes Mittels. Bei ihnen ſteht die Blume vor dem Aufblühen ſo wie nach dem Verblühen in die Höhe, hängt aber gerade zur Zeit der Befruchtung über. Aehnliches findet man auch bei Aſperifolien, wie Cerinthe, Borrago, Symphytum, Onosma, Pulmonaria, bei vielen Liliaceen, z. B. Galanthus, Erythronium, Lilium, Hemerocallis, Fritillaria, Convallaria u. A.

Dieſelbe Bedeutung hat es, wenn, wie häufig bei einhäuſigen Pflanzen, die männlichen Blumen an dem obern Ende der Aehre ſtehen, wie z. B. bei der Gattung Arum, oder die männlichen Aehren (Kätzchen) ſich oberhalb der weiblichen befinden, wie beim Seggen (Carex), Rohrkolben (Typha) u. a.

Daß der Wind am Befruchtungsgeſchäft Antheil nimmt, wird man nicht bezweifeln, wenn man ſich erinnert, wie er oft in ungeheurer Menge Blütenſtaub fortführt, der ſich bei plötzlichem Regen dann im ſogenannten Schwefelregen niederſchlägt. Bei vielen Pflanzen wird die Uebertragung durch Wind oder Inſecten noch dadurch erleichtert, daß die Blumen zu einem Blütenkopfe, einer Aehre oder Dolde nachbarlich zuſammengeſtellt ſind. So wird unterwegs nicht zu viel Blütenſtaub verloren.

Blühende Kornfelder ſieht man bei Sonnenaufgang, wenn ein gelinder Wind weht, in einen dünnen Nebel gehüllt, d. i. den Blütenſtaub der aufgebrochenen Blumen, welcher durch das Zuſammenſchlagen der Aehren aus ſeinen Behältniſſen getrieben, dieſe Erſcheinung verurſacht. Auch wollen aufmerkſame Landwirthe wahrgenommen haben, daß das Getreide nicht reichlicher Frucht anſetzt, nicht vollere Körner bildet, als wenn zur Blütezeit ein lebhafter Wind weht. Kiefer, Taxbäume, Wachholder- und Haſelſträucher, Pappeln, Weiden, wenn ſie, mit ſtäubenden

Kätzchen beladen, geſchüttelt oder durch den Wind bewegt werden, erfüllen die Luft mit einer Staubwolke, welche der leiſeſte Wind fortführt. Beſonders wichtig wird die Hülfe des Windes bei Monöciſten und (noch mehr bei) Diöciſten, bei deren erſtern erwähntermaßen die männlichen Theile von den weiblichen getrennt auf derſelben Pflanze, bei letztern gar auf verſchiedenen Pflanzen ſich befinden. In einem von Treviranus mit Mercurialis perennis angeſtellten Verſuche bildete ſich keine Frucht, wenn die weiblichen Individuen 220 Schritt von den männlichen entfernt und überdieß durch Gebäude und Gebüſch von ihnen getrennt waren; hingegen erfolgte ſie, wenn die Entfernung nur 30 Fuß betrug. (Aehnliches beobachtete Juſſieu an 2 Piſtazienbäumen). In den Verſuchen von Spallanzani wurden ſämmtliche Ovarien der Mercurialis annua befruchtet, wenn die weibliche Pflanze ſich dicht neben der männlichen befand, weniger, wenn ſie etwas von ihr entfernt war, und gar nicht in beträchtlicher Entfernung (Treviranus Phyſ. II. 391. 394.).

Da ſich der Wind als hülfreiches Element bei der Befruchtung erwieſen, ließ ſich daran denken, ob nicht auch das Waſſer von der Natur dazu benutzt werden. Und in der That, obwohl die Anwendung des Waſſers beſondere Schwierigkeiten mitführt, wovon wir ſpäter ſprechen werden, hat doch die Natur ſie in einigen Fällen zu überwinden gewußt; und ſo ſehen wir bei Ambrosinia den Regen der Befruchtung dienend, indem er, die Blütenſcheide füllend, den unterhalb der Narbe erzeugten Blumenſtaub zur rechten Höhe hebt; bei Vallisneria aber das Gewäſſer, worin die Pflanze wächſt, die männlichen Organe den weiblichen zuführend. Man ſieht, die Wirkung des Waſſers iſt von oben und von unten, in verticaler und horizontaler Richtung in Anſpruch genommen worden. Der Vorgang bei der Valliſnerie bietet auch ſonſt intereſſante Verhältniſſe dar, welche es der Mühe werth iſt kennen zu lernen.

„Die Spatha von Ambrosinia iſt kahnförmig geſtaltet und ſchwimmt ſo auf dem Waſſer. Durch den Kolben, deſſen flügelförmige Anhänge mit der Spatha bis auf ein kleines Loch verwachſen ſind, wird die Spatha in einen obern und untern Raum getheilt; im untern befinden ſich ausſchließlich die Antheren, im obern ein einziger Fruchtknoten. Der Pollen kann nun nicht anders zur Narbe gelangen, als daß Regen die untere und die halbe obere Kammer anfüllt, wodurch der ſchwimmende Pollen zum Niveau der Narbe gehoben wird und hier Schläuche treiben kann.“ (Schleiden, Grundz. II. 450.).

Die Vallisnerie iſt eine in den Buchten und Kanälen des ſüdlichen Europa wachſende Waſſerpflanze mit getrenntem Geſchlecht (Diöciſt), welche am Grunde der Gewäſſer lebt und mittelſt zahlreicher Wurzeln an den Boden befeſtigt iſt. Bei den weiblichen Individuen ſitzt die Blumenknospe auf einem langen, in der Jugend ſchraubenförmig gewundenen Stiele, der ſich aber nachmals ſtreckt, ſo daß die Blume ſich an der Oberfläche des Waſſers entfalten und ſo die Befruchtung über dem Waſſer vor ſich gehen kann. Nach der geſchehenen Befruchtung verkürzt ſich ihr Stiel wieder, indem er ſeine Schraubenwindungen von Neuem an einander legt. Hierdurch wird die junge Frucht auf den Grund des Waſſers zurückgebracht und bringt den Samen daſelbſt zur Reife.

Das Verhalten der männlichen Pflanze bei der Befruchtung der Vallisneria iſt früher etwas mährchenhaft ausgeſchmückt worden, und man findet ſolche Darſtellungen ſelbſt in neuern Schriften wiederholt „Die Blumen der männlichen Pflanze, heißt es, werden, ſo lange ſie wachſen, auf kurzen Stielen im Grunde des Waſſers zurückgehalten; zur Zeit der Reife ſondern ſie ſich aber ſelbſt von ihren Stielen ab, ſchwimmen auf die Oberfläche des Waſſers herauf, treiben auf ihr ſich öffnend umher, und beſtäuben die weiblichen Blüten, die ſie daſelſt treffen.“ (Autenrieth's Anſ. S. 254.). Es wird ſogar behauptet, daß dieſe Abſenderung der männlichen Blumen von den Stielen durch eine heftige Bewegung erfolge (Göthe's geſ. Werke. Bd. 55. S. 129.). Nach den neuern Unterſuchungen des Cuſtoden am botaniſchen Garten zu Mantua, Paolo Barbieri, iſt aber das wirkliche Verhalten folgendes: das männliche Individuum hat einen gerade aufſtrebenden Schaft, welcher, ſobald er die Oberfläche des Waſſers erreicht, an ſeiner Spitze eine vierblätterige (vielleicht dreiblätterige) Blütenſcheide bildet, worin die männlichen Befruchtungsorgane (Staubfäden) an einem kegelförmigen Kolben angeheftet ſitzen. Indem Kolben und Befruchtungsorgane wachſen, wird die Scheide unzureichend ſie zu umhüllen; ſie theilt ſich daher in vier Theile, und die Befruchtungsorgane, ſich von dem Kolben zu tauſenden ablöſend, verbreiten ſich ſchwimmend auf dem Waſſer, anzuſehen wie ſilberweiße Flocken, „welche ſich nach dem weiblichen Individuum gleichſam bemühen und beſtreben." Dieſes aber ſteigt aus dem Grunde des Waſſers, indem die Federkraft ſeines ſpiralen Stengels nachläßt, und eröffnet ſodann auf der Oberfläche eine dreigetheilte Krone, worin man drei Narben bemerkt. Die auf dem Waſſer ſchwimmenden Flocken ſtreuen ihren Staminalſtaub gegen jene Stigmen und befruchten ſie; iſt dieſes geleiſtet, ſo zieht ſich der Spiralſtengel des Weibchens unter das Waſſer zurück, wo nun die Samen, in einer cylindriſchen Capſel enthalten, zur endlichen Reife gelangen. (Göthe's geſ. Werke. Bd. 55. S. 127.). Das ſichtliche „Bemühen und Beſtreben" der männlichen Theile nach der weiblichen Blume hin möchte übrigens wohl auch nur in der Phantaſie des Beobachters gelegen haben. Ich glaube nicht, daß man zu den natürlichen Lebensäußerungen der Pflanze noch etwas zuzudichten braucht, um Seelenäußerungen an ihr anzuerkennen.

Auch bei Serpicula verticillata L., einem in den Gewäſſern von Oſtindien vorkommenden Pflänzchen mit getrennten Geſchlechtern, löſen die männlichen Blüten, wenn ſie dem Aufbrechen nahe ſind, aus den geöffneten Blütenſcheiden ſich ab und ſchwimmen zu den weiblichen, wobei ſie auf den Spitzen der zurückgeſchlagenen Kelche und Kronenblätter ruhen. (Roxb. Corom. II. 34. t, 164).

Ein ſelbſtthätiges Mitwirken der Pflanze zum Befruchtungsgeſchäft erfolgt theils mittelſt einer beſondern Weiſe, wie der Wachsthumsproceß von Statten geht, theils mittelſt freiwilliger Bewegungen der Befruchtungsorgane.

Bei manchen aufrechtſtehenden Blumen, wo die Narbe auf langem Griffel ſo hoch über den (oft trägerloſen) Antheren ſteht, daß die Befruchtung unmöglich ſcheint, öffnen ſich die Antheren ſchon, wenn die Blume noch Knoſpe, aber dem Aufbrechen nahe iſt. Dann liegen die geöffneten Antheren unmittelbar an der völlig entwickelten Narbe. Erſt nach dem Aufbrechen verlängert ſich der Griffel. So bei Protaceen, Campanulaceen, vielen Papilionaceen, den hermaphroditiſchen Blümchen der Syngeneſiſten, bei Nymphaea, Hypericum, Argemone, Papaver, Paeonia, Oenothera, Impatiens, Ocymum, Canna u. ſ. w. (Treviranus Phyſ. II. 378.)

Bei andern Pflanzen rücken die anfangs von einander entfernten Befruchtungsorgane durch das Wachsthum der Blütentheile allmälig ſo zuſammen, daß die Befruchtung möglich wird.

Die freiwillige Bewegung der Befruchtungsorgane anlangend, ſo ſind es am häufigſten die Staubfäden, welche ſich zur Zeit der Befruchtung allmälig zum Piſtill bewegen, auf die Narbe des Piſtills ihren Blumenſtaub ausſchütten und dann in ihre Lage zurückkehren. In andern Fällen wandert das Piſtill zu den Staubfäden; in noch andern ſuchen ſich beide wechſelſeitig auf. (Vrgl. darüber Treviranus Biol. III. 349. V. 204. Treviranus Phyſiol. d. Gewächſe II. 389.)

Zur erſten Claſſe, wo ſich die Staubfäden nach dem Piſtill hinbewegen, gehören: Cactus opuntia, Fritillaria persica, Hyoscyamus aureus, Polygonum orientale, Tamarix gallica, Ruta graveolens und chalepensis, Zygophyllum fabago, Sedum telephium und reflexum, Tropaeolum, Lilium superbum, Amaryllis formosissima, Pancratium maritimum, Parnassia palustris, Geum urbanum, Agrimonia eupatoria, verſchiedene Arten des Ranunculus und der Scrofularia, Rhus coriaria, Saxifraga tridactylites, Sax. muscoides, Sax. aizoon, Sax. granulata, Sax. cotyledon u. ſ. w.; Zur zweiten Claſſe, wo ſich das Piſtill zu den Staubfäden bewegt, gehören: Nigella sativa, Sida americana, Passiflora, Candollea, Hypericum, Oenothera, Hibiscus, Turnera ulmifolia u. ſ. w.; Zur dritten, wo wechſelſeitiges Aufſuchen ſtattfindet: Boerhavia diandra, ſämmtliche Arten der Malva, Lavatera, Althaea und Alcea (Treviranus).

Die Staubfäden einiger Pflanzen beobachten bei ihrem Hinbewegen zum Piſtill eine regelmäßige Folge: Bei Lilium superbum, Amaryllis formosissima und Pancratium maritimum nähern ſich die Staubbeutel nach einander der Narbe. Bei Fritillaria persica biegen ſie ſich wechſelweiſe nach dem Griffel hin. Bei Rhus coriaria heben ſich zwei oder drei Staubfäden zugleich hervor, beſchreiben einen Viertelkreis und bringen ihre Staubbeutel ganz nahe an die Narbe. Bei Saxifraga tridactilytes, muscoides, aizoon, granulata und cotyledon neigen ſich zwei Staubfäden von entgegengeſetzten Seiten über der Narbe gegen einander, und breiten ſich, nachdem ſie ihren Staub ausgeſtreut haben, wieder aus, um andern Platz zu machen. Bei Parnassia palustris bewegen ſich die männlichen Theile zu den weiblichen in der nämlichen Ordnung, in welcher der Saamenſtaub reift und zwar, wenn ſie ſich der Narbe nähern, ſchnell und auf einmal, wenn ſie ſich nach der Befruchtung von derſelben wieder entfernen, in drei Abſätzen. Bei Tropaeolum richtet ſich von den anfänglich abwärts gebogenen Staubfäden bei völligem Aufblühen einer nach dem andern in die Höhe und beugt ſich, nachdem die Anthere ihren Staub auf die Narbe hat fallen laſſen, wieder hinab, um einer andern Platz zu machen.

Zuletzt iſt die Natur klüger als wir. „Welches immer die Schwierigkeiten bei der Befruchtung ſein mögen (ſagt Treviranus), die Natur, wenn ſie nur in der Anwendung ihrer Mittel unbeſchränkt iſt, was freilich von cultivirten Gewächſen nicht gilt, weiß ſolche zu überwinden, entweder indem ſie eines derſelben in Anwendung ſetzt, oder indem ſie mehrere verbindet. Und ſo ſehen wir oft den Blütenſtaub, der ſich durch ſeine Form und Farbe verräth, auf der Narbe, ohne das Mittel angeben zu können, wodurch die Natur ihn dahin gebracht hat.“

Link ſahe bei Valeriana dioica alle Narben mit Pollen bedeckt, der nur durch den Wind oder durch Inſecten hergebracht ſein konnte. Bei Lilium martagon erlangen Staubfäden und Griffel erſt nach dem Oeffnen der Blume ihre Ausbildung und Reife. Die ſeitwärts gebogene Narbe iſt dann von den Staubbeuteln entfernt, und „dennoch, ſagt Treviranus, ſahe ich ſie bei 12 Blumen, die nach und nach unter meinen Augen ſich entwickelten, reichlich mit dem röthlichen Pollen bedeckt, ohne daß ich das Verfahren der Natur dabei hätte angeben können, indem ich niemals Inſecten geſchäftig ſahe, und die Pflanze durch ihren Stand vor dem Winde geſchützt war.“ Aehnliche Beobachtungen erzählen Kölreuter und Sprengel.

Außer dem Hauptzweck, die Berührung des Blumenſtaubes mit der Narbe zu vermitteln, finden ſich auch Nebenrückſichten, welche bei der Befruchtung in Betracht kommen können, auf oft ſehr merkwürdige Art durch beſondre Einrichtungen im Bau und Lebensproceß der Pflanzen befriedigt.

Der Blumenſtaub oder Pollen beſteht eigentlich aus kleinen, mit Flüſſigkeit gefüllten, Bläschen, welche, auf die Narbe des Piſtills gelangend, zu einem langen fadenförmigen Schlauche auswachſen, der durch die Länge des Piſtills durch bis in deſſen Höhle (Fruchtknotenhöhle) hineinwächſt und durch ſeinen flüſſigen Inhalt die Saamenknospe, die in jener Höhle innerlich anſitzt, befruchtet. Natürlich kann dieß nicht erfolgen, wenn die Pollenbläschen ſchon vorher geplatzt ſind und ſich ihres flüſſigen Inhalts entledigt haben. Die Gefahr dazu wird durch die Berührung mit Feuchtigkeit gegeben, indem die Pollenkörnchen geneigt ſind, ſolche einzuſaugen, davon anzuſchwellen und zu platzen; und ſowohl Thau und Regen als insbeſondere die natürliche Stellung vieler Waſſerpflanzen bringen ſolche Gefahr mit ſich. Hiergegen mag vielleicht der Pollen mancher Pflanzen durch einen waſſerabhaltenden, wachsartigen Ueberzug geſchützt ſein; da wir ja in gewiſſen Fällen das Waſſer ſelbſt beim Befruchtungsgeſchäfte haben hülfreich mitwirken ſehen; allein dieß iſt höchſtens eins der Mittel, die Gefahr zu beſeitigen. In andern Fällen kann die Gefahr gar nicht bis zum Pollen gelangen, indem ſich die Blume auf eine geeignete Weiſe gegen das Waſſer oder die Feuchtigkeit benimmt, oder ihr Wachsthum demgemäß einrichtet.

So ſchließen viele Pflanzen ihre Blumenkrone, wenn es regnen will; viele thun es auch Nachts, um dem Nachtthau zu entgehen, andere beugen bei einbrechender Nacht die Blumenſtielchen um, ſo daß die Mündung der Krone abwärts gekehrt iſt. Das gemeine Springkraut (Impatiens noli me tangere) verbirgt gar Nachts ſeine Blumen unter den Blättern (vgl. S. 166.). Bei vielen Blumen erfolgt die Befruchtung unter dem Schutze beſonderer Decken, ſo beim Weinſtock und den Rapunzelarten, den Schmetterlingsblumen, Lippenblumen, Kalyptranthes-Arten* u. ſ. w.;

---

* Beim **Weinſtock** und den **Rapunzelarten** (Phyteuma) bilden die mit ihren Spitzen verbundenen Blumenblätter

bei manchen Pflanzengattungen findet die Befruchtung ſchon in der noch nicht aufgebrochenen Blumenknoſpe ſtatt, z. B. den Glockenblumen und Schmetterlingsblumen, oder geſchieht im Augenblicke des Aufbrechens ſelbſt und dieſes erfolgt nur bei trockner Witterung. Nicht ſelten auch macht die Veränderung der Lage der Blumen durch den Wind, der gemeiniglich den Regen begleitet, daß dieſer nicht einzudringen vermag, wovon C. C. Sprengel im S. 215 angezeigten Buche eine anſchauliche Vorſtellung gegeben. Dringt deſſenungeachtet viele Feuchtigkeit zu den innern Blütentheilen, ſo ſchlägt die Befruchtung meiſt fehl; daher regnige Witterung von den Landwirthen beim Blühen des Obſtes und Korns ſo ungern geſehen wird.

Beſonders intereſſant aber ſind die Mittel, welche bei manchen Waſſerpflanzen angewendet werden, um die Befruchtung bei Ausſchluß des Waſſers zu vollziehen.

Die Waſſernuß, Trapa natans L., keimt am Boden des Waſſers und entwickelt ſich in der Jugend unter dieſem; ſobald aber die Blütezeit herannaht, ſo ſchwillt der Blattſtiel zu einer zelligen, mit Luft angefüllten Blaſe an. Dieſe blaſenförmigen Blattſtiele ſtehen zu einer Art Blattroſe genähert neben einander, und heben die Pflanze an die Oberfläche des Waſſers; das Blühen findet an der Luft ſtatt,

---

dieſe Decke; bei den Schmetterlingsblumen (Leguminosae) bildet ſie die Fahne (vexillum); bei den Labiaten (Labiatae) die Oberlippe der Blumenkrone, bei den Calyptranthes-Arten der deckelförmige Kelch u. ſ. w. (Decandolle Phyſ. II. S. 82.)

und ſowie die Blütezeit vorüber iſt, füllen ſich die Blaſen (unter Aufſaugung der Luft) wieder mit Waſſer und ſinkt die Pflanze wieder auf den Grund des Waſſers, woſelbſt ſie ihren Saamen zur Reiſe bringt. (Decand. II. 87.)

Die Utricularia-Arten bieten eine noch zuſammengeſetztere Einrichtung dar. Die Wurzeln oder vielmehr die untergetauchten Blätter dieſer Pflanzen ſind außerordentlich ſtark verzweigt und mit einer Menge kleiner rundlicher Schläuche (utriculi) beſetzt, die mit einer Art beweglichen Deckels verſehen ſind. Bei den jungen Utricularien ſind dieſe Schläuche mit einem Schleime angefüllt, der ſchwerer iſt als das Waſſer, und bleibt die Pflanze, durch dieſen Ballaſt zurückgehalten, am Grunde des Waſſers. Wenn nun die Blütezeit herannaht, ſondert die Pflanze Luft ab, welche in die Schläuche hineindringt und den Schleim hinaustreibt, indem der Deckel aufgehoben wird; wenn die Pflanze auf dieſe Weiſe mit einer Menge von Blaſen ausgerüſtet iſt, die mit Luft gefüllt ſind, ſo hebt ſie ſich langſam empor und ſchwimmt zuletzt an der Oberfläche des Waſſers, ſo daß das Blühen an der freien Luft vollzogen werden kann. Iſt die Blütezeit abgelaufen, ſo fängt die Wurzel wieder an, Schleim abzuſondern, und nimmt dieſer in den Schläuchen die Stelle der Luft ein; hierdurch wird die Pflanze ſchwerer, ſinkt auf den Boden des Waſſers, und bringt ihre Saamen an der nämlichen Stelle zur Reiſe, an welcher dieſelben wieder ausgeſtreut werden ſollen. (Decand. II. 87.)

Bei andern Waſſerpflanzen wird der Zweck einfacher dadurch erreicht, daß ſie nicht eher blühen, als bis ihre Stengel die Oberfläche des Waſſers erreicht haben; ſo z. B. die meiſten Potamogeton-Arten, die Münzen (Menthae), Waſſerſeggen (Carices aquaticae), Igelsköpfe (Sparganium) u. a.

Sogar unter Waſſer vermag bei manchen Pflanzen die Befruchtung doch geſchützt gegen das Waſſer vor ſich zu gehen.

Das Meergras (Zostera marina) z. B. iſt durch ſeine Wurzeln am Grunde des Meeres befeſtigt, und kann ſich nicht hinreichend verlängern, um an die Oberfläche des Waſſers zu gelangen; dafür blüht es aber auch in einer Blattfalte (duplicature de feuille), die zwar ſeitlich offen iſt, aber eine gewiſſe Menge von der Pflanze ſelbſt ausgeſonderter Luft zurückhält, ſo daß die in dieſer Höhle mit den weiblichen Blumen eingeſchloſſenen männlichen Blumen unmittelbar nur von Luft, nicht von Waſſer umgeben ſind.

Am Waſſerhahnenfuß (Ranunculus aquaticus), welcher zwar eigentlich in der Luft blüht, aber deſſen Blüte bei hohem Waſſer leicht der Gefahr ausgeſetzt iſt, untergetaucht zu werden, iſt auch für dieſen Fall Vorſorge getroffen. Ramond und Batard ſahen in plötzlich anwachſenden Seen die Blumen dieſe Pflanze durch das Steigen des Waſſers untergetaucht, ohne Nachtheil für die Befruchtung. Dieß hängt daran, daß der Blumenſtaub frühzeitig zu den Staubbeuteln heraustritt, während die Blume noch als geſchloſſene und kugelförmige, Luft enthaltende Knoſpe erſcheint. Auguſt de St. Hilaire und Choulant haben am ſchwimmenden Waſſerwegerich (Alisma natans) und am Knorpelkraute (Illecebrum verticillatum) ähnliche Erſcheinungen wahrgenommen. (Decand. II. S. 84.)

Nicht weniger teleologiſches Intereſſe als der Befruchtungsproceß der Pflanzen bietet auch die Ausſaat derſelben dar, indem die Sorge der Natur, ſich ihren Beſtand an Pflanzenſeelen fortgehends zu ſichern, eben ſo deutlich darin hervortritt; obſchon die in dieſer Beziehung getroffenen Maßregeln großentheils nicht ſo direct mit Empfindungen der Pflanze ſelbſt in Beziehung geſetzt werden können, als die, welche den Befruchtungsproceß betreffen.

„Nicht berechneter, ſagt Autenrieth (Anſichten von Natur- und Seelenleben S. 257.), kann die Sorge vieler Säugethiere und Vögel, die Jungen, ſobald ſie ihrer Hülfe nicht mehr bedürfen, von ſich wegzutreiben, erſcheinen, damit nicht, wenn alle an einem Orte verſammelt blieben, die ſparſame Nahrung zuletzt, an was das cultivirte Menſchengeſchlecht durch ſeine Schuld ſo oft leidet, für alle fehle, als die aufſpringende Capſel der europäiſchen gelben Balſamine, der impatiens noli me tangere L., berechnet zu ſein ſcheint, mittelſt welcher die Saamen weit weggeſchleudert werden, oder als die mechaniſche Form der Häkchen, womit manche Saamen verſehen ſind, um an vorübergehende Thiere ſich zu hängen und durch dieſe in die Entfernung getragen zu werden, oder die mannigfache Bildung der Federkronen vieler Saamen, um vom Winde weggeführt und zerſtreut werden zu können, jenen Zweck augenſcheinlich haben.“

Dieſe Bemerkung gewinnt an Intereſſe, wenn wir ſehen, wie unter Umſtänden, wo das mögliche Gedeihen des Saamens auf einen ſehr beſtimmten Standort beſchränkt iſt, auch Vorrichtungen vorkommen können, welche das Vertragen des Saamens vielmehr hindern, und dahin wirken, daß derſelbe gleich in der Nähe des Mutterſtamms fixirt werde. Ein hierher gehöriges Beiſpiel gewährt der Manglebaum.

Der Manglebaum, Rhizophora L., wächſt an den Mündungen der Flüſſe des heißen Erdſtrichs und an flachen Meeresufern, aber nur im Schlamme und ſo weit, als abwechſelnd derſelbe mit der Fluth durch Salzwaſſer überdeckt wird. Die Saamen könnten weder tiefer in das Meer hinaus noch weiter landeinwärts gedeihen; ſo werden ſie nun ſchon durch ihr Wachsthum dahin eingerichtet, ſogleich da feſten Fuß zu faſſen, wo ſie vom Mutterbaume abfallen, mithin auch eben ſo günſtigen Boden, als für dieſen ſtattfindet, erwarten können. Auf dem Fruchtboden der Blüte dieſes Baumes erzeugt ſich nämlich allmälig ein fleiſchiges hohles Gewächs, ein den Saamen gleichſam in's Freie hinaushaltendes Grundſtück, auf welchem dieſer nach und nach mit Hülfe eines Stiels weiter hervortritt. Der faſt cylindriſche, zuletzt ungefähr 1½ Zoll lange, Stiel entfernt den Saamen immer mehr von dieſem Grundſtücke. Der Saame ſelbſt iſt länglichrund, und zuletzt 10 Zoll lang, gegen ſein freies Ende hin immer dicker und ſchwerer, endigt ſich aber daſelbſt mit einer pfriemenförmigen Spitze. Reif hängt er ſenkrecht vom Baume herab; zugleich aber wird ſeine Verbindung mit dem Stiele immer lockerer und zuletzt fällt er von dieſem ab. Durch ſeine Schwere dringt er nun mit Hülfe ſeiner pfriemenförmigen Spitze bis 1 Zoll tief von ſelbſt in den ſumpfigen Boden ein und bleibt aufrecht in demſelben ſtecken. Er hatte aber beinahe ein ganzes Jahr zu ſeiner Ausbildung am Baume gebraucht, innerhalb ſeiner Hülle gekeimt und eine bedeutende Wurzel bereits entwickelt. Er kann alſo faſt ſogleich ſich auch feſthalten. Jacquin ſahe ſolche Saamen ſelbſt 3 bis 4 Fuß tief durch Waſſer auf den Boden deſſelben fallen und in dieſem dann noch aufrecht ſtehen, und er fand in ſolcher Tiefe welche, die eingewurzelt wieder zu Bäumchen aufgeſchoſſen waren. (Dict. des sc. nat. T. XIV. art. Rhizophora. 387.)

Nach Schüblers Bemerkung ſind die Saamenkörner von Waſſerpflanzen gewöhnlich ſchwerer als das Waſſer, kommen alſo, indem ſie aus ihrem Gehäuſe fallen, unmittelbar auf den Boden, wo ſie keimen können, während die Saamen der meiſten hohen Bäume leichter ſind, alſo, wenn ſie auf Waſſerflächen fallen, ſchwimmen und durch Wind und Strömung dem benachbarten Ufer zugeführt werden. (Kaſtner's Arch. X. 426.)

Das Getreide wächſt ſicherer mit Erde bedeckt, als blos auf die Oberfläche geſtreut. In Rückſicht hierauf gab die Natur den Saamen des wilden oder Flughabers (Avena fatua L.) folgende Vorrichtung. Die Grannen deſſelben ſind in der Mitte gleichſam unter einem Winkel eingeknickt, halb wie ein Strick gedreht, halb gerade. Iſt der Saame völlig reif und trocken geworden, ſo iſt der untere Theil dieſer Granne ſehr hygroſkopiſch. Benetzt dreht er ſich auf, und abwechſelnd ſteht dadurch das Saamenkorn auf der Spitze ſeines untern Endes und der der Granne, um hierauf wieder ſich mehr zu legen, weil die letztere durch ihre Aufdrehung ſich wieder gerade ſtreckt. So macht das Korn nothwendig einen Schritt nach dem andern weiter, weil die Richtung der Härchen am Korn und der feinen Stacheln an der Granne ein Fortſchieben immer nur nach Einer Richtung, gegen das nicht mit der Granne verſehene Ende hin, geſtattet, aber nicht ein Rückwärtsgehen. Bei abwechſelndem Regen und Wiedereintreten von Trockenheit kriecht auf dieſe Art der Flughaber auf den Aeckern herum, bis er unter eine Stoppel oder Erdſcholle gelangt, wo er nicht weiter kommen kann, aber nun auch durch dieß Hinderniß zum Keimen bedeckt iſt. (Pflanzenſyſtem von Linné. XII. 43.)

Man vergeſſe nicht, daß Alles, was hier mitgetheilt iſt, nur einzelne Beiſpiele aus einzelnen Gebieten des Pflanzenlebens ſind, wo das Walten des Zweckprincips gerade für unſre Auffaſſungsweiſe beſonders frappant erſcheint. Wollten und könnten wir das Pflanzenleben allſeitig und nach allen ſeinen Einzelheiten verfolgen, würden wir unſtreitig daſſelbe zweckmäßige Walten überall entdecken; und die Zuſammenſtimmuung aller Zweckrückſichten noch viel wunderbarer finden, als uns irgendwelche Einzelheiten für ſich erſcheinen können.

XII. Stellung der Pflanze zum Thiere.

Man wendet ein: die Seele könne nicht aus dem Thierreiche in das Pflanzenreich hinabreichen, weil man ſie ſchon im Abſteigen vom Thierreiche zum Pflanzenreiche allmälig erlöſchen und in der Nähe des letztern ganz zweideutig werden ſehe. Das Pflanzenreich ſtehe im Ganzen tiefer als das Thierreich; haben aber ſchon die niedrigſten Thiere nichts Erhebliches mehr von Seele, ſo bleibe für die noch niedriger ſtehenden Pflanzen nichts anders übrig als eben Nichts.

Polypen z. B. ſind ſchon halb pflanzenartiger Natur. Sie ſitzen, wenigſtens zumeiſt, mit einem Stiele feſt am Boden, treiben Zweige, Sproſſen, manche ſcheinbar Blüten u. ſ. w. Wie dunkel und unvollkommen ſind aber auch ſchon bei ihnen die Zeichen der Beſeelung. Kann man nun dieſen noch ſo beweglichen, weichen Thieren höchſtens einen dunkeln, trüben Reſt von Seele beilegen, wie ſoll den ganz ſtarren ſteifen Pflanzen überhaupt noch etwas davon zukommen, die, ſo zu ſagen, nur verholzte Polypen ſind. Unter den niedern Geſchöpfen giebt es ziemlich viele, bei denen man ſich noch heute ſtreitet, ob ſie zu den Thieren oder Pflanzen zu zählen*; und dieſer Streit fällt mit dem zuſammen, ob Zeichen der Seele bei ihnen zu finden oder nicht; ſo zweideutig werden dieſe Zeichen hier. Wenn nun ſchon Zweifel, ob Seele, wo die Entſcheidung zwiſchen Thier und Pflanze noch ſchwankt, kein Zweifel mehr, daß keine Seele, wo die volle Entſcheidung zur Pflanze erfolgt iſt.

---

* Zu dieſen Geſchöpfen gehören unter andern die Volvocinen, Cloſterinen, Bacillarien, welche Ehrenberg unter den Infuſorien aufführt und beſchreibt, während ſie v. Siebold (vergl. Anat. I. 7.) in das Pflanzenreich verweiſt, Eckhard aber (Wiegm. Arch. 1846. H. 3.) auf's Neue den Infuſorien zuweiſt. Insbeſondere über die Bacillarien (reſpective Diatomeen, Desmidiaceen) iſt viel Streit und Schwanken. Siebold, Kützing, Link, Mohl, Unger, Morren, Dujardin, Meyen halten ſie für pflanzlich, Ehrenberg, Eckhard, Focke, Corda für thieriſch. (Wiegm. Arch. 1837. II. 24. 1843. II. 372.) Auch die Cloſterinen werden von Meyen, Morren, Dujardin u. A. für pflanzlich erklärt. Eben ſo widerſprechen ſich die Anſichten der Naturforſcher über die thieriſche oder pflanzliche Natur der färbenden Materie des rothen Schnees mehrfach (nach Unger und Ehrenberg z. B. pflanzlich, nach Voigt und Meyen thieriſch). Die Oscillatorien werden von Ehrenberg, Meyen u. a. zu den Algen, von Unger zu den Thieren gerechnet. Zu Letzterm neigt auch Schleiden. Verſchiedene Geſchöpfe, welche wegen ihres Kalkgehalts zu den Polypen gerechnet worden ſind, nämlich Corallina, und die damit verwandten Galaxaura, Halimedea, Udotea, Acetabulum, Melobesia, Jania etc. hat Kützing (Anat. d. Tange S. 8.) als Tange aufgeführt, und es dabei unentſchieden gelaſſen, ob die Spongien thieriſcher oder pflanzlicher Natur ſind. In Betreff der Spongien und Spongillen wird auch ſonſt vielfach geſchwankt. Die Spongillen insbeſondere werden von Dujardin und von Laurent (Wiegm. Arch. 1839. II. 197. 1841. II. 411.) für Thiere, von Johnſton und von Hogg (ebendaſ. 1839. II. 197. 1841. II. 409. 1843. II. 363.) für Pflanzen erklärt. Die Milliporen werden von Link und Blainville für anorganiſche Abſätze von kohlenſauerm Kalk angeſehen, demnach in das Mineralreich verwieſen, von Ehrenberg und Lamarck für

Inzwiſchen kommt es blos darauf an, dieß Argument triftig zu faſſen, ſo wendet es ſich ganz auf die entgegengeſetzte Seite.

Was giebt uns zuvörderſt ein Recht, in den Polypen, Infuſorien u. a. ſogenannten unvollkommneren, im Grunde aber nur einfachern, Thieren blos zweifelhafte Spuren von Seele zu finden. Statt der Zeichen eines dunkeln trüben Reſts von Seele kann ich nur die Zeichen eines einfachen und ſinnlichen Spiels derſelben bei ihnen finden. Die große Empfänglichkeit dieſer niedern Thiere für verſchiedene Reize, die deutliche Unterſcheidungsgabe, welche ſie dafür beſitzen, die Lebhaftigkeit und Entſchiedenheit ihrer Bewegungen, die beſtimmte Richtung, welche ſie denſelben auf beſtimmte Zwecke geben, der dabei wahrzunehmende Charakter der Willkür, das entſchiedene Widerſtreben, mit dem ſie Eingriffen in ihre natürlichen Lebensverhältniſſe begegnen, der Kampf, in den ſie unter einander ſelbſt gerathen, dieß Alles ſpricht ganz gegen ein unentſchiedenes, ſtumpfes, im unbewußten Naturleben noch halb aufgehendes, Seelenleben derſelben.

Zoophyten, von Rapp und Philippi für Pflanzen erklärt. (Wiegm. Arch. 1837. I. 387.)

Sehen wir die Lebenserſcheinungen der Polypen nur näher an, und es dürfte ſich zeigen, daß die ſcheinbare Undeutlichkeit ihrer Seele in der That blos an der wirklichen Undeutlichkeit ihrer Betrachtung hängt.

Wird ein ausgeſtreckter Armpolyp (Hydra) berührt, oder das Waſſer, in dem er ſich befindet, erſchüttert, ſo zieht er ſich plötzlich zu einem kleinen Klümpchen zuſammen; gewiß ein Zeichen lebhafter Empfindlichkeit. Er geht dem Lichte nach, und ſtellt man ein Glas mit mehrern Polypen hin, ſo findet man nach einiger Zeit alle an der Lichtſeite hängen. Der Polyp hat alſo mehrerlei Sinnesempfindungen. Er iſt ungeheuer gefräßig, haſcht begierig mit ſeinen Fangarmen umher nach Beute und zwei Polypen ſtreiten ſich öfters um ſelbige. Das ſind doch Zeichen lebhafter Begierden. Er wählt und unterſcheidet ſehr beſtimmt zwiſchen ſeiner Koſt, indem er blos thieriſche Koſt genießt, Pflanzenkoſt zurückweiſt; auch unter der thieriſchen Koſt macht er Unterſchiede, indem er namentlich Polypen der eignen Art gar nicht ergreift, auch wenn man ihn hungern und dieſe auf ſeine ausgebreiteten Arme fallen läßt, während er Thierchen, die er gern frißt, bei der erſten Berührung ergreift. Hier zeigt ſich deutliche Unterſcheidungsgabe (Trembley).

Was hat man nach Allem im Polypen anders als ein Weſen von recht ausgebildeter Sinnlichkeit, wenn auch vielleicht nichts weiter. Das ganze Seelenſpiel deſſelben dreht ſich um Befriedigung dieſer Sinnlichkeit auf kürzeſtmöglichem Wege. Aber ſinnliche Empfindungen und Begierden können die allerheftigſten und entſchiedenſten ſein und die Einfachheit des Spiels, in dem ſie begriffen ſind, begünſtigt eher ihre Stärke und Entſchiedenheit. Man blicke nur auf die einfachſten und rohſten Menſchen. Haben ſie weniger heftige und entſchiedene Begierden als die geſittetſten und gebildetſten? Dunkel kann man freilich ein ſolches Seelenleben in ſofern nennen, als das höhere Licht der Vernunft fehlt. Aber das Licht der Sinnlichkeit kann in ſeiner Art ſo hell brennen als das höhere Licht der Vernunft, wie Fett ſo hell als Aether brennt; und ein niedrig ſtehendes Licht erleuchtet den kleinen Raum, über den es reicht, nur um ſo greller.

Was von Polypen gilt, gilt auch von Infuſorien, ſo weit wir, bei ihrer Kleinheit, die Lebensart derſelben verfolgen können. Sie zeigen zum Theil die lebhafteſten Bewegungen mit allen Charakteren thieriſcher Willkür; und wenn nicht alle ſo regſam ſind, ſo giebt es ja auch Faulthiere unter den höhern Thierklaſſen und kann man, wie früher erörtert, überhaupt in der Lebhaftigkeit äußerer Bewegungen nicht den einzigen Maßſtab für die Lebhaftigkeit innerer Empfindungen ſuchen.

Unſtreitig, ja bis zu gewiſſen Gränzen leicht verfolgbar, hängt das einfachere und ſinnlichere Seelenleben dieſer niedern Weſen mit ihrer einfachern körperlichen Organiſation zuſammen. Die Natur hat vom Menſchen bis zu den niederſten Thieren eine große Skala in dieſer Beziehung durchlaufen; aber es iſt eben keine Skala der Stärke und Deutlichkeit, ſondern der Verwickelung, Höhe und Bedeutung des Seelenlebens, die hiermit durchlaufen wird. Beides ſollte man nicht verwechſeln, wie es doch im obigen Argumente geſchieht.

In gewiſſer Weiſe (nur recht verſtanden) laſſen ſich die Organismen als Maſchinen faſſen, welche aber, ungleich unſern künſtlichen Maſchinen, die Kraft zu ihrem Umtriebe in ſich ſelbſt erzeugen, und die Erzeugung wie Verwendung mit Bewußtſein begleiten, mit Gefühl durchdringen, indem ſie, ſtatt zum mittelbaren Dienſte einer ihnen äußern Seele, zum unmittelbaren Dienſte einer innern beſtimmt ſind. Im Uebrigen zeigen ſie ähnliche Verhältniſſe größerer oder geringerer Complication als unſre Maſchinen, und, je nachdem es der Fall, genügen ſie eben ſo complicirtern oder nur einfachern Zwecken. Nun malt die einfachſte Kaffeemühle ihren Kaffee doch noch ſo gut, als die Schnellpreſſe ihr complicirtes Druckgeſchäft verrichtet. Und ich denke, wenn jede unſerer Maſchinen das, was ihr obliegt, durch eigne Kraft und mit eignem Bewußtſein vollführte, würde auch die Kaffeemühle ihr Geſchäft noch ſo gut damit beherrſchen, mit Gefühl durchdringen als die Schnellpreſſe. Nicht die Entſchiedenheit oder Intenſion, nur, was man Höhe des Bewußtſeins nennt, würde geringer ſein; ſofern der einfachere Zweck auch eine geringere Ueberſchauung fordert. Wie wir es uns nun hier am beſten denken können, wird es unſtreitig wirklich bei den Organismen ſein. An der zunehmenden Complication der Organiſation wird auch eine zunehmende Höhe, aber nicht Stärke und Entſchiedenheit des Bewußtſeins hängen. Es treten in der verwickeltern Organiſation Beziehungen zu Beziehungen hinzu, und höhere Beziehungen über niederen auf, die in der einfachern Organiſation fehlen, und weil ſie fehlen, fehlt auch das Bewußtſein dazu. Aber das Bewußtſein der einfachſten und unterſten Beziehungen kann ſo wach, kräftig, lebendig, entſchieden ſein als das der oberſten, ja leicht entſchiedener und lebendiger; weil jede Complication Kraft verzehrt, und wo ſie für das Organiſche ſchwindet, wird ſie zugleich für das Pſychiſche ſchwinden.

Geſetzt alſo, die Pflanzen wären wirklich noch einfacher organiſirt als Polypen und Infuſorien, ſo würde darin noch kein bindender Grund liegen, ihre Seele für weniger wach und lebendig zu halten als die dieſer Thiere ſelbſt, die ſich wach und lebendig genug zeigt. Es bewieſe nur für eine noch einfachere und niedrigere Art ihres Seelenlebens.

Nun kann aber nicht einmal zugegeben werden, daß die ausgebildetſten Pflanzen einfacher organiſirt ſind als die einfachſten Thiere, mithin das Pflanzenreich in dieſem Betracht ganz und gar unter dem Thierreiche ſtehe, wenn gleich im Ganzen und Großen betrachtet dieß Verhältniß zwiſchen beiden Reichen richtig bleibt, ſofern nirgends im Pflanzenreiche die Organiſation bis zu einer ſolchen Verwickelung gediehen iſt als in den höhern Claſſen des Thierreiches. Jedenfalls aber erhebt ſich das Pflanzenreich wie das Thierreich von dem zweideutigen Zwiſchenreiche, wo man nicht recht weiß, ob Thier ob Pflanze, wieder zu größeren Verwickelungen, und dieß kann alſo nicht anders als den Schluß begründen, daß die mit der organiſchen Verwickelung zunehmende Entwickelung der Seelenthätigkeit, anſtatt vom Zwiſchenreiche aus durch das Pflanzenreich noch weiter zu ſinken, vielmehr durch daſſelbe, wenn auch nach andrer Richtung, wieder aufſteigt.

Dem kommt folgende Betrachtung zu Hülfe: Nach unzweifelhaften Reſultaten der Geologie über die foſſile Welt waren Würmer und Schalthiere auf der Welt eher da als Amphibien, dieſe eher als Vögel und Säugethiere, dieſe eher als der Menſch, kurz es ging, im Ganzen und Großen betrachtet, die Schöpfung jeder niedriger geſtellten Thierclaſſe der jeder höhern voran, und zwar wohl um viele tauſend Jahre. Innerhalb des Pflanzenreichs zeigt ſich im Ganzen und Großen ein ähnlicher Fortſchritt der Schöpfung von niedern zu höher geſtellten Organiſationen. Sollte alſo das Pflanzenreich ſchlechthin unter dem Thierreiche ſtehen, ſo würde man nothwendig vorausſetzen müſſen, daß auch das Pflanzenreich, im Ganzen und Großen betrachtet, vor dem Thierreiche entſtanden. Nichts aber iſt gewiſſer, als daß dieß nicht der Fall; vielmehr vereinigen ſich alle Reſultate der Geologie dahin, daß das Pflanzenreich jedenfalls nicht *vor* dem Thierreiche da war; eher könnte man zweifeln, ob es nicht vielleicht ſpäter entſtanden. Das Wahrſcheinlichſte aber bleibt ihre gleichzeitige Entſtehung. Die niedrigſten Pflanzen bildeten mit den niedrigſten Thieren den gemeinſchaftlichen Ausgangspunct der organiſchen Schöpfung, und von da erhob ſich dieſelbe in beiden Reichen zugleich. Mochte ſie es nun im Thierreich, wenn wir die Höhe immer nach der innern Complication meſſen, im Ganzen höher bringen, aber die höchſte Höhe, zu der ſie es im Pflanzenreiche brachte, iſt doch bei Weitem höher als die unterſte im Thierreiche. Und wenn das Pflanzenreich an Höhe der Entwickelung im Ganzen in Rückſtand geblieben, ſo hat es dagegen an Reichthum äußerer Entwickelung im Ganzen den Vorrang gewonnen.

Stellt man die Pflanzen als ſtarre, ſteife Körper den weichen beweglichen Polypen gegenüber, ſo klingt das freilich ſehr zu ihrem Nachtheil; aber man kann es und hat es mit größerm Rechte anders zu ſtellen. Die Polypen (insbeſondere Hydren) ſind weiche, faſt gleichförmig erſcheinende Maſſen, in denen nur eine ſorgfältige Zergliederung mühſam einige Sonderung organiſcher Elemente erkennt, die höhern Pflanzen auf's feinſte und deutlichſte in Zellen und Röhren von verſchiedenſter Form und Function gegliedert, mit ſtrömenden Säften durchdrungen, und treiben ſo lebendig Blätter und Wurzeln nach Nahrung, als der Polyp Arme darnach ausſtreckt, nur viel breiter und weiter. — Muß es nicht ohnehin jedem gleich von vorn herein als eine Abſurdität erſcheinen, wenn der Affenbrodbaum mit ſeinem mehrtauſendjährigen Alter, ſeinem ungeheuern Wachsthum in Stamm und Zweigen, und der eben ſo reichen äußern Fülle als ſorgſamen innern Ausarbeitung ſeiner Theile auf der Stufenleiter der Geſchöpfe tiefer ſtehen ſoll als der jämmerlich kleine, roh aus dem Rohen geformte Polyp oder die noch winzigern, ſo einfach organiſirten Infuſionsthierchen, die nach kurzer Friſt wieder zu dem Schleime zerfloſſen ſind, aus dem ſie nur eben aufgebaut ſchienen. — Mag auch das kleinſte Infuſionsthierchen noch einen Darm haben und der größte Baum keinen; aber hat nicht ſchon jede Röhre im Baume, welche den Saft von unten nach oben führt, gewiſſermaßen die Bedeutung eines ſolchen Darmes. Der Affenbrodbaum iſt ein ungeheures Orgelwerk, indeß das Infuſionsthierchen ein kleinſtes Pfeifchen. Und ſo unſäglich mehr Aufwand an Maſſe, Kraft und Organiſation ſollte die Natur für ein ſeelenloſes als für ein beſeeltes Weſen gemacht haben? Wie kommt man da mit einer vernünftigen Teleologie zu Recht? Oder wird man auch hier wieder ſagen: der Affenbrodbaum iſt doch für die Affen nütze? Es wäre eben ſo, als wollte man ſagen, die Peterskirche iſt für die Tauben nütze, die darauf ſitzen. Ich denke, hierüber iſt in frühern Abſchnitten ſchon genug geſagt.

Im Grunde iſt man ſchon längſt davon zurückgekommen, die organiſchen Geſchöpfe nach dem reinen Schema einer Treppe ordnen zu wollen; es geht nicht im Thierreiche für ſich, es geht nicht im Pflanzenreiche für ſich; es geht aber auch eben ſo wenig in der Stellung des Pflanzen- und Thierreichs zu einander. Der Begriff der Höhe eines organiſchen Weſens, in Verhältniß zu einem andern, iſt überhaupt ein ziemlich unbeſtimmter und vieldeutiger, und es dürfte ſich zwar finden, daß nach den meiſten Beziehungen, nach welchen man die Höhe eines Geſchöpfs über dem andern meſſen mag, die Thiere *durchſchnittlich* über den Pflanzen ſtehen, aber weder wird es nach *allen* Beziehungen, noch wird es ſo zwiſchen *allen* Thieren und Pflanzen gelten. Die ganze Betrachtung, daß die Pflanzen deßhalb noch weniger Anſpruch auf Seele haben als ſelbſt die tiefſtehenden Thiere, weil ſie ſogar noch tiefer als dieſe ſtehen, verliert hiermit von vorn herein ihr ganzes Fundament. Sicher werden ſie in gewiſſer Beziehung noch tiefer ſtehen, aber in andrer Beziehung unſtreitig wieder viel höher: ja man kann wohl behaupten, daß jedes organiſche Weſen in einer gewiſſen Beziehung höher als jedes andere ſteht. Der Geſichtspunct ſeiner Bildung war eben der, eine gewiſſe Art des Zweckes mit dieſer Art Einrichtung am vollkommenſten und directeſten erreichen zu laſſen; nun aber werden die Triebe und Empfindungen dieſes Weſens auch am vollkommenſten und directeſten auf den Bezug zu dieſem Zwecke, auf das Bedürfniß ſeiner Erfüllung, das Leid bei ſeinem Verfehlen, die Luſt bei ſeinem Erreichen, eingerichtet ſein müſſen, ſonſt wäre das ganze Zweckſpiel ein blindes und taubes. — Aus dieſem Geſichtspuncte, der für unſern Gegenſtand gerade der wichtigſte iſt, läßt ſich eigentlich gar keine allgemeine Stufenreihe der Weſen aufſtellen, oder läßt ſich jedes Weſen an die Spitze einer beſondern Stufenreihe ſtellen, worin eben ſein beſondrer Zweck zum Hauptaugenpunct genommen iſt. Nun kann man freilich zwiſchen der Höhe oder dem Werth der Zwecke ſelbſt unterſcheiden; aber auch dieß wieder nach verſchiedenen Geſichtspuncten. Zuletzt kann man verſuchen, um doch etwas Durchgreifendes zu haben, eine Stufenreihe nach der Unterordnung des Allgemeinen über das Beſondere der Zwecke aufzuſtellen, und dieß fällt mit dem oben angewandten und der gewöhnlichen Anordnung zu Grunde liegenden Geſichtspunct der größern oder geringern Verwickelung der Organiſation wohl ungefähr zuſammen. Es kann Geſchöpfe geben, die, durch verknüpfte Berückſichtigung vieler Zwecke, zugleich einem allgemeinern, dieſem übergeordneten Zwecke zu genügen im Stande ſind, wobei inzwiſchen die ſelbſtſtändige und unmittelbare Erfüllung jedes einzelnen Zwecks durch die Mitberückſichtigung der übrigen eine Beſchränkung erleiden muß. Im Ganzen mögen ſolche Geſchöpfe nun wohl vollkommener, in Betreff des Einzelnen aber eben darum um ſo unvollkommner heißen als die Weſen, die blos oder vorzugsweiſe den einzelnen Zwecken zu genügen haben. Das beſte Beiſpiel giebt gleich der Menſch, bei dem es ſicher auf die verknüpfte Erfüllung möglichſt vieler Zwecke zugleich abgeſehen iſt, und dieſe auch im Ganzen am beſten erzielt werden. Dagegen hat er nicht ſo ſchnelle Beine, nicht ſo ſcharfe Augen, nicht ſo feſthaltende Krallen als viele Thiere, nur die Combination von all dieſem iſt ſo günſtig, daß er mit den ſchwächern Einzelnheiten doch im Ganzen und mittelbar mehr leiſtet als die Thiere, denen er im Einzelnen und unmittelbar nachſteht. Freilich auch hauptſächlich mittelſt ſeines Verſtandes; aber die pſychiſche Organiſation hängt überall mit der phyſiſchen zuſammen. Das giebt kein anderes Princip.

Inzwiſchen laſſen ſich auch hiernach nicht alle Weſen nach einer Reihenfolge über und unter einander ſtellen, da viele Zweckgebiete ſich coordiniren, andre in einander eingreifen, und die Ausführlichkeit in Erfüllung eines Zweckes nach allen ſeinen Momenten leicht eine allgemeinere Bedeutung gewinnen kann als die, ſo zu ſagen, nur ganz ſkizzenhafte Erfüllung mehrerer Zwecke. So bleibt nach Allem der einfache Begriff der Höhenabſtufung unadäquat, das complexe Verhältniß, in dem die Organismen zu einander ſtehen, zu repräſentiren. Und wie man ſich auch dieſes Begriffs zur Anordnung derſelben zu bedienen verſuchen will, die Pflanzen werden ſich nicht ganz nett unter die Thiere ſetzen laſſen; und ſelbſt wenn es der Fall, doch nur eine niedrigere ſinnliche, nicht aber keine Seele ſich ihnen deßhalb zuſprechen laſſen.

Natürlich muß, wenn der Unterſchied der Beſeelung zwiſchen Thier und Pflanze wegfällt, auch der über viele Geſchöpfe des Zwiſchenreichs geführte Streit, was man davon eigentlich als Thier und Pflanze zu rechnen habe, eine neue Wendung gewinnen, oder eine Wendung, die er früher öfter genommen, verlieren. Bisher ward häufig die Seele (Willkür, Empfindung) ſelbſt als Unterſcheidungsmerkmal zwiſchen Thier und Pflanze in Rechnung gezogen, ohne freilich über das Daſein oder Nichtdaſein der Seele anders entſcheiden zu können als nach äußern Zeichen, deren Triftigkeit ſelbſt erſt an der Vorausſetzung hing, daß blos die Thiere beſeelt ſind. Sind aber die Pflanzen ſo gut beſeelt als die Thiere, ſo fällt eine ſolche Unterſcheidung überhaupt weg.

Es wird nun aber auch kein ſo großes Intereſſe mehr obwalten können, zwiſchen Thier- und Pflanzenreich eine ſtrenge Scheidewand feſthalten und zweifelhafte Geſchöpfe durchaus dieſſeits oder jenſeits dieſer Scheidewand ſtellen zu wollen, als bisher der Fall. Die ſubjective Leidenſchaftlichkeit, welche der Streit, ob Thier ob Pflanze, oft gewonnen hat, hing unſtreitig ſelbſt nur an der Vorausſetzung, es handle ſich dabei zugleich um Daſein oder Nichtdaſein eines objectiven Quells von Leidenſchaft. Schwindet dieſe Vorausſetzung, ſo bleibt blos das äußerlichere Intereſſe übrig, für den Claſſifications-Unterſchied von Thier und Pflanze ihren leiblichen Verhältniſſen nach feſte Geſichtspuncte zu gewinnen; in welcher Beziehung man ſich doch von vorn herein übertriebener Anſprüche begeben ſollte, wenn man ſich der Unſicherheit aller Claſſificationsprincipe ſchon innerhalb jedes beider organiſchen Gebiete für ſich erinnert, und keinen Grund mehr ſieht, warum dieſe Unſicherheit nicht auch von einem Gebiete auf's andre übergreifen ſollte. In der That aber iſt hierzu aller Grund weggefallen, ſowie man den Pflanzen wie den Thieren Seele zugeſteht. Denn ſo lange dieß nicht der Fall, konnte man freilich glauben, der Unterſchied zwiſchen Beſeelung und Nichtbeſeelung müſſe ſich auch in einem entſprechenden ſchlagenden Unterſchiede auf leiblichem Gebiete ausſprechen, der keine Brücke geſtatte.

Meines Erachtens wird es bis zu gewiſſen Gränzen immer willkürlich bleiben, was und wie viel man von den Geſchöpfen des Zwiſchenreiches auf die eine oder andre Seite legen will. Die wenigſte Willkür wird dann ſtattfinden, wenn der Naturforſcher von den Begriffen Thier und Pflanze ausgeht, wie ſie ſich im lebendigen Sprachgebrauche gebildet haben, und nur deſſen Unbeſtimmtheit zu fixiren ſucht; denn ſonſt wäre ja Alles Willkür dabei; aber eben hiermit zeigt ſich, daß er doch zuletzt der Willkür nicht entgeht. Denn im Leben haben ſich jene Begriffe nach einem Complexe gewöhnlich zuſammenvorkommender Merkmale ohne ſtrenge Abgränzung dieſes Complexes und Entſcheidung über ein Hauptmerkmal geſtaltet, wobei hauptſächlich die höhern Thiere und Pflanzen in's Auge gefaßt worden. Wenn aber, wie es factiſch der Fall, die Merkmale dieſer

Complere im Zwiſchenreiche und ſchon in der Annäherung dazu theils auseinanderzufallen, theils ſich zu miſchen und in einander überzugreifen beginnen, ſo liegt die Entſcheidung, welches Merkmal oder welcher engere Complex von Merkmalen noch den letzten Ausſchlag für die Wahl des Namens und die Stellung dieſſeits oder jenſeits der verlangten Scheidewand zwiſchen Thier und Pflanze geben ſoll, eben nicht mehr in der Natur der Sache oder dem Gebrauche der Sprache, ſondern rein in dem ſubjectiven Ermeſſen des Naturforſchers, oder der Richtung, die er ſeinem Claſſificationsprincip willkürlich geben wollte, und die doch für Andere nicht wird bindend ſein können. Und was er auch als Hauptunterſcheidungsmerkmal wählen will, oder welchen Complex von Merkmalen er wählen will, und wie ſchlagend die Unterſcheidung danach bei Gegeneinanderſtellung der höhern Stufen der Pflanze und des Thieres erſcheinen mag, es werden dennoch im Gränzreiche immer zweideutige und zweifelhafte Fälle eintreten, wo ſelbſt das einzelne Merkmal irgendwie ſchwankend zu werden anfängt.

Zwei Hauptunterſcheidungsmerkmale ſcheinen ſich hauptſächlich zu empfehlen, und ſind auch wohl am häufigſten in Anwendung gezogen worden, deren eins ſich auf den Bau, das andere auf die Lebensäußerungen bezieht. Nach erſterm erklärt man ein Geſchöpf für Thier oder Pflanze, je nachdem es ſeine Nahrung mehr durch innere oder eingeſtülpte Flächen (Darmkanal, Magen, wozu ein Mund gehört) oder äußere, aufgeſtülpte Flächen (Blätter, Wurzelfaſern u. dergl.) in die Subſtanz des Körpers aufnimmt; nach dem andern, je nachdem ſein Leben nach Außen ſich mehr durch frei ſcheinende Locomotion des Ganzen oder der Theile, oder durch bloßes Wachsthum ausſpricht. In der That ſcheidet ſich das Pflanzen- und Thierreich in ſeinen höhern Stufen durch die *Verbindung* beider Merkmale ſehr beſtimmt; doch haben beide Merkmale ihrem Begriffe und der Natur des Organismus nach nichts *abſolut* Scheidendes, wie ſich auch im Zwiſchenreiche hinreichend zeigt, weil Einſtülpung mit Ausſtülpung, Locomotion mit Wachsthum ſich in demſelben Organismus theils combiniren, theils in der Zeit ſo wechſeln können, daß man nicht immer wohl ſagen kann, was als überwiegend charakteriſtiſch in Betracht zu ziehen ſei; auch hängt das Merkmal, was vom Bau hergenommen iſt, nicht ſo weſentlich mit dem von den Lebensäußerungen hergenommenen zuſammen, daß immer beide in Verbindung vorkämen.

Die Unmöglichkeit, bei Beſchränkung auf dieſe beiden Merkmale zu ſcharfer Unterſcheidung zu gelangen, hat dann andre zu Hülfe nehmen laſſen: ob ſich bei den Bewegungen „die äußern Körperumriſſe durch willkürliche Contraction und Expanſion des Körperparenchyms ändern“ (*Siebold*); ob Wimpern, ob Füße als Bewegungsorgane erſcheinen; wie die Vermehrung erfolgt; ob dieſer oder jener chemiſche Umſtand vorhanden iſt. — Aber was von den vorigen Merkmalen, gilt von dieſen nicht minder. Keines dieſer Merkmale hat bis jetzt dem Zwecke ſcharfer Unterſcheidung von Thier und Pflanze völlig genügt. Und dieſer Umſtand, daß es unmöglich fällt, Pflanzen- und Thierreich nach leiblichen Merkmalen ſcharf zu ſcheiden, kann nun ſelbſt rückwärts als ein Argument gelten, daß auch in Betreff des Pſychiſchen keine Scheidewand zwiſchen beiden beſtehe.

Der Mangel eines Magens und einer der thieriſchen ähnlichen innern Organiſation überhaupt, bei frei erſcheinender Locomotion des Ganzen oder der Theile, kommt häufig genug vor, ſo bei den Oscillatorien, den Algenſporen und überhaupt den S. 245. Anm. angeführten Geſchöpfen, über die der Streit, ob Thier oder Pflanze, beſteht. Die hier nur Pflanzen ſehen, ſagen freilich, dieſe Bewegungen ſeien doch keine wirklich willkürlichen Bewegungen. Aber was willkürlich hierbei und hiervon zu nennen, iſt bisher immer mehr Sache eines, durch individuelle Anſichten der Beobachter beſtimmter, Apercu als feſter Merkmale geweſen. Ja nicht blos die äußern Merkmale, ſelbſt der philoſophiſche Begriff der Willkür iſt etwas ſo ſchwankendes, daß man ſchwerlich eine exacte naturwiſſenſchaftliche Unterſcheidung hierauf gründen kann, wie es Ehrenberg mit Folgendem zu thun verſucht hat: „Die Bewegungen der Thiere (ſagt er) haben den Zweck willkürlicher Ortsbewegung, die Bewegungen der Algenſamen u. ſ. w. haben nicht den Zweck der willkürlichen Ortsveränderung, ſondern nur den der individuellen Drehung und Entwickelung zur geſpannten Form. Dieſe haben, wie es deutlich ſcheint, den mehr durch Aeußeres (Reiz) bedingten pflanzlichen, jene den mehr durch Inneres (Willen) bedingten thieriſchen Charakter. Daſein und Mangel von Mund und Darm unterſcheiden kräftig beide Bildungen.“ (Abhandl. der berl. Akad. d. W. aus d. J 1833. Gedr. 1834. S. 157.). Anderwärts führt Ehrenberg als Merkmal des thieriſchen Charakters noch die Vermehrung durch Theilung auf, die aber auch Geſchöpfen zukommt, die von Andern zu den Algen gezählt werden.

Wie principlos man überhaupt noch bei den Verſuchen, Thier und Pflanze zu ſcheiden, ſchwankt, mag u. A. aus Folgendem erhellen: Meyen erklärte die Cloſterien u. ſ. w. mit deßwegen für Pflanzen, weil er in ihnen Stärkmehl gefunden; nun aber ſagte man, es könnten ja auch Thiere Stärkmehl enthalten; Unger erklärte die beweglichen Algenſporen deßwegen für thieriſcher Natur, weil ſie ſich ſcheinbar frei bewegten und zwar mittelſt Wimper-Organen; nun aber ſagte man (Siebold), es könnten ja auch Pflanzen ſich ſo bewegen und Wimperorgane haben. So ſagt man, was man will, um gerade ſein Syſtem zu retten. Siebold (vergl. Anat. I. 8.) legt auf die willkürliche Contraction und Expanſion des Körpers als Merkmal des Thieres viel Gewicht, dafür findet er ſich aber veranlaßt (ebendaſ. S. 14.) die Anweſenheit von Mund und Magen als unweſentlich zu erklären, und von Thieren zu ſprechen, die mit ihrer ganzen Körperoberfläche (alſo äußeren Flächen) den Nahrungsſtoff einſaugen (ſo die Opalinen). Für ihn gilt alſo weder Mund und Magen, noch frei erſcheinende Locomotion (wenn nicht mit Contraction und Expanſion verbunden) mehr als Merkmal des Thieres.

Die oberwähnten, in der Natur der Sache begründeten, Schwierigkeiten einer feſten Unterſcheidung zwiſchen Pflanze und Thier compliciren ſich übrigens, namentlich bei kleinen Organismen, noch mit Schwierigkeiten theils der Beobachtung, theils der Deutung der Beobachtungen. Ob Magen, ob Darmkanal vorhanden, iſt oft nur ſehr unſicher, oft gar nicht zu entſcheiden. Selbſt Ehrenberg's (zuerſt von Gleichen ausgeübte) berühmte Fütterungsmethode der Infuſorien mit Farbſtoffen wird neuerdings nicht überall mehr als entſcheidender Weg hierzu anerkannt. (Siebolds vergl. Anat. I. 15 ff.). Meyen beſchreibt vielfach etwas als gewöhnliche Pflanzenzelle (in ſ. Algengattungen Pediastrum, Scenedesmus, Staurastrum), was Ehrenberg (in ſ. Polygaſtricis) Magen nennt; ja der Begriff einer Pflanzenzelle mit einer Oeffnung und eines Magens mit einem Munde könnte möglicherweiſe hier und da wirklich in einander laufen. Siebold erklärt Ehrenberg's Magen zum Theil für Tropfen unter der Hautbedeckung. Ob Ortsbewegungen durch ein Spiel von Lebenskräften entſtehen, oder durch äußerliche mechaniſche Urſachen (wie die Brown'ſchen Molecularbewegungen), oder nach Art der Bewegungen des Camphers auf Waſſer, läßt ſich ihnen auch nicht immer leicht anſehen; und die verſchiedene Vorausſetzung der Beobachter beſtimmt auch hier meiſt die Deutung. Geſetzt aber, eine Urſache von letzter Art käme in's Spiel, ſo begegnete uns nun noch zuletzt die mißliche Frage nach dem Unterſchiede des Lebensproceſſes vom unorganiſchen Proceſſe überhaupt. So gut die Stimmbänder als Saiten ſchwingen, könnte eine Spore ſich durch Ausſtoßen eines ätheriſchen Oels auf Waſſer bewegen (wie Schleiden früher vermuthete), und doch die Bewegung noch eine lebendige und thieriſche heißen müſſen.

Unſtreitig ziemt Schärfe und Beſtimmtheit jeder Wiſſenſchaft und bedingt hauptſächlich den exacten Charakter derſelben, doch ſcheint es mir nicht exact, ſolche auch da zu ſuchen, wo ſie in der Natur ſelbſt nicht liegt; oder auf eine Weiſe zu ſuchen, wie ſie nicht in ihr liegt. Denn beſtimmt freilich iſt die Natur überall, aber deßhalb nicht nach ſolchen abgeſchloſſenen Allgemeinbegriffen und Typen, als wohl unſerer Philoſophie bequem wäre. Alle Allgemeinbegriffe und Typen der Natur greifen in einander über, wir aber ſchneiden nur zu gern mit dem Meſſer des Syſtems durch die verſchränkte Fuge. Ich würde mir, da ich nicht ſelbſt Mann vom Fache, gar nicht erlaubt haben, hierüber mitzuſprechen, wenn mir nicht ſo manche Männer vom Fache gerade dieſen Gegenſtand zu ſehr als Männer vom Fache zu faſſen ſchienen. Nachdem die Fächer für die Natur einmal abgetheilt, ſoll ſich auch die Natur derſelben bedienen.

Thatſache bleibt jedenfalls, daß die Aehnlichkeiten und Uebergriffe zwiſchen Pflanzen- und Thierreich ſich überhaupt um ſo mehr häufen, je tiefer man in beiden Reichen abſteigt, und ſo kann das Eintreten einer Zwiſchengränze, wo der Unterſchied wirklich völlig ſchwankend wird, an ſich nichts Befremdliches haben.

Gewiſſermaßen kann man dieſe mit dem Abſteigen im Thier- und Pflanzenreiche zunehmende Verähnlichung beider ſchon in dem Begriff der zunehmenden Einfachheit beider bedingt finden; es treten aber bei Annäherung an das unentſchiedene Gränzreich von einer Seite her ſelbſt Uebergriffe in charakteriſtiſche Eigenthümlichkeiten höherer Stufen der andern Seite ein. Wie viel Stengliches, Verzweigtes, Sproſſendes, Rankendes, Blätteriges, Blütenähnliches, Spirales giebt es um die untere Gränze des Thierreiches; man möchte ſagen, das Thierreich ſpiele hier Maskerade unter Verkleidung als Pflanzenreich. Umgekehrt verlieren in den niedern Stufen des Pflanzenreichs die Pflanzen zum Theil ihren verzweigten, blätterigen Typus, es treten hier rundliche Formen, wie in den Pilzen, dort gegliederte Formen, wie bei den Conſerven auf (was wenigſtens undeutliche Annäherungen an das höhere Thieriſche ſind). Man denke weiter an die Aehnlichkeiten, welche niedere Thiere mit Pflanzen dadurch gewinnen, daß ſie ſich in ähnlicher Weiſe ohne Nachtheil für das Leben theilen und durch Theilung vermehren laſſen, und wie umgekehrt niedere Pflanzen (viele Algen) frei bewegliche Junge gebären (wovon unten mehr). Man hat neulich Holzfaſerſtoff in den Hüllen mehrerer ziemlich niedrig ſtehenden Thiere (in dem Mantel der Aſcidien und übrigen ſalpenartigen Tunicaten) entdeckt; umgekehrt ſind die Pilze bekannt wegen ihres Reichthums an, den thieriſchen ähnlichen Stoffen ꝛc.

In Betreff der Formähnlichkeit der niedern Thiere mit höhern Pflanzen betrachte man z. B. (etwa auf den Kupfertafeln zu Ehrenbergs großem Infuſorienwerke) die Aehnlichkeit der

Verticellen mit blumentragenden verzweigten Pflanzen; woher ſie ſelbſt den Namen *Blumenthierchen* führen. Beſonders reich aber iſt die Claſſe der corallenartigen Thiere an Aehnlichkeiten mit Pflanzen. Als gut geeignet, dieß in's Licht zu ſtellen, theile ich hier folgenden (wörtlichen) Auszug aus einer Schilderung mit, die ein Naturforſcher (*Dana*) von dieſen Thieren giebt. Ueberall Ausdrücke (hier im Druck hervorgehoben) die an Pflanzliches erinnern.

„Der zuſammengeſetzte Bau der Corallenthiere iſt eine Folge ihrer *Knospenbildung*, aus welcher alle ihre mannigfaltigen Geſtalten hervorgehen. Einige derſelben, als die Madreporen, Gorgonien, Aſträen u. ſ. w. ſind hinreichend bekannt und allgemein für die am häufigſten vorkommenden, wenn nicht gar für die einzigen Formen, gehalten worden; [illegible] herrſcht indeß unter ihren Geſtalten eine ungeheure Mannigfaltigkeit; einige wachſen als über einander gerollte, einem *Kohlkopfe ähnliche Blätter*, andere beſtehen aus zarten, gekräuſelten, unregelmäßig angeordneten, *Blättchen*. Die Oberfläche jedes Blattes iſt mit *Polypenblüten* bedeckt, durch deren Wachsthum und Secretion es entſtanden iſt. Nicht minder laſſen ſich Aehnlichkeiten mit *einem Eichen- und Akanthuszweige*, mit *Pilzen, Mooſen und Flechten* auffinden. Die Gefäßmadreporen ruhen auf einer cylindriſchen Baſis, die im lebenden Zuſtande ganz mit *Polypenblüten* bedeckt iſt; ſie beſtehen aus einem Netzwerke von *Aeſten und Zweigen*, das ſich anmuthig von ſeinem Mittelpuncte ausbreitet, und über und über mit farbiger Polypenbrut bedeckt iſt. Die Kuppeln der Aſträen ſind durchaus ſymmetriſch und erreichen oftmals einen Durchmeſſer von 10 bis 12 Fuß; die Poriteshügel werden über 20 Fuß hoch; außerdem giebt es ſäulen- und keulenförmige, ſowie Corallen der verſchiedenſten Geſtalten.“

„Jeder zuſammengeſetzte Zoophyt entſpringt aus einem einzigen Polypen, und *wächſt durch fortgeſetzte Knospenbildung zu einem Baume* oder einer Kuppel heran. Ein 12 Fuß Durchmeſſer haltender Aſträaſtamm vereinigt etwa 100,000

Polypen, deren jeder ⅛ Qu. Zoll einnimmt; bei einer Porites, deren Thierchen kaum 1 Lin. breit ſind, würde deren Zahl 5⅙ Millionen überſteigen. Bei ihr ſind alſo eine gleiche Anzahl von Mäulern und Magen zu einem einzigen Pflanzenthiere verbunden, und tragen gemeinſchaftlich zur Ernährung, Knospenbildung, und Vergrößerung des Ganzen bei, ſind auch unter einander ſeitlich verbunden. Wiederum giebt es andere, die niemals Knospen erzeugen, und in einzelnen Gehäuſen bald als kleine Becher bald als flache Schüſſeln u. ſ. w., wohnen.“

„Die Polypen einer zuſammengeſetzten Gruppe unterſcheiden ſich nach der Art ihrer Befeſtigung an einander. Entweder ſind ſie allein an ihrer Baſis verbunden, wo jeder einen eignen Arm vorſtellt, und das Ganze ein baum- oder ſtrauchartiges Ausſehen gewinnt; oder ſie ſind ſeitlich bis zur Spitze mit einander verbunden und bilden ſo maſſige (maſſive?) Formen. Im erſten Falle werden ſich kleine Kelche für jeden getrennten Polypen erheben, im andern nur flache Zellen, wie bei den Gorgonien, wo ſich die Polypen hervorſtrecken, oder denen Kelche fehlen.“ (Dana in Schleidens und Fror. Not. 1847. Juni. no. 49.).

Man erwiedert vielleicht, die große Aehnlichkeit der Korallenthiere mit höhern Pflanzen betreffe doch nur die ganzen Polypenſtöcke, nicht die einzelnen Polypenthiere (Thierblüthen). Es iſt wahr; aber warum ſollten wir auch die einzelnen Thierblüthen mit ganzen Pflanzen vergleichen, da ſie vielmehr eben nur analoge Verhältniſſe mit einzelnen Pflanzenblüthen zeigen. Die Frage, in wie weit die einzelnen Polypenblüthen und einzelnen Pflanzenblüthen als ſelbſtſtändige Individuen anzuſehen, kehrt in beiden Reichen in derſelben Weiſe wieder, und dieſelben Gründe, welche veranlaſſen müſſen, trotz Allem, was man als individuell in der ganzen Pflanze unterſcheiden kann, auch die ganze Pflanze ſelbſt wieder als ein übergeordnetes, in ſich gebundenes, Individuum anzuſehen, kommen mehr oder weniger auch dem ganzen Polypenſtocke zu Statten. Er entſteht ſo gut aus einem einzigen Ei als die Pflanze aus einem einzigen Samen; ſeine Geſtalt entwickelt ſich nach einer feſten Idee, doch mit gewiſſer Freiheit; zu der Polyp hängt mit dem andern durch thieriſche Materie zuſammen (insbeſondere wenn man auf Edwards Unterſuchungen über die durch das Kalkgerüſt ſich durcherſtreckende thieriſche Organiſation Rückſicht nimmt).

Scheint es doch ſogar nicht an directen Zeichen pſychiſchen Zuſammenwirkens der Glieder an Polypenſtöcken zu fehlen. Beſonders intereſſant iſt mir in dieſer Beziehung folgende Angabe Ehrenbergs (in ſ. großen Infuſorien-Werke S. 69.) über das bekannte Kugelthier, volvox globator, erſchienen, welches, ob zwar nicht zu den Corallenthieren gehörig, doch auch eine Art Polypenſtock aus vielen einzelnen Thierchen bildet, die, im Umfange einer Kugel ſitzend, nur durch fadenartige Röhren verbunden ſind: „Thut man etwas blaue oder rothe Farbe in's Waſſer unter dem Mikroſkope, ſo erkennt man ſehr deutlich eine kräftige Strömung um die Kugeln. Dieſe iſt eine Folge der Geſammtwirkung aller Einzelthierchen, die wie Thierheerden, Vögelzüge, ſelbſt ſingende oder tanzende Menſchen- und Volkshaufen einen gemeinſamen Rhythmus und eine gemeinſame Richtung annehmen, oft ſelbſt ohne Commando und ohne ſich des Willens dazu klar bewußt zu werden. So ſchwimmen alle Polypenſtöcke, und der gemüthliche, wie der kälter urtheilende Naturforſcher erkennt hierin einen Geſellſchaftstrieb, welcher aus Kraft und Nachgiebigkeit für gemeinſame Zwecke beſteht, einen Zuſtand, der eine geiſtige Thätigkeit verlangt, die allzugering anzuſchlagen man nicht berechtigt, nur verführt ſein kann. Nie darf man auch vergeſſen, daß alle Einzelthierchen Empfindungsorgane beſitzen, die den Augen vergleichbar ſind, und daß ſie mithin nicht blind ſich im Waſſer drehen, ſondern als Bürger einer unſerm Urtheile fern liegenden großen Welt den Genuß einer empfindungsreichen Exiſtenz, ſo ſtolz wir uns auch geberden mögen, mit uns ſelber theilen.“

Die ganze Frage über das Verhältniß übergeordneter und untergeordneter Individualitäten nach phyſiſcher wie pſychiſcher Seite iſt überhaupt bis jetzt noch eine ſehr dunkle. Auch muß man nicht vergeſſen, daß bei aller Aehnlichkeit zwiſchen Pflanzen und Polypenſtöcken doch noch größere Verſchiedenheiten zwiſchen ihnen bleiben, und man Schlüſſe nach Analogie von den einen auf die andern nicht ohne große Vorſicht machen kann. Es wäre möglich, daß die Pflanze doch ein viel mehr zur Einheit gebundenes Weſen wäre als ein Corallengewächs. Mindeſtens iſt mir nicht bekannt, daß man an Corallengewächſen ſo entſchiedene Zeichen des Zuſammenwirkens aller Theile beobachtet, als wir im 13. Abſchnitt bei den Pflanzen kennen lernen werden.

Unter Anwendung der obigen zwei Merkmale würde man von den Corallengewächſen zu ſagen haben, das Gewächs im Ganzen ſei eine Pflanze, die Polypen im Einzelnen daran ſeien Thiere. Zwar ſind die Flächen, womit Nahrung aufgenommen wird (die Mägen der einzelnen Polypen), hier überall Einſtülpungen, aber es ſind Einſtülpungen, die ſich an Ausſtülpungen des Gewächſes finden, wie umgekehrt bei höhern Organiſmen, welche als Thiere im Ganzen zu betrachten, es Ausſtülpungen (Zotten) ſind, welche aus Einſtülpungen (Darmkanal) hervorragen, wodurch die Nahrung aufgenommen wird.

Betrachtet man die ausnehmend großen Veränderungen, die ſowohl innerhalb des Thierreichs als Pflanzenreichs oft im Laufe verſchiedener Lebensperioden an demſelben Geſchöpfe eintreten, und die bei manchen ſehr tief ſtehenden Thieren, wie Meduſen, noch auffallender als ſelbſt bei Inſecten ſind, ſo kann es nach allem Vorigen auch nichts Unglaubliches haben, daß ein Geſchöpf in ſolchem Wechſel der Lebensperioden den thieriſchen und pflanzlichen Charakter ſelbſt wechſeln könne. Daß wirklich bei niedern Geſchöpfen Abänderungen in dieſer Richtung ſtattfinden, darüber beſteht nach den gleich anzuführenden Beiſpielen kein Zweifel, nur darüber ſtreitet man ſich noch, ob dieß auch ſo weit gehe, um wirklich aus einem eigentlichen Thiere eine eigentliche Pflanze, oder umgekehrt, zu machen; was in Rückſicht obiger

Betrachtungen kaum eine andere Entſcheidung als durch Willkür zu laſſen wird.[*]

Schleiden (Grundz. I. 265.) ſagt freilich in ſeiner gewöhnlichen ſchroffen, doch wiſſenſchaftseifrigen Weiſe: „Nur an phantaſtiſchem Myſticismus krankende Wiſſenſchaft, nicht aber eine klare, ſich ſelbſt verſtehende Naturphiloſophie, kann zu ſolchen Träumereien kommen, daß Geſchöpfe bald einmal Thier, bald einmal Pflanze ſein können. Wäre das möglich, ſo müßte doch noch viel leichter ein Weſen bald einmal Fiſch, bald einmal Vogel, oder bald Käfer, bald Roſe ſein können, und dann wäre alle unſere Naturwiſſenſchaft Thorheit und wir thäten beſſer, Kartoffeln zu bauen und ſie zu verzehren, wären aber auch da nicht ſicher, daß ſie nicht zu Mäuſen würden und davon liefen.“

Ich möchte dagegen an ein Wort erinnern, was Grabbe, zwar überkühn, doch von gewiſſer Seite treffend, in einem ſeiner Dramen ſagt: „der Teufel ſteht Gott näher als die

---

[*] Man vergleiche über die Uebergänge zwiſchen Thier und Pflanze namentlich folgende Schriften und Abhandlungen: Unger, die Pflanze im Moment der Thierwerdung. Wien. 1843. — Kützing, über die Verwandlung der Infuſorien in niedere Algenformen. Nordhauſen. 1844. Derſelbe in Linnaea. 1833. — Siebold dissertatio de finibus inter regnum animale et vegetabile constituendis. Erlangae, 1844. — Meyen in Rob. Brown, vermiſchte Schriften. Herausgegeben von N. v. Eſenbek. IV. S. 327. ff. und in ſ. Pflanzenphyſiologie. — Thuret, recherches sur les organes locomoteurs des spores des algues in Ann. des sc. nat. Botanique. 1843. T. XIX. — Eine Zuſammenſtellung der frühern Beobachtungen findet ſich namentlich in Kützings Schrift, und noch ausfühlicher von Meyen in Brown's Schrift.

Milbe“, womit etwa gleichgeltend iſt: ein Engel kann ſich leichter in einen Teufel als in einen Maulwurf verwandeln. Was ſich hier von den Extremen höchſter Entwickelung in zwei entgegengeſetzten Reichen mit einer gewiſſen Wahrheit ſagen läßt, wird in Betracht der größeren Einfachheit um ſo mehr von den Extremen niedrigſter Entwickelung gelten müſſen; ſie werden ſich näher ſtehen und leichter in einander verwandeln können als die Extreme tiefſter und höchſter Entwickelung in jedem Reiche für ſich.

Die Thatſachen ſelbſt, um die es ſich hierbei handelt, ſind folgende:

Daß manche Algen (einfachſte Waſſerpflanzen) in Infuſorien, und umgekehrt, übergehen können, iſt zwar früher ſchon öfters behauptet und immer wieder bezweifelt worden; inzwiſchen giebt es neuerdings ſo ſorgfältige und zuverläſſige Beobachtungen darüber, namentlich von Flotow und Kützing, daß der Vortheil gegenwärtig gewiß nicht mehr auf Seite der Gegner liegt. Dabei aber bleibt freilich immer der (von Flotow eingeſchlagene) Ausweg, die kleinen Thierchen eben deßhalb, daß ſie ſich in Pflanzen wandeln oder aus ſolchen entſtehen, für Pflanzen ſelbſt zu erklären.

Die kleinen Bläschen, aus welchen die rothfärbende Materie des Schnee's beſteht (Protococcus nivalis), wurden von den erſten Beobachtern derſelben (Agardh, Decandolle, Hooker, Unger, Martius, Harvey, Ehrenberg) für mikroſkopiſche Pflänzchen (Algen) angeſehen; Ehrenberg gelang es ſogar, die Fortpflanzung dieſer von den Alpen herrührenden Pflänzchen in Berlin zu beobachten, indem er die eingeſandten Proben im Winter 1838 auf Schnee ausſäete. Die Pflänzchen vermehrten ſich in zahlloſer Menge, erſchienen den Mutterkörperchen ganz gleich, waren aber in der Jugend nicht roth, ſondern grün (eine Erſcheinung, welche ſich an vielen rothgefärbten Algen zeigt) und trugen keine Spur von thieriſchem Charakter, wohl aber einen feinkörnigen gelappten Keimboden und Würzelchen an ſich, wodurch Ehrenberg ſich veranlaßt fand, ſie unter dem Namen Sphaerella nivalis den Algen beizuzählen. Inzwiſchen fanden andere Beobachter, wie Voigt und Meyen, daß dieſe rothfärbende Materie vielmehr die Geſtalten und Bewegungen von Infuſorien darbot; und erklärten ſie hiernach für thieriſch. Shuttleworth endlich unterſchied theils Infuſorien theils Algen darin. Dieſe Widerſprüche, welche dahin zu deuten ſchienen, daß die Beobachter verſchiedene Materien vor ſich hatten, löſen ſich aber durch die ſehr ſorgfältigen Beobachtungen, welche Flotow an einem, der rothfärbenden Materie des Schnee's ſehr verwandten, jedoch, ſtatt auf Schnee, in Regenwaſſer gefundenen Pflänzchen oder Thierchen, Haematococcus pluvialis, machte. Dieſes, beſtehend aus mikroſkopiſchen, äußerſt zarten, kugligen, glänzenden, rothen Bläschen verrieth anfangs eine blos pflanzliche Natur, wandelte ſich aber in Aufgüſſen unter geeigneten Umſtänden, durch verſchiedene Zwiſchenformen deutlich verfolgbar, in ein Infuſionsthierchen (Astasia pluvialis) mit rüſſelförmigem (mitunter ſelbſt gablig geſpaltenen) Fühler und allen Zeichen freiwilliger Bewegung um; wonach man Grund hat, auch im pflanzlichen und thieriſchen Zuſtande der rothfärbenden Materie des Schnee's nur verſchiedene Entwickelungsſtufen deſſelben Geſchöpfs zu ſehen (zumal da Flotow's Astasia pluvialis ſich Shuttleworths Astasia nivalis im rothen Schnee verwandt zeigt). Da Flotow als ausgemacht hält „es könne der Haematococcus doch nur ſein entweder ganz Thier oder ganz Pflanze“, ſo meint er nun freilich, der ſich bewegende H. „habe nur das Scheinweſen einer Astasia angenommen“, ungeachtet er ſelbſt den völlig thieriſchen Charakter der Bewegungen zugeſteht. (Nov. act. acad. Leop. Car. 1843. T. XX. p. 413.)

Aus Kützing's Beobachtungen geht hervor, daß das Infuſorium Chlamidomonas pulvisculus gar vielfacher Veränderungen fähig iſt, daß ſich aus ihm eine entſchiedene Algenſpecies, Stygeoclonium stellare, entwickele, daß aber auch noch andere Bildungen aus ihr entſtehen, welche ebenfalls einen entſchiedenen Algencharakter an ſich tragen, obgleich ſie zum Theil der äußern Form nach auch als ruhende Infuſorienformen in Anſpruch genommen werden können. (Es kommen nämlich Tetraspora lubrica oder gelatinosa, Palmella botryoides, Protococcus- und Gyges-Arten als verſchiedene Entwickelungsformen zum Vorſchein.) Nach demſelben verwandelt ſich das Infuſorium Enchelys pulvisculus in einen Protococcus und zuletzt in eine Oscillatorie. (Kützing über die Verwandlung der Infuſorien in niedere Algenformen. Nordhauſen. 1844.)

Bei einer ganzen Reihe von Algen (Zoospermae), ſowohl gegliederten als ungegliederten, und noch andern niedern Gewächſen (Pilzen, Noſtok), hat man beobachtet, daß ihre Keimkörner (Sporen, Sporidien, von Manchen Saamen genannt), aus der Mutterpflanze hervorbrechend eine Zeit lang eine freiwillig erſcheinende infuſorienähnliche Bewegung im Waſſer machen (wie man denn zum Theil Formen unter ihnen erkennt, welche von Ehrenberg wirklich als Infuſorien beſchrieben worden), dann, etwa nach ein paar Stunden, ſich feſt ſetzen und zu keimen beginnen, ſo daß nun ein Gewächs wie die Mutterpflanze daraus entſteht. Dieſe Keimkörner zeigen zwar inwendig keine thieriſche Organiſation, wohl aber äußerlich, ſofern man an ihnen ähnliche wimper- oder peitſchenförmige Organe bemerkt, als welche ſonſt bei den Bewegungen der niedern Thiere, insbeſondere vielen erklärten Infuſorien, eine ſo große Rolle ſpielen.

Wie merkwürdig dieſe Erſcheinungen ſich ausnehmen, mag man aus folgender Stelle in Ungers Schrift: die Pflanze im Moment der Thierwerdung, entnehmen. Nachdem er in Briefen an einen Freund die Erſcheinungen an Vaucheria clavata bis zum Austritt der Sporidie beſchrieben hat, ſagt er (S. 21): „Wenn du mir bis hierher gefolgt biſt, ſo kannſt du unmöglich deine Erwartungen ſo hoch geſpannt haben, daß nicht dennoch das, was ich dir weiter erzählen werde, ſelbſt den kühnſten Flug der Phantaſie überflügelte. Ja, es iſt wirklich ein Wunder, eine ſo von den allgemeinen Geſetzen abweichende Erſcheinung, daß man vermuthen könnte, die Natur habe ſich hier eher eine poetiſche Freiheit erlaubt, als einmal den Schleier zurückgezogen von einem Vorgange, den ſie vielleicht täglich und ſtündlich millionenmal nur mit leichtem Modus übte und noch übt. — Tief und ernſt iſt die Bedeutung der Zeugung in allen ihren einzelnen Schritten, aber wahrhaft wundervoll darf man ſie dann nennen, wenn das Erzeugte anders als der Erzeuger, kurz wenn die Naturen beider verſchieden ſind, wie das eben im vorliegenden Falle erſichtlich iſt.“

Um ſo intereſſanter werden dieſe Erſcheinungen, wenn man ſie mit ganz analogen zuſammenhält, welche in das erklärte Thierreich fallen. Die Eier (nach neuern Anſichten vielmehr Embryonen zu nennen) vieler (wahrſcheinlich aller) jener niedern Thiere, welche man wegen ihres Feſtſitzens und pflanzenähnlichen Wuchſes in weiterm Sinne Zoophyten nennt, haben nämlich eine ganz ähnliche einfache Organiſation wie jene Keimkörner der Algen, bewegen ſich ebenſo erſt eine Zeit lang frei mit Wimperorganen im Waſſer, und ſetzen ſich erſt ſpäter feſt, um pflanzenähnlich fortzuwachſen. Es findet die vollkommenſte Analogie zwiſchen Algen und Zoophyten in dieſer Hinſicht ſtatt. Ja ſelbſt bei etwas höher geſtellten Thieren kommen bis zu gewiſſen Gränzen ähnliche Verhältniſſe vor.

Von den zahlreichen Beobachtungen und Angaben über dieſen Gegenſtand laſſe ich einige der zuverläſſigſten folgen:

Die kleine Alge Vaucheria clavata Agdh. (Ectosperma clavata Vauch.) überzieht, in zahlreichen Individuen vereinigt, in Form kleiner polſterförmiger Raſen, die Oberfläche der Steine ſeichter raſch fließender Gewäſſer des mittlern Europa. Sie ſtellt im entwickelten Zuſtande einen verzweigten ungegliederten Schlauch von ${}^{37}/_{10000}$ Wien. Zoll Durchm. dar, der ſeine grüne Farbe dem inwendigen Chlorophyll verdankt. Unter normalen Verhältniſſen erſcheint nun an der Spitze der Endtriebe in dem urſprünglich einfachen Schlauche eine Querwand, und in der dadurch entſtandenen obern Abtheilung geht aus einer ungefärbten, ſchleimig-körnigen, Subſtanz die Bildung eines an die urſprüngliche Haut ſich anſchmiegenden Schlauches (Sporidium) vor ſich, der aus einem Flimmer-Epithelium gebildet wird. In ſeinem Innern iſt nur eine geringe Spur von Organiſation zu erkennen. Durch Anſchwellung der reifenden Sporidie gleichzeitig mit der Verdünnung der Spitze des Mutterſchlauches durch Reſorption (Ausdehnung) berſtet dieſe und die Sporidie drängt ſich durch die enge Oeffnung „eigenmächtig“ und endlich ſogar mit drehender Bewegung heraus. Dieſer Vorgang dauert wenige Minuten. Die Sporidie hat nach dem Austritt eine birn- oder eiförmige Geſtalt, die ſich allmällig in eine regelmäßig ovale oder ellipſoidiſche ändert. Vom Mutterſchlauche befreit „erhebt ſie ſich erſt in freudiger raſcher Bewegung im Waſſer und kreiſet nach verſchiedenen Richtungen ähnlich einem Infuſorium herum.“ Die Bewegung iſt eine in conſtanter Richtung von links nach rechts rotirende und zugleich fortſchreitende. Ein mit ſchwingenden Cilien gleichförmig beſetztes Epithelium bringt dieſelbe hervor. Thut man etwas zertheilten Farbſtoff in's Waſſer, ſo ſieht man den Wirbel, den die Cilien machen. Momente der Ruhe wechſeln „nach Willkür“ mit Bewegungen ab, die im Ganzen durch 2 Stunden dauern. Höchſt auffallend iſt, wie die Sporidien bei dieſen Bewegungen ſorgfältig alle Hinderniſſe vermeiden, wie geſchickt ſie durch das Gewebe der Sproſſen der Vaucheria ziehen, und ſich gegenſeitig ausweichen, daher auch nie ein An- oder Zuſammenſtoßen ſtatt findet. Mehr oder weniger runde Schleimklümpchen, mit Chlorophyll überzogen, ziemlich unregelmäßig vertheilt, im Hintertheile viel gedrängter als im Vordertheile liegend, ſind die einzigen, mit Sicherheit erkennbaren Körperchen, die einen weſentlichen Antheil an der innern Beſchaffenheit der Sporidie haben. Mit dem Aufhören der Bewegungen verändert ſich das Ellipſoid in die Kugelgeſtalt, alle Cilien verſchwinden plötzlich, ohne daß man weiß, wohin ſie kommen; die grüne Färbung vertheilt ſich gleichförmiger, und die glasartige Durchſichtigkeit des Epitheliums verwandelt ſich in eine zarte homogene Pflanzenmembran. In weniger als 12 Stunden verlängert ſich die Blaſe durch unmittelbare Ausſackung an einer oder an zwei Stellen zugleich und es treten damit die Erſcheinungen des Keimens ein. Die Entwickelung der Schläuche fährt raſch fort. Es bildet ſich einerſeits ein Wurzelgebilde, wodurch das Pflänzchen ſich feſtſetzt, während der andere Fortſatz ſich verlängert, verzweigt und innerhalb 14 Tagen zur gleichen Sporenbildung gelangt. — Warmes Waſſer, ſelbſt von 20° R., wirkt tödtlich auf die bewegten Sporidien, dagegen ruft eine Temperatur, welche dem Gefrierpunct des Waſſers zunächſt liegt, zwar eine Unterbrechung der Bewegungen und ſelbſt der vegetativen Lebenserſcheinungen hervor, ohne aber zu tödten. Licht-Entziehung wirkt beſchleunigend auf das Aufhören der Bewegungen und das Keimen wird verhindert. Der galvaniſche Strom hat ähnlichen Einfluß als auf die Infuſorien; ein ſchwacher bewirkt Betäubung und Unregelmäßigkeit in den Bewegungen; ein ſtärkerer bewirkt ſogleich den Tod. Mineralſäuren, Alkalien und die meiſten Salze wirken ſchon in kleinſter Menge tödtlich. Wurden in eine concentr. Löſung von ſchwefelſaurem Morphin fröhlich ſchwimmende Keime gebracht, ſo hörten dieſelben zwar anfangs auf ſich zu bewegen, nach Kurzem aber fingen ſie ihre Bewegungen wieder an, tanzten aber dabei in ſo ſeltſamen Kreiſen umher, als ob ſie in einem Zuſtande von Betäubung wären, und nach wenigen Minuten trat Ruhe ein. Noch kräftiger wirkte Opiumextract; ſchon die kleinſte Doſis, in Waſſer gelöſt, brachte Lähmung in den Bewegungen und Tod hervor. In conc. Blauſäure, mit gleichen Theilen deſt. Waſſers verdünnt, wurden die eingeſetzten, munter ſchwimmenden

Sporidien plötzlich bewegungslos. Eine Aufnahme von Farbſtoff, wie bei Infuſorien, ließ ſich in keiner Weiſe bewirken. (Nach Unger's Schrift: die Pflanze im Moment der Thierwerdung.)

Thuret hat auch bei den Sporen von Conferva glomerata und rivularis, Chaetophora elegans var. pisiformis, Prolifera rivularis und Candollii Leclerc. die Abhängigkeit ähnlicher Erſcheinungen von wimper- oder peitſchenförmigen Organen ſpeciell nachgewieſen. (Ann. des sc. nat. 2. Ser. T. XIX.)

„Achlya prolifera (eine Gallertalge) hat zwei Arten von Sporen, größere, die ſich in kleinerer Anzahl in kugelförmigen Sporangien bilden, und kleinere, die ſich in größerer Anzahl in den unveränderten fadenförmigen Endgliedern entwickeln. Von den Endgliedern trennt ſich zur Zeit der Sporenreife ein kleiner Deckel, ſchon kurz vorher gerathen die Sporen in eine wimmelnde Bewegung, wobei eine wirkliche, oft bedeutende Ortsveränderung ſtattfindet. Dieſe Bewegung dauert nach dem Austritt eine Zeit lang fort und hört endlich auf, worauf die Sporen oft ſchon nach wenigen Stunden keimen. Wenn ein ſolches Endglied geleert iſt, wächſt gewöhnlich ein neues ſolches Glied, von der nächſten Scheidewand ausgehend, in jenes hinein, oftmals das ſtehenbleibende ältere nicht ganz ausfüllend. Auch in dieſem neuen Gliede bilden ſich wieder Sporen, die dann bei ihrem Austritt zwei Oeffnungen zu paſſiren haben und zuweilen lange zwiſchen beiden Zellenwänden herumſchwanken, bis ſie zur zweiten Oeffnung herauskommen. Es ereignet ſich aber auch, daß ſie dieſen zweiten Ausweg gar nicht erreichen und innerhalb des ältern Schlauches wenigſtens den Anfang der Keimung machen.“ (Schleiden, Grundz. I. 264.)

„Die Embryonen der Campanularia geniculata (Sertularia geniculata Müll.) ſind längliche cylindriſche oder birnförmige, von einer zarten Haut vollkommen geſchloſſene, ſchlauchähnliche Körper, ohne Mundöffnung und ohne die geringſte Spur einer Organiſation im Innern. Ihre Oberfläche iſt mit ungemein zahlreichen feinen Flimmerhaaren bedeckt, wodurch ſie in den Stand geſetzt ſind, raſche Bewegungen vorzunehmen, wie Infuſorien im Waſſer herumzuſchwimmen, und jene Stelle aufzuſuchen, die für ihre fernere Entwickelung am zweckmäßigſten iſt. Nach dieſem kurzen infuſoriellen Zuſtande erlangen ſie eine ſcheibenförmige Geſtalt, ſetzen ſich an einen Gegenſtand feſt, und treiben einen ſchlauchartigen Fortſatz, der im Anfange von jenen der keimenden Algenſporidien der Form nach nicht einmal verſchieden iſt. Damit tritt das Thier erſt in das zweite Stadium ſeines Lebens, in das Polypenſtadium, ein, wo erſt nach der Hand die Organe der Reproduction gebildet werden. — Ganz ſo verhält es ſich mit den Embryonen der Meduſen nach Ehrenberg's, Siebold's (Beitr. z. Naturgeſch. der wirbelloſen Thiere. Danzig. 1839.), und vorzugsweiſe nach M. Sar's Beobachtungen mit Medusa aurita und Cyanea capillata (Arch. f. Naturgeſch. 1841. S. 9.). Sobald dieſelben die Mutterarme verlaſſen, ſind ſie kaum mehr als punktgroße, ovale oder birnförmige, etwas zuſammengedrückte Körperchen, ohne Mundöffnung und ohne Spur von Organiſation im Innern. Ihr Körper iſt weich, beſteht blos aus einem ſehr feinkörnigen Gewebe, und ſcheint inwendig eine große Höhle, von derſelben Form wie die der Körpercontur, zu haben. Dicht ſtehende Flimmerhaare bedecken die ganze Oberfläche des Körpers gleichförmig, und erlauben demſelben Bewegungen nach allen Seiten, und in der Art wie Infuſorien auszuführen. — Bei dem Schwimmen drehen ſie ſich häufig um, ihre Längenaxe und das ſtumpfe Ende gehen voran. Erſt nachdem die Periode ihres infuſoriellen Lebens abgelaufen, ſetzen ſie ſich mit dem Vorderende feſt, erlangen nach unten einen ſtielartigen Fortſatz, während an der entgegengeſetzten Fläche eine von Tentakeln umgebene Vertiefung erſcheint, die ſich zum Mund und zum Magen erweitert, und damit werden ſie zu Polypen, die Zweige treiben und ſich ſowohl durch dieſe als durch Quertheilung fortpflanzen. Nur die, durch Quertheilung entſtehenden Jungen erlangen die Form und Organiſatien der Acalephen." (Unger's Schrift S. 88.)

„Die Vorticelle entwickelt einen Stiel, theilt ſich (und häutet ſich?), entwickelt Rückenwimpern, löſt ſich ab vom Stiele, ſchweift umher, zieht (nach zweiter Häutung?) die Rückenwimpern wieder ein oder verliert ſie, und ſetzt ſich feſt, um wieder einen Stiel auszuſcheiden, einen Stammbaum zu bilden und daſſelbe unabläſſig zu wiederholen.“ (**Ehrenberg** in ſ. Werke über Infuſorien. S. 290.)

Nach **Burmeiſter** haben die Cirripeden, namentlich die Anatifen, beim Auskriechen aus dem Eie vorn zwei muskelloſe Fühlfäden mit Saugnäpfen, ſeitlich drei Paar mit Borſten endigende, zum Theil gabelförmig geſpaltene Füße, aus Hornhaut, Kryſtallinſe und ſchwarzem Pigment beſtehende Augen, und ſchwimmen frei herum; haben ſie ſich aber mit den Saugnäpfen an einer Stelle feſtgeſetzt, ſo wachſen ſie durch einen fleiſchigen Stiel an, und werfen mit der Haut die Fühlfäden und Augen ab, während die Fußpaare ſich verdoppeln und in vielfach gefiederte, krumme Ranken verwandelt werden. (**Burmeiſter**, Beiträge zur Geſchichte der Rankenfüßer. Berlin. 1834.)

Nach **Nordmann** hat die weibliche Lernaeocera cyprinacea, wie ſie aus dem Ei kommt, die gewöhnliche Geſtalt andrer krebsartiger Schmarozerthiere, nämlich ein paar Fühlfäden, zwei Paar Füße und ein Auge; hat ſie aber mit Hülfe dieſer Organe zu ihrem künftigen Wohnort ſich einen Fiſch geſucht und mit ihrem Vorderleibe ſich in deſſen Fleiſch tief eingeſenkt, ſo wandelt ſich ihr Leib beim Verſchwinden jener Organe in einen einfachen Cylinder um, und man kann an demſelben ſogar weder Muskeln noch Nerven erkennen, während die Verdauungsorgane ſich weiter ausbilden und die Zeugungsorgane ſich entwickeln. Nun bleibt ſie bis zu ihrem Tode in der von ihr gegrabenen Vertiefung, um pflanzenähnlich aus dem Fleiſche des Fiſches Nahrung aufzuſaugen und mit dem Männchen, welches von ihrem Kothe ſich zu nähren ſcheint, übrigens aber Sinnes- und Bewegungsorgane behält, Junge zu erzeugen. (**Nordmann**, mikrographiſche Beitr. z. Naturgeſch. der wirbelloſen Thiere. Berlin. 1830. Heft II. S. 123 ff.)

Außer ſolchen Bewegungen, welche nur einen vorübergehenden Entwickelungszuſtand gewiſſer niedern Pflanzenorganiſmen bezeichnen, kommen auch mancherlei merkwürdige Bewegungserſcheinungen von verſchiedener und nicht hinreichend erkannter Bedeutung bei entwickelten niedern Pflanzenorganismen ſelbſt vor, die an thieriſche Phänomene erinnern können und zum Theil ſelbſt ſchwanken laſſen, ob man nicht vielmehr hier von Thier als von Pflanze ſprechen ſoll.

„Höchſt auffallend ſind die Erſcheinungen, welche die Oscillatorien, eine kleine Algengattung (von Andern vielmehr für thieriſcher Natur gehalten), zeigen. Sie erſcheinen als kurze Fäden, aus mehr breiten als langen cylindriſchen Zellen an einander gereiht, erfüllt mit grünem Stoff und verſchiedenartigem, theils flüſſigen theils granulöſen, Inhalt. Die Spitze jedes Fadens iſt etwas verjüngt und abgerundet, häufig waſſerhell und farblos. So lange ſie lebhaft vegetiren, zeigen dieſe Fäden eine dreifache Bewegung, eine abwechſelnde geringere Krümmung des vordern Fadens, ein halb pendelartiges, halb elaſtiſches Hin- und Herbiegen der vordern Hälfte und ein allmäliges Vorrücken. Dieſe Bewegungen beobachtet man oft alle zugleich, oft einzeln. Sie haben (ſagt Schleiden) etwas Seltſames, ich möchte ſagen Unheimliches, an ſich.“ (Schleiden, Grundz. II. 549.) Schließt man Oscillatorien in einen finſtern Raum ein und läßt durch eine Oeffnung Licht einfallen, ſo ziehen ſich alle Oscillatorien nach der Oeffnung hin und verſchwinden aus dem übrigen finſtern Raum des Gefäßes. (Vaucher hist. des conf. d'eau douce. 171.) Näheres über die Bewegungen der Oscillatorien ſ. in **Meyen's** Phyſiol. III. 443.

„Reißt man von einer Spongie (von Manchen zu den Thieren gerechnet) Fragmente der ſchleimigen Subſtanz ab, ſo zeigen ſich dieſe nach Dujardin anfangs unbeweglich unter dem Mikroſkope, aber bei paſſender Beleuchtung ſieht man an den Rändern rundliche durchſichtige Vorſprünge, welche ihre Geſtalt in jedem Augenblicke durch Expanſion und Contraction verändern. Zuweilen ſollen ſich ſogar kleine Fragmente von $^{1}/_{100}$ bis $^{1}/_{200}$ Millim. langſam am Glaſe kriechend durch jene Fortſätze fortbewegen. D. will dieß Phänomen bei Spongia panicea, Cliona celata und Spongilla ſeit 1835 beobachtet haben.

Auch ſahe er an den Rändern abgeriſſener Lappen der Spongilla Fäden von außerordentlicher Zartheit hervortreten, und mit lebhaft undulirender Bewegung ſchwingen, ſo daß ſie an kleinen iſolirten Maſſen eine Ortsbewegung, verſchieden von der oben beſchriebenen, veranlaßten.“ Gegen die hierdurch angeregte thieriſche Natur der Spongillen ſprechen inzwiſchen, abgeſehen vom Mangel eines Magens, die Beobachtungen Hoggs, daß die Spongille ihre grüne Farbe allein durch den Einfluß des Lichts erhalte und dieſem entzogen wieder verliere, im Lichte Gas entwickele, ſich Pflanzen ähnlich zu Säuren verhalte u. ſ. w. (Wiegm. Arch. 1839. II. 197. 1841. II. 410.)

Bei den Laub- und Lebermooſen, Charen und Farrn entwickeln ſich in den Zellen ihrer ſogenannten Antheridien oder Antheren (deren Bedeutung als ſolche jedoch beſtritten wird) ſpiralige Fäden (in jeder Zelle einer, nach Thuret bei den Charen auch wohl zwei), welche, wenn die Zellen unter Waſſer kommen, eine lebhafte Bewegung um ihre Axe machen, auch nach Zerreißen des Zellchens dieſe Bewegung eine Zeit lang für ſich im Waſſer fortſetzen und dabei fortſchreiten. Man hat dieſe Spiralfäden mit den ſogenannten Saamenthierchen (Spermatozoen) der Thiere verglichen (ſelbſt Borſten oder Fühlſpitzen daran zu ſehen geglaubt), ohne freilich rechten Grund zu haben, ihnen eine gleiche Function beizulegen. Näheres ſ. in Meyen Phyſiol. III. 208 ff. — Schleiden Grundz. II. 48. 66. 77. — Wiegm. Arch. 1837. I. 430. 1838. I. 212. II. 85. 1839. II. 45. 1841. II. 423.

Die Molecularbewegungen, welche die Kügelchen des Pollen-Inhalts nach dem Austreten machen, ſcheinen nach neuern Unterſuchungen nicht das Intereſſe zu verdienen, was man ihnen früher beizulegen geneigt war. (Vergl. Schleiden Grundz. II. 303.)

In den meiſten Pflanzen aus den Familien der Characeen, Najaden und Hydrochariden und im Fruchtſtiel der Jungermannien iſt in jeder Zelle ein einfacher an der einen Seite aufſteigender, an der andern Seite abſteigender Strom einer durch

Farbe, Conſiſtenz (Schleimigkeit) und Unlöslichkeit in wäſſerigen Flüſſigkeiten von dem übrigen waſſerhellen Zellenſaft verſchiedenen Flüſſigkeit zu beobachten, die in einigen beſonders dadurch ſichtbar wird, daß ſie die im Safte enthaltenen Kügelchen (Stärkmehl, Chlorophyll, Schleim u. ſ. w.) mit fortführt, meiſt aber auch für ſich deutlich genug erkannt wird. (Näheres ſiehe in Schleiden Grundz. II. S. 256.)

XIII. Einheit und Centraliſation des Pflanzenorganismus.

Alles wäre recht gut, wird man ſagen, wenn nur der Organismus der Pflanzen auch wirklich eine ſolche Einheit, Centraliſirung, eine ſo durchgreifende Verknüpfung, Wechſel- und Folgebeziehung aller Theile und Seiten ſeines Baues und Lebens, einen ſolchen Zuſammenſchluß und Kreislauf der Functionen zeigte als der der Menſchen und Thiere, um darin den entſprechenden Ausdruck der Einheit und Herrſchaft einer Seele finden zu können. Aber ſo iſt es nicht. Was iſt die Pflanze im Grunde anders als ein Haufen von äußerlich an einander geklebten Zellen; wo iſt etwas darin, was einen einigenden Mittelpunct von herrſchender Bedeutung repräſentirte, auf den alles hinwieſe, von dem Alles Antrieb empfinge, wie das Gehirn der Thiere; wo etwas von einem durchgreifenden, Alles verknüpfenden Kraft- und Lebensbezuge ſelbſt; denn der äußere formelle Bezug, den die umſchließende Geſtalt ſetzt, reicht noch nicht hin, auch in Kräften und Thätigkeiten die Pflanze zum Ganzen zu binden.

Kein Theil der Pflanze kümmert ſich doch ſehr um das, was im andern vorgeht. Reiße ein Stück von ihr ab und pflanze es ein; es wächſt für ſich fort, und die Pflanze, von der du es losgeriſſen, wächſt auch fort, als wäre ihr nichts geſchehen. Das ſieht nicht aus wie Zuſammenſchluß durch die bindende Einheit einer Seele. So viel Blätter, ſo viel Individuen am Baume; ja eigentlich ſo viel Zellen, ſo viel Individuen; es hat keine Gränze. Hören wir einen Botaniker von Fach darüber:

„Jede Zelle, ſagt Schleiden, ernährt ſich für ſich und nach ihrer eigenthümlichen Natur auf andere Weiſe.“ (Schleiden, Grundz. II. S. 464.).

„;Bei der Selbſtſtändigkeit des Lebens der einzelnen Zellen können in und an beſtimmten Zellen Proceſſe vor ſich gehen, die für das Leben der benachbarten Zellen und ſomit der ganzen Pflanze ohne alle Bedeutung ſind.“ (Ebendaſ. II. S. 404.).

„Die Ernährung der ganzen Pflanze beſteht nur in der Ernährung ihrer einzelnen Zellen.“ (S. 466.).

„Die Pflanze beſteht als ſolche weſentlich nur in der morphologiſchen Verknüpfung ihrer phyſiologiſch ſelbſtſtändigen Elementarorgane.“ (S. 470.).

„Die Zelle dürfen wir als einen kleinen ſelbſtſtändigen, für ſich lebenden, Organiſmus anſehen. Aus ſeiner Umgebung nimmt derſelbe flüſſigen Nahrungsſtoff auf, aus demſelben bildet er durch chemiſche Proceſſe, die im Innern der Zelle beſtändig rege ſind, neue Stoffe … In dem regen Spiel der Aufnahme und Ausſcheidung von Stoffen, der chemiſchen Bildung, Umbildung und Zerſetzung von Stoffen beſteht das ganze Leben der Zelle und — da die Pflanze eigentlich Nichts iſt als die Summe vieler Zellen, die zu einer beſtimmten Geſtalt verbunden ſind — auch das Leben der ganzen Pflanze.“ (Schleiden, die Pflanze. S. 41.).

„Jede einzelne Zelle führt gleichſam ein geſondertes Leben für ſich.“ (Ebendaſ. S. 47.).

Läßt ſich deutlicher ſagen, als wir es hier von einem Sachverſtändigen hören: die Pflanze iſt für ſich als Ganzes nichts, die Zelle alles. Zwar heißt uns die Pflanze organiſch, lebendig, und iſt es auch, aber ſie iſt es nur als ein dem Ganzen des Naturorganismus angehöriger, in ihm aufgehender Theil. Sie iſt herausgewachſen aus dem Boden, noch angewachſen am Boden wie ein Haar auf unſerm Haupte; ihre Proceſſe zwar regſamer als die des Haares, doch nicht anders als die einer Drüſe unſers Leibes, worin allerhand Stoffe zum Zwecke des Ganzen verarbeitet werden. So werden in der Pflanze Luft, Licht, feſte Stoffe der Außenwelt auf eigenthümliche Weiſe zum Zwecke des Ganzen verarbeitet. Wer will in einem Leberdrüschen eine Seele für ſich finden; iſt mehr Grund da, eine ſolche in der Pflanze zu finden? Laß alſo immerhin die Pflanze organiſch, lebendig heißen, laß auch eine Idee ihrer Schöpfung und Geſtaltung unterliegen; Aber wenn ſie doch nicht ein ſich für ſich ſelbſt abſchließendes Organiſche, ein in ſich kreiſendes, ſich auf ſich ſelbſt zurückbeziehendes Lebendige iſt, kann auch die Idee, die ihrem Sein und Leben unterliegt, nicht in einem ihr ſelbſt immanenten Seelenprincip geſucht werden. Der göttliche Geiſt mag in der Fülle ſeiner Ideenwelt auch die Idee der Pflanzengeſtalt lebendig in ſich tragen, es iſt aber nur ſein Leben, ſeine Idee, nicht ſelbſteignes Leben, eigne Seele, was der Pflanze gegeben iſt.

Wie anders all dieß bei den Thieren? der thieriſche Organismus ſchließt ſich rund in ſich ſelbſt ab, iſt auf ſich geſtellt, kreiſt in ſich, bezieht ſich allwegs auf ſich zurück. Da kann man nichts losreißen und für ſich pflanzen, und wo und wie man etwas losreiße, ſpürt es das Ganze. Ganzes und Einzelnes beſtehen nur mit und durch einander, wie ſie ſind. Wie jedes auf das Andere, wirkt jedes durch Vermittelung des Andern im Kreislauf auch wieder auf ſich ſelbſt zurück. Wo auch das herrſchende Centrum liege, und ſei es auch, daß es an keinem einzelnen Puncte liege, aber es zeigt ſich ſicher eins in den Wirkungen vorhanden, was das Ganze bindet und Alles zwingt, ſich ihm zu fügen.

Ich habe Alles zu erſchöpfen geſucht, was man in dieſem Sinne ſagen kann; ja wüßte ich, was ſich noch mehr und Schlagenderes in dieſem Sinne ſagen ließe, ich würde es gern geſagt haben, weil ich den Einwänden nicht ausweichen, ſondern ihnen begegnen möchte. Vielleicht habe ich aber ſogar ſchon mehr geſagt, als mancher ſelbſt wird ſagen wollen; man braucht dieß dann einfach abzuziehen. Iſt nicht Alles triftig und klar in dieſem Einwande geſtellt und auseinander gehalten worden, ſo möchte dieß nicht unſre Schuld ſein; denn verſucht man, ihn auf das Triftige und Klare zu reduciren, ſo löſt er ſich von ſelbſt auf. Warum ihn dann überhaupt ſtellen? Weil er überhaupt geſtellt wird.

Um die eignen Worte eines Gegners mitzutheilen, führe ich folgende Argumentation von Carus (Pſyche S. 112.) an, welche hauptſächlich im Sinne des vorigen Einwandes geſtellt iſt, obwohl zum Theil auch in ſchon anderwärts Berückſichtigtes eingreift.

„Das Pflanzenreich beruht durch und durch, wie in jeder einzelnen Pflanze ſo auch in der Mannigfaltigkeit ſeiner Geſtalten, weſentlich auf endloſer Wiederholung einer Grundform, es iſt durch und durch Zellenbau, ſich in's Unendliche fort wiederholend, und deßhalb aus jeder einzelnen Zelle immer wieder möglicherweiſe das Ganze hervorbringend, und eben darum auch den Begriff der Totalität nie vollkommen abſchließend*. Schon der Laie, ohne ſich des höhern Grundes bewußt zu ſein, trennt daher Theile der Pflanze ab mit andern Vorſtellungen und Gefühlen als bei einem Thiere, er wird jene gewiſſermaßen immer für ein Stückwerk, und dieſes immer für ein Ganzes nehmen; ein Blatt, eine Blume abzubrechen geſchieht mit Luſt, ein Glied eines lebenden Thieres abzulöſen wird ihm jedesmal ſchmerzlich ſein**. Die Pflanze hat aus jenem Grunde keine Eingeweide und keine in dem Sinne wie beim Thiere verſchiedene Organe — es kann daher auch nicht, im Gegenſatze zu weſentlich heterogen werdenden Organen, ein ſolches Urgebilde wie das Nervenſyſtem übrig bleiben; — kurz, ſie bleibt weſentlich immer nur eine Vielheit von Einheiten, es fehlt ihr ein ſolches inneres Centrum, wie es das Thier hat, und, obwohl auch ſie nicht ohne eine gewiſſe Totalität ſein kann, ſo iſt der Begriff derſelben nie dergeſtalt abgeſchloſſen wie im Thierreiche, woraus denn einmal folgt, daß der Begriff höherer und niederer Organiſation, welcher im Thierreiche ſo deutlich ſich zu erkennen giebt, im Pflanzenreiche immer ſehr unvollkommen ſich ausſpricht (es wird immer ſtreitig bleiben, welche man als die höchſte Pflanze betrachten ſoll); ein andermal folgt, daß, indem der Pflanze ein wahrhaft centrales Syſtem und dadurch ein vollkommenes Band der Einheit und Ganzheit fehlt, von irgend einer Art des Bewußtſeins hier noch keineswegs die Rede ſein könne. Wenn wir ſonach mit dem Namen der Seele nur diejenige Idee zu bezeichnen pflegen, in welcher irgend ein Bewußtſein wirklich ſich entwickelt hat, ſo ergiebt ſich aus Obigem deutlich, daß von der Pflanze noch nicht ausgeſagt werden könne, es ſei ihr eine Seele gegeben.“

---

* Ich überſehe nicht, inwiefern jene Möglichkeit ſolchem Abſchluſſe mehr widerſprechen ſoll, als wenn wir beim Thiere dieſe Möglichkeit auf gewiſſe Zellen des Mutterkörpers vorzugsweiſe verwieſen ſehen, zumal da doch noch Niemand die Möglichkeit, wirklich aus jeder Zelle eines Birnbaumes oder einer Nelke wieder einen Birnbaum oder eine Nelke hervorzubringen, dargethan hat. Es ſcheint mir, daß der Abſchluß einer Zellenmehrheit zur Totalität und die Fähigkeit dieſer oder jener oder jeder einzelnen Zelle, bei Abſonderung vom Ganzen das Ganze zu reproduciren, überhaupt in keinem deutlichen Bezuge zu einander ſtehen.

** Vgl. hierüber S. 27. 30. 93 f.

Näher beſehen zeigt ſich, daß man bei vorigem Einwande Dinge von der Pflanze zur Seele verlangt, die man auch bei Thieren nicht allgemein oder nur ſcheinbar findet, und an ſich keinen Grund hat, als weſentlich zum Daſein einer Seele zu fordern, theils Dinge vermißt, die im Grunde doch eben ſo gut bei den Pflanzen als bei Thieren zu finden, wenn auch in anderer Form.

Das Thier iſt zuvörderſt ſo gut als die Pflanze ein Haufe äußerlich verknüpfter Zellen. Man weiß ja, daß ſogar Nerven- und Muskelfaſern aus an einander gelagerten und theilweis verſchmolzenen Zellen beſtehen, und hat in dieſer Beziehung nur die größte Analogie zwiſchen Pflanzen und Thieren finden können. Wo iſt denn nun im Thiere innerhalb dieſes Zellenhaufens der centrale Punct, den man in der Pflanze verlangt. Im Gehirn? Aber das Gehirn iſt blos ein Gewebe neben und zwiſchen einander durchlaufender Faſern, nirgends ein Punct, in dem ſie zuſammenlaufen. Oder iſt das ganze Gehirn ſelbſt dieſer Centralpunct? Gewöhnlich meint man ſo, obgleich es für einen Punct etwas groß iſt; was man ſich aber nicht anfechten läßt. Nun aber giebt es genug Thiere, die ſtatt eines Gehirns blos zerſtreute, wenn auch durch Nerven verknüpfte, Ganglienknoten haben, und doch in ſehr ausgebildeten zweckmäßig waltenden Inſtincten das Walten einer in ſich einigen Seele verrathen. Den Inſecten mißt man freilich ein Gehirn bei; es iſt ein Nervenknoten, der im Kopfe liegt und von dem die Haupt-Sinnes-Nerven ausgehen; aber er iſt oft kleiner als andre Nervenknoten deſſelben Inſects, und ſchneidet man ihn ſammt dem Kopf weg, ſo hören die Zeichen der Seelenthätigkeit nicht auf.

Man höre:

„Die Gliederthiere (Inſecten) machen nach Wegnahme des Kopfes Bewegungen, welche Willensthätigkeit vorausſetzen. Geköpfte Fliegen und Käfer fliegen und laufen nach der Operation oft ziemlich weit und lange. Sie bewegen ſich nicht nur in Folge äußerer Reize, ſondern wechſeln ab mit Bewegung und Ruhe, und zwar zeigt ſich in dieſem Wechſel kein feſter Typus, und die Ruhe ſcheint nicht bloße Folge der Ermüdung. Eine geköpfte Schmeißfliege war für Tabaksrauch empfindlich, was freilich nicht nothwendig auf ein Riechvermögen zu beziehen iſt. Auf den Rücken gelegt, ſuchte ſie ſich aufzurichten, und als ihr, weil dieß nicht gelang, ein ſpitzes Hölzchen zur Unterſtützung hingehalten wurde, ergriff ſie dieſes zuerſt mit einem Fuße, worauf ſie die übrigen Beine geſchickt nachzog. Geköpfte Wespen ſtechen auf eine Weiſe, welche ihr Streben zu ſtechen kaum verkennen läßt, denn der Stachel des Thieres wird nicht etwa ganz mechaniſch vorgeſchoben und eingezogen, ſondern das Thier bemächtigt ſich mit den Füßen eines Gegenſtandes, hält ihn feſt und ſticht hinein. Aehnliches ſahe Treviranus. Dergleichen Bewegungen ſind nicht* Reflexbewegungen, denn ſie erfolgen ohne äußern Reiz, ſie haben auch wenig Aehnlichkeit mit Convulſionen, als welche Grainger ſie auffaßt. Denn einerſeits fehlt ihnen das Zuckende, welches den Convulſionen eigen iſt, andrerſeits ſcheinen ſie Zwecke zu verfolgen, welche durch die Vorſtellung gegeben ſind." (Volkmann in Wagners phyſiolog. Wört. Art. Gehirn. S. 576.)

Das Nervenſyſtem der Aſterias beſteht aus einem Nervenringe, in dem 5 Nervenknoten ſymmetriſch vertheilt ſind, von denen einer ſo viel als der andre werth iſt; doch bewegt ſich dieß Thier ſo gut mit allen Zeichen der Seeleneinheit wie eins, das nur ein Haupt-Central-Organ hat. Nun ſage ich: wenn die Seelen-Einheit mit einer Vertheilung an 5 Nervenknoten beſteht, ſo kann ſie eben ſo gut mit einer Vertheilung an 100 oder 1000 Nervenknoten beſtehen, und, wo Nerven überhaupt nicht nöthig ſind, mit einer Vertheilung an Millionen Zellen beſtehen; wir ſehen eben, es kommt auf die verlangte Centraliſirung nicht an. Unſtreitig freilich hat die Zuſammenklumpung der Nerven-Maſſe im Gehirn beim Menſchen ihre große Bedeutung, aber es wird eben eine andre ſeyn müſſen, als die Einheit der Seele zu bedingen.

Da es mit dem Gehirn nicht wohl zutreffen will, ſo geht man weiter, und ſucht (wie Carus) den Ausdruck der verknüpfenden, centraliſirenden Einheit im ganzen Nervenſyſtem. Aber es leuchtet doch ein, daß, wenn man den

---

* Das Wort nicht fehlt im Original durch Druckfehler.

Pflanzen eine ſolche Einheit abſpricht, weil ſie ein bloßes Agglomerat von Zellen ſind, man den Ausdruck einer ſolchen Einheit nicht in einem Syſtem finden kann, was eben ſo ein bloßes Agglomerat von Faſern iſt. Nur ſofern das Nervenſyſtem ſelbſt einen centralen Punct darböte, hätte das Thier in ihm ein Centraliſirendes voraus; aber das iſt nicht der Fall. Uebrigens kann man, wenn es nur um den Gegenſatz eines mehr innerlich geſtellten Syſtems zu mehr äußerlich geſtellten Syſtemen in der Organiſation zu thun iſt, auch in den Spiralfaſern der Pflanzen etwas finden, was eine centrale Stellung gegen die anderen Formtheile der Pflanzen hat, und wenn man bei den einfachſten Pflanzen bisher noch keine Spiralfaſern gefunden, entſpricht das nur dem, daß man auch bei den einfachſten Thieren noch keine Nerven gefunden. Schon früher (S. 48) haben wir aufmerkſam gemacht, wie viel Analogie überhaupt die Spiralfaſern mit Nervenfaſern haben, ſind aber auch hier nicht geneigt, mehr Gewicht auf dieſe Analogie zu legen, als dem geſchehen; weil wir die ganze Forderung eines Centralſyſtems oder Centralorgans zum Beſeeltſein für eine unberechtigte halten.

Das ſchlagendſte Beiſpiel vielleicht, daß kein Centralorgan, daß auch kein in ſich zurückkehrender Kreislauf von Säften als Träger, Ausdruck oder Bedingung der Einheit, der Herrſchaft, des Abſchluſſes der Seele in ſich, weſentlich ſei, kann uns wieder der Polyp gewähren. Erinnern wir uns an ſchon früher angeführte Thatſachen. Hat ein Armpolyp ſich ganz ausgedehnt und ſeine Fangarme alle ausgebreitet, und man berührt ihn mit einer Nadel, oder erſchüttert das Waſſer, ſo zieht er ſich auf einmal allen ſeinen Theilen nach in ein kleines Klümpchen zuſammen. Das nimmt ſich doch ganz ſo aus, wie die Wirkung einer den ganzen Leib des Polypen beherrſchenden, alle Theile deſſelben in einem Wirkungszuſammenhang verknüpfenden Seele, womit man noch die andern, oben (S. 247) angeführten, Zeichen eigenthümlicher, unter ſich zweckmäßig zuſammenhängender Seelenthätigkeiten des Polypen in Verbindung ſetzen mag. Nun behaupte ich durchaus nicht, daß die Polypen Philoſophen ſind; aber ich behaupte, daß der ſelbſt ein ſchlechter Philoſoph iſt, wer nach ſolchen Zeichen dem Polypen entſchiedne, ſelbſtſtändige, zur Einheit verknüpfte Empfindungen und Triebe verſchiedener Art abſprechen will. Was aber iſt der Polyp ſeiner Organiſation nach? Eine einfache Röhre, worin man bis jetzt weder Gefäße noch Nerven irgend ſicher hat entdecken können, am einen Ende mit hohlen Fangarmen verſehen. Mag man immerhin vielleicht noch Nerven entdecken, oder das, was man in manchen Arten Polypen dafür gehalten, dieſen Namen wirklich verdienen, aber ein Centralorgan und einen Kreislauf wird man gewiß nicht entdecken. Kann aber ſo viel ſelbſtſtändige und in ſich zuſammenhängende Empfindung und Willkür ohne Centralorgan und Kreislauf beſtehen, ſo kann auch noch mehr ohne das beſtehen, weil ſie dann überhaupt nicht daran gebunden ſein kann.

Iſt es nicht ſonderbar, daß, da man die Seele doch gewöhnlich ſelbſt als das die ganze Mannigfaltigkeit des Leiblichen verknüpfende Princip betrachtet, man andrerſeits ſo geneigt iſt, noch das ſichtliche Hervortreten eines ausgezeichneten Punctes oder Organs in dieſer Mannigfaltigkeit als beſondern Ausdruck ihrer einigenden Gewalt zu verlangen. Betrachten wir die Figur in einem Kaleidoſkop, jeder Stral des bunten Sterns bedeutet darin ſo viel wie der andere, auch im Akanthusblatt des korinthiſchen Capitals bedeutet jedes Seitenblättchen ſo viel als das andere; es iſt kein Theil da, welcher die einigende Idee, die nach dem harmoniſchen Eindruck des Ganzen doch vorhanden ſein muß, beſonders repräſentirte, ſie liegt in der das Ganze bindenden Symmetrie begründet. Eben ſo wenig aber als hier von der Idee eines Objectes wird man von der Seele eines Subjectes einen handgreiflichen Nachweis ihrer einigenden Kraft in einem beſonders ausgezeichneten Theile verlangen können. Freilich kann man in dem bunten Stern des Kaleidoſkops auf den Mittelpunct, in dem Akanthusblatt auf die Axe des Blattes als das Einigende verweiſen; aber an ſolchem ideellen Centrum fehlt es auch der Pflanze nicht, ſei es daß man auf den Knotenpunct, von dem aus die Wurzel abwärts, der Stengel aufwärts ſteigt, ſei es daß man auf die Axe der ganzen Pflanze verweiſen will, von deren normirender Bedeutung ja ohnehin in der Botanik ſo viel Weſens gemacht wird.

Ich denke, es iſt mit dem Leibe wie mit der Welt. Gott herrſcht als Allgegenwärtiger in der ganzen Welt, bindet, verknüpft Alles, ohne daß er dazu einer in der Mitte erſcheinenden Centralſonne bedarf; nur an einen ideellen Kraftmittelpunct (Schwerpunct) des Ganzen läßt ſich denken, der aber eben ſo gut zwiſchen die Sonnen in's Leere als in eine derſelben fallen könnte, und eben ſo gut gefunden werden würde, möchten alle Sonnen auch ganz gleich ſein. Nur ſofern ſie wirklich nicht ganz gleich ſind, bedeutet die größere und gewichtigere Sonne freilich auch mehr und Wichtigeres als die kleinere und leichtere. So iſt es auch in unſerm kleineren Leibe kein einzelnes Organ, an deſſen Daſein ſich die Herrſchaft und einigende Kraft der Seele bindet; ſie herrſcht eben ſo allgegenwärtig im Leibe als Gott in der Welt. Und wenn in einem Leibe einzelne Theile mehr Bedeutung als andere, eine Oberherrlichkeit gegen die andern gewinnen, ſo kann dieß auch nur eine höhere Entwickelung der Seele gegen den Zuſtand, wo Alles gleich iſt, bedeuten, aber nicht erſt das Daſein der Seele bedeuten; und auch in der Pflanze fehlt es nicht an ſolchen Theilen, ſei es daß wir auf die Spiralgefäße innerlich, oder auf die Blüte äußerlich reflectiren wollen, die, wenn ſie auch nicht von Anfange an da, doch von Anfange an im Werden iſt, und in dieſem Werden ſchon dem ganzen Lebensproceß der Pflanze ſeine Richtung giebt. Ja dieſe Richtung, welche alle Theile und Seiten des Lebensproceſſes der Pflanze von Anfange an auf die Erzeugung der Blüte nehmen, beweiſt von vorn herein am beßten die Untriftigkeit aller jener Behauptungen, daß die Pflanze nichts als ein Haufen auf einander bezugsloſer Zellen ſei. Es wäre eben ſo, als ob eine ſchöne Kuppel aus einem Sand- und Steinhaufen von ſelber erblühen könnte.

Nur zu gewöhnlich freilich iſt es, ſich die Seele ſelbſt blos wie ein kleines leibliches Weſen im größeren leiblichen

Bau vorzuſtellen, wo ſie dann freilich auch ein beſonderes kleines Stühlchen zu ihrem Sitze bedürfen wird, um von da aus das Ganze des Leibes zu beherrſchen und ſich das Erforderliche dahin zutragen zu laſſen. Man denkt ſich die Seele etwa wie den Weiſel eines Bienenſtockes, der in einer beſonders ausgezeichneten Zelle dieſes Stockes ſitzt, und um den ſich der ganze Haushalt des Stockes dreht. Aber halten wir das Bild feſt, ſo liegt die Seele des Bienenſtockes doch eigentlich nicht blos im Weiſel, was wäre ein Bienenſtock, in dem es nichts als einen Weiſel gäbe; er iſt blos eine Hauptſache darin. In jeder Zelle, wo eine Biene ſitzt, ſitzt vielmehr auch etwas von der Seele des Bienenſtockes. Und wenn im Bienenſtocke allerdings die Königin ſich vor andern Bienen auszeichnet, wie unſer Gehirn oder ein Theil deſſelben vor andern Organen, iſt dieß nicht mehr der Fall im Ameiſenhaufen, wo es doch eben ſo einig und geordnet hergeht als im Bienenſtocke. Wohlan, ſage ich, wenn die Thiere monarchiſche Bienenſtöcke ſind, ſind die Pflanzen republikaniſche Ameiſenhaufen. Eine Republik hat aber ſo gut ihre Einheit als eine Monarchie.

Zwar ſcheint uns in einer Monarchie das einigende Princip doch mehr geſichert und ſtrenger repräſentirt als in einer Republik. Aber woran hängt das? Gewiß nur daran, daß jeder Menſch ſchon für ſich ein monarchiſches Syſtem mit dem Gehirn an der Spitze bildet; demgemäß iſt nun auch eine menſchliche Geſellſchaft mehr darauf eingerichtet, ſich in einer Monarchie, als Republik zur völligen Einheit abzuſchließen. Aber die Ameiſen beweiſen, daß dieß gar nicht mit der Natur der Republik zuſammenhängt. Und man ſieht nicht ein, warum es der Natur ſchwerer fallen ſollte, in einen Haufen verwachſener Zellen, als in einen Haufen auseinander laufender Ameiſen eine ideelle Einheit zu verlegen.

Nach Allem hat man bei der Frage nach dem äußern Ausdruck oder den leiblichen Bedingungen für die Seeleneinheit in der Pflanze gar keine Rückſicht darauf zu nehmen, ob ſich in der Pflanze etwas ähnlich zuſammenklumpt, wie das Gehirn im Thiere, oder eine ähnliche centrale Stellung gegen den übrigen Leib annimmt, als deren Nervenſyſtem, denn jener Klumpen und dieſes Syſtem ſind näher betrachtet doch ſo gut noch ein höchſt Zuſammengeſetztes als der Zellenbau der Pflanze, und wie wir geſehen, klumpt ſich nicht einmal in jedem Thiere etwas ſo zuſammen, und iſt der Knoten der ideellen Verknüpfung überhaupt in keinem maſſiven Knoten oder centralen Strang zu finden. Ein Netz mit vielen Knoten kann ſo gut Träger der pſychiſchen Einheit ſein als eine Geißel mit einem einzigen Knoten, in dem viele Fäden zuſammenlaufen.

Dagegen wird man allerdings eine durchgreifende Wechſelbeziehung aller Theile und Thätigkeiten des Leiblichen, und Zuſammenſtimmung derſelben zu zweckmäßigen Leiſtungen für das Individuum als Ausdruck der verknüpfenden und ſich auf ſich ſelbſt zurückbeziehenden Seelenherrſchaft zu fodern haben. Denn ſolche nehmen wir auch am Menſchen und Thiere als Ausdruck der einigenden Seelenherrſchaft wahr. Sehen wir nun zu, ob es daran in den Pflanzen fehlt. Was zwar die Seite der Zweckmäßigkeit anlangt, ſo iſt hierüber ſchon im Frühern genug gehandelt. Aber das Vorhandenſein eines durchgreifenden Wechſelbezugs erfordert noch ſeinen Nachweis gegen die obigen Behauptungen.

Man irrt zuvörderſt ſehr, wenn man meint, die äußere Form der Pflanze, welche den ganzen Zellenbau nach einem beſtimmten einheitlichen Plan umſchließt, ſei eben blos ein Aeußerliches daran, was nicht in Anſchlag komme, wenn es ſich um die Frage handelt, ob ein innerer lebendiger Wechſelbezug zwiſchen den Kräften und Thätigkeiten aller einzelnen Zellen beſteht, da dieſe äußere Form ſelbſt nur der äußerlich zu Tage liegende Effect des innerlich zuſammenhängenden Wirkens der Geſammtheit aller Zellen iſt, und ohnedem gar nicht ſo hätte entſtehen können, wie ſie eben entſtanden iſt. Wenn doch eine Tulpenzwiebel unter der Erde noch nie etwas andres als eine Tulpe über der Erde getragen hat, wer mag leugnen, daß die Kräfte, welche an der Pflanze unter der Erde bilden, in genaueſtem Zuſammenhange mit denen wirken, welche an ihr über der Erde bilden; die Zellen der Zwiebel und der Tulpe in ihrer Anordnung und Function abhängig von einander ſind.

Indem man die Pflanze weſentlich blos „für eine *morphologiſche Verknüpfung* ihrer *phyſiologiſch ſelbſtſtändigen* Elementarorgane“ erklärt, thut man in der That nichts andres als einen Widerſpruch in adjecto begehen. Und wer wird wirklich glauben, was man hiernach glauben müßte, daß eine Zelle, die im Zuſammenhange der ganzen Pflanze z. B. Stärkmehl, Zucker bereitet, ſich auf ihre beſondere Art vermehrt, daſſelbe eben ſo außer dieſes Zuſammenhanges vermöchte. Giebt es Pflanzen, die nur aus Einer Zelle beſtehen (Protococcus) und noch vegetiren, worauf man Gewicht zu legen ſcheint, ſo wäre es doch weder logiſch noch empiriſch, daraus, daß eine Pflanzenzelle für ſich ſelbſtſtändig exiſtiren kann, weil ſie gerade in einem beſondern Falle darauf eingerichtet iſt es zu können, den Schluß zu ziehen, daß die Pflanzenzellen, auch wo ſie nicht mehr für ſich ſind, noch für ſich ſelbſtſtändig exiſtiren und exiſtiren können, während die directe Erfahrung vielmehr zeigt, daß ſie es nicht können.

Wäre es freilich richtig, daß man Theile einer Pflanze losreißen kann, ohne daß ſich in der übrigen Pflanze etwas dadurch änderte, ſo möchte darin ein directer Beweis gegen die Abhängigkeit der verſchiedenen Pflanzentheile und deren Functionen von einander liegen; aber ſieht man näher zu, ſo lehren die Erfahrungen gerade das Gegentheil. Wer kennt nicht den Weinſchnitt, den Baumſchnitt? Schneide ich hier einen Zweig ab, treibt dafür ein neuer aus einer Knospe, die ſonſt keinen getrieben hätte. Nehme ich einem Baume alle Blätter, können unter Umſtänden ſelbſt Stamm und Wurzeln eingehen; ſchneide ich die Wurzeln ab, gehen Stamm, Zweige und Blätter ein, manchmal auch nicht; es treiben neue Wurzeln, die ſonſt nicht getrieben hätten; es iſt wie bei der Eidechſe, der man ein Bein abſchneidet, hat ſie eins, ſo treibt ſie keins, hat ſie keins, ſo treibt ſie eins. Daß man freilich den Einfluß kleiner Verletzungen an der

Pflanze nicht bemerkt, iſt natürlich; aber deßhalb fehlt er nicht. Denn ſo gewiß es ein Baum in einer beträchtlichen Veränderung ſpürt, wenn man ihm alle Blätter nimmt, ſo gewiß wird er es in einer nur nach Verhältniß kleineren Veränderung ſpüren müſſen, wenn man ihm eins nimmt.

Hier folgt eine Reihe Thatſachen, welche den durchgreifenden Wechſelbezug, der durch die Theile der Pflanze von unten nach oben, wie von oben nach unten, wie von der Axe nach den Seitentheilen und umgekehrt, her[illegible]ht, unter verſchiedener Form zu erläutern dient.

Schleiden ſagt (Grundz. I. 218): „Wir bemerken leicht, daß in den einzelnen Zellen der Chara die ſchiefe Richtung der grünen Kügelchen ſich durch die folgenden Zellen hindurch zu einer vollkommenen Spirale ergänzt; eben ſo findet häufig ein eigenthümlicher Zuſammenhang zwiſchen den ſpiraligen Ablagerungen zweier benachbarten Zellen ſtatt, ſo daß dem nicht ſehr aufmerkſamen Beobachter ſich die Spirale ununterbrochen fortzuſetzen ſcheint.“ — Dieſe Thatſache möchte ſich doch nicht ganz mit den obigen Aeußerungen **Schleidens** vertragen.

Linné beobachtete, daß ein Baum, in einem weitern Gefäße überflüſſig genährt, mehrere Jahre hintereinander Zweige aus Zweigen hervorbringe, da derſelbe, in ein engeres Gefäß eingeſchloſſen, ſchnell Blüten und Früchte trage. — Hier erkennt man den Einfluß, den die Art der Bewurzelung auf die Krone des Baumes hat.

Knight hat beobachtet, daß alle Birn- und Aepfelbäume, die man von den äußern Theilen ihrer Rinde befreit hatte, in zwei Jahren mehr Holz anſetzten, als ſie in den zwanzig vorhergehenden Jahren angeſetzt hatten. (**Decand.** II. 812.) — Hier giebt ſich der Einfluß einer Veränderuug der äußern Theile auf die innern zu erkennen.

Löſt man von dem Umfange eines Aſtes oder Baumes einen ringförmigen Rindenſtreifen ab (ſog. Zauberring), ſo trägt er oberhalb reichlicher Blüten und Früchte, reift letztere ſchneller, wirſt früher ſeine Blätter ab und verdickt ſich ſtärker im Holze als unterhalb jenes Schnittes. (Schleiden Grundz. II. S. 503.) — Hier zeigt ſich der Einfluß einer nur an einer kleinen Stelle hervorgebrachten Veränderung auf die ganze Vegetation des Baumes.

Wenn ein Pfropfreis, z. B. von Aprikoſen, auf einen Pflaumenſtamm geſetzt wird, bekleidet ſich der Pflaumenſtamm nach und nach mit Jahrringen von Aprikoſenholz (ebendaſ. S. 803.). — Hier ſieht man deutlich, wie nicht blos unten angebrachte Veränderungen nach oben, ſondern auch oben angebrachte Veränderungen nach unten wirken.

„Nimmt man im Winter einen Baum, der mit ſeinen Wurzeln in der Erde oder auch einem Gefäße ſteht, das Waſſer enthält, welches nur ein paar Grade über dem Gefrierpuncte ſteht, und bringt einen ſeiner Zweige (ohne ihn vom in der Kälte ſtehenden Stamme zu trennen) in ein Treibhaus, das bis auf 12° oder 15° (C?) erwärmt iſt, ſo entwickelt dieſer ſeine Blätter und Blumen, während der übrige in der Kälte ſtehende Baum noch vollkommen erſtarrt erſcheint.“ (Decand. Phyſ. I. 76.) - Hier ſieht man, daß die vermehrte Thätigkeit, welche durch die Wärme in den Zweigen veranlaßt worden iſt, rückwärts die einſaugende Thätigkeit der Wurzeln angeregt hat, den Saft zu dem Treiben des Zweiges zu liefern: „denn, ſagt Decandolle, das Waſſer, welches dieſe Knospen entwickelt, kommt nicht aus dem Treibhauſe, in welchem ſie leben, ſondern aus der Erde oder dem Waſſer, welches die Wurzeln umgiebt; ich habe mich ſelbſt davon überzeugt, daß das Waſſer in den Gefäßen, in welche die Wurzeln getaucht ſind, abnimmt. Knight gelangte durch die Bemerkung, daß der Stamm unter den beſchriebenen Umſtänden leichter als gewöhnlich erfriert, zum gleichen Reſultate. Das leichtere Erfrieren beweiſt nämlich, daß in dem Baumſtamme unterhalb des in das Treibhaus gebrachten Theiles mehr Waſſer enthalten iſt als ſonſt.“

Wenn man im Mai oder Juni einem Baume ſeine Blätter nimmt, entwickeln ſich alle in deren Achſeln liegende Knospen auf der Stelle, wie man bei den für die Seidenwürmer abgelaubten Maulbeerbäumen bemerken kann, ſo wie auch, wenn nach einem Hagel, der in den Obſtgärten alle Blätter herunterſchlug, heißes und feuchtes Wetter eintritt (Decand. II. S. 482). — Wenn zu viele Zweige neben einander ſtehen, ſo werden die ſchwächſten von den ſtärkſten ausgehungert; wenn zu viel Früchte dicht neben einander entſpringen, ſo gedeihen nur diejenigen, deren Wachsthum am kräftigſten iſt, und gehen die übrigen zu Grunde (ebendaſ. 484.). — Während der Entwickelung neuer Blätter werden die Bewegungen des Pflanzenſchlafs bei den nächſt beiſtehenden Blättern ſehr ungeregelt und langſam, was auch bei einigen Pflanzen (z. B. Lupinus) zur Zeit der Entwickelung der Blumen und Früchte der Fall iſt. (Daſſen in Wiegm. Arch. 1838. I. 216.) — In dieſen Fällen findet man eine Beziehung zwiſchen nachbarlichen Seitentheilen derſelben Pflanze.

Eine Bemerkung, die ſchon oft gemacht iſt, wird in den Compt. rend. 1845. II. 360. von Jaubert wiederholt, daß nämlich an der Seite, wo die Aeſte der Bäume am ſtärkſten ſind, auch ſich ſtarke Wurzeln finden. Er ſagt, daß er dieſes gar oft in der Sologne beim Ausroden von Bäumen gefunden habe. — Hier findet ſich eine Specialbeziehung zwiſchen gewiſſen Theilen des Baumes und gewiſſen andern Theilen deſſelben Baumes, wie auch in Thieren dergleichen Specialbeziehungen vielfach vorkommen.

Muſtel verſichert aus eigner Erfahrung, daß alle übrigen Blumentheile abſterben, ſo bald man die Blumenblätter abſchneidet, wenn eine Blume anfängt ſich zu entfalten; nimmt man dieſelben hingegen ſpäter weg, ſo ſcheint der Embryo nur um ſo mehr zu gewinnen. — Da hat man Sympathie und Antagonismus in demſelben Beiſpiele. (Mustel traité de la végét. I. 178.)

Nach Gärtner (Verſ. u. Beobacht. über die Befruchtungsorgane der vollk. Gewächſe. 1844), wenn die Befruchtung des Ovariums nicht angeſchlagen iſt, ſchwindet der Kelch und nimmt ein krankhaftes Anſehen an, hat aber die Befruchtung des Ovariums ſtattgefunden, ſo erhält er ſich mehrere Tage, je nach

Art der Pflanze. — Hier zeigt ſich eine ähnliche Sympathie in umgekehrter Richtung.

Man hat ausnahmslos beobachtet, daß Weinſtöcke mit blauen Trauben im Herbſte purpurrothe Blätter bekommen, ſolche mit weißen oder gelben Trauben aber gelbe. (Decand. II. S. 707.). — Hier ſieht man, wie die Färbung der Pflanzentheile nach einem durch das Ganze reichenden zuſammenhängenden Plane erfolgt.

Unſtreitig wird man nach ſolchen Thatſachen nicht leugnen können, daß die Pflanze ein durch Wechſelbezug aller Theile feſt in ſich gebundenes Individuum iſt, ſo gut als das Thier.

Wenn wir von einer durchgreifenden Wechſelbeziehung aller Theile der Pflanze ſprechen, haben wir dieß freilich nicht ſo zu verſtehen, als ob nun die Zellen an der Wurzelſpitze eine directe Wirkung in distans auf die Zellen der Blüte zu äußern vermöchten. Nein, eben nur mit Hülfe der andern Zellen der Pflanze findet ihre Beziehung ſtatt; wie dieß derſelbe Fall bei Menſch und Thier iſt. Die Theile meines Fußes und meines Kopfes wirken auch nur durch Vermittelung der andern Theile auf einander; und hierbei giebt es nähere und fernere Beziehungen. Wir kennen die Kräfte, welche dieſe Beziehungen vermitteln, ſowenig im Thier als in der Pflanze vollſtändig; aber ihr wirkliches Vorhandenſein iſt jedenfalls eben ſo deutlich in der Pflanze als im Thiere.

Einige Vermittelungsglieder liegen indeß unſrer Kenntniß wirklich vor; nur muß man nicht das Ganze darin ſehen wollen, ſondern nur Momente des Ganzen. Ich erinnere an Folgendes: Nach Maßgabe als durch Ausdünſtung der Pflanze oben Feuchtigkeit verloren geht, wird ſie unten nachdringen müſſen, wie das Oel von unten in den Docht nachſteigt, nach Maßgabe als es oben verzehrt wird. Schwillt irgendwo eine Zelle oder Faſer an, wird ſie durch Druck auf das ganze übrige Syſtem wirken müſſen; wird irgendwo ein Weg geſperrt, wird der Saft ſich durch das übrige Syſtem Bahn zu machen ſuchen; wird ein Theil losgeriſſen, wird der Saft in größerer Menge den übrigen Theilen zu Gute kommen. Die Geſetze der Exosmoſe und Endosmoſe mögen hierbei noch weiter greifen, als wir wiſſen. — Man kann fragen, was können ſolche hydroſtatiſch-hydrodynamiſche Vorgänge überhaupt für Bedeutung für das Pſychiſche haben. Wenn wir aber ſehen, daß nach Maßgabe als das Blut raſcher oder langſamer oder anders in unſerm Kopf und Körper läuft, ſei's ſelbſt nur vermöge ganz mechaniſcher Störungen im Gefäßſyſtem, auch Gedankenlauf und Stimmungen den wichtigſten Einfluß erfahren können, und wenn ſein Lauf ſtockt, ſtill ſtehen; ſo werden wir auch ſelbſt den mechaniſchen Momenten des Saftlaufs in den Pflanzen eine Bedeutung für das Pſychiſche ſehr wohl zuſchreiben können; wobei es immer frei ſteht, die Unfreiheit des Mechaniſchen mit der unfreien Seite der Seele in Beziehung zu ſetzen; da in der That das, was im Denken und Empfinden von der mechaniſchen Seite des Blutlaufs in uns abhängt, etwas ganz Unfreies in uns iſt.

Das Vorige hindert nicht, daß doch auch jede Zelle der Pflanze in gewiſſer Weiſe ihr individuelles Leben führe. Es iſt nur eben ein, einer höhern Individualität untergeordnetes, Leben. Göthe drückt ſich hierüber in ſeiner Metamorphoſe der Pflanzen treffend genug aus: „Jedes Lebendige iſt kein Einzelnes, ſondern eine Mehrheit; ſelbſt in ſoſofern es uns als Individuum erſcheint, bleibt es doch eine Verſammlung von lebendigen ſelbſtſtändigen Weſen, die der Idee, der Anlage nach, gleich ſind, in der Erſcheinung aber gleich oder ähnlich, ungleich oder unähnlich werden können.“ Man muß nur auf die Erſcheinungen des individuellen Zellenlebens nicht einſeitig ſein Augenmerk richten, als würde ein durchgreifender allgemeiner Bezug ihrer Thätigkeiten dadurch irgendwie ausgeſchloſſen.

Zu dem durchgreifenden lebendigen Wechſelbezuge aller Theile der Pflanze werden wir noch einen continuirlichen Fortbezug der ſucceſſiven Lebens-Erſcheinungen der Pflanze auf einander als Ausdruck einer zum Räumlichen auch ihr Zeitliches beherrſchenden und verknüpfenden Seelen-Einheit zu fordern haben. Auch dieſer fehlt nicht. In der That eben ſo gut, als die Blüte jeder Pflanze mit ihrer Wurzel in wechſelbedingenden Beziehungen der Geſtalt und Function ſteht, wirkt jeder frühere Entwickelungszuſtand der Pflanze bedingend für jeden ſpätern. Der jetzige Zuſtand der Pflanze wird, um mich eines beliebten Wortes zu bedienen, ſo zu ſagen immer in dem folgenden aufgehoben; d. h. der jetzige bleibt nicht, aber erhält ſich durch ſeine Wirkungen im folgenden fort. Es iſt eben ſo, wie unſre jetzigen Seelenthätigkeiten ſich in Wirkungen durch die folgenden forterhalten, ſelbſt wo ſie nicht wieder in bewußten Erinnerungen auftauchen. Und ſofern die Seelenthätigkeiten von leiblichen Thätigkeiten getragen werden, hängt eben eins am andern.

Beiſpiele dieſer Folgebeziehung der frühern zu den ſpätern Vorgängen in der Pflänze liegen zum Theil ſchon im Obigen, da die Wechſelbeziehungen und Folgebeziehungen im Organismus eigentlich nur mit und durch einander beſtehen. Ich füge nur noch Einiges hinzu, wo die letzte Seite der Beziehungen augenfälliger in Betracht kommt:

Es gehören hierher namentlich die periodiſchen Erſcheinungen des Pflanzenlebens, in ſo weit ſie unabhängig von der Periodicität äußerer Einflüſſe ſind; indem ein früher dageweſener Zuſtand hierbei als Grund ſeines ſpätern Wiederauftretens erſcheint.

„Nirgends,“ ſagt **Decandolle** (II. 18.), „ſpricht ſich dieſe Folge der Periodicität oder der Gewohnheit entſchiedener aus, als wenn man Pflanzen einer Halbkugel in der entgegengeſetzten einbürgert. Verſetzt man unſre Obſtbäume in die gemäßigten

Gegenden der ſüdlichen Halbkugel, ſo fahren ſie noch einige Jahre hindurch fort, um die Zeit zu blühen, welche unſerem Frühlinge entſpricht; das Umgekehrte findet ſtatt, wenn man gewiſſe Bäume der ſüdlichen Halbkugel nach Europa bringt.“

„Häufig iſt es der Fall, daß ein Baum, der in einem Jahre ſehr viele Früchte trug, oder an dem die Früchte ſehr lange ſitzen blieben, das Jahr darauf wenig oder nicht blüht. Im ſüdlichen Europa hat man beobachtet, daß die Oelernte fehlſchlägt, wenn man die Oliven (Olea Europaea) zu ſpät an den Bäumen ſitzen läßt: letzterer Umſtand iſt daran Schuld, daß der Oelbaum nur ein Jahr um's andere Frucht trägt. Pflückt man hingegen die Oliven frühzeitig ab, ſo kann man jährlich ernten.“

Auch die Erſcheinungen der Gewöhnung ſind hierher zu ziehen, welche man bei der Sinnpflanze und andern Pflanzen beobachtet hat (vergl. S. 181.). Eine Folge dieſer Gewöhnung iſt, daß die Sinnpflanze, obwohl ſie, in Zimmern gehalten, bei jeder Erſchütterung die Blätter zuſammenlegt, dieß doch im natürlichen Zuſtande im Freien nicht eben ſo thut. Link ſagt in dieſer Beziehung: „Im Winde fallen die Blätter dieſer Pflanze zuſammen, aber richten ſich ungeachtet des Windes wieder auf, und gewöhnen ſich endlich ſo daran, daß dieſer nicht mehr auf ſie wirkt.“

Vermißt man in den Pflanzen einen Kreislauf der Säfte, ſo haben ſolchen, wie ſchon bemerkt, Polypen und andre Thiere eben ſo wenig, und unſtreitig gilt davon daſſelbe, als von dem Vorwalten eines Centralorgans; er bedeutet nur eine beſondere Art, wie das Ganze zur Einheit gebunden werden kann, ohne die einzige Art zu bedeuten. Das Weſentliche wird immer ſtatt eines Herumlaufens der Säfte im Kreiſe ein ſolcher Kreis der Beziehungen ſein, daß, wie die Erſcheinungen in der Wyrzel Einfluß auf die in Blatt und Blüte gewinnen, auch hinwiedrum rückwärts dieß der Fall iſt. Daß es aber ſo ſei, lehren die oben angeführten Beiſpiele zur Genüge.

Aber wie, ſagt man, läßt ſich nicht die Pflanze in hundert Stücke ſchneiden, und jedes dieſer Stücke, zum Steckling gemacht, wächſt fort? Kann man etwa die Seele auch in hundert Stücke ſpalten? Wie ſollte man ſich das denken?

Es iſt wahr, da iſt es viel leichter ſich zu denken, die Pflanze hat keine Seele; ſo vermeidet man die Schwierigkeit zu denken, wie ſie ſich dann bei der Spaltung benimmt. Ich meine aber, die Natur kümmert ſich um unſre Leichtigkeit oder Schwierigkeit, dergleichen zu denken, nicht.

Kann man nicht auch den Polypen in hundert Stücke ſchneiden, und jedes dieſer Stücke giebt einen neuen Polypen. Man wird wieder ſagen: was beweiſeſt du mit dem Polypen, dem wir ſelbſt kaum eine Seele zugeſtehen? Und ich werde wieder an ſein Zuſammenziehen bei Berührung mit der Nadelſpitze, ſeine Freßgier, ſeinen Zank um die Beute, ſeine Auswahl zwiſchen den Nahrungsmitteln, ſeine Empfindlichkeit gegen das Licht erinnern. Aber natürlich, es iſt uns eben auch unbequem, den Polypen beſeelt zu denken; alſo überſehen wir dergleichen am liebſten. Doch wir ſind glücklicherweiſe nicht auf den Polypen allein verwieſen. Auch einen Regenwurm kann man in zwei Stücke ſchneiden; jedes giebt einen neuen Regenwurm. Wie ſoll man es ſich hier denken? Der Regenwurm iſt ein Thier, was ſchon Gefäß- und Nervenſyſtem, ausgebildete Verdauungs-Werkzeuge und Muskeln hat. Es giebt noch hundert und tauſend andre Thiere, bei denen man daſſelbe findet.

Noch in dieſen Tagen las ich in Frorieps und Schleidens Notizen folgende neuere Verſuche, mit der Nais serpentina angeſtellt.

Schnetzler zerſchnitt mehrmals einzelne Thiere dieſer Art in drei oder vier ungleiche Stücke und erhielt aus dieſen faſt immer eine gleiche Anzahl lebendiger Individuen. An einem aus der Mitte genommenen, aus drei Ringen beſtehenden, Stücke nahm er mehrere Tage hindurch alle Lebenszeichen wahr; die Blutcirculation dauerte fort und mit ihr Reſpiration, „Gefühl," Bewegung u. ſ. w. Im Augenblicke des Durchſchneidens verſchloſſen die Muskeln ſowohl den Darmkanal als den großen Gefäßſtamm, und verhinderten ſo das Austreten des Nahrungsſaftes; allmälig ſtellten ſich die Verbindungen zwiſchen dem Rückengefäße und der Bauchvene wieder her, und ſo ward nach und nach das abgeſchnittene Stück zum neuen Individuum. (Frorieps und Schleidens Not. 1848. Jan. S. 35.). „Danach," ſagt Schnetzler, „ſcheinen die chemiſchen und phyſikaliſchen Kräfte, welche die ſichtbaren Lebenserſcheinungen des Einzelweſens bedingen, in allen Ringen einer Naide gleiche Energie zu beſitzen, wie ſich überhaupt die ganze Familie durch den Mangel der Oertlichkeit für die thieriſchen Functionen auszeichnet, ſo daß ein ganzes Thier gewiſſermaßen einen Haufen von Individuen in latentem Zuſtande vorſtellt."

Alſo ein Naturforſcher zieht aus jenen Verſuchen den Schluß: „daß ein ganzes Thier gewiſſermaßen einen Haufen von Individuen in latentem Zuſtande vorſtellt," d. h. mit andern Worten, daß es in dieſer Beziehung den Pflanzen ganz ähnlich iſt. Und doch bewegt ſich, frißt, lebt die Naide überhaupt mit ſo deutlichen Zeichen ſelbſtſtändiger Empfindung als ein Inſect oder Blutegel.

Selbſt bis zu den Inſecten herauf kann man dergleichen verfolgen; obwohl undeutlicher.

Eine Wespe, zwiſchen Bruſt und Unterleib durchſchnitten und dadurch in zwei Hälften getheilt, geht noch mit dem vordern Theile, beißt und äußert alle Handlungen, aus denen man auf Willkür ſchließen kann; aber auch der abgeſchnittene Unterleib krümmt ſich noch mannigfaltig und ſucht, wenn man ihn berührt, mit abwechſelnd nach allen Richtungen hin bewegtem Stachel zu verletzen; auch können beide Hälften noch Tage lang fortleben. (Autenrieth, Anſichten. S. 435.).

Nun iſt es wahr, ein Thier aus höhern Claſſen kann man nicht mehr beliebig in zwei oder mehrere Stücke ſchneiden, ſo daß es fortlebt; doch iſt die Geburt ein Beweis, daß es ſich von ſelbſt in mehrere dergleichen Stücke theilen kann.

Unter den niedern Thieren aber giebt es manche, die, während ſie noch auf der erſten Stufe der Entwickelung ſtehen, ſich ſogar von ſelbſt ſo ſpalten, daß ſie ganz verſchwinden, indem ſie in mehrere neue fortlebende Individuen von einer andern Entwickelungsſtufe zerfallen, welche entweder zuſammen gruppirt bleiben, und ſo alsbald eine Colonie bilden (aggregirte Ascidien), oder ſich ganz von einander trennen, um iſolirt fortzuleben. (Campanularien, Meduſen ꝛc.).

Man mag all dieß ſo ſchwer erklärlich finden, als man will; aber kann man deßhalb ſagen, der Polyp, Regenwurm, die Naide, das Inſect, die Frau, die ein Kind gebiert u. ſ. w., ſeien keine Weſen mit einer einigen Seele? Ich behaupte, daß uns dieſe Schwierigkeit hier überhaupt gar nicht kümmern kann. Wir fragen blos: kann man den Pflanzen ſo viel Einheit der Seele zuſchreiben als Thieren, bei denen man ſie nie bezweifelt hat?

Wie es mit den Trennungsphänomenen iſt, ſo iſt es mit den Verwachſungsphänomenen, die man in ähnlichem Sinne gegen die Seele der Pflanzen geltend machen könnte. Man hat niedere Thiere halb durchſchnitten und die Hälften von verſchiedenen Individuen zuſammengenäht, und unter geeigneten Umſtänden ſie verwachſen und ſich wie *ein* Individuum benehmen ſehen. Es möchte für jetzt unmöglich ſein, anzugeben, wie ſich die Seele hierbei verhält. Aber da wir bei Thieren nichts durch ſolche Phänomene gegen die Seele bewieſen halten, wie ſollten wir es bei Pflanzen.

Es iſt wahr, dergleichen findet ſich im Pflanzenreiche in größerer Ausdehnung vor als im Thierreiche; aber das kann nur beweiſen, daß die Natur die Verhältniſſe, um die es ſich hierbei handelt, eben in der Einrichtung der Pflanzen zur vorzugsweiſen Ausbildung hat bringen wollen, während die Einrichtungen des Thierreichs weniger und nur nach Maßgabe dafür geeignet ſind, als ſie auch im Uebrigen ſich denen des Pflanzenreichs mehr nähern. Jedenfalls muß das, was wir bei Thieren davon finden, hinreichen, uns vor dem voreiligen Schluſſe zu ſichern, als vertrage ſich dergleichen nicht mit Beſeelung. Man möchte ſagen, die Natur habe die pflanzenähnlichen Thiere eben als Fingerzeige in dieſer Hinſicht hingeſtellt.

Sagt man, der Pflanzen-Organismus ſei nur als ein, im Ganzen aufgehendes, Glied des Geſammtorganismus zu betrachten, vergleichbar einer Drüſe, welche die Stoffe des größern Organismus, in den ſie eintritt, in ſich verarbeitet und wiedergiebt, ſo ſieht man nicht ab, was in dieſer Hinſicht von der Pflanze ausgeſagt werden könnte, das nicht dem Thiere ebenſo zukäme. Freilich iſt es nicht in der Erde feſtgewachſen, aber es wurzelt gerade ſo nothwendig in der irdiſchen Außenwelt als die Pflanze; denn hebe es in den leeren Raum über die Erde und den Luftkreis und es ſtirbt noch eher als eine Pflanze, die du mit der Wurzel ausgeriſſen; auch iſt es ſo gut in einem beſtändigen Wechſelverkehr von Stoffen und Thätigkeiten mit der Außenwelt begriffen als die Pflanze. Ueberhaupt aber widerſpricht es nicht der Individualität eines Weſens, zugleich als Glied einer allgemeinern Ordnung der Dinge zu erſcheinen.

XIV. Näheres über die Conſtitution der Pflanzenſeele.

Es mag kühn und voreilig erſcheinen, von der Art, *wie* die Pflanzen beſeelt ſind, näher ſprechen zu wollen, ſo lange die allgemeinere Behauptung, *daß* ſie beſeelt ſind, nur erſt noch als eine gewagte Hypotheſe gilt. Aber der Verſuch, dieſe Hypotheſe zu begründen, muß ſelbſt mit auf der Möglichkeit fußen, das Seelenleben der Pflanzen dem der Menſchen und Thiere gegenüber ſo darzuſtellen, daß es weder als eine Wiederholung neben demſelben, noch als Unmöglichkeit oder Zweckloſigkeit eines Andern außer demſelben erſcheine; wobei immer anzuerkennen bleiben wird, daß jeder Verſuch, in's Nähere einzugehen, Schwierigkeiten unterliegt, die nicht viel mehr Gewicht auf denſelben legen laſſen dürften als eben dieß, ſachgemäße Möglichkeiten dargelegt zu haben. Aus dieſem Geſichtspunct iſt die hier folgende weitere Ausführung einiger ſchon früher gegebenen Andeutungen zu betrachten.

Dieſe Andeutungen gingen dahin, den Pflanzen ein reich entwickeltes Sinnesleben zuzuſchreiben, ein entwickelteres ſogar als den Thieren; mit Verſagung aber höherer geiſtiger Befähigung.

Eine ſolche Auffaſſung des Pflanzenſeelenlebens läßt von vorn herein manche Einwände, im Verfolg aber manche Ausführungen zu.

Wie, kann man ſagen, iſt nicht das, was wir für die Stufe der Pflanze unter der des Thiers erklären, vielmehr die Stufe des Thiers unter der des Menſchen? Das Thier iſt gegen den Menſchen um Vernunft und Verſtand verkürzt; was bleibt ihm alſo als Sinnlichkeit; daſſelbe, was wir auch blos der Pflanze laſſen wollen. Nach uns ſelber aber ſoll die Pflanze das Thier vielmehr ergänzen als wiederholen.

Aber das Thier iſt in der That kein ſo rein ſinnliches Weſen, als wofür man es gern erklärt. Was den Thieren gegen uns fehlt, iſt freilich Vernunft, Selbſtbewußtſein, das Vermögen allgemeine Beziehungen geiſtig zuſammenzufaſſen, die Fähigkeit über ſich ſelbſt nachzudenken, bewußte Schlüſſe zu machen; aber haben ſie nicht noch Erinnerungen an Vergangenes, Vorblick des Zukünftigen, die, auch wo bezüglich auf Sinnliches, doch immer nicht ſelbſt etwas Sinnliches ſind; denn das Sinnliche geht blos mit der Gegenwart. Wer glaubt nicht, daß eine Katze, zum Taubenſchlage ſchleichend, ſich ſchon zuvor vorſtellt, was ſie da thun will, und ſich der Tauben erinnert, die ſie da hineinfliegen ſahe. Kann aber Vernunft, Selbſtreflexion verkümmert werden und noch Seele kraftvoll und lebendig beſtehen, warum nicht auch jener Vor- und Rückblick? Dadurch erſt kommen wir auf die für uns denkbare unterſte Stufe des Bewußtſeins. Und hat die Natur in den Thieren das Niederſte mit dem Höhern ohne das Höchſte mannigfaltig nach den verſchiedenſten Richtungen dargeſtellt, ſo liegt von ſelbſt die Vermuthung nahe, daß ſie ſich auch zur ſelbſtſtändigen Darſtellung des Niederſten für ſich ein beſonderes Reich vorbehalten haben werde. Die Syſtematik der Natur ſcheint dieſe ſelbſtſtändige Ausbildung zu fordern; die verhältnißmäßige Einfachheit der Pflanzen genügt ihr.

Aber, ſagt man, das Weſen des Seelenlebens beſteht doch gerade darin, zeitliche Beziehungen zu Vorwärts und Rückwärts in ſich zu tragen und zu ſetzen; ſie wegfallen laſſen, heißt das Seelenleben ſelbſt wegfallen laſſen. Eine Seelenſtufe wie die, auf welche wir die Pflanzen ſtellen wollen, kann nach der eigenſten Natur der Seele nicht exiſtiren.

Aber man verwechſelt zweies. Zwar ſchließt jeder bewußte Vor- und Rückblick in die Zeit auch zeitliche Beziehungen der Seele ein, aber nicht umgekehrt bedarf es für die Seele eines ſolchen Vor- und Rückblicks, um ſich in zeitlichen Beziehungen lebendig zu erweiſen.

Geſetzt, jemand ſchaukelt ſich, ſo denkt er mit Bewußtſein weder an die vergangene noch die kommende Bewegung, doch fühlt er die Bewegung des Schaukelns in einem unbewußten Bezuge zwiſchen vor und nach.

Eines Andern Seele wird gewiegt, getragen vom Fluſſe einer Melodie. Er denkt mit Bewußtſein weder an die vergangenen noch die kommenden Töne; doch ſpinnt ſich der continuirliche Faden eines empfundenen Bezuges von den vergangenen Tönen durch die Gegenwart ſchon in der Richtung nach den folgenden fort.

Könnte alſo nicht auch das Pflanzenſeelenleben ſo im Fluſſe ſinnlicher Empfindungen dahin wogen, ohne Spiegelbilder vom Vor- oder Rückwärts in der Zeit mitzuführen?

Bei uns freilich kann vor- oder rückgreifende Reflexion in jedem Augenblicke zu ſolch ſinnlichem Seelenſpiel hinzutreten; aber ſie muß es nicht. Warum ſoll es nun nicht Weſen geben können, bei denen ſie es auch nicht kann, nachdem es ſchon Weſen giebt, bei denen der noch höhere allgemeinere Umblick, durch den viele Erinnerungen auf einmal verknüpft werden, zurücktritt?

Kurz, wenn wir fragen, was für die Pflanze noch abzuſtreifen übrig bleibt, nachdem ſchon das Thier die Vernunft abgeſtreift hat, ſo liegt hier etwas vor, deſſen Abſtreifung ſogar noch nöthig iſt, um die Seele in ihrer einfachſten faltenloſen Weiſe ſich darſtellen zu laſſen. Und wenn wir, wie es der Fall iſt, die Zeichen von Vorblick und Erinnerung an der Pflanze wirklich vermiſſen, ſo haben wir deßhalb nicht, wie es gewöhnlich geſchieht, die Seele bei ihr zu vermiſſen; ſondern vermißten wir jene Zeichen nicht, ſo würden wir vielmehr eine mögliche Seelenſtufe vermiſſen.

Daß wir den Pflanzen früherhin Inſtincte zugeſprochen, widerſpricht dem nicht, daß wir ihnen jetzt den Vorblick in die Zukunft abſprechen. Denn auch die Inſtincte der Menſchen und Thiere haben, in ſo weit ſie reine Inſtincte ſind, zwar Bezug auf Zukünftiges; aber nichts von einem entwickelten Bewußtſein des Zukünftigen, auf welches ſie ſich richten. Oder wer glaubte wohl, daß eine Raupe ſich einſpönne mit Bewußtſein deſſen, weßhalb ſie nach der Abſicht der Natur es thut; daß ein neugebornes Kind, ehe es das erſtemal Milch gekoſtet, ſich die Milch ſchon vorſtellte, die es verlangt und die Bewegungen, die es machen muß, um dazu zu gelangen. Ein gegenwärtig gefühltes Bedürfniß iſt es vielmehr, was es dazu treibt; die Natur hat aber das Kind und ſeine Verhältniſſe, innerlich und äußerlich, pſychiſch und phyſiſch, ſo eingerichtet, daß das Kind, ohne ſelbſt zu wiſſen wie, wodurch, eben zu den Handlungen dadurch getrieben wird, welche zur Erfüllung dieſes Bedürfniſſes führen. Erſt nach einmal genoſſener Milch, einmal vollbrachter Handlung, wodurch es zum Zwecke gelangte, wird es ſich nun derſelben erinnern und dieſe Erinnerung auch für ſeine künftigen Handlungen nutzen können; weil es doch einmal das Vermögen dazu hat.

So bildet ſich überhaupt, nach Maßgabe als der Menſch erwächſt, der Vor- und Rückblick aus, in Folge deſſen, das eigentliche Vor- und Nachdenken, das Anſichſelbſtdenken und das verſtändige Wollen immer mehr aus, entfernt er ſich immer mehr vom erſten Anfangszuſtande des reinen Aufgehens im Fluſſe ſinnlicher Empfindungen und inſtinctartiger Triebe, indem jede an Sich und Andern gemachte Erfahrung das Vermögen bewußter Wiederkehr und bewußter Anwendung auf ähnliche Verhältniſſe hinterläßt. Doch ſehen wir, daß der Menſch ſich jenem Zuſtande des reinen Aufgehens im Fluſſe ſinnlicher Empfindungen und

Triebe zeitweiſe ſehr wieder nähern, auf kurze Zeit wohl ganz wieder darein zurückſinken kann; ſehen ferner, daß verſchiedene Menſchen, je nach ihrem verſchiedenen Bildungszuſtande, ſich überhaupt nur in ſehr verſchiedene Höhe über ihn erheben, ein Botokude verhältnißmäßig wenig, ein Philoſoph ſehr viel. Dieſe thatſächliche Relativität in's Auge faſſend, können wir dann leicht vermeiden, abſolute Gränzen in der Stellung der verſchiedenen Weſen zu einander zu ziehen, welche die Natur nirgends anerkennt, indem wir ſagen: die Thiere ſind ſolche Weſen, wo das Selbſtbewußtſein zum Minimum, die Pflanzen ſolche, wo noch überdieß der bewußte Vor- und Rückblick in die Zeit, und alles was daran hängt, zum Minimum herabgekommen oder vielmehr noch nicht erwacht iſt, indem die Bedingungen zur Entwickelung fehlen; es dahinſtellend, ob nicht die einen und andern Weſen auch Anklänge aus dem höhern Gebiete haben; was ich in der That glaube, ohne daß zunächſt etwas darauf ankommt, es behaupten und durchführen zu wollen. Gewiß bleibt blos, daß, wenn der Menſch zeitweiſe die höhern Vermögen auf ein Minimum herabdrücken, ſchlafen laſſen kann, ohne daß ſeine Seele darum aufhört, in niedern Thätigkeiten ſich zu äußern, ja wenn er als neugebornes Kind ſogar damit beginnt, auch Weſen denkbar ſein müſſen, wo ein ſolcher Zuſtand dauernd iſt, die Entwickelung gar nicht oder doch unverhältnißmäßig weniger zu einer höhern Stufe gedeiht. Hiermit iſt dann eine zunehmende Entwickelung innerhalb der Stufe des Sinneslebens und Treibens ſelbſt nicht ausgeſchloſſen.

Der vorausſetzliche Mangel an Vor- und Rückblick in die Zeit bei den Pflanzen ſteht unſtreitig in teleologiſcher Beziehung zu ihrer feſten Stellung im Raume und ihren demgemäß beſchränkten Lebensverhältniſſen, worauf ich ſchon früher hingewieſen. Das Thier muß in die Zeit vorblicken können, weil es weit abliegende Zwecke im Raume zu verfolgen hat, ſoll die Bewegung nicht des Ziels verfehlen. Inſtinkte können nur auf ein- für allemal beſtimmte Lebensverhältniſſe berechnet ſein; — was hälfe dem Kinde der Inſtinct, die Bruſt zu ſuchen, wenn nicht jedesmal eine Bruſt ſich darböte; — ſie reichen aber nicht mehr aus, wo die Verhältniſſe ſo wechſeln wie beim erwachſenen Thiere. Die Pflanze bleibt, ſo zu ſagen, immer an die Mutterbruſt geheftet; ihr würde der Vor- und Umblick nur als eine zerſtreuende Zugabe ertheilt worden ſein. Die Natur aber greift ebenſo wenig über das Erforderniß des Zweckes hinaus, als ſie dahinter zurückbleibt.

Der organiſche Grund des Mangels an Vor- und Rückblick andrerſeits mag bei der Pflanze mit dem Mangel eigentlicher Kreislaufsphänomene zuſammenhängen, der ſeinerſeits wieder am Mangel von Nervenſyſtem und Gefäßſyſtem hängt. Es kehrt in ihr nichts in ſich ſelbſt zurück. Alles, was ſie von Außen aufnimmt, wird nur Grund, daß ſie noch mehr von Außen aufzunehmen trachtet, und daß ſie es anders als bisher aufzunehmen trachtet; und dieſer Cauſalbezug des Früheren zum Späteren reicht hin, einen pſychiſchen Fortbezug des Pſychiſchen, welches ſich daran knüpft, zu unterhalten; aber von reflectirten Functionen im Phyſiſchen iſt nichts ſichtbar, welche ſich als Ausdruck oder Träger entſprechender pſychiſcher darſtellten.

Mit den Erinnerungen und den Vorblicken in die Zukunft muß der Pflanze freilich noch manches Andre fehlen; Alles namentlich fehlen, was ſich ſelbſt erſt auf dem Grunde von ſolchen aufbaut. Hierher gehört das ganze eigentliche Vorſtellungsleben, nicht allein das Denken an und über Dinge, die außer ihr wären, ſondern bis zu gewiſſen Gränzen auch die Vorſtellungen von ſolchen ſelbſt.

Man kann leicht veranlaßt ſein, das Gewicht hierbei auf einen falſchen Punct zu legen, den nämlich, daß die Pflanze wegen Mangels an Augen keine Bilder von Gegenſtänden der Außenwelt zu empfangen vermag. Aber auch mittelſt des Ohres, das doch keine Bilder liefert, laſſen ſich gegenſtändliche Vorſtellungen von Dingen gewinnen. Der Blindgeborne weiß ja ſo gut von einer äußern Welt der Dinge als der Sehende, und hat, friſch operirt, anfangs keinen Gewinn von dem Bilde dieſer Welt, das in ſeine Augen fällt. Statt mit objectiven Vorſtellungen daraus bereichert zu werden, verwirren ſich ihm nur die vorhandenen; er muß die Augen ſchließen, um ſich noch ſo gut als vorher zurecht zu finden. Die Welt erſcheint ſeinem Auge anfangs nur wie eine marmorirte Farbentafel, worin Farbe eben nur Farbe, Linie nur Linie bedeutet, der grüne Fleck noch keinen Wald, der rothe noch keine Roſe vorſtellt. Man kann ſagen, die Bilder, die in ſein Auge fallen, bilden ihm anfangs noch nichts ab. Woran hängt das nun? Daran, daß er noch nichts von Erinnerungen hat hineintragen lernen. Nicht das Grün, das ich am Walde ſehe, macht ihn zum Walde oder iſt mehr als ein kleiner Beitrag dazu; ſondern daß er wächſt, Schatten, Kühlung, Feuerung giebt, der Vogel darin ſingt, der Jäger darin geht; was alles nicht in dem bloßen Anblick des grünen Fleckes liegt. Erſt indem ſich ein Geſammteindruck von Erinnerungen an dieß und dergleichen der Anſchauung des grünen Fleckes zufügt, das ſinnliche Bild noch einmal mit dieſer geiſtigen Farbe ausgemalt wird, wird aus dem ſinnlichen Eindrucke des grünen Fleckes die objectire Vorſtellung eines mir gegenſtändlichen Waldes. Hat aber ein Weſen keine Erinnerungen, ſo kann es auch keine an die Eindrücke knüpfen, die es empfängt. Und ſo iſt nicht ſowohl der Mangel an Augen Grund, daß die Pflanze keine objectiven Vorſtellungen hat, als vielmehr die ſonſt begründete Unmöglichkeit, ſolche zu haben, unter den Gründen zählen mag, daß ihr keine Augen gegeben ſind, da die Bilder der Gegenſtände doch erſt durch ihre Deutung mittelſt Erinnerungen Bedeutung und Nutzen gewinnen können. Möchte die Welt ſich immerhin auf einem Theile der Pflanze eben ſo abbilden, wie auf der Netzhaut unſeres Auges, und die Pflanze eben ſo wie wir der Farben und Zeichnungen dieſes Bildes gewahren; es würde für ſie eben ſo unverſtanden bleiben als dem friſch operirten Blinden, und da ſie es auch nicht verſtehen lernen würde, ſo war es natürlich kürzer, das Bild und die Camerà obscura dazu wegzulaſſen, um das Sonnenlicht friſch weg auf die nackte Pflanze ſcheinen zu laſſen, und damit andere Vortheile zu erreichen, die ſich an die größere Einfachheit knüpfen. Jede Complication ſchadet, wo ſie nicht nutzt.

Nun erhebt ſich leicht der Einwand, ein ſo aller gegenſtändlichen Vorſtellung baares, dem Wechſel äußerer Einwirkungen dahingegebenes, Seelenleben könne überhaupt gar nicht als ein individuelles ſelbſtſtändiges gedacht werden, ſondern führe zur Vorſtellung eines Aufgehens im Fluſſe der Allgemeinbeſeelung zurück. Aber halten wir uns nur, anſtatt an willkürliche Vorausſetzungen, an das, was wir an uns ſelbſt erfahren können. Ich denke, wir werden dabei ſichrer fahren, als wenn wir uns auf Conſtructionen a priori im Kopfe verlaſſen. Freilich reine Erfahrungen laſſen ſich an uns ſelbſt nicht machen, weil wir ſelbſt nicht ſo rein ſinnliche Weſen, als vorausſetzlich die Pflanzen, ſind. Aber indem wir bei uns ſelbſt zuſehen, was wächſt und abnimmt oder unverändert bleibt, je nachdem die Seite der Sinnlichkeit wächſt oder abnimmt, können wir wohl einen Schluß machen, was bei dem, wenn auch von uns gar nicht erreichbaren, Extrem eintreten muß.

Ein handgreifliches Beiſpiel mag uns führen. Denken wir uns mehrere Menſchen, beiſpielsweiſe Hegel'ſche Philoſophen, im Philoſophiren, und ihnen gegenüber mehrere Andere, beiſpielsweiſe Hottentotten, im Schmauſen begriffen. Jene ſollen ſich in Betrachtungen über Anfang und Ende der ganzen Welt vertiefen, alſo geiſtig ſo weit rück-, vor- und um ſich blicken als nur möglich; dieſe ganz im ſinnlichen Genuſſe des Eſſens und Trinkens aufgehen. Nun wird man allerdings ſagen können, die Hottentotten geben ſich ungleich mehr der Außenwelt hin als die Philoſophen; denn Eſſen und Trinken iſt gewiß etwas ſehr Aeußerliches gegen das Denken; aber doch nicht im Geringſten mehr als aufgelöſte hin wie dieſe. Vielmehr hat jeder Hottentott ſeinen ſinnlichen Genuß noch ganz eben ſo für ſich als jeder Hegelianer ſeine philoſophiſchen Gedanken, fühlt ſich noch ganz eben ſo als ein Weſen für ſich. Der eine Hottentott ſchmeckt nichts unmittelbar mit von Dem, was der andere ſchmeckt, und der eine Hegelianer weiß nichts unmittelbar von dem, was der andere weiß. Das ſteht ſich ganz gleich. Und auch ohne daß ſich der Hottentott je ſelbſt ſagte, ich ſchmecke, würde etwas in ihm ſein was ſchmeckt, und etwas was niemand Andres mitſchmeckt. Wer zweifelt, daß es auch bei Thieren ſo iſt. Die Scheidung der Individualitäten hängt alſo gar nicht an der Höhe ihres Geiſtigen.

Man gehe nun bei den Pflanzen auf die Gränze; laſſe ſie im Sinnesleben dauernd ſo aufgehen, als es der ſinnlichſte Menſch vielleicht ſelbſt zeitweiſe nicht ganz kann; ſo werden ſie doch, da am Sinnlicherwerden überhaupt keine Einbuße der Individualität hängt, auch ihrerſeits keine Einbuße daran erfahren können.

Hiegegen ſagt man etwa: was den Hottentotten bei ihrem Mahle die Individualität erhält, iſt doch noch nicht in ihrer bloßen Sinnlichkeit gegeben, ſondern iſt etwas darüber Hinausreichendes, zwar während des thieriſchen Genuſſes nicht actu, d. i. in wirklicher Aeußerung, aber doch potentia, d. i. der Möglichkeit der Aeußerung nach Vorhandenes, ſofern es ſich unter andern Umſtänden bei ihnen äußern könnte und würde. Die Hottentotten und ſelbſt die Thiere ſind doch einmal mehr als rein ſinnliche Weſen, und nur durch dieß Höhere heben ſie ſich los vom Grunde der Allgemeinbeſeelung. Nun ja wohl, in dieſem Sinne behaupte ich aber auch, daß die Pflanzen mehr als rein ſinnliche Weſen ſind; potentia kann man ſo viel Höheres in ihnen ſuchen, als man will; es bedürfte blos noch des Hinzutrittes der innern und äußern Umſtände, die auch beim Hottentotten noch zutreten müſſen, damit einmal das Höhere ſich deutlich bei ihm äußere. Das Sinnliche läßt ſich überall als Baſis eines Höhern faſſen, was, wenn nicht actu, doch potentia da iſt. Ich meine nur, daß das actu, was ſchon bei Hottentotten ſchwach und ſelten, bei den Pflanzen nun ſo ſchwach und ſelten wie möglich auftritt. Spuren, momentanes Erwachen mag ſogar da ſein; die Natur ſchneidet nichts abſolut ab; und ich behaupte alſo auch nicht, daß der Pflanze das Höhere glatt weggeſchnitten iſt, wie man einer Pflanze die Blüte glatt wegſchneiden kann, ſondern nur, daß dieſe Blüte bei ihr in noch unentfalteter, ſelten oder kaum ſich öffnender, Knoſpe geblieben iſt, indeß der Blattwuchs der Sinnlichkeit kräftig wuchert. Weil ich aber überhaupt nicht viel vom Hinterhalte der potentia halte, wenn es auf Darſtellung deſſen ankommt, was iſt, nicht was beim denkbaren Zutritt von Bedingungen ſein könnte, ſo erkläre ich auch die Pflanzen für ſo ziemlich rein ſinnliche Weſen. Potentia würde zuletzt nichts hindern, ſelbſt einem Steine noch Vernunft beizulegen.

Individualität iſt im Vorigen durch beſtimmte Merkmale charakteriſirt. Möglich, daß der Begriff manches Philoſophen von Individualität damit nicht ſtimmt. Es kommt aber hier überhaupt nicht darauf an, eine beſtimmte Definition der Individualität aufſtellen oder widerlegen, ſondern nur eben die hier damit bezeichnete Sache für die Pflanze retten zu wollen, welche eben die ſein dürfte, um die ſich das Intereſſe bei dieſer Frage wirklich dreht. Wer ein höheres ſelbſtbewußtes Geiſtige zur Individualität von vorn herein verlangt, wird ſie freilich bei der Pflanze nicht finden können; aber doch noch ein für ſich empfindendes Weſen darin finden können.

Fragt man: was konnte es für Zweck und Bedeutung haben, Weſen in die Welt zu ſetzen, die weder über ſich, noch über ihre Zukunft oder Vergangenheit nachdenken können, dem Fluſſe ſinnlicher Empfindungen und Triebe willenlos preis gegeben ſind; ſo ſtände eine ganz analoge Frage offen für die Thiere. Denn wenn auch die Vorſtellungen der Thiere weiter und klarer in die Zeit vor- und rückgreifen als die der Pflanzen, ſo erſcheint das doch auch ſo wenig eigentlich vernünftig und verſtändig, daß wir, den Werth des Geiſtigen blos nach dem Vernünftigen und Verſtändigen bemeſſend, die Thiere für eben ſo thörichte Zugaben zur Welt halten müßten als die Pflanzen. Die Sache gewinnt gleich eine andre Bedeutung, wenn man die Seelen der Thiere und Pflanzen nicht *blos* als Individuen einander gegenüber faßt, was ſie freilich *auch* ſind, und die Welt als Sammlung ſolcher Individuen einem Gott außer ihnen gegenüber, ſondern die ganzen Seelen der Pflanzen und Thiere als untergeordnete Momente von Gottes Seele ſelbſt anſieht, verknüpft in ſeiner allgemeinen Einheit; weil dann aller Reichthum und alle Mannigfaltigkeit dieſer Seelen Gott zu Gute kommt, nicht ſo aber ihre Thorheit ihn trifft, die ſie blos als vereinzelte Individuen ſich ſelber gegen einander über, und abgeſehen von ihrer Verknüpfung in Gott gedacht, haben. Und was könnte auch beweiſen, oder zwingen anzunehmen, daß, wenn wir uns ſo zerſplittert gegen einander fühlen, dieſelbe Zerſplitterung für Gott beſteht, in dem alle Splitter wie Faſern eines lebendigen Baumes zuſammenhängen.

Das Vorige ſollte eigentlich nur gegen mancherlei mäkelnde Einwürfe darthun, daß die ſelbſtſtändige Exiſtenz einer Seelenſtufe, wie wir ſie für die der Pflanze halten, überhaupt *möglich* ſei und in den Plan eines allgemeinen Seelenreichs paſſe. Daß aber dieſe Seelenſtufe auch *wirklich* die der Pflanze ſei, wird durch die Geſammtheit der frühern Erörterungen wahrſcheinlich. Wir haben eben ſo mannigfaltige und wie uns dünkt, vollgültige Zeichen eines ſinnlichen Seelenlebens bei den Pflanzen gefunden, als wir andrerſeits auf kein Zeichen, was höher hinaufwieſe, geſtoßen ſind.

Auf Näheres eingehend, finden wir nach den allgemeinſten Verhältniſſen, welche im Weſen der Seele ſelbſt gegründet ſind, Uebereinſtimmung, im Uebrigen aber die durchgreifendſten Verſchiedenheiten zwiſchen dem Seelenleben der Pflanzen und dem der Thiere; Verſchiedenheiten, die hauptſächlich daran hängen, daß die Pflanze auf die Sinnlichkeit ganz, das Thier nur theilweiſe oder in mehr untergeordnetem Grade angewieſen iſt. Stellt dieß nun die Pflanze im Ganzen niedriger als das Thier, ſo ſtellt es doch die Sinnlichkeit der Pflanze höher als die des Thieres; weil ſie eben hier die Bedeutung der vollen Lebensſphäre annimmt, beim Thiere nur die einer untergeordneten Seite. Die Sinnlichkeit des Thieres iſt die dienende, oft nur zu ſchmuzige, Magd einer höhern Herrſchaft, die Sinnlichkeit der Pflanze ein freies Landmädchen, was ſeinen Topf hat und ſich ſelber kocht, und ſich um ihren Putz dabei noch kümmert.

Allen Zeichen nach zu ſchließen, hat das Sinnesleben der Pflanze mit dem des Thieres die doppelte Seite der Empfindungen und Triebe gemein, auch werden die Triebe in ähnlicher Weiſe hier wie dort durch Empfindungen angeregt oder ausgelöſt. Wir ſehen die Pflanze auf den Reiz von Nahrungsſtoffen, Luft, Licht, Stützen u. ſ. w. Knospen, Blätter, Blüten, Zweige treiben, ſich drehen, biegen, winden, ihre Blüten ſich öffnen, ſchließen u. ſ. w. Das ganze Wechſelſpiel von Empfindungen und Trieben ſtellt ſich aber als ein viel einfacheres in den Pflanzen als in den Thieren dar, womit die viel einfachere Geſetzlichkeit deſſelben zuſammenhängt. Der teleologiſche Grund davon liegt in den beſchränkten Lebensverhältniſſen der Pflanze, der organiſche Grund in der größeren Einfachheit des Baues. Der Empfindungsreiz hat bei den Pflanzen nirgends ſo viele und mannigfaltige Mittelglieder in ſeiner Wirkung zu durchlaufen als bei Menſch und Thier, wo das ungeheuer verwickelte Gehirn zwiſchen die Einwirkung des Reizes und den Ausſchlag in Bewegung eingeſchoben iſt. Vielmehr iſt es bei den Pflanzen nur auf eine kurze Wechſelwirkung abgeſehen zwiſchen dem, was ſie leidet und was ſie thut; zwar nicht eine ſo einfache, daß die Gegenwirkung nicht durch die innere Einrichtung vielfach noch mit bedingt und abgeändert würde; aber doch im Ganzen eine viel einfachere als beim Menſchen und allen vollkommneren Thieren. Wie das Licht ſie rührt, ſo blüht ſie, wie die Luft ſie rührt, ſo treibt ſie.

Zu den durch Reize ausgelöſten Trieben ſehen wir auch noch eben ſo wie bei Thieren Inſtincte treten, abhängig von beſondern Stimmungen des Gemeingefühls, die ſich an innere organiſche Zuſtändlichkeiten und Vorgänge knüpfen mögen.

Eben ſo wie die Seele der Menſchen und Thiere, ſo lange ſie wach iſt, in einem continuirlichen Fluſſe von Lebensäußerungen begriffen iſt, haben wir ferner Veranlaſſung gefunden, dieß auch bei den Pflanzen anzunehmen, nur daß ſich dieſe continuirliche Thätigkeit hier in einem ſinnlichern Gebiete äußert. und vielmehr von einem der Außenwelt als Innenwelt zugewandten leiblichen Proceſſe getragen wird. Das beſtändige Ausſichtreiben der Pflanzen, Anſichgeſtalten, Umſichſuchen, Sichfärben, bietet Anhaltspuncte zu dieſer Vorſtellung. Denn iſt der Leib der Pflanze einmal Träger von Seele, ſo können auch die ſelbſtthätigen Veränderungen und Strebungen dieſes Leibes als Zeichen oder Ausdruck von entſprechenden Thätigkeiten ihrer Seele gelten.

Die Seele des Menſchen und Thieres unterliegt aber dem Schlaf, der ſich äußerlich durch Aufhören aller ſelbſtthätigen Lebensäußerungen kund giebt. Nach einem analogen Aufhören muß die Pflanzenſeele einem ähnlichen

Schlafe im Winter unterliegen. Es iſt nur für den Wechſel zwiſchen Schlaf und Wachen bei der Pflanze der größere, bei dem Thiere der kleinere Kreislauf der Natur maßgebend, oder richtiger, von vorwiegender Bedeutug geworden. Auch der Wechſel zwiſchen Winter und Sommer nämlich iſt für die ganze Exiſtenzweiſe der Menſchen und Thiere nicht ohne Bedeutung. Im Winter nähert ſich der Menſch immer etwas dem Siebenſchläfer, und eben ſo wird für die Pflanze der Wechſel zwiſchen Tag und Nacht nicht ohne Bedeutung ſein, nur von viel geringerer als der zwiſchen Winter und Sommer. Somit ergänzen ſich auch hier Thier- und Pflanzenwelt in bemerkenswerther Weiſe. Man kann daran folgende Betrachtung knüpfen. Die große Periode der Natur hängt von Drehung der Erde um die Sonne ab, die kleine von Drehung der Erde um ſich ſelbſt. Das Pflanzenleben dreht ſich mehr um ein Aeußeres, und namentlich eben um die Sonne; das Thierleben mehr um ſich ſelbſt, und das Sonnenlicht iſt für ſeinen Lebenproceß von mehr untergeordneter Bedeutung.

Jedoch wiederum keine abſolute Scheidung. Der Siebenſchläfer und ſo viele andere winterſchlafende Thiere beweiſen, daß für das Thier die große Periode eine ähnliche Bedeutung als für die Pflanze gewinnen kann, indem ſie zugleich die Möglichkeit einer ſolchen Bedeutung überhaupt beſtätigen; und ſo mag es auch manche Pflanzen geben, bei denen das Sinken der Lebensthätigkeit während der Nacht die Bedeutung eines Schlafes annehmen kann; während das, was man gewöhnlich Pflanzenſchlaf während der Nacht nennt, nur einem Ausruhen vergleichbar ſein dürfte, wie des Menſchen Arbeiten in der Natur im Winter ruhen.

In Zuſammenhang mit dem einfachern und ſinnlichern Seelenſpiel in den Pflanzen wird natürlich auch nur ein einfacheres und ſinnlicheres Seelen-Wechſelſpiel zwiſchen denſelben beſtehen können. Ja man kann bezweifeln, ob ein ſolches überhaupt beſteht. Inzwiſchen iſt nach früheren Erörterungen wahrſcheinlich, daß im Duften der Blumen ein Mittel dazu gegeben iſt, was freilich nicht, wie unſere Sprache, Uebertragung von Gedanken, wohl aber von Empfindungen und inſtinctartigen Mitgefühlen bewirken mag, wie auch beim Thiere zur analogen Zeit des Fortpflanzungsproceſſes der Geruch in dieſer Beziehung bedeutungsvoll wird; obwohl er unſtreitig, wie überhaupt die ganze Sinnesſcala, hier eine ſehr andre Bedeutung als bei der Pflanze gewinnt. Ich denke noch Einiges darüber im 16ten Abſchnitte zu ſagen.

Man kann noch an ein andres Communicationsmittel denken, welches ſich mit dem vorigen verbindet.

Jedes Blatt, indem es ſich bewegt, erſchüttert je nach ſeiner Geſtalt und ſeinem Anſatz die Luft in andrer Weiſe, und dieſe Erſchütterung, zu anderen Pflanzen fortgepflanzt, wird auch ihnen wieder eine demgemäß andre Erſchütterung mittheilen. Es läßt ſich dieß ſogar ſichtlich an einer analogen Erſcheinung erläutern. Fahren wir mit einem Stock oder einer Schaufel im Waſſer umher, ſo werden wir die Wellen ſich ausbreiten ſehen, verſchieden je nach Art der Bewegung und des bewegten Körpers. Setzen wir ſtatt Waſſer die Luft, ſtatt Stock und Schaufel die ſich bewegenden Blätter, ſo haben wir weſentlich daſſelbe. Es iſt gewiß, daß ähnliche Wellen in Luft als Waſſer entſtehen und jede andre Welle ſchlägt anders an Körper, die ihr begegnen.

Bei uns wird der Schall in der Stimme von innen heraus gezeugt, bei Pflanzen der Duft, um die innern Zuſtände andern mitzutheilen; bei uns kommt der Lichtſtral von Außen und fliegt ohne unſer Zuthun von Einem zum Andern, um den Einen ſehen zu laſſen, wie der Andre ausſieht; ſo bei ihnen der Wind und die Luftwelle.

Inzwiſchen können ſolche Analogien doch nur ſehr entfernte Andeutungen gewähren.

Die innerliche Einfachheit des Seelenlebens der Pflanze nach den bisher erörterten Beziehungen verträgt ſich ſehr wohl mit einer äußern Mannigfaltigkeit deſſelben nach andern Beziehungen. Wirklich liegen in der Vielartigkeit der äußern Anregungen, denen die Pflanze unterliegt, der Mannigfaltigkeit ihrer verſchiedenen Theile und der vielgeſtaltigen Art, wie ſie mit dieſen gegen jene reagirt, hinreichende Gründe, auf eine Mannigfaltigkeit ſinnlicher Empfindungen und Triebe bei ihr zu ſchließen. Licht, Wärme, Feuchtigkeit, Erſchütterung durch die Luft, Berührung durch Inſecten, Einfluß der Nahrungs- und Athmungsſtoffe; alles wirkt in eigenthümlicher Weiſe auf die Pflanze. Wurzeln, Blätter, Blüten, und in den Blüten die Blumenblätter, die männlichen und weiblichen Fortpflanzungs-Organe ſind jedes auf verſchiedene Weiſe gebaut, und verhalten ſich jedes verſchieden gegen jene Agentien; ſo daß keins die Function des andern erſetzen kann. Durch die Blüten kann ſich die Pflanze nicht nähren; vielmehr wollen dieſe ernährt ſein, und umgekehrt kann ſie durch die Wurzeln keinen Befruchtungsproceß vollbringen, keinen Samen erzeugen. Die Blätter hauchen Sauerſtoff im Lichte aus und produciren grüne Farbe, die Blüten verzehren Sauerſtoff im Lichte und produciren bunte Farben, die Befruchtungstheile mehr davon als die Blumenblätter, die männlichen Theile mehr als die weiblichen; die Unterfläche der Blätter verhält ſich beim Athmen und gegen das Licht anders als die Oberfläche. Es giebt Pflanzen, deren Blätter (beim Zerreiben) ſtinken, während ihre Blumen angenehm riechen, wie z. B. die Datura-Arten und Volkamerien und die weiße Lilie (Decand. II. 770.); auch im Geſchmacke unterſcheiden ſich die verſchiedenen Theile derſelben Pflanze ſehr häufig, was verſchieden geartete chemiſche Thätigkeiten vorausſetzt. Und ſo geht es weiter durch viele Einzelnheiten.

Nach dieſen Verſchiedenheiten in Bau und Thätigkeit der Theile einer und derſelben Pflanze läßt ſich nicht allein an eine Succeſſion, ſondern auch an eine Gleichzeitigkeit verſchiedener Empfindungen bei der Pflanze denken; denn auch von uns wird mit Hülfe verſchieden gebauter und demgemäß verſchieden gegen die Reize gegenwirkender Theile Verſchiedenes nicht blos nach einander, ſondern ſelbſt zugleich empfunden.

Unſtreitig wird man nicht erwarten können, daß die Pflanzen von denſelben Anregungsmitteln der Empfindung auch gerade dieſelbe Empfindung als wir davon tragen; daß ſie z. B. vom Duft, der zu ihnen gelangt, gerade dieſelbe Geruchsempfindung, von der Erſchütterung, die ſie trifft, dieſelbe Schallempfindung als wir haben. Nur eine gewiſſe Analogie mag ſtattfinden, wir wiſſen nicht wie weit. Finden wir doch ſchon, daß die Thiere je nach ihrem Bau verſchieden von denſelben Anregungsmitteln und im Allgemeinen anders als wir gerührt werden. Was dem

Einen gut riecht und ſchmeckt, widerſtrebt dem Andern. Denn die Weiſe der Empfindung hängt nicht blos von der Beſchaffenheit des Anregungsmittels, ſondern auch von dem des angeregten Weſens ab; und wozu ſollte auch die Natur eine Art Empfindung, die ſchon in einem Weſen iſt, im andern nochmals ganz ſo wiederholen. So mögen ſich die Empfindungen der Pflanze gar ſehr von den unſern unterſcheiden, und es mag ſo wenig für uns möglich ſein, uns dieſe ihrer wahren Natur nach vorzuſtellen, als es Jemandem, der noch nie eine Roſe gerochen, möglich iſt, ſich den eigenthümlichen Geruch der Roſe nach dem einer Nelke oder eines Veilchens vorzuſtellen. Auf der andern Seite muß aber doch bei aller Verſchiedenartigkeit im Bau der Weſen die Gemeinſchaftlichkeit deſſelben Anregungsmittels auch etwas Gemeinſchaftliches in allen davon abhängigen Empfindungen erhalten; ſo daß es uns immer erlaubt bleiben mag, bei der Einwirkung des Lichtes vorzugsweiſe an unſre eigene Lichtempfindung u. ſ. w. zu denken.

Daß die Pflanze weder ähnlich gebaute künſtliche Sinnesorgane noch Nerven beſitzt wie wir, hat uns nach ſchon frühern Bemerkungen kein Bedenken gegen das behauptete Statthaben von Sinnesempfindungen in derſelben zu erwecken. Folgende Hülfs-Betrachtungen können jene frühern unterſtützen. Schon innerhalb des Thierreichs variirt Form und Einrichtung der Sinnes-Organe ausnehmend und zwar immer in Beziehung zur Lebensart des Thieres. Da nun die Pflanze, ſtatt ſich durch den Raum bewegen und durch ihn zurecht finden zu müſſen, blos durch ihn zu wachſen und mehr an ſich als an der Außenwelt zu geſtalten hat, ſo konnte, wie ſchon bemerkt, die künſtliche Einrichtung unſerer höhern Sinnesorgane wegfallen, weil dieſe in der That nur darauf berechnet iſt, uns durch Bilder oder Abklänge von den Verhältniſſen der Außenwelt in dieſer zu orientiren. Die niedern Sinnes-Organe des Geruchs, Geſchmackes und Getaſtes ſind aber auch bei uns ſehr einfach eingerichtet (wobei uns zugleich letztres ein Beiſpiel der Verbreitung über die ganze Körper-Oberfläche giebt), und ſelbſt jene höhern werden es nach Maßgabe mehr, als mit dem Abſteigen in dem Thierreiche das Leben überhaupt ſich vereinfacht. Sonach muß man ſchließen, daß ein künſtlicher Bau der Sinnesorgane überall gar nicht weſentlich iſt, Empfindung zu erzeugen, ſondern blos, dieſe zum Dienſte höherer Seelenfunctionen geeignet zu geſtalten; ſofern das Höhere der Seelenfunctionen eines Weſens immer mit weitergreifenden Beziehungen deſſelben zur Außenwelt in Connex ſteht. Schon bei manchen Inſecten kommen daher ſehr einfache Augen vor; das Gehörorgan, bei uns ein wahres Labyrinth, iſt bei manchen Thieren ein ſehr ſimples Säckchen; ja der Polyp geht dem Lichte nach, ohne überhaupt Augen zu haben; und man bemerke, daß er auch ſonſt eins der pflanzenähnlichſten Thiere iſt.

Als Weſentlichſtes der Sinnes-Organe ſcheinen zuletzt nur noch die Nerven übrig zu bleiben; aber unſre frühern Erörterungen haben ſchon gezeigt, daß ſie eben nur in der Einrichtung des Thieres als nöthig dazu erachtet werden können, da die Pflanze auch ſonſt Andres, wozu das Thier der

Nerven bedarf, wie Athmen, Säftelauf, Reizbewegungen u. ſ. w., ohne Nerven zu verrichten vermag.

Im Grunde iſt auch beim Thiere nur der Anfang und Endpunct der Nerven das Weſentliche für die Sinnes-Empfindung. Die Strecke der Nerven zwiſchen ihrer peripheriſchen Endigung im Sinnes-Organe und ihrer centralen Endigung im Gehirn oder Ganglion wirkt blos wie Leiter und könnte ohne Nachtheil der Sinnes-Empfindung beliebig verkürzt gedacht werden. Wo es nun keines Gehirns, keiner Nervenknoten für den Dienſt höherer Seelenfunctionen bedarf, wird es auch ſolcher Zuleiter dazu nicht bedürfen. Was ſich bei Menſch und Thier in Centrales und Peripheriſches ſcheidet und eben hiermit eine das Sinnliche überſteigende höhere Entwickelung des Ganzen zuläßt, ja von organiſcher Seite bedingt, kann da, wo das ganze Leben blos im Sinnlichen beſchloſſen bleiben ſoll, dieſer Scheidung nicht bedürfen und hiermit das Nervenſyſtem von ſelbſt wegfallen, was doch blos die Verknüpfung zwiſchen jenem Geſchiedenen wiederherſtellt.

Ich ſage damit nicht, daß die Leitung durch die Faſern des Nervenſyſtems etwas ganz Gleichgültiges ſei. Im Gegentheil mag im Gehirn eine Wechſelwirkung deſſen eintreten, was in den einzelnen Nervenfaſern geleitet wird, und dieſe Wechſelwirkungen mit den höhern Seelenfunctionen in Beziehung ſtehen. Aber wo es um dieſe höhern Seelenfunctionen nicht zu thun iſt, wird es dann eben auch dieſer wechſelwirkenden Leiter nicht bedürfen. Es wäre inzwiſchen nicht am Orte, dieſe Vorſtellung hier weiter begründen und ausführen zu wollen.

Will man ein kurzes, freilich nur ſehr cum grano salis aufzufaſſendes, Schema haben, ſo wird man ſagen können:

der Leib des Thieres iſt wie ein Sack, deſſen empfindende Fläche inwendig iſt, nun bedarf es beſonderer Zugänge für das, was von Außen die Empfindung rühren ſoll, um in's Innere zu gelangen; denn alles kann doch nicht Zugang ſein; dieſe Zugänge werden durch die einzelnen Sinnesorgane mit ihren Nerven repräſentirt; wird aber der Sack umgewendet, bedarf es keiner beſondern Zugänge mehr; die ganze Oberfläche liegt der Empfindung frei offen; ſolche umgewendete Säcke ſind gewiſſermaßen die Pflanzen. Und es giebt Gründe, ſie dafür zu erklären Nämlich auch ſonſt verhält ſich die Pflanze in Betreff der Aufnahme von Außen wie ein umgewendetes Thier und iſt vielfach damit verglichen worden; das Thier nimmt nämlich durch innere Flächen, Darmkanal und Lungen, Luft und Nahrungsſtoff auf, und die Bewegungen der Gliedmaßen dienen, die Nahrung eben da hinein zu ſtülpen. Die Pflanze nimmt dieß Alles durch äußere Flächen auf; die nach Außen gekehrten Wurzelfaſern der Pflanze laſſen ſich mit den innern Darm-Zotten des Thieres vergleichen, die nach Außen gerichteten Blätter mit den eingeſtülpten Lungen; die Bewegungen der Gliedmaßen der Pflanze dienen, ſich ſelbſt in das Aeußere auszuſtülpen. Findet aber dieß Verhältniß hinſichtlich des grob Materiellen Statt, ſo iſt mehr als wahrſcheinlich, daß es auch hinſichtlich der feinern Sinnes-Eindrücke ſtattfinden werde; da die Organe der Sinnes-Empfindung zum Theil ſogar direct mit den Organen der Ernährung zuſammenhängen.

Ungeachtet es eben nur ein Schema iſt, was wir hiermit aufſtellen, kann man ihm doch vielleicht einige Bedeutung deßhalb beilegen, weil auch innerhalb des Thierreichs für ſich auf einen Lagengegenſatz des Empfindungsorgans großes Gewicht gelegt iſt; ſofern in den obern Thierklaſſen das Nervenſyſtem ſich mehr an der obern oder Rückenſeite, bei den untern mehr auf der untern oder Bauchſeite zuſammengedrängt zeigt. Der größere Gegenſatz zwiſchen Thier- und Pflanzenreich ſcheint auf dem nur entſchiedenern Gegenſatze zwiſchen Innen und Außen zu beruhen.

Wenn die Pflanzen ſich durch ihr Aufgehen in bloßer Sinnlichkeit unter Menſch und Thier ſtellen, ſo ſtehen ſie dagegen in der Ausbildung der Sinnlichkeitsſtufe nach ſchon gegebener Andeutung wahrſcheinlich über beiden.

Folgende Umſtände vereinigen ſich zur Begründung dieſer Anſicht:

Zuvörderſt finden wir ſchon innerhalb der Menſchheit ſinnliche Empfindung und ſinnlichen Trieb unter ſonſt gleichen Umſtänden um ſo kräftiger, entwickelter, je mehr der Menſch ſich ihnen ganz hingiebt, je mehr Vor- und Nachdenken und Selbſtreflexion dabei ſchweigen. Es waltet in dieſer Beziehung geradezu ein gewiſſer Antagonismus ob. Bei den nach höhern geiſtigen Beziehungen unentwickeltſten Völkern ſind doch die Sinne und Inſtincte am ſchärfſten entwickelt. Sie verſtehen keine Muſik von höherm Charakter, wiſſen kein Gemälde zu beurtheilen; aber ſie hören beinahe das Gras wachſen, ſtreiten mit dem Adler um die Schärfe des Auges, mit dem Hunde um die Schärfe des Geruches. Unter uns ſelbſt haben Menſchen mit ſinnlichſter Anlage am wenigſten Anlage zu höherer Reflexion und umgekehrt. Ja ſelbſt bei jedem Einzelnen zeigt ſich dieſer Antagonismus beſtätigt. Ein Menſch, der in tiefem Nachdenken begriffen iſt, ſieht und hört nicht, was um ihn her vorgeht, und ein Menſch, der ſich ganz einem ſinnlichen Genuſſe oder Triebe hingiebt, kann dabei nicht nachdenken; oder wenn etwas der Art unterläuft, ſo entgeht hiermit zugleich etwas der Stärke des Sinnlichen.

Wenn alſo die Natur den Pflanzen die höhern Seelenfunctionen verſagt hat, ſo läßt ſich dieß füglich recht wohl ſo faſſen, daß ſie eben in ihnen das Sinnesleben für ſich zu einer Entfaltung und Blüte hat bringen wollen, welche bei Mitrückſichtsnahme auf die höhern Functionen zu erreichen nicht möglich geweſen.

Freut ſich ſchon der Wilde des grellen Farbenſchmucks oder des Tanzes nach einem rauſchenden Takte, wie viel mehr wird die Pflanze Freude daran haben können, ſich mit Farben im hellen Sonnenſchein zu putzen und ſich im rauſchenden Takte des Windes hin- und herzuwiegen. Dem Wilden bedeutet doch jeder Schmuck und jede Muſik noch etwas Andres als Farbe und Ton; die Pflanze weiß keine Bedeutung daran zu knüpfen; ſie geht ganz im ſinnlichen Gefallen darin auf; ſie verliert nur immer das Genüge an dem, was ſie ſchon davon hat, will immer mehr davon haben, und ſo macht ſie immer mehr und immer neue grüne Flächen und tanzende Blätter; endlich wird ſie auch deſſen ſatt und bricht in Blumen aus, mit ganz neuem Farbenſchmuck; nun kommt ſtatt des Windes das Inſect, Biene und Schmetterling, und regt tiefer gehende Gefühle in ihr auf.

Freilich könnte das Fehlen der höhern Functionen allein noch nicht für die größre und höhere Entwickelung der niedern ſprechen; ſofern dem Steine gar beide zugleich fehlen; allein theils läßt der Umſtand, daß die Pflanzen ſich mit den Thieren in das Gebiet des organiſchen Lebens theilen, es nicht unwahrſcheinlich finden, daß jenes Geſetz des Antagonismus, was innerhalb eines Theiles dieſes Gebietes durchgreift, auch auf das Verhältniß beider Theile übergreifen werde, theils weiſen alle frühern teleologiſchen Betrachtungen auf denſelben Punct hin, theils ſind die directen Erſcheinungen des Pflanzenlebens ſelbſt in dieſem Sinne.

Die Pflanze iſt der Einwirkung aller Sinnesreize viel mehr nackt und blos geſtellt und reagirt mit kräftigern Lebensthätigkeiten dagegen als wir. Man erinnere ſich, wie viel kräftiger das Licht in ihren Lebensproceß eingreift als in unſern, wie viel mehr ſie in allen Theilen Erſchütterungen unterliegt, wie viel empfänglicher ſie für die Einflüſſe von Luft und Feuchtigkeit iſt, wie viel größere Bedeutung der Duft für ſie als für uns zu haben ſcheint, wie ſie ſelbſt das Unorganiſche aſſimilirend zu bewältigen vermag, was wir nicht vermögen, und das unter beſtändiger Wandlung ihrer eignen Geſtalt. Man könnte einwenden, der Mangel ſo künſtlicher Sinnesorgane, als das Thier hat, ſtelle die Pflanze, wenn ſie auch deßhalb der Sinnes-Empfindung nicht ermangele, doch immer in Betreff derſelben tiefer als das Thier. Allein ſo iſt es nicht; ſofern ſie doch ihrem ganzen Baue nach viel mehr als Sinnes-Organ erſcheint wie das Thier, und jene Künſteleien eben nicht zum Dienſte des ſinnlichen, ſondern eines höhern Lebens bei den Thieren nöthig ſind. Es iſt ſchön, bei Kindern Schulbücher zu finden, aber doch nur, ſofern ſie auch mehr als Kinder ſein oder werden wollen. Der reinen Kindesnatur thut das vielmehr Abbruch. Solche Schulbücher ſind Augen und Ohren für Menſchen und Thiere; die Pflanze braucht ſie nicht, weil ſie nichts zu lernen hat. Ihre Kindesnatur bleibt darum um ſo ſchöner und reiner entwickelt. Statt aus dem Kinde zum Manne zu werden, wird ſie im Erblühen gleich aus dem Kinde zum Engel, das nur in einem höhern Lichte ſeine Kindesnatur bethätigt.

Was iſt ſchöner, eine Landcharte oder ein rein und einfach bemalter Papierbogen? An ſich gewiß der letztere, auch freut ſich das Kind mehr daran, aber indem es die Landcharte verſtehen lernt, kommt es über die Freude am Papierbogen hinaus. Nun unſer Auge malt uns die Welt als Landcharte und unſer Verſtand lehrt ſie uns verſtehen; damit aber iſt's auch aus mit der reinen Farbenfreude. Die Pflanze braucht keine Landcharte, da ſie nicht zu reiſen hat, ſie hat alſo ſtatt ihrer blos die bunten Papierbogen empfangen; aber nun auch die volle Freude daran empfangen, die ſo lange widerhält, als die Farbe widerhält; denn wenn die Luſt an den Farben nicht mehr widerhält, wirft die Pflanze auch die bunten Bogen ſelber weg. Daß in der That die Pflanze etwas von ihrer eignen Färbung empfindet, werden wir nach der in's Innere greifenden und für jede Farbe eigenthümlichen Wirkung, die das Licht bei Erzeugung der Färbung äußert, nicht zu bezweifeln haben. (vergl. XVI.)

Auch darin beweiſt ſich die höhere Bedeutung, die das Sinnesleben im Pflanzenreiche als im Thierreiche hat, daß das Thier ſeine Sinne, ſo zu ſagen, gleich fertig, als Baſis für ſeine höheren Entwickelungen, mitbekommt, während das Leben der Pflanze ſelbſt ſich dazu beſtimmt zeigt, ſeine Sinnesbaſis quantitativ immer weiter und qualitativ immer höher aufzubauen. Dem Thiere iſt die Sinnlichkeit als eine abgemachte Sache vorgegeben, der Pflanze als eine erſt abzumachende aufgegeben. Jedes neue Blatt kann als ein Organ mehr angeſehen werden, womit es ſich den Sinnesreizen darbietet und in der Blüte ſchließt ſich zuletzt noch ein ganz neues und höheres Reich der Sinnlichkeit auf. Hiermit gewinnt die Sinnlichkeit einen immanenten Zweck, den ſie im Thiere nicht hat, gewinnt ein inneres Leben, was dem Thiere abgeht. Die Sinnlichkeit iſt beim Thiere blos die Thür, bei der Pflanze das Zimmer ſelbſt, worin gelebt wird.

Auch hier zwar kein abſoluter Unterſchied. Ganz fertig bekommt doch auch das Thier ſeine Sinnlichkeit nicht mit; die geſchlechtliche Empfindung entwickelt ſich erſt ſpäter; ganz mag andrerſeits, wie ſchon mehrfach zugeſtanden, auch die Pflanze nicht auf die Sinnlichkeit beſchränkt bleiben, und namentlich im Blühen die Ahnung eines Höhern die Sinnlichkeit überſteigen. So berühren ſich die Blütezeiten in beiden Reichen.

In dieſer bedeutungsvollen, doch leiſen, Berührung hat man nun freilich nichts als die gröbſte Aehnlichkeit finden wollen. Es erwache eine geſchlechtliche Empfindung in der

Pflanze zur Blütezeit; und das ſei Alles, was je in ihr erwache. Aber im Grunde wäre das verkehrte Welt. Denn wenn im Thiere der Eintritt der Geſchlechtsempfindung den Gipfel in der Entwickelung der Sinnlichkeit bildet, kann er in der Pflanze nicht einen Anfang derſelben bilden, dem nichts vorausginge. Das Thier ſahe, hörte, roch, ſchmeckte, fühlte doch ſchon vor der Geſchlechtsreife. Der Blüte der Empfindungen ging ein Unterwuchs von Empfindungen vorher, ſich anlehnend an die Proceſſe der Ernährung, des Athmens, und die Einwirkung ſo mancher Sinnesreize. Wie kann man nun in der Pflanze jene Blüte der Empfindungen wiederfinden, und doch jenen Unterwuchs derſelben leugnen wollen, während Ernährung, Athmen, Sinnesreize ihr Spiel in der Pflanze vorher ſogar noch viel mächtiger als im Thiere treiben. Man verwechſelt die Spur von höherm Seelenlicht, die unſtreitig mit der Blüte der Pflanze erwacht, mit einer Spur von Seelenlicht überhaupt. Unſer blödes Auge vermag ſich dem Glanze, der auf den Gipfel des Pflanzenſeelenlebens fällt, nicht ganz zu verſchließen; nun ſieht man aber nichts als dieſen oberſten Glanz, abgeſchwächt noch dazu zum unſcheinbaren Pünktchen; die ganze ſchöne Geſtaltung des Pflanzenſeelenlebens aber bleibt uns in Nacht verſenkt.

Meines Erachtens iſt in der Pflanze der geſchlechtliche Proceß nur höher erhoben und mehr in eine beſondere Entwickelungsſtufe verlegt als beim Thiere. Bei dieſem bricht die Sinnesentwickelung mit der Geſchlechtsreife ab, dort bricht ein neuer Kranz ſchönerer Sinnesthätigkeiten hervor; das ganze Sinnesleben ſteigt auf eine höhere und über ſich ſelbſt hinausweiſende Stufe. Man möchte ſagen, die Pflanze bringt es ſchon hienieden zu dem dritten höhern himmliſchen Leben, was wir erſt in einem Jenſeits erwarten und von dem wir die Seligkeit der Liebe als einen Vorſchmack halten. Und eben darum giebt auch die Blüte ſo manche Andeutungen für unſer künftiges Leben, ein eben ſo ſchönes Symbol als der Schmetterling, wie ich ſchon früher erinnert; nur daß ſie freilich blos ein ſinnliches Bild davon giebt. So iſt die Pflanze in ihrer Niedrigkeit doch gewiſſermaßen wieder viel mehr erhöht als wir ſelbſt. Ihr widerfährt ſchon hier ein Heil, was wir erſt erwarten. Schon hienieden kommen dieſe Kindlein in ihr Himmelreich.

Im Grunde eben ſo gedankenlos iſt es, ein Seelenleben der Pflanzen überhaupt zwar anzuerkennen, aber auf einen ſchlaf- oder traumartigen Zuſtand reducirt finden zu wollen. Sehen wir die Pflanzen nur ſcharf an, werden wir Alles nur gegen eine ſolche Annahme ſprechend finden. Wie hat der Zuſtand der continuirlich aus ſich herauswirkenden und ſchaffenden, mit allen Sinnesreizen im lebendigſten Conflict ſtehenden Pflanze auch ſo gar keine Aehnlichkeit mit unſerm Schlafe, wo die Wechſelwirkungen mit der Außenwelt vielmehr ruhen oder auf ein Minimum reducirt ſind, nichts Neues entſteht, ſondern nur das Alte fortgeleiert wird. Nur der Zuſtand der Pflanze im Winter kann nach frühern Bemerkungen mit unſerm Schlafzuſtande einigermaßen verglichen werden; aber da es dieſer kann, kann es nicht zugleich auch der im Sommer. Nichts davon zu ſagen, daß im Grunde die ganze

Natur ſelbſt als eine Träumerin wie mit halbzugemachten Augen erſchiene; ſollte man ſich vorſtellen, daß ſie die Halbſchied ihrer Geſchöpfe den langen hellen lichten Tag verſchlafen ließe, ſie früh die Augen öffnen und doch noch fortſchlafen ließe, ſo viel Lebenskraft an eine Eiche ſetzte, blos um ſie ein halb Jahrtauſend ſchlafen zu laſſen. Und dieſe Eiche ſchafft während deſſen ſo gewaltige Werke an ſich ſelbſt, aus ſich ſelbſt. Thut dergleichen auch der Menſch im Schlafe?

Zwar wird es immer in gewiſſer Hinſicht möglich bleiben, den Ausdruck von einem Schlaf- oder Traumleben zu vertheidigen, ſofern die höhern Seelenvermögen in einem Schlafe oder Traume liegen. Aber dieß iſt doch kein eigentlicher Ausdruck. Denn in unſerm Schlafe und Traume liegen nicht blos die höhern, ſondern auch die ſinnlichen Vermögen brach, ja vielleicht noch bracher als die höhern. Denn Erinnerungen, die den Ausgang des höhern Seelenvermögens bilden, laufen doch auch noch im Traume fort, indeß die Sinne ganz geſchloſſen ſind. Aber in der Pflanze ſind die Sinne ganz offen, und Erinnerungen laufen gar nicht. Wie kann man zuletzt von einem Traume ſprechen, wo kein Wachen iſt, aus dem der Traum den Stoff der Erinnerungen nimmt. Wachen iſt wohl ohne Traum, nicht Traum ohne Wachen denkbar. Sagt man alſo, die Pflanzen führen ein Traumleben und nichts weiter, ſo ſagt man daſſelbe als, es giebt einen Schatten und nichts, was ihn wirft. Es iſt ein Unſinn; und hiermit ſollen die Pflanzen um ihren Sinn gebracht ſein.

Wir haben das Leben der Pflanze bis jetzt immer nur bis zum Blüteſtande verfolgt, ja wohl ſo davon geſprochen, als ob es über den Blüteſtand hinaus nichts gäbe; und in der That mag hier der Gipfelpunct dieſes Lebens, der Abſchluß deſſelben nach der aufſteigenden Seite, liegen und es weniger Intereſſe haben, daſſelbe auch auf der abſteigenden Seite zu verfolgen. Doch iſt eine ſolche Seite vorhanden, und bedeutungslos können wir dieſelbe doch für die Pflanze nicht halten, ſei es, daß wir an die große Fülle von Stoff und Lebenskraft denken, welche von jetzt an noch zur Entwickelung der Früchte verwandt wird, ſei es an den großen Aufwand zweckmäßiger Einrichtungen, die hierbei eben wie beim Befruchtungsproceſſe Platz greifen. Wer freilich ſchon die Blume blind gegen das Licht hält, wird auch in allen Früchten nur taube Nüſſe erblicken; für uns aber, welche in der Blütezeit der Pflanze nur die lichteſte Zeit ihres Seelenlebens erkennen, muß die Sache anders liegen.

Der Menſch, wenn er über die Blütezeit des Lebens hinaus iſt, wird damit noch nicht todt; ſein Leben gewinnt blos von jetzt an eine andere Richtung und Bedeutung. Bis dahin mehr auf die Sorge für ſich und die nächſte Gegenwart geſtellt, doch niemals ſehr über ſich nachdenkend, für jeden Antrieb von Außen empfänglich und dagegen lebendig reagirend, fängt er von jetzt an Zukünftiges und Vergangenes mehr zu bedenken, mehr in ſich ſelbſt einzukehren, für eine Nachkommenſchaft zu ſorgen, für eine Nachwelt zu wirken. Der Glanz des Lebens erliſcht, die Bedeutung nimmt zu, die Empfänglichkeit für bloße Sinnesgenüſſe tritt zurück, die Organe dazu welken allmälig; dafür reift er um ſo mehr innerlich.

Eine analoge Wendung werden wir nach analogen äußern Erſcheinungen auch in der Pflanze anzunehmen haben, nur daß alles das, was beim Menſchen in helles Selbſtbewußtſein fällt, hier mehr in Gefühl und Inſtinct fallen wird, die aber doch beſtimmt und lebendig genug ſein können. Es mag eine Art Einkehr des Gefühls der Pflanze in ſich ſelbſt beginnen, indeß ihre Empfänglichkeit für äußere Reize abnimmt, wie wir denn die Organe dazu wirklich allmälig welken ſehen, und eine Art Inſtinct ſich entwickeln, die ſie drängt, ihr eignes Leben in der Bildung des jungen Pflänzchens im Saamen rück- und vorweiſend abzuſpiegeln oder zu reproduciren. (Man erinnere ſich, daß das Pflänzchen wirklich ſchon ſeiner ganzen Anlage nach in Würzelchen und Blattfederchen im Saamen vorgebildet wird.) Man möchte ſagen, die Bildung des jungen Pflänzchens im Saamen ſtellt den erſten und einzigen wirklichen Gedanken in ihrem Haupte dar, in dem ſich die Erinnerung an ihr ganzes bisheriges Leben dunkel zuſammenfaßt und zugleich die Sorge um die Zukunft eines andern, ihr gleichen Weſens ausdrückt. Auch unſere Gedanken heften ſich ja an leibliche Vorgänge im Kopfe, die etwas geändert darin hinterlaſſen. So undeutlich aber das Pflänzchen im Saamen gegen die ganze Pflanze erſcheint, ſo undeutlich mag die Erinnerung an das frühere Leben, die nun die Seele der Schöpfung des neuen Pflänzchens wird, gegen das ganze frühere Leben der Pflanze ſelbſt ſein. Aber ſind doch auch unſre Erinnerungen nur blaſſe Bilder der Wirklichkeit.

Man wende nicht ein, daß der analoge Proceß der Bildung neuer Weſen im Menſchen nicht von Bewußtſein begleitet iſt. Es iſt eben wie mit dem Wachsthum. Für die Pflanze hat dieſer Proceß eine ganz andere Bedeutung als für den Menſchen; was in dieſem zu unterſt liegt, liegt dort zu oberſt, iſt in's Haupt der Pflanze übergegangen. Wie das Blühen nur der Gipfel des Wachsthumsproceſſes in der nach Außen gehenden Richtung iſt, iſt die Frucht- und Saamenbildung nur der Rückweg in einer nach einwärts gehenden Richtung, eine Einkehr der wachſenden Pflanze in ſich ſelbſt. Iſt nun das Wachsthum überhaupt Träger von Seelenbewegung in der Pflanze, wird es auch eben ſowohl in der einwärts als auswärts gehenden Richtung ſein.

Schon die Einleitung des Fruchtbildungsproceſſes ſelber zeigt übrigens den höchſt weſentlichen Unterſchied zwiſchen Pflanze und Thier, daß es dort ein, in einem und demſelben Weſen vollzogener, Selbſtreflexionsproceß iſt, hier ein zwiſchen zweien getheilter Proceß. Dieß kann für das Pſychiſche ſehr wichtig ſein. Pflanzen- und Thierreich ſollen ſich eben auch hierbei nicht wiederholen, ſondern ergänzen; was beim Thiere im dunkelſten Unbewußtſein vorgeht, und nur ſpurenweiſe in den Phänomenen des Verſehens an das erinnert, was im Pflanzenreiche immer ſtattfindet, das bildet bei der Pflanze gerade den Hauptpunct ihres bewußten Lebens. Extreme berühren ſich auch ſonſt häufig genug. Hier wird dieſe Berührung noch überdieß in der äußern Erſcheinung merkwürdig genug angedeutet.

In der That, mag man es nur für ein Spiel äußerer Aehnlichkeit halten, aber immer iſt es eigen, wie die Frucht, ebenſo wie das Haupt des Menſchen, im Allgemeinen oben ſteht, oft von einer Art harten Hirnſchaale eingeſchloſſen iſt, der Saame darin in der Form dem Hirn oft täuſchend ähnelt[*], und in den obern Pflanzenklaſſen zwei Saamenlappen, eben wie das Hirn in den obern Thierklaſſen zwei Hirnhälften hat; ja wie ſelbſt die Subſtanz bei beiden eiweißartig iſt.

---

[*] Ich erinnere an die wälſche Nuß; aber die Aehnlichkeit greift weiter, wenn man ſich erinnert, daß niedere Thiere auch glatte Gehirne haben.

XV. Vergleiche, Schemate.

Manche haben wohl verſucht, das Verhältniß zwiſchen Thier und Pflanze durch ein einziges Schlagwort, einfaches Schema, oder die Identificirung mit einem Verhältniß zwiſchen andern Gegenſtänden auf einmal ſcharf und treffend zu bezeichnen. Ich halte das meinerſeits für unmöglich. Allgemeine Ausdrücke, einfache Schemate, bildliche Vergleiche können überhaupt nur nützlich ſein, ein complexes Verhältniß nach gewiſſen Seiten oder obenhin treffend darzuſtellen. So können Pflanzen und Thiere einander nach gewiſſer Beziehung polar entgegenſtehen; aber in wie vieler Beziehung ſtimmen ſie doch überein; nach gewiſſer Beziehung ſich wie Treppenſtufen unter einander ordnen; aber nach andern Beziehungen wird ſich die Ordnung verkehren; nach gewiſſen Beziehungen ſich die Pflanze als ein verwendetes Thier faſſen laſſen; aber in alle Einzelheiten durchführen kann man es nicht. Man kann die Pflanze eine Linie, das Thier eine Kugel nennen, wie man ein Geſicht mehr oval, ein andres mehr rund nennen kann; aber hat man damit die wahre Phyſiognomie beider richtig gezeichnet, oder vermag man ſie aus dieſem allgemeinen Schema abzuleiten? Man kann Pflanze und Thier mit dem oder jenem Concretum vergleichen, wie man einen Kopf mehr einem Apfel, einen andern mehr einer Birne ähnlich finden kann; aber in wie vieler Beziehung bleiben doch ſolche Vergleiche ſtets hinter dem Richtigen zurück, in wie vieler greifen ſie darüber hinaus? Zuletzt wird das Verhältniß zwiſchen Thier und Pflanze doch durch gar nichts treffender, ſchärfer und umfaſſender zu bezeichnen bleiben, als daß man ſagt, es ſei nun eben das Verhältniß zwiſchen Thier und Pflanze. Es findet ſich dieß Verhältniß nach der Geſammtheit ſeiner Momente nirgends anders ſo wieder wie zwiſchen Thier und Pflanze. Die Natur wiederholt ſich nirgends ganz.

Andrerſeits findet aber doch immer ein gewiſſes Bedürfniß ſtatt, complere Verhältniſſe in's Enge zu ziehen, verwandte Gebiete zu vergleichen, und unter Anwendung einer triftigen Methode ſowohl bei Aufſtellung als Nutzung der Schemate und Vergleiche ließe ſich für den Ueberblick im Ganzen, die Hervorhebung und den Zuſammenhang des Weſentlichen, die Auffaſſung verwandtſchaftlicher Beziehungen zwiſchen verſchiedenen Naturgebieten, großer Nutzen erwarten.

Leider finden wir eine ſolche Methode, welche die Ausſicht auf dieſe Vortheile auch wirklich befriedigte, nicht vor, können ſie auch hier nicht ſchaffen, und wäre ſie geſchaffen, würden wir ſie ſchwerlich in gründlicher Weiſe anwenden können, da ſolche Anwendung auf genauern Detailerörterungen, als hier Platz finden können, und tiefer gehenden botaniſchen und zoologiſchen Kenntniſſen, als uns zu Gebote ſtehen, fußen müßte.

Legen wir alſo auch den folgenden Proben vergleichender und ſchematiſcher Auffaſſung des Verhältniſſes zwiſchen Thier und Pflanze kein zu großes Gewicht, ja nicht einmal zu ernſte Abſicht, bei. Nur hier und da mag Ernſt durch das Spiel durchblicken. Auch eine Seite des Spiels nämlich hat dieſer Gegenſtand, welche den Geiſt immerhin zu beſchäftigen vermag, wenn es ſchon nicht mit dem Intereſſe ſtrenger Wiſſenſchaftlichkeit iſt.

Bekannt genug, obwohl faſt nur poetiſchem Intereſſe dienend, iſt der Vergleich der Pflanzen, insbeſondere der Blumen, bald mit Kindern bald mit Frauen. Beides ſcheinen ſehr verſchiedene Vergleiche zu ſein, inzwiſchen finden ſie einen Verknüpfungspunct darin, daß die Frauen ſelbſt doch immer nur Kinder gegen die Männer bleiben. Uebrigens faſſen beide denſelben Gegenſtand von verſchiedenen Seiten.

Die Vergleichspuncte der Blumen mit Kindern liegen darin, daß ſie, die Erde als ihre gemeinſchaftliche Mutter betrachtet, noch an ihr hängen, aus ihr die Nahrung ſaugen; daß ſie ſich alle Bedürfniſſe zubringen laſſen; nicht in's Weite laufen; daß ſie lieblich, freundlich, unſchuldig ausſehen; niemand etwas zu Leide thun; helle Kleider anhaben und, wie wir meinen, mit ihrer Seele noch eben ſo im Sinnlichen befangen ſind, als es die Kinderſeele iſt. Das Höchſte, wozu ſie es mit ihrem Kinderverſtande bringen, iſt, kleine Püppchen-Büſchelkindchen, d. ſ. die, ſchon junge Pflänzchen

chen eingewickelt enthaltenden, Saamen zu wiegen und zu büſchen; nicht wiſſend, aber wohl ahnend, was das für eigentlich Erwachſene bedeutet. Jedem wird bei dieſem Vergleiche Schillers Lied einfallen:

Kinder der verjüngten Sonne,
Blumen der geſchmückten Flur u. ſ. w.

was freilich von unſrer Seite den Commentar herausfordert, daß vielmehr der Dichter als die Blumen in Nacht befangen war, da er ſie in Nacht befangen erklärte; und es nicht erſt des Berührens mit Menſchenfinger bedurfte, ihnen Leben, Sprache, Seele, Herzen einzugießen, nachdem dieß ſchon ein viel mächtigerer Finger gethan.

Auch des Anfangs eines ſchönen Liedes von Heine, was faſt wie nicht von Heine klingt, mag man gedenken, da er zu einem Kinde ſagt:

„Du biſt wie eine Blume,
So hold und ſchön und rein“ u. ſ. w.

Etwas weniger poetiſch freilich nimmt es ſich aus, wenn Hegel (Naturphiloſ. 471) ſagt: „Die Pflanze, als das erſte für ſich ſeiende Subject, das aus der Unmittelbarkeit noch herkommt, iſt jedoch das ſchwache kindiſche Leben, das in ihm ſelbſt noch nicht zum Unterſchiede aufgegangen iſt.“ — Jeder in ſeiner Weiſe!

Wohl noch zahlreichere Vergleichspuncte aber bietet der Charakter der Weiblichkeit der Pflanzen dar.

Die Pflanze bleibt wie das Weib immer in ihren engen Lebenskreis gebannt, den ſie nur fortgeriſſen verläßt, indeß das Thier wie der Mann ungebunden in's Weite ſtreift; ſie weiß aber in ihrem engen Wirkungskreiſe Alles auf das beſte zu nutzen, ſicher leitenden Inſtincten folgend, ohne es je zu der höhern Intelligenz des Thieres zu bringen, und dieſem, wie das Weib dem Manne, den weitern Vorblick und Umblick und die umgeſtaltenden Eingriffe in die Außenwelt überlaſſend. Die Pflanze bleibt, wie das Weib dem Manne, immer dem Willen des Thieres unterthan, kommt ihm aber ſelbſt im ſchönſten Verhältniß, wie es der Schmetterling zur Blume zeigt, nicht entgegen. Sie plaudert gern duftend mit ihren Nachbarinnen. Sie ſorgt für die Nahrung des Thieres, bäckt Brod (in den Aehren), bereitet Gemüſe für daſſelbe. Ihr liebſtes Geſchäft aber bleibt bis zur Blütezeit ihres Lebens, ſich ſchön zu ſchmücken und ihre Geſtalt immer neu und ſchön darzuſtellen. Giebt es doch ſogar manche Blumen, die wie die Frauen in Weißzeug aufſtehen, und ſich erſt ſpäter bunt kleiden, ja wohl mehrmals umkleiden.* Aber nachdem die Zeit der jungen Liebe vorbei, wird die Pflanze zu einem neuen Beruf geweiht. Nun wirft ſie den bunten Flitterſtaat bei Seite, und ihr erſter und einziger Gedanke iſt die Sorge für ihre jungen Kindlein, die ſie hegt und trägt, und die, nachdem ſie ſich endlich von ihr losgemacht, ſie noch längere Zeit umſtehen.

---

* „So z. B. hat (um nur die auffallendſten Beiſpiele anzuführen) der Cheiranthus Chamaeleon anfänglich eine weißliche Blume, die ſpäter citronengelb und zuletzt roth wird, mit einem kleinen Stich in's Violete. Die Blumenblätter des Stylidium fruticosum R. Br. ſind bei ihrem Entſtehen blaßgelb, ſpäter aber werden ſie weiß mit leicht roſenrothem Anſtrich. Die Blumen der Oenothera tetraptera L. ſind anfänglich weiß, alsdann roſenroth und faſt roth. Tamarindus Indica L. hat, nach Fr. G. Hayne, am erſten Tage weiße Blumenblätter, und am zweiten gelbe. Die Blumenkrone der Cobaea scandens Cav. iſt den erſten Tag grünlich-weiß, und den folgenden Tag violet. Der Hibiscus mutabilis L. bietet in dieſer Beziehung eine merkwürdige und lehrreiche Erſcheinung dar. Seine Blume iſt nämlich des Mor-

Man erinnert ſich hierbei an das, was Schiller ſagt:

„Der Mann muß hinaus
In's feindliche Leben,
Muß wirken und ſtreben
Und pflanzen und ſchaffen,
Erliſten, erraffen,
Muß wetten und wagen,
Das Glück zu erjagen ....
Doch drinnen waltet
Die züchtige Hausfrau,
Die Mutter der Kinder,
Und herrſchet weiſe
Im häuslichen Kreiſe,
Und lehret den Mädchen,
Und wehret den Knaben,
Und reget ohn' Ende
Die fleißigen Hände,
Und mehrt den Gewinn
Mit ordnendem Sinn.
Und füllet mit Schätzen die duftenden Laden
Und dreht um die ſchnurrende Spindel den Faden,
Und ſammelt im reinlich geglätteten Schrein
Die ſchimmernde Wolle, den ſchneeigen Lein,
Und füget zum Guten den Glanz und den Schimmer,
Und ruhet nimmer."

---

gens beim Aufbrechen (naitre) weiß, gegen Mittag wird ſie roth oder hochroth, und zuletzt, wenn die Sonne untergegangen, iſt ſie roth. Im Klima der Antillen iſt jener Farbenwechſel regelmäßig. (Decand. Phyſiol. II. S. 724.)

Ich bezweifle nicht, da Dichter ja immer noch etwas Andres meinen, als ſie geradezu ſagen, was dem Scharfſinne der Ausleger zu ermitteln überlaſſen bleibt, daß der Dichter hiermit wirklich nur das Verhältniß zwiſchen Thier und Pflanze hat darſtellen wollen, ſo gut paßt Alles. Das Lehren und Wehren, das Regen der Hände und einiges Andre mag Manchem zwar weniger zu paſſen ſcheinen; doch kommt es, wie in allen ſolchen Fällen, nur auf die rechte Deutung an. Jedes Pflänzchen hat doch, da es noch im Saamen an der Mutterpflanze hing, von ihr zu lernen, wie es wachſen und nicht wachſen ſoll; das endloſe Regen der fleißigen Hände aber drückt ſehr treffend das endloſe Ausſtrecken von Blättern aus, das Umſichwirken und Schaffen der Pflanze damit, um die Stoffe zu Dienſten des Thieres vorzubereiten. Die Schätze in den duftenden Laden ſind die vielen köſtlichen Stoffe, welche die Pflanze in Zellen, wie in Fächern eines Schrankes, ſammelt; mit dem Drehen des Fadens um die Spindel iſt das Spinnen der Spiralgefäße und ſonſtige Erzeugen ſpiraliger Bildungen gemeint, womit die Pflanze beſtändig beſchäftigt iſt. Mit der ſchimmernden Wolle und dem ſchneeigen Lein iſt auf Baumwolle und Flachs gezielt, und mit dem Glanz und dem Schimmer auf die ſchimmernden Farben der Pflanze.

Nach dieſer künſtlichen Deutung wird vielleicht folgendes einfach anmuthige Gedicht Rückerts um ſo beſſer gefallen, worin er die weibliche Blumenweiſe ſo ſchön charakteriſirt:

Die Blume der Ergebung.

„Ich bin die Blum' im Garten,
Und muß in Stille warten,
Wann und in welcher Weiſe
Du trittſt in meine Kreiſe.

Kommſt du im Stral der Sonne,
So werd' ich deiner Wonne
Den Buſen ſtill entfalten,
Und deinen Blick behalten.

Kommſt du als Thau und Regen,
So werd' ich deinen Segen
In Liebesſchaalen faſſen,
Ihn nicht verſiegen laſſen.

Und fähreſt du gelinde
Hin über mich im Winde,
So werd' ich dir mich neigen,
Sprechend: ich bin dein eigen.

Ich bin die Blum' im Garten
Und muß in Stille warten,
Wann und in welcher Weiſe
Du trittſt in meine Kreiſe."

(Rückerts geſ. Gedichte. I. S. 98.).

Als Kinder und Landmädchen zugleich ſind die Blumen in folgenden Zeilen aus Rückerts Amaryllis (geſ. Gedichte. Bd. II. S. 97.) charakteriſirt:

„Der Frühling kocht ſich aus des Winters Reifen
Den Thau, den ſeine Kinder ſollen trinken;
Er ſtimmt zum Morgenlied die muntern Zinken,
Und ſchmückt ſein grünes Haus mit Blütenſchleifen.
Wohlauf, mein Herz, laß deine Blicke ſchweifen
Nach Blumen, die auf allen Fluren winken!
Landmädchen ſind's, zur Rechten und zur Linken
Steh'n ſie geputzt, nach welcher willſt du greifen?"

Mit Inſecten haben Pflanzen eine augenfällige Aehnlichkeit theils nach einzelnen Theilen, theils nach den Verhältniſſen ihrer Metamorphoſe im Ganzen *, die uns ſchon früher zu manchen Bemerkungen Anlaß gegeben.

Schon in Geſtalt und Farbe zeigt ſich große Aehnlichkeit zwiſchen Blüten und Schmetterlingen; ſo daß man nicht ſelten die Schmetterlinge geradezu mit loſen lebendig gewordenen Blüten verglichen hat. Aeffen doch manche Orchideenblüten Schmetterlingen ganz nach; und der Name Schmetterlingsblumen, den eine große Pflanzenklaſſe (wohin Wicken, Bohnen u. ſ. w. gehören) führt, beweiſt ebenfalls für eine hier vorwaltende Aehnlichkeit. Das Intereſſe dieſer äußern Aehnlichkeit ſteigert ſich aber ſehr durch Betrachtung des ſchon mehrfach berührten lebendigen Wechſelverhältniſſes zwiſchen beiden; wobei der weibliche Charakter der Blumen beſonders auffallend zu Tage tritt. Die Blume iſt wie ein ſtill ſitzender Schmetterling, der den Beſuch des ſchwärmenden erwartet; ein ähnliches Verhältniß, als wir es auch im Inſectenreiche ſelbſt, z. B. zwiſchen Weiblein und Männlein des Johanniskäfers, bemerken. Jenes, der Flugkraft ermangelnd, muß auf dem Erdboden bleiben; im Grün ſitzt es ſtill und lockt nur durch hellen Glanz das Männlein an. Dieſes hat ähnlichen Glanz, aber wohl hellere Augen als das Weiblein und ſucht daſſelbe im Grünen auf. So leuchtet der Far-

---

* Vergl. hierüber u. a. Linné in ſ. Metamorphosis plantarum sub praes. D. O. Car. Linnaei proposita a Nic. a Dalberg. Upsaliae. 1755. in Amoenitat. acad. IV. p. 368.

benglanz der Blume aus dem Grün hervor, und mit gleichem Farbenglanz geſchmückt, aber heller blickenden Augen, ſucht der Schmetterling ſie auf, ſie, die, an den Boden geheftet, ſich nur ſuchen laſſen kann.

Wie Schmetterling und Blume einander unmittelbar ähnlich ſind, entfalten ſich auch beide in gar ähnlicher Weiſe aus einem ähnlichen Gebilde, worin ſie auf früherer Entwickelungsſtufe erſt längere Zeit verſchloſſen und zuſammengefaltet geſchlummert. Wer möchte nicht wirklich zwiſchen der Knospe, aus der die Blume, und der Puppe, aus der der Schmetterling bricht, beide um in das gemeinſchaftliche Reich des Lichts überzugehen, auch eine äußere Aehnlichkeit finden. Ja ſelbſt der Stengel, indem er, langſam aufwärts wachſend, ein Blatt um das andre hervorſchiebt, mag der Raupe nicht ganz unvergleichbar ſein, die, aufwärts kriechend, ein Bein um das andre vorwärts ſchiebt. Es behält nur die Pflanze, wie ſchon früher (S. 64.) bemerkt, ihre frühere Entwickelungsſtufe immer ſichtbar unter ſich, indeß das Inſect ſie in ſich aufhebt.

Die luftführenden Spiralgefäße, welche den ganzen Bau der Pflanze durchſetzen und die, freilich verzweigten, Luftkanäle, welche den ganzen Leib des Inſects durchſetzen, begründen auch einige Verwandtſchaft der innern Organiſation zwiſchen beiden.

Wer Gefallen an ähnlichen Vergleichen findet, kann das Verhältniß zwiſchen Thier und Pflanze auch im Thiere ſelbſt für ſich in dem Verhältniß des mehr geklumpten Nervenſyſtems zu dem mehr verzweigten Gefäßſyſtem, oder in der Pflanze für ſich in dem Verhältniß der ſich mehr central abſchließenden Blüte zu dem frei und allſeitig verzweigten Stengel wiederfinden. Aber mit was ließen ſich zuletzt nicht Vergleichspuncte finden. Es wäre ermüdend und nutzlos zugleich, ihnen allenthalben nachzugehen. Zwar gab es eine Zeit, wo in dem Verfolg ſolcher Aehnlichkeiten faſt die ganze Aufgabe der Naturphiloſophie geſucht wurde. Ich werde der Letzte ſein, ſie wieder heraufbeſchwören zu wollen.

Zu mancherlei intereſſanten Betrachtungen kann die früher bemerkte Eigenthümlichkeit der Pflanzen Anlaß geben, zu ſpiraligen Bildungen und Stellungen ihrer Theile zu neigen. Will man zuvörderſt einer ſymboliſchen Spielerei noch einige Augenblicke Aufmerkſamkeit ſchenken, ſo denke man an den ſpiralförmig von den Blättern umlaufenen Stengel und die durch die ganze Länge der Pflanze bis in die Blüte (Piſtill, Staubfäden und Blumenblätter) ſich forterſtreckenden Spiralgefäße; außerdem an den Nektar, den die Blume enthält, den Schmetterling, der den Nectar ſucht, und die Heilkräfte, die, meiſt in giftigen und bittern Stoffen, der Pflanze inwohnen. Dann mag ſich die Blume nicht übel mit der vom ſchlangenumwundenen Stiele getragenen Schale der Hygiea vergleichen laſſen, in welche die, ihre giftigen Stoffe zu Dienſten der Heilgöttin ſtellende, Schlange oben mit dem Kopfe hinein züngelt; der Schmetterling aber, der auf der Blume ſitzt, mit der Seele, die den Nektar der Geſundheit darin ſucht, aber, um dazu zu gelangen, erſt an dem züngelnden Kopfe der Giftſchlange vorbeiſtreichen muß; d. h. nur durch Zwiſchenwirkung an ſich gefährlicher Heilſtoffe führt die Heilkunſt zur Geſundheit.

Weiter: Man halte die ſo allgemeine Spiraltendenz der Pflanze gegen die im Thiere mehr vorwaltende Tendenz zu in ſich zurücklaufender Form und Kreislaufsbewegung. Dann kann man ſagen, die Pflanze richte ſich im Geſtaltungs- und innern Bewegungsproceſſe mehr nach der Form der jährlichen (ſcheinbaren) Bewegung der Sonne am Himmel, welche bekanntlich eine ſpiralige iſt, das Thier mehr nach der täglichen Bewegung derſelben, welche merklich eine kreisförmige iſt, oder ſtrenger genommen, nur eine einzige Windung der jährlichen Spiralbahn der Sonne darſtellt; und man kann ſich dabei daran erinnern, daß auch in Schlaf und Wachen die Pflanze mehr der jährlichen, das Thier mehr der täglichen Periode folgt (S. 325.). Mit anderm Hinblick könnte man auch ſagen, die Pflanze richte ſich mehr nach der Bewegung, die ein Punct an der Oberfläche der Erde, das Thier nach der, welche der Mittelpunct der Erde bei der Bewegung um die Sonne macht, ſofern die Bewegung der Puncte an der Oberfläche der Erde, als zuſammengeſetzt aus der Rotation der Erde um ihre Axe und ihrem Laufe um die Sonne, ebenfalls eine ſpiralige iſt. Inzwiſchen ſind das immer nur Beziehungen, die erſt durch Erkenntniß eines cauſalen Zuſammenhanges für die Wiſſenſchaft Bedeutung gewinnen könnten, wozu für jetzt keine Ausſicht iſt.

Auch von einer ganz wiſſenſchaftlichen Seite läßt ſich die Spiraltendenz der Pflanzen faſſen und die Darſtellung eines Pflanzentypus nach gewiſſer Beziehung darauf gründen. Theilen wir hier ganz kurz die Hauptreſultate der Schimper'ſchen Unterſuchungen darüber mit:

Das Schema aller vollkommenen Pflanzen iſt hiernach unter der Form einer ſenkrecht im Boden ſtehenden Axe darſtellbar, von welcher nach beſtimmten mathematiſchen Geſetzen ſeitlich Radien (Blätter) ausgehen. Das Geſetz ihrer Stellung an der Axe giebt die weſentlichen Formunterſchiede der Pflanzen an, erſcheint aber immer unter der Form einer Spirallinie, welche um die Axe ſich windet, und in beſtimmten Abſätzen die peripheriſchen Radien ausſendet. Nennen wir Cyklus der Spirale einen ſolchen Theil derſelben, welcher von irgend einem Radius (Blatt) an gerechnet ſo weit verläuft, bis er wieder zu einem Radius in derſelben, der Axe parallelen Linie, worin der erſte liegt, gelangt iſt, ſo fragt ſich: 1) wie viel Radien (Blätter) hat die Spirale im Umfange der Axe zu durchlaufen, um vom unteren Gränzradius des Cyklus zum obern zu gelangen, in wie viel Abſchnitte wird der Cyklus mithin dadurch getheilt*, 2) wie viel Umläufe hat die Spirale innerhalb eines Cyclus zu machen, um durch die Zwiſchenradien vom untern Gränzradius zum obern zu gelangen. Sowohl die Anzahl der Abſchnitte als der Umläufe der Spirale innerhalb eines Cyklus ſind nun für jede Pflanzenart conſtant, für verſchiedene Pflanzenarten aber verſchieden, gehören mithin zur weſentlichen Charakteriſtik der Arten. Nicht jede Zahl Abſchnitte und Umläufe iſt aber möglich; ſondern die Zahlwerthe können nur aus folgender Reihe genommen ſein:

1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233,

deren Geſetz leicht zu finden iſt. Die beiden erſten Zahlen derſelben ſind nämlich die erſten natürlichen Zahlen, die dritte Zahl iſt gleich der Summe der beiden erſten, und ſo überhaupt jede ſpätere Zahl die Summe der beiden ihr vorangehenden. Es kann alſo die Zahl der Abſchnitte eines Cyklus z. B. 2 oder 3 oder

---

* Steht ein Radius im Intervall zwiſchen beiden Gränzradien des Cyklus, ſo wird dieſer natürlich in zwei Abſchnitte dadurch getheilt; ſtehen zwei darin, ſo wird er in drei Abſchnitte getheilt u. ſ. f., überhaupt in 1 Abſchnitt mehr als die Zahl der Zwiſchenradien beträgt. So viel Abſchnitte die Cyklen einer Pflanze haben, ſo viel der Axe parallele Linien giebt es, in welchen überhaupt Blätter im Umfange der Pflanze ſtehen.

5 oder 8, aber nicht 4 oder 6 oder 7 betragen, und daſſelbe gilt von der Zahl der Umläufe. Dabei iſt die Zahl der Abſchnitte mit der Zahl der Umläufe der Spirale innerhalb deſſelben Cyklus noch durch ein beſtimmtes Geſetz verknüpft. Iſt z. B. die Zahl der Abſchnitte 2, ſo iſt die der Umläufe ſtets 1 (was man ausdrückt 1/2), iſt die Zahl der Abſchnitte 3, ſo iſt die der Umläufe auch 1 (alſo 1/3); iſt die Zahl der Abſchnitte 5, ſo iſt die der Umläufe 2 (alſo 2/5), und überhaupt ſind die möglichen Verhältniſſe folgende:

1/2, 1/3, 2/5, 3/8, 5/13, 8/21, 13/34, 21/55, 34/89, 55/144, 89/233 …

wovon das Geſetz wieder leicht zu finden iſt. Der Zähler jedes Bruches iſt nämlich dem Nenner des zweit vorhergehenden Bruches gleich.

Die Richtigkeit der hier vorgetragenen Schimper'ſchen Anſicht wird freilich nicht allgemein zugegeben; indem namentlich die conſtanten Zahlwerthe der vorigen Brüche als allgemeine Norm von mehrern Forſchern beſtritten werden. Auch haben die Gebrüder Bravais einen ganz andern Weg eingeſchlagen, die Spiraltendenz der Blattſtellung geſetzlich zu repräſentiren. Naumann betrachtet den Quincunx als Grundgeſetz der Blattſtellung. Mathematiſch genaue Stellungsverhältniſſe giebt es überhaupt nicht an der Pflanze, und nur durch ein Zurechtrücken der Beobachtungen, Beiſeitlaſſung der Ausnahmsfälle, Annahme von Fehlſchlagen u. dergl. kommt der Anſchein einer ſo vollſtändigen Geſetzmäßigkeit heraus, wie nach manchen Darſtellungen die Pflanze zeigen ſoll. Jedenfalls bleibt die Annäherung der Blattſtellung zu einer Geſetzlichkeit factiſch, welche ſich auf den Spiraltypus zurückführen läßt, ohne daß aber die organiſche Freiheit dadurch völlig aufgehoben iſt.

Eine überſichtliche Darſtellung der Reſultate der Schimper'ſchen Unterſuchungen, welche dem Vorigen zu Grunde liegt, findet ſich in Burmeiſters Geſchichte der Schöpfung (2. Aufl. S. 340.). Näheres über dieſen Gegenſtand ſ. in folgenden Schriften: Dr. Schimper, Beſchreibung des Symphytum Zeyheri u. ſ. w. in Geigers Mag. f. Pharmacie. Bd. XXIX. S. 1 ff. — Dr. A. Braun, Vergleichende Unterſuchung über die Ordnung der Schuppen an den Tannenzapfen u. ſ. w. Nov. Act. Acad. C. L. N. C. T. XIV. Vol. I. p. 195—402. — Dr. Schimper, Vorträge über die Möglichkeit eines wiſſenſchaftlichen Verſtändniſſes der Blattſtellung u. ſ. w., mitgetheilt von Dr. A. Braun. Flora. Jahrg. XVIII. no. 10. 11. 12. (1835). — L. et A. Bravais, Mémoires sur la disposition géométrique des feuilles et des inflorescences, précédés d'un résumé des travaux des MM. Schimper et Braun sur le même sujet, par Ch. Martius et A. Bravais. Paris. 1838. Deutſch von Walpers. Breslau. 1839. — Bravais in Ann. des sc. nat. 1837. part. bot. I. 42. 1839. Part. bot. II. 1. — Naumann in Pogg. Ann. 1842. (2. Reihe). Bd. 26. S. 1. (Ausz. in Wiegm. Arch. 1841. II. S. 49.).

Nächſt der Stellung der Seitentheile an der Axe hat beſonders die Verwandlung, welche dieſelben oft in einander erfahren, die Aufmerkſamkeit der neuern Naturforſcher auf ſich gezogen. Geben wir zur allgemeinen Charakteriſtik der neuern Pflanzen-Morphologie gleich folgende kurze Darſtellung eines Botanikers vom Fach (Link in Wiegm. Arch. 1842. II. S. 164.).

„Die Aufgabe der neuern Morphologie iſt, die mannigfaltigen Verſchiedenheiten, unter welchen die Pflanze ſich darſtellt, auf eine Grundform zurückzuführen oder ſie vielmehr davon abzuleiten. Es iſt ein Verfahren in der Botanik, wie es der Kryſtallograph in der Mineralogie anwendet, indem er von mehr oder weniger genau beſtimmten Grundgeſtalten die verſchiedenen Nebengeſtalten ableitet, welche in der Natur vorkommen. Die Pflanzen haben aber ſtatt der Kryſtallflächen wirkliche Glieder, woraus zuerſt die Axentheile beſtehen, und auf welchen die Seitentheile als Glieder ſich befinden. Die Mittel, deren man ſich bedient, um jene Ableitung hervorzubringen, ſind nun, daß man die Theile in Gedanken ſich vergrößern, verringern und ganz fehlen (abortiren) läßt; ferner ſich zuſammenziehen und ausdehnen, entfernen und nähern, verwachſen und ſondern, zarter und gröber werden u. ſ. w., wie man ſie in der Natur nach Beobachtungen gefunden hat. Beſonders hat man gefunden, daß ſich die Seitentheile in einander verwandeln, und daß man die Blätter als die Grundform anſehen kann, woraus alle andere Seitentheile bis zu den Umhüllungen des Embryo. Dieſes iſt die Metamorphoſe der Pflanzen, die man jetzt in Frankreich, einer neuen Mode zufolge, die Göthe'ſche nennt, wie man ſie zuweilen auch in Deutſchland genannt hat. Sie ſollte eigentlich die Linné'ſche genannt werden, da ſie Linné ſchon vollſtändig vortrug."

Man wird leicht erſehen, daß die obige Methode, die Ableitungen hervorzubringen, ihrer Natur nach geſtattet, Alles aus Allem zu machen. Und in dieſem Betreff iſt auch Willkür zur Genüge geübt worden. Die Verwandlung der Seitentheile in einander aber bleibt ein ſehr merkwürdiges und bedeutſames Phänomen, worüber man in Göthe's Schrift über die Pflanzenmetamorphoſe das Nähere nachleſen mag.

Die allgemeinſte und wichtigſte Bedeutung für das Verhältniß zwiſchen Thier und Pflanze ſcheint mir der ſchon mehrfach berührte Gegenſatz ihrer Entwickelungsrichtung nach Innen und Außen zu haben.

Kurz wird ſich ſagen laſſen: das Thier wächſt mehr in ſich hinein, die Pflanze mehr aus ſich heraus; jenes gliedert, faltet ſich mehr nach Innen, dieſe mehr nach Außen. Dieſer Unterſchied iſt zwar nicht abſolut, aber ſo, daß man ſieht, im Entwickelungsgange vom zweideutigen Zwiſchenreiche an iſt doch das Uebergewicht im Thierreiche im Ganzen mehr auf die erſte, im Pflanzenreiche auf die zweite Seite gefallen.

In der That, ſtellen wir Thier und Pflanze auf ihren vollkommenern Stufen einander gegenüber:

Das Thier äußerlich mehr compact abgeſchloſſen, in ziemlich feſt beſtimmter Geſtalt, mit wenigen ein für allemal beſtimmten äußern Anſätzen und eben ſo beſtimmten ſtumpfen Eindrücken am einförmigen Klumpen des Leibes, dagegen ſich innerlich gliedernd in eine, von den untern zu den höhern Thieren immer ſteigende Mannigfaltigkeit von Organen, die ſich wieder in immer feinere und feinere Unterabtheilungen gliedern und deren letzte innerlichſte Modificationen endlich der Freiheit der Seelenbewegungen ſelbſt folgen, ſofern im Zuſammenhange mit der Ausbildung der geiſtigen und Gefühlsanlagen im Laufe des bewußten Seelenlebens auch die innerſten Organiſationsverhältniſſe ſich in's Feinſte fortbilden. Im Gehirn die letzten Faſern gar durch einander ſchießend wie Kette und Einſchlag eines Gewebes, da bei dem immerfort nach Innen Wachſen und ſich Zerfällen zuletzt nichts übrig bleibt, als durch ſich ſelber durch zu wachſen, oder das ſchon Zerfällte nach noch neuer Richtung zu zerfällen. An die Thätigkeit und Fortbildung dieſer inneren Kreuzungen iſt dann das höhere Seelenleben geknüpft.

Die Pflanze dagegen bis zum Gipfel ihres Lebens innerlich immer und immer wieder nur ihr einförmiges Gemenge von Faſern, Zellen, Röhren darbietend, ohne deutliche Gliederung zu inneren Organen, dagegen in eine unerſchöpfliche und von den niedern nach den höhern Pflanzen, vom Stamme nach den Aeſten, von dieſen nach den Zweigen, von dieſen nach den Blättern, von dieſen nach nach den Blattrippen immer zunehmende Fülle äußerlich divergirender Formtheile auswachſend, deren letzte Austriebe nach Außen vorausſetzlich mit der Freiheit ihrer Seelentriebe zuſammenhängen (vergl. S. 161.). Auch dieß bis zur endlichen Verſchränkung, obwohl in anderm Sinne als vorhin, getrieben; indem die Zweige, dann die Blätter zwiſchen einander durchwachſen, und ſo die Laubeskrone bilden; die Blätter ſelber dadurch entſtanden, daß die Blattrippen, ſich immer feiner abzweigend, ſich endlich begegnen, verſließen.

Dieſe Vorſtellung gewinnt ein vermehrtes Intereſſe, wenn wir ſie mit jener ſchematiſchen in Beziehung ſetzen (S. 332.), wonach der Leib des Thieres ſich wie ein Sack verhält, deſſen empfindende Fläche inwendig iſt, der der Pflanze ein ſolcher, wo ſie auswendig iſt, indem dann das ganze Verhältniß auf den Gegenſatz von Einſtülpung und Ausſtülpung dieſes Sackes zurückführbar iſt. Wirklich laſſen ſich die innern und äußern Verzweigungen der Thier- und Pflanzen-Organiſation recht wohl als Ein- und Ausſtülpungen faſſen, die ſich fortgehends immer weiter ein- und ausſtülpen. Und man kann bemerken, daß überhaupt die Natur eingeſtülpten Formen ausgeſtülpte Formen von theils paralleler theils ſich ergänzender Bedeutung gegenüberzuſtellen liebt; wie z. B. Lungen und Kiemen; genitalia masculina und feminina. Hier nun haben wir dieſen Gegenſatz im Ganzen und Großen zwiſchen zwei Reichen durchgeführt. Die ſtülpende Hand hat in jedem Falle ihren Angriff auf der nicht empfindenden Fläche des Sackes genommen, und ſo liegt die empfindende Fläche des Thieres in den innern Einſtülpungen begraben, die der Pflanze auf den äußern Ausſtülpungen blos. (Freilich iſt der Gegenſatz empfindender und nicht empfindender Theile des Organismus ſelbſt nur cum grano salis zu nehmen.)

Der geſchloſſene Sack des Thieres ſtülpt ſich zuvörderſt in ſich ſelbſt hinein, ſo daß eine Doppelung entſteht, wie bei einer Schlafmütze, die auf dem Kopfe ſitzt: beim Sacke der Pflanze iſt dagegen die innere Doppelung lang herausgezogen. Die Einſtülpung beim Thiere bildet den Darmkanal, die Ausſtülpung bei der Pflanze die Wurzel. Die einſtülpende Bewegung beim Thiere geſchieht mit ſolcher Kraft, daß oben die Mütze platzt, und der Mund entſteht, indeß ſich unten die Mütze zum After zuſammenzieht. Der Darmkanal des Thieres wird dann weiter in die Speicheldrüſen, die Leber, das Pankreas hineingeſtülpt; Neben-Einſtülpungen des Sacks ſind Lungen und genital. feminina. Es beſteht aber der Sack des Thieres eigentlich aus einem doppelten Blatt, und das innere Blatt folgt dem äußern nicht. Sondern es hat ſich vom äußern gelöſt, iſt aufgeriſſen und hat ſich auf die kleinſtmögliche Stelle, zu dem in ſich ſelbſt zuſammengefalteten Gehirn und Rückenmark zuſammengeſchoben; dagegen hat ſich das äußere Blatt als Haut um ſeine Einſtülpung den Darmkanal ſo weit aufgebauſcht als möglich. So entſteht eine große Hohlung zwiſchen Haut und Darmkanal, in welcher das Nervenblatt zuſammengefaltet liegt, daher den Zwiſchenraum bei Weitem nicht ausfüllt. Um nicht eine zu große Leere zu laſſen, iſt nun die Haut tüchtig mit einem Polſter von Fleiſch und Zellgewebe gefüttert, und um dem Ganzen Halt zu geben, mit feſten Streben, d. i. Knochen ausgeſpannt gehalten, auch die Watte mit Adernetzen gut durchnäht, und hierdurch zugleich das Nervenblatt an das Haut- und Darmblatt angenäht. Außerdem ſind beim Losreißen des Nervenblatts vom Haut- und Darmblatt die Nerven noch als Verbindungsfaſern mit dem Hautblatt, und die Ganglien als zerfaſerte Flocken auf dem Darmblatt ſitzen geblieben.

In der Pflanze iſt gar keine ſolche Trennung des Sacks in zwei unterſcheidbare Blätter ſichtbar, und der ausgeſtülpte Pflanzenbalg einfach mit Faſern und Zellgewebe ausgeſtopft. Das vegetative und empfindende Blatt fallen hier in Eins. Und dieß iſt ein Unterſchied, der zu dem Unterſchiede in der Richtung der Ein- und Ausſtülpung noch bedeutungsvoll hinzutritt, unſtreitig aber in Cauſal- wie teleologiſcher Beziehung dazu ſteht.

Im Grunde freilich iſt es überall nicht eine wirkliche Haut, ſondern die ſchematiſirende Vorſtellung, welche alle angezeigten Stülpbewegungen vornimmt. Es faltet ſich, ſtreng genommen, überhaupt keine Haut aus oder ein, ſondern es bilden ſich Zellen nach und nach in ſolchen Lagen, wachſen ſo und werden ſo reſorbirt, daß allmälig der Anblick des Faltenloſen ſich in den Anblick von etwas ein- oder auswärts Gefalteten verwandelt. Der Erfolg iſt zuletzt derſelbe, aber der Proceß ein anderer, als wodurch wir ſelber realiter Ein- und Ausfaltungen, Ein- und Ausſtülpungen vollbringen.

Ich geſtehe zwar, daß die Auffaſſung der Art, wie ſich das Nervenblatt benimmt, etwas romanhaft iſt, ſofern ſie mehr aus einer kühnen Rückdeutung der fertigen Lagerungsverhältniſſe als einer genauen Betrachtung der wirklichen Entwickelungsverhältniſſe geſchöpft iſt; was dann hindern muß, ihr ein großes wiſſenſchaftliches Intereſſe beizulegen. Dagegen ſcheint mir der allgemeine Gegenſatz von Aus- und Einſtülpung zwiſchen Pflanze und Thier ſehr entſchieden.

Die fortgeſetzte Ausſtülpung ſchreitet bei der Pflanze nur bis zum Gipfel ihres Lebens fort. Da tritt ein Moment ein, der Moment, in dem der Staubfaden oder ſein Pollen die Narbe des Piſtills berührt, wo ſich die Pflanze, ſo zu ſagen, gegen ſich ſelbſt zurückſchlägt, und nun beginnt mit dem Durchwachſen des Pollenſchlauchs in die Höhle des Fruchtknotens ein vorher nur angedeuteter Einſtülpungsproceß, der durch die ganze Fruchtbildung fortgeht.

Die zweite Oscillation des Lebens erfolgt alſo bei der Pflanze in ganz entgegengeſetzter Richtung als die erſte. Beim Thiere iſt dieß nicht ſo der Fall, da gleich anfangs hier der Lebensproceß die Richtung mehr nach Innen nimmt; doch relativ zeigt ſich ein Aequivalent auch beim Thiere noch darin, daß bis zur Mannbarkeit das Thier doch äußerlich noch an Größe wächſt, ſpäter aber ſich blos mehr innerlich fortentwickelt.

Ueberhaupt muß man die Gültigkeit des Schema nicht über triftige Gränzen ausdehnen wollen. Im Bereiche niederſter Organismen, die ſich dem Zwiſchenreiche nähern, kommen Ausſtülpungen bei Thieren vielfach vor; der Gegenſatz wird aber um ſo deutlicher, je höher wir aufwärts in beiden Reichen ſteigen. Auch bei den höhern Thieren ſind die Gliedmaßen, die Naſe, die genital. masc., die mammae, die Haare Ausſtülpungen, dem ſonſtigen Charakter des Thierreichs entgegen.

Werfen wir einen Blick auf die Bedeutung, welche der vorige Gegenſatz für das Pſychiſche haben muß.

Sofern die Seele etwas Beſtimmtes iſt und nach ihrer Beſtimmtheit auch einen beſtimmten Ausdruck im leiblichen Träger findet und fordert, ſo wird man nicht anzunehmen haben, daß der beſondern Beſtimmtheit der Seele, die ſich im Thierleibe ausſpricht, Nichts, ſondern vielmehr nun auch eine Seelenbeſtimmtheit entgegengeſetzter Art gegenüberſtehe. Die Pflanzenſeele wird etwas nur nach andrer, in gewiſſer Hinſicht entgegengeſetzter, Richtung Entwickeltes ſein; etwas gegen die Außenwelt Ausgefaltetes, während jene etwas in ſich Eingefaltetes. Daß die nach Innen gehende Wendung die Seele, ſo zu ſagen, mehr zu ſich ſelbſt führt, auf ſich ſelbſt zurückkommen läßt, liegt im Schema darin ausgeſprochen, daß die empfindende Fläche vermöge ihrer Einfaltung ſich gegen ſich ſelbſt zurückſchlägt, wodurch innere Berührungen, ja endlich Durchkreuzungen zwiſchen ihr eintreten, ſo daß das darin ſinnlich Angeregte in neue Wirkungsbezüge treten kann. Bei den Pflanzen, wo die empfindende Fläche ſich auswärts ſtülpt, iſt dieß nicht ſo der Fall, denn wenn ſich auch Zweige und Blätter in ihrer allſeitigen Divergenz endlich ebenfalls verſchränken, ſo bleiben ſie dadurch doch größtentheils außer Berührung, und wenn ſie ſich endlich in einzelnen Blättern und allerwegs in den Blattrippen berühren, ſo legt ſich das Alles nur an eineinander, oder anaſtomoſirt, ohne von der Berührung an nochmals ſich zu durchkreuzen; wie wir es im Gehirn der Thiere ſehen. So behält das Thierleben eine Dimenſion der Innerlichkeit vor der Pflanze vorweg; und eben deßhalb bleibt es bei der Pflanze mehr bei der einfachen Sinnlichkeit; bis mit der abſteigenden Richtung des Lebens auch die Richtung der Einfaltung in der Pflanze beſtimmter Platz greift, die nun auch unſtreitig höhere Bedeutung für die Pflanze gewinnt. Aber ſie beherrſcht nicht ſo von vorn herein das ganze Leben der Pflanze wie das des Thieres, iſt, ſo zu ſagen, nur die ſich umbiegende Spitze, worin jenes ausläuft und in's Thieriſche einigermaßen umſchlägt. Die Pflanze trägt, ſo zu ſagen, ein kleines Thier nur als Krone, Schmuck und oberſten Gipfel auf der Pyramide ihres Baues und Lebens, und noch dazu eine Sphynx, die das Weſen des Thieres blos im Räthſel darſtellt, während das Thier von unten an iſt, was es iſt, gleich der Memnonsſäule neben der Pyramide.

Ein ähnlicher fundamentaler Gegenſatz, als innerhalb des Organiſchen zwiſchen Thier- und Pflanzengeſtaltung, läßt ſich auch im weitern Gebiete der Natur zwiſchen organiſcher und unorganiſcher Geſtaltung ſelbſt auffinden, nur daß er hier bis zum elementaren Bau zurückreicht, indeß er dort auf den Plan des Ganzen geht.

Die organiſchen Geſchöpfe, gleichviel ob Thiere oder Pflanzen, entſtehen aus Elementartheilen, die nach Innen wachſen und ſich nach Innen einfalten und zerlegen; die unorganiſchen, die Kryſtalle, aus ſolchen, die nach Außen wachſen, ſich nach Außen ausfalten und conſolidiren. Als Elementartheile des Organiſchen nämlich zu betrachten ſind die Zellen, hohle, mit Flüſſigkeit gefüllte Bläschen, deren Wände ſich von Außen nach Innen verdicken, ſo daß das Lumen vieler mit der Zeit ganz ſchwindet. Wie es ſcheint durch Einfaltung nach Innen entſtehen Vorragungen, endlich Scheidewände, wodurch ſich die Zellen in mehrere theilen. Der Kryſtall dagegen entſteht aus einem ſoliden Urkryſtall innerhalb einer Lauge, verdickt ſich durch Anſatz von Außen, faltet ſich, ſo zu ſagen, nach Außen in Ecken, Spitzen, Kanten aus, ohne doch dabei ſeine Solidität aufzugeben; indem er, ſtatt immer neue Zellen in ſich hineinzuerzeugen, in dieſe zu zerfallen, dadurch immer flüſſiger zu werden, ſich vielmehr in immer neue, um die früheren anſchießende, Kryſtallhüllen einſchachtelt, und ſo ein immer größeres compactes Ganze wird.

Merkwürdig, wie ſo einfache Gegenſätze im Bildungsplane, als wir zwiſchen Thier und Pflanze, Organismus und Kryſtall bemerken, doch in Reſultate ausſchlagen können, die ſo ganz über den Charakter einfacher Gegenſätze hinausgreifen, ganz verſchiedene Grade der Ent- und Verwickelung mitführen. Man vergleiche die ungeheuer verwickelten Organismen mit den ſtets ſo einfach bleibenden Kryſtallen, und im Organiſchen wieder die verhältnißmäßig ſo verwickelten Thiere mit den verhältnißmäßig ſo einfachen Pflanzen. Die Entwickelungsrichtung nach Innen hat offenbar einen ganz andern prägnanteren, und zugleich für das Seelenleben bedeutungsvolleren Charakter als die nach Außen.

Ein freilich ſehr oberflächliches Schema, bezüglich blos auf das Allgemeinſte und Aeußerlichſte der morphologiſchen Verhältniſſe, doch des Intereſſes nicht ganz baar, und der Vertiefung nach mancher Richtung fähig, bietet ſich wie folgt dar.

Die rundlich in ſich abgeſchloſſene, gewöhnlich längliche

Geſtalt des Thierleibes ähnelt, gegen die Pflanze angeſehen, im Ganzen mehr der Ellipſe, wo Herz und Hirn die Brennpuncte vorſtellen mögen, um die ſich alles Leben des Thieres dreht, die Geſtalt der Pflanze dagegen, vermöge ihrer doppelten und entgegengeſetzten Divergenz nach Oben in Zweige, Blätter und Blüten, nach Unten in die Wurzelausſtralungen, mehr der Hyperbel; und ſetzen wir den einfachſten Fall eines oben unverzweigten, nur eine Blüte tragenden Stengels, ſo wird die Blüte bis zum Gipfelpunct des Lebens ſelber die obere Hyperbelhälfte darſtellen, und die Endpuncte der Pflanzenaxe, die Narbe des Griffels und die Spitze der Pfahlwurzel werden die Stelle der Brennpuncte vertreten, zwiſchen denen alles Leben der Pflanze oscillirt; die beiden Knotenpuncte, von denen aus ſich die Blüte nach Oben, und die Wurzel nach Unten ſtreckt, die Scheitel beider Hyperbelhälften; die Blätter endlich, auf ihre mittlere horizontale Richtung reducirt, die Richtung der in's Leere gehenden Nebenaxe.

Das Zwiſchenreich zwiſchen Thier und Pflanze, zwiſchen Kugelformen und Linearformen ſchwankend, repräſentirt dann die Fälle, wo Ellipſe und Hyperbel durch möglichſte Vereinfachung ihrer Gleichungen (ohne daß etwas unendlich würde) in Kugel- und Linearformen übergehen, was auf mehrfache Weiſe geſchehen kann, womit das proteusartige Weſen des Zwiſchenreichs zuſammenhängt.

Bekanntlich entſteht die Hyperbel aus der Ellipſe dadurch, daß man eine Hauptgröße darin (die Hauptaxe) in der Richtung verkehrt genommen denkt; was damit zuſammenſtimmt, daß die Pflanze ſich in gewiſſer Weiſe als verwendetes Thier faſſen läßt. Auch kann man die abſteigende Seite des Pflanzenlebens, wo man die Blüte in die mehr ellipſoidiſche Frucht ſich wandeln ſieht, mit einer ſolchen Verkehrung in Beziehung ſetzen.

Dieſes Schema gewinnt an Intereſſe, wenn man es in's Symboliſche überſchlagen läßt. Die Reihe möglicher Ellipſen hat zur Gränze die Parabel, welche zwar von einer Seite noch ganz der Endlichkeit anheimfällt, von der andern aber ſich gegen die Unendlichkeit öffnet. Bekanntlich nämlich geht die Ellipſe in eine Parabel über, wenn man den einen Brennpunct der Ellipſe in die Unendlichkeit hinausrückt, oder, was daſſelbe ſagt, die große Axe derſelben unendlich nimmt. Sofern nun durch das Reich der verſchiedenen Ellipſen das Reich der noch ganz in der Endlichkeit befangenen Thiere repräſentirt wird, bedeutet die Parabel, als obere Gränze der Ellipſen, die obere Gränze des Thierreichs, den Menſchen, welcher zwar mit einer Seite noch ganz eben ſo wie das Thier im Irdiſchen wurzelt, von der andern Seite aber ſich gegen das Himmliſche öffnet. Freilich liegt ſein Hirn, der eine Brennpunct, nicht wirklich in der Unendlichkeit, aber es kann ſolche denken, ſchließt ſie ſubjectiv ein. Hierdurch ſchlägt eben das Schema in's Symboliſche um.

Die Parabel könnte, ſtatt als Gränze der Ellipſen, auch als Gränze der Hyperbeln angeſehen werden; aber in anderem Sinne. Beim Uebergange der Ellipſe in Parabel wird nämlich aus einem ganz endlichen Weſen ein nach einer Seite unendliches, das Thier geht über in halb Thier halb Engel; beim Uebergange der Hyperbel in Parabel wird umgekehrt, unter Verluſt der einen unendlichen Hälfte, aus einem zweiſeitig unendlichen Weſen ein nur einſeitig unendliches Weſen. Hiernach mag ſich der Menſch ebenſo gut als ein ſich von der Erde nach dem Himmel aufrichtendes Thier als wie eine, aus dem Himmel in das Irdiſche, aber mit Verluſt der einen himmliſchen Hälfte, gepflanzte Pflanze betrachten laſſen.

Der Vergleich des Thieres und der Pflanze mit Ellipſe und Hyperbel kann ein wiſſenſchaftlicheres Intereſſe, als ihm nach der vorigen Darſtellung zukommt, durch folgende Bezugſetzung zu den Principien einer allgemeinen mathematiſchen Morphologie gewinnen, worüber ich mich hier mit einigen Andeutungen begnüge.

Der allgemeine Form-Unterſchied zwiſchen organiſchen Weſen (Thieren und Pflanzen) und unorganiſchen Weſen (Kryſtallen) beruht, kurz gefaßt, darauf, daß erſtere durch krumme, letztere durch ebene Flächen begränzt werden. Die krummen Geſtalten der Organismen durchlaufen alle Grade von der Kugelform (annäherungsweis in manchen Saamen, Früchten, Eiern und niederen Thieren) bis zu den complicirteſten Geſtalten, die der genauen mathematiſchen Berechnung oder Repräſentation in Formeln nicht mehr fähig ſind, was freilich im Grunde von allen Naturformen überhaupt gilt, denn ſelbſt die Kryſtallflächen ſind, genau genommen, nur ebene Flächen, ſofern man von kleinen Unregelmäßigkeiten abſtrahirt; ſolche Kleinigkeiten vernachläſſigt man. Aber auch für die Betrachtung der verwickeltſten Naturformen kann man einen exacten mathematiſchen Geſichtspunct gewinnen, indem man fragt, welcher unter gegebenen einfacheren Formen ſie am ähnlichſten ſind, was immer nach Meſſungen und Berechnungen eine genaue Beſtimmung zuläßt, z. B. fragt, welcher Kugel ein gegebener Menſchenkopf am ähnlichſten iſt, oder, wenn man weiter gehen will, welchem Ellipſoid, oder, wenn man ſich noch höher verſteigen will, welchem Körper mit Flächen dritter oder vierter Ordnung. Auch kann man beliebig einzelne Theile und Flächen davon beſonders ſolcher Betrachtung unterwerfen. Nun ſind nach den ebenen Flächen, oder Flächen erſter Ordnung, die Flächen zweiter Ordnung, d. h. ſolche, welche zu Durchſchnitten oder Projectionen Kegelſchnitte haben, die einfachſten. Und ſo würde ſich, wenn man fragte, welcher Art Kegelſchnitt die Geſtalt der Pflanzen, und welcher Art Kegelſchnitt die Geſtalt der Thiere (für einen Durchſchnitt durch die große Axe oder Projection auf eine ihr parallele Ebene) am ähnlichſten iſt, ganz exact für erſtere die Hyperbel, für letztere die Ellipſe finden; ja es würde ſich für jede beſondere Pflanze und jedes beſondere Thier, mathematiſch geſprochen, die beſondere Hyperbel und die beſondere Ellipſe angeben laſſen, der ſie reſpectiv am ähnlichſten ſind.

Zwar ließe ſich von ſolcher, der wahren Geſtalt doch ſo fern bleibenden Beſtimmung, abgeſehen von ihrer Mühſeligkeit, kaum ein der Wiſſenſchaft auch praktiſch nützliches Reſultat erwarten. Dagegen ſcheint mir der hier aufgeſtellte Geſichtspunct mathematiſcher Morphologie für Claſſification und wohl noch andere allgemeine Bezüge nützliche, jedenfalls intereſſante Reſultate zu verſprechen, wenn er auf die an ſich einfacheren Formen von Thieren und Pflanzen oder die Theile, wo die Approximation ſich nicht mehr ſehr von der Wirklichkeit entfernt, angewandt würde; auch iſt dieß wenigſtens ſchon in Betreff der Schneckengehäuſe (namentlich durch Naumann) mit Erfolg geſchehen. Aber unſtreitig verdient der Gegenſtand eine erweiterte Bearbeitung. Namentlich Saamen-, Frucht- und Eiformen möchten, theils wegen ihrer Einfachheit, theils weil ſie die ganze Pflanze oder das ganze Thier ſchon *in nuce* enthalten, Beachtung verdienen.

XVI. Farben und Düfte.

Die Farben und Düfte der Pflanzen ſind etwas für uns ſo Schönes und Reizendes, für die Pflanze ſelbſt ſo Bedeutſames, daß ſie nach Allem, was wir gelegentlich darüber geſagt, wohl noch einige Worte beſonderer Betrachtung verdienen.

Man denke die Pflanzen weg von der Erde, was gäbe es noch darauf zu ſehen als gelben Wüſtenſand, graue Felsgeſteine, wüſte Schnee- und Eisfelder. So kahl ein Baum im Winter ausſieht, ſo kahl ſähe die ganze Erde aus. Die Pflanzen ſind es, welche ihr das ſchöne grüne Kleid weben, an deſſen Heiterkeit unſer Auge ſich erfreut, erfriſcht, woran es ſelbſt geſunden kann. Auch wir machen unſre Kleider zumeiſt aus Pflanzenſtoffen, färben ſie mit Pflanzenfarben, wie es die Erde thut; aber unſer Kleid iſt ein todtes; die Erde hat ein Kleid aus ſelbſtlebendigen Stoffen mit lebendigen Farben angezogen, ein Kleid, deſſen Maſchen ſich ſelber weben, ſich ſelber färben, ſich ſelber erneuen, ein ewig friſches, nie alterndes Kleid; deſſen Abgänge erſt unſer eignes Kleid geben. Sonderbar freilich, daß die todte ein lebendiges Kleid anzieht, indeß wir Lebendige ein todtes Kleid anziehen. Aber iſt dieß nicht vielleicht auch eine Sonderbarkeit, die eben nur in unſern Anſichten, nicht in der Natur beſteht? Iſt die Erde auch ſo todt, als wir ſie halten?

Gewiß können wir glauben, daß, wo auch Luſt und Abſicht liege, dieſer Farbenſchmuck der Erde nicht ohne Luſt und Abſicht wird gemacht ſein. Nur müſſen wir dann eben Luſt und Abſicht nicht blos an ein Walten Gottes über der Natur, ſondern auch in der Natur zu knüpfen wiſſen.

Die Erzeugung der Farbe hängt jedenfalls nicht von der Pflanze allein ab, ſie giebt wohl ihre beſondern Lebensbedingungen dazu her; aber außer, über ihr liegen größere, allgemeinere, über die ganze Pflanzenwelt reichende. Und ſo kann man, auf dieſe allgemeinen Gründe weiſend, ſagen: die Sonne iſt's, die über den Himmel geht, die über alle Kräuter ſcheint, deren Stralenpinſel die Erde grün und bunt färbt; ja die Sonne ſelber erſcheint nur wie die Fauſt Gottes, die dieſen Stralenpinſel führt, täglich hin- und zurückführt über die Fläche, die zu malen iſt; erſt im Lenz in leiſen Strichen, dann mit immer kräftigern ſaftigern Zügen. In der That weiß man, daß alles Begrünen der Pflanzen und alles Färben der Blumen nur durch den Reiz und unter dem Einfluß des Sonnenlichts erfolgt, ohne daß dieß ſelber etwas von Stoff dazu hergiebt, ſo wenig als der Pinſel Farbe. Woher aber wird dieſe Farbe genommen? Aus der Farbenmuſchel des Himmels; denn wir wiſſen, daß die Luft, deren Schein das Himmelsgewölbe darſtellt, die Stoffe liefert, aus denen die Pflanzenfarben ſich entwickeln, nicht die Erde. Dieſe liefert nur die grobe Unterlage, gleichſam die Leinwand, dazu.

Hauptſächlich iſt es nämlich die Kohlenſäure und der Sauerſtoff der Luft, welche bei der Erzeugung der Pflanzenfarben betheiligt ſind; aus der Erde aber gehen vorzugsweiſe Mineralbeſtandtheile in die Pflanze über.

Die Wirkung des Sonnenlichts in Färbung der Pflanzen wird dadurch der Wirkung eines Pinſels um ſo ähnlicher, daß ſie ganz local erfolgt. Denn ein vor dem Lichte bewahrter Theil bleibt weiß, während die übrige Pflanze grün wird.

Man kann fragen, warum als Hauptfarbe der Erde nun eben Grün, warum nicht Blau, nicht Roth, nicht Gelb, nicht Weiß? Nun blau iſt ſchon der Himmel, und golden iſt ſchon die Sonne, und roth iſt ſchon das Blut, und weiß iſt ſchon der Schnee, und ſo möchte man, mit einem andern Bilde ſpielend, auch ſagen: die goldne Sonne und der blaue Himmel thun ſich nur zuſammen, um die grüne Pflanzenfarbe als ihr Kind zu zeugen, das Roth im Blute und Grün im Safte aber ſind beſtimmt, ſich zu ergänzen, wie Thierreich und Pflanzenreich überhaupt ſich auch ſonſt nach ſo viel Beziehungen zu ergänzen haben; man weiß nämlich, daß Roth und Grün wirklich im Verhältniß optiſcher Ergänzung zu einander ſtehen, d. h. ſich zu Weiß mit einander miſchen laſſen. Wie ſich das organiſche Leben auf der Erde geſpalten hat, hat ſich auch die Himmelsgabe geſpalten, durch die es wächſt und gedeiht; und dem ſanftern Theile iſt die ſanftere Farbe, dem thätigern die thätigere anheim gefallen.

Das beantwortet freilich die vorige Frage nicht, ſondern erweitert ſie vielmehr dahin: warum nun gerade dieſe Vertheilung im ganzen Syſteme der Naturfarben?

Und ich antworte weiter: aus keinem andern Grunde wird wohl die Erde gerade grün ſein, als warum der Eisvogel gerade blau, der Kanarienvogel gerade gelb, der Flamingo gerade roth iſt. Es ſollte unter andern Weltkörpern nun eben auch einen in der Hauptſache grünen geben, das hat die Erde getroffen, warum eben dieſe, iſt dann freilich nicht weiter anzugeben. Andere Weltkörper werden dafür eine andere Farbe haben. Hat man doch wirklich vermuthet, die röthliche Farbe des Mars rühre von einer rothen Vegetation auf ihm her

Der Kreis der Frage iſt wieder erweitert, die Erklärung zurückgeſchoben, aber jede Zurückſchiebung der Erklärung iſt doch ſelbſt ſchon ein Stück Erklärung. In's Unendliche aber können wir nicht gehen.

Sollte wirklich die grüne Farbe der Erde ganz zufällig ſein? Aber warum begönne dann gerade da, wo das Grün der Pflanzenwelt aufhört, das Grün des Meeres? Anfangs war ſogar alles mit der einförmig grünen Laſurfarbe des Meeres überzogen. Aber da das Land ſtieg und wieder Farbe haben wollte, deckte es der Schöpfer mit der Deckfarbe der Pflanzenwelt zu, und nahm wieder Grün dazu, und ſelbſt von den Höhen des Landes rinnen die Gletſcherwaſſer wieder grün herab. So Meer wie Land grün, Anfang wie Ende der Waſſer grün. Das ſcheint doch dahin zu deuten, es ſei wirklich auf eine ganz grüne Haut des Erdkörpers, ebenſo wie auf das ganz blaue Hemd deſſelben abgeſehen geweſen. Im Großen will die Natur einmal ſich gleichbleibende Farben, den Wechſel verlegt ſie in's Kleine. Die Wolken des Himmels ſind nicht blau, ſo wenig als die Thiere der Erde grün; aber jene wie dieſe laufen nur einzeln durch Luft oder über Land.

Gehen wir auf Betrachtung der individuellen Beziehungen der Farbe zur Pflanzenwelt und Einzelpflanze über, ſo bleibt immer merkwürdig, daß das Grün ebenſo überwiegend dem Kraute zukommt, als es der Blüte fehlt, obwohl nicht ohne Ausnahme nach beiden Seiten. Dabei beſitzen die mit grüner Farbe blühenden Arten gewöhnlich kein reines Grün, ſondern nur ein ſchmuziges Gelbgrün oder Graugrün, und viele ſcheinbar grünblühende Pflanzen, wie die Familien der Gräſer, haben häufig nicht ſowohl grün gefärbte als farbloſe Blütenſpelzen. Reines Grün kommt in der That ſehr ſelten bei Blüten vor (Schübler).

Von Blättern giebt es gar manche rothe und ſcheckige; viele ſind jung gelblich und die meiſten werden im Verwelken roth oder gelb.

Es giebt ſogar ganze Pflanzen, die in keinem ihrer Theile grün werden, und dieſe gehören merkwürdiger Weiſe alle zu den Schmarozergewächſen, d. i. Gewächſen, die auf andern Pflanzen einwurzeln; ſo die Orobanchen, Lathräa-Arten, Cytineen, Caſſytha- und Cuscuta-Arten, die Monotropen und blattloſen Orchideen (Decandolle).

Dieſer Gegenſatz des grünen Krauts und der andersfarbigen Blüten hängt mit einem Gegenſatz in den beiderſeitigen Lebensäußerungen zuſammen. Die nicht grünen Blumen verſchlucken Sauerſtoff und hauchen Kohlenſäure unter denſelben Umſtänden aus, wo die grünen Blätter Kohlenſäure einſchlürfen und dafür Sauerſtoffgas ausathmen.

Deßgleichen hat ſich die Natur darin eigenſinnig gezeigt, daß reines Schwarz an den Blumen nicht vorkommt, ſofern ſelbſt die dunkelſten Flecke an Blumen, die man beim erſten Anblicke wohl für Schwarz halten möchte, bei näherer Unterſuchung noch einen beſonders gearteten Farbenſchein zeigen.

Decandolle ſagt hierüber in ſ. Phyſiol. II. 726. „Das Schwarz ſcheint keine Farbe, die den Blumen natürlich wäre, und [illegible] die Blumen, bei denen ſich Schwarz vorfindet, in der Regel urſprünglich gelbe Blumen, die in ein ſehr dunkles Braun übergehen. Letzteres ſcheint wenigſtens bei den ſchwärzlichen Theilen der Blumen des Pelargonium tricolor Curtis und der Vicia Faba L. (Saubohne) ſtatt zu finden. Das Gleiche gilt von denjenigen braunen oder ſchwarzen Blumen, deren Farbe ein ſehr dunkles Roth iſt, wie wir es z. B. bei Orchis nigra All. ſehen.“

Der Ueberſetzer Röper bemerkt dazu:

Die ſcheinbar ſchwarzen Stellen in der Blumenkrone der Vicia Faba L. ſind wirklich nur ſehr dunkelbraun, wie man mit Hülfe eines Mikroſkops deutlich erkennen kann ... Die ſcheinbar ſchwarzen Haare auf den Blütenhüllſchuppen der Protea Lepidocarpon R. Brown. erſcheinen, bei ſtarker Vergrößerung und durchfallendem Lichte, dunkelviolet, in's Indigoblau ſpielend. Sie ſind zum Theil mit gelben Haaren vermengt und werden von gelben Haaren umgeben.“

Es wird behauptet, daß eben ſo wenig reines Weiß bei den Blumen vorkomme als reines Schwarz; indem auch die für ſich weißeſten Blumen, wenn man ſie auf farbigem Papier betrachtet, doch im Abſtich dagegen noch eine Färbung verrathen (vergl. Decandolle, Phyſiol. II. S. 723.); doch vermuthe ich, daß das Eintreten ſubjectiver complementärer Färbung (die für manche Augen lebhafter als für andere iſt) hierbei Täuſchung erweckt.

An den wenigen weißen Blumen, die mir gerade in jetziger Jahreszeit zu Gebote ſtehen, konnte ich keine Beſtätigung jener Behauptung erlangen.

Wenn ſich ſchon das weiße Licht zwiſchen Thier- und Pflanzenreich ſo geſpalten hat, daß dem Thierleibe das Roth, dem Pflanzenleibe das Grün daraus zu Theil ward, ſo iſt bemerkenswerth zu ſehen, wie ſich nun das Grün innerhalb des Pflanzenreichs nochmals ſpaltet, indem der im Kraute noch vereinigte Gegenſatz von Gelb und Blau in der Blüte auseinandertritt. Aehnlich nämlich, wie unter den Menſchen ein Gegenſatz zwiſchen blonder und brünetter Haar-, Haut- und Augenfarbe waltet, wonach ſie ſich gewiſſermaßen in zwei Claſſen ſondern, kehrt unter den Blumen ein analoger Gegenſatz zwiſchen gelben und blauen Blütenfarben wieder. Die Thatſache iſt folgende:

Schübler und Frank haben in einer beſondern Abhandlung dargethan, daß man die Blumen in zwei große Reihen eintheilen kann, in ſolche, die Gelb zur Grundlage der Farbe haben (oxydirte oder xanthiſche Reihe), und in ſolche, bei denen Blau die Grundlage iſt (desoxydirte oder cyaniſche Reihe). Blumen, die zur erſten Reihe gehören, können je nach Varietät oder Species nur in Gelb, Roth und Weiß, aber nicht in Blau variiren; Blumen, zur zweiten Reihe gehörig, dagegen nur in Blau, Roth und Weiß, aber nicht in Gelb, ſo daß ſich beide Reihen in Roth und Weiß begegnen, aber in Blau und Gelb ſcheiden.

So giebt es keine blauen Cactus, Aloë, Roſen, Ranunkeln, Tulpen, Meſembryanthemen, Georginen u. ſ. w., ſondern nur gelbe, rothe und weiße; ſie gehören zur erſten, der xanthiſchen, Reihe; andrerſeits keine gelben Glockenblumen (Campanulen), Geranien, Phlox, Anagallis, Aſtern u. ſ. w., ſondern nur blaue, rothe und weiße; dieſe gehö- zur cyaniſchen Reihe. Von dieſer Regel finden zwar einige Ausnahmen Statt; wie es denn z. B. unter den im Ganzen zur cyaniſchen Reihe gehörenden Hyacinthen einige gelbe Spielarten giebt; doch ſind dieſe Ausnahmen ſelten.

Die Gattungen der Gewächſe, welche zur xanthiſchen Reihe gehören, ſind weit häufiger zur Ausbildung ſaurer Stoffe geneigt als die Gattungen, welche zur cyaniſchen Reihe gehören, die dagegen nicht ſelten durch eigenthümliche, auf den Körper oft ſtark wirkende, ſcharfe, bittre und narkotiſche Stoffe ausgezeichnet ſind. Obwohl man hierin keine ausnahmsfreie Regel ſehen darf.

Beim Erwachen des Jahres ſind verhältnißmäßig die meiſten Blumen weiß, beim Schluſſe des Jahres gelb. Es iſt, als ob dort der Schnee des Winters, hier die Sonne des Sommers eine Nachwirkung äußerten.

Ausführliche Unterſuchungen über die relative Vertheilung der Blütenfarben (der deutſchen Flora) unter die verſchiedenen Monate des Jahres hat Fritſch in ſ. Abhandl. über die period. Erſcheinungen des Pflanzenreichs in den Abhandl. der böhm. Geſellſch. der Wiſſ. 1847. S. 74. bekannt gemacht.

Den uns nun näher angehenden Bezug der Pflanzenfärbung zu den Seelenerſcheinungen anlangend, ſo kann die Pflanze wegen Mangels an Augen freilich weder der Schönheit ihrer eignen Farbe noch derer ihrer Nachbarinnen in derſelben Weiſe, als wir es thun, gewahren. Denn ob ſie ſchon für den Lichtreiz empfänglich iſt, miſcht ſich doch das, von verſchiedenen Stellen des Raumes herkommende, Farbenlicht gleichgültig auf jedem Puncte ihrer Oberfläche und verwiſcht ſich ſo zu einem allgemeinen Scheine. Sollen wir aber deßhalb für die Blume ihre eigne Schönheit verloren halten? Gewiß nicht; ſie gewinnt ſolche nur von anderer Seite her und gewinnt ſicher mehr hierbei, als wir überhaupt davon haben können; ſo wahr Jedem das, was er ſelber ſchafft, im Moment des Schaffens ſchöner und bedeutungsvoller erſcheint als einem Andern, dem es dann geboten wird; mag es übrigens auch Beiden gleich erſcheinen. In der That hängt die Erzeugung der Farbe auf's Innigſte mit dem activen Lebensproceß der Pflanze zuſammen, der durch das äußere Licht zwar angeregt wird, aber doch erſt durch eigene Reaction gegen dieſe Anregung die Farbe giebt. Freilich können wir nicht beſchwören, daß die Pflanze ihr Grün und Roth und Blau im Proceß der Erzeugung auch in derſelben Farbenempfindung gewahr werde als wir in der äußeren Anſchauung; haben eher Grund es zu bezweifeln; doch hindert andrerſeits auch nichts, an etwas *Aehnliches* zu denken. Sollte der Menſch, der Alles, was auf Erden geſchieht, nach den Hauptmomenten in ſich wiederſpiegeln ſoll, nicht auch dieſe Hauptſeite des Seelenlebens der Pflanze in ſich wiederſpiegeln? Gewiß jedenfalls hat die Pflanze bei Erzeugung der verſchiedenen Farben eben ſo *verſchiedene* Empfindungen als wir beim Erblicken derſelben; da die Erzeugung jeder Farbe mit verſchiedenen innern Aenderungen in ihr zuſammenhängt.

In gewiſſer Weiſe mag ſich das Produciren der Pflanzenfarben mit dem Produciren durch unſre Phantaſie vergleichen laſſen. Die Pflanze, kann man ſagen, wandelt das Licht phantaſtiſch in Farben um. Das Licht fällt weiß oder irgend wie gefärbt auf die Pflanze; ſie empfindet ſeine Einwirkung in irgendwelcher Weiſe; aber ſie giebt es nicht ſo wieder, wie ſie es empfangen; vielmehr hat es nur dazu gedient, eine ſelbſtſchöpferiſche Thätigkeit in ihr anzuregen, wodurch die Farbe erzeugt wird, und dieſe Thätigkeit iſt nun auch unſtreitig vom Gefühl der Selbſtſchöpfung begleitet. So bedarf unſre Phantaſie zwar der ſinnlichen Anregungen aus der Außenwelt; aber eben auch nur, um dadurch zu innern Selbſtſchöpfungen angeregt zu werden, die das Empfangene in andrer Form und mit dem Gefühl der Selbſtthätigkeit aus dem Innern herausſtellen.

Auch ſelbſt die weiße Blume, obwohl ſie das Licht blos ungeändert zurückzuſtralen ſcheint, verhält ſich nicht paſſiv gegen das Licht; da vielmehr die Weiße der Blumen ebenfalls auf thätigen Proceſſen beruht, vermöge deren die Blume das Licht in nur vermehrter Fülle und Reinheit wiedergiebt, wie auch des Menſchen Phantaſie die Verhältniſſe, durch die ſie angeregt werden, reiner und ſchöner im Kunſtwerk wiederzugebären und ſo erſt recht zur Fülle der Anſchaulichkeit zu bringen vermag. Die Blume macht ſich nur ſelbſt zu dieſem Kunſtwerk. Wo könnten wir die Weiße des Lichts voller und ſchöner beobachten als an der Weiße der Lilien und andrer weißer Blumen.

Thiere und Menſchen färben ſich freilich auch an der Oberfläche, ohne daß es uns einfällt, dieſem Färbungsproceſſe eine ähnliche Bedeutung unterzulegen als bei den

Pflanzen. Aber es finden zwiſchen der Art, wie die Färbung der Pflanzen und die der Thiere zu Stande kommt, ähnliche Unterſchiede ſtatt als zwiſchen dem Wachsthum beider (vergl VIII.), daher man auch ebenſo eine ganz verſchiedene Bedeutung daran zu knüpfen berechtigt iſt, worüber ich hier nicht nochmals in beſondere Ausführungen eingehe.

Näheres über Pflanzenfarben in phyſiologiſcher und chemiſcher Hinſicht ſ. außer in den Lehrbüchern der Pflanzen-Phyſiologie in Fechners Repertor. der org. Chemie. II. 832.; Auszüge aus den neuern Abhandl. von Mohl, Pieper, Marquart, Hope, Berzelius, Decaisne, Elsner, Turpin, Morren, Hünefeld in Wiegm. Arch. 1835. II. 186. 1836. II. 95. 1837. II. 35. 1838. II. 22. 1839. II. 80. 1840. II. 91.

Nun Einiges noch von den Düften:

Die Düfte der Blumen ſcheinen gegen ihre Farben eine nur untergeordnete Rolle zu ſpielen, da nicht einmal alle Blumen damit begabt ſind. Und wenn es wahr iſt, was wir früher angedeutet, daß das Duften der Blumen hauptſächlich die Beſtimmung hat, eine Mittheilung von Empfindungen oder inſtinctartigen Mitgefühlen zwiſchen verſchiedenen Pflanzen zu bewirken; ſo erklärt ſich dieß wohl. Die Farbenerzeugung in den Pflanzen hängt mit der Entwickelung eigner Seelenproceſſe zuſammen; dieſe aber iſt natürlich wichtiger und nothwendiger als das Wechſelſpiel mit andern Seelen.

Auch unter den Thieren giebt es geſellſchaftlich lebende und einſam lebende. Die riechenden Pflanzen repräſentiren uns die erſtern, die nichtriechenden die letztern. Und die Pflanze mag nach der Natur ihres beſchränkten Lebenskreiſes und dem Umſtande, daß das Geſchlecht ſchon in jedem Individuum für ſich vereinigt iſt, des pſychiſchen Verkehrs mit ihres Gleichen im Ganzen noch weniger bedürfen als das Thier.

Das Thier ſelber lehrt uns, daß der Geruch wirklich im Stande iſt, dem ſinnlich pſychiſchen Verkehre zu dienen, und zwar namentlich auch für die analoge Zeit des Fortpflanzungsproceſſes. Dieß iſt für die Deutung immer wichtig. Aber doch erfolgt dieſer Verkehr bei Thieren im Ganzen ohne Vergleich mehr durch die Stimme. Und inſofern, wie noch gar mancher andern Beziehung, kann man ſagen: der Duft nimmt bei den Pflanzen eine ähnliche Bedeutung an als bei den Thieren die Stimme. Der Gleichungspuncte giebt es mehrerlei.

Aus dem Innern kommt die Stimme, aus dem Innern kommt der Duft, und beide ſind das zugleich feinſte und ſicherſte Charaktermerkmal für das, woraus ſie kommen. Wie man ſelbſt im Dunkeln jeden Menſchen noch an dem Ton der Stimme erkennen kann, ſo im Dunkeln jede Blume, ja jede Varietät der Blume, an dem Dufte. Beide Merkmale, ſcheinbar einfach in ſich, variiren doch in den verſchiedenſten Nüancen und bezeichnen damit eben ſo viele Nüancen von Organiſationsverwickelungen, deren höchſtes entwickeltſtes Product ſie ſind. Jedes trägt gleichſam die Seele des Weſens, aus dem es kommt, auf ſeinen Fittigen von dannen.

Unſtreitig käme es nur darauf an, das Geruchsorgan recht fein auszubilden, um nicht blos jede Varietät ſondern auch jedes Individuum von Hyacinthe oder Nelke noch von jedem andern nach dem Geruche zu unterſcheiden. Unſer Geruchsorgan iſt nur in dieſer Hinſicht theils nicht groß, theils unſtreitig nicht ſo von Natur darauf eingerichtet, als das der Blume ſein mag, weil uns dieſe Unterſcheidung nicht ſo nahe angeht. Unterſcheidet doch auch der Neger ſehr wohl phyſiognomiſch die Geſichter ſeiner Landsleute, die uns alle ungefähr gleich ausſehen.

Die niedern Thiere, die ſich nicht viel zu ſagen haben, Würmer, Inſecten, ſind im Ganzen ſtumm, und ſo die niedern Pflanzen, Pilze, Flechten, geruchlos. Zwar bringen manche Inſecten ausnahmsweiſe Geräuſche hervor, aber nur durch äußerliches Schnarren, Schwirren, Bohren; die Töne kommen nicht aus dem Innern, und ſo duften ausnahmsweiſe manche Pilze, Flechten, aber der Duft kommt aus keiner Blüte.

Wie die Stimme auch bei den Geſchöpfen, die ſolche haben, doch nicht beſtändig erklingt, vielmehr nach Art und Weiſe des Geſchöpfes und andern Umſtänden bald mehr Tags, bald mehr Abends, bald mehr Nachts, bald lauter, bald leiſer, am meiſten im Ganzen um die Zeit des Fortpflanzungsproceſſes, zeigt ſich alles entſprechend beim Duften der Pflanzen; und dieß beweiſt am beſten, daß die Blumendüfte nicht etwa blos einfach mechaniſch durch die Sonnenwärme aus den Blumenſäften heraus deſtillirt werden, als wären die Blumen kleine Deſtillirkolben für ätheriſche Oele; ſondern daß die Blumen wirklich nach äußern und innern Anforderungen an ihr Leben ſolche entwickeln.

Wäre die Wärme der Grund des Entweichens der Düfte; ſo müßten alle Blumen am meiſten des Tages über duften, und Abends erſchöpft ſein. Nun iſt es wahr, die Lippenblumen und die Ciſtroſen, die Myrten- und Orangen-

Gebüſche füllen die Luft des ſüdlichen Europa um ſo ſtärker mit ihrem Dufte, je heißer es iſt; aber dafür giebt es andere Blumen, die den Tag über faſt gar nicht riechen und erſt bei Sonnenuntergang zu duften anfangen, wie die Nachtigall bloß Abends ſingt, und faſt keine einzige Blume giebt es, die bloß bei Tage duftete. Ja im Allgemeinen ſcheint große Sonnenhitze die Neigung zum Duften eher zu mindern, wie Thiere in der Hitze ſchläfrig werden (Decand. II. 764), was übrigens nicht hindert, zu glauben, daß ſie doch hülfreich vorbereitend für die Duftentwicklung bei Abend wirken könne.

Namentlich ſind alle Blumen mit Trauerfarben, wie z. B. Pelargonium triste W. Aiton, Hesperis tristis L., Gladiolus tristis L. u. ſ. w. den ganzen Tag hindurch faſt ganz geruchlos, und duften bei Sonnenuntergang einen angenehmen Geruch aus. Bei anderen Pflanzen iſt der Geruch am Tage ſchwach und wird Abends ſtärker, wie bei Datura suaveolens Willd. (Datura arborea Willd.), Oenothera suaveolens Desf., Genista juncea L. u. ſ. w. Die Blumen des Cereus grandiflorus Miller (Cactus grandiflorus L.) beginnt um 7 Uhr Abends ſich zu öffnen, und fängt gleichzeitig an, ihren Duft zu verbreiten. Senebier will Kapuzinerblumen in tiefer Dunkelheit erzogen haben, welche ſo ſtark als andre rochen (?); dagegen man bei der Cacalia septentrionalis bemerkt, daß die Sonnenſtrahlen der Blume einen aromatiſchen Geruch entlocken, der verſchwindet, wenn man dieſelben abhält, und wiedererſcheint, wenn man den ſchattenden Körper entfernt. Bei den Orangenblüthen dauert der Geruch mit leichten Abänderungen während der Blühzeit ununterbrochen fort. Convallis glauca riecht nur am Tage, und auch bei Cestrum diurnum iſt der Geruch Nachts viel ſchwächer. Bei vielen Blumen verändert ſich der Geruch nach der Befruchtung. (Decand. Phyſiol. II. S. 763. 768. und Wiegm. Arch. 1840. II 98.)

Der Umſtand, daß bei den Pflanzen das Haupt-Verkehrsmittel auf einen niedrern Sinn als bei den Thieren bezogen iſt, mag ebenſo daran hängen, daß die ganze Pflanze auf einer niedrigern ſinnlichern Stufe ſteht als das Thier, wie daß die ganze Sinnlichkeit derſelben doch in eine höhere Stufe ausläuft als beim Thiere; beides ſtimmt dahin zuſammen, dem Geruche dieſe abgeänderte Stelle anzuweiſen. Bemerken wir, daß ſchon innerhalb des Thierreichs ſelbſt Verſetzungen der Functionen gar häufig ſind. Des Vogels Hand liegt mit in ſeinem Schnabel, bei mehrern Thieren dient das Athemwerkzeug mit als Bein u. ſ. w. Auch hat ja, wie bemerkt, der Geruch doch theilweis ſchon dieſelbe Function bei Thieren als bei Pflanzen, nur in einem mehr untergeordneten Grade.

Man kann dem Dufte wie den Farben noch die andre Function beilegen, Schmetterlinge und andre Inſecten zu den Blumen zu locken (vergl. S. 219); hat aber hierin nichts dem Vorigen Widerſprechendes zu finden. Die Natur ſucht überall mit einem Schlage Mehreres zugleich zu treffen.

XVII. Resumé.

1) Die urſprüngliche Natur-Anſicht der Völker, ſowie der charakteriſtiſche und äſthetiſche Eindruck, den uns die Pflanzen unmittelbar machen, ſpricht viel mehr für die Seele der Pflanzen, als die unter uns herrſchende, auf anerzogenen Vorſtellungen beruhende, Volksanſicht gegen dieſelbe (II. V.).

2) Die Pflanzen ſind uns zwar im Ganzen unähnlicher als die Thiere, ſtimmen doch aber gerade in den Hauptgrundzügen des Lebens noch mit uns und den Thieren ſo überein, daß wir, wenn auch auf einen großen Unterſchied in der Art der Beſeelung zwiſchen ihnen und uns, doch nicht auf den Grundunterſchied von Beſeelung und Nichtbeſeelung ſelbſt zu ſchließen berechtigt ſind (II.). Im Allgemeinen findet ein ſolches Verhältniß der Ergänzung beiderſeits ſtatt, daß das Seelenleben der Pflanzen Lücken ausfüllt, welche das der Menſchen und Thiere laſſen würde (S. 39. 56. 119. 161. 312. 334. 365.).

3) Daß die Pflanzen weder Nerven noch ähnliche Sinnesorgane zur Empfindung haben wie die Thiere; beweiſt

doch nichts gegen ihr Empfinden, da ſie auch Anderes, wozu das Thier der Nerven und beſonders gearteter Organe bedarf, ohne Nerven und ähnliche Organe nur in andrer Form zu leiſten vermögen; überhaupt aber der Schluß, daß die beſondere Form der thieriſchen Nerven und Sinnesorgane zur Empfindung nöthig ſei, auf unhaltbaren Gründen beruht. (III. XIV.).

4) Die geſammte teleologiſche Betrachtung der Natur geſtaltet ſich viel befriedigender, wenn man den Pflanzen Seele beimißt, als wenn man ſie ihnen abſpricht, indem eine große Menge Verhältniſſe und Einrichtungen in der Natur hierdurch eine lebendige und inhaltsvolle Bedeutung gewinnen, die ſonſt todt und müßig liegen oder als leere Spielerei erſcheinen. (IV. XI.).

5) Daß das Pflanzenreich den Zwecken des Menſchen- und Thierreichs dient, kann doch nicht gegen darin waltende Selbſtzwecke ſprechen, da in der Natur ſich der Dienſt für andre und für eigne Zwecke überhaupt nicht unverträglich zeigt, auch das Thierreich ebenſowohl den Zwecken des Pflanzenreichs zu dienen hat als umgekehrt. (X. XI.).

6) Wenn die Pflanzen als beſeelte Weſen ſchlimm geſtellt ſcheinen, indem ſie ſich viel Unbill von Menſchen und Thieren gefallen laſſen müſſen, ohne ſich dagegen wehren zu können, ſo erſcheint dieß doch blos ſo ſchlimm, wenn wir uns auf unſern menſchlichen Standpunct ſtellen, ganz anders dagegen, wenn wir das Pflanzenleben nach ſeinem eignen innern Zuſammenhange auffaſſen. Auch legen wir dieſem Einwande überhaupt mehr Gewicht bei, als er verdient. (VI.).

7) Wenn man behauptet, daß die Pflanzen keine Seele haben, weil ſie keine Freiheit und willkürliche Bewegung haben, ſo achtet man entweder nicht recht auf die Thatſachen, welche eine ſolche Freiheit in der Pflanze doch in ähnlichem Sinne als im Thiere erkennen laſſen, oder verlangt von der Pflanze Etwas, was man bei Thieren auch nicht findet, indem von *eigentlicher* Freiheit doch auch bei Thieren nicht wohl die Rede ſein kann. (VII.).

8) Sofern Pflanzenreich und Thierreich durch ein Zwiſchenreich an einander gränzen, wo die Unterſchiede beider zweideutig werden, dieſes Zwiſchenreich aber ſo wohl die unvollkommenſten Pflanzen als Thiere enthält, kann man das Pflanzenreich dem Thierreiche nicht *ſchlechthin* als ein tiefer ſtehendes unterordnen; da es ſich vielmehr von dem Zwiſchenreiche durch die höhern Pflanzen wieder zu erheben anfängt. Dieß und der Umſtand, daß das Pflanzenreich und Thierreich in der Schöpfungsgeſchichte gleiches Datum der Entſtehung haben, ſpricht dafür, daß das eine dem andern auch in Betreff der Beſeelung nicht ſchlechthin untergeordnet ſein wird. (XII.).

9) Vermißt man die Zeichen der Centraliſation, verknüpfenden Einheit oder des ſelbſtſtändigen Abſchluſſes im Pflanzen-Organismus, als Bedingung oder Ausdruck der Einheit und Individualität der Seele, ſo ſieht man wieder nicht auf die rechten Puncte, oder verlangt Dinge von den Pflanzen, die man bei den Thieren auch nicht findet. (XIII.).

10) Es iſt wahrſcheinlich, daß das Seelenleben der Pflanzen noch viel mehr ein rein ſinnliches iſt als das der

Thiere, welche, wenn auch nicht Vernunft und Selbſtbewußtſein, doch noch Erinnerung des Vergangenen und Vorausſicht des Zukünftigen haben, während das Pflanzenleben wahrſcheinlich im Fortleben mit der Gegenwart aufgeht, ohne deßhalb in der Allgemeinbeſeelung aufzugehen. Statt daß aber das Sinnesleben der Pflanzen minder entwickelt als das der Thiere wäre, mag es noch mehr entwickelt ſein. (XIV.).

XVIII. Noch einige gelegentliche Gedanken.

Nachdem ich die Arbeit abgeſchloſſen, will ich mich vor die Thür ſetzen und noch ein wenig plaudern von Einem in's Andre.

Gar wohl erinnere ich mich noch, welchen Eindruck es auf mich machte, als ich nach mehrjähriger Augenkrankheit zum erſtenmale wieder aus dem dunklen Zimmer ohne Binde vor den Augen in den blühenden Garten trat. Das ſchien mir ein Anblick ſchön über das Menſchliche hinaus, jede Blume leuchtete mir entgegen in eigenthümlicher Klarheit, als wenn ſie in's äußre Licht etwas von eigenem Lichte wärfe. Der ganze Garten ſchien mir ſelber wie verklärt, als wenn nicht ich, ſondern die Natur neu erſtanden wäre; und ich dachte, ſo gilt es alſo nur, die Augen friſch zu öffnen, um die altgewordene Natur wieder jung werden zu laſſen. Ja man glaubt es nicht, wie neu und lebendig die Natur dem entgegentritt, der ihr ſelbſt mit neuem Aug' entgegentritt.

Das Bild des Gartens begleitete mich in's dämmrige Zimmer zurück; aber es ward im Dämmerlicht nur heller und ſchöner, und ich glaubte auf einmal ein inneres Licht als Quell der äußern Klarheit an den Blumen zu ſehen, und Farben darin ſich geiſtig auswirken zu ſehen, die nur durchſchienen in das Aeußere. Damals zweifelte ich nicht, daß ich das eigene Seelenleuchten der Blumen ſähe, und dachte in wunderlich verzückter Stimmung: ſo ſieht es in dem Garten aus, der hinter den Bretern dieſer Welt liegt, und alle Erde und aller Leib der Erde iſt nur der abſchließende Zaun um dieſen Garten für die noch Draußenſtehenden.

Stelle dir einmal vor, du hätteſt eine halbjahrlange Nacht am Nordpol zugebracht, und in der langen Zeit faſt vergeſſen, wie ein Baum, eine Blume ausſieht, nur immer öde Schnee- und Eisfelder geſehen, und würdeſt plötzlich in einen von mildem Licht beſchienenen blühenden Garten verſetzt, und ſtändeſt etwa, wie ich, zuerſt vor einer Zeile hoher Georginen, würdeſt du ſie nicht auch wunderbar leuchten finden, und ahnen, hinter dieſem Schmuck, dieſem Glanz, dieſer Freude ſei etwas mehr als gemeiner Baſt und Waſſer.

Jenes helle Bild verblaßte, wie ſo Manches, was in jener erſten Zeit mein äußeres und inneres Auge mit einer Art Schauern rührte, die in den vom täglichen Genuß des Lichtes abgeſtumpften Sinn nicht mehr fallen; die Pflanzen wurden, wie ſich mein Auge gewöhnte, wieder zu den gewöhnlichen, irdiſchen, nichtsſagenden, vergeblichen Weſen, die ſie für Alle ſind, bis in dem träumenden Blick auf die Waſſerlilie ſich die Blumenſeele von neuem lebendig vor mich ſtellte und mich des Geſchäftes beſtimmter mahnte, das ich nun erfüllt. Gewiß aber war ein Nachhall aus jener erſten Zeit dabei; und ſo glaube ich, wäre dieß Buch ſchwerlich geſchrieben worden, wenn nicht mein Auge dereinſt in Nacht gelegt, und dann ſo plötzlich wieder dem Lichte zurückgegeben worden.

Nun habe ich manche Stunde damit zugebracht, was mir ſo in ein paar hellen Scheinen in's Gemüth gefallen, auch dem Verſtande klar und Andrer Gemüth zugänglich zu machen, und manch' Sinnen nicht ohne Mühen hat es mich gekoſtet, ob ich's erreichen möchte. Wie viel gab's da auseinander- und wieder zuſammenzulegen. Und hatte ich erſt die Geiſter der Blumen gefaßt, fingen ſie jetzt an mich zu faſſen, und ließen mich nicht wieder los, und zwangen mich, den oft anders hin Wollenden, in ihrem Dienſt zu bleiben; und wenn ich heute das Werg abgeſponnen, was ſie mir an den Rocken hingen, fand ich morgen wieder neues daran. So iſt der Faden nun ſo lang geworden.

Nun aber freue ich mich, das Ende um die Spindel geſchlungen zu haben, und hefte nur noch zu guter Letzt ein paar Bänder an, in's Freie zu flattern, mit dunklen und lichten Farben, wie es der Tag eben geboten, des Ernſtes und der Heiterkeit der ganzen Arbeit Zeichen.

Ich kam heute zu einem Begräbniß hinzu: Ein Prediger ſtand am Grabe auf dem Hügel friſch ausgegrabener Erde und redete über den Spruch (Cor. I. 15, 36—37): „Das du ſäeſt, wird nicht lebendig, es ſterbe denn. Und das du ſäeſt, iſt ja nicht der Leib, der werden ſoll, ſondern ein bloßes Korn, nämlich Waizen oder der andern eins.“ Zwei lange Palmzweige, vom Sarge abgenommen, lehnten innen am Geländer, das die Grabſtätte umgab, und weh[illegible] mit grünen Fahnen hoch über die ſchwarzen Gitterſtäbe hinaus; viel Blumenkränze, die auch zuvor den Sarg geſchmückt, hingen an den Gitterſtäben umher. Der Redner pries laut die Tugenden des Verſtorbenen; indeß flog eine Biene an den Kränzen herum, leis, doch wie unmuthig ſummend, in allen Blumen ſuchend, in keiner mehr findend, was ſie ſuchte; denn die Quellen des Duftes und der Süße waren verſiegt; ein Schmetterling aber ſchwang ſich, unbekümmert um die verdorrenden Quellen ſeiner frühern Freuden, über die Kirchhofsmauer in's Weite. An einem Kranze ſah ich Tropfen hängen, ihn friſch zu erhalten, und in ein paar Augen Thränen, die wohl dort und hier bald trocknen mochten; dann welkten Blumen und Erinnerungen. Eine Trauerweide ſchattete über das benachbarte Grab, ihre Wurzeln aber reichten zerſtochen in's friſche Grab; ſie ſollte neu und nicht umſonſt zu trauern ſcheinen. Eine weiße Tafel, von grünem Epheu umſponnen, nannte das Geſchlecht Derer, die ſich hier zu ihren Vätern ſammelten. So beging die Pflanzenwelt das Begräbniß eines Menſchen mit.

Es fiel mir ein, indem ich das betrachtete, wie viel unbewußte Symbolik doch hier in die bewußte des Menſchen hineinſpielt; und dann, wie es eigen ſei, daß, während der Menſch ſelbſt ſo wenig ſich das Sterben der Pflanzen zu Herzen nimmt, ſie dafür ſich ſo ſehr bei ſeinem Sterben betheiligen. Geht doch auch die Frucht Citrone und das Kraut Rosmarin mit zu Grabe; folgt doch mancher grüne Kranz dem jungen Mädchen in das Grab ſelbſt mit; muß doch jedesmal ein Baum ſterben, um mit ſeiner Leiche die Leiche des Menſchen einzuſchließen und damit zu verweſen. Nun weiß aber die Pflanze doch nichts davon, daß es bei dem, was ſie hier mitthut und mitleidet, den Tod einer Menſchenſeele gilt, wie der Menſch nichts davon weiß oder wiſſen will, daß mit der Pflanze auch Pflanzenſeelen hierbei in's Spiel kommen. Ja greift nicht überhaupt Leben und Sterben der Menſchen- und Pflanzenwelt allwärts durch einander, und doch kennen und grüßen ſich die Seelen beider Reiche nicht, wie Menſchen, die eine und dieſelbe große Stadt bewohnen, ſich durch einander drängen und treiben, ohne einander zu kennen und zu grüßen. Iſt das nicht ein traurig zerſplittert Weſen im Seelenreiche. Ja wohl traurig, wenn es ſo iſt, wie wir es uns zumeiſt denken. Aber ich denke, ein höheres Wiſſen wird's wohl geben, was der Menſchen- und Pflanzen- und aller Seelen Schickſal in Beziehung mit einander denkt, ja ſelber in Beziehung ſetzt. Für dieſes Wiſſen wird es ſich weniger darum handeln, wie die Palmzweige, Kränze, Blumen, Bäume, Bienen, Schmetterlinge, ſich äußerlich zum Sarge und zum Grabe ausnehmen, ſondern wie die Seelen der Palme, der die Zweige genommen, und der Blumen, die zu Grabe mitgehen, und der Bäume, die das Grab umſtehen, und der Blumen, die wieder über dem Grabe erwachſen werden, und der Bienen und Schmetterlinge, die um und über den Blumen fliegen, ſich zur Menſchenſeele in ihrem Heimgange ausnehmen. Und wie dieſem wiſſenden Weſen das Schauſpiel am genehmſten dünkt, wird es von ihm geordnet werden im Schauen von Angeſicht zu Angeſicht. Wir aber ſehen Alles nur ſtückweis wie durch einen Spiegel in einem dunklen Wort, und wenn ein ſymboliſcher Lichtſchein davon in unſere Seele fällt, meinen wir nun gar, er ſei aus unſrer Seele herausgefallen.

Nicht überall zwar ſpielen Blumen, Pflanzen dieſelbe Rolle beim Tode des Menſchen als bei uns. Wilde Völker ſchlachten ſtatt Blumen, Pflanzen, vielmehr Pferde, Schafe, Hunde auf dem Grabe oder opfern ſie in das Grab. Aber da mag's eben liegen. Einer großen Herrin ziemt's überhaupt nicht, ohne untergeordnetes Gefolge in fremdes Land zu reiſen. So ſoll auch die Herrin der Erde, die Menſchenſeele, nicht ohne Gefolge andrer niederer Seelen in's Himmelreich reiſen. Nun nimmt ſie hier Thier- dort Pflanzenſeelen mit. Aber warum bei uns eben Pflanzenſeelen? Iſt's etwa darum, daß im Chriſtenthum zwar von einem Paradiesgarten jenſeits die Rede iſt, aber nicht von Thieren darin? Nun ſoll jede Menſchenſeele auch ihren Beitrag von Blumenſeelen dazu mitbringen. Um Thiere iſt es nicht zu thun. Nur der Schmetterling muß ſymboliſch mitfliegen, es möchte den Blumenſeelen ſonſt im Garten droben gar zu einſam werden; und der Himmel ſoll doch auch für ſie ein Himmel ſein.

Auch bei den Griechen ging es etwas anders her als bei uns. Da Leib und leibliches Leben ſelbſt bei ihnen noch eine blühende Bedeutung hatten, da legte man auch den Leib des Menſch[illegible]ber wie eine Blume oben auf das Holz, und Baum und Leib gingen zuſammen in feurigen Flammen gen Himmel zum Wohnſitz der Götter. Bei uns, wo die Anſicht von Leib und Leben ſelbſt verholzt iſt, ſchließt man auch den Leib wie einen todten Wurm in das todte Holz zur Speiſe andrer Würmer, und legt nur äußerlich Blumen auf Sarg und Grab. So ging es vom Leben bis in den Tod hinein ſo viel ſchöner bei den Griechen zu als bei uns. Doch nur ſo viel ſchöner ſinnlich, indeß wohl Manches dafür bei uns ſinnig ſchöner zugeht.

Hierbei fällt mir das ſchöne Todtenfeſt ein, was jährlich in Leipzig zu Johannis begangen wird. Da geht jeder, der Jemand auf dem Kirchhof ſchlafen hat, deſſen er noch in Liebe denkt, hin, ſein Grab zu kränzen; und wer keins zu bekränzen hat, geht hin, die Kränze und die Kränzenden zu ſehen. Da wird auf dem ſonſt einſamen Acker alles bunt und rege, und drängt ſich durcheinander und kommt und geht, eine lebendige Geſellſchaft über der ſtillen. Erſt Abends wird's auch oben wieder ſtill und leer; nur die Kränze bleiben, ihrer Beſtimmung eingedenk zu welken.

Wie viel ſchöne Guirlanden und Kränze kann man da ſehen. Wie auf einem Balle die Lebendigen ſich im Schmucke überbieten möchten, ſo verſuchen es jetzt die Gräber. Aber der ſchönſten Blumen und Kränze vergißt man bald; wer kann ſich der einzelnen erinnern. Nur eines einfachen Kleeblümchens kann ich nicht vergeſſen, das mir nach ſo vielen reich geſchmückten Gräbern auf einem grünen Grabe einſam liegend begegnete. Die Seele war ſicher anders als die andern, die unter all' dem reichen Schmuck dem beſcheidenen Blümchen ſeine Stelle gab.

Ich möchte nicht gern mit Grabgedanken ſchließen, und ſo erinnere ich mich nun gern daran, wie die Pflanzen ja nicht blos an leidigen, ſondern auch freudigen Begegniſſen der Menſchenwelt ſo viel Theil nehmen, und wie der Menſch ſelbſt ihnen ſo viel von ſeiner Luſt verdankt. Soll man nicht ſagen, das ganze Pflanzenreich ſchlinge ſich wie eine ſchöne Arabeske um und zwiſchen das Menſchenreich durch. Der Menſch ſelbſt wächſt mit aller Pracht ſeiner Gewänder und allem kunſtreichen Geräth wie halben Leibes von unten aus der Pflanzenwelt hervor; und von oben wachſen wieder Blumen und Trauben der darnach langenden Hand, dem verlangenden Munde entgegen. Und über all dieſem ſchwebt der ſchönſte Duft poetiſcher Beziehungen.

Wo giebt es ein Feſt, das nicht Blumen verſchönerten, wo ein Gedicht, dem ſie nicht Bilder liehen, wo ein Geſchenk, deſſen Werth ſie nicht durch Verzierung zu mehren vermöchten. Die Myrte bringt den Kranz, die Braut zu ſchmücken; die Blumen kommen aus allen Gärten herbei, ſich ihr zu Füßen zu legen; die Thüren umwinden ſich mit bunten Blumenbehängen, ſie durchzulaſſen; der Hochzeitbitter brüſtet ſich mit dem Strauß in ſeinen Händen; auf der Tafel warten wieder Blumen auf; und Abends beim Tanze noch wie manche Blume an der Bruſt und in dem Haar. — Der Lorbeer waltet der beſten Ehren, Vergißmeinnicht erinnert an's Erinnern; Schneeglöckchen lockt die Kinder zum erſtenmale in den grünen Wald; die erſte Aſter ſagt: nun kommt der Herbſt; die Linde deckt ein grünes Dach über den Tiſch vor dem Hauſe; die Eiche ruft den Deutſchen noch im fremden Lande als ihren Landsmann an

Die Tanne wirft ihre Tannzapfen weg und tritt mit goldnen Aepfeln und Lichtern und noch wie viel ſchönen Gaben in den Saal. So möge ſie nun auch zu dieſem heiligen Chriſt den Schönſten das Schönſte, den Beſten das Beſte, den Aermſten das Meiſte bringen.

Alle Pflanze aber in ihrer Niedrigkeit bleibe deſſen gedenk, daß ſie ein Gewächs iſt von Gott und vor Gott, das ſeine Freiheit nur hat im Bande und ſie nur brauchen ſoll im Verbande.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Druck von J. B. Hirſchfeld in Leipzig.

Zend-Aveſta

oder

über die Dinge des Himmels

und des

Jenſeits.

Vom Standpunkt der Naturbetrachtung.

Von

Gustav Theodor Fechner.

Erſter Theil.

Ueber die Dinge des Himmels.

Leipzig.
Leopold Voß.
1851

Div. f. 1273

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.

Vorrede.

Die Anſicht, daß die ganze Natur lebendig und göttlich beſeelt ſei, iſt uralt, und hat ſich in der Religion der Naturvölker, wie der Naturphiloſophie der gebildeten Völker bis auf die neueſten Zeiten fortgepflanzt. Sie ſchließt die Anerkennung einer individuellen Beſeelung nicht aus, vielmehr erweitert ſich mit Anerkennung der Beſeelung des Ganzen von ſelbſt die der individuellen Theilweſen. Inzwiſchen iſt unter uns die Geltung dieſer Anſicht faſt verſchwunden, die Kraft und ſelbſt der Reiz der Gründe dafür hat ſich abgeſtumpft, die Naturphiloſophie hat ihr Anſehn verloren oder ihre Bedeutung geändert. Um ſo mehr hat man ſich geſträubt, noch auf dieſe Anſicht einzugehen, als ſie einerſeits mit geläuterten religiöſen Anſichten, andrerſeits mit den Forderungen einer exacten Naturwiſſenſchaft in Widerſpruch zu ſtehen ſchien.

Deſſenungeachtet iſt die folgende Schrift nach ihrem allgemeinſten Geſichtspunkte nichts als ein Verſuch, dieſer faſt verſchollnen Anſicht wieder Geltung zu verſchaffen. Um einen ſolchen Verſuch zu wagen, mußte, wenn nicht die Kraft neuer Gründe, eine neue Kraft der Gründe zu Gebote ſtehen, um ihn gerechtfertigt zu halten, jener

Schein ſich in Schein wirklich auflöſen laſſen. In der That wird dieſe Schrift zwar nichts als die uralten Gründe für die uralte Sache haben, aber ſie wird durch Vertiefung und neue Verwendung denſelben eine neue Wirkſamkeit zu verleihen ſuchen; ſie wird alle Forderungen der Religion und Wiſſenſchaft, um deren willen man jener Anſicht abgeſagt hat, anerkennen, aber zu zeigen ſuchen, daß es vielmehr einer conſequenten Durchführung der Anſicht, als eines Aufgebens derſelben bedarf, um jene Forderungen auch voll zu befriedigen.

Eine frühere Schrift, Nanna, kann inſofern als Vorläuferin der jetzigen gelten, als dort wie hier verſucht wird, das Gebiet der individuellen Beſeelung über die gewöhnlich angenommenen Gränzen hinaus zu erweitern; dort aber in abwärts gehender, hier in aufwärts gehender Richtung.

Ich nenne den Standpunkt, den ich in dieſer Schrift einnehme, aus doppeltem Geſichtspunkt den der Naturbetrachtung, einmal, weil es weniger aprioriſtiſche Betrachtungen, als Betrachtungen über die Natur der Dinge, wie ſie eben liegen, ſind, auf welchen ich fuße; zweitens, weil ich die Verhältniſſe der körperlichen, im engern Sinne ſogenannten Natur zum Ausgang der Betrachtung nehme, obwohl nur, um zu zeigen, daß und in welchem Sinne ſie der Ausdruck einer geiſtigen ſei. Von einer Naturbetrachtung im Sinne der eigentlichen Naturforſchung aber kann hier nach der Beſchaffenheit der Gegenſtände nicht die Rede ſein.

Was den Haupttitel der Schrift anlangt, ſo wählte ich denſelben, in der Verlegenheit, einen andern einfachen

Titel aufzufinden, der ſie nachbarlich zu ihrer Vorgängerin und zugleich mit paſſender Beziehung auf den Inhalt zu bezeichnen vermöchte, nach folgenden Motiven:

Zend-Aveſta iſt (nach gewöhnlichſter, wenn auch nicht unbeſtrittener Auslegung): «lebendiges Wort.» Ich möchte, daß auch dieſe Schrift ein lebendiges, ja die Natur lebendig machendes Wort ſei. Der alte Zend-Aveſta enthält mit manchem Geographiſch-hiſtoriſchen den, auf unſre Zeiten bruchſtückweis gekommenen, Inhalt einer uralten faſt verſchollenen durch Zoroaſter nur neu reformirten Naturreligion. Auch unſre Schrift enthält mit manchem profanen Inhalte Bruchſtücke einer uralten, faſt verſchollenen, hier nur neu reformirten Naturreligion, der Wurzel, wenn auch nicht der Ausführung nach derſelben, die im Zend-Aveſta enthalten iſt. Die Naturreligion des Zend-Aveſta, obwohl ſcheinbar weit abliegend von der chriſtlichen, ſteht doch mit ihr in den wichtigſten, in der Tiefe der Geſchichte und des Inhalts vermittelten, Beziehungen. Unſre Schrift iſt auch in dieſer Beziehung nur ein neuer Zend-Aveſta. Im Uebrigen weiß ich ſehr wohl, daß die Ausführung dieſer Schrift und des alten Zend-Aveſta im Charakter wenig gemein haben.

Hoffentlich wird man keine ungeziemende Anmaßung darin finden, daß es der Titel eines heiliggehaltenen Buches iſt, der auf dieſe Schrift übertragen worden. Gilt es doch als heilig nur noch bei einem kleinen verachteten Stamme; und gilt doch die ganze Religion, die darin enthalten iſt, bei uns nur noch als Aberglaube. Sollte aber dieſe Schrift vermögen, nicht zwar dieſer

Religion, worauf ſie nicht abzielt, aber den wahren Geſichtspunkten derſelben, die ſich mit unſerer eignen Religion vertragen, eine nicht mehr zugeſtandene Geltung wieder zu verſchaffen, ſo würde man ihr um ſo leichter einen Titel gönnen, der daran erinnerte, daß ſie nicht ſowohl etwas Neues, als die Wiedergeburt des Uralten ſein will, was uns mit ſo Manchem, das wir nicht wieder hervorziehen möchten, in jenem Buche aufbehalten iſt.

Näher zerfällt der Inhalt der ganzen Schrift in zwei Hauptabtheilungen, die ich durch die Titel: die Dinge des Himmels und die Dinge des Jenſeits unterſcheide. Die erſte Hauptabtheilung füllt die beiden erſten Theile, die zweite den dritten.

In der erſten ſuche ich die Lehre von den uns übergeordneten himmliſchen Weſen mit ihrem Abſchluß durch das höchſte Weſen, in der zweiten die Lehre von unſerm eigenen zukünftigen Leben aus dem Geſichtspunkte der oben geltend gemachten Grundanſicht und mit der Richtung auf dieſelbe neu zu begründen.

Von jeher und in allen Religionen hat man die Lehre von der jenſeitigen Exiſtenz der Menſchenſeelen mit der Lehre vom Daſein übermenſchlicher Weſen verſchwiſtert gehalten. Dieſe Verſchwiſterung hat ſich auch hier ungeſucht, wenn ſchon in einer andern Weiſe als bisher, dargeboten und iſt Grund geweſen, die Behandlung zweier Aufgaben zu verknüpfen, die von gewiſſer Seite freilich ſehr auseinander zu liegen ſcheinen. Es wird ſich zeigen, wie in der That die Löſung beider Aufgaben in einander eingreift und ſich wechſelſeitig ſtützt: doch kann dies erſt aus der zweiten Abtheilung dieſer Schrift erhellen, da ich in der erſten abſichtlich alle Begründung durch Etwas zu vermeiden geſucht, was ſelbſt erſt neu zu begründen.

Ein Ueberblick der Hauptgeſichtspunkte der Lehre von den Dingen des Himmels iſt im XXſten, der Lehre von den Dingen des Jenſeits im XXXIſten Abſchnitte gegeben; die allgemeinſten insbeſondere religiöſen Geſichtspunkte beider Lehren ſind noch zum Schluß in den Glaubensſätzen des XXXIIſten Abſchnitts beſonders zuſammengeſtellt.

Die Principien, worauf der ganze formale Charakter dieſer Schrift beruht, finden ſich zuſatzweiſe zum Schluſſe dieſer Vorrede angeführt, wo ich zugleich Gelegenheit nehme, einige in der Schrift zu berückſichtigende Begriffsbeſtimmungen geltend zu machen.

Im Allgemeinen wünſchte ich, daß man das Urtheil über dieſe Schrift weniger auf vorgefaßte Vorſtellungen von dem, was ſie ankündigt, als ein Nachdenken über das, was ſie enthält, gründe, was nun freilich ebenſowohl eine Kenntnißnahme von dem Inhalt derſelben, als ein Nachdenken darüber vorausſetzt. Wer die Mühe von Beidem ſcheut, möge wenigſtens ſo billig ſein, ſein Urtheil dahinzuſtellen, obwol ich ſchwerlich hoffen kann, dieſer Billigkeit oft zu begegnen. Denn umſonſt würde ich verſuchen, in Vorrede, Einleitung und Ueberblick ein Unternehmen vollſtändig zu charakteriſiren, zu rechtfertigen und zu reſumiren, was ſich, wenn irgend eins, nur durch ſeine Ausführung ſelbſt ſchildern, darlegen und rechtfertigen kann. Inzwiſchen kann ich doch nicht umhin, zur vorläufigen Orientirung über Inhalt, Form und Tendenz der Schrift der vorigen allgemeinen Charakteriſtik noch Einiges hinzuzufügen, was denen das Geſchäft erleichtern kann, welche die Schrift von der Sache beurtheilen möchten, und vielleicht Manche etwas geneigter machen, für welche die Stellung der Aufgaben dieſer Schrift ſchon hinreicht, ſie verurtheilen zu laſſen. Wem es um den friſchen Angriff der Sache ſelbſt zu thun iſt, und wer ein vorgefaßtes Urtheil nicht maßgebend halten will, mag immerhin das Weitere in dieſem Vorwort überſchlagen, was doch nur über das reden kann, was ſich ſpäter ſelbſt giebt. Auf dieſe Bedingung hin wird man mir aber auch wol noch eine etwas breitere Vorrede geſtatten.

Der Gang, den dieſe Schrift verfolgt, iſt von vorn herein ein anderer, als den die naturphiloſophiſche Betrachtung zu nehmen pflegt. Statt von der Allgemeinbeſeelung zur individuellen herabzuſteigen, ſteigt ſie von dieſer zu jener auf. Sie ſucht zu zeigen, daß das Gebiet der individuellen Beſeelung weiter und namentlich höher hinauf reicht, als man gewöhnlich meint, und bahnt ſich dadurch den Weg zu einer Anerkennung auch der Seele des Ganzen. Sie ſetzt eine ſolche zwar gleich von Anfange an voraus, wo es allgemeine Geſichtspunkte vorweg zu ſtellen gilt, aber nicht um das Beſondere dadurch zu begründen, ſondern darauf zu richten.

Zwar möchte es klüger und vorſichtiger erſchienen ſein, im Sinne des gewöhnlichen Ganges nur als Corollar zu ziehen und zuletzt in zweideutiges Dunkel zu begraben, womit ich hier vielmehr beginne, was ich vorweg ſcharf und entſchieden ausſpreche. Denn unſtreitig wird man von vorn herein viel leichter geneigt ſein, eine Lebendigkeit der Natur im Allgemeinen, als die obere Gliederung und beſtimmte Faſſung ihrer Lebendigkeit zuzugeben, welche den Ausgang wie hauptſächlichſten Gegenſtand der Betrachtungen der erſten Abtheilung dieſer Schrift bildet. Eine Lebendigkeit der Natur im Allgemeinen und in gewiſſem Sinne hat man ja von jeher zugegeben, auch heute noch, obwol freilich heutzutage nur noch in ſehr unlebendigem und in ſich widerſpruchsvollen Sinne. Immerhin aber ließ ſich daran anknüpfen und es ſchien nur darauf anzukommen, ein ſchon geläufiges Wort in beſtimmterm und vertieften Sinne faſſen zu laſſen, und auf die Conſequenzen ſolcher Faſſung zu bringen. Aber es möchte bei jetziger Sachlage in der That ſchwerer ſein, im Ausgange von dem geläufigen Ideenkreiſe über denſelben hinauszukommen, als von einem neu eroberten Standpunkt aus wieder in denſelben hineinzukommen. Die allgemeinen Redensarten über das Leben der Natur haben ſich nun ſchon zu lange im Kreiſe gedreht, und die Möglichkeit ihrer verſchiedenen Wendungen erſchöpft, ohne etwas zu ſchaffen, man hat den Titel des lebendigen Buchs der Natur nun ſchon zu lange geleſen und wiedergeleſen, ohne in das Buch ſelbſt zu ſehen, um nicht zu glauben, da nichts der Rede Werthes dabei herauskam, es enthalte nichts der Rede Werthes. So ſchlage ich nun hier lieber gleich ein erſtes großes Blatt davon auf, auf die Gefahr hin einer erſten großen Verwunderung darüber. Im Grunde iſt's doch nur das Kleinere, an die großen Perſonen der Natur über den unſern glauben, gegen den

Glauben, daß der in der ganzen Natur lebendig waltende Gott eine Perſon über allen Perſonen ſei, und das Höhere von dem, daß wir an unſre eigenen Perſonen noch glauben, trotzdem, daß eine Perſon über uns Allen iſt.

Einiges Weitere hierüber im folgenden Eingange, dem es gelingen möge, den erſten Anſtoß, den das grelle Hereinbrechen einer neuen Idee haben muß, in ſo weit überwinden zu laſſen, daß dem Späteren noch einige Aufmerkſamkeit behalten bleibe.

Nicht minder fremdartig, als der Verſuch, der im erſten Theile dieſer Schrift gemacht wird, die Lehre von den höhern uns übergeordneten himmliſchen Geſchöpfen aus dem Reich der Fabel und unbeſtimmten Vorſtellung in das der feſten Wirklichkeit zu verſetzen, dürfte Vielen der Verſuch entgegentreten, der in der zweiten Abtheilung gemacht wird, die Ausſicht auf unſre künftige Fortdauer ſtatt auf die möglichſte Loslöſung des Geiſtigen vom Leiblichen oder möglichſte Ueberhebung deſſelben darüber zu gründen, vielmehr auf die möglichſte Verknüpfung beider, ja in gewiſſer Hinſicht geradezu Aufhebung des einen im andern zu gründen, obwohl er roh in den rohſten Anſichten der Völker ſo gut ſchon enthalten iſt, als die Idee der erſten Abtheilung. Aber ich glaube, daß dieſer Verſuch Vielen willkommen ſein kann, welche das, was ſie ſehen, mit dem, was ſie glauben ſollen und wollen, nicht zu vereinigen wiſſen. Die Thatſachen des Lebens, daß unſere Seele mit unſerm Körper leidet und altert, und ſelbſt das höchſte Geiſtige ſtets auf den Leib geſtützt bleibt, nur begrifflich, nicht real darüber geſtellt werden kann, und die

Thatſache des Todes, daß dieſer Leib doch endlich zerfällt, ſprechen in der That zu laut und deutlich, um nicht für Viele einen bittern Widerſtreit theoretiſcher Anſicht und praktiſcher Forderung zu begründen. Es wird aber hier verſucht, dieſen Widerſtreit zu löſen, nicht durch Abſehn von jenen Thatſachen, ſondern durch volles Eingehen darauf. Nun liegt freilich auf der Hand, daß dies nicht auf dem Wege der jetzt geltenden Weiſen, Leibliches und Geiſtiges in Beziehung zu denken, geſchehen kann, wodurch dieſer Widerſtreit ſtets ungelöſt geblieben iſt; vielmehr ſind die anders führenden Anſichten, die in der Schrift ſelbſt ihre nähere Erörterung finden, weſentliche Vorausſetzungen dazu.

Man mag die Grundanſicht dieſer Schrift eine pantheiſtiſche nennen. Ich kann und werde es nicht wehren; obwol ſie in gewiſſer Hinſicht vielmehr das Gegentheil von dem iſt, was man jetzt Pantheismus zu nennen pflegt. Wie dem auch ſei, man ſehe nicht darnach, ob es ein Name iſt, der allgemach einen ſchlechten Klang gewonnen, ſondern ob es eine ſchlechte Sache iſt, welche ſich hier darbietet. Ich meine, was ja auch ſonſt wol anerkannt wird, es gibt zwei Auffaſſungen des Pantheismus, die wie Licht und Nacht aus einander liegen. Wenn nun der Pantheismus dieſer Schrift ſich zutraut, jedes ächte und tiefe religiöſe Bedürfniß, was bisher empfunden worden iſt, nicht nur eben ſowol, ſondern mehr als jede entgegenſtehende Anſicht befriedigen zu können (vgl. Abſchnitt XII) ſo muß er ſich auch vielmehr erſter, als letzter Natur halten. Ja ich kann nicht umhin, die Weiſe, wie nach unſrer Darlegung die höhere Einigung des Menſchlichen ſich mit einer Gliederung des Göttlichen begegnet, ſelbſt für ein weſentliches Moment und einen nothwendigen Fortſchritt in der gedeihlichen Entwickelung der pantheiſtiſchen Weltanſicht zu halten (über das Nähere unſrer Auffaſſung des Verhältniſſes von Gott und Welt vgl. Abſchnitt XI).

Nach roher Faſſung der Grundidee des erſten Theils dieſer Schrift könnte man glauben, es ſolle hier ein Heidenthum ſtatt des Chriſtenthums gepredigt werden; wogegen ich es vielmehr als eine der weſentlichſten Aufgaben dieſer Schrift rechnen darf, eine derartige Vereinbarkeit des Chriſtenthums mit religiöſen Naturanſichten, die man ohne ihre Aufhebung im Chriſtenthum freilich heidniſch zu nennen haben würde, darzuthun, daß die Grundlagen des Chriſtenthums ſelbſt dadurch gekräftigt und zu neuer Entwickelung befähigt werden. Wenn man den zwei Abſchnitten (XIII, XXX), in welchen ich die Beziehungen unſrer Lehre zum Chriſtenthum beſonders erörtere, einige Aufmerkſamkeit ſchenken oder auch die Glaubensſätze, mit welchen die ganze Schrift abſchließt (XXXII), nur flüchtig anſehen will, ſo hoffe ich, daß die Tendenz der Schrift in dieſer Hinſicht keiner Mißdeutung weiter wird ausgeſetzt ſein, wenn ich freilich auch nicht hoffen kann, den Sinn und die Forderungen eines Jeden damit getroffen zu haben.

Ohne mir überhaupt Rechnung darauf zu machen, ſchon fixirte entgegenſtehende Anſichten mit den Betrachtungen dieſer Schrift zu überwältigen, kann ich doch vielleicht annehmen, daß auch von denen, welche dem ganzen Zuſammenhange ihrer Anſichten und Conſequenzen nicht beiſtimmen mögen, Mancher Manches hier finden wird, was er genehmigt und was ihn neu anregt. Denn die Natur und Größe der Aufgaben nöthigte ſie, ſich nach mancherlei Richtungen zu verbreiten, und das Beſtreben, immer von realen Verhältniſſen auszugehen und darauf Rückbezug zu nehmen, dürfte jedenfalls verhüten, daß alle ihre Betrachtungen haltlos erſcheinen, ſollte es auch nicht verhüten können, daß die Spitze und Zuſammenfaſſung derſelben Vielen ſo erſcheine.

Ich ſelbſt bin weit entfernt, die Betrachtungen und Schlüſſe dieſer Schrift als abſolut ſicher anzuſehen. Wer möchte überhaupt von vollſtändiger Sicherheit in Gebieten ſprechen, wo nur der Ausgang von der erfahrbaren Wirklichkeit genommen werden kann, doch keine directe Bewährung darin möglich iſt und die Methoden der exacten Forſchung keinen Angriff finden. Auch weiß ich, daß dieſe Schrift kein Evangelium iſt. Ja wohl manchmal habe ich mich, im Rückblick auf dieſelbe und betroffen von ihrem Widerſpruch gegen das, was ringsum gilt, ſelbſt gefragt: iſt nicht das Ganze doch nur ein geiſtiges Spiel? Laſſen ſich nicht Gründe für Alles finden, wenn man es darauf anlegt, ſolche zu finden? Haſt du nicht früher, dich ſelbſt parodirend, bewieſen, daß auch der Schatten lebendig iſt; iſt nicht umgekehrt die Lebendigkeit, die du jetzt beweiſeſt, ein Schattenſpiel?

Aber es war diesmal nicht das Intereſſe der Verfolgung einer Paradoxie, ſondern das uns Alle verfolgende

Ungenügen der beſtehenden Anſichten ſelbſt, was darüber hinauszugehen drängte, ein Ungenügen, das ja wohl jeder, wenn auch von andern Seiten zugiebt, und ſollte er nicht auch zugeben, daß demſelben mit keiner halben Anſicht wird abzuhelfen ſein, welche aus Scheu, Gewohnheiten zu verletzen, eben die Conſequenzen zu ziehen fürchtet, welche Abhülfe gewähren können. Und welches Mißtrauen ich auch in die Schlüſſe und Reſultate dieſer Schrift, als menſchlichem Irrthum unterworfen, zu ſetzen geneigt blieb, war es hauptſächlich Dreies, was mich bei mir ſelbſt beruhigte: einmal, daß die Naturbetrachtung im obigen Sinne doch von den verſchiedenſten Seiten zu demſelben, alle dieſe Seiten verknüpfenden Ziele führt, zweitens, daß ſich dadurch im Grunde nur die urſprüngliche Naturanſicht wiederherſtellt, endlich daß den höhern praktiſchen Intereſſen des Menſchen ein um ſo volleres Genüge dadurch geſchieht, je mehr man auf den ganzen Zuſammenhang derſelben eingeht, während freilich ein Stück davon auf das alte Kleid nicht frommen kann. Ich gebe aber etwas auf den urſprünglichen Naturinſtinct der Menſchen und glaube, daß nichts wahr ſein kann, was nicht auch gut iſt zu glauben, am wahrſten aber das, was am beſten. Freilich auch in dem, was man für gut hält, kann man irren, aber einmal muß doch ein Punkt kommen, wo der Menſch ſich ſelbſt glaubt.

Ich glaube demnach wirklich das, was in dieſer Schrift niedergelegt iſt, ich glaube, daß wenigſtens ein lebendiger und fruchtbarer Kern der Wahrheit darin enthalten iſt, den ich zum Schluß der ganzen Schrift zu formuliren verſuche, obwol ſicher dieſer Kern noch nicht ſo rein und klar herausgeſchält und ſo fruchtbar entwickelt worden iſt, als es die Natur der Sache verträgt und fordert. Ja Manches macht überhaupt keinen andern Anſpruch, als bei der Dunkelheit des Gegenſtandes einen möglichen Anhalt für die Vorſtellung zu geben, ohne binden zu ſollen, (ſo namentlich die meiſten Erörterungen des XVIten, XVIIten und XVIIIten Abſchnitts, und ſo manche Ausführungen in der Lehre von den Dingen des Jenſeits).

Auf die jetzt im Schwange gehenden philoſophiſchen Betrachtungsweiſen der höchſten und letzten Dinge iſt faſt nur in ſo weit Rückſicht genommen, als eine Rechtfertigung der eigenen Anſichten gegen philoſophiſche Einwände vor einem größern Kreiſe als dem der Philoſophen ſelbſt nöthig ſchien, da ja manche ihrer Betrachtungsweiſen ſchon ganz populär geworden. Der Grund iſt einfach der, daß es nicht möglich geweſen ſein würde, mit den neuern Richtungen der Philoſophie, ſei es in Betreff der Methode oder Sache hier zu einer Verſtändigung zu gelangen, eine Polemik aber, die nicht auf einem gemeinſchaftlich zugeſtandenen Boden fußt, eine ſehr unfruchtbare ſein müßte. Nicht mit der heutigen Philoſophie, ſondern nur mit denen, welche ſie nicht befriedigt, kann ich hoffen, mich zu verſtändigen. Ich halte es, offen geſagt, für einen Grundfehler der neuern, ja der meiſten Philoſophie überhaupt, aus dem Begriffe mehr oder andres Sächliches ableiten zu wollen, als er nach ſeiner thatſächlichen Entſtehungsweiſe von unten begreifen und wieder hergeben kann. Meine eignen Anſprüche an die Philoſophie ſind, ich geſtehe es, beſchränkter, ſofern man ſie aber zu beſchränkt findet, verzichte ich auch gern auf den Titel eines Philoſophen.

Indem ich mich gegen die neuern philoſophiſchen Richtungen im Allgemeinen erkläre, iſt dieſe Erklärung natürlich auch nur ſehr im Allgemeinen zu verſtehen. Wie viel dieſe Schrift Weißen, bei ſonſt weſentlichen Differenzen von ſeinen Anſichten, in einem Hauptpunkte verdankt, iſt an ſeinem Orte (Th. 2. S. 43) geſagt, und wenn ſie dem jüngern Fichte auch nicht direct etwas verdankt, da ſich der ganze Zuſammenhang der hier dargelegten Anſichten in der That zu unabhängig von den ſeinigen entwickelt hat; ſo freue ich mich doch, mich in Hauptgeſichtspunkten mit ihm zu begegnen, (vgl. Th. 1. S. 381. Th. 2. S. 27. Th. 3. S. 347). Zu den ſtrengern Anhängern der Hegel'ſchen wie der Herbart'ſchen Schule ſteht aber dieſe Schrift, nur von verſchiedenen Seiten, in faſt gleich ſcharfem Gegenſatz. Zwar giebt es einige Punkte des Zuſammentreffens mit Hegel's Anſichten hier, doch ſind ſie nur Ausgangspunkte um ſo größerer Divergenz.

Im Hintergrunde der ganzen Schrift liegt eine Grundanſicht über die Beziehungen von Leib und Seele oder von Körper und Geiſt, die, an die Spitze tretend, allerdings auch eine philoſophiſche Bedeutung annehmen kann, falls man dazu nur nicht, wie gewöhnlich, verlangt, daß ſie hinter das Erkennbare zurückführt, da ſie in der That nur durch Verallgemeinerung des thatſächlich Erkennbaren und des Redegebrauchs gewonnen iſt und keine andere Bewährung hat, als ſich dieſen auf das natürlichſte anzuſchließen. Sie ſcheint mir den obern Grundgeſichtspunkt für die einträchtige Verknüpfung ſonſt ſehr heterogen, ja widerſprechend erſcheinender Weltanſchauungsweiſen oder Grundrichtungen der Philoſophie zu enthalten; doch iſt ſie mit Fleiß hier beiſeit und zurückgeſtellt worden*), da die ganze Tendenz dieſer Schrift vielmehr dahin geht, das Allgemeine auf das Beſondere, als das Beſondere auf das Allgemeine zu gründen, was bis zu gewiſſen Gränzen geſtattete, die allgemeinſte Grundanſicht oder wenigſtens deren Ausdrucksweiſe im Hintergrunde zu laſſen.

Die Aufmerkſamkeit der Pſychologen und Phyſiologen, welche zugleich Mathematiker ſind, wünſchte ich noch insbeſondere auf das, mit jener Grundanſicht in Beziehung geſetzte, neue Princip mathematiſcher Pſychologie, welches zugleich das einer mathematiſchen Behandlung der geſammten Beziehungen von Körper und Seele iſt, zu lenken, da es etwas zu verſprechen ſcheint, jedoch ſeine Triftigkeit ebenſo noch der Prüfung, als ſeine Entwickelung der Unterſtützung durch Andere bedarf. Ich habe es Th. 2. S. 373 ſo darzulegen geſucht, daß es einer Beurtheilung unabhängig vom übrigen Inhalt der Schrift unterliegen kann. Nachdem man den innigſten Zuſammenhang des Körpers und der Seele von jeher, nur in verſchiedner Weiſe, überall anerkannt hat, dürfte ein erſter Verſuch, das gegenſeitige Abhängigkeitsverhältniß ihrer Veränderungen unter einen ſcharfen Ausdruck zu faſſen, immerhin einiger Beachtung werth ſein.

---

*) Das Allgemeinſte davon iſt Th. 1. S. 410 ff. kurz dargelegt, eine nähere Entwickelung derſelben findet ſich Th. 2 S. 312 ff.

Vielleicht habe ich zu beſorgen, daß die zahlreichen teleologiſchen Betrachtungen, welche in einigen Abſchnitten dieſer Schrift (III. XV. XVII.) vorkommen, denen Anſtoß geben, welche einer teleologiſchen Motivirung deſſen, was eine cauſale Ableitung zuläßt, überhaupt nicht hold ſind. Inzwiſchen würde ein Tadel in dieſer Beziehung Unrecht haben, ſofern er außer Acht ließe, daß durch teleologiſche Betrachtungen Cauſalbetrachtungen hier in keiner Weiſe ausgeſchloſſen oder verdrängt werden ſollen, da vielmehr die Anſicht einer Cauſalität, welcher ein teleologiſches Princip immanent iſt, hier überall zu Grunde liegt. Nun kann es bei Anerkennung dieſes doppelten Geſichtspunkts der Betrachtung einmal mehr am Orte ſein, den cauſalen, andremale mehr den teleologiſchen Geſichtspunkt hervortreten zu laſſen, und das Letztere war unſtreitig hier vorwiegend der Fall.

Blumenbach ſchreibt in ſeinen Beiträgen zur Naturgeſchichte (I. S. 41): «Noch in unſern Tagen verſicherte ein berühmtes Mitglied der königlichen Akademie der Wiſſenſchaften zu Paris, es ſei eben ſo lächerlich zu glauben, daß das Auge zum Sehen beſtimmt wäre, als zu behaupten, die Steine ſeien beſtimmt, einem damit den Kopf einzuſchlagen. In der That vermuthe ich, das berühmte Mitglied hat, da es dieſes ſchrieb, ein wenig, ich will nur ſagen, — ſich übereilt.»

Ich vermuthe meinerſeits nicht, daß Jemand heutzutage in Betreff des Auges eine ſolche Uebereilung noch begehen wird; doch dünkt mich eine Uebereilung nicht geringer, die ſich gegen das Princip, als die ſich gegen eine einzelne Folgerung des Princips wendet.

Leid würde es mir immerhin thun, wenn ich durch dieſe Schrift bei den Männern ſtrenger Wiſſenſchaft den Verdacht erregte, oder einen, vielleicht ſchon durch meine vorige Schrift erregten, Verdacht beſtärkte, als ſeien mir ihre exacten Geſichtspunkte und Intereſſen fremd geworden. So gewiß aber dieſe Schrift nicht als im Sinne exacter Forſchung betrachtet werden kann, welche nur im erfahrungsmäßig Bewährbaren und mathematiſch Berechenbaren ihr Gebiet hat, ſo gewiß läuft ſie nicht gegen den Sinn derſelben, ſo wahr etwas nicht gegen das laufen kann, womit es ſich überhaupt nicht begegnen kann.

Die Sache iſt die: es gibt eine äußere ſichtbare Seite der Natur und ich fuße darauf, daß es auch eine innere unſichtbare oder nur ſich ſelbſt ſichtbare Seite derſelben gibt. Reicht es aber nicht hin, überhaupt an einen Gott und deſſen Bezug zur Natur zu glauben, um dieß wenigſtens im Allgemeinen zuzugeſtehen? Geſchäft des Naturforſchers als ſolchen iſt nun doch blos, die äußere und äußerer Beobachtung unterliegende Seite der Natur zu verfolgen, indeß es ſich für uns um die innere, unmittelbar blos der Selbſterſcheinung zugängliche Seite derſelben handelt, die er deshalb nicht leugnen wird, oder doch nicht leugnen ſollte, weil ſie einem andern Gebiet der Betrachtung, als dem ſeinigen angehört. Genug nur, wenn ſeinen Intereſſen durch Betrachtungen, die ſich auf dieſem Gebiete bewegen, nicht widerſprochen wird. Es wird aber der, wer dieſer Schrift einige Aufmerkſamkeit ſchenken will, finden, daß die höhere Lebendigkeit, welche der Natur darin zugeſprochen wird, doch dem exacten Naturforſcher ſeine Rechte daran nicht im Mindeſten verkümmert, nicht in ähnlicher Weiſe verkümmert, wie es durch die naturphiloſophiſchen Betrachtungsweiſen, die von Schelling und Hegel ausgegangen, allerdings mehr oder weniger geſchieht. Nur eine Nutzung, nicht eine Verfälſchung der Reſultate der Naturforſchung kommt hier vor. Kein Naturgeſetz erſcheint hier weniger bindend, als es dem ſtrengſten Forſcher erſcheint, und der Zweck, der eine ſo große Rolle bei uns ſpielt, vermag nichts, außer ſofern er mit dem Geſetz des Wirkens Hand in Hand geht. Die Naturnothwendigkeit beſteht überall, wie und wo ſie der Naturforſcher verlangen kann und verlangt. Aber auch der Freiheit wird ihr Gebiet gelaſſen; ja ich glaube, die Vereinbarkeit einer unverbrüchlichen Geſetzlichkeit mit Freiheit unter einem klarern Geſichtspunkt dargeſtellt zu haben, als man gewöhnlich findet (XI, B. XIX, B)

Erſcheint nach Allem der Ton der Schrift mitunter etwas entſchiedener und minder beſcheiden, als es ſich nach dem Verhältniß der Kräfte und Leiſtungen des Verfaſſers zur Größe, Schwierigkeit und Dunkelheit der Aufgaben ziemen möchte, ſo möge dieß einiger Nachſicht begegnen. Schwer iſt es, daß ſich nicht etwas von der Größe des Gegenſtandes auf die Stimmung des damit beſchäftigten Geiſtes übertrage, falls er nicht blos äußerlich daran herantritt, und ein Rückblick läßt die Unangemeſſenheit demgemäßer Darſtellung leichter gewahren, als verbeſſern. Der Dünkel abſoluter Standpunkte iſt dieſer Schrift gewiß fremd; aber die Aufgabe, die ſie ſich geſetzt, iſt ſelbſt unbeſcheiden genug, daß der Verſuch ihrer Löſung ſchon von ſelbſt und unwillkürlich anſpruchsvoll erſcheinen muß.

Zuſatz über die formalen Geſichtspunkte, welche den Entwickelungen dieſer Schrift im Weſentlichen zu Grunde liegen.

Alle Geſetze und Realprincipien der Naturwiſſenſchaften ſind bekanntlich auf dem Wege der Induction und Analogie gewonnen, und die Vernunft hat dabei kein anderes Geſchäft gehabt, als das freilich ſehr wichtige und im bloßen Sinne an ſich gar nicht liegende der Verallgemeinerung des Beſondern und der widerſpruchsloſen Combination des von verſchiedenen Seiten her gewonnenen Allgemeinen, auf welchem Wege, insbeſondere mit Hülfe der Mathematik, allerdings Sätze erhalten werden konnten, welche über das unmittelbar in der Erfahrung Gegebene weit hinausgreifen, und doch eine Rückanwendung darauf geſtatten. Alles, was die Philoſophie auf andern Wegen von höhern Principien für die Naturwiſſenſchaft zu gewinnen geſucht hat, war eine Frucht ohne Samen. Nicht anders aber iſt es meines Erachtens mit der Wiſſenſchaft aller Exiſtenz überhaupt. Verallgemeinerung durch Induction und Analogie und vernünftige Combination des von verſchiedenen Seiten her gewonnenen Allgemeinen ſind meines Erachtens die einzigen *theoretiſchen* Wege und Weiſen, die uns im Gebiete der geiſtigen wie materiellen Wirklichkeit zu in ſich haltbaren und für die Erfahrung wieder fruchtbaren Grundlagen des Wiſſens über das Selbſtverſtändliche und unmittelbar Gegebene hinaus führen können. Natürlich, daß die innere Erfahrung für das Gebiet des Geiſtes ſo viel bedeutet, als die äußere für das des Körperlichen; und beide ſind zu verknüpfen, wo es ſich um Beziehungen des Geiſtigen und Körperlichen handelt. Die höchſten Realitäten, Gott, Jenſeits, höhere Weſen über uns, machen aber hiervon am wenigſten Ausnahme, indem es gerade hier der erſchöpfendſten und umfaſſendſten, über das ganze Gebiet der Exiſtenz hingreifenden Inductionen und Analogien, und höchſten Combinationen bedarf, um (ſo weit überhaupt der theoretiſche Weg hierbei ausreicht) zu Anſichten in dieſem Gebiete zu gelangen, welche Lebenskraft in ſich haben und Kraft für das Leben wieder entwickeln können. Nicht ein vorangeſtellter Gottesbegriff beſtimmt Gottes Weſen, ſondern, was von Gott in der Welt und in uns ſpürbar iſt, beſtimmt ſeinen Begriff. Nie zulänglich, es iſt wahr, aber nichts reicht hier zu, und eben weil nichts zureicht, einen vollkommen adäquaten Begriff von Gott, den höchſten und letzten Dingen überhaupt zu bilden, kann man auch den irgendwie erlangten Begriff nicht als ein vollkommen adäquates Mittel der Ableitung im Bereiche dieſer Dinge nutzen. Auch kann man ſich der Schwierigkeit der Aufgabe nicht durch Ueberfliegen derſelben entziehen, ſondern nur durch Rückſichtsnahme auf das Praktiſche und Hiſtoriſche des Glaubens der Unzulänglichkeit des theoretiſchen Weges zu Hülfe zu kommen ſuchen.

Es könnte ſcheinen, daß man auf dem hier bezeichneten Wege, welcher keine Schlüſſe als auf Grundlage der Erfahrung geſtattet und ſich noch dazu durch Rückſichten auf das Hiſtoriſche und Praktiſche gebunden achtet, nicht über das Gewöhnlichſte und Alltäglichſte hinauskommen kann und auf den nächſten Kreis von Vorſtellungen beſchränkt bleibt. Die vorliegende Schrift ſelbſt beweiſt das Gegentheil, und die Gefahr liegt ganz auf der entgegengeſetzten Seite: dieſe Schrift entwickelt, indem ſie weſentlich nur auf dem täglich Gegebenen fußt, Anſichten, die über alles Gewöhnliche und Tägliche weit hinausgehen, ja führt, trotz ihres empiriſchen Charakters, doch weiter und höher über das Empiriſche hinaus, als die Methoden, die das Empiriſche vielmehr ſelbſt zu begründen oder zu meiſtern, als ſich durch das Empiriſche zu begründen ſuchen; vielleicht ſogar zu weit hinaus, geſtehen wir es immer, aber dann eben nur darum, weil die zu große Möglichkeit des Hinausgehens zur Voreiligkeit verführt hat. Der Grund liegt darin, daß die Methoden, die das Empiriſche ſelbſt von Oben zu begründen ſuchen, doch ſtillſchweigend und halb unbewußt ihre obern Principien nur auf demſelben Wege haben gewinnen können, den wir offen als den unſern darlegen, aber indem ſie ihn theils vor ſich ſelbſt verbergen, theils in zu geringer Breite faſſen, denſelben nicht zur vollen Entwickelung gelangen laſſen, zu der er hier gelangt, wo er als Grundlage aller Betrachtungen auftritt.

In den Naturwiſſenſchaften tritt die Analogie ſehr gegen die Induction zurück. In den Betrachtungen dieſer Schrift wird man das Umgekehrte finden. Dies liegt in der Natur der Gegenſtände. Sie ſchließt auf Geiſt, wo man keinen ſehen kann. Die Statthaftigkeit ſolchen Schluſſes wird im Allgemeinen nicht beſtritten; man ſchließt ja überall auf den Geiſt andrer Menſchen und Thiere, den man auch nicht ſehen kann, und dieſer Schluß beruht, abgeſehen von praktiſchen Motiven, ganz auf Analogie; erſt auf Grund dieſer Analogie erhebt ſich dann die Induction. Wir erweitern nur hier den Schluß nach Analogie und hiermit die Baſis für die Induction; indem wir die Nothwendigkeit dieſer Erweiterung durch den erweiterten Blick auf die Sachverhältniſſe von Natur und Geiſt ſelbſt begründen. Noch von andrer Seite aber bedingt ſich hier das Vorwalten der Analogie. Wir handeln von den höchſten, letzten, allgemeinſten Dingen im Gebiete des Geiſtes und der Materie. Dieſe aber liegen in keiner ſolchen Vielheit vor uns ausgebreitet, wie ſie die Induction zur Unterlage bedarf; wir ſtehen vielmehr als Einzelne im Ganzen derſelben, ſie ſchließen uns in ihrer Einheit ein, wir blicken von der Vielheit unſrer untern Standpunkte nach ihrer einſamen Höhe. Aber Spiegelbilder derſelben im Einzelnen liegen allwegs vor, an die ſich die Analogie halten kann. Nicht ohne Gefahr freilich, das, was am Theilſein, der Endlichkeit dieſer Bilder hängt, mit einer Spiegelung von Verhältniſſen des Ganzen zu verwechſeln. Doch zieht ſich von andrer Seite das Allgemeine des Höchſten und Letzten auch durch alle Einzelnheiten durch, und hierdurch gewinnt allerdings auch die Induction von gewiſſer Seite her einen Angriff. Was wir überall als Spur, Zeichen oder Ausdruck des Höchſten und Letzten finden, wo wir gehen und ſtehen, werden wir auch da noch ſuchen und annehmen dürfen, wo wir nicht mehr oder noch nicht ſtehen und gehen können. Aus dieſem Geſichtspunkt wird man auch hier die Induction nicht vermiſſen. Die Combination aber der Analogie mit der Induction und mit ſich ſelbſt in verſchiedenen Wendungen, und der Umſtand, daß mit dem Geſichtspunkt des Gleichen der des Ungleichen von uns mehr berückſichtigt wird, als es ſonſt im Gebrauch der Analogie zu geſchehen pflegt, dürfte die Unſicherheit mindern, die man ſonſt der Analogie beilegt, ohne freilich eine abſolute Sicherheit daraus machen zu können. Zuletzt, wir haben es geſagt, muß Rückſicht auf die praktiſchen Forderungen und das Hiſtoriſche des Glaubens noch ergänzend, wie von vorn herein richtungs- und zielgebend zutreten, falls man nicht überhaupt von praktiſchen Geſichtspunkten ausgehen und den theoretiſchen Weg nur zur Ergänzung und Läuterung des praktiſchen nutzen will; denn kein Weg, auf dem ſich der Wahrheit mächtig werden läßt, ſoll einſeitig den andern meiſtern wollen, obwohl alle einander wechſelſeitig.

Hier hat nun zwar der theoretiſche Weg, im bisherigen Sinne verſtanden, die Grundlage und den Kern der Betrachtungen gebildet; zu groß wäre die Aufgabe geweſen, allen Wegen der Betrachtung in gleichem Maße gerecht zu werden, genug nur, wenn die Abſicht dahin ging, es in der Sache zu thun. Und ſo würde man doch irren, wenn man meinte, die Geſichtspunkte des theoretiſchen Weges ſeien hier allein, oder auch nur vorwiegend maßgebend geweſen; ſelbſt da war es nicht der Fall, wo ſie ſich in der Darſtellung allein geltend machen. Vielmehr war dies das oberſte maßgebende Princip, keine theoretiſche Folgerung zu geſtatten, die praktiſchen Forderungen widerſtrebte, wie aber auch umgekehrt die Vereinbarkeit der praktiſchen Forderungen mit theoretiſchen Folgerungen zu verlangen. Ja ich halte es unmöglich, auf einem Wege allein fußend, ſich im Gebiete der höchſten und letzten Dinge nicht zu verirren. Wie oft habe ich das gefühlt. Wie nahe lag es oft, in den Analogien vom Endlichen aufs Unendliche das, was an der Seite der Endlichkeit hängt, aufs Unendliche zu übertragen, und dieß dadurch ſelbſt in den Staub der Endlichkeit herabzuziehen; die ganze Lehre von einem Leben nach dem Tode konnte aus Erfahrungsgründen erſt gefolgert werden, nachdem ſie ohne Erfahrung ſchon gefordert war; denn der rohe Blick auf das Erfahrungsmäßige konnte nur das Gegentheil zu verlangen ſcheinen; und es konnte ohne die höhere praktiſche Forderung kein Anlaß ſein, ihn dahin zu erweitern und zu ſteigern, daß er nun ſeiner frühern Rohheit ſelbſt ſich ſchämen muß. Wie nahe lag es andrerſeits oft, die Forderungen des Menſchen hier und da mit göttlichen Forderungen zu verwechſeln. Nun hat das Hinüberblicken von einem Wege auf den andern beigetragen, auf jedem recht zu führen, und iſt der Irrthum nicht vermieden, iſt er doch vermindert. Zuletzt hat der ſcheinbare Conflict zwiſchen theoretiſchem und praktiſchen Wege ſich doch immer mindeſtens zur eignen Befriedigung in eine höhere Einheit auflöſen laſſen; was einer dem andern zu opfern ſchien, ward bald ſein höherer Gewinn, und zuletzt ergab ſich ſtets der beſte Zuſammenhang der theoretiſchen wie der praktiſchen Geſichtspunkte in ſich durch ihren Zuſammenhang unter einander.

Auch der Hinblick auf das Hiſtoriſche des Glaubens aber iſt nicht zu verachten, ja die hiſtoriſche Grundlage des Chriſtenthums über Alles zu achten. Was hülfe alles Reden von theoretiſchem und praktiſchen Wege, wären wir den rechten Weg nicht ſchon von Anfang an mit höherer Vernunft hiſtoriſch geführt, wir würden ihn mit aller unſrer neuen Vernunft nicht finden; ja hätten unſre neue Vernunft ſelbſt nicht gefunden. Das Ewige aber kommt nur zu uns in den Schuhen des Zeitlichen und geht nur unter uns damit, und wechſelt von Zeit zu Zeit die Schuhe, denn der Fuß wächſt im Schreiten und es zerreißt der Schuh; nun gilt es, wenn die Zeit des Wechſelns gekommen, nicht den Fuß zu ſchnüren in den Schuh, ſondern ihn daraus zu löſen; ſo wächſt alsbald ein neuer Schuh. Doch um Chriſtus auch nur den Schuhriemen zu löſen, und wer vermöchte mehr, gilt es vor Allem ſelber los ſein; da muß erſt die Vernunft die eignen Feſſeln brechen. Und aller menſchliche Verſuch wäre vergeblich, ginge nicht Chriſtus noch heutiges Tages lebendig nicht nur zwiſchen und unter uns, ſondern auch in uns, alſo, daß er durch uns an ſich ſelber thut, was wir an ihm zu thun meinen. So iſt mein Glaube

Ueber das Verhältniß dieſer drei Wege, die ich kurz, wenn auch nicht bezeichnend genug, den theoretiſchen, praktiſchen und hiſtoriſchen nenne, ließe ſich noch viel ſagen; auch Manches wohl, was noch nicht geſagt iſt; aber es würde zu weit führen. Einige Hauptgeſichtspunkte über ihre Verknüpfung ſind Th. 2. S. 251 ff. dargelegt. Alle drei Weiſen, die Wahrheit zu ſuchen, haben jedenfalls Fleiſch und Bein, was, wie ich glaube, vom Wege dialectiſcher Erörterung ſich nicht ſagen läßt; aber nur im Zuſammenwirken gibt dies Fleiſch und Bein ein lebensvolles Ganze.

Vielleicht vermißt man ſtrenge Definitionen der in dieſer Schrift vielfach gebrauchten allgemeinen Begriffe, wie Seele, Geiſt, Leben, Organismus, Zweckmäßigkeit, Individualität, Selbſtſtändigkeit, Bewußtſein, Freiheit, Willen, Kraft u. ſ. w. Im Allgemeinen gebe ich die Regel, die Worte in dem Sinne zu faſſen, der ſich am ungeſuchteſten nach dem Sprachgebrauche und Zuſammenhange darbietet, aus ihm ſo zu ſagen von ſelbſt verſteht. Mit allen Definitionen würde ich nicht mehr Klarheit und Beſtimmtheit zu erreichen gewußt haben. Ja ich habe einige Gründe gehabt, von Definitionen jener Begriffe möglichſt abzuſehen, nämlich folgende:

Alle jene Begriffe werden im Leben in ſchwankender Bedeutung, bald in weiterm, bald in engerm, bald in höherm, bald in niederm, bald in eigentlichem, bald in uneigentlichem Sinne gebraucht. Nun kann man freilich durch ſcharfe Definitionen ihre Bedeutung für wiſſenſchaftlichen Gebrauch abgränzen und ſich an das einmal Feſtgeſtellte halten. Aber theils wird es immer eine gewiſſe Beliebigkeit bleiben, Gränzen der Bedeutung feſtzuſetzen, wo ſie im lebendigen Sprachgebrauche nicht feſt liegen, und dieſem wird ſtets dadurch ein gewiſſer Zwang geſchehen, denn, wie ſich die Beziehungen wenden, liebt er die Bedeutungen zu wenden; theils wird man es ganz recht doch Niemand mit ſeinen Abgränzungen machen, der ſich ſchon ſelbſt etwas in dieſer Beziehung zurecht gemacht, und nun um ſo leichter um eitel Worte zanken, wenn man nicht mehr dieſelbe Sache zu treffen weiß, theils wird jede Definition von Begriffen jener Klaſſe, um ihrem Zwecke ſcharfer Beſtimmung zu entſprechen, auf weitere Definitionen der darin gebrauchten Begriffe rückführen, und ſo gar leicht eine ganze Philoſophie herauf beſchwören, wo es ſich doch nur um einen beſondern Gegenſtand derſelben handelt, und endlich mit den ſchärfſten Definitionen nichts in Betreff der Sachen, ſondern eben nur in Betreff der Sicherheit ihrer Bezeichnungen gewonnen ſein, obwohl man freilich hiervon oft das Gegentheil zu meinen ſcheint. Alle dieſe Weitſchichtigkeiten und theilweis Uebelſtände ſuchte ich zu vermeiden, indem ich die Worte ſich ſo zu ſagen überall ſächlich ſelbſt auslegen ließ, und man dürfte finden, daß dieſes Verfahren in der That nicht ſowohl benutzt worden iſt, im Trüben unbeſtimmter Begriffe zu fiſchen, als es zu vermeiden, da ſächliche Auslegungen doch viel weniger Unbeſtimmtheit laſſen als wörtliche, und der ſchönſte Bau in Worten oft vor einer einzigen Thatſache zuſammenfällt. Dabei gebe ich gern zu, daß die Schwierigkeit, welche in der ſichern Handhabung jener Begriffe überall liegt, auch bei unſerm Verfahren nicht hat vermieden werden können, und daß unſere Tendenz, von Definitionen möglichſt abzuſehen, ſelbſt vielleicht nur inſofern Rechtfertigung oder Entſchuldigung findet, als dieſe Schrift, ohne wiſſenſchaftlichen Geſichtspunkten widerſtreiten zu wollen, doch auf den Namen einer ſtreng wiſſenſchaftlichen gern verzichtet. Zuletzt muß ich an die Erfahrung appelliren. Ich glaube, daß man jedenfalls leichter verſtehen wird, was mit dem Ganzen und Einzelnen dieſer Schrift geſagt ſein ſoll, und mehr aus Realitäten darin argumentirt finden wird, als es in mancher andern Schrift über ähnliche Gegenſtände der Fall ſein dürfte, welche Definitionen aus Definitionen ſpinnt und damit doch zuletzt nur Worte aus Worten ableitet.

Nur über folgende Bedeutungen glaube ich ausdrücklich noch eine beſondere Erklärung geben zu müſſen.

Im weitern Sprachgebrauche gilt der Gegenſatz von Körper und Geiſt, Leib und Seele merklich gleich, und macht man demgemäß keinen beſtimmten Unterſchied zwiſchen dem Geiſt und der Seele des Menſchen, bezeichnet daſſelbe, dem Körper oder Leibe überhaupt gegenübergeſtellte, ſich ſelbſt erſcheinende Weſen damit. Ein engerer Sprachgebrauch aber unterſcheidet aus verſchiedenen Geſichtspunkten zwiſchen Geiſt und Seele, wobei der philoſophiſche Sprachgebrauch vom gewöhnlichen mehrfach abweicht, und der gewöhnliche ſelbſt verſchiedene Wendungen nimmt. Da uns indeß die Geſichtspunkte, aus denen dieſe Unterſcheidungen geſchehen, theils nicht beſonders beſchäftigen werden, theils durch andere Ausdrücke von uns gedeckt werden, erklären wir ausdrücklich, daß wir uns hier an den weitern Sprachgebrauch halten.

Wir verſtehen demnach in dieſer Schrift unter Geiſt und Seele unterſchiedlos daſſelbe, dem Körper oder Leibe überhaupt gegenüber gedachte ſich ſelbſt erſcheinende Ganze, welchem Empfinden, Anſchauen, Fühlen, Denken, Wollen u. ſ. w. als Eigenſchaften, Vermögen oder Thätigkeiten beigelegt werden, rechnen dazu alle Bewußtſeinsphänomene überhaupt im weiteſten Sinne des Wortes Bewußtſein, und nennen demgemäß auch geiſtig im weitern Sinne oder ſchlechthin, was unter die Kategorie von ſolchen fällt, ohne das ſinnliche Empfinden von dieſer weiteſten Bedeutung auszuſchließen, wohl wiſſend, daß dies im engern Sinne geſchehen kann und geſchehen muß; indeß wir zum Körperlichen, Leiblichen Alles rechnen, was als Object äußerer ſinnlicher Wahrnehmung faßbar iſt, oder einem ſolchen Objecte zukommt, in ein ſolches Object fällt, wie Bewegung und chemiſchen Proceß mit allen wägbaren und unwägbaren Subſtraten. Wir brauchen alſo hier die Ausdrücke Seele und Geiſt nicht in dem Sinne der Philoſophen, welche die Seele dem Geiſte als eine niedere Baſis unterordnen, ſondern bewirken die ſächlich entſprechende Unterordnung, wo ſie nöthig wird, durch die Unterordnung des Sinnlichen unter das Geiſtige im engern Sinne, oder um Niederes und Höheres unter ein Wort zu faſſen, wozu ſich oft das Bedürfniß herausſtellt, des niedrigern unter das höhere Geiſtige. Dieſe Unterordnung iſt allerdings ziemlich unbeſtimmt, aber auch die philoſophiſche Unterordnung von Seele unter den Geiſt kann erſt durch zutretende Erörterungen eine beſtimmte werden, und es findet darüber keine Einſtimmung unter den Philoſophen ſtatt.

Ferner gebrauche ich je nach Umſtänden und Bequemlichkeit gleichbedeutend mit obigem allgemeinen Gegenſatze von Körper und Geiſt, Leib und Seele auch die Ausdrücke Phyſiſches und Pſychiſches, Materielles und Ideelles, ohne zu verkennen, daß auch dieſe Ausdrücke im engern Sprachgebrauche abweichende Bedeutungen annehmen können, und von verſchiedenen Philoſophen in verſchiedenem Sinne gebraucht werden. Indeß, da es einmal nicht möglich iſt, hier auf etwas allgemein Gebräuchlichem und Feſtſtehenden zu fußen, muß wohl jeder ſeine Gränzen des Gebrauchs ſich ſelbſt ziehen, und ich ziehe hier mit Fleiß die weiteſt möglichen; um den Conflict, der zwiſchen verſchiedenen Weiſen der engern Beſtimmung ſtattfindet, möglichſt zu vermeiden.

In Betrachtung der materiellen und geiſtigen Welt und ihrer Erſcheinungen rechne ich Alles, was als Allgemeines daraus abſtrahirbar iſt, in die eine oder andere Welt mit ein, je nachdem es eben aus der einen oder andern abſtrahirbar, je nachdem es in die eine oder andere fällt, als Beſtimmung oder innere Relation derſelben anzuſehen, natürlich anerkennend, daß der Gedanke eines Abſtractum in uns ſtets ein Geiſtiges, Ideelles iſt. So iſt mir der Gedanke an die Zahl Fünf immer ein Ideelles; aber fünf Steine ſind mir ein Materielles, worin ich deshalb noch nichts Ideelles finde, weil ich die Zahl Fünf daraus abſtrahiren kann, da erſt mein bewußtes Denken die Fünf zum Ideellen (nach meiner Faſſung des Ideellen) macht, und eben nur der Gedanke daran dieſes Ideelle iſt. Mein Denken des Gravitationsgeſetzes iſt mir ein Ideelles, aber in den Bewegungen der Himmelskörper, die nach demſelben vor ſich gehen, finde ich darum noch nichts Ideelles, daß ich dieſes Gravitationsgeſetz daraus abſtrahiren und in meine Idee faſſen kann. Andre faſſen dies anders, ſofern ſie alles in die bewußte Idee aufnehmbare Abſtracte, Allgemeine ideell nennen, auch objectiv ins Gebiet der materiellen Welt fallend gedacht, wie Kräfte, Geſetze, Relationen der Körperwelt, welchem gemäß ſie einen reichen ideellen Gehalt in der Natur finden, ohne ihr doch ein Bewußtſein dieſes ideellen Gehalts, als welches vielmehr nur in uns liege, beizulegen. So ſagt Schaller (Briefe

S. 37): „Die Kraft (es iſt die Rede von Kraft in der Natur) iſt der innere Grund beſtimmter Erſcheinungen, ſie iſt alſo weſentlich ein Allgemeines, Ideelles,“ und (S. 36): „ſchon der Lebensproceß für ſich (abgeſehen von Seele, welche Schaller z. B. den lebenden Pflanzen nicht beilegt) iſt ein ſelbſtſtändiger ideeller Gehalt, eine energiſche, productive, ſich ſelbſt durchführende Allgemeinheit.“ Ich rechne dagegen die Kräfte der Körper ins materielle, und nur die des Geiſtes ins ideelle Gebiet. Ob ſo oder ſo bleibt zuletzt eine Sache willkürlicher Definition des Ideellen; mein Gebrauch ſcheint mir eine Reſtriction, der andere Gebrauch eine Erweiterung des gewöhnlichen Sprachgebrauchs; ſowohl jene Reſtriction als dieſe Erweiterung aber hängt mit der Conſequenz und Bequemlichkeit des Syſtems zuſammen, worein der Gebrauch des Wortes eingeht. In der That verſteht man im Leben unter ideell auch oft etwas, was nach unſerer Faſſung nur Ausdruck einer Idee im Körperlichen ſein würde; geht aber andererſeits nicht ſo weit, Kräfte der Körperwelt und alles aus der Körperwelt Abſtrahirbare überhaupt ideell zu nennen. Beharrungsvermögen, Stoßkraft, Elaſticität werden nach dem Sprachgebrauch ins materielle, körperliche, nicht ideelle Gebiet eingerechnet, unbeſchadet deſſen, den Gedanken daran ideell zu nennen, wie wir thun. Jedenfalls ſcheint mir der von mir eingehaltene Gebrauch beſſer geeignet, Begriffsverwechſelungen zwiſchen Bewußtem und Bewußtloſen, Subjectiven und Objectiven zu verhüten; doch verlange ich nur, daß unſer Sprachgebrauch in unſerem Zuſammenhange anerkannt werde.

Freiheit brauche ich im Allgemeinen eben ſo unbeſtimmt, als ſie gebraucht wird, und ſuche nur den verſchiedenen Wendungen, welche Einwürfe, die ſich an ihren Begriff in verſchiedenen Faſſungen knüpfen können, durch eben ſo viele Wendungen zu begegnen, ohne das Weſen des Begriffs ſelbſt im Laufe dieſer Erörterungen fixiren oder klären zu wollen. Was ich in dieſer Beziehung zu ſagen, habe ich an einem beſondern Orte (XIX, C.) geſagt. Bei der wirklich großen Vieldeutigkeit des Wortes könnte keine beſtimmte Fixation des Begriffs dem in ſich ſelbſt ganz unklaren Sprachgebrauche Genüge thun, der vielmehr eben die entſprechende Begriffsverwirrung ſelbſt ganz gut ausdrückt, die im gemeinen Bewußtſein darüber ſtatt hat.

Ueber die verſchiedenen Bedeutungen des Gottesbegriffs iſt hinreichend Th. I. S. 327 f. geſprochen, und es iſt inſofern gut, darauf Rückſicht zu nehmen, als man je nach dem verſchiedenen Gebrauche dieſes Begriffes in verſchiedenem Zuſammenhange leicht ſächliche Widerſprüche zu finden meinen könnte, die blos im Worte liegen. Der Gottesbegriff wird aber ſchon im gewöhnlichen Sprachgebrauche ſo verſchieden in verſchiedenem Zuſammenhange gebraucht, daß ſich dem entziehen wollen, zu ſehr gezwungenen Wendungen geführt haben würde. So viel möglich, haben wir auch hierbei das Sächliche im Sinne des Sprachgebrauchs auszudrücken geſucht; aber nur durch den Zuſammenhang der ganzen Schrift kann das Einzelne ſelbſt hierbei in triftigem Zuſammenhange erſcheinen.

Berichtigungen. *

Zum erſten Theile:

S. 192 Z. 10 v. u. ſt. Weſen l. Weiſe
» 206 » 14 v. u. ſt. iſt l. thut.
» 207 » 3 v. o. ſt. dieſe halb aufgefaßte l. dieſer halb aufgefaßten.
» 294 » 3 v. u. ſt. iſt uns l. in uns.
» 320 » 13 v. u. ſt. ihre l. ihr.
» 388 » 10 v. u. ſt. der Menſchen l. des Menſchen.
» 413 » 7 v. u. ſt. wir mit l. wir ganz mit
» 416 » 2 v. o. ſt. anerkennen l. erkennen
» 416 » 8 u. 9 v. o. ſt. Erſcheinung l. Selbſterſcheinung
» 457 » 15 v. u. ſt. brauchen l. gebraucht

Zum zweiten Theile:

S. 107 Z. 6 v. o. ſt. ideellſten l. edelſten
» 228 » 5 v. u. ſt. nne l. nur

---

* Ich benutze dieſe Gelegenheit, mehre Druckfehler auch in einigen frühern Schriften nachträglich zu verbeſſern, mit welchen die jetzige in Beziehung ſteht.

Im »**Büchlein vom Leben nach dem Tode**«:

S. 25 Z. 1 v. o. ſt. ein l. einen, S. 26 Z. 10 v. u. ſt. binden l. bilden. S. 28 Z. 3 v. o. ſt. frey, und l. frey. Und. S. 30 Z. 3 v. u. ſt. Mittelpunkt l. Mittelpunkte. S. 39 Z. 5 v. u. ſt. Mehrer l. Mehrerer

In »**Nanna**«:

S. 20 Z. 10 v. o. ſt. müßte l. mußte. S. 33 Z. 15 v. o. ſt. begleite l. begleitende. S. 119 Z. 5 v. u. ſt. Thiere l. Pflanzen. S. 136 Z. 12 v. u. ſt. in ſich l. um ſich. S. 198 Z. 3 v. o. ſt. wenig l. weniger; S. 200 Z. 1 v. u. ſt. jene l. jenes. S. 258 Z. 2 v. u. ſt. aufgeſtülpte l. ausgeſtülpte S. 260 Z. 9 v. o. ſt. dieſe l. ihre. S. 260 Z. 12 v. o. ſt. beſtimmter l. beſtimmten. S. 368 Z. 3 v. u. ſtreiche weg: (die Hauptſache) S. 366 Z. 6 v. o. ſt. der Pflanze l. den Pflanzen

* * *

S. 230 » 2 v. u. ſt. zieht, ſich l. zieht ſich.
» 237 » 1 v. u. „Dieß würde für unſer kleines Gehörorgan u. ſ. w.“ — Dieſe Bemerkung iſt untriftig.
» 277 » 13 v. u. ſt. ſl. S. 278 l. S. 278 ſl.
» 279 » 15 v. o. ſt. aber l. oder
» 281 » 2 v. o. ſt. Fehle l. Fehlen
» 281 » 4 v. o. ſt. näher, ſo l. näher ſo
» 363 » 7 v. o. ſt. begeifflich l. begrifflich
» 368 » 3 v. o. ſt. phyſioloiſchen l. phyſiologiſchen

Zum dritten Theile:

S. 13 Z. 1 v. u. ſt. ein Wallen l. eine Welle
» 33 » 12 v. u. nach ſchließt, ſchalte ein: und ſein Anſchauungsleben hiermit erliſcht,
» 45 » 7 v. o. ſt. einem l. unſerm dieſſeitigen
» 75 » 5 v. u. ſt. ankennen l. anerkennen.
» 78 » 6 v. o. ſt. werden l. ſein.
» 100 » 6 v. o. ſt. bilebt l. bleibt
» 120 » 4 v. u. ſt. Contium l. Continuum
» 153 » 8 v. o. ſt. vielmehr l. viel mehr
» 165 » 5 v. o. ſt. hinausreiſen l. hinausgreiſen
» 237 » 12 v. u. ſt. Thatſachen l. Thatſache

Inhaltsverzeichniß.

Erſter Theil.

Ueber die Dinge des Himmels. Erſter Theil.

Seite
I. Eingang 1
II. Vorläufige Betrachtungen 14
III. Vergleichende phyſiſche Erd- und Himmelskunde . . . 48
IV. Die Seelenfrage 179
V. Die Erde, unſre Mutter 226
VI. Von den Engeln und höhern Geſchöpfen überhaupt . 234
VII. Vom höhern übergreifenden Bewußtſein 259
VIII. Vom höhern Sinnlichkeitsgebiet und Willen 283
IX. Vom Zuſtande, Gange und Ziele der Entwickelung der Erde 312
X. Vom Stufenbau der Welt 319
XI. Von Gott und Welt 326
  A. Begriffliche Geſichtspunkte 327
  B. Oberſtes Weltgeſetz und Beziehungen deſſelben zur Freiheit. Gründe für das Daſein Gottes . 337
  C. Gott als oberſtes Weſen in Verhältniß zu den Welteinzelheiten 363
  D. Allgemeine Bewußtſeinsverknüpfung in Gott . . . 371
  E. Höchſte Bezüge der Einzelweſen zu Gott 373
  F. Entwickelungsgang des göttlichen oder Weltbewußtſeins 390
  G. Die Güte Gottes und das Uebel in der Welt . . 396
  H. Was heißt in engerm Sinne Gottes ſein und wider Gott ſein? 408

Seite

I. Gott als Geiſt in Verhältniß zu ſeiner materiellen Erſcheinungswelt. 410
K. Die Natur nach ihrer Tiefe und Fülle als Ausdruck des göttlichen Geiſtes. 424
L. Das Unbewußte und Todte in der gottbeſeelten Natur. 429
M. Die Weltſchöpfung. 430
N. Frage, ob die zweckmäßigen Naturſchöpfungen durch bewußte Schöpferthätigkeit oder durch unbewußt wirkende Kräfte der Natur hervorgegangen ſind. 435
O. Ueber das Bedenken, daß Gottes Geiſt durch Anknüpfung an die Natur mit der Schwere derſelben belaſtet, durch die Nothwendigkeit derſelben gefeſſelt werde. 471

Zweiter Theil.

Ueber die Dinge des Himmels. Zweiter Theil.

XII. Religiös-praktiſcher und poetiſcher Geſichtspunkt. 1
XIII. Chriſtliche Dinge. 31
XIV. Schlußbetrachtungen. Hiſtoriſches. 68
XV. Anhang zum dritten Abſchnitt.
  A. Zuſätze über äſthetiſche Beurtheilung der Geſtalt und Farbe der Erde. 104
  B. Ueber das feſte Gerüſt der Erde. 109
  C. Ueber das Flüſſige der Erde. 124
  D. Ueber die Luft. 128
  E. Ueber die unwägbaren Potenzen. 140
  F. Ueber die Entwickelung der Erde. 164
  G. Selbſterhaltungsprincip im Sonnenſyſtem. . . 171
XVI. Anhang zum fünften Abſchnitt.
  Einige Ideen über die erſte Entſtehung und die ſucceſſiven Schöpfungen des organiſchen Reiches der Erde. 174

Seite
XVII. Anhang zum achten Abſchnitt.
Zuſatzweiſe Betrachtungen über das Sinnesgebiet der Erde. 207
XVIII. Anhang zum neunten Abſchnitt.
Zuſätze über den Stufenbau der Welt. 241
XIX. Anhang zum elften Abſchnitt.
A. Praktiſches Argument für die Exiſtenz Gottes und eines künftigen Lebens. 251
B. Zuſatz über das oberſte Weltgeſetz und deſſen Beziehungen zur Freiheit. 258
C. Ueber die Freiheitsfrage aus praktiſchem Geſichtspunkte. 293
D. Grundanſicht über das Verhältniß von Körper und Geiſt. 312
a) Darlegung. 313
b) Vergleichung. 340
c) Begründung und Bewährung. 362
1. Zuſatz. Ueber die nähern phyſiologiſchen Bedingungen der objectiven körperlichen Erſcheinung. 368
2. Zuſatz. Kurze Darlegung eines neuen Principes mathematiſcher Pſychologie. 373
XX. Ueberblick der Lehre von den Dingen des Himmels. 387

Dritter Theil.

Ueber die Dinge des Jenſeits.

Vorwort.
XXI. Ueber die Bedeutung des menſchlichen Todes und das Verhältniß des künftigen zum jetzigen Leben. 1
XXII. Entwickelung der Analogie des künftigen Lebens mit einem Erinnerungsleben. 44
A. Verhältniſſe der jenſeitigen Geiſter zum höhern Geiſt und zu einander. 46

Seite
B. Verhältniſſe der jenſeitigen zur dieſſeitigen Geiſterwelt. 66
C. Ueber die Beziehungen der jenſeitigen Geiſterwelt zur dieſſeitigen Sinneswelt und die höhere Wirklichkeit. 84
XXIII. Von der leiblichen Unterlage des künftigen Lebens. 107
A. Von der jenſeitigen Leiblichkeit, wie ſie auf dieſſeitigem Standpunkt erſcheint. 109
B. Von der jenſeitigen Leiblichkeit, wie ſie auf jenſeitigem Standpunkt erſcheint. 135
XXIV. Schwierigkeiten verſchiedener Art. 155
A. Frage, wie der Menſch ſeine innere Bildung und Entwickelung ins Jenſeits hinüber nehmen kann. 158
B. Fragen, die ſich an die Zerſtörung des Gehirns im Tode, das Leiden und Altern des Geiſtes mit dem Körper knüpfen. 169
C. Frage, wie die Exiſtenzen des Jenſeits unbeirrt durch einander beſtehen können. 185
D. Frage, wiefern der Tod unſers jetzigen Leibes ein Erwachen unſers künftigen mitführen könne. 196
XXV. Analogien des Todes mit der Geburt. 225
XXVI. Ueber die gewöhnlichen Verſuche die Unſterblichkeitslehre zu begründen. 234
XXVII. Directe Begründung der Unſterblichkeitslehre. . . 262
XXVIII. Praktiſche Geſichtspunkte. 280
XXIX. Vergleichung. 292
XXX. Bezugspunkte unſerer Lehre zur chriſtlichen Lehre insbeſondere. 387
XXXI. Ueberblick der Lehre von den Dingen des Jenſeits.
XXXII. Glaubensſätze. 394

I. Eingang.

Ich habe früherhin, der gewöhnlichen Meinung gegenüber, behauptet, daß die Pflanzen beſeelte Weſen ſeien. Nun behaupte ich, daß auch die Geſtirne es ſind, mit dem Unterſchiede nur, daß ſie eine höhere Art beſeelte Weſen ſind, als wir, indeß die Pflanzen eine niedrigere Art.

Dieſe Behauptung iſt nicht eine blos nachträgliche, vielmehr mit der frühern aus derſelben Wurzel erwachſen, und tritt hier in derſelben Abſicht auf, über die gewöhnliche Anſicht der Naturdinge in eine andre hinauszuführen, die mir gewinnbringender erſcheint. Es iſt nur zum kleinen ein größeres Fenſter, was ſich hier zur Ausſicht in das weite Seelenreich und Seelenleben einer Natur eröffnet, die man freilich ſeit lange gewohnt iſt, dunkel, kalt und todt einigen lichten Seelenpuncten gegenüber zu halten. Zu dieſen Seelenpuncten ſollen nun die Seelenſonnen kommen, von denen die Puncte ſelbſt erſt ihr Licht haben.

Zunächſt zwar erſcheint unſere Behauptung abſurd. Wie ſollte ſie nicht! Sie widerſpricht noch mehr, als jene frühere, Anſichten, von denen ſich beherrſchen zu laſſen, uns ſchon zur andern Natur geworden iſt. Und iſt Gewöhnung Recht, ſo haben wir von vorn herein und in aller Weiſe Unrecht.

Inzwiſchen ſind zwei Fälle möglich: entweder die Behauptung oder die herrſchenden Anſichten ſind falſch, mithin zu ändern. Ich behaupte und verlange nun das Letztere, und, ſofern der Widerſpruch ſich aus dem ganzen Grunde und der ganzen Ausdehnung der herrſchenden Anſichten erhebt, gilt es auch eine entſprechende Aenderung derſelben. Aber iſt dies Verlangen nicht noch abſurder?

Ehe man abſpricht, beherzige man Folgendes: unſere Behauptung widerſpricht herrſchenden Anſichten; aber kann das gegen ſie beweiſen, wenn ſich dieſe ſelbſt ſo ſehr widerſprechen? Sie verſteht ſich mit keiner, aber verſtehen ſich dieſe unter einander? Was will unſre Frage? Sind gewiſſe Materienhaufen beſeelt oder nicht? Alſo um die Beziehung von Materie und Seele handelt es ſich hier nur in einem beſonders wichtigen Falle. Wie aber ſteht es um das ganze Gebiet der hieher gehörigen Fragen? Giebts darin nicht blos Widerſprüche und Unklarheiten? Ihr Meer möchte ſich immer erſchöpfen und leeren, und gebiert doch immer nur ein neues Meer von Widerſprüchen und Unklarheiten. Der Wind, der dieſes Meer beſchwichtigen, oder vielmehr in einem neuen zuſammenhängenden Zug treiben ſoll, kann nun nicht aus dem Meere ſelber kommen. Er muß Allem widerſprechen, was darin iſt, um Alles zu einigen, was darin iſt.

Oder wie? verſteht und einigt ſich wohl die Religion mit der Naturwiſſenſchaft, die Philoſophie mit der Religion, die Philoſophie mit der Naturwiſſenſchaft, oder auch nur jede derſelben in ſich recht darüber, wie das Verhältniß des göttlichen Geiſtes zur Natur, der menſchlichen Seele zum menſchlichen Leibe in der Schöpfungsfrage, der Unſterblichkeitsfrage, der Frage über das Walten materieller und ideeller Kräfte in Welt und Leib zu faſſen ſei. Ja wiſſen wir nur, was in unſerm eigenen Leibe eigentlich beſeelt zu nennen ſei, ein Punkt im Gehirn, ein Stück im Gehirn, das ganze Gehirn, das ganze Nervenſyſtem, der ganze Leib? Oder ſind die Anſichten des gemeinen Lebens klarer über alle dieſe Punkte, als die wiſſenſchaftlichen und religiöſen? Sind nicht vielmehr alle Haupt-Widerſprüche der wiſſenſchaftlichen und religiöſen in ſie übergegangen? Natürlich, daß, wenn unſere Weiſen, die Beziehungen des Leiblichen und Geiſtigen zu faſſen, überall unklar und verwirrt ſind, wie ſie es gewiß ſind, auch grobe Irrungen überall unvermeidlich ſind. Wir leugnen die Pflanzenſeelen, weil die Pflanzen unſere Anſprüche an die grobe oberflächliche Analogie mit uns ſelber nicht befriedigen; aus demſelben Grunde leugnen wir die Seelen der Geſtirne. Aber eben die Unmöglichkeit, beim Fortfußen auf ſolch grober Analogie zu einer in ſich zuſammenhängenden, für Religion, Philoſophie und Naturwiſſenſchaft zugleich durchgehends befriedigenden Grundanſicht zu gelangen, ſollte uns über dieſelbe hinausführen. Und nun ſage ich: in demſelben allgemein befriedigenden Zuſammenhange, in dem die Seele der Pflanzen liegt, liegt auch die Seele der Geſtirne. Es fodert nur, weil die Analogie hier noch mehr von der Oberfläche zurücktritt, ein Zurückgehen in noch größere Tiefe. Wir können uns hier nicht mehr auf Aehnlichkeiten im Zellenbau, im Wachsthums-, im Fortpflanzungsproceß, berufen, woran ſich die Analogie zwiſchen Thier und Pflanze noch gröblich halten konnte; die ganze Erde mit ihren Proceſſen tritt aus dem heraus, was wir *gewöhnlich* als organiſchen Proceß und hiemit als *möglichen* Träger von Leben und Seele zu faſſen pflegen: ſoll ſie, ſollen ihre Geſchwiſter, dennoch Leben und Seele beſitzen, ſo muß das Vermögen der Seele und des Lebens noch weiter und tiefer als durch jene Erſcheinungsweiſen reichen, und ſicher iſt es ſo.

Der gemeine Verſtand zweifelt freilich gar nicht, daß die Geſtirne todte Maſſen ſind, und da er den Himmel mit dieſen todten Maſſen gefüllt ſieht, weiß er nicht mehr, wo Gott und Engel ſuchen. Er treibt ſie nun aus der Welt, ja aus der Wirklichkeit hinaus. Er hält dieſe weltverödende Anſicht für die ſich von ſelbſt verſtehende, natürliche, weil er ſie mit der Muttermilch eingeſogen hat; es ſcheint ihm Thorheit, nur zu überlegen, ob es nicht auch anders ſein könne. Aber iſt dieſe Anſicht denn auch wirklich die natürliche? die beſchränkte Analogie, auf der ſie fußt, die urſprüngliche, dem Menſchen von ſelbſt kommende? Liegt ihr etwa ein eingeborner Inſtinct unter? hat nicht vielmehr unſer Inſtinct abgenommen, wie unſere Verſtändigkeit gewachſen iſt? und ſind nicht, wie ſie gewachſen iſt, auch die Wirren unſers Verſtandes gewachſen? Ja geben wir doch dem urſprünglichen Natur-Inſtinct ſeine Ehre, denn ſicher iſt er ein gotteingeborner, aber gerade der Natur-Inſtinct leitet eben dahin, wohin uns unſere Betrachtung leiten wird. Die Natur-Anſicht der Völker iſt gerade, daß die Geſtirne beſeelt, in höherm Sinne beſeelt ſind als wir. Ja, ſo wenig es jetzt noch der Gründe zu bedürfen ſcheint, die Beſeelung der Geſtirne zu verwerfen, ſo wenig bedurfte es derſelben anfangs, ſie anzunehmen Kann aber das jetzt ohne Gründe verworfen werden, was von vorn herein keiner Gründe bedurfte, um den Menſchen einzuleuchten. Dazu mußten doch hinter unſern, gerade in dieſem Bezirke ſo bodenlos ſchwankenden, und ſich wechſelſeitig nur bekriegenden, nicht ſtützenden Schlüſſen Realgründe in der unirrbaren eingebornen Natur der Menſchen und Dinge liegen. Nun mögen wir, zu ſchließen beginnend, über die urſprüngliche Anſicht hinausgehen; aber kann es nicht, ja muß es nicht ſein, dereinſt mit entwickeltem Bewußtſein darauf zurückzukommen? Sind wir am Ende unſrer Schlüſſe, unſrer Bildung?

Freilich ſieht die Welt, die ſich jetzt die gebildete nennt, mit tiefer Verachtung herab auf jenen Kinderglauben der Menſchheit, der überall Seele in der Natur fand, wie wir es wieder thun, und in Sonne, Mond und Sternen individuelle göttlich beſeelte Weſen ſahe, wie wir es auch wieder thun. Daß wir es thun, wird uns ſelbſt werfen laſſen unter die Narren und Kinder. Doch iſt in den Narren und Kindern manchmal mehr Wahrheit als in den Weiſen und Greiſen.

Erinnern wir uns des inhaltſchweren Wortes: was kein Verſtand der Verſtändigen ſieht, das ſiehet in Einfalt ein kindlich Gemüth, und dazu noch des zweiten, daß Anfang und Ende in einander zu greifen pflegen. Der ganz entwickelte Vogel legt daſſelbe Ei wieder, aus dem er erſt erwachſen iſt. Alles Wiſſen, alle Religion iſt aus jenem Kinderglauben erwachſen, und wird zuletzt jenen Kinderglauben wieder erzeugen, aber nur aus der Fülle der Entwickelung wird es ſein können. Inmitten über der Arbeit, das Ei in ſeine Folgerungen klar zu zerlegen, den Vogel zu bilden und auszuarbeiten mit ſeinen Flügeln, ſeinem Schnabel, geht das Ei verloren. Erſt wenn Alles klar und rein ſich auseinandergeſetzt hat, kommt es wieder, und das Leben der Menſchheit beſteht in dieſer Entwickelung.

Doch heben wir es ſpätern Betrachtungen auf, welche Bedeutung dieſer Geſichtspunkt für uns haben muß; nur daß wir ihn nicht überhaupt bedeutungslos halten. Jedenfalls, um darauf pochen zu können, daß die ſpäte Lehre des Menſchen mehr Recht hat, als die urſprüngliche der Natur, müßte jene eine andere Haltbarkeit und Einſtimmung in ſich zeigen, als es der Fall.

Die Hauptſchwierigkeit unſrer Aufgabe liegt nach Allem darin, daß wir gewohnt ſind, die Seele nicht als Regel, ſondern als Ausnahme in der Natur zu betrachten. Iſt die ganze Natur beſeelt, ſo handelt es ſich nur noch um die Frage, was nun individuell darin beſeelt iſt, und auf welcher Stufe der Beſeelung es gegen Andres ſteht. Nun ſind die Geſtirne für die einfachſte Anſchauung wie für die gründlichſte Prüfung, der wir uns nicht entziehen werden, ſelbſtſtändigere Geſchöpfe als wir, und uns übergeordnet, weil wir, recht betrachtet, ſelbſt nur ihre Glieder. Iſt alſo Alles beſeelt, ſo ſind ſie ſicher auch ſelbſtſtändigere und höher beſeelte Glieder dieſes Ganzen, als wir. Da iſt keine Schwierigkeit, als die, welche man ſich macht. Und zu aller Zeit, wo die Natur ſelbſtverſtehend für beſeelt galt, galten auch die Geſtirne ſelbſtverſtehend für höher beſeelte Weſen. Wie ſollen wir dagegen die Glieder lebendig halten, wenn wir den ganzen Leib für todt halten, und nur uns die letzten zerſtreuten Spitzen dieſer Glieder für lebendig, ja wohl deshalb ihn für todt halten, weil wir ſelbſt lebendig ſind; den Baum für todt, weil die Blätter leben. Statt unſer Leben als genährt aus dem größern Leben, ſtatt unſre Individualität als geeinigt und getragen durch die größere Individualität anzuſehen, ſtatt unſre Selbſtſtändigkeit und unſer Bewußtſein für ein Zeichen zu halten, daß das, was ſo Selbſtſtändiges, Bewußtes aus ſich gebiert und doch als Momente in ſich behält, noch ſelbſtſtändiger und bewußter ſein müſſe, als alle ſeine Ausgeburten, halten wir Alles außer unſerm Leben nur für eine Schlacke des Lebens, ſehen wir in unſrer Individualität und Selbſtmacht und unſerm Bewußtſein nur einen Widerſpruch gegen eine höhere Individualität und Selbſtmacht und ein höheres Bewußtſein. Und wenn die Allmacht der Beziehungen, die durch die ganze Welt gehen, den Philoſophen dennoch zwingt, einen Geiſt der Menſchheit, der Geſchichte, und über Alles der Welt anzuerkennen, was iſt dieſer bewußtloſe Geiſt mit bewußten Einzel-Momenten, deſſen Außerſich, nicht Aeußerung die Natur, anders als ein Widerſpruch in ſich ſelbſt oder ein hohles Wort, das noch in keiner individuellen Geſtaltung ſich lebendig ausgewirkt, ſtatt deſſen uns die beſten Glaubensgüter geraubt, das klarſte Wiſſen verwirrt hat. Oder wenn wir, den Eintauſch verſchmähend eines Gottes, der nicht beſſer und weiſer als wir, auf richtig an einen allwiſſenden, allgegenwärtigen, allwaltenden Gott glauben, durch den Alles iſt, was iſt, durch den die Sonnen gehen und die Meere fluthen, dem jede Falte unſers Herzens klar, ja klarer wie uns ſelber; was hat die Natur von ſeiner Allgegenwart und ſeinem Wirken, wenn auch dies Wort ein todtes bleibt, Gott doch leiblos auf der einen Seite, die Natur geiſtlos auf der andern bleibt, und was frommt es uns, wenn unſer und aller individueller Geiſt von Gott vielmehr abgefallen, als innerlich getragen iſt. Alle Vorderſätze geſtehen wir zu, keine Folgerungen ziehen wir, oder nur ſolche, die den Vorderſätzen widerſprechen. Wie kann ſolche Lehre Leben und Frieden gewinnen und geben. Da welkt alle Pflanze; da verſteinern die Geſtirne; da wird uns unſer eigner Leib für den Geiſt zu ſchlecht und nur noch ein Gehäuſe für die Sinne; da wird das ganze lebendige Buch der Natur uns nur noch zu einem Lehrbuch der Mechanik, und die Organismen ſeltſame Ausnahmen darin; über Alles aber da bleibt eine Scheidewand zwiſchen Gott und uns: unſere Wünſche und Gebete verblaſſen, durch den hohlen leeren Raum zu ihm aufſteigend; gräuliche Bilder von ewiger Verdammniß ſtatt von beſſernder Zucht befangen uns; Verſtand und Herz liegen ewig um Gott im Hader, und was das eine glaubt und will, verſagt das andre.

Iſt es denn nicht verzeihlich wenigſtens, an eine Lehre zu denken, die, ſtatt ſich mit den beſten, höchſten und ſchönſten Gedanken unſerer Religion in Widerſpruch zu ſetzen, auf ihrer Wahrheit fußen, nicht ihre Worte blos immer im Munde, ſondern ihre Gedanken ins Leben führen möchte, hiemit aber freilich zugleich Verſöhnung unſers Glaubens bringen möchte mit einem andern Glauben, den wir immer nur hochmüthig verachtet oder feindlich bekämpft haben, und der doch auch ſein Theil von Gott hat. Da erkennte der Chriſt auf einmal in dem Heiden wieder ſeinen Bruder, der wie er ein Auge auf Gott hatte, und, indeß er, der Chriſt nach dem Höchſten blickte, im Niedern noch Gottes Spur feſthielt, und wird nun gewahr, daß Gott überhaupt nicht blos oben, nicht blos unten, nicht blos außer, nicht blos in den Menſchen iſt, daß er wahrhaft Alles iſt in Allem, der wahrhaft Einige, Ewige, Allgegenwärtige, Allwiſſende, Allmächtige, Alliebende und Allgerechte. Im Ganzen freilich vergaß es der Chriſt nie, aber ins Einzelne bildete er es nie durch, indeß der Heide es in tauſend Einzel-Anwendungen durchgebildet und nur im Ganzen immer vergeſſen hat. So ſchwände auf einmal mit dem Zwieſpalt beider Religionen der Zwieſpalt, den jede in ſich ſelbſt trägt: was jede an ihrer eignen Erfüllung noch vermißt, das fände ſie erfüllt in der andern, und der Vernichtungskrieg beider würde zu einem Frieden, wo jede nur die Mängel der andern hebt, den Gewinn der andern theilt: von Seiten des Heidenthums freilich ein Gewinn, den es nur mittelſt der Wiedergeburt in dem Chriſtenthum und aus dem Chriſtenthum wird zu erlangen im Stande ſein.

Doch es iſt nicht meine Abſicht, hier von der Höhe des Geſichtspunktes auszugehen, wo Gott als der allwaltende Hort alles Lebens, alles Geiſtes in aller Natur wahrhaftig auftritt. Suchen wir hier nur wieder eine Stufe von unten dazu zu bauen. Wer nicht von unten aufſteigt, ſchwindelt auf der Höhe. Nicht um die Seele, das Leben des Ganzen wird es ſich hier handeln, ſondern ein individuelles Seelenleben in dem Ganzen. Wo von Leben die Rede, meinen wir ein ſolches, nur immer ein vom Ganzen getragenes, und was uns darauf hinweiſt. Auch würde eine erſchöpfende Unterſuchung über die Gegenſtände, die hier zur Sprache kommen werden, weiter greifen, als die Abſicht dieſer Schrift greift, deren Gründe überall nicht aus dem Letzten, ſondern aus dem Erſten hergeholt werden. Sie macht nicht den Anſpruch, den Panzer der Verhärtung, der uns gegen das Naturleben abſchließt, durch ſchwere Schläge zu ſprengen, ſondern nur durch ſo viel Ritze, als noch darin verblieben, ſo viel Gedanken und Anſchauungsweiſen, als ſich darbieten wollen, einzuniſteln, die ihn lockern mögen. Wie könnte ich mir auch einbilden, mit den, für den gewöhnlichſten Verſtand berechneten, einfachen Betrachtungen, die ich hier darbieten werde, und welche ſich keine Philoſophie als die frühſte auch nur die Mühe genommen hat, aufzunehmen, eine Revolution durchſetzen zu können, die weit über die Wiſſenſchaft hinausgreifen müßte, eine verjährte, mit allem unſern Leben und Denken verwebte, Betrachtungsweiſe von Natur und Geiſt entwurzeln zu können, in der wir Alle erzogen und groß geworden ſind. Ich geſtehe ja ſelbſt, die folgenden Betrachtungen werden nichts Zwingendes haben für den, der widerſtreben will, und in wem wird nicht ſchon die Gewohnheit widerſtreben? auch wünſche ich nur, daß ſie etwas Anregendes haben. Man verfolge ſie im Scherz, und ſie werden doch vielleicht einige ernſthafte Gedanken hinterlaſſen. Müſſen doch überhaupt jeder Revolution Verſuche dazu vorausgehen, die nicht gleich das Gelingen mitführen, aber es vorbereiten helfen. Ein erſter Verſuch findet weder die Zeit reif genug zum Gelingen, noch iſt er ſelbſt reif genug, das Gelingen zu verdienen. Dies wird auch von dieſem Verſuche gelten, in dem mit noch kindiſchen Händen ein Spiel von hohem Sinn gewagt wird.

Ich ſage, die folgenden Betrachtungen werden nichts Zwingendes haben für den, der widerſtreben will. Sie können es ſogar nicht haben. Es widerſpricht der Natur ihres Gegenſtandes. An die Seele der Geſtirne glauben, wird ſtets nur Glaubensſache bleiben. Und genügt es, einen Glauben zu verwerfen, weil er immer nur Glauben zu bleiben beſtimmt iſt, ſo iſt auch über den unſern von vorn herein der Stab gebrochen. Der Glaube an die Seele der Geſtirne ſteht aber in der That in dieſer Hinſicht nur ganz auf derſelben Stufe, als der Glaube an andere Seelen als meine eigne, ja ſogar an meine eigne Seele jenſeits und einen Gott über uns. Das heißt: Alles das läßt ſich nie und nimmer mit Händen greifen, naturhiſtoriſch darlegen und abbilden. Es iſt ſo wenig exact erweislich, daß ein anderer Menſch, ein anderes Thier eine Seele hat, als daß ein Stern eine ſolche hat. Nur von meiner eignen Seele weiß ich und werde ich je erfahrungsmäßig wiſſen können. Jede andere ſtellt ſich mir blos im leiblichen Scheine dar, und kein Experiment läßt mich im Scheine das Scheinende ſelber erkennen. Wenn wir über unſere eigene Seele hinaus an irgend welche Seele glauben, ſo können nur Analogieen und Zuſammenhänge, die den Verſtand und das Gemüth befriedigen, nach mehr als einer Seite befriedigen, uns dahin leiten, oder Gewohnheit ſolche Leitung entbehrlich machen. Nun freilich, wie Gewohnheit jede Leitung entbehrlich machen kann, wir erwachſen und athmen in einem Glauben, wie in der Luft, ſo kann ſie uns auch dagegen unempfänglich machen. So ſteht es mit dem Glauben an die Seele der Geſtirne.

Auch das iſt wahr, die Bedürfniſſe des Verſtandes und des Herzens, die uns an die Seele unſerer Nebenmenſchen, an unſere eigene Seele jenſeits und einen Gott über uns glauben laſſen, ſind dringender, ja nöthigender, als die Bedürfniſſe, die uns an die Seele der Geſtirne glauben laſſen, und werden es immer bleiben. Aber wie, wenn wir, ſuchend nach einem Zuſammenhange, der jene dringenden Bedürfniſſe am beſten befriedigte, die Seele der Geſtirne ſelbſt als bindendes Mittelglied darin erkennten? Es möchte jemand ſagen: bei allen Widerſprüchen in Religion, Wiſſenſchaft und Leben über Seele und Leib ſind wir doch alle einig, daß eben die Geſtirne keine Seele haben. Und daß wir eben alle darin einig ſind, macht, daß wir in Allem, was damit zuſammenhängt, uneinig ſind; hier eben liegt einer der wichtigſten Knoten der vermißten Einigung, oder im Knoten der allgemeinen Einigung liegt auch dieſer. In der Schwierigkeit, das ganze

Reich der höchſten Ideen und Realitäten in Eins zugleich zu gliedern und zu verknüpfen, hat man freilich den Knoten, der das eigne Leben bindet, und der das allgemeinſte bindet, als die wichtigern eher feſtgezogen als die mittleren, da hängen noch die Fäden wirr und loſe. Aber wir ſpüren es auch, daß ſie wirr und loſe hängen.

Nie man ſtelle nicht die ſich ſelbſt widerſprechende Anforderung eines ſinnlichen Darlegens, wo kein ſinnliches Object vorliegt. Die Seele der Erde iſt kein Thier, aufzeigbar in ſeinem Käfig, nur der Käfig iſt aufzeigbar und ſeine Einrichtung für das geiſtige Thier. Was paßt am beſten in den beſten Zuſammenhang deſſen, was wir nicht ſehen können und doch glauben müſſen und zwar glauben müſſen als ſelbſt den beſten Zuſammenhang vermittelnd zwiſchen dem, was wir ſehen können, das müſſen wir uns fragen, dabei fragen, ob wir ſchon den beſten Zuſammenhang haben. Wer aber überhaupt nichts glauben mag, als was er ſieht oder zu glauben gewohnt iſt, für den iſt dies ein Buch mit ſieben Siegeln.

II. Vorläufige Betrachtungen.

Wenn man die Erde nur als einen ſtarren trocknen Klumpen faßt, ſo will es uns freilich nicht einleuchten, wie da von Leben oder gar Seele die Rede ſein könne. Und unſere gewöhnliche Vorſtellung von der Erde iſt nur eine Vergrößerung derjenigen, die wir theils aus dem Anblicke des ſie abbildenden Globus, theils der Betrachtung einzelner Stücke ihrer Oberfläche ſchöpfen, die wir mit dem Grabſcheite oder Pfluge aufgerührt oder worein wir den Schacht des Bergmannes vertieft ſehen. Ein Ball ſolch trockner Maſſe, im leeren Raum von Kräften umgetrieben, deren Wirkung in der trockenſten Wiſſenſchaft nach trockenſten Formeln berechnet wird, kann uns natürlich nicht lebendiger erſcheinen, als der kleine Klumpen, den wir etwa mit der Hand vom Boden aufnehmen und in die Luft werfen. Doch werfen wir lieber unſere trockene Anſicht fort. Denn iſt die Erde auch wirklich nichts weiter, als ein ſolcher Klumpen, vergrößert gedacht? Giebt es auf ſolch kleinem Klumpen auch ein Meer mit Ebbe und Fluth und ſtrömenden Flüſſen und Bächen und Kreislauf der Gewäſſer, eine Luft- und Dunſthülle, die ihm eigenthümlich angehört, mit Regen, Sturm und Wetter, wovon die Saaten ergrünen und das Meer erbrauſt, einen ſolchen Wechſel von Jahres- und Tageszeiten und Klimaten, worin Freiheit und Regel ſo merkwürdig durch einander greifen. Strebt Alles darin ſo einig nach einer Mitte hin; vermag er Alles, was ſich von ihm losreißen will, eben ſo wieder zu haſchen? Iſt er in ähnlicher Weiſe aus einer größern Sphäre herausgeboren worden, als wir es von der Erde wiſſen? Hat er ſich eben ſo durch ein Walten ſelbſteigner Kräfte geformt, ausgearbeitet und fährt noch ſo fort es zu thun? Vermochte er eben ſo ein organiſches Reich aus ſich zu erzeugen, ja eines über das andere zu bauen, und durch Bande des Wirkens und des Zweckes unter einander und mit ſich verknüpft zu halten? Tritt er eben ſo eigenthümlich und fern und in ſich geſchloſſen andern Erdklumpen gegenüber, als die Erde andern Weltkörpern? Iſt nicht vielmehr die Erde in all dieſem etwas total Andres, als ihr Theil die Scholle? Wenn ſie es aber iſt, wird nicht auch bei den Fragen, was ſie für die Welt bedeutet, und was die Welt für ſie bedeutet, ob ihr ein Leben im Ganzen oder ob ihr nur Lebendiges einzeln innewohnt, die Antwort für ſie ganz anders ausfallen, ganz anderer Anſpruch für ſie erwachſen müſſen, als für die Scholle, in der freilich auch einige Würmer zerſtreut wohnen mögen? Alles, was uns bei Beantwortung dieſer Fragen leiten kann, verhält ſich ja eben entgegengeſetzt bei der Erde und der Scholle. Dennoch iſt gewiß, daß wir für die ganze Erde nicht um ein Haar größere oder andere Anſprüche in dieſer Hinſicht anerkennen wollen, als für ihr Theilchen, die Scholle; ja Menſchen und Thiere ſelbſt nur in eben ſo äußerlichem Verhältniß dazu betrachten, als Käfer und Würmer zur Scholle.

Was uns hiebei irre führt, iſt eine Verwechſelung der Erde in weiterem Sinne mit der in engerem Sinne; der Name hilft uns die Sache verwirren. In weiterem Sinne, und dieſer wird fortan allein für uns gelten, haben wir unter Erde die Geſammtheit, das Syſtem alles deſſen zu verſtehen, was durch die Schwere um den Erdmittelpunkt zuſammengehalten wird, alſo nicht blos alles Feſte, ſondern auch alles Waſſer und alle Luft, und alles was in der Erde und in Waſſer und Luft lebt und webt, und kreucht und fleucht, und außer der Geſammtheit alles Schweren noch alles Unwägbare, was in das Syſtem des Schweren eingeht. Dies Alles hängt in Urſprung, Materie, Zweck und Wirken zu einem einigen Syſtem zuſammen, wie ein Leib, ja feſter und inniger als unſerer; und das iſt unſere lebendige Erde. Nun aber in engerem Sinne verſteht man freilich unter Erde blos die trockne krümliche Maſſe, die durch Verwitterung eines Theils jener Erde entſtanden iſt, und ihre feſte Oberfläche bedeckt und dehnt man die Vorſtellung hiervon zu der des Ganzen aus, ſo erſcheint das Ganze freilich ſelbſt trocken und todt. Man hat das Sprichwort ex ungue leonem; wir aber machen ex leone unguem.

Auch die Gewohnheit, die Erde durch die Betrachtung des Globus kennen zu lernen, iſt gewiß nicht einflußlos auf die Art, wie wir ſie auffaſſen. Dem Pygmalion wird erzählt, er habe ein außerordentlich ſchönes weibliches Bildniß verfertigt, und ſolch Gefallen daran gefunden, daß er Aphroditen gebeten, es zu beleben, und es ſei lebendig geworden, gleich dem menſchlichen Urbilde. Wir kehren es nur um, indem wir aus Freude darüber, daß es uns gelungen iſt, ein todtes leicht zu umfaſſendes Abbild der Erde gewonnen zu haben, das Urbild dagegen tödten. Es iſt, wie bei Verehrung der Götzenbilder. Man vergißt zuletzt den Geiſt über dem Bilde, und ſieht endlich gar nur einen todten Kunſtgegenſtand darin. Wir verehren im Globus jetzt nur noch unſre eigne Kunſt und Wiſſenſchaft, die ihn verfertigte; die Wiſſenſchaft, die der Globus ſelber in ſich hat, iſt uns längſt verloren gegangen.

Tritt hinaus an das Meeres-Ufer, höre, ſieh die Welle, wie ſie an das Ufer ſchlägt, wie eine Welle nach der andern kommt, das ganze Meer iſt bedeckt mit einer wandelnden Heerde; und jede ſagt: nicht ich bin's, des Ganzen Kraft iſt's, was mich und meine Geſellen treibt; was vermöchte ich einzelne Welle; höre, ſieh, wie der Sturm kommt, wie die Wellen höher und höher hebt, und die Wolken jagt und das Schiff ſchüttelt, und alle Wimpel nach einer Richtung flattern; in derſelben Richtung ziehen die Wolken, in derſelben gehen die Wellen; und du ſelbſt erbebſt äußerlich und innerlich; ſo haſt du wohl ein ander Gefühl, als da du auf der Schulbank ſitzend den weißen Fleck auf dem Globus anſchauteſt und der Lehrer zu dir ſagte: das iſt der atlantiſche Ocean und dies das mittelländiſche Meer. Jenes Gefühl iſt ein aus dem Leben der Erde, deſſen dein Leben ein Theil iſt, hervorgewachſenes Gefühl, da dich dies Leben in ſeiner Schwingung mit ergreift; aber ſo lange haſt du auf der Schulbank geſeſſen und den Globus für die Erde angeſehen, daß du, was du jetzt fühlſt, nur für einen Schein, nur für deine Empfindſamkeit, nur gut zu einem Gedicht und alles Gedicht für eine Erdichtung hältſt; was der Lehrer dir da auf dem Globus gezeigt, und was er dabei geſagt von Wellen-Bewegung, Ebbe und Fluth und Anziehung des Mondes, das ſei die ganze Wahrheit von der Sache; und ſicher iſt es Wahrheit, nur ſicher nicht die ganze. Das war freilich anders bei den erſten Menſchen, die noch nicht reflectirten ſtehend über der Natur, ſondern fühlten ſtehend in der Natur, die noch nicht die Scheide gelegt hatten zwiſchen Organiſchem und Unorganiſchem, zwiſchen dem, was mit Seele und was ohne Seele geht; ſondern, weil ſie fühlten, daß die Kraft, ihren Arm zu bewegen, ihre Füße zu tragen, eine Seelenkraft ſei, ihr Blut unter dem Einfluß der Seele ſtröme, ihr Athem aus dem Beſeelten wehe, kein Regen und Bewegen, Fließen und Wehen denken konnten, dem nicht eine Seelenkraft unterliege, und weil ſie in der Natur ein mächtigeres Regen und Bewegen, Strömen und Wehen ſahen, als in ihrem kleinen Leibe, ſo bezogen ſie ſich von ihr als von einer göttlichen.

Zwar der Menſch verſuchte auch, ſich von der Betrachtung des einzelnen Theils oder des Abbildes der Erde zur alleinigen Betrachtung der Erde ſelbſt zu erheben. Aber dann war um ſo ſchlimmer, da dieſe als ſeitige Betrachtung doch keine ganze iſt, vielmehr das Gegentheil davon.

Die Erde bleibt immer ein zu großer Leib, als daß wir mit unſerm Blick ſie auf einmal umſpannen, mit unſern Maßſtäben auf einmal meſſen könnten, nun vertheilen wir die Betrachtung und das Meßgeſchäft, und bald wird uns die Erde etwas eben ſo Zertheiltes als unſre Betrachtung und unſer Geſchäft. Wir gehen mit dem Geologen in die Tieſe der Erde, mit dem Geographen über die Oberfläche von Land und Meer, mit dem Meteorologen in die Lüfte, mit dem Botaniker in das Pflanzenreich, mit dem Zoologen in das Thierreich, mit dem Phyſiker in das Reich der Maſſen und Kräfte, mit dem Chemiker in das der Elemente. Jedes hiervon fällt in eine beſondre Wiſſenſchaft, die wir aus beſondern Büchern, in beſondern Stunden, zum Theil in beſondern Anſtalten ſtudiren, und wovon ſelbſt jeder Menſch nur dies und jenes ſtudirt. Die Wiſſenſchaften, die davon handeln, ſuchen ſelbſt durch ſtreng ſcheidende Definitionen ihre Gebiete recht rein abzugränzen, und ſo wenig es ihnen gelingt, dies zu erreichen, ſo ſehr gelingt es ihnen doch, uns die zerſtückelte Betrachtungsweiſe geläufig zu machen, ja uns feſt darauf einzurichten. Zwar geben wir bei einiger Ueberlegung wohl noch zu, daß dieſe Zerſplitterung in der Natur nicht ſo beſteht, wie in unſrer Betrachtung, aber ſie iſt uns nun ſchon einmal ſo zur Gewohnheit geworden, daß ſie uns in unſrer Anſicht von der Erde unwillkührlich viel mehr beſtimmt, als jene Ueberlegung, und alle unſre Folgerungen nur aus dieſer zerſtückelten Betrachtung fließen. Wie kann dann in einem ſo zerfleiſcht, ja aufgelöſt vorliegenden Leibe noch an Seele gedacht werden. Würden wir ſie wohl in unſerm Leibe finden, wenn wir ihn ähnlich betrachten wollten? kann ein Anatom ſie überhaupt finden? Wir aber thun nichts, als die Erde entweder in todtem Stoff abbilden oder anatomiren, und glauben dann, was nicht in dem todten Bilde oder zerlegten Leibe liege, liege überhaupt nicht darin.

Zwar wer möchte dieſe trennende Betrachtungsweiſe tadeln, in ſo weit ſie nur dient, die Arbeit zu theilen, Seiten des Gegenſtandes zu unterſcheiden: ſie iſt ſogar ganz unerläßlich; ließen wir uns nur nicht auch dadurch verführen, das Object ſelbſt für ein getheiltes anzuſehen und in den Seiten und Theilen ſelbſtſtändige Objecte zu ſehen. Dies wäre nicht ſo unerläßlich.

„Nur einen Schimmer läßt in's dunkle Zimmer ſtreifen,
Wer in dem Strale will das ganze Licht begreifen.
Dann mach' das Fenſter auf, damit du auch erkennſt,
Das Licht iſt mehr noch als ſein farbiges Geſpenſt.“
(Rückert's Lehrged. I. S. 59.)

Zu jeder Klaſſe von Naturerſcheinungen haben wir ein ſolches dunkles Zimmer, worein wir in einzelnen Experimenten einzelne Lichtſchimmer fallen laſſen, und wir lernen aus dieſen einzelnen Schimmern in der That beſſer die Naturgeſetze kennen, als wenn wir das volle Licht auf einmal in die Kammer ließen. Aber haben wir auch nachher die Kammer wieder aufgemacht, um zu erkennen, daß die ganze Natur noch mehr iſt, als ihr farbiges Geſpenſt? Das haben wir nicht.

Zwar in der allgemeinen Erdkunde, ſcheint es, muß das Band liegen, was wir vermiſſen. Aber kann man einen Leib auch wieder aus den Stücken zuſammenſetzen, in die man ihn erſt zerlegt hat? Und was thun wir anders in dieſer Lehre, als die Stücke wieder zuſammenſetzen, in die wir ihn in andern Lehren erſt zerſtreut haben. Sie iſt eine Sammlung, wo alle Präparate, nicht ein Leib, wo alle Glieder beiſammen ſind. Auch eine ſolche Sammlung iſt gut, aber kann ſie uns den Leib erſetzen?

Wir erfreuen uns ſchöner Arbeiten von Humboldt, Gauß, Buch u. A. über große Zuſammenhänge, die durch das Ganze greifen; wir achten ſie mit Recht der Bewunderung würdig. Gefallen uns aber dieſe großen Zuſammenhänge, bewundern wir den Blick, der ſie erkannte, ſollte es nicht einmal an der Zeit ſein, ſich auch eine Idee gefallen zu laſſen, und nicht zu ſehr über ſie zu wundern, welche auf eine Anerkennung des Zuſammenhangs aller dieſer Zuſammenhänge dringt.

Der Aſtronomie zwar thäten wir Unrecht, wollten wir leugnen, daß ſie die Erde, andern Himmelskörpern gegenüber, wirklich als Ganzes ins Auge faßt. Aber dann auch wieder blos als Ganzes, und das giebt uns nur das andre Extrem zu jener zerſtückelnden Betrachtungsweiſe, ohne uns die ganze Sache zu geben, um die es ſich handelt. Dort die Theile ohne das Ganze, hier das Ganze ohne die Theile; oder dort das Ganze nur äußerlich aus Stücken zuſammengeſetzt; hier die Theile nur als trockne Maſſentheile in Betracht genommen. Menſchen, Thiere, Pflanzen, Luft, Waſſer, Erdreich, Alles wird vom Aſtronomen in eine unterſchiedsloſe Maſſe zuſammengeſchlagen, der ganze Himmel iſt dem Aſtronomen nichts als eine Sammlung ſolcher Maſſen, die er lieber gar in Punkte zuſammenzieht. Liegt denn aber nichts zwiſchen jenen beiden Betrachtungsweiſen? iſt denn nicht auch eine dritte möglich, welche, wo es doch einmal ein Ganzes und individuell geartete Theile des Ganzen giebt, die Theile nun auch wirklich als Theile des Ganzen und das Ganze als Einheit der Theile auffaßt, im Ganzen eine Verknüpfung, ſtatt Aufhebung und Negirung des Individuellen erkennen läßt. Nur eine ſolche Betrachtungsweiſe kann uns dienen. Aber wo wäre ſie?

Nehmen wir eine Uhr. Um zu wiſſen, was die Uhr eigentlich iſt, iſt es etwa genug, Feder, Räder, Zifferblatt, Zeiger, Gehäuſe, Alles einzeln oder den Zuſammenhang davon nach einzelnen Richtungen zu ſtudiren? Oder iſt es genug, die ganze Uhr als einen Ballen andern Uhren gegenüber abzuwägen? Und was thut man anders, wenn man einmal Menſchen, Thiere, Pflanzen, Luft, Meer, Erdreich, Alles einzeln oder nach einzelnen Richtungen ihres Zuſammenhanges ſtudirt, ein andresmal aus Allem einen einzigen Ballen macht, um dieſen gegen andre Weltkörper abzuwägen.

Erſt dann, meine ich doch, hat man die ganze Uhr ganz und recht begriffen, wenn man weiß, wie jeder Theil und jede Bewegung ſich dem ganzen Zuſammenhange der Uhr anſchaulich, wirkend und teleologiſch einordnet, wozu aber doch vor Allem nöthig, daß man auch an einen Zuſammenhang aller

Materien, Bewegungen und Kräfte der Uhr denkt, und nicht blos einzelne Zwecke für die einzelnen Theile, ſondern auch einen einheitlichen Zweck für das einheitliche Ganze geſtattet. Soll ich ſagen: die Uhr iſt darauf eingerichtet, daß die Feder gehe? aber warum dann das Anhängen der Räder? Oder ſie iſt eingerichtet, damit die Räder gehen? aber wozu dann die Zeiger? Oder ſie iſt da, damit die Zeiger gehen? aber wozu dann die Ziffern? Sie iſt freilich wirklich zu allem dieſen da; aber es ſind das alles nur untergeordnete Zwecke, untergeordnet dem einen Zwecke, dem Menſchen die Zeit zu zeigen. Nun iſt die Erde keine Uhr, mechaniſch von uns und für uns zu unſern äußern Zwecken gemacht, ſondern eine naturwüchſige, die in ihrem Gange unſern eignen Lebensgang inbegreift; alſo wird es ſich auch hier nicht um die Einheit eines äußern todten Zwecks, dem ſich die Zwecke ihrer Theile unterordnen, ſondern eines innerlichen lebendigen Zwecks, dem ſich unſre Zwecke ſelbſt unterordnen, handeln können. Unſre Zwecke aber ſind in letzter Inſtanz Seelenzwecke. Wird es der einige übergeordnete der Erde weniger ſein können?

Als ein Hauptfehler liegt in unſrer trennenden Betrachtung der inbegriffen, daß wir das organiſche und unorganiſche Reich der Erde einander ſo ſtreng gegenüberzuſetzen, das eine auf die eine, das andre auf die andre Seite zu legen pflegen, als ſei da keine Brücke. Es iſt daſſelbe, als wenn jemand die, nach einmaligem Aufziehen von ſelbſt gehende Feder der Uhr auf die eine Seite, das ruhende Gehäuſe und die getriebenen Räder auf die andere Seite legte, indem er ſagte, das ſind ja ganz verſchiedene Dinge und Kräfte, die man ſorgfältig aus einander halten muß. Wenn nicht der Irrthum dort noch größer iſt. Denn die Organismen bedürfen ja doch noch eines fortgehenden Aufziehens durch die Anregungen der unorganiſchen Außenwelt, des Stoffwechſels mit ihr, ſoll ihr Lebensgang fortgehen, dahingegen eine einmal ſchwingende Feder der andern Uhrtheile nicht mehr bedarf, vielmehr ohne dieſelben nur um ſo raſcher fortgehen würde.

Sonderbarer Weiſe ſcheint man freilich zu meinen, Menſchen und Thiere löſten ſich von ihrer irdiſchen Außenwelt doch viel ſchärfer los, als Steine, Felſen. Statt deſſen ſind ſie in der That unſäglich mehr damit verwachſen. Der Stein, der Fels liegt ruhig, müßig, kümmert ſich nicht um das, was um ihn her vorgeht: er läßt der Außenwelt ihre Stoffe, ſie ihm die ſeinen; er empfindet nichts von ihr, ſie nichts von ihm; nur in äußerlicher Berührung gränzen Stein und Außenwelt zuſammen. Wie wenig will das ſagen! Aber Menſch oder Thier und Außenwelt ſind über die Berührung hinaus auch noch in einem ſteten wechſelſeitigen Durchdringungsproceſſe begriffen, gehen beſtändig in einander ein und aus: Menſchen und Thiere ſetzen ſich immer neu aus der Außenwelt zuſammen und löſen ſich immer neu in ſie auf, empfinden Alles ringsum und Alles ringsum empfindet ſich in ihnen. Und das ſollte eine größere Geſchiedenheit bedeuten? Menſchen und Thiere ſind gerade die Glieder der Erde, in denen die größte verknüpfende und miſchende Kraft der geſammten irdiſchen Stoffe und Verhältniſſe liegt; nicht uneben in dieſer Hinſicht vergleichbar Knoten eines Gewebes, in welche die draußen mehr einfach und zerſtreut verlaufenden Fäden der Stoffe und Kräfte eintreten, um ſich im engſten Raume zu begegnen und aufs Innigſte zu verſchlingen und neu zu verſpinnen; in jedem auf beſondre Weiſe. Nun aber der Knoten iſt doch nichts Getrenntes von den Fäden, die in ihm zuſammenlaufen, er iſt vielmehr der innigſte Zuſammenſchluß derſelben ſelbſt, als Knoten aller freilich unterſcheidbar von allen, aber darum nicht ſcheidbar. Beides verwechſeln wir nur zu gern. Und je mehr der Knoten von den Fäden des ganzen Syſtems zuſammenfaßt, je mehr er ſie verſchlingt und verwickelt, deſto mehr unterſcheidet er ſich freilich von dem ganzen Gewebe, deſto ſelbſtſtändiger tritt er heraus, aber deſto weniger ſcheidet er ſich von dem ganzen Gewebe; deſto vielſeitiger und feſter iſt er mit allen andern Knoten verknüpft. So iſt der Menſch das am meiſten unterſcheidbare und das am wenigſten ſcheidbare Glied der ganzen Erde. So feſt aber das Gewebe von den Knoten, ſo feſt werden hinwiederum die Knoten vom Gewebe zuſammengehalten; und es bedarf nur der neuen Ballung, ſo haben wir einen größern Knoten. Ein ſolch größerer Ball und hiermit Knoten iſt die Erde, ein verſchlungener Knoten aller Einzelknoten. Iſt ſie es aber organiſch, wie ſollte ſie es nicht geiſtig ſein? Iſt nicht auch das Inſect ein verſchlungener Knoten aller ſeiner Nervenknoten, und weiß nicht der Geiſt des Inſects mehr als ſie alle wiſſen, gewinnt nicht auch das an ſich Gleichgültige, das Fett, die Zelle, der harte Panzer ſolchergeſtalt Bedeutung, was freilich für ſich keine hätte. Iſt doch alles das ein Bindeglied des Ganzen, und ein Gebundenes im Ganzen: ſo Waſſer, Feuer, Luft und Erdreich zwiſchen, um und an und unter den lebendigen Geſchöpfen. Die lebendigen Geſchöpfe ſind aber ſchon höher und ſelbſtſtändiger bewußte Knoten, als die Nervenknoten, die ſich in ihnen verſchlingen; ſo wird auch der Knoten, der ſie wieder verſchlingt, ein höher und ſelbſtſtändiger bewußter als ſie ſelber ſein.

Natürlich freilich, wenn man, wie gewöhnlich, von der Erde die ganze Menſchheit, Thierwelt und Pflanzenwelt wegdenkt, und blos das Uebrige Erde nennt, wird dieſe, ihrer edelſten Theile beraubte, Erde vielleicht nicht viel mehr bedeuten können, als ein trockner Stamm, von dem man alle Blätter und Blüten abgeriſſen, oder als ein Gerippe, das man von Fleiſch, Blut und Nerven entblößt. Man mag Recht haben, wenn man ſich eine ſolche Erde todt denkt, aber man hat Unrecht, wenn man ſich die Erde als eine ſolche denkt. Denn das Gerippe der Erde ſteht nun einmal nicht eben ſo apart, wie das Gerippe eines Menſchen in der anatomiſchen Kammer. Noch iſt alles organiſche Leben und Weben ſo feſt und innig in Stoffen, Wirken und Zwecken damit verwachſen, als Nerven, Fleiſch und Blut mit unſerm Knochenbau. Was ſage ich, nur eben ſo? viel inniger. Denn Nerven und Fleiſch kannſt du wohl vom Knochen losreißen, kannſt du aber auch den Menſchen oder ein Thier oder eine Pflanze von dem irdiſchen Syſtem losreißen? das kannſt du nicht. Und geſetzt, du könnteſt es, ſetze doch einmal, der das Organiſche ſo hoch über das Unorganiſche erheben möchte, den Menſchen in eine wirkliche Höhe über Luft und Erdreich, wo er ſeine Selbſtſtändigkeit am beſten beweiſen könnte, er würde gerade ſo verdorren, wie ein abgeſchnittenes Glied; ſetze ihn auf einen andern Planeten; es wäre, als wollteſt du die Gliedmaße eines Froſches an den Leib eines Vogels ſetzen; der Menſch kann da nicht anwachſen; er iſt nun einmal ſo, wie er iſt, in aller Weiſe, blos darauf eingerichtet, im Zuſammenhange mit dem irdiſchen Syſtem, als ein wahrhaftes Glied deſſelben, zu beſtehen, zwar deſſen wichtigſte Functionen zu vermitteln, aber auch ſeine Lebensbedingungen aus ihm zu ziehen, und ſo viel der Philoſoph dem Menſchen von ſeiner Selbſtſtändigkeit vorſprechen mag, er kann dieſe Selbſtſtändigkeit nur in dieſer Abhängigkeit zeigen. Die Erde mag ohne den Menſchen ein Krüpel ſein, der Menſch ohne die Erde zerfiele in Nichts oder ein müßiges Häuflein Staub.

Niemand glaubt, daß lebendiges Fleiſch mit todtem Stein, mit trocknem Holz verwachſen könne. Wenn ich nun doch, nicht zwar mit einem beſondern Stück Erde, aber mit der Erde als Ganzem, noch feſter verwachſen bin, als mein Fleiſch mit mir, ſo entſteht, denke ich, blos die Frage, ob ich mich als einen todten Theil einer im Ganzen todten oder als lebendigen Theil einer im Ganzen lebendigen Erde betrachten will. Da ich aber das Erſte nicht kann, ſo kann ich nur das Letzte.

Man laſſe ſich nur überall nicht durch den Ausdruck unorganiſch irren. Was wir ſo nennen und gegen das Organiſche als etwas ſehr Niedriges, dem Leben Unzugängliches oder davon Abgefallenes betrachten, iſt es eben nur, aus ſeiner natürlichen Verbindung mit dem Organiſchen losgeriſſen gedacht, wie in Phyſik, Chemie u. dergl., dagegen ſeine Verbindung mit dem Organiſchen, wie ſie ſich im irdiſchen Gebiet leibhaftig darſtellt, und unlösbar trotz aller trennenden Phyſik und Chemie fortbeſteht, in jeder Beziehung ſogar die Kennzeichen einer höhern Organiſation darbietet, als irgend welche einzelne Organismen auf der Erde, wie ſich künftig noch deutlicher machen laſſen wird.

Betrachten wir eine Pflanze, ſo erhebt ſich über einer verhältnißmäßig rohen, einfachen, dunkeln Wurzel mannichfaltig und licht Kraut und Blüte. Eben ſo erhebt ſich über der verhältnißmäßig rohen, einfachen, dunkeln Wurzel des unorganiſchen Reichs der Erde mannichfaltig und licht Pflanze und Thier. Wie Kraut und Blüte an der Wurzel, worüber und woraus ſie erwachſen, bleibt das Organiſche ans Unorganiſche gebunden, worüber, und woraus es erwachſen. Wo wäre mehr Grund zur Trennung hier als dort? In Kraut und Blüte verarbeiten und miſchen ſich die rohen Stoffe der Wurzel, in Pflanze und Thier die rohen Stoffe des unorganiſchen Reiches. So trifft Alles zu. Du ſagſt: aber nie habe ich doch aus unorganiſchem Waſſer, Luft und Erdreich wirklich ein organiſches Geſchöpf, Thier oder Pflanze neu entſtehen ſehen; iſt es aber nicht daraus entſtanden, wie Kraut und Blüte aus der Wurzel, wie kann es noch ſo daran gebunden ſein. Und ich erwiedere: ei eben ſo wenig habe ich je aus einer Wurzel Kraut und Blüten neu entſtehen ſehen, die Wurzel wächſt vielmehr zugleich nach unten, Kraut und Blüte wachſen nach oben; nur, nachdem ſich einmal das urſprünglich unklare Saamenkorn der Pflanze in Wurzel, Kraut und Blüte klar geſchieden, dient die Wurzel zur Ernährung und Unterſtützung von Kraut und Blüten; und eben ſo, nachdem ſich einmal das urſprünglich unklare, freilich etwas größere Korn der Erde, in Organiſches und Unorganiſches klar geſchieden hat, dient nun das Unorganiſche dem Organiſchen zur Ernährung und Unterſtützung. Alſo paßt doch wieder Alles. Irgendwie, Gott freilich nur weiß wie, mußte doch der Keim des Organiſchen uranfänglich im Ball der Erde ſchlummern, wie der Keim von Kraut und Blüte im Saamenkorn. Als ſich das Unorganiſche abklärte, wuchs das Organiſche, und nur nach Maßgabe als das unorganiſche Reich neue Entwicklungs-Revolutionen erlitt, erlitt auch das organiſche ſolche. So hing beider Bildung und Entwickelung von Anfange an in Eins zuſammen, wie noch jetzt ihr Beſtand. Alles wie bei der Pflanze.

Sehr unrecht denkt man es ſich daher gewöhnlich ſo: das irdiſche Syſtem habe freilich Anfangs eine quellende organiſche Triebkraft oder lebendige Zeugungskraft im Ganzen gehabt; aber indem es die Organismen erzeugte, habe es all ſeine Lebenskraft an ſie abgeſetzt, und ſomit ſei die Scheidung in Lebendiges und Todtes erfolgt. Alles außer den Organismen, insbeſondere aber das trockne Erdreich, ſei als müſſiger Rückſtand geblieben, wogegen ſich das Lebendige nun im Gegenſatz befände*).

---

*) „Im Grunde iſt es nur die Geſtaltung des Kosmos und der Erde, in welche wir wohl mit dem größten Rechte er-

Es iſt gerade ſo, als ob man ſagen wollte, die Wurzel ſei als müßiger Rückſtand geblieben, nachdem ſich Kraut und Blüte davon abgeſondert, oder, der Knochen ſei als müßiger Rückſtand geblieben, nachdem ſich Fleiſch und Nerven von ihm abgeſondert. Es hat ſich aber gar nicht davon abgeſondert, ſondern der eine Organismus hat ſich nur in Nerven, Fleiſch und Knochen gegliedert: nur ſtarke Unterſchiede ſind entſtanden, keine Scheidung; und je größere Unterſchiede ein Organismus in ſich hervorbringt, ſo mehr beweiſt es für die lebendige Kraft des Ganzen. So mag nun der Unterſchied zwiſchen Fels und Thier noch größer ſein, als zwiſchen Wurzel und Blüte, Knochen und Nerven: aber das beweiſt nur, daß die organiſche Gliederung der ganzen Erde aus einem gewaltigern Lebensquell hervorgeht, von einem höhern Puncte beginnt und darum auch tiefer reicht, als die ihrer Glieder. Sollte die Erde nur ein vergrößerter Menſch ſein, ſo würde in ihren Felſen, ihrem Waſſer, ihrer Luft freilich dies menſchliche Leben verſteinern, zerfließen, verblaſen: ein Menſch kann einmal nicht Steine ſtatt Knochen, Waſſer ſtatt Blut haben; aber da die Erde den Menſchen, ja die Menſchheit ſelbſt nur in Unterordnung begreift, ſo iſt ihr Fels, ihr Waſſer, ihre Luft eben nur die tiefere Gründung für dieſe organiſche Höhe. Die tiefſten Fundamente und haltbarſten Klammern des höch-

---

ganiſche Mächte einführen. Allein die Erde erſtarrt, ſtirbt ab mitten in dieſer organiſchen Selbſtgeſtaltung; ſie wirft das organiſche Leben aus ſich heraus, und bleibt als todtes, durch mechaniſche, phyſikaliſche, chemiſche Gewalten beherrſchtes Reſiduum zurück.“ (Schaller Briefe S. 25.)

ſten Baues ſind überall aus den gröbſten Werkſtücken und roheſten Maſſen geformt. Wenn alſo das Knochengerüſt dient, den Leib des Menſchen und Thieres compact zuſammenzuhalten, ſo kann ein eben ſolches Knochengerüſt nicht noch einmal dienen, auch den Leib der ganzen Menſchen-, Thier- und Pflanzenwelt compact zuſammenzuhalten, dazu dient eben das Steingerüſt der Erde.

Wenn jetzt nicht mehr Menſchen und Thiere friſch aus der Erde heraus entſtehen, wie das erſtemal, ſondern Menſchen nur wieder von Menſchen, Thiere von Thieren, Pflanzen von Pflanzen erzeugt werden, geht es etwa in uns anders her? Werden denn in unſerm fertigen Leibe Knochen, Muskeln, Nerven friſch wie das erſtemal aus dem Allgemeinen und Ganzen erzeugt? auch hier ſchießt das Neue nur noch aus und an dem einmal Erzeugten hervor, freilich nicht ohne die Kräfte und Stoffe des Ganzen, aber doch nur durch ſpecielle Vermittelung des ſchon erzeugten Einzelnen; das Ganze iſt aber noch ſo ganz und lebendig als zuvor, ja wohl lebendiger zu nennen, als vordem. Warum ſoll die Erde unlebendiger geworden ſein, weil ſie uns nicht mehr wie das Erſtemal aus dem Allgemeinen und Ganzen, ſondern nur durch zuvor von ihr erzeugte, und noch ihr angehörige ſpecielle Vermittelungen erzeugt? Erinnern wir uns, der Menſch, das erzeugende Organ anderer Menſchen, iſt inniger mit der Erde verknüpft geblieben, als ein Stein es iſt.

Aber ſind nicht doch die Kräfte des Organiſchen und Unorganiſchen grundweſendlich verſchieden? Sehen wir zur Antwort darauf die Sache ſtatt der Worte an. Man kann Kräfte blos durch Geſetze charakteriſiren; nun aber bei der Wirkung unſers Auges, unſerer Stimmorgane, des Herzens, der Adern, der Lungen, der Gliedmaßen geht es ganz nach den Geſetzen der camera obscura, der Blasinſtrumente, der Pumpe mit Leitungsröhren und Klappen, des Blasbalgs, der Hebel mit ziehenden Seilen, alſo nach den Geſetzen unorganiſcher Einrichtungen, her, freilich nur in ſo weit ganz, als die Einrichtungen in uns mit den Einrichtungen dieſer Werkzeuge ganz übereinſtimmen; ſo weit es aber nicht der Fall iſt, verſteht es ſich auch nach den Geſetzen des Unorganiſchen von ſelbſt, daß ſie anders wirken müſſen. Aber ſie ſtimmen bis zu ſehr weiten Gränzen wirklich damit überein. Ja was ließe ſich nicht Alles anführen, worin unſer Körper die ſogenannten Kräfte des Unorganiſchen benutzt, d. h. nach den Geſetzen derſelben verfährt. Freilich alles das reicht bei Weitem nicht aus; und wenn wir Alles zuſammennehmen, was in unſern Lehrbüchern der Phyſik und Chemie ſteht, es bleibt noch viel in den organiſchen Proceſſen, was wir nicht dadurch erklären oder darauf zurückführen können. Aber darum handelt es ſich ja auch gar nicht; es beweiſt ſich doch, daß die ſogenannten unorganiſchen Kräfte in organiſch lebendige Syſteme mit eingehen und organiſche Functionen mit vermitteln, alſo in ſofern auch als organiſche Kräfte auftreten können; wenn aber in unſerm Leibe, warum nicht auch in einem größern Leibe. Wir behaupten ja nicht, daß die Erde lebendig ſei blos durch das Walten der ſogenannten unorganiſchen Kräfte. Wir gehören auch dazu, und die Kraft, die uns ſelbſt gebildet hat, gehört auch dazu, und der Wechſeleingriff deſſen, was in uns und außer uns geſchieht, gehört auch dazu, und endlich der ganze zweckmäßige Zuſammenhang aller Kräfte, alles Wirkens der Erde, Organiſches und Unorganiſches in Eins faſſend, gehört auch dazu. Natürlich müſſen wir nicht in der Erde ganz dieſelbe Combinationsweiſe des organiſchen und unorganiſchen Waltens ſuchen, als in uns; die Erde iſt noch etwas mehr als unſer Körper; wir ſind vielmehr nur ein Bruchſtück derſelben. Verwirft man aber eine Trennung organiſcher und unorganiſcher Kräfte in uns, weil doch alle in Zuſammenhang und Wechſeleingriff wirken, ſo iſt es ganz natürlich, dieſelben Verwerfungsgründe auf die Trennung des organiſchen und unorganiſchen Waltens der Erde zu erſtrecken. Ein Unterſchied der Kräfte oder Gebiete wird ſich da und dort machen laſſen, wir beſtreiten das nicht; iſt aber da und dort nur ein relativer, in höherer Einigung ſich aufhebender, an den man nicht den abſoluten Unterſchied von Leben und Tod, Seele und Seelenloſigkeit knüpfen kann. Oder will man es dennoch, ſo trifft man damit den Menſchen ſo gut wie die Erde.

Die ganzen Unterſchiede des Organiſchen und Unorganiſchen halten überhaupt nur ſo lange Stich, als man einen *ganzen* irdiſchen Organismus mit einem *Stück* der ganzen Erde vergleicht. Kann man aber aus einem ſolchen ſchiefen Vergleiche triftige Schlüſſe ziehen? Dennoch zieht man Schlüſſe, wenn auch keine triftigen, daraus, indem man den Vergleich eben nicht anſtellt, die Frage nach Leben und das unorganiſche Reich von Erdreich, Waſſer und Luft hinein, ſondern wie wir's ſchon betrachtet, dies ſelbſt zur Wurzel habend; das Organiſche als Blatt und Blüte.

Es giebt aber in dem großen Garten des Himmels nicht blos Eine, ſondern tauſend und abertauſend ſolche höhere und ſich in höherem Sinne ergänzende Pflanzen, deren jede nach ihrem Standpunct ſo gut anders wächſt und blüht, als die Pflanzen auf der Erde; das ſind die verſchiedenen Geſtirne. Und Gott iſt der ganze Baum des Lebens, aus dem alle gewachſen und an dem noch alle hängen.

Ein Bild, nichts weiter, Pflanze für Erde; denn im Grunde iſt die Erde doch keine Pflanze, weil ſie die Pflanzen ſelber in ſich hat, und die Thiere dazu. Wie nun überall Extreme ſich berühren, ſo ſind ſchon die niederſten irdiſchen Geſchöpfe Weſen, worin ſich thieriſche und pflanzliche Charaktere begegnen. Wer kann mir daraus ſagen, wie das höchſte irdiſche Weſen wird beſchaffen ſein? Sie werden ſich eben wieder darin begegnen, nur mit dem Unterſchiede, daß ſie ſich nicht mehr wie dort unklar miſchen, unentwickelt blöde verſchmelzen, ſondern klar in den größten Reichthum der Entwickelung auseinanderlegen. Dieſes vollkommenſte irdiſche Weſen iſt die Erde ſelbſt.

Gewöhnlich meint man zwar, der Menſch ſei das höchſte irdiſche Weſen; aber kann es auch viele höchſte Weſen geben? Wir treiben ein Heidenthum mit uns ſelber, und verehren uns als Götzen ſtatt des einigen Erdengottes, der Erde. Obwohl wir in gewiſſer Beziehung auch wieder Recht haben, uns als höchſte irdiſche Weſen zu betrachten, weil die Erde vielmehr ein himmliſches als ſelbſt irdiſches Weſen iſt, da ſie allen irdiſchen Weſen als himmliſcher Hort und Träger übergeordnet iſt. Wie ſie es aber materiell iſt, wird ſie es geiſtig ſein. Und wenn ein Menſch die ganze Erde beherrſchte, obwohl es doch nie einen gegeben hat, von dem ſich dies ſagen ließe, wäre doch die Erde etwas Höheres als dieſer Menſch, ſo wahr meine Seele etwas Höheres iſt, als ein einzelner Gedanke in mir, von dem ich auch wohl uneigentlich und zeitweiſe ſagen möchte, daß er meine ganze Seele beherrſcht. Was anders thut der Menſch, als ſein Moment zur Fülle der Entwickelung der Erde hergeben, ein im Hierſein kurzes kleines, und die Erde geht groß und ewig durch den Himmel.

Jeder Menſch iſt wie ein lebendiges Wort, das blos ſeinen Sinn hat und fühlt, die Erde iſt eine Rede, welche den Sinn aller dieſer Worte, aber noch etwas Höheres als dieſen Sinn der einzelnen Worte hat und fühlt, einen Sinn, der in den Beziehungen und der Geſchichte der Menſchheit, ja mehr als hierin waltet, denn Menſchen und Thiere ſind blos wie die Hauptworte dieſer Rede, und wie viel geht noch ſonſt in die Rede ein. Dazu hat die Zuſammenſtellung der Worte ſo viel Antheil am Sinne, als die Worte ſelbſt, ja in ihr liegt eben der höhere Sinn, deſſen kein einzelnes Wort allein mächtig zu werden vermag.

Das Bild trifft freilich, wie alle Bilder, blos von einer Seite, denn des Menſchen Geiſt hat ja nicht blos wie ein Wort ſeinen eignen Sinn, ſondern faßt den Sinn der ganzen Erde, ja der ganzen Welt auf; aber doch eben nur in ſeinem Sinne, und jeder

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01565/018

in einem andern Sinne, und alle dieſe verſchiedenen Sinne gehen in einen höheren Sinn ein; eben wie der Sinn verſchiedener Worte in den einer Rede. Dies einfache Verhältniß läßt ſich durch das einfache Bild immerhin erläutern. Mehr aber muß man nicht darin ſuchen.

Auch darin fehlt das Bild: in einem einzigen unſerer Worte kann ſich nicht wohl eine Reflexion über die ganze Rede ausſprechen. Aber ein Menſchengeiſt kann auch über die ganze Geſchichte des Geiſtes, dem er angehört, reflectiren. Indeß, wollen wir das Bild hiezu preſſen, brauchen wir blos ſtatt eines unſrer Worte ein amerikaniſches zu nehmen, wo jedes Wort ein Satz iſt. Zwar läßt ſich in der kurzen Reflexion eines Satzes nicht das Weſen der ganzen Rede, aber eben ſo wenig in der kurzen Reflexion eines Menſchengeiſtes über den höhern Geiſt das Weſen dieſes ganzen Geiſtes oder ſeiner Geſchichte erſchöpfen. Beides erſchöpft ſich nur ſelbſt.

Freilich, daß der Menſch ſich als ſelbſtſtändiges Weſen fühlt, ſcheint uns nicht dazu zu paſſen, daß ſein Geiſt in einem höhern Geiſte aufgeht. Doch wer ſagt, daß er darin aufgeht. Geht doch auch ſein Leib nicht im Leibe der Erde auf, trotzdem, daß er ihm untrennbar angehört. Vielmehr individualiſirt ſich der höhere Geiſt und Leib durch den Menſchen. Ein höheres Weſen von höherer Selbſtſtändigkeit als wir hat auch verhältnißmäßig ſelbſtſtändigere Glieder oder Momente als wir, das ſind wir ſelbſt. Betrachten wir nur unſre Selbſtſtändigkeit, was wir davon haben, nicht als einen Raub, ſondern als eine Seite der höhern Selbſtſtändigkeit. Wie Chriſtus ſagt: ich und der Vater ſind eins; d. h. ſeine Macht iſt des Vaters Macht, doch zergeht er nicht im Vater. In demſelben Verhältniſſe ſtehen wir alle zu einem Höhern, denn wir ſind; obwohl wie einzelne Anſchauungen, Gedanken und Empfindungen in uns gegen die Richtung, ja den Willen unſers ganzen Geiſtes geben können, doch ſind ſie in uns, es ſo auch mit uns in dem höhern und dem höchſten Geiſte iſt, und in ſo fern ſind wir nicht alle ſo einig mit dem höhern und höchſten Geiſte wie es Chriſtus war. Der ganze Unterſchied unſrer Vorſtellung von der gewöhnlichen iſt zuletzt nur der, daß wir unſre Selbſtſtändigkeit ſtatt als äußere Gabe von einem Höhern, als innerliche Habe in einem Höhern beſitzen ſollen. Fahren wir aber damit ſchlechter? Abſolut ſelbſtſtändig iſt überhaupt nichts in der Welt, außer Gott: ſonſt giebts nur Grade relativer Selbſtſtändigkeit.

In der That, wie ſelbſtſtändig wir uns immer dünken mögen, liegt doch unſre Abhängigkeit nach leiblicher und geiſtiger Beziehung in tauſend Richtungen klar genug vor, ſind alle unſre Selbſtſtändigkeiten näher beſehen doch nur der Ergänzung bedürftige und ohne ſolche halt- und bedeutungsloſe Einſeitigkeiten. Jeder Menſch, und jedes Thier und jede Pflanze dazu, erfaßt und erfüllt in ſeiner beſondern Weiſe des irdiſchen Seins, auf ſeinem beſondern irdiſchen Standpunct, mit allem, was es für ſich weiß, will, denkt, empfindet, erſtrebt, nur eine beſondere Seite von der ganzen ſich wechſelſeitig fodernden und nur durch den Wechſelzuſammenhang beſtehenden Fülle der irdiſchen Exiſtenz, der Möglichkeit deſſen, was überhaupt auf dem individuellen Standpunct der Erde andern himmliſchen Standpuncten gegenüber gewußt, gewollt, gedacht, empfunden, erſtrebt werden kann. Und es ſollte keine geiſtige Einheit geben, in der ſich dieſe geiſtigen Einſeitigkeiten einigen, kein geiſtiges Ganze, wozu ſie ſich ergänzen? Groſse und geſonderte himmliſche Standpuncte ſind da, Weſen ſind da, groß und ganz, die darauf ſtehen, wir glauben ſonſt gern an höhere himmliſche Weſen, und wir wollten in Widerſpruch mit unſrer Anſchauung und unſerm Glaubensbedürfniß nur an die Splitter dieſer Weſen glauben? In jenen Weſen nur geiſtige Sammelſurien ſehen, indeß wir in den Menſchen geiſtige Einheiten ſehen, verwechſelnd größere Einſeitigkeit mit größerer Einheit.

Iſt denn der Stral aus dem Kreiſe einer Roſette, das Blatt aus der Fülle einer Roſe ein einigeres und ſelbſtſtändigeres Ganze, als es die ganze Roſette, die ganze Roſe iſt? Und iſt nicht die Erde die Roſette, Roſe aller ihrer Geſchöpfe, die, aus ihrem Kreiſe, von ihrem Stiele abgeriſſen, nichts mehr bedeuten? Fühlt aber der Stral, das Blatt ſeine einſeitige Stellung in der Roſette, der Roſe, ſoll nicht auch die Roſette, die Roſe der allſeitigen Stellung ihrer Stralen, ihrer Blätter inne werden; oder ſoll es nur geiſtige Blätter, Stralen, nicht auch eine geiſtige Roſette, Roſe geben? Oder iſt die Materie allein der höhern Einigung fähig? Iſt ſie es nicht vielmehr überall eben nur durch den Geiſt?

Nur gar zu leicht verwechſeln wir, wie im Leiblich-Organiſchen, ſo im Geiſtigen, die Unterſcheidung mit einer Scheidung. Aber daß wir uns geiſtig von einander unterſcheiden können, bringt noch nicht mit ſich, daß wir auch geiſtig von einander geſchieden ſind, da vielmehr derſelbe höhere Geiſt, der uns in ſich unterſcheidet, und in dem wir uns demgemäß unterſcheiden, unſere

Verknüpfung zugleich ſo gut vermittelt, als mein Geiſt das zugleich verknüpft, was er in ſich unterſcheidet, und was ſich demgemäß in ihm unterſcheidet. Freilich unterſcheiden ſich unſre Geiſter in ganz anderm höhern und ſelbſtbewußtern Sinne im höhern Geiſte und werden von ihm unterſchieden, als ich meine Gedanken unterſcheide und als ſich meine Gedanken in mir unterſcheiden, aber gerade die höchſten und bewußteſten geiſtigen Unterſcheidungen kommen nur aus der höchſten und bewußteſten verknüpfenden geiſtigen Einheit, widerſprechen alſo nicht einer ſolchen, ſondern beweiſen dafür.

Schließt denn überhaupt irgend Sonderung in Individualitäten die Verknüpfung in einer höhern Individualität aus? Setzt ſie nicht vielmehr überall ſolche voraus? Wie individuell iſt die Säule des Tempels geſtaltet, geartet in Bau, Schmuck, Zweck, anders geartet als alle andern Glieder des Tempels; doch iſt ſie nur ein untergeordnetes Glied des ganzen Tempels, mittragend am Ganzen, wie gehalten vom Ganzen, mehr ſcheint es ſeinetwegen, als ihretwegen da; doch was wäre auch der Tempel ohne die Säulen? Jeder Tempel aber ordnet ſich wieder als Glied dem ganzen Bauwerk der Kirche ein, das ſich in tauſend einzelne Kirchen, und Menſchen, und Schriften und Handlungen gliedert, und im Zuſammenhang des Sichtbaren einen unſichtbaren Zuſammenhang des Geiſtigen trägt, wovon der Tempel auch ſein individuelles Theil hat. Der Menſch iſt die Säule, die Erde der Tempel, die allgemeine Kirche Gott. Jede höhere Individualität iſt das Band der niederen Individualitäten. Gott iſt die höchſte Individualität oder auch keine, wie Extreme ſich überall berühren, Band und Träger aller Individualitäten, in ſich einiger und ſelbſtſtändiger als alle, ſich aber von keiner mehr unterſcheidend, weil ſelber alle in ſich unterſcheidend.

Betrachten wir unſer Auge, unſer Ohr; jenes ſieht nicht, was dieſes hört, dieſes hört nicht, was jenes ſieht. Jedes hat ſein Reich für ſich. Was weiß mein Ohr von der Farbe, was thut es mit Farbe. Farben und Töne ſelbſt miſchen ſich weniger als Oel und Waſſer. Ein Ton hat ein Verhältniß zum andern, verſteht ſich mit dem andern, ſie machen etwas zuſammen; der Ton c giebt mit dem Ton e eine Terz, aber was giebt der Ton c mit der Farbe blau. Und auch die Farben haben ein Verhältniß zuſammen, in einem Garten, einem Kleide, einem Geſicht, einem Gemälde; welche Augenweide liegt in der ſchönen, welcher Mißſtand in der häßlichen Zuſammenſtellung; jede Farbe wirft einen Schein auf die Nachbarfarbe und empfängt einen Schein von der Nachbarfarbe; ſchickt ſich's oder ſchickt ſich's nicht, fragt ſich der Maler; aber kann er auch fragen, ſchickt ſich dieſer Ton zu dieſem Gemälde oder nicht? Die ganze Frage ſchickt ſich nicht. Der Ton will ein= für allemal zur Farbe nicht ſcheinen und die Farbe zum Ton nicht klingen. So ganz für ſich iſt das Reich der Farben, ſo ganz für ſich iſt das Reich der Töne; jedes abgeſchloſſen in ſich, in ſich verkehrend und dem andern fremd, ſcheinbar ohne Brücke des Verſtändniſſes zwiſchen beiden.

Giebt es wohl zwei menſchliche Individuen, deren Individualität im geiſtigen Gebiete ſo weit abwiche, die ſo rein gegen einander abgeſchloſſen wären, ſo gar keine Brücke des Verhältniſſes und Verſtändniſſes zu einander hätten oder zu haben ſchienen, als hier die Gebiete der Farben und Töne. Verhalten ſich nicht Menſchen zu Menſchen viel eher zu einander wie Farben zu Farben, wie Töne zu Tönen? ſie machen, ſie geben doch etwas mit einander.

Und dennoch iſt das ganze Reich der Farben und das ganze Reich der Töne durch einen höhern Geiſt in uns verknüpft, die Farbe weiß nichts vom Tone, der Ton nichts von der Farbe, aber ich, der höhere Geiſt weiß von Ton und Farbe zugleich, und fühle und denke und ſehe ſie in Beziehungen, die weder in das Ton- noch das Farbenreich fallen, die nur in mich fallen. Und ſo mögen immerhin auch die menſchlichen Geiſter, deren jeder auch ein ganzes Reich, wie Ton- und Farbenreich, ſich noch ſo individuell gegen einander abſetzen, ja in gewiſſer Beziehung ſich gegen einander abſchließen, obwohl es doch viel mehr offenkundige Vermittlungen zwiſchen ihnen giebt, als zwiſchen Tönen und Farben, ſo wird auch dies nicht hindern, daß es einen höhern Geiſt gebe, der um ſie alle zugleich weiß, und ſie in Beziehungen fühlt und denkt, die über alle hinausgreifend in ihn ſelber fallen.

Der höchſte Geiſt, der Geiſt des Ganzen, iſt Gott; aber giebt es einmal eine Gliederung des Höhern zum Niedern, ſo wird der Leib, deß unſer Leib ein Theil, der viel ſelbſtſtändiger andern ſeines Gleichen gegenüber tritt, als unſer Leib andern Menſchenleibern, auch einen ſelbſtſtändigern Geiſt einſchließen, durch und in dem der unſre ſich Gott einverleibt. Faſſen wir es nur nicht ſo, als ob dieſe uns übergeordnete Individualität nun als ſcheidendes Zwiſchenweſen zwiſchen der unſern und der göttlichen ſtände. Die Säule, die im Tempel ſteht, wird durch ihn nicht von dem allgemeinen Bau der Kirche geſchieden, ſondern durch ihn ſelbſt ihm einverleibt. Das Bild, was meinem Auge angehört, gehört darum nicht weniger mir ſelber an; weil ja auch das Auge mein iſt. Alſo ſteht auch die Erde nicht wie eine Mauer zwiſchen uns und Gott, ſondern iſt das Beet, auf dem wir alle in Gott eingepflanzt ſind. Nur der Ausdruck, daß die Erde ein Zwiſchenweſen zwiſchen uns und Gott ſei, kann einen Irrthum verſchulden; aber es giebt hier gar kein Zwiſchen, als das der Betrachtung. Wir können das im Materiellen wie Geiſtigen verfolgen.

Indem ich ein Theil der Erde bin, bin ich ein Theil der Welt, und es iſt nicht nöthig, daß ich meine Beziehungen zum Weltganzen überall erſt durch die übrige Erde hindurch gewinne, da ich vielmehr als Theil der Erde auch ihre Beziehungen zum Weltganzen unmittelbar mit theile, ja ſolche ſelbſt mit vermitteln helfe. Die Erde braucht meine Maſſe ſelbſt mit, ſich durch den Himmel zu ſchwingen, geſtaltet in meinem Auge das Sonnenlicht zum Bilde; ich bin, obwohl einer ihrer kleinſten, doch einer ihrer wichtigſten Vermittler mit dem Himmel. Und ſo ſteht auch mein Geiſt zum Geiſte der Welt darum in keiner weniger unmittelbaren Beziehung, daß er dem Geiſt der Erde angehört, trägt vielmehr ſelbſt bei, die Beziehungen dieſes Geiſtes zu Gott zu vermitteln.

Denke dir einmal einen Teich, in den eine Menge

Steine oder Tropfen geworfen ſind. Der Teich iſt ganz bunt von Wellencirkeln, alle Cirkel greifen in einander, doch verfließen nicht ineinander; eines jeden Triebkraft ſitzt in einem beſondern Mittelpuncte. Iſt's nicht ähnlich mit den Wirkungskreiſen, welche die lebendigen Weſen im irdiſchen Syſtem um ſich ſchlagen. Der Teich des Irdiſchen iſt ganz bunt davon, alle Wirkungskreiſe greifen in einander, doch verfließen nicht in einander, eines jeden Triebkraft ſitzt in einem beſondern Mittelpuncte. Du ſagſt: wohl, aber nun iſt des Teiches Bedeutung doch nur die einer trägen gleichgültigen Unterlage für die Wellencirkel; jeder Wellencirkel hat ſeine Einheit für ſich; aber der Teich hat keine Einheit ſeiner Cirkel, ein zerſtreutes Leben durch die Cirkel, kein einiges Leben für ſich und durch ſich; ſo mit dem Teiche des Irdiſchen und den Wellenſchlägen, welche von den beſeelten Weſen dahinausgehen.

Und ich erwiedere: ja genau ſo wär's, wenn wirklich Menſchen und Thiere in den Teich des Irdiſchen ſo von Außen geworfen wären, wie Steine oder Tropfen in den Teich, zufällig, ohne daß er etwas dazu oder davon thäte. Nun aber, der Teich des Irdiſchen hat ſich ſo in ſich ſelbſt erſchüttert, daß die Wellencirkel ihres Lebens und Webens aus ihm entſtanden ſind und fort und fort entſtehen, und alles Entſtehen, Regen und Bewegen ſteht in ſolchem Zuſammenhange, ſo tiefer durchgreifender Beziehung zu einander, daß unſre eigne Vernunft in Mitten dieſes Spiels nicht ſatt werden kann, es abzuſpiegeln: das iſt ein Teich ganz andrer Art; und Alles nun auch anders an ihm zu faſſen. So iſt es zu faſſen: wie ich

Bilder und Gedanken emporwerfe im Gehirn; mein iſt die Einheit und die Kraft und das Wiſſen und Wirken aller dieſer Bilder und Gedanken; ſo wirft die Erde ihre lebendigen Seelen und deren Geſchicke empor; ihre iſt die Einheit und die Kraft und das Wiſſen und das Wirken aller dieſer Seelen und Seelengeſchicke; der leibliche Wellenſchlag trägt dabei den geiſtigen. Die ganze Erde ſelbſt aber iſt nur wie ein großer Tropfen, emporgeworfen im Meere des Weltalls, ein Mittelpunct einer großen Selbſterſchütterung deſſelben, da der Geiſt Gottes nicht darüber, ſondern darin fährt. Und alle Geſtirne ſind ſolche Tropfen, ſolche Mittelpuncte geiſtiger und leiblicher Erſchütterung zugleich; und Gottes iſt die Einheit und die Kraft und das Wiſſen und Wirken ihrer aller.

Umgekehrt betrachtet treibt der Stamm des göttlichen Geiſtes die Geiſter der Geſtirne wie Aeſte hervor, dieſe die Geiſter ihrer Geſchöpfe wie Zweige, dieſe die Gedanken wie Blätter; jedes Geiſtige heftet ſich an etwas Leibliches, denn ſelbſt unſre Gedanken können nicht gehen, ohne daß etwas in unſerm Gehirn mitgeht, und Gottes Gedanken können nicht gehen, ohne daß etwas in ſeinen Welten mitgeht, ja ſeine Gedanken drücken ſich im Weltgang aus. Jedes Geiſtige hat das unmittelbare Bewußtſein alles deſſen, was es hervortreibt und was ſich hieraus weiter hervortreibt, aber nicht das Bewußtſein deſſen, von dem es hervorgetrieben wird, noch deſſen, was mit ihm zugleich nachbarlich hervorgetrieben wird, denn in dem Act des Hervortreibens liegt der Act des Bewußtwerdens ſelbſt. Jeder Geiſt weiß unmittelbar um ſeine Erzeugniſſe und weiß unmittelbar nur um ſie, und er ſtößt ſeine Erzeugniſſe nicht von ſich, ſondern die frühern Erzeugniſſe werden ihm Grundlagen fernerer Erzeugung. So weiß der Geiſtesſtamm der Welt um alles Treiben ſeiner Aeſte, Zweige und Blätter zugleich, da dieſe eben nur die Theile ſind, in die er ſich ſucceſſiv entfaltet, aber die Aeſte wiſſen unmittelbar nur jeder um das Treiben ſeiner Zweige und Blätter, und jeder Zweig nur um das ſeiner Blätter. D. h. Gott weiß Alles, was in den Seelen der Geſtirne, die Geſtirne Alles, was in den Seelen ihrer Geſchöpfe, die Geſchöpfe Alles, was in ihren eigenen Gedanken vorgeht.

Ich habe manchmal einen Ameiſenhaufen und Bienenkorb betrachtet, und mich gefragt, was bindet doch die unverſtändigen Ameiſen und Bienen zu ſo zweckmäßigem Handeln zuſammen. Ich habe von großen Schmetterlings- und Raupenzügen geleſen, wo immer ein Individuum hinter dem andern fliegt oder kriecht, und mich gefragt, was treibt doch dieſe Thiere ſo Alle nach einer Richtung? Die Seelen der einzelnen Thiere erklären's nicht. Sieht nicht vielmehr das Ganze aus wie das Getriebe einer einigen Seele? Wo aber ſitzt ſie? Im Ameiſenhaufen, im Bienenſtocke? Aber der Ameiſenhaufen wird erſt zuſammengetragen von den Ameiſen, die Waben erſt gebaut von den Bienen, die Ameiſen zerſtreuen ſich zwiſchen allen Wurzeln, die Bienen fliegen zu allen Blumen, die Raupen und Schmetterlinge kriechen und fliegen über das Land. Wenn die Seele irgendwo ſitzt, ſo kann ſie nur in dem ſitzen, was alles dies befaßt, in dem alles dies kriecht und fliegt, und wächſt und liegt und ſteht, Ameiſen, Bienen, Blumen, Land, Ameiſenhaufen und Bienenſtöcke. Und das iſt unſre Erde. Im weitern Sinne die Welt; aber zunächſt doch unſre Erde, da ſchließt ſich doch alles dies zunächſt ab- und zuſammen, mehr, als ſich unſer eigner Leib ab- und zuſammenſchließt. Da alſo wird das liegen, was alle jene Weſen theils miteinander, theils gegen einander treibt. Man nennt es bewußtlos, was ſie treibt. Das heißt den Fahrenden bewußtloſer als Kutſche und Pferde erklären.

Iſt es anders mit den Menſchen, als mit Ameiſen, Bienen, Raupen, Schmetterlingen. Werden ſie nicht auch getrieben nach Zielen, die kein Einzelner geſetzt hat; jeder arbeitet nach ſeiner Weiſe, nach ſeinem Wiſſen und Kräften daran mit; aber ſein Wiſſen und ſeine Kräfte dienen nicht, das Ziel zu verrücken, das über allen Einzelheiten ſchwebt, ſondern tragen nur bei, es zu erfüllen. Die ganze Menſchheit iſt eine Einheit nicht durch ſich ſelbſt, ſondern nur durch Vermittelung des ganzen Erdenreiches.

III. Vergleichende phyſiſche Erd- und Himmelskunde.

Laſſen wir jetzt einmal die Seelenfrage eine Zeitlang ruhen, und beſchäftigen uns vor Allem erſt damit, die materiellen Verhältniſſe der Erde etwas genauer aus den für uns bedeutſamen Geſichtspuncten zu betrachten. Nur um den Leib der Erde ſoll es ſich jetzt handeln; erſt ſpäter wollen wir auf die Frage zurückkommen, ob wir in dieſem Leibe die Zeichen der Seele nicht vermiſſen. Das Haus muß erſt geordnet ſein, bevor die Bewohnerin kann einziehen wollen. Und ſo viel und vielerlei Ordnung man ſchon in das Haus gebracht hat, war es doch immer nicht die, mit der eine Seele darin beſtehen kann.

Aber läßt ſich denn die Erde überhaupt als ein Leib darſtellen? Gewiß nicht ganz als ein Leib wie unſrer, aber doch in vielen Beziehungen. Achten wir alſo ſowohl auf die Aehnlichkeiten, als die Verſchiedenheiten; und ſehen ſpäter zu, wohin ſie weiſen, indem wir uns ſchon jetzt erinnern, daß, um aus Leiblichem auf Geiſtiges zu ſchließen, die Analogie mit dem, woran ſich in uns ſelbſt das Geiſtige knüpft, das wichtigſte, ja in letzter Inſtanz einzige

Fundament iſt. Nur daß freilich nicht jede Aehnlichkeit mit unſerm Leiblichen das Daſein, noch jede Verſchiedenheit die Abweſenheit einer Seele beweiſen kann.

Die Haupt-Aehnlichkeiten der Erde mit unſerm Leibe liegen in folgenden Puncten: Alle Materie der Erde (des irdiſchen Syſtems) bildet wie die unſers Leibes ein in ſich continuirlich zuſammenhängendes, durch eine beſtimmte Geſtalt äußerlich abgeſchloſſenes, durch ein Wirken von Kräften und durchgreifende Zweckbeziehungen innerlich verknüpftes, Ganze, was andern ähnlichen, obwohl auch wieder individuell davon verſchiedenen, Ganzen (andern Weltkörpern), im Weltraume ähnlich gegenüberſteht, als wie unſer Leib auf der Erde ſelbſt andern ähnlichen, doch auch wieder individuell davon verſchiedenen, Leibern.

Wie unſer Leib beſteht die Erde aus feſten, flüſſigen, dunſtigen, luftigen und unwägbaren Stoffen in mannichfachen Verbindungen und Verwickelungen, und gliedert und untergliedert ſich in eine Mannichfaltigkeit größerer und kleinerer, theils einfacher, theils zuſammengeſetzter, Beſtandſtücke, Formtheile, als da ſind: der wahrſcheinlich geſchmolzene Inhalt der Erde, die feſte Schaale darum, das Meer, die Atmoſphäre, das organiſche Reich, hierin das Pflanzenreich, Thierreich, die Menſchenwelt, hierin die einzelnen Pflanzen und Thiere und Menſchen; ohne eine wahre Trennung von all' dem, da vielmehr all' das im Ganzen der Erde unlösbar zuſammenhängt.

Wie bei uns giebt bei der Erde ein feſtes Gerüſt einem Spiele beweglicher Theile Anſatz und Form; und bleiben im Spiele der beweglichen Theile die Hauptzüge dauernd und feſt, die Richtung und Weiſe der Ebbe und Fluth, die Hauptſtrömungen des Meeres, der Flüſſe und Winde, Alles, was mit dem Wechſel von Jahres- und Tageszeiten zuſammenhängt, die Art, wie die Proceſſe des organiſchen und unorganiſchen Reichs, der Pflanzen- und Thierwelt in einander greifen, die allgemeinſten Hergänge in Pflanzen- Thier- und Menſchenwelt ſelbſt; indeß Mannichfaltigkeit, Freiheit, Wechſel in der Ausarbeitung und den nähern Beſtimmungen dieſer Grundzüge waltet, um ſo mehr, je mehr wir ins Einzelne und Feine gehen.

So giebt bei uns das Knochengerüſt einem Spiele beweglicher Theile Anſatz und Form, ſind alle Muskelbewegungen durch dieſen Anſatz feſt bedingt, bewegt ſich das Herz nach dem Rhythmus des Pulſes, geht der Blutſtrom ſeinen beſtimmten Gang im Ganzen, nimmt der Athem ſeine beſtimmten Wege, folgt der Stoffwechſel ſeinen allgemein beſtimmten Regeln, ſind beſtimmte Bahnen im Gehirn gezogen; aber im Einzelnen wechſelt das Muskelſpiel und der Herzſchlag tauſendfach, die Adern ſind bald voller, bald leerer, die einzelnen Blutſtrömchen und Blutkörperchen laufen bald ſo, bald ſo, der Athem dringt bald mehr in dieſe, bald in jene Lungenzellen, geht bald langſamer bald leiſer, der Stoffwechſel ändert in tauſend ſeinen Variationen, und wer mag die Freiheit des Spieles im Gehirn ermeſſen. Dieſe Freiheit, dieſer Wechſel, iſt ſelbſt ein Theil der Freiheit, des Wechſels der Erde, das Regelmäßige und Feſte in uns iſt ſelbſt ein Theil des Regelmäßigen und Feſten der Erde.

Das ganze Spiel der Proceſſe der Erde iſt wie das unſeres Leibes räumlich in größere und kleinere Kreisläufe, zeitlich in größere und kleinere Perioden gegliedert; und wiederum ſind die Kreislaufs- und periodiſchen Erſcheinungen unſers Leibes nur untergeordnete Abzweigungen der allgemeinen Kreislaufs- und periodiſchen Erſcheinungen der Erde.

Wie der Menſch ſteht die Erde in Wechſelwirkung mit einer Außenwelt, und unterliegt bei ihren äußern Bewegungen wie innern Proceſſen der Mitbeſtimmung durch dieſelbe, ſchließt ſich aber dabei durch die eigenthümliche Art ab, wie ſie theils ihre innern Wirkungen verknüpft und vollzieht, theils gegen die äußern Einwirkungen reagirt, und charakteriſirt ſich eben dadurch als ein individuell geartetes Weſen den andern Himmelskörpern gegenüber, wie der Menſch andern irdiſchen Geſchöpfen gegenüber.

Die Erde zeigt ferner in ſofern einen ähnlichen Entwickelungsgang wie unſer Leib, als ſie (nach den jetzigen kosmogoniſchen Vorſtellungen) zu einer gewiſſen Zeit aus einer größern materiellen Sphäre, deren Theil ſie früher war, heraus geboren worden iſt, ſich durch innere Kräfte ſelbſt geſtaltet und in Hauptmaſſen gegliedert hat, und nach Bildung ihrer Hauptgeſtalt und Sonderung ihrer Hauptmaſſen fortwährend thätig iſt, ihre Geſtalt in feinern Beſtimmungen fortzubilden, ihre Maſſen ferner aus- und durchzuarbeiten, in welcher Beziehung ſowohl in ihrem Innern als an ihrer Oberfläche Kräfte beſtändig thätig ſind, wodurch Stoffe beſtändig hin- und wiedergeführt, immer neue Formen und Formänderungen erzeugt werden.

Sowohl die erſte Bildung als die ganze Entwickelung und Fortbildung des organiſchen Reiches, wie Alles, was durch die Thätigkeit der Menſchen und übrigen organiſchen Weſen auf der Erde ſich geſtaltet, fallen ſelbſt dieſer Fortentwickelung anheim, ſofern es anfangs noch kein organiſches Reich mindeſtens in der Form, wie wir es jetzt kennen, auf ihr gab. Alles aber, was ſich ſo aus der Erde hervorbildet, trennt ſich eben ſo wenig, als was ſich an und in unſerm Leibe hervorbildet, ab von ihr; iſt vielmehr immer nur etwas, was ſich in und an ihr neu *unterſcheiden* läßt, als daß es ſich von ihr ſchiede.

Wie bei uns, erſcheint bei der Erde eine in gewiſſer Beziehung beſonders unterſcheidbare obwohl nicht davon ſcheidbare Sphäre als bevorzugter Träger pſychiſchen Lebens und Vermittler von Verkehrsbeziehungen mit der Außenwelt. Bei uns iſt es die, hauptſächlich nach Oben (ins Gehirn) und Außen (in Haut und andere Sinnesorgane) verlegte Sphäre des Nervenſyſtems und der damit zuſammenhängenden Sinne; bei der Erde iſt es die *zugleich* äußere und obere Sphäre, welche das organiſche Reich und hierunter die Menſchheit mit allen Wechſelthätigkeiten und Verkehrsbeziehungen derſelben unter einander und zur himmliſchen Außenwelt enthält.

Während nun nach allen dieſen Beziehungen die Erde die größte, ſchlagendſte Aehnlichkeit mit unſerm Leibe zeigt, ſo zeigt ſie aber andrerſeits nach andrer Beziehung auch die größten, ſchlagendſten Verſchiedenheiten von ihm, die jedoch alle an einem Hauptumſtande hängen, dem nämlich, daß unſer Leib ſelbſt eben ſeinen Stoffen wie ſeinen Thätigkeiten nach nur als ein Glied in das ganze Syſtem der Stoffe und Thätigkeiten der Erde eingeht; als eins der kleinſten, beſonderſten, aber zugleich als eins der verwickeltſten, ausgearbeitetſten, oder vielmehr wirklich als das verwickeltſte, ausgearbeitetſte.

Ein Glied muß nun zwar in vieler Beziehung dem Ganzen gleichen; aber in andrer kann es ihm nicht gleichen, dies liegt im Verhältniß des Gliedes zum Ganzen; ſo hängen Aehnlichkeiten und Verſchiedenheiten im Grunde an einer Wurzel.

Das Erſte, daß wir eins der kleinſten beſonderſten Glieder der Erde ſind, bringt als Unterſchiede der Erde vom Menſchen mit ſich, daß die Erde im Ganzen betrachtet großartiger, gewichtiger, gewaltiger, dauerhaftiger nach Umfang, Maſſe, Kräften und Beſtand, demgemäß größere Kreisläufe umſpannend, größeren Entwickelungsepochen unterliegend, durch weitergreifende Zwecke gebunden, höheren Individualitäten in höherm Sinne gegenüberſtehend, im Einzelnen betrachtet aber mannichfaltiger, vielſeitiger, vielgliedriger und abgeſtufter, demgemäß auch reicher an Unter-, Ueber- und Neben-Ordnungen, an beſondern Vermittelungen und Beziehungen, und durch mannichfaltigere und tiefergreifende Unterſchiede in Verhältniß zu andern gegenüberſtehenden Individualitäten charakteriſirt iſt.

An dieſen wirklichen Unterſchieden hängen dann früher betrachtete ſcheinbare. Weil wir als kleiner Theil der Erde ſie nicht ſo leicht im Ganzen zu überſchauen vermögen, als unſern Leib, ſuchen wir durch Ueberſchauung des kleinen aber todten Abbildes oder Zerlegung ihres Ganzen in

Einzelnheiten ihrer Auffaſſung beizukommen, und ſo geht die Aehnlichkeit des Lebens im Ganzen, die ſie mit uns doch wirklich nach ſo vielen Beziehungen hat, für die Betrachtung vollends verloren.

In Betreff deſſen, daß die Erde ſo viel in ſich hat, was der Menſch außer ſich hat, findet faſt ein geradezu verkehrtes Verhältniß zwiſchen ihr und uns Statt. Die Erde ſchließt uns ſelbſt ganz in ihre Innenwelt ein, indeß wir ſie zwar nicht ganz, ſofern wir doch einen Theil derſelben bilden, aber faſt ganz als unſre Außenwelt ausſchließen, daher auch für ſie unzählich viele Außerverhältniſſe wegfallen müſſen, die uns zukommen, und viele Innenverhältniſſe ihr zukommen müſſen, die uns abgehen. Unſre Außenverhältniſſe, ſo weit ſie auf die Erde Bezug haben, werden nämlich ſelbſt für ſie zu Innenverhältniſſen, und gewinnen daher für ſie eine andere Bedeutung als für uns; der Wind, der uns äußerlich anweht, weht innerlich in ihr, das Meer, deſſen Wellenſchlag wir äußerlich ſehen, ebbt und flutet in ihr; der ganze Verkehr der Menſchen, wo jeder ſich immer durch den andern äußerlich beſtimmt findet, gehört zu ihren innern Bewegungen; die ganze Geſchichte der Menſchen, wo ein Geſchlecht immer das andre ablöſt, ein Menſch an die Stelle des andern tritt, gehört zu einem Fluß innerer Beſtimmungen, in dem ſie ſich immer als Ganzes forterhält; die ganze äußere Seite unſers Stoffwechſels gehört zu ihrem innern Stoffwechſel. Jeder von uns wird äußerlich nach einem ihm fremden Mittelpuncte gezogen, ſie ſchließt dieſen Mittelpunct als ihren ein; jeder von uns dreht ſich täglich als peripheriſcher Theil der Erde um eine ihm äußere Axe, die Erdaxe, für ſie iſt dieſe Axe eine eigene innere. Wir haben bald Sommer und bald Winter, bald Tag und bald Nacht, bald Sturm und bald Stille; ſie hat immer Sommer und immer Winter, immer Tag und immer Nacht, immer Sturm und immer Stille; alles zugleich, nur an verſchiedenen Orten; alle Periodicität in dieſer Hinſicht bezieht ſich in ihr nur auf einen Wechſel des Orts, indeß ſie für uns ein Wechſel in der Zeit iſt.

Alles aber, was ſo über den Menſchen hinaus zur innern Weſensfülle der Erde gehört, trägt auch zu ihrer Machtvollkommenheit bei, indeß es zur äußeren Bedingtheit und Beſtimmtheit des Menſchen gehört, der ſich ſolchergeſtalt in allſeitiger äußerlicher Abhängigkeit von ihr zeigt, tauſenderlei Ergänzungen außer ſich zu ſuchen hat, wozu die Erde das in ſich Ganze iſt, dem tauſend äußere Gewalt geſchieht, wozu ſie die innerlich Gewaltige iſt. Er hat gar keinen vollkommen in ſich geſchloſſenen Beſitz und Kreislauf von Stoffen und Kräften wie ſie; nur durch Austauſch und Ergänzung ſeiner Stoffe und Kräfte mit der Erde vermag er ſich zu erhalten und jeder Verſuch des Abſchluſſes gegen ſie tödtet ihn. Wenn man einen Menſchen von der Erde nähme, er ſtürbe; aber die Erde ſtürbe nicht, ſie erſetzte ihn alsbald durch einen neuen. Wie er ihren erzeugenden und erhaltenden Kräften unterliegt, ſo ihren ſchädigenden und zerſtörenden, in Erdbeben, Stürmen, Gluten und Fluthen. Aber nur ihn ſchädigen und zerſtören ſie; dagegen ſeine Schädigung und Zerſtörung, anſtatt der Erde etwas anzuhaben, ſelbſt zu ihrem innern Lebenswechſel gehört, vermöge deſſen ſie immer Altes wegſchafft, um es durch Junges und Friſches zu erſetzen; nicht anders, als es auch in unſerm Leibe geſchieht. Und ſo viel der Menſch wirthſchaftet auf der Oberfläche der Erde, iſt es nicht etwas, was er als Fremder über ſie vermag, ſondern etwas, was ſie über ſich ſelbſt vermag; jede Gewalt, die er äußerlich auf ſie zu üben glaubt, iſt nicht minder ihre eigne Gewalt; er kann ihr, als ihr Theil oder Organ, nichts thun, was ſie ſich nicht ſelber thut, dahingegen ſie ihm Unzähliges thun kann, was er nur von ihr leiden muß.

In all dieſem Betracht haben wir wohl Recht zu ſagen, die Erde ſei ein verhältnißmäßig weniger von äußern Mitbedingungen abhängiges, reiner auf ſich ſtehendes, mehr in ſich geſchloſſenes, vollſtändiger in ſich kreiſendes, im Ganzen alſo ſelbſtſtändigeres Geſchöpf als der Menſch, deſſen ganze Selbſtſtändigkeit, ſo weit er ſolche beſitzt, nur ein Theil, eine Seite ihrer Selbſtſtändigkeit iſt, dagegen die ihrige nach unzähligen Beziehungen über ihn hinausgreift, aus welchen ihm äußere Abhängigkeitsverhältniſſe erwachſen.

Zwar auch die Erde iſt kein abſolut ſelbſtſtändiges Weſen; ein ſolches iſt nur das den ganzen Gott tragende Weltganze. Die Erde hat noch ihre äußern Abhängigkeitsverhältniſſe von der himmliſchen Außenwelt, der ſie eingepflanzt iſt, nur ſteht ſie auf einer höhern Stufe der Selbſtſtändigkeit, als der Menſch, ſofern der Menſch dieſe ihre äußern himmliſchen Abhängigkeitsverhältniſſe theilt, nun aber noch darüber oder vielmehr darunter ſo viel äußere irdiſche Abhängigkeitsverhältniſſe hat, die zu ihren innern Weſensbedingungen gehören. Die Erde wird durch die Anziehung der Sonne umgeſchwungen, der Menſch muß da mit, die Erde bedarf der Sonne zur Entwickelung des organiſchen Lebens, dazu gehört auch das Leben des Menſchen; die Erde verdankt ihr Zeitmaß den äußern Beziehungen zum Himmel, daher hat es auch der Menſch und eben durch ihn die Erde. In dieſer Beziehung hat alſo der Menſch vor der Erde nichts voraus, oder nur das voraus, wenn hierauf ein Voraus zu gründen, daß er als kleiner Theil der Erde auch ihre äußern Abhängigkeitsverhältniſſe vom Himmel nur von der Seite und zu dem Theile ſpürt, zu dem er eben in ſie eingeht. Weil er ihr Meer nicht in ſeinem Leibe hat, ſpürt er freilich auch nichts von ihrer Ebbe und Fluth, und weil er nicht mit ihrer grünen Pflanzenwelt bekleidet iſt, ſo ſpürt er deren Wachſen und Welken, den Wechſel des Sommers und Winters nicht ſo wie die Erde.

Da es einmal nur Stufen der Selbſtſtändigkeit giebt, ſo hat dann freilich auch der Menſch die ſeine, andern irdiſchen Geſchöpfen gegenüber, und es liegt ein neuer Unterſchied der Erde von dem Menſchen darin, daß ſie, im Ganzen ſelbſtſtändiger als er, nun auch ſelbſtſtändigere Beſtandſtücke oder Glieder hat, als er, da ſie ihn ſelbſt mit Thieren und Pflanzen darunter zählt, und da ſeine Glieder doch nicht wieder eben ſo ſelbſtſtändige Menſchen, Thiere, Pflanzen ſind. Nur iſt die Selbſtſtändigkeit, die er gegen ſeine Nachbargeſchöpfe hat, nicht mit einer ſolchen gegen die übergeordnete Erde ſelbſt zu verwechſeln.

Der andere Umſtand, daß der Menſch und die irdiſchen Organismen überhaupt die *verwickeltſten* und *ausgebildetſten* Glieder des Erdleibes ſind, bringt mit ſich, daß die Erde, nach ihren allgemeinſten Zügen ohne Rückſicht auf dieſe Glieder aufgefaßt, einfachere und klarer geordnete Verhältniſſe darbietet, roher gebaut und thätig ſcheint als dieſe Organismen, mit Rückſicht aber darauf und unter Mitbetracht des vorigen Umſtandes aufgefaßt, ſich als ein bei Weitem verwickelteres oder in höherem Sinne verwickeltes, tiefer ausgearbeitetes und lebendiger thätiges Ganze darſtellt, als irgend einer der ihr untergeordneten Organismen, ſofern die Erde ja nicht nur alle Verwickelungen der Menſchen-, Thier- und Pflanzenleiber und ihrer Proceſſe einſchließt, ſondern auch eine Verwickelung aller dieſer Verwickelungen unter ſich und mit dem unorganiſchen Reiche enthält, die ſich in den gegenſeitigen ſtofflichen Zweck- und Wirkungsbeziehungen der organiſchen Weſen theils unter ſich, theils mit der übrigen irdiſchen Welt kund giebt.

Wie einfach und geregelt iſt der Gang der Erde am Himmel, wie einfach ihre Drehung um ſich ſelbſt, wie einfach ihre Hauptform, wie einfach die Gliederung ihrer Hauptmaſſen. Wie unregelmäßig und verwickelt iſt dagegen Alles in Lebensgang, Form und Gliederung des Menſchen. Wenn wir aber deßhalb ſagen wollten, die ganze Erde ſei ein einfacheres und roheres Weſen, als wir, ſo wäre es derſelbe Irrthum, als wenn wir unſern Leib ein einfacheres und roheres Weſen, als ſeine verwickeltſten, ausgearbeitetſten Glieder, Auge oder Gehirn, nennen wollten.

Denn dieſe verwickeltſten Glieder tragen nicht nur ihre ganze Verwickelung zu unſerm Leibe bei, ſondern geben nun auch noch Verwickelungen mit einander und mit den andern Organen in unſerm Leibe ein.

Wir verglichen früher das irdiſche Syſtem mit einem Geflecht, einem Knoten, deſſen Fäden ſtellenweis in kleinere Knoten, d. ſ. die einzelnen organiſchen Weſen zuſammenlaufen. Gewiß wird man auch einen ſolchen großen Knoten etwas in höherm Sinne Verwickeltes, Reicheres, mehr Ausgebildetes nennen, als alle kleinen Knoten, die in ihn eingehen, weil alle kleinen Knoten ſelbſt zu ſeiner Verwickelung, ſeinem Reichthum, ſeiner Ausarbeitung gehören. Aber freilich, wenn man die kleinen Knoten, und hiemit die wichtigſten Verknüpfungsglieder des großen Knotens wegdenkt, fällt er roh in ſeine Elemente auseinander, und ſo bezugslos zu den Organismen betrachten wir gewöhnlich das irdiſche Syſtem.

Verglichen wir andrerſeits die organiſchen Geſchöpfe der Erde mit Blättern und Blüten einer Pflanze oder eines Baumes, ſo kann ja der ganze Baum nichts Einfacheres und Roheres ſein, als ſeine Blätter und Blüten, da er vielmehr der ganze Complex derſelben ſelbſt, nur noch mehr als dieſer Complex iſt. Obwohl dies Bild blos halb zulänglich iſt. Denn die Abzweigungen des Stammes, die Blätter und Blüten des Baumes, hängen blos in einer Richtung, ſo zu ſagen von hinten, durch den Stamm zuſammen, aber die organiſchen Geſchöpfe, nachdem ſie hervorgewachſen ſind aus dem irdiſchen Syſtem, treten auch in den innigſten mannichfaltigſten Verkehr unter ſich, gehen eine höhere Verwickelung ein.

Nehmen wir Alles zuſammen, was es von Aehnlichkeiten und Verſchiedenheiten zwiſchen Erde und Menſch giebt, ſo finden wir in den Aehnlichkeiten wohl Gründe genug, die Erde einen individuell gearteten Organismus, wie den Menſchen zu nennen, in den Verſchiedenheiten aber ſtatt Gegengründe nur Gründe, ſie einen Organismus ſogar in noch höherm Sinne als Menſchen, Thiere und Pflanzen zu nennen. Alle Merkmale der Einheit, Mannichfaltigkeit, Eigenthümlichkeit, Selbſtſtändigkeit, Gliederung, Entwicklung von Innen heraus, zweckmäßigen Durchbildung, die wir, ſei es einzeln oder in Verbindung, aus dieſem oder jenen philoſophiſchen Geſichtspuncte, zum Charakter eines individuellen Organismus machen mögen, finden wir in der Erde nicht weniger, ſondern in höherm Sinne, als im Menſchen wieder.

Zwar ſoll uns auf den Namen Organismus hier nichts ankommen, daher wir uns auch um eine beſtimmte Definition deſſelben nicht abmühen wollen. Was hülfe uns auch der Name Organismus. Die Pflanzen gelten auch für Organismen und doch für ſeelenlos. Es iſt ein Titel, der noch nicht Sitz und Stimme im Seelenreiche giebt, ſondern nur die Anwartſchaft darauf, und ſo brauchte es auch des Titels nicht, wenn ſich nur die Mittel der Seele aufzeigen ließen. Gewiß iſt, daß wenn man ſich ein- für allemal entſchloſſen hat, blos Menſchen, Thiere, Pflanzen Organismen zu nennen, die Erde keiner iſt. Eben ſo gewiß andrerſeits, daß, wenn man ſich fragt, weßhalb man doch eigentlich Menſchen, Thiere und Pflanzen Organiſmen nennt, man keinen weſentlichen Charakter finden wird, der nicht der Erde in noch ſtrengerm und höhern Sinne zukäme. Und nur eben daß es in höherm Sinne der Fall, bringt Unterſchiede mit ſich, die, wenn man den Begriff der Organiſmen niedrig und eng faſſen will, die Erde davon ausſchließen.

Wie oft hat man ſchon die Erde wirklich mit einem menſchlichen oder thieriſchen Organiſmus verglichen, und oft genug auch eben in der Abſicht, ein lebendiges Weſen aus ihr zu machen. Manche haben ſie geradezu für ein Thier erklärt *). Aber gerade das, wodurch man den Zweck am ſicherſten zu erreichen hoffte, die einſeitige Hervorhebung ihrer Aehnlichkeiten mit einem Menſchen oder Thiere, mußte ihn nothwendig verfehlen laſſen. Es

---

*) So hat ſchon der große Kepler in ſeiner Harmonia Mundi den Erdkörper als ein lebendiges Unthier geſchildert, „deſſen wallfiſchartige Reſpiration, in periodiſchem, von der Sonnenzeit abhängigen, Schlaf und Erwachen, das Anſchwellen und Sinken des Oceans verurſacht.“ Ich entlehne dieſe Notiz aus Humboldts Kosmos III. 19, da mir das Keplerſche Werk ſelbſt nicht zu Geſicht gekommen. Noch ſonſt bemerkt Humboldt darüber (S. 31): „Dieſelbe Schrift, welche ſo viel Herrliches darbietet, ja die Begründung des wichtigen dritten Geſetzes, wird durch die muthwilligſten Phantaſieſpiele über die Reſpiration, die Nahrung und die Wärme des Erdthieres, über des Thieres Seele, ſein Gedächtniß, ja ſeine ſchaffende Einbildungskraft verunſtaltet. Der große Mann hielt ſo feſt an dieſen Träumereien, daß er mit dem myſtiſchen Verfaſſer des Microcosmos, Robert Fludd aus Oxford, über das Prioritätsrecht der Anſichten vom Erdthiere ernſthaft haderte. (Harm. mundi. S. 252).“ Auch ſpäter iſt die Idee vom Erdthiere wiederholt aufgetaucht.

blieben immer zu ſtarke Incongruenzen und die Künſtelei ward ſichtbar. Die Erde iſt nun einmal weder Menſch noch Thier und es iſt unmöglich, das Kleinere zu erreichen, ſondern nur das Größere, wozu es freilich auch gilt, den geiſtigen Blick zu erweitern. Die Erde iſt ein höheres Weſen als Menſch und Thier; aus dieſem Geſichtspuncte werden alle ihre Verſchiedenheiten von Menſch und Thier verſtändlich, und treten zu den Gründen für ihr Leben hinzu, ſtatt ſich davon abzuziehen. Dann gilt es nichts mehr zu deuteln, ſondern nur noch zu deuten.

Eine durchgreifende Aehnlichkeit der Erde mit Menſch und Thier iſt aus dieſem Geſichtspuncte, wie wir ſie nicht gefunden haben, auch gar nicht zu erwarten. Schon von Thier zu Menſch, von einem Thier zum andern, von Thier zu Pflanze findet ja keine reine Vergleichbarkeit ſtatt; in jedem organiſchen Geſchöpfe ſind die Organe und Functionen anders theils zuſammen- theils auseinandergelegt, in andrer Weiſe verſchmolzen, differenzirt, übertragen, verſetzt. Gilt aber das von den untergeordneten Geſchöpfen der Erde in Bezug zu einander, wie ſollte man es nicht um ſo mehr als ſelbſtverſtändlich in Bezug zu dem übergeordneten Weſen halten. Es liegt ja doch auf der Hand, daß ein Weſen, was Menſchen, Thiere, Pflanzen ſelbſt wie Organe einſchließt, nicht eine einfache Wiederholung eines einzelnen dieſer Organe ſein kann; ſo wenig man in dem ganzen Menſchen eine einfache Wiederholung irgend eines einzelnen ſeiner Theile oder Organe ſehen kann. Keins, und wäre es das höchſte, kann doch den ganzen Reichthum, die ganze Fülle, die ganze Vielſeitigkeit und die ganze Abſtufung des vollen Organismus in ſich wiederſpiegeln, und alſo kann es auch der Menſch nicht als Theil oder Organ der Erde. Höchſtens ſtellt jeder in ſeiner Einzelheit eine der oberſten Spitzen im Bauwerk der ganzen Erde dar. Wiederholen aber wohl die Spitzen eines gothiſchen Doms das ganze Gebäude? Sie ſteigen auf, ſpitzen ſich zu, gliedern ſich, ſind aus gleichem Material, ſehen nach demſelben Himmel, wie der ganze Dom; wie ſollten ſie nicht, da ſie eben Glieder des Doms, und als ſolche beitragen müſſen, ihm den Charakter zu geben, da ſie überdies höchſte Glieder des Doms, und alſo die Charaktereigenthümlichkeit des Doms ſich in ihnen gipfeln ſoll; aber dennoch bleibt der Dom unſäglich mehr, als eine vergrößerte Wiederholung ſeiner höchſten Spitzen und kann man Aehnlichkeiten zwiſchen ihm und ſeinen Spitzen nicht ins Beſondere durchführen wollen.

So liegt nun auch in dem ganzen Bau der Erde unſäglich viel, was man nicht im Menſchen wiederfinden kann, obwohl nichts im Menſchen, was man nicht in der Erde wiederfände, ſofern ſie den Menſchen ſelbſt enthält.

Manche, indem ſie die Erde mit dem Menſchen vergleichen, begehen den großen Irrthum, daß ſie das, was die Erde eben in und durch den Menſchen hat, noch einmal außerhalb des Menſchen in der Erde ſuchen. Der Menſch hat eine Lunge, ein Gehirn, ein Herz; durch und in ihm hat es die Erde, aber nicht noch einmal außer ihm, auch nicht in einem Aequivalent. Des Menſchen Lunge iſt der Erde Lunge, des Menſchen Gehirn iſt der Erde Gehirn; obwohl freilich ſein Gehirn nicht für die ganze Erde dieſelbe Bedeutung hat, als für ihn; vielmehr ordnet ſich die Bedeutung, die es für ihn hat, der Bedeutung, die es für die ganze Erde hat, unter. Nun könnte man allerdings nach etwas ſuchen, was wirklich für die Erde im *Ganzen* dieſelbe Bedeutung hätte, als für uns Gehirn, Lunge, Herz u. dergl., aber die Erde wiederholt uns eben nicht im Ganzen, ſondern wir ergänzen uns mit anderm Disparaten erſt zur ganzen Erde; ſo daß die Erde uns immer nur nach dem Theile ganz gleicht, den wir eben davon bilden. Wenn ein Thurm einen Knopf als Gipfel hat, ſo verlangt man ja auch nicht eine Wiederholung dieſes Knopfes noch außer dem Knopfe im Thurme. Vielmehr iſt eben der eine Knopf dazu da, das zu leiſten, was der Knopf dem Thurm leiſten ſoll. Und ſo iſt eben unſer Gehirn da, der Erde zu leiſten, was ein Gehirn der Erde leiſten kann, und man muß nicht noch einmal ein Gehirn in ihr ſuchen, um Gedanken wie unſre in ihr zu finden. Sie mag zwar noch etwas über unſer Gehirn hinaus haben, nämlich die Verknüpfung unſrer Gehirne, aber muß alles Oberſte ein Gehirn ſein und heißen? Wir haben ſelbſt oben einen Theil der Erde mit einem Gehirn verglichen, aber wollen wir damit mehr ſagen, als daß er ihm nach *gewiſſer Beziehung* gleiche? und Alles gleicht ſich nach gewiſſer Beziehung; nach anderer nicht; nun iſt bei jedem Vergleiche nöthig, die Beziehung anzugeben.

Nicht ſelten vergleicht man Ebbe und Fluth mit dem Puls der Erde, den Kreislauf der Gewäſſer mit dem Kreislauf des Blutes, die Atmoſphäre mit einer Lunge, Sommer und Winter oder Tag und Nacht mit Schlaf und Wachen der Erde, u. ſ. w. Alle ſolche Vergleiche treffen von gewiſſer Seite, und können nach dieſer oder jener Hinſicht ſehr erläuternd ſein, weil in der That bedeutungsvolle Analogien ſich vom Theile, dem Menſchen, aufs Ganze, die Erde und umgekehrt erſtrecken, aber im Zuſammenhange und conſequent laſſen ſie ſich nie durchführen, ohne auf Incongruenzen zu ſtoßen, weil ſich eben nichts *ganz* gleicht; und wenn wir uns daher ſelbſt mitunter auf ſolche Vergleiche einlaſſen, werden ſie eben auch überall nur zur Erläuterung nach *gewiſſer Beziehung* dienen und nicht weiter gelten ſollen, als in dieſer Beziehung, die eben geltend gemacht wird.

Manche naturphiloſophiſche Anſichten ſtellen ſich in dieſer Hinſicht ſehr anders, indem danach die untergeordneten Glieder das höhere Ganze geradezu nur auf andrer Stufe wiederholen, ja im Grunde Alles in der Welt ſich gegenſeitig wiederholt. Der Verſuch, dergleichen durchzuführen, iſt aber ſtets mißglückt. Betrachten wir einige der obigen Beiſpiele etwas näher in dieſer Hinſicht. Es hat auf den erſten Anblick allerdings viel für ſich, zu ſagen: der Kreislauf der Gewäſſer iſt für die Erde das, was der Blutkreislauf für uns. Das Waſſer geht aus dem Meere durch Verdampfung in die Lüfte, aus den Lüften durch die Flüſſe über Land zurück ins Meer. Das Meer mit dem Puls der Ebbe und Fluth erinnert ſtark an das pulſirende Herz, die Fluß- und Bachverzweigungen an die Aderverzweigungen, und die Atmoſphäre, in welche das Waſſer immer von Neuem übergeführt wird, an die Lunge. Der Stoffwechſel auf der Erde iſt weſentlich an dieſen Kreislauf geknüpft. So weit ſcheint Alles zu paſſen. Aber Alles hinkt, wenn man den Vergleich des Nähern auszuführen verſucht. Unſer Herz treibt durch ſeinen Puls das Blut in alle Adern, aber das Meer treibt durch den Puls der Ebbe und Fluth keineswegs das Waſſer ſei es in die Flüſſe oder in die Luft, vielmehr iſt die Ebbe und Fluth ganz beziehungslos hiezu. Ebbe und Fluth führen das Waſſer (oder vielmehr nur immer einen Theil des Waſſers) in einem beſondern Kreislauf um die Erde, wobei von einem Analogen mit Adern und Lunge nicht die Rede iſt, und ein anderer Kreislauf iſt es, der das Waſſer aus dem Meere durch die Lüfte auf das Land und vom Lande durch die Flüſſe in das Meer zurückführt, wo dann wieder von einem Analogon des Pulſes nicht die Rede iſt. Dazu verdankt der Puls des Meeres viel unmittelbarer äußern Anregungen ſeinen Urſprung, als der Puls unſers Herzens, der nur in entfernter Abhängigkeit davon ſteht. Auch das Verhältniß unſers Kreislaufs zur Lunge läßt ſich nur ſehr ſchlecht im Verhältniß des Waſſerkreislaufs zur Atmoſphäre wiederfinden. Das Waſſer wird keineswegs in der Atmoſphäre ſo oxydirt, als das Blut in unſern Lungen.

Von einer andern Seite hat es viel für ſich, das Thierreich in der Erde mit den ſogenannten animalen Syſtemen, d. i. Nerven- und Muskelſyſtem in uns, als vorzugsweiſen Trägern und Vermittlern von Empfindung und willkührlicher Bewegung, zu vergleichen, zumal da die Hauptmaſſen des Nerven- und Muskelſyſtems eben ſo die Neigung zeigen, ſtrangige Maſſen zu bilden, wie die Thiere; das Pflanzenreich andrerſeits mit den Syſtemen, welche Träger und Vermittler der ſogenannten vegetativen Functionen für uns ſind, d. i. hauptſächlich Gefäßſyſtem und Verdauungsſyſtem, da zumal die Gefäße eben ſo eine verzweigte Form zeigen, als die Pflanzen, und die Därme mit ihren Zotten ſehr gut die Wurzel mit ihren Faſern repräſentiren können, endlich das unorganiſche Reich mit dem Knochenſyſtem, Zellgewebe, Haaren, Nägeln, Oberhaut, u. dergl., als welche hauptſächlich nur dienen, dem Ganzen Halt und Hülle zu geben, und die Hauptſyſteme in ſich Wurzel ſchlagen zu laſſen, wie denn namentlich das Knochenſyſtem in ſehr vieler Beziehung dem Felsgerüſt unſrer Erde entſpricht.

Aber auch dieſer Vergleich trifft nur theilweis; denn um nur an Naheliegendes zu erinnern, ſo kann das Felsgerüſt der Erde gar nicht ſo durch die Thiere bewegt werden, wie die Knochen durch Wirkung der Muskeln und Nerven bewegt werden; die Pflanzen vermitteln gar nicht ſo viel von dem Umtrieb der Säfte, als das Gefäßſyſtem in uns u. ſ. w. Dazu kommt dieſer Vergleich mit dem vorigen in Conflict. Wenn das verzweigte Syſtem der Flüſſe und Bäche das verzweigte Gefäßſtem der Erde vorſtellen ſoll, ſo kann das verzweigte Pflanzenreich nicht daſſelbe in demſelben Sinne vorſtellen und umgekehrt. Und im Grunde kann weder das eine noch das andre es recht in demſelben Sinne wie in uns vorſtellen, da die Bewegung der Säfte in unſerm Leibe, die Bewegung der Säfte in den Pflanzen und die Bewegung der Flüſſe und Bäche auf der Erde und der Dünſte in der Luft ſich vielmehr in dem allgemeinen irdiſchen Syſtem erſt zu etwas Vollem ergänzen (Vergl. den Anhang). Dies ſchließt gewiſſe Aehnlichkeiten nicht aus, die man verfolgen kann, ohne gegen die Verſchiedenheiten blind ſein zu dürfen.

Eben ſo wenig als die reine Durchführung eines Vergleichs des Menſchen mit der Erde entſpricht unſrer Anſicht von der Sache die Aufſtellung einer naturphiloſophiſchen Vergleichung, wie ſie Oken ſeiner Eintheilung des Thierreichs und Pflanzenreichs zu Grunde gelegt hat. Derſelbe betrachtet (allg. Naturgeſch. f. alle Stände S. 396) die ſelbſtſtändigen Thiere nur als Theile des großen Thieres, welches das Thierreich iſt. Dieſes gilt ihm als ein Ganzes, welches in den einzelnen Thieren ſeine Organe hat. Ein einzelnes Thier entſteht, wenn ein einzelnes Organ ſich von dem allgemeinen Thierleib ablöſt und zu relativer Selbſtſtändigkeit gelangt. Das Thierreich iſt ſo zu ſagen nur das zerſtückelte höchſte Thier: Menſch; indem der Menſch alles, was auseinandergelegt in den einzelnen Thieren vorkommt, in ſich verſchmelzen und geeinigt enthält. Aber nach uns bildet weder das Thierreich, noch Pflanzenreich einen als ſelbſtſtändig zu betrachtenden Leib, ſondern nur Beider Zuſammenhang mit dem ganzen irdiſchen Syſtem bildet einen ſolchen. Hiermit fällt für uns das Princip der ganzen Betrachtungsweiſe.

Sogar der allgemeine Vergleich des Menſchen oder der Menſchheit mit einem Organe der Erde trifft zwar nach gewiſſer Beziehung ſehr gut, nach anderer aber wieder ſehr wenig, wenn wir dabei das Verhältniß unſrer Organe zu unſerm Organismus wiedergeſpiegelt verlangen, und es kann daher auch eben ſo nur in uneigentlichem oder weitern Sinne ſein, daß man den Menſchen oder die Menſchheit ein Organ der Erde nennt, als man die Erde ſelbſt in weiterm Sinne einen Organismus ſich zu nennen erlaubt, und es iſt auf eine Uebereinſtimmung dabei nach allen Beſonderheiten von vorn herein zu verzichten.

Die Erde iſt alſo nicht blos etwas quantitativ Größeres als Menſch und Thier, ſondern auch etwas qualitativ Anderes. Sofern ſie Menſchen und Thiere ſelbſt befaßt, gewinnt ſie nothwendig andre innere und äußere Verhältniſſe als ſie, die von ihr befaßten, zwar unter Beibehaltung gewiſſer gemeinſchaftlicher Grundverhältniſſe, doch nur ſehr allgemeiner. Ja, daß ſie ſo viel größer iſt, als ihre Menſchen und Thiere, trägt ſelbſt weſentlich bei, ſie ſo viel anders zu machen.

Goethe ſagt einmal (in ſ. Nachtr. zur Oſteol. geſ. W. B. 33. S. 231). „Dem erſten Anblicke nach ſollte man denken, es müſſe eben ſo möglich ſein, daß ein Löwe von zwanzig Fuß entſtehen könnte, als ein Elephant von dieſer Größe, und daß ſich derſelbe ſo leicht müſſe bewegen können, als die jetzt auf der Erde befindlichen Löwen, wenn Alles verhältnißmäßig proportionirt wäre; allein die Erfahrung lehrt uns, daß vollkommen ausgebildete Säugethiere über eine gewiſſe Größe nicht hinausſchreiten, und daß daher bei zunehmender Größe auch die Bildung anfange zu wanken, und Ungeheuer auftreten.“ Goethe hat ſehr Recht. Wenn es aber wahr iſt, daß über eine gewiſſe Größe hinaus kein Säugethier mehr beſtehen kann, ſo folgt daraus natürlicherweiſe, daß die Natur, wollte ſie doch noch größere Geſchöpfe machen, es nach einem andern Plane thun mußte, als der den Säugethieren zu Grunde liegt; dann aber iſt es auch thöricht, Vergleiche der Erde mit den Säugethieren insbeſondere zu ſuchen und durchführen zu wollen. Kann ein Froſch ſich nicht zur Größe eines Ochſen aufblähen, ohne zu platzen, wie will man vom Ochſen verlangen, daß er ſich zur Kleinheit des Froſches zuſammenziehe, ohne daß er zerkrache; doch verlangt man viel mehr, indem man verlangt, daß das große Geſchöpf, die Erde, Einrichtungen wie der kleine Menſch, das kleine Thier, zeige. Wenn aber das Extrem der Vergrößerung bei Säugethieren ungefüge Ungeheuer giebt, ſo folgt daraus noch nicht, daß ein Geſchöpf, was noch größer als Wallfiſch, Elephant und Nashorn, noch ungefüger ſein werde: ſondern es wird eben nur darauf ankommen, einen andern paſſendern Plan für ſeine Bildung zu Grunde zu legen, der die ungeheure Größe zu nutzen, zu beherrſchen und zu bewegen geſtattet. Bei der Erde iſt das wirklich der Fall: ſie ſchwingt ſich gewandt genug durch den Himmel, und ihre Glieder, d. i. ihre Geſchöpfe, bewegen ſich frei genug an ihr. Nur mit vier Beinen wie bei einem Säugethiere ging es nicht bei der Erde. Ueberhaupt aber, wenn wir die Frage aufwerfen, welche Abänderungen müßte die Organiſation eines Thieres erfahren, um noch lebendig und zweckmäßig beſtehen zu können, wenn es ſo groß wie die Erde ſein ſollte, würden wir eben diejenigen erforderlich finden, welche wir wirklich durch die Erde erfüllt ſehen. Ich ſpreche aber jetzt hiervon nicht weiter, weil es künftig der Fall ſein wird (vgl. Nr. 2 u. 3).

Faſſen wir von den bisher blos flüchtig und im Ueberblick berührten Puncten jetzt einige noch etwas näher in's Auge, ohne andern Zweck, als für die gewöhnliche zerſtückelnde Betrachtungsweiſe der Erde die verknüpfende etwas geläufiger zu machen, die das Fundament unſerer Betrachtungen iſt, wie ſie ſelbſt ihr Fundament in der Natur hat. Es ſind Bruchſtücke einer kleinen (vergleichenden) phyſiſchen Erd- und Himmelskunde, die wir hier bieten, von der gewöhnlichen fach- und ſchulmäßigen Behandlungsweiſe einer ſolchen Lehre blos darin unterſchieden, daß die Stücke hier im Ganzen aufgezeigt, ſtatt aus dem Ganzen gebrochen und wieder dazu zuſammengelegt werden, von der gewöhnlichen naturphiloſophiſchen darin, daß auf die Unterſchiede zwiſchen Erde und Menſch eben ſo ſehr hingewieſen und ſo viel Gewicht gelegt wird, als auf die Aehnlichkeiten. Wir werden hiebei nichts ſagen, als was jeder weiß und zugiebt; wir werden es blos etwas anders ſagen, als es jeder zuzugeben gewohnt iſt. Nun ſehe man zu, ob man Herr oder Sclave der Gewöhnung iſt, die immer zur zerſtückelnden und iſolirenden Betrachtung zurückdrängt. Ich nehme vom überall Zugegebenen einige Hypotheſen über den Urzuſtand und das Innere der Erde aus, die ſich anfechten laſſen, auf die jedoch zuletzt nichts ankommen wird. Sie betreffen ein Gebiet, wo es einmal nur Hypotheſen giebt, und die unſrigen werden doch im Grunde nichts ſein, als eine etwas weitere Entwickelung derjenigen, über die ſich die gründlichſten Forſcher ohnehin ſo ziemlich, wenn auch nicht völlig, vereinigt haben.

In Betreff der nicht ſeltenen ſpeciellen Vergleiche zwiſchen Theilen oder Functionen der Erde und unſers eignen Körpers laſſe man die Bemerkung S. 63 nicht außer Acht. Solche Vergleiche ſollen, wo ſie vorkommen, nur dienen, gewiſſe, für uns und die Erde factiſch übereinkommende, Geſichtspuncte ſchlagend hervortreten zu laſſen; im Uebrigen aber nicht weiter gelten, als ſie eben wirklich treffen. Ich behaupte nochmals, daß ſie nicht weiter, als bis zu gewiſſen Gränzen treffen *können*. Nach anderer Hinſicht trifft dann wieder etwas Andres. Daher auch derſelbe Theil der Erde oft aus verſchiedenen Geſichtspuncten mit ſehr verſchiedenen Theilen des Menſchen verglichen wird.

Um dieſen Abſchnitt nicht zu ſehr anzuſchwellen, verweiſe ich einen Theil der hieher gehörigen Betrachtungen, als für den Verfolg nicht gerade weſentlich, in einen Anhang.

1) Alle Stoffe der Erde bilden wie die unſers Leibes *eine einzige vollkommen in ſich zuſammenhängende und zuſammenhaltende Maſſe*, in welche die Maſſe unſers Leibes ſelbſt unlösbar mit eingeht. Dieſe Vorſtellung iſt uns nicht in der Art geläufig, wie ſie es der Natur der Sache nach ſein ſollte. Wenn wir über den Boden emporſpringen, ein Luftballon aufſteigt, ein Vogel fliegt, ein Stein in die Luft geſchleudert wird, meinen wir, hiemit löſe ſich etwas von der Erde los, ja unſer Gang über die Erde beweiſe unſre loſe Verbindung mit der Erde. Aber das gilt nur von jener beſchränkten Auffaſſung der Erde, welche die feſte Erde für die ganze halten läßt. Der Vogel, der durch die Luft fliegt, hängt, abgeſehen, daß ihn die Schwere noch an die Erde feſſelt, noch durch die ganze Luft mit der Erde zuſammen; es iſt blos ein dichterer Theil der Erde, der Wellen in einem dünnern ſchlägt; und wenn wir über den Erdboden laufen, ſchiffen, iſt dies nicht anders, als wenn die Blutkügelchen im Blute *ſchwimmen*, ſo ganz bleiben unſre Leiber

von der Materie der Erde dabei umfangen, wenn wir uns nur erinnern, daß die Luft auch mit zur Erde in weiterm Sinne gehört. Im Grunde ſchließt uns die Erde mit Zuziehung ihres durchſichtigen Theiles eben ſo ein, als ein Bernſtein die Mücke, nur mit dem Unterſchiede, daß die Mücke durch Einſchließen in den Bernſtein getödtet iſt, wir aber durch ſolchen Einſchluß allein unſer Leben erhalten, wie jedes Organ nur durch Verband mit ſeinem Organismus; daß wir überhaupt nicht blos in äußerlich zufälligen Beziehungen zu unſrer Umgebung ſtehen, ſondern durch tauſend, organiſchen gleich zu achtende Beziehungen damit verwachſen ſind.

Aber die Erde übertrifft in der Feſtigkeit des Zuſammenhanges noch unſern Leib. Wir können große Stücke unſers Leibes verlieren, wie mancher Soldat läßt ſein Bein auf dem Schlachtfelde zurück. Die Erde iſt eine une et indivisible, unverwundbar, ein wahres Atom des Weltalls, kein mathematiſches, aber ein phyſiſches; es giebt in der Natur kein Meſſer, das ſie theilen, keinen Wind, der etwas von ihr wegblaſen könnte. Was ſie hat, das hat ſie. Wie locker hält im Grunde der ganze Menſch zuſammen; wenn er ſich ganz beiſammenzuhaben meint, hält er nur Waſſer im Siebe, wenn er auf die Feſtigkeit ſeiner Conſtitution pocht, pocht er nur auf einen vergänglichen Schein. Er iſt ja in einem beſtändigen Auflöſungs- und Reconſtructionsproceſſe begriffen; die Stoffe ziehen durch ihn nur durch; endlich zergeht er ganz; nach tauſend Jahren iſt ſein Leib zerſtreut in tauſend Winde; ſie aber hat den ihren nach tauſend Jahren noch ganz beiſammen wie heute, und ſelbſt von ſeinem längſt zerſtobenen Leibe nicht ein Stäubchen losgelaſſen. Nur ſtelle man es ſich nicht ſo vor, als ſei die Erde darum, daß ſie ſo viel feſter gebunden iſt als unſer Leib, auch um eben ſo viel todter, ſtarrer; nein, ſie hat ja unſer Aller Auflöſungs- und Reconſtructionsproceß ſelbſt in ſich: jene tauſend Winde, die unſern Leib zerſtreuen, fahren alle in ihr, nie über ſie hinaus. Sie iſt lebendiger als wir alle zugleich und gebundener als wir alle, weil ſie unſer Aller Leben zugleich mit dem Bande aller unſrer Bande einſchließt. Die Stoffe, die ſie hier zerſtreut, ſchlingt ſie anderwärts in ein andres Band; unſern Leib aber ſchauert's, einmal aus dem Bande zu gehen, er weiß, er kann es nie wieder finden.

2) Die Erde iſt an Größe, Gewicht und bewegender Kraft ein Ungeheuer gegen uns: doch ſind wir es relativ gegen ſie, wenn wir bedenken, daß ſie ein ſo viel kleinerer Theil von der Welt iſt, der ſie angehört, als wir von ihr. So mögen wir uns deshalb doch nicht für gar zu unbedeutende Weſen halten, daß ſie viele trillionenmal uns an Gewicht und Größe übertrifft, zumal das Größte im Kleinſten ſeine höchſte Bedeutung ſuchen muß.

In der That, wenn der ganze organiſche Ueberzug der Erde nur eine verſchwindende Wenigkeit gegen die Totalmaſſe der Erde, und die Geſammtheit der organiſchen Bewegungen nur einen verſchwindend kleinen Theil der Geſammtbewegungen der Erde bildet, ſo iſt dieſe quantitative Bedeutungsloſigkeit des organiſchen Reichs nicht mit einer qualitativen zu verwechſeln, da vielmehr die

Mannichfaltigkeit und Verwickelung der organiſchen Geſtaltungen und Bewegungen denſelben immer eine eminente Bedeutung nicht zwar der Erde gegenüber, aber in der Erde und für die Erde beilegen laſſen wird. Ueberhaupt ſcheinen überall die in höherm Sinn bedeutſamſten Erſcheinungen auf kleinſten Abwandlungen einer ſie ganz unverhältnißmäßig überwiegenden Hauptgröße zu beruhen, wie hinwiederum derſelben als Unterlage zu bedürfen; auf Aenderungen von einer Kleinheit höherer Ordnung (nach einem mathematiſchen Ausdruck), wozu aber auch ein ſich Aenderndes niederer Ordnung gehört. So ſind die leiblichen Aenderungen, von denen unſere eigenen Gedanken getragen werden, unfaßbar fein und wie es ſcheint verſchwindend klein gegen die gewaltigen Strömungen des Bluts und die Bewegungen der Muskeln in unſerm Leibe, die ſo zu ſagen ihre grobe Unterlage bilden; ohne dieſe grobe Unterlage könnten aber jene feinen Bewegungen auch nicht ſein. Wenn eine Thurmglocke geläutet wird, hat ſie den ganzen Thurm unter ſich, und ſchwingt in großen Bogen hin und her, ihr Klöppel dann noch nach anderm Takte in ihr; aber all das iſt nur die grobe Unterlage für die unſichtbar kleinen Schwingungen der Glocke, welche eigentlich erſt den Ton geben, auf den es zuletzt ankommt. Eben ſo trägt ein großes Pianoforte mit dem Spiel der ſchweren Taſten keine andre Frucht, als die feinen Schwingungen ſeiner Saiten. Der größte Reiz eines Gemäldes beruht nicht in deſſen gröbſten, ſondern deſſen feinſten Zügen, die der rohe Blick ſogar ganz überſieht, aber den feinſten Zügen muß doch die Anlage des Gemäldes in großen Zügen unterliegen. Die Entſtehung der Farben durch Prismen wußte man lange nicht nach der Undulationstheorie zu erklären, weil man Aenderungen höherer Ordnung in Betracht zu ziehen verſäumt u. ſ. w.

Unſtreitig beruht die Bedeutſamkeit kleiner feiner Abwandlungen einer Hauptgröße nicht auf ihrer Kleinheit und Feinheit an ſich, ſondern darauf, daß eine vielfältigere, mannichfaltigere, innigere, ſo zu ſagen durchdringendere, Begegnung, Verwickelung, Verſchlingung, Kreuzung, Interferenz derſelben dadurch möglich wird. Denn man ſieht leicht ein, daß ſich bei Gleichheit der Maſſe oder in gleichem Raum ein unſäglich verwickelterer und inniger verſchlungener Knoten aus vielen feinen Spinnefäden, als aus wenig dicken Bindfäden bilden läßt, und eben ſo, daß bei gleicher lebendiger Kraft (im Sinne der Mechanik) viele kleine Wellen eine verwickeltere Interferenz geben können, als wenige große. Es ſetzt aber die Erzeugung und Erhaltung einer großen Menge und Mannichfaltigkeit kleiner Veränderungen ſelbſt im Allgemeinen einen großen und nachhaltigen thätigen Quell, die hohe, leichte und feine Entwickelung eine breite maſſive Baſis voraus. Wäre die Erde kleiner in Verhältniß zu ihren Geſchöpfen oder dieſe größer in Verhältniß zur Erde, ſo würden wenigere auf ihr zuſammen leben und dieſe in viel weniger mannichfaltige Verhältniſſe zu einander verſetzt werden können; es würde ein weniger reiches und verwickeltes Zuſammenſpiel derſelben eintreten; die Baſis der Entwickelung der Menſchheit würde hiemit kleiner, und alſo auch die Höhe der Entwickelung geringer werden. Eine recht große

Erde in Verhältniß zu recht kleinen Geſchöpfen war daher für die hohe Entwickelung der Erde das Günſtigſtmögliche und wir ſehen dieſer Zweckrückſicht in einem vorzüglichen Grade entſprochen. In der Erde zwar noch nicht in einem abſoluten Grade, wohl aber in der Welt, in Bezug zu welcher die Erde ſelbſt zu den Größen von einer Kleinheit höchſter Ordnung gehört.

Geſetzt der Menſch wäre noch einmal ſo lang, ſo breit und ſo dick als er iſt, ſo würde ſeine Maſſe zweimal zweimal zweimal, alſo achtmal ſo viel als jetzt betragen; es würde alſo auch achtmal ſo viel Acker nöthig ſein, einen Menſchen zu nähren, als jetzt und die Dichtigkeit der Bevölkerung würde nur achtmal kleiner ſein dürfen, als jetzt. Es hälfe nichts, daß Pflanzen und Thiere, von denen er ſich nährt, entſprechend wüchſen, ſo würden ſie auch um ſo mehr Platz, und um ſo mehr Bodenfläche zur Nahrung brauchen. Das ganze Leben würde eine maſſive, iſolirte und in Betracht deſſen, was wir unter Nr. 3. c. ſehen werden, träge Beſchaffenheit annehmen, da die Muskelkraft nicht in Verhältniß der Größe zunehmen würde; ſtatt daß jetzt jeder einen kleinen Umkreis mit Leichtigkeit beherrſcht und ſich in raſch wechſelnde Beziehungen mit Andern ſetzt.

Encke hat im Berl. aſtronom. Jahrb. f. 1851. Anh. S. 318—342 eine Abhandlung über die Dimenſionen des Erdkörpers nebſt Tafeln für die Geſtalt der Erde nach Beſſels Beſtimmungen gegeben. Es mag von Intereſſe ſein, folgende Data, als die neueſten hieraus mitgetheilt zu finden.

Unter den Toiſen in der Abhandlung und in den Tafeln iſt die Toiſe von Peru oder das in Paris aufbewahrte eiſerne Modell bei 13° R. zu verſtehen.

a halbe große Axe der Erde 3272077,1399 Toiſen;
b halbe kleine Axe — — 3261139,3284 —

$$\text{Abplattung } \frac{a-b}{a} = \frac{1}{299,152818}$$

$$\frac{a-b}{a+b} = 0,0016741 . 848$$

Nach Encke's neuerer Unterſuchung über die Sonnenparallaxe beträgt die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne 20682329 geogr. Meilen, von denen 15 auf 1 Grad des Aequators geben.

Ferner 1 geogr. Meile = 3807,23463 Toiſen =
1970,25008 preuß. Ruthen à 12 Fuß.

Oberfläche der ganzen Erde = 9261238,314 geogr. □ Meil.
Cubikinhalt — — — = 2650184445, 1 geogr. Cubik-Meilen.

Nach vorigen Angaben berechne ich für Annahme einer mittlern Dichtigkeit der Erde = 5,55 (nach dem Mittel aus Reich's und Baily's Verſuchen) das Gewicht der Erde zu 116635 Trillionen Preuß. Centner (zu 110 Pfd.). In Cotta's Briefen iſt es zu 114256 Trillionen Leipz. Centner berechnet, in Gehlers Wörterbuch (Artikel Weltſyſtem) von Littrow, nach der früher zu klein angenommenen Dichtigkeit der Erde $\frac{9}{2}$, nur zu 87142230000 Billionen Wien. Centner.

An der größten Pyramide, dem Wunderwerke nicht ſowohl der Welt als der Menſchen haben 360000 Menſchen 20 Jahre lang zu bauen gehabt; ihr Inhalt beträgt doch nur etwa den millionſten Theil einer Cubikmeile, und Beſſel bemerkt*), daß Alles, was die Kräfte des Menſchen und die ihm zu Gebote ſtehenden Mittel von der Sündfluth bis jetzt beträchtlich von der Stelle bewegt haben, vielleicht noch nicht 1 Cub.-Meile meſſe, dahingegen die Erde nach Beſſels Berechnung in der Fluthbewegung jeden Vierteltag an 200 Cub.-Meilen Waſſer aus je einem Viertel des Erdumfanges in den andern ſchafft und der Ganges nach Everest jährlich nahe an 6400 Millionen Cubikfuß Schlamm zum Meere führt, was eine Erdſchicht von 16 Q.-Meilen Ausdehnung von 1 Fuß Dicke giebt**). Hier findet nun zwar in ſo fern keine völlige Vergleichbarkeit ſtatt, als die Fluth- und Flußbewegung eine innere Bewegung der Erde iſt, wobei ſie einen Theil ihrer Maſſe ſelbſt fortſchafft; das Fortſchaffen der Laſten beim Bau der Pyramide durch Menſchen aber eine Bewegung von ihnen äußern Laſten iſt; doch hängen die Bewegungen, welche die

---

*) Populäre Vorleſ. über Aſtronomie. S. 166 ff.

**) Burmeiſter Schöpfungsgeſchichte. 3 Aufl. S. 22

Menſchen äußerlich hervorbringen, von der Kraft ihrer innern Bewegungen ab, und können ſelbſt mit als Maß derſelben dienen. Näher liegt der Vergleich der Pulskraft des Meeres mit der Pulskraft des Herzens. Natürlich iſt auch letztere Kraft, welche in einer Minute ungefähr 70 mal einige Unzen Blut aus einem Viertel des Herzens in das andere oder aus dem Herzen in die Adern ſchafft, verſchwindend klein gegen die Pulskraft des Meeres.

3) Im Vorigen findet ſich ſchon eine Beſtätigung deſſen, was wir früher ſagten, daß eine vermehrte Größe die Dinge nicht blos größer, ſondern auch anders macht. Aber noch nach gar manchen andern Beziehungen macht ſich dies Princip geltend.

a) Das kleine Modell einer Maſchine oder eines Gebäudes, in welchem die Verhältniſſe aller Theile möglichſt zweckmäßig für ſeine Leiſtung abgewogen ſind, muß andere Verhältniſſe bei der Ausführung im Großen annehmen, ſoll der Zweckmäßigkeit noch eben ſo genügt ſein. In je größerem Maßſtabe die Ausführung erfolgt, deſto dicker, maſſiver müſſen die tragenden Theile in Verhältniß zu den getragenen ſein, ſonſt leidet Feſtigkeit und Haltbarkeit, weil das zu tragende Gewicht nach dem cubiſchen Verhältniß, die vom Querſchnitt abhängige Haltbarkeit der Träger blos nach dem quadratiſchen Verhältniſſe der Dimenſionen wächſt. Daſſelbe Princip erſtreckt ſich aber auch auf die Organismen. Wollte man eine Maus unter Beibehaltung ihrer Verhältniſſe zum Elephanten vergrößern: die Beine würden ſie nicht mehr tragen können, vielmehr, weil der Elephant ſo groß iſt, muß er ſogar in Verhältniß ſeiner Körperlaſt noch ſo viel plumpere Beine haben. Wäre er noch größer, müßte er noch plumpere

Beine haben. Die Berge, die doch auch ſtehen wollen, ſind wirklich noch größer, als ein Elephant, deshalb haben ſie wirklich noch plumpere Beine, ja dieſe ſind in ein einziges breites Bein, die breite Baſis des Berges zuſammengezogen und die Laſt verſchmälert ſich nach oben immer mehr. Die Erde iſt nun noch größer als die Berge, indem ſie die Berge ſelber zu tragen hat; ſo iſt nun ihr Tragendes ganz und gar zu einem dicken, feſten Gewölbe zuſammengezogen; denn in der That iſt die feſte Erdrinde nur ein Gewölbe um ihren flüſſigen Inhalt, und alles Getragene erſcheint dagegen unbedeutend.

b) Von ſelbſt verſteht es ſich, daß man das in einer Verkleinerung nicht wiedergeben kann, was ſelber die feinſtmögliche Ausarbeitung an einem Großen iſt. Iſt etwas Großes mit allem Fleiße des Künſtlers ausgearbeitet, ſo müſſen ſich entweder die feinſten Züge bei der Verkleinerung verwiſchen, oder das Kleine kann nur ein Stück des Großen wiedergeben. Eben darum kann auch der Menſch die Erde nicht im Kleinen wiederholen, giebt vielmehr nur ein Stück von der feinen Ausarbeitung der großen Erde wieder, indem er ein ſolches ſelbſt unmittelbar darſtellt; ſollte er aber in ſeinem kleinen Raume auch noch Meer und Flüſſe und alle Thiere und Pflanzen mit wiedergeben, es ginge nicht; die Natur der Materie giebt es nicht her. Große Künſtler verſuchen ſich daher auch lieber in großen Kunſtwerken, als in kleinen, weil die Kleinheit ſie hindert, die ganze Fülle und Tiefe ihrer Kunſt zu entwickeln. Nur daß Manche in den Fehler fallen, das Große plump und leer zu machen. Aber die großen göttlichen Geſchöpfe ſind deshalb ſo groß gemacht, um in ihnen die großartigſte Grundlage aufs Feinſte und Reichſte auszuarbeiten.

Alſo zeigt ſich die abſolute Größe der Erde als ein ſehr weſentliches Moment für ihre Vollkommenheit, nicht zwar an ſich, denn ſonſt wäre ein Berg und ein Elephant vollkommener als ein Menſch, aber als Grundlage für ihre reiche und hohe Entwicklung. Eine Erde ſo klein wie ein Menſch hätte das auch im kleinen Maßſtabe nicht zu leiſten vermocht, was ſie jetzt im großen leiſtet; hätte keinen einzigen Menſchen im Kleinen tragen können; ſo groß wie ſie iſt, trägt ſie tauſend Millionen Menſchen, das macht ſie zu einem erhabenen Weſen. Wollte aber der Menſch ſich bis zum Umfange der Erde vergrößern, ſo würde er nur ein plumpes Ungeheuer ſein, weil ihm die ganze Ausarbeitung der Erde, von der er nur einen winzigen Theil darſtellt, abginge. Für die Wenigkeit, die er enthält, iſt ſeine Kleinheit gerade recht. Wir werden hier wieder an ein Kunſtprincip erinnert. Ein Gott verträgt wohl die Darſtellung in übermenſchlicher Größe, nicht die unbedeutende Figur eines Genrebildes. Der Menſch aber ſtellt nur ein ſolches vor im Bereiche der Weſen. Doch könnte auch der Gott nicht zu groß von uns dargeſtellt werden, ohne vielmehr ungeheuerlich als erhaben zu erſcheinen, weil wir ihn doch in menſchlicher Geſtalt darſtellen müßten, und die großen Formen nicht zu füllen wüßten. Aber anders iſt es mit den wirklichen höhern Weſen.

Das eigene Gehirn kann dem Menſchen Zeugniß geben, daß die Größe mehr thut, als vergrößern. Unſtreitig hätte der Menſch nicht ein verhältnißmäßig ſo großes

Gehirn, wenn ſich mit einer kleinen Maſſe dieſelbe Höhe der Entwickelung, welche noch etwas mehr iſt, als quantitative Vermehrung, hätte beſchaffen laſſen, nur daß es freilich auch hier die Größe des Gehirns nicht allein und an ſich thut, ſondern nur, ſofern ſie einer durchgebildetern und vielſeitigern Entwickelung Raum giebt. Nun aber ſteht die Erde auch hierin wieder direct über dem Menſchen, da ſie die Gehirne aller Menſchen und Thiere hat; eine ſolche Mannichfaltigkeit und Höhe hätte ſich mit einem einzigen kleinen Menſchen- oder Thiergehirn nicht beſchaffen laſſen. Doch der Einfluß der Größe läßt ſich noch weiter verfolgen.

c) Dächten wir uns den Menſchen oder einen Elephanten bis zum Umfange der Erde vergrößert, ſo würden ſie, auch wenn ein geeigneteter Boden vorhanden, um darauf zu wandeln, doch nicht im Geringſten ſich von der Stelle, und eben ſo wenig ihre Gliedmaßen bewegen können, wieder aus dem Grunde, weil die Körper- und Gliederlaſt im kubiſchen, die (vom Querſchnitt abhängige) Muskelkraft nur im quadratiſchen Verhältniſſe der Dimenſionen zunimmt. Mit Muskeln ließ ſich alſo die Bewegung eines ſo großen Geſchöpfes, als die Erde iſt, überhaupt weder im Ganzen, noch nach großen Theilen zweckmäßig bewerkſtelligen. Demgemäß ſehen wir Muskeln wirklich blos zu den Bewegungen verhältnißmäßig ſehr kleiner Theile der Erde verwandt, die Bewegungen im Großen aber durch andere Mittel bewirkt. Wie denn ſelbſt im Thierreich ſchon die Bewegungen nicht allein durch Muskeln bewirkt werden.

Ein Erfolg des vorigen Princips iſt unſtreitig, daß ceteris paribus die Bewegungen kleiner Thiere ſchneller ſind als großer Thiere. Ein ſpringender Fiſch von der Größe eines Elephanten hätte ſich gar nicht herſtellen laſſen.

d) Man hat die Bemerkung gemacht, daß die ſehr kleinen Infuſorien einer Lunge und eines Magens nicht eben ſo benöthigt ſind, als wir, weil ihr ganzer Leib unmittelbar durch die äußere Oberfläche ſich mit Luft und Nahrungsſtoffen ſchwängern kann, da auch die innerſten Theile des Körpers der Oberfläche ganz nahe ſind. Dieſe Thierchen ſind gewiſſermaßen nichts als Oberfläche. Aus dem entgegengeſetzten Grunde würde ein ſehr großes Geſchöpf Lunge und Magen nicht als innere Organe brauchen können, weil der Weg nach dem Innern zu lang wäre, daher wirklich alle Lungen und Mägen und Gehirne an der Oberfläche der Erde angebracht ſind. Man erläutert ſich das noch beſſer durch folgendes Beiſpiel:

Wenn man ein Haus unter Beibehaltung ſeiner Verhältniſſe ſo ſehr vergrößern wollte, daß es ein Land deckte, ſo verſteht ſich von ſelbſt, daß es im Innern ſehr finſter werden und der Verkehr zwiſchen dem Innern des Hauſes und der Außenwelt durch den langen Weg von Innen nach Außen ſehr behindert werden würde. Statt eines großen Hauſes baut man daher lieber mehrere kleinere. Aber geſetzt, man hätte Gründe, ein großes Haus zu bauen, wie würde die Einrichtung ſein müſſen? Die bewohnten Zimmer könnten blos am Umfang angebracht ſein, wo es an Licht und Luft nicht fehlt und der Verkehr mit der Außenwelt leicht iſt. Soll alſo ein einzelnes Geſchöpf ſo groß wie die Erde ſein, ſo müſſen ſich aus ähnlichen

Gründen die Lebensphänomene vorzugsweiſe an der äußern Oberfläche zuſammendrängen, weil der innere Verkehr oder Lebenswechſel in einem Geſchöpfe ſelbſt nur durch den Zuſammenhang mit dem äußern Verkehr unterhalten werden kann. So aber iſt es wirklich bei der Erde.

Bei dem großen Hauſe würde freilich die Unzweckmäßigkeit eintreten, daß das Innere müßig würde, und eben darum baut man Häuſer nicht über eine gewiſſe Größe, oder baut ſie mit einem großen Hofe. Aber bei der Erde tritt dieſe Unzweckmäßigkeit nicht ein, weil hier das Innere zugleich das Untere, und mithin anders als bei einem Hauſe zugleich die Grundmauer vertritt.

e) Je mehr ein Körper ſich unter Beibehaltung ſeiner Verhältniſſe vergrößert, deſto ſchwerer muß es überhaupt werden, ihn durch die Oberfläche aus der Außenwelt zu nähren, weil die Oberfläche ſich hiebei blos im quadratiſchen Verhältniſſe vergrößert, indeß die Maſſe im cubiſchen. (Immer macht ſich dies Verhältniß bei dieſem Gegenſtande geltend.) Dagegen führt ſeine Größe auch die vergrößerte Möglichkeit mit, ihn ſelbſt zur Vorrathskammer für ſeine Subſiſtenzmittel zu machen. Während daher die kleinen Menſchen und Thiere ganz im Stoffwechſel mit der Außenwelt aufgehen und dadurch ſehr abhängig von derſelben werden, iſt die große Erde unabhängiger geworden, indem ihr Alles, was ſie zur Erhaltung und Erneuerung des Lebens von gröbern Stoffen braucht, mitgegeben iſt: was geſtattet hat, ſie in den reinen Aether zu hängen, von dem ſie nun um ſo ungehinderter und reichlicher mit Licht und Wärme verſorgt wird. Die Größe der Erde iſt alſo auch ein ſehr weſentliches Bedingniß ihrer äußern Bedürfnißloſigkeit in grob materieller Hinſicht

f) Man ſchaffte einmal Waſſer aus dem heißen Gaſteiner Heilquell nach dem ungefähr 10 Meilen entfernten Salzburg, um dort zum Baden zu dienen, und es kam noch ſo heiß dort an, daß man ſchloß, das Gaſteiner Waſſer habe die wunderbare Eigenſchaft, die Wärme ſehr feſt zurückzuhalten. Spätere Erfahrungen ergaben, daß gemeines Waſſer ſich ganz gleich verhielt. Es kam nur darauf an, das Waſſer in recht großen Tonnen fortzuſchaffen: in einem kleinen Becher wäre das Gaſteiner Waſſer ſo gut als das gemeine ganz kalt in Salzburg angelangt. Die Erde iſt nun auch eine ſehr große Tonne voll heißer Flüſſigkeit, die aber, weil viele trillionenmal größer, als das Gaſteiner Faß, mit meilendicken Wänden, ſelbſt in Jahrtauſenden um nichts Merkliches erkaltet. Nun ſieht man leicht ein, daß, wenn beim Menſchen und den warmblütigen Thieren ganz beſondere Maßregeln getroffen ſind, die innere Wärme gleichförmig zu erhalten, (Athmen, Verdauen und noch manches Andere müſſen dazu zuſammenwirken) bei der Erde dieſe Mittel einfach durch die Größe und durch die Dicke der Wand erſpart worden ſind: doch ſind ſie ſupplementar da angebracht, wohin die Größe ihren Wärme zurückhaltenden Einfluß nicht erſtreckt, das iſt an der Oberfläche der Erde bei Theilen, wo es beſonders wichtig erſchien. (Vergl. den Anhang.)

Auch bei den Organismen kann man den Einfluß der Größe auf die Wärme darin erkennen, daß es keine warmblütigen Thiere, d. h. ſolche, die eine merklich höhere Temperatur als die Umgebung haben, von ſehr kleinen Dimenſionen giebt. Zwar erzeugen Inſecten Wärme, da es in einem Bienenſtocke beträchtlich wärmer als draußen iſt, aber nur bei gehäufter Menge der Bienen in eingeſchloſſenen Räumen wird dieſe Wärme merklich; bei einer einzelnen Biene im Freien wird ſie zu ſchnell nach Außen abgeleitet; auch ſind bei Inſecten nicht wie bei uns Mittel vorhanden, die Wärme ſo zu reguliren, daß ſie ſich immer auf demſelben Grade erhält; da dieſe Mittel bei der Kleinheit der Inſecten doch fruchtlos ſein würden, den veränderlichen Einwirkungen der Umgebung zu widerſtehen. Die kleinſten warmblütigen Geſchöpfe ſind die Kolibris; aber ſie gedeihen nur unter den Tropen, wo die Wärme ohnehin ſich der Blutwärme nähert, und unterſtützen die innere Wärmeentwickelung durch ſehr lebhafte Bewegungen. Dazu athmen kleine Vögel viel ſtärker als große. Mit dem Athmen hängt aber die Wärmeentwickelung zuſammen. So iſt (nach Regnault und Reiſet) der Sauerſtoffverbrauch für gleiche Zeitdauer und gleiche Gewichte bei Sperlingen 10mal größer als bei Hühnern. Vögel ſind überhaupt durchſchnittlich kleiner als Säugethiere; aber dafür auch durch Federn durchſchnittlich wärmer gehalten. Die größten Säugethiere, Elephant, Nashorn, Wallfiſch, ſind nackt, weil die Größe die Bedeckung erſparen hilft. Intereſſante Erörterungen über dieſen Gegenſtand enthält folgendes Schriftchen von C. Bergmann: „über die Verhältniſſe der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Größe. Göttingen 1848.“

g) Nehmen wir an, die Erde wäre klein wie ein Menſch oder noch kleiner, ſo würde es für die Erwärmung ihrer Oberfläche durch die Sonne ziemlich gleichgültig ſein, wie ſie geſtaltet wäre, weil die in den Senkungen liegenden ſchattigen Theile doch von den benachbarten beſtralten Theilen die Wärme leicht durch Ueberleitung und Ueberführung (mittelſt Waſſer und Luft) empfangen würden; nun ſie aber ſo groß, iſt ihre verhältnißmäßige Glätte und Rundung ganz weſentlich für ihre allſeitige und relativ gleichförmige Verſorgung mit

Wärme: denn wenn die Ungleichförmigkeiten ihrer Oberfläche (Berge, Thäler), die gegen die Größe der Erde doch faſt verſchwinden, ſchon jetzt in dieſer Hinſicht nicht unerhebliche Hinderniſſe darbieten, ſo läßt ſich einſehen, wie viel größer ſolche ſein würden, wären die Ungleichförmigkeiten verhältnißmäßig noch größer. Nur die kleinen Geſchöpfe auf der Erdoberfläche durften demgemäß die ſo ſtark ein- und ausgebauchte Geſtalt haben, die ſie haben, nicht die Oberfläche der großen Erde ſelbſt. Sonſt wären ſelbſt jene kleinen Geſchöpfe auf vielen Theilen der Erde hinſichtlich der Befriedigung ihres Wärmebedürfniſſes zu kurz gekommen; oder vielmehr, viele Theile der Erde hätten ſolche Geſchöpfe gar nicht tragen können. Alſo ſteht die Größe der Erde auch mit ihrer Geſtalt in Zweckbezug, die freilich noch durch viele andere Rückſichten mitbeſtimmt iſt.

4) Die Geſtalt der Erde iſt im Hauptzuge überhaupt einfach, regelmäßig, kugelig, nur mit einer leiſen Ausweichung ins Elliptiſche (woher die Abplattung an den Polen), ins Einzelne und Feine aber aufs Mannichfaltigſte durch Berge und Thäler und ins noch Feinere durch die Geſtalten und geſtaltenden Thätigkeiten der organiſchen Geſchöpfe ausgearbeitet; die Geſtalt des Menſchen dagegen gleich im Hauptzuge eine Sammlung von Bergen und von Thälern, ſo unregelmäßig, ſo verwickelt, daß nur die ſymmetriſche Fügung aus zwei Hälften den Zuſammenhalt durch eine Idee verräth.

Durch die elliptiſche Abwandlung individualiſirt ſich die Kugelgeſtalt der Erde gegen die von andern Geſtirnen, etwa wie die im Ganzen kugliche Hauptform des Schädels verſchiedener Menſchen und Menſchenracen ſich durch gewiſſe Abwandlungen gegen einander individualiſirt.

Zwiſchen der Abwandlung, welche die Kugelgeſtalt der Erde im Ganzen durch die Ellipticität oder Abplattung erleidet, und der, welche in Bergen und Thälern gegeben iſt, ſcheint ein großer Sprung ſtatt zu finden; ſo klein iſt letztere gegen erſtere. Doch giebt es ein Mittelglied, das man erſt neuerdings erkannt hat. Die feinen Züge ſetzen ſich bei der Erde ſo wenig als bei uns unvermittelt auf den Hauptzug der Geſtalt.

Die wahre Geſtalt der Erde iſt (abgeſehen von den Unregelmäßigkeiten derſelben) die eines Sphäroids, d. i. eines Körpers, welcher durch Umdrehung einer Ellipſe um eine ihrer Axen entſtanden gedacht werden kann. Da nun bei der Erde die kleine Axe als Drehungsaxe auftritt, ſo erſcheint hiedurch die Erde an den Polen abgeplattet.

Die Abplattung der Erde oder der Verhältnißtheil, um welchen die kleine Axe (Polaraxe) der Erde kleiner als die große Axe (Aequatorialaxe) iſt, beträgt ungefähr $1/300$ der großen Axe; d. i. der Durchmeſſer der Erde, von Pol zu Pol genommen, iſt zwiſchen 5 bis 6 geogr. Meilen kürzer als der 1719 Meilen betragende Duchmeſſer der Erde, in der Aequatorebene genommen.

Die Abplattung kann eigentlich bei keinem Weltkörper, der ſich dreht, ganz null ſein, und wenn ſie bei Sonne, Mercur, Mond (deſſen Rotation um ſich mit der Bewegung um die Erde zuſammenfällt), nicht merklich iſt, ſo heißt das nur, ſie iſt zu klein, um unſern Meſſungen zugänglich zu ſein. Durch theoretiſche Unterſuchungen hat ſich ergeben, daß die Mondkugel abgeſehen von der unmerklichen Abplattung an den Rotationspolen eine gegen die Erde hin gerichtete Verlängerung haben müſſe, die indeß nur wenig Hundert Fuß beträgt. Im Uebrigen iſt die Abplattung bei den verſchiedenen Planeten ſehr verſchieden. Bei der Erde wie bemerkt ungefähr $1/300$, bei Mars $1/16$, beim Jupiter $1/14$, beim Saturn $1/10$.

Ueber die obenerwähnten Abweichungen von der Kugelgeſtalt, die kleiner als die Abplattung, größer als die Berge und Thäler ſind, geben folgende Stellen im Beſſels populären Vorleſungen über Aſtronomie gute Auskunft.

S. 292. „Es ſind zwar Gründe vorhanden, welche wahrſcheinlich machen, daß die Figur der Erde, im Ganzen genommen, ſich nicht ſehr beträchtlich von der Figur eines, durch Drehung einer Ellipſe um ihre kleinere Axe erzeugten, Sphäroides entfernt; allein wenn man von den vorhandenen Gradmeſſungen auch die ausſchließt, welche wegen ungenügender auf ihre Ausführung verwandter Mittel, oder aus andern Gründen, ihren Anſpruch auf Sicherheit mehr oder weniger verlieren, ſo laſſen die noch übrigbleibenden (es ſind deren 10) ſich keineswegs durch die Vorausſetzung jener ſphäroidiſchen Figur der Erde vereinigen, wodurch ſie zeigen, daß die Oberfläche der Erde an einigen Stellen mehr, an andern weniger gekrümmt iſt, als jene. Die zuletzt ausgeführte dieſer Gradmeſſungen, die in Oſtpreußen, hat wahrſcheinlich gemacht, daß die wirkliche Figur der Erde ſich zu einer regelmäßigen etwa verhält, wie die unebene Oberfläche eines bewegten Waſſers zu der ebenen eines ruhigen, ſo wie auch, daß die einzelnen Ungleichheiten geringe, vielleicht einige Meilen nicht überſchreitende Ausdehnung beſitzen.“

S. 57. „Das aus den genaueſten Erdmeſſungen hervorgegangene Hauptreſultat iſt, daß man keine regelmäßige Figur der Erde angeben kann, welche alle dieſe Meſſungen zugleich erklärte, es bleiben Unterſchiede übrig, deren Erklärung nirgends anders mehr geſucht werden kann, als in Unregelmäßigkeiten der Figur der Erde ſelbſt; in Unregelmäßigkeiten, deren Urſache eine unregelmäßige Vertheilung der Maſſe von verſchiedener Dichtigkeit im Innern der Erde iſt.“

S. 60. „Die Unregelmäßigkeiten der Figur der Erde ſind, im Allgemeinen, nicht ſo weit ausgedehnt, daß ſie das Durchblicken der Figur im Ganzen verhinderten. Dieſe Grundform ſcheint faſt, oder ganz regelmäßig zu ſein; die Abweichungen ſcheinen ſo wenig ausgedehnt zu ſein, daß, wenn die wirkliche Krümmung an einem Puncte größer iſt als die der Grundform, ſie vielleicht ſchon in 5 oder 10 Meilen Entfernung kleiner gefunden wird.“

5) Die Erde hat ſich ihre Geſtalt in der Hauptſache ſelbſt gegeben. Ein Töpfer klumpt einen Thonball äußerlich mit der Hand zuſammen und dreht einen Teller daraus mit Hülfe des Fußes äußerlich rund und flach ab. Die Erde hat ſich ſelbſt durch eigene innere Kräfte zuſammengeballt und dann durch eigne Drehung ſich flach abgedreht, hat aus eignen Kräften ihre Berge hervorgetrieben, und die organiſchen Formen aus ſich erzeugt. Allgemeine Einflüſſe des Himmels wirkten hiebei mit, doch konnten nur beitragen, theils die ſelbſtſtändig erzeugte Hauptform zu modificiren, theils die vorhandene Anlage der Organiſation zu entwickeln.

Wie nahe es liegt, bei der Oberflächengeſtaltung des Erdkörpers an Verhältniſſe zu denken, wie ſie uns im Organiſchen begegnen, mag folgende Stelle lehren, die mir in Cotta's Briefen (S. 34) begegnet:

„Durch Anziehung der Sonne und des Mondes während des Erſtarrens und durch ungleiche Dichtigkeit der Maſſe ſind kleine Anſchwellungen an der Erdoberfläche bedingt, welche ſich der Vorausberechnung entziehen und durch welche zum Theil vielleicht die wechſelnden Kraftwirkungen einer längſt vergangenen Zeit gewiſſermaßen fixirt ſind, ſo wie manchmal ein mächtiger Eindruck im kindlichen Alter eine gewiſſe dauernde Schattirung des Charakters des Mannes bedingt. Die Form der Erde iſt eben ſo wie unſere pſychiſche oder phyſiſche Individualität ein Reſultat unendlich mannichfaltiger äußerer Einwirkungen auf das urſprünglich Gegebene, welches ſtets als weſentlich vorherrſcht."

„Wenn wir alle die Unebenheiten der Erdoberfläche, welche in Beziehung auf die Geſtalt im Ganzen faſt verſchwindend klein ſind und welche, weil ſie die Richtung der Schwere nur ganz unmerklich verändern, auf die Reſultate der Gradmeſſungen nicht merkbar einwirken können; wenn wir alle Unebenheiten des Landes- und Meeresbodens, alle Gebirge, Berge, Ebenen und Thäler, theils durch äußere, theils durch innere Urſachen bedingt, ins Auge faſſen, ſo iſt die Mannichfaltigkeit, die Verwickelung, die

Schwierigkeit, alles Einzelne auf ſeine Urſachen zurückzuführen, eben ſo groß, als wenn wir verſuchen wollten, alle individuellen Eigenſchaften eines Menſchen aus ſeiner urſprünglichen Organiſation und den Ereigniſſen ſeines Lebens abzuleiten. Solche Aufgaben ſind für uns nicht lösbar; wir müſſen uns in beiden Fällen begnügen, die Hauptzüge zu begreifen oder iſolirte Einzelnheiten zu erklären.“

6) Wie bei Menſchen und Thieren hängt die äußere Geſtalt der Erde ganz mit der Beſchaffenheit des Innern zuſammen, als deſſen Abſchluß ſie ja anzuſehen. Wäre die Erde im Innern anders dicht und ſchwer, ſo wäre auch ihre Abplattung eine andere geworden, jede Berghöhe wäre eine andere geworden, die Fluß- und Meeresbetten hätten ſich anders geſtaltet, ja ſelbſt die Größe und Form der lebendigen Geſchöpfe an der Oberfläche hätte aus Zweckrückſichten eine andere ſein müſſen, als ſie jetzt iſt, wie weiterhin zu zeigen.

Indem Newton ſeine Berechnung der Abplattung auf die Annahme gründete, daß die Maſſe der Erde gleichförmig im Innern vertheilt iſt, fand er das Verhältniß 230:229 (d. i. ${}^{1}/_{230}$), welches zu groß deshalb iſt, weil die Maſſe der Erde nach Innen wirklich dichter iſt, als nach Außen. Die kleinſte Größe, welche bei der allergrößten Verdichtung um den Mittelpunct ſtatt finden würde, wäre ${}^{1}/_{576}$. Wie ſo beträchtlich kann die Beſchaffenheit der Stoffvertheilung die Geſtalt ändern. (Beſſel popul. Vorleſungen S. 42).

Clairaut zeigte, daß, wie auch die Lagerung der Schichten im Innern der Erde beſchaffen ſein möge, die Summe der Abplattung und der Zunahme der Schwerkraft vom Aequator bis zu den Polen dritthalb mal ſo groß ſein muß, als die Fliehkraft unter dem Aequator.

Daß die Hauptform der Erde im Ganzen viel einfacher iſt, als die ihrer Geſchöpfe, iſt ſehr erklärlich daraus, daß die große Mannichfaltigkeit der irdiſchen Verhältniſſe, in welche die Organismen unmittelbar eingebettet ſind, und in Bezug zu denen ſie ſich zweckmäßig zu benehmen haben, auch unſtreitig bei ihrer Bildung eine Rolle mitgeſpielt hat. Dies läßt ſich im Allgemeinen überſehen, wenn man es auch im Beſondern nicht verfolgen kann. Dagegen ſind der Erde die Bedingungen der Außenwelt, die einen dehnenden oder drückenden Einfluß auf ſie hätten äußern können, fern gerückt. Auch dieſer Geſichtspunct der Betrachtung läßt den Geſtaltungsproceß der Erde als einen verhältnißmäßig ſelbſtſtändigen gegen den des Menſchen erſcheinen. Die Erde hat verhältnißmäßig viel mehr äußerlich zur erſten Geſtaltung des Menſchen, als der Himmel zur Geſtaltung der Erde gewirkt; obwohl einige Mitwirkung der Geſtirne auch bei ihr ſtatt gefunden. Sie iſt ja ſelbſt ein erheblicherer Theil des Himmels, und hat daher auch einen erheblichern Theil von deſſen geſtaltenden Kräften in ſich, als der Menſch.

Wenn es manche niedere irdiſche Weſen giebt, die auch eine ſehr einfache, faſt kugliche, Geſtalt haben, ſo ſind es im Allgemeinen ſolche von beſchränkten Lebensverhältniſſen, bei deren Bildung unſtreitig auch keine große Vielſeitigkeit und Ungleichförmigkeit der nähern Geſtaltungsbedingungen obwaltete. Hier wirkte weder viel auswendig, noch viel inwendig zur Erzeugung einer complicirten Geſtalt.

7) Bei äſthetiſcher Beurtheilung der Geſtalt der Erde werden wir uns zu hüten haben, daß nicht unſer Gefühl als Menſchen uns täuſche und dieſelben Foderungen, die wir im Gebiet des Menſchlichen natürlicherweiſe geltend machen und geltend machen müſſen, auch noch da ſtellen laſſe,

wo es ſich um ein übermenſchliches Gebiet handelt. Dem Menſchen wird und muß die menſchliche Geſtalt, bei aller ihrer Unregelmäßigkeit und ſcheinbaren Principloſigkeit, aus Verwandtſchaftsgründen ſtets als die ſchönſte erſcheinen; erſcheint doch ſogar dem Hottentotten die Hottentottenphyſiognomie als die ſchönſte. Iſt ſie es auch deshalb? Aus demſelben Grunde *kann* aber für ein höheres Weſen als der Menſch iſt, die menſchliche Geſtalt gar nicht als die ſchönſte erſcheinen, und kann in höherm Sinne nicht die ſchönſte ſein. Fragen wir uns nun, welche Geſtalt wir nach Verſtandesgründen, da uns Gefühlsgründe hier nicht leiten können, für höhere Weſen als die ſchicklichſte halten dürfen; ſo wird es unſtreitig eine ſolche ſein müſſen, welche die harmoniſchſte Entwickelung und durchgebildetſte Erfüllung höherer Zwecktendenzen möglich macht. Denn auch bei unſrer eignen Geſtalt läßt ſich das Zuſammenſtimmen der Schönheits- und Zweckmotive bis in größte Einzelnheiten verfolgen. Es wird ſich aber im Verfolg immer deutlicher zeigen, wie die ſo einfache, doch ins Feinſte ausgewirkte, Hauptgeſtalt der Erde den höchſten Foderungen in dieſer Hinſicht genügt. Mehr über dieſen Gegenſtand im Anhang.

Freilich auch die niedrigſten Geſchöpfe, Infuſorien, kleine Pilze, haben die einfache, faſt kugeliche Hauptform, und für ſich allein würde daher die einfache Hauptform der Geſtirne nicht für die hohe Stufe, die ſie auf der Leiter der Weſen einnehmen, beweiſen. Es kommt aber hier, wie ſo oft in Betracht, daß ſich das Niedrigſte mit dem Höchſten in der oberflächlichen Erſcheinung berührt. Der

Schädel der genialſten Menſchen, wo alle Gall'ſchen Organe recht gleichmäßig ausgebildet wären, würde eben ſo glatt ſein, als der des einfältigſten, wo gar keins ausgebildet iſt; aber unter dem Schädel würde es doch in beiden Gehirnen ſehr verſchieden ausſehen. Der Unterſchied liegt darin, daß die niedern Organiſationsentwicklungen *blos* die einfache Hauptform *ohne* die Ausarbeitung haben, die höchſten wieder die einfache Hauptform haben, aber damit die reichſte, feinſte und tiefſte Ausarbeitung. Nun geht bei der ganzen Erde offenbar die Ausarbeitung noch mehr in's Feine und Tiefe, als ſogar im Menſchen, weil ſie bis in den Menſchen ſelbſt hineingeht.

8) Das phyſiognomiſche Ausſehen und die Schönheit der Erde beruht nicht allein auf ihrer Geſtalt, ſondern noch viel mehr auf ihrem Glanz und ihrer Farbe, und ihrem Glanz- und Farbenwandel.

In der Hauptſache iſt ſie eine glänzende Kugel, auf einer Hälfte das Himmelblau und die Sonne, auf der andern die Nacht des Himmels und die Sterne ſpiegelnd, in Betracht deſſen, daß über $^2/_3$ der Erde mit Meer bedeckt ſind. Die Erde iſt des Himmels Spiegel, da ſie nicht der ganze Himmel ſelber ſein kann. Nur ſtreitet und wechſelt das eigene Grün des Meeres mit dem geſpiegelten Blau des Himmels. Aber wie dereinſt aus dem glatten Spiegel des Meeres Land und Berge in tauſendfachen Windungen und Krümmungen mit Thälern und Tiefen dazwiſchen brachen, entſprang damit auch ein Schauplatz tauſendfacher irdiſcher Farben und Farbenreflexe, mit Schattentiefen dazwiſchen, aus der Monotonie des himmliſchen Spiegelbildes. Der Grund des Landes ward wieder grün; denn das bleibt immer die Hauptfarbe der Erde: doch auf dem grünen Grunde ſpielen alle Farben. Wo das Land zu Ende, beginnt wieder des Himmels Spiegel, alſo daß wie die ganze Erde ſich im Himmel badet, ſo noch einmal ihr Land in ſeinem Bilde.

9) Wenn man auf einem hohen Berge ſteht, wie freut man ſich der Pracht; ſo aber geht es um die ganze Erde. Ja die Oberfläche der Erde iſt eine Landſchaft aller Landſchaften, die man von allen hohen Bergen ſehen könnte. Alles Anmuthige, alles Stille, alles Wilde, alles Romantiſche, alles Oede, alles Heitere, alles Ueppige, alles Friſche, was wir in den einzelnen Landſchaften erblicken, wäre in der Phyſiognomie der Erde auf einmal zu erblicken, wenn nur das menſchliche Auge das Alles auf einmal umſpannen könnte. Portrait- und Landſchaftsmalerei geht hier in Eins zuſammen, weil eben die Landſchaft das Geſicht der Erde iſt. Es iſt aber nicht blos eine Landſchaft aus Bergen und Bäumen, ſondern auch mit den Menſchen darin. Ihre Geſichter ſind ſelbſt nur Theile ihres Geſichtes. Der Menſchen Augen zählen darin neben den Thautropfen wie lebendige Diamanten neben leeren Kieſeln. Dazu welcher Wechſel im Blühen und Welken unten, im Wandel der Wolken oben, und wie ſich der Himmel wandelt, wandelt ſich immer des Himmels Spiegel, das Meer.

„Jedem Erdſtriche (ſagt v. Humboldt) ſind beſondere Schönbeiden vorbehalten: den Tropen Mannigfaltigkeit und Größe der Pflanzenformen; dem Norden der Anblick der Wieſen und das periodiſche Wiedererwachen der Natur beim erſten Wehen der Frühlingslüfte. Jede Zone hat außer den ihr eigenen Vorzügen auch ihren eigenthümlichen Charakter ..... So wie man an einzelnen organiſchen Weſen eine beſtimmte Phyſiognomie erkennt; wie beſchreibende Botanik und Zoologie, im engern Sinne des Wortes, Zergliederungen der Thier- und Pflanzenformen ſind: ſo giebt es auch eine Naturphyſiognomie, welche jedem Himmelsſtriche ausſchließlich zukommt. Was der Maler mit den Ausdrücken: ſchweizer Natur, italieniſcher Himmel bezeichnet, gründet ſich auf das dunkle Gefühl dieſes lokalen Naturcharakters. Luftbläue, Beleuchtung, Duft, der auf der Ferne ruht, Geſtalt der Thiere, Saftfülle der Kräuter, Glanz des Laubes, Umriß der Berge; alle dieſe Elemente beſtimmen den Totaleindruck einer Gegend. Zwar bilden unter allen Zonen dieſelben Gebirgsarten: Trachyt, Baſalt, Porphyrſchiefer und Dolomit, Felſengruppen von einerlei Phyſiognomie .... Auch ähnliche Pflanzenformen, Tannen und Eichen, bekränzen die Berggehänge in Schweden, wie die des ſüdlichſten Theils von Mexiko. Und bei aller dieſer Uebereinſtimmung in den Geſtalten, bei dieſer Gleichheit der einzelnen Umriſſe, nimmt die Gruppirung derſelben im Ganzen doch den verſchiedenſten Charakter an.“ (v. Humboldt's Anſichten I. S. 16).

Man kann fragen, wozu der ganze ſchöne Zuſammenhang der Landſchaft um die Erde, wenn Niemand den zuſammenhängenden Anblick derſelben hat? So frage ich auch, und möchte eine Antwort darauf. In der Weiſe, wie man die Erde gewöhnlich faßt, liegt keine. Wenn ich eine große Landſchaft in oder über einen einfachen runden Rahmen ausgeſpannt ſehe, und die Erde iſt ein einfach runder Rahmen, wenn ich einen durchgehenden Charakter derſelben ſehe, und ſicher hat ſie einen Charakter in Verhältniß zu den Landſchaften andrer Geſtirne, wie auch derſelbe nach untergeordneten Beziehungen wechſle, befriedigt es mich doch nicht zu glauben, daß ſie blos da iſt, in Stücken betrachtet zu werden, wie wir die Erde blos mit unſern Augen betrachten können. Aber warum betrachten wir unſere Augen ſelbſt nur als vereinzelte Stücke; warum nicht als Augen eines und deſſelben Weſens, die ihr Bild in eine Seele werfen. Iſt dies nicht ein Fehler der oft gerügten Betrachtungsweiſe? Und ſollte es nicht auch noch Augen über den menſchlichen geben? Doch hierauf kommen wir erſt künftig.

Daß wir mit unſern Augen ſehen, kann jedenfalls nicht hindern, daß die Erde mit uns ſieht. Man ſchöpft ja ſonſt gern mit kleinen Bechern, ſchüttet's von da in größere Eimer, und aus den Eimern in ein Faß zuſammen; aber jeder Eimer kann nur wiſſen, was in ihm, nicht was im Faſſe. Unſere Augen ſind die Becher, wir die Eimer, die Erde das Faß. Fallen nicht auch in jedem unſerer Augen tauſend und abertauſend verſchiedene Sonderbilder auf eben ſo viel einzelne Nervenenden und ſetzen ſich doch alle zu einem einzigen Bilde zuſammen, das in eine Seele fällt, ungeachtet die Faſern, zu denen jene Enden gehören, nirgends in einen Punkt zuſammenlaufen. Mit einer nur freiern Dispoſition über andere größere Mittel könnte ja wohl ein ähnlicher Zweck in größerem und höherem Sinne erreicht ſein. Aber das gehört ſchon in die Seelenfrage.

10) Immer bleibt Grün die Hauptfarbe, ja man kann in eigentlichem Sinne ſagen, die Leibfarbe der Erde. Es iſt nur mit der Hauptfarbe wie mit der Hauptgeſtalt. Wie ſich die Hauptgeſtalt an den Polen abflacht, am Aequator anſchwillt, und ſonſt mannichfaltig ins Kleine und Feine abwandelt, ſo flacht ſich auch die Hauptfarbe der Erde an den Polen zu Weiß ab, und ſchwillt unter den Tropen vermöge der üppigen Vegetation ſtärker an,

und wandelt ſich vielfach ins Einzelne durch andere Farben ab. Die blaue Atmoſphäre mit den Wolkenſchleiern hüllt dazu die Erde wie in ein durchſichtiges, leichtes und leicht faltbares Gewand ein; und die Erde wird nicht müde, die Wolkenſchleier immer neu zu legen und zu falten. Dazu dienen ihr die Winde. Kein griechiſches Gewand läßt eine Geſtalt ſo ſchön durchblicken und vermag ſie doch auch wieder ſo gut zu verhüllen und den Faltenwurf ſo frei zu wechſeln. Ueberall, wo's ihr dient, webt ſie alsbald die Schleier neu und läßt ſie wieder zerrinnen. Den Stoff zum Kleide und den Schleiern giebt ſie ſelbſt, die blaue Farbe und die goldnen Säume giebt der Himmel; mindeſtens das Licht giebt er dazu, die Farbe und das Gold draus zu bereiten.

Wenn die Atmoſphäre hier als Kleid, andremale aber als Theil der Erde gefaßt wird, widerſpricht ſich das nicht; auch bei Thieren gehört das Kleid zum Leibe; überhaupt aber vertritt die Atmoſphäre für die Erde die verſchiedenſten Funktionen zugleich, die ſich bei den Geſchöpfen der Erde anders theils kombiniren, theils auseinander legen, wie künftig noch beſtimmter erhellen wird. Zuletzt bleiben Vergleiche immer Vergleiche.

Unſtreitig wird nicht jeder Weltkörper eine gleich grüne Hauptfarbe, eine gleich blaue Hülle, ein gleiches Spiel von weißen Wolken und rothem Morgen- und Abendgold, dieſelbe Austheilung von ſpiegelndem Meer und buntem Lande, denſelben Wechſel von Wieſen, Wald und Feld und Sand haben, wie die Erde. Jeder wird dafür etwas Anderes und in anderer Weiſe haben; vielleicht ſogar in den Augen der Geſchöpfe andere Farbenempfindungen haben: wer kann es wiſſen. Wie die Geſchöpfe der

Erde ſich charakteriſtiſch durch eine Hauptfarbe und beſondere Abzeichen und Abwandlungen derſelben unterſcheiden, ſo alſo auch die des Himmels. Die Geſchöpfe der Erde, vor Allem die Pflanzen, tragen ſelbſt weſentlichſt zur charakteriſtiſchen Farbe der Erde bei. Ein Vogel färbt und zeichnet ſich durch trockne Federn; die Erde durch grüne und blühende Kräuter und Bäume.

Man kann bemerken, daß der Mars, der Erde Nachbar, röthlich erſcheint, indeß ſie grün. Grün und Roth ergänzen ſich aber optiſch zu Weiß. Vielleicht ergänzen ſich die Hauptfarben der verſchiedenen Planeten überhaupt in verſchiedener Weiſe zum Weiß des Sonnenlichts [*]), von dem urſprünglich alle ſtammen, wie die Planeten ſelbſt urſprünglich alle von der Sonne ſtammen: ſo daß die Planeten in ihren Bahnen gleichſam die Elemente eines großen Regenbogens durch den Himmel ziehen, wie auch unſer irdiſcher Regenbogen durch Kugeln (Tropfen), freilich viel kleinere, erzeugt wird. Doch das ſind Phantaſien.

Der Wahrſcheinlichkeit einer eigenthümlichen Färbung der Planeten ſcheint der Umſtand entgegen, daß wir, abgeſehen von der ſchwachen röthlichen Färbung des Mars, ihre Scheiben doch nicht als gefärbte erblicken. Aber auch die Erde möchte ſchwerlich von andern Planeten aus mit unſern Augen geſehen in der eigenthümlichen grünen Färbung erſcheinen, die ihr doch ſicher nach Land und Meer zukommt. Die Eismaſſen der Erdpole, die winterlichen und wüſten Gegenden des Landes, die Wellenſpiegel der Meere [**]), die Welken und Nebel der Atmoſphäre, und die Luftmaſſe der Atmoſphäre ſelbſt (vermöge ihrer lichtreflectirenden Kraft) geben zu viel weißes oder fremdgefärbtes Licht, was dem außerhalb ſtehenden Beobachter mit dem grünen vermiſcht zukommt, und dieſes leicht für ihn zum Unmerklichen abſchwächt. Manche Planeten, wie Venus, Jupiter haben wirklich eine ſehr dicke, wolkige oder neblige Atmoſphäre. Dazu kommt folgender Umſtand: Wir ſehen Sonne, Mond und Sterne vielmehr gelblich oder rothgelblich, als weiß oder anders gefärbt, weil unſere Atmoſphäre vorzugsweiſe geneigt iſt, rothgelbliches Licht durchzulaſſen und blaues zurückzuwerfen. Die Himmelskörper erſcheinen uns nun vielmehr nach Maßgabe dieſer Eigenthümlichkeit unſerer Atmoſphäre, mithin alle in derſelben Weiſe, als nach ihrer eigenen Weiſe, gefärbt; und nur wo, wie beim Mars, die eigenthümliche Färbung ſehr intenſiv iſt, wiegt ſie etwas vor. Die Erde hat ſo zu ſagen das Auge eines Gelbſüchtigen, ſie ſieht Alles außerhalb gelb, oder iſt wie ein Glashaus mit gelben Glaswänden. Alles, was draußen nicht eine ſehr entſchiedene Farbe hat, erſcheint nun gelb *).

---

[*]) Wie Grün und Roth ſich optiſch zu Weiß ergänzen, ſo auch Violet und Gelb, Orange und Blau.

[**]) Ungeachtet nämlich das Meer an ſich grün, erſcheint doch jeder Sonnenreflex davon weiß, und dieſe Reflexe, wie ſie jede Welle zeigt, ſind viel intenſiver als das grüne Licht.

12) Unſer ganzer Leib und jedes organiſchen Geſchöpfes Leib iſt aus Zellen gebaut, jede Zelle eine Wand, gefüllt mit Flüſſigkeit, und die Wandung ſich allmälig von Außen nach Innen verdickend. Die Erde mit ihrer verhältnißmäßig dünnen,. doch auch allmälig von Außen nach Innen ſich verdickenden, feſten Schaale und ihrem flüſſigen Inhalt, iſt nur das größte Vorbild und zugleich die Mutterzelle aller dieſer Zellen: denn alle organiſchen Zellengebäude ſind ja doch Produkte der großen Erdzelle, wenn auch unbekannt, durch welchen Prozeß. Sie ſtellt in größter Einfachheit und einfachſter Großartigkeit das

---

*) Es giebt manche Gläſer, die beim Daraufſehen blau erſcheinen, vermöge des Lichts, was ſie ins Auge zurückwerfen, dagegen alles Dahinterliegende gelb oder rothgelb erſcheinen laſſen, indem ſie vorzugsweiſe nur ſo gefärbte Stralen durchlaſſen; ein ſolches Glas iſt unſere, beim Daraufſehen blau erſcheinende, Atmoſphäre, die aber vorzugsweiſe nur rothgelbes Licht durchläßt.

Muſter vor, nach dem ſich die Elemente der organiſchen Weſen gebildet; aber ſie iſt nicht ſelbſt ein ihnen äquivalentes Element, ſondern das höhere Ganze, was ſich im Bau dieſer kleinen Elemente wiederſpiegelt. Größtes berührt ſich wieder mit dem Kleinſten. Schon die Pflanzenzelle hat man einen kleinen ſelbſtſtändig für ſich lebenden Organismus genannt, und hat die ganze Individualität der Pflanze der Individualität der Zelle unterordnen wollen *). Man hat ſich nur verſehen. Aller Pflanzen, aller Thiere Individualität dazu, iſt wirklich der Individualität der Zelle untergeordnet, nur nicht der Zelle, die ſie in ſich haben, ſondern der, die ſie in ſich hat. Im Bauwerk der Welt freilich tritt die Erde und jedes Geſtirn ſo gut wieder als eine untergeordnete Zelle auf, wie eine Zelle in unſerem Leibe.

13) Die Erde enthält alle Einzelſtoffe in ſich, welche der Menſchenleib enthält, aber nicht umgekehrt enthält der Menſchenleib alle Einzelſtoffe, welche die Erde enthält, nicht Gold, nicht Silber, nicht Zink, nicht Blei, nicht Jod, nicht Brom u. ſ. w. Die Erde muß wohl alle Stoffe enthalten, die der Menſchenleib enthält, da alle Stoffe des Menſchenleibes ſelbſt erſt aus dem Erdleibe herrühren, und wieder in ihn übergehen. In ſo fern iſt ſtreng triſtig, was die Bibel ſagt: der Menſch ſei aus einem Stück Erde gemacht und werde wieder zu Erde werden. Man muß nur Erde in dem weitern Sinne

---

*) Vergl. Nonna S. 282.

nehmen, wie wir es immer thun; ſonſt hätte auch die Bibel Unrecht. Die Menſchen und Thiere beſtehen ſogar aus den gemeinſten Stoffen der Erde, und das iſt gut, ſonſt würden Menſchen und Thiere ſelten ſein müſſen. Es kommen aber viele zuſammengeſetzte Stoffe im Menſchen- und Thierleibe vor, die nicht außerhalb vorkommen, Fett, Eiweiß, Milch, Blut. Hierauf fußend, ſagt man oft zur Rechtfertigung der Scheidung zwiſchen Organiſchem und Unorganiſchen: alſo haben Menſchen und Thiere doch noch ganz andere Kräfte, als die Erde; denn ſie vermögen die Stoffe auf eine Weiſe zu zwingen, zu binden, zu wandeln, wie ſie es nicht vermag. Aber doch vermag ſie es; ſie vermag es ja eben mittelſt der organiſchen Geſchöpfe, die blos ihre Glieder. Nur mittelſt ihrer, ganz natürlich. Um Schwefelſäure, Schießpulver zu erzeugen, bedarf es ja auch eigends dazu eingerichteter Fabriken, und daneben entſteht und kann nichts davon entſtehen: ſo nun freilich auch Milch und Blut nicht außer und neben den organiſchen Geſchöpfen, weil ſie allein eben die geeigneten Fabriken zu ihrer Erzeugung ſind. Die Erde erzeugt aber dergleichen nicht nur mittelſt dieſer Fabriken, ſie hat auch dieſe Fabriken ſelbſt zu erzeugen gewußt. Man fragt, aber warum erzeugte ſie ſolche nur früher, nicht jetzt? Auch jetzt, nur auf andere müheloſere Weiſe als Anfangs. Die erſte Schmiede herzuſtellen mochte ſchwer ſein, nun gehen aus alten Schmieden leicht immer neue hervor, indem in den alten die Werkzeuge für die neuen geſchmiedet werden und keine Schmiede wächſt mehr aus der Erde. So gebären ſich, nachdem einmal organiſche Geſchöpfe entſtanden, die neuen müheloſer daraus wieder, als ſie anfangs entſtanden ſein mochten.

Finden wir nicht auch in uns ſelbſt, daß Galle nicht ohne Leber, Speichel nicht ohne Speicheldrüſen, Thränen nicht ohne Thränendrüſen erzeugt werden können? Nun iſt natürlich, daß auch die Erde die Stoffe, die in den organiſchen Geſchöpfen vorkommen, nicht ohne dieſe organiſchen Geſchöpfe zu erzeugen vermag. Aber gehören deshalb die organiſchen Geſchöpfe weniger zu ihr, als die Leber zum übrigen Leibe, der auch nicht das ohne und außer der Leber kann, was er mit und durch ſie kann. Vermöchten doch die organiſchen Geſchöpfe dieſe Stoffe auch eben ſo wenig ohne die übrige Erde zu erzeugen, als unſere Leber und Speicheldrüſe Galle und Speichel ohne den übrigen Organismus. Nur bei gehöriger Stoffaufnahme aus der Umgebung und gehöriger Stoffabgabe an die Umgebung kann der organiſche Leib ſeine Produkte erzeugen, wie Leber und Speicheldrüſe. Man ſieht, das Verhältniß des Organs zum Organismus kehrt in dieſer Beziehung zwiſchen organiſchem Individuum und Erde genau wieder.

14) Je nach der Zuſammenhangsweiſe (Aggregationsform) der Stoffe können wir in der Erde wie in unſerem Leibe Feſtes, Flüſſiges, Luftiges, Dunſtiges und Unwägbares unterſcheiden. Wir haben Felſen in unſeren Knochen, Ströme laufen durch unſere Adern, Dämpfe und Luft blaſen durch unſere Athemwerkzeuge, Licht dringt durch unſere Augen, Wärme durchdringt unſeren Leib, ein feines Agens mag in unſeren Nerven kreiſen.

Makrokoſmos, Mikrokoſmos. Nun aber ſind, näher betrachtet, unſere Knochen doch nicht reiner Stein, unſer Blut nicht reines Waſſer, unſer Athem nicht reine gewöhnliche Luft und reiner Waſſerdampf, und was in unſern Nerven kreiſt, ſehen wir nirgends draußen ſo kreiſen. Das kann aber auch nicht anders ſein, wenn unſer Leib wirklich das verwickeltſte Organ der Erde iſt; das Einfachſte in unſerem Leibe wird doch ſchon mit etwas mehr Verwickelung behaftet ſein müſſen, als das, was wir draußen ſehen: daher geht in die Knochen doch mehr von Feuchtem ein, als in die Felſen, und in das Blut mehr von Feſtem und von Luft, als in das Waſſer, und iſt der Athem mehr mit Dunſt verſetzt, als die Luft, und iſt das Unwägbare in uns in ſolcher Verwickelung mit dem Wägbaren befangen, daß eine reine Abſonderung ſeiner Geſetze und ſeines Ganges nicht möglich geweſen.

Die ſpeciellen Verhältniſſe des Feſten, Flüſſigen, Luftigen und Unwägbaren werden im Anhange zu dieſem Abſchnitt weiter beſprochen.

15) Die Erde zeigt wie unſer Leib *Bewegungen*, die theils äußere, theils innere ſind, wenn wir unter äußern Bewegungen ſolche verſtehen, wo ſie ſich im Ganzen durch die Außenwelt fortbewegt, oder (durch Drehung) ihre Lage gegen die Außenwelt im Ganzen ändert, unter innern ſolche, wo ihre eigenen Theile ihre Lage zu einander ändern. Sie bewegt ſich im Ganzen um die Sonne, dreht ſich im Ganzen um ihre Axe, und zwiſchen ihren Theilen, namentlich auf ihrer Oberfläche, finden Bewegungen mannichfachſter Art ſtatt. Erſtere Bewegungen ſind viel einför-

miger, als die, welche wir vornehmen können; letztere viel mannichfaltiger, unbeſtimmbarer, wechſelnder.

Dieſer Unterſchied läßt ſich ſo auslegen:

Eine große vollkommene Maſchine mit vielen Rädern und Hebeln, und darin iſt ein Organismus der Maſchine analog, kann durch den Zug eines einfachen Gewichtes im Gange der mannichfaltigſten Thätigkeiten und Leiſtungen erhalten werden; das einfache Rad, der einfache Hebel ſelber bedarf der verſchiedenartigſten Anbringung und äußern Handhabung, um Vielerlei zu leiſten. So iſt es mit unſerer Erde gegen uns. Die Erde hat ſo viel mehr Mittel der Bewegung in ſich, als wir, daß der einfache Gang um die Sonne, die einfache Drehung um ſich ſelbſt hinreicht, das lebendigſte, mannichfaltigſte Spiel in ihr zu unterhalten. Unſere Nöthigung, uns unregelmäßig hin- und herzubewegen, unſere Glieder nach allen Seiten zu recken und zu ſtrecken, iſt nicht ein Beweis unſerer Vorzüglichkeit, ſondern unſerer Halbheit, unſerer Mangelhaftigkeit; denn ſtatt, was wir brauchen, um unſer inneres Getriebe in Gang zu erhalten und fortzubilden, in uns ſelbſt zu finden, haben wir den größten Theil der Hülfsmittel dazu außer uns zu ſuchen: das iſt der Zweck unſeres unruhigen Umhertreibens, Umherlangens. Warum daſſelbe der Erde zumuthen, da ſie Alles innerlich hat, was wir äußerlich ſuchen, ja uns ſelbſt die Suchenden und unſer Suchen. Sollte die Erde ähnliche äußere Bewegungen machen, wie wir, wäre ſie nur ein Affe ihrer ſelbſt, ja kleinſter Theilchen ihrer ſelbſt.

Börne ſagt einmal (geſ. W. II. S. 51): „der Zorn der Mächtigen zeigt ſich äußerlich ſehr verſchieden von dem der Schwachen. Letzterer iſt zappelnder Art; denn er ſucht ſich Luft zu machen durch Worte und Zeichen. Die Seelenbewegung der Großen iſt mehr nach Innen gerichtet. Warum ſollte eine Königin ſelbſt die Fauſt ballen, da tauſend fremde Fäuſte zum Dienſte ihrer Rache bereit ſind?“ —

Man kann dieß leicht auf unſere Königin, die Erde übertragen. Ihre Seelenbewegung iſt eben auch mehr nach Innen gerichtet. Sie braucht auch keine Fäuſte nach Außen zu ballen, da alle unſere Fäuſte ſich ſchon für ſie ballen, nur daß es keine fremden ſind, ſondern die innerlich geballten eigenen.

Iſt nicht auch der ganze Menſch ein ruhiger Weſen, als die nimmer raſtenden, immer kreiſenden Ströme und Blutküglein in ſeinen Nerven und Adern. Was ſie in ſeinem Innern thun, woran ſich ſeine Gedanken und Empfindungen heften, das thut er nicht äußerlich noch einmal nach, er thut blos in größeren Zügen ſo viel äußerlich, daß dieß innere Spiel immer in gedeihlichem Gange bleibt. So iſt es mit der Erde und dem raſtloſen Spiele in ihr. Aber weil ſie ein noch höheres, in ſich vollendeteres Weſen als wir iſt, ſo thut ſie noch weniger äußerlich als wir, und noch mehr in ſich, als wir. Die Welt, der Gott inwohnt, thut gar nichts äußerlich, Alles in ſich.

Wie überall, giebt's auch hier eine Berührung der Extreme. Der todte Stein bewegt ſich äußerlich ſo wenig, als die Welt voll des lebendigen Gottes. Aber der Unterſchied iſt, daß der todte Stein ſich auch nicht innerlich bewegt, indeß die Welt voll des lebendigen Gottes alles Bewegen überhaupt innerlich hat. Die Erde nähert ſich dem höhern Extrem mehr als wir. Weil jedoch über der Erde und den Geſtirnen überhaupt noch die Welt ſteht, ſo können ſie der äußerlichen Bewegung nicht ganz miſſen, da ihr äußeres Bewegen die größten innern Bewegungen der Welt zu geben hat.

Nun werden ſich auch die Zweckrückſichten, warum die Erde einen ſo einfachen Hauptzug ihrer Geſtalt behaupten konnte, vollſtändiger als früher überſehen laſſen. Die Geſtalt der Weſen ſteht nämlich überall in direktem Zweckbezuge zur Art ihrer Bewegung. Wie anders würden wir ausſehen, wenn wir nicht Beine zum Laufen, Arme zum Langen, einen Hals zur Drehung des Kopfes und Sinnesorgane, den Weg zu finden, brauchten. Die Erde aber, wozu bedurfte ſie der Beine, ſie hat nach nichts außer ſich auf feſtem Boden zu laufen, der feſte Boden und die laufenden Beine ſind in ihr; wozu bedurfte ſie der Arme, ſie hat nach nichts außer ſich zu langen, tauſend Arme langen nach tauſend Dingen ſchon in ihr; wozu bedurfte ſie eines Halſes, ſie hat keinen beſondern Kopf zum Drehen, ſie dreht ſich ſelbſt ganz ringsum, und die Menſchen in ihr, und die Köpfe auf den Menſchen und die Augen in den Köpfen, drehen ſich noch beſonders, um im Einzelnen zu ergänzen, was die Bewegung im Ganzen noch zu wünſchen übrig läßt; wozu bedurfte ſie beſonderer Augen und einer beſonders vorſtehenden Naſe, ſie findet ihren Weg ohne Augen und Naſe, und hat tauſend Augen und Naſen in ſich, die Wege in ihr zu ſuchen und die Blumen in ihr zu riechen. Weil ſie aber ſo Alles in ſich hat, was wir erſt außen ſuchen müſſen, brauchte ſie auch überhaupt unſere äußeren Mittel des Suchens nicht, und dies giebt ihr die rein abgeſchloſſene in ſich vollendete Geſtalt.

Durch ähnliche Betrachtungen beweiſt Cotta in Cic. de natura deorum (I. c. 53.) gegen Velleius, daß die Geſtalt der Götter nicht nothwendig eine menſchliche ſein müſſe.

„Ne hoc quidem vos movet, considerantes, quae sit utilitas, quaeque opportunitas in homine membrorum, ut judicetis, membris humanis Deos non egere? quid enim pedibus opus est sine ingressu? quid manibus, si nihil comprehendendum? quid reliqua descriptione omnium corporis partium, in qua nihil inane, nihil sine causa, nihil supervacaneum est? Itaque nulla ars imitari sollertiam naturae potest. Habebit igitur linguam Deus, et non loquetur: dentes, palatum, fauces nullum ad usum: quaeque procreationis causa natura corpori affinxit, ea frustra habebit Deus: nec externa magis, quam interiora, cor, pulmones, jecur, cetera, quae, detracta utilitate, quid habent utilitatis?“

17) Zwar iſt die Erde nicht ganz ohne äußeres Bedürfniß; ſie hat das Bedürfniß, aus einem höhern himmliſchen Licht- und Wärmequell zu ſchöpfen. Nun aber zeigt ſich ihre ſo einfache Hauptgeſtalt mit ihrer eben ſo einfachen Bewegung und Stellung gerade auf das Vortheilhafteſte combinirt, und mit der feinern Ausarbeitung und Gliederung der Geſtalt und Bewegung, ja, wie wir früher ſahen, ſelbſt mit der Größe in Beziehung geſetzt, um dieſem Bedürfniß in vollkommenſter Weiſe zu genügen, ſo daß ſie, obſchon ihr immer nur eine und dieſelbe Hauptquelle von Licht und Wärme und dieſe

immer nur von einer Seite und in nahe gleichbleibender Entfernung gegenüberſteht, doch allſeitig daraus zu ſchöpfen und die im Ganzen immer gleich große Gabe ſich ſelbſt verſchiedentlichſt einzutheilen und verſchiedentlichſt damit zu ſchalten vermag.

Wäre die Erde eine flache Scheibe, ſo würde die Sonne immer über deren ganze Oberfläche eine und dieſelbe Wirkung äußern; aber die Kugelgeſtalt der Erde bringt mit ſich, daß die Sonnenſtralen unter allen Schiefen darauf treffen: nun äußern ſie die volle Wirkung auf die Stellen, auf die ſie ſenkrecht treffen, und eine nach Maßgabe ſchwächere, als ſie ſchiefer darauf treffen. So entſteht die Verſchiedenheit der Klimate vom Aequator nach den Polen hin. Wäre die Erde eine flache Scheibe, ſo würde auch der Himmel überall auf der Erde gleich ausſehen: nun hat jede Stelle der Erde einen andern Himmel über ſich; es entſteht die Verſchiedenheit der geraden, parallelen und ſchiefen Sphäre. Nur eben die einfachſte, allſeitig ſymmetriſche, Hauptgeſtalt der Erde aber machte die Erſchöpfung aller möglichen Verſchiedenheiten der Klimate und Anſchauungsweiſen des Himmels nach einem zuſammenhängenden Grundplane möglich, ohne localen Modificationen irgendwie zu widerſtreben. Schöſſe die Erde geradesweges fort durch den Himmel, wie ein Pfeil, ſo würde ſie ſich von ihrem Licht- und Wärmequell immer mehr entfernen: bliebe ſie ihm aber regungslos gegenüber, ſo würde ſie immer nur auf einer Seite und immer nur auf dieſelbe Weiſe davon erleuchtet und erwärmt werden. So aber umkreiſt ſie ihren Lichtbronnen die Sonne ſo, daß ſie beſtändig bei ihm bleibt, und dreht ſich ſo um ſich ſelbſt, daß ſie das Licht und die Wärme, deren ſie bedarf, nach und nach von allen Seiten empfängt, was aber deſſen zeitweiſe nicht genießt, verfällt derweile in Schlummer, indem die Periodicität der Organismen ſo eingerichtet iſt, daß das Bedürfniß dieſes Schlummers eben ſo oft kommt als die Sonne geht. Stünde die Axe der Erde ſenkrecht auf ihrer Bahn, ſo würde der Wechſel von Tag und Nacht über die ganze Erde und im ganzen Jahre gleich beſchaffen ſein, und es würde keine Jahreszeiten geben; ſo aber neigt die Erde ihre Axe ſo, daß Tage und Nächte über der Erde zugleich die verſchiedenſte Länge annehmen, und an jedem Orte durch das Jahr durch wechſeln, und daß alle Jahreszeiten zugleich an den verſchiedenen Orten der Erde vorkommen, und jeder Ort während eines Jahres alle Jahreszeiten durchläuft, indem der Winter abwechſelnd zwiſchen der ſüdlichen und nördlichen Hälfte hin- und wiedergeht. Richtete die Erdaxe ſich immer nach demſelben Sterne, ſo würde jeder Ort der Erde immer denſelben Himmel über ſich behalten, ſo aber macht die allmälige Aenderung in der Richtung der Erdaxe, daß jeder Ort nach und nach den Himmel wechſelt. Es iſt wunderbar, wie mit ſo einfachen Mitteln der Plan der mannichfaltigſten Abänderungen realiſirt werden konnte. Inzwiſchen iſt dieſer Grundplan nur die Baſis weiterer freierer Abänderungen von einer höhern Ordnung. Wäre die Erde eine ganz glatte Kugel von gleichförmiger Oberfläche, ſo würden doch Licht- und Temperaturverhältniſſe und Alles was damit zuſammenhängt, in jedem, dem

Aequator parallelen Gürtel ſich gleich bleiben: jedes Jahr würde an jedem Orte dieſelben Erſcheinungen an ſelbem Tage wieder mitführen. So bräche trotz jenen großen Anlagen, welche berechnet ſchienen, eine Monotonie der Verhältniſſe zu verhüten, dieſelbe innerhalb des erzielten Wechſels von Neuem in der feſten Regel deſſelben hervor. Nun wiederholt ſich aber zuvörderſt derſelbe Temperaturwechſel, der ſich vom Aequator nach den Polen im Großen zeigt, auf jedem höhern Berge im Kleinen, und die Lage der Berge und Wäſſer befolgt ſo incommenſurable Verhältniſſe, daß durch ihre Einwirkung auf die klimatiſchen und Jahresverhältniſſe allein ſchon jede Möglichkeit örtlicher oder zeitlicher Wiederkehr derſelben aufgehoben wird. Der hundertjährige Kalender iſt ein Unding. Da aber doch durch dieſe localen Einflüſſe die klimatiſchen und Jahresverhältniſſe nur abgeändert, nicht aufgehoben werden, ſo bleibt in ihnen immer eine gemeinſchaftliche Baſis und ein gemeinſchaftliches Band für alle Abänderungen, welche von den Localeinflüſſen abhängen. Jeder Berg wirkt ſelbſt ganz verſchieden in einem verſchiedenen Klima und einer verſchiedenen Jahreszeit, und dieſe Verſchiedenheiten, die er hervorbringt, bleiben den klimatiſchen und Jahresänderungen immer untergeordnet*). Luftdruck und Wind fügen zu dem feſten Bande, was in dem Princip der

---

*) So iſt die Schneegränze an der norwegiſchen Küſte (71° ¼ N. B.) in 720 Meter Höhe, in den Alpen (45° ¾ bis 46° N. B.) in 2708 Meter Höhe; in Quito, ziemlich unter dem Aequator, in 4824 Meter Höhe. Im Sommer braucht man viel weniger hoch auf einem Berge aufzuſteigen, um die Temperatur um eine gegebene Größe ſinken zu ſehen, als im Winter u. ſ. w.

Klimate und Jahreszeiten begründet liegt, noch ein bewegliches, welches alle localen Aenderungen, die durch irgend welche Einflüſſe im Luftkreiſe der Erde erzeugt ſind, in lebendige Beziehung ſetzt, ſo daß jede Aenderung, die irgendwo erfolgt, wie durch ein geſpanntes Seil oder eine geſpannte Saite weiter läuft.

Nach einer intereſſanten, (wenn ich nicht irre von Humboldt herrührenden) Vorſtellung, kann man die ganze Erde ſelbſt als aus zwei hohen Bergen zuſammengeſetzt denken, die mit der Baſis im Aequator zuſammengefügt ſind, und in den Polen ihre beeiſten Gipfel haben. Ihre Jungen, die kleinen Berge, ſuchen es ihnen dann im Kleinen nachzuthun. Doch nach einem andern Princip; denn während die Abkühlung der Pole von der größern Schiefe der Sonnenſtralen abhängt, ſo die der Bergesſpitzen von der größern Erhebung über den erwärmten Erdboden. Dies iſt ein Umſtand nicht ohne Intereſſe. Wenn wir ſehen, daß die Erde analoge Erſcheinungen in großem und kleinen Maßſtabe ſchon außer uns nach ſehr verſchiedenen Principien hervorbringt, ſo können wir uns nicht wundern, wenn ſie in uns, im Kleinſten, abermals neue Principien anwendet, und alſo z. B. die Flüſſigkeiten nicht mit denſelben Kräften in uns umtreibt als außer uns, ohne daß wir uns deshalb für getrennter von der Erde anſehen dürfen, als die Berge von der Erde, was wir ja auch factiſch nicht ſind.

Während die Berge im Gipfel der Höhe zugleich einen feſtſtehenden Gipfel der Kühlung haben, wedeln ſie zugleich mit ihren Schatten Kühlung über die umgebende Fläche.

und zwar iſt die Bewegungsweiſe dieſer Fächer je nach der Lage der Berge und der Jahreszeit eine ſehr verſchiedene; zugleich blaſen ſie vom Gipfel auch Kühlung in die Ferne, wie es der beeiſte Polgipfel im Großen thut, und tragen dadurch nicht nur zur Erfriſchung der heißen Gegenden bei, ſondern ſchlagen auch den Regen dadurch nieder. Abgeſehen von den Bergeshöhen und Wäſſern ſchaltet das grüne Land, der gelbe Wüſtenſand, das ſchwarze Ackerland, jedes anders mit den auffallenden Sonnenſtralen, und die unregelmäßige Austheilung von all dieſem trägt bei, den Wechſel der Erſcheinungen auf der Erde zu einem unberechenbaren zu machen.

Die Regelmäßigkeit und Symmetrie, die ſo in der feinern Ausarbeitung der Erdoberfläche und ihrer Proceſſe ganz aufgegeben und verloren ſchien, kehrt aber auf den Gipfeln dieſer Ausarbeitung, in der Geſtaltung und Periodicität der organiſchen Geſchöpfe, zwar nicht ſo vollendet, als in den Hauptverhältniſſen der Erde, aber doch angenähert bald von dieſer, bald von jener Seite wieder; ohne daß eine Monotonie der Verhältniſſe für dieſe organiſchen Geſchöpfe ſelbſt daraus hervorgeht, weil ſie doch in ein irdiſches Reich von ſo incommenſurabeln Verhältniſſen eingetaucht ſind. Die Natur beſinnt ſich in ihnen gleichſam wieder auf die Regel; aber zeigt ſelbſt noch die größte Freiheit in Abwandelung dieſer Regel, und zwar hängen dieſe Abwandlungen des Regelrechten in den organiſchen Geſchöpfen ſelbſt ganz teleologiſch mit den Freiheiten zuſammen, die ſich die Natur in Abwandlung der Hauptverhältniſſe der Erde genommen: die Geſtalt und innere Einrichtung jedes Weſens richtet ſich nach den beſondern äußern Umſtänden, in Bezug auf welche es ſich zu benehmen hat; während andererſeits auch das Regelrechte in den organiſchen Geſchöpfen ſeine deutliche Beziehung zu dem Regelrechten der irdiſchen Hauptverhältniſſe zeigt. Weil die Hauptverhältniſſe der Erde in horizontaler Richtung bei aller Aenderung doch gleichförmiger ſind, als in verticaler, wo Licht und Wärme von oben, Schwere von unten wirkt; ſehen wir die Symmetrie der Geſtalt ſich auch mehr in horizontaler, als verticaler Richtung entfalten, und die periodiſche Wiederkehr des Bedürfniſſes von Schlaf und Wachen, der Brunſt, des Wandertriebes, der Menſtruation, des Blütentriebes, hängt theils der Größe der Periode, theils auch der Zeit des Eintritts nach mit Periodicitäten, welchen die Erde unterliegt, zuſammen.

18) Ein Unterſchied der Erde vom Menſchen kann darin zu liegen ſcheinen, daß Menſchen und Thiere ſich zu ihren äußern Bewegungen durch ſich ſelbſt von innen beſtimmen, die Erde aber dabei blos fremdem äußern Zuge folgt. Doch verhält es ſich damit nicht ganz ſo, wie man es ſich zumeiſt vorſtellt. Ein Menſch kann ſich durch ſich allein ganz eben ſo wenig durch den Raum bewegen, als die Erde am Himmel; jener braucht den äußern Widerſtand der Erde dazu, dieſe den äußern Zug der Sonne; ins Leere geſetzt, möchte der Menſch zappeln wie er wollte, er könnte ſeinen Schwerpunct nicht um ein Haar verrücken. Nur der Zuſammenhang mit der übrigen Erde verleiht ihm das Vermögen dazu. Er kann ſich an der Erde in der That nur gerade eben ſo bewegen, wie ſich ein Glied

am feſten Leibe bewegen kann, indeß ſich zwei Weltkörper vielmehr wie zwei Leiber gegen einander bewegen. Nun iſt wahr, die Bewegungen des Menſchen an der Erde ſind viel complicirter, unbeſtimmbarer, und, ſofern man hieraus auf Freiheit ſchließt, freier als die des Weltkörpers gegen den Weltkörper; nur daß dies kein Mangel der Erde iſt, da die freien Bewegungen ihrer Geſchöpfe in ſie ſelbſt fallen.

19) Man kann es für den erſten Anblick auffallend finden, daß, während ſonſt die von uns verfertigten Werkzeuge den Werkzeugen unſers eignen Körpers ſo vielfach ähneln, die camera obscura dem Auge, der Blasbalg der Lunge, die Pumpe dem Herzen, das Filtrum der Niere, der Meißel den Zähnen, der Hebel dem Arme, der Hammer der Fauſt, die Natur ſich eben ſo ſtandhaft geſträubt hat, das Princip der Räder zur Fortbewegung der Organismen anzuwenden, als wir das Princip der Beine oder Stelzen zur Fortbewegung unſerer Wägen anzuwenden uns weigern. Und doch ſcheint in Rädern großer Vortheil zu liegen, und ein angenähertes Streben, dieſen Vortheil zu erreichen, iſt ſogar wirklich in der Einrichtung unſers Körpers ſichtbar, denn unſre Beine ſind zwar nicht einem ganzen Rade, aber einer Radſpeiche mit einem Stück Felge (Fuß) vergleichbar, da ſie ſich im Gehen eben ſo vom Boden abwickeln, als es die Felge eines Rades thut *), ſollten unſre Füße auf dem Boden fortſchleifen oder ſtelzen, würde es ſchlecht gehen. Aber doch fehlt

---

*) Vergl. Weber's Mechanik der Gehwerkzeuge.

viel zum eigentlichen Rade. Indeß ſieht man auch leicht ein, daß ein wirkliches Rad nur auf glattem Boden gute Dienſte leiſten kann; dagegen, wenn es gilt, über Stock und Steine zu ſteigen, Berge, Treppen hinan zu ſteigen, unſre Beine uns viel beſſere Dienſte leiſten, und Räder ganz unpaſſend geweſen wären. Sicher, wenn uns ein glatter Boden gegeben worden, wir hätten auch Räder ſtatt der Beine bekommen. Nun aber der Erde iſt wirklich der glatteſte Boden gegeben, der ſich denken läßt, ſo glatt wie der Aether iſt nichts; und ſo iſt auch ihr Bewegungsorgan ganz als Rad geſtaltet; ja, wie ſie Alles, was ſie einmal iſt, nicht blos ſtückweis iſt wie wir, ſondern ganz, ſo iſt ſie auch ganz und gar Bewegungsorgan und als ſolches ganz als Rad geſtaltet; bei ihr ſitzt nicht erſt wie bei unſern Wägen ein beſondrer Kaſten auf den Rädern, ſondern das Rad vertritt zugleich den ganzen Wagen; ſie trägt, was ſie trägt, gleich am Umfange ihres Rades, da das was ſie trägt, im Rollen nicht leidet. Nun ſind die Fahrenden nicht abgeſchloſſen von der Ausſicht des Himmels, durch den ſie fahren, wie uns der Kaſten unſrer Wägen abſchließt; ſondern die Ausſicht iſt allwärts frei. Alſo hat die Natur doch auch das Princip des rollenden Rades zur fortſchaffenden Bewegung angewandt, und zwar in viel größerm Maßſtabe und mit viel vollendeterer vielſeitigerer Leiſtung angewandt als wir; ſie konnte oder mochte es aber nur in dem himmliſchen Reiche, wo die einfachen großartigen Verhältniſſe die volle Entwickelung des Princips und ſeiner Vortheile auch geſtatteten. In der irdiſchen Holprigkeit, Stolprigkeit und Kleinlichkeit mußte ſie dann zu andern entſprechend ſtolprigen und kleinlichen Hülfsmitteln ihre Zuflucht nehmen, um über die Hinderniſſe hinwegzukommen, das ſind unſre Beine; doch überläßt ſie es uns, auf das himmliſche Princip zurückzukommen, nach Maßgabe als wir uns ſelber den Weg dazu ebnen.

Man könnte fragen, warum ſind nicht aber auch die Fiſche und die Vögel, die ſich ſo gut in einem durchſichtigen glatten Medium bewegen als die Weltkörper, gleich ihnen Kugeln und zur rollenden Bewegung eingerichtet. Es möchte ſein, wenn ſie ſich eben ſo ohne Flügel- und Floſſenſchlag in dieſem Medium ſchwebend zu erhalten und darin fortzukommen wüßten, und das Futter, was ſie mit vorgeſtrecktem Schnabel und Schnauze erſt ſich ſuchen müſſen, eben ſo in ſich hätten, wie die Erde. Damit kommen wir auf frühere Betrachtungen. Nur ein Weltkörper eben konnte ganz Rad ſein, weil er Alles ganz iſt, was er iſt. Die Geſchöpfe auf den Weltkörpern müſſen noch vieles Andere nebenbei ſein, weil ſie ſelbſt etwas nebenbei ſind und ſich gegen andres Nebenbei in Nebenbeziehungen mancherlei Art zu ſetzen haben. Damit aber gingen die Vortheile der Geſtaltung als Rad ſo weit verloren, daß die Natur lieber gleich zu einem andern Princip griff. Doch ſehen wir bei einigen Infuſorien die rollende Bewegung, was in das Capitel von der Berührung der Extreme gehört.

Die Erde iſt Rad und Wagen in Eins, man kann aber die Erde ſammt den übrigen Planeten auch als Räder an einem großen Wagen betrachten, dem Sonnenwagen nämlich, da man ja weiß, daß er durch die rollenden Planeten wirklich im Kreiſe um die Mittelſäule einer länglich runden Rennbahn, d. i. den Schwerpunct des ganzen Syſtems, auf feſter Ebene (plan invariable), umhergeführt wird*). Wie aber auch hier wieder Eins ins Andre fällt, ſo bedarf es nicht beſondrer Pferde, den Wagen zu ziehen, weil die Räder zugleich die lebendigen Pferde vertreten, es bedarf auch nicht erſt eines beſondern Lenkers auf dem Wagen, weil der Wagen ſelbſt ſein eigner Lenker iſt; der lichtweiße Lenker treibt an ſeine bunten Pferde; die Alten ſtellten es vor im Bilde von Phöbos Apollon auf dem Sonnenwagen. Es lag mehr Wahrheit darin, als wir dachten. Gern ließen ſie die Zügel im Bilde weg; man ſoll die Zügel ſich blos denken; auch am Himmel ſind ſie weggelaſſen, wirklich weggelaſſen; die Räder drehen ſich, die Pferde gehen nach dem bloßen leuchtenden Blicke des Gottes; oder folgt ſein Blick etwa den Rädern, Pferden? keins folgt dem andern; ſie gehen ſelbſtverſtändlich mit einander.

20) Für den erſten Anblick möchte es ſcheinen, daß blos an der Oberfläche der Erde Bewegungen ſtatt finden. Das Innere ſcheint eine müßige Maſſe. Aber es iſt hier wie ſonſt oft. Was man nicht ſieht, daran denkt man nicht. Es giebt Bewegungen im Innern der Erde, ſo

---

*) Die Sonne ſteht in der That nicht wirklich ſtill, ſondern bewegt ſich vermöge des Zuges der Planeten um den Schwerpunct des Planetenſyſtems, nur in kleinerm Kreiſe als ſie. Der plan invariable hat eine aſtronomiſche Bedeutung.

gut wie draußen, wenn auch nicht ſo mannichfaltige. Eine einfache Betrachtung wird hinreichen es zu zeigen.

Setzen wir, wir hätten einen Ballon voll Flüſſigkeit, worin eine Bleikugel liegt, und ein ſtarker maſſenanziehender Körper nähere ſich auswendig dem Ballon*). Dann wird zwar die Maſſe des Waſſers und Bleies beides davon angezogen, aber das dichtere Blei drängt mit ſeiner größern Wucht (wegen ſtärkern Anziehungsbeſtrebens) das dünnere Waſſer aus dem Wege, um ſich an die, dem anziehenden Körper gegenüberliegende, Stelle der Wand anzulegen, und ihm ſo nahe als möglich liegen zu bleiben, ſo lange er ſeine Lage behält. Geht aber der anziehende Körper um den Ballon herum, ſo folgt ihm nothwendig die Bleikugel, um ihm immer ſo nahe als möglich zu bleiben, geht alſo inwendig mit an der Wand herum. Setzen wir nun, der Inhalt des Ballons beſtände, ſtatt aus Blei und Waſſer, aus einer dichtern und dünnern (ſpecifiſch ſchwerern und leichtern) Flüſſigkeit, wie Waſſer und Oel, oder Queckſilber und Waſſer, ſo würde ſtatt der Bleikugel die dichtere Flüſſigkeit nach gleichem Princip ſich vorzugsweiſe vor der dünnern nach der anziehenden Maſſe hindrängen, und, wenn dieſe auswendig um den Ballon herumginge, ſich ihr folgend innerlich an der Wand herumbewegen. Einen hierauf zurückführbaren Fall haben wir aber bei der Erde. Die Flüſſigkeit inwendig iſt der geſchmolzene Inhalt der Erde, von dem wir wiſſen, daß er (ohne Rückſicht auf äußerlich ſtörende Kräfte) eine von Außen nach Innen beträchtlich zunehmende Dichte hat, alſo aus einer auswendig dünnern und inwendig dichtern Flüſſigkeit beſtehend gedacht werden kann; doch ſo, daß nichts hindert, dies Verhältniß durch äußerlich ſtörende Kräfte ſich auch abändernd zu denken. Der anziehende Körper auswendig wird durch Sonne oder Mond vorgeſtellt, welche bekanntlich durch ihre Anziehung auch die Fluthbewegung des Meeres an der Außenſeite der feſten Erdſchaale bewirken. Es muß aber nach vorigem Princip durch ihre Wirkung inwendig ſo gut als auswendig eine Fluthbewegung ſtattfinden, nur daß ſie ſich wegen der umſchließenden Schaale nicht in einer fortſchreitenden Erhebungswelle äußern kann, ſondern in einer fortſchreitenden Dichtigkeitswelle, welche jedoch nicht fortſchreiten kann, ohne wie ein Quirl die ganze innere Maſſe mit in Bewegung zu ſetzen. Auch überſieht der Sachkenner leicht, daß, während die äußere Fluthbewegung des Meeres mehr von dem Monde als der Sonne abhängt, die innere Fluthbewegung mehr von der Sonne als dem Monde abhängt.

---

*) Dieſer maſſenanziehende Körper könnte eine zweite Bleikugel ſein, da vermöge der allgemeinen Gravitation oder Schwere eigentlich alle Körper ſich anziehen. Inzwiſchen wird die Anziehung zwiſchen kleinen Körpern auf unſrer Erde nicht bemerklich, weil ſie gegen die ſtärkere Anziehung durch die Erde ſelbſt verſchwindet. Dies würde daher auch im obigen Beiſpiele von dem Verſuche mit dem Ballon und den Kugeln auf der Erde gelten, nicht mehr aber von einem Verſuche mit der Erde, wenn nämlich die Erdſchale ſelbſt den Ballon vorſtellte, und eine große Kugel äußerlich wirkte, eine andere innerlich im flüſſigen Inhalt der Erde angebracht würde.

Die Fluthbewegung des Meeres hängt nämlich von dem Unterſchiede der Anziehungen ab, welche die Weltkörper auf den Mittelpunct der Erde und die gegenüber liegenden Enden der Erde äußern. Obwohl nun die anziehende Kraft der Sonne auf die Erde im Ganzen betrachtet viel größer iſt, als die des Mondes, fällt doch dieſer Unterſchied der Anziehung von Seiten des nähern Mondes größer aus, als von Seiten der Sonne*). Dagegen hängt die Fluthbewegung der innern Flüſſigkeit nicht von dem Entfernungsunterſchiede eines der Erde äußern Weltkörpers, ſondern von ihrem eignen innern Dichtigkeitsunterſchiede und der abſoluten Größe der äußern Kraft ab, muß alſo von Seiten der Sonne etwa 100 mal mehr betragen, als von Seiten des Mondes.

Es iſt mir nicht bekannt, daß jemand auf dieſe innere Fluthbewegung ſchon hingewieſen; doch ſcheint mir ihre Annahme nothwendig, ſofern man das Innere der Erde als flüſſig und von ungleicher Dichte anzunehmen genöthigt iſt.

Ich habe daran gedacht, ob man von der Reibung der bewegten Flüſſigkeit an der feſten Kruſte und der hiedurch erweckten Elektricität den Erdmagnetismus abhängig machen könnte. Doch unterliegt eine ſolche Annahme großen Schwierigkeiten.

Sehr wahrſcheinlich mögen zu dieſen allgemeinen Gründen innerer Bewegung noch locale kommen. Unſtreitig war die Erde von Anfange an nicht gleichförmig gemiſcht, und bei ihrer ungeheuren Maſſe mögen dieſe Ungleichförmigkeiten auch nach längſter Zeit ſich noch nicht vollſtändig ausgeglichen haben und ſo beitragen, innere Bewegungen zu unterhalten. Schon die vulkaniſchen Erſcheinungen ſcheinen für innere Bewegungen zu ſprechen, doch hängen ſie wenigſtens zum Theil von Waſſerdämpfen ab, zu deren Entſtehung äußerlich eingedrungenes Waſſer den Anlaß giebt.

---

*) „Wenn man die Kräfte, mit welchen die Sonne und der Mond die Erde (im Ganzen) anziehen, mit einander vergleicht, ſo findet man, daß jene etwa 100 mal ſo groß iſt, als dieſe; da aber von jener nur etwa der 12000ſte Theil auf die Erzeugung der Fluth und Ebbe verwandt wird, von dieſer der 30ſte (weil die Entfernung der Sonne von der Erde ungefähr 12000, die des Mondes von der Erde 30 Erddurchmeſſer beträgt), ſo geht hervor, daß die von der Sonne erzeugte Fluth nur $^2/_5$ der Fluth betragen kann, welche der Mond erzeugen muß.“ (Beſſel).

21) In unſerm Leibe finden Kreislaufsphänomene mancherlei Art ſtatt; und eben ſo im größern Leibe der Erde. Das Blut kreiſt in den Adern, dann kreiſen die Stoffe zwiſchen den Adern und unſerm übrigen Leibe, ſofern Stoffe aus dem Blute in den Leib zu deſſen Ernährung ausgeſchieden und durch Aufſaugung immer wieder darein zurückgenommen werden; dann kreiſen die Stoffe in noch weiterm Cirkel zwiſchen unſern Leibern und dem größern irdiſchen Außenleibe, ſofern Stoffe aus der irdiſchen Außenwelt in unſre Leiber fortgehends übergehen und von da wieder in die Außenwelt zurückgehen; und ſehen wir näher zu, ſo ſind die engern Kreislaufsphänomene in unſern Leibern nur abgezweigte Schlingen von dieſem weitern Kreislauf, zu welchem die Welt des Organiſchen und Unorganiſchen in gegenſeitiger Ergänzung zuſammentritt. Ueber dieſen weitern Kreislauf hinaus aber ſehen wir noch größere Kreisläufe durch das ganze irdiſche Gebiet, wovon alles Vorige nur wie abgezweigt erſcheint. Die Flüſſe gehen ins Meer, das Meer in die Wolken, die Wolken in die Flüſſe, die Flüſſe wieder ins Meer; zu dieſem Kreislaufe geben auch die Bäume ausdünſtend ihren Saft und daher bekommen ſie auch ihren Saft, dahin geht der Schweiß von unſrer Arbeit, und daher bekommen wir den Trank, der uns erquickt. Das ganze Meer ſchickt eine kreiſende Fluthwelle um die Erde, die führt Fiſche, Krebſe und Gewürme mit; entſprechend mag unter der Erdrinde, wie wir geſehen, eine Fluth von Glut kreiſen. Die Winde kreiſen durch allen unregelmäßigen Wechſel durch doch im Ganzen regelmäßig um die Erde, und die obern ergänzen

ſich mit den untern zum Kreislauf: da kreiſt auch der Athem aller lebendigen Weſen mit: und die Schiffe richten ihre Segel danach; die feſte, ja die ganze Materie der Erde kreiſt um ihre Axe, und inmaßen, als ſie es thut, kreiſt die Helligkeit und Wärme mit; endlich geht noch die Erde in den größern himmliſchen Kreislauf um die Sonne und den noch größern Kreislauf der Sonne um ein höheres Centrum mit ein.

Als die Gränze der eigentlich irdiſchen Kreisläufe jedoch, d. i. die ſich in der Erde ſelbſt abſchließen, hat die Drehung um ihre eigene Axe zu gelten, die andern höhern Kreisläufe haben auf ein Centrum außer ihr Bezug. Dieſer Kreislauf der Erde um ſich ſelbſt iſt zugleich der ſelbſtſtändigſte, urſprünglichſte, einfachſte, regelrechteſte, allgemeinſte, dauerhafteſte, unveränderlichſte aller irdiſchen, ganz in der Individualität der Erde begründet, und die ganze Materie der Erde in Eins begreifend; dagegen die andern irdiſchen Kreisläufe großentheils erſt von ihm abhängig ſind und nur beſondre Theile der Erde ergreifen. Man kann ſagen, daß die Bewegung der Erde um ihre Axe die Hauptgröße iſt, wozu ſich alle andern Bewegungen auf der Erde nur wie Aenderungen höherer Ordnung verhalten.

Alle Kreisläufe der Stoffe in der Erde überhaupt ſind wenn nicht rein in ſich, doch alle in der Erde abgeſchloſſen, nichts geht über ſie hinaus: dahingegen von den Stoffen in unſerm Leibe immer nur ein Theil innerlich umhergeführt wird, der andere geht immer über uns hinaus, um in die andern Kreisläufe der Erde mit einzugehen.

Die Drehungs-Richtung der Erde um ſich iſt unveränderlich nur in Bezug auf die Erde ſelbſt, d. h. die Drehungsaxe der Erde geht immer durch dieſelben Puncte der Erde; obwohl ihre Richtung veränderlich gegen den Himmel iſt, wie weiterhin zu betrachten.

In der Atmoſphäre laſſen ſich Kreislaufserſcheinungen mancherlei Art unterſcheiden. Faßt man die Verhältniſſe aus allgemeinſtem und überſichtlichſten Geſichtspuncte im Ganzen und Großen, ſo kann man zwei auf einander ſenkrechte Kreislaufsbewegungen unterſcheiden, deren jede ſich wieder in zwei Kreisläufe von entgegengeſetzter Richtung gliedert. Einmal nämlich ſtrömt die Luft an der Erdoberfläche von den kältern Zonen nach dem Aequator zu, mithin von Norden her nördlich, von Süden her ſüdlich, ſteigt zwiſchen den Tropen in die Höhe und kehrt in den höhern Regionen in entgegengeſetzter Richtung, alſo einerſeits nach Norden, andrerſeits nach Süden zurück, und kommt jenſeits der Tropen wieder in den kühlern Zonen herab. Dieſer doppelte Kreislauf wird jederſeits blos durch den Temperaturunterſchied zwiſchen Polar- und Aequatorialgegenden bewirkt. Zweitens aber kreiſt die Luft an der Erdoberfläche in der Richtung von Oſten nach Weſten, in höhern Regionen aber in entgegengeſetzter Richtung von Weſten nach Oſten. Dieſer Kreislauf hängt von dem Einfluß der Drehung der Erde auf die zwiſchen Polen und Aequator hin- und herſtrömende Luft ab. Die Bewegungen, welche die Luft in der Richtung beider Doppel-Kreisläufe annimmt, ſetzen ſich jedoch zuſammen, daher man nicht die Erſcheinungen des einen unabhängig von denen des andern beobachten kann. Auf ſolcher Zuſammenſetzung beruhen dann die Erſcheinungen der Paſſate zwiſchen den Wendekreiſen und der merkwürdige Umſtand, daß jenſeits derſelben auf der Nordſeite der Erde die Winde ſich in der Regel in der Folge N. O. S. W., auf der Südſeite in der entgegengeſetzten Richtung S. O. N. W. drehen. Dove hat dies Alles ſehr gut in ſeinen meteorologiſchen Unterſuchungen auseinandergeſetzt Zu dieſen allgemeinen Kreisläufen der Luft kommen noch die localen, welche die Temperaturdifferenz von Land und See erzeugt. „Wenn bei Tage das Land ſich ſtärker erwärmt, als die See, ſo wird die Luft über dem Lande in die Höhe ſteigen, die kältere Luft unten zuſtrömen. Ueber der See fällt die Luft herab, wie im Schatten einer vorüberziehenden Wolke an einem heißen Sommertage, von der es kalt herweht. In der Nacht kühlt ſich das Land ſtärker ab, als die Oberfläche des Waſſers, dieſe wird endlich wärmer, die Luft ſtrömt vom Lande nach der See. Jener ſenkrechte Kreislauf iſt alſo einem gedrehten Rade zu vergleichen. Iſt die Temperatur gleich, ſo ſteht es, wird ſie ungleich, ſo dreht es ſich, zuerſt nach der einen Seite hin, dann nach der entgegengeſetzten. Es ſteht zweimal täglich ſtill, wenn die eine Drehung in die andere übergeht. Iſt das Land ein halbes Jahr wärmer als die See, und umgekehrt, ſo wird das Rad im Jahre zweimal ſtillſtehen, und zweimal ſich drehen. Wir werden alſo erhalten: zwei Luftſtröme nach entgegengeſetzten Richtungen, getrennt durch Perioden keiner vorherrſchenden Richtung. Dies iſt aber die Erſcheinung der Mouſſons.“ (Dove meteorol. Unt. S. 250).

Die Frage, woher die Drehung eines Himmelskörpers, wie der Erde, um ſich ſelbſt, kommt, iſt noch nicht genügend gelöſt. Könnte man einen excentriſchen Stoß annehmen, ſo wäre keine Schwierigkeit. Aber woher ſollte er kommen? Inzwiſchen kann man eine mit den gewöhnlichen kosmogoniſchen Anſichten wohl verträgliche Vorſtellung faſſen, welche dieſen Stoß entbehrlich macht, indem ſie ein Aequivalent dafür giebt. Man hat nur anzunehmen, was ja auch andere Gründe fodern, daß die Theilchen, aus denen ſich die Erde ballte, nicht von der Ruhe ab, ſondern mit verſchieden gerichteten Initialbewegungen behaftet, dem Zuge der Schwere gegen einander zu folgen begannen. Wenn dieſe Theilchen in ſolche Nähe zu einander gekommen, daß eine gegenſeitige Abhängigkeit derſelben von einander eintrat, ſo mußten dieſe Initialbewegungen nach Maßgabe der eintretenden Abhängigkeit, die noch nicht die eines feſten Körpers zu ſein brauchte, eine Reſultante für die Geſammtmaſſe geben, welche, wenn ihre Richtung nicht gerade durch den Schwerpunkt ging, nach mechaniſchen Geſetzen nothwendig eine Rotation des Körpers um ſich zugleich mit einer fortſchreitenden Bewegung hervorrufen mußte.

Inzwiſchen iſt bei der Erde und unſtreitig auch bei den andern Weltkörpern keine ſolche durchgehende Abhängigkeit aller Theile eingetreten, wie ſie bei einem überall feſten Körper ſtattfindet; und unſtreitig war es in frühern Perioden noch weniger als jetzt der Fall. Wäre die Erde ganz feſt geworden, ſo hätten alle Initialbewegungen ſich zur Bewirkung der Rotationsbewegung und fortſchreitenden Bewegung zuſammenſetzen müſſen; nun dies aber nicht der Fall iſt, können in der, im Ganzen immer gleichförmig rotirenden Erde, doch einzelne Theile auch Bewegungen machen, die der allgemeinen Rotation entgegengeſetzt ſind.

Da die Rotationen der Planeten im Allgemeinen in derſelben Richtung von Statten gehen, ſo hat die vorige Theorie über die Entſtehung der Rotation unſtreitig eigentlich auf die ganze Materienkugel Anwendung zu finden, aus der ſich die Planeten abgelöſt haben. Rotirte aber dieſe in einer gewiſſen Richtung, ſo mußten dann auch die ſich peripheriſch davon ablöſenden Maſſen eine Rotation in derſelben Richtung annehmen, da die Theilchen dieſer Maſſen, ſo lange ſie der großen Kugel noch angehörten, eine größere Geſchwindigkeit an der peripheriſchen als centralen Seite (in Bezug zur großen Kugel betrachtet) hatten, und bei der (anfangs unſtreitig in Geſtalt eines Ringes erfolgenden) Ablöſung behielten, was dieſelbe Wirkung haben mußte, als ob ein excentriſcher Stoß auf die abgelöſten Maſſen an der peripheriſchen Seite derſelben in Richtung der Rotation der großen Kugel erfolgt wäre *). Sofern indeß die Theilchen der ſich ablöſenden Maſſen, außer der ihnen verbleibenden allgemeinen Rotationsrichtung der großen Kugel, auch noch theilweiſe eigene Bewegungen hatten, da ſie ſich in der großen Kugel befanden, (wie denn ſelbſt an unſerer Erde noch heute an der Peripherie Bewegungen vorkommen, die der allgemeinen Rotationsrichtung zuwiderlaufen), mußten auch dieſe Bewegungen auf den Erfolg Einfluß haben; ſo daß doch die Rotationsrichtung für die ſich ablöſenden Maſſen etwas verſchieden von der Rotationsrichtung der Hauptmaſſe und unter einander abweichend ausfallen konnte.

22) Der ganze Menſch iſt ein periodiſches Weſen, d. h. alle ſeine Proceſſe laufen in kleineren und größeren

---

*) Plateau hat dieſe Erfolge künſtlich nachgeahmt. S. Karſten Fortſchr. der Phyſ. 2ter Jahrg. 1848. S. 80.

Epochen ab, theils ſolchen, welche angenähert immer den alten Zuſtand zurückführen, theils ſolchen, die als Entwickelungsepochen immer neue Zuſtände herbeiführen. Erſter Art ſind die Perioden des Pulsſchlages, des Ein- und Ausathmens, des Hungers und der Sättigung, des Wachens und Schlafens; zweiter Art die großen Stufenperioden des Embryonenzuſtandes und des gebornen Menſchen, in dieſem wieder die allerdings undeutlichern eines Ueberganges vom Kindesalter in den zeugungsfähigen, und aus dieſem wieder in den zeugungsunfähigen Zuſtand.

Periodiſche Erſcheinungen erſter Art bieten ſich auf der Erde dar im Wechſel von Ebbe und Fluth, in Tag und Nacht, in Sommer und Winter, im Umlaufe der Apſidenlinien und in der Frühlingsnachtgleichenperiode. Entwickelungsperioden der zweiten Art können wir nur erſchließen, doch müſſen ſolche dageweſen ſein: die Erde ward einmal geboren, und auf der Erde ward einmal ein organiſches Reich geboren, und im organiſchen Reich ward einmal der Menſch geboren, und hiemit trat jedesmal die Erde in eine große neue Entwickelungsphaſe ein.

Die periodiſchen Erſcheinungen hängen theilweis mit den Kreislaufserſcheinungen zuſammen, ſo daß man im Allgemeinen ſagen kann, was für die ganze Erde eine Kreislaufserſcheinung giebt, giebt für einen beſtimmten Ort der Erde eine periodiſche Erſcheinung, indem ein Objekt oder Phänomen, das im Kreiſe auf der Erde geht, immer von Zeit zu Zeit wieder an demſelben Orte des Kreiſes anlangen und wieder daſelbſt vorübergehen, alſo periodiſch dort erſcheinen und verſchwinden muß. Wie denn z. B. die Fluthhöhe, die Tageshelle, indem ſie um die ganze Erde kreiſen, eben deshalb immer nur periodiſch an demſelben Orte der Erde erſcheinen. So beruht auch der Puls des Menſchen auf einer Blutwelle, die durch den ganzen Körper ihren Umlauf macht. Doch gehört eine Ungleichförmigkeit zur Kreislauferſcheinung, ſoll wirklich eine eigentlich periodiſche Erſcheinung daraus hervorgehen. Denn wenn z. B. Waſſer gleichförmig in einer Kreisrinne ſich herumbewegt, wird keine Stelle der Rinne eine periodiſche Erſcheinung ſpüren. Zwar geht auch hier dasſelbe Waſſertheilchen immer nur periodiſch an derſelben Stelle vorüber, aber weil ein Waſſertheilchen wie das andere iſt, fällt dies nicht in die Erſcheinung; dagegen es ſofort eine periodiſche Erſcheinung geben würde, wenn ein Farbetheilchen oder eine Fluthwelle im Waſſer kreiſte. Anderſeits kann es auch periodiſche Erſcheinungen geben, die ſtatt auf Kreislaufsphänomenen auf Oscillationsphänomenen beruhen. Daher fallen Kreislaufserſcheinungen und periodiſche Erſcheinungen doch nicht ſchlechthin zuſammen.

23) Dieſelbe fundamentale Bedeutung, welche dem Umlauf der Erde um ihre Axe in räumlichem Bezuge zukommt, kommt der von dieſem Umlauf abhängigen Tagesperiode nach zeitlicher Beziehung zu. Beides läßt ſich überhaupt nicht trennen. Die Jahresperiode hängt von Beziehung der Erde zu andern Weltkörpern ab; die Tagesperiode iſt in der Erde ſelbſt gegründet, und die feſte Maßeinheit für alle irdiſche Zeitbeſtimmung. Denn auch, wenn Sonne und Mond wegfielen, würde die Erde fortfahren, ſich noch in derſelben Zeit um ſich ſelbſt zu drehen; der Tag würde noch als Sterntag unveränderlich fortbeſtehen, wenn er als Sonnentag nicht mehr beſtünde, und ſelbſt wenn alle Sterne wegfielen, würde die Erde ſich noch blind um ſich wie jetzt zu drehen fortfahren, nur daß ſie aus keinen Zeichen mehr wiſſen könnte, wenn eine Umdrehung fertig. Es iſt dieſe Drehung etwas, was ſie ganz und nur von ſich hat. Alle Zeit, die auf der Erde gemeſſen wird, kann nur mit der Elle des

Tages und deſſen Abtheilungen gemeſſen werden; es giebt keine andere feſte und ſichere, überall auf Erden gleich gültige Zeiteinheit, als den Schritt, den die Erde ſelber durch die Zeit macht. Wie der Schritt des gleichförmig trabenden Kameels dem Reiſenden, den es trägt, als Wegesmeſſer durch die Wüſte des Raums dient, ſo der Schritt der Erde dem Menſchen, den ſie trägt, als Wegesmeſſer durch die Wüſte der Zeit.

Die Erde iſt ſolchergeſtalt ihre eigene Uhr. Alle unſere Uhren müſſen von ihr lernen; ihre Räder werden im Grunde alle gemeinſchaftlich aufgezogen, getrieben und geregelt durch das große Rad der Erde mittelſt des zwiſcheneingreifenden Getriebes der menſchlich organiſchen Maſchine. Während aber unſere Uhren immer blos eine Zeit auf einmal anzeigen, zeigt die Erduhr alle Tagesſtunden, Minuten, Sekunden zu gleicher Zeit an, indem es für jeden Ort der Erde von anderer geographiſcher Länge auch andere Zeit iſt. Nichts deſto weniger findet überall derſelbe Gang der Stunden auf ihr, als auf unſern Uhren, ſtatt. Sie iſt die kombinirende Uhr für alle unſere Uhren.

Unſere Uhren leiden an einer großen Unvollkommenheit; daß ſie nämlich, wenn nicht ſehr künſtliche Abhülfe getroffen iſt, in der Kälte ſchneller laufen, als in der Wärme. Unſere Erde iſt der Gefahr hievon nicht entzogen. Wenn ſie kälter würde, als ſie iſt, würde ſie ſich zuſammenziehen, wie alle Körper ſich durch Erkältung zuſammenziehen, und nach mechaniſchen Geſetzen ſchneller zu kreiſen anfangen, der Tag und alle Stunden würden hiermit kürzer werden. Nun wiſſen wir, daß die Erde inwendig ſehr heiß iſt, und ſich durch einen ſehr kalten Raum bewegt; dennoch bleiben Tages- und Stundenlänge ſich gleich weil die ungeheure Größe und die dicke Kruſte der Erde das Erkalten verhüten *). Die Erdſchaale nimmt ſo die Bedeutung eines Uhrgehäuſes an, welches ſo dick gemacht iſt, daß es die Erde zur Bedeutung eines Chronometers erhebt, eines ſolchen, welches alle unſere Chronometer an Genauigkeit übertrifft.

Außer der gemeinen irdiſchen Zeitrechnung, welche von der Drehung der Erde um ihre Axe abhängt, zeigt die Erde noch mittelſt der Drehung ihrer Axe ſelbſt, wie mittelſt eines kreiſenden Weiſers, die Stunde in einer höhern himmliſchen Zeitrechnung. Der Himmel iſt das Zifferblatt, und der Kreis von Polarſternen, welche der Weiſer nach und nach durchläuft, der Zifferkreis. (Vgl. Nr. 43). Es iſt mit der Erde, wie mit unſern Uhren, die auch gemacht ſind, beides, längere und kürzere Zeitabſchnitte zu zeigen.

24) Nicht blos das Meſſen der Zeit, auch das Geſchehen in der Zeit auf Erden iſt in gründlichſter Abhängigkeit von der Tagesperiode. Der Wechſel von Tag und Nacht, Morgen und Abend, regelt überall Thätigkeit und Ruhe, Geſchäft und Vergnügen auf eine, für die ganze Erde nicht gleichförmige, aber ganz zuſammen-

---

*) Die Erwärmung durch die Sonne reicht hierzu nicht hin, ſo lange die Erde inwendig noch heißer iſt als ihr Außenraum.

hängende Weiſe. Die Tagesperiode iſt für den Gang des irdiſchen Geſchehens ungefähr daſſelbe, was für den Gang eines Muſikſtückes das unveränderliche Taktmaß, dem ſich aller noch ſo mannichfaltige Wechſel in der Folge und Geſchwindigkeit der Töne unterordnet, und wodurch der wichtigſte Halt in das Ganze gebracht wird. — Kein irdiſches Geſchäft hat in ſich ſelbſt ſo feſten Takt, als ihn die Erde hat, braucht ihn auch nicht, verträgt ihn auch nicht, weil es ſelbſt getragen wird vom Takte der Erde, und Wechſel zu dem Gleichmaaß bringen ſoll. Des Menſchen Puls wankt hin und wieder, je nachdem es draußen, drinnen ſtürmt oder ſtille wird, geht in den Wechſel ein, aber beherrſcht ihn nicht. Der Erde Takt wird durch keinen Sturm geſtört, durch keine Stille verzögert, ſondern Sturm und Stille und ſchlagende Herzen wogen auf dem Grunde ihres feſten Taktganges auf und nieder.

25) In unſerem Leibe erſtreckt jede irgendwo vorgenommene Veränderung außer dem örtlichen Einfluß auch einen Einfluß auf das Ganze. Das Herz zieht ſich örtlich zuſammen, und der Puls durchdringt in deſſen Folge alle Adern; die Hand wird mit einer Nadel geritzt und eine Wirkungswelle fluthet von da aus durch Blut und Nervengeiſt des ganzen Leibes. Nicht anders mit der Erde. Der Schmied meint, er ſchlägt blos auf ſeinen Ambos; die ganze Erde iſt ſein Ambos; denn von dem Ambos geht die Kraft ſeines Armes weiter fort durch Schmiede und Land, und jedes Theilchen Erde gewinnt ſein Theilchen von der Erſchütterung. Es meint einer,

ſeine Stimme iſt verhallt, wenn er und ſein Nachbar ſie nicht mehr hört, indeß breitet ſich die tönende Erſchütterung der Luft nur immer mehr aus, theilt ſich mit an Feſtes, Flüſſiges, wird zurückgeworfen und abermals zurückgeworfen, durchſchreitet und durchkreuzt das ganze irdiſche Bereich. Jeder Stein ins Meer weckt Wellen, die das ganze Meer durchlaufen; und am Ufer angelangt ſich theilen zwiſchen einen Stoß aufs Land und eine in ſich zurückgeworfene Bewegung. Jedes Theilchen der Erde und des Waſſers will wieder ſein Theilchen von den Wellen.

Man kann nicht einmal ſagen, daß ſich die Wirkung mit der Ausbreitung im Ganzen ſchwäche; ſie wird blos ſchwächer für eine einzelne Stelle, indem ſie aber entſprechend an Ausdehnung zunimmt. Das compenſirt ſich. Ein Schall, eine Erſchütterung, die ſich durch eine Röhre oder einen geſpannten Faden fortpflanzt, ohne ſich ausbreiten zu können, bleibt ungeſchwächt im ganzen Laufe. Auch das iſt wie in unſrem Körper. Nur eben deshalb ſind ſo viel Röhren, Fäden, das ſind Adern, Nerven, in unſrem Körper angebracht, daß Stoffe und Wirkungen möglichſt zuſammengehalten und ungeſchwächt nach gegebenen Richtungen fortgeleitet werden; weil aber die Adern doch ſich verzweigen und damit ihr Geſammtlumen erweitern, ſchwächt ſich doch auch im Fortgange der Puls und fließt das Blut langſamer, als es aus dem Herzen ausgeſtoßen worden. Wer die Sachverhältniſſe kennt, weiß das. Wenn anderſeits einſt Telegraphennetze das Land überziehen werden, wird die Erde in ihnen in größerm Maßſtabe etwas Aehnliches haben, als ſie ſchon jetzt, in kleinerm Maßſtabe in unſern Nerven hat.

26) Giebt's nicht aber auch Kräfte, oder nennen wir es lieber wirkſame Bezüge in unſerm Leibe, die ihn auf einmal umſpannen und durchdringen, das Fernſte mit dem Nächſten verknüpfen, ohne erſt allmälig ihre Wirkung aus der Nähe in die Ferne fortzupflanzen? Wir ſollten es glauben, wenn wir ſehen, wie die Geſtalt des Menſchen ſo aus einem Guſſe und Fluſſe gebildet iſt, und alle Verrichtungen durch den ganzen Leib in Wechſelzuſammenhange erfolgen. Der Kopf hat doch nicht das Bein, das Bein nicht den Kopf gebildet, beide ſind in einem Zuſammenhange gebildet, und wirken noch im Zuſammenhange. Da müſſen Kräfte, Bezüge walten, die in Eins durch das Ganze greifen.

Aber nicht mehr im Menſchen als in der Erde. Die Geſtalt der Erde iſt eben ſo aus einem Fluſſe und Guſſe gebildet, und die Geſtalt der Menſchen und Thiere ſelbſt iſt nur als ein feineres Spiel dieſes Guſſes und Fluſſes hervorgegangen. Alles auf und in und an der Erde wirkt noch in durchgreifendem Zuſammenhange; die halbe Atmoſphäre hält die andere halbe in Spannung, das halbe Meer hält das andere halbe im Gleichgewicht, und alle Störung dieſer Spannung, dieſes Gleichgewichtes, empfängt ein Geſetz von der Art dieſer Spannung, dieſes Gleichgewichts, wozu jeder Teil das Seine beiträgt. Drückte ſich nicht die Luft im Ganzen ſo zuſammen, hielte ſich nicht das Meer im Ganzen in ſolchem Niveau, wie es eben geſchieht, jeder Windſtoß, Schall, und jede Welle würden anders gehen. Warum haben Teiche und See'n nicht eben ſo gut Ebbe und Fluth als das Meer, da Sonne und Mond doch eben ſo gut ziehend darüber hingehen? Weil die ganze Größe und Tiefe des Meeres ſich zuſammenthut zur Größe und Gewalt des Phänomens. In einem Waſſerglaſe kann keine Ebbe und Fluth und kann auch kein Sturm entſtehen. Und ob auch ein Wind nur über einen kleinen Erdſtrich wehe, aber daß er dort ſo wehen kann, daran iſt die ganze Luft Schuld; ja nicht blos die ganze Luft, die ganze Erde.

In der That, wenn ſchon die Luft leicht und leichtſinnig über den Boden hinzuſtreichen ſcheint, als ginge ihr derſelbe nichts an, iſt es doch eigentlich der Boden, der ſie bläſt. Ohne den Gegenſatz der kalten Pole und der warmen Tropenländer, der kalten Bergesſpitzen und der wärmern Ebenen, der kühlen See und des wärmern Landes, gäbe es keine Winde. Auch Wolken und Regen, die von oben nach unten wirken, verdanken erſt der Wirkung von Unten nach Oben ihren Urſprung. Hiebei iſt viel von allmälig fortgepflanzter Wirkung; aber die Möglichkeit der ſucceſſiven Fortpflanzung ſelbſt, und die Art und Größe der fortgepflanzten Wirkungen gründet ſich auf die ganze Zuſammenſtellung von Erdreich, Waſſer, Luft und Wärme in der Erde. Jedes greift mit ſeiner Wirkung in das Andere über.

„Das geübte Auge des Indianers lieſt am Himmel den Lauf der Flüſſe ab, da wo Mangel an Bebauung des Bodens zu den natürlichen Unterſchieden derſelben keine künſtlichen hinzugefügt hat, und es iſt klar, wie eine kräftige Vegetation ſich ihren Regen erzeugt, der ſie umgekehrt wieder ernährt.“ — „Was über Wald und Wieſe zur Wolke ſich verdichtet, löſt ſich über der wärmern Sandfläche wieder auf.“ — „Manche Landgüter verhageln faſt immer, andere dicht daneben bleiben frei. So lokal iſt denn auch die Bildung des Hagels. Caſalbero in der Provinz degl' Irpini in Neapel, war gegen N. W. von einem bewaldeten Bergrücken geſchützt und frei von Hagelſchlägen. Seitdem der Abhang beackert iſt, hagelt es faſt jedes Jahr.“ (Dove meteorol. Unterſ. S. 60, 61, 69).

„Eine merkwürdige Wirkung der waſſerkältenden Untiefen iſt die, daß ſie, faſt wie flache Corallen- oder Sand-Inſeln, auch auf die höhern Luftſchichten einen bemerkbaren Einfluß ausüben. Fern von allen Küſten, auf dem hohen Meere, ſieht man oft Wolken ſich über die Puncte lagern, wo die Untiefen gelegen ſind. Man kann dann, wie bei einem hohen Gebirge, bei einem iſolirten Pic, ihre Richtung mit dem Compaß aufnehmen.“ (Humboldt's Koſmos. I. S. 329).

Betrachten wir einen Fluß. Wir wiſſen, er läuft um ſo ſchneller, je geneigter ſein Bett. Laß nun ſein Bett an einer einzelnen Stelle geneigter ſein, als an der andern, ſo läuft er deshalb nicht blos ſchneller an dieſer einzelnen Stelle, er läuft im Ganzen ſchneller; und laß ein Hinderniß des Laufes an einer einzelnen Stelle eintreten, ſo läuft er deshalb nicht blos langſamer an dieſer einzelnen Stelle, er läuft im Ganzen langſamer: ſo wirkt, was ihm an einer Stelle begegnet, in einem Zuſammenhange durch das Ganze: wir merken nur den Einfluß der kleinern Stelle auf den ganzen Fluß nicht leicht, weil der kleine Einfluß auf das Ganze ſich vertheilt. Wie hier mit dem Fluſſe des Waſſers iſt's mit dem Fluſſe der ganzen irdiſchen Begebenheiten, in dem auch die Lebensprozeſſe der Menſchen, Thiere, Pflanzen mit begriffen ſind. Was auch geſchehe, und wo etwas geſchehe, und wie etwas geſchehe, es erſtreckt außer dem lokalen auch einen allgemeinen Einfluß auf das Ganze.

27) Wie aber ſteht es mit den Tieſen der Erde? Wir wiſſen, die feſte Erdſchaale ſchließt einen, wahrſcheinlich metalliſch-flüſſigen, Inhalt ein, und eine Schicht von Waſſer, Luft und organiſchem Leben, worin wir ſelbſt inbegriffen ſind, aus. Schließt ſie nicht hiemit, wie beider Sein, ſo beider Wirken von einander ab? Ein Verſuch mag es uns lehren. Wir bohren ein Loch in die Erdſchaale und zapfen ihren flüſſigen Inhalt ab. Es ſcheint, wir thun hiemit nichts anders, als wenn wir ein Faß mit ſteinernen Wändeu abzapfen. Kann das, was außen am Faſſe, eine Wirkung von dieſer Entleerung ſpüren, da es mit dem Inhalt in gar keiner Verbindung ſteht? Kaum ſcheint es ſo. Doch ſiehe, was geſchieht? So wie ſich das Innere der Erde entleert, überſpült das Meer draußen auf einmal in der Fluth alles Land, die Flüſſe werden träge und finden ihren Weg nicht mehr abwärts; die Steine fragen, wohin fallen wir; die Pflanze weiß nicht mehr, wohin die Pfahlwurzel treiben; der Menſch wird federleicht, aber auch vom leichteſten Winde wie eine Feder über die Erde hinweggeblaſen; die Atmoſphäre dehnt ſich weiter und weiter aus; alle Menſchen und Thiere fühlen ſich wie unter der Glocke einer Luftpumpe, deren Kolben man auszieht, und ſchnappen nach der ſich immer mehr verdünnenden Luft. Iſt aller Inhalt entleert, ſo fliegen ſie gar mit allen Steinen und allem Waſſer weg von der Erde wie Sand, den man auf einen gedrehten Kreiſel ſtreut. Und das alles blos, weil jetzt

das, was früher innerhalb der feſten Erdſchaale war, nicht mehr auf das wirkt, was außerhalb war.

Wir meinen zumeiſt, eine Bleikugel drücke blos durch ſich ſelbſt. Aber ſo iſt es nicht. Mit jedem Stück Erde, was du aus der Mitte der Erde wegnimmſt, wird die Bleikugel ein Stück leichter, gerade ſo, als wenn du von ihr ſelbſt ein Stück wegnähmſt. Sie hat ihre Schwere gar nicht für ſich allein. Eben wie auch in meinem Leibe kein Theil durch ſich und für ſich ſeine Kraft allein hat, er verdankt ſie ſeinem Zuſammenhang und Zuſammenwirken mit dem Ganzen.

28) Man kann die Schwere, an deren Verminderung all dies hängt, eine todte Kraft nennen, und ſie iſt es ſo gut, als die optiſche Kraft unſres Auges; eine wie die andere iſt nach gleich todten phyſikaliſchen Regeln ſchätzbar, berechenbar; doch iſt es die optiſche Kraft unſres Auges, welche alle Lichtſtralen zum Bilde zuſammenfügt, deſſen ſich eine lebendige Seele zu bemächtigen weiß. Doch iſt es die Schwere, welche alle Maſſen der Erde, darunter unſre eigene, zu einem Leibe zuſammenfügt, deſſen ſich nun wohl auch eine lebendige Seele bemächtigen mag. Alle Kräfte ſind todt in unſerer trennenden wiſſenſchaftlichen Abſtraction, die des Leibes ſo gut als die des Außenleibes. Alle Kräfte ſind lebendig in ihrem realen Zuſammenwirken, die des Außenleibes ſo gut als die des Leibes.

Die Schwere iſt freilich eine allgemeine Kraft, die durch die ganze Welt geht, und die Erde ſoll doch nach uns ein beſonderes Geſchöpf ſein. Aber auch die Kräfte meines Leibes ſind etwas Allgemeineres, als eben blos meinem Leibe zukommendes, der ja ſelbſt erſt von andern Leibern durch ſolche Kräfte erzeugt und geboren iſt: doch bleibt mein Leib deshalb etwas Beſonderes. Es kommt bei einem Individuum nur darauf an, daß es die allgemeinen Kräfte in ſich beſonders verwalte und verwerthe, und ſo iſt es bei der Erde mit der Schwere.

Daß die Erde, daß die andern Geſtirne der allgemeinen Kraft der Schwere, die durch die ganze Welt nichts thut, als Theilchen gegen Theilchen ziehen, hier wie da, ihre beſondere Geſtaltung abzugewinnen vermochten, ſich aus dem Chaos der allwärts hin und wieder ziehenden und gezogenen Theilchen zu beſondern Körpern mit beſondern Mittelpunkten, mit beſondern Drehungsaxen zu ballen vermochten, zeigt ſogar am beſten, daß ein individualiſirendes Prinzip in der Allgemeinheit des Geſetzes der Schwere ſelbſt ſtill eingeſchloſſen liegt.

29) Außer der Schwere wirkt noch ein Anderes ſtill mit wunderbarer Macht aus der Tiefe an die Oberfläche. Es iſt die magnetiſche Kraft, welche das Schiff wie die Meßkette droben leitet und alles Eiſen auf der Erde mit einem geheimen ſympathetiſchen Zuge erfüllt. Welch Räthſel liegt noch hier begraben! Die Magnetnadel iſt wie ein ſtummer Fingerzeig auf ein tief inneres Geheimniß, wir ſehen den Fingerzeig und wiſſen ihn nicht zu deuten. Von Ort zu Ort, von Stunde zu Stunde, von Tage zu Tage, von Jahre zu Jahre, von Jahrhundert zu Jahrhundert ändert er ſeine Richtung, bezeugend einen Kreislauf, eine Wandlung innerer Wirkungen, die wir nicht

verſtehen. Das Nordlicht draußen knüpft ſich dran mit verwandten gleich geheimnißvollen Kräften.

Es bleibt nicht bloß bei dieſer ſtummen fernen Gemeinſchaft des Innern und des Aeußern. Mitunter durchbricht das Innere die Schaale, heben ſich neue Gebirgsketten, ordnet ſich damit der Stand der Meere neu, und entſtehen, unbekannt auf welche Weiſe, doch ſicher in etwelcher Beziehung damit, neue organiſche Schöpfungen. Noch immer glüht es im Innern, und mag es noch gähren; Vulkane und heiße Quellen verrathen es uns; aber die Producte der frühern Evolutionen müſſen ſich erſt ausarbeiten, das Leben ſich entwickeln, bis die Erde zu einer neuen Schöpfung reif iſt. Dann geht die alte Schöpfung ganz oder großentheils unter, die Erde erſetzt ſie, alle Kräfte des Innern mit allen Kräften des Aeußern zugleich anſpannend und miſchend, durch vollkommnere Bildungen, ſo wenigſtens iſt's mehrmals früher geſchehen. Wer weiß, ob der Menſch die letzte Bildung iſt.

Halten wir es für ein Vorrecht eines organiſch lebendigen Weſens, mit unerforſchlichen Kräften all unſrer Wiſſenſchaft zu ſpotten, haben wir denn nicht in dieſer, alle organiſchen Weſen ſelbſt erſt erzeugenden, wie in jener, die ganze Erde durchdringenden magnetiſchen Kraft auch ſolche Kräfte, räthſelhafter als die räthſelhafteſten in unſerm Leibe?

30) Den tiefſten Blick in den Zuſammenhang alles irdiſchen Wirkens, die ſchönſten Gleichungspuncte mit dem, was wir in unſerm eignen Leibe erblicken, die ſtärkſte Einſicht, daß dieſer Leib ſelbſt unſcheidbar einem größern Leibe

angehört, ja daß es ein wahrer Leib iſt, dem er angehört, läßt uns das Achten auf den durchgreifenden Zweckbezug thun, der durch das ganze irdiſche Syſtem waltet, wodurch alle Theile und Seiten deſſelben in Eins geſchlungen werden, alſo, daß wir ſelbſt eben ſo in das Band mit gefaßt werden, als es ſelbſt mit bilden helfen.

Es wäre ein Unendliches, dieſen Zweckbezug, der durch Alles bis ins Kleinſte durchgreift, auch allſeitig zu verfolgen; blicken wir hier nur auf ganz Naheliegendes, ſo Naheliegendes, daß eben deshalb jeder darüber hinwegſieht.

Was wollen die Flügel des Vogels, die Floſſen der Fiſche, die Beine des Pferdes? Die Luft, das Waſſer, der feſte Boden hat dieſe Bewegungswerkzeuge nicht machen können, noch haben ſie die Luft, das Waſſer, das Erdreich ſich zurecht gemacht. So mußte doch Beides, Organiſches und Unorganiſches, in demſelben, in ſich zuſammenhängenden, Schöpfungsguſſe und Fluſſe gemacht ſein, und dieſer muß noch heute in ſeinen Wirkungen zuſammenhängend fortfließen. Denn noch heute fliegt der Vogel durch die Luft, ſchwimmt der Fiſch durch das Waſſer, läuft das Pferd über das Land, wie es auch nur eine Fortwirkung deſſelben ſchöpferiſchen Princips iſt, welches erſt Muskeln und Knochen in Zweckbezug zu einander gebildet hat und dann den Muskel an dem Knochen ziehen läßt, um dieſen Zweckbezug auch zu bethätigen. Der Vogel paßt aber nicht blos zu einem Stücklein Luft, er paßt zur ganzen großen Weite derſelben; der Wallfiſch paßt nicht zu einem Tümpel, er paßt zum großen Weltmeer, das Pferd paßt nicht blos für den Erdfleck unter ſeinen vier Füßen, ſondern für eine unbegränzte Ebene. Ungeachtet alſo der Vogel, der Wallfiſch, das Pferd nur an einem kleinen Orte entſtehen konnten, mußte doch die Luft, das Meer, das Erdreich in weiteſter Ausdehnung in den Entſtehungsproceß des Vogels, des Wallfiſches, des Pferdes mit verrechnet ſein. Statt Flügel, Floſſen, Füße könnte man aber auch Haut, Haare, Schuppen, Maul, Schnabel, Zähne, Zunge, Lunge, ja beliebige äußere und innere Theile ſetzen. Das ganze Thier, ja alle Thiere und Menſchen ſind ringsum und bis ins Innerſte ſo ausgearbeitet, als ob ſie mit der Luft, dem Waſſer, dem Erdreich in Eins zuſammengehörten, aus demſelben Schöpfungsguſſe und Fluſſe wären, bethätigen auch noch heute dieſes Zuſammengehör, vertragen noch heute ſo wenig ein Losreißen davon, als ein Theil unſers Leibes das Losreißen aus dem Zuſammenhange verträgt, in dem er entſtanden iſt.

31) Beſonders merkwürdig und ſchlagend gegen die gewöhnliche zerbröckelnde Betrachtungsweiſe der Erde iſt mir immer erſchienen, daß ſogar die wirkliche Zerbröckelung der Erde mit der Entſtehung organiſcher Geſchöpfe auf ſelbſt ganz organiſche Weiſe verwebt und in Eins verrechnet iſt. Zertrümmerung der Felsgeſteine durch Fluthen, Verwitterung durch Angriff von Salzwaſſer und Luft hat zur Entſtehung des Sandes und mürben Erdreiches Anlaß gegeben. Das ſcheint himmelweit von der Bildung organiſcher Geſchöpfe abzuliegen, ja das Gegentheil davon zu ſein; und doch muß Beides ein, wenn auch nicht gleichzeitiger, doch urſächlich, weil teleologiſch genau verknüpfter, Proceß geweſen ſein. Was wir für ſich mechaniſch, chemiſch

todt nennen, zeigt ſich auch hier wieder im Zuſammenhange als ein Factor des Lebens. Niemand wird ja doch glauben, daß die Grabefüße des Maulwurfs und das lockre Erdreich, worin ſie wühlen, zufällig bei einander ſind*). Auch hat ſich wieder nicht eins das andre zurecht gemacht; alſo mußte der Einen Bildung und des Andern Zerbröckelung der gemeinſchaftliche Erfolg einer in Eins zweckmäßig wirkenden Urſache ſein. Und noch heute wirkt ſie in Eins zweckmäßig fort, da noch heute der Maulwurf in der Erde fortgräbt. Sein Grabefuß und das lockre Erdreich ſind, wie ſie nur Zweies aus Einem waren, auch jetzt noch nur Zweies in Einem. Alle Säugethiere, die ihre Bauten in der Erde haben, alle Würmer, die in der Erde wühlen, alle Raupen, die ſich unter der Erde verpuppen, alle Pflanzen, die in der Erde wurzeln; gehören nur in anderer Weiſe mit dem lockern Erdreiche zuſammen. Auch der Ameiſenlöwe, der ſich den Trichter im Sande macht, muß mit dieſem Sande aus einem Guſſe und Fluſſe ſein und die Ameiſen dazu, die er in dem Trichter fängt. Selbſt das Kameel, das durch die Sandwüſte geht, zeigt in ſeiner Organiſation Eigenthümlichkeiten, die beweiſen, daß ſeine Entſtehung mit der Entſtehung dieſer Wüſte zuſammenhängt.

---

*) Die vordern Extremitäten dieſes Thieres ſind wunderbar paſſend für das Durchwühlen, zu dem es ſein Leben anwendet. Der erſte Umſtand, der uns auffällt, iſt die Stärke, Breite und Solidität der Hände, die Kürze der Finger, die Größe und Feſtigkeit der Nägel, welche unten concav ſind und ſich mit einer ſcharfen Spitze endigen. Als Werkzeuge zum Aushöhlen können ſie nicht übertroffen werden, und es findet ſich, daß das Ganze der Vorderglieder und die Anordnung des ganzen Knochengebäudes in vollkommener Harmonie ſind." (Linnäus Martin Naturgeſchichte des Menſchen. S. 91.)

32) Nicht blos über die ganze Weite, auch durch die ganze Tiefe der Erde reicht der wirkende Zweckbezug und das zweckmäßige Wirken. Wäre die Erde anders ſchwer, weil etwa die Materie in ihrem Innern dichter oder dünner, oder weil die Erde größer oder kleiner, oder hohl, ſo müßte auch der Vogel, der Fiſch, das Pferd, der Elephant, der Menſch ſelbſt anders abgewogen ſein nach ihrer Körperlaſt und ihrer Muskelkraft, nach allen Verhältniſſen des Tragenden zum Getragenen, des Bewegenden zum Bewegten. Auf derſelben Wage, auf welcher der grobe Erdleib abgewogen, ſind alſo auch alle organiſchen Glieder deſſelben in Verhältniß zu ihm abgewogen.

Setzen wir einmal, die Erde wäre noch einmal ſo dicht, als ſie iſt, an den Geſchöpfen wäre aber nichts verändert, ſo würde ſich doch das von ſelbſt damit ändern, daß ſie nun mit doppelt ſo großer Kraft als vorher abwärts gezogen und von der Erde feſtgehalten würden; es wäre gerade ſo, als wenn ſie einen Leib von doppelter Schwere, doch ohne doppelte Kraft, ihn zu tragen und zu bewegen, hätten*). Die Menſchen und Thiere würden alſo nur noch höchſt mühſelig gehen, laufen, fliegen, ſchwimmen können. Wie wollte ein Reiter noch ein Pferd benutzen, das mit ſeiner einfachen Pferdekraft ſchon die doppelte Pferdelaſt zu tragen hätte, wie wollte eine Lerche und Schwalbe im Herbſtzug über das Meer kommen, eine Forelle ſo munter im Bache ſchwimmen, wenn jedes noch das Gewicht einer Lerche oder Schwalbe oder Forelle mitzutragen hätte*), ja die dicken Füße des Elephanten würden nicht mehr im Stande ſein, ihn nur kurze Zeit ohne Ermüdung aufrecht zu erhalten.

---

*) Die Entwickelung der Muskelkraft hängt nämlich mit chemiſchen und Nerven-Proceſſen im Körper zuſammen, die durch die größere Schwere des Körpers um nichts gefördert werden würden.

Wäre andrerſeits die Erde noch einmal ſo leicht, als ſie iſt, ſo würden alle Bewegungen der Geſchöpfe zwar ſehr erleichtert, aber in demſelben Verhältniſſe die Fähigkeit, einen feſten Stand und Halt zu gewinnen, verringert ſein.

33) Nicht blos quantitativ, ſondern auch qualitativ iſt die Wirkung der Schwere in die ganze Einrichtung unſers Leibes aufs Zweckmäßigſte und bis ins Speciellſte verrechnet, und wir ſpüren die Wirkungen der Schwere nur deshalb nicht als läſtige, weil ſie es iſt. Daß der Kopf ſo auf dem Rumpfe ruht, die Wirbelſäule ſich ſo hin und herbiegt, ſich nach unten verſtärkt, ein Becken als Schüſſel die abwärts laſtenden Eingeweide aufnimmt, der Oberſchenkel ſich nach Innen richtet, der Fuß nach vorn, des Herzens Lage und was nicht Alles noch, hängt Alles damit zuſammen, daß wir ſchwere Weſen ſind, und Blut und alle Säfte laufen darum anders. Gewöhnlich ſtellt

---

*) Untriftig wäre die Vorſtellung, als ob der Vogel und Fiſch ſchon vermöge vermehrter Schwere in ihren Medien ſinken müßten, da vielmehr Luft und Waſſer in demſelben Verhältniß an Schwere gewinnen würden. Nur alle, durch eigne Kraft des Körpers zu vollziehende, Bewegung würde erſchwert ſein, da ſie die doppelte Laſt zu bewältigen hätte.

man die Lebenskräfte der Kraft der Schwere entgegen, aber die Schwere gehört ſelbſt mit zu den Lebenskräften, die in der zweckmäßigen Erhaltung und Thätigkeit unſers Leibes weſentlich betheiligt ſind, nur nicht zu denen, die in der Wechſelwirkung unſrer eignen Körpertheile, ſondern die in der Wechſelwirkung unſers Körpers mit dem übrigen Erdkörper begründet liegen, vermöge deren wir zur Erde gehören, wie unſre Theile zu uns gehören. Die Pflanzen zeigen das beinahe noch deutlicher als wir. Wie wollte die Pflanze Nahrung und Licht finden, wenn ſie nicht ihre Wurzel abwärts, ihren Stengel aufwärts ſchickte. Nun aber, daß ſie wirklich dieſe Richtung nimmt, macht nicht der abſtracte Zweck, ſondern macht die zweckmäßig wirkende Schwere. Man kann es gleich beweiſen, indem man die Schwere durch eine andre mechaniſche Kraft erſetzt oder überbietet. Befeſtigt man einen keimenden Saamen auf dem Umfange eines verticalen oder horizontalen Rades und veranſtaltet eine anhaltende raſche Drehung des Rades, ſo erſetzt oder überbietet die Schwungkraft, die vom Centrum der Drehung wegtreibt, die Schwerkraft, und der Stengel wächſt nach dem Centrum der Drehung, als ob da die Sonne wäre, und die Wurzel vom Centrum weg, als wenn ſie durch die Schwere in dieſe Richtung getrieben würde*).

34) Nicht minder als das Organiſche mit dem Unorganiſchen hängt das Organiſche der Erde unter ſich durch Zweckbeziehungen zuſammen, die über die einzelnen Organismen

---

*) Dutrochet recherches p. 138.

hinausgreifen, eine durch das ganze irdiſche Syſtem in Eins waltende Kraft verrathen.

Wenn ich ſehe, wie die Wickelſchwänze und Greifhände der Affen ſo ganz und gar zu den Aeſten der Bäume und die Spitzzähne der Affen zu den harten Nüſſen derſelben paſſen, ſo kann ich mir nicht anders denken, als daß Beide ſo zuſammenpaſſend aus einem Ei oder Saamen entſtanden ſind: und wenn ich nach dieſem Saamenkorn oder Ei ſuche, finde ich kein anderes, als das der ganzen Erde; denn mit was allem ſind nicht ſonſt noch die Bäume und auf ihnen lebenden Thiere zuſammenpaſſend erwachſen, was auch der Erde angehört. Ein Stückchen irdiſches Reich für ſich hätte freilich nicht Affen und Bäume hervorbringen können, ſondern nur die ganze Erde, indem ſie aber zugleich noch unzählig mehr als Affen und Bäume gebar, wie ſich auch unſer Leib nur in die Geſammtheit ſeiner Organe im Zuſammenhange, nicht in dieſe oder jene beſonders entfalten konnte. Der Affe hätte nicht im Süden entſtehen können, wenn nicht auch der Bär im Norden entſtanden wäre, auf dem ihn ſpäter der Bärenführer reiten läßt. Das Wie dieſes Zuſammenhangs mag uns ganz und gar verborgen ſein, daß aber ein ſolcher beſteht, daran können wir nicht zweifeln.

Naturtraum.

Der grüne Baum und der Vogel drauf,
Sie liegen im Traum und wachen nicht auf,
Sie grünen im Traum und ſingen,
Und können es nicht durchdringen,

Wie Einem Ei
Sie alle Zwei
Entſproſſen und entſpringen.
(Rückerts Ged. IV. S. 234.)

Aehnliche Betrachtungen mögen wir an das Zuſammenpaſſen der Honigkelche der Blumen und der Saugrüſſel der Schmetterlinge und Bienen, an das Entſprechen der nach vorn gekehrten Ohröffnungen der Raubthiere und der nach hinten gekehrten Ohröffnungen der furchtſamen Thiere u. ſ. w. knüpfen. Es ſind alles das Beiſpiele naher Zweckbeziehungen, die doch nur durch Inbegriffenſein in einem Reiche weiterer Zweckbeziehungen, welche das ganze Irdiſche umfaſſen, ihre Möglichkeit finden. Aus den Stoffen und Kräften allein, die einer Blume und einem Inſect angehören, konnte weder Blume noch Inſect entſtehen, ſondern nur aus einem Ganzen, was auch die Stoffe und Kräfte zu allen andern Thieren und Pflanzen mit enthielt, und die Luft und das Waſſer und Erdreich dazu, ſo wie es für dieſe Geſchöpfe nöthig.

33) Man kann innere und äußere Zweckmäßigkeit unterſcheiden. Sache innerlich zweckmäßiger Einrichtung iſt es, wie Herz und Lunge in mir zur Erhaltung meines Lebens wirken; wenn aber Luft und Waſſer und Boden mir Athem, Trank und Stützpunct gewähren, ſo iſt dieß Sache für mich äußerlich zweckmäßiger Veranſtaltungen. Aber dieſer Unterſchied trifft nicht das Weſen der Zweckmäßigkeit ſelbſt; iſt blos ein relativer. Denn alles innerlich Zweckmäßige iſt auch äußerlich zweckmäßig, und alles äußerlich Zweckmäßige iſt auch innerlich zweckmäßig, nur in anderm Bezuge. Heben wir einen einzelnen Theil von uns in der

Betrachtung heraus, z. B. das Auge oder Gehirn, ſo ſteht ja der übrige Leib, dem wir eine innere Zweckmäßigkeit als Ganzem beilegen, eben ſo in Verhältniß äußerer Zweckmäßigkeit dazu, als wenn wir uns in ſelbſtiſcher Betrachtung aus der Erde herausheben, ohne doch weniger ein Theil davon zu ſein, und unabhängiger davon beſtehen zu können, als Auge oder Gehirn von ihrem Leibe; ja wir können jeden beliebigen Theil, Lunge, Magen, Hand von uns herausheben, der übrige Organismus iſt für die Erhaltung dieſes Theils nur äußerlich zweckmäßig eingerichtet: und eben ſo, welches Thier, welche Pflanze wir aus der Erde herausheben wollen, ſo zeigt ſich die übrige Erde auch nur äußerlich zweckmäßig zur Erhaltung des Lebens und der Functionen deſſelben eingerichtet. Aber eben ſo beſteht für die ganze Erde ſo gut wie für uns eine durchgreifende innere Zweckmäßigkeit, indem der allgemeine Zuſammenhang des Organiſchen und Unorganiſchen, dann beider organiſchen Reiche insbeſondere, dann in dieſen großen Zuſammenhängen noch jedes Geſchöpf von ſeiner Seite beiträgt, den Lebensproceß der Erde im Ganzen fortzuerhalten und fortzuentwickeln, wogegen das Ganze wieder paſſend zur Forterhaltung und Erneuerung des Lebens des Einzelnen eingerichtet iſt. Wenn aber wir auch fühlen, was uns der innerlich zweckmäßige Zuſammenhang unſers Organismus leiſtet, und hierin erſt den letzten Geſichtspunct innerer Zweckmäßigkeit finden, ſo können wir natürlich dies Gefühl nicht deshalb der Erde abſprechen, weil wir es weder ſelber haben, noch äußerlich ſehen können, da ſich Gefühl überhaupt nicht äußerlich ſehen, ſondern nur eben von dem Weſen ſelbſt ſpüren läßt, was es hat, wir aber ſind dieſes Weſen nicht. Wir ſind es wenigſtens nicht ganz, ſo weit wir es aber ſind, haben wir auch jenes Gefühl. Im Uebrigen ſehen wir ſo viel äußerlich davon, als ſich ſehen läßt, d. h. ganz analoge Veranſtaltungen zu ſeinen Gunſten als wir in uns ſelber zur innern Zweckmäßigkeit rechnen.

„Verſchieden in Geſtalt, Form, Bau und Gebräuchen haben alle Thiere, von dem rieſigen Elephanten an bis zum mikroſkopiſchen Thierchen, ihre angewieſene Rolle und tragen bei zur Ordnung und Harmonie der Natur, ein jegliches in ſeiner Art. Mitten unter dieſer Ueberfülle des Lebens iſt eine genaue Abwägung von Kraft und Zahl aufrecht erhalten durch den Einfluß einer Gattung auf die andere. Sie ſind angewieſen auf einander zu wirken und zurückzuwirken, und ein Geſetz von Zerſtörung und Erneuerung iſt ſtets in Wirkſamkeit, durch welches die Verhältniſſe des thieriſchen Daſeins im Gleichgewicht erhalten werden. Maſſen ſind beſtimmt, Anderer Beute zu ſein, ganze Geſchlechter ſcheinen geboren, nur um gemordet zu werden; aber wie groß der Verluſt auch iſt, der Zuwachs iſt gleich, daß die Gattung erhalten werde. Anlangend die Individuen, ſind die angebornen Mittel des Angriffs einerſeits und die der Selbſterhaltung andrerſeits von der Art, daß ſie die jedesmaligen Looſe ausgleichen. Schnelligkeit, Vorſicht, Wachſamkeit, unzugängliche Zufluchtsorte, die Art der Bedeckung und ſelbſt die Farbe beſchützen gleicher Weiſe die Furchtſamen und Wehrloſen, während die Kühneren Kraft der Kraft entgegenſetzen. Die, welche am meiſten dem Untergang unterworfen ſind, vermehren ſich am meiſten; ſchnell ſind ihre Reihen ergänzt, während andere, ſicher durch ihre Körpermaſſe, Stärke, ihren Muth, nur zunehmen in dem Maße, daß die Verluſte erſetzt werden, welche Zufall oder natürlicher Tod verurſacht haben. Inſekten z. B. ſind die gewöhnliche Beute der Vögel und vierfüßigen Thiere, der Reptilien und Fiſche, ja ſogar der Inſekten ſelbſt. Doch wer ſah je ihre Reihen merkbar gelichtet? Nach Allem iſt es unzweifelhaft, daß die zerſtörten Myriaden durch andere Myriaden erſetzt werden. Wie groß iſt die tägliche Verwüſtung unter den Fiſchen! Sie verzehren ſich unter einander.

Der Pottwall (Cachelot), der Schwertfiſch (Delphinus Orca), das Meerſchwein (Delphinus Phocaena), die Otter und der Seehund verſchlingen ſie in großer Zahl; Tauſende von Seevögeln finden in ihnen ihre Speiſe, während der Menſch ſie in Maſſen aus der Tiefe zieht. Ihre ſtaunenswerthe Fruchtbarkeit iſt jedoch ſo groß, daß alle Verluſte völlig erſetzt werden. Die Zahl der Eier im Rogen des Stockfiſches iſt berechnet worden auf 3,686,760, des Flinders auf 1,357,400, des Herings auf 36,960, der Makrele auf 546,680, des Stint auf 38,280, der Scholle (Pleuronect. Solea) auf 100,360, der Schleihe auf 383,250. Von einem ſolchen Zuwachs findet kein Beiſpiel ſich bei den höheren Klaſſen der Wirbelthiere, nämlich den Vögeln und Säugethieren; doch iſt das Geſetz des Gleichmaßes in Ab- und Zugang bei dieſen nicht minder geltend. Mit Recht folgern wir daraus, daß ein Theil der Schöpfung von dem andern abhängt; und obgleich bei oberflächlichem Blick Alles in Verwirrung erſcheinen mag, zeigt ſich nach reifer Ueberlegung, daß Ordnung und Verhältniß die Erfolge ſind eines ebenſowohl angemeſſenen, als weiſe eingerichteten Planes.“ (Linnäus Martin, Naturgeſch. des Menſchen. Einl. S. 1).

34) Gewiſſermaßen in das Centrum der irdiſchen Zweckbeziehungen erſcheint der Menſch geſtellt, und bietet darum das wichtigſte und reichhaltigſte Thema ihrer Betrachtung dar.

Die Erde giebt ihm das Ackerland für den Pflug, das Eiſen, den Pflug daraus zu ſchmieden, Holz und Kohlen, das Eiſen damit zu ſchmelzen, Luft und Regen, das Holz wachſen zu laſſen, eine Hand, das Holz zu fällen, das Feuer zu ſchüren, die Pflugſchaar zu ſchmieden, den Pflug zu führen, den Acker zu beſäen und davon zu ärnten.

Je mehr man ins Einzelne geht, deſto mehr findet man zu bewundern, wie ſo ganz und nach allen Seiten der Menſch für die Erde und die Erde für den Menſchen gemacht erſcheint, und doch auch wieder nur, wenn man dabei nicht blos auf das Nächſte, nicht blos auf den einzelnen Menſchen und nicht auf den Menſchen allein geht, ſondern immer den Bezug auf die Totalität des Irdiſchen feſthält, von der doch der einzelne Menſch nur ein Glied bleibt. Denn der einzelne Menſch hat oft Noth genug, findet gar nicht immer zur Hand, was er braucht, und dieſelben Kräfte, die ſeinen Zwecken dienen, können entfeſſelt auch oft zerſtörend auf ihn wirken. Aber ſelbſt, was für den Einzelnen und im unmittelbaren Erfolge Noth und Hemmniß iſt, iſt Föderungsmittel für die Menſchheit und hiemit für die Erde im Ganzen. Ohne Noth, Hemmniß, Gefahr keine Fortentwickelung menſchlicher Anlagen. Der Einzelne mag darüber untergehen, aber die Menſchheit wächſt im Kampfe mit Hinderniſſen und Gefahr, und im Siege über Hinderniſſe und Gefahr, die Zerſtörung betrifft doch immer nur Einzelne oder höchſtens einzelne Fractionen der Menſchheit, nie die Menſchheit im Ganzen, und je mehr Menſchen zerſtört werden, deſto raſcher erneuern ſie ſich nur. Die Erde bleibt doch immer vortrefflich eingerichtet, daß zu aller Zeit und aller Orten eine große Menge Menſchen auf ihr leben und die Menſchheit ſich im Ganzen fortentwickeln könne. Oder ſind manche Localitäten der Bewohnbarkeit entzogen, ſo werden die übrigen nur um ſo bewohnbarer dadurch. (Vergl. den Anhang.)

35) Zumeiſt bleibt man bei der einſeitigen Betrachtung ſtehen, daß doch die ganze Erde ſo vortrefflich für den Menſchen eingerichtet ſei, betrachtet ſie demgemäß blos im Verhältniß äußerer und hiemit dienender Zweckmäßig-

keit zu ihm, und vernachläſſigt darüber ganz die entgegengeſetzte gleich berechtigte, gleich vollſtändig durchführbare Betrachtung, daß der Menſch ganz eben ſo zweckmäßig für die Erde eingerichtet iſt, der Erde eben ſo die wichtigſten Dienſte zu leiſten hat, als ſie ihm. Ja je höher er ſeine Leiſtungen ſtellt, deſto höher ſtellt er nur die Dienſte, die er der Erde leiſtet. Es ſind die Dienſte, die ein höchſt entwickelter Theil dem Ganzen zu leiſten hat; das Ganze braucht den Theil nach beſondern Beziehungen, wie der Theil das Ganze nach allgemeinen. In dieſem Verhältniß ſtehen wir zur Erde.

Wir haben unſre Hände nicht für uns allein, ſondern um Schiffe, Wagen und Werkzeuge damit zu bauen, und ſonſt ſie zu rühren, um Verbindungen auf der Erde damit herzuſtellen, einen Stoffverkehr zu unterhalten und andere Leiſtungen zu vollführen, welche die Erde ohne uns und unſre Hände eben nicht zu vollbringen vermöchte. Welche Lücke für den irdiſchen Verkehr, wenn der Menſch wegfiele. Freilich, es gab einmal eine Zeit, wo der Menſch noch nicht da war; aber dann war auch unſtreitig das Bedürfniß ſeiner noch nicht da, wie er umgekehrt die Erde noch nicht für ſein Bedürfniß eingerichtet gefunden hätte. Es war damals noch keine Lücke, wie es jetzt eine ſolche ſein würde. Der Menſch gehört nur zum feinern Ausbau der Erde und iſt ſelbſt nur Werkzeug feinern Ausbaues. Früher richtete ſie ſich erſt im Groben ein, und hat noch fürs Grobe andere Mittel.

36) Mit nicht minderem Unrecht und nicht minderer Einſeitigkeit bezieht der Menſch die Zweckeinrichtungen der

Erde oft blos auf ſich*). Iſt doch für die Thiere und Pflanzen ganz eben ſo gut, wenn auch nicht ſo vielſeitig, weil ſie überhaupt nicht ſo vielſeitige Geſchöpfe ſind, durch Zweckeinrichtungen geſorgt, als für den Menſchen, und zwar nicht blos für die, die dem Menſchen nutzen, wo man eine mittelbare Zweckbeziehung in Anſchlag bringen kann, ſondern auch für die, die ihm ſchaden, Heuſchrecken, Waldraupen, Skorpione, giftige Schlangen, Unkraut, giftige Kräuter, nicht minder für ſolche, die in fernen Einöden oder in der Tiefe des Meeres leben, und zu ihm in keinem Bezuge des Nutzens oder Schadens überhaupt ſtehen. Ja wie viel tauſend Jahre lang hat die Erde das Leben von unzähligen Thieren und Pflanzen gehegt, ehe denn ein Menſch auf ihr lebte. Was konnten dieſe dem Menſchen nutzen, da er noch nicht da war.

Zwar kann man ſagen, um dennoch Alles auf den Menſchen zu beziehen: wenn Noth bis zu gewiſſen Grenzen die Menſchheit födert, ſo wird auch die Noth, welche Heuſchrecken, Waldraupen u. ſ. w. ihm machen, dazu gehören. Und wenn ſich in der menſchlichen Exiſtenz das Irdiſche überhaupt gipfelt, ſo konnte nach Cauſalgründen der Menſch freilich nicht ohne eine Baſis vorausgegangener und mit exiſtirender niedrer Geſchöpfe entſtehen und beſtehen; ſind und waren ihm alſo viele Geſchöpfe auch im Einzelnen nicht nützlich, ſo doch nach dem Zuſammenhange, den ihre Exiſtenz mit der ſeinigen im Ganzen hat, ſofern ſeine Exiſtenz durch den Zuſammenhang mit der ihrigen mit begründet wird.

---

*) So leſe ich in einer neuern philoſophiſchen Schrift: „Die ganze Natur überhaupt hat eine andere Beſtimmung als die der Baſis und des Organs für die menſchliche Entwickelung nicht; der Menſch iſt die Spitze und der Herr der telluriſchen Schöpfung, wo in der Beziehung auf ihn alles Einzelne ſeine Beſtimmung findet.“

Ohne daß ſie ſind oder waren, hätte er auch nicht ſein können Auf ihn aber war und iſt es doch nur abgeſehen. Was vor ihm, ſcheinbar zwecklos für ihn, von organiſchen Weſen herging, diente nur, ſeine Bildung vorzubereiten; was abſeits von ihm, ſcheinbar zwecklos, beſteht, iſt nur der Abfall der Werkthätigkeit, die ihn hervorgebracht hat.

Nichts kann triftiger ſein, als dieſe Betrachtung, in ſo weit ſie nur darauf zielt, zu zeigen, daß alles Irdiſche, und wir erweitern es gern zu allem Exiſtirenden überhaupt, was nicht in naher oder einzeln verfolgbarer Zweckbeziehung zum Menſchen ſteht, doch in ferner oder allgemeiner Zweckbeziehung zu ihm ſteht, nichts aber untriftiger, ſofern damit eine ausſchließliche Zweckbeziehung zu ihm nachgewieſen werden ſoll; wenn man doch nähere Zweckbeziehungen nicht gegen fernere hintanſetzen kann.

Die Noth, welche den Menſchen Heuſchrecken und Waldraupen machen, indem ſie ſein Getreide und ſeine Holzungen verwüſten, mag in ferner Beziehung den Menſchen dienlich ſein, aber das liegt in der That ſehr fern, dagegen den Heuſchrecken und Raupen der Nutzen davon unmittelbar zu gute kommt. Die Zweckbeziehung, welche das Daſein ſo vieler Geſchöpfe abſeits von ihm und vor ihm zu ſeiner Entſtehung hat, iſt ſehr fern; dagegen dieſe Geſchöpfe ihres Lebens unmittelbar genießen und genoſſen haben. Auch kann man ja die Betrachtung umkehren. Nur eine ſo eingerichtete Naturordnung, welche den Menſchen zu erzeugen und zu tragen vermochte, vermochte die andern Geſchöpfe zu erzeugen und zu tragen; alſo ſteht auch ſein Daſein in ferner Zweckbeziehung zu ihnen; in vieler Beziehung aber ſogar in direkter.

Unſtreitig nutzt der Menſch den Läuſen und Flöhen mehr, als ſie ihm nutzen. Die Rinder und Schafe melkt und ſchlachtet er zwar; aber der Hunger, Froſt und Wolf im Winter würden die Thiere viel eher ſchlachten, wenn ſie der Menſch nicht hegte. Alſo kann man nicht ſagen, Alles auf der Erde ſei nur um des Menſchen willen da.

Vielmehr iſt es eine und dieſelbe irdiſche Welt, welche in Eins Zwecke für Menſchen, Thiere und Pflanzen erfüllt, in ſolcher Weiſe, daß das, was zu den einen in ferner äußerer Zweckbeziehung ſteht, immer zu den andern in näherer äußerer oder gar in innerer Zweckbeziehung ſteht; indeß zu ihr Alles im Verhältniß innerer Zweckbeziehung ſteht, was ſie in ſich hat.

Dies hindert nicht, daß der Menſch, als das vielſeitigſte und bedeutendſte irdiſche Geſchöpf, auch die vielſeitigſten und bedeutendſten Zweckbeziehungen in der Erde und für die Erde entwickelt und vermittelt, und im Conflict näherer Zweckbeziehungen in der Regel die Oberhand, aber doch nichts weniger als allein den Platz behält. Er iſt von allen individuellen Geſchöpfen nur das wichtigſte Glied einer das ganze irdiſche Reich umfaſſenden Zweckverknüpfung.

In letzter Inſtanz wird man vielleicht zugeben können oder müſſen, daß in der Erde, wie in der Natur und Welt überhaupt, nicht Alles wirklich zweckmäßig iſt; es kommt das auf die Art und Weite der Definition der Zweckmäßigkeit an, auf deren Erörterung wir uns hier mit Fleiß nicht eingelaſſen haben, da für unſre Aufgabe hier nur weſentlich iſt und genügt, zu zeigen, daß das, was man gewöhnlich unter dem Namen Zweckmäßigkeit oder zweckmäßige Einrichtung als Charakter der organiſchen Weſen anſieht, und mit einem einheitlichen ideellen Prinzip in Beziehung denkt, dem Complex des ganzen irdiſchen Syſtems nicht minder und in demſelben Sinne zukommt, wozu die obige Zuſammenſtellung ausreichen dürfte.

Geſetzt aber, man hätte in gewiſſem Sinne anzuerkennen, daß nicht Alles zweckmäßig in der Welt überhaupt iſt, (und kann man wohl das Daſein des Uebels überhaupt zweckmäßig nennen? in engerm Sinne gewiß nicht); ſo beweiſt ſich jedenfalls eine allgemeine Tendenz, das Unzweckmäßige immer zweckmäßiger zu geſtalten, das Uebel zu immer Beſſerm zu wenden, ja ſelbſt zum Quell von etwas Gutem zu machen. Es iſt aber hier nicht der Ort, dieſen allgemeinen Betrachtungen weitere Folge zu geben.

37) Faſſen wir die irdiſchen Zweckbeziehungen aus allgemeinſtem Geſichtspunkte, ſo ergiebt ſich Folgendes: Wie in unſerm Leibe ſtimmt in der Erde die Abmeſſung, Abwägung, Zuſammenordnung und das Ineinandergreifen aller Theile, Seiten, Prozeſſe mit der Stellung und den Beziehungen zu ihrer Außenwelt dahin zuſammen, ſie als

das individuelle Ganze von Stoffen und Thätigkeiten, als was ſie einmal in die Welt getreten iſt, nicht nur fortzuerhalten, ſondern auch auf der Grundlage des frühern Beſtandes in ſolcher Weiſe fortzuentwickeln, daß ihre charakteriſtiſchen Hauptverhältniſſe ſich je länger je mehr feſtſtellen, und die Ausarbeitung und Gliederung derſelben ſich je länger je mehr in's Feinere auswirkt. In beiderlei Beziehung überbietet ſie Alles, was wir als zweckmäßige Einrichtung und Ordnung in uns ſelbſt betrachten, bei Weitem. Keine Krankheit, kein Tod droht ihrem Beſtande eben ſo wie dem Beſtande unſers Leibes Zerrüttung oder gar Zerfallen: keine Schranken ſind ihrer Fortentwickelung in's Feinere und Feinſte geſetzt, ſofern der Menſchheit ſelbſt, dem Hauptſitz und Hauptwerkzeug dieſer feinern Fortentwickelung, keine Schranken geſetzt ſind. Ihre, anfangs ungeheuer von den jetzigen verſchiedenen, doch als Ausgang der jetzigen organiſch damit verknüpften, Grundverhältniſſe ſind im Durchſchreiten durch gewaltige Entwickelungsepochen nur immer ſtabiler geworden, haben ſich in immer beſtimmtere Kreislaufs- und periodiſche Erſcheinungen geordnet, und ſind darum doch nicht todter geworden, da vielmehr die Ausarbeitung der Geſtaltung und Bewegung zugleich mitgewachſen iſt, und der lebendigſte Wechſel im Einzelnen fortwährend beſteht. In dieſem Sinne iſt die ſucceſſiv eintretende Gliederung der Erde in die großen Sphären des flüſſigen Kerns, der feſten Schaale, des Meeres und der Atmoſphäre, ſind die verſchiedenen ſich folgenden Schöpfungen organiſcher Reiche, das Entſtehen, Vergehen und Leben der einzelnen Organismen, die immer fortſchreitende Entwickelung der Menſchheit und ihr geſtaltendes und ſchaffendes Rückwirken auf die Erde aufzufaſſen.

38) Wir ſagen von den organiſchen Geſchöpfen auf unſrer Erde, daß ſie ſich durch ſich ſelbſt aus innerem Princip entwickeln. Dies iſt richtig zu verſtehen. Ein Ei legt ſich zuvörderſt nicht ſelbſt, ſondern bedarf der Henne dazu, und bebrütet ſich dann auch nicht ſelbſt, ſondern bedarf ebenfalls der Henne oder des Brütofens dazu, und das ausgekrochene Hühnchen bedarf dann noch Luft, Nahrung und Trank. Alles das kommt nicht aus ihm ſelbſt, doch kann es ſich ohne das nicht entwickeln. Aber es bleibt wahr, daß das junge Geſchöpf den Anregungen, die darauf wirken und wirken müſſen, ſoll die Entwickelung gelingen, nicht paſſiv folgt, ſondern auf eine, nur eben ihm eigenthümliche, durch nichts Aeußeres vorgeſchriebene Weiſe dagegen reagirt, die aufgenommenen Stoffe in einer nur durch ſeine Individualität bedingten Weiſe verarbeitet. Die Erde nun unterſcheidet ſich blos dadurch von ihren Geſchöpfen, daß ſie in jeder Hinſicht noch unabhängiger von äußern Einflüſſen ſich in ihrer individuellen Weiſe entwickelt hat; ſofern irdiſche Außen-Einflüſſe, welche die Geſchöpfe zu ihrer Entwickelung noch brauchen, Momente der innern Selbſtentwickelung der Erde ſind. Bedarf ſie aber ihrerſeits des äußern Einfluſſes der Geſtirne und insbeſondere der Sonne doch auch mit zur Entwickelung, namentlich des organiſchen Lebens auf ihr, ſo theilen die organiſchen Geſchöpfe dies Bedürfniß.

In gewiſſer Weiſe kann man die Sonne ſelbſt mit einer großen Bruthenne vergleichen, welche, nachdem ſie das Ei der Erde gelegt, denn ſo ſtellt man ſich's jetzt vor, über dem Ei ſitzt und das organiſche Leben daraus brütet; und die Entwickelung jedes Hühnereies auf der Erde iſt hievon mittelbar mit abhängig; aber außerdem braucht das Hühnerei auch noch eine kleine Bruthenne, die ſich darüber ſetze; dieſe braucht die Erde nicht; ihr iſt an der großen genug und ſie liefert ſelbſt dem Hühnerei ſeine kleine. Auch hat die Erde von Anfange an ſich viel mehr unter dem Einfluſſe einer ihr eigenen, als der Sonnenwärme, entwickelt. (Weiteres hierüber ſ. im Anhang).

39) Betrachten wir die individuellen Geſchöpfe, die ein- und daſſelbe irdiſche Element bewohnen, oberflächlich, ſo ſcheinen ſie ſich in Bau und Lebensart faſt zu gleichen, die Säugethiere unter einander, die Vögel unter einander, die Fiſche unter einander; aber je mehr wir die Betrachtung ſchärfen, um ſo deutlicher treten die individuellen Unterſchiede hervor. Ein anderer Grundcharakter, eine andere räumliche und zeitliche Ordnung verknüpft und beherrſcht bei jedem Thiere die Mannichfaltigkeit der innern und äußern Lebensbedingungen, und alles ſcheinbar noch ſo Gleiche zeigt ſich verſchieden, und verſchieden geſtellt im Sinne dieſes Grundcharakters, dieſer Ordnung. Jedes Geſchöpf iſt ein verſchiedenes Syſtem, durch das ein verſchiedenes Princip durchgreift, und dieſes andere Princip, was das leibliche beherrſcht, hängt zuſammen, obwohl uns dies jetzt noch nicht näher kümmert, mit einem andern Seelenprincip, oder iſt dieſes ſelbſt.

Ganz daſſelbe bei der Klaſſe der höhern Weſen, die das himmliſche Element bewohnen, nur daß in den allgemeinen Grundzügen die Aehnlichkeit noch größer, in den individuellen Eigenthümlichkeiten der Unterſchied noch tiefer greifend iſt. Alle ſcheinen Kugeln, alle ſtehen in Wechſelverkehr des Lichts und der Schwere mit einander, alle ziehen krumme Bahnen durch den Himmel. Allein jede iſt anders ſchwer und anders groß und anders geſchwungen und ſchwingt ſich ſelber anders im Raum; aber in jeder eine ganz andere Abwägung der Kräfte und Maſſen gegen einander, eine Periodicität von andrem Tacte, jede iſt anders gewandt gegen den Himmel, wie anders geſtellt in ſich.

Die eine (Sonne) iſt ein Rieſe, wogegen alle andern winzige Zwerge, und unter dieſen wieder eine (Jupiter) ein Rieſe gegen alle andern. Die eine (Saturn) faſt platt, andere (Sonne, Mercur, Mond) faſt rein kugelich; die eine (Mond) rauh von Gebirgen, andere (Erde) verhältnißmäßig viel glätter, eine (Mercur) dichter als die Erde, eine andere (Saturn) 10 mal dünner als die Erde, dünner als Kork und Aether; auf einer (Sonne) eine Feder bleiſchwer, auf andern (den Aſteroiden) Blei federleicht, auf der einen (Erde, Mars) Nebel, Wolken, Waſſer, Eis; auf der andern (Mond) ewige Trockniß und klarer Himmel, auf der einen (Mond) ein Tag von einem Monat, auf andern (Saturn, Jupiter) nur von 10 Stunden, auf der einen (Mercur) das Jahr 88 unſerer Tage, auf einer andern (Neptun) ein paar Hundert unſerer Jahre lang, die eine um die Sonne ſchleichend, die andere eiligſt rennend, die eine (Venus) in faſt kreisförmiger

Bahn, die andere (Pallas) in geſtreckteſter Ellipſe, die eine (Mercur) ganz nahe um die Sonne, die andere (Neptun) unſäglich weit davon, faſt alle rechtläufig, doch einige (Uranusmonde) rückläufig, faſt alle Bahnen ſich umſchließend, doch einige (die der Aſteroiden) wie Kettenglieder in einander greifend; für den einen Planeten (Mercur) die Sonne groß wie ein Wagenrad und glühend wie ein Ofen am Himmel ſtehend, für andere (Uranus, Neptun) wie ein ferner kalter Stern, dort der Tag blendend hell, hier dämmerig dunkel, manche (Venus, Mars) mit einer Nacht ohne Mond, andere (Erde, Jupiter, Saturn) mit 1, mit 4, mit 8 Monden; die meiſten nackt, einer (Saturn) mit einem Reifen u. ſ. w. Und das alles Unterſchiede, die ſich ſchon in vielen Tauſenden, ja Millionen Meilen Entfernung beobachten oder erſchließen laſſen: wie mag nun Alles in der Nähe verſchieden auf den verſchiedenen Weltkörpern ausſehen; wie ganz anders muß ſich das organiſche Leben in Folge der andern Lebensbedingungen geſtalten, wo die Schwere ſo ganz anders wirkt, wo die Sonne ſo viel glühender oder ſo viel kälter, wo ein ſo ganz anderes Jahres- und Tagesmaß, die Miſchung und Cohärenz der Stoffe ſo ganz anders.

So tief, wie zwiſchen den Weltkörpern greifen die Unterſchiede zwiſchen den Geſchöpfen unſrer Erde nicht; ja können ſie nicht greifen, weil die Unterſchiede zwiſchen den Geſchöpfen der Erde ſelbſt nur in untergeordneter Weiſe zu dem Unterſchiede der Erde von andern Weltkörpern beitragen. Aller Materie hängt doch in ähnlicher Weiſe zuſammen; alle leben doch unter ähnlichen allgemeinen

Verhältniſſen der Schwere, der Jahreszeiten, der Tageszeiten, des Lichts, der Luft, des Waſſers, tauſchen und theilen dieſe Verhältniſſe mehr oder weniger mit einander. Aber Jahres- und Tageszeiten, Schwere, Licht und Luft und Waſſer und Feſtes ſind Alles von Grund aus verſchieden zwiſchen den verſchiedenen Weltkörpern, und die Verhältniſſe derſelben greifen nicht ſo in einander über. Jeder Menſch, jedes Thier hat ſogar eine Menge ihm insbeſondere gleichender Weſen; wo hat Erde, Mond, Venus, Jupiter eben ſo ihres Gleichen; jedes Geſtirn iſt ſo einzig, als ſeine Stellung in der Welt eine einzige iſt. Ueber allen Menſchen und Thieren ſteht derſelbe Polarſtern, die gemeinſame Stellung und Beziehung zum Pol bezeichnend; jedes Geſtirn hat einen andern Polarſtern, obwohl alle doch zuletzt nur einen Himmel.

Die Sonne iſt ſo groß, daß, wenn man die Erde in ihren Mittelpunct dächte, die ganze Mondsbahn innerhalb derſelben Platz finden würde, ſogar dann noch, wenn ſie faſt den doppelten Durchmeſſer hätte, als ſie hat. Die Maſſe des Jupiter aber, ungeachtet nur 1/1067 der Sonne, übertrifft wieder die Summe aller übrigen Körper des Planetenſyſtems erheblich. Verſchwände die Sonne aus unſerm Syſtem, würde Jupiter ſein Centralkörper werden, und die Erde ſich in 383 Jahren etwa um ihn bewegen (Mädler). Aus der Sonne könnte man 1407000 Körper von der Größe unſrer Erde machen, aus dem Jupiter 1414, aus dem Saturn 735. Winzig klein ſind dagegen die Aſteroiden, ſo klein, daß ihre Maſſe bis jetzt unbeſtimmbar geweſen.

Wir ſehen Nachts am Himmel die kleine Mondſcheibe, welche uns eine mäßige Helligkeit gewährt; die Mondbewohner, wenn es welche giebt, ſehen Nachts am Himmel eine im Durchmeſſer mehr als 3mal, in der Fläche 13½mal größere helle Scheibe am

Himmel, die Erdſcheibe, welche die Nacht demgemäß auch 13⅓mal heller erleuchtet. Auf der Erde genießen alle Bewohner mondhelle Nächte, dagegen haben von den Mondbewohnern blos die auf der einen, der Erde zugekehrten, Seite erdhelle Nächte, für die Bewohner der abgekehrten Seite bleibt die Nacht abgeſehen vom Sternenhimmel immer ganz dunkel und ſie müſſen erſt einmal eine Reiſe machen, wenn ſie der hellen Erdſcheibe anſichtig werden wollen. Die Erdſcheibe erleuchtet dagegen den Bewohnern der dieſſeitigen Mondſeite alle Nächte, geht ihnen nie unter; indeß der Mond nicht ganz die Hälfte der unſrigen erleuchtet. Die Erde ſteht ferner beſtändig in der gleichen Gegend des Himmels einer Mondlandſchaft, ſie ſchwankt nur langſam hin und her, durchläuft übrigens ihre Phaſen ganz in derſelben Zeit und Ordnung, wie der Mond die ſeinigen für uns.

Bei uns ſteht die Sonne im Mittel 12 Stunden über dem Horizonte und 12 Stunden unter dem Horizonte; auf dem Monde dagegen ungefähr 354 Stunden; bei den Mondbewohnern wechſelt alſo ein viel längerer Tag mit einer viel längern Nacht; an den Polarbergen des Mondes verſchwindet der Sonnenſchein gar nie.

Gehen wir auf andere Körper unſres Planetenſyſtems über, ſo zeigen ſich noch auffallendere Unterſchiede. Uns und den Mondbewohnern erſcheint die Sonne im Mittel gleich groß; obwohl den Bewohnern der dieſſeitigen Hälfte des Mondes ein wenig (durchſchnittl. um 4″, 8) kleiner; denen der jenſeitigen ein wenig größer, als uns; dagegen erſcheint den Bewohnern des Mercurs die Sonnenſcheibe bei der größten Entfernung von der Sonne über 2 mal, bei der größten Nähe gar über 3 mal ſo groß im Durchmeſſer als uns (im Aphelium unter einem Durchmeſſer von 68⅔ Min., im Perihelium von 99⅓ Min.); und das Licht der Sonne erſtenfalls 5 mal, letztenfalls 11 mal heller als uns. Der Unterſchied der Jahreszeiten ändert alſo den ſcheinbaren Durchmeſſer der Sonne beinahe im Verhältniß von 2 : 3, und der Helligkeit mehr als um das Doppelte; während für uns die Sonnengröße und Helligkeit ſich wenig mit den Jahreszeiten ändert. Die Venus erſcheint den Mercurbewohnern ſo viel glänzender als uns, daß ſie hinreichen muß, einer Landſchaft Licht und Schatten zu geben; auch die Erde, wie ihr Mond erſcheint denſelben groß und glänzend. Auf der Venus erſcheint die Sonne um etwa ⅓ größer im Durchmeſſer als auf der Erde (zwiſchen 44, 22" und 45' 36,, ſchwankend) und der Glanz der Erde 6 bis 8 mal größer als der, welchen die Venus für uns erlangen kann. (Von ſeinem Hauptplaneten aus wird die Erde ſo groß und glänzend geſehen, als von der Venus). Auf dem Jupiter erſcheint die Sonne nur etwa $\frac{1}{5}$, auf dem Saturn $\frac{1}{10}$, auf dem Uranus $\frac{1}{20}$ ſo groß im Durchmeſſer als auf der Erde. „Das Licht eines Jupitertages iſt etwa dem zu vergleichen, was während der Sonnen-Finſterniß am 15. Mai 1836 in einem großen Theile des nördlichen Deutſchlands wahrgenommen wurde, und was noch immer ſtark genug war, um die gewöhnlichen Tagesgeſchäfte nicht unterbrechen zu müſſen. Die Schatten auf Jupiter ſind dagegen ſehr ſcharf, denn da ſie ſich nach der Größe der Sonnenſcheibe richten, ſo werden ſie über 5 mal ſchärfer begrenzt ſein, als auf der Erde." (Mädler).

Die Stärke der Erleuchtung auf dem Saturn iſt 81—101 mal ſchwächer als auf der Erde und mag etwa dem Schimmer gleichen, den wir $\frac{1}{2}$ St. nach Sonnenuntergang haben. Die Größe der Sonne variirt zwiſchen $3\frac{1}{3}$ und $3\frac{2}{3}$ Min.

Die Stärke der Erleuchtung auf Uranus iſt 334—403 mal ſchwächer als bei uns; die Sonne hat nur noch $1\frac{7}{10}$ bis $1\frac{4}{5}$ Min. Durchmeſſer; iſt etwa ſo hell, als ein Fixſtern mäßiger Größe in einem mäßigen Fernrohre. Doch ſcheint ſie noch beträchtlich ſtärker als unſer Mond.

Sehr verſchieden iſt der Anblick der Monde auf den verſchiedenen Planeten und der Planeten auf den verſchiedenen Monden. Merkur, Venus, Mars, haben gar keinen Mond, alſo immer ganz dunkle Nächte, Jupiter hat 4, Saturn gar 8 Monde; beim Jupiter können zuweilen alle 4 Monde zugleich über dem Horizont eines gegebenen Ortes erſcheinen, öfter jedoch auch gar keiner, und für die polaren Gegenden erſcheint nie ein Mond über dem Horizont; der nächſte davon erſcheint ungefähr ſo groß als unſer Mond, die übrigen aber kleiner. Statt Vollmonden erſcheinen faſt lauter Mondfinſterniſſe, (alle Vollmonde der drei innern und die meiſten des äußern Mondes); ja es tritt von den erſten Monden alle $42\frac{1}{2}$ Stunden eine Finſterniß ein. Während eines ſeiner Jahre erblickt der Jupiter gegen 4000 Mondfinſterniſſe.

Vom erſten Jupitermond erſcheint der Jupiter unter 19°, ungefähr 36 mal ſo groß im Durchmeſſer als uns unſer Mond.

Auch die Dauer der Tage und Nächte, der Jahre und die Länge, die Beſchaffenheit der Jahreszeiten, die Unterſcheidung der Klimate iſt für die verſchiedenen Planeten außerordentlich verſchieden. Bei uns unterſcheiden ſich Sommer und Winter auf der ſüdlichen und nördlichen Halbkugel zwar etwas, aber doch nur wenig; auf dem Mars hat die nördliche Halbkugel einen verhältnißmäßig langen, aber wenig intenſiven Sommer und kurzen milden Winter, die Südhalbkugel einen kurzen heißen Sommer und langen ſtrengen Winter *); auch ſind die Ungleichheiten der Tageszeiten auf dem Mars viel größer als auf der Erde; auf dem Jupiter dagegen giebt es weder große Ungleichheiten der Jahres- noch Tageszeiten.

Ganz eigene wundervolle Erſcheinungen bringt noch insbeſondere der Ring auf, dem Saturn hervor. Für die Bewohner am Aequator des Saturns erhebt er ſich wie ein großer Bogen, der von Oſt nach Weſt durchs Zenith geht, unter dem ſie wie unter einem großen Gewölbebogen ſtehen, ſo daß ſie blos deſſen innere dem Saturn zugekehrte Fläche erblicken. In andern Gegenden zeigt ſich der Ring tiefer am Horizont ſtehend, und auch nicht mehr deſſen Hälfte umſpannend, man ſieht aber mehr von ſeiner breiten Fläche. Im Sommerhalbjahre jeder Hemiſphäre iſt der Ring am Tage erleuchtet, des Nachts aber im mittleren Theile durch den Saturnsſchatten verdunkelt, und dieſer Schatten verändert ſeine Lage im Laufe jeder Nacht. Der erleuchtete Theil des Ringes hilft die Nächte erhellen wie ein Mond. Im Winterhalbjahre bleibt der Ring Tag und Nacht ganz dunkel, ja er veranlaßt große, mehrere Erdjahre hindurch dauernde Finſterniſſe, während welcher Zeit die ſchwärzeſte Nachtdunkelheit herrſcht. (Für jede gegebene Breite auf dem Saturn giebt es eine Zone von Fixſternen, die für eine lange Reihe von Jahrtauſenden durch den Ring verdeckt iſt. (Mädler).

---

*) Nordhalbkugel		Südhalbkugel
Frühling	191⅜ Tag	Herbſt
Sommer	181	Winter
Herbſt	149⅜	Frühling
Winter	147	Sommer

Man könnte meinen, das Licht, auch wenn es von verſchiedenen Sonnen kommt, müſſe doch immer einerlei ſein. Auch das iſt nicht der Fall. Im prismatiſchen Farbenbilde (Spectrum), was durch unſere Sonne erzeugt wird, zeigen ſich, wenn es nur mit gewiſſer Vorſicht erzeugt wird, dunkle Linien von feſt beſtimmter Lage. In den Farbenbildern, welche das zurückgeworfene Licht des Mondes, der Venus, des Mars und der Wolken giebt, zeigen ſich die dunkeln Linien in derſelben Lage. Natürlich, es iſt Licht von unſrer Sonne. „Dagegen ſind die dunkeln Linien des Spectrums des Sirius von denen des Caſtor oder anderer Fixſterne verſchieden. Caſtor zeigt ſelbſt andere Linien als Pollux und Procyon. Amici hat dieſe, ſchon von Fraunhofer angedeuteten Unterſchiede beſtätigt.“ (Humb. Kosm. III. S. 63.)

40) Die individuellen Geſchöpfe unſrer Erde ſind nicht blos formell von einander *unterſchieden*, ſondern auch materiell von einander *geſchieden*. Sie hängen zwar alle mittelbar durch das allgemeine irdiſche Syſtem, doch nicht *unmittelbar* körperlich zuſammen, jedes ſchließt ſeine Maſſe in einer beſondern Geſtalt ab, jedes hat ſeine beſondern Kreisläufe von Stoffen und Thätigkeiten, jedes ſein in ſich zuſammenſtimmendes, mit dem des Andern nicht zu identificirendes Zweckgebiet.

Auch dieſe reelle Scheidung iſt zwiſchen den Geſtirnen viel vollſtändiger, als zwiſchen den irdiſchen Geſchöpfen. Die Entfernung der Geſtirne iſt ungeheuer; ſie nähern und entfernen ſich nur in Bezug zu einander, ohne je in unmittelbare Berührung zu treten; haben keine grobe Materie, ſondern nur die immaterielle Schwere und den feinen Lichtäther als gegenſeitiges Bindemittel; tauſchen nie etwas von wägbaren Stoffen aus, tragen ihre rein abgeſchloſſenen Kreisläufe von Stoffen und Wirkungen in ſich; haben ihre ganz beſondern Zweckgebiete.

Dahingegen treffen Menſchen und Thiere und Pflanzen doch vielfach in Berührung zuſammen, ſind alle mit einander in daſſelbe Convolut grober Stoffe, aus denen ſie ſelbſt beſtehen, auch eingewebt, tauſchen und miſchen dieſe Stoffe wechſelſeitig, haben viel weniger einen abgeſchloſſenen Kreislauf von Stoffen und Thätigkeit in ſich als die Erde: und ihre Zweckgebiete greifen mit viel mehr Beſonderheiten in einander über und begegnen ſich ſo, daß für verwandte Geſchöpfe dieſelben äußern Umſtände auch nahe dieſelbe Bedeutung haben.

Man kann hier einen deutlichen Klimax finden. In uns ſelbſt laſſen ſich mancherlei Organe, Glieder, Theile unterſcheiden, aber wie viel mehr ſind ſie in und mit der Maſſe des ganzen Körpers verwachſen, als die Menſchen unter einander; wie viel mehr ſind dann wieder die Menſchen in und mit der Maſſe des ganzen irdiſchen Syſtems verwachſen, als die Weltkörper in und mit der Maſſe der ganzen Welt. So ſtimmen ſowohl die Umſtände, welche die Unterſcheidung, als welche die Scheidung betreffen, dahin überein, die Weltkörper als beſondere Individualitäten in höherm und ſtrengern Sinne einander gegenüber ſtellen zu laſſen, als die einzelnen Menſchen.

Aber man muß bei keiner Stufe vergeſſen, daß individuelles Gegenübertreten die Unterordnung unter ein Höheres und Verknüpfung durch ein Allgemeineres nicht ausſchließt. Man würde Unrecht haben, wenn man, ſei es in den formellen Unterſchieden, ſei es der materiellen Scheidung der individuellen Geſchöpfe von einander etwas Abſolutes ſehen wollte. Was ſich nach gewiſſen beſondern

Beziehungen unterſcheidet und ſcheidet, verknüpft ſich vielmehr immer wieder nach höhern und allgemeinern. Alle individuellen Geſchöpfe der Erde ſind, wie ſehr ſie ſich auch in ihrer innern Einrichtung und Ordnung unterſcheiden mögen, doch der allgemeinen Ordnung der irdiſchen Verhältniſſe unterworfen: bieten nur beſondere Fälle dieſer irdiſchen Ordnung dar; und ſo ſind alle Weltkörper, indem ſie ſich noch individueller unterſcheiden, als die irdiſchen Geſchöpfe, doch alle der allgemeinen himmliſchen Ordnung unterthan, bieten in ihren innern und äußern Verhältniſſen nur beſondere Fälle dieſer Ordnung dar. Wie wenig die Menſchen unmittelbar durch ihre eigene Materie zuſammenhängen mögen, ſo ſehr hängen ſie doch durch die Geſammtheit der irdiſchen Materie zuſammen, und treten durch dieſelbe in Thätigkeitsbeziehungen; und die Weltkörper, ob ſie ſchon noch viel getrennter erſcheinen als die Menſchen, ſind doch durch den Aether des Himmels und die allgemeinen himmliſchen Kräfte ſo gut zu einem allgemeinen Ganzen gebunden, als die Menſchen. Wie ſehr endlich die Zweckgebiete, ſei es der Menſchen oder in höherm Sinne der Geſtirne nach gewiſſer Beziehung aus einander liegen, vertragen und fordern und verknüpfen ſich doch alle Zweckgebiete der Menſchen im allgemeinen Zweckgebiete des irdiſchen Syſtems, und alle Zweckgebiete der Geſtirne in dem des Himmels.

41) Indeß die individuelle Gegenüberſtellung und materielle Trennung zwiſchen den Geſtirnen ſchärfer iſt, als zwiſchen deren Geſchöpfen, iſt anderſeits der Verkehr derſelben nach gewiſſen Beziehungen inniger und unmit-

telbarer, ſofern kein Geſtirn auch nur die kleinſte Bewegung machen kann, auf die nicht alle andern Geſtirne reagirten, die entferntern freilich leiſer als die nähern; ſofern die Wirkung von einem auf das andere ohne Zeit ſich auf unmeßbare Weiten erſtreckt; ſofern der ganze Spielraum der Wirkungen, die ſie durch Licht und Wärme auf einander äußern, und wodurch ſie zu ihrer gegenſeitigen Entwickelung beitragen, ganz an die Oberfläche gelegt iſt, die ſie einander zuwenden. In all dieſen Beziehungen ſteht der Verkehr der Menſchen oder Thiere unter einander dem der Geſtirne gar ſehr nach. Wie Vieles kann Einer äußerlich thun, ohne daß ſich Andere darum kümmern, es ſei denn in fernen Erfolgen. Was Einer auf des Andern innere Ausbildung wirkt, gewinnt Eingang nur durch die ſpärlichen äußern Zugänge von Auge und Ohr, und muß verhältnißmäßig lange Nervenbahnen durchlaufen, bevor im Gehirn der thätige Bezug und die Verarbeitung mit andersher oder zu anderer Zeit geſchöpften Anregungen eintritt, wovon die höhere Entwickelung des ganzen Menſchen abhängt. Aber die Erde iſt ſo zu ſagen über ihre ganze Oberfläche Sinnesorgan und Gehirn zugleich, d. h. ſie ſchafft an derſelben Oberfläche im lebendigen Verkehr mit der Sonne und dem übrigen Himmel immer neue einzelne ſinnliche Geſtaltungen, d. ſ. die einzelnen organiſchen Weſen, und an derſelben Oberfläche tritt in dem Verkehr dieſer organiſchen Weſen mit einander ein allgemeines höheres Leben auf.

42) Das feſte Geſetz, nach welchem die Geſtirne ihren Gang in Bezug zu einander einrichten, kann leicht aus

einem falſchen Geſichtspunkte gedeutet werden, ſofern man theils Geſetzlichkeit mit Paſſivität und Zwang verwechſelt, theils den ganzen Verkehr der Geſtirne in dieſem ſo zu ſagen feſten Theile deſſelben ſieht, theils eine Mannichfaltigkeit der Verhältniſſe zwiſchen ihnen dadurch ausgeſchloſſen hält.

43) Man irrt in der That, wenn man meint, ein Planet werde in ſeiner Bahn ſo paſſiv herum gezogen, als ein Wagen in einer Rennbahn vom Pferde. Vielmehr iſt der Planet ſein eigenes Pferd. Er läuft durch ſich ſelbſt, obwohl, wie auch ein Menſch, nicht, ohne nach oder um etwas zu laufen, was beſtimmend auf ihn einwirkt, und ſo viel er beſtimmt wird zur Bewegung, beſtimmt er wieder. Aber das iſt wahr, er läuft entweder noch geſetzlicher als der Menſch, oder mindeſtens nach einer noch einfachern Geſetzlichkeit. Auch das Treiben der Menſchen zwar unter einander iſt nicht rein geſetzlos. Sie folgen den Antrieben ihrer innern Natur und den äußern Anlockungen nach allgemein gültigen Geſetzen der Menſchlichkeit und irdiſchen Natur überhaupt; aber entweder iſt dieſe Geſetzlichkeit wandelbarer oder iſt verwickelter, als die, nach der die Himmelskörper gehen. Wie man es nehmen will, kommt auf die Freiheitsanſicht an, der man folgt. Wenn man nun jedenfalls nach der einen oder andern Hinſicht die Menſchen freier in ihrem äußern Lebensgange nennen muß, als die Planeten, ſo ſchlägt doch, wie wir ſchon erinnert, dieſes Uebergewicht der äußern Freiheit, was die Menſchen haben, für die Erde zu einem Uebergewicht innerer Freiheit aus, da

das äußerlich freie Treiben der Menſchen ſelbſt ihr innerlich mitangehört. Und dabei iſt das freie Spiel der organiſchen Geſchöpfe auf der Erde ſelbſt ſo verwebt mit ihren Beziehungen zu Tag und Nacht, Sommer und Winter, und den himmliſchen Beziehungen überhaupt, die aus dem Verkehr der Weltkörper unter einander hervorgehen; es liegen ſo viel Anregungen der menſchlichen und thieriſchen Freiheit in dieſen Verhältniſſen, daß wir nicht ſagen können, der Verkehr der Geſtirne laufe blos auf Erfolge von mechaniſcher Nothwendigkeit heraus, da er vielmehr in dies Spiel der Freiheit auf's Weſentlichſte mit eingreift.

44) In den Verhältniſſen, die aus den äußern Bewegungen der Planeten hervorgehen, iſt ferner viel mehr Mannichfaltigkeit, als wir zumeiſt meinen; denn obſchon die Hauptbahn jedes Planeten um die Sonne Jahr aus Jahr ein dieſelbe bleibt, ſchlängelt ſie ſich doch in feinen Biegungen hin und wieder, je nachdem die andern Planeten von dieſer oder jener Seite her lockend näher treten. Es iſt mit der Bahn, wie mit der Geſtalt der Erde. Der Hauptzug der Bahn iſt wie der der Geſtalt nahe kreisförmig, eigentlich elliptiſch, aber dieſer Hauptzug gewinnt, den Bergen und Thälern der Hauptgeſtalt vergleichbar, kleinere Aus- und Einbiegungen, die im Ganzen den Hauptgang nicht ſtören, aber mit der Mannichfaltigkeit der *äußern* Verhältniſſe der Erde eben ſo weſentlich zuſammenhängen, als die Biegungen der Geſtalt mit der der innern; der unveränderliche Hauptzug der Bahn iſt gleichſam nur der feſte Boden, auf dem ſich die Schlange des veränderlichen äußern Lebensganges der Erde fort bewegt, indem ſich in den Biegungen derſelben der wechſelnde Einfluß der äußerlichen Beziehungen der Erde zu ihren Mitgeſellen abſpiegelt. Jedes Jahr macht dieſe Schlange andere Windungen; denn, ſo lange die Welt ſteht und ſtehen wird, werden die Verhältniſſe der Planeten in Beziehung zu einander in keinem Jahre ganz wieder dieſelben werden; ja überhaupt kann kein Planet irgend einmal ganz dieſelbe Stellung zur Geſammtheit der übrigen Planeten einnehmen, die er ſchon einmal gehabt hat, nur annäherungsweiſe kann es der Fall ſein. Eine Incommenſurabilität der Verhältniſſe beſteht zwiſchen den Wegen der Planeten eben ſo, als zwiſchen den Lebenswegen der einzelnen Menſchen. So iſt der äußere Lebensgang der Planeten ſo gut ein ins Unbeſtimmte veränderlicher, als der unſere.

Es iſt wahr, die Störungen, welche die Planeten durch ihren wechſelſeitigen Einfluß hervorbringen, ſind verhältnißmäßig ſehr gering. „Denkt man ſich die Planetenbahnen genau auf einer Charte verzeichnet, ſo würde nur eine mikroſkopiſche Betrachtung uns zeigen, daß die Hand etwas gezittert hat, welche ſie gezeichnet*).“ Die Erde kann ſich (von der Sonne aus geſehen) nie mehr als höchſtens 40 Gradſecunden vom rein elliptiſchen Orte ihrer Bahn vermöge der Störungen entfernen. Inzwiſchen erinnern wir uns, wie gerade die in höherm Sinne bedeutſamſten Erſcheinungen auf kleinſten Aenderungen einer Hauptgröße beruhen, wonach nichts hindern würde, den leiſen Aenderungen, welche die Hauptbahnen der Planeten durch wechſelſeitige Einwirkung erfahren, doch eine wichtige Bedeutung beizulegen, worüber wir freilich etwas Näheres nicht wiſſen.

---

*) Dove meteorol. Unterſuchungen S. 123.

Vielleicht kann folgende Angabe von Leverrier etwas beitragen, eine nähere Vorſtellung von den hier in Betracht kommenden Störungsgrößen zu geben, obwohl nicht alle Störungsgrößen ſo klein ſind, als die des Uranus durch Neptun. Die größten Störungen hängen im Allgemeinen von Jupiter ab.

„Une discordance s'était manifestée dans ces dernières années, entre les positions d'Uranus calculées par la théorie et les positions observées. Elle était due à une influence fort minime, comme une simple comparaison le fera sentir. Imaginons, qu'un vaisseau, partant pour le tour du monde, désigne à l'avance le jour et l'heure de son retour; et supposons, qu'après avoir parcouru les mers, sans jamais toucher terre, il revient cependant au jour et à l'heure annoncés, avec un retard d'une demi-lieue seulement dans sa marche. C'est une légère déviation de cet ordre, qu'une planète inconnue avait exercée sur le mouvement d'Uranus; déviation, qui a suffi, malgré sa faiblesse, pour conduire à la découverte de Neptune.“ (Leverrier. l'Institut 1849. No. 793. p. 84.)

Auch die Hauptbewegung eines Planeten ſelbſt, obwohl ſie ſich Jahr aus Jahr ein erneuert, iſt doch eine continuirlich veränderliche. Die Entfernung von der Sonne, Richtung, Geſchwindigkeit, ändert ſich von Moment zu Moment. Die ganze Ellipſe, in welcher ein Planet läuft, dreht ſich im Himmelsraum, ſo daß ihre große Axe (Apſidenlinie) immer neue Richtungen annimmt, womit theilweis zuſammenhängt, daß der längere Sommer abwechſelnd auf die ſüdliche und nördliche Hälfte übergeht. Der Schwerpunct des Planetenſyſtems, obwohl in Bezug auf das ganze Syſtem unveränderlich, fällt doch, da die Sonne ſelbſt ſich wie die Planeten in Bezug darauf bewegt, bald in die Sonne, bald außer die Sonne; überall nämlich dann außer die Sonne, wenn Jupiter und Saturn um weniger als 1 Quadrant von einander ſtehen. Der Mond erſcheint uns bald größer, bald kleiner als die Sonne. Die Mittagshöhe der Sonne war vor 2000 Jahren am längſten Tage eine halbe Sonnenbreite größer als jetzt, am kürzeſten Tage aber um ſo viel kleiner (wegen periodiſcher Aenderung der Neigung der Ekliptik). Jetzt iſt in den erſten Tagen des Januar die Erde der Sonne am nächſten; dagegen in den erſten Tagen des Juli am weiteſten entfernt: es wird eine Zeit kommen, wo (wegen Umlaufs der Apſidenlinie) das Umgekehrte ſtatt finden wird. Die Ellipſe, welche die Erde beſchreibt, öffnet ſich jetzt immer mehr zu einer Kreisform, (wegen periodiſcher Veränderung der Excentricitat), u. ſ. w.

45) Erinnern wir uns auch, daß die Erde zugleich mit der Sonne und der ganzen Geſchwiſterſchaar der andern Planeten durch den Himmelsraum ſchreitet, Geſchicken entgegen, die, gemeinſam für das ganze Syſtem, nur in Millionen Jahren ihre Erfüllung finden mögen*); und daß ſie, kreiſend um ſich ſelbſt, ihre Axe immer nach neuen Richtungen wendet, ſo daß der Polarſtern am Himmel zu einem Wandelſterne wird. Wie ſie die Axe

---

*) Der berühmte Mathematiker Poiſſon vermuthet, der Himmelsraum könne in verſchiedenen Theilen eine verſchiedene Temperatur haben, wo es denn möglich wäre, daß unſer Syſtem bald in kältere, bald in wärmere Regionen käme; doch muß man geſtehen, daß dieſe Anſicht wenig Wahrſcheinlichkeit hat.

aber anders wendet, verſchiebt ſich der ganze Himmel für ſie, gehen andre Sterne am Himmel jedes Erdſtrichs auf und unter. In 25848 Jahren iſt dieſe Drehung vollendet, ſo lang iſt der große Tag der Erde, und jeder ſolche Tag führt ſie ein Stück weiter in dem großen Jahre, der Zeit des Ganges um ein höheres Centrum, als die Sonne ſelber iſt.

Es iſt jetzt völlig anerkannt, daß unſer Sonnenſyſtem ſo wenig als die Fixſterne überhaupt wirklich ſtill ſteht, nur daß die an ſich ungeheuren Bewegungen der Fixſterne aus denſelben Gründen faſt verſchwindend klein für uns erſcheinen, aus denen die Fixſterne ſelbſt trotz ihrer ungeheuren Größe für uns verſchwindend klein erſcheinen, wegen ihrer ungeheuren Entfernung nämlich. So weit die bisherigen Beobachtungen zu ſchließen geſtatten, bewegt ſich unſer Sonnenſyſtem gegen das Sternbild des Herkules hin. Galloway beſtimmt neuerdings den Punct, gegen den ſich die Sonne hinbewegt, näher ſo: $A.R. = 260^\circ\ 0',6, \pm 4^\circ\ 31',4$; $D = + 34^\circ\ 23',4 \pm 5^\circ\ 17',2$, was mit den Reſultaten von Struve und Argelander nahe zuſammenfällt (Philos. transact. 1847). Obwohl anzunehmen iſt, daß unſre Sonne um den Schwerpunct unſers Sternſyſtems kreiſt, iſt doch bis jetzt noch keine Krümmung ihrer Richtung in Bezug auf einen ſolchen Punct angebbar, und Mädlers Vermuthungen über die Lage deſſelben werden im Allgemeinen von Sachkennern für unhaltbar angeſehen.

„Der Stern 61 des Schwans zeigt eine fortſchreitende Bewegung am Himmel von mehr als 5 Sec. jährlich, welche aus ſeiner beziehungsweiſe zu der Sonne ſtattfindenden Bewegung im Weltraume hervorgeht; ob dieſe Bewegung dem Sterne oder der Sonne oder Beiden zugleich eigenthümlich iſt, weiß man zwar nicht, doch iſt das Letztere das Wahrſcheinlichere. Eben ſo wenig weiß man, in welcher Richtung gegen die Geſichtslinie nach dem Sterne dieſe beziehungsweiſe Bewegung vor ſich geht; ob ſie dieſe Linie ſenkrecht durchſchneidet oder einen mehr oder weniger ſpitzen Winkel mit ihr macht. Man erklärt ſie aber durch die kleinſte wahre Bewegung, durch welche ſie erklärt werden kann, wenn man das Erſtere annimmt. Man weiß alſo, daß die beziehungsweiſe jährliche Bewegung beider Geſtirne nicht kleiner ſein kann, als eine Linie, welche in der angegebenen Entfernung des Sterns (= 657700 Halbmeſſer der Erdbahn) ſo groß erſcheint, als ſein jährliches Fortſchreiten an der Himmelskugel von 5 Secunden: dieſe Linie iſt 16 Halbmeſſer der Erdbahn lang, welche demnach die kleinſte Gränze der beziehungsweiſen jährlichen Bewegung beider Geſtirne ſind. Während eines Tages beträgt dieſe Gränze der Bewegung etwa 1 Million Meilen, etwa 3mal ſo viel als die Copernicaniſche Umlaufsbewegung der Erde um die Sonne" (Beſſel, popul. Vorleſ. S. 262.)

Der Polarſtern, als der Stern, der in der Richtung der verlängerten Erdaxe liegt, wird von Ununterrichteten für einen ganz unveränderlichen gehalten. Allein die Richtung der Erdaxe gegen den Himmel ändert ſich allmälig (obwohl ohne Aenderung der Neigung gegen die Erdbahn). Es iſt wie bei einem Kreiſel oder ſog. Tirltanz. Indem derſelbe um ſich ſelbſt, d. i. ſeine Axe, kreiſt, dreht ſich zugleich, falls er nicht ſenkrecht auf dem Boden ſteht, die Axe ſelbſt trichterförmig. Eine ſolche Drehung der Axe braucht bei der Erde 25848 Jahre zur Vollendung (Platoniſches Jahr); und es hängt damit die rückgängige Bewegung der Nachtgleichenpuncte, (uneigentlich Vorrücken der Nachtgleichen genannt), ſo wie der Umſtand zuſammen, daß im Laufe der Zeiten allmälig ein andrer Theil des Himmels über jedem Horizont ſichtbar wird. Sterne, die ſich gegenwärtig nur bis zum Horizont eines beſtimmten Ortes der Erde zu erheben vermögen, werden ſich nach Vollendung des Platoniſchen Jahres bis 47° über ihn erheben, während andre, die jetzt bis zu dieſer Höhe ſteigen, im Horizont verſchwinden.

„Das alte Menſchengeſchlecht hat im hohen Norden prachtvolle ſüdliche Sternbilder aufſteigen ſehen, welche lange unſichtbar, nach Jahrtauſenden wiederkehren werden. Canopus war ſchon zur Zeit des Columbus zu Toledo (39° 54′ N. B.) voll 1° 20′ unter dem Horizont; jetzt erhebt er ſich noch faſt eben ſo viel über den Horizont von Cadix. Für Berlin und die nördlichen Breiten überhaupt ſind die Sterne des ſüdlichen Kreuzes, wie α und β des Centauren, mehr und mehr im Entfernen begriffen, während ſich die Magellaniſchen Wolken unſern Breiten langſam nähern. Canopus iſt in dem verfloſſenen Jahrtauſend in ſeiner größten nördlichen Annäherung geweſen, und geht jetzt, doch überaus langſam wegen ſeiner Nähe am Südpol der Ekliptik, immer mehr ſüdlich. Das Kreuz fing in 52° ½ N. B. an unſichtbar zu werden 2900 J. vor unſrer Zeitrechnung, da dieſes Sternbild, nach Galle, ſich vorher auf mehr als 10° Höhe hatte erheben können. Als es am Horizont unſrer baltiſchen Länder verſchwand, ſtand in Aegypten ſchon ein halbes Jahrtauſend die große Pyramide des Cheops.“ (Humboldt's Kosmos II. 332.)

Außer der großen Drehung der Erdaxe in der langen Periode, welche das Platoniſche Jahr giebt, findet noch eine kleinere Drehung derſelben in der kürzern Periode von etwa 18 Jahren 7½ Monaten ſtatt, die ſog. Nutation, in derſelben Periode, binnen welcher auch die Mondsbahn die nämliche Lage gegen den Aequator wieder erhält.

Die Drehuug der Erdaxe, iſt nicht mit der Drehung der Axe der Erdbahn zu verwechſeln.

46) Indeß der menſchliche Verkehr ſich durch wägbare und unwägbare Potenzen, Licht, Luft, flüſſige und feſte Stoffe vermittelt, ſteht nach unſerm Wiſſen den Geſtirnen außer dem Verkehr durch die Schweere blos der Verkehr durch das Licht und die davon abhängige Wärme offen. Dieſer Verkehr iſt aber nicht ſo einfach wie er uns oberflächlich erſcheint, erfolgt vielmehr in mannichfachen Modificationen. Das Meer ſpiegelt das Licht der Geſtirne wie ein ungeheurer Converſpiegel; die Atmoſphäre bricht es wie eine ungeheure Linſe, die Wolken und Schneefelder zerſtreuen es weiß, die grünen Wälder, Felder und bunten Blumen zerlegen es farbig. Das Licht iſt überhaupt vieler Abänderungen fähig (man denke an Zurückwerfung, Brechung, Zerſtreuung, Beugung, Polariſation, Interferenz, Abſorption), die im Großen für die Erde eine andere Bedeutung haben können, als ſie unſerm Auge verrathen. Unſtreitig kann zwiſchen dem, was das Licht der Weltkörper uns

und was es den Weltkörpern ſelbſt bedeutet, überhaupt nur theilweiſe Vergleichbarkeit walten; es wird ihnen viel mehr bedeuten als uns; weil es eben zwiſchen ihnen das ganze Mittel des Verkehrs, zwiſchen uns nur ein theilweiſes iſt.

47) Ohne hier Möglichkeiten ausführen zu wollen, die uns eigentlich jetzt noch nicht angehen, und auf die wir ſpäter zurückkommen werden, ſo läßt ſich bei der Frage, ob den Geſtirnen im Lichtverkehr etwas unſrer Sprache Analoges zu Gebote ſteht, darauf hinweiſen, daß bei uns der Schall in der Sprache kein Bild der Gegenſtände abſpiegelt und doch Verſtändniß erweckt. Es iſt aber an ſich ganz denkbar, daß daſſelbe, was für uns irdiſche Weſen mit Schallſchwingungen erreicht wird, für höhere mit Lichtſchwingungen erreicht wird. Wie ſich die Oberfläche eines Geſtirns nur an einem Puncte ändert, ändert ſich ihre Lichtwirkung von da aus auf die ganze gegenüberliegende Geſtirnfläche, weil ſich ein Lichtbüſchel von da aus über dieſe ganze Fläche breitet. Laſſen wir nun auch blos die Pflanzen, Thiere und Menſchen die Organe ſein, durch welche die Erde etwas von den andern Geſtirnen ſpürt, aber während ſie alle einzeln etwas ſpüren, könnte auch wohl die Erde einen Zuſammenhang deſſen ſpüren, was ſie ſpüren, und hiemit einen Sinn, von dem ſie einzeln nichts ſpüren können. Hiervon aber ſpäter.

48) Alle Menſchen, alle Thiere, alle Pflanzen, ſind ſterbliche, vergängliche Weſen, ſo weit wir nach ihrer Leiblichkeit urtheilen können. Glaube, und wir wagen es zu ſagen, ſelbſt Schluß kann uns eine Zuverſicht über das Grab hinaus geben, das Auge kann es nicht, und wenn

wir mit dem Tode nicht vernichtet werden, unſere bisherige Exiſtenzweiſe können wir doch im Tode nicht retten. Wir werden ſichtbarlich wieder zu der Erde, von der wir genommen worden.

Aber indeß wir wechſeln, beſteht die Erde und entwickelt ſich fort und fort; ſie iſt ein unſterbliches Weſen und alle Geſtirne ſind es mit ihr. Wir hoffen einſt in den Himmel zu kommen, um unſer ewiges Leben zu haben; ſie brauchen es nicht erſt zu hoffen und ſich dazu nicht erſt zu wandeln; ſie gehen ſchon in dem Himmel, in einer ewigen Ordnung der Dinge, der keine Zerſtörung droht, ſo wenig, als ihm ſelber.

Und ſollte, wie es manche meinen, dennoch der Ordnung des Himmels, die jetzt beſteht, eine Wandlung bevorſtehen, ſo könnte es nicht anders ſein, als daß die Planeten nach Milliarden von Jahren einer nach dem andern ſich zurückverſenkten in die Sonne, aus der ſie geboren*), wie wir einer nach dem andern zurückſinken in die Erde, aus der wir geboren. Wenn wir aber trotz dem noch nach dem innern Weſen fortzubeſtehen hoffen, um was in es uns zu thun, wie ſollten die Geſtirne es minder hoffen, wenn ſie heimkehren. Alſo daß auch das keine Zerſtörung der Ordnung wäre, ſondern nur das Ziel eines ordnungsmäßigen Ganges.

„Wenn wir ſehen, daß allen Dingen dieſer Erde eine meiſtens nur ſehr kurze Dauer ihres Daſein angewieſen iſt, nach welcher ſie verſchwinden und, wenigſtens in dieſer Geſtalt, nicht mehr wiederkehren; wenn jeder kommende Winter die Gebilde unſrer Gärten und Blumen zerſtört; wenn zahlreiche Familien und ſelbſt ganze Geſchlechter von Thieren bis auf ihre letzte Spur von dieſer Erde verſchwinden, wenn ſelbſt junge Völkerſchaften und weltbeherrſchende Nationen vorüberziehen vor unſern Augen, wie Bilder eines Schattenſpiels, und herabſtürzen in die ewige Nacht; wenn Alles, was uns umgiebt, unaufhaltſam fortgeriſſen wird in den Strom der Zeit, ſo wenden wir uns ſchaudernd ab von dieſen Bildern des Todes und kehren unſre Blicke aufwärts in jene höhern Regionen, um wenigſtens dort Troſt und Sicherheit für die Zukunft zu finden. Wir finden uns beruhigt, zu glauben, daß auch dann noch, wenn wir und unſre ſpätern Nachkommen ſchon längſt in den Staub zurückgeſunken ſind, von dem ſie genommen wurden, wenigſtens dieſe Erde und jenes über ſie ausgeſpannte Gewölbe des Himmels noch bleiben und beſtehen, daß dieſelbe Sonne und derſelbe Mond, deſſen Licht uns ſo oft im Leben erfreute, wenigſtens noch unſre Gräber beleuchten werde.“ (Littrow in Gehlers Wört. Art. Weltall. S. 1484).

---

*) Vergl. über dieſe mit einem ſupponirten Widerſtande des Aethers in Beziehung ſtehende Hypotheſe den Anhang.

Einige fernere Betrachtungen über die Dauer der Welt ſ. im Anhang.

IV. Die Seelenfrage.

Hiermit hätten wir denn den Leib oder die materiellen Verhältniſſe der Erde betrachtet, vergleichungsweiſe mit den unſern. Die Seele kam dabei noch nicht in Betracht; ja wir ſind die ganze Erde nach allen Richtungen durchlaufen, ohne dabei auf Seele zu ſtoßen. Es könnte wirklich das Anſehen haben, die Seele fehlte. Aber rufen wir uns nochmals zurück, daß wir andre als unſre eigene Seele überhaupt nicht ſehen können. Alſo beginnt nun erſt die Frage, ob wir nicht doch in dem, was wir ſehen können, die Zeichen der an ſich unſichtbaren Seele zu erblicken vermögen.

Was aber haben wir geſehen? Faſſen wir es nochmals kurz zuſammen.

Die Erde iſt ein eben ſo in Form und Stoffen, in Zweck- und Wirkungsbezügen zum Ganzen einheitlich gebundenes, in individueller Eigenthümlichkeit ſich in ſich abſchließendes, in ſich kreiſendes, andern ähnlichen, doch nicht gleichen, Geſchöpfen relativ ſelbſtſtändig gegenübertretendes, unter Anregung und Mitbeſtimmtheit durch eine Außenwelt ſich aus ſich ſelbſt entfaltendes, eine unerſchöpfliche Mannichfaltigkeit theils geſetzlich wiederkehrender, theils unberechenbar neuer Wirkungen aus eigener Fülle und Schöpferkraft gebärendes, durch äußere Nöthigung hindurch ein Spiel innerer Freiheit entwickelndes, im Einzelnen wechſelndes, im Ganzen bleibendes, Geſchöpf wie unſer Leib. Oder vielmehr ſie iſt es nicht nur eben ſo, ſondern unſäglich mehr: iſt alles das ganz, wovon unſer Leib nur ein Glied, alles das dauernd, was unſer Leib nur im Vorbeigehen, verhält ſich dazu wie ein ganzer Baum zum einzelnen Schoß, ein verwickelter Knoten zur einzelnen Verſchlingung darin, ein dauernder Leib zu einem vergänglichen kleinen Organe.

Wenn aber die Erde in all dem uns nicht nur gleich ſteht, ſondern uns überbietet, ſich uns überordnet, uns aus und an ſich hat, ſo kann, inſoweit wir überhaupt aus Leiblichem auf Geiſtiges zu ſchließen haben, die Frage nicht mehr ſein, welches Zeichen einer ſelbſtſtändigen, für ſich ſeienden Seele wir in der Erde finden, ſondern welches wir an ihr vermiſſen, ja welches wir nicht in eminenterem Grade an ihr, als an uns finden.

Iſt nicht auch meine Seele ein in Form und Inhalt, in Zweck- und Wirkungsbezügen zum Ganzen einheitlich gebundenes, in individueller Eigenthümlichkeit ſich in ſich abſchließendes, in ſich kreiſendes, andern ähnlichen, doch nicht gleichen, Weſen relativ ſelbſtſtändig gegenübertretendes, unter Anregung und Mitbeſtimmtheit durch eine Außenwelt ſich aus ſich ſelbſt entfaltendes, eine unerſchöpfliche Mannichfaltigkeit theils geſetzlich wiederkehrender, theils unberechenbar neuer Wirkungen aus eigener Fülle und Schöpferkraft gebärendes, im Einzelnen wechſelndes, im Ganzen bleibendes, Weſen?

Mag nun der Leib als Spiegel oder Ausdruck, Hülle oder Organ, Erzeugniß oder Zeugendes, Träger oder Sitz, Bruder oder Diener der Seele oder als alles dies zuſammen gelten, ſo kann er es doch eben nur vermöge der, jenen weſenhaften Eigenſchaften der Seele entſprechenden, angepaßten, verwandten, dieſelben ausdrückenden oder abſpiegelnden, Eigenſchaften. Und finden wir ſolche an einem andern Leibe in noch ausgezeichneterm Grade, in noch höherm Sinne, als an unſerm, ſo werden wir auch um ſo mehr, in noch höherm Sinne, an eine Seele darin zu glauben haben, oder die Brücke iſt abgebrochen zwiſchen Glauben und Wiſſen überhaupt; denn wie werden wir ſonſt irgendwie vom Sichtbaren aufs Unſichtbare, vom Niedern aufs Höhere ſchließen dürfen, wenn uns dieſer Schluß verwehrt wird?

Sollten wir nicht ein ſich Ausdrückendes an ſeinem Ausdruck erkennen dürfen, woran ſollten wir es überhaupt erkennen? Sollte die äußere leibliche Erſcheinung nicht mittelbar dienen können, die innere Selbſterſcheinung einer Seele errathen zu laſſen, wie wäre es überhaupt möglich, etwas von andern Seelen zu wiſſen, da jede nur ſich ſelbſt unmittelbar als Seele erſcheinen kann, und nur in dieſer Selbſterſcheinung Seele iſt. Dann gäbe es für Jeden nur ſeine eigne Seele. Erkennen wir aber am leiblichen Ausdruck die Seele neben uns, warum nicht auch die Seele über uns, die höhere nur am höheren Ausdruck, indeß die nachbarliche am gleichen, wie wir ihn ſelbſt darbieten. Nun mag es uns freilich geläufiger ſein, den Nachbar zu erkennen, in dem wir nur den Spiegel unſeres eigenen Geſichtes ſehen; aber ſollten wir uns nicht auch ſo weit erheben können, den Höhern zu erkennen, ja vermögen wir es nicht an denſelben Zügen, an denen wir den Nachbar erkennen, indem wir bei erweitertem Umblick ſolche nur in höherm Sinne an ihm wieder finden. In ſo viel höherm Sinne aber, daß wir eher an unſrer eigenen Seele zweifeln möchten, als an ſeiner, denn als was erſcheinen wir gegen ihn, ja wirklich zweifeln würden, hätten wir ſie nicht ſelber, und wirklich zweifeln müßten, wenn nicht ſeine Seele vielmehr die Gewähr von unſerer einſchlöſſe. Denn wie unſer Leib nur in dem ſeinen beſtehen kann, ſo unſre Seele nur in ſeiner.

Wenn ein höherer Geiſt, ſelbſt nicht befangen in menſchlicher oder thieriſcher Geſtalt und Einrichtung und darum auch nicht in der Gewohnheit befangen, Seele nur in menſchlicher oder thieriſcher Geſtalt und Einrichtung zu ſuchen, herniederblickte, und die Verhältniſſe der Erde im Ganzen vergliche mit denen der einzelnen Menſchen und Thiere auf ihr, wenn er ſähe, wie Menſchen und Thiere wirklich nur verhältnißmäßig ſo kleinliche, flüchtige, wechſelnde, vergängliche, aus den Stoffen der Erde bald zuſammengerinnende, bald wieder darein zerrinnende, ohne ſie gar keines Haltes, gar keiner Dauer fähige Weſen wären, ſich in einſeitigen Richtungen auf ihr treibend, tauſend Ergänzungen außer ſich ſuchend, welche die Erde in ſich hat, und dagegen die Erde als ein ſo großes, mächtiges, einiges, ſelbſtſtändig auf ſich ſtehendes, Ganze, allen Wechſel des elementaren, pflanzlichen, thieriſchen, menſchlichen Lebens in ſich tragend, alle Einſeitigkeiten deſſelben bindend, immer neu und frei aus ſich gebärend, und in demſelben Wechſel, der ſie verſchlingt, ſich ſtetig forterhaltend und höher und höher fortentwickelnd; ſo möchte ich in Wahrheit wiſſen, wie er auf den Gedanken kommen ſollte, jenen verhältnißmäßig ſo unſelbſtſtändigen einſeitigen Fragmenten eine ſelbſtſtändigere Seele oder in höherm Sinne zuzuſprechen, als dem ſie alle verknüpfenden, bindenden, tragenden, wechſelnden, ewigen, vollen Ganzen. Er würde ſich wahrſcheinlich wirklich täuſchen, indem er überhaupt blos die ihm ſelbſt verwandte höhere Seele von höherer Stufe der Selbſtſtändigkeit in dem demgemäßen Leibe zu erkennen vermöchte, wie umgekehrt wir, die niedern einſeitigen Weſen, blos die uns auf niederer Stufe der Selbſtſtändigkeit verwandten, ſich mit unſern Einſeitigkeiten zu jenem vollen Weſen ergänzenden Seelen in den eben ſo verwandten Leibern anzuerkennen geneigt ſind.

Es könnte freilich Jemand behaupten, denn beweiſen kann er's nicht, daß blos die letzten beſonders unterſcheidbaren Stufen der Weltgliederung, Menſch, Thier und dann wieder das Höchſte, Allgemeinſte, Gott, ſelbſtſtändige Weſen ſeien; Alles aber, was über Menſch und Thier, was unter Gott, nur unſelbſtſtändige Vermittelung zwiſchen Beiden. Aber würden uns dann nicht unſre eignen Augen, Ohren noch den Vorrang ablaufen? Was kann in uns ſo ſehen, wie das Auge, was in uns ſo hören, wie das Ohr? Individuelle Glieder ſind es gewiß. Wir ſind aber noch über dieſen Gliedern und ſind doch ſelbſtſtändiger als dieſe Glieder: warum nicht alſo die Erde um ſo mehr, als wir, die uns ihrerſeits wieder zu Gliedern hat. In welchem Sinn man Selbſtſtändigkeit auch faſſe, ſie nimmt, wir ſehen's an uns ſelbſt, im Aufſteigen vielmehr zu als ab. Und daß dies auch im Aufſteigen über uns hinaus bei der Erde gilt, beweiſt die Erde ſelber durch Alles, was wir an ihr finden. Und nur inſofern die Erde doch noch in viel höherm Sinne über uns, als wir über unſern Augen, Ohren, läßt ſich Beides nicht ganz vergleichen. Aber doch ſo weit läßt es ſich vergleichen, daß wir in der Erde nicht ein Weniger in eben der Hinſicht ſuchen dürfen, in der ſie vielmehr alle Zeichen eines Mehr darbietet.

Verlangt man Freiheit für die Seele? Aber unmöglich kann die Erde weniger Freiheit haben als wir, wenn nicht nur die Freiheit jedes einzelnen Menſchen, ſondern auch alles freie Walten, was wir in der Geſchichte der Menſchen annehmen mögen, ihr anheim fällt, mögen wir immer Freiheit faſſen wie wir wollen. Das ganze freie Handeln der Erde iſt nur mehr ein inneres, als unſres; aber eben dies beweiſt für ihre höhere Freiheit. Wir werden bei unſerm Handeln, das wir frei nennen, doch viel mehr von äußern Umſtänden theils mitbeſtimmt, theils mitbehindert, zur Freiheit gehört aber weſentlich das Handeln aus innerm Princip, ſei es auch, daß man (in Anbetracht des anderweiten Gegenſatzes der Freiheit gegen Nothwendigkeit) Freiheit nicht allein dadurch definirt halten mag. Alles nun, was uns von Außen irdiſch mitbeſtimmt und irdiſch hindert, gehört ſelbſt noch zu ihren innern Selbſtbeſtimmungen (vergl. S. 33). Und wie viel mehr Unberechenbares, aus keinen Gründen der

Nothwendigkeit zulänglich von uns Erklärbares bietet die innere Geſchichte der Menſchheit, ja der ganzen Erde dar, als die innere Geſchichte eines Menſchen. Wer kann auch nur des Menſchen Hervorbringung durch die Erde als einen nothwendigen Act berechnen? Gilt uns alſo das Unberechenbare als Zeichen der Freiheit, ſo ſteht auch in dieſer Hinſicht die Erde über uns.

Oder wäre es vielmehr die äußerlich freie Bewegung, die jemand an der Erde vermißt? Aber wie könnte eine ſolche zur Beſeelung des Innern weſentlich ſein, da ſie ſogar bei uns nur ein unweſentlicher, oft ſogar fehlender, Ausläufer der, für die Beſeelung allein weſentlichen, innern Bewegungen. Nicht mit der äußern Armbewegung, ſondern mit innern Regungen des Gehirns hängt der Gedanke zuſammen, der den Arm bewegt, und wie viele Gedanken gehen im Innern, ohne ſich überhaupt in äußern Bewegungen zu entladen. Der Arm, das Bein kann gebunden ſein oder wegfallen, der Gedanke geht noch ſo gut als vorher, wenn nur die innern weſentlichen Regungen des Gehirns noch fortgehen; erſt wenn dieſe ſtocken, ſtockt er mit, oder, will man lieber, wenn er ſtockt, ſtocken ſie mit. Aeußerlich freier Bewegungen des Armes und Beines kann es doch überhaupt nur da bedürfen, wo es eines Armes und Beines ſelbſt bedarf, um äußere Zwecke zu erreichen, wie bei uns, doch nicht ſo bei der Erde, welche dieſelben Zwecke nicht durch äußere Mittel zu erreichen braucht, weil ſie uns ſelbſt als Mittel dazu in ſich hat, das aber, was ſie darüber hinaus von Außen braucht, als himmliſches Geſchenk erhält. Hier treten die frühern

Betrachtungen ein, wonach das vielmehr einen Vorzug als Nachtheil der Erde gegen uns begründet. Denn ſehen wir nicht, wie unſre ganzen äußerlich freien Bewegungen nur mit unſrer Bedürftigkeit und Einſeitigkeit zuſammenhängen? Oder, wenn wir mitunter auch aus Luſt in äußerlichen Bewegungen ſpielen, hängt dies nicht doch mit einer Einrichtung zuſammen, die ganz auf unſre äußerliche Bedürftigkeit und Einſeitigkeit berechnet iſt, und nun freilich auch im Spiele ſich regen und durch das Spiel für das Bedürfniß rege erhalten will, einem Spiele, das ſelbſt für die Erde ein inneres wird. So darbt ſie doch nicht darum, daß ſie nicht außerdem ein ſolches äußeres hat wie wir. Der Menſch ſelbſt läßt nach Maßgabe als er ſich mehr über die äußere Bedürftigkeit und das ſinnliche Spiel erhebt, auch die äußere Bewegung mehr zurücktreten. Wie doch ſteht in dieſer Beziehung der cultivirte Menſch über dem Wilden. Dieſer iſt beſtändig in Jagd nach dem und Krieg um das begriffen, was er braucht, und wie wüthend geberdet er ſich in ſeinen Tänzen; doch ſitzt auch er, wenn Noth ihn nicht drängt, gern ruhig auf der Matte und raucht ſeine Pfeife; er thut es tagelang. Der cultivirte Menſch entladet ſich ſchon eines Theils der äußern freien Thätigkeit auf ſein Laſt- und Zugvieh und endlich gar auf ſeine Maſchinen; ſein Tanz wird ſtetiger und ruhiger; nur innerlich regt ſich's in ihm mannichfaltiger als in dem einfach rohen Wilden und gar als in dem Thiere, das ihm ſo viel in äußern Bewegungen voranthut. Aber auch im cultivirten Volke arbeitet der Bauer und Handarbeiter mehr äußerlich als der

Philoſoph und König, indeß dieſe um eben ſo viel mehr innerlich arbeiten; und indeß die Schaar der Gemeinen ihre eignen Beine zum Marſch anſtrengen muß, ſitzt wohl der Officier zu Pferde, und läßt ſich forttragen; der Feldherr bleibt gar ſcheinbar müßig hinter der Fronte, wenn die Heere kämpfen. Er arbeitet am wenigſten äußerlich und am meiſten innerlich. Sollte uns das nicht ins Klare ſetzen, was äußerlich und innerlich freie Bewegungen gegen einander bedeuten? Gerade unſre höchſten, freieſten, geiſtigen Thätigkeiten laufen überhaupt nur an rein innern Bewegungen ab; je mehr wir uns ins Nachdenken zurückziehen, je ſchöpferiſcher die Phantaſie in uns thätig iſt, deſto mehr ruht alles äußere Spiel der Glieder. Wer aber möchte behaupten, oder könnte beweiſen, daß, was bei uns als zeitweiliger Zuſtand geiſtiger Erhebung und Concentration vorkommt, nicht der natürliche Zuſtand überhaupt höher gehobener und in ſich mehr concentrirter Geſchöpfe ſein könne. Sollen denn höhere Weſen überall die niedern nur nachahmen, auch in dem, was zu deren Niedrigkeit gehört, nachahmen, nicht vielmehr die niedern zu ihren höchſten Zuſtänden das Muſter in der Regel der höhern finden?

Noch eins: wie viele Thiere, denn ich will nicht von den Pflanzen ſprechen, deren Seele man immerhin bezweifeln mag, ſtehen ganz feſt und regen blos ihre Theile gegen einander. Wie kann man dann die Erde, die nicht einmal feſt ſteht, ſondern nur geſetzmäßig läuft, um dieſes Geſetzes willen todt halten, da ſie doch ihre Theile, die lebendigen Geſchöpfe ſelbſt, unſäglich freier gegen einander bewegt, als es jene feſtſitzenden Thiere thun. Freilich ſind das nur ſehr niedere Thiere, die feſt ſitzen. Aber doch Thiere, doch mit Seele. Wer wagt, es zu bezweifeln? Und daß das Höchſte ſich mit dem Niedrigſten von gewiſſer Seite zu berühren pflegt, das wiſſen wir ſchon ſonſt. Warum aber ſitzen jene Thiere feſt? Weil zu ihnen kommt, was ſie brauchen. Und ſo bewegt ſich aus gleichem Grunde die Erde nur nach feſtſtehender Geſetzlichkeit durch den Raum. Jede Abweichung davon würde ſie in Verhältniſſe ſetzen, die ſie nicht brauchen kann. Ihr innerer Lebensproceß iſt auf die feſte Geſetzlichkeit des äußern ſo gut berechnet, als der von jenen Thieren auf ihren feſten Stand. Aber daß es nur eine feſte Geſetzlichkeit, nicht ein feſter Stand iſt, ſtellt ſie wie ſo vieles Andre höher. als jene Thiere.

So große Unähnlichkeit alſo auch nach Allem die Erde von gewiſſen Seiten mit uns haben mag, und wäre ſie noch größer als ſie iſt, was kann es uns kümmern, wenn doch dieſe Unähnlichkeit eben nur die größere Höhe und Fülle, nicht einen Mangel deſſen, was die Seele zum Ausdruck ihres Weſens braucht, anzeigt. Die Erde iſt uns genau noch ſo ähnlich, um zu beweiſen, daß ſie eine einige, individuelle, ſelbſtſtändige Seele hat wie wir, und ſo unähnlich, um zu beweiſen, daß ſie eine höhere, von höherer Stufe der Individualität und Selbſtſtändigkeit hat, da es ein Abſolutes hier einmal nicht giebt, außer in Gott. Alle Unähnlichkeit des Menſchen und der Erde nach Sein und Wirken liegt eben nur darin, daß der Erdleib dem Menſchenleib in Stoffen, Wirken, Zwecken nicht nebenſondern übergebaut, anderen Geſtirnen aber noch individueller nebengebaut iſt, als der Menſchenleib dem Menſchenleibe. Iſt es aber der Leib, wie ſollte es nicht die Seele ſein, ſo lange der Leib als Ausdruck oder Spiegel der Seele zu gelten hat.

Nachdem wir alle äußern Zeichen an der Erde finden, daß ſie ein beſeeltes Weſen in noch höherm Sinne, als wir, müßten wir uns daran genügen laſſen, wenn ſie ein uns rein gegenüberſtehendes Weſen wäre, weil dies nun einmal der einzige Weg, der Seele gegenüberſtehender Weſen beizukommen. Aber da wir ſelbſt zu den Theilen, Gliedern der Erde gehören, ſetzt uns dies allerdings in den Stand, auch noch etwas mehr, als äußere Zeichen ihrer Seele, vielmehr wirklich auch etwas von ihrer Seele ſelbſt unmittelbar wahrzunehmen, nämlich das, was davon in uns ſelbſt eingeht, oder das Moment, was unſre Seele von der ihren bildet. Und indem wir etwas von ihrer Seele theilen, theilen wir auch etwas von ihrem Bewußtſein, wodurch ſie eben Seele wird; ihr ganzes freilich können wir als blos Theilhaber ihrer Seele ſo wenig haben, als wir auch nicht den ganzen Leib der Erde haben.

Freilich ſo lange man die Menſchen, Thiere und Pflanzen nur als etwas Aeußerliches an und auf der Erde gelten läßt, können auch ihre Seelen nur in äußerlicher Beziehung zur Erde, dem irdiſchen Syſtem gedacht werden, und wie die Leiber ohne das Band des ganzen Syſtems als etwas Zerſtreutes erſcheinen, müſſen auch die Seelen ſo erſcheinen. Wenn aber alle bisherigen Betrachtungen gezeigt haben, daß unſre Leiber wirklich Theile, Organe, Glieder der Erde, des irdiſchen Syſtems ſelbſt ſind, ſogar noch feſter daran und darin gebunden, als die Theile und Glieder in unſrem Leibe gebunden ſind, ſo gehören auch unſre Seelen nothwendig zur Beſeelung der Erde, und ſind durch dieſelbe gebunden, denn der Sitz der Seele läßt ſich nur nach dem Leiblichen beurtheilen, zu dem ſie gehört. Nun können wir freilich das geiſtige Band, was alle Seelen der Erde bindet, nicht eben ſo unmittelbar gewahren, als das körperliche Band, was alle ihre Körper bindet, weil wir dann ſelbſt der ganze Geiſt des Irdiſchen ſein müßten, der es darſtellt: wir können und müſſen aber eben im körperlichen Bande den Ausdruck des geiſtigen ſehen, da wir kein anderes Mittel haben, ein geiſtiges Band, was über uns hinausgreift, zu ſehen, doch aber in unſerm eignen Körper ſelbſt ein Beiſpiel ſolchen Ausdrucks haben, was uns zum Weiterſchluß eben ſo berechtigt, wie denſelben möglich macht.

Zwar daraus allein, daß die Erde verſtändige Menſchen trägt, würde an ſich noch nicht folgen, daß ſie ſelbſt verſtändig oder gar verſtändiger iſt, als ſie. Eine Verſammlung geſcheiter Leute iſt oft ein Dummkopf; ein Teich mit vielen Fiſchen fühlt als Ganzes nicht ſo viel als jeder einzelne Fiſch für ſich, vorausſetzlich gar nichts. Und die Erde könnte alſo nach dieſer Betrachtung als Ganzes vielleicht dümmer ſein, als alle Menſchen und Thiere auf ihr oder gar nichts fühlen. Gewiß, wenn Menſchen und Thiere auf ihr eben ſo äußerlich zuſammengewürfelt wären, als eine Verſammlung von Menſchen, die ſich nur nach dieſen oder jenen äußerlichen Bezugspuncten zuſammenfinden und ſich eben ſo wieder zerſtreuen, oder als die Fiſche im Teiche; da eben nicht die Verſammlung, der Teich, ſondern nur die Erde ſich zum individuellen, in ſich zuſammenhängenden, unlösbaren Ganzen abſchließt, und die Verſammlung weder die Menſchen, noch der Teich die Fiſche erzeugt hat. Aber alle Menſchen und alle Verſammlungen der Menſchen und alle Fiſche und alle Teiche ſind in zweckmäßigem Zuſammenhange aus dem irdiſchen Syſtem erwachſen, wie ſie noch zweckmäßig und untrennbar darin zuſammenhängen. Wollen wir die Erde recht vergleichen, ſo müſſen wir ſie mit einer Verſammlung vergleichen, die gleich organiſch ſich aus ſich ſelbſt entwickelt hat, wie ſie, und noch zuſammenhängt, wie ſie. Eine ſolche Verſammlung iſt die Verſammlung unſrer Augen, Ohren und Gehirnfibern und was es ſonſt an unſerm Leibe giebt. Immer werden wir auf dieſen Vergleich zurückgeführt, nur daß es bei der Erde immer einen Leib in höherm Sinne gilt, weil der unſre ſelbſt in ihn eingeht. Unſer Leib, d. h. die Seele unſeres Leibes, weiß nun Alles, was überhaupt in ihm gewußt wird, und mehr als im Vermögen irgend einer ſeiner Einzelnheiten liegt. So die Erde Alles, was ihre Menſchen und Fiſche wiſſen, und mehr als im Vermögen aller einzelnen liegt.

Auch hat man ja von jeher um ſo mehr Veranlaſſung gefunden, ein allgemeines Band der irdiſchen Geiſter in einem größern Geiſte anzuerkennen, je mehr man den

Blick vertiefte, und war auch dieſer Geiſt, wie man bisher ihn faßte, es mehr dem Namen, als der Sache nach, ſo war es nur deßhalb, weil man ihn nicht genug vertiefte. Doch weiſt der triftige Name auf das Triftige der Sache. Von einem Geiſte der Menſchheit zu ſprechen iſt jetzt ſo geläufig geworden, als von einem Geiſte des Menſchen zu ſprechen. Ja wer dünkt ſich nicht etwas damit. Man würde ſelber geiſtlos zu ſein glauben, wollte man nicht den Geiſt über ſich anerkennen; die Zerſplitterung der Menſchen vor dem gemeinen Sinne will vor dem höhern Blick nicht mehr beſtehen. Und beweiſen nicht tauſend Bande des Staats, der Religion, der Wiſſenſchaft, der Geſelligkeit, daß die Menſchheit wirklich ein geiſtig Verknüpftes iſt. Aber iſt ſie es durch ſich ſelbſt und allein? Iſt es nicht vielmehr der Zuſammenhang des ganzen irdiſchen Syſtems, worein das Menſchliche mit eingeht, was die Menſchen zur Menſchheit verknüpft. Alle Mittel des menſchlichen Verkehrs greifen doch über den Menſchen hinaus und ſind erſt im allgemeinen Zuſammenhange des Irdiſchen auf ſelbſt zuſammenhängende Weſen begründet. Selbſt Menſchen und Völker, die vom Verkehr mit andern Menſchen und Völkern iſolirt leben, bleiben mittelſt dieſes Zuſammenhanges noch ins Ganze geſchlungen. Was aber bände ſie ſonſt an die übrige Menſchheit, als der allgemeine Zuſammenhang des Irdiſchen. In denſelben Zuſammenhang geht aber auch noch mehr als die Menſchheit ein, gehen zugleich alle Thiere und Pflanzen ein, und noch mehr als alle Thiere und Pflanzen. So werden auch die Seelen aller Thiere und Pflanzen in den höhern

Geiſt mit eingehen und noch etwas mehr als alle einzelnen Seelen; etwas über allen einzelnen Seelen, wie der Zuſammenhang der Leiber im Irdiſchen und durch das Irdiſche auch etwas über allen einzelnen Leibern iſt. Wäre es nicht auch ſonderbar genug, da unſer Geiſt ſo vielerlei Momente verſchiedener Art und Ordnung einſchließt, wenn ein Geiſt über uns blos Momente derſelben Art und Ordnung einſchließen ſollte, blos Menſchengeiſter? Wäre das nicht wie die niedrige Organiſation eines Bandwurms?

Wenn jemand ein Schachſpiel betrachtet, ſucht er denn etwa den Geiſt des Schachſpieles blos in den Figuren oder gar blos den Offizieren, nicht vielmehr in der ganzen Zuſammenſtellung der Figuren und des Bretes? Was bedeuteten die Figuren ohne das Bret mit ſeinen Feldern? Und was bedeuteten die Menſchen ohne die Erde mit ihren Feldern? Beim Schachſpiel freilich iſt von keinem *eigenen* Geiſt des Spieles die Rede, das Schachſpiel ſpielt ſich nicht ſelbſt; nur *unſer* Geiſt hat das Schachſpiel erdacht und ſpielt damit, als mit etwas Aeußerm: aber es kann nicht anders ſein mit dem innerlichen Geiſte und Geiſtesſpiele der ſelbſtlebendigen Figuren auf der Erde, deren Spiel der lebendige Gott erdacht hat, der kein blos äußerliches Spiel erdenkt und ſpielt wie wir. Es kann deshalb nicht anders ſein, weil gleiche Bedingungen der Verknüpfung hier innerlich unmittelbar vorliegen, als dort von uns äußerlich mittelſt unſeres Innerlichen gemacht ſind. Nur das wird und muß anders ſein, daß, indeß um das Schachſpiel blos *wir* wiſſen, weil im Grunde nur wir den Geiſt des Schachſpieles in uns haben, die Erde um ſich ſelbſt und ihre Figuren wiſſen wird, da ſie den Geiſt davon in ſich ſelbſt hat.

Man kann fragen: wie iſt es aber möglich, daß all das Materielle, Körperliche, was zum Verkehr der Menſchen dient, Schall, Schrift, Straßen u. ſ. w. Geiſt mit Geiſt verbinden, Geiſtiges von Geiſt zu Geiſt überpflanzen, und ſo ein Spiel in einem höhern Geiſt vermitteln kann? Muß es nicht als Materielles vielmehr den Verkehr der Geiſter unterbrechen, als knüpfen? Dennoch iſt gewiß, daß es ihn knüpft. Wie es aber möglich iſt? Gar nicht, wenn es ſo iſt, wie man ſich's meiſt denkt: wenn Alles, was über den Menſchen hinaus liegt, ſeelenlos todt iſt; ſehr einfach aber, wenn all das zu einem im Ganzen beſeelten Weſen gehört, weil es dann auch Mitträger und Mitvermittler ſeines geiſtigen Vermögens und Thuns iſt. Wie unſre Leiber durch das Leibliche, werden dann unſere Geiſter durch das davon getragene Geiſtige dieſes Weſens in Beziehung geſetzt, und jede andere Art geiſtiger Beziehung wird durch eine andere Art leiblicher Beziehung in ihm getragen ſein. Nicht anders werden in uns Auge und Ohr durch materielle Bahnen in Beziehung geſetzt, und nur, ſofern dieſe Bahnen unſerm allgemeinen Leibe mit einem allgemeinen geiſtigen Weſen zugehören, treten Geſichts- und Gehörsempfindungen in geiſtige Beziehungen. Was über uns hinausgreift, iſt ſo blos das Fortgeſpinſt deſſen, was ſchon in uns. In ſolcher Weiſe wird Alles klar, verſtändlich, durch das Ganze zuſammenhängend, indeß in der gewöhnlichen Weiſe, die Sache zu faſſen, eine Schwierigkeit liegt, die nur die Gewohnheit überſehen, nur die Inconſequenz überwinden läßt, ein Sprung liegt über einen ſelbſtgemachten Graben. Denn, wenn man doch einmal einen geiſtigen Verkehr der Menſchheit mittelſt materieller Mittel anerkennen muß, wie kommen die materiellen Mittel dazu, ihn zu bewirken, wenn ſie nur zwiſchen begeiſteten Theilen der Erde eingeſchaltet ſind, nicht ſelbſt an ihrem Geiſte mit tragen. Wie kann gar ein Geiſt der Menſchheit durch Mittel geknüpft werden, die nur ein Außerſich des Geiſtes?

Zwar ein Geiſt der Menſchheit, wie man ihn gewöhnlich denkt, mag ſo noch recht wohl beſtehen, ja kann ſo allein beſtehen; denn um die unhaltbarſte Vorſtellung, die man von einem Geiſte haben kann, zu halten, ſind freilich auch die unhaltbarſten Hülfsvorſtellungen nöthig. Doch davon ſpäter. Denn jetzt handelt es ſich weniger darum, wie wir uns einen Geiſt des Irdiſchen zu denken haben, als vor Allem erſt, daß wir uns einen ſolchen zu denken haben; nur daß wir ihn nicht ohne die Grundeigenſchaft denken dürfen, ohne die er kein Geiſt wäre. Und er wäre keiner, wenn er nicht um das in Eins wüßte, was in ihm des Beſondern gewußt wird. Dann gäbe es viele Geiſter, doch nicht Einen; dann leimten wir ihn durch ein Wort, und er zerfiele in der Sache.

Es ſei ein großer Kreis gegeben, und in dem großen viele kleine. Jeder kleine Kreis habe einen Seeleninhalt, den er in ſich ein- und abſchließt, um den er weiß. Indem aber der große Kreis die kleinen Kreiſe alle einſchließt,

ſchließt er auch den Seeleninhalt aller kleinen Kreiſe in ſich ein und ab. Gegen den großen Kreis iſt keiner der kleinen abgeſchloſſen, da alle vielmehr Theile des großen ſelber ſind, der demgemäß um ihrer aller Inhalt weiß; aber jeder kleine iſt abgeſchloſſen gegen die andern kleinen, keiner derſelben weiß unmittelbar um des andern Inhalt, und der große iſt wieder gegen andere große abgeſchloſſen, die allſammt enthalten ſein mögen in einem größten Kreiſe. Die kleinen Kreiſe ſind wir, der große Kreis iſt die Erde, der größte Gott.

Alſo alle äußern Zeichen der Seele hat die Erde, und dazu die innern auch noch. Was an uns äußeres Zeichen der Seele iſt, ſehen wir in ihr geſteigert; unſere ganze Seele gehört ihr unmittelbar an, giebt uns ſo zu ſagen eine directe Probe ihrer Seele. Die äußern Zeichen könnten uns in Zweifel laſſen, ob wir nicht doch nur eine leere Schaale vor uns hätten; die eigne Seele beweiſt uns, es iſt wirklich Seele darin; die eigne Seele könnte uns in Zweifel laſſen, ob es nicht blos eine Kleinigkeit von Seele oder eine Zerſplitterung von Seelen ſei, die hier vorliegt; die äußern Zeichen beweiſen uns die über uns hinausgreifende, uns inbegreifende höhere Verknüpfung.

In Betracht dieſes Entgegenkommens zweier Wege ſind wir mit unſrer Aufgabe, das Daſein einer Seele in der Erde zu erweiſen, in der That ſehr in Vortheil gegen die Aufgabe, Seele in der Pflanze zu erweiſen. Die Pflanze ſteht ſo ganz *neben* und *unter* uns, kurz außer uns, daß wir unmittelbar auch kein Fünkchen ihrer

Seele gewahren können, weil jede Seele eben nur zu ſich ſelbſt im Verhältniß directer Gewahrung ſteht. Blos die Betrachtung materieller Bedingungen und Verhältniſſe lag da vor, die wir nun erſt noch darauf anzuſehen hatten, wiefern ſie in einem vernünftigen befriedigenden Zuſammenhange Seelendaſein anzeigen oder fordern konnten: aber wie viel vortheilhafter hätte es uns erſcheinen müſſen, wenn wir auch unmittelbar etwas von der Subſtanz der Seele hätten in der Pflanze aufzeigen können, um ſo mehr, wenn dies an mehrern Punkten derſelben hätte geſchehen können. Die äußerlichen Zeichen der Einheit würden uns auf die innere Einigung doch immer haben ſchließen laſſen. In dieſem günſtigen Falle befinden wir uns aber bei der Erde. Da wir alle ſelbſt zur Erde gehören, ſo bedarf es gar keiner Analogien und fernen Schlüſſe, um zu beweiſen, daß die Erde Seele hat: ein jeder kann ſeine eigene Seele als ihr angehörig direct erkennen, nur freilich nicht hiemit allein zufrieden ſein. Was wollte er auch allein und einſam mit dem ungeheuern Erdleibe. Jetzt aber kommen die einfachſten Analogien und Herzensbedürfniſſe, welche uns nöthigen, mindeſtens in andern Menſchen, demnächſt Thieren, mehr oder minder ähnliche Seelen als in uns anzuerkennen. Wir ſind derſelben ſo ſicher als unſrer eignen. Es giebt alſo in der Erde ſicher Seele auch noch über jeden von uns hinaus. Nun gilt es nur noch zu zeigen, daß dieſe Seelen nicht ſo zerſplittert ſind, als wir ſie gewöhnlich auffaſſen, und dies geſchieht, indem wir erſtlich überlegen, wie wir überlegt haben, daß auch ihre Leiber und leiblichen Proceſſe nicht ſo zerſplittert ſind, wie wir ſie gewöhnlich auffaſſen: das Leibliche über uns hinaus muß uns aber als Ausdruck des Geiſtigen über uns hinaus dienen: zweitens betrachten, wie unſere Einzelgeiſter für ſich ſelbſt doch nur den Charakter der Einſeitigkeit tragen, der ein Band in einem allgemeinern Geiſte eben ſo fordert, als in jener Verknüpfung alles Irdiſchen ſichtlich ausgedrückt findet: indem wir drittens künftig überlegen werden, wie für den großen Sprung zwiſchen Gott, der das All beherrſcht, und Geiſtern, wie die unſern, die nur kleinſte Flöckchen Materie beherrſchen, vernünftigerweiſe Zwiſchenſtufen noch zu ſuchen. Bilden aber die Körper der Himmelsbälle ſolche zwiſchen unſern Körpern und zwiſchen der Alles begreifenden Welt, wozu der Alles begreifende Gott gehört, wie ſollten wir nicht geneigt ſein, auch geiſtige Zwiſchenſtufen daran zu knüpfen. Das können aber keine Zwiſchenſtufen von abgeſchwächter, ſondern nur gegen uns geſteigerter Individualität und Selbſtſtändigkeit ſein, da Alles, was zum Schluſſe zu Gebote ſteht, in dieſem Sinne iſt.

Mögen nun immerhin die Pflanzen durch manche rohe Aehnlichkeiten, wie zuſammengeſetzten Zellenbau, Ernährungs-, Fortpflanzungsweiſe, die Aehnlichkeit der Erde mit uns überbieten, ſo können wir hierin nur noch Andeutungen finden, daß auch ihre Seele von gewiſſer Seite der unſrigen näher ſteht, als die Seele der Erde. Und wie ſollte ſie nicht; ſie iſt ja unſre Nachbarin auf der Erde, dagegen wir beide nicht Nachbarn zur Erde ſind, die ihre Nachbarn nur im Himmel hat. In Betreff der allgemeinen Seelenzeichen bleibt die Erde immer weit in

Vortheil gegen die Pflanzen, ja gegen uns ſelbſt, wenn wir es recht betrachten. Nur daß es bei uns überhaupt keiner äußern Zeichen für uns bedarf.

Wenn Menſchen, Thiere und Pflanzen Nachbarn auf der Erde ſind, ſo iſt doch der Menſch der höher bevorzugte Nachbar, und ſteht in ſo fern wieder von gewiſſer Seite der Erde näher als der Pflanze, wie denn das Wort Nachbar überhaupt nicht eigentlich für das Verhältniß des Höhern und Niedern paßt; nur in Vergleich mit dem noch Höhern ſind beide Nachbarn.

Freilich, verhehlen wir uns nicht, daß die objectiven Vortheile für den Nachweis einer Seele in der Erde durch ſubjective Nachtheile, die unſrer Empfänglichkeit dafür im Wege ſtehen, weit überwogen werden. Da es galt, an eine Pflanzenſeele zu glauben, brauchte ſich blos die Vorſtellung zuſammenzuziehen, zu verengern, das war jedem leicht und bequem: eine Pflanzenſeele erſcheint ja nur wie ein ſchwaches Kind gegen eine Menſchenſeele; nachſichtig ſieht man darauf herab, ja wiegt wohl gern das neugeborne Püppchen: nun aber gilt es, die Vorſtellung gewaltſam zu erweitern, alle Verhältniſſe in einem neuen großen Maßſtabe aufzufaſſen, das fällt dem Geiſte, dem bisher ſo eng geſchnürten, ſchwer; einem Ungeheuer, das uns ſelber faßt, ſoll man ins Auge ſehen, da ſcheut man ſich und ſchließt die Augen lieber und meint dann wohl, es ſei nicht da, weil man's nicht ſehen will, und wenn es uns doch ſchüttelt, ſo nimmt man lieber an, wir ſeien's, die es ſchütteln. Sähe man es lieber muthig an, ſo würde man ja finden, es iſt gar nicht das Ungeheuer, wofür wir es halten, es iſt ja unſre freundliche uralte und zugleich ewig junge blühende Mutter, die uns ſelber wiegt: doch vor Furcht erkennen wir ſie nicht.

Daß die Pflanzen beſeelt ſein könnten, hatte jeder wohl ſchon ſelbſt gedacht, oder doch daran gedacht. Gleich viel, ob es wahr ſei, es gab ein anmuthig Spiel, auch ein paar Gründe dafür zu durchlaufen: was hat überhaupt der ganze Glaube daran auf ſich? hier gilt es einen Widerſpruch, der hart in's Fleiſch geht, weitgreifend in alles Bereich; jeder denkt, das ganze Gebäude ſtürzt, unter dem er bisher ſorglos gewohnt: obwohl ſich zeigen wird, daß im Grunde nur eine neue ſtarke Säule für die Stützung deſſen, was ſtehen muß für alle Zeiten, dadurch aufgeſtellt wird; und nur im Moment des Aufrichtens ſchüttert das ganze Gebäude. Der eine hält den Verſuch frevelhaft, der andere lächerlich; wie leicht iſt's, zu verdammen, wie viel leichter noch zu lachen.

So wird es nun freilich nicht fehlen, daß Viele, die der einfachen Blume gern die einfache Seele zugeſtanden, da es ſo wenig Aufwand dazu in der eigenen Seele bedurfte, der Erde, der tauſendfach blühenden, nichts werden zugeſtehen mögen, ſich ſcheuend vor dem geiſtigen Aufwand, der nicht zu beſtreiten. Wo freilich kein Aufwand, da auch kein Gewinn.

Die bisher ſo allgemeine Annahme, daß die Pflanzen ſeelenlos, hängt ſelbſt ganz weſentlich mit der eben ſo allgemeinen Annahme, daß die Erde ſeelenlos, zuſammen. Die Pflanzen ſind ja, wie individuell ſie ſich auch geberden mögen, doch ſo verwachſen, ſo aus einem Stücke mit der Erde, daß, was von ihr gilt, auch von ihnen gelten muß. Fährt dagegen Seele in die Erde, ſo fährt ſie nothwendig auch von ihr in die Pflanzen; wie umgekehrt, wenn die Pflanzen Seele haben, die Proben der Seele der Erde ſich hiemit mehren, die Hinweiſe auf ein allgemeines Seelencentrum der Erde damit wachſen und ſich mehr zuſammenſchließen. Indem mit ihnen ſo zu ſagen die ganze Peripherie der Erde ſeelenhaft wird, ſtellt ſich die Forderung eines bindenden allgemeinen Seelencentrums von ſelbſt deutlicher heraus.

Ein neuerer Naturphiloſoph drückt ſich in einer Schrift, die ich ſonſt mit Vergnügen und Belehrung geleſen habe, auf folgende Weiſe über den Gegenſtand aus; wozu mir einige Bemerkungen verſtattet ſein mögen, damit nicht, was ich mit ſo viel Mühe und Bedacht in meiner vorigen Schrift zu begründen geſucht, mit ein paar leichten Federſtrichen wieder ausgeſtrichen ſcheine. Ein gelegentlicher Hinblick auf den allgemeinen Geſichtspunct, der die heutige Philoſophie gegen die Ausdehnung bewußter Seele über Menſch und Thier hinaus ſich ſo ſehr ſträuben läßt, mag ſich daran knüpfen.

„Die Pflanze hat ſchon ein individuelles, ſelbſtſtändiges Leben. Alle ihre Gebilde gehören innerlich und äußerlich zu einander. Nicht äußere, fremde Potenzen ſind es, welche durch ein zufälliges Zuſammenwirken die Pflanze erzeugen, ſondern von innen heraus, durch eigene innerliche Energie ſchafft und gliedert ſie ihren Leib. Mit dieſer innern Energie tritt ſie auch der unorganiſchen Natur gegenüber. Ununterbrochen iſt ſie mit dieſer in Verkehr; aus der Luft, dem Waſſer, der Erde ſchöpft ſie ihre Nahrung, und verwandelt dieſe in vegetabiliſche Formen. Trotz dieſer innern Selbſtſtändigkeit iſt aber die Pflanze doch noch mit der Erde verwachſen. Feſtgewurzelt in den Boden wie das Kind im Schooße der Mutter — ſtrebt ſie der Luft und dem Lichte entgegen; ſie hebt ſich nicht frei zu einem vollſtändigen Abſchluß, aus ſich ſelbſt heraus, iſt daher ohne Seele, ohne Empfindung, ein ſtummes, unſchuldiges, leid- und freudloſes Leben, das eben ſo ſehr der Erde angehört, als ſich ſelbſt. Die Pflanze wird daher von dem periodiſchen Verlauf des Jahres in ganz anderer Weiſe berührt als das Thier; ſie iſt das lebendige Jahr, die keimende, blühende, fruchttragende und abſterbende Erde.“

Ich frage nun hiegegen: Zuvörderſt, warum ſoll es bei der Frage nach Seele weniger gelten, daß die Pflanze mit *innerem* ſelbſtſtändigen Thun der unorganiſchen Natur individuell gegenübertritt, als daß ſie *äußerlich ſcheinbar* mit dem Erdreiche verwachſen, triftiger aber in der That nur in daſſelbe eingewachſen iſt. Sie verſchmilzt ja gar nicht mit der Erde, iſt ſo zu ſagen nur hineingeſteckt, und zeigt darin nur einen relativen Unterſchied vom Menſchen, deſſen Sohle ſich ja auch an den Boden heftet, und der keineswegs ſo hoch aufſteigend mit ſeinem Haupt darüber ſich erheben kann, als der Baum mit ſeinem Wipfel. Sollte dies kühne Aufſteigen über den Boden nicht für die Seele der Pflanze gelten, wenn doch die Wurzelung in den Boden abwärts dagegen gilt? Mich dünkt, beides bedingt ſich logiſch und hebt ſich in der realen Folgerung auf. Freilich paßt nur Eins, nicht das Andere zur Vorausſetzung. Ja wie ſtimmt es mit der Bedeutung, die dem Zuſammenhange mit dem Erdboden beigelegt wird, daß der Menſch, der noch ſo ſehr am Boden haftet, daß er immer nur einen Fuß auf einmal davon losmachen kann, doch ſo viel höher beſeelt iſt, als Schmetterling und Vogel, die ſich ſo hoch und frei darüber erheben; er könnte danach nur ein Weſen ſein, deſſen Seele ſich eben auch nur mit einem Fuße aus den Feſſeln des Unbewußtſeins losringt, ohne je recht darüber hinaus zu kommen, außer etwa mittelſt des Luftballons; die Erde aber müßte bei ihrer gänzlichen Abtrennung von andern Weltkörpern in der Skale der Beſeelung am allerhöchſten ſtehen, indeß es gerade die Befeſtigung an ihr ſein ſoll, was die Pflanze ſeelenlos macht. Die Antwort wird ſein: es ſind noch andere Gründe, welche den Menſchen hoch beſeelt, die Erde gar nicht beſeelt erſcheinen laſſen; es kommt nicht allein auf die Befeſtigung an ihr an. Aber warum dann einen ſo wenig ſtichhaltigen Grund einſeitig und alleinig gegen die Pflanze wenden? Wie ſtimmt es vollends, daß Corallen, Auſtern gar durch erdige Subſtanz, ſo recht in einem Guſſe und Fluſſe, mit der feſten Erdmaſſe zuſammenhängen, daran gelöthet ſind, indeß die Pflanze vielmehr lebendige Wurzeln in dem Boden treibt, und immer weiter treibt und Felſen damit ſprengen kann, und über Felſen damit klettert weit nach Nahrung. Danach muß der Verfaſſer die Corallen und Auſtern für empfindungsloſer halten, als die Pflanzen, will er ſich treu bleiben. Er wird es zwar nicht, weil die Corallen und Auſtern doch ſonſt zu viel Verwandtſchaft mit andern nun einmal als beſeelt zugeſtandenen Thieren haben; aber hiemit erhellt eben, daß jenes Merkmal nichts für die Frage überhaupt bedeuten kann.

Wenn es philoſophiſch iſt, aus allgemeinen Sätzen zu folgern, müſſen ſie doch auch wohl allgemein gültig ſein.

Und laſſen wir einmal die Erde wirklich ſeelenlos todt ſein, und die innige Verbindung damit ſeelenlos machen, den individuellen Lebensproceß aber nichts für Seele, Empfindung, bedeuten, denn ſo iſt ja der Schluß, müßten dann, gründlich gefaßt, nicht alle Thiere überhaupt, der Menſch vor allen, noch viel ſeelenloſer, empfindungsloſer ſein, als die Pflanzen. Denn ſind die Thiere etwa weniger untrennbar mit der Erde verwachſen, als die Pflanzen, nicht vielmehr noch mehr, noch vielſeitiger, zwar nicht mit der feſten aber mit der ganzen Erde (vgl. S. 24)? kann man aber Letzteres geringer anſchlagen als Erſteres, wenn einmal die Verknüpfung mit dem Seelenloſen ſeelenlos machen ſoll? Je mehr der Bande, die uns mit dem Todten verſchlingen, deſto mehr werden wir ſelbſt hiernach in Tod verſchlungen zu denken ſein. Die Pflanze kann ja ihre Wurzeln, durch die ſie mit dem irdiſchen Syſteme zuſammenhängt, nicht weit ſtrecken, iſt ſo zu ſagen nur mit dem kleinen Fleck verwachſen, auf dem ſie eben ſteht, das Thier aber mit dem ganzen Raume, durch den es ſich bewegt, der ihm Boden gewährt, aus dem es Luft und Nahrung zieht; denn dabei kommt es nicht um ein Haar mehr von der Erde los, als die Pflanze, bleibt immer wie dieſe ein unabtrennbares, nur mehr verſchiebbares, die Berührungspuncte mit dem Irdiſchen mehr wechſelndes, in ſo fern aber auch mit deſſen todten Proceß mehr und vielſeitiger ſich verſchmelzendes, Stück der Erde, was ſich zwar individuell genug durch ſeinen Lebensproceß, ſein Thun, von ſeiner Außenwelt unterſcheidet, aber dies ſoll ja nach dem Argument nichts für individuelle Seele, Empfindung, bedeuten, da dies auch der Pflanze zukommt. Und auch die Pflanze ſchiebt ihre Theile, nur von einem feſten Standpunct aus, vorwärts, und wechſelt die Berührungspuncte mit dem Irdiſchen. Da iſt nur relativer Unterſchied. Das Thier bewegt ſich freilich ganz fort, nach verſchiedenen Seiten, aus innerem Princip, um Zwecke zu erreichen, die Pflanze bleibt ſtehen, aber auch die Pflanze treibt von ihrem feſten Stande her, aus innerem Princip, nach allen Seiten Blätter, Blüten, geht in die Höhe und nach unten, thut's auch, um Zwecke zu erreichen; zwar mit angeregt von äußern Reizen; doch ſo iſt's auch beim Thiere.

Wieder nichts als relative Unterſchiede: doch will man daran einen abſoluten knüpfen: im Thiere ſoll ſich eine Seele ſelbſt erſcheinen, um derenwillen das Thier da und ſo zweckvoll gebaut iſt, in der Pflanze nichts; ſie ſoll nur andern ſo erſcheinen, als wäre auch wie im Thiere etwas in ihr, um deſſenwillen ſie da und ſo zweckvoll gebaut; doch ſoll es eben nur äußerer Schein ſein. Mit allen Zeichen innerer Zweckmäßigkeit ſoll ſie nur äußerlich zweckmäßig gelten.

Die Pflanze, heißt es, hebt ſich nicht frei zu einem ſelbſtſtändigen Abſchluß aus ſich ſelbſt heraus, und das ſoll gegen die Beſeelung ſprechen; aber wenn doch nun beim Thiere der ſelbſtſtändige Abſchluß weder im Losſein von der Erde, noch im Loſeſein an der Erde liegen kann, wovon das Erſte überhaupt nicht, das Letzte bei Weitem nicht allgemein ſtattfindet, wenn er auch nicht in einem abgeſchloſſenen Kreislauf oder centrirten Nervenſyſtem liegen kann, was beides auch unzählig vielen Thieren nicht zukommt; worin kann er dann zuletzt doch anders liegen, als in eben der individuellen Artung und Gegenüberſtellung eines lebendigen Proceſſes gegen die Erde, die auch den Pflanzen vom Einwand zuerkannt, nur bei Seite geſchoben wird, die aber, wenn ſie keine individuelle Beſeelung für die Pflanze bedeuten ſoll, auch keine für die Thiere bedeuten könnte.

Feſtgewurzelt im Boden wie der Embryo im Schooße der Mutter ſoll die Pflanze der Luft und dem Lichte entgegenſtreben. Ich meine aber, der Embryo wird im Schooße der Mutter vielmehr von Licht und Luft abgeſchloſſen, als daß er ihnen entgegenſtrebte; die Empfindung bricht aber ſofort heraus, wie er ſelber an Licht und Luft durchbricht; ſo dächte ich nun, wenn die Pflanze aus dem Saamenkorn im Boden an Luft und Licht hervorbricht, und gar, wenn die Blüte noch einmal zu einem höhern Lichtleben aufbricht, ließe ſich grade nach dieſer Analogie an hervorbrechende Empfindung in der Pflanze denken. Soll dies doppelte Hervorbrechen, Aufbrechen der Pflanze zum Verkehr mit Luft und Sonne nur einen doppelten Ausbruch von Unbewußtſein bedeuten? Wird der unbewußte Lebensproceß gar nicht müde, ſich in leeren Spielen zu erſchöpfen? Nun aber wurzelt überdies der Embryo nicht in einer unbeſeelten, ſondern einer beſeelten Mutter; ſo wäre nach derſeben Analogie, nach welcher die Pflanze als unbeſeelt gelten ſoll, die Erde in Widerſpruch mit der Grundlage des Arguments ſelbſt, wieder als beſeelt zu faſſen, oder die Folgerung tritt ein, daß, wenn Unbewußtes mit Bewußtem verwachſen ſein kann, ein unbewußter Embryo mit einer bewußten Mutter, das Umgekehrte eben ſo gut möglich ſein müſſe, eine bewußte Pflanze mit unbewußter Erde. Wenn man den Gang durch Analogien, den meine Schrift nimmt, aus philoſophiſchem Geſichtspuncte klein achten durfte, darf man ſolche Wendungen der Analogie dagegen bringen, die nur das Gegentheil von dem beweiſen oder erläutern können, worauf ihre Abſicht geht, und, wenn ſie ſich nicht ſelber widerſprechen ſollen, nur zu unſern Gunſten ſprechen? Doch die äußere Aehnlichkeit des Feſtwurzelns verſchlingt alle andere Rückſicht und Betrachtung, denn dieſe bleibt freilich zwiſchen Embryo und Pflanze. Daß aber das Feſtwurzeln der Pflanze in der Erde ſich auch noch anders deuten läßt, als im Sinne der Theilnahme an einer Seelenloſigkeit der Erde, glaube ich in Nanna (S. 56), ſogar noch ohne Rückſicht auf die Seele der Erde gezeigt zu haben.

Natürlich fällt das ganze Argument überhaupt, wenn die Erde ſelbſt lebendig, beſeelt, ſtatt todt iſt. Dann könnte es ſich nur fragen, ob nicht das, was die Pflanze dazu beiträgt, vielleicht unſelbſtſtändig in der allgemeinen Beſeelung der Erde aufginge, wie das von einem Stück Erdreich oder einer Welle gilt, die für ſich nichts empfinden, ſondern nur im Ganzen ein empfindendes Weſen bauen helfen, eben wie unſre Knochentheile und Blutſtröme unſern im Ganzen beſeelten Leib. Aber da der Einwand ſelbſt die individuelle Gegenüberſtellung der Pflanze gegen die Erde anerkennt, ſo haben wir hiemit Alles, was wir brauchen, um auch eine individuelle Beſeelung derſelben annehmen zu können.

Jene Argumentation gegen die Seele der Pflanzen iſt in einer populär gehaltenen Schrift vorgetragen, muß alſo wohl dem Verfaſſer als beſonders einleuchtend und am meiſten auf der Hand liegend erſchienen ſein. Nun iſt nicht zu bezweifeln, daß ſie bei der philoſophiſchen Durchbildung des Verfaſſers auch noch mit tiefern philoſophiſchen Anſichten deſſelben zuſammenhängt, die ſich hier nicht im Zuſammenhange anführen und alſo auch nicht beſtreiten laſſen; aber kann er es uns verdenken, wenn wir uns nun doch lieber in ſolchen Dingen auf die einfachſten, natürlichſten, nur freilich etwas umſichtigern, Schlußweiſen verlaſſen, als auf philoſophiſche Begründungen, die eine ſolche Argumentation als die faßlichſte und ſchlagendſte zur Frucht haben. Da es ein Mann von Geiſt iſt, von dem ſie herrührt, kann in der That der Grund, daß ſie nicht triftiger ausgefallen, nur von einer tieferliegenden Untriftigkeit abhängen; ſie muß aber freilich für eine gute gelten, und iſt wahrlich nicht ſchlimmer, als man ſie allenthalben findet, ſo lange die untriftige Vorausſetzung von der Erde Tode Alles mit tödtet, was daran hängt, und nicht ähnlich ausſieht, wie der Menſch, dem freilich ſein Leben zuletzt noch lieber als ſeine Conſequenz, da er ſonſt demſelben Tode verfallen müßte.

Woher kommt zuletzt die philoſophiſche Seelenloſigkeit der Pflanze wie der Erde? Aus folgender Grundanſicht: Die Idee ſoll ſich erſt ſtufenweiſe aus der unbewußten Natur unter Bewältigung des mechaniſchen Proceſſes zum Bewußtſein losringen und endlich im Menſchen in ſelbſtbewußten Geiſt überſchlagen; da bedarf es erſt einer mechaniſch todten Natur und dann noch eines todten, d. h. ſeelenloſen Lebensproceſſes als Stufen der Erhebung dazu. Nach dieſer philoſophiſchen Anſicht conſtruirt man dann die Natur, legt ſie zurecht; wo noth beiſeit; thut man es nicht wirklich? iſt Obiges nicht ein Beiſpiel, daß und wie man es thut? und kommt dabei auf Schlüſſe und Widerſprüche wie die vorigen. Wäre es aber nicht beſſer, die Anſicht umgekehrt aus der Natur zu conſtruiren? ſo käme man wohl auch auf Betrachtungen wie die unſrigen. Zwar auch die philoſophiſche iſt es wenigſtens im Stillen; aber nach welchem Princip? Nach dieſem: Alles nach Maßgabe weniger bewußt in der Natur zu halten, als es dem Menſchen weniger *äußerlich*, ich ſage *äußerlich*, ähnlich iſt; und nun verſteht es ſich freilich von ſelbſt, daß man nicht über den Menſchen hinaus mit dem Bewußtſein kommt, weil die Erde und Welt dem Menſchen äußerlich ganz unähnlich ausſieht; und nicht zu tief unter den Menſchen hinabkommt, weil die Pflanzen ihm wieder äußerlich ſehr unähnlich werden; und da man wirklich weder in der Erde noch den Pflanzen Bewußtſein ſieht, ſo ſieht das ja ganz aus wie Gewinn oder Beſtätigung der Anſicht durch Erfahrung, indeß freilich die Erfahrung noch weiter geht und ſagt, daß niemand *irgends* Seele, Bewußtſein ſieht, außer jeder in ſich das, womit er ſelber ſieht.

Wirklich kann die Anſicht nur aus jenem Anhalt an die handgreifliche Aehnlichkeit, die in ganz äußerlichen Verhältniſſen ruht, und dieſe halb aufgefaßte Thatſache erwachſen ſein, weil nur ſie ſich danach wiederfinden laſſen. Aus ſolchem a posteriori hat ſich ganz unbewußt das a priori dieſer philoſophiſchen Grundanſicht über Natur und Geiſt gebildet, die freilich nicht die jetzt allein geltende, doch jetzt weit vorherrſchende iſt. Von den Geſichtspuncten höhern Zuſammenhanges, höherer Teleologie, die ſich uns, im Gange durch die Natur ſelbſt, auf jedem Schritte um ſo mehr darboten, je höher hinauf, je weiter im Umkreis wir den Blick kreiſen ließen, doch eben nur aus dem Geſichtspuncte oder in Bezug zu dem Geſichtspuncte darboten, daß hier die äußere Erſcheinung eines im Ganzen der Natur, nicht blos durch uns, in uns, ſich ſelbſt erſcheinenden Geiſtes zu ſuchen ſei, davon kann dann freilich in den Folgerungen dieſer Grundanſicht nichts zum Vorſchein kommen, weil ſie eben ſelbſt nicht erſt daraus hervorgegangen. Oder was hätte man für das reale Band, das ſich uns zwiſchen allen irdiſchen Einzelnheiten in einer vollen ganzen Erde, zwiſchen dem organiſchen und unorganiſchen Gebiete in einer höhern Organiſation der Erde, zwiſchen allen einzelnen Bewußtſeinsgebieten in einem höhern Bewußtſein aufgethan und noch ferner aufthun wird, anders als ein Band in Worten? Durch ſolches verknüpft man freilich Alles; aber indem man im Schatten oder Spiegelbilde des Fleiſches das Liebe zu ergreifen meint, verſinkt das Fleiſch. Alles geht unter im Wort und Wortſpiel einer Idee, die ſich in der Natur äußerlich geworden iſt, von der Niemand inmitten der Natur, ja Niemand über ſie hinaus weiß, als wir mit unſerm ſpät geborenen vereinzelten Bewußtſein; damit erklärt, erſetzt, verſteckt man ſich ſelber Alles, damit entkräftet man die Kraft der Natur und entgeiſtet den Geiſt der Natur, damit wirft man Gott aus der Natur, die Natur aus Gott heraus; damit macht man die Unwiſſenheit zum Lehrer des Bewußtſeins, den Menſchen zum wiſſenden Gott, und ſeinen Dünkel zum König; es iſt ein blaſſes, von ſich ſelbſt nichts wiſſendes, Geſpenſt, ſtatt des lebendigen göttlichen Geiſtes, was als Idee im Todtenreiche der Natur noch umgeht und an ihr einſtiges Geweſenſein in Gott erinnert, oder gar ihn unbewußt erſt vorbedeutet. Ein ſchwüler Nebel hat ſich damit über die Natur gelegt, darin die philoſophiſche Leuchte einen weiten Schein verbreitet, und die Sonne ſelber iſt verdeckt. Das Licht des Bewußtſeins über dem menſchlichen vermag nicht durchzuleuchten und der Fortſchritt der Naturforſchung verwandelt ſich in einen irren Kreis, oder würde ſich darein verwandeln, wenn die Naturforſcher durch den Schein jener Leuchte ſich wirklich verlocken ließen. Aber, obwohl ſie noch unter demſelben Nebel gehen, ſie gehen abſeits mit prüfendem Schritt und prüfender Hand, und wenn einſt der Nebel weichen wird, ſo werden ſie dann um ſo leichter das in höherm Licht Erblickte zu deuten wiſſen, wie der operirte Blinde das, was er aus der Ferne ſieht, nur deuten lernen kann nach dem, was er erſt in der Nähe gefühlt. Dann wird man ſich wundern, wie doch ſo Viele jenem Scheine ſo lange folgen konnten.

Zuletzt iſt alles Erbſchaft von Hegel. Wie, ſagt man, von Hegel? war nicht die Anſicht von dem Tode der Erde und dem todten Leben der Pflanzen längſt ſchon die gemeine Anſicht? Ja wirklich nichts als die gemeine Anſicht iſt uns in philoſophiſchem Gewande wiedergeboren; leider aber nun ohne alle die Heilmittel gegen ihre Conſequenzen, welche die gemeine noch glücklicherweiſe durch ihre eignen Inconſequenzen hat. Dieſe Inconſequenzen der gemeinen Anſicht ſind aber die Conſequenzen der unſern.

In gewiſſer Weiſe verhält ſich, ſo dünkt mich, unſere Anſicht, welche die Erde ſelbſt für das Hauptſeelenweſen erklärt, und alles unſer Leben ſich um das ihrige drehen läßt, in Abhängigkeit davon, zur gewöhnlichen Anſicht, welche umgekehrt in dem Menſchen das Hauptſeelenweſen erkennt, und alles Geſchehen der Erde ſich um ihn drehen läßt, wie die Copernicaniſche Weltanſicht, welche die Planeten, die kleinen Ausgeburten der Sonne, ſich um die Sonne drehen läßt, zur Ptolemäiſchen, welche die große Sonne ſich um die kleine Ausgeburt, die Erde drehen läßt.

Es iſt wahr, die Ptolemäiſche Anſicht liegt uns näher, wie es jedem Weſen überhaupt am nächſten liegt, ſich ſelbſt als Mittelpunct des Ganzen zu fühlen, und es hat manch Jahrtauſend und anfangs bitteres Widerſtreben gekoſtet, um den Gedanken den großen Schritt durchſetzen zu laſſen, der ihn aus der peripheriſchen Verwicklung, in der unſre Wirklichkeit befangen iſt, ins klare und wahre Centrum dieſer Wirklichkeit verſetzt hat. Denn ſchien ſich nicht Alles zu verkehren bei dieſem Schritt, der Augenſchein ſeine Kraft zu verlieren; was ordnend und regelnd über unſern Häuptern ging, zu erſtarren, was feſt und ſicher unter unſern Füßen war, zu wanken, ſich zu drehen? wer konnte ſich noch zurecht finden, wer halten in dem Umſturz? der ganze alte Himmel ſchien ja kopfüber zu fallen. Und doch, nachdem der Schritt gelungen iſt, der Menſch einheimiſch geworden iſt auf dem neuen Standpunct, liegt das ganze Weltſyſtem klarer, ſchöner, geordneter, in ſich gerundeter und gegründeter, vernünftiger, würdiger vor uns. Nicht blos die irdiſche Ordnung, auch die Gründe der irdiſchen Ordnung in einer himmliſchen, nicht blos Regeln, welche die Zeit binden, auch ein ewiges Band der Regeln giebt ſich kund, und das Auge fängt an, Sterne zu finden, ehe es ſie noch ſahe.

Aehnlich, wenn wir uns zu dem nicht minder großen, nicht minder bedenklich erſcheinenden, nicht minder ſcheinbar Alles verkehrenden, Schritt entſchließen, den Seelenſchwerpunct des Irdiſchen nicht mehr in uns, ſondern in der Erde, wie den des Ganzen in Gott, zu ſuchen, oder vielmehr jenen in dem Syſtem, was die Erde mit uns in Eins bildet, wie ja auch der Schwerpunct des Gan-

[illegible] nicht eigentlich in der, von den Planeten abgesondert gedachten, Sonne, sondern dem System zu suchen, was sie mit den Planeten in Eins bildet.

Dabei mag es immer geschehen, daß, wie wir im alltäglichen Leben die Sonne immer noch um die Erde gehend denken, so auch Mensch und Erde im alltäglichen Leben noch im hergebrachten Verhältniß denken dürfen. Wo es sich nur um Nächstliegendes handelt, wird diese Vorstellungsweise stets die beste, weil eben die nächstliegende sein. Aber anders, wo Forderungen über die Bedürfnisse des Tages hinausgehen und aus oberem Gesichtspuncte die Bedürfnisse vieler Tage im Zusammenhange befriedigt werden sollen.

Wird nicht auch Folgendes hier Anwendung finden, was man von Copernicus gesagt hat?

„Vor Allem müssen wir bedenken, daß Copernicus nicht blos wissenschaftlichen Autoritäten gegenübertrat, sondern zugleich einem Glauben, der durch die Kirche geheiligt nach allen Seiten hin mit dem Gemüthe und der Vorstellungsweise aller Einzelnen verwachsen war. Es handelte sich hier nicht blos um Einführung einer neuen astronomischen Hypothese, sondern es galt einen Kampf mit den Schranken der bisherigen Denkweise überhaupt. Wie sollten wir uns daher über die Angriffe wundern, die das System des Copernicus von allen Seiten her erfahren mußte. Melanchthon, der sonst so Verständige, schrieb, als die Kunde von der neuen Weltansicht sich allgemeiner zu verbreiten anfing, an einen Freund, daß man die Obrigkeit bewegen müsse, eine so kühne und gottlose Meinung mit allen ihr zu Gebote stehenden Mitteln zu unterdrücken.“ (Schaller, Briefe S. 285.)

Der rohen Betrachtung drängt sich freilich bei unserer Frage gleich wieder, wie bei der Frage nach der Pflanzenseele, auf, daß die Erde doch kein im Ganzen ähnlich eingerichtetes Nervenſyſtem hat, nicht im Ganzen läuft, ſchreit, frißt und andres dergleichen hat und thut wie wir und die Thiere, an welchen äußerlichen groben Handhaben wir die Seele faſſen zu können meinen, indeß wir doch nur eine beſondre Art Gefäß derſelben damit faſſen und nichts hindert, daß es auch Gefäße ohne ſolche Henkel gebe.

Soll ich nun nochmals ausführlich zeigen, wie ich es in meiner frühern Schrift gethan, daß, wenn das Daſein ſolcher Merkmale freilich das Daſein einer menſchlichen oder thieriſchen Seele beweiſen kann, ihre Abweſenheit auch eben nichts weiter als die Abweſenheit einer menſchlichen und thieriſchen Seele beweiſen kann, aber nicht die Abweſenheit einer Seele überhaupt, nicht einmal einer niedern, geſchweige einer höhern. Und wer wird ſich auf den beſchränkten Standpunct ſtellen wollen, zu glauben, daß es in der ganzen Welt nur menſchliche und thieriſche Seelen geben könne. Giebt es aber noch anders geartete, giebt es namentlich noch höher geartete, Seelen als menſchliche und thieriſche, ſo muß es auch noch anders- und höhergeartete Weiſen und Mittel für dieſelben geben, ſich äußerlich darzuſtellen, als jene, die nun eben nur für menſchliche und thieriſche Seelen charakteriſtiſch ſind. Und wollen wir ſolche Seelen ſuchen, ſo gilt es nicht, ſie nach ſolchen beſondern Merkmalen aufzuſuchen, ſondern nach allgemeinern, nach ſolchen, die auf das gehen, was unangeſehen aller menſchlichen und thieriſchen Beſonderheiten die menſchliche und thieriſche Seele ſelbſt zur Seele macht, die mit dem eigenſten Weſen der Seele zuſammenhängen, die wir nicht fehlend denken könnten, ohne daß das Wirken der Seele im Leiblichen ſich ihrer eigenſten Natur nach verleugnen müßte. Dergleichen aber liegen nicht im Daſein eines Nervenſyſtems von menſchlicher und thieriſcher Einrichtung, ſondern in allgemeinern Charakteren, wie den Eingangs angeführten, die nun eben alle der Erde in höherm Sinne als uns ſelbſt zukommen.

Freilich der Anatom und Phyſiolog möchte gern ein einzelnes handgreifliches Reagens für das Daſein einer Seele haben. Wie der Chemiker das Daſein oder die Abweſenheit von Eiſen in einer Flüſſigkeit am Erſcheinen oder Nichterſcheinen einer blauen Färbung bei chemiſcher Behandlung der Flüſſigkeit erkennt, ſo möchte der Anatom und Phyſiolog das Daſein oder Nichtdaſein einer Seele eben ſo einfach am Erſcheinen oder Nichterſcheinen weißer Fäden bei der anatomiſchen Behandlung des Leibes erkannt wiſſen, als ob Seele im Körper und Körper im Körper ſuchen daſſelbe wäre; und wo er ſolche Fäden nicht mehr ſieht oder nicht mehr nach Analogie vermuthen kann, da ſieht und vermuthet er auch keine Seele mehr. Doch hat kein Experiment ihm je für eine über das Thierreich hinausgehende Nothwendigkeit der Nerven zur Seele irgend einen Beweis geben können, da ſogar deren Daſein innerhalb des Thierreichs für viele niedre Geſchöpfe mehr als zweifelhaft iſt, kein Experiment ihn je Seele überhaupt irgendwo und irgendwie ſehen laſſen, alſo auch keins irgendwo und irgendwie ſie leugnen laſſen können. Ja es iſt überall nicht ſein Fach, ſie zu ſuchen, oder zu leugnen; denn ſein Gebiet iſt der Körper. Wo er auch Seele in andern Körpern als in ſeinem eigenen annimmt, da entlehnt er die Annahme, erfahren hat er nichts davon; und auf welcher Erfahrung könnte er fußen, wenn er dieſer Annahme dann Gränzen ſetzt; es iſt nur eine neue Annahme, eine Annahme der Gewohnheit; doch er verwechſelt Gewohnheit mit Erfahrung.

Ja wüßten wir, was das Nervenſyſtem nach ſeiner Materie, Form und Fügung in uns ſelbſt ſo tauglich macht, zu Dienſten der Seele zu ſtehen, fände ſich, daß es wirklich etwas iſt, was nur eben Nerven der Seele leiſten können, ſo hätten wir Recht, ihre und der Seele Abweſenheit zu identificiren; nun aber iſt für uns ganz und gar unerklärt, was den fadenförmigen Nerven und dem uncentrirten Gehirn jene ſo wichtige Bedeutung für unſre eigne Seele giebt, es bleibt für uns ganz räthſelhaft, ja unbegreiflich; wie können wir alſo eine nothwendige Bedingung aller Seele in ihnen ſehen, da wir nicht einmal begreifen können, wiefern ſie eine ſolche für die unſrige ſind. Und wenn wir uns mühen, es zu begreifen, kommen wir immer darauf: ſie ſind es dadurch, daß ſie doch erfahrungsmäßig, denn kein Schluß könnte es uns lehren, jene allgemeinen weſentlichen Beziehungen, Verknüpfungen im Leiblichen vermitteln, die wir als wahrhaft charakteriſtiſch für das Seelendaſein halten; können aber dieſe weſentlichen Puncte auch ohne eiweißartige Stränge und Gehirnklumpen vorkommen; warum wollen wir ſolche zum Seelendaſein noch fordern; das heißt nicht, den Leib durch das Band der Seele, ſondern die Seele durch leibliche Stricke binden.

Ich trage hierbei gelegentlich etwas zu Nanna nach, was doch auch für unſere jetzigen Betrachtungen nicht ohne Belang iſt.

In Nanna (S. 38) ſagte ich: Wenn eine Flöte ohne Saiten Töne geben kann, welche eine Violine nur mit Saiten geben kann, ſo iſt kein Hinderniß zu glauben, daß auch eine Pflanze ohne Nerven Empfindungen geben kann, welche ein Thier nur mit Nerven geben kann; denn was von objectiver Erregung, kann eben ſo gut von ſubjectiver Entſtehung der Empfindung gelten; es gilt für die eine keine andere Logik, als für die andere. Nun will ich erinnern, daß man eine Beſtätigung hiervon ſchon im Thierreich ſelbſt finden kann, die mir damals noch nicht zu Gebote ſtand. Früher glaubte man, wenn die Polypen, Infuſorien und manche Eingeweidewürmer empfinden, hänge dies am Daſein von Nerven, die man nur noch nicht aufzufinden gewußt. Jetzt, nach neuern Unterſuchungen von Dujardin und Ecker, iſt man wohl ſo ziemlich allgemein überzeugt, daß ſie wirklich keine Nerven haben, weil ſie zugleich auch keine Muskeln haben; denn Beides findet man immer bei einander. Sie haben ſtatt Nerven und Muskeln nur ein lückiges oder maſchiges contractiles Gewebe, was die Function von Nerven und Muskeln verbindet. Ja es iſt der Connex von Nerven und Muskeln überall ſo weſentlich, daß man ſelbſt bei menſchlichen Mißgeburten Muskeln und Nerven einer Gliedmaße ſtets gleichzeitig fehlend findet. Hier ſieht man recht deutlich, wie bei einem andern als dem gewöhnlichen Organiſationsplane Empfindung auch ohne Nerven möglich iſt. Oder will man lieber nun den Polypen und Infuſorien Empfindung abſprechen? Das wird man nicht; man wird den Schluß, obwohl nicht die Schlußweiſe ändern. Auch was ein contractiles Gewebe hat, kann nun empfinden; nur nichts weiter. Ich meine aber, ein höherer Blick ſieht hier eine höhere Erweiterung. Wenn es Weſen giebt, die nur mittelſt Nerven, und andere, die wieder nur mittelſt eines contractilen Gewebes empfinden können, ſo wird es überhaupt nicht weſentlich darauf ankommen, ob Nerv, ob contractiles Gewebe; ſondern auf etwas, was beiden Mitteln gemein; ſo lange man aber nicht weiß, was das iſt, kann es auch noch einer großen Menge andrer Mittel gemein ſein, die von Nerv und contractilem Gewebe ſo verſchieden oder noch verſchiedener ausſehen, als dieſe unter ſich.

Nun fehlt aber noch überdies der Erde nicht einmal ein Nervenſyſtem, nicht Fleiſch, nicht Blut, nicht Laufen, Schreien Freſſen; es kommt ihr alles auch mit zu, indem die Menſchen und Thiere ihr ſelbſt mit zukommen. Nur daß die einzelnen Gehirne der Menſchen und Thiere im Ganzen nicht wieder ein menſchliches oder thieriſches Gehirn bilden, die Beine im Ganzen nicht wieder ein Bein, die Stimmen im Ganzen nicht wieder eine einzige Stimme u. ſ. w. Aber bilden denn in uns die Nervenfaſern im Ganzen wieder eine Nervenfaſer? nein ſie bilden eben ein Gehirn oder Nervenſyſtem, eine complexe Zuſammenordnung von vielen Nervenfaſern, die im Zuſammenhange des ganzen Leibes etwas ganz Andres, nach höherm allgemeinern Princip Wirkendes, in höherm Sinne Einiges iſt, als alle einzelnen Nervenfaſern für ſich. Nun eben ſo bilden auch die menſchlichen Gehirne im Zuſammenhange des ganzen irdiſchen Gebietes etwas ganz Andres als ein Gehirn, etwas nach höherm, allgemeinern Princip Wirkendes, höher Bedeutendes, in höherm Sinne Einiges als alle einzelnen Menſchengehirne. Bilden doch auch, um ein früheres Bild hier eingreifen zu laſſen, die einzelnen Buchſtaben oder Worte, die wir ausſprechen oder ſchreiben, nicht wieder einen Buchſtaben oder ein Wort, ſondern eine Rede von viel höherm Sinne, viel größerer Bedeutung, als der Buchſtabe, das Wort hat. Nicht anders wird es mit dem Sinn ſein, welcher der Verknüpfung unſrer Gehirne inwohnt, nur daß wir Einzelne dieſen höhern Sinn nicht leſen können, da wir vielmehr ſelbſt darein eingehen.

Daß die geſammte Gehirnmaſſe, welche auf der

Erde exiſtirt, nicht eine einzige zuſammenhängende compacte Maſſe bildet, ſondern in Partieen, d. h. die einzelnen Menſchen- und Thiergehirne, getheilt und jedes davon mit ſeinen beſondern Sinnesorganen verſehen iſt, hat ſeine ſehr wichtige teleologiſche Bedeutung, die nur eben auf alles Andre eher hinzielt, als ein zertrenntes Weſen aus der Erde zu machen. Jede Partie vermag nämlich ſolchergeſtalt ſich zum Centrum beſonders gearteter Einwirkungen zu machen, und dieſen auf das Paſſendſte darzubieten, und die freie Beweglichkeit unſrer Gehirne kommt dem zu Hülfe. Hätten alle Gehirne der Erde in einen Klumpen, alle Augen in ein oder zwei Augen vereinigt und durch Nerven feſt verknüpft werden ſollen, damit das Ganze ganz wie ein Menſch ausſähe, ſo hätte die Erde viel weniger allſeitige und mannichfaltige Eindrücke aufnehmen, ſich mit viel weniger innrer Freiheit behaben können, als es jetzt der Fall iſt. Wenn wir doch glauben müſſen, daß die Freiheit unſrer Gedanken ſelbſt mit einer entſprechenden Freiheit von Bewegungen in unſerm Gehirn zuſammenhängt, ſo können wir eine geiſtige Freiheit höherer Art an die der Bande doch nicht ledige Freiheit geknüpft halten, mit der die ganzen Gehirne gegen einander bewegt werden. Es geſchehen nicht blos freie Bewegungen in unſerm Gehirne, ſondern unſre Gehirne werden ſelbſt in freien Bewegungen im höhern Ganzen der Erde umhergeführt; und die Veranlaſſungen dazu liegen größtentheils in Wechſelbeziehungen dieſer Gehirne, die in ſie ſelbſt eingreifen.

Einen andern teleologiſchen Grund der Zerfällung der

Gehirnmaſſe und der Sinneswerkzeuge der Erde in Partieen kann man darin ſuchen, daß ſolchergeſtalt die Verletzung der einzelnen unſchädlicher für das Ganze wird.

Es ſind dieſelben Gründe, die uns ſtatt eines Auges, eines Ohres, einer Gehirnhälfte zwei gegeben und den Augen eine gewiſſe Beweglichkeit verliehen haben. Nur daß ſie bei der Erde nach viel höherm Maßſtabe, in viel höherm Sinne gewaltet haben. Sehen wir aber etwa mit zwei Augen, denken wir mit zwei Gehirnhälften weniger in Eins, als wenn wir blos ein Auge, eine Gehirnhälfte hätten? Warum es bei der Erde vorausſetzen?

„Im Grunde, (ſo leſe ich in der Schrift eines gründlichen Naturforſchers) beſteht ja auch das Gehirn und Rückenmark aus vielen *einzelnen*, nur durch Nervenfäden in Verbindung geſetzten Centralorganen, denn wenn man einen Froſch z. B. der Quere nach in drei Stücke theilt, ſo kommen in jedem einzelnen noch Thätigkeiten vor, welche die Wirkſamkeit eines Centralorgans unwiderleglich darthun. Aber freilich werden die drei Stücke keine unter ſich harmonirenden Bewegungen ausführen, auch dann nicht, wenn man, ſtatt den Froſch in mehrere Stücke zu theilen, nur das Rückenmark an mehrern Stellen zuvor durchſchneidet. — Man wird alſo annehmen müſſen, daß Gehirn und Rückenmark aus mehrern Centralorganen beſtehen, deren jedes für ſich und bis zu gewiſſem Grade unabhängig von den übrigen ſeiner ſpecifiſchen Thätigkeit vorſteht, daß aber alle dieſe Centralorgane durch die Faſerverbindung, welche ſie zuſammenhält, zu einem Centralorgan höherer Potenz werden.“ (Volkmann's Hämodynamik S. 395).

Warum ſoll, was von den verſchiedenen Theilen des Gehirns gilt, nicht in noch höherer Potenz von den verſchiedenen Gehirnen ſelbſt gelten? Statt Faſerverbindungen haben wir alle die Verbindungen, welche den menſchlichen Verkehr vermitteln, von dem es ja factiſch iſt, daß ſie geiſtige Beziehungen vermitteln, deren unmittelbares Bewußtſein freilich nur eben in den höhern Geiſt fallen kann. Die höhere Verknüpfung geſchieht nur mittelſt anderer Mittel als die niedrigere.

Es ſcheint mir, daß man manchmal in einen eignen Widerſpruch geräth. Wenn ich ſage: das Gehirn iſt das Hauptorgan der Seele im Menſchen und jeder Gedanke wird von einer Bewegung im Gehirn getragen; ſo ſagt man etwa, um den Geiſt recht hoch über die Materie zu erheben: wie kann die Freiheit des Gedankens ſich an die Bahnen, die im Gehirn gezogen ſind, halten; da ſieht man nichts als feſte Faſern in ein für allemal beſtimmter Lage. Umgekehrt fragt man, wenn ich der Erde eine einige Seele zuſpreche, wo ſie doch ein ähnliches in ſich feſtgebundenes Organ wie das Gehirn habe, und vermißt, da die Menſchen frei unter einander herumlaufen, nicht an einander gebunden ſind, wie die Gehirnfaſern, den Ausdruck des einigenden Bandes ihrer Seelen. Man hat beidenfalls Unrecht. Auf den Straßen des Gehirns ſind doch ſo freie Bewegungen als auf den Straßen eines Landes möglich, die ja auch feſt liegen, und ſo frei die einzelnen Menſchen ſich zwiſchen- und gegen einander bewegen, ſind ſie doch im Ganzen ihren Anlagen, ihrer Entwickelung und dem Ineinandergreifen ihrer Thätigkeiten nach ſo gut gebunden, als es irgendwie das, was in unſerm Gehirn geht, ſein kann.

Leicht irren wir auch darin, daß wir die ſorgfältig in ſich verſchlungene Ausarbeitung unſers Gehirns als Ausdruck oder Bedingung der verknüpfenden *Einheit* unſers Bewußtſeins anſehen, da ſie doch nur der hohen, obwohl immer der der ganzen Erde untergeordnet bleibenden, *Entwickelung* unſers Geiſtes zum Ausdruck oder zur Vermittelung dient. Käme es auf nichts an, als die Einheit unſers Geiſtes in Gefühl oder Bewußtſein leiblicherſeits zu bedingen oder zu tragen, ſo bedürfte es gar keiner ſorgfältigen oder verwickelten Anſtalten. Das Infuſorium, der Polyp, der Wurm, das Inſect fühlen bei ihrem einfachern rohern Bau, ihren zerſtreuten oder fehlenden Nervencentris, das, was ſie einmal fühlen, gewiß ſo gut als Beſtimmung derſelben Seele, wie wir, aber ſie fühlen nicht ſo Hohes, Reiches, Verwickeltes und Entwickeltes als wir; ihre Seeleneinheit gliedert ſich nicht in ſo mannichfaltige durch- und übereinandergreifende, ſich ſpiegelnde und wiederſpiegelnde individuellgeartete Momente und Bezüge, als die unſre. Alles in der Welt iſt ohne beſondere Anſtalten in der Einheit des göttlichen Bewußtſeins verbunden, die Einheit oder Verknüpfung des Bewußtſeins iſt überhaupt eine allgemeine, an den ganzen Naturzuſammenhang geknüpfte, göttliche Thatſache, in welchen Zuſammenhang Licht und Luft, Waſſer und Feuer, mit ihren bezugsreichen Kräften, ſo gut eingehen, als alles Organiſche, und wozu es weder der Nerven, noch eines Nervenzuſammenhanges bedarf. Wir müßten einen in der Natur allgegenwärtigen und allwiſſenden Gott leugnen, um es zu leugnen. Was ſich nicht für ſich in eine ſelbſtbewußte Sphäre zuſammenfaßt, und auch in unſrem Leibe thut es nicht der einzelne Knochen, nicht der einzelne Muskel, nicht die einzelne Nervenfaſer für ſich, das geht doch ein in eine ſolche Sphäre. Es fragt ſich alſo überall nicht, wo Bewußtſein angeht und aufhört, kommt überall nicht darauf an, Bewußtes und Bewußtloſes grundweſentlich zu ſcheiden, da im Zuſammenhange Alles beiträgt, Bewußtes zu bilden, ſondern höhere und niedere Bewußtſeinsſphären und dieſe von einander zu unterſcheiden, und was niedern Bewußtſeinsſphären äußerlich und hiermit fremd erſcheint, trägt doch bei, ſie in einer höhern Bewußtſeinsſphäre zu verknüpfen.

So mögen nun immerhin zwiſchen unſern Gehirnen die Nervenfaſern fehlen, die wir noch zwiſchen den Ganglien der Inſekten wahrnehmen. Sie ſind zur Bewußtſeinsverknüpfung an ſich nicht nöthig; der allgemeine Naturzuſammenhang reicht dazu allein ſchon hin. Wäre es freilich *nur* der allgemeinſte Naturzuſammenhang, der hier vorläge, ſo wäre es auch nur das allgemeinſte göttliche Bewußtſein, was die Verknüpfung unſrer Geiſter begründete; aber da das irdiſche Syſtem, in dem ſich unſre Gehirne verknüpfen, den andern Weltkörpern in jeder Hinſicht noch individueller gegenüber ſteht, als unſer Körper, in dem ſich unſre Nervenfaſern verknüpfen, andern irdiſchen Körpern, ſo wird auch der Geiſt, in dem ſich unſre Geiſter verknüpfen, den andern himmliſchen Geiſtern noch individueller gegenübergeſtellt ſein. Die hohe Entwickelung aber, die unſre Geiſter mit Bezug auf die Verwickelung ihrer Gehirne gewinnen, kommt dann natürlich dem höhern Geiſt in noch höherm Sinne zu; da ſein Leib eine Verwickelung aller dieſer Gehirne durch noch andere Mittel als Gehirn- und Nervenmaſſe enthält.

Man ſagt etwa: aber wie viel Aufwand feiner innerer Conſtruction bedurfte es in unſern Sinnesorganen und unſerm Gehirne, um nur die einfachſten ſinnlichen Empfindungen, und dann den Gang unſers vernünftigen Denkens leiblicherſeits zu begründen; und doch ſollte das bloße rohe Einſchieben des Unorganiſchen zwiſchen uns und die andern Organismen die Erde zu einem geiſtig noch viel höher befähigten Weſen machen, als wir ſelber ſind?

Nun freilich das Unorganiſche außer uns für ſich könnte nicht ein geiſtiges Mehr oder Höher für die Erde geben, als das Organiſche in uns für ſich giebt, ſo wenig Leinewand und Farben zwiſchen den Figuren eines Gemäldes für ſich etwas geiſtig Bedeutenderes geben können, als die Figuren für ſich; aber ein Andres iſt es mit dem Zuſammenhange des Einen durch das Andere, einem Zuſammenhange, der, wie wir wiſſen, nicht beiläufig, loſe und roh, ſondern im Urgrunde des irdiſchen Reiches bedingt, innig und nach allen Beziehungen durchgreifend und zweckmäßig iſt. Hüten wir uns nur, in jene ſcheidende Betrachtung des Organiſchen vom Unorganiſchen und hiermit jene erniedrigende Betrachtung des letztern zurückzufallen, die uns leider ſo geläufig iſt, als könne das Unorganiſche blos unterbrechend für das Organiſche wirken, da es vielmehr deſſen Bindemittel zu einem höhern Organiſchen iſt, und in dieſer Bindung gar nicht mehr den Charakter trägt, den wir gewöhnlich daran knüpfen, indem wir es außer dieſem Zuſammenhange betrachten.

Eine Eiſenbahn im Zuſammenhange des menſchlichen Verkehrs und als Vermittelung deſſelben betrachtet, iſt doch noch etwas Andres, als eine Eiſenſchiene, nach ihren Cohäſions- und Dichtigkeitsverhältniſſen für ſich, oder nur wieder zu andern Schienen betrachtet, eben wie ein Stück Nervenbahn, im Zuſammenhange unſers innern leiblichen Verkehrs und als Vermittelung deſſelben betrachtet, etwas ganz Anders iſt, als ein Stück Nervenfaſer, nach ſeinen Cohäſions- und Dichtigkeitsverhältniſſen für ſich, oder in Verhältniß zu andern Nervenfäden betrachtet. Die Nervenfaſer bedeutet nun blos in ſo fern etwas mehr, als eine Eiweißfaſer, als Bewegungen drauf gehen, die Träger von etwas Geiſtigem ſind, und ſo bedeutet auch die Eiſenbahn nur in ſo fern etwas mehr, als eine Eiſenſchiene, als Menſchen drauf fahren, die etwas Geiſtiges tragen. Aber es müſſen doch Bahnen da ſein hier und dort zum drauf gehen, drauf fahren, ſoll ein höherer Verkehr, ja ein Verkehr überhaupt Statt finden. Laß alle Straßen zwiſchen zwei Städten wegfallen, und die Städte fallen bezugslos aus einander, wie Auge und Ohr bezugslos aus einander fallen würden, wenn alle Nerven- und Aderbahnen zwiſchen weg fielen. Nerven- und Aderbahnen ſind aber auch, einzeln betrachtet, etwas viel Einfacheres, als Auge und Ohr ſelbſt, doch geht aus ihrer Verbindung mit den verwickelten Organen ein höheres Ganze hervor; ja das Höhere wird viel mehr durch die Verbindung als das Verbundene begründet, und ſehen wir näher zu, ſo bildet der vielfache Complex der verknüpfenden Nerven- und Aderbahnen doch im ganzen Zuſammenſchluß (als Gehirn) ſogar eine noch höhere Verwickelung, als in den dadurch verknüpften Organen ſelbſt zu finden, wie näher betrachtet das Kreuzen und Verweben der nur viel freiern Bahnen der menſchlichen Thätigkeit an der Oberfläche der Erde eine noch höhere Verwickelung giebt, als ſie in den Menſchen ſelbſt zu finden.

Wir können das Paradoxon, daß an dem ſcheinbar Einfachſten, Rohſten, als bindendem Mittelglied, gerade die höchſte Höhe des Geiſtigen hängt, ſolchergeſtalt in unſerm eignen Leibe beſtätigt finden; und was wir draußen in dieſer Hinſicht ſehen, nur als eine Steigerung des in uns gültigen Princips anſehen, welche durch die größere Höhe des höhern Weſens über uns gefordert wird. Nichts ſcheint dem rohen Blick roher und iſt ſeinen Elementen nach wirklich einfacher als das Gehirn; es erſcheint als eine gleichförmige weiche unorganiſirte Maſſe; auch hielt man es früher nur für einen abkühlenden Schwamm des Blutes, im Uebrigen ganz träge. Der feinern Betrachtung aber eröffnen ſich im Gehirn unzählige verknüpfende, ſich kreuzende, obwohl nirgends in einen Mittelpunct zuſammengehende Bahnen für Alles, was im Leibe wirkt und geht. Nicht nur Auge, Ohr, auch Zunge, Naſe, Magen, Haut, Gliedmaßen, Alles fiele bezugslos aus einander ohne dieſen fein durchfurchten Klumpen. Nicht anders roh, als unſre einſtige Betrachtung des Gehirns geweſen, iſt noch heute unſre Betrachtung deſſen, was das organiſche Leben an der Erdoberfläche bindet. Wir halten Luft und Meer und Land auch ſo zu ſagen nur für einen abkühlenden Klumpen in Verhältniß zum warmen Körper des organiſchen Lebens; doch iſt Luft und Meer und Land durchfurcht von tauſend Schallſträlen, die Gedanken von Menſchen zu Menſchen tragen, von tauſend Lichtſtralen, die den Blick von Menſchen zu Menſchen tragen und die Menſchen ſelbſt in ihrem Verkehr leiten, von tauſend feſten Straßen und Kanälen, auf denen ſich die Menſchen ſelbſt zu einander bewegen, von tauſend Schiffen, die über das Meer gehen, von tauſend Boten, Briefen und Büchern, die Gedanken in die weiteſte Ferne tragen, und zum Theil durch die längſte Zeit forterhalten. Häuſer, Kirchen, Städte, Denkmäler, tauſend Werkzeuge des Verkehrs und der Erinnerung, die das menſchliche Leben zuſammenhalten und ausbauen, entwickeln ſich in demſelben Bereiche, wie im Laufe der Ausbildung des Menſchen ſich tauſend Werkzeuge des innern Verkehrs und der Erinnerung im Gehirn entwickeln mögen, die wir freilich nicht ſo deutlich erblicken können, weil das Gehirn nicht ſo ins Breite und Große vor uns ausgebreitet liegt, als die Erdoberfläche. Und können wir wohl das Bewußtſein und die Bewußtſeinsbezüge, die ſich an all das im Gehirn knüpfen, ſelber mehr ſehen, als was wir davon in der Außenwelt ſuchen, wenn wir das Gehirn nicht ſelber haben?

Wer kann nach Allem leugnen, daß Alles, was wir an der Erde und dem Himmel betrachtet haben, ſich auch anders deuten und zurechtlegen läßt. Ich ſage nur: wir werden keinen natürlichern, klarern, einfachern, ſchlagendern, höhern Geſichtspunct finden, unter den ſich der ganze Zuſammenhang deſſen, was wir auf Erden und im Himmel ſehen, bringen läßt, als der ſich in dem Satze ausſpricht: die Erde und ihre Nachbarn ſind individuell beſeelte Geſchöpfe Gottes wie wir, aber ſind höher beſeelte Geſchöpfe von höherer Stufe der Individualität und Selbſtſtändigkeit.

Und nicht nur keinen klarern, ſondern auch keinen ſchönern, ſo wahr die Ausprägung höherer Geiſtigkeit in individueller Geſtaltung zum Kern und Weſen der Schönheit gehört. Nun kann uns die Erde ſchön erſcheinen, wie ein Menſchenleib, da ſie Seele hat, wie dieſer. Was aber von ihrer Schönheit hinaus reicht über unſre Faßlichkeit, das ſchlägt nur über in Erhabenheit. Alles, was zerfallen und zerfahren erſchien in Natur- und Geiſteswelt, oder ins Unbegränzte zu zerfließen, ins Unfaßliche zu zerblaſen drohte, das bindet und rundet ſich nun für den Geiſt überſchaulich und erfreulich in greiflicher Sphäre ab; und das Begränzte weiſt hinaus ins Unbegränzte alles Umgränzende.

Und endlich keinen beſſern; denn zu wiſſen, daß wir alle Eines Geiſtes ſind, der Gottes iſt, wird es uns allen erleichtern, daß wir nun auch Alle Eines Geiſtes werden in ſolchem Sinne, daß der höhere und der höchſte Geiſt Friede in und mit uns habe. Doch hiervon künftig.

Und dennoch bleibt die ganze Anſicht Glaubensſache: nichts darin läßt ſich mit dem Finger zeigen; nichts mit einem, aber wohl mit allen.

Einige Argumente, die bisher mehr beiläufig berückſichtigt, als voll entwickelt und ihrem Gewichte nach gewürdigt ſind, ſollen nun in den drei folgenden Abſchnitten noch etwas näher erwogen werden.

V. Die Erde, unſre Mutter.

Man ſieht wohl mitunter, daß eine lebendige Mutter todte Kinder gebiert; kann aber auch eine todte Mutter lebendige Kinder gebären? Wer möchte es behaupten wollen? Und wer behauptet es nicht wirklich? Denn nennen wir nicht die Erde unſre Mutter und halten ſie doch todt; und iſt ſie nicht wirklich unſere Mutter? Denn wo ſind wir hergekommen?

Wir lachen des Glaubens ſo mancher Wilden, welche die Menſchen urſprünglich aus Steinen entſtehen laſſen. Aber iſt es ein Unterſchied, ob wir ſie aus einem großen Steine entſtehen laſſen, oder aus mehrern kleinen; iſt das Alles, was wir mehr wiſſen, als ſie? Halten wir nicht die Erde wirklich todt wie einen Stein, und nennen ſie doch unſre Mutter.

Wir würden meinen, man ſpotte unſrer, ſollte man uns zumuthen, die Kinderfabel im Ernſt zu glauben, daß ein Berg ein Mäuslein gebar. Warum? Weil Todtes nicht Lebendiges gebären kann. Aber die Fabel iſt uns nur nicht unglaublich genug, um ſie zu glauben, denn daß der todte Berg außer lebendigen Mäuslein auch lebendige Menſchen gebar, glauben wir wie die Kinder.

Mich aber dünkt es natürlicher, die Mutter mindeſtens ſo lebendig, ja lebendiger zu halten, als alle ihre Ausgeburten, weil ſie nicht blos eine, weil ſie alle ausgebären konnte; ja, nachdem ſie's einmal gethan, hat ſie in wiederholten Geburten immer neue und immer lebendigere Geſchöpfe ausgeboren; das ſieht doch nicht aus, als wäre ſie einſt in den Wehen geſtorben, und hinter dem Gebornen todt zurück geblieben, wie ſich's die vorſtellen, die am Meiſten in die Tiefe zu gehen meinen, und doch in der halben Tiefe bleiben. Iſt es nicht aber eben ſo wunderlich, zu glauben, daß des Menſchen Mutter durch das Gebären ſich in einen Stein verwandelte, als daß ein Stein des Menſchen Mutter war?

Freilich, die größte Thorheit erſcheint zuletzt als die größte Weisheit, hat man ſich einmal daran gewöhnt, um ſo mehr, wenn ſie ganz unbegreiflich iſt, und was in keiner Weiſe zu verſtehen iſt, wird gleich ſelbſtverſtändlich gehalten, als das, was ſich von ſelbſt verſteht. Und in Wahrheit, ſo thöricht und unbegreiflich, und doch zugleich ſo feſt und zuverſichtlich iſt der Glaube an die todte Mutter lebendiger Kinder, daß man auf einen tiefen Grund dieſer Thorheit und dieſer Feſtigkeit ſchließen muß. Auch hat ſie einen tiefen und ſogar weiſen Grund, der ſie freilich ſelbſt nicht weiſer macht; es iſt zuletzt derſelbe, der überhaupt alle Thorheiten hervortreibt und ſie eine Zeit lang hält, um durch Abarbeiten und endliches Abthun derſelben eine höhere

Weisheit und Sicherheit der Weisheit zu gewinnen. Und je größer die Thorheit, die ſich abarbeitet und endlich abthut, ſo größer iſt der Fortſchritt und die Feſtigung der Weisheit. Und ſo iſt auch zu hoffen, daß, wenn einſt die Thorheit von der todten Mutter lebendiger Kinder abgethan ſein wird, wir einen guten Schritt vorwärts ſein werden in der lebendigen und lebendig machenden Weisheit.

In der That, wo wäre ein Grund, ein Schluß, eine Erfahrung, die uns wirklich glauben oder den Glauben rechtfertigen laſſen könnte, daß je Beſeeltes anders als wieder von Beſeeltem geboren werden könne; ein Leib, der Seele einſchließt von einem Leibe, der keine einſchließt. Oder wie denkt man ſich's? Die Erde war ein roher Materienball, ohne Geiſt, ohne Seele, nur mit einem merkwürdigen Getriebe materieller Kräfte. In Folge derſelben entſtanden eigenthümliche Zuſammenſetzungen von Materie, deren Product auf einmal die Seele. Aber wäre das nicht der craſſeſte Materialismus, iſt dergleichen nicht längſt abgethan? und kann man ſich ernſtlich denken, daß es möglich, Seele durch bloße neue Zuſammenſetzung von Materie zu machen? — Oder ſo: Die Erde hatte freilich Seele, aber eine unbewußte, und zeugte nun aus dieſem Unbewußtſein die bewußten Seelen ihrer Geſchöpfe. Nun haben freilich ihre Geſchöpfe Bewußtſein; ſie aber hatte früher keines und hat noch keins: es entſtand erſt mit den Geſchöpfen und ſie haben es jetzt. Entſteht nicht auch in der Seele des Kindes Bewußtes aus Unbewußtem? — Ja freilich: aber es macht hiermit eben die vorher unbewußte Seele bewußt; das Bewußte verläßt die Seele nicht, aus der es geboren. Die Bewußtſeinsmomente, die ein Geiſt aus ſich gebiert, bleiben ſein und machen eben ſein bewußtes Leben aus. Kein Geiſt zerfällt in die Bewußtſeinsmomente, die er aus ſich gebiert, obwohl er ſich ſolche unterordnen kann. Es hieße dies alſo nur, die vorher unbewußte Seele der Erde war mit Schöpfung ihrer Seelen bewußt geworden. So könnte es vielleicht ſein, ich will darum nicht ſtreiten; aber das gäbe immer eine *jetzt* bewußte Seele der Erde. — Oder ſo: Gott formte den Leib des Menſchen aus der Materie der Erde und ſetzte die Seele aus der Fülle ſeines Geiſtes hinein. Aber iſt das nicht noch heute ſo; wird nicht noch heute der Leib des Kindes unter Zuthun Gottes, der bei Allem zuthut, aus irdiſcher Materie gebildet, und glauben wir nicht, daß noch heute des Kindes Geiſt der Fülle des göttlichen Geiſtes entquillt; aber bleibt der Satz darum heute weniger wahr, daß Beſeeltes nur von Beſeeltem geboren wird; wenn er aber heute wahr bleibt, warum ſoll er vor tauſend oder millionen Jahren unwahr geweſen ſein. Zuletzt kommt Alles aus Gott; aber überall muß man fragen: wie und aus was und nach welcher Ordnung macht Gott das, was er macht. Und ſo mag aller Geiſt aus dem Allgeiſt Gott kommen, aber nach ewigen Geſetzen fließt er nur durch ſchon beſeelte Kanäle von ihm in neue Abzweigungen dieſer Kanäle. Um nun in des Menſchen Leib zu fließen, mußte er erſt durch den Leib der Erde fließen, denn das iſt der große Kanal, an dem der kleine Kanal ſeines Leibes hängt

Freilich, die Umſtände der erſten Schöpfung der Menſchen- und Thiergeſchlechter waren anders, als die der jetzigen Erzeugung und Geburt. Es iſt nur eine Analogie, die, wie jede Analogie blos bis zu gewiſſen Grenzen trifft, wenn wir die erſte Geburt des Menſchen- und Thiergeſchlechts aus der Erde mit der jetzigen Geburt des Menſchen durch den Menſchen, des Thieres durch das Thier vergleichen. Und in dieſem Falle fehlt ſie ſogar in ſehr wichtigen Gleichungspuncten. Jetzt gebiert jede Mutter nur Weſen, die einander und ihr ſelbſt ungefähr gleichartig an Körper und Seele ſind; ſie vermag nur ſich ſelbſt zu wiederholen; mit ganz anderer Schöpferkraft hat die Erde aus ſich unzählige verſchiedenartige Weſen geboren, die weder ſie ſelbſt, noch einander in Leib und Seele wiederholen, obwohl immer durch Verhältniſſe der Stufenfolge und Ergänzung und des zweckmäßigen Zuſammenwirkens beweiſen, daß ihre Schöpfung aus einigem Princip erfolgt iſt. Ein Thier wirft ferner ſeine Jungen; ſie trennen ſich von ihm. Aber Menſchen und Thiere werden nicht in ähnlicher Weiſe von der Erde geworfen. Alle Menſchen und Thiere hängen vielmehr fortgehends an der Erde als ſelbſteigene Entwickelungsmomente derſelben.

Aber ſchwächen dieſe Abweichungen unſern Schluß? Verſtärken ſie ihn denn nicht vielmehr? Um eine Fülle des neuen Geiſtigen zu produciren, bedarf es ja doch einer gewaltigern, vollern, tiefer gegründeten geiſtigen Schöpferkraft, als das Einmal Erzeugte blos zu wiederholen; ja dies kann ohne allen geiſtigen Aufwand geſchehen; und verläßt der Leib des Menſchen die Erde nicht eben ſo, wie ein Junges den Mutterleib, ſo kann das eben nur den Unterſchied bedingen und beweiſen, daß auch die Seele des Menſchen den Mutter-Geiſt nicht eben ſo verläßt, da überhaupt nichts Geiſtiges den Geiſt verläßt, der es erzeugt hat. Auch des Kindes Geiſt würde nicht den Geiſt der Mutter verlaſſen, wenn er wirklich aus ihm flöſſe; aber es bedarf mehr dazu, als ihren Geiſt, einen neuen Menſchengeiſt hervorzubringen, obwohl der ihre als äußerer Anlaß immer dabei nöthig bleibt. Die Entwickelung der Menſchen- und Thierſeelen im irdiſchen Bereiche verhält ſich alſo wie die Entwickelung neuer geiſtiger Momente in uns ſelbſt. Was immerhin dieſe geiſtigen Momente in uns leiblich tragen mag, verläßt ja auch den Leib nicht, der den ganzen Geiſt trägt.

Daß die Erde doch jetzt nicht mehr ſo wie früher neue Organiſmen zu erzeugen vermag, läßt ſich in gewiſſer Weiſe damit vergleichen, daß die Sprache jetzt nicht mehr ſo wie früher neue Wortwurzeln zu erzeugen vermag. Nachdem einmal eine gewiſſe Anzahl Worte entſtanden, entſtehen alle neue nur noch als Kinder und Abänderungen der alten; wie jetzt alle neuen Geſchöpfe. Wie ſind die erſten Worte entſtanden? Wir wiſſen es ſo wenig, als wie die erſten Geſchöpfe. Das aber wiſſen wir, oder können wir ſicher ſchließen, daß der Geiſt bei erſter Schöpfung der Wortwurzeln nicht minder lebendig, nur nicht ſo hoch bewußt, war, als beim jetzigen Gebrauch in der Sprache, und daß er ſich nicht an die Einzelnheiten der Worte dahin gegeben, ſich darin verloren und zerſtreut hat, ſondern daß es noch derſelbe einige, ganze Geiſt iſt, der jetzt in der Fortentwickelung und dem Gebrauche der Sprache fortwirkt, als der, der ſich bei Bildung ihrer erſten Wurzeln bethätigt hat. Und ſo wird es auch mit der Schöpfung der irdiſchen Seelen ſein. Derſelbe Geiſt, der ſich bei ihrer Schöpfung bethätigt hat, wirkt jetzt noch in der Fortentwickelung und dem Gebrauche derſelben fort.

Vergeſſen wir nicht, daß, indem wir den Geiſt der Erde als unſern Schöpfer betrachten, wir damit nicht ausſchließen, daß Gottes Geiſt in höherem Sinne unſer Schöpfer ſei. Er iſt es eben durch Vermittelung des Geiſtes der Erde, durch ihn zeugt er uns.

Es hindert daher auch nichts, daſſelbe Argument, was wir für Beſeelung der Erde geltend machen, in weiterer Ausdehnung für Beſeelung der Welt durch Gott geltend zu machen. Es iſt es ſchon verlängſt von den Stoikern geſchehen, wie Cicero (de nat. deor. L. II. c. 8) anführt.

Pergit idem (Zeno) et urget angustius: „Nihil, inquit, quod animi, quodque rationis est expers, id generare ex se potest animantem compotemque rationis. Mundus autem generat animantes compotesque rationis. Animans est igitur mundus composque rationis.“ Idemque similitudine, ut saepe solet, rationem conclusit hoc modo: Si ex oliva modulate canentes tibiae nascerentur: num dubitares, quin inesset in oliva tibicinii quaedam scientia? Quid, si platani fidiculas ferrent numerose sonantes? idem scilicet censeres, in platanis inesse musicam. Cur igitur mundus non animans sapiensque judicetur, quum ex se procreet animantes atque sapientes?“

Obwohl die Erde eigentlich unſre Mutter nicht in gemeinem menſchlichen Sinne heißen kann, kann ſie es doch immer noch in einem höhern, wie Gott, der uns durch ihre Vermittelung erzeugt, nicht in gemeinem menſchlichen Sinne unſer Vater heißen kann, aber in einem höhern. Der gemeine menſchliche Vater, die gemeine menſchliche Mutter laſſen uns von ſich, der höhere himmliſche Vater, die höhere himmliſche Mutter behalten uns immerdar in ſich. Ein neues Zeugen iſt's nur hinein in ſich ſelber, was uns in ihnen den Urſprung giebt, denn was aus Gott kommt, das bleibt auch in Gott, und was die Erde trägt, verläßt ſie nicht. Dein gemeiner Vater und deine gemeine Mutter, zu denen du in einem äußerlichen Verhältniß ſtehſt, ſind nur die für dich äußerlichen, für ſie aber innerliche, Werkzeuge dieſer Schöpfung.

Einige Gedanken über die materiellen Gründe, welche bei Schöpfung der organiſchen Weſen wirkſam geweſen, ſiehe in einem beſondern Anhange.

VI. Von den Engeln und höhern Geſchöpfen überhaupt.

Jedes Element hat ſonſt ſeine lebendigen beſeelten Geſchöpfe, die eben auf dies Element in Bau und Lebensart eingerichtet ſind. Das feſte Erdreich hat unten ſeine Würmer und Maulwürfe, oben ſeine Schafe, Rinder, Menſchen, das Waſſer ſeine Krebſe und Fiſche, die Luft ihre Schmetterlinge und Vögel. Aber das ſind Alles Elemente, die noch zur Erde ſelbſt gehören. Glaubt man, daß das himmliſche Aethermeer, dieſes reinſte und feinſte, ſchönſte und klarſte, allgemeinſte, verbreitetſte Element, deſſen Wellen das Licht ſind, worin die Erde ſelbſt ſchwimmt, keine Geſchöpfe habe, die darauf eingerichtet ſind, darin zu leben? Wo ſind ſie, wenn nicht die Weltkörper ſelber es ſind? Sie aber ſind wirklich ganz auf ihr Element eingerichtet, wie der Fiſch auf das Waſſer, der Vogel auf die Luft, als höhere Weſen im höhern Element auf höhere Weiſe zu einem höhern Leben eingerichtet, wie es freilich uns in unſrer niedern Weiſe des Seins nicht gleich ganz verſtändlich erſcheinen will. Sie ſchwimmen darin ohne

Floſſen, ſie fliegen darin ohne Flügel, getragen im halb geiſtigen Elemente von einer halb geiſtigen Kraft, wandeln darin, groß und ruhig, wie alles Erhabne groß und ruhig wandelt, ſuchen und laufen nicht ängſtlich umher nach körperlicher Nahrung, begnügt mit dem Licht, das ſie einander zuſenden, drängen und ſtoßen ſich nicht, ſondern ziehen einher in klarer Ordnung und einträchtiger Richtung, doch jedes dem leiſeſten Zuge des andern folgend, wir nennen es Störung, und es iſt nur das feinſte, immer neue, ſich nie wiederholende, Spiel ihres äußern Lebens, und entwickeln dabei, indem ſie ſo äußerlich ſich ganz einer ewigen und doch ewigen Wechſels vollen Ordnung fügen, innerlich die größte Freiheit, den unerſchöpflichſten Reichthum geiſtiger und leiblicher Schöpfungen, Geſtaltungen und Regungen, in deren Fluß die unſern ſelbſt eingehen.

Hat man nicht von jeher gefabelt von Engeln, die im Lichte wohnen und durch den Himmel fliegen, unbedürftig irdiſcher Speiſe und Trankes, Zwiſchenweſen zwiſchen Gott und uns, ſeinen Geboten reinſte Folge leiſtend. Hier hat man Weſen, die im Lichte wohnen, und durch den Himmel fliegen, unbedürftig irdiſcher Speiſe und Trankes, Zwiſchenweſen zwiſchen Gott und uns, ſeinen Geboten reinſte Folge leiſtend. Und iſt wirklich der Himmel das Haus der Engel, ſo können nur die Geſtirne die Engel des Himmels ſein, denn es giebt keine andern Bewohner des Himmels. Auch hält man ſie nur deshalb nicht für Engel, weil ſie nicht wie Menſchen ausſehen und keine Vogelflügel haben: ſie ſollen ausſehen, wie ſie der Maler malt; aber glaubt man denn, daß unſäglich viel höhere Weſen als der Menſch in einem unſäglich feinern Elemente gebaut und eingerichtet ſein und ſich benehmen können, wie der Menſch, das kleine einſeitige, auf die Erde geklebte Weſen?

Dennoch iſt unſre Vorſtellung von den Engeln noch ſo richtig und zutreffend, als ſie nur immer bei dem Princip, ſie ganz zu vermenſchlichen, ſein kann.

Unſer Mythus von den Engeln dünkt mir in der That wie ein kindliches Vorſpiel, eine liebliche Ahnung, ein anthropomorphotiſches Gleichniß für die wahre Lehre von den Engeln; es tritt nur in dieſer Alles, was man ſonſt ſich ſelbſt nicht getraute zu glauben, und widerſprechend fand mit all ſeinem Wiſſen, da man die Engel phantaſtiſch und menſchlich ſpielen ließ ohne Boden zwiſchen den Welten, jetzt auf einmal groß, gewaltig, feſtgegründet in den Kreis des Wirklichen, nichts abſtreifend, als die unweſentliche äußere Form. Die kleine Vorſtellung erweitert ſich rieſenmäßig, indem wir die übermenſchlichen Weſen nicht mehr in unſerer menſchlichen, ſondern in ihrer übermenſchlichen Weiſe des Seins ſelbſt erfaſſen: aber die kindlichſten Züge gehen nicht verloren, ſie werden nur zu den erhabenſten Zügen.

Glaubte nicht jeder Menſch ſonſt ſeinen beſondern Engel zu haben, der vor den andern allen ihm beigeſellt ſei, zur Vermittelung der göttlichen Sorge. Es hat auch jeder Menſch den ſeinen, der ihm vor allen andern Engeln nahe iſt, ſich ganz um ihn kümmert, alles, was der Menſch thut und denkt, vor Gott bringt und bei Gott vermittelt.

Ja Gott iſt noch barmherziger geweſen, auch jedem Thier, jeder Pflanze gab er einen Engel bei zur Vertretung bei ihm. Nur, weil es der höhern Weſen nicht ſo viele giebt, als der niedern Menſchen, Thiere, Pflanzen, ſtellte er nicht neben jeden Menſchen, jedes Thier, jede Pflanze, einen beſondern Engel, klein, wie der Menſch, das Thier, die Pflanze ſelber, — müßten ſich nicht auch die vielen Engel ſtreiten, wie es die Menſchen, Thiere, Pflanzen ſelbſt genug ſchon thun, wenn jeder nur ein beſonderes Intereſſe verträte — ſondern er ſtellte allen gemeinſam einen einzigen großen Engel vor, der all ihre Intereſſen in Zuſammenhang bei ihm vertritt. Der ganze Himmel fliegt voll ſolcher Engel, deren jeder für eine andere Geſellſchaft Weſen Gottes Sorge und Obhut übernimmt und vertritt. Iſt das nicht eine viel beſſere Einrichtung, als wir ſie dachten?

Auch darin müſſen wir unſere kindiſche Vorſtellung ändern: wir meinen, der Engel gehe wie eine Wärterin oder ein Wärter neben dem Menſchen her, und halte immer ein äußerlich Auge auf ihn; da wäre er ja aber nur wie ein Diener zum Menſchen und könnte keine eigenen Angelegenheiten beſorgen. Auch meinen wir, weiche wohl manchmal der Engel vom Menſchen oder entziehe ſich der Menſch der Obhut des Engels. All das hat Gott viel beſſer eingerichtet. Auf daß der Engel den Menſchen gewiß immer beſorge wie ſich ſelber; und ſich ſelber nicht zu vergeſſen brauche, indem er ihn beſorgt, und daß er nie vom Menſchen und der Menſch nie von ihm weichen könne, und damit er auch ſeine geheimſten Gedanken, böſe und gute, wiſſe und ihm Gott hinterbringe, ſo hat er den Engel gar nicht neben den Menſchen geſtellt, ſondern er hat den Geiſt des Menſchen dem Geiſt des Engels ſelber ganz eingethan. Nun beſorgt der Engel die Menſchen, indem er ſich beſorgt, verläßt ſie nie, ſo wenig er ſich ſelbſt verläßt; wenn wir aber ſagen, der Engel iſt von dem Menſchen gewichen, im Grunde iſt es umgekehrt, ſo iſt es nur, wie auch in uns ein einzelner Gedanke ſich wohl von der Bahn des ganzen Geiſtes verirren kann, und bleibt doch dieſem Geiſte angehörig, und der ganze Geiſt ruht nicht, bis Friede und Eintracht iſt zwiſchen Allem, was ihm angehört. Gott hat den Engel ſelber verantwortlich dafür gemacht, daß keiner deren, die er ihm innerlich anvertraut, verloren gehe; und wie Gott uns ſtraft, geht's in des Engels eigene Seele.

Alle Himmel ſollen voll ſein von des Ewigen Lobe: die Engel ſollen ſich in Chören ſammeln, ihm zu ſingen und zu muſiciren, ihn anzubeten; und das ſoll ſein ihr oberſtes Geſchäft; ſiehe, ſie drängen ſich um ihn, ihr Auge richtet ſich auf ihn, ſie faſſen an den Saum von ſeinem Kleide. Und ſammeln ſich die Geſtirne nicht in Chören in allen Himmeln; und wird es anders ſein mit andern Sternen, als mit unſerer Erde; in welcher der höchſte Gedanke Gott und Gottesdienſt der höchſte Dienſt heißt: die lobſingt und ſpielt Gott nicht blos mit einer ſchwachen Zunge und einem Inſtrumente, nein, gar mit tauſend Chören und tauſend Inſtrumenten, mit Flöten und Poſaunen, mit Orgeln und mit Glocken; ringsum in den Himmel ruft ſie Gottes Lob hinaus, und mit den lauten

Stimmen ge[illegible] ihr ſtilles Beten. Und ſucht in allen Weiſen des Denkens und Trachtens Gott zu nahen, und wird nicht ſatt zu ſinnen und mit ſich ſelbſt zu ſtreiten, wie ſie ihm am beſten möchte dienen, und reicht doch nur zum Saume ſeines Kleides. So wird es ſein mit allen Sternen in allen Himmeln. In allen wird der höchſte Gedanke Gott und Gottesdienſt der höchſte Dienſt heißen. Alle werden ſingen und ſpielen zu des Einen Preis und beten zu dem Einen, und ſtreiten, wie ſie's am beſten faſſen und wer's vermag am beſten.

Nicht Sänger blos und Spieler, auch Boten Gottes ſollen die Engel ſein, als ſolche nicht ſelbſtgewählte, ſondern von ihm vorgezeichnete Wege gehen; ſo thun die Geſtirne*) und ſollen die Menſchen führen, ihnen die Wege weiſen, wo irdiſche Führer nicht reichen, ſo thun die Geſtirne auch. Indeß der Engel der Erde uns innerlich führt entgegen ſeinem und unſerm Frieden, helfen die andern Engel dazu äußerlich. Zwiſchen den Engeln ſelbſt beſteht ſchon ewige Ordnung, ewiger Friede; ſie geben, eine Herde unter einem Hirten, als leuchtendes Vorbild am Himmel für ihre Geſchöpfe, daß auch dieſe eine Herde werden wie ſie ſelber zu des Höchſten Dienſte. Ihren ſichern Wandel droben erblickend, ahnt der Menſch einen höhern Wandel über der Wandelbarkeit der menſchlichen Dinge; ſeine Hoffnungen gehen durch die Nacht ſo hoch wie die Sterne gehen; den alle Sterne preiſen, will er auch preiſen. Und indeß er ſeine Gedanken an ihrem Anblick aufſchwingt in's Unbegränzte, Freie, ordnen und regeln ſie ihm den ganzen irdiſchen Haushalt unten. Die feſte

Ordnung, nach der ſie ſich unter einander äußerlich richten, giebt dem Leben, was ihre Geſchöpfe in ihnen führen, ſelbſt überall Ordnung, Geſetz, Maß und Ziel, leitet deren Freiheit, ohne ſie aufzuheben. Wahrlich nicht eine Erniedrigung, ſondern ein ſehr ſchöner Geſichtspunct liegt darin, daß die im Grunde unerſchöpfliche Mannichfaltigkeit der äußern Verhältniſſe, in welche die höhern Weſen treten können, (S. 169) doch durch ein unverbrüchliches, ewiges, der innern Freiheit noch jeden Spielraum laſſendes, Geſetz beherrſcht und gebunden iſt. Ja möchten wir nicht auf menſchlichem Standpunct wünſchen, daß es eben ſo zwiſchen uns Menſchen wäre. Und nur, daß es zwiſchen den höhern Geſchöpfen ſo iſt, erſpart, daß es zwiſchen uns eben ſo iſt. Wenn die höhern Geſchöpfe ſo zügellos und regellos am Himmel umherliefen, als die Menſchen auf der Erde unter einander, wie ſollten ſich die Menſchen ſelber auf der Erde in Zeit und Raum zurecht finden, ſich über Jahr, Tag und Stunde, Ort und Richtung verſtehen, wie den Weg zu einander über die Erde und durch ihre Geſchichte finden. Daß ſie das können, verdanken ſie blos dem Blick auf die himmliſche Ordnung. Soll es aber blos Weſen geben, die das einer Ordnung äußerlich abſehen, nicht auch ſolche, die in ihr ſelbſt leben und weben? Iſt die Ordnung etwas ſo Schlimmes? Wenn wir doch in unſern eigenen Verhältniſſen Regel, Geſetz, Ordnung hoch genug halten, ſollen wir nicht um ſo mehr Regel, Geſetz, Ordnung, würdig genug des Wandels höherer Weſen, als wir ſelbſt ſind, halten?

„Caelestium ergo admirabilem ordinem incredibilemque constantiam, ex qua conservatio et salus omnium omnis oritur, qui vacare mente putat, is ipse mentis expers habendus est.“ (Cic. de nat. Deor. II. c. 21).

Der Vater mit dem Sohne iſt über Feld gegangen;
Sie können nachtverirrt die Heimath nicht erlangen.
Nach jedem Felſen blickt der Sohn, nach jedem Baum,
Wegweiſer ihm zu ſein im weglos dunkeln Raum.
Der Vater aber blickt indeſſen nach den Sternen,
Als ob der Erde Weg er woll' am Himmel lernen.
Die Felſen blieben ſtumm, die Bäume ſagten nichts,
Die Sterne deuteten mit einem Streifen Lichts.
Zur Heimath deuten ſie; wohl dem, der traut den Sternen!
Den Weg der Erde kann man nur am Himmel lernen.
(Rückert, Lehrged. I. S. 29).

„O blicke, wenn den Sinn dir will die Welt verwirren,
Zum ew'gen Himmel auf, wo nie die Sterne irren.
Es weiten Sonn' und Mond einander freundlich aus;
Selbſt ihnen wäre ſonſt zu eng ihr weites Haus.“
(Rückert, Gedichte I. S. 22)

„Sieh! wie im Staube blind Ameiſenheere wimmeln,
Geh'n ſie ſo wenig irr', als Sternenchör' an Himmeln.“
(Ebendaſ. S. 24).

Auch die Engel ſind noch keine vollkommenen Weſen; ſie ſuchen und ſtreben noch, ſuchen und ſtreben mit uns und durch uns: nur vollkommner ſind ſie als wir, weil ſie die Ergänzung unſrer irdiſchen Einſeitigkeiten durch andere irdiſche Einſeitigkeiten, die wir außer uns haben, in ſich tragen; weil ſie den Kampf, den wir egoiſtiſch und äußerlich mit unſern Nachbarn kämpfen, innerlich in ſich auskämpfen, und hiemit im Ganzen unverbrüchlich dem Höhern und Beſſern zuſchreiten: ſei es, daß ſie auch jetzt noch Kinder ſind gegen ihren dereinſt zu vollendenden

Zuſtand. Halten wir denn nicht auch die Engel noch für Kinder!

Schöner und edler ſoll die Geſtalt der Engel ſein, als die unſere, aber ungewohnt, das Uebermenſchliche anders als im menſchlichen Bilde vorzuſtellen, denken wir doch immer dabei an die ſchönſte menſchliche Geſtalt; obwohl auch hier unwillkührlich gerade das kindlichſte Spiel am meiſten von der vollſten Wahrheit getroffen. Sehen wir nicht in ſo manch' altem Gemälde geflügelte Engelsköpfe ohne Arme, Beine und ſchweren Leib durch den Himmel fliegen: denn wozu brauchen die Engel Arme, Beine, ſchweren Leib; ganz recht, aber ſie brauchen auch nicht einmal die Flügel: ſie brauchen überhaupt nichts, was des Menſchen und Thieres Bedürftigkeit und Einſeitigkeit verräth: ihre Geſtalt iſt die der Vollkommenheit und Fülle. Und iſt nicht ein Weſen, was nicht einmal Flügel braucht, um durch das feinſte Element den wichtigſten Leib zu tragen, noch etwas Höheres, als ſolche, welche für ein ſchweres Element ſchwere Flügel brauchen.

Wir malen die Engel bunt von Flügeln und Gewändern, wir geben den Engeln einen leuchtenden Blick. Aber ſo herrlich, mit ſo lebendigen Farben angethan, konnten wir uns doch keine Engel denken, als es die Erde wirklich iſt, deren Gewand gewirkt iſt aus tauſend bunten Blumen: ſo leuchtend keine Blicke des Engels, als das Blicken der Erde mit dem gewaltigen Sonnenbilde im Meeresauge.

Was fruchtet freilich all das! Ein Engel ohne Flügel, Arme, Beine wird, da wir einmal gewohnt ſind, die Engel menſchlich vorzuſtellen, der gewöhnlichen Vorſtellung immer wie ein menſchlicher Krüpel erſcheinen: da er doch in Wahrheit nur ein Weſen ohne menſchliche Krücken iſt. Aber, wenn wir ſelber dieſe Krücken brauchen, um auf dieſer niedern feſten Erde zu gehen, ſo ſollten wir doch nicht mit dieſen Krücken auch die höhern Weſen im heitern reinen Himmel belaſten wollen, nicht da noch die Hülſen unſerer irdiſchen Bedürftigkeit ſuchen.

Der Mäuſehimmel.

Ein Mäuslein ſprach einſt zu der Maus:
Wenn ſein wird unſer Leben aus,
Das wir geführt auf dieſer Erden,
Was wird doch künftig aus uns werden?

Die Maus ſpricht: Mäuslein, haſt du hier
Gelebt in Tugend für und für,
Wirſt du zwei ſchöne Flügel kriegen,
Als Engel in dem Himmel fliegen;

Wirſt finden dort ein voll Gedeck
Von himmliſchem ſtatt ird'ſchem Speck,
Wirſt ſchweben hoch ob allen Katzen,
Und nimmer fürchten ihre Tatzen.

Das Mäuslein ſpricht: o Seligkeit,
Hätt' ich doch ſchon mein Engelskleid!
Doch ſprich, will's denn kein Engel gönnen,
Daß wir ihn hier ſchon ſchauen können?

Die Maus zum Mäuslein ſpricht darauf:
Wer ſchaut recht ſtät nach oben auf,
Dem mag's zuweilen wohl geſchehen,
Daß ſich ein Engel läſſet ſehen.

Das Mäuslein ſchrieb ſich's in den Sinn,
Lief manchen Tag noch her und hin,
Und kam, verlockt durch Wohlgerüche,
Einſtmals auch auf den Herd der Küche.

Als es da hat empor geblickt,
Wie wird ſein ganzer Sinn entzückt!
Erfüllet iſt nun all ſein Hoffen,
Den Himmel ſieht's auf einmal offen.

Der hänget ganz voll Himmelsſpeck,
Und wirkend an dem höhern Zweck,
Schaut nieder auf die Welt voll Mängel
Die Fledermaus als Mäuſeengel.

Das Mäuslein, dem ward dieß Geſicht,
Vergaß es all ſein Lebtag nicht!
Ein Maler ward's von heil'gen Bildern,
So ſchön wußt' Engel kein's zu ſchildern."
(Miſes, Gedichte S. 143).

Was thun wir zuletzt anders hier, als den Glauben an die Engel in den Urſprung ſelbſt zurückleiten, aus dem er hervorgegangen iſt. Im ganzen alten Glauben des Orients treten die Geſtirne als der Gottheit dienende höhere Weſen auf, die ſeiner ſchöpferiſchen und ordnenden Kräfte theilhaftig ſind; und der bibliſche Engelglaube hängt damit zuſammen. Ja ſind nicht in der Bibel ſelbſt noch dunkle, oder ſogar mehr als dunkle, Erinnerungen an dieſen Urſprung ihres Engelglaubens aufbehalten *.

Alſo ſpricht Hiob, 38, 7: „da mich (den Herrn) die Morgenſterne mit einander lobeten, und jauchzten alle Kinder Gottes"; und Jeſaias 49, 26: „hebet eure Augen in die Höhe, und ſehet! Wer hat ſolche Dinge geſchaffen,

---

* Strauß (chriſtl. Glaubenslehre I. S. 66) ſagt geradezu, daß: „die Begriffe von Engeln und Sternen im Hebraismus öfters zuſammenfließen, und insbeſondere der Name צְבָא הַשָּׁמַיִם beiden gemein iſt."

und führet ihr Heer bei der Zahl heraus, der ſie alle mit Namen rufet?“

Dort rufen die Sterne Gott, hier ruft Gott die Sterne an; deutet das auf todte Geſchöpfe?

Und weiter heißt es in Jeſ. 24, 21: „zu der Zeit wird der Herr heimſuchen die hohe Ritterſchaft, ſo in der Höhe ſind, und die Könige der Erde, ſo auf Erden ſind.“

Wer aber kann dieſe hohe Ritterſchaft ſein, als dieſelben Sterne, die Jeſaias von Gott mit Namen rufen läßt. Und ſie ſollen heimgeſucht werden, wie die lebendigen Könige der Erde.

Und in Tobias 12, 5 ſteht: „und ich bin einer von den ſieben Engeln, die vor dem Herrn ſtehen“; und in der Offenbarung 8, 2: „und ich ſahe 7 Engel, die da traten vor Gott.“

Wer erkennt nicht in dieſer Siebenzahl die ſonſt geltende Siebenzahl der Planeten wieder?

Auch der Name Elohim, welcher die Vielheit des göttlichen Weſens in Einer Perſon bezeichnet, beruht wohl in der urſprünglichen Naturanſicht, daß Gott, der weſenhaft Eine, ſich in einer Mannichfaltigkeit von Naturweſen offenbare, die zugleich als ſeine Engel und als Momente ſeines eigenen Weſens betrachtet werden können; wie denn Gott in der Bibel ſogar auch noch mit einzelnen Engeln verwechſelt wird *. Eben ſo ſind nach uns die Engel

---

* 1 Moſ. 31, 11. 13., 2 Moſ. 3, 2. ff. 13. 21. 14, 9 19. Richt. 6, 11. ff. 13, 20. ff.

nicht außer Gott, ſondern in Gott, wie wir nicht außer den Engeln, ſondern in den Engeln.

Einen zwar nur indirekten, aber ſehr ſprechenden Beweis, daß in den älteſten bibliſchen Urkunden die Geſtirne noch als beſeelt gegolten, kann man in Folgendem finden. Der bibliſche Bericht von der Schöpfungsgeſchichte lautet kurz ſo: am erſten Tage ſchuf und ſchied Gott Licht von Finſterniß, und machte aus Abend und Morgen den erſten Tag; am zweiten ſchied er den Himmel vom Waſſer; am dritten das Waſſer vom Lande und ſchuf die Pflanzen; am vierten ſchuf er Sonne, Mond und Sterne; am fünften Fiſche und Vögel; am ſechsten die übrigen Landthiere und die Menſchen. Am ſiebenten ruhete er. Nun hat man ſich lange gewundert, wie doch hier ſo grobe Verſtöße gegen den Naturgang gemacht worden ſind, Tag und Nacht vor der Sonne, Pflanzen vor der Sonne, da doch Tag und Nacht nur durch den Lauf der Sonne entſtehen, und die Pflanzen der Sonne zum Wachsthum bedürfen. Auch der Unwiſſendſte hätte dieß wiſſen müſſen. Bis endlich zuerſt Herder[*] folgenden Geſichtspunct dichteriſcher Compoſition in jener Darſtellung aufzeigte, welche die Art der Aufeinanderfolge erklärlich macht. Es ordnen ſich nämlich je 3 Tagewerke in Betreff ihres Schöpfungsinhaltes ſymmetriſch einander gegenüber, und beide Gedritte ſchließt der ſiebente Tag zu einem Ganzen ab. Die drei erſten Tagewerke umfaſſen die Schöpfung der unbeſeelten Geſchöpfe, wozu die Pflanzen mit gerechnet wurden. Die drei andern die der beſeelten Geſchöpfe, wozu die Sterne gerechnet wurden. Jede beider Schöpfungen wurde mit einer Lichtſchöpfung eingeleitet; die der erſten mit der Schöpfung des allgemeinen Lichts, die der zweiten mit der Schöpfung der individuellen beſeelten Lichtweſen; eben ſo entſprechen dem Himmel und Waſſer der erſten Hälfte Vögel und Fiſche der zweiten, und den Pflanzen der erſten Hälfte die Landthiere und Menſchen der zweiten. Auf dieſe Weiſe harmonirt Alles beſtens; aber eben nur, indem man die Geſtirne als beſeelte Weſen faßt.

Man kann noch eine Menge einzelner Züge in den gelegentlich vorkommenden Schilderungen von Engeln in der Bibel finden, die, wenn nicht von einer urſprünglichen Identificirung derſelben mit den Geſtirnen abhängig, doch eine Bezugſetzung dazu wohl geſtatten. Ich theile in dieſer Beziehung Einiges aus Strauß chriſtl. Glaubenslehre (Th. 1. S. 662) mit, wo ſich die bibliſchen Vorſtellungen von den Engeln beſonders ausführlich dargelegt finden.

---

[*] Herders älteſte Urkunde des Menſchengeſchlechts. Th. 1. S. 129, vgl. Buttmanns Mythologus. Th. 1. S. 133 ff.

„In den bibliſchen Erwähnungen der Engel unterſcheidet ſich an ihnen die doppelte Seite der Beziehung auf Gott und auf die Welt. In ihrer reinen Beziehung auf Gott erſcheinen ſie als ſein Hofſtaat oder als ſeine himmliſche Rathsverſammlung [*], deren Geſchäft iſt, ihm zu dienen [**] und ihn zu preiſen [***]. Die Zahl dieſer himmliſchen Dienerſchaft iſt ungeheuer [1]; allmälig thut ſich auch eine Rangordnung unter denſelben hervor. Nachdem ſchon ein Engel ſich als Heeresfürſt Jehova's angekündigt hatte [2], wird von oberſten Engelsfürſten die Rede [3], deren Anzahl nach der Zahl der Amſchaſpands in der Zendreligion auf 7 beſtimmt [4], und denen der unmittelbare Dienſt um die höchſte Perſon übertragen wird. Auch in der pauliniſchen Hervorhebung eines ἀρχάγγελος [5], in ſeiner Aufzählung von ϑρόνοι, ἀρχὰι, ἐξουσίαι, δυνάμεις, κυριότητες [6], iſt eine Rangordnung der himmliſchen Mächte kaum zu verkennen.

Schon der Beziehung der Engel auf die Welt zugewendet iſt ihre Bezeichnung als Heer Gottes [7], in welcher Eigenſchaft ſie bald mit feurigen Roſſen und Wagen ſich um die Männer Gottes ſchützend lagern [8], bald als himmliſcher Chor einfallend, die großen Thaten Gottes auf Erden preiſen [9]..... Die ſonſt-vermenſchlichte Geſtalt und das Ausſehen der Engel wird immer mehr ins Furchtbare und Uebermenſchliche geſteigert [1], die kriegeriſchen oder ſtrafenden insbeſondere [*], tragen ein gezücktes Schwerd [2], die Seraphim [3] und ſofort auch die ausdrücklich ſogenannten Engel fliegen [4] und in den prophetiſchen Geſichtern der ſpätern Zeit werden die Beſchreibungen von dem Ausſehen der Engel aus Erz, Edelſteinen, Feuerflammen u. dgl. zuſammengeſetzt [5] .... Die ſieben oberſten Engel haben insbeſondere das Geſchäft, die Gebete der Frommen vor Gott zu bringen [6] .... Daß die Engel als Lichtweſen gedacht werden [7], hat zugleich den bildlichen Sinn der höchſten ſittlichen Reinheit [8], welche jedoch weder eine ſchlechthinige iſt [9], noch allen zukommt [10], wie auch ihre Einſicht die menſchliche zwar überragt, ohne doch der göttlichen gleich zu kommen [11]. Wegen dieſer ihnen mit den Menſchen gemeinſamen Beſchränktheit und Abhängigkeit von Gott, nehmen ſie zwar den im Orient auch vor menſchlichen Herſchern gewöhnlichen Fußfall an [12], weiſen aber die Anbetung, als ihnen nicht gebührend, zurück [13]."

---

[*] 1 Moſ. 28, 12. 1 Kön. 22, 19. 2 Chron. 18, 18. Hiob 1, 6. 2, 1 Pſ. 89, 8.

[**] Dan. 7, 10.

[***] Jeſ. 6, 3.

[1] 5 Moſ. 33, 2 f. Matth. 26, 53. Dan. 7, 10.

[2] Jeſ. 5, 14.

[3] Dan. 10, 13.

[4] Tob. 12, 15. Offenb. 8, 2.

[5] 1 Theſſ. 4, 16.

[6] Epheſ. 1, 22. 3, 10. Col. 1, 16.

[7] 1 Moſ. 32, 1 f. Jeſ. 5, 14. Pſ. 148, 2.

[8] 2 Kön. 6, 17.

[9] Hiob 38, 7. Luc. 2, 15 f.

Der eigenthümliche jüdiſch-chriſtliche Standpunct, der Gott, in Widerſpruch zwar mit andern Betrachtungsweiſen deſſelben Standpunctes, aus der Welt heraus ins Leere erhebt, mußte freilich auch conſequent die Gott untergeordneten Weſen aus den Weltkörpern herausheben und über ſie ins Leere rücken; und derſelbe Anthropomorphismus, der Gott nach unſerem Bilde geſtaltet, ſtatt daß das Umgekehrte das Richtige, da das Abbild ſein Urbild ſtets nur einſeitig und unvollkommen ſpiegelt, mußte auch die Engel ſo anthropomorphotiſch geſtalten. Daher nun freilich nicht Alles, was in der Bibel von Engeln geſagt iſt, und noch weniger, was wir jetzt davon denken, auch auf die Geſtirne paſſen wird. Laſſen wir aber wieder Gott mit ſeiner Allgegenwart den Körper der Welt erfüllen, ſo werden auch die Engel von ſelbſt wieder in die Weltkörper einrücken, und ihr Körper ein übermenſchliches Urbild des Menſchen ſtatt eines menſchlichen Abbildes werden.

---

[1] vergl. Richt. 13, 6.

[*] Wohl mit Kometen in Beziehung.

[2] 4 Moſ. 22, 23. Joſ. 5, 13. 1 Chron. 21, 16., vergl. 1 Moſ. 3, 24.

[3] Jeſ. 6, 2.

[4] Dan. 9, 21.

[5] Dan. 10, 5 f. Offenb. 1, 13 ff.

[6] Tob. 12, 15.

[7] 1 Kor. 11, 14.

[8] 2 Sam. 19, 27.

[9] Hiob 15, 15.

[10] Jud. 6.

[11] Matth. 24, 36.

[12] Joſ. 5, 14. Richt. 13, 19 f.

[13] Offenb. 19, 10. 22, 9., vergl. Kol. 2, 18. Hebr. 1 ff.

Wie die Sachen jetzt ſtehen, weiß man nicht recht, was den Engeln zu thun geben, wo den Engeln Platz geben, und ſo nimmt man ſolche lieber gar nicht mehr an. Ein Engel, ein Mährchen! Alle Wirkſamkeit, die man den Engeln als Boten Gottes zu den Geſtirnen und Vertretern deſſelben auf den Geſtirnen beilegen möchte, findet man ſchon durch Vermittelungen, die in Wechſelbeziehungen der Geſtirne oder in die Geſtirne ſelbſt fallen, vertreten, der Platz zwiſchen den Geſtirnen iſt leer, der Platz auf den Geſtirnen ſchon von Weſen eingenommen, die vorausſetzlich nicht mehr bedeuten, als wir. Was alſo ſollen die Engel noch thun, wo ſollen ſie noch Platz haben? An das Einzige, was übrig bliebe, die Engel ſtatt zwiſchen, ſtatt auf den Geſtirnen zu ſuchen, mit ihnen ſelbſt zu identificiren, ihre Wirkſamkeit nicht über das Wirken der Welten hinhinaus, ſondern in dem höhern ſeelenvollen Wirken der Welten ſelbſt zu ſuchen, denkt man nicht mehr; ja fällt bei allem Hin- und Herwenden der Möglichkeiten, an die ſich etwa zur Rettung des Engelglaubens denken ließe, nur eben nicht auf dieſe, in der doch der ganze Engelglaube ſeine Wurzel hat. Natürlich, wenn man dieſe Wurzel abſchneidet, muß der Glaube verdorren. Man möchte hier das Sprichwort anwenden: „der Bauer ſucht ein Pferd, darauf zu reiten, und ſieht nicht, daß er darauf ſitzt.“ Da er es nun gar nicht finden kann, behauptet er, es ſei aus der Welt verſchwunden. Zum Belege für dieſe Bemerkungen folgende Stelle aus Strauß chriſtl. Glaubenslehre (Th. 1. S. 670):

„In demſelben Verhältniß, in welchem die Menſchheit ſich aus dem Mittelalter herausarbeitete, und ſich des Princips der modernen Welt in ſeinen verſchiedenen Beziehungen bemächtigte, mußte in dieſem fremden Boden die Engelsvorſtellung allmälig abſterben, die auf einem ganz andern Boden erwachſen war. Was für's Erſte die weltliche Wirkſamkeit der Engel betrifft, ſo iſt es ein Widerſpruch gegen die moderne Weltanſchauung, Naturerſcheinungen, wie Blitz und Donner, Erdbeben, Peſt u. dgl., oder Ereigniſſe des Menſchenlebens, wie unerwartete Rettung des Einen, plötzlichen Untergang eines Andern, als ſpecielle Veranſtaltungen Gottes anzuſehen, die er zu beſondern Zwecken, ſei es unmittelbar ſelbſt oder durch die Vermittelung von Engeln ausführe, vielmehr ſuchen wir für dergleichen Erſcheinungen Urſachen innerhalb des Naturzuſammenhanges auf, den wir immer nur als Ganzes, in der Verkettung ſeiner ſämmtlichen Theile und Verhältniſſe, niemals aber eines von dieſen für ſich, auf die göttliche Urſächlichkeit zurückführen. Was aber die andre Seite, die Beziehung der Engel auf Gott betrifft, ſo iſt uns durch das Copernicaniſche Weltſyſtem der Ort entzogen, in welchem das jüdiſche und chriſtliche Alterthum ſich den von Engeln umgebenen Thron Gottes dachte. Seit der Sternenhimmel keine über oder um die Erde her gelagerte Schicht mehr iſt, welche die Grenze zwiſchen der ſinnlichen und der überſinnlichen Welt bildete; ſeit, vermöge der unendlichen Ausdehnung der erſtern, die letztere nicht mehr jenſeits, ſondern in der erſtern geſucht werden muß, mithin auch Gott nicht auf andere Weiſe über den Sternen als in und auf ihnen ſein kann; müſſen auch die Engel für die Vorſtellung immer wieder in dieſe Sternenwelt hereinfallen, und ſo kommen den andern Theologen, wenn ſie von Engeln reden wollen, gewöhnlich die vorausſetzlichen Bewohner anderer Weltkörper in den Weg [*]. Allein dieſe Weſen ſind etwas von Grund aus Anderes als die Engel der jüdiſch-chriſtlichen Vorſtellung. Da wir nur durch einen von der Bewohnerſchaft unſrer Erde ausgehenden Analogieſchluß zur Annahme ihres Daſeins gelangen, ſo müſſen wir ſie auch, bei allen durch die Verſchiedenheit der Weltkörper herbeigeführten Unterſchieden, doch den Menſchen in ſo weit ähnlich denken, daß ſie, durch Organismen aus dem Stoffe ihrer Wohnplätze an dieſe gebunden, auf denſelben ihre eignen Zwecke verfolgen, und ſo nur mittelbar, wie wir Menſchen auch, die Abſichten Gottes verwirklichen: ſtatt daß die Engel als unmittelbare Diener Gottes, ohne an einen Weltkörper gebunden zu ſein, von Gott nach Belieben im Weltraum verſendet werden; oder vielmehr iſt dieſe Vorſtellung von einer im unendlichen Raum zerſtreuten Mehrheit bewohnbarer Körper bereits eine Verfälſchung derjenigen Weltvorſtellung, welche der Engellehre zum Grunde liegt, da dieſe nur einen Himmel als Wohnplatz Gottes und der Engel, und eine Erde mit ihrem Luftraum und ihrer Unterwelt als Aufenthaltsort der Menſchen, der abgeſchiedenen Seelen und der Dämonen kannte."

---

[*] So Reinhard, Dogm. S. 176. Bretſchneider I. 747.

„Während nun durch unſre erweiterte Naturkenntniß und die heuriſtiſche Vorausſetzung, daß auch das für uns im Augenblick noch Unerklärliche in den Erſcheinungen der Natur und den Ereigniſſen des menſchlichen Lebens an ſich aus natürlichen Urſachen erklärbar ſein müſſe, die eine Quelle des Engelglaubens verſtopft iſt; ſehen wir die andere, die Neigung nämlich, für die Maſſe des ſinnlichen Stoffes, die ſich unſern Augen darbietet, mehr Geiſt vorauszuſetzen, als in der menſchlichen Gattung verwirklicht iſt, durch die eben erwähnte Vorausſetzung abgeleitet, daß auch andere Weltkörper außer der Erde mit menſchenähnlichen Weſen bevölkert ſeien. Dieſe von ihren Wohnplätzen wegfliegen zu laſſen, um ſie als Engel verwenden zu können [*], hieße zum Behuf der Vermittelung zwiſchen der chriſtlichen und der modernen Vorſtellung beide zerſtören, denn ſo unverträglich mit der erſtern ein menſchenartiges Zuſammenleben und Treiben der Engel auf dem materiellen Boden eines Weltkörpers iſt, ſo wenig verträgt ſich mit der modernen Weltanſchauung die Vorſtellung Gottes als eines Königs, der durch unmittelbare Befehle ſeine Diener in Bewegung ſetzt. Es iſt alſo nicht genug, mit Schleiermacher die Möglichkeit ſolcher Weſen, wie die Engel ſind, dahingeſtellt ſein zu laſſen, und nur ſo viel feſtzuſetzen, daß wir weder in unſerm Handeln auf ſie Rückſicht zu nehmen, noch fernere Offenbarungen ihres Weſens zu erwarten haben; vielmehr, wenn die moderne Gottesidee und

---

[*] Lange, die Glaubwürdigkeit der evangel. Geſchichte. S. 45.

Weltvorſtellung richtig ſind, ſo kann es dergleichen Weſen überall nicht geben."

„Dieſe Grundanſchauungen der modernen Zeit nun aber, wie ſie an der Hand der fortſchreitenden Naturkenntniß ſich gebildet haben, ruhen ohne Zweifel auf beſſern Gründen, als der kirchliche Engelglaube."

Trotz dem, daß in unſerer heutigen Vorſtellung der Engelglaube eigentlich gar keinen Grund mehr hat, er ganz aus dem Leeren ins Leere gebaut ſcheint, hat doch das Volk ihn noch nicht fallen laſſen, ſpielt wenigſtens noch gern damit. Ein tiefliegendes Bedürfniß wird überhaupt den Menſchen immer auf Zwiſchenweſen zwiſchen Gott und Menſchen zurückkommen laſſen. Kann es dann unſrer Anſicht zum Nachtheil gereichen, wenn ſie dieſem Bedürfniß mit einer realen Grundlage wieder entgegenkommt, und wenn dieſe Grundlage zugleich der hiſtoriſchen Grundlage des Engelglaubens ſelbſt entſpricht? Sollte man aber auch verlangen, daß ſie noch der gewöhnlichen Vorſtellung in den Aeußerlichkeiten entſpricht, die ohne Rückſicht auf die himmliſche Natur dieſer Weſen einfach der irdiſchen Natur des Menſchen abgeborgt ſind?

Freilich das lieblich Kindliche eines Glaubens, der die Menſchen und Engel mit einander umgehen läßt, als wären ſie ihres Gleichen zu einander, läßt ſich nicht mehr halten. Aber es iſt, nur in höherm Sinne, derſelbe Verluſt, welchen das Kind erleidet, wenn es erwachſend aufhört, mit Puppen zu ſpielen, die nur leere Hülſen ſind, und dafür lernt, ernſter mit wirklichen Menſchen ſich zu benehmen: nur daß es ſich hier nicht um die Abbilder von

Menſchen, ſondern von höhern Weſen handelt. Sollen wir denn ewig mit himmliſchen Puppen ſpielen?

In der Lehre vom Jenſeits wird ſich zeigen, wie eine neuere Wendung, welche der Engelglaube vielfach genommen hat, wonach die Seelen der gerecht Verſtorbenen zu Engeln werden, anſtatt der vorigen zu widerſprechen, ſelbſt in ſie hineintritt, da erhellen wird, wie wir dereinſt in ganz anderm und höherm Sinne Theilhaber des Geiſtes über uns ſein werden, als jetzt.

Verlaſſen wir den Bezug zum Engelglauben, um noch einige Betrachtungen anzuſtellen, die von andern Seiten der Anſicht entgegen kommen, daß wir in den Geſtirnen höhere Geſchöpfe zu ſuchen haben.

Es iſt ein unter den Naturforſchern als gültig anerkannter Satz, daß ein Weſen um ſo unvollkommener und niedriger ſteht, je mehr es aus gleichförmiger Maſſe oder ſich gleichförmig wiederholenden Organen beſteht, dagegen mit der Vielartigkeit der Organe und der hiermit zuſammenhängenden Theilung der Arbeit in den Functionen die Höhe und Vollkommenheit der Organiſation wächſt.

„Jedes Thier ſteht um ſo höher auf der Stufenleiter der Weſen, je weiter bei ihm die Theilung der Arbeit in den Functionen (division du travail fonctionnaire) getrieben iſt.“ (Milne Edwards in Ann. des sc. nat. 1844. Févr.)

„Von dem Naturgeſetz ausgehend, daß die niedrigſten Stufen der organiſchen Naturreiche ſtets die vollkommenſte Gleichartigkeit ihrer phyſiſchen Bildung zeigen, während möglichſt große Mannichfaltigkeit, d. h. Ungleichheit der Theile, verbunden mit möglichſt vollendeter Einheit des Ganzen, überall als Beleg und als Maßſtab höherer Vollkommenheit eines jeglichen Organismus erſcheint, entwickelt der geiſtreiche Naturforſcher (Carus) die Betrachtung, daß die geiſtige Ausbildung und Vollendung der Menſchheit eben in dieſer phyſiſchen und pſychiſchen Verſchiedenheit menſchlicher Individualitäten begründet und bedingt ſei.“ (Aus einer Anzeige von

Carus Denkſchrift über die ungleiche Befähigung der verſchiedenen Menſchheitsſtämme für höhere geiſtige Entwickelung).

Kann auch dies Princip nicht als einziger Maßſtab der Vollkommenheit der Geſchöpfe gelten, und keinen durchgängigen Anhalt im Einzelnen geben, ſo kann es doch einen ſolchen im Allgemeinen geben, und wir können im Sinne deſſelben eine gewiſſe Stufenreihe von Infuſorium und Polyp bis zu Säugethier und Menſch verfolgen. Nun aber ſieht man bei der Erde dies Princip noch in einem ganz neuen und unſäglich höhern Sinne zur Steigerung der Organiſation angewandt, als in irgend einem irdiſchen Geſchöpfe, indem die Erde eben in ihren Geſchöpfen die größte Mannichfaltigkeit der Theile und die größtmögliche Theilung der Functionen zeigt; zugleich iſt es im Sinne der bekannten Sparſamkeit der Natur, daß ſie dies höhere Geſchöpf nicht neben die niedern geſetzt hat, ſondern die niedern ſelbſt verwandt hat, die ungleichartigen Theile des höhern zu bilden und ſich in die Functionen deſſelben zu theilen, daß ſie, wie dies überhaupt Sache einer durchgebildeten Organiſation iſt, die niedern Theile dem höhern Ganzen und umgekehrt dienen läßt.

Auch den Alten war die Vorſtellung von einer Zuſammenſetzung höherer Weſen aus Menſch und allerlei Gethier nicht fremd.

„In den ägyptiſchen Myſterien ſtieß man auf große hieroglyphiſche Götterbilder, die aus mehreren Thiergeſtalten zuſammengeſetzt waren. Das bekannte Sphinx iſt von dieſer Art; man wollte dadurch die Eigenſchaften bezeichnen, welche ſich in dem höchſten Weſen vereinigen, oder auch das Mächtigſte aus allen Lebendigen in einen Körper zuſammenwerfen. Man nahm etwas von dem mächtigſten Vogel oder dem Adler, von dem mächtigſten wilden Thiere oder dem Löwen, von dem mächtigſten zahmen Thiere dem Stier, und endlich von dem mächtigſten aller Thiere, dem Menſchen.“ (Schiller geſ. Werke. XVI. S. 74).

Die Natur hat aber daſſelbe Princip noch über die Erde hinaus in höherer Steigerung angewandt. Die Erde hat zwar in ihren Menſchen, Thieren und Pflanzen eine ſehr große Menge ungleichartiger Theile, doch gleichen ſich viele Menſchen nahe, viele Thiere nahe, viele Pflanzen nahe. Aber die Weltkörper, die dem ganzen Weltraum angehören, ſind, wie früher (S. 157) gezeigt, ihrer Einrichtung nach alle ſo ungleich zu einander, daß man keins mit dem andern als von derſelben Species anſehen kann. Der Leib der Welt iſt in ſo fern noch vollkommener, als der eines einzelnen Geſtirns.

Wie ging es einſt einem Naturforſcher:

Er ſieht auf einer Excurſion in einem klaren Waſſer eine grüne, an zwei Gegenſtellen weiße, Kugel in drehender Bewegung herumſchwimmen. Er nimmt ſie heraus, findet, daß ſie ſich hart, im Ganzen warm, doch an den weißen Stellen kühl, anfühlt, ſieht an der Oberfläche ein eigenthümliches Flimmern und Abwandeln durch allerlei Tinten, und erkennt unter dem Mikroskop einen Beſatz von grünen Franſen und Wimpern daran. Was kann es ſein? Er meint, die Entdeckung eines ungewöhnlich großen Infuſoriums gemacht zu haben. Die einfach kugeliche Geſtalt, der harte Kieſelpanzer, die drehende Bewegung, der Wimperbeſatz, alles ſpricht dafür; nur die Größe und eigenthümliche Wärme dagegen; indeß, ſagt er, es iſt nun eben ein neues Thier.

Bei weiterer Nachforſchung ſieht er noch mehr ſolcher Thiere in demſelben Waſſer herumſchwimmen, mit deutlichen Zeichen, daß ſie ihr Daſein wechſelſeitig ſpüren; einige pflanzen ſich durch Theilung fort, die größten leuchten, wie es manche Infuſorien auch thun, die kleinern ſcheinen ſich immer um die größern zu ſammeln, jedes aber benimmt ſich anders in ſeiner Art, ſo daß er ſchon voraus ſieht, er werde in dieſer Rieſenwelt von Infuſorien eben ſo viel Arten zu unterſcheiden finden, als in der kleinen. Er freut ſich ſchon des Ehren-Berges, der ihm als neuem Ehrenberg zu Theil werden wird, wenn er dieſe neue Welt beſchreiben wird; denn, hat man ſchon Ehrenberg den Infuſorien-Rieſen genannt, wie wird man ihn nennen, der ſelbſt Infuſorien-Rieſen entdeckt hat. Etwas unerhört Neues meint er, bringe er. Freilich eine arge Täuſchung; da er in einem alten Naturalienkabinet alle dieſe Thiere längſt hätte zuſammengeſtellt und benannt finden können; nur freilich, daß man in den ausgetrockneten Cadavern keine Thiere zu erkennen vermocht, und blos eine eigenthümliche Art trockener Gerölle darin geſehen. So blieb ihm nur das Verdienſt, die Thiere zuerſt lebend beobachtet zu haben.

Im Verfolg der fernern Unterſuchung mußte ſich nun freilich bald zeigen, daß, ſo ſehr die Thiere oberflächlich betrachtet und in gewiſſer Beziehung mit den Infuſorien übereinſtimmten, eben ſo ſehr in anderer Beziehung davon abwichen. Anſtatt ordnungslos unter einander herumzuſchwimmen, ſchienen ſie einen Staat oder eine Familie mit der beſterhaltenen und doch ganz frei befolgten Ordnung zu bilden. Sie fraßen nicht Grobes; es war, als ob die Großen die Kleinen mit ihrem Licht fütterten, und dieſe ſich nur deshalb drehten, um auch das Licht von allen Seiten zu genießen.

Lange wendete der Naturforſcher ſtärkere und immer ſtärkere Vergrößerungen an, um endlich den Zellenbau zu entdecken, aus dem doch zuletzt alle Thiere beſtehen; endlich, bei höchſt geſteigerter Vergrößerung, entdeckte er auf einmal zu ſeinem größten Erſtaunen ſtatt Zellen, wie ſie andere Thiere haben, andere Thiere ſelbſt als Elementartheile des großen Thieres, Schafe, Pferde, Hunde, Menſchen tauſendfach, wibbelnd und kribbelnd, dazu Bäume, Blumen, aber alle mit dem Ganzen ſo feſt verwachſen, daß er nicht im Stande war, eins mit der Pincette los zu machen; es waren wirklich eigne Theile des großen Thiers, die es auch ganz nach Willkühr und mit größter Freiheit bewegte; plötzlich erblickte er ſogar ſich ſelber unter den kleinen Menſchlein und fühlte, wie das Thier eben durch ihn ſich ſelbſt beſah und ſich wunderte, ſich auf einmal ſelber wie im Spiegel zu ſehen. Vor Verwunderung erwachte er, denn es war natürlich Alles nur ein Traum, ſahe ſich aber noch ganz eben ſo im Großen an dem großen Thier befeſtigt, als er es im Traume im Kleinen geſehen hatte, und fragte ſich nun: was iſt es denn anders? es bleibt alſo ein Thier. That es ihm nun auch leid, daß er das Thier nicht mehr mitnehmen konnte, es in ſeiner Sammlung aufzuſtellen, ſich vielmehr von ihm mitnehmen laſſen mußte, ſo freute er ſich doch, ſein Syſtem mit einer neuen Species bereichert zu ſehen, und ſtellte in ſeinem Naturalienkabinet, das bisher mit dem Gerippe eines Menſchen als König der Schöpfung begonnen hatte, einen Erdglobus noch vor dem Menſchen auf; denn, ſchloß er ſehr vernünftig, ſieht das Thier auch oberflächlich wie ein Ja-

Infuſorium aus, ſo mag es, da ich ſelbſt mit allen andern Thieren zu ihm gehöre, doch ein Geſchöpf über mir und allen andern Thieren ſein. Die andern Naturforſcher lachten ihn natürlich aus. Wer aber hatte Recht?

Wenn der Leib um ſo höher geartet iſt, je mehr und je mehrerlei Ueber-, Unter- und Nebengeordnetes wir in ihm unterſcheiden, ſo der Geiſt, je mehr und mehrerlei Ueber-, Unter- und Nebengeordnetes er in ſich ſelbſt unterſcheidet. Der Geiſt der Erde aber unterſcheidet in ſich die ganzen Seelenreiche der Menſchen, Thiere, Pflanzen, und darin wieder die einzelnen Seelen derſelben, und darin wieder das, was jede einzelne Seele in ſich unterſcheidet. Gewöhnlich meint man, ein höherer Geiſt ſei blos eine Vergrößerung des menſchlichen, man anthropomorphiſirt den Geiſt wie den Leib. Hier ſieht man ein anderes Princip, welches höher und weiter führt. Ein höherer Geiſt hat vielmehr die Menſchengeiſter mit andern Geiſtern zugleich zu Theilweſen. Das Menſchliche noch einmal vergrößert in höhern Weſen ſuchen, wäre, dünkt mich, dasſelbe, als wenn man aus einem Floh dadurch, daß man ihn unter dem Mikroſkop betrachtet, glaubte, ein höheres Weſen machen zu können.

●

VII. Vom höhern übergreifenden Bewußtſein.

Jeder Menſch birgt in ſich ein kleines geiſtiges Reich, worin ſich eine Mannichfaltigkeit von unter-, über- und nebengeordneten Momenten, wir nennen ſie Empfindungen, Gefühle, Vorſtellungen, Gedanken, drängen und treiben, einander hervorrufen und verdrängen, ſich vertragen, ſtreiten, vergleichen, ſcheiden. Es iſt der innigſte, lebendigſte Austauſch und Verkehr zwiſchen ihnen, wobei ſie in die mannichfaltigſten Beziehungen treten.

Betrachten wir es näher, ſo finden wir, daß dieſer Austauſch und Verkehr an einer Hauptbedingung hängt: daran, daß alle dieſe Empfindungen, Gefühle, Vorſtellungen, Gedanken in einem gemeinſchaftlichen Bewußtſein vor ſich gehen; nur mittelſt dieſes Bewußtſeins, was über alle hinausgreift, drängen und treiben ſie ſich, rufen ſich hervor und verdrängen ſich, vertragen, ſtreiten, vergleichen, ſcheiden ſie ſich.. Das Bewußtſein, das ſie alle bindet, iſt die gemeinſchaftliche Bedingung, die ihnen irgendwelches Verhältniß des Wirkens zu einander möglich macht; ohne das gemeinſame Bewußtſein fänden ſie ſich nicht, wirkten ſie nicht, und hiermit wären ſie nicht.

Zwar, giebt es nicht auch viel unbewußte geiſtige Beziehungen und Wirkungen in uns? Aber, was wir ſo nennen, ſind nur Wirkungen und Beziehungen, die wir uns nicht in beſondrer Reflexion zum Bewußtſein bringen; doch ohne das Bewußtſein wären auch ſie nicht, könnte man von ihnen nicht ſprechen. Ich lerne etwas als Kind; unbewußt, d. h. ich denke nicht mehr daran, wirkt es bis in mein ſpäteſtes Alter fort, beſtimmt noch irgendwie die Art und den Gang meiner ſpätern Vorſtellungen. Aber wären die, im frühern Lernen geſchöpften und die ſpätern Vorſtellungen nicht durch daſſelbe Bewußtſein verknüpft, würden jene auf dieſe überhaupt keine Wirkung forterſtrecken können. Nur durch das Bewußtſein überträgt ſich doch die Wirkung, die wir eine unbewußte nennen, vom frühern auf das ſpätere Bewußtſein. Und ſo iſt Alles, was wir unbewußtes Wirken in unſerm Geiſte nennen, nicht ohne Bewußtſein; es geht vielmehr nur ununterſchieden im allgemeinen Bewußtſein auf, daſſelbe mitbeſtimmend, nur nicht für ſich darin erſcheinend; und je mehr es des unbewußten Wirkens in uns giebt, deſto mehr muß von Bewußtſein da ſein, worin es aufgeht; es iſt ein vom allgemeinen Bewußtſein Verſchlungenes, doch deſſen Haltung und Geſtaltung weſentlich mit Vermittelndes, ſehr unterſchieden hierin vom Bewußtloſen; da findet überhaupt kein Bewußtſein ſtatt; oft freilich verwechſelt man Beides.

Man kann zwar zugeſtehen, daß der Sprachgebrauch, der doch zuletzt jeder Definition zu Grunde liegen muß, eine ſolche Verwechſelung geſtattet, indem er nicht ſo ſtreng zwiſchen Unbewußtſein und Bewußtloſigkeit ſcheidet, als es hier geſchieht. Der traumloſe Schlaf, wo das Bewußtſein überhaupt ſchweigt, wird eben ſo gern ein Zuſtand des Unbewußtſeins, wie der Bewußtloſigkeit genannt; dagegen man Ohnmacht entſchiedener als Bewußtloſigkeit faßt. Indeß paßt auch dies in ſo fern in die obige Unterſcheidung, als der Schlaf die Erſchöpfung des bewußten Geiſtes herſtellt, mithin poſitiven Einfluß auf Abänderung des Bewußtſeinszuſtandes gewinnt, eine lebendige Beziehung dazu hat, was mit der Ohnmacht nicht der Fall, die ſich als einfacher Stillſtand des Bewußtſeins darſtellt. Der traumloſe Schlaf beweiſt zugleich, daß zwar der Geiſt im Ganzen eine Reſtauration der Kräfte ohne Bewußtſein erfahren kann, nicht aber, warum es ſich hier handelt, eine innere Fortbildung, die vielmehr ſtets nur mit Bewußtſein vor ſich geht. In der That, der ganz unbewußte oder bewußtloſe Schlaf entwickelt, bildet, fördert uns geiſtig nicht. So lange das Bewußtſein ſchläft, ſchlafen die Wirkungen in unſerm Geiſte.

Setzt jeder Verkehr oder wirkſame Bezug der Vorſtellungen ein, ſie gemeinſchaftlich verknüpfendes Bewußtſein voraus, ſo können dagegen viele Vorſtellungen zugleich oder nach einander ins Bewußtſein treten, es läßt ſich Vieles zugleich oder nach einander ſehen, denken, ohne daß auch beſondere Beziehungen zwiſchen dem gleichzeitig oder nacheinander Geſehenen, Gedachten, ins Bewußtſein treten. Wir haben Vieles in demſelben Bewußtſein, werden dieſes gemeinſchaftlichen Beſitzes inne, aber eben nur dieſer allgemeinſte Bewußtſeinsbezug beſteht dazwiſchen. Wo aber ein beſonderer Bezug ins Bewußtſein tritt, die Vorſtellungen ſich in engerm Sinne begegnen, verkehren, da giebt's ſtets eine Steigerung des Bewußtſeins. Vorſtellungen mit Bewußtſein unterſcheiden, vergleichen, überordnen, unterordnen, iſt ein höherer Bewußtſeinsact, als ſie blos haben oder im gemeinſchaftlichen Bewußtſein ablaufen laſſen. Ohne Bewußtſein aber giebt's weder ein gemeinſchaftlich Haben, noch ein engeres Verkehren der Vorſtellungen. Im wirklich Bewußtloſen ſteht alles geiſtige Vorſtellen, Wirken, aller geiſtige Verkehr ſtill, und nur im Bewußtloſen ſteht es wirklich ſtill.

Wie nun, was in dem kleinen Reiche geiſtiger Momente, das wir in uns tragen, ſich ſo weſentlich erweiſt, ſollte das in dem größern anders ſein, das uns in ſich trägt? treiben und drängen, locken und verdrängen, vertragen, ſtreiten, vergleichen, ſcheiden ſich nicht auch die Geiſter der Menſchheit in mannichfaltigſter Weiſe? Iſt nicht der geiſtige Verkehr und Austauſch in der Menſchheit der lebendigſte? Soll nun dieſer Verkehr im großen geiſtigen Gebiete ohne ein über ihn übergreifendes höheres Bewußtſein möglich ſein, wenn es der im kleinen nicht iſt? Und das kleine Gebiet kann doch, weil eingebaut im großen, die Natur ſeines Verkehrs ſelbſt nur von ihm haben. Reißt das Geſetz des Geiſtes im Uebergange vom kleinen zum großen Gebiete auf einmal ab? Im kleinen Gebiete aller Verkehr leuchtend von Bewußtſein, und nur mittelſt dieſes Lichtes möglich, im großen Alles blind und finſter. Tauſend Wirkungsbezüge zwiſchen den einzelnen Menſchengeiſtern und alle bewußtlos. Nichts begegnet doch meinen Vorſtellungen und nichts begegnet zwiſchen meinen Vorſtellungen, das ich nicht in Eins als ein Weſen noch über allen einzelnen hinaus wüßte. In ihrem Begegnen ſelbſt ſteigert ſich mein Bewußtſein, der ſonſt müßige gemeinſchaftliche Beſitz, zu einem höhern Acte, und dieſer Act iſt eben ihr Begegnen, wie man es faſſen will; denn eins iſt mit dem andern gegeben; und im höhern Gebiete ſollte dies Band der Bedingtheit gelöſt ſein, was im niedern unausweichlich beſteht? Das höhere Gebiet ſelbſt wäre damit gelöſt.

Oder wäre es darum, daß unſre Geiſter ſchon ſelbſt in höherm Sinne bewußt und wirkend ſind, als ihre geiſtigen Momente, weshalb ihr Verkehr weniger bewußt zu denken, als der Verkehr ihrer Momente? Gewiß iſt hier eine Abweichung; aber was kann ſie anders bedeuten, als daß es nun auch ein um ſo höheres und in höherem Sinne wirkendes Bewußtſein ſein muß, was den Verkehr des ſchon höher Bewußten und Wirkenden vermittelt. Iſt ein Zimmer darum dunkel, weil ſchon ſeine Lichter leuchten? dunkler, weil ſie heller leuchten? Und iſt der geiſtige Verkehr im Gebiete unſrer höchſten Ideen weniger bewußt, als der im niedrigen ſinnlichen?

Oder iſt es dies, daß die Menſchengeiſter einander ſo viel mehr geſchieden gegenüber treten, als die mehr in einander laufenden Vorſtellungen des Menſchengeiſtes, weshalb nicht eben ſo für die Menſchengeiſter als für die Vorſtellungen des Menſchengeiſtes ein höheres verknüpfendes Bewußtſein denkbar? Aber das Ineinanderlaufen unſrer Vorſtellungen kann doch nicht die größere Einheit und Stärke, ſondern blos die größere Undeutlichkeit und Schwäche unſers Bewußtſeins beweiſen. Denn iſt nicht das überhaupt die wunderbare Eigenſchaft des Bewußtſeins, daß es bindet und ſcheidet zugleich, im Grunde iſt's nur Unterſcheidung, und um ſo mächtiger und kräftiger ſcheidet oder unterſcheidet, je mächtiger und kräftiger es ſelbſt iſt. Wie wenig mag ſich ſcheiden, unterſcheiden in der Seele des Wurms, wie wenig in der Seele des Blöſinnigen, da läuft Alles in einander machtlos, kraftlos, wie die ganze Seele iſt: aber in der lebendig und klar quellenden Phantaſie des Dichters treten Geſtalten ſcharf und individuell geſchieden, wie ſelbſtkräftig, ſelbſtlebendig einander gegenüber, einander, wie dem Geiſte des Dichters ſelbſt; leben, weben und handeln aus ihrer Individualität heraus, erfüllen ihren Lebenskreis, als wären ſie etwas für ſich; und je mehr es der Fall, ſo mehr, nicht ſo weniger bewußt, klar, ſelbſtlebendig, ſelbſtkräftig iſt der Geiſt des Dichters, und ſo feſter hat und bindet er alle dieſe Geſtalten als ſein Eigenthum, ſo mehr weiß er davon; ja die Geſtalten, die ſich am meiſten vom Grunde ſeines Allgemeinbewußtſeins abheben und am unterſchiedenſten andern gegenüber ſtellen, und nicht wieder vergehen, ſondern ſich immer weiter in ſeinem Geiſte fortentwickeln wollen, haben gerade mit der bewußteſten Thätigkeit geſchaffen werden müſſen.

Sind alſo die Geiſter der Menſchen auch wirklich noch mit ganz anderer Kraft und Dauerhaftigkeit von einander geſchieden, als die Vorſtellungen eines Dichters, treten ſie noch mit ganz anderer Selbſtſtändigkeit, Selbſtlebendigkeit, Objectivität, einem höhern Geiſte entgegen, als die Vorſtellungen des Dichters ſeinem Geiſte, wie ſollte dies nicht auch um ſo mehr die Gewalt und nachhaltige Kraft eines höhern Bewußtſeins beweiſen, das ſolche Scheidung zu bewirken und zu erhalten vermochte, im Grunde iſt's auch für dieſes nur Unterſcheidung. Oder wenn wir mit Recht ſagen, daß alle quantitative Gradation hier nicht ausreicht, daß es ein qualitativ Anderes iſt, die Scheidung unſerer Geiſter und die unſerer Vorſtellungen, nun ſo iſt ja auch eine obere oder höhere Stufe des Bewußtſeins etwas qualitativ Anderes, als eine untere oder niedere, nicht zu verwechſeln mit blos größerer oder geringerer Lebendigkeit des Bewußtſeins. Laſſen ſich doch ſelbſt in uns Steigerungen des Bewußtſeins finden, die nichts Quantitatives ſind. Nun gilt es blos noch eine Steigerung dieſer Steigerungen.

Wir irren alſo, wenn wir meinen, daß die Selbſtſtändigkeit, das Selbſtbewußtſein, deren wir uns gegen einander rühmen, eine Selbſtſtändigkeit, einen Abſchluß des Bewußtſeins gegen einen höhern Geiſt, oder gar eines ſolchen Abweſenheit bedeuten. Nur uns gegenüber ſind wir ſelbſtſtändig, abgeſchloſſen, nicht gegen ihn. Daß ich um mich weiß, und nur um mich weiß, und ein Anderer auch um ſich weiß, und nur um ſich weiß, kann nicht hindern, daß ein höherer Geiſt um uns beide zugleich weiß. Was Scheidung unſres Wiſſens für uns, iſt nur Unterſcheidung unſers Wiſſens für ihn.

Rufen wir uns ein früher Bild zurück. Weiß doch auch der blaue Punct, den ich ſehe, nichts von dem rothen Punct, den ich daneben ſehe. Aber ich weiß um beide zugleich, und je beſſer ſie ſich in mir unterſcheiden, ſcheiden, deſto lebendiger iſt mein Wiſſen um ſie. Und wenn ich über Farben, Töne, noch Begriffe, Ideen ſcheide, unterſcheide, ſo ſteht mein Bewußtſein nur um ſo höher. So ſcheidet, unterſcheidet nun Gott die hohen Seelen der Geſtirne, das Geſtirn die Seelen ſeiner Geſchöpfe, das Geſchöpf hat nichts mehr, als Vorſtellungen zu unterſcheiden.

Ein wichtiger Unterſchied zwiſchen unſerm Bewußtſein und dem uns übergeordneten höhern bietet ſich darin dar: unſer Bewußtſein iſt ſo eng, daß die Vorſtellungen nur mehr nach als neben einander unterſcheidbar aufzutreten und abzulaufen vermögen; aber tauſend und abertauſend Menſchengeiſter und Thierſeelen treten zugleich auf und laufen zugleich unterſchieden mit einander ab. Iſt es nun etwa dies, was ein höheres Bewußtſein nicht faſſen kann?

Aber ſonderbar, wenn man das, was nur einen Vorzug des höhern Geiſtes vor dem unſern beweiſen kann, gegen ſein Daſein wenden wollte. Wie wäre er denn ein höherer Geiſt, wenn er nichts vor uns voraus hätte. Wenn eine Melodie blos Töne nach einander binden kann, giebt es keine Symphonie, welche mit einander laufende Melodien bindet? Können wir nicht auch in ſinnlicher Anſchauung tauſend Puncte zugleich unterſcheiden. Können wir's aber im niedern ſinnlichen Gebiete, warum nicht ein höherer Geiſt im höhern geiſtigen. Das höhere Geiſtige baut ſich ſelbſt überall der Sinnesbaſis entſprechend auf; denn es bedarf des Sinnlichen als Stoff, der Verſinnbildlichung als Hülfe. Hat alſo der höhere Geiſt in unſern tauſendfältigen Sinnesgebieten eine tauſendfach und mehr erweiterte Sinnesbaſis, ſo hat ſich auch eben hiemit die Möglichkeit des höhern Geiſtigen für ihn tauſendfach und mehr erweitert und geſteigert.

Ueberall, wo man den Geiſt des geſammten Irdiſchen mit einem irdiſchen Einzelgeiſte vergleichen will, und ohne ſolchen Vergleich, wie ſollte er uns verſtändlich werden, iſt immer mit auf dieſe Seite der Unähnlichkeit zu achten, daß der Menſch als einſeitiges oder partielles Moment der Erde Vieles, was dieſer auf einmal zukommt, nur nach einander, und ſelbſt dann nur in einſeitiger Richtung durchlaufen und durchleben kann. Was wir ſchon früher im Materiellen in dieſer Hinſicht fanden (S. 55), verhält ſich eben ſo im Geiſtigen. Demgemäß kann man auch Vieles, was im höhern Geiſt zugleich vorgeht, doch nur paſſend durch das erläutern, was in der Menſchenſeele nach einander vorgeht.

Oder befremdet es, dich, daß die Menſchengeiſter einander im Ganzen ſo ähnlich, und die Thierſeelen jede in ihrer Art einander wieder ſo ähnlich? Wozu, fragſt du, ſoll der höhere Geiſt daſſelbe Moment ſo vielmal wiederholen? Wie viele Menſchen meinen, denken, fühlen doch daſſelbe? Aber wenn irgend etwas, beweiſt gerade die Wiederholung ähnlicher Geiſter, daß es eine höhere geiſtige Verknüpfung derſelben geben muß, weil, wenn jeder dieſer Geiſter nur für ſich, in der That einer überflüſſig neben dem andern. Das iſolirte Gleiche giebt nur ſich ſelbſt noch einmal: das im Geiſt Verbundene ein Stärkeres und höher Bedeutendes, als es ſelbſt iſt. Kraft, Form, und weil doch nichts ganz gleich, unſägliche Nüance hängt daran. Oder warum freuſt du ſelber dich doch, ſo viele grüne Puncte in der Wieſe, ſo viele rothe in der Roſe, ſo viele weiße in der Lilie ſich ähnlich in deiner Anſchauung wiederholen zu ſehen? Wie ſchön gar ein ganzes Beet voll ſich faſt gleichender Lilien, Roſen? Nur daß unſre Geiſter nicht blos in ſo äußerlicher Anſchauung, ſondern in mehr innerlicher Weiſe durch den höhern Geiſt verknüpft zu denken ſind.

Wenn wir Viele Eines ſehen, fühlen, wird auch der höhere Geiſt durch uns nur Eines ſehen, fühlen: durch jeden von uns nur von andrer Seite, in andrer Beziehung. Er wird des Identiſchen, worin wir äußerlich und innerlich zuſammentreffen, ſo gut ſich bewußt werden, als des Verſchiedenen, worin wir aus einander gehen: wird in ſo fern immer uns als Verſchiedene im Bewußtſein tragen, doch zugleich durch gemeinſchaftliche Objecte der Anſchauung und gemeinſchaftliche Ideen unſre Verſchiedenheiten verknüpfen und unſern Verkehr ſelbſt begründen.

Oder irrt dich's im Gegentheil, daß die Menſchen bei aller Gleichförmigkeit ihrer Grundnatur ſo viel Widerſprechendes denken, gar ſich mit einander ſtreiten? Vertragen ſich auch ſolche Widerſprüche in einem und demſelben Geiſte? Sie ſind vielmehr nur eben dadurch möglich; das geiſtig Unverbundene kennt keinen Widerſpruch. Gerade in dem Widerſpruch des Geiſtigen liegt das größte Wunder zugleich und der größte Beweis des Daſeins einer höhern geiſtigen Einheit. Oder giebt's nicht auch Widerſprüche, Streit in unſerm Geiſte, und könnte es ſolchen geben ohne das einigende Bewußtſein, das ſich darum noch nicht ſelber widerſtreitet, weil einzelne Beſtimmungen deſſelben ſich widerſtreiten. Fußt nicht ſogar aller Fortſchritt des Geiſtes auf dem Trachten, die immer neu auftretenden Widerſprüche immer neu in höherer Einſicht zu verſöhnen. So wird es auch mit den Widerſprüchen der Geiſter in dem höhern Geiſte ſein. Fußt nicht wirklich der Fortſchritt der Menſchheit im Ganzen darauf. Die Widerſprüche und der Streit ſind freilich mannichfaltiger und gewaltiger im höhern, als in unſerm Geiſte, weil der höhere Geiſt ſelbſt ein reicherer und gewaltigerer iſt; auch die Arbeit, die zur Verſöhnung führt, iſt eine gewaltigere, ſo wird auch die Luſt der Verſöhnung eine gewaltigere ſein. Ja wie kämen die Widerſprüche in den kleinen Geiſt, wenn ſie im großen fehlten. Aber der große Geiſt hat Mittel und Kräfte in ſich, die der kleine erſt außer ſich im großen ſuchen muß.

Warum aber, wenn die Erde Alles in Eins weiß, was ihre Menſchen wiſſen, warum berichtigt ſich nicht ſofort der Irrthum der Einen durch die richtigere Kenntniß der Andern; warum iſt der eine Menſch ſo weiſe für ſich und der andere ſo thöricht für ſich, da doch das gemeinſchaftliche Bewußtſein auch die Kenntniſſe des Einen unmittelbar dem Andern müßte zu Gute kommen laſſen?

Doch eben ſo könnte man fragen, warum iſt nicht in jeder unſrer Vorſtellungen ſo viel und ſo Kluges enthalten, als in jeder andern, da doch unſer gemeinſchaftliches Bewußtſein über alle hingreift? Warum bleiben auch in uns ſo oft und ſo lange unvereinbare Vorſtellungen, die, wenn wir ſie in Bezug ſetzten, nicht ſo beſtehen könnten, aber wir ſetzen ſie eben nicht in Bezug. Die allgemeine Verknüpfung im Bewußtſein, der bloße gemeinſchaftliche Bewußtſeinsbeſitz, hat keineswegs die Macht, den Inhalt jeder Vorſtellung mit dem jeder andern in erläuternden und berichtigenden Bezug zu ſetzen, ſondern in uns ſelbſt ſehen wir, welch lange Arbeit es dem Geiſt koſtet, unſre Vorſtellungen wechſelſeitig zu berichtigen, ihre Widerſprüche auszugleichen, und in dem unſäglich größern und reichern Geiſte wird es nun eben auch unſäglich größere und längere Arbeit fordern, dies zwiſchen unſern

Geiſtern zu leiſten: ja an eine Erſchöpfung in dieſer Beziehung iſt nicht zu denken. Damit gewiſſe Vorſtellungen in uns in gewiſſe Beziehungen treten können, bedarf es im Allgemeinen gewiſſer Mittelglieder; nicht anders, damit gewiſſe Geiſter in gewiſſe Beziehungen im höhern Geiſte treten können. Und ſie ſind nicht immer da.

Unſtreitig, wie es in unſerm Geiſte Geſetze der Aſſociation, der begrifflichen Ueber- und Unterordnung, des Urtheilens, Schließens u. ſ. w. giebt, welche den Gang und Verkehr der Vorſtellungen im Allgemeinen beherrſchen, ohne die Freiheit dieſes Ganges und Verkehrs im Beſondern auszuſchließen, gilt dies auch von dem Verkehr unſrer Geiſter in dem höhern Geiſte, nur daß die Geſetze hier einen allgemeinern und höhern Charakter tragen werden, als die für unſer kleines Seelenreich geltenden. In die Pſychologie des höhern Geiſtes gehen alle Geſetze des Verkehrs und der Geſchichte der Menſchheit ein: hängen aber mit den pſychologiſchen Geſetzen in unſern Geiſtern zuſammen, wie auch in uns die pſychologiſchen Geſetze des höhern allgemeinern und der untern beſondern Gebiete zuſammenhängen. Nach ſolch höhern Geſetzen, die ſich bis in uns hinein verzweigen, geht es in dem höhern Geiſte her; wir müſſen aber nicht glauben, daß er durch ſeine Höhe über uns auch eine Befreiung von Geſetz und Bedingtheit überhaupt erlangt habe.

Oder ſcheint dir's ſchwierig, daß der Menſch doch über die Erde nachdenken kann? Beweiſt er nicht eben dadurch, daß er ein Höheres als die Erde? Und wir nennen doch die Erde ein Höheres als ihn. Aber wie, iſt denn der

Gedanke, mit dem du über dich ſelbſt nachdenkſt, etwas Höheres als du ſelbſt? er iſt nur das Höchſte in dir ſelbſt; aber dein Geiſt iſt das Höchſte über Alles, und ſo der Geiſt der Erde etwas Höheres als dein Geiſt, mit dem ſie über ſich ſelbſt nachdenkt. Nur daß deine Reflexion über die Erde für ſie viel weniger bedeutet, als deine Reflexion über dich für dich bedeutet; denn, wie die Erde allwegs groß und reich iſt, ſo bedenkt ſie auch das Tauſendfache, was in ihr iſt, in tauſenderlei Weiſe aus ganz verſchiedenen, ſich ergänzenden, Geſichtspuncten. Deine ganze Reflexion über ſie iſt blos ein kleines, das von deinem Sonderſtandpunct aus mögliche, Moment ihrer Reflexionen über ſich, worin ſie nur etwas von dem ganzen Reichthum deſſen erſchöpft, was ſie überhaupt bedenken kann; und es iſt kein Hinderniß, daß über Alles, was die Menſchengeiſter einzeln über ſie denken, höhere Reflexionen in ihr ſich aufbauen, die ſich nur theilweis wieder in die einzelnen Menſchen reflectiren. Denn wie der höhere Geiſt mittelſt der Menſchen ins Allgemeine ſeines Geiſtes einſchöpft, ſo fließt auch den Menſchengeiſtern wieder daraus zu. Geſchichte, Staat, Literatur, und ſo vieles Andere, was die Menſchheit oder große Fractionen der Menſchheit aus allgemeinen Geſichtspuncten verknüpft, ſind Vermittelungen, wodurch der Einzelne mit dem, was ins Allgemeine des höhern Geiſtes ſchon aufgenommen iſt, in Beziehung tritt.

Viel Dummes und Thörichtes denken die Menſchen über die irdiſchen und himmliſchen Dinge, wie über ſich ſelbſt; doch iſt die Erde darum nicht eben ſo dumm und thöricht, obwohl ſie auch bei Weitem nicht ſo weiſe als Gott iſt; ſie wägt vielmehr unzählige Gedanken gegen einander ab, und weil jeder Gedanke eine wahre Seite hat, in einem realen irdiſchen Standpuncte begründet iſt, wie hätte er ſonſt entſtehen können, alle Standpuncte zuſammenhängen, ja ſich durch Gemeinſamkeiten verknüpfen, ſo kann ſie ſelbſt die thörichten nicht gleich fahren laſſen; ſie erſcheinen ſo thöricht nur für uns, die wir ſie nicht in Abwägung gegen andere Thorheiten und in ihrer höhern Tendenz, ſich durch das Vernehmen mit ihnen in höherer Erkenntniß aufzulöſen, betrachten. Alles, was ſich überhaupt vom Standpunct des Irdiſchen aus denken läßt, das denkt die Erde durch ihre Seelen theils zugleich, theils nach einander; aber jeder Seele iſt nur eine Seite, eine Richtung dieſes Denkens anheimgegeben. Wer nun Acht hat blos auf das, was eine Seele denkt, der findet leicht ſo viel Thorheit darin, als in einem Satz geriſſen aus ſeinem höhern Zuſammenhange.

Aber wie, ſchließt nicht unſere Vorſtellung geradezu Unmögliches ein? Ein Menſch iſt manchmal ganz luſtig, und der andere ganz traurig; kann der höhere Geiſt, indem er ihre Empfindungen in ſich faßt, die dies ganz enthalten, auch zugleich ganz luſtig und ganz traurig ſein? Nein, das kann er nicht; aber er kann fühlen, wie der eine ſich ganz luſtig, der andere ganz traurig in ihm fühlt, und ſeine Maßregeln darnach treffen. Es läßt ſich überhaupt auf den höhern Geiſt nichts vom dem im Ganzen anwenden, was uns als Ganzen zukommt, außer ſofern es ſelbſt aus ſeinem Ganzen kommt, oder in ſein

Ganzes geht. Daß ich ganz luſtig bin, iſt nur ein Moment der Luſt, daß ich ganz traurig bin, ein Moment der Trauer in ihm; ob er aber ganz luſtig iſt oder nicht, hängt von etwas ab, was über unſrer Aller Einzel-Luſt und Trauer hinweggreift. Er könnte freilich nicht ganz luſtvoll ſein, wenn wir alle ganz traurig wären; aber die Einzeltrauer kann oft Grund größerer Luſt im Ganzen ſein, und in ſolcher Bedeutung ſelbſt in höherer Luſt mit aufgehen.

Ueberhaupt empfindet der höhere Geiſt zwar Alles, was wir empfinden und wie wir es empfinden; aber, indem er noch ein Mehr als wir iſt, fühlt er auch, wie das Was und das Wie unſers Empfindens in Beziehungen eingeht, die wir nicht mit empfinden, und die eine viel höhere Bedeutung haben als unſre Einzelempfindung.

Aber muß dem höhern Geiſt nicht begegnen, was in jedem Concert von vielen Stimmen begegnet, daß zwar jede Stimme zum allgemeinen Eindruck etwas beiträgt, aber doch die einzelnen, wenigſtens die ſchwachen und wenig ſelbſtſtändigen, ununterſcheidbar werden? Wird nicht ſo auch der höhere Geiſt blos einen allgemeinen Eindruck von unſern Empfindungen, Gedanken erhalten, aber von uns Einzelnen nichts vernehmen?

Ja ſo würde es ſein, wenn wir als Inſtrumente außer ihm ſpielten, nicht aber, da wir in ihm ſpielen. Der Componiſt vernimmt doch in ſeinem Haupte die leiſeſten Stimmen des Concerts, was er componirt, ſonſt könnte er ſie nicht in ſeinem Concerte mit anbringen, ſonſt wären ſie überhaupt nicht für ihn da. Was wäre auch ſonſt für ein Unterſchied zwiſchen dem Außenſein und dem Innenſein.

Nur freilich iſt der Geiſt eines menſchlichen Componiſten nicht mit dem eines übermenſchlichen zu vergleichen: der vernimmt noch viel feiner und mannichfaltiger, und unterſcheidet Vieles zugleich, was der menſchliche doch nur nach einander zu unterſcheiden vermöchte.

Oder endlich, weiſeſt du mich darauf hin, daß doch der Verkehr der Menſchheit kein allgemeiner, daß wohl manche Einzelne und ganze Völker auf Inſeln abgeſchloſſen von der andern Menſchheit leben und manche Thiere nicht minder. Wie können denn ſie vom allgemeinen Bewußtſein mit begriffen ſein? Aber erinnern wir uns, daß auch in uns der bewußte *Verkehr* der Vorſtellungen nicht ſo weit greift, als der Beſitz derſelben im gemeinſchaftlichen Bewußtſein. Stehen nicht auch in uns manche Vorſtellungen und Vorſtellungskreiſe gleichſam abgeſondert vom bewußten Verkehr mit andern und hängen doch in demſelben Geiſte damit zuſammen. So wird es mit den Geiſtern der Erde ſein. Der bewußte *Verkehr* iſt nur etwas Höheres und Lebendigeres als der *Beſitz* im Bewußtſein, und obwohl jedes Bewußtſein nothwendig einen Verkehr mitführt, ſo doch nicht auf einmal einen bewußten Verkehr von Allem, was ihm angehört, mit Allem. Nur eine allgemeine Möglichkeit ſolchen Verkehrs beſteht immer zwiſchen allen Vorſtellungen, die nach einander in unſern Beſitzſtand treten, und von dieſer Möglichkeit verwirklicht der Zeitablauf immer mehr in uns. Auch in der Erde verwirklicht ſich von dieſer allgemeinen Möglichkeit immer mehr mit der Zeit. Dabei kommt dann wieder der Unterſchied in Betracht, daß in unſern niedern einſeitigen

Geiſtern Vieles ſich blos nach einander zeigen kann, was der höhere umfaſſende Geiſt auf einmal darbietet. Was mir heute und geſtern begegnet iſt, liegt zum Theil ohne bewußten Bezug oder Verkehr aus einander, doch durch die Einheit deſſelben Bewußtſeins im Zeitablauf verbunden. Im höhern Geiſte liegt zum Theil ohne bewußten Bezug oder Verkehr aus einander auch das, was zugleich hier und da geſchieht, doch durch die Einheit deſſelben Bewußtſeins im Zugleich verbunden; daſſelbe Bewußtſein *hat* doch beides zugleich.

Vor Allem ſind es die Menſchengeiſter, welche in den allſeitigſten und höchſt bewußten Verkehr mit einander treten, in und über dem ſich die wichtigſten und weitgreifendſten Bewußtſeinsbeziehungen für den Geiſt über uns entfalten. Aber die Thierſeelen ſind darum nicht minder in ſeinem Bewußtſeinsbeſitz, und es fehlt auch nicht an einer Menge beſonderer Beziehungen derſelben unter ſich und mit den Menſchenſeelen, die nur nicht ſo vielſeitig, weitgreifend und zur Entwickelung höherer Bewußtſeinsphänomene geeignet ſind. Eine Raupe kann nicht mit mir ſprechen: aber wenn ſie den Wald zerfrißt, hilft ſie mir das Holz vertheuern; ihre Seele hat die Luſt am Fraß; meine die Unluſt an der Theuerung, und beides, Luſt und Unluſt hängt, ſelbſt etwas Pſychiſches, in der allgemeinen Pſyche des Irdiſchen zuſammen, die vom ganzen Zuſammenhange der irdiſchen Verhältniſſe getragen wird, der mich mit der Raupe zugleich einſchließt, aber freilich in ſo fernen Beziehungen unbewußt zuſammen, wie auch Vieles in meinem bewußten Geiſte durch ferne

Beziehungen unbewußt zuſammenhängt. Ich kann aber auch mit der Raupe in noch engern Verkehr treten. Ich kann ſie zertreten, ſie kann ein Kind erſchrecken. Kein Fiſch lebt ſo tief im Waſſer, den der Menſch nicht fiſchen könnte, kein Vogel fliegt ſo hoch in der Luft, den er nicht fangen könnte. Jede Jagd iſt ein Getriebe von Luſt und Unluſt zwiſchen Menſch und Thier.

Immerhin verhält es ſich in dieſer Beziehung noch ganz anders zwiſchen den Geſchöpfen deſſelben Weltkörpers, als zwiſchen den Geſchöpfen verſchiedener Weltkörper, und dies beſtätigt unſre Schlüſſe, daß ſich die Weltkörper als Individuen gegen einander ſtellen. Zwiſchen den Seelen der Geſchöpfe verſchiedener Weltkörper beſteht kein analoger Verkehr und keine Möglichkeit analogen Verkehrs, als zwiſchen den Seelen der Geſchöpfe deſſelben Weltkörpers. Der Seelenverkehr iſt in jedem Weltkörper für ſich abgeſchloſſen, wie der Vorſtellungsverkehr in jedem Haupte; freilich Beides nur in gewiſſer Beziehung; denn es giebt ja eine Communication zwiſchen uns durch Sprache, zwiſchen den Weltkörpern durch Licht; aber von wie ganz andrer Ordnung iſt der Verkehr zwiſchen den Menſchengeiſtern, als zwiſchen den Vorſtellungen in jedem Menſchen für ſich, und wenn der Lichtverkehr eine Sprache zwiſchen den Weltkörpern bedeuten ſollte, was wir weder beweiſen noch leugnen können, ſo wird doch das Entſprechende für ſie gelten.

Wohl anders, aber ſchöner, ſtellt ſich nun ſo Manches, als wir es ſonſt zu faſſen pflegten.

Wenn ſich Zweie lieben, iſt's nun nicht mehr blos ein Halb und Halb, ein Da und Dort, was zu einander möchte, und doch nie ganz zu einander kann; ein einigend Band hält die liebenden Seelen im höhern Geiſt verſchlungen, und iſt's eine Liebe im rechten Sinne, d. h. die auch dem Frieden des ganzen Geiſtes dient und ſeiner Entwickelung Frucht bringt, ſo wird ſie ſich nie wieder löſen, wie kein Zuſammenhang im Geiſte, der im Sinne von deſſen Befriedigung und Förderung iſt, ſich wieder löſt.

Und wenn ſich Zwei ſtreiten in dem ſtärkſten Haß, als gäbe es keine Verſöhnung, ſo ſteht doch die verſöhnende Macht ſchon da; ein Geiſt kann nichts unbefriedet in ſich laſſen; ja ſie ſtreiten ſich nur um eines höhern Gewinnes willen, den der höhere Geiſt verlangt, und der ihnen dereinſt, hier oder dort, ſelbſt mit wird zu Statten kommen. Was aber das Dort dem höhern Geiſte iſt, beſprechen wir erſt künftig.

Und wenn ein Redner predigt vor der Gemeine und ſie mit ſich reißt, ſo iſt's nicht ein äußerlicher Zug des Geiſtes an Geiſtern, ſondern wie eine Idee herrſchend um ſich greift, beſtimmend und leitend eingreift in viel andere noch rohere Ideen.

Und wenn ein Menſch abſeits wohnt, verlaſſen von allen Menſchen, ſo iſt er doch nicht verlaſſen von dem höhern Geiſt, und hängt noch in tiefer Wurzel mit den andern Menſchengeiſtern zuſammen; und der höhere Geiſt wird ſich ſeiner einſt erbarmen.

Und wenn ein Böſer ſündigt, daß es uns grauſt, wohlan, den höhern Geiſt wird es auch einſt grauſen.

wenn die Folgen des Böſen in ihm wachſen, denn er hat alle in ſich zu tragen und er wird anfangen, gegenzuwirken, und immer mehr und mehr; das iſt die Strafe des Böſen, die wächſt dem Böſen endlich ſo wahr über das Haupt, als der ganze Geiſt über den Geiſt des einzelnen Böſen iſt, und als kein Geiſt auf die Dauer duldet, was ihn ſtört.

Und wenn der Gerechte recht handelt, nicht blos, daß er für die Dauer dieſes Lebens gerecht erſcheine, ſo wird der höhere Geiſt ihn, der im Sinne ſeines innern Friedens handelt, und ſeine allgemeinen Zwecke fördert, auch ſeinerſeits endlich befriedigen und deſſen Zwecke fördern, die mit ſeinen eignen ſtimmen, und that er's anfangs nicht, ſo wird er's ſo ſichrer und ſo mehr thun, je mehr der Gute aushält, weil der Geiſt den eignen Schaden ſpürte, wollte er dem, was ihn förderte, dauernd entgegen ſein. Die Lehre von den letzten Dingen wird uns hierauf zurückführen. Denn was von dieſer Gerechtigkeit noch im Dieſſeits fehlt, das haben wir im Jenſeits zu ſuchen, das uns in eine neue Beziehung zu dem höhern Geiſte ſetzen wird.

Wenn der Geiſt des geſammten Irdiſchen in ſeiner Vielſeitigkeit und Fülle ähnliche Wirkungsverhältniſſe, wie ſie der menſchliche Geiſt deutlich nur im Ablauf der Zeiten entwickeln kann, auch ſchon in derſelben Gegenwart darbietet, die doch ſelbſt immer nur als eine fließende zu faſſen, fehlt dem höhern Geiſte ſeinerſeits nicht ein fortgehender Ablauf der Wirkungen, der nun aber auch in einem ganz anders reichen und vollen Strome fließt, als der menſchliche ſchmale und ſeichte Geiſtesbach. Wir nennen dieſen Ablauf, in ſeiner äußern Darſtellung, die Geſchichte. Er iſt ſo zu ſagen der Fluß, in dem des Verkehres Wellen ſtrömen.

Die Reihe der Betrachtungen, die wir in Betreff des Verkehrs der Menſchen angeſtellt, würden ſich für die Geſchichte nur in andrer Faſſung wiederholen. So wenig die Wirkungsbezüge in jenem ohne Bewußtſein ſein können, ſo wenig in dieſem. Dort ſind es Wirkungsbezüge zwiſchen dem gleichzeitig Gegebenen, hier zwiſchen dem ſich Folgenden, um was es ſich handelt. Auch unſer Geiſt aber hat dieſe zwei in der Betrachtung wenigſtens ſcheidbaren Seiten, daß er Gleichzeitiges und daß er Succeſſives im Bewußtſein bindet. Eine ſächliche Trennung beider Seiten findet freilich nicht ſtatt. Der Erfolg der geſammten Wirkungen des Gleichzeitigen im Bewußtſein iſt eben der Fluß des Bewußtſeins.

So deutlich liegt die Aehnlichkeit des kleinen Geiſterreiches, das wir in uns tragen, und des größern, das uns in ſich trägt, in Betreff des Ablaufes der pſychologiſchen und geſchichtlichen Phänomene vor, daß hieran hauptſächlich die jetzt allwegs geläufige Lehre von einem Geiſt der Menſchheit und Bewußtſein dieſes Geiſtes ſich geknüpft hat. Freuen wir uns dieſes Zuſammentreffens mit unſrer eignen Lehre, obwohl freilich dieſes Zuſammentreffen nur ein halbes iſt, ſo lange der Geiſt der Menſchheit für den Geiſt der Erde zählt, und das Bewußtſein dieſes Geiſtes vielmehr mit dem Bündel als dem Bande des menſchlichen Bewußtſeins für identiſch gilt.

Zumeiſt in der That, indem man von einem Geiſt der Menſchheit ſpricht, denkt man ſich ihn doch als ein nur im Einzelnen bewußtes, im Ganzen unbewußtes Weſen; man meint, die Menſchen, oder wenigſtens die Philoſophen, wiſſen wohl um dieſen Geiſt, er aber nicht um die Menſchen, außer ſofern jeder Menſch vom andern weiß, was doch immer nur nach einzelnen Beziehungen und unvollkommen der Fall iſt. Der Geiſt der Menſchheit, wie er heutzutage gefaßt wird, hat ein Bewußtſein wohl in den einzelnen Menſchen, aber nicht *über* den einzelnen Menſchen, d. h. kein ſolches, was das der Menſchen ſelbſt in Eins umfaßt. Die trockne Summe des menſchlichen Bewußtſeins iſt kein Bewußtſein, nicht die bewußte *Einigung* des menſchlichen Bewußtſeins. Der Philoſoph meint nur, die Ziffer, die er ſelbſt in ſeinem Einzelbewußtſein von dieſer Summe zieht, könne die höhere Bewußtſeinseinigung ſelbſt vertreten. Mit Recht ſagt Paulus: unſer Wiſſen iſt Stückwerk; aber nun ſoll auch des höhern Geiſtes Bewußtſein nur Wiſſensſtückwerk ſein, zwar der Behauptung nach nein, doch der Sache nach ja, denn nur das Ineinandergreifen und Spiegeln der Stücke, was nur immer neue Stücke giebt, nicht das bewußte Inbegreifen aller Stücke, was erſt eine wirkliche Bewußtſeinseinheit giebt, wird dem höhern Geiſte zugeſprochen. Der Spiegel meint gar das Zimmer zu ſein, oder ſein Licht ſei es doch nur, was das Zimmer erhelle. So ſoll es dann auch, nachdem man von einem Geiſt der Menſchheit erſt geſprochen, im Grunde nur die Perſönlichkeit der Einzelgeiſter in dieſem höhern Geiſte ſein, was als Ziel und

Centrum der ganzen Entwickelung anzuſehen. Und freilich, wie kann es zuletzt auf die Entwickelung eines höhern Geiſtes abgeſehen ſein, der es nur dem Worte, nicht der Sache nach iſt, der gleich zerfällt, ſo wie man ihn nur hart anfaßt. Ja Viele halten auch wohl den ganzen Geiſt der Menſchheit nur für ihr eigen Gedankending, und wie ſie ihn faſſen, iſt er ſicher nur ein ſolches.

Denn in einem wirklichen Geiſte giebt es keine Einzelnheiten des Bewußtſeins ohne ein einiges Bewußtſein, was ſie alle in Eins umſpannt. Weiß nicht mein Geiſt um alles Einzelne, was er in ſich hat, um ſeine höchſten Selbſtreflexionen, wie um ſeine ſinnlichſten Momente, in unmittelbarer Weiſe; er wäre eben kein einiger Geiſt, oder es gehörte ihm dies Alles eben nicht gemeinſam an, wenn er nicht in Eins darum wüßte; ein einigendes Bewußtſein iſt der eigentliche Charakter eines wirklichen Geiſtes. Alſo kann auch ein höherer Geiſt, giebt es anders einen ſolchen, und gleich viel, ob wir dabei an einen Geiſt der Menſchheit, der Erde oder an Gott denken, unſere beſondern Bewußtſeinsgebiete nicht in ſich tragen, ohne ſie in einem allgemeinen Bewußtſein zu verknüpfen. Unſer Sonderbewußtſein kann für ihn blos die Bedeutung haben, daß ſich ſein Allgemeinbewußtſein in jedem von uns in beſonderer Weiſe äußert. Daß eine unſrer Seelen an die andre denken kann, das gäbe noch kein geiſtig Band, vielmehr bedarf es dazu einer Seele, die auch all das, was ſie von einander denken, in ſelbigem Bewußtſein verknüpfend trägt; auch daß eine Seele zum Theil daſſelbe denken kann, als die andere, gäbe noch kein Band wie das unſres Geſichts; dazu bedarf es einer Seele, die auch das Decken ihrer Gedanken in demſelben Puncte und ihr Auseinandergehen darüber hinaus fühlt. Nur umgekehrt, daß zwei Menſchen an einander denken, daß ihre Gedanken ſich theilweis decken können, hat ſeinen Grund in der Verknüpfung durch ein höheres Bewußtſein. Faßt man das Bewußtſein eines uns übergeordneten Geiſtes nicht in dieſer Weiſe, daß er um Alles in Eins weiß, was wir einzeln mit und von einander wiſſen, läßt man ihn in unſer Bewußtſein zerfahren, ſo ſollte man von einem höhern Geiſte gar nicht ſprechen.

Und ſo löſt ſich die gewöhnliche Vorſtellung vom Geiſte der Menſchheit entweder als ein eitel Blendwerk von Worten auf, oder reicht über ſich hinaus in die Realität der unſern.

VIII. Vom höhern Sinnlichkeitsgebiet und Willen.

Obſchon, wie nicht genug zu wiederholen, keine Analogie zwiſchen Menſch und Erde ganz treffen kann, iſt es doch eben ſo wenig möglich, ohne Hülfe derſelben die Seelenverhältniſſe der Erde zu erläutern, da unſer eignes Geiſtige das Einzige iſt, was unſrer Beobachtung im geiſtigen Gebiete unmittelbar vorliegt, und den Ausgang für die Beurtheilung vor allem andern bilden muß, ſo daß nur Acht zu haben iſt, daß man die Analogie nicht weiter ausdehne, als ſie trifft, und, anſtatt ſich immer ſklaviſch an dieſelbe Analogie zu halten, ſie wende, wie ſich die Sache oder der Geſichtspunct wendet.

Und ſo trifft es denn bis zu gewiſſen Gränzen ſehr gut, obwohl über dieſe hinaus ſehr wenig, wenn man Menſchen, Thiere, Pflanzen nach der Seite ihres ſinnlichen Vermögens geradezu mit Sinnesorganen der Erde vergleicht, die ſie braucht, objective Anſchauungen über den Himmel und ſich ſelbſt als Grundſteine und Anſatzpuncte eines höhern allgemeinern geiſtigen Baues zu gewinnen.

Die Eigenthümlichkeit, relative Selbſtſtändigkeit, ſcheinbare Abſonderung, welche zwiſchen Menſchen, Thieren, Pflanzen in ſolcher Weiſe beſteht, daß jedes auf ein eignes Gebiet, einen eignen Standpunct der Betrachtung angewieſen und eingerichtet iſt, indeß alle in der Geſammtheit des irdiſchen Gebiets ein allgemeineres Band finden, giebt dieſem Vergleich unmittelbar etwas Anſprechendes. Nur daß theils unſäglich mehr und unſäglich verſchiedenartigere auffaſſende Organe in der Erde als in uns angebracht ſind, und dieſe Organe in der Erde als einem ſelbſt höhern Weſen auch ſchon Mehr und Höheres zu leiſten haben, als in uns die einzelnen Sinnesorgane, welchen ſie übergeordnet ſind. Und dies iſt es eben, was den Vergleich immer mehr oder weniger unzulänglich macht, obwohl ein genaueres Eingehen ihn doch wieder bis zu weitern Gränzen triftig erſcheinen laſſen wird, als ſich der oberflächlichen Betrachtung verrathen kann. Es iſt nicht blos Sinnliches, was die Menſchen und Thiere in ſich tragen; es ſind auch ſchon höhere Geſichtspuncte, die durch ſie in der Erde Platz greifen, ihrer ſelbſt höhern Stellung im höhern Weſen gemäß. Doch aber bleiben es immer nur beſondere Geſichtspuncte, wie ſie von Einzelſtandpuncten aus möglich ſind, wie ſie auf Grund beſonderer Sinneseinrichtung und Stellung gegen die Außenwelt gewonnen werden können; indeß eine höhere, das ganze Gebiet des Irdiſchen in Eins umſpannende, Bewußtſeinsverknüpfung, indeß allgemeinere geiſtige Bezüge, welche im Verkehr, der Entwickelung und Geſchichte der ganzen Menſchheit, ja des ganzen irdiſchen Reiches walten, und als ſolche unſerm Einzelbewußtſein unzugänglich ſind, über alle irdiſchen Einzelgeiſter und ihre beſondern Geſichtspuncte noch hinausgreifen und nur in einſeitigen Reflexen, wie ſie eines Jeden beſonderer Standpunct möglich macht, in ſie rückgreifen, und hiemit eben beitragen, die irdiſchen Geiſter zu etwas von allgemeinerer und höherer Bedeutung zu ſtempeln, als ſie in Abſonderung von einem ſolchen, ihnen übergeordneten, geiſtigen Reiche ſein könnten. Nicht anders aber greift auch unſre höhere Bewußtſeinsverknüpfung mit ihren allgemeinen Bezügen über alles das, was uns durch die Sinne von einzelnen Seiten einzeln zugebracht wird, hinaus und reflexweiſe in das Sinnliche ſelbſt zurück, und trägt dadurch ſeinerſeits bei, daſſelbe zu etwas Höherm zu ſtempeln, als es, außer Zuſammenhang mit dem allgemeinen Bewußtſein gedacht, ſein könnte. Auch in uns iſt das Sinnliche ja nicht abgeſchnitten von der höhern Allgemeinheit des Geiſtes, nicht abſtract und los davon zu faſſen. Alle, durch unſre Sinne gewonnenen, Anſchauungen, wie vereinzelt ſie uns erſcheinen mögen, ſind ſo zu ſagen unwiſſend ihrer ſelbſt mit etwas Höheren begeiſtet, was aus der allgemeinen Verknüpfung des Geiſtes in ſie kommt; ja vieles Beſondere, was über das Sinnliche hinaus liegt, von geiſtigen Bezügen und Erinnerungen aſſociirt ſich doch in beſonderer Weiſe an das Sinnliche, ſo daß es wie in Eins damit zuſammengeht, wie weiter zu betrachten. Auch unſre körperlichen Sinnesorgane, wie individuell geartet immer ihr Bau und ihre Thätigkeit ſein mag, dürfen doch nicht als blos für ſich beſtehende und für ſich thätige Organe, ſondern nur in ihrem Zuſammenhange mit dem ganzen Leibe und durch den ganzen Leib, insbeſondere aber mit dem Gehirn und durch das Gehirn, zu welchem ſie die nächſte und wichtigſte Beziehung haben, gefaßt werden, ja die Wurzeln in letzterm, wodurch ſie mit deſſen allgemeinen Thätigkeiten in Beziehung treten, und mittelbar Beziehung zu einander gewinnen, ſind ganz weſentlich mit zu ihnen zu rechnen, wie wir auch trotz unſrer Individualität nur im Zuſammenhange mit der ganzen Erde und durch die ganze Erde, insbeſondere aber mit dem obern, die ganze Menſchheit inbegreifenden, Reich der Erde zu faſſen, ſo zu ſagen darin eingewurzelt ſind, und dadurch in die höhern Verkehrsbeziehungen der Erde mit eingehen, wie eingreifen. Und ſo bleibt bei allem Ungleichen doch viel des Gleichen zwiſchen dem Verhältniß der irdiſchen Einzelgeſchöpfe zur Erde und unſrer einzelnen Sinneswerkzeuge zu uns.

Wie nun bei uns die verſchiedenen Sinnes-Organe ſehr verſchiedene Würde und Bedeutung haben, und die Functionen der einen der Anknüpfung des höhern Geiſtigen, der Begeiſtung damit, mehr Raum geben, als die andern, iſt es auch bei den individuellen Geſchöpfen der Erde, und die Menſchen nehmen in dieſer Beziehung fraglos die erſte Stelle ein. Die Pflanze thut nichts, als ihre Wohnung immer mehr erweitern, und immer höher ausbauen und immer ſchöner malen; in dieſem Geſchäfte führt und fühlt ſie zugleich ihr Daſein; hiemit trägt ſie leiblich bei, den Erdleib und zugleich ſinnlich, die Erdſeele auszubauen, zu bereichern, zu ſchmücken; aber ſie hat in der Erde und die Erde in ihr doch nur ein unmittelbares ſinnliches Daſeinsgefühl; die Pflanze weiß nichts von der Erde um ſich, ſie hat keinen Spiegel, und ſo knüpft ſich auch in der

Erde an die ſinnliche Exiſtenz der Pflanze nichts von einem Wiſſen um ſich über die Pflanze hinaus: die Erde genießt in der Empfindung der Pflanze blos eine beſonders unterſcheidbare ſinnliche Beſtimmung ihrer Exiſtenz; die iſt zugleich der Pflanze Seele. Das Seelenhaus der Menſchen und Thiere aber hat ſo zu ſagen noch einen Spiegel, der in kleinerem oder größerem Umfange das Irdiſche um ſich, ja wohl etwas vom Ueberirdiſchen, wie es nun eben vom irdiſchen Standpunct erſcheinen kann, ſpiegelt, und in des Menſchen durchweg hellem Spiegelhaus ſpiegelt und wiederſpiegelt ſich's gar in immer höhern Bildern, denn die Bilder ſind nicht todte, ſondern leben und weben und verweben ſich zu einer höhern Welt, der Spiegel ſelber wirft nicht todt zurück, ſondern ändert an den Bildern. Doch ſpiegelt auch der größte und höchſte Menſch Erde und Himmel nur von einem beſtimmten Standpunct; die Erde aber hat in ſich tauſend und abertauſend höhere und niedere Standpuncte; dazu will es tauſend und abertauſend Menſchen und Thiere; und die Erde wird nicht müde, ſie immer neu zu wechſeln und zu vervielfältigen, um ſo in Selbſtſpiegelung und Spiegelung des Höhern ihren ganzen Lebenskreis zu entfalten und entfaltend zu erſchöpfen. Ueber Allem aber, was ſich ſo in den einzelnen Geſchöpfen einſeitig reflectirt, baut ſich dann eben in ihrem Verkehr und ihrer Geſchichte noch ein in demſelben Verhältniß höher geiſtig Leben auf, und greift rückwärts in das Leben der Einzelgeſchöpfe hinein, als im einzelnen Menſchengeiſte über allen einſeitigen Spiegelungen ſich ein höher geiſtig Leben aufbaut, und in das Gebiet der

Sinnlichkeit, dies ſelbſt höher hebend, rückgreift. Doch iſt, wie ſich zeigen wird, das, was wir vom Verkehr und der Geſchichte der Menſchen hienieden erblicken, ſelbſt nur die ſehr äußerliche Seite von etwas tiefer Innerlichem, was uns auf unſerm dieſſeitigen Standpuncte noch nicht erſcheinen kann. Die Lehre von dem Jenſeits wird aber zu dieſen Betrachtungen noch eine wichtige Ergänzung bringen. Unſer ganzes jetziges, verhältnißmäßig ſinnliches, Leben hienieden iſt nur die Baſis eines künftigen höhern, das nicht minder dem höhern Geiſte angehört, als unſer jetziges. Aber Betrachtungen hierüber haben jetzt noch kein Fundament. Bleiben wir bei dem, was ſich auf den bisherigen Grundlagen erörtern läßt.

Damit gehe ich auf die Betrachtung einiger Gegenſtände (objective Anſchauung und Willen) über, die manches Schwierige darbieten, ſogar, wenn wir ſie nur bei uns ſelbſt in Betracht ziehen, geſchweige, wenn wir uns damit zum höhern Geiſt verſteigen, wo ſich die Schwierigkeit mit ſteigert, ohne daß ſich zugleich die Mittel, ihr beizukommen, ſteigern. Und ſo mag es wohl ſein, daß die folgenden Betrachtungen nicht jedem in jeder Hinſicht befriedigend erſcheinen: man muß ſich aber hüten, den etwaigen Fehler der Betrachtung für einen Fehler der Sache anzuſehen und das Allgemeine zu verwerfen, weil im Beſondern geirrt wird oder Zweifel auftritt. Wenn doch unſer eigener Geiſt exiſtirt, trotz dem, daß manche wichtige Verhältniſſe deſſelben noch im Unklaren und meiſt nur untriftiger Betrachtung unterliegen, ſo werden wir um ſo weniger Schlüſſe gegen das Daſein des Geiſtes über uns aus einem vielleicht nicht ganz gelungenen erſten Verſuche, die analogen Verhältniſſe deſſelben zu erörtern, ziehen dürfen, da uns hier keine andre directe Beobachtung, als an der kleinen Probe, die er uns von ſich in uns ſelbſt giebt, zu Gebote ſteht, alles Andere aber nur durch Analogie damit erſchloſſen werden kann. Ganz übergangen aber können dieſe Erörterungen doch nicht werden; der Verſuch muß gemacht werden, darauf einzugehen, da nur ſo die Lehre vom höhern Geiſte Leben und Folge gewinnen kann; denn iſt es ein wirklicher Geiſt, haben wir ſelbſt Beziehungen zu dieſem Geiſte, ſo kommen dieſe Verhältniſſe nach wichtigſten Beziehungen für ihn wie für uns in Betracht, und werden die Schwierigkeiten der Lehre nicht angegriffen, ſo greifen ſie uns an. Es hindert aber nichts, im erſten Verſuch nur den Ausgang triftigerer und fruchtbarerer Entwickelungen für die Zukunft zu ſehen.

In unſrer Sinnlichkeit liegt für uns zugleich ein Gebiet objectiver Anſchaulichkeit, Erfahrbarkeit überhaupt, wobei Subjectives uns das Objective vertritt, wodurch es hervorgerufen wird. Es gehört in der That ſchon eine ſehr philoſophiſche Reflexion dazu, die wir ſelten und welche die meiſten Menſchen nie anſtellen, um uns bewußt zu werden, daß Alles, was wir um uns und an uns ſehen, hören, fühlen, *ſo wie wir es ſehen, hören, fühlen*, eigentlich nur in unſrer Anſchauung, Empfindung iſt; nicht daß ihm nicht auch etwas Wirkliches außer der Anſchauung, Empfindung entſpräche; aber zunächſt haben wir doch nur dieſe davon; ſie vertritt uns das Objective ſelbſt, erſcheint uns unmittelbar als dieſes.

Ja mitunter können bloße ſinnliche Phantasmen, denen nichts außer uns entſpricht, den Charakter der Objectivität annehmen.

Nicht blos ſinnliche Anſchauung oder ſinnlich Anſchauliches aber ſetzen wir uns auf ſolche Weiſe gegenüber; ſondern Alles, was ſich daran im Laufe des Lebens durch bewußte oder unbewußte Erinnerungen und Schlüſſe als etwas Zugehöriges aſſociirt, wird mit objectivirt. Wir belehnen ſo zu ſagen aus unſerm Geiſte heraus, obwohl durch frühere Erfahrungen dazu beſtimmt, jedes anſchauliche, überhaupt ſinnlich wahrnehmbare, Ding mit einer Menge Eigenſchaften, denken es in einer Menge Verhältniſſen, die nicht unmittelbar in die Anſchauung, ſinnliche Wahrnehung fallen und doch mit objectivirt werden. Eine Landſchaft z. B. würde uns dem blos ſinnlichen Eindruck nach nur als eine marmorirte Fläche erſcheinen; erſt das Unzählige, der Anſchaulichkeit an ſich gar nicht mehr Angehörige, was wir erinnernd an die geſehenen Formen und Farben aſſociiren, wenn ſchon im Einzelnen nicht beſonders zum Bewußtſein bringen, macht die objective Landſchaft mit der Bedeutung von Bäumen, Häuſern, Menſchen, Flüſſen daraus: aber wir ſondern das von uns geiſtig Angeknüpfte, dieſe Bedeutung Vermittelnde, nicht von der ſinnlichen Unterlage: ſondern ſetzen es mit dieſer in Eins uns entgegen. Was objectiviren wir nicht Alles in der Anſchauung eines Menſchen mit ihm, das wir doch gar nicht ſinnlich an ihm ſehen. Hören wir eine Rede, ſo vernehmen wir eigentlich ſinnlich nichts als Schall; der ganze Sinn der Rede wird von uns ſelbſt geiſtig angeknüpft [*]; doch objectiviren wir den Sinn der Rede mit dem Schall; es iſt uns, als ob die von Außen kommende Rede ihren Sinn gleich mitbrächte, wir empfangen ihn als etwas Neues, nicht aus uns Kommendes, ſondern in uns Hineinkommendes. — *Rein* Sinnliches erſcheint ſogar wohl nie objectiv, und das Höchſte und Beſte, was ein Menſch hat, ſpielt auch in der Weiſe mit, wie er die Dinge auffaßt, auslegt, deutet, auf andre bezieht und das dadurch bereicherte Anſchauliche, Erfahrbare, erſcheint ihm darum nicht weniger objectiv.

Inzwiſchen geht unſer höheres Geiſtige nicht in der Anknüpfung an das Anſchauliche, ſinnlich Wahrnehmbare, und der Objectivirung damit auf; ja der Geiſt kann daſſelbe, was aus ſeinem allgemeinen Borne bereichernd und begeiſtend zu den Anſchauungen hinzutritt, auch unobjectivirt und ohne Anſchauung in Erinnerungen und höhern begrifflichen Bezügen und Combinationen erfaſſen und bedenken, nur ſo, daß es immer mit der Welt der Anſchaulichkeit in cauſaler und vernünftiger Beziehung bleibt.

Auch fühlen wir unmittelbar, daß die aus unſern Anſchauungen, ſinnlichen Wahrnehmungen, erwachſenen Erinnerungen unſerm Geiſte angehören, hier geht das Gefühl des uns Fremdſeins verloren.

---

[*] Die Möglichkeit, daß der Hörende den Sinn der Rede richtig an die gehörten Worte anknüpft, ſo daß der Sinn des Redenden ſich darin wieder erzeugt, liegt in einer gegenſeitigen Einrichtung ihrer Geiſter und ihrer Leiber, die ſelbſt nur durch ihr gemeinſchaftliches organiſches Inbegriffenſein in einem höhern Geiſt und Leibe vermittelt werden konnte. Hier kümmert uns indeß nur das Factum der Objectivität, in welcher der Sinn mit den Worten zugleich erſcheint.

Unſtreitig nun hat auch der Geiſt der Erde ſein Gebiet objectiver Anſchaulichkeit, Erfahrung in dem, was ihn von ſeiner Sinnesbaſis aus beſtimmt und ſich daran knüpft. Die Welt der objectiven Erſcheinung wird ſich nur gemäß der breitern Sinnesbaſis, die dem höhern Geiſte zu Gebote ſteht, erweitern, und gemäß der größern Höhe, die er über uns hat, erhöhen. Für uns erſcheint nur objectiv, was wir durch die einzelnen Sinneswerkzeuge ſchöpfen, für ihn, was er durch die einzelnen Geſchöpfe ſchöpft, die ſeine Sinnesorgane nur auf höherer Stufe vertreten, und das höhere Geiſtige, was ſich über ihrer Sinnesbaſis aufbaut, geht da mit ein, obwohl das des höhern Geiſtes darin nicht auf, da vielmehr das, was den Geſchöpfen davon zukommt, theils als Reflex aus dem allgemeinern geiſtigen Beſitz des höhern Geiſtes angeſehen werden kann, theils aber auch, durch ſie weiter fortbeſtimmt, ſich wieder in ihn hinein reflectirt, ſo daß es dem höhern Geiſte auch über uns hinaus noch zukommt. Das höhere Geiſtige im einzelnen Menſchen iſt eben nur die Klammer der Anknüpfung an das allgemeinere Geiſtige des Geiſtes über uns, das weder in dem beſchloſſen iſt, was davon in einen einzelnen Menſchen, noch in dem, was in die Summe der einzelnen Menſchen eingeht; um ſo weniger, wenn wir blos auf das Dieſſeits der Menſchen reflectiren, wie wir doch jetzt immer thun.

Wir müſſen alſo nicht meinen, daß nicht auch im Menſchen das Höchſte und Beßte, was das Weſen über uns hat, ſich wirkſam und lebendig erweiſen könne, nur daß es immer blos in gewiſſer, daſſelbe nicht erſchöpfender, Beſonderung darin erſcheinen kann. Unſer Geiſt iſt nicht blos eine marmorirte Sinnestafel, trotz dem, daß der höhere Geiſt mit uns wie mit ſeinen Sinnesorganen um ſich blickt und ſeinen Leib ſelbſt beſchaut, weil wir nicht ohne unſre Wurzeln in ſeinem höhern Gebiete zu faſſen ſind; das höhere und höchſte geiſtige Leben deſſelben webt vielmehr mit in dieſer Sinnestafel, hebt uns einerſeits über die Sinnlichkeit hoch hinaus, und gewinnt andrerſeits durch uns neue Beſtimmung. Es iſt dies Höhere und Höchſte in uns etwas, was wir nicht von uns ſelbſt als Einzelnen haben könnten, ſondern nur durch unſer Wohnen in dem allgemeinen Geiſte, unſere Verknüpfung in dem allgemeinen Geiſte und durch den allgemeinen Geiſt. Er iſt es, der unſern geiſtigen Verkehr vermittelt, die geſammelten Schätze menſchlicher Erkenntniß von einer Zeit zur andern in ſich aufhebt; wir ſehen nur die äußern Bedingungen davon, er hat das innere Bewußtſein davon. Aber wie ſich dies Höhere in uns geſtaltet und durch uns geſtaltet wird, bleibt immer etwas, worin ſich der höhere Geiſt durch uns, wie von etwas Objectivem, neu beſtimmt findet, das erſt durch uns in ihn kommt. Jeder Menſch verdankt die Bildung, die ihn über das ſinnlich Thieriſche erhebt, theils ſeinen Bewußtſeinsbeziehungen zur allgemeinen Natur, theils einem Reflexe der allgemeinen Bildung, die durch die Menſchheit zeither vermöge ihres Zuſammenhanges unter ſich und mit der umgebenden Natur erworben wurde, und die in beſondern Vermittelungen an ihn gelangt, trägt aber auch ſelbſt durch die Art, wie er dieſe Bildung aufnimmt und in ſich geſtaltet und demgemäß auf die Welt rückwirkt, etwas bei zur Förderung der allgemeinen Bildung. Und die höchſten und beßten Menſchen empfangen einerſeits die höchſten und beßten Reflexe aus dem höhern Geiſte, andrerſeits leiſten ſie das Höchſte und Beßte, ihn weiter zu fördern. Durch bloßes abſtractes Denken außer Beziehung mit ſeinem Anſchauungsgebiet könnte der höhere Geiſt ſo wenig weiter kommen, als unſrer, er wurzelt aber durch die Geſchöpfe in der Anſchauung, äußern Erfahrung, wie die Geſchöpfe umgekehrt, durch ihr höheres Geiſtige, in dem höhern Geiſte.

Das Verhältniß zwiſchen uns und dem höhern Geiſte iſt alſo, nochmals zuſammengefaßt, dieſes: Unſre Anſchauungs- oder äußern Erfahrungsgebiete bilden für den höhern Geiſt in ihrer Ergänzung durch einander ein größeres Anſchauungs-, Erfahrungsgebiet, was den Charakter der Objectivität für ihn trägt, wie für uns, und eben durch uns für ihn trägt; denn er theilt ja unſre objective Auffaſſung: hiemit objectivirt ſich für ihn aber, da er ein höherer Geiſt als wir, zugleich Alles, was ſich des Höhern über unſerm Anſchauungs-, Erfahrungsgebiete in uns aufbaut, in ähnlicher Weiſe, als das, was ſich des Höhern an einzelne Sinnesgebiete in uns aſſociirt, ſich für uns mit dieſen in Eins objectivirt. Aber das höhere Geiſtige geht für ihn nicht in dieſer Objectivirung auf. Vielmehr iſt alles Höhere bei uns etwas, was der höhere Geiſt nicht blos in uns als Einzelnen, ſondern noch über uns hinaus in allgemeinerer Weiſe hat; wir hängen durch daſſelbe in ihm ſelbſt zuſammen; und ſind bei der Fortbeſtimmung deſſelben eben ſo thätig, als er thätig iſt, uns durch daſſelbe fortzubeſtimmen.

Liegt in den vorigen Betrachtungen zugeſtandnermaßen manches Schwierige, ſo heben ſich andrerſeits dadurch manche Schwierigkeiten, die ſonſt ſchwer löslich ſcheinen möchten; wie denn das Bedürfniß, ſie zu löſen, den Weg dieſer Betrachtungen ſelbſt erſt gewieſen hat, nur ſo, daß Analogie helfen mußte, ihn zu treffen und zu begründen.

Man kann fragen, warum fällt es doch gar nicht in unſer Gefühl, daß wir einem höhern Geiſte angehören, wenn wir doch in dem höhern Geiſte leben, weben und ſind und er in uns. Es kann nicht in unſer Gefühl fallen, weil es nicht ins Gefühl des höhern Geiſtes ſelber fällt: wir ſind Werkzeuge ſeiner objectiven Anſchauung, und nur durch beſondere Reflexionen, in denen er ſich mit uns begegnet, kann ihm der Gedanke entſtehen, daß das, was er in unſern Seelen ſchöpft, ihm ſelbſt angehöre, ohne daß es aber darum Gefühlsſache für ihn wird. Der höhere Geiſt hat ſo zu ſagen unſern ganzen Seeleninhalt, auf dem Grunde unſrer Sinnestafel, anſchaulich vor ſich, indeß wir ſeinen ganzen Seeleninhalt, ſo weit wir ihn nicht ſelbſt darſtellen, gleichſam hinter uns haben; daher wird er unſrer ganz gewahr, aber wir nicht ſeiner; was er aber in uns, durch uns gewahr wird, nimmt er wie etwas ſein Weſen objectiv oder neu Beſtimmendes, nicht als ſchon vorhandenen Theil ſeines Weſens wahr; daher auch das Gefühl aus ihm in uns nicht kommen kann, daß wir Theile ſeines Weſens ſind. Wenn wir uns aber durch höher Geiſtiges mit ſeinem Allgemeinbeſitz verknüpfen, ſo fühlt er ſich zwar als Gefäß und Herr dieſes Allgemeinbeſitzes, aber nicht eben ſo deſſen, was ſich davon in beſonderer Weiſe in uns hinein reflectirt, und durch uns ſelbſt neu gefaßt und verarbeitet ihm zurückgegeben wird, was vielmehr im Gebiet deſſen, was ihn objectiv beſtimmt, mit aufgeht, wie ſich durch analoge Verhältniſſe in uns ſelbſt erläutern ließ. Wenn wir aber doch unmittelbar fühlen, daß die aus unſern Anſchauungen erwachſenen Erinnerungen uns angehören, das Gefühl des Objectivſeins, Fremdſeins bei dieſen verloren geht, ohne daß ſie doch in unſerm Bewußtſein verſchwimmen, ſo wird auch unſre ſcheinbare Entfremdung von dem höhern Geiſte nur in unſerm jetzigen, verhältnißmäßig ſinnlichen, Anſchauungsleben beſtehen, nicht in dem Leben von höherer Geiſtigkeit, das wir im Jenſeits in ihm führen, in das wir mit dem Tode eintreten werden. Doch das gehört in ſpätere Betrachtungen.

Nun werden uns auch Widerſprüche und Unverträglichkeiten im menſchlichen Gebiete um ſo weniger mehr befremden können, da ſie ſo zu ſagen nicht von Oben aus der Allgemeinheit des höhern Geiſtes in die Menſchheit kommen, ſondern von Unten durch die einſeitigen und von einander abweichenden ſinnlichen Standpuncte der Menſchheit in den höhern Geiſt kommen und ſich der Ausgleichung und Verarbeitung durch ihn darbieten. Jeder neu entſtehende Menſch bildet eben ſo einen neuen Anlaß und Anfang ſolcher Arbeit im höhern Geiſte, wie in uns jeder neue Augenaufſchlag, der unſer Erfahrungsgebiet bereichert.

Alles, was in unſern Geiſtern hienieden vorgeht, nimmt ſo von gewiſſer Seite für den höhern Geiſt den Charakter des ihm unwillkührlich Begegnenden an; von gewiſſer Seite, d. h. in ſo weit es nicht ſelbſt von Oben aus dem Geiſte in uns gekommen; und freilich zu Allem, was wir thun und denken, iſt etwas von Oben aus der Allgemeinheit des höhern Geiſtes in uns gekommen, wie aber auch wieder etwas durch uns in die Allgemeinheit des höhern Geiſtes kommt. Nur abſtrahirend läßt ſich Beides ſcheiden. Wir beſtimmen ihn durch unſre Einzelnheit von Unten, indeß wir zugleich ſeiner Beſtimmung aus dem Allgemeinen her von Oben unterliegen, da er durch Alles, was wir thun und denken, veranlaßt wird, aus der Fülle des Ganzen mit- oder gegenzuwirken, und ſelbſt in uns hineinwirkt. Und hiedurch wird er eben unſer Hort, daß er unſre Widerſprüche und Unverträglichkeiten, weil ſie ihm doch begegnen, im Wechſelverkehr unſrer Geiſter unter einander und mit der Natur auszugleichen ſucht; nur daß er hiebei nicht unbeſchränkt iſt, wie wir nicht unbeſchränkt in Geſtaltung unſers Erfahrungsgebietes ſind, doch ſind wir es bis zu gewiſſen Gränzen und bei ihm werden die Gränzen noch weiter liegen.

Mit ſolchen Betrachtungen aber treten wir aus dem Gebiete der Receptivität in das Gebiet der Activität des höhern Geiſtes über, und ſo wird es dienlich ſein, die Analogie, die uns bisher geleitet hat, dahin zu erweitern, daß ſie auch den fernern Erörterungen zur Grundlage dienen könne.

Laſſen ſich die lebendigen Geſchöpfe der Erde von gewiſſer Seite als Sinnesorgane derſelben betrachten, ſo von andrer Seite als Bewegungsorgane derſelben, im Grunde aber als Beides im Verein, wie auch unſer Auge, unſer Ohr, unſre Naſe, unſre Zunge, unſre Hand Sinnes- und Bewegungsorgane in Eins ſind. Die Muskeln daran liefern den Bewegungsapparat [*], der eben ſo durch Nerven mit dem Gehirn zuſammenhängt, als der Empfindungsapparat, und vermöge deſſen (leiblich-geiſtige) Impulſe vom Gehirn empfangen kann, wie der Empfindungsapparat ſolche dahin fortpflanzt. Auch der Bewegungsapparat iſt nur mit dieſen Wurzeln im Gehirn in Verbindung zu betrachten, ohne welche er müßig wäre. Mittelſt des Bewegungsapparates ſucht der Menſch ſeine Sinnesorgane den Einwirkungen immer ſo darzubieten und dieſe ſelbſt ſo umzugeſtalten, daß theils unmittelbar die genehmſten Anſchauungen und Empfindungen durch die Sinnesorgane gewonnen werden, theils allgemeineren, über die Sinnesorgane hinausgreifenden, obwohl vom ganzen Organismus auch in ſie rückgreifenden Zweckrückſichten entſprochen wird, und in analoger Weiſe verwendet die Erde ihre Geſchöpfe. Der Bewegungsapparat derſelben dient ihr eben ſo, ſie den äußern Einwirkungen ſo darzubieten und dieſe ſo umzugeſtalten, daß theils unmittelbar die genehmſten Anſchauungen und Empfindungen für die Geſchöpfe ſelbſt und hiemit für die Erde gewonnen werden, theils allgemeineren, über die Geſchöpfe hinausreichenden, obwohl aus dem Ganzen auch in ſie rückgreifenden, und alſo auch für ſie nicht gleichgültigen, Zweckrückſichten dadurch entſprochen wird. In erſter Beziehung, der Richtung auf Erlangung eines unmittelbaren Genügens, wirkt von geiſtiger Seite der ſinnliche Inſtinct oder Trieb der Geſchöpfe, in letztrer, der Richtung auf Erlangung weiterer und höherer Zwecke, der höhere Wille derſelben.

---

[*] Selbſt an Ohr und Naſe fehlt er nicht. Abgeſehen von den äußern Ohrmuskeln, die beim Menſchen wenig thätig ſind, giebt es auch innere Muskeln, welche die Spannung des Trommelfells reguliren und mit den Gehörknöchelchen in Beziehung ſtehen. Auch die Naſenflügel können durch Muskeln bewegt werden.

Man kann obige Analogie noch etwas weiter verfolgen; und obwohl ſie überhaupt nur bis zu gewiſſen Gränzen triftig ſein und triftig führen kann, auch die fernere Fortführung zur Begründung des Folgenden nicht weſentlich iſt, mögen doch noch einige Worte in Bezug darauf hier ſtehen.

Im Grunde ſchließt ſich jedes Sinnesorgan durch ſeine nach den Centralorganen verlaufenden Sinnes- und Bewegungsnerven zu einer Art Cirkel ab, indem dieſe Nerven im Gehirn oder Rückenmark in eine Verbindung der Art treten, daß Empfindungsreize, die zunachſt nur auf das Organ ſelbſt angewandt werden oder in demſelben ſich entwickeln, Bewegungen des Organs (ſog. Reflexbewegungen) hervorrufen können, indem ſie von den Empfindungsnerven durch die centrale Verbindung auf die Bewegungsnerven ſich reflectiren und ſo einen Trieb zur Bewegung auslöſen, ohne daß ein vom Ganzen ausgehender Willenseinfluß ins Spiel zu kommen braucht, (wie wenn das Auge ſich unwillkührlich in Folge eines Lichtreizes dreht, die Hand bei einem Nadelſtich unwillkührlich zuckt u. ſ. w.) und dieſer ganze Cirkel bildet eigentlich erſt das vollſtändige Organ. Analog ſchließt ſich der Leib des ganzen Menſchen oder die Geſammtheit ſeiner Empfindungs- und Bewegungsorgane durch die geſammten Sinnes- und Bewegungsnerven und das ganze Gehirn und Rückenmark als centrale Verbindungstheile zu einem größern Cirkel ab, in welchem weitern Cirkel (namentlich dem Theile deſſelben, welchen das Gehirn bildet), die leibliche Begründung der höhern Intelligenz und des Willens (ſtatt im engeren bloßer ſinnlicher Empfindung und empfundenen Triebes) eingeſchloſſen liegt. Der engere Cirkel (des einzelnen Sinnesorgans) iſt aber in den weitern (des ganzen Menſchen) ſo eingebaut, daß er nicht nur Einflüſſe darauf äußern, ſondern auch davon empfangen kann, die eine allgemeinere Bedeutung haben, als die ſich im engern Cirkel für ſich abſchließen [*]. Daher z. B. die an ſich unwillkührlichen (Reflex-)bewegungen des Auges, welche ein Lichtreiz, eine Stimmung des Auges veranlaßt oder veranlaſſen möchte, durch den Willen und den Gang unſers Denkens theils abgeändert, theils verhindert werden können, umgekehrt durch die Sinne auf den Willen und die höhere Intelligenz gewirkt werden kann, wie denn viele Motive unſers Willens und Beſtimmungsgründe unſers Denkens in ſinnlichen Anläſſen liegen. Eben ſo iſt der Cirkel, welchen der Menſch bildet, in den noch weitern Cirkel eingebaut, den die geſammte Erde mit der Geſammtheit ihrer Geſchöpfe nach einem höhern Princip [**] abſchließt, und jeder einzelne Menſch erſtreckt darauf Einflüſſe durch ſein Handeln und empfängt von da Beſtimmungsgründe zum Handeln, die eine allgemeinere Bedeutung haben, als die ſich, direct blos auf ihn ſelbſt bezüglich, im beſondern Cirkel ſeines Empfindens und Bewegens abſchließen möchten.

Trieb und Wille der Geſchöpfe verknüpfen ſich nun eben ſo in einem höhern darüber hinausgreifenden Willensgebiete der Erde, als Empfindung und Wiſſen derſelben in einem höhern Wiſſensgebiete. Wie alles Empfinden und Wiſſen der Erde ſich letztlich in einem einigen Bewußtſein der Erde zuſammen- und abſchließt, ſo aller Trieb und Wille. Es iſt aber beidesfalls daſſelbe Bewußtſein, was nur von einer Seite receptiv, von der andern activ iſt, und es kann dieſer Abſchluß oder dieſe höchſte ſelbſtthätige Verknüpfung (nicht Summe) alles Triebes und Willens im oberſten Bewußtſeinsknoten der Erde, oder dieſer ſelbſt nach ſeiner im Handeln ausſchlagenden Activität, als oberſter oder Hauptwille, Totalwille, oder Wille der Erde ſchlechthin gefaßt werden. Indem aber abgeſehen von der allgemeinſten oberſten Bewußtſeins-Einigung auch noch beſondere Bewußtſeinsbezüge darunter über das Menſchliche und beſondere Fractionen der Menſchheit hinweggreifen, wird daſſelbe auch eben ſo nach activer als receptiver Seite ſtatt finden.

---

[*] Man glaubt, daß Nervenwirkungen nicht blos durch Continuität, ſondern auch durch Contiguität (Anlagerung) der Nervenfaſern übergepflanzt werden können; ja daß dieß eins der wichtigſten Mittel der Uebertragung von Nervenwirkungen im Körper iſt. (Vgl. Volkmanns Artikel *Nervenphyſiologie* S. 528 in Wagners phyſiolog. Wörterb.). Hienach kann man ſich ſchematiſch vorſtellen, daß ein kleiner Cirkel von einem größern umſchloſſen wird, und durch ſeine innere partielle Anlagerung an denſelben in Wirkungsbeziehungen mit ihm tritt, muß aber freilich geſtehen, daß über die in der Wirklichkeit in dieſer Beziehung ſtatt findenden Dispoſitionen noch viel Dunkel herrſcht.

[**] Unſtreitig kann man in der Art, wie ſich der Menſch in die Erde einbaut, keine *reine* Wiederholung der Art ſehen, wie ſich ein Sinnesorgan in den Menſchen einbaut.

In ſo weit nun unſer Aller Wille auf Eins und daſſelbe hinzielt, und in der Hauptſache zielt er überall dahin, die Verhältniſſe ſo zu geſtalten, daß wir Alle zugleich dabei gewinnen, tritt er in den Willen des uns übergeordneten Geiſtes hinein; in ſo weit er nicht auf daſſelbe hinzielt, bedeutet er abweichende oder ſtreitende Beſtimmungsgründe deſſelben. Was ſich in unſern Einzel-Willen deckt, deckt ſich im ganzen Willen des höhern Geiſtes, was zwiſchen uns abweicht, weicht in ſeinem ganzen Willen als beſonderer Beſtimmungsgrund deſſelben ab. So iſt unſer niederer Einzelwille jedenfalls blos als Moment ſeines ganzen Willens zu faſſen; und es kann unſre Freiheit, unſer Wille, obwohl mit Allem, was dadurch geſchieht, in den höhern Geiſt fallend, ihm doch nicht als ſeine Freiheit, ſein Wille im höhern Sinne erſcheinen und angerechnet werden, vielmehr nur als etwas, was ſeine höhere Freiheit, ſeinen höhern Willen mitbeſtimmt, wie unſre Freiheit, unſer Wille durch einzelne, ihm untergeordnete, oft unter einander und mit unſerm ganzen Willen ſelbſt ſtreitende, Beweggründe, Motive, mit beſtimmt werden kann. Für den Willen des höhern ſelbſtſtändigern Geiſtes tritt nur eben auch etwas Selbſtſtändigeres, Höheres, d. i. der Einzelwille des Menſchen an die Stelle, die im Verhältniß zu unſerm Willen blos ein unſelbſtſtändigeres, niedrigeres Motiv einnimmt. Im Uebrigen kann die Analogie mit dieſem Verhältniß uns gut zur Erläuterung dienen.

Wie viel auch Motive bei einem Willen ins Spiel kommen, doch iſt der Wille mehr als die Summe der einzelnen Motive, die ins Bewußtſein treten, ja oft thun wir etwas mit Willen, zwar nicht ohne Motive, aber doch ohne uns irgend ein beſonderes Motiv zum Bewußtſein zu bringen. So wird es auch mit dem Willen des höhern Geiſtes ſein. Die Summe der einzelnen bewußten Menſchenwillen kann eben ſo wenig ſeinen obern Willen ganz decken, als die Summe unſrer bewußten Einzelmotive den menſchlichen Willen, zumal der höhere Geiſt viele Motive nach vielen Beziehungen haben kann, die über das menſchliche Bedenken überhaupt hinausliegen, obwohl immer mit den, von uns bedenkbaren, in uns wirkſamen, Motiven in Beziehung ſtehen werden: wie umgekehrt das Vorbedenken und Wollen durch die einzelnen Menſchen nicht in Abſonderung, ſondern nur im Zuſammenhang des ganzen höhern Denk- und Willensgebietes ſtatt finden kann.

Es kann alſo Vieles aus dem höhern Willen heraus geſchehen, was nicht im Willen und Vorbedacht eines einzelnen Menſchen noch der Willensſumme aller einzelnen Menſchen lag; ja alle großen Begebenheiten der Geſchichte ſind höchſtens nach einzelnen Seiten von den Menſchen vorausbedacht und gewollt worden, aber nicht im Ganzen. Umgekehrt aber liegen für den höhern Willen Beſtimmungsgründe in dem Willen der Menſchen, die von den Einzelnen die Richtung auf das Ganze nehmen.

Wie nun in uns ein Motiv des Willens nur nach Maßgabe Erfolg hat, als der ganze Wille, zu deſſen Beſtimmung es freilich ſelbſt mitwirkt, nicht überwiegend entgegen ſteht, wird auch der Wille eines einzelnen Menſchen nur nach Maßgabe Erfolg haben können, als er geeignet in den Totalwillen des Weſens über uns hineintritt. Wir ſuchen nun unſerſeits unſre Handlungen immer ſo einzurichten, daß allen Motiven des Willens, aus dem ſie hervorgehen, ſo viel möglich im Zuſammenhange dadurch Genüge geleiſtet wird, und ſo iſt auch leicht einzuſehen, daß das Geſchehen auf der Erde, in ſo weit es unter dem Einfluſſe des allgemeinen Willens des höhern Geiſtes ſteht, eine ſolche Geſtalt annehmen wird, daß allen verſchiedenen ihn beſtimmenden Einzelwillen dadurch möglichſt Genüge geſchieht; und ſomit ſehr erklärlich, daß trotz des höhern Allgemeinwillens, ja vermöge deſſelben, jeder Menſch ſeinen untergeordneten Willen bis zu gewiſſen Gränzen befriedigen kann. Aber doch nur bis zu gewiſſen Gränzen, ſo weit es der Conflict mit andern abweichenden Einzelwillen und dem über alle hinausgreifenden allgemeinen

Willen, der ja durch die Summe aller nicht gedeckt wird, geſtattet; wie auch bei unſerm Willen im Conflict der Motive unter einander und mit dem über ſie hinausgreifenden allgemeinen Willen die Befriedigung der einzelnen ſich Beſchränkungen gefallen laſſen muß. Je kräftiger aber ein Motiv iſt, deſto mehr wird der Totalwille geneigt ſein, ſeine Richtung einzuſchlagen, oder deſto mehr wird die Richtung des Totalwillens mit der des Motivs übereinkommen; und eben ſo, je kräftiger der Wille eines Menſchen wirkt, deſto mehr wird er beitragen, den Willen des höhern Geiſtes zu beſtimmen. Des Menſchen Wille iſt ein Gewicht auf der Wagſchale der höhern Freiheit, zwar die Wage nicht ſelbſt, aber in Zuſammenhang damit erwachſen. Wir drücken auf die Wage, wie wir wollen und ſie wägt unſre Gewichte, wie ſie will, indem ſie ſie immer neu umlegt, je nachdem ſie da oder dort zu wenig oder zu viel drücken. Sie wird ſie aber ſo lange umlegen, bis Alles gerecht und gut iſt.

Es liegt alſo in der Erſcheinung der menſchlichen Einzelwillen und der Art, wie ſie mit und gegen einander wirken und ihre Befriedigung theils erzielen, theils nicht erzielen, nichts, was der Annahme eines höhern Allgemeinwillens im Gebiete des Irdiſchen widerſtrebte. Nur müſſen wir Einzelne natürlich nicht fordern, das Bewußtſein dieſes Allgemeinwillens für uns zu haben; ſondern jeder von uns kann ſich blos eines Beſtimmungsmomentes des ganzen Willens bewußt werden, oder was daſſelbe iſt, in jedem von uns kann ſich der höhere Geiſt blos eines Beſtimmungsmomentes ſeines ganzen Willens bewußt werden.

d. i. unſeres Einzelwillens. Indem ſich aber der höhere Geiſt aller Einzelwillen, die zu einer gegebenen Zeit ſtatt finden, auf einmal im Zuſammenhange, und zwar deſſen, was darin eine Richtung nimmt, auch in einer Richtung bewußt wird, ſucht er auch allen im Zuſammenhange möglichſt zu genügen, wobei er natürlich an die vielfach beſchränkenden Bedingungen gebunden bleibt, welchen der Naturzuſammenhang überhaupt und der Zuſammenhang der irdiſchen Dinge insbeſondere unterworfen iſt. Der Wille des höheren Geiſtes iſt ſo wenig allmächtig, als der unſere; aber er iſt weniger durch äußere Willenseinflüſſe beſchränkt als der unſere; ſeine Beſchränkungen ſind mehr allgemeine Naturbeſchränkungen und innere Selbſtbeſchränkungen durch den Conflict der eigenen Willensbeſtimmungen.

Natürlich wird der Gang der großen Kreisläufe und die Erhaltung der ſoliden Grundlagen des irdiſchen Lebens und Baues ſo gut dem Willen der Erde entzogen ſein, als der Hauptgang der Kreislaufsbewegungen in unſerm Körper und die Erhaltung der Grundlagen ſeines Baues dem unſern. Unſre Gliedmaßen können wir wohl mit Willen anders legen, unſre Sinnesorgane anders richten, aber unſern Leib nicht von Grund aus anders bauen, noch unſer Blut andre Hauptwege führen, als ihm eines andern Willen gegeben hat, obwohl untergeordnete Abänderungen durch unſern Willen darin hervorbringen; (wie denn jede willkührliche Thätigkeit mit ſolchen Abänderungen verbunden iſt, auch ohne daß der Wille ſich bewußt darauf richtet). Und ſo kann die Erde auch uns, ihre Geſchöpfe, mittelſt ihres Willens, in den der unſre als Welle eingeht, anders legen; aber ſich ſelbſt nicht mit Willen anders von Grund aus bauen, noch den Hauptgang der Flüſſe und Winde ändern, obwohl untergeordnete Abänderungen darin durch Thätigkeiten, die der Willkür anheim fallen, wobei wir ſelbſt betheiligt ſind, hervorbringen. Der Wille der Erde ſchwebt wie endlich so zu sagen in einem höhern bewußten Gebiete, das uns selbst mit anderm Bewußtsein und Willen einschließt, über einer weitern Grundlage, die es beherrschen muß, da es davon mit getragen wird, so daß er sie ganz höher und feiner emporheben, aber nicht aus dem ganzen aufzuheben vermag; so ist es auch, daß das höhere Aufbauen durch den höhern Willen eines höhern Wesens auf einem weitern und tiefern Grunde geschieht.

Im Ganzen, können wir sagen, findet ein übereinstimmendes Interesse für die Menschheit und für die Erde statt; ja, mit Rücksicht auf das Jenseits der Menschen, stimmt auch das wahre Interesse jedes Einzelnen mit dem der ganzen Menschheit und Erde überein; und es kommt nun darauf an, daß der Mensch die Regeln, wie er dieß gemeinschaftliche höhere Interesse, und hiemit sein eignes für die Ewigkeit, wahren kann, immer besser erkennen und seinen Willen stetiger auf Befolgung derselben richten lerne; daß er aber dieß immer besser lerne und daß die ganze Menschheit in dieser Hinsicht immer fortschreite, gehört selbst wesentlich zur höhern Fortentwickelung der Erde. Könnte es unter den Menschen je zu einer völlig einstimmigen willigen Befolgung der Regeln kommen, wodurch ihre Beziehungen zu Gott und zu einander bestmöglichst geordnet werden, so würde hiemit auch zugleich eine allgemeine Einstimmung des menschlichen Willens und Thuns mit dem Willen des höhern Geistes und eine Einstimmung des Willens und Thuns des höhern Geistes in sich nach allen menschlichen und in das Menschliche eingehenden höhern Beziehungen erzielt sein, und sie könnte schwerlich in Bezug auf alles Menschliche in ihm erzielt sein, ohne überhaupt in ihm erzielt zu sein. Dieses Ziel ist nicht erreicht; aber das Streben es zu erreichen, iſt darin ſichtbar, daß Wille und Handeln der Menſchen durch religiöſe, rechtliche, ſtaatliche, internationale Ideen, Satzungen, Inſtitute, Verträge, ſelbſt die Sitte, nach immer allgemeinern Beziehungen im Sinne des Intereſſes der Geſammtheit gerichtet, geregelt und gebunden werden. Ueber Alles iſt es die wachſende Verbreitung des Chriſtenthums, was hiebei in Anſchlag kommt, wie noch deutlicher erhellen wird, wenn wir in einem ſpätern Abſchnitt die Grundidee des Chriſtenthums ſelbſt ins Auge faſſen werden. Der nächſte Abſchnitt aber zeigt, wie jung die Erde im Allgemeinen noch in dieſen Beziehungen zu achten.

Die vorigen Betrachtungen ſind mit Fleiß in ſolcher Allgemeinheit gehalten, daß ſie ſich mit jeder Anſicht von Freiheit und Willen vertragen dürften; und ſollten ſie ſich auch aus gewiſſen Geſichtspuncten noch anders ſtellen laſſen, würde dieß doch nur dahin führen, die Verträglichkeit des menſchlichen und eines höhern Willens mit andern Ausdrücken darzuſtellen. Alle Streitfragen, deren Erörterung und Entſcheidung unſern Gegenſtand nicht fördert, bleiben hier billig außer Spiel. Uebrigens iſt zuzugeſtehen, daß von dem Willen und Denken über uns nach Analogie mit dem unſern ſprechen zu wollen, ſtets ein Wagniß iſt, das nur einen halben Erfolg haben kann.

Jedenfalls ſtellt ſich nach Vorigem das Verhältniß des Geiſtes der Erde zu den untergeordneten Geiſtern der Geſchöpfe aus einem weſentlich andern, zugleich lebendigern, erhebendern, troſtvollern Geſichtspunkte dar, als nach gewöhnlicher Faſſungsweiſe das des Geiſtes der Menſchheit zu den Geiſtern der Menſchen. Werfen wir noch einen letzten vergleichenden Rückblick hierauf, der zugleich in andrer Hinſicht ein Vorblick ſein wird.

Welche reiche Möglichkeit von Bewußtſeinsbezügen nach Oben und Unten im Wiſſen und Wollen eröffnet ſich für den Geiſt der Erde nach unſrer Faſſung. Dieſe Möglichkeit mag zunächſt noch allgemein und unbeſtimmt erſcheinen: ſie wird ſich aber künftig näher beſtimmen und ausbauen, und zwar durch etwas, was der Menſch ohnehin überall fordert, wofür er überall den Platz ſucht und doch bisher meiſt nur im Leeren oder Unmöglichen zu finden weiß. Und Alles bleibt geeinigt durch ein oberſtes ganzes Bewußtſein. Dagegen im Geiſt der Menſchheit nach gewöhnlicher Faſſung mit dem obern Schluß des Bewußtſeins auch die Möglichkeit dadurch gehaltener höherer Bewußtſeinsbezüge hinwegfällt, welche über das einzelne Menſchliche hingreifend, es zu beſondern Sphären unter der höchſten gliedern und binden, vielmehr blos ein zerſtreutes Hin und Wieder von Wiſſen und Wollen in der Menſchheit Platz greift, geeinigt durch Nichts als ein abermals zerſtreutes, halbes, äußerliches Bewußtſein, das Jeder in Bezug zum Andern, und nur etwa der Philoſoph vom Ganzen hat, und das im Grunde die Zerſtreuung nur auf höherer Stufe wiederholt und hiemit vermehrt, ſtatt ſie aufzuheben. Nach uns bilden die Geiſter der Geſchöpfe ſo zu ſagen das Untere, nach der gewöhnlichen Faſſung aber das Obere, ja Oberſte im allgemeinen Geiſte. Troſtloſe Ausſicht, wenn es nichts mehr giebt, nach dem wir über uns blicken können, und wir bedürfen deſſen doch ſo ſehr! Wir unſererſeits können doch theils eine höhere bewußte Führung hienieden anerkennen, theils ein Aufſteigen in das höher und voller bewußte Leben des Geiſtes über uns im Tode in Ausſicht ſtellen, und dadurch ſelbſt Anſatzpuncte für den Ausbau des unbeſtimmten weiten Raumes zwiſchen Oben und Unten gewinnen, der uns näher zu beſtimmen übrig bleibt: dahingegen im Geiſt der Menſchheit nach der gewöhnlichen Faſſung eine blinde Idee über oder unter der Menſchheit waltet: nicht die Menſchheit, der Einzelmenſch der allein Lebende, Wiſſende iſt, ein Bewußtſeinszirkel, der ſich aus der Nacht des Unbewußtſeins zeitweis emporhebt, und mit dem Tode darein zurückſinkt.

Die Betrachtungen dieſes ganzen Abſchnittes werden ſich übrigens theils aus einem höhern Geſichtspuncte wiederholen, theils erweitern, wenn wir (im elften Abſchnitt) zur Betrachtung des göttlichen Weſens und weiterhin (in der zweiten Hauptabtheilung dieſer Schrift) des Jenſeits übergehen werden: ja können ſelbſt als eine Vorbereitung und Einleitung dazu dienen, zum Theil auch dienen, Betrachtungen künftig zu erſparen, die nichts als eine Wiederholung der hier angeſtellten ſein würden. Was namentlich vom höhern Weſen über uns in Bezug zu uns gilt, das gilt in nur noch unbeſchränkterm Maße von Gott in Bezug zu den höhern Weſen, obwohl das Ueberſteigen aller Schranken der Endlichkeit auch wieder bei Gott Geſichtspuncte ſetzt, die keine Analogie mit etwas noch je Hohem, was doch noch in der Endlichkeit beſchloſſen bleibt, geſtatten, vielmehr direct ins Auge gefaßt ſein wollen. Mancherlei Betrachtungen über das Sinnesgebiet der Erde welche der Hypotheſe weiten Spielraum geben, ſind in einen Anhang verwieſen.

Zur ſpätern Anknüpfung der Betrachtungen, welche uns in der Lehre vom Jenſeits beſchäftigen werden, noch folgende Bemerkung: Ein Hauptumſtand, worin die Analogie unſerer Selbſt mit Sinnesorganen der Erde fehl ſchlägt, liegt darin, daß unſere eignen Sinnesorgane die Dauer unſeres ganzen Leibes theilen, indeß die Erde ihre Sinnesorgane, ſo weit man ſolche in ihren lebendigen Geſchöpfen ſieht, beſtändig erneuert. In dieſer Beziehung ſind die Leiber mit den Seelen der Geſchöpfe vielmehr den vergänglichen, immerhin auch leiblichen, Bildern mit deren geknüpfter Empfindung, wie wir ſie durch unſre Augen ſchöpfen, als unſern ganzen bleibenden Augen ſelbſt oder überhaupt bleibenden Sinnesorganen zu vergleichen, oder es fällt hier, wie ſo oft, im höhern Gebiete Zweies in Eins, was ſich im niedern ſcheidet. Bei uns bildet das Auge ſo zu ſagen noch eine beſondere Kapſel oder Schale um das in ihm erzeugte Bild, welche rückbleibt, wenn das Bild mit der daran geknüpften Empfindung vergeht, und überall bleibt nach Vergehen der materiellen Aenderung, welche eine Sinnesempfindung begründete, das Sinnesorgan, in dem ſie ſtatt fand, übrig; dagegen unſer, freilich viel maſſiveres, und eben dadurch zugleich einem ganzen Sinnesorgan der Erde vergleichbares, Leibesbild nicht nochmals eine ſolche beſondere Kapſel um ſich hat, die es im Vergehen rückläßt*, ſo daß es die Functionen des maſſiven Sinnesorgans und vergänglichen Bildes verbindet. Aber es thut nicht noth, auf dieſe, immer nur künſtliche, vereinigende Vorſtellung einzugehen, wenn man nur überhaupt nicht darauf ausgeht, die Analogie zwiſchen uns und der Erde durch alle Einzelnheiten durchtreiben zu wollen, was nach unſern Principien gar nicht ſtatthaft, und jener vereinigenden Vorſtellung ſelbſt von andrer Seite widerſtreben würde, vielmehr die Analogie jedesmal nur von der Seite faßt, nach welcher ſie wirklich beſteht, und es zur Erläuterung dient. Und ſo wird ſich in der Lehre von den jenſeitigen Dingen, wo wir ſtatt der vom jetzigen Beſtande unſers Leibes abhängigen Leiſtungen deſſelben für das Diesſeits, die von der Vergänglichkeit deſſelben abhängigen Folgen für das Jenſeits ins Auge zu faſſen haben werden, das Bedürfniß heraus ſtellen, vielmehr die Analogie deſſelben mit dem vergänglichen (doch auch leiblichen) Bilde in unſerm Auge, als mit unſerm bleibenden Auge ſelbſt in Betracht zu nehmen, ohne daß man darin einen ſächlichen Widerſpruch mit den vorſtehenden Betrachtungen finden darf. Die Erde iſt nun einmal nicht eine einfache Wiederholung des Menſchen, ſondern ſpiegelt nur ihre Verhältniſſe allſeitig, bald von dieſer, bald von jener Seite in ihm ab. So iſt denn der Menſch zeitweis beſtehendes Sinnesorgan für Betrachtungen, die ſich auf ſein Jetztleben beziehen; vergängliches Bild für Betrachtungen, die ſich zu ſeinem Jenſeits wenden.

---

* Wenn man nämlich nicht die ganze Erde ſelbſt dafür nehmen will, indem man ſie als Sinnesorgan eines noch höhern Ganzen betrachtet.

IX. Vom Zuſtande, Gange und Ziele der Entwickelung der Erde.

Der abſolute Vorzug von Höhe und Fülle der Entwickelung, welchen die Erde vor dem ihr unter- und eingeordneten Menſchen hat, iſt nicht zu verwechſeln mit einem relativen, wofür eher ein umgekehrtes Verhältniß ſtatt findet*). Eben vermöge der größeren Niedrigkeit und Einſeitigkeit des Standpunkts, den der Menſch zu erreichen und zu erfüllen hat, erreicht und erfüllt er zeitiger und leichter den Gipfel und Kreis deſſen, was er überhaupt erreichen und erfüllen kann und ſoll. Ein kurzes Leben reicht hin, das aus ihm zu machen, was überhaupt hienieden aus ihm werden kann; Kind, Mann, Greis, wie nahe liegt das Alles beiſammen; bald lernt und wirkt er aus hienieden nach dem Maße ſeiner Fähigkeiten und

---

*) Wir haben hier überall nur den Menſchen des Dieſſeits im Auge. Denn weſentlich anders als oben würden ſich die Betrachtungen ſtellen in Bezug auf den Menſchen des Jenſeits und ſeine Beſtimmung für die Ewigkeit, in die weſentlich mit eingeht, daß er fort und fort an der bewußten Fortentwickelung des höhern Geiſtes arbeiten helfe und daran ſelbſt Antheil gewinne, wie in der Lehre vom Jenſeits zu erörtern.

Kräfte und hat ſeinen Lebenskreis erfüllt. Aber mit der Erde iſt es ein Anderes, ein höherer Zweck iſt ihr geſtellt; ſie hat einen größern Kreis zu erfüllen. Und in ſofern kann man ſagen, ſteht die Erde in der Epoche ihrer eignen Entwickelung noch ſehr gegen den vollgebildeten Menſchen zurück. Die Möglichkeit deſſen, was auf dem allgemeinen Standpunkt des Irdiſchen geſtaltet, individualiſirt, durchlebt werden kann in elementaren, pflanzlichen, thieriſchen und menſchlichen Exiſtenzen und Entwickelungen, iſt ſo unſäglich groß, daß Jahrtauſende für die Erſchöpfung und Vollendung von alle dieſem wie ein Tag ſind. Jedes Menſchen dieſſeitiges Einzelleben tritt da nur mit einer kurzen Spanne Zeit ,als kleines einſeitiges Entwickelungsmoment hinein; vom künftigen künftig. Und ſo weit wir es zurückverfolgen können, ſehen wir auch den Fortſchritt der Entwickelung der Erde, erſt in der Geſtaltung, Scheidung und Ordnung des Elementaren, was doch den Keim aller organiſchen Geſtaltung ſchon in ſich tragen mußte; dann in verſchiedenen aufeinanderfolgenden Schöpfungen organiſcher Welten, und nachdem es bis zum Menſchen und zur Menſchheit gekommen, in der fortdauernden Ausbildung der Menſchheit und deren Rückwirkungen auf die Erde. Vorblickend aber ſehen wir kein Ende.

Daß in der That die Erde noch weit vom Ziele ihrer Entwickelung, lehrt uns jeder etwas tiefer eingehende vergleichende Blick.

Der Menſch als Kind hört und ſieht vieles Einzelne, ohne es noch in Bezug zu einander zu ſetzen, ohne weder die Einſtimmung noch den Widerſtreit davon zu gewahren und zu bedenken, und wenn das Kind ihn zu bedenken anfängt, ſo weiß es ihn nicht gleich zu heben; vieler Stoff liegt anfangs durch nichts als durch die allgemeinſte Einheit ſeines Bewußtſeins gebunden, im Uebrigen unverkettet, roh aus einander, und im Verſuche, Alles verträglich zu verketten, erwachen Streit und Widerſprüche. Und wie im Wiſſen iſt's im Wollen, Handeln; da iſt kein feſtes, ſichres, einheitliches Ziel; das Handeln hier und heute widerſpricht dem Handeln da und morgen; das Kind weiß noch nicht, was es will; ja, kann man ſagen, daß es ſchon wirklich will? es folgt dem Zug des Augenblickes, dem Reiz der Gegenwart. Aber je mehr das Kind erwächſt, ſo mehr arbeitet ſich Alles zuſammen und in einander, ſo mehr Beziehungen entwickeln ſich, ſo mehr Brücken ſchlagen ſich, ſo mehr Widerſprüche heben ſich; und immer neu auftauchende Widerſprüche führen zu immer höhern Verſöhnungen. Im ideal entwickelten Menſchen liegt kein geiſtiger Stoff mehr unbezogen auf den übrigen, kein Einzeltrieb widerſtreitet mehr dem einigen Willen; iſt Alles verarbeitet, verknüpft zu höheren Ideen, gerichtet auf letzte, feſte, Ziele; widerſpricht ſich nicht mehr das Glauben, Wiſſen, Wollen, und widerſpricht ſich nichts mehr im Glauben, Wiſſen, Wollen. Und bringt es ein Menſch nicht zu dieſer idealen Entwickelung, ſo ſtumpfen ſich dennoch Streit und Widerſprüche in ihm mit der Zeit ab, er läßt bei Seite, was er nicht mit dem einigen kann, das ihm das Wichtigſte und Wertheſte.

Betrachten wir nun hiegegen die Erde, ſo iſt ſie noch weit von dieſem Ziele der vollendeten Ineinanderarbeitung, des einigen Abſchluſſes, des innern Friedens aller ihrer geiſtigen Momente; iſt vielmehr noch in der vollen innern Arbeit und im innern Streite. Da liegen ganze Völker mit ihren Beſtrebungen und Ideen noch faſt abgeſondert von dem Hauptgange der Entwickelung der Menſchheit, nur durch die allgemeine Einheit des höhern Bewußtſeins mit dem Uebrigen geiſtig verbunden; da ſtreiten noch Chriſtenthum, Islam, Heidenthum; da will es noch zu keiner Einigung über die höchſten Gegenſtände des Wiſſens und des Trachtens kommen; da wüthet noch Krieg um Herrſchaft und materielle Vortheile zwiſchen den Völkern. Aber fort und fort arbeitet der Erdgeiſt in ſich und das am meiſten abſeits liegende Volk wird doch allmälig in die Verkettung des allgemeinen Bildungsganges mit hineingezogen oder geht unter, wenn es ſich dem nicht fügen will, die herbſten und weiteſtgreifenden Widerſprüche im Wiſſen und Glauben und Handeln ſtreben immer neuer, immer höherer und umfaſſenderer Einigung zu. Und die anfangs größere Unvollendung iſt doch der Keim, ja die Bedingung größerer Vollendung.

Auch folgende Betrachtung mag uns bedeutend dünken:

Das Kind erinnert ſich kaum mehr des vergangenen Tages, es ſorgt eben ſo wenig für den folgenden Tag; jeder neue Tag nimmt es neu in Anſpruch; der Mann weiß nichts mehr von dem, was er als Säugling gefühlt, gedacht, gelitten und gethan. Das Gedächtniß entwickelt ſich erſt allmälig mit dem Denken, die Vorſicht mit der Erfahrung; und immer heller wird allmälig der Rückblick und der Vorblick. Doch ſind es gerade manche älteſte Mährchen und manche frühe einfache Ereigniſſe, die das Bewußtſein zuerſt aus dem Schlummer weckten, welche durch alles Vergeſſen des Uebrigen hindurch ſich am feſteſten erhalten im Gedächtniß und richtunggebend wirken für den Geiſt.

Nicht anders ſehen wir in der Menſchheit das Andenken der früheſten Zuſtände erloſchen, das frühſte Alter der Menſchheit ſelbſt nur mit der Sorge um die Gegenwart beſchäftigt. Die geſchichtliche Erinnerung vergangener Zeiten, die Sorge für künftige Zeiten in dauernden Einrichtungen und Anſtalten ſind erſt die Sache der erwachſenden Menſchheit. Doch ſind manche alte Mythen und manche einfache Ereigniſſe, welche die Menſchheit zuerſt aus ihrem geiſtigen Schlummer weckten, das, was durch alles Vergeſſen des Uebrigen hindurch ſich am feſteſten erhalten im Gedächtniß der Menſchheit und richtunggebend gewirkt hat für ihren Geiſt.

Wie viel Völker auf der Erde ſind aber noch heute ohne Geſchichte; wie viele leben noch von Tag zu Tag!

Möglicherweiſe iſt der Menſch, als ſpätes Erzeugniß der Erde nach vielen ſchon vorausgegangenen Schöpfungen, nicht das letzte, womit ſie ihre Entwickelung abſchließen wird. Einige Erörterungen über dieſe Möglichkeit finden ſich im Anhange zum fünften Abſchnitte. Sollten aber auch dem Menſchen wirklich noch ſpätere organiſche Schöpfungen folgen, ſo würde doch die Entwickelung, die mit ihm und durch ihn für die Erde erreicht wurde, ſicherlich mit vorbereitend und vorbedingend für den ſpätern Entwickelungszuſtand derſelben ſein, daher ſein früheres Daſein auch für ihre Zukunft nicht als verloren gelten dürfen; ja mit

Rückſicht auf das Jenſeits würde auch der Menſch ſelbſt nicht für das irdiſche Sein und Wirken verlieren, vielmehr ſein Geiſt unſtreitig bei der höhern Fortentwickelung der irdiſchen Sphäre fortgehends mit betheiligt ſein, wenn anders unſre künftigen Betrachtungen über das Jenſeits triftig ſind. So wenig die Erde einen Rückſchritt thut, trotz dem, daß ein Menſch nach dem andern, der zu ihrer Fortentwickelung beigetragen, ſtirbt; alles Gewonnene bleibt vielmehr in ihr aufgehoben, ſo wenig wird die Erde einen Rückſchritt thun, wenn die ganze Menſchheit auf einmal untergeht; es wird vielmehr ein Fortſchritt in ähnlichem Sinne (wenn auch nur in untergeordnete Sphärer) ſein, als ihn der Menſch ſelbſt macht, wenn er auf einmal ſtirbt, ſtatt im Leben blos ſeine Theile zu wechſeln, d. i. partiell zu ſterben. Man kann dann weiter fragen, ob die Erde beſtimmt iſt, ſolche Entwickelungsepochen blos in dem ihr untergeordneten geſchöpflichen Gebiete, ſei es nach den einzelnen Geſchöpfen, ſei es nach ganzen Schöpfungen zu erfahren, oder analog dem ganzen Menſchen auch einmal ganz der Zerſtörung ihres körperlichen Beſtandes anheimzufallen, die unſtreitig nur durch einen endlichen Rückgang in die Sonne erfolgen könnte, wie der Menſch durch Heimkehr zur Erde ſtirbt, von der er genommen worden; und es iſt ſchon S. 177 erinnert worden, daß das wenigſtens nichts ſchlechthin Unmögliches iſt. Unſtreitig aber thut man beſſer, ſolche Fragen, die unſer nahes Intereſſe nicht berühren, und nur durch Hypotheſen über Hypotheſen beantwortet werden können, ſtatt auszutiefen, des Näheren dahinzuſtellen.

Kann wohl ein Menſch durch ſich ſelbſt erzogen werden? Er bedarf des Vaters und der Welt dazu. Kann wohl die Erde durch ſich ſelbſt erzogen werden? Auch ſie bedarf des Vaters und der Welt dazu. Der einzelne Menſch bedarf des irdiſchen Vaters und der irdiſchen Außenwelt; die Erde des himmliſchen Vaters und der himmliſchen Außenwelt. Gäbe es keine Welt über die Erde hinaus, ſo entbehrte die Erde nicht nur der äußern, ſondern auch der innern Führung durch die himmliſche Ordnung der Sterne (vgl. S. 259); gäbe es keinen Gott über die Erde hinaus, ſo könnte ſich auch der Gedanke an einen Gott nicht in ihr entwickeln, er entwickelt ſich aber ſelbſt durch allgemeinere, aus dem Ganzen kommende, göttliche Vermittelungen in ihr, und dieſer Gedanke iſt es, in dem ſich durch alle Verdunkelungen und Zwieſpältigkeiten durch, worin er anfangs auftrat, das Bewußtſein der Erde zum Gipfel ſteigert, der das höchſte und letzte Ziel in ihr ſetzt, das allgemeinſte bindendſte Band in ihr bildet (Vgl. XI.). Aber dieſen Gedanken an den Unendlichen und Ewigen in ſeiner Fülle zu erſchöpfen, ſeiner Höhe zu ergreifen, ſeinen Folgerungen durchzubilden, bedarf es ſelbſt einer Unendlichkeit und Ewigkeit. So iſt der Erde wie allen Weſen zuletzt ein in ſeiner Höhe unerreichbares Ziel geſetzt; aber das beſtändige Fortſchreiten in der Richtung des Zieles iſt ſelbſt als eine fortgehende Erfüllung des Zieles zu betrachten. Dieſes Fortſchreiten iſt nicht ein Fließen, es iſt eben ein Schreiten; alſo daß ſich kleinere Schritte in größere einbauen. Und ein Schritt war für die Menſchheit und menſchliche Betrachtung der wichtigſte von allen, der, der zuerſt mit menſchlichem Bewußtſein die feſte Richtung auf das höchſte Ziel einſchlug. Welches war er?

X. Vom Stufenbau der Welt.

Man ſieht nach Allem, daß, wenn wir die Erde als ein Höheres über Menſchen, Thiere und Pflanzen ſtellen, dies nicht ſo zu faſſen, als ſei die Erde nur eine höhere Stufe derſelben Treppe. Sondern der Menſch iſt wirklich die höchſte Stufe der irdiſchen Treppe, da geht nichts darüber. Nur das Haus, worin die ganze Treppe eingebaut iſt, iſt noch etwas, ſelbſt der höchſten Stufe Uebergeordnetes. Dies Haus iſt die Erde. Die höchſte, auf das freie Dach führende Stufe, d. i. die menſchliche, mag immer der Gipfel und unter allen Sonderſtandpunkten dieſes Hauſes der geeignetſte ſein, das ganze Haus und darüber hinaus den weiten Himmel zu überſehen; aber das Haus, was dieſen Gipfel trägt, will doch mehr und Höheres bedeuten, als der Gipfel ſelbſt, der ohne das Haus in Nichts zuſammenſtürzte, indeß das Haus ohne dieſe, ins Freie führende, höchſte Stufe nur ſeine höchſte Ausſicht mißte. Und nur dies wäre der Fall, wenn der Menſch und die Menſchheit der Erde fehlte.

Nun aber bietet ſich uns in der Erhebung der Erde über den Menſchen und weiter der Welt über die Erde noch eine zweite Stufenleiter (möglicherweiſe mit noch mehr Zwiſchenſtufen dar), wo die Stufen nicht einander äußerlich neben, ſondern in einander eingebaut ſind. Da ſind Menſch, Thier, Pflanze in gewiſſer Weiſe Nachbarn derſelben Stufe; die Erde iſt die obere Stufe, in welcher ſie als untere Stufen mit einander eingebaut ſind, die Welt iſt das Oberſte über allen Stufen, worin wieder die Erde mit den andern Weltkörpern eingebaut iſt. Dieſe zweite Stufenleiter ſteht nicht neben der erſten, ſondern ſchließt ſie in ſich ein; alſo daß jedes Weſen auf einer Stufe der zweiten Leiter einen ganzen Stufenbau von Weſen im Sinne der erſten in ſich trägt, wovon die höchſte die iſt, welche die Beziehungen des übergeordneten Weſens am vollſtändigſten in ſich verknüpft. Beide Arten der Abſtufung aber gelten für das Geiſtige und Leibliche in Eins.

Es wäre vielleicht nicht unzweckmäßig, wenn man das Verhältniß, was der Menſch zu den Thieren und Pflanzen als niedern doch nachbarlichen Weſen im Sinne der erſten Stufenreihe hat, von dem Verhältniß, was die Erde zu den Menſchen, Thieren und Pflanzen als ihre unter- und eingeordneten Weſen im Sinne der zweiten hat, dadurch unterſchiede, daß man den Menſchen ein *höheres* Weſen als Thiere und Pflanzen, die Erde ein *oberes* Weſen über Menſchen, Thieren und Pflanzen nennte. Jedoch liegt es nicht gerade im Sprachgebrauche, dieſe Unterſcheidung zu machen; und der letzte Ausdruck fließt auch oft nicht gut, daher in der Regel der Ausdruck *Höheres* unterſchiedslos von uns für beide, doch ſehr verſchiedene, Verhältniſſe gebraucht und dem Zuſammenhange überlaſſen wird, zwiſchen den Bedeutungen zu entſcheiden. Wo es indeß um beſondere Hervorhebung des zweiten Verhältniſſes dem erſten gegenüber zu thun iſt, unterſcheide ich immer *Oberes* und *Höheres* im angegebenen Sinne, und halte überhaupt die angegebene Bedeutung des *Obern* ſtets feſt, ſo daß alſo nur der Ausdruck Höheres (nach Umſtänden) eine doppelte Auslegung zuläßt.

Auf der Stufenleiter im erſten Sinne können die Geſchöpfe immer nur in ungefährer Weiſe geordnet werden, weil das Princip derſelben keine feſte Beſtimmtheit zuläßt. Niemand wird Anſtand nehmen, den Menſchen das höchſte irdiſche Weſen zu nennen, unter den Thieren die Säugethiere höher als die Fiſche, dieſe höher als Würmer, die Thiere überhaupt höher als Pflanzen zu ſtellen, aber eine genaue Rangordnung findet nicht ſtatt. Manches Geſchöpf ſteht höher nach einem Complex gewiſſer, ein andres nach einem Complex andrer Beziehungen, und es iſt nicht wohl möglich, den Werth dieſer Complexe ſelbſt nach einem ſichern Maßſtabe zu meſſen oder zu wägen.

In Betreff des geiſtigen Stufenbaues im zweiten Sinne kann man daran denken, das Verhältniß der obern Weſen zu den untern mit dem Verhältniß übergeordneter Begriffe zu den unter ihnen enthaltenen zu vergleichen. Dieſer Vergleich trifft ganz von einer Seite, aber gar nicht von der andern. Er trifft ganz in ſofern, als man im übergeordneten Begriffe, wie dem des Vogels, alle untergeordneten Begriffe, wie von Huhn und Sperling, implicite enthalten denken kann; aber doch nur implicite, nicht explicite, und hierin liegt der Unterſchied. Die obern Begriffe werden im Grunde nach Maßgabe, als ſie aufwärts ſteigen, an wirklichen Beſtimmungen leerer oder werden unbeſtimmter, nur der Umfang möglicher Beſtimmungen wächſt bei ihnen; aber bei den obern Geiſtern der Umfang wirklicher Beſtimmungen. Die obern Begriffe ſind geiſtige Abſtracta aus einem größern Umfange des Wirklichen; die obern Geiſter befaſſen einen größern Umfang des geiſtig Wirklichen ſelbſt.

Giebt es nicht, läßt ſich fragen, zwiſchen dem Geiſt des Menſchen und dem Geiſt der Erde noch Zwiſchenſtufen? In der That ſpricht man noch von Geiſtern, die über dem des einzelnen Menſchen, und unter dem der ganzen Erde. In jeder Familie, jeder Corporation, jeder Aſſociation, jeder Gemeinde, jedem Volk waltet, wie man ſich ausdrückt, ein beſonderer Geiſt, und über allen ſelbſt ganz in ſie eingehen, noch mit ihrer Individualität verſchmelzen könnte, ſondern er kann ſie blos durch ſeine lebendige Fortbethätigung aus einem gewiſſen Geſichtspunkte, der noch kein ſelbſtſtändiger Geiſt, verknüpfen, indeß ſie aus andern Geſichtspunkten über ſeine Wirkungsſphäre hinaustreten, wie andrerſeits dieſe in keinen Geiſtern des Dieſſeits beſchloſſen bleibt, ſondern ihrerſeits darüber hinausgreift. Wonach die ins Jenſeits übergegangenen und noch daraus ins Dieſſeits rückwirkenden Geiſter zwar als Helfer für den obern Geiſt auftreten, das Dieſſeitige zu binden; aber den totalen einſchließenden Abſchluß aller irdiſchen Gemeinſchaften dem obern Geiſte überlaſſen müſſen. Die nähere Erörterung dieſer Verhältniſſe gehört aber in die Lehre vom Jenſeits.

Noch weniger, als menſchliche Gemeinſchaften, werden wir natürlich Luft, Meer, die unterirdiſchen Mächte, als beſondere Weſen perſonificiren dürfen, wie die Heiden thaten; da jene Theile der Erde nur im Zuſammenhange den Geiſt der Erde tragen helfen; wie wir ja auch unſern Athem, unſer Blut, die Tiefe unſeres Leibes nicht für ſich als individuelle geiſttragende Weſen halten, ſondern nur beitragend halten, ein geiſttragendes Weſen zu bilden. Immerhin liegt bei dieſer Perſonification beſonderer irdiſcher Gebiete der richtige, und in Perſonification der Geſtirne auch richtig geltend gemachte, Geſichtspunkt unter, daß größere Naturſphären überhaupt eine Perſonification zulaſſen; nur trat bei den Heiden in der Religion ein, was bei uns in der Wiſſenſchaft, die Größe und ſchwierige Ueberſchaubarkeit des wirklich einheitlichen

Ganzen der Erde und aufdringliche Anſchaulichkeit ihrer beſondern Theile verführte, eine Sammlung von Stücken des Ganzen für eine Sammlung von eben ſo viel beſondern Ganzen ſelbſt zu halten, während ſie eigentlich nur beſondere Angriffspunkte deſſelben einheitlichen Ganzen bilden ſollten. Das Bewußtſein des einheitlichen Zuſammenſchluſſes ging verloren, oder das Ganze ward ſelber als etwas Beſonderes noch neben den Theilen gefaßt und perſonificirt (Gäa). Die Folge wird auf dieſen Gegenſtand zurückführen.

Unſtreitig, wenn ein Sturm rauſcht, die Erde bebt, eine Fluth brauſt, der Frühling die Säfte aus dem Boden aufwärts pumpt, iſt das Alles für das Fühlen der Erde nicht gleichgültig. Sie wird nicht nur das davon ſpüren, was die Menſchen und Thiere davon im Beſondern ſpüren, ſondern wie die Veränderungen in unſerm Blutlauf, der Gang unſers Athems, die Erwärmung und Abkühlung unſers Körpers außer dem, was ſich davon in beſondere Sinne reflectirt, unſer Gemeingefühl um ſo mehr betheiligen, je ſtärker und umfangsreicher dieſe Veränderungen ſind, wird es mit dem Naturleben der Erde ſein. Doch all das wird eben nur als Gefühl der Erde nicht aber beſonderer Weſen in ihr zu betrachten ſein.

Weiter entſteht die Frage, ob nicht, nachdem die Erde als individuelle Zwiſchenſtufe zwiſchen Menſch und Welt auftritt, es auch noch übergeordnete individuelle Zwiſchenſtufen zwiſchen Erde und Welt, und hiemit Geiſt der Erde und Geiſt der Welt giebt. Vielleicht iſt es am beſten, ſich in dieſe Frage nicht weit zu vertiefen, wenn

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01566/019

nicht ſie ganz dahinzuſtellen. Denn je weiter wir nach Oben blicken, ſo mehr ſchwindelt den Blick, und nur im Aufblick zum ganzen Gott kehrt Ruhe und Sicherheit wieder; auch wird die der Totalität des Menſchlichen nächſt übergeordnete Stufe und die Totalität der Stufen ſelbſt uns immer am wichtigſten vom ganzen Ueberbau über uns bleiben. Inzwiſchen kann man Schwierigkeiten aus Möglichkeiten erheben, und ſo kann es doch nützlich ſein, dieſen wieder durch andere Möglichkeiten zu begegnen. Dem Zweck, der Vorſtellung wenigſtens einen Anhalt in Betreff ſolcher zu geben, werden die Erörterungen in einem Anhange zu dieſem Abſchnitte entſprechen.

„Ich ſeh' auf dieſer Stuf', auf der ich bin geſtellt,
Nichts, wenn mein Blick ſich hebt, viel, wenn er abwärts fällt.
Tief ſeh ich unter mir, und tiefer ſtets hinunter,
Ein reges Lebensheer, ein Wimmeln ewig munter;
Doch wenn ich blick' empor, ſo ſeh' ich nichts als Licht;
Reicht, die herunter reicht, die Leiter aufwärts nicht?
Wohl reicht ſie auch hinauf, wohl werden zwiſchen mir
Viel höhre Weſen ſtehn und, höchſtes, zwiſchen Dir.
Allein ich ſeh' ſie nicht, von Deinem Licht geblendet,
Das ſeine Kraft mir nur zum Niederblicken ſendet.“

(Rückert, Lehrged. II. 23).

XI. Von Gott und Welt.

„Und es ſind mancherlei Kräfte, aber es iſt Ein Gott, der da wirket Alles in Allen *.“

So ſagt Paulus, und dies wird das Hauptthema unſrer folgenden Betrachtungen ſein.

Wir ſagen zwar nicht blos, der da wirket Alles in Allen, ſondern der da iſt Alles in Allem; aber Beides iſt daſſelbe. Denn wie könnte ſein, was nicht wirkt, und wirken, was nicht iſt; und was Alles wirken will, das iſt, muß ſelber Alles ſein, das wirkt.

Doch Gott iſt durch kein bloßes Begriffsſpiel zu erfaſſen. Und läßt ſich Gott nicht auch noch anders faſſen, als in ſolcher Weiſe, die zu ihm Alles rechnet, was iſt? Hat ihn denn Paulus ſelber ſo gefaßt? Ja in wie viel Weiſen läßt er ſich nicht faſſen?

„Summa, durch ſein Wort beſteht Alles.“

„Wenn wir gleich viel ſagen, ſo können wir es doch nicht erreichen. Kurz Er iſt es gar **.“

---

* 1 Cor. 12, 6.

** Sir. 43, 28. 29.

So werden wir auch letztlich mit Sirach ſprechen müſſen. Doch ob wir es nicht erreichen können, ſollten wir nicht darnach langen? Iſt doch Gott nicht in ſo fern für uns unerreichbar, daß wir nichts von ihm erreichen könnten, ſondern daß ſein Reichthum alles unſer Reichen überreicht, daß wir als ſeine Geſchöpfe mit allem unſern Schöpfen ihn nicht erſchöpfen können. Aber eben das ſelbſt können wir zugleich zum Gegenſtande und zur obern Gränze unſrer Betrachtungen machen, daß er die obere Gränze des für alle Welt und in aller Welt Erreichbaren und mit Betrachtungen Erfaßbaren iſt. In dieſem Sinne gehen wir im Folgenden an ſeine und ſeiner Welt Betrachtung, uns bald nach dieſer, bald nach jener Seite wendend. Denn ob wir von ihm ſagten: er ſelber iſt das All; iſt's doch blos eine Seite deſſen, was zu ſagen, und blos eine Weiſe, wie's zu ſagen.

A. Begriffliche Geſichtspuncte.

Wenn man von Gott ſpricht, kann es in mehr als Einem Sinne geſchehen. Man kann unter Gott blos das geiſtige Princip verſtehen, was in oder über der Natur oder Welt als Inbegriff der äußerlich erſcheinenden Dinge beherrſchend waltet, und ſo geſchieht es überall in engerm Sinne, ja unſre Religion erkennt keinen andern Sinn an. Und warum ſollte ſie, wo es ſich blos um Beziehungen von Geiſt zu Geiſt handelt, nicht Gott blos als reinen Geiſt faſſen laſſen, ja zu faſſen gebieten.

Inzwiſchen hindert das nicht, und es kann nur beitragen, die innige Beziehung, die zwiſchen Gott als Geiſt und ſeiner materiellen Erſcheinungswelt beſteht, ſtärker hervorzuheben, wenn wir in weiterm Sinne dieſe materielle Erſcheinungswelt, anſtatt Gott gegenüberzuſtellen, vielmehr als die äußere Seite des göttlichen Daſeins ſelbſt betrachten, als etwas zu Gott mit Gehöriges rechnen, in derſelben Weiſe, wie wir den Leib, den wir in engerm Sinne dem eigentlichen innern, d. i. geiſtigen, Menſchen gegenüberſtellen, in weiterm Sinne als die äußere Seite des Menſchen ſelbſt betrachten, zum Menſchen ſelbſt mit rechnen, womit doch nicht geſagt iſt, daß die Natur mit dem göttlichen Geiſte, der Leib mit der Seele von gleicher Höhe und Würdigkeit ſei, noch nichts über die Art ihrer gegenſeitigen Beziehung überhaupt entſchieden iſt. Kann man doch auch ſogar das Piedeſtal mit der Statue darüber einmal zuſammen als ein Standbild betrachten, wie ſie denn in gewiſſer Beziehung wirklich ein Ganzes bilden, andermal das Höhere in dieſem Ganzen, die Statue, für ſich betrachten, auf die es zuletzt ankommt, die aber doch ohne das Piedeſtal kein volles Ganze wäre, nur daß man nicht das Piedeſtal mit der Statue verwechſle und für das Herrſchende halte.

So brauchen nun auch wir in dieſer Schrift, in der es ja nicht blos darum zu thun, die Beziehung der endlichen Geiſter zum göttlichen Geiſte und den Gegenſatz des göttlichen Geiſtes gegen die Natur, der von gewiſſer Seite immer ſtatt findet, ſondern auch die, von andrer Seite ſtatt findende, innige Beziehung des göttlichen Geiſtes zur Natur hervortreten zu laſſen, ja mehr hervortreten zu laſſen, als es ſonſt geſchieht, den Namen Gottes je nach Geſichts punct und Zweck bald in engerm, bald in weiterm Sinne, indem wir bald blos die Statue des göttlichen Geiſtes über dem Piedeſtal der materiellen Welt, bald das Ganze der Statue und des Piedeſtals in Eins ins Auge faſſen. Ein Vergleich, der freilich, wenn in gewiſſer Hinſicht treffend und erläuternd, in andrer Hinſicht ſo untriftig als möglich iſt; denn Gottes Geiſt ſteht ſo wenig als unſre Seele todt äußerlich über der leiblichen Welt, ſondern äußert ſich vielmehr in derſelben als ein ihr immanentes lebendiges Weſen, oder anders, (wir werden aber beide Wendungen erläutern) die Natur ſelbſt iſt eine, Gott immanent bleibende, Aeußerung deſſelben. Doch durch Abſtraction bleibt ſie immer aus ihrer Durchdringung mit Gott oder ihrer Aufhebung in Gott abſcheidbar und tritt dann ſtets mit dem Charakter des Niedern auf gegen ein Höheres, was in engerm Sinne als Gott zu faſſen. Es iſt aber natürlich, daß ſich das Bedürfniß, an ihrem Orte auch die weitere Faſſung des Begriffes Gott eintreten zu laſſen, wo ſolche Scheidung durch Abſtraction nicht Platz greift, bei uns mehr geltend macht, als anderwärts, weil anderwärts die Scheidung von Gott und Natur mehr oder weniger für eine wirkliche gehalten wird.

Nachdem man die Natur von Gott abgezogen, und demſelben als geiſtigem Weſen gegenübergeſtellt hat, kann man, mit der Abſtraction noch tiefer gehend, in das geiſtige Weſen ſelbſt damit einſchneiden, wodurch noch engere Faſſungen des Gottesbegriffes entſtehen.

So läßt ſich Gott als einheitlich ganzer Geiſt, als abſoluter Geiſt, Allgeiſt, den unter ihm begriffenen individuellen Geiſtern der Geſchöpfe als ſeinen geiſtigen Theilweſen über- und gegenüberſtellen, ähnlich wie der Menſchengeiſt als einheitlich ganzer den unter ihm begriffenen beſonders faßbaren und unterſcheidbaren Vorſtellungen als ſeinen geiſtigen Theilweſen über- und gegenübergeſtellt werden kann. Nur würde es eben ſo irrig ſein, die von Gott geſchöpften individuellen Geiſter außer ihm, als die von unſerm Geiſt geſchöpften Vorſtellungen außer demſelben zu denken. Es iſt eine rein innerliche oder abſtracte Gegenüberſtellung, um was es ſich hiebei handelt, die des einheitlichen Ganzen und ſeiner Theilweſen, das gerade Widerſpiel einer realen oder äußern. Obwohl das individuelle Theilweſen immer geneigt bleibt, Beides zu verwechſeln, denn indem es vom Ganzen Alles, womit es nicht ſelbſt zuſammenfällt, außer ſich oder gar nicht ſieht, meint es, daran überhaupt ein äußerliches Gegenüber zu haben, während es doch ein weſentliches Beſtandſtück davon bildet. Nur ſeine *Ergänzung* zum Ganzen darf es ſich gegenübergeſtellt halten, aber dieſe Ergänzung iſt eben nicht das *Ganze*, zu deſſen Erfüllung es ſelbſt mit beitragen muß. Wie viel Ganze gäbe es, wenn jeder Theil ſeine Ergänzung für das Ganze halten dürfte, denn jede Ergänzung iſt eine andere, und alle dieſe Ganze wären ſo zu ſagen durchlöchert, jedes nur an einer andern Stelle. Vielmehr *Ein* Ganzes iſt es, was alle Theilweſen in Eins begreift, daran ſeine Fülle hat, ſtatt ſeine Lücken.

Wie der göttliche Allgeiſt als einheitlich ganzer unſern individuellen Einzelgeiſtern, läßt ſich auch die Natur oder der göttliche Leib als einheitlich ganzer unſren individuellen Einzelleibern, unſer Leib als einheitlich ganzer ſeinen einzelnen Organen zwar über-

und gegenüberſtellen, doch nur eben ſo, daß die Natur unſre Leiber, unſer Leib ſeine Organe theilhaft inbegreift. Auch hier aber findet ſehr häufig die Verwechſelung der abſtracten innern Gegenüberſtellung mit einer wirklichen äußern ſtatt. Der Menſch iſt immer geneigt, ſeinen Leib nicht mit zur Natur zu rechnen, ſondern beide ſich ſchlechthin real, äußerlich gegenübergeſtellt zu halten, ungeachtet es im Grunde auch nur die Ergänzung ſeines Leibes zur ganzen Natur iſt, der er gegenübergeſtellt iſt.

Noch in einer andern und noch tiefergehenden Weiſe aber läßt ſich eine Abſtraction und hiemit Ueber- und Gegenüberſtellung im Gebiete des Geiſtes bewirken, welche, zur vorigen zwar bezugsreich, doch nicht mit ihr zuſammenfällt, indem man Gott (im engſten Sinne) als *allgemeinen Geiſt* nach allen im Ganzen begründeten, durch das Einzelne hindurchgreifenden, es verknüpfenden, Bezügen und Geſichtspuncten aus dem Gebiet des Einzelnen, Concreten, ſelbſt abſtrahirt und demſelben über- und gegenüberſtellt, ungeachtet in Wirklichkeit das Allgemeine nicht ohne das Einzelne beſteht, in das es eingeht, das es verknüpft. So gilt das Höchſte, Beßte, Allgemeinſte in uns und allen Geiſtern, worin wir alle ein Band finden, als Gottes Wehen und Wohnen in uns und über uns hinaus, indeß wir nach unſrer concreten Einzelheit, als in welcher an ſich kein Band läge, Gott als dem verknüpfenden allgemeinen Weſen unter- und gegenübergeſtellt gedacht werden. Eben wie auch unſer Geiſt als Geiſt *in engerm Sinne* nach allen allgemeinen Beziehungen und Geſichtspuncten, (als da ſind höhere Bewußtſeinsbezüge, Urtheile, Schlüſſe, die Geſichtspuncte des Guten, Wahren, Schönen), durch die er das Concrete, Einzelne ſeines Vorſtellungsgebietes (Anſchauungen, Erinnerungen, Phantaſiegebilde, concrete

Begriſſe und Ideen) verknüpft, dem Gebiete der ſo verknüpften Einzelheiten abſtractionsweiſe über- und gegenübergeſtellt werden kann, ungeachtet er doch in Wirklichkeit in dieſen Beſonderheiten lebt und webt. Auch auf dieſe Weiſe fällt Gott und das Gebiet der geſchöpflichen Geiſter nicht wirklich aus einander.

Während die vorhergehende Gegenüberſtellung darin lag, daß man das geiſtige Gebiet einmal als ein einheitliches Ganze, dann nach ſeinen individuellen Theilweſen betrachtet, und was bei beiden Betrachtungsweiſen erſcheint, ſich gegenüberſtellt, als wäre es ein Doppeltes, liegt die jetzige darin, daß man das geiſtige Gebiet auf doppelte Weiſe in der Betrachtung analyſirt und nach der doppelten Möglichkeit oder Ausführung dieſer Analyſe ein Doppeltes ſieht. Man erläutert ſich dies gut durch die analoge doppelte Betrachtungsweiſe, welche unſer Körper zuläßt. Einmal kann man ihn zerlegen nach ſogenannten Syſtemen, die durch das Ganze theils durchgehen, theils es umſchließen, in alle Organe theils eingehen, theils um ſie herumgehen, ja in einander ſelbſt wechſelſeitig eingehen, und hierdurch alle Organe und ſich ſelbſt einerſeits verknüpfen, anderſeits bilden helfen, als Nervenſyſtem, Gefäßſyſtem, Syſtem der Häute, und dann wieder in die Organe, welche ſo gebildet und verknüpft werden, als Gehirn, Augen, Zunge, Lunge, Herz, Magen, Leber, Milz u. ſ. w., findet aber freilich bei näherer Betrachtung, daß eine ſcharfe und vollſtändige Analyſe auf keine beider Weiſen möglich iſt, alſo auch keine ſcharfe Gegenüberſtellung beider Betrachtungsweiſen; und daß ihre Durchführung ins Beſondere großer Unſicherheit unterliegt, wovon das Analoge auch im geiſtigen Gebiete gilt. Namentlich zeigt ſich, daß Gehirn, Herz, die Alles umſchließende Haut zugleich als Organe, worein alle Hauptſyſteme eingehen, und als Haupttheile, Centra von beſondern Hauptſyſtemen auftreten, wie auch in uns die höchſten Ideen zugleich als geiſtige Beſonderheiten oder Knoten alles Allgemeinen im Geiſte und als Hauptcentra des Allgemeinen nach beſondern Beziehungen betrachtet werden können.

Auch auf die ganze Natur ließe ſich die doppelte Betrachtungsweiſe ausdehnen, obwohl eine ſcharfe Durchführung ins Einzelne gleicher Schwierigkeit oder Unmöglichkeit als bei unſerm Leibe unterliegt. Als das Allgemeinſte, was durch Alles durchgeht oder es inbegreift, ließe ſich Raum, Zeit, und Materie betrachten, welche in Bewegung, Form u. ſ. w. ſchon ſelbſt in einander eingehen, als das unſern Organen vergleichbare Einzelne die Weltkörper oder höher hinauf Weltſyſteme. Unſer Leib, wie die Syſteme und Organe unſres Leibes ſtehen ſelbſt nur im Verhältniß der Complication und Unterordnung zu jenen großen Allgemeinheiten und Beſonderheiten.

Später wird ſich zeigen, wie auch der Grundgegenſatz von Seele und Leib, Gott und Natur nur auf einer doppelten Betrachtung eines und deſſelben Grundweſens beruht, einer ſubjectiven und objectiven, ſo daß daſſelbe Grundweſen ſich einmal im Ganzen als geiſtig ſelbſt erſcheint, andremale durch Theile die Erſcheinung von dem, was dieſen Theilen im Ganzen gegenüber, als leibliche oder Natur-Erſcheinung gewinnt.

Die Folge wird Anlaß genug geben, dieſe Gegenſätze noch ferner zu erläutern, welche eben ſo viel weitere oder engere Bedeutungen von Gott begründen, wovon die weiteſte immer die bleibt, welche zu Gott ohne Abzug Alles rechnen läßt, was überhaupt exiſtirt.

Der Begriff Welt theilt die Mehrdeutigkeit des Begriffes Gottes, indem er den Wendungen deſſelben folgt. Wo, im weiteſten Sinn, das ganze Gebiet der geiſtigen und materiellen Exiſtenz, ohne trennende Abſtraction, zu Gott gerechnet wird, fällt der Weltbegriff mit dem Gottesbegriff zuſammen, und wir erhalten die pantheiſtiſche Weltanſicht im vollſten Wortſinne. Unſere Anſicht iſt eine ſolche, indem ſie die weiteſte Faſſung des Gottesbegriffes für eine ſächlich begründete hält, und die andere Faſſung eben nur als für die Abſtraction beſtehend; obwohl ſie ſolche allerdings geſtattet, ja für Entwickelung der innern Verhältniſſe des Gebietes der Exiſtenz nützlich hält, ſofern ſie ſich nur nicht in ſächlichem Widerſpruch gegen die weiteſte Faſſung geltend macht; wonach die andern Weltanſichten der unſern weniger widerſprechen, als ſich ihr unter- oder einordnen. Vom gewöhnlichen (Hegelſchen) Pantheismus aber, den man jetzt meiſt ſchlechthin unter Pantheismus verſteht, unterſcheidet ſich der unſere weſentlichſt dadurch, daß unſrer alles Bewußtſein und hiemit das Bewußtſein des Alls in ein einiges höchſtes bewußtes Weſen aufhebt, indeß im gewöhnlichen alles Bewußtſein in das einer Vielheit von Einzelgeſchöpfen (nach ſtreng Hegelſcher Faſſung ſogar blos irdiſcher Geſchöpfe) aufgehoben wird.

Bei den engern Faſſungen des Gottesbegriffes tritt die Welt Gott gegenüber, anſtatt damit zuſammenzufallen; indem man das Welt nennt, was nach Abſtraction Gottes aus dem ganzen Gebiete der Exiſtenz als Gegenſatz und Reſt bleibt. So fällt die Welt entweder blos mit der Natur, als Inbegriff der äußern Erſcheinungswelt zuſammen, oder befaßt ſelbſt noch geiſtige Weſen und Verhältniſſe, aber nur ſofern ſie als Einzelweſen und in Einzelbezügen auftreten.

Daß der Begriff Gottes und der Welt ſich immer im Zuſammenhange wenden, bringt den Vortheil mit, daß ſich nun beide auch wechſelſeitig erläutern. Hierauf und auf dem Zuſammenhange überhaupt fußen wir, wenn wir die Begriffe Gott und Welt künftig bald in weiterm, bald in engerm Sinne, bald in dieſer, bald in jener Wendung brauchen, ohne uns über die Bedeutung, in der es geſchieht, jedesmal beſonders zu erklären; es wären gar zu viel Worte nöthig, es immer mit ausdrücklichen Worten zu thun. Nun können unſre Ausſagen von Gott ſich nach dem Wortlaute mitunter zu widerſprechen ſcheinen, wenn man ſie aus verſchiedenen Zuſammenhängen zuſammenbringt; aber man betrachte erſt jede in ihrem beſondern Zuſammenhange und dann den Zuſammenhang dieſer Zuſammenhänge, der ja auch erläutert iſt, ſo wird ſich Alles einigen.

Man mäkle endlich nicht am Gebrauche des Wortes Gott und ſeinen vielſeitigen Wendungen, man ſehe nach der Sache. „Denn das Reich Gottes ſteht nicht in Worten, ſondern in Kraft“ [*]. Sagte doch ſelbſt Luther: Das Wort Gott hat viele Bedeutungen, nur daß er blos die für die richtige anerkannte, die er dem Frommen am meiſten frommend hielt. Aber nur welche ſächliche Verwendung des Wortes dem Frommen am meiſten frommt, darauf kann es ankommen; und das wird die ſein, welche die ſächlichen Verhältniſſe Gottes, darunter die des Frommen und der Frömmigkeit ſelbſt inbegriffen, der Wahrheit am gemäßeſten ins Auge faßt. Nur die volle Wahrheit iſt es, die voll frommen kann, ſei es, daß es ſich um die Auslegung von Gottes Wort oder des Wortes Gott handelt, und Beides hängt zuſammen. Gottes Wort kann ſelbſt nur dasjenige ſein, was das Wort Gott der Wahrheit am gemäßeſten auslegt. Dieſe Wahrheit kann aber beſtehen mit verſchiedenen Wendungen des Wortgebrauches.

Es mag zwar ſcheinen, daß die engſte Faſſung, nach welcher man Gott als Allgemeingeiſt den Welteinzelheiten gegenüberſtellt, unſerm praktiſchen Intereſſe am meiſten entgegenkommt, welches fodert, in Gott einerſeits ein allgegenwärtiges, allwaltendes, allwiſſendes, andrerſeits von der Beſchränktheit, Mangelhaftigkeit, Sündhaftigkeit, dem Uebel im Gebiete der Einzelweſen nicht mit betheiligtes Weſen zu ſehen. Und wir widerſprechen ihr ja nicht; nur daß ſie uns nicht verführe, wie faſt zu leicht der Fall, die Wahrheit der Beziehungen zu überſehen oder zu läugnen, die in der weiteſten Faſſung unmittelbar inbegriffen liegen; dann kann der ſcheinbare Vortheil nicht halten. Mag ſie auch dem praktiſchen Intereſſe am unmittelbarſten entgegenkommen; aber in ſächlichem Widerſpruch mit der weiteſten Faſſung feſtgehalten, kann ſie es am wenigſten vollſtändig befriedigen; vielmehr verſpricht die weiteſte Faſſung, welche von Gott nichts abzieht, auch die meiſte Befriedigung ohne allen Abzug, nach der an ſich ſachgemäßen Betrachtung, daß der Geſichtspunkt, Maßſtab, Grund, Schluß der Vollkommenheit, Güte, Weisheit, überall nicht im Einzelnen, Beſondern, ſondern im Ganzen, was das Einzelne umfaßt, befaßt, aber nicht außer und ohne daſſelbe beſtehen kann, liegt, daher durch das, was am Einzelnen hängt, an ſich keinen Bruch erfahren kann; dahingegen das Schlimme des Einzelnen ſelbſt um ſo ſicherer der Hebung, Heilung und Verſöhnung entgegen ſieht, wenn es der Herrſchaft des guten Ganzen nicht äußerlich gegenüberſteht, ſondern geradezu eingethan iſt. Aber dieſe Betrachtung kann ſich erſt künftig nach ihrem vollen Gewicht entwickeln.

---

[*] 1 Cor. 4, 20.

Jedenfalls wird uns Gott in allen Wendungen, in denen wir ſeinen Begriff faſſen mögen, ein einiges, allmächtiges, allwiſſendes Weſen von höchſter Güte bleiben, mit Allem, was mit dieſen Eigenſchaften weſentlich zuſammengehört.

Nun aber kann man noch viel fragen und ſtreiten, welch Verhältniß doch eigentlich Gott als Geiſt zur Natur oder materiellen Welt, Gott zu uns hat, und ob auch wirklich das Verhältniß von Gott und Natur, Gott zu uns, mit dem Verhältniß unſerer Seele zu unſerm Leibe, unſers Geiſtes zu ſeinen Einzelnheiten, bei aller Aufforderung zum Vergleich, als ganz gleich zu achten; zuletzt oder vor Allem ſogar, ob es auch einen Geiſt in oder über der Welt überhaupt gebe, und dann wieder, welches ſeine Eigenſchaften. Das ſind ſchwere Fragen, und wollen ſchwer erwogen ſein. Ich will aber hier nur einige Gedanken an thatſächliche Verhältniſſe knüpfen, wie mich's dünkt, daß ſich's am beſten ſtellen möchte. Und will dabei nicht immer Eins über das Andere bauen, ſondern von verſchiedenen Seiten neu anfangen, damit man ſehe, wie verſchiedene Wege zu demſelben Ziele führen oder ſich in Erreichung deſſelben ergänzen.

B. Oberſtes Weltgeſetz und Beziehungen deſſelben zur Freiheit. Gründe für das Daſein Gottes *.

Wohl Manche ſind, die ſich, befangen von der Anſchauung des mannichfaltigen Neben- und Nacheinander,

---

* Die hier folgenden Betrachtungen ſind aus mehrern Geſichtspuncten in einem Anhange wieder aufgenommen und weiter entwickelt.

der allwärts ſichtbaren Zerſplitterung in Natur und Geiſterwelt, ſchwer vorſtellen können, daß ein allgegenwärtig und ewig identiſches Weſen das Ganze in Eins beherrſche und binde. Denn was ſehen ſie in dieſer Welt? Materie allenthalben zerſtreut und geballt in tauſendfache Formen; das Feſteſte durch geſchärften Blick und Schluß noch zerſchließbar in Theile, Theilchen, endlich gar Atome; Wirkungen gehen äußerlich herüber und hinüber von Körper zu Körper, von Theilchen zu Theilchen; Bewegungen durchkreuzen ſich in mannichfachen Bahnen; Centra giebt's genug, doch wo ein allgemeines Centrum? Geſetze giebt's genug, doch lauten ſie anders für jedes anderslautende Gebiet. Und wie im Bereich der Körper, iſt's in dem der Geiſter. Jeder Geiſt ſteht dem andern äußerlich gegenüber; keiner weiß recht, wie es in dem andern zugeht; keiner recht, woher er ſelber kommt, wohin er geht; ſie ſammeln ſich, zerſtreuen ſich, drängen ſich, treiben ſich; Principe giebt's genug, doch mehr noch Streit um die Principe; Zwecke giebt's genug, wo einen Zweck der Zwecke? Keine Stunde, kein Tag, kein Ort iſt des andern ſicher. Neues gebiert immer Neues. Am Anderswo hängt auch ein Anderswie. Das Ganze ſcheint ſich immer nur aus dem Einzelnen zu machen, nicht das Einzelne aus etwas Ganzem zu kommen.

Doch nur die Oberflächlichkeit unſres Blickes, nicht die Tiefe der Dinge haben wir anzuklagen, wenn uns nichts recht Eins und einig in der Welt erſcheinen will. Vertiefen wir nur etwas den Blick, ſo werden wir zunächſt im Bereiche des Körperlichen doch anerkennen, daß zwei

Weltkörper, ob hier, ob in Billionen Meilen von hier, ob heute, vor oder nach Billionen Jahren, kurz überall und immer, gleich auf einander wirken, und ſich immer gleich gegen einander benehmen werden, wenn ſie ſich nur unter gleichen Umſtänden, d. i. mit gleichen Maſſen, in gleichem Abſtand, mit gleicher Anfangs-Geſchwindigkeit und Richtung wieder begegnen; auch der Verfolg ihrer Bewegung bleibt ſich dann überall und immer gleich. Hier haben wir mindeſtens einen Fall, wo etwas identiſch gleich bleibt zwiſchen fernſten Räumen und Zeiten; daſſelbe Geſetz waltet hier und allwege, heute und immer, und verknüpft eben damit die fernſten Räume und Zeiten, zwar nur in Betreff materiellen Geſchehens, doch wie mit geiſtiger Gewalt. Und eben ſo gewiß iſt, daß, wenn und wo zwei Weltkörper ſich unter verſchiedenen Bedingungen ihrer Maſſe, Entfernung, Geſchwindigkeit und Richtung begegnen, ſie nirgends und niemals in derſelben Weiſe auf einander wirken und ſich gegen einander benehmen werden; ſie hüten ſich davor, als gält's ein göttliches Verbot. Ließe ſich denn nicht auch denken, daß es zwei Weltkörpern einfiele, ſich unter denſelben Umſtänden heute ſo und morgen ſo, hier ſo, an einer andern Stelle des Raums ſo zu benehmen? und dann wieder unter verſchiedenen Umſtänden gleich zu benehmen, ſo daß das, was in einer Zeit, an einem Ort geſchieht, die andere Zeit, den andern Ort nichts anginge, das himmliſche Geſchehen in Raum und Zeit bezugslos aus einander läge. Aber es iſt nicht ſo. Jeder Raum und jede Zeit iſt vielmehr in Betreff deſſen, was die Weltkörper darin beginnen, gebunden durch etwas, was den ganzen

Raum, die ganze Zeit in derſelben Weiſe bindet, nie und nirgends abreißt. Daſſelbe Geſetz, was ſich zwiſchen den Weltkörpern erſtreckt, erſtreckt ſich auch in ſie hinein, ja reicht durch ſie bis in ihre tiefſte Tiefe, bis in ihr Centrum, giebt ihnen ſogar erſt das Centrum, um das ſich Alles, was ſie in und an ſich haben, zuſammen- und in dem ſich Alles abſchließt, als wären die Weltkörper nur feſteſte Knoten des alle Himmel umſchlingenden und durchſchlingenden Bandes. Nach ſelbigem Geſetze, nach dem die Sonne die Erde zieht, und die Erde den Mond zieht, zieht auch die Erde den Stein, ſtreben alle Theile der Erde ſelbſt gegen einander und ſetzen ſich eben dadurch erſt ihr Centrum, und dazu noch jedem irdiſchen Körper ſein beſonderes Centrum. Nach ſelbigem Geſetze, nach welchem die Bahn der Erde ſich zum Kreiſe geſchloſſen, hat ſich die Erde ſelber zur Kugel geballt, kreiſt die Meeresfluth um dieſe Kugel und ſtürzen ſich die Flüſſe in dieſe Fluth. Geht es aber trotz dem, daß es *ein* Geſetz iſt, was alle dieſe Wirkungen beherrſcht, an jedem andern Orte, zu jeder andern Zeit anders her im Himmel und auf Erden, vermöge der Schwere ſelber anders her, der alle dieſe Wirkungen zugehören, iſt's doch nicht *wider* das Geſetz, iſt's vielmehr nur darum, weil es mit den verſchiedenſten Umſtänden auch die verſchiedenſten Erfolge *beherrſcht*. Denn die Körper vergeſſen nicht des Verbots, ſich unter verſchiedenen Umſtänden, unter denen ſie zuſammentreffen, jemals gleich zu benehmen. Wie aber irgendwo und irgendwann die Umſtände wieder gleich werden, wird auch der Erfolg wieder gleich, ſei's im Himmel oder auf Erden, oder zwiſchen beiden, es macht keinen Unterſchied. Und der Kundige, der weiß, wie es hier und heute nach dem Geſetze hergeht, weiß auch, wie es überall und immer danach hergeht. Alſo geht des Geſetzes Einſtimmung mit ſich ſelbſt nicht unter in der Vielheit und Mannichfaltigkeit der Umſtände und Erfolge, die es beherrſcht. Es zerſpaltet und zerſplittert nicht, indeß es in den bunteſten Reichthum von Beſonderheiten ausblüht; ſo wenig eine Pflanze zerſplittert, zerſpaltet, indem ſie eine Mannichfaltigkeit von Blüten und Blättern entfaltet. Immer bleibt daſſelbe Princip doch waltend in allem Reichthum der Beſonderheiten.

Viele, indem ſie aus dem Geſichtspuncte, daß die Welt ein organiſches Ganze ſei, dem Grundzuſammenhange dieſes Ganzen nachſpürten, haben vorzugsweiſes Gewicht auf die Thatſache des allgemeinen Zuges gelegt, der alle Körper zu einander treibt, darauf, daß die fernſten Weltkörper ſich nach einander noch hinzubewegen ſtreben, ſich einander ſuchen, als ſpürten ſie ihr Daſein aus der Ferne. Und es liegt hierin gewiß ein Gewicht. Aber doch kein ſo großes, als daß daſſelbe Geſetz des Zuges, den Zug ſelbſt beherrſchend, zwiſchen hier und heute und fernſten Räumen und Zeiten beſteht. Hierin erſt bleibt ſich etwas wahrhaft identiſch gleich; denn jene Anziehung ſchwächt ſich mit der Entfernung, ja wird für große Entfernungen gar unmerklich, und hiemit ſcheint das Band der Welten ſich zu ſchwächen und zu ſchwinden; aber die Gültigkeit des Geſetzes ſchwächt ſich, ſchwindet nie und nirgends und jene Schwächung und endliche Erſchöpfung der Kraftgröße mit der Entfernung ſelbſt liegt in der allgegenwärtig identiſchen Gültigkeit, ſo zu ſagen diamantnen Haltbarkeit des Geſetzes begründet. Dieſe allgegenwärtige Gültigkeit, unverbrüchliche Haltbarkeit des Geſetzes iſt ein viel tiefer greifendes, innigeres, feſteres Band des Alls, als jener Zug, der dem Geſetze nur gehorcht, und mit der Fliehkraft kämpfend das Ziel der Einigung nicht ſowohl erreichen als die Körper ſich um daſſelbe drehen läßt, indeß gegen das Geſetz des Zuges kein Drehen und kein Wenden beſteht.

So haben wir im Gravitationsgeſetz mit ſeiner Kraft gleichſam einen unſichtbaren König der Welt, einen Herrſcher über alle Himmel, alle Zeiten; der Sonnen und Erden ihre Bahnen und jedem Stäubchen ſeine Stelle auf einer Sonne oder Erde anweiſt, dem Dienſte geſchehen in allerlei Formen und Gebräuchen, der von Anfang war und ſein wird in Ewigkeit. Können wir uns dann ſo gar ſehr wundern, wenn ein franzöſiſcher Mathematiker ſagte: die Gravitation iſt Gott. Sein Irrthum iſt aber in der That kein anderer, als daß er auf einſeitigem materialiſtiſchen Standpunct der Betrachtung das blos in den Erſcheinungen und Wirkungen des Schweren und der Schwere ſahe und auf Gott vielmehr dem Namen als der Sache nach deutete, was überall und nach jeder Beziehung zu ſehen, und nur nach ſeiner ganzen Umfaſſung, Höhe und Tiefe auf Gott wahrhaft zu deuten iſt, obwohl immer erſt zu deuten; denn noch iſt's nicht Er ſelbſt. Denn wie es mit den Weltkörpern und den Schwerewirkungen iſt, iſt es ja näher beſehen mit allen Dingen, allem Geſchehen und Wirken in der Welt überhaupt, dem körperlichen und geiſtigen. Verfolgen wir es im Reiche des Mechaniſchen, Phyſiſchen, Chemiſchen, Organiſchen, in Waſſer, Feuer, Luft, Erde, unter der Erde, auf Sonne, Mond, fernſten Fixſternen, in oder außer Menſchen, Thieren, Pflanzen, Steinen, im Bewußten oder im Unbewußten, in was auch für Richtung und Beziehung, es wird überall und immer Gleiches erfolgen unter gleichen und Verſchiedenes unter verſchiedenen Umſtänden, und wie die Umſtände ſich ändern oder ähnlich werden, ſo auch die Erfolge. Die Ferne des Raumes und der Zeit macht keinen Unterſchied. Es gilt überhaupt ganz allgemein, ſo allgemein als es nur eine Allgemeinheit geben kann, über allen allgemeinen Geſetzen des Geſchehens als allerallgemeinſtes:

Wenn und wo auch dieſelben Umſtände wiederkehren, und welches auch dieſe Umſtände ſein mögen, ſo kehren auch dieſelben Erfolge wieder, unter andern Umſtänden aber andere Erfolge [*].

Nicht blos nach *einer*, nach *aller* Beziehung iſt jeder Raum, jede Zeit gebunden an das, was in jeder andern geſchieht, und was in Millionen oder Billionen Meilen oder Jahren Zwiſchenraum und Zwiſchenzeit geſchieht, nach aller Hinſicht ſo verknüpft, als wäre es Eins aus Einem Grunde. Ein einiges Weſen greift hinweg über alle Orte und Zeiten, durch allen Leib und Geiſt.

---

[*] Verſteht ſich, daß man zu den Umſtänden nicht blos die äußern, ſondern auch die innern Umſtände der Dinge, jedwede angebbare Beſtimmung der Exiſtenz überhaupt, rechne. Der abſolute Ort im Raume und Zeitpunct in der Zeit aber kann nicht zu den Umſtänden gerechnet werden, welche auf das Geſchehen Einfluß haben, da ſie erſt ihre Beſtimmtheit durch das darin Seiende und Geſchehende erhalten. Im Körperlichen ſind die weſentlichſt in Betracht kommenden Beſtimmungen Maſſe, Diſtanz, Anordnung, chemiſche Qualität, Geſchwindigkeit, Beſchleunigungszuſtand und Richtung; im Geiſtigen jedwede Bewußtſeinsbeſtimmung und was unbewußt in ſolche eingeht. Vgl. übrigens noch den Anhang.

Jenes Geſetz, das wir ausgeſprochen, iſt ein wahres oberſtes Weltgeſetz, einfach in ſeinem Ausdruck, daß es ein Kind verſteht, ärmlich von Anzug, daß man vorbeigeht, ohne es anzuſehen, dürftig von Inhalt, daß niemand glaubt, es ſei etwas daraus zu nehmen, ſelbſtverſtändlich, daß nicht der Mühe werth ſcheint, erſt davon zu reden; doch gewaltig und vielgeſtaltig in ſeinen Folgerungen, daß die größten Weiſen ſie nicht erſchöpfen und ergründen können; oft verkannt und mißverſtanden und verläugnet; und niemals ganz nach ſeinem Werth erkannt und nach ſeiner Bedeutung ganz verſtanden, und nach ſeinen Folgen ganz entwickelt.

Was geſchieht, und wie etwas geſchieht, und wo etwas geſchieht, und wenn etwas geſchieht, geſchieht es nur gemäß dieſem Geſetze. Alle beſondern Geſetze des Geſchehens ſind nur Fälle dieſes einen oberſten; denn Geſetz heißt nur, was beſtimmt, daß es hier und heute in etwelcher Beziehung, unter etwelchen Umſtänden hergeht, wie anderswo und anderwärts. Unſer Geſetz beſtimmt aber dasſelbe in aller Beziehung, für alle Umſtände auf einmal. Es macht erſt die Geſetze zu Geſetzen, indem ſie ſich ihm unterordnen. Alle beſondern Urſachen, Kräfte ſind nur Fälle der einen Urſache, Kraft, die im Sinne dieſes Geſetzes wirkt und ſchafft; und ſo begründet es mit dem Begriffe des Geſetzes auch den Begriff der Geſetzeskraft, denn es heißt etwas nur Urſach eines Andern, ſofern ſich zeigt, daß, was hier und heute daraus folgt, unter denſelben Umſtänden allwärts und immer daraus folgt, ſonſt wäre nur zufälliges Nacheinander da. Man ſieht nur da das Wirken einer Kraft, wo der Erfolg von der Natur der wirkenden Umſtände geſetzlich abhängt. Das oberſte Geſetz aber beſtimmt, daß alle Erfolge allezeit und überall von der Natur der Umſtände geſetzlich abhängen. Schon ohne Geſetz bildet die Continuität der Zeit und des Raums ein Band, das ſich überall und immer forterſtreckt, aber nicht nur, daß es blos das Nächſte ans Nächſte knüpft, indeß das Weltgeſetz alle Fernen auf einmal übergreift, iſt es auch ein dem Begriffe nach träges, wirkungsloſes, indeß unſer Geſetz den Begriff des Wirkens ſelbſt erſt begründet. Denn es wirkt nur, was Urſach einer Folge iſt, und es iſt nur Urſach einer Folge, was es, unter denſelben Umſtänden wiederkehrend, überall und immer zu ſein vermag. Mit dem Begriff des Wirkens hängt aber der Begriff der Wirklichkeit daran; denn es kann nur wirken, was wirklich, und iſt nur wirklich, was wirken kann. Nur *folgt* das Daſein der Wirklichkeit nicht aus dieſem Geſetze, da vielmehr eins mit dem andern unmittelbar gegeben iſt. Niemand kann beweiſen, daß es gelten müſſe, ſo wenig jemand beweiſen kann, daß es eine Wirklichkeit, ein Wirken geben müſſe; aber es gilt, es bethätigt ſich und beweiſt ſich durch die That; nur daher kann man's haben; alſo, daß es nicht blos ein müßiges Gedankending, ſondern Beweis und Charakter eines durch die ganze Wirklichkeit wirkenden, den Begriff der Wirklichkeit ſelbſt begründenden, Weſens iſt; wie es aber den Begriff aller Wirklichkeit begründet, begründet es auch, ſelbſt unbeweisbar, allen Beweis der Wirklichkeit. Denn alle Analogieen, alle Inductionen, jeder Schluß überhaupt über das, was in Wirklichkeit iſt, geweſen iſt und ſein wird, geſchieht nur im Sinne dieſes Geſetzes; und wenn der Schluß oft genug fehl ſchlägt, iſt es nicht das Geſetz, was fehl ſchlägt, nicht das wirkende Weſen, was ſich widerſpricht, ſondern nur wir ſind es, die in unſern Anwendungen dem Geſetze widerſprechen.

Indeß unſer Geſetz das allerallgemeinſte, was denkbar, trägt es aber zugleich das Princip ſeiner Beſonderung bis ins Einzelnſte in ſich. Denn jede andere Zuſammenſtellung der Dinge, und wäre ſie noch ſo beſonders, führt darnach auch ihr beſonderes Geſetz mit ſich, das ſich immer aufs Neue beſtätigt, wenn und wo auch dieſelbe Zuſammenſtellung wiederkehrt, und nur eben für dieſe einzige Art Zuſammenſtellung ſich beſtätigt. Nimm 2 Maſſen von 2 Pfund in 2 Fuß Abſtand, nimm 2 Maſſen von 3 Pfund in 3 Fuß Abſtand, ſie ziehen ſich beidesfalls im Leeren an nach einer beſondern, nur eben für dieſe beſondere Art der Zuſammenſtellung gültigen, Regel; aber dieſe Regel bleibt wiederkehrend gültig für alle Räume und alle Zeiten, und ſo bleibt es immer eine Regel. Weil aber nichts in der Welt ſo beſonders iſt, daß es ſich nicht von dieſer oder jener Seite einer Allgemeinheit unterordnete, ordnen ſich auch alle beſondern Zuſammenſtellungen von Umſtänden und hiemit die für ſie geltenden Geſetze des Geſchehens, Wirkens allgemeinern und endlich dem allgemeinſten ein und unter, das durch keine beſondere Beſtimmung mehr gebunden iſt, aber alle bindet. So treten alle phyſikaliſchen Geſetze für einen beſondern Kreis von Umſtänden unter allgemeinere phyſikaliſche Geſetze, welche einen allgemeinern Kreis von Umſtänden beherrſchen; alle Geſetze des Geiſtes nicht minder unter allgemeinere geiſtige.

So giebt es alſo weit über die Gravitation hinaus etwas, was die Eigenſchaften, die wir an jener bewunderten, trägt, und nun erſt in vollem unbeſchränkten Maße trägt, etwas durch das ganze Gebiet der Exiſtenz wahrhaft identiſch Durchgreifendes, Einiges, Ewiges, Allgegenwärtiges, Allwaltendes, Herrſchendes, alles Wirken, alles Geſchehen in Zeit und Raum, Natur und Geiſterwelt in Eins Bindendes, und doch nicht ſklaviſch Bindendes; denn nur ſo weit kehren nach dem Geſetze überall und zu allen Zeiten dieſelben Erfolge wieder, als dieſelben Umſtände wiederkehren: aber ſie kehren nie und nirgends vollſtändig wieder, und das Geſetz verlangt es nicht. Die Welt entwickelt ſich fortgehends zu etwas Neuem, und iſt überall anders; das Alte, das Hieſige kann nie ganz maßgebend ſein für das Neue, das Ferne, weil das Geſetz blos die Wiederholung derſelben Erfolge für dieſelben Umſtände fordert; die doch ſtets blos von gewiſſer Seite dieſelben bleiben, und in ſofern die Forterhaltung des Alten im Neuen mitführen, das Alte mit dem Neuen, das Hieſige mit dem Daſigen verſpinnen, aber das Neue, das Andre, ſo weit es neu und anders iſt, nicht begründen können. Denkt man ſich die Welt noch ganz neu, ſo blieb nach dem Geſetze noch Alles ringsum frei. Es beſtimmt weder, welches die erſten Umſtände, noch welches die erſten Erfolge ſein mußten; es beſtimmt nicht einmal, daß es zuerſt ſelbſt ſein mußte. Und dächten wir uns ein höchſtes Weſen, die Welt nach unſerm Geſetz von vorn an ſchaffend und ordnend, ſo konnte es danach Alles ſchaffen und ordnen, wie es wollte, ohne durch etwas gebunden zu ſein, ja es fand in dem Geſetze anfangs gar keinen Anhalt, wonach es ſich richten konnte; es blieb rein an ſeine freie unvorbeſtimmte Selbſtbeſtimmung damit gewieſen. Nur was es einmal geſetzt, mußte bindend ſein für alle Folge. So konnte es die Geſetze aller Dinge ſelbſt mit Freiheit ſchaffen; ja das oberſte Geſetz ſelbſt könnte man ſich mit Freiheit geſchaffen denken, da in ſeinem Begriffe eben nichts liegt, was uns auch ſeine Realität verbürgt, indeß es uns ſelbſt alle Realität verbürgt. Alles Erſte in der Welt, Alles, was ſich nicht von Umſtänden, die auch ſonſt und anderwärts vorkommen, abhängig machen läßt, ſei's im uns Bewußten oder Unbewußten, iſt ſolchergeſtalt als ein frei Entſtandnes anzuſehen[*]; und ſofern die Welt im Ganzen wie in individuellen Gebieten fort und fort Neues, von gewiſſer Seite mit allem Frühern Unvergleichbares entwickelt, geht auch ein Princip freien Schaltens durch die Welt im Ganzen, wie in uns ſelbſt und unſer Bewußtſein und Handeln hinein; wir ſelbſt ſind Helfer an des Ganzen freiem Schalten. Unſere Freiheit iſt in der oberſten Freiheit ſelbſt inbegriffen, alſo daß ſie keine Regel, Vorbeſtimmung davon empfängt und ihr keine Regel, Vorbeſtimmung geben kann, aber als Mitbeſtimmung in ſie eingehend ihr hilft Regeln, Vorbeſtimmungen für das Künftige, das Andere geben. Sie ſetzt eben ſo neue Umſtände, als ſie ſelbſt zugleich mit neuen Umſtänden geſetzt iſt, da Neues immer Neues zeugt, von nun an und in Ewigkeit; doch jedes Neue iſt nur einmal neu; und nichts iſt ſo neu, daß nicht ein Theil darin dem Alten und dem Andern gliche.

---

[*] Es hindert zwar nichts, Freiheit blos mit Bewußtem in Beziehung zu denken, unter Zuziehung der Betrachtung, daß alles uns Unbewußte doch in ein höheres Bewußtſein eingeht oder darin aufgeht; doch hat uns dieſer Geſichtspunct zunächſt nicht zu beſchäftigen.

So bleibt trotz dem, daß das oberſte Geſetz allwärts, ewig und unverbrüchlich bindet, doch einer oberſten wie unſrer eignen Freiheit voller Spielraum. Geſetz und Freiheit ſtören ſich nicht, wie man ſo oft meint, ſondern dem oberſten Geſetz iſt zugleich ein oberſtes Princip der Freiheit immanent. Umgekehrt tritt die Freiheit ſelbſt als der oberſte Geſetzgeber auf. Was nichts vor oder um ſich hat, dem es gleich wäre, muß ſich nach dieſem Geſetze frei und neu aus ſich entwickeln, woher nähme es ſeine Beſtimmtheit, und jeder Menſch thut es ja auch nur nach der Seite, die in ihm neu iſt, und trägt dadurch eine neue Beſtimmung zur Welt bei, die nun maßgebend wird für alle Folge; im Uebrigen thut er, wie die vor ihm gethan und die um ihn thun. Er determinirt ſich ſelbſt immer mehr durch ſein früheres Wollen und Thun; denn jedes frühere Wollen und Thun in ihm wirkt regelgebend für ſpäteres Geſchehen und Thun, ſofern die Umſtände des frühern Wollens und Thuns in gewiſſer Beziehung immer wiederkehren: aber in gewiſſer Beziehung gehen ſie auch immer über das Alte hinaus, die alten Verhältniſſe wiederholen ſich nie vollſtändig, und ſo hört die Freiheit, ſich ſo oder ſo zu determiniren, nie völlig auf, und beginnt ſicher in einem neuen Leben mit erneuter Friſche.

Auch des Naturforſchers Geſetze binden nur in ſo weit Neues, als im Neuen Altes wiederkehrt, er hat ſie ja nur aus Betrachtung des ſchon Dageweſenen und verlangt nicht mehr, als daß, was einmal war, immer wiederkehre unter denſelben Umſtänden; dies verbürgt ihm unſer Geſetz. Für neue, auf die frühern nicht zurückführbare, Umſtände will es neue Geſetze, nur daß ſie immer unter das oberſte treten, wodurch ſie erſt Geſetze werden; vom Erſten, was da war, kann und will er nichts erklären. Die Freiheit unſres Geſetzes thut ihm alſo keinen Eintrag.

Unſer oberſtes Geſetz hat ſo ſeine Seite der Gebundenheit oder Nothwendigkeit und ſeine Seite der Freiheit oder es hebt ſich Nothwendigkeit und Freiheit in ihm zu einer Einheit in höchſter Stufe auf.; alſo, daß es keine höhere Nothwendigkeit und keine höhere Freiheit geben kann, als die in ſeinem Begriffe ins Eins liegt. Daſſelbe abſolute Muß iſt es, nach dem dieſelben Umſtände überall und immer dieſelben, verſchiedene Umſtände überall und immer verſchiedene Erfolge zeugen, nichts tritt aus dieſem Muß heraus; aber dieß Muß ſelbſt iſt als kein urſprünglich nothwendiges abzuleiten und läßt noch unendliche Freiheit der Umſtände wie der Erfolge. Und überall, wo wir in der Welt, die unter dem Geſetze ſteht, etwas rein Nothwendiges zu ſehen meinen, iſt es theils ein Erfolg der

Freiheit, theils eine Grundlage der Freiheit, theils in weſentlichem Zuſammenhange mit Freiheit. Wir können Geſetze reiner Nothwendigkeit aus der Welt abſtrahiren, aber ſie beſtehen und wirken nicht ſo rein und abſtract in der Welt, wie umgekehrt die Freiheit nicht ſo abſtract ihr Spiel in der Welt treibt, als wir ſie wohl faſſen mögen.

Wie alles Geſetzes Begriff im oberſten Geſetz begründet liegt, iſt auch daſſelbe Maß und Muſter der menſchlichen Geſetze: alſo daß menſchliche Geſetzlichkeit nur nach Maßgabe dieſen Namen verdient, als ſie die oberſte und allgemeinſte Geſetzlichkeit im Menſchlichen, Bewußten wiederſpiegelt.

Was aber verlangen wir von Geſetzlichkeit im menſchlichen Gebiete?

Daß die Geſetze aus der Natur der Menſchen und Dinge hervorgehen, mit Freiheit nach Seiten deſſen, was ſie frei läßt, mit Nothwendigkeit nach Seiten deſſen, wozu ſie nöthigt; daß ſie, einmal feſtgeſtellt, auch feſt und unverbrüchlich gehandhabt und gehalten werden, indem ſie aus einer derartigen Ordnung einerſeits erwachſen, anderſeits ſolche ſelbſt begründen, die ihren Bruch verhütet; daß ſie bei aller Feſtigkeit, ja zu deren Gunſten, denn ſonſt würde ſie niemand halten können und mögen, auch der Freiheit Spielraum laſſen, ja dieſen Spielraum ſelber wahren, und noch eine Fortentwickelung der Verhältniſſe im Ganzen wie Einzelnen geſtatten, ja die Grundlage ſelber dazu bieten. Ihre Feſtigkeit ſoll nur die feſte Unterlage freier Bewegung, ihre Starrheit nur der Kern lebendiger Fortentwickelung ſein, die Freiheit anderſeits ſoll nur Macht haben, im Sinne und nach Maßgabe der Geſetze, nicht gegen die Geſetze und zum Umſturz der Geſetze ſich zu regen, die Entwickelung nur als Fortbau, nicht als Zerſtörung des früher Entwickelten und Begründeten auftreten können. Die ganze Geſetzgebung ſoll ſich ſelbſt noch fortbeſtimmen können, wie ſich der Kreis der Umſtände fortbeſtimmt, für den ſie gilt. Immer ſollen die Geſetze mit Rückſicht auf alle Umſtände, die in Betracht kommen, geſtellt werden; für gleiche Umſtände ſoll überall das Gleiche, für ungleiche das Ungleiche gelten; jeder ſoll durch ſie gebunden ſein wie der Andre nach dem, was er gemein hat mit dem Andern und frei nach dem, was ihm eigenthümlich. Jeder ſoll vor ihnen gleich ſein, ſo wie er unter gleichen Umſtänden vor ſie tritt. Allgemeine Geſetze ſollen ſich beſondern unterordnen und alle ſich mit einander vertragen.

Die menſchliche Geſetzlichkeit entſpricht nun nicht vollkommen dieſem Ideal, aber die oberſte entſpricht ihm vollkommen, und daß die menſchliche nach menſchlicher Betrachtung ihm nicht vollkommen entſpricht, iſt ſelbſt nicht wider das oberſte Geſetz, iſt kein Abbruch ſeiner Gültigkeit, ſondern blos ein Aufgehen in ſeiner höhern allgemeinern Gültigkeit. Bricht ein Menſch ein menſchliches Geſetz, ſo bricht er darum noch nicht das oberſte Geſetz, das kann er niemals brechen mit aller ſeiner Freiheit, ſeiner Sünde; er handelt anders, als ein Anderer, weil er ein Andrer iſt, oder weil's um ihn anders iſt, wenn auch die Umſtände, in ſo weit als das menſchliche Geſetz ſie vorgeſehen, bei beiden gleich ſind. Das menſchliche Geſetz kann eben nicht ſo alle innern, äußern Umſtände vorſehen, wie das oberſte. Alles Geben und Befolgen unſrer menſchlichen Geſetze iſt ſelbſt nur ein Erfolg des oberſten Geſetzes, ſeines Waltens im Gebiet bewußten Lebens, Thuns, und aller Bruch derſelben iſt's nicht minder.

Die Regeln aller Kunſt, die Regeln alles Handwerks, die Regeln aller Sprache, ein jeglicher Vertrag, kurz Alles, wodurch die Menſchen ſich wechſelſeitig binden, mit aller Freiheit, aus denen dies Alles iſt gefloſſen, und die dabei gelaſſen, hat eben ſo ſein Princip im oberſten Geſetz; hat zwar Ausnahmen tauſendfach, doch die, bis zum Grund verfolgt, nur zur Beſtätigung der höchſten Regel dienen.

Zum Bande und zur Freiheit in der ganzen Welt verbürgt das höchſte Geſetz uns den eigenen individuellen Fortbeſtand, oder hilft uns ſolchen doch verbürgen. Denn weil nach dem Geſetze die Wirkungen ſich fortgehends nach den Urſachen richten, aus Verſchiedenem ſtets Verſchiedenes folgt, und nichts Wirkliches ohne Wirkung, Folge iſt, ſetzt ſich auch die Individualität des Menſchen, die ihn von andern unterſcheidet, durch den Kreis der Wirkungen, der Folgen, die aus ſeinem Daſein hier hervorgehen, ewig fort, und ſelbſt, wenn der Menſch hienieden zu zerfallen ſcheint, wird der Kreis der Wirkungen, der Folgen, die von ſeinem Daſein hienieden hinterblieben, noch ſein individuelles Weſen in dem größern Kreiſe, in dem es für unſern Blick hienieden aufgegangen, ja zergangen ſcheint, forterhalten, verborgen zwar für uns die Hinterbliebenen, doch hell, d. h. bewußt, für ſich, als Folge von für ſich bewußtem Daſein. Der Tod wird ſelbſt dazu da ſein, ein dieſſeits Unbewußtes zum jenſeits Bewußten zu erheben.

indem er das dieſſeits Bewußte dafür Preis giebt, das Enge für das Weite, das Irdiſche für das Himmliſche: denn der jetzige Menſch iſt der Erde, die Erde, darin er künftig ſtatt ſeines engen Leibes wohnt, theilhaftig werdend ihrer höhern Engelsnatur, des Himmels. Das iſt ein kurzer Vorblick in die Folge. Im Uebrigen wie mit dem Menſchen iſt's mit jedem Dinge, nur daß, was kein Bewußtſein oder keine Bewußtſeinseinheit für ſich hat, auch keine ſolche als Folge nachlaſſen, oder im Nachlaſſe der Folgen neu entzünden kann.

Nun aber endlich auch das Daſein Gottes, ſeine Wirklichkeit und Wahrheit nach allen Eigenſchaften, die wir von ihm fordern, wird uns durch die Wirklichkeit, das Walten des höchſten Geſetzes in ſo weit verbürgt, daß nur noch fehlt, Gott ſelbſt zu ſein, und ſein Bewußtſein von ſich ſelbſt zu haben, um mit dem höchſten Geſetze Alles zum Beweiſe für ſein Daſein als bewußtes Weſen zu haben, wie nur noch fehlt, im Jenſeits ſchon zu ſein, und unſer jenſeitiges Bewußtſein ſchon zu haben, um mit dem Geſetze das Weſentlichſte zum Beweiſe für unſer jenſeitig bewußtes Daſein zu haben.

Denn erkannten wir nicht im Walten des oberſten Geſetzes ein in ſich einiges, ewiges, allgegenwärtiges, allwaltendes, allmächtiges, alle Wirklichkeit nicht nur durchwirkendes, ſondern ſelber erſt wirkendes, allen Fluß von Grund zu Folge urbedingendes, Zeit und Raum, Natur und Geiſt in Eins umſpannendes und bindendes, und dabei doch freies und der individuellen Freiheit Spielraum laſſendes, ja uns unſer Jenſeits ſelbſt verbürgendes Weſen. Und ſind das nicht Alles dieſelben Dinge, die wir von Gott wollen, ja wodurch wir ihn vor allen andern Weſen charakteriſiren? Was fehlt uns alſo noch zu Gott? Nur eben ſein Bewußtſein und was erſt durch Bewußtſein voll wird. Das freilich können wir im Walten des Geſetzes über uns hinaus nicht unmittelbar und voll erkennen; dieß Unmögliche müſſen wir aber auch nicht fordern; wir würden Gott ſonſt nie und nirgends und nach keinem Schluſſe über uns hinaus finden, ſo wenig als das Bewußtſein irgend eines unſrer Nebenmenſchen, weil wir den Beweis in einem Widerſpruche in adjecto ſuchten, da Niemand über ſich hinaus unmittelbar Bewußtſein erkennen kann; denn dazu müßte er ſelber erſt über ſich hinaus ſein. Genug aber, wenn wir in dem Walten jenes Geſetzes doch ſo viel von den Eigenſchaften Gottes erkennen, daß nur eben das fehlt, was der Natur der Sache nicht durch uns, ſondern nur durch ſich erkennbar iſt. So iſt es aber.

Und zwar zeigt das oberſte Geſetz uns nicht ſowohl alle Eigenſchaften Gottes außer denen, die ihm als bewußtem Weſen zukommen ſollen, als vielmehr alle weſentlichen Eigenſchaften des Bewußtſeins ſelbſt auf höchſter Stufe, ſo weit ſie ſich erkennen laſſen, ohne das Bewußtſein höchſter Stufe ſelbſt zu haben.

Denn richten wir unſern Blick auf unſer eigenes Bewußtſein, an dem wir allein ermeſſen können, was Bewußtſein iſt, iſt nicht daſſelbe ſeinem Weſen nach ein thätiger Fortbezug vom Geweſenen zum Jetzigen und Folgenden, bindet es nicht Fernes und Nahes, Vergangenes und Künftiges in Eins, beſaßt es nicht tauſend Mannichfaltigkeiten unter ſich in unzerſplitterter Einheit: hat es nicht ſeine Seite der freien Fortentwickelung und des Gebundenſeins an Früheres und Andres, beherrſcht es nicht in Eins Seele und Leib, ja enthält es nicht alle dieſe verknüpfenden Eigenſchaften ſelbſt zur Einheit verknüpft? Das Weltgeſetz aber iſt eine Einheit ganz derſelben Eigenſchaften, nur daß ſie ihm in unbeſchränktem Maße, indeß unſerm Bewußtſein blos in beſchränktem, zukommen. Iſt aber dieſe Einheit von Eigenſchaften für uns doch noch nicht das volle Bewußtſein ſelbſt, vielmehr nur ein Abgezogenes daraus, erſcheint es gleichſam nur als das trockene formgebende Gerüſt im lebendigen Fleiſch des Bewußtſeins, ſo wird dieſelbe Einheit von Eigenſchaften, als Weltgeſetz von uns in Allem, was in der Welt, erkannt, auch nur ein Abgezogenes aus einem Weltbewußtſein ſein, das wir als ſolches nur nicht ganz ſelber anzuziehen vermögen. Ja wir werden ſicher ſchließen können, daß auch in der Welt zum trockenen Gerüſte des Bewußtſeins ſein lebendiges Fleiſch nicht fehle. Unſer Bewußtſein ſelbſt mit jener Einheit von Eigenſchaften wird als Fleiſch von dieſem Fleiſche mit Bein von dieſem Bein anzuſehen ſein. Es hat ja jene Einheit von Eigenſchaften eben nur in ſo fern, als das Weltgeſetz mit ſeinem Weſen darein eingeht, und unſers Denkens, Wollens, Fühlens, Handelns nach Seiten der Freiheit und Nothwendigkeit waltet. Kein Wunder aber, daß dies Geſetz, obwohl zum Weſen unſers Bewußtſeins ſelbſt gehörend, doch ohne beſondere Reflexion demſelben nicht erſcheint, weil es eben eingehend in das Bewußtſein daſſelbe ſelbſt erſt bilden hilft. Unbewußt geht es darin auf, wie Unbewußtes überhaupt im Bewußtſein aufgeht, bis beſondere Reflexion es zum Vorſchein bringt (vgl. S. 260). Und ſo wird es auch mit dem Weltgeſetze im Weltbewußtſein ſein. Es wird wirken in Kraft und That, doch nicht beſonders im Weltbewußtſein erſcheinen; bis beſondere Reflexion auf ſein Wirken es als abgezogenen Begriff zum Vorſchein bringt.

Zuletzt können wir Alles nur durch *unſer* Bewußtſein erkennen; nun aber finden wir, um noch einmal kurz mit etwas andern Worten daſſelbe als vorhin zu ſagen, daß auch der ganze Zuſammenhang, die ganze Folge deſſen, was unſerm Bewußtſein als von Außen gewonnene Beſtimmung erſcheint, und uns die Außenwelt ſelbſt vertritt, demſelben Geſetze folgt, als der Zuſammenhang und die Folge unſerer eigenen innern Selbſtbeſtimmungen; daher wir auch in dem Zuſammenhange und der Folge des uns von Außen Beſtimmenden daſſelbe Grundweſen als in uns anzunehmen haben werden.

Manche ſtellen es ſo, als ob die ganze Naturgeſetzlichkeit nur aus unſerm Geiſte in die Natur von uns übertragen ſei; wir hätten daran nur die Form unſres Geiſtes ſelbſt, die wir uns in der Natur objectiviren, indem wir ſie in der Form unſres Geiſtes aufzufaſſen genöthigt ſind, ohne daß der Natur an ſich und abgeſehen von unſrer Auffaſſung Geſetzlichkeit zuzuſchreiben ſei. Allein das Zurückgehen auf das von uns erkannte Weſen der Geſetzlichkeit läßt am ſicherſten die Untriftigkeit dieſer Anſicht erkennen. Daß im Complex der Beſtimmungen, die uns als äußerliche betreffen, Gleiches immer Gleichem, Ungleiches immer Ungleichem folgt, iſt etwas, was unmöglich aus unſerm Geiſte in dieſen Complex kommen kann, ohne daß er auch die ganzen gleichen und ungleichen Beſtimmungen dieſes Complexes aus ſich ſelbſt ſetzte. Letzteres zu glauben, könnte aber nur Sache eines extremen ſubjectiven Idealismus ſein, und ſelbſt dieſer läßt ſich auf Grund unſres Geſetzes abweiſen. Doch ſoll uns das jetzt nicht beſchäftigen.

Nicht zwar, daß wir das Daſein Gottes, als höchſtbewußten Weſens über uns, allein aus dem Walten des Weltgeſetzes erkannt haben wollten; doch iſt's ein Zeichen über alle, und von Allem, was auf Gott ſonſt im Beſondern weiſen mag, der Grund und Kern. Was aber wieſe nicht auf ihn, verfolgt man nur die Richtung und gar, vereinigt man die Richtungen. Alles, was uns diente, einen Geiſt im Irdiſchen zu beweiſen, kann nun noch hinzutreten, den Beweis in höherm Sinne für einen Gott in der geſammten Welt zu führen. Die Geſichtspuncte der Analogie mit uns, des Zuſammenhanges mit uns, unſres Erwachſenſeins aus ihr, ihrer Steigerung über uns, unſres Zuſammenhanges in ihr, kehren alle nur in ſolcher Abänderung und Steigerung wieder, daß nicht mehr das Daſein eines Weſens über uns, das andern noch gegenüber, ſondern eines Weſens über allen, das aller Abſchluß, Einſchluß, Gipfel in bewußter Einheit iſt, dadurch bewieſen wird. Doch wir ſind müde und zagen, den hohen weiten Gang noch einmal zu gehen, ja bis zum Höchſten und Letzten fortzuführen. Vermöchten wir es denn? Sieht doch ein Jeder nun die Richtung und das Ziel.

Und nicht, daß wir meinten, Gott ſei überhaupt blos mit Gründen zu ſuchen, daß er ſei; nein, daß wir ihn ſuchen, ſuchen müſſen, iſt ſelbſt der ſtärkſte Beweis, daß er ſei, und daß wir ihn allenthalben und von Anbeginn geſucht haben, der ſtärkſte, daß wir ihn ſuchen müſſen. Doch wie weit müßten wir wieder zurück, und wie weit wieder vorwärts gehen, auch davon triftig und gemäß zu reden. Das bleibe einer andern Zeit und einer andern Gelegenheit vorbehalten, iſt ſie anders uns ſelbſt noch vorbehalten. Nicht von Gott zu reden, ſondern von Weſen unter Gott und über uns und von unſerm Leben hinter dieſem, iſt ja, was wir uns eigentlich hier vorgeſetzt, obwohl ohne von Gott zu reden, blieb Alles nur ein todter Rumpf.

So fragen wir nun künftig nicht mehr: iſt ein Gott? Wir fragen nur hinfort, wie iſt doch Gott? Wir müſſen wohl ſo fragen. Denn daran, wie Gott iſt, hängt das höchſte und letzte Wie aller Weſen unter Gott und unſrer eigenen Zukunft; und die rechte Erkenntniß jenes Wie iſt ſelbſt davon zugleich der Schluß und Schlüſſel. Und fänden wir Gott nicht ſo, wie wir ihn brauchen, all' unſre Schlüſſe würden nichts verfangen; denn nur eben, wie wir Gott haben müſſen, zwingt uns, ihn zu ſuchen und zuletzt zu glauben, daß wir ihn haben. Nun aber freut der Glaube ſich, kommt ihm der Schluß entgegen, der Schluß kommt erſt zum Schluß, reicht ihm die Hand der Glaube.

Die obigen Betrachtungen über das Weltgeſetz berühren ſich theilweis mit denen, welche Oerſted neuerdings in zwei Schriften („Geiſt der Natur“ und „die Naturwiſſenſchaft und Geiſtesbildung[*]“) entwickelt hat. Im Kurzen kommen dieſelben auf Folgendes hinaus:

In der Natur zeigt ſich eine unerſchöpfliche Mannichfaltigkeit und ein ewiger Wechſel von Formen und Bewegungen, darin aber doch zugleich eine bewundernswürdige Einheit, ein allenthalben gemeinſchaftliches Weſen, beſtehend in der durchgreifend waltenden, überall mit ſich übereinſtimmenden Geſetzlichkeit derſelben.

---

[*] Letztre Schrift enthält die Anſicht Oerſteds conciſer dargeſtellt, als erſtre, und das Folgende iſt ein Auszug daraus.

„Mit Recht kann das, was das unveränderliche und zugleich das unterſcheidende Merkmal in den Dingen ausmacht, ihr Weſen, und der Theil davon, den ſie mit andern nicht gemeinſchaftlich haben, ihr eigenthümliches Weſen genannt werden. Wir dürfen alſo feſtſetzen, daß die Naturgeſetze, wonach ein Ding hervorgebracht wird, insgeſammt ihre Eigenthümlichkeit ausmachen.“ Alle Naturgeſetze zuſammen bilden aber (durch Vereinigung der beſondern unter allgemeinere und endlich ein allgemeinſtes, höchſtes) „eine Einheit, die in ihrer Wirkſamkeit gedacht, das Weſen der ganzen Welt ausmacht.“ Das höchſte Geſetz überſteigt „das, was durch Worte vollkommen ausgedrückt werden kann.“ (Wenn ich nicht irre, iſt doch oben der Ausdruck gefunden). „Unterſuchen wir nun näher dieſe Geſetze, ſo finden wir, daß ſie eine ſo vollkommene Uebereinſtimmung mit der Vernunft haben, daß wir mit Wahrheit ſagen können, die Geſetzübereinſtimmung der Natur beſtehe darin, daß ſie ſich nach den Vorſchriften der Vernunft richtet, oder vielmehr, daß die Naturgeſetze und die Vernunftgeſetze eins ſind. Die Kette von Naturgeſetzen, die in ihrer Wirkſamkeit das Weſen jedes Dinges ausmachen, kann alſo wie ein *Naturgedanke*, oder richtiger, wie eine *Naturidee* betrachtet werden. Und da alle Naturgeſetze zuſammen eine Einheit ausmachen, ſo *iſt die ganze Welt der Ausdruck einer unendlich allumfaſſenden Idee, die mit einer unendlich in Allem lebenden und wirkenden Vernunft ſelbſt eins iſt.* Mit andern Worten: *die Welt iſt nur die Offenbarung von der vereinigten Schöpfungskraft und Vernunft der Gottheit* *. — Nun begreifen wir erſt recht, wie wir mit der Vernunft die Natur erkennen können, denn dies beſteht in nichts Anderm, als daß *die Vernunft ſich ſelbſt in den Dingen wiedererkennt.* Aber wir begreifen auch auf der andern Seite, warum unſer Kennen nur ein ſchwaches Abbild des großen Ganzen wird; denn unſre Vernunft, obgleich in ihrem Urſprung mit der unendlichen verwandt, iſt im Endlichen befangen, und vermag nur auf eine bedingte Weiſe ſich davon loszureißen.“

---

* Hierzu aus Geiſt der Natur S. 61. „Das Körperliche und das Geiſtige ſind im lebendigen Gedanken der Gottheit, deren Werk alle Dinge ſind, unzertrennlich vereinigt.“

Ungeachtet der Grundübereinſtimmung von Oerſteds Anſicht über die Naturgeſetzlichkeit mit der unſern ſcheint mir doch Einiges gegen ſeine Darſtellung einzuwenden. Ich möchte nicht wie er die Naturgeſetze, in Betracht ihrer Uebereinſtimmung mit Vernunftgeſetzen, Naturgedanken oder Naturideen nennen, da Gedanken oder Ideen immer keine Geſetze ſind und umgekehrt. Denn Geſetze können wohl und müſſen wohl gedacht werden, um uns zum Bewußtſein zu kommen; wie zuletzt alles in der Welt, und Gedanken werden von Geſetzen beherrſcht, wie zuletzt auch Alles in der Welt; aber es ſcheint mir eine Begriffs- oder Sprachverwechſelung, deshalb die Geſetze als ſolche mit Gedanken als ſolchen zu identificiren. Stimmen die Naturgeſetze wirklich mit den Vernunftgeſetzen überein, ſo kann dies wohl ein Grund ſein, zu glauben, daß auch Vernunft in der Natur walte, und ſo meint es Oerſted; nur die Geſetze ſelbſt ſind nicht Gedanken zu nennen. Dieß führt die Vorſtellung irre und giebt leicht zu Erſchleichungen Anlaß.

In der That hat die Identificirung der Naturgeſetze mit Naturgedanken die Folge, daß man nun durch dieſe Geſetze leicht die wirklichen Gedanken erſetzt zu halten veranlaßt iſt und nach Bewußtſein nicht mehr in der Welt ſucht, ungeachtet ein Gedanke es nur durch Bewußtſein iſt. Die menſchliche Vernunft äußert ſich in Gedanken, jeder weiß unmittelbar durch ſein Bewußtſein, was das iſt, aber die Vernunft der Natur ſoll ſich in etwas äußern, was zwar auch Gedanke genannt wird, aber es gar nicht in dem Sinne iſt, als unſere Gedanken, denn das ſind Naturgeſetze nun einmal nicht. Daher kommt auch ein bewußter Geiſt der Natur in Oerſteds Darſtellung nicht zum eigentlichen Durchbruch, außer im Namen Gottes.

Auch dagegen möchte ich mich erklären, daß die Naturgeſetze mit den Vernunftgeſetzen identiſch oder eins ſind, wie ſich Oerſted ausdrückt. Unſer oberſtes Geſetz iſt freilich der Natur und dem Geiſte gemein, weil es als oberſtes überhaupt aller Exiſtenz gemein iſt, aber ſofern ſich die Geſetze nach den Gebieten ſpecialiſiren, in denen ſie walten, ſpecialiſiren ſie ſich auch nach der Verſchiedenheit der Natur und des Geiſtes. Wie der Geiſt ſich ſelbſt erſcheint, und wie der Ausdruck des Geiſtes in der Natur erſcheint, hat zwar real genau zuſammenhängende, aber begrifflich keineswegrein auf einander reducirbare Geſetze; und es iſt nöthig, ſich des Geſichtspunktes der Verſchiedenheit eben ſo wohl bewußt zu werden, als des Geſichtspunctes der Uebereinſtimmung. Ich kann weder das Gravitationsgeſetz im Geiſte, noch die Geſetze des Schluſſes und der geiſtigen Aſſociation in der Natur wiederfinden, höchſtens einige Analogien damit.

Meines Erachtens läßt ſich aber unſer oberſtes Geſetz, eben weil es der Natur und dem Geiſte gemein iſt, als der Knoten beider betrachten, von wo ſie divergiren.

Inzwiſchen ſtimmt Oerſted jedenfalls darin mit uns überein, daß er den Geſichtspunct jener allgemeinen Uebereinſtimmung der Geſetze in Natur und Geiſt hervorhebt, wenn auch nicht näher bezeichnet, und einen Beweis für das Daſein und Walten eines allgemeinen geiſtigen Weſens, Gottes, in der Natur hierin ſucht. Die Beziehungen des Geſetzes zur Freiheit hat Oerſted nicht näher betrachtet.

Dunkel findet ſich die Grundidee, die unſre eigenen Betrachtungen gelenkt hat, ſchon in den Anfängen der Philoſophie ausgeſprochen. Ich theile in dieſer Hinſicht folgende Stelle aus Ritters Geſchichte der Philoſophie (I. 219) mit:

„Diogenes der Apolloniat ſuchte zuerſt zu zeigen, daß alle Dinge nur aus Einem Urweſen ſtammen könnten, um dadurch, wie er ſich ausdrückt, ſeiner Lehre einen unzweifelhaften Grund zu geben. Das, worauf er ſich zum Beweiſe berief, iſt die Nothwendigkeit, ein allgemeines Zuſammenthun und Zuſammenleiden unter den Dingen anzuerkennen, welches nicht ſein könnte, wenn nicht Alles aus Einem ſei. „Mir aber ſcheint", ſagt er, „überhaupt Alles, was iſt, aus einem und demſelben ſich zu verändern und daſſelbe zu ſein. Und dieſes iſt offenbar, denn wenn das, was in dieſer Welt iſt, Erde und Waſſer, und das Uebrige, was in dieſer Welt erſcheint, wenn von dieſem etwas irgendwie anders wäre, als das andre, anders ſeiend durch eigenthümliche Natur, und nicht daſſelbe ſeiend, auf vielfältige Weiſe umſchlüge und ſich verwandelte, ſo könnte es auf keine Weiſe ſich unter einander miſchen, noch würde Nutzen oder Schaden dem andern entſtehen; auch könnte eine Pflanze nicht aus der Erde wachſen, noch ein Thier, noch etwas Anderes jemals werden, wenn es nicht ſo beſtellt wäre, daß es daſſelbe." Da es nun aber nicht ſo iſt, „ſo wird alles dieſes aus demſelben verändert zu andern Zeiten ein Andres, und kehrt wieder in daſſelbe zurück." — So diente dem Diogenes das allgemeine Zuſammenwirken der Dinge zum Beweiſe, daß die Welt ein Weſen ſei, welches einen gemeinſchaftlichen Urſprung und eine gemeinſchaftliche Entwickelung hätte."

Wie leicht zu erachten, hat ſich in unſern Betrachtungen der Geſichtspunct, nach welchem „Alles, was iſt, aus einem und demſelbigen ſich verändert und daſſelbe iſt", und auf welchem das Zuſammenthun und Zuſammenleiden der Dinge beruht, nur ſchärfer und klarer herausgeſtellt.

C. Gott als oberſtes Weſen in Verhältniß zu den Welteinzelnheiten.

In jenem Stufenbau, den wir (unter X.) betrachtet haben, wo untere Stufen eingeſchloſſen werden von den obern, ſteigt Gott, im weiteſten Sinne als aller Exiſtenz Grund und Fülle und Vollendung aufgefaßt, über Alles empor und iſt, weil Alles nur Stufe zu ihm, er aber ſelbſt zu nichts Oberem führt, auch ſelbſt nicht ferner als Stufe zu betrachten. Vielmehr als etwas über allen Stufen, iſt er ein Weſen einzig in ſeiner Art, in gewiſſer Hinſicht ganz verſchieden von allen Stufen unter ihm, in gewiſſer Hinſicht ihnen allen gleichend, Vater, Schöpfer, Urbild, Maß und Meſſer ihrer aller, nach Geiſtes- wie nach Leibesſeite; ein überzeitliches, überräumliches, ja überwirkliches Weſen, nicht alſo aber, daß Zeit, daß Raum, daß Wirklichkeit tief ab unter ihm lägen, nein, daß aller Raum und alle Zeit, und alle Wirklichkeit in ihm begriffen ſind, Grund, Wahrheit, Weſen in ihm finden. Unendlichkeit und Einheit, das ſind die beiden Zahlen, damit zählt man Gott.

Gott iſt das Eins und All, die Eins zu allen Brüchen, doch ſelber unzerbrochen, das All von allen Einern, wo jede Eins iſt Tauſend, iſt Anfang, Mittel, Ende, in einen Kreis verſchlungen, das Centrum aller Kreiſe, der Kreis zu allen Centris, iſt aller Widerſprüche Auflöſung, letztes Band. Doch wer Gott ſelbſt auflöſen will, ſieht nichts als Widerſprüche, wer treten will aus ſeinem Bande, geräth in Widerſpruch mit ſich, in Widerſpruch mit Andern, in Widerſpruch mit Allen.

Ein jeglicher Menſch, der geboren wird, hat einen einzigen Vater, doch wächſt des Urſprungs Vielheit, wie man aufwärts geht; denn zwei ſind ihm der Großväter, und drüber vier und drüber acht der Ahnen; und werden immer mehr, je höher man hinaufſteigt. Wie viel meinſt du nun wohl, daß du der Ahnen hatteſt im erſten Anfang? Etwa unendlich viel? Nicht mehr als Einen Menſchen. Und die Frau, mit der er alle andern zeugte, war ſelber nur gemacht aus ſeiner Rippe.

So ſcheint es, wächſt der Weſen oder Welten Zahl mit jeder Stufe, um die du über dich hinaufſteigſt. Die nächſte Stufe über dir das iſt die Eine Erde, die Stufe drüber die Sonne mit den wenigen Planeten, die Stufe drüber ein ganzes Milchſtraßenheer von Sonnen, geeinigt zum Syſtem, die Stufe drüber wird ein Syſtem von ſolchen Heeren ſein, das ſicher mehr der Heere, als jedes Heer der Sonnen zählt. Wie viel der Weltſyſteme wird's nun endlich geben im oberſten Gebiet? Auch nur ein allereinziges, das eine göttliche; die ganze Welt iſt doch nur Eine, und alle Syſteme, Heere, Sonnen, Erden, Monde, ſind aus der Einen nur gekommen, und in der Einen noch in Eins verbunden.

Die Welt der Körper alle iſt gebunden zum Einen Körper Gottes durch Ein Geſetzesband, die Welt der Geiſter alle zu Einem Geiſte Gottes durch Ein Geſetzesband; und Gottes ganzer Körper und Gottes ganzer Geiſt zu Einem Weſen, Gott, durch Ein Geſetzesband. Und dieſes Eine Band iſt überall daſſelbe.

Und alle Freiheit aller Welt bricht nur in immer friſchen Zweigen, Blüten hervor aus dieſem Stamm des göttlichen Geſetzes und bleibt doch noch des Stammes.

Es mißt der Menſch den Raum nach Linien, Zollen, Fußen, Ellen, Meilen, die Zeit nach Secunden, Minuten, Stunden, Tagen, Wochen, Monden: das Grundmaß aber von alle dem iſt nicht das Kleine, ſondern iſt das Große: wie groß die Erde und wie lang die Zeit, in der ſie eine Drehung um ſich ſelbſt vollbringt, das iſt das Grundmaß, das einzige auf Erden für den Menſchen feſte, und alles kleinre Maß iſt davon nur ein Bruch, ſoll's anders feſt beſtehen. So iſt nun das letzte Grundmaß aller Wirklichkeit und Weſenheit der Welt auch nicht das Kleine, ſondern das Große, ja das Allergrößte, Gott ſelber oder Gottes eigenes Maß. Fragſt du: wer kann das Grundmaß brauchen, das Alles überragt, wer finden den Bruchtheil des Unendlichen, der anzulegen an das Endliche? Aber hinausgehend über Alles geht es auch hin über Alles, legt ſich an Alles an von ſelber, und mißt von ſelber Alles in Verhältniß zu Einem nicht allein, vielmehr zu jedem Andern: ein Jeder braucht's in jedem

Augenblick; und denkt' nur nicht daran; und könnte ohne das doch nicht das Maß des eigenen Schreitens, ſei's mit dem Fuß, ſei's dem Gedanken finden: und hiemit ſelbſt den Schritt nicht finden, und hiemit ihn nicht thun. Das Band iſt auch das Maß. Es iſt daſſelbige Geſetz, das geht durch Gottes ganzes Weſen, nach dem ein Jedes, wenn und wo's geſchieht, maßgebend iſt für jedes Andre, wenn, wo es ſonſt geſchehe, in dem, was gleich und ungleich zwiſchen beiden, das aber, indem es Alles meſſen läßt am Andern, die eigene Freiheit Gottes nicht ermeſſen kann.

Was irgendwie die Weſen unterſcheidet, die auf verſchiedener Stufe zu einander ſtehen, das ſchlägt im Uebergang zu Gott, dem Ab- und Einſchluß aller Stufen, ins Abſolute um; was ihnen iſt gemein, das iſt in Gott allein ganz, rein und voll begründet.

Wie hoch ein Weſen ſtehe, es hat noch ſeine Außenwelt, noch andre Weſen, ihm ähnlich, gegenüber; nur wie es höher aufſteigt, hat es mehr in ſich, kreiſt es reiner in ſich, beſtimmt ſich mehr durch ſich, indem es von den Beſtimmungsgründen der Exiſtenz mehr einſchließt.

Gott aber, als Totalität des Seins und Wirkens, hat keine Außenwelt mehr außer ſich, kein Weſen ſich äußerlich mehr gegenüber: er iſt der Einige und Alleinige; alle Geiſter regen ſich in der Innenwelt ſeines Geiſtes, alle Körper in der Innenwelt ſeines Leibes: rein kreiſt er in ſich ſelber, wird durch nichts von Außen mehr beſtimmt, beſtimmt ſich rein aus ſich in ſich, indem er aller Exiſtenz Beſtimmungsgründe einſchließt.

Kein Geſchöpf in der Welt iſt ganz ſein eigen Geſchöpf, jedes hervorgegangen aus einer obern Stufe, die ſich beſondert hat; der Menſch mit Thieren, Pflanzen kam aus der Muttererde, die Erde mit ihren Geſchwiſtern aus oberer himmliſcher Sphäre. Jedes konnte nur entſtehen, jedes kann nur fortbeſtehen in Ergänzung mit dem Andern, was auf ſelbiger Stufe entſprang, ja nach dem letzten Grunde nur aus dem vollen Ganzen. Doch jedes, je weiter es oben ſteht, ſchließt mehr der Schöpferkräfte in ſich, läßt mehr aus ſich entſpringen, und hält mehr in ſich, unter ſich, was ſich mit Anderm zu ihm ergänzt, hat weniger außer, über ſich, womit, wozu es ſich ergänzt.

Aber Gott und nur eben Gott, iſt als Schöpfer und Geſchöpf ſich ſelbſt gleich; ganz ſein eigener Schöpfer, ganz ſein eigen Geſchöpf, aus nichts erwachſen, denn aus ſich ſelber, ergänzt ſich mit nichts Anderm, iſt ſelbſt ganz; doch alles iſt aus ihm erwachſen, ergänzt ſich in ihm, zu ihm.

Wie hoch aber Gott auch ſtehe über ſeinen Geſchöpfen, hat er ſie doch zu Spiegeln ſeiner Höhe und Herrlichkeit. Kein Geſchöpf iſt ſo niedrig und ſo klein, daß es nicht einen Gott bedeutete für einen Wirkungskreis, der unter ſich noch Tieferes begreift; kein Geſchöpf ſo hoch und groß, daß nicht ein Höheres und Größeres und doch noch Endliches ihm Gott abſpiegelte in einem höhern und größern Wirkungskreiſe, der wieder ſeinen unter ſich begreift. Der Menſch nennt ſelber ſich ein Abbild Gottes, doch drüber iſt's die Erde, und drüber iſt's die Sonne mit ihrer Schaar Planeten. Das iſt ein größeres, volleres, leuchtenderes Abbild Gottes als Menſch noch und als Erde.

mit einem größern Wirkungskreiſe, der ſelbſt die Erde mit allen Menſchen unter ſich begreift. Wie oft hat ſchon der Menſch die irdiſchen Mächte Götter, wie oft die Sonne Gott genannt! Doch iſt ſie wirklich Gott? Sie iſt der nächſte Spiegel nur, in dem Gott von Oben der Erde und allem Irdiſchen erſcheint, der nächſte, nicht der größte, letzte. Erhebt der Menſch den Blick noch drüber, ſo ſieht er, ſie iſt nichts, ſein Blick iſt ſelber nichts. Der ganze Himmel mit allen ſeinen Sternen, Engeln thut ſich auf, den kann er nicht umſpannen, den kann er nicht ermeſſen, den kann er nicht ergründen; je tiefer er hineindringt, ſo tiefer wird er nur. Ueber allen Blick hinaus fliegt endlich der Gedanke, kann doch kein Ende finden, ſteht endlich müde ſtill. Und ſo wird der Gang ſelber mit Blick und mit Gedanken vom Höhern zum noch Drüber, vom Weitern zum Unendlichen, ein Spiegel und ein Theil des Ganges zugleich, den Gott durch ſeine eigene Höhe und Unendlichkeit geht.

In gewiſſer Hinſicht iſt der ganze Gott für uns das fernſte, weil das oberſte Weſen. In ſo fern iſt er es, als es uns fern liegt und ſchwer fällt, ja unmöglich, den ganzen Kreis der obern und untern, höhern und niedern Beſonderheiten, den er umfaßt, erkennend zu erſchöpfen, und uns in beſondere Wirkungsbezüge dazu zu ſetzen. In ſo fern ſtehen wir der Erde viel näher. Wir ſind zwar ganz in ihm wie in ihr; wie viel weiter aber ragt Gott über uns hinaus als die Erde, in der uns Alles nachbarlich, ja ſo nachbarlich, daß man ſie oft in viele Bilder Gottes geſpalten hat; ſie war zu nah und ſchien darum zu groß, ſie ganz in Eins zu faſſen.

Von der andern Seite aber ſteht uns der ganze Gott auch wieder näher, als irgend ein Sonderweſen, können wir nur in ihm, dem Ganzen, unmittelbaren Halt ſuchen und Halt finden, und gerade das Nöthigſte, Höchſte und Wichtigſte, was alle Geſchöpfe brauchen, iſt es, was ſie nur unmittelbar vom ganzen Gotte haben können, was in keiner der untern Stufen, und in keiner beſondern Zuſammenordnung der untern Stufen für ſich begründet und enthalten und beſchloſſen liegt, weil es ſich überhaupt nicht in Brüche theilen, ſondern nur jedem Bruche ganz mittheilen läßt, daher auch für die untern Stufen keiner beſondern Vermittelung durch die obern Stufen zu Gott bedarf, ja keiner beſondern Vermittelung durch ſie fähig iſt, vielmehr den oberſten und unterſten Geſchöpfen gleich unmittelbar und unvermittelt friſch aus dem ganzen Gotte kommt. Die allgemeinſte Kraft des Lebens wie die allgemeinſte oberſte Geſetzlichkeit und Zweckmäßigkeit im natürlichen Geſchehen, die einfache Thatſache des geiſtigen Bewußtſeins und die oberſten Geſichtspuncte des Guten, Rechten, Wahren, Schönen, darunter jeder bewußt oder unbewußt inbegriffen iſt, ob er ſie auch ſelber nicht begreift, gehören zu dem, was eben nur im Daſein des ganzen Gottes begründet liegt, und welcher Einzelne etwas davon in ſeiner Vorſtellung oder in ſeinem Gemüthe ſpiegeln und von dieſer Spiegelung die rechte Frucht haben will, muß dabei den ganzen Gott vor Augen und im Herzen haben, um es recht zu ſpiegeln; ſonſt iſt's ein Halbes, Lückenhaftes, Unwahres, was er ſpiegelt, und trägt auch in ihm demgemäße Früchte. Wozu es der Vermitte lung durch die obern Geſchöpfe für die untern zum oberſten Weſen bedarf, ſind nur Beſonderheiten, die noch ſelbſt etwas Unteres, Unganzes. Gott allein iſt Gott.

Wie iſt es doch mit der Spannung einer Saite. Jedes Theilchen der Saite liegt an einer andern Stelle; aber es hat die Kraft, die es ſpannt, nicht von der beſondern Stelle, in der es liegt; es hat ſie von der ganzen Saite und kann ſie daher allein haben. Die Spannung der ganzen Saite wirkt unmittelbar und gleicherweiſe in jedem Theile der Saite. Nun mag jedes Theilchen in verſchiedenen Bogen ſchwingen, je nachdem es mehr der Mitte oder dem Ende oder einem Knotenpuncte nahe liegt; aber daß es überhaupt ſchwingen kann, und daß alle Schwingungen ſich zu einem Grundtone einigen, das liegt nur in der über alle einzelnen Theilchen übergreifenden Spannung der ganzen Saite.

Nicht anders mit der göttlichen Spannung, die durch das Ganze der Welt und den ganzen Stufenbau der Welt greift, alles beſondere Bewegen und Fühlen und Denken darin in allgemeinſter Weiſe bedingt und verknüpft.

Aber nicht nur die allgemeinſte Baſis des Lebens, Fühlens, Denkens iſt allein mit dem ganzen Gott gegeben, auch die höchſte Spitze, der oberſte Zuſammenſchluß, der Wölbung Halt. Eben ſo wenig als die Spannung einer Saite in einem einzelnen Theilchen der Saite oder irgend welcher beſondern Verbindung ihrer Theilchen, liegen die oberſten melodiſchen und harmoniſchen Bezüge einer Muſik in einem einzelnen Tone oder einer einzelnen Combination von Tönen: ſie liegen eben nur im vollen Ganzen voll begründet. Nimm irgendwo etwas heraus, das Ganze ſpürt's, und jedes Einzelne paßt weniger zum Ganzen, das keins mehr iſt. Und eben ſo iſt es mit den oberſten Bezügen der Welt, der leiblichen und geiſtigen.

> „In einer Stelle des Veda's[*] wird von einer Verſammlung von Weiſen erzählt, welche über die Frage in Verlegenheit ſind, was unſre Seele und was Brahm ſei, indem vorausgeſetzt wird, daß Brahm oder der Grund aller Dinge die allgemeine Seele ſei. Die Weiſen erhalten Unterricht darüber von einem Könige, welcher ſie den einen nach dem andern fragt, was er als die allgemeine Seele verehre. Die Antworten, welche er erhält, bezeichnen irgend einen Theil der Natur; der eine nennt den Himmel, der andre die Sonne, ein dritter die Luft, ein vierter und fünfter das Waſſer und die Erde. Aber alle dieſe Antworten genügen dem Könige nicht, indem der Himmel nur das Haupt, die Sonne das Auge, die Luft der Athem, der Aether der Rumpf, das Waſſer der Unterleib und die Erde die Füße der Seele ſeien. Er belehrt ſie ſodann, daß ſie alle nur einzelne Weſen verehrten, und daher auch nur einzelner Luſt theilhaftig werden könnten; zu verehren ſei aber allein das, was in allen Theilen der Welt ſich offenbare, und wer es verehre, der werde allgemeiner Luſt und Nahrung theilhaftig werden in allen Welten, in allen Weſen und in allen Seelen.,, (Ritters Geſch. der Philoſ. I. 128).

D. Allgemeine Bewußtſeinsverknüpfung in Gott.

In Gottes Bewußtſein verknüpft ſich zuletzt Alles und fließt in eine Einheit zuſammen, was in ſeiner Welt von niedern und von höhern Weſen Identiſches geſehen, gefühlt, gedacht, gewollt, empfunden wird, und wären die Weſen auch Billionen Meilen von einander; die räumliche Entfernung iſt ganz gleichgültig, und auch die zeitliche in ſofern, als Gott noch nach unendlich vielen Jahren das als denſelben Gegenſtand der Anſchauung, denſelben Begriff, dieſelbe Idee in ſich forterhalten, fühlen und erkennen wird, was nur nach Raum und Zeit ein Andres geworden.

---

[*] Asiat. res. VIII. 463.

Nicht ſo aber hat man ſich's zu denken, als ob das, was wir, die untern Weſen, anſchauen, denken, fühlen, von einem obern, wie dem Geiſt der Erde, noch einmal und dann von Gott auch noch einmal geſchaut, gedacht, gefühlt würde. Sondern, indem wir einen Gedanken denken, denkt ihn der obere Geiſt durch uns, in uns und Gott im obern Geiſte und durch den obern Geiſt. Es iſt ein einmaliger Gedanke. Wie wenn Kreiſe in einander, der größte Kreis um alle die kleinern nicht noch einmal abgeſehen von den innern, ſondern eben in den innern ſelber hat.

So viel alſo auch Weſen, niedere und höhere, ſich in einem gleichen Gedanken oder Gefühle der Verehrung, Andacht, Liebe gegen Gott ſelbſt, der über allen, einigen; das, worin ſie wirklich einig ſind, wird auch in einem Gedanken, Gefühle von Gott erfaßt, hat in ihm einen Brennpunct, nicht aber ſo, daß er der Sonderbeziehungen zu ſeinen Einzelweſen dadurch verluſtig ginge, er fühlt vielmehr auch, wie jeder von andrer Seite, andrer Richtung her jenen Gedanken an ihn hat, jenes Gefühl zu ihm trägt, und an deſſen Entſtehung ſich betheiligt. Das Einige Aller läuft in ihm auch in das Verſchiedene Aller aus; und ſo ſtralt er aus der Einheit des Gedankens oder Gefühls, das ihm von verſchiedenen Seiten zum Bewußtſein gekommen iſt, auch wieder Stralen nach verſchiedenen Richtungen aus. Der Gedanke oder das Gefühl, das in ihm angeregt wird und aus dem er die Anregungen erwiedert, iſt ſelbſt nur Eines.

Das Allgemeinſte, was alle Weſen identiſch in ſich tragen, und was daher auch nur als Eins in Gott erſcheint, indeß ein jedes Weſen meint, es habe daran ein Beſonderes, iſt das Grundgefühl der Einheit des Bewußtſeins ſelbſt. Als Eins in Vielem ſich zu fühlen, das haben wir alle von Gott in Gott; er hat's wie wir, wir haben's wie er: doch wie die Einheit des Bewußtſeins ſich in jedem von uns beſondert, das fühlt er auch mit jedem in jedem von uns beſonders.

E. Höchſte Bezüge der Einzelweſen zu Gott.

Indeß Gott als Oberſter Alles in ſich erfüllt und abſchließt, gewinnt ſein Geſchöpf die Erfüllung und den Abſchluß ſeiner Exiſtenz durch die bewußteſte Spiegelung des göttlichen Weſens in dieſer Eigenſchaft, wodurch zugleich Gottes Bewußtſein vom Standpunct des Geſchöpfes her die höchſte Beſtimmung gewinnt, die ihm von dieſem Standpunct werden kann.

Von Gott wiſſen als dem, deſſen Wiſſen Alles begreift, was gewußt wird und gewußt werden kann, darüber geht kein Wiſſen.

Sollte einer Alles wiſſen, was überhaupt in der Welt wißbar, ſo brauchte er nur das zu wiſſen, was der Eine weiß, der über der Welt; und wüßt' er alles Andre, und wüßte nicht das Eine, daß Einer Alles weiß, wär' all ſein Wiſſen Stückwerk. Oft ſcheint in Widerſpruch zu ſein, was wir von da und dort erfahren. Wir wiſſens nicht wie Gott, der auch alles das mit erfährt, was zwiſchen Beidem liegt, was hinter Beidem liegt, was rings um Beides liegt, und hiemit, was über Beidem liegt. Da liegt zugleich des Widerſpruches Band und Löſung. Und alle Widerſprüche, ſo viel es ihrer giebt, ſind doch zuletzt geeinigt und aufgehoben in Gottes höchſter Wiſſenseinheit. Wer nun dieſelben Mittelglieder, die Gott ganz vollſtändig in ſich trägt, aus Gottes Ganzen durch höhere Vermittelung in ſich dem Einzelnen wiederſpiegelt, der wird hiemit ein Spiegel der Wahrheit und der Klarheit Gottes ſelber, und ein Werkzeug, die Wahrheit und die Klarheit ins Einzelne auch ferner durchzubilden; wie ſie aber wächſt in allem Einzelnen, ſteigt ſie höher auf in Gott dem Ganzen.

Und wenn Gott Alles weiß, ſo weiß er auch unſere Gedanken, ſo weiß er auch unſer Wollen, ſo weiß er auch unſer Leiden, ſo weiß er auch unſre Luſt: weiß drum als um die ſeinen; ſo hat er auch alle Weisheit, ſo hat er auch alles Wollen, ſo hat er auch ſein Gefallen, zu wenden das Leiden in Luſt; das aber von Gott zu wiſſen, iſt ſelber die größte Weisheit; macht alle andre zu Schanden, und hält zuletzt noch Stich.

„Denn die Weisheit iſt das Hauchen der göttlichen Kraft, und ein Stral der Herrlichkeit des Allmächtigen.

Denn ſie iſt ein Glanz des ewigen Lichtes, und ein unbefleckter Spiegel der göttlichen Kraft, und ein Bild ſeiner Gütigkeit.“ (Weisb. 7, 25. 26.).

„Denn ſeine Weisheit iſt vor allen Dingen.

Das Wort Gottes, des Allerhöchſten, iſt der Brunnen der Weisheit, und das ewige Gebot iſt ihre Quelle.

Wer könnte ſonſt wiſſen, wie man die Weisheit und Klugheit erlangen ſollte." (Sir. 1, 4—6.).

„Sprich nicht: der Herr ſiehet nach mir nicht, wer fragt im Himmel nach mir?

Unter ſo großem Haufen denkt er an mich nicht; was bin ich gegen ſo große Welt!

Denn ſiehe, der ganze Himmel allenthalben, das Meer und die Erde beben.

Berg und Thal zittern, wenn er heimſucht; ſollte er denn in dein Herz nicht ſehen." (Sir. 16, 15. ff.).

In Gottes Sinne das Wollen richten, als deſſen, deſſen Wollen mit unſerm eigenen Wollen das Wollen aller Weſen in ſich einigt, darüber geht kein Wollen.

Wer in ſolchem Sinne will, für deſſen Wollen wird alles andre Wollen, um das er weiß, als Mitbeſtimmung zählen; denn alſo zählts für Gott, doch keins allein für ſich, und alles Wollens Summe iſt noch die Summa von Gottes Wollen nicht. Sein Wille iſt ſtets Einer, und wenn wir Viele da- und dorthin auseinander ſtreben, hält er uns noch zuſammen. Die Ordnung alles Menſchenwillens hängt an dem einigen Willen Gottes. Gäb's keinen Gott, ſo gäb' es auch nicht Sittlichkeit noch Sitte, nicht Regiment, noch Recht. Ein Jeder hat von Gott den Willen, doch weil ihn jeder wie der andre, nicht blos von Gott, ſondern auch in Gott hat, der Ein Wollen über allen hat, ſo können wir nicht wahrhaft aus einander und aus der höchſten Ordnung fallen, die unter dieſem Einen Willen ſteht. Und wer der Ordnung widerſtrebt, den wird ſie noch ergreifen, und wer ſie umzuſtürzen meint, wird ſtürzen unter ihrem Fuß und ſie wird höher ſteigen. Doch wer ſie willig anerkennt, den nimmt ſie mit ſich aufwärts, und wer ihr ſelber ſteigen hilft, wird einſt hoch oben ſtehen.

> „Die Exiſtenz des Rechts, welches die menſchlichen Verhältniſſe beſtimmt und ordnet, beruht auf dem Bewußtſein des Menſchen von der rechtlichen Freiheit. Dieſes Bewußtſein hat der Menſch von Gott, das Recht iſt eine göttliche Ordnung, die dem Menſchen gegeben, die von ſeinem Bewußtſein aufgenommen worden iſt."
>
> „In dem Bewußtſein des Menſchen kommen die Rechtsſätze zum Daſein. Auf welchem Wege aber gelangen ſie in das menſchliche Bewußtſein? Es läßt ſich derſelbe Unterſchied machen, wie für die Religion, — und das Recht ſelbſt iſt für die Menſchen, welche der Erkenntniß ſeines Urſprungs noch nicht entfremdet ſind, ein Theil der Religion. Das Recht gelangt in das menſchliche Bewußtſein theils auf dem übernatürlichen Wege der Offenbarung, — unſre heiligen Bücher ſchreiben den erſten Rechtsausſpruch Gott zu, — theils auf dem natürlichen Wege eines dem menſchlichen Geiſte eingebornen Sinnes und Triebes, wo der eigentliche Schöpfer ſich verbirgt, und das Recht als eine Schöpfung des menſchlichen Geiſtes erſcheint, ja in ſeiner weitern Entwickelung und Ausbildung eine menſchliche Hervorbringung nicht blos ſcheint, ſondern wird." (Puchta, Curſus der Inſtitutionen. 1. B. 23).

Wir gehn von Gott getrieben wie eine Herde auf breiter langer Bahn. Ein jeder in der Herde hat Freiheit bis zu gewiſſen Gränzen, zu gehen, wie er will. Und ſo wimmelt Alles durch einander, eins wendet ſich nach rechts, ein anderes nach links, eins geht fort in der Richtung, ein anderes dawider, hier ſpringt eins kreuz und quer, dort ſchleicht ein andres langſam, eins iſt den andern weit voran, ein andres weit dahinten. Und dennoch bleibt's im Ganzen immer *eine* Herde, und hält im Gangen immer genau die Richtung ein, nach der Gott eben treibt. Und keiner kann und darf mit aller ſeiner Freiheit ſo weit vom Wege weichen oder rückwärts gehen oder ſo lange dahinten ſtehen bleiben, daß er abhanden käme; Gott holt ihn ſicher wieder ein und treibt ihn wieder vorwärts; keinem iſt die Macht gegeben, durch ſein Irren innerhalb der Herde oder um die Herde den Weg der Herde ſelbſt zu irren, vielmehr der Gang der ganzen Herde bleibt noch zuletzt dem Irrenden der Wegesweiſer zu ſeinem eigenen Ziel; denn keiner hat's für ſich, und wie viele ſich auch ſträuben, bäumen, ſie müſſen endlich von hartem Schlag getrieben auf Gottes Straße fort, wo auch die andern gehen. Es kommt ein Sturm, die ganze Herde ſchauert, ſie fliehen alle aus einander; ſo wie der Sturm vorbei, ſind alle wieder da. Im Sturme ſelber war doch der Hirt noch da; ja der Hirte war's wohl ſelber, der ihn erregt durch ſtärkern Schwung der Geißel, die Trägen aufzuſcheuchen: nun gehn ſie deſto raſcher. Ihr ſeht den Hirten nicht, ihr ſeht ihn nicht voran, nicht hinten, wie einen irdiſchen Hirten vor oder nach den Schafen, gehen. Iſt er denn eine Fabel? Ihr ſeht ihn nicht von Außen, weil ihr ihn in euch habt, nicht zwar ihr Einzelnen für euch, vielmehr die ganze Herde, nicht blos der Menſchen Herde, des Himmels ganze Herde, die Herde nicht allein, der Weg auch, den ſie geht. Das macht's allein dem Hirten möglich, auf ſo weiter Bahn kein Einziges von der ganzen Herde zu verlieren; er kann ja keins verlieren, er müßte von ſich ſelbſt ein Stück verlieren. Das iſt der Unterſchied des göttlichen vor allen irdiſchen Hirten; die gehen außen her, und ſind es darum nur, weil Gott ſie ſelbſt voran vor allen andern ſtellt, die rechten aber auch voran vor andern treibt. Wer nun im Zug fromm mitgeht, wenn Gott ſein Vorwärts ſpricht, ob's ihm auch ſauer wird, und wer das Kraut verſchmäht, das abſeits lockt vom Wege, der künftigen Weide denkend, die allen iſt verheißen, dem wird es ſicher frommen; wer aber, Gottes ſtärkern Antrieb fühlend, voran im Zuge geht, der wird auch Freudigkeit und Stärke ſtärker ſpüren, denn er hat Gott vor Andern, und wird voran einſt ſein, wenn's endlich wieder gilt, der Raſt zu pflegen und der Weide.

Denn was iſt die Richtung und die Abſicht, in der Gott ſeine Herde treibt? Immer nur auf dürrer Straße, auf dürrer Trift zu gehen? Nicht darauf zu gehen, ſondern darüber hinaus zu gehen; von dürrgewordener Weide zu ſchönrer grüner Weide; ſo ziemt's dem guten Hirten. Und weil der Hirt nicht außer ſeiner Herde geht, vielmehr darinnen, der Herde Gang ſein eigner Gang, ſo fühlt er auch den Durſt, den Hunger des Einzelnſten darin; und wird und muß ihn ſtillen zu ſeiner Zeit, ihn in ſich ſelbſt zu ſtillen.

Nun ſchelte nicht den Hirten, daß er die Einzelnen der Herde nicht führt feſt an der Schnur; daß in dem Spiel der Glieder mit dem Wirken auch ein Gegenwirken Platz hat: wenn nur die ganze Herde mit allen Einzelnen zuletzt gelangt, wohin Gott will; nur Gott mit allem Streben und Widerſtreben des Einzelnen erreicht, was er im Ganzen will

Seine Befriedigung darin finden, Gott zu befriedigen als den, der in der möglichſten Befriedigung Aller ſeine größte Befriedigung findet, darüber geht kein Gefühl der Befriedigung.

Das iſt der Gewiſſensfriede und die Gewiſſensfreude, das iſt die höchſte Luſt, das höchſte innere Gut, die wahre Seligkeit. Die höchſte Luſt für uns iſt die nur an der Luſt des Höchſten, die er durch uns gewinnt. Die Luſt des Höchſten iſt das Möglichſte der Luſt, das größte ganze Gut. Drin iſt begriffen alles Heil, drin iſt begriffen alle Luſt, die nicht ein Quell von größerm Leid, drin iſt begriffen alles Leid, was Quell von größrer Freude; drin Streit um das, was beſſer iſt, und Friede, wenn es iſt gewiß; drin aller Krankheit Heilung; drin aller Sünde Beſſerung, und nach der Strafe Sühne. Wer alſo will erwerben das höchſte innere Gut, der mehre nach Möglichkeit das größte ganze Gut. Nun gilt es wenig zu achten der kleinen eignen Luſt; nein das, was frommt ins Ganze, danach gilt es zu trachten; doch findet auch die kleinſte noch ihre kleine Stelle im großen Heilsgebiete, verdirbt ſie keine größere. Zu mehren das größte ganze Gut, gilt's Schmerzen zu tragen und Leiden und tauſend Opfer zu bringen; zu Gunſten des endlichen Friedens zu kämpfen und zu ſtreiten, nicht um des Leidens willen, nicht um des Streitens willen, nein, um der Freude willen und um des Friedens willen. Kein Opfer kann Gott gefallen, das ein wahres Opfer iſt: er kauft nur das Größre ums Kleinre, das Ewige ums Zeitliche: kein Opfer kann Gott gefallen, das ein

Opfer für dich ſelber iſt; Alles, was du opferſt dem ganzen Gut, wird einſtmals für dich ſelbſt ganz gut; doch willſt du nur dich befrieden, ſo wird dich Gott beſtreiten mit Strafen und mit Leiden.

Das ganze Gut das iſt ein Schatz, deß waltet Gott für Alle. All was du thuſt, das geht im Kreis, in größerm oder kleinern, oft in die Fremde weit hinaus, und ob du's lang vergeſſen, ſo geht's noch um und ſammelt ein, ſo viel's vermag zu tragen; dann kehrt's zurück mit ſeiner Tracht, ſie auf dich abzuladen. That hieß es, als es von dir ging, Vergeltung, wenn dir's wieder bringt, was es im Gehn erworben: und findet's hier den Rückweg nicht, ſo bleibt's am Jenſeits ſtehen, da weiß es, findet's dich gewiß, den Weg muß Jeder gehen. So ſende aus die gute That, frag' nicht in welche Ferne, und rüſte ſie recht aus mit Kraft, ſo kehrt ſie einſt mit guter Tracht, und brächte ſie erſt Leiden, wär's nur um größere Freuden. So geht es her in unſerm Gott, das iſt die ewige Ordnung. Du aber, gleichviel, ob den Lohn der Herr ſchon heute zahlet, ob er ihn dir in Rechnung ſchreibt, ob er auf's Jenſeits dich verweiſt, ſieh in ſein Antlitz nur hinauf, was du dort ſiehſt geſchrieben, das iſt dein Lohn ob allem Lohn, der läßt dich nimmer warten: der andre, ob verſchoben, bleibt dir noch aufgehoben.

Das Wort Luſt iſt hier, als in einem viel allgemeinern, als dem gemeinen Sinn genommen, nicht zu mißdeuten. Näher iſt das hier aufgeſtellte Princip entwickelt in meiner Schrift „Ueber das höchſte Gut. Leipz. 1846." und in einer nachträglichen Abhandlung „Ueber das Luſtprincip des Handelns" in Fichte's philoſ. Zeitſchrift, B. XIX. N. F. 1848. S. 1.

In Gottes Namen und Sache ſich einig bekennen und fühlen als deſſen, der alle Dinge in ſich einigt, die Namen haben, darüber geht keine Einigung nach äußerer und innerer Beziehung.

In ſolcher Einigung werden wir uns Alle Brüder nennen, uns Alle als Ergänzung zu einander fühlen, und Gott als den bekennen, der aus uns Allen erſt ein Ganzes wahrhaft macht. Und dazu gilt's vor Allem, daß wir Gott ſelbſt auch nur als Einen achten, nicht die Zerſplitterung gar heidniſch bei ihm ſelbſt beginnen, und daß wir uns nicht außer dieſem Einen achten, das Band nicht außer dem, was es ſoll binden, ſuchen. Wo Gott in Vielheit ſchon zerfällt, was ſoll dann die Geſchöpfe einen; wo außer Gott die Vielheit fällt, was ſoll den Bruch der Vielheit heilen?

„Es iſt unſäglich, was für Schätze der Erkenntniß und Moralität des Menſchengeſchlechts am Begriff der Einheit Gottes zu hangen beſtimmt waren. Er wandte vom Aberglauben, mithin auch von Abgötterei, Laſtern und Scheuſalen privilegirter göttlicher Unordnung weg; er gewöhnte daran, überall Einheit des Zweckes der Dinge, mithin allmälig Naturgeſetze der Weisheit, Liebe und Güte zu bemerken, alſo auch in jedes Mannichfaltige Einheit, in die Unordnung Ordnung, ins Dunkle Licht zu bringen. Indem die Welt durch den Begriff Eines Schöpfers zu einer Welt (κοσμος) ward, machte ſich auch der Abglanz derſelben, das Gemüth des Menſchen, dazu, und lernte Weisheit, Ordnung und Schönheit." (Herder in ſ. Geiſt der hebr. Poeſie, Werke I. S. 56).

„Nur das Bewußtſein der Einheit Aller in Gott kann die Geſinnung, aus welcher ein ſittlicher Wille und ſittliches Handeln hervorgeht, zu einem ſtets wachen und ſich bethätigenden Gefühle ſteigern, weil ſie nun mit dem tiefſten Grundgefühle unſers Weſens zuſammenfällt. Sich in Gott wiſſen, iſt zugleich das Bewußtſein der Einheit und Gleichheit Aller in Gott; die Idee der Menſchheit, welche realer Weiſe eine unendliche Aufgabe iſt, wird in jenem Gefühle wirklich vollzogen und ideal anticipirt; wir umfaſſen alles, was Menſchenangeſicht trägt, mit gleichmachender Liebe, weil es in Gott umfaßt iſt. Hiedurch wird nicht nur jene Geſinnung, welche wir allein die ſittliche nennen können, zur gediegenen Selbſtgewißheit erhoben: unſer Grundwille iſt dann nur eben der der Liebe, der ſittliche geworden; — ſondern auch jene, wie es ſchien, unbegreifliche Thatſache der Sympathie wird hier zur ergreifendſten Klarheit aufgeſchloſſen. Wenn uns die Menſchen zu lieben ein unwillkührlicher Drang treibt: ſo iſt dies nur die durchwirkende Einheit, welche ſie in Gott mit uns verbindet, es iſt das Innewerden gemeinſamer Gottinnigkeit.“ (Fichte, die philoſophiſchen Lehren von Recht, Staat und Sitte. 1850. S. 23).

Glaube, Hoffnung, Liebe zu Gott tragen, als dem, der alles wahren Glaubens Gewißheit, aller rechten Hoffnung Erfüllung, aller heilſamen Liebe Band in ſich trägt, darüber geht kein Glaube, keine Hoffnung, keine Liebe.

Aller Glaube, alle Hoffnung, alle Liebe iſt eitel, niedrig, eng und öde, knüpft ſie nicht an an Gott, ſchließt ſie nicht ab in Gott. Wer glaubt an Geiſter neben ſich und an den Geiſt nicht über ſich, der hegt nur Aberglauben. Die Hoffnung, die auf's Irdiſche wird geſetzt, hat bald ein Ende; doch über's Irdiſche hinaus reicht Gott mit Mitteln ohne Ende. Die Liebe, die vom Nächſten nur zum Nächſten geht, iſt ſterblich; die Liebe, welche fühlt, daß ſie mit Gott beſteht, unſterblich.

Ueber die Kunſt, Gottes Tempel zu bauen und zu ſchmücken und ſeinen Sonntag zu verherrlichen, als deſſen, der die ganze Welt als ſeinen Tempel gebaut und geſchmückt hat, und den Sonntag geſetzt hat als Feſttag nach dem Werke, geht keine Kunſt.

Die ganze Welt iſt Gottes Tempel, und allenthalben hat er ſich ſelber drin abgebildet und geſchildert nach ſeinen tauſend Seiten, der Ganze aber nur im Ganzen, indem er's ganz erfüllt. Und keine höhere Kunſt vermag der Menſch zu üben, als vor Allem ſich ſelbſt zum Tempel Gottes ganz zu machen und als ſolchen zu erhalten.

„Bedenke, daß ein Gott in deinem Leibe wohnt,
Und vor Entweihung ſei der Tempel ſtets verſchont.
Du kränkſt den Gott in dir, wenn du den Lüſten fröhneſt,
Und mehr noch, wenn du in verkehrter Selbſtqual ſtöhneſt.
Gott ſtieg herab, die Welt zu ſchau'n mit deinen Augen;
Ihm ſollſt du Opferduft mit reinen Sinnen hauchen,
Er iſt, der in dir ſchaut und fühlt und denkt und ſpricht;
Drum was du ſchauſt, fühlſt, denkſt und ſprichſt, ſei göttlich Licht.'
(Rückert, Lehrged. Th. I. S. 6).

Doch bleibt der Menſch nur Gottes Theil, ja Theil nur ſeines Theiles, und ſoll es fühlen, daß er nur ſolcher ſei, und darum ſich vereinigen mit Andern, zu bauen einen weitern Tempel, der ſei ein Bild der Einigkeit und Größe und Herrlichkeit des allerweiteſten Tempels, ſein Dach ein Bild vom Himmelsdache, und ſoll darin Gott ſchildern, wie er in ſeiner Welt und ſeinen Menſchen ſich ſelbſt geſchildert hat, und ſoll darin Gott feiern durch feſtliche Verſammlung mit Rede, Sang und Klang und heiligen Gebräuchen, als Einen über Allen, als Herren aller Herrlichkeit, als alles Guten Geber und Vollender, als den, der gute That befiehlt und giebt dafür den Segen, und nach den Arbeitstagen auch giebt den Feiertag.

Da treten Alle, die an verwichenen Tagen zerſtreut im Dienſt des Herrn am Werke waren, gemeinſam hin vor ihn in ihren Feierkleidern, mit einem unter ihnen, der vor dem Herrn die Rede führt. Das Antlitz, das bisher gebückt zur Arbeit war, nur des Geſchäftes achtend, das heben ſie nun frei empor zu ihm, das geiſtige Auge zu dem Herrn der Geiſter, das leibliche zu ſeiner irdiſchen Pracht. Die einen freuen ſich des äußern Glanzes, an dem ſie ſelbſt gewirkt, doch die ihn recht zu ſchauen wiſſen, von Innen nicht von Außen, ergreift die geiſtige Macht, die Milde, die Alles rings erfüllt, in alle Tiefe dringt. Und Alle einigen ſich, zu danken ihm die Arbeit, die Freundlichkeit, den Lohn, mit tauſend Stimmen, als wär es eine Stimme, es iſt kein Widerſtreit; vernehmen ſeinen Willen für die andere Woche, und gehn von dannen, ſich auch des Lohnes der vergangenen zu freuen in ſeiner Furcht zugleich und ſeiner Liebe

Die Kunſt mag praſſen mit Farben und mit Tönen, doch ſie geht endlich betteln, wenn ſie nicht ſteht und bleibt im Dienſt des allerhöchſten Künſtlers.

Viel Zierliches und was zur Luſt des Auges, mag des Menſchen Kunſt verfertigen, doch bleibt's nur Künſtlichkeit und Tand, vermag's nicht etwas von des ganzen Gottes Walten unmittelbarer, anſchaulicher und klarer zur Erkenntniß uns zu bringen oder tiefer zu Gemüth zu führen, als die Welt unmittelbar es ſelbſt vermag. Ihr Schauplatz iſt zu groß, des Menſchen Blick zu kurz, vermag die ganze nicht auf einmal zu umſpannen: das Walten Gottes hat zu tiefen Sinn, der menſchliche Verſtand dringt gar zu langſam ein, ergreift der Kette Glieder einzeln, nicht die ganze Kette, je mehr er ſich vertieft, ſo mehr verdunkelt ſich's; ſo gilt es nun im kleinen Spiegel an der Oberfläche zu zeigen, was im Großen uns zu groß, an Tiefe uns zu tief und durch die Tiefe dunkel. Und wie der Künſtler die Welt mit Gott ins Kleine zieht, ſehn wir in ſeinem Werk nun auch die Welt und ſpüren den Odem Gottes drin; wie er das Tiefe an die Oberfläche hebt, ſehn wir im Schein der Schönheit die Wahrheit heller, und fühlen, ſolcher Schein iſt nur der höchſte Glanz vom Licht der Wahrheit ſelber, der zur Erleuchtung der Welt auch die Verklärung fügt. Die Kunſt, die nichts als ſich verklärt, iſt nicht die rechte Kunſt, und thöricht, rühmt ſie ſich, ſie ſei ſich ſebſt genug. Sie gleicht mit aller ihrer Schöne nur dem Verklärungsſchein am Haupt des Heiligen. Daß er den Heiligen ſichtbar macht als Licht von ſeinem eignen Scheitel, iſt's was allein des Scheines Schöne macht. Der Heilige verklärt den Schein, und drum der Schein den Heiligen. Der allergrößte Heilige aber das iſt der heilige Gott.

Wer ſchelten will die Kunſt, daß ſie im Kirchendienſt das Göttliche durchs Sinnliche verkleide, den Geiſt, der auf des Geiſtes Weſen nur gehen ſoll, durch äußern Schein beſteche, die Sinne rühre, ſtatt den Geiſt zu rühren, der ſchilt Gott ſelbſt, der ſich für uns verkleidet hat in dieſe Welt der Sinne, der weiß nicht, daß die rechte Kunſt nicht die iſt, die den Geiſt noch mehr verkleidet, vielmehr die durchſcheinend macht das Kleid, daß durch das Kleid der Leib, und durch den Leib der Geiſt erſt hell und deutlich ſcheine; der hat den Sinnesreiz gemeiner Kunſt, doch nicht den Sinn der rechten Kunſt im Auge.

Die Künſte ſtehn nicht blos im Dienſt der Kirche. Weit iſt ihr Schauplatz, reich ihr Stoff. Doch iſt's allein die Kirche, in deren Dienſte alle Künſte ſich im wahren Sinne der Kunſt verknüpfen können. Und nicht anders ſoll's mit den Künſten ſein, als mit den Menſchen, die zwar nicht immer gemeinſam in der Kirche zu wohnen und zu ſchaffen haben, doch aus der Kirche in ihre beſondern Häuſer und alle weltliche Verwickelung und Zerſtreuung den Sinn mitnehmen ſollen, der ſie gedenken läßt, ſie bleiben überall des Höchſten Diener und Brüder zu einander.

Baukunſt, Skulptur, Malerei, die Künſte der Verzierung, Redekunſt, Dichtkunſt, Muſik in Stimmen und Inſtrumenten, Mimik in Geberde und Ceremonien, Alles darf nicht nur beitragen, den Cultus zu verherrlichen, ſondern kann auch beitragen, ſeine Wirkſamkeit zu ſteigern. Die ganze Kirche iſt wie ein einziges Inſtrument, gebaut, geſpielt von den verſchiedenen Künſten im Zuſammenklange; und jede einzelne tritt darin mit einer Macht auf, wie ſonſt nirgends. Die Kirchenkuppel wölbt ſich weit; der Thurm ragt hoch hinauf; die Glocke hallt mächtig nach Außen; die Orgel im Innern. So viele Stimmen einigen ſich ſonſt nirgends zum Geſange, ſo hohen Gegenſtand beſingt kein andres Lied, ſo vollen Ton hat keine andre Rede, ſo heilige Stille waltet ſonſt bei keiner; in keinen Schildereien kann Schönheit und Erhabenheit ſich ſo begegnen; nirgends Pracht des Schmuckes mit Würde ſo ſich einen, nirgends die ſtumme Geberde Ausdruck ſo tiefer innerer Bewegung ſein, als in der Kirche. Und das Alles ſtimmt zuſammen, das Denken, Wollen, Fühlen Aller in Einer Richtung zu erheben, der Richtung deſſen, was ewig einig über Allen ſchwebt.

Und iſt denn die ganze Tiefe des Glaubens und der Kunſt ſchon ſo erſchöpft, daß nicht der Cultus, aus dieſer Tiefe ſchöpfend, einſt ſeine Macht noch ſteigern könnte?

Wohl giebt's noch eine andre Bühne, wo auch die Künſte alle zuſammenkommen; jedoch nur äußerlich, wie zur Geſellſchaft, ohne wahres inneres Band, zerſtreuend und zerſtreut. Geſang ſtatt Rede, Abwechſelung von Rede und Geſang, erſcheint da nur als Unnatur und zwitterhaftes Weſen, der Tanz ſpringt fremd dazwiſchen, die Malerei hat nur von fern den Schein des Schönen; die Pracht iſt Flitterſtaat, das Fühlen all erheuchelt. Warum? Das, was die Künſte einigt, liegt nun einmal nicht in dem Gebiete weltlicher Zerſtreuung. Da giebt es nur viel Künſte. Die Kunſt der Künſte aber iſt nur die eine, kann nur die eine ſein, die Gott den größten Künſtler ſelber zum einigen Gegenſtande hat.

Freilich, welcher Einzelne von uns vermöchte in all' dem wirklich das Höchſte zu erreichen, in ſeinem Wiſſen die Fülle und Einigkeit von Gottes Wiſſen vollſtändig wiederzuſpiegeln, mit ſeinem Wollen in Gottes Wollen ganz und ſtetig einzugehen, die Zufriedenheit Gottes überall und völlig zu erwerben, nach allen Seiten ſich im äußern und innern Bande der Gemeinſchaft Gottes zu erhalten, alles Glaubens, aller Hoffnung, aller Liebe Abſchluß immer in Gott zu finden, ſich auch außer dem Tempel immer als Arbeiter am Tempel Gottes zu fühlen und zu betrachten; doch iſt's ein Ideal danach er ſtreben kann; und nicht der Einzelne blos kann und ſoll es ſich zum Ziele ſetzen; Religion, Wiſſenſchaft, Kunſt, Staat, Sitte, das ganze Menſchenleben auf der ganzen Erde kann und ſoll die allgemeine Richtung danach nehmen, und je länger je mehr ins Einzelne ſie durchzubilden ſuchen. Dies Soll gehört zu Gottes Wollen ſelbſt. Und ſo geſchieht im Sinne der Führung dieſes Weges jene Erziehung der Erde durch Gott ſelbſt, wovon wir ſprachen, wodurch er ſie immer mehr zu ſich heranzuheben, die Stufe des Irdiſchen unter ſich, in ſich, immer höher auszubauen ſtrebt, und damit ſelber höher ſteigt. Denn Gott ſteigt nicht, wie wir, über äußern, ſondern über innern Stufen auf.

Und alle andern Geſtirne, wie ſehr ſie ſonſt ſich von einander unterſcheiden, in welchen Weiten ſie auch aus einander gehen, in dieſer Hinſicht gehn ſie alle Eines Weges. Ein und derſelbe Gott, der das Bewußtſein ihrer Aller in ſich trägt, erzieht ſie alle zum Bewußtſein Eines und deſſelben Gottes, ſeiner ſelbſt, und wird damit ſein ſelber immer höher bewußt, indem er in jedem andern einen andern Angriffspunct dazu gewinnt. Wie auch ein Menſch, in dem der höhere Sinn erwacht iſt, von immer neuen Angriffspuncten her ein immer höheres und klareres Bewußtſein über ſein eigen Weſen zu gewinnen ſucht: wozu über Alles das ſelbſt gehört, daß er den Gott in ſich und ſich in Gott erkennt.

Nun meinen freilich Manche gegen das, was hier von Gott geſagt, Gott ſei nur eine nützliche Erfindung der Prieſter und Herrſcher auf Erden, oder eine Idee, die ſich der Menſch macht, Spiegelbild des Menſchen, von ihm herausgeworfen in das All, oder ein Wort in einem philoſophiſchen Buche, geeignet, um Sachen nach Gedanken daraus zu machen, oder ein unbewußtes Naturweſen, oder ein müßiges Schauen und Denken in ferner Höhe über der Welt. Habt ihr aber ſolchen Glauben, was wird euch dann die Welt: was werdet ihr euch ſelber, was werdet ihr der Welt? Wo iſt dann euer Ziel, wo iſt dann eure Richtung, wo iſt dann eure Hoffnung; was iſt dann euer Erſtes, was iſt dann euer Letztes? Das

Erſte wird ſein die Luſt des Tages und das Letzte Verzichtung für die Ewigkeit. Und wenn es nicht wirklich das Erſte und Letzte für Alle iſt, die Solches von Gott meinen, ſo iſt es nur darum, weil Gott ſie wider ihr Wiſſen, Glauben und Wollen in ſeine Richtung zwingt, und einſt wird der Tag kommen, wo er ihr Wiſſen, Glauben, Wollen ſelber zwingt.

„Ohne eine Gottheit giebt's für den Menſchen weder Zweck, noch Ziel, noch Hoffnung, nur eine zitternde Zukunft, ein ewiges Bangen vor jeder Dunkelheit, und überall ein feindliches Chaos unter jedem Kunſtgarten des Zufalls. Aber mit einer Gottheit iſt Alles wohlthuend geordnet, und überall und in allen Abgründen Weisheit.“ (Jean Paul, Selina, Nachl. I. S. 67).

Freue ſich doch der Menſch, daß Gott ihn zu ſeinem Spiegel erkoren, in ſo viel höherm Sinne, als viele tiefere Weſen; denn nicht alſo wie mit ihm iſt's mit allen andern Geſchöpfen. Der Saame bricht hervor aus Dunkel an das Licht, die Lüfte gehn und kommen, welch' ſchöne neue Welt! Die Blume thut den Kelch auf, die Sonne ſcheint darein; Gott fühlt es mit der Pflanze, Blume, in der Pflanze, Blume, wie jedesmal damit ein neues Leben in ihm erwacht; doch mit dem Menſchen, in dem Menſchen erſt, wie das dem Menſchen ſelbſt ein künftig höher Sein bedeutet in ihm dem über Alles lichten, großen, hellen Gotte. Nicht durch den Menſchen erſt wird ſeiner Gott bewußt; doch in dem Menſchen erſt unter allen irdiſchen Weſen ſteigt er mit Bewußtſein auf über ſein eigenes Bewußtſein; vom irdiſchen Standpunct freilich nur; doch dieſer wird eben dadurch der höchſte für das Irdiſche.

F. Entwickelungsgang des göttlichen oder Welt-Bewußtſeins.

Was wir an einem großen Beiſpiel ſchon betrachteten (S. 312), wovon wir ſchon das höchſte Ziel ins Auge faßten (S. 388), das mag nun auch nach ſeinem allgemeinen Gange noch eine kurze Betrachtung auf ſich wenden.

Sehn wir, wie auf der Erde der hochbewußte Menſch ſo ſpät entſtand, nachdem ſo viele Geſchöpfe auf tieferer Bewußtſeinsſtufe ihm vorangegangen, wie auch die Menſchheit ſelber ihr Bewußtſein immer höher ſteigert, immer mehr nachdenken lernt über ſich, Gott und die Natur der Dinge, wie endlich jeder einzelne Menſch in gleichem Sinne ſich entwickelt, ſo werden wir wohl anerkennen müſſen, das ſei die Spur der allgemeinen Richtung, in der das Weltbewußtſein ſich entwickelt; denn woraus ſollten wir ſie ſonſt erkennen, als aus eben dem, was uns davon erkennbar?

Doch wie, wird Gott nicht ſo von Anfang an vergleichbar einem Kinde, das ganz in Thorheit und in Sinnlichkeit befangen? Denn hebt nicht jedes Menſchen Bildung alſo an? Kann's alſo anders ſein mit Gott, wenn wir auf Gott vom Menſchen ſchließen wollen?

Es muß doch anders ſein, ſofern das Kind nach Urſprung und Beſtand ſelbſt anders iſt, als Gott von Anfang an; nur das kann gleich ſein, was noch gültig bleibt, ja um ſo gültiger wird, je weiter wir vom Kinde hinaus gehn über das Kind in Zeit und Räumlichkeit, das nähert uns erſt Gott. Indem wir es aber thun, ſo kommen wir zum Vater und zur Mutter, die ſind ſchon weiſer als das Kind, und indem wir darüber hinausgehen, zur ſchöpferiſchen Weisheit, die den Menſchen ſelber erſt eingerichtet hat; das konnte nicht das Kind und nicht des Kindes Vater. Nun hat die erſte Weisheit ſicher nicht bedacht, daß ſie ſo weiſe ſei, das iſt ganz wie beim Kinde; doch war ſie's drum nicht minder, und das iſt ganz anders bei Gott als bei dem Kinde.

Das Kind iſt Theil einer ganzen Welt und hat eine ganze Welt noch hinter ſeinem Anfang; das iſt es, was die Sache anders bei ihm ſtellt als bei Gott. Nun iſt es auch berechnet auf ſeine Erziehung durch die ganze Vor- und Mitwelt, iſt gleich dazu geboren, von ſeinen Eltern, andern Menſchen, der Welt ringsum Erziehung zu empfangen, und könnte ohne das ſich geiſtig nie entwickeln; und die Menſchen, die's erziehen, hatten wieder in ihrer Vor- und Mitwelt die Erzieher. Die Welt mit Gott aber hatte ſich von Anfange an ganz ſelbſt zu erziehen, aus reinen eigenen Mitteln: ihre Anlage ſchloß von vorn herein auch das Vermögen dazu ein, ja nicht nur ſich ſelbſt im Ganzen, ſondern auch viel Menſchenkinder in ſich zu erziehen, deren Erziehung ſelbſt zu ihrer Selbſterziehung mit gehört. Sie iſt ganz ihr eigener Lehrer und ganz ihr eigener Schüler. Gott hat ja keine Aeltern neben ſich, hinter ſich; ſondern der junge Gott iſt ſo zu ſagen ſelbſt zugleich Vater, Lehrer, Erzieher des alten Gottes; was Gott in ſeiner Jugend gedacht, gemacht, an ſich, in ſich erfahren, das iſt es, was den älter werdenden belehrt. Iſt der frühere Gott wie ein Kind zu betrachten, ſo iſt er's wie der Knabe Chriſtus, der die ältern Weiſen lehrte, Gott aber iſt zugleich der ältere Weiſe ſelbſt und baut als ſolcher die Lehre, die er vom Knaben überkommen, nur weiter aus, als es der Knabe vermochte, zur Lehre eines noch ältern Weiſen. Darum ſieht jede ſpätere Zeit auf die frühere herab, doch die ganze Höhe, auf der ſie ſteht, iſt ſelbſt nur durch die ganze frühere Zeit begründet. Daſſelbe gilt vom Menſchenkinde, doch die Höhe, zu der der Menſch es bringt, iſt nicht ſo wie die Höhe Gottes ganz durch die eigene frühere Zeit begründet, ſondern nur eben durch Gottes frühere Zeit.

Und indeß von einer Seite Gott an Alter wächſt, wächſt er von der andern auch wieder an Jugend; denn wie er altert in der Zeit, werden immer neue Einzelweſen in ihm jung; die lernen dann erſt vom alten Gotte und darum beginnt der Menſch mit Thorheit. Nur darum iſt das Kind ſo neu und thöricht, weil es als neues Thor ſich öffnen ſoll, daß alte Weisheit zieh' hinein, hindurch nach neuer Richtung, mit erneutem Schwung. Indeß das Kind vom alten Gott das Alte lernt, erlernt der alte Gott durch neue Weſen Neues, erſinnt in ihnen, durch ſie ſelber Neues, hebt allen Schatz des Neuen, den er im Einzelnen durch ſie geſammelt, im Ganzen auf, bringt ihn im menſchlichen Verkehre und menſchlicher Geſchichte zu höherer Bethätigung und höherer Entwickelung, als durch den Einzelnen allein geſchehen könnte, und aus dieſem Schatze empfängt dann Jeder durch Erziehung und Leben dieß und das, und wuchert mit dem empfangenen Pfunde weiter.

Sollten wir nun ſagen, weil der ſpätere Gott doch höher entwickelt als der frühere, im frühern ſei ein Mangel geweſen? Aber kein andrer Mangel war es doch, als der den Fortſchritt zum Höhern ſelbſt bedingte, und jede frühere Zeit ſteht in dieſem Verhältniß zu einer ſpätern und jede ſpätere im Verhältniß zu einer folgenden; in dieſer Hinſicht kommt die Welt nie weiter, eben weil dies der Grund ihres ganzen Weiterkommens ſelbſt iſt, etwas über die Gegenwart Hinausgehendes noch zu wollen; darin liegt der Antrieb des ewigen Entwickelungsganges. In der früheſten Zeit aber, wie in der ſpäteſten, genügte doch Gott in gleicher mangelloſer Weiſe der Aufgabe, die Welt in dem Zuſtande, in dem ſie war, über den Zuſtand hinaus, in dem ſie eben war, recht zu führen, und die Vollkommenheit Gottes iſt überhaupt nicht in der Erreichung eines begränzten Gipfels, ſondern in einem unbegränzten Fortſchritte zu ſuchen. In einem ſolchen aber, daß der ganze Gott in jeder Zeit der Gipfel nicht nur aller Gegenwart, ſondern auch aller Vergangenheit iſt, nur er ſelber kann ſich ſelber noch überſteigen, und thut es fortgehends im Ablauf der Zeit.

Wollten wir alſo den frühern Zuſtand Gottes niedrig nennen gegen den ſpätern, ſo würde doch unſer niedriger Begriff von Niedrigkeit nicht treffen. Wir nennen niedrig, was klein neben einem Höhern ſteht, oder was einer hohen Aufgabe nicht gewachſen iſt. Aber zu aller Zeit iſt Alles nur klein gegen Gott, und zu aller Zeit genügt Gott der höchſten Aufgabe, gegen die alle endliche Aufgaben verſchwinden. Nur auf ſich ſelber kann der ſpätere Gott herabſehen, indem er aber zugleich im frühern den erkennt, der ihn ſelbſt zu ſeiner jetzigen Höhe gehoben hat. Der frühere Gott iſt gegen den ſpätern nicht niedrig, wie die Wurzel niedriger iſt als die Blüte; ſondern wie die einſt blühen wollende ganze Pflanze niedriger iſt, als die dann wirklich blühende und die blühende niedriger als die noch höher blühende. Aber auch das trifft nur halb. Denn die Welt wächſt nicht von Klein auf groß wie die Pflanze, nährt ſich nicht von Außen, war groß und gewaltig von Anfange an wie heute, und hat auch wohl geblüht von Anfange an wie heute, nur in andrer Weiſe als heute; Alles ging mehr ins Einfach Große und Ganze, ſtatt daß jetzt tauſend beſonders blühende Welten, und in jeder dieſer tauſend kleine blühende Pflanzen vorhanden ſind, entſtanden durch fortſchreitende Gliederung der Welt ins Einzelne.

So ſollen wir auch nicht meinen, Gottes Exiſtenz ſei nach des Kindes oder rohen Wilden Weiſe von Anfang an durch Sinnlichkeit beherrſcht geweſen. Vielmehr beherrſchte Gottes Urvernunft von Anfang an das Sinnliche wie heute. Wohl aber mag ein Rückſchluß, wollen wir anders ſolchen bis zu ſolchen Gränzen geſtatten, unſre Vorſtellung in eine Urzeit führen, wo Gott mit ſeiner Vernunft noch nicht überlegte, wie es beſchaffen ſei mit ſeiner Vernunft und ſeinen vernünftigen Thaten; erſt braucht' er die Vernunft, erſt ward die That gethan. Anſtatt mit ſeiner Vernunft von Anfang an ſich ſelbſt und ſeine Werke zu überſteigen, ließ er vielmehr zuerſt ſie ganz aufgehen im Aufbau und im Ausbau der erſten Baſis ihrer eigenen Erhöhung, einer friſchen gewaltigen Sinneswelt. Zuerſt legt er den Grund der ſinnlichen Erſcheinung, bereitet ihren Stoff, theilt ihn in große Maſſen, zwingt dieſe in ſichere Bahnen und geht alsdann aus Ordnen ins Beſondere, dem ſichern Künſtler gleich, der in der Sinneswelt ganz lebt und webt und wirkt und ſchafft, und um ſo Höheres leiſtet, je mehr er mit ſeiner Vernunft ganz darin ein- und aufgeht, und je weniger er im Moment des Schaffens mit Denken über das Schaffen und das Geſchaffene ſich ſelber unterbricht; nur daß der menſchliche Künſtler ſelbſt erſt durch Gottes Walten zu der Gefühlsſicherheit erzogen werden muß, die Gott von Anfang inwohnt, weil Gott der ewige Ganze und der Künſtler nur ein nachgeborner Theil. Aber hat der Künſtler das Werk geſchaffen und in des Schaffens Ruhepuncten mag er auch darüber denken, wie, womit er es geſchaffen und es mag ihm für die Zukunft frommen. So blickt Gott auf ſeine Werke und ſich ſelbſt zurück, ja durch den Künſtler ſelber zurück auf das, was er durch ihn geſchaffen, und der Rückblick geht dann wieder in den Vorblick ein, und ſo ſteigt ſeine Vernunft immer höher über der ſinnlichen Baſis auf; doch nicht die Sinnlichkeit iſt es, durch welche die Vernunft empor gehoben worden, vielmehr hat dieſe ſelber ſich empor gehoben, indem ſie die Sinnlichkeit in immer höherer Ordnung unter ſich begriff.

Die Bibel ſelber ſagt, daß es ſo zugegangen. „Und Gott ſprach, es werde Licht, und es ward Licht. Und Gott ſahe, daß das Licht gut war; da ſchied Gott das Licht von der Finſterniß. Und nannte das Licht Tag und die Finſterniß Nacht.“ Und ſo geht es weiter und geht's noch heute fort. Gott ſchuf vor Allem erſt das, was macht Alles ſichtbar; ja was allein iſt ſichtbar, den Grund, den Stoff, das Weſen, den Gegenſtand, das Mittel der Sinnesanſchauung, hiemit der Sinneswelt. Er ſpricht, da iſt's gethan. Nun folgt erſt die Betrachtung; Gott ſieht, was er gethan, und wie er findet, daß es iſt gut gethan, ſo baut er darauf weiter; es folgt die Unterſcheidung; es folgt auch die Benennung; ſo geht es immer vorwärts: er macht die Himmelslichter, und ſetzt zuletzt ihm ſelber den Menſchen gegenüber, mit Geiſt von ſeinem Geiſte, und ſpricht fortan mit ihm, dem Geiſt von ſeinem Geiſte, dem Ebenbilde ſeiner und waltet der Geſchicke, die er in ihm erlebt. Bis dahin hat ſein Geiſt nur mit den Dingen, in den Dingen der Sinneswelt geſprochen; und ſeine Engel, die vorgeſchaffenen, thaten alſo; bewußt von Anfang an, jedoch nicht mit Bewußtſein ſich wendend rückwärts auf's Bewußtſein.

G. Die Güte Gottes und das Uebel in der Welt.

Iſt das oberſte Weſen ein ſelbſtbewußtes, ſo würde es ſich mit einem böſen Willen nur ſelber ſchlagen; denn wogegen kann es dieſen Willen wenden, als gegen ſich, da Alles in ihm. Sein Wille kann nur gut ſein; und weil er Alles in Eins erblickt und überſieht, ſo fehlt ihm nicht das Wiſſen zur Erleuchtnng dieſes Willens. Doch giebt es Böſes in der Welt, nach unſern Begriffen Böſes: wir können es nicht wegſchaffen, und möchten es doch wegſchaffen. Wer hat noch ergrübelt, wie's mit ſeinem Urſprunge ſteht? wie ſich's verträgt mit dem, was wir von Gott fordern. Es iſt eine harte Frage, und noch bisher zu ſchwer geweſen für die Welt.

Wenn Gott das Uebel, den Schmerz des Menſchen und die Sünde gewollt hat, ſo iſt er ein böſer Gott.

Wenn Gott das Uebel zugelaſſen hat, da er es doch verhüten konnte, ſo iſt er ein fauler Gott.

Wenn's wider ſeinen Willen kam, ſo iſt er ein ſchwacher Gott.

Wie wirr' ich mich da hinaus? Ein jeder verſuche es in ſeiner Weiſe, rechtfertige Gott, wie er's vermag; mir dünkt's am beſten ſo:

Das Uebel kam nicht durch Gottes Willen in die Welt: ſein Wille und ſein Thun geht nur dahin, es zu heben und ſein Wiſſen und ſeine Macht reicht dazu aus. Was auch Uebles auftaucht, es taucht nur im Gebiete der Einzelnheiten auf, und wendet ſich im Lauf der Zeiten durch die Ewigkeiten. Nur nach dem Ganzen, Ewigen aber dürfen wir Gott den Ganzen Ewigen meſſen.

Es kam auch nicht durch Gottes Zulaſſung in die Welt; er läßt's nicht zu willkührlich, er ſtraft es und beſiegt's mit Willen.

Es kam auch nicht gegen Gottes Willen in die Welt, alſo, daß Gott ſchon vor des Uebels Daſein den Gedanken des Uebels gehabt und nur ohnmächtig gewollt, es ſolle nicht entſtehen; doch in einem untern Gebiete kam es in die Welt, worin nicht, ſondern worüber der obere Wille, das obere Denken Gottes Platz greift, worin ihm Grund gegeben iſt des Seins, und Stoff gegeben iſt des Thuns, nicht anders, als es mit unſerm eigenen Wollen und Denken iſt. Sein Wille kam vielmehr gegen das Uebel in die Welt; nicht zwar blos dagegen, auch zur Förderung des Guten, aber beides iſt dieſelbe Richtung; wie auch des Menſchen Wille ſich gegen das Uebel erſt richtet, nachdem es, oder ein verwandtes, ihn dazu hat aufgerufen. In ſolchem Sinne iſt dann nun freilich auch das Uebel gegen Gottes Willen.

So iſt er weder ein böſer, noch ein fauler, noch ein ſchwacher Gott; bleibt uns ähnlich, den Ebenbildern Gottes, doch ein Urbild über allen Ebenbildern.

Da bleibt noch viel dabei, wovon ich das Letzte nicht finden kann; das ſtelle ich dahin. Was ich aber verſtehe, verſtehe und meine ich ſo:

Geſchieht denn Alles, was in unſrer Seele geſchieht, mit unſerm Willen? taucht nicht Unzähliges unwillkührlich darin auf, aus unbewußtem oder auch bewußten untern Triebe? Iſt nicht mein ſelbſtbewußter Wille blos der oberſte Lenker in meiner Seele, der Alles zum gemeinſam beßten Ziele, was mir eben für mich das beßte ſcheint, zu führen ſtrebt, der Eintracht und Friede zwiſchen meinem Wiſſen und Glauben, Sinnen und Trachten, auch wenn Einzelnes widerſtrebt, und gedeihlichen Fortſchritt über alles Hemmniß zu erzielen ſtrebt; was nicht in dieſes Streben paſſen will, ſo lange dreht und wendet und ändert und kaſteit, bis es ſich Dem fügt, und, was endlich ganz darein paßt, im Strome ſeines allgemeinen Fortſchrittes fördert und als

Welle ſeines Fortſchrittes ſelber braucht. Wird es in Gott, deſſen unſre Seele ſelbſt ein Theil, eine Probe, anders ſein? Soll Gottes Seele aus nichts als oberſtem Willen beſtehen? nichts unwillkührlich, (ob es auch für ſich willkührlich ſcheine) in Verhältniß zu dieſem oberſten Willen in ſeinem Bewußtſein auftauchen. Dann freilich gäbe es keine Sonderweſen in Gott; denn nur, daß ihr unterer Wille und Trieb in beſonderer Weiſe ſeinen obern erregen kann, macht ſie zu beſondern Geſchöpfen in ihm; wäre aller unterer Wille in ſeinem obern unſelbſtſtändig begraben, was wären wir? Soll nicht auch in Gott der oberſte Wille eben nur das Oberſte ſein, der Lenker, Leiter, der Alles zum allgemein beſten Ziele, was nun eben in Gott und für Gott als das Beſte gilt, zu führen ſtrebt, der Eintracht und Friede zwiſchen allem Wiſſen und Glauben, allem Sinnen und Trachten, wie auch Einzelne widerſtreben, und gedeihlichen Fortſchritt über alles Hemmniß zu erzielen ſtrebt: was nicht in dieſes Streben paſſen will, ſo lange dreht und wendet und ändert und kaſteit, bis es ſich Dem fügt, und, was endlich ganz darein paßt, im Strome ſeines allgemeinen Fortſchrittes fördert und als Welle ſeines Fortſchrittes ſelber braucht.

Nun iſt und heißt ſchon der Menſch nicht gut und böſe nach Maßgabe des Einzelnen, was im untern Gebiete ſeines Bewußtſeins in ihm auftaucht, ſondern nach Maßgabe der Richtung, die ſein oberer Wille in Bezug auf die Ordnung und Lenkung dieſes Einzelnen im Ganzen nimmt, nach Maßgabe der herrſchenden Geſichtspuncte in ſeinem darüber übergreifenden Bewußtſein. Wenn das

Schlechte, das in ſein Bewußtſein tritt, nur Motiv für ihn wird, es zu beſſern und zu heilen, und das Gute, es fortzuentwickeln, zu fördern, ſo iſt er gut. Und ſo werden wir auch Gott gut zu nennen haben, trotz allem Uebel, was in ſeiner Welt als Einzelnes erſcheint, wenn nicht ſein oberſter Wille deſſen Schöpfer, ſondern deſſen Heiler und Beſſerer iſt; wenn doch, je länger und je weiter wir den Zuſammenhang der Dinge durch Zeit und Raum verfolgen, deſto mehr obere Zweckmäßigkeitstendenzen hervortreten, deſto mehr das Streben hervorleuchtet, die Dinge zu guten und gerechten Endzielen zu führen, ſo daß das, was uns als Uebel im Kleinen, Einzelnen und Nahen erſcheint, ſelbſt die zeitliche Bedingung eines Guten im ewigen und höhern Sinne wird.

Sehen wir aber nicht wirklich allwegs, wie Uebel dienen muß, das Uebel zu zerſtören, das Uebel ſelbſt zum Quell des Guten werden muß. Aus Noth erwuchs aller Fortſchritt des Menſchengeſchlechts und jede neue Noth bringt einen neuen Fortſchritt; ein jeder Stein des Anſtoßes giebt neue Flügel. Die Strafe, an ſich ſelbſt ein Leid, ein Uebel, geht doch dahin, theils neues Uebel zu verhüten, theils den Sünder ſelbſt zu beſſern; und wenn die Strafe, die der Staat verhängt, das nicht erreicht, iſt ſie ja nur ein Theil der Strafen Gottes, die gehen fort, bis es gelungen; gelingt's nicht hier, ſo folgt ein neues Leben, da geht's weiter; endlich muß es doch gelingen; die Folgen der Sünde wachſen, wie die Sünde wächſt und wie die Strafe ſich verſchiebt, die in den Folgen ſich von ſelbſt erzeugt; ſie wächſt ſo lange, bis ſie den böſen Sinn überwächſt. Ob hier, ob dort, gleich viel. Sind endlich alle Ruthen abgenutzt, die ſich der Sünder ſelbſt geflochten, iſt die Verſtockung ganz gelöſt; dann iſt er endlich ſicher, dann iſt er feſt geſtählt. Auch mancher Gute zwar muß Uebel leiden, das eben gehört zum Böſen der Welt, daß er es muß; doch wenn er's aushält, dient's ihm nur; zuletzt muß ihm doch Segen kommen, ſo größrer, je länger er im Guten aushielt, und je länger der Lohn ſich hat verſchoben. Hier oder dort, gleichviel. Schon in jedem Staate ſind Religion und Recht Einrichtungen, die in dieſem Sinne Glauben, Wiſſen, Wollen der Menſchen im Großen beſtimmen und lenken. Dieſe Einrichtungen konnten aber nicht durch blinden Trieb der Menſchen entſtehen, der geht blos auf augenblickliche Luſt, ſondern nur durch bewußten Willen, ſie konnten aber auch nicht blos durch den Einzelwillen der Menſchen entſtehen, ſondern nur durch etwas, was die Menſchenwillen ſelbſt in Zuſammenhang ſetzt, und ſo macht ſich ſchon hier die Spur eines höhern Willens geltend, der, freilich nur ſich ſelbſt unmittelbar ganz vernehmlich, über allen einzelnen Willen hinausliegt; doch iſt ein Staat noch nicht das Ganze, auch die Erde iſt noch nicht das Ganze, erſt die Welt mit Gott iſt das Ganze. Ein jedes weiſt noch auf das höhere Ganze. So weit der einzelne Menſchenwille mitgewirkt hat, jene guten Einrichtungen ins Leben treten zu laſſen, hat er es jedenfalls nur im Sinne der Forderungen eines Allgemeinern thun können, und je mehr deſſen Forderungen in ihm gewirkt, ſo beſſer wird die Einrichtung. Auch iſt die Tendenz der Religion und des

Rechts in jedem Staate beſſer im Ganzen als die Tendenz der Einzelnen darin im Durchſchnitt, und wenn ein Einzelner ſelbſt noch die Religion und das Recht des Staates fortzuentwickeln und zu beſſern vermag, iſt er doch nur durch die bisherige Religion, das bisherige Recht und einen neuen höhern Blick auf das Allgemeine dazu geleitet worden; wie vermöchte er, herausgeriſſen aus dem Ganzen und ohne daß er deſſen Zuſammenhänge und Tendenzen geiſtig in ſich aufgenommen, wieder etwas für das Ganze zu leiſten. Sein Wille erſcheint ſo getrieben von dem obern Willen, der ſich an den obern Zuſammenhang knüpft, wie aber auch den obern Willen wieder anregend, und kein endlicher Wille wird es ſo machen, daß der unendliche nicht noch zu fördern und zu beſſern fände. Was gut iſt, iſt ſo Alles von oben, aber der Menſch kann ſich willkührlich zum Werkzeuge dieſes Guten machen; indem er ſeinen Willen dem obern Willen unterthan macht; wenn er aber nicht willkührlich dem Zuge des Guten von Oben folgt, ſo muß er es dereinſt doch thun.

So iſt uns nun auch Gottes Allmacht nicht verkürzt, wenn wir nur ſeine Allmacht nicht als einen bodenloſen Begriff faſſen, ſondern faſſen, wie es ſich verträgt mit dem Begriffe eines beſten Gottes. Nicht allmächtig wäre er blos, wenn er nicht könnte, was er wollte, oder wollte, was er nicht könnte, oder wenn das Uebel ſeinen obern Willen vielmehr beſchränkte, als begründete; oder wenn überhaupt etwas entſtünde nicht durch ihn, in ihm. Nun entſteht aber auch ſogar das Böſe durch ihn, in ihm, nur nicht durch ſeinen Willen; ſein Wille geht vielmehr nur dahin, das in niederm Sinne unwillkührlich in ihm Entſtandene in höherm Sinne zu ordnen und zu lenken. Wenn du aber durchaus möchteſt, um Gottes Allmacht nicht zu nahe zu treten, daß Alles, was geſchieht, durch Gottes obern Willen geſchieht, ſo ſieh' ſelbſt zu, wie du deinen heiligen, gütigen Gott noch retteſt. Ich aber will ſeine Allmacht lieber ſo faſſen, daß er Alles kann, was er will, und daß Alles, was er will, gut iſt, nicht gut blos im Ganzen und Allgemeinen, ſondern daß es jedem Einzelnen einſt frommen wird: was aber nicht gut iſt in der Welt, deſſen Grund ſuche ich alles außer Gottes Willen, obwohl nicht außer Gott, da ich vielmehr darin den Grund ſehe, gegen den ſich in ihm die Kraft und Thätigkeit ſeines obern Willens ſelbſt ſtemmt, wie der Menſch auf ſeinen Boden.

Iſt damit des Uebels letzter Urſprung erklärt? Nein, ſo wenig als der Welt und Gottes Urſprung. Es iſt mit Gott da, und ich frage endlich nicht weiter, warum es mit Gott da iſt, weil ich's doch nicht zu ergründen weiß, ſo wenig ich irgend welchen erſten Urſprung zu ergründen weiß. Das liegt in einem Urgrunde beſchloſſen, wohin der Blick des Geſchöpfes nicht reicht. Ich weiß freilich nicht, wie ein oberer Wille da ſein könnte, wenn nicht etwas unter ihm, was ſein Wirken möglich macht: aber ich weiß nicht anzugeben, warum dieß Unter ihm die Möglichkeit des Schmerzes und der Sünde in ſich tragen mußte; ich kann mir freilich nicht denken, wie nach beſtehender Einrichtung der Welt Luſt ohne Gegenſatz von Unluſt beſtehen kann: aber warum mußte dieſe Einrichtung der Welt ſelber beſtehen, die Luſt nur mit Unluſt möglich macht: mit Unluſt aber hängt zuletzt alles Uebel zuſammen: eine Welt, die nach Gottes Willen in rein ſündloſer luſtvoller Entwickelung abliefe, ſchiene mir freilich wie ein Rad, das auf den Zug des Gewichts ohne Hemmung abliefe; aber warum kann es nicht eine ſolche Weltuhr geben, wenn es auch keine ſolche Saigeruhr geben kann. Des Einzelgeſchöpfes Möglichkeit ſelbſt mag mit des Uebels Möglichkeit und ſeine Wirklichkeit mit deſſen Wirklichkeit zuſammenhängen, denn nur im Bereiche der Einzelgeſchöpfe herrſcht das Böſe, nicht im ganzen Gott: was im Sinne des Ganzen iſt, das iſt all gut; aber warum mußten Geſchöpfe ſelbſt entſtehen, warum konnten ſie doch nur unter ſolcher Bedingtheit entſtehen? Ich kann Gründe auf Gründe thürmen: auf jeden Grund wird ſich eine neue Frage thürmen und keine Antwort auf den Grund der Gründe führen. So ſtehe ich lieber ſtill mit meinem Forſchen. Nur daran halte ich feſt, das iſt, was ich brauche in der Welt voll Uebel, wie ſie einmal da, worin mich's ſehnt nach etwas, worauf ich meine Hoffnung bauen kann, daß das Uebel nicht durch Gottes Willen da iſt und immer neu entſteht, vielmehr ſein Wille gegen das Uebel da iſt, fort und fort dahin geht, es zu heben und zu heilen, und nichts entſtehen kann, was er nicht zu heben und zu heilen, zu verſöhnen und zu beſſern wiſſen wird im Lauf der Zeiten durch die Ewigkeiten, und wär's in noch ſo großem Umweg; ſein Wiſſen und Können reicht dazu, und je länger und größer der Umweg, ſo größer und höher das Ziel. Warum aber das Ziel nicht gleich voll überall und auf einmal erreicht iſt? Auch das weiß ich nicht, ſo wenig als ich weiß, warum die Welt, warum ich ſelbſt nicht gleich zu Ende.

Wie es über dem untern, bald böſen, bald guten, Willen der Geſchöpfe einen obern Willen Gottes giebt, der ganz gut iſt, ſo meine ich nun auch, giebt es über der untern Luſt und Unluſt der Geſchöpfe ein Oberes in Gott, was ihn zu einem ſeligen Gott macht, nicht anders, als auch im einzelnen Menſchen ſelbſt über der untern Luſt und Unluſt, die ſich heftet an Einzelnheiten, eine obere Luſt greift, ſich heftend an die Betrachtung deſſen, was luſtgebend iſt in's Ganze, vor Allem an's Bewußtſein eines guten Strebens im Ganzen und im Sinne des Ganzen, und das Gefühl der Befriedung mit Gott, das uns daraus erwächſt, eine Luſt, die alle untere Luſt weit überbietet, nicht minder freilich auch eine Unluſt über Alles, ſich heftend an's Bewußtſein eines Widerſtrebens gegen das obere Ganze, Gott, die alle untere Unluſt überbietet. Aber nur erſteres Bewußtſein und hiemit die daran ſich heftende oberſte Luſt kann als ſolche in Gott fallen, weil er als Ganzer ſich als Ganzem nicht kann widerſtreben. Uns ganz eins im Streben mit ihm zu wiſſen, giebt uns die obere Luſt, und er iſt immer ganz im Ganzen eins mit ſich.

Wie er aber unſern untern Willen doch auch in ſich fühlt, von ſeiner Triebkraft mit getrieben wird, ſo fühlt er auch unſre untere Luſt und Unluſt in ſich, wird davon mit erregt, nur daß wie unſrer und kein unterer Wille etwas gegen ſeinen oberſten Willen vermag, ſo auch die untere Unluſt, die er mit uns, in uns fühlt, nichts gegen ſeine oberſte Luſt vermag: ſondern die Hebung und Verſöhnung aller untern Unluſt und das Bewußtſein des darauf gerichteten Strebens trägt ſelbſt ſo gut bei zu ſeiner obern Luſt, als der guten Luſtquellen Förderung. Iſt eine unſrer Seelen ganz in Nacht des Leides verſenkt, ſo iſt's ja darum noch nicht ſeine weit darüberhingreiſende: dieſe Nacht iſt für ihn blos ein Schatten in einem lichtvollen Gemälde; das Gemälde wäre nicht nur nicht ſchöner ohne den Schatten, es wäre überhaupt keins. Das Licht iſt aber die Luſt der Verſöhnung des Leides. Und iſt der Gott nicht für uns der beſte, der unſer Glück und Unglück in ſich ſelber trägt, deſſen eigene ungetrübte Seligkeit daran hängt, daß er kein Unglück ungehoben, unbefriedet laſſe. Was wär's, wenn er blos äußerlich unſer Elend anſähe, wie wir das Elend eines Bettlers in Lumpen, dem wir einen Pfennig hinwerfen. Nun aber fühlt er allen unſern Schmerz gerad' ſo wie wir, nur in ſofern anders als wir, als er auch zugleich die Wendung und die Löſung und den Ueberſchlag in Luſt voraus fühlt [*].

„Die Seligkeit iſt nicht, nur ſelig ſelbſt zu ſein,
Die Seligkeit iſt nicht allein und nicht zu zwein;
Die Seligkeit iſt nicht zu vielen, nur zu allen;
Mir kann nur Seligkeit der ganzen Welt gefallen,
Wer ſelig wär' und müßt unſelig andre wiſſen,
Die eigene Seligkeit wär' ihm dadurch entriſſen.
Und die Vergeſſenheit kann Seligkeit nicht ſein,
Vielmehr das Wiſſen iſt die Seligkeit allein.

---

[*] In meiner Schrift über das höchſte Gut S. 14 ff. ſind dieſe letzten Betrachtungen etwas anders geſtaltet, ſo daß ſie nur auf die engſte, aber nicht auf die volle Faſſung des Gottesbegriffs paſſen würden (vgl. S. 33).

Drum kann die Seligkeit auf Erden nicht beſtehn,
Weil hier die Seligen ſo viel Unſel'ge ſehn.
Und der Gedanke nur giebt Seligkeit auf Erden,
Daß die Unſeligen auch ſelig ſollen werden.
Wer dieſes weiß, der trägt mit Eifer bei ſein Theil
Zum allgemeinen, wie zum eig'nen Seelenheil.
Gott aber weiß den Weg zu Aller Heil allein;
Drum iſt nur ſelig Gott, in ihm nur kannſt du's ſein."
(Rückert, Lehrged. 1. S. 58).

Wem dieſe Betrachtungen recht in's Gemüth gegangen, der wird im Gedanken an Gott im herbſten Leide einen Troſt über allen Troſt finden. Es muß beſſer mit dir werden, weil Gott lebt, Gott in dir lebt, du in Gott lebſt, Gott dein Leiden nicht nur äußerlich anſieht, ſondern ſelbſt mit dir fühlt, und über alle deine Kräfte und Mittel größere Kräfte und Mittel hat, mit denen er unabläſſig beſchäftigt iſt, die Hebung des Uebels durchzuſetzen. Dazu ſtrengt er nicht nur deine Kräfte, ſondern, wo ſie nicht reichen wollen, Kräfte weit über dich hinaus, ja endlich ſeine ganzen Kräfte an, die zu Allem reichen: obwohl er dich, als des Uebels Träger oder Erreger, auch zunächſt vor Allen zur Arbeit dagegen angeſpannt hat und ſelber dazu zwingt, mit Strafen, wo es Noth thut; drum lege die Hände nicht in den Schooß: wollteſt du feiern, das Uebel würde wachſen, bis ſie doch anfingen, ſich zu regen und alle Arbeit einholen müßten, die ſie verſäumt: nur hat er über deine kleinen Hände drunten noch eine größere höhere Hand droben: die erhebt er, wenn die deinen das Ihre gethan und noch nicht Alles damit gethan iſt. Gott wird nicht müde, wenn du müde biſt. Miß ſeine Kräfte nicht nach deinen und den Erfolg der Ewigkeit nicht nach den Erfolgen der Zeitlichkeit. Wäre Gottes ganzes Leben klein und kurz, wie es dein hieſiges iſt und dein hieſiges Leben dein ganzes, ſo möchte er freilich eilen, vor ſeinem und deinem Ende auch des Uebels los zu werden, was er in dir trägt. Aber der ewige Gott weiß zu warten; er weiß, je länger der Hunger, ſo freudiger die Sättigung, je härter die Arbeit, deſto größer die Stärke, die er dereinſt in ſeinen Geſchöpfen gewinnt. So ſei geduldig, weil Gott es iſt; er iſt es nicht umſonſt. Was dir umſonſt für das Dieſſeits ſcheint, iſt es doch nicht für ein Jenſeits; und das Jenſeits iſt nicht umſonſt nach dem Dieſſeits. Vielmehr liegt darin einer der ſchönſten und troſtreichſten Geſichtspuncte unſres Leidens und Sterbens, daß, wenn die Wendung des Leidens unter den Verhältniſſen des dieſſeitigen Lebens unmöglich geworden, das Leben ſelbſt ſich ſo neu wendet, daß nicht nur ganz neue Bedingungen in dieſer Beziehung eintreten, ſondern daß auch unſre dieſſeitige Standhaftigkeit und Uebung in Ertragung des Leidens ſelbſt uns die werthvollſten Güter für das Jenſeits ſchaffen. Die Lehre von den künftigen Dingen wird dieß weiter entwickeln.

II. Was heißt in engerm Sinne, Gottes ſein und wider Gott ſein.

In weiterm Sinne ſind wir Alle Gottes, ja iſt Alles überhaupt Gottes; aber eben, weil es Alles iſt, muß es noch einen beſondern Sinn zulaſſen, wenn man von Jemand ſagt, er ſei mit Gott, Gott ſei mit oder in ihm, er ſei ein Mann Gottes, er ſei wider Gott, Gott wider ihn. Und ſo iſt es. Darum, daß wir alle in Gott ſind, ſind wir doch nicht Alle auf dieſelbe Weiſe in Gott; vielmehr giebt es ſo vielerlei Weiſen des Seins in Gott, als es Weiſen des Seins überhaupt giebt. So ſind nun der gewöhnliche und gemeine, der böſe und gute Menſch freilich auf ganz verſchiedene Weiſe in Gott; und der ganze Gott hat zu ihnen, wie ſie zum ganzen Gott ein ganz verſchiedenes Verhältniß. Gottes Geiſt hat im Ganzen eine Richtung zum ewigen Guten, aber das hindert nicht, daß Einzelnes zeitweis gegen dieſe Richtung gehe, wie in einem Strome auch Manches zeitweis gegen den Strom ſchwimmt, doch muß es endlich mit dem ganzen Strom zum Meere. Viel Einzelwille kann gegen des ganzen Gottes obern Willen gehen, wie mancher Einzeltrieb gegen den obern Willen in uns, trotz dem, daß beides Trieb und Wille in uns. Und in ſolchem Sinne kann man dann im engern Sinne von vielem Einzelnen ſagen: es ſei gegen Gott, was doch im Grunde auch in Gott iſt; dagegen das Gottes oder göttlich nennen, was entweder nur dem ganzen Gotte zukommt, wie Allgegenwart und Allwiſſenheit, oder im Endlichen das, was die Verhältniſſe und das Streben des göttlichen Ganzen recht rein und klar im Wiſſen wiederſpiegelt, oder in der Schönheit lebendig verkörpert herausſtellt, oder im Trachten und Handeln in deſſen Richtung geht, ſelbſt eine Hauptwelle in Richtung ſeiner Strömung iſt. So möge es nun nicht mißverſtanden und kein Widerſpruch darin gefunden werden, wenn wir auch in dieſer Beziehung bald des engern, bald des weitern Sinnes uns bedienen.

I. Gott als Geiſt in Verhältniß zu ſeiner materiellen Erſcheinungswelt [*].

Im Verſuche, das Verhältniß des göttlichen Geiſtes zu ſeiner materiellen Erſcheinungswelt unter einen klaren Geſichtspunct zu bringen, hüten wir uns, das Licht noch hinter dem Lichte zu ſuchen. Gehn wir von einem ſchon oft beſprochenen Satze aus:

Ein Geiſt erſcheint und erfaßt ſich unmittelbar ſelbſt; aber kein Geiſt kann von anderm Geiſte etwas anders als durch äußerlich materielle Zeichen wiſſen, die doch vom Geiſtigen ſelbſt nichts unmittelbar zur Erſcheinung bringen. Ich weiß von deinem Geiſte nur durch Geſtalt und Handlung deines Körpers, Wort, Blick, alles äußerlich leiblichen Zeichen, von Gottes Geiſt, ſo weit er über meinen Geiſt hinausgreift, und wie weit greift er doch noch darüber hinaus, nur durch Vermittelung materiellen Naturwirkens. Denn ſelbſt was ich auf das Wort der Schrift und meiner Lehrer von Gott glaube, iſt mir nicht unmittelbar in Geſtalt des Geiſtes zugefloſſen, ſondern kam mir erſt zu durch die Vermittelung von Licht und Schall. Ich kann zweifeln, wenn ich will, ob dein Körper, ob die Natur Geiſt hat; denn unmittelbar kann ich nichts darin von Geiſt entdecken, indeß mir mein Geiſt und Gott ſein Geiſt in unmittelbarer Weiſe ſelbſt erſcheint, da hört der Zweifel auf *. Alle Erſcheinung des Geiſtigen im weiteſten Wortſinne des Geiſtigen, ſo daß die ſinnlichſte Empfindung wie der höchſte Gedanke dazu gehören, iſt als ſolche überhaupt eine Selbſterſcheinung, oder geht doch als Moment in eine ſolche ein; indeß das Leibliche, Körperliche als ſolches überall nur einem Andern als ſich ſelbſt erſcheint, ſonſt wäre es ja Geiſtiges, und wir verwirrten die Worte. So möchte Jemand zwar ſagen; mein Nerv empfindet ſich ſelbſt und erſcheint ſich ſelbſt in dieſer Empfindung, aber wie er ſich empfindet, iſt es eben nur ſein Empfinden, nennen wir's nicht Nerv, noch Nervenproceß; ein Andrer muß vielmehr ihm gegenübertreten, ihn als materiellen und materiellwirkenden Nerven zu erkennen. Und beides iſt doch zweierlei. Es möchte Jemand auch ſagen, mein Gehirn erſcheint ſich ſelbſt in ſeinem materiellen Proceſſe als Geiſt, aber wie es ſich erſcheint, nennen wir's eben Geiſt, nicht Gehirn, noch Proceß des Gehirns; ein Andrer muß ihm wieder gegenübertreten, es als materielles in materiellem Proceß begriffenes Gehirn zu erkennen. Die Sprache

---

[*] Die folgends dargelegte Anſicht über das Verhältniß des Körperlichen und Geiſtigen iſt in einem beſondern Anhange zu dieſem Abſchnitt etwas ausführlicher entwickelt, hier aber blos ſo weit auf Betrachtung dieſes Verhältniſſes eingegangen, als zur Stellung der allgemeinſten Geſichtspuncte über die Beziehung des göttlichen Geiſtes zur materiellen Erſcheinungswelt (Natur) nöthig ſchien. Bei der allwärts anerkannten Schwierigkeit, den Grundbezug des Körperlichen und Geiſtigen klar und triftig zu erörtern, mögen beide Darſtellungen, die hier gegebene und die des Anhanges ſich wechſelſeitig erläutern, obwohl ich geſucht habe, auch jede derſelben für ſich verſtändlich und bindend zu halten, was einige Recapitulation im Anhange nöthig gemacht hat.

---

* „Denn welcher Menſch weiß, was im Menſchen iſt, ohne den Geiſt des Menſchen, der in ihm iſt; alſo weiß auch Niemand, was in Gott iſt, ohne den Geiſt Gottes.“ (1 Cor. 2, 11).

trennt eben ſo, daß ſie jenes, was oder wie es ſich ſelbſt erſcheint, auf die Seite der Seele oder des Geiſtes legt, dieſes, was oder wie es einem Andern erſcheint, auf die Seite des Körperlichen, Leiblichen, Materiellen. Aber was beidesfalls erſcheint, iſt deſſenungeachtet im *Grunde* beidesfalls daſſelbe, und die Erſcheinungsweiſe nur verſchieden.

In der That, ein gemeinſchaftlich Weſen liegt der geiſtigen Selbſterſcheinung und der leiblichen Erſcheinung für Andres als das Selbſt iſt, unter. Innerlich erſcheint ſich's ſelbſt ſo, Anderm äußerlich ſo; was aber erſcheint, iſt *Eines*. Und kein Wunder, daß dies Eine doch ſo verſchieden als Geiſtiges und Leibliches erſcheint. Es wird ja von ganz verſchiedenen Standpuncten angeſehen, je nachdem es ſo oder ſo erſcheint, dort von einem innern, hier von einem äußern. Sogar von jedem andern äußern Standpuncte aber ſieht ſchon eine Sache anders aus, wenn man darum herum geht, ſich näher oder ferner ſtellt, natürlich um ſo mehr, wenn man von allen äußern zum innern, dem centralen Standpunct übergeht, wo Object und Subject der Betrachtung in Eins zuſammenfallen. Das iſt noch etwas ganz Andres, als alle äußern Standpuncte, wo beide immer aus einander liegen. Daran hängt dann auch die ganz andere Erſcheinungsweiſe, die geiſtige, ſtatt der leiblichen. Dieſe geiſtige oder Selbſt-Erſcheinung kann demgemäß auch jedesmal nur *eine* ſein, weil es nur *einen* innern Standpunct giebt, nur auf *eine* Weiſe Subject und Object zuſammenfallen können; dagegen die körperliche Erſcheinung ſo vielfach ſein kann, als die äußern Standpuncte und die darauf Stehenden.

Weil es aber doch daſſelbe Grundweſen iſt, was ſich ſelbſt als Geiſt und Anderm als Leib erſcheint, ſo müſſen ſich auch beide Erſcheinungsweiſen in Zuſammenhange und Wechſelbedingtheit ändern; und ſo kann die leibliche Erſcheinung eines Andern allerdings auch als äußeres Kennzeichen, als Aeußerung der geiſtigen Selbſterſcheinung des Andern, dienen, doch nur mittelbar zur Kenntniß deſſelben führen: man muß die Zeichen, die Aeußerung erſt richtig auf die Selbſterſcheinung zu deuten wiſſen. Und wie es nach unſern Schlüſſen in dieſen Beziehungen ſein muß, iſt es wirklich. Dies beweiſt zugleich die Triftigkeit der Vorſtellung, die ihnen zu Grunde liegt. Nun wird auch gleich erklärlich, warum ein fremdes Weſen uns nie unmittelbar nach ſeiner geiſtigen, ſondern nur nach ſeiner leiblichen, Seite erſcheinen kann; weil darin eben das weſentliche Verhältniß von Geiſt und Leib liegt, daß daſſelbe, was ſich als Geiſt ſelbſt erſcheint, einem Andern gegenüber in andrer Form als Leib oder Körper erſcheint. Der Andre müßte mit uns ganz oder theilweiſe zuſammenfallen, um nach ſeiner geiſtigen Seite ganz oder theilweiſe von uns unmittelbar erfaßt zu werden. So denken wir uns in der That das Verhältniß zwiſchen Gott und uns. Er erfaßt alles unſer Geiſtiges unmitelbar als ſolches, weil wir mit einem Theile ſeiner zuſammenfallen: wir aber erfaſſen blos einen Theil ſeines Geiſtigen unmittelbar als ſolches, weil wir blos mit einem Theile ſeiner zuſammenfallen; das Uebrige erſcheint uns als materielle und materiellwirkende Natur. In ſofern wir aber einen Theil der geiſtigen Selbſterſcheinung mit Gott gemein haben, ſind wir auch nicht als ihm äußerliche Weſen in demſelben Sinne zu betrachten, wie ein Menſch gegen den andern äußerlich iſt.

Alle Unterſuchungen, die wir über das Gebiet der Exiſtenz anſtellen mögen, reichen blos bis zur geiſtigen und materiellen Erſcheinungsweiſe derſelben. Vom Grundweſen ſelbſt, was beiden Erſcheinungsweiſen in Eins unterliegt, läßt ſich nichts weiter ſagen, als daß es eben nur Eins iſt, was ſich durch das Vermögen beider Erſcheinungsweiſen zweiſeitig charakteriſirt, als geiſtiges Weſen, ſofern es ſich ſelbſt, als leibliches, ſofern es einem Andern als ſich ſelbſt zu erſcheinen vermag. Vergeblich würden wir verſuchen, ein Etwas hinter dieſen Erſcheinungsweiſen zu erkennen, da alles unſer Erkennen ſelbſt nur als beſondere Beſtimmung unſrer geiſtigen Selbſterſcheinung zu betrachten.

Des Nähern finden wir, daß auch aller Leib gegenüber nur durch unſre Seele, nur dadurch als Leib von uns erkannt wird, daß er in unſrer Selbſterſcheinung die Beſtimmung ſeines Erkennens ſetzt. Die Anſchauung, Empfindung, die ich gewinne, wenn ich eines Andern Leib beſchaue, betaſte (mit Allem, was ich etwa noch durch Aſſociation als Eigenſchaft, Beſtimmung des Leibes hinzuzudenken Anlaß finde), gehört ja doch immer meiner Seele oder Selbſterſcheinung an. Dieſe Beſtimmung meiner Seele oder Selbſterſcheinung, welche der Andre in mir hervorruft und wodurch mir ſein Leibliches erſcheint, iſt aber etwas ganz Anderes, als die Selbſterſcheinung, die ihm als eigene Seele zugehört, ſo daß ſeine leibliche Erſcheinung, die ich in meiner Seele gewinne, und ſeine eigene

Selbſterſcheinung, immer zweierlei bleiben; eben darum, weil ſie für einen verſchiedenen Standpunct der Betrachtung ſtatt finden. Zuletzt kann alles Erſcheinen überhaupt nur in einer Seele und für eine Seele Platz greifen, alſo auch die Erſcheinung eines Leibes, und ſo gewährt die Anſchauung, Empfindung, die durch einen Andern in meiner Seele erweckt wird, mir die leibliche Erſcheinung deſſelben, vertritt dieſelbe. In andrer Weiſe iſt es factiſch gar nicht möglich, von leiblicher, körperlicher Erſcheinung zu ſprechen. Für den Betrachtenden löſt ſich ſo in der Betrachtung Alles in Seele, Selbſterſcheinung auf; aber dies hindert nicht anzuerkennen, ja das Gefühl davon drängt ſich von ſelbſt auf, daß gewiſſe Beſtimmungen unſrer Selbſterſcheinung durch etwas außer uns angeregt ſind, und dieſe Beſtimmungen dienen uns nun zur Charakteriſtik der leiblichen, körperlichen Beſchaffenheit des Objects, was ſie anregt.

„Das Ding iſt außer dir, weil du von dir es trennſt,
Doch iſt es auch in dir, weil du's in dir erkennſt.
Gedoppelt alſo iſt das Ding und zwiegeſtaltig,
Im Widerſpruch mit ſich erſcheint es dir zwieſpaltig.
Doch durch den Widerſpruch hebt es ſich auf mit nichten;
Es fordert dich nur auf, den Widerſpruch zu ſchlichten.
Du magſt das innere Ding ein Bild des äußern nennen,
Oder das äußere für das innere Bild erkennen.
Ein Spiegel biſt du nicht allein der Welt, ſie iſt
Ein Spiegel auch, darin du ſelbſt dich ſchauend biſt."
(Rückert, Lehrged. I. S. 22).

Bei fernerer Betrachtung finden wir, daß es nicht zwei Menſchen zu ſein brauchen, die ſich gegenübertreten, damit Einer Leibliches am Andern erkenne. Derſelbe Menſch kann auch einen Theil, der zu ihm ſelbſt gehört, mittelſt eines andern Theiles, der zu ihm gehört, eines Sinnesorganes, als leiblichen ~~g~~erkennen; doch muß es eben ein andrer Theil ſein, dies iſt ganz weſentlich. So erblicken wir mit dem Auge das Bein deſſelben Leibes, zu dem beide gehören; ſich ſelbſt freilich könnte das Auge nicht ſeiner leiblichen Beſchaffenheit nach erblicken, wie es ein Gegenüberſtehender vermag; nur ſeine Empfindung hat es von ſich als Selbſterſcheinung, oder trägt es zur Erſcheinung des Ganzen bei, aber dem Bein iſt es gegenübergeſtellt. Die ganze Zuſammenſtellung aus Bein, Auge, Gehirn u. ſ. w. kann ſich auch nicht ganz in Eins als leiblich erblicken; ſondern erſcheint ſich (ſo weit ſie überhaupt als Träger unſres Geiſtes zu betrachten) im Ganzen nur nach ihrer geiſtigen Seite als Seele; doch fällt die Erſcheinung des Leibes von verſchiedenen Seiten und in untergeordneter Weiſe in die Selbſterſcheinung dieſer Seele, vermöge der Gegenüberſtellung des Auges, Ohres, Fingers als wahrnehmender Organe gegen den übrigen Leib, dem die Seele im Ganzen zugehört, und über Alles, was die Sinne einzeln faſſen, greift immer die Seele des Ganzen mit ihrem Allgemeinbewußtſein und vielen Allgemeinbezügen, die darin inbegriffen, hinweg *.

---

* Phyſiologiſch analyſirt, werden eigentlich alle ſinnlichen Empfindungen, welche im Menſchen das Gefühl von Körperlichkeit überhaupt begründen, wozu auch die Gemeingefühle, wie Schmerz, Hunger, Durſt u. ſ. w. gehören, durch Beziehungen ſeines Nervenſyſtems zu dem übrigen Leibe gewonnen; und die Erſcheinung objectiver, der Seele äußerer, Körperlichkeit insbeſondere durch die Gegenüberſtellung beſonderer äußerer beweglicher Sinnesorgane gegen die Objecte (vgl. den Anhang), auch hier

In der That, die mannichfaltigen Erſcheinungen, die wir mittelſt Theilen unſres Ganzen von dem übrigen Ganzen gewinnen, und wodurch uns unſer Körper als ſolcher erſcheint, ordnen ſich, als in unſer Ganzes ſelbſt noch fallend, der obern einheitlichen Selbſterſcheinung dieſes Ganzen, der Seele des Ganzen, ein und unter, fallen in untergeordneter Weiſe in unſre Seele, die aber noch gar manche höhere Beziehungen, die in jenen Einzelwahrnehmungen nicht inbegriffen ſind, unter ſich befaßt.

---

mittelſt Nerven, die einerſeits mit dem ganzen Complex des Nervenſyſtems, der ſich im Gehirn zum Hauptknoten ſchließt, zuſammenhängen, anderſeits durch Vermittelung des Sinnesorgans äußere Anregungen ſchöpfen. Eine tiefer eingehende und mehr ins Beſondere in Bezug auf den Menſchen durchzuführende Betrachtung wird dies zu berückſichtigen haben; hier aber iſt die eingänglichſte, das Princip nur immer triftig feſthaltende, Darſtellung vorgezogen worden, welche nicht nöthig macht, auf phyſiologiſche Details und theilweis Hypotheſen einzugehen; daher nicht bis zur Gegenüberſtellung des Nervenſyſtems und beſonderer Theile des Nervenſyſtems gegen den übrigen Leib, ſondern überhaupt nur eines Leibestheiles gegen den andern zurückgegangen iſt; wobei die gründliche Betrachtung im Auge behalten mag, daß alle Empfindung von Körperlichkeit überhaupt für uns ſich doch zuletzt auf eine Beziehung gründet, die aus der Gegenüberſtellung von Nervenſyſtem und übrigem der Natur eingebauten Leib erwächſt. Wenn das Auge das Bein ſieht, iſt es eigentlich nur die Anregung, welche der Sehnerv durch das übrige Auge vom Beine her empfängt, die das Bein erſcheinen läßt. Der übrige Leib gehört aber immer eben ſo gut zur Bedingung der körperlichen Empfindung, als das Nervenſyſtem, denn durch das Nervenſyſtem allein könnten wir ſie ſo wenig haben, als durch den übrigen Leib allein; das Nervenſyſtem verdankt nicht nur ſeine Empfindungen, ſondern auch ſeine Fähigkeit zu empfinden, weſentlich dem Zuſammenhange mit dem übrigen Leibe.

Aehnlich iſt es dann auch mit Gott. Er ſieht mit ſeinen Geſchöpfen als Theilen, Organen ſeines Leibes, andre dieſen gegenübergeſtellte Theile ſeines Leibes und greift mit ſeinem obern Bewußtſein und obern Bewußtſeinsbezügen darüber, wie wir über alle Einzelwahrnehmungen unſrer Sinne; aber ohne daß ſich Geſchöpfe oder ſonſt Organe objectiver Wahrnehmung in ihm heraus individualiſirten, gäbe es ſo wenig eine Erſcheinung äußerlicher materieller Leiblichkeit für Gott, als ohne Sinnesorgane für uns. Dies betrachten wir jetzt noch etwas gründlicher.

Weil es ſo im Weſen des Geiſtes liegt, kann auch Gott nur des Geiſtigen unmittelbar gewahren, was ihm ſelber angehört, ihm ſelbſt erſcheint. Aber Alles gehört ihm an, das macht ihn allwiſſend. Unſre geiſtige Selbſterſcheinung iſt nur ein untergeordneter Theil der ſeinen. Erſchiene er ſich freilich blos in den Einzelgeiſtern ſeiner Geſchöpfe, käme ſich nur darin zum Bewußtſein, ſo zerfiele er auch in dieſelben, da jeder nur um ſich weiß. Aber wir haben Gründe genug gefunden, daß es nicht ſo iſt, daß er mit einem allgemeinen Bewußtſein das unſre übergreift.

Weil nun der ganze Gott in ſeiner Ganzheit, Fülle, Vollendung nichts gegenüber hat, ſo tritt ihm auch im oberſten Gebiete ſeiner ſelbſt, was über Alles hingreift, keine materielle Außenwelt äußerlich gewahrbar gegenüber, noch er einem Andern; in ſofern wäre er reiner Geiſt. Aber im Gebiete der ihm untergeordneten einzelnen Geſchöpfe, die ein Gegenüber haben, tritt die Erſcheinung der materiellen Welt für ſie äußerlich und durch ſie innerlich für ihn ein, weil die materielle Erſcheinung überhaupt nur im Gegenüber deſſen, was erſcheint und dem's erſcheint, Platz greift. Es hindert aber nichts, daß, was ſich in niederm Gebiete gegenüberſteht, auch noch in höherer Einigung begriffen werde. Gott hat, indem er alles Geiſtige der Welt in ſich hat, auch das ſinnliche Empfinden, Anſchauen ſeiner Geſchöpfe und hiemit die ſinnliche Erſcheinungswelt in ſich, wie wir die Anſchauung unſres Leibes, aber eben nur als ein niedres Gebiet in ſich, über das er mit ſeinem Allgemeinbewußtſein und höhern, an's Ganze und obere Gliederungen des Ganzen geknüpften, Beziehungen hinweggreift. So iſt die materielle Erſcheinungswelt zwar nicht ein Niedrigeres als Gott, aber ein Niedrigeres in Gott, falls wir nur Gott in weiterm Sinne faſſen.

Freilich, wir erblicken mit unſern Sinnesorganen blos die Außenſeite unſers Leibes, Gott aber blickt mit uns in's Innere ſeiner Welt. Iſt das nicht etwas ganz Andres? Nun kann keine Analogie zwiſchen Gott und uns ganz treffen; doch hier liegt keine weſentliche Abweichung. Erläutern wir das ganze Verhältniß an einem Bilde.

Denke dir einen Baum, der ſpürt, was in ihm vorgeht, und was ihn äußerlich berührt. Er ſpüre den Zug der Säfte durch ſeinen Stamm, ſeine Zweige, ſeine Blätter, und ſo zuſammenhängend der Zug im Leiblichen, ſo zuſammenhängend ſei der Zug des geiſtigen Spürens. Der Baum ſpüre aber auch, wie dieſer Zug ſich abändert bei jeder Berührung der Blätter durch Licht, durch Wind, durch ein Inſect; er ſpüre das als äußerlich ſinnliche Beſtimmung, welche ihm die Gegenwart eines Andern verräth. Nun aber gerade eben ſo wird er es auch als äußerlich ſinnliche Beſtimmung ſpüren, wenn eines ſeiner Blätter das andre rührt. Daß es ein Theil des Baumes ſelbſt iſt, womit der andre berührt wird, ändert nichts am Charakter der ſinnlichen äußerlichen Empfindung. Eben ſo erſcheinen uns die Empfindungen, die wir dadurch gewinnen, daß unſre Leibestheile einzeln die einzelnen anregen, von demſelben Charakter, wie die, welche durch wirklich äußerliche Anregungen uns zukommen. Nun denke dir ferner, die Zweige und Blätter des Baumes verſchränkten ſich immer mehr, er belaubte ſich immer dichter, endlich ſo dicht, daß die Krone ein dichter Ballen wird; die Zweige und Blätter darin bleiben darum nicht weniger äußerlich gegen einander. Jetzt wird der Saftſtrom ſelbſt, indem er hindurchgeht, bald da, bald dort ſtärker durchgeht, die Blätter bald hier, bald da ſtärker an einander drücken, gegen einander verſchieben; und ſo werden Wirkungen, die wir als innerliche des Ballens betrachten können, doch ſinnliche Empfindungen im Ballen erwecken. Unſer Kopf mit ſeinen Aderzweigen und Gehirnblättern iſt ein ſolcher Ballen; und das Blut braucht nur ſtärker da und dort durchzugehen, ſo ſehen wir Funken oder klingen uns die Ohren; ja die ganzen leiſen Erinnerungsbilder, die uns Sinnliches vorſpiegeln, mögen, wenn nicht an leiſen Drucken oder Schiebungen, an andern leiſen Wirkungen hängen, die unter dieſen Geſichtspunct fallen. Eine geſchloſſene Fauſt oder beide Hände zuſammengeſchloſſen ſtellen auch einen ſolchen Ballen dar, im welchem die eingeſchlagenen

Fingerſpitzen und die Handfläche ihren Druck auf einander und ihr Verſchieben an einander innerhalb des Ballens als äußerlich wechſelſeits ſpüren.

Nun aber auch die Welt iſt ein ſolcher Ballen, in dem tauſend Einzelnheiten andern Einzelnheiten gegenüberſtehen; und der Zug und Fluß der Wirkungen, der durch die ganze Welt geht, das allgemeine Beharren, Fließen aller Bewegung und Regung ruft immer neue Wechſelbeſtimmungen der Einzelnheiten hervor und wird ſelbſt immer neu dadurch fortbeſtimmt. Gottes Geiſt ſpürt nun als allgemeiner den ganzen Zug des Geſchehens, er ſpürt ihn eben als die Forterhaltung ſeines ganzen Geiſtes, und ſpürt auch alle Einzelbeſtimmungen, die durch die Wechſelwirkung der Theile der Welt darin erfolgen als niedrige ſinnliche Beſtimmungen ſeines Geiſtes. Freilich ſind dieſe Theile alle in ihm, aber wir ſehen eben an uns ſelbſt, daß auch Theile in uns andern Theilen äußerlich gegenübertreten und in ihrem Gegenübertreten ſinnliche Empfindung, ja äußerlich erſcheinende Phantasmen wecken können; kurz etwas, was als ein neu von unten Beſtimmendes an unſern bewußten Geiſt tritt und ihm das Gefühl eines ihm äußerlichen materialen Daſeins, vielleicht ſelbſt die Erinnerung an materiales Daſein erwecken kann.

Nach Vorigem läßt ſich eine Betrachtung, die wir auf die irdiſchen Geſchöpfe in Bezug zur Erde anwandten, in weiterm Sinne auch auf alle individuellen Geſchöpfe in Bezug zu Gott (in weiterm Sinne gefaßt) anwenden. Sie laſſen ſich in gewiſſer Weiſe, nur daß man den Vergleich nicht über ſeine Gränzen treibe, als Sinnesorgane, oder will man lieber, als Träger von Sinnesorganen anſehen, durch welche er, wie wir durch unſre Sinnesorgane, die objective Erſcheinung der materiellen Welt gewinnt.

In Rückſicht vorſtehender Betrachtungen erſcheint für den erſten Anblick der Ausdruck: die Natur ſei in Gott oder ſei Gott immanent, triftiger, als Gott ſei in der Natur, ihr immanent. Denn Alles, was von der Natur erſcheint, erſcheint hiernach in Gottes Bewußtſein; aber Gottes Bewußtſein greift noch unſäglich mit höhern Bezügen darüber hinweg, was nirgends in der Natur erſcheint; deſſenungeachtet ſind die höhern geiſtigen Bezüge auch wieder ſo untrennbar an das geknüpft, auf das baſirt, was äußerlich von der Natur theils unmittelbar erſcheint, theils ſich dem tiefergehenden Schluſſe in Form des äußerlich Erſcheinenden eröffnet, und greifen ſo ſehr ändernd zurück in die Naturverhältniſſe, daß man allerdings den Ausdruck, Gottes Geiſt walte in der Natur, ſei ihr immanent, eben ſo, nur in andrer Hinſicht, gelten laſſen kann.

Will man aber ſtatt des, beidesfalls doch feſtgehaltenen, Geſichtspunctes der realen Einheit von Gott und Natur den Geſichtspunct ihrer Gegenüberſtellung walten laſſen, ſo wird es noch abſtractionsweiſe geſchehen können, ohne mit dem vorigen Geſichtspuncte in Widerſpruch zu treten, wenn man ſich nur hütet, die Scheidung durch Abſtraction mit realer Scheidung zu verwechſeln. Daſſelbe Eine, was der materiellen und geiſtigen Seite der Exiſtenz unterliegt, läßt ſich nämlich einmal aus dem Geſichtspuncte der totalen Selbſterſcheinung als Gottes Geiſt, oder als Gott ſchlechthin, dann wieder aus dem Geſichtspuncte der äußern Erſcheinung für dieſen oder jenen beſondern Standpunct geſchöpflicher Auffaſſung als Naturerſcheinung oder Natur ſchlechthin betrachten. Aber die äußere oder Natur-Erſcheinung, welche durch beſondere Geſchöpfe und immer nur von beſondern Seiten gewonnen wird, iſt nicht real von der Selbſterſcheinung Gottes getrennt; ſondern fällt, wie ſchon betrachtet, in untergeordneter Weiſe auch in dieſelbe; Gott ſchaut eben durch ſeine Geſchöpfe die Natur an, und gewinnt ihre Anſchauung als ſeine, und daſſelbe Ganze, was dem Einzelgeſchöpf und mittelſt des Einzelgeſchöpfes Gott in äußerer Anſchauung als Natur erſcheint, erſcheint ſich ſelbſt im Ganzen als göttlicher Geiſt, ſo daß auch von dieſer Seite keine reale Trennung ſtatt findet, indem das Angeſchaute und Anſchauende ſubſtanziell daſſelbe iſt. Indeſſen hindert das immer nicht, abſtractionsweiſe die Naturerſcheinung, wie ſie für die geſchöpflichen Einzelſtandpuncte ſtatt findet, in der Betrachtung aus der ganzen göttlichen Selbſterſcheinung auszuſondern und daſſelbe Grundweſen gegenſätzlich Natur oder Gott zu nennen, je nachdem es von einem gegen das Ganze verſchwindenden Einzelſtandpuncte aus äußerlich betrachtet wird, oder ſich auf innerem Standpuncte im Ganzen ſelbſt erfaßt.

Der Streit, ob ich ſagen ſoll, die Natur ſei eins mit Gott, oder etwas Anderes als Gott, oder etwas in Gott, oder Gott etwas in der Natur, löſt ſich hienach in einen Wortſtreit auf. Es kommt darauf an, in welcher Weite und Weiſe man den Begriff oder das Wort Gottes anwenden, und die Ausdrücke eins, Anderes, in, ſelbſt verſtehen will; man kann es auf verſchiedene, die doch alle dieſelben ſächlichen Verhältniſſe beſtehen laſſen, und direct oder indirect dieſelben praktiſchen Folgerungen geſtatten. Man muß ſich nur nirgends an die Worte allein, ſondern an die erörterten Grundverhältniſſe halten.

Bei der großen Freiheit, die ich mir nach ſächlicher Erläuterung des Grundverhältniſſes von Gott und Natur in Bezeichnung dieſes Verhältniſſes je nach Umſtänden und Zuſammenhang nehme, vermeide ich doch gern den Ausdruck: daß die Natur etwas außer Gott, Gott etwas außer der Natur ſei; da nur eine ſehr gezwungene Auslegung denſelben mit der vorgetragenen Grundanſicht verträglich erſcheinen laſſen würde; dagegen wir ſehr wohl die Natur die äußere Seite oder äußere Erſcheinung oder Aeußerung Gottes ſelbſt nennen können Auch als etwas über der Natur werden wir Gott betrachten können, ſei es, daß er in weiterer Faſſung ſie (als ſeine äußere Erſcheinung für ihn ſelbſt) inbegreift, wenn wir das Wort über in jenem frühern Sinne des Obern S. 320 nehmen, ſei es, daß wir blos die höhere Geiſtigkeit über der Sinnesbaſis der Welt Gott nennen wollen. Nur muß das Ueber nicht mit einem Außer verwechſelt werden.

K. Die Natur nach ihrer Tiefe und Fülle als Ausdruck des göttlichen Geiſtes.

Wenn wir einen Menſchen äußerlich anſehen, namentlich in ſeinen edelſten Theil, ſein Geſicht blicken, ſo glauben wir in gewiſſer Weiſe den Spiegel ſeines Geiſtes zu ſehen. Manches können wir da äußerlich ableſen, was in ſeiner Seele vorgeht. Aber ob auch Alles? Sicher nicht. Es drückt ſich eben nicht Alles für den oberflächlichen Blick aus. Doch glauben wir nicht blos, wir wiſſen, daß in ſeinem Hirn und ſeinen Nerven Vorgänge von Statten gehen, die in beſtimmterer, feſterer Beziehung zu ſeinen Seelenvorgängen ſind, als das, was wir äußerlich ſehen; wir wiſſen es im Allgemeinen; aber ins Beſondere können wir es nicht verfolgen. Was wir äußerlich ſehen, iſt blos der äußere Umriß einer innern Organiſation, der äußere Ausläufer innerer, ins Feinſte entwickelter, aufs Mannichfachſte verwickelter, durch höhere Ordnung verknüpfter, innerer Freiheit doch Spielraum laſſender, Bewegungen; die ſind das Weſentlichere für den Geiſt *. Wir werden dies

---

* Man muß keinen Widerſpruch darin finden, daß nach Früherem das Materielle nur in der Erſcheinung für Anderes da ſein ſoll, da ſich doch hier zeigt, daß vieles Materielle zu verſteckt iſt, um Andern zu erſcheinen. Denn es kann als Materielles doch nur in ſofern gelten, als man ſich in Gedanken auf äußern Standpunct der Betrachtung dagegen ſtellt, durch Schluß von äußerlich beobachteten Erſcheinungen her, die damit zuſammenhängen, findet, wie es ſelbſt äußerlich erſcheinen würde, wenn man die äußern Hinderniſſe wegräumen, das Verſteckte blos legen, die Feinheit der Sinne erforderlich ſchärfen könnte. Es gehört in ſofern zum ver-

tiefgehend Innerliche, für den Geiſt Bedeutungsvollſte, nie vollſtändig ergründen. Es liegt theils für den Sinn zu verſteckt, theils für den Schluß zu tief oder zu hoch. Wir können ja nicht hinter die Schädelkapſel blicken, und könnten wir es, nicht in die Tiefe des Gehirngewebes dringen, und wenn auch dies, der Feinheit ſeiner Structur und Bewegungen nicht nachkommen, und gelänge ſelbſt dies, wären damit noch nicht der Zuſammenhang und die Verhältniſſe dieſer Structur und Bewegungen ergründet, auf die es zum Zuſtandekommen der geiſtigen Bewegungen ankommt. Zu all dem bedarf es eines tiefer und immer tiefer gehenden, und damit ſchwieriger und immer ſchwieriger werdenden Schluſſes. Aber wir können, wiſſend, daß doch dies Feine, Entwickelte, Verwickelte, höhere Verhältniſſe Einſchließende da und in Beziehung zum Geiſte, ihm näher zu kommen ſuchen und ſollen den allgemeinen Geſichtspunkt ſeines Daſeins und Bezuges nicht aus den Augen verlieren, um nicht den Geiſt in eine leere Kapſel zu ſetzen.

Was vom Menſchen gilt, gilt von Gott. Die Natur, wie ſie dem oberflächlichen Blicke erſcheint, für den reinen vollen Ausdruck von Gottes Geiſt halten, iſt daſſelbe, als das Geſicht eines Menſchen für den reinen vollen Ausdruck ſeines Geiſtes halten. Was wir der Welt, dem Leibe Gottes, unmittelbar äußerlich abſehen, iſt überall blos der äußere grobe Umriß und Ausläufer einer in's

---

geſtalten, erſchloſſenen, Materiellen. Des für uns unmittelbar wahrnehmbaren Materielle wie Geiſtigen iſt überall nicht viel. Vgl. den Anhang zu XI

Feinſte ſich fortſetzenden Gliederung und in's Unendliche ſich beſondernder, durch höhere Geſetzmäßigkeit verknüpfter, der Freiheit noch Spielraum laſſender, Bewegungen, blos Bruchſtück eines weitgreifenden und tiefliegenden Zuſammenhanges der Formen und Bewegungen, welche die Wiſſenſchaft zu ermitteln ſuchen kann und ſuchen ſoll, und doch nie vollſtändig ermitteln wird. Ja die tiefſte Forſchung, der ſchärfſte Geiſt, der hellſte Blick, die höchſte Combination gehörten ſelbſt dazu, das innere Getriebe und Gewebe der Stoffe, Geſetze, Kräfte und auch nur ſo weit blos zu legen, wie es jetzt der Wiſſenſchaft blos liegt; ein roher Blick ſieht von all' dem nichts, ein geſchärfter aber, daß ſo mehr noch zu finden iſt, je mehr gefunden iſt. Denn der Born der Natur vertieft ſich um ſo mehr, je mehr wir ihn auszuſchöpfen ſuchen, und unſre eigene Organiſation liegt ſelbſt mit in der tiefſten Tiefe. Wie denn einer unſerer größten Forſcher ſagt (Kosmos III. 23): „Ein inniges Bewußtſein durchdringt den Naturforſcher bei der Darſtellung der kosmiſchen Verhältniſſe, daß die Zahl der welttreibenden, der geſtaltenden und ſchaffenden Kräfte keineswegs durch das erſchöpft iſt, was ſich bisher aus der unmittelbaren Beobachtung und Zergliederung ergeben hat"; und noch heute gilt, was Jeſus Sirach (43, 36) vor einigen tauſend Jahren ſagte: „wir ſehen ſeiner Werke das Wenigſte, denn viel größere ſind uns noch verborgen." Gerade dies Verborgene aber, was ſich nur im Fortſchritt der Zeiten mehr und mehr enthüllt, ſpielt zwar nicht in der Vereinzelung, wie es die Wiſſenſchaften einzeln faſſen, aber in ſeinem ganzen noch unergründeten

Cauſal- und Wechſelzuſammenhange, eine wichtigere Rolle in Gott, als das, was roh an der Oberfläche erſcheint. Die Naturforſchung zerlegt nur Gottes Leib, wie unſern, aber ſie findet doch dabei Sehnen und Nerven, die im unzerlegten Leibe wirken, und nur freilich jetzt blos nach ihrem materiellen Wirken in der Natur verſtanden werden, denn um ſie auf Geiſt zu deuten, muß man ſolchen erſt vorausſetzen, und ſie nicht im Einzelnen, ſondern im Zuſammenhange ergreifen.

Man hat alſo freilich ganz Recht, wenn man die Natur ſo arm und roh und oberflächlich, wie ſie *vor* der Wiſſenſchaft, ſo zerlegt, wie ſie *von* der Wiſſenſchaft zumeiſt betrachtet wird, nicht werth und vermögend hält, Gottes Geiſt zu tragen. Sie iſt ſo nur die äußere Hülſe eines innern unergründlichen Gehaltes, die Zerſtückelung eines Alles bindenden Zuſammenhanges; wovon jener die Tiefe und Fülle, dieſer die Einheit Gottes zu decken hat.

Freilich wird man ſagen: was ſich an die Naturvorgänge knüpfen, darin ausdrücken kann, werden doch im höchſten Falle nur ſinnliche Seelenvorgänge ſein können. Um beſtimmte Töne oder Farben zu empfinden, müſſen beſtimmte Nervenproceſſe in uns vorgehen; das gehört zu einander; aber ein höheres Geiſtige kann nicht mehr durch Nervenproceſſe oder körperliche Proceſſe überhaupt begründet, ausgedrückt, vertreten werden; es hat dazu überhaupt keine beſtimmte Beziehung mehr.

Und ſicher hat es keine ſolche zum Einzelnen dieſer Proceſſe, wohl aber zur Ordnung, Folge, der Verknüpfung derſelben. Denn hat man nicht auch in Ordnung, Folge, Zuſammenhang des Materiellen Verhältniſſe höherer und niederer Ordnung, die ſogar ein höheres Geiſtige fordern, von uns gefaßt zu werden, warum nicht alſo auch ſelbſt faſſen können. Der Menſchenleib iſt ſicher nach einer höhern Ordnung gebaut, als der Thierleib, wie die Ellipſe eine Linie höherer Ordnung iſt, als die gerade Linie, obwohl man beide atomiſtiſch in gleichartige Elemente zerfällen kann. Auch die Bewegungen im Menſchenleibe ſchließen ſicher Verhältniſſe höherer Ordnung ein, als die im Thierleibe. So hoher verwickelter Ordnung als die Welt nach der Geſammtheit ihrer Formen und Bewegungen iſt aber nichts; da reicht keine Mathematik daran, die Ordnung feſtzuſtellen. Sie iſt unendlicher, jedenfalls für uns incommenſurabler Ordnung. Warum alſo ſollte die Welt nicht reichen, Gott auszudrücken, zu tragen, wenn die materielle Weltordnung doch ſo gut alle unſre Begriffe überſteigt, als die geiſtige?

Nicht blos die Höhe oder Tiefe, auch die Breite der Natur iſt unſäglich größer, als ſie dem Einzelnen unmittelbar erſcheint. Indeß wir zu glauben haben, daß Alles, was uns Menſchen von der Natur erſcheint, auch in Gott erſcheine, haben wir nicht umgekehrt zu glauben, daß das, was uns von der Natur erſcheint, Alles iſt, was davon in Gott erſcheint. Zu Allem, was den Menſchen erſcheint, kommt Alles, was niedern, höhern Weſen als Menſchen von der Natur erſcheint, ja ihnen ſelbſt im künftigen Leben von der Natur erſcheinen wird. Den Sinnen jedes andern Geſchöpfes ſchließt ſich die Natur in einer andern Weiſe auf. So erſchöpft Gott die Natur mit tauſendfältigen Sinnen in aller Weiſe, von allen Seiten. Wie arm iſt dagegen die Anſchauung eines einzelnen Menſchen. Vieles iſt ihm zu groß, Vieles zu klein, Vieles zu fern, Vieles zu nahe; aber in der ganzen gottbeſeelten Welt löſt immer ein Geſchöpf das andre ab, und eine Anſchauung greift in die andre ein, ergänzt die andre. Und über alle dieſe ſinnlichen Erſcheinungsweiſen der Natur werden auch geiſtige Bezüge in Gott hinweggreifen, die nach ihrer ganzen Höhe und Fülle in das menſchliche Bewußtſein nicht fallen können, welches blos über ſeiner eigenen Sinnesbaſis ſich entwickeln kann, obwohl ſie ſich mit Dem, was in ihm iſt, verknüpfen, begegnen und kreuzen können. Die Baſis der höhern Geiſtigkeit in Gott iſt aus dieſem Geſichtspuncte unſäglich größer und weiter zu faſſen, als ſie uns erſcheinen möchte, wenn wir bei dem ſtehen bleiben, was uns Einzelnen, ja was allen Menſchen von der Natur erſcheinen kann.

L. Das Unbewußte und Todte in der gottbeſeelten Natur.

Wenn die ganze Natur göttlichen Geiſtes voll iſt, ſo iſt damit nicht geſagt, daß jedes Stück derſelben eines beſondern ſelbſtfühlenden Geiſtes voll ſei. Wie Vieles trägt in unſerm Leibe blos bei, im Zuſammenhange des Ganzen den Geiſt zu tragen; doch giebt es Sondergebiete, wie Auge, Ohr, die auch etwas Individuelles tragen. Luft und Wellen, Steine mögen alſo immerhin nur im ganzen Zuſammenhange Gottes oder ſeiner untergeordneten Weſen zählen, und *in ſo fern* todt heißen. Sie wiſſen nichts von ſich, ſie fühlen nichts in ſich: ſie ſind nur unſelbſtſtändige Mitträger eines wiſſenden, fühlenden Geiſtes, begründen in ihm ſelbſt kein *beſonderes* Gefühl, es ſei denn durch ihre äußere Anſchauung, nicht aber durch ihren eigenen inneren Proceß. Und ſo mögen auch wir öfters für einen Augenblick vom Gegenſatz des Lebenden und Todten ſprechen, aber immer nur, um uns im nächſten Augenblicke zu beſinnen, daß, was für ſich todt iſt, doch beitragend iſt zu einem höhern Leben, ein Bauſtein, wenn kein Bau. Und zum Bau der Wohnung jeder Seele gehören viel Bauſteine und viel Mörtel. Wer nun auf die einzelnen Bauſteine und den Mörtel ſieht, oder auch auf Alles, aber gelegt in Haufen, oder geordnet zum bequemen Herauslangen von der Wiſſenſchaft und für die Wiſſenſchaft, der wird freilich Gott darin nicht ſehen können.

M. Die Weltſchöpfung.

Wenn das Geiſtige überall an Materielles gebunden ſein ſoll, ſo ſcheint es, giebt es keine Weltſchöpfung; die Natur war von Ewigkeit mit Gott zugleich da, Gott von Anfang nur ihre Selbſterſcheinung. Doch liegt wohl einiges Gewicht im Begriffe der Weltſchöpfung. Nun aber auch, wer die Welt von Gott aus Nichts geſchaffen hält, meint damit doch kein abſolutes Nichts, nur ein Nichts ihrer äußerlichen *Erſcheinung*; aber dem innern Vermögen nach (potenziell) mußte dieſe Erſcheinungswelt ſchon in Gottes geiſtigem Weſen enthalten ſein und nur die wirkliche äußerliche Erſcheinung trat erſt ein durch eine Art Entäußerung ſeines Weſens, durch ein Hervortreten aus ihm. Und ſo meinen wir es auch; nur daß Gott nach uns hiebei die Welt nicht wirklich von ſich entlaſſen hat, ſondern nur ſolche Unterſchiede in ſich geſetzt hat, daß Eins darin äußerlich wahrnehmend gegen das Andre aufzutreten begann, alſo, daß es vielmehr eine innerliche Aeußerung, als äußerliche Entäußerung war, wodurch die Welt entſtanden. Die Welt trat hervor aus ihm, heißt uns nicht, ſie trat heraus aus ihm, ſondern ſie trat nur aus dem an ſich unſichtbaren Gott in die äußerliche Sichtbarkeit hervor; er ließ die Welt nicht fallen und blieb in der Höhe, ſondern erhöhte ſich ſelbſt, indem er ſie unter ſich begriff; aber dies Unterſichbegreifen iſt zugleich ein Inſichbegreifen.

Die Natur konnte jedenfalls nach uns nicht eher als ſolche erſcheinen, als bis Gott in ſich Weſen oder Organe hervorgebildet hatte, denen oder mittelſt deren ſie erſchien. (Vgl. S. 418). Bis dahin war ſie blos in ſeinem Vermögen vorhanden. Nun kann man freilich fragen, ob nicht von Anfange oder von Ewigkeit her ſolche Weſen oder Organe in ihm vorhanden, mithin auch die Natur von Anfange an als Erſcheinung da. Aber will man überhaupt auf einen Anfang zurückgehen, ſo kann man es nur durch Rückſchluß aus dem Jetzt. Betrachten wir nun den Entwickelungsgang der Welt, der ganzen oder auch eines einzelnen Geſchöpfes der Welt, wie er uns vorliegt, ſo ſehen wir die Beſonderung und Gliederung nur immer weiter vorwärts ſchreiten; alſo, daß das Geſonderte ſich zwar immer wieder unter höhern Geſichtspuncten verknüpft; aber eben nur auf Grund vorgängiger Sonderung und Gliederung ſelbſt. Verfolgen wir ideell dieſen Gang in eine Ewigkeit rückwärts, ſo iſt eine beſtimmte Gliederung anfangs als nicht vorhanden zu denken, wir gelangen in der *Vorſtellung* zu einem Zuſtande, wo die Natur oder Erſcheinungswelt noch nicht geſchaffen war, weil noch keine Geſchöpfe oder Organe geſchaffen waren, denen ſie oder mittelſt deren ſie erſcheinen konnte. Doch konnte ein unendlicher Drang zur Schöpfung von Anfange an vorhanden ſein. Gewiß war der erſte Wille oder Drang zur Schöpfung ſelbſt nur ein ſehr allgemeiner, da es ſich vor den Einzelnheiten erſt um die Grundzüge der allgemeinen Ordnung handelte; aber ein gewaltiger, da er die ganze Weltmaſſe auf einmal ergriff, und gleich auf die beſte Ordnung gerichtet, da Gott von Anfange an ſich damit zu genügen ſtrebte, welches Streben er dann nur in der weitern Entfaltung und Durchbildung der Welt zu bethätigen fortfuhr. Doch wir vermeſſen uns nicht, die Urzuſtände Gottes und der Welt näher beſchreiben zu wollen, worüber ein Thor mehr fragen kann, als zehn Weiſe beantworten können. Nur der Forderung des Schöpfungsbegriffes im Allgemeinen ſollte genug gethan werden.

Man kann fragen, ob nicht eine Entzweiung der Art, welche die Welt erſcheinen ließ, eine Bedingung des anfänglichen Bewußtſeins Gottes ſelbſt war. Sei es, ſo würde dies nur mitführen, daß der erſte Bewußtſeinsact Gottes zugleich der erſte Schöpfungsact war, oder, wenn wir keinen erſten Anfang anerkennen wollen, daß das Bewußtſein Gottes von Ewigkeit her ſchöpferiſch thätig geweſen iſt.

Immer bleibt es wahr, daß wir die Welt des Materiellen auch mit Gott zugleich von Uranfange an beſtehend anſehen können, wenn wir den hinter der Erſcheinung derſelben rückwärts liegenden realen Grund derſelben ſchon als materielle Welt rechnen; wie wir ja ſonſt Vieles, was hinter der materiellen Erſcheinung liegt, aber als Grund derſelben und in Form derſelben vorgeſtellt werden muß, zum materiellen Gebiet ſelbſt rechnen, als wie Aether- und Luftſchwingungen, galvaniſche Ströme, kleinſte Körpertheilchen, was Alles niemand je ſo geſehen und gefühlt hat, wie es vorgeſtellt wird und nach dem Zuſammenhange mit dem Erſcheinenden wirklich vorgeſtellt werden muß. So konnte es, wenn man aus den Erſcheinungen des Jetzt rückwärts Conſtructionen machen und bis zum vorausſetzlichen Anfang fortſetzen will, von Anfange an oder von Ewigkeit her ein Wogen, Weben, Zittern, Schwingen des Lichts im Weltall geben, das auf dem Standpunct des Naturforſchers in Form von Aetherbewegungen vorgeſtellt werden kann und vielleicht werden muß, um in Zuſammenhang mit den jetzigen phyſiſchen Welterſcheinungen zu bleiben, ſich ſelbſt aber anfangs nur in ganz andrer Form als ſubjective Lichtempfindung und Trieb und Wille, die gährende Empfindung im beßten Sinne vernünftig zu ordnen, auseinanderzuſetzen, erſchien. Erſt mit Entwickelung dieſer Ordnung trat Geſehenes dem Sehenden gegenüber und damit die materielle Welt objectiv aus dem Vermögen der äußern Erſcheinung in die wirkliche äußere Erſcheinung heraus.

Es bleibt dies freilich immer nur ein roher Verſuch, Dinge unſern Begriffen anzupaſſen, die letztlich über alle unſre Begriffe hinausreichen. Auch ſehe ich nicht viel Heil in allen Betrachtungen darüber, wie die Welt geſchaffen worden, ſondern nur, wie ſie, die von Ewigkeit geweſen, mehr und mehr geordnet worden, womit man am Faden der Geſchichte und des Schluſſes ins Unbeſtimmte rückgehen kann, ohne auf ein wirklich Erſtes oder Letztes zu kommen. Werde ich aber zum Letzten gedrängt, ſo denk' ich's ungefähr wie hier, immer erbötig zu geſtehen, daß dieſes Denken ſich um das für uns Undenkbare dreht.

Es iſt nicht ohne Intereſſe, wie ſich die bibliſche und die mit ihr ſo verwandte perſiſche Kosmogonie im Sinne voriger Andeutungen und zugleich ziemlich geläufiger Natur-Anſichten auslegen laſſen. Nach der bibliſchen Kosmogonie ſchuf und ſchied Gott zuerſt Licht und Finſterniß, ſpäter entſtanden erſt die individuellen Lichtweſen, die Geſtirne, womit die Schöpfung der beſeelten Weſen eingeleitet ward (vgl. S. 246). Nach der perſiſchen Kosmogonie erſcheint ein von uns unerkennbares Urweſen (Zervane Akerene) als Grundlage einer Art Selbſtſchöpfung, durch die ſich zuerſt Ormuzd, der Geiſt des Lichtes, von Ahriman, dem Geiſt der Finſterniß, ſchied; Ahriman aber hatte auch zuerſt Lichtnatur und verkehrte ſie nur ſpäter in Dunkelheit und begann nun mit Ormuzd zu ſtreiten, der die Welt weiter zu ſchaffen und zu ordnen fortfuhr. Dies läßt ſich phyſiſch ſo deuten, daß Anfangs der ganze Raum voll leuchtender Weltſtoffmaſſe war; aber da ſich die Lichtmaſſe anfing zu ballen, verdunkelte ſich hiemit ein Theil des Raums, Licht und Finſterniß begannen um den Raum zu ſtreiten, indem ſich die Lichtmaſſe bald hier mehr zurück, bald da mehr zuſammenzog. Alles poſitive Geſtalten und Ordnen der künftigen Welt aber ging fortan von der Thätigkeit der Lichtmaſſe aus. Dieſe phyſiſche Deutung widerſpricht nicht einer pſychiſchen. Was äußerlich als Licht erſchien oder uns ſo erſcheinen würde, mit einem, auf äußern Standpunct als phyſiſch faßbaren Geſtaltungsbeſtreben, konnte ſich ſelbſt leuchtend und ſtrebend fühlen, und auch die Gegenwirkungen fühlen, die mit der Entfaltung von Gegenſätzen in der Welt entſtehen mußten. Der bibliſche wie der perſiſche Mythus bezeichnen das Bewußtſein dieſer weltſchöpferiſchen Thätigkeit übereinſtimmend dadurch, daß ſie die Schöpfung der Welt durch das Wort (Honover) von Gott oder Ormuzd bewirkt werden laſſen. Ormuzd ſchuf nun weiter die 7 Amſchaspands als höchſte Geiſter im Reiche des Lichtes und der Tugend und als Gehülfen fernerer Schöpfung und Ordnung. ſo aber, daß er ſelbſt der oberſte unter ihnen blieb. Dieſe Schöpfung der Amſchaspands entſpricht der Schöpfung der Geſtirne in der Bibel; da ſie namentlich durch ihre Siebenzahl an die früher angenommene Siebenzahl der göttlich verehrten Planeten (einſchließlich Sonne und Mond) erinnern. Phyſikaliſch ſo: Die allgemeine Lichtmaſſe fing an, ſich in beſtimmte Geſtirnmaſſen zu ſcheiden, ſo daß die größte (Ormuzd) herrſchend inmitten blieb, und dieſe vollführte dann mit den andern die weitern Entwickelungen, ähnlich, als wir uns jetzt noch die Entſtehung des Planetenſyſtems und nach Analogie des Weltſyſtems denken. Nur, daß wir uns das Alles todt und ſeelenlos denken, was der perſiſche Mythus unſtreitig triftiger und tiefer gefaßt hat. Er faßt die erſt geſchaffenen Geſtirne gleich als höher begeiſtete individuelle Weſen, und auch die Bibel hat die Spur hievon aufbehalten. (Vgl. S. 246).

N. Frage, ob die zweckmäßigen Naturſchöpfungen durch bewußte Schöpferthätigkeit oder durch unbewußt wirkende Kräfte der Natur hervorgegangen ſind.

Wenn wir die außerordentliche Zweckmäßigkeit im Naturwirken betrachten, will es uns oft bedünken, als wirke die Natur mit Abſicht. So ähnlich ſind ihre Einrichtungen den unſern, die wir mit Abſicht machen. Sollte jemand ein Werkzeug zum Sehen in unſern Körper einſetzen, er könnte es nicht paſſender ausdenken oder an einen paſſendern Ort ſetzen, als unſer Auge gemacht und angebracht iſt. Wirklich führte erſt die ſorgfältigſte Ueberlegung, die bewußteſte Abſicht den Menſchen darauf, ähnliche Inſtrumente äußerlich zur Hülfsleiſtung für das Sehen anzuwenden, als er zum Sehen ſelbſt längſt ſchon in ſich trug. Könnte jemand einen geeignetern Fuß zum Stehen und Gehen, eine kunſtvollere Hand zum Langen Greifen, Spielen und Handthieren erdenken, als wir haben? Dem Hühnchen im Ei wächſt eine hornige Spitze auf dem Rücken des Schnabels, womit es die Eierſchale ſich ſelbſt aufpickt; kurz nachher fällt das Spitzchen ab. Wie niedlich ausgedacht ſcheint das. Es iſt aber nur ein niedliches Beiſpiel deſſen, was wir allwärts im größten, wie im kleinſten Maßſtabe ſehen. Aber wie oft haben wir ſchon von der Zweckmäßigkeit der Natur geſprochen.

Nun meinen Manche, es ſcheine nicht blos ſo, als ob bei all dem bewußte Abſicht vorgelegen, ſondern es ſei wirklich ſo, nur könne hiebei nicht von einer Abſicht der Natur die Rede ſein, ſondern von Gottes Abſicht. Er habe all jenes Zweckmäßige mit Bewußtſein und Willen durch Kräfte ſeines Geiſtes hergeſtellt. Die Natur komme hiebei nur in ſofern in Betracht, als ſie dem Willen Gottes Folge leiſte. Er will, und es geſchieht, er gebeut, und es ſteht da. Die Natur durch ihre eigenen blinden Kräfte hätte nimmer ſo Zweckmäßiges zuwege bringen können. Wenn nicht ein Gott wiſſend und wollend in ihr waltete, ginge Alles in der ſich ſelbſt überlaſſenen drunter und drüber.

Andre dagegen halten die bewußte Abſicht nur für Schein, meinend, die Natur habe all jenes Zweckmäßige nach eigenen Geſetzen ohne Befehl von einem bewußten

Geiſte zu erwarten, bewirken können und bewirkt. Dem unbewußten Walten der Natur ſei eine gewiſſe Zweckmäßigkeit gleich eingeboren. Damit laſſe ſich Alles machen. Wenn ſie an einen Gott noch glauben, ſuchen ſie ihn vielmehr vor oder hinter oder über oder außer als in der Natur, und laſſen ihn als Geiſt mehr nur auf Geiſter wirken, oder laſſen ihn gar in ein Myſterium aufgehen, das mit Unbewußtſein die Künſte des Bewußten in der Natur übt. Nach Manchen kommt die Zweckmäßigkeit dadurch in die Natur, daß Gott die Natur anfangs aus ſich herausſtellte (die abſolute Idee ward ſich äußerlich), damit aber auch ſeine Ideen und vernünftigen Tendenzen in der Natur gleichſam verkörperte, zur äußerlichen Erſcheinung, Darſtellung brachte; aber die Natur iſt doch nun außer ihm; was noch des Beſondern zweckmäßig in ihr entſteht, iſt Folge jener Ureinbildung der göttlichen Ideen und zweckmäßigen Tendenzen in ſie, nach dem Muſter und in Richtung derſelben ſchafft ſie nun ohne Zuthat von Bewußtſein weiter, und holt nur allmälig vom Unbewußten zum Bewußten ſich ſteigernd im Thiere und endlich im Menſchen wieder das ſchöpferiſche Bewußtſein ein. Aber die auf der Höhe des Zeitbewußtſeins oben zu ſtehen meinen, faſſen ſogar die göttliche Uridee ſelbſt als eine ſolche, die, von Anfang an unbewußt, erſt ſpät in den Menſchen zum Bewußtſein ihrer ſelbſt erwacht ſei. Statt daß Gott den Menſchen mit Bewußtſein geſchaffen habe, ſchaffe nun der Menſch mit Bewußtſein ſich den Gott, indem Gott eben nur in des Menſchen Bewußtſein zum Bewußtſein ſeiner ſelbſt erwache.

Jene Erſten betrachten den Weltbau durch Gott wie einen Hausbau durch den Menſchen. Die Abſicht, der Wille mit der Vorſtellung, das Haus zu bauen, geht vorher, und iſt die Urſache, daß das Haus mit ſeinem Geräth ſo zweckmäßig zu Gunſten der Geiſter, die darin wohnen und handthieren ſollen, entſteht. Die materielle Ausführung iſt ganz abhängig von der bewußten geiſtigen Urſache. Dieſe Andern laſſen ſogar den Menſchenleib zuerſt durch ein unbewußtes zweckmäßiges Wirken einer Natur entſtehen, die nichts von dem weiß, was ſie ſchafft, noch wozu ſie es ſchafft, und noch heute entſtehe jeder neue Menſchenleib durch unbewußt wirkende körperliche Kräfte, und erſt im fertigen Leibe breche das Bewußtſein hervor, entweder von ſelbſt auf Grund natürlicher Fortentwickelung des Unbewußten oder eingepflanzt auf übernatürliche Weiſe durch den übernatürlichen Gott.

Kurz im Sinne der erſten Anſicht liegt es, das Bewußtſein überall in den Vordergrund, im Sinne der zweiten, in den Hintergrund der zweckmäßigen Naturſchöpfungen zu ſtellen. Nur daß Manche der Letztern die erſte Eingeburt zweckmäßiger Tendenzen in die Natur einem vorgängigen ſchöpferiſchen Bewußtſein beilegen; nun aber ſoll ſich doch die Natur mit der ihr ſelbſt unbewußten Mitgabe auch unbewußt weiter helfen; indeß Andre ſogar Gottes Geiſt ſelbſt ſich auf dem Grunde der unbewußten Natur erſt allmälig zum Bewußtſein erheben laſſen.

Doch weder das Vor nach das Nach im einen oder andern Sinne kann das Rechte ſein, ſondern nur das Vor und Nach und Mit. Alle jene Anſichten ſind doch blos halbe, die eine Aufhebung in einer ganzen wollen.

Zuvörderſt die erſte: Laſſen wir immer die Welt gebaut werden, wie ein Haus; aber ſehen wir ernſthaft zu, wie es bei einem Hausbau hergeht. Freilich zieht des Menſchen Abſicht, Wille den materiellen Hausbau erſt nach ſich, und dieſer iſt ganz abhängig davon; ſo ſei es alſo auch mit Gottes Abſicht und den zweckmäßigen Bauten der Natur. Aber ſchwebt denn des Menſchen Abſicht, Wille ſelbſt blos im geiſtig Blauen, materiell Leeren? Wohnt der ganze Geiſt des Menſchen, ehe er ein materielles Haus ſchafft, nicht ſelbſt ſchon in einem materiellen Hauſe; und ſchafft er nicht das fremde Haus mit den Werkzeugen dieſes ihm eigenthümlichen, und könnte er es etwa ohnedem? Ja muß nicht jeder andern Abſicht, dieß und das zu thun, eine andre Thätigkeit des Leibes, wir ſuchen ſie vorzugsweiſe im Gehirn, ſchon unterliegen, um eine andre Bewegung des Arms und Beins zur Ausführung der andern Abſicht auslöſen zu können? Zwar meinen viele, der Geiſt gehe auch hier nur voran, und löſe erſt folgeweis die Thätigkeit des Gehirns, und dieſes die Thätigkeit der Arme und Beine aus; aber factiſch läuft doch das ganze leibliche Wirken mit dem ganzen geiſtigen in uns zugleich ab, und wenn gewiſſes geiſtiges Wirken in uns gewiſſes körperliches nachzieht, ſo iſt es, um dies nur zu können, ſicher eben ſo weſentlich an ein Mitgehen von gewiſſem körperlichen Wirken gebunden; und nicht nur das Nachfolgende, auch das Mitgehende wird ſeinen beſtimmten Bezug zum Geiſte haben.

Es giebt überhaupt in unſerm leiblichen Geſchehen keine Lücke, wohinein der Geiſt ſich ſchöbe, um für ſich die Bewegung körperlicher Hebel in uns auszulöſen; ſondern alle körperlichen Hebel in uns werden wieder von körperlichen angetrieben; nirgend iſt eine Unterbrechung im körperlichen Zuſammenhange und im körperlichen Wirken, nirgends etwas, was der Geiſt darin erſetzen könnte, auch das Kleinſte nicht; aber das *ganze* körperliche Getriebe iſt nur durch den Geiſt lebendig und *jeder* Hebel unſres Leibes regt ſich überhaupt nur, weil er Theil des allgemein beſeelten Getriebes, und treibt den andern wieder, weil er es wie dieſer.

Das höhere Treiben im Gehirn findet alſo nicht Statt, weil eine höhere geiſtige Ordnung ihm *vorangeht*, ſondern weil es deren Ausdruck iſt; wie die Gedanken in höhern Bezügen laufen, ſo die Bewegungen im Gehirn; eins iſt mit dem andern. Das Haus, was der Menſch ſo zweckmäßig mit Bewußtſein, Abſicht, Willen baut, kann nur deshalb ſo zweckmäßig entſtehen, weil die materielle Ordnung, welche dieſem Bewußtſein, dieſer Abſicht, dieſem Willen im Gehirn unterliegt, ſelbſt eine im höhern Sinne zweckvolle iſt, und Kräfte enthält, welche von der materiellen Innenwelt in die materielle Außenwelt hinein zu deren Umgeſtaltung im Sinne der Zweckidee wirken. Des Menſchen Leib iſt ja ein Theil derſelben Natur, der Steine und Mörtel angehören; iſt ſelbſt aus ihr und in zweckvollem Bezuge zu ihr erwachſen; warum ſoll er nicht zweckvoll auf ſie rückwirken können. Die Zweckidee aber für ſich vermöchte weder einen Stein zu verrücken, noch einen Arm zu bewegen, noch eine Gehirnfaſer zu erſchüttern, wenn ſie nicht ſchon an einer Erſchütterung im Hirne, oder was es ſonſt für Bewegungen ſein mögen, hinge, die ihre Wirkung nun auch weiter nach Außen auf Arm und Stein fortzupflanzen vermögen.

Was von unſerm Geiſt und Leib gilt, läßt ſich nun auch auf Gottes Geiſt und die Natur übertragen, mit dem Unterſchiede nur, der darin liegt, daß wir der Theil und Gott das Ganze. Es giebt in der Natur ſo wenig als in unſerm Leibe eine Lücke, wohinein der Geiſt Gottes ſich ſchöbe, um die Bewegung der körperlichen Hebel auszulöſen; ſondern alle körperlichen Hebel werden wieder von körperlichen angetrieben; nirgends iſt eine Unterbrechung im körperlichen Zuſammenhange und im körperlichen Wirken der Natur, nirgends etwas, was der Geiſt darin erſetzen könnte, auch das Kleinſte nicht, aber das *ganze* körperliche Getriebe iſt nur durch den Geiſt lebendig; ſo gut das der Natur als unſres Leibes, und *jeder* Hebel regt ſich überhaupt nur, weil er Theil des allgemein beſeelten Getriebes; der Geiſt zieht nicht an dem Wagen der Natur wie ein Pferd, was vorweg geht, noch ſtößt er ſie wie einen Ballen vor ſich her, ſondern die Natur geht wie das Pferd ſelber geht, und läge ohne Seele regungslos da und zerfiele wie ein todtes Pferd. Aber eben ſo und eben darum, ſo lange etwas im Geiſte Gottes geht, geht auch etwas zugehörig im Leibe der Natur und das hat auch wieder ſeinen leiblichen Erfolg. Nun mag die bewußte Vorſtellung bei Gottes Willen immerhin vielmehr das, was ihr in der Natur folgt, als das, was mitgeht, abbilden, aber ſo gut im Momente, wo unſer geiſtiger Wille mit Bewußtſein des Folgenden wirkt, materielle Thätigkeiten, die wir nicht bewußt als ſolche vorſtellen, dem Willen zu Dienſten ſtehen und die materielle Ausführung des Gewollten begründen, wird es auch mit Gottes Willen ſein; die Natur wird, ohne daß ſich Gott die wirkenden Kräfte und Thätigkeiten derſelben im Momente des Wirkens ſo äußerlich vorſtellt, wie wir es, dieſem Wirken äußerlich nachgehend, thun, ſeinem Willen mit ihren eben gegenwärtigen Kräften und Thätigkeiten zur Bewirkung des Vorgeſtellten zu Dienſte ſtehen und zwar wird dieſes Naturwirken für den Standpunct unſrer geſchöpflichen Betrachtung gleich weſentlich als Gottes geiſtiges Wirken, das wir nicht ſehen können, zur Bewirkung des Folgenden ſein; es wird eben nur der Ausdruck des ſich ſelbſt erſcheinenden göttlich geiſtigen Wirkens für Geſchöpfe ſein, die nicht ſelber der ganze Gott, vielmehr inmitten ſeines Wirkens ſtehn.

Soſern freilich die Natur, als Gottes Leib, nichts außer ſich hat, wird auch kein ſolch äußerliches Wirken Gottes über ihn ſelbſt hinaus ſtatt finden können, als es bei uns der Fall. Aber auch bei uns iſt gar nicht nöthig, daß, was ſich innerlich zweckmäßig und mit Bewußtſein regt, die Wirkung auf eine Außenwelt fortpflanze. Es kann Einer viel Häuſer im Innern bauen, nicht nur ehe ſie, ſondern ohne daß ſie überhaupt zu äußern Häuſern werden; und wie der Gedanke innerlich zweckmäßig in ihm verläuft, ſo der körperliche Träger des Gedankens. Vieles kann ſich auch in Bewegungen der Geſichtszüge und Gliedmaßen entladen, die nur den eigenen Leib betreffen. Zwar, da der Menſch einmal eine Außenwelt hat, und in Abhängigkeit von ihr geboren iſt, wird auch ſtets die Tendenz bei ihm ſtatt finden, durch Wirken über ſich hinaus auf ſich zurückzuwirken. Wenn aber der Leib Gottes nichts außer ſich hat, ſo wird der ganze Umtrieb des zweckmäßigen Wirkens und Rückwirkens auch ſtets in ihm beſchloſſen bleiben, und ſelbſt unſer Wirken über uns hinaus dazu gehören. Alle zweckmäßigen Bewegungen in ihm werden ſich theils auf ſolche tiefer innerliche, vor uns verſteckte, unſern ſelbſt verſteckten Gehirnproceſſen vergleichbare, ja ſie mit einſchließende, reduciren müſſen, an welche ſich höhere Gedankenproceſſe knüpfen; theils auf ſolche mehr für die äußere Anſchauung zu Tage tretende, unſrer oberflächlichen Betrachtung blos liegende, unſern Gliederbewegungen vergleichbare und ſie mit einſchließende, in welchen das erſt innerlich Erdachte zu Tage tritt, die aber doch über den Leib Gottes ſelbſt nicht hinaus greifen können, wie die unſern über uns.

Ob wirklich in Gott ein Bild, eine geiſtige Vorſtellung deſſen, was er in der Natur neu ſchaffen will, der Schöpfung vorausgeht, kann zweifelhaft erſcheinen. Indem man Gottes Willen mit unſerm Willen vergleicht, nimmt man es freilich an; der Wille und mithin die Vorſtellung des Gewollten geht ja bei uns auch der Ausführung vorher; doch verlangt man andremale auch wieder das Gegentheil; im Moment, wo er will, ſoll's geſchehen, im Moment, wo er gebeut, ſoll's daſtehen, und dabei läßt man Vorſtellen und Wollen gern in Eins fallen, indeß wir die Vorſtellung des zu Wollenden oft lange vor dem entſcheidenden Willensacte in uns wälzen. Die Welt ſoll unmittelbar wie ein Gedankenſpiel Gottes ſein, nicht dem Gedankenſpiele folgen. Auch ſcheint es, daß, da Gott nichts in demſelben Sinne aus ſich herausſtellen kann, wie wir, ſein Gedanke an das Ding ſchon ſelbſt das Ding ſein müſſe. So ſtellen's Viele. Allein das hält nicht Stich. In uns iſt ein Gedankenbild und ein anſchauliches Bild, troß dem, daß Beide in uns, doch zweierlei, und das erſtre nicht an einen ſo an die Oberfläche tretenden umgränzten leiblichen Proceß geknüpft, als das letztre, wenn gleich ſicher nicht ohne ſolchen Proceß überhaupt. Und es könnte alſo auch ein anſchauliches und ein Gedankenbild in Gott zweierlei ſein; alſo daß jedem anſchaulichen Bilde, d. h. jeder Verwirklichung eines Dinges im Sichtbaren für ſeine Geſchöpfe und durch ſie für ſeine eigene Anſchauung, noch ein Gedankenbild in ihm vorausginge, geknüpft an andre, nicht ſo unmittelbar an die Oberfläche tretende, Natur-Proceſſe, und daß erſt in einem beſondern Acte das vollgereifte Gedankenbild ſich in ein anſchauliches Bild verwandelte. Ehe der Menſch ſelbſt in der Natur ſichtlich auftrat mit begränzter anſchaulicher Leiblichkeit, gingen ſicherlich allgemeinere tiefgehende Naturproceſſe vorher, die ſeine Entſtehung vorbereiteten, der teleologiſche Bezug des Menſchen zur ganzen Natur beweiſt ſchon, daß er nicht iſolirt entſtand, und es hindert nichts zu glauben, daß an dieſe allgemeinen tiefliegenden Naturproceſſe voll immanenter Teleologie ſich ein Gedankenbild vom Menſchen in Gott knüpfte, das ſich erſt ſpäterhin zum anſchaulichen wirklichen Menſchenbilde conſolidirte. Der Unterſchied von analogen Verhältniſſen in uns ſchiene dann nur der, daß bei uns das Gedankenbild aus dem Anſchauungsbilde erſt erwächſt; wir ſehen etwas und erinnern uns dann deſſen und änderns nun in Gedanken nach unſern Zwecken ab; bei Gott aber umgekehrt das Anſchauungsbild aus dem Gedankenbilde erwüchſe; erſt ſtellte er ſich's innerlich vor, dann in die Anſchaulichkeit heraus. Doch könnte recht wohl auch jedes neue Gedankenbild Gottes eben ſo mit aus ſeinen vorausgegangenen anſchaulichen Schöpfungen erwachſen, und eben ſo nur die neuen zweckmäßigen Abänderungen daran Sache neuen ſchöpferiſchen Willens ſein; alſo daß z. B. die zweckmäßigen Einrichtungen des Menſchenleibes, der ja nicht beim Beginn der Schöpfung entſtand, mit auf dem Bedenken der bisherigen in die Anſchauung getretenen Natureinrichtungen, der bisher geſchaffenen Thiere, Pflanzen und ihrer Lebensweiſe mit fußen konnten, wie denn auch in den Naturproceſſen, wodurch wir die Schöpfung des Menſchen bewirkt anſehen, ſicher das Daſein der frühern Schöpfungen bedingend mitwirkte. Anderſeits können auch wir in vorbemerkter Weiſe ein Gedankenbild in ein anſchauliches verwandeln, durch Mittel, die uns ſelbſt ganz angehören. Ich ſtelle mir z. B. eine Bewegung oder gewiſſe Lage meines Körpers erſt innerlich vor, und führe ſie dann mit meinem Körper aus. Die Vorſtellung iſt ſchon an gewiſſe Gehirnproceſſe geknüpft, die Ausführung iſt dann der leibliche Act, wodurch das Vorſtellungsbild ſich in ein Anſchauungsbild verwandelt. Wir können in den großen Erſchütterungen des Erdkörpers, welche der Schöpfung der Organiſmen vorausgingen oder ſie mitführten, gewiſſermaßen die großen Bewegungen des Leibes erblicken, durch welche das innere Vorſtellungsbild der Geſchöpfe ſich in ein anſchauliches Bild derſelben verwandelte, d. h. in die Wirklichkeit heraustrat. In dieſen Geſchöpfen erſcheint ſich ja wirklich die Erde mit Einſchluß der Geſchöpfe ſelbſt in der neuen Lage, die ſie ſich gegeben hat; und dieſe neue Lage iſt ſelbſt dazu weſentlich, dieſe Geſchöpfe zu erhalten wie ſie ſind, wie die Lage, die ich meinem Körper gegeben habe, weſentlich iſt, das anſchauliche Bild davon in meinem Auge zu erhalten. An das anſchauliche Bild knüpfen ſich dann aber auch höhere geiſtige Beziehungen. Doch möchte es mißlich ſein, dieſe Analogie zu weit fortzuſpinnen. Ueberhaupt ſind das Verhältniſſe, die wir zu ſchwierig finden, um darüber ein entſcheidendes Urtheil fällen zu wollen.

Gewiß iſt, daß nur in ſofern, als man auf derartige Vorſtellungen eingeht, die Abſicht, der Wille Gottes mit dem unſern vergleichbar wird, ſonſt könnte man nur uneigentlich davon ſprechen; obwohl auch ohne das noch bewußtes Wirken und ein weiſer Trieb, wenn man dieſen Ausdruck geſtatten will, der ſein ſicher geht, aus Gottes Schöpfung hervorleuchten würde.

Das religiöſe Intereſſe wird immer Vorſtellungen jener Art begünſtigen; und man ſieht, daß die Naturbetrachtung ihnen wenigſtens nicht widerſpricht; obgleich ſie dieſelben auch nicht für ſich allein begründen könnte. Denn wie kann ſie nachweiſen, daß wirklich an jene tiefliegenden Naturproceſſe ſich höheres Bewußtſein knüpft. Könnte ſie doch auch nicht für ſich beweiſen, daß an unſre Gehirnproceſſe ſich Gedankenbilder knüpfen: nur daß wir ſolche in Verbindung mit jenen Proceſſen, die den Schlüſſen der Naturforſchung ſich blos legen, wirklich haben, giebt den Beweis: und eine Analogie von da aus iſt geſtattet.

Wenn nun doch einmal an jedes geiſtige Wirken Gottes ein Naturwirken für unſre Betrachtung weſentlich gebunden iſt und die Ordnung und der Zuſammenhang des göttlich geiſtigen Waltens ſich in dem des Naturwirkens für uns widerſpiegelt, ſo iſt freilich kein Wunder, wenn ſogar von Vielen Alles blos auf dieſes Naturwirken geſchoben wird, und, weil das ſich nur ſelbſt erſcheinende Bewußtſein Gottes dabei nicht äußerlich ſichtbar iſt, es oft gar geleugnet oder zur Seite geſchoben wird. Aber eben ſo gut könnten wir im Menſchen das Daſein des Bewußtſeins, der Abſicht leugnen, weil wir ihn ja doch auch blos mit Händen und Beinen, kurz blos dem Körper äußerlich handthieren ſehen; ſind wir anders ſelber nicht der Menſch. Doch ſchließen wir auf ſeine Abſicht, wenn wir ihn ſo zweckmäßig handthieren ſehen, als wir ſelbſt mit dem Gefühl der Abſicht handthieren. Das werden wir alſo auch bei Gott thun können. Gehen wir etwas näher auch auf dieſe Seite der Betrachtung ein.

Was auch der Menſch in, an und außer ſich mit Bewußtſein ſchaffen mag, er thut es wieder zu Dienſten des Bewußtſeins, die Früchte theils ſelbſt mit Bewußtſein zu ärnten, theils Andre ärnten zu laſſen, obwohl Letztres immer mit Rückbezug auf eigenes Bewußtſein. Wir werden es aber auch umkehren können, und wie gewagt die Umkehrung Anfangs ſcheine, je länger je mehr wird ſie ſich begründet zeigen, und ſagen: was zu Dienſten des Bewußtſeins entſteht, das iſt auch urſprünglich mit Bewußtſein entſtanden, ſei es auch, daß es nicht mit eigenem und nicht mit jetzigem Bewußtſein entſtanden iſt; und dies verwechſelt man nur zu leicht damit, daß es überhaupt nicht mit Bewußtſein entſtanden ſei.

Gar oft genießt ein niederes und ſpäteres Bewußtſein die Früchte, die ein höheres und früheres geſät, und meint nun, ſie ſeien ihm blind zugewachſen. Straßen, Poſten gehen durch das Land, Schulen, Kirchen ſind gebaut und eingerichtet; der Bauer genießt der Frucht dieſer Einrichtungen, als hätte ſich das Alles von ſelbſt gemacht, und meint, das Fortbeſtehen verſtehe ſich auch von ſelbſt. Abgaben dazu dünken ihm nicht nöthig. Er ſieht darin eine Naturnothwendigkeit, wie die des Wachſens auf dem Felde, und weil er nichts mit ſeinem Bewußtſein dazu gethan, ſo denkt er nicht daran, welche Anſpannung von Bewußtſein es erforderte, das einzurichten, und noch koſtet, es in Ordnung zu erhalten. Der König iſt ihm nur der größte Müßiggänger, und gern läßt er ſich ſagen, man könne ihn erſparen, ja die ganze Regierung laſſe ſich erſparen; nur, wie es ihm ſelber ſauer wird, fühlt er ſelber, und meint, das allein verdiene auch ſeinen Lohn.

Solche Bauern ſind wir alle mehr oder weniger in Bezug zur Welt. Wir haben ſie nicht ſelber gebaut, ſind vielmehr ſelber hineingebaut; ſo meinen wir nun auch, das ſei die Nothwendigkeit des Wachſens auf dem Felde;

Niemand habe an etwas, was darin geſchehen ſolle, gedacht, da wir noch nicht daran gedacht; alles, was ohne unſer Vor- und Nachdenken entſtanden, ſei ohne Vor- und Nachdenken überhaupt entſtanden; dies beginne genau da, wo wir damit beginnen; und wenn wir uns ſo ſchön und fertig gemacht finden, mit Augen und Gehirn, bereit zu ſchauen und zu denken, und eine Natur um uns, ſo ſchön und fertig, beſchaut und bedacht zu werden, ſo ſei das Alles ohne Beſchauen und Denken, gleichſam im Finſtern, fertig geworden, und unſer Schauen und Denken ſelbſt ein Geſchenk, was wir der blinden Natur machen, nicht was wir von einem ſchauenden und denkenden Weſen darin empfangen. Nun wird uns Gott der allergrößte Müßiggänger, und wir meinen wohl auch, wir könnten ihn entbehren. Wozu ſein Wiſſen, Wollen, Denken, da Alles ohne das entſteht und von Statten geht!

Aber haben wir denn wirklich irgend andre Gründe, es uns ſo zu denken, als der Bauer?

Vollkommener als alle Werke, die der Menſch mit Bewußtſein zum Dienſte des Bewußtſeins herſtellen kann, findet er ſeinen eigenen Leib dazu ſchon hergerichtet; nur äußere Zuthaten kann er noch machen, die zu dieſem Dienſte helfen; aber was bedeuten ſie gegen die That, die den Leib ſelbſt dazu gemacht hat. So meine ich nun auch, wird das Bewußtſein, mit dem wir jene Zuthaten nachträglich zu unſerm Leibe zum Dienſte des Bewußtſeins machen, nur die Zuthat zu der frühern Bewußtſeinsthat ſein, durch die unſer Leib ſelbſt dazu gemacht wurde.

Jacobi ſagt: „Er, der das Auge gemacht hat, ſollte er nicht ſehen, er, der das Ohr gemacht hat, ſollte er nicht hören?“ Und ich ſage, Er, der das Auge gemacht hat, ſollte er nicht mehr ſehen, als der das Fernrohr gemacht hat, dem Auge blos zur kleinen, für ſich bedeutungsloſen, Nachhülfe? Er, der das Ohr gemacht hat, ſollte er nicht mehr hören, als der mit einem Hörrohr kaum den kleinſten Fehler des Ohres zu beſſern vermag?

In der That, wenn wir Werkzeuge machen, um in die Natur außer uns zweckmäßig einzugreifen, dürfen wir uns andrerſeits ſelbſt als Werkzeuge anſehen, welche die gottbeſeelte Natur gemacht hat, in ſich zweckmäßig einzugreifen. Unſer äußeres Eingreifen in ſie iſt eben für ſie ein inneres. Wir ſind innere Werkzeuge derſelben, die ſie mit Bewußtſein braucht; ſie braucht ſie eben mittelſt unſres Bewußtſeins. Alle äußere Werkzeuge nun, die wir mit Bewußtſein zweckmäßig brauchen, haben wir auch mit Bewußtſein zweckmäßig machen müſſen. Ihre Brauchbarkeit hängt weſentlich daran. Nur, ſofern es äußere Werkzeuge ſind, können wir ihnen nicht unſer Bewußtſein mittheilen, oder können ſie nicht unſer Bewußtſein theilen, weder das, womit wir ſie machen, noch womit wir ſie brauchen. Aber es gehörte jedenfalls nicht weniger Bewußtſein dazu, ſie zweckmäßig zu machen, als zu brauchen. Sollte es nun bei den innern Werkzeugen der Natur anders ſein können; das innerliche Machen weniger Bewußtſein fordern, als das äußerliche Machen, wenn doch das innerliche Brauchen ſo viel fordert, als das äußerliche Brauchen? Nur der Unterſchied wird ſein, daß, weil wir nicht äußere, ſondern innere Werkzeuge der Natur, ſie uns auch etwas von ihrem Bewußtſein wird haben mittheilen, oder wir ihr Bewußtſein theilen können; was von unſern äußern Werkzeugen in Bezug zu uns nicht gilt. Es iſt in jedem Fall ſonderbar zu glauben, daß weniger Bewußtſein dazu gehörte, ein bewußtes, als ein unbewußtes Werkzeug zu ſchaffen. Vielmehr muß das Bewußtſein des innerlich gemachten Werkzeuges ſelbſt für das Bewußtſein des innerlich Machenden beweiſen.

Bei uns gehört mehr und höheres Bewußtſein dazu, eine ganze Werkſtatt in zweckmäßigem Zuſammenhange einzurichten oder die einzelnen Werkzeuge darin in paſſendem Bezuge zur geſammten Werkſtatt zu erfinden, als dann ein einzelnes Werkzeug darin zu beſondern Zwecken zu brauchen. Auch hievon werden wir das Entſprechende für das innere Machen und Brauchen der Werkzeuge der Natur annehmen können, in welches unſer äußeres Machen und Brauchen ſelbſt mit fällt. Wir ſind im Zuſammenhange der ganzen Werkſtatt der Natur zweckmäßig erfunden und eingerichtet worden, und dienen nun jeder beſondern Zwecken darin. So wird auch ein höheres Bewußtſein dazu gehört haben, uns in jenem allgemeinen Zuſammenhange zu machen, als nachher im Beſondern zu brauchen. Und nur das Bewußtſein dieſes Gebrauches iſt unſres.

Wenn wir etwas erſt machen und dann brauchen, beginnt das Bewußtſein des Brauchens erſt, nachdem das Werkzeug fertig, in einem neuen beſondern Acte, und es iſt eine andre Form des Bewußtſeins die des Brauchens, als des Machens, obwohl Beides, das Bewußtſein des Brauchens und des Machens, in denſelben Geiſt fällt.

So gab es denn auch bei der Schöpfung des Menſchen unſtreitig einen beſondern Act, in welchem das Bewußtſein des Gebrauches ſeiner organiſchen Einrichtung als ſein eigenes Bewußtſein erwachte, nachdem die Einrichtung ſelbſt früher mit einem allgemeinern Bewußtſein in einem allgemeinern Zuſammenhange geſchehen. Mit dem Bewußtſein, was ihm ſo aus dem Allgemeinbewußtſein als ſein Eigenthum gekommen, was ſeine Habe darin vorſtellt, führt dann der Menſch die allgemeinen Zweckeinrichtungen, in Zuſammenhang mit denen er gemacht wurde, im Beſondern fort, indem er die Natur ſich, und ſich der Natur immer mehr anzupaſſen ſucht. Sein Bewußtſein kann ſo als eine Specialiſirung, eine Fortentwickelung des allgemeinen Bewußtſeins in das Beſondere verſtanden werden, nicht aber als eine Ausgeburt des Unbewußtſeins.

Daß ſich die Analogie zwiſchen uns als innern Werkzeugen der Natur und unſern äußern Werkzeugen ſo weit durchführen läßt, hängt ſelbſt nur daran, daß ſich unſer Schaffen äußerer Werkzeuge als Fortſetzung des innern Schaffens der Natur, durch das wir ſelbſt und die Verhältniſſe um uns hervorgingen, anſehn läßt: für die Natur ſind auch unſre äußern Werkzeuge innere Werkzeuge, und mit demſelben allgemeinen Bewußtſein, mit dem ſie unſer Bewußtſein begreift, greift ſie auch über den Gebrauch unſrer äußern Werkzeuge hinweg, obſchon ſie keins für ſich ſelber haben.

Warum aber erreichen dann die Werkzeuge und Werke, die wir ſchaffen, doch an Vollendung nicht das, was wir ſelbſt in uns geſchaffen mitbekommen? Sollte ſich nicht, wenn wir uns als Werkzeuge anſehen dürfen, welche eine gottbeſeelte Natur erſt ſchuf, um dann weiter damit an ſich fortzuarbeiten, die Zweckmäßigkeit durch unſer Wirken vielmehr ſteigern? Aber es iſt auch der Fall: denn ſo ſehr unſre Hände, Beine, Augen das Vollkommenſte überbieten, was wir ihnen noch zur Hülfe ſchaffen können, kann doch durch Zufügung von Maſchinen, von Schiff und Wagen zu erſtern, von Fernrohr und Mikroskop zu letztern, die Leiſtung derſelben noch gar ſehr geſteigert werden. Nur müſſen wir all das eben blos als Steigerungsmittel, Zuſatzmittel zu der an ſich viel bedeutſamern und vollendetern Grundlage anſehen, die unter der Herrſchaft eines höhern Bewußtſeins entſtanden. Für ſich iſt alles das nicht nur minder vollkommen als Hand und Fuß und Auge, ſondern vermag ohne das überhaupt nichts zu leiſten. Ein Pfund wächſt durch ein Loth; aber das Loth iſt darum doch kleiner als das Pfund; ſo wächſt das Pfund der mit göttlichem Bewußtſein geſchaffenen Zweckeinrichtungen durch das Loth, was wir mit unſerm Bewußtſein hinzufügen; obwohl das Loth an ſich viel kleiner iſt.

Und ſehr begreiflich, daß wir nur ein Loth zur Zweckmäßigkeit der göttlichen Schöpfungen zulegen können, weil unſer Geiſt ja ſelbſt nur ein Loth vom Centner des göttlichen Geiſtes. Dazu iſt das, was wir an unſern eigenen Werken noch mangelhaft finden, es weſentlich mit deshalb, weil wir in unſerm Schaffen durch allgemeinere, über uns hinausgreifende, Zweckrückſichten gehemmt und gebunden ſind. Viel Hinderniſſe der Natur, die wir nicht recht zu überwinden wiſſen, ſollen auch nicht überwunden werden, weil ſie allgemeinern Zwecken dienen.

Wie ſtellt ſich das alles dagegen in der andern Anſicht, nach welcher des Menſchen Bewußtſein, anſtatt der Sproß aus dem Stamm eines höhern Bewußtſeins zu ſein, vielmehr aus einem Stamm von Unbewußtſein kommt, ſein Leib durch unbewußte Naturkräfte gebildet wird und erſt im fertigen das Bewußtſein hervorbricht, ohne vorgängige bewußte Schöpferthätigkeit? Da giebt es zweimal zwei Weiſen des zweckmäßigen Schaffens, die ſich nicht wie bei uns unter ein höheres Princip einigen wollen. Einmal wird Zweckmäßiges in Unbewußtſein geſchaffen, ſo des Menſchen Leib, und dann wird wieder Zweckmäßiges mit Bewußtſein geſchaffen, ſo das Schiff vom Menſchen, und das bewußt Geſchaffene iſt weniger vollkommen, als das unbewußt Geſchaffene, die kleine Zuthat der Zweckmäßigkeit erfordert mehr und höheres Bewußtſein, als die große That, die gar keins fordern ſoll; das Unbewußtſein iſt weiſer als das Bewußtſein. Und ferner tritt ein Gegenſatz auf zwiſchen innerer und äußerer Zweckmäßigkeit im Schaffen, ohne Aufhebung in einer höhern Einheit. Des Menſchen Leib baut ſich ſelbſt zweckmäßig zu Dienſten des ihm einſt kommenden Bewußtſeins, das Schiff wird zweckmäßig gebaut durch ihm fremdes und zum Dienſt von fremdem Bewußtſein. Nach uns dagegen fällt Menſch und Schiff und Alles zuletzt in eine im Ganzen gottbeſeelte Natur und dient alle Einrichtung darin demſelben höchſten Bewußtſein, aus dem ſie hervorging, und ging Alles aus demſelben Bewußtſein hervor, dem es wieder dient.

Es iſt aber wichtig, des Nähern zwiſchen der erſten Schöpfung des Menſchen durch Gott und ſeiner ſpätern Wiederholung zu unterſcheiden.

Blicken wir auf die Schöpfungen, die durch den Menſchen ſelbſt bewirkt werden, ſo finden wir, daß ein ſehr verſchiedener Bewußtſeinsgrad ſtatt findet, je nachdem er etwas das Erſtemal zweckmäßig ſchafft, erfindet, oder ein Erfundenes nur wiederholt, mögen wir von äußern oder innern Erfindungen ſprechen. Mit welcher Aufmerkſamkeit und welcher Anſpannung des Bewußtſeins bildet ein Künſtler das erſtemal eine Statue, ſchreibt ein Schriftſteller ein Buch, erfindet Jemand eine zweckmäßige Maſchine, entwickelt jemand eine gewiſſe Schlußfolge; aber nur die erſte Findung und Erfindung koſtete dieſe Anſpannung; dann wird von ihm oder Andern die Statue tauſendmal abgegoſſen, das Buch tauſendmal abgedruckt, die Erfindung tauſendmal nachgemacht, die Schlußfolge tauſendmal wiederholt; halb oder ganz ohne fernere Aufmerkſamkeit und Anſpannung des Bewußtſeins. So mag es auch mit dem Bau des Menſchen und allen zweckmäßigen Naturbauten ſein. Die erſte Findung und Erfindung des Menſchen, die zweckmäßige neue Einrichtung deſſelben geſchah ſicher mit einem erhöhten Bewußtſein, aber wenn der Menſch ſich wiederholentlich immer von Neuem erbaut, wird eben nur das, was neu an jedem Menſchen iſt, ſich auch mit neu erhöhter Spannung des Bewußtſeins hervorbilden. Auch geſchieht jede Schöpfung eines Neuen mittelſt andrer materieller Proceſſe als die Wiederholung. So wie der erſte Menſch aus der Natur herausgezeugt wurde, wird er jetzt nicht mehr gezeugt. Und wenn überall zu andern geiſtigen Proceſſen andre materielle leibliche gehören, ſo konnte auch umgekehrt an die andern materiellen Proceſſe jener Urſchöpfung ſich ein andrer Bewußtſeinsgrad knüpfen, als an die heutigen Nachbildungen des Menſchen. Sind es doch ſicher auch ganz andre Proceſſe, die im Gehirn eines Dichters vorgehn, wenn er ſein Gedicht das erſtemal ſchafft, und wenn er oder Andre es nur wiederleſen. Im Uebrigen iſt in jeder Wiederholung, ſofern ſie nicht reines Beharren, ſondern Erneuerung des Frühern, mindeſtens etwas relativ Neues in Verhältniß zum unmittelbaren Vorher, woran ſich auch eine erneute Erhöhung des Bewußtſeins knüpfen kann, nur nicht vergleichbar der, die den erſten Schöpfungsact begleitete und beherrſchte.

Der Grund, daß die Wiederholung einer Leiſtung ſo viel unbewußter, als das erſte Zuſtandekommen derſelben erfolgt, liegt darin, daß mit der erſten Leiſtung ſchon Anlagen, Einrichtungen, Werkzeuge, Hülfsmittel entſtanden ſind, die der Wiederholung die Richtung, der Leiſtung die Form geben helfen, welche der Zweck verlangt. Nun forderte es aber, ehe ſolche da waren, ſelbſt erſt bewußte Thätigkeit, ſie im Sinne des Zweckes hervorzubringen, und dieſe bewußte Thätigkeit iſt nun nicht noch einmal in ſelber Art von Nöthen. Die Statue, das Buch, die Maſchine, ungekannte Einrichtungen in uns ſelbſt ſind ſolche Anlagen, die als Reſiduen, Denkmale, Zeugniſſe früherer bewußter Thätigkeit außer und in uns hinterblieben. Dies Princip greift tief in uns hinein, wie weit über uns hinaus; Gewöhnung, Uebung, alle Ausarbeitung unſrer Anlagen, aller Erwerb von Fertigkeiten in uns hängt am Erwerbe ſolcher innern Einrichtungen. Was aber davon über uns hinausgreift, iſt immer blos etwas, was analog als in uns in einem größern geiſtig-leiblichen Weſen Platz hat.

So iſt nun auch mit dem einmal gebildeten Menſchen eine Einrichtung, Anlage in die Welt gebracht, welche die ſpätere Wiederhervorbringung erleichtert, indem ſie die geſtaltenden Thätigkeiten in beſtimmte Bahnen lenkt, und hiemit an dem Bewußtſein erſpart, was das erſtemal nöthig war, dieſe Anlage zu geſtalten.

Auch bei den Inſtincten der Thiere mag dies Princip in Betracht kommen. Es zeigt ſich, daß den Thieren vieles von Fertigkeiten und Erkenntniſſen angeboren, alſo ohne ihr Bewußtſein zugewachſen iſt, was wir erſt mühſam auf bewußtem Wege uns erwerben müſſen; der Spinne die Kunſtfertigkeit des Spinnens, das Wiſſen, wie ſie ihren Raub zu ergreifen und zu behandeln hat; der Biene die Kunſt des Bauens, das Wiſſen, wo ſie Honig zu ſuchen hat. Die Thiere machen und finden das, worauf ihr Inſtinct einmal eingerichtet iſt, als hätten ſie es gelernt; wie wir umgekehrt das, was wir einmal gelernt haben, machen und finden, als hätten wir einen Inſtinct dazu, als hätten wir es nicht zu lernen brauchen. Die Anſpannung des Bewußtſeins, mit der wir es lernen mußten, fällt beim ſpätern Gebrauche weg, und wird nur zu einem neuen Fortſchritt, einer neuen Abänderung wieder erfordert. Aber ohne Lernen wären wir nie dazu gelangt, die Noten ſo ohne Bewußtſein vom Blatte wegzuſpielen. Mich dünkt, wenn die erlernten Fähigkeiten und Fertigkeiten doch ſo ganz den inſtinctiven gleichen, ſo iſt der wahrſcheinlichſte Schluß, den wir machen können, der, daß auch die Natur die inſtinctiven Fähigkeiten und Fertigkeiten ihrer Thiere erſt erlernen mußte, mit Bewußtſein erlernen mußte, um ſie nachher mit halbem Unbewußtſein anzuwenden; daher es auch ſo lange gedauert hat, ehe ſie es bis zur Schöpfung der Thiere brachte. Und an jeder frühern Thierſchöpfung lernte die Natur etwas Neues, worauf ſie in der ſpätern fortbaute. Gott ſinnt und findet fortgehends Neues.

Er ſchüttelt die Dinge nicht ſo aus dem Aermel, wie Manche meinen; ſondern unſtreitig ein viel tieferes Denken und Sinnen als unſres ſchafft Werke von immer größerer Vollkommenheit; jede ſeiner frühern Schöpfungen wird ihm eine Baſis neuer Erfindungen; er lernt nur von ſich; aber er lernt wirklich durch ſich. Wie langweilig wäre auch ſonſt das Leben Gottes.

Es iſt nicht nöthig, daß die gottbeſeelte Natur die inſtinctiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, die ſie ihren Thieren eingebiert, zuerſt in und an dieſen Thieren ſelber erlernte; wir können Manches in andrer Form erlernen und in andrer Form ausüben. Aus vernünftiger und zweckvoller Combination vieler Beſonderheiten im Denken und Thun gewinnen wir das Vermögen neuer Beſonderheiten, was dann erſt durch Wiederholung zur inſtinctiven Fertigkeit wird. So konnte die Natur durch Combinationen, die vor ihren erſten Thieren da waren, zur Einrichtung dieſer ſelbſt und ihrer Lebensweiſe gelangt ſein; und durch neue Combinationen dieſer einfachſten Thiere und ihrer äußern Verhältniſſe zu zuſammengeſetztern organiſchen Erfindungen. Daß dieſe Erfindungen wirklich der Erfolg zweckvoller Combinationen ſind, beweiſt ſich aus dem teleologiſchen Zuſammenhange ſelbſt, in dem ſie unter ſich und mit der Außenwelt ſtehen. Jedenfalls werde ich erſt dann glauben, daß die Spinne ſo in halbem Unbewußtſein ihr Netz webt, ihre Fliegen fängt, ohne daß die Natur einmal mit Bewußtſein darauf gekommen iſt, ſie hiezu einzurichten, wenn ich einen Weber ſehen werde, der ſeine Leinewand webt, ohne daß ein Bewußtſein vorhergegangen, was das Weben erfunden und ihn gelehrt hat. Der Unterſchied zwiſchen der Spinne und dem Weber iſt nur der, daß daſſelbe Erzeugniß eines frühern Lernens in die Einrichtung der Spinne ſchon bei der Geburt verwebt iſt, was der menſchliche Weber erſt ſelbſt hineinverweben muß, indem er das Weben erlernt. Aber das Bewußtſein des Lernens, was wir in der Spinne vermiſſen, gehört dem größern Weber an, von dem die Spinne ſelbſt nur ein Glied; und das Lernen des Menſchen iſt ſelbſt einerſeits ein Theil, anderſeits ein Abbild ſeines Lernens.

Die Anlagen, Einrichtungen in uns, die als Reſte bewußter Thätigkeit hinterblieben, können für ſich unbewußt heißen, ſind aber eigentlich gar nicht für ſich zu faſſen;

gehn vielmehr weſentlich form- und richtungsgebend in unſere ganze fernere bewußte Thätigkeit mit ein, tragen zur Geſtaltung derſelben weſentlich mit bei, ja ſind Bedingung, Baſis neuer und höherer Bewußtſeinsphänomene. Denn wenn das Bewußtſein einmal gethaner Leiſtungen bei Wiederholung derſelben immer mehr zurücktritt, ſo wird doch der Geiſt damit nicht unbewußter überhaupt, ſondern bethätigt ſich nun in der fortgehenden Ausarbeitung und Abänderung, höherer Verwendung und Combination des bisher Erwirkten und Geläufig gewordnen. Haben wir ſo geläufig leſen gelernt, daß es keiner Anſpannung des Bewußtſeins mehr bedarf, die Buchſtaben zu erkennen, fängt der Sinn der Schrift an uns zu beſchäftigen, indem die Kenntniß der Buchſtaben als unbewußte Baſis dieſer höhern Thätigkeit mitwirkt; haben wir erſt mit Anſpannung des Bewußtſeins die Regeln des Rechnens gelernt, ſo üben wir ſie dann unbewußt in Anwendungen und fangen wohl an, höhere Regeln darüber zu ſuchen. So geht immer das für ſich Unbewußte theils in allgemeinern Bewußtſeinsphänomenen auf, theils in höhere ein, ja iſt eine weſentliche Mitbedingung des höhern Bewußtſeins ſelbſt, da, wenn das höhere Bewußtſein dieſe Baſis nicht hätte, es vielmehr als niederes Bewußtſein erſt thätig ſein müßte, ſolche zu ſchaffen.

Unzähliches in der Natur, ja wohl Alles, was wir von feſten an ſich unbewußten Einrichtungen und Werken in der Natur bemerken, kann aus dem Geſichtspuncte des Reſiduums eines dereinſt bewußten Proceſſes zu betrachten ſein, der ſo zu ſagen darin erſtarrt, kryſtalliſirt iſt, wie denn die Naturwiſſenſchaft wirklich annimmt, daß alles

Feſte einſt flüſſig und beweglich war, und erſt allmälig erſtarrte. Da nun das jetzt Feſte noch flüſſig und beweglich war, noch ununterſcheidbar mit einging in ein Syſtem, in dem ſich Organiſches und Unorganiſches noch nicht geſchieden hatten, trug es auch durch ſeine Bewegungen ſelbſt zu den Bewußtſeinsphänomenen dieſes Syſtems bei, in ſo weit überhaupt zu allen Bewußtſeinsphänomenen leibliche Bewegungen als Unterlage gehören; nun trägt es durch die feſten Richtungen dazu bei, die es den bewußten Bewegungsproceſſen ertheilt, und dadurch, daß es eine höhere Entwickelung der Bewußtſeinsproceſſe geſtattet. So bewegt ſich das bewußte Menſchen- und Thierreich jetzt nur in Zuſammenhang mit dem feſten Boden, und all' ihr Leben, Weben nimmt Richtung, Einfluß davon an und konnte ſich nur auf Grund dieſes feſten Bodens entwickeln: aber einſt gab es noch keinen feſten Boden auf der Erde, und das Bewußtſein knüpfte ſich damals noch an Bewegungsproceſſe, unter deren Einfluß die ganze Erde ſelbſt ſich zuerſt zu gliedern begann, in deren Folge zuerſt der feſte Boden ſich ausſchied. So kann man überhaupt ſagen, Gott hat von Anfange an ſeinen Leib mit Bewußtſein erbaut, und in dieſen Bau fällt auch der Erde und des Menſchen Bau.

Nach Allem hat man ſehr Unrecht, im Unbewußtſein einſeitig die Urmutter des Bewußtſeins zu ſuchen. Eher iſt es umgekehrt. Statt daß das Bewußte urſprünglich aus dem Unbewußten käme, kommt das Unbewußte aus dem Bewußten; einmal, indem jede erſte Schöpfung von etwas Neuem mit hellem Bewußtſein geſchieht, jede Wiederholung aber, ſoweit ſie nur Altes wiedergiebt, in's Unbewußtſein oder Halbbewußtſein tritt; und ferner, indem der bewußte Proceß an ſich unbewußte Reſiduen in mehr oder weniger feſten Anlagen, Einrichtungen hinterläßt. Alles dies Unbewußte ſelbſt aber iſt unbewußt nur, indem es in einem allgemeinern Bewußtſein aufgeht (vgl. S. 260), und Grund zu einer höhern Fortentwickelung deſſelben giebt; ja es iſt eine weſentliche Bedingung dieſes höhern Bewußtſeins, was ohne dies Unbewußte gar nicht ſo hoch ſteigen könnte.

Zwar mag Bewußtes auch aus Unbewußtem hervorgehn, Wachen aus Schlaf, aber nur aus ſolchem, das ſelbſt erſt aus Bewußtem hervorgegangen und noch in etwas allgemein Bewußtes mit eingeht. Nur aus dem Bewußtſein gekommenes und noch in einem allgemeinern Bewußtſein aufgehendes Unbewußtſein kann wieder in Bewußtſein übergehen. Im Unbewußtſein an ſich ſelbſt liegt keine Kraft bewußt zu werden; wäre die Welt von Anfang an unbewußt geweſen, ſie wäre es ewig geblieben; ein Stein erwacht nie aus ſeinem Schlummer; aber der Menſch thut es, ſofern er ſchon Bewußtſein vor dem Schlummer hatte, und das, was ihn einſchließt, noch Bewußtſein hat.

Freilich, man weiſt hin auf das Ei, aus deſſen unbewußtem Dunkel ſich das bewußte Hühnchen entwickelt, auf den Leib des Menſchen ſelbſt, in deſſen ſo ganz unbewußt entſtandener zweckvoller Organiſation das Bewußtſein erſt als Krone bei der Geburt hervorbricht. So, ſagt man, wird es ſein mit allem Bewußtſein in der Welt. Was könnte ein beſſeres Bild für die ſich aus ſich ſelbſt entwickelnde Welt darbieten, als ein ſich aus ſich ſelbſt entwickelnder Organismus. Hier iſt Erfahrung, einfach, baar: verallgemeinern wir ſie nur.

Ja, thun wir es, nur ſehn wir uns erſt etwas um: verallgemeinern wir nicht ein Stück, wo ſich's um ein Ganzes handelt.

Nicht lange will ich zuvörderſt dabei verweilen, daß wir von Erfahrung eigentlich hier gar nichts haben, ſondern blos eine Deutung im Cirkel. Ob nicht der Entwickelungsproceß des Hühnchens im Ei, des Fötus im Mutterleibe an einem empfundenen inſtinctiven Geſtaltungstriebe hängt, darüber iſt ja gar keine Erfahrung möglich, alſo auch keine Grundlage der Theorie aus der gegentheiligen Annahme zu machen, weil das Erinnerungsvermögen in den Geſchöpfen überhaupt erſt nach der Geburt erwacht, das Kind ſelbſt von mehrern Jahren nach der Geburt keine Erinnerung mehr behält, alſo um ſo weniger von einem Jahre vor der Geburt, auch wenn Empfindung wäre. Doch laſſen wir die Vorausſetzung immer gelten; denn höchſtens könnte doch von einem ſehr ſinnlichen Bewußtſein hier die Rede ſein. Aber ich frage dagegen; wo ſah man je ein Ei, aus dem eine bewußte Henne kam, anders als wieder aus einer bewußten Henne entſtehen? wo ein Kind, das einſt bewußt werden ſollte, anders als von einer bewußten Mutter geboren, durch einen bewußten Vater gezeugt ſein? Gehört es denn nicht überhaupt eben ſo zum Begriffe eines Eies gelegt zu ſein, eines Kindes geboren zu ſein, als ſich wieder zu einem legenden, gebärenden Weſen zu entwickeln? [illegible] ſteht nicht eben das Bewußtſein, was ſich in letzterem entwickelt, in Beziehung mit dem des Weſens, aus dem das neue Weſen ſelbſt entwickelt iſt? Jedenfalls wäre es ganz untriftig, die Welt von Anfang an einſeitig blos mit einem gelegten Ei zu vergleichen. War die Welt von Anfang an ein Ei, ſo war ſie eben ſo ſehr die Henne dazu; denn wer hätte das Ei der Welt gelegt? ſie hat ſich ſelbſt gelegt. Kein Vogel war vor ihr da, kein Neſt neben ihr. Zum Ei aber gehört Vogel und Neſt. Was das Ei außer ſich hat, weil es noch in der Welt, das kann die Welt eben nur in ſich haben. So kann ſie nur als Vogel, Ei und Neſt in Eins gefaßt werden. Was ſich in der Welt der Endlichkeiten auseinanderlegt, theils nach, theils neben einander, wie Ei und Henne und Neſt, das muß im Grund und der Umfaſſung alles Vor und Nach und Neben zugleich geſucht werden, alſo zum Unbewußtſein des Eies auch das Bewußtſein der Henne. Wie läßt ſich das vereinigen? nicht andeks, als im bewußten Geſchmack der Speiſen unbewußt der des Salzes liegt. Wir haben das ja oft betrachtet. Das Unbewußtſein widerſpricht ja nicht dem Bewußtſein, ſondern iſt etwas, was im allgemeinern Bewußtſein ununterſcheidbar mit enthalten; doch iſt es nicht ohne Bewußtſein. (Vgl. S. 260). Nun läßt ſich das erſt unbewußt im Bewußtſein Eingeſchloſſene wohl nachmals noch beſonders zum Bewußtſein bringen; aber nicht weil es unbewußt wär, wird es bewußt, ſondern weil das allgemeine Bewußtſein ſich in Beſonderheiten auseinanderlegt und wandelt, die man nun als unbewußt ſchon früher darin enthalten bezeichnet. So ſchloß die bewußte Henne der Welt von Anfang an ein Ei des Unbewußten unerkennbar in ſich ein, doch entſprang nicht daraus; auch kann ſie es nicht außer ſich legen, da iſt kein Platz: ſie bleibt ewig mit das Neſt dazu. Nur in ihr legt manche endliche bewußte Henne ein unbewußtes Ei neben ſich, und erzeugt die bewußte Henne das unbewußte Ei und dieſes wieder die bewußte Henne.

Das Bewußtſein der endlichen Geſchöpfe iſt überhaupt eine periodiſche Function, indem es immer von Zeit zu Zeit mit Unbewußtſein wechſelt. Aber wenn man daraus ſchlöſſe, daß es ſo auch mit dem ganzen Weltbewußtſein ſei, ſo irrte man; denn die Periodicität für das Einzelne hängt von Umläufen und Oscillationen innerhalb des Ganzen ab. So haben wir's ſchon früher im Materiellen gefunden (S. 126), und es iſt nicht anders im Geiſtigen. Wenn der Menſch mitunter ganz und gar ſchläft; hat man auch je die Welt ganz und gar ſchlafen, oder im Ganzen zwiſchen Schlaf und Wachen wechſeln geſehen? Wenn Amerika ſchläft, wacht Europa, und wenn Europa wacht, ſchläft Amerika. Die Welle des Bewußtſeins zieht ſo zu ſagen durch den einzelnen Menſchen hindurch und vorüber, wie die Fluthwelle des Meeres bei ihm anlangt und vorübergeht, der Tag zu ihm kommt und geht; aber was bei ihm vorüber iſt, iſt darum noch nicht weg. Je mehr wir vom Einzelnen auf's Ganze gehn, deſto mehr erſcheint als Abänderung der Vertheilung, was für das Einzelne als Aenderung der Größe erſcheint.

Das Bewußtſein der Welt muß überhaupt zu kurz kommen, wenn man, wie es nur zu gewöhnlich iſt, alles

Wirken der Natur unbewußt hält, was nicht in *unſer* Bewußtſein fällt, und Erfahrungsweiſe da ſucht, wo ſich nach der Natur der Sache gar keine Erfahrung machen läßt; wenn man nicht darauf Rückſicht nimmt, daß, was unbewußt des beſondern Produkts geſchieht, im Bewußtſein eines allgemeinern Producirenden begründet und noch in ſolchem enthalten ſein kann und die vielen ſchönen und zweckmäßigen Einrichtungen der Menſchen und Thiere, die jetzt wirklich ohne Sonderbewußtſein entſtehn und wirken mögen, auch ohne Weiteres mit Unbewußtſein *zuerſt* erfunden und eingerichtet denkt. Dann kann es freilich ſcheinen, das Bewußtſein ſei nur das Erzeugniß oder der Nachtreter des Unbewußtſeins; dann kann das Unbewußtſein ſo weiſe oder weiſer erſcheinen als das Bewußtſein; denn gewiß die Bildung des Kindes im Mutterleibe iſt mit einer „Weisheit, Macht und Schönheit" erfolgt, der das erſt nachträglich darin erwachende Bewußtſein des Kindes ſelbſt nie wird vollſtändig nachkommen können.

In gewiſſem Sinne zwar wird ſich immer davon ſprechen laſſen, daß Vieles, ſelbſt von den zweckmäßigſten Thätigkeiten und Einrichtungen der Natur, im Unbewußten vor ſich gehe und entſtehe. Mein Gedankengang kann noch ſo vernünftig in ſich ablaufen, meine Phantaſieenwelt noch ſo ſchön ſein, mein Bewußtſein noch ſo hoch geſteigert ſein: aber die zweckmäßigen Bewegungen in meinem Gehirn, die dazu gehören, mit deren Stocken all dies ſtocken würde, von dieſen weiß ich unmittelbar gar nichts, weil ſie eben nicht als ſolche Sache der Selbſterſcheinung ſind. Was ich davon wahrnehme, nehme ich vermöge meines innern Standpunctes dagegen eben nur in Form von Gedanken und Phantaſiebildern wahr; oder ſie erſcheinen ſich ſelbſt eben nur in dieſer Form und es bedurfte nicht nur eines Gegenüberſtehenden, ſondern auch einer ſorgfältigen Zergliederung menſchlicher Gehirne und Analyſe von viel tauſend ſichtbaren Ausläufern der Gehirnthätigkeit im Leben, um nur darauf zu kommen, daß mit meinen Gedanken etwas weſentlich im Gehirn mitgeht. Ich war mir alſo in ſofern dieſer Bewegungen nicht bewußt. In ſolchem Sinne wird Anfangs Alles in der Natur unbewußt, im Grunde aber vielmehr ungewußt geweſen ſein, was nicht unmittelbar in die oberflächliche ſinnliche Anſchauung fällt, ſondern erſt der Zergliederung von Seiten der Geſchöpfe ſich allmälig blos legt; wozu auch wäre dieſe Zergliederung ſonſt in der Welt, wenn ſie nicht diente, was bisher unbewußt oder ungewußt war, gewußt zu machen. Als Gottes Geiſt Geſchöpfe ſchuf, war mit ihren erſten Augenaufſchlag die Erſcheinung ihres Leibes und die Erſcheinung der Natur, worin alle Leiber inbegriffen, für ſie, und durch ſie für ihn, ſofort gegeben, aber eben nur die oberflächliche, wie ſie zuerſt in den erwachenden Sinn fällt. Die ganze geſchmückte Welt mit ihrer Farbenpracht und ihrem Regen und Weben, wie ſich's in den Augen von tauſend Geſchöpfen auf einmal ſpiegelt, ſchwebte im Erwachen aller dieſer Geſchöpfe auf einmal vor oder in Gottes Bewußtſein; aber die innerlich ſchaffenden Naturkräfte und in die dunkle Tiefe der Erde, des Meeres, des Leibes verſenkten, Naturvorgänge wirkten und waren in Gott von

Anfang an als ſolche unbewußt oder ungewußt. Gott brauchte im Schöpfungswerk die materiellen Kräfte und Mittel der Welt ſo, wie wir unſern Gehirn-, Nerven- und Muskelapparat brauchen; wir wollen etwas, und Gehirn, Nerven und Muskeln ſpielen zur Ausführung des Willens, ohne daß wir das materielle Gehirn-, Nerven- und Muskelſpiel dabei als ſolche vorſtellen, weil der Wille und Trieb zur Ausführung und das Gefühl der gelingenden Ausführung ſelbſt eben die Selbſterſcheinung des Gehirn-, Nerven- und Muskelſpiels iſt, das wir dann nach ſeiner äußern Erſcheinungsweiſe mühſam durch äußere Betrachtung und Zergliederung erforſchen und nie vollſtändig erforſchen werden. Nur wie ſich Arme und Beine an der Oberfläche ausnehmen, ſehen wir unmittelbar und ſtellen es unmittelbar beim Willen vor; das Innerliche zu erkennen, iſt erſt eine Sache darüber hinausliegenden Studiums, das Gott von Anfange nicht gemacht hat, weil er es nicht zur Schöpfung gebraucht hat. Die Kräfte folgten ihm von Anfange wie dem Kinde ſeine Gehirnfibern und Beine, ohne daß es deren Anatomie ſtudirte. So iſt Alles, was wir von der Natur in der Naturforſchung erſt allmälig ergründen, nicht ſo, wie es uns in der Wiſſenſchaft bewußt wird, in Gott vorweg bewußt geweſen, ſondern Gott hat unbewußt dieſer Kräfte und Mittel damit geſchaltet; unbewußt in ſofern, als er nicht um die Formen unſrer objectiven Vorſtellung davon wußte, ehe er dieſe ſelbſt in ſich entwickelte; aber bewußt in ſofern, als eine Selbſterſcheinung von all dem in ſeinem Bewußtſein war. Unſre Erforſchung des Innern der Natur, die immer nur mittelſt Bloslegung neuer Oberflächen ſtatt finden kann, fällt aber ſelbſt in die Fortbeſtimmung des göttlichen Bewußtſeins.

Schließen wir die Mannigfaltigkeit dieſer Geſichtspunkte und Betrachtungen durch eine allgemeinere ab.

Es würde ein ſehr wunderbares Zuſammentreffen ſein, daß die Natur ſich mittelſt ihrer Kräfte, die von Zweck und Abſicht gar nichts offenkundig in ſich ſchließen, mit einer ſo beſtimmten Tendenz zur Zweckmäßigkeit entwickelt, wenn man nicht an das Walten dieſer Kräfte eine derartige Tendenz verborgenerweiſe geknüpft halten könnte. Und es iſt für uns kein Hinderniß anzunehmen, daß dieſe, in den Kräften der Natur ſelbſt objectiv nicht erſcheinende, Tendenz in die geiſtige Selbſterſcheinung falle, welche dem Walten der Naturkräfte, die uns auf äußerm Standpunct der Betrachtung als ſolche erſcheinen, zugehört. So wenig eine Nervenerzitterung an ſich Empfindung iſt, aber der äußerlich erſcheinenden Nervenerzitterung gehört Empfindung als Selbſterſcheinung zu, ſo wenig ſind die materiellen Tendenzen der Natur an ſich Zwecktendenzen, als welche nur im Bewußtſein und für das Bewußtſein Geltung haben, aber es können ihnen ſolche als Selbſterſcheinung zugehören, und dem Geſetze der materiellen Erfolge jener Tendenzen ein Geſetz von Erfolgen für den Geiſt, die Selbſterſcheinung entſprechen.

Man kann dies noch etwas näher ſo erläutern.

Wir finden, daß in uns ſelbſt Alles, was den Charakter der Unluſt trägt oder uns aus dem Geſichtspuncte des Uebels erſcheint, grundgeſetzlich eine pſychiſche Tendenz mitführt, dieſe Unluſt, dies Uebelſcheinende zu beſeitigen, indeß das Luſtvolle, das, was uns als gut erſcheint[*], das Streben zu ſeiner Erhaltung oder Steigerung in uns erweckt. An die pſychiſche Tendenz iſt aber eine entſprechende phyſiſche geknüpft; wen es juckt, kratzt ſich, wer etwas Angenehmes ſieht, wendet ſein Auge dahin; wem eine Handlung gut dünkt, der bewegt ſeine Gliedmaßen danach, es ſei denn, daß ein Conflict mit gegenwirkenden Tendenzen, die unter daſſelbe Princip fallen, ein Uebergewicht in entgegengeſetzter Richtung gäbe, oder äußere Hinderniſſe vorhanden wären. Wir können nun annehmen, daß Alles, was ein Gefühl von Unluſt in die Welt bringt, nicht nur pſychiſche, ſondern auch hiemit zuſammenhängende, ja den Ausdruck derſelben darſtellende, phyſiſche Gegenwirkungen dagegen auslöſt, Alles dagegen, was ein Gefühl von Luſt in die Welt bringt, Wirkungen, die zur Erhaltung oder Steigerung der Luſt tendiren, und daß, da dies von Anfange nach einem durch die ganze Welt durchgreifenden, in ſich einſtimmigen Geſetze und nach allgemeinſten Beziehungen der Fall geweſen iſt, die Welt ſich von Anfange an zugleich pſychiſch und phyſiſch in dieſem Sinne geordnet habe und noch fortfährt, es zu thun. Freilich oft hat unſer Streben für uns nicht gleich Erfolg und jede Art des Erfolgs hinterläßt in unſerer Seele Nachwirkungen, wodurch Vorausſicht oder Vorgefühl des Künftigen und abgeänderte Richtung des Handelns für ſpätere Fälle erwächſt. So kann es auch in dem Weltgeiſte ſein, nur mit dem Unterſchiede von uns, daß die Erfahrung des Weltgeiſtes eine allgemeine, über die ganze Welt reichende, iſt, und demgemäß auch ſeine, darauf begründete, Vorausſicht oder ſein Vorgefühl einen allgemeinern und für die Beurtheilung der zukünftigen Weltverhältniſſe zureichendern Charakter tragen wird, als die unſrige, welchem gemäß er auch die beſten Maßregeln für die geſammte Welt darauf begründen kann, die nun freilich für unſre einzelnen und nächſten Intereſſen nicht immer als ſolche erſcheinen, ſo daß wir in tauſend Fällen glauben können, es gehe nicht zum Beſten und Weiſeſten im Ganzen her, während es doch nur nicht zum Beſten und Klügſten für uns im Beſondern und Nahen hergeht. Wir ſelbſt können uns im Einzelnen tauſendfach täuſchen, während Gott ſich im Ganzen nicht täuſchen kann, ja er nutzt unſre Täuſchung über unſere eigenen Intereſſen ſelbſt zum Mittel des Fortſchrittes im Ganzen. Wie nun die Erfahrung nach geiſtiger Seite in uns und in Gott geiſtige Nachwirkungen hinterläßt, die auf unſer künftiges Streben und Handeln einen Einfluß haben, ſo wird ſie nach der materiellen Seite auch die zugehörigen materiellen Nachwirkungen hinterlaſſen, welche den zugehörigen Einfluß auf die materiellen Erfolge äußern, ſo daß der Gang der Welt nach geiſtiger und materieller Seite zugleich die Richtung nimmt, wie wir ſie beobachten. Es hat keine Schwierigkeit, ſich das aus allgemeinem Geſichtspuncte vorzuſtellen, obſchon wir es nicht in's Beſondere verfolgen können; und die Erfahrung erhebt nirgends Widerſprüche gegen dieſe Betrachtungsweiſe, wenn ſie auch für ſich allein dieſelbe nicht begründen könnte.

---

[*] Wir können zwar etwas Luſtvolles verſchmähen und etwas Unluſtvolles wollen; aber nur um größere oder höhere Luſt zu erhalten oder zu gewinnen, größere oder höhere Unluſt abzuwenden. Luſt und Unluſt ſind hier in weiterem Sinne zu faſſen, ſo daß auch die Luſt und Unluſt des Gewiſſens mit darunter fällt. Vgl. meine S. 380 angeführte Abhandlung über das Luſtprincip des Handelns.

U. Ueber das Bedenken, daß Gottes Geiſt durch Anknüpfung an die Natur mit der Schwere derſelben belaſtet, durch die Nothwendigkeit derſelben gefeſſelt werde.

Nach uns iſt Gott als Geiſt ſo feſt an ſeine materielle Welt gebunden und dieſe hinwiederum an Gott, daß beider Thätigkeit nur mit und durcheinander beſteht. Indem man ſich ſcheut, dies zuzugeſtehen, hat man zwei Beſorgniſſe, die ſich eigentlich ſelbſt aufheben ſollten und aufheben würden, überlegte man nur recht, daß ſie ſich widerſprechen: einmal Gott mit der Schwere der Natur zu belaſten, durch die Nothwendigkeit derſelben zu feſſeln, dann wieder die Natur durch die Freiheit Gottes geſetzlos, zügellos zu machen.

Wie, ſagt man, wenn ein Gedanke Gottes nicht gehen kann, ohne daß etwas in der Natur mitgeht, und nur nach Maßgabe gehen kann, wie es in der Natur mitgeht, Gott ſich nach den Geſetzen der Natur vielmehr richten muß, als ſie zu beherrſchen, kann die freie geiſtige Bewegung Gottes noch beſtehen? wird ſie nicht unter der Trägheit der mitzunehmenden Materie erlahmen, dem Zwang der Naturnothwendigkeit erliegen?

Wie läßt ſich anderſeits das Geſetz und der geſetzliche Gang der Natur, an den der Naturforſcher ſich gebunden achtet, noch halten, wie iſt noch eine Naturwiſſenſchaft möglich, wenn die wirkenden Gründe der Natur mit den geiſtigen Gründen Gottes immer in Conflict kommen, ſeine Freiheit jeden Augenblick das geregelte Spiel ihrer Kräfte abändern kann?

Demgemäß ſucht man Gott und Natur möglichſt von einander zu befreien, und glaubt, je weiter man ſie aus einander halte, ſo beſſer ſei beiden gedient, ſo reiner trete beider Machtvollkommenheit hervor; und weil man ſie doch nicht ganz trennen kann, faßt man wenigſtens ihr Verhältniß zu einander ſo loſe und äußerlich als möglich. Die Natur bleibe immer etwas außer Gott, ja außer Gott zu ſein, das ſei ihr Weſen; ſie ſei höchſtens ein Abdruck, nicht ein Ausdruck ſeines Weſens.

Aber gerade darin, daß man das Verhältniß der Natur zu Gott ſo halb, ſo äußerlich faßt, liegt die ganze Gefahr, die man vermeiden will. Um Gott ganz frei und leicht zu machen, und zugleich die Naturgeſetzlichkeit vor jedem ſtörenden Eingriff ſeiner Freiheit zu bewahren, muß man entweder Gott und Natur ganz von einander losmachen, ganz außer Bezug zu einander ſetzen oder beide ganz feſt und unmittelbar an einander binden, die Natur in Gott, Gott in Natur geradezu immanent ſetzen. Erſtres kann oder will man nicht, denn ſelbſt indem man die Natur außer Gott ſetzt, wagt man doch nicht, ihren Bezug zu ihm aufzugeben; letztres könnte man, hielte man nicht die Schwierigkeit, die ſchon die äußerliche Verknüpfung von Natur und Gott für Gottes Freiheit und der Natur Geſetz mitführt, für eine Warnung, dieſe Verknüpfung noch feſter, noch inniger zu faſſen. Und indem man die Schlinge lockern will, tritt man in dieſelbe.

Wie iſt es mit uns ſelbſt? Eine Laſt von vierzig Pfund auf dem Rücken möchte uns wohl ſchwer dünken, mit dem Körper auch den Geiſt bedrücken und ſeinen freien Gang hemmen, ſollten wir ſie beſtändig tragen; aber dünkt uns denn auch unſer eigner Rücken ſchwer? Wenn Reiſende auf langem Wege viel Proviant mitnehmen, belaſtet er ſie, ſo lange ſie ihn äußerlich tragen; hilft ihnen aber ſelbſt mit tragen, ſo wie ſie denſelben in Fleiſch und Blut verwandeln. So laßt nur auch die Natur, die ihr Gott äußerlich als Laſt anhängt oder aufbürdet, weil ihr ſie doch nicht ganz von ihm losreißen könnt, vielmehr in ſein Fleiſch und Blut verwandelt werden, ſo wird ſie, Träger Gottes und Getragenes zugleich, auch aufhören, ihn zu belaſten, da ſie mit ſeinem Geiſte geht, lebt und webt, und er mit ihr. Daß uns Körperliches überhaupt als Laſt erſcheinen kann, rührt eben nur daher, daß wir nicht zur ganzen Natur in ein ſo innerliches Verhältniß treten können, wie Gott, der als Inbegriff alles Geiſtes der Natur als dem Inbegriff alles Materiellen innerlich zugehört. Unſer Leib ſelbſt mag uns zwar mitunter als eine Laſt erſcheinen, ſo, wenn ein Glied müde wird oder abſtirbt; doch nicht, weil es unſerm Geiſte zugehört, ſondern, weil es ihm nicht mehr genug zugehört, ſeine Veränderungen anfangen unabhängig von unſerm Geiſte, bezugslos zu unſrer Seele zu erfolgen, oder unſre Seele in Regung derſelben ermatten. So wie als Gottes Geiſt im Regen der Natur zu ermatten anfinge, ſie unabhängig von ihm zu beſtehen und zu gehen anfinge, würde ſie auch als Laſt von ihm gefühlt werden. Nur wenn er ſie ganz innerlichſt durchwirkt und durchdringt, fällt alles Belaſtende weg. Selbſt das höchſte Geiſtige kann die Laſt eines Körperlichen, womit es in Beziehung, nicht ſpüren, wenn es nur ſo unmittelbar daran gebunden iſt, daß der Schritt der geiſtigen und leiblichen Bewegung in Eins zuſammengehen. Die Worte eines Gedichts, die Töne einer Muſik laſten ja nicht auf den höhern geiſtigen Beziehungen, die darin walten, dienen vielmehr zu ihrem Ausdruck. Auch die Gedanken in unſerm Kopfe gehen nur, wie zugehörige Bewegungen in unſerm Kopfe gehen; aber fühlen wir etwa dieſe Bewegungen als eine Laſt, als ein Hemmniß für unſere Gedanken? Wir fühlen ſie gar nicht, außer eben als Gedanken. Braucht es in Gott anders zu ſein mit dem Höchſten, was er denkt? Auch hiefür mögen Bewegungen in ſeiner Natur die Unterlage bilden, nur wie dieſe Bewegungen gehen, gehen die Gedanken Gottes, und wie die Gedanken gehen, gehen dieſe Bewegungen; aber Gott kann ſich dabei ſo frei und leicht fühlen, als wenn wir etwas bedenken, ja unſer freies Bedenken ſelbſt eine Probe des ſeinen ſein, gebunden nur an einen beſondern Theil ſeiner Natur.

Doch mehr als die Laſt der Materie fürchten wir die Feſſel der Nothwendigkeit für Gott. Nun aber auch die Naturnothwendigkeit kann nur in ſofern als eine Feſſel für Gott erſcheinen, als man ſie ihm äußerlich angethan denkt. Und weil ſie uns ſo oft äußerlich betrifft und zwingt, legen wir ihr leicht auch eine ähnliche Bedeutung für Gott bei, die ſie doch nach der Natur der Sache gar nicht für ihn haben kann, weil ſie ihm ſtets innerlich bleibt. Ein Andres ſind äußerliche Bande des Leibes und die innern Bande deſſelben ſelbſt: jene hemmen die freie Bewegung, dieſe machen ſie erſt möglich. Denn wie ſollte der Leib überhaupt ohne ſolche beſtehen und wirken? Und je feſter ſie ſind, und je freiere Bewegungen ſie zugleich begründen, und eine je zweckmäßigere Ordnung ſie im ganzen Bau des Leibes erhalten, deſto beſſer ſind ſie. Die Geſetze aber, auf denen die Naturnothwendigkeit beruht, ſind lauter innere Bande des göttlichen Leibes, welche dieſen Charakter im höchſten Sinne tragen, minder grob nur, als die Sehnen und Nerven, welche unſern Leib zuſammenhalten. Doch wäre das Gott zum Nachtheil zu rechnen? Unmöglich kann Gott eine Geſetzlichkeit, die in ſeinem Weſen ſelbſt begründet iſt, als Hemmniß ſeines Weſens ſpüren: wohl aber würde dies der Fall ſein, wenn ihm eine Naturgeſetzlichkeit äußerlich gegenüberſtünde, an derem ſtarren Widerſtande ſich ſein Wille bräche. Nur dadurch wird dieſer Widerſtand für Gott flüſſig, daß man Gott in die Natur ſelbſt verſenkt. Zwar meint man, die Naturgeſetzlichkeit könne Gott deshalb nicht hemmen, weil ſie aus Gott abſtamme, demgemäß auch mit ſeinem innern Weſen ſtimme, ungeachtet ſie ihm jetzt äußerlich ſei. Soll aber dies der Grund ſein, weßhalb ſie Gott nicht hemmt, ſo kann ſie ihn natürlich eben ſo wenig hemmen, wenn man ſie Gott noch immer innerlich ſetzt. Sie wird dann nur um ſo unmittelbarer mit ſeinem Weſen ſtimmen.

Widerſpricht aber etwa die Geſetzlichkeit in Gott der Freiheit? Faſſen wir nur Geſetzlichkeit recht allgemein und hoch, ſo allgemein und hoch ſie ſich nur faſſen läßt, ſo wie es ſich ziemt für eine allgemeinſte, höchſte göttliche Geſetzlichkeit, ſo zeigt ſich ja, wir haben es früher (S. 347 ff.) geſehen, wie ſie vielmehr der Freiheit mit der Nothwendigkeit zugleich ihre Stelle anweiſt. Und auch ohne Rückſicht darauf, wie ſich unter dem Begriffe des höchſten Geſetzes Freiheit und Nothwendigkeit mit einander vertragen, denn darüber mag man ſtreiten, iſt jedenfalls gewiß, daß ſie ſich mit einander vertragen. In unſerm eigenen Geiſte zeigt ſich's: er hat ſeine Seite der Freiheit und ſeine Seite der Nothwendigkeit, Gebundenheit; die Freiheit tritt hiebei nicht heraus aus dem, was durch das Geſetz des Geiſtes feſt beſtimmt iſt, auf Seite ſeiner Nothwendigkeit fällt, ſondern die Freiheit behält einen Platz auf dem Grunde dieſer Nothwendigkeit. Der freieſte Wille widerſpricht nicht den pſychologiſchen Geſetzen. Die Freiheit hebt keine geſetzlichen Beſtimmungen des geiſtigen Thuns auf: ſondern was die Freiheit beſtimmt, war eben noch nicht durch ein Geſetz beſtimmt, obwohl die Freiheit ſelber ein Geſetz geben kann. Daß es aber in uns ſo ſein kann, iſt ſelber nur ein Ausfluß oder Theil von dem, was in Gott iſt. Wenn es aber ſo in Gottes Geiſt iſt, warum nicht auch in Gottes Natur oder der zu dieſem Geiſte gehörigen materiellen Welt? Stört die Freiheit im Geiſte nicht das Geſetz, wie ſollte ſie es in der Natur, dem

Ausdruck des Geiſtes ſtören? Iſt es doch nicht in uns der Fall. Unſer Leib gehört zur materiellen Welt, zur Natur; aber die phyſiologiſchen Geſetze werden ſo wenig als die pſychologiſchen durch die freien Willensthätigkeiten geſtört. Es wird nur, wie die geſetzliche Nothwendigkeit des Geiſtes ſich in der geſetzlichen Nothwendigkeit der Natur ausdrückt, ſo auch die Freiheit des Geiſtes da wo ihr Gebiet iſt, ſich in einer entſprechenden Freiheit der Natur ausdrücken und beides ſich in der Natur vertragen, wie im Geiſte. Entſteht in unſerm geiſtigen Proceſſe Manches, was unerklärbar, unberechenbar nach allem Vorgängigen iſt, wird es auch zugleich in dem leiblichen Proceſſe der Fall ſein, worin ſich der geiſtige ausdrückt. Eins iſt nicht ſchwerer anzunehmen, als das andre, ja verſteht ſich von ſelbſt im Sinne der Anſicht, die den Geiſt nur für die Selbſterſcheinung deſſelben Weſens hält, was als leiblich Anderm als ſich ſelbſt erſcheint. Die Natur, das Leibliche theilt hienach natürlicherweiſe die Freiheit des Geiſtes überall, in ſo weit ſie eben Ausdruck eines freien Geiſtes iſt. Nur, wenn man determiniſtiſch leugnen wollte, daß im Geiſtigen etwas der Art vorkäme, würde man es auch im leiblichen Ausdruck leugnen müſſen und leugnen können. Den Streit aber hierüber überlaſſen wir hier Andern.

Freilich, man iſt ganz gewohnt, blos das Nothwendige zur Natur und blos das Freie zum Geiſte zu rechnen; aber eben nur, weil man die unnatürliche Spaltung beider ſchon vorausſetzt, die man dann wieder dadurch beweiſen will. So aber trennt ſich Freiheit und Nothwendigkeit nicht. Man kann ſo viel Freiheit in der Natur finden, als im Geiſte, und ſo viel Nothwendigkeit im Geiſte, als in der Natur, wenn man nur eben den Geiſt nicht außer die Natur, ſondern in die Natur ſetzt, d. h. dahin, wo er von jeher ſeine Freiheit manifeſtirt hat, und wo anders manifeſtirt unſer eigener Geiſt ſeine Freiheit, als in unſrem zum Naturganzen gehörigen Leibe? Freilich, wenn man mit Fleiß das Gebiet von der Natur abſchneidet, worin ſich die Freiheit manifeſtirt, ſo bleibt ſelbſtverſtehend blos das Gebiet der Nothwendigkeit dafür übrig. Auch mag man beliebig, wenn man will, das *Wort* Freiheit blos für den Geiſt anwendbar halten; aber die *Sache*, um die es ſich beim Gegenſatze der Freiheit gegen Nothwendigkeit handelt, fällt doch in das Körperliche ſo gut als in das Geiſtige, in ſo weit nämlich, als das Körperliche ſelbſt Ausdruck, Unterlage des freien Geiſtigen.

Es iſt wahr, nur im Spiel des Organiſchen finden wir überhaupt Spuren von dem, was wir zur Freiheit, gleichviel wie gefaßt, zu rechnen gewohnt ſind. Der ganze unendliche Weltenbau im Großen geht deutlich nach Geſetzen der Nothwendigkeit. Nur in den ſchwachen Ueberzügen der Weltkörper ſollte alſo Gottes Freiheit walten? Aber wenn dies eine Schwierigkeit iſt, findet ſie nicht bei jeder andern Anſicht ſo gut als bei der unſern ſtatt? Und nochmals, halten wir doch geſetzliche Nothwendigkeit nicht für etwas Schlechtes. Auch das ganze Spiel unſres Leibes geht nach Geſetzen, die der Phyſiolog als nothwendige verfolgt. Nur in feinen unmerklichen Bewegungen des Hirns können wir den freien Träger freier Gedanken ſuchen. Der Menſch iſt nun auch hierin nur ein Abbild Gottes.

Der ganze grobe Unterbau von Gottes Welt iſt, wie wir glauben müſſen, der Nothwendigkeit unterworfen; die Freiheit waltet im feinern Spiel von Proceſſen, in die unſre eigenen freien Proceſſe mit hineintreten. Indeß alle Welten ſich äußerlich nach Geſetzen der Nothwendigkeit zu einander bewegen, entwickelt ſich in der Geſchichte und den Geſchicken von Gottes Weſen auf allen die göttliche Freiheitt. Die Freiheit hat ihr Gebiet in der Welt, wie in uns, und ihr Gebiet in uns gehört zu dieſem Gebiet in der Welt.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Zend-Aveſta

oder

über die Dinge des Himmels

und des

Jenſeits.

Astr. 63.

Vom Standpunkt der Naturbetrachtung.

Von

Guſtav Theodor Fechner.

Zweiter Theil.

Ueber die Dinge des Himmels.

Leipzig.
Leopold Voß.
1851.

Ire p. 1273

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

XII. Religiös-practiſcher und poetiſcher Geſichtspunct.

Unſre Lehre iſt alſo kurz die: die Menſchengeiſter gehören einem höhern Geiſte an, der alles Irdiſche in Eins bindet, und dieſer gehört Gott an, der die ganze Welt in Eins bindet. Der Geiſt der Erde ſteht aber nicht ſcheidend zwiſchen uns und Gott, ſondern iſt nur die Vermittelung, die uns Gott ſelbſt in beſonderer Weiſe einverleibt (Th. I. S. 43), indeß wir das Allgemeinſte, Höchſte, Beßte, Wichtigſte immer nur unmittelbar vom ganzen Gotte haben und nur in ihm ſuchen können. (Th. I. S. 360. 373). So bleiben wir immer ganz Gottes. Unſer Böſes iſt aber Gott nicht zuzurechnen; denn Gott iſt der Ganze, wir ſind nur Theile, Brüche ſeiner, und man kann nicht was nur am Einzelnen als ſolchem hängt, dem Ganzen zurechnen. Das Uebel beſteht nur in dem niedern Gebiete der Einzelweſen, der Einzelwillen in Gott; iſt nicht durch Gottes obern Willen da, ſondern dieſer iſt gegen das Uebel da, und das Geſchäft Gottes iſt, es im Ablauf der Zeiten zu heben und zu heilen (Th. I. S. 396 ff.). Die ganze Natur iſt von göttlichem Geiſte beſeelt, und wie unſre Geiſter nur Beſtandſtücke des Geiſtes der Erde und höher hinauf des göttlichen Geiſtes, ſind unſre Leiber nur Beſtandſtücke des Leibes der Erde und höher hinauf des [illegible]lichen Leibes, der Natur.

Aber, ſagſt du, bleibt es nicht nach [illegible] eine böſe Lehre, ſtreitend mit Religion und Mor[illegible] ich nicht mehr als unabhängiger Geiſt mich Gott dem unabhängigſten Geiſte gegenüberſtellen ſoll, ſondern, gleichviel ob ohne oder mit Vermittelung, von und in ihm verſchlungen denken wie ein Glied im Leibe oder einen Gedanken im Geiſte: Gott in die Natur verwickelt denken, ſtatt darüber erhaben?

Nicht ich habe dieſe Lehre erfunden, du bekennſt ſie ſelbſt in deiner Religion; du glaubſt nur ſelbſt nicht, was du bekennſt; ich aber glaube es; und nicht widerſtreitet dieſe Lehre der Religion und Moral, ſondern daß du nicht glaubſt, was du bekennſt, das bringt den Widerſtreit in deine Religion und Moral.

Antworte:

Bekennſt du nicht ſelbſt, daß Gott der Urquell, Schöpfer deines Geiſtes iſt? Aber was der Geiſt Geiſtiges ſchafft, das verläßt ihn nicht; er bethätigt ſich vielmehr nur darin; und wenn Gott Geiſter ſchafft, wir nur Gedanken, hat er eben Geiſter, wir nur Gedanken zum Inhalt, worin er ſich bethätigt. Wie wäre er Gott, wenn es in ihm kein ander Schaffen gäbe, als in uns. Nun ſchafft er untere Geiſter durch Vermittelung der obern. Durch Vermittelung der obern aber bleiben die untern noch in ihm. Doch laſſen wir die Vermittelungen; nur unſer

Verhältniß zu Gott ſoll uns jetzt kümmern, was durch alle Vermittelung durch unmittelbar beſteht.

Und erkennſt du nicht ſelber an, und hältſt es für ein ſchönes Wort, daß Gott in dir und Allem lebt und webt und wirkt und iſt und du in ihm? Lebt und webt und wirkt und iſt man aber auch in dem, was uns äußerlich gegenüber? Was ſcheidet alſo deine Lehre noch von unſrer?

Und glaubſt du nicht, daß für Gott Alles klar und durchſichtig iſt in deiner Seele bis in's Innerſte; er die geheimſten Falten deines Herzens kennt? Kann aber auch ein Geiſt klar ſehen in den Geiſt gegenüber? Liegt nicht eben darin das Gegenüber, daß er es nicht kann? Nur von ſeinem eigenen Inhalt entgeht dem Geiſte nichts.

Und nennſt du nicht Gott den einigen Gott, der keinen andern neben ſich hat? Aber wenn es noch Geiſter giebt, die nicht in ihm, ſo iſt er nicht ein einiger, nur ein höchſter Geiſt unter vielen. Denn höhere als wir wird's doch noch geben. Da haben wir das Heidenthum mit einem höchſten Geiſt an der Spitze und vielen unter ihm, herab zu uns. Aber du willſt das Heidenthum nicht. So kannſt du auch nicht einen Gott wollen, der uns und Geiſter über uns noch außer ſich, ſondern nur, der uns alle in ſich hat. Nur das iſt ein wahrhaft einiger Gott, der allen Geiſt, den es giebt, in ſeiner Fülle einſchließt, wie daraus gebiert.

Und nennſt du nicht Gott den unendlichen Geiſt, den Geiſt des Alls? Was aber noch Andres ſich gegenüber hat, das hat auch daran ſeine Schranke; dem geht noch etwas ab von der unendlichen Fülle; dir aber iſt der Begriff des Unendlichen faſt noch zu klein für Gott.

Und iſt dir nicht Gott der Allgegenwärtige, Allmächtige, der ewige Grund des Geſchehens; ſein Haus der Himmel; Sonnen gehen durch ihn und Sterne; kein Blatt fällt ohne ihn vom Baume, kein Haar von deinem Haupte. Faßt aber nicht der Himmel auch die Erde, dich ſelbſt mit deinem Leib; muß nicht alſo Gott auch in aller Natur und aller Creatur allgegenwärtig und allmächtig ſein, und alle Kräfte ſein ſein und ihm dienen?

Und heißeſt du nicht Gott den Allliebenden, den Allgütigen? Weß Liebe und Güte aber könnte größer ſein, als deß, der die Liebe zu ſich ſelbſt und zu ſeinen Geiſtern nicht zu ſcheiden weiß, der, was er ihnen thut, ſo thut, als thät' er's ſich, nicht anders thun kann, er thut's ja wirklich ſich, nur daß nicht, was er dieſen oder jenen thut, nein, was er allen in Eins thut in aller Welt, ihm ſelbſt gethan iſt.

Und iſt dir nicht Gott der Allbarmherzige zugleich und Allgerechte? Wer aber wäre barmherziger, als der, der auch den Böſen nicht verſtoßen kann, ihn feſthält, wie den Guten, ſein Böſes und ſeine Bosheit wenden muß zu eigenem Frieden, und wer zugleich gerechter, als der, da Uebel einmal da, wer kann es leugnen, iſt's Uebel auch nur für uns, das eine Uebel braucht, das andre zu zerſtören, die Strafe gegen den Sünder kehrt, den Sünder umzukehren, hier oder dort, einſt muß ſich's vollbringen, um ſeine eigene innere Befriedigung zu vollbringen.

Und hältſt du es nicht für das höchſte Gebot: Gott lieben über Alles und deinen Nächſten wie dich ſelbſt? Wer aber möchte einen Gott lieben über Alles, der weit und hoch hinweg iſt über Alles, wer nicht den Gott, der nicht nur ſeine Hände breitet über Alles, der alle über alle trägt im tiefſten Herzen, der keinem Leid thun kann in Ewigkeit, davon er ſelbſt nicht litte, in dem du Alles haſt zu ſuchen, was dir fehlt, von dem du Alles haſt zu hoffen, was du wünſcheſt, und der ſchon hier im erſt für dich beginnenden Gange ſeiner Gerechtigkeit, in deſſen Unvollendung ſelbſt, dich blicken läßt, was dem dereinſt beſchieden iſt, der ihn mit rechtem Sinne liebt und im Sinne ſolcher Liebe handelt.

Und wer kann ſeinen Nächſten beſſer lieben, wie einen Bruder lieben, als der da weiß, er iſt nicht kalt und fern ihm gegenüber, nein, feſt verwachſen mit ihm in der Gemeinſchaft deſſelben höchſten Geiſtes, ein Fleiſch mit ihm vom Fleiſch deſſelben Leibes, an ihn gebunden wie ein Zwilling an den Zwilling, noch ehe ſie den Leib verlaſſen, der ſie trug; denn nicht mehr habt ihr den Gott verlaſſen, der euch trägt.

Und ſo in Allem bekennſt du in Worten ganz dieſelbe Lehre, die ich bekenne, bekennſt ſie, aber glaubſt ſie nicht, und widerſprichſt dir ſelbſt. Nun muß dir freilich eine Lehre fremd erſcheinen, die Alles glaubt, was ſie bekennt, und deinen eigenen Widerſprüchen widerſpricht. Aber darin, daß ſie's thut, gewinnt ſie eben ihr Beſtes.

Indeß du von einem Gotte ſprichſt, Hort und Quell alles Geiſtes, der in dir lebt und webt und iſt, und du in ihm, Herzenskündiger, Einigen, Unendlichen, Allgegenwärtigen, Allwiſſenden, Allmächtigen, Allliebenden, Allgütigen, Allbarmherzigen, Allgerechten, willſt du auch wieder dich ihm äußerlich gegenüberſtellen, wie du deinem Nachbar dich gegenüberſtellſt, und ſtellſt dich ſelber deinem Nachbar gegenüber, als gäb's für euch kein Band in Gott, du rechts, er links, Materie zwiſchen euch, Gott oben, hoch im Himmel, ihr auf der Erde, zwiſchen Himmel und Erde, welcher Zwiſchenraum! ja du hebſt Gott endlich gar hinaus über die ganze Welt und verſtößeſt von ihm den Böſen, den er erſt gemacht, verleugneſt Alles, was du erſt geſagt, zerreißeſt alle Bande, die du erſt erkannt, und zerſtörſt damit den beßten Segen deines Glaubens. Wie weit iſt's für dich bis dahin, wo er wohnt und wie nahe iſt's für mich. Streiten wir doch einmal darum, wem ein Gebet beſſer gelingen kann, dir, der ſich mit ſeinen Gedanken Gott gegenüberſtellt, oder mir, der ſich damit in Gott ſelber ſtellt; da wird ſich's zeigen. Aber wie Viele glauben jetzt noch an ein Gebet; da zeigt ſich's ſchon. Ob Gott es hört, ſich darum kümmert, wer weiß, wer wagt's zu glauben, ſo läßt man es bald ganz; im Grunde iſt's ja wohl nur ein leerer Hauch, verfliegend mit andern Hauchen über die Erde, die zuhöchſt ſein Schemel. Iſt das auch ſo mit einem Gedanken, der in mir lebt und webt und iſt und ich in ihm? Wie einer meiner Gedanken, der ganz in mir, mich zu etwas anregt, ſo kann ich, meine ich, wohl auch durch ein Gebet Gott anregen wollen, der ich mit meinem Gebete ganz in Gott. Vielleicht folge ich meinem Gedanken vielleicht nicht, je nachdem mir's gut dünkt; wie Gott einer betenden Seele. Aber das weiß ich, daß zwiſchen dem, mich anregen wollenden, Gedanken und meinem Geiſte kein Zwiſchenraum iſt, der erſt durchlaufen werden müßte, damit ich etwas von ihm vernehme, und es tröſtet mich, daß Gott mein Gebet eben ſo unmittelbar hört, wie ich meinen Gedanken: nichts unvernommen von Gott bleibt. Auch weiß ich ſicher, daß mein Geiſt ſich um jeden ſeiner Gedanken kümmert, daß jede Anregung etwas in ihm wirkt, ihn zu etwas beſtimmt, ja wär' es zum Gegentheil deſſen, worauf ſie geht, dünkt ſie ihm etwa eine ſchlechte; aber ohne Folge iſt nichts im Geiſte, und jede Folge greift im ſelbigen Geiſte zurück auf ihre Urſache. Und ſo iſt auch dies mir tröſtlich, daß ich weiß, ich kann gar nicht umſonſt beten; mein Gebet nimmt ſelbſt Platz in der Reihe der wirkenden Gründe in Gottes Geiſt, wie jede einzelne Anregung in meinem, und ſchlägt im Ablauf der Folgen zurück auf mich. Und wenn ich im Gebet die Kraft meiner ganzen Seele ſammle und zuſammennehme in der Richtung und Beziehung auf den ganzen Geiſt im Sinn des Beßten, ſo ſehe ich ein, daß es wohl noch eine andre Wirkung und Bedeutung haben kann, als die Anregung, die ein gemeiner und einzelner Gedanke in mir für Gott giebt. Und je öfter ich bete, und je heißer ich bete, und je mehr der Bittenden ſich in demſelben Gebet vereinigen, deſto ſichrer, meine ich, ſteht die Gewährung bevor, wie mein Geiſt ſo ſichrer folgt, je öfter, heftiger und mehr Gedanken ſich dahin einigen, ihn zu etwas anzuregen. Alſo iſt auch die Inbrunſt des Gebets und die kirchliche Gemeinſchaft nicht umſonſt. Aber kein Gebet kann Gott zwingen, er halte denn für gut, es zu gewähren, wie mich keine einzelne Anregung zwingen kann, ich halte denn für gut, ihr zu folgen; was aber Gott gut hält, das iſt gut; und er hält nichts gut, als das was gut, alſo bitte ich gleich um nichts, was nicht im Sinn des Guten.

Du ſagſt, o Thorheit: wenn ich Gottes bin, ſo iſt es Gott, der zu ſich ſelber betet, ſich ſelbſt verehrt, wenn ich es thue. Doch wie, biſt du denn Gott, weil du in Gott, bleibſt du nicht unendlich wenig gegen Gott? Iſt kleinſtes Moment und Ganzes ſein daſſelbe? Soll nicht auch in mir der kleine Gedanke und die kleine Begierde Ehre geben meinem ganzen Geiſte, Scheu tragen, gegen ſeinen Sinn zu gehen, ſich wenden mitunter auf den ganzen Geiſt zurück, bedenken, was am meiſten ihm genüge, ihn anregen, daß er ihn weiter führe zum Ziele?

Iſt's ein böſer Gedanke, der mich anregt? ich ſtrafe, ich verdränge ihn; doch bin ich darum nicht ſelber böſe, wenn ich ihn nur ſtrafe, nur verdränge, nicht zum Endziel kommen laſſe. So ſtraft Gott den böſen Geiſt, der ſein eigner Theil iſt; aber er iſt nicht der böſe Geiſt, wie die Symphonie nicht die Disharmonie iſt, von der ſie die Aufhebung, die Auflöſung enthält. Ein altes Bild, um das Daſein des Uebels mit Gott zu erklären, aber es paßt nur, das Daſein des Uebels in Gott zu erklären, ſoll es für Gott ſelbſt kein Uebel mehr ſein. Denn wenn die Symphonie der Disharmonie geſtattete, mit ihr, aber abgeſondert von ihr und unaufgelöſt in ihr zu beſtehen, ſo und nur ſo würde ſie durch den mit und gegengehenden Mißklang leiden. Und dennoch ſtellen wir uns ſo zumeiſt das Böſe gegen Gott vor; der ewige Mißklang des von Gott unaufgelöſten Böſen giebt die ewige Verſtoßung des Böſen, giebt die ewige Hölle

Und kann jemand beſſer wirken in die Welt nach dem Gebot der Liebe Gottes und des Nächſten; als der da weiß, daß keine Scheide zwiſchen ihm, und ſeinem Nächſten, ja ſelbſt dem Fernſten in Gott und gegen Gott beſteht; daß, was er irgend einem unter ihnen thut, das thut er Gott; aber Gott hält nicht blos den Einen in ſich; alle hält er in ſich; nicht alſo, was du dem und jenem thuſt, nein, was du des Guten überhaupt thuſt in die Welt, iſt Gott als Gutes gethan; frag' alſo nicht, ob dir, ob mir, ob dies ob das, ob da ob dort, ob heut oder morgen, frag' wie iſt's am beßten für das Ganze, für das Ewige, denn das geſchieht nur Gott dem Ganzen Ewigen. Ob dir, ob andern, es iſt alles eins; ihr ſeid beide Gottes, da iſt kein Unterſchied; ſo thu' es dir, thu's einem Andern, wie es eben am beßten iſt in's Ganze und für alle Zukunft, thu's nach Geboten, die in dieſem Sinne geſtellt ſind; das ſind die göttlichen Gebote.

Was aber nenn' ich gut? was iſt der Sinn der göttlichen Gebote? ſind ſie aus Eigenſinn gegeben? zur Plage für den Menſchen? Nichts erkenn' ich drin, als dieſen Sinn: daß das Genüge, die Befriedigung ins Ganze, für alle im Zuſammenhang, möglichſt geſichert ſei und wachſe: daß nicht jeder für ſich habe und thue, was ihm am liebſten iſt, auf Andrer Koſten, ſondern alle zuſammen haben und zuſammen nach dem trachten, was ihnen allen zuſammen am meiſten Genüge und Befriedigung kann bringen; und eben das iſt, was Gott am meiſten muß befriedigen, wenn er mit Allen und durch Alle fühlt, und über Alles, was ſie einzeln fühlen, den Zuſammenhang des Ganzen fühlt. In dieſem Sinne ſind die göttlichen Gebote. (Vgl. Th. I. S. 379).

Der eine Menſch will nichts als ſeine eigene Luſt; der Andre ſagt, Verdienſt ſei nur im Opfern ſeiner ſelbſt für Andre. Das Eine iſt ſo irrig als das Andre. Was deine Luſt abbricht der Luſt des Ganzen, das ſündigſt du, geſchieht's mit Wiſſen und mit Willen, was du dir abbrichſt an der eigenen Luſt, alſo daß etwas dadurch verloren geht der ganzen Luſt, das ſündigſt du, geſchieht's mit Wiſſen und Willen. Denn Gott will von deiner Seele und deinem Leibe ſo gut als von jedem Andern Luſt ärnten, wie ſollteſt du nun des Bezirkes, deſſen Pflege er dir zunächſt aufgetragen, ſchlechter walten, als deſſen, über den er Andre hat geſetzt. Nur hüte dich, zu meinen, blos Sinnenluſt ſei Gottes Luſt; nur hüte dich, zu meinen, daß was du jetzt und hier an Luſt gewinnſt, ſei auch Gewinn gleich für das Ganze, alſo für Gott; nur hüte dich, mit deiner ſchwachen Einſicht beſſer rechnen zu wollen, als längſt gerechnet iſt hinüber über das Ganze in den göttlichen Geboten. Nur in dem, was ſie frei laſſen, biſt du frei. Sie ſind die großen Klammern, nicht der Einzelluſt aber des allgemeinen Heils, das alle Einzelluſt wie kleine Beeren trägt, was kommt denn zuletzt an auf die einzelne Beere, ob dieſer Zweig ſie trägt, ob jener, ob dieſes Jahr ſie trägt, ob jenes; zertritt nur nichts mit Willen; die Pflege oder der Bruch des Strauches gereicht allein zum Segen oder zur Verdammniß. Nicht ſich für Andre opfern, noch Andre ſich opfern, darauf kommt es zuletzt an, wer Gott will dienen; ſondern die kleine kurze Luſt, ſei's deine oder meine, bereit opfern den großen ewigen über Alles reichenden Quellen der Luſt, wo es ein Opfer gilt; oft aber gilt's auch nur zu ſchöpfen; und was geopfert wird, das bricht nur als reicherer Segen hervor an einem andern Orte; ſonſt wär's kein rechtes Opfer; denn Gott will nichts verlieren; doch durch Verſchieben oft gewinnen.

Ueber aller niedern Luſt giebt's eine höhere Luſt, eine Luſt über der Luſt, eine Freude über der Freude, die ſchwebt wie die Taube über den grünen Saaten, d. i. die Luſt, die Freude, das Gefallen an dem, was ſelbſt luſtgebend, freudegebend iſt, und ſo größer, ſo höher wird dieſe Luſt, dieſe Freude, dieſes Gefallen, in je größerm Zuſammenhang, je weiter hinaus ich die Sicherung, die Bedingungen der Luſt, der Freude fühle oder erkenne; und der rechte Menſch ſcheidet dabei nicht ſeine Luſt von andrer Luſt. Dieſe höhere Freude wird Gott auch an mir haben, wenn ich mein Trachten ſo einrichte, daß es im weiteſten Zuſammenhange, auf die längſte Dauer nicht den Lüſten, aber den Luſtquellen der Welt dient, im Sinne der Förderung von Glück, Heil und Segen iſt. Und ich werde dieſe höhere Freude an Gott haben, weil ich weiß, daß er ſein Trachten gar nicht anders einrichten kann, als im Sinne des endlichen und möglichſten Genügens für mich und Alle; da ſein eigenes Genügen ſich von dem ſeiner Geſchöpfe nicht ſcheidet; und wenn nicht Alles jetzt iſt, wie ich's haben möchte, ſo weiß ich, Gott leidet ſelbſt mit mir, im untern Gebiete ſeines Weſens, und hat in ſeiner obern Macht und ſeinem obern Wiſſen die Mittel, mich mit ſich zugleich zu befrieden, daß er aber weiß, er kann es, und ich weiß, er kann es, das giebt ihm und mir zugleich das höchſte Genügen.

Wie anders ſtellt ſich alles das, wenn ich mich Gott äußerlich gegenüber und zwiſchen mir und meinem Nebenmenſchen einen geiſtig leeren Raum denken muß. Wird da nicht alles fern, was hier unmittelbar, alles zerfallen, was hier in Eins gebunden, alles unbegreiflich, was hier ſelbſtverſtändlich; alles todte Satzung, was hier lebendiger Trieb?

Wahrlich nicht um ein Kleines verkaufte ich den Glauben, daß ich in Gott, nicht Gott gegenüber. Doch ja, ich bin Gott gegenüber, wir ſind es Alle, nur innerlich, nicht äußerlich gegenüber. Nur dies verwechſeln iſt der Irrthum, den wir freilich ſtets begehen. Wir ſtellen uns ja auch Gedanken, Anſchauungen gegenüber; wir nennen ſie ja Vorſtellungen; doch bleiben ſie darum nicht weniger in uns; vielmehr je lebendiger wir ſie uns gegenüberſtellen, deſto mehr gehören ſie uns an, deſto thätiger erweiſt ſich unſer Geiſt in ihnen und deſto thätiger erweiſen ſie ſich in unſerm Geiſte. Das Gegenüber gegen einen obern Geiſt iſt nicht wie das Gegenüber gegen einen andern Leib. Eben ſo irrig freilich wär's, wenn wir meinten, wir ſtänden Gott nun auch gar nicht anders gegenüber, als unſerm Geiſte ſeine eigenen Vorſtellungen; wir ſtehen Gott vielmehr unſäglich ſelbſtſtändiger, ſelbſtkräftiger, ſelbſtbewußter gegenüber als uns unſre Vorſtellungen; wie oft haben wir's ſchon geſagt, aber eben nur darum, weil Gottes Geiſt noch unſäglich ſelbſtſtändiger, ſelbſtkräftiger, ſelbſtbewußter iſt, als der unſre, und darum auch die Weſen, [illegible] am meiſten Theil an ſeinem Weſen haben, es ſein müſſen. Aber das ſcheidet uns nicht härter von Gott, als unſre Gedanken von uns geſchieden ſind, es verknüpft uns ihm nur lebendiger, macht nicht, daß wir weniger, ſondern daß wir mehr in Gott ſind, d. h. daß wir mehr bedeuten für ſein Weſen, mehr erſchöpfen von ſeinem Weſen. (Vgl. Th. I. S. 263).

Wie aber der Geiſt ſich ſeine Gedanken gegenüberſtellt, ſo kann ein Gedanke auch den Geiſt ſich gegenüberſtellen, dem er ſelbſt gehört, indem er ſich ihn vergegenwärtigt, ſo gut er's eben vermag, ihn anregt, ſo oder ſo, der einzelne den ganzen, obſchon nicht jeder thut's, noch thut er's immer. Und ſo können wir auch Gott uns gegenüberſtellen, ihn uns vergegenwärtigen, ſo gut wir's eben vermögen, ihn anregen ſo oder ſo, die Einzelnen den Ganzen.

Der Dichter und Philoſoph bekennen dieſelbe Lehre, die wir bekennen; das Volk ruft Hoſianna und ſtreut Palmenzweige, da ſie von ihnen eingeführt wird in die Stadt und kreuzigt dieſelbe Lehre, da ſie den Tempel ſegen will, und die eigenen Jünger verleugnen ſie.

So ſprach einſt [*] „lächelnd und bedeutungsvoll“ der Dichter, den wir gern erheben über alle andern, da ihm ein Jünger verwundernd und gerührt erzählte, wie eine freie Grasmücke, der man die Jungen genommen, alle Furcht

Göthe

---

[*] Eckermann's Geſpr. II. 347.

vor Gefahr und Gefangenſchaft überwindend, ein- und ausflog in das Zimmer, um der Mutterſorgen für die Jungen ferner zu pflegen.

„Närriſcher Menſch! wenn Ihr an Gott glaubtet, ſo würdet Ihr Euch nicht verwundern.

Ihm ziemt's, die Welt im Innern zu bewegen,
Natur in ſich, ſich in Natur zu hegen,
So daß, was in ihm lebt und webt und iſt,
Nie ſeine Kraft, nie ſeinen Geiſt vermißt.

Beſeelte Gott den Vogel nicht mit dieſem allmächtigen Trieb gegen ſeine Jungen, und ginge das Gleiche nicht durch alles Lebendige der ganzen Natur, die Welt würde nicht beſtehen können! — So aber iſt die göttliche Kraft überall verbreitet, und die ewige Liebe überall wirkſam."

Wie ſchön geſagt, ruft jeder aus; aber ein Dichter hat's geſagt. Es iſt zu ſchön, um wahr zu ſein. Wohl ſagen wir auch anderwärts, die Dichtung ſoll die tiefſte Wahrheit nur im ſchönſten Gewande zeigen, und Schönheit und Wahrheit hängen in tiefſter Wurzel zuſammen. Aber wir glauben wieder nicht, was wir ſagen. Wie ſollten wir glauben, was wir ſagen; lebt nicht den Dichtern alle Natur, knüpft ſich ihnen nicht Alles geiſtig zuſammen? wir beten es nach und glauben doch, die Natur ſei todt, und nicht nur die Natur, der Geiſt ſelbſt in Einzelnheiten zerſplittert. Den Dichtern ſelbſt verſtatten wir nicht zu glauben, was ſie ſagen, und ſie glauben's ohnehin meiſt ſelber nicht; ſo wird Alles Gleisnerei und Lüge.

Wer weiß nicht, wie der Dichter, den wir gern neben jenen ſtellen, ſehnſüchtig zurückblickte nach einer Zeit, wo es dem Dichter noch Ernſt ſein durfte mit dem Glauben, daß Alles in der Natur von höhern göttlichen Kräften beſeelt ſei; danach zurückblickte wie nach der Zeit eines nun verlorenen Dichterparadieſes; wer weiß nicht, wie es ihm verübelt worden, daß er nur wünſchte, es möchte das ſein, was man ſo gern als Schein von ihm hinnahm. Denn wie gern ſpielte man doch ſelbſt mit den Namen und Mährchen, die er zurückrufen wollte; aber daß der Dichter auch den Sinn, aus dem ſie gequollen und aus dem des Dichters Sinn ſelbſt lebendig quillt, wieder als Wahrheit zurückbringen wollte, das verdachte man ihm. Freilich, befangener als jener, der Gott noch heute bis in den kleinſten Vogel fand, meinte er ſelber, mit den alten vergänglichen Namen und Mährchen ſei die ewige Sache verloren, meinte, das Daſein eines oberſten Geiſtes ſchade dem Daſein der untern. Aber nicht, daß er an dieſen Zwieſpalt glaubte, ſondern daß er ihn beklagte, darum verklagte man ihn.

Dennoch muß etwas in der Natur ſein, was durch den Nebel, der unſre Augen deckt, das Augenlid, womit wir es freiwillig verſchließen, gewaltig hindurchleuchtet, und uns nöthigt, das gleichſam im Wahnſinn noch nachzuſprechen, was der jungen Menſchheit klar offen lag. Wir hielten es nicht aus in der entſeelten, entgötterten Natur, wenn wir nicht mit der Phantaſie wieder hineintrügen, was wir ihr mit dem Verſtande und im Glauben geraubt haben, freilich ihr ſelbſt nicht haben rauben können, aber uns in ihrer Betrachtung entfremdet haben.

Unter den neuern Dichtern weiß ich keinen, der den Gedanken eines, in allen individuellen Geiſtern und in aller Natur lebendig waltenden Gottes über, ſchöner und mit dem Gepräge tiefergehender Ueberzeugung, ſtatt wie gewöhnlich blos in poetiſcher Verblümung, ausgeſprochen, als Rückert, daher ich ſo gern auf Stellen von ihm Bezug nehme. Hier noch eine kleine Sammlung von ſolchen, in denen ſo ziemlich die ganze bisher vorgetragene Lehre von Gottes Verhältniß zu den Einzelgeiſtern und zur Natur enthalten iſt, theils in directen Ausſprüchen, theils in Andeutungen, die ſich im Sinn derſelben auslegen laſſen. Nicht beſſer wüßte ich zu zeigen, daß dieſe Lehre, die ſicher nicht blos eine poetiſche iſt, die von ganz andern als poetiſchen Geſichtspunkten her entwickelt iſt, auch eine poetiſche iſt.

Aus Rückerts Weisheit des Brahmanen, Lehrgedicht in Bruchſtücken.

Wenn das Erhabne ſtaunt die junge Menſchheit an,
Spricht ſie im hellen Traum, das hat der Gott gethan.
Und wenn ſie zum Gefühl des Schönen dann erwacht,
Bekennt ſie freudig ſtolz: Es hat's der Menſch vollbracht.
Und wenn zum Wahren einſt ſie reift, wird ſie erkennen,
Es thut's im Menſchen Gott, der nicht von ihm zu trennen.
(Th. I. S. 9).

Der Menſchenrede werth iſt nicht, was Menſchen thaten:
Mit der Natur und Gott ſoll ſich mein Geiſt berathen.
Die Weisheit Indiens hat vergeſſen der Geſchichte,
Daß ſie allein von Gott, Natur und Geiſt berichte.
Und ſo ihr Schüler ich hab' auch, was ich beſeſſen,
Gethan und thun geſehn, mit Gott in Gott vergeſſen,
Und weiß nur Eines noch, und weiß dies Eine ganz:
Gott iſt die Geiſterkron' und die Natur ſein Glanz.
(Th. I. S. 20).

Zieh deine Selbheit aus, und an die Göttlichkeit!
Die Selbheit iſt ſo eng, die Göttlichkeit ſo weit.
Sei ſelbſt! Er ſelber will, daß ſelbſt du ſelbeſt ſein,
Daß du erkenneſt ſelbſt, er ſei dein Selbſt allein.
Erinnere dich daran! du haſt es nur vergeſſen,
Laß dich erinnern! ſtets erinnert er dich deſſen.

Wenn du ihn hören willſt in dir, mußt du nur ſchweigen;
So ſpricht er laut: du mußt, biſt dein nun ſelbſt nicht eigen.
(Th. I. S. 42).

Nicht fertig iſt die Welt, ſie iſt im ew'gen Werden,
Und ihre Freiheit kann die deine nicht gefährden.
Mit todtem Räderwerk greift ſie in dich nicht ein;
Du biſt ein Lebenstrieb in ihr, groß oder klein.
Sie ſtrebt nach ihrem Ziel mit aller Geiſter Ringen,
Und nur, wenn auch dein Geiſt ihr hilft, wird ſie's erringen.
(Th. II. S. 17).

Dort, wo das Wiſſen mit dem Sein zuſammenfällt,
In dem Bewußtſein iſt der Mittelpunct der Welt.
Nur im Bewußtſein was du findeſt, iſt gefunden,
Wo ſich ein Aeußeres dem Inneren verbunden.
Nur im Bewußtſein, wenn dir Gott iſt aufgegangen,
Haſt du ihn wirklich, und geſtillt iſt dein Verlangen.
Du haſt ihn nicht erdacht, er ward dir nicht gegeben,
Er lebt in dir und macht dich und die Welt dir leben.
(Th. II. S. 21).

Ich bin der Geiſterſonn' ein ausgeſandter Strahl,
Und ſolcher Strahlen ſind unzählbar eine Zahl.
Wie ſind der Sonne Glanz zuſammen allzumal,
Doch iſt ſein eigen Licht für ſich ein jeder Strahl.
O Wunder, Eine Sonn' iſt Alles allzumal,
Und ganz die große Sonn' in jedem kleinſten Strahl.
(Th. II. S. 22).

Gott iſt von keinem Raum, von keiner Zeit umzirkt,
Denn Gott iſt da und dann, wo er und wann er wirkt.
Und Gott wirkt überall, und Gott wirkt immerfort;
Immer iſt ſeine Zeit, und überall ſein Ort.
Er iſt der Mittelpunct, der Umkreis iſt er auch,
Weltend' und Anfang iſt ſein Wechſelathemhauch.
(Th. II. S. 23).

Wohl der Gedanke bringt die ganze Welt hervor,
Der, welchen Gott gedacht, nicht den du denkſt o Thor.
Du denkſt ſie, ohne daß darum entſteht die Welt,
Und ohne daß, wenn du ſie wegdenkſt, ſie wegfällt.
Aus Geiſt entſtand die Welt, und gehet auf in Geiſt.
Geiſt iſt der Grund, aus dem, in den zurück ſie kreiſt.
Der Geiſt ein Aetherduft hat ſie in ſich gedichtet,
Und Sternennebel hat zu Sonnen ſich gelichtet.
Der Nebel hat in Luft und Waſſer ſich zerſetzt,
Und Schlamm ward Erd' und Stein, und Pflanz' und Thier zuletzt.
Und menſchliche Geſtalt, in der dein Menſchengeiſt
Durch Gottes Hauch erwacht, und Ihn, den Urgeiſt preiſt.
(Th. II. S. 24).

Der Geiſt des Menſchen fühlt ſich völlig zweierlei:
Abhängig ganz und gar, und unabhängig frei.
Abhängig, ſofern er Gott im Auge hält,
Und unabhängig, wo er vor ſich hat die Welt.
Vorm Vater unfrei fühlt ſich ſo ein Sohn vom Haus,
Selbſtſtändig aber wohl, ſobald er tritt hinaus.
(Th. II. S. 47).

Ich finde dich, wo ich, o Höchſter hin mich wende,
Im Anfang find' ich dich, und finde dich am Ende.
Dem Anfang geh' ich nach, in dir verliert er ſich,
Dem Abſchluß ſpäh' ich nach, aus dir gebiert er ſich.
Du biſt der Anfang, der ſich aus ſich ſelbſt vollendet,
Das Ende, das zurück ſich in den Anfang wendet.
Und in der Mitte biſt du ſelber das was iſt,
Und ich bin ich, weil du in mir die Mitte biſt.
(Th. II. S. 68).

Du biſt der Widerſpruch, den Widerſprüche leben,
Und jeder Widerſpruch iſt in dir aufgehoben.
Die Widerſprüch', in die ſich die Vernunft verſtrickt,
Zergehn, und ſie zergeht, wo dich der Geiſt erblickt.
Die Welt iſt nicht in dir, und du biſt nicht in ihr,
Nur du biſt in der Welt, die Welt iſt nur in dir. (Th. II. S. 69).

Mein wandelbares Ich, das iſt und wird und war,
Ergreift im Dein'gen ſich, das iſt unwandelbar.
Denn du biſt, der du warſt, und biſt, der ſein wirſt, du!
Es ſtrömt mit deinem Sein mein Sein dem deinen zu.
Ich hätt' in jeder Nacht mich, der ich war, verloren,
Und wär' an jedem Tag, als der nicht war, geboren,
Hätt' ich mich nicht, daß ich derſelbe bin, begriffen,
Weil ich in dir, der iſt, bin ewig inbegriffen.

(Th. II. S. 72).

Du biſt kein Tropfe, der im Ocean verſchwimmt,
Du fühleſt dich als Geiſt auf ewig ſelbſt beſtimmt.
Vom höchſten Geiſte fühlſt du dich nicht zur Verſchwimmung
Im höchſten Geiſt beſtimmt, ſondern zur Selbſtbeſtimmung.

(Th. III. S. 115).

Der Zweifel, ob der Menſch das Höchſte denken kann,
Verſchwindet, wenn du recht dein Denken ſieheſt an.
Wer denkt in deinem Geiſt? der höchſte Geiſt allein.
Wer zweifelt, ob er ſelbſt ſich denkbar möchte ſein?
In den Gedanken mußt du die Gedanken ſenken:
Nur weil Gott in dir denkt, vermagſt du Gott zu denken.

(Th. III. S. 116).

Ich bin von Gott gewußt, und bin dadurch allein!
Mein Selbſtbewußtſein iſt, von Gott gewußt zu ſein.
Im Gottbewußtſein geht nicht mein Bewußtſein aus;
Eingeht es wie ein Kind in ſeines Vaters Haus.

(Th. III. S. 119).

Weil nicht ein großer Fürſt im weiten Länderbann
In alles Einzelne ſich miſchen ſoll und kann;
So meineſt du, daß Gott auch nur das Allgemeine
Der Welt geordnet hab', und walte nicht ins Kleine.
Doch macht ja wohl ein Fürſt auch durch ſein Land die Fahrt,
Eingreifend hier und dort mit eigner Gegenwart.
Und wär' Allgegenwart, wie Gott, auch ihm verliehn,
So braucht' er nicht die Fahrt, und alles führ' um ihn

Allgegenwärtig iſt Gott in den Welten nicht
Sowohl als ſie vielmehr es ſind in ſeinem Licht.
Er ſelber iſt darum das Größte Allgemeinſte,
Weil in ihm alles iſt das Einzelſte, das Kleinſte. (Th. III. S. 120).

Gott iſt ein Denkender, ſonſt wär ich über ihn,
Ich aber denke, daß ich unter ihm nur bin.
Gott iſt ein Wollender, ſonſt hätt' ich mehr als er,
Mein Wollen aber kommt von ſeinem Wollen her.
Mit deinem Denken ſei, mit deinem Wollen ſtill
Vor ſeinem, liebes Herz! er denkt in dir und will.
(Th. III. S. 128).

Wer Gott nicht fühlt in ſich und allen Lebenskreiſen,
Dem werdet ihr ihn nicht beweiſen mit Beweiſen.
Wer überall ihn ſieht, was wollt ihr dem ihn zeigen?
Drum wollt mit euern Gottbeweiſen endlich ſchweigen!
Wollt ihr mir auch vielleicht beweiſen, daß ich bin?
Ich glaubt' es ſchwerlich euch, glaubt' ich's nicht meinem Sinn.
(Th. III. S. 142).

Ein Menſch ſein ohne Gott, was iſt das für ein Sein!
Ein beßres hat das Thier, die Pflanze, ja der Stein.
Denn Stein und Pflanz' und Thier, die zwar um Gott nicht wiſſen,
Er aber weiß um ſie, ſie ſind ihm nicht entriſſen.
Sie ſind nicht los von Gott, gottlos biſt du allein,
Menſch, der du fühlſt mit ihm, und leugneſt, den Verein.
(Th. III. S. 144).

Sturm der Vernichtung, ſprich, wohin mich denn verſchlagen,
Wohin denn willſt du mich, wo Gott nicht wäre, tragen.
Von Gott iſt alles Sein umſchlungen und umrungen,
Und ich bin ſein, nicht mein, ich bin von ihm durchdrungen.
Wohin ich ſehe, ſeh' ich Gottes Schooß mir offen,
Der nur dem Zweifel iſt verſchloſſen, nicht dem Hoffen.
Verſchloſſen iſt er nur dem ihm verſchloſſenen Sinn;
Drum iſt er offen mir, weil ich ihm offen bin. (Th. III. S. 145).

Wie von der Sonne gehn viel Stralen erdenwärts,
So geht von Gott ein Stral in jedes Dinges Herz.
In dieſem Strale hängt das Ding mit Gott zuſammen,
Und jedes fühlet ſich dadurch von Gott entflammen.
Vom Ding zu Dinge geht ſeitwärts kein ſolcher Stral,
Nur viel verworrene Streiflichter allzumal.
In dieſen Lichtern kannſt du nie das Ding erkennen,
Die dunkle Scheidewand wird ſtets dich von ihm trennen.
In deinem Stral vielmehr mußt du zu Gott aufſteigen,
Und in das Ding hinab an ſeinem Stral ſich neigen.
Dann ſieheſt du das Ding, wie's iſt, nicht wie es ſcheint,
Wenn du es ſiehſt mit dir ſelbſt in Gott vereint. (Th. IV. S. 245).

So wahr er in dir iſt, der dieſe Welt erhält,
So wahr auch iſt er in, nicht außerhalb der Welt.
Doch in ihm iſt die Welt, ſo wahr in ihm du biſt,
Der nicht in dir noch Welt, nur in ſich ſelber iſt.
So lang du denken nicht die Widerſpüche kannſt,
O denke nicht, daß du durch Denken Gott gewannſt. (Th. V. S. 252).

Auch in dem Cherubiniſchen Wandersmann von Angelus Sileſius (geb. 1624) findet man die Anſicht, daß der Menſch in Gott, und Gott in dem Menſchen, vielfach und ſehr entſchieden ausgeſprochen; nur daß dies Verhältniß wenigſtens im Ausdrucke nicht hinreichend von einer Gleichſtellung oder Identificirung Gottes mit dem Menſchen und des Menſchen mit Gott unterſchieden iſt, da doch das Einzelne nie dem Ganzen gleichgeſtellt werden darf. Uebrigens verwahrt ſich Angelus Sileſius ſelbſt in der Vorrede gegen eine ſolche Identificirung, und manche Sprüche (wie Th. I. 126. 136. II. 74. 125) ſind auch im Sinne der Unterſcheidung. Ich führe folgende an *:

Erſtes Buch.

8. Gott lebt nicht ohne mich.

Ich weiß, daß ohne mich Gott nicht ein Nun kann leben;
Werd' ich zu nicht, er muß vor Noth den Geiſt aufgeben.

---

* Nach: Angelus Sileſius und Saint Martin, herausgegeb. von Varnhagen v. Enſe. Dritte Aufl. 1849.

9. Ich hab's von Gott, und Gott von mir.

Daß Gott ſo ſelig iſt, und lebet ohn' Verlangen,
Hat er ſo wohl von mir, als ich von ihm empfangen.

10. Ich bin wie Gott, und Gott wie ich.

Ich bin ſo groß als Gott, er iſt als ich ſo klein;
Er kann nicht über mich, ich unter ihm nicht ſein.

18. Ich thue es Gott gleich.

Gott liebt mich über ſich; lieb' ich ihn über mich:
So geb' ich ihm ſo viel, als er mir giebt aus ſich.

68. Ein Abgrund ruft den andern.

Der Abgrund meines Geiſtes ruft immer mit Geſchrei
Den Abgrund Gottes an: ſag', welcher tiefer ſei.

73. Der Menſch war Gottes Leben.

Eh' ich noch etwas ward, da war ich Gottes Leben:
Drum hat er auch für mich ſich ganz und gar gegeben.

79. Gott trägt vollkommne Früchte.

Wer mir Vollkommenheit, wie Gott hat, ab will ſprechen,
Der müßte mich zuvor von ſeinem Weinſtock brechen.

88. Es liegt Alles im Menſchen.

Wie mag dich doch, o Menſch, nach etwas mehr verlangen,
Weil du in dir hältſt Gott und alle Ding umfangen?

90. Die Gottheit iſt das Grüne.

Die Gottheit iſt mein Saft! was aus mir grünt und blüht,
Das iſt ſein heil'ger Geiſt, durch den der Trieb geſchieht.

96. Gott mag nichts ohne mich.

Gott mag nicht ohne mich ein einziges Würmlein machen:
Erhalt' ich's nicht mit ihm, ſo muß er ſtracks zu krachen.

100. Eins hält das Andere.

Gott iſt ſo viel an mir, als mir an ihm gelegen,
Sein Weſen helf ich ihm, wie er das meine hegen.

105. Das Bildniß Gottes.

Ich trage Gottes Bild: wenn er ſich will beſehn,
So kann es nur in mir, und wer mir gleicht, geſchehn.

106. Das Eine in dem Andern.

Ich bin nicht außer Gott, und Gott nicht außer mir,
Ich bin ſein Glanz und Licht, und er iſt meine Zier.

115. Du ſelbſt mußt Sonne ſein.

Ich ſelbſt muß Sonne ſein, ich muß mit meinen Stralen,
Das farbeloſe Meer der ganzen Gottheit malen.

121. Durch die Menſchheit zu der Gottheit.

Willſt du den Perlenthau der edlen Gottheit fangen,
So mußt du unverrückt an ſeiner Menſchheit hangen.

129. Das Bös' entſteht aus dir.

Gott iſt ja nichts als gut: Verdammniß, Tod und Pein,
Und was man Böſe nennt, muß, Menſch, in dir nur ſein.

136. Wie ruhet Gott in mir.

Du mußt ganz lauter ſein, und ſtehn in einem Nun,
Soll Gott in dir ſich ſchaun, und ſänftiglicher ruhn.

200. Gott iſt nichts (Kreatürliches).

Gott iſt wahrhaftig nichts: und ſo er etwas iſt,
So iſt es nur in mir, wie er mich ihm erkieſt.

204. Der Menſch iſt's höchſte Ding.

Nichts dünkt mich hoch zu ſein: ich bin das höchſte Ding,
Weil auch Gott ohne mich ihm ſelber iſt gering.

237. Im Innern betet man recht.

Menſch, ſo du wiſſen willſt, was redlich beten heißt,
So geh' in dich hinein, und frage Gottes Geiſt.

238. Das weſentliche Gebet.

Wer lautern Herzens lebt, und geht auf Chriſti Bahn,
Der betet weſentlich Gott in ſich ſelber an.

276. Eines des Andern Anfang und Ende.

Gott iſt mein letztes End. Wenn ich ſein Anfang bin,
So weſet er aus mir, und ich vergeh in ihn.

Zweites Buch.

74. Du mußt vergöttert werden.

Chriſt, es iſt nicht genug, daß ich in Gott nur bin:
Ich muß auch Gottes Saft zum Wachſen in mich ziehn.

125. Du mußt das Weſen haben.

Gott ſelbſt iſt's Himmelreich: willſt du in Himmel kommen,
Muß Gottes Weſenheit in dir ſein angekommen.

137. Gott ſchauet man an ſich.

Wie iſt mein Gott geſtaltet? Geh, ſchau dich ſelber an,
Wer ſich in Gott beſchaut, ſchaut Gott wahrhaftig an.

180. Der Menſch iſt Nichts, Gott Alles.

Ich bin nicht ich noch du: du biſt wohl ich in mir:
Drum geb' ich dir mein Gott allein die Ehrgebühr.

207. Gott iſt in dir das Leben.

Nicht du biſt, der da lebt: denn das Geſchöpf iſt todt;
Das Leben, das in dir dich leben macht, iſt Gott.

Man muß übrigens die Bedeutung einer die ganze Natur beſeelenden und unſern Geiſt in Gott aufhebenden Anſicht für die Poeſie weniger darin ſuchen, daß ſie eine Darſtellung durch die Poeſie ſelbſt verträgt, als daß ſie das Gemüth in poetiſchem Sinne zu erziehen vermag, indem ſie die Dinge unter Geſichtspuncten betrachten läßt, welche der Poeſie leichten Angriff gewähren. Dies kann freilich erſt dann ſpürbar werden, wenn die Erziehung im Sinne derſelben eine volksthümliche geworden; denn der Dichter muß auf der Anſchauungsweiſe ſeiner Zeit fußen, und kann wohl helfen eine andere einzuleiten, aber nicht ſich in einer andern bewegen, als welche der Zeit geläufig iſt. Der Einfluß, den die Anſchauungsweiſe der Hindus auf ihre Poeſie gehabt, kann inzwiſchen andeuten, was in dieſem Sinne zu erwarten, freilich nur andeuten, denn wir müſſen nicht meinen, daß die Verworrenheit der indiſchen Anſchauungsweiſe zu den höchſten und ſchönſten Erfolgen in dieſer Hinſicht ſchon habe führen können.

„In den poetiſchen Schilderungen der Natur zeigt es ſich, wie der indiſche Dichter die Natur noch mit ganz andern Augen anſchaut, als wir es von unſerm religiöſen Standpunct aus gewohnt ſind. Vor Allem iſt es doch immer eine religiöſe Ehrfurcht, von der er im Anſchauen der Natur ergriffen wird. Die Großartigkeit derſelben, ihr Glanz, ihr Reichthum überwältigt ihn, und dadurch bekommt dann die Schilderung, obwohl ſie nur gelegentlich geſchieht, und zur äußerlichen Scenerie gehört, doch momentan eine ſelbſtſtändige Bedeutung. Ferner aber ſind die natürlichen Geſtalten für den indiſchen Dichter mit dem Menſchen ſelbſt auf das Innigſte verwandt. Sie ſind wie der Menſch Erſcheinungen des Einen göttlichen Lebens. Es iſt daher nicht blos eine poetiſche Licenz, wenn die ganze natürliche Umgebung des Menſchen als empfindend dargeſtellt wird, wenn der Menſch die Natur zum Mitgefühle auffordert, wenn er ſie befragt, wenn er ihr ſeine Freude, ſein Leid mittheilt.“ (Schaller, Briefe S. 54).

Sei es, ſagſt du, daß wir Gottes Glieder ſind, aber wenn Gottes Glieder, wozu der Erde Glieder; genügt's nicht, uns als Gottes Glieder zu denken?

Und freilich genügte es, wenn es nur ein müßig Denken gälte. Aber ſpinnen wir, ſtatt den Rocken der Betrachtung nur immer fruchtlos um ſich ſelbſt zu drehen, den Faden derſelben am Sachverhalt der Dinge ab, ſo finden wir, daß er in natürlicher Folge von unſerer eigenen individuellen Beſeelung zur Allbeſeelung wie rückwärts nur durch das Mittelglied einer individuellen Beſeelung der Geſtirne geht. Alles was in dieſem Buche geſchrieben worden, iſt ja nur des Fingers Gang, der auf und ab vom Rocken zu der Spule in dieſer Richtung glitt.

Auch iſt die Mittelſtufe, die ſich ſo mit Verſtandesmitteln zwiſchen Gott und uns erbaut hat, nicht fruchtlos für Befriedigung von höherem und wärmeren Bedürfniß. Denn einerſeits wird Gott dadurch um eine Stufe in unſrer Vorſtellung erhoben, anderſeits treten wir ihm ſelber dadurch zugleich um eine Stufe näher; und endlich treten wir auf dieſer Stufe, die uns alle gemeinſchaftlich zu Gott aufhebt, in innigere Beziehung zu einander, als da wir uns im Bodenloſen zerſtreut und aus einander gefallen halten mußten. Sonſt ſchien uns Gott an Größe viel zu nahe, in Ferne viel zu weit, da wir nur den höchſten Maßſtab des Menſchlichen an ihn legten, und ihn doch zugleich über allen menſchlichen Horizont hinausrückten. Nun aber erſcheint er uns ein Weſen nicht nur über unſre eigene Vernunft und Sinne, ſondern auch über die Vernunft und Sinne ſelbſt ſchon hoch übermenſchlicher Weſen. Einſt ſtand Gott wie ein Thurm neben dem Menſchen ſteht; nichts war zwiſchen uns und Gott als nebelnde Geſtalten und wir maßen den Thurm Gottes durch den kleinen Menſchen. Nun ſehen wir viel hohe feſtgegründete Thürme über uns ragen und Gott ragt nicht blos als ein höherer über alle, ſondern alle ſind gar nur lebendige Bauſteine ſeiner, des ſich Selbſt lebendig bauenden, geworden, und geben uns nun die gewaltigſten innern Maßſtäbe Seiner ſtatt aller äußern, zugleich Sproſſen, die rechte Richtung im Aufſteigen auf der hohen Leiter ſeiner Betrachtung zu behalten, der unerſteiglichen, da nicht das Erſteigen Gottes, ſondern das Aufſteigen in Gott in Leben und Betrachtung unſre Beſtimmung. Und indeß Gott ſo hoch über uns, iſt er uns doch zugleich ganz nahe geblieben, ja erſt recht nahe geworden, da wir nun nicht mehr blos in allgemeiner Weiſe in ihm ruhen und leben, blos die höchſte und letzte Beziehung zu ihm haben, die alle Weſen mit uns theilen, ſondern auch in ganz beſonderer Weiſe von ihm beſorgt, gehegt und verwaltet werden durch einen beſondern Verwalter, der ſein eigen Theil.

Der Geiſt der Erde iſt der Knoten, durch den wir alle in Gott eingebunden ſind; wäre es beſſer, wenn wir loſe in ihm zerflatterten? Er iſt die Fauſt, in der uns Gott zuſammenfaßt; wäre es beſſer, wenn er ſie öffnete, und uns zerſtreute? Er iſt der Zweig, der uns als Blätter an Gottes Baume trägt; wäre es beſſer, wenn wir von dieſem Zweige abfielen? Oder wäre es beſſer, wenn jener Knoten, ſtatt ein ſelbſtlebendiges Band zu ſein, ein todter Strick, wenn jene Fauſt erſtarrte, wenn jener Zweig verdorrte?

Und iſt es gleichgültig, ob wir um die Verknüpfung auch wiſſen, die wir im Geiſte über uns finden, kann ſie nicht vielmehr durch das Bewußtſein davon noch in höherm Sinne eng, lebendig, innig werden, als ſie von Natur ſchon war. Zu wiſſen, daß man des Andern Bruder iſt, ſetzt ja noch ein ganz ander Verhältniß zu ihm, als es blos zu ſein.

„Der Menſch ruht als Naturindividuum noch in der dunkeln Einheit des mit dem ganzen Erddaſein eng verflochtenen Menſchengeſchlechts; durch dieſen in die Tiefen der Schöpfung hinabreichenden Urſprung ſind Alle mit Allen Eins und verwandt, ja mit allem Empfindenden innerlich verwachſen (daher ſeinem tiefſten Grunde nach unſer unwillkührliches Mitgefühl für die Thiere). Aber das Geſchlecht hat ſich aus jener dumpfen, vorgeſchichtlichen Einheit zur bewußten Eintracht einer Menſchheit aufzuſchließen;

dies iſt, wie der Proceß der Weltgeſchichte, ſo auch der Inhalt aller praktiſchen Ideen. Unſer Grundwille iſt, das zu ſuchen, was uns als urſprünglich Verwandtes ergänzen kann: die Liebe iſt dieſer Grundwille.“ (F. H. Fichte, die philoſoph. Lehren von Recht, Staat und Sitte S. 17).

War's denn nicht von jeher des Menſchen Sitte und Gewohnheit, — ſie muß wohl alſo wurzeln in einem tiefen Bedürfniß — Vermittelungen zu ſuchen zwiſchen ſich und Gott, Vermittelungen durch höhere Perſönlichkeiten; bald waren's Engel, überirdiſche Weſen, bald Menſchen, doch erhaben über die Schranken des gemeinen einzelnen Menſchlichen, Eins zum Andern; eins ſchien nicht zu reichen. Alles aber, was wir vom obern Vermitteler in erſtem Sinne verlangen, wünſchen, hoffen können, alles Beßte, was Engel leiſten können, das fanden wir ja erfüllt in der Natur der himmliſchen Weſen, deren eins die Erde ſelber iſt. Sie iſt Hort und Hüter alles Irdiſchen, Menſchlichen mit einemmale, von allen himmliſchen Hütern der eigenſt für das Irdiſch=Menſchliche geſetzt. Hat Leib wie du, du willſt ja alles leiblich und handgreiflich, hat Geiſt wie du, Geiſt über deinem Geiſte, weil deiner ſelbſt ihr angehört. Nicht bete an den ihren; nur Gott iſt anzubeten; in einem rechten Gebete nimmt der ganze Geiſt die Richtung auf den Geiſt des Ganzen, aber verehre ihn, und diene ihm, dem Diener Gottes. Du kannſt es, nicht mit Opfern aus Rauch, die ſind nur Rauch, ſondern dadurch, daß du in ihm Gutes, Schönes, Wahres ſchaffſt und förderſt, ſo wird er dir wieder dienen. Das, was du ihm thuſt, thuſt du dir, ſo wahr der ganze Geiſt der Lebensboden und Lebensoden alles deſſen, was einzeln in ihm webt und wirkt;

und was er dir thut, thut er ſich; da iſt keine Scheidung. Und indem du ihm dienſt, dienſt du Gott. Im Sinne der beßten irdiſchen Ordnung wirken, ja ſie ſelber beſſern, heißt zugleich im Sinne der himmliſchen Ordnung wirken, die an ſich die beßte; ja nur indem du jenes thuſt, kannſt du dieſes. Es giebt keinen Weg und Steg zu Gott durchs Blaue, nur durchs Grüne; wenn ſchon einen Blick über das Grüne hinaus auch in das Blaue.

Sonſt meinteſt du, du ſei'ſt ein einzeln irdiſch Weſen; lerne dich dagegen recht fühlen in dem Zuſammenhange, in dem du durch den obern Geiſt biſt mit allen andern irdiſchen Weſen. Aber denke dir's nicht todt, denke dir's lebendig, wie du mit den Geiſtern aller deiner Brüder und aller, die vor dir waren und nach dir ſein werden, berufen biſt, das Leben des einen obern Geiſtes zu füllen, der in euch allen lebt und webt und iſt, und ihr in ihm, und dadurch deinen beſondern Theil gewinnſt an Gott, und daß, um auch an Gottes Gnade Theil zu haben, du dem dienen mußt und zinſen, den er dir geſetzt hat zum Hort und Hüter, durch und in dem er dir darleiht das Pfund, mit dem du ſollſt wuchern, und zugleich die Stätte, darin du es ſollſt austhun. Freilich gilt es erſt feſt und heimiſch zu werden in dem Glauben, daß er Kraft gewinne, Segen bringe. Er iſt zu fremd, um uns gleich anzumuthen, zu groß, ihn gleich ganz zu faſſen; das Erhabne ſcheint uns erſt nur ungeheuer, eine Wüſte, darin wir uns verlieren; laßt ſie uns erſt geiſtig anbauen, ihre Quellen ſpringen, dann wird's anders.

Doch du möchteſt einen menſchlichen Mittler zu Gott. Nimmt dir der unſre etwa Chriſtus? Nein, er giebt ihn dir, der Obere den Höheren, zu vermitteln das Uebermenſchliche mit dem Menſchlichen, und findet einen Mittler ſelbſt in ihm, zu vermitteln ſein Irdiſches mit dem Ueberirdiſchen. Das wollen wir nun betrachten.

XIII. Chriſtliche Dinge.

> Einen andern Grund kann zwar niemand legen, außer dem, der gelegt iſt, welcher iſt Jeſus Chriſtus *.

Wohl fragt der Chriſt, was haſt du mit dem Chriſtenthum zu ſchaffen? Sind das nicht ganz neue Dinge? Hat Chriſtus auch nur je davon geredet?

Ich frage entgegen: hat er je dem widerſprochen, und iſt hier dem widerſprochen, was Chriſtus hat geredet?

Wo aber war von Chriſtus ſelbſt die Rede; ſollen wir nicht alles jetzt anders ſuchen, was wir bisher bei ihm geſucht, durch ihn gefunden, ihn nicht mehr halten für den Mittler, Heilkünder und Heilbringer?

Und war von ihm bisher noch nicht die Rede, ſo ſei's jetzund. Nach Allem ſag' ich doch, ich bleib' ein Chriſt und nicht zu löſen ſeinen Bund, nein, ihn zu feſtigen und mehr drein zu verſchlingen, das iſt der Sinn des Werks, das hier gewebt wird.

Das Buch, das von ihm ſpricht, durch das er ſpricht, geſprochen hat durch alle Zeit nach ihm, geſprochen hat,

---

* 1 Cor. 3, 11.

daß es weit klingt ins Land, weiter über's Land, und noch geht die Stimme weiter ſich zu breiten, mit Tone der Poſaune, das Buch, aus dem Licht iſt gefloſſen, Segen iſt gequollen über die Erde, wohl mehr, als der gemeine Verſtand weiß und verſteht, ſoll nicht zerriſſen werden: wer kann's zerreißen? Das iſt der Stamm, der bleibt und treibt durch alle Zeiten. Die morſchen Blättlein dran, ich nenne ſie nicht grün: ſie machen nicht den Stamm: der aber ſteht und wurzelt feſter in denſelben Stürmen, von denen rings die Wälder brechen.

Ich ſollte Chriſtum verleugnen mit meiner Lehre? Auf weſſen Grund iſt dieſe Lehre denn erwachſen? Konnte ein Heide ſie erfinden und ſie bringen? Bin ich nicht mit Allem, was dran Gutes, herausgeſtiegen aus ſeinem Grund und Boden, über ſeinem Stiel, über ſeinen Blättern, ſtehe noch in ſeiner Knospe; was thue ich anders, als mit helfen drängen zum vollen Aufbruch an das Licht der Sonne und der Sterne; einſt muß doch klar werden Alles, was darin noch ſchlief im Dunkeln unbewußt. Aber ihr glaubt nicht, daß es daſſelbe ſei, die Wurzel und der Stengel und die Blätter, und die Knospe und die Blume: doch iſt's daſſelbe noch, nichts ausgeriſſen wird von Chriſtus hier, auch nicht das Kleinſte, und kann nicht ausgeriſſen werden; denn nur wachſen kann Chriſtus durch ſich ſelber und die allmächtige Natur der Dinge, durch die Alles wachſen muß, was wachſen will, weil ſie iſt Gottes.

Wer hat die Lehre mich gelehrt von jenem Gott, der mein Schöpfer, mein Vater, der iſt in Allem und durch den Alles iſt, dem ewig Einigen, Unendlichen, Allwiſſenden, Allmächtigen, Allgütigen, Allliebenden, Allgerechten und Allbarmherzigen. Was konnt' ich thun mit aller Heiden Gott, wie konnt' ich darauf bauen, weiter bauen, höher bauen?

Wer hat mich jenes höchſte Gebot gelehrt, das Gott und Menſchen ſchlingt in einen Bund? Blickt auf die Heiden, kennen ſie es wohl, für die das Höchſte war, des eigenen Staates beßter Bürger ſein, oder die gar den Menſchen ſchlachten, ihren Gott zu ehren? Wer hat das feſte Wort zu mir geſprochen: Es wird mit dir nicht aus ſein, ob Alles auch ſcheint aus, und mit der That hienieden bau'ſt du dein künftig Haus. Wer hat mich immer heimlich gewarnt, zurückgehalten, wenn roher Schluß und eigene Weisheit mich führen wollte dunkle Wege, abſeits von Gott, abſeits vom Glauben an mein eigen Heil, mich einfach grad hindurchgeführt durch alles Wirrniß, vorhaltend immer mir ein leuchtend Ziel; nicht dankt ich's Chriſtus lange, verborgen führt er mich an der Hand, ich wußt' es nicht, ſo Viele wiſſen's nicht, wie er ſie führt, und konnte doch nicht weichen vom Wege, da ich blieb an ſeiner Hand, den Zug wohl ſpürend, doch den Führenden nicht ſehend: und führte endlich mich auf einen hohen Berg, da drüber lag das weite Firmament, lebendig worden waren alle Sterne, und ſangen alle Preis des Einen. Ich ſah zurück auf den verworrenen Weg, den ich gegangen, die Nebel alle, die jetzt unter mir, den Graus der Heiden, der jetzt hinter mir, und ſann und dachte, wer hat zu dieſer Klarheit mich geführt? da plötzlich ſtellt' er ſich vor mich in hoher leuchtender Erſcheinung und ſpricht; ich war's. Und endlich dank' ich's ihm. Und wie viel Gefahr war doch auf meinem Wege, auf dem ſchon ſo viele ihren Gott verloren, da ich den Gang ging aufwärts durch eine Natur, die wahrlich Chriſtus nicht hat ihres Gottes entblöſt: entblöſt gefunden hat er ſie; den Juden war ſie nur ein trockener Schemel Gottes, zerſtückt auf weitem Raume lagen im Heidenthum nur Gottes Glieder. Da ſetzte Chriſtus ſeinen Fuß auf des Schemels höchſte reinſte Stelle, und reicht die Hand hinab, und zieht, wie ich's an mir erfahren, die Menſchen aus der Nacht und Wirrniß drunten in die klare Höhe, es hängt ſich einer immer an den andern, und immer länger wird die Kette; zuletzt die ganze Menſchheit wird empor gezogen; die richtet er erſt ein in Gottes geiſtigem Himmelreiche, das iſt es, was vor Allem Noth gethan, bis daß Gott auch des Leibes Glieder wieder ſammle, und fahre ein neuer Wind über dem Waſſer der neuen Schöpfung, daß neuer Odem komme in die Natur, die Todten auferſtehn und Geiſter leben, weben, wo jetzt nur Steine, Grab und Gras.

Wahrlich Tauſende wiſſen nicht, was ſie ihm danken, und danken's ihm darum nicht; verleugnen und verhöhnen ihn wohl gar. Sie meinen, Alles ſei von heut und geſtern, von hieher, daher, von Vater, Mutter, Volk, von Obrigkeit und König, ſie ſehn der Blätter Wachsthum einzeln, nicht die einige tiefe Wurzel, ſie ſehn die tiefe Wurzel, und nicht zugleich die hohe Blätterfülle. Chriſtus ſprach: laſſet die Kindlein zu mir kommen und wehret ihnen nicht, denn ſolcher iſt das Himmelreich. Würden wir nicht Alle als Kinder zu Chriſtus gebracht, da wir ſeine Worte noch in Unbewußtſein aufnehmen, nicht fragend, nicht grübelnd, nur den Zug und Druck ſeiner ſegnenden Hand ſpürend, und ſetzte ſich der Segen nicht feſt in unvertilgbaren Spuren, ob wir ihn ſelbſt vertilgen wollen, was ſollte uns einſt durch alle Irrungen unſers Bewußtſeins führen, Widerpart halten gegen alle Gründe, die ſelbſt geſponnenen, ſelbſt entwickelten, die immer anders hinauswollenden, als ſei Gottes Wort zu ſchlicht und zu veraltet. Es wäre wohl um unſer aller Himmelreich geſchehen. Nun hält der Segen des Kinderglaubens, ohne daß wir's wiſſen, oft ohne daß wir's wollen, immer noch vor, wirkt in Gewöhnung, Scheu, Gewiſſen, ob wir auch nichts von Chriſtus wiſſen mögen: ja nicht das allein, was einfließt in jedes Herz in ſeiner kind'ſchen Jugend, iſt's, was ihn hält; ein Glied geworden iſt er der Gemeine, die durch Chriſtus iſt geſtiftet und gehalten, da in den Kirchen, auf den Gaſſen, im Rathhaus und Gericht im Sinn der Lehre wird gelehrt, gepredigt und gegangen und gerathen und gerichtet, die er lehrte: ob auch in tauſend Einzelfällen nicht, im Ganzen doch geſchieht's, der Staat will da hinaus, wo's Volk will anders, das Volk doch richtet ſo, wo nicht der Richter, und kein Einzelner kann dem Einfluß ſich entziehn, ob er auch möchte; denn Boden, Luft und Leben, alles rings iſt chriſtlich; den Namen Chriſti kannſt du wohl verleugnen, die Sache Chriſti zwingt dich, ob du willſt; in tauſend Einzeldingen weichſt du von ihm, und bleibſt doch, wenn nicht frei an ihm, an ihn gekettet, gekettet noch durch jenes weite Band des Guten, was alle Chriſtenheit umſchlingt, was dich nicht läßt, wenn du's auch laſſen möchteſt, woran dich Chriſtus hält, ob du nicht an ihm hältſt.

Ihr ſagt: auch unter den Heiden gab es genug des Guten; aber es gab nicht das Bewußtſein deſſen, woran alles Gute zuletzt hängt. Ihr ſagt: Natur und Kunſt doch hat uns Chriſtus nicht gebracht, das kam uns von den Heiden; wohl kam's uns von den Heiden; doch erſt durch's Chriſtenthum muß es hindurch, ſich läutern, ſoll's uns zu Frommen kommen; ja Chriſtus muß ſich nähren, muß eſſen viel, muß trinken, daß erwachſe groß ſein Leib, drin Alles wird lebendig und heilſam, indeß es faul ward bei den Heiden; drum fiel das Heidenthum.

Ihr rechnet Chriſtus alles als Fehler zu, was noch fehlt den Chriſten; kein todtes Werk iſt's doch, was er gegründet; was zürnt ihr, daß es auch durch euch ſoll wachſen, wenn es Zeit iſt, daß es wachſe. Ihr legt als Schuld auf Chriſtus Alles, was er noch nicht ließ fallen, das doch einſt fallen muß; doch war es damals reif ſchon, daß es fallen konnte? iſt's nicht genug, daß er hat feſt geſtellt was ſtehen muß? ihr bringt gar über Chriſti Haupt all' Blut, was iſt vergoſſen worden in ſeinem Namen und um ſeines Namens willen; aber iſt das auch Blut aus ſelbem Leibesquelle, daraus floß Chriſti eigen Blut; und wollt ihr ſehen ſcheel dazu, daß, da der Stamm gemußt hat bluten, auch die Zweige bluten müſſen, um zu wachſen. Daß ſo tauſendfaches Uebel waltet durch das Chriſtenthum, das iſt nicht Chriſti, das iſt all' der Chriſten Schuld. Seht doch auf Chriſti eigenen Wandel, eigene Lehre. Ihr müßt es leſen, wieder leſen, wie er gelehrt, gegangen, wie er hat gehandelt, und gelitten; er ſelbſt; und werft auf ihn nicht Alles, was die, die ſeinen Namen führen, thaten.

Das Beſte und das Reinſte, was vom Glauben und der Liebe zu Gott und zu den Menſchen hatte bis auf ihn gegolten, das war zuſammengefloſſen all' auf einen Punct: daraus wuchs Chriſtus erſt; draus ward er ganz gemacht: mit all' ſeinem Sinnen, Denken, Trachten nahm er's auf in ſich, und ſtrömt's zurück aus Einem lichten Punct, nicht in der Lehre blos, im Handeln, Leben, Sterben: durch alle Poren drang's hinaus aus ihm in alle Lande. So rein, ſo hoch, ſo heilig hat Niemand Gott vor uns geſtellt, ſo hoch geſtellt Keiner das, was das höchſte Gebot der Welt; ja Mancher Heide hat's befolgt, ſchon ſteht's im alten Bunde, da ſteht es unter Andern, er hat's über Alles geſtellt, er hat's geſtellt über's Leben, er hat's beſiegelt mit dem Tode, das macht das Gebot erſt leben, das macht es überwinden das Uebel in der Welt.

Doch über allem alten Guten, das eine feſtere Gründung durch ihn empfangen, erhebt ſich in Chriſti Lehre, bethätigt in ſeinem Thun ein neuer und höherer Gedanke; daran ſoll jeder halten, der ſich einen Chriſten nennt, und wer dran hält, und glaubt an Chriſtus als an den, durch den dies Wort auf Erden Fleiſch geworden, der darf ſich einen Chriſten nennen, mag er auch manchen Satz des Eiferers nicht bekennen; da liegt es, daß wir Chriſtus den Mittler heißen können.

Er iſt es, der die Lehre vom Himmelreich hat geſtiftet, dem unſichtbaren, dran Alles Theil ſoll nehmen;

er iſt es, der die erſten Säulen der Kirche hat errichtet, der ſichtbaren, die alle ſoll verſammeln zu Einer und derſelben Predigt; viel Wohnungen Gottes lagen vordem zerſtreut auf Erden; ein Jeder ſprach, das iſt meines Vaters Haus: da iſt Chriſtus gekommen, zu machen die Erde, die ganze, zu Gottes des Einigen einigem alleinigen Haus, das iſt ſeine ſichtbare Kirche; und zeigt noch drüber in's hohe himmliſche Haus, und zeigt aus der Enge, dem Dunkel des Dieſſeits in die Höhe und Helle des Jenſeits. Daß er das Höchſte geſetzt hat als das Einigende und das Weitſte geſetzt hat als das zu Einigende und das Beſte geſetzt hat als das Höchſte, das hat ihm Keiner zuvor gethan, das thut ihm Keiner nach, denn er hat es gethan.

„Darum gehet hin, und lehret alle Völker, und taufet ſie im Namen des Vaters und des Sohnes und des heiligen Geiſtes.
Und lehret ſie halten Alles, was ich euch befohlen habe.“ (Matth. 28, 19. Vgl. Marc. 16, 20).

„Oder iſt Gott allein der Juden Gott? Iſt er nicht auch der Heiden Gott? Ja freilich auch der Heiden Gott.
Sintemal es iſt ein einiger Gott.“ (Röm. 3, 29. 30).

„Es iſt hier kein Unterſchied zwiſchen Juden und Griechen; es iſt Aller zumal Ein Herr, reich über alle, die ihn anrufen.“ (Röm. 10, 12).

„Petrus aber that ſeinen Mund auf und ſprach: Nun erfahre ich mit der Wahrheit, daß Gott die Perſon nicht anſieht; ſondern in allerlei Volk, wer ihn fürchtet und recht thut, der iſt ihm angenehm.“ (Apoſt. 10, 34. 35).

Wahrlich nicht das allein hat Alle unter ihm geſammelt, und treibt der Schafe immer mehr in ſeine Hürde, daß er der beſte, reinſte Menſch, der je geweſen: er mußt' es freilich ſein, ſollt's ihm gelingen; doch das allein that's nicht; wohl mancher iſt geweſen, zwar nicht mit ſo großem, doch ſo aufrichtigen Sinne ganz Gottes. Auch das hat's nicht gethan, daß er gekräftigt und gereinigt hat die alte Lehre vom großen einigen Gott mit auserwähltem Volke, die ſtand ſchon lange da und ſtand ſchon lange ſtill; das aber iſt's geweſen, was Alle unter ihm hat geeinigt und alle einigen wird, die noch nicht einig ſind, daß er die Idee der Einigung Aller aus dem Geſichtspunct, aus dem allein eine Einigung Aller möglich iſt, zuerſt mit Bewußtſein ins Bewußtſein der irdiſchen Welt gebracht, und durch Lehre und Leben den lebendigen Anſtoß zur Verbreitung und Bethätigung dieſer Idee gegeben hat, daß alle Menſchen ſich als Kinder deſſelben einigen, nur Gutes wollenden, Gottes, als Bürger eines, über dies Dieſſeits hinaus reichenden, himmliſchen Reiches und als Brüder zu einander fühlen, in dieſem Sinne trachten und handeln ſollen.

Das war wohl anders, da die Juden meinten, nur ihnen ſei Heil von Gott beſchieden, und alle andre Völker auf Erden verworfen; das war wohl anders, da die Heiden, ſtatt in Gott ein Band der Liebe zu ſuchen, ihre Götter ſelbſt in menſchlicher Zerwürfniß dachten; das iſt wohl anders noch beim Islam, wo Haß gegen Andersgläubige und äußerliche Werkthätigkeit gleich wiegt der Liebe und dem Handeln im Sinne der Liebe zu dem Nächſten, der für der Chriſten innig herzliches Einverſtändniß mit Gott nur blinden Glauben, Waſchungen und gezählte Gebote kennt *. Und was er hat des Guten, da iſt noch Chriſti Spur; weh' ihm, daß er nicht ganz auf den gebaut; das läßt ihn künftig fallen.

Wer hat, wie Chriſtus, es gewußt, geſagt, daß alle Menſchen ſo zuſammenhängen und zuſammenwirken ſollen und um ihres Heiles willen müſſen, wie Glieder Eines Leibes; einſt ſahe man nur zerſtreute Menſchen und Völker; das Göttliche der andern Religionen konnte in eigener Wirrniß nicht der Menſchen Eintracht frommen oder ſchwebte nur tyranniſch über dem Menſchlichen und trieb die Menſchen äußerlich zuſammen, doch band ſie nicht innerlich. Wer hat wie Chriſtus das Band der Liebe zu Gott und zu einander zum Bande jenes Leibes ſelbſt erhoben und geheiligt; wer hat ſein eigen Blut im Tode vergoſſen, daß es belebend fließe durch den großen Leib. Für's Vaterland hat's Mancher wohl vergoſſen, wer aber hat's vergoſſen für die ganze Menſchheit, wer hat wie Chriſtus nur daran gedacht, daß es eine ganze Menſchheit gebe, für die man's auch vergießen könnte.

Darum iſt Chriſtus der Erlöſer, daß er alle Einzelbande gelöſt hat, vor denen die Menſchen nicht zu einander konnten, die Bande der Arme, mit denen ſie ſich umfangen ſollten; er hat daraus ein einziges, alle in Eins umſchlingendes Band gemacht. Darum iſt Chriſtus der Erlöſer, daß er die Wurzel der Sünde, des Menſchen Eitelkeit, Eigenſucht und Eigenwillen gebrochen hat. Er

---

* Ungläubige bekriegen und den Säbel gegen ſie ſchwingen iſt einer der 12 Artikel des Islam.

läßt durch ihn iſt und einer Seligkeit gewärtig von gleicher Reinheit, als ſie Gott genießt, wer durch Chriſti Beiſpiel, Lehre, Thaten des Sinnes theilhaftig geworden, der ihn ſein Heil nur finden läßt im Frieden mit Gott und denen, die mit ihm unter Gott. Es giebt keine ewige Freude, als in dieſer Geſinnung; und kein Himmelreich kann beſtehen, als unter denen, die ſich darin einigen; ein jeder kann ſich ſelbſt die Thüre dazu öffnen, indem er die Thüre ſeines Herzens dieſer Geſinnung öffnet; Chriſtus aber iſt es, der allen den Schlüſſel dazu in die Hand gegeben.

Wohl waren ſchon vor Chriſtus alle, die das Rechte, Gute, Edle wollten, zum Wohl der Menſchheit wirkten und auf höhere Fügung bauten, möchten's Juden ſein oder Heiden, auch in einem höhern Sinne Gottes, als in dem gemeinen, daß ſie alleſammt ſchlechthin in Gott ſind, wie auch der Böſe iſt, der doch gegen Gottes Sinn geht. Jene Beſſern aber gingen mit Gottes Sinn, folgten ſeinem allgemeinen Zuge. Doch iſt's ein Andres noch, im Zuge mitgehn, und nicht wiſſen, von wannen der Zug kommt, noch wohin der Zug geht, und nicht einmal wiſſen, daß es ein allgemeiner ewiger Zug iſt. Da weicht man leicht daraus; da bleibt man immer ſeines Schickſals und Zieles ungewiß; da kann man keinen Andern ſicher führen. Doch das Bewußtſein des gemeinſam einigen Zuges klar wecken, ſelbſt durch die Schreckniſſe des Todes in dieſem Zuge gehen und Andre treiben: das iſt ein Andres noch. Und das that Chriſtus.

Alſo ſoll niemand leugnen, und am wenigſten der Chriſt, daß die Idee, die durch Chriſtus in's Bewußtſein der Menſchheit getreten iſt, von jeher unbewußt darin gewirkt und ihre Jünger gehabt hat: wie wäre es denn eine ewige und ewig wahre Idee, wenn ſie nicht von jeher ſchon gewaltet, alſo daß Heiden und Juden im Sinne derſelben handeln und in ſofern Chriſten ſein konnten, ehe Chriſtus war, aber eine feſte und gemeinſame Richtung konnte doch das Leben der Menſchen erſt im Sinne dieſer Idee zu nehmen beginnen, als ſie auch mit Bewußtſein darin aufzutreten begann: das war eine neue höhere Eingeburt derſelben in die Menſchheit, und ſelbſt jedes Einzelnen Handeln und Denken konnte erſt dann der guten Richtung ſicher werden; und erſt von da an konnte der Menſch die Heilsgüter voll erwarten, erwerben und genießen, die theils im vollen, lautern, ſichern Bewußtſein der guten Richtung und des guten Zieles, der Einſtimmung mit Gottes Willen und der Einigung im Guten mit Andern hier zu finden, theils ſich an den jenſeitigen neuen Eintritt in das Reich Chriſti und hiemit die Geſellſchaft derer knüpfen werden, die ſich ſchon hier unter ſeinem Panier zuſammengethan haben, und dort noch in einem höhern Sinn und in höher bewußter Beziehung zuſammengethan wiederfinden werden. Aber die ohne etwas von Chriſtus zu wiſſen, in ſeinem Sinne dachten und handelten, ſind darum nicht verloren. Das, was ihnen noch fehlt, das werden ſie gewinnen. Stieg doch Chriſtus ſelbſt zur Hölle nieder. Wir reden davon künftig.

Was ſich hier als Kern und Weſen des Chriſtenthums dargelegt, ſo klar zu erkennen, als es hier dargelegt worden, war freilich nicht Sache unſres eignen einſt noch ſehr beſchränkten Blicks; ein Andrer hat uns darin vorgeleuchtet, dem wir nur froh den Griffel aus der Hand genommen, froh deſſen, eigenes Licht und eigene Sicherheit gewonnen zu haben, froh deſſen, hiemit auch dieſes Werk auf feſten Boden gründen zu können.

Die hier entwickelte Anſicht vom Weſen des Chriſtenthums iſt in der That nur eine Paraphraſe derjenigen, welche ein gründlicherer Kenner der kirchlichen Dinge (Weiße) in ſeiner Schrift „Zukunft des Proteſtantismus, Reden an Gebildete" auch gründlicher entwickelt hat.

Wie gut, wie ſchön, wie wahr aber iſt dieſe Auffaſſung des Chriſtenthums. Sie läßt uns erſt recht und ganz verſtehen, was Chriſtus hebt über alle Menſchen und ſeine Kirche als die Eine herrſchen laſſen wird über die ganze Erde, ſie verſöhnt allen Streit der Confeſſionen, da das, um was ſie ſtreiten, nicht mehr in's Weſen fällt, giebt einen feſten Kern zum Anſchluß von allen Seiten, doch keinen todten oder blos verneinenden, ſondern zum lebendigen Fortwuchs treibenden, und der noch feſt und ganz und einig bleibt, wie's drum und dran auch abweicht, giebt jeder höhern Entwickelung, Fort- und Durchbildung in Leben, Kunſt und Wiſſen noch Freiheit und Raum, alſo daß doch die Grundlage des Chriſtenthums dadurch nur feſter wurzeln, die Spitze darüber nur höher aufſteigen muß, läßt uns nicht mehr ängſtlich fragen oder eifernd hadern um das, was Gold, was Schlacke in der Schrift, ob alle Schlacke Gold, ob alles Gold nur Schlacke; das Gold, es leuchtet ja durch alle Schlacke.

Oder dünkt es euch zu wenig, daß es nur Eines iſt, was hier als Weſen, Kern und Mittelpunct des Chriſtenthums erſcheint? Ihr möchtet lieber Vieles: an Dem noch und Jenen noch ſoll einer halten, damit er ſei und heißen kann ein Chriſt: und fangt wieder an zu ſtreiten, was es ſei. So wollt ihr lieber einen Haufen, als einen Fels, und alle euere Haufen ſind doch nur abgeſchlagen von des Felſens Veſte. So ſeid doch froh, daß ihr ſtatt des Vielen Eines habt, in dem alles Viele iſt beſchloſſen, um was es Noth. Des Vielen hattet ihr genug, ja viel zu viel des Vielen, und fandet darüber nicht das Eine, und bliebt ſo ſelber Viele. Nun ſchadet nicht das Viele, ſo lang es bleibt im Einen, nun ſchadet nicht der Streit, ſo lang er nur ums Viele. So lang ihr einig ſeid in jenem Einen und wißt, daß ihr drum Chriſten ſeid, ſo habt ihr frei all' ander Denken, Meinen, mit oder wider einander: iſt's nur nicht wider das Eine, ſo iſt's nicht wider das Heil.

In ſolchem Sinne faſſend und anerkennend das Chriſtenthum meine ich Chriſtum nicht zu verleugnen, ſondern noch ein Jünger zu ſein der Jünger des Herrn, trotzdem, daß ich theils fallen laſſe Manches, was Mancher wohl rechnet zu ſeinem Chriſtenthum: es iſt nicht Alles Chriſti, was ein Chriſt dazu rechnet: theils weit hinausgehe über das, was Chriſtus gelehrt, es iſt kein Verlaſſen, es iſt ein Wachsthum ſeiner Lehre: indem ich Manchem widerſpreche, was ſich im heutigen Chriſtenthume widerſpricht: nicht Chriſtus hat ſich widerſprochen, ſondern ihm und ſich die Chriſten. Die eigene Lehre Chriſti die iſt heilig, und Chriſtus ſelber heilig, der ſie brachte: mehr als die Lehre, auch ſein Thun war heilig, und war Eins mit ſeiner Lehre.

Einſt kam ich in eine Stadt voll Häuſer und Paläſte aus Ziegeln, Quadern, Marmor, alle zweckmäßig und regelmäßig gebaut, feſt gefügt und eins das andre überbietend in Verzierung. Inmitten aber ſtand eine alte Hütte, unbeholfen, zu keinem Menſchenzwecke brauchbar, voll Luken, Löcher, dunkler Winkel, nichts paſſend an einander: es fehlten Klammern, Streben, Stützen: ein Wunder, daß ſie nur noch hielt. Und ich lachte über die Hütte, den Reſt aus alter halbbarbariſcher Zeit in ſolcher ſchönen reichen Stadt, und ſprach: morgen iſt es Schutt. Und als ich wieder kam nach hundert Jahren, Schutt waren alle Häuſer und Paläſte rings, Schutt oder umgebaut, und andre ſtanden umher an andrer Stelle, nach neuer Regel und zu neuen Zwecken. Die alte Hütte aber ſtand inmitten an alter Stelle, unverändert, mit ihren Luken, Löchern, dunkeln Winkeln, dieſelbe, als ſäh' ich ſie am Tag vor hundert Jahren, als wäre zerbrochen dran der Zahn der Zeit, der Alles bricht. Und abermals nach hundert und wieder nach hundert Jahren war's immer ſo: die alte Hütte noch dieſelbe, indeß rings alles neu. Da ſprach ich: So hält ſie Gottes Kraft. Und aus den Häuſern und Paläſten kam manch' Kranker und manch' Müder, und ſiechte in den Straßen, und konnte nicht geneſen, und half kein Arzt; doch wer in die Hütte ging, die ſelber ſchien des Arztes zu bedürfen, ward geſund und fröhlich. Da ſprach ich: hier wohnt Gottes Heil.

Und als ich in die Hütte trat, da ſah' ich Einen, der legte ſeine Hand auf die Kranken und die Müden, davon ſie wurden heil: und ich erkannte Chriſtus.

Die alte Hütte, untauglich für Menſchenzwecke, ſchlecht gefügt nach Menſchenregeln, mit ihren Luken, Löchern, dunkeln Winkeln, fehlenden Klammern, Streben, Stützen, das iſt die heilige Schrift. Man ſieht ſie an mit menſchlichem Verſtande: was iſt dran haltbar, was nicht dran zum Spott den Spöttern, wie kann ſie eine Stelle noch behalten auf dem reichen Markt der Schriften, der ſchön, der neugefügten, voll klarer Menſchenweisheit, mit gut zuſammenhängenden und wohl bewieſenen Sätzen. Kann ſie es aufnehmen nur mit Einer? Und doch, die Schriften alle, die ſchönſten und die klügſten, die pochen auf das Ewige ihrer Lehre, verfallen, machen andern Platz mit andrer neuer Lehre. Die Schrift beſteht und wird beſtehn die alte und Chriſti Geiſt darin als Herr und Hüter wird immer wieder fröhlich machen und geſund alle, die zu ihm kommen krank und müde, weil ſie ſich erſt ſo lang' herumgetrieben draußen.

Hat denn nicht jede Wirkung ihre Urſach? Nun wohlan: was iſt die Urſach, daß die Bibel trotz aller Lücken, Dunkelheiten, Widerſprüche, ſchlechter Fügung Jahrtauſende ein Mittelpunkt, ein Halt, ein Segen für Tauſende, ja Millionen ſteht? In dieſen Mängeln ſelber liegt's doch nicht. Wenn ſie alſo trotz dem noch beſtehn kann und beſteht, da Alles fehlt, wodurch ein Menſchenwerk ſich halten könnte, da ſie nach allen Menſchenregeln fallen müßte, da menſchlich unbegreiflich iſt, daß ſie noch ſteht, ſo kann es eben Menſchenkraft nicht ſeyn, was ſie erhält. Dieſelben Mängel, die der Spötter Spott, ſind gerade das ſtärkſte Zeugniß, daß ſie gehalten iſt durch göttliche Gewalt. So ſeid doch nicht ſo ängſtlich, der Bibel Schäden zu verſtecken, zu verdecken und zu leugnen, deren jedes Menſchenwerk ſich freilich ſchämt und ſchämen müßte. Ihr verſteckt nur Gott, indem ihr Mängel verſteckt, mit denen ein Menſchenwerk nicht dauern könnte. Was kümmert's Gott, ob es auch hält und ſchön ausſieht nach unſern Regeln; jeder Stein und Balken war ihm gut, den einer mit heiligem Sinn zum Werk gefügt, doch war's mit heiligem Sinn, war's doch mit Menſchenhänden, und Chriſtus, der Helfer und der Herr, hat ſelber keine Hand an's äußere Werk gelegt; ſo paßt nicht Alles, kann nicht Alles paſſen. Doch nur die Balken, Steine ſind es, die nicht paſſen. Und wer beſucht und ſucht im Haus die Balken, Steine; genug, wenn nur der Herr drin ſicher wohnt, und leicht zu finden, und Hülfe leicht bei ihm zu finden. Und iſt's nicht ſo? Ein Thor darum, wer auf die Mängel weiſt mit Fleiß, ein Thor, wer ſie verleugnet. Sie ſind ja da; doch der, wer deſſen achtet, was allein zu achten und wonach allein zu trachten, der ſieht ſie nicht, weil er in's Innre blickt und trachtet, wo der wohnt, der iſt ohne Fehle, und ſieht er ſie, ſie können ihn nicht kümmern, weil ſie nicht Gott gekümmert, nicht den gekümmert, der Gott darin vertritt.

Das Vorige iſt nur die Umſchreibung einer ſchönen Stelle, die ich im Buche eines eben ſo ſinnigen als geiſtvollen chriſtlichen Künſtlers fand, (v. Kügelchen, von den Widerſprüchen der heiligen Schrift, 1850. S. 84), und die alſo lautet:

„Man ſollte denken, daß ein Bau auf ſo unſicherm und ſchwankendem Grunde, als der Lehrbegriff der heiligen Schrift zu ſein ſcheint, längſt hätte zerfallen müſſen, ja daß überhaupt mit ſo dunkler, unklarer Lehre niemand habe gewonnen werden können. Aber ſiehe da, dieſe unverſtandene Lehre beſeligt fort und fort, und der Bau ſteht feſt und unerſchütterlich, als ſei er auf einem ewigen Felſen gegründet. Das iſt auffallend, beides, die Feſtigkeit und die fortwährend ſegensreiche Kraftwirkung einer Predigt, die ſo thöricht iſt, daß ſie ihr Angeſicht verbergen muß vor aller Weisheit dieſer Welt, nicht allein der Doktoren, ſondern auch der Schüler anf den Bänken der Schule. Und hier, indem wir die Hand auf die gewaltigen unumſtößlichen Reſultate des Chriſtenthums legen, haben wir zugleich den Beweis erfaßt, daß trotz alles Widerbellens unſeres einſeitigen Verſtandes, dennoch in dem Evangelio eine Kraft Gottes ſei, die den Verſtand der Verſtändigen zu nichte macht.“

So gilt vor Allem von der Bibel ſelber, was in der Bibel ſteht:

„Denn die göttliche Thorheit iſt weiſer, als die Menſchen ſind, und die göttliche Schwachheit iſt ſtärker, denn die Menſchen ſind.

Was thöricht iſt vor der Welt, das hat Gott erwählet, daß es die Weiſen zu Schanden mache; und was ſchwach iſt vor der Welt, das hat Gott erwählet, daß er zu Schanden mache, was ſtark iſt.

Und mein Wort und meine Predigt war nicht in vernünftigen Reden menſchlicher Weisheit, ſondern in Beweiſung des Geiſtes und der Kraft.“ (1 Cor. 1, 25. 27. 2. 4).

Im Geiſte ſeh' ich einſt ein prächtig Bauwerk um die Hütte ragen, groß, daß ſie drin verſchwinden will, mit vielen Thoren, hohen Thürmen, buntgemalten Fenſtern, und Alles drängt ſich zu, drin lobzuſingen. Die Hütte aber ſteht noch drin die alte. Und dieſe Hütte iſt des Ganzen Kern, das heiligſte Verließ darin, das Ganze wär' ohn' ſie nur eine bunte Schaale; wie einſt im Heidenthum der neue Tempel den alten unbehauenen Stein als Heiligſtes verwahrte, an dem die Väter ihren Gott zuerſt erfahren. Doch hier iſt mehr als Stein, hier iſt lebendige Erfahrung der Väter von Gott ſelbſt. Ein ſchönes Licht bricht durch die Scheiben des weiten Baues und ſtralt auf Boden und auf Wände und auf die Hütte drin, die wird verklärt davon: doch aus der Hütte bricht ein Licht, das ſtralt aus Einem Herzen in alle Herzen.

An dieſem großen Bauwerk will ich helfen bauen, kann ich auch die Vollendung nicht erſchauen.

Wie aber war's doch möglich, daß die Bibel, wenn ſie Gottes Werk und Wort, ob auch durch Menſchenhand uns zugebracht, ſo viele Mängel trägt nach allen Seiten? So fragt doch erſt, wie war's doch möglich, daß die Welt, die auch iſt Gottes Werk, geſchaffen auch durch Gottes Wort, ſo viele Mängel trägt nach allen Seiten? Iſt Eines möglich, iſt's das Andre auch. Die Bibel freilich ſoll ein göttlich oder gottbegeiſtet Werk in anderm Sinn noch ſein als andre Werke in der Welt. Sie iſt es auch; doch iſt nicht bloßer Gott. Sie ſpiegelt euch mit Gott auch ſeine Welt der Mängel; doch alſo, daß Gott ſo mehr drin durchſcheint für die, die ihn drin ſuchen, je mehr die Mängel ſcheinen denen, die ſie ſuchen, durch dieſe Mängel ſelber durchſcheint und alle Fehler überſcheint; zwar immer ſind ſie da, wenn man ſie ſuchen will, und werden immer mehr, je mehr man danach ſucht: allein auch Gott wird immer mehr, je mehr man ihn drin ſucht. Das iſt der Bibel Sinn. Gott offenbart ſich in der Bibel nicht wie er nirgends iſt, ſie giebt vielmehr das Muſter, wie ihr ihn ſuchen müßt, müßt ſuchen in der

Welt mit allen ihren Mängeln, die doch nicht ſeine ſind. Das göttlich Eine, Höchſte, Ganze, das Ewige und ewig Feſte, was durch die Vielheit und Zerſplitterung, den Widerſtreit und Zweifel von allem untern Menſchlichen und Weltlichen hindurchgeht, hat auch in der Bibel ſich nicht abſtract herausgelöſt aus dieſen Mängeln, iſt vielmehr nur heller bewußt und mächtiger in Wirkung drin erſchienen. Wer nun auf jenes Eine, Höchſte, Ganze achtet, den irren nicht die Mängel, die doch nur äußere ſind. Oft ſind ſie gar nur ſcheinbar.

In der oben erwähnten Schrift von Kügelchen (S. 11) findet ſich durch ein treffendes Bild ein Grund gar mancher nur ſcheinbaren Widerſprüche in der Bibel erläutert, der darin liegt, daß wir den factiſchen Verhältniſſen und Erlebniſſen, welche der Abfaſſung der Bibel zu Grunde liegen oder darin zur Sprache kommen, viel zu fern ſtehen, um uns überall noch in den rechten Mittelpunct ihrer Auffaſſung verſetzen zu können; wo es dann leicht geſchehen kann, daß verſchiedene Berichte, welche dieſelbe Sache von verſchiedenen Seiten darſtellen, Widerſprüche zu enthalten ſcheinen, die doch eigentlich darin nicht liegen.

„Man ſtelle ſich vor, es ſei jemand im Keller aufgewachſen und habe in ſich kein Bild der Pflanzenwelt. In dem Geſpräche ſeiner Freunde aber, die bei ihm ein- und ausgehen, fiele ihm das Widerſprechende der Bemerkungen über eine und dieſelbe Pflanze, etwa ein Wuchergewächs auf. Der Eine ſagt gelegentlich von ihr, ſie wachſe in die Höhe, der Andre, ſie wachſe in die Tiefe, einmal wird behauptet, ſie ſei angewurzelt, ein andermal, ſie habe einen ganzen Garten durchlaufen. Wie wird er nun, wenn damit die Freunde weggegangen ſind, ihm aber alle lebendige Anſchauung fehlt, ſich ein Bild von jener Pflanze machen können. Er wird vielmehr an der ganzen. Pflanze irre werden; ſie iſt für ihn nicht da.

Eben ſo iſt es denen ergangen, die ohne alle Vorausſetzung und ohne Interpretation des Glaubens die heilige Schrift um ihren Inhalt befragten.“

Man ſtreitet, ob die Bibel durch göttliche Eingebung entſtanden ſei, ob nicht. Nun läßt ſich alles Gute durch einen Hauch von Gott entſtanden denken; doch hier gilt's mehr als einen bloßen Hauch; ein Wind kommt aus ihr, der über die ganze Erde geht und tauſend Hauche abgiebt, und nicht aufhört zu blaſen und immer ſtärker bläſt und ſtärker, und wohl ziemt es, in einem ſolchen Winde viel mehr den Athem Gottes zu ſehen, als in jedem abgeleiteten und nebengehenden kleinen flüchtigen Hauche, den ein Irdiſches dem andern zuweht. Konnte auch ein Menſch, oder konnten die mancherlei Menſchen, die an der Bibel geſchrieben, ihr mit ihrem ſchwachen Athem allein dieſen Wind einblaſen, der nun ſo gewaltig, fruchtbringend, unvergänglich aus ihr weht? Was ſie als Menſchen *ohne Gott* dazu beitragen konnten[*], waren nur ihre menſchlichen Schwächen und Widerſprüche (denn alles höhere Band liegt in Gott), und ſie haben ſie beigetragen, aber der Wind weht ſtark trotz aller dieſer Schwächen. So iſt er höher her.

Man mag ſich einbilden, man hätte das Wahre und Gute unſrer Religion auch ohne die Bibel haben können: wohlan, dann hätte etwas Andres die Bibel vertreten müſſen: nun aber hat Gott ihre Verfaſſer einmal damit begnadet, uns in ihr den Quell des Heils für alle Zeiten zu eröffnen, und dieſe Gnade können wir nicht von ihnen und von ihr wenden noch wenden wollen, ohne uns ſelbſt derſelben zu berauben. Der Fluß kann den Quell nicht verſtopfen, aus dem er gefloſſen, ohne ſich ſelbſt zu verſtopfen: er kann es auch nicht, weil er dazu ſich ſelbſt entgegenfließen müßte.

---

[*] Vgl. hiezu Th. I. S. 408 f.

Es kann nach Allem keine in höherm und umfaſſendern Sinne heilbringende Idee für die Menſchheit geben, als durch Chriſtus in die Welt getreten, und durch die Bibel uns zugebracht wird. Darum muß dieſe Idee fortbeſtehen und ſich fortbethätigen allezeit. Und nicht nur beſtehen und wirken, auch immer mehr um ſich greifen, bis ſie die ganze Erde überwachſe und beherrſche. Chriſtus kann nur wachſen, nicht vergehen.

Aber nicht blos äußerlich kann er wachſen; Chriſtus iſt noch nicht todt; was aus ihm kommt, was wieder in ihn hineintritt, ſich ihm unterordnet, iſt ſein; was ſeine Sache fördert, gehört zu ihm. Und in ſofern, meine ich, iſt auch die Lehre dieſes Buches theils ſein und theils zu ihm gehörig, ſofern ſie und ſo weit ſie eine gute.

In der That nicht als eine geduldete nur und in blos äußerlicher Beziehung ſchließt ſich unſre Lehre an das Chriſtenthum an. Sie kann ſich nur entfalten und gedeihen auf ſeinem Grunde, ihm ſelbſt zwar nichts geben, was es ſich nicht nach ſeinem urſprünglichen Vermögen einſt nehmen müßte; aber wohl ihm entgegenreichen, was ihm dienen kann und einſt dienen muß. Betrachten wir nun etwas näher dieſe Beziehungen, in denen unſre Lehre zum Kern und Weſen des Chriſtenthums ſteht.

Die Grundidee des Chriſtenthums entfaltet ſich nach zwei Seiten in dem zuſammenhängenden Lehrbegriffe von einem

Himmelreiche und Jenſeits. Mit der erſten Seite dieſes Lehrbegriffs begegnen wir uns insbeſondere hier, mit der zweiten im folgenden Theile dieſer Schrift, der von den künftigen Dingen handelt. Das Chriſtenthum beſteht aber nicht blos in einer theoretiſchen Lehre über Himmelreich und Jenſeits, welche ſich von Chriſtus auf ſeine Bekenner fortgepflanzt, ſondern auch einer realen Vermittelung der höchſten Heilsgüter des Himmelreichs und Jenſeits für ſie durch ſeine Perſon, alſo, daß der Glaube an die Vermittelung durch ſeine Perſon ſelbſt zu dieſer Vermittelung gehört. Auch die Anerkenntniß dieſer Vermittelung, die der Vernunft zu widerſprechen ſchien, wird ſich in unſrer Lehre begründen.

Blicken wir noch einmal zurück. Ein himmliſches Weſen übernimmt die Vermittelung zwiſchen Gott und uns nach allen Beziehungen überhaupt, die das Irdiſche gemeinſam betreffen, iſt der Verwalter aller unſrer irdiſchen Angelegenheiten, der materiellſten wie der geiſtigſten, der niedrigſten wie höchſten, ohne allen Unterſchied; iſt Mutter, Amme und was nicht noch für uns. Dieſes Weſen will aber ſelbſt in Betreff ſeiner höchſten Angelegenheiten mit Gott in ſolcher Weiſe vermittelt ſein, daß alles Untere, Niedere, ſelbſt Richtung, Frucht und Heil davon empfange, und kann dieſen Vermittler ſelbſt nur im Höchſten finden, was ihm zu Gebote ſteht, im (dieſſeits und jenſeits) Menſchlichen, alſo, daß jenes himmliſche Weſen im Ganzen uns nicht nur einen menſchlichen Mittler nicht erſetzen kann, ſondern ihn ſelbſt nur im Menſchlichen, in einem Sohne des Menſchen, wie die Bibel ſagt, finden kann, indem es ihn aber darin findet, finden wir ihn zugleich mit.

Erläutern wir an unſerm eigenen Geiſte, wie's in dem Geiſte über uns iſt, nicht vergeſſend, daß der Geiſt über uns in ſeinen Mitteln ganze Geiſter hat, wir nur Anſchauungen, Vorſtellungen, Gedanken, Ideen.

Mancherlei Gedanken ſteigen im Menſchengeiſte auf, gemeine und edle, von dieſem und jenen Inhalt. Alle haben ihre Folgen. Aber nicht alle Folgen aller Gedanken ſind gleich wichtig für den ganzen Geiſt, gleich weitgreifend und bedeutend. Es kommt wohl ein Moment, wo ein Gedanke erwacht, der ſeinem ganzen künftigen Leben und Denken eine oberſte Richtung giebt, in die nach und nach der Fluß aller Gedanken und alles Thuns mehr oder weniger einlenkt, nicht daß er ihn ausſchließlich beſchäftigt, aber Alles, was ihn beſchäftigt, empfängt Einfluß davon, richtet ſich in ſeinem Sinn.

Nicht Sache der erſten Jugend iſt es, einen ſolchen Gedanken, oder nennen wir es eine das Leben beherrſchende Idee, zu faſſen; ein langes Suchen, Verſuchen geht oft voraus, ein Umhertreiben in dem und jenen, doch kommt oft die Erleuchtung ſcheinbar plötzlich, in einem unerwarteten Ereigniß, durch ein unvorhergeſehenes Erlebniß, nie unvorbereitet zwar, der Gedanke bricht heraus aus einem lange vielleicht ſchlummernden unſcheinbaren geiſtigen Sämlein, für das ſich indeß der Boden des Geiſtes rings gelockert, und ſo leichter gewinnt das Sämlein Platz und wächſt, je zerfallener rings der Boden. Doch bedarf's Zeit, ehe ſich das ganze Leben der Herrſchaft dieſes Gedankens fügt; Vieles will anfangs nicht paſſen von andern ſchon lieb gewordenen Gedanken und Gewohnheiten; oft lockt's wieder ab, hiehin, dahin, es entſteht Streit und Zwieſpalt im Geiſte; wird der Gedanke überwinden? und wenn er nicht überwindet, ſo war er nicht der rechte, und gerade der rechte kommt am meiſten in Kampf und Streit, weil er Alles, was entgegen, zu überwinden hat, indeß der andern Kampf und Streit ſich dadurch abkürzt, daß ſie ſelbſt eher überwunden werden. Wo aber etwas überwunden iſt, da entſteht Frieden, und nach Maßen als der Sieg gelingt, wird der ganze Geiſt friedfertiger und einiger, verträgt ſich, fördert ſich Alles, wird Alles gebundener im Ganzen und freier, ungehinderter im Einzelnen. So ſtellt der höhere Gedanke fortan den Herrſcher vor im Geiſte, vertritt den ganzen Geiſt in ſeinem höchſten, beßten Sinne, nicht nur im höchſten, ſondern auch im beßten, weil nur das Gute Kraft hat, feſt zu binden. Kein Grundſatz iſt es, der den Böſen bindet; des Bandes los ſein, das nur iſt ſein Sinn. So ſchreitet nun auch die ganze Entwickelung des Geiſtes unter der Herrſchaft dieſes Gedankens fort, wie die bisherige Entwickelung nur als Vorbereitung dazu gelten konnte. Und ſie ſchreitet um ſo raſcher und gedeihlicher fort, als alle Kräfte, die ſich ſonſt vielfach widerſtritten und zerſplitterten in Bezug auf viele Zwecke, die ſelbſt ſich widerſtritten, ſich jetzt einigen in Beziehung auf einen einigen letzten Zweck.

Indem aber der höhere Gedanke ſo herrſchend, bindend, befriedend, richtend nach unten durch den ganzen Geiſt waltet, tritt er zugleich als der Vermittler zwiſchen dem ganzen Geiſte und etwas über dem ganzen Geiſte ſelbſt auf, weil nur die Idee von Etwas, was ſelbſt über den ganzen Geiſt herrſchend, bindend, befriedend, richtend in weiterm und höhern Sinne hinausgreift, im Stande iſt, einen entſprechenden Einfluß nach Unten in den Geiſt hinein zu erſtrecken; ja die herrſchende Idee im Geiſte muß ſelbſt eine Wirkung, ein realer Ausdruck von etwas Herrſchendem über dem Geiſte ſein: kein leerer Schein kann wirken in das Sein.

Zwar braucht der höhere Gedanke nicht immer zu jedem einzelnen Gedanken mit Bewußtſein hinzugedacht werden, damit ſeine Herrſchaft darüber beſtehe; doch muß er, um die rechte Kraft über die andern Gedanken zu gewinnen, auch eine Zeit lang mit einem ihnen vergleichbaren Bewußtſein in ihrer Mitte erſchienen, er mußte unter ihnen gewandelt ſein, um einmal über ihnen, in ihnen zu wandeln als ſie begeiſtende Idee, nicht erloſchen in ihnen, ſondern ſich entwickelnd in ihnen und ihre eigene Entwickelung beherrſchend. Denn in dieſem Leben unter ihnen gewinnt er die erſten Anknüpfungspuncte des einſtigen Lebens über ihnen, in ihnen, ja er mußte nicht blos im idealen Leben gewandelt ſein, ſondern im wirklichen Leben ſich bethätigt haben, um Kraft und thätige Beziehung auf's wirkliche Leben, das in Anſchauung geführte, wieder zu erlangen. Kein müßig ausgeſponnener Gedanke reicht dazu hin; im Fleiſche mußt' er wandeln, aus dem Fleiſche wirken, ſoll er auf's Fleiſch des Lebens wieder wirken. Nun aber kann er's noch, auch wenn ſein Fleiſch dahin, wenn lang verloſchen iſt das äußere Weſen, durch deſſen Vermittelung er eingeboren wurde in den Geiſt.

Aber, fragſt du, giebt es denn in jedes Menſchen Geiſte einen ſolchen Gedanken, der ihn ganz und gar in gutem Sinne beherrſcht und leitet; will auch nur in Jedem ein ſolcher erwachen? Wie Viele leben bis an's Ende in den Tag hienein! Es iſt wahr, es giebt nicht in jedem Menſchen einen ſolchen Gedanken, es will nicht in jedem Menſchen ein ſolcher erwachen; es ſollte nur in jedem ein ſolcher erwachen, es zeigt ſich nur hie und da ein Anklang davon, ein Antrieb, mehr und weniger gelingend, und wo's am beßten gelingt, da iſt's am beßten; in keinem doch gelingt es ganz. Nun aber eben das beweiſt, daß, da jeder ein mangelhaft Weſen iſt für ſich allein, er, was er nicht in ſich allein finden kann, in Ergänzung ſuchen muß mit Andern. Es ſoll keinem menſchlichen Weſen an einem ſolchen Mittler fehlen, aber da ihn keiner für ſich vollſtändig haben kann, er ſei denn ſelbſt der Mittler, ſo ſoll ihn eben die Menſchheit haben, der Geiſt der Menſchheit oder der Geiſt der Erde, denn der Menſchheit Geiſt beſteht ja nur durch ihn und innerhalb ſeiner. Aber jeder Einzelgeiſt ſoll Antheil an ſeiner höhern Vermittelung gewinnen.

Dieſe höhere Vermittelung nun wird für den Geiſt der irdiſchen Welt nicht blos wie in uns durch einen einzelnen Gedanken, ſondern ſelbſt einen einzelnen irdiſchen Geiſt begründet, der eine Zeit lang mit und unter den andern irdiſchen Geiſtern im Fleiſche hienieden gewandelt, aber einen ſolchen, der in ſeinem Leben und Denken dasjenige zum Bewußtſein brachte, deſſen erſte Fäden in's wirkliche Leben einſpann, was fort und fort um ſich greifend alle dem Irden-Geiſte untergeordneten Menſchengeiſter in's Band zu ſchlingen, zu Frieden, Eintracht und auf den rechten gemeinſchaftlichen Weg ihrer Beſtimmung zu bringen und darauf zu erhalten vermag; dem ſich alle irdiſchen Geiſter fügen müſſen, um ewigen Heils theilhaftig zu werden, und hier oder dort einſt fügen werden. Wie geſchrieben ſteht (Phil. 2, 10), daß im Namen Jeſu ſich beugen ſollen aller derer Kniee, die im Himmel und auf Erden und unter der Erde ſind, und (1 Cor. 15, 25), daß er herrſchen muß, bis daß er alle ſeine Feinde unter ſeine Füße lege.

Chriſtus alſo iſt der die irdiſche Welt in höchſten Beziehungen beherrſchende, ihre höhern Beziehungen mit Gott im reinſten Sinne vermittelnde Geiſt; nicht über dem Geiſt des Irdiſchen, da er ſelbſt darin iſt, aber der Vertreter des Höchſten und Heiligſten im Geiſt der Erde, von dem Alles Einfluß empfangen wird, je mehr, je länger; ſelbſt ein Sohn, ein Abdruck Gottes des Ganzen im Irdiſchen.

Nehmt nur nicht, wenn ihr Chriſti Bedeutung für die Erde erkennen wollt, Chriſtus, wie er ging in armen Kleidern, im kleinen Judenvolk; er hatte nicht, wohin ſein Haupt zu legen; da Wenige nur, theils zweifelnd, theils blos halb verſtehend, folgten; da man ihn ſtieß und kreuzigte; das iſt nur das Körnlein Chriſtus; ſeht auf den Baum, der noch deſſelben Körnleins iſt, der draus gewachſen, der ſchattet über die Welt, will immer weiter ſchatten, nein leuchtet über die Welt, will immer weiter leuchten; da neigen Könige ſich vor ihm in Staub; da preiſt man ſeine Mutter ſelig in allen Landen; da ſteigen Kirchen auf, das Kreuz, an dem er ward erhöhet, ſteht golden drüber; die Weiſen werfen all' ihr Wiſſen ihm zu Füßen; in Farben und in Tönen drängt ſich's herzu, will Alles Chriſti dienen; da ſtürzen nach und nach die alten Götzen ringsum. Das iſt das Aeußere nur, darin iſt viel Kleid und Zuthat nur zum innern Chriſtus: doch ſeine Macht könnt ihr daraus erkennen.

Bethlehem und Golgatha.

Er iſt in Bethlehem geboren,
Der uns das Leben hat gebracht,
Und Golgatha hat er erkoren,
Durch's Kreuz zu brechen Todes Macht.
Ich fuhr vom abendlichen Strande
Hinaus, hin durch die Morgenlande;
Und Größeres ich nirgend ſah,
Als Bethlehem und Golgatha.

Wie ſind die ſieben Wunderwerke
Der alten Welt dahingerafft,
Wie iſt der Trotz der ird'ſchen Stärke
Erlegen vor der Himmelskraft!
Ich ſah ſie, wo ich mochte wallen,
In ihre Trümmer hingefallen,
Und ſtehn in ſtiller Gloria
Nur Bethlehem und Golgatha.

Weg ihr ägypt'ſchen Pyramiden!
In denen nur die Finſterniß
Des Grabes, nicht des Todes Frieden,
Zu bauen ſich der Menſch befliß.
Ihr Sphinx' in koloſſalen Größen,
Ihr konntet nicht der Erde löſen
Des Lebens Räthſel, wie's geſchah
Durch Bethlehem und Golgatha.

Erdparadies am Roknabade,
Flur aller Roſen von Schiras!
Und am gewürzten Meergeſtade
Du Palmengarten India's!
Ich ſeh' auf euren lichten Fluren
Noch gehn den Tod mit dunklen Spuren.
Blickt auf! Euch kommt das Leben da
Von Bethlehem und Golgatha.

Du Kaaba, ſchwarzer Stein der Wüſte,
An den der Fuß der halben Welt
Sich jetzt noch ſtößt, ſteh' nur, und brüſte,
Dich, matt von deinem Mond erhellt!
Der Mond wird vor der Sonn' erbleichen,
Und dich zerſchmettern wird das Zeichen
Des Helden, dem Victoria
Ruft Bethlehem und Golgatha.

O der du in der Hirten Krippe
Ein Kind geboren wollteſt ſein,
Und, leidend Pein am Kreuzgerippe,
Von uns genommen haſt die Pein!
Die Krippe dünkt dem Stolze niedrig,
Es iſt das Kreuz dem Hochmuth widrig;
Du aber biſt der Demuth nah
In Bethlehem und Golgatha.

Die Könige kamen anzubeten
Den Hirtenſtern, das Opferlamm,
Und Völker haben angetreten
Die Pilgerfahrt zum Kreuzesſtamm.
Es ging in Kampfes Ungewitter
Die Welt, doch nicht das Kreuz, in Splitter,
Als Oſt und Weſt ſich kämpfen ſah
Um Bethlehem und Golgatha.
(Rückerts geſammelte Gedichte IV. S. 218).

Ihr ſagt: nach deiner Lehre gehörte Chriſtus aber nur der Erde. Und wir meinten, daß er ein König ſei des Himmels. Nach deinem Glauben müßt' es einen andern Chriſtus geben für jeden andern Stern: denn jeder wird doch einen brauchen, wie viele gäb' es da; ſo wär' der unſre doch nur Einer unter vielen. Wir aber möchten Einen, der iſt Eins mit Gott.

Und habt ihn ja. Der Chriſtus in Gott, der eins mit Gott, geht nur im Fleiſch ein in die Vielheit, doch bleibt darüber als Einer in der Höhe. Der göttliche Chriſtus, d. h. Gott ſelbſt nach Seiten ſeiner Alles einigenden, beſiegenden, verſöhnenden, und um des Sieges und der Verſöhnung für die Ewigkeit willen das höchſte zeitliche und endliche Opfer nicht ſcheuenden Liebe wirft nur ein Spiegelbild in jeden Stern, kein hohles, nein des Weſens volles. Daſſelbe göttliche Fühlen, Sinnen, Trachten, daſſelbe Wort, denn alſo nennt's die Bibel, was in Eins über allen Welten ſchwebt, fordernd die Einigung von Allem, was in allen Welten, in Liebe, und die Sühne und Verſöhnung alles Uebels, dies Wort, wie es in Chriſtus Fleiſch geworden auf der Erde, mußte freilich eben ſo Fleiſch auf jedem andern Sterne werden, zu binden und zu erlöſen die Seelen dorten; doch ob es eingeht in wie viele Sterne, ſo bleibt es immer eins in Gott, und bleibt daſſelbe, nichts kann davon zerſtieben, nichts zerfallen: der Chriſtus jedes Sternes hat es ganz, hat's ganz ſo wie der andre, iſt ganz daraus geboren, iſt ganz darin verblieben mit dem, was ihn zu Chriſtus macht, mit ſeinem Sinnen, Trachten, Dichten, Denken, als wäre er der andre. Es ſind des gleichen Vaters gleiche Söhne, ſich gleichend auf ein Haar in dem, was alle *ihm* läßt gleichen, verſchieden nur im Fleiſch, in dem ſie wandeln, in Auge, Ohr, in Schuhen, Kleidern und dem, was drum und dran, ein jeglicher nach ſeinem andern Sterne; des Menſchen Sohn ein Menſch. Als ſolcher hatt' er ird'ſche Brüder, als Gottes Sohn hat er die himmliſchen, erzeugt wie er, da Gott an andre Sterne wie an die Erde ſich mit ſeiner Liebeskraft dahingegeben. Und ſollt' er ſtreiten mit den Himmelsbrüdern um den Vorrang, der ſeine irdiſchen Jünger ſchalt, weil ſie drum ſtritten?

Nun meint ihr wohl, der Chriſtus, der dereinſt ſtieg nieder, hat zwar vordem gelebt auf Erden, jetzt aber iſt er wieder in der Höhe, woher er kam, bei Gott, der ſelbſt weit über uns. Wir haben Chriſtus nicht mehr, wir brauchen ihn nicht mehr, wir haben ja ſeinen Nachlaß, theilen uns in ſein Erbe. Die Sätze und die Schätze von Glauben, Hoffnung, Liebe, die von ihm hinterblieben, das iſt der Nachlaß, der uns ihn erſetzt, womit wir weiter ſchalten; wir dürfen dankend Chriſti noch gedenken, doch nur wie eines Mannes aus vergangenen Tagen, der jetzt in ferner Höhe; erſt künftig holen wir ihn wieder ein. Sein Geiſt zwar, ſagen wir, wohnt unter uns, wohnt in uns, wohnt in ſeiner Kirche, wohnt in den Herzen der Gläubigen und Frommen; doch meinen wir damit nur das, was in unſern Geiſtern in ſeinem Sinn gebunden iſt und geht. Wohl Aufſicht führt er noch von Oben über ſeine Kirche; ſie ſelber aber lebt nur noch von ſeiner Erinnerung, die er nicht ſelber. Und möchtens Manche tiefer faſſen, und thun ſie's wirklich, und meinen auch vom lebendigen Chriſtus ſelber etwas in ſich haben zu können, nicht gleichnißweiſe blos; ſo gilt's als Thorheit und als Aberglaube, denn Chriſtus iſt hinüber.

Wahrlich aber, wenn es ſo wäre, ſo wäre es nur ein eitles, hohles Weſen um das ganze Chriſtenthum, ſo hingen wir Alle nur durch einen Namen zuſammen; und nur, daß Chriſtus in einer wiſſendern Weiſe, als die Chriſten ſelbſt insgemein es meinen oder wiſſen, in ſeiner Kirche fortlebt, nicht als äußerer, ſondern als innerer Geiſt, das hält die Kirche lebendig; wie auch die Welt nur darum lebendig fortbeſteht, daß Gott in einer wiſſendern Weiſe, nicht außer, ſondern in ihr wohnt, als wir ſelbſt es insgemein meinen oder wiſſen. Wenn nicht wahrhaftig iſt, was Chriſtus und ſeine Jünger ſelbſt ſo oft geſagt, und was die Meiſten für ein bloßes Wortſpiel halten, daß Chriſtus ſeinen Leib in ſeiner Gemeine und Kirche hat, ſo haben wir uns nur getheilt in ſeine Kleider. Und wenn wir nicht Alle wie Chriſtus, unſer Vorbild, uns den Leib des Jenſeits im Dieſſeits ſchon erbauten, und nicht in Eins mit ihm erbauten, wie ſollten wir im Jenſeits uns mit ihm von Angeſicht zu Angeſicht wiederfinden. Aber wo er iſt, ſollen wir auch ſein. Doch davon künftig in der Lehre von dem Jenſeits.

Die Lehre von der Seele der Geſtirne iſt zwar nicht Chriſti Lehre; iſt aber auch nicht wider Chriſti Lehre; erſcheint nur fremd dem Chriſtenthume nach dem Aeußern der Erkenntniß, doch iſt es nicht nach Sinn und Weſen; gehört nicht zum Grunde, und darum nicht zum Erſten des Chriſtenthums: das haben wir von Chriſtus; doch darf nun nach dem Erſten kommen, es zu mehren und zu ſtärken.

Chriſtus kam herab, der Menſchheit Heil zu bringen, das war der Sinn und Zweck von Chriſti Lehre, Thaten. Eins ſollt' er auch der Vielheit der Menſchen machen, ſie feſt und unmittelbar an einander in Gott ſchließen, nicht ihren Blick zerſtreuen zwiſchen einer Vielheit ferner Welten, Weſen, woran der Menſchheit Heil zunächſt nicht hängt, oder gar ein ſcheinbar ſcheidend Zwiſchen in den Geſtirnen aufrichten zwiſchen Menſch und Gott, da es noch als ſolches gelten konnte, und ſo nahe an dem Heidenthum ein heidniſch Weſen wiederzubringen gedroht hätte. Doch das iſt nun Alles anders, durch Chriſti Wurzelung und Fortwuchs ſelber anders. Ueber dem Grunde, den er gelegt, darf nun auch der Blick weiter ſchweifen; was denſelben erſt zerſtreut hätte, darf er ſammeln; das Chriſtenthum darf ſich nun mit dem bereichern, an was es ſich zu Chriſti Zeit verloren hätte. Chriſtus warf allen Reichthum hin, um uns zum reinen klaren Quell alles Reichthums zu führen; doch ſoll der Reichthum uns darum nicht immer verloren ſein. Das Chriſtenthum bedarf der Erweiterung und Kräftigung der Außenwerke; den Himmel mit den Engeln machen wir dazu.

Wenn Chriſtus alle Menſchen in ein Band der Liebe ſchlang und dieſes in Gott verknüpfte, heißt es dann, dieſe Verſchlingung und Verknüpfung in Gott lockern, nicht vielmehr ſie feſter begründen, wenn wir auch einen urſprünglichen Knoten dieſer Verknüpfung in Gott zeigen?

Ein Knoten der Verknüpfung von Geiſtern iſt aber ſelbſt ein Geiſt. Das iſt der Geiſt der Erde. Nun iſt durch Chriſtus dieſer Knoten nur nochmals eng und innig zuſammengezogen worden, alſo daß es ein Knoten in höherm Sinne geworden, als vorher. Und deſſen ſollen wir uns immer mehr bewußt werden. (Vgl. S. 27).

Und heißt es, Chriſti Lehre widerſprechen, wenn wir auch die Seelen aller Geſtirne in Gott verknüpfen, wie Chriſtus die Seelen aller Menſchen? Nur daß es Chriſtus an den Menſchen nicht blos äußerlich in Worten that, wie wir es an den Geſtirnen thun und thun nur können; ſondern in That und Sache und Leben, nicht blos die Verknüpfung aufzeigte, ſondern ſelbſt im höchſten und beſten Sinne bildete, was freilich iſt ein Anderes.

Chriſtus iſt das lebendige Auge, was alle Heerden der Erde in Eins überſchaut und weidet und ſatt macht.

Aber wie ſteht das hohle Fernrohr am Auge, was ſich nach der Heerde des Himmels richtet. Und leiht es uns nicht ſelbſt ſein Auge, ſo fallen nur ihre himmliſche Scheine in das Rohr.

Daß die Anſicht von einer Beſeelung der Geſtirne den urſprünglichen Grundlagen des Chriſtenthums nicht widerſpricht, läßt ſich a posteriori dadurch beweiſen, daß man gerade in den früheſten Zeiten des Chriſtenthums keine Ketzerei in jener Anſicht gefunden hat, ſofern die Bibel ſelbſt ſich hierüber nicht deutlich äußert. Einige, ſo namentlich der Kirchenvater Origenes, haben ſich ſogar direct für dieſen Glauben erklärt. Später überwog freilich die verneinende Anſicht. Zum Belege folgende Stelle aus Petavii Theolog. Dogmat. (III. p. 144): „Hanc eandem (opinionem, quae astris animam tribuit) porro ex Academia et profana philosophia sumptam Christianis auribus importavit Origenes, ac ridendis et anilibus commentis studiosorum mo-

infecit animos: quae et in primo libro de Principiis capite septimo latius exposita leguntur, et in Commentariis ad Ioannis Evangelium obiter inserta: ubi pro astris ipsis suspicatur passum esse Christum. Quinetiam in quarto libro contra Celsum illud idem diserte asserit, ac tam spiritali luce, quam adspectabili putat illuminatos fuisse. Si quidem illa etiam, quae in coelo sunt, inquit, astra animata sunt ratione praedita, et luce cognitionis illuminata sunt a sapientia, qui est splendor lucis aeternae. Etenim sensibile lumen ipsorum opus est universum opificis: Intelligibile vero forsitan et illorum, atque ex libero eorum arbitrio perfectum."

„Porro qui sub Pamphili nomine Apologiam edidit pro Origene, ab Ruffino interpolatam, de qua alibi disputamus, diversas in Ecclesiis sententias esse dicit de coeli luminaribus: quae alii animantia esse putant ratione praedita: alii ne sensum quidem habere: neutros tamen ab aliis haereticos censeri. Sic Origines ipse in Prooemio librorum de Principiis: De Sole, inquit, et Luna et Stellis, utrum animantia sint an exanima, manifeste non traditur."

„Praeter Origenem suppositius quoque Clemens in libro V Recognitionum in eadem versatur opinione. Apud quem Petrus adversus simulacrorum cultores declamans loquitur sic: Tu ergo adoras insensibilem, cum unusquisque habens sensum nec ea quidem credat adoranda, quae a Deo facta sunt et habent sensum? id est Solem et Lunam, vel stellas, omniaque, quae in coelo sunt et super terram. Justum enim putant, non ea, quae pro mundi ministerio facta sunt, sed ipsorum, et mundi totius creatorem debere venerari. Gaudent enim etiam haec, cum ille adoratur et colitur: et libenter accipiunt ut honor creatoris creaturae deferatur. Videtur et Ambrosius eidem affinis opinioni, nec non Hieronymus, Nam perspicue dubitare se Augustinus aliis fessus est, cum aliis in locis non minus dilucide sensu carere coelestia illa corpora docuerit."

Es folgen nun in Petav's Werk die entgegenſtehenden Anſichten andrer Kirchenväter.

Paulus ſagt (Römer 3, 31): Wie? heben wir denn das Geſetz auf durch den Glauben? das ſei ferne! Sondern wir richten das Geſetz auf.

So ſagen wir nun endlich: wie? heben wir denn den Glauben auf durch das Wiſſen? das ſei ferne; ſondern wir richten den Glauben auf durch das Wiſſen; aber um ihn neu aufzurichten, bedarf es auch eines neuen Wiſſens: das Wiſſen aber wäre blind ohne den alten Glauben.

Und ſo haben wir Alles, was wir von Himmel und Erde wiſſen, zuſammengenommen, klar zu machen, daß, je höher ſich das Wiſſen baut, ſo höher Chriſti Lehre ſich damit ausbaut, und ſo feſter damit ſteht: das Wiſſen ſelber aber nur mit ihm beſteht.

„In der Kirche des Herrn aber ſollen die Geſchlechter nicht den Weg vom Leben zum Tode gehen, ſondern zu immer lebendigerem, bewußteren Leben. Die Leſung der chriſtlichen Theologie heißt vorwärts! Das Ziel iſt beſtimmt und klar genug. Es gilt jetzt mehr, als je einer Theologie der Zukunft, d. h. einer ſolchen, welche den kommenden Geſchlechtern das Evangelium in unauflöslicher Freundſchaft mit der Wiſſenſchaft als ewigen Lebensſchatz zu neuer kräftigerer Liebe überliefert."

(Lücke, Commentar zum Evangel. Johannes. 3te Aufl. 1. 1840. S. 40).

XIV. Schlußbetrachtungen, Hiſtoriſches.

Greifen wir zum Schluß noch mit einigen Betrachtungen zurück in die des Eingangs.

Während der Gedanke, daß die Geſtirne höhere beſeelte Weſen ſind, jetzt in keins unſrer wiſſenſchaftlichen und religiöſen Syſteme mehr paſſen will oder zu paſſen ſcheint, iſt er dagegen der natürlichſte Ausfluß der erſten unbefangenſten Anſchauungsweiſe der Natur, der erſten Offenbarung des Göttlichen für den Menſchen. Alle Völker, die wir noch in der Kindheit belauſchen können, ja viele noch in das ſchönſte Jünglingsalter hinein, ja manche noch nach manchtauſendjähriger Entwickelung, ſuchen das Göttliche vielmehr in als außer oder über der Natur, geben Gott Leib zum Geiſte, ſcheiden Beides außer ſich nicht, wie ſie es an ſich ſelber nicht zu ſcheiden wiſſen. Der Gottesdienſt iſt ein Naturdienſt. Im Naturdienſte aber nimmt der Dienſt der Geſtirne als vornehmſter Individualiſirungen des Göttlichen die oberſte Stelle ein. In der That kann man behaupten, daß unter allen Naturgegenſtänden keine häufiger und ſtandhafter und höher verehrt worden ſind, als die Geſtirne, vor Allen Sonne und Mond. Völker, die ſonſt faſt nichts mit einander gemein haben, Griechen, Perſer, Hindus, Grönländer, Nadoweſſier u. ſ. w. u. ſ. w. ſtimmen in dieſem Glauben überein, der beſte Beweis, daß ſie ihn nicht von einander entlehnt, ſondern aus gemeinſchaftlichem Naturquell geſchöpft haben.

Es iſt mit dem Glauben an die Göttlichkeit der Geſtirne in der That anders, als mit den Beſonderheiten, welche den Glauben der Juden, Mohammedaner, und, fügen wir hinzu, der Chriſten ſelbſt, einander gegenüber charakteriſiren. Dieſe Beſonderheiten werden von den Menſchen nur nach Maßgabe geglaubt, als ſie von andern Menſchen etwas darüber erfahren haben, und wenn einmal alle Juden, Mohammedaner und Chriſten ſtürben, und der Koran und die Bibel vernichtet würden, ſo wäre es für immer aus mit Judenthum, Islam, Chriſtenthum in dem Sonderſinne, wie ſie ſich jetzt gegenübertreten; wenn gleich die allgemeinen und ewigen Wahrheiten, welche das Chriſtenthum mit den andern Religionen theils gemein, theils über ſie hinaus hat, ſich immer wieder von Neuem geltend machen müßten: aber nicht ſicherer würden ſie ſich geltend machen, als die Verehrung der Geſtirne. Sie würde, wenn auch alle Geſtirnanbeter ſtürben, immer wieder von Neuem beginnen, wenn die Menſchheit von Neuem begönne, weil ſich die veranlaſſenden Urſachen dazu in der Natur der Dinge und der Menſchen ſelbſt an- und eingeborner Weiſe finden.

Worin liegen dieſe Veranlaſſungen? in dem Glanz, der Pracht, der Höhe, der Unerreichbarkeit, dem ſelbſtſtändigen Gange, der geheimnißvollen Ordnung der Geſtirne, der Abhängigkeit des Menſchen und der ganzen Natur nach den durchgreifendſten und allgemeinſten Beziehungen von ihren Wirkungen, ihrer Herrſchaft über Tag und Jahr und hiemit über Geſchäfte, Hoffnungen und Ernten des Menſchen. Das Haupt iſt des Menſchen Höchſtes, ſie ſtehen unſäglich hoch über ſeinem Haupte; ſie leuchten allgegenwärtig über alle Lande. Alle Regelung des Lebens in der Zeit, alle Führung durch die Weiten des Raums ſteht unter ihrer Hut. Der Menſch darf die Sonne nicht anſchauen, ſo gewaltig leuchtet ſie, doch kann er Alles nur durch ihr Zuthun ſchauen. Sie geht auf, und Alles wird wach; ſie lockt die Blumen, ruft die Vögel, ſpiegelt ſich in Teich und Thau: Alles duftet und ſingt ihr entgegen. Der Menſch überlegt ſich nicht, was das bedeutet, aber es macht, ohne daß er überlegt, ſeine Bedeutung geltend, und um ſo mehr, je weniger er überlegt, und ſicher um ſo richtiger, je weniger er überlegt, wie endlich wieder, je mehr er überlegt; da die höchſte Entwickelung der Vernunft das Reſultat des erſten gotteingeborenen Inſtincts nur wiederfinden laſſen kann.

Wir glauben thörichter Weiſe, die Wilden laſſen ſich durch den Glanz von Sonne und Mond blenden; wie viel richtiger wäre es, zu ſagen, daß wir dagegen blind ſind. Wir ſehen nichts mehr, als große Lampen in den Geſtirnen, und wohl ſind es Lampen, aber ſolche, die ſich ſelbſt entzündet haben, die ſelber gehen durch den Saal, den ſie beleuchten, und unſre Lebenslampen dabei nähren. Was haben ſie nicht Alles mehr als unſre Lampen, und die Naturvölker thun eben nichts, als mit Einem Blick alles das, was ſie mehr haben, in Eins faſſend, ſagen: es ſind gottbeſeelte Weſen; wir aber haben den

Einen Blick verloren, der Alles auf einmal ſieht, und ſehen ſo unſäglich viel und vielerlei daran, daß wir darüber das Eine nicht mehr ſehen, was daran das Wichtigſte. Man hat ein Sprichwort: „er iſt ſo gelehrt, daß er nicht predigen kann.“ Wir aber ſind ſo gelehrt, daß wir die Naturpredigt nicht mehr verſtehen. Und weil wir ſie nicht mehr verſtehen, ſo halten wir die, die ſie noch verſtehen, darum nur für ſo unverſtändiger; indeß hier gerade etwas iſt, was ſie vor unſerm Verſtande voraus behalten haben, da es uns durch unſern Verſtandesgebrauch ſelbſt abhanden gekommen iſt.

Manche ſcheinen freilich zu glauben, es genüge, die ganz natürlichen Veranlaſſungen des Geſtirnglaubens angeführt zu haben, um ihn damit widerlegt zu haben. Mir aber ſcheint es ohne Vergleich triftiger, daraus, daß er ſo natürliche Urſachen und Veranlaſſungen hat, zu ſchließen, daß er auch ſein Fundament in der Natur hat. Gäbe es keine ſolchen natürlichen Veranlaſſungen, hätte ſich blos einmal zeitlich und örtlich der Schein von ſolchen erzeugt, dann erſt möchte man von Täuſchung ſprechen. Aber es giebt wirklich ſolche. Auch der Inſtinct der Thiere wird ja durch natürliche Veranlaſſungen richtig geleitet, die wir nur nicht eben ſo verſtehen, wie die Thiere. Der Menſch und die Menſchheit aber wird nicht minder mit Inſtincten geboren, die nur den höhern Anlagen der Menſchheit gemäß auch mit auf Höheres gehen. Was die junge Menſchheit zum Geſtirnglauben treibt, kann nur aus derſelben Quelle ſein, als was den Flug der Vögel nach einem nie von ihnen geſehenen, nie erſchloſſenen Lande richtet.

Doch iſt es da. Ehe der Verſtand das Schiff und den Compaß erfand, die dahin führen, wirkte das Daſein des fernen Landes in der Seele und dem Flügel des Vogels, der keinen Verſtand hat. So mag es lange dauern, ehe ſichere Schlüſſe uns zum Glauben an die höhere geiſtige Weſenheit der Geſtirne zurückführen werden; aber daß der Menſch vor allen Schlüſſen ſich daran zu glauben getrieben findet, beweiſt ſo viel oder mehr als alle ſpätern Schlüſſe für ein richtiges Fundament in dieſem Glauben. Wenn aber der Menſch und die Menſchheit erwächſt, geht der Inſtinct verloren, und er erkennt die Mutterbruſt, verſteht die Mutterlaute nicht mehr. Denn der Inſtinct des Menſchen iſt nicht ſo haltbar als der der Thiere, ſondern von vorn an arbeitet Verſtand, Vernunft, ihn zu zerſtören: ja es ſoll ſo ſein. Wir ſehen daher auch in den rohen Völkern, wie ſie jetzt und in der Geſchichte ſind, mehr nur ſeine Reſte, ſeine Brüche, als den ganzen, reinen, ſichern, vollen. Ja gerade die erſten Schritte, welche die unruhig gewordene menſchliche Vernunft macht, ſind es, die am meiſten in die Irre führen. Daher kann es auch freilich an Unſicherheit, Schwanken und Täuſchung in dem Glauben der rohen Völker nicht fehlen. Nur Alles kann nicht an dieſem Glauben ſo nichtig ſein, wie wir ihn halten, wenn er doch ſo naturwüchſig mit bleibenden Haupt- und Grundzügen, die durch alle Verirrungen durchgehen, ſich entwickelt hat, und, fügen wir hinzu, wenn es doch nur gilt, alle Richtungen der Irrung zuſammenzufaſſen, um wieder ein wahres Ganze zu haben.

Und ſo erkennen wir die Seiten des Irrens darin, daß bald das eine oberſte Weſen in eine Vielheit von Weſen, deren Einheit es doch bleiben ſollte, ſtatt ſich zu entfalten, zerfiel; ſtatt Eines Gottes gab es bald nur Götter; bald auch die obern Weſen wieder in ihre Splitter zerfielen; ſo wurden auch bald Meer und Luft und Wälder, Felſen verehrt, alles überhaupt, was einzeln in's Auge fiel, und doch nur in höherer Zuſammenfaſſung als Eins zählt. Aber wenn wir dieſe Seiten des Irrthums im naturwüchſigen Glauben anerkennen, vermöge deſſen, daß er aus ſeinem reinen einfachen Urgrunde ſchon hinabgeſtiegen: ſo werden wir doch auch noch Seiten der Wahrheit darin zu ſuchen haben, die uns den Zuſammenhang mit dieſem Urgrunde und deſſen Nähe verrathen; was aber bliebe davon noch wahr, wenn nicht die Natur überhaupt eine lebendige bliebe, und ſich nicht überhaupt in individuelle ſelbſtlebendige Weſen über Menſch und Thier hinaus gliederte. Bleibt aber dies wahr, ſo kann auch für die gereifteſte Vernunft keine Frage ſein, daß über Alles die Geſtirne als oberſte Individualiſirungen des Göttlichen anzuſehen, wie ſie wirklich auch im naturwüchſigen Glauben vor Allen als ſolche hervortreten.

Bei den dringenden Veranlaſſungen zum Geſtirndienſte, die in der Natur und dem Menſchen liegen, kann es im Grunde nur auffallend und dazu vielleicht in Widerſpruch mit dem Gewichte, das wir auf dieſen Gegenſtand gelegt, erſcheinen, daß derſelbe ſich doch nicht wirklich ganz durchgreifend bei naturwüchſigen Völkern geltend gemacht hat, da man freilich nur ſagen kann, daß er ſich vorzugsweiſe geltend gemacht. Nun hat auch eine Pflanze wohl leere

Stellen; wenn ſie aber doch nach den verſchiedenſten Seiten und an den lebenskräftigſten Trieben Blätter treibt, ſo rechnet man auch den Blätterwuchs zu ihrer Natur und Nothwendigkeit. Nicht minder natürlich und nothwendig aber erwächſt die junge Menſchheit mit dem Glauben, daß die Geſtirne gottbeſeelte Weſen ſeien, wenn er ſchon nicht an jeder Stelle derſelben hervorbricht. Die Gründe davon aber laſſen ſich leicht erkennen.

Wie die Anbetung der Geſtirne als Götter ſtatt Gottes ſchon einen Irrthum einſchließt, in den der Verſtand gerathen, da er die Einheit in der Vielheit zu vergeſſen und zu verlieren anfing; ſo liegt anderſeits auch das Vergeſſen und Verlieren von Einzelnheiten über andern Einzelnheiten im Sinne deſſelben Irrthums, nur daß die wichtigſten Einzelnheiten dem am wenigſten unterworfen ſind. Die Geſtirne über uns ſind doch nicht das Einzige, worin ſich der im Grunde allein anbetungswürdige ganze Gott offenbart, und nachdem die Erkenntniß des ganzen Gottes in ſeiner Einheit und Vielſeitigkeit zugleich nicht mehr oder auch von Anfange an nicht ganz für die Einzelnen zu haben war, haben ſich die Fractionen der Menſchheit in das Ergreifen der verſchiedenen Seiten des ganzen Gottes getheilt, wie dies Thier dieſer, jenes jener Richtung des Inſtincts folgt. Nimmt man alle Richtungen zuſammen, ſo hat man doch wieder das Ganze. So haben Manche, den Blick mehr auf den ganzen Himmel richtend, die Geſammtheit deſſelben ohne Rückſicht auf die einzelnen Geſtirne verehrt; andre, den Blick mehr auf die Erde richtend, vorzugsweiſe irdiſchen Naturgewalten ihre Verehrung gewidmet, und in der Menge von Theilen, Luft, Meer, Bergen, Bäumen, Thieren, das ſchon verlorne Ganze umſonſt wieder zu gewinnen geſucht. Manche Völker ſind überhaupt ſo ſtumpf, ſo herabgekommen, ſo tief verwildert, daß ſie nur an nächſte Leibes-Nahrung und Nothdurft denken. Immer bleibt es wahr, daß es überall ein Naturdienſt iſt, womit die Menſchheit beginnt; ſelbſt beim nordiſchen Geſpenſter- und Geiſterdienſt ſpukt es noch allwärts in der Natur, und daß vor Allem die Geſtirne als göttliche Sonderweſen perſonificirt und verehrt worden ſind, namentlich auch von ſolchen Völkern, die ſelbſt einen Keim höherer Cultur in ſich trugen. Daß ſelbſt die bibliſche Vorſtellung der Engel hieraus erwachſen iſt, ward ſchon früher erwähnt. Und wunderbar und bedeutſam muß uns erſcheinen, daß bei ſo vielem Anlaß zur zerſplitterten Betrachtung der irdiſchen Naturmächte, der freilich auch nicht verfehlt hat, ſeine Wirkung zu üben, doch auch die Erde nicht nur bei den alten klaſſiſchen, ſondern bei viel rohern Völkern eine Verehrung als *Ein* Weſen genoſſen hat.

Wie groß doch die Verbreitung des Geſtirndienſtes von jeher war, wird um ſo beſſer einleuchten, wenn wir etwas auf das Detail eingehen [*].

Die Verehrung von Sonne und Mond bei Griechen und Römern iſt bekannt genug. Aber auch außerdem finden wir dieſe Verehrung bei den Völkern, die in den Schriften des klaſſiſchen Alterthums vorkommen, in größter Ausdehnung, ſo bei Aegyptern, Perſern, Aſſyrern, Chaldäern, Syrern, Phöniciern, Scythen, Maſſageten, Arabern,

---

[*] Der Anfang des Folgenden iſt größtentheils aus Meiner's Geſchichte der Religionen geſchöpft, wohl nicht der beſten Quelle, wo es auf ſtrenge Kritik ankommt, doch hier genügend, wo es nur gilt, die Ausdehnung des Gegenſtandes überſehen zu laſſen.

Indiern, celtiſchen und germaniſchen Völkern. Die Namen Oſiris, Hel, Bel, Bal, Abel, Alagabalus, Moloch u. ſ. w. gelten bei verſchiedenen Völkern für die Sonne; Iſis, Mithra oder Mader, Mylitta, Alytta, Cabar, Alilat, Aſtarte, Derceto u. ſ. w. für den Mond.

Dieſelbe Verehrung findet ſich auch bei den alten finniſchen und ſlaviſchen Stämmen[*], Peruanern, nordamerikaniſchen Rothhäuten, Malabaren, Bewohnern von Congo[**] u. ſ. w.

Nächſt Sonne und Mond iſt beſonders häufig die Verehrung der Planeten, deren man zur Zeit des Alterthums mit Einſchluß von Sonne und Mond 7 kannte, daher die Zahl der Wochentage, und die Heiligkeit der Zahl 7 überhaupt. Bei den obgenannten Völkern, deren das klaſſiſche Alterthum Erwähnung thut, ſcheint die Verehrung der Planeten ganz eben ſo allgemein, als die der Sonne und des Mondes geweſen zu ſein. Auch bei den Hindus, Ceyloneſen, Formoſanern u. a. kommt ſie vor. Die Peruaner verehrten außer Sonne und Mond auch die Plejaden[***]. Daſſelbe Geſtirn wird von den Tapujern, einem rohen Volke in Südamerika, verehrt[†]. Bei den Finnen erhielt das Geſtirn des großen Bären beſondere Ehrenbezeugungen[††] u. ſ. w.

Anfänglich ſcheint die Verehrung von Sonne und Mond überall den Geſtirnen am Himmel, wie ſie ſind, gegolten zu haben; ſpäter hat vielfach Anthropomorphismus Platz gegriffen und die Anbetung hat ſich in Tempel zurückgezogen, auf Symbole und vermenſchlichte Bilder dieſer Geſtirne übertragen, ſo daß endlich an die Stelle der Naturkörper oft ganz und gar vermenſchlichte Perſonen getreten ſind, welche aber noch ihre Eigenſchaften und Bedeutung von den Naturkörpern entlehnten.

Die Perſer hatten ſchon lange Aſien, die griechiſchen Inſeln und Aegypten erobert, als ſie Sonne und Mond immer noch ohne alle Tempel und Statuen verehrten. Erſt Artexerxes Mnemon ſoll der Sonne und dem Monde Tempel erbaut und Statuen errichtet haben. Ein Sonnenbild, in Kryſtall gefaßt, glänzte über dem Zelte des Darius *. Unter einem ähnlichen Bilde beteten die Phönicier ** und die Peruaner *** die Sonne an. Der P. Sicard † fand in einem ägyptiſchen Felſen eine Niſche, in welcher die Sonne unter dem Bilde eines menſchlichen, mit Stralen umgebenen Antlitzes vorgeſtellt und mit Opfern und Opferprieſtern umringt war. Unter den Arabern waren gehörnte Scheiben Sinnbilder des Mondes. Auch die Griechen bildeten den Mond mit Hörnern und die Sonne mit Stralen ab ††. Alle dieſe angeführten Symbole oder Statuen verloren ſich zuletzt unter den meiſten großen Völkern in menſchenähnliche Bilder. Schon zu den Zeiten des Herodot ſtellte man ſowohl den Oſiris als die Iſis in menſchlichen Geſtalten dar, nur bildete man die letztere mit einem Kuhkopfe oder mit Kuhhörnern ab. Derſelbe Geſchichtſchreiber ſah und hörte in dem Tempel des Belus zu Babylon von keinen andern als menſchenähnlichen Statuen. Die ehernen Statuen des Phöniciſchen Moloch waren in ſpätern Zeiten menſchenähnlich, ausgenommen, daß man einem menſchlichen Rumpfe einen Kalbskopf aufſetzte. Sie ſtreckten ihre Arme aus, in welche man Kinder legte, die ihm geopfert wurden, nachdem man die Statuen glühend heiß gemacht hatte †††. Die Perſer ſtellten in ſpätern Zeiten den Mithras als einen ſchönen Jüngling und den Mond in weiblicher Geſtalt auf einem zweirädrigen Wagen vor, der von zwei Pferden gezogen wurde. Um die Veränderungen des Mondes auszudrücken, gab man dem Bilde deſſelben ein dreifaches mit Schlangen umwundenes Antlitz [1]. Die Celten in Britannien dachten ſich die Sonne als einen ſchönen haarreichen Jüngling, der die reizenden Töchter der Menſchen nicht verſchmähe, und die ſpätern Deutſchen bildeten den Mond in Geſtalt eines Mannes ab, der einen neuen gehörnten Mond auf der Bruſt trug[*]. Bekannt iſt das koloſſale Bild der Sonne, was über dem Eingange des Haſens zu Rhodus ſtand[**].

---

[*] Prichard, Naturgeſchichte des Menſchengeſchl. Th. III. Abth. 1. S. 327. 331. 480.

[**] Lindemann, Geſch. VI. 47. 52. 53.

[***] Dobrizhofer de Abiponibus II. 103.

[†] Dobrizhofer II.

[††] Prichards Geſch. Th. III. Abth. 1. S. 327.

---

* Super tabernaculum, unde ab omnibus conspici posset, imago solis crystallo inclusa fulgebat. Curtius III. 3.

** Pelloutier hist. des Celtes a la Haye 1750.

*** Zarate hist. de la conquête de la Perou. Amst. 1700 I. 15

† Sicard mem. sur l'Egypte. p. 176.

†† ἐν ὑπαιθρῳ δε ἡλιῳ πεποιηται και σεληνῃ λιθου τα αγαλματα και της μεν κερατα εκ της κεφαλης, του τε αἱ ακτινες ανεχουσι. Pausan. VI 25

††† Beyer ad Seldenum p. 157

[1] Philippus a Turre c. 1

Einen prächtigen Sonnentempel gab es bei den Natchez in Louiſiana, und in Peru fanden die Spanier die prächtigſten Sonnentempel, worunter ſich vorzüglich der Tempel zu Cuzco auszeichnete, worin die Wände von oben bis unten ganz mit Gold überlegt waren. Ueber dem Altar war das Bild der Sonne auf einer Goldplatte von ungemeiner Dicke. Die Yncas gaben ſich für Söhne der Sonne aus. Auch der Mond hatte in Peru einen vortrefflichen Tempel, deſſen Mauern mit Silberblech überlegt waren.

Ueber den Geſtirndienſt der alten Perſer und Indier theile ich noch insbeſondere folgende Angaben von Burnouf und Colebrooke (nach Prichard's Naturgeſchichte des Menſchengeſchlechts Th. III. Abth. 2. S. 42) mit:

„In den Abhandlungen Burnoufs über magiſche Philoſophie und Gottesverehrung finden wir, daß die Vorſtellungen der alten Perſer nicht ſo geläutert und metaphyſiſch waren, wie ſie neuere Schriftſteller dargeſtellt haben. Das Licht, welches der Gegenſtand der Verehrung war, war nicht, wie man annahm, ungeſchaffenes Licht, von dem das geſchaffene nur eine Reflexion iſt." „Licht, abſtract genommen, ſagt Burnouf, iſt nicht der Gegenſtand der Verehrung in den zoroaſtriſchen Büchern, ſondern das Licht der Sonne, des Mondes und der Sterne." Dies ſind die „lumina sine principio ex se creata" wie ſie im Vendidad Sade genannt werden. Die perſiſche Religion iſt ein Ueberreſt der alten Verehrung himmliſcher Körper, welche Zoroaſter modificirte und verſchönerte, aber nicht unterdrückte.

Burnouf vergleicht dieſe Anbetung des materiellen Lichtes bei den Perſern mit dem berühmten Gayatri der Brahmanen, einem Gebet, welches an mehreren Stellen in den Vedas vorkommt, und ohne Zweifel ein Ueberbleibſel von der älteſten Gottesverehrung der Hindus iſt. Es wurde von Colebrooke folgendermaßen überſetzt:

---

[*] Dreyers verm. Schr. II. 798.

[**] Plin. 34. 7.

„Dieſes neue und herrliche Loblied, o glänzende, heitere Sonne, wird dir von uns dargebracht. Sei befriedigt durch dieſe meine Rede; nähere dich der verlangenden Seele, wie ein zärtlicher Mann den Gegenſtand ſeiner Liebe ſucht. Möchte die Sonne, welche alle Welten überſchaut, unſer Beſchützer ſein“. „Laßt uns denken an das verehrungswürdige Licht des göttlichen Savitri; möchte es unſere Gedanken leiten. Verehrungswürdige Männer, geleitet vom Verſtande, laßt uns den göttlichen Savitri mit Opfern und Lobliedern begrüßen.“ Savitri wird von dem Commentator, welchem Colebrooke folgte, als der Ausdruck für „göttlicher Schöpfer, welcher das Licht des Univerſums bildet“, genommen; aber Savitri heißt blos „die Sonne.“ — S. Wilsons's Lexicon, and Colebrooke, on the Vedas, Asiat. Res. Vol. 8. p. 400, octave ed.; ferner E. Burnouf, Extrait d'une Commentaire et d'une traduction nouvelle du Vendidad Sadé, l'un des livres de Zoroastre. Nouv. Journ. Asiat. Nr. 3.“

Wie weit unter den nordamerikaniſchen Völkern die Verehrung von Sonne und Mond greift, mag folgender Auszug aus einer Abhandlung von J. G. Müller über die Vorſtellungen vom großen Geiſte bei den Nordamerikanern (in den theolog. Stud. und Kritiken 1849) lehren:

„Der allgemeine Polytheismus der Rothhäute iſt eine Verbindung eines ſüdlichen unmittelbaren Naturdienſtes und einer nördlichen Geiſterverehrung, die beide zur Idolatrie zuſammenſchmolzen. Der ſüdliche Naturdienſt, an deſſen Spitze der Sonnencultus ſtand, war durch ganz Süd- und Mittelamerika verbreitet, und herrſchte auch in den Urzeiten, d. h. vor der Einwanderung der nördlichen Stämme, in den Ländern des alten mexikaniſchen Reiches. Aus manchen Umſtänden geht nun aber hervor, daß in den Ländern der gegenwärtigen vereinigten Staaten und des brittiſchen Amerika vor der wilden Jägerbevölkerung das Land von einer dichteren Bevölkerung von Culturſtaaten eingenommen war, in denen ebenfalls jener Sonnendienſt ſtatt fand ....

Nach dieſem Naturdienſte (d. h. vermöge deſſelben) nun verehrten ſie (die Rothhäute) diejenigen Gegenſtände, die in der geſammten Natur nach ihren Wirkungen als groß und herrlich daſtehen und auf die Seele und das Schickſal der Menſchen einen mächtigen Einfluß ausüben, alſo außer der Sonne den Mond und die Sterne; das Siebengeſtirn heißt der Tänzer und die Tänzerin; Sternſchnuppen ſind ebenfalls göttliche Weſen, ſo wie der Regenbogen und das Nordlicht; unter den Elementen ſteht das Feuer oben an, das beſonders von den Delawaren angebetet wird; dann folgen Donner und Blitz, Sturm und Hagel, Quellen, Bäche, Flüſſe, See'n, Meere, Steine und Bäume, überhaupt Gewächſe und ganze Wälder, die mit Sprache begabt ſind; die Chippewäer haben hübſche Sagen übrr die Entſtehung des Morgenſterns, über den Wechſel von Sommer und Winter u. dgl.; bei den Mingoſtämmen der Mandans und Mönitarris wird die Göttin des Pflanzenreichs als die Alte, die nie ſtirbt, verehrt. (Wied, II. 182. 121) .... Am allgemeinſten aber war die Verehrung des großen Tagesgeſtirns, da der Sonnendienſt nicht allein bei den Apalachiten in Florida und den Natchez am untern Miſſiſippi ſtatt fand, ſondern auch bei allen nördlichen Stämmen, ſowohl den Leni-Lenape, als den Mingos und den Völkern an der Weſtſeite Nordamerika's, wie den Californiern und ihren Nachbarn, und dann bei den Wakoſch und Wotjäken. In Virginien opferte man der Sonne Taback und errichtete ihr zu Ehren Pyramiden und Säulen, welche ſie darſtellten .... Wenn die Nadoweſſier rauchten, ſo kehrten ſie ihr Angeſicht gegen die Sonne, zeigten ihr das Calumet oder die Friedenspfeife und ſprachen: rauche, Sonne! ....

Zu dieſem unmitelbaren Naturdienſt iſt nun auch der Thierdienſt zu zählen ....

Mit dieſem Naturdienſt, mit dieſer Verehrung von Geſtirnen und Thieren hängt genau die Vorſtellung von einer künftigen Seelenwanderung zuſammen, und zwar geſtaltet ſie ſich gewöhnlich ſo, daß man Wanderungen der menſchlichen Seele ſowohl durch Geſtirne als Thiere annimmt. Entweder man hält die Sterne für die Sitze der abgeſchiedenen Seelen [*], oder man glaubt, ſie ſeien ſelber verſtorbene Menſchen [**]. So ſoll der Morgenſtern ein verſtorbener Mönitarri geweſen ſein ......

Den kosmologiſchen Verlauf dachte man ſich auch kosmogoniſch wirkend, und ſo wurde der Sonnen- oder Himmelsgott auch zum Schöpfer. Daher iſt bei den Hindus der Sonnengott auch zugleich Demiurg. In Peru iſt ebenfalls der Sonnengott der Schöpfer. Jener oberſte Gott ſibiriſcher Völkerſchaften wohnt nicht blos im Himmel oder in der Sonne, ſondern man hält die Sonne ſelbſt für dieſen Geiſt (Stuhr, Rel. des Or. S. 244), und beim großen Frühlingsfeſte wird die Herabkunft des Sonnengottes gefeiert (Görres aſiat. Mythengeſch. 55) .... Von den Rothhäuten ſelbſt wird ihr großer Geiſt als Sonnengott aufgefaßt. Das geht ſchon aus einigen Namen hervor, wie denn Harakouannentakten denjenigen bezeichnet, der die Sonne anbindet, und der Huronen Areskowi, der Irokeſen Agriskove ſind Sonnengötter. Allerdings unterſcheiden Andre zwiſchen dem Sonnengott und dem großen Geiſte. Bei den Delawaren iſt der Gott des Himmels der oberſte Gott, die Sonne der zweite. (Loskiel). Ja ſogar verehrt der Lenapeſtamm der Chippewäer zwar den großen Geiſt Manedo, aber weder Sonne noch Mond. Wenn nun ſo allerdings bei manchen Leni Lenape der große Geiſt weniger als der Sonnengott verehrt wird, ſo machen auf jeden Fall die Floridavölker, die Apalachiten, Natchez u. ſ. w. davon eine bedeutende Ausnahme. Aber auch bei andern Leni Lenape, wie bei den Creeks, wurde der große Geiſt als Sonne verehrt, und wieder bei andern Leni Lenape werden am großen Feſte des Kitſchi Manitu die Friedenspfeifen der Sonne zu Ehren angezündet, und die Weiber bieten beim Sonnenaufgang der Sonne ihre Kinder dar. Noch allgemeiner finden wir indeſſen allerdings den großen Geiſt als Sonnengott verehrt bei den Mingoſtämmen. Der Herr des Lebens oder der Alte, welcher nie ſtirbt, wie ſie häufig den großen Geiſt nennen, iſt entweder die Sonne ſelbſt, wie bei den Mandans, Mönitarris, Schwarzfußindianern, oder was daſſelbe ſagen will, der Herr des Lebens hat ſeinen Sitz in der Sonne. Auch die Nadoweſſier halten die Sonne für den Schöpfer, opfern ihr das Beſte von der Jagd, den erſten Rauch der Pfeifen und beten zu ihr beim Sonnenaufgang .....

---

[*] Vollmer, Art: Otſiſtok.

[**] Wied II. 152.

Wie daher häufig in Sibirien der oberſte und allgemeine Gott Himmel und Sonne zugleich iſt (Stuhr 244), ſo vereinigt nicht minder der Irokeſen großer Geiſt Agriskove und der Huronen Areskowi beide Begriffe von Himmel und Sonne in ſich. Sonſt aber wird der große Geiſt öfters blos als Himmelsgott verehrt.“

Wie geläufig auch den alten Philoſophen, die noch mehr auf der Naturanſchauung und einer natürlichen Anſchauung der Dinge fußten, als die heutigen, die Anſicht von einer Beſeelung der Natur im Allgemeinen und hiemit im Zuſammenhange der Geſtirne insbeſondere war, mögen folgende Stellen aus Cic. de natura deorum lehren *.

Lib. I. cap. 11. Crotoniates autem Alcmaeo soli et lunae reliquisque sideribus animoque praeterea divinitatem dedit .... Pythagoras censuit, animum esse per naturam rerum omnem intentum et commeantem, ex quo nostri animi carperentur .... Xenophanes, mente adjuncta, omne, quod esset infinitum, Deum voluit esse .... Parmenides continentem ardorem lucis orbem, qui cingit coelum, deum appellat .....

C. 12. Idem (Plato) et in Timaeo dicit et in legibus, et mundum Deum esse, et coelum, et astra, et terram, et animos, et eos, quos majorum institutis accepimus.

C. 13. Aristoteles modo menti tribuit omnem divinitatem: modo mundum ipsum Deum dicit esse: modo quendam alium praeficit mundo eique eas partes tribuit, ut replicatione quadam mundi motum regat atque tueatur: tum coeli ardorem Deum dicit esse.

C. 14. Xenocrates Deos octo esse dicit; quinque eos, qui in stellis vagis nominantur: unum, qui ex omnibus sideribus, quae infixa coelo sunt, ex dispersis quasi membris simplex sit putandus Deus: septimum solem adjungit, octavamque lunam. Ex eadem Platonis schola Ponticus Heraclides puerilibus fabulis refersit libros: tum mundum, tum mentem divinam esse putat: errantibus etiam stellis divinitatem tribuit, sensuque Deum privat, et ejus formam mutabilem esse vult: eodemque in libro rursus terram et coelum refert in Deos. Nec vero Theophrasti inconstantia ferenda est. Modo enim menti divinum tribuit principatum: modo coelo: tum autem signis sideribusque coelestibus. Nec audiendus ejus auditor Strato, is qui Physicus appellatur,

---

* Die Jonier ſind hier nur kurz erwähnt. Es iſt aber andersher bekannt, daß Thales Alles voll göttlicher Weſenheiten (πάντα πλήρη θεῶν) hielt.

qui omnem vim divinam in natura sitam esse censet, quae causas gignendi, augendi, minuendi habeat: sed careat omni sensu et figura.

C. 15. Aliis libris (Zeno) rationem quandam, per omnem naturam rerum pertinentem, vi divina affectam esse putat. Idem astris hoc idem tribuit, tum annis, mensibus, annorumque mutationibus.... Cleanthes, qui Zenonem audivit, tum ipsum mundum Deum dicit esse, tum totius naturae menti atque animo tribuit hoc nomen.

C. 16. Ait enim (Crysippus Stoicus) vim divinam in ratione esse positam et in universae naturae animo atque mente: ipsumque mundum Deum dicit esse, et ejus animi fusionem universam: tum ejus ipsius principatum, qui in mente et ratione versetur, communemque rerum naturam universam atque omnia continentem: tum fatalem vim et necessitatem rerum futurarum: ignem praeterea, et eum, quem antea dixi, aethera: tum ea, quae natura fluerent atque manarent, ut et aquam, (et terram,) et aera; solem, lunam, sidera, universitatemque rerum, qua omnia continentur; atque homines etiam eos, qui immortalitatem essent consecuti.

Lib. II. C. 11. (Balbus Stoicus:) Natura est igitur, quae contineat mundum omnem, eumque tueatur, et ea quidem non sine sensu atque ratione. Omnem enim naturam necesse est, quae non solitaria sit neque simplex, sed cum alia juncta atque connexa, habere aliquem in se principatum, ut in homine mentem, in bellua quiddam simile mentis, unde oriantur rerum appetitus.... Videmus autem, in partibus mundi (nihil est enim in omni mundo, quod non pars universi sit) inesse sensum et rationem. In ea parte igitur, in qua mundi inest principatus, haec inesse necesse est, et acriora quidem et majora. Quo circa sapientem esse mundum necesse est, naturamque eam, quae res omnes complexa teneat, perfectione rationis excellere, eoque Deum esse mundum, omnemque vim mundi natura divina contineri.

C. 12. Audiamus enim Platonem quasi quendam Deum philosophorum: cui duo placet esse motus, unum suum, alterum externum: esse autem divinius, quod ipsum ex se sua sponte moveatur, quam quod pulsu agitetur alieno. Hunc autem motum in solis animis esse ponit, ab hisque principium motus esse ductum putat. Quapropter, quoniam ex mundi ardore motus omnis oritur, is autem ardor non alieno impulsu, sed sua sponte movetur: animus sit necesse est. Ex quo efficitur animantem esse mundum. Atque ex hoc quoque intelligi poterit, in eo inesse intelligentiam, quod certe est mundus melior, quam ulla natura. Ut enim nulla pars est corporis nostri, quae non sit minoris, quam nosmetipsi sumus: sic mundum universum pluris esse necesse est, quam partem aliquam universi. Quod si ita est, sapiens sit mundus necesse est. Nam ni ita esset, hominem, qui est mundi pars, quoniam rationis est particeps, pluris esse quam mundum omnem, oporteret.

C. 15. [**Balbus** Stoicus:] Atque hac mundi divinitate perspecta, tribuenda est sideribus eadem divinitas: quae ex mobilissima purissimaque aetheris parte gignuntur; neque ulla praeterea sunt admixta natura, totaque sunt calida atque perlucida: ut ea quoque rectissime et animantia esse, et sentire atque intelligere dicantur……

Quare quum solis ignis similis eorum ignium sit, qui sunt in corporibus animantium: solem quoque animantem esse oportet, et quidem reliqua astra, quae oriantur in ardore coelesti, qui aether vel coelum nominatur. Quum enim aliorum animantium ortus in terra sit, aliorum in aqua, in aere aliorum, absurdum esse Aristoteli videtur, in ea parte, quae sit ad gignenda animalia aptissima, animal gigni nullum putare. Sidera autem aethereum locum obtinent: qui quoniam tenuissimus est et semper agitatur et viget, necesse est, quod animal in eo gignatur, id et sensu acerrimo, et mobilitate celerrima esse. Quare quum in aethere astra gignantur, consentaneum est, in iis sensum inesse et intelligentiam. Ex quo efficitur, in Deorum numero astra esse ducenda.

Auch der gelehrte alexandriniſche Jude Philo erkennt die göttlich geiſtige Natur der Geſtirne an, indem er von ihnen ſagt:

„Οὗτοι γὰρ ζῶά τε εἶναι λέγονται, καὶ ζῶα νοερά, μᾶλλον

δὲ νοῦς αὐτὸς ἕκαστος, ὅλος δι' ὅλου σπουδαῖος, καὶ παντὸς ἀνεπίδεκτος κακοῦ*."

Ein ſo großes Gewicht ich auf den Beginn der Menſchheit mit dem Naturdienſte und hierunter insbeſondere mit dem Geſtirndienſte lege, ſo lege ich aber doch kein einſeitiges darauf. Auch Chriſtenthum, Judenthum, Islam ſind nicht zufällig entſtanden, ſondern liegen ihren weſentlichen Momenten nach im nothwendigen Gange der Entwickelung der Menſchheit, und wenn beim Wegdenken der beſondern Gründe ihres Entſtehens und ihrer Forterhaltung freilich auch ſie ſelbſt in ihrer Beſonderheit als wegfallend gedacht werden müßten, ſo iſt doch ſolch Wegdenken von Mitteln, die der Weltordnung ein- für allemal factiſch zur Herbeirufung gewiſſer Zwecke gedient haben, ſelbſt eine untriftige Willkühr, ſo wenig geſtattet, als wenn wir die allwärts wiederkehrenden veranlaſſenden Urſachen des Natur- und Geſtirndienſtes wegdenken wollten. Was die Weltordnung nur einmal an's Licht treten läßt, aber mit ewigen Folgen, iſt ja darum nicht weniger bindend, als was ſie allwärts aufzeigt. Unum, sed leonem. Glaube ich ja doch ſelbſt, und habe es genugſam ausgeſprochen, an die Ewigkeit, den endlichen Sieg, die letztlich allverbreitete Herrſchaft des Chriſtenthums ſeinen ganzen großen ewigen Momenten nach, und daß über die vielen und vielerlei kindiſchen Momente des Heidenthums überall hinausgegangen werden mußte, und meine nicht, daß wir verlernen ſollen, Chriſtus, der ſelbſt als die höchſte menſchliche Manifeſtation des Göttlichen in die irdiſche Welt getreten iſt, zu verehren, in ihm den Träger der höchſten und beſten Vermittelung des Menſchlichen mit dem Göttlichen zu ſehen, um wieder in eine rohe Anbetung von Sonne und Mond zurückzufallen. Was auch in den bisherigen Betrachtungen liegen mag, dies liegt nicht darin, iſt nicht das Ziel, worauf ſie hinauswollen und hinausführen, aber allerdings dies, daß das Heidenthum nicht blos kindiſche Elemente einſchließt, ſondern eine Grundlage des Wahren, die in einer künftigen Zeit einmal mit den Wahrheiten des Chriſtenthums ſich in einer höhern Einheit verſöhnen und durch daſſelbe geläutert ſogar beitragen wird, daſſelbe zu neuen Austrieben zu kräftigen.

---

* Man ſagt, es ſeien mit Bewußtſein begabte Thiere; vielmehr aber iſt jedes ein rein geiſtiges Weſen, durch und durch edler Natur und frei von allem Uebel.

Laßt immerhin den Wilden zu Sonne und Mond beten, betet er darum weniger zu Gott, wenn er nur überhaupt betet, und hört ihn Gott weniger, Gott der Alles hört? Hebt doch der Vater ſein Kind, dem er noch zu groß, jetzt vor ſein Auge, läßt ſich jetzt die Kniee von ihm umklammern, es an dem Kleide ſpielen mit dieſem und jenen Knopfe; ſo iſt's, wenn der Wilde bald dies, bald jenes erfaßt vom großen ganzen Gotte; aber nur des kindiſch-ſinnlichen Menſchen Sache iſt dieß; der erwachſene Menſch ſoll ſich an den ganzen richten: denn nur im ganzen iſt alle Würde, alle Fülle, alle Hülfe, aller Troſt. In keiner andern Lehre ſteht dies ſo feſt begründet, als in der chriſtlichen, und unſre Abſicht geht nicht dahin, einzureißen dieſes Fundament, ſondern auf deſſen volle Erfüllung zu bringen im ganzen unbeſchränkten Sinne. Grade im Sinne der unbeſchränkteſten Erfüllung aber, die Gott als Einen über Alles hebt, ohne irgend etwas ſeiner Macht in einer Hinſicht zu entziehen, liegt in gewiſſer Weiſe die Rückkehr zum Ausgang, wo der Widerſpruch von Chriſtenthum und Heidenthum noch gar nicht auftritt. Denn nicht das Heidenthum, wie es iſt, kann dem Chriſtenthum dienen, aber der Urgrund, aus dem das Heidenthum und Chriſtenthum gefloſſen, kann in einer Verklärung des Heidenthums durch das Chriſtenthum und Verjüngung des Chriſtenthums durch das Heidenthum ſich leuchtend wiedergebären. Dann wird die ganze Natur wieder leben, und die Engel wieder anziehen ihre Lichtgewande, um ſichtbar über uns zu wandeln.

So, meine ich, liegt es beſchloſſen im Entwickelungsgange der menſchlichen Erkenntniß. Es iſt aber dieſer:

Im idealen Anfangszuſtande, von dem freilich die Abweichung ſelbſt nach verſchiedenen Seiten beginnt, ſo daß wir nur noch das Centrum dieſer Abweichungen aus der Divergenz der Richtungen davon erkennen, iſt dem Menſchen die reale Einheit von Gott und Natur, Seele und Leib noch durch keinen Zweifel getrübt, noch durch keine begriffliche Spaltung getrennt, aber hiemit auch die verſchiedenen Seiten oder Standpuncte ihrer Betrachtung noch nicht auseinander getreten. Alle Momente, welche dieſe Einheit, für die Betrachtung ſcheidbar, in ſich trägt, liegen noch unentwickelt, ungeklärt darin: das iſt jenes unaufgeſchloſſene Ei des Glaubens, von dem wir früher ſprachen, und hierin berühren ſich die Extreme in ſolcher Weiſe, daß der Menſch in gewiſſer Weiſe im Zuſtande der vollkommenſten

Erkenntniß, in anderer Weiſe in dem der unvollkommenſten Erkenntniß geboren iſt. Er hat die ganze Wahrheit, aber nur die ganz rohe, und nicht die geringſte Klarheit über die Momente dieſer Wahrheit; er iſt weiſer, als die weiſeſten unter uns und kindiſcher als die kindiſchſten unſrer Schulkinder. Die beiden entgegengeſetzten Anſichten, die über den Urzuſtand des Menſchen beſtehen, daß er der unvollkommenſte, daß er der vollkommenſte war, haben ſo beide Recht, finden ſich ſo verknüpft. Nun aber ſoll der Menſch nicht bei der Unklarheit und dem Unbewußtſein über die einzelnen Seiten und Momente jener Einheit und Wahrheit ſtehen bleiben, ſondern ſich derſelben und ihres richtigen Verhältniſſes zu einander und zu der alles befaſſenden Einheit bewußt werden.

In dieſem Entwicklungsgange nun irrt er tauſendfach, fällt er ab von jenem in gewiſſer Hinſicht vollkommenſten Zuſtand, wird ſein ihm erſt ganz gegebenes Wiſſen Stückwerk, indem er die Seiten, die Stücke ſei es für das Ganze nimmt, ſei es ihr richtiges Verhältniß zum Ganzen verkennt, das er nicht mehr überſieht, weil er ſich zu ſehr mit dieſem oder jenem Einzelnen abgiebt, oder die Trennung in der Betrachtung mit einer Trennung in der Sache verwechſelt. Aber eben hiemit lernt er die einzelnen Seiten und Stücke in ihren Einzelverhältniſſen zu einander immer beſſer kennen, und indem ſich die Erkenntniß dieſer Einzelverhältniſſe immer erweitert, und alle Erweiterungen in der Wiſſenſchaft Platz greifen, knüpfen ſie ſich von ſelbſt wieder an einander, Widerſprechendes hebt ſich, Zuſammenſtimmendes beſteht, und ſo drängt es immer mehr nach einem Wiederzuſammenſchluß in der Einheit und Wahrheit hin, die für den erſten Zuſtand der Erkenntniß ſich noch gar nicht aufgelöſt hatte. So gewinnt der Menſch zuletzt wieder die volle einigende Ueberſchauung des Ganzen; aber mit ſchärferm, alles Einzelne darin richtig ſcheidenden und verknüpfenden, Blick. Zwiſchen Schluß und Anfang liegt Reichthum und Fülle der Entwickelung, aber auch Abweg und Streit.

Es iſt mit der Wahrheit in gewiſſer Hinſicht eben wie mit einem Kunſtwerk, das erſt ganz und ſchön vor den Menſchen hingeſtellt, dann von ihm zerlegt und hiermit zerſtört wird, um des Getriebes im Einzelnen kundig zu werden, endlich wieder zum vollen Ganzen, wo es erſt ſeine volle Wirkung und Bedeutung hat, zuſammengefügt wird; nun ſieht er es in derſelben Geſtalt wieder, wie es ſchon der rohe Blick ſahe; es iſt nur zum rohen Blick noch die tiefe Einſicht getreten. In der Zwiſchenzeit tritt viel Unklarheit und Zerwürfniß ein, ja die Erinnerung an das Ganze und die Kunde von der Zuſammenfügung geht wohl ganz verloren, bis, wenn die Bedeutung alles Einzelnen recht erkannt iſt, ſie von ſelbſt zur Zuſammenfügung wieder drängt.

„Die Natur (der Sinn) vereinigt überall, der Verſtand ſcheidet überall, aber die Vernunft vereinigt wieder; daher iſt der Menſch, ehe er anfängt, zu philoſophiren, der Wahrheit näher, als der Philoſoph, der ſeine Unterſuchung noch nicht geendigt hat.“
(Schiller, die äſthet. Erziehung des Menſchen. S. 93).

So wachſen wir nun freilich über jenen Kinderglauben hinaus, der wohl die Wahrheit im Ganzen und Rohen hatte, aber kein entwickeltes Bewußtſein, keine Herrſchaft über die Momente derſelben hatte. Er war ſo unſicher ſeiner ſelbſt.

daß er von jedem müßigen Einfall wankte, ſo unklar über ſich ſelbſt, daß er jedem täuſchenden Scheine nachgab, ſo wenig fähig, das Einzelne mit dem Ganzen zugleich zu faſſen, daß jeder Verſuch, in's Einzelne zu gehen, ihn das Ganze verlieren ließ. Daher er auch völlig rein und gut und voll, wie ihn eine ideell rückgreifende Betrachtung an den Anfang der Menſchheit als Mitgabe von Gott ſelbſt ſtellt, nirgends mehr zu finden, vielleicht niemals ganz zu finden; der erſte Schritt, den das eigene Bewußtſein der Menſchheit in ſeiner Entwickelung that, ſtörte oder zerſtörte auch etwas von ſeiner urſprünglichen Reinheit und Güte und Fülle, hier nach dieſer, dort nach jener Richtung: aber was dem Kindheitszuſtande der Menſchheit zunächſt noch am ſtandhafteſten und ſtetigſten zu finden, weiſt noch auf den reinen unverfälſchten vollen Kern hin, und das bleibt immer, ſagen wir es nochmals, daß die Natur eine gottbeſeelte iſt, daß ſie individueller Ausgeburten, die über das Menſchliche hinausgreifen, voll iſt, und die Geſtirne die oberſten darunter. Durch allen Wuſt und alles Wirrniß des Heidenthums leuchtet die Klarheit hievon durch.

Faſſen wir die Hauptrichtungen der Entwickelung, nach denen jener uranfänglich in ſich einige Glauben zerfiel, jetzt etwas näher in's Auge, ſo mögen wir deren zwei unterſcheiden. Die eine Richtung der Sonderung iſt die, daß ohne Trennung von Gott und Natur, Leib und Seele, ſich das Göttliche nur des Breitern in die verſchiedenſten Naturgeſtalten auseinanderlegt. Kaum iſt etwas in der Welt geblieben, was nicht göttlich verehrt worden wäre, ſogar Steine, Pfähle, Unrath, abgezogene Felle. Alles ſcheint doch dem Menſchen etwas leiſten oder bedeuten zu können, was über die Leiſtung und Bedeutung ſeines eigenen Weſens hinausreicht, ſcheint ihm gleicher oder höherer Lebendigkeit theilhaftig. Dabei kann, wie wir es oben ſchon betrachtet, der Gedanke oder das Gefühl einer alles verknüpfenden Einheit leicht ganz untergehen, und ſelbſt das oberſte Naturweſen nur als ein einzelnes über und außer andern Einzelheiten erſcheinen. So iſt es bei den meiſten heidniſchen Religionen der Fall: ja eigentlich liegt hierin das Weſen des wahren Heidenthums, das in der Religion der Griechen ſeine höchſte Verklärung gefunden. Wenn Schiller ſagt: Einen zu bereichern unter Allen, mußte dieſe Götterwelt vergehen, ſo läßt ſich umgekehrt ſagen, daß der Griechen reiche Götterwelt auf Koſten des Einen Gottes entſtand. Doch haben wir eine große, gewaltige, mächtige, uralte, Religion, welche die Einheit mit der Vielheit zugleich bewahrt, und für dieſe Richtung ſo zu ſagen dieſelbe klaſſiſche Bedeutung hat, als die chriſtliche Anſicht für die andre Richtung. Es iſt die Religion der Hindus. Ein allgewaltiges Naturweſen, welches das Ganze befaßt, manifeſtirt ſich hier nur in tauſendfach verſchiedenen individuellen Geſtalten. Es iſt eine ungeheuerliche Religion, die aus dem Schooße der tiefſten Wahrheit die abentheuerlichſten Ungeſtalten geboren hat. Ein gährend Leben wogt in dieſer Religion: da iſt Reichthum, Fülle, keine ſichtende Klarheit, kein zügelndes Maß. Die Seele iſt immer wie in einem Bade grober Materie, und ſteigt nur heraus, um ſich in ein neues zu ſtürzen. Der Geiſt durchleuchtet die Materie nicht, ſondern verwickelt und verwirrt ſich in ihren Irrgängen. Es iſt kein Fortſchritt, ſondern nur ein ewiges Kreiſen.

Man muß in gewiſſer Weiſe zwiſchen der Geſtaltung der Hindus-Religion unterſcheiden, welche in den älteſten Urkunden derſelben, den Veda's, auftritt, und der ſpätern und heutigen Geſtaltung dieſer Religion. Die älteſte Geſtaltung iſt eine viel einfachere als die ſpätern. Die Hindus-Religion iſt immer bunter, wirrer, vielgeſtaltiger und vielſpaltiger geworden, hat ſich von der Möglichkeit einer Klärung immer weiter entfernt. Zur Charakteriſtik des jetzigen Zuſtandes mögen ein paar Stellen aus Miſſionsſchriften dienen, welche beweiſen dürften, wie bei aller Erhabenheit und Wahrheit der Grundlage dieſer Religion, welcher ſelbſt die chriſtlichen Miſſionäre Gerechtigkeit widerfahren zu laſſen nicht umhin können, doch das Princip der reinen Auffaſſung und ſegensreichen Anwendung derſelben gänzlich abhanden gekommen oder überhaupt fehlt, und ſicher wird es nur durch das Chriſtenthum wieder hineinkommen können: die Vermengung Gottes, des Ganzen, der allein Anbetung und Gott zu heißen verdient, und der einzelnſten weltlichſten Dinge iſt gänzlich in die Praxis dieſer Religion übergegangen.

„„Ich bin von Ewigkeit her geweſen und werde ewig ſein; ich bin die Grundurſache von Allem, was im Morgen, was im Abend, was im Norden, was im Süden, was im Himmel und auf Erden geſchieht; ich bin Alles: die Wahrheit und der Verſtand, die Klarheit und das Licht des Lichtes, der Erhalter und der Zerſtörer, der Anfang und das Ende: ich bin die Unendlichkeit.““

„In ſolchen und ähnlichen Ausdrücken laſſen die heiligen Schriften der Hindus Brahm, den Urgott, von ſich ſelber reden, das ganze Hinduvolk aber, gleichſam antwortend, bekennen: „„Ja, du biſt das wahre, ewigſelige, unwandelbare Licht aller Zeiten und Räume. Deine Weisheit erkennt tauſend und abertauſend Geſetze, und doch handelſt du allezeit frei und thuſt Alles zu deiner Ehre. Du allein biſt der wahrhaft Selige, du das Weſen aller Geſetze, das Bild aller Weisheit, der du, der ganzen Welt gegenwärtig, alle Dinge trägſt.““

„Das ſind alles erhabene Ausdrücke, lieber Leſer, und manche klingen dir vielleicht faſt wie Bibelſprache. Allein es ſteckt nichts dahinter: ſchöne Seifenblaſen ſind's, die, ſobald du danach greifſt, um ſie näher in's Auge zu faſſen, in Nichts zerfahren. Denn ſiehe: Brahm iſt eben Alles und wird bald zur Regenwolke, bald zur Kornähre, zu Luft, Waſſer, Sonnenſchein, ja zu allem, auch der geringſten Creatur, ſo daß er am Ende mit der Welt rein zuſammenfällt und in's Allgemeine verſchwimmt. Dieweil nun nach der Vorſtellung der Hindus alles Sichtbare ein Theil der Gottheit iſt, ſo wirſt du dich nicht wundern, daß die Braminen, wie ſie auf der einen Seite von einem einigen, ewigen und unermeßlichen göttlichen Weſen reden, auf der andern Seite wiederum die Zahl ihrer Götter auf 330 Millionen angegeben. Du wirſt im Gegentheil fragen: warum nicht mehr? Betet doch an gewiſſen Tagen der Hindu den Reis an, den er ſich ſonſt gar wohl ſchmecken läßt, der Schreiner ſeinen Hobel und der Bramine die Tinte und Feder, womit er ſeinen religiöſen Unſinn niedergeſchrieben hat.... An der Spitze dieſer 330 Millionen Götter ſtehen Brahma, der Schöpfer, Wiſchnu, der Erhalter, Schiwa, der Zerſtörer u. ſ. w."

(Graul, evangeliſch lutheriſche Miſſionsblätter 1846. S. 90).

Folgendes aus dem Tagebuche der Miſſionäre Lee, Gordon und Pritchett in den Jahren 1811—14; in Vizagapatam in Oſtindien:

„Heute ſtießen wir in einem benachbarten Dorfe auf einen Mann, der den empörenden Gedanken gegen uns äußerte, die Gottheit offenbare ſich in Geſtalt eines Eſels. Der Begriff Gottes als „Weltſeele" reicht für dieſen verſunkenen Theil der Menſchheit nicht zu; denn ſie bilden ſich ein, die Welt und Alles, was in ihr enthalten iſt, ſei das eigentliche Weſen dieſer Gottheit; der religiöſe Indianer trägt daher kein Bedenken, das verächtlichſte Ding, auf das ſeine Phantaſie ſtößt, als göttlich zu verehren; der Handwerker verbeugt ſich daher vor ſeinem Werkzeuge, ehe er damit zu arbeiten beginnt, um ſich daſſelbe günſtig zu machen, und der Schiffer betet zu dem Schiff, das ihn aufnimmt, damit es ihn wieder glücklich zurückbringe."

Die andre Richtung der Sonderung ſtellt ſich ſo zu ſagen ſenkrecht auf die vorige, oder ſchneidet innerlich entzwei, wo die erſte äußerliche Ausgeburten giebt, oder in ſolche zerfällt. Denn wenn in der vorigen Richtung Gott in der Natur eingeſenkt bleibt, ſich das geiſtig-leiblich Eine nur in immer neue Geſtalten wandelt und äußerlich zerlegt, ſo wird dagegen in der andern dies Eine ſelbſt im Weſen geſpalten, Gott von der Natur losgeriſſen, als lebendiger Geiſt ihr der todten gegenübergeſtellt, als höheres Weſen über ſie erhoben, dem die Natur wohl *unterthan*, nicht dem ſie *eingethan* ſei. Nach dieſer Weltanſchauungsweiſe, der unter uns ſelbſt geltenden, haben ſich der Gott der Religion und die Natur der Naturwiſſenſchaft gegenſeitig ſo auseinandergeſetzt, daß nur ſchwache Spinnefäden der Betrachtung und einige Ausdrücke, die man weder miſſen, noch in ihren Conſequenzen verfolgen mag, ſie verknüpfen. In der Natur geht alles nach todter Regel und Geſetz. Gott iſt als Einiger in eine unendliche Einſamkeit und unmeßbare Höhe getreten; unſre Hände heben wir zu ihm; aber ſie reichen nicht an ihn; er greift mit ſeinen Händen in die Natur zurück; aber wir wiſſen nicht, was er noch darin zu thun hat. Von der Fülle des göttlichen Lebenslichtes, das erſt die ganze Welt erfüllte, ſind blos in Menſchen und Thieren ein paar Funken geblieben; ſelbſt die Pflanzen ſind in Nacht verſunken; es iſt, wie nach einem hellen Tage nur noch zerſtreute Sterne am Himmel bleiben; in ſolche Nacht hat uns dieſe Richtung geführt. Es iſt, wie bei Verwüſtung eines blühenden Landes das Lebendige ſich nur in einzelne

Feſtungen noch rettet, das ſind die Leiber der Menſchen und Thiere, indeß rings Alles verödet iſt.

Wie Geiſt und Natur zerfallen, zerfällt auch das Geiſterreich in ſich. Wir haben nur noch Geiſter neben einander, kein Band derſelben mehr in einem oberſten Geiſte, der vielmehr ſelber nur ganz äußerlich darüber. Wie kann er auch die Geiſter noch binden, nachdem er über die Natur emporgetreten, während ſie in beſondern Schlupfwinkeln derſelben verhalten bleiben. Wie das Geiſterreich, zerfällt auch die Natur in ſich. Wie kann der Leib, der Seele behalten, noch in Eins zuſammengehen, ſich vertragen mit dem, der ihrer baar. Organiſches und Unorganiſches ſtellt ſich ſchroff einander gegenüber. Und abermals und abermals ſcheidet ſich's. Aus zwei Seiten oder Geſichtspuncten derſelben Sache, Seele, Geiſt, werden zwei Theile derſelben Sache. Die Seele hält feſt an dem Leibe, geht und vergeht mit ihm, der Geiſt entweicht vom Leibe im Tode, dem Geiſt der Geiſter nach. Doch der Leib verſchmäht nun auch die Seele, die man ihm nur als Reſt laſſen will, und ſpricht: meine Lebenskraft thut's wohl auch; da zieht man ihm endlich auch die Lebenskraft ab, und Alles thut zuletzt ſeine mechaniſche Kraft. Und ſo ſcheidet und ſcheidet ſich's ohne Aufhören und wird immer klarer und immer verſtändlicher in's Einzelnſte und immer todter und immer widerſpruchsvoller im Ganzen. Der Geiſt fürchtet ſich vor dem Leibe, den er ſelbſt belebt, wie vor einem Leichnam, und meint, nur daß er ſich möglichſt von ihm abhalte, könne ihn vor deſſen Schickſal bewahren. Der Leib fürchtet ſich vor dem Geiſte, ſeinem ordnenden Principe, und meint, derſelbe greife nur ſtörend in ſeine Ordnung ein. Alles fühlt den Unſegen dieſes Haders und hadert dennoch fort.

In dieſer Richtung ſind wir ſelbſt noch mitten inbegriffen. Wir mögen ſie die heutige chriſtliche nennen, weil ſie die heutige der Chriſten iſt. Nicht, daß Chriſtus ſelbſt dieſelbe begründet hätte, nicht daß ſie zum Weſen des Chriſtenthums gehörte, in jenem Sinne deſſelben, den wir beſprochen. Chriſtus ſelbſt hat nie Gott von der Natur losgeriſſen, das Verhältniß von Gott und Natur überhaupt nicht erörtert, es einfach dahingeſtellt. Ein Andres lag ihm ob. Er hat freilich geſagt und geboten: Gott iſt ein Geiſt, und die ihn anbeten, ſollen ihn im Geiſt und in der Wahrheit anbeten. Wie aber auch ich ein Geiſt bin und meine Bitten nicht an eines andern Menſchen Leib, ſondern Geiſt zu richten habe; doch darum nicht leugne, daß ich einen Leib habe und daß ein Andrer einen Leib hat. Alſo, daß auch mit Chriſti Wort nicht verwehrt iſt, daß Gott der Geiſt einen Leib in der Natur habe, wenn gleich mit Recht verwehrt iſt, ihn den Geiſt damit zu verwechſeln und Bitten an das mit ihm Verwechſelte zu richten, wie es die Heiden thaten, und heute noch die Hindus thun. Es iſt nur nicht immer Zeit, den Leib zu beachten, und zu Chriſti Zeiten war's vor Allem Zeit, die Achtung des Leibes, des überwerth geachteten, die herrſchte im herrſchenden Heidenthum, abzuthun und das Weſen zu läutern durch möglichſt reine Einkehr in das Geiſtige. Daß nun Chriſtus, dieſen reinen Beruf rein erfüllend, nur das Eine beachtete, was damals zu beachten noth war, hat dann freilich weſentlich beigetragen, uns das Andre ganz verachten zu laſſen und uns ſo in die Richtung zu treiben, in der wir noch befangen.

Namentlich in den frühern Zeiten des Chriſtenthums trat mit der gänzlichen Hintanſetzung der Beziehungen Gottes zur Natur eine völlige Verachtung der Natur und Naturkenntniß ſchroff hervor, indem man das, was Chriſtus gegen und über das Heidenthum und Judenthum hinaus dem Menſchen in Betreff ſeines geiſtigen Verhältniſſes zu Gott in das Herz ſchrieb, als die einzige Schrift, die zu leſen würdig ſei, betrachtete. Und auch als die Naturkenntniß wieder zu Ehren kam, fuhr man fort, ſie als etwas anzuſehen, was nicht nur in der Betrachtung, ſondern auch in der Sache nichts mit der Erkenntniß der göttlichen Dinge zu ſchaffen habe. Indeß hinderte dies nicht, daß ſich die Anſicht von einer Beſeelung der Natur, ja ſelber der Geſtirne, vermöge ihrer unverwüſtlichen ureingebornen Lebenskraft von Zeit zu Zeit immer wieder hervordrängte, ohne freilich die ganze chriſtliche Weltanſchauung in eine andre Bahn lenken zu können.

Ich erinnere in dieſer Beziehung an die Naturphiloſophie des Mittelalters (16. u. 17. Jahrh.), zu deren Vertretern Cardanus, Teleſius, Campanella, Giordano Bruno, Vanini, Paracelſus u. A. gehören. Ihre Ideen ſind ſehr verwandt mit den unſrigen und denen der alten Naturphiloſophie.

Aber die chriſtliche Richtung iſt eine ſolche, die über ſich ſelbſt in's rechte Gleis hinaus treibt. Und was wir auch auf dieſer Richtung noch jetzt vermiſſen mögen, vergeſſen wir nicht den unſchätzbaren Gewinn, der uns darauf erwachſen iſt, und in dem ſelbſt das höhere Motiv liegt, daß wir ſo lange darauf bleiben mußten. Die Trennung Gottes von der Natur, des Leibes von der Seele in der chriſtlichen Weltanſchauung hat den unſagbaren Vortheil gehabt, daß wir zwei Seiten eines Weſens, die ſich in der Betrachtung je nach Verſchiedenheit des Standpunctes wirklich ſcheiden laſſen, haben jede für ſich klar erkennen und

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

dieſe Erkenntniß brauchen lernen. Indem Gott ſich in ſeine erhabene Einöde von der Natur zurückzog, und der Geiſt des Menſchen ihm nachzog, ward dieſer erſt recht heimiſch bei ihm; ein ſo reines tief-inniges Verhältniß zu Gott konnte nie erwachſen, eine ſo erhabene Idee von Gott konnte nie entſtehen, ſo lange der Menſch Gott blos in denſelben weltlichen Verwickelungen ergriff, in denen er ſelbſt ſich befangen fühlte, und in deren Klärung er ſich noch ſo wenig Raths wußte. Indem ſich der Menſchengeiſt Gott ſelbſt gegenüberſtellte, ward er erſt recht bewußt und Herr ſeiner eigenen Schranken und Kräfte, wie hätte er ſich den Einzelnen nicht ſonſt immer mit Gott — Gott aber iſt nur der Ganze — und Gott mit ſich vermengen und verwechſeln ſollen, (wir ſehen's an den Hindus), ſo lange er erſt auf halbem Wege der Klarheit über ſein Verhältniß als Einzelgeiſt zu ihm als Allgeiſt war. Indem er ferner die Natur ohne Gott faßte, lernte er erſt ihre Regel und ihr Geſetz verſtehen; wie hätte er je dazu gelangen können, ſo lange er einen ſelbſt noch geſetzlos gedachten Geiſt darin waltend dachte; ſcheut ſich doch heute noch die Naturforſchung, die Natur als lebendigen Leib anzufaſſen; die ganze Naturforſchung wäre nicht entſtanden, wenn die Natur immer als lebendiger Leib gegolten hätte. Das Geiſtige und Natürliche mußten erſt in beſondern Sphären betrachtet werden, um alles Beſondern darin gewahr und Herr zu werden; dies aber wird am ſicherſten dadurch geſtellt und erreicht, daß ſie für beſondere Sphären gehalten werden. Nur daß die ſtets getrennte Betrachtung ſo wenig das letzt Zulängliche iſt, als die ſtets ungetrennte. Die volle Klarheit der Wahrheit und Wahrheit der Klarheit liegt vielmehr darin, daß wir erkennen, wie über jeder Betrachtung, welche Gott und Natur, Leib und Seele ſcheidet, eine höhere ſteht, welche ſie verknüpft.

Die heidniſche und die heutige chriſtliche Weltanſicht haben ſolchergeſtalt, eine wie die andere, Trennungen in ſich, die einſt ſchwinden müſſen; und es wird geſchehen können, wenn ſie ſich mit dem, was Jeder Einiges geblieben, nicht äußerlich ergänzen, aber innerlich durchdringen. Das Heidenthum hat in ſeinen, wie immer zerſplitterten, Geſtaltungen doch lebendiger das Bewußtſein der innerlichen realen Einheit von Gott und Natur, Leib und Seele, der Verwandtſchaft von Gott und Menſch behalten, als das heutige, obwohl ſicher nicht als das einſtige Chriſtenthum; das Chriſtenthum hat bei aller ſeiner Spaltung und Trennung des Grundweſens doch lebendiger das Bewußtſein einer über Alles hingreifenden, mit allen untergeordneten Weſen unvergleichbaren Einheit und Höhe feſtgehalten und ins Practiſche durchgebildet. Nun meine ich, geht das Heidenthum, der zerſetzenden Klarheit des Chriſtenthums fortgehends unterliegend, der Auflöſung und dem Verfall aller ſeiner bisherigen Geſtaltungen entgegen, indeß das Chriſtenthum, die Hauptmomente der Exiſtenz jetzt noch in innerlicher Scheidung faſſend, nach Maßgabe, als es ſich über jedes einzelne Moment klarer geworden, auch eine um ſo lebendigere, endlich zwingende, Tendenz zur Wiederverknüpfung und höchſteu Einigung der getrennten Momente in ſich trägt, und hiemit zu einer Verſöhnung zugleich des eigenen Zwieſpaltes und des Zwieſpaltes mit dem überwundenen Heidenthum. So wird ſich dies dereinſt nach dem, was in ihm ewig wahr bleibt, nicht neben, ſondern innerhalb des Chriſtenthums wiederherſtellen und dadurch ſelbſt beitragen, die Mängel des heutigen Chriſtenthums, die doch nicht Chriſti Mängel ſind, zu erfüllen und ihm neue Kraft zuzuführen. Nur aus und durch Chriſtus geht der Weg zum Heil, aber der Weg iſt noch nicht zu Ende, und es giebt noch Manches, was oben geſchrieben ſteht, das unten dazu erfüllt werden muß.

Indem Gott einſt wieder ganz in die Natur eingeht, der Menſch nicht mehr wie ein fremdes Weſen Gott gegenüberſteht, iſt auch den Geſtaltungen des Göttlichen im Sinnlichen, den Vermenſchlichungen des Göttlichen, wieder Thür und Thor geöffnet, nur nicht mehr den rohen frühern Geſtaltungen und Vermenſchlichungen; ſondern Gott geht jetzt ein in die Natur bereichert mit allen hohen Eigenſchaften, die ihm das Chriſtenthum verliehen; ein Gottmenſch heißt nicht mehr, wer einzelne Heldenthaten und nützliche Erfindungen vollbringt, ſondern wer das Göttliche im reinſten Sinne und nach höchſten Beziehungen im Irdiſchen abſpiegelt. In der hiermit bevorſtehenden Wandlung wird das Chriſtenthum nichts verlieren, als was ihm nie Gewinn und nie von Chriſtus ſelbſt gefordert war: nur Negationen wird es verlieren, die durch ihre Verneinung ſelbſt zu höhern Poſitionen werden. Es wird hinaustreten mit ſeinem lichten Glauben, ſeiner allumfaſſenden Liebe, ſeinen hohen Hoffnungen in's freie Gebiet der Natur und der Geiſter, Alles durchleuchtend mit ſeiner durchdringenden Klarheit, Alles umſchlingend und einigend, weil ſelber in ſich klar und einig.

Das Heidenthum wuchs einſt wie Kraut von allerlei Art am niedern Boden, ſich mannichfach verſchränkend, die Erde überziehend: theils Blumen waren's, theils Unkraut. Ein Samenkorn aber ruht lange unſcheinbar darunter, ſchließt ſich in ſeiner kleinen Rundung ab und meint, das ganze Rund zu ſein. Doch ein Keimlein ſchläft darin, das Keimlein das iſt Chriſtus, von höherer Hand dahineingebettet, und als die Zeit gekommen, da wacht es auf, zerbricht den Saamen, der zerfällt, das Körnlein tritt heraus, erſt klein und viel bedrückt vom Kraut und Unkraut rings umher; doch immer höher wächſt's als gerader Stamm, wird ſtärker, immer ſtärker, treibt Wurzeln ringsumher, zieht Säfte, Kräfte an ſich, das Kraut und Unkraut rings erſtirbt, die Blüten ſterben mit; der Stamm geht immer grad' empor, als gält's nur von der Erde loszukommen, durchwurzelt endlich die ganze Erde wie einen einzigen Ballen, daß Alles drin zuſammenhängend wird: was loſe war, wird ganz; wo trockenes Erdreich war, gehn Säfte tief im Stillen; die Fläche droben aber will ganz veröden ob dieſem einen Stamme, der blätterreich doch blütenarm emporſteigt, mit einem geilen Seitenſchoß nur nah am Boden, der, ſelber Unkraut, doch andres Unkraut hilft verdrängen; der Baum ſcheint endlich ſelber müde, nur fruchtlos immer neue Zweige zu gebären, es geht und wirkt darin nur noch mechaniſch und bekannt; bis daß dereinſt in einem neuen Lenze aus des Stammes Gipfel eine Blütenkrone bricht, der Seitenſchoß verdirbt, und der Stamm nun auf ſich ganz allein in Einem Strauße trägt, was ſonſt zerſtreut wuchs an dem niedern Boden; und hält den ganzen Strauß auf einmal in den lichten Himmel, noch ſind's dieſelben Säfte, die einſt das Kraut umher gebildet, doch nicht dieſelben Kräfte mehr, der alte Reichthum und die alte Fülle, doch wiedergeboren aus der Einheit in der Höhe. Die Wurzeln unten thaten's und das Licht von oben. Der Garten, worin der Baum ſteht, iſt der Garten des Himmels. Da ſteht der Baum mit tauſend andern Bäumen.

Von Anfang ſtand die Erde wie ein Baum in dem Himmelsgarten; aber in anderm höhern Sinne erwachſen und erblüht wird ſie dereinſt darin ſtehn. Auch das Menſchenkind iſt bei der Geburt ſchon ein einiges in rohem Sinne; aber es gehört viel dazu, daß es auch in höherm Sinne in ſich eins und mit der Welt einig wird. Solches aber ſteht der Erde noch bevor.

Das zweite Ei, was ſich im Entwickelungslaufe der Menſchheit dem erſten gleichend wiedergebiert, Ende der alten, Anfang der neuen Epoche, hat doch andre Kraft, als das erſte und als ein gemeines. Der Vogel, der daraus kommt, fliegt nicht mehr wie der Adler neben dem Geier und der Taube ſtreitend über die Erde, ſondern wie die Erde ſelber, die den Adler, Geier und alles kleinere Gevögel in ſich hat, einträchtig mit den wahren Vögeln des Himmels durch den Himmel, Gott ein neues Morgenlied ſingend. Das will ſagen: die Religion, das iſt das Chriſtenthum künftiger Tage, wird nicht mehr in

Streit mit andern Religionen über die Erde gehen, ſondern alle ſtreitenden Religionen beſiegen, indem ſie dieſelben zugleich verſöhnt. So zur Einheit und Klarheit mit ſich ſelbſt gediehen wird die Erde Gott loben einträchtig mit dem Lobe andrer Sterne.

Das ſind freilich Blicke in eine ferne Zukunft, hier nur dienend, den Geſichtspunct dieſer Schrift zu ſtellen; denn ſie bleibt immer eine Thorheit in der alten Zeit. Drängt es aber denn nicht hin zu einer neuen Zeit? Wie fahl ſtehen ſchon Wald und Garten, der alten Zeit. Immer mehr verlöſcht die friſche und freudige Triebkraft, die Poeſie, das grünende Leben. Religion, Wiſſenſchaft, Kunſt überſchatten immer weitere Gebiete, aber zerblättern, unvermögend ihre harten Widerſprüche zu gewältigen, immer mehr dabei; kein reger Glaubens- und Lebensquell rinnt mehr durch das Ganze. Und eben wie im Herbſte der wirklichen Natur tritt dieſer Zeitpunct gerade da ein, wenn die Blätterfülle am größten iſt, das Wachsthum ſich am meiſten verſchränkt hat. Ja wahrlich, wir haben einen reichen Herbſt, aber wir haben auch einen vorgeſchrittenen Herbſt. Und indem wir uns der Reiſe freuen, bangt uns vor dem Blätterfalle. Doch jedem Herbſt folgt ein neuer Frühling; und jeder neue Frühling geht über den alten hinaus, wo erſtorben bleibt das Jährige, doch weiter treibt und blüht das Ewige.

XV. Anhang zum dritten Abſchnitt.

A. Zuſätze über äſthetiſche Beurtheilung der Geſtalt und Farbe der Erde.

(Vgl. Th. I. S. 86 ff.)

Unſtreitig iſt man nicht ohne Grund mehrfach darauf gekommen, die Kugelgeſtalt für die vollkommenſte Geſtalt zu erklären, nur daß ſie für die Bildung des Menſchen nicht die vollkommenſte ſein kann, weil er als Menſch ein noch ſehr untergeordnetes Weſen iſt, und jede Geſtalt nur nach Maßgabe, als ſie der Beſtimmung des Weſens entſpricht, vollkommen in ihrer Art heißen kann. Aber es kommt auch noch auf die Art an. Eben nur ein höheres Weſen, das eine mehr in ſich abgerundete, ſich mehr in ſich harmoniſch abſchließende, Exiſtenz hat, verträgt und verlangt die Kugelgeſtalt. Zwar keine reine, was jeder Individualiſirung widerſprechen würde; aber es genügt, daß der Hauptzug kugelförmig ſei, und ſeine Abwandlungen geſtatte und habe. Des Menſchen noch ziemlich verwickelte Hauptform beweiſt für ſich allein ſchon, daß ſeine Organiſation noch weit vom ſelbſtſtändigen Abſchluß und Ziele der Vollendung iſt; er gehört vielmehr zu den Gliedern der Ausarbeitung, den

Mitteln der Vollendung; als daß er ſelbſt ein in ſich Vollendetes wäre. Und ſollte er nicht beſcheiden genug ſein, dem nicht zu widerſprechen? Doch zeigen ſich in ſeiner Geſtalt Tendenzen zur Abrundung, die am bedeutendſten gerade an den für uns bedeutungsvollſten Stellen werden. Was die Erde, aber nicht der Menſch im Ganzen zu erreichen vermag, das ſehen wir ihn doch in ſeinen edelſten Theilen, Kopf und Auge, annäherungsweiſe erreichen, die ſich über die Abhängigkeit zwar nicht von der Erde, aber vom niedern Boden, am meiſten erheben. So haben wir erſt die Erde ſelbſt, darin dann den Menſchenkopf, darin das Menſchenauge als Annäherungen zur Kugel: der Kopf aber bedeutet mehr als das Auge, und die Erde mehr als der Kopf. Es läßt ſich aber aus teleologiſchen Geſichtspuncten vorausſetzen, daß auch der Menſch ſeiner Geſtalt nach ganz Kopf oder Auge geworden ſein, und hiemit auf der Erde ſelber die Erde noch reiner wiedergeſpiegelt haben würde, als es jetzt der Fall iſt, wenn er nur ganz ohne Abhängigkeit vom Boden hätte beſtehen können. Schon früher iſt die kugelförmige Geſtalt der Erde ſelbſt teleologiſch mit ihrer äußeren Unabhängigkeit und materiellen Bedürfnißloſigkeit in Beziehung geſetzt worden. (Th. I. S. 106. 242). Was alſo die Geſtalt des Menſchen von der der Erde unterſcheidet, iſt ſo blos als Ausdruck der geringern Selbſtſtändigkeit und Vollendung ſeines Weſens zu faſſen.

Wenn die Erde das ganz iſt, was wir blos nach Seiten unſrer vollendetſten Theile ſind, ſo iſt ſie es aber auch viel vollkommener, als es dieſe ſelbſt ſind. Denn die kugliche Hauptform unſres Kopfes iſt doch im Geſichte geradezu zerſtört und im Schädelgewölbe und Auge nur unvollkommen erhalten. Dagegen iſt die Kugelform der Erde durch die Abplattung nicht ſowohl zerſtört, als nüancirt, und die gewaltigſten Berge vermögen der Hauptform nichts erheblich anzuhaben, auch läßt das bewegliche Spiel der Züge auf der Oberfläche der Erde bei unſäglich größerer Mannichfaltigkeit und Freiheit die Hauptform viel ungeſtörter als das Spiel unſrer Geſichtszüge, indem ſich jenes in Abänderungen von verhältnißmäßig viel höherer Ordnung bewegt. Dies hängt weſentlich mit an der Größe der Erde; denn vermöge deſſen konnten die Abwandelungen ihrer Form abſolut genommen größer und mannichfaltiger ſein, als bei uns, und doch die Hauptform verhältnißmäßig weniger beeinträchtigen; die gröbſten Abwandlungen unſrer Geſtalt gehören ja noch zu ihren feinſten.

In mehrfacher Beziehung werden wir bei der Naturgeſtalt der Geſtirne an Principe erinnert, welche ſich auch bei der Kunſtgeſtalt der griechiſchen Götter geltend gemacht haben, wobei man ſich erinnern mag, daß die griechiſchen Götter ſelbſt zu großem Theile nur Anthropomorphoſen der Geſtirne. Da die Grichen wahrgenommen, daß, je idealer die Bildung eines Menſchen, deſto größer ſein Geſichtswinkel; ſo übertrieben ſie es bei ihren Göttern, und ſteigerten den Geſichtswinkel gar über das hinaus, was bei Menſchen überhaupt vorkommt, bis 100°, da doch der gewöhnliche Geſichtswinkel bei uns nur etwa 85°, beim Neger gar nur 70°. Und dies trägt weſentlich zum hoch idealen Ausdruck der griechiſchen Göttergeſichter bei. Aber freilich im Weſentlichen menſchlich mußte doch das Geſicht noch nach den Bedürfniſſen einer Kunſt gehalten werden, die von Menſchen für Menſchen beſtimmt war. Die Natur iſt nicht mehr an dieſe Rückſicht gebunden, ja darf ſich im Bereiche höherer Weſen nicht mehr daran binden. Und ſo ſehen wir ſie das, was in den [illegible] Theilen des Menſchen nur angeſtrebt iſt, die Kugelform, bei den höhern Weſen in einem höhern Sinne übertreibend auf die ganze Geſtalt derſelben voll ausdehnen.

Das griechiſche Profil iſt für alle griechiſchen Götter im Hauptzuge daſſelbe, nur wenig anders gebogen, und übertrifft an Einfachheit jede andre Geſichtsform. Die Geſtalt der Geſtirne iſt auch für alle im Hauptzuge dieſelbe, nur wenig anders geſchwungen, und übertrifft an Einfachheit jede andre Form überhaupt. Aber ſo viel einfacher das griechiſche Geſicht iſt, als das holprige Geſicht eines Kalmucken, ſo viel feiner entwickelten Ausdrucks fähig iſt es auch, und welch' edlerer höherer Unterſchied liegt zwiſchen den verſchiedenen griechiſchen Götter-Geſichtern. Doch iſt der Hauptzug des Geſichts der griechiſchen Göttinnen Venus und Luna noch holprig gegen den der Geſtirne, die ihren Namen tragen, und wie viel mehr im Feinen ausgearbeitet iſt die Oberfläche eines Geſtirns, als einer griechiſchen Statue, und das nicht zufällig, ſondern mit ſorgfältigſter Wahrung höherer Zweckrückſichten, die von höhern Schönheitsrückſichten nicht abweichen können.

Man kann uns ſcharf faſſen, und ſagen, wenn die Kugelgeſtalt die vollkommenſte Geſtalt iſt, kann nicht die elliptiſche und weiter in's Feine gehenden Abwandlung der

Kugelgeſtalt die vollkommenſte ſein. Eins oder das andre. Aber es iſt auch hier mit dem Naturſchönen wie mit dem Kunſtſchönen. Im Grunde findet ein Conflict ſtatt zwiſchen dem Genügen für den niedern und höhern Sinn, deren erſter nur den reinſten regelrechteſten Zug, der letztere charakteriſtiſchen Ausdruck von höherer geiſtiger Bedeutung verlangt, was nicht ohne Abwandlung des Regelrechten, Symmetriſchen ſein kann. Nun liegt die höchſte Schönheit da, wo der Conflict ſo gelöſt iſt, daß beiden doch möglichſt in Eins genügt werde; etwas aber muß jede Forderung nachgeben.

Wenn wir überhaupt von menſchlichem Standpunct aus die Frage nach einer über den menſchlichen Standpunct hinaus gültigen Schönheit der Geſtalt aufwerfen wollen, und pflegen nicht die Philoſophen in dieſer Hinſicht abſolute Fragen und Forderungen zu ſtellen, obwohl freilich nur mit abſoluten Worten zu beantworten, ſo meine ich, ſtehen uns keine ſichereren Betrachtungen zu Gebote, als von der Art der hier entwickelten, die vom Menſchlichen ausgehend über daſſelbe hinausführen. Oder welches wären ſie? Und wenn ſich Geſtalten in der Natur zeigen, wie ſie nach jenen Betrachtungen höherer Weſen würdig ſind, ſollten wir leere Schalen in dieſen Geſtalten ſehen wollen, auch dann noch ſehen wollen, wenn Alles ſich dahin vereinigt, ſie mit Leben gefüllt zu zeigen?

Wir haben nur die plaſtiſche Seite der Schönheit der Erde in Betracht gezogen; aber erinnern wir uns nun, daß auch Glanz und Farbe, Schatten und Licht, weſentlich, ja weſentlicher für ihre Schönheit und Charakteriſtik in Betracht kommen, als für die des Menſchen ſelbſt. (Th. I. S. 93), und wenn das Auge in Betreff der Hauptgeſtalt noch etwas an Mannichfaltigkeit der Verhältniſſe bei der Erde vermiſſen möchte, werden ſeine Forderungen um ſo mehr in Betreff des mannichfaltigen Wechſels und Wandels von Glanz und Farbe überboten; der ganze Eindruck der Erſcheinung beruht aber auf dem Zuſammenwirken beider Seiten, von denen er abhängt.

b. Ueber das feſte Gerüſt der Erde.

In gewiſſer Hinſicht ließ ſich das Felsgerüſt der Erde mit dem Knochengerüſt des Menſchenkörpers vergleichen, ſofern es der Erde eben ſo als feſte Grundlage für den Anſatz beweglicher Theile dient, als das Knochengerüſt uns. Von einer andern Seite aber läßt ſich unſer Skelet ſelbſt als einen der beweglichen Theile am Erdſkelet betrachten, als ein daran eingelenktes Glied, da die freiwillige Bewegung unſres Körpers in Bezug zum Erdkörper gerade eben ſo nur vermöge der Befeſtigung daran von Statten gehen kann, als die freiwillige Bewegung unſrer Gliedmaßen in Bezug zu unſrem übrigen Körper (vgl. Th. I. S. 115), wozu noch ſonſt manche Gleichungspuncte treten. Unſer Körper iſt ſogar mit dem Hauptkörper der Erde noch feſter und ſicherer bei zugleich freierer Bewegung eingelenkt, als irgend ein Glied unſres Körpers mit dem Hauptkörper. In der That hält die Schwere den Menſchen feſter an die Erde gefeſſelt und führt ihn ſicherer dazu zurück, wenn er ſie verlaſſen will, als es alle elaſtiſchen

Bänder mit unſern Knochen vermögen, unſre Sohle iſt dazu noch hohl und die Erde rauh, daß unſer Fuß Halt an ihr gewinne und nicht von ſelbſt gleite. Doch kann ſich der Menſch frei um die ganze Erdkugel bewegen; indeß in unſern Gelenken nur eine ſehr beſchränkte Beweglichkeit ſtatt findet.

Wir finden hier wie ſo oft einen Vorzug, den die Organiſation des Menſchen für ſich allein nur anſtrebt, durch die Verbindung von Erde und Menſch oder vielmehr die den Menſchen als Glied mit befaſſende Erde im vollkommenſtem Grade erreicht. Der Menſch, das höchſte Geſchöpf der Erde, überbietet in der Fähigkeit, ſeine Gliedmaßen nach allen Seiten zu drehen und zu wenden, alle Thiere, die überhaupt ein Skelet haben; aber die Erde überbietet ihn noch unſäglich, indem ſie ihn mit den andern Thieren ſelbſt als bewegliches Glied verwendet. Die Gebrüder Weber haben die intereſſante Bemerkung gemacht, daß der Menſch mit ſeinen Händen zu jedweder Stelle ſeines Körpers gelangen kann, ja ſchon die Finger einer Hand reichen dazu aus, nur daß ſie den Arm, an dem ſie ſich ſelbſt befinden, blos theilweis zu berühren vermögen; eben ſo kann der Erdkörper mit den Menſchen zu jeder Stelle ſeiner ſelbſt gelangen, nur die äußerſten Polargegenden etwa ausgenommen, und zwar mit viel freierer Bewegung und auf viel mannichfachern Wegen, als uns beim Arme zu Gebote ſteht.

Freilich hat das feſte Gerüſt der Erde ein ganz andres Uebergewicht gegen unſre daran beweglichen Skelete, als der Hauptſtamm unſres Skelets gegen ſeine frei daran beweglichen Glieder; und ein durchgreifender Vergleich läßt ſich wie überall nicht ziehen. Aber eben, weil das feſte Gerüſt der Erde jenes Uebergewicht der Feſtigkeit und Größe gegen unſere Skelete hat, hat der Grundſtamm unſres Skelets es nicht noch einmal gegen ſeine Glieder; da vielmehr unſer Skelet ſelbſt im Ganzen mehr bewegliche Gliednatur hat. Der Gegenſatz zwiſchen einem feſten Grundſtamm und beweglich gegliederten Anſätzen wiederholt ſich in der Erde nach einem ohne Vergleich höhern Verhältniß, als er in uns vorkommt. Alle Menſchen- und Thiergerüſte haben ſo zu ſagen ihr gemeinſchaftliches feſtes Rückgrat in dem Grundgerüſte der Erde und bei deſſen ungeheurer Feſtigkeit, Unerſchütterlichkeit und Unverletzlichkeit, welche mit in ſeinem ungeheuern Größen-Uebergewicht über die daran beweglichen Theile liegt, hat nun der Hauptſtamm des Skelets bei Menſchen und Thieren ſelbſt eine gewiſſe innere Beweglichkeit in ſeinen Wirbeln erhalten können, um ſich nach verſchiedenen Zwecken zu biegen; er hat gar nicht die volle Natur eines feſten Grundgerüſtes, wird vielmehr bei allen Bewegungen unſerer Gliedmaßen mehr oder weniger mit erſchüttert und verbogen, was nun aber nicht ſchadet, weil doch die Erde feſt ſteht. Die Erde verdankt dieſem gewaltigen Uebergewicht ihres Grundgerüſtes über ihre daran beweglichen Gliedtheile die große Unabhängigkeit, mit welcher ſie dieſelben bewegen kann. Wie viel Menſchen und Thiere auf ihr herumtreten, keins wackelt beim Tritte des andern; ſondern jedes vollzieht ſicher und ungeſtört durch des andern Bewegungen ſeine eigene Bewegung aus der Gelenkverbindung mit der Erde heraus.

Man ſieht hier wieder einmal, wie die in gewiſſer Beziehung große Aehnlichkeit zwiſchen den Verhältniſſen des Menſchen und der Erde in anderer Beziehung ganz fehl ſchlägt. Nichts kann in gewiſſer Beziehung mehr vergleichbar ſein, als die Einlenkung der Geſchöpfe der Erde am feſten Gerüſte der Erde mit der Einlenkung unſerer Gliedmaßen am Hauptgerüſte unſres Körpers; nichts in anderer Hinſicht verſchiedener. Aber hier wie überall finden wir die Abweichung bei der Erde im Sinne einer höhern Zweckmäßigkeit. Wollten wir, um die Menſchen und Thiere ganz treffend mit Gliedmaßen der Erde vergleichen zu können, verlangen, daß ſie eben ſo groß im Verhältniß zu ihr wären, als unſre Gliedmaßen im Verhältniß zu unſerm Hauptſtamme, ſo verlangten wir mit, daß jeder Tritt eines Menſchen und Thieres die ganze Erde mächtig erſchütterte, wobei die andern Menſchen und Thiere zugleich mit erſchüttert worden wären; um dies zu verhindern, ſind bei der Erde die Gliedmaßen winzig klein im Verhältniß zur ganzen Erde gemacht worden; und in ſofern freilich nicht mehr recht vergleichbar mit unſern Gliedmaßen. Im Uebrigen findet die, Th. 1. S. 73 gemachte Bemerkung über die höhere Bedeutung kleiner Abwandlungen hier, wie noch oft im Folgenden, ihre Anwendung.

Die Größe des Gerüſtes der Erde gewährt noch den zweiten Vortheil, daß ſie den Anſatz unzähliger und dann unzählig mannichfaltiger Glieder geſtattet. Während jeder Menſch und jedes Thier an ſeinem Grundgerüſte blos ein paar einzelne Gliedmaßen an beſchränkten Stellen mit beſchränktem Spielraum der Bewegung anhängend hat, iſt dagegen die Erde ringsum mit frei beweglichen Gliedmaßen oder vielmehr ganzen Gliederſyſtemen, (Menſchen und Thieren) der verſchiedenſten Art beſetzt, die den Spielraum der Bewegung um die ganze Erde herum haben. Jeder Menſch hat blos zwei ähnliche Arme; die Erde hat 1000 Mill. ähnliche Menſchen, die ſich an ihr bewegen, und noch wie viele Arten Thiere, deren jedes auf andre Art an ihr handthiert. In ſofern ſich nun alle dieſe gemeinſchaftlich an ihrer Kugelfläche bewegen, können wir ſagen, das Grundgerüſt der Erde ſei wie ein einziger großer gemeinſchaftlicher Gelenkknopf für den beweglichen Anſatz aller ihrer Glieder eingerichtet. Es iſt ſo zugleich ſeiner Dicke nach ganz feſtes Gewölbe zum Tragen und ſeiner Oberfläche nach ganz Gelenkknopf zum Bewegen. An unſerem Körper kommt dieſe vollkommene Vereinigung beider Functionen nicht ſo vor, und die Gelenkflächen ſind überdieß hier und da zerſtreut. Dafür aber legt ſich in der Erde wieder Manches aus einander, was bei uns verſchmilzt.

Bei uns geſchieht die Bewegung der Gliedmaßen am Hauptſtamme unter Vermittelung der Gelenkflüſſigkeit und, wie die Gebrüder Weber bewieſen haben, des Luftdrucks. Bei der Erde iſt die Bewegung des Feſten am Feſten auch ohne Hülfe einer Zwiſchenflüſſigkeit möglich gemacht; die Menſchen und Thiere laufen über das trockne Land. Nun aber iſt ein Theil der Erde doch auch noch mit Flüſſigkeit bedeckt, um das Schwimmen für Fiſche und Schiffe möglich zu machen; die Luft ſpielt ihre Rolle im

Fluge der Vögel, und der Luftdruck insbeſondere im Gehen der Fliegen an Decken und Wänden, dem Fortſchreiten der Blutegel und mancher andern Thiere. Die Erde hat alſo die bei uns in der Gelenkbewegung verſchmolzenen Functionen des Feſten, Flüſſigen und Luftigen in eine dreifache Function aufzulöſen gewußt. Und hiebei gewinnt ſie zugleich in den über dem Boden und über einander in Meer und Luft hinſchwimmenden und hinfliegenden Geſchöpfen mehrere Etagen beweglicher Theile über einander, nur daß dieſe viel freier und unabhängiger von einander ſind, als die übereinandergebauten Etagen unſrer Gliedmaßen.

Unſer Skelet ſchließt gewiſſe Theile ein und gewiſſe Theile aus, die erſten offenbar mit vorwaltendem Zwecke des Schutzes gegen die Außenwelt und des Zuſammenſchluſſes unter einander, wie die Eingeweide der Kopf-, der Bruſt-, der Beckenhöhle, letztere mit dem umgekehrten Zwecke, ſie in den geeignetſten Lagen und mit den feſteſten Unterlagen dem offenen Verkehr mit der Außenwelt und unter einander darzubieten, wie insbeſondere die Sinnesorgane und Organe der willkührlichen Bewegung: endlich mit dem gegenſeitigen Zweckbezuge, die innern und äußeren Theile gegen einander ſo abzuſchließen, daß, ohne Hinderung ihres zweckmäßigen Zuſammenwirkens, doch eine Störung ihrer Verrichtungen durch einander verhütet wird, welche unſtreitig leicht erfolgen würde, wenn Gehirn und andre Eingeweide zwiſchen den äußern Bewegungs- und Sinnesorganen herumhingen. Jene könnten dann ihre nach Innen, dieſe ihre nach Außen gerichteten, Functionen nicht ungeſtört vollbringen. Um aber doch beide in Beziehung zu einander zu ſetzen, ſind die Knochenwände mit Löchern durchbohrt, durch welche Nerven und Adern eine Vermittelung hindurch bewirken.

In unſerm Skelet tritt jedoch mehrfach ein Conflict dieſer Zwecke ein, der ihre erſchöpfende Erfüllung hindert, dagegen wir im Grundgerüſt der Erde allen jenen Zwecken in Eins auf das Vollkommenſte genügt ſehen.

Zuvörderſt iſt der Zweck des Schutzes durch Umgeben mit feſten Theilen in unſrer Becken-, Bruſt- und vollends Bauchhöhle doch nur ſehr unvollſtändig erfüllt, am meiſten noch in der Schädelbildung durch Umſchließung des Gehirns geleiſtet, und doch blos hierin eine unvollſtändige einſeitige Annäherung an die Leiſtung des feſten Erdgerüſtes erzielt. Denn dieſes ſtellt ganz und gar eine (bis auf die kleinen vulkaniſchen Herde) vollkommen geſchloſſene Kapſel um ſein flüſſiges Eingeweide dar; und vereinigt alſo mit den Vorzügen des feſteſten Traggewölbes und vollkommenſten Gelenkknopfes auch die Vorzüge der vollkommenſten Schädelkapſel, womit doch nicht geſagt iſt, daß das, was dieſe Kapſel einſchließt, auch Gehirnbedeutung für die Erde habe; da vielmehr eben der Umſtand, daß unſer Gehirn in eine beſondere kleine feſte Kapſel eingeſchloſſen iſt, es der Erde erſparte, daſſelbe auch noch unter die große Kapſel zu begraben, wie bald näher zu betrachten. Wenn aber die feſte Erdſchale auch kein Gehirn zu ſchützen hat, ſo hat ſie doch etwas Andres zu ſchützen, ſofern ſie gleich der Wand eines Steinkruges, welche eine heiße Flüſſigkeit einſchließt, ſehr weſentlich beiträgt, die innere Erdwärme, die ſonſt viel freier in den Raum ausſtralen würde, zurückzuhalten. Hievon ſpäter.

Auch dem andern Zweck, die Organe, die für einen freien Verkehr mit der Außenwelt und unter ſich beſtimmt ſind, in den günſtigſten Lagen und mit den geeignetſten feſten Unterlagen dieſem Verkehr darzubieten, entſpricht das Gerüſt der Erde vollſtändiger als unſres, da die convexe Kugelgeſtalt die allſeitigſte und gleichmäßigſte Darbietung gegen die Außenwelt von ſelbſt mitführt und die Theile an der Oberfläche am geſchickteſten mit der Fähigkeit aus einander hält, ſich in jedes abgeänderte Verhältniß zu einander zu verſetzen; und da Alles, was dem Verkehr mit der Außenwelt dienen ſoll, wirklich auch vollſtändig an die convexe Außenfläche des Erdgerüſtes gelegt iſt, während bei uns Vieles davon, ja gerade das Wichtigſte, entweder geradezu in innern rings umſchloſſenen Höhlen oder in tiefen Einſenkungen der Außenfläche liegt, weil der Zweck, ihm einen äußern Schutz und ungeſtörte Thätigkeit zu gewähren, mit dem Zweck, es der Außenwelt frei darzubieten, in Conflict kommt; daher erſt durch äußere Zugänge und zum Theil lange Mittelglieder der Verkehr mit der Außenwelt von gewiſſer Seite wieder hergeſtellt werden muß. Unſer Gehirn, das doch bei allem menſchlichen Verkehr am weſentlichſten betheiligt iſt, ſteckt ganz in einer Innenhöhle, vier von unſern Sinnesorganen ſind in tiefen Verſenkungen der Außenſeite eingeſchloſſen, nur beim Taſtorgan erſetzt die allſeitige Verbreitung deſſelben, welche die Verletzung einer einzelnen Stelle ungefährlich erſcheinen läßt, den Schutz. Bei der

Erde dagegen iſt Alles, was Gehirn- und Sinneskraft hat, ganz an die äußere Wölbung ihres Hauptgerüſtes gelegt, wofür dann freilich eben der ſupplementare Schutz für unſer Gehirn und unſre Hauptſinne eintreten mußte. Die Erde iſt ſolchergeſtalt wie ein Schädel, der, ſtatt ſeine Concavitäten anzuwenden, um das Gehirn ganz, die Hauptſinne halb darin zu verſtecken, umgekehrt ſeine Convexität benutzt, das Gehirn mit den Sinnen allſeitig frei in den Himmel hinaus zu halten, und dem freieſten Verkehr unter ſich darzubieten, wozu jeder Menſch nur wie ein beweglicher Stiel iſt. Handelte es ſich nicht um den Schutz, ſo wäre es ja am beßten, auch unſer Gehirn läge ohne Schädelkapſel gleich offengebreitet jedem Eindrucke da, den es von außen aufnehmen und verarbeiten ſoll, nun aber in unſerm Schädelabſchluß dieſem Bedürfniß des Schutzes genügt iſt, wiederholt die Erde nicht, ſondern benutzt vielmehr im Großen dieſe Maßregel, indem ſie unſre Sinne und Gehirne frei unter einander und mit dem Himmel verkehren läßt. Wie thöricht alſo wär's, noch einmal nach einem Gehirn, oder was deſſen Bedeutung hätte, in der Tiefe der Erde zu ſuchen, weil ſolches in unſrer Tiefe liegt; eben um nicht Gehirn in ihre Tiefe zu legen, hat ſie ſolches in unſre gelegt, uns ſelber aber an die Oberfläche. Wäre ein Gehirn unter der dicken Schädelkapſel der Erde verſteckt, eingebettet in die übrige Materie derſelben, ſo wäre es ſchlimmer daran als ein Maulwurf, und alle langen Seile und Gänge, durch die Erdkruſte nach Analogie unſrer Nerven und Gefäße geleitet, könnten die vortheilhafte Einrichtung nicht erſetzen, die jetzt für die leichte und unmittelbare Bezugziehung deſſelben zu den Einwirkungen, die es aufnehmen und verarbeiten ſoll, wirklich ſtatt findet. Von dem Vortheile, daß das Gehirn der Erde nicht eine einzige compacte Maſſe bildet, ſondern in Partien, d. ſ. die einzelnen Menſchen- und Thiergehirne, getheilt iſt, ward ſchon früher geſprochen (Th. I S. 215. f.).

Natürlich, wenn die Außenſeite der Erde Gehirn- und Sinneskraft zugleich trägt, wenn überdies das ganze Aderſyſtem der Erde, was nämlich einigermaßen mit einem ſolchen vergleichbar iſt, an die Außenſeite gelegt worden, konnten nun auch bei der Kapſel der Erde die Löcher wegfallen, welche bei der Schädelkapſel zum Durchgang von Nerven und Gefäßen dienen, konnte ſie ganz geſchloſſen und dadurch um ſo geeigneter werden, allen gegenſeitigen ſtörenden Eingriff des Innern und Aeußern zu verhüten. Daß aber eine Vorſorge dagegen nicht überflüſſig, erhellt leicht, wenn wir uns erinnern, daß das Innere der Erde eine glühend flüſſige, und wie früher (Th. I. S. 117 ff.) gezeigt, in ihrer Weiſe ebbende und fluthende, Maſſe iſt. Nun würden natürlich weder dieſe Bewegungen des innern Gluten-, noch des äußern Flutenmeeres, noch die Bewegungen unſrer Flüſſe, noch das ganze organiſche Leben außen ſo geordnet beſtehen können, wie es der Fall, wenn die innere Flüſſigkeit nicht durch die feſte Erdkruſte von der äußern abgeſchnitten wäre; ja wie nöthig dieſer Abſchluß ſei, erkennen wir aus den Verheerungen, welche glühende Lavaſtröme anrichten können, die trotz deſſelben doch zuweilen aus dem Innern hervorbrechen, aber für das Ganze nicht erheblich in Betracht kommen. So vollkommen aber dieſer materielle Abſchluß iſt, ſo wenig iſt es ein Abſchluß der innern Kraftentwickelung gegen das Aeußere, indem Schwere und Magnetiſmus ſo frei durch die Schale von Innen nach Außen durchwirken, als wäre die Schale nicht vorhanden. Ohne beſondere Oeffnungen zu haben, iſt ſie für dieſe Wirkungen ganz durchgängig.

In demſelben Verhältniſſe, als unſer Skelet gegen das Skelet der Erde an Maſſe in Nachtheil ſteht, ſteht es dagegen an feiner Ausarbeitung und Gliederung zwar nicht in Vortheil gegen daſſelbe, aber ebenan in demſelben, indem es eben die feinſtgegliederten Theile deſſelben ſelbſt darſtellt. Auch dem Grundgerüſte der Erde fehlt es zwar nicht an Gliederung, wovon uns die Geologen in Aufzählung ihrer Formationen und Schichten genug zu ſagen wiſſen; nur iſt natürlich, daß, da dieſe eine vollkommen feſte Grundlage bilden ſollen, ſie nicht ſelbſt ſo künſtlich und zerbrechlich an einander eingelenkt ſein können und zu ſein brauchen, als die Knochen unſerer Gliedmaßen. Sie liegen mehr einfach, doch noch unbeweglicher, über einander, wie die Wirbel unſeres Rückgrats, umſchließen aber zugleich das Eingeweide der Erde, wie unſre Rippen, nur noch vollſtändiger, was wegen der Flüſſigkeit dieſes Eingeweides nöthig war. Auch iſt die Gliederung des Erdſkelets doch in ſofern entwickelter als die unſre und der unſrigen übergeordnet, als die verſchiedenen Glieder des Erdſkelets aus Schichtungen verſchiedener Subſtanz beſtehen, unſre Knochen aber durchgehends aus derſelben Subſtanz, welche ſelbſt wieder verſchieden iſt von der Subſtanz der größern Maſſen des Erdſkelets.

Nach Allem alſo erfüllt das Gerüſt der Erde die Bedingungen der Unabhängigkeit, Feſtigkeit, freien Gelenkbewegung, des Schutzes innerer Theile, der vortheilhafteſten Anbringung äußerer Theile und einer ausgebildeten Gliederung ohne Vergleich vollſtändiger, als unſres, welches dagegen unſelbſtſtändig, abhängig, ſchwach, gebrechlich, ungelenk, lückenhaft durchbrochen, voll winkelicher Verſtecke, von einförmiger Subſtanz, in jedem Fall ſehr unvollkommen erſcheint, ſofern man ihm die Bedeutung eines ſelbſtſtändigen Gerüſtes beizulegen verſucht, dagegen es die Bedeutung eines ſelbſt ſehr zweckmäßig eingerichteten beweglichen Gliederapparates, Hülfsapparates, Zuſatzapparates, Anhanges am Grundgerüſte der Erde gewinnt.

Manche niedere Thiere nähern ſich der Erde wie in der Geſtalt, ſo auch in der Beſchaffenheit des feſten Gerüſtes. Viele Infuſorien ſind faſt ganz von einem Kieſelpanzer umſchloſſen, Kieſelerde macht aber auch den Hauptbeſtandtheil der feſten Erdſchale aus; andre niedere Thiere, wie Muſcheln, Schnecken, Corallen, haben eine Schale oder ein inneres Gerüſt aus kohlenſauerm Kalk, der auch ſehr weſentlich zur feſten Erdſchale beiträgt. Doch findet, wie immer, ſo auch hier, die Berührung der Extreme nur von gewiſſer Seite ſtatt. Denn es zeigt ſich leicht, daß bei den niedern Geſchöpfen durch die ſcheinbar ähnliche Einrichtung doch nicht dieſelbe Vielſeitigkeit von Zwecken auf einmal erreicht wird, als bei der Erde; und man kann in dieſer Beziehung das Sprichwort: duo cum faciunt idem, non est idem, ſo umändern, duo cum habent idem, non est idem. So erfüllt der Kieſelpanzer der Infuſorien und die Schale der Auſtern den Zweck des Schutzes vor der Außenwelt freilich ſehr vollkommen, aber gar nicht den Zweck, auch die Theile äußerm Wechſelverkehr mit der Außenwelt frei darzubieten. Dieſem Zweck iſt dagegen eben ſo einſeitig in der Einrichtung der Polypenarten genügt, welche äußerlich an einem kalkigen Gerüſte anſitzen. Vielen niedern Thieren fehlt auch das feſte Gerüſt ganz, weil hier Zwecke, mit deren Daſein das feſte Gerüſt überhaupt nicht verträglich, den Vorrang gewonnen. Aber in der Erde iſt allen Zwecken, welche ein feſtes Gerüſt erfüllen kann, zugleich in Verbindung unter ſich und mit den vielſeitigſten Zwecken andrer Theile auf das Vollkommenſte genügt.

Noch aus gar manchen andern Geſichtspuncten ließe ſich die feſte Schale der Erde betrachten. Sie iſt die gemeinſchaftliche feſte Grundmauer aller unſrer Wohnungen; wie unſre Skelete nur kleine *bewegliche* Anſätze, Abzweigungen derſelben ſind, ſo unſre Wohnungen nur kleine *feſte*. Sie iſt die gemeinſchaftliche Schatzkammer und der gemeinſchaftliche Keller für die Erde: wie Vieles, was oben den Platz verengen oder ſchnell verwüſtet werden würde, liegt da unten ſicher, und wird nur nach Bedarf heraufgeholt; Kohle, Kalk, Salz, Eiſen, Gold und Diamanten. Sie iſt auch der gemeinſchaftliche Brunnen für die Erde; wir brauchen überall des Waſſers, doch wäre es überall an der Oberfläche, wo ſollten wir ſtehen und gehen; ſo haben wir es unter unſern Füßen. Sie iſt auch die gemeinſchaftliche Grabſtätte, der allgemeine Kirchhof für die ganze Erde; indeß es an der Oberfläche grünt und blüht, birgt ſie unten die Leichen, das Verblühte. Ja Leichen über Leichen ſind von vergangenen Schöpfungsepochen in ihr aufgehäuft; das Leben wandelt über einem allgemeinen Grabe, das ſelber faſt aus Leichen nur beſteht; ja wandelt nicht nur darüber, wurzelt darin, doch zwingt eben hiemit den alten Tod, bekleidet ſein Gerippe immer neu mit neuem Fleiſch. Und weil das Grab ſich nicht ins Breite dehnen kann, und doch jede neue Schöpfungsgeneration ein neues Grab verlangt, ſo wächſt das Grab an Tiefe und jede bettet ſich in einer neuen Schicht über der alten. Wenn die Zeit gekommen iſt, ſo wird die Erde neu aufgeſchaufelt, das Meer verläßt ſein Bett und waltet des Amtes des Todtengräbers.

„Die Menge der foſſilen Reſte iſt ſo groß, daß mit Ausnahme der Metalle und der primären Geſteine wahrſcheinlich kein Partikelchen auf der Erdoberfläche exiſtirt, welches nicht zu irgend einer Zeit die Theile einer lebenden Kreatur bildete. Seit dem Beginn des thieriſchen Lebens haben Zoophyten Korallenriffe aufgeführt, die ſich hunderte von Meilen ausdehnen, und Kalkſteingebirge, mit ihren und andern Thierreſten erfüllt, ſind über der ganzen Erde verbreitet. Man gräbt Muſcheln aus Gräbern aus, um Kalk daraus zu brennen und ganze Bergreihen, ganze Felsmaſſen, mehrere hundert Fuß mächtig, beſtehen gänzlich aus ihnen, und es iſt dies faſt in jeder Gebirgskette auf der Erde der Fall. Die ungeheure Menge von mikroſkopiſchen Muſcheln, die vom Prof. Ehrenberg gefunden wurden, ſetzt noch mehr in Erſtaunen; Muſcheln, die nicht größer als ein Sandkorn ſind, bilden ganze Gebirge; ein großer Theil der Gebirge von San Casciano im Toskaniſchen beſteht aus gekammerten Muſcheln, die ſo klein ſind, daß Signor Soldani von einer Unze des Geſteins 10454 Stück ſammelte. Kreide beſteht meiſtens gänzlich aus ihnen. Der Tripel, ſchon ſeit langer Zeit als ein Polirmittel für Metall im Gebrauch, verdankt ſeine polirende Eigenſchaft den Kieſelſchalen oder Kieſelpanzern von Infuſorien, aus denen er beſteht. Es ſind aber ganze Gebirgsmaſſen aus dieſen Reſten unendlich verſchiedener mikroſkopiſcher Geſchöpfe gebildet."

(Sommerville, Kosmos. I. 34).

„d'Orbigny's Forſchungen haben gezeigt, daß ein großer Theil des Innern von Südamerika aus Kreideſchichten beſteht, welche ähnlich wie die europäiſchen und afrikaniſchen Kreideberge durch und durch aus den Kalkſchalen der mikroſkopiſchen Foraminiferen beſtehen, denen nur in geringen Verhältniſſen andre verkieſelte Petrefacten beigemengt ſind. Wäre das Leben dieſer Foraminiferen in der Urwelt nicht thätig geweſen, ſo würden die Kreideländer von Braſilien, wie Lybien und Aegypten jetzt Meer ſein; die bis 1000 Fuß mächtigen Kreidefelſen von Rügen, Dänemark, der Bretagne und der engliſchen Küſten würden nicht vorhanden ſein und jene Länder unter Waſſer ſtehen. Dieſe Länder ſind alſo Schöpfungen der organiſchen Welt.

Es iſt ganz ähnlich mit den Schichten des Muſchelkalks, des Korallenkalks, welche ſo durch und durch aus Kalkgehäuſen und Kalkſchalen von Schalthieren beſtehen, daß man ſich längſt dabei die Frage aufgeworfen hat, ob nicht aller Kalk thieriſchen Urſprungs ſei. Die bis 500 Fuß hohen Kalkberge im nördlichen Deutſchland und Polen, die Kalkgebirge um Tarnowitz und Krakau, die Umgebungen des Harzes, des Thüringerwaldes, die Rüdersdorfer Kalkinſel, der öſtliche Schwarzwald, eine Landfläche von 360 Quadratmeilen in Deutſchland würde unter Waſſer ſtehen, wenn die Nautilus-, Oſtrea-, Pecten-, Mytilus-, Terebratula-, die Trochus-, Buccinum-Arten der Urwelt nicht gelebt hätten."

„Selbſt die Wirbelthiere haben durch ihre Knochen geologiſche Formationen bilden helfen. Die Knochenconglomerate, der Pariſer Knochengips, die Knochenbreccien an der Küſte von Dalmatien und Frankreich, um Nizza, Cette, auf Corſika und Sardinien, zu Gibraltar, der phosphorſaure Kalk in den Mergeln von Meklenburg und Pommern ſind ihren weſentlichen Beſtandtheilen nach aus dem phosphorſauern Kalk der Knochen von Fiſchen, Amphibien und Säugethieren gebildet."

(Schultz Schultzenſtein, der organiſirende Geiſt der Schöpfung. Berlin 1851. S. 24).

C. Ueber das Flüſſige der Erde.

Wie das feſte Gerüſt unſres Leibes nur in Abhängigkeit von dem der Erde ſeine Functionen erfüllen kann, indem es ſich darauf zu ſtützen hat, ſo das Syſtem der Flüſſigkeit führenden Gefäße (Adern) in unſerm Leibe nur in Abhängigkeit von dem der Erde, ſofern es ſeine Flüſſigkeit erſt daraus zu ſchöpfen und ſie daran zurückzugeben hat, ſo daß es ſelbſt auch wieder als ein ergänzender Theil deſſelben betrachtet werden, und eben aus dieſem Grunde ſo wenig eine einfache Wiederholung deſſelben ſein kann, als unſer feſtes Gerüſt keine Wiederholung des Erdgerüſtes iſt, mit dem es ſich vielmehr zum Syſtem zu ergänzen hat.

Die Flüſſe und Bäche tragen das Waſſer abwärts: die Bäume und Kräuter heben es empor; die Menſchen und Thiere tragen es nach allen Seiten, bewegen es in ſich ſelbſt im Kreiſe, und miſchen und verarbeiten es mit Stoffen, wozu kein Bach, kein Baum gelangen kann. Flüſſe und Bäche ſind oben offene Kanäle und ergießen ſich in weite See'n und in das Meer mit freiem Blick gen Himmel, um den Wolken ſo viel wie möglich und ſo raſch wie möglich zurückzugeben; die Bäume, die das Waſſer heben wollen, führen es aus den Verſtecken des Bodens aufwärts in geſchloſſenen zuſammengedrängten Saftröhren, eingepackt in feſte Rinde, um unterwegs nicht zu viel davon zu verdampfen, erſt oben, wenn es nicht höher hinangeht, breiten ſie ſich in Aeſten und Blättern und Nadeln aus, um es wie aus der Brauſe einer Gießkanne ſo raſch und leicht als möglich in Dämpfen auszuſtrömen und dafür neues Waſſer von unten nachzupumpen; die Thiere aber, weil ſie es gar an ferne Orte hintragen ſollen, ſind ganz zuſammengeballt zu geſchloſſenen Behältern, und doch nicht zu ſo geſchloſſenen, daß ſie nicht unterwegs eine Dunſtſpur hinterließen und das Waſſer endlich ganz von ſich laſſen könnten. So verſorgt ſich die Erde aller Orten mit Waſſer, treibt es in Bahnen von allerlei Weiſe um, miſcht und verarbeitet es mit Stoffen von allerlei Art.

Wenn wir die Weiſe betrachten, wie die Feuchtigkeiten in uns mit dem Feſten in Beziehung geſetzt ſind, ſo werden wir wiederum mehrfach einen Conflict von Zwecken finden, der bei der Erde im Ganzen und Großen auf das Glücklichſte vermieden oder gelöſt iſt.

Unſer Blut iſt in Kanäle eingeſchloſſen, deren Hauptrichtungen ein- für allemal feſtbeſtimmt ſind, und unſtreitig hat es ſeinen Zweck für den regelrechten Gang unſrer Proceſſe, daß die Blutbahnen ihre beſtimmte Richtung behalten. Am ſicherſten und vollſtändigſten wäre dieſer Zweck erreicht worden, wenn die Kanäle gleich in der feſten Knochenmaſſe eingegraben worden wären; aber dies ging nicht, weil die Contractilität und Elaſticität der Adern weſentlich nöthig iſt, das Blut fortzutreiben und nach Maßgabe des Erforderniſſes verſchieden zu vertheilen; im Conflict beider Zwecke mußte alſo der erſte etwas nachgeben, und die Adern wurden weich, elaſtiſch biegſam eingerichtet, was theils der Feſtigkeit ihrer Lage Eintrag thut, hauptſächlich aber ſie leichter zerreißbar macht, wo dann das Blut ausläuft. Aber bei der Erde im Großen ſehen wir die

Kanäle für die Flüſſigkeit wirklich in der feſten Maſſe ausgehöhlt. Jener Conflict beſteht hier nicht; denn das Waſſer wird durch die allgemeine Zugkraft der Erde zum Meere gezogen und durch die Dampfkraft dann wieder aufwärts getrieben und nach Bedürfniß vertheilt. Was in unſerm Körper durch die Kraft beſonderer künſtlicher Pumpen und elaſtiſcher Schläuche geſchieht, geht in der Erde einfach durch das ſich ergänzende immaterielle Wirken von Schwere und Wärme vor ſich. Die Schwere zieht das Waſſer gleichſam mit Venenkraft zum Meeresherzen und die Wärme treibt es wieder mit Arterienkraft in die Luft. Cum grano salis zu verſtehen.

Während in uns das feſte Knochengerüſt untauglich iſt, dem Blute ſeine Kanäle zu liefern, wird es doch von den Adern durchſetzt und getränkt; hiedurch aber ſeiner Feſtigkeit weſentlich Eintrag gethan. Es iſt auch hier wieder ein Conflict der Zwecke vorhanden. Für ſeine Feſtigkeit wäre es an ſich beſſer geweſen, wenn es aus ganz compacter Felſenmaſſe hätte beſtehen können, wie das Gerüſt unſrer Erde; aber die größtmögliche Feſtigkeit, die es ſolchergeſtalt, unter Verwendung irdiſcher Materien dazu, hätte erlangen können, wäre doch nicht hinreichend geweſen, es vor Bruch und ſonſtiger Verletzung zu ſchützen, da es als kleiner, untergeordneter, zu Bewegungen und Kraftäußerungen aller Art beſtimmter Theil der Erde großen Fährlichkeiten in dieſer Beziehung ausgeſetzt ſein mußte. Und wie hätte es nun heilen und ſich regeneriren ſollen, wenn keine Adern in die Knochen eindrangen, um Stoffe zu- und abzuführen. Um dies möglich zu machen, wurde es lieber der

Gefahr des Bruches etwas mehr preisgegeben, um den doch nicht ganz zu vermeidenden Bruch um ſo ſicherer heilen zu können.

Aber das feſte Gerüſt der Erde iſt durch ſeine Größe und Maſſenhaftigkeit der Gefahr eines Bruches und einer Verletzung in ſo weit enthoben, als nicht etwa neue Entwickelungsepochen einen ſolchen fordern, und wenn dann neue Gebirgsmaſſen daſſelbe durchbrechen, bilden ſie auch ſelbſt zugleich den heilenden Callus. Ein Durchführen von Waſſeradern hätte alſo hier keine Zweckbedeutung gehabt, nur die Feſtigkeit und den Abſchluß gemindert, daher dringt das Waſſer in den Erdboden blos bis zu ſolcher Tiefe ein, daß dadurch noch Nutzen für die Oberfläche entſteht.

Man ſieht hieraus abermals, wie wenig Grund man hat, etwas dem Organiſchen Zuwiderlaufendes in der ganz compacten Beſchaffenheit der feſten Erdkruſte zu ſehen, da vielmehr dieſelbe ganz im Sinne organiſcher Zweckmäßigkeit iſt; kommt ja doch ſelbſt in uns ganz compacte harte Knochenmaſſe ohne durchſetzende Gefäße im Schmelz der Zähne vor, weil hier eben Alles darauf ankam, etwas ganz Hartes zu haben. Nun kann ſich freilich der Schmelz der Zähne nicht wieder erſetzen, wenn er einmal weg iſt; aber es wäre noch ſchlimmer, wenn er durch die durchſetzenden Gefäße in einen ſo lockern Zuſtand geriethe, daß er beim beſtändigen Gebrauch der Zähne immer in einem halb abgenutzten und halb ſich erneuenden Zuſtande wäre. Statt deſſen haben wir lieber den ganzen Mund voll Zähne bekommen: damit, wenn doch ein Zahn einmal

Schaden leidet, andre zur Aushülfe da ſind. Bei der Erde hätte ein ſo dünner Schmelzüberzug nicht ausgereicht, ſo ward ihr eine dicke Gebirgskruſte gegeben.

D. Ueber die Luft.

Die Luftröhren und Lungen aller Menſchen und Thiere, ja die Athemwerkzeuge aller irdiſchen Geſchöpfe überhaupt, laſſen ſich aus einem, mit dem Vorigen zuſammenhängenden, Geſichtspuncte als die ins Feinſte ſich veräſtelnden Abzweigungen eines einzigen großen, ſie alle verbindenden Athemwerkzeuges, der Atmoſphäre betrachten, ſofern aus derſelben die Luft in ſie alle ein- und austritt und darin zwiſchen ihnen allen hin- und hergeht, um den Pflanzen den ſie nährenden Athem der Thiere, den Thieren den durch die Pflanzen gereinigten Athem der Pflanzen zuzuführen (vgl. Nanna S. 207 ff.). Die Winde wehen dazu nach allen Richtungen; die organiſchen Geſchöpfe helfen aber auch ſelbſt dazu; die Thiere, indem ſie durch Wald und Flur zwiſchen den Pflanzen hinſtreifen, Sitz darauf faſſen, Nahrung darauf ſuchen, und die Blätter, indem ſie ſich frei beweglich vom Winde ſchütteln laſſen. Auch der Umſtand wirkt günſtig, daß die von den Thieren ausgeathmete Kohlenſäure, als eine beſonders ſchwere Luftart, nicht ſo leicht aufſteigt, daher den Pflanzen um ſo leichter ſich darbietet. Natürlich kann man dieſe großen Verhältniſſe nicht in unſerm kleinen Athemorgane in derſelben Weiſe wiederfinden wollen, das eben nur eine kleine einſeitige Verzweigung davon darſtellt. Hat man aber Ge-

Organe gegebener Art zu einem höhern Geſammtorgan verbindet, an der Oberfläche der Erde zu ſuchen ſein wird. Unſtreitig aber wird man einem ſolchen verknüpfenden Organ wie es die Atmoſphäre für die Lungen, das feſte Erdgerüſt für unſre Skelete darſtellt, noch am meiſten eine analoge Bedeutung für die Erde, als den betreffenden Organen für uns beilegen können, ohne doch eine volle Uebereinſtimmung der Verhältniſſe ſehen zu dürfen.

Unſre Athemwerkzeuge ſind verhältnißmäßig eben ſo kleine Abzweigungen des Athemwerkzeuges der Erde, als unſre Skelete vom großen Erdſkelet, als unſre Flüſſigkeit führenden Gefäße vom großen Meer, und zwar aus analogen Gründen. Wäre die Atmoſphäre nicht ein ſo ungeheures Athemreſervoir, ſo würden unſre Athemwerkzeuge nicht die Sicherſtellung für die ſtete Befriedigung des Athembedürfniſſes finden, die ſie jetzt finden. Es würde hier an der rechten Quantität, dort an der rechten Qualität der Luft fehlen. Jetzt, mögen noch ſo viel Menſchen und Thiere athmen und dadurch Sauerſtoff verzehren und Kohlenſäure bilden, bleibt die Luft immer für ſie gleich athembar, weil für die ungeheure Luftmaſſe dieſe Veränderung ſelbſt in langer Zeit nur wenig austrägt, und ehe ſie erheblich werden kann, durch den entgegengeſetzten Athmungsprozeß der Pflanzen, wodurch Kohlenſäure verſchluckt und Sauerſtoff frei gemacht wird, ſich wieder ausgleicht.

Die Atmoſphäre zeigt beſonders ſchön, was wir in unſerm Organismus überall ſehen, daß in einem organiſch verknüpften Ganzen derſelbe Theil nicht nur nach einer, ſondern nach allen Seiten Zweckbeziehungen verräth.

Als Athemwerkzeug iſt ſie zugleich das allgemeinſte Stimmwerkzeug. Nicht nur, daß aller Geſang der Vögel, alles Geſchrei der Beſtien, alles Geſpräch der Menſchen, aller Klang unſrer muſikaliſchen Inſtrumente durch ſie in's Weite getragen wird, iſt ſie auch bei der Schallerzeugung ſelbſt unmittelbar betheiligt; alle Kehlen klingen erſt durch den aus ihr geſchöpften Athem an, alle Bäume rauſchen durch ihren Anſchlag.

Die Atmoſphäre iſt auch das allgemeinſte Flugwerkzeug, was nicht nur ſelbſt über die ganze Erde den Fittig ſchwingt, ſondern auch alle Flügel der lebendigen Geſchöpfe erſt zum Fliegen befähigt und dazu mit den Verrichtungen des lebendigen Flügels die des todten Flederwiſches verbindet, indem ſie den Staub über die Erde hinkehrt.

Die Atmoſphäre iſt auch das allgemeinſte Saug- und Druckwerk, deſſen Stempel nicht nur immer von ſelber ſacht auf- und niedergeht, wie der fallende und ſteigende Barometerſtand beweiſt, ſondern von dem auch alle unſre Waſſerpumpen, alle unſre Luftpumpen, alle unſre Barometer, ja alle trankſchlürfenden Geſchöpfe nur die gemeinſam abhängigen Theile ſind. Wird doch dadurch ſelbſt das Blut in unſerm Leibe und das Bein in der Schenkelpfanne zurückgehalten, die Fliege an die Wand gedrückt, und der Blutegel zum Fortſchritt befähigt. Der ganze Menſch und alle Thiere werden durch dieſe Preſſe zuſammengedrückt und können nur unter dieſem Drucke beſtehen.

Die Luft laſtet auf der Oberfläche des Menſchen mit einem

saur
BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01567/020

Drucke von ungefähr 21000 Pfund [*]. Will man wiſſen, was das ſagen will, ſo denke man ſich die Oberfläche des menſchlichen Körpers in eine Ebene ausgebreitet, und eine Queckſilberſäule von 28 Zoll Höhe, oder eine Waſſerſäule von 32 Fuß Höhe durch ihr Gewicht darauf laſtend. Dieſen Druck erfährt der menſchliche Körper. Nun leuchtet ein, daß, wenn der Körper dieſe Laſt doch nicht läſtig fühlt, er eben darauf eingerichtet ſein muß, unter dieſer Laſt zu beſtehen; daß alſo ſeine Einrichtung mit dem Druck der Luft in Eins verrechnet iſt.

Man kann eine Art Wunder darin finden, wie die Atmoſphäre ſcheinbar ſo ganz entgegengeſetzte Eigenſchaften verbindet; ſie iſt das Leichteſte und Leichtbeweglichſte und die leichteſten Bewegungen Vermittelnde, und doch zugleich das anhaltendſt und gleichförmigſt und ſtetigſt Drückende auf unſrer Erde, Flügel und Preſſe in Eins. Was kann verſchiedener ſcheinen, als dieſe Functionen, und die Atmoſphäre vereinigt ſie auf das Vollkommenſte und wie wir gleich ſehen werden, noch viel mehr. Was wir ſchon beim feſten Gerüſte der Erde ſahen, zeigt ſich auch hier. Und wie die Erde überhaupt Vieles in ſich hat, was wir außer uns ſuchen müſſen, ſo hat ſie auch in der Atmoſphäre ein Organ zu vielen Leiſtungen in ſich, wozu wir uns erſt äußere Werkzeuge verſchaffen müſſen.

Die Atmoſphäre iſt auch der allgemeinſte Schöpfeimer und die allgemeinſte Gießkanne, ſchöpft das Waſſer in Dämpfen, trägt es in Winden über das Land, ſammelt es in den Schwämmen der Wolken, und drückt ſie über das Land aus.

---

[*] Die Oberfläche des menſchlichen Körpers beträgt nämlich ungefähr 1 Quadratmeter, und der Druck der Luft an der Meeresfläche 760 Millim. Queckſilberhöhe, was einem Gewicht von 10325 Kilogr. entſpricht. (Pouillets Phyſ. I. S. 118).

Sie iſt aber auch zugleich das allgemeinſte Trockenmittel, ſie trocknet die Wäſche an der Leine, das Malz auf der Darre, den Koth auf den Wegen.

Sie iſt auch das größte Kühlmittel zugleich und das allgemeinſte hitzende Gebläſe, da ſie überall von den kühlen Stellen nach den heißen und von den heißen nach den kühlen weht und das Feuer ſelber überall ſchürt.

Sie iſt auch das größte Fenſter zugleich und der größte Lichtſchirm für die ganze Erde. Was wir ſehen, ſehen wir nur durch ſie hindurch, alle Geſtirne ſcheinen durch ſie in's Haus der Erde, das dadurch ringsum wie zu einem Glashaus wird [*]. Aber indem ſie der Klarheit dient, dient ſie zugleich der Milderung und gleichförmigen Austheilung der ſonſt für einzelne Stellen und Zeiten zu grellen Helligkeit und zur ſanften Vermittelung derſelben mit der Dunkelheit in ganz ähnlicher Weiſe, als es die Schirme um unſre Lampen thun, nur daß ſie, anders als unſre Schirme, nicht um die leuchtenden Körper, die Geſtirne, ſondern den beleuchteten, die Erde angebracht iſt, und den Vorzug der ſchönſten Farbe voraus hat. Wäre keine Atmoſphäre, ſo gäbe es auch keine Abwechſelung zwiſchen dem hellen blauen Tageshimmel und dem ſchwarzen ſternenvollen Nachthimmel; ſondern wir ſähen die Sterne am Tage eben ſo hell als Nachts, mit der Sonne und dem Monde zugleich an einem ewig pechſchwarzen Himmel ſtehen. Die Helligkeit und Bläue des Himmels rührt eben blos daher, daß die Atmoſphäre das Sonnenlicht wie ein blaugefärbter durchſcheinender Schirm von mattem Glaſe zerſtreut. Auch die Schatten auf der Erde wären ganz ſchwarz, grell vom hellen Boden abſtechend, und man ſäße im Schatten eines Hauſes wie in finſterer Nacht; da jetzt dieſe Schatten durch das von der Atmoſphäre zurückgeworfene Licht immer noch beleuchtet werden. Jeden Morgen bei Aufgang der Sonne wäre es, als ob jemand auf einmal mit einem Lichte in ein ganz finſteres Zimmer träte, und Abends, als wenn er mit dem Lichte hinausginge. So grell würden Tag und Nacht wechſeln. Der Uebergang durch Morgen- und Abenddämmerung und natürlich auch das Morgen- und Abendroth fielen weg.

---

[*] Humboldt (Kosmos III. 144) hebt den teleologiſchen Geſichtspunct dieſer uns ſo ſelbſtverſtändlich erſcheinenden und doch gar nicht ſelbſtverſtändlichen Einrichtung der Atmoſphäre mit folgenden Worten hervor: „wenn man der vielfachen Proceſſe gedenkt, welche in der Urwelt die Scheidung des Feſten, des Flüſſigen und des Gasförmigen um die Erdrinde mögen bewirkt haben, ſo kann man ſich nicht des Gedankens erwehren, wie nahe die Menſchheit der Gefahr geweſen iſt, von einer undurchſichtigeren, manchen Gruppen der Vegetation wenig hinderlichen, aber die ganze Sternendecke verhüllenden Atmoſphäre umgeben zu ſein. Alle Kenntniß des Weltbaues wäre dann dem Forſchungsgeiſte entzogen geblieben.“

Die Atmoſphäre leiſtet auch in ſofern einen ähnlichen Nutzen, als die Fenſter unſrer Treibhäuſer, als ſie die leuchtende Sonnenwärme leichter durch ſich durch läßt, als die durch Abſorption ſeitens der Erdoberfläche dunkelgewordene zurückläßt, ſo daß die Wärme gewiſſermaßen wie in einer Falle gefangen wird. Dies iſt nämlich die Eigenſchaft durchſichtiger Körper überhaupt.

Man hat Grund zu vermuthen, daß die Atmoſphäre früher eine andre Beſchaffenheit hatte, als jetzt, nämlich viel feuchter, wärmer, drückender, mehr mit Kohlenſäure geſättigt war. Sie mußte wohl feuchter und wärmer, demgemäß drückender, ſein als jetzt, da die Erde ſelbſt noch an der Erdoberfläche wärmer, und über einen größern Theil der Oberfläche mit Waſſer bedeckt war, mithin auch viel ſtärker und ausgedehnter dampfte, als jetzt. Sie mußte wohl mehr mit Kohlenſäure geſchwängert ſein, wenn wir bedenken, daß aller Kohlenſtoff der ungeheuren Steinkohlenlager, welche jetzt unter der Erde liegen, früher in der Luft als Kohlenſäure enthalten war; ja ſelbſt die Kohlenſäure der Kalklager mag früher theilweis (anfangs ganz) in der Atmoſphäre enthalten geweſen ſein. An dieſe Umſtände mußten ſich aber nothwendig andre knüpfen. Da die viel reichlicher als jetzt von unten entwickelten Dämpfe doch oben denſeben Gründen der Abkühlung unterlagen als jetzt, ſo war, wie über einem immer rauchenden Topfe, die Wolkendecke, welche jetzt nur theilweis und örtlich der Erde den Anblick der Sonne und der Geſtirne entzieht, unſtreitig allgemein und permanent, und es mögen ſchon lange Perioden hindurch Geſchöpfe in der Waſſerbedeckung der Erde exiſtirt haben, ehe ſie geſpürt, daß es eine Sonne und daß es Geſtirne über ihren Häuptern giebt; und mag das erſte Reißen der Wolkenhülle, der erſte Anblick der Sonne und des blauen Himmels am Tage und des Sternenhimmels bei Nacht, die erſte Scheidung von Licht und Schatten auf dem Erdboden, die erſte Spiegelung der Sonne und Geſtirne im Meere als ein großes Ereigniß durch neue organiſche Schöpfungen von der Erde gefeiert worden ſein oder Anlaß zu ſolchen gegeben haben, da hiemit auch ganz neue Verhältniſſe eintraten. Gewiß entſtanden erſt jetzt Geſchöpfe mit Augenlidern. Die Fiſche haben noch keine. Mit dieſem Reißen der Wolkenhülle ward die Erde ſo zu ſagen erſt frei in den Himmel geboren; da ſie bisher nur in ſich gebrütet hatte. Man mag es mit dem erſten Augenaufſchlag des Hühnchens, was die Eierſchale geſprengt hat, oder mit dem erſten Aufbrechen einer bisher als Knoſpe in ſich ſchlummernden Blume gegen das Licht vergleichen.

Es iſt ſehr möglich, daß das erſte Reißen der Wolkenhülle oben in Verbindung ſtand mit dem erſten (wenigſtens dem erſten beträchtlichen) Reißen des Meeres unten, als herausquellende, glühend heiße Gebirgsmaſſen ſich inſulariſch drüber erhoben, und ſo ſtarke Ströme heißer trockener Luft nach oben ſandten, daß ſich die Wolkendecke darüber auflöſte, und der blaue Himmel auf das neugeborene Land ſahe. Dies hätte noch den intereſſanten Bezug, daß das erſte Erſcheinen des lichtgebenden Körpers, der Sonne, mit dem erſten Erſcheinen der ſchattengebenden Körper zuſammenfiel, da vor den erſten über das Meer erhobenen Bergen noch kein ſchattengebender Körper auf der Erde exiſtirte.

Noch jetzt hindert die Sahara durch ihre aufſteigenden heißen trockenen Luftſtröme die Wolkenbildung. Und ſo können auch durch einen ſolchen Wolken aufgelöſt werden.

Wollen wir uns den Vorgang noch weiter ausmalen, obwohl das freilich immer eine Art naturgeſchichtlicher Roman bleiben wird, ſo dürfen wir glauben, daß das Reißen der Wolkendecke oben durch ein ungeheures Gewitter eingeleitet wurde, wie noch jetzt vulkaniſche Eruptionen von Gewittern begleitet werden, ſo das jener große Zeitpunct von Oben und Unten zugleich mit feurigen Erſcheinungen gefeiert wurde.

„Für die Courant-ascendant-Gewitter iſt das auffallendſte Beiſpiel das bei dem Ausbruche eines Vulkans regelmäßig über der Feuerſäule entſtehende. Giebt es aber auch wohl einen großartigern Courant-ascendant, als die Feuerſäule eines Vulkans, die bei dem Veſuv 11000 Fuß hoch iſt. Bei dem vulkaniſchen Ausbruch von Lancerotte im Jahr 1731, wo man faſt kein Gewitter kannte, erſchien es ſogleich bei dem erſten Ausbruch."

(Dove, meteorol. Unterſ. S. 65).

Unſtreitig rührt die Entſtehung eines Gewitters in dieſen Fällen daher, daß die den vulkaniſchen Ausbrüchen beigemengten Waſſerdämpfe ſich eben ſehr raſch verdichten. Natürlich muß aber der Durchbruch glühender Maſſen durch das Meer ſolche Waſſerdämpfe in noch reichlicherm Maße entwickeln; daher ſich der Himmel oben anfangs nur noch mehr verfinſtern mußte, bis das hervorgetretene Land trocken ward, und nun Ströme trockener Luft in die Höhe ſandte, welche die Wolkendecke auflöſten.

An den Abhängen der gehobenen Gebirgsmaſſen, beſonders in der Nähe des Meeres, wo bald Abkühlung eintrat, mochten nun auch ſofort die neuen organiſchen Schöpfungen der Landthiere und Landpflanzen eintreten.

Der große Kohlenſäuregehalt der Atmoſphäre wirkte, als Nahrung gebend für die Pflanzen, mit der großen Feuchtigkeit und Wärme zuſammen, eben die üppige Vegetation zu bedingen, von der uns die Reſte noch in der Steinkohlenformation aufbehalten ſind; aber derſelbe Kohlenſäuregehalt machte die Luft untauglich für das Athmen der höhern Thierklaſſen und Menſchen. In Zweckbezug darauf ſehen wir nun die Erde anfangs eifrigſt beſchäftigt, dieſe überflüſſige Kohlenſäure wegzuſchaffen, doch ſo, daß dies Wegſchaffen zugleich Zwecken der damaligen Gegenwart diente. Das üppigſte Wachsthum und die öftere Erneuerung und Verjüngung der Vegetation erfolgte auf Koſten dieſer Kohlenſäure, und diente zugleich als Vorbereitung für die Entwickelung der höhern thieriſchen Organiſation. Wenn ein Pflanzenwuchs ſo zu ſagen ſatt Kohlenſäure aus der Atmoſphäre geſchluckt hatte und nichts mehr ihr abzugewinnen vermochte, vielmehr anfing, durch verweſende Theile der Luft ſo viel Kohlenſäure zurückzugeben, als er im fortſchreitenden Wachsthum aus ihr ſchöpfte, ſo ward er unter das Erdreich begraben und es erwuchs über ihm eine neue Vegetation, die das Geſchäft der Luftreinigung fortſetzte. Man hat 50, 60, ja bis 120 Steinkohlenlager übereinander gefunden, deren jedes ſeinen Kohlenſtoff nur durch Verſchluckung und Zerſetzung der Kohlenſäure hat gewinnen können. Da es früher noch keine ſolchen Zerſtörungsmittel der Pflanzenwelt durch die Thier- und Menſchenwelt im Großen gab, als jetzt, denn Rinder und Schafe weideten das Land noch nicht ab, Menſchen verbrannten und verbrauchten noch nicht das Holz der Forſten, ſo war Zerſtörung durch Naturrevolutionen das einzige Mittel, in hinreichend raſchem Wechſel immer junge Vegetation zu gewinnen.

Aber nicht blos das Land, ſondern auch das Meer mit ſeinen Geſchöpfen half zu demſelben Zwecke, obwohl auf ganz anderm Wege. Das Meer nämlich verſchluckte zunächſt auch ſeinen Theil Kohlenſäure; um es aber immer durſtig danach zu erhalten, ward dem Meere ſeinerſeits immer wieder die Kohlenſäure durch die Bildung der Kalkſchalen der niedern Geſchöpfe, als weſentlich aus kohlenſaurem Kalk beſtehend, entzogen, und dieſe wurden auch immer von Neuem begraben, ſo daß ſie jetzt Kreidelager bis zu 500 Fuß Mächtigkeit bilden.

Nun aber, wenn es immer ſo fortgegangen wäre, hätten endlich die Pflanzen und Thiere alle Kohlenſäure der Atmoſphäre verſchluckt und es wäre nichts mehr für die fernere Nahrung der erſten und für die neue Schalenbildung der letzten geblieben. Die Erde mußte alſo endlich anfangen, mit ihrer Kohlenſäureverſchwendung einzuhalten und eine neue Wirthſchaft beginnen, um mit einem verringerten Aufwand Kohlenſäure noch gleich ſtarke Lebensfülle zu produciren. Demgemäß begrub ſie die Pflanzen nicht mehr ſo wie früher, ſondern überließ ſie mehr der allmäligen Zerſtörung an der Oberfläche, wodurch der Kohlenſtoff derſelben an die Luft zurückgeht. Zweitens vermehrte ſie für die, mit der Kohlenſäureabnahme nothwendig von ſelbſt abnehmende Menge der Meeresgeſchöpfe, welche kohlenſauern Kalk zu ihrem feſten Gerüſte brauchen, die Menge der höhern Thierarten, deren Gerüſt aus phosphorſaurem Kalk beſteht; drittens wies ſie die neugeſchaffenen Geſchöpfe durch die Art ihrer Nahrung und ihres Athmens mehr als die frühern darauf an, den Kohlenſtoff der von ihnen verzehrten Pflanzen wieder in Kohlenſäure umzuſetzen und an die Atmoſphäre zurückzugeben [*];

---

[*] Von eidechſenartigen Thieren finden ſich ſchon Reſte in der Steinkohlenperiode; aber ihr Athmungsproceß iſt, obwohl ſie Lungen haben, doch wie bei den kaltblütigen Thieren überhaupt, ſehr beſchränkt. Erſt mit den warmblütigen Thieren, d. i. Vögeln und Säugethieren, beginnt ein kräftiger Athmungsproceß.

viertens endlich ſchuf ſie, nachdem Alles nicht genügend erſcheinen mochte, den Menſchen, der durch Verbrennen des Holzes, Ausgraben und Verbrennen der Steinkohlen und Brennen des Kalkes für den Bau ſeiner Wohnungen der wirkſamſte Förderer der Kohlenſäurerückgabe an die Atmoſphäre wird, und durch die beiden letzten Umſtände wohl das compenſirt, was noch fortgehends von Kohlenſäure zur Bildung der Korallen und Schalthiere im Meere verbraucht wird; obſchon das Meer auch von dieſen Anſchüſſen allmälig viel wieder zerſtört.

E. Ueber die unwägbaren Potenzen.

Der Menſch hat in ſeinen Nerven ein räthſelhaftes Agens, wenigſtens vermuthet man, daß außer der eiweißartigen Materie, woraus ſie beſteht, noch ein feines unwägbares Medium unbekannter Natur darin enthalten ſei. Iſt es der Fall, ſo kann es doch nur die irdiſch höchſt organiſirte Entwickelung oder Blüte deſſelben feinen Mediums ſein, was als allgemeine Grundlage der unwägbaren Potenzen Himmel und Erde durchdringt und umgiebt, im irdiſchen Bezirke aber in beſondern Weiſen gebunden und bewegt wird. Oder wie kam es doch erſt in den Menſchen? Es iſt am beßten, über dies, ſelbſt nur hypothetiſche, Agens keine weitern Hypotheſen zu machen, ſondern ſich an dieſem allgemeinen Geſichtspuncte genügen zu laſſen. Sonſt kommt das Unwägbare noch in manchen Modificationen auf und in der Erde vor, deren Urſprung und Zuſammenhang wir theils kennen, theils nicht kennen, obwohl ein allgemeiner Zuſammenhang jetzt wohl allgemein ſtatuirt wird, in den ſich dann eben auch das Nervenagens, falls es beſteht, fügen wird.

> „Was unſichtbar die lebendige Waffe der Zitteraale iſt; was durch die Berührung feuchter und ungleichartiger Theile erweckt, in allen Organen der Thiere und Pflanzen umtreibt; was die weite Himmelsdecke donnernd entflammt, was Eiſen an Eiſen bindet und den ſtillen wiederkehrenden Gang der leitenden Nadel lenkt; alles, wie die Farbe des getheilten Lichtſtrals, fließt aus Einer Quelle; alles ſchmilzt in eine ewige, allverbreitete Kraft zuſammen.“
>
> (Humboldt's Anſ. I. S. 34).

Wärme insbeſondere empfängt die Erde theils von der Sonne, theils hat ſie in den Menſchen und warmblütigen Thieren eigenthümliche Wärmequellen, theils iſt ſie ein Gefäß uranfänglicher Wärme. Betrachten wir zuvörderſt die erſte Quelle.

Wenn es in Fabriken und größern Anſtalten überhaupt von ganz beſonderm Vortheil iſt, daß die Heizungs- und Feuerungsanſtalten recht im Großen und an ſolchen Orten angelegt werden, wo ſie dem Betrieb der Geſchäfte nicht hinderlich ſind, ſo ſehen wir für die Erde dieſen Zweck in bewunderungswürdigem Grade erfüllt. Ein einziger ungeheurer Hauptherd verſorgt die Erdoberfläche mit Licht und Wärme zugleich, und iſt hoch über ihr aufgehangen, ſo daß er keinen Platz auf ihr wegnimmt, nirgends im Wege iſt; zugleich ſind ſolche Einrichtungen in Geſtalt und Bewegung der Erde getroffen, daß aus der gleichförmigen Einwirkung jenes Licht- und Wärmequells doch die mannichfaltigſten Leiſtungen für ſie hervorgehen, wie ſchon früher betrachtet. Außer dieſer großen Veranſtaltung aber giebt es dann allwegs kleinere zur localen Benutzung und weitern Ausführung deſſen, wozu durch die große der Grund gelegt iſt.

Die Sonnenwärme kann, in Conflict mit dem Verluſt, den die Erde fortgehends durch die Ausſtralung erleidet, nur bis zu geringen Tiefen dringen, nun aber ſehen wir eine andre großartige Veranſtaltung zur Erwärmung der Erde im Innern ſelbſt getroffen. Zum großen aber ſehr fernen Herde von oben tritt ein zwar minder großer, aber die Erde ſelbſt erfüllender, von unten. Urſprünglich ganz und gar eine glühend flüſſige Kugel, iſt es die Erde noch jetzt in ihrem Innern, und hat ſich nur allmälig durch Erkalten und Erſtarren von Außen mit der Kruſte bedeckt, die wir jetzt als feſten Erdboden unter uns haben. Aber je mehr dieſe Kruſte durch zunehmendes Erkalten an Dicke gewachſen iſt, deſto mehr hat ſie die Erde vor fernerm Erkalten geſchützt, ſo daß jetzt, nachdem ſie nur erſt wenige Meilen dick iſt, ein ferneres Zunehmen der Erkaltung zwar nicht abſolut gehindert, doch während Jahrtauſenden nicht merklich iſt. Daß auch die Größe der Erde zu dieſer Langſamkeit der Erkaltung beträgt, wurde früher ſchon bemerkt. Man ſieht ſolchergeſtalt, daß die feſte Kruſte mit der Bedeutung eines Knochengerüſtes zugleich die einer ſchützenden Hülle für die Erde verbindet, die ihr nach Maßgabe gewachſen iſt, als ſie kühler zu werden anfing, und an den Polen, wo die Veranlaſſung zur Abkühlung am größten, unſtreitig auch am dickſten iſt. Beim Thiere leiſtet der Pelz, bei den Menſchen die Kleidung, bei Flüſſigkeiten, die warm gehalten werden ſollen, die Gefäßwand dieſelben Dienſte. Das ſind nachträgliche Hülfsmittel, welche die Erde ſich local an ihrer Außenſeite erzeugt hat, in welcher Hinſicht ähnliche Betrachtungen gelten, als für den Schutz unſres Gehirns durch eine beſondere Schädelkapſel.

„Der Verluſt der urſprünglichen Wärme der Erde iſt weit größer auf ihrer Oberfläche als in ihrem Innern geweſen; und ſie iſt gegenwärtig auf der Oberfläche ſo weit erkaltet, daß ihre Temperatur hier wahrſcheinlich nicht um $^1/_{30}$ Grad C. diejenige Wärme überſteigt, die ihr vermöge der beiden andern Urſachen (Erwärmung durch die Sonne und Wärme des Himmelsraums) conſtant bleiben wird..... Anfangs hat die Temperatur der Erde ſehr raſch abgenommen, aber gegenwärtig iſt dieſe Abnahme faſt unmerklich für ſehr lange Zeit. Auch die Größe der Wärmezunahme mit der Tiefe wird ſich nicht immer gleich bleiben, allein es werden Jahrtauſende (30,000 Jahre nach der Berechnung für eine Abnahme um $^1/_{30}$° C.) vergehen, bevor ſie auf die Hälfte der gegenwärtigen herabgekommen iſt."

(Fourier in Biots Lehrb. der Phyſ. V. S. 396).

„v. Beaumont hat mittelſt der Theorie von Fourier und aus den Beobachtungen Arago's gefolgert, daß die Menge der Centralwärme, welche die Erdoberfläche erreicht, im Verlauf eines Jahres eine 1 $^1/_2$ Zoll dicke Eisrinde der Erde ſchmelzen würde."

„Nach ziemlich übereinſtimmenden Erfahrungen in den arteſiſchen Brunnen nimmt in der obern Erdrinde die Wärme im Durchſchnitt mit einer ſenkrechten Tiefe von 92 par. Fuß um 1° C. zu. Befolgte dieſe Zunahme ein arithmetiſches Verhältniß, ſo würde demnach in einer Tiefe von 5 $^2/_{10}$ geogr. Meilen Granit geſchmolzen ſein." (Humboldt's Kosmos).

„Nach den Berechnungen der glaubhafteſten Naturforſcher beträgt die ganze Dicke der feſten Erdrinde nicht über 50,000 Fuß oder 2 $^1/_2$ geogr. Meilen. Davon kommen etwa 34,000 Fuß auf die kryſtalliniſchen Maſſengeſteine; 10,000 auf die Uebergangsformationen, 5000 auf die ſecundären Schichten und 1000 auf die tertiären jüngſten Lagen."

(Burmeiſter's Schöpfungsgeſch. 3te Aufl. S. 174).

„Pouillet findet durch eine, freilich nicht ganz zuverläſſige, Rechnung, daß, wenn die Wärmemenge, welche die Sonne im Laufe eines Jahres auf die Erde ſendet, auf derſelben gleichförmig vertheilt wäre und ohne Verluſt zum Eisſchmelzen verwendet würde, ſie alsdann im Stande wäre, eine die Erde einhüllende Eisſchicht von 31 Metern (95½ par. F.) Dicke zu ſchmelzen; und ferner, daß, wenn die Sonne ringsum von Eis umgeben wäre, und alle von ihr ausgehende Wärme ausſchließlich verwandt würde, um dies Eis zu ſchmelzen, alsdann in 1 Min. eine Schicht von 12 Metern Dicke weggeſchmolzen werden würde.“

(Pouillet Lehrb. der Phyſ. II. S. 496).

Man kann fragen, wozu die innere Erdwärme und ihr Schutz? Daſſelbe Hinderniß, was die feſte Erdkruſte dem Entweichen der Wärme aus der Erde entgegenſetzt, macht auch, daß die Wärme des Innern nicht mehr auf der Oberfläche ſpürbar wird, deren Wärme vielmehr jetzt merklich nur noch von der äußern Einwirkung der Sonne abhängt. So ſchiene es alſo nutzlos, die Wärme im Innern zurückzuhalten, ja vielleicht zweckwidrig, da eben erſt durch dies Zurückhalten die Wärme nutzlos für die Oberfläche wird. Wenn man bedenkt, wie mühſam wir oft die Wärme an der Oberfläche beſchaffen, und welche ungeheure Quantität Wärme im Innern enthalten iſt, ſo kann man in der That bedauern, daß dieſe Wärme ſo müßig eingeſperrt iſt. Früher reichte die Wärme noch merklich an die Erdoberfläche oder ward durch Herausquellen heißer Gebirgsmaſſen wieder darauf erneuert, und die üppigſte, ſelbſt über die Polargegenden ſich erſtreckende Vegetation, deren Reſte wir eben noch in den ungeheuren Steinkohlenflötzen haben, war die Folge davon; die ganze Erde war wie ein von unten geheiztes Treibhaus; das hat nun aufgehört, ſeitdem die Wärme von unten ſo gut als abgeſperrt iſt gegen Oben. Indeß, da die Natur im Ganzen nicht zweckwidrig wirkt, oder, wenn wir Unzweckmäßigkeiten in ihr zugeben wollen, doch eine Tendenz zeigt, ſie immer mehr zu beſeitigen, ſo kann dieſe ſorgfältige Anſtalt, welche wir für Abſchließung der Wärme in der Tiefe gegen die Oberfläche gemacht und immer wirkſamer werden ſehen, gerade mit als Argument dienen, daß es bei der Erde eben noch auf etwas mehr als die Verſorgung der Menſchen und Thiere an der Oberfläche ankomme; ja daß es für ſie, nachdem ſie den Wärmeüberſchuß hat fahren laſſen, unter deſſen Einfluß ihre erſte Entwickelung erfolgte, doch nützlicher iſt, die noch übrige Wärme ſo feſt wie möglich in der Tiefe zurückzuhalten, als an der Oberfläche durch ihre Menſchen und Thiere verwenden zu laſſen, denen ſie ſtatt deſſen lieber eigenthümlich geartete Abhülfen theils in innern Wärmequellen, theils in äußern Schutzmitteln gab. Die Wärme des Innern wird, wenn auch für uns müßig, ſo wenig müßig für die Erde ſein, als unſre eigene Wärme müßig für uns iſt, wenn auch aus andern und vielleicht für uns nicht ganz zu ergründenden Geſichtspuncten.

Dies zu glauben, können wir uns um ſo mehr veranlaßt finden, als zwei Arten des Schutzes für Erhaltung der Wärme, der durch die Hülle der Erde, und der durch die Größe der Erde, zuſammentreffen, und als der erſtre Schutz durch daſſelbe Erkalten, was er zu beſchränken beſtimmt iſt, erſt erzeugt worden iſt, und um ſo mehr wächſt, je weiter das Erkalten fortſchreitet. Dies nämlich ſteht in voller Analogie mit den zweckmäßigen Selbſtbeſchränkungen, die wir in unſerm eigenen Organismus bei ſo vielen Wirkungen wahrnehmen. Ein oftmaliger oder anhaltender ſchmerzhafter Druck auf den Finger, z. B. beim Spiel eines Inſtrumentes, oder auf den Fuß beim Gehen auf bloßem Boden erzeugt eine hornige Haut, wodurch die Einwirkung des Drucks je länger je mehr beſchränkt wird; jede Gewöhnung an anfangs läſtige Reize erfolgt dadurch, daß die Reize Einrichtungen in unſerm Körper hervorbringen, wodurch ſich ihre Wirkung beſchränkt. Ja wir haben einen Fall, der mit dem vorliegenden eine gewiſſe ſpecielle Analogie verräth. Es wächſt nämlich auch den Thieren im Norden und im harten Winter ein um ſo dickerer Pelz, je mehr die Kälte ſteigt. Die ſtärkere Abkühlung, welche die Thiere erfahren, regt ihren Organismus zur Erzeugung eines ſtärkern Schutzes gegen die Abkühlung an, wie es bei der Erde der Fall iſt, nur daß bei letzterer die Vermittelung viel einfacher, aber auch unſtreitig um ſo directer auf den Zweck der Selbſtbeſchränkung gerichtet iſt. Denn bei Thieren wirkt die Kälte erſt durch weitläufige, wenigſtens für unſre Betrachtung weitläufige, und noch nicht klar erkannte Vermittelungen darauf hin, die auch unſtreitig nur beiläufig dieſen Erfolg erzeugen.

Man kann hiegegen nicht einwenden, die feſte Kruſte ſei entſtanden, um den Menſchen und Thieren feſten Boden zu geben und ſie vom heißen Innern abzuſchneiden, alſo gar nicht auf den Schutz der innern Wärme zu beziehen, der vielmehr zufällig ſei und auf den nichts ankomme. Solche zweckloſe Zufälligkeiten ſind nicht im Sinne der zweckmäßig wirkenden Natur. Dagegen es allerdings im Sinne der zweckmäßig wirkenden Natur iſt, daß ſie durch ein und daſſelbe Mittel mehrere Zwecke zugleich zu erreichen ſucht. Eben ſo wenig kann man ſagen wollen, die Wärme im Innern ſei blos ein Reſt der uranfänglichen Wärme, welche zur erſten Entwickelung der Erde nöthig war, nun aber als fürder unnütz beiſeitgelegt worden. Die zweckmäßig wirkende Natur duldet auch keine ſolchen müßigen Reſte. Was in einem Sinne überflüſſig wird, wird alsbald in einem andern Sinne zweckmäßig verwandt. Der Zweck, die Wärme im Innern zu ſchützen, ſchließt in der That den Zweck, für die Geſchöpfe auswendig einen feſten Boden zu gewähren und ſie vom Innern abzuſondern, nicht aus, umgekehrt aber würde bei Wegfall des Zweckes, die innere Wärme zu ſchützen, die feſte Schale blos einen Zweck nach Außen nicht nach Innen verrathen, während wir ſonſt immer eine Hauptbedeutung feſter Schalen in ihrem Bezuge zum Innern zu ſuchen haben. Der Zweck des feſten Bodens und der Verwahrung der Geſchöpfe gegen die innere Hitze würde ja noch viel vollſtändiger erreicht worden ſein, wenn die ganze Erde feſt und kalt gemacht worden, ſtatt blos eine feſte Schale um das heiße Innere zu haben; Erdbeben und Lavaergüſſe wären dann unmöglich geworden. Offenbar aber wogen ſich beide Zwecke, die Erhaltung möglichſt warmer Flüſſigkeit im Innern und die Erzielung möglichſter Feſtigkeit des Bodens außen gegen einander ſo ab, daß beiden im Zuſammenhange noch hinreichend genügt wurde. Die Exiſtenz von Menſchen und Thieren hätte bei etwas minderm Abſchluß gegen die Bodenwärme von unten ſehr gut noch beſtehen können, ja, ſo viel wir beurtheilen können, leichter und müheloſer als es jetzt der Fall iſt. Aber es erſchien offenbar wichtiger, durch eine hinreichend dicke Kruſte den Reſt der Erdwärme möglichſt vollſtändig zu ſichern, als ihn den Menſchen und Thieren noch zu Gute kommen zu laſſen, was doch immer mit Verluſt derſelben verbunden.

Ohne uns nun zu vermeſſen, das teleologiſche Räthſel der Zurückhaltung der Erdwärme im Innern vollſtändig erklären zu können, läßt ſich doch auf Manches hinweiſen:

Zuvörderſt darauf, daß die Kruſte der Erde, obwohl für den gewöhnlichen Beſtand und die langſame Entwickelung der irdiſchen Verhältniſſe dick genug, um keine Faltung, keinen Durchbruch zu geſtatten, und die materielle Communication zwiſchen Innerem und Aeußeren merklich auszuſchließen, doch nach geologiſchen Thatſachen zu verſchiedenen Zeiten früherhin Hebungen und Durchbrüche erfahren hat, wodurch neue Gebirge entſtanden ſind, und womit auf uns unbekannte Weiſe die Entwickelung neuer Organiſationsverhältniſſe in Beziehung getreten iſt. Wir können nicht wiſſen, ob ſolche Kataſtrophen nicht noch mehrere bevorſtehen, welche dann unſtreitig auch neue Entwickelungen mitführen würden. (Vgl. den Anhang zum fünften Abſchnitt). Dann ſchiene es aber auch begreiflich, daß die Erde ſich ein hinreichendes Reſervoir heißer flüſſiger Maſſe unten dazu ſicherte, und daß die (mathematiſch genommen erſt in unendlicher Zeit mögliche) vollſtändige Erkaltung eben erſt dann bevorſtünde, wenn die Erde die ihr beſtimmten Entwickelungsphaſen vollſtändig beendigt hätte. Dies iſt eine Hypotheſe, die ihre Möglichkeit hat, obwohl nicht erweislich iſt.

Der Abſchluß der innern Wärme von Außen iſt ferner nicht ſo vollſtändig, daß nicht doch in tiefen Kellern und Bergwerken, in den heißen Quellen, arteſiſchen Brunnen und wohl auch dem Golfſtrom, locale Zuſchüſſe der Wärme von Innen nach Außen erfolgten, die ihren Zweck haben; und natürlich hängt das nachhaltige Fließen dieſer nützlichen Wärmequellen davon ab, daß die Wärme ſich nicht raſch und von allen Seiten aus der Erde zerſtreue.

Die conſtante Temperatur in den Kellern des Pariſer Obſervatorium iſt bei einer Tiefe von 27, 6 Meter (84 par. Fuß) 11°, 82 C., während die mittlere Temperatur an der Oberfläche 10°, 8 C. iſt. (Pouillet's Phyſ. II. S. 453 u. 476). Dieſer Temperaturüberſchuß der Tiefe über die Oberfläche hängt nur von der innern Erdwärme ab.

Der arteſiſche Brunnen von Grenelle bei Paris, deſſen Waſſer in 1800 Fuß Tiefe erbohrt wurde, hat eine Temperatur von 22° R. neben der mittlern Ortstemperatur von 8° R., die Aachener Quellen haben 46°, der Karlsbader Sprudel 59°, die Springquelle des Geiſer ſogar 80° R.

Der Golfſtrom, deſſen Waſſer im mexikaniſchen Meerbuſen bis zu 31° C. erwärmt wird, trägt in ſeiner Wendung nach Europa nicht unerheblich bei, das europäiſche Klima zu mildern. Durch den Einfluß dieſes Stromes iſt das nördliche Europa durch ein eisfreies Meer von dem Gürtel des Polareiſes getrennt; ſelbſt in der kälteſten Zeit erreicht die Gränze des Polareiſes nicht die europäiſchen Küſten. (Vgl. Pouillet's Phyſ. II. 467. Dove, meteorol. Unterſ. S. 20).

Ferner hängt vielleicht, obwohl auf uns unbekannte Weiſe, mit der Hitze und Flüſſigkeit des Innern und deren Veränderungen und Bewegungen der Erdmagnetismus zuſammen, der in der That nach den größern zeitlich-örtlichen Veränderungen, die er erfährt, nur einer beweglichen oder bewegenden Urſach ſeinen Urſprung verdanken kann, und außer dem Nutzen, den er für unſre Schiffarth und Feldmeßkunſt hat, noch allgemeinere Bedeutung für die Erde haben mag, über der freilich ſo viel Dunkel liegt, als über dem eigentlichen Grunde ſeiner Entſtehung.

Die Veränderungen des Erdmagnetismus nach Tages- und Jahreszeit hängen unſtreitig mit dem Gange der Sonne zuſammen, dagegen man den Grund der ſecularen Veränderungen kaum anders als im Innern der Erde ſuchen kann.

Die Urſach des Erdmagnetismus ſelbſt in einem magnetiſchen Eiſenkern zu ſuchen, wie wohl ſonſt geſchehen, wird man theils durch dieſe innere Veränderlichkeit deſſelben gehindert, welche ſchwer auf bloße Temperaturänderungen eines feſten Kerns rückführbar ſein möchte, theils dadurch, daß Eiſen im Glühen überhaupt den Magnetismus merklich verliert. Das Eiſen im Innern aber könnte, ſo viel wir glauben müſſen, nur in glühend flüſſigem Zuſtande vorhanden ſein.

Unſtreitig war die Erde früher, da ſie noch ganz und gar glühend flüſſig, auch ſelbſtleuchtend, wie noch jetzt ſelbſtwarm. Aber dieſes Selbſtleuchten iſt, als nur an der Oberfläche bei ſehr hoher Hitze ſtatt findend, früher erloſchen, als die Selbſtwärme, die im Innern ihre Zuflucht gefunden hat, und mit wenigen Ausnahmen leuchten auch die Geſchöpfe nicht ſelbſt, dagegen viele eine Eigenwärme haben. Das Licht auf der Oberfläche der Erde hängt jetzt eben ſo wie die Wärme hauptſächlich von der Sonne ab, doch hat ſie in dem Monde einen Hülfsapparat zur Erleuchtung der Nächte, ohne einen entſprechenden Hülfsapparat zur Erwärmung der Nächte, da das Mondlicht, obwohl nicht, wie man ſonſt meinte, erkältend, doch nur unmerklich erwärmend wirkt. Dies läßt ſich teleologiſch deuten.

Mit dem Weggang der Sonne verliert ſich faſt ſofort das Licht, aber nicht eben ſo die Wärme des Tages, die ſich vielmehr während der Nacht nur verhältnißmäßig wenig mindert, daher war es nöthiger, eine Lampe, als einen Ofen zur Aushülfe Nachts anzubringen. Man kann dabei bemerken, daß der Vollmond grade aufgeht, wenn die Sonne untergeht, und untergeht, wenn ſie aufgeht, daher auch im Sommer kürzer, im Winter länger über dem Horizonte iſt. Die Erde hat ſich dieſe Aushülfe ſelbſt geſchaffen, da, wie man wenigſtens vermuthet, der Mond früher ein Theil der Erde war, den ſie von ſich weg in den Himmel geſchleudert. Auch geht der Mond ſo um die Erde herum, daß ſie, da es nicht möglich iſt, die Lichtaushülfe durch denſelben immer und überall zu gleicher Zeit in demſelben Maße zu haben, dieſelbe allſeitig nach einander in wechſelndem Maße genießt, und dadurch zugleich ein neues Uhrrad als Hülfsmittel der Zeitbeſtimmung gewinnt, welches eine andre Zeitabtheilung giebt, als die eigene Drehung der Erde.

So lange die Erde noch erheblich warm an der Oberfläche durch eigene Wärme war, exiſtirten blos Pflanzen und kaltblütige Thiere, Würmer, Fiſche, Eidechſen u. ſ. w. auf ihr, die immer ſehr nahe die Temperatur der Umgebung annehmen, und auf der warmen Erde überall auf's Ueppigſte gediehen. Warmblütige Vögel, Säugethiere und Menſchen gab es noch nicht; warum auch in ihnen Veranſtaltungen zur Erzeugung eigener Wärme treffen, da die Erde überall mühelos von Außen die Wärme lieferte. Die ganze Erde war damals viel gleichförmiger mit ähnlichen Thieren und Pflanzen bedeckt, als jetzt, weil die Wärme damals viel gleichförmiger auf der ganzen Erde war. Als aber die Temperatur der Erdoberfläche durch Erkalten mehr und mehr ſank, konnte das üppige Leben der bisherigen Pflanzen- und Thierwelt nicht mehr in derſelben Weiſe fortbeſtehen. Das Meiſte ſtarb aus, ſei es allmälig, ſei es bei größern Erdrevolutionen, und erſetzte ſich nicht in demſelben Verhältniß durch Neues gleicher Art. Das Leben der an ſich kalten, jetzt nicht mehr ſo durch äußere Wärme gehegten, Pflanzen- und niedern Thierwelt verkümmerte ſo bis zu gewiſſen Gränzen. Um aber doch nicht das organiſche Leben im Ganzen verkümmern zu laſſen, compenſirte die Erde die Wärme, die ſie ihren Geſchöpfen jetzt weniger äußerlich zu liefern vermochte, dadurch, daß ſie einen Theil ihrer Geſchöpfe zu Herden eigener Wärme machte. Dazu aber mußte die Organiſation dieſer Weſen kunſtreicher eingerichtet werden, als die der frühern Weſen. Sie ſollten jetzt das, was ihnen die Erde bisher äußerlich geleiſtet hatte, durch ſich ſelbſt leiſten. So wurde, da ſich die Organiſation der Weſen überhaupt nur im Zuſammenhange ſteigern kann, die Organiſation dieſer neuen Weſen höher ausgebildet als die der frühern. Natürlich iſt dies blos einer der Geſichtspuncte, die den Fortſchritt der Organiſation erklären.

Indem ſich die warmblütigen Thiere und Menſchen ihre Wärme ſelbſt erzeugen, könnte es ſcheinen, daß ſie dadurch unabhängiger von der übrigen Erde geworden wären; aber es gilt gerade das Gegentheil. Denn ſie können ihre Innenwärme doch nur aus äußerlich aufgenommenen irdiſchen

Stoffen erzeugen, und während Eidechſen, Schlangen, Fröſche, Fiſche lange Zeit hungern können und wenig athmen, müſſen jene viel und oft Speiſe und Luft aufnehmen, um hiemit ihre Wärme zu nähren, weil in der That ihre Eigenwärme nur durch chemiſche Verarbeitung der aufgenommenen Nahrungsmittel mit der aufgenommenen Luft entſteht.

Das Erkalten der Erde an der Oberfläche hat nicht nur den Erfolg gehabt, eine höhere, ſondern auch eine mannichfaltigere Entwickelung organiſchen Lebens mitzuführen, weil ſich die Verſchiedenheiten der Klimate und örtlichen Temperaturverſchiedenheiten, womit die Verſchiedenheiten des organiſchen Lebens zuſammenhängen, hiemit erſt vollſtändig ausbildeten.

Das genaue Zuſammenpaſſen von Menſch und Erde in Betreff der Wärmeverhältniſſe und die kunſtreichen Einrichtungen, mittelſt derer ihm eine gleichförmige Temperatur geſichert wurde, bieten noch Gelegenheit zu beſondern Betrachtungen von teleologiſchem Intereſſe.

Die eigene Wärme des Menſchen entbebt ihn nicht der Anforderung an einen angemeſſenen Grad äußerer Wärme; nur unter gewiſſen Gränzen äußerer Temperatur vermag er zu beſtehen; es ſind aber eben die, die er auf der Erde wirklich vorfindet, und zwar in räumlichem und zeitlichen Wechſel vollſtändig erſchöpft und auf die mannichfachſte Weiſe mit den andern irdiſchen Verhältniſſen combinirt vorfindet, ſo daß die reichſte Entfaltung verſchiedener Exiſtenzbedingungen für ihn daraus hervorgeht. Geſtalt und Bewegung der Erde, Vertheilung des Flüſſigen und Feſten wirken dazu zuſammen, die Verhältniſſe in dieſem Bezuge möglichſt abzuändern. Es läßt ſich dann aber auch, wie überall in ſolchen Fällen, umkehren und ſagen: der Menſch wurde eben ſo eingerichtet, wie er am vortheilhafteſten unter dieſen Umſtänden beſtehen konnte.

So vortheilhaft aber die Mannichfaltigkeit der Temperaturen auf der Erde iſt, theils den Menſchen auf mannichfaltige Weiſe anzuregen, theils eine Mannichfaltigkeit von Producten zu ſeinen Dienſten zu erzeugen, ſo wenig vortheilhaft würde es für ihn geweſen ſein, wenn ſein Körper auch der wechſelnden Temperatur ſeiner Umgebung immer genau folgen müßte. Nothwendig würden ſeine organiſchen Proceſſe dann einen ſehr ungleichförmigen Gang annehmen, wie eine Dampfmaſchine raſcher oder ſchneller arbeitet, je nachdem ſie ſtärker oder ſchwächer geheizt iſt. Sehen wir doch wirklich bei kaltblütigen Thieren, die immer ſehr nahe die Temperatur der Umgebung annehmen, die Lebhaftigkeit und Regſamkeit ſehr weſentlich mit der äußern Temperatur zuſammenhängen; in der Wärme ſind ſie munter, in der Kälte werden ſie träg oder fallen in Erſtarrung. Des Menſchen Maſchine ſollte aber immer gleich bereit ſein, ſeinem Willen zu dienen, ſollte möglichſt unabhängig vom zufälligen Wechſel äußerer Einflüſſe ſelbſt in ſtarker Kälte und Wärme noch fortarbeiten können; und ſo war es nöthig, dieſelbe, ſtatt in der Hauptſache auf die ungleichförmige äußere Erwärmung anzuweiſen, innerlich zu heizen, und zwar möglichſt ſtetig und gleichförmig zu heizen, und dazu noch Sorge zu tragen, daß ſie gegen den doch nicht fehlenden erwärmenden und erkältenden Einfluß der äußern Temperatur einen gleichförmigen

Wärmegrad zu behaupten vermochte. Dieſen Aufgaben ſehen wir nun im Menſchen durch die ſinnreichſten Vermittelungen entſprochen.

Zuvörderſt beweiſt der Erfolg ſelbſt, daß es der Fall ſei, da der Menſch ſeine Wärme, die ungefähr 30° R. im Innern beträgt, unter dem größten Wechſel der äußern Temperatur immer conſtant behält. Nun meint man wohl, der Titel des Organiſchen reiche hin, den Menſchen immer gleich warm zu halten. Aber ſo iſt es nicht. Vielmehr ſind die verwickeltſten Maßregeln aufgeboten, das einfache Reſultat zu erzielen, um was es ſich handelt. Wir ſelbſt würden es auch gar nicht einfach finden, einen Ofen 70 Jahr immer ſo gleich warm zu halten, als es der Menſch ſein lebelang iſt und die Natur hat keinen andern Vortheil in Erſparung von Mitteln bei Erzielung eines Reſultats voraus, als der in der weiſen Combination und erſchöpfenden Benutzung der Mittel liegt. Und eben hiervon giebt die gleichförmige Erhaltung der Wärme im Menſchen das ſchönſte Beiſpiel.

Des Menſchen ganzer Leib läßt ſich als ein Heizapparat, nennen wir ihn immerhin Ofen, betrachten, der nur eine viel vollkommenere Einrichtung hat, als unſre Oefen. Während unſre gewöhnlichen Oefen als kleinere Käſten nur dienen, die größeren Käſten unſre Stuben zu heizen, heizt ſich die Stube unſres Leibes unmittelbar ſelbſt als Ofenkaſten. Hierin liegen aber ſchon wichtige Vortheile. Unſre Oefen müſſen viel heißer ſein, als unſre Stuben; nun bleibt viel Wärme in der Nähe des Ofens und im Ofen ſelbſt ungenutzt und die Ferne hat doch oft nicht genug davon; unmitelbar am Ofen iſt es zu heiß, weit ab davon oft zu kühl, die Stube hat im Ganzen eine ſehr ungleichförmige Temperatur. Man iſt immer in Verlegenheit, wohin man den Ofen ſtellen ſoll; überall iſt er im Wege und ſtört die Symmetrie der Stube. Alle dieſe Uebelſtände ſind bei uns durch den einfachen Umſtand vermieden, daß der heizbare Raum mit dem Heizraum ſelbſt zuſammenfällt. Vermöge deſſen ließ ſich überhaupt mit einer ſehr mäßigen Temperatur des Heizraums auskommen, da ſie überall nicht höher geſteigert zu werden brauchte, als für den zu heizenden Raum dienlich, und Anlagen wurden möglich, welche die gleichförmigſte Austheilung dieſer Wärme ſichern; ſo daß nichts mehr davon an einer Stelle dem Verluſte preis gegeben zu werden brauchte, um andern Stellen noch genug zu thun. Der Ofen ſteht auch nirgends mehr im Wege, da er ſich ſelbſt nicht im Wege ſtehen kann.

Es iſt ſehr merkwürdig und ein ſchöner Fall der Berührung der Extreme, daß ſolchergeſtalt in der innern Heizung unſers Körpers durch gerade entgegengeſetzte Mittel daſſelbe erreicht wird, was bei der äußern Heizung der Erde. Bei letzterer nämlich iſt es die ungeheure Entfernung des Heizapparates von dem zu heizenden Körper, in Verbindung mit dem ungeheuern Uebergewicht des erſten an Größe und Hitze gegen den letztern, wodurch eine milde und, ſoweit ſie nicht durch die Geſtalt der Erde ſelbſt modificirt wird, vollkommen gleichförmige Erwärmung der Erde erzielt und die Unbequemlichkeit verhütet wird, die aus der Stellung des Heizapparates in dem zu heizenden

Raume entſtehen würde; indeß bei uns das directe Zuſammenfallen des Heizapparates mit dem zu heizenden Körper der Oertlichkeit, Größe und Wärme nach das Entſprechende leiſtet. Dort war ein leerer aber möglichſt gleichförmig mit dünnſtem Aether erfüllter Raum zwiſchen heizendem und geheizten Körper das Günſtigſtmögliche; hier wurden die verwickeltſten Organiſationsbedingungen in Gang geſetzt, das betreffende Reſultat zu erreichen.

Das Brennmaterial für den Ofen unſers Leibes iſt nicht Holz, ſondern wie ſchon bemerkt, Speiſe; denn man weiß, daß es hauptſächlich der Kohlenſtoff (und theilweis Waſſerſtoff) der Speiſe iſt, der in unſerm Leibe eben wie der Kohlenſtoff des Holzes in unſern Oefen mit dem Luftſauerſtoff ſich vereinigt, der Chemiker nennt es Verbrennen, und dadurch die Wärme unſers Leibes erzeugt, nur daß dieſe Verbrennung nicht mit heller Flamme, ſondern ſehr allmälig und auf eine höchſt geregelte Weiſe geſchieht, ſo daß die Brennkraft des Materials vollſtändig erſchöpft und die gleichförmigſte Durchdringung des Körpers mit Wärme erzielt wird. Der ganze Körper iſt ein durch und durch ſo eingerichteter Feuerraum, daß der Brennſtoff in ſeinen kleinſten Theilen mit dem Luftſauerſtoff in kleinſten Theilen überall in Berührung kommt, indem die Adern mit ihren feinen Verzweigungen dazu da ſind, den Sauerſtoff und den Brennſtoff ſich in allen Theilen des Körpers begegnen zu laſſen und die erzeugte Wärme ſelbſt durch alle Theile möglichſt gleichförmig zu verbreiten *.

---

* Ueber die genauern Verhältniſſe hievon ſind die Phyſiologen noch nicht vollſtändig im Reinen.

In den Lungen hat der Ofen unſres Leibes einen nimmer raſtenden Blasbalg, der mit jedem Einathmen brauchbare Luft einzieht, mit jedem Ausathmen unbrauchbare Luft ausſtößt; eine Eſſe aber hat er nicht; weil ſie ihm durch ſeine vollkommene Einrichtung erſpart iſt. Bei unſern Oefen dient die Eſſe theils einen Zug zu bewirken, theils den Rauch abzuführen; wenn aber jemand immer mit einem Blasbalg zur Hand wäre, ſo bedürfte es der Eſſe in erſter Beziehung nicht, und wenn das Brennmaterial ſo vollkommen verzehrt würde, daß kein Rauch entſtünde, bedürfte es derſelben in zweiter Hinſicht nicht; der Blasbalg der Lungen iſt aber in unſerm Körper immer zur Hand und im Gange, und das Brennmaterial wird wirklich ſo vollſtändig verzehrt, daß kein Rauch entſteht; wenn aber die unbrauchbar gewordene Luft einen Abfluß verlangt, findet ſie dieſen durch die Röhre des Blasbalgs ſelbſt. Auch ſind Vorrichtungen da, die den Aſchenkaſten erſetzen. Der Blasbalg unſrer Lungen iſt ferner ſo eingerichtet, daß er ſeine Thätigkeit genau nach dem Bedürfniß regulirt. Wenn wir uns auf hohe Berge oder im Luftballon erheben, wo die Luft dünner wird und mithin Gefahr entſteht, daß der Ofen nicht mehr gehörig mit Luft geſpeiſt wird, werden die Athemzüge unwillkührlich raſcher, in verdichteter Luft dagegen langſamer (Junod).

Durch den Hunger benachrichtigt ſich der Ofen unſers Leibes von ſelbſt, wenn es nöthig wird, neues Material nachzulegen; er hat Zangen in ſeinen Händen, daſſelbe ſelbſt herbeizulangen, er hat auch Füße, die nicht wie die unſrer Oefen feſtſtehen, ſondern nach dem Brennmaterial laufen; er hat auch in ſeinen Zähnen Werkzeuge, das Material vorbereitend zu verkleinern, da, wie bei unſerm Holze, die Brennkraft durch vollſtändigere Verkleinerung wächſt. Aber auch, wenn es dem Ofen einmal eine Zeit lang an Material zum Nachlegen fehlt, ſo ſchadet es nicht ſofort, weil er ſich ein Reſervemittel geſammelt hat; das Fett fängt an aufgezehrt zu werden, hungernde Menſchen magern ab; und endlich wird ſogar die weſentliche Subſtanz des Körpers angegriffen. Der Ofen des Leibes, wenn er nichts weiter mehr zu verbrennen findet, fängt an ſich ſelbſt zu verbrennen; ſo gut iſt er auf ſeine Function eingerichtet.

Inzwiſchen würde bei gleichförmigſt unterhaltenem Gange dieſes innern Verbrennungsproceſſes die Temperatur des Körpers dennoch nicht gleich bleiben, vielmehr je nach vorwiegender äußerer Wärme oder Kälte immer ein Zuſchuß dazu oder Abzug davon erfolgen, wenn nicht noch beſondere Hülfsmittel zur Compenſation angewandt wären.

Zuvörderſt iſt der Menſch im Allgemeinen in der Kälte ſtärker (insbeſondere genießen die Polarvölker ſehr kohlenſtoffreiche Nahrung), athmet kräftiger ein und die eingeathmete Luft iſt dichter, als in der Wärme, auch fühlt er ſich geneigter, Bewegungen vorzunehmen, wodurch die Zahl und Tiefe der Athemzüge vermehrt wird, (die Muskelbewegung ſelbſt bewirkt eine unbedeutende Wärmeentwickelung,) was alles eine ſtärkere Heizung mitführt.

„Die zunehmende Luftwärme bewirkt in der That nach den ſorgfältigſten Verſuchen von Vierordt eine bedeutende Abnahme

in der Zahl und Tiefe der Athembewegungen, ſo wie in dem Kohlenſäuregehalt der ausgeathmeten Luft. Bei einer Temperatur von 8°, 47 C. athmete Vierordt in der Minute 12,16 Mal, bei 19°, 40 C. nur 11,57 Mal; er exſpirirte bei 8°, 47 C. 299, 33. C. C. Kohlenſäure, bei 19°, 40 C. nur 257, 81 C. C."
(Wagner phyſiol. Wörterb. Art. Verdauung S. 867).

Edwards hat durch vielfache vergleichende Verſuche an kleinen Vögeln, Sperlingen, Goldammern, Zeiſigen nachgewieſen, daß ſie ſelbſt bei künſtlich gleichgemachter Temperatur im Sommer weniger athmen und weniger Wärme erzeugen, als im Winter; was nur davon abhängen kann, daß ſich die körperliche Conſtitution vom Sommer zum Winter demgemäß ändert. Man kann nach mehrfachen Umſtänden ſchließen, daß das Gleiche vom Menſchen gilt. (Edward's sur l'infl. etc. p. 163. 200. 487).

Außerdem aber tragen noch folgende Hülfsmittel ſehr weſentlich bei, die Gleichförmigkeit der Temperatur zu unterhalten:

1) In der Wärme nimmt die Ausdünſtung zu; durch Ausdünſtung wird aber Wärme gebunden oder Abkühlung erzeugt; in der Kälte nimmt die Ausdünſtung und mithin Abkühlung ab.

2) In der Wärme geht das Blut mehr nach der Haut, wie das Anſchwellen der Adern beweiſt, in der Kälte geht es mehr nach Innen; erſtenfalls wird es der Abkühlung durch die äußere Atmoſpäre mehr Preis gegeben, (denn auch ſehr warme Luft iſt doch im Allgemeinen noch kälter als 30° R.), im letzten wird es ihr mehr entzogen.

3) Indem ſich durch äußere Kälte die Haut abkühlt, wird die Temperaturdifferenz zwiſchen der Haut und der Luft geringer, und hiemit die von der Größe dieſer Temperaturdifferenz abhängige Wärmeſtralung vermindert.

4) Die Fettlagen unter der Haut ſind ſehr ſchlechte Wärmeleiter.

Durch die Geſammtheit dieſer Mittel kommt es denn dahin, daß der Menſch ſeine Temperatur im Innern immer nahe unveränderlich erhält, während ſie an der Haut allerdings ſehr beträchtlich mit der äußern Temperatur wechſelt, (gerade wie das Entſprechende auch von der ganzen Erde gilt).

Inzwiſchen hat die Wirkſamkeit dieſer Mittel ihre Gränzen. Wenn die Kälte zu groß wird, erfriert der Menſch, und wenn die Hitze zu groß wird, verbrennt er dennoch. Aber dieſe Hülfsmittel ſind doch genügend für die durchſchnittlich vorkommenden Verhältniſſe auf dem bewohnbaren Theile der Erde; und nun bietet die Erde noch eine große Mannichfaltigkeit äußerer Hülfsmittel dar, welche den Menſchen geſtatten, ſelbſt ungewöhnlichen Einflüſſen compenſirend zu begegnen, und die Gränzen der Bewohnbarkeit der Erde zu erweitern. Man kann aber bemerken, daß die Erde viel mehr oder kräftigere äußere Hülfsmittel gegen die Kälte als Hitze darbietet, was damit zuſammenhängt, daß die Hitze auf der Erde eigentlich nirgends oder nicht leicht über den Grad ſteigt, welcher vertragen werden kann, wohl aber die Kälte, (theils nach den Polen zu, theils auf hohen Bergen, theils im Winter). Zum Schutz gegen ſtarke Wärme ſtehen etwa nur Schatten, Ventilation, kühle Wohnungen und kühle Getränke zu Gebote; zum Schutz gegen Kälte aber nicht nur den vorigen entſprechende Mittel in geſchirmten und ſtillen Lagen, warmhaltenden Wohnungen, heißen und erhitzenden Getränken, ſondern auch noch ſehr mannichfaltige und kräftige in Feuerungsmaterialien, warmhaltenden Kleidern und Betten, wogegen der Schutz, den etwa künſtlich aufbewahrtes Eis oder Eis von Bergen gegen Wärme gewährt, nicht ſehr in Betracht kommt, da er wenig zu haben iſt.

Dabei giebt es noch manche beſondere teleologiſche Bemerkungen zu machen. Wie die Natur auf den Höhen in Eis und Schnee einen Vorrath von Kühlung aufbehält, ſo hat ſie in den Tiefen in den Steinkohlen einen Vorrath von Brennſtoff aufbehalten. Gar manche Mittel, die im Sommer zur Kühlung dienen, können in andrer Beziehung auch im Sommer zur Erwärmung dienen, ſo tiefe Keller, Häuſer mit dicken Wänden. Wälder geben im Sommer Schatten, und für den Winter Brennholz u. ſ. w.

Intereſſant iſt, wie ſich der organiſche Ofen abändert, je nachdem er unter abgeänderten Verhältniſſen zu wirken beſtimmt iſt. Schon früher haben wir in dieſer Hinſicht den Einfluß der Größe des Körpers betrachtet (Th. I. S. 84). Soll der Ofen von Waſſer umgeben ſein, wie bei Seehunden, Wallfiſchen, ſo iſt der ungünſtige Umſtand zu überwinden, daß das dichte Waſſer in gleicher Zeit ohne Vergleich mehr Wärme als die dünne Luft entzieht; und das bedarf wieder Vorſorge. Demgemäß ſind ſolche Thiere mit ganz dicken Fettlagen unter der Haut ausgepolſtert; und der Athmungsproceß iſt mindeſtens bei den Seehunden ausnehmend entwickelt (E. H. Weber). Dies iſt zwar bei Wallfiſchen nicht ſo der Fall; aber dafür trägt ihre ungeheure Größe bei, ſie warm zu halten. Ueberhaupt iſt der Wärmeerzeugungs- wie Wärmeerhaltungsproceß durch ein Zuſammenwirken vieler Umſtände bedingt, die ſich mehr oder weniger wechſelſeitig vertreten können. Da nun der Organismus noch viel andre Zwecke zu erfüllen hat, als Wärme zu erzeugen und zu erhalten, ſo kann ein Mittel manchmal einem gewiſſen, durch den Organismus zu erfüllenden Zwecke widerſtreben; dann hält ſich die Natur an ein andres.

In Betreff der Wärme, welche die Erde durch Vermittelung der Sonne empfängt, ſind wir leicht geneigt, der Erde eine zu paſſive Rolle beizulegen, als flöſſe die Wärme ſo zu ſagen fertig auf ſie über. Im Grunde aber iſt die Erwärmung der Erde im Sonnenſchein ein, nur durch dieſen angeregter, eigener Act der Oberfläche, etwa wie die Zuckung eines Muskels des äußern Reizes freilich zur Entſtehung bedarf, und nach Maßgabe von deſſen Anbringung und Stärke verſchieden und verſchieden ſtark ausfällt; aber doch immer die eigene Sache des Muskels iſt. Man kann dies leicht beweiſen. Je höher ſich jemand in dem Luftballon oder auf einem hohen Berge erhebt, deſto mehr friert er, obſchon doch die Sonnenſtralen unverkürzter zu ihm gelangen, als unten. Warum? die undurchſichtige Erdoberfläche gehört dazu, den Sonnenſtralen Wärme abzulocken. Die ſteigt dann mit der Luft oder dem Waſſer, welche ſich am Boden erwärmen, in die Höhe und gelangt ſo allerdings auch mehr oder weniger nach Oben; aber an ſich vermögen weder das Waſſer noch die Luft als durchſichtige Körper ſich im Sonnenſtral zu erwärmen, oder vermögen es nur in ſofern, als ihnen doch etwas an der vollkommenen Durchſichtigkeit fehlt. Bringt man Waſſer in den Focus eines Brennſpiegels, in dem die ſtrengflüſſigſten Metalle ſchmelzen, es kocht nicht einmal, Aether entzündet ſich nicht darin, dagegen jeder undurchſichtige Körper ſich unter dem Sonneneinfluß erwärmt, und zwar jeder unter demſelben Sonneneinfluß in andrer Weiſe, je nachdem er ſelbſt anders beſchaffen iſt, ſchwarze Körper ſtärker als weiße, rauhe ſtärker als glatte.

Nicht anders als mit der Erwärmung iſt es mit der Erleuchtung und Färbung. Die Erde muß dazu ſelbſtthätig mitwirken; die Sonnenſtralen bringen nur die Anregung mit. Nur dadurch erſcheint ein Körper beleuchtet, daß er durch ſelbſteigene Kräfte das Licht zurückwirft, und, je nachdem er es anders thut, erſcheint er ſchwarz, weiß oder farbig. Das Sonnenlicht malt die Körper nicht ſo, wie wir mit dem Pinſel etwas malen, der für jeden Fleck die beſtimmte Farbe fertig mitbringt, ſondern die Körper müſſen ſich ſelbſt mit der ihnen genehmen Farbe aus dem allgemeinen Farbentopfe des Sonnenlichtes malen. Die ganze bunte Landſchaft, mit welcher die Erde überzogen iſt, iſt in der That von gewiſſer Seite der Erde eignes, obwohl freilich nicht alleiniges, Werk. Selbſt das Himmelblau iſt von dieſer Seite nur ein irdiſch Blau. Die Luft macht ſich ſelbſt die blaue Farbe aus dem farbloſen Himmelslichte.

F. Ueber die Entwickelung der Erde.

Unſer und jeder thieriſche und pflanzliche Organismus entwickelt ſich aus einer verhältnißmäßig gleichförmigen Maſſe und aus einer Monotonie der Verhältniſſe heraus in ſolcher Art, daß er ſich je länger je mehr gliedert und untergliedert und immer mannichfaltigere Beziehungen nach Außen und Innen entwickelt. Es iſt nicht ohne Intereſſe, den analogen Entwickelungsgang bei der Erde zu verfolgen, obwohl hier nur Hypotheſen zu Gebote ſtehen, die jedoch zum Theil eine große Wahrſcheinlichkeit haben.

Nach Allem, was wir ſchließen können, verhält ſich die Erde wie eine Kugel, die allgemach von einer ſehr hohen Temperatur erkaltet iſt. Verfolgen wir dieſen Erkaltungsproceß mit Wahrſcheinlichkeitsſchlüſſen möglichſt weit rückwärts, ſo gab es eine Zeit, wo auch die ſchwerflüſſigſten irdiſchen Körper noch geſchmolzen und weiter rückwärts eine Zeit, wo auch die feuerbeſtändigſten Körper verflüchtigt waren, mit einem Worte, wo die ganze Erde nichts als eine ungeheure Kugel glühenden dichten Dampfes darſtellte, in der von einer beſtimmten Scheidung der Subſtanzen noch nicht die Rede ſein konnte, da Dämpfe ſich gleichförmig miſchen. Allmälig aber erkaltete dieſe Kugel und es verdichtete ſich ein Theil derſelben, die minder flüchtigen Subſtanzen enthaltend, zu einer großen tropfbar flüſſigen, doch noch glühenden, Kugel, welche wegen ihrer größern Dichte die Mitte einnahm, und von einer ſehr heißen Gas- oder Dampfhülle umgeben war. Die flüſſige Kugel enthielt hauptſächlich die metalliſchen und erdigen Subſtanzen in geſchmolzenem Zuſtande, die Gas- oder Dampfhülle aber außer der atmoſphäriſchen Luft alles Waſſer, was jetzt auf der Erde iſt, da die heiße Oberfläche der verdichteten Kugel noch keinen Niederſchlag der Waſſerdämpfe in tropfbarer Form geſtattete, dazu alle Kohlenſäure und noch andre Säuren, welche in ſtarker Hitze nur gas- oder dampfförmig beſtehen können. Die eine Maſſe hatte ſich alſo in zwei geſchieden: eine tropfbare Centralmaſſe und gas- oder dampfförmige Hülle.

Man kann allerdings den Anfang der Entwicklung auch etwas anders darſtellen, was jedoch auf den ſpätern Fortgang keinen weſentlichen Einfluß hat, ſo nämlich, daß die Erde nicht, wie vorhin vorausgeſetzt, von Anfange an am heißeſten, und vermöge dieſer Hitze in Dampfzuſtand war, ſondern daß ſie von Anfange an ohne eigenthümliche Wärme aus zerſtreuten Theilen beſtand (unvergleichbar mit irgend einem jetzt bekannten Aggregatzuſtande), die ſich vermöge der allgemeinen Maſſenanziehung fortgehends einander näherten, und daß erſt durch wachſende Verdichtung und eintretende chemiſche Verbindungen ſich eine, endlich bis zur Glut ſteigende, Wärme zu entwickeln begann, da überall durch Verdichtung der Materie und chemiſche Verbindungen Wärme entſteht. Ob etwas dergleichen unter dem Einfluſſe der uranziehenden Kräfte wirklich eintreten konnte, iſt freilich bis jetzt noch durch keine Berechnung entſchieden worden. Auch ſo aber wird man auf eine Epoche kommen können, wo die Erde aus einer in feurigem Fluß befindlichen centralen Kugel und einer heißen Atmoſphäre darum beſtand.

Bei weiterer Erkaltung fing die flüſſige Kugel an der Oberfläche zu erſtarren an*, und nachdem die erſtarrte Erdrinde kalt genug geworden war, um einen Niederſchlag von Waſſer zu geſtatten, das Waſſer aus der Atmoſphäre ſich niederzuſchlagen, da Waſſerdämpfe durch Abkühlung ſich verdichten [*]. Es erfolgte eine lange Regenzeit, in welcher das Meer auf die feſte Kruſte herabregnete. Dieſe Regenzeit dauerte vielleicht Jahrtauſende; denn nach Maßgabe, als die Erkaltung langſam fortſchritt, mußte auch der Niederſchlag fortgehen, bis endlich das Meer nieder und die Atmoſphäre ſo weit von Waſſerdämpfen erſchöpft war, daß ſtatt überall fortdauernden Regens vielmehr je nach Jahres- und Tageszeiten und Oertlichkeit der Niedergang des Regens mit dem Aufſteigen der Dämpfe zu wechſeln anfing, welches in der That nicht eher beginnen konnte, als die Luft zeitlich und örtlich den Sättigungsgrad mit Feuchtigkeit für die beſtehende Temperatur einzubüßen anfing [**]. Inzwiſchen konnte ſich die Luft nicht ſofort klären. Das Zwiſchenglied zwiſchen Heiterkeit der Luft und Niederſchlag des Waſſes iſt überall durch Nebel- und Wolkenbildung gegeben; und ſo lag unſtreitig zur Zeit dieſes wechſelnden Auf- und Niederganges des Waſſers noch ein

---

* Sehr zweifelhaft ſcheint mir das, von Burmeiſter (Schöpfungsgeſchichte 3te Aufl. S. 139) angenommene Zuſammenſtrömen der zuerſt in Erſtarrung begriffenen Theile nach dem Aequator vermöge der, mit Ausbildung der Abplattung in Verbindung ſtehenden, Anſchwellung der Aequatorialzone, da beim Beginnen der Erſtarrung die Abplattung längſt vollſtändig gebildet ſein mußte. Dagegen ein andrer Umſtand Rückſicht verdient. Die an der Oberfläche erkaltenden Theile mußten ſich, ehe ſie erſtarren konnten, wegen ihrer vergrößerten Dichtigkeit ſenken, und dies den Zeitpunct der beginnenden Erſtarrung ſehr verzögern, zugleich aber die Abkühlung dadurch den tiefern Schichten mitgetheilt werden, und zwar bis zu derjenigen Tiefe, wo die (nach dem Innern wachſende) Dichtigkeit der Erde ein weiteres Sinken der erkaltenden Schichten nicht mehr geſtattete. Das Erſtarren konnte dem-

---

gemäß erſt zu einer Zeit beginnen, als die Temperatur der mit der Oberfläche in Berührung befindlichen Atmoſphäre längſt unter den Erſtarrungspunct geſunken war. Lyell meint gar, die ganze Erde habe erſt bis zum Erſtarrungspunct ſich abkühlen müſſen, ehe die Erſtarrung beginnen konnte. Aber er berückſichtigt die Dichtigkeitszunahme nach Innen nicht.

[*] Hiezu war nicht nöthig, daß die Erdrinde ſchon bis zu 80° R. erkaltet war, da unter dem ſtärkern Druck, den die dichte Atmoſphäre früher äußerte, die Verdichtung der Dämpfe ſchon bei höherer Temperatur erfolgen mußte.

[**] Je wärmer die Luft, deſto mehr Waſſerdämpfe vermag ſie aufgelöſt zu enthalten; was den Sättigungsgrad überſchreitet, ſchlägt ſich nieder.

dichter hoch reichender Nebel allenthalben über dem noch warmen Meere, wie ein Brodem über einem Topf voll warmen Waſſer liegt, der in die kalte Luft geſetzt iſt. Denn in der That verhielt ſich die in den kalten Himmelsraum geſetzte mit noch warmen Waſſer bedeckte Erde in ähnlicher Weiſe. Je nach Nacht und Tag und Polhöhe mochte dieſer Nebel dichter oder dünner, aber überall vorhanden ſein, und nur in den höchſten Höhen der Luft Klarheit walten; da mit Entfernung vom Erdboden die Dämpfe ſich immer mehr ausdehnen, mithin verdünnen und um ſo leichter auflöſen mußten, wie wir daſſelbe beim Dampf über dem Topfe ſehen. Freilich auch die Kälte nimmt nach Oben zu, und dies mußte die Nebelbildung oben befördern; aber es fehlte in größern Höhen endlich nothwendig an Material dazu. Somit war alſo zu den frühern Schichten eine neue Schicht, die Nebelſchicht getreten. Wir haben nun um das flüſſige Eingeweide die feſte Erdwand, darum oder darüber Waſſer, darüber dunſtigen Nebel, darüber klare Luft, darüber endlich den reinen Aether.

Nach Maßgabe jedoch als das Meer an Wärme abnahm, und mithin weniger reichlich Dämpfe zu entwickeln anfing, mußte auch der Raum über dem Meere ſich zu klären anfangen, und erſt in größern Höhen eine wolkige Verdichtung wieder beginnen, wo die Kälte hinreichend blieb, die Verdichtung der Dämpfe zu bewirken. Der Nebel ſtieg alſo allmälig in die Höhe, (unter dem Aequator wegen größerer Wärme daſelbſt höher, als unter den Polen) und bildete in den höhern Regionen eine Wolkenhülle um die Erde, die anfangs die ganze Erde umgab, und blos, wie vorher die Nebelſchicht, einen zeitlichen und örtlichen Wechſel in Dicke und Dichte erfahren mochte, je nachdem ſie ſich durch Regen verminderte oder durch Verdampfung wieder ergänzte. Jetzt gab es eine feſte Schicht zwiſchen zwei flüſſigen, einer untern dichtern heißern, hauptſächlich aus geſchmolzenen Metallen und Erzen beſtehenden, und einer obern dünnern kältern, aus Waſſer beſtehenden; und eine Wolkenſchicht zwiſchen zwei Luftſchichten, einer untern dichtern wärmern feuchtern, und einer obern dünnern kältern trockenern.

Die ſo gegliederte Erde hatte nun ſchon auch ihre gegliederten Bewegungen; die flüſſige Maſſe im Innern, das Meer draußen, die Atmoſphäre ringsum hatten ihre kreiſenden Fluthbewegungen; der Regen ſtrömte abwärts, die Dämpfe, damit abwechſelnd, aufwärts, das mit Säuren geſchwängerte Meer fraß den Erdboden an, und ließ das Aufgelöſte nach Maßgabe der Erkältung wieder fallen. Alles war damals noch monoton, gleichförmig und regelrecht. Das Land hatte noch keine Berge, das Meer bedeckte noch rings die ganze Erde, die Wolkenhülle umzog noch den ganzen Himmel, die Temperatur war noch allenthalben verhältnißmäßig gleichförmig, da ſie weniger von der Sonne als der Bodenwärme abhing, und ihre von dem verſchiedenen Sonnenſtande abhängigen Differenzen durch die Bedeckung mit dem Meere und der Wolkenhülle gegen jetzt abgeſtumpft wurden. Alle Bewegungen der Atmoſphäre und des Meeres änderten ſich regelmäßig nach Jahres- und Tageswechſel, ohne daß die jetzt beſtehenden Abwechſelungen von Land und Meer, Gebirg und Ebene Störungen dahinein brachten.

Nun aber begann der Gegenſatz von Land und Meer einzutreten. Inſeln, Länder, Gebirge traten empor über das Meer, indem die Erdrinde durch von unten auf drängende Kräfte gehoben und zerriſſen ward, und heiße ſpäter erſtarrende Maſſen herausquellen ließ *. Das Meer ward dadurch in gewaltige Schwankungen verſetzt, die ſonſt ſo ſtille Luft durch die großen localen Temperaturveränderungen zu Stürmen aufgeregt; allmälig beruhigte ſich wieder Alles, das Meer ſetzte ab, was es fortgeſchlemmt hatte; aber die Hebungen, Durchbrüche erneuerten ſich, ſtiegen höher und höher, je größere Kraft erforderlich wurde, die immer dicker werdende Erdkruſte zu heben und zu ſprengen; Abſatz folgte auf Abſatz, indem in den Zwiſchenzeiten ſolcher Revolutionen die Verwitterung der Felsarten das Material dazu vermehrte; das Klima fing jetzt an, nach andern Umſtänden ſich zu ändern, als nach der geographiſchen Breite, zum Kreislauf der Gewäſſer in Ebbe und Fluth und dem Auf- und Abſteigen des Waſſers in Meeresdämpfen und Regen traten die Flüſſe und die ausdünſtenden Pflanzen des Landes. Es riß auch die Wolkendecke, die Wolken zerſtreuten und ſammelten ſich hier und da nach

---

* Manche ſtellen es ſich vielmehr ſo vor, daß die Erdrinde ſtatt durch von unten auf drängende Kräfte zu berſten, vielmehr dadurch riß, daß das ausgedehnte heiße Innere der Zuſammenziehung der erkaltenden Rinde nicht folgen konnte. Letztere Anſicht vertritt namentlich Prevoſt. Vgl. Comptes rendus 1850; séance du 23 Sept. et 7 Oct.

tauſend Gründen der Unregelmäßigkeit, die doch immer in einer allgemeinen Geſetzlichkeit zuſammenſtimmen; kurz der Wechſel wuchs fortgehends. Man muß natürlich in all dem blos ein ſehr ungefähres Bild ſuchen *.

Wir wiſſen nicht, wie ſich in dieſen Bildungsgang die Entſtehung der organiſchen Weſen verwebte; nur das wiſſen wir (vgl. Th. I. S. 139 ff.), daß ſie in durchgreifendem Zuſammenhange damit erfolgte, dazu nach einem Plane, welcher dem Bildungsplane der ganzen Erde ſelbſt völlig entſpricht. In der That, auch bei Bildung der organiſchen Weſen anfangs große Monotonie, Gleichförmigkeit über die ganze Erde, einfache Verhältniſſe der Organiſation, und um ſo mehr Mannichfaltigkeit und Gliederung des ganzen organiſchen Reiches und der einzelnen Organismen ſelbſt, je weiter der Bildungsgang fortſchritt. Es iſt intereſſant, aber wäre weitläufig, dieß in's Einzelne zu verfolgen.

Was ſich aber etwa noch aus allgemeinen Geſichtspuncten über die Entſtehung der organiſchen Weſen theils mit Sicherheit ausſagen, theils als Vermuthung aufſtellen läßt, ſoll im Anhang zum fünften Abſchnitt beſonders betrachtet werden.

G. Selbſterhaltungsprincip im Sonnenſyſtem.

Wie unſerm Leibe wohnt dem irdiſchen und in höherm Sinne dem Sonnen-Syſtem ein Selbſterhaltungsprincip inne, welches aber dieſe höhern Syſteme viel wirkſamer

---

* Weitere Ausführungen ſ. in Burmeiſters Schöpfungsgeſchichte, deren Darſtellung jedoch hier in einigen Puncten verlaſſen worden iſt.

vor Zerſtörung ſchützt, als wir von unſerm Leibe ſagen können. In der That haben ſich alle Grundverhältniſſe der Erde und des Sonnenſyſtems theils feſt fixirt, theils bewegen ſie ſich nur noch in periodiſchen Schwankungen, wodurch ſie oscillirend oder umlaufsweiſe immer wieder auf den frühern Stand zurückgeführt werden. So iſt die Lage der Pole auf der Oberfläche der Erde, die Stabilität des Meeres, der mittlere Abſtand jedes Planeten von der Sonne und die ſideriſche Umlaufszeit derſelben um die Sonne für alle Zeiten als feſt anzuſehen, die Excentricitäten, die Neigungen und die Knotenlängen der Planeten zwar alleſammt veränderlich, aber gleich den Bewegungen eines Pendels in beſtimmte meiſt ſehr enge Gränzen eingeſchloſſen. Die großen Axen der Bahnen (Apſiden) drehen ſich zwar fortgehends nach derſelben Richtung, kommen aber eben hiedurch immer wieder in die alte Lage zurück. Die lebendige Kraft des ganzen Sonnenſyſtems oscillirt zwiſchen einem Maximum und einem Minimum u. ſ. w.

Rechnung und Beobachtung haben ſich vereinigt, dieſe Stabilität des Sonnenſyſtems zu beweiſen *. Nur in dem Falle, wenn der Aether im Himmelsraume, deſſen Annahme durch die Erſcheinungen des Lichts geboten wird, den Weltkörpern einen, wenn auch noch ſo kleinen, Widerſtand entgegenſetzen ſollte, müßten ſich dieſelben der Sonne allmälig unter zunehmender Verkürzung ihrer Umlaufszeit nähern und endlich in die Sonne ſtürzen. Ob es der

---

* Vgl. hierüber u. a. Littrow in Gehler's Wörterb. Artikel Weltall S. 1485 ff.

Fall ſei, läßt ſich bis jetzt nicht ſicher entſcheiden. Man kennt dazu die Conſtitution des Aethers nicht hinreichend. Gewiß iſt, daß bis jetzt kein Planet eine Spur ſolcher Annäherung gezeigt hat, aber bei der im Verhältniß zur Dichte der Planeten jedenfalls außerordentlichen Dünne des Aethers und der Kürze unſrer bisherigen Beobachtungen könnte man dies auch ſo deuten, ſie ſei bisher nur noch nicht merklich geweſen. Bei Enke's Kometen (von 3½ Jahr Umlaufszeit) hat man eine allmälige Annäherung an die Sonne und Verkürzung der Umlaufszeit wirklich bemerkt, und dies um ſo mehr von einem Widerſtand des Aethers abgeleitet, als die Wirkung eines Widerſtandes auf einen dünnen Kometen unvergleichlich leichter ſpürbar ſein mußte, als auf einen dichten Planeten; doch hat Beſſel darauf aufmerkſam gemacht, daß das Phänomen auch noch eine andre Erklärung zulaſſe.

Er ſagt hierüber (popul. Vorleſ. S. 115): „Die andre Urſache, welche man für dieſe Beſchleunigung angeben kann, liegt in dem Schweife, welchen die Kometen zu zeigen pflegen. Dieſer beſteht aus höchſt leichter Materie, welche der Komet von ſich treibt, und welche ſich meiſtens in der, von der Sonne entgegengeſetzten, Richtung entfernt; man überſieht ſehr leicht, daß der Komet keine Kraft nach irgend einer Richtung äußern kann, ohne ſelbſt die Gegenwirkung dieſer Kraft nach der entgegengeſetzten Richtung zu erfahren; der von dem Kometen abſtrömende Schweif, den wir ſehen, zeigt uns alſo, daß der Komet ſelbſt noch durch eine andere Kraft, als die anziehende der Sonne, zu dieſer getrieben wird, und ſich alſo anders bewegen muß, als er ſich bewegen würde, wenn er nur dieſer unterworfen wäre. Auch dieſe Urſache muß eine Beſchleunigung der Bewegung erzeugen. Welche von beiden Urſachen die wirklich vorhandene iſt, oder ob beide zugleich vorhanden ſind, wiſſen wir bis jetzt nicht; noch weniger können wir wiſſen, wie ſtark dieſe Urſachen auf den Kometen wirken."

XVI. Anhang zum fünften Abſchnitt.

Einige Ideen über die erſte Entſtehung und die ſucceſſiven Schöpfungen des organiſchen Reiches der Erde.

[illegible] können die erſte Entſtehung der organiſchen Weſen nicht erklären, d. h. nicht von den Principien jetzt bekannter Proceſſe abhängig machen; aber in dem Felde unbeſtimmter Vermuthungen, das ſich hier eröffnet, doch *einen* ſichern Anhalt- und Ausgangspunct der Betrachtung gewinnen, und das Princip der Erklärbarkeit ſelbſt retten, indem wir uns an den Satz halten, daß, wie zu jedem anders gearteten Grunde andersgeartete Folgen gehören, ſo auch zu andersgearteten Folgen immer andersgeartete Gründe *. Sofern es ſich aber hier nur um die *materielle* Seite der organiſchen Schöpfungen handeln ſoll, läßt ſich dieſer Satz für unſern Zweck noch enger dahin zuſammenziehen, daß zu andersgearteten *materiellen* Folgen auch immer andersgeartete *materielle* Gründe gehören, was nicht ausſchließt, daß zur materiellen Seite der Folgen wie der Gründe eine geiſtige gehöre. Aber davon iſt anderwärts genug die Rede geweſen, und es wird hier nur noch beiläufig darauf Bezug genommen.

---

* Vgl. Th. I. S. 343. 346.

Nach obigem Satz kann keine Frage ſein, daß die erſte Entſtehung der ſo eigenthümlichen organiſchen Anordnungen und Bewegungen, wie wir ſolche jetzt auf der Erde beobachten, durch ſchon vorgängige eben ſo eigenthümliche Anordnungen und Bewegungen, und ſo weiter rückwärts bis zur erſten Anlage des irdiſchen Syſtems, ſchon vorbedingt war; ja nehmen wir noch einen Augenblick Rückſicht auf die geiſtige Schöpferthätigkeit, ſo mußte ſolche, um ſo eigenthümliche körperliche Producte zu ſchaffen, eben ſo eigenthümliche körperliche Thätigkeiten ſchon mit ſich führen (vgl. Th. I. S. 439 ff.).

Wirklich hindert nichts, in dem an ſich unbeſtimmbaren urſprünglichen Zuſtande des irdiſchen Syſtems alle beliebigen Anordnungen und Bewegungen, wie ſie durch das Daſein ihrer jetzigen Folgen rückliegend gefordert ſein mögen, als vorhanden anzunehmen. Mögen wir uns immer, um einen rohen Anhalt für die Vorſtellung zu haben, den erſten Zuſtand der Erde chaotiſch, flüſſig oder ſelbſt gasförmig denken; aber wir dürfen ihn jedenfalls nicht ganz nach Analogie mit irgend welchen uns jetzt vorliegenden Zuſtänden unorganiſcher Gemenge, Flüſſigkeiten, Gaſe denken, weil eben aus ſolchen Zuſtänden nach keiner gerechtfertigten Analogie die jetzigen organiſchen Einrichtungen hätten hervorgehen können, obwohl die Stoffe in den früheſten Zuſtänden ſo mannichfach gemiſcht ſein konnten, als in irgendwelchem Gemenge, und die freie Beweglichkeit der Theilchen dieſelbe ſein konnte, als im flüſſigen oder Gaszuſtande. Aber unſtreitig fanden zu Anfange eigenthümliche Zuſammenſtellungen der Stoffe und eigenthümliche Bewegungen durch Wechſelwirkungen der Theile ſtatt, wie wir ſie im Unorganiſchen heutzutage nicht mehr finden, und die zwar noch keine Organismen für ſich in jetziger Geſtalt darſtellten, wohl aber bei der ſtufenweiſen Ausbildung, Gliederung der Erde ſolche herzugeben vermochten. Nach Maßgabe nämlich, als ſich die einzelnen unorganiſchen Gebiete der Erde aus der Totalmaſſe ausſchieden (S. 164 ff.), trat hiemit auch die Vorbereitung zur Ausſcheidung und endlich wirkliche Ausſcheidung der Organismen oder ihrer Keime ein, immer mit Vorbehalt, daß dies doch keine eigentliche Ausſcheidung iſt, da alles im Ganzen des irdiſchen Syſtems verknüpft blieb. (Vgl. Th. I. S. 23 ff.). Ja man kann die Organismen als ſolche Maſſen betrachten, welche vermöge eigenthümlicher Abhängigkeitsverhältniſſe der Theile und Bewegungen von einander die Abſonderung des Feſten, Flüſſigen und Luftigen, welche in der übrigen Erdmaſſe eintrat, nicht mit erfuhren, ſo daß ſie im Sinne eines früher gebrauchten Bildes als Knoten der ſich übrigens ſondernden Elemente zwiſchen ihnen beſtehen blieben, und noch jetzt den lebendigſten Verkehr dazwiſchen forterhalten.

Jedenfalls darf man es ſich nicht ſo denken, als ſeien die Keime der organiſchen Weſen nur bezugslos zerſtreut in dem Urball der Erde geweſen, und hätten ſich jedes in ihrer Art ohne gemeinſchaftliche und gegenſeitige Abhängigkeitsverhältniſſe entwickelt. Dann könnte nicht der durchgreiſend zweckmäßige Bezug der Organismen zu einander und zum ganzen Gebiet des Irdiſchen ſtatt finden, den wir früher beſprochen haben. Vielmehr muß der ganze Urball als ein einziges in ſich zuſammenhängendes Bewegungsſyſtem betrachtet werden, deſſen Rotation ſelbſt mit der Bewegung und den Proceſſen der Organismen in Cauſalnexus, weil teleologiſchem Nexus ſteht *. Mochte immerhin dieſer Ball anfangs ordnungslos zu gähren ſcheinen; aber in ſofern war es nicht wirklich ordnungslos, als der Zuſammenhang dieſer für uns jetzt nicht mehr beurtheilbaren Bewegungen doch die Tendenz und Anlage einſchloß, ſich auf die zweckmäßige Weiſe auseinanderzuſetzen, zu gliedern, ohne irgendwie zu zerfallen, wie wir es jetzt erblicken.

Wenn wir alſo fragen, warum jetzt nicht mehr aus dem Unorganiſchen heraus Menſchen und Thiere entſtehen, ſo iſt die Antwort die, daß ſie nie daraus entſtanden ſind, ſondern Unorganiſches und Organiſches haben ſich beides in *einem* Zuſammenhange aus etwas herausgebildet, was in ſeinem Urzuſtande weder mit dem Organiſchen noch Unorganiſchen (was wir darunter gegenſätzlich verſtehen) rein vergleichbar iſt, wie ſchon früher (Th. I. S. 28) an einem Bilde erörtert worden; und wenn wir fragen, warum ſich nicht doch künſtlich jetzt noch Menſchen und Thiere aus den überall vorliegenden Beſtandtheilen derſelben dadurch machen laſſen, daß wir dieſe in angemeſſenen Mengenverhältniſſen zuſammenbringen, ſo iſt die Antwort die, daß wir hiermit doch weder die Uranordnungen noch Urbewegungen nachahmen können, welche zur Entſtehung der organiſchen Weſen nöthig waren. In der That vermögen wir zuvörderſt durch die gleichförmige oder rohe Miſchung der Stoffe, die wir immer nur erzielen können, nicht zugleich auch die Anordnung der Stoffe in ihren kleinſten Theilen zu reproduciren, wie ſie zur Conſtituirung eines Organismus weſentlich iſt, z. B. aus Mehl oder deſſen Beſtandtheilen kein Saamenkorn mit ſeiner eigenthümlichen innern Structur wieder zuſammenzukneten. Und eben ſo wenig vermögen wir die, unſtreitig ſehr verwickelten und mit den geſammten Bewegungen in der Urmaſſe der Erde wirkend und teleologiſch zuſammenhängenden, Bewegungen zu reproduciren, unter deren Einfluß die Organismen, ſelbſt weſentlich Bewegungsſyſteme, entſtanden ſind und nur entſtehen konnten, und deren Fortwirkung die heutigen organiſchen Bewegungen noch ſind. Vermöchten wir freilich die unorganiſchen Stoffe wirklich in dieſelben Anordnungen oder Bewegungen künſtlich zu verſetzen, welche ſie jetzt in ihren organiſchen Combinationen haben oder in deren Voranlage einmal gehabt haben, ſo würde auch hiemit das organiſche Leben erzeugt ſein; aber wir vermögen es eben nicht.

---

* Dies läßt ſich auch nach der Th. I. S. 124 entwickelten Theorie über die Entſtehungsweiſe der Rotation der Erde wohl begreifen.

So allgemein und wenig erſchöpfend dieſe Betrachtungen ſind, dürften ſie doch ihren Nutzen haben, indem ſie manche unzulängliche Vorſtellungen über unſern Gegenſtand ausſchließen und uns eine Richtung und Gränzen vorſchreiben, auf der und innerhalb deren wir uns halten müſſen, wenn wir in Zuſammenhang mit ſonſt gültigen exacten und teleologiſchen Naturbetrachtungen bleiben wollen.

Wie aber werden wir uns die Entſtehung der ſucceſſiven organiſchen Schöpfungen zu denken haben? Die frühern ſind allmälig untergegangen und immer neue, zuletzt oder inmitten der letzten der Menſch, an die Stelle getreten.

Manche Naturforſcher nun laſſen die ſpätern Organismen durch neue Urſchöpfung wie die erſten entſtehen, andre durch Fortentwickelung der frühern. Stellen wir die Gründe für beide Anſichten neben einander.

Gründe für die erſte Anſicht. Ueberall entwickelt ſich Vollkommenes nur ſtufenweiſe aus Unvollkommenem; ſollte ein ſo vollkommenes Geſchöpf wie der Menſch durch einen Sprung aus der rohen Natur heraus entſtanden ſein? da iſt viel leichter, ſich zu denken, die ſucceſſive Fortentwickelung der Thiere habe endlich bis zum Menſchen geführt. Wie ſehr haben ſich ſelbſt unter unſern Augen im Laufe mehrerer Generationen manche Thiere, wie Hunde, Pferde, durch Klima, Lebensart, Züchtung verändert und veredelt; namentlich vermag allmälige Abänderung der Verhältniſſe in dieſer Hinſicht viel zu leiſten; aber im Laufe vieler Jahrtauſende mögen ſich Klima und andre äußere Lebensverhältniſſe noch viel mehr und viel allmäliger geändert haben, als in unſre geſchichtliche Beobachtung fällt. Auch waren wohl, ſo lange die Erde ihre unorganiſchen Verhältniſſe noch nicht ſo fixirt hatte, wie heutzutage, die Eigenthümlichkeiten ihrer Organismen entſprechend minder fixirt, noch umbildungsfähiger.

Gründe für die andre Anſicht. Welche Kühnheit, den Menſchen aus Infuſorien, Polypen, zuhöchſt Fiſchen [*] herangebildet zu denken? Da bricht jede Analogie ab. Die Conſtitution der Thiere läßt ſich jetzt zwar durch Aenderung der äußern Umſtände bis zu gewiſſen Gränzen abändern, aber geht man über dieſe Gränzen hinaus, ſo verkümmern ſie, ſterben aus, ſchnell oder langſam, je nachdem man es ſchnell oder langſam verſucht; und keine Thatſache ſpricht dafür, daß auch die langſamſte Abänderung der Verhältniſſe die Gränze der Abänderungen der Organismen in's Unbeſtimmte erweitern könne. Dazu kommt, daß die Entſtehung der neuen Weſen nicht ſowohl mit langſamen, als raſchen Umwälzungen in Beziehung geſtanden zu haben ſcheint, welche in Eins den Untergang der alten, und die Bedingungen zur Entſtehung der neuen Weſen mitführten. Man kann zwar Zweifel darüber hegen; doch bleibt es das Wahrſcheinlichſte. Viel plauſibler und minder ſchwierig als die Annahme eines unmittelbaren Hervorgehens der höhern Geſchöpfe aus den niedern iſt die Annahme einer Fortentwickelung der ſchöpferiſchen Thätigkeit der Erde ſelbſt. So wird der Sprung nur auf eine andre Weiſe vermieden. Auch unſre Spinnmaſchine iſt nicht aus frühern Spinnrädern, unſre engliſchen Flügel nicht aus frühern Klavieren ſo hervorgegangen, daß die frühern Inſtrumente ſelbſt dazu umgebaut worden, dieſe ſind vielmehr zurückgeſtellt und die neuen Inſtrumente friſch aus neuen Stoffen gemacht worden, nur ſo, daß freilich das Daſein der frühern Inſtrumente mit auf ihre Conſtruction geführt hat, indem der Bauende ſeine Erfindungsgabe auf Grundlage der frühern Erfindung ſelbſt über dieſe hinaus ſteigerte. So wird es auch bei den Erfindungen der Erde geweſen ſein. Handelte es ſich um Fortbildung der frühern Organismen, ſo müßte der Menſch aus dem Affen hervorgebildet worden ſein, und ſo meinen es auch die Tibetaner, der Prof. Schelver, und nothwendig alle, welche der Fortbildungstheorie zugethan. Doch dürfte es mindeſtens anmuthiger erſcheinen, ſich als Sohn der Erde, denn als Sohn eines Orangutang und Enkel einer Eidechſe betrachten zu dürfen: aber auch vernünftiger. Des Menſchen Vernunft greift über die ganze Erde, und beherrſcht ſie; der Affe ſieht nicht weiter über die Erde, als er vom Baume herab ſehen kann, und kümmert ſich nur um die Nüſſe dieſes Baums; eigentliche Zwiſchenſtufen zwiſchen Affen und Menſch kennt man nicht; denn der Neger iſt doch noch ein Menſch. Da ſcheint es nun leichter, zu denken, daß die Erde durch eine neue Anſpannung ihres ganzen Weſens den Menſchen in Zuſammenhang mit einer Reihe andrer Weſen hervorgebracht, als ihn durch allmälige Nachbeſſerungen am Affen erzeugt habe. Es wäre das ungefähr eben ſo, als wenn ein Dichter den Haupthelden ſeines Gedichts aus einem Harlekin ſich allmälig hervorbilden ließe; einleiten kann er wohl ſeinen Auftritt durch eine ſolche komiſche Perſon: aber den Helden ſelbſt erzeugt er ſicher friſch aus ſeinem Kopfe.

---

[*] Es ſcheint, daß Fiſche ſchon in den früheſten Epochen aufgetreten ſind; obwohl dies noch nicht ganz entſchieden ſein möchte.

Nach Zuſammenſtellung dieſer Gründe ſcheint mir die zweite Anſicht doch viel annehmlicher, obwohl auch ſie hat ihre Schwierigkeit. Für die Schöpfung der erſten Geſchöpfe ließ ſich freilich leicht auf Anordnungen und Bewegungen im irdiſchen Syſtem provociren, die von denen, welche wir jetzt um uns ſehen, ganz abweichend ſein durften, ja abweichend ſein mußten; die Hypotheſe hatte da ganz freies Spiel. Aber als die Mammuths und die Hölenbären lebten, da, müſſen wir glauben, hatte die Erde an ihrer Oberfläche ſchon eine der jetzigen ſehr ähnliche Geſtalt gewonnen. Und doch ſind Menſchen erſt nachher entſtanden. Sollten wir alſo dennoch zur erſten Anſicht zurück gedrängt ſein; dennoch aus dem Affen und rückliegend aus Eidechſe und Fiſch entſtanden ſein? Ich meine, ehe wir uns zu dieſer verzweifelten und doch immer verzweifelt unwahrſcheinlich bleibenden Anſicht entſchließen, ſehen wir uns erſt noch etwas um, ob wir nicht der Schwierigkeit der zweiten Anſicht doch irgendwie begegnen können. Oder wüßte jemand eine dritte Anſicht?

Bleibe ich nun bei Dem ſtehen, was an der Oberfläche liegt, ſo weiß ich freilich nicht einmal an etwas zu denken, was uns aus der Verlegenheit ziehen könnte. Aber ſollte nicht in der Tiefe etwas liegen? Im Grunde wiſſen wir ja auch nicht, wie, durch welcherlei Kräfte der Menſch noch heute eigentlich erzeugt wird; jedenfalls aber nicht durch Kräfte, die an der Oberfläche des Menſchen ſich wirkſam erweiſen, ſondern nur in der Tiefe. Ja ſollte es nicht geſtattet ſein, in dem größten Verſtecke der Erde auch eben das als verſteckt zu ſuchen, was ſonſt nirgends zu finden, und was doch irgendwo ſein muß? Das Princip des Ausſchluſſes andrer Möglichkeiten ſcheint hieher zu weiſen; doch auch manches Poſitive.

In der That, verſuche ich, in Ermangelung eines feſtern Anhaltes, einige Gedanken ins Blaue der Möglichkeiten zu ſpinnen, und unter allen Unwahrſcheinlichkeiten mich an die kleinſte zu halten, ſo möchte ich immer noch am eh'ſten daran denken, daß ſich unter der Erdrinde von Uranfang an ein Mutterſtock eigenthümlicher Anordnungen und Bewegungen erhalten habe, der eben durch die Erſtarrung der Rinde von der Art Entwickelung abgeſperrt worden iſt, welche außerhalb der Rinde in Berührung mit Waſſer, Luft und Licht eintreten konnte, und das organiſche Leben, ſo wie wir es kennen, gab, der aber die Fähigkeit, zu ſolcher Entwickelung zu gedeihen, noch fort und fort behalten hat. Sollte wirklich alle, den Keim des Organiſchen enthaltende, Anordnung und Bewegung ſich von Anfang an nur auf den Umfang der Erde beſchränkt, nicht auch etwas im Innern ſich erhalten haben? Es ſcheint nicht wahrſcheinlich, dazumal auch die Urwärme ſich im Innern erhalten hat, und es ſchwer wäre, einen teleologiſchen Grund ihrer Erhaltung und Abſchließung im Innern zu finden, wenn nicht den verborgenen, daß ſie eben diente, die organiſche Gährung im Innern zu erhalten und fortzuführen *.

---

* Wenn, wie es wahrſcheinlich iſt, der Erdmagnetismus und deſſen ſeculare Veränderungen in der Tiefe der Erde ihren Grund haben, ſo würden wir hierin wenigſtens eine allgemeine Andeutung haben, daß in der Tiefe der Erde Manches vorgehen muß, was nicht durch Proceſſe außerhalb zu erklären; oder vielmehr

In die Fähigkeit, zu wirklicher organiſcher Entwickelung zu gelangen, könnte der innere Mutterſtock durch die von Zeit zu Zeit erfolgenden Durchbrüche der Rinde verſetzt werden, indem er hiebei in Berührung mit Meer, Luft und Licht träte. Selbſt in eigenthümlichem Zuſtande der Anordnung und Bewegung begriffen, könnte er auch wohl die Elemente draußen zum Anſchluß in neuer Anordnung und Bewegung beſtimmen, wie die ſchon gebildeten Organismen dieß noch heutzutage vermögen. Ja es könnten in der Wechſelwirkung zwiſchen Innerm und Aeußern zugleich die neuen organiſchen Geſchöpfe, oder doch deren Keime, (Eier, Saamen) geſtaltet, und die unorganiſchen Elemente, in denen ſie zu leben haben, zweckmäßig für ihre Entwickelung und ihr Beſtehen abgeändert werden.

Es hindert dann nichts anzunehmen, daß, wie die Erde ſich auswendig in gewiſſem Grade cultivirt, fortentwickelt, ſo auch, und zwar in einem teleologiſchen vernünftigen Zuſammenhange damit, ſich der Mutterſtock organiſcher Anordnungen und Bewegungen innerlich fortentwickelt,

---

umgekehrt, der Erdmagnetismus mit ſeinen ſecularen Veränderungen iſt bis jetzt ſo gar nicht durch Proceſſe außerhalb zu erklären, daß wir es wahrſcheinlich finden müſſen, er ſei wirklich im Innern begründet. Man könnte daran denken, ihn mit dem Nervenprincip des innern Mutterſtocks der organiſchen Anordnungen und Bewegungen zu vergleichen. Ja man könnte kühnerweiſe im Erdmagnetismus zugleich den Mutterſtock unſres bewegenden Nervenprincips und ſelbſt das bewegende Nervenprincip unſers Mutterſtocks finden. Doch iſt zu geſtehen, daß über die hier in Frage kommenden Verhältniſſe noch zu viel phyſikaliſches und phyſiologiſches Dunkel herrſcht, um ſolchen Betrachtungen Folge geben zu können, und Gewicht beizulegen.

ſo daß jeder neue Durchbruch Organiſationen hervorruft, die von einer Seite einen Fortſchritt gegen die früheren, von andrer Seite einen zuſammenhängenden Plan damit verrathen. Auch der Zuſammenhang, in dem die Glieder jeder organiſchen Schöpfung unter ſich ſtehen, wäre daraus zu erklären, daß unſtreitig der Mutterſtock im Innern ein teleologiſch und wirkend in ſich zuſammenhängendes Syſtem iſt.

Man kann noch weiter zurück gehen, und ſagen, das ganze irdiſche Syſtem entwickelt ſich nicht nur in ſich nach einem zuſammenhängenden Plane, ſondern in Zuſammenhang mit den Verhältniſſen der ganzen Welt; wodurch erſt erklärlich wird, wie die Einrichtung der organiſchen Geſchöpfe auch in Bezug auf Tag und Nacht und die allgemeinen kosmiſchen Verhältniſſe überhaupt ſo zweckmäßig ſein kann. Nun iſt nicht nöthig, daß Sonne und Mond ſelbſt direct auf die Erzeugung der organiſchen Geſchöpfe wirken, um deren Einrichtung mit ſich zuſammenzupaſſen; ſondern ihre und der organiſchen Geſchöpfe Einrichtung iſt von Anfang an in Zuſammenhange zweckmäßig erfolgt, und führt noch fort ſich ferner ſo zu entwickeln. In dieſen allgemeinen Zuſammenhang iſt dann auch das bewußte Princip geknüpft zu denken, unter deſſen Einfluß der Menſch entſteht; was die Erde für ſich dabei leiſtet, kann nach der Weiſe, wie Unbewußtes in Bewußtes eingeht (Th. I. S. 300), immerhin möglicherweiſe als ein für ſich Unbewußtes zu faſſen ſein. Was für Gott eine bewußte Schöpfung, Zeugung iſt, kann für die Erde eine unbewußte ſein. Doch wollen wir hierüber nichts entſcheiden.

Sofern die Hauptbeſtandtheile des Innern der Erde Erdarten (Kieſelerde, Kalk, Talkerde u. ſ. w.) und Metalle, insbeſondere Eiſen, ſind, und die Organismen im Allgemeinen ein Skelet aus erdiger Subſtanz oder eine erdige (kalkige oder kieſelige) Hülle beſitzen, und etwas Eiſen in einer von uns nicht herſtellbaren Combination enthalten, könnte man vermuthen, daß dies die Beſtandtheile ſind, welche das Innere zur Bildung der Organismen hergiebt, alſo vornämlich die Beſtandtheile der feſten Grundlage der Organismen. Außerdem enthalten die Organismen nur die Beſtandtheile von Waſſer und Luft in eigenthümlicher Anordnung; und dieſe könnten demgemäß auch aus dem äußern Waſſer und der äußern Luft abgeleitet werden. Die feſten erdigen Beſtandtheile gehen im Tode auch wieder zur feſten Erde zurück; ja werden von uns in die Tiefe begraben, aus der ſie, nur noch tiefer her, urſprünglich gekommen ſein mögen, indeß das Weiche und Flüſſige ſich ſeinerſeits wieder in Waſſer und Luftarten zerſetzt. Jedes geht dahin, woher ſein erſter Keim ſtammt.

Freilich, wenn wir jetzt geſchmolzene Erden und Metalle an der Oberfläche der Erde in Berührung mit Waſſer und Luft erſtarren laſſen, erſtarren ſie nur unorganiſch, ohne eine beſonders auffallende Einwirkung auf die Umgebung zu äußern; aber es iſt natürlich, daß ein flüſſiger Zuſtand, der ſelbſt erſt aus unorganiſcher Abſcheidung und Erſtarrung hervorgegangen, ſolche auch nur wieder zu liefern vermag; dagegen es ſich mit einem Zuſtande, der unter dem Einfluß der Urwärme noch etwas von den urſprünglichen Bewegungen und chemiſchen Diſpoſitionen behalten hat, anders verhalten könnte; er wäre in ſofern gar nicht mit den uns bekannten Flüſſigkeitszuſtänden zu vergleichen, auch könnten wir einen analogen Zuſtand gar nicht mehr an der Oberfläche ſuchen, weil hier eben die Bedingungen ſeines Verſchwindens gegeben ſind. Eine Berechnung aber, ob ein ſolcher der Oberfläche jetzt fremdartiger Zuſtand der Materie im Innern möglich ſei, iſt ſelbſt nicht möglich; denn da wir die Möglichkeit des organiſchen Zuſtandes der Materie außerhalb nicht berechnen können, ſo können wir jedenfalls auch weder die Möglichkeit noch Unmöglichkeit eines Zuſtandes, der ſich zum Organiſchen umzubilden vermag, im Innern berechnen. Die Möglichkeit materieller Anordnungen und Bewegungen zu berechnen, überſteigt überhaupt unſre Kräfte, nur an dem einmal Gegebenen können wir Manches auf Grundlage von Erfahrungen berechnen, es liegt aber der Erfahrung eben blos das an der Oberfläche Gegebene vor.

Offenbar ungünſtig freilich, wer möchte es verkennen, iſt dieſen Anſichten der Umſtand, daß kleine Durchbrüche der Erdrinde mit Auswurf und Ausfluß innerer Maſſen in den vulkaniſchen Eruptionen auch zu unſern Zeiten ſtatt finden, ohne daß ſich dabei eine Spur, ſei es eigenthümlicher Anordnungen und Bewegungen der herauskommenden Maſſen oder einer Neubildung von organiſchen Geſchöpfen darböte. Inzwiſchen kann man auch keinen bindenden Gegenbeweis in jenen Thatſachen finden. Denn in den offenen oder oberflächlichen Herden der innern Thätigkeit könnten durch eine fortgehende Unruhe unter blos partieller Communication mit der Außenwelt Dispoſitionen und Bewegungen längſt zerſtört ſein, die ſich tiefer noch erhalten haben, und einen gewaltigern Durchbruch erfordern würden, um zum Vorſchein zu kommen; indeß die vulkaniſchen Eruptionen immer nur etwas vom Oberflächlichſten entleeren. Dabei bleibt wahr, die vorigen Anſichten können ſich nur auf das Bedürfniß der Erklärung von Thatſachen, nicht auf poſitive Thatſachen ſelbſt ſtützen; auch theilen wir ſie nur als unmaßgebliche mit, die doch bei der Wahl zwiſchen verſchiedenen Möglichkeiten Beachtung verdienen dürften.

Zu dem Princip, daß andre Folgen andre Gründe verlangen, gehört als Gegenſeite das Princip, daß andre Gründe andre Folgen haben. Auch hieran laſſen ſich allgemeine Folgerungen für unſern Gegenſtand knüpfen. Der erſte Menſch oder das erſte Menſchenpaar ging aus andern Gründen hervor, als die nachgebornen Menſchen: war alſo ſicher auch anders beſchaffen als dieſe; er war ein unmittelbares Kind Gottes und der Erde (vgl. Th. I. S. 232), die nachgebornen nur Kinder des Menſchen. Er war das urſprüngliche Original, wir ſind nur die Copien, die den Geiſt des Originals nicht erreichen können; er war die haltbare Kupferplatte, wir ſind die vergänglichen Abdrücke. Gewiſſe Vorzüge der erſten Menſchen vor uns, z. B. ein hohes Alter der Urväter, darf uns in der That hienach nicht mehr befremden; unſtreitig hatte ihre Conſtitution eine ganz andre Haltbarkeit als die unſre; und erſt, als durch die Menge der Menſchen dieſe Haltbarkeit der Einzelnen überflüſſig wurde, ging ſie nach und nach verloren. Der teleologiſche Einwurf gegen die urſprüngliche Einheit des Menſchengeſchlechts, daß deſſen Erhaltung bei einem Urpaare nicht geſichert genug geweſen, hebt ſich ſo, zumal unter Zuziehung der Betrachtung, daß unſtreitig das erſte Menſchenpaar auch unter den, ſeiner Erhaltung günſtigſten äußern Umſtänden entſtand. Wir fragen, wie konnten die erſten Menſchen nackt und bloß ſich in einer Natur erhalten, die ſie noch nicht zu beherrſchen, nicht zu benutzen, gegen deren Gefahren ſie ſich nicht zu wehren wußten. Ja freilich, wenn die erſten Menſchen wie die jetzigen Kinder geboren und in den Wald oder auf eine Wieſe in's Kalte unter wilde Thiere geſetzt worden wären, wie es wohl eine menſchliche Mutter thut, die ihrer Mutterpflichten vergißt, ſo möchte es mißlich um ſie ausgeſehen haben. Aber im Allgemeinen ſorgt doch die Mutter für das Kind, und das Kind weiß die Bruſt zu finden. So wird auch die Erde für ihr Kind, den erſten Menſchen, unmittelbar ſelbſt geſorgt haben, da ſie noch keine Mutter erzeugt hatte, für die Enkel zu ſorgen, ſie wird ſie an den günſtigſten Ort geſetzt haben, und der Menſch wird ſeine Inſtincte gehabt haben, die ihn das Nöthige auf der Erde finden ließen, wie jetzt das Kind ſeine Inſtincte hat, das Nöthige an der menſchlichen Mutter zu finden. Dieſe Urinſtincte aber gingen verloren, je mehr die Generationen abwärts ſtiegen und ſich vervielfältigten, theils weil der immer mehr in's Menſchliche verſinkende Urſprung der Menſchen andre Folgen mitbrachte, als der erſte göttliche, theils weil dieſe Inſtincte immer weniger nöthig wurden, nach Maßgabe als die Menſchen ſelbſt von andern Menſchen Hülfe gewannen und dieſe ihre Vernunft mehr entwickelten. Das erſte goldene Zeitalter der Menſchheit ſchwand hiemit allmälig. So macht ſich das Zuſammentreffen des Cauſalen und Teleologiſchen, was wir ſonſt überall bemerken, auch hier geltend.

Die Bibel läßt bekanntlich die erſten Menſchen in einem anfangs vollkommenern Zuſtande und einem innigern Verkehr mit Gott ſein, als die ſpäter gebornen; und in den Mythen der meiſten Völker wird der erſte Menſch ſelbſt göttlicher Natur gehalten.

Tacitus ſagt (Mor, germ. c. 2) von den alten Deutſchen: „Celebrant carminibus antiquis, quod unum apud illos memoriae et annalium genus est, Thuistonem deum, terra editum, et filium Mannum, originem gentis, conditoresque.“

„Sowohl bei den Mingos als den Leni Lenape in Nordamerika, iſt der erſte Menſch ein Gegenſtand göttlicher Verehrung… Ja ſogar wird abwechſelnd bald der Herr des Lebens, bald der erſte Menſch als derjenige angerufen, der da Gewalt hat über die Geiſter. Noch mehr, merkwürdigerweiſe werden beide bisweilen völlig identificirt. Denn nach einem Mythus der Indianer oben am Lorenzſtrom und Miſſiſippi hat ſich der erſte Menſch in den Himmel gehoben und donnert dort. Die Mönitarris verehren den Herrn des Lebens als den Menſchen, der nie ſtirbt und als den erſten Menſchen unter den Namen Ohſicka-Wahädiſch. Dieſer war es, der bei der Schöpfung den großen Vogel herabgeſchickt hat, und alſo iſt er der Schöpfer ſelber und der demiurgiſche Vogel…. Bei den Hundsrippenindianern iſt der erſte Menſch Schöpfer der Menſchen, der Sonne und des Mondes…. Bei den Karaiben iſt Logno der erſte Menſch, welcher von ſeiner himmliſchen Wohnung herabſtieg, und die Erde ſchuf und dann wieder in den Himmel zurückkehrte. Bei eben denſelben iſt Sawaka derjenige Menſch, der zuerſt Blitz und Platzregen hervorbrachte und ſie noch jetzt verurſacht. Er verwandelte ſich in einen Vogel und dann in einen Stern. Beidemal iſt alſo auch hier der Schöpfer als allmächtiger Menſch gefaßt. Auch manche Grönländer ſchreiben dem erſten Menſchen, Kaliak, den Urſprung aller Dinge zu.“

„Das ganze Verhältniß des großen Geiſtes zum erſten Menſchen, wie es in dieſen indianiſchen Vorſtellungen ſich ausſpricht, erinnert ſtark an gnoſtiſche Anſichten. Die Ophiten haben ja ebenfalls den Urvater geradezu als erſten Menſchen genannt. Auch ein Theil der Valentinianer, die Anhänger des Ptolemäus, gaben dem Urvater des Univerſums den Namen Menſch, und eben ſo Valentin ſelber Den Kabbaliſten iſt Kadmon der Urmenſch, die Einheit der aus Gott emanirenden Kräfte.“

(Müller, in den theolog. Stud. u. Kritik. 1849.
H. 4. S. 864).

Beſonders haben ſich die Talmudiſten darin gefallen, (nach willkührlicher Auslegung gar nicht darauf bezüglicher Bibelſtellen) Adam mit wunderbaren Eigenſchaften auszuſchmücken; worüber man u. a. in Eiſenmengers neu entd. Judenth I. S. 364 u. Bartolocci bibliothèque rabbinique I. 61 Manches findet.

Man kann die Frage aufwerfen, ob die jetzige Geſtaltung der organiſchen Schöpfung mit dem Menſchen an der Spitze die letzte bleiben werde, oder ob noch neue Schöpfungen oder Umbildungen der bisherigen Schöpfung zu erwarten ſind. Wagen wir uns auch in das Feld dieſer Frage mit einigen Vermuthungen, da natürlich von mehr als ſolchen hier nicht die Rede ſein kann.

Wenn wir bedenken, daß der Erde noch eine Exiſtenz von unbeſtimmbarer Dauer bevorſteht, nachdem ſie ſchon ſo manche frühere Organiſationsperioden durchlaufen hat, ſo möchte uns ein Abſchluß bei der jetzigen nicht wahrſcheinlich dünken. Zumal wenn unſre Vermuthung triftig wäre, daß das Innere der Erde noch einen Mutterſtock von Anordnungen und Bewegungen birgt, die mittelſt Durchbruchs der Rinde in die geeigneten Verhältniſſe zur Entwickelung von Organismen zu treten vermögen, und daß die Wärme der Erde ſelbſt zur Erhaltung dieſer Dispoſitionen beiträgt. Dieſer Mutterſtock und dieſe Wärme wird ſich nach und nach in Erzeugniſſen erſchöpfen wollen. Doch ganz abgeſehen von dieſer Hypotheſe, haben wir überhaupt Grund, die Entſtehung neuer Schöpfungen mit großen Erdrevolutionen in Beziehung zu ſetzen, gleichviel welches die Beziehung ſei. Und es iſt kein Grund, diejenige, durch welche die Mammuths und Hölenbären vertilgt wurden, und mittelſt oder nach welcher der Menſch entſtanden, für die letzte zu halten. Nur daß dem Menſchengeſchlecht ſelbſt keine große Revolution der Art begegnet iſt, kann uns ſcheinbar ſicher dagegen ſtellen und freilich wird eine ſolche den Menſchen überhaupt nicht mehr als zweimal begegnen können: einmal indem ſie dieſelben ſchuf, das andremal indem ſie dieſelben vernichtet. Aber es iſt mit dieſer Sicherſtellung nicht anders, als mit der Sicherſtellung derer, die ſich auf einem Vulkan anbauen. Hat derſelbe nur zur Zeit der Vorältern geſpieen, ſo vergißt man zuletzt, daß er ſpeien könne: und man ſollte doch durch das nie ganz ſchweigende Toben im Innern erinnert werden, daß er jeden Augenblick wieder losbrechen könne; wie er es ſchon öfter nach langen Zwiſchenzeiten gethan. Wir alle wohnen aber wirklich auf einem ſolchen Vulkan, der noch im Innern tobt, der es durch ſeine kleinen Vulkane ſelbſt verräth, daß er im Innern nicht ſchläft, nur daß die Ausbrüche des großen Vulkans in viel längern Zwiſchenperioden erfolgen, als die der kleinern, und wenn wir inmitten einer ſolchen großen Zwiſchenperiode ſicher leben, ſtellt dies doch unſre Nachkommen nicht ſicher. Bei der ſich immer mehr verdickenden Erdrinde mag die Schwierigkeit der Durchbrüche immer größer und hiemit die Zwiſchenperioden dazwiſchen immer länger werden: aber die Gefahr ihres Eintritts bleibt.

v. Humboldt äußert ſich ſo darüber: „Nichts kann uns Sicherheit geben, daß jene plutoniſchen Mächte im Laufe kommender Jahrhunderte den von Elie de Beaumont bisher aufgezählten Bergſyſtemen verſchiedenen Alters und verſchiedener Richtung nicht neue hinzufügen werden. Warum ſollte die Erdrinde ſchon die Eigenſchaft ſich zu falten verloren haben? Die faſt zuletzt hervorgetretenen Gebirgsſyſtemen der Alpen und der Andeskette haben im Montblanc und Monte Roſa, im Sorata, Illimani und Chimborazo Coloſſe gehoben, welche eben nicht auf eine Abnahme in der Intenſität der unterirdiſchen Kräfte ſchließen laſſen. Alle geognoſtiſchen Phänomene deuten auf periodiſche Wechſel von Thätigkeit und Ruhe. Die Ruhe, die wir genießen, iſt nur eine ſcheinbare. Das Erbeben, welches die Oberfläche unter allen Himmelsſtrichen, in jeglicher Art des Geſteins erſchüttert, das aufſteigende Schweden, die Entſtehung neuer Ausbruch-Inſeln zeugen eben nicht für ein ſtilles Erdenleben.“

Von dieſer Seite alſo ſtünde jede Möglichkeit noch frei. Aber, kann man fragen, iſt nicht im Menſchen ſchon der Gipfel deſſen erreicht, was irdiſcherſeits erreicht werden kann? Haben wir nicht im Menſchen ſchon den König der Erde? Kann auch noch ein König über dem König entſtehen?

Nun freilich ſind wir ſo gewohnt, im vollkommenſten Menſchen den Gipfel der Vollkommenheit überhaupt zu ſehen, daß wir ſelbſt Gott danach anthropomorphoſiren und unſre Engel danach bilden: aber indem wir anerkennen müſſen, daß es im Grunde untriftig iſt, in einer höhern Natur über uns nur die menſchliche wiederfinden zu wollen, werden wir wohl auch anerkennen müſſen, daß es untriftig iſt, einer höhern Fortentwickelung des irdiſchen Reiches mit der menſchlichen Natur Schranken zu ſetzen.

In der That ſcheint es, als wenn der Menſch vielmehr erſt ein Anſtreben zu manchen Vorzügen verriethe, die den rechten König der Erde zieren ſollten, als ſie ſchon erreicht zeigte, erſt gleichſam die kriechende Larve oder Raupe eines Schmetterlings darſtellte, der einſt die Erde überfliegen wird.

Was iſt es, das uns geneigt macht, im Menſchen ſchon jetzt den König der Erde über allen, ſelbſt äußerlich ſonſt ſehr ähnlichen, Thieren zu ſehen? Die Ueberſchauung, Beherrſchung, Verknüpfung, Centrirung aller irdiſchen Verhältniſſe, die in ihm und mittelſt ſeiner gegeben iſt. Aber ſehen wir näher zu, erſcheint ſie doch bei der jetzigen Einrichtung des Menſchen vielmehr angebahnt, eingeleitet, als recht erreicht und erreichbar, kommt jedenfalls durch höchſt mühſelige, dem Menſchen äußerliche Mittel zu Stande, bleibt immer höchſt lückenhaft und unvollſtändig. Jeder Berg, jeder Fluß, jedes Meer ſetzt ein Hinderniß, das der Menſch nur allmälig überwinden lernte, und auch jetzt nur mit Aufwand von Zeit und Kraft überwindet. Wenn aber der Menſch ſelbſt immer beſſere Methoden erdenkt, die ihn in dieſen Beziehungen fördern können, ohne doch die Unzulänglichkeit ſeiner Natur dadurch ganz überwinden zu können, ſollte nicht die Natur, die ganz ähnlich wie der Menſch zu erfinden ſcheint, mittelſt einer Vervollkommnung ihrer bisherigen Menſchenerfindung dereinſt jene Unzulänglichkeiten auch noch directer zu überwinden im Stande ſein? dazumal das Mittel dazu ſehr nahe liegt. Sollte ſie nicht, wenn dereinſt durch den Menſchen die Verknüpfung und Beziehung der irdiſchen Verhältniſſe ſo weit vollzogen und geſteigert ſein wird, als es nach ſeiner Natur möglich iſt, einen neuern höhern Fortſchritt dadurch bewirken, daß ſie ſeine Natur ſelbſt erhöht, oder eine höhere Natur über ſeiner hervorbringt. Denn über eine gewiſſe Gränze kann es doch der Menſch nach ſeiner Natur nicht bringen. Auch der Menſch, wenn er vollkommenere

Methoden der Verknüpfung und Beziehung erdacht hat, läßt die alten fallen; aber die alten mußten freilich erſt gewirkt haben, um ihn ſelbſt zu den neuen zu führen.

Ich geſtehe, daß mir immer beſonders ein Umſtand bedenklich dagegen erſchienen iſt, im Menſchen den letzten Abſchluß der irdiſch-organiſchen Entwickelungen zu ſehen. Der Menſch hält ſich für das höchſte Geſchöpf, und der Vogel überfliegt ihn. Es ſcheint mir dies weder in äſthetiſcher noch teleologiſcher Hinſicht ein befriedigender Abſchluß. Zwar hat der Menſch für die Flügel des Vogels weit höhere Vorzüge; aber ſie würden noch unſäglich an Bedeutung gewinnen, wenn er die Flügel des Vogels auch hätte. Der Flügel des Vogels erſt würde ihm zu ſeiner Vernunft, welche Alles von Oben herab zu überſchauen, zu überfliegen und zu verknüpfen trachtet, ein adäquates materielles Werkzeug liefern, das ſie in den Stand ſetzte, den höchſten Aufgaben praktiſch zu genügen; er würde ihn die ganze Welt auch ſinnlich von oben überblicken, alle Hinderniſſe leicht überfliegen laſſen, die leichteſte und raſcheſte Communication mit der ganzen Erde und ſeines Gleichen verſtatten; ſeine Hände, mit denen er die Erde beherrſcht, würden ſich ſo zu ſagen um ſo viel verlängern, als ihn die Flügel weiter tragen. Der Vogel hat freilich Flügel, aber da er weder die Vernunft noch die Hände des Menſchen hat, ſo kommen ihm alle jene Vortheile wenig zu Statten. Nur eben für ein vernünftiges Weſen kann der Flügel ſeine größtmögliche Leiſtung entwickeln, und zugleich die Vernunft nur mittelſt des Flügels ihre größtmögliche Kraft bethätigen. Sollte nun die Natur bei einer neuen Steigerung der Organiſation nicht Vorzüge zu vereinigen wiſſen, die ſie jetzt erſt getrennt und darum nur halb erreicht, indem ſie ihre höchſte Wirkung und Bedeutung erſt durch ihre Vereinigung gewinnen können? Schon jetzt ſehen wir ſie im Menſchen viele Vorzüge vereinigen, die andern Thieren nur vereinzelt zukommen, aber den Flügel und Flug des Vogels hat ſie bis jetzt noch nicht damit zu vereinigen vermocht; das ſcheint alſo einer ſpätern Aufgabe vorbehalten. Und wenn wir bemerken, daß die Vernunft des einzelnen Menſchen und noch mehr die Vernunft der Menſchheit ſich doch erſt allmälig zu der Höhe und Ueberſchauung aufſchwingt, die ſie überhaupt mit den jetzigen Mitteln des Menſchen zu erreichen vermag, ſo können wir es auch verſtändlich finden, daß erſt, nachdem dies innere Flugwerkzeug in den Geſchöpfen bis zur erforderlichen Höhe gereift iſt, das äußere in einer neuen Wandlung der Geſchöpfe entſteht, wobei unſtreitig die innere Vollkommenheit, die wir uns jetzt erſt mühſam erwerben müſſen, ſchon mehr angebornerweiſe in eine höhere Anlage gelegt ſein wird, als jetzt.

Freilich, der Menſch verdankt, zwar nicht die Anlage, aber die hohe Entwickelung ſeiner Vernunft zum Theil ſelbſt den Schwierigkeiten, deren Ueberwindung ihm durch Flügel erſpart werden würde, und der äußerlichen Bedürftigkeit, der er abzuhelfen ſuchen muß; würde ſicher ohne das ſie nicht ſo hoch haben entwickeln können. Nun aber ſehen wir ihn deshalb, daß er die Schwierigkeiten mehr und mehr hat überwinden lernen, darum nicht unvernünftiger werden, ſondern er wendet ſich zu Aufgaben von höherer Bedeutung und Schwierigkeit. So wie er eine Erfindung gemacht hat, die ihn eine bisher nur mühſam überwundene Schwierigkeit leicht überwinden läßt, bethätigt ſich ſeine Vernunft in dem Gebrauche derſelben, er vervielfältigt ſie alsbald, combinirt ihre Leiſtungen unter ſich und mit den Leiſtungen andrer Werkzeuge und wird dadurch eben zu höhern Erfindungen geführt, in denen er nun auf einmal leicht erreicht, was er erſt mit vielen Werkzeugen beſonders erliſten und erraffen mußte. So dürfen wir nun auch vorausſetzen, daß, wenn die Natur dahin gelangt ſein wird, in Erfindung künftiger höherer Geſchöpfe einen Theil der Schwierigkeiten leicht zu überwinden, die mittelſt der bisherigen Geſchöpfe mit dem Menſchen an der Spitze nur ſchwer überwunden werden, damit nicht ihre Vernünftigkeit überhaupt abnehmen, ſondern nur zu höhern Leiſtungen angetrieben werden wird; ſofern aber des Menſchen Vernunft ſelbſt nur ein Sproß oder Ausfluß der Naturvernunft iſt, womit ſie ihre Erfindungen braucht, ausarbeitet, neu combinirt, wird auch anzunehmen ſein, daß in den höhern Geſchöpfen nach dem Menſchen der Ausfluß oder Sproß der nun höher entwickelten Vernunft ſich ſelbſt in höherer Weiſe bethätigen werde. Aber um zu dieſer höhern Entwickelung zu gelangen, mußte freilich die Bethätigung in der menſchlichen Vernunft ſelbſt erſt vorausgegangen ſein.

Man kann noch andre Betrachtungen anknüpfen. Die Mittel der Communication zwiſchen den Menſchen vervielfältigen ſich jetzt immer mehr: Dampfmaſchinen, Eiſenbahnen ſind die hauptſächlichſten Förderungsmittel derſelben. Aber nach Maßgabe als ſie ſich vermehren, drohen ſie auch ihre Hülfsmittel zu erſchöpfen. Sie können ſich nur ſo lange vervielfältigen und im Gange bleiben, als die Steinkohlen reichen; und es iſt gar nicht abzuſehen, woher ein Erſatz kommen ſoll. Sollte aber der einmal erlangte Gewinnſt in Verknüpfung der irdiſchen Verhältniſſe wieder verloren gehen? Ich denke, daß, wenn ſich alle von der Erde aufgeſpeicherten Mittel erſchöpft haben oder der Erſchöpfung nahe ſind, welche dem immer höher geſteigerten Bedürfniß menſchlicher Communication genügen können, die Natur bei ihrer immanenten Vernünftigkeit durch das Bedürfniß ſelbſt, nicht wieder rückwärts zu gehen, dahin getrieben werden wird, Geſchöpfe nach einem neuen Plane zu ſchaffen, welcher dieſe Mittel fortan entbehrlich macht. Dann mögen immerhin noch höhere Berge als jetzt auftreten, und jede neue Erdrevolution ſcheint höhere Berge aufzutreiben; die neuen Weſen werden ſie nicht mehr überſteigen, ſondern überfliegen.

Daß eine Entſtehung höherer beflügelter Geſchöpfe über den Menſchen dereinſt noch möglich ſei, kann an ſich nicht bezweifelt werden, wenn wir die Natur doch ſchon mehrmals über den an den Boden gefeſſelten niedern Geſchöpfen höhere auf Floſſen und Flügeln haben erheben ſehen. So lange noch Alles oder das meiſte Land mit Meer bedeckt war, erhoben ſich ſchon die Fiſche mit ihren Floſſen über die feſtſitzenden Polypen und Muſcheln; dann in der Luft die geflügelten Käfer, Bienen, Schmetterlinge über die kriechenden Würmer, ja kriechende Würmer ſind ſelbſt noch die Vorgänger oder Larven dieſer höhern Geſchöpfe; dann die Vögel über die kriechenden Schlangen und Eidechſen, durch das Uebergangsglied der vorweltlichen Pterodactylen damit verknüpft. Jedesmal entſtanden die Flügelweſen nach einem ganz neuen Bildungsplane; ſo daß alſo auch denkbar iſt, daß nach einem abermals neuen Bildungsplane ſich dereinſt noch über die Säuger und Menſchen höhere Flügelweſen erheben werden.

Ja man kann ſagen, daß im Menſchen ſich ſchon ein Streben zeigt, ihn vom Boden loszumachen; nur daß es, um nicht Vortheile aufzugeben, die für jetzt noch wichtiger waren und ſich im jetzigen Schöpfungsplane noch nicht mit dem wirklichen Fluge vereinigen ließen, nicht bis zur gänzlichen Loslöſung vom Boden bei ihm gekommen.

In der That, vergleichen wir den Menſchen mit den übrigen Säugethieren, ſo ſehen wir, wie wirklich ſchon die zwei Vorderglieder bei ihm vom Boden losgemacht ſind; er hat ſich aufgerichtet, als wollte er die Erde verlaſſen, doch iſt noch mit zwei Füßen daran haften geblieben. Der nächſte Fortſchritt ſcheint ſein zu müſſen, daß das Losheben vom Erdboden völlig erfolgt. Dabei iſt nicht ohne Intereſſe, zu bemerken, daß die Natur bei den nächſten Verwandten des Menſchen dies Losheben ſogar ſchon etwas weiter getrieben hat, als beim Menſchen ſelbſt, nur daß dafür die andern höhern Vortheile, welche dem Menſchen eigen, haben zurücktreten müſſen. So ſehn wir bei den Affen die vier Füße in vier Kletterhände verwandelt, wodurch ſie leicht vom Boden loskommen und ſich von einem

Baum zum andern ſchwingen, aber freilich um ſo weniger gut aufrecht auf der Erde ſtehen und gehen können; und bei den Fledermäuſen gar Flughäute zwiſchen allen vier Extremitäten ausgeſpannt; wodurch ſie freilich um ſo untauglicher zu aller Handthierung werden. Affen wie Fledermäuſe aber haben wirklich beſondere verwandtſchaftliche Beziehungen zum Menſchen, ſtellen eine Art Zerrbild deſſelben dar. Denn wie wenig ähnlich auch eine Fledermaus ſonſt dem Menſchen erſcheinen mag, hat ſie ſich doch, wegen bedeutungsvoller Aehnlichkeiten im Zahnbau und Stellung der Brüſte, mit den Menſchen und Affen in eine beſondere Ordnung vereinigen und dieſe an die Spitze der übrigen Thiere ſtellen laſſen, wie von Linné geſchehen. Und da es ſchon vorweltliche Affen und Fledermäuſe gab, kann man darin eine Art Vorſpiel des Menſchen ſehen.

Dieſe Thiere haben es alſo ſchon weiter mit der Erhebung über den Boden gebracht, als der Menſch und ſcheinen hiemit anzudeuten, daß es der Natur, als ſie im Bildungsgange in die Nähe der Menſchen kam, wirklich darum zu thun war, eine noch vollſtändigere Erhebung einzuleiten. Inzwiſchen ließ ſich beim Affen und der Fledermaus mit der freiern Erhebung über den Boden die Beherrſchung deſſelben nicht erreichen, welche dem Menſchen durch die Verbindung ſeiner Hände und ſeines aufrechten Standes unter Mitwirkung der Vernunft geſichert iſt, demgemäß gab die Natur lieber beim Menſchen etwas von jenem Vortheil der freien Erhebung wieder auf und wandte zunächſt allen Fleiß auf die Entwickelung des Gehirns und Ausbildung der Hand und des Fußes, um durch letztern bei dem aufrechten Stande auch eine ſichere Baſis zu gewähren. Der Affe, die Fledermaus behalten ſo einen Vorzug vor dem Menſchen, wofür aber der Menſch viel größere Vorzüge gewann.

Es verdankt aber der Menſch nächſt ſeiner Vernunft und in Zuſammenhang damit ſeiner halben körperlichen Erhebung über den Boden, und der dadurch möglich gewordenen Verwandlung zweier Extremitäten in Hände, ſchon den wichtigſten Theil der Vorzüge, die ihn vor den übrigen Thieren auszeichnen; und es iſt kein Zweifel, daß ſie mit einer noch vollſtändigern Erhebung (ſofern ihm der Beſitz und der Gebrauch der Vernunft und Hände nur nicht dadurch verkümmert würde) noch mehr wachſen müßten. Aber zu dieſer vollſtändigern Erhebung über den Boden bedarf es eben der Flügel.

Die Aufrichtung ſetzt den Menſchen in den Stand, die Erde von oben herab ins Weite zu überblicken, und die Stellung auf zwei, ſtatt vier Füßen, ſich leichter nach allen Seiten drehen, alſo auch beſſer um ſich blicken zu können. Die Verwandlung zweier am Boden haftenden Füße in zwei oben angebrachte, doch noch unter der Aufſicht der Augen ſtehende Hände, befähigt ihn, den von oben und im Kreiſe überblickten Schauplatz nun nicht blos zu durchlaufen, ſondern auch praktiſch zu bearbeiten, zu beherrſchen, theils unmittelbar, theils mittelſt der durch die Hände angefertigten Werkzeuge. Mit denſelben Einrichtungen iſt aber auch ferner die Möglichkeit gegeben, beſſer mit einander in Communication zu treten; ſich beſſer gegenſeitig in's Auge zu ſehen, mit den Händen gegenſeitige Hülfsleiſtung, Liebes- und Freundſchaftsbezeugungen theils unmittelbar zu erweiſen, theils Werkzeuge des Verkehrs, Straßen, Fuhrwerke, Bücher, Briefe u. ſ. w. damit zu ſchaffen; ja ſelbſt darin liegt ein Vortheil, daß ſich vermöge der verkleinerten Fußbaſis die Menſchen zahlreicher und enger verſammeln können, als die Vierfüßer.

Im Grunde erkennt der Menſch auch den Vorzug an, den der Beſitz von Flügeln gewähren würde, indem er die ſonſt ganz vermenſchlichten Engel doch mit Flügeln malt. Nur freilich iſt etwas nicht ſo leicht gemacht als gemalt. Sollte der Menſch Flügel wirklich erhalten, ſo könnten ſie ihm nicht ſo einfach angeſetzt werden, wie es der Maler thut; der ganze Organiſationsplan müßte ſich ändern; und da zeigt ſich denn, wenn wir den Bildungsgang der Natur betrachten, ein offenbarer Conflict in der Aufgabe, kräftige Beine, Hände und Flügel zugleich anzubringen. Beim Vogel werden die Flügel nicht zu vier Füßen, oder zu zwei Händen und zwei Füßen noch hinzu angeſetzt, ſondern die zwei vordern Extremitäten verwandeln ſich ſelbſt in Flügel, und hiedurch kommt eben der Vogel um die Vortheile der Hände. Bei den Inſecten kommen Flügel mit mehrern Beinpaaren zugleich vor, doch hat die Raupe mehr Beine als der Schmetterling, auch hier ſcheinen alſo die Flügel auf Koſten der Beine entſtanden; auch ſind die Beine des Schmetterlings ſchwach und dünn und können die Hände nicht erſetzen; die eigentlichen Werkzeuge zum Handthieren ſind hier mehr am Kopfe angebracht und nur leichter Art. Und es begreift ſich wohl, weshalb Flügel nicht leicht in Verbindung mit ſtarken Armen und Beinen beſtehen können. Flügel brauchen ſtarke Muskeln und Nerven zur Bewegung; kräftige Arme und Beine auch; das macht ſich den Platz ſtreitig, nicht nur äußerlich, ſondern auch innerlich. Unſre gemalten Engel ſind eine anatomiſch-phyſiologiſche Unmöglichkeit; man müßte ſie eigentlich buckelig malen, um zu den hinten angebrachten Flügeln auch die Muſkelmaſſen, die zur Bewegung der Flügel nöthig ſind, anzubringen; denn unſre Muſkelmaſſen reichen eben nur für die Arme; unſtreitig aber würden ſich die innern Einrichtungen zur Bewegung der Flügel und der Arme noch mehr im Wege ſein, als die äußern Werkzeuge ſelbſt. Daher eben beim Vogel vielmehr Erſatz der vordern Extremitäten durch die Flügel; daher Aufgeben der Flügel beim Menſchen, um die Hände zu gewinnen.

Inzwiſchen was ſich nicht im Wege des bisher befolgten Organiſationsplanes erreichen ließ, ließe ſich ja wohl durch Abänderung deſſelben erreichen; und da liegt es ziemlich nahe, wenn es doch ſchon Geſchöpfe mit vier Füßen (die meiſten Säugethiere), ſolche mit vier Händen (Affen), ſolche mit zwei Füßen und zwei Flügeln (Vögel), ſolche mit zwei Füßen und zwei Händen (Menſchen) giebt, auch noch an Geſchöpfe mit zwei Händen und zwei Flügeln zu denken. Man kann in der That ein ſolches Geſchöpf in der Kette der Weſen noch vermiſſen; kann es aber auch leicht noch erwarten, da es zu Händen überhaupt erſt in den jüngſten Generationen gekommen. Freilich gehört zum wirkſamen Gebrauch der Hände auch ein feſter Stand auf der Erde; aber es wäre leicht, den Untertheil des Körpers dazu einzurichten. Die Hände könnten auch nothdürftig die Füße mit vertreten, und mehr als eine nothdürftige Vertretung würde nicht nöthig ſein, wenn doch die Flügel das hauptſächlichſte Fortbewegungsmittel bildeten. Ich mache der Natur dieſen Vorſchlag und überlaſſe es ihr dabei gern, ob ſie die Hinter- oder Vorderglieder zu

Flügeln oder Händen machen will; wie auch die Schwierigkeiten, die ſie ſonſt dabei noch finden mag, zu überwinden.

Mit dem Gewinn der Flügel würde auch den Menſchen ein Theil der Hände-Arbeit erſpart ſein, weil ein ſehr wichtiger Theil dieſer Arbeit eben darin beſteht, Werkzeuge für die Communication zu ſchaffen und zu handhaben, die nun überflüſſig werden würden. Und wenn es der Menſch ſchon jetzt dahin gebracht hat, ſich eines Theiles ſeiner Arbeit auf niedere Geſchöpfe, Zug- und Laſtthiere, zu entladen, ſo könnte dies künftig noch in höherm Grade der Fall ſein. Das höhere Weſen könnte vielleicht noch mehr Weſen unter ſich haben, die ihm die niedere Arbeit erſparen. Mit jeder neuen Schöpfung werden ja überhaupt nicht blos höhere Geſchöpfe, ſondern auch neue Geſchöpfe niederer Stufen geſchaffen; und es könnte darunter ſolche geben, die zum Dienſte des höhern Weſens noch geeigneter wären, als die jetzigen: denn nachdem einmal das Princip des Gebrauchs niederer Geſchöpfe durch die höhern in Anwendung gekommen iſt, wird die Natur im Aufſteigen es ſchwerlich wieder verlaſſen, ſondern weiter ausbilden: ſie wird einen größern Theil und vielleicht ſelbſt höher entwickelte Glieder der Thierwelt durch das höchſte Geſchöpf zähmen laſſen. So könnte denn die ganze Organiſation des höchſten irdiſchen Geſchöpfes ſich in Betreff der Befriedigung grob körperlicher Bedürfniſſe durch körperliche Leiſtungen vereinfachen, und um ſo geeigneter zu höhern geiſtigen Thätigkeiten werden. Schon jetzt erſcheint der Menſch, gegen die Thiere gehalten, als das nackteſte, waffenloſeſte, hülfloſeſte Geſchöpf, nur die, ſelbſt auch von ſcharfen Nägeln und Klauen entblößten, Hände verrathen einen äußern Vorzug; doch bändigt und zähmt er mittelſt ſeiner höher entwickelten Vernunft und dieſer fein gegliederten Werkzeuge die ganze Thierwelt. Unſtreitig wird das künftig ſich noch ſteigern, wenn er mit noch höhern Vorzügen über die Thierwelt emporſteigt, nicht mehr auf das Roß von unten aufſteigen muß, ſondern wie der Adler von oben auf die ganze Thierwelt als ſeinen Raub herabblickt. So wäre es möglich, daß in ſpätern Generationen auch die Hände wieder mehr zurücktreten.

Ich möchte auch aus der Geſtalt des Menſchen vermuthen, daß mit ihm der Gipfel der irdiſchen Entwickelung nicht nur noch nicht erreicht iſt, ſondern daß er vielmehr noch weit davon iſt. Ich meine, das höchſte irdiſche Weſen wird der Erde ſelbſt an Geſtalt ſich mehr zu nähern ſuchen, als es der Menſch thut, der es zwar ſchon in ſeinen edelſten Theilen, doch wenig im Ganzen thut. Laß wegfallen, was den Menſchen an die grobe Erde theils unmittelbar heftet, theils in grob materielle Beziehung dazu ſetzt, ſo denk' ich mir, es werden einſt, obwohl erſt nach manchen Zwiſchenſchöpfungen, noch Weſen entſtehen, die wie ſchöne Augen oder Köpfe, mehr als jetzt auf ein Leben im Licht und Duft und Luft angewieſen, durch die Lüfte ſchwimmen oder fliegen, ohne Beine, die ſie nicht mehr brauchen, ohne Arme, mit denen ſie nichts Grobes mehr auf Erden zu ſchaffen haben, mit bunten Floſſen oder Flügeln und vielleicht nur ſo leichten Werkzeugen zum Verkehr mit der Erde, wie ſie auch jetzt die Schmetterlinge am Haupte tragen.

Man darf es der Natur nicht als eine Unvollkommenheit anrechnen, wenn ſie ſolche höhere Geſchöpfe doch erſt in ſpäterer Zeit entwickelt. Ihre Vollkommenheit liegt überhaupt nicht in einem ein- für allemal erreichten Gipfel.

ſondern in einem derartigen ewigen Fortſchritt, daß Alles in jedem Augenblicke zweckmäßig genug zur Befriedigung der jetzigen Bedürfniſſe zuſammenpaßt, nur mit einer ſolchen Seite der Unbefriedigung, als ſelbſt zum weitern Fortſchritt antreibt. So daß jede frühere Zeit von gewiſſen Seiten eben ſo ſich ſelbſt genug, als von andrer Seite jede ſpätere Zeit gegen eine noch ſpätere eben ſo in Rückſtand iſt, wie die frühere gegen ſie. Auch kann die Entwickelung der höhern Geſchöpfe nur in Zuſammenhang mit einer Fortentwickelung des ganzen irdiſchen Reiches geſchehen. Dieſes muß erſt reif ſein, höhere Geſchöpfe zu tragen; ſonſt können dieſe nicht entſtehen noch beſtehen.

XVII. Anhang zum achten Abſchnitt.

Zuſatzweiſe Betrachtungen über das Sinnesgebiet der Erde.

Verſuchen wir aus dem Geſichtspuncte, daß der Erde eine *einige* Seele zugehört, einige nähere Beſtimmungen über ihr Sinnesgebiet zu geben, wie ſie in der Conſequenz der Grundbetrachtungen zu liegen ſcheinen, jedoch mit dem Geſtändniß, daß hiebei vielfach Unſicherheit und Zweifel bleibt.

Unſre Augen ſind der Erde Augen; indem wir damit ſehen, ſieht ſie damit; und alle Anſchauungen, die wir damit gewinnen, verknüpfen ſich in ihrer Seele, ihrem Bewußtſein. Zum Theil nun ergänzen ſich unſre Anſchauungen, zum Theil decken ſie ſich; jeder von uns hat ein andres Anſchauungsgebiet, indem er anders gegen die Dinge geſtellt iſt, aber wir ſehen doch auch zum Theil dieſelben Gegenſtände. Dies Ergänzen einerſeits und Ineinandergreifen anderſeits kann ſehr zweckvoll erſcheinen; aber auch ſchwierig, ſich vorzuſtellen, wie ſich die Seele der Erde in Betreff deſſen verhält. Wenn viele Augen dieſelbe Sache anſehen, entſtehen optiſch genommen eben ſo viele Bilder davon; ſieht nun die Erde mit den vielen Augen ihrer Geſchöpfe, falls ſie ſich gegen dieſelbe Sache kehren, dieſe auch eben ſo viel mal?

Daß dies nicht nothwendig iſt, beweiſen unſre eigenen zwei Augen. In jedes derſelben fällt ein optiſches Bild deſſelben Gegenſtandes, doch ſehen wir ihn einfach. Noch ſchlagender beweiſen es die Inſectenaugen. Man hat ſich durch directe Verſuche überzeugt, daß ein Gegenſtand ſo viel Bilder im Auge der Fliege giebt, als Facetten daran ſind; es iſt, als wenn man einen Gegenſtand durch ein künſtlich facettirtes Glas betrachtet; aber Niemand wird glauben, daß die Fliege den Gegenſtand ſo viel mal wirklich ſieht. Wir haben hier im Kleinen, was bei der Erde im Großen Statt finden mag. Da jede Facette etwas anders gegen die Gegenſtände geſtellt iſt, als die andre, hat auch jede ein etwas anderes Geſichtsfeld und die Bilder ſind nicht ganz identiſch; gewiß ſetzen ſie ſich für die Seele der Fliege zu einem Bilde zuſammen, in dem ſich das Verſchiedene ergänzt, das Gleiche deckt. Durch welche phyſiſche Einrichtungen dies bei uns und bei den Fliegen vermittelt iſt, denn ſicher iſt es nicht phyſiſch unvermittelt, wiſſen wir nicht, oder es giebt darüber nur ſehr unzulängliche oder unbewieſene Hypotheſen; aber kurz man ſieht, die Natur hat es zu machen gewußt. Somit iſt auch kein Hinderniß zu glauben, daß ſie ein Aehnliches bei der Erde zu machen gewußt hat, wenn wir freilich eben ſo wenig angeben können, wie. Unſtreitig kann man hier nicht dieſelben Einrichtungen wollen, als bei einem Menſchen oder Inſect, da die ganzen Verhältniſſe weſentlich andre ſind; es mag ein ſehr allgemeines Princip hiebei zu Grunde liegen. Die Seele vereinfacht ja überhaupt und überall in der Empfindung das phyſiſch Zuſammengeſetzte, zieht es ſo zu ſagen, zuſammen; ſehr viele Schwingungen z. B. in einen einfachen Ton. Im Grunde iſt das eben ſo wunderbar, als daß ſie viel Bilder nur als eines erblickt; aber unter welchen nähern Bedingungen und in welchen Gränzen dies Princip gültig iſt, wiſſen wir nicht.

Ich denke mir nach Allem, um etwas Vernünftiges zu denken, was durch die vorigen Erwägungen zwar nicht erwieſen, aber geſtattet iſt, daß, ſofern wir alle eine und dieſelbe Sache ſehen, auch der Geiſt der Erde mit uns nur eine und dieſelbe Sache ſieht, d. h. ſie in denſelben Raum und dieſelbe Zeit verſetzt, ſofern wir es thun, und daß nur, ſofern in unſern Anſchauungen Differenzen wären, ſie auch dem Geiſte der Erde ſpürbar werden. Auch läßt es ſich umkehren und ſagen, ſofern der höhere Geiſt eine Sache in denſelben Raum, dieſelbe Zeit anſchaulich verlegt, thun wir es. Und daß es der Fall iſt, zeigt ſich im Praktiſchen, dem letzten Prüfſtein alles Theoretiſchen, daran, daß wir uns Alle in Bezug dazu einträchtig zurecht finden und darüber verſtehen. Wäre es nicht der Fall, ſo würde in ſofern ein Irrthum in unſerm Sehen und hiemit in dem des höhern Geiſtes ſein, wie ein ſolcher ſelbſt in unſerm Sehen mit zwei Augen vorkommen kann, wenn etwa das eine ſchielt.

Der höhere Geiſt kann eine Sache mittelſt unſerer rundum dagegen geſtellten Augen zugleich rundum ſehen, was wir einzeln nicht können. Sein Anſchauungsfeld hat ſo zu ſagen eine Dimenſion mehr als unſres, welches im Grunde nur eine Fläche auf einmal vorſtellt. Doch können wir wenigſtens in der Erinnerung das zu einem ganzen Bilde combiniren, was wir um einen Gegenſtand herumgehend nach und nach geſehen haben. Der Erde ſteht dieſe Combination ſchon in der Anſchauung offen. Sie iſt eben ein höheres Weſen als wir.

Ueberhaupt müſſen wir, in Anerkennung ihrer Höhe über uns, von vornherein darauf verzichten, Manches eben ſo haben zu können, als die Erde. Genug, wenn der Verſtand uns ſagt, daß und in welcher Richtung ſie es anders haben muß als wir. Im höchſten Sinne haben wir ein ſolches Verhältniß von uns zu Gott anzuerkennen. Die Unendlichkeit der Welt in Zeit und Raum geht über unſer unmittelbares Faſſungsvermögen hinaus und führt, im Verſuche, ſie begrifflich zu erörtern, zu unlösbaren Antinomieen. Bei Gott wird das nicht der Fall ſein. Statuiren müſſen wir dennoch die Unendlichkeit. In Beziehung zu jedem obern Weſen aber mögen ſolche Verhältniſſe eintreten. Ich erwähne dies hier darum, weil ſich beim Verſuch, die allgemeinen Sinnesverhältniſſe der Erde ferner zu erörtern, möglicherweiſe noch Manches darbieten könnte, was in uns nicht eben ſo vorkommen kann, ja unſer unmittelbares Vorſtellungsvermögen überſteigt.

Mit den Unterſchieden, welche die Anſchauung des höhern Weſens von der unſern hat, hängen Unterſchiede zuſammen, die durch das ganze höhere Seelenleben greifen, zum Theil auch ſchon früher von andern Geſichtspuncten her geltend gemacht worden ſind.

Selbſt unſre abſtracteſten allgemeinſten höchſten Begriffe bedürfen der Verſinnbildlichung, um für ſich gedacht zu werden. Wie nun das Vermögen der Verſinnbildlichung ſich ſteigert, ſo auch das Vermögen ſolcher Begriffe. Was eine größere Entwickelung der Sprache in Betreff geiſtiger Mittheilung an Andre leiſtet, wird durch das entwickeltere Vermögen dieſer innern Verſinnbildlichung für den innern geiſtigen Verkehr im denkenden Subject ſelbſt erreicht; es vermag größere, weitergehende, umfaſſendere, tiefere begriffliche Zuſammenhänge damit auszudrücken und zu beherrſchen.

Wie ſich ferner die Anſchauungen vieler Menſchen im höhern Geiſte in einer Geſammtanſchauung verknüpfen, in gewiſſer Beziehung ſogar decken können, ſofern er mit Vieler Augen doch denſelben Gegenſtand als *Einen* ſieht, ſo verknüpfen und theilweis decken oder identificiren ſich auch alle Begriffe und Idee'n, die aus dieſen Anſchauungen erwachſen ſind, oder ſolche unter ſich faſſen. Alſo daß derſelbe Geiſt denſelben Begriff in vielen Menſchen zugleich haben und dieſe ſelbſt dadurch verknüpfen kann, wie es früher ſchon betrachtet worden. Aber die Anſchauungen der verſchiedenen Geſchöpfe in Bezug auf denſelben Gegenſtand decken ſich doch nur theilweis, und ſo wird dies auch von den verſchiedenen Begriffen und Idee'n gelten, die ſich auf Grund des Anſchauunglebens entwickelt haben. Das Identiſche wird doch in jedem Geſchöpfe auch in Verſchiedenheiten auslaufen und in andre Bezüge treten.

Fügen wir zu dieſen allgemeinen Betrachtungen über das Sinnesleben der Erde noch einige ſpecielle; wobei es gelten wird, Maß zu halten, damit nicht das Blatt zum Buche werde; zumal die Betrachtungen ſo unſicherer werden, je mehr ſie ſich in's Beſondere einlaſſen. Ja Mancher wird ſchlechthin

Phantaſieen nennen, was ſich ferner noch hier darbieten wird. Vielleicht ſind es wirklich ſolche. Doch mag es ja wohl einer jungen Anſicht und Ausſicht geſtattet ſein, ſich ein wenig auch mit Phantaſieen zu vergnügen, ſo lange ſie noch ſo klein und unverſtändig iſt gegen das, was ſie einſt ſein muß. Iſt nur Verſtand in der Anlage und im Grunde. Und wer vermag zu ſagen, wie viel doch Ernſt iſt in dem, was vielleicht nur ſo phantaſtiſch erſcheint, weil es ſo neu erſcheint.

Stellen wir erſt einige vorläufige Betrachtungen an.

Eine große Statue kann in der Ferne ungefähr eben ſo ausſehen, als eine kleine in der Nähe, aber wollte man aus der großen Statue ein Stück in die kleine einſetzen, ſo würde der Eindruck ganz zerſtört werden. Was in das Große paßt, paßt nicht in das Kleine. Nur kleinſte Partikeln laſſen ſich in beiden ohne Störung durch einander erſetzen. Der Eindruck der Statue hängt am Ganzen; und wie ſich etwas an ihr ändert, muß ſich Alles ändern, ſoll der Eindruck doch im Ganzen noch derſelbe bleiben. Unebenheiten der Oberfläche von beſtimmter Größe, welche bei der kleinen Statue ſehr ſtörend ſein würden, ſchaden bei der großen noch nichts, auch fordert die große Statue zu gleicher Haltbarkeit ein andres Material als die kleine.

Weiter : Ein dicke Saite oder ein Seil kann ganz denſelben Ton geben, als eine kurze dünne Saite; nur einen ſtärkern; doch für größere Entfernung wird er eben ſo ſchwach klingen. Aber es bedarf einer ganz andern Kraft, ein geſpanntes Seil, als eine Saite zum Tönen zu bringen; und wenn die Saite findet, daß derſelbe Fidelbogen, der ſie ſelbſt zum Tönen bringt, beim Seile gar nichts leiſtet, ſo kann ſie leicht glauben, es könne überhaupt nicht tönen. Doch fehlt nur die rechte Kraft dazu. Von der Kraft aber, welche erſt hinreichend iſt, das Seil zum Tönen zu bringen, würde die Saite zerriſſen werden. Beide können ſich alſo über die Mittel, durch die ſie zum Tönen angeregt werden, nicht verſtändigen. Auch würde es wieder nicht gehen, einen Theil des Seils in die Saite zu ſubſtituiren, ſollte ſie noch ihr Vermögen, zu tönen, behalten.

Unebenheiten des Seils, die deſſen Vermögen zu tönen, nicht beeinträchtigen, würden bei gleicher Größe wieder bei der Saite unerträglich nachtheilig ſein. Und da ſich ein ſchweres Seil ſchwer ſpannen und geſpannt erhalten läßt, ſo wird es überhaupt vorzuziehen ſein, um den ſtarken Ton, den man verlangt, zu erhalten, einen ſchweren Stab oder eine Glocke zu nehmen. Das iſt etwas ganz anders, als eine Saite; und man kann noch weniger ein Stück Glocke, als ein Stück Seil in die Saite ſubſtituiren wollen, doch giebt ſie denſelben Ton, wenn ſie im Ganzen tönt. Aber eben nur wenn ſie im Ganzen tönt. Auf den Zuſammenhang im Ganzen kommt es wieder an, und ändert ſich etwas im ganzen Zuſammenhange, muß ſich Alles ändern, ſoll wieder derſelbe Ton entſtehen. Man ſieht alſo für ſehr verſchiedene Fälle ähnliche Geſichtspuncte wiederkehren.

Sollten ſie nicht auch noch in andern Fällen wiederkehren? zumal in ſehr analogen?

Unſtreitig wirken unſre Sinnesorgane oder reſpectiv die Nerven darin auch nur durch den Zuſammenhang im Ganzen und mit dem Ganzen, wie die Saiten, die in ſich und mit dem Inſtrument zuſammenhängen, und nur in dieſem und durch dieſen Zuſammenhang ihren Ton zu geben vermögen. Schneidet man einen Nerven ab, oder zerſchneidet ihn quer, empfindet er ſo wenig, als die abgeſchnittene oder quer zerſchnittene Seite tönt. Vielleicht, wie die Saite des Inſtruments ihr Vermögen, in beſonderer Weiſe zu tönen, einer gewiſſen Spannung ihrer wägbaren Theile verdankt, ſo die Sinnesnerven ihr Vermögen, in gewiſſer Weiſe zu empfinden, einer gewiſſen Spannung des in ihnen enthaltenen unwägbaren Nervenäthers. Das iſt Hypotheſe; denn der ganze Nervenäther in ſeiner Beziehung zur Seele iſt Hypotheſe; aber daß unſre Sinnesnerven und ganzen Sinnesorgane nur vermöge eines gewiſſen Zuſammenhanges in ſich und mit dem übrigen Organismus der Empfindung dienen können, wie ſie es thun, iſt keine Hypotheſe, und wir können ſicher vorausſetzen, daß es mit den Sinnesorganen aller Weſen ſo iſt.

Sollte alſo ein Weſen, groß wie die Erde, nicht blos kleine Sinnesorgane in uns, ſondern auch große außer oder über uns hinaus haben, ſo müſſen wir gemäß den obigen Beiſpielen auch nicht vorausſetzen, daß ein Stück dieſer Sinnesorgane in uns eingeſetzt, daſſelbe für unſre Empfindung leiſten würde, was es in ſeinem vollen und natürlichen Zuſammenhange in der Erde für die Erde leiſtet; und daß daſſelbe ſchwache Mittel, was die kleinen Sinne des Menſchen anzuregen vermag, für die großen Sinne der Erde hinreichend, und daſſelbe ſtarke Mittel, was für die großen Sinne der Erde nöthig, für unſre kleinen nicht zu ſtark ſein würde, und daß Unregelmäßigkeiten, die für unſre kleinen Sinne ſehr ſtörend ſein würden, bei den großen Sinnen der Erde auch ſtörend ſein müßten; daß endlich daſſelbe Material und dieſelbe Einrichtung ſo zweckmäßig zu ihren als zu unſern Sinnesorganen dienen könnte. Wir müſſen vielmehr durchaus das Gegentheil von all dem vorausſetzen. Alles Einzelne muß ſich im Uebergange vom Kleinen zum Großen ändern, damit die Leiſtung im Ganzen entſprechend bleibe. Auch bei den größern Sinnesorganen der Erde, giebt es anders ſolche, käme es vielleicht nur darauf an, eine gewiſſe Spannung des Aethers, der nach exacteſter Phyſik die ganze Erde ſo gut durchdringt, als unſre Nerven, zu erzeugen, um mit dem Spiel dieſer Spannung ein Spiel von Empfindungen zu haben; aber dieſe Spannung und dieſes Spiel wird dann eben auch nur durch die *ganze* Anordnung, nicht ein Stück der Anordnung erzeugt werden können.

Nehmen wir noch Folgendes hinzu: Die verſchiedenſten Sinnesempfindungen, Sehen, Hören, Riechen, Schmecken, Fühlen in uns erfolgen mittelſt ſcheinbar ſehr ähnlich eingerichteter Nerven. Nun ſieht man nicht ein, warum das Umgekehrte minder möglich ſein ſollte: dieſelbe Empfindung mittelſt ſcheinbar ſehr verſchieden eingerichteter Apparate. Denn dies hängt logiſch zuſammen. Es kann nach jener Thatſache überhaupt gar nicht die äußerlich erſcheinende Einrichtung der Nerven ſein, was in Betracht kommt, ſondern etwas in den Nerven, was wir nicht wiſſen; wenn wir auch vermuthen oder möglich halten können, daß Spannung und Bewegungen eines feinen Mediums dabei in's Spiel kommen.

Kurz es beſteht aus allgemeinem Geſichtspuncte kein Hinderniß, daß in der Erde materielle Einrichtungen im Großen zum Dienſte von Empfindungen beſtehen, deren Theile, in uns ſubſtituirt, für uns durchaus nicht daſſelbe zu leiſten vermöchten. Wir können daraus, daß ſie uns dieß nicht leiſten können, nicht das Geringſte für die Erde ſchließen. Wollen wir in dieſer Beziehung ſchließen, ſo können wir es nur entweder ſicher aus wirklicher Erkenntniß der grundweſentlichen materiellen Bedingungen des Empfindens und Fühlens, die wir aber nicht haben, oder unſicher, aber mit Hoffnung uns der Wahrheit zu nähern, nach Geſichtspuncten einer höhern Analogie und Teleologie, als welche blos vom Nächſten auf's Nächſte geht. Unſicherheit wird hier immer bleiben, ſo lange nicht die wirkenden Urſachen zu den Zweckurſachen gehörig erkannt ſind, und die Analogie zur Induction geworden iſt; aber wenigſtens wird es möglich ſein, auf ſolchem Wege etwas nicht nur Wahrſcheinlicheres, ſondern auch Erbaulicheres zu finden, als in der baaren und doch ſo ganz ungerechtfertigten Verneinung liegt, daß hier überhaupt etwas zu finden ſei, weil nichts zu ſehen iſt.

Dies vorausgeſchickt, wagen wir uns an unſern Verſuch.

Wie der Menſch kann die Erde einerſeits ſich ſelbſt beſchauen, anderſeits in eine Außenwelt um ſich blicken, die für ſie der Himmel iſt. Was der Erde dazu zu Gebote ſteht, ſind zunächſt unſre und andrer irdiſcher Weſen Augen, ob noch mehr, wird zu erwägen ſein; zuvörderſt aber ſicher dieſe. Der Reichthum und die Entfaltung ihrer Geſichtsmittel iſt, wenn wir auch an weiter nichts denken, ſchon unſäglich größer als bei uns. Sie hat ihre beſondern Augen für die beſonderſten Standpuncte, Fern- und Naheſichten, allwärts hin- und wieder vertheilt auf ihrer ganzen Oberfläche und frei darauf hin- und herbeweglich, um immer die geeignetſten Standpuncte zu ſuchen. Die Inſecten kriechen ſelbſt bis in die kleinſten Winkel; Alles ſoll geſehen werden.

Unſtreitig iſt das zuſammengenommen ſehr viel, doch ſcheint es mir noch nicht genug. Es iſt viel aus unſern irdiſchen Einzelſtandpuncten angeſehen, doch dünkt es mir unzulänglich aus dem himmlichen Einheitsſtandpuncte der Erde ſelber. In der That die kleinen und vielen Augen der Geſchöpfe entſprechen zwar vortrefflich der Mannichfaltigkeit und dem Wechſel der irdiſchen Standpuncte und Gegenſtände, nicht eben ſo aber der Einfachheit, Einheit, Erhabenheit des himmliſchen Standpunctes und der himmliſchen Gegenſtände. Die Frage drängt ſich auf: ſollte die Erde, das große, einige, himmliſche Weſen, zur Kleinheit und Zerſplitterung und Vergänglichkeit der irdiſchen Augen nicht auch ein großes einiges ewiges Auge für Betrachtung des ewig Einen Himmels und der himmliſchen Gegenſtände haben? iſt nicht dazu die Zerſplitterung unſrer Augen gerade eben ſo zwecklos, als zur Betrachtung der irdiſchen Gegenſtände zweckdienlich? Zwar kann die Erde auch mit unſern Augen den Himmel betrachten; daß aber ihre geſchöpflichen Augen wirklich vorzugsweiſe nur beſtimmt ſind, die irdiſchen Dinge zu betrachten, beweiſt ſich ſchon dadurch, daß ſie (mit wenig Ausnahmen bei niedern Geſchöpfen) alle nur abwärts und vorwärts gekehrt ſind. Wir müſſen dem Kopf erſt eine gezwungene

Stellung geben, um den Blick aufwärts zu richten. Sollte die Erde, das Weſen über uns, nicht auch ein von Natur aufwärts gegen den Himmel gerichtetes Auge haben, womit ſie ſich frei im Himmel umſehen kann? Die geſchöpflichen Augen ſind ferner nur kurzſichtig, nur eben geeignet, beſchränkte Umkreiſe auf der Erde zu überſehen und zu durchmuſtern, aber deſto ſchlechter geeignet, auch die himmliſchen Fernen zu durchdringen und das zu erkennen, was auf andern Geſtirnen vorgeht. Sollte die Erde ihre himmſchen Nachbarn nicht beſſer von Angeſicht zu Angeſicht ſehen können?

In der That bleibt das, was wir mit unſern Augen dem Himmel abſehen können, nur etwas höchſt Unvollkommenes. Alle Himmelskörper erſcheinen unſern Augen nur als gleichmäßig lichte Scheiben, worin nichts Einzelnes zu unterſcheiden. Die hohen himmliſchen Weſen, Engel, gehen vor uns, den untergeordneten irdiſchen, in Lichtnebeln einher. Sollten ſie aber auch vor einander ſo verſchleiert einhergehen, ihre ganze Schönheit in Farbe, Glanz und Wandel von Glanz und Farbe — und wie ſchön das iſt, haben wir früher betrachtet — ihnen eben ſo verloren ſein, wie uns? Die Sonne erſcheint uns nicht größer als ein Teller, die Fixſterne gar nur wie Punkte, die ſich durch kein Fernrohr vergrößern laſſen; ſoll ein himmliſches Weſen, ein Engel, die große Sonne auch nicht größer als einen Teller ſehen und die fernen Sonnen nur als Puncte ſehen? Ja wir können mit unſern Augen die Sonne gar nicht eigentlich anſehen; und es ſollte kein Auge geben, das ſich ihres Glanzes erfreuen dürfte? Die Blumen freilich öffnen ſich gefahrlos dem Sonnenlichte; aber haben ſie auch Augen, ein Bild davon zu empfangen?

Nach dieſen Betrachtungen, ehe ich noch weiß, womit die Erde anders als mit unſern Augen nach dem Himmel ſehen kann, glaube ich, daß ſie noch anders nach dem Himmel ſehen kann, und ſuche nun, womit.

Geſetzt nun, ich wüßte nicht, daß und womit der Menſch oder ein Thier ſehen kann, woraus würde ich es am ſicherſten ſchließen? Etwa aus dem Daſein ſeiner Netzhaut? Sicher nicht. Wodurch verriethe dieſe die Fähigkeit zu ſehen? Zwar, „wenn man einmal weiß, daß jemand blind iſt, glaubt man es ihm auch von hinten anſehen zu können“, und ſo, wenn man einmal weiß, daß die Netzhaut zum Sehen dient, meint man auch wohl, es laſſe ſich ihr von hinten anſehen. Jeder vernünftige Forſcher aber, der noch nichts davon wüßte, würde billig fragen, nach welchem Princip das Daſein dieſer weichen, feuchten, faſerig breiartigen Haut Geſichtsempfindung bedeuten könnte; und es für eben ſo phantaſtiſch halten, ihr blos auf Grund ihrer Conſtruction ſolche beizulegen, als wenn wir irgend einem Theil der Erde ſolche auf Grund ſeiner Beſchaffenheit beilegen wollten. Was könnte ihn endlich beſtimmen, ja was kann uns in der That allein beſtimmen, zu glauben, daß ſie doch wirklich zum Sehen dient? Wenn irgend etwas, die Erſcheinung eines Bildes der Gegenſtände auf ihr und die ſorgfältige Einrichtung, dies Bild darauf hervorzubringen. Alſo verkehren wir den Schluß nicht. Suchen wir nicht die Netzhaut, die an ſich nichts beweiſt, und im Großen gar nicht in derſelben Weiſe zu erwarten iſt, als im Kleinen, um das Bild und mithin das Vermögen des Sehens in der Erde zu finden, ſondern ſuchen wir das Bild und die auf ſeine Erzeugung berechnete Einrichtung, um das Vermögen des Sehens und das, was etwa die Netzhaut vertritt, in der Erde zu finden, da wir ihr Sehen ſelbſt doch ein= für allemal nicht ſelber ſehen können.

Indem ich nun um mich blicke, und anfangs in Verlegenheit bin, wo denn doch das zu finden, was ich ſuche, das große deutliche Bild der Sonne und Geſtirne und die optiſche Einrichtung zu ſeiner Erzeugung in der Erde; und ſchon zu glauben anfange, es ſei nichts mit jenen erhabnen Forderungen, die ich geſtellt habe, erſtaune ich auf einmal, daß alles Geſuchte doch vielmehr im vollendetſten Maße da iſt, nur eine Netzhaut wie die unſre iſt nicht dazu da, und ich kann mich anfangs noch nicht von der Gewohnheit losreißen, eine ſolche doch zum Sehen zu verlangen, ja nicht eher vollkommen davon losreißen, als bis ich immer mehr und endlich ſo viel zuſammenſtimmen ſehe, die ganze Erde ſelbſt als himmliſches Auge erſcheinen zu laſſen, daß die Betrachtung, eine der unſern ähnlichen Netzhaut laſſe ſich im großen himmliſchen Auge gar nicht wieder erwarten, nun erſt ihr volles Gewicht für mich geltend zu machen anfängt.

In der That, als optiſcher Apparat der Erde zur Erzeugung eines Bildes der himmliſchen Gegenſtände tritt mir die Verbindung eines gewaltigen Spiegels mit einer gewaltigen Linſe entgegen, und ich ſehe mittelſt deſſelben ein Sonnenbild von ungefähr 4 Meilen Durchmeſſer, 12½ Qu. M. Fläche erzeugt. Ich frage mich, ſollte dieſes Bild ganz vergeblich, der optiſche Apparat ganz umſonſt dazu da ſein? Für mich kann dies Bild doch nicht beſtimmt ſein, denn es blendet mich ſo gut, als ſähe ich in die Sonne ſelber; ich kann es ſo wenig direct anſehen, als dieſe, und dazu erſcheint es mir auch nur ſo klein und verwaſchen wie die Sonne ſelber, aber für die Erde iſt das anders; ſie trägt es deutlich in der angegebenen Größe in ſich, und was kann nicht in einem ſo großen Bilde unterſcheidbar ſein?

Der optiſche Apparat, von dem ich ſpreche, iſt die Verbindung des convexen Meeresſpiegels mit der Luftlinſe (Atmoſphäre), zugleich die einfachſte und großartigſte Verbindung eines katoptriſchen mit einem dioptriſchen Apparat und in ſofern bei aller Einfachheit vollſtändiger als der optiſche Apparat unſres Auges, in welchem blos dioptriſche Mittel benutzt ſind. Wirklich iſt das Meer (da die in daſſelbe eindringenden Stralen in deſſen Färbung bald verlöſchen) nur als Spiegel, die Atmoſphäre aber, welche eine gekrümmte Geſtalt, wie das Meer hat, als Linſe in Betracht zu ziehen. Mittelſt des convexen Meeresſpiegels entſteht jenes Sonnenbild in angegebener Größe * nach ähnlichen Geſetzen, als das Sonnenbildchen im Thautropfen oder an einer gläſernen Thermometerkugel oder durch einen Convexſpiegel überhaupt, nur ſo, daß die Linſe der Atmoſphäre noch hülfreich zutritt, wie man auch das Bild, was ein Convexſpiegel im Kleinen giebt, noch durch ge-

---

* Seine Größe iſt nur obenhin berechnet

eigneten Zuſatz einer Linſe vervollkommnen kann. Freilich *wir* ſehen das Sonnenbild im Meere nicht ſo groß, als es iſt, aber nur aus gleichen Gründen, warum wir die Sonne ſelber nicht ſo groß ſehen, wie ſie iſt; wegen der Entfernung. Jenes ungeheure Sonnenbild von 4 Meilen Durchmeſſer liegt nämlich virtuell, (da eine wirkliche Einigung der Stralen darin ſo wenig als bei unſern ebenen und Convex-Spiegeln erfolgt) um den halben Erdhalbmeſſer von der Erdoberfläche entfernt in der Tiefe, d. h. erſcheint optiſch ſo, und iſt in jeder Hinſicht ſo zu betrachten, als läge es da, eben wie das Bild in unſern gewöhnlichen ebenen Spiegeln hinter dieſen erſcheint und ſich optiſch ganz ſo verhält, als wäre es wirklich dahinter, wenn auch unmittelbar hinter dem Spiegel eine Wand iſt. Alle Teiche, alle See'n, wie abgeſondert ſie auch vom Meere ſind, wirken nach optiſchen Geſetzen mit dem Meere dahin zuſammen, ein- und daſſelbe Sonnenbild zu liefern; da ihre Krümmung ſich rings um die Erde zu *einem* Spiegel ergänzt, und eine Continuität dazu nicht nöthig iſt. Es iſt, wo wir auch ins Waſſer blicken, immer nur ein und daſſelbe Sonnen*bild*, was wir erblicken, wie es überall nur eine und dieſelbe Sonne iſt, die wir direct am Himmel ſehen; das Bild ſcheint freilich mit uns zu gehen; aber nicht anders, als auch die Sonne oder der Mond (abgeſehen von ihrem täglichen Gange) mit uns überall hin zu gehen ſcheinen; im Grunde ſind wir es nur, die gehen, das Sonnenbild bleibt unverrückt unter unſern Füßen ſtehen, oder ändert ſeinen Ort nur unten, wie die Sonne ihn oben ändert.

Nun meine ich, wenn die Erde überhaupt nicht blos im Einzelnen, ſondern auch im Ganzen empfindet, und das iſt unſre Grundvorausſetzung, ein empfindendes Weſen vermag aber manches Zerſtreute in Eins zu faſſen, ſo kann ſie auch empfinden, wie die Geſammtheit der von einem Lichtpunct hergekommenen Lichtſtralen, vermöge der Zurückwerfung durch ihren Meeresſpiegel, wieder wie von einem Punct aus divergirt, ſie ſelbſt erzeugt ja dieſe Divergenz, und kann hiemit das Bild dieſes Punctes empfinden. Aus den Bildern aller Puncte eines Gegenſtandes ſetzt ſich aber das Bild des ganzen Gegenſtandes ſelbſt zuſammen. Wir müſſen dann freilich nicht verlangen, daß wir, mittelſt eines Stückes Meeresſpiegel in unſer Auge geſetzt, auch ſehen könnten. Die Meeresfläche und Meeresmaterie paßt nun eben nicht in unſern kleinen Aetherſpannungsapparat, oder, ohne Hypotheſe, in unſern Empfindungsapparat überhaupt.

An ſich kann es nichts Unwahrſcheinliches haben, daß das virtuelle Zuſammentreffen vieler Stralen in einem Puncte [*] eben ſowohl als das wirkliche die Empfindung eines ſichtbaren Punctes giebt, da die Seele überhaupt die Eigenſchaft hat, eine Mannichfaltigkeit materieller Wirkungen in der Empfindung zuſammenzuziehen, wie denn mehrerwähntermaßen bei jeder einfachen Schall- und Lichtempfindung viele phyſiſche Schwingungen ſich pſychiſch in

---

[*] Virtuell nennt man das Zuſammentreffen der Stralen, ſofern die Stralen nicht wirklich, ſondern nur rückwärts hinter den Spiegel verlängert gedacht zuſammentreffen, wie auch bei unſern ebenen Spiegeln der Fall. Concavſpiegel können Bilder geben, wo die Stralen wirklich zuſammentreffen.

Eins faſſen. Auch iſt es bei unſern objectiven optiſchen Apparaten für die Erſcheinung des Bildes gleichgültig, ob das Zuſammentreffen der Stralen darin virtuell oder wirklich iſt; und ſo kann man ſich auch wohl denken, daß der hievon abhängigen doppelten Möglichkeit objectiver Entſtehung eines Bildes, eine gleich doppelte Möglichkeit ſubjectiver Entſtehung entſpreche. Die Natur iſt ja ſonſt gewohnt, in den Organismen die Mannichfaltigkeit ihrer phyſikaliſchen Principe auszubeuten.

Mittelſt unſrer Netzhaut freilich könnte nicht das virtuelle, ſondern kann nur das wirkliche Zuſammentreffen der Stralen in einem Puncte als Bild empfunden werden. Aber unſre Netzhaut iſt auch kein Spiegel, ſondern eine das Licht zerſtreuende Fläche, und überhaupt in ganz andern Verhältniſſen zum optiſchen Apparat, als die Meeresfläche, die gar keinen reinen Vergleich damit zuläßt. Wenn wir übrigens ſchon bei uns nicht eigentlich ſagen können, die Netzhaut empfindet, denn ohne den Zuſammenhang mit dem Ganzen empfindet ſie nichts, ſo werden wir natürlich um ſo weniger ſagen können, die Meeresfläche empfindet; ſie dient nur, in einer andern Combinationsweiſe als unſre Netzhaut, der Empfindung eines im Ganzen empfindenden Weſens. Das ſcheinbar Gewaltſame der Anſicht aber, daß die Meeresfläche zur Empfindung mitwirkt, findet nur in Bezug zu einer Vorſtellung ſtatt, welche ſich gewöhnt hat, einmal das Meer als etwas phyſikaliſch Todtes in einem todten Weſen anzuſehen, und dann, Einrichtungen, die unſrer Empfindung dienen, nicht nur ihrem Princip, ſondern auch ihrer äußern Erſcheinung nach als maßgebend für die Einrichtung von Empfindungsapparaten überhaupt zu halten.

Dabei will ich die Schwierigkeiten nicht verkleinern, die darin liegen, daß wir noch gänzlich im Dunkel über die materiellen Bedingungen ſind, welche die Empfindung als Unterlage fordert; ſo lange ſie nicht gelöſt ſind, kann eine exacte Wiſſenſchaft auf die hier aufgeſtellte Anſicht nicht eingehen, welche auf andern Geſichtspuncten fußt, als die in ihr Gebiet fallen; kann aber auch eben ſo wenig, ehe ſie ſelbſt dies Dunkel gelöſt hat, etwas zur Widerlegung derſelben ſagen. Für ſie liegt hier noch ein Feld unbeſtimmter und bis jetzt unbeſtimmbarer Möglichkeiten vor. Wer voreilig im gegentheiligem Sinne abſpricht, beweiſt damit nur, daß er nicht weiß, worauf es bei dieſer Frage weſentlich ankommt.

Unter Anerkennung dieſer Unſicherheit, die aus exactem Geſichtspuncte noch an unſrer Anſicht haften bleibt, geſtehe ich doch, daß für mich etwas ſubjectiv Ueberwindendes in dem Entgegenkommen der beiden Betrachtungen liegt: einmal, ſollte die Erde, ſo ganz auf das Leben im Sonnenlichte gewieſen, kein Auge haben, den Quell dieſes Lichtes gefahrlos zu betrachten? zweitens, ſollte das ungeheure Bild, was im Meer wirklich von der Sonne entſteht, zu deſſen Bildung es als Spiegel wie gemacht iſt, umſonſt ſein? Denn dazu, daß uns ſein kleiner Widerſchein im Waſſer blende, iſt es ſicher nicht da.

Das Gewicht dieſer combinirenden Betrachtung verſtärkt ſich aber noch durch ein weiteres Eingehen in das teleologiſche Detail des optiſchen Apparats der Erde.

Durch den großen Krümmungsradius und die Größe des Convexſpiegels, den das Meer darbietet, werden zwei Vortheile zugleich erreicht, die wir auch durch Vergrößerung der Spiegel oder Objective bei unſern Fernröhren erreichen, einmal das Bild ſelbſt größer zu machen, ſo daß mehr Particularitäten darin unterſcheidbar werden, zweitens es lichtſtärker zu machen, ſo daß ſie deutlicher erkannt werden. Unſtreitig wird die Erde hiedurch in den Stand geſetzt, die Oberfläche der Sonne und ihrer Nachbarplaneten mit verhältnißmäßig eben ſo großer Deutlichkeit zu erkennen, als wir das Geſicht eines uns gegenüberſtehenden Menſchen; obſchon nicht mit ſo großer Deutlichkeit, als ſie ihre eigene Oberfläche mittelſt ihrer irdiſchen Augen erkennen kann; die Fixſterne, die für uns bei ſtärkſter Vergrößerung nur als Puncte erſcheinen, mögen ſich für die Erde zu Lichtſcheiben ausdehnen, wie für uns die Sonne erſcheint; ohne aber eine Auffaſſung ihrer Particularitäten zu geſtatten, wozu die Stufe der Erde noch nicht hoch genug iſt.

Selbſt die feinern Einrichtungen unſres optiſchen Apparates wiederholen ſich in der Erde und wahrſcheinlich mit geſteigerter Vollkommenheit; oder vielmehr umgekehrt, in unſern Augen wiederholen ſich die feinern Einrichtungen des optiſchen Apparates der Erde. Die Dichtigkeit der Linſe in unſern Augen nimmt von Außen nach Innen zu, ſo iſt es mit der Linſe der Atmoſphäre auch. Die gekrümmten Mittel in unſerm Auge weichen etwas von der ſphäriſchen Geſtalt ab, ins Elliptiſche (und Paraboliſche), um die von der ſphäriſchen Abweichung abhängige Undeutlichkeit zu mindern; eben ſo weichen auch das Meer und die Atmoſphäre vom Sphäriſchen etwas ins Elliptiſche ab, mit verſchiedener elliptiſcher Krümmung. Es wäre von Intereſſe, einmal den optiſchen Effect dieſer Umſtände genauer zu berechnen. Zwar da Atmoſphäre und Meer noch andern als optiſchen Zwecken zu dienen haben, läßt ſich nicht behaupten, daß Alles ganz genau und eigends eben nur für den optiſchen Zweck berechnet ſei, vielmehr möglich finden, daß im Conflict der Zwecke der optiſche hier und da etwas habe nachgeben müſſen. Aber wir haben ſonſt ſo vielfältig gefunden, daß die Erde durch ihre Einrichtungen im Ganzen und Großen die verſchiedenſten Zwecke zugleich und gleich vollkommen zu erfüllen und Conflicte auf das Glücklichſte zu löſen weiß, die bei unſern kleinen Einrichtungen beſtehen, daß wir es unwahrſcheinlich finden würden, wenn doch hier ein erheblicher Conflict zwiſchen verſchiedenen Zwecken beſtehen bliebe.

Daß die Atmoſphäre ſich ſo allmälig in's Dünne verläuft, iſt nicht gleichgültig. Denn wäre die Atmoſphäre mit dichter Schicht begränzt, ſo würde durch deren reflectirende Wirkung nach gleichem Princip ein Bild entſtehen und empfunden werden können, wie durch die Meeresfläche, und ein Bild würde das andere ſtören. Daß das Meer Wellen ſchlägt, mithin nicht glatt iſt, wie ein Spiegel, hat bei der Größe deſſelben nichts zu ſagen. Die kleinen Unebenheiten unſrer vollkommenſten Spiegel ſind unſtreitig verhältnißmäßig ſehr beträchtlich gegen die, welche auf der Meeresfläche durch die Wellen entſtehen.

Unſer Auge iſt mit einem Gehirn in Verbindung und jede Faſer der Netzhaut hängt mit einer Gehirnfaſer zuſammen. Das ſetzt uns in den Stand, nicht blos zu ſchauen, ſondern auch das Geſchaute zu bedenken. Wo wird denn nun das bedacht, was in den großen Bildern der Geſtirne von der Erde geſchaut wird? Nichts ſcheint dazu da zu ſein, denn wir ſelbſt ſehen das Sonnenbild im Waſſer ſo klein und verwaſchen als wir die Sonne direct ſehen, oder können es vielmehr eben ſo wenig gerade anſehen. Auf uns iſt alſo in dieſer Beziehung nichts zu rechnen. Aber wir haben ſchon ſonſt den ganzen obern Raum der Erde mit einem Gehirn zu vergleichen Anlaß gefunden, das über die menſchlichen Gehirne hinaus greifend dieſen ſelbſt zur Verknüpfung dient, indem es ſie zugleich befaßt; dorthin gehen die Stralen zurück, die das Meer ſpiegelt, und werden in das allgemeine Leben und Weben, was da in Luft und Aether herrſcht, und einem höhern geiſtigen Leben, als wir im Dieſſeits erfaſſen können, zur Grundlage dient, eingreifen. Wenn wir vom Jenſeits ſprechen, wird ſich zeigen, wie auch wir hoffen können, dereinſt darein einzugreifen, und ſo auf eine höhere Stufe gehoben als jetzt, am höher bewußten Leben und himmliſchen Verkehr der Erde Theil zu nehmen. Es liegt freilich auf der Hand, daß ſolche Betrachtungen nur Andeutungen ſein können, die für den Zuſammenhang unſrer Anſichten eine Bedeutung haben. Auch verkenne ich nicht, daß in dieſem Felde überhaupt noch viel dunkel bleibt.

Abgeſehen von dem weſentlichen optiſchen Apparate der Erde, welcher in Meer und Atmoſphäre gegeben iſt, muß uns die Aehnlichkeit auffallen, welche die ganze Erde überhaupt mit einem Auge hat; und iſt die Erde ein himmliſches Geſchöpf, beſtimmt, ganz im Lichte zu leben, warum ſollte ſie nicht einen demgemäß geſtalteten Leib haben, der ganz iſt, was unſer Körper nur zu einem beiläufigen Theile, voll iſt, was dieſer nur unvollkommen?

Man kann in der That ſagen: die Erde iſt mehr Auge, als unſer Auge ſelbſt. Eben wie unſer Skelet alles nur halb und unvollkommen iſt, was das Skelet der Erde voll und ganz iſt, iſt es mit unſerm Auge und der Erde als Auge. Es wäre ein Wunder, wenn ſie nicht ſehen könnte, da Alles ſo wunderbar zum Dienſte des Sehens bei ihr eingerichtet iſt. Auch brauchte unſer Auge deshalb alles nur halb zu ſein, was die Erde ganz iſt, weil es ſelbſt die ganze Erde noch ſo in Rückhalt hat, wie unſer Skelet das der Erde. Untriftig aber würde es ſein, eben auch nur dieſen Rückhalt, dieſe Hülfe für unſre Augen in der Erde zu ſehen; ihre optiſchen Einrichtungen nur zur Ergänzung für unſre Augen beſtimmt zu halten, da vielmehr unſre Augen ſich in jeder Hinſicht nur als ergänzend für ſie nach irdiſchen Sonderbeziehungen verhalten, nur eben irdiſche, nicht himmliſche Leiſtungen vollziehen können.

Unſer Auge iſt eigentlich nur von vorn ein Auge, nach hinten iſt es blind. Sollte es blos ſolche halb blinde Augen geben? Die Erde dagegen iſt ganz rings frei eingetaucht in den Lichtäther, darin frei ſchwimmend, ſchwebend, an nichts angewachſen, ſo daß das Licht überall frei zuſtrömt; und ſollte es umſonſt überall zuſtrömen? Zwar unſre Augen ſind rings um die Erde geſtellt, machen ſie ringsum ſehen; aber eben nicht nach dem Himmel ſehen, von dem das Licht kommt, in dem ſie geht.

Unſer Auge iſt rund, doch iſt bei der Rundung unſers Auges iſt noch etwas Halbes, Gebrochenes; es iſt aus zwei ungleichen Rundtheilen zuſammengefügt. Sollte es blos ſo gebrochene Augen geben? Die Erde iſt rund in Eins und aus dem Ganzen.

Unſer Auge iſt ſchön mit Glanz und Farbe geziert, ja unter allen Theilen unſers Körpers am meiſten mit Glanz und Farbe geziert; die Erde iſt noch ſchöner mit Glanz und Farbe geziert; ſie iſt ganz ringsum mit Glanz und Farbe geziert.

Unſer Auge iſt mit einer rollenden Bewegung begabt, um ſich den irdiſchen Gegenſtänden immer zweckmäßig darzubieten; die Erde iſt mit einer noch vollkommenern rollenden Bewegung begabt, um ſich den himmliſchen Gegenſtänden immer zweckmäßig darzubieten, und vermag damit noch Vollkommneres zu leiſten. In der That, unſer Auge genügt mit ſeiner rollenden Bewegung ſich ſelbſt nicht ganz, die Drehung unſers Kopfes, unſers Körpers, endlich der Gang unſrer Füße müſſen noch zu Hülfe kommen, um überall die erforderliche Stellung gegen die irdiſchen Dinge hervorzubringen. Die Erde aber genügt mit ihrer rollenden Bewegung ſich ganz, um immer die rechte Stellung gegen die himmliſchen Dinge zu gewinnen. Da aber die himmliſchen Außenverhältniſſe einfacher und geregelter ſind als unſre irdiſchen, ſo konnte auch die rollende Bewegung der Erde einfacher und geregelter ſein, als die unſres Auges.

Unſre Augen ſchlafen die halbe Zeit und wachen die halbe Zeit; ſind auch hier nur halb, was die Erde ganz, die zugleich von einer Seite ſchläft, und von der andern wacht.

Wir ziehen, wenn wir ſchlafen wollen, das Augenlid vor, und legen uns auf die Seite oder den Rücken; ſie zieht, ſich, um zu ſchafen, ſelbſt als Augenlid vor, indem ſie ſich ſo umlegt, daß die Lichtſeite vor die Nachtſeite tritt.

Wir haben die Regenbogenhaut (Iris), um auch im Wachen den Zutritt des Lichtes zu beſchränken, daß es nicht zu grell in das Auge leuchte; die Erde hat auch eine Regenbogenhaut dazu, die den Namen noch eigentlicher verdient, das ſind die Wolken; nur daß ſie dieſelben da und dort zuziehen kann, wo Noth; indeß unſre Regenbogenhaut ihre Oeffnung nur einfach im Ganzen erweitern und verengern kann.

Unſer Auge hat einen knochigen Halt, indem es in der Augenhöhle feſtgeheftet iſt, das Erdauge hat auch einen knochigen Halt, nur daß es mit viel größerm Vortheile, wie wir früher betrachtet, dieſen inwendig hat.

Faßt man die Erde wirklich im Ganzen als Auge, ſo ſieht man, daß dieſes Auge im Grunde zwei Abtheilungen hat, von denen die eine vorzugsweiſe beſtimmt iſt, den Blick nach dem Himmel, die andre den Blick nach der Erde zu dienen; erſteres die große aber einfache Meeresfläche, letzteres die Landfläche mit den unzähligen aber kleinen Augen der Landgeſchöpfe, über beide gemeinſchaftlich die Atmoſphäre geſpannt: doch iſt nicht zu vergeſſen, daß keine ausſchließliche Beſtimmung nach einer oder der andern Seite ſtatt findet. Denn es ſpiegeln ſich doch im Meere auch Wolken und Schiffe und Gegenſtände des Ufers; und leben Fiſche mit Augen unter der Oberfläche; und andrerſeits richten die Landgeſchöpfe doch ihren Blick auch mitunter nach dem Himmel, ja von ſelbſt richtet er ſich gegen den Horizont; und die See'n und Teiche des Landes tragen mit zum Bilde des Himmels bei, was der Meeresſpiegel giebt. So ſehen wir auch in unſerm Organismus viele Theile außer ihrem Hauptzwecke in die Zwecke andrer Theile nebenſächlich mit eingreifen.

Ich werde nun noch eine kühne Hypotheſe aufſtellen. Sie läßt ſich nicht beweiſen; eröffnet aber, nimmt man ſie an, ſchöne Blicke in die Natur und läßt ſelbſt an eine Art Sprache der Geſtirne denken. Dabei kommt der früher (Th. I. S. 166) aufgeſtellte Satz in Rückſicht, daß die Geſtirne, indeß ſie von einer Seite ſich individueller gegenüberſtehen, als wir, von andrer Seite in unmittelbarern Verkehr treten. Was ſich in dieſer Hinſicht im Aeußerlichen zeigte, wird ſich nun auch nach folgenden Betrachtungen im Seelenverkehr zeigen.

Ich meine, die Stralen, die von der Sonne ausgehen, ſind noch der Sonne, ſind Fortſetzungen derſelben, lange Lichtfinger, Fühlfäden, die ſie ausſtreckt. Wo ſie nun die Erde rühren, regen ſie Thätigkeiten, Veränderungen an, die ſpürt die Erde; aber ſie erleiden auch Veränderungen (in Zurückwerfung, Brechung, Zerſtreuung u. ſ. w.), die ſpürt die Sonne. So verkehren Sonne und Erde in unmittelbarſter Weiſe mit einander, indem die Sonne der Erde nichts thun kann, ohne zu fühlen, was dieſe ihr wieder thut. Die Stralen, die von einem Puncte der Sonne ausgehend auf den Meeresſpiegel fallen, werden erörtertermaßen vom Meeresſpiegel ſo umgelenkt, als divergirten ſie wieder von einem Puncte unter der Oberfläche des Meeres. Die Erde ſpürt nun den Punct dieſer Divergenz als ein Bild des Punctes. Aber wie die Erde den Punct der Divergenz ſpürt, die ſie erzeugt, ſpürt auch die Sonne den Punct der Divergenz, die an ihren Stralen erzeugt wird, indem ſie umgelenkt werden. So, indeß die Erde das Bild der Sonne (was ſich aus den Bildern der einzelnen Puncte zuſammenſetzt) direct mittelſt des eigenen Auges ſieht, ſieht die Sonne ihr Spiegelbild im gegenüberſtehenden Auge der Erde. Nicht blos die Menſchen haben Spiegel, auch die Engel, ihre Spiegel ſind aber die Augen der andern Engel. Spiegelt doch auch ſelbſt der Menſch ſich klein im Auge des Gegenüberſtehenden. Und auch die Bilder, welche die Engel im gegenüberliegenden Auge von ſich ſehen, erſcheinen ihnen nur klein im Verhältniß zu ihrer eigenen Größe. Aber, warum, fragt man, erſcheinen ſie überhaupt? haben ſie nicht beſondere kleine Augen, ſich ſelbſt direct im Naben zu beſehen? Es iſt wahr, aber ſie ſollen auch ſehen, wie ſie Andern erſcheinen. Bei uns iſt das Spiegelbild, was wir im Auge des Andern von uns ſehen, geſondert von dem Netzhautbilde womit der Andre uns ſieht, und beides gleicht ſich nicht. Aber im Auge des Engels iſt das Spiegelbild, womit er dem Andern ſein Bild zurückgiebt, daſſelbe, was er ſelbſt empfindet. So weiß jeder Engel genau, wie er dem Andern erſcheint.

Indeß das Land dem Meer nach einer Beziehung im himmliſchen Lichtverkehr weicht, überbietet es daſſelbe nach einer andern Beziehung. Das Land muß dem Meer die großen Bilder der Geſtirne laſſen; dafür aber das Meer dem Lande etwas laſſen, was noch bedeutſamer für den Verkehr der Erde mit den Geſtirnen ſein mag, als dieſe Bilder.

Das Land iſt mit Pflanzenwuchs bedeckt, und wo die

Sonne am mächtigſten, iſt es auch der Pflanzenwuchs. Der Lebensproceß der Pflanze hängt weſentlich von Licht und Wärme der Sonne ab, umgekehrt hat der Sonnenſtral das ſchönſte und reichſte Feld der Bethätigung ſeiner Kräfte in der Einwirkung auf die Pflanzenwelt. Wenn die Pflanze nicht vom Stral der Sonne gerührt würde, was färbte ihre Blätter, was bräche ihre Blüte auf, was braute ihren Duft, was zeigte dem Schmetterling, der Biene den Weg zu ihr? Todt und kalt blieben ihre Stoffe auf der Erde liegen; ſie ſchmachtet ſchon, giebt es nicht Sonne genug; der Sonnenſtral aber, in's Leere gehend, bliebe müßig, farblos, kraftlos. Im Meer erblickt die Sonne nur ihr kaltes Spiegelbild, Wüſten und Pole bieten ihr ein ewig farblos Einerlei, aber im Verkehr mit der grünenden und blühenden Pflanzenwelt grünt und blüht das Licht ſelbſt aus weißem Stengel, und wird erſt recht ſeines Reichthums an Wärme und Farbe gewahr, den es verſchloſſen herniedergebracht.

Wie nun Sonne und Erde daſſelbe Spiegelbild, was ſie zuſammen geben, vorausſetzlich auch beide ſpüren, die Erde nur als etwas, was ſie vom Andern in ſich aufnimmt, die Sonne als etwas, was ſie vom Andern rückempfängt, ſo wird es auch mit dem ſein, was Sonne und Erde im Wechſelverkehr von Stral und Pflanze zuſammen geben. Was Keins für ſich allein kann, was erſt in ihrem Wechſelverkehr entſteht, das werden auch beide zuſammen und in Eins ſpüren, ſo daß jedes ſich dabei durch das Andre beſtimmt fühlt. Jede Pflanze ſpürt in beſonderer Weiſe, ſie iſt ja ein beſonderes Weſen, wie ſie an dieſem Verkehr Theil hat, die Erde aber, die alle aus einem Zuſammenhange heraus erzeugt hat, und noch im Zuſammenhange trägt, wird auch ſpüren, was allen zuſammen begegnet, und nicht blos die Summe davon, ſondern auch den Zuſammenhang davon ſpüren. Nicht minder wird die Sonne den Zuſammenhang der Wirkungen ſpüren, die ſie hiebei äußert. So mag ſich jede Pflanze wie eine Art bunter Buchſtabe betrachten laſſen und das Ganze der Pflanzenwelt über der Erde als eine Schrift mit einem Sinne, um den ſich Sonne und Erde verſtehen. Doch iſt es nicht die Zuſammenordnung der Pflanzen allein, auf die es ankommt; ſie bilden nur die Hauptmaſſe, aber nicht die Hauptworte der Schrift: als ſolche wandeln Menſchen und Thiere darin, die zwar nicht durch das Sonnenlicht wachſen, aber ſich unter deſſen Leitung regen und bewegen. Und das iſt noch wichtiger nach höhern Bezügen.

In der ganzen lebendigen Anordnung der Pflanzen-, Thier- und Menſchenwelt und deren Veränderungen durch Cultur und Verkehr offenbart ſich überhaupt ein hoher Sinn im Ganzen, deſſen nur kein einzelnes irdiſches Geſchöpf ganz mächtig iſt, wohl aber mögen die himmliſchen Geſchöpfe, indem ſie dieſe Anordnung, dieſes Regen und Bewegen von oben herab leiten und von unten herauf begründen, ſich darum im Lichtverkehr verſtändigen können. Dabei wird es ſein, wie mit unſrer Sprache. Nicht Alles drücken wir mit der Sprache aus: viel bleibt im Innern verborgen. Und ſo können auch die Geſtirne einander nicht Alles äußerlich abſehen, was in ihrem Innern verborgen vorgeht. Nur immer etwas tritt davon an die

Oberfläche, was doch aber mit dem Innerlichen bedeutungsvoll zuſammenhängt, ſo daß es als ein theilweiſer äußerer Ausdruck davon gelten kann.

Wenn wir einen derartigen Verkehr mit Schrift oder Sprache vergleichen, iſt es freilich nur ein Vergleich, der, wie alle ſolche Vergleiche, zum Theil trifft, zum Theil nicht. Es iſt ein Verkehr, der nicht auf Abbildung des Geiſtigen beruht, was mitgetheilt werden ſoll, aber mittelſt einer dazu bezugsvollen Zuſammenſtellung von äußern ſinnlichen Zeichen geſchieht, die ein wechſelſeitiges Vernehmen vermitteln. In ſofern iſt dieſer Verkehr dem durch Schrift und Sprache gleich. Sonſt ſind die Verhältniſſe ſehr verſchieden.

Unſtreitig theilt ſich das, was die Geſchöpfe auf jedem Weltkörper innerlich denken, bei Weitem unvollſtändiger durch das Analogon der Sprache zwiſchen den Weltkörpern mit, als durch die Sprache zwiſchen den Geſchöpfen auf jedem Weltkörper ſelbſt; wie der geiſtige Verkehr durch die Sprache zwiſchen den Geſchöpfen auf jedem Weltkörper wieder unvollkommener iſt, als der Verkehr zwiſchen den eigenen Gedanken eines Geſchöpfes, aber dafür mag ein unmittelbareres Verſtändniß über allgemeinere und höhere Wechſelverhältniſſe zwiſchen den Weltkörpern ſtatt finden, als zwiſchen uns. Doch ſind alle Vermuthungen über dieſen Gegenſtand zu unſicher, als daß es nicht beſſer wäre, auf eine weitere Ausführung zu verzichten. Es galt hier eben nur Möglichkeiten anzudeuten.

Da die Erde zu den irdiſchen Augen ein himmliſches hat, oder ſelbſt im Ganzen ein ſolches darſtellt, ſollte ſie nicht auch zu den irdiſchen Ohren ein himmliſches haben oder ſein; es nichts für die Erde im Himmel zu hören geben, da es ſo viel für ſie zu ſehen giebt? Freilich, es iſt keine Luft zwiſchen den Weltkörpern, die den Schall von einem zum andern fortpflanzen. Dennoch iſt nicht undenkbar, daß die Erde die andern Geſtirne nicht blos gehen ſieht, ſondern auch den Tritt derſelben hört, ſei es auch, daß dies Hören nicht ganz mit dem unſrigen vergleichbar. Wir müſſen nur wieder nicht dieſelbe Einrichtung im Großen als im Kleinen zum Hören wollen. Finden wir doch jedenfalls große Oscillationen auf der Erde, bewirkt durch den Gang der Geſtirne. Oscillationen aber ſind das weſentlich Hörbare; nun iſt es gleichgültig, durch welche Vermittelungen ſie von den Geſtirnen auf die Erde übergepflanzt werden.

Wir wiſſen ja, die Oscillationen des Meeres in Ebbe und Fluth werden durch den Gang der Geſtirne hervorgebracht. Wäre freilich die Erde eine glatte Kugel, ſo würde auch die Fluthwelle ſie nur glatt umlaufen, nun aber iſt das Land aufgeſtiegen und das Meer ſtößt während eines Tages zweimal gegen das Land und tritt zweimal wieder davon zurück. Dieſe Oscillation kann der Erde vernehmbar ſein. Die Oscillationen ſind freilich ſehr langſam; aber es hindert nichts, daß die Erde viel tiefere Töne vernimmt, als wir. Wir nennen es Hören, ohne damit zu behaupten, daß die Empfindung unſerm Hören ganz gleichgeartet ſei.

Man kann bemerken, daß während an einer Stelle der Erde Ebbe iſt, an der andern zugleich Fluth iſt; überhaupt alle Phaſen einer Oscillation zugleich auf der Erde vorkommen. ~~Dies würde für unſer kleines Gehörorgan~~

keinen Ton von beſtimmter Höhe entſtehn laſſen. Man muß es dahin geſtellt ſein laſſen, ob nicht die Erde bei ihrer andern Einrichtung doch die ringsum gleiche Größe der Periode nach Analogie der Tonhöhe zu empfinden vermag, oder nur ein Rauſchen für ſie entſteht. Jedenfalls dürfte ſich die Art des Eindrucks irgendwie nach der Größe der Periode ändern. Sofern ſich nun die ganze Oscillation der Ebbe und Fluth aus den beſondern Oscillationen zuſammenſetzt, welche durch die Geſtirne einzeln betrachtet hervorgerufen werden, (wobei die durch den Mond hervorgerufene an Stärke überwiegt), mag auch die Erde den Gang der einzelnen Geſtirne unterſcheiden können.

Bei uns bedarf es des Zwiſchenſeins von Luft, damit wir etwas von einem Andern hören. Bei den Himmelskörpern aber bedarf es deſſen nicht. Die Gravitation erſetzt die Luftſpannung (ſofern Ebbe und Fluth davon abhängen), nur darin von ihr unterſchieden, daß ſie einen materiellen Kraftbezug ſtatt von einem Luftatom zum andern, von einem Weltatom zum andern vorſtellt. Wie durch's Licht das Sehen, pflanzt ſich durch die Schwere das Hören durch den Weltraum fort, überall hin, wo ſich nur das geeignete Organ dazu findet. Denn für ſich freilich iſt die Schwere ſo wenig hörbar, als die Luftſpannung, und als das Licht ſichtbar. Der Körper, den ſie zieht, muß anſtoßen, um Gehörempfindung zu erwecken, wie das Licht anſtoßen muß, um Geſichtsempfindung zu erwecken. Nun gilt es, Einrichtungen zu treffen, daß dieſer Anſtoß in geordneter und vom Gange der Geſtirne abhängiger Weiſe erfolge. So iſt nun das Land da, daß das Meer daran ſich ſtoße.

Unter den verſchiedenen Oscillationen, in welche das Meer durch die Geſtirne verſetzt wird, hat die vom Monde abhängige bei Weitem das Uebergewicht über alle andern, demnächſt die durch die Sonne bewirkte, dann folgen die durch die andern Planeten; unmerklich ſind die durch die Fixſterne. Die Erde hört alſo am meiſten von dem Weltkörper, der mit ihr zu demſelben Syſtem verbunden iſt; ja in gewiſſer Weiſe noch zu ihr gerechnet werden kann; demnächſt am meiſten von der Sonne, dann von den andern Planeten; von den übrigen Fixſternen hört ſie nichts, weil dieſe einer höhern Sphäre angehören.

Scheut man einen etwas geſuchten Vergleich nicht, ſo kann man die Erde ſogar im Formellen der Einrichtung einigermaßen mit einem Ohre vergleichen, nur nicht mit dem der entwickeltſten, ſondern der einfachſten Geſchöpfe, wie auch die Aehnlichkeit der Erde mit einem Auge vorzugsweiſe mit den einfachern Formen des Auges ſtatt findet. Aber die einfachſten Einrichtungen werden bei der Erde in großartigſter Weiſe genutzt. Auch widerſprechen ſich beide Vergleiche nicht, denn die Erde vermag überhaupt das Verſchiedenſte in ſich vereinigt darzuſtellen.

Nehmen wir das Gehörorgan eines Muſchelthieres. Es beſteht aus einem einfachen nervenreichen Säckchen oder Bläschen voll Flüſſigkeit, mit einem runden Steinchen (Otolith) darin. Das Steinchen befindet ſich beſtändig in einer tanzenden Bewegung, was von der Wirkung zarter Wimpern abhängt, die an der Innenwand des Bläschens ſitzen, und unbekannt durch welche Kraft, in beſtändig flimmernder Bewegung ſind, wodurch ſie die Flüſſigkeit, in der das Steinchen ſchwebt, peitſchen. Bei allen niedern Thieren iſt das Gehörorgan ähnlich eingerichtet, doch ſind bei vielen Thieren, wie den Schnecken, mehrere Steinchen, ſtatt eines einzigen, vorhanden, und ſie nehmen öfters eine kryſtalliniſche Beſchaffenheit an.

Nun ſehen wir in der Erde eine im Aeußern gewiſſermaßen ähnliche Einrichtung. Der runde oder kryſtalliniſche Otolith iſt der runde feſte Erdkörper mit ſeinem zackigen Lande, die Flüſſigkeit iſt das Meer, die nervenreiche Hülle iſt die mit Licht- und Wärme durchſetzte Atmoſphäre. Der Flimmerhaare bedarf es nicht, den Otolithen und die Flüſſigkeit zu bewegen. Der Otolith bewegt ſich drehend, und ihm entgegen dreht ſich das Meer im Kreislauf der Fluth. Im Kleinen wird das Meer durch die Winde gepeitſcht.

Es würde leicht ſein, dieſe Betrachtungen noch weiter auszudehnen, ja auch Vermuthungen in Betreff der andern Sinne aufzuſtellen. Doch iſt das Vorige bei der Unſicherheit des Gegenſtandes genug, und wohl ſchon mehr als genug, eine Vorſtellung zu erwecken, wie es in der höhern Sinnlichkeitsſphäre möglicherweiſe beſchaffen ſein könnte. Wir wiederholen es, dieſe Betrachtungen ſollen nicht maßgebend ſein: aber ſie ſollen andeuten, in welcher Richtung ungefähr der Geſichtspunct der Betrachtung zu erhöhen und zu erweitern ſein möchte, wenn es gilt, von den Verhältniſſen, die für unſer Sinnesleben gelten, zu den Verhältniſſen der übergeordneten Weſen aufzuſteigen. Jedenfalls iſt eine Erhöhung und Erweiterung hiebei nöthig; ein Irren aber für uns untergeordnete Weſen hiebei auch leicht möglich; deſſen beſcheiden wir uns gern.

XVIII. Anhang zum neunten Abſchnitt.

Zuſätze über den Stufenbau der Welt.

Wenn es doch viele Abſtufungen der Geſchöpfe im nachbarlichen Sinne des Höhern zum Niedern giebt, ſo läßt ſich auch wohl denken, daß es viele Abſtufungen in jenem andern des Obern zum Untern gebe [*]. Bei Gottes und der Welt Größe hat man vor nichts zu erſchrecken. Die Gliederung des göttlichen Alls reicht ſicher nicht blos in's Breite, ſondern auch in's Tiefe von Oben nach Unten.

Nun bietet ſich als die nächſte Stufe über unſrer Erde leicht von ſelbſt unſer Sonnenſyſtem dar. Vielleicht zwar erſcheint es obenhin betrachtet einerſeits weniger in ſich gebunden, anderſeits mehr mit dem Weltganzen verſchmolzen, als unſer Leib oder die Erde. Bei näherer Betrachtung aber finden wir es anders.

Das Erſte anlangend, ſo hängen alle Bewegungen der Planeten durch Wechſelbeſtimmtheit unter einander und mit der Sonne auf's Innigſte zuſammen; alle Zweckverhältniſſe nicht minder. Und eher möchte die Erde einen Stein von ſich laſſen, indem ihn etwa ein Vulkan über ihre Anziehungsſphäre hinausſchleuderte, als das Sonnenſyſtem einen Planeten. Das Band, das alle Körper deſſelben zuſammenbindet, iſt unzerreißbar. Nur daß es, obwohl feſter, als der Zuſammenhang des härteſten Steins, doch zugleich eine größere Freiheit innerer Bewegungen geſtattet, als die lockerſten Bänder unſers Körpers.

---

[*] Ich gebrauche in dieſem Anhange die Ausdrücke Höheres und Niederes, Oberes und Unteres immer im Sinne der Unterſcheidung von Th. I. S. 320.

Das Andre anlangend, ſo hängen zwar in weiterm Sinne alle Bewegungen und Zweckverhältniſſe unſers Sonnenſyſtems mit denen der ganzen Welt zuſammen, weil überhaupt in weiterm Sinne Alles in der Welt in Wirken und Zwecken zuſammenhängt; aber wenn ſchon die Menſchen weiter von einander abgerückt ſind, als die Gliedmaßen jedes Menſchen; ſo ſind die Sonnenſyſteme wieder unſäglich weiter von einander gerückt als die Planeten, ja ſo weit, daß die Abſtände der Planeten unter einander dagegen verſchwindend klein ausfallen. Alle Wirkungen eines Syſtems auf das andere erfolgen merklich nur wie von einem Punct auf den andern, indeß in jedem Sonnenſyſteme für ſich die einzelnen Körper auch einzeln verfolgbare Wirkungen auf einander äußern. Alle Körper unſres Sonnenſyſtems gehen in gemeinſamer Richtung um daſſelbe, in Bezug zu ihnen allen unveränderliche, Centrum, um das ſogar die Sonne ſelbſt ſich, nur im engſten Cirkel, mit wälzt; die Centren der verſchiedenen Sonnenſyſteme aber kreiſen wieder um ein höheres Centrum. Alle Planeten deſſelben Sonnenſyſtems ſind wie Geſchwiſter zu einander, aber nur wie Vettern zu den Planeten eines andern Sonnenſyſtems zu betrachten, und nur die ganzen Sonnenſyſteme wieder wie Geſchwiſter in einer obern Sphäre zu einander.

In der That gelten nach den wahrſcheinlichſten kosmogoniſchen Vorſtellungen alle Planeten unſres Syſtems nur für Ausgeburten deſſelben großen Materienballs, wovon die Sonne noch als Mutterſtock inmitten geblieben, und ſind noch durch das Band der Kräfte an dieſen Mutterſtock gebunden. Der große Sonnenkörper ſteht ſo gewiſſermaßen zu den aus ihm gebornen, ihn umkreiſenden Planeten in ähnlichem Verhältniſſe, als die Erde zu den aus ihr gebornen, ſie nur enger umkreiſenden, Menſchen und Thieren. Freilich hängt die Sonne nicht ſo unmittelbar durch Continuität mit den Planeten zuſammen, als die Erde mit ihren Geſchöpfen, indeß iſt der materielle Zuſammenhang weniger wichtig, als der Zuſammenhang in Zwecken, Kräften und Bewegen; auch hängen wir ſelbſt im Grunde ebenfalls nur durch die Kraft der Schwere mit der Erde zuſammen. Fiele die Kraft der Schwere weg, würde die Centrifugalkraft uns ſo gut von der Erde wegſchleudern, als die Planeten von der Sonne. Und je weiter oben auf der Stufenleiter ein Weſen ſteht, deſto freier, loſer, werden die Beſtandſtücke, Glieder deſſelben. Die Erde ſteht ſchon in dieſer Beziehung über uns, da wir und die Thiere loſer an ihr befeſtigt ſind, als unſre Glieder an uns; das Sonnenſyſtem dann wieder über der Erde, da die Planeten loſer an der Sonne befeſtigt ſind, als wir an der Erde; aber ein ſolches mehr Loſeſein bedeutet nicht ein mehr Losſein; da im Gegentheil ſich ein Glied doch leichter von unſerm Leibe trennen kann, als wir von der Erde: und in demſelben Verhältniſſe es noch ſchwerer ſein möchte, daß ſich ein Planet aus unſerm Sonnenſyſtem löſte. Das Kräfteband wird vielmehr ſo feſter, je höher die Sphäre iſt.

Man ſieht, es liegt uns ein doppelter Vergleich vor, indem wir die Planeten an der Sonne bald mit Gliedern am Stamme unſers Leibes, bald mit Thieren an der Erde vergleichen können. In gewiſſer Hinſicht iſt es nur ein- und derſelbe Vergleich, weil wir auch die Thiere an der Erde ſelber mit Gliedern am Stamme eines Leibes vergleichen können, nur daß freilich keiner dieſer Vergleiche ganz Stich halten kann, indem die Ueberordnung des Sonnenſyſtems über das irdiſche Syſtem eben ſo neue Verhältniſſe mitbringt, als die Ueberordnung des irdiſchen Syſtems über unſer leibliches Syſtem, die ſich in den untergeordneten Syſtemen nicht wiederfinden laſſen. Doch können ſolche Vergleiche immer von gewiſſer Seite erläuternd bleiben.

Im Sinne des erſten Vergleiches werden wir ſagen können: Die Sonne bewegt die Planeten als ihre Gliedmaßen in weiten Kreiſen um ſich, oder richtiger, das Sonnenſyſtem thut es, da die bewegende Kraft der Totalität des Syſtems zukommt, worin die Sonne nur als Hauptſtamm die Mitte einnimmt, wie auch die bewegende Kraft unſres Leibes eigentlich ſeiner Totalität, nicht blos ſeinem Hauptſtamme beigelegt werden muß. Nun gilt aber vom

Sonnenſyſtem noch viel mehr, als von unſerm irdiſchem Syſtem und als von uns, daß es die Mittel, ſeine Zwecke zu befriedigen, in ſich hat; die Bewegungen ſeiner Gliedmaßen dienen daher auch nicht, nach Aeußerem zu langen, ſondern in den abgeänderten Lagen dieſer Gliedmaßen liegen ſelbſt die Mittel, innere Zwecke zu befriedigen. Das iſt ein wichtiger Punct, in dem der Vergleich mit unſern Gliedmaßen nicht mehr Stich hält. Ein andrer liegt darin, daß die Bewegungen der Planeten keiner ſolchen regelloſen Unbeſtändigkeit unterliegen. Aus dieſen Geſichtspuncten erſchiene der Kreislauf der Planeten mehr den innern Kreisläufen ähnlich, an die ſich unſre wichtigſten Lebensphänomene knüpfen; aber auch dieſer Vergleich würde wieder von andrer Seite nicht Stich halten. So laſſen ſich Aehnlichkeiten überall nur bis zu gewiſſen Gränzen durchführen.

Aus dem Geſichtspuncte des andern Vergleiches erſcheinen die Planeten wie Geſchöpfe von verſchiedener Lebensart, die als Bewohner des Sonnenſyſtems durch ihre äußerlichen Bewegungen um eine centrale Hauptmaſſe in ähnlicher Art eigene Zwecke zu befriedigen ſtreben, wie Menſchen und Thiere als Bewohner und Theile des irdiſchen Syſtems, obwohl nach einer feſtern Geſetzlichkeit, als die Geſchöpfe unſrer Erde.

Nun kann es für den erſten Anblick ſonderbar erſcheinen, daß, während das irdiſche Syſtem eine ſo unzählige Menge Thiere und Pflanzen als beſondere Geſchöpfe trägt, das ſo viel größere Sonnenſyſtem nur ſo wenig individuelle Geſchöpfe einſchließt, zumal ein Geſichtspunct der Steigerung hier fehl zu ſchlagen ſcheint, den wir doch im

Verhältniß des irdiſchen Syſtems zu unſerm eigenen leiblichen Syſtem deutlich ausgeſprochen ſehen. Denn wie viel mehr individuellgeartete Glieder hat die Erde doch in ihren Menſchen, Thieren, Pflanzen als wir in unſern Gliedmaßen.

Aber durch das Daſein der Planeten iſt ja nicht ausgeſchloſſen, daß außer dieſen, weit in den Himmel vorgeſtreckten Rieſengliedern des Sonnenrumpfes, dieſen großen Vögeln, welche den Sonnenball in weiten Kreiſen umfliegen, dieſelbe auch noch von nähern, aus ihr erzeugten, individuellen körperlichen Weſen umkreiſt, begangen, pflanzenartig bewachſen wird, die wir aber wegen ihrer geringen Größe, ihres größern Gedrängtſeins, und ihrem Verſenktſein in den Sonnenglanz nicht einzeln unterſcheiden können; es wäre vielmehr wunderlich wenn es nicht ſo wäre. Zu dieſen nähern Sonnengeſchöpfen wären dann die Planeten nur in Verhältniß ferner erſtgeborner Geſchwiſter oder Nachbarn zu betrachten, was nicht hinderte, daß ſie außerordentlich verſchieden von ihnen wären, wie ja auch die Geſchöpfe unſers irdiſchen Syſtems ſelbſt ſehr verſchieden von einander ſind, manche viel feſter, manche viel loſer mit der Centralmaſſe des Erdkörpers verbunden, manche viel größer, manche viel kleiner, manche viel rundlicher, manche viel unregelmäßiger von Form, manche von viel höherer und reicherer, manche von viel geringerer und mehr ärmlicher Begabung, manche viel mehr nöthigenden Inſtincten folgend, manche viel mehr einer höhern Freiheit genießend. Alle Freiheit des äußern Verkehrs, die wir zwiſchen den Planten vermiſſen, obwol ſie in jedem

Planeten ſelbſt wieder hervortritt, kann zwiſchen jenen nähern Sonnengeſchöpfen ſo gut beſtehn, als zwiſchen den, mit unſrer Erde enger verknüpften, Geſchöpfen, wie auch in unſerm Leibe die Freiheit der Bewegungen ſich verſchieden auf die verſchiedenen Glieder vertheilt.

Die nähern Sonnengeſchöpfe mögen ſo den Planeten in gewiſſer Hinſicht voran-, in gewiſſer Hinſicht nachſtehen. Es mögen verhältnißmäßig weniger reich entfaltete Weſen ſein, wie das ſchon in ihrer Kleinheit liegt, ſchwerlich werden ſie ſich noch einmal in ſo beſondere Geſchöpfe gliedern, wie die Planeten; vielmehr den Geſchöpfen dieſer Planeten ſelbſt ähnlicher ſein; indeß die Planeten jeder für ſich, zumal die ſelbſt Trabanten haben, dem ganzen Sonnenſyſtem ähnlicher ſind, deſſen größere Theile ſie bilden. Die nähern Sonnengeſchöpfe mögen dagegen gewiſſer Vortheile und Vorzüge durch ihre Nähe zu einander und zum Centralkörper genießen; ſie leben in engerer und mannichfacherer geſelliger Beziehung auf demſelben, ja die Sonne iſt wie ein Bienenſtock derſelben, indeß die Planeten mehr einſam leben, weil jeder eine Geſellſchaft in ſich trägt, in der es aber kein Individuum ſo hoch bringen mag, als es ein Sonnengeſchöpf bringen kann; nur ein Planet im Ganzen bringt es doch in gewiſſer Hinſicht höher als ein einzelnes Sonnengeſchöpf, das die verhältnißmäßige innere Armuth durch einen äußern Reichthum des Lebens zu compenſiren ſucht. Zuletzt aber bleiben die nähern Sonnengeſchöpfe immer Geſchwiſter der Planeten, deren Geſchöpfe wir dagegen nur ſind.

Vielleicht ſteht der Lichtproceß der Sonne mit dem

Lebensproceß der Weſen an ihrer Oberfläche in Beziehung; man hält es ja wahrſcheinlich, daß der centrale Sonnenkörper an ſich dunkel ſei. Vielleicht ſind ſie ſelbſtleuchtend, wie wir ſelbſt-warm; giebt es doch ſelbſt auf der Erde einzelne Selbſtleuchter. Dann wäre der Lichtverkehr der Sonne mit den Planeten nur ein Verkehr der kleinern nähern mit den größern fernern Sonnenweſen: wie denn auch die Weſen auf der Sonne ſelbſt unſtreitig ihr Licht zum Verkehr unter einander nutzen werden. Doch ſind das eben nur Gedanken.

Jedenfalls kann nach vorſtehenden Betrachtungen die Sonne eigentlich unſrer Erde nicht als ein einzelnes gleichſtufiges Geſchöpf, ſondern entweder nur als eine Sammlung gleichſtufiger Geſchöpfe ſammt deren Mutterſtock gegenübergeſtellt, oder noch triftiger als ein Geſchöpf oberer Stufe über ſie geſtellt werden, in ſolcher Weiſe, daß die Erde und die andern Planeten ſelbſt als Glieder mit dazu zu rechnen. Die Sonne als ein Körper ohne die Planeten gedacht, wäre wie ein verſtümmelter Leib, dem man die größten bewegenden und empfindenden Glieder abgeſchnitten.

Conſequent mit dieſen Betrachtungen würde ſich der Mond zur Erde, wie die Planeten zur Sonne verhalten. Der Mond iſt eben ſo aus dem irdiſchen Syſtem herausgeboren und umkreiſt die Erde noch, indem er aber die Drehung um die eigene Axe aufgehen läßt in der Drehung um die Erde, das obere Centrum, immer dieſelbe Seite ihr zuwendend, dagegen die Erde als Geſchöpf ſchon oberer Stufe ihre Drehung um die eigene Axe unabhängig von dem Gange um die Sonne hält, den Mond aber, ihr

Glied, immer mit derſelben Seite an ſich geheftet hält, wie an uns ein Glied immer mit derſelben Seite am Körper haftet. Man kann es auch, im Sinne des andern Vergleiches, ſo betrachten, daß, wie der Menſch und jedes Thier, indem es um die Erde geht, immer dieſelbe Sohlenfläche gegen die Erde kehrt und ſich nie auf den Kopf ſtellt, dies auch vom Monde gilt, der, wie hoch er über der Erde gehe, doch immer noch in der Reihe der irdiſchen Geſchöpfe Platz greift, in gewiſſer Beziehung höher ſtehend, in andrer wohl niedriger als wir. Sein höchſtes Geſchöpf, wenn er noch beſondere Geſchöpfe trägt, wird niedriger als das höchſte Geſchöpf an der Erdoberfläche ſein, im Grunde jedoch gar keine eigentliche Selbſtſtändigkeit im Sinne unſrer irdiſchen Geſchöpfe mehr haben können, (wie denn der Mond unbewohnt zu ſein ſcheint), indeß er im Ganzen in gewiſſer Hinſicht ein höher Weſen iſt, als wir es ſind.

Wohl Manches ließe ſich noch vermuthen. Aber es iſt beſſer, dieſen Gegenſtand nicht weiter zu verfolgen. Geſtehen wir immerhin, daß ſich hier Schwierigkeiten eröffnen, die denen in gewiſſer Weiſe analog ſind, die wir bei Betrachtung der niederſten Geſchöpfe finden. Sollen wir einen Polypenſtamm mit vielen Polypenblüten als ein Thier, oder als eine Sammlung vieler Thiere anſehen? Wahrſcheinlich iſt er eins und das andre, wie das Sonnenſyſtem. Aber es wird ſchwer, ſich eine triftige Vorſtellung von ſolchen Verhältniſſen zu machen, die von denen unſres eigenen Körpers und unſrer eigenen Seele ſo ganz abweichen. Trotz dieſer Schwierigkeit zweifelt niemand, daß die Polypen lebendige Weſen mit Seele ſind. Und ſo mag dieſelbe Schwierigkeit im Gebiete der obern Weſen in einem nur viel höhern Sinne wiederkehren; aber wie könnte uns bei den obern irren, was uns bei den niedern nicht irrt? Die Berührung der Extreme mag ſich auch hiebei geltend machen.

Nur der allgemeine Vorblick ſei noch geſtattet: daß, ſofern man jetzt annimmt, unſer Sonnenſyſtem gehöre ſelbſt einem größern Sternſyſteme an, welches die ganze Milchſtraße mit befaßt, hier das, unſerm Sonnenſyſteme nächſt übergeordnete Syſtem zu ſuchen ſein würde; wollte man verſuchen, weiter zu gehen.

XIX. Anhang zum elften Abſchnitt.

A. Praktiſches Argument für die Exiſtenz Gottes und eines künftigen Lebens.

Argumentum a consensu boni et veri.

Zu dem theoretiſchen Argumente für die Exiſtenz Gottes und des künftigen Lebens (Thl. I. S. 353 ff.) füge ich hier ein praktiſches, welchem ich den Namen Argumentum a consensu boni et veri geben möchte; da die Wahrheit des Glaubens hier aus ſeiner Güte nach dem allgemeinen Princip der Uebereinſtimmung des Guten und Wahren abgeleitet wird. Es laſſen ſich weitgreifende Erörterungen an dies Princip und den davon abhängigen Beweis für die Gültigkeit der höchſten Ideen knüpfen; hier aber begnüge ich mich mit kurzer Darlegung der Hauptmomente.

1) Jede irrige oder mangelhafte Vorausſetzung erweiſt ſich dadurch als eine ſolche, daß ſie, als wahr angenommen, durch den Einfluß, den ſie auf unſer Denken, Fühlen und Handeln gewinnt, Nachtheile nach ſich zieht oder dem menſchlichen Glücke Abbruch thut, indem ſie uns in widerwärtige Stimmungen und verkehrte Handlungen verwickelt, die theils directe Unluſt, Unbefriedigung, theils ſpätere Unluſtfolgen mit- oder nachführen, dagegen die Wahrheit

einer Vorausſetzung ſich durch das Gegentheil von all dieſem als ſolche erweiſt. Dieſer Satz bewährt ſich um ſo mehr, je größern Einfluß Irrthum oder Wahrheit auf unſer Fühlen, Denken, Handeln gewinnt, auf einen je größeren Umkreis von Menſchen und je längere Dauer er ſich erſtreckt, während ein Irrthum ohne erheblichen Eingriff in unſer übriges Fühlen, Denken, Handeln, für einen kleinen Umkreis von Menſchen und auf kurze Zeit auch wohl befriedigend und ſelbſt nützlich erſcheinen kann. Nun zeigt ſich aber gerade, daß der Glaube an Gott und Unſterblichkeit, abgeſehen von der theoretiſchen Befriedigung, die er mit ſich zu führen vermag, auch ſonſt um ſo größere, wichtigere und weitergreifende Vortheile, der Unglaube aber Nachtheile für die Menſchheit und einzelnen Menſchen mitführt, je weiter und tiefer dieſer Glaube oder Unglaube in das Gemüth und die Handlungsweiſe der Menſchen beſtimmend eingreift und in je größerem Umkreiſe und auf je längere Dauer er ſich forterſtreckt; woher es eben rührt, daß der Unglaube ſich gar nicht auf die Dauer in großem Umkreiſe erheblich geltend erhalten kann. Alſo trägt der Glaube, daß Gott und Unſterblichkeit exiſtiren, das Merkmal der Wahrheit an ſich.

Selbſt Aeltern und Regenten, die nicht an Gott und Unſterblichkeit glauben, halten es doch im Allgemeinen für nützlich, daß ihre Kinder und Unterthanen in dieſem Glauben erzogen werden, ſo ſehr drängt ſich das Heilſame dieſes Glaubens auf; auch wird man nicht in Abrede ſtellen, daß wirklich die Heilſamkeit deſſelben mit der Verbreitung und Verſtärkung des Einfluſſes wächſt, den er auf Fühlen, Denken, Handeln der Menſchen gewinnt. Und ſei es auch, daß dieß nur bei einer gewiſſen Geſtaltung dieſes Glaubens der Fall, ſo iſt jedenfalls eine derartige Geſtaltung deſſelben möglich, die dann (nach Nr. 2.) eben als die rechte zu betrachten ſein wird.

2) Die nähere Geſtaltung dieſes Glaubens tritt dann unter daſſelbe Princip: Sofern ſich findet, daß eine Geſtaltung oder Seite der Geſtaltung des Glaubens an Gott und Unſterblichkeit um ſo mehr zum Glück der Menſchheit beiträgt, je mehr, je länger und in je weiterem Umkreiſe ſie Einfluß auf das Fühlen, Denken, Handeln gewinnt, ſo iſt dieſe Geſtaltung oder Seite der Geſtaltung des Glaubens als wahr anzuſehen, im Gegenfall als falſch oder mangelhaft, ſo daß nach Allem nur der Glaube als der wahrſte gelten kann, welcher der Menſchheit nach der Geſammtheit der Beziehungen am heilſamſten iſt.

3) Sofern als das Beſte für den Menſchen zu gelten hat, was der Menſchheit Befriedigung, Glück, Wohl nicht blos nach einzelnen Beziehungen, auf kurze Zeit, für einzelne Fractionen, ſondern nach allen Seiten des menſchlichen Weſens, für die Geſammtheit der Menſchheit, auf unbegränzte Dauer, mit Hinblick auf alle Folgen, am meiſten zu ſichern und zu fördern geeignet iſt, wird der in voriger Weiſe begründete wahrſte Glaube zugleich der beſte genannt werden können, und wird überhaupt aus der Güte des Glaubens auf deſſen Wahrheit geſchloſſen werden können. Dieß nenne ich den Schluß aus practiſchem Princip.

Dem Schluß aus practiſchem Princip gegenüber ſteht der Schluß aus theoretiſchem Princip, welcher die Uebereinſtimmung des Glaubens in ſich und mit der thatſächlichen Natur der Dinge als maßgebend nimmt. Das practiſche Princip beurtheilt die Wahrheit des Glaubens nach der Gemäßheit zu den Zwecken, das theoretiſche nach der Gemäßheit zu den Gründen des Seins und Geſchehens.

An ſich kann das practiſche Princip ganz eben ſo gut zur Geſtaltung des Glaubens benutzt werden, als das theoretiſche, nur daß es im Allgemeinen eben ſo ſchwer iſt, die Güte des Glaubens aus allgemeinſten, höchſten, letzten Geſichtspunkten zu beurtheilen, als die Widerſpruchsloſigkeit deſſelben mit ſich und der thatſächlichen Natur der Dinge. Deßhalb iſt eine combinirte Anwendung beider Principe das Räthlichſte, und da (nach No. 4 u. 5) beide Principe von Anfange an zur Geſtaltung des Glaubens gewirkt haben, gewinnt die Rückſicht auf das Hiſtoriſche des Glaubens eine Bedeutung, der ſich kein Einzelner entziehen kann und ſoll; wie denn die Einzelvernunft ſelbſt nur auf Grund der hiſtoriſchen Baſis des Glaubens zu ihrer Höhe gelangt und nach Maßgabe leichter irrt, als ſie ſich weiter davon entfernt.

4) Von jeher hat das practiſche Argument, welches von der Güte des Glaubens entlehnt iſt, bewußt und unbewußt dahin gewirkt, den Glauben an Gott und Unſterblichkeit zu erzeugen, zu erhalten und zu geſtalten und fährt noch ſo fort zu thun, nicht zwar allein, aber zugleich mit theoretiſchen Gründen und auf Grund eines eingebornen Gefühles. Selbſt Chriſti Lehre konnte nur als heilverkündende und heilbringende Platz greifen. Dabei kann es geſchehen und iſt oft geſchehen, daß der Glaube theils zum zeitlichen Vortheile Einzelner, theils aus untriftiger Anſicht von dem was dem Ganzen frommt, theils vermöge ſcheinbaren Conflicts mit theoretiſchen Gründen, irrige und hiemit der Menſchheit unzuträgliche Geſtaltungen angenommen; aber nicht darin liegt die Irrung, daß die Menſchen ihn zu ihrem Vortheile einzurichten ſuchten, ſondern daß ſie ihn nicht genug zu ihrem Vortheile einrichteten und den Conflict mit den theoretiſchen Gründen vielmehr durch einſeitiges Rechtgeben, als verträgliche Löſung zu beſeitigen ſuchten.

5) Unſer Princip läßt uns hiemit in *einem* Zuſammenhange *Klarheit* darüber gewinnen, warum noch ſo viel an der rechten Geſtaltung des Glaubens fehlt, und die ſichere *Ausſicht* gewinnen, daß wir uns derſelben doch in's Unbeſtimmte nähern werden. Der Menſch beginnt damit, Particulär-Intereſſen zu haben und den dadurch geſtalteten Glauben für den beſten zu halten oder zu erklären. Aber nach Maßgabe, als die Vortheile des Wahren und die Nachtheile des Falſchen immer weiter in Zeit und Raum greifen, treffen ſie auch immer mehr und ſchwerer alle Einzelnen, die den wahren oder falſchen Glauben haben, und befeſtigen jene in der richtigen Erkenntniß, bringen dieſe zurück von der falſchen, ſo daß zuletzt nur der Glaube übrig bleiben kann, welcher alle Einzel-Intereſſen am beſten und vollkommenſten zu einem Allgemein-Intereſſe verknüpft.

6) Unſer Princip läßt uns etwas als zum Weſen der Religion gehörig achten, deſſen Weſentlichkeit gerade in neuerer Zeit vielfach angefochten wird, die Feſtigkeit, Sicherheit und Einigkeit Aller in einem *gemeinſchaftlichen* Glauben, wogegen viele Neuere wollen, jeder ſolle ſeine Religion ſo viel möglich für ſich haben, nach ſeinen beſondern Bedürfniſſen ſich zurecht legen. Denn nach unſerm Princip beweiſt ſich die Wahrheit des Glaubens praktiſch eben dadurch, daß ſeine Heilſamkeit wächſt, je mehr Menſchen und je feſter und inniger dieſe davon durchdrungen ſind. Ein Glaube, der blos von Einzelnen oder einzelnen Fractionen der Menſchheit feſtgehalten, dieſen diente oder zu dienen ſchiene, aber von der ganzen Menſchheit ange-

nommen nicht daſſelbe zu leiſten vermöchte, bewieſe eben damit, daß er nicht der wahrſte wäre, und es würde ſich immer zeigen, daß ſein Vortheil ſelbſt für den Einzelnen nicht wahrhaft und dauernd Stich hielte. Nicht alſo der Glaube iſt dem Bedürfniſſe des Einzelnen, ſondern das Bedürfniß des Einzelnen iſt (durch die Erziehung, eigene und fremde) einem Glauben anzupaſſen, der den Bedürfniſſen Aller im Zuſammenhange am meiſten zu genügen im Stande iſt; und wenn die Einigkeit in einem beſten Glauben auch bisher noch nicht zu erreichen geweſen, ſo iſt ſie wenigſtens als idealer Zielpunkt immer vor Augen zu ſtellen.

Aus dieſem Geſichtspunkte ſind allgemeine Maßregeln, welche die religiöſe Erziehung in gemeinſamer guter Richtung leiten, nicht nur nicht verwerflich, ſondern im Weſen der rechten Religion ſelbſt begründet. Ja es liegt ein großer Segen in der möglichſten Einigung Aller in einem gegebenen Glauben, ſelbſt abgeſehen von deſſen beſondern Inhalte, ſind nur ſeine allgemeinen Grundlagen gut. Die Gefahr, welche das Volk läuft, wenn es bei gemeinſamer Erziehung in dem einmal hiſtoriſch begründeten Glauben gewiſſe Irrthümer in den Kauf bekommt, welche die Grundlagen des Guten nicht betreffen, iſt unſäglich geringer, als wenn es dem Zerwürfniß der Anſichten Preis gegeben und auf eigene Kritik des Glaubens angewieſen wird, zu welcher nach der Natur der Dinge nur ſehr wenige befähigt und berufen ſein können. Denn läuft es Gefahr, in den wichtigſten Dingen zu irren, die Grundlagen des Guten ſelbſt zu verlieren und büßt jedenfalls den Segen der Einigung ein. In Rückſicht deſſen aber, daß die hiſtoriſche Baſis doch nicht ſchon als eine abſolut in allen Einzelheiten gültige angeſehen werden kann, muß es auch jedem frei gelaſſen ſein, auf dem Grunde der Erziehung, die ihm im Sinne derſelben geworden, das Wahrſte und Beſte in ſeiner Weiſe zu ſuchen, ohne daß daraus eine Berechtigung erwächſt, ſeine Anſichten auch ohne Weiteres in die öffentliche Erziehung einzuführen. Der Beruf eines Reformators kann überhaupt nur wenig Menſchen von

Gott kommen. Aber dieſer ſchwierige an Rückſichten und Gegenrückſichten ſo reiche Gegenſtand läßt ſich hier überhaupt nicht vollſtändig erledigen.

7) Durch den Geſichtspunkt unſeres Princips wird die Entwickelung und Geſtaltung der religiöſen Ideen in den harmoniſchſten und praktiſchſten Zuſammenhang mit der Geſtaltung der Moral und des ganzen Lebens geſetzt, weil auch die Tendenzen der Moral und des Lebens dahin gehen, das geltend zu machen und zu erhalten, was der Menſchheit am heilſamſten und gedeihlichſten; die Ideen von Gott und Unſterblichkeit treten aber nach der Geſtaltung, die ſie durch unſer Princip annehmen, ſelbſt als die kräftigſten Hülfsmittel zur gedeihlichen Geſtaltung des Lebens auf, weil der Geſichtspunct ihrer Geſtaltung ja eben der iſt, das in ihnen als gültig feſtzuſetzen, was aus oberſtem Geſichtspuncte den allgemeinſten durchgreifendſten heilſamen Einfluß auf das geſammte Menſchliche haben muß.

8) Unſer Argument fußt überhaupt auf einer allgemeinſten, in der innerſten Natur der Dinge und dem letzten Weſen des Geiſtes zugleich liegenden Grundbeziehung, der man von jeher eine göttliche Würde zuerkannt hat, der des Wahren und Guten, und läßt dieſe Beziehung ſelbſt zugleich aus dem praktiſchſten Geſichtspunkte hervortreten.

Zugleich aber fußt es auf der breiteſten Baſis der Erfahrung, ſofern der Menſch doch in letzter Inſtanz nur erfahren kann, was ihm dient oder ihn durch ſeine Folgen befriedigt. In die ganze Verknüpfung des Guten und Wahren im angegebenen Sinne konnte nur durch möglichſte Verallgemeinerung des Erfahrungsmäßigen gefunden werden.

10) Man kann das vorige Argument mit folgendem in Beziehung ſetzen oder in folgendes umſetzen.

Wir würden den Glauben an Gott und Unſterblichkeit nicht brauchen, wenn Gott und Unſterblichkeit nicht wären; denn wenn der Menſch den Glauben an Gott gemacht hat, weil er ihn braucht, ſo hat er den Umſtand ſelbſt nicht gemacht, daß er den Glauben an Gott zu ſeinem Gedeihen braucht, und demgemäß ihn zu machen durch das Bedürfniß genöthigt wird. Die Erzeugung dieſes Glaubens durch den Menſchen muß alſo in derſelben realen Natur der Dinge begründet ſein, welche den Menſchen mit ſeinen Bedürfniſſen ſelbſt erzeugt hat. Es hieße aber theils, der Natur der Dinge eine Abſurdität beilegen, theils läuft es gegen die Erfahrung, ſo weit ſich ſolche machen läßt, daß die Natur die Menſchen darauf eingerichtet hätte, nur mit dem Glauben an etwas gedeihen zu können, was nicht wäre.

B. Zuſatz über das oberſte Weltgeſetz und deſſen Beziehungen zur Freiheit *.

Das oberſte Weltgeſetz, was wir Th. I. S. 343 aufgeſtellt, wird zwar allwärts ſtillſchweigend anerkannt und factiſch angewandt und iſt alſo an ſich nichts Neues. Doch

---

* Das Folgende iſt im Weſentlichen einer Abhandlung in den Berichten der Leipziger Societät vom Jahre 1849 S. 98 entlehnt. Doch hat die Behandlung der Freiheitsfrage hier eine etwas andre Wendung erhalten.

ſcheint mir die principielle Bedeutung, die ihm nach ſeiner Allgemeinheit und begrifflichen Selbſtverſtändlichkeit für das ganze Gebiet realer Exiſtenz zukommt, noch nicht hinreichend gewürdigt. Hierüber folgen nun noch einige Erörterungen, theils zur Erweiterung, theils zur nähern Ausführung der früher angeſtellten. Auf die Beziehungen des Geſetzes zur Exiſtenz des göttlichen Geiſtes gehe ich jedoch hier nicht nochmals des Nähern ein; da eben die frühern Erörterungen ſich hiemit vorzugsweiſe beſchäftigten.

Sowohl im Bereiche des materiellen als geiſtigen Geſchehens unterſcheiden wir mancherlei Geſetze; in jenem z. B. das der Gravitation, der magnetiſchen, elektriſchen, chemiſchen Anziehung, des Beharrens, der Coexiſtenz kleiner Schwingungen u. ſ. w.; in dieſem das der Aſſociation, der Gewöhnung, der Verknüpfung von Luſt und Trieb u. ſ. w. Viele beſondere Geſetze können ſich einem allgemeinern unterordnen; ſo alle beſondern Anziehungsgeſetze dem allgemeineren, daß die Maſſen ſich in der ſie verbindenden geraden Linie nach einander hin zu bewegen ſtreben, und alle Anziehungs- und alle Abſtoßungsgeſetze zugleich dem allgemeinern Geſetze der Wechſelwirkung, daß die Maſſen in der Richtung ihrer Verbindungslinie überhaupt mit gleichen Bewegungsquantitäten ihren Abſtand zu ändern ſtreben. Die Geſetze der Aſſociation, der Gewöhnung u. ſ. w. im geiſtigen Gebiete ſind ſelbſt ſchon allgemeine Geſetze, denen ſich beſondere Geſetze für beſondere Verhältniſſe unterordnen, und ihrerſeits noch allgemeinern Geſetzen geiſtigen Geſchehens unterzuordnen.

leicht erhellt, daß die Verſchiedenheit der Geſetze des Geſchehens eben ſo mit der Verſchiedenheit der Umſtände, für die ſie gelten, als mit der Verſchiedenheit der Erfolge, die durch ſie beſtimmt werden, zuſammenhängt. Das Gravitationsgeſetz iſt verſchieden von dem Cohäſionsgeſetz, ſofern jenes ſich auf merkliche Entfernungen der Theilchen, dieſes auf Berührungsnähe bezieht; das ſind verſchiedene Umſtände, mit denen auch ein verſchiedener Erfolg zuſammenhängt; und das verſchiedene Geſetz beſtimmt eben den nach den verſchiedenen Umſtänden verſchiedenen Erfolg oder die Beziehung zwiſchen beiden. Entſprechend mit den Geſetzen im Geiſtigen. Allgemeinere Geſetze des Geſchehens ſind daher nicht nur ſolche, welche formell einen größeren Kreis von Geſetzen, ſondern auch, weil dieß damit zuſammenhängt, ſolche, welche real einen größeren Kreis von Umſtänden und Erfolgen unter ſich begreifen, zwiſchen denen ſie die Beziehung feſtſetzen; und die Frage, ob es ein allgemeinſtes Geſetz des Geſchehens giebt, wird alſo hiemit von ſelbſt zugleich die ſein: ob es ein Geſetz giebt, welches alle möglichen Geſetze, und welches alle möglichen Umſtände und alle möglichen Erfolge, die im Gebiete des Geſchehens vorkommen können, unter ſich befaßt?

Ein ſolches Geſetz haben wir in dem Satze aufgeſtellt: „*wenn und wo auch dieſelben Umſtände wiederkehren, und welches auch dieſe Umſtände ſein mögen, ſo kehren auch dieſelben Erfolge wieder, unter andern Umſtänden aber andere Erfolge.*

Im Grunde iſt dies der ſich von ſelbſt verſtehende Begriff eines formal und real allgemeinſten Geſetzes für das Geſchehen. Denn wenn irgendwo und irgendwann einmal etwas unter denſelben Umſtänden anders erfolgen könnte, als das andre Mal, ſo träte eben dieſer Fall aus der allgemeinen Geſetzlichkeit, welche verlangt wird, heraus, und ſie beſtände nicht wirklich als ſolche. Wenn aber dieſelbe Folge auch einmal andre Gründe als das andre Mal haben könnte, ſo beſtände innerhalb dieſer Möglichkeit Geſetzloſigkeit in umgekehrter Richtung.

Um keinen Zweifel über die Bedeutung der Ausdrücke zu laſſen, verſtehe ich ein- für allemal unter Umſtänden alle irgendwie angebbaren Beſtimmungen der materiellen oder geiſtigen Exiſtenz in Raum- und Zeit *, nur der abſolute Ort im Raum und Zeitpunct in der Zeit kann nicht als ein Umſtand, eine Beſtimmung der Exiſtenz angeſehen werden, da er ſeine Beſtimmtheit erſt durch das darin Exiſtirende erhält. Der Gebrauch des Wortes Umſtand erſcheint in ſofern zweckmäßig, als in unſerm Geſetze die Natur jedes Geſchehens mit der Natur deſſen, wovon es in Zeit und Raum umſtanden wird, in Beziehung geſetzt wird. In ſofern Umſtände einen Erfolg im Sinne unſres Geſetzes mitführen, nennen wir ſie Gründe des Erfolgs.

Man könnte den Einwand erheben, unſer Geſetz ſei von vorn herein illuſoriſch, da für jedes Geſchehen doch eigentlich die Totalität der Umſtände in Zeit und Raum als bedingend in Betracht komme, mithin von einer Wiederholung derſelben in Zeit und Raum als Gründen des Geſchehens nicht die Rede ſein könne. Dann könnte aber überhaupt von keinem Geſetze des Geſchehens die Rede

---

* Vgl. darüber das Nähere Th. I. S. 543. Anm.

ſein, da ein ſolches die mögliche Wiederholung der Fälle und ihrer Umſtände vorausſetzt. Geſetz iſt nur, was wiederholte Anwendung zuläßt. Bei jedem Geſetze des Geſchehens müſſen wir daher die Möglichkeit ſupponiren, von in Raum und Zeit ferner liegenden Gründen zu Gunſten der nähern oder um ſo mehr zu abſtrahiren, je ferner ſie liegen. Ob dieſe Suppoſition real zuläſſig, fällt mit der erfahrungsmäßigen Bewährung unſres Geſetzes ſelbſt, auf die wir gleich zu ſprechen kommen, zuſammen, da nur mit Bezug auf dieſe Vorausſetzung die Bewährung möglich iſt und einen Sinn haben kann. Im Fall ihrer Triſtigkeit aber läßt ſich dann unter Anleitung unſres Geſetzes ſelbſt auch der reine Erfolg für iſolirt gedachte Umſtände finden. Wir können zwei Weltkörper nicht wirklich von der Wirkung der übrigen Weltkörper abſchneiden, aber finden, wie ſie ſich wirklich ohne dieſe Mitwirkung gegen einander benehmen würden, indem wir zuſehen, was erfolgt, je mehr ſie ſich von den andern entfernen.

Die bloße Denkbarkeit unſres Geſetzes ſchließt aber noch nicht ſeine Realität oder wirkliche Gültigkeit ein, ſo lange auch das Gegentheil denkbar. Und in der That hindert an ſich nichts zu denken, daß zu verſchiedenen Zeiten oder an verſchiedenen Orten dieſelben Umſtände auch einen verſchiedenen Erfolg mit ſich führten, derſelbe Erfolg auch von verſchiedenen Umſtänden abhängen könnte; daß z. B. zwei Weltkörper von beſtimmt gegebener Maſſe und Entfernung ſich heute ſo und morgen ſo anzögen, oder hier anzögen, an einer andern Stelle des Himmels abſtießen; daß zwei Menſchen oder derſelbe Menſch unter ganz denſelben äußern und innern Verhältniſſen doch verſchieden handeln könnte. Da nun die Denkbarkeit weder hier noch dort für die Realität entſcheidet, gilt es, in der Erfahrung nachzuſehen.

Nun iſt zuzugeſtehen, daß ganz reine Erfahrungen ſich nicht machen laſſen, weil nach aller Beziehung genau weder dieſelben Umſtände noch Erfolge in irgendwelchem größern oder kleinern räumlichen oder zeitlichen Umkreiſe wiederkehren; aber ſie kehren vielfach angenähert wieder, und in der größten Verſchiedenheit der Umſtände laſſen ſich doch immer übereinſtimmende Geſichtspuncte auffinden, wozu ſich auch das Uebereinſtimmende in den Folgen aufſuchen läßt. Und ſo kann man ſagen, daß, ſo weit die Erfahrungen zu ſchließen geſtatten, wir jenes allgemeine Geſetz nur beſtätigt finden können. Daß zuvörderſt im Gebiete des Körperlichen dieſelben Umſtände wirklich immer dieſelben Erfolge mitführen, iſt die Grundlage, auf der Aſtronomie, Phyſik, Phyſiologie übereinſtimmend fußen. Zwar mag es ſcheinen, daß doch umgekehrt derſelbe Erfolg von verſchiedenerlei Gründen abhängen kann. Eine Saite kann z. B. denſelben Ton geben, mag ſie geſtrichen, geſchlagen, gezupft, überhaupt auf die verſchiedenſte Weiſe in Schwingung verſetzt ſein; allein ſtets werden wir dann finden; einmal, daß dieſe verſchiedenen Gründe doch etwas Gemeinſchaftliches haben, was das Gemeinſchaftliche im Erfolge bedingt; zweitens, daß wir die von der Verſchiedenheit der Gründe abhängige verſchiedene Seite der Erfolge nur vernachläſſigen. Wie denn in unſerm Falle das denſelben Ton mitführende Gemeinſchaftliche die Schwingung einer immer in derſelben Weiſe geſpannten Saite iſt, das Verſchiedene im Erfolge aber, was wir vernachläſſigen, darin liegt, daß eine geſtrichene und eine gezupfte Saite ihre Schwingung doch in ſehr verſchiedener Weiſe ausführen und die Luft in verſchiedener Weiſe anſtoßen.

Unſer allgemeinſtes Geſetz faßt Organiſches und Unorganiſches in gleicher Weiſe und Weite. Es iſt in der That nur ein beſonderer, obwohl ſehr allgemeiner Fall unſres allgemeinſten Geſetzes, den ich in dem Satze ausſpreche, daß, in ſo weit im Organiſchen dieſelben Umſtände wiederkehren, als im Unorganiſchen, auch dieſelben Erfolge wiederkehren, in ſo weit nicht dieſelben Umſtände, auch nicht dieſelben Erfolge. Die Erfahrung aber beſtätigt dieſen Satz, ſo weit ſie immer vorliegt, und hiemit zugleich unſer Geſetz ſelbſt durch einen ſeiner allgemeinſten Fälle.

So wirkt das Auge optiſch nach den Geſetzen der camera obscura, weil und ſo weit die Umſtände ſeiner Einrichtung die einer camera obscura ſind; das Stimmorgan giebt Töne nach den Geſetzen der Blasinſtrumente und ſchwingenden Bänder, weil und ſo weit die Umſtände ſeiner Einrichtung dieſelben ſind; das Herz wirkt wie ein Druckwerk, weil und in ſo weit es als ſolches eingerichtet iſt; die Gliedmaßen wirken wie Hebel und Pendel, weil und in ſo weit ſie als ſolche eingerichtet ſind; und ſo in allen Fällen. Dagegen erzeugt der organiſche Leib Stoffe, die in keiner Retorte und keinem Tiegel erzeugt werden können, weil der Leib ganz anders eingerichtet iſt, als dieſe; im Nervenſyſtem gehen Vorgänge von Statten, wie ſie ſonſt nirgends vorgehen, weil ſonſt nirgends äquivalente Einrichtungen da ſind.

Das geiſtige Gebiet anlangend, was jedoch nie ohne materielle oder leibliche Mitgabe exiſtirt, die daher auch immer Mitrückſicht erfordert, (wenn man nicht durch den ſpiritualiſtiſchen Standpunct die Betrachtung deſſelben eliminirt), ſo finden wir auch hier, daß nach Maßgabe als die Menſchen ſich in der Art ihrer vorhandenen geiſtigen Conſtitution mehr gleichen und ähnlichen ſonſtigen Umſtänden unterliegen, auch ihr Benehmen ähnlicher wird, ſo daß wenigſtens in der *Erfahrung* kein Grund liegt, zu zweifeln, daß zwei innerlich, geiſtig und leiblich, ganz gleich conſtituirte Menſchen unter ganz gleichen äußern Anläſſen ſich auch immer ganz gleich benehmen würden. Was gewiſſe Freiheitstheorien gegen dieſen in gewiſſer Weiſe doch ſelbſtverſtändlich erſcheinenden Satz einzuwenden finden könnten, berührt uns hier nicht, wo wir erſt auf den erfahrungsmäßigen Geſichtspunct achten. Dagegen wendet man vielleicht ein, daß er müßig ſei, weil eine abſolute Gleichheit aller innern und äußern Umſtände für zwei Menſchen doch überhaupt nicht vorkommt und unſtreitig der Natur der Sache nach nicht vorkommen kann; Gleichheit findet immer nur nach gewiſſen Beziehungen ſtatt. Aber da es größere oder geringere Annäherungen an dieſen Fall giebt, ſo iſt immerhin nöthig, ihn als idealen Grenzfall vor Augen zu ſtellen; und daß er ſich nie vollſtändig verwirklicht, gilt uns ſelbſt als die Baſis von Betrachtungen, wodurch ſich dem Intereſſe der Freiheit nicht trotz unſres Geſetzes, ſondern vermöge deſſelben genügen läßt.

Wenn alle Bewährungen unſres Geſetzes blos unter der Vorausſetzung gewonnen werden konnten und zur Beſtätigung der Vorausſetzung wieder dienen können, „daß ſich von in Raum und Zeit ferner liegenden Gründen zu Gunſten der nähern oder um ſo mehr abſtrahiren laſſe, je ferner ſie liegen“, ſo iſt damit nicht geſagt noch begründet, daß wirklich die in Zeit und Raum fern liegenden Gründe keinen Einfluß auf den Erfolg haben, er wird vielleicht nur erſt in einer längern Folge und einem größern Umkreis des Geſchehens ſpürbar werden. Alle Bewährungen und Anwendungen des Geſetzes könnten unter der an ſich nicht unwahrſcheinlichen Vorausſetzung, daß dem ſo ſei, nur approximative ſein, weil wir in der That die Totalität der bedingenden Umſtände nie in Betracht ziehen, und demgemäß den vollen Erfolg nicht durch Schluß finden können; aber theils könnte dieſe Annäherung für unſre praktiſchen Intereſſen der Genauigkeit gleich kommen, theils verlöre das Geſetz darum nicht ſeine bindende Kraft und Nutzbarkeit, daß es nur auf Approximationen anwendbar, wenn doch überhaupt blos ſolche möglich. Wir würden dann doch den Erfolg immer um ſo richtiger erhalten, einen je weitern Umkreis von Bedingungen wir in Betracht zögen, und je weniger weit wir die Folgen verfolgten; wollten wir auf weit hinaus ſchließen, ſo müßten wir auch den Blick auf den Kreis von Bedingungen in Zeit und Raum erweitern. Dieſe Beſchränkung liegt nun einmal unter jener Vorausſetzung in unſrer Endlichkeit, und wir müßten uns dieſelbe nicht verſtecken, ſondern darüber klar werden.

Dies ſchlöſſe die Unterſuchung nicht aus, forderte vielmehr dazu auf, in wie fern gegebene Umſtände merkbar in's Weite des Raums und der Zeit wirken; aber dieſe beſondere Unterſuchung beſchäftigt uns hier um ſo weniger, als die ganze Vorausſetzung erſt noch beſondere Prüfung verlangt. Die Erfahrungswiſſenſchaft ſcheint mir aber noch nicht hinreichende Data zur ſichern und ſcharfen allgemeinen Beantwortung der hiebei obſchwebenden Fragen zu liefern. Im Räumlichen zwar nimmt man ziemlich durchgehends an, daß die Wirkſamkeit der Kräfte keine Gränzen hat, ſtatuirt jedoch Kräfte, die mit der Entfernung ſehr ſchnell abnehmen. Anders im Zeitlichen. Man könnte es da für möglich halten, daß die Geſammtheit der jetzigen Umſtände in jedem Falle genüge, den künftigen Erfolg zu beſtimmen, ſo weit er überhaupt voraus beſtimmbar iſt, ohne daß man nöthig hätte, ſich noch nach den in der Zeit rückwärts liegenden Gründen umzuſehen, ſofern jede Gegenwart in ſich die Mittel habe, die nächſte Gegenwart zu erzeugen, und dieſe ſo weiter in's Unbeſtimmte; alles Frühere aber ſeine Wirkungen auf die jetzige Gegenwart in der Art übertragen habe, daß man im Grunde von ſelbſt alles Frühere als Grund mit berückſichtigt, indem man die Gegenwart berückſichtigte. Indeß iſt dies eine Frage, die erſt noch feine Unterſuchungen fordert, in Betracht deſſen, daß die Gegenwart ſelbſt eine fließende iſt, und weder der Beſchleunigungszuſtand eines Körpers, noch der Zuſtand einer Seele durch einen Moment zulänglich charakteriſirt werden kann.

Nach den Unterſuchungen von W. Weber kommt namentlich bei den Bewegungen des Unwägbaren der Beſchleunigungszuſtand in eigenthümlich wichtigen Betracht.

Knüpfen wir nun einige allgemeine Betrachtungen an unſer Geſetz, die ſchon früher angeſtellten theils kurz recapitulirend, theils nach einiger Beziehung weiter ausführend.

1) Unſer Geſetz iſt das allgemeinſte Cauſalgeſetz; denn Grund und Folge beziehen ſich nur nach dieſem Geſetze auf einander; und heißen nur Grund und Folge, ſofern ſie ſich danach auf einander beziehen.

2) Sofern von verſchiedenen Umſtänden immer verſchiedene Erfolge abhängen, liegt in dieſer Seite unſres oberſten Geſetzes das allgemeine Princip für ſeine Beſonderung, und ſofern man Kräfte als Vermittler der Erfolge ſtatuirt, zugleich das Princip für die Beſonderung der Kräfte, als welche nur durch ihr Geſetz charakteriſirt werden können. Da nämlich jeder beſondere Umſtand oder Complex von Umſtänden bei Wiederholung immer denſelben beſondern Erfolg oder Complex von Erfolgen mit ſich führt, kann man dafür auch immer ein beſonderes Geſetz und eine beſondere, dieſe Art des Erfolgs vermittelnde Kraft aufſtellen. Auf ſolche Art laſſen ſich Geſetze und Kräfte bis in's Einzelnſte ſpecialiſiren, und in der That hat nie eine Gränze in dieſer Beziehung ſtatt gefunden. Sofern aber die verſchiedenen beſondern Umſtände in Continuität zuſammenhängen oder ſich allgemeinern unterordnen, gilt es auch von den verſchiedenen Geſetzen und Kräften. Gewöhnlich unterſcheiden wir nur die beſonderſten Geſetze nicht beſonders und kennen die allgemeinſten nicht hinlänglich, um davon zu ſprechen oder ſie in die Betrachtung einzuführen. Wir unterſcheiden z. B. nicht die Geſetze der Anziehung für jeden andern Abſtand und jedes andre Verhältniß der Maſſen, ſondern

betrachten ſie nur vereinigt unter dem allgemeinen Geſetze der Gravitation; wir kennen die allgemeinen Geſetze nicht hinreichend, unter denen ſich die Erſcheinungen des Lichts und Magnetismus vereinigen, und betrachten dieſe Erſcheinungen demnach nur unter den beſonders dafür geltenden Geſetzen.

Natürlich kann mit dieſer Auffaſſung die nicht ſeltene Vorſtellung nicht beſtehen, als ſeien die verſchiedenen Kräfte ſelbſtſtändig exiſtirende, real von einander abgeſonderte Weſen, welche die Erfolge zu beherrſchen vermögen, ohne ſelbſt von ihnen beherrſcht zu werden. Vielmehr, wie ſich die Umſtände ändern, unter denen die Kräfte wirken, ändern ſich die Kräfte zwar nicht begrifflich, aber real, indem ſie dabei nur immer unter dem allgemeinen Geſetze begriffen bleiben, welches die Umſtände vor und nach der Wandlung und hiermit die der Wandlung ſelbſt umfaßt. So kann ſich Gravitation durch ihre eigene Wirkung in Cohäſion verwandeln, indem ſie die Theilchen aus merklicher Entfernung zur Berührungsnähe bringt; doch faßt unſtreitig ein allgemeineres Geſetz Gravitation und Cohäſion als beſondere Fälle unter ſich, indem es für alle möglichen Grade der Entfernung und Nähe den Erfolg beſtimmt, mithin auch für den Uebergang aus merklichen Entfernungen in Berührungsnähe.

Wenn Stoffe, die in der Außenwelt noch eben den unorganiſchen Kräften, weil unorganiſchen Verhältniſſen, unterlagen, in den Organismus eintreten, ſo geht nicht ein neues fremdartiges Kraftweſen darauf über, welches die neuen Erfolge, die ſich daran zeigen, bedingte, ſondern die organiſchen und unorganiſchen Anordnungen ſind ſelbſt beides nur beſondere Fälle der allgemein möglichen materiellen Anordnungen, wofür auch allgemeine Geſetze gelten müſſen, in denen es begründet liegt, wie ſich die Erſcheinungen ändern, wenn Stoffe aus den einen in die andern Anordnungen eintreten. Die Bildung des Kryſtalls in der Salzlauge und die Bildung des Hühnchens im Ei gehen unter dem Einfluß ſehr verſchiedener Kräfte von Statten; aber dies hindert nicht, daß es ein Geſetz gebe, welches beſtimmt, wie nach den verſchiedenen materiellen Umſtänden, welche in der Salzlauge und welche in dem bebrüteten Ei obwalten, auch die materiellen Bildungserfolge in beiden verſchieden ausfallen müſſen; welches allgemeinere Geſetz eine allgemeinere materielle Bildungskraft charakteriſirt, wovon die organiſche und unorganiſche nur beſondere Fälle ſind.

Auf ſolche Weiſe fallen überhaupt alle Scheidewände, die man ſo gern zwiſchen verſchiedenen Kräften zu ſetzen pflegt, ohne daß doch die Unterſcheidungen dazwiſchen fallen, die man vielmehr beliebig noch weiter treiben kann, als man gewohnt iſt, es zu thun.

Der eben ſo verwirrende als verwirkte Streit, in wiefern die Geſetze des Unorganiſchen auf das Organiſche übertragbar ſind, das Organiſche nach den Geſetzen des Unorganiſchen betrachtet werden dürfe, klärt und erledigt ſich hiemit aus einem, zwar nur ſehr allgemeinen, aber doch für die exacte Forſchung hinreichend maßgebenden Geſichtspuncte.

Es gelten nur in ſofern andre Geſetze für das organiſche als das unorganiſche Geſchehen, als die Umſtände, die Einrichtungen, von welchen das Geſchehen abhängt, beidesfalls andre ſind. Nun läßt ſich ſtreiten, ob die Unterſchiede der organiſchen und unorganiſchen Einrichtung in einem Weſensunterſchiede beider beruhen, oder auf welche letzten Gründe ſie überhaupt rückführbar ſind. Aber der exacte Forſcher, wie ſehr ihn auch dieſer Streit im philoſophiſchen Intereſſe kümmern mag, kann doch an der Hand unſres Geſetzes der Rückſichtsnahme auf denſelben im Gange ſeiner Forſchung ſelbſt völlig entbehren. Er darf jedenfalls das Organiſche nach den im Unorganiſchen gültig gefundenen Regeln betrachten und behandeln, ſo weit er entſprechende, oder nach Regeln, die ſich im Sinne unſres Geſetzes bewähren, darauf zurückführbare Umſtände darin wiederfindet, wie die (S. 264) angeführten Beiſpiele ſelbſt beweiſen; er muß für neue, nicht ſo darauf reducirbare Umſtände eben ſo gut neue Regeln ſuchen, als wenn ihm neue, auf Früheres nicht zurückführbare Umſtände im Unorganiſchen ſelbſt begegnen, und muß dann ferner ſuchen, die neuen Regeln mit den alten ſo viel möglich unter allgemeinere Regeln zu vereinigen: nicht anders, als er ſchon im Gebiete des Unorganiſchen für ſich zu thun gewohnt geweſen.

Die Unterſcheidung des Organiſchen von dem Unorganiſchen, die Ueberhebung, wenn man will, des erſteren über das letztere, bedeutet ſonach nichts mehr vor der Inſtanz unſres allgemeinſten Geſetzes, das ſelbſt noch über dieſe Unterſcheidung hinweggreift und ſich über dieſe Ueberhebung erhebt. Der Charakter des Organiſchen kann beſondere Erfolge nur nach Maßgabe bedingen, als er auch beſondere Umſtände oder Mittel mitführt, ſie zu bedingen; und das thut er freilich vielfach und liegt ſelbſt in ſeinem Begriffe. Aber nicht in jeder Beziehung thut er es, und ſo weit es nicht der Fall, kann er auch keine neuen Erfolge gegen das Unorganiſche bedingen. Aber die andre Seite der Sache iſt eben ſo gewiß: in ſo weit es der Fall, muß er auch neue Folgen bedingen; und die Erforſchung der neuen Geſetze für dieſe neuen Umſtände wird alſo hiermit nicht abgeſchnitten, ſondern gefordert. Es gilt nur, dieſe neuen Geſetze auch wirklich wieder mit den neuen Umſtänden in Beziehung zu ſetzen, nicht, wie ſo häufig, durch den allgemeinen Begriff des Organiſchen die Frage nach dieſer Beziehung überhaupt für beſeitigt zu halten.

Man verſucht vielleicht, dem Naturforſcher dies leitende Princip durch folgenden Einwand zu verkümmern: es laſſe ſich zwiſchen Organiſchem und Unorganiſchen wohl die Gleichheit der materiellen Umſtände beobachten; aber im Organiſchen wirke auch ein ideelles Princip, nenne man es nun Seele, Lebensprincip, Zweckprincip, mit, das nicht in die Beobachtung des Naturforſchers falle und doch die Erfolge mit betheilige; die Umſtände könnten alſo im Organiſchen und Unorganiſchen wohl äußerlich gleich ſcheinen, aber in Rückſicht auf den zutretenden ideellen Factor nicht wirklich gleich ſein. Hiermit werde die Uebertragung von Regeln aus dem Unorganiſchen in's Organiſche nach beobachteter ſcheinbarer Gleichheit der Umſtände in jedem Falle unſtatthaft. Aber Erfahrungen der obgenannten Art (S. 264) zeigen doch jedenfalls, daß, wie es ſich auch mit dem Unterſchiede des Ideellen zwiſchen beiden Gebieten verhalte, ſo weit nur die materiellen Umſtände in beiden dieſelben ſind, auch die materiellen Erfolge dieſelben in beiden bleiben, ſo daß jener vorausſetzliche Unterſchied des Ideellen zwiſchen beiden Gebieten die Schlüſſe in nichts ändern kann, die in Betreff materieller Erfolge aus der Gleichheit oder Ungleichheit der materiellen Umſtände gezogen werden können. Der Grund, daß dies ſich ſo verhält, iſt in unſern allgemeinen Anſichten über die Beziehung von Körper und Geiſt leicht zu finden.

4) Die Erfahrungsſchlüſſe, Induction und Analogie, gewinnen unter Anerkennung unſres Geſetzes eine Verallgemeinerung und principielle Beſtimmtheit und Sicherheit, worin ſie gewöhnlich nicht gefaßt werden.

Für Induction hält man im Allgemeinen das Fußen auf wiederholten Erfahrungen nöthig. Nach unſerm Geſetze aber reicht an ſich eine einzige Erfahrung vollkommen aus, die Wiederkehr eines Erfolgs unter denſelben Umſtänden für alle Zeit zu verbürgen und ein ſicheres Geſetz darauf zu gründen, und die Wiederholung der Erfahrung iſt nur nöthig, theils für die Unſicherheit und Zerſtreutheit unſrer ſinnlichen Auffaſſung Abhülfe zu gewähren, theils aus den einzelnen Fällen allgemeinere Geſetze für das Allgemeine oder Elementare, was mehreren Fällen gemein, zu abſtrahiren. Die Analogie anlangend, ſo ſchließt man gewöhnlich unbeſtimmt: Aehnliche Gründe werden ähnliche Erfolge geben; aber es fragt ſich, in wie weit ähnliche? Nach unſerm Geſetze wird man vollkommen beſtimmt ſchließen: In ſo weit ſich die Gründe gleichen, werden ſich die Erfolge gleichen; in ſo weit ſich die Gründe nicht gleichen, werden ſich auch die Erfolge nicht gleichen.

Hierdurch wird das Ungleiche der Fälle dem Schluſſe eben ſo dienſtbar gemacht, als das Gleiche. Die meiſten Erfahrungsfehlſchlüſſe beruhen auf einem Mangel an conſequenter Sonderung und Feſthaltung dieſes doppelten Geſichtspunctes, und die Häufigkeit ſolcher Fehlſchlüſſe iſt Grund geweſen, daß man den Erfahrungsſchlüſſen gewöhnlich überhaupt nur eine precäre Sicherheit den ſogenannten Vernunftſchlüſſen gegenüber beilegt, die auf dem Satze des Widerſpruchs ruhen. Inzwiſchen haben die Erfahrungsſchlüſſe principiell eine Sicherheit, welche der unſres oberſten Geſetzes ſelbſt gleich kommt, das für das reale Gebiet eine analoge Bedeutung hat, als der Satz des Widerſpruchs für das begriffliche; ſofern das reale Gebiet ſo wenig als das Vernunftgebiet einen Widerſpruch mit dem einmal Geſetzten duldet: nur daß freilich unſer Geſetz als ein Geſetz für die Erfahrung auch ſeine allgemeinſte Bewährung principiell nur in der allgemeinſten Erfahrung ſuchen kann. Fehler in Anwendung der Erfahrungsſchlüſſe können natürlich dem Princip derſelben ſo wenig zugerechnet werden, als logiſche Fehler dem der Vernunftſchlüſſe.

Bemerken wir nun noch, daß Vernunftſchlüſſe ohne Zuziehung von Erfahrungsſchlüſſen, anſtatt für die Wirklichkeit irgendwie Gültigkeit zu haben, überhaupt nichts dafür bedeuten können. Denn ich kann zwar ſchließen: Alle Menſchen ſind ſterblich, Cajus iſt ein Menſch, alſo iſt Cajus ſterblich; daß aber alle Menſchen ſterblich ſind, iſt ſelbſt erſt eine Sache der Induction und Analogie, ohne welche der ganze Schluß in's Leere gebaut wäre. Hiernach kann man behaupten, daß jede Sicherheit des Schluſſes auf dem

Gebiet des Wirklichen von der Sicherheit und ſichern Anwendung unſers allgemeinſten Geſetzes abhängt.

Die Hauptſchwierigkeit triftiger Erfahrungsſchlüſſe liegt darin, daß bei complicirten Vorgängen, und alle Vorgänge ſind mehr oder weniger complicirt, nicht ſofort erhellt, was darin als Grund und Folge *im Beſondern* auf einander zu beziehen. Treten neue complicirte Erfahrungen ein, die ſich mit den vorigen nicht vollſtändig decken, und nie decken ſich ſpätere Erfahrungen ganz mit früheren, ſie werden ſtets etwas Gleiches und etwas Ungleiches damit haben; ſo kann die Folge, welche dem erſten Complex von Gründen zugehörte, nicht auf den zweiten ganz übertragen werden; aber es bleibt zunächſt unbeſtimmt, was für Folgen hängen am Gleichen, was für Folgen am Ungleichen. In *ſofern* kann allerdings eine einzige Erfahrung nie maßgebend für die Beurtheilung folgender Erfahrungen ſein. Zugleich ſieht man aber, wie hieran das Princip der exacten Forſchung hängt, aus wiederholten Erfahrungen unter abgeänderten Umſtänden und mit möglichſter Iſolirung beſonderer Umſtände die Geſetze für das Allgemeine und Elementare der Erſcheinungen zu ermitteln. Unſer oberſtes Geſetz kann nichts von dieſer Arbeit erſparen, ſondern blos den allgemeinſten Geſichtspunct dafür ſtellen.

5) Sofern unſer Geſetz gilt, können wir eine vollkommen unverbrüchliche Geſetzlichkeit durch die ganze Natur und Geiſterwelt herrſchend annehmen, wie dies eben ſo im Intereſſe unſrer theoretiſchen Forſchung, als im richtig verſtandenen praktiſchen Intereſſe iſt, deſſenungeachtet aber die Freiheit dadurch nicht aufgehoben halten. Denn

wie Th. I. S. 347 ff. gezeigt worden, läßt unſer Geſetz trotzdem, daß es bindend für allen Raum und alle Zeit, für alle Materie und allen Geiſt iſt, doch ſeinem Weſen nach eine Indetermination noch übrig, ja die größte die ſich denken läßt. Denn es ſagt wohl, daß, in ſofern dieſelben Umſtände wiederkehren, auch derſelbe Erfolg wiederkehren müſſe, ſofern nicht, nicht; aber es liegt nichts in ſeinem Ausdrucke, was die Art des erſten Erfolgs ſelbſt an irgendwelchem Orte für irgendwelche Umſtände, noch die Art des Eintritts der erſten Umſtände ſelbſt irgendwie beſtimmte. In dieſem Bezuge war von Anfang an nach dem Geſetze Alles frei; und iſt jetzt noch Alles frei, in ſo weit ſich nicht alte Umſtände wiederholen, was ſie aber nie vollſtändig thun.

Wenden wir dies insbeſondere auf die Freiheit des Menſchen an, ſo wird ſich ſagen laſſen:

Jeder Menſch ſtellt, nach geiſtiger und leiblicher Seite in Eins betrachtet, eine beſondere und der allgemeinen Zuſammenſtellung der Umſtände in beſonderer Weiſe eingeſtellte, Zuſammenſtellung von Umſtänden dar, die wohl von gewiſſer Seite hier und da, voll aber nirgends eben ſo wiederkehrt, und denkt und handelt demgemäß auch nach ſeiner eigenen, von ſeinem Innern und ſeiner davon nicht ablösbaren Weltſtellung in Eins abhängigen, Gebundenheit und Freiheit verknüpfenden, Geſetzlichkeit in einer nirgends ganz ſo wiederkehrenden Weiſe, die ſeinen individuellen Charakter ausmacht, alſo daß er zwar nach Maßgabe gebunden iſt, gleich zu denken und zu handeln, wie andre, als er gleiche vorgängige Umſtände ſeines Innern und ſeiner Weltſtellung mit ihnen theilt, was von tauſend verſchiedenen Seiten der Fall ſein kann und ſein wird; mit ſeiner Freiheit aber von andern Seiten darüber immer hinausgreift, ſo daß auch das Beſondere nicht ganz gleich zwiſchen ihm und Andern ausfallen kann.

Da jeder neue Menſch ſchon die ganze bisherige Entwickelungsgeſchichte der Menſchheit hinter ſich hat, iſt er freilich auch ihrer ganzen ſchon entwickelten Geſetzlichkeit unterthan; aber er kann doch immer ſelbſt neue Momente zur Fortentwickelung derſelben mit Freiheit beitragen, die maßgebend werden für die Zukunft. Auch läßt ſich aus allgemeinem Geſichtspuncte als die Beſtimmung des Einzelnen anſehen, nicht ſowohl das von der Menſchheit ſchon Gewonnene wieder aufzulöſen, als es fortzubilden.

Bei den manigfaltigen Wendungen, welche der Freiheitsbegriff annehmen kann (vergl. Zuſatz 1 S. 278 ff.), läßt ſich allerdings nicht erwarten, daß die Freiheit, wie ſie in Abhängigkeit von unſerm Princip erſcheint, allen Wendungen dieſes Begriffes in gleicher Weiſe entſprechen werde, was vielmehr unmöglich. Statuirt man z. B. einen freien Willen der Art, daß er ſo zu ſagen grundlos, aus Nichts, entſteht; ſo entſpricht der von unſerm Princip abhängige Freiheitsbegriff dieſer Vorſtellung nicht. Alles Freie, hiemit auch der freiſte Wille den es gibt, hat hienach ſeine Gründe, durch die er aus dem Frühern hervorwächſt, mit dem Frühern in Beziehung ſteht; nur welche Richtung er in Folge dieſer Gründe nehmen wird, bleibt unbeſtimmt und unbeſtimmbar, ſo weit er frei iſt.

Sucht man ferner Freiheit überhaupt blos im Willen, ſo entſpricht dieſe enge Faſſung ebenfalls dem von unſerm Princip abhängigen Freiheitsbegriffe nicht; wenigſtens liegt nichts in unſerm Freiheitsbegriffe, wodurch er auf den Willen beſchränkt würde, obwohl er Anwendung darauf finden kann. Inzwiſchen iſt unſer Freiheitsbegriff jedenfalls ein ſolcher, der das ſchwankende Gebiet der geläufigen Freiheitsbegriffe nicht überſchreitet; und unſere Freiheitsanſicht inſofern eine indeterminiſtiſche, als nicht Alles danach von vornherein nothwendig vorbeſtimmt erſcheint, wie nach dem Determinismus, obwohl ſie des Nähern ziemlich von den jetzt herrſchenden indeterminiſtiſchen Anſichten abweicht.

Zuſatz 1. Ueber den mannigfaltigen Gebrauch des Freiheitsbegriffes. Nach Manchen gilt das Thun aus innern Gründen, aus Selbſtbeſtimmung, ohne äußere Nöthigung, überhaupt als freies Thun; wo dann freilich conſequenterweiſe auch das ſich rein durch ſich ſelbſt zu ſeinen Bewegungen beſtimmende Planetenſyſtem frei in Ausübung dieſer Bewegungen zu nennen wäre. Man identificirt aus dieſem Geſichtspuncte wohl gar Freiheit mit innerer Nothwendigkeit; ſofern man die Selbſtbeſtimmung als eine in der Natur des freien Subjectes liegende und nach der Art des Subjects ſich nothwendig äußernde hält. Anderwärts verlangt man zur Freiheit die Abweſenheit jeder, ſei es innerer oder äußerer, Nöthigung, ja in extremen Anſichten wohl die Abweſenheit der Gründe überhaupt. Anderemale iſt es nur die Abweſenheit innerer oder äußerer Hemmniſſe des Thuns, was man zur Freiheit des Thuns fodert, wobei aber an ſich nicht ausgeſchloſſen wäre, daß dieß Thun durch innere oder äußere nöthigende Gründe erwachſen ſei. Bald iſt es eine unbeſtimmbare Möglichkeit verſchiedener Weiſen des Thuns, die als Freiheit gerechnet wird; aber dieſe unbeſtimmbare Möglichkeit kann ſich theils auf jeden einzelnen Fall insbeſondere beziehen, theils auf das ganze Bereich des Handelns im Zuſammenhange, theils eine an ſich ſtattfindende, objective ſein, ſofern es keine Gründe der Entſcheidung gibt, theils eine ſubjective, ſofern ſich dieſe nur nicht von uns beurtheilen laſſen, wodurch wieder verſchiedene Wendungen des Freiheitsbegriffes möglich und wirklich werden. In engerem Sinne zieht man die Kategorie des Geiſtigen zur Freiheit, nennt nur geiſtige Weſen freie, obwohl Selbſtbeſtimmung, Frage nach der Nothwendigkeit des Geſchehens, mangelndes Hinderniß, unbeſtimmbare Möglichkeit ebenſowohl auf das körperliche Gebiet Anwendung finden, alſo in jenen allgemeinen Begriffsbeſtimmungen der Freiheit, bei denen ſich Manche begnügen, an ſich kein Grund der Einſchränkung auf das Geiſtige liegt, und man auch von freien Bewegungen der Körper ſpricht. Die obigen Schwankungen in der allgemeinen Begriffsbeſtimmung der Freiheit tragen ſich nun auch auf die Freiheit der geiſtigen oder mit Seele begabten Weſen über und es treten noch neue dazu. Im weiteren Sinne mißt man nicht nur den Menſchen ſondern auch den Thieren Freiheit des Thuns bei, und meint hierin ein Unterſcheidungsmerkmal derſelben von den als unbeſeelt angenommenen Pflanzen zu haben: in engerm Sinne aber legt man Freiheit nur Geſchöpfen bei, welche einen Willen, oder eine bewußte Wahl haben, wobei jedoch noch fraglich bleibt, wo Wille und Wahl eigentlich beginnt. Auch läßt das Daſein des Willens wie der Fähigkeit zu wählen noch die Frage übrig, ob der Wille oder die Entſcheidung bei der Wahl mit oder ohne nöthigende Determination entſteht; was den Hauptſtreitpunkt zwiſchen den Determiniſten und Indeterminiſten ausmacht. Je nachdem man nun den Willen ſchlechthin, ohne Rückſicht auf die Art ſeiner Entſtehung, oder einen indeterminiſtiſch gefaßten Willen zur Freiheit weſentlich hält, kann dann die Anwendung des Freiheitsbegriffes wieder ſehr verſchieden ausfallen. Man kann ferner auch zur Freiheit außer dem Willen die Fähigkeit, den Willen auszuführen verlangen. Auch nennt man wohl Jemand mit allem Willen unfrei, wenn er ſeinen Lüſten nicht zu widerſtehen vermag, frei nur den, der ſeinen Willen dem Willen Gottes oder einer allgemeinen moraliſchen Maxime unterordnet. Man unterſcheidet ferner höhere, niedere, äußere, innere, abſolute, relative, phyſiſche, moraliſche, rechtliche Freiheit u. ſ. w. Im gewöhnlichen Leben findet eine große Verwirrung zwiſchen dieſen verſchiedenen Faſſungen des

Freiheitsbegriffs fort; und man kann ſagen, daß ſie durch die wiſſenſchaftliche Behandlung derſelben eher noch vermehrt, als vermindert iſt.

Es iſt auch hier nicht die Abſicht dieſen Gegenſtand zu klären, noch weniger, etwa eine beſtimmte Definition des Freiheitsbegriffes als die allein zulängliche und überall feſtzuhaltende aufſtellen zu wollen, da man umſonſt verſuchen würde, der Freiheit des Sprachgebrauches durch irgendwelche Einſchränkung Gewalt anzuthun. Wir faſſen nur *in Bezug zu unſerm Grundgeſetze* Freiheit in einer beſtimmten Weiſe, wie ſie durch die Erläuterung dieſes Geſetzes ſich von ſelbſt herausgeſtellt hat, um daran nicht Erörterungen über das *Wort*, den *Begriff* Freiheit, den man immerhin in verſchiedenen Zuſammenhängen verſchieden brauchen mag, ſondern *ſächliche* Betrachtungen über die Vorbeſtimmbarkeit oder Nichtvorbeſtimmbarkeit des Geſchehens zu knüpfen.

Zuſatz 2. Ueber den Gegenſatz der determiniſtiſchen und indeterminiſtiſchen Anſicht. Im Allgemeinen behauptet die deterministiſche Anſicht eine durchgehende Nothwendigkeit alles Geſchehens, ohne daß im Geiſtigen, Moraliſchen, Wollen, Denken es ſich anders damit verhält, als in dem Phyſiſchen, was Gegenſtand der Naturerforſchung; die Geſetze mögen andere, ſchwerer faßliche und verfolgbare ſein; aber die Nothwendigkeit iſt dieſelbe. Ueberall folgt aus den gegebenen Gründen mit Nothwendigkeit das, was eben erfolgt, und es iſt überall nur *eine* Weiſe des Erfolgs möglich, die durch die Beſchaffenheit der eben vorhandenen Gründe beſtimmt wird; dieſe Gründe ſind wieder durch ihre rückwärtsliegenden Gründe vorbeſtimmt, und ſo in's Unbeſtimmte. Iſt für einen Menſchen die Beſchaffenheit ſeines Innern und Aeußern gegeben, und ſind die äußern Umſtände für ihn gegeben, ſo iſt Alles für ihn in Ewigkeit gegeben, indem nach dieſen Gründen ſich alle Folgen mit Nothwendigkeit in's Unbeſtimmte entwickeln. Glaubt ein Menſch frei zu handeln, ſo iſt er ſich der nöthigenden Gründe nur nicht bewußt.

Die indeterminiſtiſche Anſicht, als Gegenſatz der determiniſtiſchen, leugnet dieſe durchgängige Nothwendigkeit, ohne leugnen zu können oder zu wollen, daß es ein Gebiet oder eine Seite der Nothwendigkeit in der Welt gebe. Ihr Weſen liegt nur eben darin, daß ſie nicht *Alles* nach allen *Seiten* nothwendig beſtimmt hält, wie die deterministiſche. Sie kann aber eine verſchiedene Geſtalt annehmen, je nachdem ſie die Freiheit, als Folge oder Gegentheil der Nothwendigkeit, hier oder da, in weiterer oder engerer Sphäre ſucht und ſelbſt näher ſo oder ſo beſtimmt. Nach den jetzt herrſchenden Anſichten wird die Freiheit im engeren Sinne nicht nur auf das geiſtige Gebiet beſchränkt, ſondern auch hierin insbeſondere auf das Willensgebiet, oder jedenfalls im Willen die vorzüglichſte Manifeſtation der Freiheit gefunden*. Im Willen iſt ein Princip gegeben, welches die Schranken der Nothwendigkeit durchbricht, darüber erhaben iſt, und durch ſein Walten das abändert, was ſonſt der Nothwendigkeit unterläge. Der Wille iſt durch keine innere oder äußere nöthigende Gründe dahin beſtimmt, daß er gerade die Richtung nimmt, die wir ihn annehmen ſehen; ſondern ſeine Entſcheidung nach dieſer oder jener Richtung, insbeſondere in moraliſcher Hinſicht, zum Guten oder Böſen, kommt, unbeſtimmbar durch alles Andere, rein aus ihm ſelbſt zu Stande. Er bringt die Gründe der Entſcheidung aus ſich ſelbſt mit. Weder Vergangenheit noch Mitgeſchehendes hat auf das Weſen derſelben Einfluß. Nicht Anlage und Erziehung machen den Menſchen gut oder böſe, ſondern trotz Anlage und Erziehung macht der eigene Wille den Menſchen gut oder böſe, ein Wille, der nicht ſelbſt durch Anlage und Erziehung vorbeſtimmt iſt. Was Anlage und Erziehung hauptſächlich wirken kann, iſt nur das Gebiet und die Form zu beſtimmen, worin ſich die guten oder böſen Willensbeſtimmungen entfalten werden. Zwar können äußere Motive den Willen zur Entſcheidung anregen, aber die Art der Entſcheidung bleibt ihm ſelbſt anheimgegeben, ohne daß er durch etwas gebunden iſt, ſich ſo oder ſo zu entſcheiden. Doch gibt der Indeterminismus nach neuerer Faſſung im Allgemeinen zu, daß die Freiheit des menſchlichen Willens einer Selbſtbeſchränkung unterliege, ſofern er ſich durch frühere Entſcheidungen immer mehr zu einer beharrlichen Richtung determinire. Je öfter er ſich ſchon nach einer gewiſſen Richtung entſchieden habe, deſto mehr wachſe die Neigung zu, ſich ferner in derſelben

---

* Ohne zu behaupten, daß die nachfolgende Darſtellung den Sinn aller indeterminiſtiſchen Anſichten genau trifft, dürfte ſie doch das Weſentliche der meiſten wiedergeben, und ſtimmt im Weſentlichen mit der von Müller in ſeiner Lehre von der Sünde II. [illegible] vorgetragenen Anſicht überein.

Richtung zu entſcheiden: ſo entſtehe der Character und die Neigung des Menſchen. Nur ein Reſultat früherer freier Selbſtbeſtimmungen des Willens ſei es, was das herrſchende Intereſſe des Menſchen ausmacht; daher auch fehlerhafte Neigungen die Schuld des Menſchen. Doch ſei auch dieſe Determination nie vollſtändig. Manche, um das Angeborne der Neigung zu erklären, ſprechen von Willensentſcheidungen ſchon vor der Geburt in einem Sein, von dem wir keine Kunde haben.

Bekanntlich erklärt der Determiniſt die Freiheit des Indeterminiſten für Schein. Seine Einwürfe werden ſich auch gegen unſere Auffaſſung der Freiheit kehren können, nur unter anderer Form, als gegen die gewöhnliche indeterminiſtiſche Auffaſſung. Ich halte die Entſcheidung der Streitfrage überhaupt für ſchwierig; ja war früher einem reinen Determinismus zugethan, indeß ſcheint mir die Feſthaltung eines indeterminiſtiſchen Freiheitsmomentes in dem von uns erörterten Sinne ſich nicht nur rechtfertigen, ſondern auch mit den Vorzügen eines rechtgefaßten Determinismus in vortheilhafter Weiſe vereinigen zu laſſen. Hierüber ſoll jetzt Einiges aus theoretiſchem Geſichtspuncte geſagt werden, um nachher (C.) den Gegenſtand nochmals aus praktiſchem Geſichtspuncte aufzunehmen.

Nach unſerer Darſtellung iſt etwas nur inſoweit vorbeſtimmt und vorbeſtimmbar, als es aus einer Wiederholung früherer Umſtände hervorgeht; inſofern neue Umſtände eintreten, beſteht Unbeſtimmbarkeit des Erfolgs. Der Erfolg kann ſo oder ſo eintreten, nur daß er nicht übereinſtimme mit dem, was anderwärts oder früher aus andern Gründen ſchon in beſtimmter Weiſe erfolgt iſt. Im Uebrigen iſt er frei. Sofern nun die Unbeſtimmtheit des Erfolgs, ſo weit ſie ſtattfindet, in der Natur der Dinge, d. h. des oberſten Geſetzes, was alle Dinge, alles Geſchehen beherrſcht, liegt, kann man ſagen, die Weiſe des Erfolgs ſei an ſich nicht nothwendig dieſe oder dieſe. Aus allen neuen Gründen, Umſtänden, ſoweit ſie wirklich neu, folgt etwas, wozu es kein Princip der Beſtimmung, daß es ſo eintreten *müſſe*, in der Welt gibt. Einen andern Sinn wüßten wir dem Ausdruck, daß etwas nicht *nothwendig* beſtimmt ſei, überhaupt nicht unterzulegen. Es treten aber im Laufe der Weltentwickelung fortgehends Umſtände ein, die wenn ſchon nicht nach aller Hinſicht neu, doch eine Seite des Neuen haben, und hierin liegt unſer Freiheitsgebiet, das doch nie abgeſondert vom Gebiet des Nothwendigen beſteht.

Nun aber kann der Determiniſt eben hier den Schein zu finden meinen, und leugnen, daß überhaupt etwas Neues in der Welt vorkommt. Er kann darauf aufmerkſam machen, daß jedenfalls Vieles von dem, was wir ſchlechthin neue Umſtände oder neu an den Umſtänden zu nennen geneigt ſind, nur eine derartige Combination oder Abänderung alter Umſtände iſt, daß die neuen Erfolge als beſondere Fälle unter ſchon gewonnene alte Regeln treten; der Erfolg einer Neuerung laſſe ſich oft nach einer durch alte Geſetze gedeckten Proportionalität oder Zuſammenſetzung oder allgemeiner als Function des früher Dageweſenen berechnen. Und die Möglichkeit hiervon liege in der Allgemeinheit unſeres Geſetzes ſelbſt begründet. Denn vermöge derſelben werde es nicht bloß für das Einzelne, ſondern auch das Allgemeine der Fälle zu gelten haben, und ſo fern in gewiſſem Raume, in gewiſſer Zeit ſich eine gewiſſe Regel der Proportionalität oder Zuſammenſetzung gültig erweiſe, fordere die volle Allgemeinheit des Geſetzes, daß ſie für alle Zeiten und alle Räume ferner gültig bleibe.

So kehrt unſer Planetenſyſtem in Betreff der Anordnung ſeiner Maſſen in Ewigkeit nie wieder ganz in die Verfaſſung zurück, die es in irgend einem Momente gehabt; aber deſſenungeachtet iſt alle Bewegung deſſelben in Ewigkeit völlig determinirt nach Regeln, welche ſich ganz auf ſchon Dageweſenes gründen. Zuletzt reduciren ſich alle Umſtände, auf die es bei dem Erfolge hier ankommt, auf Größen von Maſſen, Diſtanzen, Geſchwindigkeiten, Richtungen, auf Zuſammenſetzungen und Verhältniſſe von all Dieſem; und wie ſich die Urſachen zuſammenſetzen, ſetzen ſich die Folgen zuſammen; die Erfahrung ſelbſt hat bewieſen, daß es der Fall iſt, und hat zugleich die Regeln kennen gelehrt, nach der Zuſammenſetzung der Urſachen die Zuſammenſetzung der Folgen zu berechnen.

Im Sinne des Determiniſten wird es nun liegen, das, was wir beim Planetenſyſtem bemerken, zu verallgemeinern, zu ſagen: Alles was wir neue Umſtände oder neu an den Umſtänden nennen, ſind ſolche Zuſammenſetzungen und Abänderungen, die ſich nach Regeln berechnen laſſen, welche, wenn nicht aus dem Dageweſenen ſchon gefunden, doch daraus findbar ſind. Von Anbeginn an ſind alle die Grundverhältniße gegeben, auf die es ankommt, und ſo gegeben, daß keine neue Determination im Laufe der Zeiten erſt eintreten kann.

Dieſe Betrachtungsweiſe hat Schein, jedoch nur in ſofern, als ein Beiſpiel als Ausgang der Betrachtung gewählt und auf deſſen Verallgemeinerung angetragen iſt, welches allerdings einem Gebiete der Nothwendigkeit, das ja nicht zu leugnen iſt, angehört, aber die Berechtigung ſeiner Verallgemeinerung gar nicht von ſelbſt mitführt.

Factiſch iſt, daß für den Determiniſten die Zurückführung des Neuen auf alte Umſtände nach Regeln der Proportion und Zuſammenſetzung oder überhaupt als Function des Einfachen bei Weitem nicht gelungen iſt und eben ſo wenig Ausſicht iſt, daß ſie je vollſtändig gelingen könne. Das geiſtige Gebiet anlangend, ſo reichen die einfachſten Geſetze, welche für die einfachſten Verhältniſſe gelten, nirgends hin, durch Zuſammenſetzung und nach Proportion oder in irgendwelcher Verwendung auch das zu decken, was der Verwickelung dieſer Verhältniſſe im Ganzen zugehört. Was von geiſtigen Verhältniſſen und Entwickelungen aus dem Zuſammentritt dreier Menſchen entſtehen wird, iſt ſo wenig vollſtändig aus dem berechenbar, was aus dem Zuſammentritt je zweier entſteht, als der Eindruck eines Accords, einer Melodie auch nicht aus dem ſeiner einzelnen Intervalle findbar. Es liegt etwas in der ganzen Zuſammenſtellung; was mit jeder andern Zuſammenſtellung unberechenbar anders wird.

Wie es aber in dem Geiſtigen iſt, iſt es auch in der materiellen Grundlage des Geiſtigen. Mit den Principien, mit denen man bei der Gravitation ausreicht, reicht man nicht überall in der Körperwelt aus. Früher freilich waren die Naturforſcher mehr als jetzt geneigt, anzunehmen, es laſſe ſich Alles in der Natur, wie bei der Wirkung der Schwere, auf Zuſammenſetzung der Wirkungen von Elementarkräften zwiſchen je einem und einem andern Theilchen zurückführen, und mit den Geſetzen dieſer Kräfte und der Zuſammenſetzung ihrer Wirkungen ſei das Princip gegeben, Alles zu berechnen was in der Natur geſchieht. Aber es hat ſich gezeigt, daß dem nicht ſo iſt. Im Organiſchen liegt es faſt auf der Hand, daß dieß Princip nicht ausreicht. Auch iſt keine Nothwendigkeit, daß die Grundwirkungen überall blos von der Beziehung je zweier Theilchen abhängen. Warum kann es nicht auch ſolche geben, wo drei, wo vier, wo alle Theile eines Syſtems zur Grundwirkung beitragen. So ſcheint es mit den organiſchen Molecularwirkungen wirklich der Fall zu ſein. Daß jedenfalls eine Annahme ſolcher Wirkungen nicht ins Leere ſtattfindet, beweiſt ſich dadurch, daß im Gebiet des Unwägbaren, was doch überall auch in das Wägbare eingreift und im Organiſchen ſelbſt eine große Rolle ſpielt, ſicher ſolche vorkommen. Es hat ſich hier (im Felde electriſcher, galvaniſcher, magnetiſcher Bewegung) gezeigt, daß nicht blos der beſondere Erfolg, ſondern auch das allgemeine Geſetz des Erfolges bei der Wirkung zweier Theilchen durch Mitwirkung anderer Theilchen in einer Weiſe abgeändert wird, für welche bis jetzt kein Princip beſtimmter Berechnung gegeben iſt. Die Verbindung zum Ganzen hat einen Einfluß, der ſich aus der Zuſammenſetzung irgendwelcher Einzelheiten nicht beſtimmen läßt. Man weiß noch nicht recht, wie weit derartige Wirkungen greifen und welches ihre Grundnatur iſt; kann alſo auch nähere Aufſchlüſſe darüber noch nicht von der Wiſſenſchaft erwarten; gewiß bleibt nur, daß ſolche Wirkungen vorhanden ſind. Im Bereiche des Chemiſchen, Molecularen überhaupt, zeigen ſich Wirkungen, die auch hierher zu gehören ſcheinen; wobei man in Frage ſtellen kann, ob ſie nicht, eben wie auch die im Organiſchen, vom Eingriff des Unwägbaren ins Wägbare erſt abhängen. Wichtig iſt dann ferner, daß durch den unwägbaren Aether im Himmelsraume, der nicht nur zwiſchen allen Weltkörpern enthalten iſt, ſondern auch alles Wägbare durchdringt und in Wechſelwirkung damit ſteht, die ganze Welt zu einem Ganzen verknüpft iſt, welchem ſich alles Einzelne durch ſeinen unwägbaren Inhalt einordnet.

Man vergleiche hiezu eine Stelle in W. Webers elektrodynamiſchen Maßbeſtimmungen (Abhandlungen der Jablonowskiſchen Geſellſch. 1846. S. 376). Er ſagt: „Hiernach hängt alſo dieſe Kraft (welche zwei elektriſche Theilchen auf einander ausüben,) von der Größe der Maſſen, von ihrer Entfernung, von ihrer relativen Geſchwindigkeit, und außerdem endlich von derjenigen relativen Beſchleunigung ab, welche ihnen zukommt theils in Folge der Fortdauer der in ihnen ſchon vorhandenen Bewegung, theils in Folge der von anderen Körpern auf ſie wirkenden Kräfte.

Es ſcheint hieraus zu folgen, daß die unmittelbare Wechſelwirkung zweier elektriſchen Maſſen nicht ausſchließlich von dieſen Maſſen ſelbſt und ihren Verhältniſſen zu einander, ſondern auch von der Gegenwart dritter Körper abhängig ſei. Nun iſt bekannt, daß Berzelius eine ſolche Abhängigkeit der unmittelbaren Wechſelwirkung zweier Körper von der Gegenwart eines dritten ſchon vermuthet hat, und die daraus reſultirenden Kräfte mit dem Namen der katalytiſchen bezeichnet hat. Bedienen wir uns dieſes Namens, ſo kann hiernach geſagt werden, daß auch die elektriſchen Erſcheinungen zum Theil von katalytiſchen Kräften herrühren.

Dieſe Nachweiſung katalytiſcher Kräfte für die Elektricität iſt jedoch keine ſtrenge Folgerung aus dem gefundenen elektriſchen Grundgeſetze. Sie würde es nur dann ſein, wenn man mit dieſem

Grundgeſetze nothwendig die Idee verbinden müßte, daß dadurch nur ſolche Kräfte beſtimmt wären, welche elektriſche Maſſen aus der Ferne unmittelbar auf einander ausübten. Es läßt ſich aber auch denken, daß die unter dem gefundenen Grundgeſetze begriffenen Kräfte zum Theil auch ſolche Kräfte ſind, welche zwei elektriſche Maſſen auf einander mittelbar auf einander ausüben, und welche daher zunächſt von dem vermittelnden Medium, und ferner von allen Körpern welche auf dieſes Medium wirken abhängen müſſen. Es kann leicht geſchehen, daß ſolche mittelbar ausgeübten Kräfte, wenn ſich das vermittelnde Medium unſerer Betrachtung entzieht, als katalytiſche Kräfte erſcheinen, wiewohl ſie es nicht ſind...... Die Idee von der Exiſtenz eines ſolchen, vermittelnden Mediums findet ſich ſchon in der Idee des überall verbreiteten elektriſchen Fluidums vor.“

Dazu ſpricht es Weber als nicht unwahrſcheinlich aus, daß das überall verbreitete elektriſche neutrale Medium „mit dem überall verbreiteten Äther, welcher die Lichtſchwingungen mache und fortpflanze“, zuſammenfällt.

Fußen wir auf der Vorausſetzung einer ſolchen, durch die ganze Welt greifenden, ſei es auch nur durch das Unwägbare vermittelten, Verknüpfung, der ſich dann auch jeder einzelne Organismus einordnen muß, ſo läßt ſich leicht überſehen, wie Betrachtungen, die auf die von Beharrung, Stoß, Schwere abhängigen Erſcheinungen anwendbar ſind, für Alles, was von dieſer Verknüpfung abhängt, unanwendbar werden, und wie die Nothwendigkeit, die im Gebiete jener Erſcheinungen Platz greift, auf das Gebiet deſſen, was von dieſer Verknüpfung abhängt, unübertragbar iſt.

In der That bei Beharrung, Stoß und Schwere kommt überhaupt als Grundlage der Berechnung nur das Verhalten eines Körpers für ſich oder die Wirkung, die je zwei Körpertheilchen oder Körper auf einander äußern, in

Betracht; die Verhältniſſe eines Einzelkörpers oder je zweier Körper zu einander wiederholen ſich aber allwegs in Raum und Zeit, und ſo wiederholt und verallgemeinert ſich auch die dafür geltende Regel und läßt ſich in der Berechnung darauf fußen. Auch Fälle, wo die Grundwirkung von Zuſammenſtellung dreier oder mehrerer Körper oder Körpertheile abhängt, könnten ſich wiederholen, und es iſt eine Verallgemeinerung von einem Falle zu andern Fällen und mithin eine Vorausſicht der Erfolge für dieſe andern gleichen Fälle principiell möglich. Giebt es aber eine allgemeine Wirkungsverknüpfung, wo die Zuſammenſtellung aller (ſei es auch nur aller unwägbaren, doch auf das Wägbare rückwirkenden) Theile in Betracht kommt, ſo kann eine ſolche Zuſammenſtellung weder ganz ſo in anderem Raume und anderer Zeit wiederkehren, da die ganze Welt nichts außer ſich hat und ſtets in Fortentwickelung begriffen iſt, noch iſt nach der Vorausſetzung ſelbſt eine Berechnung der Totalwirkung aus den Einzelwirkungen und Vergleichung mit früheren Zuſtänden danach principiell möglich; und mithin bleibt hier etwas im Ganzen Unvorbeſtimmbares. Dieſes Unvorbeſtimmbare im Ganzen geht dann aber auch natürlich das Einzelne an, was darunter inbegriffen iſt, und zwar jedes Einzelne verſchieden nach ſeiner verſchiedenen Stellung zum Ganzen, ſo daß es, wenn es ſelbſt den Character einer Individualität hat, auch in individueller Weiſe an der allgemeinen Freiheit Theil gewinnt.

So erſcheint unſre Freiheit nicht als herausgeriſſen aus dem Zuſammenhange mit dem Ganzen, wie man ſie ſo gern vorſtellt: ſondern recht eigentlich nur durch und in dieſem Zuſammenhang begründet, iſt eben ſo als ein Theil der allgemeinen Freiheit und als ein Beitrag dazu anzuſehen, wie auch die Nothwendigkeit, der wir unterliegen, nur ein Theil der allgemeinen Nothwendigkeit und ein Beitrag dazu iſt.

Das Wirken von Beharrung, Stoß und Schwere hat ſelbſt einen Hintergrund von Freiheit, iſt wieder Grundlage freien Wirkens und mit ſolchem weſentlich in Zuſammenhang, ſofern man frei entſtanden überhaupt nennt, deſſen Entſtehung nicht nach irgendwelchen Geſetzen als nothwendig ableitbar. Weder die erſte Anordnung noch die erſten Bewegungen in der Welt laſſen ſich aus den Geſetzen von Beharrung, Stoß und Schwere oder irgendwelchen Geſetzen als nothwendige ableiten, ja nicht einmal dieſe Geſetze ſelbſt; was aber danach als nothwendig abgeleitet werden kann, bedarf dazu doch ſelbſt erſt des ohne Berechnung Vorgegebenen, und iſt, auch wenn wir die genaueſten aſtronomiſchen Rechnungen in Betracht nehmen, in letzter Inſtanz nur eine Approximation, die endlich untriftig werden muß, weil im Grunde jeder Körper von der Summe aller Körper influirt wird; wir können aber blos die Wirkung einer beſchränkten Körperwelt in Rechnung nehmen. Nun iſt es eben ſo ſchwer, eine begränzte, als eine unbegränzte Welt zu denken, die Regel der Berechnung der Schwerewirkungen könnte aber principiell blos für erſtere vollen Erfolg haben; ſonſt muß, und wäre es erſt nach centillion mal centillion Jahren, zur centillion mal centillionſten Potenz erhoben, die Abweichung der noch ſo weit getriebenen Berechnung von dem an ſich Unberechenbaren nicht blos factiſch, ſondern principiell endlich ſpürbar werden. Und wie nothwendig ſich auch die Weltkörper vermöge Schwere und Beharrung im Himmelsraum bewegen mögen, iſt es doch ein Gebiet der Freiheit, was ſich hiebei in ihnen fortbewegt. Nach Maßgabe der Bewegungen der Himmelskörper und der Wirkungen der Schwere ändert ſich auch Leben und Bau der freien Geſchöpfe, und der ganze ſchwere Bau der Weltkörper, ja der ganzen Welt iſt nur der Unterbau dieſes freien Lebens, ging urſprünglich mit ihm aus einem Zuſammenhange des Wirkens hervor, beſteht und wirkt damit noch in untrennbarem Zuſammenhange, wie wir ja ſo vielfach erläutert. Die freien Geſchöpfe anderſeits ſind nicht nach aller Hinſicht frei.

Wie viel Freiheit aber auch in der Welt walte, ſo hindert dies nicht, alles Einzelne darin nach der Seite zu berechnen, die eben an ihm nothwendig iſt, indem wir das, was durch Freiheit dabei unbeſtimmbar iſt, ſei es als unbeſtimmt (mittelſt unbeſtimmter Coefficienten, Glieder u. ſ. w.) oder als durch die Erfahrung zu geben in die Rechnung einführen; nicht anders, als wir ſchon längſt mit alle dem verfahren, was durch unſre Unkenntniß der Gründe oder der Geſetze nach denen ſie wirken unbeſtimmbar iſt.

Vergleiche hierüber meine Abhandlung über die mathematiſche Beſtimmbarkeit organiſcher Geſtalten und Proceſſe in den Berichten der Leipz. Soc. mathemat. phyſ. Abth. f. 1849. S. 50.

Es iſt nicht zu verkennen, daß dieſe Betrachtungen über die phyſiſchen Verhältniſſe, welche der Freiheit zu Grunde liegen mögen, noch viel zu wünſchen übrig laſſen, ſofern unſre mangelhafte Erkenntniß dieſer Verhältniſſe keinen ſichern Gang der Betrachtung geſtattet; möglich, daß ſie noch Einwänden unterliegen; ja es möchte mit der Freiheitslehre ſchlecht beſtellt ſein, wenn ſie ſich nur hierauf ſtützen könnte; aber es war auch blos die Abſicht zu zeigen, daß ſelbſt bei Vorausſetzung einer feſten Anknüpfung des Geiſtigen an das Materielle die Naturforſchung kein Recht hat, die Nothwendigkeit, die ſie aus gewiſſen Gebieten abſtrahirt, auf das Ganze des phyſiſchen und dadurch begründeten pſychiſchen Geſchehens zu übertragen, indeß anderſeits keine Freiheitsanſicht leugnen kann, daß es auch eine Seite der Nothwendigkeit in der Welt giebt.

Zur objectiven Unmöglichkeit, alles Geſchehen voraus zu berechnen, tritt noch eine ſubjective. Factiſch und begreiflich nämlich iſt, daß, nach Maßgabe, als ſich die Verhältniſſe verwickeln oder auf eine höherer Ordnung ſteigen, wie dies im Sinne der fortſchreitenden Entwickelung der Welt im Ganzen iſt, die Berechnung der Erfolge dieſer verwickeltern Verhältniſſe immer ſchwieriger wird, einen immer höhern Entwickelungsgrad des Geiſtes vorausſetzt, ſei es auch, daß ſie an ſich immer möglich ſei. Und unſtreitig kann kein Weſen Erfolge berechnen, die aus Gründen hervorgehen, welche complicirter oder von höherer Ordnung ſind, als die innern Verhältniſſe des Weſens ſelbſt, ſondern nur niedrigere, mögen wir dies übrigens auf das Geiſtige oder Leibliche beziehen, was immer mit einander geht, da ein höher entwickeltes Geiſtige ſtets mit einem höher entwickelten Leiblichen zuſammenhängt. Ein Wurm wird nie vorausſehen können, wie ſich ein Affe, ein Affe nie, wie ſich ein Menſch, ein Menſch nie, wie ſich Gott benehmen wird, außer nach Beziehungen, nach denen ſie dem Höhern ſelbſt adäquat ſind, denn ſofern die Einſicht jedes Weſens mit ſeiner Entwickelungsſtufe zuſammenhängt, kann es nicht über das Vermögen dieſer hinaus etwas erſchließen, was erſt in einer höhern Entwickelungsſtufe Raum hat.

So wird ein Menſch, der noch auf einer niedern Bildungsſtufe ſteht, nie berechnen können, wie er ſich benehmen wird, wenn er auf eine höhere gelangt iſt, außer nach Beziehungen, in denen er ſchon jetzt mit der höhern übereinkommt; das Umgekehrte iſt wohl eher möglich, daß der Menſch, auf höhere Bildungsſtufe gelangt, die Motive ſeiner Handlungsweiſe auf der frühern niedern überſieht, obſchon auch dies nie vollſtändig. Sofern nun factiſch die

Welt in einer fortſchreitenden Entwickelung begriffen iſt, müſſen wir geſtehen, es beſtehe auch aus dieſem Grunde eine Unmöglichkeit ſchlechthin in der Natur der Sache, alle Erfolge der Welt voraus zu berechnen, in ſofern die Berechnung Deſſen, was in die ſpätere höhere Entwickelung fallen wird, ein Weſen von höherm Entwickelungsgrade ſchon vorausſetzen würde, was ſich widerſpricht. Und ſollte man ſelbſt eine objective Berechenbarkeit alles deſſen, was in der Welt geſchieht, an ſich behaupten wollen, würde dieſe ſubjective Unberechenbarkeit immer in der Natur der Sache beſtehend bleiben.

Man kann zwar ſagen, daß, wenn auch die Erkenntniß des Zukünftigen ſolchergeſtalt immer eine Indetermination einſchließt, es dagegen für den erlangten höhern Erkenntnißgrade möglich ſein wird, die Nothwendigkeit des frühern Bildungsganges mehr und mehr rückwärts zu berechnen. Allein ſehen wir näher zu, ſcheint dies triftiger ſo auszudrücken: wir werden mit ſteigendem Bildungsgrade immer mehr befähigt, das Nothwendige im höhern Bildungsgange zu berechnen, etwas Anders werden wir wenigſtens nach Erfahrung nicht behaupten können.

C. Ueber die Freiheitsfrage aus praktiſchem Geſichtspuncte.

Wie es ſeine Schwierigkeit hat, nach theoretiſchen Geſichtspuncten zwiſchen der deterministiſchen und indeterminiſtiſchen Freiheitsanſicht* eine reine Entſcheidung zu faſſen, iſt es auch nach praktiſchen der Fall, während freilich die Entſcheidung ſehr leicht fällt, wenn man, wie nur zu gewöhnlich, die eine aus dem vortheilhafteſten, die andre aus dem nachtheiligſten Geſichtspuncte in's Auge faßt. Schließlich erkläre ich mich zwar für eine indeterminiſtiſche Auffaſſung, doch mit geringem Uebergewicht der Gründe, und ſo, daß das determiniſtiſche Moment, was jeder Indeterminismus aufnehmen muß, (da doch jeder ein Gebiet der Nothwendigkeit anzuerkennen hat), einen ohne Vergleich größern Spielraum erhält, als nach den gewöhnlichen indeterminiſtiſchen Anſichten; von andern Seiten aber das indeterminiſtiſche Moment nicht blos auf das Willensgebiet beſchränkt wird.

---

* Vgl. über das Begriffliche dieſer Anſichten S. 280.

Laſſen wir erſt den reinen Determinismus ſich unter ſeiner vortheilhafteſten Geſtalt entwickeln; was um ſo weniger überflüſſig ſein wird, als ſich weiterhin zeigen wird, daß wir von dieſer determiniſtiſchen Anſicht auch ſchließlich eigentlich nichts aufzugeben, ſondern nur anzuerkennen haben werden, daß ſie ſtatt des Ganzen nur eine Seite des Ganzen deckt.

Die Nachtheile, welche man dem Determinismus in ſeiner gewöhnlichen Faſſung beimißt, ſchwinden in der That, wenn man ihn unter der nähern Beſtimmung aufſtellt und aus dem Geſichtspuncte durchführt, daß die nothwendige Weltordnung zugleich eine nothwendig gute ſei in der Art, daß alles Einzelne darin, ob auch zeitweiſe und als Einzelnes betrachtet, jetzt und hier nicht gut erſcheint, doch im Ganzen der Zeit und des Raums betrachtet, ſich zum Guten endlich nothwendig fügt, und ſelbſt der Böſe durch die Folgen des Böſen hier oder dort nothwendig endlich zum Guten determinirt wird.

Unſer Determinismus poſtulirt aber nicht blos eine ſolche Weltordnung, ſondern er kann ſich auf die factiſche Kundgebung derſelben berufen, ſofern Gegenwirkungen gegen das Gute und Rückläufe gegen daſſelbe allerdings im Einzelnen unzählige erſcheinen, im Ganzen aber doch eine Tendenz zum Guten immer vorwaltet. Dieſe Tendenz tritt nach Maßgabe deutlicher hervor, als wir uns vom Einzelnen mehr zum Ganzen erheben (vgl. Th. I. S. 401); ſo daß wir ſchließen können, was an ihrer vollen Verwirklichung uns noch zu fehlen ſcheint, fehle eben nur in ſo fern, als wir nicht im Stande ſind, das Ganze der Zeit und des Raums zu überblicken, daraus ſelbſt aber Zuverſicht in Betreff dieſes Ganzen ſchöpfen können. Unſer Leben hienieden, wie kurz es ſei, reicht doch aus, den Sinn und Gang der Weltordnung in ſo weit zu überſehen, um uns ſicher zu ſtellen, es geht im Ganzen zu guten und gerechten Zielen. Die einzelnen Menſchen irren und ſündigen in mancherlei Weiſe und oft erhält der Böſe den Lohn, den der Gute verdient hat; aber die Geſetze und Regeln, welche die Menſchheit oder größere Fractionen derſelben binden, ſind, wenn auch nicht der Gefahr des Irrthums entnommen, doch im Ganzen überall vorwaltend auf das Gute, Rechte und Gerechte gerichtet; und es beſteht eine innere Nothwendigkeit, welche die Menſchheit treibt, ſie in dieſer Richtung immer mehr zu vervollkommnen. Der Einzelne ſelbſt, der jetzt ſündigt und irrt, wird durch die über kurz oder lang auf ihn zurückſchlagenden

Folgen ſeines Irrthums und ſeiner Sünden eben ſo angetrieben, endlich zur Erkenntniß und zum Guten zu kommen, als der das Rechte Erkennende und Thuende durch den innern und äußern Lohn, den das Gute und Wahre mit und ſchließlich nach ſich führt, darin beſtärkt und befeſtigt wird. Schon im jetzigen Leben ſehen wir gutes und böſes Gewiſſen, göttliche und menſchliche Strafen, Drohungen und Verheißungen, Ermahnungen und Abmahnungen, Lob und Tadel, Ehre und Schande, die ſich allwegs beziehentlich an das Gute und Böſe knüpfen, allwegs auch in die Richtung zum Guten drängen und von der des Böſen wegdrängen, ſehen die guten Folgen des Guten und die böſen Folgen des Böſen um ſo mehr anwachſen, und um ſo ſicherer und kräftiger auf den Urheber zurückſchlagen, je länger ſie Zeit haben, anzuwachſen und ſich zu entwickeln; doch reicht das jetzige Leben oft nicht zur gerechten Vollendung hin; und wir dürfen uns darüber nicht wundern, wenn doch die Weltordnung nicht blos die engen Schranken unſres hieſigen, ſondern unſres ewigen Daſeins umfaßt. Alles aber, was ſich im jetzigen Leben hiervon noch nicht erfüllt und vollendet, können wir mit Fug im folgenden Leben ſuchen, in dem wir doch nur eine Fortentwickelung deſſelben Planes vorausſetzen können, den wir ſchon im jetzigen Leben ausgeſprochen ſehen. Ja der Umſtand ſelbſt, daß wir hier einen Plan, eine Tendenz aus dem Ganzen und im Ganzen deutlich hervorleuchten und doch im Einzelnen nicht vollendet und durchgebildet ſehen, giebt uns die beſtimmteſte Hoffnung einer Zukunft, läßt uns das jetzige Leben als Moment oder Bruchſtück eines größern

Ganzen erſcheinen, welches dieſer Vollendung zuſchreitet. Und unſtreitig wird die deterministiſche Anſicht dadurch nicht ſchlechter, daß ſie den Hinblick auf ein künftiges Leben nicht nur einſchließt, ſondern fordert.

Denken wir uns demgemäß das Geſetz, daß, je länger, ſo ſicherer die guten oder böſen Folgen des Thuns auf den Urheber zurückſchlagen, und endlich ſo gehärſter zurückſchlagen, je mehr und länger ſich das Thun in derſelben Richtung geäußert hat, über dies Leben hinausreichend, ja den Tod ſelbſt als ein großes Mittel, das, was unter den Bedingungen des Jetztlebens nicht in dieſer Beziehung erreicht werden konnte, unter neuen Bedingungen zu erreichen und zu vollenden, ſo wird auch der Gute ſicher endlich ſeinen vielleicht hier noch verkürzten Lohn finden, um ſo reichlicher je länger er ihm verkürzt wurde; für den Böſen aber wird bei noch ſo beharrlicher Verſtockung endlich ein Zeitpunct kommen müſſen, wo ihm die Folgen ſeines Böſen zu mächtig werden, er durch dieſelben endlich gezwungen wird, umzulenken, und nach Maßgabe als er umlenkt, wird er auch der Segnungen, die an das Gute geknüpft ſind, theilhaftig werden.

Und ſo können wir bei dieſer Faſſung des Determinismus, welche den Menſchen überall nothwendig beſtimmt ſein läßt, aber ſo beſtimmt ſein läßt, daß die Folgen ſeiner Handlungen ſelbſt nothwendige Beſtimmungsgründe deſſelben für ſein Heil werden, vornweg und bei allem zeitlichen Kreuz und Leid, aller jetzigen Irrung und Trübſal, ganz allgemein den Troſt faſſen, daß Alles noch einmal zum Beßten ausſchlagen müſſe, der Gute noch einmal ſeinen

Lohn, der Böſe ſeine Strafe finden müſſe, und durch fortgeſetzte Strafen der Böſe endlich zur Umkehr und hiemit zu ſeinem eigenen Heile endlich gezwungen werden müſſe, weil dies in der allgemeinen Nothwendigkeit, ihren ewigen und unabänderlichen Geſetzen ſo begründet liegt. Nach dieſer Anſicht kommt jemand dadurch, daß er ſich recht verſtockt, in gewiſſem Sinne dem Umſchlage zum Guten nur um ſo näher, weil die Folgen der Verſtockung wachſen, je mehr ſie ſelbſt wächſt; und nach dem nothwendigen Gange der Weltordnung zuletzt ſie überwachſen. Wer alſo ſich verſtockt, mag zwar eine Zeit lang immer böſer werden, die Gewohnheit des Sündigens ſelbſt wirkt dazu, kommt aber zuletzt mit gleicher Nothwendigkeit, nur auf einem härtern Wege, zu dem Guten, als der ſich nicht verſtockt, da die ſtrafende und erlöſende Macht der Weltordnung größer, als die Verſtockung jedes einzelnen Menſchen.

Sehen wir z. B. den Unmäßigen an. Er ißt, trinkt, und läßt ſich's wohl ſein, aber nach Maßgabe als er über das Rechte dabei hinausgeht, fangen auch Folgen ſeiner Unmäßigkeit an, ſich vorzubereiten, oder ſelbſt ſchon jetzt ſeinen Genüſſen ſich beizumiſchen, mit der Tendenz ihm ſeine Untugend zu verleiden. Der Ueberladung folgt Unbehagen, nach öfterer Wiederholung Zerrüttung der Geſundheit, auch wohl des Vermögens, Mißachtung von Andern. Schon Mancher iſt durch dieſe Folgen zur Mäßigkeit bekehrt, Mancher durch Betrachtung derſelben zum voraus von der Unmäßigkeit abgehalten worden. Aber Viele nicht. Wohl, es iſt nach der einmal ſtatt findenden Einrichtung der Weltordnung, über deren letzten Gründe der Determinismus und Indeterminismus gleich unwiſſend ſind, nicht möglich, daß dieſer oder jener Unmäßige unter den Bedingungen dieſes Lebens zur Umkehr gebracht werde; was ihn zur Sünde treibt, iſt zu mächtig in ihm; es müßten Leiden eintreten, unter denen ſein Leben nicht beſtehen kann, um ihn zur Beſſerung zu zwingen. Nun ſie treten auch wirklich ein, wenn er in ſeiner Unmäßigkeit beharrt; er ſtirbt, nimmt ſeinen unmäßigen Sinn in die andre Welt hinüber, und tritt nun unter neue Bedingungen, aber es werden vorausſetzlich ſolche ſein, welche das Fortwuchern der leidigen Folgen ſeines Fehlers nicht aufheben, vielmehr eine höhere Steigerung derſelben als bisher geſtatten. Endlich hält es der Menſch doch nicht mehr aus, es giebt einen Punct, wo jedem die Hölle zu heiß wird; wo er ſich gar nicht mehr anders zu helfen weiß, als daß er beſſer wird, und indem er beſſer wird, führt er auch hiemit Bedingungen herbei, wodurch ſein Leiden gehoben, ja in das Gegentheil umgewandelt wird.

Ein andres Beiſpiel:

Es iſt jemand ein Egoiſt, der Alles auf ſich bezieht. Allmälig entfremdet er ſich dadurch alle Menſchen. Man begegnet ihm mit Zurückſetzung: man will nichts mehr mit ihm zu ſchaffen haben: man verſagt ihm Liebe, Achtung: man hilft ihm nicht, weil er andern nicht hilft. Er kann in ſolche Noth, ſolches Elend dadurch kommen, er kann ſich zuletzt ſo einſam fühlen, daß er in ſich geht, und endlich beſtimmt wird, ſeine Handlungs- und Denkweiſe zu ändern. Vielleicht auch nicht. Denn alles Jenes wirkt zwar nothwendig etwas, aber es ſchlägt deßhalb nicht nothwendig gleich zum guten Erfolge durch. Nun dann wird er wieder ſeinen Egoismus in die andre Welt hinüber nehmen; die Folgen ſeines Fehlers werden wieder in der andern Welt fortwuchern; die Vereinſamung, oder was ſonſt die Hölle für ihn hat, wird ſo furchtbar für ihn werden, daß ſein Sinn doch endlich zu einer andern Richtung gezwungen wird. So in allen Fällen.

Führt ſich der Menſch dieſen Gang der Weltordnung als einen nothwendigen recht zu Gemüth, ſo wird er hierin ſelbſt einen mächtigen Antrieb finden, der ihn theils vom Böſen abwendet, theils auf den rechten Weg zurückführt. Und ſo läßt uns der ſo gefaßte Determinismus keineswegs, wie man ihm vorwirft, den guten Endzielen müßig entgegenſehen oder ſchlaff entgegengehen, hilft vielmehr ſelbſt zur Thätigkeit und Tugend mit determiniren. Mag der Böſe immerhin auf die Ermahnung, ſich zu beſſern, antworten: was kann ich dafür, daß ich ſo handle: ich handle ſo, weil ich ſo muß, was vermag ich gegen die Nothwendigkeit, die mich treibt, und muß einmal Alles gut werden, ſo brauche ich mich nicht darum zu kümmern. Aber die Gegenantwort iſt bereit: gut, du handelſt ſo, weil es ſo nothwendig iſt; aber eben ſo nothwendig iſt, daß, wenn du fortfährſt, unmäßig zu ſein, du krank wirſt, wenn du fortfährſt, faul zu ſein, du arm wirſt, wenn du fortfährſt, lieblos zu ſein, du verlaſſen und gehaßt wirſt, und über Alles, daß alle Folgen deiner böſen Thaten dich einſt im Jenſeits noch verfolgen werden. Mag nun der Menſch noch ſo ſehr ſich bei ſich und andern mit ſeiner nothwendigen Beſtimmtheit entſchuldigen, wenn er nur zugleich an die Nothwendigkeit dieſer Folgen glaubt, ſo wird die Betrachtung derſelben ihn nothwendig mitbeſtimmen, dahin, daß er ihnen auszuweichen ſucht. Daß ihm aber der Glaube an dieſe Nothwendigkeit erweckt wird, liegt ſelbſt in der Nothwendigkeit der Weltordnung. Sage ich ihm dergleichen nicht, werden es ihm Andere ſagen, ſagen es ihm Andere nicht, ſo wird er an Andern die Folgen ſelbſt ſehen, und wenn all' dies Sagen und Sehen nichts fruchtet, der Antrieb der zukünftigen Folgen nicht hinreicht, die Beſſerung durchzuſetzen, ſo werden die einſt wirklich eintretenden Folgen ſelbſt doch endlich dazu hinreichen. Die Qual kann und wird zuletzt immer ſo hoch ſteigen, daß ſie den Menſchen zwingt, zuvörderſt Alles zu thun, ſie los zu werden, dann Alles zu vermeiden, was ſie wieder herbeiführen könnte. Je ſtärker überhaupt auf irgend einem dieſer Wege die Ueberzeugung wird, daß die Folgen des Böſen mit Nothwendigkeit auf den Böſen ſelbſt zurückſchlagen und ihn zwingen werden, ſich zu ändern, deſto mehr wird ihn ihre Betrachtung nöthigen, ſich ſchon jetzt zu ändern. Daß jemand glaubt, er ſei nothwendig beſtimmt, kann ja nicht die Wirkung der nöthigenden Beſtimmungen ſelbſt aufheben, und doch ſcheint man dies immer vorauszuſetzen, wenn man dem Determinismus Vorwürfe von praktiſcher Seite macht. Es beſtehen nun einmal nöthigende Beſtimmungen zum Guten in der Weltordnung, und zwar ſind ſie der Art, daß ſelbſt die Ueberlegung dieſer Nöthigung zur Nöthigung beiträgt. Der deterministiſche Glaube, recht und gründlich gefaßt, gehört ſo ſelbſt zu den wirkſamſten Nöthigungsmitteln zum Guten

Eine Auffaſſung des Determinismus in dieſem Sinne war es, welche mich früher demſelben geneigt machte, den herrſchenden Auffaſſungen des Indeterminismus gegenüber, die entweder ganz unklar ſind, wie die im Leben umlaufende Anſicht, oder wiſſenſchaftlich auf klare Geſichtspuncte gebracht, uns entweder in Ewigkeit der Gefahr Preis geben, zwiſchen Gutem und Böſen zu ſchwanken, ſofern die unvorbeſtimmbare Wahl zwiſchen Gutem und Böſen ſelbſt als ſtets weſentlich zur Freiheit gerechnet wird, oder bei Zuziehung der jetzt im allgemeinen angenommenen Modification, daß frühere freie Willensbeſtimmungen in gegebener Richtung den Willen immer geneigter machen, immer mehr binden, nöthigen, künftig dieſelbe Richtung einzuſchlagen, zu noch zu traurigeren Conſequenzen führen, (die man ſich freilich gern verſteckt), ſofern dieſe Nöthigung nur ein Erfolg des eigenen Menſchenwillens ſein ſoll, keine Beſtimmbarkeit des Willens zum Guten und Böſen aber durch die erziehenden Mittel der Weltordnung anerkannt wird. Nur Anregungen ſich zum Guten oder Böſen zu entſcheiden ſollen dadurch gegeben werden können, die Entſcheidung ſelbſt aber nicht dadurch influirt werden; dieſe komme immer nur unmittelbar aus der durch nichts als ſich ſelbſt beſtimmbaren Freiheit des Willens oder ſei durch frühere freie Entſcheidungen deſſelben vorbedingt. Der einmal in's Sündigen Gerathene fällt ſo unzweifelhaft der ewigen Hölle anheim; denn je öfter er geſündigt hat, deſto mehr nimmt die Freiheit ab, umzulenken, während nach der vorhin aufgeſtellten deterministiſchen Anſicht freilich die Macht der Gewöhnung auch als ein zum Böſen determinirendes Moment anerkannt wird, nur daß eine mächtigere allgemeine Determination durch die Weltordnung zuletzt ſtets in gutem Sinne überwiegen wird.

Alle innere wie äußere Mittel der Weltordnung, wodurch die Menſchen factiſch zum Guten gelenkt, vom Böſen zurückgehalten werden, verlieren in dieſer Faſſung des Indeterminismus, (wie ſie von Müller, Baader, Fiſcher u. A. aufgeſtellt wird) ihre Bedeutung. Wenn ein Böſer ermahnt wird, ſich zu beſſern, ſo liegt in der Conſequenz dieſer Anſicht, daß ſein freier Wille ſich ſträubt, und erwiedert, nur ich beſtimme mich durch mich ſelbſt; was du auch ſagen magſt, es liegt darin keine Beſtimmung für mich, daß ich mir vielmehr ein Motiv zum Guten als Schlechten daraus nähme, und wenn das Schrecklichſte, was du drohſt, einträfe, es würde wie Waſſer von der Undurchdringlichkeit meiner Freiheit ablaufen. Zwar macht der Wille dieſe Conſequenz nie geltend; aber eben das iſt ein Beweis, daß ihr Princip factiſch nicht in dieſer Weiſe beſteht.

Die dringendſten Ermahnungen, Strafen, Leiden gehen allerdings oft ſcheinbar ſpurlos an dem Menſchen vorüber; er bleibt verſtockt; andremale kann ein Wort, ein kleiner Anlaß, eine totale Umänderung im Menſchen bewirken. Und auf ſolche Fälle beziehen ſich die Anhänger dieſer Anſicht gern. Aber es iſt, wenn wir näher zuſehen, nur derſelbe Fall, weßhalb wir in eine Wagſchale oft viele Pfunde legen können, ohne daß die Wage nach dieſer Seite umſchlägt, und ein andresmal reicht das Hunderttheil eines Grans dazu hin; es kommt darauf an, ob auf der entgegengeſetzten Wagſchale viel liegt oder nicht, das Gleichgewicht ſchon ziemlich hergeſtellt iſt oder nicht. Wer aber wird ſagen, daß die vielen Pfunde nichts wirkten. Sie tragen gewiß bei, den endlichen Ausſchlag nach ihrer Seite zu befördern, wenn er doch nach ihrer Seite erfolgen muß. Strafe und Gewiſſensbiſſe ſollen durch jene Anſicht gerechtfertigt werden, treten aber vielmehr danach grell in das Licht des Ueberflüſſigen. Die Folge einer Willensentſcheidung zum Böſen ſoll ja immer nur die ſein, um ſo leichtere Entſcheidung künftig nach derſelben Richtung zu bedingen. Die rückziehende Kraft des Schuldbewußtſeins und der Strafe findet hier keine mögliche Stelle. Der böſe Wille hat hier nur Folgen, die ihn immermehr verſchlechtern, keine, die ihn beſſern könnte. Nun bedenke man doch einmal, was man damit ausſpricht, daß all' das bittere Kreuz und Leid, was Gott über den Menſchen in Folge ſeiner Sünden verhängt, auch ganz vergeblich ſein ſoll, den Menſchen zum Beſſern zu wenden. Freilich man ſpricht es nicht aus. Man verſteckt ſich die Folgerung. Nach unſerer obigen Faſſung des Determinismus können Strafe und Schuldbewußtſein doch etwas nützen, den Menſchen zu beſſern; es ſind nach uns die über kurz oder lang nothwendig eintretenden üblen Folgen vorausgegangener übler Gründe, welche nun aber auch einen nothwendigen Erfolg oder nothwendigen Beitrag zum Erfolge der einſtigen Aufhebung dieſer üblen Gründe mit ſich bringen. Nach jener Anſicht aber ſind es zwar eben ſo die nothwendigen Folgen übler Gründe, denn dieſe Nothwendigkeit wird nicht beſtritten, welche aber keinen nothwendigen Erfolg zur Beſſerung dieſer üblen Gründe mit ſich führen, denn der freie Wille bleibt unbeſtimmbar durch alles, was nicht er ſelbſt iſt, und das iſt weder Schuldbewußtſein noch Strafe. Beide ſollen nichts mehr bewirken können, als eine Gelegenheit, ſich die Folgen des Böſen zu überlegen; wenn ſie aber bei dieſer Ueberlegung auch einen Ausſchlag nach der Richtung des Guten befördern könnten, ſo würde eben dadurch das dem Willen Vorangehende und noch außerhalb des Willens Liegende als beſtimmend für den Willen ſelbſt erklärt, der Menſch hinge von vergangenen, nicht in ſeinem Willen gelegenen Momenten ab, denn Strafe und Schuldbewußtſein hängen nicht von ſeinem Willen ab, und es würde nur darauf ankommen die Strafen recht zu verſchärfen, um dieſe Beſtimmung recht zu verſtärken; dies aber wäre ja ganz deterministiſch; oder wenigſtens ſo weit deterministiſch, daß man offenbar einſieht, es läge nichts mehr an dem Reſte, den man retten will. Nach jener indeterministiſchen Anſicht iſt es das ſchwache Kind, welchem die hauptſächlichſte und ſchwerſte Verantwortlichkeit für ſein ganzes künftiges Leben, ja für eine Ewigkeit aufgebürdet wird. Denn die erſten Selbſtentſcheidungen des Kindes ſind hienach die wichtigſten, weil ſie bindend für die ſpätern werden. Erziehung kommt dabei nicht weſentlich in Frage. Das Kind ſoll ſich ja ſeinen ſpätern Charakter ſelbſt machen. Wollte dieſe Anſicht einen Einfluß der Erziehung auf Gut- und Böſewerden zugeben, ſo würde ſie ſich hiermit sich aufheben. Und geht in der That die Tendenz dieser Ansicht dahin, den Einfluß der Erziehung nicht niedrig darzustellen*; Die beste Erziehung kann hienach nur verhältnißmäßig Äußerliches am Menschen ändern, und den, welchen der Actus seines Willens zur Hölle bestimmt, derselben nicht entreißen. Immer bleibt es der Freiheit des Willens ganz anheimgestellt, ob er selbst die besten Anregungen, Motive zum Guten, die ihm dargeboten werden, gelten lassen will. Wenn es aber so ist, wozu überhaupt die [illegible] aufwenden? So erweist diese Ansicht von selbst ihre practische Unanwendbarkeit, da im Practischen derselben keine Folge gegeben werden kann. Und eine harte Aufgabe bleibt es doch, die Behauptung durchzuführen, daß in Betreff der sittlichen Richtung des Menschen im späteren Alter nichts darauf ankomme, wie der Mensch als Kind von Andern geleitet werden, ob er gewöhnt werden, guten Geboten Folge zu leisten, seine Begierden zu zähmen, sich der Ordnung der menschlichen Gesellschaft zu fügen; ob man ihm Religion beigebracht habe; oder ob von Kindheit an Einflüsse von entgegengesetztem Character auf ihn gewirkt haben, und doch muß dieß gleichgültig sein, wenn es bei den ersten Entscheidungen und folgweise den davon abhängigen spätern in der unbestimmbaren Freiheit des Willens liegt, ob er sich der ihm gewiesenen Leitung oder Zucht annehmen will oder sich dagegen verschließen. Es ist wahr, daß manches Kind verderbter ist, als ein anderes; aber eine nicht minder harte Aufgabe ist es, die Behauptung aufrecht zu erhalten, daß das Kind durch seine ersten Willensentscheidungen sich selbst verderbt habe; daß das verschiedene angeborne Temperament, was sich bei dem Kinde schon zeigt, wenn es in Windeln ist, nichts zur Bestimmung seiner spätern Willensrichtungen beitrage. Es widerspricht diese Auffassung so sehr nicht nur aller unbefangenen Erfahrung und tiefergehenden Betrachtung, daß in der That diese Ansicht, sobald sie überhaupt auf Näheres eingeht, sich unwillkürlich genöthigt sieht, auch weiter zurückzugehen oder einzugehen. Und so kommt sie dann zu Entscheidungen des Menschen entweder schon vor, oder auch außer der Sphäre seines jetzigen Seins, wodurch dem Willen gewisse

---

* Vergl. [illegible] [illegible] von der [illegible], 2te A. S. 3. ff.

Richtungen eingepflanzt ſein ſollen, die auch ſchon das Kind beſtimmen. Es tritt hier die ſog. intelligible oder transcendente Freiheit ein, welche Kant, Schelling, Müller jeder in ihrer beſondern Weiſe gefaßt haben, wiewohl die Schellingſche Auffaſſung eigentlich mehr eine deterministiſche iſt. In dieſes dunkle Gebiet, wo die Freiheitsfrage vollends ganz ins Unpractiſche geräth, die wichtigſten Schwierigkeiten ungelöſt, die andern nur ins Dunkel zurückgeſchoben erſcheinen, wollen wir den Leſer nicht führen. Näheres darüber kann man in Müllers Schrift von der Sünde nachleſen.

Die gewöhnliche unklare Anſicht erſchrickt vor dem Determinismus häufig wegen eines Umſtandes, wegen deſſen ſie vielmehr vor dem Indeterminismus in ſeiner gewöhnlichen Faſſung erſchrecken ſollte. Es ſei nach erſtem nichts mehr von dem Menſchen ſelbſt abhängig: er werde dadurch zu einem paſſiven Werkzeuge fremder Mächte. Aber gerade im Sinne des Determinismus iſt es recht eigentlich der Menſch ſelbſt, ſein eigenſtes, innerſtes Weſen, was will; es will nur mit einer in ihm ſelbſt, d. h. ſeinem ganzen bisherigen Sein begründeten *Nothwendigkeit* jedesmal das, was es will, und ſelbſt in das, was den Menſchen von außen bedingt, geht ſein Weſen ſtets mit als Factor ein; daher dieſelben Anläſſe einen Menſchen ganz anders als den andern beſtimmen. Die ganze Anlage, die der Menſch als Grundſtock ſeines Weſens mitbekommt, alles, was ſich fernerweit daran entwickelt hat durch Lernen, Leſen, Hören, Erfahren, Erziehen, jede, auch die kleinſte Beſtimmung, die im Laufe des Lebens in ſein Weſen übergegangen iſt, wirkt nach dem Determinismus zuſammen, ſeinen jetzigen Willen zu beſtimmen, und heißt dieß nicht mit andern Worten, ſein ganzer bisheriger Menſch? Nach dem gewöhnlichen Indeterminismus aber wirkt von allem dieſem nichts mit, den Willen zu beſtimmen, ſo weit er frei iſt, und das Weſentlichſte des Willens ſoll doch in ſeiner Freiheit liegen; der Sinn der Anſicht geht eben dahin, den Willen nach ſeiner freien Seite aus dieſer Cauſalität, und eben hiemit aus dem Menſchen ſelbſt, heraus zu löſen. So ſchwebt der freie Wille wie eine fremde unheimliche Macht über allem, was der Menſch iſt und was auf ihn wirkt.

Die freien Willensentſcheidungen, von welchen nach der herrſchenden indeterminiſtiſchen Anſicht das Wichtigſte für den Menſchen abhängen ſoll, tragen im Grunde ganz den Charakter der Zufälligkeit, da gar kein rückliegender oder allgemeiner Grund zugelaſſen wird, weßhalb ſich der Wille vielmehr zum Guten oder Böſen entſcheidet. Zwar ſucht man dieſen Vorwurf der Zufälligkeit dadurch abzulehnen, daß man ſagt: der Wille ſetzt ſich ſelbſt ſeine Gründe, ſeine Motive; dieß oder jenes bietet ſich ihm von Außen anregend dar; aber ob er es ſich als Motiv annehmen will, ſteht ganz bei ihm. Sofern er aber nach ſelbſt geſchaffenen oder gewählten Motiven handelt, handelt er doch nicht zufällig.

Dieß mag richtig ſein, die Handlungen des Menſchen mögen dann nicht mehr zufällig heißen, aber ſeine Willensentſcheidungen, und hierauf kommt es an. Man verlegt auf ſolche Weiſe die Zufälligkeit nur aus der Handlung in den Kern des Willens ſelbſt, denn es bleibt ja nun doch rein zufällig, in wiefern der freie Menſch ſich nun eben dieß und nichts anders als Motiv ſetzt, oder als Motiv annimmt, weil gar kein mit irgend etwas zuſammenhängender Beſtimmungsgrund für das Eine oder Andere zugelaſſen wird.

Nun iſt nicht in Abrede zu ſtellen, daß bei Allem, was ſich gegen die gewöhnlichen Auffaſſungsweiſen des Indeterminismus und für obige Auffaſſung des Determinismus ſagen läßt, in uns doch etwas der Annahme eines reinen Determinismus widerſtrebt. Man kann zwar fragen, ob dies nicht daher rühre, daß der Determinismus gewöhnlich aus dem ungünſtigſten Geſichtspuncte aufgefaßt und dargeſtellt wird, und deshalb natürlich auch im ungünſtigſten Lichte erſcheint. Denn nach der gewöhnlichen Faſſung des Determinismus findet eben ſo wohl eine Vorbeſtimmung gewiſſer Perſonen zur ewigen Hölle, als Andrer zum Himmel, ſtatt, wogegen kein Wille des Menſchen etwas helfen kann. Und dieß muß freilich moraliſche Läſſigkeit zur Folge haben und giebt eine traurige Anſicht von der Weltordnung. Das zum Guten, zur Thätigkeit determinirende Moment unſrer Anſicht iſt im gewöhnlichen Determinismus nicht aufgenommen. Der Determinismus gewinnt aber einen ganz andern Charakter, wenn er im obigen Sinne gefaßt wird. Und ſehen wir, wie viele Völker ſich ſelbſt mit einem ſehr rohen Determinismus vertragen, ohne etwas Widerſtrebendes darin zu finden, ja wie die Türken im Leben ihn ſelbſt ſtrenger faſſen, als durch ihre Religionsvorſchriften geboten wird (ſ. unten), ſo läßt ſich denken, daß ein im obigen Sinne geläuterter Determinismus es noch leichter finden müſſe, Eingang zu finden; und um ſo weniger die übeln Conſequenzen mit ſich führen werde, die er allerdings in ſeiner rohen Geſtalt bei dieſen Völkern von gewiſſer Seite hat, indeß er von der andern auch das Gute hat, eine Faſſung und Ergebung in das Geſchick bei ihnen zu erzeugen, die uns oft ſehr zu wünſchen wäre. Dieſe Faſſung und Ergebung muß ſich natürlich nur noch ſteigern, wenn ſie ſich nicht ſowohl auf die Vorſtellung gründet, es ſei nun einmal nichts zu ändern, als auf die, was auch geſchehe, ſo müſſe es doch noch einmal gut werden. Auch iſt zur Compenſation zu bemerken, daß, wenn der gewöhnliche Indeterminismus nicht noch ſchlimmere Conſequenzen mitführt, als der gewöhnliche Determinismus, es nur darum iſt, weil er ſich praktiſch nie conſequent geltend macht, da man vielmehr eine Beſtimmbarkeit des Willens zum Guten und Böſen durch noch Andres als den Willen ſelbſt im Praktiſchen überall anerkennt, wenn man ſie auch theoretiſch nach klarer Entwickelung der Anſicht nicht zugeben könnte.

Zu den Nationen, welche dem Determinismus huldigen, gehören insbeſondere die Türken, die Muhammedaner überhaupt, die Hindus, die Chineſen, die amerikaniſchen Rothhäute. Hier einige Belegſtellen:

„Der Fatalismus den Moslemin enthält folgende drei allgemeine Sätze:

1) Die Prädeſtination bezieht ſich nur auf den geiſtlichen Zuſtand des Menſchen; 2) betrifft nicht das ganze Menſchengeſchlecht; ſondern nur einen Theil der Sterblichen, die, ſchon vor ihrer Geburt, beſtimmt waren, unter der Zahl der Auserwählten oder Verworfenen zu ſein, und hat 3) gar keine Beziehung auf den moraliſchen, körperlichen und politiſchen Zuſtand des Menſchen, der bei jeder Handlung ſeinen freien Willen hat. Wer den freien Willen läugnet, wird für ungläubig und des Todes würdig gehalten. So erklären die Mufti's wenigſtens die Lehre, da hingegen die ganze Nation beinahe ſich an den Grundſatz des unabänderlichen Schickſals hält, das im göttlichen Rathe beſchloſſen iſt, und auch in bürgerlichen und moraliſchen Handlungen dem freien Willen des Menſchen wenig übrig läßt."

(Flügge, Geſch. des Gl. an Unſterbl. II. S. [illegible]).

Im Geſetzb. Menu's (v. Hüttner) S. 7 findet ſich folgende Stelle (Kap. 7):

„28. Und ſo oft eine Lebensſeele einen neuen Körper bekommt, hält ſie ſich von ſelbſt an die Beſchäftigung, welche ihr der höchſte Herr zuerſt anwies.

29. Wenn Er (Gott) ein Weſen bei der Erſchaffung ſchädlich oder unſchädlich, hart oder gelinde, ungerecht oder gerecht, falſch oder wahr bildete, ſo nimmt es natürlicherweiſe dieſelbe Eigenſchaft bei ſeinen folgenden Geburten an.

30. Wie die ſechs Jahreszeiten ihre Kennzeichen zu gehöriger Stunde von ſich ſelbſt annehmen, ſo ſind jedem bekörperten Geiſte ſeine Handlungen von Natur zugeſellt.“ —

„Ein Mann von Beobachtung erzählt in den Travels in Europe, Asia etc., S. 323 folgendes Beiſpiel der auf den Fatalismus gegründeten Fühlloſigkeit der Hindus: Einer ſeiner Bekannten reiſte mit ſeinen Leuten bei einem Dickicht vorbei. Ein Tiger ſprang auf einmal heraus und ergriff einen kleinen laut aufſchreienden Knaben. Der Engländer war außer ſich vor Schrecken und Angſt, der Hindu ruhig. „Wie, ſagte jener, könnt ihr ſo kalt bleiben?“ Der Hindu antwortete: „Der große Gott wollte es ſo haben.“

„Auch die abſcheulichſten Verbrechen, welche die Chineſen begehen, entſchuldigen ſie damit, daß ſie den Grund derſelben in einer unausweichlichen Vorherbeſtimmung der Gottheit ſuchen. Von dem niederträchtigſten Böſewicht ſagen ſie: er ſei ein bedauernswürdiger Menſch; aber er könne nicht anders: ſo ſei es über ihn beſchloſſen.“ (Beſelers Miſſ. Mag. 1816. S. 328 aus Burder's Miss. Anecd.). —

„Ueber dem großen Geiſte (der nordamerikaniſchen Wilden) ſteht das unabänderliche Schickſal, welches zunächſt die Irokeſen Tibarimon nennen. Was dieſes verhängt, kann jener nicht ändern. (Klemm II. 158). Auf gleiche Weiſe iſt bei den Huronen der große Geiſt Tharen Hiaouagen in der Zeit entſtanden und rührt von einer Großmutter her, der böſen Todtengöttin Ataentſic, die Allen den Untergang bringt. Die Großmutter iſt ebenfalls nichts Anders, als das Schickſal, denn die Urgründe der Dinge werden Großväter oder Großmütter genannt.“ (J. G. Müller, theolog. Stud. u. Krit. 1849. S. 867).

Inzwiſchen, hat der Menſch die Wahl, dürfte er es dennoch vorziehen, nicht abſolut genöthigt zu ſein, ſein

Schickſal nicht abſolut vorbeſtimmt zu haben. Nun aber tritt uns die Betrachtung entgegen, daß wir ja auch gar nicht daran gebunden ſind, in jener deterministiſchen Anſicht die ganze Anſicht zu ſehen. Mögen alle Menſchen abſolut zum Guten determinirt ſein, ſo kann noch die größtmögliche Freiheit ſich auf dem Wege entwickeln, wie ſie dazu gelangen; und ſind ſie feſt im Guten geworden, ſo iſt das Gute nicht der Art, daß es den Menſchen unfreier machte, ſondern indem es ihn der Macht der trägen Gewöhnung und dem Zwang der Begierden enthebt, macht es ihn in gewiſſer Beziehung freier; er kann zuletzt vollkommen gebunden ſein, gut, mit guter Abſicht zu handeln, aber auf dieſer nothwendigen Grundlage kann ſich noch die größte Freiheit, ſo oder ſo zu wollen und zu handeln, entwickeln, und wenn auch immer der Einwand frei ſteht, daß eine geheime Röthigung hiebei die Wahl entſcheide, ſo iſt eine ſolche nicht beweisbar und wird nie beweisbar werden, und es iſt kein praktiſches Intereſſe, eine ſolche anzunehmen.

Zuletzt aber ſieht man, daß das praktiſche Intereſſe überhaupt nicht ſo groß iſt, was uns veranlaſſen könnte, uns vorzugsweiſe auf die Seite eines vollſtändigen Determinismus oder des Indeterminismus zu ſchlagen; wenn nur beidesfalls die weſentliche definitive Vorbeſtimmtheit zum Guten feſtgehalten wird.

Man kann ſagen: wenn aber denn doch nach beiden Anſichten das Gute im Menſchen ein gezwungenes iſt, ſo fällt hiemit der Werth des Gutſeins weg. Allein abgeſehen davon, daß nothwendig und gezwungen zweierlei: wie denn im Menſchen etwas iſt, was ihn auch von Natur zum Guten treibt, nur freilich in Conflict mit gegentheiligen Trieben kommt; ſo meine ich, daß, wenn ein Menſch durch göttliche Strafen zu dem Gefühl oder der Ueberzeugung genöthigt wird, daß er auf dem bisherigen Wege ſein ewiges Heil nicht erreichen kann, ſeine Beſſerung darum nicht weniger werth ſei, falls es nur eine wirkliche Beſſerung iſt. Der Werth des Guten hängt überhaupt nicht an ſeiner Abhängigkeit von einem durch Nichts als ſich ſelbſt beſtimmbaren Willen (der doch im Grunde ein leerer Scheinbegriff iſt), ſondern das Gute hat einen realen Inhalt, ein reales Vermögen, das ſeinen Werth behält, wie es auch entſtanden ſei. Der Wille, die Geſinnung, müſſen eine gewiſſe Eigenſchaft annehmen, damit ein Menſch gut heißen könne; aber ob dieſe Eigenſchaft nothwendig oder nicht nothwendig entſtanden iſt, ändert nichts an der Natur der Güte. Freilich ſteht es jedem frei, den Begriff der Güte durch willkührliche Definition mit dem Begriffe einer Freiheit in Beziehung zu ſetzen, die das Gute auch in Ewigkeit hätte verſchmähen können; aber der im Leben geltende Begriff der Güte und die Erziehungsmittel zum Guten kümmern ſich nicht darum.

D. Grundanſicht über das Verhältniß von Körper und Geiſt.

Die Th. I. S. 410 ff. in ihren allgemeinſten Grundzügen entwickelte Anſicht über das Verhältniß von Körper und Geiſt oder Leib und Seele recapitulirt, erläutert und führt ſich etwas aus näher wie folgt:

In der demnächſt folgenden a) Darlegung ſuche ich zuvörderſt den Sinn der Anſicht möglichſt klar zu ſtellen; in der darauf folgenden b) Vergleichung ihr Verhältniß zu andern Anſichten zu entwickeln, was zur Klarſtellung ihres Sinnes ſelbſt beitragen und die allgemeinſten wiſſenſchaftlichen Conſequenzen derſelben erkennen laſſen wird, in der c) Begründung und Bewährung endlich durch Zuſammenfaſſung der theilweis ſchon unter a) u. b) geltend gemachten Gründe zu zeigen, was uns an dieſe Anſicht bindet.

a) Darlegung.

Um mit einem Bilde zu beginnen, ſo iſt das Leibliche oder Körperliche gleich einer Schrift, das Geiſtige, Pſychiſche (Höheres und Niederes zunächſt noch in Eins gefaßt) wie der zugehörige Sinn der Schrift, in ſolcher Weiſe aber, daß die, als lebendig zu faſſende Schrift ſich ſelbſt nur unter der Form ihres Sinnes, Andern nur unter der Form der äußern Zeichen erſcheinen kann, und daß beides nicht zufällig bei einander iſt, wie in unſern Schriften, ſondern in nothwendiger weſentlicher Beziehung zu einander, ſofern jeder beſtimmten Selbſterſcheinungsweiſe nach Seiten des Sinnes eine beſtimmte äußerliche Erſcheinungsweiſe nach Seiten der Zeichen als natürlicher Ausdruck zugehört und beide ſich in ſteter Wechſelabhängigkeit ändern. Es kommt aber zum Ausdruck des Sinnes viel mehr auf die Zuſammenſtellung oder Folge der Zeichen und ihrer einfachen Combinationen, Worte, als auf die Beſchaffenheit der elementaren Zeichen und Worte ſelbſt an, ſo daß mit denſelben Elementen je nach ihrer

Zuſammenſtellung ein ſehr verſchiedener Sinn ausgedrückt werden kann. D. h. dieſelben körperlichen Elemente können je nach ihrer Zuſammenſtellung und Bewegung ein Geiſtiges von ſehr verſchiedener Art tragen. Die Grundbeziehung zwiſchen der äußerlich erſcheinenden Körperſchrift und dem innerlich erſcheinenden geiſtigen Sinne läßt ſich dahin ausſprechen, daß im Grunde in beiden nur eine und dieſelbe Sache erſcheint; ſie erſcheint aber verſchieden eben deshalb, weil ſie einmal ſich ſelbſt innerlich, das andremal einem Andern äußerlich erſcheint; jede Sache erſcheint aber verſchieden, je nachdem ſie Verſchiedenen von verſchiedenem Standpunct erſcheint.

Die Erſcheinung des Sonnenſyſtems nimmt ſich z. B. ganz anders aus von der Sonne, dem centralen Standpunct, als der Erde, dem peripheriſchen, dort giebt es die einfachere Erſcheinung des copernikaniſchen, hier die verwickeltere des ptolemäiſchen Weltſyſtems; beide Erſcheinungen paſſen ſtets zuſammen wie in präſtabilirter Harmonie, jeder copernicaniſchen Anſchauung vom centralen Standpunct gehört nothwendig und weſentlich eine ptolemäiſche vom peripheriſchen zu, beide ändern ſich genau im Zuſammenhange nicht anders als die Erſcheinung der Seele und des Leibes; und bleiben doch ſtets verſchieden dem verſchiedenen Standpunct der Betrachtung gemäß. Nun haben wir es im Grunde bei dieſem Beiſpiel nur erſt mit zwei verſchiedenen äußerlichen Standpuncten zu thun, denn wer auf der Sonne ſteht, ſteht doch noch ſo gut außerhalb der Sonne und der andern Körper des Sonnenſyſtems, als wer auf einem Planeten ſteht; aber eben deshalb kann der Unterſchied beider noch äußerlichen Erſcheinungsweiſen hier auch noch nicht ſo groß ſein, als wo, wie bei dem Unterterſchiede der geiſtigen und leiblichen Erſcheinung das betrachtende Weſen einmal mit dem betrachteten unmittelbar ſelbſt zuſammenfällt (was erſt den wahren centralen innern Standpunct giebt), und hiemit die geiſtige Selbſterſcheinung gewinnt, ein andresmal dem Betrachteten gegenüberſteht, und hiemit die materielle Erſcheinung des Andern gewinnt. Am Extrem der Verſchiedenheit des Standpunctes hängt auch ein Extrem der Verſchiedenheit der Erſcheinung.

Ungeachtet der Sinn der Schrift nichts mit dem äußern Anſehen der Schrift gemein hat, kann doch ein der Schrift Gegenüberſtehender den Sinn aus der äußerlichen Erſcheinung der Schrift errathen, wenn er es gelernt hat; ſie aber auch falſch deuten, wenn er es nicht gelernt hat; und wie mit dem Sinn der gewöhnlichen iſt's mit dem der Naturſchrift. Ein niederer und höherer Sinn kann durch Schriftzeichen derſelben Art, nur in andrer Zuſammenſtellung oder Folge ausgedrückt werden, und entſprechend iſt es mit dem niedern und höhern Geiſtigen, das als Sinn in der Naturſchrift liegt.

Der Blick auf unſere gewöhnliche Schrift oder Sprache kann in der That von vorn herein ſehr gut dienen, den (ſpäter nochmals in Rückſicht zu nehmenden) Einwurf zu entkräften, als könne nur das niedere Geiſtige, Sinnliche (das Seelengebiet im engern Sinne mancher Philoſophen) einen derartig adäquaten Ausdruck im Körperlichen finden, daß eins ſich weſentlich mit dem Andern und nach Maßgabe deſſelben ändere, indeß das höhere Geiſtige gar nicht nothwendig Hand in Hand mit körperlichen Veränderungen gehe. Wenn doch die erhabenſten Gedanken ihren objectiven Ausdruck zwar nicht in einzelnen Buchſtaben, Lauten, aber in der Ordnung, Folge derſelben finden können, ja die ganze Mannichfaltigkeit des menſchlichen Wiſſens dadurch äußerlich ausdrückbar iſt, ſo ſieht man durchaus nicht ein, warum ſolches nicht auch einen in demſelben Sinne adäquaten Ausdruck in unſerm Körper durch Ordnung, Folge von materiellen Elementen, Bewegungen und deren Aenderungen ſoll finden können, dazumal der Natur in dieſer Hinſicht noch unſäglich mehr und mannichfaltigere und abgeſtuftere Mittel zu Gebote ſtehn, als uns in den Mitteln der Schrift oder Sprache. Mit 25 todten Buchſtaben auf todtem Papier ſind alle Werke der Dichter und Philoſophen draußen geſchrieben, warum ſollen nicht mit den unendlich zahlreichern, lebendigern Gehirnfibern und deren lebendigen Bewegungen, ſeien es Strömungen oder Schwingungen, und den Aenderungen derſelben und höheren Aenderungen dieſer Aenderungen jene Werke noch urſprünglicher drinnen geſchrieben ſein können? Und könnten wohl die Schriften der Dichter und Philoſophen ſelbſt die höheren Gedanken, von denen ſie abhingen, wieder in anderen erwecken, wenn ſie nicht eine ähnliche Ordnung und Folge von Aenderungen im Gehirne des Leſenden wieder zu erzeugen vermöchten, als die iſt, an welche ſich die Gedanken des Dichters und Philoſophen ſelbſt knüpften? Zunächſt liegt doch nur die Wirkung der materiellen Zeichen auf das materielle Gehirn vor, das freilich, um eine gegebene Wirkung zu empfangen, auch demgemäß ſchon vorgerichtet ſein muß; daher ein Thier nicht die Schrift verſteht, die ein Menſch verſteht, ein Kind nicht die, die ein Erwachſener verſteht.

Freilich kann man dieſe Anſicht dadurch verunehren, daß man das Gehirn als einen rohen Klumpen darſtellt, mit dem der Geiſt ſich ſchämen müſſe, ſich viel zu befaſſen; aber kann man nicht ſeinen wunderbaren Bau auch anders faſſen? Kann die göttliche Vernunft, die zu ſeiner Schöpfung gehörte, ſich nicht auch ferner darin ausdrücken, bethätigen?

Man ſagt, das Gehirn der Thiere erſcheine dem der Menſchen doch gar zu ähnlich, als daß man glauben könnte, der Unterſchied ihrer geiſtigen Vermögen knüpfe ſich weſentlich an den Unterſchied ſeiner Organiſation. Aber können nicht zwei Harfen ſogar ganz gleich ausſehen, und doch nur auf der einen ein Stück von höherm Ausdruck ſich ſpielen laſſen, ſofern etwa die Saiten der andern unisono oder gar nicht geſtimmt ſind? Soll man dem unſäglich feiner entwickelten Saiteninſtrument des Gehirns leichter anſehen können, als der Harfe, worauf es im geiſtigen Spiel ankommt?

Indem man das Höhere nicht minder an den materiellen Ausdruck knüpft, als das Niedere, das Sinnliche der Selbſterſcheinung, wirft man es noch nicht mit dieſem zuſammen, ſo wenig man die Spitze einer Pyramide mit der Baſis zuſammenwirft, wenn man ſie mittelſt derſelben auf demſelben Boden ruhen läßt, auf dem dieſe ruht, und die Richtung zur Spitze gleich von der Baſis an erkennt. Wie dieß zu verſtehen, wird deutlich genug aus den ſpätern Erörterungen erhellen.

Gehen wir vom Bilde zur Sache über: Stellen wir uns einen Menſchen vor, welcher denkt, empfindet, ſo kann ein Anderer, welcher in ſein Gehirn, ſeine Nerven hineinblickt, nichts von ſeinen darin vorgehenden Gedanken und Empfindungen wahrnehmen. Statt deſſen wird er Materie und allerlei feine materielle Bewegungen[*] wahrnehmen, um ſo mehr, je mehr er die Beobachtungsmittel ſchärft, oder, wenn er ſolche Bewegungen nicht direct äußerlich wahrnehmen kann, wird er doch aus direct äußerlich Wahrnehmbaren (ſei es auch nur in wiſſenſchaftlichem Zuſammenhange) auf ſolche Bewegungen ſchließen können. Dieſe Bewegungen mit der zu Grunde liegenden Materie ſtellen den Buchſtaben, das Wort des Gedankens, der Empfindung vor, aber ein Wort, was naturnothwendig damit verknüpft iſt. Umgekehrt kann der, welcher denkt, empfindet, nichts von dieſen phyſiſchen Bewegungen und der unterliegenden Materie ſeines Gehirns, ſeiner Nerven äußerlich wahrnehmen, weil er ſich nicht ſelbſt gegenüberſtehen kann, vielmehr nur das Denken, Empfinden ſelbſt hat er als den Sinn dieſes Ausdrucks für ſich. Ihm erſcheint Gehirn und Nerv mit den darin vorgehenden Bewegungen als Gedanke, Empfindung, weil er ſelbſt Gehirn und

---

[*] Der Kürze halber füge ich nicht immer hinzu: „und Aenderungen der Bewegung“ (obwohl es auf ſolche hauptſächlich ankommen mag), dazumal ſich Aenderungen der Bewegung ſelbſt unter den Begriff von Bewegungen höherer Ordnung faſſen laſſen.

Nerv iſt, einem andern als Materie und Bewegung, weil er ihnen gegenüberſteht.

Dieſe Vorſtellungsweiſe mag für den erſten Anblick ganz materialiſtiſch erſcheinen; iſt es aber nicht; denn ſo wenig die innerlich erſcheinenden Gedanken anders laufen können, als die äußerlich erſcheinenden Bewegungen im Gehirn geſtatten, an die ſie durch Identität des Grundweſens gebunden ſind, können vermöge derſelben Identität die Bewegungen im Gehirne anders laufen, als die Gedanken geſtatten, an die ſie gebunden ſind. Die Gedanken ſind nicht einſeitige Producte, Folgen materieller Bewegungen, ſondern die materiellen Bewegungen, welche Gedanken zu tragen vermögend ſind, können ſelbſt nur aus ſolchen folgen, die auch dergleichen zu tragen vermögend ſind, und ſo rückwärts ins Unbeſtimmte. Nur eine gedankenvolle Bewegung vermag wieder eine gedankenvolle Bewegung zu erzeugen; alſo fließt nach uns nicht Geiſt aus Materie. Erzeugt todte Schrift in Jemand einen Gedanken, kann ſie es doch nur, ſofern ſie erſt von einer gedankenvollen Bewegung ausging und noch einem höhern gedankenvollen Zuſammenhange, in dem wir Alle mit der Schrift zugleich begriffen ſind, angehört, und in ein gedankentragendes Gehirn hineinwirkt. Auch die erſte Einrichtung des Gehirns ſelbſt, welche den Menſchen ſo hoher Gedanken fähig macht, konnte nur aus einer materiellen Ordnung fließen, welche noch allgemeinerer und höherer gedankenvoller Bewegungen fähig iſt (vgl. Thl. I. S. 481), dieſe mußten bei der Schöpfung thätig ſein; ſonſt ward es freilich zu dem rohen Klumpen, dem bloßen Ballaſt des Geiſtes, wofür man es ſo häufig hält. Die weſentliche Wechſelbezüglichkeit des Materiellen und Geiſtigen, die aus der Identität ihres Grundweſens hervorgeht, führt überhaupt zu andern Folgerungen, als die einſeitige Bedingtheit des Geiſtes durch die Materie, bei welcher der Materialiſt ſtehen bleibt. Dieß beweiſt ſich überall durch vorliegende Schrift ſelbſt, als welche auf der hier erörterten Grundanſicht fußt. Im erſten Theile derſelben ſind Vorſtellungen von Gott auf dieſe Anſicht gegründet, welche ſich den würdigſten zur Seite ſtellen dürfen und im folgenden wird ſich die Hoffnung eines künftigen Lebens darauf gründen laſſen, indeß der Materialiſt auf ſeine Anſicht ſtets nur die Läugnung eines Gottes, der dieſen Namen verdient und eines Jenſeits zu gründen gewußt hat.

Das Geiſtige kann auch durch die hier ſtatuirte Identität ſeines Grundweſens mit dem Materiellen in keiner Weiſe unfreier werden als ihm loſe gegenüber gedacht. Denn worin man auch das Weſen der Freiheit ſuchen möge, dadurch daß der Geiſt auch ſeinen Ausdruck im Körper hat, kann ſeine Freiheit nicht beſchränkt werden; das Körperliche wird dann natürlich auch den Ausdruck ſeiner Freiheit mitenthalten. Wirklich giebt man ja überall zu, daß die Freiheit des Geiſtes Abänderungen im Gebiete des Körperlichen bewirke, und meint nur, ſie ziehe ſolche folgeweis nach. Dieß ändert ſich für uns nur in ſofern, daß ſie ſolche unmittelbar als ihren Ausdruck mitzieht. Ob Eins oder das Andre, läßt ſich begreiflich durch Erfahrung gar nicht entſcheiden; und das Letzte iſt mindeſtens eben ſo vernünftig als das Erſte, ja meines Erachtens, wenn man die Folgerungen und Zuſammenhänge beider Annahmen überſieht, vernünftiger als das Erſte. (Vgl. Thl. I. S. 474 ff.)

Inzwiſchen, wenn unſere Anſicht keineswegs ganz materialiſtiſch iſt, hat ſie allerdings eine ganz materialiſtiſche Seite, welche ſich aber mit einer ganz ſpiritualiſtiſchen Seite ergänzt (worüber unter b.) Hiemit aber iſt ſie weder Materialismus noch Spiritualismus, deren Weſen auf ihrer Einſeitigkeit beruht.

Manche haben daraus, daß unſere Gedanken und Empfindungen und der materielle Gehirn- und Nervenproceß, der ſie begleitet, ſich doch ſo gar nicht gleichen, ſchließen wollen, im Grunde gehen ſich doch beide nicht viel an, eins ſei nicht gründlich auf das andere zu beziehen. Aber nach uns erklärt ſich die Verſchiedenheit der Erſcheinung zugleich mit der Täuſchung, als läge ein verſchiedenes Weſen vor, ganz einfach daraus, daß der, wer den Gehirnproceß von außen anſieht, oder aus Aeußerlichem ſo erſchließt, als ſähe er ihn äußerlich, der Natur der Sache nach nicht dieſelbe Erſcheinung davon haben oder aus dem Zuſammenhange der Thatſachen, der ihm auf äußerm Standpunct vorliegt, erſchließen kann, als das Gehirn unmittelbar von ſich ſelbſt auf ſeinem innern centralen Standpunct hat. So meint man nun ein anderes Weſen vor ſich zu haben, als ſich darin ſelbſt erſcheint. Weil indeß doch ſchon rohe Beobachtungen oder Schlüſſe lehren, daß ſich materieller Gehirnproceß (was äußerlich ſo erſcheint) und pſychiſcher Zuſtand (was innerlich ſo erſcheint) in gewiſſem Zuſammenhange ändern, ſo ſieht man nun doch zwei irgendwie zuſammengehörige Weſen darin, meint indeß, aus Unkenntniß der Identität ihres Grundweſens, es könne auch wohl in gewiſſer Beziehung eins unabhängig vom andern gehen; dagegen nach uns die Fähigkeit, ſich geiſtig, pſychiſch in einer gewiſſen Weiſe ſelbſt zu erſcheinen, weſentlich wechſelbedingt iſt mit der Fähigkeit einem Andern in beſtimmt zugehöriger Weiſe leiblich, phyſiſch zu erſcheinen, in beſtimmter Weiſe natürlich nur bei beſtimmtem äußern Standpunct und beſtimmter Beſchaffenheit der Sinne des Wahrnehmenden, was zur Vergleichbarkeit nie außer Acht zu laſſen, und hier ſtets mit zu verſtehen iſt, auch wo es nicht ausdrücklich hinzugefügt wird.

Sofern der geiſtige Proceß im Menſchen ſeiner Geſammtheit nach nicht blos mit Gehirn und Nerven in Bezug ſtehen ſollte, was erſt näher zu unterſuchen, hätten wir unſere Vorſtellung allgemeiner als vorher ſo zu faſſen: Es ſind im Grunde nur dieſelben Proceſſe, die von der einen Seite als leiblich organiſche, von der andern als geiſtige, pſychiſche aufgefaßt werden können. Als leibliche Proceſſe ſtellen ſie ſich Jemanden dar, der, außerhalb dieſer Proceſſe ſelbſt ſtehend, dieſelben anſieht, oder aus Geſehenem unter Form des äußerlich Wahrnehmbaren erſchließt, wie der Anatom, Phyſiolog, Phyſiker thut. Ein ſolcher mag es anfangen, wie er will, er wird nicht das Geringſte von pſychiſchen Erſcheinungen im Andern direct wahrzunehmen vermögen, dagegen ſtellen ſich dieſe Proceſſe wieder als pſychiſche dar, als Gemeingefühle, Sinnesempfindungen, Vorſtellungen, Beſtrebungen u. ſ. w., ſofern eine Selbſtgewahrung in dieſen Proceſſen ſtattfindet.

Man kann die phyſiologiſchen Bedingungen, welche erfahrungsmäßig dazu gehören, daß dem Menſchen etwas objectiv als Körper erſcheine, (nicht blos ein ſubjectives körperliches Gemeingefühl entſtehe), noch etwas näher ſpecificiren, als hier geſchehen, und manche fernere Erörterungen daran knüpfen, ohne daß der Ausdruck, die Verſchiedenheit des objectiv erſcheinenden Körperlichen und des Geiſtigen hänge reſpective am äußern und innern Standpunct der Betrachtung, deßhalb eine Abänderung zu erfahren braucht. Und da auch die allgemeinen Betrachtungen, die wir zunächſt anzuſtellen haben, durch dieſe Specification nicht abgeändert werden, abſtrahiren wir zunächſt davon, um das Genauere hierüber erſt zum Schluß (unter Zuſatz 1) nachzutragen, damit nicht der Gegenſtand durch Beſonderheiten verwickelt werde, die jetzt noch beiſeit geſtellt werden können.

Faſſen wir unſere Anſicht überhaupt unter einen allgemeinen Ausdruck, ſo werden wir ſagen können:

Körper und Geiſt oder Leib und Seele oder Materielles und Ideelles oder Phyſiſches und Pſychiſches, (dieſe Gegenſätze hier im weiteſten Sinne als gleichgeltend gebraucht) ſind nicht im letzten Grund und Weſen, ſondern nur nach dem Standpunct der Auffaſſung oder Betrachtung verſchieden. Was ſich ſelbſt auf innerm Standpunct als geiſtig, pſychiſch erſcheint, vermag einem Gegenüberſtehenden vermöge deſſen dagegen äußern Standpunct nur in anderer Form, welche eben die des leiblich materiellen Ausdrucks iſt, zu erſcheinen. Die Verſchiedenheit der Erſcheinung hängt an der Verſchiedenheit des Standpunkts der Betrachtung und der darauf Stehenden. In ſofern hat daſſelbe Weſen zwei Seiten, eine geiſtige, pſychiſche, ſofern es ſich ſelbſt, eine materielle, leibliche, ſofern es einem andern als ſich ſelbſt in anderer Form zu erſcheinen vermag, nicht aber haften etwa Körper und Geiſt oder Leib und Seele als zwei grundweſentlich verſchiedene Weſen an einander.

In der äußeren Sinneswahrnehmung berührt oder deckt ſich allemal eine geiſtige Selbſterſcheinung niederer Art mit der materiellen Erſcheinung eines Andern. Die ſinnliche Selbſterſcheinung, die in mir durch ein Andres angeregt wird, verräth mir zugleich das Daſein und Wirken dieſes Andern, und gilt mir eben in ſofern als deſſen äußerliche Erſcheinung. Ich kann ſo in der ſinnlichen Wahrnehmung Geiſtiges oder Leibliches, Pſychiſches oder Phyſiſches, finden, wie ich will; es kommt nur auf die Richtung der Auffaſſung an. In der That, wenn ich um mich blicke, ſo kann ich die Erſcheinung, die mir im Sehen wird, als eine von Außen in mir angeregte Selbſterſcheinung betrachten, indem ich ſie der einheitlichen Selbſterſcheinung meines ganzen Weſens einreihe, dieſe dadurch fortbeſtimmt finde, als meine Anſchauung, Empfindung, was ein niederer geiſtiger Proceß iſt, aber auch als die, nur von meinem Geiſt ergriffene, materielle Erſcheinung der äußern Natur, indem ich das Einzelne derſelben in Verhältniß zu den andern Einzelnheiten derſelben betrachte. Beiderlei Erſcheinung fällt in Eins, deshalb in Eins, weil wir überhaupt keine andre Weiſe kennen und haben, wie uns etwas Andres erſcheinen kann, als mittelſt einer dadurch angeregten Selbſterſcheinung unſres Geiſtes. Eins vertritt das Andre. Doch rechnen wir die Selbſterſcheinung, die das Ding in uns anregt, nicht als das Ding ſelbſt, ſondern ſuchen noch etwas als eigenthümliche Subſtanz deſſelben hinter der Erſcheinung, was ſolche eben in uns anregt, und was dann auch (für ſich oder in Zuſammenhang mit Anderm) einer Selbſterſcheinung andrer Art unterliegen kann, als die wir von demſelben haben. Dieſe eigene Selbſterſcheinung des Dinges ſetzen wir dann als *ſeine* Seele derjenigen Selbſterſcheinung, die es in uns anregt, und durch die wir ſeinen *Leib* charakteriſirt halten, gegenüber. Der Unterſchied der geiſtigen Selbſterſcheinung und der materiellen Erſcheinung eines Andern, der in der ſinnlichen Wahrnehmung für *einen* Standpunct verſchwindet, in Eins zuſammengeht, tritt demnach auch ſogleich wieder grell hervor, wenn wir, wie in *Gegenüberſtellung des auf einander bezüglichen Geiſtigen und Leiblichen immer geſchieht*, und daher auch bei Erörterung ihres Verhältniſſes von uns immer vorausgeſetzt wird, das, was ſich ſelbſt auf innerem Standpunct erſcheint, zugleich von einem äußern Standpunct betrachtet denken. Sollte jemand, während ich die Natur äußerlich betrachte und dabei eine innere Selbſterſcheinung gewinne, die ſich für mich mit der Erſcheinung der äußern Natur deckt, in mein Auge und Gehirn blicken, und die darin vorgehenden Sehproceſſe verfolgen können (und vermag er es nicht direct, vermag er es doch bis zu gewiſſen Gränzen ſchlußweiſe aus äußerlich Geſehenem), ſo würde er ſie, obwohl auch ſinnlich, doch in einer ganz andern Form vermöge ſeines äußern Standpunctes dazu erblicken, als ſie mir auf meinem innern Standpunct erſcheinen. In meiner Anſchauung ſtellt ſich mir mein thätiger Nerv vielleicht in Form von Bergen, See'n, Bäumen, Häuſern dar, und er würde eine weiße Nervenmaſſe und darin allerlei Strömungen und Schwingungen ſehen, wenn er ſich hinreichend geſchärfter Hülfsmittel bedienen könnte. Und nur dieß nennt man thätigen Nerven. Aber auch die Natur, die ich äußerlich in Form von Bergen, See'n, Bäumen, Häuſern ſehe, kann ſich innerlich im Ganzen noch auf eine andre Weiſe ſelbſt erſcheinen, als ich ſie auf meinem äußern Standpunct ſehe, ſo gut ſich mein Gehirn und Sehnerv, die jemand äußerlich in Form einer weißen ſchwingenden Nervenmaſſe ſieht, noch in andrer Weiſe ſelbſt innerlich erſcheint, wo wir dann aber den Namen Gehirn und Sehnerv nicht mehr für die Erſcheinung brauchen. So macht der doppelte Standpunct der Betrachtung die Erſcheinung immer verſchieden, und unterſcheiden wir immer das Geiſtige, Pſychiſche und Leibliche, Phyſiſche danach, ob wir die Erſcheinung als eigene innere Selbſterſcheinung oder als Erſcheinung eines Andern faſſen. Ja, wenn Fälle vorkommen können, wo es zweifelhaft wird, ob man von geiſtiger, pſychiſcher, oder leiblicher, phyſiſcher, Erſcheinung zu ſprechen habe, werden es zugleich immer Fälle des Zweifels ſein, ob man die Erſcheinung als eine Selbſterſcheinung oder eine Erſcheinung von etwas Gegenüber zu faſſen habe.

Sieht Einer Theile ſeines eigenen Leibes, iſt's doch nur mit andern Theilen ſeines Leibes, alſo vermöge einer Gegenüberſtellung des Wahrnehmenden und Wahrgenommenen, die in ihm eintritt, und über welche das Ganze in höherer Selbſterſcheinung hinweggreift. Auch hier alſo iſt die Erſcheinung des Leiblichen, Phyſiſchen nur für ein Andres als das Selbſt da. Das Bein erſcheint als Leibliches nicht für ſich, ſondern für's Auge; die Empfindung, die es in dieſem anregt, ordnet ſich aber der Selbſterſcheinung, dem Bewußtſein des Ganzen, ein, dem das Auge mit dem Bein zugleich angehört; ja kann eben ſo nur als Theil einer ſolchen allgemeinern Selbſterſcheinung beſtehen, wie das Auge nur als Theil eines allgemeinern Leibes. Das Bein, ſo lange es dem Leibe angehört, trägt auch ſeinerſeits zum Allgemeingefühl der Seele, hiemit zur Selbſterſcheinung des Ganzen bei. So trägt überhaupt die Geſammtheit der Theile unſres Leibes zu unſrer allgemeinen Selbſterſcheinung bei; es können aber beſondere ſinnliche Beſtimmungen eben ſo durch die äußere Stellung gewiſſer Leibestheile (der Sinnesorgane) gegen die übrigen, als gegen die äußere Natur (der ja unſer Leib auch ſelbſt angehört), hervorgerufen werden, die doch immer der Selbſterſcheinung unſres Ganzen untergeordnet bleiben, d. h. in unſre Seele fallen. Hievon iſt ſchon Th. I. S. 413 gehandelt; und es mag ſich die hier angeſtellte Betrachtung mit der dort angeſtellten näher erläutern, da vielleicht der Gegenſtand für den erſten Anblick etwas Schwieriges hat.

Wie im kleinen Leibe des Menſchen verhält es ſich dann auch in dieſer Beziehung im größern der Natur (Th. I. S. 418). Geſchöpfe treten darin einer Außenwelt gewahrend gegenüber, das giebt für ſie und durch ſie für Gott die materielle Erſcheinung der Welt. Die geiſtige Seite der Welt überhaupt liegt theils in der Selbſterſcheinung der ganzen Welt, theils, nach untergeordneten Beziehungen, in der Selbſterſcheinung der einzelnen Geſchöpfe, die zur Welt gehören; aber jene wird durch die Summe von dieſen keineswegs vollſtändig gedeckt, indem nicht blos der Summe der einzelnen Weſen die Summe ihrer einzelnen Selbſterſcheinungen, ſondern auch der Verknüpfung derſelben eine obere verknüpfende Selbſterſcheinung zugehört. Hierüber verweiſen wir des Nähern auf die ſchon im erſten Theile (a. a. O.) gepflogenen Erörterungen.

Da wir gegen Vieles von Natur nur auf innerm, gegen Anderes nur auf äußerm Standpunct ſtehen, das Daſein oder die Möglichkeit des andern Standpunctes aber immer anzuerkennen haben, ſo haben wir in der Vorſtellung und durch Schluß zu ergänzen, (in ſo weit nicht etwa Inſtinct oder Offenbarung den Schluß erſparen ſollte, welche Möglichkeit hier immerhin offen bleiben kann) was uns durch unſre natürliche Stellung verſagt iſt, womit wir zum wirklich wahrnehmbaren Phyſiſchen und Pſychiſchen das Vorgeſtellte und Erſchloſſene erhalten. Ich kann in mein eigenes Gehirn, ja ſelbſt eines Andern lebenden Gehirn, nicht äußerlich hineinſehen, aber mich doch in Gedanken auf den Standpunct des äußerlich Hineinſehens ſtellen, erſchließen, wie es darin ausſieht und zugeht; ich kann nicht in eines Andern Geiſt ſehen, nicht Gottes Abſichten unmittelbar erkennen; aber doch in der Vorſtellung mich auf den Standpunct der Selbſterſcheinung eines andern Menſchen oder Gottes ſtellen, erſchließen, oder zu erſchließen ſuchen, was ein anderer Menſch etwa denkt, Gott für Abſichten hat. Zwar bleibt eigentlich Alles, was wir nur erſchloſſen haben, bloß Vermuthung, Wahrſcheinlichkeit, Hypotheſe, ſo lange es uns nicht glückt, es auch durch unmittelbare Erfahrung zu bewähren, aber wir rechnen das hypothetiſche oder erſchloſſene Phyſiſche und Pſychiſche dem wirklichen oder erfahrbaren gleich, ſtellen es unter die Kategorie deſſelben, fügen es in den Zuſammenhang deſſelben ein, ordnen das Erfahrbare ſelbſt danach, nach Maßgabe, als es folgende drei Bedingungen erfüllt: 1) daß es, wenn ſchon nicht direct erfahren oder erfahrbar, doch unter der Form des äußerlich oder innerlich Erfahrbaren und in widerſpruchsloſem Zuſammenhange damit vorſtellbar ſei; 2) daß es doch aus dem Zuſammenhange des Erfahrnen und nach Regeln, die ſich in der Erfahrung bewähren, erſchloſſen ſei; 3) daß ſeine Annahme, indem ſie unſer Erfahrungsgebiet widerſpruchslos ergänzt, nicht mit unſern practiſchen Intereſſen in Widerſpruch trete, vielmehr in dieſelben verträglich oder förderlich hineintrete.

Vieles giebt es im phyſiſchen und pſychiſchen Gebiete, was zwar als Abſtractum gedacht werden kann, aber nicht ſo abſtract beſteht, wie z. B. Geſchwindigkeit, Zahl, Kraft, Veränderung, Mannichfaltigkeit, Einheit, Ordnung, alle allgemeinen Kategorien der Realität überhaupt. Dergleichen zählt bei Betrachtung der erfahrbaren oder erſchließbaren Wirklichkeit im körperlichen oder geiſtigen Gebiete mit, je nachdem es ſelbſt als abſtrahirt aus dem einen oder andern oder als bezogen auf das eine oder andre erſcheint.

Dieſe Beſtimmungen ſind im Grunde nichts als Erklärungen, daß wir die Verhältniſſe in dieſen Beziehungen eben ſo nehmen, wie ſie überall im Leben genommen werden.

Wir haben Grund zu glauben, daß die äußere Geſtalt und die Handlungen eines Menſchen, die unſrer äußern Wahrnehmung unmittelbar unterliegen, theils nur die äußere Umgränzung einer innern Organiſation, theils die Folgen und Ausläufer innerer Bewegungen darſtellen, mit deren Aenderungen ſich die Seelenverhältniſſe unmittelbar ändern, und welche in ſofern als der unmittelbare Ausdruck der ſelben gelten können, dagegen das äußerlich Erſcheinende dieſen ſeinen Bezug zur geiſtigen Selbſterſcheinung des Menſchen nicht zeigt. Hienach läßt ſich ein innerer und äußerer Ausdruck der Seelenerſcheinungen unterſcheiden; und die Wiſſenſchaft muß trachten, den innern zu ermitteln, was ſie aber ſelbſt nur ſchlußweiſe unter Zuziehung des äußern kann. Dieſe Betrachtung widerſpricht nicht der allgemeinen Anſicht, daß alles Leibliche in beſtimmter Beziehung zu Geiſtigem ſtehe, denn das äußerlich am Menſchen Erſcheinende, was zu ſeinem beſondern Geiſtigen keinen ganz beſtimmten Bezug verräth; gehört doch zum innern weſentlichen Ausdruck desjenigen Geiſtigen, was der ganzen Natur zugehört, und wird dazu ſeine beſtimmte Beziehung haben.

In der Selbſterſcheinung des Geiſtigen unterſcheidet man höhere und niedere Stufen, von denen die ſinnliche Empfindung als die niederſte gilt; doch theilt ſie mit der höchſten geiſtigen den Charakter des Selbſterſcheinens. Denn, läßt ſich auch nicht ſagen, ſie erſcheine ſich für ſich ſelbſt, ſo fällt ſie doch in eine allgemeinere Selbſterſcheinung, ordnet ſich einer ſolchen ein und unter. Nun kann gefragt werden, wie iſt es möglich, wenn ſchon die ſinnliche Empfindung ſich in materiellen Vorgängen der Nerven und des Gehirns und dem, was damit zuſammenhängt, ausdrückt, daß das höhere Geiſtige es auch thut; wird es ſich nicht vielmehr eben dadurch unterſcheiden, daß es ſich darüber unabhängig erhebt? Allein, ſofern das höhere Geiſtige doch nicht ohne eine ſinnliche oder ſinnbildliche Unterlage ſein kann, (vgl. S. 210), in Bezügen, Verhältniſſen, Aenderungen des Sinnlichen oder Sinnbildlichen waltet, bleibt es auch mittelſt deſſelben an das Körperliche und deſſen Aenderungen gebunden. Indem man dem Sinnlichen der Selbſterſcheinung als Ausdruck das Einzelne gegebener materieller Vorgänge zugehört, drückt ſich das höhere Geiſtige in einer derartigen Ordnung und Folge ſolcher Vorgänge aus, daß nach Maßgabe der größern Höhe des Geiſtigen Bezüge, Verhältniſſe, Aenderungen höherer Ordnung in dieſen Vorgängen Platz greifen, oder drückt ſich, abſtract gefaßt, in dieſen Bezügen, Verhältniſſen, Aenderungen höherer Ordnung ſelbſt aus. Anſtatt alſo beziehlos zu den Verhältniſſen und Aenderungen des Körperlichen zu ſein, wie Viele meinen, iſt es in der Art wechſelbedingt damit, daß, ſollten die körperlichen Functionen einmal eine Zeit lang einen gleichförmigen Gang annehmen, es in dieſer Zeit ſchweigen möchte. Mit einem Wort, das höhere geiſtige Leben iſt an ein höheres körperliches Leben gebunden, wie umgekehrt, nicht aber los vom körperlichen Leben; bedarf demnach auch einer höhern Steigerung und Entwickelung der körperlichen Organiſation, um beſtehen zu können, als ein blos niederes geiſtiges Leben, wie umgekehrt. Dieß beſtätigt die Erfahrung beſtens.

Man kann ſagen, Ordnung, Folge, Verhältniß, Aenderung iſt doch nichts Materielles; ſo drückt ſich alſo das höhere Geiſtige doch nicht in etwas Materiellem aus. Aber Ordnung, Folge, Verhältniß, Aenderung iſt überhaupt nichts Wirkliches, wenn nicht im wirklichen materiellen oder geiſtigen Gebiete; es ſind aber dieſe Kategorien in der That eben ſowohl auf das materielle als geiſtige Gebiet anwendbar; und ein *geordneter* materieller Proceß bleibt immer ein materieller Proceß, und die Natur eines materiellen Proceſſes kann immer derart mit charakteriſirt werden, daß man von den Verhältniſſen und Aenderungen der in ihm vorgehenden Bewegungen ſpricht, ohne daß unſre geiſtige Auffaßbarkeit dieſer Verhältniſſe ſie ſelbſt zu geiſtigen macht, wenn ſie im materiellen Gebiete walten. Hier gilt das oben S. 327 Bemerkte. Für ſich ſind Ordnung, Folge, Verhältniß, Aenderung Abſtracta; aber auch das zugehörige höhere Geiſtige iſt für ſich ein Abſtractum, realiter nur in Bezug auf Niederes oder in Bezügen des Niedern ſelbſt beſtehend. Wie ſich nun das niedre Geiſtige im Einzelnen des materiellen Proceſſes oder in einem einzelnen materiellen Proceſſe ausdrückt, ſo das höhere in dem, was ſich im Zuſammenhange ſolchen Proceſſes oder ſolcher Proceſſe als höhere Ordnung, höherer Bezug, höheres Verhältniß, höhere Aenderung derſelben faſſen läßt.

Untriftig würde es ſein, wenn man aus dem Parallelismus des Geiſtigen und Körperlichen, der in unſrer Anſicht begründet liegt, die Aufgabe ableiten wollte, zu jedem beſondern Körper, jeder beſondern Bewegung in der Natur, ein zugehöriges beſondere Geiſtige anzugeben, da vielmehr die allgemeinſten Erfahrungen zeigen, daß eine unterſcheidbare Vielheit des Materiellen zu einer einfachen Einheit des Geiſtigen zuſammenſtimmen kann; viele Nerven-Erzitterungen zu *einer* Empfindung, ſehr complexe Gehirnbewegungen zu *einem* Gedanken, beide Gehirnhemiſphären zu *einem* Denken. Die materielle Erſcheinung zieht ſich in der Selbſterſcheinung ſo zu ſagen zuſammen. *Die Seele hat eine vereinfachende Kraft.* Das Geiſtige iſt zwar nicht überall einfach, aber überall *einfacher* als das Materielle, in dem es ſich ſelbſt erſcheint. Wie ein Verhältniß immer einfacher iſt, als die Zahlen, deren Verhältniß es darſtellt, wie ein Wort aus vielen Buchſtaben einen ganz einfachen Sinn haben kann, iſt das Geiſtige einfacher als das Materielle, worin es ſich ausdrückt. Wie es aber doch höhere Verhältniſſe geben kann, für welche wieder niedere Verhältniſſe den Stoff bilden, und der Sinn einer ganzen Rede ſich aus dem Sinne mehrerer Worte zuſammenſetzen kann, iſt auch das Geiſtige nicht nothwendig einfach: es iſt nur eben einfacher, als das Materielle, deſſen Sinn es darſtellt, und das höhere Geiſtige einfacher, als das niedere, was ihm unterliegt, im Verhältniß des Stoffes zu ihm ſteht. Nur die Aufgabe läßt ſich daher aus unſerer Anſicht ableiten, von jedem Körper und jeder Bewegung anzugeben, entweder, welcherlei Art Geiſtiges ihm für ſich zugehört, oder, welches größere, Geiſt tragende Ganze es conſtituiren hilft. Denn was für ſich kein ſolches Ganze bildet, wird doch ſtets in ein ſolches eingehn.

Der allgemeine Geſichtspunct unſrer Anſicht würde z. B. nicht hindern, daß die ganze Geſammtheit der von der Gravitation abhängigen Bewegungen der Weltkörper ein einziges in ſich ununterſcheidbares Bewußtſeinsphänomen oder Grundgefühl im göttlichen Geiſte trüge oder auch nur etwas, was unbewußt, d. i. ununterſcheidbar (im Sinne des Unbewußten Thl. I. S. 260) in ſeine Bewußtſeinsphänomene einginge und ſie conſtituiren hülfe. Die Beſchaffenheit der einzelnen Bewegungen, welche zu einem identiſchen Bewußtſeinsphänomen beitragen, iſt aber darum noch nicht gleichgültig; denn das ganze Bewußtſeinsphänomen erfährt durch die Abänderung des Einzelnen Einfluß. Man kann es ſo erläutern: jede Art des Geruchs iſt eine einfache Empfindung; jede riechende Subſtanz aber iſt ein zuſammengeſetzter Stoff; ändert ſich nun auch blos ein einzelner Beſtandtheil der riechenden Subſtanz, ſo ändert ſich damit doch die ganze einfache Empfindung; obwohl eine geringe Abänderung der Zuſammenſetzung ſie auch nur wenig ändern mag.

Nach dieſem Princip iſt auch der Beitrag zu beurtheilen, welchen die feſten Einrichtungen unſeres Organismus und der Welt zum Bewußtſein liefern (obwohl es nichts abſolut Unbewegliches eigentlich giebt). Umſonſt würde man fragen, was dieſen feſten Einrichtungen beſonderes Geiſtiges entſpricht; gar nichts.

Aber der Zuſammenhang des Beweglichen mit dem Feſten giebt dem Beweglichen ſelbſt Richtung und Form, die ohne jenen Zuſammenhang gar nicht beſtehen könnte. Alſo muß man das Bewegliche auch nur im Zuſammenhange mit dieſem Feſten als Unterlage für das Geiſtige faſſen; oder, wenn auch beſondre Bewegungen zur beſondern Charakteriſtik des Geiſtigen dienen können, nicht vergeſſen, daß ſie doch nur durch den Zuſammenhang mit dem Feſten das ſein können, was ſie ſind, mithin das Feſte ſelbſt nicht vom Ausdruck oder Träger des Geiſtigen ausſcheiden, ſondern mindeſtens ſtill mit einrechnen.

Die vorigen Betrachtungen erklären, worin die Veranlaſſung gelegen, das Geiſtige ſchlechthin als ein Einfaches dem Materiellen als Mannichfaltigen gegenüberzuſtellen, obwohl ſie in der That nur berechtigen, es in relativem Sinn zu thun. Es giebt viel Geiſtiges, was gar nicht einfach iſt, doch immer einfacher als das zugehörige Körperliche. Ferner erklärt ſich, in wie fern die Seele, das Geiſtige, als das Band des Leibes, des Körperlichen gelten kann. Endlich liegt darin der rationelle Grund, weßhalb man das Materielle in Verhältniß zum Geiſtigen als das Niedrigere, die Baſis, die Unterlage, den Sitz deſſelben betrachten kann; es ſchließt nämlich gleich einer Baſis nur ein Verhältniß unten ab, welches ſich ſchon innerhalb des Geiſtigen vom Höhern zum Niedern geltend macht. Auch das höhere Geiſtige iſt immer einfacher als das niedrigere, welches in Verhältniß des Stoffs dazu ſteht. Das Geiſtige ſetzt ſich ſolchergeſtalt auf die breite Unterlage des Körperlichen gewiſſermaßen auf und ſpitzt ſich noch vom Niedern zum Höhern darüber zu.

Hienach erhellt dann auch, wie daſſelbe Materielle ein niedrigeres und höheres Geiſtige zugleich tragen kann, indem das Höhere mittelſt des Niedrigern auf ihm ruht. Aber das Materielle muß anders organiſirt ſein, um ein hohes als blos ein niedriges Geiſtige zu tragen, nach einer höhern Ordnung, wie wir's nannten, es muß nicht blos ſelber ein Manichfaltiges ſein, ſondern auch eine Manichfaltigkeit von Verhältniſſen einſchließen, die wieder ſolche einſchließen.

Wie etwas (als Körperliches) einem Andern mannichfaltiger erſcheinen kann, als ſich (nach ſeiner geiſtigen Seite), läßt ſich zwar nicht erklären, denn es bleibt Grundthatſache, aber erläutern wie folgt. Stelle ein Syſtem von 3 Puncten einem andern Syſtem von 3 Puncten gegenüber, und jedes empfinde die ganze Verknüpfung ſeiner Puncte in Eins, ſo daß die verſchiedene Zahl und Anordnung der Puncte blos eine verſchiedene Stärke und Beſchaffenheit der einfachen Empfindung mitführt. Nun iſt das eine Syſtem mit dem andern Syſtem nicht eben ſo verknüpft, wie jedes in ſich; denn wir ſetzen ja eben beide als zwei verſchiedene Syſteme voraus; alſo wird ihm die Verknüpfung des andern auch nicht eben ſo wie dieſem ſelbſt ſpürbar, ſondern es wird von jedem Punkte deſſelben wie von einer Einzelheit afficirt.

Eine ähnliche Betrachtung, als auf das Gleichzeitige oder Räumliche iſt auf das ſucceſſiv Zeitliche anzuwenden. Wir können nicht fordern, für jeden beſondern Moment eines materiellen Vorganges das zugehörige Beſondere eines geiſtigen Vorganges anzugeben; ſondern es faßt ſich auch vom ſucceſſiv Zeitlichen eines materiellen Vorganges Manches in eine einfache geiſtige Einheit zuſammen. Geſichts- und Gehörsempfindungen in uns werden durch Oscillationsproceſſe angeregt, und ſo mögen die materiellen Aenderungen, die ihnen in uns unterliegen, ſelbſt auch oscillirender Natur ſein; aber wir empfinden kein Oscilliren, ſondern es faßt ſich dieß Oſcilliren der Materie für uns in das continuirlich Einfache einer Empfindung zuſammen. Jeder Moment der Oſcillation iſt anders geartet als der andere; aber wir ſpüren nichts von dieſen in ſich zuſammenhängenden Aenderungen, vielmehr den ganzen Zuſammenhang derſelben in Eins. So ſind die Zuſtände des Schlafes, in die wir zeitweiſe verfallen können, aus doppeltem Geſichtspuncte als Mitträger von Bewußtſein zu betrachten. Einmal, indem unſer ſchlafender Körper doch eingeht in das im Ganzen bewußte Syſtem der Natur, mit deſſen bewußtſeinstragenden Bewegungen in beſtimmter und beſtimmender Beziehung ſteht; das Schlafen der Menſchen auf einer Seite der Erde hängt mit dem Wachen auf der andern Seite in gemeinſchaftlicher Bedingtheit zuſammen, zweitens, indem unſer Schlaf ſelbſt vorbedingend iſt für unſer Wachen. Wir könnten nicht ſo wachen, wenn wir nicht ſo geſchlafen hätten, und es wird ſomit unſer Bewußtſeinszuſtand mit von dieſen, für ſich freilich unbewußten, Vorgängen der Materie getragen.

Daß es ſo ſein müſſe, liegt freilich gar nicht an ſich in den begrifflichen Vorderſätzen unſerer Anſicht, ſondern nur in den factiſchen. Wir leiten aber überhaupt nichts an ſich aus dem Begriff ab, ſondern das Begriffliche unſerer Anſicht iſt ſelbſt nur im Sinne der Verallgemeinerung des Factiſchen auszulegen, ſonſt führt es zu falſchen Folgerungen.

Man erläutert ſich Manches von den vorſtehenden Verhältniſſen gut durch arithmetiſche Zahlenreihen.

In der arithmetiſchen Reihe erſter Ordnung:

1, 2, 3, 4, 5, 6 .... (a)

giebt es eine Mannichfaltigkeit ſichtbarer Glieder, welche unſichtbar das conſtante (arithmetiſche) Verhältniß oder die Differenz 1 zwiſchen ſich haben. Die Mannichfaltigkeit der ſichtbaren Glieder der Reihe ſoll die körperliche Mannichfaltigkeit eines Organismus, die überall identiſche unſichtbare Differenz, wodurch ſich die Glieder der Reihe verknüpfen, das Geſetz der Reihe ſich characteriſirt, die im Körper waltende Seele oder das Geiſtige bezeichnen, was äußerlich unſichtbar zu dem Körper allgegenwärtig gehört, das geheime Band deſſelben bildet. Da haben wir ein einfaches Geiſtige zu der Manichfaltigkeit des Körperlichen.

Sollte es keine an ſich einfache Seele geben, ſo hat doch die Seele immer *in Verhältniß zum Körper* den Character der Einfachheit, und dieß drückt ſich jedenfalls im Schema aus. Statt an eine einfache Seele kann man aber auch an eine einfache Empfindung denken, der ein zuſammengeſetzter körperlicher Vorgang unterliegt.

Die Reihen

1, 3, 5, 7, 9, 11 ..... (b)
1, 4, 7, 10, 13, 16 ..... (c)

unterſcheiden ſich von der vorigen nur in ſofern, als ſich ein anderer conſtanter Verhältnißbezug, reſpective 2 oder 3, ſtatt vorhin 1, darin findet. Auch in ihnen waltet etwas durchgehend Identiſches, nur daß es für verſchiedene Reihen verſchieden iſt. So kann alſo ein verſchieden zuſammengeſetzter Körper eine verſchieden geartete Seele, oder ein verſchieden modificirter körperlicher Vorgang eine verſchiedengeartete Empfindung tragen, die aber in dieſen einfachen Fällen doch immer einfach bleibt, ſofern wir nämlich die Identität des Verhältniſſes durch die ganze Zahlenreihe als Repräſentant deſſen anſehen, daß ſich in der Seele des Körpers oder der Empfindung des körperlichen Vorganges, der durch dieſe Reihe vorgeſtellt wird, nichts unterſcheiden läßt.

Um eine andersgeartete Seele oder Empfindung zu erhalten, muß nach dem Schema der *ganze* Leib oder körperliche Empfindungsvorgang ein anderer werden. Und ſo beſtätigt es die Erfahrung, ſo weit wir ſolche machen können.

Sieht man näher zu, ſo findet man in vorigen Schematen eines der größten Wunder ausgedrückt, was ſich im Verhältniß der Seele zum Leibe zeigt. Der Leib iſt ein anderer von Stelle zu Stelle; nun könnte man meinen, die Seele, die dieſem Leibe inwohnt, müßte, inſofern ſie in feſter Beziehung dazu gedacht wird, nach Maßgabe dieſer Verſchiedenheit ſelbſt eine eben ſo verſchiedene werden; dahingegen die Seele durch die größte leibliche Mannichfaltigkeit in identiſcher Weiſe greifen kann, ſich alſo unabhängig zeigt von der Einzelbeſchaffenheit dieſer Mannichfaltigkeit, dagegen ihre Beſchaffenheit zur totalen Verhältnißbeſchaffenheit der körperlichen Mannichfaltigkeit in weſentlichem Bezuge ſteht.

Daſſelbe, was vom Verhältniß der Seele, des Geiſtes zum Leibe gilt, läßt ſich auch auf das Verhältniß des geiſtigen zum leiblichen Geſchehen übertragen; wenn wir die einzelnen ſichtbaren Zahlen als ſucceſſive Momente des leiblichen Geſchehens oder als aufeinanderfolgende leibliche Zuſtändlichkeiten deſſelben Individuums vorſtellen.

Betrachten wir z. B. die Zahlenreihe

1, 2, 3, 4, 5, 6....

ſo kann man durch jede ſpätere Zahl einen andern leiblichen Zuſtand ausgedrückt halten, als durch jeden frühern. Nun könnte es für den erſten Anblick auch ſcheinen, das Individuum könne ſich in den ſpätern Zuſtändlichkeiten nicht wiederfinden; es iſt ja jede Zahl anders. Aber indem jede Zahl in gleicher Weiſe aus der frühern fließt, und durch das Geſetz oder Verhältniß der Fortſchreitung die Seele repräſentirt wird, bleibt doch dieſelbe Seele und behält die ganze Zahlenreihe denſelben Charakter.

Das Schema iſt bisher blos in ſeiner einfachſten unentwickeltſten Geſtalt vorgeführt worden, wodurch blos die allgemeinſten Verhältniſſe gedeckt werden können, darunter die Einfachheit des Geiſtigen der körperlichen Mannichfaltigkeit gegenüber. Inzwiſchen iſt dieſe Einfachheit mindeſtens für unſre Seele blos in relativem Sinne gültig. Wir unterſcheiden doch Manches in unſrer Seele, in unſerm Geiſte. Es ſcheint nun für den erſten Anblick ſchwierig, im Schema dieſes eigenthümliche Verhältniß innerer Mannichfaltigkeit des Geiſtes zugleich mit dem Charakter verknüpfender Einheit dem Leiblichen gegenüber wiederzufinden. Auch iſt es in dem unentwickelten Schema nicht zu finden. Aber das Princip der Zahlenreihen ſchließt dieſe Repräſentation auf die natürlichſte Weiſe von ſelbſt ein; indem ſich Reihen höherer Ordnung finden laſſen, welche die Mannichfaltigkeit des Leiblichen durch eine nur abgeſchwächte, Mannichfaltigkeit geiſtiger Bezüge verknüpſt darſtellen, die ſich aber ſelbſt in einem ganz identiſchen allgemeinen Bezuge, der zugleich ſie und das Leibliche beherrſcht, abſchließen.

Nehmen wir z. B. eine ſogenannte Reihe zweiter Ordnung

1, 2, 4, 7, 11, 16, 22 .... (A)

ſo ſind die Differenzen der auf einanderfolgenden Zahlen nicht mehr wie in den bisherigen Reihen conſtant, bilden vielmehr ſelbſt die Reihe

1, 2, 3, 4, 5, 6 .... (A′)

Durch die Reihe dieſer unſichtbar zu denkenden Differenzen, welche in der ſichtbaren Reihe geheim eingeſchloſſen liegen, erhalten wir alſo ein mannichfaltiges Geiſtige repräſentirt, was von der körperlichen Mannichfaltigkeit der ſichtbaren Reihe A getragen wird; doch nähern ſich die Zahlen der geiſtigen Reihe A′ in ihrer Aufeinanderfolge der Identität mehr, als die der körperlichen Reihe A. Aber die Reihe A′ drückt nur erſt ein niederes Geiſtige aus, und ſchließt ſich ſelbſt noch in einem höhern identiſchen geiſtigen Bezuge ab; denn nimmt man ihre Differenzen, ſo ſind ſie conſtant 1. Dieſelbe körperliche Reihe A trägt alſo niedres und höheres Geiſtige zugleich, wobei die Abweichung der Zahlen von einander, die zum Maß der Mannichfaltigkeit dient, in der Reihe des niedern Geiſtigen A′ noch beſteht, obwohl geringer iſt, als in A; im höchſten Geiſtigen, der conſtanten Differenz, aber verſchwindet. Wir haben hier überhaupt eine Seele höherer Stufe gegen die, welche von den körperlichen Reihen erſter Ordnung a, b, c getragen wird. Das höher entwickelte Schema repräſentirt auch eine höher entwickelte Seele. In allen niedern und höhern Seelen waltet eine geiſtige Einheit, etwas Identiſches, was durch Alles durchgreift; aber in den niedern Seelen unterſcheidet ſich nichts, das Niederſte darin iſt zugleich das Höchſte; alles einigt ſich darin in einer unterſchiedsloſen Empfindung, dieſer iſt die Seeleneinheit unmittelbar immanent; oder auch, wir können im Grunde nur einfache Empfindungen durch das einfachſte Schema repräſentiren, nicht eine Einheit verſchiedener Empfindungen, wie ſie in einer Seele ſtatt findet; in den Seelen höherer Stufe oder Seelen überhaupt aber, ſo weit wir ſolche kennen, befaßt die höchſte geiſtige Einheit ſelbſt noch geiſtige Unterſchiede unter ſich, ja vermag nur auf Grund derſelben als höhere Einheit zu beſtehen.

Andre Beiſpiele von Reihen zweiter Ordnung (wo ſich erſt die Differenzen zweiter Stufe conſtant finden) ſind:

1, 5, 12, 22, 35, 51, 70 . . . . (B)
1, 6, 15, 28, 45, 66, 91 . . . . (C).

Erſtere ſchließt mit der conſtanten Differenz 3, letztere mit der conſtanten Differenz 4 ab.

Es ſind überhaupt ſo gut unendlich viele verſchiedene Reihen zweiter als erſter Ordnung möglich[*], wenn wir immer Reihen zweiter Ordnung ſolche nennen, wo die Differenzen zweiter Stufe conſtant ſind, und auch hier kann die conſtante Differenz je nach Beſchaffenheit der Reihe die verſchiedenſten Werthe annehmen. Eben ſo ſind aber auch Reihen beliebig höherer Ordnung möglich, wo erſt die dritten, vierten, fünften Differenzen u. ſ. w. conſtant ausfallen[**], und wodurch Leiber (oder Proceſſe) repräſentirt werden, die Seelen (oder Bewußtſeinsvorgänge) von noch höhern Stufen tragen, worin ſich geiſtige Beziehungen über Beziehungen aufbauen, und doch immer in etwas Identiſchem abſchließen.

Braucht man allgemein die höhern Zahlenbezüge zur Repräſentation des höhern Geiſtigen, ſo ſieht man, daß das höhere Geiſtige überall nicht unabhängig von dem niedern Geiſtigen und Leiblichen zu beſtehen vermag; da vielmehr ſein Beſtand und ſein Leben nur an deſſen Verhältniſſe geknüpft iſt, indem es zugleich daſſelbe regelt und beherrſcht.

Das Identiſche oder die Bewußtſeinseinheit, worin ſich die geiſtigen Bezüge abſchließen, iſt nach dem Schema in den am tiefſten ſtehenden ſinnlichen Weſen und Vorgängen überall ſo vollkommen, als in den am höchſten ſtehenden, aber ſie nimmt in den höchſten eben dadurch eine höhere Bedeutung an, daß ſie ſich über niedern Bezügen emporbaut.

---

[*] Man kann Reihen zweiter Ordnung u. a. beliebig dadurch bilden, daß man die unter einander geſtellten Glieder zweier Reihen erſter Ordnung (z. B. b. u. c. S. 335) zu je zweien mit einander multiplicirt, oder auch dadurch, daß man die Glieder einer Reihe quadrirt; ſo iſt

1, 4, 9, 16, 25, 36, 49 . . . .

beſtehend aus den Quadraten von 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 eine Reihe zweiter Ordnung.

[**] Man erhält z. B. ſolche, wenn man die Zahlen einer Reihe erſter Ordnung reſpectiv zum Cubus, zur 4ten, 5ten Potenz u. ſ. w. erhebt, oder die untereinandergeſtellten Glieder reſpectiv von 3, 4, 5 Reihen erſter Ordnung mit einander multiplicirt.

Vergleichen wir die Zahlen der Reihen höherer Ordnung, wodurch Individuen mit dem Beſitze eines höhern Geiſtigen repräſentirt werden, mit den Zahlen der Reihen niedrer Ordnung, ſo finden wir die höhern und niedern Reihen aus gleichartigem Material gebildet, und keinen andern Unterſchied zwiſchen ihnen, als daß jene Reihen in ihrer Form verwickelter erſcheinen als dieſe. So ſind die Leiber geiſtig hochſtehender Individuen aus demſelben Material gemacht, als geiſtig tiefſtehender, die der Menſchen aus demſelben Material als die der Thiere, auch die organiſchen Proceſſe derſelben laſſen ſich in den einen wie in den andern auf materielle Bewegungen reduciren, nur findet eine größere Verwickelung, keine ſo einfach hervortretende Geſetzmäßigkeit der leiblichen Organiſation und Bewegung ſtatt; es treten Differenzen und Aenderungen höherer Ordnung in der Organiſation und Bewegung ein, denen im Geiſtigen höhere Seelenerſcheinungen entſprechen.

Statt arithmetiſcher Reihen kann man in vorigen Schematen mit einigem Vortheile für Darſtellung mancher Verhältniſſe auch geometriſche anwenden; ich habe aber das Einfachſte hier vorgezogen; bin übrigens weit entfernt zu glauben, daß alle Verhältniſſe von Geiſt und Körper zutreffend durch Reihen der einen oder andern Art repräſentirt werden können, wovon vielmehr entſchieden das Gegentheil ſtatt findet. Eine vollſtändiger zutreffende (directe, nicht blos ſchematiſche) mathematiſche Repräſentation der Verhältniſſe von Leib und Seele ſcheint mir vielmehr auf die, zum Schluß dieſes Anhanges unter Zuſatz 2. anzuführenden Principien zu gründen, welche zugleich die einer mathematiſchen Pſychologie ſind; aber dieſe laſſen keine ſo einfache Darſtellung und Anwendung zu, ſind auch noch nicht ganz zweifelsfrei. Und geht man mit den Erläuterungen durch das Schema der Reihen nicht über die rechten Gränzen hinaus, ſo bleibt daſſelbe immer ſehr geeignet, gerade die allgemeinſten und wichtigſten Verhältniſſe von Körper und Geiſt, niederm und höhern Geiſtigen zu erläutern. Beſonders gut ſtellt ſich danach die Untriftigkeit heraus, Veränderungen im höhern Geiſtigen zu ſtatuiren ohne zugehörige Aenderungen im Leiblichen.

Um das Schema mit unſrer allgemeinen Betrachtungsweiſe des Verhältniſſes von Geiſt und Körper in Beziehung zu ſetzen, würde es untriftig ſein, die ſichtbare körperliche Zahlenreihe als das für ſich ſelbſtſtändige ſubſtanzielle Grundweſen, und die unſichtbaren Verhältnißzahlen als einen davon abhängigen innern Schein zu betrachten; dieß wäre ganz materialiſtiſch. In Wirklichkeit ſind die Differenzen der Grundreihe ſo gut reale, nur äußerlich unſichtbare und andersgeartete Zahlen, als die Zahlen der Grundreihe ſelbſt, und die körperliche Grundreihe kann eben ſo gut als eine Function der geiſtigen Differenzreihe wie umgekehrt gelten.

Auch ſo kann man es nicht ſtellen, als ob die körperliche Grundreihe und die zugehörige geiſtige Differenzreihe (mit allen höhern Differenzen, die ſie etwa noch einſchließt) zwei an ſich verſchiedene, in Verhältniß der Selbſtſtändigkeit zu einander ſtehende, Dinge ſeien, die erſte blos mit dem Vermögen der Erſcheinung für Andres, die andre blos mit dem Vermögen der Selbſterſcheinung begabt; ſondern ihre Verſchiedenheit hängt ſelbſt nur daran, daß ein und daſſelbe real gar nicht trennbare Grundweſen einesfalls *einem Andern als ſich* ſelbſt in Form der körperlichen Grundreihe, andernfalls *ſich ſelbſt* in Form der geiſtigen Differenzreihe erſcheint. Erſtenfalls wird die Erſcheinungsweiſe weſentlich durch die Verhältniſſe des erſcheinenden Grundweſens zu etwas Aeußern beſtimmt, welche Verhältniſſe die Selbſterſcheinung als ſolche nichts angehen, letztenfalls durch die eigenen innern Verhältniſſe des Grundweſens, welche wieder die Erſcheinung für Andre als ſolche nicht betreffen, obſchon doch beiderlei Verhältniſſe in Wechſelabhängigkeit ſich ändern. Daher die Erſcheinung verſchiedener Zahlen in beiderlei Reihen; ſofern Zahlen immer zum Ausdruck von Verhältniſſen dienen; daher aber auch die fortlaufende Beziehung derſelben.

b) Vergleichung.

Nach der gewöhnlichen Anſicht ſind Leib und Seele zwei weſentlich verſchiedene, ſogar in einer Art Gegenſatz ſtehende, Dinge oder doch zwei an ſich verſchiedene Seiten deſſelben Grundweſens mit gegenſätzlichen Beſtimmungen. Unſtreitig iſt unſre Anſicht nicht die gewöhnliche, doch läßt ſie ſich mit der letzten Faſſung derſelben in nahe Beziezung ſetzen. In der That, ſo ſehr nach unſrer Betrachtungsweiſe Leib und Seele von gewiſſer Seite in Eins zuſammenzugehen ſcheinen, ſo ſehr treten ſie doch von der andern danach aus einander. Denn die Fähigkeit deſſelben Grundweſens, einem Andern, als ſich ſelbſt zu erſcheinen, iſt an ſich etwas ganz andres, als die Fähigkeit, ſich ſelbſt zu erſcheinen, und beide Erſcheinungsweiſen für den verſchiedenen Standpunct ſind nicht minder verſchieden. In die leibliche Erſcheinungsweiſe geht auch weſentlich die Natur eines Andern, als das Selbſt ein; denn ſie ändert ſich eben ſo weſentlich mit nach der Natur des Andern als nach der Natur des Selbſt. Und ſo kann es denn auch nach uns nichts ſchaden, wenn man Seele und Leib immer noch wie gewöhnlich als *zwei verſchiedene, mit einander verknüpfte, Seiten* deſſelben Weſens betrachtet, da der Umſtand, daß daſſelbe Weſen eine zweiſeitig verſchiedene Auffaſſung geſtattet, von Innen und von Außen, ſelbſt als eine Zweiſeitigkeit ſeiner Natur angeſehen werden kann. Ja wirklich als etwas *Gegenſätzliches* kann man ſie noch faſſen, nur daß wir nun gewahr worden ſind, es iſt nur ein Gegenſatz des Standpunctes, von dem ſie erſcheinen, und eine Verſchiedenheit der Weſen, denen ſie erſcheinen, nicht ein Gegenſatz in oder an der Subſtanz des Weſens ſelbſt, das erſcheint, um was es ſich hier als Grund der verſchiedenen Erſcheinung handelt. Und hierin liegt der Hauptunterſchied unſrer Anſicht von der gewöhnlichen, wenn ſie Leib und Seele als zwei Seiten deſſelben Weſens faßt. Die gewöhnliche Anſicht ſieht es ſo an, als ob dieſe Verſchiedenheit ſchon ohne Rückſicht auf die Verſchiedenheit des Standpunctes der Betrachtung und der Betrachtenden an ſich beſtehe, dagegen ſie nach uns erſt durch letztere Verſchiedenheit zum Vorſchein kommt.

Der grundweſentlichen oder zu ſcharfen Scheidung des Materiellen und Geiſtigen, welche in der gewöhnlichen Anſicht ſtatt findet, ſteht als andres Extrem die faſt noch unhaltbarere Identificirung oder Vermiſchung beider entgegen, welche öfters in der Wiſſenſchaft vorkommt. In der That darf die (von den Philoſophen meiſt irgendwie, wenn auch aus andern Geſichtspuncten als von uns anerkannte) weſentliche Identität deſſen, was dem Geiſtigen und Materiellen zu Grunde liegt, doch nicht verleiten, Geiſtiges und Materielles ſelbſt identificiren zu wollen, da das identiſch Eine als Geiſtiges und Materielles jedenfalls in entgegengeſetzter Relation auftritt, und eben hienach ſo oder ſo zu nennen iſt, ſonſt entſteht eine unheilbare Verwirrung der Sprache und Begriffe. Nun vollends, wenn das Princip hinzutritt, Alles in der Natur, was und weil es von uns denkbar iſt, mit objectiven Gedanken zu identificiren.

Hier einige Beiſpiele in dieſer Beziehung:

G. ſagt: (N. Jen. Literat. 1845. Nr. 64. S. 258): „Die Natur iſt ein Syſtem von Gedanken, das Gott aus ſich herausgeſtellt hat.... Gott fand und findet in der Schöpfung die Materie nicht vor, ſondern ſein Gedanke ſchafft und formt zugleich die Materie, oder vielmehr der Gedanke iſt auch zugleich ſeine Realiſation die Materie.“

Ich meine aber, die materielle Natur läßt ſich nie als ein Syſtem von Gedanken, der Gedanke nie als Materie faſſen, weil die Sprache eben Gedanken und Materie nicht als Synonyma für das identiſch Eine, was beiden unterliegt, ſondern als Unterſcheidungsworte dafür, je nachdem es ſich ſelbſt erſcheint oder in äußerlicher Manifeſtation (realiſirt) erſcheint, auf innerm oder äußern Standpunct erſcheint, gebildet hat. Sonſt müßte ich auch die Concavität und Convexität einer mathematiſchen Kreislinie für daſſelbe erklären, weil beide ſich in der That nur nach dem Standpunct der Betrachtung innerhalb oder außerhalb der Kreislinie unterſcheiden; das unterliegende Weſen, die mathematiſche Linie, iſt beidesfalls daſſelbe; doch iſt es gut, daß wir zwei Worte für die Doppelerſcheinung haben, und wir ſollen nicht eine begriffliche Identität daran knüpfen [*].

In der Philoſophenverſammlung zu Gotha (23. Sept. 1847), hielt Profeſſor U. einen Vortrag über das Weſen und den Begriff der logiſchen Kategorien. Ein gewiſſer H. bemerkte gegen dieſen Vortrag: „Nach der Anſicht des Vortragenden ſei in den Sachen noch etwas Andres, als die Sache ſelbſt; Sauerſtoff ſei nicht Sauerſtoff, ſondern Gedanke Gottes. Aber er möge wohl wiſſen, wie Sauerſtoff und Waſſerſtoff Gedanken ſein können. Beide ſeien eben Sauerſtoff und Waſſerſtoff und durchdringen ſich gegenſeitig: dazu, daß Waſſer werde, gehöre eben nur dieſes gegenſeitige Durchdringen, aber kein Denken u. ſ. w.“ Hiegegen erklärte ſich U. wie folgt: „Durch ſein Sprechen widerlege ſein Gegner unmittelbar, was er ſpreche. Er behaupte, Sauerſtoff ſei kein Gedanke, ſondern eben Sauerſtoff. Allein indem er von Sauerſtoff rede, müſſe er ſelbſt doch wohl eine Vorſtellung davon haben, müſſe er Sauerſtoff denken im weitern Sinne des Worts. Der Name Sauerſtoff ſei doch nur die Bezeichnung einer Vorſtellung, eines Gedankens, oder, wenn man wolle eines (vorgeſtellten) Bildes, in dem Alles enthalten ſei, was in der Sache ſelbſt enthalten; und nur, weil das menſchliche bedingte Denken ein bloßes Abbilden (Nachdenken), kein Urbilden ſei, ſei der reelle Gegenſtand vom menſchlichen Gedanken deſſelben verſchieden. Oder ſei etwa die menſchliche Rede nichts als Lufterſchütterung, das Denken nichts als Nervenaffection oder ein Verdauungsprozeß des Gehirns? Dann aber ſei offenbar nicht einzuſehen, warum eine ſo zahlreiche Verſammlung, wie die gegenwärtige, hier ſitze, um ſich gegenſeitig leere Schälle zuzuwerfen oder ihre Nerven zu afficiren. Aller Werth, alles Intereſſe des geiſtigen Lebens und damit des Daſeins überhaupt höre auf. Liege dagegen ein Gedanke zu Grunde und vermöge Herr H. Sauerſtoff, Waſſerſtoff u. ſ. w. zu denken, ſo ſei nicht einzuſehen, warum Sauerſtoff nicht Gedanke eines abſoluten, unbedingten und eben damit ſchöpferiſchen urbildenden Denkens ſolle ſein, und in dieſem Gedanken die Sache ſelbſt ihre Exiſtenz haben können.“ (Fichte's Zeitſchrift für Philoſ. XVIII. S. 313).

---

[*] Das obige Bild kann zugleich die Möglichkeit verſchiedener, ja in gewiſſer Weiſe entgegengeſetzter Erſcheinung deſſelben Weſens von verſchiedenem Standpunct her gut erläutern; obwohl der Standpunct innerhalb des Kreiſes noch kein wahrer innerer Standpunct der Kreislinie iſt, der vielmehr mit dem Ort der Kreislinie ſelbſt coincidiren würde.

Ich muß geſtehen, daß mir H's gemeiner Verſtand hier doch mehr im Rechte ſcheint, als U's philoſophiſcher. Möchte immerhin dem Sauerſtoff ein Gedanke Gottes unterliegen; obwohl ich keineswegs glaube, daß dem, was uns äußerlich als Sauerſtoff erſcheint, wirklich ein beſonderer Gedanke in Gott als Selbſterſcheinung entſpricht, ſo iſt doch Sauerſtoff als ſolcher immer nur ein Körperliches, weil nur für die äußere Erſcheinung da. Und daß Sauerſtoff von uns gedacht werden kann, macht ihn nicht zu einem Gedanken, ſonſt heben wir wieder den Unterſchied, den die Sprache zum großen Vortheil der Deutlichkeit zwiſchen Gedanken und Körper macht, überhaupt auf.

Von andrer Seite müſſen wir uns im Sinne unſrer Anſicht ſehr gegen den, bei neuern materialiſtiſchen Naturforſchern nicht ſeltenen, Ausſpruch erklären, daß das Denken in ſelber Weiſe eine Function des Gehirns ſei, als Gallabſonderung eine Function der Leber, Verdauung eine Function des Magens. Das heißt die Standpuncte verwirren. Die Gallabſonderung iſt eine Function der Leber, welche der naturwiſſenſchaftlichen Beobachtung auf äußerm Standpunct ſo gut als die Leber ſelbſt anheimfällt; das Denken aber iſt eine Function, welche der Beobachtung auf äußerm Standpunct überhaupt nicht angehört. Nur die Bewegungen im Gehirn, welche dem Denken unterliegen und etwa damit zuſammenhängende Abſonderungen und Ausſonderungen kann man in ähnlicher Weiſe eine Function des Gehirns nennen, als Gallabſonderung eine Function der Leber. Dies ſcheint vielleicht in der Sache auf Eins hinauszukommen; aber es liegt an der klaren Auseinanderhaltung deſſen, was zwei verſchiedenen Standpuncten angehört, eine weitgreifende Klarheit überhaupt.

Die gewöhnliche Anſicht hat verſchiedene Ausdrücke für das Verhältniß zwiſchen Leib und Seele, wie, daß der Leib Träger, Unterlage, Sitz, Hülle, Organ, Bedingung der Seele ſei. Auch dieſer Ausdrücke werden wir uns immer noch gefahrlos bedienen können, mit dem Vortheil, uns bei Darlegung ſächlicher Verhältniſſe mit dem gewöhnlichen Verſtändniß in Beziehung zu erhalten, wenn wir nur dieſelben immer im Sinne unſrer Grundanſicht verſtehen, oder nöthigenfalls in ſolche, die directer darauf rückweiſen, überſetzen.

Träger, Unterlage, Sitz des Geiſtigen iſt dasjenige Leibliche, deſſen Zuſtand und Veränderungen mit denen des Geiſtigen wechſelbedingt ſind, oder deſſen äußere Erſcheinung der Selbſterſcheinung des Geiſtigen zugehört. Ueber den rationellen Grund dieſer Ausdrücke ſ. oben S. 332.

Das Leibliche iſt die äußere Hülle des Geiſtigen, ſofern die leibliche Erſcheinung nie das Selbſt giebt, ſondern nur deſſen äußere Erſcheinung für ein Andres, die doch auch ſich nach der Form des Selbſt mit richtet, wie eine Hülle nach der Form des Inhalts. Zwar verbindet man mit dem Begriff einer Hülle in der Regel auch die Vorſtellung, daß ſie abgelegt werden könne, ohne daß es dem Weſen, was damit bekleidet war, ſchade, eine Vorſtellung, die auf das Verhältniß des Körpers zum Geiſte unanwendbar ſcheint, jedoch in der That in ſo fern anwendbar darauf iſt, als dieſelbe individuelle Seele, derſelbe individuelle Geiſt, ſchon während des Lebens ſucceſſiv den Leib wechſelt, woraus ſich Schlüſſe für das ziehen laſſen, was bei unſerm Tode geſchieht. Die Selbſterſcheinung einer Seele hat alſo zwar immer eine leibliche Hülle in der Erſcheinung für Andres, aber nicht nothwendig immer dieſelbe; ſie wechſelt mit Verlaſſen der frühern Hülle nothwendig die Weiſe der Selbſterſcheinung; aber, ſofern durch verſchiedene Hüllen ſich ein identiſcher Grundbezug forterhalten kann, nicht nothwendig die hieran geknüpfte Individualität. Dies wird im folgenden Theile dieſer Schrift weiter erörtert.

Der Leib iſt Organ oder Werkzeug der Seele, ſofern nur mittelſt deſſelben die Seele überhaupt nach Außen wirken kann; denn an ſich bleibt ſie Selbſterſcheinung.

Der Leib iſt Bedingung der Seele, des Geiſtigen, ſofern eine gegebene Weiſe der Selbſterſcheinung nur nach Maßgabe des Vermögens, zugleich in gegebener Weiſe für Andres zu erſcheinen, ſtatt finden kann. Aber der Leib iſt nicht einſeitige Bedingung der Seele, ſondern wechſelbedingt damit, ſeine Erſcheinungsweiſe in gleichem Maße abhängig von der Selbſterſcheinung der Seele als umgekehrt.

Die gewöhnliche Anſicht leidet im Eingehen auf das Beſondere an vielen Schwierigkeiten und Incongruenzen, welche zum Theil daher rühren, daß ſie von verſchiedenartigen philoſophiſchen und religiöſen Anſichten her beſtimmt worden iſt, ohne ſich über deren Unvereinbarkeit theils mit der Natur der Dinge, theils unter ſich klar zu werden. Nach der gewöhnlichen Anſicht greift Leibliches abwechſelnd in Geiſtiges und Geiſtiges in Leibliches wirkend ein: aber doch nicht überall, indem auch beides zum Theil für ſich abläuft; auch ſoll das Geiſtige das Leibliche bald mitziehen, bald nachziehen und umgekehrt. Aber es fällt nun theils ſchwer zu erklären, wie zwei ihrer Natur nach als ganz fremdartig gedachte Weſen, (in ſofern der Gegenſatz des Weſens noch feſt gehalten wird) ſollen auf einander wirken können, eine Schwierigkeit, die ſowohl der einſeitige Materialismus als Spiritualismus zu ſeinen Gunſten zu nutzen geſucht hat, theils welches Princip für den ſo unregelmäßig erſcheinenden Wechſeleingriff ſtatt findet. Nach uns aber wirken heterogene Weſen hiebei überhaupt nicht auf einander ein, ſondern es iſt im Grunde nur *ein* Weſen da, was auf verſchiedenen Standpuncten verſchieden erſcheint, noch greifen zwei einander fremde Cauſalzuſammenhänge unregelmäßig in einander ein, denn es iſt nur *ein* Cauſalzuſammenhang da, der in der *einen* Subſtanz, auf zwei Weiſen, d. i. von zwei Standpuncten her, verfolgbar abläuft. So wird der Schwierigkeit und Inconſequenz der gewöhnlichen Anſicht begegnet, ohne darum in die Einſeitigkeit der moniſtiſchen Syſteme zu verfallen, da man den Standpunct der Betrachtung beliebig wechſeln kann. Ich komme darauf unten.

Der Parallelismus im Ablauf des Körperlichen und Geiſtigen, der ſich ſo ergiebt, erinnert an die *Leibnizſche* präſtabilirte Harmonie (vgl. S. 314), nur daß er auf ſehr anderm Grunde ruht als dieſe. Nach uns, wie nach Leibniz, wenn etwas im Geiſte geht, geht etwas correſpondirend im Leibe, ohne daß man ſagen kann, Eins habe das Andre hervorgerufen. Wenn aber nach Leibniz Seele und Leib gleichnißweiſe *zwei* Uhren ſind, die mit einander zuſammenpaſſend, doch ganz unabhängig von einander, nur vermöge ihrer guten Einrichtung durch Gott nie von einander abirrend, gehen, iſt es nach uns vielmehr *eine und dieſelbe* Uhr, die ſich ſelbſt in ihrem Gange als geiſtig ſich regendes Weſen und einem Gegenüberſtehenden als ein Getriebe und Treiben materieller Räder erſcheint. Statt präſtabilirter Harmonie iſt es Identität des Grundweſens, was beide Erſcheinungen zuſammenpaſſend macht. Es bedarf dazu keines Gottes als äußern Werkmeiſters, doch wohnt Gott ſelbſt als Werkmeiſter in ſeiner Uhr, der Natur.

Im Uebrigen dürfen wir allgemein ſagen: trotz des empiriſchen Charakters, den unſre Anſicht hat, (da ſie ſich in der That ganz auf empiriſche Bewährung ſtützt, wovon unter c.) vereinigt ſie doch die disparateſten philoſophiſchen Grundrichtungen unter ſich und giebt zugleich einen oberſten Geſichtspunct an die Hand, aus dem ſich ihr Verhältniß zu einander klar ſtellt.

Sie iſt *von einer Seite* ganz materialiſtiſch, denn das Geiſtige muß ſich danach überall ändern, nach Maßgabe als ſich das Körperliche ändert, worin es ſich ausdrückt, erſcheint in ſofern ganz als abhängig davon, als Function deſſelben, ja läßt ſich ganz in ſolches überſetzen; aber ſie iſt von der andern Seite ganz ſpiritualiſtiſch und idealiſtiſch; denn *für ſich* exiſtirt gar nichts Materielles, es hat als ſolches eine Exiſtenz blos für den Geiſt gegenüber, als Ausdruck von etwas ſich geiſtig ſelbſt Erſcheinenden für andern Geiſt; iſt in ſofern ganz Function des Geiſtigen und Verhältniſſes von Geiſt zu Geiſt. Die ganze Natur verflüchtigt ſich in ſelbſterſcheinenden Geiſt, weil auch die Erſcheinung für Andres doch nur in der Selbſterſcheinung dieſes Geiſtes Wirklichkeit gewinnt. Es liegt eben im Weſen der Anſicht, daß man, je nach Standpunct, Zweck und Zuſammenhang der Betrachtung, das Geiſtige oder das Körperliche als das Alleinige oder Priore für die *Betrachtung* ſetzen kann, nur daß man es nicht als das Alleinige für die Wirklichkeit ſetze. Einesfalls, für rein materialiſtiſche Betrachtung, ſtellt man ſich conſequent auf den äußern Standpunct. Da iſt weder von Gott noch Geiſt die Rede, ſondern nur von Materie und deren Kräften, Bewegungen und deren Geſetzen, Verhältniſſen, Aenderungen. Materielle Proceſſe im Hirn löſen beim Willens- und Denkvorgange die Bewegung des Arms oder andre materielle Proceſſe im Hirn aus. Ein Nadelſtich, ein Lichtſtral ins Auge regt nicht Empfindung, ſondern materielle Nervenproceſſe an, die immerhin Empfindung tragen mögen; aber weil nur auf dem Standpunct der Selbſterſcheinung ſolche wahrgenommen werden kann, geht uns dieſe auf dieſem Standpuncte nichts an, wo wir uns immer außerhalb der Sache ſtellen. Wenn zwei mit einander ſprechen, ſind es Gehirnſchwingungen, die mittelſt Schwingungen der Stimmbänder und des Trommelfells und Luftſchwingungen dazwiſchen communiciren; und es läßt ſich auf dieſem Standpuncte nach dem Cauſalnexus fragen, in dem dieſe Bewegungsproceſſe ſtehen, ohne alle Rückſicht auf die Art, wie ſie ſich geiſtig ſelbſt erſcheinen. Aber eben ſo kann auch Alles in geiſtigem Nexus betrachtet werden, ohne Körperliches einzuſchieben. Man ſtellt ſich dabei überall conſequent auf den innern Standpunct, den der Selbſterſcheinung, wo nicht direct, durch Schluß. Da giebt es nur Anſchauungen, Empfindungen, Gedanken, Gefühle, Abſichten, Zwecke, Geiſt und Gott. Beim Willen kommen nicht materielle Bewegungen und deren materielle Folgen in Betracht, ſondern das, was der Geiſt des Wollenden und der Weltgeiſt in dieſen Bewegungen und Folgen ſpürt, das Gefühl des Willens ſelbſt, das Gefühl des Gelingens oder Hinderniſſes bei der Ausführung; das Eingreifen in die Abſichten und Zwecke eines höhern Geiſtes, der die Welt erfüllt, die über uns hinausgreift. Kommen uns Anregungen aus der Natur, ſo iſt es der Geiſt der Natur, der den unſern anregt. Weil freilich nicht allem einzelnen Körperlichen ein eben ſo einzelnes Geiſtiges entſpricht (S. 330), ſo können wir bemerktermaßen nicht die Aufgabe ſtellen, jeden einzelnen körperlichen Reiz, mit dem die Natur auf uns wirkt, in etwas eben ſo einzelnes Geiſtige zu überſetzen, wohl aber wird die Anregung, die wir dadurch erfahren, in allgemeinern Beſtimmungen des Weltgeiſtes inbegriffen ſein. Eine Lichtwelle, die von der Sonne ausgeht, regt tauſend Menſchenaugen und Blumen zugleich und in *einem* Zuſammenhange an, und dieſe weitverbreitete Lichtwelle trägt im göttlichen Geiſte ſicher für ſich oder in Zuſammenhang mit Anderm etwas, was ſich nicht eben ſo zerſplittert, wie jene Welle, vielmehr erſt in den verſchiedenen Menſchen und Blumen nach Maßgabe des ſpeciell *in ihnen* angeregten Proceſſes geiſtig ſpecialiſirt. Jeder äußere Reiz trägt ſo *mit* an etwas Geiſtigem der Natur, obwohl er es nicht nothwendig für ſich allein trägt und in dieſem Falle auf der geiſtigen Seite der Betrachtung auch nur in Zuſammenhang mit Anderm zu verwerthen iſt.

Somit kann unſre Anſicht beliebig als moniſtiſche in materialiſtiſchem oder in ſpiritualiſtiſchem Sinne gefaßt und conſequent entwickelt werden; nur mit Rückhalt, daß hiemit blos eine Seite derſelben gefaßt und entwickelt iſt. Zugleich aber deckt ſie ſich im Identificiren der ſubſtanziellen Unterlage des Körperlichen und Geiſtigen mit den Identitäts-Anſichten, nur daß ſie die Relation des Körperlichen und Geiſtigen zu einander und zu der einen Subſtanz anders faßt, als die bisherigen Anſichten. Schon die Stoiker dachten ſich Gott und die Natur als im Grundweſen identiſch; dieſelbe Subſtanz galt ihnen nach Seite ihres leidenden veränderlichen Vermögens als Materie, nach Seite der thätigen bildenden immer ſich gleich bleibenden Kraft als Gott. Die ganze Natur war ihnen demgemäß göttlich beſeelt; die Geſtirne noch insbeſondere individuell beſeelt (vgl. S. 82 ff.). Wir theilen den allgemeinſten Geſichtspunct wie die Hauptfolgerungen ihrer Anſicht; nur der Geſichtspunct der Unterſcheidung von Materie und Geiſt ſtellt ſich bei uns anders.

Von gewiſſer Seite erſcheint unſre Anſicht ganz ſpinoziſtiſch, ja kann als reiner Spinozismus erſcheinen *. Spinoza's Anſicht geſtattet wie die unſrige die doppelte, materialiſtiſche und ſpiritualiſtiſche Auffaſſung des Gebiets der Exiſtenz, indem er das identiſch eine Weſen (die Subſtanz) einmal als Körperliches (unter dem Attribut der Ausdehnung), dann wieder als Geiſtiges (unter dem Attribut des Denkens) faſſen und verfolgen läßt, beide Auffaſſungsweiſen aber durch die ſubſtanzielle Identität des

---

[*] Mit Schellings Identitätslehre dagegen kann ich mindeſtens keine klaren Berührungspuncte finden; weil mir ſeine ganze Anſicht von Grund aus unklar erſcheint; obwohl es ein, in Schellings Anſichten wurzelndes Werk (die Naturphiloſophie von Oken) war, was mich durch ſeine titaniſche Kühnheit zuerſt über die gemeine Anſicht der Natur hinaus und eine Zeit lang in ſeine Richtung drängte.

Organwirkens verknüpft. Wenn der Menſch will, ſo kann man dieſen Vorgang nach Spinoza unter dem Attribut des Denkens, d. h. als einen pſychiſchen betrachten, aber eben ſo als einen phyſiſchen, oder unter dem Attribut der Ausdehnung, indem man auf die körperliche Veränderung, die vorausſetzlich im Willen Statt hat, reflectirt. Die Seele iſt nothwendig um ſo vollkommener, je vollkommener der Leib, weil ja Leib und Seele immer ſubſtanziell daſſelbe ſind, nur für die Betrachtung verſchieden. Eine beſtimmte Seele kann ein- für allemal nur mit einem beſtimmten Körper beſtehen. Für den Einfluß des Körperlichen auf das Geiſtige ſubſtituirt ſich bei Spinoza ein Miteinandergehen beider, wie bei Leibniz, nur auf Grund ihrer Weſensidentität, wie bei uns. Jedes Gebiet hat einen rein in ſich verfolgbaren Cauſalablauf.

In all dem ſtimmen wir ganz mit Spinoza überein. Aber das iſt weſentlich anders: Spinoza meint, daß der Cauſalablauf in jedem Gebiet nicht blos für ſich verfolgt werden könne, ſondern auch für ſich verfolgt werden müſſe; es giebt nach ihm keinen Uebergriff der Cauſalität aus einem Gebiet in's andere, wohl aber nach uns vermöge des möglichen Standpunctwechſels. Der Geiſt hat nach Spinoza keinen Einfluß auf den Körper, noch der Körper auf den Geiſt; beides geht immer nur mit einander, cauſal unabhängig von einander. Spinoza kennt demgemäß keine teleologiſche Betrachtung, welche die Ordnung der materiellen Welt von geiſtigen Abſichten abhängig macht, verwirft ſie vielmehr principiell, und muß es wohl, da kein Princip des Ueberganges zwiſchen ſeinen Attributen (dem des Körperlichen und Geiſtigen) Standpunct, außer dem allgemeinſten durch den Subſtanzbegriff; dagegen bei uns die teleologiſche Betrachtung principiell einen Spielraum weit über den gewöhnlich angenommenen hinaus findet.

So gut man ſich nämlich ſtets auf innern, und ſo gut man ſich ſtets auf äußern Standpunct gegen die Dinge ſtellen kann, ſo gut kann man auch mit dem Standpunct der Betrachtung wechſeln, in Betrachtung der Urſach ſich auf den innern Standpunct ſtellen, in Betrachtung der Folge auf den äußern, wie umgekehrt, und ſo von geiſtiger Urſache zu materieller Folge übergehen, wie umgekehrt; ohne deshalb die Gegenſeite zu leugnen, welche ſich bei der Umkehrung des einen Standpunctes in den andern immer wieder findet. Ja, da wir gegen Manches von Natur nur auf innerm, gegen Anderes nur auf äußerm Standpunct ſtehen, ſo iſt dieſer Wechſel zwiſchen beiden Standpuncten und ſelbſt der natürliche, an ſich geläufige, Schluß und Hypotheſe erſparende: der Standpunct wechſelt ſich ſo zu ſagen von ſelbſt, indem wir das Wirken unſers Geiſtes in die Außenwelt oder das Wirken der Natur in unſern Geiſt hinein verfolgen oder erfahren. Wenn mich eine Nadel ſticht, ſo ſtehe ich ja doch von Natur gegen meine Empfindung auf innerm, gegen die Nadel und die ganze Natur, in der ſie inbegriffen iſt, auf äußerm Standpunct. Nur durch höhere wiſſenſchaftliche und religiöſe Bedürfniſſe getrieben, und zum Theil durch verwickelte Vermittelungen, können wir zu den Denkproceſſen in uns die Hirnproceſſe, zu den Naturproceſſen draußen die göttlich geiſtigen Proceſſe finden; wir ſollen es freilich eben nur

Intereſſe jener höhern Bedürfniſſe; aber, indem wir ſie finden, nicht die Auffaſſung der Dinge vom natürlichen unmittelbar gegebenen Standpunct für unſtatthaft halten, wie es Spinoza thut, der mit der teleologiſchen die natürliche Betrachtungsweiſe zu verwerfen genöthigt iſt. Nach unſrer Betrachtungsweiſe kann uns die natürliche Anſicht durch keine wiſſenſchaftliche verkümmert werden, wie andererſeits dieſe ſich durch ſie in ihrer Conſequenz nicht irren zu laſſen haben. Ich komme darauf noch unten.

Wenn Spinoza in dieſer Hinſicht nicht mit uns gleichen Schritt hält, liegt dies in ſeiner Mißkenntniß des Umſtandes, worauf die Verſchiedenheit des körperlichen und des geiſtigen Attributes (nach uns der körperlichen und geiſtigen Erſcheinung) beruht. In der That läßt Spinoza den Grund, wie das identiſch Eine doch ſo verſchieden, einmal als Körperliches, dann wieder als Geiſtiges, erſcheinen könne, nicht nur unerklärt, ſondern läßt ihn geradezu verkennen, indem er im Sinn der gewöhnlichſten Vorſtellungsweiſe (S. 342) die Verſchiedenheit der Attribute (nach uns der Erſcheinung) für das betrachtende Subject ohne Rückſicht auf die Verſchiedenheit ſeines Standpunctes dagegen als vorhanden darſtellt, und demgemäß auch nicht durch den Wechſel des Standpunctes als aufhebbar anſehen kann, wie bei uns der Fall iſt. Nach Spinoza ſind demgemäß die materialiſtiſche und ſpiritualiſtiſche Betrachtungsweiſe, beide einſeitig durchgeführt, die einzig ſtatthaften, nach uns ſind ſie auch ſtatthaft, als wiſſenſchaftliche nothwendig und triftig, aber nicht die alleinigen, die möglich, und weil nicht allein möglich, auch nicht allein zulänglich. Sie vermitteln ſich durch eine dritte Betrachtungsweiſe, die ſich auf das Lebensvollſte und Speciellſte zwiſchen beiden hin- und herſchlingt, je nachdem es die Veränderlichkeit unſres natürlichen Standpunctes ſo mitbringt.

Trendelenburg hat in einer neuern Abhandlung „über Spinoza's Grundgedanken und deſſen Erfolg. Berlin. 1850," (aus den Schriften der Berl. Akad.) die ſchwachen Seiten von Spinoza's Syſtem ſcharfſinnig erörtert. Die Polemik gegen ihn dürfte im Ganzen treffend ſein, untriftig aber, wenn er damit die Identitätsanſicht überhaupt widerlegt hält, und wenn er die materialiſtiſche, teleologiſche und Identitäts-Anſicht ſich gegenſeitig ausſchließend hält. Denn die hier dargelegte Faſſungsweiſe der Identitäts-Anſicht wird von ſeinen Einwürfen nicht getroffen, und die Möglichkeit, die andern Anſichten darunter zu faſſen, beſteht, wie noch beſtimmter aus dem Verfolg hervorgehen wird.

Zu den vorigen drei Betrachtungsweiſen, der materialiſtiſchen, ſpiritualiſtiſchen und mit dem Standpunct wechſelnden, tritt noch eine vierte, die man auch ſchon im Spinozismus als begründet anſehen kann, obwohl ihr Spinoza keine Entwickelung gegeben hat, eine höhere verknüpfende jener beiden erſten, welche conſequent die Beziehung des Geiſtigen zum Körperlichen verfolgt, zeigt, wie Gott zur Natur, die Natur zu Gott gehört, überhaupt wie die Erſcheinungen für innern und äußern Standpunct zuſammengehören; welcherlei Function das Geiſtige vom Körperlichen und umgekehrt im ganzen Gebiete der Exiſtenz iſt. Freilich, wenn ſchon die erſten beiden Betrachtungsweiſen bis jetzt nirgends in voller Conſequenz entwickelt und ausgebildet ſind, weil man nicht einmal die reine Aufgabe derſelben recht erkannt hat, und wenn die gewöhnliche Betrachtungsweiſe des Lebens ſelbſt ſich mit dieſen rein wiſſenſchaftlichen theils immer verwirrt, theils ſie verwirrt hat, ſo liegt die vierte Betrachtungsweiſe noch weiter zurück, und reducirt ſich bis jetzt erſt auf Streitigkeiten über ihre Möglichkeit.

Zum Gebiet dieſer vierten Betrachtungsweiſe rechne ich das Problem einer mathematiſchen Pſychologie, in der Weiſe gefaßt, wie ich es zum Schluß unter Zuſatz 2. darlegen werde.

Die Einſicht in das Verhältniß der genannten vier Betrachtungsweiſen ſcheint mir von großem Belang. Im Allgemeinen glaubt man, was man der Natur von Kräften und Wirkungen beilegt, entziehe man dem Geiſte, und was man dem Geiſte beilegt, entziehe man der Natur. Da man nun weder Natur noch Geiſt müßig und kraftlos werden laſſen kann und will, ſo macht man halbe Zugeſtändniſſe nach einer und der andern Seite, und der Streit hört nicht auf, wie weit ſie zu gehen haben. Da man nur eine Weiſe, den Zuſammenhang der Dinge zu verfolgen, ſtatuirt, weil man das Geheimniß der Verdoppelung durch den zwiefachen Standpunct nicht kennt, ſo ſchiebt man, um in dem einen Zuſammenhange dem Geiſt und der Materie genug zu thun, immer eines zwiſchen das andre, und weiß ſo weder die Naturwiſſenſchaft frei von dem, was eigentlich in den geiſtigen Zuſammenhang gehört, zu halten, noch umgekehrt; jeder ſolche Eingriff aber wird eine Lücke, Beſchränkung und Störung im Gebiete der betreffenden Wiſſenſchaft. Nach den meiſten Philoſophen ſollen Ideen die Naturkräfte beherrſchen oder gar erſetzen, auch wo es ſich nur um einen Zuſammenhang innerhalb der Natur ſelbſt handelt; und der Phyſiolog füllt die Lücke ſeiner Beobachtungen im Gehirn mit Geiſt aus, als wäre es eine wirkliche Lücke im Körper.

der Pſycholog aber glaubt bei ſeiner Erörterung des geiſtigen Getriebes auch auf das Körperliche theils als Ballaſt, theils als Hebel für die geiſtige Bewegung mit Rückſicht nehmen zu müſſen, und daraus Manches erkären zu können, was ſonſt nicht erklärbar ſei, ungeachtet es ſich doch auf ſeinem Standpunct darum handelte, die Gründe der innern Hemmung wie Förderung des Geiſtigen ſelbſt nur im Geiſtigen zu ſuchen.

Nicht daß der Phyſiolog nicht auf den bewegenden Geiſt und der Pſycholog auf die äußerlich anregende Natur und die eigenen leiblichen Organe des Menſchen mit Rückſicht zu nehmen hätte; keine Lehre kann und ſoll ſich ſo von den andern iſoliren, um auch der Anknüpfung an die andern zu vergeſſen; doch ſollten es dann eben nur Anknüpfungspuncte an die andern, nicht eigene Bande, eigener Inhalt der Lehre ſelbſt ſein. Aber nach uns braucht der Naturforſcher als ſolcher nirgends mehr ſei es den Eingriff geiſtiger Principe in das Gebiet, was er behandelt, zu dulden, ſei es ſelbſt in's geiſtige Gebiet überzugreifen. Die Naturwiſſenſchaft kann nun eines vollen Zuſammenhanges ſich erfreuen, erhält nun die Berechtigung, mit dem reinſten Materialismus zuſammenzufallen, wozu ſie von jeher die Tendenz gezeigt hat, ohne daß ſie ſich je recht getraut hat und man ihr je geſtattet hat, derſelben zu folgen, und es früher je geſtatten durfte, ſo lange ſich Geiſt und Leib um daſſelbe noch zu ſtreiten ſchienen, um was ſie ſich nun nach unſrer Anſicht vertragen. Nun weiß man, die Naturwiſſenſchaft giebt zwar das Ganze, aber giebt es blos von einer Seite, von einem Standpunct, und was ſie verſäumt, iſt damit nicht verloren, ſondern findet ſich auf der andern Seite, auf dem andern Standpunct um ſo reiner wieder. Wo ſtatt materiellen Mittelgliedes ein geiſtiges in die unmittelbare Erfahrung tritt, da wiſſen wir, es iſt nur darum, weil wir auf innerm Standpunct dagegen ſtehen, und laſſen uns nicht irren, wir ſchieben's fort, und ſchließen die Lücke mit Materie durch den Schluß. Schlecht ziemt's der Wiſſenſchaft, der nur ein allgemeiner Standpunct ziemt, die Zufälligkeit der beſondern Stellung gegen dieß und das als maßgebende Beſchränkung anzuſehen und ſich ſolcher Zufälligkeit zu accommodiren; da dieſe Accommodation dadurch erſpart wird, daß das Geiſtige auf anderm Standpunct in ſeinem eigenen unbeſchränkten Rechte auftritt.

Denn iſt denn damit, daß für die reine Naturwiſſenſchaft alles Geſchehen in der Welt, ſelbſt das Gehen des Gedankens, ſich in materiellen Proceß aufgelöſt oder überſetzt hat, der Geiſteslehre ihr Gebiet beſchränkt, verkümmert? Nein, vielmehr es iſt zu gleicher Vollſtändigkeit, Reinheit, Conſequenz, gleichem Zuſammenhange dadurch erſt gebracht, daß man den Geiſt nirgends mehr zwiſchen die Materie einſchiebt; ſo wird ſich nun auch umgekehrt die Materie nirgends mehr zwiſchen den Geiſt einſchieben. Die Gebiete des Geiſtigen und Materiellen löſen ſich wiſſenſchaftlich aus der gegenſeitigen Verwickelung, in welcher ſie gewöhnlich, unſerm natürlichen Standpunct gemäß, gefaßt werden, principiell rein heraus, jedes ſtellt ſich rein auf ſich ſelbſt, dem andern als etwas Fremdes gegenüber. Die Geiſteslehre kann ſich eben ſo in ſich vollenden, wie vorhin die Naturlehre; indem der Schluß überall, wo die Beſchaffenheit unſres Standpunctes und die Selbſterſcheinung verſagt, ergänzend zuzutreten hat, das Innere aufzuſchließen, wie eben zuzuſchließen. Alles Materielle läßt ſich, wenn nicht einzeln, aber in **Zuſammenhang mit Anderm**, in Geiſtiges überſetzen; und eine zuſammenhängende Geiſteslehre giebt nur dieſe Ueberſetzung. Wo es uns unmöglich iſt, dieſe Ueberſetzung ſchon jetzt zu finden, da, wiſſen wir, liegt's nicht am Fehler der Sache, ſondern am Fehler unſrer Erkenntniß und die Aufgabe bleibt doch beſtehen. Aber wir ſind freilich nur zu geneigt, die jedesmalige Gränze unſrer Erkenntniß der Dinge mit einer Gränze der Dinge ſelbſt zu verwechſeln.

Nun aber, daß ſich die reine Naturlehre und die reine Geiſteslehre ſo fremdartig, ſo abweiſend, ſo unabhängig einander gegenübergeſtellt haben, hebt dieß etwa ihren Bezug auf? Nein. Er bricht anderwärts aus unſrer Grundſtellung der Sache wieder hervor, und zwar in doppelter Weiſe, theils im natürlichen Wechſel, theils im wiſſenſchaftlich zuſammenhängenden Verfolg beider einſeitigen Betrachtungsweiſen, die ſich vorhin einander entgegenſtellten. Ja man kann fragen, ob eine reine Durchführung der materialiſtiſchen und ſpiritualiſtiſchen Auffaſſung überall praktiſch ſein wird; aber theoretiſch möglich wird ſie immer bleiben. Sie wird ſich eben überall ſo weit fortſetzen laſſen, als ſie wirklich praktiſch zu ſein verſpricht; ohne in der Natur der Sache eine Gränze zu finden. Wirklich theoretiſch beſtimmt hat ſie ohnehin nie werden können; und der Grund iſt, daß ſie überhaupt nicht beſteht

Unſere Gegeneinanderſtellung der möglichen Weltanſichten weicht etwas von derjenigen ab, welche Trendelenburg a. a. O. (vgl. S. 335) gegeben hat, iſt aber wie mich dünkt, ſchärfer und erſchöpfender. Er ſtatuirt nur drei; wir glauben, die angegebenen vier dafür ſubſtituiren, ja zur Vollſtändigkeit noch zwei, nicht minder aus unſerem Princip zu entwickelnde, hinzufügen zu müſſen, ſoll es ſich um eine Erſchöpfung der möglichen und wirklichen Betrachtungsweiſen handeln, obwohl dieſe zwei keine bleibende Berechtigung haben. In der That, zu der zwiefachen Einſeitigkeit, der Combination und dem Wechſel der Standpuncte tritt noch die Unterſcheidungsloſigkeit und die Verwechſelung oder Verwirrung derſelben hinzu; und auch hierauf gründen ſich Betrachtungsweiſen von factiſcher Potenz. Durch die Unterſcheidungsloſigkeit der Standpuncte charakteriſirt ſich die urſprüngliche naturwüchſige Anſicht, indem der Menſch ſich anfangs noch gar nicht deſſen bewußt wird, daß er im Uebergang vom Körperlichen zum Geiſtigen den Standpunct wechſelt, daher keinen beſtimmten Unterſchied zwiſchen Körperlichem und Geiſtigen macht. Die Seele iſt ihm ein materieller Hauch, die Bezeichnungen aller Seelenthätigkeiten ſind von körperlichen Thätigkeiten entlehnt, was ſich noch heute theils unmittelbar in den Worten, theils durch Zurückführung auf ihre Wurzeln verräth; das Walten der Natur wird mit dem göttlichen Walten identificirt; Alles lebt. Durch die Verwirrung der Standpuncte aber characteriſirt ſich die gemeine Anſicht, denn ſo möchte ich ſie nennen, d. i. die mit philoſophiſchen Anſichten unklar vermiſchte herrſchende, (von der natürlich wechſelnden wie urſprünglich naturwüchſigen noch ſehr zu unterſcheiden) und man muß leider hinzufügen auch gar manche philoſophiſche, wo ſich Geſichtspuncte, die eigentlich verſchiedenen Betrachtungsweiſen angehören, unklar miſchen.

Alles zuſammengefaßt ergeben ſich aus unſerer Grundanſicht folgende mögliche Weiſen, das ganze Gebiet der Exiſtenz zu verfolgen.

1) Die materialiſtiſche (rein naturwiſſentſchaftliche), wo man ſtets nur auf äußern Standpunct geſtellt, blos die materielle Seite der Welt in Betracht zieht.

2) Die ſpiritualiſtiſche (rein geiſteswiſſenſchaftliche), wo

man, ſtets auf innern Standpunct geſtellt, blos die ideelle oder geiſtige Seite derſelben in Betracht zieht.

3) die *verknüpfende* (*naturphiloſophiſche*), wo man, beide Standpuncte combinirend, die materielle und ideelle Seite in conſequenter Beziehung auf einander verfolgt.

4) Die *wechſelnde* (natürliche), wo man, den Standpunct wechſelnd, zwiſchen der materiellen und ideellen Seite hin- und hergeht, *natürliche* in ſo weit zu nennen, als der Standpunctwechſel in der Betrachtung der natürlichen Stellung des Betrachtenden gemäß oder nach unbewußt ſich geltend machenden Analogieen reflexionslos geſchieht.

5) Die *nicht unterſcheidende* (urſprünglich naturwüchſige), wo ein beſtimmter Unterſchied zwiſchen dem, was auf innerm und äußerm Standpunct erſcheint, d. i. zwiſchen Geiſtigem und Materiellen, noch nicht gemacht wird.

6) die *miſchende* (gemeine), wo die Standpuncte reflexionslos oder aus begrifflicher Unklarheit vermiſcht, verwirrt, verwechſelt werden, und demgemäß unklare und ſich widerſprechende Vorſtellungen über das Verhaltniß von Materiellem und Geiſtigen entſtehen.

Die drei erſten dieſer Betrachtungsweiſen ſind als rein wiſſenſchaftliche anzuſehen, die drei letzten ſind die des Lebens; ſo aber daß die vierte auch eine wiſſenſchaftliche Behandlung verträgt, die ſechste ſie oft uſurpirt; die fünfte den gemeinſchaftlichen Ausgangspunct aller andern darſtellt. Die natürlich wechſelnde hat insbeſondere die Bedeutung, daß ſie die Erfahrungsgrundlage für die andern liefert, und die in ſie zu übertragenden Früchte der andern dem practiſchen Gebrauche darbietet; die verknüpfende, ganz auf Schluß geſtellt, vermittelt die allgemeine Moglichkeit, aus einer in die andre überzugehen; die materialiſtiſche und ſpiritualiſtiſche, Schluß an Beobachtung knüpfend, ſind einſeitige Vermittelungsglieder zwiſchen beiden. Die gemeine Anſicht wogt unbeſtimmt zwiſchen den andern hin und wieder.

Im Ganzen ſind, wie ich glaube, durch dieſe ſechs Betrachtungsweiſen für den zu Grunde gelegten Geſichtspunct ihrer Unterſcheidung die möglichen Fälle erſchöpft: ſtets äußerer, ſtets innerer Standpunct, Combination beider, Wechſel zwiſchen beiden, Identificiren beider, Miſchen und Verwirrung beider.

c) Begründung und Bewährung.

In letzter Inſtanz können wir die ganze vorſtehende Anſicht als einen verallgemeinernden Ausdruck der Erfahrung, ja in gewiſſer Hinſicht nur als eine Erklärung des Sprachgebrauchs anſehen.

Im erſten Sinne ſagen wir: es iſt allgemeine Thatſache der Erfahrung, daß, wenn wir etwas als leiblich, materiell, körperlich, phyſiſch, auffaſſen, wir uns dabei entweder ganz oder mit einem zur Wahrnehmung beſonders eingerichteten Organe auf äußerm Standpunct wirklich oder in der Vorſtellung dagegen geſtellt finden; wenn aber als geiſtig, pſychiſch, auf dem innern der Selbſterſcheinung.

In letzter Hinſicht ſagen wir: man nennt etwas leiblich, materiell, körperlich, phyſiſch oder geiſtig, pſychiſch, je nachdem es einem Andern als ſich erſcheint oder ſich erſcheint, ſo aber, daß auch die letzten Ausdrücke, ſich und Andern erſcheinen, nach dem Sprachgebrauche auf die Erfahrungen zu beziehen ſind, wobei allerdings eine gewiſſe Fixirung des, verſchiedene Wendungen geſtattenden Sprachgebrauchs für wiſſenſchaftliche Conſequenz nöthig iſt.

Man kann ſagen, ſei es, daß ſich im Sinne der Erfahrung und des Sprachgebrauchs das Geiſtige als Selbſterſcheinendes dem Materiellen als dem für Andres Erſcheinenden gegenüberſtellt, ſo folgt daraus nicht, daß es daſſelbe Weſen iſt, was ſich ſelbſt und was einem andern als ſich ſelbſt erſcheint oder erſcheinen kann. Es könnte ja ſein; daß es ein andres Weſen wäre, welchem das Vermögen der Selbſterſcheinung, und ein anderes, welchem das Vermögen, Anderm als ſich zu erſcheinen, zukäme. Alſo könnte immerhin unſer Geiſt bezugslos zu den Vorgängen in unſerm Hirn, und die Naturproceſſe bezugslos zu immanenten geiſtigen Proceſſen vor ſich gehen, indem z. B. der Selbſterſcheinung unſeres Geiſtes eben nicht daſſelbe Weſen unterläge, als der äußern Erſcheinung des Gehirns.

In der That liegt begreiflich gar keine Nothwendigkeit vor, der geiſtigen Selbſterſcheinung und der materiellen Erſcheinung für Anderes deſſelben Weſen unterzulegen, wie wir doch thun. Aber die Erfahrungen, ſo weit ſich ſolche überhaupt machen laſſen, ſind der Art, daß die ſächlichen Verhältniſſe des Geiſtigen und Leiblichen am kürzeſten und bezeichnendſten und zugleich verträglichſten mit einem conſequenten Sprachgebrauche ausgedrückt werden, wenn wir ſagen, es iſt daſſelbe, was ſich ſelbſt als geiſtiges und einem andern als ſich als materielles Object erſcheint. Wobei immer noch hinzuzufügen iſt, daß nichts andres Sächliches aus dieſen Worten abzuleiten, ſie nicht anders zu verſtehen ſind, als im Sinne der frühern Erläuterungen liegen kann.

Es ſind aber die Grund-Facta und Geſichtspuncte, auf denen ich hiebei fuße, näher zuſammengefaßt und recapitulirt, folgende:

1) Es iſt ein allgemeines Factum, daß eine und dieſelbe Sache von verſchiedenen Standpuncten und für verſchiedene darauf Stehende verſchieden erſcheint, alſo die verſchiedene Erſcheinung des zu einander gehörigen Körperlichen und Geiſtigen auch hieraus erklärbar, da wir in der That ſtets einen verſchiedenen, reſpective äußern oder

innern Standpunct der Betrachtung für dieſe verſchiedenen Erſcheinungen unterliegend finden.

2) Wenn man den Unterſchied der körperlichen und geiſtigen Erſcheinung nicht hierauf ſchieben, vielmehr einen Unterſchied des Weſens oder einen Unterſchied am Weſen dabei unterliegend halten will, wie ſo gewöhnlich geſchieht, müßte es uns Wunder nehmen, daß der Geiſt ſeines Gleichen am wenigſten zu erkennen vermag, ja gar nicht überhaupt unmittelbar zu erkennen vermag, indeß er ſich ſelbſt als Geiſt erkennen kann. Man ſollte hienach meinen, er müßte am leichteſten und unmittelbarſten auch des andern Geiſtes gewahr werden, der mit ihm zu demſelben Gebiete gehört, ſein Weſen theilt. Statt deſſen nimmt er blos materielle leibliche Zeichen vom andern Geiſte wahr, etwas wahr, was der Natur des Geiſtes ſo ganz fremd ſcheint, der Geiſt die Materie. Aber nach uns verſteht ſich das von ſelbſt. Was wir von einem fremden Geiſte ſehen, kann uns nicht ſo ausſehen, wie es dieſem ſelbſt ausſieht, dazu gehörte nicht blos derſelbe Gegenſtand, auch derſelbe Standpunct ſeiner Betrachtung und daſſelbe darauf ſtehende betrachtende Weſen; und was der äußere Standpunct überhaupt anders macht als der innere, das iſt eben die Erſcheinung des Leibes ſtatt des Geiſtes.

3) Die unmittelbare Erſcheinungsweiſe jedes Geiſtigen, Phyſiſchen, iſt nur Eine, weil blos Ein innerer Standpunct, der der Coincidenz des Subjectes mit dem Object der Auffaſſung möglich iſt, dahingegen daſſelbe Ding Verſchiedenen ſehr verſchieden nach körperlicher Hinſicht erſcheinen kann, weil ſehr verſchiedene äußere Standpuncte

dagegen möglich ſind, und auf dieſen äußern Standpuncten verſchiedengeartete Weſen ſtehen können.

4) Es beſteht ein factiſcher Parallelismus des Körperlichen und Geiſtigen, der ſich um ſo durchgreifender zeigt, je mehr man ihn mit Schlüſſen auf Grund von Thatſachen verfolgt. Dieſer Parallelismus, der Leibniz veranlaßt hat an eine präſtabilirte Harmonie des Körperlichen und Geiſtigen zu denken[*], erklärt ſich nach unſerer Anſicht von ſelbſt auf Grund ihrer Weſensgleichheit oder vielmehr läßt ſich nach der Weiſe, wie er ſich geltend macht, am kürzeſten und treffendſten ſo bezeichnen, daß man ſagt, es liege der körperlichen und geiſtigen Erſcheinung nur eine doppelte Betrachtungsweiſe deſſelben Weſens unter.

5) Das Materielle und Geiſtige ſteht in einem Wirkungs- und Cauſalzuſammenhang, der ſich leichter aus dem Geſichtspuncte der ſubſtanziellen Gleichartigkeit als Ungleichartigkeit deſſen, was beiden unterliegt, deuten läßt: da zwar auch im Gebiete des Materiellen wie Ideellen für ſich Gegenſätzliches auf einander wirken kann, aber doch nur auf Grund einer gemeinſchaftlichen Unterlage. (Den Wirkungen der entgegengeſetzten Elektricitäten aufeinander z. B. liegt doch immer Elektricität gemeinſchaftlich unter.)

6) Zwar bleibt unſere Anſicht für einen exacten Stand-

---

[*] Es iſt mir nicht unbekannt, daß Leibniz's Syſtem im letzten Grunde idealiſtiſch iſt; aber das Körperliche findet doch auch in der verworrenen Vorſtellung von anderm Geiſtigen bei ihm ſeine Stelle.

punct immer in ſoweit hypothetiſch, als ſich nie direct durch Erfahrung nachweiſen läßt, theils daß das, was ſich ſelbſt als denkender, fühlender Geiſt, Seele erſcheint, mit dem, was äußerlich als körperliche Unterlage deſſelben erſcheint, ein- und daſſelbe Weſen ſei, theils, daß die von uns äußerlich angeſchaute Natur ein ſelbſt fühlendes, bewußtes Weſen ſei; allein die Unmöglichkeit dieſes directen Nachweiſes iſt ſelbſt eine Folgerung unſerer Anſicht und kann in ſofern beitragen, ihr zur Beſtätigung zu dienen, ſofern nämlich ein Weſen oder Organ, indem es als Ganzes der Selbſterſcheinung auf innerm Standpunct unterliegt, nicht auch zugleich ganz auf äußerm gegen ſich ſtehen kann und umgekehrt, mithin das reine Zuſammentreffen beider Erſcheinungsweiſen in einem Weſen oder Organ nie direct in die Erfahrung fallen kann. Die rein geiſtige und leibliche Erſcheinungsweiſe deſſelben Weſens oder Organs treten vielmehr ſolchergeſtalt nothwendig immer wie etwas von zwei Standpuncten Zuſammengebrachtes auf, was die Entſtehung des Dualismus zugleich begünſtigt und erklärt.

7) Die vierfache und gleiche Möglichkeit, einmal das ganze Gebiet der Exiſtenz als materielle, ein andersmal als geiſtige Weſenheit, ein drittesmal in wechſelnder oder Folgebeziehung, ein viertesmal in ſtetiger Wechſelbeziehung aufzufaſſen, welche den Widerſtreit des Materialismus, Spiritualismus, der natürllichen und Identitäts-Anſicht bedingt, fordert eine Verknüpfung und Verſöhnung, welche in unſerer Anſicht und nur in unſerer Anſicht vollſtändig gefunden wird. Dazu ſchließt unſre Anſicht die Uranſicht der Völker ein, welche Materielles und Ideelles noch nicht ſubſtanziell

ſchied, und gibt den klärenden Geſichtspunct für die vielfachen Anſichten, in denen ſich beides verwirrt.

8) Dieſelbe Anſicht genügt auch beſtens unſern practiſchen Intereſſen, wie ſich durch die Folgerungen ſelbſt beweiſt, die in dieſer Schrift darauf gegründet werden.

Ich ſage nach Allem nicht, daß, indem wir das Geiſtige als Selbſterſcheinung dem Materiellen als dem, was Anderm als ſich ſelbſt erſcheint, gegenüberſetzen, wir damit auch das identiſche Grundweſen ſelbſt, was ihrer beiderſeitigen Erſcheinung unterliegt, erfaßt haben, inſofern wir ein Weſen noch hinter ihrer Erſcheinung ſuchen wollen; es iſt eben nur ein Verhältniß damit bezeichnet, was uns geſtattet, uns im Gebiete der Erſcheinungen ſelbſt zu orientiren und ein Princip damit gegeben, Aufgaben für den Schluß zu ſtellen, wo die Beobachtung abbricht. Unſre Anſicht gebietet, Körper überall zum Geiſte und Geiſt überall zum Körper zu ſuchen, auch wo wir vermöge der Einſeitigkeit des Standpunctes nur eins von beiden direct wahrnehmen; und findet in der Vorausſetzung dieſes, erfahrungsmäßig freilich nie vollſtändig zu beweiſenden, durchgehenden Zuſammengehörs ſelbſt das befriedigendſte Princip des Zuſammenhangs aller Dinge. Was aber Körper und Geiſt noch abgeſehen von dem ſind, wie ſie erſcheinen oder als erſcheinend vorgeſtellt werden, vermag ſie nicht zu ſagen. Will man mehr, als unſre Anſicht in dieſer Hinſicht zu geben vermag, ſo mag man ſehen, ob man es in andern philoſophiſchen Darſtellungen findet; ich beſorge freilich, man wird vielmehr Worte fin den, die, indem ſie den Schein geben, tiefer zu führen, nur in tieferes Dunkel führen

Zuſatz 1. Ueber die nähern phyſiologiſchen Bedingungen der objectiven körperlichen Erſcheinung.

Man muß die objective körperliche Erſcheinung, welche uns etwas Körperliches noch außer unſrer Wahrnehmung davon annehmen läßt, wodurch uns ein Menſch gegenüber oder unſre Hand, unſer Bein als etwas außer unſrer Wahrnehmung davon Vorhandenes erſcheint, wohl unterſcheiden von blos ſubjectiven körperlichen Gefühlen (Gemeingefühlen), wie Schmerz, Wohlbehagen, Hunger, Durſt, Schwere, Anſtrengung, Schwäche, Froſt, Hitze, wodurch wir wohl erinnert werden können, daß wir einen Körper haben, die uns denſelben aber nicht ſelbſt zur objectiven Erſcheinung bringen. Ja, wenn wir nicht durch Auge und Getaſt den Körper ſonſt noch äußerlich geſehen und gefühlt hätten, würden wir nie dazu kommen, an jene Gefühle die Vorſtellung eines Körpers, der noch außer jenen Gefühlen vorhanden, zu knüpfen; wir würden immer nur ſubjective, körperliche Gefühle oder Empfindungen, aber nicht die Vorſtellung eines der Seele äußern Körpers haben, um welche es ſich bei dem Gegenſatze von Körper und Seele doch handelt, welcher Gegenſatz noch ein anderer iſt, als der von ſinnlichem Gefühl, ſinnlicher Empfindung und höherer Geiſtigkeit, denn erſtre als ſolche gehören doch immer zur Seele.

Zur Entſtehung ſubjectiver körperlicher Gefühle gehört nun, wie ſchon früher erinnert, für den Menſchen überhaupt nur eine gewiſſe thätige Beziehung des Nervenſyſtems zu dem übrigen Leibe, in dem es eingewachſen iſt, und mithin immer ein Gegenüber eines Leibestheils gegen den andern. Weder bloßes Nervenſyſtem, noch bloßer übriger Leib vermöchten ſie zu geben. Aber zur Entſtehung der objectiven Erſcheinung des Leiblichen, Körperlichen, wodurch dieſes in Verhältniß zum geiſtigen Innern als etwas Aeußeres erſcheint, muß die Gegenüberſtellung der Körpertheile noch beſondere Bedingungen erfüllen, wie ſie in der Gegenüberſtellung der äußern Sinnesorgane gegen den übrigen Leib und die Natur wirklich erfüllt ſind, und eine gründliche Betrachtung wird demgemäß zum äußern Standpunct, welcher den Leib als etwas Objectives, der Seele Aeußerliches, erſcheinen läßt, auch überall die Erfüllung dieſer oder äquivalenter, (gleich näher zu beſprechender) Bedingungen fordern müſſen. Wo von äußerm Standpunct und von Körperlichkeit dem Geiſte gegenüber die Rede geweſen, iſt daher auch die Erfüllung ſolcher Bedingungen immer ſtillſchweigend vorauszuſetzen.

Welches ſind dieſe Bedingungen? Sie laſſen ſich allerdings angeben[*]. Folgende Bemerkung kann uns darauf führen:

Wenn wir, in eine Gegend hinausſchauend, den Kopf oder das Auge drehen, oder mit dem Finger einen Gegenſtand betaſten, ſo ändert ſich die Geſichtsempfindung, Taſtempfindung in Zuſammenhang mit unſrer Bewegung. Wenn wir Kopfſchmerz oder Hunger haben, ändern ſich dieſe Empfindungen nicht in Zuſammenhang mit unſrer Bewegung. Sie gehen unverändert mit, wie wir uns bewegen; und ſo rechnen wir ſie auch zu uns, den ſich Bewegenden mit, ſetzen ſie uns nicht entgegen oder legen ihnen keine Urſache unter, die uns entgegenſtände; dagegen jene erſten Empfindungen objectivirt oder ſo ausgelegt werden, als hängen ſie von äußern Objecten ab, in Bezug zu denen wir uns bewegen und die wir dann durch dieſe Empfindung ſelbſt characteriſiren.

Zwar objectivire ich auch eine glatte Spiegelfläche, über die ich mit dem Finger fahre, trotz dem, daß die Taſtempfindung ſich hiebei *nicht* ändert, ſo wie einen Vogel, der bei meinem ſtillgehaltenen Auge vorbeifliegt, wo eine Aenderung der Empfindung *ohne meine Bewegung* eintritt; doch gründet ſich das Gefühl der Objectivität hiebei immer auf Erfahrungen, die wir ſonſt mit Aenderung der Geſichts- und Taſtempfindungen je nach Bewegung der Sinnesorgane machten und wir legen jene Erfahrungen nach ihrem Zuſammenhange mit der Geſammtheit unſrer Erfahrungen nun ſo aus (da keine andre widerſpruchsloſe Auslegung durch Verſtand oder Gefühl möglich iſt) daß der Spiegel überall eine gleiche Beſchaffenheit habe und der Vogel ſich ſtatt unſrer bewege. Wir können doch immer mit dem Finger über den Spiegel hinauskommen, das ſtillgehaltene Auge wieder bewegen, dann macht ſich auch die Aenderung der Empfindung mit der Bewegung gleich wieder geltend; und ſo objectiviren wir alsbald Alles überhaupt, was uns durch Geſicht und Getaſt erſcheint.

---

[*] Vgl. über dieſen Gegenſtand insbeſondre die Erörterungen von E. H. Weber in dem Artikel *Taſtſinn und Gemeingefühl* in Wagners phyſiolog. Wörterb. S. 481 ff. oder in dem beſondern Abdruck dieſes Artikels (Braunſchweig, Vieweg. 1851) S. 1 ff. So viel mir bekannt, iſt der Gegenſtand hier zum erſtenmale gründlich und ſachgemäß auf Erfahrungswege erörtert.

Daß dieſe Betrachtungsweiſe triftig iſt, beſtätigt ſich dadurch, daß es unter den äußern Sinnen nur Geſicht und Getaſt iſt, was uns die Vorſtellung objectiver Körperlichkeit deutlich erweckt, weil nur bei dieſen Sinnen eine deutliche Aenderung der Empfindung mit Bewegung der Sinnesorgane in Verhältniß zu den Objecten eintritt. In der That, Schall und Geruch ändern ſich nur ſehr im Groben, wenn wir Ohr und Naſe gegen das ſchallende oder riechende Object anders wenden. Aber etwas iſt es doch der Fall; daher wir auch mittelſt Ohr und Naſe doch den allgemeinen Eindruck von Objecten außer uns erhalten. Würde ſich, während wir mit Ohr oder Naſe um ein Object herumgehen, die Schallempfindung oder Geruchsempfindung entſprechend modificiren, als wenn wir Auge oder Finger darum herumbewegen, ſo würden wir nicht nur die Geſtalt eines Körpers eben ſo gut hören oder riechen, als ſehen oder fühlen können, ſondern er würde ſich auch deutlich, während jetzt nur undeutlich, uns dadurch gegenüberſtellen. Die Zunge gewährt uns nach dieſem Princip deutlichere objective Wahrnehmungen, wenn ſie als Taſtorgan, denn wenn ſie als Geſchmacksorgan wirkt. Denn ſie ſchmeckt nur das Aufgelöſte und kann ſich nicht ſo gegen die ſie netzende Auflöſung verſchieben, als gegen die Zähne und den Gaumen. Geſchmacksempfindung erſcheint daher mehr als etwas Subjectives; und nur, daß wir den geſchmeckten Körper mit der Zunge auch betaſten, läßt uns ihn objectiv erſcheinen. Eine ſtrenge Gränze zwiſchen den blos ſubjectiven körperlichen Gefühlen oder Empfindungen und der objectiven Erſcheinung des Körperlichen läßt ſich aber eben deßhalb nicht ziehen, weil dieſe Bedingungen in verſchiedener Annäherung erfüllt werden können.

Wenn Gehör, Geruch und Geſchmack an ſich nur undeutlich zur objectiven Erſcheinung beitragen, objectiviren wir aber doch auch das Schallende, Schmeckende, Riechende in ſeinem Zuſammenhange mit dem Sichtbaren und Taſtbaren. Die Violine iſt uns ein objectiv tönender, die Orange ein objectiv riechender und ſüßer Körper, weil wir Schall, Geruch, Geſchmack hier in deutlichem Zuſammenhange mit dem erfahren, was daran ſichtbar und fühlbar iſt.

Jedenfalls ſieht man, daß zum Gewinn der Erſcheinung objectiver Körperlichkeit der Beſitz von Sinnesorganen nöthig iſt, welche ſich (für ſich oder vermöge der Bewegung des ganzen Körpers) gegen die Objecte bewegen können. Es hindert dann natürlich nichts, durch ſolche Sinnesorgane auch Theile des eigenen Körpers wahrzunehmen. Die freie Beweglichkeit unſres Auges, unſres Taſtorgans und unſrer Zunge (als Taſtorgan für die Speiſen), die freie Beweglichkeit der ganzen Menſchen, der ganzen Weltkörper gegen einander gewinnt aus dieſem Geſichtspunkte eine neue wichtige Bedeutung. Nehmen wir aber an, die Welt ſtellte anfangs einen einzigen Urball dar, in dem ſich noch keine gegen einander beweglichen Maſſen geſchieden hatten, ſo gab es auch anfangs noch keine Erſcheinung objectiver Körperlichkeit; die Natur, als Inbegriff von ſolcher, exiſtirte noch nicht in Gegenüberſtellung gegen das geiſtige Weſen, obwohl es ſubjective körperliche Gefühle geben konnte. Alles trat nur erſt unter der Form der Selbſterſcheinung auf, und die Erſcheinung äußerer Körper fiel erſt von da an hinein, als wirklich Körper gegen Körper beweglich in der Welt auftraten. Die Natur trat im ſelben Momente hervor aus dem Geiſte, als aus dem Urball bewegliche Weltbälle, Urgeſchöpfe tragend, oder nach uns ſelbſt Urgeſchöpfe, hervortraten; oder erſchien ſie nicht objectiv als Natur, nur ſubjectiv als Seele, Geiſt. Ja, wäre nie eine derartige Scheidung eingetreten, gäbe es noch heute keine abgeſondert beweglichen Weltkörper, Geſchöpfe, Sinnesorgane, ſo hätte auch eine Unterſcheidung von Natur und Geiſt, Leib und Seele als zweien disparaten Weſen nie eintreten können. Ein reiner Idealismus, Spiritualismus wäre noch heute das einzig mögliche Syſtem, und die Welt mag damit begonnen haben. Dieſe Betrachtungen treten in die hinein, die wir ſchon früher (Th. I S. 130.) über die Weltſchöpfung aufgeſtellt.

Wenn die vorſtehenden Betrachtungen triftig ſind, ſo kann die objective körperliche Erſcheinung nur mit Hülfe eines Vermögens zu Stande kommen, die früheren und ſpäteren Eindrücke, die im Laufe der Bewegung gewonnen werden, in der Erinnerung (wenn auch nur unbewußt) zu combiniren, was ſchon kein rein ſinnliches Vermögen mehr iſt. Auch charakteriſiren wir jeden Körper als ſolchen durch eine Menge Eigenſchaften, die wir nur aus Erinnerung früherer ſinnlicher Erfahrungen daran knüpfen. Da nun die Pflanzen weder Organe haben, die ſie gegen die Objecte frei bewegen können; noch wahrſcheinlich ein combinirendes Erinnerungsvermögen beſitzen, ſo werden ſie nur ſubjective körperliche Empfindungen haben können, was mit unſern Betrachtungen in Nanna S. 369 f. übereinſtimmt; dagegen die Erde bei ihrer freien Drehung und ihrem höhern geiſtigen Vermögen ſich unter noch günſtigeren Bedingungen findet, entſchiedene objective Anſchauungen zu gewinnen als der Menſch, den ſie aber ſelbſt dazu mit braucht, wie der Menſch ſeine Sinnesorgane.

Wie leicht zu erachten, hält ſich dieſe ganze Darlegung der Bedingungen, unter denen etwas objectiv körperlich erſcheint, auf äußerm Standpunct. Es iſt eben eine Darſtellung im Sinne der Naturwiſſenſchaft. Denn indem ich ſage: es muß ein Körpertheil dem andern beweglich gegenübertreten, damit die Erſcheinung der objectiven Körperlichkeit erfolge, alſo die Bedingungen der Erſcheinung des Körpers ganz im Gebiet des Körperlichen ſelbſt verfolge, ſtelle ich mich auf denſelben äußern Standpunct der Betrachtung, den ich zugleich dadurch charakteriſire. Inzwiſchen iſt die Ueberſetzung in eine Auffaſſung von innerm Standpuncte leicht. Wir fühlen, daß wir uns oder Theile unſrer bewegen; und fühlen, daß gewiſſe Empfindungen ſich im Zuſammenhange damit ändern andre nicht. Jene objectiviren wir, dieſe nicht. Hier iſt Alles auf den Standpunct der Selbſterſcheinung zurückgeführt.

Ferner iſt nicht zu überſehen, daß das Gegenübertreten eines beweglichen Körpertheils gegen andere an ſich noch nicht genügt, die Erſcheinung objectiver Körperlichkeit zu geben. Eine trockene Kugel möchte ſich drehen wie ſie wollte, ſie würde keine Erſcheinung einer Körperwelt gegenüber gewinnen. Sie muß gehörig organiſirt ſein, eine nach Beſchaffenheit der Eindrücke veränderliche Sinnesempfindung überhaupt zu haben. Ihre Beweglichkeit und die damit zuſammenhängende Veränderung der Empfindung bringt dann nur mit, daß dieſe ſich auch objectivire, womit erſt die Erſcheinung der objectiven Körperlichkeit entſteht. Inzwiſchen Alles was nicht organiſirt iſt, für ſich zu empfinden, iſt doch nach unſrer Anſicht Theil eines derartigen andern Ganzen

Zuſatz 2. Kurze Darlegung eines neuen Princips mathematiſcher Pſychologie.

Aus Gründen, deren Erörterung hier zu weit führen würde, halte ich das Herbart'ſche Princip mathematiſcher Pſychologie für untriftig. Iſt überhaupt eine ſolche möglich, und ich glaube, daß es der Fall ſei, wird ſie meines Erachtens darauf zu gründen ſein, daß man die materiellen Phänomene, an welche die pſychiſchen geknüpft ſind, zur Unterlage der Rechnung nimmt, weil dieſe einen unmittelbaren Angriff für die Rechnung und ein beſtimmtes Maß geſtatten, was nicht ſo in Betreff der pſychiſchen der Fall iſt, obwohl an ſich nichts hindert, die materiellen Phänomene, welche gegebenen pſychiſchen unterliegen, eben ſo wohl als Functionen von dieſen zu betrachten, wie umgekehrt. Es iſt aber jedenfalls triftiger, das an ſich nicht wegzudisputirende aber immer unbeſtimmte Gefühlsmaß pſychiſcher Phänomene durch eine, innerhalb der Gränzen der Sicherheit dieſes Maßes überall zutreffende, Beziehung zu dem beſtimmtern Maß der zugehörigen phyſiſchen Phänomene zu charakteriſiren und dadurch mittelbar ſelbſt zur Beſtimmtheit zu erheben, als umgekehrt zu verfahren, und das Beſtimmte vom Unbeſtimmten abhängig zu machen. Dazu iſt aber nöthig, daß man die Grundbeziehung des Phyſiſchen und Pſychiſchen nicht mehr blos ſo im Allgemeinen ſtatuire, wie es in den bisherigen Betrachtungen immer geſchehen, wo es nur auf Feſtſtellung des allgemeinſten Grundgeſichtspunctes ankam, ſondern daß man auf Grund dieſer Feſtſtellung auch ein beſtimmtes mathematiſches Abhängigkeitsverhältniß dazwiſchen angebe, welches ſich, in Ermangelung einer directen genauen Meßbarkeit der Erſcheinungen auf pſychiſchem Gebiete, doch einer erfahrungsmäßigen Bewährung für Gränzfälle, Wechſel und Wendepuncte, Zunahmen und Abnahmen, Ueberwiegen und Unterliegen, Ueber- und Unterordnung der geiſtigen Phänomene fügt, was Alles ohne genaue Meſſung doch genau vom Gefühl oder im Bewußtſein beurtheilt werden kann; und daß die auf das Princip dieſer Abhängigkeit gegründete Rechnung die Qualität der geiſtigen Phänomene in ähnlichem Sinne in's Bereich zu ziehen vermöge, als die rechnende Phyſik die Qualität der Farben und Töne in's Bereich gezogen hat, und zwar auf eine damit zuſammenhängende Weiſe. Hiemit wäre dann auch eine feſte wiſſenſchaftliche Grundlage für die ganze vierte

Betrachtungsweiſe des Gebietes der Geiſtes, die wir S. 335 aufgeſtellt, gewonnen.

Ich glaube in der That, ein ſolches Abhängigkeitsverhältniß gefunden zu haben, welches wenigſtens, ſo weit ſich die Sache bis jetzt beurtheilen läßt, dieſen Anforderungen genügt. Es iſt dieſes:

Meſſen wir die Stärke der körperlichen Thätigkeit, die einer geiſtigen unterliegt, an einem gegebenen Ort und zu einer gegebenen Zeit durch ihre lebendige Kraft β (lebendige Kraft im Sinne der Mechanik verſtanden [*]), und nennen die Aenderung derſelben ſei es in einem unendlich kleinen Raum- oder Zeittheil $d\beta$, ſo iſt die zugehörige Aenderung der, durch das Gefühl oder im Bewußtſein zu ſchätzenden, Intenſität geiſtiger Thätigkeit nicht der abſoluten Aenderung der lebendigen Kraft $d\beta$, ſondern der verhältnißmäßigen Aenderung $\frac{d\beta}{\beta}$ proportional, mithin durch $\frac{k\,d\beta}{\beta}$, oder wenn wir k ein für allemal $= 1$ ſetzen, durch $\frac{d\beta}{\beta}$ ſelbſt auszudrücken.

Iſt die lebendige Kraft eines materiellen Elements zu beſtimmter Zeit und an beſtimmtem Orte gegeben, ſo wird man durch Summation einer continuirlichen Reihe abſoluter Zuwüchſe derſelben zur lebendigen Kraft eines beliebigen andern Elements (oder auch deſſelben Elements) in beliebig anderm Raum und beliebig anderer Zeit gelangen können; durch entſprechend ausgeführte Summation aber der zugehörigen *verhältnißmäßigen* Zuwüchſe, d. i. durch das Integral

$$\int \frac{d\beta}{\beta} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

zur *geiſtigen* oder pſychiſchen Intenſität des betreffenden Elements [**], wobei die geiſtige Intenſität des Ausgangs-Elements als bekannt gelten muß, indem ſie zur Beſtimmung der Conſtante des

---

[*] Es iſt im Folgenden nur von der lebendigen Kraft die Rede, die aus den *relativen* Lagenveränderungen der Theile des empfindenden Weſens hervorgeht; da z. B. unſere Fortführung durch die Bewegung der Erde, oder eine Erhebung im Luftballon unſre Empfindung nicht afficirt.

[**] Die geiſtige Intenſität eines Elements iſt eine mathematiſche Fiction, die keine andre Bedeutung hat, als zur Berechnung deſſen zu führen, was einer Verbindung, einem Syſtem von Elementen zukommt; da eine Empfindung *merkbarer* Größe weder einem unendlich kleinen Raum- noch Zeittheil zugehören kann.

Integrals dient. So ergiebt ſich die geſuchte geiſtige Intenſität γ des zweiten Elements

$$\gamma = \log \frac{\beta}{b} \;\dots\dots (2),$$

wo b den Werth von β bezeichnet, für welchen γ = 0, ſofern nämlich nach der Formel ſelbſt der Nullwerth von γ nicht beim Nullwerth von β eintreten kann, was mit wichtigen Folgerungen zuſammenhängt.

Kurz, obwohl recht zu verſtehen, wird man alſo ſagen können, die pſychiſche Intenſität iſt der Logarithmus der zugehörigen phyſiſchen Intenſität, ſchreitet in arithmetiſchem Verhältniſſe fort, wenn dieſe in geometriſchem; mit welcher Form der pſychiſchen Function der Umſtand ſelbſt zuſammenhängen mag, daß wir von pſychiſchen Intenſitäten nur ein Mehr und Minder, nicht aber ein Wievielmal zu ſchätzen wiſſen.

Um nun die pſychiſche Intenſität zu haben, die innerhalb eines beſtimmten Raums und einer beſtimmten Zeit waltet, iſt β als Function der Zeit t und des Raumes s zu beſtimmen und (in ſo weit Discontinuitätsverhältniſſe es erlauben) das Integral

$$\iint \log \frac{\beta}{b}\, dt\, ds \;\dots\dots (3)$$

innerhalb der betreffenden Gränzen zu nehmen.

Sofern momentane Empfindungen nicht unterſchieden werden, ſondern ſtets eine gewiſſe Zeitdauer in der Empfindung zuſammengefaßt wird, auch zu jeder einfachen Empfindung doch eine gewiſſe Ausdehnung des unterliegenden Proceſſes gehört, wird auch die meßbare Stärke einer einfachen Empfindung immer durch ein Integral von der Form (3) ausgedrückt werden, indeß der Werth von γ in (2) blos das nicht beſonders unterſcheidbare Elementare, was dazu beiträgt, ausdrückt; obwohl eine vergleichende Betrachtung dieſes Elementaren für verſchiedene Empfindungen ſchon manche Schlüſſe erlaubt *.

---

* Es iſt dabei noch fraglich, ob nicht die Zuſammenwirkung der Elementartheile, welche einer und derſelben Empfindung angehören, unter einer andern Veranſchaulichung als der Continuität der unterliegenden Materie im Raum geſucht werden muß, und ob mithin die Integration ſich über verſchiedene materielle Elemente aus dem Geſichtspunkte ſolcher Continuität erſtrecken kann, wenn es gilt, das, was derſelben Empfindung zugehört, in Eins zu faſſen. Es ließe ſich auch an ein anderes Princip denken, wo die Integration in Be-

Unter Vorausſetzung, daß die Empfindungsreize eine ihrer lebendigen Kraft proportionale Aenderung in unſern Empfindungswerkzeugen hervorbringen, was mindeſtens bei Licht- und Schallſchwingungen wahrſcheinlich, leitet man aus (2) und (3) ohne Schwierigkeit ab, wie es kommt, daß die Stärke der Licht- und Schallempfindung in viel ſchwächerm Verhältniſſe zunimmt, als die phyſiſche Stärke (lebendige Kraft) des Lichts und Schalls ſelbſt, wie ſich auch ohne beſtimmte Meſſung wohl beurtheilen läßt, ja daß man, was entſcheidend iſt, die Gradationen höherer Lichtſtärke gar nicht mehr deutlich unterſcheiden kann. Schon das Spiegelbild eines Kerzenlichtes erſcheint dem Auge faſt eben ſo hell als das geſpiegelte Licht ſelbſt, trotz dem, daß es wirklich bei Weitem ſchwächer iſt. (Die Pupillenänderung erklärt dieß bei Weitem nicht, auch kann man ja Lichter verſchiedener Intenſität zugleich in's Auge faſſen), und beſonders erläuternd iſt die Vergleichung der phyſiſchen Stärke des Fixſternlichtes mit der gewöhnlichen Schätzung ſeiner Stärke (bei Sternen erſter, zweiter Größe u. ſ. w.). Auch folgt unter obiger Vorausſetzung (durch eine leichte Rechnung) der nicht minder erfahrungsmäßige Umſtand aus den Formeln, daß ein Empfindungsreiz durch hinreichende Vertheilung, ohne Aenderung ſeiner lebendigen Kraft im Ganzen, doch für die Empfindung bis zum Unmerklichen abgeſchwächt werden kann; ein ſehr ſtarker Empfindungsreiz durch mäßige Vertheilung aber vielmehr eine größere Summe Empfindung erregt *. Ferner ergiebt ſich daraus, unter Zuziehung eines bekannten Satzes, daß es von größerm Vortheil für die Stärke von Bewußtſeinsphänomenen iſt, dieſelbe Größe lebendiger Kraft in mehrern gleichen und gleichwirkenden Organen (z. B. in zwei gleichen Gehirnhälften) vertheilt zu ge-

---

ſei auf den Raum nicht mehr, wie oben vorläufig angenommen, gültig ſein würde. Vgl. eine ſpäter folgende Bemerkung (S. 381), wodurch dieſe Vermuthung ſich noch mehr erläutert.

* Eine ſolide Bleikugel auf der einen Hand ſcheint uns ſchwerer, als eine gleiche Schrotmenge, in einer leichten Schachtel auf die andere gelegt, ungeachtet das Gewicht der Schachtel hier noch zutritt; weil der Druck ſich gleichförmig mehr vertheilt. Sehr verdünnte Löſungen empfindet man bei Vertheilung über große Flächen gar nicht mehr. Vertheilt man aber ein Licht, das ſchon ſo hell iſt, daß eine Halbirung ſeiner Intenſität keine merkliche Schwächung mehr für die Empfindung mitbringt, auf den doppelten Raum, ſo erweckt es wirklich die doppelte Summe von Empfindung.

brauchen, als in mehreren ungleichen und ungleichwerthigen; wonach die symmetrische Zusammensetzung des Menschen und vieler Thiere aus ähnlichen Theilen noch einen andern Nutzen als den der Vertretung der Theile durch einander hätte.

Der größeren Intensität eines Bewußtseinsphänomens oder des ganzen Bewußtseins entspricht naturgemäßerweise ein größerer positiver Werth des diese Intensität messenden Integrals, der auch einen größern Werth der darein eingehenden lebendigen Kraft fordert; dem Momente, wo das Bewußtsein eben erwacht oder in Schlummer sinkt, was man die Schwelle des Bewußtseins nennt, entspricht ein Nullwerth des zugehörigen Integrals und ein gewisser mittlerer Werth der lebendigen Kraft, nämlich $\mathfrak{J} = h$ in Formel (2), wo es sich blos um die momentane psychische Intensität eines Elements handelt, indeß in Formel (3), welche einen ganzen Empfindungsvorgang umfaßt, die Werthe von $\mathfrak{J}$ innerhalb des Intervalls der Integration theils über, theils unter h liegen können, wie sich ohne Schwierigkeit übersieht. Nun kann aber das Bewußtsein erfahrungsmäßig auch noch unter seine Schwelle sinken, d. h. der Schlaf, das Unbewußtsein sich mehr und mehr vertiefen in der Art, daß ein Wiedererwachen immer schwerer fällt, es immer mehr positiven Zugang im Sinne der früheren Bewußtseinsthätigkeit fordert, um nur die Schwelle des Bewußtseins wieder zu erreichen. Entspricht nun der Steigerung des Bewußtseins über der Schwelle ein positiver Werth des betreffenden Integrals, der Schwelle selbst ein Nullwerth, so wird dem Sinken des Bewußtseins unter die Schwelle ein negativer Werth desselben entsprechen müssen. Denn hier gilt es erst einen Mangel in einem bestimmten Sinne auszufüllen, ehe der Nullwerth erreicht wird; dies ist der Charakter negativer Größen. In der That können die Integrale (2) und (3) dadurch, daß die lebendige Kraft $\mathfrak{J}$ immer mehr sinkt, negative Werthe erlangen, wodurch dann ein Schlafzustand oder Unbewußtseinszustand repräsentirt wird, der sich um so mehr vertieft, je größere absolute Werthe das negative Integral erlangt*. Man sieht ein, wie bei der gewöhnlichen und dem Gesetze des Integralismus durchgreifend untergeordneten Natur unſres Organismus ſowohl die ganze Seele als einzelne Bewußtſeinsphänomene oder Vorſtellungen mittelſt dieſes Umſtandes bald unter, bald über die Schwelle des Bewußtſeins treten können, ohne daß deshalb Stillſtand der zugehörigen Bewegungen eintritt, nur Verlangſamung, (die Bewegungen in unſerm Gehirn gehen in der That fort, während wir ſchlafen), und wie die Bewußtſeinsphänomene ſelbſt hiedurch in lebendige Wechſelbeziehung treten können. Wie nämlich die lebendige Kraft für gewiſſe Bewußtſeinsphänomene ſinkt, ſteigt ſie antagoniſtiſch für andre, wird aber dabei natürlicherweiſe geneigt ſein, für pſychiſch zuſammenhängende Bewußtſeinsphänomene, denen vorausſetzlich auch ein phyſiſcher Zuſammenhang unterliegt, im Zuſammenhange zu ſteigen. Aus allgemeinem Geſichtspuncte läßt ſich ſofort überſehen, wie gewiſſe Empfindungen oder Vorſtellungen ſich hienach verdrängen, andre aber auch hervorrufen, mitziehen können, nach Umſtänden, und ich glaube, daß unſre Theorie, obwohl nicht abſichtlich darauf zugeſchnitten, in dieſer Hinſicht mindeſtens ſo günſtige allgemeine Bedingungen für Repräſentation der Thatſachen als die Herbartſche darbietet, welche ihre Hypotheſen hauptſächlich auf Repräſentation derſelben geſtellt hat, und zwar ſolche, die mit der Natur unſres Organismus ſelbſt in directeſter Weiſe zuſammenhängen; wenn gleich Rechnungsbeiſpiele von fruchtbarer oder erläuternder Anwendung auf die Erfahrung erſt dann möglich ſein werden, wenn

---

* Man hat bemerkt, daß dem Wachen und Schlaf [illegible] mathematischen Ausdruck [illegible] Wachen und Schlaf [illegible] als positiven und negativen Bewußtseinszustand zu fassen, so [illegible]

---

der mathematiſche Gegenſatz des Poſitiven und Negativen in geometriſchen und realen Zuſammenhängen überall den Gegenſatz des Wirklichen und Nichtwirklichen (Imaginären) bezeichnet, wo der Natur der Sache nach die Wirklichkeit nur in *einer* Richtung faßbar. Dies gilt z. B. vom Radius vector im Syſtem der Polarcoordinaten, dies gilt auch von der lebendigen Kraft β, die in Wirklichkeit keine, poſitiven Werthen entgegengeſetzte, negativen zuläßt. Und ſo iſt auch die Entgegenſetzung der Zeichen für Wachen und Schlaf oder erhöhtes Bewußtſein und vertieftes Unbewußtſein nicht als Gegenſatz eines poſitiven und negativen Bewußtſeins zu deuten, ſondern als Gegenſatz eines wirklichen und nicht wirklichen Bewußtſeins, ſo aber, daß der abſolute Werth der negativen Größe anzeigt, ob die Entfernung von der Wirklichkeit größer oder kleiner iſt. Ob dies der Fall iſt, iſt für den Zuſammenhang und die Entwickelung der *wirklichen* Bewußtſeinsphänomene ſelbſt nicht gleichgültig, da ſich ihr leichteres oder ſchwierigeres Wiederhervortreten danach richtet, wenn ſie unter die Schwelle des Bewußtſeins geſunken ſind, und da nach der realen Verknüpfung der Verhältniſſe (Geſetz der Erhaltung der lebendigen Kraft) kleine Werthe von β, mithin Schlafzuſtände hier, im Allgemeinen mit großen Werthen von β, wachen Zuſtände anderwärts, ſich abwägen, wovon eben mehr.

wir die erfahrungsmäßigen Grundlagen dazu ſelbſt mehr in unſrer Gewalt haben, als jetzt.

Jener, unſtreitig von dem Geſetze der Erhaltung der lebendigen Kraft abhängige, Antagonismus, der ſich in unſerm engen Organismus zeigt und vom Körper auf die Seele erſtreckt, wird ſich unſtreitig überhaupt in der Welt oder dem weitern Organismus äußern, dem unſer Organismus ſelbſt eingebaut iſt, ja zwiſchen dieſem und der übrigen Welt ſelbſt äußern müſſen, mit der er zu einem gemeinſchaftlichen Syſtem zuſammenhängt; woran ſich mancherlei Betrachtungen knüpfen laſſen, die in die allgemeinen Anſichten dieſer Schrift hineintreten.

Die Aufmerkſamkeit iſt ein in der Selbſtthätigkeit unſrer Seele begründetes pſychiſches Vermögen, was offenbar mit einem in der Selbſtthätigkeit unſres Organismus begründeten phyſiſchen Vermögen zuſammenhängt, die lebendige Kraft in gewiſſer Richtung, für gewiſſe phyſiſch-pſychiſche Functionen auf Koſten andrer zu verſtärken; und tritt ſonach unter das angegebene Princip.

Die Stellen oder Zeiten, wo die Aenderung der pſychiſchen Intenſität, d. i. $\frac{d\beta}{\beta}$, null wird, entſprechen im Allgemeinen Maximum- oder Minimumwerthen der lebendigen Kraft β und des Integrals (2). Hat man es nun mit periodiſchen oder oscillirenden Bewegungen zu thun, und die Proceſſe des, unſre Seele tragenden, Organismus, ſo wie die Sinnesanregungen des Geſichts und Gehörs ſind im Allgemeinen dieſer Natur, ſo treten ſolche Maximum- und Minimumwerthe von ſelbſt periodiſch oder in Intervallen ein. Die Anzahl ſolcher Perioden oder Intervalle in gegebener Zeit oder Raum beſtimmt erfahrungsmäßig (und alle Grundbeziehungen ſind möglichſt auf Erfahrung zu bauen oder dadurch zu beſtätigen) blos eine Qualität der Empfindung, ohne daß die einzelnen Perioden, Intervalle oder einzelnen Momente darin ſelbſt unterſcheidbar in die Empfindung fallen (wenn nicht Discontinuitäten, wovon nachher, zwiſchen fallen); *die Seele* hat, wie wir uns anderwärts ausdrücken, *eine vereinfachende Kraft*; zieht das phyſiſch Weitläuftige, Zuſammengeſetzte, auf äußerm Standpunct nur unter Form des Mannichfaltigen zu Faſſende, in eine vereinfachte Selbſterſcheinung zuſammen. Es iſt dies als eine Grundthatſache anzuſehen.

Die Periodicität kann nun nicht nur im Tempo verſchieden ſein, ſondern kann auch eine einfache oder verwickelte ſein, es können ſich kleinere Perioden in größere einbauen, rationale und irrationale, niedere und höhere Verhältnißbezüge zwiſchen den Perioden eintreten, wonach ſich die Qualität der Empfindung abändern und Verhältniſſe verſchiedener Art zwiſchen den Empfindungen eintreten können, deren Beziehung zu den Verhältniſſen der Perioden noch näher zu discutiren iſt. Das Princip der Coexiſtenz kleiner Schwingungen hat hiebei unſtreitig eine große Bedeutung für die Coexiſtenz pſychiſcher Zuſtändlichkeiten.

Sofern die Höhe der Töne eine analoge Gradation zuläßt, als die Stärke, nimmt auch die Seele dieſe Vergleichung nach demſelben Princip vor, als die der Stärke. Die empfundene Tonhöhe richtet ſich erfahrungsmäßig nicht nach dem umgekehrten Verhältniß der Schwingungsdauer oder directen der Schwingungszahlen, ſondern nach dem Logarithmus dieſes Verhältniſſes. Die nächſte und zweite Octave über dem Grundton erſcheint uns nicht reſpective noch einmal und viermal ſo hoch, als der Grundton, ungeachtet die Schwingungszahl doppelt und viermal ſo groß iſt, ſondern die Ausſage des Gefühls iſt, daß jede Octave um ein gleiches Intervall von der andern abliegt, was dem logarithmiſchen Verhältniß entſpricht. Dies hat ſchon Drobiſch triftig in den Abhandlungen der Jablonowſkiſchen Geſellſchaft S. 100 erörtert. Warum aber vergleichen wir nicht auch Farben nach der Höhe wie Töne? dies bleibt zur Zeit noch räthſelhaft.

Demnächſt verdienen die Discontinuitätsverhältniſſe der pſychiſchen Intenſitätsänderung $\frac{d\mathfrak{z}}{\mathfrak{z}}$ Beachtung, welche eintreten, wenn die lebendige Kraft $\mathfrak{z}$ null wird, oder Sprungwerthe annimmt, womit auch eine Discontinuität im pſychiſchen Intenſitätswerthe $\gamma = \log\frac{\mathfrak{z}}{b}$ und dem Integral (3) eintritt. So lange Continuität in dieſer Hinſicht ſtatt findet, wie innerhalb einer Schwingung, unterſcheiden wir (bemerktermaßen) die pſychiſche Intenſität der einzelnen Puncte und Momente nicht einzeln, ſondern die Summe der continuirlichen Werthe von γ, welche in eine Schwingung fallen, mißt in Eins die Intenſität der Empfindung während der Dauer und in der Ausdehnung der Schwingung; und die ganze Intenſitätsſumme der Empfindung innerhalb eines gegebenen Zeit- und Raumintervalls wird durch Summation der Summen, welche den einzelnen Schwingungen zugehören, gewonnen. Da bei Tönen verſchiedener Höhe und Lichtern verſchiedener Farbe die partialen Summen, welche den einzelnen Schwingungen zugehören, nicht blos wegen Stärke der Bewegung, ſondern auch vermöge der Ausdehnung der Perioden abweichen, ſo hängt hiervon unſtreitig die ſchwierige Vergleichbarkeit der Stärke von Tönen verſchiedener Höhe und Lichtern verſchiedener Farbe in der Empfindung ab, ſofern die Vergleichung eine zuſammengeſetztere wird. Tritt nun aber Diſcontinuität von $\frac{d\beta}{\beta}$ und hiemit γ ein, ſo wird ein Unterſchied der Stärke empfunden. So, wenn zu einem Ton ein zweiter, wenn auch gleicher, Ton hinzu angeſchlagen wird, ſetzt ſich die neue Schwingung mit der frühern zuſammen, β und γ nehmen plötzlich einen andern Werth an, und wir fühlen den Unterſchied der Stärke *.

---

* In Betreff der Deutung der Diſcontinuitätsverhältniſſe bleibt noch Manches zweifelhaft. Zwei Weltkörper z. B., die ſich wechſelſeitig durch Anziehung zur Bewegung beſtimmen, ſind diſcontinuirlich im Raum, aber die Verhältniſſe $\frac{d\beta}{\beta}$, die beiden in derſelben Zeit zugehören, ſind deshalb nicht diſcontinuirlich an Größe, bleiben ſich vielmehr, mögen die Maſſen der Weltkörper gleich oder ungleich ſein, durch die ganze Dauer ihrer Bewegung ſtets gleich. Da nun auch die Periodicität ihrer Bewegung coincidirt, würde ſich meines Erachtens, ungeachtet ſie im Raum auseinanderliegen, an ihre Bewegung nur eine in ſich identiſche Empfindung knüpfen, nicht zwei in Stärke und Qualität geſonderte Empfindungen, falls hier überhaupt Empfindung anzunehmen. Die Seele kümmert ſich nicht um räumliche Diſtanzen, außer ſofern ſonſt weſentliche Unterſchiede dadurch mitgeführt werden. Pflanzen ſich Wirkungen durch ein gleichförmiges Mittel fort, z. B. eine Nerven- oder Gehirnfaſer, ſo beſteht für die ſucceſſiven Theile immer zwar nicht Identität, aber Continuität von $\frac{d\beta}{\beta}$, mithin möchte hier keine Unterſcheidung in der Stärke eintreten, ſollten auch die Theile derſelben im Sinne der Atomiſtik discret gedacht werden. Für verſchiedene Organismen mag eine derartige Incommenſurabilität der Bewegungsverhältniſſe beſtehen, daß Identität oder Continuität von $\frac{d\beta}{\beta}$ nirgends durch eine endliche Zeit für dieſelben Theile zwiſchen ihnen beſtehen bleibt. Wollte man aber zur Unterſcheidungsfähigkeit der Stärke Continuität des Werthes von $\frac{d\beta}{\beta}$ in auseinanderliegenden Raumtheilen fordern, ſo würde dies nur mit einer wirklichen continuirlichen Raumerfüllung möglich ſein, welcher die heutige ſtarke Poſit

Denken wir uns (unangeſehen der Mehrheit der Dimenſionen) die Puncte eines empfindenden Syſtems der Ordnung nach in eine gerade Linie oder Ebene ausgebreitet und die Größe der lebendigen Kraft, die ihnen zukommt, durch die Höhe von Ordinaten, die an den betreffenden Puncten errichtet werden, ausgedrückt, ſo ſtellt ſich die lebendige Kraft des ganzen Syſtems im Allgemeinen unter Geſtalt einer Linie oder eines Wellenzuges dar, deſſen Geſtalt ſich nach Maßgabe der Aenderungen der lebendigen Kraft ändert. Auf dem Haupt-Wellenzuge, der die lebendige Kraft der Hauptbewegungen des Syſtems darſtellt, können durch beſondere Wechſelwirkungen einzelner Theile des Syſtems oder äußere Einwirkungen kleinere Kräuſelungen oder Wellenzüge entſtehen, die eine andre Periode befolgen, als der große Wellenzug und untergeordneten Bewußtſeinsbeſtimmungen oder äußerlich angeregten Empfindungen des Hauptbewußtſeins, das ſich an den großen Wellenzug knüpft, zugehören *. Dieſe kleinern Kräuſelungen oder Wellenzüge können in ſehr verſchiedene Beziehungen zur Hauptwelle und zu einander treten; z. B. über oder unter der Schwelle des beſondern Bewußtſeins ſein, vermöge deſſen ſie ſich von der Hauptwelle losheben, während die Hauptwelle in entgegengeſetztem Zuſtande iſt, verſchiedene Perioden in Bezug zur Hauptwelle und zu einander zeigen, Diſcontinuitätsverhältniſſe höherer Ordnung mitführen, u. ſ. f. Auch hieran knüpft ſich die

---

nicht günſtig iſt, und überhaupt ſich Manches weniger gut ſtellen. Doch verdient der Gegenſtand noch Erwägung, da ſich manche Schwierigkeiten der Betrachtung auch bei unſrer Auffaſſung darbieten. Eine Schwierigkeit ſcheinen auch Nullwerthe von β zu machen, ſofern in geradlinigen Schwingungen an der Gränze jeder Schwingung $\frac{d\beta}{\beta}$ discontinuirlich wird, es mithin ſcheint, die Schwingungen müßten in einzelnen Abſätzen unterſchieden werden. Vielleicht iſt dem durch die Betrachtung zu begegnen, daß es abſolut geradlinige Schwingungen in der Natur wohl nicht giebt. Vielleicht aber fordern auch die Discontinuitätsverhältniſſe überhaupt eine etwas andre Auffaſſung, als ſie hier gefunden haben.

* Unſtreitig muß die lebendige Kraft dieſer Kräuſelungen, welchen beſondere Empfindungen zugehören, auch beſonders in Rechnung genommen und nicht mit der lebendigen Kraft der Hauptwelle zuſammen behandelt werden, wo es ſich nicht um die allgemeine Stärke des Bewußtſeins überhaupt, ſondern die Stärke eben dieſer ſpecifiſchen Empfindung auf Grund eines gegebenen Zuſtandes des Allgemeinbewußtſeins handelt.

Möglichkeit oder Vorausſicht der Möglichkeit, viele wichtige pſychiſche Verhältniſſe zu repräſentiren.

Z. B. erklärt ſich ſo der Unterſchied, ob wir Nichts ſehen, weil unſre Aufmerkſamkeit nicht in Bezug auf Sichtbares beſchäftigt iſt, wenn ſchon Licht unſer Auge trifft, oder Schwarz ſehen, welche Empfindung ſehr intenſiv ſein kann, obwohl ſie einem Mangel der Lichtanregung entſpricht. Nichts ſehen wir im erſten Sinne, wenn die Hauptwelle der lebendigen Kraft mit zugehörigem Bewußtſein, welche unſerm Geſichtsorgan als Glied eines beſeelten Ganzen abgeſehen von äußern Reizen zukommt, unter der Schwelle des Bewußtſeins iſt, und mögen nun auch Kräuſelungen durch Lichteinfluß darauf vorhanden ſein, ſo werden dieſe dadurch mit unter die Schwelle unſres Allgemeinbewußtſeins herabgedrückt. Schwarz ſehen wir, wenn die Hauptwelle oberhalb der Schwelle iſt, um ſo intenſiver, je höher ſie geht, es aber an Kräuſelungen durch Lichtanregung darauf fehlt. Dies läßt ſich auf andre Sinne übertragen. So unterſcheidet ſich danach Nichts Hören wegen abgezogener Aufmerkſamkeit und Gefühl von Stille, wenn die Aufmerkſamkeit im Gebiet des Hörens wach iſt, aber keine Anregung durch Töne ſtatt findet. Auch erklärt ſich gut der nicht ſeltene Fall, daß wir die Rede eines Andern zwar *phyſiſch* hören, aber nicht gleich *pſychiſch* vernehmen; wohl aber dies noch nachträglich können, wenn wir die Aufmerkſamkeit noch nachträglich auf das Gehörte richten, indem wir hiemit die lebendige Kraftwelle der innern Gehörthätigkeit mit den darauf erweckten Kräuſelungen, die erſt unter der Schwelle war, über die Schwelle heben *. Ueberhaupt läßt dies Princip vielfache Anwendungen zu. So dürfte ſich nur hieraus erklären laſſen, wie überhaupt Druck empfunden werden kann. Wenn ich einen Gegenſtand mit dem Finger drücke, habe ich eine Empfindung davon, ohne daß es doch ſcheint, der Druck könne eine lebendige Kraft im Körper erzeugen, oder ſolche ſteigern. Aber er kann die Welle lebendiger Kraft, welche dem Finger zugehört, abändern, und ſo lange dieſe Welle über der Schwelle des Bewußtſeins iſt, wird dieſe Abänderung, mag ſie nun in's Poſitive oder Negative gehen, auch gefühlt. Unſtreitig iſt es eine negative Aenderung der Grundwelle, die hier eintritt. Denn in gewiſſer Weiſe fühlen wir gerade die leiſeſte Berührung, den Kitzel, am ſtärkſten, in ſofern die unterliegende Welle hiebei noch am wenigſten vermindert iſt; ſie faßt die ſchwächſte Veränderung mit der größten Empfindlichkeit auf; dagegen bei einem ſtarken Druck die ſtarke Veränderung mit verminderter Empfindlichkeit aufgefaßt wird. Je mehr der Druck ſteigt, deſto mehr ſtumpft er die Empfindlichkeit gegen ſich ſelbſt ab.

---

* Ich geſtehe inzwiſchen, daß beim Gehörorgane eine Schwierigkeit eintritt, mittelſt des obigen Princips zu erklären, wie aus einem Gemiſch mehrerer Töne ein einzelner durch Aufmerkſamkeit herausgehört werden kann, falls man annimmt, daß jede Faſer des Hörnerven in allen Tonempfindungen zugleich erklingt, alſo daſſelbe Empfindungsgemiſch darſtellt. Die Verſtärkung der Hauptwelle durch die Aufmerkſamkeit wird dann alle Tonwellen zugleich über die Schwelle des Bewußtſeins in demſelben Grade erheben müſſen; dagegen die Schwierigkeit verſchwindet, wenn man annimmt, daß die (nach Helmholtz wahrſcheinlich in der That ſchwer zu bezweifelnde) Theilung des Hörnerven in Faſern den Nutzen habe, der Auffaſſung verſchiedener Töne verſchiedene Faſern darzubieten. Und vorläufig iſt es eine noch offene Frage, ob dem ſo ſei oder nicht. Wäre es nicht ſo, ſo müßte die Auffaſſung der Aufmerkſamkeit allerdings eine andre Wendung nehmen.

Höhere geiſtige Thätigkeiten hängen unſtreitig mit Bewegungs- oder Aenderungsverhältniſſen höherer Ordnung in einer Weiſe zuſammen, die erſt näher discutirt werden muß. Hier liegt noch ein großes Feld möglicher Annahmen offen. Differenzialquotienten und Discontinuitäten höherer Ordnung, Verhältniſſe zwiſchen Verhältniſſen, Logarithmen von Logarithmen, die Vervielfältigung der Conſtanten bei Integration höherer Differenziale bieten im erſten Anblick einen reichen Stoff möglicher Anwendung hiebei dar; wie denn auch die Verſchiedenheit der höhern geiſtigen Phänomene ſelbſt einen verſchiedenen Ausdruck fordern wird. Jedenfalls überſieht man aus allgemeinem Geſichtspuncte, daß unſer Princip in Darbietung ſolcher Verhältniſſe die Möglichkeit einſchließt, den Aufbau höherer geiſtiger Thätigkeiten über niedern in der Art zu erklären, daß ſie mit dieſen zugleich vom ſelben Körper getragen werden, wenn auch das Specielle zur Zeit noch dahingeſtellt bleiben muß.

Um nur obenhin eine Möglichkeit anzudeuten, ſo könnte man daran denken, dem Ausdruck $\frac{d\gamma}{\gamma} = \frac{d\left(\log\frac{\beta}{b}\right)}{\log\frac{\beta}{b}}$ eine ähnliche Bedeutung für höhere Phänomene beizulegen, als dem Ausdrucke

$\frac{d\beta}{\beta}$ für niedre; dann erhält man für die elementare Intenſität des höhern Phänomens $\int \frac{d\gamma}{\gamma} = \mathrm{Log}\left[\frac{\log \frac{\beta}{b}}{\log \frac{b_1}{b}}\right]$ wo b_1 der Werth von β für den Nullwerth des Integrals. Manches läßt ſich hienach gut erläutern. Doch halte ich es beſſer, noch zu unreiſe und unſichere Betrachtungen hier nicht weiter zu entwickeln. Und unſtreitig hat man auch an höhere Verhältnißbezüge zwiſchen den Perioden der Bewegung, von denen die Qualität der Empfindung abhängt, zu denken.

Näher zuſammengefaßt werden durch die vorige Theorie, nach dem Stande ihrer bisherigen Ausbildung, ſehr wohl gedeckt folgende Puncte: wie es zuſammenhängt, daß die geiſtigen Functionen zwar immer im Ganzen den körperlichen parallel gehen und damit zuſammenhängende Wechſel und Wendepuncte zeigen, doch aber nicht der abſoluten Größe der körperlichen Thätigkeiten proportional erfolgen; warum namentlich die Steigerung der Sinnesempfindung hinter der Steigerung des Sinnesreizes in Rückſtand bleibt, und Vertheilung der Reize, ohne Aenderung der Größe im Ganzen, doch die Empfindung bis zum Unmerklichen abzuſchwächen vermag, — warum die geiſtigen Functionen ſtets einfacher erſcheinen, als die zu Grunde liegenden körperlichen, ohne doch ſchlechthin einfach zu ſein (vgl. S. 330); — wie Schlaf und Wachen des Geiſtes mit dem des Körpers zuſammenhängt; warum namentlich der Schlaf oder das Sinken einzelner geiſtiger Thätigkeiten unter die Schwelle des Bewußtſeins nicht dem Stillſtand der zugehörigen Körperthätigkeiten, ſondern nur einem Herabſinken derſelben entſpricht; auf welchem Umſtand die Vertiefung des Schlafs und des Unbewußtſeins beruht; — wie das Verſinken gewiſſer geiſtiger Thätigkeiten unter die Schwelle des Bewußtſeins die Erhebung andrer darüber mitführen kann; — wie die Qualität der Empfindung mit quantitativen Beſtimmungen in Beziehung ſtehen kann; — wie Anſpannung oder Abſpannung der Aufmerkſamkeit, als Function der Hauptwelle der lebendigen Kraft, die unſerm Organismus eigenthümlich iſt, die Kräuſelungen derſelben, die durch äußere Sinnesreize hervorgebracht werden, über die Schwelle des allgemeinen Bewußtſeins heben oder unter dieſelbe ſinken laſſen kann; — wie ſich höhere geiſtige Thätigkeiten über niedrigere aufbauen und beide in einem Zuſammenhange von derſelben körperlichen Grundlage getragen werden können.

Unſtreitig genügt dies zu zeigen, daß ungeachtet der Unmöglichkeit genauer Meſſung der Intenſität pſychiſcher Phänomene (wovon man immer den Haupteinwurf gegen die Möglichkeit einer mathematiſchen Pſychologie entlehnt hat), doch eine Anwendung und Vergleichbarkeit unſrer Theorie mit der Erfahrung gerade in Betreff der allerallgemeinſten und wichtigſten Phänomene möglich iſt, und ſelbſt einige ſehr ſpecielle Phänomenen ſchon dadurch direct getroffen werden. Dieſe Theorie aber iſt noch in den erſten Rudimenten, ein Kind in Windeln; ſo läßt ſich auch wohl noch mehr davon erwarten; wie aber freilich auch möglich halten, daß das Kind in dieſer Form wieder eingehe. Denn ich kann allerdings nicht behaupten, daß dieſe Theorie ſchon ſicher geſtellt ſei; dazu fehlt noch ein Experimentum crucis, wie es eine exacte Wiſſenſchaft verlangt; die allgemeine Uebereinſtimmung mit den Thatſachen kann immer nur ein günſtiges Vorurtheil für ſie erwecken. Auch giebt es noch manche Schwierigkeiten dabei, die ich bis jetzt noch nicht zu überwinden weiß, wie dies bei einer ſo jungen Theorie leicht zu erachten, die aber doch nicht der Art ſind, daß ſie einer möglichen Löſung an ſich widerſtrebten. Eine nähere Auseinanderſetzung behalte ich vielleicht einem andern Orte vor; inzwiſchen wünſchte ich durch dieſe kurzen Andeutungen Andre zum Verfolg deſſelben Gegenſtandes anzuregen, da Manches, was mir noch ſchwierig ſcheint, vielleicht von Andern leichter überwunden, vielleicht auch ſei es das Princip oder die Entwickelung des Princips nach dieſer oder jener Seite glücklicher in einer andern Wendung als von mir gefaßt wird. Ich glaube, daß, wenn mit dieſer Aufſtellung des Princips der Nagel noch nicht auf den Kopf getroffen ſein ſollte, es wenigſtens beitragen kann, darauf zu führen.

XX. Ueberblick der Lehre von den Dingen des Himmels *.

1) Im Sinne der an ſich triftigen, wenn ſchon nicht gewöhnlichen, Betrachtungsweiſe der Erde, welche zu ihr Alles rechnen läßt, was durch die Schwere um ihren Mittelpunct zuſammengehalten wird, alſo auch Waſſer, Luft, Menſchen, Thiere, Pflanzen (II), ſtellt die Erde ſo gut als unſer Leib ein, durch Continuität der Materie, wie in Zwecken und Wirken innig verknüpftes, Syſtem dar, welches ſich in eine Mannichfaltigkeit beſonders unterſcheidbarer Gebiete und Theile gliedert, und ein nimmer raſtendes, wieder in eine Mannichfaltigkeit von Perioden und Kreisläufen gegliedertes und große Entwickelungsepochen durchſchreitendes, Spiel von Thätigkeiten entfaltet, in welche Gliederung von Theilen und Thätigkeiten unſer Leib mit ſeinen Thätigkeiten ſelbſt nur in untergeordneter Weiſe eingeht (III, XV, B. ff.).

2) Alle Puncte der Aehnlichkeit und Verſchiedenheit

---

* Durch die römiſchen Zahlen im Folgenden wird auf die Abſchnitte verwieſen, unter welchen die betreffenden Gegenſtände behandelt ſind.

zwiſchen uns und der Erde überhaupt erwogen (III), ſtimmt die Erde mit uns in allen Puncten überein, welche nach irgend einer Anſicht über das Verhältniß von Leib und Seele als weſentliche Kennzeichen oder Andeutungen eines beſeelten Sonderweſens ſich in der Materialität geltend machen können, während die nicht minder auffälligen Verſchiedenheiten zwiſchen uns und der Erde alle ſich ebenſo dahin vereinigen, die Erde als ein in höherem Sinne lebendiges, ſelbſtſtändigeres, individueller geartetes Weſen erſcheinen zu laſſen, als wir ſelbſt ſind, wogegen unſer eigenes Leben an Fülle und Tiefe ſehr in Nachtheil ſteht, unſre eigene Selbſtſtändigkeit ſehr zurücktritt, unſre Individualität nur ſehr untergeordnet iſt. Dieß wird in ausführlichen Erörterungen näher dargelegt (III. IV). Daß die Erde alle ihre lebendigen Geſchöpfe ſelbſt aus ihrem Schooße erzeugt hat, noch als eigene Theile beſitzt und ein allgemeines Band zwiſchen ihnen herſtellt, iſt im Sinne derſelben Vorſtellungsweiſe (V).

3) Wie unſre Leiber dem größern oder höhern individuellen Leibe der Erde angehören, ſo unſre Geiſter dem größern oder höhern individuellen Geiſte der Erde, welcher überhaupt alle Geiſter der irdiſchen Geſchöpfe eben ſo in Unterordnung begreift, als der Leib der Erde alle Leiber derſelben. Der Geiſt der Erde iſt aber nicht blos eine Summe der irdiſchen Einzelgeiſter, ſondern die alle begreifende, einheitliche, höhere, bewußte Verknüpfung derſelben. Unſre Individualität, Selbſtſtändigkeit und Freiheit, die aber nur relativ zu faſſen, leiden nicht dadurch, daß wir ihm angehören, finden vielmehr Wurzel und

Grund darin, indem [illegible] nur immer das Verhältniß der Unterordnung dazu behalten.

Dieſe Vorſtellungen werden (von I bis VIII) aus verſchiedenen Geſichtspuncten näher begründet, auch wird (VII. VIII) verſucht, in die Pſychologie des höhern Geiſtes etwas näher einzugehen.

Es wird erinnert, daß wir ohnehin ſchon gewohnt ſind, von einem Geiſte der Menſchheit, der unſre Geiſter verknüpfend inbegreift, zu ſprechen, und gezeigt, wie die Anſicht vom Geiſte der Erde nur eine erweiterte und triftigere Faſſung dieſer Vorſtellung iſt. Soll die Vorſtellung vom Geiſte der Menſchheit Halt gewinnen, ſo geht ſie nothwendig in die des Geiſtes der Erde über. (Th. 1. S. 191. 279. 307).

4) Was von unſrer Erde gilt, als welche ſelbſt nur ein Himmelskörper iſt, gilt analog von den andern Geſtirnen. Sie ſind alle individueller Beſeelung theilhaftig; und bilden ſo ein Reich höherer und übergeordneter himmliſcher Weſen. Es wird (insbeſondere VI.) gezeigt, daß ſowohl nach körperlicher als geiſtiger Hinſicht die Geſtirne den Anforderungen, die wir an höhere und übergeordnete Weſen machen können, wohl entſprechen und daran erinnert, daß nicht nur der naturwüchſige Glaube der Völker überall in den Geſtirnen höhere göttliche Weſen ſieht (I. XIV), ſondern ſelbſt unſer Engelglaube ſeinen erſten Ausgang von dem Glauben an die höher beſeelte Natur der Geſtirne genommen hat, ſo daß unſre Anſicht nur in den naturwüchſigen Glauben zurückführt. (VI)

5) Wie alle Geſtirne nach materieller Seite der Natur als dem Inbegriff alles Körperlichen angehören, ſo alle Geiſter der Geſtirne dem Geiſte, welcher der ganzen Natur zugehört, d. i. dem göttlichen Geiſte. Sie verlieren aber dadurch, daß ſie ihm angehören, ſo wenig ihre Individualität, relative Selbſtſtändigkeit und Freiheit als unſre Geiſter dadurch, daß ſie dem Geiſte der Erde angehören; ſondern finden nur ihr oberſtes Band, ihre oberſte bewußte Verknüpfung in ihm (II. VI.).

6) Der göttliche Geiſt iſt ein einiges, höchſt bewußtes, wahrhaft allwiſſendes, d. i. alles Bewußtſein der Welt in ſich tragendes, und hiemit auch das Bewußtſein aller Einzelgeſchöpfe in höheren Bezügen und höchſter Bewußtſeinseinheit verknüpfender Geiſt, deſſen Verhältniſſe zu ſeinen Einzelweſen und zur Natur näher erörtert werden (XI). Insbeſondere wird gezeigt, daß das Böſe in der Welt Gott nicht zur Laſt zu legen (XI, G), und ſeine Anknüpfung an die Natur ſeiner Würde, Höhe, Freiheit keinen Eintrag zu thun vermag (XI, O.). Der Beweis für das Daſein Gottes wird einmal aus theoretiſchem (XI. B), ein andersmal aus practiſchem (XIX, A) Geſichtspuncte geführt.

7) So wenig die Erde ein ſcheidendes Zwiſchenglied zwiſchen unſerm Körper und der Natur iſt, da vielmehr derſelbe durch ſie der Natur ſelbſt einverleibt wird, ſo wenig bildet der Geiſt der Erde ein ſcheidendes Zwiſchenglied zwiſchen uns und dem göttlichen Geiſt; iſt vielmehr die höhere individuelle Vermittelung, durch die unſer Geiſt gemeinſam mit andern irdiſchen Geiſtern dem Geiſte Gottes angehört.

Es wird gezeigt (Th. 2, S. 25), wie dieſe Vorſtellung paſſend in unſre practiſchen Intereſſen hineintritt.

8) Das innige Verhältniß des göttlichen Geiſtes zur Natur und Inbegriffenſein unſrer Geiſter im göttlichen Geiſte widerſpricht den herſchenden Vorſtellungen nur ſcheinbar, nur in ſo weit, als ſie ſich ſelbſt widerſprechen. Es wird gezeigt, wie wir durch ein klares volles Eingehen darauf nur gewinnen können (XII).

9) Die allgemeine Vermittelung durch den Geiſt der Erde zu Gott erſetzt uns nicht die beſondre Vermittelung durch Chriſtus. Vielmehr verlangt der Geiſt der Erde ſelbſt nach den höchſten und beſten Beziehungen einen Vermitteler zu Gott, der ihm in Chriſtus zu Theil wird, und hiemit zugleich der Menſchheit zu Theil wird. Die Geſichtspuncte, unter denen das Chriſtenthum in unſrer Lehre auftritt, werden überhaupt näher erörtert (XIII).

10) Das oberſte Weltgeſetz (XI, B. XIX, B), die Beziehungen von Nothwendigkeit und Freiheit (XI, B. XIX, B, C.), die Beziehungen von Leib und Seele (XI, S. 410. XIX, D.), die Entſtehungsweiſe der Geſchöpfe (XVI), werden aus allgemeinen Geſichtspuncten näher beſprochen

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.

Zend-Aveſta

oder

über die Dinge des Himmels

und des

Jenſeits.

Vom Standpunkt der Naturbetrachtung.

XXI – XXXII

Von

Guſtav Theodor Fechner.

Dritter Theil.

Ueber die Dinge des Jenſeits.

Leipzig,
Leopold Voß.
1851.

Liv. p. 1273

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

419

BAYERISCHE
STAATS-
BIBLIOTHEK
MUENCHEN

Vorwort.

Die folgende Lehre iſt ihren allgemeinſten Grundzügen nach ſchon vorlängſt von mir in einer kleinen Schrift*) dargelegt worden, welche ſich ihrerzeit manche Freunde erworben, nur daß ſie hier auf breitern Grundlagen, mit gewichtigern Conſequenzen und triftigerer Faſſung und Stellung einiger beſondrer Punkte entwickelt iſt. Dabei mag es wohl ſein, daß die Gedrängtheit und Friſche jener erſten Darſtellung einen formellen Vorzug in Verhältniß zu der reichern aber breitern jetzigen behauptet. Ich würde ihr aber dieſe breitere Ausführung nicht haben zu Theil werden laſſen, wenn ſie nicht, namentlich durch die Bezugſetzung zu den Betrachtungen der vorhergehenden Lehre von den Dingen des Himmels, zugleich eine tiefere hätte werden können, und ſich nicht die Ueberzeugung, daß die Lehre eine ſolche verdiente, durch den Gewinn bindenderer Gründe dafür und die fortgehende Erfahrung ihrer lebendigen Wirkung auf das Gemüth je länger je mehr verſtärkt hätte.

---

*) Das Büchlein vom Leben nach dem Tode, von Dr. Miſes. Leipzig. Voß. 1836.

Freilich kann ich das Folgende nur als vernünftige Möglichkeiten geben, vernünftig inſofern, als ſie widerſpruchslos in ſich und mit den Thatſachen, Geſetzen und Forderungen unſers Jetztlebens zuſammenhängen, und ſelbſt poſitive Stützen darin finden. Beweiſe im Sinne der Mathematik und Phyſik muß man nicht fordern. Man frage ſich, ob unter den denkbaren Möglichkeiten die wahrſcheinlichſten, mit unſern Kenntniſſen von der Natur der Dinge, unſren gerechten Hoffnungen und praktiſchen Forderungen, wie ſie durch das Chriſtenthum ſelbſt begründet ſind, zugleich verträglichſten hier getroffen ſind. Ich ſage, ob die zugleich verträglichſten. Denn freilich, der Naturforſcher wird wenig Bindendes in den Betrachtungen dieſer Schrift finden, wenn er die Forderung eines ewigen Lebens überhaupt nicht anerkennt; iſt es aber der Fall, ſo wird er es nicht ungern ſehen, daß dieſe Forderung, die durch ein Stehenbleiben auf ſeinem gewohnten Wege nun einmal nicht zu befriedigen, durch eine Erweiterung deſſelben hier befriedigt wird. Für den Theologen andrerſeits muß Alles eitel ſcheinen, was ich hier ſagen werde, wenn er von vornherein als Axiom ſtellt, daß der Uebergang vom Diesſeits zum Jenſeits nur auf einem übernatürlichen Wege erfolgen kann, der wohl das Licht des Glaubens, aber nicht des

Wiſſens verträgt, dagegen ihm bei andern Anſichten eine Lehre willkommen ſein kann, die ihm zur Unterſtützung ſeiner Glaubensforderungen auch einige [illegible]waffen in die Hände gibt. Zwingen aber kann [illegible] Lehre an ſich ſo wenig Jemand, als die vorige, [illegible] Bedürfniſſen entgegenkommen, die freilich ſelber zwingend genug ſind.

Uebrigens achte man bei dieſer ganzen Lehre [illegible] auf das Einzelne, als auf die Geſammtheit der Geſichtspunkte, die durch ihre Zuſammenſtimmung oft erſetzen und ergänzen müſſen, was im Einzelnen unzulänglich bleibt; und lege mehr Gewicht auf die Grundzüge als auf die ſpecielle Ausführung der Anſicht. Jede Neugeſtaltung hebt mit unſichern Griffen an; aber ohne deren Vorausgehen würde die Sicherheit nie kommen. Man hüte ſich aber auch, bei beſchränkten Geſichtspunkten ſtehen zu bleiben in einem Gebiete, welches ſeiner Natur nach ein Hinausgehen [illegible] die gewöhnlichen Schranken der Betrachtung fordert. Wer den Weg über das Diesſeits hinaus finden will, kann unmöglich den Blick blos auf das richten, was vor ſeinen Füßen liegt.

Ich denke nach Allem, es iſt hier ein Anfang mit einem neuen Wege gemacht, und mehr als einen ſolchen muß man zunächſt nicht fordern. Ich hoffe, Einzelne von der Triftigkeit der Grundlagen dieſer Anſichten zu überzeugen; ſie werden dann helfen, den Grund feſter zu legen und weiter zu bauen, und das Fehlerhafte zu berichtigen und das zu Raſche zu zügeln, und das zu Hochgebaute wieder abzutragen, daß das Unternehmen geeigneter und würdiger werde, auch allgemeinere Ueberzeugung zu erwecken. Denn wie ſehr es in allen dieſen Beziehungen noch Hülfe verlangt, kann Niemand beſſer als ich fühlen.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

XXI. Ueber die Bedeutung des menſchlichen Todes und das Verhältniß des künftigen zum jetzigen Leben.

Wie iſt es mit des Menſchen Tode?

Wird nicht der Geiſt des Menſchen als Erzeugniß eines höhern Geiſtes im Tode in deſſen Allgemeinheit oder Unbewußtſein zurückgenommen werden, wie er ſich erſt aus demſelben heraus individualiſirt hatte?

Iſt es doch ſo mit den Erzeugniſſen unſeres eignen Geiſtes. Unſre Gedanken treten hervor aus dem Unbewußtſein, um wieder darin zu verlöſchen. Nur der ganze Geiſt hat Beſtand in der Flüchtigkeit und Vergänglichkeit des Einzelnen, was in und aus ihm kommt.

Auch der Leib des Menſchen zergeht im Tode wieder in den allgemeinen Leib der Natur oder der Erde, wie er ſich erſt daraus heraus individualiſirt hatte. Sein kleiner Leib zergeht, der große bleibt. Der Geiſt wird aber nicht umſonſt vom Leib getragen; er hat auch deſſen Schickſal mitzutragen.

Wie kann noch Zweifel ſein, wo Alles ſtimmt nach allen Seiten?

Es iſt die alte Frage und das alte Bedenken, was ſich hier gegen unſere Zukunft erhebt, gleichgültig übrigens, ob wir dabei an unſer Zergehen in einem Geiſt und Leib des Irdiſchen oder in Gott denken wollen, denn indem wir im Einen zergehen, zergehen wir im Andern.

So drohend aber ſchwebt die Frage und das Bedenken über unſeren Häuptern, und ſo in Eins verflochten iſt das Geſchick des Menſchen und der Erde, daß es in Wahrheit nur ein traurig halbes Werk wäre, wollten wir nicht, nachdem wir die Seele der Erde zu retten geſucht, nun auch des Menſchen Seele jenem Bedenken gegenüber zu retten ſuchen.

Und gerade das, was Andern ſo bedenklich däucht, ſoll ſie uns retten. Daß der Menſchengeiſt Erzeugniß und Moment eines höhern Geiſtes ſei, ſcheint Vielen die Gefahr zu bringen. Für uns aber hängt gerade daran, daß er in einem Höhern und Höchſten ſei und bleibe, alle Sicherheit. Wenn die Menſchenſeele nicht ſchon jetzt im Schooße eines ſelbſtlebendigen Geiſtes getragen wird, und der Menſchenleib einem ſelbſtlebendigen Leibe angehört; ſo weiß ich in der That nicht, wo Platz und Sitz für das künftige Leben des Menſchen ſein ſoll, nachdem er ſeine jetzige Daſeinsweiſe aufgegeben; der Tod entzieht ihm, dem nur auf den eigenen Lebensquell Gewieſenen, dann mit den Bedingungen des bisherigen Lebens die Bedingungen des ganzen Lebens; iſt aber die Erde und in weiterm Sinne die Welt um uns lebendig, ſind wir ſchon jetzt Theilhaber ihres Lebens, ohne darin zu verſchwimmen, und darin zu verlieren, ſo erſcheint alsbald der Tod nur wie der Durchbruch aus einer niedern engern in eine höhere weitere Lebensſphäre des Geiſtes und Leibes, deſſen Glieder wir ſchon ſind, und unſer engres niederes Leben dieſſeits ſelbſt nur wie das Saamenkorn des höheren weitern jenſeits. Nun freilich, wenn der Saame birſt, ſo breitet ſich die Pflanze auseinander; das Pflänzchen meint im Augenblicke, es vergehe, nachdem es erſt ſo lange im Saamenkorne eng gefaltet lag; doch wie, vergeht's denn wirklich und verfließt mit andern Pflanzen? Vielmehr gewinnt es eine neue Welt.

Was ſo Viele irrt, iſt eine unrichtige Analogie. Sofern die Menſchengeiſter Erzeugniſſe eines höhern Geiſtes, wie unſre Gedanken des unſeren, ſoll nun auch der Tod zu vergleichen ſein mit einer Zurücknahme dieſer Gedanken ins Unbewußtſein, wie die Geburt mit einem Hervortreten derſelben aus dem Unbewußtſein dieſes Geiſtes. Ich meine aber, dazwiſchen iſt nichts gleich.

Gedanken ſpinnen ſich fort an Gedanken; einer verfließt allmälig in den andern; damit einer komme, muß ein andrer gehen, und wie er geht, ſo kommt aus ihm der andre; und wie der Gedanke geiſtig, verfließt die leibliche Regung, die ihn tragen mag, in die des folgenden Gedankens. Da bricht nichts plötzlich ab. Ein ruhig Gehen iſt's, ein Fortgeſchehen.

Aber der Tod iſt ein plötzlich Weſen, ſcharf abſchneidend einen früheren Zuſtand, abbrechend, nicht ſchlagend eine Brücke zu verwandten Weſen, nicht fortſpinnend ſeinen geiſtigen Faden, ſondern kurz abreißend, den Leib dazu zerbrechend, ſchroff mit einem Male. Aus iſt der alte Zuſtand. Das iſt Alles. Wenigſtens ſo ſcheint es.

Nicht anders ſchroff als mit dem Tode iſt es mit der Geburt. Tritt nicht jeder Menſchengeiſt als ein eigenthümlich neues, in ſeiner Art unzuberechnendes, Ereigniß in die Geiſterwelt, als neuer Anfang, zum Theil wohl als ein Abdruck früherer Geiſter, aber nicht draus fortgeſponnen. Ein jeder Geiſt iſt wie ein neues Wunder. Nun ſpinnt die alte Geiſterwelt ſich erſt hinein mit ihrem alten Wiſſen, Glauben; doch ſind die alten Geiſter nicht der Stoff, aus dem der neue kam. Des Vaters und der Mutter Geiſt ſind freilich als Anlaß zur Entſtehung nöthig, als Werkzeug, wenn du willſt, in eines Größern Hand; doch gehen nicht über in des Kindes Geiſt, noch erlöſchen, wie des Kindes Geiſt erwacht. Es hängt überhaupt gar nicht unmittelbar wie Urſach und Folge, vielmehr nur fern in einer höhern Ordnung, zuſammen, daß Geiſter kommen, Geiſter gehen, indeß es unmittelbar wie Urſach und Folge zuſammenhängt, daß Gedanken gehen, wie andere entſtehen, denn die alten gehen nur, indem ſie in die neuen übergehen.

So paßt das Bild nach allen Seiten wenig; aber ein anderes ſteht zu Gebote, freilich auch nur ein Bild und das deshalb nicht allwegs paſſen kann. Aber wenn es auch nur um ein Weniges beſſer paßte als jenes, warum von jenem die Hoffnung auf ein Jenſeits ſich noch verkümmern laſſen, als gäbe es keinen Ausweg? In der That aber paßt das, was wir bringen, mehr.

Schlag' deine Augen auf, plötzlich fällt ein Bild darein, aus Nichts erklärlich, was bisher in deinem Geiſte war, ein neuer Anfang, aus dem Vieles werden kann; was kann ſich nicht durch das neue Bild in deinem Geiſte Alles entwickeln; wie kann es neu aufrühren deine ganze innere Welt, nicht anders als ein neugeborener Menſch die ganze äußere Welt. In gewiſſer Beziehung zwar wird es immer ein Abdruck ſchon gehabter Bilder ſein, wie jeder neu geborene Menſch in gewiſſer Beziehung nur frühere wiederholt, doch iſt's ein neuer Abdruck, iſt kein Fortgeſpinnſt der alten, und gleicht nie ganz den frühern. Dein beſeelter Leib muß Säfte, Kräfte und Empfindung hergeben, das Bild in ſeinem Schooße leiblich geiſtig zu geſtalten und zu erhalten, nicht anders als der Leib der Erde Säfte, Kräfte und Empfindung hergeben muß, um einen neuen Menſchen in ſeinem Schooße zu geſtalten und zu erhalten. Du für dich allein vermöcht'ſt es freilich nicht, das Bild in dir zu ſchaffen; die Welt, die dich umfängt, die wirſt ihr Bild in dich; und ſo vermöchte die Erde für ſich allein nicht einen Menſchen zu ſchaffen; Gott, der ſie umfängt, der wirſt ſein Bild in ſie. Denn nicht blos iſt der Menſch ein Sproß und Bild der Erde, er iſt ein Sproß und Bild der ganzen gottbeſeelten Welt, obwohl zunächſt der Erde. Du ſchauſt dich ſelbſt auch mit in jedem neuen Bilde, ſo ſchaut die Erde ſich in jedem neuen Kinde. Das neue Bild in dir iſt wie ein neues Kind auf Erden, ein neues Erdenkind iſt wie ein neues Bild in dir. Nur daß du freilich als ein Kind der Erde mehr biſt und mehr bedeuteſt als ein Bild in dir, weil auch die irdiſche Welt, in die du trittſt als Kind, mehr iſt und mehr bedeutet, als die, in die das Bild tritt.

Ich meine in Wahrheit, des Menſchen erſtes leiblich geiſtiges Werden, Eintreten ins große leiblich geiſtige Reich der irdiſchen Welt durch Gottes ſchöpferiſches Walten, womit begonnen iſt eine neue, durch nichts im ſelben Reich erklärte, Reihe von Geſchicken darin, gleicht viel mehr ſolch' erſtem Werden, Eintreten eines neuen leiblich geiſtigen Bildes in dein kleines Reich des Leibes und des Geiſtes, womit auch begonnen iſt eine neue, durch nichts im ſelben Reich erklärte, Reihe von Geſchicken darin, als jenes Hervorfließen eines Gedankens aus dem andern. Auch mag der Umſtand ſich gar wohl vergleichen, daß das Bild in dir wie das Kind auf Erden damit beginnt, etwas rein Sinnliches zu ſein, doch tritt's alsbald in höhere geiſtige Bezüge, Erinnerungen, Begriffe, Ideen ergreifen und begeiſten es alsbald in höherm Sinne. Der Anfang nur iſt bloße Sinnlichkeit, die Folge mehr.

Doch womit vergleichen wir das Sterben?

Schlag' zu dein Auge! Auf einmal erblaßt das Bild, das helle, warme, iſt plötzlich hin, geht in kein andres über; die Säfte und Kräfte, die ſich von allen Seiten ins Auge zuſammengedrängt, das Bild zum Träger von Empfindung zu geſtalten, verfließen kurzweg wieder in den allgemeinen Leib. Wer kann noch etwas vom Bilde im ganzen Leibe wiederfinden? Es iſt Alles aus. So iſt dein Tod, gleich plötzlich, ſchlagend, abbrechend, wie der Augenzuſchlag. Die Nacht des Todes zieht mit einem Male einen Schleier vor die ganze Anſchauung, die der höhere Geiſt durch dich bisher gewonnen; ſie ſchwindet, die helle, warme, und wie das individuellgeſtaltete leibliche Bild in deinem Auge wieder verfließt in den größern Leib, der es erſt geboren, ſo dein individuell geſtalteter Leib wieder in den größern Leib der Erde, der erſt Säfte und Kräfte dazu gegeben.

So wahr es aus iſt bei dem Augenzuſchlag im Leben mit dem Bilde, ſo wahr wird's bei dem Augenzuſchlag im Tode aus ſein mit dir. So wahr; ja ſicher; aber auch nicht wahrer. Und wirſt du an dein künftig Leben glauben, wenn hinter dem Leben jenes Bildes noch ein zweites hervorbricht, ein höheres, ein freieres, ein ſchrankenloſeres, ein leibloſeres oder freier leibliches, all' wie du's wollteſt von deinem künftigen Leben? Was geſchieht am Bild in dir, warum ſoll das nicht geſchehen können an dir in einem Größeren denn du; geſcheh's nur auch in einem größern Sinne?

Wenn ich das Auge ſchließe, und das ſinnliche Bild erliſcht, erwacht dann nicht ſtatt ſeiner das geiſtigere der Erinnerung? Und wenn mich vorher der gegenwärtige Moment der Anſchauung ganz befing, ich ſah zwar Alles hell und ſtark, doch immer nur, was eben da und wie ſich's eben aufdrang, ſo fängt jetzt die Erinnerung alles deſſen, was die Dauer meiner Anſchauung umfaßte, im Einzelnen wohl weniger hell, im Ganzen lebendiger und reicher, ſelbſtkräftig an, in mir zu leben und zu weben und zu verkehren mit allem Andern, was durch frühere Anſchauungen und andere Sinne erinnernd in mich eingegangen iſt.

Wenn ich nun das Auge im Tode ſchließe und mein ſinnliches Anſchauungsleben erliſcht, wird dann nicht auch ſtatt ſeiner ein Erinnerungsleben im höhern Geiſt dafür erwachen können? Und wenn er durch mich im Anſchauungsleben Alles hell und ſtark ſahe, doch immer nur, was eben da war, und wie ſich's eben aufdrang, wird nicht jetzt auch die Erinnerung alles deſſen, was mein Anſchauungsleben umfaßte, im Einzelnen wohl weniger hell, im Ganzen lebendiger und reicher, ſelbſtkräftig anfangen zu leben und zu weben, und in Beziehung und Verkehr zu treten mit den Erinnerungskreiſen, die er durch den Tod andrer Menſchen gewonnen? So wahr aber mein Anſchauungsleben das eines ſelbſtſtändig in ihm ſich fühlenden und unterſcheidenden Weſens war, ſo wahr wird es auch noch das Erinnerungsleben ſein müſſen.

Denn vergeſſen wir im Gebrauche der Analogie nur nicht die Unterſchiede, die daran hängen, daß wir doch ſchon im Anſchauungsleben des höhern Geiſtes etwas ſehr Andres ſind, als unſere Anſchauungen in uns, und der höhere Geiſt ſelbſt etwas Höheres als wir. Aus dem Ungleichen aber folgt eben ſo Ungleiches, wie aus dem Gleichen Gleiches. Unſre Erinnerungen ſind nur unſelbſtſtändige Weſen, getrieben von dem Strome und wieder darin treibend, ohne um ſich ſelbſt und das zu wiſſen, was ſie treiben. Aber deshalb wird nicht von dir dereinſt daſſelbe gelten. Denn da du ſchon hier ſelbſtſtändig, um das wiſſend biſt, was dich treibt und was du treibſt, ſo wird es auch in deinem Erinnerungsdaſein der Fall ſein. Erinnerung biſt du nur, ſofern du geiſtig hinterbleibſt nach Zerſtörung deiner jetzigen ſinnlichen Exiſtenz, doch mehr als Erinnerung, ſofern ſchon das, aus dem du geiſtig hinterbleibſt, mehr iſt, als das, woraus Erinnerung hinterbleibt. Auch unſre Erinnerung ſpiegelt die weſentlichen Eigenthümlichkeiten deſſen, woraus ſie erwuchs. So die Erinnerung, die aus dir im höhern Geiſt erwächſt. Dein Eigenthümlichſtes, deine Individualität, kann dabei nicht verloren gehen, auch ſie beſteht noch im Erinnern fort. Wäre das empfundene Bild in dir ſchon ſelbſtſtändig, ſelbſtbewußt in demſelben Sinne, als du es hienieden biſt, ſo würde auch ſeine Erinnerung in dir es ſein. Und ſo gilt es auch ſonſt überall, die Seite der Unterſchiede neben der Seite der Uebereinſtimmung ins Auge zu faſſen, und nicht, was ſchwach und kümmerlich und eng in dir, auch eben ſo im größern Geiſt zu ſuchen. Denke dir vielmehr da Alles unſagbar weit und groß und hoch und reich und kräftig und frei und auseinandergehalten, ſo wirſt du der Sache genug thun, und deine Hoffnungen werden gut fahren.

So kann mein enger Geiſt natürlich nicht ſo viel Erinnerungen oder Erinnerungsgebiete auf einmal zugleich im Bewußtſein unterſchieden tragen, als der größere Geiſt, weil er auch nicht ſo viel Anſchauungen oder Anſchauungsgebiete auf einmal zugleich im Bewußtſein unterſchieden tragen kann. So wie ſich alſo die Erinnerungen in meinem Geiſte verdrängen und immer nur nach einander im Bewußtſein auftauchen, wird es nicht im höhern Geiſte ſein, weil es nicht mit den Anſchauungen ſo iſt; ſo gut in tauſend verſchiedenen Menſchen tauſend verſchiedene

Anſchauungsgebiete klar und ſelbſtſtändig neben einander in ihm beſtehen, ſo gut auch tauſend Erinnerungsgebiete mit einander. Da wird nicht immer eins, um in's Bewußtſein zu treten, zu warten brauchen, daß das andre im Bewußtſein des höhern Geiſtes erlöſche, weil ſchon ein Anſchauungsgebiet nicht darauf wartet, ins Bewußtſein zu treten, daß das andre im Bewußtſein des höhern Geiſtes erlöſche.

Du haſt überhaupt blos zwei Augen zuzuſchlagen, und ſind ſie zu, iſt Alles für deine Anſchauung zu, bis du ſie wieder öffneſt; damit hilfſt du dir, um neue Anſchauungen zu gewinnen; er hat die Augen aller Menſchen zuzuſchlagen, behält noch tauſend offen, wenn er tauſend zuſchlägt, und ſtatt die im Tode zugeſchlagenen je wieder zu öffnen, ſchlägt er tauſend neue dafür auf an andern Orten, ſo hilft er ſich, und gewinnt dadurch in viel höherm Sinne immer neue Anſchauungen denn du, indeß er zugleich die Erinnerungen der frühern verarbeitet im Verkehr der jenſeitigen Geiſter. Ein jedes neue Menſchenaugenpaar iſt ihm ein neues Eimerpaar, womit er Beſondres ſchöpft in beſonderer Weiſe, ſogar aus Altem ſchöpft in neuer Weiſe; du biſt ſelbſt blos ein Träger eines ſolchen Eimerpaars in ſeinen Dienſten; haſt du genug geſchöpft für ihn, ſo heißt er es dich heimtragen, thut den Deckel außen auf die Eimer, um ja nichts zu verſchütten und öffnet ſie im Innern ſeines Hauſes; nun gilt es, das Geſchöpfte weiter zu verbrauchen. Aber nicht entläßt er dich den Diener. Der du es heimgetragen haſt, mußt nun deſſen auch im Innern walten; denn draußen braucht er dich nicht mehr; doch drinnen biſt du ihm nun nütze, das weiter zu verarbeiten, was du haſt geſchöpft. Da ſtehen tauſend Arbeiter, die wie du das Ihrige ihm heimgetragen, und arbeiten ſich in die Hände in dem Hauſe deſſelben Geiſtes; erſt jetzt recht wiſſend, was es gilt. Wie viel näher kommen ſie ſich jetzt, da ſie die vollen Eimer von allen Seiten zuſammentragen, als da ſie zum Schöpfen ſie nach allen Seiten austrugen, und immer einzeln einer nur dem andern begegnete, und ſie fragten ſich, woher, wohin, und irrten um die noch verſchloſſene Thür des Hauſes, die ſich erſt im Tode aufthut. Was iſt nun dein Lohn? Wie gütig iſt der Herr! All was du heimgetragen und was du damit ſchaffſt am Werke des höhern Geiſtes, iſt dein Lohn; er behält nichts für ſich allein, er theilt es ſo mit dir, daß er es ganz hat und du haſt es ganz, weil du ſelber biſt ganz ſeine. Nun ſorge, daß du ihm Gutes heimträgſt; du trägſt es dir heim.

Doch verlieren wir uns nicht aus einem Bilde ins andere, ſondern faſſen noch Einiges ins Auge, worin das Bild, das bisher unſren Betrachtungen untergelegen, theils nicht zu treffen ſcheint, theils wirklich nicht trifft.

Erinnerung in uns erſcheint in gewiſſer Weiſe blos als ein entwickelungsloſer Nachklang der Anſchauung, welcher nichts mehr zu dem gewinnen kann, was in der Anſchauung ein- für allemal gegeben iſt. Soll unſer künftig Leben auch nichts ſein, als ſolch' entwickelungsloſer Nachhall des jetzigen? Aber Erinnerung kann nur in ſofern ſich nicht weiter entwickeln, als es die Anſchauung nicht thut; doch wir entwickeln uns ſchon hier: ſo wird auch unſre Erinnerung ſich entwickeln; ſie nimmt die Kräfte deſſen mit, woraus ſie iſt geboren. Und doch, wer ſagt, daß unſre Anſchauungen und Erinnerungen ſich nicht entwickeln? Vielmehr was entwickelt ſich nicht Alles in uns aus unſern Anſchauungen und folgweis Erinnerungen? Der Menſch wird als ſinnliches Anſchauungsweſen geboren und ſchließt als höheres Ideenweſen. Ideen aber tragen den Keim ihrer Fortentwickelung in ſich ſelbſt. Du wirſt alſo auch, weil du nicht blos Anſchauungen, ſondern Ideen hinübernimmſt in die andre Welt, auch deine Ideenwelt dort fortentwickeln.

Viel Einzelnes, was wir geſehen, tritt gar nicht beſonders wieder in unſre Erinnerung, nur dieß und das, ſei's auch, daß Alles beiträgt, unſer Seelenleeben im Ganzen fortzubilden, denn nichts iſt ohne Nachwirkung in uns. Werden alſo etwa viele Menſchen auch gar nicht im Erinnerungsreiche des höhern Geiſtes beſonders wieder auftreten; nur dieſe und jene, die andern nur im Allgemeinen beitragen, das Leben des höhern Geiſtes fortzubilden? So wären auch wir wieder zum Verſchwimmen der Geiſter zurückgelangt. Aber nur darum treten viele Anſchauungen in uns nicht beſonders wieder in die Erinnerung, weil ſie ſchon als Anſchauungen nichts ſo beſondres ſind als wir, unſer ganzes Anſchauungsleben vielmehr ein Fluß iſt. Eines Jeden Anſchauungsleben aber bildet ſeinen beſondern Fluß, und ſo wird auch eines Jeden Erinnerungsleben ſeinen beſondern Fluß bilden und die verſchiedenen Flüſſe der Erinnerung werden ſo wenig in einen zuſammenfließen, als die der Anſchauung.

Auch das hängt zuſamen mit der Höhe und Weite des Geiſtes über uns. Er iſt ein Stromgebiet, indeß ein Jeder von uns nur ein Strom, im Anſchauen ſo wie im Erinnern.

Was wenig trifft im Bilde einzelner Anſchauungen deſſelben Sinnesreiches, wird auch gleich treffender im Bilde ganzer Sinnesreiche, weil dies der Sache ſelber uns mehr nähert. Mag viel des einzelnen Geſehenen und Gehörten in der Erinnerung verſchwimmen, ſo verſchwimmen doch die ganzen Erinnerungsreiche des Sehens, Hörens in uns nicht eben ſo in einander, weil ſchon die Sinnesreiche des Sehens, Hörens ſelbſt mehr als beſondere Ströme fließen, denn die Wellen des einzelnen Geſehenen, Gehörten darin. Nun aber um ſo mehr und in noch höherm Sinne, als die verſchiedenen Sinnesreiche eines Menſchen, ſind die ganzen Sinnesreiche verſchiedener Menſchen als verſchiedene Ströme zu betrachten. Mag alſo auch viel Einzelnes, was uns in unſerm dieſſeitigen Sinnesleben begegnet, in unſerm jenſeitigen Erinnerungsleben nicht wieder beſonders auftauchen, mag es mit Anderm verfloſſen nur ein gemeinſchaftlich Reſultat in unſerm Geiſte geben, doch ſicher taucht ein beſonderes Erinnerungsleben in Bezug zu eines jeden ganzem Sinnesleben im höhern Geiſte wieder auf und verfließt mit dem von andern Menſchen nicht.

Der Vergleich der verſchiedenen Menſchen mit ganzen Sinnesſphären des höhern Weſens trifft überhaupt nach manchen Beziehungen beſſer als der Vergleich derſelben blos mit Bildern derſelben Sinnesſphäre, doch iſt der letzte Vergleich nicht nur oft handlicher, ſondern trifft auch ſeinerſeits nach andern Beziehungen beſſer, theils in Betracht der großen Menge und räumlichen Verhältnißbeziehungen der Menſchen, die ſich in der Menge und den räumlichen Verhältniſſen der Anſchauungsbilder wiederſpiegeln, theils der Artübereinſtimmung der Menſchen, die ſich in der Artübereinſtimmung der Anſchauungen deſſelben Sinnes wiederſpiegelt, indeß ſich jedoch die reale Gegenüberſtellung der Menſchen nicht ſo darin wiederſpiegelt *. Hier eben fängt die andre

---

* Die reale Gegenüberſtellung der Weſen ſteht mit der Artübereinſtimmung derſelben nicht in Widerſpruch. Zwei Flüſſe von gleichgeartetem Waſſer können ſich doch in Realität mehr als etwas Beſonderes gegenüberſtehen, als ~~die Wellen~~ von Wein und Waſſer in demſelben Fluſſe.

eine Welle

Wendung des Vergleichs an triftiger zu werden. Man wird daher bald die eine, bald die andre Wendung vorziehen dürfen, je nachdem es der Geſichtspunct des Vergleiches ſelbſt mit ſich bringt, oder, wenn man ſich vorzugsweiſe nur an eine Wendung halten will, wie von uns geſchieht, das Princip des Schluſſes vom Ungleichen auf's Ungleiche (Th. II. S. 273 f.) bei Auslegung des Bildes gehörig zuzuziehen haben, indem man ſich zu erinnern hat, daß ohne deſſen Hülfe überhaupt kein Bild, keine Analogie triftig auslegbar und verfolgbar, indeß man mit Hülfe deſſelben auch von an ſich nur halb treffenden Analogien wohl Gebrauch machen kann.

Meine Erinnerung iſt ſchwach, iſt blaß, gehalten gegen die Anſchauung. Wird ſo mein künftig Leben auch ſein gegen das jetzige, da der höhere Geiſt mich nach dem Anſchauungsleben erinnernd in ſich aufnimmt? Aber iſt es nicht ein Andres, ob ich ſchwacher Menſch blos die oberflächliche Anſchauung meines Auges erinnernd in mich aufnehme, oder ob ein höheres Weſen meinen ganzen vollen Menſchen in ſich aufnimmt: das wird auch einen ganz andern vollern Nachklang geben: Und ich werde dieſer Nachklang ſein. Alſo miß nicht nach der Schwäche deiner jetzigen Erinnerung die Schwäche deines einſtigen Erinnerungslebens.

Das Maſſive Handgreifliche deines jetzigen Lebens mag freilich künftig ſchwinden, dein Leib nicht mehr mit Händen zu faſſen ſein, nicht mehr mit ſchweren Füßen gehen, nicht mehr Laſten tragen und bewegen können, wie hier; all' das liegt im Grab, liegt hinter dir; in all' dem mag dein künftig Leben wirklich machtloſer und kraftloſer ſein als dein jetziges. Denn unſtreitig wird ſich das Verhältniß ſinnlicher Abſchwächung, was zwiſchen Anſchauungen und Erinnerungen in uns beſteht, auch zwiſchen unſerm

Anſchauungsleben und Erinnerungsleben im höhern Geiſte wiederſpiegeln; die Analogie wird keinen Bruch erleiden; und ſo mag unſer künftiges Erinnerungsleben überhaupt leicht, licht, luftig, äußerlich unfaßlich gegen unſer jetziges ſchweres, dickes, ſattes, mit groben Sinnen ergreifliches und nur mit ſolchen Sinnen ergreifliches Leben erſcheinen; ſtatt ſchwerer anſchaulicher Leibesgeſtalten mögen leichte freier bewegliche Erinnerungsgeſtalten im Haupt des höhern Geiſtes wandeln; wir kommen darauf künftig. Nun aber gilt es nicht blos, dieſe ſinnliche Abſchwächung unſres künftigen Erinnerungslebens gegen unſer jetziges Anſchauungsleben, ſondern auch die Steigerung unſres künftigen Erinnerungslebens gegen unſer jetziges Erinnerungsleben in Betracht zu ziehen, eine Steigerung, die mit jener Schwächung ſelbſt zuſammenhängt.

In der That derſelbe Umſtand, der unſer bisheriges Anſchauungsleben im Tode blaß, kraft- und farblos werden läßt, iſt es, der unſer bisher blaſſes, kraft- und farbloſes, undeutliches Erinnerungsleben fortan hell, kräftig, lebendig, farbig, voll, beſtimmt machen wird, die Aufhebung unſres dieſſeitigen Anſchauunglebens nämlich in das jenſeitige Erinnerungsleben ſelbſt. Das Anſchauungsleben geht im Tode nicht unter, vielmehr es geht auf, wird aufgehoben in ein höheres Leben, wie das Leben der Raupe, der Puppe nicht untergeht, wenn der Schmetterling hervorkommt, ſondern im Schmetterling ſelber nur zu einer höhern, freiern lichtern Form erhoben wird. Als Raupen- Puppenleben beſteht es freilich nicht mehr. Directe Betrachtungen knüpfen ſich hier an analogiſche.

Sieh zu, ſchon jetzt, je feſter ſich einmal alle meine Sinne ſchließen vor dem Aeußern, je mehr ich mich zurückziehe in die Verdunkelung des Aeußern, ſo wacher, heller wird das Erinnerungsleben, das längſt Vergeſſene fällt mir wieder ein. Der Tod thut aber nichts anders, als die Sinne ganz feſt, auf immer ſchließen, ſo daß auch die Möglichkeit des Wiederöffnens erliſcht. So tief iſt kein Augenſchluß im Leben, ſo hell kann auch kein Erwachen von Erinnerungen ſein, als es im Tode ſein wird. Was der Augenſchluß im Leben nur vorübergehend, oberflächlich thut für *einen* Sinn, für *einen* kurzen Tag, das thut der letzte tiefſte Augenſchluß für die Geſammtheit deiner Sinne und in Bezug zu deinem ganzen Leib und Leben, thut's mit dir in Bezug zu einem höhern Geiſt und Leibe, indeß der Augenſchluß im Leben es nur gethan mit dem Bild im Auge zu dir. Alle Kraft, die ſich zwiſchen deinem dieſſeitigen Anſchauungsleben und Erinnerungsleben theilt, fällt im Jenſeits deinem Erinnerungsleben allein zu, denn nur eben darum iſt dein jetziges Erinnerungsleben ſo ſchwach, weil das Anſchauungsleben hienieden den größten Theil der Kraft, die auf dich vom höhern Geiſt verwandt wird, in Anſpruch nimmt. Wenn aber die dieſſeitige Anſchauung ganz todt, ja wenn eine neue ganz unmöglich geworden iſt, wird jede alte in Erinnerung wieder möglich werden. Ein volles Erinnern an das alte Leben wird beginnen, wenn das ganze alte Leben hinten liegt, und alles Erinnern innerhalb des alten Lebens ſelber iſt blos ein kleiner Vorbegriff davon.

Was wir jetzt in Erinnerungen und höhern Bezügen derſelben leben, iſt gleichſam nur ein leichter Hauch, der ſich über unſer jetziges Anſchauungsleben erhebt, wie ein leiſer Dampf unſichtbar über dem erzeugenden Waſſer ſchwebt, als Vorläufer in daſſelbe Himmelblau, wohin zuletzt das ganze Waſſer will. Vernichte, zerſtöre aber das Waſſer, jage es in alle Lüfte, denn freilich wahrhaft vernichten, zerſtören kannſt du es ſo wenig, als einen Menſchen, indeß ſcheinbar eben ſo gut, mit einem Worte verwandle es ganz in Dampf, wie ungeheuer viel ausgedehntere mächtigere Wirkungen wird dieſer Dampf erzeugen können, in den das ganze Waſſer ſich unſichtbar erhoben hat, als der ſich erſt nur vorbedeutend von ſeiner Oberfläche hob, ja wie viel ausgedehntere, mannichfaltigere, im Einzelnen unmerklichere, im Ganzen mächtigere Wirkungen als das Waſſer ſelbſt, das ſich darein gewandelt. In Wolken, Morgenroth und Abendroth, Regen, Donner, Blitz, kann es in ſeinem neuen höhern, freiern, lichtern, leichtern, klarern Zuſtande nun die wichtigſte Rolle im Haushalte der Natur ſpielen, indeß du wol gar thöricht meinſt, es ſei dahin, weil du es nicht mehr mit Händen greifen noch in ein beſondres Glas ſchöpfen kannſt.

Vergleichen wir nur auch hiebei nicht, was nicht vergleichbar iſt. Die Dämpfe des Waſſers ſind ein gleichförmig Weſen; aber das Waſſer iſt es ſchon, wie ſollte es nicht der Dampf ſein? Der Menſch hienieden iſt kein gleichförmig Weſen, wie ſollte es das ſein, was aus ihm kommt? Der Dampf, der aus dem Waſſer kommt, verfließt alsbald mit dem Dampf von allem andern Waſſer. Doch ſchon das Waſſer ſelbſt, woher der Dampf kommt, verfließt mit anderm Waſſer, das man dazu bringt; iſt nichts Individuelles. Der Menſch, aus dem der jenſeitige Geiſt kommt, verfließt aber nicht ſo mit andern Menſchen, die man dazu bringt, bleibt unter allen Einwirkungen, die ihm begegnen mögen, ein Individuelles. Was alſo ſchon im Grunde ungleich, davon erwarte auch wieder die entſprechend ungleiche Folge. Daß aber die Dämpfe ſich leichter und freier begegnen als die Wäſſer, daß ſie einen gemeinſamen Spielraum der Thätigkeit über den Wäſſern haben, die Wäſſer ſpeiſen, wie ſie von ihnen geſpeiſt werden; von all' dem werden wir das Entſprechende in den Verhältniſſen des Jenſeits und des Dieſſeits im Fortſchritt der Betrachtung wiederfinden.

Unſtreitig aber können ſolche fern liegende Bilder überhaupt nur zur nebenſächlichen Erläuterung dienen.

So denke dir alſo, daß nach dem letzten Augenſchluß, der gänzlichen Abtödtung aller diesſeitigen Anſchauung und Sinnesempfindung überhaupt, die der höhere Geiſt bisher durch dich gewonnen, nicht blos die Erinnerungen an den letzten Tag erwachen, ſondern theils die Erinnerungen, theils die Fähigkeit zu Erinnerungen an dein ganzes Leben, lebendiger, zuſammenhängender, umfaſſender, heller, klarer, überſchaulicher, als je Erinnerungen erwachten, da du immer noch halb in Sinnesbanden gefangen lagſt; denn ſo ſehr dein enger Leib das Mittel war, dieſſeitige Sinnesanſchauungen zu ſchöpfen und irdiſch zu verarbeiten, ſo ſehr war er das Mittel, dich an dies Geſchäft zu binden. Nun iſt aus das Schöpfen, Sammeln, Umbilden im Sinne des Dieſſeits; der heimgetragene Eimer öffnet ſich, du gewinnſt, und in dir thut's der höhere Geiſt, auf einmal allen Reichthum, den du nach und nach hineingethan. Ein geiſtiger Zuſammenhang und Abklang alles deſſen, was du je gethan, geſehen, gedacht, errungen in deinem ganzen irdiſchen Leben wird nun in dir wach und helle, wohl dir, wenn du engerm Sinn ſo nennt, wird alles das ins Jenſeits aufgehoben werden, was ſich des Höheren auf Grund von Erinnerungen ſchon hienieden in uns aufgebaut hat, ſammt den höher bauenden Vermögen ſelbſt. Und all' das wird zugleich im ſelben Verhältniß mit den Erinnerungen lichter, klarer werden. So iſt's ja auch, wenn wir das Aug' im Leben zeitweis vor dem Aeußern ſchließen. Da fängt die Ueberlegung, Einſicht, der höhere Gedanke, die Phantaſie, der Vorblick erſt recht lebendig in uns an zu ſpielen. Wie viel mehr wird es der Fall ſein, wenn wir's ewig ſchließen. So rechnen wir denn auch in unſer Erinnerungsleben all' dies Höhere gleich mit ein: der Ausdruck bleibt nur immer gut geeignet, das Verhältniß dieſes ganzen höhern Lebens, deſſen erſten Stoff und Unterlage die Erinnerungen des alten bilden, zum alten Leben ſelber gegenwärtig zu erhalten, und dies läßt uns ihn künftig ferner brauchen.

Manche ſind, die glauben wol an ein künftig Leben, nur gerade, daß die Erinnerung des jetzigen hinüber reichen werde, wollen ſie nicht glauben. Der Menſch werde neu gemacht, und finde ſich ein Anderer im neuen Leben, der wiſſe nichts mehr von dem frühern Menſchen. Sie brechen damit ſelbſt die Brücke ab, die zwiſchen Dieſſeits und Jenſeits überleitet und werfen eine dunkle Wolke zwiſchen. Statt daß nach uns der Menſch mit dem Tode ſich ganz und vollſtändig wieder gewinnen ſoll, ja ſo vollſtändig, als er ſich niemals im Leben hatte, laſſen ſie ihn ſich ganz verlieren: der Hauch, der aus dem Waſſer ſteigt, ſtatt den künftigen Zuſtand des ganzen Waſſers vorzubedeuten, und das endlich ſchwindende ganz in ſich aufzuheben, verſchwindet ihnen mit dem Waſſer zugleich. Nun ſoll es plötzlich als neues Waſſer in einer neuen Welt da ſein. Allein wie ward es ſo? wie kam's dahin? Die Antwort bleiben ſie uns ſchuldig. So bleibt man auch gar leicht den Glauben daran ſchuldig.

Was iſt der Grund von ſolcher Anſicht? Weil keine Erinnerungen aus einem frühern Leben ins jetzige hinüberreichen, ſei auch nicht zu erwarten, daß ſolche aus dem jetzigen ins folgende hinüberreichen werden. Aber hören wir doch auf Gleiches aus Ungleichem zu folgern. Das Leben vor der Geburt hatte noch keine Erinnerungen, ja kein Erinnerungsvermögen in ſich, wie ſollten Erinnerungen davon in das jetzige Leben reichen; das jetzige hat Erinnerungen und ein Erinnerungsvermögen in ſich entwickelt, wie ſollten Erinnerungen nicht in das künftige Leben reichen, ja ſich nicht ſteigern, wenn wir doch im künftigen Leben eine Steigerung deſſen zu erwarten haben, was ſich im Uebergange vom vorigen zum jetzigen Leben geſteigert hat. Wohl wird der Tod als zweite Geburt in ein neues Leben zu faſſen ſein; wir wollen ſelbſt die Gleichungspuncte noch verfolgen; aber kann darum Alles gleich ſein zwiſchen Geburt und Tod? Nichts iſt doch ſonſt ganz gleich zwiſchen zwei Dingen. Der Tod iſt eine zweite Geburt, indeß die Geburt eine erſte. Und ſoll uns die zweite zurückwerfen auf den Punct der erſten, nicht vielmehr von neuem Anlauf auf uns weiter führen? Und muß der Abſchnitt zwiſchen zwei Leben nothwendig ein Schnitt ſein? Kann er nicht auch darin

saur
BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01568/021

beſtehen, daß das Enge ſich plötzlich ausdehnt in das Weite?

Nach all' dem warum noch ängſtlich auf das Zergehen des Leibes im Tode blicken, als ſei es damit um dich gethan? Braucht auch die geiſtige Erinnerung in dir noch daſſelbe eng umſchriebene leibliche Bild zum verkörpernden Träger als die ſinnliche Anſchauung, ja kann ſie bei ihrer größern Freiheit ſolche enge Unterlage behalten? Warum ſoll der höhere Geiſt für dein künftig geiſtiges Erinnerungsleben noch eben ſo dieſelbe enge feſte leibliche Geſtalt zur Verkörperung brauchen, als er für dein ſinnlich Anſchauungsleben brauchte, ja wie könnte er ſie dazu brauchen, wenn dein künftig Leben auch um ſo viel freier als dein jetziges ſein ſoll? Haſt du nicht immer geſprochen von einem Abthun der Bande der Leiblichkeit im Jenſeits? Du ſiehſt ein ſolches ſchon im Kleinen innerhalb deiner ſelbſt vorgeſpiegelt, ohne daß das Geiſtige, was an dem Leiblichen haftet, verloren geht; warum nicht das Entſprechende nur in höherm Sinne ſuchen in einem Höheren denn du, da du nicht blos etwas Enges in deinem Leibe, ſondern deinen engen Leib ſelbſt in dem größeren Leibe zergehen ſiehſt. Wenn doch mit dem Zergehen des materiellen Bildes in deinem Leibe nicht auch das Geiſtige des Bildes in deinem Geiſte zergeht, warum ſoll denn mit dem Zergehen deines Leibes in dem größeren Leibe dein Geiſt in dem größern Geiſte zergehen, warum nicht auch blos um ſo freier in ihm exiſtiren?

In ähnlichem Sinne ſchreibt der heilige Auguſtin an Evodius:

„Ich will dir etwas erzählen, worüber du nachdenken kannſt. Unſer Bruder Gennadius, uns Allen bekannt, einer der berühmteſten Aerzte, den wir vorzüglich liebten, der jetzt zu Karthago lebt und ſich ehedem zu Rom ausgezeichnet hatte, den du ſelbſt als einen gottesfürchtigen Mann und mitleidsvollen Wohlthäter kennſt, hatte, wie er uns vor Kurzem erzählt, als Jüngling und bei aller ſeiner Liebe für die Armen, Zweifel, ob es wohl ein Leben nach dem Tode gebe. Da nun Gott ſeine Seele nicht verließ, erſchien ihm im Traum ein Jüngling, hellglänzend und würdig des Anblicks, und ſprach zu ihm: folge mir. Als dieſer ihm folgte, kam er zu einer Stadt, wo er zur rechten Seite Töne des lieblichſten Geſanges vernahm. Da er nun gern gewußt hätte, was dies wäre, ſagte der Jüngling, es ſeien Lobgeſänge der Seligen und Heiligen. Er erwachte; der Traum entfloh, er dachte aber ſo weit noch nach, als man über einen Traum zu denken pflegt. In einer andern Nacht, ſiehe! da erſchien ihm der nämliche Jüngling wieder, und fragte, ob er ihn kenne? Er antwortete, daß er ihn gut kenne, worauf der Jüngling weiter fragte, woher er ihn denn kenne? Gennadius konnte genau Antwort geben, konnte den ganzen Traum, die Geſänge der Heiligen, ohne Anſtoß erzählen, weil ihm Alles noch in friſchem Andenken war. Dann fragte ihn der Jüngling, ob er das, was er ſo eben erzählt habe, im Schlafe oder wachend geſehen habe. Im Schlafe, antwortete er. Du weißt es recht gut und haſt Alles wohl behalten, ſagte der Jüngling; es iſt wahr, du haſt es im Schlafe geſehen, und wiſſe, was du jetzt ſiehſt, ſiehſt du auch im Schlafe. — Jetzt ſprach der lehrende Jüngling: wo iſt denn nun dein Leib? Gennadius: In meiner Schlafkammer. Der Jüngling: Aber weißt du, daß deine Augen jetzt an deinen Körper gebunden zugeſchloſſen und unthätig ſind? Gennadius: Ich weiß es. Der Jüngling: Was ſind denn alſo das für Augen, mit denen du mich ſiehſt? Da wußte Gennadius nicht, was er antworten ſollte und ſchwieg. Da er zögerte, erklärte ihm der Jüngling das, was er mit dieſen Fragen lehren wollte, und fuhr fort: Wie die Augen deines Leibes jetzt, da du im Bette liegſt und ſchläfſt, unthätig und unwirkſam ſind, und dennoch jene Augen, mit denen du mich ſiehſt und dies ganze Geſicht wahrnimmſt, wahrhaftig ſind, ſo wirſt du auch nach dem Tode alsdann, wenn die Augen deines Leibes nicht mehr thätig ſind, doch noch eine Lebenskraft zum Leben und eine Empfindungskraft zum Empfinden haben. Laß dich alſo in keinen Zweifel mehr ein, ob nach dem Tode ein andres Leben ſei. — So ward mir, bezeugte der glaubwürdige Mann, aller Zweifel benommen. Und wer belehrte ihn wohl anders als die Vorſicht und Erbarmung Gottes?“ (August. epist. 159. Edit. Antwerp. t. I. pag. 428. Hier aus Ennemoſer Geſch. der Magie. S. 140).

Zwar du möchteſt auch im Jenſeits nicht ganz ohne Leib ſein; nur das Grobe Schwere möchteſt du fahren laſſen. Kann denn überhaupt je die Seele eines leiblichen Trägers ganz miſſen? Werden nicht auch meine Erinnerungen noch von etwas Leiblichem getragen? Wie könnten ſie ſtocken, wenn die Bewegungen in meinem Gehirn ſtocken, in Unordnung gerathen, wenn die Ordnung meines Gehirns geſtört wird? Wol werden ſie von etwas Leiblichem getragen, aber was ſie trägt, iſt nur eben nicht mehr in ein ſo enges Bild geſammelt, greift frei durch dein Gehirn, ja die Träger aller Erinnerungen mögen durch einander greifen; denke dir's etwa wie Wellen im Teiche durch einander greifen, ohne ſich zu ſtören; nur ein freierer Verkehr der Erinnerungen wird durch das einträchtige Zuſammen- und Durcheinanderwirken der leiblichen Anordnungen und Bewegungen, woran ſie ſich heften, möglich. Aufzeigen läßt ſich nichts davon in einem einzelnen begränzten Raume. Könnte es nun nicht auch ſo dereinſt mit unſerm leiblichen Daſein ſein? Wir nicht auch dereinſt, ohne ganz leiblos zu werden, wie es unſere Erinnerungen ebenſo wenig ſind, doch in einer freiern materiellen Exiſtenzweiſe gemeinſchaftlich die irdiſche Natur erfüllen und uns ſelbſt darin begegnen; alſo, daß wir doch verhältnißmäßig des beengenden und trennenden Leibes entkleidet erſchienen? Und könnten trotz dieſer Entkleidung doch geſtaltet erſcheinen wie früher, gleich wie die Erinnerungen an Geſtaltetes noch geſtaltet wie früher erſcheinen, ungeachtet ihnen die handgreiflich leibliche Geſtalt von früher nicht mehr unterliegt. So hätten wir den geiſtlichen Leib, von dem Paulus ſpricht. Künftig hiervon mehr. Aber jetzt gilt es uns noch nicht den Leib, ſondern die Seele zu retten. Genug, wenn wir ſehen, daß bei Zerſtörung eines anſchaulich materiellen Bildes in uns eine geiſtige Erinnerung davon hinterbleibt, ja erſt recht erwacht, ſo wird daſſelbe auch bei Zerſtörung unſers anſchaulichen Leibesbildes in dem größern Weſen, das uns hegt und trägt, der Fall ſein können. Und wir dürfen es uns dann nicht irren laſſen, wenn wir die neue materielle Baſis, auf die ſich unſer Erinnerungsleben einſt ſtützen wird, nicht gleich recht erkennen; da wir ſie ſelbſt für das beſchränktere Erinnern in uns hienieden nicht recht erkennen. Doch iſt ſie da. Sollte aber Jemand überhaupt eine beſondere materielle Baſis für die Erinnerungen in uns unnöthig halten, und es gibt ja deren Manche, die den Geiſt ſchon hienieden nicht genug des Leiblichen entkleiden können, ſo wird er ſich ebenſo die Frage nach einer beſondern materiellen Unterlage unſers künftigen Erinnerungslebens erſparen können. Die allgemeine Natur iſt ebenſo gut noch als allgemeine Unterlage dazu da, als das Gehirn für unſere Erinnerungen. Mag es ſich doch Jeder denken, wie er will, nicht die künftige Exiſtenz unſerer Seele wird dadurch in Frage geſtellt, nur die künftige Beziehung derſelben zur Leiblichkeit, in ähnlicher Weiſe, als es ſchon jetzt der Fall.

Unſtreitig kann man nicht ſchon vom Dieſſeits die Erfahrbarkeit von Zuſtänden verlangen, die herbeizuführen, erſt in der Natur und Beſtimmung des Jenſeits liegt. Indeß, da die Natur nicht leicht ſtrenge Scheidewände ſetzt, läßt ſich denken, daß doch mitunter ſchon im Dieſſeits Zuſtände eintreten, welche denen das Jenſeits erheblich ähnlicher ſind, als die gewöhnlichen, ohne freilich je zu denen des Jenſeits ſelbſt werden zu können, ſo lange dies noch nicht eingetreten iſt. Zumal wir doch ſchon im Dieſſeits etwas in uns haben, was nur geſteigert und erweitert und befreit zu werden braucht, um unſer Jenſeits zu geben. Wir werden aber ſolche Annäherungen vorzugsweiſe in den Fällen ſuchen und finden können, wo durch eigenthümliche Veranlaſſungen auf Koſten der Helligkeit des äußerlichen Sinneslebens das innere geiſtige Leben in ungewöhnlichem Grade wach und zu ungewöhnlichen Leiſtungen befähigt wird, wenn zumal dieſe Veranlaſſungen nur geſteigert zu werden brauchten, um wirklichen Tod herbeizuführen. Solche Fälle kommen wirklich vor. Freilich bleiben ſie für unſere jetzigen Verhältniſſe immer abnorm, und man muß an dem krankhaften Charakter, den ſie für das Dieſſeits tragen, keinen Anſtoß nehmen, als könnten ſie deshalb keinen Anklang an das künftige Leben bedeuten. Sollte ein Hühnchen im Ei einmal die Augen oder Ohren öffnen und etwas vom äußern Lichte durch die Schaale durchſcheinen ſehen oder etwas von Schall durchklingen hören, ſo würde das auch krankhaft und ſeiner Entwickelung im Ei gewiß nicht zuträglich ſein; aber es iſt doch gar nicht krankhaft, wenn es nach dem wirklichen Durchbruche durch die Schaale ſich in dem Reich des Lichtes und der Töne frei bewegt.

Zunächſt einige Beiſpiele, durch welche ſich mir einigermaßen das zu erläutern ſcheint, was ich ein Lichtwerden des innern Geiſtesbaues mit dem Tode nannte; obwohl es unſtreitig nur ſehr unvollſtändige Annäherungen an das ſind, was wir mit dem wirklichen Erwachen in's andre Leben zu erwarten haben, wo ſo zu ſagen ein größeres Gehirn als unſer jetziges die Functionen für uns übernehmen wird, die wir denn doch hier noch an unſer enges Gehirn geknüpft denken müſſen, was ſelbſt aber ſeine Bedeutung für uns nur dadurch erhält, daß es ſich zugleich zum Spiegelbilde des größern und zum Werkzeuge macht, durch das ſich der Menſch wieder darein zurückſpiegelt, wie weiter zu betrachten.

„Hat man doch einzelne ſeltſame Beobachtungen gemacht, bei denen es ſchien, als ob ſich mit einem Male eine Helligkeit des Bewußtſeins über ein ganzes Reich des Vorſtellungslebens verbreitete. Solche Erfahrung machte einſt ein engliſcher Opium-Eſſer bekannt, dem es vor dem Eintritt der vollen narkotiſchen Wirkung des betäubenden Mittels vorkam, als ob Alles, was er je in's Bewußtſein aufgenommen hätte, mit einem Male wie eine ſonnenbeſchienene Gegend vor ihm ausgebreitet ſei. Auf gleiche Weiſe wird von einem jungen Mädchen erzählt, der bei einem Sturz in's Waſſer vor dem Verlieren des Bewußtſeins daſſelbe geſchehen war." (Carus, Pſyche S. 207).

„Mir war eine Frau bekannt, welche zuweilen an dem allerheftigſten Nervenkopfweh litt. Wenn der Schmerz den höchſten Grad erreicht hatte, hörte er dann plötzlich auf, und ſie befand ſich in einem ihr angenehmen Zuſtande, der nach ihrer Ausſage mit einem ungemeinen Gedächtniſſe bis in ihre früheſten Lebensjahre verbunden war." (Paſſavant, Unterſ. über den Lebensmagnetismus).

Auszug aus einem Bericht des Pfarrers Kern in

Hornhauſen an die preußiſche Regierung in Halberſtadt vom Jahr 1733: „Johann Schwertfeger war nach einer langwierigen, ſchmerzhaften Krankheit dem Tode nahe. Er ließ mich rufen, nahm das heilige Abendmahl und ſah mit Heiterkeit dem Tode entgegen. Bald fiel er in eine Ohnmacht, die eine Stunde währte. Er erwachte, ohne etwas zu ſagen. Nach einer zweiten Ohnmacht, die etwas länger gewährt, erzählte er eine Viſion, die er gehabt habe. Eine Stimme rief ihm, er müſſe wieder zurück und ſein Leben unterſuchen. Dann ſolle er vor dem Richterſtuhle Gottes erſcheinen. Die erſten Worte bei ſeinem Erwachen waren die: Ich muß wieder fort; aber das wird ein ſchwerer Stand ſein; ich werde zwar wieder kommen, aber nicht ſobald als zuvor.

„Nach zwei Tagen fiel er in eine dritte Ohnmacht, die vier Stunden dauerte. Seine Frau und Kinder hielten ihn für todt, legten ihn auf Stroh und waren im Begriff, ihm das Todtenhemd anzuziehen. Da ſchlug er ſeine Augen auf und ſagte: Schicket nach dem Prediger; denn ich will ihm offenbaren, was ich erfahren habe. Sobald ich in die Stube trat, richtete er ſich von ſelbſt auf, als hätte ihm nie etwas gefehlt, umarmte mich feſt und ſprach mit ſtarker Stimme: Ach was habe ich für einen Kampf ausgeſtanden! Der Kranke überſah ſein ganzes Leben und alle Fehler, die er in demſelben begangen hatte, ſelbſt die ihm ganz aus der Erinnerung gekommen waren. Alles war ihm ſo gegenwärtig, als ſei es erſt jetzt geſchehen.“ Die ganze Erzählung ſchließt damit, daß er am Ende herrliche Töne vernommen und einen unausſprechlichen Lichtglanz geſchaut habe, wodurch er in große Wonne verſetzt worden. „Aus ſolcher Freude bin ich nun wieder in dieſes Thal des Jammers zurückgekommen, in dem mich Alles anekelt, nachdem ich etwas Beſſeres erfahren. Auch will ich den himmliſchen Geſchmack nicht mit irdiſcher Speiſe und Trank vermiſchen, ſondern ſo lange warten, bis ich wieder in meine Ruhe komme.“

„Merkwürdig war es“, fährt der Prediger fort, „daß ihn die Krankheit verlaſſen. Denn er war nach der letzten Ohnmacht ſtark, friſch und geſund und von allen Schmerzen befreit, da er doch vorher kein Glied rühren konnte. Die Augen, welche vorhin trieften, trübe und tief im Kopfe lagen, waren ſo helle und klar, als wären ſie mit friſchem Waſſer gewaſchen worden. Das Geſicht war wie eines Jünglings in ſeiner Blüthe.“ Inzwiſchen ſagte der Kranke voraus, daß er nach zwei Tagen ſterben würde; wie auch eintraf. (Paſſavant, Unterſ. üb. den Lebensmagnetismus S. 165).

Daß mit Annäherung an den Tod zuweilen längſt verſchollene Erinnerungen wiederkehren, iſt auch ſonſt mehrfach bemerkt werden.

In ſomnambulen Zuſtänden kommt Manches vor, was hieher bezogen werden kann, jedoch zum Theil paſſender dem Zuſammenhange ſpäterer Erörterungen eingereiht werden wird.

„Bei Zuſtänden magnetiſchen Hellſehens zeigte ſich unter anderm, daß der Seele kaum ein einziges Wort, kaum ein Gedanke aus der Erinnerung verloren gehe. Sie ſieht alles das, was ſie gethan, und was ihr, ſo lange ſie im Leibe war, geſchehen, in klarem Lichte um und neben ſich, ſobald ſie innerlich erwacht. Auch zeigt ſich da der Menſch in ſeiner eigentlichen freien ungehemmten Kraft des Denken, des Fühlens, des geiſtigen Auffaſſens und Darſtellens.“ (Schubert, Geſch. d. Seele II. S. 43).

„Wie uns im Traum die gewöhnliche Art des Gehens, bei welcher ein Fuß nach dem andern fortgeſetzt wird, äußerſt ſchwer, ja unmöglich fällt, leicht dagegen die des unmittelbaren ſchnellen Verſetzens unſres Weſens an einen fernen Ort, oder das freie Schweben über dem Boden; ſo gleicht auch das eigentlich geiſtige Bewegen der Seele in den Zuſtänden des Hellſehens mehr einem Fluge, als einem langſamen Gange; das Wahrnehmen und Erkennen der Außenwelt geſchieht wie von oben, aus einer höhern Region her, und die betrachtende Seele überblickt, gleich dem ſchwebenden Vogel, zugleich und mit einem Male die ganze Aufeinanderfolge der Empfindungen und Handlungen, welche ſie im gewöhnlichen wachen Zuſtande langſam und allmälig erfährt. Daher wurde in einem von Moritz erzählten Falle, in einem Hellgeſicht, welches kurze Zeit vor dem Tode eingetreten, das ganze vergangene Leben, mit allen ſeinen reichen Erfahrungen und Führungen, mit ſeinen tauſendfältigen Handlungen, in geiſterhafter Nebeneinanderſtellung und Blitzesſchnelle überblickt und in andern Fällen ſchien die Geſchichte einer ganzen Vergangenheit wie durch eine einzige bedeutungsvolle, nur der Seele verſtändliche, Zahl oder durch ein einziges Bild ausgedrückt. Wenn dann die

Seele im Hellſehen dieſen eigenthümlichen Flug genommen, ſo vermag ſeinen Spuren der gewöhnliche Gang der Erinnerung eben ſo wenig zu folgen, als ein vierfüßiges Thier dem Fluge des Vogels. Denn die Aufeinanderfolge und Verkettung des Geſehenen iſt hier eine ganz andre als dort.“ (Ebendaſ. II. 46).

„Die von mir (Paſſavant) beobachtete Somnambüle that Rückblicke in ihr ganzes vergangenes Leben, berichtigte Ereigniſſe aus ihrer früheſten Jugend (die Wahrheit ihrer Ausſagen ward erwieſen) und erhielt namentlich über ihren moraliſchen Zuſtand bis in die verborgenſten Gedanken Licht, was nach ihrer Ausſage einſt jeder im Tode erhalten wird.“ (Paſſavant S. 99).

„Ein Knabe, Alexander Hebert, hatte in Folge eines ſtarken Stoßes an den Kopf eine Lokalkrankheit am Hirne bekommen. In ſeinem vierten Jahre wurde er operirt, und ein Depot, das ſich geſammelt hatte, wurde herausgenommen. Der Knabe bekam öfters Nervenzufälle, die man anfänglich für epileptiſche hielt; allein es bildeten ſich dieſe Zufälle in Acceſſe von Wahnſinn aus. Der Knabe verlor zugleich völlig ſein Gedächtniß, ſo daß er ſich auch nicht erinnerte, was er die Stunde vorher gethan hatte. Puyſegur übernahm es, ihn zu magnetiſiren. Der Knabe wurde ſomnambul. Die heftigſten Anfälle von Wahnſinn, in denen er oft boshaft und zerſtörungsſüchtig ward, waren wie verſchwunden, ſobald ihn die Hand des Magnetiſeurs berührte. Sein Gedächtniß, das er durch ſeine Hirnkrankheit völlig eingebüßt hatte, war im Schlafwachen zurückgekehrt, und er erinnerte ſich nun genau Alles, was in ſeinem Leben geſchehen war. Er beſchrieb die Entſtehung ſeiner Krankheit, die Art der Operation, die er im vierten Jahre erlitten hatte, die Inſtrumente, die man dabei angewandt, und er ſagte, ohne dieſe Operation hätte er ſterben müſſen, bei derſelben ſei aber das Hirn verletzt worden und die Krankheit habe ſeitdem zugenommen. Er behauptete ferner, ſein Wahnſinn könne durch den Magnetismus geheilt werden, aber ſein Gedächtniß würde er nie wieder bekommen; und der Erfolg bewährte die Wahrheit ſeiner Ausſage.“ (Ebendaſ. S. 100).

Auch ſelbſt der gewöhnliche Schlaf bietet zuweilen Phänomene dar, die hier vielleicht Erwähnung verdienen. So beweiſt die Seele zuweilen im Traum das Vermögen, eine ungeheure Menge von Vorſtellungen, die wir im Wachen nur in langer Zeit nach einander entwickeln könnten, in kürzeſter Zeit zu entwickeln. Es träumt z. B. jemand eine lange Geſchichte, die nach ihrem natürlichen Gange mit einem Schuſſe oder einem Steinwurf gegen das Fenſter endigt, wovon der Schlafende erwacht. Nun aber findet ſich, daß er von einem wirklichen Schuſſe oder Wurfe gegen das Fenſter erwacht iſt, ſo daß kaum eine andere Annahme bleibt, als der Schuß oder Wurf ſei Veranlaſſung des ganzen Traumes geweſen und dieſer im Moment des Erwachens componirt worden. Dies ſcheint freilich ſo unglaublich, daß ohne gründlichere Beſtätigung und Unterſuchung ſolcher Fälle noch Zweifel an der Thatſache oder Auffaſſung derſelben geſtattet ſein muß; doch ſind mir von ſonſt glaubwürdigen Perſonen Beiſpiele der Art mitgetheilt worden. Folgender hierher gehörige Fall findet ſich in den Mém. et Souv. du comte Lavallette T. I. Paris. 1831. p. XXVIII angeführt:

„Eine Nacht, wo ich im Gefängniſſe eingeſchlafen war, weckte mich die Glocke des Palais auf, indem ſie 12 Uhr ſchlug; ich hörte, wie man das Gitter öffnete, um die Schildwache abzulöſen, aber ich ſchlief gleich darauf wieder ein. In meinem Schlafe hatte ich einen Traum (. . . es folgt nun die Erzählung eines furchtbaren Traums, deſſen Einzelnheiten für den Träumenden wenigſtens einen Zeitraum von 5 Stunden füllten), als plötzlich das Gitter mit Heftigkeit wieder geſchloſſen wurde, und ich wieder aufwachte. Ich ließ meine Taſchenuhr ſchlagen, es war immer um 12 Uhr. So daß alſo die furchtbare Phantasmagorie nur 2 oder 3 Minuten gedauert hatte, d. h. die Zeit, welche zur Ablöſung der Schildwache und zum Oeffnen und Schließen des Gitters nöthig war. Es war ſehr kalt und die Conſigne war ſehr kurz; und der Schließer beſtätigte am andern Morgen meine Rechnung. Und doch erinnere ich mich keines Ereigniſſes in meinem Leben, wovon ich die Dauer mit größerer Sicherheit angeben könnte, wovon die Einzelnheiten beſſer meinem Gedächtniſſe eingeprägt wären, und deſſen ich mir vollſtändiger bewußt wäre.“ (Fror. Not. XXXI. S. 313).

Es wird noch mancherlei von Zuſtändlichkeiten und Gefühlen bei Betäubung oder im Scheintode oder in Annäherung an den gewöhnlichen Tod berichtet, wobei man daran denken könnte, oder gedacht hat, daß ſchon ein Anklang von jenſeitigen Zuſtänden in's Dieſſeits übergreift.

So kommt mitunter etwas der Art unter den ſehr veränderlichen pſychiſchen Zuſtänden vor, welche die Betäubung durch Aether mitführt. Ein Student, der unter Aufſicht des Profeſſor Pfeufer einen Verſuch an ſich mit Aethereinathmung anſtellte, ſchildert den Zuſtand, in den er dadurch gerieth, wie folgt:

„Ein Feuermeer von Lichtfunken wirbelte vor meinen Augen. Es erfaßte mich dabei große Beklemmung und Angſt. Aber noch einen Augenblick, und ich empfand von alle dem, aber auch von der Außenwelt überhaupt, ja von meinem eigenen Körper, nichts mehr. Die Seele war gleichſam ganz iſolirt und getrennt von dem Körper. Dabei fühlte ſich der Geiſt aber noch als ſolcher, und ich hatte den Gedanken, als ſei ich jetzt todt, hätte aber ewiges Bewußtſein. Nun wähnte ich auf einmal, Hrn. Profeſſor Pfeufer die Worte ſprechen zu hören: „Meine Herren, ich glaube, er iſt wirklich todt." Kurz darauf war mir's, als ſtröme das Blut ſo aus dem Kopfe zurück, und käme ich ſo wieder zu mir, wie wenn man ſich gebückt hat und das Blut ſtark nach dem Kopfe ſtrömte und man einige Augenblicke ſtill halten muß, bis man ſeiner Sinne wieder vollkommen mächtig iſt." (Henle und Pfeufer Zeitſchr. 1847. Band VI. S. 79).

Eine Perſon, die ſich ihres Zuſtandes während der Aſphyxie (des Scheintodes) nach dem Wiedererwachen zu erinnern wußte, ſagt von ſich: „Ich hatte ein Gefühl, wie im Erwachen aus einem ſüßen Morgentraum. Iſt ſo der Augenblick des Todes, ſo iſt's einer des höchſten Wonnegefühls." (Hagen, Sinnestäuſchungen S. 184, nach Naſſe Zeitſchr. 1825. H. 1. S. 189).

Hüffell ſagt: „Wir finden nicht ſelten, wenn nicht beſondere Krankheitszuſtände wie Wolken die Sonne verhüllen, die letzten Momente der Sterbenden überaus ruhig, verklärt, oft wahrhaft ergreifend glücklich. Alle Sorge, alle Unruhe iſt gewichen; der letzte Segen wird wie aus höherer Machtvollkommenheit ertheilt, und ein ſeliges Lächeln umſchwebt ſelbſt dann noch den Mund, wenn der Tod bereits ſein Werk vollendet hat. Eine Sterbende, in deren Gegenwart ſich der Verfaſſer dieſes befand, entſchlummerte unter einem Choral, welchen ſie angab und den ein Freund auf dem Klavier in ſanften Akkorden anſtimmte. Dergleichen Thatſachen nöthigen uns anzunehmen, daß ſich die erſten Anfänge des jenſeitigen Daſeins ſchon in die letzten Augenblicke des irdiſchen Daſeins einſenken.“ (Hüffell, Briefe üb. d. Unſterblichkeit. S. 112).

„Ein Vater, ein Mann von vieler Bildung, verſicherte mich, daß er noch in dem faſt gebrochenen Auge ſeiner ſterbenden Tochter einen Ausdruck gefunden habe, welchen er nie vergeſſen werde, worin ſich Alles verklärt habe, was nur Liebe, Ergebung, Seligkeit in ſich vereinige.“ (Ebendaſ. S. 45).

„Und einen Solchen (mit Weltverſtand) hört' ich einmal röchelnd im Tode ſagen: „„Es iſt nun alles Leben vom Gehirn in die Herzgrube, ich fühle von meinem Gehirn nun gar nichts mehr, ich fühle meine Arme, meine Füße nicht mehr, aber ich ſehe unausſprechliche Dinge, an die ich nie glaubte; es iſt ein andres Leben.““ Da verſchied er.“ (J. Kerner, Seherin von Pr. S. 4).

Faſſen wir das Bisherige kurz zuſammen.

Wir ſagten: Wenn der Menſch das Auge im Leben ſchließt und die Anſchauung hiermit verliſcht, erwacht dafür eine Erinnerung in ihm. So, wenn der Menſch das Auge im Tode ſchließt, erwacht dafür ein Erinnerungsleben im höhern Geiſte. Je feſter der Menſch das Auge, die Sinne überhaupt im Leben ſchließt, und ſich zurückzieht in die Verdunkelung des Aeußern, ſo heller erwacht in ihm die Erinnerung; wenn er nun das Auge und alle Sinne im Tode ganz feſt und unwiederbringlich ſchließen wird, wird ein noch um ſo viel helleres Erinnerungsleben dafür im höhern Geiſt erwachen, indem nun eben nicht mehr blos einzelne Anſchauungen in ihm, ſondern ſein ganzes Anſchauungsleben im höhern Geiſte ſelbſt zum Erinnerungsleben aufgehoben wird, das ihm dem Menſchen aber noch ſo gut gehört, als das Anſchauungsleben, von dem es ausging.

Nun aber begegnet uns ein Einwand: ſchließt denn der Menſch nicht auch das Auge, ja alle Sinne im Schlafe, ohne daß doch Erinnerungen erwachen? Sinkt nicht vielmehr im Schlafe das Erinnerungsleben mit dem Anſchauungsleben zugleich in Nacht? Und iſt nicht der Tod als der tiefſte Schlaf zu faſſen? Wird nicht alſo auch im Tode ſich unſer Erinnerungsleben mit unſerm Anſchauungsleben zugleich verdunkeln müſſen?

Dieſer Einwand erinnert uns daran, daß es in der That zwei Fälle der Verdunkelung des Sinneslebens gibt, die wohl zu unterſcheiden. So lange der Geiſt im Ganzen wachend bleibt, gibt es den erſten, den wir bisher betrachtet: das Erinnerungsleben wird um ſo heller, je feſter ſich die Sinne ſchließen; doch wie er ganz einſchläft, tritt der zweite Fall ein, das Erinnerungsleben ſinkt mit dem Anſchauungsleben zugleich in Nacht. Und ſicher, wenn der höhere Geiſt, deſſen wir dieſſeits und jenſeits ſind, einmal ganz einſchlafen ſollte und könnte, würde auch das Erinnerungsleben, das die Geiſter des Jenſeits in ihm führen, mit dem Anſchauungsleben, das die Geiſter des Dieſſeits in ihm führen, zugleich in Nacht verſinken, ſo lange, bis er wieder erwachte. Stellen wir es dahin, ob ein ſolcher Fall möglich iſt. Gewiß aber, wenn wir ſterben, ſchläft damit der höhere Geiſt nicht im Ganzen ein, ſondern bleibt fortgehends wachend. Es gilt für ihn alſo der erſte, nicht der zweite Fall. Der Tod eines Menſchen iſt nur eine partielle Verdunkelung des Anſchauungslebens im höhern Geiſte während ſeines Wachens, wie wir einen Sinn während des Wachens ſchließen könnnen, indeß wir andere geöffnet behalten; und mithin iſt die Bedingung zum Uebergang dieſes Anſchauungslebens in ein entſprechendes Erinnerungsleben in ihm vorhanden, das uns nun aber nicht weniger zu Gute kommt, wie ihm, da es von unſrem Anſchauungsleben eben ſo gilt. Der Tod iſt in gewiſſer Hinſicht vielmehr ebenſo das Gegentheil von unſerm gewöhnlichen Einſchlafen, als wenn ein Schmetterling aus der Puppe bricht. Denn unſer gewöhnlicher Schlaf ſtellt das erſchöpfte Vermögen, diesſeitige Sinnesanſchauungen zu gewinnen und dieſe nach der Weiſe des Dieſſeits zu verarbeiten, immer von Neuem her; der Tod hebt es geradezu auf. Der Schlaf, bedingt einen immer neuen Rückfall in das alte Leben, und das tiefſte Unbewußtſein characteriſirt gerade den Schlaf, der uns am kräftigſten und friſcheſten wieder zum alten Leben erwachen laſſen wird; der Tod bewirkt das Gegentheil hiervon. Ja wir können in der Zerſtörung der Bedingungen des alten Lebens eben den Anreiz zum Erwachen in ein neues bewußtes Leben finden, wie überhaupt neue Entwickelungsepochen gern durch Zerſtörung des Alten characteriſirt ſind; da mit jener Zerſtörung doch nicht die Bedingungen unſres Fortlebens überhaupt zerſtört ſind; denn der größere Geiſt und Leib, in dem wir dieſſeits leben, weben und ſind, aus dem wir alle Lebensbedingungen dieſſeits ziehen, bleibt uns fortdauernd als Lebensquell auch für das Jenſeits.

Es hindert zwar nichts, den Tod, wie es ſo gewöhnlich, fernerhin den tiefſten Schlaf zu nennen; denn er behält immerhin ſeine Gleichungspuncte damit, einmal ſofern das dieſſeitige Anſchauungsleben durch ihn eben ſo für immer aufgehoben wird, als durch den gewöhnlichen Schlaf zeitweiſe; zweitens, ſofern ihm ein Erwachen folgt, aber in das folgende Leben. Der weſentliche Unterſchied aber bleibt immer der, daß der gewöhnliche Schlaf die erſchöpfte Kraft zum Gebrauch für das alte Anſchauungsleben durch Ruhe wiederherſtellt, der Tod den Gebrauch der Kraft in eine neue Lebensform umſetzt. Die Seele legt ſich im Tode nicht wie im Schlafe in ihr altes Bett, ſondern ihr ganzes altes Haus wird zerſtört und ſie wird in die freie Weite getrieben; findet aber nun ſofort in dieſer freien Weite ihr neues größeres Haus, das des größern Geiſtes ſelbſt, der ſie bisher wie in einem engen Kämmerlein gehegt hatte; nun erſt iſt ſie ganz bei ihm zugleich mit den andern Geiſtern des Jenſeits, die nicht mehr ſo zellenartig durch ihre Leiber von einander abgeſperrt ſind, als jetzt, ſondern alle zuſammen in demſelben großen Hauſe wohnen, wie alle Erinnerungen in demſelben Hirn, wie alle Schmetterlinge, die einſt durch die Puppenhülſe von einander abgeſchloſſen waren, in demſelben Garten fliegen.

Eine weſentliche Verſchiedenheit des Todes vom Schlafe beweiſt ſich auch darin, daß der friſcheſte und lebenskräftigſte Menſch ſterben kann, wenn er auch noch gar nicht lebensmüde iſt; eben wie die lebendigſte Anſchauung verlöſchen und ſich plötzlich in Erinnerung wandeln kann, wenn ein noch gar nicht ermüdetes Auge zugeſchlagen wird. Der Schlaf aber verlangt Ermüdung und zwar nicht blos eines einzelnen Theils, ſondern des ganzen Menſchen. Ein Greis freilich wird endlich auch ganz und gar lebensmüde und ſehnt ſich nach dem Tode. Aber damit iſt das höhere Weſen, dem er angehört, noch nicht müde geworden. Wenn der Greis ganz und gar ermüdet iſt, iſt das für das höhere Weſen daſſelbe, als für uns, wenn ein einzelnes Organ, es ſei das Auge, von langem Anſchauen ganz und gar erſchöpft iſt, indeß wir noch im Uebrigen munter; dann entſteht für uns nicht das Bedürfniß des Schlafes, ſondern das Bedürfniß, den beſondern Theil, das Auge, dauernd in Ruhe zu ſetzen, und theils andere Sinne zu beſchäftigen, theils ſich der Erinnerung des Geſehenen hinzugeben, was wir freilich nur abwechſelnd thun können; aber wir wiſſen, der höhere Geiſt kann vieles zugleich an verſchiedenen Orten, was wir nur nach einander an demſelben Orte können. Es wird alſo die Ermüdung, die im Anſchauungsleben eines einzelnen Menſchen naturgemäß mit dem Alter eintritt, nur das Bedürfniß der Aufhebung dieſes Anſchauungslebens, nicht des Erinnerungslebens dieſes Menſchen im höhern Geiſte mitführen; vielmehr wird im Erinnerungsleben ſelbſt zugleich das Ausruhen vom Anſchauungsleben dieſes Menſchen enthalten ſein. So bedarf es nicht erſt eines Zwiſchenſchlafes. Zwar kann wohl Jemand im dieſſeitigen Leben einſchlafen und im folgenden erwachen; aber nicht der Schlaf iſt es, der ihn hinüberträgt in das andere Leben, dieſer könnte ihn blos zurücktragen in das alte, ſondern der Umſturz des Schlafes; und es war kein zuvoriger Schlaf nöthig. Wen eine Kugel trifft, der ſchläft gewiß nicht erſt, ehe er im andern Leben erwacht. Sondern der Riß des alten Lebens öffnet zugleich den Eingang in das neue Leben. Es mag aber ſein, daß im gewöhnlichen

Gange des Sterbens ſich das Bewußtſein bis zum Momente des Uebergangs zwiſchen altem und neuem Leben allmählich verdunkelt und überall im Momente des Ueberganges ſelbſt ganz ſchwindet; aber der Moment, wo es für das alte ganz ſchwindet, wird zugleich der ſein, wo es für das neue zu erwachen anfängt, . eben wie eine Saite in demſelben Momente, wo ſie eine Schwingung beendet, eine neue beginnt; nur der Moment der Umkehr ſelbſt kann als der eines Stillſtandes angeſehen werden. Dieß iſt anders beim Schlaf; da iſt der Moment des Verſinkens in Unbewußtſein der Beginn eines längern Zuſtandes dieſer Art. Der Schlaf iſt eine Schwingung unterhalb, wie das Wachen oberhalb der Schwelle des Bewußtſeins, der Tod aber bewirkt nicht eine Niederſchwingung im Sinne des Schlafes, ſondern eine Aufſteigung im Sinne eines neuen Wachens.

So wenig wir eine Verſtärkung oder Vertiefung des gewöhnlichen Schlafes im Tode ſehen können; ſo wenig eine Vertiefung von Ohnmacht oder Scheintod, wie ſolche mitunter den Menſchen befallen. Sie unterſcheiden ſich vom Schlafe dadurch, daß ſtatt einer Wiederherſtellung der erſchöpften Seelen- und Leibeskräfte zu Dienſten des dieſſeitigen Lebens einfach ein Stillſtand derſelben eintritt, wo nichts von Kraft wiederhergeſtellt, noch verbraucht wird. Aber der Tod begnügt ſich nicht mit einem ſolchen Stillſtand, und unterſcheidet ſich in ſofern auch von dieſen Zuſtänden anders als blos quantitativ. Er zerſtört zwar nicht die Bedingungen unſres Lebens überhaupt, die uns vor wie nach in einem Höhern, denn wir ſind, bleiben, aber unſres bisherigen Lebens; macht zwar nicht die Kraft, die bisher zu unſerm Leben verbraucht wurde, überhaupt aus der Welt verſchwinden; aber hebt ſelbſt die Möglichkeit ihrer Wiederverwendung in der alten Form auf.

Sehr irrig iſt alſo die Betrachtung, die man leicht anſtellt: da ſchon Ohnmacht oder Betäubung den Menſchen bewußtlos macht; wie bewußtlos muß erſt der Tod, als eine noch tiefere Betäubung oder Ohnmacht den Menſchen machen. Aber ein Stillſtand kann ſich nicht verſtärken; der Tod iſt vielmehr, wenn er in Folge der Betäubung eintritt, eine neue Wendung aus der Ohnmacht; und es iſt im Allgemeinen immer fraglich, ob aus einer Ohnmacht oder Betäubung die Rückwendung ins alte oder die Vorwärtswendung ins neue Leben erfolgen wird. Die Ohnmacht oder Betäubung iſt ein intermediärer Zuſtand zwiſchen dieſſeitigem und jenſeitigem Leben; und in ſofern allerdings eine Annäherung an letzteres, weil von einem Stillſtand der Thätigkeiten aus die Richtung leichter in die des folgenden Lebens umſchlagen kann, als wenn noch die Richtung im Sinne dieſes Lebens beſteht; der Tod iſt aber nicht eine Fortſetzung dieſes Stillſtandes, ſondern Aufhebung deſſelben, die ſich durch das Zerfallen unſres Leibes, dem Zergehen des Bildes in unſerm Auge vergleichbar, bezeichnet; womit nun eben die Bedingungen zum Erwachen unſeres Erinnerungslebens im höhern Weſen gegeben ſind.

Im Rückblick auf den Ausgang unſrer Betrachtungen entſteht vielleicht noch ein Bedenken. Wie, kann man fragen, ſoll das höhere und höchſte Weſen ſich bei unſrer Entſtehung blos ſo paſſiv verhalten, wie wir bei der Entſtehung der Bilder, die in uns fallen. Thut das höhere Weſen, thut Gott nichts dazu? Wir meinten doch, er beweiſe ſich gerade recht ſelbſtthätig bei der Schöpfung ſeiner Geiſter. Sollen unſre Geiſter gar von außen in ihn hineinkommen, wie unſre Anſchauungen in uns, ihm ſo neu erſcheinen als wär's ein fremd Geſchenk? Wir meinten doch, ſie ſeien Fleiſch von ſeinem Fleiſche, Bein von ſeinem Bein.

Auch unſre Anſchauungen aber ſind ja Fleiſch vom Fleiſch und Bein vom Bein unſres Geiſtes. Enſtehen ſie nicht ganz darin? ſind ſie nicht ganz ſeine Thätigkeit? Trotz dem erſcheinen ſie ihm als neue Eingeburten. Und ſo werden auch wir im Entſtehen dem höhern und höchſten Geiſte wie neue Eingeburten erſcheinen können, trotz dem, daß wir ganz in ihm entſtehen, unſre anſchauende Thätigkeit zu ſeiner Thätigkeit gehört.

Von Außen aber kommen wir in Wahrheit nicht anders in ihn, als eine neue Anſchauung von Außen in mich kommt, wenn ich meine Augen neu aufſchlage oder richte und einen Theil meines eigenen Leibes, des Trägers meiner eigenen Seele, ſein Regen und Bewegen damit neu betrachte; im Grunde kommt doch Alles hierbei aus mir in mich; der eine Theil von mir erzeugt ſein Bild durch Hineinwirken in den andern. Und ich der ganze Menſch habe es in meiner Macht, Augen und Glieder vernünftig in Bezug auf einander zu richten, daß die neuen Anſchauungen immer in zweckmäßigem Zuſammenhange und zweckmäßiger Folge entſtehen; nur daß freilich ſolche in mir auch noch durch Anderes als meine eigenen Leibestheile und anders als nach meinem Willen entſtehen können, weil's außer mir noch Andres gibt. Das höchſte Weſen aber hat nichts Andres als ſich ſelbſt, das Regen und Bewegen ſeiner eigenen Theile, um durch ihr Wirken auf einander neue Bilder ſeiner, d. i. neue lebendige Weſen zu gewinnen, und kann dieß auch vernünftig und in zweckmäßigem Zuſammenhange bewirken. So kommt doch Alles dabei auch aus ihm durch ihn.

Sind wir denn nun paſſiv, wenn wir nach Maßgabe, als es der Blick auf unſer bisheriges Sein und Wirken fordert, unſer Auge und unſere Glieder immer neu und zweckmäßig und vernünftig richten, und damit uns neue Anſchauungen verſchaffen? Von Seiten unſrer empfangenden Sinnlichkeit, ja; doch nicht nach Seiten unſers Willens, unſrer Vernunft, unſrer höhern Abſicht. Das neue Richten unſrer Augen und Glieder iſt vielmehr ſelbſt ein Theil unſres vernünftigen ſelbſtthätigen Handelns. Und im Grunde wird auch das Bild ſelbſt durch eigene Thätigkeit des Auges und übrigen Körpers erzeugt, nur daß die Anregung dem Auge von Außen kommt. Und ſo mag auch das höhere und höchſte Weltweſen ſich in der Eingeburt neuer (im Beginn ja wirklich ganz ſinnlicher) Seelen von ſeiner Sinnlichkeitsſeite her eben ſo paſſiv beſtimmt erſcheinen, als wir bei der Eingeburt neuer Anſchauungen in uns; doch wird es auch eben ſo wenig ſich wirklich paſſiv dabei verhalten in ſeiner höhern Bewußtſeinsſphäre, vielmehr von dieſer aus in höherm Zuſammenhange die Mittel und die Ordnung der neuen

Eingeburten ſelbſtthätig lenken, wie's für den Zuſammenhang des Ganzen ſelbſt am beſten; es iſt aber nach der höchſtem Ordnung für den Zuſammenhang des Ganzen am beſten, was ſelber daraus fließt; ſo daß freilich die Entſtehung neuer Menſchen im Fluſſe natürlichen Geſchehens erfolgt; doch dieſer iſt ſelbſt durchdrungen von höherm handelnden Bewußtſein, und nur die allgemeine Richtung iſt davon gewiß; das Einzelne, wer könnte das berechnen; am wenigſten aber wenn und wo ein Menſch entſtehen ſoll. Da liegt die Freiheit jenes höhern Handelns. Auch bleibt ſelbſt die ſinnliche Erzeugung eines Menſchen immer des höchſten Weſens eigene That, nur daß die Anregung dazu von einem andern Theile deſſelben Weſens kommt, weil's für das höchſte Weſen kein andres Außen gibt.

Geſtehen wir zu, daß alle Bilder und Vergleiche aus unſerm Leben nur ſchwach und unvollſtändig an die Sache reichen, die's in dem höhern Leben gilt doch etwas mögen ſie wohl beitragen, zu erläutern, wie ſich's mit unſrer Eingeburt in dieſes höhere Leben ſtellt. Der Gegenſtand bleibt immer ſchwierig, dunkel. Im Uebrigen galt's auch nur beiläufig hier davon zu handeln, um den Zuſammenhang der ganzen Anſicht anzudeuten; und weiß ein Andrer daſſelbe beſſer zu erläutern, wir geben dieſen Verſuch ihm gerne Preis. Nun aber kehren wir zurück zu unſerer Zukunft.

Noch eins zuvor und ein für allemal: wir ſcheiden oftmals nicht, was dem höhern Geiſt (des Irdiſchen) und was dem Höchſten (Gott) gehört. Wozu es ſcheiden!

Was jenem gehört, gehört dieſem, durch jenen ſind wir in dieſem; durch jenen ſchöpft uns dieſer, und bleiben wir in ihm. Nur daß vom höchſten Geiſt ganz voll gilt, was von dem höhern nur verhältnißmäßig zu uns, daß ſeiner Selbſterſcheinung das ganze, nicht bloß größere Gebiet der Welt unterliegt, in dem wir inbegriffen.

XXII. Entwickelung der Analogie des künftigen Lebens mit einem Erinnerungsleben.

Hüten wir uns nach Allem, unſre Hoffnungen auf das Jenſeits und Anſichten von demſelben nur auf das eine Bild, oder die eine Analogie bauen zu wollen, die wir bisher zumeiſt vor Augen gehabt; wer weiß nicht, welch' unſichern Boden eine Analogie für ſich allein gewährt; wir werden uns alſo noch nach andern Grundlagen umzuſehen haben. Es kann uns aber nur zu Statten kommen, wenn wir, die bisherige noch etwas weiter verfolgend, überall nur ſolche Vorſtellungen vom Jenſeits erweckt ſehen, welche den liebſten und gerechteſten Forderungen, die wir an das Jenſeits von jeher zu ſtellen gewohnt waren, entſprechen. Bleibt auch immer die Baſis ſolchen Schluſſes zu ſchmal, als daß der ganze Aufbau der folgends darauf zu gründenden Betrachtungen als ſicher gelten könnte; wohlan, wir geben ihn nicht dafür. Doch kann er als ein Abriß der ganzen Anſicht nützen, den Umfang, die Tiefe und die Fülle unſers Gegenſtandes in Eins überſehen zu laſſen, und vorläufige Wahrſcheinlichkeiten und Möglichkeiten bieten, die der unbeſtimmt ſchwankenden Vorſtellung vorweg eine vernünftige Richtung, der Prüfung, Bewährung und Berichtigung von andrer Seite her aber ein beſtimmtes Object liefern; indeß ſie ſich zunächſt durch ihren Zuſammenhang in ſich und mit dem Ausgangspunkte der Betrachtungen zu halten ſuchen.

So wichtig die Analogie des künftigen Lebens mit [illegible] ~~einem~~ Erinnerungsleben für die Erläuterung unſrer Anſicht iſt, ſo wenig iſt doch in der That die Begründung derſelben daran gebunden, obwohl freilich jede triftig gebrauchte Analogie auch zur Begründung mit beitragen kann. Aber hat man einmal den Geſichtspunct unſrer Lehre recht gefaßt, ſo findet ſich bald, wie Alles von allen Seiten dazu zurückführt, und ſo kann der Weg in ſehr verſchiedener Weiſe genommen werden. Im Büchlein vom Leben nach dem Tode, wo ich dieſe Lehre zuerſt darſtellte, iſt der Analogie unſres künftigen Lebens mit einem Erinnerungsleben noch gar nicht gedacht; und in Vorleſungen, die ich im Jahre 1847 über denſelben Gegenſtand hielt, nahm ſie erſt eine ganz beiläufige Stelle ein. In jener Schrift war es hauptſächlich die Analogie des Todes mit der Geburt, in dieſen Vorleſungen die directe Schlußweiſe, die ich weiterhin (XXVII) vortragen werde, worauf ich die Lehre baute. Alle dieſe Wege aber führen zu einer weſentlich übereinſtimmenden Grundanſicht von der Natur und Beziehung des Jenſeits zum Dieſſeits, nur daß auf dem einen die Entwickelung der Lehre leichter nach dieſer, auf der andern nach jener Seite gelingt. Ich habe aber in dieſer Schrift die Analogie des künftigen Lebens mit einem Erinnerungsleben mit Bedacht zur Hauptgrundlage der Betrachtungen gemacht, theils weil ſich ſo die Lehre vom Jenſeits mit der Lehre vom Geiſte über uns, welche in der vorigen Abtheilung dieſer Schrift vorgetragen worden, am natürlichſten verknüpft, theils weil das, in den neuern Zeiten in den Vordergrund getretene Bedenken, daß die Individualität unſrer Geiſter, weil aus dem höhern Geiſte gekommen, auch wieder in demſelben untergehen müſſe, dadurch ſich am directeſten erledigt, theils endlich, weil ſie überhaupt ſehr ſachgemäß, erläuternd und fruchtbar, ja in gewiſſer Beziehung noch etwas mehr als bloße Analogie iſt, ſofern unſer Erinnerungsleben im Dieſſeits ſchon als Keim und Probe unſres Erinnerungslebens im Jenſeits angeſehen werden kann; unſer Dieſſeits und Jenſeits dadurch real im höhern Geiſte zuſammenhängen.

A. Verhältniſſe der jenſeitigen Geiſter zum höheren Geiſte und zu einander.

Zuvörderſt deutet unſere Analogie darauf, daß wir künftig in ein inniger bewußtes, höher geſteigertes Verhältniß zum höhern Geiſte treten werden, als jetzt. Das Anſchauungsbild tritt dem Geiſte immer wie etwas Aeußerliches, Fremdes gegenüber, im Grunde iſt es zwar auch ſein, aber die Erinnerung fühlt er erſt recht als ſein, ganz in ſeinem Schooße. So wird auch uns der höhere Geiſt nach dem Tode noch in einer andern Weiſe als ſein fühlen, denn jetzt, und indem er es thut, werden wir es erſt recht mit fühlen, daß wir ſein ſind, da ſein Selbſtbewußtſein und unſer Bewußtſein ſeiner gar nicht äußerlich auseinander liegen. Jetzt iſt der höhere Geiſt, ungeachtet wir ihm freilich auch ſchon factiſch angehören, doch immer nur wie ein fernes Geſpenſt hinter uns, das wir wohl dunkel erſchließen können, dem wir uns aber doch nicht unmittelbar angehörig fühlen; das wird künftig anders ſein; da werden wir unmittelbarer erkennen, daß wir in ihm leben und weben und ſind, und er in uns. Wir werden fühlen, daß wir unſern Lebensboden in ihm haben, aber auch fühleu, daß und was wir für ihn bedeuten.

Eine ſolche, nicht erſt wie jetzt durch Schluß und für den Verſtand fernber vermittelte, ſondern unmittelbare, ſtetige und mit den andern Geiſtern des Jenſeits gemeinſchaftliche Theilnahme am Selbſtbewußtſein des höhern Geiſtes iſt nun gerade das Gegentheil vom Aufgehen in ſeinem Unbewußtſein. In den Geiſtern des Jenſeits wird er ſich erſt recht vollſtändig und hell ſeiner bewußt, und indem er ſich ſeiner in ihnen bewußt wird, werden ſie ſich ihrer in ihm bewußt. In Erinnerungen und mittelſt Erinnerungen wirkt und ſchafft unſer Geiſt erſt recht frei und ſelbſtthätig, indeß er ſich bei Anſchauungen äußerlich beſtimmt fühlt. So wird denn auch der höhere Geiſt erſt recht frei und ſelbſtthätig mit uns im Jenſeits zu wirken und zu ſchaffen anfangen, und wir werden uns als ſeine ſelbſtthätigen Werkzeuge fühlen.

Zunächſt iſt es der allgemeine Geiſt des Irdiſchen, dem wir angehören; aber als himmliſcher Geiſt iſt derſelbe nur die einheitliche Vermittelung, durch welche die Geſammtheit der irdiſchen Einzelgeiſter ſich in Gott verknüpft. Indem wir nun eine unmittelbarere, lichtere Erkenntniß unſrer Einigung mit und in dieſem höhern himmliſchen Geiſte gewinnen, gewinnen wir hiermit auch eine unmittelbarere lichtere Erkenntniß unſrer Einigungsweiſe in Gott, ſind damit Gott ſelbſt um eine Bewußtſeinsſtufe näher getreten. Wie man denn überall das jenſeitige Leben als ein ſolches gefaßt hat, was den Menſchen mit höhern und dem höchſten Weſen in innigere lichtere Beziehungen ſetzen wird.

Nach Maßgabe als wir uns aber im Jenſeits unſeres Verhältniſſes zu dem höhern Geiſt und hiermit zu Gott unmittelbarer und klarer bewußt werden, als jetzt, werden wir auch das Verhältniß der Einſtimmung oder des Widerſtreites, in dem wir zu ihm und durch ihn zu Gott ſtehen, unmittelbarer und deutlicher fühlen, als jetzt. Ob wir jetzt im Sinne oder wider den Sinn des Geiſtes, der uns mit Gott vermittelt, gehen, ob er demgemäß wieder mit oder gegen uns geht, wiſſen wir nur durch eine nie ganz zureichende Verſtandesvermittelung oder fühlen es nur in der immer dunkel bleibenden und wie oft und bei wie Vielen zweifelhaften und halb ſchweigenden Gewiſſensmahnung. Das ſind nur ſchwache Vorbedeutungen der hellen Einſicht und der Gefühlsfülle, die wir einſt in dieſer Beziehung davon tragen werden.

Es wird aber das Lichtwerden oder Hellerbewußtwerden unſrer Beziehungen zu dem höhern und höchſten Geiſt im Jenſeits eben ſowohl ein Lichtwerden des Himmels, als ein Entbrennen der Hölle für uns ſein können, und ob das Eine oder Andere, wird von unſerm Verdienſt im Dieſſeits abhängen. Denn die volle Erinnerung unſers dieſſeitigen Lebens iſt es ja, welche der höhere Geiſt von uns in das Gebiet, das wir unſer Jenſeits nennen, hinüber nimmt. Erinnerungen nun gefallen oder mißfallen nach Maßgabe, als das gut oder ſchlecht erſcheint, woran ſie erinnern oder woraus die Erinnerung erwachſen iſt. Alſo werden auch wir dem höhern Geiſt, der uns erinnernd in ſich aufnimmt, nur nach Maßgabe deſſen gefallen, was wir im Anſchauungsleben geweſen; und je nachdem wir ihm gefallen oder mißfallen werden, wird es uns in ihm gefallen oder mißfallen; indem nach ſeinem Gefallen oder Mißfallen an uns ſich auch ſeine innern Mit- oder Gegenwirkungen gegen uns abwägen werden. Die Gerechtigkeit, die im Dieſſeits noch verſchoben ſcheint, oder gar nicht recht zu Tage zu treten ſcheint, wird ſich dort ganz erfüllen.

In der That, in der unmittelbaren Anſchauung, ſinnlichen Erfahrung, gefällt und mißfällt uns Vieles blos in Betracht ſeines unmittelbaren Luſt- und Unluſterfolges. Erſt im Erinnerungsleben hinter der Anſchauung erwacht die reinere Erwägung, die freilich immer noch nicht ſo rein, als in einem höhern Geiſte ſein kann, was auch daſſelbe in weitern Beziehungen für uns bedeute, ob es gut oder ſchlimm für uns im Ganzen ſei, und danach billigen oder verwerfen wir in uns ſelbſt das Geſchehene oder Geſchehene nach einem ganz andern Maßſtabe als dem der augenblicklichen Luſt oder Unluſt, die es gewährte; wir fragen nach ſeinen fernern Folgen im ganzen Zuſammenhange unſers Lebens und Seins. Und je größer, umfaſſender unſer Geiſt, deſto weiter gehen wir hiermit, und um ſo richtiger wird unſre Abwägung. So aber wird's auch in dem höhern und höchſten Geiſte ſein, nur in höherm Maßſtabe und in größerer Vollendung, weil er alles Irdiſche, der Höchſte gar die Welt umfaßt, alſo die vollen Mittel in ſich ſchließt, recht abzuwägen, was wir für das Irdiſche, die Welt geweſen. Erſt nachdem er uns aus dem Anſchauungsleben ins Erinnerungsleben aufgenommen, wird er uns nach dem vollen Werthe meſſen, den unſer Daſein bisher für ihn gehabt: und nicht mehr die augenblickliche Luſt oder Unluſt, die wir im Anſchauungsleben für ihn geſchöpft, wird den Maßſtab unſers Verdienſtes bilden, ſondern die Rückſicht, was unſer dieſſeitiges Leben im Ganzen nach allen ſeinen Beziehungen und Folgen für die irdiſche Exiſtenz, welcher der höhere Geiſt vorſteht, bedeutet hat. Wie er aber ſeine Beziehungen zu uns ins Bewußtſein faßt, ſo werden wir auch die Wirkungen davon in unſerm Bewußtſein ſpüren, wie wir ihm Luſt oder Unluſt machen, ſo er uns.

Wehe uns alſo, wenn im Jenſeits die Erinnerung eines ganzen verlorenen oder verderbten Lebens auf einmal oder in immer wachſender Macht, nach Maßgabe als ſich die gerechte Erwägung im höhern Geiſte mehr und mehr entwickelt, über uns hereinbricht, uns immer klarer und klarer wird, wie leer oder böſe es war für die geiſtige Gemeinſchaft, der wir angehörten, und nun leer oder böſe iſt für uns; da dieſe Erinnerung nicht mehr ſchwach, müßig und verwiſchbar in unſerm Haupte ſchwebt, ſondern in ein höheres Haupt ganz und voll aufgenommen, mehr als es eine dieſſeitige Erinnerung je thun kann, unſer ganzes bisheriges Leben nach allen ſeinen Beziehungen zuſammenfaſſen, die Baſis unſrer ganzen künftigen geiſtigen Exiſtenz bilden, und unſre bewußte Stellung zu allen andern geiſtigen Exiſtenzen und dem höhern Geiſte ſelbſt beſtimmen wird; da alle Gegenwirkungen nun ſtrafend auf uns einſtürmen, die der höhere Geiſt für den bereit hat, der wider ſeinen Sinn geht, um ihn mit Pein zu nöthigen, doch endlich nach ſeinem Sinne umzulenken. Heil aber eben ſo dem, der hier ein Leben im Sinne des höhern Geiſtes geführt hat; er wird Alles im

Jenſeits bereit und geſchmückt zu ſeinem freudigen Empfange finden; und wie die Erinnerung an die Leiden, die wir um einer guten Sache willen ſtandhaft erduldet haben, uns ſchon hier die größte Befriedigung gewährt, ja die Erholung von Leiden ſelbſt eine Art Seligkeit iſt, wenn wir uns bewußt ſind, ſie recht getragen zu haben: ſo und in noch viel höherm Sinne wird es dort mit dem Erinnerungsleben ſein, was aus einem leidensvoll aber in gutem Sinne hienieden geführten Leben erwachſen iſt.

Unſtreitig ſind dieſe, leicht weiter zu entwickelnden, Vorſtellungen nur im Sinne unſerer beſten praktiſchen Forderungen. Später wird ſich ihnen noch von anderen Geſichtspuncten entgegen kommen laſſen.

Die Sprache, wodurch verſchiedene Menſchen mit einander verkehren, ſich von ihren innern geiſtigen Zuſtänden benachrichtigen, iſt nur mittelſt ihrer Erinnerungen möglich. Nur durch Aſſociation von Erinnerungen an Worte entſteht das Verſtändniß in der Sprache. Sonſt wären es hohle Laute. Man kann in dieſer Hinſicht ſagen, die verſchiedenen Menſchen vermögen geiſtig nur durch ihre Erinnerungswelten zu verkehren; das bloße Anſehen der Geſtalt, das bloße Hören der Stimme iſt noch kein geiſtiger Verkehr.

Alſo mögen wir auch glauben, daß der höhere Geiſt des Irdiſchen mit andern Geiſtern des Himmels nur durch ſeine Erinnerungswelt geiſtig wird verkehren können, und daß wir, nachdem wir in dieſe Erinnerungswelt eingetreten ſein werden, auch Antheil an dieſem bewußten Verkehr des höhern Geiſtes mit andern himmliſchen Geiſtern gewinnen werden. Inſofern werden wir wirklich noch auf eine andere Art in den Himmel mit dem Tode eingehen, als wir jetzt ſchon darin ſind. Wir werden zwar nicht, wie Manche träumen, auf andere Weltkörper übergehen, denn der Erde, der wir jetzt angehören, bleiben wir, aber eine innerlichere Kenntniß vom Geiſtesinhalt andere Welten gewinnen, als jetzt, wo wir blos ihr äußeres Antlitz ſehen.

Früher (Th. 1. S. 231 ff.) ward gezeigt, wie die Vorſtellung von Engeln mit der Vorſtellung der Geiſter der Geſtirne zuſammenhängt. Nun läßt ſich überſehen, wie zugleich von einer andern Seite die Vorſtellung der Engel mit der Vorſtellung unſrer jenſeitigen Geiſter zuſammenhängt, und wie beide Auffaſſungsweiſen der Engel, zwiſchen denen die Vorſtellungen der Menſchen geſchwankt haben, ſo aber, daß in ſpäterer Zeit die eine überwogen hat, ſelbſt zuſammenhängen. Unſre jenſeitigen Geiſter können nämlich ſelbſt als Theilhaber an der höher bewußten Weſenheit eines himmliſchen Geiſtes, Engels betrachtet werden, und hiemit, da ſie doch individuelle Weſen, nur untergeordneter Art ſind, als untergeordnete Engel, dienende Engel, indeß die Geiſter der Geſtirne als obere Engel, als Erzengel, wenn man will. Und zwar dienen ſie den obern Engeln, denen ſie angehören, nicht nur im Verkehr mit andern obern Engeln, ſondern auch als Vermittler zu den Menſchen drunten, wie ſich bald des Nähern zeigen wird. Daß aber dieſe untergeordneten Engel den obern nicht nebengeſtellt, ſondern eingeſtellt ſind, iſt blos im Sinne derſelben allgemeinen Betrachtungsweiſe, welche uns und alle obern Engel ja auch Gott nicht nebengeſtellt, ſondern eingeſtellt ſein läßt, wovon genug im Frühern gehandelt.

Erinnerungen ſind geneigt, in denſelben Zuſammenhängen und Verhältniſſen aufzutreten, als die Anſchauungen, aus denen ſie erwachſen ſind; doch mit der größten Freiheit, auch in andere Verhältniſſe zu treten und ſich in neuen Beziehungen zu verknüpfen, was ſogar Zweck unſeres Erinnerungslebens. Alſo dürfen wir glauben, daß auch die Bande, durch welche die Menſchen im Anſchauungsleben des höhern Geiſtes hienieden mit einander verſchlungen ſind, beim Eintritt in deſſen Erinnerungsleben nicht zerriſſen werden, obwohl die größte Freiheit, ja der größte Anlaß für Abänderung und Fortbildung dieſer Verhältniſſe beſteht. Wir werden alſo unſre hieſigen Verhältniſſe mit unſern Lieben dort wieder anknüpfen, ja bald wird ſich zeigen, daß ſie durch den nur ſcheinbaren Riß hindurch, welchen der Tod zwiſchen dem Dieſſeits und dem Jenſeits ſetzt, fortgehends verknüpft bleiben, und ſich ſogar fortentwickeln, vermöge eines Verkehrs der Geiſter beider Welten, der nur nicht gegenſeitig ſo hell bewußt iſt, als er innerhalb jeder Welt für ſich iſt, und alſo für die durch den Tod Getrennten wieder werden wird, wenn die dieſſeits Zurückgebliebenen den ins Jenſeits Vorangegangenen nachfolgen.

Das ganze Reich unſrer Erinnerungen iſt ein einziges Reich, in dem das ſpäteſt Eingetretene ſich mit dem früheſt Eingetretenen begegnen kann. Alſo dürfen wir auch glauben, daß wir, mit dem Tode in das Erinnerungsreich des höhern Geiſtes übergehend, dort allen den Geiſtern begegnen können, die uns längſt ſchon in dieſes Erinnerungsreich vorangegangen ſind, nicht nur denen, die mit uns gelebt, ſondern auch denen, die vor uns gelebt haben.

Erinnerungen treten überhaupt in einen innigern, vielſeitigern, freiern, lebendigern, directern Verkehr mit einander, als die Anſchauungen, aus denen ſie erwachſen ſind, als welche ſich im Mit- und Nacheinander nur auf eine viel mehr äußerliche und durch äußerliche Bedingungen beſchränkte, Weiſe berühren und inſofern begegnen können. Alſo dürfen wir auch glauben, daß wir im Erinnerungsleben des höhern Geiſtes dereinſt in einen innigern, vielſeitigern, freiern, lebendigern, directern Verkehr mit einander treten werden, als jetzt, da wir noch im Anſchauungsleben deſſelben befangen ſind, uns dereinſt nicht mehr auf eine, durch ſo äußerliche Bedingungen beſchränkte, Weiſe berühren und begegnen werden, als jetzt.

Doch rufen und begegnen ſich Erinnerungen nach Regeln der Aſſociation, ordnen ſich Begriffen unter und wirken zur Erzeugung neuer Begriffe, werden verwandt in Schlüſſen, folgen dem Zuge der Entwickelung von Ideen, kurz ihre Freiheit iſt keine Zügelloſigkeit, ſondern ihr lebendiger Wandel und Verkehr eben ſo in Unterordnung unter die Herrſchaft, als in Ausübung der Freiheit unſers Geiſtes begriffen.

So wird es auch mit dem Erinnerungsreich des höhern Geiſtes ſein; es wird nicht ein zügelloſes Hin- und Herſchweben der Geiſter des Jenſeits darin geben, ſondern es wird Ordnung und Regel darin walten; es werden ſich Gruppen, Gebiete, Gemeinſchaften, Verwandtſchaften, Ueber- und Unterordnungen der Geiſter darin finden und bilden, es wird in Wahrheit ein Reich, mit Gliederungen dieſes Reiches, ſein.

Vergeſſen wir nur den Unterſchied nicht, den die Höhe und Weite des größern Geiſtes über unſerem dabei mitbringt. In uns können die Erinnerungen, zwiſchen denen dergleichen Verhältniſſe eintreten, blos nach einander im Bewußtſein deutlich geſchieden auftreten; im Bewußtſein des höhern Geiſtes aber finden unzählige Erinnerungen deutlich unterſchieden gleichzeitig mit einander Platz. Auch ſind die Verhältniſſe zwiſchen den Geiſtern des Jenſeits nicht einfache Wiederholungen der Verhältniſſe zwiſchen unſern Erinnerungen; ſondern wie wir als Geiſter des Jenſeits Mehr und Höheres ſind, als die Erinnerungen in uns im Dieſſeits, ſo wird es auch von den Verhältniſſen zwiſchen uns gelten. Dieſer Geſichtspunct des Ungleichen mit dem Gleichen muß hier und überall ſorgfältig im Auge gehalten werden.

Irrige Betrachtungsweiſen liegen hier überhaupt nahe:

Begriffe ſpielen in uns eine große Rolle. Der Begriff eines Baumes z. B. läßt ſich in gewiſſer Weiſe oder aus gewiſſem Geſichtspuncte als geiſtige Reſultante aller unſrer Baumerinnerungen faſſen, worin aber die Unterſcheidung der einzelnen individuellen Bäume verſchwindet oder zu verſchwinden ſcheint. Nun könnte man nach Analogie ſchließen: alſo werden unſre Geiſter in's Erinnerungsgebiet des höhern Geiſtes aufgenommen auch höhere Reſultanten geben, worin aber unſre Individualität erliſcht. Allein ſehen wir näher zu, ſo erlöſchen unſre Erinnerungen gar nicht wirklich in allgemeinen Begriffen. Trotz dem, daß ich alle Baumerinnerungen im Begriffe des Baums zuſammenfaſſe, vermag doch auch ihrerzeit jede einzeln für ſich im Gedächtniß hervorzutreten, und wenn es nicht jede wirklich wieder thut, und immer eine auf den Fortgang der andern warten muß, um es zu thun, hängt dies nicht an ihrem Verſchwimmen im Begriffe; das Aufheben im Begriffe hat gar nichts damit zu ſchaffen; und ſelbſt beim Wiederhervortreten in's Bewußtſein bleibt jede Erinnerung noch unter dem Begriffe oder den Begriffen, in die ſie einging, wie vorher enthalten; ſondern daran hängt es, daß unſer Geiſt vermöge ſeiner größern Dürftigkeit und Enge und tiefern Stufe deutlich unterſchiedene Erinnerungen überhaupt nur im Nacheinander ſpielen laſſen kann; in welcher Beziehung im höhern Geiſte die oftberührten ganz andern Verhältniſſe ſtatt haben. Der Begriff iſt alſo gar nicht als der Untergang des Individuellen im allgemeinen Geiſte, er iſt vielmehr als die höhere Vermittelung des Individuellen mit dem allgemeinen Geiſte zu betrachten. Der Geiſt beherrſcht und ordnet und überſieht das in und unter ihm enthaltene Individuelle durch die Einregiſtrirung unter die Cadres der Begriffe; aber deshalb bleibt es Individuelles und tritt nach einander oder zugleich, vollſtändig oder unvollſtändig, auf, je nachdem es die Natur des Geiſtes aus andern Geſichtspuncten geſtattet.

So werden wir alſo allerdings auch im Jenſeits in Verknüpfungen eintreten, die der höhere Geiſt eben ſo wie wir beſondere Begriffe in's Bewußtſein faßt; aber nichts deſto weniger unſre Individualität darin behaupten, wie jeder, der in einen Staat eintritt, nichts deſto weniger ein Individuum bleibt, daß der Staat ſich als übergeordnetes Allgemein-Weſen über allen untergeordneten Individualitäten faſſen läßt.

Obwohl die räumlichen und zeitlichen Verhältniſſe und Beziehungen, in denen unſere Anſchauungen aufgetreten ſind, auch in unſer Erinnerungsreich hinein ihren Einfluß forterſtrecken, ſo entwickelt doch die Verwandtſchaft und Verſchiedenheit unſrer Anſchauungen und daraus hervorgehenden Erinnerungen nach Weſen, Urſprung, Werth, in unſrer Erinnerungswelt noch viel bedeutſamere Beziehungen und Verhältniſſe. Und es geht unſer inneres geiſtiges Leben hauptſächlich aus dem Trachten hervor, und äußert ſich in der Richtung, die Geſammtheit unſrer Erinnerungen aus dieſen Geſichtspuncten in angemeſſene, harmoniſche, verträgliche Beziehungen zu einander zu verſetzen, unangeſehen der räumlichen und zeitlichen Entfernung, in welcher die Anſchauungen auftraten, denen ſie ihren Urſprung verdanken. Begriffe, Urtheile, Schlüſſe ſelbſt erfolgen aus ſolchen Geſichtspuncten. Die ganze höhere Ordnung und Thätigkeit des Geiſtes, von der wir ſprachen, bezieht ſich darauf. Alle Baumanſchauungen, wie fern auch die geſehenen Bäume in Zeit und Raum abſtanden, treten in unſerm Erinnerungsreiche nach bloßen Aehnlichkeitsbeziehungen unter denſelben Baumbegriff, und die Begriffe der Bäume ordnen ſich in den Begriff des Pflanzenreiches ein und dieſer tritt zum Begriff des Thierreichs in Beziehung, wobei die zeitlichen und räumlichen Verhältniſſe der Pflanzen und Thiere zu einander nicht mehr in Betracht kommen. Zwar auch die Anſchauungen fügen ſich ſchon ſolcher Ordnung gemeinſchaftlich mit Erinnerungen ein; aber theils fällt die bewußte Thätigkeit dieſes Beziehens, Ordnens nicht in das Anſchauungs-, ſondern das Erinnerungsreich, theils iſt erſt im Erinnerungsreiche die volle harmoniſche Entwickelung der Ordnung zu erwarten, in welche einzelne Anſchauungen von dieſer oder jener Seite doch anfangs oft noch ſtörend hineintreten.

So werden wir auch zu glauben haben, daß, obwohl die zeitlich räumlichen Verhältniſſe und Beziehungen, in denen wir im dieſſeitigen Anſchauungsleben auftreten, auch ins Jenſeits ihren Einfluß forterſtrecken, ſich darin noch wiederſpiegeln, doch die innere Verwandtſchaft und Verſchiedenheit der ins Erinnerungsreich des höhern Geiſtes übergegangenen Geiſter nach Weſen, Urſprung, Werth, noch bedeutſamere Beziehungen und Verhältniſſe für ſie dort entwickeln wird, als jene Aeußerlichkeiten, und daß das höhere Leben des höhern Geiſtes hauptſächlich aus dem Trachten hervorgehn und in der Richtung ſich äußern wird, die Geiſter des Jenſeits aus dieſen Geſichtspuncten in harmoniſche, gerechte und verträgliche Beziehungen zu verſetzen. Es werden ſich unangeſehen deſſen, ob die Geiſter heute oder vor tauſend Jahren ins Jenſeits übergingen, hier oder in Amerika lebten, Gemeinſchaften aus ihnen bilden nach der Gemeinſamkeit von Ideen, Erkenntniſſen und Trennungen nach der Verſchiedenheit von ſolchen. Schon hienieden ſind wir in ſolchen Gemeinſchaften inbegriffen; aber erſt im Jenſeits wird das recht bewußte Leben darin erwachen. Alles, was mehrere Geiſter von Ideen, Erkenntniſſen gemein haben, kann entweder als aus einem in den andern übergegangen, oder als aus einer allgemeinern Bildungsquelle des höhern Geiſtes in ſie übergegangen angeſehen werden; erſt im Jenſeits werden wir uns des Zuſammenhanges, in dem wir ſo unter uns unmittelbar oder durch Vermittelung von Verknüpfungsgliedern im höhern Geiſte ſtehen, deutlich bewußt werden können.

So wird uns auch (was an ſchon Früheres anknüpft), die Uebereinſtimmung im Werth oder Unwerth unſers Weſens eine gemeinſchaftliche Stelle im Himmel oder der Hölle verleihen, die nicht als verſchiedene Orte, ſondern als Gemeinſamkeiten verſchiedener Zuſtände und Verhältniſſe zu betrachten, welche uns im Jenſeits nur deutlicher, fühlbarer und mehr in Verhältniß zu unſerm Verdienſt zugemeſſen ſein werden, als jetzt; indem der höhere Geiſt alle, die in einer Art des Guten oder Böſen übereinſtimmen, unter eine gemeinſame Kategorie faßt und ihnen aus gemeinſamen Geſichtspuncte förderlich oder gegenwirkend begegnet; wie auch in uns alle Erinnerungen nach ihrem Werthe oder Unwerthe unter die Kategorien des Guten oder Böſen überhaupt und dieſer oder jener Art des Guten oder Böſen insbeſondere treten, und danach in die harmoniſchen, wohlthuenden oder widerwärtigen Beziehungen eingehen, ja ſie vermitteln helfen, die ſich überhaupt in uns an die Begriffe oder Ideen des Guten oder Böſen knüpfen, oder anders, in denen dieſe ihren weſentlichen Inhalt haben.

Sofern alles Wahre und Gute im Sinne des oberſten Wiſſens und Wollens des höhern und höchſten Geiſtes iſt, alles Falſche und Schlimme aber nur der Widerſtreit des Einzelnen in ihm gegen das oberſte Wiſſen und Wollen, kann man auch ſagen, daß die Geiſter des Jenſeits nach Maßgabe des Wahren und Guten, was in ihnen iſt, oder der Abweichung davon, eine zuſagende oder widerwärtige Stelle im Jenſeits haben und ihrer Einigung mit und durch den höhern und höchſten Geiſt in Befriedigung, Ruhe, Freude, Seligkeit oder ihres Widerſtreits damit in dem entgegengeſetzten Gefühle gewahr werden. Es hindert nichts, daß ſie in demſelben Geiſte ſind, dem ſie doch widerſtreben; es iſt auch ſo mit Vielem, was in unſerm Geiſte iſt und ihm doch widerſtrebt. Wir haben das ſchon anderwärts betrachtet.

Mit dem Vorigen und manchem Folgenden berührt ſich die Lehre Schwedenbergs in ſeiner Schrift von Himmel und Hölle [*] in ſo weſentlichen Hinſichten, daß ich nicht umhin kann, etwas näher auf dieſe Beziehungen einzugehen. Seine Lehre ſtellt ſich in etwas wunderlicher Form und phantaſtiſcher Ausſchmückung dar, iſt aber meines Erachtens ihrem Kern nach ſehr würdig und auf einen tiefſinnigen Geſichtspunct erbaut. Doch begründet Schwedenberg dieſelbe nicht durch Argumente, ſondern giebt ſie als etwas durch Anſchauung und Umgang mit jenſeitigen Geiſtern Gewonnenes.

---

[*] Der Himmel mit ſeinen Wundererſcheinungen und die Hölle. Vernommenes und Geſchautes. Zu der neuen Kirche des Herrn. Tübingen. Verlag zu „Guttenberg“ 1830.

Nach ihm wie nach uns hängen die weſentlichen Verknüpfungen und Trennungen der Geiſter des Jenſeits von der Uebereinſtimmung ihres Weſens ab, und namentlich iſt es die Uebereinſtimmung im Guten und Wahren oder deſſen Gegentheil, was ihnen einen gemeinſchaftlichen Platz in dem Himmel oder der Hölle anweiſt, die auch nach Schw. keine real räumlich geſchiedenen Orte, (wenn gleich nach dem ſog. Entſprechungsverhältniß ſo erſcheinend), ſondern verſchiedene Vereinigungen nach Seiten des Guten und Wahren oder deſſen Gegentheil ſind. Auch wird von ihm die Gemeinſamkeit, welche die guten Geiſter haben, eben ſo wie von uns, der harmoniſchen Einigung derſelben durch und in dem höhern Geiſte (dem Herrn) beigelegt, den er unmittelbar als Gott faßt, die Böſen aber, obwohl wider den höhern Geiſt, doch ihm unterworfen gedacht. Ihre Gemeinſchaft iſt keine Einigung in demſelben Sinne als die der Guten, da vielmehr ein Böſer wider den Andern iſt; doch iſt die Uebereinſtimmung im Schlechten und Falſchen immer etwas, was ſie den himmliſchen Vereinen gegenüber in dieſelbe Gemeinſchaft verſetzt. Auf andre Geſichtspuncte, worin wir uns mit Schwedenborg begegnen, komme ich anderwärts.

Zwar giebt es auch Puncte nicht unweſentlicher Abweichung ſeiner Lehre von der unſern. Schw. nimmt an, obwohl im Jenſeits keine räumlichen Verhältniſſe mehr wie hier beſtehen, erſcheinen ſich doch die Geiſter im Jenſeits unmittelbar äußerlich ferner oder näher, je nach der Aehnlichkeit oder Verſchiedenheit ihrer innern Zuſtändlichkeit, ſo daß die Hölle aus dieſem Grunde als weit abliegend vom Himmel erſcheine (§. 193), weil die böſen Geiſter ſich in einem entgegengeſetzten Zuſtande befinden, als die guten Geiſter (die er Engel nennt), und allgemein bilde ſich die Aehnlichkeit und Unähnlichkeit der geiſtigen Zuſtändlichkeit (nach dem ſog. Entſprechungsverhältniß) im Scheine einer räumlichen

Nähe oder Entfernung ab, dagegen ich auf Grund unſrer Vorderſätze glaube, daß die Aehnlichkeit oder Unähnlichkeit der geiſtigen Zuſtändlichkeit nicht abbildlich in Nähe und Entfernung, ſondern unmittelbar als das, was ſie iſt, im Jenſeits beſſer als hienieden von denen erkannt werden kann, die ſich im Verhältniſſe dieſer Zuſtändlichkeit befinden. Wie unſre Erinnerungen an Anſchauliches noch die frühern räumlichen und zeitlichen Verhältniſſe wiederſpiegeln und ſelbſt durch Phantaſie in neue anſchauliche Beziehungen treten, aber auch in begrifflichen Beziehungen ſich bewegen und nach Werthverhältniſſen zu einander ſtellen können, was gewiſſermaßen zwei verſchiedene Seiten unſres Erinnerungslebens ſind, ſo mag es auch in dem Jenſeits oder dem Erinnerungsreiche des höhern Geiſtes zwei ſolche Seiten des Geiſterlebens geben, die ſich ſo wenig dort widerſprechen werden, wie hier in uns; aber Schwedenborg wirft beide Seiten in Eins zuſammen, indem er die an's jetzige Sinnesleben erinnernden anſchaulichen Beziehungen nur als äußere Erſcheinlichkeit innerer Aehnlichkeits- und Verſchiedenheitsbeziehungen gelten läßt.

Ueberhaupt liegt darin ein Grundzug der ganzen Schwedenborgiſchen Lehre, daß die innern geiſtigen Zuſtände im Jenſeits einen Schein äußerlicher Zuſtändlichkeit oder eine äußere Erſcheinlichkeit an und um ſich erzeugen ſollen, welche zum innern Zuſtande in einer gewiſſen angemeſſenen Beziehung (im Entſprechungsverhältniß damit) iſt, in ſofern ſie es aber iſt, nun auch mit der vollen Kraft der äußern Wirklichkeit im Jenſeits auftritt, ja im Jenſeits als ſolche gilt. Geſtalt, Kleidung, anſchauliche Umgebung der Geiſter ſind ſo blos Ausdruck ihrer innern geiſtigen Zuſtände und Verhältniſſe, ahmen zwar die räumlichen, zeitlichen, materiellen Zuſtände des Dieſſeits mit Abänderungen die doch noch unter die Form des dieſſeits Erſcheinenden fallen, nach, ohne daß ihnen doch räumliche, zeitliche, materielle Zuſtände wirklich wie jetzt noch unterliegen, wogegen ſich Schwedenborg ausdrücklich verwahrt. Dieſe Anſicht, obwohl ſinnreich, ſcheint mir jedoch in der von Schwedenborg geltend gemachten Weiſe kein triftiges Fundament in der Natur der Dinge zu haben, wie denn das Phantaſtiſche, was der Schwedenborgſchen Lehre von Himmel und Hölle anhängt, hauptſächlich in dieſer Seite derſelben liegt, da Schw. bei Schilderung der äußern Zuſtändlichkeiten der

Geiſter auf ſehr vagen Vorausſetzungen über das Entſprechungsverhältniß zwiſchen innern Zuſtänden und äußerer Erſcheinlichkeit fußt.

Ferner hält Schwedenberg Himmel und Hölle rein aus einander, indem er das geiſtige Grundweſen, die Grundneigung des einen Menſchen ſchlechthin für gut, die des andern für böſe nimmt, was ſich nach dem Tode erſt recht rein herausſtelle und entſcheide; dagegen ich glaube, daß ſich ein Menſch nach gewiſſen Geſichtspuncten der Kategorie des Guten, nach andern der des Böſen einordnen kann, und auch der Böſe im Jenſeits durch die Strafen der Hölle noch gebeſſert werden wird; wovon ſich bei Schwedenberg nichts findet.

Abgeſehen aber von dieſen (und manchen andern, hier beiſeitzulaſſenden) Unterſchieden ſtimmen die Anſichten Schwedenbergs mit den unſern vielfach ſo genau überein, daß man ſagen möchte, es ſei von uns weiter nichts geſchehen, als ſeinen Offenbarungen eine theoretiſche Unterlage untergebreitet, ungeachtet mir ſeine Lehre in der That erſt bekannt wurde, als dieſe Schrift ſchon faſt beendigt war.

Hierzu auszugsweiſe Einiges aus ſeiner Schrift:

Schwedenbergs Anſichten über das Band, was die Geiſter des Jenſeits in einem höhern Geiſte (dem Herrn) finden, und ihre Beziehungen zu einander.

§. 7. „Die Engel, (d. i. ſeligen guten Geiſter) heißen der Himmel, weil er aus ihnen beſteht; immer jedoch iſt es das vom Herrn ausgehende Göttliche, das in die Engel einfließt und von dieſen aufgenommen wird, was den Himmel im Ganzen und in ſeinen Theilen macht. Das vom Herrn ausgehende Göttliche iſt das Liebegute und das Glaubenswahre; ſo viel an Gutem und Wahren ſie davon aufnehmen vom Herrn, ſo weit ſind ſie Engel, und ſo weit ſind ſie der Himmel."

§. 8. „Jeder im Himmel weiß und glaubt und wird ſelbſt inne, daß er nichts Gutes aus ſich will und thut, und daß er nichts Wahres aus ſich heraus denkt und glaubt, ſondern aus dem Göttlichen, mithin aus dem Herrn; auch daß das Gute und Wahre, ſo aus ihm kommt, nicht Gutes und nicht Wahres iſt, weil es nicht Leben aus dem Göttlichen hat: die Engel des innerſten Himmels werden ſelbſt deutlich inne und empfinden das

Einfließen, und, wie weit ſie aufnehmen, ſo weit nur meinen ſie im Himmel zu ſein, indem ſie ſo weit in der Liebe und im Glauben, und ſo weit im Lichte der Einſicht und der Wahrheit, und aus dieſen in der himmliſchen Freude ſind: weil nun alles dieß vom Göttlichen des Herrn ausgeht und in dieſem für die Engel der Himmel iſt, ſo folgt, daß das Göttliche des Herrn den Himmel macht, nicht aber etwa die Engel irgend aus ihrem Selbſtigen“ .....

§. 9. „Die Engel, vermög' ihrer Weisheit, gehen noch weiter; ſie ſagen nicht allein, alles Gute und Wahre komme vom Herrn, ſondern auch des Lebens Alles; ..... ſie ſagen ferner, es gebe nur Einen Urquell des Lebens, und das Leben des Menſchen ſei Ausfluß deſſelben, der, wenn er nicht fortdauernd von jenem genährt werde, ſogleich verſiegen gehe. Ferner: aus dieſem einzigen Urborne des Lebens, welcher der Herr iſt, fließe nichts als das göttliche Gute und das göttliche Wahre hervor, und dieſe regen Jeden an je nach der Aufnehmung; in denen, welche ſie mit Glauben und mit Wandel aufnehmen, ſei der Himmel; welche ſie aber von ſich abſtoßen oder in ſich erſticken, die verwandeln jenes in Hölle, denn ſie verkehren Gutes in Böſes, Wahres in Falſches, alſo Leben in Tod“ .....

§. 12. „Dieß mag denn bekunden, daß der Herr in den Seinigen wohnt bei den Engeln des Himmels; und alſo, daß der Herr iſt Alles in Allem des Himmels; dieß aus dem Grunde, weil das Gute vom Herrn iſt, der Herr bei ihnen, denn was von Ihm iſt, das iſt Er ſelbſt; daß mithin das Gute vom Herrn für die Engel der Himmel iſt, und nimmer etwas von ihrem Selbſtigen.“

§. 41. „Die Engel eines jeglichen Himmels * ſind nicht alle an einem Orte zuſammen, ſondern in größere und kleinere Vereine getheilt nach den Unterſchieden des Liebeguten und des Glaubensguten, worin ſie ſind: die in dem gleichen Guten ſind,

---

* Des Nähern unterſcheidet nämlich Schwedenberg drei Himmel nach den verſchiedenen Stufen der Güte und demgemäßen Seligkeit der himmliſchen Geiſter, was er (§. 30) mit einer Dreitheilung des menſchlichen Gemüths in Beziehung ſetzt. Alle drei Himmel ſind zwar an ſich geſchieden, doch durch den Einfließen vom Herrn mittelbar verknüpft (§. 37).

bilden Einen Verein: das Gute in den Himmeln iſt in unendlicher Mannichfaltigkeit, und jeder einzelne Engel iſt wie ſein Gutes.“

§. 42. „Die Engelvereine in den Himmeln ſind von einander auch räumlich geſchieden nach dem Maß, als ihr Gutes im Allgemeinen und im Beſondern verſchieden iſt [*]; denn die Abſtände in der geiſtigen Welt rühren von nichts Anderm, als von der Verſchiedenheit der Zuſtände des Inwendigen, im Himmel alſo aus der Verſchiedenheit der Zuſtände der Liebe. In großer räumlicher Entfernung von einander ſind, welche ſehr verſchieden hierin ſind; ſich näher aber ſtehen, die ſich wenig unterſcheiden; nahe Aehnlichkeit bewirkt, daß ſie beiſammen ſind.“

§. 43. „Auch die einzelnen in demſelben Vereine ſcheiden ſich auf gleiche Weiſe wieder Alle von einander“ .....

§. 45. „Hieraus erhellt, daß Gutes zuſammengeſellt in den Himmeln, und daß ſie ſich unterſcheiden je nach deſſen Beſchaffenheit; jedoch aber ſind es nicht die Engel, die ſich ſo zuſammenthun, ſondern der Herr, von welchem Gutes kommt; Er ſelbſt leitet ſie, verbindet ſie, ſcheidet ſie ab, und erhält ſie nach dem Maß, als ſie im Guten ſind, in ihrer Freiheit; und ſo jeden Einzelnen in dem Leben ſeiner Liebe, ſeines Glaubens, ſeiner Einſicht und Weisheit, und ſohin in Seligkeit.“

§. 46. „Auch kennen ſich dort Alle, die in ähnlichem Guten ſind, ganz wie die Menſchen hienieden ihre Blutsverwandten, ihre Verſchwägerten und Freunde, und zwar auch dann, wenn ſie ſich nie vorher geſehen haben; der Grund iſt, weil es im andern Leben keine andern Verwandtſchaften, Schwägerſchaften und Freundſchaften als geiſtige, mithin nur auf den Grund der Liebe und des Glaubens giebt. Dieß wurde mir einigemale zu ſehen vergönnt, als ich im Geiſt, alſo meinem Körper entrückt, und ſo im Umgang mit Engeln war; da ſah' ich welche, die mir von Kind auf bekannt, und Andere, die mir als völlig unbekannt erſchienen. Die mir wie von Kindheit an bekannt erſchienen, waren die, ſo mit mir in ähnlichem Zuſtande des Geiſtes, die mir aber unbekannt ſchienen, die im unähnlichen waren.“

---

[*] Anderwärts §. 191. 192. wird ausdrücklich geſagt, daß zwar im Himmel wie hienieden Alles in zeitlichen und örtlichen Verhältniſſen erſcheine; im Grunde aber es „keinen Abſtand, keine Räume gebe, ſondern an deren Stelle nur Zuſtände und Wechſel“, wie auch durch das Folgende im Text erläutert wird (vgl. S. 61).

§. 54. „Nimmer kann geſagt werden, der Himmel ſei außerhalb jemandes, ſondern innerhalb, denn jeder Engel nimmt den Himmel außer ihm nach dem Himmel auf, der in ihm iſt.“

§. 194. „Hierin (daß nach Maßgabe der Aehnlichkeit oder Unähnlichkeit der geiſtigen Zuſtändlichkeit die Geiſter ſich näher oder ferner erſcheinen) hat auch ſeinen Grund, daß in der geiſtigen Welt Einer dem Andern gegenwärtig wird, ſobald dieſer ſeine Gegenwart ſehnlich verlangt, denn mit ſeiner Sehnſucht ſieht er jenen in Gedanken, und überträgt ſich gleichſam in deſſen Zuſtand. Die entgegengeſetzte Folge daraus iſt, daß der Eine vom Andern nach dem Verhältniß entfernt wird, als er demſelben abgeneigt iſt: und weil alle Abneigung aus dem Widerſtreite der Triebe und aus dem Zwieſpalt der Gedanken kommt, ſo geſchieht denn, daß Mehrere, welche ſich in der geiſtigen Welt an Einem Orte befinden, ſo lang ſie einmüthig ſind, ſich im Angeſicht bleiben, ſobald ſie aber nicht mehr überein denken, einander entſchwinden.“

§. 205. „Zuſammengeſellt ſind Alle im Himmel je nach den geiſtigen Verwandtſchaften, welche beſtehen durch Gutes und Wahres in ſeiner Ordnung, ſo im ganzen Himmel, ſo in jedem Verein, ſo endlich in jedem Haus; daher denn die Engel, die in ähnlichem Guten und Wahren ſind, ſich, wie Blutsfreunde und Verwandte auf dieſer Welt und ganz wie Bekannte von Kind auf, kennen. In gleicher Weiſe zuſammengeſellt ſind Gutes und Wahres, welche Weisheit und Einſicht hervorbringen, bei jeglichem Engel; dieſe beiden erkennen ſich ebenfalls, und wie ſie ſich erkennen, ſo verbinden ſie ſich auch. Weshalb denn die, bei welchen Wahres und Gutes ſich nach der Form des Himmels vereint hat, die Folgen in ihrer Verkettung, und in weitem Umkreis um ſich her ihren innern Zuſammenhang, erſehen; nicht alſo die, bei welchen Gutes und Wahres nicht nach der Form des Himmels verbunden ſind.“

§. 268. „Wie groß die Weisheit der Engel iſt, begründet ſich daraus, daß in den Himmeln gegenſeitige Mittheilung Aller beſteht, die Einſicht und Weisheit des Einen theilt ſich dem Andern mit; der Himmel iſt Gemeinſchaft aller Güter; die Urſache davon liegt in der Natur der himmliſchen Liebe, ſie will, daß, was das Ihre iſt, des Andern ſei; darum wird Niemand im Himmel ſein Gutes inne als Gutes, wenn es nicht auch in dem Andern iſt, hieraus die Wonne des Himmels; die Engel haben dieß vom Herrn, deſſen göttliche Liebe ſo iſt.“

B. Verhältniſſe der jenſeitigen zur dieſſeitigen Geiſterwelt.

Die einzelne Erinnerung in uns erwächſt aus der Anſchauung, die einzelne Anſchauung wird in Erinnerung übergehen. Eins folgt aus und nach dem andern. Aber die Beziehung des geſammten Erinnerungslebens zum geſammten Anſchauungsleben in uns iſt nicht als ein bloßes Nacheinander zu faſſen. Anſchauungsleben und Erinnerungsleben beſtehen mit einander in unſerm Geiſte und beſtehen nicht zuſammenhangslos neben einander. Das ganze Reich unſerer Anſchauungen hängt in unſerm Geiſte vollſtändig mit dem ganzen Reiche der Erinnerungen in Eins zuſammen; und die ganze Mannichfaltigkeit der Anſchauungen gewinnt nur durch Zuſammenhang mit dem Erinnerungsreiche ſelbſt einen Zuſammenhang, der über das Gefühl des einfachen Nach- und Nebeneinander hinausgeht. Das Anſchauungsleben bleibt die unabtrennbare niedere Baſis des Erinnerungslebens, und das Erinnerungsleben mit ſeinen höhern Beziehungen und Verknüpfungen enthält zugleich das höhere Band des Anſchauungslebens.

So erwächſt das jenſeitige Leben des einzelnen Menſchen aus ſeinem dieſſeitigen Leben und dieſes wird in jenes übergehen. Aber die Beziehung des ganzen Jenſeits zum ganzen Dieſſeits im höhern Geiſte iſt auch nicht als ein bloßes Nacheinander zu faſſen. Dieſſeits und Jenſeits beſtehen zugleich im höheren Geiſte und beſtehen nicht zuſammenhangslos neben einander. Das ganze Reich des Dieſſeits hängt auch vollſtändig und in Eins mit dem des Jenſeits im höheren Geiſte zuſammen, und alle allgemeinen Verknüpfungen in jenem werden nur durch die Verknüpfung mit dieſem und mittelſt dieſes möglich. Das Dieſſeits bleibt als niedere unabtrennbare Baſis unter dem Jenſeits ſtehen; und das Jenſeits enthält in ſeinen Beziehungen das höhere Band des Dieſſeits.

Wir glauben in Staat, Kirche, Wiſſenſchaft, und was wir ſonſt von allgemeinen Verknüpfungen in der Menſchheit kennen, etwas zu haben, was ſich im Dieſſeits abſchließe; aber dieſe ganzen Zuſammenhänge, ſo weit ſie uns im Dieſſeits vorliegen, ſind nur ſo zu ſagen die Oberfläche eines tief nach Innen gehenden, das Jenſeits füllenden Zuſammenhanges, und ohne daß wir es glauben und wiſſen, hängen wir durch Bande des Jenſeits zuſammen. Das Dieſſeits verdankt ſeine ganze Erhebung über das niedrig Sinnliche ſchon der ſtillen Gemeinſchaft mit dem jenſeitigen höhern Reiche.

Wie man freilich Alles aus einander zu reißen gewohnt iſt, Gott und Welt, Leib und Seele, Seele und Geiſt, ſo iſt man auch gewohnt, das Reich des Jenſeits vom Reiche des Dieſſeits ganz loszureißen, und ſeine Höhe über dem Dieſſeits ſo anzuſehen, als ob das Jenſeits über den Wolken, das Dieſſeits auf der Erde, durch einen Zwiſchenraum von einander geſchieden wären. Aber wir haben ſchon gelernt, ſolche untriftige Trennungen aufzugeben.

Wir können das Jenſeits als eine höhere Entwicklungsſtufe des Dieſſeits betrachten; aber es iſt überall nicht die Natur höherer Entwicklungsſtufen, die bisherige Baſis aufzugeben, ſich davon loszumachen, ſondern die bisherige Baſis ſelbſt zu gipfeln, zu krönen; höhere Beziehungen daran zu entwickeln.

„Indem wir ſagen, daß ein Fortſchreiten und eine Entwickelung im Todtenreiche ſtatt findet, müſſen wir dieſelbe nothwendig zum Entwickelungsgang des Reiches Gottes in dieſer Welt in Verhältniß denken. Denn obgleich es zwei Welten giebt, iſt doch nur Ein Reich Gottes, nur Ein Geiſt Gottes und nur Ein Ziel der Weltentwickelung. Erſt, wenn dieſer irdiſche Zuſtand vollkommen iſt, erſt, wenn die ſtreitende Kirche ihren Kampf auf Erden durchgekämpft hat, kann auch das jenſeitige Reich vollkommen werden ...... Es muß ſo ein Wechſelverhältniß zwiſchen dem jenſeitigen und dem dieſſeitigen Reiche geſetzt werden, und die dieſſeitige Weltentwickelung iſt ihrer weſentlichen Wahrheit nach als hineinſcheinend in das Bewußtſein der jenſeitigen Geiſter zu denken. Die jenſeitigen Geiſter müſſen ſich in innerer Selbſtbeſtimmung zu denjenigen Momenten unſrer Entwickelung verhalten, an welche ſie ſich ihrer Willensrichtung nach geknüpft haben, und der Geiſterkampf der Geſchichte muß ſich in der Tiefe ihres Willens abſpiegeln.“ (Martenſen, chriſtl. Dogm. S. 520).

Entwickeln wir dieſe allgemeinen Betrachtungen etwas ins Beſondre.

Jede neue Anſchauung, die wir faſſen mögen, tritt mit dem Reich unſrer Erinnerungen in Verknüpfung, Beziehung, und es beſtimmt ſich danach ſchon die Stelle, die ſie, einſt ſelbſt Erinnerung geworden, darin einnehmen wird. Ja ſie geht ſchon als Anſchauung unbewußt in gemeinſame Begriffe mit Erinnerungen ein, wird darin mit ſolchen vom Geiſte zuſammengefaßt.

So ordnet ſich auch jeder Menſch ſchon im Dieſſeits durch Beziehungen, in die er, wenn auch jetzt noch derſelben unbewußt, mit dem Reich des Jenſeits tritt, ſchon zum Voraus dem Jenſeits ein oder beſtimmt ſich die Stelle, die er einſt darin einnehmen wird; ja wird ſchon während ſeines dieſſeitigen Lebens in höheren Verknüpfungen mit Geiſtern des Jenſeits vom obern Geiſte zuſammengefaßt.

> „Dieſem darf ich beiſetzen, daß jeglicher Menſch, auch während er noch im Körper lebt, für den Betreff ſeines Geiſtes in Geſellſchaft von Geiſtern iſt, obwohl er nicht davon weiß; daß mittelſt dieſer der Gute in einem Engelsverein, und der Böſe in einem hölliſchen Verein iſt; und daß er nach ſeinem Tod in denſelben Verein kommt.“ (Schwedenb., Himmel und Hölle. §. 438).

Aber nicht nur die allgemeine Ordnung, die höhere Verknüpfung und Beziehung des Jenſeits ergreift das Dieſſeits mit, ſondern auch die Geiſter des Jenſeits ſelbſt weben und wirken aus dem Jenſeits noch in das Dieſſeits hinein, ja finden im Dieſſeits noch einen Boden, über dem ſie nur in einer freiern Weiſe als wir wandeln, und doch deſſelben noch zum Wandeln bedürfen.

Blicken wir in uns ſelbſt zurück. Erinnerungen ſpielen beſtändig in unſer Anſchauungsleben hinein, helfen unſre Anſchauungen näher beſtimmen, ausmalen, machen den grünen Fleck in der Landſchaft für uns zum Walde, das ſilberne Band darin zum Fluſſe. Erinnerten wir uns nicht: da wächſt's, da ſingen Vögel, gehen Jäger, gibt es Schatten, Kühlung, blieb es für uns ein roher grüner Fleck. Unzähliche, unzuberechnende Erinnerungen ſind es ſo im Grunde, die mir den anſchaulichen grünen Fleck zum Walde machen, ob ich ſie auch nicht einzeln unterſcheide. Nur ſind die Erinnerungen nicht gebunden, im Zuſammenſpiel mit andern Erinnerungen an Anſchauungen geheftet aufzutreten; ſie können auch ſelbſtſtändig auftreten.

So nun, wie mit den Erinnerungen in unſerm Geiſte, wird es auch mit unſern Geiſtern im Erinnerungsreiche des höhern Geiſtes ſein. Die Geiſter des Jenſeits ſpielen in ſein dieſſeitiges Anſchauungsleben hinein; und wir, die noch in dieſem wandeln, theilen Unzähliches mit Geiſtern des Jenſeits, haben es von ihnen, was wir für uns zu haben meinen. Wie die ganze anſchauliche Natur nichts als eine rohe Farbentafel für uns bleiben würde, wenn nicht tauſend und aber tauſend früher geſchöpfte Erinnerungen zuträten, und die Farbentafel in höherm Sinne ausmalten, ſo würde die Menſchheit in ihrem jetzigen Anſchauungsleben nichts anders als ein rohes Weſen bleiben, wenn nicht tauſend und aber tauſend Geiſter der Vorwelt noch in uns mit darin wirkten, ob wir ihr Wirken auch nicht einzeln unterſcheiden, und all' ihre früher geſammelte Bildung uns Lebenden mit zu Gute käme, ſich immer von Neuem in uns abdrückte, und uns ſchon hier zu etwas Höherem ſtempelte, als wir durch uns allein zu werden vermöchten. Wir ſchalten in unſerm dieſſeitigen Leben mit geiſtigen Schätzen, die zugleich dem Jenſeits angehören. Plato lebt noch in den Ideen fort, die er in uns hinterlaſſen hat; ja wohin eine Idee von Plato gedrungen iſt, da lebt Plato fort, und die verſchiedenſten Menſchen, die dieſer Idee ſich bemächtigt haben, ſind durch den Geiſt Plato's verknüpft, der nun nach dem Tode das ganze Schickſal dieſer

Idee als ſeines mit erfährt. Wer thörichte Ideen in die Welt bringt, wird ſelbſt vom Schickſal derſelben leiden, bis ſie dereinſt berichtigt und gebeſſert ſind. Wer Wahres und Gutes in uns hinein erzeugt, der wird auch die erfreuliche Wirkung dieſes Wahren und Guten in uns mit ſpüren.

Zwar meinen wir, es ſind nur todte Rückſtände, deren wir uns von den Verſtorbenen bemächtigen; das aber eben iſt der Irrthum. Was von den Todten geblieben, regt uns lebendig an, greift tauſendfach in unſer Leben ein, aber indem es dieß thut, leben die Todten ſelbſt darin mit fort. Das eigene Leben derſelben können wir freilich in all' dem nicht erfahren, nur immer wie es eingreift in das unſere, nur die Wirkungen, die wir von ihnen empfangen, nicht das Wirkende, womit ſie ſich äußern. Aber warum ſoll hinter den Wirkungen, die wir bewußt erfahren, nicht auch ein Wirken ſein, was ſich bewußt äußert? Die Geiſter des Jenſeits haben ihren alten Wirkungskreis nicht aufgegeben, obwohl ſie auch nicht auf deſſen Niedrigkeit beſchränkt bleiben; ſie arbeiten mit uns im Zuſammenhange weiter aus, was ſie hier begonnen, und führen es höher hinauf, nur unter neuen Beziehungen des Bewußtſeins dazu. Alles, was von Ideen und mit Bewußtſein geſchaffenen Werken im Laufe ihres Lebens an die Welt übergegangen, fällt ihnen mit dem Tode als Ausgang und Angriffspunct fernern bewußten Wirkens zu. So wirken ſie um uns, in uns hinein; geiſtig und materiell, wir ſpüren ihr Fortwirken und können nur freilich nicht ſpüren, daß ſie auch etwas dabei ſpüren.

Darin liegt einer der Vorzüge des Lebens im Jenſeits vor dem im Dieſſeits, daß die Geiſter des Jenſeits ihrem Sein und Wirken nach nicht mehr an eine ſo enge Oertlichkeit gebannt ſind, ſondern an der Allgegenwart und Freiheit des höhern Geiſtes im irdiſchen Gebiete ſelbſt Antheil gewinnen; ſie werden zu ſeinen Verknüpfungsgliedern des Dieſſeits, jeder nach der beſondern Richtung, nach der ſich nun eben ſein Geiſt hier bethätigt hat. Bemerken wir doch auch in uns die größte Freiheit der Erinnerungen, ſich an jede Anſchauung zu aſſociiren, mit der ſie Verwandtſchaftsbeziehungen haben, und ſo Brücken zwiſchen den verſchiedenſten Anſchauungen zu ſchlagen; ſo werden auch die Erinnerungsgebiete, welche der größere Geiſt durch unſern Tod gewinnt, die größte Freiheit haben, mit den verſchiedenſten Anſchauungsgebieten der Lebenden in Bewußtſeinsbeziehung zu treten, und ſelbſt eine Bewußtſeinsbeziehung zwiſchen ihnen im höhern Geiſte zu vermitteln.

Jeder Geiſt des Jenſeits wirkt ſo in unzählige Menſchen und in jeden Menſchen wirken unzählige Geiſter hinein. Indeß aber jeder lebende Menſch im Dieſſeits ein Schauplatz des Wirkens und Verkehrs vieler Geiſter des Jenſeits iſt, geht keiner dieſer Geiſter ganz mit ſeinen Wirkungen in ihn ein, ſondern nur von dieſer oder jener Seite; wie auch zur Begeiſtung jeder Anſchauung zwar die mannigfaltigſten Erinnerungen, aber jede immer nur von dieſer oder jener Seite beiträgt, nach Maßgabe als ſie in verwandtſchaftlicher Beziehung dazu ſteht. Kein Menſch kann ſich eines Geiſtes des Jenſeits ganz bemächtigen. Nun iſt es ganz natürlich, daß, wenn Jeder von uns nur von dieſer oder jener Seite des Daſeins eines Verſtorbenen berührt wird, nur etwa dieſe oder jene einzelne Idee deſſelben in ſich aufnimmt und dieſe mit den Wirkungen ſo vieler andern Geiſter, er von der Einheit nichts ſpüren kann, in welcher jeder Geiſt des Jenſeits alle Seiten ſeines Wirkens für ſich zuſammenfaßt. In jeden von uns wächſt ſo zu ſagen nur dieſe oder jene von den vielen Wurzeln hinein, mit denen ein Geiſt des Jenſeits noch im Dieſſeits ſich verzweigt, wie ſollten wir des einigen Stammes, in dem ſich alle Wurzeln einigen, gewahren; zumal da ein Geflecht ſo vieler Wurzeln von ſo vielen Geiſtern in uns eingeht; was uns erſchwert, zu unterſcheiden, was uns von jedem einzelnen kommt.

Es geht aber die Individualität der Geiſter des Jenſeits nicht in der unſern unter, verfließt nicht damit; noch umgekehrt. Denn das ſetzt bei allem Wirken derſelben auf und in uns immer eine geiſtige Scheide zwiſchen ihnen und uns, daß ſie ſich dabei als gebend, wir als empfangend fühlen, ſo weit wir wirklich empfangen. Auch eine Erinnerung verliert dadurch, daß ſie aus dem Erinnerungsreiche heraus eine, ja viele Anſchauungen begeiſtet, nicht im Geringſten das Vermögen, ſelbſtſtändig für ſich aufzutreten. Und thut ſie's nicht immer, ſo iſt's aus andern mehrbeſprochenen Gründen. Sie begeiſtet die Anſchauung und bleibt doch was ſie iſt. Auch eine Kupferplatte verliert dadurch nichts von ihrem eigenthümlichen Gepräge, daß ſie ſich in noch ſo viele Blätter abdruckt, und verſchmilzt nicht damit. Und ſo mögen auch die Geiſter des Jenſeits ihre Ideen noch ſo vielfältig in uns abdrücken, und es derſelbe Akt ſein, in dem ſie und wir dies ſpüren; aber jede Idee wird nach andern Beziehungen, in anderm Zuſammenhange die ihre als die unſere ſein; und wenn ſie von ihnen herrührt, werden ſie ſich als beſtimmend, wir als beſtimmt fühlen. Nun aber können wir ſie auch gegenbeſtimmen. In der That iſt das Verhältniß nicht einſeitig zu faſſen. Zu den Wirkungen, welche die Geiſter des Jenſeits auf uns äußern, treten wir mit neuen Wirkungen und wirken ſelbſt auf ſie zurück, nach Maßgabe, als ſie auf uns wirken. Ihr Leben hat fortan das unſre zu etwas Aeußerm, wie Erinnerungen ſich in uns heften an neue Anſchauungen, als an etwas Aeußeres, und ſelbſt neue Beſtimmungen dadurch gewinnen. Jede Idee der Verſtorbenen, die in uns eintritt, wird doch nach unſrer Eigenthümlichkeit aufgefaßt und geſtaltet; darin fühlen wir uns ſelbſtthätig, gebend; ſie empfangend oder angeregt. So tragen wir etwas auch zu ihrer Förderung bei, indem die neuen Geſichtspuncte, Beziehungen, unter denen wir ihre Ideen faſſen, überhaupt das erfaſſen, was als Folge ihres Daſeins geiſtig fortwirkt, zu neuen Anregungen, Beſtimmungen für ſie werden.

Wie viel Berührungen aber auch das Leben der Geiſter des Jenſeits mit dem unſern hat, ſo iſt es doch in dem Verkehr mit uns nicht beſchloſſen, und ihre Fortentwickelung beruht nicht blos darauf; da auch Erinnerungen nicht blos in der Anknüpfung an Anſchauungen ihr Leben führen, ſondern einen höhern Verkehr unter ſich haben, von dem wir im Anſchauungsleben nur die Reflexe ſpüren. Das Erinnerungsleben entwickelt ſich ſo zu ſagen nur in unterer Abhängigkeit vom Anſchauungsleben, aber in oberer Freiheit von demſelben. Denken wir uns unſer Leben wie einen Keim, der mit dem Tode in ein Reich des Lichtes durchbricht, aber noch in ſeinem alten Boden wurzeln bleibt. Nun hängt freilich fortgehends die ganze Entwickelung des Keims von der Art ſeiner Einwurzelung ab, aber nicht allein und beſteht auch nicht in der bloßen Fortentwickelung der Wurzeln. Was ſich nach Durchbruch der Erde oben auf Grund der Wurzeln in Zweigen, Blättern und Blüten entwickelt, das iſt aus dem, was unter der Erde im alten Boden an den Wurzeln erfolgt, gar nicht allein zu berechnen, obſchon in beſtändiger Beziehung damit. Alle Ideen, mit denen die Verſtorbenen in uns fortwirken, mögen aber ſolche Wurzeln ſein. Das höhere Daſein der Geiſter des Jenſeits ſelbſt zu erkennen, müſſen wir ſelbſt erſt zu demſelben höhern Daſein durchgebrochen ſein.

Mit dieſen Anſichten beſteht recht wohl ſowohl unſre Freiheit, als die Freiheit der Geiſter des Jenſeits, ſoweit nicht das Verbundenſein zu einer höhern geiſtigen Gemeinſchaft Beſchränkungen der Art mitführt, wie wir ſolche ohnehin fordern. Das Spiel und der Conflict der Freiheit, die wir im Dieſſeits anerkennen, dehnt ſich nur aus auf die Verknüpfung des dieſſeitigen und jenſeitigen Reiches. Man ziehe in Betracht, daß es, welcher Freiheitsanſicht man auch huldigen mag, kein ganz freies Weſen überhaupt gibt; ſondern jedes Weſen theils durch die Erfolge ſeiner frühern Freiheitsacte, theils durch äußere Einwirkungen mehr oder weniger mit beſtimmt wird. Alſo wird auch jeder Menſch durch die Ideen der Verſtorbenen oder die nachgelaſſenen Werke, welche Träger derſelben ſind, weſentlich mit beſtimmt, und es gilt dies, gleichgültig, ob ſich dabei ein Bewußtſein der Geiſter des Jenſeits bethätigt oder nicht. Wenn jener Mann nicht dieſe Schule geſtiftet, dieſer nicht dies Buch geſchrieben hätte, ſo hätte dieſer Knabe nicht dieſen Unterricht empfangen, jener Mann dieſe Idee nicht weiter entwickeln können. Alle Baſis der Kultur, auf der wir als auf einer überkommenen fußen, gehört alſo zu unſrer unfreien Seite. Nun aber arbeiten wir die überkommene Baſis der Cultur auch durch uns ſelbſtthätig weiter aus: und Alles, was in dieſer Beziehung von uns mit dem Gefühle eigener Anſtrengung und eigenen Willens geſchieht, gehört zu unſrer freien Seite. Indem wir dabei die Ideen der frühern Geiſter nach unſrer Eigenthümlichkeit auffaſſen, ſelbſtthätig verarbeiten und umgeſtalten, fühlen ſie ſich nun ihrerſeits hierbei von uns beſtimmt, gehört dies zu ihrer unfreien Seite, haben ſie ihrerſeits eine unfreie Baſis der Fortentwickelung in uns; doch nicht ſo, daß ſie in ihrer Fortentwickelung uns paſſiv und unſelbſtſtändig dahingegeben wären, wie auch wir nicht ihnen; da es ja immer in ihrer Freiheit liegt, ob ſie unſre Auffaſſung und Geſtaltung ihrer Ideen ſich ſelbſt annehmen wollen; wie es in unſrer Freiheit liegt, in wie fern wir auf ihre Ideen eingehen wollen. Nur daß es weder in unſrer noch ihrer Freiheit liegt, ſich von der betreffenden

Baſis der Fortentwickelung überhaupt los zu machen. Und unſtreitig, ſo wenigſtens iſt unſer Glaube, wird die höhere Führung eine ſolche ſein, daß zuletzt alle mit aller ihrer Freiheit endlich doch zum guten Ziele ſich entwickeln müſſen.

Man kann für das Zuſammenbeſtehen und Zuſammenwirken der Geiſter des Jenſeits mit den Geiſtern des Dieſſeits, wie mit einander ſelbſt, ein großes Princip maßgebend halten. Das iſt folgendes:

Gleich wie ein Geiſt Vieles haben kann, und doch Einer bleiben, können umgekehrt viele Geiſter Eines haben und doch Viele bleiben.

Was ein Geiſt hat, können andre mit haben, nur in andrer Beziehung haben. So allein iſt es möglich, daß ſo viele Geiſter des Jenſeits und Dieſſeits in derſelben Welt beſtehen und ſich vertragen können. Durch das Gemeinſame entſteht ihnen ein Band. Doch ſchmelzen ſie dadurch nicht in einander.

Es iſt, wie wenn zwei Wellenkreiſe ſich begegnen: dann gehört die Kreuzungsſtelle beiden zugleich an, und die Wellenkreiſe bleiben doch jeder etwas Beſondres. Nichts kann die eine Welle an der Kreuzungsſtelle treffen, was nicht zugleich die andre beträfe, doch gehört die Kreuzungsſtelle einem verſchiedenen Zuſammenhang in jeder Welle an, und was die eine Welle activ wirkt, erleidet die andre receptiv und umgekehrt.

Oder es iſt, wie wenn zwei Zahlenreihen, deren jede durch ihr beſondres Geſetz verknüpft iſt, ſich kreuzen.

1.
3.
1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. . .
7.
9.

Dieſelbe Zahl 5 kann beiden gemeinſchaftlich werden, doch bleiben es verſchiedene Reihen und dieſelbe Zahl tritt in jeder beider Reihen in verſchiedener Beziehung, Bedeutung auf.

Können doch auch in unſerm Geiſte verſchiedene Vorſtellungen ſich in demſelben Merkmale begegnen, und doch verſchieden bleiben. Daſſelbe Merkmal iſt ihnen aber in verſchiedener Weiſe gemein. Warum ſoll nicht auch das Entſprechende im höhern Geiſte ſtattfinden.

Aehnliche Anſichten über den Verkehr der Geiſter des Jenſeits mit denen des Dieſſeits als hier ſind auch von Andern aufgeſtellt worden.

„Abgeſchiedene Seelen und reine Geiſter können zwar niemals unſern äußern Sinnen gegenwärtig ſein, noch ſonſt mit der Materie in Gemeinſchaft ſtehen, aber wohl auf den Geiſt des Menſchen, der mit ihnen zu einer Republik gehört, wirken, ſo, daß die Vorſtellungen, welche ſie in ihm erwecken, ſich nach dem Geſetze ſeiner Phantaſie in verwandte Bilder einkleiden, und die Apparenz der ihnen gemäßen Gegenſtände außer ihm anregen." (Kant's Träume eines Geiſterſehers).

„Es wird künftig noch bewieſen werden, daß die menſchliche Seele auch in dieſem Leben in einer unauflöslich verknüpften Gemeinſchaft mit allen immateriellen Naturen der Geiſterwelt ſtehe, daß ſie wechſelweiſe in dieſe wirke und von ihnen Eindrücke empfange, deren ſie ſich aber als Menſch nicht bewußt iſt, ſo lange Alles wohlſteht." (Ebendaſelbſt).

Die Somnambule Kachler in Dresden beantwortete im Hochſchlafe die Frage: „Können die Geiſter Verſtorbener uns nahe kommen und fühlbar werden" wie folgt:

„Fühlbar werden wohl nicht, aber nahe kommen wohl, doch auch fühlbar durch das geiſtige Denken. Der abgeſchiedene Geiſt kann ſich mit den noch Lebenden beſchäftigen und beſchäftigt ſich dieſer in demſelben Augenblicke mit dem Verſtorbenen, ſo kann es beiderſeits durch das Begegnen fühlbar werden." (Mittheil. aus dem magnet. Schlafleben der Somnambule Auguſte K. in Dresden. 1843. S. 297).

Wie die Anſichten Schwedenbergs über den Verkehr der Geiſter des Jenſeits unter einander ſich ſehr mit den unſrigen berühren, ſo auch über den Verkehr der Geiſter des Jenſeits mit den Lebenden. Nicht minder tritt die Ibbur der alten Rabbiner ganz in die obigen Vorſtellungen hinein; ja, wie ſpäter noch beſonders zu betrachten, löſt ſich ſelbſt das Myſterium der chriſtlichen Lehre von Chriſti Gegenwart in ſeiner Gemeine hierein auf.

Aus Schwedenbergs Schrift über Himmel und Hölle.

§. 228. „Verſtand und Wille des Menſchen werden vom Herrn geleitet durch Engel und Geiſter *, und weil Verſtand und Wille, ſo dann auch des Körpers Alles, denn letzteres geht hervor aus jenen; ja der Menſch kann, wenn ihr mir glauben wollt, keinen Schritt thun, ohne Einflüſſe des Himmels. Daß dem ſo iſt, ward mir in vielfältiger Erfahrung gezeigt; es ward Engeln gegeben, mein Schreiten, meine Geberdung, meine Zunge und Rede beliebig zu bewegen, und zwar mittelſt Einfließens in mein Wollen und Denken; und ich erkannte, daß ich nichts aus mir vermöge: nachher ſagten ſie, jeglicher Menſch werde ſo geleitet, und könnte dies aus der Lehre der Kirche und aus dem Worte wiſſen, denn er bäte ja, Gott möge ſeine Engel ſenden, daß ſie ihn führen, ſeine Tritte lenken, ihn lehren und ihm eingeben möchten, was er denken und reden ſollte u. ſ. w.; und doch, wenn er abwärts der Lehre bei ſich ſelber dächte, ſpräch' er anders, als er glaube. Was hier geſagt iſt, ſoll zeigen, welche Macht die Engel bei den Menſchen haben."

---

* Schwedenberg unterſcheidet Geiſter ſchlechthin von Engeln. Engel ſind die ſchon in den Himmel übergegangenen ſeligen Geiſter; Geiſter ſchlechthin ſind noch in einem Mittelreiche, wo ſie ſich erſt für Himmel oder Hölle zu entſcheiden haben.

§. 246. „Engel, welche mit einem Menſchen reden, reden nicht in ihrer Sprache, ſondern in der Sprache der Menſchen; ſo wie auch in andern Sprachen, deren der Menſch kundig iſt, nicht aber in Sprachen, die ihm unbekannt ſind: denn der Grund hiervon iſt, weil die Engel, wenn ſie mit dem Menſchen reden, ſich gegen ihn wenden, und ſo ſich mit ihm verbinden; und die Verbindung des Engels mit dem Menſchen bewirkt, daß beide ſind gleichen Denkens; und weil des Menſchen Denken mit ſeinem Gedächtniß zuſammenhängt, und aus letzterem ſeine Rede hervorgeht, ſo ſind beide auch in derſelben Sprache: überdieß wird ein Engel oder ein Geiſt, wenn ſie zu einem Menſchen kommen und mittelſt Hinwendung gegen ihn mit ihm verbunden werden, in deſſen ganzes Gedächtniß hinein verſetzt, in der Art, daß ſie kaum anders wiſſen, als daß ſie aus ſich wiſſen, was der Menſch weiß; ſo denn auch ſeine Sprachen. Ich ſprach hierüber mit Engeln, und ſagte: ſie meinten vielleicht nicht, daß ſie mit mir in meiner Mutterſprache ſprächen (weil es ſo vernommen wird), und doch ſeien nicht ſie es, die ſprechen, ſondern ich; was der Umſtand erweiſe, daß die Engel nicht Ein Wort ausſprechen könnten aus einer menſchlichen Sprache; (zudem iſt die menſchliche Sprache eine naturmäßige, ſie aber ſind geiſtig; und Geiſtige vermögen nichts in naturmäßiger Art vorzubringen); ſie entgegneten: es ſei ihnen bekannt, daß ihre Verbindung mit dem Menſchen, zu dem ſie ſprechen, mit deſſen geiſtigem Denken geſchehe, weil aber dieſes in ſein naturmäßiges Denken einfließe, und letzteres mit ſeinem Gedächtniß zuſammenhänge, ſo erſcheine die Sprache des Menſchen ihnen als die ihrige, und eben ſo all' ſein Wiſſen, und dieß geſchehe darum, weil es dem Herrn gefallen habe, daß eine ſolche Verbindung und gleichſam Einfügung des Himmels in den Menſchen beſtehe; es ſei aber in jetziger Zeit der Zuſtand des Menſchen dahin verändert, daß eine ſolche Verbindung nicht mehr mit den Engeln, ſondern mit den Geiſtern beſtehe, die nicht im Himmel ſind. Auch mit Geiſtern ſprach ich über dieſe Erſcheinung, die aber wollten nicht glauben, daß der Menſch rede, ſondern ſie ſprachen im Menſchen, meinten ſie; auch wiſſe der Menſch, was er wiſſe, nicht ſelbſt, ſondern ſie wüßten es, und alſo ſei alles menſchliche Wiſſen von ihnen; meine Bemühung, ſie vom Gegentheil zu überzeugen, war vergeblich.“

§. 247. „Daß die Engel und Geiſter ſich in ſo enger Weiſe mit dem Menſchen verbinden, bis zu dem Puncte, daß ſie nicht anders wiſſen, als daß, was dem Menſchen angehört, das Ihrige ſei, liegt auch darin, weil die geiſtige und die naturmäßige Welt ſich bei dem Menſchen ſo verknüpfen, daß ſie gleichſam Eines ſind: weil jedoch der Menſch ſich vom Himmel getrennt hatte, ſo iſt vom Herrn Verſicherung geſchehen, daß bei jeglichem Menſchen Engel und Geiſter ſeien, und daß der Menſch durch ſie vom Herrn geleitet werde, um deßwillen beſteht eine ſo enge Verbindung. Ein Andres wäre geweſen, wenn der Menſch ſich nicht losgetrennt hätte, dann hätt' er nämlich, ohne Zugeſellung von Geiſtern und Engeln, mittelſt des gemeinſamen Einfließens durch den Himmel vom Herrn können geleitet werden."

§. 248. „Die Rede eines Engels oder Geiſtes mit einem Menſchen wird eben ſo vernehmlich gehört, als die Rede von Menſch zu Menſch, ſie wird aber nicht von denen vernommen, die neben dieſem ſtehen, ſondern blos von ihm ſelbſt: der Grund iſt, weil die Rede des Engels oder Geiſtes zuerſt in das Denken des Menſchen einfließt, und auf innerem Weg in ſein Gehörwerkzeug, und ſo das letztere von innen heraus anregt; indeß die Rede von Menſch mit Menſch erſt auf die Luft, und ſo auf äußerem Weg auf das Gehörwerkzeug einwirkt, und letzteres denn von außen herein anregt."

§. 255. „Denkwürdig iſt auch dieß: Wenn Engel oder Geiſter ſich dem Menſchen zukehren, ſo können ſie mit ihm auf jegliche Entfernung reden; auch ſprachen ſie mit mir aus weiter Ferne eben ſo vernehmlich, als wie in voller Nähe; wenden ſie aber ſich ab vom Menſchen und wechſeln Rede unter ſich, ſo vernimmt der Menſch nicht das Geringſte davon; ob ſie auch hart an ſeinem Ohre ſprechen; dieß bekundete, daß in der geiſtigen Welt alle Verbindung nach dem Maße des Zukehrens erfolgt. Denkwürdig iſt auch, daß Mehrere zugleich mit dem Menſchen reden können, ſo wie der Menſch mit ihnen: ſie ſenden nämlich an den Menſchen, mit welchem ſie reden wollen, einen Geiſt ab, und der entſendete Geiſt kehrt ſich dem Menſchen, und jene Mehrere kehren ſich ihrem Geiſte zu, und vereinen ſo in ihm ihre Gedanken, die dann der Geiſt, ſo geeint, dem Menſchen mittheilt; der Geiſt weiß da nicht anders, als daß er aus ſich rede; und die Engel wiſſen nicht anders, als daß ſie ſelbſt reden; ſo geht die Vereinigung Mehrerer mit Einem gleichfalls mittelſt Zukehrung vor ſich.“

§. 256. „Es darf kein Engel noch Geiſt mit dem Menſchen aus eigener Erinnerung reden; ſondern nur aus der Erinnerung des Menſchen; die Engel und Geiſter nämlich haben eben ſowohl eine Erinnerung, als die Menſchen; ſpräche nun ein Geiſt aus ſeiner Erinnerung mit dem Menſchen, ſo würde der Menſch nicht anders wiſſen, als daß die Gegenſtände, die er eben bei ſich denkt, zu ihm gehören, während ſie dem Geiſt angehören; in ſolchem Falle gemahnt es den Menſchen wie Rückerinnerung an etwas, das er doch niemals gehört noch geſehen hat: es wurde mir ſelbſt zu erfahren vergönnt, daß es ſich ſo verhält.“

§. 302. „Ich ſprach mit Engeln über die Verknüpfung des Himmels mit dem Menſchengeſchlechte, und ſagte: die Menſchen, welche zur Kirche gehören, ſprächen zwar, alles Gute komme von Gott und es wohnten Engel bei dem Menſchen, wenige jedoch glaubten wirklich, daß Engel mit dem Menſchen verknüpft ſeien; wenigere noch, daß Engel in ihrem Denken und ihrem Treiben ſeien: hierauf erwiederten die Engel, ſie wüßten, daß ein ſolcher Glaube und ſelbſt ſolche Reden ſich finden, und zumeiſt innerhalb der Kirche; ſie wunderten ſich deſſen, da doch in der Kirche das Wort ſei, welches vom Himmel und über die Verbindung desſelben mit dem Menſchen Kunde gebe; ſei doch die Verbindung ſo innig, daß der Menſch reinhin nichts denken könnte ohne die ihm zugeſellten Geiſter; und es ſei durch ſie ſein geiſtiges Leben bedingt: der Grund dieſer Unkunde, ſagten ſie, ſei der, daß der Menſch durch ſich ſelbſt und ohne Verband mit dem Ur-Sein des Lebens zu leben meine, und nicht wiſſe, daß jener Verband durch den Himmel vermittelt werde; indeß doch der Menſch, wenn jener Verband ſich löſte, ſofort entſeelt niederfiele.“

Ueber die Ibbur der alten Rabbiner.

Die Lehre der alten Rabbiner, welche den Namen Ibbur führt, beſteht darin, daß die Seele eines Verſtorbenen in einen lebenden Menſchen oder ein ganzes Geſchlecht, eine ganze Nachkommenſchaft von Menſchen übergehen, ſich in dieſelbe vertheilen kann, ohne feſt daran gebunden zu ſein; auch können durch die

Ibbur mehrere Seelen Theil an demſelben Menſchen gewinnen. So hat ſich Moſis Seele unter alle Geſchlechter, unter alle Lehrjünger der Weiſen und Gerechten, die im Geſetz ſtudiren, ausgebreitet und pflanzt ſich von Geſchlecht zu Geſchlecht fort; ſo kommen die Seelen der Aeltern in ihre Kinder, und der Menſch ſündigt, wenn er ſündigt, mit ſeinen Aeltern zugleich. Doch identificirt ſich die Seele der Verſtorbenen nicht mit der der Lebenden, es findet nur eine Zugeſellung ſtatt, wodurch aber doch die Seele der Verſtorbenen in innigſten Wirkungsbezug mit der Seele der Lebenden tritt.

Dieſe Ibbur iſt freilich in ihrer Ausführung ſehr roh, und fußt vielmehr auf willkührlicher Auslegung von Schriftſtellen, als vernünftigen Gründen. Indeß mußte es doch Anläſſe geben, wirklich die Schriftſtellen ſo auszulegen.

Es iſt erklärlich, daß bei dieſer rohen Begründung und Ausführung die Ibbur eben ſo wenig allgemeinen Beifall und Verbreitung gewinnen konnte, als Schwedenborgs Lehre in ihrer phantaſtiſchen Ausführung. Inzwiſchen hat man verſchiedene Urtheile darüber gefällt.

Flügge (Geſch. I. S. 433) ſagt darüber: „Erbaulicher können wir das Gewebe Rabbiniſcher Narrheit wohl nicht ſchließen, als mit der ächt Rabbiniſchen Behauptung, daß die Seele in viele tauſend Theile zerſtückt und zerlegt werde, und dadurch in eben ſo viele Menſchen verſetzt werden könne.“

Herder dagegen (Zerſtr. Bl. I. S. 290) nennt in ſeinem Geſpr. über die Seelenwanderung die Ibbur eine liebliche Dichtung, indem er ſie mit folgenden Zügen darſtellt:

Charikles. „Und was halten Sie von der Seelenwanderung der Juden, die die Rabbiner Ibbur nennen? Sie ſagen, daß ſich zu einem Menſchen mehrere, auch Menſchenſeelen, geſellen können, die ihm, inſonderheit zu gewiſſen Zeiten, (wenn nämlich ein freundſchaftlicher Geiſt flehet, daß er's bedarf, und Gott es ihm erlaubt), beiſtehen, ihn ſtärken, begeiſtern, mit und in ihm wohnen. Sie verlaſſen ihn aber, wenn das Geſchäft zu Ende iſt, dazu ſie ihm helfen ſollen: es ſei denn, daß Gott einen Menſchen mit dieſem Beiſtande eines fremden Geiſtes bis an ſein Ende begünſtige.“

Theages. „Die Dichtung iſt lieblich. Sie erklärt, warum ein Menſch oft ſo ungleich handle? warum er inſonderheit in ſpätern Jahren bisweilen ſo ſehr unter ſich ſinke? Der fremde, hülfreiche Geiſt hat ihn verlaſſen, und er ſitzt mit dem Seinen nackt da. Auch ehrt die Einkleidung außerordentliche Menſchen auf eine ſchöne Weiſe: denn welch' ein Lob iſt's, daß einen Weiſen die Seele eines alten Weiſen, oder gar mehrere derſelben auf einmal beleben! Sie halten doch aber die ſchöne poetiſche Einkleidung nicht für phyſiſche und hiſtoriſche Wahrheit?„

Ch. „Wer weiß? Die Revolution menſchlicher Seelen iſt bei vielen Völkern allgemein geglaubt worden. Sie haben doch die Frage an Johannes geleſen: „Biſt du Elias? biſt du ein Prophet?" Sie wiſſen, wer's ſogar beſtätigte und gerade heraus ſagte: „Er iſt Elias!"

Obwohl bei uns Niemand an die Ibbur der alten Juden glaubt, ſo hat man wenigſtens Ausdrücke genug, die im Sinne derſelben ſind; nur daß man ſie nicht wörtlich genommen haben will. Wie oft hört man ſagen, daß der Geiſt eines Vaters auf ſeine Kinder übergegangen ſei, ſie noch beſeele, der Geiſt eines großen Mannes in ſeinen Schülern fortwirke. Aber man meint, indem er auf die Kinder und Schüler übergegangen iſt, hat ihn der Vater, der Lehrer nicht mehr, oder man meint nur eine Aehnlichkeit mit dem Geiſte des Vaters.

Mehrere auf die Ibbur bezügliche Stellen aus den Schriften der alten Rabbiner finden ſich in Eiſenmenger's entd. Judenth. II. S. 85 ff. angeführt.

C. Ueber die Beziehungen der jenſeitigen Geiſter zur dieſſeitigen Sinneswelt und die höhere Wirklichkeit.

Werden die Geiſter des Jenſeits, nachdem ſie der bisherigen Sinnesorgane baar geworden, neue Sinnesorgane bekommen? Zuvörderſt werden ſie die unſrigen mitbekommen. Denn indem ſie in uns mit eingehen und durch gemeinſame geiſtige Momente ſich mit uns verknüpfen, werden ſie auch an den Fortbeſtimmungen, welche dieſe geiſtigen Momente durch unſre Anſchauungen gewinnen, Antheil gewinnen; unſre Anſchauungen werden in ſofern mit die ihren ſein, obwohl nur eben ſo weit, als dieſelben wirklich zur Fortbeſtimmung deſſen, was ſie mit uns gemein haben, beitragen. Doch wird es kein Sehen, Hören im Sinne des Dieſſeits mehr für ſie geben. Sie ſpüren nicht mehr die ſinnliche Thätigkeit im Gebrauche unſrer Sinnesorgane, die wir ſpüren; ſehen, hören ſo zu ſagen, in uns hinein, ohne doch mit unſren Augen zu ſehen, zu hören; ſpüren gleichſam nur noch den Athem unſrer Sinne, doch athmen ſelber nicht damit. Die Arbeit des Schöpfens, Sammelns im Sinne des Dieſſeits liegt nun ein für allemal für ſie dahinten. Wie auch die Erinnerungen in uns wohl Fortbeſtimmungen durch unſre Sinne empfangen; doch giebt's kein eigentlich Sehen, Hören mit Erinnerungen.

Nicht nur die Weiſe, auch der Spielraum der Beziehungen zur Sinnenwelt wird ſich künftig anders als jetzt geſtalten. Jetzt hat jeder ſeine beſondern paar Augen, Ohren und beherrſcht damit ſeinen beſchränkten räumlichen Umkreis. So wird's künftig nicht mehr ſein. Einzelne Sinnesorgane für uns werden wir jenſeits gar nicht mehr haben; wir haben ſie im Uebergange zum Jenſeits eben fallen laſſen. Allgemein geſprochen wird der ganzen jenſeitigen irdiſchen Geiſterwelt die ganze Sinnesſphäre, der ganze Sinnesapparat der Erde in Eins und gemeinſchaftlich zu ihrer Fortbeſtimmung zu Gebote ſtehen, wie der ganzen Erinnerungswelt in uns die ganze Sinnesſphäre unſers Leibes zu ihrer Fortbeſtimmung zu Gebote ſteht; nur daß doch jeder Geiſt immer nur in ſeiner beſondern Weiſe, nach Maßgabe, als er ſich hier dazu vorgebildet hatte, Anknüpfungspuncte dazu entwickelt hatte, und ſein Intereſſe jenſeits ſich richtet, davon wird Gebrauch machen können und wollen. Außer den Sinnesorganen der Menſchen und Thiere können aber der Erde möglicherweiſe noch andere und allgemeinere Sinnesvermittelungen, wovon jenes vielleicht nur ſpecielle Abzweigungen ſind, zu Gebote ſtehen, an denen wir künftig Antheil gewinnen; obwohl ſich hierüber nichts Beſtimmtes ausſagen läßt.

Durch räumliche Entfernungen und materielle Hinderniſſe werden wir in unſerm Schauen, nennen wir es ſo, obwohl es keines mehr im Sinne des Dieſſeits iſt, nicht mehr beſchränkt ſein wie hier. Eine Meile oder Mauer zwiſchen kann uns nichts ferner rücken, nichts verſtecken. Wir gehen, dringen durch Alles durch, ſind überall wohnhaft und ſeßhaft im irdiſchen Gebiete, und können uns dahin und dorthin wenden, wie eine Erinnerung in unſerm Gehirn überall da und bereit iſt, wo etwas Verwandtes und Bekanntes ſie anruft. Doch wird's darum an andern Schranken nicht fehlen; ja wie die alten gefallen ſind, werden neue aufſteigen, die eben nur für das Jenſeits Bedeutung haben. Nicht Alles, was zu ſehen, zu hören, wird uns berühren können; ſondern es wird dazu ein Bezug (Rapport) zu den Dingen erforderlich ſein, der im Dieſſeits durch unſre Beſchäftigung damit oder ihr Eingreifen in unſern Lebenskreis ſchon geknüpft oder der auf Grundlage des im Dieſſeits Geknüpften im Jenſeits entwickelt ſein mußte; wir werden blind und taub ſein für alles Andre. Auch Erinnerungen in uns empfangen nur Fortbeſtimmung durch Anſchauungen, mit denen ſie nach Aſſociationsgeſetzen in verwandtſchaftlicher Beziehung ſtehen. Wie ſich's des Nähern ſtellt, kann erſt die Zukunft lehren. Vielleicht aber erläutert ſich's einigermaßen, wenn wir daran denken, wie die Phänomene des Hellgeſichts geſchildert werden. Das iſt auch ein Sehen, Hören, Fühlen, Ahnen durch weiten Raum und Mauern durch, in Andre ſogar hinein, ohne Gebrauch von beſondern einzelnen Sinnesorganen, ohne eigentliche Sinnesthätigkeit überhaupt; nur uneigentlich Sehen, Hören zu nennen, und doch die Leiſtungen davon in höherm Sinn vollziehend, und dabei auch wieder ein Nichts-Sehen, Hören von dem, was jeder dieſſeits ſieht und hört, Blind-Taubſein für das Nächſte; es hängt an einem beſondern Rapport, der ſich im Einzelnen freilich nicht verfolgen läßt.

Wir fragen nicht, denn dies iſt eine noch ganz andre Frage, ſind dieſe Angaben über das Hellſehen richtig; ſie ſind jedenfalls für uns erläuternd. Iſt's nicht im Dieſſeits ſo, wird's doch im Jenſeits ſo oder ähnlich ſein, und kann's im Jenſeits ſo ſein, könnte nicht auch in's Dieſſeits hinein etwas davon mitunter ſpielen? Iſt denn der Zuſtand des Schlafwachens überhaupt noch ein reiner Zuſtand des Dieſſeits? Nicht einmal Erinnerung davon reicht in's wache Dieſſeits zurück, indeß es umgekehrt der Fall.

Das verſteht ſich aus allgemeinem Geſichtspuncte, daß wir einem derartigen Unglauben nicht beipflichten können, welcher die Möglichkeit für den Menſchengeiſt, noch in andrer Weiſe als durch unſre jetzige gewöhnliche Sinnesvermittelung Erkenntniſſe zu gewinnen, überhaupt leugnet, weil hiemit die Möglichkeit ſeiner künftigen Fortexiſtenz zugleich geleugnet wäre. Denn der Geiſt läßt mit dem Tode nicht nur die jetzigen Sinnesorgane, ſondern auch ſogar das jetzige Gehirn fallen. Will man nun den Zweck, ſo muß man auch die Mittel wollen. Ein Naturforſcher, der da glaubt und verlangt, daß er nach dem Tode ohne ſeine jetzigen Sinnesorgane und Gehirn noch geiſtig fortbeſtehen und etwas vernehmen werde, darf es nicht für unmöglich halten, daß dieſe andre Weiſe des Vernehmens auch in's Dieſſeits hineinſpiele; denn wer hat ihm bewieſen oder wie kann er beweiſen, daß zwiſchen beiden Zuſtänden eine abſolute Scheidewand ſei; da wir doch ſonſt nirgends abſolute Scheidewände ſehen. Und ich halte es nicht für ſchön, etwas Andres glauben und etwas Andres wiſſen wollen. Aber ich ſage damit nicht, daß man unbeſtimmte Möglichkeiten für mehr als ſolche halten ſolle. Nur eine Unmöglichkeit darf man nicht da ſehen, wo es ſich um die Möglichkeit der Vereinigung unſrer höhern praktiſchen mit wiſſenſchaftlichen Intereſſen handelt.

Wie dem auch ſei, die Ausſagen der Schlafwachenden ſelbſt bezeugen wenigſtens einſtimmig, daß ſie in einer andern Weiſe wahrnehmen, als im eigentlich wachen Zuſtande, und zwar in einer ſolchen, welche in unſre obigen Betrachtungen gut hineintritt. Ja ſie behaupten ſelbſt eine Beziehung dieſes Wahrnehmungsvermögens zu dem jenſeitigen. Hiezu einige Belege:

Aus der Schrift: „Idioſomnambulismus oder natürlich magnetiſcher Schlaf Richards, von Dr. Görwitz. Leipz. 1851.

S. 93. **Frage.** „Kannſt Du mich ſehen, Richard?

Antwort. Ich ſehe Sie ganz deutlich. Sie ſind ſehr groß und bleich. — Doch mit dieſem meinen Auge hier ſehe ich Sie nicht; das iſt ja feſt verſchloſſen; ſondern ich ſehe Sie im Innern!“

F. „Kannſt du in der Stadt herumſehen?“

A. „O ja; nur heute nicht beſonders; es wogt und ſchaukelt Alles in mir und in der Luft.“

S. 106. F. „Woher weißt du das?[*]

A. „Ich weiß Alles, was auf mich Bezug hat oder durch die Frage in mein Bereich gebracht wird. Ich fühle es, es weht mich an, wie eine Luft, es tönt mir im Innern wie ein Klang. Eure Träume haben die meiſte Aehnlichkeit mit dieſem meinen Anſchauen. Auch ihr könnt ganze lange Geſchichten, zuſammenhängende Thatſachen und Entwickelungen träumen, und zwar in ganz kurzer Zeit, oft in wenigen Minuten: — Aber ihr träumt, ich ſchaue; bei mir iſt dieſer Traum das Sein, ohne daß ich denke, bei euch iſt er Gedanke."

---

[*] Der Somnambule hatte angegeben, was ſeine Schweſter in Eiſenach zur ſelben Zeit machte, während er ſelbſt in Arelda war.

S. 135. F. „Kannſt du denn ſehen?"

A. „Mit den Augen ſehe ich gar nichts! es iſt eigentlich auch kein Sehen: ich fühle Alles in meiner Seele."

F. „Erkläre es doch deutlicher."

A. „Hm, erklären kann ich es nicht. Es iſt, als wenn ihr träumt; da ſeht ihr auch mit der Seele und braucht keine Sinne. Aber ihr ſeht nicht die Wahrheit, und das iſt der Unterſchied zwiſchen euerm Sehen und dem meinigen."

Aus den: „Mittheilungen aus dem magnetiſchen Schlafleben der Auguſte K. (Kachler) in Dresden. 1843."

S. 270 ſagt die Somnambule:

„Es giebt eine Allwiſſenheit des Geiſtes; hier im Leben iſt ſie als Ahnungsvermögen thätig. Dieſe Art von Allwiſſenheit, die hier ſchon erſcheint, iſt ein Vorſchmack des dortigen Lebens. Der Geiſt wird dort frei; im Körper iſt das nicht möglich, denn ſobald der Geiſt denkt, ſo hindert ihn oft die Seele [*], die ſich körperlich beſchäftigt."

S. 119. Frage. „Das Vermögen, von andern Leuten und andern Orten etwas Beſtimmtes zu wiſſen, willſt du blos Ahnung genannt wiſſen. Die Beweiſe, die du davon gegeben haſt, ſind aber doch mehr als eine bloße Ahnung."

Antwort. Nein, es iſt dieß nichts Andres, nur in einem geſteigerten Grade. Ahnung iſt überhaupt blos geiſtig und eben weil im gewöhnlichen Zuſtande das Sinnliche mit in's Spiel kommt und falſche Vorſtellungen mit einwebt, iſt es da unſicher und Täuſchungen unterworfen. Bei mir aber, wo der Geiſt in engem Verbande mit der Seele ſteht, iſt ſie ſicherer und geſteigerter, doch ebenfalls nie ganz frei von möglicher Täuſchung. So wie wir in der Hoffnung ſtehen, im künftigen Leben eine ungehinderte Einſicht in Alles zu haben, was mittelſt unſres Geiſtes zu erkennen iſt, ſo iſt auch dieſe Ahnung ſchon eine Annäherung an jenen Zuſtand."

---

[*] Dieſe wird von der Somnambule als die Sphäre der Sinnlichkeit dem höhern Geiſtigen als dem Geiſte gegenübergeſtellt.

S. 296. F. „Bis in welche Ferne reicht das Wahrnehmungsvermögen der Somnambulen?"

A. „Die Ferne hat dabei gar nichts zu thun, denn der Geiſt wird nicht verſendet. Wir können uns ſo recht gut erklären, daß Gott mit ſeinem Geiſte, ſeinem Weſen, ſeinem Ahnen überall und doch unſichtbar iſt. Es bleibt ſich gleich, ob eine Somnambule von etwas in Afrika oder von etwas im Nebenhauſe ſpricht, doch das iſt der Unterſchied, daß es leichter iſt, wenn die Perſon, von der ſie etwas weiß, ſchon einmal in ihrer Nähe war."

S. 382. F. „Hörſt du im Hochſchlafe auf gewöhnliche Art mit den Ohren?"

A. „Ich höre wohl mit den Ohren, aber es iſt nicht ganz ſo, wie mit dem gewöhnlichen Zuſtande; das Hören iſt verändert. Die ſchwierigſte Frage kann ich ſogleich beantworten, ehe ſie noch verklungen iſt; das Gehör bedarf nicht der langen Leitung der Nerven, um erſt zu dem Geiſte zu dringen, ſondern das geiſtige Weſen tritt ſchnell mit den Sinnen in Verbindung."

Nochmals alſo: wenn der höhere Geiſt uns aus dem Anſchauungsgebiet in das Erinnerungsgebiet aufnimmt, wird zwar die beſondere Sinnesthätigkeit, mit der jetzt jeder einen beſchränkten Kreis der Welt ergreift und beherrſcht, für uns wegfallen, aber es wird dafür die Möglichkeit eintreten, mit dem ganzen Sinnesgebiete des höhern Geiſtes in Beziehung zu treten, dadurch fortbeſtimmt zu werden. Dieſe an ſich unbegränzte, und fort und fort ſich auch immer mehr verwirklichende, Möglichkeit wird inzwiſchen zunächſt doch dadurch ihre Beſchränkung und nähere Beſtimmung finden, daß jeder nur nach Maßgabe der Anknüpfungspuncte, welche ſeine bisherige Bildung und ſein Intereſſe zu dieſem Sinnesgebiete darbietet, der Fortbeſtimmung daraus wird theilhaftig werden können. Jeder wird zunächſt fortfahren, ſich mit dem zu beſchäftigen, was ihn bisher beſchäftigte, mit dem, was ſeinem bisherigen Lebenszuſammenhange analog, was ſeinem bisherigen Intereſſe gemäß iſt. Was auch in die Erfahrung des höhern Geiſtes durch irgendwelche Sinnesvermittelung tritt, ſo wird der hinübergegangene Menſch nach Maßgabe mehr dabei betheiligt ſein, davon afficirt werden, als es mehr in dieſem Sinne iſt. Unſere Erkenntnißſphäre und unſre Intereſſen werden ſich aber jenſeits erweitern und abändern können, wie es ſchon dieſſeits der Fall geweſen ſein würde, wenn wir fortgelebt hätten. Wir werden je länger je mehr in die ganze Erkenntnißſphäre des Geiſtes, dem wir angehören, eindringen lernen, indem jeder gewonnene Anknüpfungspunct Gelegenheit zu neuen Anknüpfungen giebt; und immer mehr Theilhaber ſeiner allgemeinen höhern Intereſſen werden, indem wir immer mehr fühlen und einſehen lernen, wie daſſelbe mit unſerm eigenen wahren Intereſſe Hand in Hand geht; und uns zugleich immer beſſer in die erweiterten und erhöhten Verhältniſſe des Jenſeits finden lernen. Denn unſtreitig, wie das Kind erſt lernen muß, ſeine neuen Verhältniſſe zu verſtehen, die neuen Mittel zu benutzen, wie es anfangs noch ein Fremdling iſt in der neuen Welt, wird es auch mit uns ſein. Wir werden unſäglich weiter ſchauen als jetzt; aber was bedeutet das, was wir ſchauen, für die neue Welt?

Laſſen wir die früher (Abſchn. XVII.) aufgeſtellte Vermuthung gelten, daß der Erde große Sinnesorgane zum Verkehr mit den Geſtirnen verliehen ſind, ſo eröffnet ſich uns nun auch eine beſtimmtere Anſicht über die Betheiligung der Geiſter des Jenſeits beim Verkehre der Geſtirne. Wie die Geiſter im neuen Leben an Erkenntniß wachſen, fangen ſie auch an, das Verſtändniß dieſer großen Verkehrsmittel zu gewinnen, darin mit zu weben und zu wirken. Und hätten die Geſtirne nicht die Geiſter des Jenſeits, ſo möchte ihr ſinnlicher Verkehr ſo hohl und leer ſein, als wenn wir Worte und Blicke tauſchen, ohne daß Züge von Erinnerungen mit den Worten und Blicken gingen.

Wenn ſich Gemeingefühle an die großartigen Naturvorgänge der Erde knüpfen, ſo dürfen wir glauben, daß wir im Jenſeits auch hierbei mitbetheiligt ſein werden. Wie anders läuft der Fluß der Erinnerungen und Zug der Gedanken in unſerm Geiſte, je nachdem die allgemeinen Vorgänge in unſerm Körper unſer Lebensgefühl verſchieden ſtimmen. So mögen alſo auch auf den Fluß und Zug des höhern geiſtigen Lebens, das wir jenſeits in und mit dem Geiſte der Erde führen werden, die allgemeinen ſinnlichen Stimmungen der Erde einen Einfluß haben, den wir jetzt noch nicht im ſelben Sinne ſpüren können.

Auf Grund von Erinnerungen baut ſich die Vorausſicht und Vorausbeſtimmung deſſen, was künftig in unſerm Anſchauungsleben Platz greifen wird und ſoll, in vorweiſenden und vorwirkenden Bildern in uns auf. Dasſelbe Reich in uns iſt es, in welchem das Vergangene in Form von Erinnerungsbildern aufgehoben wird, und in welchem die Vorbilder des Zukünftigen ſich entwickeln. Die Erinnerung des Vergangenen muß den Stoff zu den Bildern der Zukunft wie die leitenden Geſichtspuncte für die Vorausſicht und Vorausbeſtimmung des Zukünftigen liefern. Je vollkommener, größer, mächtiger unſer Geiſt iſt, je weiter und höher ſeine Ueberſchauung der Gegenwart, ſein Erinnerungsvermögen, ſeine Combinationsgabe, ſeine Macht über die Mittel der Ausführung reicht, einen deſto größern Umfang, eine deſto weiter greifende Folge deſſen, was geſchehen wird und geſchehen ſoll, vermag er vorauszuſehen und vorauszubeſtimmen; deſto ſicherer iſt die Vorausſicht des Geſchehenden und die Erfüllung des Gewollten. Für Alles, was in den gewöhnlichen Gang unſrer Lebensſphäre hineintritt, iſt gar kein beſonderer Schluß, keine beſondere Erwägung zur Vorausſicht und Vorausbeſtimmung nöthig; es kommt uns von ſelbſt als ſich von ſelbſt verſtehend in den Sinn, und trifft ein, ohne daß wir etwas Wunderbares in dieſem Eintreffen ſehen. Anderſeits aber fehlt es keinem endlichen Geiſte an Schranken, die er nicht überſchreiten kann, die Möglichkeit des Irrens und Mißlingens bleibt immer beſtehen und es gibt ein Gebiet unvorbeſtimmbarer Freiheit, was außer aller Vorausſicht und Berechnung fällt.

Alles nun, was wir in dieſer Hinſicht in uns finden, wird nur in höherm Sinne, größerm Umfang und höherer Vollendung im höhern Geiſte wiederzufinden ſein, alſo daß das, was wir davon in uns finden, ſelbſt nur in untergeordneter Weiſe zu dem beiträgt, was in ihm zu finden. Eine höhere, umfaſſendere, weiter vorgreifende, Vorausſicht und Vorausbeſtimmung deſſen, was in ſeinem Anſchauungsleben ſich verwirklichen wird und verwirklichen ſoll, wird auch in verweiſenden und vorwirkenden Bildern ſchon zuvor in ihm lebendig ſein; nur in Bildern von einer ganz andern Klarheit, Fülle, Lebendigkeit, Umfänglichkeit, als wir ſie hienieden in uns tragen können. Auch bei ihm wird dieß Vermögen der Schranken nicht ermangeln; aber ſie werden für ihn weiter geſteckt ſein, als für uns, indem die Wände, die das Gebiet unſres Blickes begränzen, großentheils nur Zwiſchenwände des Gebiets ſind, das ſein Blick noch ganz begreift. Auch bei ihm wird dieß Vorausſchauen und Vorausbeſtimmen der zukünftigen Verhältniſſe ſeiner Anſchauungsſphäre nur mittelſt Erinnerungen, die aus ſeiner Anſchauungsſphäre erwachſen ſind, zu Stande kommen können. Und ſofern wir ſelbſt aus ſeinem Anſchauungsleben erwachſene Theilhaber ſeines Erinnerungslebens in einem ganz andern höhern Sinne jenſeits als dieſſeits ſind, wo wir in den engen Banden des Anſchauungslebens ſelbſt noch gefeſſelt liegen, werden wir auch jenſeits ganz andern Antheil an dieſer höhern Vorausſicht, dieſer höhern Vorausbeſtimmung gewinnen, als jetzt, obwohl jeder wieder nur nach beſondern Beziehungen. Wie unſer Erinnerungsvermögen und unſer Umblick in Betreff der Anſchauungswelt ſich ſteigern wird, ſo alſo auch und in Zuſammenhang damit unſre Vorausſicht und unſre vorbeſtimmende Kraft, obwohl dieſe Vermögen auch der Schranken nicht ermangeln werden, die nur nicht mehr die des Dieſſeits ſind.

Indem wir nun als jenſeitige Geiſter noch in den dieſſeitigen Menſchen mit wohnen und wirken, haben dieſe auch Antheil an unſrer Vorausſicht und unſrem Vorbeſtimmen; doch keiner kann unſre ganze jenſeitige Vorausſicht und unſre Vorbeſtimmung in derſelben Weiſe ſich zu eigen machen, wie wir ſie haben werden, ſondern jeder nur von gewiſſer Seite bis zu gewiſſen Gränzen, wie es eben die Schranken des Dieſſeits mit ſich bringen, wie es dem engen dieſſeitigen Anſchauungs- und Erinnerungsgebiet eines Jeden gemäß iſt. Umgekehrt kann kein Geiſt des Jenſeits die Vorausſicht und das Vorbeſtimmen, womit ein dieſſeitiger Menſch ſeine Lebensſphäre beherrſcht, ſich ganz zu eigen machen, ganz theilen, ſondern ſeinerſeits blos von gewiſſen Seiten, nach gewiſſen Beziehungen mit hineingreifen; indem er aber nach andern Seiten darüber hinausgreift, wie daſſelbe auch in Betreff der Wahrnehmung des Gegenwärtigen gilt. Auch iſt die Vorausſicht und das Vorausbeſtimmen der jenſeitigen Geiſter eben ſo weſentlich von dem, was ſie durch und in den dieſſeitigen Menſchen erfahren, abhängig, als umgekehrt. Es iſt ein Mit- und Durcheinander, da keiner ſagen kann, ich habe es und thue es für mich allein.

Wie die Fernſicht, ſcheint auch die Vorausſicht des Jenſeits abnormerweiſe zuweilen in's Dieſſeits hinüberzuſpielen, in ſo weit man nämlich das gelten laſſen will, was von Vorahnungen, vorbedeutenden Träumen und der Vorausſicht hellſehender Somnambulen berichtet wird. Der Zuſammenhang der Fernſicht mit der Vorausſicht, der ſich nach Obigem für das Jenſeits ergiebt, findet ſich auch in dieſen Erſcheinungen des Dieſſeits, die man damit in Beziehung ſetzen kann, wieder. Das Vermögen der Fernſicht und Vorausſicht ſtellt ſich nämlich dabei als ein in ſich zuſammenhängendes oder weſentlich als daſſelbe Vermögen dar.

Freilich darf man nicht überſehen, daß die Fernſichten und Vorausſichten der Somnambulen öfter trügen, als man nach den gewöhnlichen Berichten der Enthuſiaſten darüber glauben ſollte; was inzwiſchen kein Gegengrund gegen ihre Beziehung zur jenſeitigen Fernſicht und Vorausſicht ſein würde, ſei es, daß man dieſe Irrthümer auf die doch nur unvollſtändige Annäherung des ſomnambulen Zuſtandes an den jenſeitigen Zuſtand, ſei es auf die Schranken, die auch dem Jenſeits nicht fehlen, ſchreiben will. Zu weit würde es jedenfalls führen, hier in eine Kritik dieſes ganzen Gegenſtandes und eine Erörterung alles deſſen, was dabei in Erwägung zu ziehen iſt, einzugehen. Wir weiſen, wie oben bemerkt, die Möglichkeit dieſer Klaſſe von Erſcheinungen nicht überhaupt ab, nehmen doch aber aus guten Gründen blos beiläufig darauf Bezug, und laſſen jedem gern ſeine Anſicht darüber. Wie die allgemeine Theorie derſelben in Zuſammenhang mit unſern Vorſtellungen vom Jenſeits zu ſtellen wäre, falls man ihre Statthaftigkeit überhaupt zugiebt, wird in einem ſpätern Abſchnitt (XXIV. D) angedeutet werden. Hier nur noch ein Beiſpiel, wie das Vermögen der Vorausſicht von einem Somnambulen ſelbſt aufgefaßt wird.

Der oberwähnte Richard Görwitz ſagte (S. 156 der angeführten Schrift) von einem neugebornen Kinde, deſſen Geburt er aus der Ferne angezeigt hatte, im 23ſten Jahre werde ſein Schickſal eine ſehr ernſte Wendung nehmen.

F. „Was nennſt du denn eigentlich das Schickſal, Richard?"

R. „Es iſt die Folge des Vergangenen. Das Kleinſte, auch wenn es ſchon vor unſrer Geburt geſchehen iſt, hat eine Folge für und eine Beziehung auf uns; eine Folge, die ſich immer weiter verbreitet und endlich das Schickſal wird oder iſt. Ihr kennt wohl das Schickſal, könnt aber nicht zurückſchauen, wie ich es kann, und denkt nun, es wäre Zufall! — Das iſt es aber nicht! — Denn was ihr jetzt leidet und was euch jetzt freut, dazu war ſchon lange der Grund gelegt. Wie eine Blume, ein Baum wächſt aus dem kleinſten Samenkörnchen, das wir kaum erkennen, ſo wächſt das Schickſal der Menſchen aus tiefſter Verborgenheit, aus dem Schoße der Nothwendigkeit. — Für alles Geſchehende ſind zureichende Urſachen vorhanden! — Kein Zufall! — Und wenn ich in meinem jetzigen (magnetiſchen) Zuſtande in die Zukunft ſehe, ſo ſehe ich die fortlaufenden Urſachen auf einmal, und der Geiſt des Schickſals ſteht vor mir! — Nur Ihr nennt es Vorausſehen; es ſieht ſich aber eigentlich gar nicht voraus; ſondern es iſt ſchon jetzt."

S. 135 ſagt Richard: „Die Zukunft iſt ein gar eigenes Licht!"

Frage. Wie meinſt du dieſes Letztere?"

Antwort. Es iſt hell und auch nicht hell; dunkel und auch nicht dunkel. In Worten, wie ihr ſie habt, läßt ſich's nicht faſſen. Das menſchliche Auge, ich meine ſein geiſtiges, kann dieſes Licht nicht vertragen."

F. „Wodurch weißt du denn die Zukunft?"

A. „Es ſtrömt mir das Geſchehende entgegen wie ein Aether in hellem Wiſſen, wie ein Ton im geiſtigen Hören."

Außer den Bildern des Zukünftigen, die einer Verwirklichung in der Anſchauungswelt entgegenſehen, ergeht ſich unſer Geiſt auch in Phantaſieſchöpfungen; ja die Phantaſie wirkt und ſchafft fortgehends in unſrer Erinnerungswelt und aus unſrer Erinnerungswelt heraus neue Gebilde. Erinnerungsleben und Phantaſieleben hängen als ein Leben in uns zuſammen; auch haben die Phantaſiegebilde gleiche Lebendigkeit und Realitätsſtufe, als die Erinnerungsbilder ſelbſt, die dazu beigetragen haben, es tragen aber zu jedem Phantaſiebilde immer mehr oder weniger Erinnerungen von verſchiedenen Seiten her bei. Je edler, höher, reicher, kräftiger der Geiſt iſt, deſto ſchöner, reicher, lebendiger geſtaltet ſich auch ſein Phantaſieleben, und je mehr eine höhere ordnende Vernunft mit der Phantaſie Hand in Hand geht, deſto mehr geſtaltet es ſich zu einem poetiſchen Leben, in dem ſich die Wahrheit des anſchaulichen wirklichen Lebens nur gereinigt und verklärt wiederſpiegelt.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

So wird nun auch die Phantaſie des höhern Geiſtes, was wir vergleichungsweiſe ſo nennen mögen, obwohl es ein geſtaltendes Vermögen von viel höherer Stufe iſt, als unſre Phantaſie, in und aus ſeiner Erinnerungswelt heraus außer den Vorbildern deſſen, was ſich künftig in ſeiner Anſchauungswelt verwirklichen ſoll, neue Gebilde weben, blos zur Beſchäftigung und Erfreuung und Erbauung der Gegenwart ſeines höhern Lebens ſelbſt, und wir als ſelbſtthätige Theilhaber dieſes höhern Lebens werden unſern Erinnerungsſtoff und unſre geſtaltende Thätigkeit im Jenſeits von verſchiedenen Seiten dazu beitragen und hiermit auch beitragen, dies Leben für uns ſelbſt erfreulich auszubauen. Nachdem die trennenden Schranken des Dieſſeits für uns gefallen ſind, werden wir nicht mehr blos mit unſern Erinnerungen und unſrer Phantaſiethätigkeit jeder in ſich brüten, ſondern in das allgemeine Erinnerungs- und Phantaſieleben des höhern Geiſtes werkthätig damit eingreifen, ihm neue Gebilde durch unſer Zuſammenwirken ſchaffen helfen. Statt der materiellen Hände, die wir verloren haben, werden nun die Hände eines geiſtigern Thuns und Schaffens, die Jeder bisher noch wie in embryoniſchem Verſchluß zuſammengefaltet trug, die noch nichts vermochten, anfangen, kräftig und lebendig zu werden, und ſich zu gemeinſamen Wirken mit andern zu regen. Und dieſe Phantaſiewelt des höhern Geiſtes, an der wir ſo mitarbeiten, wird ſeiner höhern Stufe gemäß eine ganz andere Klarheit, Fülle, Schönheit, Erhabenheit, Wirklichkeit haben, als die kleine dieſſeitige Phantaſiewelt unſers Geiſtes, das kleine Knöſpchen, das ſich jenſeits nun öffnet, um fortan als Zweig am Baume des neuen Lebens zu treiben und zu blühen. Wie ſchön wir uns immer den künftigen Himmel mit unſerer jetzt noch kleinen, engen, armen Phantaſie auszumalen verſuchen: die größere, mächtigere, reichere Phantaſie des Geiſtes über uns wird es doch noch beſſer können; und ſtatt daß das, was unſere Phantaſie jetzt in ſich wirkt, uns nur eine Welt von leeren Gebilden dünkt, wir den Himmel erſt nur als Schein darin erbauen können, wird das, was die Phantaſie des höhern Geiſtes in ſich wirkt, uns eine Welt höherer Wirklichkeit dünken, ja eine Welt höherer Wirklichkeit für uns ſein; wir in der Phantaſie des Geiſtes über uns des Himmels Wahrheit finden, und an und in dieſem Himmel ſelbſt mit bauen, wirken helfen.

In der That, nachdem wir die jetzige greifliche Wirklichkeit unter und hinter uns haben, leben wir im Reiche der Erinnerung und Phantaſie als in einer neuen höhern Wirklichkeit, nur nicht blos und nicht mehr im Reiche unſerer eigenen dieſſeitigen ſchwachen, ſondern der ganzen, mächtigen, reichen, vollen, farbigen, in hohem Sinn geordneten Erinnerungs- und Phantaſiewelt des höhern Geiſtes, zu der ſich uns die Thore aufgethan haben, in der wir einander mit unſern Erinnerungsgeſtalten ſelbſt erſcheinen, in und an der wir fortan zu wohnen und zu wirken haben.

Auch unſere jetzige kleine Erinnerungs- und Phantaſiewelt hat ihre Wirklichkeit in ſich. Für alle Geſtalten, die darin erſcheinen, wandeln und weben, iſt dies die wahre Wirklichkeit. Eben ſo, wenn wir in der Erinnerungs- und Phantaſiewelt des höhern Geiſtes erſcheinen, wandeln und weben, iſt dies für uns die wahre Wirklichkeit: und dürfen wir den Begriff eines Scheines nicht mehr daran knüpfen.

Unſer Wirken in und an der jenſeitigen Wirklichkeit bleibt immer unter der Herrſchaft und Leitung des höhern Geiſtes. Er iſt es im Grunde, der durch uns ſeine Lebensſphäre jenſeits wie dieſſeits anſchaulich ausbaut, nur jenſeits in einem höhern Sinne als dieſſeits: und nur das kann von den Schöpfungen, an denen wir jenſeits wirken, Beſtand gewinnen und behalten, um was wir uns in ſeinem Sinne vertragen, alſo, daß Keiner dabei nach thörichter Launen ſchalten kann, oder, iſt es ein Thörichter und Böſer, doch endlich in die allgemeine Ordnung einlenken muß.

Auch in Betreff der, den Charakter der Wirklichkeit tragenden, höhern Phantaſiewelt begegnet uns wieder eine Verwandtſchaft des ſomnambulen Zuſtandes mit dem jenſeitigen Zuſtande; ſofern faſt alle Somnambulen Viſionen mit dem Gepräge der Wirklichkeit haben, die oft ſehr ſchön ſind, und von ihnen ſelbſt als himmliſche Erſcheinungen angeſehen werden.

Nicht minder berühren ſich Schwedenbergs Vorſtellungen mit den unſrigen hier vielfach.

Daſſelbe, was von den Phantaſie-Gebilden der höhern Welt, die blos beſtimmt ſind, in dieſer höhern Welt zu entſtehen, zu beſtehen und, wenn ihre Zeit kommt, zu vergehen, wird auch von den Vorbildern deſſen gelten, was ſich künftig in der niedern Welt verwirklichen wird und ſoll, daß ſie eine Lebendigkeit und Wirklichkeit für die jenſeitigen Geiſter haben, wie deren eigene Erſcheinung darin hat. Jene Gebilde einer höhern Phantaſie ſtellen gewiſſermaßen das Brod vor, was nur im Himmel ſelber gebacken und genoſſen wird, von dem wir dieſſeits nichts oder nur einen ſchwachen Vorſchmack in unſrer Phantaſie empfangen. Dieſe Vorbilder, die der Verwirklichung entgegenſehen, ſtellen den Samen dar, der rückwärts in das Dieſſeits geſäet wird, um neues Korn für das Brod des Himmels zu liefern. Denn die Erinnerungen an die Anſchaulichkeiten des Dieſſeits mit ihren Fortbeſtimmungen aus dem Dieſſeits bleiben doch der Grundſtoff, aus dem alle Phantaſiegebilde des Jenſeits erwachſen. Beides aber, Brod und Samen, hat gleiche Wirklichkeit im Sinne des Jenſeits. Inſofern wird uns im Jenſeits das, was in der Anſchauungswelt dieſſeits erſt künftig wirklich werden ſoll, wie in einer Gegenwart ſchon wirklich erſcheinen. Wir weben und wirken jenſeits mit an den Vorbildern, Muſterbildern deſſen, was ſich hienieden verwirklicht darſtellen ſoll, wie an etwas in höherm Sinne ſchon Wirklichen, und wenn die Verwirklichung im Anſchauungsleben dann erfolgt, ſo iſt das in einer Welt, die wir ſchon unter oder hinter uns haben. Das Trachten des höhern Geiſtes wird aber dahin gehen, die Gebilde, die nur zum Ausbau des Jenſeits dienen, mit denen, die auf die Baſis dieſes Ausbaues, d. i. den Ausbau des Dieſſeits rückwirken, ſelbſt immer zu einer harmoniſchen Welt zu vereinigen.

Unſre ganze Poeſie dieſſeits iſt nur ein kleiner Reflex zugleich und Vorſchein der höhern Phantaſiewirklichkeit des Jenſeits, welche ſich immer harmoniſcher zugleich in ſich und mit der, gleiche Wirklichkeit tragenden und ein Reich damit bildenden, Welt der Erinnerungsgeſtalten des dieſſeits Vergangenen und Vorbilder des dieſſeits Zukünftigen zu vollenden ſtrebt, eben wie unſre kleine dieſſeitige poetiſche Phantaſiewelt eine ſolche Harmonie in ſich und mit der Erinnerungswelt des Vergangenen und vorbildlichen Welt des Zukünftigen anſtrebt; aber doch nur in einer Welt des Scheines erreicht. Das himmliſche Leben im Jenſeits aber iſt ein ſolches, wo die poetiſche Wahrheit ſelbſt zur Wirklichkeit wird, worein das dieſſeits Vergangene in ſeiner Erinnerungsgeſtalt, das dieſſeits Zukünftige in ſeinem Vorbilde leibhaftig wirklich eingeht, und in und an dieſer Welt leben und wirken wir im Jenſeits ſelbſt mit. Wie aber im ſchönſten Dichterwerke eine Gerechtigkeit waltet, nach welcher der Böſe den ſtrafenden Wirkungen einer höhern Ordnung unterliegt, ja das Dichterwerk um ſo erhabener und ſchöner wird, je mehr es der Fall, darf auch der Böſe trotz jener ſchönen und erhabenen Welt des Jenſeits, an der er Theil haben wird, nicht hoffen, daß er ſich ihrer freuen werde; ihre größere Schönheit und Erhabenheit gegen unſer jetziges Anſchauungsleben wird ſelbſt in der vollern Erfüllung der höhern Gerechtigkeit mit beruhen. Für den Böſen wird der Himmel kein Himmel ſein, trotz dem, daß er mit darin wohnt, weil er wider den Himmel und mithin der Himmel wider ihn iſt. Nur iſt der Himmel mächtiger als er und leitet und zwingt ihn endlich an ſeiner Ordnung willig Theil zu nehmen, der er unwillig ſchon vorher unterliegt. Dies aber tritt in frühere Betrachtungen hinein.

Wie ſtellt ſich's nun bisher? Der Geiſt des Irdiſchen, ein einiger Geiſt, gewinnt in der Geburt immer neuer Menſchen immer neue Anſchauungen, ja Anſchauungsweiſen der Welt, das ſind eben ſo viel neue Anfänge ſeiner innern Fortentwickelung. Die Entſtehung dieſer Geiſter liegt in einem höhern allgemeinern Zuſammenhang begründet, als den wir im Dieſſeits verfolgen können. Hinter dieſer Welt der Geiſter des Dieſſeits ſpielt aber noch eine Welt Geiſter des Jenſeits, welche hervorgegangen ſind aus den Geiſtern des Dieſſeits, wie die Welt unſrer Erinnerungen und alles deſſen, was folgweiſe aus unſern Erinnerungen erwachſen iſt, hinter unſrer Anſchauungswelt ſpielt, aus der ſie erſt hervorgegangen, doch Beides nicht getrennt von einander. Die Geiſter des Jenſeits weben und wirken noch in unſer Leben dieſſeits hinein, wie die Welt unſrer Erinnerungen in die Welt unſrer Anſchauungen; nur, wie wir in der Anſchauung nicht mehr das Einzelne, was ſich von Erinnerungen einwebt, einzeln unterſcheiden können, ſo vermögen wir auch um ſo weniger in unſerm jetzigen Anſchauungsleben das, was von den Geiſtern des Jenſeits in uns hineinwebt und hineinwirkt, einzeln zu unterſcheiden; aber die Geiſter ſelbſt vermögen ſich zu unterſcheiden. Dieſes Wirken der Geiſter des Jenſeits in uns hinein hilft uns ſchon hienieden bilden und ſchon zu etwas mehr machen, als blos ſinnlichen Weſen. So treten wir auch ſchon mit etwas mehr einſt in das Jenſeits. Mit Anſchauungsleben beginnen wir, mit Ideenleben endigen wir. Zur Entwickelung dieſer Ideen in uns aber haben die Verſtorbenen weſentlich beigetragen. Umgekehrt bleiben wir immer eine Baſis zur Fortentwickelung der Geiſter des Jenſeits. Die Geiſter des Jenſeits gehen aber weder in uns noch wir in ihnen unter oder auf. Denn wir verſpüren ihr Wirken in uns nach Maßgabe, als ſie es in uns äußern, nur als empfangende; ſie aber ſpüren es als in uns erzeugende. Wir erfaſſen und verarbeiten die Wirkungen derſelben in unſerm Sinne, ſie äußern dieſelben in ihrem Sinne. Viele Geiſter des Jenſeits wirken von allen Seiten in jeden von uns hinein; und jeder Geiſt der Vorwelt wirkt in viele von uns hinein, und erfährt dabei unſre Gegenwirkungen. Nach Maßgabe, als ſie in uns eingehen, erfahren ſie auch Fortbeſtimmung durch unſre Anſchauungen. Die ganze Sinneswelt der Erde ſteht überhaupt den Geiſtern des Jenſeits offen, neue Anſchauungen daraus zu gewinnen; ſie ſind nicht mehr ſo durch räumliche Schranken dabei gefeſſelt, als wir, doch den Schranken dabei nicht enthoben, und es beſtimmt ſich die allgemeine Möglichkeit näher durch die Art, wie ſie bisher ihr Anſchauungsleben führten. Sie ſind auch mit betheiligt in der Werkſtatt des höhern Geiſtes, wo die Zukunft dieſer dieſſeitigen Welt gewebt wird, an der Vorausſicht und Vorausbeſtimmung deſſen, was hienieden geſchehen wird; obwohl auch hierbei nicht der Schranken ledig.

Nachdem die Wirklichkeit der jetzigen Anſchauungswelt, wie ſie mit unſern dieſſeitigen Sinnesorganen ergreifbar, mit unſern Händen greifbar iſt, hinter den Geiſtern des Jenſeits liegt, fangen ſie in einer neuen, zur vorigen zwar bezugsreichen, aber höhern, Wirklichkeit zu wohnen und zu weben an, welche die Erinnerungsbilder der vergangenen, die Fortbeſtimmungen aus der gegenwärtigen, die Vorbilder der zukünftigen dieſſeitigen Wirklichkeit einſchließt, und noch einem fortgehenden Ausbau und Umbau durch die, unſrer Phantaſiethätigkeit vergleichbare, aber Gebilde einer höhern Realität webende, freiſchaffende Thätigkeit des Jenſeits unterliegt. Und zwar wird nicht blos die dem Einzelgeiſte zukommende, ſondern die ganze, in den höhern Geiſt fallende, Welt dieſer das Dieſſeits theils rück-, theils ab-, theils vorſpiegelnden Gebilde ſammt denen, die nur im höhern Lichte des Jenſeits entſtehen, beſtehen und vergehen, als jenſeitige Wirklichkeit gelten; jeder Einzelne aber nur in anderer Weiſe an dieſer Wirklichkeit wirkend Theil haben und Theil nehmen. Und dieſe höhere Wirklichkeit, welche zu jeder Zeit gleichſam die höhere Blüte der dieſſeitigen Wirklichkeit iſt, wird ſich doch fortgehends im Zuſammenhange mit ihrer Wurzel zu noch höherer Vollendung entwickeln.

Bei ſolcher Auffaſſung des Verhältniſſes des Dieſſeits zum Jenſeits wird uns nun auch ein Bedenken, was Manche geirrt hat, nicht mehr irren können, als müſſen wir deshalb ſchon dereinſt wieder untergehen, weil wir doch einmal entſtanden ſind, nur das ewig Geweſene könne ewig bleiben. Wenn Alles wieder zurückgehen ſollte in denſelben Zuſtand, aus dem es erſt hervorgetreten, ſo käme die Welt und die darin wirkenden Geiſter nie weiter. Nur dadurch, daß uns der höhere Geiſt in ſich erhebt, erhebt er ſich ſelbſt höher. Verlöſchten wir immer neu, ſo finge er immer wieder von vorn an. So gewinnt er dagegen in immer neu zum Selbſtbewußtſein erwachenden Geiſtern immer neue Anfänge der höhern Fortentwickelung ſeines Selbſtbewußtſeins, ohne aber den Gewinn, den er durch die frühern gemacht hat, wieder aufzugeben, da er vielmehr durch die Erhebung der frühern und den Verkehr der frühern mit den neuen Geiſtern den ganzen Gewinn ſelbſt immer mehr ſteigert.

XXIII. Von der leiblichen Unterlage des künftigen Lebens.

Wir haben unſern Blick bis jetzt vorzugsweiſe auf die geiſtige Seite unſrer künftigen Exiſtenz gerichtet und die Frage nach der leiblichen mehr beſchwichtigt, als beantwortet oder erledigt. Faſſen wir dieſe leibliche Seite jetzt etwas näher in's Auge. Und zwar betrachten wir zuerſt, wie ſie auf unſerm dieſſeitigen Standpuncte erſcheint, danach, wie ſie den Geiſtern des Jenſeits ſelbſt erſcheint. Es wird ſich zeigen, daß beide Erſcheinungsweiſen ſehr verſchieden ſind. Wie ſollten ſie nicht? Obzwar es beidesfalls daſſelbe iſt, was erſcheint, iſt doch der dieſſeitige und jenſeitige Standpunct der Betrachtung ſehr verſchieden, nicht minder die Auffaſſungsweiſe derer, die darauf ſtehen. So muß freilich auch die Erſcheinung beidesfalls ſehr verſchieden ausfallen. Wundern wir uns alſo auch von vorn herein nicht, wenn unſre künftige Leiblichkeit zunächſt, d. i. für unſern diesſeitigen Standpunct, ſich in einer Form oder Formloſigkeit darſtellt, die gegen die Erſcheinungsweiſe unſrer jetzigen Leiblichkeit ſehr in Nachtheil erſcheint. Der Nachtheil liegt in der That nur in unſrer jetzigen Stellung dagegen. Wie wäre es, wenn ein kleines Weſen, ſtatt uns gegenüberzuſtehen, wie wir einander gegenüberſtehen, von unſerm Leibe äußerlich umgeben wäre, würde es wohl unſre Geſtalt eben ſo erblicken, wie wir ſie erblicken? Es würde gar nichts von unſrer Geſtalt erblicken, ſondern eine ungefüge in's Unbeſtimmte gehende Ausbreitung von Zellen, Röhren, Strömungen u. ſ. w. Doch haben wir eine Geſtalt, aber um ſie zu erblicken, muß der Menſch den Menſchen unter den Verhältniſſen betrachten, unter denen Menſchen nun eben einander zu betrachten beſtimmt ſind. So erſcheint uns nun auch die Leiblichkeit der Geiſter des Jenſeits vom dieſſeitigen Standpuncte in einer ungefügen unbeſtimmten Form, weil wir uns unter analogen ungünſtigen Verhältniſſen ihrer Auffaſſung dazu befinden. Aber wenn wir uns dann auf den jenſeitigen Standpunct zu den Verhältniſſen erheben werden, unter denen die Geiſter des Jenſeits ſelbſt einander betrachten, die freilich andere als die des dieſſeitigen Gegenübertretens ſind, wird ſich uns auch eine geſtaltete Erſcheinung der künftigen Leiblichkeit ergeben. Es iſt jedoch für uns, die wir noch auf dieſſeitigem Standpunct ſtehen, die Erſcheinungsweiſe für dieſen Standpunct faſt wichtiger als die andere und auf dieſem Standpunct als die weſentliche Unterlage und Bedingung der Erſcheinungsweiſe ſelbſt anzuſehen, welche den Geiſtern des Jenſeits dafür wird, alſo, daß die Erörterung davon anzuheben hat.

Die allgemeine Betrachtung, daß uns die künftige Leiblichkeit nothwendig unter einer unangemeſſenen Form erſcheinen muß, weil wir ſie noch nicht aus dem Standpunct und mit den auffaſſenden Mitteln des Jenſeits ſelbſt ergreifen können, dient auch vorweg zur Erklärung, warum wir überhaupt von den jenſeitigen Weſen jetzt nichts zu erblicken glauben, ungeachtet ſie um, ja in uns wohnen und walten, und wie daraus die Meinung entſtehen konnte, ſie ſeien in ferne Himmel, ferne Welten verſetzt, da ſie doch daſſelbe Haus der Erde noch mit uns theilen, dieſelben Räume darin mit uns bewohnen, ja wir nichts ſehen und berühren können, ohne die Körper jenſeitiger Geiſter mit zu ſehen und zu berühren. Aber was wir jetzt davon ſehen und berühren, und wie wir es ſehen und berühren, ſcheint es uns gar nicht der Art, daß es einer individuellen Exiſtenz zugehören könnte, wie es denen erſcheinen wird, die ſich zum jenſeitigen Standpunct und zur jenſeitigen Exiſtenz erhoben haben.

A. Von der jenſeitigen Leiblichkeit, wie ſie auf dieſſeitigem Standpunct erſcheint.

Laſſen wir uns zunächſt bei den folgenden Betrachtungen noch von der Analogie führen, die uns bisher immer geführt hat. Wir werden aber dem, was wir unter ihrer Anleitung finden, künftig von andern Geſichtspuncten entgegenkommen.

Indeß ein Bild in deinem Auge ſteht, wirkt es durch Nerven und Adern in den größern Leib, der ſelbſt erſt Säfte und Kräfte dazu gegeben, vor Allem dein Gehirn, zurück, erzeugt darin irgendwie eine neue Aenderung, Ordnung, Einrichtung im Bau und im Bewegen, ſei es, was es ſei, wir können es, wenn nicht mit den Augen, doch bis zu gewiſſen Gränzen mit dem Schluß verfolgen: eine Aenderung, Ordnung, Einrichtung, die nicht vergeht, wie das Bild vergeht, die nachbleibt und nachwirkt, und woran ſich die Erinnerung des Bildes nun heftet, ſo weit ſie der Anheftung ans Leibliche noch bedarf. Und ob alle Aenderungen, Ordnungen, Einrichtungen, erzeugt und nachgelaſſen von verſchiedenen Bildern, im ſelben Raume des Gehirns durch einander greifen, doch ſtören, verwirren ſie ſich nicht, ſo wenig als Wellen um Tropfen oder Steine in dem Teiche; das Gehirn arbeitet ſich damit nur immer reicher, feiner und vollkommener aus, und die Erinnerungen treten dadurch in den freieſten Verkehr. Jede neue Anſchauung erzeugt ihren neuen Kreis von Wirkungen in das Gehirn hinein, womit ein neuer Zuwachs von Entwickelung in daſſelbe und den davon getragenen Geiſt kommt. Und mögen dieſe von der Anſchauung hinterlaſſenen Wirkungen uns auch noch ſo unbeſtimmt, ſo wenig äußerlich verfolgbar und ergreifbar erſcheinen, doch ergreift ſich die Erinnerung ſelbſt beſtimmt darin und ihr geiſtig Weſen heftet ſich daran.

Nicht anders aber wirkt der Menſch, indeß er im Anſchauungsleben ſteht, durch tauſend Wege in den größern Leib, der ſelbſt erſt Säfte und Kräfte zu ihm hergegeben, vor Allem den obern, Gehirnkraft tragenden Theil der Erde zurück, erzeugt darin in Wirkungen und Werken eine neue Aenderung, Ordnung, Einrichtung im Bau und im Bewegen, die nicht vergeht, wie der Menſch vergeht, die nachbleibt und nachwirkt, und an die ſich ſein künftiges geiſtiges Sein nun knüpft, ſo weit es der Anknüpfung ans Materielle noch bedarf. Und ob alle Aenderungen, Ordnungen, Einrichtungen, erzeugt und nachgelaſſen von verſchiedenen Menſchen, im ſelben Raume durch einandergreifen; doch ſtören, verwirren ſie ſich nicht, ſo wenig als Wellen in dem Teiche; der obere Raum der Erde arbeitet ſich damit nur immer reicher, feiner und vollkommener aus, und die Geiſter treten dadurch in den freieſten Vekehr. Jeder neue Menſch ſchlägt einen neuen Kreis von Wirkungen in die Welt hinein, womit ein neuer Zuwachs der Entwickelung in dieſelbe und den davon getragenen Geiſt kommt. Und ob auch die von ſeinem Anſchauungsleben hinterbliebenen Wirkungen uns noch ſo unbeſtimmt, ſo wenig äußerlich verfolgbar und ergreifbar erſcheinen, doch ergreift er ſich ſelbſt dereinſt beſtimmt darin, wenn das Anſchauungsleben ſich in das Erinnerungsleben gewandelt, und ſein geiſtig Weſen heftet ſich daran.

Bei ſpecieller Entwickelung dieſer Analogie würden wir der Unzulänglichkeit, die jede Analogie von gewiſſer Seite hat, auch wieder Rechnung zu tragen haben. Was im Grunde nicht trifft, wird auch hier in den Folgen nicht treffen können. Doch gehen wir auf die nähere Erörterung hiervon nicht ein. Die obige Analogie dient uns überhaupt nur zum erſten Anknüpfungspuncte directerer Betrachtungen.

Um aber einigen Einwänden zuvorzukommen oder zu begegnen, die von phyſiologiſcher Seite gegen dieſe Analogie gemacht werden könnten, ſei noch Folgendes hinzugefügt.

Gewöhnlich ſtellt man es ſo dar, als ob die Empfindung des Bildes im Auge ſelbſt erſt durch die Fortwirkungen, die es in's Gehirn erſtreckt, zu Stande komme. Allein das Thatſächliche iſt nur, daß ſie nicht ohne Zuſammenhang der Netzhaut und mithin des Bildes mit einem thätigen Gehirn und durch dieſes mit dem übrigen Körper zu Stande kommen kann; wie auch der Menſch lebendig und empfindungsvoll nur in Zuſammenhang mit dem größern Ganzen, und hierin insbeſondere dem Oberraum der Erde, dem er zunächſt zugehört, beſtehen kann, nicht aber blos durch die Fortwirkungen, die von ihm dahinein übergehen, lebendig und empfindungsvoll wird. Unſtreitig iſt der Zuſammenhang der Netzhaut mit dem Gehirn und übrigen Körper ſelbſt weſentlich, die Netzhaut thätig und ihre Veränderungen in Zuſammenhange mit den Veränderungen des Gehirns und übrigen Leibes, woran ſich ein allgemeineres Bewußtſein knüpft, zu erhalten; aber daß die Veränderungen der Netzhaut im Bilde ſelbſt, ſo lange ſie in ſolchem Zuſammenhange ſtehen, nichts zur Empfindung beitrügen, iſt in keiner Weiſe darzuthun. Das Bild im Auge wird eben ſo nöthig ſein, die Empfindung auf einem gewiſſen Stande zu erhalten, als die thätige Verbindung mit dem Hirn und übrigen Leibe, ſie mit dem Allgemeinbewußtſein in Beziehung zu ſetzen, und wenn ohne dieſe Beziehung von Empfindung überhaupt nicht die Rede ſein könnte, ſo iſt darum das, was in dieſe Beziehung eintritt, nicht gleichgültig. Es iſt an ſich ſonderbar zu glauben, daß das Sehen erſt hinter dem Auge beginne; und man mag immerhin ſagen, das Gehirn ſieht, aber es ſieht durch das Auge, wie das höhere Weſen, dem wir angehören, durch uns ſieht. Die Netzhaut läßt ſich ſelbſt als ein Gehirntheil faſſen, und wird neuerdings öfters ſelbſt von Phyſiologen ſo gefaßt. Des Nähern läßt ſich die Sache ſo darſtellen: ſo lange das Bild im Auge ſteht, bringen ſeine Fortwirkungen in's Hirn keine ſelbſtſtändig und abgeſondert von den Wirkungen des Bildes auffaßbare Empfindung hervor; Alles geht in derſelben Anſchauung auf, und wenn die Anſchauung ſich fortgehends ändert, hindert die Beſchäftigung mit der anſchaulichen Aenderung ſelbſt, daß die Fortwirkungen der bisherigen Anſchauung ſich deutlich als Erinnerung geltend machen; erſt wenn die ganze Anſchauung verliſcht, können die Fortwirkungen ihres bisherigen Daſeins und ihrer Aenderungen ſelbſtſtändig und deutlich als Erinnerung auftreten; obwohl auch nur unter Mitthun des keineswegs als Folge der Anſchauung zu betrachtenden allgemeinen Gehirnlebens, woran ſich unſer allgemeines Geiſtesleben knüpft. Davon müſſen die Folgen ergriffen werden, wie darein eingreifen. Eben ſo, ſo lange der Menſch auf Erden ſteht, rufen ſeine Wirkungen in die Welt um ſich kein ſelbſtſtändig und abgeſondert von dem Bewußtſein, das ſeinem Anſchauungsleben zugehört, auffaßbares Bewußtſein deſſelben hervor; Alles geht im Bewußtſein dieſes Anſchauungslebens mit auf, und auch, wenn ſich ſein Anſchauungsleben ändert, bleiben die nach Außen gehenden Fortwirkungen des bisherigen Lebens noch in's Unbewußtſein verſenkt, indem die Aenderungen des Anſchauungslebens ſelbſt ſein Bewußtſein beſchäftigen; erſt mit Erlöſchen des Anſchauungslebens erwacht das Erinnerungsleben; obwohl dieſes Erinnerungsleben auch nur unter Mitthun des, keineswegs als Folge ſeines bisherigen Anſchauungslebens zu betrachtenden, allgemeinen Lebens, welches dem allgemeinen Geiſte unterliegt, entſtehen kann; die Folgen, die ſein Anſchauungsleben hinterläßt, müſſen von dieſem allgemeinen Leben ergriffen werden, wie darein eingreifen.

Iſt das, woran ſich unſer Geiſt im Jenſeits heftet, der Kreis der Wirkungen und Werke, den jeder dieſſeits um ſich hat geſchlagen, kein Leib mehr gleich dem jetzigen; ſo ſoll ja auch das künftige Daſein dem jetzigen nicht mehr gleichen. Der Geiſt ſoll freier in dem Jenſeits werden, darum muß es auch der Leib werden; er kann ſich nicht mehr auf ein ſo enges Häufchen Materie beſchränken, wie jetzt; ſondern damit der Geiſt frei durchs Irdiſche gehe und walte, muß auch der leibliche Träger eine demgemäße Freiheit haben.

Du ſagſt etwa: aber mein Gehirn iſt ein wunderbar entwickelter und entwickelbarer Bau, aus wie viel tauſend Fäden kunſtvoll zuſammengeſchlungen, mit tauſend Strömen Bluts dazwiſchen; was mag nicht Alles gehn auf ſeinen weißen Straßen, und was drauf geht, läßt auch da ſeine Spur. Dazu iſt ſeine Einrichtung ſo zuſammengepaßt mit der des Auges, daß, was im Auge vorgeht, durch ſeine Fortwirkungen ſich wirklich im Gehirn auch wiederſpiegeln kann. Die Tafel des Gehirns iſt dazu abſonderlich hergerichtet. Und das allein macht die Erinnerung möglich. Ohne ſo wundervolle und mit dem Auge wunderbar zuſammengepaßte Einrichtung des Gehirns könnte Erinnerung nimmer entſtehen, und möchten auch noch ſo viel Wirkungen aus dem Auge kommen. Was aber hat die Welt, in die ich den Kreis meiner Wirkungen und Werke ſchlage, desgleichen, daß ich hoffen dürfte, ein Erinnerungsleben meiner könnte eben ſo in ihr dadurch begründet werden, und noch dazu ein entwickelteres und in höherm Sinne entwickelbares Erinnerungsleben, als ich in mir ſelbſt jetzt führe, das ſetzt doch auch entwickeltere Anſtalten dazu voraus. Was vertritt, was überbietet in der Welt um mich die kunſtvolle Organiſation meines Hirns; was macht ſie fähig, ein gleich lebendiges Spiegelbild meines Anſchauungslebens in ſich aufzunehmen, als mein Gehirn von meiner Anſchauung?

Doch wie, iſt denn die Welt um dich, die irdiſche Oberwelt zumal, in die der Kreis deiner Wirkungen und Werke zunächſt geht, ein minder wunderbar entwickelt und entwickelbares Reich als dein Gehirn, das ſelber nur ein kleiner Theil davon, und etwa weniger mit dir zuſammenpaſſend und darauf eingerichtet, den Abdruck deines Weſens in Wirkungen und Werken zu empfangen; und etwa weniger lebendig als du ſelbſt, deß Leben erſt aus ihrem kam, an ihrem hängt? In deinem Hirne nichts als weiße Fäden, der eine wie der andre, mit rothen Strömen zwiſchen, der eine wie der andre; doch draußen eine Welt mit Ländern, Meeren, darin mit

Gärten, Wäldern, Feldern, Städten, darin mit Blumen, Bäumen, Thieren, Menſchen, darin mit Blättern, Adern, Sehnen, Nerven; der Ausbau geht ins Einzelſte, und iſt doch Alles verwebt zum lebensvollſten Ganzen, verknüpft theils durch die allgemeinen Grundbeziehungen der irdiſchen Natur, theils durch die höhern Beziehungen der Menſchen in Staat und Kirche, Handel, Wandel; was arbeitet da nicht Alles in einander, was tauſcht ſich da nicht mit einander, was gibt's nicht da für tauſendfach verſchlungene Wege, für tauſendfache Mittel des Verkehrs. Wir habens früher oft betrachtet. In dieſes lebensvolle Ganze hinein ſchlägſt du den Kreis deiner Wirkungen und Werke, eine Organiſation, die tauſend Millionen Menſchenhirne mit allem lebendigen Verkehr der Menſchen in ſich ſchließt, da dein Gehirn blos etwa ſo viel Fäden. Und Alles iſt drin frei und weit und groß, indeß in deinem Hirne Alles klein und eng gebunden und gefeſſelt. Und dieſe große Organiſation ſollte weniger vermögen, als deine kleine; das erhabene Ganze weniger, als ſein winzig kleiner Theil? Sollte unvermögend ſein, dein Weſen in Wirkungen und Werken rückgeſpiegelt zu empfangen, da dies dein Weſen ſelbſt erſt aus ihr kam, ſie ſelbſt dich erſt zu ihrem Bilde machte?

Wollte man bei der gemeinen Anſicht ſtehen bleiben, ſo wäre die ganze Erde freilich nur ein todtes Weſen und man müßte fragen, wie kann ſie die ſelber todte mein künftig Leben tragen. Da ſiehſt du nun, daß es gut iſt, zu wiſſen, es verhält ſich anders mit der Erde, ſie iſt kein unorganiſch todtes, vielmehr ein höher organiſch lebendig

Weſen als du ſelbſt. Nun iſt auch für den Glauben an dein künftig Leben nicht umſonſt, was du von dem Leben der Erde gelernt haſt. Ja wäre die Erde wirklich ein todtes Weſen, wie ſollte denn dein künftig Leben in ihr wurzeln können, wenn dein jetziges dahin? In einen Stein hinein könnteſt du freilich keine Bedingungen deiner künftigen Forterhaltung und Fortentwickelung erzeugen, ſo wenig als eine Anſchauung die Bedingungen ihrer Forterhaltung und Fortentwickelung als Erinnerung in ein Gehirn von Stein. Iſt aber die Erde ein höher beſeelter Leib als jetzt du, ſo kann auch wohl eine höhere Entwickelung deines Lebens in ihr wurzeln und ſelbſt ihrer eigenen Entwickelung dienen. So offenbart ſich nach geiſtiger wie leiblicher Seite der tiefſte Zuſammenhang zwiſchen dem Leben der Erde und unſerm eigenen zukünftigen Leben. In beiden ſehen wir ergänzende Erweiterungen unſres dieſſeitigen Lebens, in jenem eine Erweiterung ſchon in der Gegenwart über uns hinaus, in dieſem in die Zukunft hinein. Das Leben der Erde greift ſchon in der Gegenwart ſo über dein dieſſeitiges hinaus, wie dein zukünftiges Leben in der Zukunft, das dieſſeitige nicht ausſchließend, ſondern einſchließend. Aber auch dein zukünftiges Leben gehört der Erde wieder an, und ſo iſt dein jetziges Leben im Grunde nur ein Theil des ganzen Lebens der Erde eben ſo in der Gegenwart wie in der Zukunft. Das Leben der Erde, dem du künftig angehören, an dem du ſelbſt mitwirken wirſt, iſt aber eine höher geartete Seite ihres ganzen Lebens als die, in der du jetzt befangen biſt. Dein künftig höher Leben und ihr jetzig höher Leben bedingen und verbürgen ſich überhaupt wechſelſeitig. Wäre die Erde über eure Seele hinaus todt, wie ihr's euch meiſt denkt, ſo wäre es mit dieſem Leben auch aus mit euch, Alles reducirte ſich auf euer jetziges zumeiſt ſinnliches Anſchauungsleben; aber hiemit hätte auch die Erde nichts Höheres als das, wie wir es früher ſchon betrachtet haben.

Zum Kreiſe unſrer Wirkungen und Werke und hiemit zum Träger unſrer Zukunft gehört Alles, was wir immer um uns wirken auf Luft und Licht und Erdreich, in die Menſchheit und einzelne Menſchen hinein, in Familie, Staat und Kirche, in Kunſt und Wiſſenſchaft, in Thaten, Worten, Schriften, Alles was durch uns und was aus uns kommt, im Stillen und im Lauten, in ſichtlichen oder nur erſchließbaren Wirkungen. Nur zählt das Alles nicht einzeln, ſondern der Zuſammenhang von Allem iſt es, der die Einheit derſelben Seele fürder trägt, welche ſich in Entwickelung dieſes Zuſammenhanges erſt bethätigte.

Keine Wirkung kann von uns abſtract in den Raum ſtralen, ſie wird ſich, wie geiſtig oder leiblich ſie auch heißen mag, immer auf irgend welche Materie überpflanzen müſſen, gleichgültig welche, welcherlei, wie ferne. Was wir geiſtig in Andern erzeugen, vermag ſich ſo gut nur durch materielle Vermittelungen mitzutheilen, als die gröbſte materielle Bewegung, und bedarf noch im Andern ſo gut des materiellen Trägers als in uns. Die philoſophiſchſten Ideen pflanzen ſich nur durch Schrift und Wort mithin Licht und Schall an die Außenwelt über und erregen, indem ſie durch Hören und Sehen Andern mitgetheilt werden, in deren Gehirnen phyſiſche Proceſſe, welche die Materie betheiligen. Die Idee dringt nirgends hin, wohin ihr materieller Träger nicht dringt, und immer iſt es eine Begeiſtung der Materie im Andern, welche bei jeder Ideen-Mittheilung ſtattfindet, wie unſer eigenes Pſychiſche ſtets nur als Begeiſtung der Materie auftritt. So fehlt denn unſerer leiblichen Fortſetzung ins Jenſeits die materielle Unterlage ſo wenig, als dem jetzigen Leibe ſelbſt.

Wenn Plato's Geiſt noch heute in Ideen fortlebt, die unter uns umlaufen (obwohl es nicht Ideen allein ſind, in denen er unter uns fortlebt), ſo können in der That dieſe Ideen in ihrem Umlauf in und unter uns ſo wenig eines materiellen Trägers miſſen, als da ſie noch in ſeinem eigenen Gehirn umliefen, ſie heften ſich nun an Vorgänge in unſerm Hirn, an Worte, Schrift, an jedwedes, was in Kunſt und Wiſſenſchaft und Leben durch dieſe Ideen begeiſtet im Sinn derſelben geht, und alles das gehört nun mit zum leiblichen Träger von Plato's Geiſt; nur alles das nicht einzeln, ſondern die Geſammtheit der Wirkungen, die von einer Idee Plato's ausgegangen ſind, gehört zum Träger immer noch derſelben einen Idee; und ſo die Geſammtheit der Wirkungen, die von einer Seele überhaupt durch Vermittelung ihres Körpers ausgegangen ſind, immer noch zum Träger derſelben einen Seele.

Dem oberflächlichen Blick mag es zwar ſcheinen, als ob die Wirkungen und Werke, die von uns übergeben an die Welt, alsbald ſich gleichgültig zerſtreuten, den Zuſammenhang unter ſich und mit uns verlören; von einer Einigung und Einheit darin alſo nicht die Rede ſein könnte. Aber dem tiefer gehenden Blick erſcheint es ganz anders.

So zuſammenhängend der Menſch ſelbſt iſt, ſo zuſammenhängend iſt der Kreis ſeiner Wirkungen und Werke in ſich und ſo zuſammenhängend bleibt er mit ihm; ſo daß er in der That nur als der Fortwuchs, die weitere Ausbreitung ſeines engern leiblichen Syſtems ſelbſt erſcheint.

Sieh einen Schwan, der Furchen zieht im Teiche; ſo weit er ſchwimmen mag, hängt ſeine Bahn zuſammen; doch nicht die Bahn blos, die er zunächſt zieht, auch alle Wellen, die man rings von dieſer Bahn ausgehen ſieht, — und jeder Punct der Bahn giebt eine Welle, — hängen alle noch zuſammen, gleich der Bahn ſelbſt; ja greifen in einander über, nur inniger, verflochtener wird der Zuſammenhang, je mehr ſie ſich ausbreiten. Ganz eben ſo zuſammenhängend aber, wie die Bahn des Schwans im Waſſer, iſt der Lebensgang des Menſchen und gleich zuſammenhängend und ſich verſchlingend ſind alle Wirkungen, die von ihm während ſeines Lebensganges ausgehen. Er reiſe über Land und See, der Anfang ſeiner Bahn hängt doch zuſammen mit dem Ende, und alle Wirkungen, die von da ausgehen, eben ſo; er reiſe von der Jugend bis zum Grabe, es iſt nicht anders.

Der Schwan kann freilich auffliegen aus dem Waſſer und ſich wieder an einer andern Stelle darin niederlaſſen. Dann ſcheint es doch, giebt's zwei getrennte Wellenzüge. Im Waſſer, ja, doch ſind ſie verknüpft durch ein Syſtem von Wellen in der Luft. Der Menſch aber kann ſo wenig als der Schwan aus dem Zuſammenhange mit Erde, Waſſer, Luft, und was von Unwägbarem ins Irdiſche eingeht, herauskommen. Alſo wohin er auch gehen, lau ſen, ſpringen möge, wie er ſtehen und ſich ſtellen möge, was er ſagen, ſchreiben, handthieren möge, das Syſtem von Wirkungen und Werken oder Bewegungen und Einrichtungen, was aus der Geſammtheit von all' dem hervorgeht, kann nie in ſich zerfallen: blos ſich im Laufe des Lebens immer weiter theils ausdehnen, theils mit einer größern Mannichfaltigkeit Momente bereichern, indem die früheren Bewegungen ſich mit den ſpätern immer neu zuſammenſetzen, und immer neue Abänderungen an den ſchon getroffenen Einrichtungen erzeugen, wie Solches in unſerm engen Leibe auch ſtattfindet. Jede neue Bewegung, die vom Menſchen an die Außenwelt übergeht, jedes Werk, an deſſen Schöpfung er ſeine Kraft und Thätigkeit verwendet, gibt ſo zu ſagen einen neuen Beitrag zur Entwickelung ſeines jenſeitigen weitern Leibes, der ſich theils an die früheren erweiternd anknüpft, theils fortbeſtimmend in ſie rückgreift. Wenn wir die ganzen Bewegungen und Einrichtungen, kurz Wirkungen und Werke, die von einem Menſchen während ſeiner Lebzeiten ausgegangen ſind, mit Augen auf einmal überblicken könnten, daß uns nichts entginge, würden wir ſie nicht nur eben ſo unter einander verwickelt, ineinandergreifend finden, als die Materie, Bewegungen und Einrichtungen unſres Leibes, ſondern die Materie, auf welche ſich dieſe Bewegungen übergepflanzt haben, welche Träger dieſer Einrichtungen iſt, würde ſich auch eben ſo zu einem vollkommenen Continuum geſtalten, als es die Materie unſres jetzigen Leibes iſt, ohne hiebei eine andere beſtimmte Gränze zu haben, als die Materie des irdiſchen Reiches ſelbſt.

Derſelbe Zuſammenhang, der durch das Räumliche, läßt ſich aber auch durch das Zeitliche verfolgen. Man glaubt es vielleicht nicht für den erſten Anblick, aber doch iſt es gewiß, daß alle Wirkungen, die von Chriſtus in die Welt ausgegangen ſind und ſich zu ſeinen Bekennern und durch ſeine Bekenner fortgepflanzt haben, nicht nur durch eine vollkommen continuirliche Kette materieller Folgewirkungen bis zu uns gelangt ſind, ſondern auch, daß dieſe materiellen Folgewirkungen noch jetzt ein vollkommen continuirliches in ſich zuſammenhängendes Syſtem bilden, daß ſie ſo zu ſagen nur ferne, aber in ſich zuſammenhängende Wellenausbreitungen der Bahn ſind, die dieſer Schwan während des Lebens zog. Was er durch Wort und Beiſpiel wirkte, wirkte durch Schall und Licht auf ſeine Jünger ein, organiſirte etwas anders in ihnen, trieb ſie zu neuen Handlungen an; durch Wort, Beiſpiel, Thun pflanzte ſich die Wirkung weiter fort, nicht nur in die Menſchen hinein, auch über dieſelben hinaus; denn im Sinne der erfahrnen Wirkungen handelten ſie nun auch in die Außenwelt hinaus. Es entſtanden in Kirche, Staat, Kunſt, Wiſſenſchaft, dem ganzen Leben der Chriſten allenthalben neue Einrichtungen, neue Weiſen, die Dinge zu nehmen, zu betrachten, zu behandeln, und alle Einrichtungen, Verhältniſſe der ganzen Chriſtenheit bleiben nothwendig durch Mittelglieder verknüpft. Nirgends können ſie fehlen, wo es Chriſten gibt. Der Weg ſelbſt, den ein Chriſt einſchlägt, und ginge er in die fernſten Gegenden, iſt ein verknüpfendes Mittelglied. Chriſti Wirken erfolgte überhaupt während ſeines Lebens im Zuſammenhange, nun iſt unmöglich, daß irgend etwas,

was davon abhängt, und wäre es in den entfernteſten und divergenteſten Folgen, außer Zuſammenhang mit Anderm gerathe, was auch davon abhängt, wie die der Wurzel fernſten und unter einander divergenteſten Blätter und Blüten eines Stammes doch alle unter einander zuſammenhängend bleiben. Und wohl zu merken, es iſt kein blos äußerer Zuſammenhang des Nebeneinander, es iſt ein Zuſammenhang des Wirkens, des gegenſeitigen Abänderns, in einander Greifens, ein thätiger Zuſammenhang, ein ſolcher, wie er auch in uns jetzt gefordert wird, Träger eines geiſtigen Wirkens zu ſein. Wie wäre es auch möglich, wenn die geiſtigen Nachwirkungen Chriſti, die von jenen materiellen getragen werden, in zuſammenhangsloſen, thatloſen Momenten ruhten, von einer chriſtlichen Gemeine, chriſtlichen Kirche zu ſprechen. Nur daß wir freilich, weil wir nicht ſelbſt Chriſti Geiſt ſind, ſondern als Glieder ſeiner Gemeine blos die Wirkungen empfangen, die ſich in uns hinein verzweigen, auch nicht das Selbſtbewußtſein haben können, mit dem Chriſtus in ſeiner Gemeine fortlebt, ſich forterhält und fortentwickelt.

Was nun hier bei Chriſtus deutlich und in großartiger Erſcheinung hervortritt, gilt aber ganz eben ſo für den unbedeutendſten Menſchen. Nicht die Art der Fortdauer, nur die Bedeutung des Fortdauernden und der Werth der Beziehung zum höhern Geiſte iſt verſchieden. Keines Menſchen Leben iſt ohne immer und ewig nachbleibende Folgen; Alles was in der Welt anders geworden, weil er dageweſen, und nicht ſo wäre, wenn er nicht dageweſen, gehört zu dieſen Folgen, und der ganze weite Kreis dieſer Folgen bleibt bei jedem Menſchen eben ſo zuſammenhängend als der engere Kreis des urſächlichen Lebens zuſammenhing.

Wie in unſerm jetzigen Körper manche Einrichtungen und Proceſſe in directerer und bedeutungsvollerer Beziehung zu unſerm bewußten geiſtigen Leben ſtehen, als andere, die nur im Zuſammenhange des Ganzen und als niedere Baſis mitzählen, nur in allgemeiner Weiſe zum Träger unſrer Seele mitgehören, aber doch in ſofern noch zum Leibe mitzurechnen ſind, wird es dann auch mit unſrer künftigen Leiblichkeit ſein. Wenn ſchon Alles, was als Folge unſrer jetzigen leiblichen, Geiſt tragenden, Exiſtenz in der Welt fortbeſteht, auch im Zuſammenhange beitragen wird, unſre künftige geiſtige Exiſtenz zu tragen, und in ſofern zu unſrer leiblichen Exiſtenz gehören wird, wird doch unſtreitig nur das, beſonders geiſtig Bedeutſame hier, beſonders geiſtig bedeutſame Folgen dort mitführen. Der Tritt meines Fußes, eine gleichgültige Handbewegung mag, viel leichter im Groben verfolgbare, Folgen nachlaſſen, als ein Blick, eine Handlung, worein der Menſch ſeine ganze Seele legt, als die Lehren und Werke, wodurch er ſeine Ideen in andere überpflanzt; aber jene Folgen werden doch dereinſt viel gleichgültiger für ihn ſein, als dieſe. Ja Vieles mag äußerlich unmerkbar und ſtill in uns vor ſich gehen, was eben ſo ſtille und äußerlich unmerkbare Folgen nachläßt, die aber doch für unſre geiſtige Zukunft dereinſt bedeutender ſein können, als die ſichtbaren Folgen unſrer ſichtbarſten Handlungen. Denn die Wirkungen richten ſich in ihrer Weiſe und Bedeutung nach den Urſachen.

Eine Mutter, die ins Jenſeits hinübergegangen, wird noch in ihrem dieſſeits zurückgebliebenen Kinde mit fortleben; es gehört zu dem, was aus ihr gekommen: aber nur das, was durch ihr Bewußtſein am Kinde geworden und anders geworden, was ihre Pflege, Sorge, Erziehung beigetragen hat, daß es lebendig beſtehe und ſich entwickele, wird in ſeinen Folgen ihr Bewußtſein jenſeits wieder berühren. Daß das Kind hier in Unbewußtſein ein Theil ihres Leibes und Lebens war, macht es auch im Jenſeits nur zu einem für ſie unbewußten Theil deſſelben. Wie bewußt auch das Kind für ſich ſei, mit der Mutter theilt es nur das, was es von der Mutter hat. Die Schwierigkeiten aber, die darin zu liegen ſcheinen könnten, daß überhaupt dieſelbe Materie verſchiedenen Geiſtern zugleich als leiblicher Träger unterliegen kann, wird noch gründlicher im folgenden Abſchnitt (XXIV, C) erledigt werden.

Der ganze Charakter eines Menſchen pflanzt ſich von dem kleinen Kreiſe ſeines Leibes auf den großen ſeiner Wirkungen und Werke über, ja ſo ſichtlich, daß wir den Ausdruck ſeines Geiſtes unwillkürlich ſchon jetzt darin zu erblicken glauben. Die Wirkungen und Werke eines Menſchen tragen eine Phyſiognomie, wie die ſeines Geſichts. Ja könnten wir den ganzen Zuſammenhang der Wirkungen und Werke eines Menſchen auf einmal überſehen, was wir freilich nicht können, ſo möchte uns in der That der Geiſt des Menſchen ſchon ſo lebendig daraus hervorzutreten ſcheinen, als jetzt aus ſeinem Geſichte: das wird aber erſt im folgenden Leben der Fall ſein können.

„Auf dem Geſichte leſen wir den Charakter des Menſchen, in ſeinem übrigen Körper iſt wenig Spur davon; aber in ſeinen Umgebungen, in ſeiner Art, ſich zu kleiden, in der Einrichtung ſeines Zimmers, in den Oertern, welche er aufſucht, in den Leuten, mit denen er in Verhältniſſe tritt, und beſonders in der Art, mit welcher dies geſchieht, in allen dieſen Dingen lernen wir den Menſchen beſſer kennen, als in ſeinem Körper ſelbſt, dies Alles zuſammen bildet in einem weitern Sinne den Körper ſeiner Seele.“ (Schnaaſe, Geſchichte der bildenden Künſte I. S. 62).

„Nicht durch Schriften wirken wir allein auf die Zukunft; vielmehr können wir's durch Anſtalten, Reden, Thaten, durch Beiſpiel und Lebensweiſe. Dadurch drücken wir unſer Bild lebendig in andern ab, dieſe nehmens an und pflanzen es weiter.“ (Herder, zerſtr. Bl. 4te Samml. S. 169).

„So nun der Leib zerbricht und ſtirbt, ſo behält die Seele ihr Bildniß als ihren Willensgeiſt; jetzt iſt er zwar von dem Leibesbilde weg: denn im Sterben iſt eine Trennung; alsdann erſcheint die Bildniß mit und in den Dingen, was ſie allhier hat in ſich genommen, damit ſie iſt inficirt worden (die ſie in ſich hineinbilden ließ); denn denſelben Quell hat ſie in ſich. Was ſie allhier liebte und ihr Schatz geweſen und darin der Willensgeiſt einging (imaginirte); nach demſelben figurirt ſich nun die ſeeliſche Bildniß.“ (Jac. Böhme, hier aus d. Bl. aus Prevorſt, I. Samml. S. 81. entlehnt).

„Friedrichs Verfahren (in der Schlacht bei Leuthen) war in vollſtem Sinne künſtleriſch; wie der Orgelſpieler, der mit leiſem Fingerdruck die Flut der Töne erklingen läßt und ſie in majeſtätiſcher Harmonie führt, ſo hatte er alle Bewegungen ſeines Heeres in bewundernswürdigem Einklange geleitet. Sein Geiſt war es, der in den Bewegungen der Truppen ſichtbar ward, der in ihren Herzen wohnte, der ihre Kräfte ſtählte.“ (Geſchichte Friedrichs des Großen von Kugler. S. 364).

Daß aber der Kreis unſrer Wirkungen und Werke die äußere Geſtalt unſres Leibes nicht wiederſpiegelt (obwohl für den jenſeitigen Standpunct eine ſolche Spiegelung eintreten wird), muß uns nicht kümmern; darauf kommt's nicht an. Das große Kraut, was aus dem kleinen Samen kommt, ſpiegelt deſſen runde Geſtalt auch nicht äußerlich wieder, und trägt als deſſen Fortwuchs doch deſſen ganze

Natur noch in ſich: ein jeder anders geartete Same giebt ein anders geartetes Kraut. Wohl aber iſt das große Kraut das Spiegelbild eines kleinen Pflänzchens, was im Samen äußerlich ganz unſichtbar ruht, und deſſen eigentlich und treibend Weſen darſtellt. So iſt der Kreis unſrer Wirkungen und Werke das Spiegelbild nicht unſres äußern aber unſres innern Weſens. Wir können's äußerlich gar nicht anders treiben, als ſich's zuvor im Innern hat getrieben; und unſer ganzes äußeres Treiben iſt nur der Austrieb dieſes innern Treibens.

Der Menſch hält das, was er hienieden um ſich, außer ſich gewirkt hat, jetzt ſich äußerlich, gewiſſermaßen für ſich verloren, doch iſt es ihm nur ſcheinbar verloren, es iſt immer eine Fortſetzung ſeiner ſelbſt, gehört immer unbewußt zu ihm. Und der Tod iſt nun nicht umſonſt da, er iſt eben dazu da, gewaltig wie er iſt, auch einen gewaltigen Unterſchied vom Jetztleben mitzubringen, den, daß vom Momente des Todes an mit dem Schwinden des Bewußtſeins für ſeine bisherige engere leibliche Sphäre nun ein Bewußtſein für die weitere erwacht, welche von der engern doch ſelbſt erſt ausgegangen. Selbſt in unſerm engern Leibe aber ſehen wir einen ſolchen Antagonismus, daß nach Maßgabe als ein Theil unthätig wird und für das Bewußtſein in Schlaf geräth, andere dafür erwachen; derſelbe Antagonismus beſteht dann in noch höherem Maßſtabe zwiſchen unſerm jetzigen engern und dem aus ihm hervorgetriebenen weitern Leibe. Dieß aber betrachten wir gründlicher erſt im folgenden Abſchnitte (XXIV, D).

So können wir denn nach Allem kurz ſagen: Der

Menſch ſchafft ſich ſchon in ſeinem Jetztleben, ohne daß er freilich daran denkt, einen weitern Leib in Wirkungen und Werken um ſeinen engern Leib, der, wenn der engere vergeht, nicht mit vergeht, ſondern in dem er fortlebt und fortwirkt, ja der eben erſt mit dem Tode des engern dahin erwachen wird, der Träger des Bewußtſeins zu werden, das bisher an den engern und in engerm Sinne ſo genannten Leib gebunden war. Ja der Tod iſt die natürliche Bedingung dieſes Erwachens.

Es bleibt freilich immer nur ein kurzer und in gewiſſer Hinſicht uneigentlicher Ausdruck, deſſen wir uns bedienen, wenn wir etwas, was doch unſerm bisherigen Leibe ſo unähnlich erſcheint, nun auch Leib nennen wollen; aber warum ſollten wir es nicht, wenn doch dieſer weitere Leib die Leiſtung fortſetzt, die bisher unſerm engern Leibe zukam, unſerm Geiſtesleben als Träger zu dienen, ſo weit es deſſelben noch bedürfen mag: nur um dieſer Leiſtung willen, nicht um ſeiner beſondern Form willen nennen wir ja doch auch unſern jetzigen engern Leib einen Leib.

Unſer jetziger Leib iſt ſelbſt nur ein enger Kreis, ein enges Syſtem von Wirkungen und Werken, und das dieſſeitige Leben beſteht blos darin, es umzuſetzen in das weitere. Der Tod iſt nur die Löſung des letzten Knotens, der das Bewußtſein noch im Dieſſeits gebunden hält. Nun tritt der weitere an des engern Stelle, mit dem er unbewußt ſchon jetzt zuſammenhing.

Wir irren, wenn wir meinen, unſer jetzig Leben ziele auf nichts, als unſer jetzig Leben zu erhalten. Nein, es zielt zugleich darauf, ein größeres Leben als unſeres zu bereichern, fortzuentwickeln, und uns in eben dem, was wir zu deſſen Bereicherung, Entwickelung beitragen, einen Antheil daran auch für die Zukunft zu ſichern. Denn was jeder am größern Leibe und Leben ſchafft, das wird er daran haben. Statt engern Antheils jetzt erhält er künftig nur einen weiteren daran; und der engere Antheil jetzt war eben nur da, den weitern für das Jenſeits ihm zu ſchaffen. Und alles Bewußtſein, was ſich bei dieſem Schaffen bethätigte, wird ſich auch in Fortführung der Schöpfung im weitern Kreiſe einſt bethätigen.

Es iſt eigen, daß man bei der Unſterblichkeitsfrage immer nur auf das achtet, was aus der Zerſtörung des Leibes im Tode hervorgeht, und da man nichts als Graus und Moder hervorgehen ſieht, in Verlegenheit um den neuen leiblichen Träger der Seele iſt. Nicht auf das, was aus dem Leib im Tode und folgweis aus dem todten Leibe kommt, ſondern was aus dem lebendigen Leibe, während ſeines ganzen Lebens kommt, nicht blos von Stoffen kommt, ſondern auch von Wirkungen kommt, und zwar auf die Geſammtheit, den vollen Zuſammenhang alles deſſen, was aus ihm kommt, hat man zu achten, um wieder einen lebendigen Leib zu haben. Der lebendige Leib iſt es, der während und mittelſt des ganzen Jetztlebens die leiblichen Vorbedingungen für das ganze Leben der Zukunft ſchafft. Endlich vergeht dieſer enge Leib. Nun braucht nichts mehr aus ihm im Tode zu kommen. Er hat ſchon im Leben das Seine zu dem gethan, was kommen ſoll, und die letzte Pflicht, die er erfüllt, iſt, zu vergehen, weil dies ſelbſt eine Bedingung für das Erwachen des Menſchen im neuen Leib und Leben iſt. Denn daß das Bewußtſein im alten Leibe und Leben keinen Grund mehr findet, iſt ſelbſt der Grund, daß der Menſch zum Bewußtſein des neuen Leibes und Lebens erwache, in dem ſich Alles wiederfindet, was von Stoffen, Bewegungen und Kräften im alten war. Eben darum ziehen ſo raſtlos die Stoffe, Bewegungen und Kräfte durch deinen Leib hinieden, wirkt das Leben in dir ſo unermüdlich, wird es ſo lang fortgeführt, ſollſt du es ſo lang als möglich zu erhalten ſuchen, daß dein Leib und Leben jenſeits groß und reich und mächtig werde. Dein kleiner Leib hienieden iſt nur der kleine Webſtuhl, der die Fäden des weiten Gewebes, aus dem der Leib und das Leben des Jenſeits geſponnen wird, durch ſich durchlaufen läßt. Dies weite Gewebe aber iſt ſelbſt nur ein neues Eingeſpinnſt in die Organiſation des großen Webers, von dem auch der kleine lebendige Webſtuhl nur ein Theil. Denn in dieſem Gebiete geht Alles innerlich nicht äußerlich zu.

Zumeiſt meinen wir, der Tod erſt gebe den Leib der Natur zurück, da zerſetze er ſich und verliere ſich darin, vergehe; uns fürchten uns, daß unſre Seele mit vergehe. Warum fürchten wir uns nicht vielmehr vor dem Leben, in dem jenes unſäglich mehr geſchieht, als in dem Tode. Das Leben iſt ein Zerſetzungsproceß, der uns beſtändig der Natur zuwirft; der Tod iſt nicht der Eintritt, ſondern das Ende dieſes Zerſetzungsproceſſes, aber eines ſolchen, aus dem die Materialien nur in einen größern Neubau übergehen, und dieſelben Kräfte, die dem jetzigen

Baue ſchwinden, dienen eben, dieſen Neubau zu ſchaffen, ja ergreifen dazu nicht blos die Materie, die durch unſern Leib hindurchlief, dieſe iſt vielmehr blos wie der Zeugungsſtoff, der Gährungsſtoff, der Sauerteig, von dem aus die Kräfte den Angriffspunct gewinnen, den ganzen Leib der Erde zu ergreifen, und ſich in beſonderer Weiſe zuzueignen.

„Dabei darf man nicht glauben, daß der Zerſtörungs- und Zerſetzungsproceß des Lebens etwa nur in dem Maße von Statten ginge, wie wir ihn an der Leiche gewahr werden, deren Atome nur ſehr allmälig dem allgemeinen Naturleben wieder anheimfallen; nein! dieſer Zerſetzungsproceß des Lebens geht weit ſchneller von Statten als der des Todes, dergeſtalt, daß man z. B. berechnen kann, von der geſammten durch die Adern ziehenden Maſſe des Blutes werde allein im Laufe eines Tages ungefähr der vierte Theil zerſetzt und auf verſchiedenen Wegen ausgeſchieden.“ (Carus, Phyſis S. 228).

Viel wichtiger aber, als dieſe Betriebſamkeit und Eile, mit welcher der Menſch die Materie ſeines Leibes der Außenwelt einwirkt und nur fortgehends neue daraus ſchöpft, um ſie auf's neue einzuwirken; iſt die ganz damit zuſammenhängende Betriebſamkeit, mit der er ſeine Thätigkeiten einwirkt. Stoffverbrauch und Kraftverbrauch gehen mit einander. Und welche Menge lebendiger Kraft wird während des Lebens eines Menſchen in Wirkungen an die Außenwelt umgeſetzt. Und zwar greifen die Wirkungen, welche vom Menſchen an die Außenwelt übergehen, wie gleich im Folgenden noch näher zu beſprechen, durch die ganze Erde, indeß von Stoffen doch nur eine beſchränkte Quantität durch ſeinen Leib unmittelbar an die Außenwelt übergehen kann.

Du fragſt vielleicht, wie aber kommt das Kind zurecht, das alsbald nach der Geburt ſtirbt, ehe es noch Zeit gehabt, aus ſich, um ſich zu wirken? Wird es verloren ſein? Aber wenn es nur einen Augenblick gelebt hat, wird es ewig leben müſſen. Denn es können die Stoffe, Bewegungen und Kräfte, an die ſich ſein Leben und Bewußtſein knüpfte, nicht aus der Welt wieder ſchwinden, ſondern müſſen in irgendwelchen, wenn auch von uns nicht verfolgbaren, Fortwirkungen ſich nach ſeinem Tode in der Welt wiederfinden. Nun kann das freilich kein ſo entwickeltes Syſtem geben, als wenn ein Erwachſener ſtirbt: aber ſo gut das Kind dieſſeits ſich von dem ſchwachen Anfange aus fortentwickeln konnte, ſo gut wird es auch jenſeits der Fall ſein können; es wird aber als das Kind in der andern Welt beginnen, als welches es geſtorben iſt.

Wir können die Anſicht von unſrer künftigen Leiblichkeit noch unter einer etwas andern Form darſtellen, als bisher, die zwar im Weſen mit der bisherigen übereinkommt, aber manche Geſichtspuncte ſchlagender hervortreten läßt. Ziehen wir wirklich den vollen Zuſammenhang der von uns ausgegangenen Wirkungen und Fortwirkungen in Betracht, ſo verleibt ſich im Grunde jeder Menſch während ſeines Jetztlebens der ganzen irdiſchen Welt ein, denn die Wirkungen, die von ihm ausgehen, durchdringen in ihren Fortwirkungen das ganze Reich des Irdiſchen. Jeder Fußtritt erſchüttert die ganze Erde, jeder Hauch in der Luft die ganze Luft; es kann überhaupt keine gröbere noch feinere, ſichtbare oder unſichtbare Regung und Bewegung ſeiner wägbaren und unwägbaren Theile ſich von ihm auf die Außenwelt erſtrecken, ohne ſich in Fortwirkungen auf die ganze zu erſtrecken; der Zuſammenhang des irdiſchen Syſtems ſelbſt bringt dies mit ſich. Es iſt in dieſer Hinſicht nicht anders als innerhalb unſers engern leiblichen Syſtems, in dem auch keine Wirkung erfolgen kann, ohne ſich durch das Ganze fortzuſtrecken (vgl. Th. I. S. 130). So können wir nun auch ſagen, jeder Menſch dehnt ſeine dieſſeitige beſchränkte irdiſche leibliche Exiſtenz im Jenſeits auf das Reich der ganzen Erde aus, erwirbt im Tode die ganze Erde zu ſeinem Leibe; doch erwirbt er ſie blos nach der Beziehung, in dem Sinne, in dem er ſich ihr einverleibt hat, in dem er ſie geändert hat, und ſo jeder Menſch nach anderer Beziehung, Richtung; alle dieſe Beziehungen, Richtungen kreuzen ſich, ohne ſich zu ſtören; verweben ſich vielmehr zu einem höhern Syſtem und Verkehr; wie alle Erinnerungen daſſelbe Gehirn, ja denſelben ganzen Menſchen, zu dem das Gehirn gehört, zum gemeinſchaftlichen Leibe haben; die Aenderungen, die ihnen unterliegen, kreuzen, verweben ſich auch zu einem höheren Syſtem und Verkehr, ohne ſich zu ſtören oder in einander zu verlieren. Um ſo leichter iſt etwas Analoges in dem ſo viel weitern größern Reiche der Erde möglich. Wir nehmen aber die Betrachtung dieſes Umſtandes künftig (XXIV, C.) nochmals auf.

Wenn wir nun einmal ſagen, daß der Kreis von Wirkungen und Werken, den der Menſch hienieden um ſich ſchlägt und hinter ſich läßt, ein andresmal, daß die ganze Erde ſeine künftige Leibesſphäre bilde, ſo widerſpricht ſich dies nicht, ſie bildet ihn eben nach der Richtung, Beziehung, nach welcher er ſich ihr durch ſeine Wirkungen und Werke hier einverleibt hat. Die Materie der Erde an ſich iſt nur die gemeinſchaftliche relativ gleichgültige Unterlage für Alle. Auch können wir, wenn wir wollen, den ganzen künftigen Leib des Menſchen ſchon jetzt mit zu ſeiner jetzigen Leiblichkeit rechnen, da keine Trennung davon ſtattfindet, nur aber dann als einen jetzt unbewußten Mitträger ſeiner Seele, der einſt im Tode bewußt werden wird. Man muß ſich hüten, wenn bei verſchiedenen Wendungen unſrer Betrachtung bald dieſe, bald jene Wendung in der Faſſung unſrer Leiblichkeit vorgezogen wird, hierin ſächliche Incongruenzen zu ſehen. Die Sprache iſt nur eben nicht reich genug, alle in Betracht kommenden ſächlichen Verhältniſſe ſcharf zugleich zu bezeichnen und zu unterſcheiden. Der Zuſammenhang wird aber immer dienen, das ſächliche Verſtändniß zu erhalten. Im eigentlichſten Sinne iſt Leib nur eben das, was jeder jetzt Leib nennt, aber wie wollten wir viele Verhältniſſe, die der künftige Träger unſrer Seele mit dem jetzigen theilt und durch die er mit ihm zuſammenhängt, erläutern, wenn wir nicht den Namen Leib bald in dieſem bald in jenem Sinne darauf übertrügen.

Die Geiſter der Zukunft haben alſo einen compacten Leib oder haben keinen, wie man will. Sie haben in gewiſſer Weiſe den Leib der ganzen Erde zu ihrem Leibe und dieſer iſt noch viel compacter als ihr jetziger enger, aber ſie haben jeder die Erde nur nach gewiſſer Beziehung zu ihrem Leibe, und dieſe Beſonderheit, in der die Erde eines Jeden iſt, läßt ſich nicht für ſich eben ſo beſonders in compacter Form herausſtellen, als ihre jetzige Leiblichkeit. Und eben hieran hängt etwas von der größern Freiheit, welche die künftige Exiſtenz vor der jetzigen voraus hat.

Man überſieht nach den bisherigen Betrachtungen leicht, wenn auch nur in ſehr allgemeiner Weiſe, wie die früher betrachteten Hauptverhältniſſe der künftigen geiſtigen Exiſtenz des Menſchen mit den jetzt betrachteten leiblichen zuſammenhängen.

Den materiellen Folgen, die eine Anſchauung in unſerm Leibe hinterläßt, gehört eine Erinnerung in unſerm Geiſte zu, und ſo wird den materiellen Folgen, die unſer Anſchauungsleben im größern Leibe hinterläßt, ein Erinnerungsleben im größern Geiſte zugehören.

Der enge Leib, an den unſer jetziges Bewußtſein geknüpft iſt, hängt nur wie etwas Aeußerliches, wenn gleich nicht wahrhaft Abgeſondertes, am größern Leibe; einſt aber gehen wir ganz und allſeitig mit dem Leiblichen, was unſer Bewußtſein trägt, darein ein. Alſo werden wir auch dereinſt mit unſerm Bewußtſein ſelbſt auf eine innerlichere Weiſe und allſeitiger in das bewußte Leben des größern Geiſtes eingehen, der vom größern Leibe getragen wird, als jetzt.

Sofern die Folgen, die wir in die Welt um uns nachgelaſſen haben, fortgehends neue Folgen erzeugen, ſich theils in ſich ſelbſt fortentwickeln, theils durch die übrige Welt fortbeſtimmt werden, theils auch dienen, ſie fortzuentwickeln, wird auch unſer vom Kreiſe dieſer Folgen getragene Geiſt ſich theils in ſich fortentwickeln, theils Fortbeſtimmungen aus dem höhern Geiſte empfangen, theils zu ſeiner Fortentwickelung beitragen.

Indem wir in gewiſſer Weiſe die ganze Erde künftig zu unſerm Leibe, zum Träger unſers Bewußtſeins haben, werden wir auch bei den ſie im Ganzen betheiligenden Verhältniſſen bewußter mitbetheiligt ſein; ihre Beziehungen zum Himmel, ihr Verkehr mit andern Geſtirnen wird mehr in unſer Bewußtſein eingreifen und wir werden mehr mit Bewußtſein darein eingreifen.

Indem die Erde nicht blos eines Einzelnen jenſeitigen Geiſtes Leib, ſondern der gemeinſame Leib aller geworden iſt, eines jeden nur nach anderer Richtung und Beziehung, Aller Wirkungskreiſe mit zugehörigem Bewußtſein ſich in der Erde begegnen und kreuzen, wird auch ein erleichterter und freierer bewußter Verkehr Aller mit Allen möglich ſein; obwohl kein gleichgültig gleicher mit Allen; weil doch die Art der Begegnung mit Jedem verſchieden ſein wird; denn wie die Fortwirkungen ſich begegnen hängt ſelbſt zuſammen mit der Art, wie ſich die Urſachen begegneten.

Sofern wir künftig mit unſrer Exiſtenz dieſelbe Welt erfüllen, in der auch die von uns Nachgelaſſenen wohnen, nur in andrer ausgedehnterer Weiſe darin wohnen werden, wird auch mit dieſen ein erweiterter Verkehr gegen jetzt möglich ſein.

B. Von der jenſeitigen Leiblichkeit, wie ſie auf jenſeitigem Standpuncte erſcheint.

Unſtreitig würde man doch wenig befriedigt ſein, wenn die Erſcheinungsweiſe der künftigen leiblichen Exiſtenz, welche ſich nach den bisherigen Betrachtungen für unſern dieſſeitigen Standpunct ergeben hat, auch für den jenſeitigen gelten ſollte, wir uns auch da noch in einen unbeſtimmten Kreis von Wirkungen und Werken zerfahren erſcheinen oder nur mit den übrigen Geiſtern gemeinſam einen geſtalteten und ſo gar nicht mehr menſchlich geſtalteten Leib darbieten ſollten. Vielmehr möchten wir im Jenſeits wie im Dieſſeits Geſtalt gegen Geſtalt ſelbſtſtändig einander gegenübertreten. Ja, eine Art Inſtinct, ſei's auch nur von Gewöhnung abhängig, ſcheint überall die menſchliche Geſtalt wieder zu fodern. Und gehen wir etwas tiefer zum Grunde unſrer Anſicht, verſetzen wir uns hiermit vom dieſſeitigen Standpunct auf den jenſeitigen, ſo werden wir haben, was wir wünſchen, werden eine individuelle Geſtalt wie jetzt haben, ſogar die menſchliche, ſogar die frühere Geſtalt, nur nicht mehr die grob körperliche, ſchwer auftretende, langſam wandelnde, ſtarre Geſtalt von früher, die Schiff und Wagen braucht, über die Erde hinwegzukommen, vielmehr, wie wir ſchon früher angedeutet, eine leichte, mit körperlichen Händen unfaßliche, Geſtalt, die wie der Gedanke und auf den Ruf des Gedankens geht und kommt. Wollten wir es denn aber anders vom folgenden Leben?

In der That bilden wir uns doch nicht ein, daß die Leiblichkeit der jenſeitigen Geiſter ſo ausgedehnt und unbeſtimmt auch unter den Verhältniſſen der jenſeitigen Exiſtenz erſcheinen werde, als ſie uns dieſſeits auf noch faſt ganz äußerm Standpunct dagegen erſcheint. Denn obſchon wir ſelbſt von gewiſſer Seite mit darin inbegriffen ſind, greift doch das Meiſte davon über jeden Einzelnen von uns hinaus, bleibt ihm äußerlich. Erfüllen wir aber ſelbſt erſt die Sphäre der künftigen Exiſtenz, wohnen wir mit Bewußtſein darin, ſo macht ſich auch die vereinfachende Kraft der Seele für Alles, was in ihren Träger eingeht und anregend darein eingreift, wegen des innern Standpuncts dagegen geltend (vgl. Th. II. S. 330), und zieht ſich hiermit das phyſiſch Weitläufige in der Erſcheinung ins Enge. Unſre ganzen leiblichen Exiſtenzen greifen aber künftig wechſelſeitig anregend durch einander durch, und ſo zieht auch jeder die Erſcheinung des Andern, die ihm durch dieſe Anregung wird, ins Einfachere zuſammen. Es fragt ſich nur, in welche Form.

Kurz nun können wir ſagen: die Geſtalten, in welchen wir uns im jenſeitigen Leben erſcheinen, verhalten ſich zu den Geſtalten, in denen wir uns im dieſſeitigen Leben erſcheinen, wie die Erinnerungsbilder zu den Anſchauungsbildern dieſer Geſtalten, da ſich das künftige Leben zum jetzigen ſelbſt wie ein Anſchauungsleben zum Erinnerungsleben verhält. Die Erſcheinung der Geſtalt bleibt weſentlich noch die frühere, nur nimmt ſie das leichtere, freiere Weſen des Erinnerungsbildes an.

Denn auch in uns jetzt heftet ſich ein Erinnerungsbild gleicher Geſtalt, als das Anſchauungsbild, dem es den Urſprung verdankte, an die verbreiteten körperlichen Folgen, die das begränzte Anſchauungsbild in uns hinterlaſſen hat. Von jedem Puncte des Anſchauungsbildes erſtreckte ſich eine ausgedehnte Fortwirkung durch Sehnerv und Gehirn; aber ſie thut in ihrer ganzen Ausdehnung nichts, als die Empfindung des Ausgangspunctes in der Erinnerung nachzulaſſen, und die Summe dieſer

Fortwirkungen, welche von allen Puncten des Anſchauungsbildes ausgegangen ſind, giebt das ganze Erinnerungsbild, oder doch die Möglichkeit ſeines Erſcheinens, denn zum wirklichen Erſcheinen bedarf es noch zutretender Bedingungen. So wird auch die Summe der ausgedehnten Fortwirkungen, die hienieden von deiner Geſtalt ausgegangen ſind, ins jenſeitige Erinnerungsreich nur die Erſcheinung der Geſtalt, von der ſie ausgegangen, oder doch die Möglichkeit des Erſcheinens dieſer Geſtalt unter erforderlich zutretenden Bedingungen nachlaſſen. Die Ausbreitung dieſer Wirkungen aber wird nur den Erfolg haben, an jeder Stelle, wohin ſie gelangt, dieſe Möglichkeit zu begründen, daß deine Geſtalt zur Erſcheinung gelange, wie dieſelbe begränzte Geſtalt auch jetzt überall da geſehen werden kann, wohin ſich Lichtwellen (die doch auch etwas ſehr Ausgedehntes ſind) von ihr fortpflanzen, derſelbe begränzte Ton überall da gehört werden kann, wohin Schwingungen vom hörbaren Körper gelangen, vorausgeſetzt nur, daß auch Jemand an dem Orte iſt, der Augen, Ohren hat, zu ſehen, zu hören, daß er ſie wirklich aufthut, und ſeine Aufmerkſamkeit demgemäß richtet; denn ſonſt iſt es vergeblich; ja ſelbſt mit offnen Augen und Ohren ſehen und hören wir nicht, was um uns vorgeht, iſt unſre Aufmerkſamkeit anders beſchäftigt.

Sofern wir nun alle zugleich mit unſern jenſeitigen Exiſtenzen die irdiſche Welt erfüllen werden, und jeder ſo zu ſagen überall, nur in andrer Weiſe als der andre, iſt, wird hiermit zwar noch nicht überall für jeden die

Wahrnehmung der Geſtalt jedes andern ſofort gegeben ſein; ſofern auch dort noch ſubjective Bedingungen der Wahrnehmung erfüllt ſein müſſen, aber die Möglichkeit und Gelegenheit zu dieſer Wahrnehmung, wie auch jede Erinnerung zwar nicht in jedem Augenblick jeder andern bewußt begegnet, aber doch die Möglichkeit und Gelegenheit dazu eben dadurch geboten iſt, daß die Nachwirkungen, auf welchen ſie beruhen, alle ſich in demſelben Gehirn begegnen. Die äußern Schwierigkeiten und Hemmniſſe, welche die Ferne des Raums unſerm Verkehr im Dieſſeits entgegenſetzt, werden alſo im Jenſeits für uns nicht mehr beſtehen, was nicht hindert, daß aus andern Gründen der Verkehr im Jenſeits vorzugsweiſe Richtungen vor andern einſchlage und Hinderniſſe nach gewiſſen Richtungen finde, wie das Entſprechende mit unſern Erinnerungen auch der Fall.

Es iſt wohl in Obacht zu nehmen, daß die beſondern Bedingungen, welche nöthig ſind, damit unſre Geſtalt anſchaulich Andern im Jenſeits erſcheine, nicht nöthig ſind, damit eine geiſtige Selbſterſcheinung für uns im Jenſeits Platz greife.

Nichts hindert, daß wir einander jenſeits objectiv erſcheinen, ungeachtet wir uns durch Wirkungen erſcheinen, die von Einem in den Andern eingreifen. Auch jetzt, wenn ich jemand mir gegenüber erblicke, ſind es nur Wirkungen, durch die er in mich eingreift, mittelſt deren ich ihn ſo erblicke. Auch die Geſtalten, die in unſerm kleinen Erinnerungsreiche ſich begegnen, erſcheinen einander gegenüber, wie die anſchaulichen Geſtalten ſelbſt, an die ſie erinnern, trotz dem, daß die Wirkungen, auf denen dieſe Erinnerungsbilder beruhen, ſich im ſelben Gehirne kreuzen.

(Denn es iſt unmöglich, daß die Nachwirkungen von all dem Unzähligen, deſſen wir uns erinnern können, neben einander im Gehirn beſtehen ſollten.) Und ſo werden auch unſre Erinnerungsgeſtalten im Erinnerungsreiche des höhern Geiſtes eben ſo einander gegenüber ſcheinen, wie die anſchaulichen Geſtalten, von denen ſie abhängen, ungeachtet ſie auf Wirkungen beruhen, die in einander übergreifen. Die Erinnerungen an das Objectiverſcheinende unſrer jetzigen Anſchauungswelt mit den Fortbeſtimmungen, die ſie daraus empfangen, werden das Objectiverſcheinende der künftigen Erinnerungswelt bilden.

Wie all das und dergleichen im Jenſeits möglich ſei, braucht uns nicht zu kümmern. Wenn wir es nicht wiſſen, ſo wiſſen wir ja ſchon nicht, wie das Entſprechende und damit Zuſammenhängende im Dieſſeits möglich iſt; doch iſt es da wirklich. Wir ziehen unſre Schlüſſe eben nicht aus Möglichkeiten, ſondern aus Wirklichkeiten. Einſt wird eine Theorie kommen, die beides, Jenſeitiges und Dieſſeitiges, im Zuſammenhange erklärt, und nur die Theorie wird die rechte ſein, die beides im Zuſammenhange erklären kann. Hier aber handelt es ſich nicht um gemeinſchaftliche Erklärung der Thatſachen des Dieſſeits und Jenſeits, ſondern um den Schluß von Thatſachen des Dieſſeits, die der Beobachtung noch zugänglich ſind, auf ſolche des Jenſeits, welche ſie überſchreiten, aber mit jenen in verfolgbarem Verbande ſtehen.

Schon jetzt auch kann jeder in Gedanken, ohne durch räumliche Schranken gehindert zu ſein, die Geſtalt des Andern in der Erinnerung ſich vergegenwärtigen, eine

Entfernung vom Andern kommt nicht mehr in Betracht, nachdem er einmal die Fortwirkungen desſelben in ſich aufgenommen, auf denen die Erinnerung ſeiner Geſtalt fortan beruht, es bedarf nur auch noch einer beſondern Richtung der Aufmerkſamkeit, ſei ſie von Innen oder Außen angeregt, damit die Erinnerung wirklich wach und lebendig werde. Schon jetzt auch kann das Erinnerungs- oder Phantaſiebild, was wir uns von einem Andern machen, uns mit dem Charakter der Objectivität und Wirklichkeit erſcheinen, wenn nur einer der beiden Puncte eintritt, die im Jenſeits vereinigt auftreten: daß entweder das Erinnerungs- oder Phantaſiebild ſich bis zur Lebendigkeit ſteigert, die es im Jenſeits haben mag, wie im Fall der Hallucination, oder daß vermöge Einſchlafens unſers Leibes das dieſſeitige Sinnesleben zurücktritt, wie im Traume. So läßt ſich Alles, was wir hier vom Jenſeits fodern, durch Thatſachen des Dieſſeits ſelbſt belegen, indem wir nur die Umſtände des Jenſeits auf die des Dieſſeits zurückführen.

Die Erinnerungsbilder, in denen wir uns ſchon diesſeits erſcheinen können, laſſen ſich überhaupt gleichſam als die Vorbedeutung oder der Keim der Erinnerungsgeſtalten anſehen, in welchen wir uns im Jenſeits erſcheinen werden, wie unſer ganzes jetziges Erinnerungsleben, das wir in uns noch verſchloſſen tragen, nur die Vorbedeutung oder der Keim des höhern Erinnerungslebens iſt, dem wir uns einſt im Jenſeits aufſchließen werden, oder, was daſſelbe, das ſich uns im Jenſeits aufſchließen wird. Das Erinnerungsbild, das wir uns dieſſeits von einem

Andern machen, entſteht ſchon ſo gut wie das, was wir uns jenſeits von ihm machen werden, durch Fortwirkungen, die ſein anſchauliches Daſein in unſer bewußtes Leibliche hinein erſtreckt hat, Fortwirkungen, die ſchon ſeinem jenſeitigen Leibe angehören, ſei es auch, daß er noch nicht zum Bewußtſein dieſes Leibes ins Jenſeits erwacht iſt. Alſo iſt er uns in dem Bilde, das wir uns dieſſeits von ihm machen, ſchon nach gleichem Princip als dereinſt im Jenſeits, ſchon ſo zu ſagen im Sinne des Jenſeits ſelbſt, gegenwärtig. Nur findet der Unterſchied zwiſchen den Bedingungen und Verhältniſſen ſeines Erſcheinens im dieſſeitigen und jenſeitigen Erinnerungsbilde ſtatt, daß das dieſſeitige blos durch die wenigen Fortwirkungen zu Stande kommt, welche ſein anſchauliches Daſein in unſern engen bewußten Leib hat hineinerſtrecken und darin zurücklaſſen können, indeß wir künftig mit unſerm weitern bewußten Leibe der Geſammtheit der Fortwirkungen ſeines anſchaulichen Daſeins, wie dieſſeitigen Daſeins überhaupt, begegnen werden; daher auch eine viel lichtere und lebendigere Erſcheinung von ihm werden gewinnen können als jetzt, und einen bewußten Verkehr mit ihm an ſeine Erſcheinung werden anknüpfen können. Denn die Geſammtheit der Fortwirkungen, die ſeine Geſtalt ins Jenſeits hinterlaſſen hat und wodurch uns dieſe dort zur Erſcheinung kommt, verknüpft ſich mit der Geſammtheit der Wirkungen, die ſein ganzes bewußtes Daſein ins Jenſeits hinterlaſſen hat, und worin er ſich ſelbſt dort bewußt erſcheint, zu *einem* Ganzen. Und ſo wird es jenſeits hinreichen, eines Andern Bild erinnernd herbeizurufen, ſo iſt er auch gleich ſelbſt ganz in ſolcher Weiſe mit ſeinen bewußten Weſen gegenwärtig, daß ein Bewußtſeins-Verkehr mit ihm beginnen kann, falls nur auch die erforderlichen innern Anknüpfungspuncte dazu nicht fehlen. Im Erinnerungsreiche ſind die Erinnerungsbilder eben nicht mehr blos leere blaſſe Scheine, ſondern das Leben und Weben, Rufen und Begegnen der Geiſter des Jenſeits geſchieht in ſolchen, aber hellen, lebenskräftigen Scheinen, die nicht nur blos ins Bewußtſein des Andern fallen, ſondern mit eigenem Bewußtſein des Erſcheinenden in Beziehung ſtehen. Doch wird die Erſcheinung der Geſtalt des Andern im Erinnerungsreiche ſo wenig ſchon einen bewußten Verkehr mit ihm an ſich einſchließen, als wenn Einer dem Andern im dieſſeitigen Anſchauungsreiche gegenwärtig iſt, ſondern eben ſo nur als Anknüpfungspunct dazu gelten können, wozu noch innerlichere Verkehrsvermittelungen treten müſſen.

Des Nähern wird der bewußte Verkehr mit dem, deſſen Geſtalt ich erinnernd herbeirufe, und der hiemit gleich bei mir iſt, dadurch entſtehen, daß ich an die Erinnerung ſeiner Geſtalt nun auch die Erinnerung der Bewußtſeinsbeziehungen knüpfe, dieſe lebendig in mir mache, in denen ich von ſonſt her mit ihm ſtehe, wozu von ſeinen frühern bewußten Leben ausgegangene Fortwirkungen deſſelben (durch Sprache, Schrift, Handlung oder irgendwie vermittelt) in mir da ſein müſſen, die ich hiedurch lebendig mache. Dieſe werde ich dann mit ihm weiter fortſpinnen, fortentwickeln können; ja dieß wird ſelbſt in der Sprache, in der ich dieſſeits mit ihm geſprochen, geſchehen können; denn auch die Sprache wird in's Erinnerungsreich hinüberreichen, und dort geſprochen werden können ohne Mund und gehört werden ohne Ohr, wie ſie ſchon jetzt im Reiche der Erinnerung und Phantaſie innerlich ohne Mund und Ohr geſprochen und gehört wird, und den Verkehr und die Fortentwickelung der Vorſtellungen vermittelt, die wir aus dem Anſchauungsreiche in's Erinnerungsreich geſchöpft haben; ſofern wir doch faſt nur in Worten denken. Hat aber einer keine Bewußtſeinsbeziehungen zum Andern früher gehabt, ſo wird er doch ſolche noch durch neue Vermittelungen gewinnen können; denn da wir Alle jenſeits deſſelben Geiſtes und deſſelben Leibes ſind, wird es immer hiezu auch geiſtige und materielle Mittelglieder geben.

Unſtreitig, wie jetzt im Anſchauungsreiche ein Andrer uns nicht blos gerufen erſcheinen, ſondern auch ungerufen aus eigener Abſicht nahen und wir auch beide unvermuthet einander begegnen können, wird auch im jenſeitigen Erinnerungsreiche der Andere uns nicht blos gerufen, ſondern auch ungerufen nach eigener Abſicht erſcheinen, und wir ſelbſt unvermuthet einander begegnen können, je nachdem es die Verhältniſſe des jenſeitigen Erinnerungslebens ſo mitbringen. Wenn es hinreichen wird, eines Andern Bild in Erinnerung herbeizurufen, damit er komme, wird es auch hinreichen, ihm erſcheinen zu wollen, um ſein erinnerndes Vermögen dahin anzuregen, daß er uns erblicke; und außerdem kann der höhere Geiſt Verhältniſſe herbeiführen, vermöge deren Einer dem Andern erſcheint, ohne daß einer oder der Andere vorher daran gedacht hat. Zwar wird es bei all dem auch Beſchränkungen geben, analog denen, die in unſerm kleinen Erinnerungsreiche für wechſelſeitiges Rufen und Begegnen der Erinnerungsbilder ſtatt finden. Aber es würde zu weit führen, dieſe Verhältniſſe ferner ins Einzelne zu beſprechen. Das Vorige genügt, den allgemeinen Geſichtspunct dafür zu ſtellen, und die Verhältniſſe im Ganzen überſehen zu laſſen.

So können wir alſo, auf den Standpunct des Jenſeits uns ſtellend, ſagen: Der Menſch nimmt ins Jenſeits ſeine bisherige Leibesgeſtalt mit hinüber, ohne die Laſt ſeiner bisherigen Leibesmaterie. Leicht erſcheint ſie überall da, wohin ſie der eigene und fremde Gedanke ruft; ja ſie kann da und dort zugleich erſcheinen. Daß ſie dies aber kann, dazu iſt ſelbſt eine verbreitete materielle Unterlage in ſolcher Erſcheinungsweiſe für das Diesſeits nöthig, wie wir ſie früher betrachtet haben.

„Jeder, der in jenem Leben an einen Andern denkt, vergegenwärtigt ſich in Gedanken deſſen Geſicht und zugleich Manches, was in ſein Leben einſchlägt, und ſobald er dies thut, iſt auch der Andre da wie angezogen und gerufen; dieſe Erſcheinung der geiſtigen Welt hat ihren Grund darin, weil dort die Gedanken ſich mittheilen; daher kommt, daß Alle, ſobald ſie in das andre Leben eintreten, wieder erkannt werden von ihren Freunden, Verwandten und ſonſtigen Bekannten, und auch daß ſie mit einander ſprechen und ſofort ſich zuſammenthun je nach ihren freundſchaftlichen Verbindungen hienieden: ich hörte manchmal mit an, wie die, ſo aus der Welt kamen, ſich freuten, daß ſie ihre Freunde wieder ſahen, und wechſelſeitig die Freunde, daß jene zu ihnen gekommen waren.“ (Schwedenborg, Himmel und Hölle. §. 491).

Die Somnambule Auguſte Kachler beantwortete die Frage: „Iſt der Lebenskeim zu dem verklärten künftigen Leibe (1 Cor. 15, 42—44) ſchon im Geiſte der Menſchen vorhanden?“ wie folgt:

„Dieſe Antwort kann ich nur ahnen, aber nicht mit Gewißheit beantworten. Denn Gott iſt gerecht und kann ein ſchwaches Mädchen nicht ſo vor Andern bevorzugt haben, daß er ihr Allwiſſenheit verliehen hätte. Sobald der Geiſt befreit iſt, können ſich Geiſter durch Begegnen fühlbar machen, denn der Geiſt hat gewiß auch eine Geſtalt, ſobald er den Geiſt des Andern betrachtet; doch für unſre körperlichen Augen iſt ſie freilich nicht ſichtbar. Gott iſt uns jetzt unſichtbar und ſoll uns doch künftig ſichtbar werden. Er muß auch eine Geſtalt haben, aber anders, als wir, an den Körper gefeſſelt, uns zu denken vermögen. Wird der Geiſt von den Banden des Leibes befreit, dann kann er den Andern Geiſt auch empfinden. Wenn die Stelle der Bibel, wie du ſagſt, damit nicht ganz übereinſtimmt, ſo mußt du bedenken, daß unſre Apoſtel Menſchen waren, und Chriſtus ſelbſt Vieles nur in Beiſpielen gab. Ich glaube, daß der Geiſt eine ſichtbare Geſtalt erhalten wird, aber keine körperliche, ſondern eine blos für das geiſtige Auge ſichtbare." (Mittheil. aus d. magnetiſchen Schlafleben der Somnambule Auguſte K. in Dresden. S. 297.)

Der Somnambule Bruno Binet beantwortete mehrere an ihn gethane Fragen über die Erſcheinungsweiſe der Geiſter im Jenſeits ſo:

Frage: „Du haſt mir auch geſagt, daß ein Geiſt (im Jenſeits) an mehreren Orten zugleich erſcheinen kann. Wie geht das zu? — Antwort: Es ſind nur Bilder des Geiſtes, die erſcheinen, er kann deren ſo viel ausſenden, als er will. — F. Gut, aber reden dieſe Bilder? — A. Ja. — F. Es ſind alſo eben ſo viele Individuen? — A. Nein, es iſt immer eines und daſſelbe. — F. Da alle dieſe Bilder, wie du ſagſt, an verſchiedenen Orten zu gleicher Zeit erſcheinen und zu verſchiedenen Perſonen ſprechen, ſo ſollte man glauben, es ſei eine Maſſe von Geiſtern ſtatt eines einzigen. — A. Es iſt ſehr ſchwierig, dieſes Myſterium zu erklären, ich will aber verſuchen, es zu deiner Belehrung zu thun. Der Geiſt, der mich leitet, und im Himmel iſt, kann durch eine Art Ausſtralung eine Menge Fäden aus ſich ziehen, die ſich ausdehnen und als Rapport mit denen dienen, die mit ihm in Verkehr zu treten wünſchen. Der Geiſt kann jedem Faden die Aehnlichkeit und den Klang ſeiner Stimme mittheilen, obſchon unter Geiſtern wenig geſprochen wird, da der Gedanke das weſentliche Mittheilungsmittel iſt; dann kann er in demſelben Momente ſeinen Gedanken ausſenden, welcher mittelſt jener ſympathetiſchen Fäden die Fragen derjenigen beantwortet, welche mit ihm in Rapport ſtehen; es iſt nur Einer, ob er ſich ſchon je nach Erforderniß in das Unendliche vervielfältigt, und er wird von Allen zu gleicher Zeit geſehen, wie das Publicum im Theater den Schauſpieler ſieht. Man meint, er ſei an hundert Orten zu gleicher Zeit, während im Gegentheile nur hundert Geiſter ſich in dem Zuſtande befanden, ihn zu ſehen, ihn an dem Orte, wo er iſt, wahrzunehmen; ſein Bild kann denſelben Dienſt verrichten, und dieß läßt an das

Daſein von hundert Individuen glauben. Dieſes ihm entſtrahlende Bild ſteht in Rapport mit ſeinen Gedanken und kann ſie wie er ſelbſt mittheilen, denn die Gedanken ſind unwandelbar. Ich bin ermüdet.“ (Cahagnet, der Verkehr mit d. Verſtorbenen auf magnetiſchem Wege. 1851. S. 41).

Wenn doch in abnormen Zuſtänden des Dieſſeits ſchon Anklänge des Jenſeits manchmal einzutreten ſcheinen, ſo könnte man auch die Erſcheinungen Verſtorbener hieher rechnen, in ſo weit überhaupt etwas daran triftig iſt. Wenigſtens treten ſie von ſelbſt in die verſchiedenen Anſichten hinein, die übrigens gewiß nicht entwickelt wurden, um einen Commentar zu dieſen Erſcheinungen zu bilden, und zwar in ſolcher Weiſe hinein, daß die zwei ſcheinbar entgegengeſetzten Anſichten, welche über die Natur der Geiſtererſcheinungen beſtehen, daß es ſubjective Phantasmen deſſen, der ſie ſieht, und daß es reale Erſcheinungen der Geiſter des Jenſeits ſind, ſich dadurch auf die natürlichſte Weiſe verknüpfen.

Im Grunde iſt jedes Bild, was wir uns von einem Abweſenden machen, ein Geſpenſt deſſelben, was auf der Gegenwart deſſelben im Sinne des Jenſeits beruht; aber ſo lange er im Dieſſeits wandelt, noch nicht zum Träger ſeines bewußten jenſeitigen Lebens gehört. Machen wir uns ein Bild von einem Todten, ſo iſt er ſchon leibhaftig mit dem Träger ſeines bewußten Lebens gegenwärtig, doch nur mit einem kleinen Theile deſſelben greift er in den Träger unſers bewußten Lebens ein, das Bild iſt nur ſchwach und blaß und wir finden keinen Anlaß, an die objective Gegenwart des Todten zu denken, ſo lange es bei dieſer ſchwachen Hineinbildung deſſelben in uns bewendet, welche noch in die Norm des Dieſſeits ſelbſt fällt. Und ſo wird es immer ſein, ſo lange unſer dieſſeitiger Lebensproceß in dem regelrechten vollen Gange iſt, der uns Alles in den Verhältniſſen und in der relativen Intenſität erſcheinen läßt, wie es eben die Norm unſers dieſſeitigen Lebens mit ſich bringt und verträgt. Aber es können abnorme Zuſtände eintreten, wo dieſer an ſich naturgemäße Eingriff des Jenſeits ſtärker wird. Zuſtände, welche bei Nachtzeit durch das Zurücktreten dieſſeitiger Sinnesanregungen begünſtigt werden. Da kann das Bild des Todten uns mit einer ähnlichen Macht und Objectivität entgegenzutreten anfangen, als es uns entgegentreten wird, wenn wir wirklich in's Jenſeits übergegangen ſind und unſern jenſeitigen Verkehr damit anknüpfen werden. Und das ſchauerliche Gefühl, daß wir mit dem Eintritt ſolcher Verhältniſſe aus dem uns noch an's Herz gewachſenen warmen dieſſeitigen Leben ſchon halb heraustreten, hängt naturgemäß damit zuſammen; wie denn unſtreitig die Vorgänge, die hiebei in uns entſtehen, wirklich ſchon etwas von uns im Sinne des Jenſeits packen. Ein Menſch mit geſundem Geiſt und Körper, der in rechter Weiſe in's Dieſſeits eingewachſen iſt, wird unſtreitig nie Geiſtererſcheinungen haben. Man kann aber auch hinzuſetzen (was mit dem Volksglauben übereinſtimmt), ein Geiſt des Jenſeits, der in die Verhältniſſe des Jenſeits in rechter Weiſe eingewachſen iſt, wird nie als Geſpenſt dieſſeits wieder erſcheinen können, denn der abnorme Zuſtand kann hiebei nicht einſeitig ſein. Die objective dieſſeitige Erſcheinung iſt für den Geiſt des Jenſeits eben ſo ein abnormer Rückfall in's Dieſſeits, als ſein Erblicken für den Geiſt des Dieſſeits ein abnormer Vorgriff in das Jenſeits.

Wenn ein Verzückter glaubt Heilige oder Engel wie etwas Objectives zu ſehen, iſt dies unſtreitig in der Hauptſache ein ſelbſtgeſchaffenes Phantaſiebild, was aber doch nicht geſchaffen werden konnte, ohne daß Erinnerungen an wirkliche Weſen dazu beigetragen haben, und in ſofern es der Fall iſt, wird auch in ſolchen Erſcheinungen ſich die Gegenwart aller dieſer Weſen im Sinne des Jenſeits mitbethätigen, jedoch nur nach Maßgabe deſſen, als ſie wirklich zur Entſtehung der Erſcheinung durch Wirkungen beitragen, die ſich von ihrem Daſein in den Ekſtatiſchen hinein fortgepflanzt haben, und ſo daß ihre Betheiligung ſelbſt für ſie mehr oder weniger im Unbewußten aufgehen kann. Sofern aber die einheitliche Hauptgeſtaltung der Erſcheinung nur von dem Verzückten ſelbſt hiebei abhängt, wird es auch in der Hauptſache nur ſein eigenes Weſen ſein, was dabei in beſonderer Weiſe ſchöpferiſch thätig wird, und ſich in ſeinem Gebilde objectivirt. Inzwiſchen ſieht man, daß beide Fälle, obwohl in den Extremen wohl unterſcheidbar, durch Zwiſchengrade in einander übergehen können. Etwas Subjectives und Objectives iſt überall zugleich dabei; es fragt ſich nur, was ſich mehr als das die Haupterſcheinung einheitlich Beſtimmende geltend macht.

Merkwürdig, daß der Zuſtand des Somnambulismus, der von ſo vielen andern Seiten Annäherungen an den Zuſtand des Jenſeits darzubieten ſcheint, auch hiebei wieder in den Vordergrund tritt. Man kann ſagen, daß alle Somnambulen ohne Ausnahme, bei denen der Zuſtand zu einer gewiſſen Entwickelung gediehen iſt, Geiſter, Schutzgeiſter, Engel u. dgl. wie etwas Objectives ſehen, auch wohl damit umgehen, ſprechen, Eingebungen davon erhalten u. dgl.; und zwar macht ſich, da Erinnerungsleben und Phantaſieleben bei den Somnambulen entweder zugleich, oder bei den einen dieſes, bei den andern jenes in einer Weiſe geſteigert und modificirt iſt, welche ſchon eine Annäherung an das Erinnerungs- und Phantaſieleben des Jenſeits darbieten oder einen halben Eintritt darein bedeuten mag, auch der doppelte Charakter hiebei geltend, daß die Geſtaltung mancher dieſer Erſcheinungen mehr von einem objectiven Daſein jenſeitiger Perſönlichkeiten, welches ſeine Wirkung in die Somnambulen hineinerſtreckt und nach Weiſe des Jenſeits geltend macht, andrer mehr von der eigenen Phantaſiethätigkeit der Somnambulen, welche ihre Productionskraft nach Art des Jenſeits in gleicher Intenſität geltend macht, abzuhängen ſcheint. Viele Somnambulen (z. B. die Seherin von Prevorſt, die Somnambulen Cahagnet's in der S. 146 erwähnten Schrift) glauben beſtimmte, ihnen oder Andern bekannte, verſtorbene Perſonen zu ſehen, von deren objectivem Daſein ſie überzeugt ſind, und deren Aeußeres ſie in individuellſter Weiſe ſchildern; Andre ſehen mit gleicher Lebendigkeit Engel, Schutzgeiſter u. dgl., von denen ſie bei höherer Beſinnung wohl ſelbſt erkennen, daß es nur ſelbſtgeſchaffene Gebilde, Objectivirungen eigener geiſtiger Schöpfungen ſind, (ſo die Kachler in Dresden, in der S. 145 angeführten Schrift). Unſtreitig wird ſich in dem ſo unklaren, mit den Verhältniſſen des Jenſeits ſich nur ganz abnormer Weiſe berührenden, ſomnambulen Zuſtande Beides überhaupt nicht recht ſcheiden laſſen, und man keinesfalls hoffen dürfen, von hier aus zu reinen Aufſchlüſſen über das Jenſeits zu kommen. Intereſſant war mir in Bezug auf dieſen Gegenſtand, was von dem Somnambulen Richard Görwitz in Apolda (in der S. 88 angeführten Schrift) berichtet wird, wo ſich in zwei Perioden des ſomnambulen Zuſtandes Erſcheinungen von beiderlei Charakter in ſehr entſchiedenem Gegenſatze folgten. Eine nähere Discuſſion der verſchiedenen Weiſen, wie ſich dieſe Erſcheinungen bei verſchiedenen Somnambulen geſtalten und von ihnen ſelbſt aufgefaßt werden, hat überhaupt ihr

Intereſſe, würde indeß hier mehr Raum wegnehmen, als ich nach der beiläufigen Stellung, die ich dieſem ganzen Gegenſtande nur geben kann, und der Unklarheit, die denn doch nach Allem darüber gebreitet bleibt, ihm hier widmen möchte.

Ich habe überhaupt dieſe Theorie hier nur entwickelt unter Vorausſetzung, daß ihr Gegenſtand nicht ganz nichtig iſt. Unſre Lehre nöthigt, die Möglichkeit von Geiſtererſcheinungen zuzugeſtehen, ſofern man einen abnormen Uebergriff des Jenſeits in's Dieſſeits überhaupt möglich halten will. Sie läßt uns dann eine nähere Einſicht in die Modalität dieſes Uebergriffs gewinnen. Aber ſie kann dieſe Möglichkeit ſelbſt nicht beweiſen; und es liegt ihr auch nichts Weſentliches daran, ſolche zu beweiſen.

Auch jetzt iſt man vielleicht noch nicht ganz zufrieden, und freilich iſt es überhaupt ſchwer, die unbeſtimmten und widerſprechenden Anſprüche, die man an das Jenſeits macht, in beſtimmter und einſtimmiger Weiſe zu befriedigen. In gewiſſer Weiſe möchte man ganz das Alte wieder haben, in gewiſſer Weiſe etwas ganz Neues, Unerhörtes. Unſre Anſicht gibt nun zwar wirklich Beides. Aber vielleicht wünſcht oder vermißt man doch noch etwas. Einen abgetragenen, zerriſſenen oder von vorn herein ſchlecht gemachten Rock möchte man gern wieder ablegen; auch wechſelt man von Zeit zu Zeit überhaupt gern das Kleid. Sind wir aber nicht mit dem Leibe hierin viel ſchlimmer daran, als mit dem Kleide, wenn wir die Erſcheinung des alten Leibes auch ins Jenſeits, ja in die Ewigkeit hinüber nehmen ſollen? Der Greis wird fragen: wie? ich ſollte auch da in meiner eingeſchrumpften Geſtalt wieder erſcheinen? Der Bucklige, ich ſollte meiner Mißgeſtalt nimmer ledig werden? Die kirchliche und die gemeine Anſicht helfen hier leicht ab, indem ſie eine Verjüngung und Verſchönerung der Geſtalt in Ausſicht ſtellen; und für ſie genügt es, zu verſprechen, nach Gründen laſſen ſie ſich nicht fragen. Aber auf welchen Grundlagen ſollen wir an vergleichen denken?

Ich meine, es verhält ſich damit ſo:

Zuvörderſt zählt im Jenſeits für den, der als Greis geſtorben, nicht blos ſeine eingeſchrumpfte Greiſesgeſtalt, womit er ſtarb, ſondern eben ſo gut ſeine Kindes- und Jünglingsgeſtalt. Er begegnet im Jenſeits dem ſicher zunächſt in Kindesgeſtalt, der ihn hier nur als Kind kennen lernte, dem in Greiſesgeſtalt, mit dem er nur als Greis verkehrte, wem er aber in verſchiedenen Lebensſtufen bekannt war, dem kann er in Kindes- oder Greiſesgeſtalt erſcheinen, nach Umſtänden; es kommt ja nur darauf an, in welcher der bekannten Geſtalten dieſer ihn in die Erinnerung rufen will, darin erſcheint er ihm, oder in welcher bekannten Erinnerungsgeſtalt er ſich ihm darſtellen will. In einer andern freilich, als einer bekannten, würde er zunächſt nicht von ihm erkannt werden. Von ſelbſt aber wird der Andere am meiſten geneigt ſein, ihn in der Geſtalt zu ſuchen und am leichteſten ihn in der Geſtalt wiedererkennen, in der er ihn am öfterſten oder am liebſten geſehen. Die Geſtalt im Jenſeits wird alſo keine ſo feſte mehr ſein, wie hier, ſondern wie ſie im Jenſeits leicht da und dort, ja an verſchiedenen Orten zugleich erſcheinen kann, ſo auch leicht ſo oder ſo. Es wird ſo zu ſagen der Begriff aller Anſchauungsbilder, in welchen der Menſch je vor einem Andern aufgetreten, der Quell aller möglichen Erinnerungsbilder und hiermit Erſcheinungsweiſen ſein, die dieſer von ihm zunächſt haben kann, nur ſo, daß die Tendenz zu gewiſſen überwiegt.

Inzwiſchen nur die erſte Begegnung, das erſte Erkennen wird nothwendig unter einer dieſer Formen geſchehen müſſen, um den fernern Verkehr anzuknüpfen, was nicht ausſchließt, daß ſich neue Erſcheinungsweiſen von da aus vermöge jener umgeſtaltenden Kraft der anſchaulichen Verhältniſſe des Jenſeits, von der wir früher ſprachen, entwickeln. Auch die Erinnerungen im Erinnerungsreiche unſers Geiſtes geſtalten ſich vielfach in ihrem Verkehr unter Herrſchaft unſers Geiſtes noch um, ſchmücken ſich aus oder verzerren ſich durch Phantaſie, und ſo wird es auch im Erinnerungsreiche des höhern Geiſtes nicht an ſolcher Umgeſtaltung fehlen: ſicher wird ſie da ſogar noch viel mächtiger und lebendiger walten, als in unſerm kleinen Erinnerungsreiche, was ja nur ein kleines, dürftiges, blaſſes, undeutliches Abbild davon; nur werden auch hierdurch keine *feſten* Geſtalten entſtehen, ſondern nur eine Wandlung der Geſtalten, die ſich immer den Beziehungen unterordnet, in welchen die Geiſter zu einander und zum höhern Geiſte auftreten. Haltbar wird nur das in unſrer Geſtalt ſein, was ſich als Ausdruck unſers eigenſten Weſens durch alle Beziehungen zu Andern durch geltend macht, aber dies wird doch die verſchiedenſten Abwandlungen in unſerm Verkehr mit Andern erfahren können, wie denn die Weiſe, wie wir Andern erſcheinen, eben ſo von der Auffaſſungsweiſe der Andern, als von unſerm eignen Weſen abhängen wird. So werden wir den Leib dort viel mehr wechſeln, als hier das

Kleid: nur daß, wie das Kleid bei allem Wechſel je nach unſern Verhältniſſen zum Aeußern doch den weſentlichen Zuſchnitt unſers Leibes behält, ſo der Leib dereinſt bei allem Wechſel unſrer Beziehungen zum Aeußern einen Zuſchnitt, der ihn immer als Ausdruck des Unveränderlichen in unſerm geiſtigen Weſen erſcheinen läßt. Und es wird im Reiche der höhern Wahrheit unſre Erſcheinung vielmehr der Spiegel unſers Innern und ſeiner jedesmaligen Beziehung zum Aeußern werden als dieſſeits. So wird denn der jenſeitige Geiſt anders denen erſcheinen, die erſt aus dem Dieſſeits hinüber kommen, anders denen, mit denen er ſchon länger im Jenſeits verkehrt hat, anders den guten, anders den böſen Geiſtern, und wird auch anders erſcheinen je nach ſeinen eignen Zuſtänden.

Nach Schwedenberg erſcheint der Menſch in der erſten Zeit nach dem Tode (während des ſog. Standes im Aeußern) noch ganz eben ſo, wie er hier erſchienen war, ſo daß Gefühle und Geſinnungen ſich noch nicht rein im Aeußern ausprägen; tritt aber ſpäter in einen andern Zuſtand (den Stand im Inwendigen), wo ſeine äußere Erſcheinung der vollkommene Ausdruck ſeines geiſtigen Innern wird.

Unſtreitig können wir nichts Beſſeres wünſchen, als was uns in dieſer Anſicht geboten wird, die in einfachſter Conſequenz aus unſren Grundvorausſetzungen fließt. So wird die Mutter, die ins Jenſeits tritt, ein ihr vorangegangenes Kind gewiß zuerſt unter der Form ſuchen und auch wiederfinden, in der ſie es hier gekannt und gepflegt und geliebt; es wird ihr nicht wie ein Fremdling gegenübertreten; aber dieſe Form, in der ſie es zuerſt wiedererkennt, wird doch nur der Anknüpfungspunct ſein, daſſelbe auch durch die Wandlung in anderen Formen wiederzuerkennen, deren Entwickelung das neue Leben ſelbſt erſt mitgebracht. Eben ſo wird die Gattin dem Gatten, die Geliebte dem Geliebten im Jenſeits zuerſt in der Geſtalt wiederbegegnen, die ihnen auch hier in der Erinnerung am lebendigſten vorſchwebt, indem im Erinnerungsreiche das Erinnerungsbild ſelbſt zur wirklichen lebensvollen Geſtalt wird. Je länger aber der Verkehr zwiſchen ihnen im Jenſeits, deſto mehr wird die dieſſeitige Erſcheinungsweiſe zurücktreten und Geſtaltungen, wie ſie das Jenſeits neu entwickelt, ſich geltend machen.

Es mag wohl ſein, daß wir in dieſer Entwickelung der Verhältniſſe unſrer künftigen Geſtaltung etwas weiter gegangen, als die Dunkelheit des Gegenſtandes zuläßt. Auch bieten wir hier nur Wahrſcheinlichkeiten dar. Indeß erſchien der Einwand, der ſich von der ſcheinbaren Geſtaltloſigkeit unſrer künftigen Exiſtenz erhebt, zu wichtig, um nicht zu zeigen, wie die Hebung deſſelben doch in der Conſequenz unſrer Anſicht ſelbſt liegt. Die Unbeſtimmtheit und Geſtaltloſigkeit unſrer künftigen Exiſtenz, die auf dieſſeitigem Standpuncte erſcheint, wandelt ſich danach nur in eine unbeſtimmbare Vielgeſtaltigkeit derſelben auf jenſeitigem Standpunkt.

XXIV. Schwierigkeiten verſchiedener Art.

Jeder Menſch verleibt ſich, ſo ſagten und ſahen wir, im Jetztleben durch ſein Wirken der Außenwelt auf eine eigenthümliche Weiſe ein, ſchlägt darin um ſich einen Kreis von Wirkungen und Werken, der ihm dereinſt die materielle Baſis für ſeine künftige geiſtige Exiſtenz gewähren wird, ſoweit er einer ſolchen noch bedarf. Vergeſſen wir dieß zunächſt nicht, ſo weit er einer leiblichen Unterlage noch bedarf. Es iſt ja wohl Mancher, der den Geiſt ſchon im Dieſſeits über das Bedingtſein durch das Leibliche halb erhebt und je höher ſich der Geiſt hebe, ſo mehr befreie er ſich davon. Bleibe auch der Leib, insbeſondere das Gehirn, mit ſeinem Lebensproceß als Unterlage für den Geiſt im Allgemeinen und für die Sinnlichkeit insbeſondere immer nöthig, ſo können doch die höheren Thätigkeiten des Geiſtes in ihrer beſondern Weiſe von Statten gehen, ohne daß eben ſo beſondere Thätigkeiten des Körpers, des Gehirns mitgehen. Wer dieſe Anſicht hegt, wird natürlich, da er die Anſprüche des Geiſtes an den Leib ſchon im Jetztleben ſo gering ſtellt, noch weniger Veranlaſſung haben, ihn hohe Anſprüche an ein Leibliches im folgenden Leben machen zu laſſen, wo die Sinnlichkeit noch mehr zurücktreten ſoll, zumal wenn er doch deßhalb hauptſächlich dieſe Anſprüche für das Jetzt ſo gering ſtellt, um noch weniger für die Zukunft befriedigen zu müſſen, wo er ſie noch weniger zu befriedigen wüßte. Für eine ſolche Anſicht kann die Darlegung einer leiblichen Unterlage der künftigen geiſtigen Exiſtenz in der Allgemeinheit, wie ſie im Frühern gegeben iſt, ſchon mehr als genügend erſcheinen. Entſchiedenere Forderungen für die Zukunft ſtellen ſich aber, wenn man ſchon im Jetzt die höchſten und entwickeltſten geiſtigen Functionen noch im Leiblichen, nur aber eben in den höchſten und entwickeltſten leiblichen Functionen, ſich ausdrückend oder damit wechſelbedingt hält, wenn man das feine Inſtrument des Gehirns eben nur deßhalb für ſo fein ausgearbeitet hält, um das feine geiſtige Spiel hienieden mit einem entſprechend feinen leiblichen zu begleiten oder dadurch zu begründen. Dann wird man daſſelbe oder ein Aequivalent von dem, was hier weſentlich iſt, auch vom folgenden Leben fordern und fragen müſſen, wo es doch zu finden. Nun haben wir zwar ſchon darauf hingewieſen, daß die Welt, in die wir den Kreis unſrer Wirkungen und Werke ſchlagen, noch in viel höherem Sinne ausgearbeitet und entwickelt iſt, als unſer Gehirn ſelbſt, der kleine Theil davon; aber es fragt ſich, was können wir uns davon als unſre Wirkung, unſer Werk dereinſt zurechnen? Iſt nicht Alles, was ſich in Wirkungen und Werken von uns an die Außenwelt überpflanzt, wodurch wir uns derſelben einverleiben, doch etwas verhältnißmäßig Einfaches und Rohes gegen die ungeheuer feine Ausarbeitung unſres Gehirns und die Entwickelung der Bewegungen darin? Bleibt nicht hiermit der leibliche Träger unſers Jenſeits, der im Kreiſe unſrer Wirkungen und Werke gegeben ſein ſoll, in Nachtheil gegen den des Dieſſeits?

Nachdem nun die erſte Anſicht, für welche dieß kein wahrer Nachtheil iſt, da er doch dem Geiſte nichts anhat, ſich ſchon mit den bisherigen Betrachtungen befriedigt halten kann, wird es gelten zu zeigen, daß er auch die zweite nicht trifft, für welche der körperliche Nachtheil ſich in einen geiſtigen überſetzen würde; da wir ſelbſt ja dieſer zweiten Anſicht ſind. Einige Andeutungen ſind zwar in dieſer Beziehung ſchon früher gegeben worden, aber es wird gelten, ſie noch beſtimmter in Bezug auf die Bedenken auszuführen, die ſich von den entwickeltern Anſprüchen aus gegen unſre Lehre erheben möchten. Zu dieſem Zweck ſuchen wir demnächſt folgende zwei Fragen zu erledigen, womit ſich einſchließlich auch dieſe Bedenken erledigen werden: erſtens, wie kann der Menſch bei der von uns angenommenen Weiſe, wie die jenſeitige Exiſtenz aus der dieſſeitigen erwächſt, ſeine von einer ſo feinen innern Organiſation getragene geiſtige Bildung und Entwickelung ins Jenſeits hinübernehmen? Zweitens, wie vertragen ſich die Erfahrungen, welche ein Leiden und Altern der Seele mit dem Leibe beweiſen, und ſomit ein Aufhören derſelben mit dem Tode drohen, mit unſren Hoffnungen? Hiezu werde ich dann noch die Erörterung zweier andern Fragen fügen, die bis jetzt mehr abgelehnt oder beiläufig berührt, als erledigt ſcheinen mögen: einmal, wie doch ſo viele Exiſtenzen jenſeits unbeirrt durch einander denſelben Raum in Beſitz haben können, und ferner, was der Tod im Grunde hat, das den jetzt noch im Unbewußtſein ſchlummernden weitern Leib zum Träger des Bewußtſeins erwachen läßt.

A. Frage, wie der Menſch ſeine innere Bildung und Entwickelung ins Jenſeits hinübernehmen könne.

Das Wichtigſte und Werthvollſte, was der Menſch hat, beſteht in ſeiner innern Bildung; die Handlungen nach Außen ſind bloß einzelne Ausläufer davon, die den innern Reichthum nicht erſchöpfen noch decken. Es kann jemand die ſchönſte und beſte Bildung, die erhabenſten Gedanken, das reichſte Wiſſen, den edelſten Willen ſtill in ſich tragen, aber er hat vielleicht keine Gelegenheit, das Alles in Handlungen auszudrücken, ja je größer, edler, reicher der Menſch innerlich iſt, einen verhältnißmäßig deſto kleinern Antheil von dem, was er in ſich trägt, kann er überhaupt nur äußerlich aus ſich herausſtellen. Faßt man nun unſre Anſicht roh, ſo ſcheint es, müßte für das folgende Leben dieſe innere Hauptſache für den Menſchen verloren ſein, ſofern doch nur das, was ſich äußerlich aus ihm herausgeſtellt, von ihm übrig bleiben ſoll; gerade das Weſentlichſte ſcheint mit dem Tode verloren zu gehen.

Aber vornweg irrt man, wenn man meint, daß ſich in den einzelnen Handlungen des Menſchen blos ein Bruchtheil des Menſchen ausſpreche; überall ſpricht ſich der ganze Menſch aus, nur jetzt von anderen Seiten oder nach andern Beziehungen als ein andermal. Der Edle benimmt ſich in jeder Handlung anders, als der Gemeine, der Dumme in jeder anders, als der Kluge, der Vertrauende in jeder anders als der Zaghafte; wir können die Nüancen nur nicht ſo ins Feine verfolgen, als ſie ſtattfinden, obwohl unſern Blick ins Unbeſtimmte immer mehr dahin verfeinern, in jedem kleinſten Wirken des Menſchen den ganzen Menſchen wiederzufinden. Jede unſrer willkührlichen Handlungen iſt in der That ein Product unſrer geſammten bisherigen innern Bildung, und jedes individuelle Moment dieſer Bildung trägt gewiß etwas bei, die Handlung individuell zu nüanciren. Wenn dieß undeutlich für unſern Blick wird, liegt es nur in der Undeutlichkeit unſers Blicks, zum Theil auch in unſrer Unaufmerkſamkeit. Man iſt bei unſern Handlungen nur eben zu geneigt, blos den groben Zug und einzelne Hauptgeſichtspuncte derſelben in Betracht zu ziehen, und in dieſer Hinſicht können ſich zwei Handlungen zweier Menſchen ſo ähnlich ſehen, wie ein Ei dem andern. Aber dieß Bild erinnert uns zugleich, daß grobe Aehnlichkeiten uns nicht täuſchen dürfen. Zur Bildung eines Eies hat ein andres Syſtem von Wirkungen gedient, als zur Bildung eines andern, d. h. ein anderer Vogel oder derſelbe Vogel in einer andern Lebensepoche hat es gelegt, und dieß ſpricht ſich in feinen innern Verſchiedenheiten der Eier aus, die unſerm groben Blick entgehen, aber nichts deſto weniger da ſind, da ſein müſſen, ſonſt könnten nicht verſchiedene Vögel auskriechen. Die Handlungen, die Wirkungen und Werke der Menſchen ſind auch ſolche Eier, zu denen der ganze Menſch ſeinen Beitrag giebt, und aus denen, zwar nicht einzeln aber in ihrer Geſammtheit gefaßt, ein ganzer Menſch wieder hervorgehen wird, die von allen Momenten ſeines Innern etwas in ſich tragen. Die Handlung, das Wort, der Blick des Einen, wodurch er ſich der Außenwelt einverleibt, iſt aus andern feinen Momenten zuſammengeſetzt, als der des Andern, wir können es nur nicht ſo ins Feine verfolgen. Wie das Spiel eines muſikaliſchen Inſtruments aus vielen kleinen, für den rohen Blick aber doch nicht für die analyſirende Betrachtung und den Schluß ununterſcheidbaren, Schwingungen, Erzitterungen hervorgeht, die ſich vom Inſtrument an die Außenwelt überpflanzen, ſo geht das Totale der Handlungen, ja jeder einzelnen Handlung eines Menſchen aus dem Zuſammenwirken vieler kleinen, für den rohen Blick aber nicht die analyſirende Betrachtung und den Schluß ununterſcheidbaren Thätigkeiten ſeines Innern hervor, die auch nicht verfehlen können ihre Folgen ins Aeußere fortzuerſtrecken. Jeder Nerv, jede Muskelfaſer, jede Zelle eines Menſchen äußert ihre beſondere, beſonders geartete, beſonders gerichtete Thätigkeit, und wie unzählig viele ſolcher Thätigkeiten wirken bei jeder Handlung des Menſchen zuſammen. Damit ein Arm ſich mit Willen ſtrecke, müſſen tauſend Gehirn- und Muskelfaſern in beſonderer Weiſe erzittern, und dieſe Erzitterungen können ſo wenig in ihren Erfolgen auf den Leib beſchränkt bleiben, als das Spiel der Saiten auf das Inſtrument, ſondern müſſen aus dem handelnden Leibe durch die Handlung ſelbſt ſich nach Außen mit fortpflanzen, unmerklich freilich für uns wie ſchon die Urſach war. Man kann aber draußen keine gröblichere Erſcheinung der Folgen verlangen, als drinnen der Urſache. Man vergleiche übrigens nur ein mit Innigkeit und daſſelbe mit Spott ausgeſprochene, Wort nach dem verſchiedenen Eindruck, den ſie machen, mit einander, ſo wird man wohl ſchließen können, daß, da ſie ein ſo ganz verſchiedenes feines Spiel von Gefühlen in uns erwecken können, auch dem, was den Eindruck auf uns überpflanzt, ein ſehr verſchiedenes feines Spiel unterliegen muß. Alſo man hat keinen Grund zu ſchließen, daß die feine innere Bildung, die wir uns erworben haben, keine materielle Spuren nach Außen fortzupflanzen und hinter uns zu laſſen vermöge; wenn wir ſie auch nicht abſichtlich in beſondern Handlungen ausdrücken, drückt ſie ſich in jeder Handlung von ſelbſt aus.

Jedoch wir können weiter und tiefer gehen. Nicht auf unſre äußern Handlungen allein, was wir ſo nennen, haben wir zu reflectiren. Werden unſre Gedanken von leiſen Bewegungen getragen, was wir im Sinne des entwickeltern Anſpruchs an die leibliche Unterlage des Geiſtigen vorauszuſetzen haben, ſo werden wir auch zu dieſer, für uns immer unſichtbaren, nur erſchließbaren, Urſache eben ſo die unſichtbaren Folgen hinzuerſchließen und die Sichtbarkeit von den Folgen nicht mehr als von der Urſache verlangen müſſen. Die feinen Erzitterungen, Wellen, oder was es für feine Bewegungen ſein mögen, welche das Denken des Menſchen ſtill begleiten, werden natürlich nur eben ſo ſtille Bewegungen nach Außen fortpflanzen können, aber auch eben ſo ſicher fortpflanzen müſſen, als die heftigſte Armbewegung, der lauteſte Schrei. Mögen ſie das Wägbare oder Unwägbare in uns betreffen; der Aether, welcher die Bewegungen des Unwägbaren fortpflanzt, umgiebt dazu den Menſchen allenthalben ſo gut [*], wie Luft und Boden, welche die Bewegungen des Wägbaren fortpflanzen, und wir brauchen uns gar nicht zu entſcheiden, was dabei mehr in Betracht kommt. Genug, die Gründe für das Daſein feinſter leiblicher Wirkungen in uns als Träger unſrer geiſtigen ſind zugleich die Gründe für das Daſein entſprechender Fortwirkungen über uns hinaus. Sei es auch, daß ſie erſt in uns kreiſen; endlich müſſen ſie doch über uns hinaus. Wollte man aber im Sinne der weniger entwickelten Anſprüche an das Leibliche das Daſein ſolcher feinen leiblichen Bewegungen als Träger unſrer geiſtigen im Jetztleben leugnen, da man ſie nicht handgreiflich aufzeigen kann, ſo hätte man natürlich auch ihre Fortwirkungen zu läugnen, als die man eben ſo wenig handgreiflich aufzeigen kann, brauchte ſie aber auch fürs folgende Leben nicht, da man ſie fürs Jetztleben nicht braucht, und die Sache wäre um ſo einfacher.

Sonderbar wäre es in der That, wenn man bei der Unmöglichkeit, Nervenſchwingungen oder Aetherſchwingungen als Unterlage des Geiſtigen für das Dieſſeits experimental nachzuweiſen, einen experimentalen Nachweis ſolcher Unterlage für das Jenſeits fordern wollte, und, weil er ſich nicht führen läßt, meinte, es fehle unſerm Geiſte im Jenſeits eine Unterlage, die er im Dieſſeits hat und braucht.

---

[*] In der That erfüllt und durchdringt der Aether nach der Anſicht der Phyſiker Luft und Erde ſelbſt, da ohne das ſich Licht und Wärme nicht hindurch fortpflanzen könnten. Wollte man aber keinen Aether darin annehmen, wie Manche thun, ſo würde Luft und Erdreich ſelbſt das Vermögen beſitzen, Licht und Wärme fortzupflanzen, und es brauchte dann auch keines Aethers, die Nervenwirkungen fortzupflanzen.

Hat er eine ſolche im Dieſſeits, ſo hat er ſie auch ſicher im Jenſeits als Folge des Dieſſeits, braucht er ſie im Dieſſeits nicht, gilt daſſelbe vom Jenſeits. Es iſt gleichgültig, wie man ſich in dieſer Beziehung ſtellen will; jedenfalls beſteht nur dieſe Alternative.

Ohne beſonderes Gewicht drauf legen zu wollen, will ich doch erwähnen, daß man eine Art Nachweis für das ſtille Ausſtralen ſeiner Wirkungen oder das Ausſtrömen eines feinen Agens aus dem Menſchen in einer bekannten Thatſache des Somnambulismus finden kann, falls man derartige Thatſachen überhaupt gelten läßt. Es wird nämlich in großer Allgemeinheit angegeben [*], daß die Somnambulen oft einen leuchtenden Schein von lebenden Perſonen und insbeſondere dem Magnetiſeur ausgehen ſehen, und daß namentlich die Fingerſpitzen des Magnetiſeurs um ſo lebhafter leuchten, je thätiger er im Act des Magnetiſirens iſt.

Paſſavant ſagt (S. 90 ſeiner Schrift): „Viele Somnambulen ſahen alles Lebendige leuchtend. Das Licht war ihnen der Ausdruck des Lebens, und zwar nicht blos ſymboliſch, ſondern real. Auch ſahen ſie die lebenden Weſen und deren Organe auf verſchiedene Weiſe leuchten .... Ein ähnliches Leuchten ſahen die Somnambulen oft bei ihren Magnetiſeurs, ja bei allen ſie umgebenden Perſonen aus den Augen, den Fingerſpitzen, bisweilen der Magengegend ausgehen.“

Man kann ſich hiebei erinnern, daß Lichterſcheinungen von undulatoriſchen Bewegungen abhängen, und daß die Sichtbarkeit undulatoriſcher Bewegungen von mancherlei Umſtänden abhängt. Die Stralen an der Gränze des Sonnenſpectrums ſind für gewiſſe Perſonen ſichtbar, für andre nicht, Wärmeſchwingungen werden erſt bei gewiſſer Temperatur ſichtbar u. ſ. w. Alſo iſt die negative Erfahrung, daß wir jenes Lichtausſtrömen unter gewöhnlichen Umſtänden nicht wahrnehmen, noch kein Gegenbeweis gegen ſein Statthaben.

---

[*] Selbſt Stieglitz, der in ſeiner Gegenſchrift gegen den thieriſchen Magnetismus die Bedeutung des Phänomens herabzuſetzen beſtrebt iſt, geſteht [illegible] zu, daß dieſe Uebereinſtimmung bemerkenswerth ſei. Kluge hat einige 20 Citate dazu.

Es handelt ſich freilich in unſerm Körper nicht blos um feine Bewegungen, ſondern auch eine feine Organiſation als Unterlage des Geiſtigen. Nun aber, die feinen Bewegungen, die wir ſo wahr um uns erzeugen, als wir ſie in uns erzeugen, gehen nicht ins Leere und ſind nicht blos Wirkungen, ſondern auch Träger von Wirkungen, greifen in Zuſammenhang mit der ganzen ſichtbaren Thätigkeit des Menſchen in die lebendige Welt um uns ferner organiſirend ein, die ja ſogar urſprünglich darauf berechnet iſt, hiedurch Fortbeſtimmungen ihrer Organiſation zu empfangen, wovon wir freilich auch nur das Grobe verfolgen können. Wir müſſen nur wieder das, was die von uns ausgegangenen feinen Bewegungen zur Ausarbeitung der Organiſation der irdiſchen Welt beitragen, nicht handgreiflicher außer uns haben wollen, als wir das Entſprechende in uns haben, und vermöchten wir wohl handgreiflich nachzuweiſen, was die feinen Bewegungen, die unſerm Denken unterliegen, zur Ausarbeitung unſers Gehirns beitragen? Wir ſchließen blos im Sinne des entwickeltern Anſpruchs aus der durch unſre geiſtige Thätigkeit ſelbſt wachſenden höhern Entwickelung der geiſtigen Vermögen, das körperliche Inſtrument müſſe durch dieſe Thätigkeit eine entſprechend höhere Ausarbeitung erlangt haben; aber auch die irdiſche Welt arbeitet ihre geiſtigen Vermögen durch das Wirken der Menſchen über ſich hinaus in immer höherm Sinne aus. Wir können alſo denſelben Schluß machen. Will aber Jemand auch die feine Organiſation des Gehirns gleichgültig für unſre geiſtige Organiſation erklären, oder keine Rückwirkung der geiſtigen Thätigkeiten auf die Organiſation des Gehirns annehmen, nun ſo hat er wiederum Alles einfacher, wenn auch nach unſrer Anſicht nicht triſtiger; ſo braucht er auch nach dem Beitrag der feinen Thätigkeiten, die über uns hinausreifen, zur feinen Ausarbeitung der Organiſation der Welt um uns nicht zu fragen.

Sofern übrigens jeder Menſch hienieden in andere Menſchen hineinwirkt und nur nach Maßgabe des Verkehrs mit ihnen ſich ſelbſt höher fortentwickeln kann, und ſofern er im Jenſeits auch in den Wirkungen mit fortlebt, die er in Andere hinein erzeugt hat, läßt ſich hierin ſelbſt ein weſentlicher Theil der feinen Organiſationsbedingungen finden, die man für das Jenſeits verlangt. Statt eines Menſchenleibes ſtehen uns im Jenſeits tauſend zu Gebote, aber nicht in den einzelnen wohnen wir, ſondern in der Organiſation, welche ſie alle befaßt und bindet.

Um das Vorige zu reſumiren: wenn nach den Vorausſetzungen der entwickeltern Anſicht von den Beziehungen des Geiſtigen und Leiblichen all das, was wir unſerm jetzigen Leibe und deſſen Bewegungen äußerlich anſehen, nur ſo zu ſagen die Scheide, die Hülle, der äußere Umriß einer innern feinen Organiſation und innerer feiner wie immer zu faſſender Vorgänge iſt, die für unſer Seelenleben viel wichtiger, viel unmittelbarer bedeutend ſind, als die äußere Erſcheinung der Geſtalt und Bewegungen, die wir aber nicht mit Augen zu verfolgen wiſſen, nur mehr erſchließen, als ſehen können, bei oberflächlich roher Betrachtung gar nicht entdecken, haben wir eben ſo zu glauben, daß wir in allen äußerlich erſcheinenden Folgen unſers Seins und Handelns hienieden nur ſo zu ſagen die Scheide, die Hülle, den äußern Umriß von viel feinern Beſtimmungen und Vorgängen erblicken, welche für unſer künftiges geiſtiges Sein von entſprechender Wichtigkeit ſind und deren Urſprung mit jenen zuſammenhängt; die aber eben ſo wenig anders als ſchlußweiſe von uns erkannt werden können und der rohen oberflächlichen Betrachtung ganz entgehen. Es zeigt ſich, daß die Annahme ſolcher feinen Beſtimmungen und Bewegungen in uns und in dem, was von uns nachbleibt, in der That ſo zuſammenhängt, daß wir nur Beides im Zuſammenhange annehmen oder läugnen können; und was wir alſo vom Dieſſeits in dieſer Hinſicht fordern, auch im Jenſeits als Folge des Dieſſeits vorauszuſetzen haben.

Zur Unterſtützung des Vorigen noch einige allgemeine Betrachtungen:

Man kann es als einen allgemeinen Satz ausſprechen, daß keine Bewegung dauernd erlöſchen kann, ohne ſich entweder in andersgeartete Bewegungen oder dauernde, auf Bewegungen wieder influirende Einrichtungen umzuſetzen, die nicht roher und gröber ſein können, als die urſächlichen Bewegungen. Der Schlag des Hammers ſcheint uns vielleicht zu Ende, wenn er auf den Ambos gefallen; wir ſagen, die Wirkung iſt aufgehoben; es iſt nicht wahr, ſie hat ſich nur in eine Erſchütterung des Amboßes und der Erde, in feinſte Schwingungen aufgelöſt, die nicht verſchwinden können, ohne ſich in noch feinere Schwingungen aufzulöſen, theils iſt ſie auch verbraucht worden, das gehämmerte Eiſen in andre Form zu bringen; aber das heißt nicht Wirkung aufheben, ſondern ihr eine bleibende Form geben; denn in Allem, was künftig mit dem gehämmerten Werkzeug gethan wird, erhält ſich noch die Wirkung des Hammerſchlages fort; wie könnte mit dem Werkzeuge ſo gearbeitet werden, wie es geſchieht, wenn es nicht ſo gehämmert worden, wie es geſchehen. Und je feiner die Arbeit am Werkzeuge, um ſo feinere Effecte werden ſich damit erzeugen laſſen. Jede anders geartete Urſache erzeugt überhaupt eine anders geartete Folge, und in demſelben Maße als ein Proceß ſich anders individualiſirt, geſtaltet, in demſelben Maße muß es auch von ſeinen Folgen gelten bis in die feinſten Nüancen hinein.

Eine Menge complicirter Thätigkeiten ſcheinen ſich freilich oft zu einem ſehr einfachen Reſultat zuſammenzuſetzen, worin alle Verſchiedenheit der Ausgangswirkungen untergeht; alſo die zuſammengeſetzte Folge einfacher, roher, als die Zuſammenſetzung der Urſachen zu ſein, die zum Reſultat beigetragen haben; allein die Sache iſt die, daß es unſern Sinnen nur unmöglich fällt, im zuſammengeſetzten Reſultat das fortgehende feine Spiel der Componenten oder die feine Zuſammenſtellung, Einrichtung, die dadurch erzeugt worden, eben ſo gut zu unterſcheiden oder zu erkennen, als wir die Urſachen unterſcheiden, ſo lange ſie noch getrennt wirken; obwohl dies feine Spiel, dieſe feine Einrichtung ſich noch durch gewiſſe Nüancen des reſultirenden Proceſſes oder Gebildes oder die Entwickelung der Folgen als wirklich vorhanden verräth. So im Fall des einfach ſcheinenden Eies, das von der verwickelten Henne gelegt iſt, ſo wenn mehrere Wellen von verſchiedenen Seiten her im Meere zuſammentreffen. Eine einzige Welle ſcheint alle zu verſchlingen; ſie ſcheinen darin unterzugehen; aber in den Kräuſelungen dieſer große Welle verräth ſich noch das Spiel der kleinen Wellen, und wie ſie davon verſchlungen wurden, treten ſie auch wieder daraus hervor. Die große Welle iſt blos der Kreuzungspunct, Durchſchreitungspunct der kleinen, nicht ein Reſultat ihrer Aufhebung oder Vernichtung.

Zwar, können denn nicht Bewegungen durch Gegenwirkungen geradezu aufgehoben werden, ohne einen dauernden Effect in irgend welchen abgeänderten Verhältniſſen zu hinterlaſſen, z. B. wenn zwei Körper in entgegengeſetzter Bewegungsrichtung an einander ſtoßen und ihre Bewegung wechſelſeitig aufheben? Werden nicht alſo auch die Bewegungen, die unſer Geiſtiges tragen mögen, in ihren Fortwirkungen allmälig durch Gegenwirkungen aufgehoben werden können? Es gilt aber nur daſſelbe, was von der ſcheinbaren

Aufhebung der Wirkung des Hammerſchlags durch den Amboß. So, wenn zwei Kugeln an einander treffen, ſetzt ſich die Bewegung theils in eine Erſchütterung der Kugeln um, durch die ſie elaſtiſch zurückgetrieben werden, und die ſich auch noch an andre Körper mittheilt, mit denen die Kugeln in Berührung kommen; theils wird die Bewegung, ſofern die Elaſticität nicht vollſtändig, zu einer Formänderung, einer neuen bleibenden Einrichtung an den Kugeln verwandt, die künftig auf Alles, was mit den Kugeln geſchieht, ihren Einfluß forterſtreckt. Oft freilich ſieht man Bewegungen ſich von ſelbſt eine Zeit lang verlangſamen; aber, ſofern nicht eine dauernde Formänderung die Folge, iſt es ſtets nur, um mit der Zeit wieder in raſchere Bewegung überzugehen. So verlangſamt ſich die Bewegung der Erde in einer Hälfte des Jahres und beginnt in der andern wieder raſcher zu werden: ſo mag ſich im Schlafe Vieles in uns verlangſamen, was im Wachen wieder raſcher geht. Auf die Dauer erſchöpft ſich keine Bewegung, als in dauernden Effecten, die fortbeſtimmend auf andre Bewegungen wirken. Und wir haben allen Grund zu ſchließen, daß ſelbſt die dauernden Effecte oder Einrichtungen mit der Zeit wieder in Bewegungen ausſchlagen oder im Zuſammenhange des Ganzen cauſal zu ſolchen durch ihr Daſein Anlaß geben, weil die Quantität der Bewegung doch im Ganzen nicht abnimmt. Die Axt, die der Schmied gehämmert, hat durch die Formänderung, die ſie erfahren, etwas von ſeiner bewegenden Kraft verzehrt; aber dieſe Axt ſchlägt vielleicht daſſelbe Holz, was einſt ihr Eiſen wieder ſchmelzen und die ſo zu ſagen gebundene bewegende Kraft wieder befrein wird. Alle gebundene Wärme wird doch einmal wieder frei u. ſ. w. Was alſo auch leiblich in uns das Geiſtige tragen mag, in ſo weit überhaupt das Geiſtige einen leiblichen Träger hat, wir haben nicht zu beſorgen, daß es je in ſeinen Wirkungen erlöſchen wird; nur die Form dieſer Wirkungen mag ſich ändern; wie wenig Gefahr aber bei Fortbeſtand des Cauſalzuſammenhanges der Wirkungen von den größten Formveränderungen derſelben für unſern geiſtigen Fortbeſtand zu beſorgen, werden ſpätere Erörterungen zeigen.

B. Fragen, die ſich an die Zerſtörung des Gehirns im Tode, das Leiden und Altern des Geiſtes mit dem Körper knüpfen.

Die Beantwortung der Fragen, die ſich hier aufdrängen, führt, nur von einem andern Ausgangspuncte her, auf die vorigen und frühern Geſichtspuncte zurück. Indeß nehmen wir ſie mit Fleiß noch beſonders auf, da eben hier der Ausgangspunct der gewöhnlichſten Einwürfe gegen die Unſterblichkeit liegt, und ſich manches früher Geſagte durch verwandte Betrachtungen dabei paſſend ſtützen und verſtärken läßt.

Wer neu zur Sache kommt, wirft leicht die Frage auf: wie ſoll ich's verſtehen, daß mein Gehirn, was mir doch hienieden zu allen meinen bewußten Thätigkeiten nöthig war, mit dem Tode auf einmal überflüſſig werden ſoll? War es denn umſonſt hienieden, daß es im Tode weggeworfen werden kann? Leidet nicht mein Geiſt, wenn das Gehirn leidet; wie ſollte er nicht noch mehr leiden, ja überhaupt noch lebendig beſtehen können, wenn es ganz wegfällt?

Ich antworte: das Gehirn war nicht umſonſt hienieden, wenn es doch eine Beſtimmung eben für das Hienieden erfüllte; aber muß es auch noch nöthig ſein für eine neue Weiſe des Seins, die über das Hienieden hinausliegt, ja kann es dafür noch brauchbar ſein? Mit dem alten Gehirn blieben wir ja die alten Menſchen. Das Gehirn war auch nicht umſonſt für das Jenſeits, wenn es doch im Dieſſeits diente, Thätigkeiten zu entwickeln, die an unſerm Jenſeits bauen helfen.

Oder wirſt du auch ſagen: das Samenkorn ſei deshalb umſonſt geweſen, weil du ſiehſt, daß es birſt und zergeht, um der freien Entwickelung des Pflänzchens im Lichte Raum zu geben? Im Gegentheil, es mußte erſt ſein, um in einem erſten Leben die Anlage des Pflänzchens zu bilden, war dafür ganz nothwendig, doch durfte es nicht immer ſein, ſonſt hätte es immer bei der Anlage bleiben müſſen. So bleibt dein Gehirn ſammt übrigem Leibe freilich immer ganz nothwendig für dieſes erſte, in Bezug zum folgenden nur embryoniſche, Leben, um das folgende anzulegen. Störungen des Gehirns ſtören dann natürlich dieſes Leben, aber die Zerſtörung deſſelben kann auch nur dieſes Leben zerſtören, nicht das folgende, weil die Zerſtörung dieſes Lebens eben die Bedingung iſt, daß die Anlage des folgenden Lebens zum wirklichen folgenden Leben erwache und erwachſe.

Du ſagſt: aber, wenn ich ein Samenkorn zerſtöre, wird die Anlage des Pflänzchens mit zerſtört. Sehr wahr, aber nicht, wenn die Natur es zerſtört, wie es im Laufe ſeiner Beſtimmung liegt. Und die Naturbeſtimmung des Menſchen iſt überall, zu ſterben, ſei's auf welchem Wege es ſei, früh oder ſpät.

Wenn du dich etwas umſäheſt unter Dingen, die dir täglich vor Augen ſind, und ſie etwas genauer anſäheſt, ſo würdeſt du wohl manche Beiſpiele finden, welche dich lehrten, wie wenig dem Scheine zu trauen, der dich ſo leicht veranlaßt, an die Zerſtörung des Gehirns den Tod der Seele zu knüpfen, weil du das Gehirn ſo nothwendig für das Spiel der Seele hienieden findeſt.

Wie iſt es denn mit dem Spiel einer Violine? Du meinſt wohl auch, wenn eine Violine zerſchlagen wird, die nur eben noch geſpielt ward, ſo ſei es aus mit ihrem Spiel für immer; es verhalle, um nie wieder zu ertönen, und ſo verhalle das ſelbſtgefühlte Saitenſpiel des menſchlichen Gehirns, wenn der Tod das Inſtrument dazu zerſchlägt. Aber es iſt beim Zerſchlagen der Violine etwas, was du vernachläſſigſt, wie beim Tode des Menſchen, indem du nur auf das Nächſtliegende Acht haſt.

Der Ton der Violine hallt in die weite Luft, ja nicht nur der letzte Ton des Spiels, das ganze Spiel hallt hinein. Nun meinſt du freilich, wenn der Ton über dich hinaus iſt, ſei er verhallt; aber ein ferner Stehender kann ihn ja noch hören; er muß alſo noch da ſein; ein zu Ferner hört ihn endlich auch nicht mehr, aber nicht, weil er verſchwunden iſt, der Ton breitet ſich nur zu weit aus, wird zu ſchwach für eine einzelne enge Stelle; aber denke dir, daß dein Ohr mit dem Schalle oder der ihn tragenden Erſchütterung immer mitgehe und ſich fortgehends ſo hörend ausbreite, wie er in dem weiten Umkreis ſchallend, ſo würdeſt du ihn immer hören. Er verliſcht nie; im Grunde bleibt er immer. Nicht blos an die Luft theilt er ſich mit, indem die Erſchütterung, die ihn trägt, es thut, auch an Waſſer, Boden, was ihm begegnet; er geht durch Dick und Dünn, theilweis zwar immer zurückgeworfen, doch nicht verlöſchend, und bleibt immer derſelbe, ja die Töne des ganzen Spiels folgen ſich immer und überall in derſelben Ordnung, denſelben Zuſammenhang. Die eng begränzte Violine hat nur ihr Spiel ins Weiteſte ausgebreitet,

Freilich wer könnte dem Schall wirklich allüberall folgen, ihn zu vernehmen? Doch etwas folgt ihm wirklich überall hin; er ſelber folgt ſich überall hin. Wie nun, wenn er ſich ſelbſt vernehmen könnte? würde er ſich nicht immerfort vernehmen, wie ein ihm genau folgendes und ſich mit ihm ausbreitendes Ohr? Vergebliche Vorausſetzung freilich bei dem Spiel der todten Violine, aber ob auch vergebliche bei dem der lebendigen? Die todte wird von Andern geſpielt, und ſo wird auch ihr Spiel nur von andern vernommen, wo ſie eben ſtehen, vernimmt ſich ſelbſt nicht. Die lebendige Violine unſers Leibes aber ſpielt ſich ſelbſt, ſo vernimmt ſich nun auch ihr Spiel ſelbſt und braucht ſich auch nur ſelber nachzulaufen, um ſich zu vernehmen; wie ja auch die Bewegungen, wahrſcheinlich ſind es ſelber Schwingungen, die bei unſern Anſchauungen aus dem Auge, dieſer Lichtvioline, in das Gehirn ſich verbreitend erſt unſre Lichtempfindungen, dann in ihren Nachwirkungen unſre Erinnerungen daran tragen, keines äußern Ohres oder Auges mehr bedürfen, ſondern ſich ſelbſt vernehmen in ihrer ganzen Ausdehnung. Warum? das Auge iſt lebendig, das Gehirn iſt lebendig. Nun, ſo ſind wir lebendig, und das, wohin das Spiel unſers Lebens überklingt, die Erde um uns iſt auch lebendig.

Wir ſehen jedenfalls an der Violine, dieſelben complicirten Bedingungen, an welchen die erſte Erzeugung einer Wirkung, hier des Schalls, ganz weſentlich hing, müſſen nicht auch immer nothwendig fortbeſtehen, wenn es die Forterhaltung derſelben Wirkungen gilt. Sie können wegfallen und die Wirkung erhält ſich durch ſich ſelbſt unter einfachſten Bedingungen. Alſo mag immerhin auch die erſte Entſtehung der Melodie unſers geiſtigen Lebens ganz weſentlich an das Daſein unſers Gehirns gebunden ſein, aber es folgt nicht daraus, daß es auch zur Forterhaltung derſelben nöthig ſei; ja wahrſcheinlich möchte ein ſo einfaches Medium als die Luft eben ſo wie beim Spiele der Violine hinreichen, unſer künftig geiſtig Leben zu tragen, ſtatt des ſo complicirten Gehirns, das freilich erſt nöthig war, daſſelbe zu erzeugen; wenn es für uns einſt eben ſo wie bei der Violine blos auf Forterhaltung, nicht auch auf Fortentwickelung ankäme; welchem gemäß unſre Wirkungen nicht blos in die glatte Luft, ſondern in das ganze Reich des Irdiſchen überſtralen, wo ſie allſeitige Gelegenheit, unter neue Verhältniſſe zu treten, finden, Aenderungen aus Aenderungen hervorrufen, und mit den beweglichen auch bleibende Wirkungen erzeugen, wie wir ſchon oben betrachtet.

Uebrigens gilt es auch hier wieder, die Seite des Ungleichen mit der des Gleichen im Bilde in Betracht zu ziehen. Das Spiel der Violine iſt in ſeinem Ausgange und demgemäß auch Fortgange ganz paſſiv, giebt nur den Strich des fremden Bogens wieder, beſtimmt ſich nicht durch ſich aus ſich ſelbſt. Aber das Spiel unſrer bewußten Violine läuft außer den Beſtimmungen von Außen auch in Selbſtbeſtimmungen ab, die Körper und Geiſt zugleich betreffen, und es giebt ein Geſetz des Antagonismus darin, welches verſtändlich macht, wie das Ausgangsſpiel erſt erlöſchen muß, ehe das Fortſpiel ins Bewußtſein tritt. Hiervon ſprechen wir bald weiter.

Im Uebrigen erſcheint das Bild der Violine namentlich in ſofern recht paſſend, als unſer Leib überhaupt allwegs durch Schwingungen, die ſich wellenartig wie der Schall verbreiten, in die Außenwelt hineinwirkt. Jeder Fußtritt erſchüttert die Erde in Schwingungen, die ſich allmälig durch die ganze Erde fortpflanzen; jeder Fortſchritt, jede Handbewegung, jeder Athemzug, jedes Wort ruft eine Welle hervor, die den ganzen Luftkreis durchſchreitet; die Wärme, die du ausſtralſt, geht in feinen Schwingungen, jeder Blick von Auge zu Auge pflanzt ſich fort durch Lichtſchwingungen, ſelbſt, während du ſtill ſtehſt, geben tauſend Lichtwellen von dir aus, die dein Bild in den Raum hinein malen; und in Zuſammenhang mit dieſen leichter erkennbaren Schwingungen, die von deinem Aeußern kommen, gleichſam als feiner Kern oder Gehalt derſelben, werden ſich dann auch, falls ſie beſtehen, die feinern unmerklichen Schwingungen aus deinem Innern fortpflanzen, die für deine Seele noch bedeutungsvoller ſein mögen, als alle dieſe von Außen kommenden. Die innere Bewegung deines engen Leibes iſt ſelbſt gleichſam nur eine Verſchlingung unzähliger Wellen, die von da aus ins Weite gehen.

Doch iſt es nicht ein bloßes Schweben und Verſchweben, wie bei der Violine, was von dir an die Außenwelt übergeht, du wirkſt dich auch in feſten Werken in die Außenwelt ein, die mit Erzeugung der Bewegungen ſelbſt in Verbindung ſtehen, und wovon du freilich auch nur den gröblichen Umriß wahrnimmſt. Ja hätten wir eine Violine, die durch ihr Spiel zugleich neue Saiten um ſich in der Außenwelt aufzöge zum Bau einer größern Violine, die nach dem Zerſchlagen der kleinen das Spiel nun fortſetzte, ſo träfe das Bild noch mehr.

So kannſt du dich in deinem jetzigen Leben nun auch betrachten wie einen Schmidt, der ſich ſelbſt ſeinen künftigen Leib zurecht hämmert. Was jeder an der Erde ſich zurecht hämmert, iſt einſt ſein Theil daran. Iſt der neue Leib fertig, ſo wird das alte Werkzeug, d. i. der alte Leib ſelbſt, weggeworfen, und wenn auch der Menſch ſterben mag, iſt doch der neue Leib ſo weit fertig, daß er das Werk des Lebens in einer neuen Weiſe von dem Punct an fortführen kann, bis zu dem es der alte Leib gebracht. Dies iſt ein Bild, das paßt blos auf das Feſte in deiner künftigen Leiblichkeit, wie jenes mit dem Spiel der Violine blos auf's Bewegliche. Ein Bild kann nun einmal nicht Alles auf einmal decken.

Daß, wenn dein Gehirn doch einmal deinem Geiſte zu Dienſten für dieſes Leben beſtimmt, ja die Hauptbedingung iſt, denſelben an dies Leben zu binden, er Nachtheil für dieſes Leben ſpüren muß, wenn das Gehirn beſchädigt wird, iſt ſehr begreiflich; doch folgt daraus nichts irgendwie gegen die Entbehrlichkeit des Gehirns in einem künftigen Leben. Schädige es nur ſoweit, daß das jetzige Leben aufhört, ſo wird mit dem jetzigen Leben auch der Schaden für das jetzige Leben aufhören; ins folgende

Leben aber kann der Schaden nicht reichen, weil die größte Schädigung des alten Leibes, d. i. ſeine Zerſtörung, eben erſt das neue Leben möglich macht. Nur, daß es ein Menſch, ſo viel an ihm iſt, ſo weit als möglich ſoll im jetzigen Leben zu bringen ſuchen, um ins Jenſeits ſchon möglichſt entwickelt zu treten, als ein gemachtes Weſen; denn es würde weder dem Dieſſeits noch dem Jenſeits frommen, ſollten alle Menſchen jung ſterben, wie freilich eben ſo wenig, wenn alle erſt alt ſterben ſollten. Aber deren, die ſich auf Kindes- oder Jünglingsbaſis dereinſt fortentwickeln ſollen, nimmt ſich der Tod ohnehin genug; ſo muß der Menſch nach Kräften dahin wirken, daß es auch nicht an ſolchen fehle, die ſich auf der Baſis eines ganzen vollen dieſſeitigen Lebens dereinſt fortentwickeln.

Wenn du Zerſtörung des Gehirns ſchlimmer hältſt, als Schädigung, ſo haſt du alſo blos in ſofern recht, als die Schädigung noch vielleicht gehoben werden könnte, du ſomit noch etwas länger im alten Leben bleiben und dich weiter für das künftige vorbereiten könnteſt. Die Zerſtörung nimmt dir dieſes Organ der Vorbereitung ein- für allemal; nun gilt's mit der einmal gewonnenen Baſis hauszuhalten; aber ſie nimmt dir auch eben nur das Organ der Vorbereitung, worauf ſofort die Bereitung folgt, die immer etwas Höheres iſt gegen den jetzigen Zuſtand; in ſofern gewinnſt du immer gegen jetzt. Nur dann iſt Zerſtörung eines Organs ſchlimmer als Schädigung, wenn nichts da iſt, das Zerſtörte zu erſetzen; iſt aber etwas da, ſo kann die volle Zerſtörung des Geſchädigten Gewinn als Hebung der Störung ſein. Man amputirt ja ein krankes Glied und gewinnt dabei, ſogar ohne daß etwas zum Erſatz da iſt; wie ſollteſt du nicht um ſo mehr gewinnen, wenn dein ganzer kranker Leib, dein krank Gehirn amputirt wird, wenn es doch an erſetzenden Bedingungen für dich zu einem neuen Daſein nicht fehlt.

Iſt es doch factiſch, daß eine kleine Störung im Hirn oft viel mehr ſchadet, als das Wegſchneiden einer ganzen Hirnhälfte, was der Seele ſo gut als gar nichts ſchadet, wie man durch Verſuche an Thieren und ſelbſt pathologiſche Erfahrungen an Menſchen hinlänglich weiß; ja was vielleicht, wenn es ſo einfach ginge, dienen könnte, manche Seelenſtörung zu heben, die durch ein Uebel in der betreffenden Hirnhälfte entſteht.[*] Man kann dieß ſehr paradox finden; es iſt aber gerade ſo hiemit, wie mit einem von zwei Pferden gezogenen Wagen. Iſt das eine lahm oder wild, ſo geht der ganze Wagen ſchlecht, und es iſt am beſten, das kranke Pferd ganz auszuſpannen; dann geht er wieder ordentlich, nur etwas matter, wie auch bei Wegfall einer Gehirnhälfte der Geiſt leichter Ermüdung ſpüren ſoll; wenn du aber beide Pferde ausſpannſt, ſo ſteht der Wagen ſtill, das iſt der Tod. Aber was geſchieht. Der Kutſcher ſteigt aus dem engen Wagen aus und geht durch den weiten Raum ſeiner Heimath. Ihn dahin zu führen, war doch nur der Wagen beſtimmt. Ja, wenn es keinen Kutſcher gäbe, der ſelbſteigene Beine hat.

---

[*] Longet berichtet von einem 29jährigen Manne, deſſen geiſtige Kräfte keine merkliche Abweichung darboten, ungeachtet die ganze rechte Hemiſphäre des großen Gehirns mit Ausnahme der Baſaltheile, fehlte. (Longet, Anat. et Physiol. du syst. nerv. 1842. I. 669.) — Neumann führt einen Fall an, in welchem eine Kugel eine ganze Hemiſphäre zerſtört hatte, ohne die Beſinnung zu rauben. (Neumann von den Krankheiten des Gehirns des Menſchen. Coblenz 1833. S. 89). — Abercrombie berichtet von einer Frau, bei welcher die Hälfte des Gehirns in eine krankhafte Maſſe aufgelöſt war, und die dennoch, eine Unvollkommenheit des Sehens abgerechnet, alle ihre geiſtigen Vermögen bis zum letzten Augenblicke behielt, ſo daß ſie noch einige Stunden vor ihrem Tode einer fröhlichen Geſellſchaft in einem befreundeten Hauſe beiwohnte. (Abercrombie inquiries. etc.). — Ein Mann, deſſen O'Halloran erwähnt, erlitt eine ſolche Verletzung am Kopfe, daß ein großer Theil der Hirnſchale auf der rechten Seite weggenommen werden mußte; und da eine ſtarke Eiterung eingetreten war, ſo wurde bei jedem Verbande durch die Oeffnung

Ferrus berichtet von einem General, der durch eine Verwundung einen großen Theil des linken Scheitelbeins verloren hatte, was eine beträchtliche Atrophie (Verkümmerung) der linken Hirnhemiſphäre nach ſich zog, die ſich äußerlich durch eine enorme Depreſſion des Scheitels kund gab. Dieſer General zeigte noch dieſelbe Lebhaftigkeit des Geiſtes, daſſelbe richtige Urtheil als früher, konnte ſich aber geiſtigen Beſchäftigungen nicht mehr hingeben, ohne ſich bald ermüdet zu fühlen. Longet ſagt, bei Mittheilung dieſer Erfahrung, er habe einen alten Soldaten gekannt, der ſich ganz in demſelben Falle befunden. (Longet Anat. et Physiol. du syst. nerv. I. 670).

Jedenfalls, wenn das halbe Gehirn oft mit geringerm Nachtheil für die Seele *wegfallen* kann, als eine bloße

---

eine groſe Menge Eiter mit groſen Quantitäten des Gehirns ſelbſt entfernt. So geſchahe es 17 Tage hindurch, und man kann berechnen, daß faſt die Hälfte des Gehirns, mit Materie vermiſcht, auf dieſe Weiſe ausgeworfen wurde. Deſſenungeachtet behielt der Kranke alle ſeine Geiſteskräfte bis zu dem Augenblicke ſeiner Auflöſung, ſo wie auch während dieſes ganzen Krankheitszuſtandes ſeine Gemüthsſtimmung ununterbrochen ruhig war.

Störung erleiden, warum nicht auch möglicherweiſe das ganze? Es iſt nur der Unterſchied, daß, ſo lange wir noch das halbe Gehirn behalten, wir noch in dieſem Leben bleiben, weil eine Hälfte die andere im Dienſte dafür vertritt, wenn aber beide Hälften wegfallen, ſo fallen wir damit ins andere Leben über, indem nun eine höhere Vertretung Platz greift.

Wenn man ſich etwas näher in den phyſiologiſchen und pathologiſchen Beobachtungen über das Gehirn umſieht, ſo erſtaunt man, wie bedeutende Verletzungen überhaupt das Gehirn ertragen kann, zuweilen ſelbſt auf beiden Seiten zugleich, ohne allen merklichen Nachtheil für die Seele. Man möchte glauben, es nütze wirklich nichts dafür. Und Manche haben ſolche Schlüſſe gezogen. Andremale wieder ſcheint eine bloße Störung ſehr zu ſchaden. Combinirt man alles recht, ſo findet man, es hängt daran, daß das in unſerm Organismus ſehr ausgebildete Princip der Vertretung ſich in unſerm Gehirn ganz beſonders geltend macht. Ein Auge kann zerſtört werden, man ſieht noch mit dem andern, eine Lunge kann zerſtört werden, man athmet noch mit der andern; wenn auch nur noch ein Stück Lunge übrig, geht es; ſind Adern ungangbar geworden, das Blut läuft durch andere; Unordnung ſchadet faſt überall mehr als Zerſtörung. So iſt's auch mit dem Gehirn. Die Theile vertreten ſich darin von rechts zu links, und ſelbſt bis zu gewiſſen Gränzen auf derſelben Seite. Geht's nicht mit einer Faſer, geht's mit einer andern; wie, wenn's nicht mit einer Ader geht, es mit einer andern geht. Es wird ſein wie bei einem Clavier, nur in viel entwickelterem Grade, wo zu demſelben Tone mehrere Saiten gehören. „Es giebt, ſagt Abercrombie, und Andre ſtimmen damit überein, keinen Theil des Gehirns, den man nicht, und in jedem Grade, zerſtört gefunden, ohne daß die geiſtige Entwickelung irgend merklich gelitten hätte.“ Aber weit entfernt, daß dieß die Ueberflüſſigkeit aller dieſer Theile bewieſe, beweiſt es blos, daß alle mehr oder weniger in ſolidariſcher Verbindung eine Vertretung durch die übrigen Theile finden, die doch für's dieſſeitige Leben ihre Gränzen hat. Denn, während man einem Thiere eben ſowohl die rechte als die linke Hirnhemiſphäre beſonders nehmen kann, ohne Nachtheil für ſeine Seelenthätigkeiten, kann man ihm nicht beide zuſammen nehmen, es wird dann ganz dumm, ſelbſt wenn man die Baſaltheile des Gehirns übrig läßt, weil dieſe zur Vertretung nicht mehr hinreichen. Nun wohlan, wenn das Princip der Vertretung doch ſchon ſo weit in unſerm Körper getrieben iſt, ſollte es nicht auch über unſern Körper hinaus in den größern Körper, dem wir angehören, hineinreichen; und nicht, wenn unſer ganzes Gehirn, unſer ganzer Körper zerſtört wird, auch etwas ſchon zu ſeiner Vertretung da ſein? Ich meine die ganze irdiſche Welt iſt wieder in ſolidariſcher Verbindung dazu da.

Dabei iſt der Unterſchied, daß unſer Tod nicht als eine ſo abnorme Zerſtörung angeſehen werden kann, wie wenn wir ein Stück Hirn wegſchneiden; ſondern als eine ſolche, die in den normalen Gang des größern Lebens fällt, dem wir angehören. Zerſtörungen, die in den normalen Gang des Lebens fallen, characteriſiren aber überall neue Entwicklungsepochen.

Man kann bei dieſer Gelegenheit an Fälle erinnern, wo ſchon eine Annäherung an die vollſtändige Zerſtörung des Körpers im Tode eine Wiederherſtellung der geiſtigen Functionen hervorrief, die im Leben zerſtört waren. Solche Fälle ſind nicht eben ſelten, und, ohne für ſich allein beweiſen zu können, daß der Tod in dieſem Bezuge noch mehr leiſten könne, als die Annäherung zum Tode, doch dieſer Vorſtellung günſtig, und zur Unterſtüzung unſrer andern Schlüſſe immerhin erwähnenswerth.

Man findet zahlreiche Fälle dieſer Art in Burdach vom Bau und Leben des Gehirns III. S. 185, Treviranus Biol. VI. S. 72. Friedreichs Diognoſtik S. 364 u. 366 ff., Friedreichs Mag. H. 3, S. 73 ff., Jacobi's Ann. S. 275 — 282 u. 287—288. Fror. Tagesber. 1850. Nr. 214 mitgetheilt oder erwähnt. Burdach ſagt, unter Hinzufügung der belegenden Fälle: „Wenn in einem entzündeten Eingeweide der Brand eintritt, ſo hört nicht nur der Schmerz auf, ſondern es wird bisweilen auch die Seelenthätigkeit dabei exaltirt. Auch bei andern Krankheiten bemerkt man zuweilen kurz vor dem Tode einen höhern Schwung der Gedanken. Bei Abnormitäten des Gehirns bekommen Wahnſinnige nicht ſelten vor dem Tode den Gebrauch ihrer Verſtandeskräfte wieder: ſo bei Ergießung von Blut und Waſſer, bei Eiterung, bei Verhärtungen, bei Hypertrophie, Hydatiden und Aftergebilden, und zwar ſo, daß entweder die Verwirrung in dem Maße, als die Kräfte ſinken, allmälig abnimmt, oder plötzlich die volle Beſinnung eintritt und noch an demſelben Tage der Tod erfolgt."

Hier einige ſpecielle Beiſpiele.

„Daß der Menſch in ſeiner innerſten Tiefe ein höheres, unzerſtörbares Eigenthum, einen Geiſt beſitzt, den auch der Wahnſinn nicht antaſtet, ... davon giebt die Geſchichte einer 20 Jahre lang wahnſinnig geweſenen Frau in der Uckermark, welche im November 1781 ſtarb, einen merkwürdigen Beweis. In den einzelnen lichten Augenblicken ihres Zuſtandes hatte man ſchon früher eine ſtille Ergebung in einen höhern Willen und fromme Faſſung an ihr bemerkt. Vier Wochen vor ihrem Tode erwachte ſie endlich aus ihrem langen Traume. Wer ſie vor dieſer Zeit geſehen und gekannt hatte, erkannte ſie jetzt nicht mehr, ſo erhöht und erweitert waren ihre Geiſtes- und Seelenkräfte, ſo veredelt war auch ihre Sprache. Sie ſprach die erhabenſten Wahrheiten mit einer Klarheit und inneren Helle aus, wie man ſie im gewöhnlichen Leben ſelten findet. Man drängte ſich an ihr merkwürdiges Krankenbette, und alle, welche ſie ſahen, geſtanden, daß, wenn ſie auch während der Zeit ihres Wahnſinns im Umgange der erleuchtetſten Menſchen ſich befunden hätte, ihre Erkenntniſſe nicht höher und umfangreicher hätten werden können, als ſie jetzt waren.“ (Ennemoſer, Geſch. der Magie. S. 170).

„Bei einer ſeit 3 Jahren Wahnſinnigen wurde der Verſtand deſto klarer, je mehr ein in Folge eines Lenden-Abſceſſes entſtandenes hektiſches Fieber überhand nahm, bis endlich die Kranke unter völligem Gebrauche ihrer Geiſteskräfte ſtarb. Die Section ergab Hypertrophie des erweichten Gehirns, Verdickung des Schädels und Verwachſung der Dura mater mit dem Knochen. Der Wahnſinn war als Nachkrankheit des Scharlach zurückgeblieben“ (Bering in Naſſe's Zeitſchr. 1840. I. 131—140).

„Eine 30jährige, robuſte, verehelicht geweſene Maniaca (Mania errabunda ohne beſtimmte Wahnvorſtellungen, und ohne lucida intervalla) unterlag nach einem 4jährigen Aufenthalte in einer Anſtalt einem gaſtriſch-nervöſen Fieber, nach heftigem und ſtarrſinnigen Widerſtreben gegen Arzneien und Getränke. Als ſich nun die bevorſtehende Auflöſung des Körpers durch den Wegfall der Kräfte ankündigte, fing die Seele an, frei zu werden: die Kranke ſprach in den letzten zwei Tagen vor ihrem Tode vollkommen vernünftig und ſelbſt mit einem Aufwande von Verſtand und Klarheit, welche mit ihrer frühern Bildung in auffallendem Gegenſatze ſtand. Sie erkundigte ſich nach dem Schickſale ihrer Verwandten, bereute mit Thränen ihre Widerſpenſtigkeit gegen die ärztlichen Anordnungen und unterlag endlich dem herben Kampfe der wiedererwachenden Lebensluſt mit dem unabwendbaren Tode. (Butzke in Ruſt's Mag. Band LVI. H. 1.).

Du ſagſt vielleicht: all das ſind weitliegende Bilder und Schlüſſe. Ich ſehe doch, nach Maßgabe als mein Leib altert, altert auch mein Geiſt, wie ſollte es nicht vollends mit dem Geiſte aus ſein, wenn es vollends mit dem Leibe aus iſt, man ſieht ja doch ſchon deutlich, wo es hinaus will.

Aber wie; ſind denn das nicht auch Schlüſſe, die du da machſt? die Schlüſſe haben Schein, weil ſie das Nächſte treffen, um das ſich's doch nicht handelt; doch nur das Nächſte treffen ſie, nichts weiter.

Du ſchließeſt, weil mit dem Alter Leib und Geiſt abnimmt, ſo muß beides mit dem Tode aufhören. Du könnteſt eben ſo gut ſchließen, und würdeſt ſcheinbar eben ſo richtig und in Wahrheit eben ſo unrichtig ſchließen: weil das Pendel träge, matt wird, wenn es ſich dem Ende ſeiner Schwingung nähert, ja am Ende einen, freilich nur unmerkbaren, Moment wie ſtill ſteht, ſo hören ſeine Schwingungen hiemit ganz auf. Iſt aber dieſer Schluß falſch, warum ſoll denn jener triftiger ſein? Es beginnt ja doch von friſchem eine Schwingung.

Das Beiſpiel taugt freilich ſonſt wenig, als eben den Irrthum deines Schluſſes auf das Einfachſte zu zeigen; als Bild wär's viel zu dürftig, und zeigte nicht allwegs das Rechte, oder nur mit mühſeliger Deutung. Denn die Schwingung unſers neuen Lebens wird, wir ſchließen das aus Anderm, nicht einfach eine rückläufige Wiederholung der alten, ſondern eine Erweiterung derſelben in neuem Sinne ſein. Aber, legen wir's darauf an, können wir ſelbſt dieß nach dem Princip der Ungleichheit im Bilde wiederfinden, ohne welches kein Bild triftig ausgelegt werden kann. Iſt doch unſer Lebensgang ſchon hienieden nicht ein einfacher wie der des Pendels, der Saite. Der Greis wird, ſagt man, wieder ein Kind; ja in gewiſſer Beziehung wird er's; doch iſt er in anderer Beziehung das Gegentheil von einem Kinde, unſer Leben entwickelt ſich fort und fort von der Jugend bis zum Alter; ſelbſt der älteſte Greis macht noch neue Erfahrungen: es wird nur Alles matter, ſelbſt das neu Erfahrne; ſtatt deſſen erfährt das Pendel die Saite, auf der zweiten Hälfte ihrer Schwingung genau daſſelbe, als auf der erſten. Iſt's aber ſo anders mit uns als mit dem Pendel in der Schwingung des erſten Lebens, nun, ſo wird dieß ſo Anders auch in das zweite überreichen; die neuen Erfahrungen werden mit dem neuen Leben fortgehen, wie ſie hier fortgegangen ſind, ſich auf die alten aufzubauen fortfahren, aber mit neuer Friſche, neuem Schwunge.

Laſſen wir alles Bild mit dem Pendel, der Saite, bei Seite, ſo ſollte, wenn irgend etwas, die Betrachtung der Periodicität und fortgehenden Entwickelung unſers jetzigen Lebens ſelbſt uns verbürgen, daß das Alter eben nur das zu Endegehen einer Periode in dieſem fortſchreitenden Entwickelungsgange iſt, naturgemäß verkündigend den Eintritt einer neuen Periode, die Neues in neuem Sinne bringt. Wir kennen ſogar mathematiſch keine Fortſchreitung in Perioden, die irgendwo ein Ziel fände; wohl aber iſt der Begriff von kleinen Perioden, wie wir ſie z. B. in Schlaf und Wachen haben, die ſich in größere einbauen, ein geläufiger. Dieſe Betrachtung führt dazu über, den Tod ſelbſt nur als Geburt zu neuem Leben zu betrachten, die eine frühere Entwicklungsepoche abſchließt, indem ſie eine neue beginnt. Hievon ſprechen wir in einem ſpätern Abſchnitt.

C. Frage, wie die Exiſtenzen des Jenſeits unbeirrt durch einander beſtehen können.

Welch Durcheinander, wird man ſagen, im Jenſeits! Die Wirkungskreiſe, welche die verſchiedenen Menſchen hienieden um ſich ſchlagen, greifen alle in dieſelbe irdiſche Welt hinaus, müſſen ſich alſo allwegs darin begegnen und kreuzen; wie mag es nun denkbar ſein, daß die daran geknüpften geiſtigen Exiſtenzen ſich dereinſt noch als geſonderte fühlen, und nicht durch einander beirrt werden können?

Beiläufig haben wir zwar dieſer Schwierigkeit ſchon begegnet; aber faſſen wir die Sache genauer ins Auge.

Thun wir dieß, ſo werden wir ja gleich finden, daß die Zukunft uns in dieſer Beziehung nicht ſchlimmer ſtellt als das Jetzt; ja daß ſie weſentlich gar nichts Anders mitbringt, als was wir jetzt ſchon ganz ohne Schaden erdulden, ſogar ganz nöthig zum Verkehr mit Andern und zur eigenen Fortentwickelung haben. Bringt ſie es aber doch noch in etwas andrer Weiſe mit, ſo bringt ſie auch dadurch nur neuen Vortheil mit.

Denn ſchon jetzt greifen in das engere leibliche Syſtem des Menſchen, den Träger ſeines dieſſeitigen wachen Bewußtſeins, die weitern Wirkungskreiſe der andern Menſchen aufs Vielfachſte, Verwickeltſte, ja in ganz unentwirrbarer Weiſe ein. Was wir von andern Menſchen hören, leſen, erfahren, was überhaupt in uns anders wird, weil andere Menſchen da ſind, bildet einen ſolchen Eingriff ihrer weitern Lebensſphären in unſer jetziges engeres Syſtem in ganz demſelben Sinne, als er ſpäter in unſer weiteres Syſtem ſelbſt ſtattfinden wird, und ſchon jetzt in daſſelbe ſtatt findet, während es noch nicht den Träger unſers wachen Bewußtſeins bildet. Aber anſtatt daß unſre Individualität durch jenen Eingriff jetzt irgendwie beeinträchtigt, geſtört, verwiſcht, zerriſſen würde, gründet ſich unſer Verkehr mit Andern darauf, und bedürfen wir ſolchen Eingriffs zu unſrer eigenen Fortentwickelung; jeder ſolcher Eingriff bereichert uns mit einer neuen Beſtimmung. Der Unterſchied des künftigen Lebens vom jetzigen beruht nun in nichts Anderm, als daß nach Wegfall der engern innern Wirkungsſphären, die durch unſre jetzigen Leiber vorgeſtellt werden, blos noch der Eingriff der von ihnen ausgegangenen weitern Wirkungsſphären in einander übrig bleibt; aber es iſt nicht mehr Grund, daß die Individualitäten ſich durch dieß Eingreifen der weiteren Sphären in einander verlieren und ſtören ſollten, als es durch Eingreifen der weiteren Sphären in die engeren der Fall; dazumal jenes Eingreifen nur eine Fortſetzung und Fortentwickelung von dieſem. Vielmehr erklärt ſich eben hiedurch auf's Beſte, wie die im Dieſſeits angeknüpften Verbindungen und Verhältniſſe zwiſchen den Menſchen ins Jenſeits hinüberdauern und dort mit Bewußtſein fortgeſponnen werden können, da die ineinandergreifenden weiteren Sphären im Jenſeits Träger von Bewußtſein werden; ja wie ein innigerer Bewußtſeinsverkehr hiedurch im Jenſeits erwachen kann, als im Dieſſeits; denn während dieſſeits jeder nur mit einer unbewußten Ausbreitung ſeiner Lebensſphäre und zu kleinem Theile in des Andern bewußte Lebensſphäre eingreift, greift im Jenſeits jeder mit ſeiner ganzen bewußten Sphäre in des Andern bewußte Sphäre ein; und darum können ſich die Gedanken und Gefühle dort auf eine unmittelbarere Weiſe begegnen, als hier, obwohl es auch Beſchränkungen dieſes Begegnens im größern Geiſte wie in unſerm Geiſte giebt, wie früher ſchon beſprochen.

Das ſchon früher geltend gemachte Bild mit dem Steine, der im Waſſer Wellen ſchlägt, kann uns gut zur Erläuterung mancher Verhältniſſe dienen, die hier in Betracht kommen.

Wenn der Stein in den Teich geworfen iſt, ſchwankt das Waſſer an derſelben Stelle mehrmals auf und ab, hebt ſich, ſenkt ſich, und durch jede ſolche Oscillation wird ein Wellenzirkel erzeugt, der, ſich ausbreitend, den ganzen Teich durchläuft. Aehnlich ſchwankt der engere leibliche Proceß des Menſchen auf und ab, denken wir nur an Schlaf und Wachen, Puls, Athmen, den Wechſel von Ruhe und Bewegung überhaupt,und ſchlägt dabei in theils ſichtbaren, theils unſichtbaren Wirkungen ſeine Wellenzirkel in die irdiſche Außenwelt, die in ihren fernern Folgen dieſelbe ganz durchſchreiten. Es iſt im Grunde nur eine andre Form des Bildes mit der Violine. So lange nun der Bewegungsproceß an der Ausgangsſtelle der Erſchütterung, d. i. in dem innerſten Zirkel der Teichwelle, lebhaft iſt, kann man leicht veranlaßt ſein, ſie allein in Betracht zu ziehen, und die äußern Zirkel dagegen zu vernachläſſigen, obwohl ſie factiſch beſtehen. So vernachläſſigen wir über dem engern leiblichen Proceß gewöhnlich deſſen Fortſetzung in den weitern, obwohl eine ſolche Fortſetzung doch factiſch beſteht. Inzwiſchen nimmt die Kraft der Bewegung allmählich in dem innerſten Zirkel, dem der urſprünglichſten Erregung, ab und erliſcht endlich ganz; dann bleibt blos noch das Syſtem der weitern, von da ausgegangenen Zirkel übrig, worin ſich noch alle die bewegende Kraft wiederfindet, die erſt in dem innerſten Kreiſe enthalten war. So wird unſer weiterer Leib von aller der Lebenskraft beſeelt werden, die dem engern während ſeines Lebens zukam.

Wie viel Steine nun auch in den Teich geworfen ſind, ſo erſtreckt ſich das Wellenſyſtem um jeden ſo gut als das um jeden andern durch die ganze Materie des Teiches fort, hat ſo zu ſagen den ganzen Teich zum Leibe, wie jeder von uns dereinſt die ganze Erde; jeder Punct des Teiches gehört allen Wellenſyſtemen zugleich, aber jedem in verſchiedener Weiſe und verſchiedener Stärke und Richtung der Bewegungen an; alle Bewegungen der verſchiedenen Syſteme ſetzen ſich immer neu an neuen Puncten mit einander zuſammen; und trotz dem bleibt doch jedes Syſtem im Ganzen vom andern individuell unterſchieden, das eine ſchreitet mit unabänderlicher Selbſtſtändigkeit durch das andere hindurch. So gut ſich aber mit dem Auge objectiv die Geſammtheit dieſer von verſchiedenen Urſprüngen herrührenden, auf's Mannichfaltigſte ſich zuſammenſetzenden, Wirkungen in verſchiedene discrete Syſteme zerfällen läßt, ſo gut kann es auch für ein Selbſtgefühl ſubjectiv ſein; ja nicht nur eben ſo gut, ſondern, wenn die objective Unterſcheidung ihre naheliegende Gränze hat, können wir dagegen erwarten, daß die ſubjective keine Gränze hat, da es ſich bei den Wirkungskreiſen, die unſre künftige Exiſtenz tragen werden, um Syſteme handelt, deren jedes von vorn herein auch im Jetztleben trotz aller Eingriffe fremder Wirkungskreiſe nichts als ſich ſelbſt und was ihm von andern geſchieht, fühlt.

Ungeachtet jedem Wellenſyſtem der ganze Teich gehört, ſteht doch jedes in einer andern örtlichen Beziehung dazu; der Ausgangspunct der Wellen iſt für jedes ein verſchiedener und ſo ſtellt ſich auch Alles, was davon folgeweis ausgeht, örtlich verſchieden zum Teiche. Und ſo wird es auch dereinſt mit unſrer Leiblichkeit ſein. Derſelbe Raum wird uns allen gemeinſchaftlich angehören, doch wird jeder dazu in einer andern Beziehung ſtehen.

Freilich geſtaltet ſich das Syſtem der von einem Menſchen während ſeines Lebens ausgehenden Wirkungen nicht ſo einfach, als das Syſtem der Wellen um einen Stein in einem Teiche: und wenn wir uns denken ſollen, daß die Wirkungsſyſteme der verſchiedenen Menſchen nicht nur zu Anfange, ſondern auch in ihren entfernteſten Fortwirkungen, nicht nur die Wirkungsſyſteme aller jetzt lebenden ſondern auch aller früher geſtorbenen Menſchen ungeſtört, unverwirrt mit und durch einander in derſelben Welt beſtehen ſollen, ſo ſchwindelt der Vorſtellung und es ſcheint ihr etwas Unmögliches zugemuthet zu werden. Doch nichts Wirkliches kann unmöglich ſein; es laſſen ſich aber wirklich für ſolche ſchwindelerregende Vorſtellungen Beiſpiele aus der Wirklichkeit anführen, die uns nöthigen, ihre Statthaftigkeit als begründet anzuerkennen.

Zuvörderſt iſt gewiß, daß jede Welle im Teiche, die ſich das erſtemal mit einer andern ohne Störung kreuzt, auch nach beliebig weiter Fortſchreitung, und beliebig vielen Zurückwerfungen, d. i. in den entfernteſten Fortwirkungen, ungeſtört mit ihr kreuzen wird. Die Fortwirkungen, vermögen ſich in dieſer Hinſicht nicht mehr anzuhaben, mehr zu verwirren als die Anfänge. Wenn ſich aber beim Waſſer ſchwer Experimente anſtellen laſſen würden zum Beweiſe, daß auch die Wellen von beliebig vielen Mittelpuncten unbeirrt durch einander bleiben; ſo bedarf es nicht einmal beſonderer Experimente dazu bei einem andern Medium, dem Lichte. Der Raum iſt von ſo vielen Lichtwellen durchkreuzt, als es ſichtbare Puncte darin giebt, d. i. von unzähligen; und jede dieſer Lichtwellen kreuzt ſich im Fortſchreiten nicht blos einmal, ſondern an jedem Puncte, den ſie durchſchreitet, immer aufs Neue und in neuer Weiſe mit allen übrigen Lichtwellen, ſetzt ſich damit zuſammen, die rothen mit den grünen, die blauen mit den gelben, die ſtarken mit den ſchwachen Wellen. Auch hier ſchwindelt der Vorſtellung ob dieſer Verwickelung, und dennoch langt jede Welle ungeſtört, als ob ſie durch einen reinen glatten Raum einſam und allein fortgeſchritten wäre, beim Auge an, und zeichnet und malt in Zuſammenhang mit den andern die richtigen Verhältniſſe der Gegenſtände darin ab. Man würde es auch für unmöglich halten, wenn es nicht wirklich wäre. Nach ſolchen Beiſpielen darf man alſo auch glauben, daß die Syſteme von Wirkungen, welche von unzählich verſchiedenen Menſchen ausgehen, ſich kreuzen können mit unzählichen Syſtemen anderer Wirkungen, ohne deßhalb ſich zu ſtören oder zu verwirren. Nach Maßgabe, als jeder in ſeinem Jetztleben anders mit der Natur verkehrt, wird er dereinſt die Natur anders durchdringen, auch in ſeinen fernſten Fortwirkungen anders durchdringen, und dieſe andere Durchdringungsweiſe wird unbeirrt bleiben können durch die andern Syſteme, mit denen ſich ſein Bewegungsſyſtem kreuzt.

Man fragt vielleicht: aber kann, was von Waſſer- und Lichtwellen gilt, die durch ein ruhiges gleichförmiges Mittel ſich fortpflanzen, auch übertragen werden auf die Wirkungen, die ſich vom Menſchen aus in die Außenwelt fortpflanzen, wo jede Wirkung andern Wirkungen auf unregelmäßige Weiſe begegnet; muß nicht hier alle Ordnung und aller urſprüngliche Charakter gänzlich geſtört, ja aufgehoben werden durch den regelloſen Zutritt anderer Wirkungen? Wenn ein Stein in ein zügellos aufgerührtes Meer fällt, wird nicht die Form der durch ihn entſtehenden Wellen hier auch bald gänzlich zerſtört ſein durch die zufälligen Bewegungen, mit denen ſie zuſammentrifft; ihr Charakter, ihre Eigenthümlichkeit bald gänzlich verwiſcht ſein, und ein ordnungsloſes Weſen von ihr übrig bleiben?

Aber dieſer Einwand fußt auf falſchen Vorausſetzungen. Die Wirkungen des Menſchen ſtralen eben nicht in eine Welt hinein, in der es ordnungslos, regellos, zufällig herginge, die ſich mit einem zügellos aufgerührten Meere vergleichen ließe; ſondern es waltet eine Zweckmäßigkeit, Geſetzlichkeit, ein Fortſchritt nach gewiſſen Zielen im Ganzen darin, die wir auch im Ganzen recht wohl erkennen können, wenn ſie gleich zu großartig oder von zu hoher Ordnung iſt, als daß wir die Art, wie jedes Einzelne dazu beiträgt, auch ſo leicht einzeln verfolgen könnten. Indem aber unſre Wirkungen in die äußere Welt voll geſetzmäßig und zweckmäßig zuſammenwirkender Bewegungen hineinſtralen, können ſie weder dieſe Geſetzlichkeit und Zweckmäßigkeit ſtören, noch in der eignen Geſetzlichkeit und Zweckmäßigkeit dadurch geſtört werden; weil beider Entſtehen, Wirken, Fortwirken, Ineinanderwirken von Anfange an in derſelben allgemeinen höhern Geſetzlichkeit verrechnet liegt: unſer Wirken als Moment der Entwickelung des Ganzen ſchon in das Geſetz dieſer Entwickelung aufgenommen ſein muß. Sollten die Wirkungsſyſteme ſich durch ihre Kreuzung regellos ſtören; ſo müßte dies doch auch im Ganzen, was aus der Kreuzung hervorgeht, ſichtbar ſein, und je mehr ſolche Syſteme im Laufe der Zeiten in einander eingriffen und je weiter ſich ihre Fortwirkungen erſtreckten, deſto mehr müßte die Irrung und Verwirrung zunehmen. Statt deſſen ſehen wir die Welt ſich nach und nach immer mehr ordnen, organiſiren, geſtalten, das Zerſtreute ſich verknüpfen; ohne daß doch das Einzelne dabei verſchwimmt. Kirche, Staat, Kunſt, Wiſſenſchaft, Handel, ſind Beweiſe ſolcher zunehmenden Organiſation, die factiſch ein Erfolg des Ineinandergreifens menſchlicher Wirkungskreiſe iſt, und zwar nicht blos der Wirkungskreiſe der Lebenden, ſondern auch der Geweſenen. Wer kann hier von Störung, Irrung, Verwirrung ſprechen. Zeigt ſich aber im Ganzen die Irrung nicht, warum ſie im Einzelnen ſuchen.

Im Uebrigen kann freilich wieder nicht Alles im Bilde zulänglich ſein. Unſer leiblicher Proceß iſt nicht durch einen äußerlich in das Lebensmeer geworfenen Stein erweckt, ſondern durch eine Selbſterſchütterung entſtanden, nicht empfindungslos, nicht entwickelungsunfähig, nicht auf Monotonie gleichförmiger Bewegungen beſchränkt, wie die Teichwelle; in all dieſen Beziehungen werden auch andre Folgen für den Wirkungskreis, den unſer enger leiblicher Proceß um ſich ſchlägt, hervorgehen, als für den, den der engſte Wellenzirkel im Teiche um ſich breitet.

Es hindert nichts, zu ſagen, da überhaupt alle ſolche Ausdrücke mehr oder weniger uneigentlich ſind, daß wir *ſchon jetzt* alle die Erde zu unſerm gemeinſchaftlichen Leibe haben; ſie iſt *ein* Leib, und wir ſind alle Glieder dieſes ſelbigen einen Leibes; *jedes* Glied kann aber den *ganzen* Leib zu ſich rechnen; nur daß er für jedes eine andere Bedeutung hat, wie jedes ſelbſt dafür eine andere Bedeutung hat; alle dieſe Bedeutungen kreuzen ſich ſchon jetzt für uns in der Erde, ohne ſich zu ſtören. Inzwiſchen iſt in unſerm Jetztleben doch für jeden blos ein kleiner Theil des Erdleibes, der engere Leib eines Jeden, Träger wachen Bewußtſeins, der übrige Erdleib, ja im Grunde der übrige Weltleib, ſteht in einer mehr unbewußten Beziehung dazu; wie ſelbſt in unſerm engern Leibe es einen Theil giebt, das Gehirn, der ein vorzugsweiſer Träger wachen Bewußtſeins iſt, indeß der übrige in mehr unbewußter Beziehung dazu ſteht. Mit dem

Tode gewinnen wir aber die ganze Erde zu einem gemeinſamen Träger unſers Bewußtſeins, und zwar jeder nach der Seite, nach der er ſich hienieden in Bewußtſeinsbeziehungen mit ihm geſetzt hat, und dieſe Bewußtſeinsbeziehungen entwickeln ſich nun weiter fort.

Wenn die vorigen Betrachtungen der Vorſtellung manches Ungewohnte zumuthen, was doch näher beſehen und factiſch nur in die gewöhnlichſten Vorgänge der Welt hineintritt, ſo erleichtern ſie ihr dagegen von vorn herein Anderes, was ihr ſonſt ſchwer fällt zu faſſen und daher in der Regel lieber dahin geſtellt wird. Will man die immer neu auftauchenden und ins folgende Leben übergehenden Seelen ſich bei Wiederaufnahme eines Leibes in den Raum und die Materie neben einander theilen laſſen, ſo tritt die Schwierigkeit des chineſiſchen Kirchhofs ein, wo (angeblich) die Leichen nur neben einander begraben werden dürfen. Wo wird zuletzt der Platz für die Lebenden, wie für die Todten herkommen? Man ſagt, Gott wird das ſchon machen. Gewiß; nur geſtatte man ihm auch die Mittel dazu und verlange nicht, daß er aus zwei mal zwei fünf mache. Wie wird auf unſern Kirchhöfen die Schwierigkeit der chineſiſchen vermieden? Dadurch, daß wir die Leichen immer in denſelben Raum hineinbegraben, indem wir glauben, daß ſich die Leichen nach dem Tode nichts mehr anhaben werden. Nun eben ſo vermeidet unſre Anſicht die Schwierigkeit für die Geiſter, da ſie dieſelben alle in denſelben Raum hinein erwachen läßt, in dem Glauben, daß ſich die Geiſter nach dem Tode eben ſo wenig gegenſeitig anhaben werden, und ſtatt ſich den Raum zu beengen und ſtreitig zu machen, in dem gemeinſchaftlichen Beſitze deſſelben das beſte Mittel auch zu gemeinſchaftlicher Nutzung deſſelben finden werden. Es dünkt mich, daß es eine ſchönere Vorſtellung iſt, anſtatt die Geiſter der Zukunft immer räumlich neben einander zu ſetzen, d. h. an neben einander befindliche Materienhaufen zu binden und darin zu begränzen, vielmehr dieſelben in freierer und ſchrankenloſerer und doch nicht örtlich gleichgültiger Beziehung zum Raum und zur Materie als immer neue Beſtimmungsſtücke in den höhern Geiſt eintreten zu laſſen, ſo daß jeder ſpäter Eintretende fortfährt, deſſen Entwickelung zu ſteigern, was doch nicht unter der Form des immer neuen Nebeneinanderſeins der Geiſter geſchehen könnte, ſondern nur des Durch- und Miteinanderſeins in der Weiſe, wie es in unſerer Anſicht liegt.

Sehen wir doch, daß ſich recht wohl eine Einheit des Pſychiſchen an eine Zuſammenſetzung aus discreten Materien zu knüpfen vermag, wofern nur die Bewegungen dieſer Materie ein zuſammenhängendes Syſtem darſtellen, wie unſer jetziger Leib ſelbſt beweiſt; wenn aber die materielle Discretion die pſychiſche Einheit nicht hindert, kann ſicher eben ſo gut umgekehrt mit einer materiellen Gemeinſchaftlichkeit eine pſychiſche Discretion beſtehen, d. h. ein und derſelbe Leib, der Leib der Erde, Wohnſitz mehrerer Seelen ſein, ſofern dieſer Leib verſchiedene Bewegungsſtröme zugleich einſchließt; da ſich einmal zeigt, daß die materielle und pſychiſche Discretion nicht weſentlich zuſammenhängen.

D. Frage, wiefern der Tod unſers jetzigen Leibes ein Erwachen unſers künftigen mitführen könne.

Man kann fragen, was hat der Tod an ſich, das den weitern Leib, den unſer engerer um ſich hervorgetrieben, zum Träger unſers Bewußtſeins dereinſt erheben oder zum Bewußtſein erwachen laſſen könnte, indeß er jetzt ſchlummert? Iſt dieſer weitere Leib, was wir ſo nennen, ſchon jetzt als eine Fortſetzung des engern, als uns angehörig, zu betrachten, ſo fragt ſich, warum er nicht ſchon jetzt auch an unſerm bewußten Leben Antheil nimmt; oder, wenn dies jetzt nicht wirklich der Fall iſt, was berechtigt überhaupt, anzunehmen, daß es mit dem Tode der Fall ſein wird, ja was berechtigt, ihn überhaupt als eine für unſere Seele irgendwie bedeutungsvolle Fortſetzung unſrer jetzigen Leiblichkeit zu betrachten. Die Wirkungen, welche von uns in die Welt ausgehen, werden doch nur im Ausgangspuncte als unſre gefühlt; das einmal von uns Gethane ſcheint uns verloren; was es durch ſeine Folgen weiter wirkt, wie es durch Folgen der Folgen immer mehr ins Ferne greift, welchen Mit- und Gegenwirkungen es begegnet, berührt unſer Bewußtſein nicht mehr oder nur zufällig, und dann nicht anders, als jedes Fremde. Nun ſollen aber unſre Wirkungen und Werke mit ihren Fortwirkungen in der Außenwelt bis ins Fernſte eine noch für unſer geiſtiges Daſein bedeutungsvolle Fortſetzung unſrer jetzigen engen Leiblichkeit bilden. Aber in unſerm engen Leibe fühlen wir was vorgeht, ſeine Veränderungen und die Fortwirkungen dieſer Veränderungen ſind uns nicht fremd, nicht verloren, begegnen ſelbſt in ihren fernſten Folgerungen immer unſerm Gefühle, geben Beſtimmungen für unſer Bewußtſein her. In ſofern geht uns unſer enger Leib an, in wiefern aber unſer weiter?

Inzwiſchen was geht uns unſer enger Leib ſelbſt noch an, wenn wir im Schlafe nichts mehr von dem, was in ihm vorgeht, fühlen? In ſofern geht er uns noch an, als der ſchlafende Leib eine aus dem wachenden unmittelbar fortgeſponnene Fortſetzung des wachenden iſt, die wieder zu erwachen verſpricht. Das aus dem Wachenden gekommene Schlafende kann alſo doch, das ſehen wir hiermit, wieder erwachen und ſetzt dann das frühere Leben fort. Alſo wird auch unſer jetzt noch ſchlafender weiterer Leib als eine aus dem wachenden engern unmittelbar fortgeſponnene Fortſetzung deſſelben dereinſt erwachen und das Leben deſſen, aus dem er gekommen, fortſetzen können. Was wir im Nacheinander unſers engern leiblichen Lebens ſehen, Abwechſelung von Schlaf und Wachen, warum ſollte das nicht auch im Nebeneinander unſers engern und weitern möglich ſein; warum nicht eine Verbindung wie eine Folge eines ſchlafenden und wachenden Leibes möglich ſein; welche Verbindung doch auch wieder in eine Folge auszuſchlagen verſpricht, ſofern einſt der engere Leib einſchläft, der weitere erwachen wird. Wir haben freilich geſagt, der Tod ſei nicht mit einem Einſchlafen zu verwechſeln, d. h. aber nur mit keinem Einſchlafen, was den alten Leib blos zeitweiſe in Unbewußtſein ſenkt, um ihn ſpäter wieder um ſo kräftiger erwachen zu laſſen: wohl aber kann er als ein Einſchlafen betrachtet werden, was den alten Leib für immer ins Unbewußtſein ſenkt, um dafür einen damit verknüpften ſchlafenden Leib neu erwachen zu laſſen, der die Kraft zum neu beginnenden wachen Leben in ſeinem Schlummer geſammelt hatte. Denn Alles, was von Kraft dem alten Leibe im Wachen entgangen iſt, hat der neue Leib im Schlummer aufgenommen.

Noch einleuchtender erſcheint dies, wenn wir im Sinne der Vorſtellung S. 132, anſtatt blos den abſtracten Kreis unſrer Wirkungen und Werke als unſern weitern Leib ins Auge zu faſſen, die ganze Erde außer uns als ſolchen faſſen, nach der Beziehung aber, nach der wir uns derſelben einverleiben, oder wie S. 193 dieſelbe ſchlechthin als einen großen Leib faſſen, deſſen Glieder wir ſchon jetzt ſind, der zu uns gehört, wie wir zu ihm, nur mit Rückſicht, daß von unſerm bewußten Eingreifen in denſelben dieſſeits ſeine Bedeutung für unſer bewußtes Jenſeits abhängen wird, was im Grunde Alles nur verſchiedene Wendungen des Ausdrucks für dieſelbe Sache ſind. Dann können wir es ſo anſehen, als ſetze ſich unſer jetziges leibliches Geſammtſyſtem aus dem kleinen, wachen, engen Leib und dem größern, für uns ſchlafenden, weitern Leib, d. i. der übrigen Erde zuſammen: denn wieviel auch in der Erde außer uns wach ſein mag, für unſer dieſſeitiges Bewußtſein ſchläft ſie doch bis auf den kleinen Theil, den unſer enger Leib von ihr bildet. Im Tode aber, wo unſer bewußter enger Leib vergeht, erwacht dieſer weitere Leib für unſer Bewußtſein eben nach Seiten der Fortwirkungen, die unſer bewußtes Leben in ihn hinein erzeugt hat. Jeder wie der Andre kann die Erde ſchon hienieden als ſeinen Leib rechnen; es iſt unſer Aller gemeinſchaftlicher unbewußter Leib hienieden, und wird im Jenſeits unſer aller gemeinſchaftlicher bewußter Leib. Dies iſt der ganze Unterſchied. Dabei gilt es nicht mehr, die Möglichkeit dieſes Zuſammenbeſitzes zu betrachten, was wir im Vorigen genug gethan haben; es fließt aber daraus, daß die Betrachtung, die wir für jeden einzelnen Menſchen insbeſondere anſtellen können, dadurch keine Irrung leidet, daß wir ſie eben ſo für jeden andern auch anſtellen können.

Aber, kann man erwiedern, hat die Annahme eines ſolchen Verhältniſſes, daß ein Theil unſrer Leiblichkeit jetzt ſchlafe, indeß der andere gleichzeitig wacht, irgend etwas für ſich? Im jetzigen Schlafe unſers engen Leibes, der unſren Anſichten von Schlaf doch zu Grunde gelegt werden muß, ſchläft jedenfalls der ganze Leib auf einmal und erwacht wieder auf einmal; hier aber wird der wunderliche Zuſtand angenommen, daß das leibliche Syſtem einem Theile, dem engern innern nach, wache, und zugleich einem andern, als dazu gehörig anzuſehenden, äußern, weitern nach ſchlafe. Wo giebt es Etwas im Jetztleben, das für eine ſolche Möglichkeit ſpräche?

Inzwiſchen, wenn man Beiſpiele verlangt, daß ein Leib zum Theil wachen, zum Theil ſchlafen könne, ſo fehlt es in der That in unſerm engern Leibe ſelbſt nicht daran: man muß ſich nur nicht an das Wort Schlaf kehren, welches im gewöhnlichen Sprachgebrauche nun einmal blos für das totale Schwinden des Bewußtſeins und für eine beſondere Form dieſes Schwindens gebraucht wird, und in ſofern ſelbſtverſtändlich nicht auf partielle Bewußtſeinsverfinſterungen angewendet werden kann; ſondern die anders bezeichnete Sache ins Auge faſſen, welche hier in Betracht kommt, auf die es inzwiſchen, zur leichtern Hervorhebung mancher Beziehungen, immerhin erlaubt ſein kann, das Wort Schlaf in uneigentlichem verallgemeinernden Sinne überzutragen.

Wenn Jemand mit vollſter Aufmerkſamkeit einen Gegenſtand betrachtet, ſo hört er unterdeß ſo viel wie nichts von dem, was um ihn her vorgeht, fühlt nichts von dem Zuſtande der Wärme und Kälte ſeiner Haut; Hunger, Durſt ſchweigen für den Augenblick; alles eigentliche Nachdenken erliſcht, vorausgeſetzt nur, daß er ſich möglichſt rein in die ſinnliche Anſchauung verſenkt; kurz ſein Bewußtſein iſt in merklichem Grade nur in Bezug auf die Thätigkeiten wach, die ihren vorzugsweiſen Sitz im Auge und dem, was damit im Gehirn zuſammenhängt, haben, und was wir in ſeiner Geſammtheit immerhin als Auge ſchlechthin zuſammenfaſſen mögen, ohne dabei blos das äußere Auge zu meinen. Daß es jedenfalls wirklich einen *beſondern* Theil in uns giebt, der dem Sehen vorzugsweiſe vor andern Theilen dient, beweiſt ſich ja dadurch, daß wir zwar noch ſo gut als vorher ſehen, wenn das Bein, der Arm, die Naſe, das Ohr abgeſchnitten wird, manche Gehirntheile zerſtört werden, aber nicht mehr, wenn äußeres Auge, Sehnerv oder die Theile des Gehirns, worin dieſer wurzelt, zerſtört werden. Hier haben wir alſo in der That einen für das Bewußtſein wachenden Theil in einem zur Zeit übrigens relativ ſchlafenden Leibe. Nun iſt richtig, der Schlaf des übrigen engern Leibes iſt nicht ſo tief, als wir ihn von unſerm weitern Leibe annehmen; er iſt nicht einmal ſo tief, als unſer gewöhnlicher Schlaf; ein Geſammteindruck macht ſich, während wir etwas aufmerkſam betrachten, doch auch noch von dem geltend, was uns ſonſt afficirt; er iſt auch nicht ſo feſt, als der Schlaf unſers weitern Leibes, jedes heftige Geräuſch, ein Nadelſtich u. ſ. w. unterbricht ihn; aber da es ſchon für unſern engern Leib die mannichfaltigſten Grade der Relativität und Partialität in dieſer Hinſicht vom Todtenſchlafe oder Scheintode bis zum gewöhnlichen Schlafe; von der extatiſchen Verſenkung in eine Empfindung, wo alles in uns außer einer kleinen Sphäre tief ſchläft, bis zu einer Zerſtreuung, wo wir auf Alles und Nichts recht aufmerkſam ſind, giebt, ſo hindert nichts, den weitern Leib ſelbſt mit unter die Kategorie dieſer Relativität zu faſſen, und, wenn wir doch im Jetztleben niemals ein Zeichen des Wachens an ihm wahrnehmen, das Extrem der Tiefe und Feſtigkeit des Schlafes in ihm zu ſuchen. Ueberdies iſt der Schlaf unſers weitern Leibes vielleicht nicht einmal abſolut tief, wie ſich zeigen wird, und wenn der ganze oder partielle Schlaf des engern Leibes durch einen Nadelſtich unterbrochen werden kann; ſo kann ja der des weitern durch einen Dolchſtoß unterbrochen werden, der uns eben zum andern Leben erwachen läßt. Der Stich muß blos etwas tiefer gehen, weil der Schlaf etwas tiefer iſt. Für jeden unſerer Theile hat es einmal eine Zeit gegeben, wo er noch nichts empfand, oder wir noch nichts mittelſt deſſelben empfanden, ſeine Empfindung noch ſchlummerte. Die ganze Zeit vor der Geburt iſt eine ſolche, wo noch der ganze engere Leib ſchlief, unſer Jetztleben iſt die Zeit, während deren noch der ganze weitere Leib für uns ſchläft; aber jeder Augenblick kann die Bedingungen zum Zulänglichen ergänzen, daß er das erſtemal erwache, wie unſer enger Leib ein erſtesmal erwacht iſt, indem wir jeden Augenblick ſterben können.

Sehen wir näher zu, ſo finden wir, daß es ſogar ſchon in unſerm engern Leibe einen Theil giebt, der, obwohl durchaus zu uns gehörig, doch faſt eben ſo conſtant, wenn auch nicht ganz eben ſo tief im Dunkel des Unbewußtſeins liegt, als wir von unſerm weitern Leibe wollen.

Wer wird ſeinen Unterleib, ſeinen Magen, ſeine Eingeweide nicht zu ſeinem Leibe rechnen; aber was fühlt er von den Veränderungen darin? Verſchluckt er einen Pflaumenkern oder ſonſt einen Biſſen, ſo ſpürt er noch oben im Schlunde, wie derſelbe herabgleitet, ob er groß, klein, rauh, weich, hart, ſpitzig, ſchlüpfrig, kalt, heiß iſt; tiefer herab ſpürt er von all dem nichts mehr; der Magen krümmt ſich, windet ſich um den Biſſen, bewegt ihn hin und her, ſaugt ihn aus, treibt ihn aus, verſperrt ihm den Rückweg; das alles thut ein Theil des Leibes, den wir unſer nennen; und doch empfinden wir nichts von all dieſer Thätigkeit. Und ſo ſpüren wir überhaupt in der Regel nichts, weder von den beſondern

Veränderungen in unſerm Verdauungsſyſtem, noch Gefäßſyſtem, nicht das wunderbare Spiel des Herzens, nicht den Puls, der unſern ganzen Körper durchdringt. Alles, was nach den gewöhnlichen Anſichten unter der Herrſchaft des ſogenannten Ganglienſyſtems vor ſich geht, iſt unſerm wachen Bewußtſein entzogen, wenn gleich nicht verloren, denn ein allgemeiner Beitrag zu unſerm Gemeingefühl, Lebensgefühl findet von dieſer Seite immer ſtatt, ja dies hat ſeinen hauptſächlichſten Grund darin. So können wir alſo obenhin ſelbſt unſern engern Leib ſchon in zwei Theile theilen, einen, innerhalb deſſen das Bewußtſein wandert, wechſelnd der Zeit und dem Raume nach wacht (Gehirn- und Sinnes-Sphäre), und einen andern, in den es gar nicht eintritt, für den es conſtant ſchläft. Was nun hindert, die Veränderungen in unſerm weitern Leibe aus einem ganz ähnlichen Geſichtspuncte zu betrachten, als in unſerm engern die ſind, welche in die Sphäre des Ganglienſyſtems fallen. In der That wird damit gar nichts Neues für den weitern Leib gefordert, daß er eben ſo ſchlafen ſolle, und wenn das neu ſcheint, daß er einſt ſoll erwachen können, was das Ganglienſyſtem nicht kann, ſo können doch andre Theile des Menſchen wechſelnd ſchlafen und wachen, und ſelbſt in der Ganglienſphäre, oder dem was man dazu zu rechnen pflegt [*], findet mitunter doch eine Art des Erwachens ſtatt, worauf ich ſogleich komme.

---

[*] Es waltet nämlich über die Scheidung der Gehirn- oder Cerebroſpinal- und Ganglienſphäre in der Phyſiologie noch große Unſicherheit ob, die uns indeß hier nicht zu kümmern hat.

Der Unterſchied zwiſchen wachenden und ſchlafenden Theilen iſt, wie wir ſchon bemerkt, überhaupt kein ſtrenger noch abſoluter; auch was wir unbewußt oder für das Bewußtſein ſchlafend nennen, iſt darum nicht ohne Einfluß auf das Bewußtſein, nicht mit bewußtlos zu verwechſeln; es ſcheidet ſich nur nichts darin für das Bewußtſein, ſondern geht in einen allgemeinen Einfluß zuſammen. Wer in ſchöner Gegend ſpazieren geht und tief nachdenkt, weiß nicht, was für Vögel um ihn ſingen, was für Bäumen er begegnet; die Sonne wärmt und ſcheint: er denkt nicht daran; aber doch iſt ſeine Seele anders geſtimmt, als wenn er im finſtern kalten Zimmer ſäße und daſſelbe bedächte; ja die Umgebungen werden ſelbſt einen Einfluß auf die Form und Lebendigkeit ſeines Gedankenganges haben; alſo iſt alles jenes Unbewußte doch nicht ohne Einfluß in ſeinem Bewußtſein, heißt nur darum unbewußt, weil es ſich für das Bewußtſein nicht nach beſondern Beſtimmungen ſcheidet. Wir haben dies ſchon anderwärts betrachtet. Wie es nun hier mit unſrer Gehirn- und Sinnesſphäre zeitweiſe iſt, iſt es mit unſrer Ganglienſphäre immer oder faſt immer. Die Veränderungen, die darin vorgehen, und die wir uns unbewußte nennen, ſind darum nicht ohne Einfluß auf unſer Bewußtſein. Wie wir verdauen, wie unſer Blut läuft, hat Einfluß auf unſer körperliches Wohlbefinden, ſogar auf Form und Gang unſers Denkens. Alles, was im Kreislauf und Ernährungsproceß vor ſich geht, trägt, wenngleich nicht für ſich unterſchieden, doch im Zuſammenhange mit dem Andern auf das Weſentlichſte, ja als

Hauptſache zu unſerm allgemeinen Lebensgefühl bei; dieſes aber geht in alle Beſtimmungen unſers Bewußtſeins ſelbſt als Grundmoment ein, bildet ſo zu ſagen das, worüber ſich die beſondern Beſtimmungen des Bewußtſeins erſt erheben, nur daß in ihm ſelbſt in der Regel nichts unterſchieden wird. Aber es reicht hin, daß eine Aufregung in der Sphäre des Ganglienſyſtems ſich in abnormer Weiſe geltend mache, der Magen ſich entzünde oder krampfhaft afficirt werde, das Herz ſich ſtark zuſammenziehe, ſo können auch beſondere Aenderungen ſehr lebhaft in Schmerz, Angſt u. dergl. zum Bewußtſein kommen; wenn auch nie zu ſo klarem, als Veränderungen in der Sphäre des Gehirnſyſtems. Nun können wir unſern weitern Leib in der Außenwelt wieder aus dem Geſichtspuncte derſelben Relativität betrachten. Wir können glauben, daß ſeine Veränderungen zwar auch jetzt nicht einflußlos auf unſer Bewußtſein ſind, aber daß dieſer Einfluß im normalen Gange des Lebens noch viel mehr in dem allgemeinen Grund- und Lebensgefühl aufgeht, noch ſchwerer in beſondern Beſtimmungen zum Bewußtſein kommt, als der Einfluß der Veränderungen, die in der Sphäre unſers Ganglienſyſtems vor ſich gehen. Ja könnte ein ſolcher Einfluß, den wir unbewußt empfinden, und darum gar nicht zu empfinden glauben, einmal wegfallen, ſo würden wir wohl bemerken, daß er auch jetzt da iſt; wie man das Salz in den recht geſalzenen Speiſen nicht zu ſchmecken glaubt, aber wohl ſchmeckt, wenn es einmal fehlt. Aber dieſer Einfluß kann von Seiten des weitern Leibes ſo wenig je wegfallen, als von Seiten der Sphäre des Ganglienſyſtems, von dem wir auch das, was er uns leiſtet, bei all unſern Bewußtſeinsbeſtimmungen mit in den Kauf nehmen, ohne es beſonders zu gewahren, ja faſt ohne daran zu glauben. Wenn aber doch beſonders ſtarke Aufregungen und Störungen in der Sphäre des Ganglienſyſtems ſich in unſerm Bewußtſein durch beſondere, mehr oder weniger beſtimmte oder unbeſtimmte, Empfindungen geltend machen können, ſo werden wir ſolche Fälle für unſern weitern Leib noch ſeltener zu erwarten haben, da er noch tiefer für unſer Bewußtſein ſchläft. Sind jenes ſchon Ausnahmsfälle, ſo werden dieſes noch ſeltnere Ausnahmsfälle ſein müſſen. Dennoch verlangt man vielleicht, daß ſie nicht ganz fehlen, um nur irgend einen directen Beweis für die pſychiſche Zugehörigkeit des von uns ſupponirten weitern Leibes zu uns zu haben.

Vielleicht iſt dies Verlangen nicht zu erfüllen; gewiß aber iſt, daß, ſo lange ſich gewiſſe, freilich von Vielen mit Zweifel betrachtete, Phänomene nicht als entſchieden irrig erweiſen laſſen, man auch nicht ſagen kann, daß es ganz an Zeichen des Verlangten fehle. Selten können ſie nach den vorigen Betrachtungen nur ſein; und ſie ſind in der That ſelten, und eben wegen dieſer Seltenheit und der Unmöglichkeit, ſie auf bekannte Phänomene unſrer engern Leiblichkeit zurückzuführen, hat man von jeher Mißtrauen gegen ihre Statthaftigkeit gehegt; in unſrer Anſicht aber finden wir das Erklärungsprincip für dieſe Seltenheit der Thatſache und die Thatſache zugleich, indem wir darin die Spur eines abnormen Erwachens unſers weitern Leibes erkennen, der Art, daß Veränderungen, die ſonſt ins Unbewußtſein gänzlich verſchwimmen, ſich doch in mehr oder weniger beſtimmten oder unbeſtimmten Empfindungen uns kund geben.

Ich führe einige Beiſpiele an, die zeigen werden, was ich meine; überlaſſe es übrigens, wie überhaupt bei dieſer ganzen Klaſſe von Thatſachen, einem Jeden, dieſelben anzunehmen oder nicht; da ſie zwar unſrer Lehre zu Statten kommen, aber doch keine nothwendige Stütze derſelben ſind.

Eine junge, mir bekannte Dame, von ſonſt heiterer Gemüthsart, die Tochter eines meiner Collegen, in deren Erzählung ich nach ihrem durchaus zuverläſſigen Charakter nicht den mindeſten Zweifel ſetzen kann, gerieth während der Vorbereitungen zu einem Familienfeſte, wo Alles um ſie heiter war, und ohne die geringſte Veranlaſſung dazu zu haben, in eine ihr ſelbſt ganz unerklärliche Angſt, vor der ſie ſich nicht zu laſſen wußte, ſie weinte, ſonderte ſich ab von der Geſellſchaft und konnte ſich gar nicht beruhigen. Bald darauf kam die Nachricht an, daß ein entfernter Verwandter, an dem ſie ſehr gehangen hatte, zu derſelben Zeit durch einen Unglücksfall um's Leben gekommen war.

Folgende Beiſpiele entnehme ich aus andern Schriftſtellern:

Lichtenberg erzählt in ſeinem Nachlaß: „Ich lag einmal in meiner Jugend des Abends um 11 Uhr im Bette und wachte ganz hell, denn ich hatte mich eben erſt niedergelegt. Auf einmal wandelte mich eine Angſt wegen Feuer an, die ich kaum bändigen konnte, und mich dünkte, ich fühlte eine immer mehr zunehmende Wärme an den Füßen, wie von einem nahen Feuer. In dem Augenblicke fing die Sturmglocke an zu ſchlagen und es brannte, aber nicht in meiner Stube, ſondern in einem ziemlich entfernten Hauſe. Dieſe Bemerkung habe ich, ſo viel ich mich jetzt erinnern kann, nie erzählt, weil ich mir nicht die Mühe nehmen wollte, ſie durch Verſicherungen gegen das Lächerliche, das ſie zu haben ſcheint, und mich gegen die philoſophiſche Herabſetzung mancher der Gegenwärtigen zu ſchützen.“ (Seherin von Prevorſt. S. 292).

„Ein reicher Gutsbeſitzer fühlte ſich einſtmals, als es ſchon ziemlich ſpät in der Nacht war, gedrungen, einer armen Familie in ſeiner Nachbarſchaft allerhand Lebensmittel zu ſenden. Warum gerade heute noch, fragten ſeine Leute, ſollte das nicht bis morgen am Tage Zeit haben? — Nein, ſagte der Herr, es muß noch heute geſchehen. Der Mann wußte nicht, wie dringend nothwendig ſeine Wohlthat für die Bewohner der armen Hütte war. Dort war der Hausvater, der Verſorger und Ernährer, plötzlich krank geworden, die Mutter war gebrechlich, die Kinder weinten ſchon ſeit geſtern vergeblich nach Brod und der Kleinſte war dem Verhungern nahe; jetzt wurde auf einmal die Noth geſtillt." — „So wurde auch ein andrer Herr, der, wenn ich nicht irre, in Schleſien wohnte, in ſeiner nächtlichen Ruhe durch den unwiderſtehlichen Antrieb geſtört, hinunter in den Garten zu gehen. Er erhebt ſich vom Lager, geht hinunter, der innere Drang führt ihn hinaus, durch die Hinterthür des Gartens auf das Feld, und hier kommt er gerade zur rechten Zeit, um der Retter eines Bergmanns zu werden, der beim Herausſteigen aus der Fahrt (Leiter) ausgeglitten war und im Hinabſteigen ſich an dem Kübel mit Steinkohlen feſtgehalten hatte, den ſein Sohn ſo eben an der Winde heraufzog, jetzt aber die vergrößerte Laſt nicht mehr allein bewältigen konnte." — „Ein ehrwürdiger Geiſtlicher in England fühlte ſich auch einſtmals, noch bei ſpäter Nacht, gedrungen, einen an Schwermuth leidenden Freund zu beſuchen, der in ziemlicher Entfernung von ihm wohnte. So müde er auch iſt von den Arbeiten und Anſtrengungen des Tages, kann er doch dem Drange nicht widerſtehen; er macht ſich auf den Weg, kommt in der That wie gerufen zu ſeinem armen Freunde, denn dieſer ſtand ſo eben im Begriffe, ſeinem Leben durch eigene Hand ein Ende zu machen, und wurde durch den Beſuch und das tröſtliche Zureden ſeines nächtlichen Gaſtes auf immer aus dieſer Gefahr gerettet." — „Profeſſor Böhmer in Marburg fühlte ſich einſtmals, da er in traulicher Geſellſchaft war, innerlich gedrungen, nach Hauſe zu gehen und hier ſein Bett von dem Orte, wo es ſtand, hinweg an einen andern zu rücken. Als dies geſchehen war, ließ die innere Unruhe nach, und er konnte zur Geſellſchaft zurückkehren. Aber in der Nacht, als er in der nun für ſein Bett gewählten Stelle ſchläft, ſtürzte die Decke über dem Theil des Zimmers ein, wo früher ſeine Lagerſtätte war." (Schubert, Spiegel der Natur. S. 24).

Es genüge an dieſen Beiſpielen, deren ſich leicht noch mehrere ſammeln ließen.

Man kann alles dieß für Zufall oder Dichtung erklären, und ich behaupte nicht, daß dergleichen Erzählungen überhaupt im Sinne exacter Forſchung als nach aller Richtung zuverläſſig anzuſehen. Aber es könnte doch auch nicht Zufall ſein, es könnte doch auch nicht Alles hiebei erfunden und erlogen ſein; und es hat in vielen Fällen nicht das Ausſehen danach. Und ſo wird man immer nicht ſagen können, es ſtehe ſchlechthin feſt, daß der Menſch überall blos Empfindungen auf gewöhnlichem Wege aus ſeinem engern Leibe ſchöpfe, denn in all' dieſen Fällen fand eine beſondere Beſtimmung des Bewußtſeins durch etwas weit außerhalb des engern Leibes Liegendes Statt.

Es läßt ſich hiebei die Bemerkung machen, daß die Ereigniſſe zumeiſt etwas betrafen, was den Ahnenden und ſeinen Wirkungskreis beſonders nahe anging, die Gefahr oder Noth eines theuern Verwandten oder Perſonen, denen der Helfende unſtreitig hülfreich zu ſein gewohnt war; alſo wirklich das, etwas in den beſondern Wirkungskreis der betreffenden Perſon ſehr ſpeciell eintrat. Auch waren es immer beſonders ſtarke, dringende Anläſſe, welche die Ahnung hervorriefen; wie auch in der Sphäre unſers Ganglienſyſtems ſich Angſt, Schmerz nur bei beſonders ſtarken Anregungen als Sondergefühl kund giebt.

Natürlich laſſen ſich auch die Fälle der Fernſicht und hiemit zuſammenhängenden Vorausſicht der Somnambulen hieher ziehen, von denen ſchon früher die Rede war. Hierüber werde ich gleich nachher noch einige Bemerkungen beifügen.

Das Bisherige hat blos zeigen ſollen, daß die Annahme eines tiefen Schlafes unſers weitern Leibes während des Jetztlebens mit der Möglichkeit des einſtigen Erwachens den Thatſachen dieſes Jetztlebens nicht nur nicht widerſpricht, ſondern ſelbſt Unterſtützung darin findet. Betrachten wir jetzt näher die Frage, warum er aber eben jetzt noch ſchläft, und was der Tod mit ſich bringen kann, das ihn erwachen läßt. Hierzu wird blos ein beſtimmteres Eingehen auf die Geſetzlichkeit derſelben Thatſachen nöthig ſein, die uns ſchon im Vorigen geleitet haben.

Wir finden, daß in unſerm engern Leibe zwiſchen dem Wachſein verſchiedener Organe ein antagoniſtiſches Verhältniß beſteht, ſo daß das relative Wachſein eines Theiles mit einem relativen Schlafe anderer für das Bewußtſein verknüpft iſt. Ja es ſcheint dies ein allgemein und tief in der Natur unſers Organismus begründetes Geſetz zu ſein Das vorzugsweiſe Erwachen eines Theiles kann auf ſolche Weiſe ſelbſt als Urſache gelten, daß andere relativ einſchlafen, und das Einſchlafen eines Theiles als Grund, daß andere relativ zu erwachen anfangen. Nach Maßgabe, als Jemand ganz Auge zu ſein anfängt, ſein Bewußtſein ganz ſo zu ſagen von der Thätigkeit dieſes Organs abſorbirt wird, ſchläft er für Ohr und andre Sinnesorgane ein; und nach Maßgabe, als er aufhört, ganz Auge zu ſein, werden nothwendig wieder Veränderungen in andern Theilen ſeines leiblichen Syſtems das Bewußtſein heller afficiren.

Nehmen wir nun an, was in der natürlichen Conſequenz unſerer Anſicht liegt, daß dies Geſetz, was ſich für unſern engern Leib insbeſondere gültig zeigt, auch für das Geſammtſyſtem unſers engern und weitern Leibes gültig ſei, ſo wird das Einſchlafen des engern Leibes ſelbſt auch eine Dispoſition für das Erwachen des weitern mitführen, ja derſelbe wirklich relativ wacher als vorher dadurch werden müſſen. Aber im gewöhnlichen Leben iſt das Einſchlafen des engern Leibes nicht ſo tief, daß der weitere, der noch unverhältnißmäßig tiefer ſchläft, erheblich aufgeweckt werden könnte. (Spuren davon, von der Natur der früher bemerkten, namentlich in vorbedeutenden Träumen, zeigen ſich jedoch wirklich öfters, und würden ſich wohl noch öfter zeigen, wenn uns mehr Rückerinnerung von unſern Träumen bliebe.) Nun aber der tiefſte, keinem Erwecken mehr Raum gebende, Schlaf unſers engern Leibes iſt der Tod, wo alles Bewußtſein für denſelben gänzlich und unrettbar verloren geht. Aber eben dies muß die kräftigſte Bedingung ſein, daß es im weitern Leibe erwache. Was uns Zerſtörung unſers ganzen Syſtems ſcheint, iſt hiernach blos gänzliches Verlaſſenwerden ſeines einen Theils von der das Bewußtſein tragenden Lebensthätigkeit und dauernder Uebergang des Bewußtſeins auf den andern. Wenn wir wollen, können wir dies wirklich als das Fahren der Seele in einen andern Leib faſſen; aber im Grunde iſt es nur das Erwachen eines andern Leibestheils, den wir ſchon an uns haben, zum Bewußtſein, wie wir dergleichen im Leben des engern Leibes innerhalb deſſelben ſelbſt oft ſehen. In Wahrheit verläßt auf ſolche Weiſe die Seele eigentlich nie ihren Körper; ſondern ihre Aenderungen folgen blos den Aenderungen ihres Körpers, wie dies auch bei Lebzeiten ohne Schaden der Individualität der Fall, nur daß die Aenderung im Tode auf einmal größer iſt, als je während Lebzeiten.

Man kann ſagen, aber Zerſtörung des engern Leibes iſt nicht Einſchlafen. Inzwiſchen lehrt die Erfahrung ſelbſt, daß in der That hierfür dieſelben Geſetze gelten.

ſo weit ſie für uns hier in Betracht kommen. Der Unterſchied iſt blos der, daß ein eingeſchlafener Theil beim Erwachen das Bewußtſein ſo zu ſagen wieder an ſich reißen kann, ein zerſtörter nicht; das Auge, das jetzt ſchläft, weil vielleicht ein andrer Sinn oder die Gedanken lebhaft beſchäftigt ſind, kann einmal wieder ſeinerſeits ſich die Obmacht erringen. Aber wenn das Auge zerſtört iſt, kann es nie wieder der Fall ſein. Vielmehr werden andre Sinnesorgane dauernd um ſo thätiger, Ohr und Finger fangen an das Auge zu erſetzen; das Bewußtſein, was ſich vorher zwiſchen die Beſchäftigung durch die Veränderungen des Auges und der andern Sinne wechſelnd gleichſam getheilt hatte, wendet ſich jetzt ausſchließlich den letztern zu. Ich brauche, indem ich von Theilung des Bewußtſeins u. dergl. ſpreche, etwas palpable Ausdrücke für Facta, die vielleicht ſehr ſubtiler Betrachtung fähig ſind, aber es kommt eben blos darauf an, das Factiſche zu bezeichnen. Und dazu ſind ſie genügend.

In den bisherigen Betrachtungen ſuchten wir vornämlich durch die thatſächlichen Verhältniſſe des partiellen Schlafs und Wachens (was wir ſo nannten) in unſerm engern Leibe entſprechende Verhältniſſe im Geſammtſyſtem unſers engern und weitern Leibes zu begründen und zu erläutern, aus dem Geſichtspuncte, daß ſich in den Geſetzen unſers engern Leibes nur in beſonderer Weiſe allgemeinere Geſetze unſers geſammten Leibes abſpiegeln, von dem der engere nur ein Theil. Aber auch die Verhältniſſe des eigentlichen oder vollen Schlafs und Wachens unſers engern Leibes geben Anhalt zu paſſenden Erläuterungen.

Wie das Leben unſers engern Leibes ſich in der Zeitfolge in eine Epoche des Wachens und des Schlafes theilt, ſo das Geſammtſyſtem unſers Leibes in der Gleichzeitigkeit in einen wachenden und einen ſchlafenden Theil. Jenes der engere Leib, dieſes der weitere. So haben wir's ſchon dargeſtellt. Dieſer ſchlafende weitere Leib iſt aber ſelbſt erſt dadurch entſtanden, daß alle Wirkungen, die früher in unſerm engern Leibe zum Wachen beitrugen, in Schlaf verſinken, wie ſie über denſelben hinauskommen; und alle kommen endlich über denſelben hinaus. Der ganze dieſſeitige wache Menſch geht nach und nach in den weitern Leib ſchlafen. So gut aber der engere Leib aus dem kurzen Tagesſchlafe, in den er periodiſch verfällt, wieder erwacht, wenn er entweder nach natürlicher Einrichtung des Lebensganges Kräfte genug für das neue Erwachen geſammelt hat, oder gewaltſam erweckt wird, erwacht der weitere Leib aus dem längern Lebensſchlafe, in den er verſunken iſt, wenn er nach der natürlichen Einrichtung des menſchlichen Lebens Kräfte genug für das Erwachen ins neue Leben geſammelt hat, oder gewaltſam ins neue Leben erweckt wird. Und hiermit erwacht alſo der ganze Menſch des vorigen Lebens wieder. In jedem Falle erwacht der weitere Leib in dem Augenblicke, wo der engere Leib unfähig wird, ihn ferner mit neuen Momenten zu verſtärken, die einſt dem Bewußtſein dienen können, ſei dieſer Zeitpunct durch natürlichen oder gewaltſamen Tod herbeigeführt, und überhaupt (wodurch ſich dieſe Betrachtung mit der vorigen verknüpft) ſteht der weitere Leib mit dem engern Leibe in einem derartigen antagoniſtiſchen Connex, daß, je tiefer der engere Leib unter die Schwelle des Bewußtſeins ſinkt, um ſo mehr Dispoſition zum Erwachen des weitern entſteht, in abnormen Fällen ein zeitweiſes partielles Erwachen des weitern Leibes auch wohl ſchon ſtatt finden kann, wenn der engere Leib nur partiell ſehr tief einſchläft, ein volles und unwiederbringliches Erwachen des weitern Leibes aber erſt dann eintreten kann, wenn das Wiedererwachen des engern überhaupt nach allen Theilen und Seiten deſſelben unmöglich geworden iſt. War nun der Schlaf des weitern Leibes im Jetztleben viel tiefer, als der des engern, ſo wird ſein Wachen im neuen Leben entſprechend viel heller ſein, und wenn dieſſeits im weitern Leibe Alles ſchlafen gegangen iſt, was je im engern gewacht hat, ſo wird jenſeits Alles, was je hier ſchlafen gegangen iſt, wieder erwachen. Obwohl dies nicht ſo zu verſtehen iſt, als ob wir uns nun beim Erwachen des weitern Leibes *auf einmal* Alles deſſen wieder bewußt werden ſollten, was nach und nach durch das Bewußtſein unſers engern Leibes gegangen; nur theils die allgemeine Möglichkeit, es mit ſeinen Fortbeſtimmungen wieder ins Bewußtſein zu nehmen, theils der allgemeine Eindruck davon wird damit gegeben ſein. Das Bewußtſein wird unſtreitig in unſerm weitern Leibe und der Erinnerungswelt, die darin begriffen und begründet iſt, künftig in ähnlichem Sinne wandern, als jetzt in unſerm engern Leibe und als in der kleinen Erinnerungswelt, die darin begriffen und begründet iſt, nur mit hellerm, einen größern Umkreis auf einmal deutlich erhellenden Lichte, größeren Schritten, größerer Leichtigkeit und Freiheit, größerer Objectivität und Realität des Erſcheinenden, als jetzt das Bewußtſein durch den Kreis der ihm zu Gebote ſtehenden Erinnerungen wandelt; und wenn ſchon nicht Alles in einzelnen Stücken auf einmal in dem jenſeitigen Bewußtſein aufgezählt liegen wird, was ſich dieſſeits im Bewußtſein nach einander abgezählt hat, wird doch das ganze Facit, das ganze Gewicht, der ganze Werth unſers bisherigen Lebensinhaltes ſich in Eins und auf einmal im Bewußtſein geltend machen können [*].

Da wir bei dieſem Gegenſtande wieder lebhaft an Phänomene und Verhältniſſe des Somnambulismus erinnert werden, ja ſich eine Art Theorie deſſelben an die vorigen Betrachtungen von ſelbſt knüpft, ſo nehme ich hier Gelegenheit, einige Worte über den Bezug zu ſagen, der ſich überhaupt von ſo vielen Seiten ungerufen zwiſchen den vorausſetzlichen Zuſtänden des Jenſeits und den Zuſtänden des Schlafwachens, wie ſie geſchildert werden, aufdrängt, und zwar nicht nur uns, ſondern den verſchiedenſten Beobachtern und Darſtellern aufgedrängt hat, ja auch den Somnambulen von ſelbſt ſich aufzudrängen ſcheint, ſofern ſie ſehr häufig dieſen Bezug geltend machen.

Schubert äußert ſich in folgender Weiſe über den betreffenden Gegenſtand:

„Mehr als irgend ein andrer iſt der Zuſtand des magnetiſchen Schlafes ein Bild des Todes mit allen ſeinen Schreckniſſen und mit ſeinen Hindeutungen auf einen ſiegreichen Ausgang des Lebens aus dieſen Schreckniſſen. Mitten in dem Zuſtande, der ſchon ſelber einem tiefen Schlafe gleicht, ſcheint es öfters, als kündige ſich ein noch tieferer, gleichſam eine zweite höhere Potenz des Schlafwachens an. Die Kranken reiben ſich die Augen, gähnen und geben alle Zeichen der äußerſten Schläfrigkeit von ſich; zuweilen geht hiebei der Odem ſo ſchwer aus und ein, wie bei dem angehenden Röcheln des Todes. Aus einem ſolchen todtenähnlichen Zuſtande des Schlafes entwickelt ſich aber ein Erwachen, welches ebenfalls jenem, das der Seele aus dem Tode widerfahren wird, näher zu ſtehen ſcheint, als das gewöhnliche Wachen. Plötzlich bewegt das bleiche Geſicht, deſſen Augen feſt geſchloſſen ſind, ein inneres Leben, welches die Züge des Schmerzes oder der gleichgültigen Ruhe in die des Entzückens und des wacheſten Bewußtſeins umwandelt. In der That, es hat oft ein ſolches Ausſehen jenen Schein, welchen die Augenblicke der höchſten Begeiſterung über das Menſchenangeſicht verbreiten, oder es gleichet der Verklärung, welche zuweilen in der letzten Stunde des Lebens über das Antlitz der Sterbenden heraufſteigt.“

---

[*] Die Seherin von Prevorſt ſagt: „In dieſem Momente (des vollen Todes) ſteht dann auch dem Geiſte das vergangene Leben in Einer Zahl und Wort da, und iſt er am Orte ſeiner Beſtimmung nach dieſer Zahl und Wort.“

„Der Leib iſt jetzt mehr noch als im tiefſten Schlafe, ja zuweilen ſo ſehr als in der Starrſucht und im Scheintod, nach jener Richtung, in welcher ſonſt das Gehirn auf die Sinnesorgane und Glieder, und dieſe rückwärts auf das Gehirn wirken, gelähmt und gebunden. Es zeigt ſchon die Stellung und das Ausſehen, der wie bei einem Todten nach Oben ſtarrende Augapfel, einem Beobachter, welcher die Augenlider des magnetiſch Schlafenden gewaltſam von einander zieht, daß die Verſicherung ſolcher Schlafenden gegründet ſei, nach welcher ſie nicht mit dieſem gewöhnlichen Auge zu ſehen vermögen. Die völlige Taubheit der Somnambulen gegen alle, auch noch ſo lauten Stimmen, außer jener des Magnetiſeurs und andrer mit ihnen magnetiſch verbundenen Weſen, beweiſt auch, daß der gewöhnliche Weg des Hörens bei ihnen nicht Statt finde, und ſo iſt es mit der Thätigkeit aller andern Sinne.“ (Schubert, Geſch. d. Seele. II. S. 39).

Juſtinus Kerner ſagt: „Und ſo ſiehſt du auch, mein Lieber, den magnetiſchen Menſchen, während er noch immer an den Körper und ſomit an die Welt der Sinne gebunden iſt, mit verlängerten Fühlfäden hinaus in eine Welt der Geiſter ragen und von dieſer die ein Zeuge ſein. Ein ſolches Beſtreben, ein ſolches Hinüberragen in eine Welt der Geiſter ſehen wir auch mehr oder weniger in allen magnetiſchen Menſchen, aber in dieſem unſerm Falle (Seherin von Prevorſt) in einem ſo ausgezeichneten Grade, daß noch kein gleicher bis jetzt bekannt iſt.“ (Juſtinus Kerner, Seherin von Prevorſt S. 251).

Nehmen wir an, es verhalte ſich mit den Zuſtänden des Somnambulismus ſo, wie berichtet wird, wenigſtens theilweis ſo, ſo ließe ſich nach ſchon oben gegebener Andeutung die Erklärung davon geben, daß das partielle ſehr tiefe Einſchlafen gewiſſer Sphären des engern Leibes, namentlich der ganzen äußern Sinnesſphäre, was bei Somnambulen überall ſtatt findet, antagoniſtiſch ein partielles Erwachen des weitern Leibes mitführte, und daß die dadurch gewonnenen ſchrankenloſern Wahrnehmungen dadurch in's Dieſſeits mittheilbar werden, daß der Hellſehende doch noch durch eine Seite des engern Leibes im wachen Dieſſeits wurzelt, (da er ja doch ſonſt nicht mit uns ſprechen könnte). Statt daß der Tod den engern Leib ganz einſchlafen oder geradezu fallen, den weitern ganz erwachen läßt, ließe der Somnambulismus den engern Leib nur theilweis tief einſchlafen, den weitern nur theilweis erwachen; und ſo hätten wir jetzt ein Syſtem, welches nach ſeiner wachen Seite bald dem Dieſſeits, bald dem Jenſeits angehörte; mithin freilich keinem recht angehörte, und daher freilich auch die Leiſtungen, die beiden zugehören, nicht recht zu vollziehen müßte. In Bezug auf das Dieſſeits unterliegt dieß keinem Zweifel; aber es würde ſich nun auch erklären, wie die Leiſtungen, die dem Jenſeits eigentlich zugehören, nur geſtört, unvollſtändig, getrübt ausgeübt werden können. Der hellſehende Somnambule kann ſich im Jetztleben nicht mehr recht finden; er ſieht manche Dinge nicht, die Andre ſehen; er ſieht manche Dinge, die Andre nicht ſehen; er ſieht und fühlt manche Dinge anders, als ſie Andre ſehen und fühlen; weil ſchon eine Weiſe des Sehens und Fühlens in ſein Jetztleben hineinſpielt, die eigentlich gar nicht mehr Sache des Jetztlebens iſt. Aber das Umgekehrte iſt auch wahr; wie er ſich im dieſſeitigen Zuſtande nach manchen Hinſichten nicht mehr recht findet, ſo findet er ſich im jenſeitigen Zuſtande noch nicht recht; er betrachtet Alles noch mehr oder weniger mit der Brille des Jetztlebens; ſieht Alles mehr oder weniger aus engen dieſſeitigen

Geſichtspuncten, die für's Jenſeits keine Wahrheit mehr haben oder eine andre Bedeutung gewinnen; Einbildungen des Jetztlebens vermiſchen und verwirren ſich um ſo leichter mit Realitäten des künftigen Lebens, als Erinnerungen und Phantaſieen ſelbſt eine realere Bedeutung für das Jenſeits entwickeln werden, als ſie hienieden haben, erhalten einen realen Beſtand auch im Jenſeits nur nach Maßgabe erlangen werden, als ſie verträglich ſind mit denen der übrigen Geiſter. Wir ſind ſo zu ſagen erſt mit einem Fuße im Steigbügel des Roſſes, was uns einſt durch eine neue Welt tragen wird, und ſehen ſo, etwas höher aufgerichtet, auch etwas weiter, als im gewöhnlichen Stande und Gange, aber dieſer ſelbſt iſt gehemmt und der neue noch nicht angetreten.

Bekanntlich reicht Erinnerung aus dem gewöhnlichen wachen Zuſtande in den ſomnambulen hinüber, indeß das Umgekehrte nicht gilt. Vielmehr iſt nach Erwachen aus dem ſomnambulen Zuſtande alle Erinnerung dieſes Zuſtandes erloſchen. So, kann man ſagen, wird zwar die Erinnerung des dieſſeitigen Zuſtandes in den jenſeitigen hinüberreichen, aber es giebt keinen Weg, rückwärts den jenſeitigen Bewußtſeinszuſtand in den dieſſeitigen erinnernd abzuſpiegeln. Wer ganz todt iſt, bleibt ganz todt, und was einer im ſomnambulen Zuſtande gethan und gedacht, bleibt für ſeine dieſſeitige Erinnerung todt; indeß wahrſcheinlich bei dem Erwachen in's Jenſeits die Erinnerung daran wieder lebendig werden wird.

Ich bin in der That geneigt, die wunderbaren Erſcheinungen des Somnambulismus aus dieſem Geſichtspuncte aufzufaſſen, ſo weit ſie überhaupt richtig ſind, wofür ich die Gränze unbeſtimmt laſſe; weil mir ſo die Geſammtheit dieſer Erſcheinungen ſich am beſten zurecht legt.

Zwar ſcheint es viel einfacher zu ſein, das jedenfalls eigenthümlich modificirte und in gewiſſer Hinſicht geſteigerte Wahrnehmungsvermögen der Somnambulen, was allgemein geſprochen nirgends in Abrede geſtellt wird, aus einer antagoniſtiſchen Steigerung dieſes oder jenes gewöhnlichen Sinnes, dieſer oder jener Sphäre der Gehirnthätigkeit bei Einſchlafen der übrigen zu erklären; und ſo geſchieht es im Allgemeinen von denen, welche zwar das Sonderbare, aber nicht das Wunderbare der Erſcheinungen des Somnambulismus anerkennen (z. B. von Forbes in einer kleinen, an ſich ſehr beachtenswerthen, Schrift); indeß kann man eben damit nicht die eigenthümlichen Erſcheinungen des Hellſehens erklären, falls doch etwas von ſolchen richtig bleiben ſollte; auch bezeugen alle Somnambulen, ſo viel ſich darüber geäußert haben, übereinſtimmend, daß ihre Wahrnehmungen ſelbſt der Umgebung nicht auf dem gewöhnlichen Sinnenwege erfolgen (vgl. S. 189). Und das ſcheint mir doch einiges Gewicht den ziemlich gezwungenen Beweiſen gegenüber zu haben, daß es auf ſolchem Wege noch erfolgen könne. Es erfolgt aber nun einmal nach den Somnambulen ſelbſt nicht auf ſolchem Wege, und die innere Erfahrung muß hier mehr bedeuten, als die äußere. Ich ſetze dabei freilich voraus, daß nicht alle Somnambulen Lügner ſind, was freilich alle gewiß ſind, die den ſomnambulen Zuſtand ſelbſt erſt lügen; aber auch alle wirklich Somnambulen? Das wäre eine ſtarke Annahme. Die allgemeine Uebereinſtimmung derſelben in dem betreffenden Puncte (während ſie in andern Puncten oft gar ſehr abweichen) beweiſt ſelbſt gegen die allgemeine Lüge, wenn nicht Alles nur Repetition einer und derſelben Grundlüge ſein ſollte; aber auch das wäre eine ſtarke Annahme.

Eine Mutter wollte ihrem Kinde nicht mehr zu eſſen geben, und behauptete, es habe Bauchweh, da es ſelbſt vielmehr noch Appetit zu haben verſicherte. Das Kind konnte ſich nun blos auf ſein entſchiedenes inneres Gefühl und darauf berufen, daß es ja von Appetit nicht reden würde, wenn es ihn nicht hätte; die Mutter aber bewies ihm experimental ſein Bauchweh, indem ſie es ihm äußerlich am Bauch abfühlte; und ſo behielt ſie Recht. So erweiſen wir durch äußerliche Experimente, daß die Somnambulen in unſerm Sinne ſehen, hören, ungeachtet ſie ſelbſt das Gegentheil verſichern, und wir behalten Recht, weil die Somnambulen ſo wenig als das Kind äußerlich beweiſen können, was ſie innerlich fühlen.

Inzwiſchen geſtehen wir immer zu, zu den abſichtlichen Täuſchungen in dieſem Gebiete kommen Selbſttäuſchungen, falſche Beobachtungen, ungeeignete Darſtellungen, Uebertreibungen, Verſchweigungen, Kinderei, unwillkürliches Zurechtlegen im Sinne vorgefaßter Anſichten von Seiten der Beobachter wie der Somnambulen ſelbſt treten, und all' das hat unſtreitig ein großes, freilich leider unentwirrbares, Spiel hier getrieben. Und man muß jedenfalls nicht eher neue Wunder annehmen wollen, als die

die Principien, die uns bisher in der Erklärung der alten Wunderwelt der Natur richtig geführt haben, uns ganz im Stiche laſſen. Hierin liegen äußere und innere Gründe genug, welche den exacten Forſcher mit Recht beſtimmen, das ganze Gebiet dieſer wunderbaren Erſcheinungen mit ſtarken Zweifeln zu betrachten, obwohl ſie ihn meines Erachtens nicht zu etwas mehr berechtigen können. Sicher iſt nicht Alles Gold, was in dieſem Gebiete dafür ausgegeben wird; doch würde es ſchwerlich ſo viel nachgemachtes und falſches Gold geben, wenn es nicht auch ein weniges ächtes gebe. Dieſe Anſicht von der Sache, welche dem Zweifel volle Gerechtigkeit widerfahren läßt, und ſelbſt in unbeſtimmtem Grade denſelben theilt, iſt jedenfalls Grund, weshalb ich immer nur mit Rückhalt auf dies Gebiet eingehe, und, ſo ſehr es unſrer Lehre zu Statten kommt, doch keine eigentliche Stütze derſelben darin ſuchen mag*. Dieſe ſuche ich vielmehr nur in klaren Thatſachen und Geſichtspuncten, welche dem wachen Dieſſeits entnommen ſind, und wieder dafür Anwendung finden, zugleich aber die Betrachtung darüber hinauszuleiten dienen. Aber dieſe Begründungsweiſe unſrer Lehre ſelbſt führt auf Bezugspuncte zu jenem Gebiete, deren Berückſichtigung um ſo weniger abzuweiſen war, als die Wahrſcheinlichkeit der bezweifelten Phänomen ſelbſt dadurch wächſt, daß wir auf ihre Statthaftigkeit in einem andern als dem dieſſeitigen Gebiete des Seins durch die Geſetze dieſes dieſſeitigen Seins ſelbſt geführt werden, und ein abnormes Uebergreifen der Verhältniſſe beider in einander nach ihrem Zuſammenhange wohl möglich halten dürfen. Wenn in normalem Zuſtande nur die Leber Galle abſondert, in abnormen Zuſtänden (Gelbſucht) auch die Haut es thut, nur ſchwächer und unvollſtändiger, ſo kann

---

* Um ſo mehr finde ich mich, ungeachtet entgegenſtehenden theoretiſchen Intereſſes, veranlaßt, auf dem Standpuncte objectiven Zweifels hinſichtlich der Wunder des Somnambulismus noch ſtehen zu bleiben, als eigene, freilich nicht ſehr ausgedehnte, Erfahrungen eine Stimmung in dieſer Richtung begünſtigen. Eine Somnambule (die Hempel), welche eine Zeitlang in Dresden Aufſehen machte, gab mir Gelegenheit, (während etwa 8 Tagen) mancherlei Beobachtungen und Prüfungen über dieſen Gegenſtand anzuſtellen; ich muß aber geſtehen, nur negative Reſultate erhalten zu haben. Keine Probe gelang; obwohl ſie ſich bereit zu den Proben erklärte und ihr Magnetiſeur (Dr. K.) mit großer Gefälligkeit darauf einging, indem er allerdings erinnerte, daß das Vermögen des Hellſehens nicht immer gleich ſicher ſei. Sie errieth weder richtig, was ihr Magnetiſeur auf meine Anordnung im andern Zimmer that, noch was in verſchloſſenen Packeten enthalten war, die ihr in die Hand gegeben wurden, noch was den entfernten Kranken fehlte, über deren Zuſtände ich ſie befragte; obwohl es ihre Hauptbeſchäftigung war, über das Leiden und die Heilung entfernter Patienten Auskunft zu geben; ja ſie errieth nicht einmal die Wunde, die ich zufällig am Arme hatte, als ich ſie um den Zuſtand deſſelben befragte, nachdem ich mich mit ihr in Rapport geſetzt. Dabei überzeugte ich mich, daß Andre, welche ſie wegen der Zuſtände ferner Patienten conſultirten, ihr vielfach ſelbſt auf die Sprünge halfen, und daß in ihrer Umgebung eine große Geneigtheit beſtand, Alles zuſammenzuſuchen und aufzufaſſen, was in ihren Ausſagen zutraf oder den Schein des Zutreffens hatte, das Nichtzutreffende aber nicht zu berückſichtigen, ſo daß die daher rührenden Berichte über ſie freilich viel Wunderbares zu enthalten ſchienen; auch mochte darin Manches wirklich wunderbar ſein; nur ich ſelbſt habe nichts conſtatiren

---

können. Sie ſahe auch Engel und machte Wanderungen durch die Geſtirne, was ſie aber von dieſen berichtete, waren Abſurditäten. Dabei kann ich nicht zweifeln, daß es eine wirkliche Somnambule war, um die es ſich hier handelte; das im wachen Zuſtande ſehr gewöhnlich ausſehende Bauermädchen nahm im ſomnambulen Zuſtande eine Art verklärtes Ausſehen an, zeigte einen edlern Ausdruck im Sprechen, namentlich eine große Geläufigkeit in Reimen zu ſprechen, und überhaupt ein ganz andres Weſen, als im gewöhnlichen wachen Zuſtande; Umſtände, die mir immerhin ſehr merkwürdig erſchienen ſind, ſo daß ich, unter der Mitrückſicht auf andre Umſtände, wenigſtens die ſubjective Ueberzeugung hatte, daß hier ein abſonderlicher Zuſtand vorliege.

Auch in der, an ſchlichten Thatſachen reichen, Schrift von Siemers: Erfahrungen über den Lebensmagnetismus. Hamb. 1835, werden die mannichfachſten Fälle angeführt (S. 148. 149. 161. 168. 169. 171. 172. 173. 189. 192. 193. 196. 274 ff.), daß Somnambulen ſich in Betreff der Beurtheilung des krankhaften Zuſtandes theils ihrer ſelbſt, theils Andrer, wie auch in Vorausſagen und Fernſichten irren; während allerdings Anderes in bemerkenswerther Weiſe zutraf.

So wenig nun die vorigen negativen Erfahrungen zu Gunſten der Wundererſcheinungen des Somnambulismus ſprechen und einen kritikloſen Glauben daran rechtfertigen würden, ſo wenig können doch aber anderſeits noch ſo viele negative Erfahrungen hinreichen, die Beweiskraft poſitiver zu entkräften, falls ſie der Art ſind, daß man wirklich etwas dadurch conſtatirt halten kann; ich kann aber nicht umhin, in dieſer Hinſicht manchen Erfahrungen Andrer wenigſtens ſubjectiv ſo viel Gewicht beizulegen, als meinen eigenen negativen, wenn ich auch noch keinen exacten objectiven Beweis dadurch geführt finden kann. Aber wie ſchwer iſt es überhaupt, einen ſolchen zu führen, der *allen* Anforderungen genügt; wie ſchwer ſogar in der Phyſik; vieles jetzt Alltägliche hat Jahrtauſende darauf warten müſſen; geſchweige in einem von Natur ſo ſchwankenden Gebiete. Und man kann nicht auf feſtem Boden gehen wollen, wo es nun einmal von Natur nur Wellen giebt.

Manche Somnambulen (wie die Kachler an vielen Stellen der S. [illegible] angeführten Schrift), geſtehen übrigens ſelbſt die große Leichtigkeit der Täuſchungen im ſomnambulen Zuſtande zu, indeß ſie doch darauf beſtehen, daß es auch eine wahre Fernſicht und Vorausſicht, welche die gewöhnlichen Schranken des Dieſſeits überſchreitet, in erhöhten Graden dieſes Zuſtandes gebe.

auch wohl eben ſo das, was im normalen Zuſtande nur im Jenſeits geſchieht, im abnormen Zuſtande unvollkommen im Dieſſeits geſchehen; wenn doch der Zuſammenhang von Jenſeits und Dieſſeits mindeſtens ſo organiſch innig iſt, als der von zwei Gebieten in unſerm Körper. Dann aber auch umgekehrt, wenn ſich von den Forderungen, die wir an das Jenſeits ſtellen, in abnormen Zuſtänden des Dieſſeits ſchon etwas wirklich erfüllt zeigt, ſo können wir an der möglichen Erfüllung dieſer Forderungen auch für das Jenſeits nicht mehr zweifeln, und die Lehre, welche dieſe Forderungen ſtellt, gewinnt ihrerſeits dadurch an Wahrſcheinlichkeit. So vermögen zwei an ſich zweifelhafte und dunkle Gebiete doch wechſelſeitig etwas zu ihrer Unterſtützung und Erläuterung beizutragen, wie zwei ſchief ſtehende Balken ſich durch ihr Lehnen gegen einander halten.

Die Wechſel zwiſchen dem Hauptſitze unſers Bewußtſeins pflegen ſchon während des Lebens in unſerm engern Leibe ſchnell ohne langweilige Uebergänge zu erfolgen. Vom aufmerkſamen Gebrauche des Auges zum aufmerkſamen Gebrauche des Ohres gehen wir meiſt nicht durch langſame, ſondern kurze Vermittelung über, zwei ganz verſchiedene Zuſtände folgen ſich faſt plötzlich. Desgleichen bedarf es nur eines Moments, daß der Schlaf des engern Leibes ſich in Wachen verwandle und umgekehrt. Wenn nun im Tode das Bewußtſein durch einen ähnlichen ſchnellen Wechſel vom engern Leibe auf den weitern übergeht, der Schlaf des weitern Leibes ſich hiemit in Wachen wandelt; ſo tritt dies alſo nur unter Geſetze, die wir in unſerm dieſſeitigen Leibe und Leben ſelbſt ſchon verfolgen können.

Inzwiſchen iſt Alles überhaupt, was wir aus der Betrachtung der in unſerm Jetztleben und jetzigen engern

Leibe unterlaufenden kleinen Wechſel und Wendepuncte entlehnen, nicht ſo bedeutungsvoll und werthvoll für die Stützung unſerer Anſicht, als was wir aus der Betrachtung eines ähnlichen großen raſchen Wechſels und Wendepuncts, als der Tod ſelbſt iſt, zu Anfange des Lebens entnehmen können; denn man muß zugeſtehen, daß doch im Ganzen unſer Leben in einem Fluſſe fließt, in welchem alle noch ſo mannichfaltigen Veränderungen faſt verſchwindend klein zu nennen ſind gegen die totale Umwälzung aller Bedingungen und Verhältniſſe, die mit dem Erwachen zum künftigen Sein plötzlich eintreten muß; und es möchte gewagt erſcheinen, anzunehmen, daß ſich etwas derartiges mit uns begeben könne, ohne uns zu vernichten, wenn uns noch kein Beiſpiel davon vorläge. Hat ſich aber ſchon einmal etwas dergleichen mit uns ohne Gefahr, ja mit Gewinn, begeben, ſo kann es ſich auch ein zweitesmal begeben. Dies leitet uns zu den Betrachtungen des folgenden Abſchnitts.

XXV. Analogien des Todes mit der Geburt.

Die Geburt iſt es, welche jedem Menſchen das Beiſpiel einer plötzlichen Umwälzung aller ſeiner Verhältniſſe, des ſcheinbaren Abbruches aller ſeiner bisherigen Lebensbedingungen ſchon einmal gegeben hat. Aber ſie hat ihm damit zugleich das Beiſpiel gegeben, daß, wenn dies heißt, ein Leben beendigen, es zugleich heißt, ein neues Leben auf höherer Stufe beginnen. Alle Menſchen führen ſchon ein zweites Leben, durch ein gewaltſames Ereigniß aus einem frühern niedrigern, unvollkommenern hervorgegangen. Eine einmalige Umwälzung, anſtatt einer zweiten zu widerſprechen, verſpricht aber vielmehr eine ſolche. So baut die Natur ein Glied der Pflanze über das andere auf mit zwiſchenliegenden Knoten, jedes höhere erwächſt aus dem niedern und überſteigt das niedere; und ſo baut ſie eine Lebensſtufe des Menſchen über die andre auf mit zwiſchenliegenden Knotenpuncten; jede ſpätere erwächſt aus der niedern und überſteigt die niedere.

Wir halten gewöhnlich Geburt und Tod für etwas in ihrer Bedeutung Entgegengeſetztes, und müſſen ſie freilich ſo lange dafür halten, als wir wie gewöhnlich blos die unſerm Jetztleben zugekehrte Seite davon in Betracht ziehen, d. i. von der Geburt die Seite des Erwachens zum neuen Leben, vom Tode die Seite des Erlöſchens des alten; und es iſt kein Wunder, daß wir ſo thun, da wir zwiſchen beiden ſtehen. Aber wenn die Geburt ihre Rückſeite im Untergange eines frühern Lebens hat, wird der Tod auch ſeine Vorderſeite in dem Aufgang eines neuen Lebens haben können. Hiermit aber nehmen Geburt und Tod, von ſo entgegengeſetzter Bedeutung ſie für unſer Jetztleben erſcheinen, eine analoge Bedeutung für unſer ganzes Leben an. In beiden erliſcht ein früheres Leben, erwacht ein neues eben vermöge deſſen, daß das frühere erliſcht, indem das neue Leben das Erzeugniß des frühern zu einer neuen Daſeinsform in ſich aufhebt.

In Wahrheit warum ſollten wir unſern Tod mehr fürchten, als das Kind ſeine Geburt, da das Kind in keiner Weiſe ſeine Geburt weniger zu fürchten hatte, als wir unſern Tod. Das Kind weiß ſo wenig wie wir, was es im neuen Leben gewinnen wird; noch iſt keine Brücke dazu da, etwas davon zu erfahren; es fühlt nur im Momente der Geburt, was es verliert und zunächſt ſcheint es, daß es Alles verliere. Aus dem warmen Mutterleibe, aus dem es alle Lebensbedingungen ſog, wird es plötzlich herausgeriſſen; alle Organe, durch die es mit dem Mutterkörper in Beziehung ſtand, Nahrung aus ihm ſchöpfte (velamenta und placenta), werden grauſam zerriſſen, und verfaulen alsbald ſo gut, als unſer Leib im Tode verfault, ja ſie welken ſchon vor der Geburt, wie unſer Leib im Alter welkt und bereiten dadurch die Geburt ſelbſt vor; gewiß mag das Kind zumeiſt nicht ohne Schmerzen geboren werden, wie wir zumeiſt mit Schmerzen in das andere Leben hinübergehen. Aber eben der Tod eines Theils ſeines Syſtems iſt mit dem ſelbſtſtändigen Erwachen eines andern Theils zum Leben verknüpft, des Theils, der früher weniger das Treibende als das Hervorgetriebene war, mit dem Erwachen zu einem neuen, lichtern, freiern Leben. So wird auch der Tod eines Theils unſers Geſammtſyſtems das Erwachen eines andern Theils mitführen, der jetzt weniger das Treibende, als das Hervorgetriebene iſt: das Erwachen zu einem neuen, lichtern, freiern Leben.

Ob vielleicht der Bildungsproceß des Kindes von ſinnlichen inſtinctartigen Gefühlen begleitet iſt, läßt ſich begreiflicherweiſe durch Erfahrung weder beweiſen noch läugnen, da, wenn ſolche vorhanden wären, doch eine Erinnerung daran noch weniger ins jetzige Leben hinüberreichen würde, als von den erſten Zuſtänden nach der Geburt ins Alter, weil eine rein ſinnliche Exiſtenz noch kein Erinnerungsvermögen einſchließt. Aber wie dem auch ſei, ſo könnten höchſtens an der Art des Hervortreibens und Bildens der Organe (wenn überhaupt) ſich derartige Gefühle knüpfen; das Kind kann aber die Augen, Ohren, Arme, Beine, die es aus dem Keime hervortreibt, vor der Geburt nicht in dem Sinne als ſeine fühlen, wie nach der Geburt, weil es ſie ja noch nicht eben ſo brauchen kann. Sie liegen noch eben ſo, als jetzt unſre Werke für uns, wie fremdgewordene Werke, Bildungsproducte für daſſelbe da, die es zwar immer mit neuen Zuwüchſen vermehrt, fortgehends ausarbeitet, wie daſſelbe jetzt von uns mit dem Kreiſe unſrer Wirkungen und Werke geſchieht; aber ohne je mehr als (höchſtens) die Thätigkeit des Hervortreibens, Schaffens als die ſeine fühlen zu können, wie daſſelbe auch bei uns der Fall. Nun aber, wenn es geboren wird, die bisherige treibende Kraft erliſcht, erkennt es plötzlich, daß dieſe Welt ihm vorher äußerlicher Schöpfungen ſein eigener Leib geworden iſt, daß Alles, was außer und hinter ihm zu liegen ſchien, in ihm und vor ihm, d. h. als Bedingung ſeiner Zukunft erſcheint. Es erkennt nun den Gebrauch dieſer Gliedmaßen, dieſer Sinnesorgane, und freut ſich derſelben, wenn es ſie zuvor gut gebildet hatte. Entſprechendes mögen wir alſo auch von unſrer Geburt zum folgenden Leben erwarten.

Und ſo mögen wir wohl Muth faſſen, wenn uns das Todesgefühl mit der Gewißheit alles deſſen, was wir verlieren und der Ungewißheit deſſen, was wir dafür gewinnen werden, ängſten will. Wir haben dieſen Fall ſchon einmal erlebt; erwarten wir vom zweiten Falle, der uns bevorſteht, das, was wir ſchon im erſten erfahren haben. Der Tod iſt im Grunde blos ein alter Bekannter, der wiederkehrt, nicht, um uns die Lebensſproße, die er uns früher hinaufgeführt, wieder herabzuſtoßen, ſondern die Hand zum Aufſteigen auf eine höhere zu reichen, indem er die untere zertritt, damit wir nie wieder abſteigen können. Das Zertrümmern unſres Leibes iſt nur wie das Zertrümmern des Schiffes hinter uns, was uns in ein neues Land erſt gefahren hat, damit wir nie mehr zurückkönnen; wir müſſen das neue Land erobern. Dieß neue Land iſt unſer neues Leben.

Das Kind lebt im Mutterleibe einſam, abgeſchloſſen von ſeines Gleichen, ganz ungeſellig; es tritt mit der erſten Geburt hinaus in die freie Gemeinſchaft mit andern Menſchen, aber doch durch ſeine, wenn auch nur ſcheinbare, Leibesgränze in gewiſſer Weiſe von Neuem abgeſchloſſen von ihnen. In der zweiten Geburt wird auch dieſe Schranke fallen; danach werden wir alle einen und denſelben Leib haben, den gemeinſchaftlichen Leib der Erde, nur jeder wird ihn in anderm Sinne haben. Unſer Verkehr wird in Folge deſſen eine ganz andere Freiheit und Leichtigkeit gewinnen als jetzt, wie wir es früher ſchon betrachtet haben.

Wie ſchön wär's, hörte ich Jemand ſagen, die Friſche der Jugend mit der Reife und Fülle des entwickelten Geiſtes verbinden zu können. Nun, dieſen Vortheil wird uns der Tod gewähren, uns mit allen bisher gewonnenen Schätzen unſres Geiſtes als Kinder in ein neues Leben ſetzen, wo wir das hier Gewonnene und Gereifte mit neuer Jugendkraft und unter neuen Verhältnißen nutzen werden.

Der Vergleich des Todes mit der Geburt ließe ſich noch weiter ausführen; aber wir müſſen auch hier wieder, wie bei den frühern Vergleichen, nicht vergeſſen, daß er nicht vollſtändig ſein kann, und der Seite der Ungleichheit dabei Rechnung tragen. Und zwar hängt dieſe Seite hier an einem analogen Umſtande als bei dem Vergleiche, der uns zuerſt und zumeiſt beſchäftigt hat. Das Anſchauungsleben, was wir jetzt in einem höhern Weſen führen, iſt ſchon ein geſteigertes gegen das, was die Anſchauungen in uns führen, weil das höhere Weſen ſelbſt gegen uns geſteigert iſt. Und ſo muß ſich auch das Erinnerungsleben, was aus jenem höhern Anſchauungsleben erwachſen iſt, gegen das Leben der Erinnerungen in uns ſteigern. Nun eben ſo iſt das Leben, was wir jetzt führen, ſchon ein geſteigertes und zwar hoch geſteigertes gegen das, was wir vor der Geburt geführt haben, und ſo werden wir auch in dem Leben, was wir künftig führen werden, nicht blos eine Wiederholung, ſondern eine Steigerung der frühern Steigerung zu erwarten haben. Ich will aber den Geſichtspunct der Verſchiedenheit eben ſo wenig ins Einzelne hier durchführen, als den der Aehnlichkeit.

Unſtreitig liegt es am Nächſten und iſt am ſicherſten, den Vorblick in unſre Zukunft auf Rückblicke in unſre eigene vergangene Entwicklungsgeſchichte vielmehr als die von andern Weſen zu gründen, weil unſtreitig jedes andere Weſen ſich in anderer eigenthümlicher Weiſe nach einem beſondern, nur in ſich conſequenten, Plane entwickelt; doch wird es auch etwas Gemeinſchaftliches in den Geſetzen aller Entwickelung geben; und ſo finden wir die allgemeinen Grundzüge deſſen, was wir an uns ſehen, im weiteſten Kreiſe der lebenden Geſchöpfe wieder. Alle Pflanzen entwickeln ſich erſt ſtill im Saamen und erwachen dann unter Durchbruch und Zerſtörung der Hülle in einem neuen Reiche der Luft und des Lichtes: alle Thiere entwickeln ſich erſt ſtill im Ei, ſei es in oder außer einem Mutterleibe, wie wir, und treten unter Durchbruch und Zerſtörung ihrer Hülle mit uns und allen Pflanzen in daſſelbe Reich. Ja wir ſehen bei vielen Geſchöpfen ſich ſchon jetzt Stufen über Stufen bauen, woraus man von jeher Bilder für ein künftiges Leben geſchöpft hat. So, nachdem die Pflanze an Luft und Licht getreten iſt, eröffnet ſich ihr ſpäter nochmals ein ganz neues Leben, indem ſie die Blüte dem Genuß des Lichtes aufthut. So durchbricht der Schmetterling, nachdem er ſeinen Eizuſtand, ſeinen Raupen- und Puppenzuſtand durchlaufen, die Puppenhülſe und gewinnt Flügel für die trägen Füße, tauſendfache Augen für das blöde Geſicht der Raupe.

Es kann bemerkt werden, daß ſelbſt der Periode des Embryolebens, und zwar, ſo viel wir wiſſen, in allen Thieren wie im Menſchen, noch eine frühere Periode, ſo zu ſagen ein früheres Leben, das der Bildung des Eies ſelbſt vorausgeht, und der Uebergang aus dem Zuſtande der Unbefruchtung in den der Befruchtung, von wo an eine neue Entwickelung beginnt, ebenfalls durch Zerſtörung von dem bezeichnet wird, was in der erſten Periode als das Vornehmſte und Hauptſächlichſte, als der centrale Hauptkern erſchien, durch Zerſtörung des Keimbläschens nämlich. Dieſes bildet einen um ſo größern Theil des Eies, je jünger das Ei iſt, wird aber zu der Zeit, wo das Ei den Eierſtock verläßt, um ſich nun zum Embryo zu entwickeln, zerſtört, man weiß noch nicht recht wie, und ob im Momente, oder kurz vor der Zeit des Austritts aus dem Eierſtock.

Manches, was wir ſchon beim Menſchen ſehen konnten, erblicken wir nun gleich allgemeiner:

Dieſelbe materielle Welt, in welcher der Saame gezeugt und dann geborgen wird, iſt es auch, in welcher die Pflanze aufſchießt und wurzelt. In derſelben materiellen

Welt, in welcher das Ei liegt und die Raupe kriecht, fliegt auch noch Vogel und Schmetterling; in derſelben materiellen Welt, welche den Menſchenfötus umſchließt, lebt auch der geborne Menſch; der Mutterleib iſt ja ſelbſt nur ein Theil, ein engerer Bezirk dieſer Welt. Nicht etwa hier wird der Saame in die Erde gelegt, und auf einem andern Planeten ſchießt die Pflanze auf, nicht hier wird das Ei gelegt, und der Vogel findet ſich nach dem Durchbruch der Schale an einem Orte über der Milchſtraße. Sondern Saamen und Pflanzen, Eier und Vögel, menſchliche Embryonen und Menſchen leben zwiſchen, neben, ja in einander. Ueberall hat die ſpätere Entwicklungsſtufe dieſelbe Räumlichkeit der Welt mit der frühern noch gemein; die höhere Entwicklungsſtufe erkennt auch dieß; nur die niedere erkennt es nicht.

So ſollen wir auch nicht meinen, daß wir durch unſern Tod in eine ganz andere Welt hinausgerückt-werden; ſondern in derſelben Welt, in der wir jetzt leben, werden wir fortleben, nur mit andern neuen Mitteln ſie zu erfaſſen, und mit größerer Freiheit ſie zu durchmeſſen. Es wird die alte Welt ſein, in der wir einſt fliegen werden, und in der wir jetzt kriechen. Wozu auch einen neuen Garten ſchaffen, wenn in dem alten Garten Blumen blühen, für die ſich im neuen Leben ein neuer Blick und neue Organe des Genuſſes öffnen. Dieſelben irdiſchen Gewächſe dienen Raupen und Schmetterlingen, aber wie anders erſcheinen ſie dem Schmetterling als der Raupe, und indeß die Raupe ſich an eine Pflanze heftet, fliegt der Schmetterling durch den ganzen Garten.

Wir erblicken jetzt nichts um uns von den Weſen, die uns in das künftige Daſein vorausgegangen ſind, oder glauben nichts von ihrem Daſein zu erblicken; aber fragen wir uns doch, ob denn die Raupe etwas vom Leben des Schmetterlings, das Hühnchen unter dem Gewölbe des Ei's etwas vom Leben des Vogels unter dem Himmelsgewölbe, der Menſchenfötus im engen Mutterleibe etwas vom Leben des Menſchen im großen Weltorganismus weiß. Der Schmetterling fliegt bei der Raupe vorbei, ſtreift an ſie an; er ſcheint ihr ein fremder Körper: ſie müßte ja erſt die Augen des Schmetterlings ſelber haben, um ihn als ihres Gleichen zu erblicken. Im Hühnchen des Eies ſind die Augen ſchon vorgebildet; es kennt ihren Gebrauch noch nicht; es müßte ſie erſt öffnen und der Schale, die es umſchließt, erſt ledig werden, um den Vogel mit ſich unter demſelben Himmelsdache zu erblicken. Wird es mit uns anders ſein? Dürfen wir nicht auch erwarten, daß mit dem Zerbrechen der Schale unſres jetzigen Leibes Mittel der Wahrnehmung, die unſer jetziges Leben in uns ſchon vorgebildet hat, ſich öffnen werden, womit wir nun erſt die erblicken können, die vor uns in das neue Leben geboren worden, wenn ſie immerhin auch ſchon jetzt zwiſchen und um ja in uns wohnen und wirken?

Der Saame wird nach dem Durchbruche ſelbſt zu einer ähnlichen Pflanze, als die iſt, von der er getragen worden, das Ei zu einem ähnlichen Vogel, als der iſt, der das Ei einſt in ſich trug, der Menſchenfötus einſt zu einem ähnlichen Menſchen, als der iſt, der das Ei des Menſchen oder den Fötus in ſich trug. Was iſt es, was nach der Analogie, die uns jetzt leitet, den Menſchen ſelbſt wie ein Ei in ſich trägt; es iſt die Geſammtheit der ihn umgebenden irdiſchen Natur; und ſo dürfen wir erwarten, daß nach unſerm Durchbruche unſer Geiſt auch einen der umgebenden Natur ähnlichen Leib finden wird, den er erkennend durchdringen und handelnd bewegen wird. Wir werden einſt zu einer ähnlichen Natur erwachſen, als die iſt, die uns jetzt umgiebt.

Nicht zwar der Materie nach wird für jeden Menſchen nach ſeinem Durchbruche eine andre Natur gemacht; der Materie und dem Raumumfange nach bleibt immer nur *eine* Natur beſtehen, aber dieſe eine Natur wird für jeden von ſelbſt eine andre ſein, je nachdem er ſie auf andre Weiſe, nach andern Beziehungen, in andern Formen durchdringt, erkennt, erregt. Die Art, wie er dies künftig thun wird, wird aber vorausbedingt durch die Art, wie er jetzt ſich mit ihr in Beziehung ſetzt.

Freilich, die Blume verwelkt zuletzt, der Schmetterling ſtirbt doch zuletzt. Sollen wir nach unſrem künftigen Leben auch endlich noch verwelken, ſterben?

Aber kehren wir die Betrachtung lieber um? Sollte jenes Welken, Sterben nicht für die Seelen von Pflanze und Thier ſo ſcheinbar ſein, als unſres für uns?

Läßt uns nicht ſchon der gewöhnliche Glaube dereinſt in einem Paradiesgarten gehen? Woher kommen aber die Blumen, die Schmetterlinge, die Vögel in den Garten? Ich denke, woher die Menſchen in den Garten kommen. Der Menſch wird nicht allein mit dem Tode in ein höheres Reich erhoben; ſondern der ganze Zuſammenhang beſeelter Weſen nach einem in ſich zuſammenhängenden Plane. Das Obere wird von dem Untern bevölkert. So iſt auch der Naturglaube der Völker.

Es ſcheint mir in der That für den Unſterblichkeitsglauben ſehr mißlich, die Unſterblichkeit des Menſchen zur exceptionellen Sache zu machen, oder ſelbſt, wie von Manchen geſchieht, an beſondere höhere Vorzüge des Menſchen zu knüpfen, ſo daß nur geiſtig oder moraliſch bevorzugte Menſchen der Unſterblichkeit theilhaftig würden. Die rohſten Völker ſcheinen mir hier das Richtigſte getroffen zu haben. Der Lappe glaubt ſein Rennthier, der Samojede ſeine Hunde im andern Leben wiederzufinden, und wer von uns einen treuen Hund hat, wird ihn auch dereinſt gern wiederfinden. Sollte es überhaupt keine Geſchöpfe, tiefer ſtehend als der Menſch, im andern Leben geben? Wenn aber, ſo iſt es nur natürlich, daß dieſe Geſchöpfe, denen der Menſch dort begegnet, aus denen erwachſen ſind, denen er hier begegnet iſt. So bleibt Alles im natürlichen Zuſammenhange. Inzwiſchen gebe ich zu, daß durch dieſe kurzen Betrachtungen der Gegenſtand nicht abzufertigen iſt.

XXVI. Ueber die gewöhnlichen Verſuche, die Unſterblichkeitslehre zu begründen.

Unſtreitig giebt es keinen ſicherern, ja überhaupt keinen andern haltbaren Schluß auf die Zukunft, als aus den in der Gegenwart und Vergangenheit gültigen Bedingungen derſelben. Bis jetzt nun haben wir die Verhältniſſe und Bedingungen unſrer jenſeitigen Zukunft, ob zwar immer im Felde von Thatſachen, doch mehr an verwandten Fällen erläutert und aus Analogien unſre Folgerungen gezogen, als mit directen Schlüſſen unſre Aufgabe angegriffen. Und unſtreitig kann es nicht nur zur Erläuterung, ſondern auch Stützung unſrer Lehre weſentlich beitragen, wenn ſie die Verhältniſſe, die ſie zwiſchen unſerm Jetzt und Einſt fordert, thatſächlichen allgemeinern Verhältniſſen des Jetzt und Einſt unterzuordnen, unſern Fall mit andern analogen Fällen vergleichbar zu machen weiß, bei welchen nicht nur das Jetzt, ſondern auch das Einſt noch in die Beobachtung fällt. Aus dieſem Geſichtspuncte verglichen wir unſer künftiges Erinnerungsleben im höhern Geiſte mit dem Leben der Erinnerungen in unſerm Geiſte: den Schlaf und das Wachen unſres dereinſtigen weitern Leibes mit dem Schlaf und Wachen unſres jetzigen engern Leibes:

unſre Geburt in das neue Leben mit unſrer vorausgegangenen Geburt in das jetzige Leben, und verglichen nicht nur Beides, ſondern zeigten auch, wie Beides in einer höhern und größern Sphäre des Seins und Wirkens zuſammenhängt. Die Betrachtung dieſes Zuſammenhanges und der Stellung, welche beide Glieder des Vergleiches darin einnehmen, gab uns zugleich das Mittel, die Analogie beider und die Abweichung beider von der Analogie, ſo weit ſie ſtatt ſindet, zu erklären und letztere nach dem Princip des Schluſſes vom ungleichen Grunde auf die ungleiche Folge in Rechnung zu ziehen. Aber die Betrachtung, der Schluß läßt ſich allerdings auch enger auf unſern Gegenſtand zuſammenhalten, directer darauf richten. Jeder Tag ändert an uns, doch fühlen und in ſofern behalten wir unſre Individualität durch alle Aenderungen durch noch als dieſelbe. Der Tod wird noch mehr an uns ändern; wollen wir alſo ſchließen, ob wir auch durch dieſe Aenderung durch noch unſre Individualität retten werden, ſo ſehen wir zu, woran nur erſt im Jetztleben unſre individuelle Forterhaltung durch allen Wechſel durch hängt. Was uns durch alle Angriffe des Lebens durch als dieſelben forterhält, nichts von unſerm Weſen verloren gehen läßt, trotz dem, daß ſich unſer Leib beſtändig auflöſt, ein Bewußtſeinsmoment nach dem andern ſchwindet, wird uns auch durch den nur größern Angriff des Todes durch als dieſelben forterhalten, retten müſſen: falls wir anders zu retten ſind. Es fragt ſich alſo nur, was dieß im Grunde ſei. Faſſen wir bei dieſer Unterſuchung, die uns noch anzuſtellen übrig bleibt, die den directeſten Weg einſchlägt, der zu Gebote ſteht, eben wie bei den frühern analogiſchen, Thatſachen und nur Thatſachen in's Auge und befriedigen und täuſchen uns nicht mit Worten und Wortſpielen, wie es nur zu häufig geſchieht. Zwar nicht blos auf die Thatſachen, auch auf die Forderungen des Jetztlebens haben wir dabei zu achten; aber zunächſt handelt es ſich erſt um die theoretiſche Begründung unſrer Lehre; auf die praktiſche kommen wir noch ſpäter (XXVIII), und es können beide richtig gefaßt nie in Widerſtreit treten (XIX, A).

Inzwiſchen ehe wir (im folgenden Abſchnitt) den Kreis unſrer theoretiſchen Betrachtungen mit dieſer directeſten Betrachtung abſchließen, durchlaufen wir erſt kurz noch die Wege, auf denen bisher unſer Gegenſtand gefaßt worden iſt; um ſo leichter wird ſich dann unſre Abweichung davon zugleich erklären und rechtfertigen.

Hat man wohl den Weg, den wir in dieſer Beziehung für den allein richtigen halten, überhaupt bisher ſchon eingeſchlagen: d. h. die Thatſachen und die Geſetze des folgenden Lebens durch die Thatſachen und Geſetze des dieſſeitigen zu begründen geſucht? Unbewußt unſtreitig überall: denn bei der großen Verbreitung des Unſterblichkeitsglaubens haben außer den praktiſchen Motiven auch ſtille Analogien und Inductionen von dem, was überall vorliegt, ſicher ihre Rolle geſpielt; aber ſo wie man mit Bewußtſein dieſen Weg einzuſchlagen verſuchte, ſchien der Hoffnung auf ein Jenſeits faſt Mehreres zu widerſprechen, als ihr zu dienen; und ſo hat man meiſt vielmehr den entgegengeſetzten Weg eingeſchlagen, ſie auf Widerſprüche mit der jetzigen Wirklichkeit, ja mit der Möglichkeit jetzigen Denkens zu gründen. Was

Wunder dann freilich, wenn eine ſolche Weiſe der Betrachtung, anſtatt die Zukunft zu erhellen und zu ſichern, irre Scheine in die Gegenwart ſelbſt warf. Um eine trübe Hoffnung auf das Jenſeits zu erhalten, geben wir die klarſten Geſichtspuncte des Dieſſeits auf, legen wir der freien Forſchung Feſſeln an. Was hat ſich nicht die Lehre von Leib und Geiſt gefallen laſſen müſſen, um nur den Forderungen zu genügen und nicht über die Forderungen hinauszugehen, die man im Intereſſe des Unſterblichkeitsglaubens ohne Rückſicht und zum Trotz der Erfahrung an ſie ſtellen zu müſſen glaubte.

Ich ſage zwar nicht, daß Alle auf den Irrwegen gegangen ſind, von denen ich jetzt zu reden habe, doch ſind es die gewöhnlichen, geläufigſten Wege, die man betritt, ſo geläufig, daß davon abzuweichen ſelbſt den Meiſten ein Irrweg ſcheint, und wenn er ſelbſt zum Ziele führte. Denn wer einmal ſeinen Weg für den rechten hält, nennt Ziel nur, was an deſſen Ende liegt, und wäre es auch nur ein leerer Schein, wäre es ein Nichts. So ſind denn Viele zu dem Scheine und Viele zu dem Nichts gekommen, das ſie noch Unſterblichkeit nennen. Und haben Manche Verſtändigeres gedacht oder Richtigeres geahnt, zur Reiſe oder zur Verwendung iſt die Frucht nicht gediehen.

Manche meinen, daraus, daß die Seele hienieden an einen Leib gekettet ſei, folge ja noch nicht, daß ſie es auch immer ſein werde. Vielmehr werde ſie denſelben im Tode wie ein Kleid oder eine Hülle abſtreifen, ſich deſſelben wie einer Feſſel oder Laſt entledigen, und fortan ein rein körperloſes Daſein führen. Es iſt leicht, dies zu ſagen, vergeblich, in der dieſſeitigen Erfahrung einen Anhalt für die Möglichkeit eines ſolchen Daſeins zu ſuchen, unmöglich, ſich eine Vorſtellung davon zu machen. Jeder Verſuch ſolcher Vorſtellung läßt doch noch unwillkührlich ein verblaſenes leibliches Schemen übrig, oder die Vorſtellung des Seelendaſeins ſchwindet ſelbſt in Nichts, ja ſie verblaßt ſchon, wie jenes Schemen blaſſer wird.

Zwar dieſe Meinung iſt nur ein Extrem, wozu jetzt nicht leicht jemand in vollem Ernſte noch ſeine Zuflucht nimmt; doch nähert man ſich ihm von verſchiedenen Seiten.

Manche ſagen: hat ſich doch die Seele von vorn herein den Leib gebaut; was kann es ſie kümmern, wenn der Leib zerfällt: ſie wird ſich wieder einen neuen bauen, die Materie neu um ſich ſammeln und ſich ihr einbilden. Aber wo hat man je geſehen, oder woraus hat man je ſchließen können, daß eine Seele einen Leib gebaut hat, außer mit ſchon oder noch zu Dienſte ſtehenden leiblichen Mitteln; alſo dürfte man ihr doch den Leib nicht erſt nehmen wollen, um ſie nachher einen neuen Leib bauen zu laſſen, ſondern man muß ſie den neuen Leib mittelſt des alten bauen laſſen. Das aber iſt eben unſre Anſicht, die man doch nicht im Auge hat.

Hier ein Beiſpiel dieſer Vorſtellungsweiſe:

„Wie das Leben in ſeinem Urſprunge und Weſen geiſtig iſt, ſo erwächſt die Seele nicht aus dem Gehirne, vielmehr bildet ſie es als ihren beharrlichen räumlichen Ausdruck; und ſo iſt denn ihre Vernichtung keineswegs die nothwendige Folge der Vernichtung des Gehirns und der übrigen Organe. Wie die Kraft des ſelbſtſtändigen Lebens bei der Fortpflanzung dem geſtaltloſen Keime mitgetheilt wird, daß er zu einem organiſchen Gliederbaue ſich entwickelt, ſo vermag auch die Seele ſich nach dem Tode ein neues Organ zu ſchaffen; und zwar kann ſie dieß, ohne eines beſonders organiſirten Stoffes zu bedürfen, blos durch Fixirung in irgend einem räumlichen Daſein, denn wir wiſſen, daß auch aus den Elementarſtoffen oder den allgemeinen Formen der Materie organiſche Weſen erzeugt werden können. Sie wird aber in dieſem Falle der Materie, an welcher ſie ihr individuelles Daſein behauptete, ihren Charakter aufprägen, wie das Leben überall ſeinen Typus durch Bildung organiſcher Theile aus fremdartiger Materie verwirklicht, und wie bei der Zeugung der Charakter des väterlichen Lebens auf das künftige kindliche Leben übertragen wird, ohne einen materiellen Uebergang, vielmehr durch einen blos dynamiſchen Act." (Burdach, Phyſiol. III. S. 735).

Eine der gewöhnlichſten Anſichten iſt die, daß bei Zerſtörung des Leibes im Tode doch etwas für die Seele Grundweſentliches unzerſtört von ihm übrig bleibe, was ihr fortgehends eine Anknüpfung gewähre. Aus allgemeinem Geſichtspuncte ſcheint ſich hiefür anführen zu laſſen, daß man ja Mancherlei vom Körper wegnehmen kann, ohne daß man etwas von der Seele wegnimmt, Arme, Beine u. ſ. w. Alſo ſcheint es nur darauf anzukommen, wenn doch die Seele nicht ganz ohne Körper beſtehen kann, den *weſentlichen* Theil zu finden, der noch bleiben muß, damit die Seele bleibe, und dieſen in's folgende Leben zu retten. Nur daß man freilich nach und nach *alle* Theile des Leibes wegnehmen kann, ſelbſt die des Gehirns, wenn man es nur einzeln thut; jetzt die rechte, jetzt die linke Seite des Gehirns, wie früher betrachtet. Zwar, wenn man an den Uebergangstheil des Gehirns zum

Rückenmark (das ſog. verlängerte Mark) kommt, welcher dient, die Athemfunctionen zu unterhalten, dieſes verletzt, ſtirbt der Menſch aus Athemnoth, was man aber unſtreitig nicht als Beweis wird anſehen wollen, daß hier ein Theil ruhe, der den Menſchen unſterblich macht. Das ganze Gehirn, ja das ganze Nervenſyſtem ohne übrigen Leib vermag überhaupt eben ſo wenig der Seele dieſſeitig zu dienen, als der ganze Leib ohne Nervenſyſtem und Gehirn. Welcher Verſuch bewieſe alſo, daß im einen mehr als im andern das liegt, worauf es bei Forterhaltung der Seele ankommt. Die Integrität des einen zeigt ſich nur in kleinen Theilen weſentlicher, als die des andern, die Seele im Dieſſeits zurückzuhalten.

In Betracht dieſer Umſtände und in Rückſicht, daß der ganze Körper handgreiflich im Tode zerfällt, alſo die Anknüpfung der Seelenintegrität an die Integrität eines beſondern Gehirntheiles uns nicht einmal zu Statten kommen würde, ſelbſt wenn ſie ſtatthaft wäre, ſucht man den Theil des Körpers, der im Tode unzerſtört bleiben ſoll, gewöhnlich in etwas nicht Handgreiflichem.

So iſt Mancher geneigt, die Seele in ein bevorzugtes Atom oder einen unzerſtörbaren Kern, klar oder unklar vorgeſtellt, zu verlegen, welcher der Fäulniß trotze, und an welchem haftend die Seele den Weg in's neue Leben finde. Der Stein der Weiſen, den man ſo lange als äußerliches Mittel der Unſterblichkeit ſuchte, wird hiemit gewiſſermaßen in den Körper ſelbſt verlegt. Der Aberglaube aber wird dadurch nicht geringer. Denn welcher Zauber könnte an ein ſtarres Atom das Leben einer Seele heften?

Andre hegen die Anſicht, daß ein feiner ätheriſcher Leib in dem gröbern enthalten ſei, der ſich bei Zerſtörung des gröbern frei mache und uns unſichtbar in's neue Leben entſchwebe. Vielleicht iſt dieſe Anſicht unter allen die gewöhnlichſte. Schon manche Heiden hegten dieſelbe, indem ſie eine feurige Natur der Seele annahmen, welche ihr geſtatte, nach dem Tode zum Himmel zu entfliegen; beſonders aber hat ſie unter den Chriſten auf Grund theils der pauliniſchen Vorſtellung von dem verklärten Leibe des Jenſeits, theils mancher phyſiologiſchen Vorſtellungen über das Wirkſame im Nervenſyſtem vielfachen Eingang und Ausbildung gefunden. Der Kirchenvater Origenes gehört zu ihren Vertretern, und ſpäter iſt ſie von Burn, Prieſtley, Jani *, Töllner **, Schott ***, Leibniz †, Sulzer und vielen Andern in Schutz genommen, und neuerdings von Fr. Groos in einigen kleinen Schriften entwickelt worden.

Nicht ohne Intereſſe dürfte es ſein, die Anſicht von Leibniz über dieſen Gegenſtand mit ſeinen eigenen Worten (nach Schilling, Leibniz als Denker) hier mitgetheilt zu finden:

„Warum ſollte die Seele nicht immer einen feinen, nach ſeiner Weiſe organiſirten, Körper behalten können, der ſogar dereinſt bei der Auferſtehung von ſeinem ſichtbaren Körper das

---

[*] Jani, kleine theolog. Aufſ. eines Laien. Stendal, 1792 S. 169 ff.

[**] Töllner, syst. theolog. dogm. p. 788. sq

[***] Schott, epit. theolog. chr. dogm. p. 125. Schott hält es für wahrſcheinlich: „corpore humano subtilius idemque nobis invisibile contineri animi nostri involucrum. Organon, cujus usum animus et in hac vita terrestri faciat, et statim post mortem libertate majori sit futurus."

[†] S. unten.

flüchtige wieder aufnehmen kann, da man ja den Heiligen einen verklärten Körper zuſchreibt, und auch die alten Väter den Engeln einen verklärten Körper zugeſtanden haben. Dieſe Lehre ſtimmt übrigens mit der Ordnung der Natur, wie ſie durch Erfahrungen bekannt iſt, überein. Denn wie die Beobachtungen von ſehr guten Beobachtern uns zu der Einſicht bringen, daß die Thiere nicht anfangen, wenn die große Menge dieß glaubt, und daß die Samenthierchen oder die belebten Samen ſchon ſeit dem Anfange der Dinge beſtanden haben, ſo will die Ordnung und die Vernunft, daß das, was ſeit dem Anfange exiſtirt habe, auch nicht endige, und daß alſo, gleichwie die Zeugung nur eine Vermehrung eines umgebildeten und entwickelten Thieres iſt, auch der Tod nur eine Verminderung eines umgebildeten und zuſammengefalteten Thieres ſei, und das Thier ſelbſt während der Umbildungen immer bleiben wird, ſowie der Seidenwurm und der Schmetterling daſſelbe Thier iſt.“ (Aus Leibnitz, Betrachtungen über die Lehre von einem allgemeinen Geiſte).

Fr. Groos hat in der Schrift: „Meine Lehre von der perſönlichen Fortdauer des menſchlichen Geiſtes nach dem Tode“, aus phyſiologiſchen Gründen wahrſcheinlich zu machen geſucht, daß in unſerm phyſiſchen Organismus als Kern und Keim, der ſich durch Fleiſch und Blut und Bein nur (wie die Pflanze durch die Kräfte des Bodens) nähre, erwachſe und ausbilde, ein „unverweslicher, wahrſcheinlich ätheriſch-flüſſiger Leib“ eingepflanzt ſei, und im Tode zugleich mit dem Geiſte durch „eingeſchaffene Energie“ mehr activ als paſſiv in ähnlicher Art wie der Fötus aus dem Mutterleib ſich von dem phyſiſchen Organismus loslöſe, um fortan dem Geiſte als alleinige Hülle zu dienen. Als Fortſetzung dieſer Schrift iſt erſchienen: „Der zweifache, der äußere und innere Menſch.“ Mannheim 1826.

Einen ſcheinbaren Anhaltspunkt kann die vorſtehende Anſicht darin finden, daß nach vielfachen, wenn auch nicht über das Hypothetiſche hinausführenden, Andeutungen unſer Nervenſyſtem wirklich der Behälter für ein feines ätheriſches unwägbares Agens ſein mag, das für die Bethätigung unſerer Seele im Leiblichen eine beſonders wichtige

Rolle zu ſpielen und gewiſſermaßen der Vermittler für dieſelbe zur gröbern Leiblichkeit zu ſein ſcheint. Nun hindert nichts, in der Vorſtellung dies ätheriſche Weſen auch nach Wegfall ſeiner groben Unterlage noch übrig bleibend, als einen feinen Lichtleib oder verklärten Leib, zu denken.

Aber abgeſehen von dem Hypothetiſchen, was in der Annahme eines ſolchen Nervenagens liegt, weiſt nichts in der Wirklichkeit darauf hin, daß ein unwägbarer Leib noch abgetrennt von einem wägbaren Leibe geſtaltet fortbeſtehen und ſich fortentwickeln und wirken könne. So weit wir in die Natur blicken, ſehen wir die Organiſation des Unwägbaren an die des Wägbaren geknüpft. Einen für ſich beſtehenden ätheriſchen Leib annehmen wollen, heißt daher nicht nur eine neue Exiſtenz, von der wir nichts ſehen, ſondern auch neue Bedingungen der Exiſtenz, von denen wir das Gegentheil ſehen, annehmen. Ein Andres, wenn, wie in unſrer Anſicht, der unwägbare Leib ſich im Zuſammenhange mit einem wägbaren formt. Aber ſo meint man es nicht.

Alle vorigen Anſichten haben das gemein, daß ſie uns von den Mitteln des Jetztlebens, mittelſt deren wir aus einer Außenwelt ſchöpfen und auf eine Außenwelt wirken, nur etwas nehmen, ohne uns neue Mittel dafür wiederzugeben, unſer künftiges Leben gegen das jetzige ärmer machen, ſtatt es zu bereichern. Kann aber auch ein Schmied mehr leiſten als vorher, wenn man einfach nichts thut, als ihm ſeine Werkzeuge nehmen? Nun kann man zwar neue Mittel für das künftige Leben erwarten. Dann fragt ſich, auf welchem Wege ſie erwarten. Das, dünkt mich, führt eben wieder zu unſrer Anſicht, welche die neuen Mittel durch die alten vorbereiten läßt, und die alten Mittel dann nicht theilweiſe, ſondern ganz fallen läßt, nachdem ſie ſchon gedient haben, die neuen zu ſchaffen. Das Werkzeug unſres Körpers wird während unſres Lebens fortwährend reparirt, bis das damit zu ſchaffende neue zu ſeiner Beſtimmung fertig iſt. Dann wird nicht ein Stück des alten Werkzeugs noch zurückbehalten, ſondern das neue ganz an ſeine Stelle geſetzt. Man ſoll nicht einen alten Lappen auf ein neues Kleid ſetzen und den neuen Moſt in alte Schläuche füllen. So thun die, welche noch ein altes Stück vom alten Leibe in das neue Leben retten wollen.

Manche halten dadurch viel für die Unſterblichkeit gewonnen, daß ſie eine Abhängigkeit der Seele vom Körper nur ihren niedern Functionen nach zugeben; dagegen meinen, daß ſie ſich in Betreff der höhern (des Geiſtigen im engern Sinne) frei über das Körperliche erhebe; der ſelbſtbewußte Geiſt, um deſſen Rettung es uns doch eigentlich zu thun ſei, anſtatt dem Körper unterthan zu ſein, ſei vielmehr Gebieter deſſelben, und mithin auch von der Zerſtörung deſſelben unbetheiligt. Immerhin möge ein gewiſſer Theil, eine gewiſſe Seite des Geiſtes, ſo zu ſagen die Schale deſſelben, der Zerſtörung mit dem Körper unterliegen, aber nicht der Kern, das Weſentliche des Geiſtes.

Schon unter den alten Philoſophen kommt dieſe Vorſtellung vielfach vor; hier ein Beiſpiel, wie dieſer Gegenſtand neuerdings gefaßt wird.

Hüffell in ſeinen Briefen über die Unſterblichkeit (worin übrigens eine ſehr achtungswerthe Geſinnung anzuerkennen iſt) ſucht dem Einwand, daß ja die Geiſteskräfte ſchon mit dem Alter abnehmen, alſo wahrſcheinlich im Tode ganz verlöſchen, dadurch zu begegnen, daß er ſagt, was abnehme und verſchwinde, ſei blos die äußere Seite des Seelenlebens, Gedächtniß, Einbildungskraft, Verſtand, Scharfſinn, Witz, Talente u. ſ. w., was fortleben werde, ſei der Kern der Seele oder der innere Menſch, beſtehend in Selbſtbewußtſein, in der Vernunft. Jene äußere Seite ſei mehr für dieſes Erdenleben berechnet, daher auch mehr oder weniger mit dem Körper, beſonders mit der Nervenkraft, im Zuſammenhange und davon abhängig, könne auch recht gut mit dem Körper zu- und wieder abnehmen, ohne daß das innere Weſen des Geiſtes verändert werde. Dies über alle Veränderungen erhabene, ſelbſtſtändige Weſen werde im Tode vom Körper getrennt, oder beſſer zu einem neuen Leben geboren, und gehe dahin, wo ihm Gott eine neue Laufbahn öffnet.

Hier hat man zwei widernatürliche Trennungen auf einmal, erſtlich die des Geiſtes vom Körper, dann die des Geiſtes in ſich, gegen deren Möglichkeit die dieſſeitige Erfahrung in gleicher Weiſe ſtreitet.

Nun wird man freilich zugeben können, daß das höhere Geiſtige ſich über die Sphäre des ſicher an das Körperliche geknüpften Sinnlichen und Sinnbildlichen hoch erhebe; aber bleiben wir nicht bei der zweideutigen Faßbarkeit des Wortes Erhebung ſtehen, ſondern ſehen zu, wie ſich dieſelbe in der Wirklichkeit geſtaltet, ſo finden wir, um an früher Erörtertes zu erinnern, daß das höhere Geiſtige ſelbſt nur in Entwickelungen, Beziehungen, thätigen Relationen des Niedern exiſtirt und waltet, abſtract davon gar nicht real vorhanden iſt. Die Melodie iſt ein Höheres als das Sinnliche der einzelnen Töne; aber was iſt ſie ohne das Sinnliche der einzelnen Töne? der philoſophiſchſte Geiſt des Menſchen bedarf der Sinnlichkeit, um hier zu exiſtiren, er reflectirt zwar über das Sinnliche, ja über ſich ſelbſt, aber er kann doch, um über das Sinnliche zu reflectiren, dieſes nicht verlaſſen; es ſind nur Beziehungen von Beziehungen, die in ihm thätig und kräftig werden, aber die unterſte Baſis davon bleibt immer ein ſelbſt kräftiges und thätiges Sinnliches. Wo wir auch höheres Geiſtige ſich entwickeln ſehen, es überſteigt das niedere Sinnliche nicht wie eine Seifenblaſe, die von der Spitze einer Pyramide ins Blaue geblaſen wird, ſondern wie die Spitze der Pyramide ſelbſt, in der alle ihre Seiten ſich verknüpfen, die aber doch nur Spitze mittelſt der Baſis bleiben kann; nicht wie ein Schmetterling, der ſich über die Blume erhebt, ſondern wie die Blume ſelbſt ſich über Wurzel und Stengel erhebt, alle Säfte und Kräfte derſelben in ſich verarbeitet, aber, ſtatt unabhängig davon beſtehen zu können, dieſelben nothwendig braucht, um mit dem nährenden Boden in Beziehung zu bleiben. Dieſe Betrachtungsweiſe der Verhältniſſe des höhern zum niedern Geiſtigen iſt nicht aus dem Worte ſondern aus der Anſchauung des geiſtigen Lebens ſelbſt geſchöpft und nur hierauf können wir fußen. Sehen wir hier niemals das höhere Geiſtige ſich vom niedern ablöſen, ſondern nur in angegebener Weiſe daſſelbe überſteigen, immer durch das Niedere ſelbſt an das Leibliche gekettet bleibend, ſo iſt es wieder eine Annahme ins Leere und Blaue, widerſprechend der Erfahrung, ja dem klaren Bedenken der Erfahrung, daß es ſich im Uebergange zum künftigen Leben davon frei machen oder bei dem Verfall des Niedern fortbeſtehen könne; und geſetzt es geſchähe, ſo bleibt wieder die Schwierigkeit übrig, wie es leiblos gedacht werden könne, oder wie es nach Entäußerung von ſeinen frühern leiblichen Mitteln ſich einen neuen Leib ſchaffen könne, da jetzt der Geiſt doch nur mit den ihm ſchon gegebenen leiblichen Mitteln wirkt.

Selbſt unter den rohen Völkern kommt zwar die Anſicht einer Theilbarkeit der Seele mit Bezug auf den Uebergang ins Jenſeits vor; nur daß ſie ſolche dann auch ſchon für das Dieſſeits geltend machen, conſequenter in dieſer Beziehung als wir, ſofern ſie hiemit wenigſtens eine Uebereinſtimmung zwiſchen der Natur der Seele im Dieſſeits und Jenſeits erhalten. So glaubten die heidniſchen Grönländer in ſich zwei Seelen, den Schatten und Odem, deren letzter immer im lebenden Körper verbleibe, während erſter aus ihm auswandern, ſpaziren, auf die Jagd, zum Tanz, Beſuch oder Fiſchfang gehen, oder auch, wenn die übrige Perſon verreiſt, zu Hauſe bleiben könne; deßgleichen kommt bei den kanadiſchen und andern amerikaniſchen Wilden der Glaube an zwei Seelen vor, deren eine im Tode und Traume auswandert, während die zweite bei dem Körper bleibt, ausgenommen, wenn ſie in einen andern Körper einkehrt. Wir laſſen die Seele, auch das Höhere darin, den Geiſt engern Sinns, hienieden immer zu Hauſe bleiben; aber was nützt uns nun unſere ganze behauptete Unabhängigkeit derſelben vom Körper für das Jenſeits; da es eben keine Unabhängigkeit der Art iſt, welche eine Trennung vom Körper geſtattete. Wir ſuchen uns durch ein Wortſpiel zu täuſchen. Unabhängigkeit des Geiſtes vom Körper kann verſchieden gefaßt werden. Erſt faſſen wir ſie in einem, dann im andern Sinne.

Philoſophen heutzutage werden zwar nicht leicht mehr auf eine reale Trennbarkeit der Seele in einen vernünftigen und ſinnlichen Theil eingehen, dagegen ſie gern in der Vernunft, dem Selbſtbewußtſein, eine Gewähr der Unſterblichkeit finden, wodurch namentlich der Menſchengeiſt ſich von der Thierſeele unterſcheide. Erſt mit der Vernunft erwache die Bedingung und Berechtigung zur Unſterblichkeit.

Inzwiſchen, da die Thierſeele ohne Vernunft ſchon aus einer erſten in eine zweite Daſeinsſtufe übergehen kann, wie der Schmetterling beweiſt, ſo ſehe ich nicht ein, warum nicht auch in eine dritte. Die Frage nach der Dauer der individuellen Seele ſcheint mir überhaupt unabhängig von der Frage nach der Stufe, die ſie einnimmt. Doch hat uns dieß jetzt nicht weiter zu beſchäftigen.

Einer der gewöhnlichſten, ſchon von den alten Philoſophen eingeſchlagenen, aber auch noch heute beliebten, Wege, die Unſterblichkeit der Seele zu retten, iſt, die Seele für ein einfaches Weſen zu erklären. Nun iſt wahr, ein einfaches Weſen läßt ſich nicht zerſtören; aber nur, weil es nichts darin giebt zu zerſtören. Aber in der Seele giebt es eine große Mannichfaltigkeit von Beſtimmungen, Empfindungen, Gefühlen, Trieben, Motiven, deren Einheit alle die Seele in ſich begreift, was mit der Vorſtellung, daß ihre Einheit die eines einfachen Weſens ſei, in offnem Widerſpruch ſteht. Und Einheit und Einfachheit iſt doch zweierlei. Es iſt nur eben keine Vielfachheit im Sinne der körperlichen Zuſammenſetzung, was in der Seele als ſolcher vorkommt, aber doch eine Vielfachheit des geiſtigen Zuſammen- und Nacheinander.

Bei der Geſichtsanſchauung habe ich ſicher ein unterſcheidbares Vielfache zuſammen im Bewußtſein. Ich kann ſogar von einem Nebeneinander in der Anſchauung ſprechen, obwohl man dieſen Ausdruck lieber auf das materielle Object als das geiſtige Subject bezieht. Aber dieß thut nichts zur Sache; nur durch das geiſtige Miteinander wiſſen wir jedenfalls vom materiellen Nebeneinander; eins repräſentirt uns das andre. Nun ziehe man in Erwägung, daß ſelbſt unſre abſtracteſten Begriffe immer mit einer gewiſſen Veranſchaulichung oder Verſinnbildlichung gedacht werden, und nur ſo gedacht werden können, ſollen ſie für ſich gedacht werden. Wollte man daher ſelbſt das mannichfaltige Zuſammen urſprünglich nur auf ſinnliche Wahrnehmungen erſtrecken, (was doch ſchon genügen würde, die Einfachheit der Seele zu widerlegen), ſo überträgt es ſich doch hiedurch auch höher hinauf. Vom zeitlichen Nacheinander wird von vorn herein niemand leugnen, daß es ein Mannichfaltiges enthält; und iſt die Seele weſentſentlich ein zeitliches Weſen, ſo könnte ſie, wenn ſie ſelbſt nur in dieſer Richtung Mannichfaltiges enthielte, doch nicht Einfach genannt werden; ſo wenig ich eine Linie etwas an ſich Einfaches nennen kann, weil ſie nicht auch nach der Dimenſion der Fläche zuſammengeſetzt iſt.

Zwar iſt man geneigt, die Seele in ihrer zeitlichen Fortbeſtimmung zum Mannichfaltigen ſo vorzuſtellen, wie eine Bewegung, die durch immer neue Impulſe, welche ſich mit der Wirkung der frühern zuſammenſetzen, immer neue Richtungen nimmt, doch bleibt ſie in jedem Momente immer eine Bewegung in einfacher Richtung. Oder ſo: die einfache Qualität der Seele ändert ſich zwar durch immer neue Beſtimmungen von Außen und durch Selbſtbeſtimmungen; aber wird doch dadurch immer nur zu einer neuen einfachen Qualität fortbeſtimmt. Aber abgeſehen davon, daß das Factum unſrer Geſichts-Anſchauungen dem widerſpricht, läßt ſich auch ein mannichfaltiges Nacheinander der Seele gar nicht vorſtellen, ohne ein mannichfaltiges Miteinander, aus dem es hervorgeht. Ein Punkt muß, um mannichfaltige Richtungen im Raume nach einander anzunehmen, mannichfachen Impulſen unterliegen, wozu wenigſtens noch ein Punct außer ihm gehört; ſoll aber ein Weſen auch innerlich durch ſich und in ſich thätig ſein, wie eine Seele, ſo muß die gleichzeitige Mannichfaltigkeit, von der das mannichfaltige Nacheinander darin abhängt, in ihm ſelbſt gedacht werden, denn ich wüßte abſolut nicht, nach welchem Schema eine einfache Qualität ſich durch ſich ſelbſt zu etwas Neuem fortbeſtimmed gedacht werden konnte. Das in ſich Einfache iſt eo ipso in ſich unveränderlich

Sagen kann man freilich immer, es ſei dieß eben die Eigenthümlichkeit der Seeleneinfachheit, eine Vielheit von Momenten, Beſtimmungen einzuſchließen, aber denken kann man es nicht; zuletzt bleiben der Begriff der Einfachheit und innern Vielheit ſich ſchlechthin widerſprechend. Nun kümmert man ſich gewöhnlich nicht um dieſen Widerſpruch, reflectirt jetzt auf die Einfachheit, wenn es gilt, das ewige Leben der Seele zu beweiſen, und auf die Vielfachheit, wenn es gilt, ihr zeitliches Leben darzuſtellen; aber im Intereſſe klaren Denkens liegt es, beides in Zuſammenhang und in Verbindung vorſtellen zu können; was keine in ſich widerſprechenden Begriffe geſtattet. Am wenigſten wüßte ich mich mit den widerſpruchsvollen Vorſtellungen Herbarts in dieſer Hinſicht zu vertragen.

Gewöhnlich zwar fußt man auf folgender Betrachtung: in aller Mannichfaltigkeit und allem Wechſel der Bewußtſeinsphänomene bleibt doch das Gefühl oder Bewußtſein unſers Ich etwas einfach Identiſches, gar nicht weiter Analyſirbares. Und dieſes iſt das Weſentlichſte unſrer Seele. Bleibt dieß unzerſtört, als Einfaches iſt es aber unzerſtörbar, ſo ſind wir geborgen.

Aber dieſe Einfachheit nicht unſrer Seele, ſondern eines Abſtractums unſrer Seele, denn was iſt das einfache Bewußtſein ohne die concrete Mannichfaltigkeit ſeiner Beſtimmungen, verbürgt uns in der That nichts. Ja beſtände die ganze concrete Seele aus nichts, als dem einfachen Selbſtgefühl oder Selbſtbewußtſein unſers Ich, ſo möchte ſie, weil einfach, unzerſtörbar ſein. Aber das Selbſtgefühl oder Selbſtbewußtſein des Ich iſt nur etwas dem ganzen Seeleninhalt und Thun Immanentes, abſtract ohne die Manichfaltigkeit ſeiner Beſtimmungen nicht Beſtehendes. Selbſt wenn wir auf die Einfachheit unſres Ich reflectiren, iſt dieß nur ein einzelner Gedanke unſers Ich, eine beſondere Beſtimmung unſers concreten Ich, nicht das ganze, an ſo vielen Beſtimmungen reiche concrete Seelen-Ich. Jedes abſtracte Einfache ſchwindet aber, wie das concrete Mannichfaltige ſchwindet oder zerfällt, dem es immanent iſt, und ſeine Einfachheit kann deſſen Schwinden oder Zerfallen nicht hindern.

Wie iſt es denn mit dem Mittelpunct des Kreiſes, dem Schwerpunct eines Körpers? Da haben wir auch etwas Einfaches, inwohnend einer concreten Manichfaltigkeit, abſtract ohne ſie wohl denkbar, aber nicht abſtract ohne ſie beſtehend. Gerade wie das Ich in Bezug auf die Manichfaltigkeit der Beſtimmungen, die es einigt. Ja ſelbſt, wäre die ganze concrete Seele wirklich etwas Einfaches; ſo beſtände ſie doch nur in und mit der concreten Mannichfaltigkeit des Körpers. Wie oft hat man das einfache Seelenweſen wirklich mit dem Centrum oder Schwerpunct in einer leiblichen Mannichfaltigkeit verglichen. (Waiz nennt ſie geradezu Centralweſen in Bezug darauf. Eben ſo ſtellt Carus in ſeiner Phyſis ſie als Centrum des Körpers dar.) Hindert nun wohl die Einfachheit des Kreismittelpunctes, des Schwerpunctes, daß der Kreis, der Körper zerfalle? und wo bleibt dann der Mittelpunct, der Schwerpunct ſelber? Ich ſehe nicht ein, wie uns die Einfachheit des abſtracten Ichs oder Selbſtbewußtſeins oder ſelbſt der ganzen, vom Körper abſtract gedachten, Seele im geringſten ſicherer ſtellen kann, als die Einfachheit des abſtracten Kreismittelpunctes oder Schwerpunctes dieſen ſelbſt. Es wird vielmehr erſt gelten nachzuweiſen, daß der Kreis ſelbſt nicht zerfallen kann, damit ſein Mittelpunct beſtehe, oder daß der Mittelpunct aus andern Gründen im Stande iſt, ſich ſeinen Kreis zu erhalten, da aus ſeiner Einfachheit an ſich in dieſer Beziehung gar nichts folgt.

Daſſelbe läßt ſich noch auf andre Weiſe erläutern. Iſt nicht die Seeleneinheit eine Beziehung zwiſchen allen Momenten der Seele? Iſt nicht auch das Verhältniß ${}^5/_6$ eine Beziehung zwiſchen den Zahlen 5 und 6. Dieß Verhältniß iſt auch ein einfaches, immanent einer Mannichfaltigkeit. Aber hindert dieſe Einfachheit, daß der Bruch in ſeine Glieder zerfallend gedacht werde?

Auf ſolche Weiſe alſo iſt nichts zu gewinnen. Die ganze concrete Seele iſt nicht das Einfache, wofür man ſie ausgiebt; das Abſtracte aber, worin man das Weſen der Seele zuſammenfaßt, centraliſirt, mag noch ſo einfach ſein, ja ſelbſt die ganze Seele möchte noch ſo einfach ſein, ſo iſt damit keine Gewähr gegeben, daß das Concrete, Mannichfaltige, dem das Einfache inwohnt, und hiermit das Einfache ſelbſt fortbeſtehe.

Hier ein Beiſpiel der Argumentation im vorigen Sinne:

„Der Tod vernichtet den Menſchen nicht, ſondern — was wirkt er? Was den Leib des Menſchen betrifft, ſo lehrt dies der Augenſchein. Er wird in ſeine Elemente zerſetzt, aus denen er nach und nach ſich gebildet hat. Der Geiſt des Menſchen aber — kann er auch aufgelöſt, zerſetzt werden? Der Geiſt des Menſchen iſt ein identiſches, einfaches Weſen. Er iſt Ich = Ich. Sein Selbſtbewußtſein iſt der Beweis ſeiner Einfachheit. Hat er auch eine Vielheit in ſich, ſo iſt dieſe doch lediglich nichts als die mannichfaltige Weiſe ſeiner Selbſtbeziehung auf ſich. Das Identiſche Einfache aber kann nicht aufgelöſt werden, denn es hat keine Theile, aus denen es beſtünde und in die es wieder zerſetzt werden könnte. Der Geiſt beſteht alſo fort; der Geiſt iſt die Subſtanz des Menſchen; folglich bleibt dieſer auch nach dem, was wir Tod nennen.“ (Wirth in Fichte's Zeitſchr. XVIII. S. 29).

Die Einfachheit des Geiſtes wird hier trotz der Vielheit, die er in ſich hat, behauptet, weil dieſe Vielheit lediglich „nichts als die mannichfaltige Weiſe ſeiner Selbſtbeziehung auf ſich“ ſei. Ich ſehe inzwiſchen nicht ein, wie eine vielfache Weiſe der innern Selbſtbeziehung mit der innern Einfachheit eines Weſens ſoll verträglich ſein, da in einem einfach gedachten Weſen gar kein Anlaß und Anhalt für Selbſtbeziehungen, ſondern nur für Beziehungen auf Andres iſt. Das heißt, die Sache hinter dem Worte verſtecken. Im leiblichen Organismus giebt es viele innere Selbſtbeziehungen. Sie hängen aber alle daran, daß er ein nicht einfaches Weſen iſt, indem ſich dieß auf das, oder das Einzelne auf das Ganze in ihm bezieht; aber eine Beziehung des einfachen Ganzen auf das einfache Ganze bliebe immer nur dieſelbe einfache Identität. Nun iſt die Seele zugeſtandnermaßen nicht in demſelben Sinne ein räumlich materiell zuſammengeſetztes Weſen, als der leibliche Organismus, aber deshalb doch immer kein geiſtig einfaches Weſen, und die Mannichfaltigkeit der Seelenbeſtimmungen hängt ſelbſt mit der Mannichfaltigkeit der Körperbeſtimmungen zuſammen.

Vielleicht würde man weniger auf dem Begriff der Einfachheit der Seele beſtanden haben, wenn man überall folgende Betrachtung angeſtellt hätte. So wie etwas im Begriffe recht wohl einfach und doch real vergänglich ſein kann, wie wir geſehen, ſo kann umgekehrt etwas dem Begriffe nach zuſammengeſetzt und doch real unzerſtörbar ſein. Nicht Alles, was gedacht werden kann, geſchieht. Es fragt ſich, ob die Bedingungen dazu in der Natur der Dinge liegen. Es können Bedingungen in der Welt ſein, gwiſſe Verbindungen zu erzeugen, nicht aber ſolche aufzulöſen, vielmehr ſie nur fortzuentwickeln, indem die Bedingungen der Erzeugung die der Forterhaltung und Fortentwickelung ſelbſt einſchließen. So iſt es nach uns mit unſrer jetzigen Leiblichkeit, die aus ihrem lebendigen Zuſammenhange heraus einen neuen Zuſammenhang erzeugt. Iſt es aber mit dem Leibe ſo, ſo wird natürlich auch die Seele, trotz dem, daß ſie nicht einfach iſt, in dem ſtets ſich erneuernden leiblichen Zuſammenhange ſelbſt einheitlich fortbeſtehen können, da ihre Einheit vom körperlichen Zuſammenhange getragen wird.

Eine ähnliche Betrachtung iſt ſchon früher angeſtellt worden In: Knappii script. varii argumenti ed. 2. 1823. p. 85 sqq. findet ſich z. B. folgende Stelle:

„Sed fac animum ex pluribus esse naturis seu partibus concretum: concedas tamen necesse est, deum pro summa potentia sua etiam prohibere posse, quo minus partium dissipatio atque interitus consequatur.“

Es ſind das Bisherige wohl die gewöhnlichſten Wege, die Unſterblichkeitsfrage zu behandeln. Ich ſpreche nicht von denen, die nur von einzelnen Philoſophen und Theologen eingeſchlagen worden ſind, und die keine verbreitete Geltung gefunden haben. Es giebt hier einige Betrachtungsweiſen, mit denen wir uns wohl befreunden mögen; ich komme darauf in einem folgenden Abſchnitt (XXIX.); nur daß ſie nicht zur vollen Entwickelung gediehen und wegen unvollſtändiger oder zu abſtruſer Begründung zu keinem Einfluß gelangt ſind.

Ueberblickt man das Bisherige, ſo ſcheint mir, daß wir die gebildetſten Völker in Betreff der theoretiſchen Begründung und Geſtaltung des Unſterblichkeitsglaubens uns im Ganzen durch wenig Andres über die roheſten Völker erhoben haben, als durch eine künſtlichere Verwickelung und Verſteckung von Widerſprüchen und Unklarheiten, die im Glauben von jenen einfach und offen zu Tage liegen; ja daß Manches in grober Form und gerade zutappend richtiger von ihnen getroffen iſt, als von uns mit unſern ſubtilen Schlüſſen.

Wozu aber all das Winden und Mühen und Verläugnen derſelben Principien, die wir ſonſt unſern Schlüſſen auf Zukünftiges zu Grunde legen? Alles um einem an ſich ſehr gerechten practiſchen Intereſſe zu genügen, welches, nachdem die jetzt geltenden Anſichten von Natur und Geiſt uns den Weg verlegen, auf dem allein es voll und leicht befriedigt werden könnte, nicht anders ſcheint gewahrt werden zu können, als durch ſolche theoretiſche Unzulänglichkeiten. Der Menſch will fortleben über das jetzige Leben hinaus, und braucht die Ausſicht auf das künftige Leben zu den wichtigſten normirenden Geſichtspuncten für das jetzige. Und für den practiſchen Gewinn hievon ſcheut er keinen theoretiſchen Verluſt. Ohne das würde er weder darauf verfallen ſein, je Geiſt vom Leibe loszureißen, noch den Geiſt in ſich zu zerreißen, noch den Geiſt einen neuen Leib ohne leibliche Mittel dazu bilden zu laſſen, noch ihn in einen ſtarres Atom, eine einfache Monade zu ſperren, noch die Exiſtenz eines ätheriſchen Leibes ohne die Bedingungen zu ſeiner Erhaltung anzunehmen, noch Einheit und Einfachheit der Seele mit einander zu vermengen oder die concrete Fortexiſtenz an ein Abſtractum zu knüpfen.

Begreiflich nun, daß Vielen ſolche Wege der Begründung nicht zuſagen. Und was Wunder dann, wenn ſie entweder in Bevorzugung des theoretiſchen vor dem practiſchen Intereſſe die Hoffnung auf die Unſterblichkeit gar aufgeben, und ſich im Dieſſeits ohne dieſelbe ſo gut zu behelfen und einzurichten ſuchen, als möglich; oder in umgekehrter Bevorzugung des practiſchen vor dem theoretiſchen Intereſſe alle Begründung des practiſch geforderten Glaubens durch Gründe principiell verwerfen. Doch Beides hat ſein Schlimmes. Der Ungläubige ſagt: der Hinblick auf das Jenſeits ſtöre nur die rechte Aufmerkſamkeit und Thätigkeit für das Dieſſeits; aber in Wahrheit iſt der rechte Vorblick ins Jenſeits der wahre und gedeihliche und tröſtliche Führer durchs Dieſſeits. Der religiös Gläubige ſagt: wozu überhaupt ſchließen; haben wir nicht die göttliche Offenbarung? Es möchte ſein, wenn es nicht in der Natur der Sache läge, daß die Offenbarung Gottes in der Schrift ſelbſt nur nach Maßgabe feſten, ſichern, allgemeinen Glauben verdienen und erzeugen kann, als ſie auch durch die Offenbarung Gottes in Natur und Leben, durch das ewig Thatſächliche darin geſtützt, nicht ihm widerſprechend erſcheint. Und wenn man die Thatſachen der Natur und des Lebens nicht für den Glauben an die höchſten und letzten Dinge zu nutzen weiß, ſo wenden ſie ſich ganz von ſelbſt gegen denſelben, bekämpfen die Wirkſamkeit der practiſchen Geſichtspuncte, ſtatt mit ihnen Hand in Hand zu gehen. Nicht jeder bringt es dahin, ſeine Augen ganz zuzudrücken, wenn er im Alter, in Irrenhäuſern und bei den Experimenten der Phyſiologen die Seele mit dem Körper zugleich ſich abſchwächen oder irren ſieht und nirgends Seele ohne Körper ſieht. Nicht Jeder vermag ſeiner Vernunft Schweigen zu gebieten in Betreff der Folgerungen, die ſie ſofort daraus zu ziehen geneigt iſt: nicht jeder beruhigt ſich bei den oberflächlichen Abweiſungen dieſer Folgerungen, die freilich im Leben wie in der Wiſſenſchaft gleich geläufig geworden ſind: da, je mehr ſich die Thatſachen im Zuſammenhange aufdrängen, je tiefer ſie verfolgt werden, deſto beſtimmter auch ſich der durchgreifende, tiefe, grundweſentliche Zuſammenhang des Geiſtigen und Leiblichen herausſtellt. Dann verlangt aber auch die ſcheinbare Zerſtörung des Leibes im Tode gebieteriſch ihre Deutung, und der Zweifel kann nur beſiegt werden, indem man ſeine Gründe beſiegt.

Hiemit ſoll dem Werthe einer Ueberzeugung kein Abbruch geſchehen, die noch auf andern Quellen, als wiſſenſchaftlich entwickelten Gründen fußt. Der practiſche Geſichtspunkt, welcher unabhängig von aller Theorie gewiſſe Ueberzeugungen fordert, und ſelbſt den Glauben an noch andere Autoritäten, als die particuläre Vernunft des Einzelnen fordert, hat ſo viel Recht als der theoretiſche. Aber auf welchen andern Motiven als wiſſenſchaftlichen auch ein Glaube fuße, er wird nicht der rechte ſein können, ja den Quell, aus dem er gefloſſen iſt, ſelbſt verdächtigen müſſen, wenn er den klaren Blick der Wiſſenſchaft zu ſcheuen hat, wie hinwiederum die Wiſſenſchaft nicht die rechte ſein könnte, die uns zu Folgerungen führte, welche unſern practiſchen Intereſſen widerſtreben. So liegt es in der oberſten Verknüpfung des Guten und Wahren, die wir früher betrachtet haben (XIX, A). Darum gilt es herüber und hinüber zu blicken, und ob wir jetzt den theoretiſchen oder practiſchen Geſichtspunct zum leitenden machen, keine Abirrung von dem Wege, der durch den andern geboten iſt, zu geſtatten.

Wenn nun der theoretiſche Weg bis jetzt noch ſo wenig zu in ſich befriedigenden und zugleich mit den practiſchen Forderungen einſtimmigen Ergebniſſen geführt hat, liegt meines Erachtens der Grund in den Grundvorausſetzungen, die man über die Beziehungen von Leib und Seele, menſchlichem und göttlichen Geiſt gehegt hat, darin, daß man gerade das als Grund des Verderbens geſcheut hat, was vielmehr die Hoffnung unſrer Erhaltung am feſteſten ſtützen kann.

So zeigte es ſich ſchon in Betreff der Anſicht, daß der Menſchengeiſt einem höhern und höchſten Geiſte angehöre: ſo gilt es auch von der Anſicht einer feſten und durchgehenden Verknüpfung von Leib und Geiſt.

Ich gebe ein Bild: wer vom Dome zu Cordova, in dem „dreizehnhundert Rieſenſäulen tragen die gewalt'ge Kuppel“ blos hier und da eine Säule in Betracht zöge, der müßte ihn freilich ſchon im Geiſte ſtürzen und ſich unter den Säulen begraben ſehen. Nun möchte er, wäre er thöricht genug, wohl gar lieber die Kuppel in der Luft ſchwebend, die Säulen, die ihm Gefahr drohend erſcheinen, ganz weggeriſſen haben; und je mehr er ſolcher Säulen vereinzelt ſieht, deſto mehr fürchtet er ſich. Wie ruhig und ſicher aber wird derſelbe wandeln, wenn er, ſeine Augen weit öffnend, alle Säulen auf einmal ragen, und die Kuppel ſicher und herrlich darüber geſchwungen ſieht. Je mehr Säulen, deſto ſicherer wird er ſich dünken. Dieſe Kuppel iſt die Unſterblichkeit, die Säulen aber ſind die Beziehungen zwiſchen Leib und Seele.

Ich will ſagen: man glaubt, durch je mehr Bande der Geiſt an den Leib gekettet, je ſtrenger, durchgreifender ſeine Verknüpfung damit gefaßt werde, deſto mehr drohe unſrer dereinſtigen Fortexiſtenz Gefahr; nur im Nachlaß von dieſer Strenge, in gelockerter Faſſung dieſer Bande, ſei Hoffnung und Heil; während meines Erachtens gerade in der vollſten rückſichtsloſeſten Strenge und ſtrengen Durchtreibung dieſer Verknüpfung der ſicherſte, ja der einzig zureichende Weg einer vollen Begründung unſers Unſterblichkeitsglaubens liegt, ohne ſolche aber derſelbe ſtets mehr oder weniger in die Luft gebaut bleiben wird. Nur eben zur ausnahmsloſen Conſequenz gilt es, ſich zu entſchließen, nur nichts halb durchzuführen, nur wirklich allem Geiſtigen ſeine Bahn und ſeinen Kahn im Fluſſe leiblicher Beſtimmungen zu geſtatten, und alle Natur als geiſttragend zu erachten, dazu alle Urſache als Urſache einer Folge zu betrachten, die ſich ändert, wie die Urſache, ſo werden wir auf dem natürlichſten Wege von dieſem Leben als Urſache in das folgende Leben als deſſen ſachgemäße Folge übergeführt: und die Betrachtung des Leiblichen unterſtützt in aller Weiſe die des Geiſtigen; wir können keinen Grund für ein künftiges Leben mehr auf dem einen Gebiete finden, der nicht ſeine Hülfe oder ſein Aequivalent im andern fände. Ja die ganze Anſicht von der durchgreifenden Verknüpfung des Leiblichen und Geiſtigen bliebe ohne die Annahme eines künftigen Lebens verſtümmelt und haltlos, indeß die halbdurchgeführte Anſicht nicht über den Tod hinaus zu kommen weiß.

Hat man einmal das breite Fundament gewonnen, auf das ich hier hinweiſe, ſo fällt es dann nicht ſchwer, zu erkennen, wie Alles, was man von Widerſprüchen und Inconſequenzen in die Lehre von Leib und Seele um der Unſterblichkeitsfrage willen eingeführt hat, in der That nicht durch die Natur der Sache, ſondern nur durch ſeine eigene Unhaltbarkeit gefordert wird. Iſt es doch überall ſo, daß eine Inconſequenz nur entweder durch eine andere Inconſequenz oder durch Aufgabe aller Inconſequenz corrigirt werden kann, ſoll das verlangte Reſultat erſcheinen. Was auf erſterm Wege erreicht werden kann, iſt aber nur die Stabilität eines Kreiſels, der ſich durch Schwanken und Drehen nach allen Seiten eine Zeit lang hält, indem er die Fallbewegung nach einer Richtung immer wieder durch eine entgegengeſetzte aufhebt. Zuletzt muß er doch fallen.

XXVII. Directe Begründung der Unſterblichkeitslehre.

Werfen wir uns jetzt beſtimmter jene Frage auf, auf die es bei gründlichſter Betrachtung unſers Gegenſtandes zuletzt ankommen muß: Woran hängt es, daß der Menſch auch nur im Dieſſeits durch allen Wechſel äußerer und innerer Verhältniſſe hindurch er ſelbſt bleibt? Was ihn durch alle äußern und innern Angriffe durch im Dieſſeits als denſelben forterhält, wird ihn auch ins Jenſeits hinein durch den größern Angriff des Todes durch als denſelben forterhalten müſſen, falls er anders forterhalten werden ſoll.

Aber wie wunderbar iſt zuvörderſt die Thatſache ſelbſt, um die es ſich hier handelt. Alles ſcheint am Menſchen ſchon hienieden zu wechſeln, und doch glaubt er in gewiſſer Hinſicht, und gerade der Haupthinſicht, ganz derſelbe geblieben zu ſein. Es ſcheint ſich hier etwas geradezu zu widerſprechen. Der Geiſt eines Greiſen und der Geiſt eines Kindes, wie verſchieden ſind ſie in jeder Beziehung. Und doch giebt es zu jedem Geiſt eines Greiſen den Geiſt eines Kindes, mit dem er ſich für ganz denſelben hält. Es kann einer aus dem Unwiſſendſten zum Wiſſendſten werden, aus heller Luſt in trübſte Schwermuth fallen, einſt ganz erſoſſen in Sünden ſich ganz zu Gott bekehren, und hält ſich doch noch für denſelben Menſchen. Nichts, ſo ſcheint es, iſt beim Alten geblieben, und doch iſt ganz das alte Ich geblieben und hiermit eben das geblieben, worin der Menſch ſich ſelber ſucht. Es ſcheint unmöglich, und doch iſt es ſo.

Was macht es möglich? Etwas muß doch zuletzt wirklich ungeändert bleiben, ſonſt wär's kein ſcheinbarer, ſonſt wär's ein wirklicher Widerſpruch.

Das macht es möglich, darin liegt's, wenigſtens drücken wir's ſo aus, daß hinter allem Wechſel der geiſtigen Beſtimmungen doch die Einheit des Geiſtes, in der ſich jedes Menſchen Weſen zuſammenfaßt, immer noch unverändert, unverſehrt, unangegriffen bleibt, ja ſich ſelbſt im Wechſel der Beſtimmungen und durch denſelben immer neu bethätigt. Nur hätten wir Unrecht, dieſe Einheit der Seele als einen todten Kern, ein einfaches concretes Weſen in Mitten ſeiner Beſtimmungen und ablösbar davon zu faſſen; es iſt vielmehr eine lebendige, der Geſammtheit und dem Fluſſe aller Beſtimmungen der Seele gleich innerliche Einheit des Wirkens, die alle unter ſich verknüpft, vermöge deren alles Gleichzeitige im Geiſte ſich wechſelbeſtimmt und jeder ſpätere Zuſtand hervorwächſt aus dem frühern, deſſen Fortwirkungen in ſich tragend. Erläutern wir es etwas näher.

Wenn ich Baum, Haus, Berg, See zugleich ſehe, nimmt ſich jedes anders in der landſchaftlichen Zuſammenſtellung aus, als wenn ich jedes einzeln ſehe, ihr Eindruck greift wechſelſeitig beſtimmend auf einander über, und daß ſo jedes auf jedes thut, ſpür' ich im Totaleindruck der Landſchaft. Eins kann nicht anders in der Landſchaft erſcheinen, ohne daß in gewiſſer Weiſe Alles anders erſcheint, und hieran hängt ein Geſammteindruck, der ſich vom Ganzen wieder auf das Einzelne reflectirt. Beſchreiben kann man's freilich eigentlich nicht, nur im Bewußtſein zeigen. Wie es aber hier mit den Momenten einer und derſelben Anſchauung iſt, iſt es mit allen Momenten der Seele, die man als gleichzeitige in ihr annehmen mag, bewußten und unbewußten zugleich. Eins kann nicht anders in der Seele erſcheinen, ohne daß Alles anders in der Seele erſcheint, und hieran hängt ein Geſammteindruck, der ſich auch vom Ganzen wieder aufs Einzelne reflectirt. Mit dem Gefühl dieſer Wechſelbeſtimmtheit alles deſſen, was in unſrer Seele iſt, iſt zugleich das Gefühl ihrer Einheit unabtrennlich gegeben. Die Seele ſpürt die mannichfaltigen Momente ihrer Selbſterſcheinung in thätiger Wechſelbeſtimmung, und die thätige Wechſelbeſtimmung alles deſſen, was in der Seele, kann nur mit dem Einheitsgefühle derſelben beſtehen.

Nun aber findet nicht blos eine Wechſelbeſtimmtheit, ſondern auch Folgebeſtimmtheit deſſen, was in der Seele iſt und geht, ſtatt, die jedoch mit der Wechſelbeſtimmtheit ſelbſt zuſammenhängt. Die Wechſelbeſtimmtheit äußert ſich nämlich nicht blos durch den Geſammteindruck, der unmittelbar damit gegeben iſt, ſondern auch durch Folgen, die daraus hervorgehen. Durch die thätige Wechſelbeziehung, in welcher der Beſtand der Seele ſteht, geht ein neuer Beſtand der Seele als Folge des vorigen hervor. Und wie mit jener Wechſelbeſtimmtheit zuſammenhängt, daß der Menſch das gleichzeitige Mannichfaltige in einer Seeleneinheit gebunden fühlt, nicht in der Mannichfaltigkeit zerfährt, ſo mit der Folgebeſtimmtheit, daß er auch das ſucceſſive Mannichfaltige ſo gebunden fühlt, daß er Eins bleibt im Mannichfaltigen nach einander. Der ſpätere Geiſt fühlt ſich noch eins mit dem frühern, und iſt in ſofern noch derſelbe als früher, als er noch die Fortwirkungen des frühern in ſich hat. Alles, was ich als Kind geſehen, gedacht, gefühlt, ob ich mich deſſen auch nicht mehr erinnere, ſeine Folgen nicht mehr einzeln unterſcheide, iſt doch nicht umſonſt geweſen für mein ſpäteſtes Alter. Ja nichts, auch nicht das Kleinſte, was mir in früheſter Jugend begegnet und was in mir begegnet, iſt umſonſt fürs ſpäteſte Alter, klein, wie es iſt, macht es mich auch nur anders in etwas Kleinem; aber nur das Nichts zieht nichts in mir nach ſich. Der alte Geiſt kann ſolchergeſtalt ſeinen Zuſtand ganz und gar ändern; er muß ihn ſogar ändern; denn in Aenderungen beſteht das Leben des Geiſtes; aber ſofern es Aenderungen ſind, hervorgehend aus der frühern Wirkungseinheit des Geiſtes, an die ſich das Gefühl des Beſtandes der Geiſteseinheit und hiermit des Ich knüpft, fühlt auch der Geiſt in ſeinem neuen Zuſtande ſich immer als hervorgewachſen aus dem alten Geiſte, als deſſen Fortſetzung, fühlt er einen Identitätsbezug zwiſchen dem frühern und ſpätern Ich.

Es ſind daher im Grunde nur verſchiedene Ausdrücke, aber nicht verſchiedene Dinge, wenn wir einmal ſagen: der Geiſt bleibt derſelbe im Fluß und Wechſel ſeiner Beſtimmungen, weil ſich die geiſtige Einheit doch durch allen Fluß und Wechſel der Beſtimmungen unverrückt erhält, oder ſagen, er erhält ſich als derſelbe, weil der Wirkungszuſammenhang aller frühern Beſtimmungen des Geiſtes ſich durch eine zuſammenhängende Folgereihe von Wirkungen ins Spätere fortſetzt. Denn eben das Wirken des Frühern ins Folgende hinein iſt das, was beides in der Zeit einigt; es iſt eine thätige Einheit, die der Seele; abſtract faßbar, doch nicht abſtract beſtehend.

Unſer Identitätsgefühl in Bezug auf die Zeitfolge iſt ſelbſt weſentlich identiſch mit dem Identitätsgefühl in Bezug auf das Gleichzeitige; es iſt daſſelbe Ich, was in einer Gegenwart Verſchiedenes zuſammenfaßt, und was das Verſchiedene in der Aufeinanderfolge einigt, und es läßt ſich nicht einmal denken, daß dieſe Identität ſich je löſen könnte; da ja die thätige Folgebeziehung ſelbſt nur ein Erfolg der thätigen Wechſelbeziehung iſt, und die thätige Wechſelbeziehung ſich dadurch weſentlich als ſolche charakteriſirt, daß ſie in die thätige Folgebeziehung umſchlägt.

Nicht zwar rein aus ſich, durch ſich ſelbſt ſetzt ſich der Menſchengeiſt vom Frühern ins Spätere fort. Da bliebe er immer nur ein dünner Faden, wenn das, womit er als Kind beginnt, die ganze Baſis der Fortwirkungen in ſeinem Geiſte bleiben ſollte. Immer neue Beſtimmungen ſchöpft er vielmehr durch die Sinne als neue Zuwüchſe.

die nicht ſelbſt Folgerungen deſſen ſind, was früher in ihm war, unerklärlich vielmehr durch alles Frühere in ihm ſind, wohl aber neue Folgerungen in ihm zeugen und ihn immer mehr bereichern. Indem ſo etwas neu an uns tritt, was nicht gefloſſen aus unſerm frühern Beſitze, haben wir dann auch das Gefühl, daß etwas Aeußeres an uns trete; doch verlieren wir uns ſelbſt nie in dem Neuzutretenden. Sondern indem ſich durch alles neu an uns Tretende die Folgerungen des früher Gewonnenen und des Angebornen erhalten, fühlen wir uns durch alles Neue noch die Alten, fühlen das Neue nur als Fortbeſtimmungen des Alten. Durch die Folgen des Frühern in uns erhalten und entwickeln wir uns fort, durch das neu an uns Tretende aber gewinnen wir immer neue Anfänge der Entwickelung, denn die Entwickelung ſelbſt geſchieht doch in uns, durch uns.

Die identiſche Forterhaltung des Ich dieſſeits durch allen innern und äußern Wechſel hängt alſo kurz geſagt an der Forterhaltung des urſächlichen oder Cauſalzuſammenhanges zwiſchen unſern geiſtigen Phänomenen. In ſofern etwas als geiſtige Folge aus dem fließt, was unſerm Ich früher angehörte, gehört ſie auch von ſelbſt noch demſelben Ich an, erhält ſich das Ich darin von ſelbſt fort, wenn auch die Erſcheinungen ſelbſt noch ſo ſehr wechſeln. Die allgemeinſte Anwendung hiervon können wir auf Gott ſelbſt machen. Sind unſre Geiſter, wie dies überall zugeſtanden wird, wirklich urſächlich aus Gott hervorgegangen, ſo genügt das, ſie auch in Gott zu erhalten. Der urſächliche Zuſammenhang ſelbſt erhält ſie ſeinem Ich. Wer es anders meint, verläßt die erfahrungsmäßige Baſis des Schluſſes, die uns zu Gebote ſteht.

Was aber folgt daraus für unſer künftiges Leben? Dies: die Fortdauer unſers Geiſtes ins Jenſeits läugnen, hieße nichts anders, als die fortdauernde Gültigkeit des urſächlichen Zuſammenhanges im geiſtigen Gebiete über das Dieſſeits hinaus läugnen, läugnen, daß die geiſtigen Urſachen, die jetzt in uns liegen, auch über das Dieſſeits hinaus geiſtige Folgen haben werden. Nichts in der ganzen Welt aber verräth uns, daß Urſachen je aufhören können, ihnen gemäße Wirkungen zu zeugen; auch ſehen wir ſogar genug von den geiſtigen Nachwirkungen der Menſchen, nur freilich blos in Wirkungen, die wir empfangen, was aber doch Wirkungen, die geäußert werden, vorausſetzt. Ueberall erſcheint der Geiſt als ſolcher ja nur ſich ſelbſt, und wir können den Geiſt eines Andern in ſeinem jenſeitigen Daſein nicht unmittelbarer ſehen wollen, als im dieſſeitigen, zumal ſo lange wir ſelbſt noch auf dieſſeitigem Standpuncte ſind.

Alle Beſorgniſſe, daß die Folgen unſers Geiſtes blos einem höhern Geiſte, aber nicht mehr unſrer Individualität zu Gute kommen möchten, erledigen ſich hiermit. Freilich kommen ſie ihm auch zu Gute, aber nicht anders, als ihm ſchon unſer jetziges geiſtiges Urſächliche zu Gute kommt, womit doch unſre Individualität beſteht. Als Folgen unſrer ſelbſt bleiben ſie unſer, und ſeine nur, in ſofern wir ſchon jetzt ſein ſind und bleiben.

Oder ſollte man verlangen, daß noch beſondere Bedingungen für Erhaltung des Grundcharakters, der individuellen Eigenthümlichkeit gewahrt werden? Aber ſie ſind eben damit ſchon im vollſten und eigentlichſten Sinne gewahrt, daß der Geiſt ſich durch ſeine Folgen forterhält. Denn die Natur der Urſachen beſtimmt überall die Natur der Folgen, und es wäre etwas nicht Folge einer andern Urſache, wenn es nicht anders erfolgte, und es wäre etwas nicht andere Urſache, wenn es nicht andere Folgen erzeugte. So individuell geartet alſo unſer Geiſt jetzt iſt, ſo individuell geartet, und zwar in demſelben Sinn individuell geartet, muß er auch bleiben in Ewigkeit, ſofern er nur überhaupt fortgehends Folgen aus Folgen gebiert. (Vgl. Th. I. S. 353.)

Indeß nun alle Folgen deſſen, was der Geiſt hatte; ſein bleiben, wächſt er aber auch, wie wir ſahen, durch etwas, was er nicht hatte, und das, was am meiſten ſcheinen könnte, ihn zu ſtören oder zu zerſtören, die Einwirkungen der Außenwelt, dient nur am meiſten, ihn reicher und höher zu entwickeln. In welche neue Außenwelt alſo auch die geiſtigen Folgen unſers Jetzt eingehen mögen, als Folgen unſers Ich bleiben ſie immer unſerm Ich, und alle Eingriffe der neuen Außenwelt können nichts thun, als neue Bereicherungen dieſes Ich mitführen.

Wir bleiben alſo von beiden Seiten ſicher geſtellt: keine Aenderung, die aus uns ſelbſt kommt, kann unſer Ich ändern, ſondern es blos forterhalten und fortentwickeln: keine Aenderung, die durch etwas außer uns kommt, kann unſer Ich ändern, ſie kann es blos mit neuen Anfängen der Entwickelung bereichern. Woher ſoll uns dann Gefahr kommen?

Zwar, könnten nicht die Folgen unſers jetzigen bewußten Geiſtes unbewußte ſein? Wie viel habe ich als Kind gelernt, und es wirkt nur noch in unbewußten Folgen in mir fort. Gewiß, aber wie ſchon früherhin betrachtet, nur, weil ſeine Folgen in die ſpätern Bewußtſeinsphänomene eingegangen und darin aufgegangen ſind; es ſind nicht ſolche, die dein Bewußtſein nicht mehr berührten, nur ſolche, die es nicht mehr geſondert für ſich berühren; doch aber beitragen, dein bewußtes Ich in beſtimmter Weiſe fortzuerhalten. So mag denn auch Vieles, was dich jetzt bewußt berührt, in ſpätern Bewußtſeinsphänomenen des Jenſeits wieder untergehen; aber eben nur in Bewußtſeinsphänomenen, die wiederum dir gehören; weil alle Fortbeſtimmungen deines Bewußtſeins, die dies Untergehen mit ſich führen könnten, ſeien ſie aus dir gekommen, oder von außen an dich gekommen; ja auch dir gehören. Dein früheres Bewußtſein kann blos in deinem ſpätern Bewußtſein erlöſchen, aber nicht in einem Allgemeinbewußſein, das dich nichts mehr anginge. Denn ſollteſt du auch mit dem Tode durch das ganze Allgemeinbewußtſein fortbeſtimmt werden; ſo würde dies eben nur eine Bereicherung deines Bewußtſeins durch die ganze weite Sphäre ſeiner Beſtimmungen, nicht einen Verluſt deines Bewußtſeins an das Allgemeinbewußtſein bedeuten; ſonſt müßteſt du ſchon hienieden im Fluſſe der Beſtimmungen, die dein Bewußtſein von Außen empfängt, dich zu verlieren wenigſtens beginnen.

In der That haben wir zu glauben, daß unſre Beziehungen zum Allgemeinbewußtſein ſich mit dem Tode erweitern werden; aber es wird ein Gewinn, nicht ein Verluſt für uns ſein; und wie wir erweiterte Beſtimmungen durchs Allgemeinbewußtſein empfangen, wird dieſes ſolche durch uns empfangen.

Das bleibt wahr, da ein Wechſel der Bewußtſeinsſtärke und Höhe, ſelbſt mit zeitweiſen Unterdrückungen des Bewußtſeins, unſern Geiſt im Ganzen ſchon hienieden betrifft, ja in ſeiner Natur liegt, ſo ſteht in dieſer Beziehung allgemein geſprochen auch für die Zukunft jede Möglichkeit frei; nur nicht die, daß das Bewußtſein überhaupt fortan für uns aufhöre. Die Abwechſelung im Steigen und Sinken des Bewußtſeins hienieden mag in Ewigkeit wieder eine Abwechſelung im Steigen und Sinken nachziehen, ſo iſt es die Natur periodiſcher Functionen; aber mit einem dauernden Erlöſchen des Bewußtſeins erlöſchten die Folgen des Geiſtigen ſelbſt, hörte die geiſtige Urſach überhaupt auf, Folgen zu zeugen, der Cauſalzuſammenhang im Geiſtigen wäre abgebrochen, weil ein Geiſtiges ohne Bewußtſein in Ewigkeit kein Geiſtiges mehr wäre. Nur ſchlafen oder in Ohnmacht liegen kann der Geiſt zeitweiſe, um noch als exiſtirend zu gelten. Dann ſind die Folgen der frühern bewußten Urſache nicht erloſchen, ſondern es liegt nur eben in der Natur der periodiſch ſich hebenden und ſenkenden bewußten Urſache, entſprechende Folgen zu zeugen.

Aber, kann man fragen, müſſen denn die Wirkungen des Geiſtes auch eben wieder geiſtige ſein? Kann der Geiſt nicht auch materielle Wirkungen, Bewegungen, zeugen und in dieſen materiellen Wirkungen erlöſchen?

Gewiß kann es ſo ſein, wenn, wie man gewöhnlich meint, der Geiſt immer abwechſelnd leibliche und der Leib geiſtige Wirkungen vor ſich hertreibt, ohne daß eins zugleich das andre weſentlich mitführt. Dann ſetzt ſich bald die geiſtige Bewegung in materielle, bald die materielle in geiſtige um; und wir können in jedem Augenblick eben ſo erwarten, den Geiſt in der Materie untergehen, als aus der Materie Geiſt entſtehen zu ſehen. Aber anders ſtellt ſich's, wenn, wie wir es meinen, alle geiſtige Wirkung ſelbſt von materieller getragen wird, kein Gedanke und Wille ohne leibliche Regung iſt. Dann wird auch die geiſtige Folge durch eine materielle Folge zwar getragen werden, aber nicht durch ſie erſetzt werden können; und der Nachweis der materiellen Folgen wird nicht die Abweſenheit, ſondern das Daſein der geiſtigen beweiſen. Hier haben wir eine Haupt-Frucht der Anerkennung eines durchgreifenden Zuſammenhanges von Geiſt und Leib. Und je tiefer wir in die Thatſachen des Jetztlebens eingehen, ſo mehr werden wir auf dieſen Zuſammenhang wirklich hingewieſen.

Alſo in Betreff der Bedingungen, die das Geiſtige für ſich ſelbſt zu ſeiner Fortexiſtenz zu erfüllen hat, ſind wir ſo ſicher von allen Seiten geſtellt, als wir nur immer nach den Thatſachen und Denkbarkeiten unſres Jetztlebens wünſchen können. Es iſt nicht nur nichts, was im Jetztleben uns das einſtige Aufhören unſres Geiſtes drohte, ſondern nichts, was es uns überhaupt möglich erſcheinen ließe. Wir müßten annehmen, daß Urſachen Folgen zu zeugen aufhören, oder daß Geiſtiges und Leibliches ſich in einander wandeln können, um zu glauben, daß wir als geiſtige Individuen aufhören werden fortzuexiſtiren.

Inzwiſchen ſind wir nicht allein auf Betrachtung der Bedingungen gewieſen, welche im Geiſtigen ſelbſt liegen. Sondern da unſer Geiſt hienieden eines leiblichen Trägers, einer leiblichen Unterlage zum Wirken factiſch bedarf, haben wir außer den geiſtigen eben auch leibliche Bedingungen unſrer Exiſtenz hienieden in Betracht zu ziehen, und ſollten dieſe zerſtört werden, ſo möchte aller Hinblick auf das Geiſtige allein nicht genügend erſcheinen. In unſrer Anſicht, daß aller Geiſt von etwas Leiblichem getragen wird und nur auf Grund dieſes Trägers beſteht, tritt die Frage nach der Forterhaltung dieſes Trägers um ſo dringender auf. Aber die Antwort iſt auch um ſo bereiter. So wenig das Geiſtige ohne Folgen ſein kann, wodurch es ſich forterhält, ſo wenig auch das Leibliche, wovon es getragen wird; und welches immer die Folgen des Leiblichen ſein mögen, das unſern Geiſt jetzt trägt, ſie werden auch der Urſach adäquat die Fortſetzung des Geiſtigen tragen müſſen, das jetzt von unſerm Leibe getragen wird. Aber kommen wir dieſem allgemeinen Schluſſe mit der directen Betrachtung deſſen entgegen, was uns im Dieſſeits unſern Leib durch alle Veränderungen deſſelben durch fortgehends als identiſchen Träger einer identiſchen Seele erſcheinen läßt, um von da aus, wie vorhin, die Frage für das Jenſeits zu beantworten, zu ſehen, ob daſſelbe auch die Kataſtrophe des Todes überdauert.

Ueberall finden wir hier analoge Verhältniſſe als auf geiſtiger Seite. Unſer Leib ſchließt eine große Mannichfaltigkeit von Theilen und Bewegungen ein, aber der organiſche Wirkungszuſammenhang läßt uns ihn als *einen* zuſammenfaſſen; die Einheit unſrer Seele findet ihren Ausdruck oder Träger in der organiſchen Einheit unſres Leibes, in dem ſich auch Alles wechſelbeſtimmt; und wie wir auch zeitlich immer denſelben Geiſt zu behalten glauben, trotz dem, daß er ſich beſtändig ändert, glauben wir immer denſelben Leib zu behalten, trotz dem, daß er ſich beſtändig ändert; was wieder ſächlich zuſammenhängt; denn was noch die alte Seele trägt, gilt uns eben noch als der alte Leib, und es iſt dieſelbe Frage, was läßt uns den Leib fortgehends als denſelben halten trotz aller Aenderungen, und, was befähigt ihn,. trotz aller Aenderungen fortgehends dieſelbe Seele zu tragen.

In Manchem nun kann es nicht liegen: nicht in Zurückhaltung derſelben Materie; denn dieſe wechſelt während des Lebens continuirlich; der Greis beſteht aus total andrer Materie als das Kind, und glaubt doch noch denſelben Leib und dieſelbe Seele behalten zu haben. Nicht in Forterhaltung derſelben Form; denn auch dieſe ändert ſich continuirlich von der Jugend zum Alter und im Grunde iſt nichts noch ganz in derſelben Form im Leibe des Greiſes und Kindes, indeß doch der Greis ſich immer noch für ganz denſelben Menſchen hält. Nicht in der Bewahrung irgend eines beſondern Stückes des Leibes, da man nach und nach jedes beliebige Stück des Leibes wegnehmen kann, ohne daß, ſo weit wir es überhaupt im Dieſſeits beobachten können, die Identität des Individuums dadurch Eintrag erleidet. Betrachten wir überhaupt den alten Menſchen gegen den jungen. Er iſt ein andrer Hauſe Materie, in einem andern Raum, einer andern Zeit, von einer andern Größe, einer andern Form, als der junge, ſei es auch noch mit irgendwelchen Aehnlichkeiten der frühern Form; aber das davon getragene Ich iſt ganz daſſelbe geblieben. Was iſt noch übrig, das den Leib noch zum Träger deſſelben Ich ſtempelte? Ein Einziges bleibt übrig, und zwar, was ſich dem Umſtande, den wir als Bedingung der Forterhaltung des Ich auf geiſtigem Gebiete erkannten, ganz entſprechend zeigt, ſo daß es eben wieder als Ausdruck oder Träger dieſer Bedingung im Leiblichen gelten kann. Wie der ſpätere Geiſt aus dem frühern erwachſen muß, um ſich noch als derſelbe zu fühlen, muß auch derLeib, der den ſpätern Geiſt trägt, aus dem erwachſen ſein, welcher den frühern trägt, um noch als Träger deſſelben Geiſtes und hiemit als derſelbe Leib zu gelten. Alles kann wechſeln und wechſelt wirklich zwiſchen dem Beſtande des frühern Leibes wie des Geiſtes, nur der urſächliche Zuſammenhang muß ſich ſtetig forterhalten und erhält ſich wirklich ſtetig fort. Was in mir als Kind wirkte, wirkt in ſeinen Folgen noch heute in mir dem Erwachſenen fort, leiblich eben ſo wie geiſtig. Wie anders auch die Form des Greiſen ſei, als die des Kindes, doch konnte die beſtimmte Form eines Greiſen nur aus einer beſtimmten Kindesform erwachſen. Jede Bewegung, die je einmal im Organismus war, erſtreckt, wenn auch nie wieder in der urſprünglichen Form auftauchend, doch ihren Einfluß ſo gut durch alles Spätere fort, als die Bewegung eines Planeten in irgend einem

Momente ihren Einfluß durch alle Ewigkeiten forterſtreckt; das Spätere trägt die Fortwirkungen des Früheren in ſich, und würde anders ſein, als es eben iſt, wenn es ſie nicht in ſich trüge. Der geſammte jetzige Zuſtand des leiblichen Organismus iſt in ganz entſprechender Weiſe aus dem frühern hervorgewachſen, als der geiſtige Zuſtand aus dem frühern. Eben ſo wenig zwar rein aus ſich ſelbſt. Die Außenwelt giebt auch hier fortgehends neue Beſtimmungen. Aber durch alle neuen Beſtimmungen erhalten ſich die Fortwirkungen des früher Geweſenen fort.

Wir ſehen alſo die vollkommenſte Analogie zwiſchen den Bedingungen des Fortbeſtehens unſrer Individualität auf geiſtiger und leiblicher Seite. Aber es iſt mehr als Analogie: beides hängt in Wechſelbedingtheit, ja Weſenseinheit, zuſammen. Die geiſtigen Vorgänge fließen ſelbſt nur nach Maßgabe aus einander, als die leiblichen aus einander fließen, von denen ſie getragen werden; der Fluß des Geiſtigen iſt ja nur die Selbſterſcheinung des leiblichen Fluſſes.

Was folgt nun daraus wieder für unſre Zukunft, wenn wir die Thatſachen des Jetzt maßgebend dabei halten wollen?

Daß der Leib unſrer Zukunft, um der Forterhaltung unſers jetzigen Ich dienen zu können, aus dem Leibe des Jetzt eben ſo urſächlich hervorgegangen, hervorgewachſen ſein muß, als ſchon der Leib des Jetzt fortgehends aus dem, der das Ich früher trug, urſächlich hervorwächſt.

Dieſe Bedingung erfüllt der weitere Leib in dem Sinne, wie wir ihn früher betrachtet haben, und erfüllt nichts anders, als dieſer weitere Leib. Man wird umſonſt etwas Anders ſuchen. Wollen wir alſo Unſterblichkeit nicht ins Leere annehmen, ſo werden wir ſie nur auf dieſer Grundlage finden können.

Ueberblicken wir nochmals das ganze Verhältniß, was hierbei in Betracht kommt.

Die cauſale Fortſetzung der Thätigkeiten des frühern Leibes, woran ſich unſer früheres Ich knüpfte, liegt nur zum Theil im jetzigen Leibe. Zum Theil liegt ſie in der Außenwelt. Alles, was in irgend einem Momente in uns thätig iſt, theilt ſich ſo zu ſagen in zwei Theile, deren einer innerlich fortwirkt, der Andere nach Außen greift. Jener dient, unſer jetziges engeres leibliches Syſtem als Träger unſers jetzigen bewußten Lebens fortzuerhalten und dabei durch Einwirkungen der Außenwelt immer neu bereichert, fortentwickelt zu werden, dieſer dient, ein neues leibliches Syſtem zu ſchaffen oder unſer engeres in ein weiteres auszudehnen, das uns zum Träger unſrer Zukunft aufgehoben wird, und jetzt noch im Unbewußtſein für uns liegt. Aber auch Alles, was innerlich in uns fortwirkt, zeitweis darin kreiſt, ſetzt ſich doch endlich über kurz oder lang in Wirkungen an die Außenwelt um, der mit dem Tode noch das Letzte von uns zugeworfen wird; ſo gehen wir nach und nach ganz an die Außenwelt über, ſetzen uns ganz und gar in das weitere Syſtem der Außenwelt um. Der Knoten des engern Leibes löſt ſich zwar nie, denn die Verwickelung der urſächlichen Bewegungen muß ſich auch durch alle Folgen durch forterſtrecken, wie mehrfach erörtert, aber die im engern Leibe feſtgezogenen

Schlingen werden ſo zu ſagen weit herausgezogen. Vergeht endlich der engere Leib ganz, ſo erwacht nach den Geſetzen des Antagonismus und der Periodicität, die wir beſprochen haben, der weitere dafür.

Man ſieht wohl, daß der Grundpunct, auf den es bei Forterhaltung des Individuums ankommt, hier weſentlich anders gefaßt wird, als gewöhnlich. Wenn bei den meiſten Anſichten, die wir im vorigen Abſchnitt kennen gelernt haben, nur *etwas* identiſch vom Geiſte und Leibe forterhalten werden ſoll, worin eben das Weſentliche des Geiſtes und Leibes liege, ſo liegt es dagegen im Weſen der vorigen Anſicht, daß der *ganze* Leib und Geiſt ſich in demſelben Sinn identiſch forterhält, als es ſchon jetzt geſchieht, indem das Weſentliche für die Identität hier in den Wirkungszuſammenhang und davon abhängigen und ihn fortführenden Cauſalzuſammenhang des ganzen leiblich geiſtigen Organismus geſetzt wird, welcher Wirkungszuſammenhang aber für jeden individuellen Organismus ſelbſt ein charakteriſtiſch und individuell verſchiedener iſt und der Natur des Cauſalzuſammenhanges nach ſo bleiben muß, wenn immer die Folgen den Urſachen gemäß erfolgen ſollen.

Unrecht würde man haben, dem Cauſalzuſammenhange die Erhaltung eines Ich zuzumuthen, wo keins iſt. Nur ſofern ein Ich da iſt, kann es ſich durch ſeine Cauſalität forterhalten. Vieles kann alſo in der Welt in beſonderer Weiſe cauſal erfolgen, ohne daß ſich darin ein beſonderes Ich forterhält; doch wird dieſe Cauſalität immerhin beitragen, das allgemeinſte göttliche Ich fortzuerhalten, deſſen

Beſtand an den Wirkungszuſammenhang und deſſen Forterhaltung an den Folgezuſammenhang aller Dinge in der Welt gebunden iſt. Wo kein beſonderes Ich iſt, kann es ſich auch durch ſeine Folgen nicht als ſolches forterhalten. Doch kann die Entſtehung von beſondern Ich's niederer Stufen in einem Cauſalzuſammenhange höherer Ordnung begründet liegen.

Natürlich weicht unſre Anſicht auch ſehr von denen ab, welche das Weſentlichſte und Eigenthümlichſte des Geiſtes in einer Art Freiheit ſuchen, die demſelben geſtatte, ſich von den Geſetzen des Cauſalzuſammenhanges zu emancipiren, da vielmehr nach uns am Cauſalzuſammenhange der geiſtigen Erſcheinungen die Forterhaltung der geiſtigen Identität ſelbſt hängt, und was aus dem Cauſalzuſammenhange eines Geiſtes ſiele, aus dem Geiſte ſelbſt ſiele. Mag eine Freiheit in jenem Sinne ſtatt finden, oder nicht, ſo iſt Alles, was mittelſt einer ſolchen im Geiſte begegnet, gar nicht als durch den Geiſt geſchehen, nicht als ſeine Fortſetzung, Forterhaltung, anzuſehen; begegnet dem Geiſte wie etwas Fremdes. So iſt es mit den Einwirkungen, die er von einer Außenwelt erfährt, und man kann billig bezweifeln, ob es noch etwas Anders der Art giebt. Hiemit aber wird die Freiheit des Menſchen nicht geläugnet, denn es hindert nichts, wie früher (XIX. B) gezeigt, in das Cauſalgeſetz ſelbſt das Grundprincip der Freiheit, um das es dem Menſchen zu thun iſt, mit aufzunehmen. Dieſen Gegenſtand aber verfolgen wir hier nicht weiter

XXVIII. Practiſche Geſichtspuncte.

Im Bisherigen galt es der Frage, was können wir aus unſerm jetzigen Leben für das künftige ſchließen; fragen wir uns nun, was können die ſo begründeten Vorſtellungen vom künftigen Leben auf das jetzige wirken. Es iſt die practiſche Seite der Frage, die uns jetzt nach der theoretiſchen zu beſchäftigen hat; und nur die übereinſtimmende Befriedigung unſrer theoretiſchen und practiſchen Intereſſen kann uns nach unſren Anſichten ſicher ſtellen, daß wir den rechten Weg getroffen.

Zuvörderſt aber die Vorfrage: wird unſre Lehre denn überhaupt je eine practiſche Wirkſamkeit für das Leben gewinnen können? Iſt ſie nicht dazu viel zu unbeſtimmt und zu verblaſen, zu weitläufig und ſchwierig für Darſtellung und Auffaſſung? Mit einer practiſchen Unfähigkeit, Eingang zu gewinnen, bewieſe ſie aber nach uns ſelbſt zugleich eine theoretiſche Unzulänglichkeit. Denn eine Lehre von den höchſten und letzten Dingen iſt nicht nur beſtimmt, im engen Kreiſe nutzenbringend, ſondern im weiteſten Kreiſe heilbringend zu ſein; dazu muß ſie aber auch im weiteſten Kreiſe angenommen und geglaubt werden können. Und könnte ſie es nicht, ſo könnte ſie auch theoretiſch nicht die richtige ſein. So liegt es in unſerm allgemeinſten Princip der Verknüpfung des Guten und Wahren (XIX, A).

Inzwiſchen, wie es ſich auch in Betreff der Faßlichkeit, Beſtimmtheit, Darſtellbarkeit mit unſrer Anſicht verhalten möge, gegen die bisherigen Anſichten ſteht ſie jedenfalls darin nicht in Nachtheil. Und konnten dieſe dennoch Platz greifen, ſollte es die unſrige weniger können? Denn was kann ſchon unbeſtimmter, verblaſener, ſchwerer zu fixiren ſein, als die gewöhnlichen Vorſtellungen über die künftige Exiſtenz? ja kann man überhaupt von beſtimmten Vorſtellungen hier ſprechen? giebt es nicht hier blos ſchwebende und nebelnde, weder recht zu faſſende noch zu laſſende traumhafte Gedanken? hat die Seele künftig noch einen Leib oder hat ſie keinen? verläßt ſie den alten ganz oder behält ſie etwas davon und was behält ſie davon? oder wie und woher bekommt ſie einen neuen, und wie iſt er beſchaffen? ſchläft ſie nach dem Tode oder geht ſie gleich zum Himmel? wie gelangt ſie dahin? was giebts da für neue Verhältniſſe? was hat man ſich unter dem Himmel ſelbſt eigentlich zu denken: einen Ort auf einem Weltkörper, oder den Raum zwiſchen den Weltkörpern, oder einen Raum über allen Weltkörpern, oder hört die Beziehung der Seele zum Raume überhaupt auf? Iſt von all dieſem nur das Geringſte in der gewöhnlichen Vorſtellung fixirt? Und dazu iſt es vergeblich, dieſe Fixirung verſuchen zu wollen: da, je mehr man darauf ausgeht, um ſo grellere Incongruenzen und Widerſprüche dieſes ganzen Vorſtellungskreiſes hervortreten. Dagegen ich meine, daß unſre Anſicht ſich gerade um ſo mehr fixirt und beſtimmter geſtaltet, je mehr wir uns in dieſelbe vertiefen.

Jede Anſicht von den göttlichen und jenſeitigen Dingen wird zuletzt durch Anthropomorphismus und Verſinnbildlichung der rohen Auffaſſung näher gebracht werden müſſen; aber gerade unſre Anſicht bietet die vielſeitigſten Anknüpfungspuncte dazu dar, ſolche, daß das Bild die Wahrheit vielmehr ausdrücke als verhülle; ja ſie kann dieſes Hülfsmittels wohl mehr als jede andere entbehren, weil ſie die Realbeziehungen des künftigen Lebens mit dem jetzigen nicht durchſchneidet, ſondern verfolgt; und hiemit der Auffaſſung der Verhältniſſe des Jenſeits den natürlichſten Weg bahnt.

Und hierin ſuche ich einen Hauptvortheil unſrer Anſicht nach practiſcher Beziehung, noch abgeſehen von dem Inhalte derſelben, gegen die gewöhnlichen Auffaſſungen und Darſtellungen der Unſterblichkeitslehre. Was kann eine Anſicht vom Jenſeits für das Dieſſeits leiſten, wie kann ſie richtungsgebend darauf wirken, Leitpuncte dafür entwickeln, wenn ſie keine Folgerung von dem, was hier gilt, auf das, was dort gelten wird, zuläßt, jeden Realzuſammenhang damit abbricht, oder gar die Hoffnung der Zukunft auf Widerſprüche mit den Thatſachen und Möglichkeiten des Jetzt begründet; wenn wir in einen unbeſtimmten Himmel oder auf ferne Planeten in Verhältniſſe verſetzt werden, die mit den jetzigen ſich nicht mehr berühren. Da ſieht man nicht und ſo geht es uns auch nicht zu Herzen, wie das, was jeder hier thut, mit dem, was jeder einſt haben und erfahren wird, zuſammenhängt. Lohn und Strafe erſcheinen grundlos angedroht oder verheißen, fremdartig zugemeſſen, und wo man nicht einſieht, wie etwas kommen muß, ja kommen kann, bezweifelt man nur zu leicht, daß es kommen wird. Eins hängt ganz nothwendig am Andern. Wie die Realbezüge für das Wiſſen, gehen die Wiſſensbezüge für das Handeln verloren. Und wie werthvoll auch die Zuſicherungen und Andeutungen ſein mögen, die wir aus den Quellen unſrer Religion und einem ahnenden Gefühle ſchöpfen können, ja wie ſehr ſie ſelbſt die nothwendige Vorausſetzung aller Theorie bilden, ſo droht doch die theoretiſche Blindheit und Verwirrung, in der wir uns in Betreff des Zuſammenhanges des jetzigen Lebens mit dem künftigen befinden, immer, das unkräftig zu machen, was uns von dieſen Seiten geboten wird. Ja was helfen dem, der einmal nicht glauben gelernt hat, alle Verſicherungen und Drohungen, wenn ſie ihre Wirkſamkeit nur auf einen vorhandenen Glauben ſtützen, aber ſolchen nicht erzeugen können.

Sehen wir dagegen klar ein, daß und wie unſer künftiges Leben aus dem jetzigen hervorwächſt, nach einer Erweiterung nur deſſelben Princips hervorwächſt, nach dem ſchon jetzt jeder ſpätere Lebenszuſtand aus dem frühern, ſo erſcheint hierdurch ganz von ſelbſt Alles, was wir im Jetztleben ſind und thun, als eben ſo vorbedingend und bedeutungsvoll für unſer künftiges Daſein, wie es mein heutiges Sein und Thun für das morgende, meine Jugend für mein Alter erſcheint; und entſtehen hierdurch ganz von ſelbſt die kräftigſten Motive, auch ſo zu handeln, wie es für das folgende Leben am beſten iſt. Wenn nun dieſelbe Anſicht zugleich als nothwendige und planſte Folgerung einſchließt, daß daſſelbe Handeln, was der Zukunft am meiſten frommt, auch das iſt, was dem Jetzt am meiſten frommt, ſo wird hierdurch in das Ganze unſrer practiſchen Intereſſen die ſchönſte und beſte Einſtimmung kommen. Und ſo findet ſich's in unſrer Lehre, wie ſich durch das Folgende von ſelbſt herausſtellen wird.

Weiter aber muß man die umſtändliche, in Argumenten ſich abmühende, Form, in der unſre Lehre hier aufgetreten, nicht mit der verwechſeln, in der ſie vor der Maſſe aufzutreten hätte. Ein Prediger bringt nicht vor das Volk auch die Studien zu ſeiner Predigt, da würde Niemand in der Kirche bleiben; doch waren dieſe Studien nöthig. Nur Studien ſind hier gegeben, nicht Predigt, oder nur wenig Predigt mit viel Studien. Wie viel hätte dazu gehört, alle Gründe zu entwickeln, warum das Glauben verdient, was die Bibel von den höchſten und letzten Dingen ſagt; ſie verzichtet darauf und das Volk glaubt ihr nur um ſo lieber, wenn es nicht etwa mit Fleiß zum Unglauben angeleitet wird. Doch fragt der Denkende auch nach den Gründen. Verſtehen wir unter Volk überhaupt kurz die große Zahl derer, die vielmehr durch Anderer, als durch eigene Vernunft geleitet werden, ſo wird dem Volke der Glaube überhaupt wenig durch Gründe eingepflanzt, jeder Grund iſt für daſſelbe gut, meiſt fragt es nicht danach, es glaubt eine Sache, indem es einer Schrift oder Perſon, die ſich Autorität bei ihm zu erwerben gewußt, glaubt, es glaubt, was es von Kindheit an zu glauben gewöhnt iſt, glaubt ſo oft das Abſurdeſte und Schädlichſte, am leichteſten aber das Anſchaulichſte und Verſprechendſte. So wird all der große Apparat, mit dem wir hier unſre Anſicht einzuführen und zu begründen geſucht haben, das Volk zwar nicht kirren, aber auch nicht irren können, vielmehr vor ihm wegfallen können und müſſen. Vor ihm und vor der Kinderwelt würde es gelten, die Sache grundlos, ſchlicht und einfältig, aber in anſchaulichſter Form vorzubringen, ſo daß das Heilbringende des Glaubens daran einleuchtet, mit Gleichniſſen und Bildern, die ja auch Chriſtus nicht verſchmähte, wo es ſich um die Lehre vom Himmelreiche handelte (Math. 13, 34). Und Form und Inhalt ſteht unſrer Lehre dazu zu Gebote: die Form von Chriſti Lehre ſelber ſteht ihr zu Gebote, weil ihr Inhalt ſelber der von Chriſti Lehre iſt: ſie kennt ja keine andern Heilsbedingungen als dieſe; ihr Neues liegt nicht darin, daß ſie von der chriſtlichen Lehre weicht, nur darin, daß ſie das in dieſer noch Verſchloſſene offen zeigt, und einen Wiſſensweg eröffnet zu dem Glaubenswege.

Was wir vor Allem im practiſchen Intereſſe vom künftigen Leben zu verlangen haben, iſt eine Gerechtigkeit, deren Ausſicht beitragen ſoll, uns zum Guten anzutreiben, vom Böſen zurückzuhalten. Schon jetzt zwar iſt eine ſolche Gerechtigkeit in der Anlage ſichtbar, im Allgemeinen fährt der Gute beſſer, der Böſe ſchlechter, vermöge der auf ihn zurückſchlagenden Folgen ſeiner Handlungen: aber unſer Leben erſchöpft den Kreislauf der Folgen nicht, das Meiſte von den Folgen unſrer Handlungen greift zu weit über uns hinaus, um in Betracht der Kürze und Enge unſers dieſſeitigen Lebens zur gerechten Rückwirkung auf unſer bewußtes Theil hienieden zu gelangen, und ſo iſt oft dem Guten eben ſo ſein Lohn, wie dem Böſen ſeine Strafe vorenthalten; ja gerade für das großartigſte Gute wie Böſe gilt dies am meiſten. Deshalb haben alle Religionen, die dieſen Namen verdienen, eine Ergänzung im folgenden Leben geſucht, wo dem Guten eben ſo der Lohn, als dem Böſen die Strafe voll zugewogen wird, die ihm hier verkürzt iſt. Aber meiſt ſtellt man es ſo: während jetzt Gutes und Böſes ſich durch Folgen lohnt und ſtraft, die nach der natürlichen Verkettung der Dinge und darauf gegründeten menſchlichen Ordnung auch naturgemäß auf uns zurückſchlagen, ſoll das, was an der gerechten Vergeltung noch fehlt, im künftigen Leben wie von fremder Hand zugelegt oder überboten werden. Nach uns aber fällt die Ergänzung des Lohns und der Strafe im folgenden Leben unter daſſelbe Princip, als Lohn und Strafe im Jetztleben, da künftiges und Jetztleben ſelbſt *einen* Zuſammenhang bilden; ja es zeigt ſich erſt hiermit die Erfüllung und volle Durchführung dieſes Princips. Auch im künftigen Leben werden es nur die aus dem Zuſammenhange, in dem wir exiſtiren, auf uns naturgemäß zurückſchlagenden Folgen von unſerm jetzigen Thun und Laſſen ſein, welche uns lohnen und ſtrafen. Während aber die Folgen deſſen, was wir im Jetztleben mit Bewußtſein wirken, nur unvollſtändig auf unſer bewußtes Theil im Dieſſeits zurückſchlagen, ſchlägt nach dem Tode die Geſammtheit der Folgen unſers bewußten Jetztlebens auf unſer bewußtes Theil zurück, indem die ganze Sphäre der Folgen unſers jetzigen bewußten Lebens fortan die Sphäre unſers neuen bewußten Lebens bildet. Sind es gute Folgen, werden wir ſie als gute ſpüren, ſind es ſchlechte Folgen, werden wir davon leiden. Statt für unſre bisherigen Werke werden wir durch unſre bisherigen Werke bezahlt.

Keine Anſicht kann eine ſtrengere, vollſtändigere, unverbrüchlichere, naturgemäßere Gerechtigkeit aufſtellen; keine beſſer den Worten entſprechen, daß jeder ärnten wird, was er geſäet hat; er ſäet in ſeinen Wirkungen und Werken jetzt ſich ſelbſt und ärntet dereinſt daraus wieder ſein Selbſt; keine beſſer der Mahnung, ſein Pfund nicht zu vergraben; jeder iſt ſelbſt das Pfund, das ſich austhut, wie das, was ihm einſt mit ſeinen Zinſen zurückgezahlt wird. In keiner legt ſich beſſer das Wort aus, daß uns unſre Werke nachfolgen werden, ja ſie werden uns nachfolgen, wie dem Kinde bei der Geburt ſeine Glieder nachfolgen, d. h. während unſre Werke jetzt hinter uns zu liegen, nur von uns äußerlich gemacht erſcheinen, werden wir mit dem Tode erkennen, daß wir damit uns ſelbſt gemacht haben. Denn im Kreiſe unſrer Wirkungen und Werke wohnen wir fortan, als wär' es unſer eigner Leib, mit Bewußtſein. Das künftige Leben wird ſo Alles erfüllen, was das Gewiſſen jetzt fernher droht und verheißt, gerechter noch, als es das Gewiſſen droht und verheißt. Mancher ſchließt jetzt noch ſein Auge vor der fernher drohenden Geißel des Uebels, das er durch ſein Wirken gegen ſich ſelbſt heraufbeſchworen, und vergißt zuletzt, daß ſie drohte; aber beim Erwachen im folgenden Leben wird er ſie in ſeinem Fleiſche und Blute wüthen fühlen, und ſie nicht länger vergeſſen können.

Was Jeder innerlich geſäet hat, wird er auch innerlich ärnten, was Jeder äußerlich geſäet hat, wird er auch äußerlich ärnten; was er aber innerlich geärntet hat, wird ihm auch wieder neue Saaten nach Außen geben können; und was er von Außen ärntet, wird er doch in ſein Inneres hinein ärnten. D. h., was wir hienieden für die Welt um uns wirken, wird uns künftig in Bedingungen einer mehr äußerlichen, was wir in uns ſelbſt wirken, in Bedingungen einer mehr innerlichen Exiſtenz zu Statten kommen; jenes in Mit- und Gegenwirkungen, die wir als von Außen uns begegnend fühlen, das ſind künftig unſre äußern Güter, dieſes in ſolchen Folgen, die wir unmittelbar in uns ſelbſt entwickelt fühlen; das ſind künftig unſre innern Güter, ſo weit ſie wirklich gut. Nicht Geld und Ländereien werden es künftig ſein, was als äußeres Gut noch gilt, die laſſen wir dahinten, ſondern gute Rückwirkungen unſers nach Außen gegangenen guten Handelns, der Rückſchlag des Segens, den wir um uns erzeugt haben, auf uns, die wir fortan im Kreiſe der von uns erzeugten ſegensreichen Wirkungen ſelber mit Bewußtſein wohnen; nicht vergängliche Freuden unſers Innern werden es ſein, was fortan als inneres Gut zu betrachten, ſondern eine gute Geſtaltung unſers Innern ſelbſt und hiermit gute Stellung zu dem Innern des höhern und höchſten Geiſtes, die ihren Segen in ſich ſelber trägt und äußerem wieder zeugt. Hat nun einer blos auf ſeine innere Bildung hienieden Bedacht genommen, und nichts für die Welt um ſich gethan, ſo wird er auch an innern Gütern des Geiſtes reich, an äußerlichen Gütern arm in die folgende Welt treten. Hat einer viel um ſich geſchafft, aber wenig an ſich ſelbſt gebildet, ſo wird er äußerlich reich, innerlich arm in die folgende Welt übergehen. Da mag dann noch eine Ergänzung deſſen frei ſtehen, was er hier verſäumt hat; je harmoniſcher aber ſein Trachten nach beiden Richtungen für ihn geweſen iſt, deſto beſſer wird es für ihn ſein. So wird es dort wie hier eine Seite des äußern Glücks und Unglücks geben, die wie hier bezugsreich zu einander, wie hier nicht nothwendig in Verhältniß zu einander, doch im Ganzen in Verhältniß zu dem hieſigen Verdienſt ſein werden.

In der That, der Kreis unſrer Wirkungen und Werke greift in die übrige Welt ein, in ſchlechtem oder gutem Sinne, und erfährt entſprechende Rückwirkungen, die unſer Bewußtſein jenſeits als Fortbeſtimmungen aus dem Dieſſeits betreffen werden, nach Maßgabe als die Wirkungen von unſerm Bewußtſein dieſſeits ausgingen; denn an die Folgen unſers dieſſeitigen Bewußtſeins heftet ſich unſer jenſeitiges Bewußtſein. Der Natur des Guten und Böſen nach aber iſt gut nur, was im Sinne, und böſe nur, was wider den Sinn des höchſten Wollens und Trachtens geht, das die Weltordnung beherrſcht, und ſo muß das gute Handeln mit ſeinen Folgen den fördernden Mitwirkungen, das ſchlechte den hemmenden und ſtrafenden Gegenwirkungen dieſes Wollens, Trachtens und der dadurch beherrſchten Weltordnung begegnen; iſt's nicht ſofort, doch ſicher über kurz oder lang; da die Gerechtigkeit ſich nicht auf einmal ſondern nur im Laufe der Zeit vollzieht. So wird der Kreis deſſen, was wir hier an der Welt um uns gebeſſert oder verſchlechtert haben, uns durch die in der Weltordnung hervorgerufenen Mit- und Gegenwirkungen eine günſtige oder ungünſtige äußere Lebensſtellung ſichern.

Demnächſt aber werden wir auch unſre Geſinnung, unſre Neigungen, unſre Einſicht und geiſtige Kraft als innere Fortwirkungen unſres dieſſeitigen bewußten Seins ſelbſt mit hinübernehmen und ferner fortentwickeln. Hiervon wird unſre innere Lebensſtellung abhängen und je nachdem unſer Inneres im Ganzen und in der Hauptrichtung im Sinne oder wider den Sinn des höhern und höchſten Geiſtes geht, werden wir bei den ſichrer gewordenen Bewußtſeinsbeziehungen zu ihm auch ein unmittelbares Gefühl der Einſtimmung oder des Widerſtreits mit ihm als ein Gefühl innerer Seligkeit oder Verdammniß tragen, und hierin zur äußern Vergeltung eine innere haben, die mit der äußern zugleich voller und treffender werden wird als dieſſeits. Denn in Betreff der äußern ſchlägt nun auf uns zurück, was längſt von Folgen unſres Handelns über uns hinaus ſchien, in Betreff der innern wird, was jetzt als Gewiſſensfreude und Gewiſſenspein nur erſt ein kleiner, ja oft unter ſchwarzer Kohle ſich ganz verſteckender, Funke iſt, mit dem Verlöſchen unſrer Sinnlichkeit zur hellen Flamme angeblaſen werden, die uns den innern Himmel mit allgemeinem Lichte überglänzt, oder als verzehrende Fackel in uns wächſt, bis zu Aſche gebrannt iſt Alles, was des Himmels unwerth.

Endlich aber, und das iſt noch das Dritte, werden wir aus unſerm Innern heraus, ſo gut oder ſchlecht wir es ins Jenſeits mitbringen, auch jenſeits, wie wir dieſſeits thun, thätig wirken und ſo das Jenſeits uns durch unſer eignes Handeln, je nachdem es im Sinne oder wider den Sinn der höhern und höchſten Ordnung iſt, zum Himmel oder zur Hölle vollends machen. Theils wirken wir noch aus dem Jenſeits auf die Verhältniſſe der dieſſeitigen Anſchauungswelt zurück, mit der wir verwachſen ſind, und ändern dadurch deren Rückbeſtimmung auf uns im Jenſeits ſelbſt ab, theils weben und wirken wir an Verhältniſſen und Werken, die nur für die höhere Erſcheinungswelt des Jenſeits ſelbſt Bedeutung haben, wie wir es früher ſchon betrachtet haben.

Wie alſo hienieden unſer Glück und Unglück von den Umſtänden abhängt, einmal der äußern Lebensſtellung, in die wir uns mit der Geburt verſetzt finden und den Geſchicken, die ſich naturgemäß aus dieſer Stellung ferner entwickeln, zweitens von den guten oder ſchlechten innern Anlagen, die wir mitbringen und ferner in uns entwickeln, und drittens von unſerm Handeln aus dieſem unſerm Innern heraus, wodurch wir uns unſre äußere Lebensſtellung noch ferner abändern, indem wir theils auf die Natur wirken, aus der wir urſprünglich ſelbſt hervorgegangen ſind, theils Werke und Verhältniſſe ſchaffen, die nur für den Kreis des menſchlichen Lebens Bedeutung und

Bedeutung haben; alſo wird es künftig ſein. Unſer Inneres, d. i. unſere Geſinnung, Neigung, Thatkraft, Einſicht im dieſſeitigen Leben wird aber von all dem der Grund und treibende Kern bleiben. Denn nach Maßgabe, als dies unſer Inneres hier beſchaffen iſt, werden wir auch hier nach Außen handeln, wodurch wir uns den Ausgang und die Grundlage der künftigen äußern Lebensſtellung bereiten; dieſes Innere wird uns auch ins Jenſeits folgen, und aus demſelben Innern heraus werden wir auch im Jenſeits handeln und dieſe Lebensſtellung ferner abändern. So kommt es vor Allem darauf an, dies Innere dieſſeits gut zu geſtalten; ſo iſt die gute Geſtaltung unſers innern und äußern Zuſtandes jenſeits zugleich die natürliche Folge davon.

Dabei mag von den äußern Glücksbedingungen, die wir durch unſer Wirken dieſſeits ins Jenſeits hinein uns ſchaffen, Manches unabhängig von unſrer dieſſeitigen Geſinnung, unſerm Willen bleiben, ja Manches anfangs noch als Zufall oder gar als Ungerechtigkeit erſcheinen; können wir doch unſren beſten Abſichten hienieden oft nicht Folge nach Außen geben; der Kranke, Gefangene was kann er überhaupt für die Welt um ſich thun; ſind doch die Rückwirkungen der Welt gegen das Gute und Schlechte nicht immer ſofort gerecht. Doch Zufall und Ungerechtigkeit ſchwinden, wenn wir zugleich auf die andern Seiten und den Fortgang der Vergeltung achten; darin gleicht ſich Alles zur vollen Gerechtigkeit im höchſten Sinne aus. Alſo ſollen wir auch nicht allein auf jene eine Seite und jenen Anfang der Vergeltung achten.

Ueberhaupt ſtellen ſich Lohn und Strafe im künftigen Leben nach unſrer Lehre nicht als etwas ein- für allemal Auszuzahlendes und Abgemachtes dar. Sondern das, was wir ins folgende Leben als Entgelt unſers jetzigen innern und äußern Thuns mitbekommen, ſind blos die dadurch beſchafften innern und äußern günſtigen oder ungünſtigen Ausgangsbedingungen für das neue Leben. Es kann aber einer, der im dieſſeitigen Leben nur wenig für ſeine künftige äußere Lebensſtellung zu thun vermochte, in ſeiner Geſinnung, ſeiner Thatkraft, ſeinem Wollen, ſolche innere Bedingungen mit hinübernehmen, die ihm die günſtigſte Wandelung auch der äußern Verhältniſſe ſichern, ſofern er ſie von ſeinem Innern aus nun ferner fortbeſtimmt.

Irrig denken Viele, das Gute und das Böſe des Menſchen hienieden werde im letzten Gerichte auf allgemeiner Wage gegen einander abgewogen, und nur für den reinen Ueberſchuß des einen oder andern Lohn oder Strafe in eben ſo allgemeiner Münze von Seligkeit oder Unſeligkeit herausgezahlt; ſo reiche es alſo hin, für das Schlechte in einem Sinn ein Aequivalent des Guten in einem andern Sinn zu thun, ſo ſeien wir hiermit quitt vor Gott, und thun wir etwas mehr des Guten, ſo genießen wir des überſchüſſigen Lohns dafür ohne Beſchwer. Aber ſo iſt es nicht. Dann erhielten Viele gar nichts überhaupt. Jedes Gute, das Kleinſte wie das Größte, ſoll es anders dieſen Namen verdienen, iſt, im Zuſammenhang des Ganzen erwogen, Quell von Folgen oder wirkt mit an einem Quell von Folgen, die der Welt zum Frommen ſind, und jedes Böſe eben ſo von ſolchen, die ihr Nachtheil bringen; jedes aber, ſofern es ſelbſt beſonderer Art iſt, zeugt auch die guten und ſchlimmen Folgen von beſondrer Art. Wer nun in einer Hinſicht gut iſt und gut handelt, wird die ſegensreichen innern und äußern Folgen dieſes Guten dereinſt ohne Abzug genießen, ſofern er ſie nicht ſelbſt durch eine ſchlechte Gegenwirkung beſchränkt; aber er wird nebenbei auch die ſchlimmen Folgen des Böſen in vollem Maße zu tragen haben, was er neben dem Guten that. Es wird uns nichts geſchenkt, kein Lohn, keine Strafe, nichts gegen einander abgewogen, als die Folge gegen die Urſache. Alſo beruhige ſich keiner mit dem Gedanken: es wird mir zu ſchwer, dies Böſe zu laſſen, ich mache es gut auf andere Weiſe; das Böſe läßt ſich nur gut machen durch ſelbſteigenen Zwang des Böſen, wo nicht, ſo wird es durch die Strafe einſt gezwungen.

So müſſen auch, die in der Hauptſache guten Herzens und guten Handelns waren, jedoch des Fehlens und der Fehler noch nicht ledig, im Jenſeits erſt durch ein Fegefeuer hindurch zur Sühnung ihrer Sünden und Läuterung ihres Weſens; d. h. ſie müſſen durch die Strafen, welche die Folgen ihrer Fehler ſind, der allgemeinen Gerechtigkeit die Schuld abtragen und ſelbſt zur Beſſerung genöthigt werden, wenn ſie ſich nicht ſelber zwingen oder gezwungen haben.

Nun aber, wie werden es die haben, die grundböſe innerlich und mit böſen Werken hinter ſich in die andere Welt treten? Sie werden Alles innerlich und äußerlich wider ſich haben. Ihre Lüſte, ihr Haß, ihre Selbſtſucht, ihr Neid, ihr Zorn folgen ihnen nach in eine Ordnung der Dinge, und wollen ſich da befriedigen, wo Niemand Befriedigung findet, als der Tugendſame, Friedfertige und Gerechte; was ſie in und außer ſich verwüſtet haben, liegt in und außer ihnen für ſie nun wüſte; ſie ſehen ſich umgeben von der Luſt des Himmels und vermögen nichts davon zu koſten; denn die himmliſche Luſt iſt nur ſchmackhaft für einen himmliſchen Sinn; die Folgen ihrer böſen Thaten holen ſie nun nach einander ein; jetzt ſind ſie noch fröhlich, ſo lange das Gewiſſen ſchläft, die Strafe zaudert; wo ſoll fortan die Fröhlichkeit für ſie noch herkommen, da das Gewiſſen um ſo wacher wird, je tiefer es ſchlief, die Strafe um ſo mehr Kraft geſammelt hat, je länger ſie zauderte. So ergreift ſie nun die innere und äußere Pein; eine unnachlaßliche, ja ſagen wir, eine ewige Pein, d. h. die keinen Augenblick ihnen Ruhe läßt, bis daß der letzte Heller ihrer Schuld bezahlt, der böſe Sinn von Grund aus gebrochen iſt. Der Wurm nagt unaufhörlich fort, bis er ſeine böſe Speiſe ganz aufgezehrt hat. Der Himmel aber iſt über der Hölle, d. h. größer und mächtiger als die Hölle und zwingt die Hölle durch die Hölle ſelbſt. So wird dann auch zuletzt kein böſer Sinn wiederhalten können.

Vermögen wir nun aber auch die Freuden der Guten und Gerechten zu ſchildern? Nur dies und das können wir davon ahnen. Die Guten und Gerechten werden, wenn ſie gebüßt, was noch zu büßen, geläutert ſind von Irrthum und Fehle in den allgemeinſten Bezügen, denn bis ins Einzelne vollkommen wird kein endlich Weſen, fühlen, wie die Macht des höhern und höchſten Geiſtes mit ihnen iſt, ſie werden eine Ruhe, eine Sicherheit und Klarheit und Einigkeit in ſich und mit den andern ſeligen Geiſtern ſpüren, wie ſie nimmer Sache des verworrenen Lebens dieſſeits; ſie werden dem Höchſten bauen und ordnen helfen die Geſchicke dieſer dieſſeitigen Welt ſelbſt, Theil gewinnend an den allgemeinen und höhern Geſichtspuncten deſſelben, alſo daß ſie auch im Uebel ſchon vornweg den Keim des Guten erkennen, und das Uebel zum Guten wenden helfen; ſie werden dem Höchſten kämpfen helfen gegen Alles, was wider ſeinen Sinn geht, ſchon froh und ſicher des dereinſtigen Sieges, doch wiſſend, daß er nur durch ihre Kraft gelingt, und darin ſtets einen Sporn der Thätigkeit behaltend; ſie werden helfen die Böſen zur Sühne mit dem Himmel führen; und werden die Verhältniſſe des Himmels ſelber immer ſchöner ausbauen, indem ſie mit den Kräften, Erkenntniſſen, Fähigkeiten, Geſinnungen, die ſie hienieden erworben, nun um ſich wirken. Und alle Früchte des Guten, das ſie ins Dieſſeits geſäet, werden in ihren Himmel hinaufwachſen und ihnen von ſelber in den Schooß fallen.

Himmel und Hölle ſind, wir haben es ſchon geſagt, nicht als verſchiedene Oertlichkeiten zu betrachten, ſondern nur als weſentlich unterſchiedene, ja entgegengeſetzte Zuſtändlichkeiten und Beziehungen zu dem höhern und höchſten Geiſte, in welchen ſich die Geiſter des Jenſeits befinden. Von eigentlich räumlicher Trennung der jenſeitigen Exiſtenzen im Sinne des Dieſſeits kann ja überhaupt nicht mehr die Rede ſein. Wohl aber mag jene Unterſchiedlichkeit oder Entgegenſetzung der Zuſtände und Verhältniſſe der guten und böſen Geiſter im Jenſeits durch eine räumliche Trennung und Gegenüberſtellung wie von Oben und Unten, von einem Orte der Seligkeit und Pein, auf einfachſte und faßlichſte Weiſe verſinnlicht werden. Dazu wiſſen wir, daß, obwohl wir künftig alle mit unſern Exiſtenzen dieſelbe Welt durchdringen und erfüllen, doch nicht eine gleichgültige Beziehung Aller mit Allen ſtattfinden wird, vielmehr ſehr mannichfaltige Verhältniſſe der Erſcheinung und Begegnung daraus hervorgehen können. Unſtreitig nun, wie jetzt der Gute vorzugsweiſe in guter, der Böſe vorzugsweiſe in böſer Geſellſchaft lebt, ungeachtet doch Beide mit und zwiſchen einander in derſelben Welt wohnen, und in mannichfachſte thätige Beziehungen zu einander treten, wird es künftig ſein; ja es mögen ſich die Geiſter des Jenſeits künftig noch mehr nach innern Werthbeziehungen zu einander geſellen und von einander ſcheiden, als jetzt (vgl. S. 36); doch wird eine Scheidung der Wohnplätze der Guten und Böſen dazu auch nicht mehr nöthig ſein als jetzt, und eine Beziehung ihres Lebens dadurch eben ſo wenig aufgehoben ſein. Kann doch eine gegenſätzliche Beziehung ſo kraftvoll und lebendig ſein, als die Beziehung der Einſtimmung. Der Himmel ſ[illegible] ſich die Hölle unterthan machen; aber damit er es im vollſten, höchſten und beſten Sinne könne, muß er nicht der Hölle äußerlich gegenüber ſein, ſondern im Sinne ſchon früherer Betrachtungen ihre Disharmonie als Moment ſeiner Erhabenheit und Schönheit ſelbſt in ſich faſſen, ſo daß die Aufhebung, Auflöſung dieſer Disharmonie zu dieſer Erhabenheit und Schönheit beiträgt. Daſſelbe Feuer, in dem die Böſen brennen, wird den Guten leuchten und die Guten wärmen, nicht zwar als das höchſte, ſchönſte Himmelsfeuer, aber wie auch hier irdiſches Feuer zum höhern Himmelsfeuer brennt. Die Böſen aber brennen nur, daß das Böſe an ihnen verbrenne; dann ſteigen ſie heraus zu den Guten; ſo kann die Guten ihre Qual nicht quälen. Die Mittel, durch welche die Strafe und Beſſerung des Böſen vollzogen, und durch welche der Gute gelohnt und höher hinaufgeführt wird, hängen ſelbſt ſo in Eins zuſammen, daß ſie nicht an zwei verſchiedene Orte verlegt gedacht werden können. Daß der Böſe in einem übermächtigen Himmel wohnt, wider den er will und nicht kann, iſt ſeine größte Pein; und zu den Geſchäften und Fortbildungsmitteln der ſeligen Geiſter des Jenſeits gehört ſelbſt, die Ordnung des Himmels wider die Böſen aufrecht zu erhalten und dieſe zur Ordnung zurückzuführen. Nur daß ihnen das beſſer im Jenſeits gelingen wird, als im Dieſſeits; weil eben das Jenſeits die höhere Vollendung des Dieſſeits. Auch das kleine Erinnerungsreich in uns ſteht in dieſer Beziehung über dem Anſchauungsreiche in uns. Was im Anſchauungsreiche noch roh, widerſpruchsvoll, widerſpenſtig gegen die Ordnung unſers Erinnerungsreiches ſcheint, muß, ſelbſt Erinnerung geworden, doch endlich ſich der Ordnung fügen; der Geiſt ruht ja nicht eher, bis es gelungen, Alles im Sinne ſeiner allgemeinen Ordnung zurecht zu legen, und was am widerſprechendſten erſchien, gewährt oft zuletzt die werthvollſte Bereicherung. Wie viel mehr dürfen wir das Entſprechende von der Ordnung des höhern und höchſten Geiſtes erwarten.

Man ſieht, wie zu den mannichfachen realen Trennungen, die nach den gewöhnlichen Anſichten beſtehen, für uns ſich aber ſchon aufgehoben haben (vgl. S. 67), auch die von Himmel und Hölle kommt. Indeß nach der gewöhnlichen Vorſtellung die Hölle dem Himmel entgegenſteht, wie Schatten dem Licht, iſt nach uns die Hölle im Himmel inbegriffen wie Schatten in einer ſchön erleuchteten Landſchaft. Was wäre die Landſchaft ohne Schatten? Wenn nach gewöhnlicher Vorſtellung der Himmel oben, die Hölle unten, räumlich getrennt, ſind, iſt nach uns der Himmel oben, die Hölle unten in jenem oft von uns gebrauchten Sinne des Obern und Untern, da das Obere das Untere als untergeordnetes Moment einſchließt.

Man kann ſagen: was aber wird aus der Gnade Gottes bei ſolcher Gerechtigkeit? Hat ſie noch Platz?

Aus einer Gnade, die der Gerechtigkeit Gottes widerſpräche, wird nichts; freilich häufig will man dieſen widerſprechenden Begriff.

Aber in der Gerechtigkeit, wie ſie ſich nach unſrer Lehre darſtellt, liegt das Beſte, was man von der Gnade verlangt, viel mehr eingeſchloſſen, als man es zumeiſt verlangt.

Alle Sünde muß Strafe haben, dies iſt gerecht; aber alle Sünde ſoll Vergebung finden; dies verlangt die Gnade. Nun, dieſe Gnade finden wir in unſrer Anſicht wieder, nur nicht außer der Gerechtigkeit, ſondern vermöge der Gerechtigkeit ſelbſt. Es wird nicht geſtraft, um zu ſtrafen, ſondern ſo geſtraft, daß der Sünder ſich beſſern muß; der Böſeſte wird am härtſten geſtraft, weil es das meiſte bei ihm zu überwinden gilt; aber nicht aus Rache, ſondern eben um der Beſſerung willen: dann iſt ihm vergeben.

Der Gang dieſer Gerechtigkeit und Gnade iſt nicht der abgemeſſene Gang eines Uhrwerks, iſt weder dieſſeits noch jenſeits beſtimmt ins Einzelne, vielmehr auf tauſend verſchiedenen Wegen und mit tauſend Umwegen möglich, bei jedem Andern anders ſich vollziehend, alſo daß alle Mannichfaltigkeit und aller Wechſel und alles Spiel des Lebens Platz hat, nur in der Richtung zu dem letzten Ziele und in dem gerechten Geſammtmaß der Vergeltung nach dem Verdienſt eines Jeden unverbrüchlich beſtimmt. Wie ſich der Lohn verſchiebt, wie ſich die Strafe verzögert, ſteigern ſich zugleich die Bedingungen des Lohns und der Strafe, und je beſſer es der Böſe, je ſchlimmer es der Gute hat, deſto größer iſt dereinſt der Umſturz; wie ſich's zwiſchen Dieſſeits und Jenſeits vertheilt, [illegible] ungewiß, aber zuletzt hat Jeder, was ihm gebührt; wer es alſo nicht im Dieſſeits hat, hat es ſicher im Jenſeits zu erwarten; ja der Uebergang ins Jenſeits iſt ſelbſt dazu mit da, das, was unter den Bedingungen des Dieſſeits in dieſer Hinſicht nicht zu erzielen iſt, unter neuen Bedingungen möglich zu machen. Der Tod bildet einen Abſchnitt zwiſchen Dieſſeits und Jenſeits, wie der Abend zwiſchen zwei Tagen eines Arbeiters. Der Herr ſtand ſeitwärts oder war im Haus verborgen; der Arbeiter meinte wohl, der Herr kümmere ſich nicht um das Werk; aber der Herr ſah Alles, und beſcheidet den heimkehrenden Arbeiter vor ſich, und rechnet ab mit ihm; dem wird nun auf einmal kund, was er für ſein Tagewerk noch zu empfangen hat; nicht daß er auch den Lohn, die Strafe ſofort auf einmal ganz empfinge; doch erfährt er auf einmal die Summe des Betrags. Das iſt jenes mit dem Tode laut werdende Gefühl des Gewiſſens, das des bisherigen Lebens Werth in Eine Ziffer faßt, eine Ziffer, die in innerer Freude oder Pein vorweg zählt, was kommen wird; denn nach der Rechnung dieſer Ziffer beginnt nun die fernere Vergeltung ſich zu entwickeln; der Gute lebt fortan im zweiten Leben vom Lohne ſeines frühern Lebens, der Böſe in der Strafe für ſein früher Leben; wenn aber doch keiner ganz gut und keiner ganz böſe iſt, lebt jeder von dem Lohne und in der Strafe ſeines frühern Lebens, und die Mannichfaltigkeit und der Wechſel und das Spiel des Lebens macht ſich neu in der Austheilung dieſer Gerechtigkeit und der Verflechtung mit dem, was im neuen Leben neu verdient und neu vergolten wird, geltend.

Vielleicht ſagt Jemand: bei all' dem kommt aber Gott nicht in Betracht; nicht Gott iſt's, der Lohn und Strafe zuwägt nach Verdienſt; ſondern alles folgt von ſelbſt im natürlichen Gange des Geſchehens; man braucht an Gott dabei gar nicht zu denken. Und ſollen wir nicht vielmehr in Gott den ewigen Vergelter ſehen?

Aber was ſich in andern Lehren widerſprechen oder nicht berühren mag, trägt und fordert ſich in der unſern. Das oberſte Geſetz, nach welchem die Gerechtigkeit ſich vollzieht, iſt trotz ſeiner Unverbrüchlichkeit nicht das mechaniſche Geſetz eines todten Naturvorganges, ſondern das lebendige Geſetz eines oberſten geiſtigen Waltens ſelbſt.

Der natürliche Gang der Dinge, des Geſchehens, iſt ja nach uns ſelbſt von göttlichem Bewußtſein durchdrungen, und die oberſte Richtung deſſelben folgt dem oberſten Trachten. Wer von Gottes geiſtigem Wirken dabei abſtrahirt, thut daſſelbe, als der beim natürlichen Gange der Bewegungen in unſerm Leibe, unſerm Gehirn, davon abſtrahirt, daß derſelbe nur unter dem Einfluß einer Seele, eines Geiſtes, ſo natürlich lebendig geht. Grade in unſrer Lehre tritt die Gerechtigkeit, die eines jeden wartet, in die innigſte Beziehung zu Gottes Willen und Weſen, eine viel innigere und tiefere; als in ſo vielen andern Lehren. Denn in andern Lehren hängt dieſe Gerechtigkeit wohl von Gottes Willen ab, mit einem Anſchein, als könnte er ſie auch nicht wollen, in unſrer aber hängt ſie mit der Natur von Gottes Willen ſelbſt *zuſammen*, er will ſie, weil es ſo im Weſen ſeines Willens liegt. Ein ſo unverbrüchliches Geſetz unſers eigenen geiſtigen Lebens und Strebens es iſt, aber eben damit kein todtes Geſetz, daß unſer Geiſt die Bedingungen deſſen, was ihm zuſagt, zu fördern ſtrebt, den Bedingungen deſſen, was ihm widerſtrebt, ſeinerſeits widerſtrebt, ſo unverbrüchlich iſt daſſelbe Geſetz in dem höhern Geiſte und Gott, und iſt alſo auch da kein todtes, ſondern vielmehr wie in uns ein Band und eine Richtſchnur ſeines Lebens, Strebens, Wollens ſelbſt. Das letzte Maß des Guten und Böſen in der Welt iſt das Gefallen oder Mißfallen ſelbſt, was Gott daran findet, dies aber ſteht mit dem Glück und Unglück, deſſen Quell das Gute und Böſe in der von Gott getragenen und Gott tragenden Welt iſt, in directem Zuſammenhange.

Alſo werden auch Gottes Mit- und Gegenwirkungen gegen das Gute und Böſe ſich nach dem Glück und Unglück, deſſen Quell es im Ganzen iſt, abmeſſen. Wie aber das Gute und Böſe ſeine Folgen nur allmälig entwickelt, und dieſe ſich mannichfach verſchränken und verſchieben, ſo auch die Mit- und Gegenwirkungen. Selbſt wir gehen nicht immer gerade auf unſer Ziel los, wenn wir überſehen, daß der Umweg beſſer iſt im Ganzen, ja wohl ſelbſt etwas von dem Ziele auf dem Umwege liegt. Um ſo weniger geht Gott mit ſeiner größern Einſicht immer geradeswegs auf das Ziel ſeiner Gerechtigkeit los, nur daß er doch immer darauf losgeht und ihr im Ganzen genügt, das iſt unverbrüchlich. Iſt aber dies Unverbrüchliche der Endgerechtigkeit etwas, was mit der Natur der Einſicht und des Willens Gottes geiſtesgeſetzlich zuſammenhängt, ſo müſſen natürlich auch alle Vermittelungen derſelben ſich dieſem Geſetze fügen.

Es iſt aber auch nicht gleichgültig für unſre künftige Vergeltung, ob wir im Denken und Handeln bewußten Bezug auf Gott nehmen oder nicht. Es möchte Jemand ſagen: wenn mein Handeln ſich durch ſeine Folgen lohnt, ſo wird es nur hinreichen, gut überhaupt zu handeln, und die guten Folgen werden für mich dieſelben ſein, ob ich mich irgend dabei um Gott kümmere, auch nur an Gott glaube. Aber ſo kann wohl Jemand ſprechen, der den Gedanken überhaupt für einen leeren ſpurlos ſchwindenden Hauch hält, aber nicht wir, die auch auf die Folgen der Gedanken achten, wohl Jemand, der Gott für ein dem Weltgang und Gedankengange ſeiner Geſchöpfe fern ſtehendes Weſen hält, nicht wir, die einen in der Welt lebendigen Gott, ein Weben und Wirken unſrer Gedanken in Gott und Gottes in uns anerkennen. Auch der Gedanke, den wir die Einzelnen an den ganzen Gott richten, iſt etwas Wirkliches und wirkt Folgen, die ins Jenſeits hinüber reichen, Folgen, die nach Maßgabe wichtiger für unſer Heil ſind, als der Gedanke ſelbſt wirklich mehr die Richtung auf Gott als den höchſten und letzten Hort und Quell des Heils nimmt. Wiſſen, daß wir Gott durch ein gutes Handeln genug thun und aus Liebe zu ihm ſo handeln, das iſt überhaupt das Höchſte, wozu es der Menſch bringen kann, und wird am höchſten gelohnt werden, wenn wir dereinſt in ein bewußteres Verhältniß zu Gott treten werden, als jetzt, durch ein Gefühl der Seligkeit und Befriedigung höchſter Art, wie es keiner wird genießen können, der aus irgend welchen andern Gründen gut handelt. Auch der zwar wird ſeinen Lohn haben; er wird bezahlt werden, wie es ihm gebührt; wer aber Gott zu Liebe handelte, wird über der anderweiten Bezahlung auch noch mit Gottes Gegenliebe bezahlt werden und dieſelbe im Gefühl einer ſo reinen ungetrübten Seligkeit verſpüren, als ſonſt nimmer erworben werden kann.

Der Unterſchied, ob du das Gebotene thuſt, indem du dabei Gott vor Augen und im Herzen haſt, um ſeiner Liebe willen; oder nur, um der Foderung eines abſtracten Pflichtgebotes zu genügen und aus Furcht, beim Bruch deſſelben den ſtrafenden Wirkungen einer todten Weltordnung anheimzufallen, iſt derſelbe, ob Jemand einem guten Herrn Dienſte leiſtet in und aus wahrer Liebe zu ihm, oder ob er als Sklave eines geſchriebenen Vertrages und aus Furcht, der Strafe ſeines Bruches anheimzufallen handelt. Der letzte wird erhalten, was ihm nach dem Vertrage zukommt; aber der erſte wird darüber die Liebe ſeines Herrn erhalten, und nicht nur im Gefühl und Bewußtſein inniger Beziehungen zu ihm etwas haben, was der Andere gar nicht ahnen, mithin auch nicht nach ſeinem wahren Werthe ſchätzen kann; ſondern auch durch den innigen Anſchluß an ſeinen Herrn in eine günſtige äußere Stellung treten, die der andre nie gewinnen kann. Der Glaube an einen guten Gott und die Vereinigung in den Beziehungen zu ihm hält überhaupt den Glückszuſtand der Welt nach allgemeinſter Hinſicht zuſammen; wer ſich alſo von dieſem Glauben, dieſen Beziehungen in irgend einer Hinſicht abſondert, ſondert ſich damit auch in irgend einer Hinſicht vom Mitgenuß dieſes Glückszuſtandes ab; das wird ſchon hier ſpürbar; aber dereinſt noch mehr.

Wie aber kann in ſolcher Lehre Chriſtus noch der Vermittler unſrer Seligkeit und unſer Richter heißen? Das wollen wir näher da betrachten, wo wir die Beziehungen unſrer Lehre zum Chriſtenthum beſonders in das Auge faſſen.

Die vorigen Geſichtspuncte laſſen noch eine weite Entwickelung nach mannichfachen Richtungen zu. Wir wollen aber kein Syſtem hier geben, ſondern nur Einiges des Nähern noch erörtern.

Die Folgen eines einzelnen menſchlichen bewußten nicht minder; aber ob ihm auch nichts in beſondern Worten nachgerufen wird; was ſtill als Folge ſeines bewußten Thuns in Glück und Leid hienieden in Andern fortwirkt, wird eben ſo ſtill in Glück und Leid an ſeinem jenſeitigen Daſein wirken.

So erklärt ſich nun auch, in wiefern Gott die Sünden der Aeltern noch in ihren Kindern ſtraft. Er ſtraft in ihren Leibern und Geiſtern eben die Aeltern ſelbſt. Was die Aeltern in den Kindern Böſes gezeugt haben, zieht Strafen nach ſich, die den Aeltern mit anheim fallen. So weit das Böſe in den Kindern von der Aeltern bewußtem Leben abhängt, trifft auch der Aeltern bewußtes Leben dereinſt die böſe Folge dieſes Böſen. Schlimm freilich für die Kinder, wenn nicht die Weltordnung die Mittel in ſich trüge, alles Böſe dereinſt zum Guten zu lenken. Jeder von uns hat mit an den Fehlern der Vorwelt zu tragen; jeder ſoll ſelbſt etwas dazu beitragen, ſie zu ſühnen und zu beſſern, und wird durch die Weltordnung dazu angetrieben, es zu thun. Aber eine ſeltſame Gerechtigkeit der Weltordnung wäre es, wenn Andere die Strafen unſrer Sünden tragen müßten, und es iſt doch gewiß, daß ſie ſie tragen müſſen, ohne daß wir ſelbſt ſie noch mit zu tragen hätten.

Mancher überlegt wohl, dies oder das gehöre doch gerade nicht unter den Begriff ſeiner Pflicht, ſo läßt er es, weil's ihm ein Opfer koſtet; aber Pflicht oder nicht Pflicht, wenn er das gute Werk thut, ſo wird er alles Gute ſeiner Folgen einſt genießen und wenn er es nicht thut, wird er einſt die Lücke ſpüren, ſofern er nicht ſtatt zu dieſem guten Werke die zu Gebote ſtehende Zeit und Mittel zu einem andern verwendet hat.

In der Durchdringung mit dieſer Gewißheit wird der Menſch überhaupt den kräftigſten Antrieb finden, alle Folgen ſeiner Handlungen für Andere und für die Zukunft eben ſo zu bedenken, als wenn er ſelbſt Eins mit dieſen Andern wäre, und dieſe Zukunft einſt Gegenwart für ihn werden würde, ſeinen Nächſten wie ſich ſelbſt zu lieben, keinen Unterſchied zwiſchen ſeinem und ihrem Glück zu machen. Da aber die Folgen der Handlungen im Einzelnen überhaupt ſich nicht wohl berechnen laſſen, ſo wird er zugleich den ſtärkſten Anlaß erhalten, ſich nach Regeln umzuſehen, welche ſeine Handlungsweiſe im Ganzen zu guten Erfolgen im Ganzen leiten: und die moraliſchen Grundregeln werden ihm in dieſer Hinſicht als die oberſten und wichtigſten entgegentreten, als welche das Eigenthümliche haben, daß ihre ſtandhafte Befolgung zwar oft wohl einzelne nahe liegende Nachtheile in die Welt bringt, aber im Ganzen ſichere und weitgreifende Vortheile. So wird er dieſe Regeln nicht mehr als läſtige Bande, ſondern als ſichere Führer zu ſeinem dereinſtigen und ewigen Wohle achten lernen, als was ſie auch von jeher gegolten haben. Nun aber wiſſen wir auch, wodurch ſie es ſind.

Ueberhaupt kann nur das dem Menſchen im Jenſeits ſicher und dauernd frommen, was von ſichern und dauernden ſegensreichen Folgen überhaupt iſt: auf flüchtige und zufällige Folgen kann er nur flüchtig und als Zufall auch im Jenſeits rechnen, und ein ernſthaftes Trachten iſt alſo auf ſolche nicht zu richten. Ein rechtes Handeln aus guter Geſinnung heraus in ſtandhafter Befolgung der moraliſchen Grundregeln iſt aber eben der ſicherſte Quell dauernd ſegensreicher, d. i. den Glücks- und Friedenszuſtand der Welt im Ganzen erhaltender und fördernder Folgen. Der Menſch kann auch nicht darauf bauen, daß ihm gerade jede einzelne gute Handlung auch einzeln gut dereinſt bezahlt wird. Wer kann behaupten, daß jede gute Handlung, was man ſo nennt, einzeln genommen die Welt, und mithin ihn ſelbſt, den Handelnden, dereinſt glücklicher mache. Wahrhaft gut iſt etwas überhaupt nur im Zuſammenhange des Ganzen und in Anbetracht aller Folgen für das Ganze. Und ſo wird eine Handlung, wenn auch einzeln gefaßt vielmehr Nachtheil als Vortheil verſprechend, doch als Ausfluß, Bethätigung und Forterhaltung derjenigen Geſinnung, Grundſätze und Regeln, welche die allgemeinſten ſicherſten und dauerndſten Grundlagen des Glückszuſtandes der Welt ſind, ſelbſt auch dem Handelnden im Ganzen mehr zum Segen gereichen, als der Erfolg der Handlung, einzeln erwogen, ihm zum Nachtheil gereichen kann. Wobei noch in Betracht zu ziehen, daß nicht blos das Handeln aus der Geſinnung, ſondern auch die Geſinnung ſelbſt etwas iſt, was als eine Realität ſeine realen Folgen für das Jenſeits haben wird, nur, wie wir geſagt, mehr innerliche und auf das Verhältniß zu Gott bezügliche, indeß das Handeln nach Außen mehr äußerliche.

Keine Anſicht kann geeigneter ſein, uns von einer Seite mehr zur Berechnung der fernſten und beſonderſten

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER, G.T. FN. 01569/022

Erfolge unſerer einzelnſten Handlungen anzutreiben, falls wir beſtimmte Zwecke und Wünſche über das Grab hinaus befriedigt wünſchen, keine aber auch mehr warnen, daß wir nicht unſer höchſtes und letztes Heil auf die Berechnung irgend welcher beſonderen Einzelerfolge gründen, unſre ganze Hoffnung an ſolche hängen; nur an die allgemeinſten, höchſten und letzten Bedingungen des Heils dürfen wir ſie hängen; alles Beſondere, was wir anſtreben, kann mißlingen, alle Rechnung auf's Einzelne, die wir anſtellen, kann fehlſchlagen; nur die Rechnung auf die allgemeinſte, höchſte und letzte Gerechtigkeit kann nicht mißlingen, nicht fehlſchlagen. Aber das Beſondere, was wir anſtreben, wird doch um ſo weniger leicht mißlingen, mit je mehr Einſicht, Umſicht, Vorſicht, Eifer, Liebe wir danach trachten, und je mehr es hinein tritt in den allgemeinen Sinn des Beßten; und auch wenn es mißlingt, werden wir noch die Früchte der im guten Sinne geübten Kraft in innern Gütern davon tragen, die uns ein anderweites Gelingen ſichern werden.

Man kann einwenden, die hier geltend gemachte Rückſicht auf die eigenen Vortheile, die wir aus dem Handeln für das Wohl der Welt einſt ſchöpfen werden, führe ein egoiſtiſches Princip ein. Allein das iſt nicht Egoismus, ſein Glück durch das Wirken für das möglichſte Glück Aller begründen wollen, ſondern iſt vielmehr der Sinn der umfaſſendſten Liebe. Egoismus iſt nur, ſein Glück auf Koſten von Andrer Glück gründen wollen; aber gerade das Princip hiervon wird durch unſre Lehre gänzlich ausgerottet. Es iſt unſtreitig die ſchönſte Einrichtung der Welt, daß das Handeln im Sinne des eigenen und des allgemeinen Wohles ſich factiſch gar nicht ſcheiden laſſen, falls wir auf die in's Jenſeits übergreifenden Folgen unſres Handelns mit Rückſicht nehmen, und die Anerkennung hiervon wird durch unſre Lehre eben ſo gefordert als begründet. Es mag zwar ſein, daß die verſtandesmäßige Betrachtung anfangs noch Beides wird ſcheiden wollen, für Andre handeln wollen und für ſich gewinnen wollen; aber die conſequente Verfolgung unſrer Anſicht und Durchdringung damit läßt die Scheidung nicht beſtehen. Wer im Wollen und Handeln den Bezug auf ſich in den Vordergrund, und die Abſicht, Andern zu dienen, in den Hintergrund ſtellt, ſteht eben noch nicht auf dem Standpunct, auf den ihn unſre Anſicht ſtellen muß. Denn ein ſolches Voranſtellen ſeiner ſelbſt wird nothwendig einen ſolchen Einfluß auf das Fühlen, Wollen und Handeln haben, was in letzter Inſtanz weder der Welt noch dem Handelnden ſelbſt am beſten frommt.

Man ſieht nun wohl, welche Bedeutung die Regel des Handelns, die ich in meiner Schrift „Ueber das höchſte Gut“ als die oberſte, nicht in Widerſpruch, ſondern zur praktiſchen Auslegung oder Ergänzung des höchſten chriſtlichen Gebotes hingeſtellt, für unſer künftiges Leben gewinnt. Dieſe Regel iſt, daß wir ſo viel Luſt oder Glück als möglich in das Ganze der Zeit und des Raums zu bringen ſuchen ſollen, was von ſelbſt die möglichſte Wahrung der allgemeinſten oberſten und dauerndſten Quellen des Glückszuſtandes der Welt einſchließt. Was nun die Welt in dieſer Beziehung durch uns gewinnt, gewinnen wir dereinſt aus ihr; und dienen ſo in Eins uns, der Welt und Gott zugleich am beſten; weil Gott beim Glückszuſtande ſeiner Welt ſelbſt in allgemeinſter Weiſe betheiligt iſt. Es verſteht ſich immer, daß unter Luſt und Glück nicht blos gemeine Sinnesluſt und äußerliches Glück zu verſtehen.

Die Regel, liebe und übe die Tugend nur um ihrer ſelbſt willen, wäre eine ganz leere vergebliche, wenn die Tugend es nicht um uns zu verdienen wüßte, daß wir ſie ſo lieben und üben. Sie verdient es aber eben dadurch, daß das Lieben und Ueben der Tugend ohne alle berechnende Sonderrückſicht auf uns die allgemeinſte Rückſicht auf uns von ſelbſt berechnet ſchon einſchließt. Eine ſolche Liebe iſt zugleich die größte Entäußerung des Menſchen von allem Selbſtiſchen und die ſichere Wahrung des vollſten Gewinns, den er in alle Ewigkeit für ſein Selbſt machen kann. Verſteht aber jemand die Regel, übe und liebe die Tugend um ihrer ſelbſt willen, ſo: übe und liebe ſie, trotzdem, daß du müßteſt, du würdeſt ewige Nachtheile davon haben, ſo geräth er in eine theoretiſche und praktiſche Abſurdität zugleich; in eine theoretiſche, weil es dem Weſen der Tugend an ſich widerſpricht, ewige Nachtheile für den Tugendhaften nachzuziehen, in eine praktiſche, weil er etwas der Natur des Menſchen nach Unmögliches verlangte. Deſſenungeachtet wird die Regel nicht ſelten in dieſem abſurden Sinn verſtanden.

Unſre Lehre fordert weder, daß der Menſch ſich Andern, noch das Dieſſeits dem Jenſeits *opfere*; es fragt ſich überall, wird mehr in's Ganze gewonnen, ob du zunächſt dir oder Andern dienſt, den Gewinn jetzt ergreifſt oder verſchiebſt. Wollte der Menſch ſeine Pflichten gegen ſich verſäumen, oder ſich die rechte Freude jetzt verſagen, ſo würde im Ganzen nur verloren. Nur mache der Menſch kein einzelnes Rechenexempel aus dem, was nur durch eine allgemeine Rechnung, oder Regeln, die ſolche entbehrlich zu machen beſtimmt ſind, richtig ſich ergiebt. Es iſt nicht Alles durch Berechnung zu finden. (Vgl. meine Schrift „Ueber das höchſte Gut“ S. 32).

Ich ſage, unſre obige Regel, nur möglichſt viel Glück überhaupt in die Welt zu bringen, aus der alles Vorige von ſelbſt fließt, iſt blos die praktiſche Auslegung oder Ergänzung des oberſten chriſtlichen Gebots, welches das iſt, Gott über Alles und ſeinen Nebenmenſchen gleich ſich ſelbſt zu lieben. Beide Gebote treffen nur von verſchiedenen Seiten her in Forderung derſelben Heilsbedingungen zuſammen. Unſer Gebot richtet ſich nämlich in gleich allgemeinſter Weiſe und in demſelben Sinne auf den Zweck des Handelns, als das chriſtliche auf die Geſinnung, aus der wir handeln ſollen, und nur, daß man die Geſinnung in Beziehung auf den Zweck bethätigt, erfüllt wirklich das praktiſche Erforderniß. So iſt jedes von beiden Geboten unzulänglich ohne das andre. Doch kann man in jedem von beiden das andere mitverſtanden oder eingeſchloſſen erachten.

In der That, zunächſt fragt ſich bei dem chriſtlichen Gebote noch, was ſollen wir um der Liebe Gottes und unſrer Nebenmenſchen willen thun. Und hierauf läßt ſich keine allgemeinere Antwort geben, als die unſer Gebot giebt. Denn es iſt die Natur der Liebe, ſein Glück darin finden, das Glück deſſen zu fördern, den man liebt. Wüßte man es aber nicht zu fördern, ſo würde man ihm doch möglichſt zu Willen ſein wollen. Den Glückszuſtand Gottes kann man aber nicht anders fördern, kann Gott nicht anders zu Willen ſein, als dadurch, daß man den Glückszuſtand ſeiner Welt und der darin begriffenen Geſchöpfe fördert, da Gottes Bewußtſein alles Bewußtſein der Welt und der darin begriffenen Geſchöpfe ſelbſt inbegreift; und auch, wenn man Gott über dem Glückszuſtande ſeiner Welt in der Art erhaben denken wollte, daß er ſelbſt nicht eigentlich davon berührt würde, doch ſeine Allgüte ſelbſt ihn kein andres Gebot ſtellen laſſen könnte, als unſer oder ein demſelben gleichgeltendes Gebot, wir alſo mit deſſen Befolgung ſeinem Willen am beſten nachkommen würden. Wenn wir aber in dem Trachten, das Größtmögliche in Förderung des Glückszuſtandes der Welt zu leiſten, unſern eigenen Glückszuſtand mit dem unſrer Nebenmenſchen nur auf gleiche Stufe ſtellen, ſie oder uns immer nur nach Maßgabe bevorzugen, als das Glück der Welt überhaupt mehr dadurch gewinnt: handeln wir zugleich ſo, wie es die Liebe zum Andern gleich uns ſelbſt in Unterordnung unter die Liebe zu Gott, der das möglichſte Glück des Ganzen will, nur immer verlangen kann. Alſo ſpricht unſer Gebot offen aus, was im chriſtlichen ſchon verborgen liegt. Nun aber ſollen wir nicht blos nach dem Verſtande ſo handeln, ſondern eine Herzensſache daraus machen, aus Geſinnung ſo handeln, denn ſonſt würde es ſelbſt unmöglich ſein, das Größtmögliche, was unſer Gebot fordert, zu erreichen, und ſo liegt auch in unſerm Gebote wieder verborgenerweiſe das chriſtliche inbegriffen, welches möglichſte Liebe zu dem fordert, für den man handelt.

In's Bereich des veränderlichen Ganges, auf dem die Gerechtigkeit ſich vollzieht, gehört der Umſtand, daß beim Tode eines Menſchen bald mehr bald weniger von den über ihn hinausgreifenden Folgen ſeines bisherigen Lebens ſchon verlaufen ſind, und ſein Bewußtſein erwacht nun erſt für die übrigen. So ſcheint es Zufall, ob er von manchen guten oder böſen Folgen ſeines Handelns wirklich getroffen wird; ſie ſind zum Theil bei ſeinem Tode ſchon vorüber. Aber ſind gewiſſe Folgen vorüber, ſo werden fernere Folgen eintreten, die der Gerechtigkeit im Ganzen genügen. Wäre die Strafe für den Böſen im Jenſeits nicht gleich ſo weit bereit, daß ſein böſer Wille gezwungen würde, weil ein Theil der böſen Folgen, die ihn ſtrafen könnten, ſchon vergangen, ſo würde er fortfahren zu ſündigen, bis die böſen Folgen doch den böſen Willen überwüchſen; und fände der Gute nicht gleich ſeinen Lohn, ſo würde ein längeres Ausharren im Guten die Bedingungen dieſes Lohnes nur ferner ſteigern. Nun aber ſetzen ſich die guten Folgen des Handelns um ſo ſicherer durch alle Zeiten fort, ja wachſen um ſo mehr mit der Zeit, je mehr im Sinne des wahrhaft Guten, je beſſer es im ganzen Zuſammenhange war, und der ächt und wahrhaft Gute darf daher nicht ſorgen, daß er beim Eintritt ins künftige Leben ſeinen Lohn ſchon verthan finde und nun erſt wieder warten müſſe. Auf den Lohn einzelner Handlungen ſoll aber Niemand rechnen. Dem Böſen aber iſt in der Zwiſchenzeit bis zu ſeinem Tode noch Friſt gegeben, die Folgen ſeines böſen Thuns ſo viel als möglich zu ſühnen und zu heilen.

Aeußere Reichthümer hienieden werden uns jenſeits nach Maßgabe wieder in äußern Reichthümern (was nämlich im Jenſeits dafür gilt), zu ſtatten kommen, als wir im Erwerb oder in der Verwendung der dieſſeitigen Reichthümer eine ſegensreiche Thätigkeit nach Außen entfalteten; und zugleich in innern Reichthümern, nach Maßgabe, als wir Geiſt, Herz, Willen, Thatkraft durch den Erwerb oder die Verwendung in gutem Sinne entwickelten und bildeten. Und wohl kann der Erwerb und die Verwendung dieſſeitiger Reichthümer nach beiden Seiten uns auch im Jenſeits frommen. Nur kommt es dabei nicht auf den Beſitz und die Größe der Reichthümer an ſich an. Und ob Einer mit all ſeinen Arbeiten auch nur ſich ſelbſt mühevoll durchs Leben bringen kann, und nie einen Groſchen übrig hat, je ſaurer es ihm wird, ſich durch's Leben zu bringen, deſto mehr Thätigkeit mußte er in die Welt hinein entwickeln, einen deſto größern Schatz findet er an den Folgen dieſer Thätigkeit, war es nur eine Thätigkeit in gutem Sinne, in jener Welt, wo das Thun eben nicht mehr mit äußerlichem Gelde, ſondern mit den Folgen des Thuns bezahlt wird. Ob er auch dieſe Folgen hier nicht verfolgen kann, ſie ſind doch da und müſſen da ſein. Wie viel reicher wird er ſein, als jener, welcher ererbte Schätze mühelos und zwecklos zerſtreute; die Schätze, die wir ererben, gehören ja gar nicht zu unſerm Ich, ſo werden auch die Folgen des Daſeins dieſer Schätze nicht unſerm Ich anheimfallen. Nur die Sorgfalt, der Fleiß und die Arbeit, womit wir ſie erwerben, und die Abſicht, in der wir ſie verwenden, gehören unſerm Ich und nur mit den Folgen hiervon kann ſich einſt der Reiche Leben im Jenſeits erwerben; der Arme hat es aber hiebei in gewiſſer Hinſicht ſogar beſſer, als der Reiche, weil jener zu Fleiß, Sorgfalt, Achtſamkeit, Anſtrengung aller geiſtigen und leiblichen Kräfte eine Aufforderung hat, die der Reiche nicht hat, der nur zu leicht verführt iſt, ſeine Hände in den Schooß zu legen und über der Gelegenheit zu eignen Genüſſen das Elend Anderer zu vergeſſen. Manche bedeutungsvolle Sprüche Chriſti beziehen ſich auf den großen Segen, den der Arme vor dem Reichen in dieſer Hinſicht voraus hat. Aber wenn der Arme hier ſeine Kräfte in ſchlechtem Sinne verwendet, ſo wird er ſo gut als der Reiche dereinſt die ſchlechten Früchte davon zu genießen haben, und wenn ein Reicher iſt, der trotz der Verführung, die der Reichthum zur Läſſigkeit gewährt, ſeine Kräfte und Mittel groß und gut und rüſtig verwendet, ſo wird er auch herrliche und reiche Früchte ernten. So kann jeder ſich ſowohl die Armuth zum Segen machen, indem er dem Sporn zur Thätigkeit im rechten Sinne, der darin liegt, folgt, als den Reichthum, indem er zu den Mitteln der Thätigkeit einen innern Sporn bringt.

Gewinn in Spiel und Lotterie ſind für unſer Jenſeits faſt immer nur Verluſt. Meiſt zerrint ſolcher Gewinn ſchon hienieden, wie er gewonnen iſt, ſicher aber mit dem Tode, und läßt noch eine Lücke. Nur ſofern der Gewinnende eine gleich nützliche Thätigkeit in der Verwendung des Gewinns entwickelt, als eigentlich der Erwerb gekoſtet hätte, wird er ihm zum gleichen Gewinn; aber der müheloſe Gewinn iſt in der Regel mehr geeignet, die fruchtbringende Thätigkeit des Menſchen zu vermindern. Da nun überdies bei jedem Gewinn im Spiele der Eine nur das gewinnen kann, was ein Andrer oder Andre verlieren, ſo wird durch ſolchen Gewinn der Glückszuſtand der Welt überhaupt im Ganzen nicht gefördert (wie es durch nützliche Thätigkeit der Fall wäre), und es kann Einer auf ſolchen Gewinn im Dieſſeits keinen Gewinn im Jenſeits gründen, wo er eben das als Glücksgut erlangt, was durch ihn am Zuſtande der Welt gebeſſert und in gutem Zuſtande erhalten wird. Sonſt ſetzt Erwerbung und Verwaltung eines Vermögens im Allgemeinen eine nützliche Thätigkeit voraus; da nach den Geſetzen des menſchlichen Verkehrs Einer in der Regel nichts gewinnen kann, ohne daß im Tauſch der Mittel und der Thätigkeiten Andre zugleich von einer andern Seite gewinnen; Spiel, Betrug, Diebſtahl macht aber eine Ausnahme. Auch iſt noch ein groſer Unterſchied, wie ein

Geizhals und wie ein Menſch voll Humanität und Liebe ein Vermögen erwirbt und verwaltet. Auch dem Geizhals wird der Lohn deſſen, was an ihm gut, und durch ihn gut geworden, nicht verkümmert werden. Er wird den Lohn ſeiner ausdauernden Thätigkeit und Enthaltſamkeit nicht nur in guten innern Folgen ſpüren, ſondern auch in guten äußern, ſo weit die Welt von der Thätigkeit, mit der er ſein Vermögen erworben, Nutzen zog, aber auch den Erfolg ſeiner Härte und Liebloſigkeit in ſchlechten Folgen ſpüren, und dieſe ſchlechten Folgen werden überwiegen; denn wenn es nicht der Fall, ſo wäre er eben kein Geizhals, ſondern höchſtens ein ſparſamer Mann.

Der Mühſelige und Beladene, der Leidende, mag überhaupt Troſt aus unſrer Anſicht ſchöpfen, ſofern er ſein Leiden recht trägt und Muth und Aufforderung ſchöpfen, es recht zu tragen. Je mehr wir jetzt mit Widerwärtigkeiten zu kämpfen haben, und je mehr wir unſre Standhaftigkeit, unſre innere und äußere Thätigkeit dagegen aufbieten, deſto ſtärker und kräftiger und deſto geſicherter innerlich und äußerlich gegen alle Widerwärtigkeiten in demſelben Sinne, deſto fröhlicher und muthiger werden wir in das folgende Leben treten; indem alle Stärke und Kraft, die wir im jetzigen Leben innerlich und äußerlich aufwandten, das Uebel zu beſiegen oder auch nur zu tragen, im künftigen Leben als Verſtärkung unſres Weſens, unſrer innern und äußern Mittel gegen ferneres Uebel von uns wird gewonnen werden, und, wenn das Uebel mit dem Tode ſchwindet, ein entſprechendes Wohlgefühl, entſprechende Kraft und Rüſtigkeit uns zuwege bringen wird. Freilich das Uebel, von dem ein dauernder Grund in unſerm bewußten wollenden Weſen liegt, wird mit dem Tode nicht von ſelbſt ſchwinden, da vielmehr das

Uebel, was aus dem Willen kommt, auch nur durch Wirkungen, die den Willen zwingen, dauernd beſiegt werden kann; wohl aber werden alle die Uebel, deren Angriffspuncte eben nur in der beſondern Art unſres dieſſeitigen äußern Seins begründet liegen, von ſelbſt wegfallen, wenn dieſe Art des Seins wegfällt, wie insbeſondere die Uebel, die mit körperlicher Krankheit und äußrer Dürftigkeit oder Hemmniß zuſammenhängen. Sehen wir doch ſchon hienieden öfters mit Annäherung des Todes die größten Schmerzen und Beängſtigungen ſchwinden, wenn das Organ durch Brand zerſtört wird, was die Leiden bisher brachte; und ſo, wenn im Tode unſer ganzer dieſſeitiger Leib zerſtört wird, werden alle Schmerzen und Beängſtigungen ſchwinden, die überhaupt an ſeinem Daſein hingen.

Man könnte zwar meinen, ein krankhafter Leib dieſſeits müſſe auch wieder einen krankhaften Leib in's Jenſeits hinein als Folge erzeugen. Aber ſchon hienieden erzeugt jede Krankheit kritiſche Beſtrebungen, d. h. ſucht ſich durch ihre Folgen vielmehr zu heben. Oft gelingt es nicht ſo, daß das jetzige Leben noch beſtehen kann. Dann bleibt eben nur der Tod als letzte Kriſe übrig, die alle Leiden hebt, welche an der jetzigen Form der Körperlichkeit haften, indem ſie dieſe Form ſelbſt zerſtört und hiemit zugleich das jetzige Leben in das künftige wandelt. Weshalb die Natur dieſe Kriſe ſo viel als möglich zurückſchiebt, iſt früher berührt worden (S. 176). Was wir körperliche Krankheit nennen, iſt überhaupt nur Krankheit für das Dieſſeits, und kann keine krankhaften Folgen über den Tod hinaus erſtrecken, weil der Tod eben diejenige Folge der Krankheit iſt, durch welche die Krankheit, wenn Alles ſonſt nicht fruchtet, ſich ſelbſt hebt. Hat hier einer eine ſchlechte Lunge und athmet deshalb ſchlecht, ſo ſchadet ihm dieß nichts in's Jenſeits, wo überhaupt nicht mehr in dem Sinne fortgeathmet wird, als jetzt. Was die geiſtigen Störungen anlangt, ſo iſt ein Unterſchied. Wird alles Geiſtige von Körperlichem getragen, ſo werden auch alle geiſtige Störungen von körperlichen getragen werden; aber es fragt ſich, ob von ſolchen, die mit unſrer Willensverkehrung (moraliſche Störungen) zuſammenhängen, oder unwillkührlich uns begegnen. Erſtere werden nur durch Zwang unſres Willens vereinſt gehoben werden können, und der Tod iſt nichts, was unſre Willensrichtung an ſich änderte. Die Kriſis ſolcher Störungen kann nur durch die Strafen des folgenden Lebens bewirkt werden; aber wenn eine geiſtige Störung z. B. durch eine Kopfverletzung oder ſonſt äußerlich bewirkte Störung im Kopfe eintritt, ſo wird ſie auch durch Zerſtörung des Kopfes im Tode gehoben werden.

Wenn einer hier recht bitter leidet, ſo ſage er ſich nur, daß er mit der ſtandhaften Ertragung dieſes Leidens, der Anſpannung ſeiner Kräfte und Thätigkeit dagegen, ſich gleichſam einen harten Panzer anzieht, der ihn eiſenfeſt gegen ferneres, wenn auch in anderer Form drohendes Uebel im künftigen Leben erſcheinen läßt, unter Dornen dort Roſen ſuchen und finden läßt, ja Roſen eben als Frucht der Dornen gewinnen läßt, die ihn hier verletzt haben; dagegen der, der hier ſchwächlich allen Leiden nachgab, die Uebung ſeiner Kraft verſäumte, nichts that, als ſich mit Klagen wehren, ſeine Schwäche im folgenden Leben ſpüren, und wenn ihn auch der Tod zunächſt von einem äußern Uebel befreit, doch jedem Angriffe neuer Uebel um ſo leichter ausgeſetzt ſein wird, als er hier nichts gethan hat, Angriffen in dieſem Sinne zu begegnen.

Selbſt der Kränkſte, der nichts thun kann, kann dieſes thun, daß er den Muth aufrecht hält, aufrecht hält eben in der Gewißheit, daß ihm ſein Muth einſt in ſeinen Folgen angerechnet werde. Es iſt ihm in ſeiner

Krankheit, ſeinen Leiden eine Gelegenheit gegeben, ſich etwas zu erwerben, das ſich auf keinem andern Wege erwerben läßt. Kann er, weil körperlich krank und ſchwach, jetzt nichts für die Außenwelt und mithin ſeine künftige äußere Lebensſtellung thun, ſo beſcheide er ſich, daß Gott ihn jetzt nur in die Lage geſetzt hat, etwas für ſein Inneres zu thun, was ihn dereinſt leicht Alles nachhohlen läßt, was er hier verſäumt hat; denn der Geſtählte braucht ſich vor nichts mehr zu ſcheuen.

Hiemit ſehen wir denn auch den Unterſchied zwiſchen dem, welcher, dem Uebel weichend, ſich ſelbſt das Leben nimmt, und dem, der es opfert zum allgemeinen Beßten. Jener wird, wenn auch augenblicks dem Uebel entrinnend, ſolchem alsbald wieder in anderer Form unterliegen; da er ſich ſeiner Widerſtandskraft entäußert hat und nun mit einer vermehrten Schwäche in das andere Leben tritt. Dieſer wird das Gute, um deſſentwillen er ſich mit Selbſtüberwindung opfert, um das innere Gute einer innern Stärke vermehrt als ſein Entgelt im folgenden Leben empfangen. Wehe euch, die ihr den Strick um den Hals ſchlingt, euch aus dieſem Leben zu retten, haltet aus, haltet aus; daß ihr aushaltet in allem Jammer, der euch ſchuldig oder unſchuldig trifft, daß ihr noch beſſert, ſühnt, was in euren Kräften ſteht, das allein kann euch einſt den Jammer vergüten und verhüten, ſonſt tretet ihr aus einer Marterkammer nur in eine größere Marterkammer, worin ihr doch gezwungen ſeid, auszuhalten, denn der Menſch wird ſo lange gehämmert, bis er hart worden iſt, Uebles zu tragen, und Gutes zu thun ohne Beſchwer.

Was nicht hier ſich härten will wird dort gehärtet, mit immer ſtärkern Schlägen.

Es ſcheint im Sinne unſrer Lehre natürlich, wenn jemand, der ein gutes, großes und ſchönes Werk im Sinne oder begonnen hat, ſei's eine nützliche Einrichtung, ein Kunſtwerk, eine Schrift, die Erziehung eines Menſchen, oder was es immer ſei, nicht gern ſterben mag, ehe er das Beabſichtigte oder Begonnene wirklich ausgeführt; es geht ihm in dem Nutzen oder Gefallen, welche das unvollendete Werk nun nicht erzeugen kann, ein Gewinn für die künftige Welt verloren; und dieſer Gedanke ſoll uns wirklich antreiben, unſre Zeit hienieden möglichſt zu nutzen und es nicht gleichgültig zu halten, ob wir etwas blos anfangen oder durchführen; bringen wir es nicht ſo weit, daß es überhaupt Früchte trägt, ſo trägt es auch uns dereinſt keine Früchte. Doch achten wir auch darauf, daß uns durch ſolche Unvollendung nur ein nach äußeren Beziehungen wichtiger Erwerb verloren geht; daß aber die ganze Bildung, die ganze Geſinnung, die ganze Uebung der Thätigkeit, die wir an das Werk ſetzten, auch wenn daſſelbe mit unſrem Tode unvollendet und fruchtlos blieb, uns in innern Folgen zu Gute kommen, und im künftigen Leben wohl in den Stand ſetzen wird, neue Güter in gleichem Sinne zu erwerben. Auch iſt dieß nur im Sinne deſſen, was wir ſchon hier ſehen. Es können uns wichtige Schätze, auf deren Erwerb wir großen Fleiß verwandten, ſchon hier verloren gehen, was kann ein Brand vernichten; es iſt ein Schmerz für uns, doch nur ein Antrieb mehr, unſre Kräfte auf's Neue anzuſtrengen, womit nur unſer innerer Erwerb geſteigert wird, und der äußere Verluſt erſetzt werden kann.

Erwarten wir überhaupt von der Zukunft kein anderes Princip der Gerechtigkeit, als was ſchon im Dieſſeits waltet, nur dieſes zu ſeiner Vollendung geführt. So ſtraft ſich ſchon jetzt Irrthum ſo gut als Sünde, wenn auch in andrer, das Gewiſſen nicht ſo betheiligender, minder einſchneidender, Weiſe als Sünde; wer aber hätte nicht wirklich an den Folgen ſeiner Irrthümer mit zu tragen, oft ſchwer genug zu tragen; und wie bei der Sünde ſoll dieſe Strafe des Irrthums durch die Folgen eben dazu dienen, den Irrthum zu beſſern, zu heilen und bei Andern und in andern Fällen zu verhüten. Nie wird er ſich ganz verhüten laſſen, und es mag uns hart erſcheinen, daß wir die Strafe für etwas tragen müſſen, was uns unverſchuldet ſcheint; aber es handelt ſich nicht darum, überhaupt wegzuläugnen, daß Uebel den Menſchen unverſchuldet treffen kann, das iſt einmal ſo, ſondern dieſen Umſtand aus dem beſtmöglichen und den Sinn der Weltordnung am beſten treffenden Geſichtspuncte zu faſſen, welches nach ſchon früherer Betrachtung eben der iſt, daß das Uebel ſich ſelbſt durch ſeine üblen Folgen hebe und in das entgegengeſetzte Gute überſchlage. Daß es aber ſo iſt, beweiſt ſich im ganzen Gange der Weltordnung, und Beſſeres können wir, wenn einmal Uebel iſt, nicht wollen.

Alſo mögen auch nach dem Uebergange in die folgende Welt die Menſchen wohl noch die üblen Folgen ihrer Irrthümer zu tragen haben, der Heide z. B. der nichts dafür kann, daß er nicht ſo ſicher das Rechte erkennen lernte, als der Chriſt, wird minder günſtig geſtellt ſein, als der Chriſt *, der ſchlechter Erzogene oder mit ſchlechtern Anlagen Verſehene wird noch von dem durch ſeine Handlungen in die Welt gebrachten Schaden zu leiden haben, ungeachtet er ſeine ſchlechte Erziehung und Anlagen nicht verſchuldet. Und es ſoll ſchon jetzt hierin ein Antrieb für uns liegen, alle Kräfte aufzubieten, den Irrthum möglichſt zu vermeiden und andere Menſchen möglichſt zur richtigen Erkenntniß des Guten zu führen, uns ſelbſt durch Nichtverſchuldung hindurch ins Reine und Klare emporzuarbeiten und jeden Schaden, der aus Irrthum durch uns in die Welt gekommen, möglichſt vor unſerm Tode zu vergüten. Auch in dieſer Hinſicht regt unſre Anſicht kräftiger an, als jede andere; denn nur zu leicht verſinkt der Menſch in Schlaffheit, wenn er glaubt, was er aus Irrthum, aus Verſehen thut, werde ihm nicht zugerechnet. Er ſoll vielmehr auch den Irrthum und das Verſehen möglichſt vermeiden lernen. Nur zu leicht auch meint einer: genug nur, wenn ich ſelbſt nicht irre; daß Andre irren, was ſchadet's mir. Aber was er an Andern verſäumt zu beſſern, verſäumt er an ſeinem eigenen künftigen Zuſtande zu beſſern. Zugleich aber ſchließt unſere Anſicht

---

* Sagt doch Chriſtus (Luc. 12, 47. 48): „Der Knecht aber, der ſeines Herrn Willen weiß, und hat ſich nicht bereitet, auch nicht nach ſeinem Willen gethan, der wird viele Streiche leiden müſſen. Der es aber nicht weiß, hat doch gethan, das der Streiche werth iſt, wird wenige Streiche leiden.“ Alſo doch auch Streiche!

die beſten Troſtgründe für den Menſchen ein, wenn er mit redlichem Eifer, das Beſte zu finden, doch ſich ſagen muß, daß er nicht allen Irrthum vermeiden könne. Denn ſofern nur ſein *Streben* ſtetig nach dem Wahren und Rechten gerichtet iſt, wird es ihm ja auch in das andre Leben als ein bleibender Characterzug folgen müſſen, und dort die Hebung der Uebel vollends durchſetzen, die ſein Irren hier mitführte, um ſo leichter, da die Erkenntnißquellen ſich für ihn dort erweitern. Nur, wenn er auch den Trieb, den Willen nicht beſäße, nichts thäte, den Irrthum zu vermeiden, würde er auch in das andere Leben nichts mitbringen können, um die Folgen des Irrthums zu beſeitigen, und erſt durch eine Steigerung der üblen Folgen würde der Trieb dazu in ihm entwickelt werden können, und endlich müſſen.

Noch anderweite Geſichtspuncte von praktiſchem Intereſſe und praktiſcher Wirkſamkeit bieten ſich in unſrer Anſicht dar.

Wie das Leben der Menſchen im Jetztleben ſich verſchwiſtert, ſo verſchwiſtert wird es, wie früher betrachtet, nach der Aufnahme in das Jenſeits fortbeſtehen und ſich ferner entwickeln. Was ſich hier in Liebe begegnet hat, wird ſich dort in Liebe wiederbegegnen, was hier ſeinen Haß nicht ausgekämpft und beſchwichtigt hat, wird ihn dort noch auskämpfen und beſchwichtigen müſſen, da der Haß zu den Uebeln gehört, die ſich durch ihre Folgen einſt ſelbſt zerſtören müſſen. So ſuche nun jeder, ſich hier Liebe zu erwerben, damit er nicht einſam und geflohen von Andern im Jenſeits daſteht. So hüte ſich jeder, unverſöhnt mit der Welt aus der Welt hienieden zu ſcheiden und jemand unverſöhnt mit ſich daraus ſcheiden zu laſſen; der Mißklang, den er hier auszugleichen verſäumt hat, wird ins Jenſeits überklingen, und dort noch ſeine Ausgleichung fordern.

Auch mit den Geiſtern der Vorwelt, die jetzt auf unſere Bildung Einfluß haben, werden wir beim Eintritt ins Jenſeits in nähere Beziehung treten; aber es wird eine bewußtere Beziehung als jetzt ſein, da wir, auf gleiche Exiſtenzſtufe mit ihnen gelangt, nun ihnen wie jetzt unſres Gleichen werden begegnen können. So ſuche ſich jetzt jeder die beſten Führer und Freunde unter den Todten aus, mit denen er am liebſten im Jenſeits verkehren möchte. Er kann es, indem er ſich mit ihren Ideen befreundet, in ihrem Sinne handelt und wirkt.

Die mit uns gelebt und vor uns hinübergegangen, bleiben ~~doch~~ in Beziehung zu uns; denn durch das, was ſie in uns hineingewirkt, wurzelt ihre Exiſtenz in der unſern, und durch das, was wir in ſie gewirkt, die unſre in der ihren. Wir können nicht mehr auseinander, obwohl dieſe Verknüpfung eine weniger oder mehr bewußte ſein und werden kann. Jeder Gedanke an einen Verſtorbenen, der in uns entſteht, iſt ſelbſt eine Nachwirkung, die der Verſtorbene in uns hinterlaſſen; ja ſchon die Möglichkeit, ſich ſeiner zu erinnern oder die ſchlummernde Erinnerung hängt an einer Nachwirkung ſeines frühern Daſeins in uns, und wenn ſchon dieſe Möglichkeit eine ſtille unſichtbare Gegenwart deſſelben vorausſetzt, ſo dürfen wir glauben, daß der bewußte Gedanke an ihn uns denſelben noch in lebendigerer Weiſe nahe bringt. Doch iſt auch da noch zu unterſcheiden. Wenn wir uns nur an Aeußerlichkeiten deſſelben erinnern, werden wir nicht zu glauben haben, daß wir damit ſein Bewußtſein auch anregen, weil dieſe Erinnerung ſelbſt nicht Folge ſeiner bewußten Thätigkeit; er kann uns gegenwärtig ſein, wie jemand, den wir ſehen, ohne daß er weiß, wir ſehen ihn; wenn aber eine Erinnerung an ihn in uns erwacht, die ſelbſt durch ſein bewußtes Thun oder deſſen Folgen in uns hineinerzeugt worden, ſo dürfen wir glauben, daß unſer Bewußtſein und ſein Bewußtſein in demſelben Act ſich kreuzen, und je lebendiger wir uns ſeines bewußten Wirkens oder was davon abhängt erinnern, je lebendiger ſich alſo die Wirkung deſſelben in uns erweiſt, deſto lebendiger wird auch ſein Bewußtſein durch uns erweckt werden, und ſich nach den Beziehungen, in denen wir daran denken, beſtimmt finden.

Wenn alſo ſich jemand eines lieben Todten recht lebendig erinnert, ſo iſt dieſer auch gleich lebendig bei ihm, und ſo kann die Gattin den Gatten, der vor ihr heimgegangen, wieder zu ſich locken, und kann wiſſen, daß er um ſo mehr bei ihr iſt, je mehr ſie bei ihm iſt, und ſo bewußter bei ihr iſt und ihrer ſelbſt gedenkt, je mehr ſie ſeiner bewußten Beziehungen zu ihr gedenkt; ja der Wunſch, daß er ihrer denken möchte, wird hinreichen, ihn an ſie denken zu machen, und je heftiger ſie es wünſcht, deſto lebendiger wird ſein Gedanke an ſie ſein; und wenn ſie ihr Leben ganz der Erinnerung und dem Handeln in ſeinem Sinne widmet, ſo wird ſein Leben auch immer in innigſter und bewußteſter Beziehung zu dem ihren bleiben.

Hierdurch erwachſen uns überhaupt die ſchönſten Geſichtspuncte über einen Verkehr der Lebendigen mit den Todten. Die Todten ſind gar nicht ſo weit von uns, als wir zumeiſt meinen, in einem fernen Himmel, ſondern noch unter uns, nur nicht mehr ſo wie wir an einzelne Stellen gebunden, ſondern frei wie ſich ihre Wirkungen durch das irdiſche Reich ergießen, wandeln ſie einher dahin und dorthin, und wenn einer der Lebenden hier und der andere da an denſelben Todten denkt, ſo iſt dieſer bei beiden; hat ſo gewiſſermaßen Theil an der Allgegenwart Gottes.

Herder sagt:

> „Wir glauben allein zu ſein und ſind's nie: wir ſind mit uns ſelbſt nicht allein; die Geiſter andrer abgelebter Schatten, alter Dämonen, oder unſrer Erzieher, Freunde, Feinde, Bildner, Mißbildner, und tauſend zudringender Geſellen wirken in uns. Wir können nicht umhin, ihre Geſichter zu ſehen, ihre Stimmen zu hören; ſelbſt die Krämpfe ihrer Mißgeſtalten gehen in uns über. Wohl ihm, dem das Schickſal ein Elyſium und keinen Tartarus zum Himmel ſeiner Gedanken, zur Region ſeiner Empfindungen, Grundſätze und Handlungsweiſen anwies; ſein Gemüth iſt in einer fröhlichen Unſterblichkeit gegründet." (Herder in ſ. zerſtr. Bl. 4te Samml. S. 162).

Auch an einen noch Lebenden und im Sinne eines noch Lebenden können wir denken und handeln; aber der Unterſchied, wenn wir dieß in Bezug zu einem Todten thun, iſt der, daß wir des Lebenden Bewußtſein nicht ſo unmittelbar dadurch anregen können, als des Todten, weil des Lebenden Bewußtſein noch nicht wach iſt in Bezug auf das, was von ihm als Folge ſeines bewußten Seins in andern fortwirkt. Wohl aber können wir uns dadurch, daß wir unſer Bewußtſein mit einem Lebenden beſchäftigen, daß wir die Wirkungen ſeines bewußten Daſeins ſelbſt mit Bewußtſein aufnehmen, fortſpinnen, Anknüpfungspunkte für einen engern bewußten Verkehr mit ihm dereinſt verſchaffen.

Es leuchtet ein, welch tiefergehende lebendigere Bedeutung jetzt die Gedächtnißfeiern und Denkmale gewinnen, welche den Todten von den Lebenden gewidmet werden, als die wir ihnen gewöhnlich beilegen. Wir halten ſie nur für Mittel, das Andenken der Todten und hiemit das Bewußtſein der Wirkungen, welche ſie geäußert haben, in uns den Lebenden wach zu erhalten, aber es ſind zugleich Mittel, die Todten ſelbſt in Bewußtſeins-Beziehung zu den Lebenden zu erhalten. Das Dieſſeits und Jenſeits reicht ſich durch ſolche Vermittelungen wehmüthig feierlich die Hände, und es iſt nicht der Druck einer lebendigen und einer todten Hand, ſondern zweier Hände, die ſich aus verſchiedenen Lebenskreiſen faſſen. Wir können glauben, wenn das Feſt eines großen Todten von einem Volke oder eines werthen Todten von einer Familie begangen wird, ſo iſt er mitten dabei, und denkt an die, die ſeiner denken, und genießt der Dankbarkeit und Liebe, die ſie ihm zollen. Und je Mehrere eines Todten denken und je lebhafter ſie ſeiner denken, deſto mehr beweiſt ſich ſein Daſein unter, ja in ihnen, und deſto lebhafter wird ſein Bewußtſein hinwiederum von ihnen angeregt.

Bei vielen Völkern wird das Andenken der Todten viel mehr gefeiert, als bei uns, und der Todtendienſt überbietet bei manchen ſogar den Gottesdienſt, tritt jedenfalls überall in nahe Beziehung damit. Es ſcheint hiebei ein natürlicher Inſtinct zu walten, der nur heutzutage gerade bei den cultivirteſten Völkern am Meiſten zurückgetreten iſt, wie dieß von ſo vielem Inſtinctartigen gilt.

Zu den verbreitetſten Vorſtellungen gehört die Anſicht, daß die Nachgelaſſenenen noch etwas für die Verſtorbenen thun können, und man darf vielleicht ſagen, daß nur bei unſerer proteſtantiſchen Lehre dieſe Vorſtellung ganz verlaſſen worden iſt; dagegen noch der katholiſche Prieſter ſeine Meſſen für die Seelen der Verſtorbenen lieſt, und die Verwandten und Freunde für deren Heil beten. Aehnliches, ja viel Mehreres findet ſich bei vielen andern Völkern vor; es iſt faſt keins, wo ſich nicht bei der Beſtattung oder in nachfolgenden Gebräuchen auf dieſe oder jene Weiſe eine Sorge der Nachgelaſſenen für das Heil der abgeſchiedenen Seele ausſpräche. Eitel Abſurdität das alles, wenn es ſo wäre, wie wir zumeiſt meinen. Was können alle Sühnen, Opfer, Stiftungen, Gebete dem frommen, der ohne Beziehung zu uns in einem fremden Himmel iſt. Aber wenn es ſo iſt, wie wir meinen, ſo bekommt alles dieß nicht nur ſeinen Geſichtspunct, ſondern auch ſein leitendes, reinigendes, berichtigendes und erweiterndes Princip. Die Verſtorbenen thun nicht nur viel in uns, ſondern wir können auch viel für ſie wie anderſeits gegen ſie thun, unbewußt thun wir's ohnehin, aber auch bewußt und mit Abſicht können wir's thun, indem wir ihre Werke fortführen, in ihrem Sinne weiter handeln, die üblen Folgen ihrer Handlungen ſühnen und beſſern, oder das Gegentheil von all dem thun; und nach Maßgabe, als wir's mit Bewußtſein in Bezug auf ſie thun, wird auch das Bewußtſein der Verſtorbenen in Bezug auf uns angeregt werden, und werden wir beim Eintritt ins Jenſeits ſie demgemäß geſtimmt gegen uns finden. Wir können ſo für oder gegen ſie handeln nach unſerm Willen, nur daß unſer Wille ſelbſt ſich nicht dem Wirken im Sinne der höchſten und letzten Gerechtigkeit und Geſetzlichkeit entziehen kann. Weſſen Vergehen wir nach ſeinem Tode ſühnen, der wird es im Dieſſeits oder Jenſeits irgendwie um uns oder Andere verdient haben; aber daß gerade wir uns mit Willen zu Werkzeugen der Sühne für ihn machen, verdient uns immer ſeinen Dank, ſtimmt ſeinen Willen wieder günſtig gegen uns. Durch ein hergeplappertes Gebet, durch Gold in den Opferkaſten werden wir freilich weder dem Guten noch dem Böſen im Jenſeits frommen. Das ſind Abirrungen von einem rechten Wege, der uns bisher durch kein Licht des Verſtandes erhellt war, und den uns ein blinder Inſtinct doch auch nicht ganz hat verfehlen laſſen.

Finden dieſe Vorſtellungen Eingang, ſo wird mit dem erwachten Bewußtſein von den Verhältniſſen und Bedingungen des Verkehrs zwiſchen dieſſeits und jenſeits eine neue Epoche für dieſen Verkehr beginnen, und unſer äußeres und inneres Leben davon den vielſeitigſten und tiefſten Eingriff erfahren. Es iſt hier wie oft. Viele Dinge werden durch das Bewußtſein ihrer Möglichkeit erſt möglich und wirklich. Der Wechſelverkehr zwiſchen Dieſſeits und Jenſeits beſteht zwar ſchon lange; aber daß wir wiſſen, er beſteht und wie er beſteht, wird ihm einen neuen Schwung und eine ſichere Richtung in dem Sinne geben können, der ſowohl für das Dieſſeits als Jenſeits der beſte. In der That nicht nur dem Dieſſeits, ſondern auch Jenſeits wird dieſer Aufſchwung zu Statten kommen. Alle Keime deſſen, was im Jenſeits gewußt wird, liegen im Dieſſeits, aber im Jenſeits die Blüten, aus welchen neue keimende Saamen wieder hervorgehen. So werden auch dieſe Ideen über den Verkehr des Dieſſeits und Jenſeits, die hier aufgeſtellt werden, in ihrer Entwickelung und Bethätigung aus dem Dieſſeits ins Jenſeits hinein blühn; aber das Dieſſeits hat ſie ſelbſt erſt aus dem Jenſeits. Denn wie viel Ideen vergangner Geiſter leben und wirken mit fort in dieſen Ideen, die hier geſäet werden.

XXIX. Vergleichung.

Unſtreitig kann es unſrer Anſicht nur zu Statten kommen, wenn ſich im Folgenden zeigen wird, daß die ſcheinbar große, in gewiſſer Hinſicht wirklich große, Abweichung, die ſie von den meiſten bisherigen Anſichten über die künftigen Dinge darbietet, im Grunde doch nur darin beſteht, daß ſie ſich über die Divergenzen derſelben erhebt, und hiermit ſelbſt der Wahrheit aller ſo weit genügt, als es bei den Widerſprüchen derſelben unter einander und in ſich immer möglich iſt. Nur freilich, indem ſie der Wahrheit aller genügt, kann ſie nicht auch den Widerſprüchen aller genügen, und die Form ihres Scheffels kann nicht in die Form jeder Metze paſſen.

Dabei erkennt ſie gern an, daß ſie zur chriſtlichen Anſicht vielmehr in einem Verhältniſſe der Dienſtbarkeit ſteht, indem der Grundkern der chriſtlichen Anſicht der Grundkern ihrer eigenen Entwickelung geworden iſt, ihr letztes leitendes und treibendes Princip nur vom Chriſtenthum her iſt, wie viel des Stoffes ſie auch andersher aufgenommen hat. Hiervon aber ſprechen wir beſonders im nächſten Abſchnitt, und ſchließen daher von der jetzigen Vergleichung die chriſtliche Anſicht ausdrücklich aus.

1) Es iſt ſchon eine alte Rede und im Grunde gar keine neue Behauptung, daß der Menſch in den Wirkungen und Werken, Ideen, Erinnerungen fortlebe, die von ihm hinterbleiben, daß in nichts Anderem ſeine Unſterblichkeit beſtehe. Nur daß man es nicht ſo ernſthaft mit dieſer Art Unſterblichkeit meint, wie wir, ſo daß die, welche blos eine ſolche anerkennen wollen, vielmehr für Leugner der Unſterblichkeit gelten und ſich ſelbſt dafür halten. Aber unſtreitig müſſen Gründe vorliegen, welche den Begriff der Unſterblichkeit hier gewiſſermaßen aufdrängen. Es iſt hier wie oft, wir werden unwillkührlich auf die Wahrheit geführt, und bekennen ſie, faſt ohne es ſelbſt zu wollen. Mit dem Leben der Natur, ſahen wir, war es auch nicht anders.

Dieſe unwillkührliche Erkenntniß der Wahrheit ſpricht ſich noch entſchiedener in dem tiefgehenden Gefühle aus, welches den Menſchen nicht gleichgültig ſein läßt gegen das, was er nach ſeinem Tode hinter ſich läßt. Aber nach uns läßt er es eben nach dem Tode nicht hinter ſich, ſondern gewinnt es erſt recht zum Eigenthum, und dies, meine ich, iſt es, was wir zum Voraus ahnen, wenn wir Großes, Schönes, Rechtes als unſre Werke hinterlaſſen möchten Wir ahnen, daß wir uns damit eigene Schätze für die Zukunft ſammeln, ja daß wir uns damit für die Zukunft ſelbſt erbauen.

„Es giebt eine Unſterblichkeit des Namens und Nachruhms, die ich die hiſtoriſche und dichteriſche oder die Kunſt-Unſterblichkeit nennnen möchte. Sie ſcheint von großem Reiz. Edle jugendliche Seelen opfern gern vor ihrem Altar; manche leidenſchaftliche Menſchen haben ſie gar zum einzigen Ziel ihrer Gedanken gewählt und ſo zu ſagen ihr gelebt. In den Jugendzeiten der Welt nämlich war allerdings auch der ſüße Traum erlaubt, mit ſeinem Namen, in ſeiner Perſon und Geſtalt auf die Nachwelt überzugehen, und ein leibhafter Gott zu werden.“ (Herder in ſ. zerſtr. Bl. 4te Samml. S. 150).

Sofern nun manche Leugner der Unſterblichkeit eben da, wo wir die wirkliche Unſterblichkeit ſehen, doch einen Schein derſelben zu erblicken glauben, aber auch nichts mehr als einen Schein, indem ſie todt und äußerlich faſſen, was wir lebendig und innerlich faſſen, entſteht die eigene Erſcheinung, daß ſie wohl gar die Unſterblichkeit mit denſelben Worten leugnen und beſtreiten, mit denen wir dieſelbe behaupten und erläutern; ſo daß man ſagen möchte, unſre Anſicht genüge mit den Forderungen der Gläubigen zugleich denen der Ungläubigen. So weit ſie noch von Unſterblichkeit ſprechen, ſprechen ſie mit unſern Ausdrücken davon.

Zum Belege einige Stellen aus Feuerbachs Gedanken über Tod und Unſterblichkeit, der bekanntlich zu den entſchiedenſten Leugnern der Unſterblichkeit gehört.

S. 279. „Die Phantaſie (Einbildung, Erinnerung, — Unterſchiede, die hier gleichgültig — *) iſt das Jenſeits der Anſchauung, worin der Menſch zu ſeiner größten Ueberraſchung und Entzückung wieder findet, was er dieſſeits, d. h. in der ſinnlichen wirklichen Welt verloren.“

S. 271. „Wenn daher der Unſterblichkeitsglaube wirklich in der menſchlichen Natur ſelbſt begründet wäre, wie käme der Menſch dazu, den Todten ewige Wohnungen, wie die Römer die Grabmäler, wenigſtens die Mauſoleen nannten, zu errichten, und jährliche Feſte zur Erneuerung ihres Andenkens zu feiern — Feſte, die wie die Grabmäler und alle ſonſtigen Formen und Gebräuche des Todtendienſtes zuletzt, d. h. abgeſehen von den Zuſätzen aber-

---

*) Einſchaltung des Originals.

gläubiſcher Furcht, eben keine andern Zwecke haben, als den Menſchen auch noch nach dem Tode eine Exiſtenz zu verſchaffen .... Die ängſtliche Sorge der Völker für ihre Todten iſt darum nur ein Ausdruck von dem Gefühl, daß die Exiſtenz derſelben von den Lebenden abhängt.“ (Vgl. S. 328).

S. 176. Feuerbach ſucht ausführlich zu zeigen, wie überall die rohen Völker das Bild, das in ihnen vom Verſtorbenen fortbeſteht, oder in der Erinnerung wiederkehrt, für deſſen wirkliche fortbeſtehende Perſon halten, und fährt fort: „Der Unglaube der Bildung an die Unſterblichkeit unterſcheidet ſich alſo von dem noch angeblichen Glauben der noch unverdorbenen, einfachen Völker an die Unſterblichkeit nur dadurch, daß jener das Bild des Todten als Bild weiß, dieſer aber als Weſen ſich vorſtellt, alſo nur dadurch, wodurch ſich überhaupt der gebildete oder gereifte Menſch von dem ungebildeten oder noch kindlichen Menſchen unterſcheidet, nämlich, daß dieſer das Unperſönliche perſonificirt, das Lebloſe belebt, während jener zwiſchen Perſon und Ding lebendig und leblos unterſcheidet.“

S. 203. Freilich glauben die meiſten Völker an Unſterblichkeit: „aber es kommt darauf an, zu ſehen, was dieſer Glaube denn eigentlich ausdrückt. Alle Menſchen glauben an Unſterblichkeit, das heißt: ſie ſchließen nicht mit dem Tode eines Menſchen deſſen Exiſtenz, aus dem einfachen Grunde, weil damit, daß ein Menſch aufgehört hat, wirklich, ſinnlich zu exiſtiren, er noch nicht aufgehört hat, geiſtig, d. h. im Andenken, im Herzen der Ueberlebenden zu exiſtiren. Der Todte iſt für den Lebenden nicht Nichts geworden, nicht abſolut vernichtet, er hat gleichſam nur die Form ſeiner Exiſtenz verändert.“

2) Die häufige Anſicht, daß die Seele ſich ihren künftigen Leib ſelbſt erbaue, iſt ganz die unſre, nur daß nach uns die Seele die Werkzeuge des Baues nicht eher wegwirft, als bis ſie ihr neues Haus gebaut hat Aber ſie wirft ſie dann weg. In dieſer Beziehung können wir uns auch der ſo gewöhnlichen Vorſtellung anſchließen, daß die Seele im Tode aus dem Leibe ausfahre, aber ſie

fährt nicht ins Leere oder Wüſte aus, ſondern in einen ſchon fertig zubereiteten Leib.

Selbſt die, von gewiſſer Seite der unſern gerade entgegengeſetzte, Anſicht, daß die Seele als unzerſtörbar einfaches Weſen (wenn nicht wirklich, doch ſchematiſch) in einem Puncte zu denken ſei, verträgt ſich doch von andrer Seite ganz mit der unſern. Denn immer könnte die Seele, in einem Punct oder als Monade gedacht, doch nur in Bezug zu einem geordneten organiſchen Leibe ein ſelbſt geordnetes Leben führen. Alſo müßte ſie auch, wenn ſie nach Zerſtörung des jetzigen Leibes unverſehrt aus ihm hervorträte, einen ſolchen wiederfinden, oder ſich ſchaffen. Nach unſrer Anſicht aber findet ſie ihn wirklich, eben mittelſt des frühern Leibes geſchaffen, vor.

3) Wenn man doch ſo oft den Tod als Befreiung der Seele von den Banden des Leibes erklären hört und meint, ſie müſſe nachher eine reiner geiſtige Exiſtenz haben, als jetzt, ſo kommt unſre Anſicht auch dieſer Vorſtellung ſo nahe als nur möglich, ohne die Seele geradezu ins Leere zu ſtellen und der Mittel äußern Wirkens zu berauben. In der That erſcheint die Seele, das Bewußtſein nun nicht mehr an einen ſo engen Leib gebunden als jetzt, und wir ſo der Allgegenwart Gottes und hiermit Gott ſelbſt um eine Stufe näher.

4) Der ätheriſche Leib der Zukunft, den ſo Viele als feinſten Auszug aus dem jetzigen gröbern Leibe wollen, fehlt auch bei uns nicht. So wahr wir im Jetzt einen ſolchen eingeſchloſſen in unſerm gröbern Leibe vermuthen mögen, ſo wahr werden wir einen im folgenden Leben zu erwarten haben, nur nicht nackt und blos und eng begränzt, wie nach unſerm Wiſſen kein ätheriſcher Leib

beſtehen kann, ſondern in einer neuen nur weitern, leiblichen wägbaren Unterlage. Es wird uns aber dieſe ſchwere leibliche Unterlage nicht wie jetzt belaſten, weil wir ſie nicht wie jetzt fortzutragen haben.

Es iſt immer im Auge zu behalten, daß die Anſicht einer ätheriſchen leiblichen Unterlage für die Seele im Jenſeits für uns ſo hypothetiſch bleibt, als im Dieſſeits. Unſre Anſicht fußt aber nicht auf dieſer Hypotheſe, ſondern darauf, daß, was auch im Dieſſeits die Seele leiblich tragen mag, und wie auch das Verhältniß zwiſchen Leib und Seele zu denken ſei, ſo erſtreckt ſich das, was im Dieſſeits in dieſer Beziehung gilt, durch ſeine Fortwirkungen ins Jenſeits. Alles, was hypothetiſch iſt im Dieſſeits, bleibt alſo auch ſo für das Jenſeits. Darin liegt eine große Sicherſtellung für unſre Anſicht, daß ſie nicht auf particulären Vorausſetzungen von zweifelhafter Triftigkeit fußt.

5) Die Geſtalt, in der die Geiſter des Jenſeits erſcheinen, ſtellt ſich nach vielen Anſichten als ein leichtes, frei ſchwebendes Bild der jetzigen Geſtalt dar. So ſtellt ſie ſich auch nach unſrer Anſicht dar; als Erinnerungsbild der anſchaulichen Geſtalt.

6) Bei den meiſten Völkern, die ſich noch dem Naturzuſtande näher finden, beſteht der Glaube, daß die Verſtorbenen noch dieſelben Geſchäfte, Krieg, Jagd, Fiſchfang fortſetzen, die ſie hier getrieben haben; nur in etwas modificirter Weiſe. Unſre Anſicht entſpricht auch dieſer Vorſtellung ſo gut als möglich. Der Menſch lebt in denſelben Sphären des Wirkens fort, in denen er hier gelebt hat, nur anders darin fort, als er hier darin gelebt hat. Der Philoſoph lebt in den Ideen fort, die er verbreitet hat, — durch den Jäger, Fiſcher, Krieger

iſt Vieles anders geworden in den Menſchen und den Dingen in Bezug auf die Sphäre der Jagd, des Fiſchfanges, des Kriegswerkes, darin lebt er, aus dem Jenſeits ins Dieſſeits wirkend, noch fort.

7) Auch die Anſicht von einem Schlaf vor dem neuen Erwachen findet mit unſrer Anſicht Berührungspuncte. Wir nehmen nur nicht an, daß wir nach dem Tode erſt eine Zeit lang ſchlafen werden, um dann zu erwachen, ſondern daß uns dieſer Schlaf dadurch erſpart ſei, daß unſer zukünftiger Leib ſchon während des Jetztlebens ſchläft, um mit dem Tode ins künftige Leben zu erwachen. Ja wir können es als eine Art Auferſtehung betrachten, daß all das im Laufe unſers Lebens Unbewußtgewordene, in Schlaf Verſenkte, mit dem Tode die Fähigkeit wiedererhält, ins Bewußtſein zu treten oder auf daſſelbe Einfluß zu gewinnen. So wie etwas von unſern Wirkungen jetzt über uns hinaus iſt, verſinkt es in den ſchlafenden Leib, der erſt im Tode für das Bewußtſein erwacht. Unſtreitig iſt dies keine Auferſtehung im wörtlichen Sinne; wer aber faßt Auferſtehung heut noch ſo? Ich komme hierauf im folgenden Abſchnitt zurück.

Einen eigentlichen Schlaf vor dem Erwachen nach dem Tode anzunehmen, liegt nach Früherm kein Grund vor, und man weiß, daß ſelbſt unſre Kirchenlehre vielmehr einen Schlaf unſres Leibes, als unſrer Seele nach dem Tode behauptet, die Seele gelange gleich nach dem Tode an einen Ort der Beſeligung oder Beſtrafung, und vereinige ſich nur ſpäter wieder mit dem Leibe bei deſſen Auferſtehung. Freilich einer der ſtreitigſten Puncte, wenn es gilt, ihn nach der Bibel zu entſcheiden.

8) Man vermißt vielleicht in unſrer Anſicht den Hades, den Himmel: ſie ſcheint blos ein irdiſches Jenſeits

zu geben; aber in der That giebt ſie Alles zuſammen, und nur eben, weil ſie Alles giebt, kann Eins nicht ſo einſeitig hervortreten, als in den Anſichten, die blos eins von dieſen haben. Wir können ſagen, und werden es gleich näher erläutern, etwas, und etwas Schauerliches, Negatives von uns fällt im Tode dem Hades oder Scheol anheim, das Meiſte der Erde, das Beſte und, ſofern die Erde ſelbſt mit des Himmels, das Ganze dem Himmel.

In Zuſammenhang mit der verſchiedenen Oertlichkeit, welche bei verſchiedenen Völkern den Seelen im Hades oder Himmel angewieſen wird, ſteht die doppelte Anſicht, daß das künftige Leben gegen das jetzige ein abgeſchwächtes, verblaßtes, düſteres, oder daß es ein höher geſteigertes, lichteres, ſchönern Hoffnungen insbeſondere für den Rechtſchaffenen Raum gebendes ſein wird, wozwiſchen viele Mittelanſichten ſtehen. Es wird nach uns Beides ſein, das dieſſeitige ſinnliche Anſchauungsleben wird verblaſſen, das höhere Erinnerungsleben ſich ſteigern; der Verluſt des alten Lebens wird ſeine Seite des Traurigen haben; der Gewinn des neuen Lebens doch für den Rechtſchaffenen bald in Freude überwiegen. Die verſchiedenen Seiten unſrer Anſicht kommen nur im Glauben verſchiedener Völker und Zeiten geſondert vor.

In der That, mögen wir die leibliche oder geiſtige Seite unſres Lebens ins Auge faſſen, bevor der Gewinn des neuen Lebens recht geſpürt werden kann, wird das Opfer des alten geſpürt werden müſſen, die Nacht des Todes vor dem Lichte des neuen Lebens. Es entſteht ſo zu ſagen für den Moment eine Lücke in dem ganzen Leibe, von welchem der engere ein Theil war. Jeder Verluſt eines ganzen Leibestheils aber wird geſpürt, nur daß, wenn es ein Verluſt iſt, der in den natürlichen Entwickelungsgang gehört, die Wunde ſchnell heilt und der Anlaß und Ausgang neuer poſitiver Entwickelung wird. Es muß aber die Lücke, welche der Tod mitbringt, anfangs um ſo härter empfunden werden, als es den Verluſt des Theils galt, an den die Seele bisher ihre ganze Thätigkeit geknüpft fühlte, und nur, wenn der Menſch durch Alter oder Schwäche ſtirbt, mithin am herabgekommenen Leibe nichts Erhebliches mehr verloren wird, mag dieſes Gefühl des Verluſtes merklich fehlen. Dagegen bei Todesarten, die den Menſchen im Gefühl der Kraft betreffen, es einen Moment geben mag, wo das Gefühl gewaltſamer Vernichtung ganz und gar die Seele befängt, alle Schrecken des Todes uns überkommen; ja wir fühlen dergleichen wirklich ſchon in der Annäherung dazu. Allmälig oder plötzlich aber wird dies Gefühl in das Gefühl des Erwachens zum neuen Leben überſchlagen. Doch iſt zu erwarten, daß mindeſtens ſo viel Zeit dazu gehören wird, ſich nach dem Tode auf das neue Leben zu beſinnen, als im Todeskampfe, die Beſinnung des jetzigen zu verlieren, und daß die Nachwehen und Schmerzen der Wunde, die uns mit dem Tode geſchlagen wird, überhaupt nur allmälig, obwohl nach Umſtänden ſehr verſchieden, verſchwinden werden, ſo raſcher, je weniger wir am alten Leben zu verlieren hatten. Ja wer nur einen leidenden Körper zu verlieren hatte, mag ſofort Erleichterung im Tode ſpüren. Doch nicht blos bei dieſer ſinnlichen Empfindung des erlittenen Verluſtes wird es ſein Bewenden haben. Sollte es nicht der Mutter und Gattin noch eine Zeit lang leid ſein, aus den alten Verhältniſſen zu den Ihrigen geriſſen zu ſein, dem unternehmenden Geiſtes leid ſein, der Fortführung ſeiner Unternehmungen mit den bisherigen Mitteln abſagen zu müſſen, bis die ganze Macht und Fülle des neuen Lebens und das Bewußtſein, daß die zerriſſenen Beziehungen ſich in anderer höherer Weiſe wieder anknüpfen, uns überkommt.

Jenes Erſtgefühl, daß alles das matt und kraftlos in uns geworden iſt, was früher in uns rege und lebendig war, knüpft ſich nun eben daran, daß unſer jetziger Leib ſich nicht mehr ſelbſt regen kann, daß er ſich paſſiv unter die Erde legen laſſen muß und dort den Mächten der Verweſung Preis gegeben iſt, oder, wo er nicht begraben wird, doch ſeinen Stoffen nach ihr anheim fällt. Nicht, daß der verweſende Leib dies für ſich ſelbſt empfinden könnte, ſo wenig ein ſchon zerſtörter Theil unſers engern Leibes ſeine Zerſtörung ſelbſt empfindet, aber der übrige Leib empfindet ſie, und ſo mögen wir auch mittelſt unſers weitern Leibes, noch ehe er ſich ſelbſt recht in poſitiver eigener Thätigkeit empfindet, die Zerſtörung des engern, und Alles, was ſich daran knüpft, empfinden, dies ſo zu ſagen ſeine erſte bewußte Gefühlsthat ſein. Inſofern bleibt die Verweſung unſers Leibes, vermöge des Cauſalbezugs zu uns, Mitbedingung eines Gefühls, aber des Gefühls einer Negation.

Wenn man nun auf dies Moment einſeitig achtet, ſo kommt man auf die Vorſtellung vom traurigen Leben der Seele im Hades oder Scheol, welche nicht nur den alten Griechen und Juden eigenthümlich war, ſondern auch ſonſt bei vielen rohen Völkern wieder gefunden wird. Wie der engere Leib Träger unſers jetzigen wachen Lebens iſt, und wir unſre Seele da ſuchen, wo dieſer Leib iſt, ſo wird auch, wenn wir von der Seele nach dem Tode *nichts* als jenes negative Moment in Betracht ziehen, ihr Ort da zu denken ſein, wo die leibliche Bedingung jenes negativen Moments zu ſuchen, d. i. in oder unter der Erde, wo der Leichnam verweſt; denn als Bedingung dieſes Gefühlsmoments gehört auch der Leichnam noch zu uns; wäre er noch lebendig wie früher, ſo würden wir es nicht haben.

Es iſt von Intereſſe, zu ſehen, daß die Entwickelung des Glaubens an ein künftiges Leben denſelben Gang genommen hat, als ihn nach dieſer Anſicht die Entwickelung des künftigen Lebens ſelbſt nimmt. Mit dem Glauben an Scheol oder Hades bei Juden und Griechen hat die Geſtaltung des Unſterblichkeitsglaubens begonnen, die in ihrer Fortentwickelung einſt die Welt beherrſchen wird. Allmälig erſt kam die Menſchheit dazu, ſich zu beſinnen, daß das Grab des Dieſſeits zugleich die Wiege des Jenſeits ſei, und die Seele erſtand aus dem Scheol. Nun ging ſie in den Himmel über; ja man vergißt wohl der kurzen Nacht des Hades, und läßt ſie jetzt ſich gleich einen Platz im Himmel ſuchen. Aber was iſt der Himmel, wohin ſie nach dem jetzt gewöhnlichen Glauben geht?

Es bleibt unbeſtimmt. Wir aber haben unſre Anſicht darüber. Die ganze Lebensſphäre des Menſchen hat ſich im Tode um eine Stufe erweitert. Statt daß früher nur ein Theil der Erde ſeinen Leib, als Träger ſeiner bewußten Thätigkeit, darſtellte, iſt jetzt die ganze Erde in dieſem Sinne ſein Leib geworden, ſei es auch, daß er ihn mit andern theilen muß. Demgemäß ſetzen wir voraus, daß er auch an den Beziehungen der ganzen Erde zum Himmel bewußtern Antheil nimmt als jetzt. Es iſt nicht räthlich, ſich über die nähern Verhältniſſe und Bedingungen dieſes Verkehrs mit dem Himmel, den er mit der Erde theilt, in viele Erörterungen und Vermuthungen einzulaſſen. Laſſen auch wir das Nähere unbeſtimmt. Aber nicht blos die Sonderbeziehungen zu den nächſten Himmelskörpern werden an Entwickelung gewinnen, ſondern auch unſre allgemeinen Beziehungen zum ganzen Himmel und zu Gott, der ihn erfüllt. So werden wir alſo zwar der Erde bleiben, aber in andrer Weiſe als bisher, indem wir ſie nun als himmliſchen Körper ſelbſt bewohnen, während wir früher nur einen irdiſchen Leib *an* und *auf* ihr bewohnten. Mit Recht können wir in ſofern ſagen, daß wir von der Erde in den Himmel verſetzt ſind, indem aber die Erde ſelbſt uns als Stufe zu dieſem Aufſteigen dient.

In ſolcher Weiſe ſchließt unſre Anſicht natürlich von ſelbſt die Vorſtellungsweiſen mit ein, nach denen der Aufenthaltsort der Seelen auf der Erde geſucht wird: und auch deren giebt es unter rohen Völkern genug. Nach manchen ſchweben ſie in Lüften, in Wäldern, auf Bergen, in Höhlen, unter dem Meere, unter der Erde, fahren in andre Menſchen, in Thiere, in Pflanzen, in Steine[*]. Kaum iſt Etwas, worin man nicht die Geiſter der Verſtorbenen geſucht hätte. Alles das iſt einzeln genommen unzulänglich; alles zuſammen deckt unſre Anſicht. Die künftige Exiſtenz iſt eben nicht mehr auf einen einzelnen irdiſchen Ort eingeſchränkt.

9) Leſſing, Schloſſer, Jean Paul, neuerdings Droßbach und Widenmann[**] haben die Anſicht aufgeſtellt, daß der Menſch nach ſeinem Dahinſcheiden in kleinern oder größern Zwiſchenzeiten ins dieſſeitige irdiſche Daſein zurückkehre, um ſo nach und nach die verſchiedenen Entwickelungsſtufen irdiſchen Daſeins zu durchlaufen, wozu ein einmaliges Daſein nicht hinreiche. Man ſieht, daß unſre Anſicht denſelben Zweck nur in ohne Vergleich vollſtändigerem Grade erreichen läßt, da ſie den jenſeitigen Menſchen fortwährend ſich an der Entwickelung der dieſſeitigen Welt mit betheiligen läßt, und zwar in größerm Umfange, als es im dieſſeitigen Leben ſelbſt ſein kann.

„Warum ſollte ich nicht ſo oft wiederkommen, als ich neue Kenntniſſe, neue Fertigkeiten zu erlangen geſchickt bin? Bringe ich auf Einmal ſo viel weg, daß es der Mühe wieder zu kommen, etwa nicht lohnt?“ (Leſſing).

---

[*] Vgl. Simons Geſchichte des Glaubens an das Hereinragen einer Geiſterwelt in die unſrige.

[**] Leſſing in ſ. Erziehung des Menſchengeſchlechts. Sämmtl. Schriften X. S. 328. — Schloſſer über die Seelenwanderung in ſ. kl. Schriften. 3r Theil. — Jean Paul in ſ. Selina. — Droßbach, Wiedergeburt oder die Löſung der Unſterblichkeitsfrage auf empiriſchem Wege nach den bekannten Naturgeſetzen Olmütz. 1849. -- Widenmann, Gedanken über die Unſterblichkeit als Wiederholung des Erdenlebens. (Gekrönte Preisſchrift). Wien. 1851.

Jean Paul meint, nach langen Wanderungen möchten Alle gemeinſchaftlich unter Einſturz der jetzigen irdiſchen Welt eine neue Welt zur Behauſung finden.

Droßbach und Widenmann bewegen ſich in weit hergeholten und zum Theil abſtruſen Erörterungen, um ihre Vorſtellungen zu begründen.

10) Die auffallenden Bezugspuncte, welche unſre Anſicht mit den Anſichten **Schwedenborgs** und der alten **Rabbiner** hat, ſind an ihrem Orte dargelegt worden.

11) Mit philoſophiſchen und theologiſchen Anſichten der Neuzeit berührt ſich die unſre vielfach und es wird gegen ihren allgemeinen Geſichtspunct, daß der allgemeine Geiſt ſich durch den Menſchengeiſt fortbeſtimmt und im Tode denſelben nur zu einer höhern Daſeinsform in ſich aufnimmt, in der die Individualität des Menſchen wie früher fortbeſteht, ſchwerlich ein philoſophiſcher Einwand erhoben werden, außer von Seiten derer, welchen der Allgemeingeiſt vielmehr ein ſolcher iſt, der die Individualitäten im Tode verſchluckt und hiemit vernichtet, als höher entfaltet, um ſich ſelbſt hiemit höher zu entfalten. Nur daß von uns verſucht iſt, auch die Modalität des ganzen in Betracht kommenden Verhältniſſes in Zuſammenhang mit den Verhältniſſen des Jetztlebens zu entwickeln.

a) Schelling.

„Anhaltendes Nachdenken und Forſchen hat bei mir nur dazu gedient, jene Ueberzeugung zu beſtätigen, daß der Tod, weit entfernt, die Perſönlichkeit zu ſchwächen, ſie vielmehr erhöht, indem er ſie von ſo manchem Zufälligen befreit; daß Erinnerung ein viel zu ſchwacher Ausdruck iſt für die Innigkeit des Bewußtſeins, welche den Abgeſchiedenen vom vergangenen Leben und den Zurückgelaſſenen bleibt; daß wir im Innerſten unſres Weſens mit jenen vereint bleiben, da wir ja unſerm bewußten Theile nach nichts Andres ſind, als was auch ſie ſind, Geiſter; daß eine künftige Wiedervereinigung bei gleichgeſtimmten Seelen, die das Leben hindurch nur Eine Liebe, Einen Glauben und Eine Hoffnung gehabt, zu den gewiſſeſten Sachen gehört, und namentlich von den Verheißungen des Chriſtenthums auch nicht Eine unerfüllt bleiben wird, ſo ſchwer begreiflich ſie auch einem mit bloßen abgezogenen Begriffen umgehenden Verſtande ſein mögen. Täglich erkenne ich mehr, daß Alles weit perſönlicher und unendlich lebendiger zuſammenhängt, als wir uns vorzuſtellen vermögen.“ (Schelling, in einer nur Freunden mitgetheilten Schrift. 1811. ſ. Seherin von Prevorſt. S. 5).

b) Der ältere Fichte.

„Das Eine und ſich ſelber gleiche Leben der Vernunft[*] wird lediglich durch die irdiſche Anſicht und in derſelben zu verſchiedenen individuellen Perſonen zerſpaltet, welche Perſonen nun durchaus nicht anders, als in dieſer irdiſchen Anſicht und vermittelſt derſelben, keineswegs aber an ſich und unabhängig von der irdiſchen Anſicht da ſind und exiſtiren ..... Die irdiſche Anſicht dauert, als Grund und Träger des ewigen Lebens, wenigſtens auch in der Erinnerung in's ewige Leben fort, ſomit alles, was in dieſer Anſicht liegt, daher auch alle individuelle Perſonen, in welche durch dieſe Anſicht die Eine Vernunft zerſpalten wurde; weit entfernt daher, daß aus meiner Behauptung (die Vernunft ſei das einzig mögliche, auf ſich ſelber beruhende und ſich ſelber tragende Daſein und Leben u. ſ. w.), etwas gegen die individuelle Fortdauer folge, giebt dieſe Behauptung vielmehr den einzigen haltbaren Beweis für ſie her.“ (F. G. Fichte, ſämmt. Werke VII. S. 25).

---

[*] Die Vernunft ſelbſt wird von Fichte erklärt (S. 23) als „das einzig mögliche, auf ſich ſelber beruhende und ſich ſelber tragende Daſein und Leben, wovon Alles, was als daſeiend und lebendig erſcheint, nur die weitere Modification, Beſtimmung, Abänderung und Geſtaltung iſt.“

c) Der jüngere Fichte (in ſ. Idee der Perſönlichkeit).

S. 150 „Daß nun der Körper, welcher uns äußerlich als feſte Maſſe erſcheint, vielmehr in ſtetem Fluſſe und in ununterbrochener Selbſterneuerung begriffen iſt, ſteht als unbezweifelte phyſiologiſche Thatſache feſt, und iſt die einzige faſt, die uns hier wichtig zu werden verſpricht. Er vergeht und erneuert ſich in jedem Augenblick aus den Elementen. Dieſe hindurchfließenden, urſprünglich ihm fremden, chemiſchen Stoffe daher, welche in ſeinen Aſſimilationskreis gezogen und zum Dienſte der Organiſation gezwungen, vorübergehend ſeine Natur annehmen, ſind gar nicht der eigentliche Leib, noch weniger der Menſch — ſondern die ewig wechſelnde und ſich umbildende Erſcheinung deſſelben, die, wie ſie von der Aſſimilation ewig unterworfen wird, ſo doch unaufhaltſam ſich wieder losmacht und in's Allgemeine zurückweicht. Leib iſt wahrhaft nur die darin ſich erhaltende und ſie bezwingende, organiſche Identität, — wie der Geiſt die ſelbſtbewußte iſt, — die Dauer des Individuums in jenem ununterbrochenen Stoffwechſel: und der Kohlen- und Stickſtoff, der in den Phänomenen der Hand oder des Fußes gegenwärtig iſt, bleibt uns urſprünglich eben ſo fremd, als der äußerliche Stoff, welcher uns zur Nahrung wird: dieſer ſoll erſt organiſch unterworfen werden, jener iſt es ſchon; beide aber entweichen unaufhörlich, und ſind uns durch die Wandlung, in die ſie für den Augenblick eingegangen, um Nichts eigener geworden."

S. 156. „Sehen wir ab von der grundloſen Meinung, daß eine gänzliche Trennung und Kluft ſich befinde zwiſchen dem gegenwärtigen und nachfolgenden Zuſtande, — eine Meinung, die, wiewohl ſie namentlich auch mit den gegenwärtigen religiöſen Vorſtellungen tief verwachſen iſt, dennoch nicht ſowohl zu widerlegen, da ſie gar keine Gründe für ſich hat, als blos zurückzuweiſen und zu vergeſſen iſt."

S. 157. „Wir können nicht einmal fragen, was da vom Menſchen übrig bleibe im Tode, weil Ihm, ſeinem weſentlichen Selbſt, dadurch gar nichts entzogen wird. Das als inneres Reſultat des Lebens Gewonnene, die verwirklichte Individualität bleibt ihm unverſehrt in der Untheilbarkeit des Geiſtes, der Seele und der innerlichen Leiblichkeit: nur im darſtellenden Medium dafür betritt er eine neue Sphäre, die freilich von dem gegenwärtigen

Zuſtande aus als eine ſchlechthin andre und jenſeitige erſcheinen mag, darum jedoch nicht minder in unmittelbarſter Wirklichkeit uns vorbereitet ſein kann. Wie nämlich auch hier keine wahre Trennung zwiſchen der Gegenwart und Zukunft beſteht, wie wir auch künftig lediglich dieſer Natur angehören können, die überall Eine und die göttliche iſt, ſo ſind auch die künftigen Lebensmedien ſchon in der Gegenwart als vorhanden zu erachten; ſie mögen uns umgeben und durchdringen, ohne daß wir dieſelben factiſch gewahr zu werden vermöchten, weil ſie, nach Analogie der bisher betrachteten organiſchen Stufen, ohne Zweifel Elemente höherer, vergeiſtigter Stofflichkeit ſind. — Daß wir unmittelbar von dem Daſein derſelben nichts gewahren, iſt kein Grund gegen dieſe Annahme; vielmehr liegt dieſe factiſche Unwiſſenheit ſogar in der Natur der Sache, weil die Lebensbedingungen unſers gegenwärtigen Zuſtandes jede Receptivität und Aſſimilationskraft für dieſelben gerade ausſchließen müſſen.“

S. 159. „So bleibt auch unſerm künftigen Zuſtande ſein Lebenselement, weil wir abſolut organiſirende Macht geblieben, mit Corporiſationskraft begabt ſind. Aber es iſt dies kein Aetherleib, mit dem die Seele wie mit einem Fremden, äußerlich Zubereiteten ſich zu umkleiden hätte: — dieß verworrene Phantasma widerſpräche durchaus aller Naturanalogie. Jeder Naturzuſtand entwickelt vielmehr den folgenden, nicht ſprung- und ſtoßweiſe, ſondern nach ebenmäßiger Gliederung aus ſich her. So entwickelt ſich zugleich auch mit dem Fallenlaſſen der alten Lebensmedien die Fähigkeit, neue, jetzt ihm homogene Elemente organiſirend an ſich heranzuziehen, und die alſo wiedergeborne Individualität hat daher auch nicht mehr den alten Proceß einzugehen, aus unentwickelten, leiblich-ſeeliſchen Anfängen erſt allmälig ſich aufzubauen, und wie in dieſem Leben, ſo dort zu einer neuen Kindſchaft zu erwachen: ſondern, indem ſeine gegenwärtige Corporiſation zugleich die für immer ausgewirkte Entwickelung ſeines Geiſtes geworden, nimmt ſie dieſe ganze einmal gewonnene Lebensſtufe vollſtändig und rückhaltslos in die neue Exiſtenz mit ſich hinüber. Sie ſetzt das gegenwärtige Daſein, nur entſchiedener und ausgeprägter, fort in dem folgenden: ein Gedanke, der jedoch erſt bei der Frage nach der nähern Beſchaffenheit des zweiten Lebens einige Aufhellung erwarten kann.“

S. 165. „Im Sterben vollendet die Individualität die Einkehr in ihren Urſtand: ſie iſt zum erſten Male völlig allein mit ſich in der Stille des Todes, und auf jenen geheimnißvollen Ertrag angewieſen. Die Summe ihrer innern und äußern Werke welche ſie ſich eingelebt — (und dieſen ſeeliſch-geiſtigen Proceß und die Selbſtentwickelung daran erkannten wir als die Bedeutung des gegenwärtigen Lebens); — ihre Leidenſchaften und Strebungen, ihre Tüchtigkeiten wie Untugenden nimmt ſie, als geiſtig eingebildete Gewohnheit oder Grundrichtung, mit ſich fort. Das Selbſtgefühl dieſer Lebensſumme begründet damit eben zugleich den Seelenzuſtand nach dem Tode, und wie dies ſchon im Alter mit dämmerndem Bewußtſein hervorzutreten anfing, macht es jetzt die Bedingung der neuen Exiſtenz und die Baſis der künftigen Leiblichkeit. Wie wir den Pfad des Lebens hier angetreten haben, ſo müſſen wir dort ihn fortſetzen; ſei's in immer tiefer ſich verhärtender Verkehrheit oder in natur- und gottgemäßer Entwickelung. Jede Individualität nimmt in ſich ſelbſt ihr Gericht mit hinüber, zur Ruhe der Seligkeit oder zu immer unſeliger zerreißendem Widerſpruche."

S. 172. „Es iſt keine Urſache vorhanden, und durchaus von innerer Wahrſcheinlichkeit entblößt, daß die Pſyche, indem ſie durch eigenen Lebensproceß ihre äußere Leiblichkeit fallen läßt, zugleich nun durch irgend eine, nothwendig ihr fremde, Gewalt in völlig andre Regionen des Daſeins und in heterogene Lebensbedingungen verſetzt werden ſollte. Unſre Todten ſind uns gewiß näher und gegenwärtiger, als wir meinen; daß die Räume um uns her zur abſoluten Leerheit und Bedeutungsloſigkeit verurtheilt ſein ſollten, iſt ohnehin nicht zu denken; und ſo dürfen wir wohl das Reich der Seelen in unſerer unſichtbaren Nähe uns vorſtellen, umfaßt gleich uns von der Einen Natur, und der neuen Lebensbedingungen aus ihr eben ſo genießend, wie wir der unſern. Und wie die Hoffnung, nach einem geſunden, gott- und naturgemäßen Leben ausruhen zu können von der durchkämpften Gegenwart, und klar zu genießen was hier mühſam errungen worden, uns die höchſte Lebensverheißung werden muß, wie man von Wiedererwachten erzählt, daß ſie eine nicht zu ſtillende Sehnſucht zurückbehalten nach der ſeligen Ruhe des Geiſterreiches, deſſen Schwelle ſie berührt: ſo hat es auch für die Phantaſie etwas Vertrauenerweckendes, ſich ſterbend nicht in ferne Regionen hinausgeſtoßen zu wiſſen, ſondern in der bekannten, traulich zugewohnten Welt, nur neue Seiten ihres, wie des eigenen Daſeins aus ihr zu entwickeln.“

S. 203. „So iſt das Univerſum der Schauplatz unendlich ſich bekleidender Seelen; und gleichwie nach einer kaum abzuweiſenden Symbolik die uralte Begeiſterung für die Natur, möchte ſie nun in der Form der Religion oder der Poeſie ſich ausſprechen, die ſichtbare Schöpfung als das Gewand Gottes betrachtete, das er um ſeine unergründliche Herrlichkeit geſchlagen; ſo iſt jede Sichtbarkeit die Spur einer Seele, das Symbol irgend eines Geiſtesmyſteriums. Darin hat allein die Welt, das Land der Seelen, ihre wahrhafte Beſtimmung; dem höchſten Geſetze der Geiſtesökonomie iſt ſie durchaus unterworfen; denn „das Fleiſch iſt kein nütze.“ Wie uns aber ſchon aus ihr hohe Weisheit entgegentritt, ſo iſt dieſe ſelbſt doch nur das Abbild jener geheimnißvollen Harmonie, die alle erſchaffenen Geiſter, von dem Höchſten herab bis zur einfachſten Pflanzenſeele, in dem Urgeiſte verbindet.“

d) Martenſen (chriſtl. Dogmatik S. 518 [*]).

„Im Vergleich mit dem gegenwärtigen Zuſtande befinden ſich die Abgeſchiedenen in einem ruhenden Zuſtande, einem Zuſtande der Paſſivität, in der Nacht, in welcher Niemand wirken kann. Ihr Reich iſt nicht ein Reich der Thaten und Handlungen, denn es fehlen die äußern Bedingungen für dieſelben. Nichtsdeſtoweniger leben ſie ein tiefes geiſtiges Leben; denn das Todtenreich iſt ein Reich der Innerlichkeit, der ſtillen Selbſtbeſinnung und Selbſtvertiefung, ein Reich der Erinnerung im vollen Sinne des Wortes, in dem Sinne, daß die Seele hier in ihr eigenes Innere hinein, und auf den Grund des Lebens zurückgeht, zu dem wahren Innern des Alles. Und gerade hierauf beruht die läuternde Bedeutung dieſes Zuſtandes. Während in der gegenwärtigen Welt der Menſch ſich in einem Reiche der Aeußerlichkeit befindet, wo er unter der zeitlichen Zerſtreuung, unter dem weltlichen Treiben und Getümmel der Welterkenntniß entfliehen kann, tritt in jenem Reiche das Entgegengeſetzte ein. Der Schleier, den dieſe Sinneswelt mit ihrer bunten, unabläſſig bewegten Mannichfaltigkeit beruhigend und mildernd ausbreitet über den ſtrengeren Ernſt des Lebens, der aber auch ſo oft dienen muß, dem Menſchen zu verbergen, was er nicht ſehen will, — dieſer Schleier der Sinnlichkeit zerreißt vor dem Menſchen im Tode, und die Seele befindet ſich im Reiche der reinen Weſenheiten. Die mannichfaltigen Stimmen des Weltlebens, die im irdiſchen Leben mit denen der Ewigkeit zuſammenklangen, verſtummen, die heilige Stimme klingt nun allein, ohne vom weltlichen Lärm gedämpft zu werden, und deswegen iſt das Todtenreich ein Reich des Gerichtes. „„Es iſt dem Menſchen geſetzt, einmal zu ſterben und hernach das Gericht [*].““ Weit entfernt, daß die menſchliche Pſyche hier aus dem Letheſtrome trinken ſollte, muß man vielmehr ſagen, daß ihre Werke ihr nachfolgen, daß ihre Lebensmomente, welche im Strom der Zeiten vorübergegangen und zerſtreut ſind, hier auferſtehen, geſammelt in der abſoluten Gegenwart der Erinnerung, eine Erinnerung, welche ſich zum zeitlichen Bewußtſein verhalten muß, wie die wahren Viſionen der Poeſie ſich zur Proſa der Endlichkeit verhalten, eine Viſion, die ſo zur Freude wie zum Schrecken werden kann, weil ſie die eigene tiefſte Wahrheit des Bewußtſeins iſt, und daher nicht blos beſeligende, ſondern auch richtende und verdammende Wahrheit ſein kann. Indem aber ſo den Abgeſchiedenen ihre Werke nachfolgen, leben und regen ſie ſich nicht blos im Element der Seligkeit oder Unſeligkeit, was ſie ſelber in der Zeitlichkeit bereitet oder ausgewirkt haben [**], ſondern ſie fahren ſogleich fort, einen neuen Inhalt des Bewußtſeins aufzunehmen und zu verarbeiten, indem ſie geiſtig ſich ſelbſt beſtimmen zu den neuen Offenbarungen des göttlichen Willens, die ihnen hier entgegentreten, und ſo entwickeln ſie ſich zum letzten, zum jüngſten Gerichte hier.

---

[*] Der Verfaſſer ſtellt hier dar, wie er ſich den Zuſtand der Abgeſchiedenen nach dem Tode im Hades bis zur Auferſtehung denkt.

Fragt man, wo die Entſchlafenen nach dem Tode ſich befinden, ſo iſt freilich nichts irriger, als zu meinen, daß ſie durch eine äußere Unendlichkeit von uns getrennt ſind, ſich auf einem andern Weltall befinden u. ſ. w. Auf dieſe Weiſe hält man die

---

[*] Hebr. 9, 27.

[**] Die Parabel von Lazarus und dem reichen Mann.

Todten innerhalb der Bedingungen dieſer Sinnlichkeit feſt, aus denen ſie eben herausgetreten ſind. Was ſie von uns trennt, iſt nicht eine ſinnliche Schranke; denn die Sphäre, in der ſie ſich befinden, iſt toto genere verſchieden von dieſer ganzen materiellen zeitlichen und räumlichen Sphäre u. ſ. w."

12) Faſt Alle, die ſich mit den Erſcheinungen des ſogenannten Lebensmagnetismus oder Somnambulismus näher beſchäftigt haben, ſind auf den Gedanken gekommen, daß eine nahe Beziehung dieſer Zuſtände zu denen des Jenſeits ſtattfinde, wie denn auch die Somnambulen ſelbſt eine ſolche Beziehung häufig und gern geltend machen. Unſre Lehre führt auf dieſelbe Beziehung zurück, und zwar von ſehr verſchiedenen Seiten, wie an mehrern Orten dieſer Schrift gezeigt worden.

XXX. Bezugspuncte unſrer Lehre zur chriſtlichen Lehre insbeſondere.

Die früher (XIII.) betrachteten Bezugspuncte unſrer Lehre von den Dingen des Himmels zur chriſtlichen Lehre ergänzen ſich durch die jetzt zu betrachtenden, in welchen unſre Lehre von den Dingen des Jenſeits dazu ſteht. Und zwar ſind dieſe der Art, daß wir füglich ſagen können, unſre Lehre von dieſen Dingen ſei nichts andres, als ein Verſuch, den Glaubensforderungen der chriſtlichen Lehre mit Wiſſensgründen zu Hülfe zu kommen, den Schrein ihrer Myſterien dem Verſtande aufzuthun, die in ihr liegenden noch ſchlafenden Keime zu entwickeln, und das Zerſtreute darin einheitlich zu faſſen. Nicht zwar, daß die Entwickelung unſrer Lehre in bewußter Weiſe von den Lehren des Chriſtenthums ausgegangen wäre; aber mit Erſtaunen iſt ſie, nachdem ſie lange ihres Weges für ſich zu gehen meinte, gewahr geworden, daß das, was ſie ſelbſt ganz neu aus der Natur der Dinge hergeholt zu haben glaubte, eben ſo gut aus den Myſterien der chriſtlichen Lehre herzuholen war, und daß das Myſterium derſelben nicht in etwas liegt, was ſich hinter dem Worte verſteckt, ſondern darin, daß der Verſtand hinter dem Worte etwas verſteckt ſuchte, ſtatt das Wort beim Worte zu nehmen; und iſt ſich endlich bewußt geworden, daß ſie auch ihr urſprünglich treibendes und leitendes Princip dem Chriſtenthum ſelbſt verdankt, von dem wir ſo Vieles haben, was wir von uns oder dem Weltverſtande zu haben meinen. Dieſes treibende und leitende Princip aber liegt in der, aller unſrer Theorie vorausgegangenen und in aller unſrer Theorie theils ſtill, theils offen mitwirkenden, *praktiſchen* Forderung eines Jenſeits in Chriſti Sinn. Ohne dieſe Forderung, in der wir alle erzogen worden, gab es keinen Antrieb zur Entwickelung dieſer Lehre; ohne dieſen Sinn konnte der Weg nicht eingeſchlagen oder nicht eingehalten werden, den ſie eingeſchlagen und eingehalten hat.

Aber; fragt ſich, was iſt der Sinn von Chriſti Lehre? Daß es möglich iſt, verſchiedene Anſichten darüber zu haben, beweiſt das Factum dieſer verſchiedenen Anſichten ſelbſt. Ja, über keinen Theil der chriſtlichen Lehre herrſchen wohl ſo viele abweichende und ſtreitige Anſichten, als gerade über die Lehre von den letzten Dingen, zwar nicht nach allen, aber nach vielen Puncten.

„Die Eſchatologie gehört unter die Theile der neuteſtamentlichen Theologie, welche am meiſten gequält, entſtellt, nach dogmatiſchen Vorurtheilen und ſpätern Vorausſetzungen ausgedeutet worden ſind. Welche unglaubliche Gewaltſamkeiten und Künſteleien, welche Sprach- und Gedanken-Verrenkungen, welche logiſchen und pſychologiſchen Unmöglichkeiten ſind nicht aufgewendet worden, nur allein, um die Nähe der Paruſie, dieſen Pfahl im Fleiſch einer dogmatiſch befangenen Exegeſe, wegzubringen! Der übrigen bedenklichen Puncte, des Gerichts, der Auferſtehung, der ewigen

Höllenſtrafen nicht einmal zu erwähnen." (Zeller in Baur und Zeller theolog. Jahrb. VI. S. 390).

Ich meine nun, die Unklarheiten, ja geſtehen wir es immer zu, die wirklichen Widerſprüche, die wir in der bibliſchen Darſtellung von Chriſti Lehre über die letzten Dinge finden, lagen nicht in Chriſti urſprünglicher Faſſung, ſondern in der Auffaſſung durch ſeine Jünger und deren Nachfolger, da aus den Evangelien ſelbſt erhellt, wie Jeſus hauptſächlich nur durch Bilder und Gleichniſſe, die doch immer eine verſchiedene Auslegung zulaſſen, mit ſeinen Jüngern darüber ſprach, und ſicher beſtimmten ſeine Jünger Manches von ihm unbeſtimmt Gelaſſene ſelbſt verſchieden in ihrem verſchiedenen, nicht in Chriſti einigen Sinne.

Ich meine ferner, auf Alles, was in den uns mitgetheilten Ausſprüchen Chriſti und der Apoſtel ſchwankend, widerſprechend und möglicherweiſe als bildliche Einkleidung erſcheint, iſt kein beſondres Gewicht zu legen, keine Grundlage darin zu ſuchen, vielmehr daſſelbe im Sinne der beſtimmtern, deutlichern und das Weſentliche treffenden Ausſprüche ſelbſt näher zu beſtimmen, zu erläutern oder auch geradezu fallen zu laſſen, wenn es entweder Thatſachen der Geſchichte oder der Natur der Dinge widerſpricht. Chriſtus und ſeine Jünger ſprechen von einem Himmelreiche, einer Hölle, einer Auferſtehung, einem Gericht, in mancherlei Wendungen und Einkleidungen. Dieſen Vorſtellungen liegt ein tiefer weſentlicher Gehalt unter, ſicher der beſte, den wir wollen und wünſchen können; aber dieſer hängt nicht an der beſondern Oertlichkeit des Himmelreiches und der Hölle, noch der äußerlichen Modalität der Auferſtehung und des Gerichts; die deſcriptive Beſtimmung dieſer Aeußerlichkeiten war gar nicht das, warum es Chriſtus zu thun, und es iſt gar nicht zu entſcheiden, und auch keiner Mühe werth, es genau entſcheiden und unterſcheiden zu wollen, wie viel in den von ihm gebrauchten Ausdrücken, ſo weit ſie ſich auf das Aeußerliche beziehen, bildlich war oder nicht; wie viel insbeſondere der durch die Sach- und Zeitlage gebotenen Benutzung der geltenden Vorſtellungen über Himmel und Hölle, Auferſtehung und Gericht in dieſer Verſinnbildlichung beizumeſſen. Unmöglich aber würde es ſein, Alles wörtlich ſo anzunehmen oder zu verſtehen, wie es geſagt iſt. Wir brauchen nur an die Schilderung des beim jüngſten Gerichte ſtattfindenden äußerlichen Pomps zu erinnern.

In dieſer Beziehung iſt demgemäß jedem Ausleger freies Spiel gelaſſen, die Ausſprüche Chriſti und ſeiner Jünger theils zu deuten, wie es im Zuſammenhange der Geſammtauffaſſung der chriſtlichen Lehre am angemeſſenſten erſcheint, theils vom Eingehen darauf, theils ſelbſt der Zuſtimmnng dazu Umgang zu nehmen, ſofern nicht weſentliche Puncte dadurch getroffen werden. Man dient der ewigen Sache nicht, wenn man die unhaltbaren und vergänglichen Beiwerke und Nebenſachen zu verewigen, ſondern die Hauptſache und den Kern zu erhalten und fruchttragend zu machen ſucht.

Ich muß mich hier auf dieſen freien Standpunct ſtellen, weil es in der Aufgabe dieſer Schrift liegt; aber ich ſage damit nicht, daß dieſer Standpunct auch der Standpunct ſein ſoll, von dem aus man dem Volke in öffentlicher Lehre und Predigt die Bibel auslegen ſoll. Da gilt es nicht zu erwägen das für und wider, nicht zu unterſcheiden, was ächt, was unächt, was Hauptſache und was Nebenſache, nichts anzutaſten, nichts zu beſchönigen, ſondern das im Ganzen ewig gute Buch nach ſeinem guten Inhalt auszunutzen, und auf ſeiner Anerkennung als göttlichen Glaubensquell im Ganzen, ohne Mäkeln am Einzelnen, zu fußen und zu dringen. Könnte es wenigſtens ſo ſein! aber das Volk iſt faſt ſchon über jenen kindlichen Glauben hinaus, der dieſen Gebrauch der Bibel verträgt und fordert, und wahrlich ſegensreicher für daſſelbe war, als die jetzt von ihm ſelbſt geübte Kritik. Alles Sichten, ſelbſt wenn es die an ſich unweſentliche Zuthat triftig ausſcheidet, zerſtört doch das Ganze für den gegenwärtigen Gebrauch; und die Religion iſt zum gegenwärtigen Gebrauch. An das Gefäß der Religion möchte ein beſſerer Henkel geſetzt werden, dieſe oder jene Zierath mag nicht richtig gebildet ſein, aber wer ſie wegbricht, verhunzt und durchlöchert das Gefäß, um ſo mehr, wenn jeder etwas andres wegbricht; und aus einem ſo verunehrten und durchlöcherten Gefäße wollen die ſog. Freien den Wein des Chriſtenthums dem Volke einſchenken, das ihn nun lieber ganz verſchmäht; oder den Wein gar ohne Gefäß einſchenken; nun zerläuft er ihnen zwiſchen den Fingern. Aber einſt mag ſich das Gefäß, lebendig wie der Wein, im Ganzen aus dem Ganzen neu geſtalten; wer kann berechnen, durch welches Ereigniß, gleich wie ſich des Menſchen Leib im Tode, es iſt kein wahrer Tod, im Ganzen neu wiedergebiert, und iſt doch nur eine Fortſetzung des alten; vorher aber muß man ihm nicht die Gelenke brechen. Daß dieſe Wiedergeburt um ſo zeitiger eintrete, dazu tragen die ſelber bei, die das alte Gefäß, den alten Leib, verderben; aber es gilt, was Chriſtus ſagt: es muß Uebel in die Welt kommen, doch wehe denen, durch die es kommt. Aber auch poſitiver Vorbereitungen der Wiedergeburt bedarf es, die, anſtatt den Verfall des alternden Lebens der Religion zu beſchleunigen, es pflegen und zu erhalten ſuchen ſo lange als möglich, indeß ſie zugleich Bedingungen eines neuen Lebens in die Zukunft hinein erzeugen, in dem ſich das alte wieder verjüngen möge, da es ſich doch einſt verjüngen muß. Zu dieſen Vorbereitungen möchte ſich auch dies Unternehmen rechnen.

Der Kern von Chriſti Lehre über das Jenſeits, mit dem wir die Einkleidung und Schaale nicht gleicher Würde und Wichtigkeit halten dürfen, liegt nun meines Erachtens theils in den praktiſchen Geſichtspuncten derſelben, theils den Lehren vom perſönlichen Verhältniß des dahingegangenen Chriſtus zu ſeiner Gemeine, ſeiner Gegenwart bei den Sacramenten, der Vermittelung der künftigen Seligkeit durch Chriſtus, ſeinem Richteramt und in der Auferſtehungslehre.

In allen dieſen Hinſichten aber tritt unſre Lehre in die chriſtliche hinein; indem ſie nach den wichtigſten Beziehungen dieſelbe ſo ſtreng wörtlich faßt, als kaum die Gläubigſten gethan; wo aber widerſprechende oder der Auslegung noch bedürftige Vorſtellungen darin uns begegnen, den Grundſinn des Chriſtenthums mit den Grundforderungen der menſchlichen und aller Natur zugleich ins Auge faßt.

Zuvörderſt anlangend die praktiſchen Geſichtspuncte, ſo haben wir ſchon oben in der praktiſchen Forderung eines künftigen Lebens nach Chriſti Sinn das urſprünglich treibende und leitende Princip der Entwickelung unſrer Lehre ſelbſt anerkannt. Und daß ſie dieſem Grunde ihrer Entwickelung treu geblieben, erhellt daraus, daß die höchſten und letzten praktiſchen Forderungen und Folgerungen von Chriſti Lehre auch die ihren geworden ſind, ja daß ſie gar keine paſſendern Worte, ihre Forderungen und Folgerungen auszudrücken, hat finden können, als Chriſti eigne Worte (XXVIII.). Was ſie anders oder mehr hat oder zu haben ſcheint, läßt ſich theils nur als eine Auslegung von Chriſti Worten, theils als ein Verſuch betrachten, auf Grund einer, gegen früher gewachſenen, Erkenntniß von der Natur der Dinge auch den Vermittelungswegen nachzugehen, auf denen ſich das erfüllen kann, was ſich nach Chriſtus erfüllen wird und muß und ſoll.

Ein Punct zwar, und ein Punct von hoher Bedeutung, liegt vor, in Betreff deſſen unſre Lehre von der proteſtantiſchen wie katholiſchen Auffaſſung der chriſtlichen Lehre abweicht; obwohl mit mancher ältern und neuern Auffaſſung derſelben übereinkommt, was ſchon beweiſt, daß hier ein Punct zweifelhafter Auslegung vorliegt. Es iſt die Frage nach der Ewigkeit der Höllenſtrafen, um die es ſich handelt, welche von der Kirchenlehre bejaht, von uns verneint wird. Meines Erachtens aber, während die Ausſprüche, auf welchen die Kirchenlehre hierbei fußt, auch wohl noch eine andre Deutung zulaſſen, giebt es ſo manche Ausſprüche Chriſti und der Apoſtel, die ſich nur im Sinne unſrer Anſicht deuten laſſen. Und unſtreitig, wenn uns die Wahl frei ſteht, welche Deutung wir im Ganzen vorziehen ſollen, wird es die ſein, welche uns die Gerechtigkeit Gottes mit ſeiner Gnade und Barmherzigkeit vereinbar erſcheinen läßt.

Freilich ſcheinen alle die zahlreichen und immer wiederkehrenden Ausdrücke vom ewigen Feuer, ewiger Pein, dem Wurm, der nie ſtirbt u. ſ. w. für die Ewigkeit der Höllenſtrafen ohne Weiteres zu entſcheiden; aber man kann zweifeln, ob ſie wörtlich zu verſtehen, da ewig ſehr oft auch bei uns nur ein hyperboliſcher Ausdruck für das iſt, wovon man das Ende nicht beſtimmt abſieht, oder was ununterbrochen in der Gegenwart fortwirkt, ohne damit ein Ende ſchlechthin auszuſchließen, (wie, wenn ich ſage: das dauert ja ewig; oder: ich leide ewig an Kopfſchmerz)

Am natürlichſten aber iſt, bei dieſen Ausdrücken eine einfache Bezugnahme von Chriſtus auf die ſchon herrſchenden Vorſtellungen von ewigen Höllenſtrafen vorauszuſetzen; Vorſtellungen, die Chriſtus in der That nicht ſelbſt erſt begründet hatte, die aber auch gerade da beſonders zu widerlegen nicht der Ort war, wo es vielmehr galt, die Schrecken der Höllenſtrafen hervorzuheben. Doch widerlegt Chriſtus ſelbſt ſie wirklich, indem er mehrfach und in unmittelbarem Zuſammenhang mit Androhung dieſer Strafen auf Bedingungen und Mittel hinweiſt, unter welchen und durch welche eine Erlöſung der Verdammten doch noch erfolgen kann. Hiezu kommen anderweite Schriftſtellen, in welchen ganz entſchieden und allgemein eine endliche Ueberwindung alles Böſen, Einigung der Böſen mit den Guten in Chriſti Sinne, Zerſtörung der Hölle durch die Hölle ausgeſagt wird, was ganz mit unſrer Lehre übereinſtimmt, daß das Uebel ſich endlich durch das Uebel zerſtören, die Strafe nur dienen werde, die endliche Beſſerung und einſtige Erlöſung herbeizuführen.

In der Parabel vom böſen Mitknecht (Math. 18, 34) findet ſich die Stelle:

Und ſein Herr ward zornig, und überantwortete ihn den Peinigern, bis daß er bezahlte Alles, was er ſchuldig war.

Sofern nun hier unter der Ueberantwortung an die Peiniger die Ueberantwortung an die hölliſchen Strafen bildlich verſtanden wird, geht aus dieſer Stelle hervor, daß noch eine Abtragung der Schuld in der Hölle möglich iſt, über welche hinaus die Strafe nicht angedroht iſt.

Folgende ähnliche Stelle findet ſich in Math. 5, 25. 26. (Auch Lucas 12, 58. 59).

Sei willfertig deinem Widerſacher bald, dieweil du noch bei ihm auf dem Wege biſt, auf daß dich der Widerſacher nicht dermaleins überantworte dem Richter, und der Richter überantworte dich dem Diener, und du werdeſt in den Kerker geworfen.

Ich ſage dir: wahrlich, du wirſt nicht von dannen herauskommen, bis du auch den letzten Heller bezahlt haſt.

Auch hier wird alſo die Möglichkeit der Erlöſung aus dem Kerker, der hier eben ſo die Hölle verſinnlicht, vorausgeſetzt.

Weiter findet man in 1 Petr. 3, 19 folgende Stelle:

In demſelbigen (Geiſt) iſt er auch hingegangen und hat gepredigt den Geiſtern im Gefängniß, die etwa nicht glaubten.

Sofern nun unter Gefängniß hier der Ort der Verdammten verſtanden wird, kann man aus dieſer Stelle ſchließen, daß noch eine Beſſerung und Erlöſung der Böſen durch Chriſti Einwirkung im Jenſeits möglich ſei.

Endlich ſind beſonders folgende Stellen geeignet, die Anſicht als bibliſch herauszuſtellen, daß es irgend einmal ein allgemeines Gottesreich geben wird, dem Alle, auch die Böſen, nach Ueberwindung ihrer Bosheit, einverleibt werden.

Col. 1, 20. Und alles durch ihn verſöhnet würde zu ihm ſelbſt, es ſei auf Erden oder im Himmel, damit, daß er Frieden machte durch das Blut an ſeinem Kreuz durch ſich ſelbſt.

1 Cor. 15. 25. Er muß aber aber herrſchen, bis daß er alle ſeine Feinde unter ſeine Füße lege.

Phil. 2, 10. Daß im Namen Jeſu ſich beugen ſollen aller derer Knie, die im Himmel und auf Erden und unter der Erde ſind.

Epheſ. 1, 10. Da die Zeit erfüllet war, auf daß alle Dinge zuſammen unter ein Haupt verfaſſet würden in Chriſto, beides, das im Himmel und auf Erden iſt, durch ihn ſelbſt.

Apocal. 20, 14. Und der Tod und die Hölle wurden geworfen in den feurigen Pfuhl, das iſt der andre Tod.

Unter den alten Kirchenvätern hat namentlich Origenes auf Grund dieſer Stellen das endliche Aufhören aller Höllenſtrafen in der ſog. Wiederſtellung aller Dinge behauptet, und angenommen daß die Laſterhaften ſich einſt noch beſſern und nebſt den böſen Engeln ſelig werden würden, worin ihm viele Aeltere und Neuere gefolgt ſind.

Welche Waffen gegen die Religion denen, die eben nur den geſunden Menſchenverſtand zu Rathe ziehen, durch die Aufſtellung ewiger Höllenſtrafen in die Hand gegeben werden, mag folgende Stelle aus Diderot's Add. aux pensées philos. zeigen.

No. 18. „Il y a long temps, qu'on a demandé aux théologiens d'accorder le dogme des peines éternelles avec la miséricorde infinie de Dieu, et ils en sont encore là!“

19. „Et, pourquoi punir un coupable, quand il n'y a plus aucun bien à tirer de son châtiment?“

50. „Si l'on punit pour soi seul, on est bien cruel et bien méchant."

51. „Il n'y a point de bon père, qui voulût ressembler à notre père céleste."

52. „Quelle proportion entre l'offenseur et l'offensé? Quelle proportion entre l'offensé et le châtiment? Amas de bêtises et d'atrocités!"

53. „Et de quoi se courrouce-t-il si fort, ce Dieu? Et ne dirait on pas, que je puisse quelque chose pour ou contre sa gloire, pour ou contre son repos, pour ou contre son bonheur?"

54. „On veut, que Dieu fasse brûler le méchant, qui ne peut rien contre lui, dans un feu, qui durera sans fin, et on permettrait à peine à un père de donner une mort passagère à un fils, qui compromettrait sa vie, son honneur et sa fortune."

„O Chrétiens! vous avez donc deux idées différentes de la bonté et de la méchanceté, de la vérité et du mensonge. Vous êtes donc les plus absurdes des dogmatistes, ou les plus outrés de pyrrhoniens."

Der zweite Hauptpunct, in dem unſre Lehre mit der chriſtlichen übereinſtimmt, bezieht ſich auf das Verhältniß des dahingegangenen Chriſtus zu ſeiner Gemeine und ſeiner Gegenwart bei den Sacramenten. Nach uns lebt Chriſtus in der von ihm geſtifteten Gemeine und Kirche noch fort, hat darin ſeinen jenſeitigen Leib. Die zahlreichſten Ausſprüche Chriſti und ſeiner Jünger ſtimmen aber wörtlich hiermit überein; es gilt eben blos, ſie auch wörtlich zu nehmen. Anderweite Ausſprüche geſtatten hiervon die Uebertragung auf die Exiſtenzweiſe auch anderer Menſchen in unſerm Sinne zu machen. Gerade das alſo, was Vielen für den erſten Anblick ſo fremdartig in unſrer Anſicht erſcheinen mag, das jenſeitige Fortleben in einer Wirkungsſphäre, die einen großen Complex von Menſchen und Dingen des Dieſſeits enthält, iſt die wörtliche chriſtliche Lehre.

In der That nach den entſchiedenſten Ausſprüchen des neuen Teſtaments lebt Chriſtus in ſeinen Jüngern, ſeine Jünger in ihm nach Maßgabe deſſen, was ſie von ihm aufnehmen; er lebt in ihnen bis an der Welt Ende, geht durch ihre Vermittelung auch in Andere über. Ja die Gemeine, die Kirche Chriſti wird geradezu der Leib Chriſti genannt, und jeder, der Chriſti Sinn ſich zu eigen gemacht, ein Glied des Leibes Chriſti genannt; manchmal auch wohl Chriſtus als das Haupt des Leibes, den er in ſeiner Gemeine hat, dargeſtellt, wie auch wir den Geiſt, obwohl bezüglich auf den ganzen Leib, hauptſächlich im Haupte ſuchen. In den Sacramenten, der Schrift und dem Worte werden die vornehmſten materiellen Träger der geiſtigen Nachwirkungen vom Chriſti Daſein bezeichnet, wodurch der Leib Chriſti immer neue Glieder gewinnt und ſich forterhält. Kurz, die Gemeine und hiermit Kirche Chriſti tritt in den Ausſprüchen des neuen Teſtaments ganz in dem Sinn des weitern Leibes auf, wie wir ihn dargeſtellt, und das Fortwirken des Geiſtes Chriſti in dieſem Leibe fällt nicht minder ganz unter die Geſichtspuncte unſerer Lehre.

1 Joh. 3, 24. Und wer ſeine Gebote hält, der bleibt in ihm, und Er in ihm. Und daran erkennen wir, daß er in uns bleibet an dem Geiſt, den er uns gegeben hat. (Aehnlich 1 Joh. 4, 13).

Math. 18, 20. Denn wo zween oder drei verſammelt ſind in meinem Namen, da bin ich mitten unter ihnen.

Math. 28, 20. Und ſiehe, ich bin bei euch alle Tage bis an der Welt Ende.

Joh. 13, 20. Wahrlich, wahrlich, ich ſage euch: wer aufnimmt, ſo ich jemand ſenden werde, der nimmt mich auf; wer aber mich aufnimmt, der nimmt den auf, der mich geſandt hat.

Joh. 15, 4. 5. Bleibet in mir und ich in Euch. Gleichwie der Rebe kann keine Frucht bringen von ihm ſelber, er bleibe denn am Weinſtock; alſo auch ihr nicht, ihr bleibet denn in mir.

Ich bin der Weinſtock, Ihr ſeid die Reben. Wer in mir bleibet, und ich in ihm, der bringet viele Frucht; denn ohne mich könnt ihr nichts thun.

1 Cor. 4, 15. Denn ob ihr gleich zehntauſend Zuchtmeiſter hättet in Chriſto, ſo habt ihr doch nicht viele Väter. Denn ich habe euch gezeuget in Chriſto Jeſu, durch das Evangelium.

1 Cor. 12—17. 20. 27. Denn gleich wie Ein Leib iſt und hat doch viele Glieder, alle Glieder aber Eines Leibes, wiewohl ihrer viele ſind, ſind ſie doch Ein Leib: alſo auch Chriſtus.

Denn wir ſind, durch Einen Geiſt, alle zu Einem Leibe getauft, wir ſeien Juden oder Griechen, Knechte oder Freie, und ſind alle zu Einem Geiſt getränket.

Denn auch der Leib iſt nicht Ein Glied, ſondern Viele.

So aber der Fuß ſpräche: Ich bin keine Hand, darum bin ich des Leibes Glied nicht; ſollte er um deswillen nicht des Leibes Glied ſein?

Und ſo das Ohr ſpräche: Ich bin kein Auge, darum bin ich nicht des Leibes Glied, ſollte es um deswillen nicht des Leibes Glied ſein?

Wenn der ganze Leib Auge wäre, wo bliebe das Gehör? So er ganz Gehör wäre, wo bliebe der Geruch?

. . . . .

Nun aber ſind der Glieder viele; aber der Leib iſt Einer.

. . . . .

Ihr ſeid aber der Leib Chriſti, und Glieder ein jeglicher nach ſeinem Theil.

1 Cor. 6, 15. 17. Wiſſet ihr nicht, daß eure Leiber Chriſti Glieder ſind; Sollte ich nun die Glieder Chriſti nehmen und Hurenglieder daraus machen? Das ſei ferne!

Wer aber dem Herrn anhanget, der iſt Ein Geiſt mit ihm.

Röm. 12, 4. 5. Denn gleicher Weiſe, als wir in Einem Leibe viele Glieder haben, aber alle Glieder nicht einerlei Geſchäfte haben, alſo ſind wir Viele Ein Leib in Chriſto, aber unter einander iſt Einer des andern Glied.

Epheſ. 1, 22—23. Und hat ihn geſetzt zum Haupt der Gemeinde über Alles.

Welche da iſt ſein Leib, nämlich die Fülle deß, der Alles in Allem erfüllt. (Vgl. auch Epheſ. 2, 11—18).

Epheſ. 3, 20. 21. Dem aber, der überſchwenglich thun kann über Alles, das wir bitten oder verſtehen, nach der Kraft, die da in uns wirkt. Dem ſei Ehre in der Gemeine, die in Chriſto Jeſu iſt, zu aller Zeit, von Ewigkeit zu Ewigkeit. Amen.

Epheſ. 4, 11—13. Und Er hat etliche zu Apoſteln geſetzt, etliche aber zu Propheten, etliche zu Evangeliſten, etliche zu Hirten und Lehrern.

Daß die Heiligen zugerichtet werden zum Werk des Amts, dadurch der Leib Chriſti erbauet werde.

Bis daß wir alle hinein kommen zu einerlei Glauben und Erkenntniß des Sohnes Gottes, und ein vollkommener Mann werden, der da ſei in der Maße des vollkommenen Alters Chriſti.

Epheſ. 4, 15. 16. Laſſet uns aber rechtſchaffen ſein in der Liebe, und wachſen in allen Stücken an dem, der das Haupt iſt, Chriſtus;

Aus welchem der ganze Leib zuſammengefüget, und ein Glied am andern hänget, durch alle Gelenke; dadurch eins dem andern Handreichung thut, nach dem Werk eines jeglichen Gliedes in ſeiner Maße, und machet, daß der Leib wächſet zu ſeiner ſelbſt Beſſerung; und das Alles in der Liebe. (Aehnlich Epheſ. 5. 23).

Epheſ. 5, 29. 30. 32. Denn niemand hat jemals ſein eigenes Fleiſch gehaſſet, ſondern er nähret es und pfleget ſein, gleichwie auch der Herr die Gemeine

Denn wir ſind Glieder ſeines Leibes, von ſeinem Fleiſch und von ſeinem Gebeine.

Das Geheimniß iſt groß: ich ſage aber von Chriſto und der Gemeine.

Col. 1, 24. Nun freue ich mich in meinem Leiden, daß ich für euch leide, und erſtatte an meinem Fleiſch, was noch mangelt an Trübſalen in Chriſto, für ſeinen Leib, welcher iſt die Gemeine.

Col. 2, 19. Und hält ſich nicht an dem Haupt, aus welchem der ganze Leib durch Gelenk und Fugen Handreichung empfängt, und an einander ſich enthält, und alſo wächſt zur göttlichen Größe.

Gal. 2, 20. Ich lebe aber; doch nun nicht ich, ſondern Chriſtus lebet in mir, Denn was ich jetzt lebe im Fleiſch, das lebe ich im Glauben des Sohnes Gottes.

Natürlich, wenn Chriſtus wirklich in ſeiner Gemeine fortlebt und fortwirkt, kann ſein Platz nicht in einem unbeſtimmten fernen Himmel geſucht werden, wie wohl meiſt geſchieht, wenn man in der Bibel lieſt, daß er zur Rechten Gottes ſitze. Aber die Rechte Gottes iſt nach uns nicht über der Erde, ſondern waltet auf und in der Erde und ſo fällt der Widerſpruch weg, wenn man auf unſre Lehre von den Dingen des Himmels mit eingeht; dagegen man nicht einſieht, wie der Widerſpruch ſich heben ſoll bei einem außerweltlichen Gott. Chriſtus lebt in derſelben Gemeine fort, in der auch Gott lebendig waltet, und indem wir Chriſtus aufnehmen, nehmen wir Gott auf in einem höhern, als dem gemeinen Sinn, in dem ihn ſchon jeder in ſich hat.

Chriſtus ſelber ſpricht ſich daüber aus in jenem ſchon oben angeführten Spruche Joh. 13, 20: Wahrlich, wahrlich, ich ſage euch, wer aufnimmt, ſo ich Jemand ſenden werde, der nimmt mich auf, wer aber mich aufnimmt, der nimmt den auf, der mich geſandt hat. Auch kann man hieher ziehen:

Joh. 14, 20. An demſelbigen Tage werdet ihr erkennen, daß ich in meinem Vater bin, und ihr in mir, und ich in euch.

Joh. 17, 21—23. Auf daß ſie alle Eins ſeien, gleich wie du, Vater, in mir, und ich in dir; daß auch ſie in uns Eins ſeien, auf daß die Welt glaube, du habeſt mich geſandt.

Und ich habe ihnen gegeben die Herrlichkeit, die du mir gegeben haſt, daß ſie Eins ſeien, gleichwie wir eins ſind.

Ich in ihnen und du in mir, auf daß ſie vollkommen ſeien in Eins, und die Welt erkenne, daß du mich geſandt haſt, und liebeſt ſie, gleichwie du mich liebeſt.

Nach Allem erſcheint unſre Lehre von der jenſeitigen Exiſtenz nur in ſofern neu, als wir das, was die Schrift mit ausdrücklichen Worten von der jenſeitigen Exiſtenzweiſe Chriſti ausſagt, eben ſo ausdrücklich auch auf die Exiſtenzweiſe aller Menſchen ausdehnen. Aber obwohl die Schrift ſelbſt dieß nicht thut, finden wir doch das Recht dazu in den Schriftworten ſelbſt, durch welche die jenſeitige Exiſtenzweiſe Chriſti mit der der andern Menſchen in ſolchen Beziehungen dargeſtellt wird, daß man unauflösliche Widerſprüche in der Schrift ſetzen würde, wollte man die Exiſtenzweiſe der andern Menſchen anders als die von Chriſtus faſſen. Denn im Allgemeinen wird Chriſtus in Betreff der Art des Ueberganges ins Jenſeits und der Exiſtenzweiſe darin als Beiſpiel und Vorbild für die andern Menſchen aufgeſtellt. Vielfach leſen wir, daß Chriſti Jünger und Getreue nach dem Tode eben da ſein werden, wo er iſt, und wenn die, die nichts von Chriſtus wiſſen wollen, vielmehr als Verſtoßene betrachtet werden, ſo ſollen ſie ja auch nach uns von der Gemeinſchaft, die durch das Eingehen auf Chriſti Sinn begründet und der Seligkeit, die dadurch erworben wird, ausgeſchloſſen ſein, bis die in der Bibel ſelbſt anerkannte Wiederbringung ſie dieſer Gemeinſchaft einverleibt; aber das hindert nicht, daß ſie der ſeligen Exiſtenzweiſe gegenüber eine unſelige nach einem Princip führen, daß beide Exiſtenzweiſen in einem Zuſammenhange trifft, wie denn die Beziehung, in die Chriſtus im Jenſeits mit den unſeligen Geiſtern tritt, ſelbſt bibliſch durch ſein Predigen im Gefängniſſe bezeichnet wird.

Luc. 22, 29. 30. Und ich will euch das Reich beſcheiden, wie mir's mein Vater beſchieden hat.

Daß ihr eſſen und trinken ſollt über meinem Tiſche in meinem Reich.

Luc. 23, 42. 43. Und (der Miſſethäter) ſprach zu Jeſu: Herr gedenke an mich, wenn du in dein Reich kommſt.

Und Jeſus ſprach zu ihm: wahrlich ich ſage dir, heute wirſt du mit mir im Paradieſe ſein.

Joh. 12, 26. 32. Wer mir dienen will, der folge mir nach; und wo ich bin, da ſoll mein Diener auch ſein. Und wer mir dienen wird, den wird mein Vater ehren.

Und ich, wenn ich erhöhet werde von der Erde, ſo will ich ſie alle zu mir ziehen.

Joh. 14, 3. Und ob ich hinginge, euch die Stätte zu bereiten, will ich doch wiederkommen, und euch zu mir nehmen, auf daß ihr ſeid, wo ich bin.

Joh. 17, 24. Vater, ich will, daß, wo ich bin, auch die bei mir ſeien, die du mir gegeben haſt, daß ſie meine Herrlichkeit ſehen, die du mir gegeben haſt.

Röm. 8, 29. Denn, welche er zuvor verſehen hat, die hat er auch verordnet, daß ſie gleich ſein ſollten dem Ebenbilde ſeines Sohnes, auf daß derſelbige der Erſtgeborne ſei unter vielen Brüdern.

2 Cor. 5, 8. Wir ſind aber getroſt, und haben vielmehr Luſt, außer dem Leibe zu wallen, und daheim zu ſein bei dem Herrn.

Phil. 3, 21. Welcher unſern nichtigen Leib verklären wird, daß er ähnlich werde ſeinem verklärten Leibe nach der Wirkung, damit er kann auch alle Dinge ihm unterthänig machen.

Col. 1, 18. Und er iſt das Haupt des Leibes, nämlich der Gemeine, welcher iſt der Anfang und der Erſtgeborne von den Todten, auf daß er in allen Dingen den Vorrang habe.

Epheſ. 2, 5. 6. Da wir todt waren in den Sünden, hat er (Gott) uns ſammt Chriſto lebendig gemacht (denn aus Gnaden ſeid ihr ſelig geworden).

Und hat uns ſammt ihm auferweckt, und ſammt ihm in das himmliſche Weſen geſetzt, in Chriſto Jeſu.

Epheſ. 4, 8—10. Darum ſpricht er: Er iſt aufgefahren in die Höhe, und hat das Gefängniß gefangen geführt, und hat den Menſchen Gaben gegeben.

Daß er aber aufgefahren iſt, was iſt es, denn daß er zuvor iſt heruntergefahren in die unterſten Oerter der Erde?

Der hinunter gefahren iſt, das iſt derſelbige, der aufgefahren iſt über alle Himmel, auf daß er Alles erfüllete.

Was, dünkt mich, entſcheidend ſein muß für die Auffaſſung der chriſtlichen Lehre vom Jenſeits in unſerm Sinne, iſt die Bedeutung, welche den Sacramenten und insbeſondere dem Abendmahl von Chriſtus und ſeinen Jüngern ſelbſt iſt beigelegt und durch alle Jahrhunderte als ein unerklärliches Geheimniß feſtgehalten worden. Außer dieſem Sinne wäre Alles eitel Aberglaube, Gleichniß, hohles Symbol dabei, und die Meiſten halten es dafür; nun aber dürfen wir die helle Wahrheit darin ſehen. Was ſo lange von den Spöttern des Chriſtenthums demſelben als größte Abſurdität vorgeworfen wurde, zeigt ſich nun nach unſerer Lehre nur als ein offenbar gewordenes Geheimniß, an dem der Verſtand aller jener Spötter zu Schanden werden muß, da es ſich ja doch dem Verſtande offenbaren läßt. Ja, wir genießen Chriſti Leib, indem wir das von ihm eingeſetzte Mal genießen, ſo wahr Alles zu Chriſti Leib im Jenſeits gehört, wodurch ſich ſein Wirken auf die dieſſeitige Nachwelt fortpflanzt. Das Brod und der Wein werden wirklich durch die Conſecration des Prieſters, die darüber ausgeſprochen wird, erſt zu Chriſti Leib, weil dieſe Worte das letzte Glied der Kette ſind, durch die ſich Chriſti Wirken mittelſt einer langen Reihe von Jüngern und Prieſtern zu uns im Genuß des Abendmahls forterſtreckt, und Chriſtus lebt wirklich darin fort, und zwar in bewußterm und höhern Sinne fort, als in vielen andern Wirkungen, die ſein Daſein hinterlaſſen. Denn indem Chriſtus das Abendmahl im bedeutungsvollſten Momente ſeines Lebens mit dem geſteigertſten Bewußtſein, worin er den ganzen Inhalt und Zweck ſeines Lebens zuſammenfaßte, zu einer Erinnerung ſeiner einſetzte, machte er auch das Abendmahl zum Vermittler einer der bedeutendſten und bewußteſten Wirkungen ſeines Lebens. In jeder Erinnerung an einen Todten iſt aber der Todte als in einer von ihm hinterlaſſenen Wirkung ſelbſt mit gegenwärtig; und je bedeutſamer und bewußter der Urſprung der Erinnerung ſelbſt iſt, mit einem deſto wichtigern bewußten Theile ſeines Weſens iſt er dabei gegenwärtig; alſo, daß es nicht ein gemeiner Leibestheil iſt, mit dem Chriſtus im Abendmahl erinnernd in uns eingeht, ſondern ein ſolcher, der zum Träger ſeines höhern geiſtigen Lebens gehört. Es gehört nur, damit wir Chriſtum im Abendmahl aufnehmen, auch der Wille und Glaube dazu, ihn aufzunehmen; ſonſt geht nur eitel Mehl und irdiſcher Trank in uns ein. Wer meint, daß das Brod und der Wein im Abendmahl nichts als ſolches iſt, für den iſt es auch nur ſolches, weil er die Wirkung, die Chriſtus an das Abendmahl geknüpft hat, nicht erfährt, und hiermit nichts von Chriſtus erfährt. Wer aber das Brod und den Wein genießt mit dem Glauben der Gegenwart Chriſti dabei und der Aufnahme Chriſti damit, bei dem oder vielmehr in dem wird wirklich Chriſtus um ſo mehr gegenwärtig ſein, in den wird er wirklich um ſo mehr eingehen; je lebendiger ſich jener die Vorſtellung und den Glauben machen kann; denn eben hiermit beweiſt ſich eine um ſo lebendigere Wirkung des Daſeins Chriſti in ihm.

Um die volle Bedeutung des Abendmahls richtig zu würdigen, mögen noch einige Betrachtungen zutreten.

Die ganze Gemeine, die ganze Kirche Chriſti gehört zu Chriſti Leib, in ſofern ſie lebendiger Träger der von ihm ausgegangenen Wirkungen iſt; aber als lebendiger Leib will derſelbe Nahrung, er will neue Glieder ſich aneignen und die alten erhalten und ſtärken, und wenn Erſteres hauptſächlich durch die Taufe geſchieht, geſchieht Letzteres zwar keineswegs ausſchließlich, aber in bevorzugtem Sinn, durch das Abendmahl. Denn im Grunde iſt jedes Mittel, wodurch ſich die Kirche Chriſti ausbreitet und erhält, die Wirkung Chriſti ſei es in die Menſchen fortgepflanzt oder der Zuſammenhalt der Menſchen in Chriſti Kirche vermittelt und bekräftigt wird, ein Nahrungs-Erhaltungs- und Belebungsmittel ſeines Leibes, aber nicht jedes von gleicher Wichtigkeit und Bedeutung. Die vorzugsweiſe Bedeutung nun, welche dem Abendmahl beiwohnt, hängt nicht allein daran, daß ſich mittelſt deſſelben nur überhaupt eine Wirkung vom bedeutungsvollſten und bewußteſten Momente in Chriſti Leben in uns hinein forterſtreckt, ſondern auch daran, daß Chriſtus ſelbſt es ausdrücklich zum Träger des Gedankens gemacht hat, er verleibe ſich hiemit uns ein; ſo daß wir uns nun deſſen im Abendmahle mehr bewußt werden, und ſeinem eigenen Bewußtſein, daß er in uns eingehe, mehr begegnen können, als in jeder andern Wirkung deſſelben. Es iſt die Einverleibunng Chriſti mit dem Bewußtſein dieſer Einverleibung, was durch den Einſetzungsact des Abendmahls für uns und Chriſtus zugleich begründet iſt. Das Eingehen wird hier durch den Gedanken an das Eingehen ſelbſt vermittelt. Und nachdem Chriſtus einmal mit Willen das Abendmahl dazu eingeſetzt hat, können wir nicht mehr nach unſerm

Willen eine andre Ceremonie dieſelbe Stelle vertreten laſſen, weil unſer Eingehen auf ſeinen Willen, ſeine bewußte Abſicht hiebei ſelbſt der Vermittelungsweg iſt, auf dem wir ſeinem Bewußtſein, daß er in uns eingehe, mit unſerm Bewußtſein begegnen. Hätte Chriſtus ſtatt des Abendmahls eine andre Ceremonie zu demſelben Zwecke eingeſetzt, ſo wäre dieſe ſtatt des Abendmahls der Träger der entſprechenden Wirkung geworden, aus dem einfachen Grunde, daß er es ſo gewollt, und dieſen Willen im Einſetzungsacte in der Art zur Geltung gebracht, daß er auch demgemäße Folgen in Anderer Bewußtſein zu erzeugen vermochte. Doch war hiebei nicht Alles willkührlich, und gerade die Ceremonie des Abendmahls vereinigte nicht nur die weſentlichſten, ſondern auch die günſtigſten Bedingungen für den zu erreichenden Zweck. Es iſt hiemit eben ſo, wie jemand ein beliebiges Wort oder beliebiges Zeichen zum Träger einer beliebigen Bedeutung oder Idee machen, und mittelſt deſſelben dann dieſe Idee, als eine beſtimmte geiſtige Wirkung, auf andre übertragen kann, wenn er nur ſo zu ſagen in einem beſtimmten Stiftungsacte dieſe Bedeutung mit ihnen feſtgeſetzt. Er hätte wohl auch ein andres Wort oder Zeichen dazu wählen können. Doch iſt unter ſonſt gleichen Umſtänden die Wahl eines Wortes oder Zeichens vorzuziehen, welches in ſeinem Klange, in ſeiner Fügung, Form oder Bewegung eine derartige Analogie, Verwandtſchaft oder ſymboliſche Beziehung zu dem Gegenſtande hat, daß es hiedurch allein ſchon beiträgt, ihn zu vergegenwärtigen. Dieſem Zweck war hier, wo es galt, durch den Gedanken an das Eingehen Chriſti in uns das wirkliche Eingehen deſſelben in uns zu vermitteln, dadurch auf's Beſte genügt, daß dieſer Gedanke an den wirklichen Genuß von Brod und Wein, des Nöthigſten und Edelſten von Speiſe und Trank, geknüpft wurde. Und zwar an den Genuß in Gemeinſchaft unſrer Mitchriſten. Das Weſentlichſte von Chriſti Lehre, ſeine Hauptbedeutung für uns, beſteht ja darin, daß wir unter ſeiner Vermittelung alle eine Gemeine zu höhern Zwecken, einen Leib, worin Chriſtus der Geiſt, zu bilden haben; ſo muß auch den Gliedern dieſes Leibes in möglichſter Gemeinſchaft das nährende Brod und der ſtärkende Wein zufließen. So ſtiftete nun Chriſtus gleich das Abendmahl in der Gemeinſchaft, aus der alle chriſtliche Gemeinſchaft ferner erwachſen iſt; er ſpeiſte und tränkte zuerſt den noch im Kleinen zuſammengehaltenen Kern ſeines weitern Leibes, von wo aus ſich Saft und Kraft dann weiter ergoß Das gebrochene Brod und der getrunkene Wein erinnern dazu an den zu Liebe dieſer Gemeinſchaft gebrochenen Leib und das vergoſſene Blut Chriſti, und hiemit, daß wir Chriſtus nur nach Maßgabe aufnehmen, als wir eine entſprechende Geſinnung als Wirkung deſſelben in uns aufnehmen, welche uns zu Liebe der Gemeinſchaft, der wir angehören, auch den Tod nicht ſcheuen läßt. Endlich aber erſcheint allerdings auch als weſentlich für die Bedeutung und Wirkung des Abendmahls, daß es erſt zu Ende von Chriſti Laufbahn und mit Vorblick auf ſeinen Tod. im wichtigſten Wendepuncte ſeines Lebens, wo ſchon das Jenſeits in den Vorgrund für ihn zu treten begann, und mit Rückſicht auf dieſen Wendepunct eingeſetzt ward; ſo pflanzt nun auch die Wichtigkeit, die dieſer Wendepunkt für Chriſtus hatte, ſeine Wirkung auf uns im Abendmahl bei der Erinnerung daran fort. Wie viel weniger hätte das Abendmahl nur wirken können, hätte er daſſelbe zu Anfange ſeiner Laufbahn eingeſetzt; da ſein ganzes Wirken noch vor ihm, nichts hinter ihm lag, und alſo auch nichts davon in der Erinnerung und dem Fortwirken der Erinnerung zuſammengefaßt werden konnte, da der Blick ſich nur erſt vorwärts auf das Dieſſeits lenken konnte. Das Hochzeitsmahl zu Kanaan hinterläßt uns wohl ein heitres Bild; aber mehr kann es nicht in uns hinterlaſſen.

1 Cor. 10, 17. Denn Ein Brod iſt es, ſo ſind wir Viele Ein Leib, dieweil wir Alle Eines Brodes theilhaftig ſind.

1 Cor. 10, 16. 17. Der geſegnete Kelch, welchen wir ſegnen, iſt der nicht die Gemeinſchaft des Blutes Chriſti? Das Brod, das wir brechen, iſt das nicht die Gemeinſchaft des Leibes Chriſti? Denn Ein Brod iſt es, ſo ſind wir Viele Ein Leib, dieweil wir Alle Eines Brodtes theilhaftig ſind. (Vgl. die Einſetzungsworte: Math. 26, 26. Marc. 14. 22. Luc. 22, 19. 20. 1 Cor. 11, 23).

Wenn nach Vorigem das Abendmahl das Sacrament iſt, durch deſſen Vermittelung wir unſre Beziehungen zu Chriſtus, als Glieder ſeines Leibes, in bewußteſter Weiſe forterhalten, iſt die Taufe das Sacrament, durch welches wir ſie zuerſt einleiten und begründen. Wer nicht erſt Glied von Chriſti Leib oder Kirche geworden iſt, kann nicht aus ihm geiſtig leiblich Säfte und Kräfte anziehen. Und ſo läßt uns denn die Taufe zuerſt in Chriſti Gemeine oder Kirche eintreten, woraus wir dann auch das heilige Abendmahl und die übrigen Mittel, durch die wir uns Chriſtum ferner aneignen ſollen, empfangen. Zwar auch ohne Taufe, ſcheint es, könnten wir chriſtlich von chriſtlichen Aeltern erzogen und Chriſtus ſo einverleibt werden. Aber die Stiftung Chriſti hat die Taufe zum Vermittler eines derartigen Eintritts gemacht, daß auch dieſer Eintritt in ſeiner vollen Kraft und nach ſeiner ganzen Bedeutung ins Bewußtſein ſei es des Täuflings, wenn er erwachſen iſt, oder deren, die den Täufling chriſtlich zu erziehen haben, zu treten vermag, was dann auch wieder eine bewußte Theilnahme Chriſti an dieſem Acte vorausſetzt und Folgen äußert, die einer andern Eintrittsweiſe nicht beigelegt werden können, vorausgeſetzt natürlich, daß die Taufe mit rechtem Sinne vollzogen und empfangen werde. Die Taufe übergehen, da ſie Chriſtus doch eingeſetzt hat, als das Mittel, ſich ihm zuerſt einzuverleiben, wäre ein Bruch in dieſe Einverleibung ſelbſt.

Gal. 3, 27. 28. Denn wie viele euer getauft ſind, die haben Chriſtum angezogen.

Hier iſt kein Jude noch Grieche, hier iſt kein Knecht noch Freier, hier iſt kein Mann noch Weib, denn ihr ſeid allzumal Einer in Chriſto Jeſu.

Ephеſ. 4, 4—5. Ein Leib und ein Geiſt, wie ihr auch berufen ſeid auf einerlei Hoffnung eures Berufes.

Ein Herr, Ein Glaube, Eine Taufe.

Auch die, (vom H. Bernhard zu den Sacramenten gerechnete) Fußwaſchung (Joh. 13, 6—9 u. 12—15) iſt von Chriſtus ſelbſt in ähnlichem Sinne betrachtet worden, als Abendmahl und Taufe. Während aber das Abendmahl die gemeinſchaftliche Theilnahmer der Glieder an dem Leibe Chriſti dieſen ſelbſt zum Bewußtſein zu bringen hat, ſo die Fußwaſchung die Dienſte, die ſich die Glieder eines und deſſelben Leibes wechſelſeitig leiſten ſollen, in Anbetracht und nach dem Beiſpiele der Dienſte, die ihnen Chriſtus ſelbſt allen gemeinſchaftlich leiſtet.

Noch neuerdings hat D. W. Böhmer in Breslau in einer beſonders dieſem Gegenſtand gewidmeten Abhandlung in den theol. Stud. u. Krit. 1850. H. 4. S. 829 die ſacramentale Bedeutung der Fußwaſchung wieder hervorgehoben, obwohl, wie mich dünkt, das Specifiſche dieſer Bedeutung nicht klar genug herausgeſtellt. Er ſagt zum Schluß: „daß die proteſtantiſche Kirche das Fußwaſchen Chriſti nicht als Sacrament anerkannt hat, iſt ein Vergehen gegen die heilige Schrift, welches um ſo mehr auffällt, als dieſe Kirche den Quellpunct ihres Chriſtenthums und die einzige Richtſchnur ihres Glaubens in der heiligen Schrift erblickt. Die Kirche kann ihr Vergehen lediglich dadurch einigermaßen wieder gut machen, daß ſie dem Fußwaſchen Chriſti, wie es von der Schrift dargeſtellt wird, volle Gerechtigkeit widerfahren läßt, d. h. die ſacramentale Würde deſſelben anerkennt.“

Das Fortleben von Chriſti Geiſt in ſeiner Gemeine und Kirche, die Darſtellung von Chriſti Gemeine und Kirche als Leib Chriſti, die Bedeutung, die demgemäß die Sacramente annehmen, ſind auch bei ältern und neuern Kirchenlehrern ganz geläufige Dinge; und wie ſollte es nicht der Fall ſein; die Worte der Bibel ſind ja unzweideutig. Nur ſucht man theils ein unerklärliches Geheimniß darin, wie Chriſtus, der in den Himmel gegangen, doch auch auf Erden in ſeiner Gemeine fortleben ſolle, theils ſucht man eine Ausnahme darin für Chriſtus, theils verſteht man die Worte der Schrift nicht eigentlich.

„Die Einwendung der Gegner aber, daß ſonach Leib und Blut Chriſti allgegenwärtig ſein müſſe, was doch mit der Natur eines menſchlichen Leibes ſtreite, ſucht die Concordienformel dadurch zu widerlegen, daß ſie p. 732 ff. nach Luther dem Körper Chriſti im Stande ſeiner Erhöhung, vermöge der communicatio idiomatum, Allgegenwart zuſchreibt, nämlich ein ſolches unbegreifliches und geiſtiges Sein („Alicubi esse“), nach welchem er an keinem Orte eingeſchloſſen ſei, ſondern alle Creaturen durchdringe, und auch im Abendmahle gegenwärtig ſei.“ (Bretſchn. Dogm. II. S. 708).

„Der gen Himmel Gefahrene iſt nicht blos eine geſchichtliche, ſondern eine übergeſchichtliche Perſon, die zugleich fortfährt, die Geſchichte mit ihrer Gegenwart zu durchdringen und zu erfüllen, indem alle Wiedergeburt und Heiligung fortwährend ausgehen von ihrem perſönlichen Einfluß. Gegen dieſe Lehre wendet der ſinnliche Verſtand ein, daß die materiellen Schranken der Sinnlichkeit eine Scheide ſetzen müſſen zwiſchen Chriſtus, der im Himmel iſt, und uns, die auf Erden ſind. Er faßt daher unſer Verhältniß zu Chriſtus nur als ein geſchichtliches Verhältniß der Erinnerung, kennt keine andern Wirkungen Chriſti als ſolche, die ſich als Nachwirkungen ſeiner Erſcheinung auf Erden begreifen laſſen; er kennt kein gegenwärtiges Verhältniß zu Chriſto. Die gläubige Auffaſſung von der Perſon Chriſti aber muß nothwendig erkennen, daß dieſe materielle Sphäre der Zeit und des Raums, in welcher die menſchliche Pſyche ihr Daſein führt, dieſe Sphäre, die ihrem ganzen Begriffe nach nur eine zeitliche Zwiſchenbedeutung hat und beſtimmt iſt, niedergeriſſen und verwendet zu werden, unmöglich undurchdringlich ſein kann für die höhere himmliſche Sphäre, in welche ſie aufgehoben werden ſoll, und für ihn, der die Mitte iſt nicht blos der Menſchheit, ſondern des Alls. Dieſes fortdauernde organiſche Verhältniß zwiſchen der Kirche und ihrem unſichtbaren Haupte iſt das Grundmyſterium, auf dem die Kirche ruht, und alle einzelnen Myſterien beruhen auf dieſem Einen. Hierauf beruht das Geheimniß der Erbauung in der

Verſammlung der Gemeine — „„„ich bin bei Euch alle Tage““ und „„wo Zwei und Drei in meinem Namen verſammelt ſind, da bin ich mitten unter ihnen““; hierauf beruht das Geheimniß der Sacramente, hierauf endlich alle chriſtliche Myſtik oder die individuelle Gemüthserfahrung von einer perſönlichen Gemeinſchaft mit dem himmliſchen Erlöſer (unio mystica), was beſonders der Apoſtel Johannes ſchildert mit der ganzen Innerlichkeit des chriſtlichen Gemüths.“ (Martenſen, chriſtl. Dogm. S. 365).

„Der abſolute Kanon für alles Chriſtenthum iſt nun gewiß kein andrer als Chriſtus ſelbſt, in ſeiner ſeligen erlöſenden Perſon, und fragen wir nun, wie wir Chriſtus haben, ſo iſt unſre nächſte Antwort dieſelbe, wie die katholiſche: in der Kirche, die der Leib und Organismus Chriſti iſt, deren lebendiges, ſtets gegenwärtiges Haupt er iſt. In der Kirche, in ihrem Bekenntniß und Verkündigung, ihren Sacramenten, ihrem Kultus, iſt der erhöhete, verklärte Erlöſer gegenwärtig, und giebt von ſich ſelber ein lebendiges Zeugniß für alle diejenigen, welche glauben durch die Kraft des heiligen Geiſtes.“ (Ebendaſ. S. 471).

„Das göttliche Wort, vom Geiſte getragen, und die Sacramente, durch das göttliche Wort geſtiftet und in daſſelbe gefaſſet: das ſind die Gnadenmittel, aus welchen die Gemeine, der Leib Chriſti, Daſein und Beſtand hat. Wäre es das Wort allein, ſo entſchiede über die Zugehörigkeit zum Leibe Chriſti der Glaube; es kommen aber zu der kirchenbildenden Kraft des Wortes, welches nur den Glauben mittheilt, was es bezeugt, die beiden kirchenbildenden Mächte der Sacramente, welche in Alle, die ſie hinnehmen, ohne weitere Bedingung daßjenige einſenken, was ſie in ſich ſchließen. Da der Geiſt auch außerhalb der Sacramente ſeine wiedergebährende Kraft mittelſt des Wortes ausübt, ſo iſt Gliedſchaft an dem Leibe Chriſti auch ſchon vor Empfang der Sacramente möglich; aber einestheils iſt dieſe nur durch das im Glauben aufgenommene Wort vermittelte Gliedſchaft keine für uns ſicher erkennbare, und darum keine ſolche, die uns einen feſten Anhalt böte, anderntheils können wir ſie nach Gottes Ordnung nur als eine ſolche anſehen, welche der vollendenden Ergänzung bedarf, die ſie Angeſichts der Gemeine in den Sacramenten zu ſuchen hat ..... Ich habe Theil am Tiſche des Herrn — darum kann ich getroſt in den Ausruf der Gemeine einſtimmen, die ihr

Weſen und Leben aus Chriſto hat, wie die Mannim aus Adam: Wir ſind Glieder ſeines Leibes, von ſeinem Fleiſche und ſeinen Gebeinen! Und will ich wiſſen, ob der oder jener meiner Miterlöſten ein Glied ſei vom Leibe des Erlöſers; ich brauche mich nicht zum Herzenskündiger aufzuwerfen oder über ſeinen Seelenzuſtand zu richten. Wer nur immer getauft iſt und Theil nimmt an des Herrn Mahle, der iſt ein Glied am Leibe Chriſti. Der Leib Chriſti iſt die Geſammtheit aller derer, die zu Einem Leibe getauft und zu Einem Geiſte getränkt ſind.“ (Aus Delitzſch 4 Büchern von der Kirche).

Auch unter denen, welche neuerdings verſucht haben, das Chriſtenthum philoſophiſch zu conſtruiren, finden ſich ſolche, welche dem Worte nach ganz auf unſre Auffaſſungsweiſe von Chriſti künftiger Exiſtenzweiſe eingehen, wenn gleich nicht der Sache nach. So wird in: Gibr, Jeſus Chriſtus nach der Darſtellung von L. Noak. Baſel. 1849 geſagt, daß das Grab zwar Chriſti entſeelten Leib aufgenommen habe, aber ſein Geiſt ſei auferſtanden in Jedem der Seinigen und weile beſtändig im Himmel jedes zu Gott verklärten Menſchenherzens. Aber die Feier des Abendmahls wird geſetzt in den Gedanken an „die Vergänglichkeit des irdiſchen Lebens, die nur im dämmernden Schein ſpäter Erinnerung den Menſchen heimathlich umwalle.“ Das meinen wir freilich anders.

Gehen wir zu den andern Hauptpunkten der chriſtlichen Lehre vom Jenſeits über:

Zahlreiche Stellen kommen in der Bibel vor, nach denen der Weg zum Leben, zur Seligkeit, zum Vater nur durch Chriſtum gehen ſoll. (Joh. 3, 16. 8, 12. 51. 10, 9. 14, 6. 15, 13. 17, 3. Marc. 16, 6. Luc. 19, 10 Apoſt. 4, 12. Ebr. 7, 25).

Wie kann dieß ſein, fragt man. Wie verträgt es ſich mit der göttlichen Gerechtigkeit und Barmherzigkeit, daß die, die vor Chriſtus gelebt haben, und die noch jetzt abſeits von Chriſtus leben, die nichts von Chriſtus erfahren konnten, nicht ſollten auch ſelig werden können.

Unſtreitig werden ſie es nach Maßgabe werden können, als ſie ohne von Chriſtus etwas zu wiſſen, in Chriſti Sinn, d. i. in rechtem Sinne, dachten und handelten, und viele Heiden haben viel mehr ſo gehandelt, als viele Chriſten oder die ſich Chriſten nennen. Aber um es zur Fülle der Seligkeit, deren der Menſch im Jenſeits fähig iſt, zu bringen, der Seligkeit im eigentlichen engern Sinne, werden ſie auch das Höchſte und Beſte leiſten müſſen, deſſen der Menſch fähig iſt, und ſich demgemäß Chriſti Sinn erſt voll aneignen müſſen, der auf die einträchtige Vereinigung Aller mit Allen in der Liebe Gottes und zu einander hingeht; weil ſonſt immer etwas an ihrem innern und äußern Frieden fehlen wird. Hiezu aber können die Menſchen in der That nur durch Chriſtus gelangen, weil durch ihn erſt die Idee ſolcher Einigung in der Menſchen-Welt bewußt geworden iſt, und ohne das Bewußtſein davon auch die reine Erfüllung weder für den Einzelnen noch im Ganzen möglich iſt.

Wie gut und rechtſchaffen daher auch ein Heide vor, mit und nach Chriſtus geweſen ſein mag, ohne das Handeln aus dieſem Bewußtſein wird er zwar den Lohn ſeiner Tugenden genießen, aber nicht den vollſten und höchſten Lohn der vollſten und höchſten Tugend, die nur aus dieſem Bewußtſein heraus möglich iſt, erlangen können. Alles Handeln ohne dieß Bewußtſein iſt mehr oder weniger blind und kann zwar in der Hauptſache den rechten Weg treffen, denn von vielen Seiten findet ſich der Menſch nach dieſem Wege hingewieſen: aber ohne den lichten Weiſer über dem Wege, der denſelben auf einmal in Eins erleuchtet und beherrſcht, wird der Menſch doch immer bald nach dieſer, bald nach jener Seite abweichen und die Folgen ſeines Irrthums ſpüren. Nun aber ſind die Heiden darum, daß ſie hienieden nichts von Chriſtus und nicht den rechten Weg durch Chriſtus erfahren konnten, nicht auf ewig von der Seligkeit ausgeſchloſſen; weil Chriſti Lehre und Leben und Kirche nicht blos eine Sache des Hienieden iſt, ſondern aus dem Dieſſeits in das Jenſeits reicht, und wer im Dieſſeits noch nicht ihm angehören konnte, wird ihm einſt im Jenſeits gewonnen werden, und wer ihm erſt nur äußerlich gehörte, wird ihm einſt noch innerlich gehören, getrieben durch die Mangelhaftigkeit der Seligkeit ſelbſt, die abſeits von Chriſtus, und die Fülle der Seligkeit, die mit und in ihm beſteht; und nach Maßgabe, als er durch Chriſtus Chriſti Sinnes wird, wird er auch der davon abhängigen Heilsgüter theilhaftig werden. So kann, ja muß jeder des Antheils Unſeligkeit, den er noch hatte, endlich ledig werden und Chriſtus wird zuletzt der Erlöſer Aller ſein.

Wie er aber der Erlöſer Aller im höchſten und letzten Sinne iſt, ſo auch der Richter [*]. Denn die Forderungen, die er an die Welt geſtellt, werden der letzte Maßſtab und das Richtſcheit ſein, wonach wir dereinſt gemeſſen werden [**], und zwar nicht wie mit einer todten Elle; ſondern Chriſtus ſelber, in ſeiner Gemeine fortlebend, ſeine Forderungen fortſtellend, wird vor Allen und über Alle urtheilen, ob den Forderungen auch genügt iſt, und hienach eines Jeden Verdienſt bemeſſen. Es mag Einer nach vielen einzelnen Beziehungen gerecht erfunden worden ſein, die auch bei den Heiden gerecht machten, zuletzt wird er vor Chriſtus treten müſſen: — denn Keiner wird vermeiden können endlich mit den Forderungen Chriſti in Berührung zu treten — und ſo lange er ihnen nicht voll gerecht werden kann, wird er auch vor Chriſtus nicht als voll gerecht gelten und etwas von ſeiner vollen Seligkeit vermiſſen müſſen.

---

[*] Math. 25, 31. Joh. 5, 27. Apoſt. 10, 42. 2 Cor. 5, 10. 2 Theſſ. 1, 7. 8. 2, 8. 1 Petr. 4, 5 u. ſ. w.

[**] Epheſ. 4, 7. Einem Jeglichen aber unter uns iſt gegeben die Gnade nach dem Maß der Gabe Chriſti.

Man ſage nicht, daſſelbe Gericht würde auch ohne Chriſtus ausgeübt werden; denn die höchſten Forderungen beſtehen abgeſehen von Chriſti Perſönlichkeit, und die mangelnde Erfüllung dieſer Forderungen werde allezeit ihrer Natur nach dem Menſchen ſein Heil verkümmern. Freilich iſt das Letzte wahr; aber ehe nicht die Forderungen mit Bewußtſein als die höchſten ausgeſprochen ſind, kann der Menſch auch nicht danach mit Bewußtſein als nach ſolchen gerichtet werden; die Folgen machen ſich von ſelbſt: nur ein bewußter Richter aber iſt ein wahrer Richter. Alſo iſt in der That durch Chriſtus das höchſte Gericht über die Menſchen gekommen, und Chriſtus iſt ſelbſt der höchſte Richter, das Gericht kann nur unter ſeiner Vermittelung, in Abhängigkeit von ihm, wenn auch durch noch ſo viele Vermittler und Vertreter, ausgeübt werden, weil, wo und wie es auch in Folge ſeines vorgängigen Daſeins dieſſeits, jenſeits, ausgeübt wird, er ſelbſt in dieſer Folge fortlebt, fortwirkt, und, ſofern es eine bewußte Folge ſeines bewußten Lebens iſt, mit Bewußtſein fortlebt, fortwirkt. Wer in ſeinem Sinne richtet, der richtet unter Chriſti Mitwiſſen, thut es unter Chriſti Anregung und Chriſtus fühlt ſich dabei als der Anregende: ſofern und ſoweit aber jemand nicht in Chriſti Sinne richtet, wird Chriſtus ſelbſt ſein Urtheil noch richten und berichtigen.

Wenn man Chriſti Perſon gleichgültig bei dieſem Gerichte hält, ſo hat man nur in ſofern Recht, als das höchſte Gericht überhaupt nicht verfehlen konnte, einmal über die Menſchen verhängt zu werden, ſei es durch wen es ſei. Aber ſollte Chriſtus darum weniger für uns gelten, daß er eben dazu erwählt wurde? Vielmehr gerade daß er der Träger der göttlichen Nothwendigkeit geworden, muß ihm die höchſte Würde verleihen.

Einen weſentlichen Beſtandtheil der chriſtlichen Lehre vom Jenſeits bildet der Glaube an eine Auferſtehung des Leibes. Aber die Modalität derſelben iſt in der Bibel nicht näher beſtimmt. Eigne Ausſprüche Chriſti darüber ſind nicht mitgetheilt, und ſchwerlich hat er ſich beſtimmt darüber ausgeſprochen. So blieb nach ihm abweichenden Vorſtellungen Raum, unter denen leicht grob ſinnliche vorkommen mochten. Die letzten laſſen wir fallen: halten dagegen das Weſen der Auferſtehung in ſchon früher erwähntem Sinne feſt. Unſer enger Leib hienieden erſteht dereinſt wieder als weiterer Leib, der, aus dem engern ſelbſt hervorgetrieben, alles das von Stoffen und Kräften enthält, was einſt dem engern zugehörte, und im Dieſſeits dem Schlafe oder ſcheinbaren Tode anheim gefallen war. Nun erwacht es wieder zu neuem Bewußtſein.

Wir ſagen nicht, daß dieſe Auffaſſungsweiſe der Auferſtehung in der Bibel ſchon zu der Klarheit und mit den Conſequenzen entwickelt ſei, wozu wir geführt worden ſind. Aber gerade die geläutertſten Anſichten von Paulus treten am meiſten in dieſelbe hinein, ja können gar nicht beſſer als im Sinne derſelben gedeutet werden, wobei nicht in Abrede geſtellt werdern kann, daß Paulus in mehrern Beziehungen auch Vorſtellungen hegt, die unvereinbar damit ſind*, womit ſie aber zugleich ſchwer vereinbar mit ſich ſelbſt werden.

Paulus erklärt den Leib des Dieſſeits für das Saamenkorn, aus dem der Leib des Jenſeits auferſtehe; der letzte iſt ihm etwas mit dem erſten weſentlich zuſammengehöriges, natürlicherweiſe daraus folgendes, nur von geiſtigerer Natur als erſterer; der Menſch findet das Haus, damit er künftig überkleidet werden ſoll, im Tode ſchon vor, und zwar als ein himmliſches Haus nach dem irdiſchen. Was dem Menſchen jetzt nur wie äußerlich im Spiegel erſcheint und hiemit dunkel, unvollſtändig erſcheint, davon gewinnt er nachher eine unmittelbare Erkenntniß, er erkennt, wie er erkannt wird. Alles dieß, wenn gleich nicht ausdrücklich in unſerm Sinne verſtanden, wozu unſre Anſicht eben ſelbſt erſt hätte mit Bewußtſein entwickelt ſein müſſen, läßt ſich doch mit derſelben in Bezug ſetzen, wenn wir dabei unter dem geiſtigen Leibe das geiſtige Bild, in dem die Geſtalt des Menſchen nach uns im Jenſeits erſcheinen wird, unter dem himmliſchen Hauſe nach dem irdiſchen die Erde als Himmelskörper nach dem jetzigen Leibe als irdiſchen Körper verſtehen, und an die lichtern Erkenntnißbeziehungen denken, in die wir dereinſt zu Andern und zu Gott treten werden.

---

* Ich rechne hieher, daß Chriſtus der erſt Erſtandene ſei, und daß die Auferſtehung der übrigen Menſchen in einer plötzlichen allgemeinen Kataſtrophe gleichzeitig erfolgen werde. 1 Cor. 15.

1 Cor. 15, 35—38. Möchte aber jemand ſagen: wie werden die Todten auferſtehen? Und mit welcherlei Leibe werden ſie kommen?

Du Narr, das du ſäeſt, wird nicht lebendig, es ſterbe denn.

Und das du ſäeſt, iſt ja nicht der Leib, der werden ſoll, ſondern ein bloßes Korn, nämlich Weizen oder der andern eins.

1 Cor. 15, 44—46. Es wird geſäet ein natürlicher Leib und wird auferſtehen ein geiſtlicher Leib. Hat man einen natürlichen Leib, ſo hat man auch einen geiſtlichen Leib.

Wie es geſchrieben ſteht: der erſte Menſch, Adam, iſt gemacht in das natürliche Leben, und der letzte Adam in das geiſtliche Leben.

Aber der geiſtliche iſt nicht der erſte; ſondern der natürliche, darnach der geiſtliche.

2 Cor. 5, 1. Wir wiſſen aber, ſo unſer irdiſches Haus dieſer Hütte zerbrochen wird, daß wir einen Bau haben, von Gott erbaut, ein Haus, nicht mit Händen gemacht, das ewig iſt, im Himmel.

Und über demſelbigen ſehnen wir uns auch nach unſrer Behauſung, die vom Himmel iſt, und uns verlanget, daß wir damit überkleidet werden.

1 Cor. 13, 12. Wir ſehen jetzt durch einen Spiegel in einem dunkeln Wort, dann aber von Angeſicht zu Angeſicht. Jetzt erkenne ich es ſtückweiſe, dann aber werde ich es erkennen, gleich wie ich erkannt bin.

Ueberhaupt meine ich nicht, in Chriſti und der Apoſtel Lehre ſeien ſchon alle Vorſtellungen vom Jenſeits ſo deutlich ausgeſprochen und entwickelt geweſen, als ſie ſich in unſrer Lehre dargelegt; die vielmehr erſt ihres vorgängigen Grundes zur Entwickelung bedurfte. Das Geheimniß iſt groß, [illegible] Paulus (Epheſ. 5, 32). Aber die Anlage zu dieſer Entwickelung war in ihrer Lehre von vorn herein gegeben. Es lagen Grundgedanken darin, die im Verſuche, ſie in Beziehung mit der realen Natur der Dinge in ihren Conſequenzen zu verfolgen, zu dieſen Entwickelungen führen mußten, wie umgekehrt der Verſuch, die Lehre vom Jenſeits aus der Natur der Dinge conſequent zu entwickeln, zu ihren Grundgedanken zurückführen mußte. Und in ſofern halte ich unſere ganze Anſicht von der künftigen Exiſtenzweiſe zwar nicht für eine Wiederholung oder bloße Expoſition, aber für ein Wachsthum von Chriſti und ſeiner Jünger Lehre, in jenem frühern Sinne des Wortes Wachsthum, da nämlich an dem Wachſenden nichts fremdartig und blos äußerlich anſchießt, ſondern aus der Natur der Dinge, aus welchem der Keim ſelber urſprünglich ſtammt, neue Kräfte und Säfte angezogen werden, vermöge deren das, was im Keim ſchon verborgenerweiſe vorbegründet lag, ſich entfaltet, und weitere Wurzeln ſchlägt, Zweige und Blätter und Blüten trägt, unter Abwerfen mancher frühern unweſentlich gewordenen Hüllenblätter.

In ſofern aber die Entwickelung doch den Keim ſchon vorausſetzt, unſre Lehre ſelbſt ſich nur auf dem Grunde des Chriſtenthums, namentlich nur unter Führung der höchſten practiſchen Geſichtspunkte, die Chriſtus aufgeſtellt hat, entwickeln konnte, hierin das letzte treibende Princip liegt, was allen Stoff unſrer Betrachtungen in ſeine Richtung und Form gezwungen hat, iſt auch Chriſtus ſelbſt noch dabei betheiligt geweſen. Chriſti und ſeiner Jünger bewußtes Leben dieſſeits war ja ſelbſt nur der Keim ihres höhern bewußten Lebens jenſeits; wir ſpüren aber ihr jenſeitiges Fortwachſen im Dieſſeits und tragen ſelbſt dazu bei, in Betracht der früher entwickelten Beziehungen zwiſchen Dieſſeits und Jenſeits. Meine doch Niemand, daß er etwas durch ſich allein kann. Wie Chriſti Stamm höher hinauf ins Licht des Jenſeits wächſt, müſſen auch ſeine Wurzeln im Dieſſeits ſich ausbreiten und verſtärken, und wir ſelbſt müſſen dieſſeits dazu beitragen und mitwirken; wir thun es aber durch das, was wir an ſeiner Lehre thun, in ſeinem Sinne thun.

Natürlich hat man es ſich nicht ſo vorzuſtellen, als ob durch eine triftige Entwickelung von Chriſti Lehre über das Jenſeits hienieden ſeine Erkenntniß vom Jenſeits ſelbſt noch erweitert und berichtigt werden könnte, die ja eine unmittelbare iſt, nachdem er in das Jenſeits hinübergegangen. Aber indem die Lehre vom Jenſeits, die er dieſſeits aufgeſtellt hat, durch die er mit uns in Beziehung getreten iſt und noch mit uns in Beziehung ſteht, ſich dieſſeits fortentwickelt, entwickeln ſich auch dieſe Beziehungen fort, durch die er im Jenſeits noch mit uns zuſammenhängt. Auch dürfen wir uns nicht wundern, daß ſeine unmittelbare Erkenntniß vom Jenſeits uns doch nicht zu Gute kommt, ungeachtet er in uns mit wohnt und wirkt; er wohnt und wirkt in uns eben nur nach Seiten deſſen, was von ſeinem dieſſeitigen Wirken in uns hinterblieben, und ſich auf Wegen des Dieſſeits fortbeſtimmt. Der ſchon früher gebrauchte Vergleich mit der Pflanze iſt in dieſer Beziehung ſehr erläuternd. Die in's Licht erwachſende Pflanze bedarf doch immer noch der Wurzelung in demſelben Boden, in dem ſie einſt ganz befangen war, der Zuflüſſe daraus, und die Wurzeln, mit denen ſie in demſelben haftet, gehören noch zu ihr; ſie führt aber oberhalb des Bodens ein ganz ander Leben als unterhalb, und was ihr oberhalb geſchieht, kann nicht unterhalb in derſelben Weiſe ſpürbar werden; inzwiſchen hängt doch, was oberhalb und unterhalb in ihr geſchieht, ſtets in thätigen Beziehungen zuſammen. Das Schickſal alſo, was Chriſti Lehre dieſſeits erfährt, iſt nicht gleichgültig für ſeine Exiſtenz jenſeits; und ein Wachsthum, eine Entwicklung, eine Hebung ſeiner Lehre dieſſeits kann uns ſtets als ein Zeichen eines entſprechenden Wachsthums, einer entſprechenden Entwicklung, einer entſprechenden Hebung ſeines Lebens jenſeits gelten, ungeachtet es blos zum untern Theile dieſes Lebens gehört, und was eben geſchieht, was ſich im Beſonderen abſpiegeln kann.

Wir dürfen es ferner auch nicht ſo faſſen, als ob doch Chriſti jenſeitiges *Bewußtſein* durch das, was ſeinen Wurzeln dieſſeits geſchieht, nicht mehr betheiligt würde, ſeine Wurzelung im Dieſſeits nur ein unbewußter Theil ſeines Lebens wäre, ſein Bewußtſein fortan blos vom höhern Lichte Beſtimmungen erführe. Vielmehr ſind es Verhältniſſe ſeines Bewußtſeins, die wir hier betrachten, iſt es eben ſein Bewußtſein, was noch im untern Gebiete wurzelt, deren Beſtimmungen aufnimmt, die aber fortan im höhern Lichte in einem höhern Sinne verarbeitet werden, in einem Sinne, der aus den Beſtimmungen von unten nicht allein erklärlich iſt, ſondern nur aus den Beziehungen zum höhern allgemeinen Lichte, was die Welt erfüllt.

XXXI. Ueberblick der Lehre von den Dingen des Jenſeits.

1) Wenn der Menſch ſtirbt, ſo verſchwimmt ſein Geiſt nicht wieder in dem größern oder höhern Geiſte, aus dem er erſt geboren worden oder ſich heraus individualiſirt hatte, ſondern tritt vielmehr in eine heller bewußte Beziehung damit, und ſein ganzer bisher geſchöpfter geiſtiger Beſitz wird ihm lichter und klarer. Als höhern Geiſt können wir hiebei die uns zunächſt übergeordnete Geiſtesſphäre der Erde oder Gott in's Auge faſſen, denn Eins tritt in das Andre hinein, wenn wir daran denken, daß wir eben durch die Geiſtesſphäre des Irdiſchen Gott angehören (XXI. XXII).

2) Das jenſeitige Leben unſrer Geiſter verhält ſich zu dem dieſſeitigen ähnlich, wie ein Erinnerungsleben zu dem Anſchauungsleben, aus dem es erwachſen iſt. Ja wir können es ſo anſehen, als ob der größere Geiſt ſelbſt, dem wir angehören, uns im Tode mit unſerm ganzen Gehalt und Weſen aus ſeinem niedern Anſchauungsleben in ſein höheres Erinnerungsleben aufnimmt. Wie wir ihm aber

ſchon jetzt im Anſchauungsleben angehören, ohne daß unſre Individualität und relative Selbſtſtändigkeit in ihm erliſcht, wird es auch im Erinnerungsleben der Fall ſein. (XXI. XXII).

3) Das Reich der jenſeitigen Geiſter hängt mit dem Reich der dieſſeitigen Geiſter im höhern Geiſte zu Einem Reiche durch Beziehungen zuſammen, die denen analog ſind, welche zwiſchen den Gebieten der Erinnerung und der Anſchauung in unſerm eigenen Geiſte ſtatt finden. Wie das Reich unſrer Anſchauungen eine höhere Begeiſtung aus unſerm Erinnerungsreiche empfängt, umgekehrt unſre Erinnerungen durch Anſchauungen, an die ſie ſich aſſociiren, fortbeſtimmt werden, ſo greift auch das Reich der jenſeitigen Geiſter in das der dieſſeitigen ein, erhebt es durch ſein Hineinwirken ſchon jetzt zu etwas Höherem, als es ohnedem ſein würde, und erhält ſeinerſeits Fortbeſtimmungen daraus. Plato lebt noch in den Ideen fort, die er in uns hinterlaſſen hat, und erfährt das Schickſal dieſer Ideen. Doch iſt das Leben der jenſeitigen Geiſter nicht auf die Wurzeln beſchränkt, mit denen ſie noch im Dieſſeits haften, ſondern ein höheres freieres Leben erhebt ſich darüber in den Beziehungen zu dem höhern Geiſte und ihrem eigenen Verkehr. (XXII, B).

4) So wenig eine Erinnerung in unſerm Haupte noch eines ſo umſchriebenen leiblichen Bildes zur Unterlage bedarf als die Anſchauung, wird es mit uns der Fall ſein, wenn wir aus dem Anſchauungsleben in das Erinnerungsleben des größern Geiſtes übergehen. Unſer Geiſt wird ſich von nun an nicht mehr an ein einzelnes beſonderes Stück

irdiſcher Materie gebunden finden, obwohl der leiblichen Unterlage deshalb nicht baar ſein, wie auch die Erinnerung in uns noch eine ſolche hat. Wie aber der leibliche Träger der Erinnerung in uns, welcher Art er immer ſei, jedenfalls erwachſen iſt aus dem leiblichen Träger der Anſchauung (vom Bilde im Auge erſtrecken ſich Wirkungen ins Gehirn, die künftig die Erinnerung begründen, jedoch erſt nach Erlöſchen der Anſchauung dieſelbe entſtehen laſſen), ſo wird auch die leibliche Exiſtenz, die unſer künftig geiſtig Leben trägt, erwachſen ſein aus der, die es jetzt trägt. Wir verleiben uns, während wir noch im Anſchauungsleben ſind, durch unſre Wirkungen und Werke dem größern Leibe, dem wir angehören, vor Allem der Erde, und hierin vor Allem dem obern Reiche derſelben, in eigenthümlicher Weiſe ein, ſie muß in gewiſſem Zuſammenhange, nach gewiſſen Beziehungen das Gepräge unſers Weſens annehmen, und nun findet unſre künftige geiſtige Exiſtenz eben nach der Hinſicht, nach der es geſchehen iſt, daran noch einen Träger, ſo weit ſie eines ſolchen überhaupt noch bedarf. In ſo weit die Welt durch unſer dieſſeitiges Sein fortbeſtimmt worden, wird ſie unſer jenſeitiges Sein tragen, und zwar unſer bewußtes Sein im Jenſeits tragen, ſofern ſie durch unſer bewußtes Sein im Dieſſeits fortbeſtimmt worden (XXIII).

3) Unſere künftigen Exiſtenzen verlaufen, ſtören, verwirren ſich deshalb nicht, daß wir uns mit unſern Wirkungen und Werken alle derſelben Welt, demſelben großen Leibe einverleiben. Auch jetzt greifen unſre Exiſtenzen ſchon wirkend in einander über, und das begründet nur unſern

Verkehr, der nach der Weiſe, wie unſre Exiſtenzen künftig in einander übergreifen werden, nur noch inniger, vielſeitiger, bewußter werden wird: Auch unſre Erinnerungen verlaufen und irren ſich nicht, trotz dem, daß das, was ſie trägt, im ſelben Gehirne durcheinandergreift (XXIV, C).

6) Wenn man eine beſtimmte Geſtaltung unſrer künftigen leiblichen Exiſtenz vermißt, ſo iſt zu erinnern, daß den Geiſtern des Jenſeits ihre leibliche Exiſtenz nicht anſchaulich ſo zerlaufen und verblaſen erſcheinen wird, als ſie uns noch auf dem Standpunct der dieſſeitigen Betrachtung erſcheint. Sondern eben wie die Erinnerung einer Anſchauung in unſerm kleinen Erinnerungsreiche trotz dem, daß ihr das begränzte leibliche Bild im Auge nicht mehr wie früher unterliegt, doch noch die anſchauliche Erſcheinung des Bildes wiederſpiegelt, von dem ſie abſtammt, wird unſre Erſcheinung im jenſeitigen Erinnerungsreiche des höhern Geiſtes die dieſſeitige anſchauliche Erſcheinung unſres Leibes wiederſpiegeln, woher ſie ſtammt; unſre jenſeitigen Geſtalten werden ſich als die Erinnerungsgeſtalten der dieſſeitigen verhalten; doch wie Erinnerungen durch Phantaſie umgeſtaltet werden können, auch noch einer fernern Umgeſtaltung fähig ſein (XXIII, B).

7) Die Schlüſſe, welche aus der Analogie des jenſeitigen Lebens mit einem Erinnerungsleben gezogen werden können, finden ihre Unterſtützung in denen, welche die Analogie des Todes mit der Geburt gewährt (XXV).

8) Nicht minder ſprechen directe Betrachtungen in demſelben Sinne. Schon im Jetztleben ſehen wir den Leib, der unſern Geiſt zu irgend einer Zeit trägt, erwachſen

aus dem Leibe, der unſern Geiſt früher getragen hat, und wir müſſen glauben, daß dies ihn demſelben Geiſte fortgehends eignet. So wird auch der leibliche Träger unſres zukünftigen geiſtigen Daſeins erwachſen ſein müſſen aus dem leiblichen Träger unſers jetzigen geiſtigen Daſeins, um noch ferner Träger unſrer Individualität zu ſein. Der Kreis unſrer Wirkungen und Werke, in rechter Vollſtändigkeit und rechtem Zuſammenhange gefaßt, erfüllt aber dieſe Bedingungen, indem ſich darin Alles von Stoffen, Bewegungen und Kräften wiederfindet, was in unſerm Leibe während unſers dieſſeitigen Lebens ſelbſt wirkſam geweſen. (XXVII).

9) Die Zerſtörung unſers jetzigen Leibes iſt ſelbſt als Grund anzuſehen, daß das Bewußtſein, was bisher an denſelben geknüpft war, auf jene Fortſetzung deſſelben übergeht; indem ein ähnlicher Antagonismus zwiſchen dem Bewußtſein unſers engern Leibes und dieſer Fortſetzung deſſelben ſtatt findet, als wir ſchon innerhalb unſers engern Leibes ſelbſt zwiſchen verſchiedenen Sphären beobachten. (XXIV, D).

10) Der praktiſche Geſichtspunct unſrer Anſicht liegt darin, daß jeder ſich die Bedingungen eines ſeligen oder unſeligen jenſeitigen Daſeins in den Folgen ſeines dieſſeitigen (innern und äußern) Thuns und Treibens ſelbſt erzeugt, ſofern die Folgen ſeines dieſſeitigen Daſeins die Unterlage ſeines jenſeitigen bilden werden. Wer ſich alſo hier im Sinne der guten göttlichen Weltordnung ausgebildet und in dieſem Sinne gehandelt hat, Gutes gefördert hat in ſich und der Welt, wird die nach der Natur

des Guten überwiegend heilſamen Folgen deſſelben für ſich als Lohn gewinnen; wer aber ſein Sinnen und Trachten auf's Böſe gerichtet hat, wer Unheil in die Welt gebracht, der wird es eben ſo in ſeinen Folgen als Strafe ſpüren. Folgen, die ſo lange wachſen werden, bis der Menſch umwendet (XXVIII).

11) Die hier aufgeſtellte Lehre widerſpricht den Grundlehren des Chriſtenthums nicht; vielmehr, indem ſie unweſentliche Aeußerlichkeiten fallen läßt, iſt ſie geeignet, dem Kern derſelben einen neuen fruchtbaren Boden zu lebendigſter Entwickelung zu gewähren, da ſie die, bisher meiſt nur in uneigentlichem Sinne verſtandene und geglaubte Lehre Chriſti, daß der Menſch das ſelbſt ärnten wird, was er geſäet hat, daß Chriſtus ſelbſt in ſeiner Gemeine ſeinen Leib habe und in den Sacramenten gegenwärtig ſei, in lebendigerm und eigentlichen Sinne faſſen, auch ſein Erlöſer- und Richteramt und die Auferſtehungslehre in angemeſſener Weiſe verſtehen läßt (XXX).

12) Zugleich verknüpft unſre Lehre von mannichfachen theils heidniſchen, theils philoſophiſchen Anſichten ſo viel, als es bei dem Widerſpruch derſelben unter einander und mit der chriſtlichen Anſicht immer möglich iſt, und tritt mit manchen bisher noch räthſelhaften Erſcheinungen des Diesſeits in wechſelſeitig erläuternde Beziehung (XXIX).

XXXII. Glaubensſätze.

Alles, was in dieſer Schrift über die höchſten und letzten Dinge enthalten, iſt direct unweisbar in Erfahrung, unbeweisbar durch Mathematik, und ſomit bleibt hier immer ein Feld des Glaubens. Meinen eigenen Glauben nun an die Triftigkeit der hier dargelegten Anſichten ſtütze ich darauf, daß das theoretiſche und praktiſche Intereſſe, was uns nöthigt, auf die Betrachtung dieſes Gebietes überhaupt einzugehen, durch dieſe Anſichten auch in beſter Einſtimmung befriedigt wird. Aber ob dies der Fall ſei, iſt abermals Glaubensſache; und je nachdem man in dieſem letzten Glauben mit mir übereinſtimmt oder nicht, wird man auch mit den Anſichten dieſer Schrift übereinſtimmen, in welcher jener Zuſammenhang und jene Einſtimmung ſtets als maßgebend gegolten hat.

Zum Abſchluſſe der ganzen Schrift nach ihren beiden Abtheilungen faſſe ich nun noch dasjenige vom Inhalt und den leitenden Geſichtspuncten derſelben zuſammen, was vorzugsweiſe in Beziehung tritt mit dem jetzt geltenden und herrſchenden Glauben in höchſten und letzten Dingen, alſo daß dieſe Beziehung möglichſt deutlich hervortritt. So wird am leichteſten erhellen, ob etwas von dem, worin der Werth des bisherigen Glaubens liegt, von uns verworfen oder verkümmert, nicht vielmehr Manches erweitert und vertieft wird. Manches freilich auch, was dem Wortlaute nach hier gleich klingt mit dem, was Alle im Munde führen, mag doch dem Sinne nach von uns etwas anders gefaßt werden. Dieſer Sinn muß ſich durch die Schrift ſelbſt erläutern. Man ſehe zu, ob es ein ſchlechterer iſt.

1) Ich glaube an einen einigen, ewigen, unendlichen, allgegenwärtigen, allmächtigen, allwiſſenden, allgütigen, allgerechten, allbarmherzigen Gott, durch den Alles entſteht und vergeht und iſt, was da entſteht und vergeht und iſt, der in Allem lebt und webt und iſt, wie Alles in ihm; der Alles weiß, was gewußt wird und gewußt werden kann, der alle ſeine Geſchöpfe in Eins liebt, wie ſich ſelber, der das Gute will und das Böſe nicht will, der Alles im Laufe der Zeiten zu gerechten Zielen führt, der ſich auch des Böſen erbarmt, alſo daß er die Strafe ſelbſt nur zum Mittel ſeiner Beſſerung und endlichen Beſeligung macht (XI. XII. XXVIII).

2) Ich glaube, daß Gott an beſondere Geſchöpfe beſondere Theile oder Seiten ſeiner geiſtigen Weſenheit dahingegeben hat, darunter auch an die von ihm geſchaffene Erde, alſo daß aller irdiſche Geiſt ſich in dieſem Theile der göttlichen Weſenheit einigt, welcher ſich wieder austhut in beſonderer Weiſe an die beſondern irdiſchen Geſchöpfe, ſo daß wir Alle, Menſchen, Thiere und Pflanzen Kinder Gottes aus dieſem Geiſt, in dieſem Geiſt und kraft dieſes Geiſtes ſind, mit dem Gott in das Irdiſche einge-

gangen iſt, die Menſchen aber ſolche, die ſich auch des Willens ihres ewigen Vaters und der Einigung in einer höhern geiſtigen Gemeinſchaft bewußt werden können und ſollen (I—XI).

3) Ich glaube, daß Chriſtus ein Sohn Gottes aus jenem Geiſte, in jenem Geiſte und kraft jenes Geiſtes, mit dem Gott in das Irdiſche eingegangen, nicht blos neben und unter, ſondern über uns allen iſt, weil wir durch ſein Mittleramt noch in einem höhern Sinne Kinder Gottes in und aus Einem Geiſte zu werden beſtimmt ſind, als wir es von Natur und Geburt ſchon waren (XIII).

4) Ich glaube, daß in Gottes Weltordnung nichts Unnatürliches und Uebernatürliches geſchieht; daß aber ungewöhnliche und nie dageweſene Wirkungen durch ungewöhnliche und nie dageweſene Urſachen erfolgen, alſo daß auch Chriſti ganzes Auftreten, Daſein und Wirken nichts Uebernatürliches noch Unnatürliches geweſen, aber daß er als eine auf Erden nie dageweſene und nie wiederkehrende, alſo in ihrer Art einzige Urſache nie dageweſener und ewig fortgehender und ſich immer mehr ausbreitender Wirkungen anfgetreten iſt (XIII.).

5) Ich glaube, daß der einzige und wahre Weg des Heils für die Menſchheit in der durch Chriſtus gebotenen rechten und ſich in rechter Weiſe bethätigenden Liebe zu Gott und dem Nächſten liegt, und daß die Einigung in dieſer Liebe und das Handeln im Sinne derſelben eben das iſt, was uns in höherm Sinne Eines Geiſtes werden läßt (XIII. XXVIII. XXX.).

6) Ich glaube, daß Chriſti Lehre und Kirche nicht abnehmen, ſondern wachſen wird, alſo daß alle Menſchen ſich dereinſt darunter einigen werden, und wem es hier nicht gegeben wird, dem wird es jenſeits gegeben werden (XIV. XXX.).

7) Ich glaube, daß die Gemeine und hiemit Kirche Chriſti der Leib iſt, in dem Chriſti Geiſt waltet allezeit, und daß die Lehre Chriſti, in ſeinem Sinne verkündigt, geſchrieben, ausgelegt, aufgenommen und befolgt, Taufe und Abendmahl in ſeinem Sinne verrichtet, empfangen und wirkend, die hauptſächlichſten Vermittelungen ſind, Chriſtus leiblich geiſtig in der Gemeine und hiermit Kirche lebendig fortzuerhalten, die Menſchen als Glieder ihm zu eigen zu machen und als ſolche zu ſtärken und geeinigt zu erhalten (XXX.).

8) Ich glaube an eine Auferſtehung und ein ewiges Leben des Menſchen in Folge dieſes zeitlichen Lebens, nach dem Muſterbilde Chriſti, alſo, daß der jetzige Leib und das jetzige Leben des Menſchen nur ein kleines dunkles Samenkorn eines künftig daraus erſtehenden freiern und lichtern Leibes und Lebens ſei; da unſre Seele mit einem größern Bau überkleidet werden wird, einem Hauſe, nicht mit Händen gemacht, das ewig iſt, im Himmel, da offenbar werden wird Alles, was jetzt verborgen iſt, da wir klar erkennen werden, was wir hier nur ſtückweis und wie durch einen Spiegel im dunkeln Wort erkannten, da wir uns alle von Angeſicht zu Angeſicht einander und Chriſto Jeſu gegenüber finden werden, die wir hier mit ihm und durch ihn im Geiſte zuſammengehangen haben.

Ich glaube, daß dies zeitliche Leben eine Vorbereitung auf das ewige iſt, alſo daß ſich jeder durch ſeine gute oder ſchlechte Geſinnung und guten oder ſchlechten Werke die Bedingungen eines ſeligen oder unſeligen Daſeins im jenſeitigen Leben ſelbſt erſchafft, daß ſeine Werke ihm nachfolgen werden und er ärnten wird, was er geſäet hat (XXVIII. XXX.).

9) Ich glaube, daß der Sinn der göttlichen Gebote nicht der iſt, des Menſchen Glück und Freude zu verkümmern, ſondern ihren Willen und ihr Handeln ſo zu ordnen und zu richten, daß das größtmögliche Glück Aller in Zuſammenſtimmung beſtehen könne. Ich glaube, daß der Menſch in dieſem Sinne ſein Wollen und Handeln nach allen Beziehungen auszubauen hat, als wodurch er dem Sinn der göttlichen Gebote auch da genügen wird, wo ſie nichts geboten haben. Ich glaube, daß der Menſch nicht im Sinne des größtmöglichen Glückes Aller handeln kann, ohne im Sinne ſeines eignen größtmöglichen Glücks zu handeln (XI. XXVIII.).

10) Ich glaube, daß das Uebel Folgen erzeugt, durch welche es im Laufe der Zeiten ſich ſelbſt ſtraft, das Gute Folgen, durch welche es im Laufe der Zeiten ſich ſelbſt lohnt. Ich glaube, daß die Folgen des Dieſſeits ins Jenſeits hinausreichen und dort die Gerechtigkeit vollzogen wird, die hier nur angehoben oder verſchoben iſt. Ich glaube, daß die Strafe des Böſen und der Lohn des Guten, je länger verſchoben, endlich ſo ſtärker hereinbrechen und dereinſt ſo lange wachſen, bis der Böſe zur Umkehr genöthigt iſt, der Gute ſich im ewigen Zuge

der göttlichen Gnade fühlt. Ich glaube, daß der freie Wille des Menſchen nur den Weg zu dieſem Ziele, nicht das Ziel ſelbſt ändern kann. Ich glaube, daß dies der Sinn nicht einer todten Weltordnung iſt, ſondern daß es das lebendige Wohnen des göttlichen Geiſtes in der Welt iſt, was ihrer Ordnung dieſen Sinn einpflanzt (XIX, D. XXVIII.).

11) Ich glaube, daß vor Gott nur ein gutes Wiſſen beſtehen kann, alſo daß jede Erkenntniß vergeblich, verwerflich iſt und einſt verworfen wird, die nicht dem Beſten dient, und das Weſen und Gute im höchſten Sinne Eins und daſſelbe (XIX. A.).

12) Ich glaube, daß die Vernunft der Unmündigen ſich zu beſcheiden hat vor einer höhern Vernunft, die ihr Recht bewährt hat in der Geſchichte durch die Erziehung der Mündigen. Ich glaube, daß die Vernunft der Mündigen des eignen Irrthums Möglichkeit gedenk bleiben und Acht haben ſoll, daß ſie nicht, beſſern wollend an dem, was bisher feſtſtand, die Grundlagen des Guten ſelber erſchüttert, die vor Allem und über Alles zu erhalten. Ich glaube, daß alles Neue, was beſtehen ſoll, nur erwachſen kann aus dem, was ſchon beſtanden hat, nicht durch den Umſturz, ſondern die Fortbildung oder die Verjüngung des Beſtehenden oder Beſtandenen. Ich glaube, daß in der Verjüngung nur fallen können altgewordene Hüllen, doch friſcher, höher, weiter treiben muß der alte Kern (XIX. A.).

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.

UEBER

DIE PHYSIKALISCHE

UND

PHILOSOPHISCHE

ATOMENLEHRE

VON

GUSTAV THEODOR FECHNER.

LEIPZIG:
VERLAG VON HERMANN MENDELSSOHN.

1855.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

VORWORT.

Von den zwei, durch besondere Titel unterschiedenen Abtheilungen dieser Schrift hat die erste den Zweck, die Atomistik der Körperwelt, nach ihrer Gestaltung durch die neuere exacte Physik, den philosophischen Anfechtungen gegenüber, denen sie unterliegt, als eine in der Natur gegründete, von der Naturwissenschaft daher gefoderte, mit höhern allgemeinern Interessen nicht nur wohl verträgliche, sondern auch denselben dienstbare Ansicht ins Licht zu stellen, und von hier aus einige allgemeinere Blicke auf die philosophischen Richtungen zu werfen, mit denen sie in Conflict kommt; die zweite, zu zeigen, wie ein philosophischer Abschluss der Atomistik, den ihre Gegner bisher noch vermissen konnten, doch denkbar sei nicht unter Aufgabe ihres bisherigen Wesens und ihrer bisher festgestellten Sätze, sondern durch Vorwegnahme des Ziels ihrer bisher eingeschlagenen Richtung.

Indem sich diese Schrift hienach wesentlich gegen philosophische Gegner wendet, wendet sie sich doch keineswegs ausschliesslich an dieselben. In der Hauptsache hat sie ein allgemeineres Publicum vor Augen, was Interesse an den allgemeinern Streitfragen, welche die Wissenschaft bewegen, nimmt, und dessen Urtheil über die vorliegende bisher, wie mich dünkt, in unbilliger Einseitigkeit von der Gegenseite her bestimmt worden ist. Und gewiss verdient die Frage, um die es sich hier handelt, ein allgemeineres Interesse. Die Atomenfrage ist vielleicht der Punkt, in dem heutige Philosophie und heutige Naturwissenschaft am härtesten zusammentreffen und wieder am weitesten auseinandergehen. Die Frage, gibt es Atome oder nicht, ist zugleich die Frage über die Grundgestaltung, fast kann man sagen, um die Existenz der einen und der andern Lehre nach ihrem heutigen Bestande.

Physiker anlangend, so kann sich diese Schrift zwar nicht speciell und vorzugsweise an sie wenden wollen, sofern es für die meisten derselben einer Vertheidigung der Atomistik nicht bedarf, um einen philosophischen Abschluss derselben es nur wenigen zu thun sein mag. Doch dürfte für manche derselben die im ersten Theile gegebene Zusammenstellung der wichtigsten, theils empirischen, theils formalen Gesichtspunkte, auf welche sich die Atomistik stützen kann, immerhin in sofern von Interesse sein, als es (meines Wissens wenigstens) an einer Zusammenstellung der Art überhaupt fehlt, und als denen, welche nicht eine besondere Aufmerksamkeit auf die Fundamente der Naturwissenschaften gerichtet haben, leicht selbst entgeht, wie tief und wesentlich die Atomistik nach allen Seiten damit verwachsen, wie sehr durch das Bedürfniss, die Erscheinungen exact und klar zu verknüpfen, gefodert ist, ja es dürfte darin, dass sie ihre grössten Leistungen stets so still im Schoosse der Naturwissenschaft vollbracht, und dagegen stets so laut von Seiten der Philosophen angegriffen worden ist, einer der Hauptgründe liegen, dass sie selbst unter Naturforschern noch nicht die volle und allgemeine Anerkennung gefunden hat, die sie verdient. Mancher athmet ihre Luft, und meint, sie sei nur Luft, weil er sich nicht überreden kann, dass die Angriffe der Philosophie selbst nur luftige seien.

Auch kann dem Physiker, der sich nicht einseitig in seiner Wissenschaft abschliessen will, die Differenz, in der er sich über eine der wichtigsten Grundlagen derselben mit der herrschenden Philosophie findet, doch nicht gleichgültig sein; und nachdem eine Verhandlung darüber bisher fast nur von der Gegenseite her stattgefunden hat, mag es wohl sein Interesse berühren, dieselbe mit den zu Gebote stehenden Mitteln einmal von dem Standpunkt, auf dem er selbst steht, aufgenommen zu sehen. Hiebei galt es dann, weil die physikalische Atomistik nicht blos, oder eigentlich gar nicht, mit physikalischen Gründen angegriffen wird, ausser der Vertheidigung durch solche, die für den Physiker als solchen immer die entscheidenden bleiben werden, auch die allgemeinern Gesichtspunkte und Beziehungen ins Auge zu fassen, unter welche die Atomistik tritt. Während nun die ersten Kapitel der ersten Abtheilung sich vorzugsweise mit der rein physikalischen Seite des Gegenstandes beschäftigen, ist in den letzten auf die allgemeinern Beziehungen desselben eingegangen und zu den Principien selbst, auf welche die physikalischen Argumente sich stützen, mit zurückgegangen.

Vielleicht darf ich in dieser Beziehung für eine Reihe von Betrachtungen im achten Kapitel der ersten Abtheilung einige Aufmerksamkeit des Physikers insbesondere aus folgendem Gesichtspunkte in Anspruch nehmen. Es scheint mir, dass Physiker und überhaupt Naturforscher, wenn sie zu gewissen Gränzbetrachtungen ihres Gebiets gelangen, sich leicht dadurch desorientiren lassen, dass sie meinen, es sei hinter der Welt der körperlichen und geistigen Erscheinung noch ein dunkles Wesen anzunehmen und bei gründlichster Betrachtung darauf Rücksicht zu nehmen, wozu die Philosophie den Schlüssel sei es biete oder bieten solle. All' was wir sehen, hören, tastend fühlen, ja wohl gar, was wir denken, sei doch nur subjectiver Schein, gezogen vor etwas, was den Schein erst gibt, der für Jeden ein anderer nach dem andern Baue seines Auges und Gehirns, die nur Instrumente dieses Scheines; und es gelte endlich immer, nach dem wahrhaft und objectiv an sich Seienden, Realen zu fragen, das hinter aller Welt des Scheines liegt, und, wo nicht die Beschaffenheit und Verhältnisse dieses Seienden an sich, die immerhin unerkennbar sein mögen, aber die Verhältnisse der Scheinwelt dazu festzustellen und diese selbst jedenfalls als solche anzuerkennen. Das endlich sei die wahre Tiefe. (Kant, Herbart, die meisten Naturforscher, wenn sie sich vertiefen.) Ich suche zu zeigen, dass es die Tiefe eines Schattens ist, die man hinter der Tiefe der ganzen vollen lichten Welt noch sucht. Zwar gibt es Schatten, doch nur, den die Dinge auf einander selber werfen. Und die Verhältnisse davon aufzusuchen, gibt allein das wahre und höhere Licht.

Es kann natürlich nicht meine Absicht sein, diesen Gegenstand im Vorwort hier recapituliren zu wollen; doch will ich hier zur Erläuterung noch eine kleine Historie beifügen, die mir eben beifällt, indem ich dieses schreibe. Prof. Erman d. A. erzählte sie mir, als ich ihn vor Jahren in Berlin besuchte, und sie ist mir, ich weiss nicht warum, im Gedächtniss geblieben, nachdem mir so viel merkwürdigere Geschichten entfallen sind.

Ein vornehmer Pole oder Russe besuchte ein grosses Fabriketablissement in Berlin, das durch eine Dampfmaschine in Betrieb gesetzt war. Er liess sich in der ganzen Anstalt herumführen, besah alle Theile derselben sehr genau, verfolgte das Ineinandergreifen der Maschinentheile, fragte nach allem Möglichen, unterhielt sich über die Verhältnisse der Anstalt mit dem herumführenden Werkführer sehr verständig, kurz, schien vollkommen über den Gang, das Getriebe der Anstalt orientirt zu sein; als er endlich, nachdem Alles durchgegangen war, zum höchsten Erstaunen des Werkführers sagte: wollen Sie mir nun nicht auch die untern Räume zeigen, wo die Pferde stehen. — So fragt man nach den Pferden unten, nachdem man den ganzen Gang, und, wenn nicht den Erbauer, aber die Arbeiter an der Maschine, Alles vor Augen gehabt hat.

Ich sage einfach in jenem Capitel: es gibt keine Pferde unten.

Gelänge es mir, mit meiner Darstellung der Philosophie auch nur eine Seele abzustreiten, die sich mit ihr in jene dunkle Tiefe der Betrachtungen verloren geben will, wo Alles nur Heulen und Zähnklappen und jeder wider den Andern ist, so würde ich schon glauben, etwas geleistet zu haben.

Nicht für unnütz halte ich es, besonders darauf hinzuweisen, dass, während die zweite Abtheilung dieser Schrift sich ganz auf die erste stützt, und ohne die Begründungen der ersten gar keinen Boden haben würde, dagegen nicht das Umgekehrte der Fall ist, wenn schon die Gegner aus Gesichtspunkten, denen entgegenzutreten gerade eine Hauptabsicht dieser Schrift ist, es vielleicht so darstellen mögen, als hänge die Gültigkeit der physikalischen Atomistik, wie sie in der ersten Abtheilung vertheidigt wird, an der Gültigkeit einer philosophischen Atomistik, zu der sie Dieser oder Jener erheben oder in der sie Dieser oder Jener (respectiv wir selbst) abzuschliessen versuchen mag; und könne ich also auch die physikalische Atomistik nur auf Grund der philosophischen halten wollen, in der ich sie in der zweiten Abtheilung abzuschliessen versuche. Dies aber heisst, meines Erachtens, die Sache auf den Kopf stellen. Selbst wenn man den metaphysischen Gesichtspunkt (im Sinne der Auffassung der Metaphysik S. 127), durch den ich den philosophischen Abschluss zu bewirken versuche, verwerfen will, würden damit doch alle Argumente, welche für die physikalische Atomistik nach ihrem heutigen Stande bestehen, bestehend bleiben. Die Sachlage ist die, dass die physikalische Atomistik, indem sie eine Gliederung und Untergliederung der Körper über das scheinbare Continuum hinaus in discrete Theile fodert, behauptet und beweist, und darin liegt ihr Wesen, doch über die Beschaffenheit der letzten Glieder, der Grundatome noch nichts Bestimmtes auszusagen vermag. Wie sich die Welt in discrete Weltsysteme und Weltkörper gliedert, so weiter der Weltkörper und jeder Körper in Atomensysteme (sog. Molecule) und Atome, die nur aus ähnlichen Gründen eine continuirliche Masse zu bilden scheinen, als die Sterne im Nebelflecke. Das ist, kurz gesagt, das, was sie weiss. Aber wie gross, wie klein, wie gestaltet, als was überhaupt zu fassen sind endlich die letzten Glieder, die Grundatome? Die Physik vermag uns darüber nichts Sicheres zu sagen. Nur das eben weiss sie zu sagen, die Gliederung in Discretes reicht weiter, als das Auge und das Mikroskop solche verfolgen lässt. Die Gränze aber liegt für sie noch im Unbestimmten und Dunkeln. Nun kann man diese Unbestimmtheit, die so in letzter Instanz physikalischerseits noch übrig bleibt, in philosophischem Interesse und mit einem philosophischen Vorblick zu erledigen suchen; aber gesetzt, das Interesse werde durch den Versuch nicht befriedigt, der Blick habe getäuscht, die philosophische Ansicht, die über den physikalischen Nexus von Thatsachen, den die heutige Atomistik repräsentirt und gewährt, hinaus oder hinter denselben zurückzugehen versucht, sei irrig, so würde dies nur eine neue philosophische Ansicht, einen zulänglichern Abschluss fodern, nicht jenen Nexus von Thatsachen, und hiemit nicht die physikalische Atomistik ungültig machen. Dass aber die Atomistik in jener vorsichtigen Beschränkung, in der wir sie im ersten Theile halten, und in der sie jeder besonnene Physiker mit uns halten wird, wo selbst vieles physikalisch dabei zu Bestimmende noch dahingestellt wird, die philosophischen Fragen und Schwierigkeiten über das Wesen der Materie und Kraft aber noch gar nicht beginnen und nur ungehörigerweise ins Spiel gezogen werden könnten, dass, sage ich, die Atomistik in dieser vorsichtigen Beschränkung wirklich eine Ansicht ist, die einen Nexus von Thatsachen repräsentirt und gewährt, soll eben durch den ersten Theil dieser Schrift gezeigt werden.

Wenn ich dann aber doch im zweiten Theile den Versuch mache, diese Beschränkung aufzugeben, und auf die letzte Constitution der Materie selbst einzugehen, so mag man diesen Versuch mit Nachsicht aufnehmen. Will man einmal mit einer Metaphysik über eine Physik hinausgehen, und ich meine, es ist wirklich ein Bedürfniss des Menschen, nach jedem Ziel vorauszublicken, schon ehe man dabei steht, so halte ich dafür, dass die dort aufgestellte Ansicht die wahrscheinlichste ist, auf die man kommen kann, indem sie sich eben so als absolute Gränze des Weges, den der Nexus der physikalischen Thatsachen schon zu gehen nöthigt (daher auch schon Physiker vor mir darauf gekommen sind), wie dadurch empfiehlt, dass sie selbst einen reinen und klaren Nexus metaphysischer Begriffe mitführt, der nun freilich kein dialektischer im Sinne der neuern Philosophie ist, den ich aber demselben weit vorziehe, weil er nicht blos Product und Producent eines zweideutigen Formalismus ist, sondern den vorstellbaren Zusammenhang der Weltdinge direct und compact in letzte Spitzen und Knoten zusammenfasst. Indem ich aber selbst (S. 127) gestehe, dass ich die Metaphysik für keine so exacte Wissenschaft halte, als die mathematische Physik, gestehe ich auch ein Moment der Unsicherheit in solchen Betrachtungen, wie ich sie anstellen werde, zu. Man mag dies Bekenntniss der Unsicherheit eines der wichtigsten Theile der Philosophie für eine Ketzerei gegen die Philosophie selbst halten, doch spricht jedenfalls der thatsächliche Stand aller bisherigen Metaphysik für mich.

Mit Vorigem glaube ich zugleich den formellen Gesichtspunkt, nach welchem ich in dieser Schrift die physikalische und philosophische Atomistik scheide, hinreichend bezeichnet zu haben; denn Misverständniss wäre es, mir eine Scheidung in der Sache aufbürden zu wollen. In der physikalischen Atomistik stelle ich das auf, was sich bis jetzt physikalisch, d. i. durch eine Verknüpfung von Thatsachen begründen lässt, in der philosophischen Das, was sich auf Grund des physikalisch Begründeten philosophisch, d. h. aus dem Bedürfniss, einen reinen begrifflichen Abschluss fodern lässt. Aber Foderungen haben überhaupt nicht leicht die Sicherheit von Begründungen; und es ist gut, beides so scharf und streng als möglich auseinander zu halten. Nur darum eben sind hier zwei Theile aus dem gemacht, welchem eine einige Sache unterliegen muss. Nach Massgabe, als die Physik fortschreitet, wird sie nun entweder den philosophischen Vorfoderungen immer mehr nachkommen oder die Philosophie ihrerseits ihre Foderungen nach diesen Fortschritten immer mehr entweder berichtigen oder fester stellen können; denn je weiter der *Fortschritt zum Ziele*, desto sicherer der Verblick danach. Das richtige philosophische Ziel der Physik wird endlich die Vollendung der Physik sein.

Ich wünschte, dass auch die Gegner der Atomistik die Trennung der zwei Fragen, die hiemit gemacht wird, wohl im Auge behalten: besteht eine Gliederung der continuirlich erscheinenden Körpermassen, und, ist die Weise, wie sich dieser oder jener, wir selbst, die Constitution der letzten Glieder denkt, richtig? und eben nur in jener Frage die Lebensfrage der physikalischen Atomistik sehen mögen, weil sie in der That nur darin liegt. Nur zu häufig, ja vielleicht gewöhnlich, wird die erste Frage blos deshalb verneint, weil sie mit der zweiten zusammengeworfen, verwechselt und vermengt wird. Man trennt aber doch sonst überall zweckmässig zwei Fragen, wenn sie sich wirklich trennen lassen und möglicherweise eine verschiedene Beantwortung zulassen, was hier der Fall ist. Was ist nicht Alles über die Constitution der letzten Atome gefabelt und gefaselt worden, wie wenig klare Vorstellungen herrschen noch über das Wesen der Materie überhaupt und haben in atomistischen Darstellungen nicht minder als dynamischen Platz gegriffen. Die Beurtheilung der Triftigkeit der physikalischen Atomistik innerhalb der bezeichneten Gränzen hängt aber gar nicht hieran, sondern blos ihre Fortentwickelung und Vertiefung. Wer durch solche untriftige Auffassungen der letzten Glieder und des Begriffs der Materie, Kraft u. s. w. die discrete Gliederung der Materie überhaupt widerlegt halten wollte, würde gerade so untriftig schliessen, als wer die Zellen in der Pflanze damit widerlegt halten wollte, dass über die ursprüngliche Bildung, die letzte Constitution der Zellenwand und des Zellenkerns und den Begriff der Zelle selbst noch höchst unsichere, schwankende und unklare Vorstellungen bestehen. Die Zelle besteht trotz dem. Ein Fehler der Gegner ist freilich der, dass sie meinen, die Existenz des Atoms sei darum weniger erweislich, als der Zelle, weil jene nur durch einen Zusammenhang von Erfahrungen, diese schon durch eine einzelne Erfahrung constatirt werden kann. Hierüber weiter zu sprechen, ist im Vorwort nicht der Ort; die Schrift selbst wird diesen Punkt weiter zu beleuchten haben.

Ich bezweifle freilich nicht, dass mein obiger Wunsch umsonst gethan ist. Die philosophischen Gegner werden ebenso wenig geneigt sein, auf die verlangte Trennung der genannten Fragen einzugehen, als noch einiger andern Fragen, worauf ich nicht minder im Laufe dieser Schrift dringe; und ich leugne gar nicht, dass in jedem aprioristischen Zusammenhange alle diese Fragen auch im Zusammenhange werden aufzufassen und zu behandeln sein. Allein man vergesse nicht, dass im Folgenden nicht die Absicht ist, den mannichfachen und sich widerstreitenden aprioristischen Untersuchungen über diese Fragen eine neue hinzuzufügen, wozu gewiss kein Bedürfniss vorhanden ist, sondern vielmehr denselben auf einem von ihrem Widerstreite unbetheiligten Wege entgegenzutreten, mit der Untersuchung dessen nämlich, was Thatsachen im Sinne exacter (d. i. logisch mathematischer) Verknüpfung lehren und fodern. Selbst der Philosoph aber, mag er auch diesen Weg nicht selbst gehen wollen, kann oder sollte wenigstens nicht eine Controle und Prüfung auf demselben verwerfen. Um so mehr setze ich voraus, dass sie andern erwünscht sein kann; und ich wende mich wie gesagt nicht allein an Philosophen. Die exacte Wissenschaft kann aber principiell nicht aus Einem vorweggenommenen Grundsatz heraus Alles beweisen oder erledigen wollen, wie es die Philosophie wohl oft versucht, aber niemals geleistet hat; und das bisherige Mislingen dieser Versuche macht selbst die Controle auf dem andern Wege nöthig, den wir hier einschlagen. Darum bedarf es hier einer Trennung von manchen Fragen, welche die Philosophie immerhin in solidarischer Verbindung behandeln und sich damit der Gefahr aussetzen mag, dass mit einem Theile ihres Zusammenhanges ihr ganzer Zusammenhang fällt.*)

---

*) Eine Abhandlung des jüngern Fichte gegen die Atomistik (in d. Zeitschr.

Man wird übrigens schon nach dem Umstande, dass ich nach einer Bestreitung der philosophischen Gegner im ersten Theile selbst auf den Versuch eines philosophischen Abschlusses der Atomistik im zweiten Theile eingehe und im Laufe des ersten Theils sogar ein Hauptargument für die Atomistik darein lege, sie gegen so manche Physiker (und Chemiker) selbst damit vertheidige, dass sie durch die Philosophie der Physik gefodert werde, dieser Schrift nicht den Vorwurf machen können, dass sie eine antiphilosophische Richtung verfolge. Und so sehr die Richtung unserer Philosophie, die wir so zu nennen

---

f. Philos. 1854 S. 24), die mir zu Händen kommt, nachdem diese ganze Schrift mit Einschluss des Vorworts schon geschrieben war, gibt mir Anlass, dem Obigen noch einige bekräftigende Worte hinzuzufügen. Die oben gefoderte Trennung beider Fragen wird auch in dieser Abhandlung vermisst; und was vom Verf. gegen die Versuche mancher Physiker, theils die letzte Constitution der Atome zu ergründen, theils die Thatsache der Atome begrifflich zu fassen, zu beziehen und zu deuten, nicht untriftig gesagt worden ist, erscheint doch sogleich untriftig, wenn es gegen die Atomistik überhaupt gelten soll. Nach Massgabe als der Physiker über die Gränzen der ersten Fragstellung hinaus in das Gebiet der Philosophie hinübergreift, und die Auffoderung dazu bestreite ich nicht, da ich ihr selbst nachgebe, fällt er auch fast nothwendig dem Schicksal anheim, was alle philosophischen Versuche, das Letzte zu ergründen und Grundbegriffe auf einander zu beziehen, bisher gehabt haben, d. i. ins Schwankende, Streitige zu gerathen, wobei das Meiste in der Regel Wortstreit ist.

Aber eben deshalb muss man Das, worüber alle Atomistiker einig und aus physikalischem Gesichtspunkte klar sind, von Dem trennen, worüber sie uneins und philosophisch unklar sind. Indem Fichte eins mit dem andern verwirft, schüttet er das Kind mit dem Bade aus, das allein wegzuschütten war. Hiezu bringen wir selbst einen Topf herbei; das Kind aber wollen wir retten.

Die physikalische Atomistik, wie sie von mir im 7. Capitel des ersten Theils dargelegt ist, kann überhaupt weder philosophisch (aus Begriffen heraus) begründet, noch widerlegt werden; sie kann aber selbst unter den Grundlagen einer Philosophie zählen, welche ihre Begriffe auf Sachverhältnisse stützen will. Die philosophische Atomistik, wie sie von mir im zweiten Theile dargelegt ist, steht natürlich auch philosophischen Einwürfen offen.

Eine ausführlichere Replik gegen Fichte habe ich im dritten Heft der philosophischen Zeitschrift 1854 geliefert.

nicht scheuen, der herrschenden aus gewissem Gesichtspunkte entgegengesetzt sein mag, bleibt ihr doch die Aufgabe, Allgemeinstes, Höchstes und Letztes zu suchen, damit gemein. Der Unterschied liegt zuletzt nur in dem Wege und der Weise des Suchens. Nun bestrebe ich mich zu zeigen, dass mit der Atomistik sich nicht nur ein Suchen Dessen, was die Philosophie zu suchen hat, sehr wohl veträgt, sondern dass sie selbst als ein Fund im Sinne dieses Suchens zu betrachten ist, der von der Philosophie vorlängst zuerst erblickt, von der Physik aber aufgehoben ward, und den diese der Philosophie, die ihn inzwischen verwarf, in vollkommenerer Gestalt nun wieder bietet. Ich suche zu zeigen, wie eine Philosophie, die diesen Fund verwirft, sich selbst verloren gibt; womit doch nicht die Philosophie überhaupt verloren sein wird; denn die Philosophie stirbt nicht. Alles, was ich in dieser Schrift gegen die Philosophen und die Philosophie ohne Beisatz sage, hat man also auch nur gegen die jetzt weit vorherrschende antiatomistische Richtung der Philosophie, nicht gegen die Philosophie überhaupt gesagt zu halten. Es wäre nur weitläufig gewesen, dies jedesmal besonders hinzuzufügen; und wer mich in dieser Beziehung nicht misverstehen will, kann mich nicht misverstehen.

Wenn man aber die Angriffe in dieser Schrift gegen die Schelling'sche, Hegel'sche, Herbart'sche und die von erstern abgeleiteten Weisen des Philosophirens (als sämmtlich der antiatomistischen Richtung angehörig und sie heutzutage hauptsächlich bestimmend) doch etwas hart und unumwunden findet, so möge man nicht übersehen, dass sie als Abwehr gleich harter und, wie hier mindestens zu zeigen versucht wird, minder gerechter und begründeter Angriffe gegen die hier vertretene Lehre motivirt sind.

Es mag aber allerdings sein, dass im Eifer der Vertheidigung oder des Angriffs die Anerkennung doch zu sehr zurücktritt, die in jedem Fall Männern gebührt, welche, wenn auch nicht die wirklichen Besitzer der absoluten Sophia, als die sie sich selbst laut proclamirten, doch sicher die Vertreter und Erhalter einer Philosophie längere Zeit hindurch gewesen und es noch in ihren Abkömmlingen sind, die nur das lebhafte Begehren mit dem Haben, den Gang mit dem Ziele verwechselte. Gibt's doch ohne Begehren kein Haben, ohne Gang kein Ziel; und wer wird je sich des vollen sichern Habens, der richtigen Fassung des Ziels voll rühmen können. Ja, gestehe ich es, fast schlägt mir das Gewissen, wenn ich mich erinnere, was ich selbst jenen Männern verdanke, wie ich, der ich so weit von Schelling abgefallen und nur diesen Abfall hier zur Geltung bringe, doch ursprünglich mit meiner ganzen Philosophie von seinem Stamm gefallen; wie ich die beste Frucht von einem freilich weit abgebogenen Zweige Hegel's gepflückt, wie ich aus Herbart's Asche, um die ich Stamm und Frucht bedaure und vermisse, doch eine Kohle auf meinem eigenen Herde gebrannt (Zend-Avesta II. 351. 43. 373). Es soll ja aber auch mit all' dem, was in dieser Schrift nach ihrem Charakter als Streitschrift gesagt ist und gesagt werden musste, nicht überhaupt gesagt sein, dass Die, gegen welche sie sich richtet, im Ganzen umsonst gelebt und gestrebt haben, da sie das Bewusstsein, dass es über der gemeinen Sinnesbetrachtung, der zerstückelten Weltauffassung, der todten Regel noch etwas Allgemeineres, Höheres, Lebendigeres, Ganzes, nach allen endlichen Zielen auch letzte Ziele gebe, nicht nur aufrecht erhalten, sondern auch diesem Bewusstsein eine, wenn schon nur schwankende und zerfliessliche Gestaltung, aber doch eine Gestaltung, die sicher grosse Züge der Wahrheit enthält, gegeben haben; und dass Alle, die von ihnen ausgegangen und über sie hinausgegangen (denn wer stände noch ganz bei ihnen), nur in grössere Irren gegangen sind. Im Gegentheil; es hiesse, mit ihrem Streben zugleich das unsere schlagen. Nur eben in dieser Schrift, bei diesem Gegenstande war wenig Anlass, dies hervorzuheben, was ich hier nun zur Ergänzung eines sonst mit Recht unbillig und halb blind erscheinenden Urtheils glaube hervorheben zu müssen, da die Opposition, in die ihre Richtungen gegen die hier vertretene treten, meines Erachtens eben nicht auf jenen Vorzügen der grossen, hohen, einigen, lebendigen Betrachtung und Gestaltung, sondern auf dem gänzlichen Verkennen und Fehlen der Bedingungen einer klaren Betrachtung, einer haltbaren Gestaltung, auf der Zerfliesslichkeit und Bodenlosigkeit ihrer Fundamente beruht; und in dieser Hinsicht weiss ich nichts von den gemachten Angriffen zurückzunehmen oder in Betreff Herbart's nur soviel auszunehmen, als ich freilich zugleich von jenen Vorzügen bei ihm zurücknehmen muss.

Vielleicht kann es für den ersten Blick auffallend erscheinen, dass gerade gegen Herbart sich in dieser Schrift manche vorzugsweise scharfe Aeusserungen finden, da unter allen genannten Richtungen die seinige der hier vertretenen am verwandtesten erscheinen mag. Ist er doch auch ein Atomistiker, in anderer Bedeutung zwar, so dass er unserer Atomistik direct widerspricht; aber hängt dies nicht blos daran, dass er mit seiner Atomistik bis zu grösserer Tiefe herabgegangen; bleibt doch das atomistische Princip ihm mit uns gemein; — dringt er doch ganz ebenso sehr wie wir darauf, rein vom Gegebenen auszugehen, zwar nur, um es sofort in ein Nichtgegebenes zu verwandeln; aber theilen wir nicht mit dem atomistischen Princip nun auch den Ausgangspunkt und Realgrund seines philosophischen Ganges, und sind nicht unsere Atome auch ein Nichtgegebenes?

So mag man den Grund darin finden, dass, wo zwei Richtungen nicht überhaupt zusammenfallen, jeder Berührungspunkt mehr zugleich ein Divergenzpunkt mehr ist, der die Abweichung um so schärfer hervortreten lässt, und zwischen Verwandten die Gelegenheit zu Conflicten oft am grössten. In der That sind jene Berührungspunkte, die ich anerkenne, zugleich Punkte, von denen aus die wesentlichste Abweichung beginnt, so, dass man nach Allem die Verwandtschaft der beiderseitigen Weltanschauungsweisen doch nicht zu gross finden wird.

Inzwischen weil Das, was wir unsere philosophische Atomistik nennen, sei es im Princip, sei es in der Sache, doch um so leichter mit der Herbart'schen Monadologie verwechselt werden könnte, als sie sich auch im Namen der einfachen Wesen mit ihr begegnet, habe ich kurz sowohl jene Berührungspunkte, die sie wirklich damit gemein hat, als die Gesichtspunkte der Abweichung davon in einer übersichtlichen Zusammenstellung der Hauptmomente der beiderseitigen Weltansichten (im V. Capitel der zweiten Abtheilung) zu resumiren gesucht, wobei ich mir erlaube, hinsichtlich der nähern Begründung meines Urtheils über die Herbart'sche Metaphysik (um die sich's allein bei den hier besprochenen Fragen handelt) auf eine, diesem Gegenstand besonders gewidmete Abhandlung in Fichte's Zeits. N. F. Band XXIII. Heft 1. mit zu verweisen.

Ob aber die Richtung, die ich den genannten Richtungen gegenüber in dieser Schrift vertrete, und nach ihren formellen Gesichtspunkten an mehrern Orten dieser Schrift zu charakterisiren versucht habe, wirklich die richtige sei, darüber lässt sich freilich so gut streiten, als jene Richtungen unter einander selbst streiten, und es kann nun diese Schrift selbst mit zu dieser Vertretung dienen.

Indem ich in diesem Vorwort die Richtung, den Charakter und Inhalt der ganzen Schrift nach ihren beiden Abtheilungen zugleich in allgemeinster Weise vorweg anzudeuten suchte, liegt es in der Natur der Sache, dass auf Manches davon in den besondern Eingängen und Betrachtungen dieser Abtheilungen wird zurückzukommen sein, und es möge also entschuldigt werden, wenn in dieser Beziehung Einiges von allgemeinen Gesichtspunkten hier vorgegriffen und später als Wiederholung erscheint.

INHALT.

Ueber die physikalische Atomenlehre.

Seite
I. Eingang 1
II. Gründe erster Ordnung für die Atomistik 18
III. Gründe zweiter Ordnung für die Atomistik 32
IV. Einige besondere Gründe für die Atomistik 53
V. Aesthetischer Gesichtspunkt. Abweis des Vorwurfs, dass die Atomistik eine zersplitternde oder materialistische Weltanschauung . mitführe oder begünstige 63
VI. Einwurf, dass die Atomistik die Schwierigkeit nur zurückverlege 73
VII. Resumé der physikalischen Atomistik 78
VIII. Einige allgemeinere Erörterungen. Begriff der Materie und physischen Kraft 83
IX. Beziehungen der Atomistik zu den allgemeinsten, höchsten und letzten Dingen 118

Ueber die philosophische Atomenlehre.

I. Eingang 127
II. Grundgesichtspunkte 128
III. Ueber die Bewegung der einfachen Atome; ihr Verhältniss zur 153
Körperlichkeit und die Frage nach ihrer Qualität 153
IV. Historisches über die Ansicht von den einfachen Grundatomen oder die physikalische Monadologie 161
V. Verhältniss der physikalischen zur Herbart'schen Monadologie . 163

Anhang.

VI. Ueber die gegenseitige Begriffsstellung von Bewegung, Raum, Zeit, Zahl, Kraft 167
VII. Hypothese über das allgemeine Kraftgesetz der Natur 163

UEBER
DIE PHYSIKALISCHE ATOMENLEHRE.

BAYERISCHE
STAATS-
BIBLIOTHEK
MUENCHEN

I. Eingang.

Die allgemeinsten Grundbegriffe, Principien und Methoden der Mathematik und Naturwissenschaften fallen unstreitig mit in das Gebiet der Philosophie, wenn auch an eine andere Stelle und mit anderm Gewicht dort als hier, indem das Höchste und Letzte für jene nur etwas Untergeordnetes und Abgeleitetes für diese ist. Falls nun die Philosophie eine Ableitung dieser Fundamente der exacten Wissenschaften auf regressivem Wege aus diesen selbst verschmäht, vielmehr es zu ihren Aufgaben rechnet, aus allgemeinem Gesichtspunkte Fundamente von oben dafür zu legen oder die gerade herrschenden zu controliren und zu meistern, werden die exacten Wissenschaften beanspruchen dürfen, dass ihnen diese Fundamente, wenn nicht schon in fruchtbarer Anwendung, aber mit der Möglichkeit dazu von der Philosophie übergeben, mindestens gelassen werden, und die Methoden der letztern das Wahre zu finden, nicht in Widerspruch treten, noch zusammenhanglos bleiben mit denen, welche ihnen gestatten, das Wirkliche zu finden. Jede Erweiterung oder Verbesserung oder Erleichterung oder Vertiefung oder auch nur höhere Anknüpfung und Begründung von Methoden aber, die diesen Sinn haben, wird mit Dank von ihnen anzunehmen sein. Umgekehrt darf die Philosophie fordern, dass die Methoden und Schlüsse der exacten Wissenschaft nicht höhern ideellen und praktischen Interessen widerstreiten. Ueber diese allgemeinen Grundsätze dürfte an sich kein ernsthafter Streit bestehen, sondern nur über ihre Anwendung.

Um eine solche aber handelt es sich bei dem Streit zwischen der dynamischen und atomistischen Ansicht von der Grundconstitution der Körper. Der Physiker behauptet, die atomistische Ansicht für seine Zwecke zu brauchen, der Philosoph verweigert ihm die Anerkenntniss dieser Nothwendigkeit, und behauptet seinerseits die Unmöglichkeit, höhere allgemeinere Interessen mit der atomistischen Ansicht zu befriedigen. Was nun das Letzte anlangt, so ist es unstreitig dem

Physiker nicht zu verargen, wenn er bei dem Streit der philosophischen Systeme, unter welchen manche durch Monaden und einfache reale Wesen dem Atomismus sogar auf geistigem Gebiete oder hinter den Vorhängen der Welt nahe genug kommen, sich auf letztere Behauptung nicht allein verlässt, sondern bei der ihm einleuchtenden Nothwendigkeit des Gebrauches mindestens auf physischem Gebiete so lange beharrt, bis ihm der Gebrauch wirklich philosophischerseits entbehrlich gemacht worden ist, bis dahin aber auch in einer Ansicht, die ihn als Bindeglied von Realitäten zu Realitäten besser als jede andere führt, weniger als in jeder andern ein leeres Ideenspiel zu sehen geneigt ist. Er möchte sonst so thöricht zu nennen sein, wie der Hund der Fabel, der bei der Frage, ob das ideale Schatten- oder Spiegelbild im Flusse oder das Stück, was er im Munde hält, das wahre Fleisch, sich nicht an das halten wollte, was er eben hält und von dem er weiss, dass es ihn wirklich nährt, sind auch die Zähne, mit denen er es hält, nur ein trocken atomistisch Wesen, indess der Fluss, der es zum Opfer verlangt, schön wogt und fliesst und seine Bilder wechselt.

Es ist die Absicht des Folgenden, aus diesem Gesichtspunkte etwas näher darzulegen, was denn den Physiker nach dem jetzigen Standpunkte seiner Wissenschaft an die atomistische Ansicht theils bindet, theils abgesehen von den bindenden Gesichtspunkten sie ihm und, wie mich dünkt, Jedem, der nicht mit festen Voraussetzungen dem Zusammenhange und Kerne der Dinge nachspürt, annehmlich machen kann. Für die heutige Philosophie freilich ist eben die negative Ansicht, dass keine Atome seien, selbst die festeste Voraussetzung, so zu sagen der Hohlraum, um den sich ihre sonst nach allen Seiten divergirenden Wandungen noch zum Gewölbe einträchtig zusammenschliessen. Wer aber gesteht nicht, dass die heutige Philosophie am Abend ist und ein Morgen und einen Morgen verlangt; nun kann die Hoffnung nicht in dem liegen, was sie hat, sondern was sie verwirft. Sie verwirft aber mit so Manchem, woran ich Hoffnung knüpfen möchte, in der Atomistik etwas, was, wie ich zu zeigen denke, zum wesentlichen materialen und formalen Gefüge eben derjenigen Wissenschaft gehört, die heutzutage vor allen ihre Lebenskraft durch ihre Thatkraft, ihre Frische durch ihren Fortschritt, ihre Zukunft durch ihren wachsenden Erfolg beweist. Und so sehr ins Rohe und Grobe auch ihr atomistisch Wesen den hoch potenzirten Einheitsprincipien der herrschenden Philosophie gegenüber erst entwickelt sein mag, so dürfte es damit sein wie mit dem thatkräftigen Germanenthum, das, lange zurückgedämmt, doch endlich mit seinen rohen Horden in die alternde Weltherrschaft Roms einbrach, sie zerstörte, verjüngte, sich selbst aber damit zu höherer und allgemeinerer Bildung erhob.

Gewiss ist die jetzige Auffassung und Behandlung der Atomistik durch die Naturwissenschaft, die ganze Entwickelung derselben in vieler Beziehung erst eine rohe; doch scheint mir die jetzige Abweisung derselben durch die Philosophie und deren ganze Stellung zur Natur in jeder Beziehung noch roher. Denn sie steigt in die Natur von oben herab, wie der Bär in einen Bienenbau. Den zusammenhängenden Honig lobt er; dass aber die einzelnen kleinen Wesen ihn zusammengetragen und ein Recht daran haben, liegt ihm ferne, und indem er ihn mit einheitlichem Griffe fasst, meint er, das sei seine Zubereitung. Gegen die Bienen aber wüthet er grimmig und wirft den ganzen Bau um. Wogegen sich die atomistische Naturwissenschaft wie der Zeidler verhält, der wohl weiss, der ganze einheitliche Bau ist ein Werk unzähliger Einzelnen unter der Herrschaft eines still führenden Gesetzes, der sie hegt, ihren Flug verfolgt, ihr Weben und ihre Waben zum Gegenstande seiner steten und aufmerksamen Betrachtung und Beobachtung macht. Nun wohlan, weder der Bär noch der Zeidler wird den Andern zu seiner Behandlungsweise des Bienenvolks und Stocks bekehren, es gilt vielmehr einen Kampf auf Tod und Leben; und also meine ich auch nicht, mit Folgendem die jetzt herrschende Philosophie zur Pflege der Atomistik bekehren zu können; doch eben weil es den Kampf gilt, weil sich Naturwissenschaft und Naturphilosophie zu keiner Zeit gleichgültig gegeneinander verhalten können, sondern befehden müssen, wenn nicht befreunden können, dürfte es doch auch für den Philosophen nicht ohne Interesse sein, die Hauptgründe des gegnerischen Standpunktes etwas genauer dargestellt zu finden, als es gemeinhin zu geschehen pflegt; denn um sie zu bestreiten oder nur zu beurtheilen, gilt es jedenfalls erst, sie zu kennen. Ignoriren oder durch Schelten beseitigen lässt sich die Atomistik einmal nicht mehr. Sie ist eine factische Macht geworden. Nun liegen zwar die allgemeinsten Gründe des Physikers für die Atomistik offen vor, doch gerade nicht die schärfsten. Gegen jene stehen leicht wieder Allgemeinheiten zu Gebote; diese dagegen fordern ihrerseits ein scharfes Eingehen heraus; obschon sie vielleicht nur dieselben Allgemeinheiten als Entgegnung finden werden, mit denen schon jenen begegnet wird.

Auch sieht wohl Mancher dem Streite zu, der ausserhalb desselben steht, und möchte sich doch ein Urtheil über die Sachlage desselben bilden, die den ganzen Zusammenhang der Wissenschaft berührt, indem sie den Grundzusammenhang der Dinge betrifft. Oder vielmehr er hat es schon gebildet; aber woher? doch wohl nur nach den Darstellungen der Philosophen, welche die Atomistik abhandeln, als wäre sie heute noch die Atomistik des Leucipp, Demokrit und Epikur, oder auch abfertigen ohne sie abzuhandeln, verketzern ohne sie zu kennen und zu hören, als sei sie vielmehr eine Sache der Antiphilosophie als Philosophie; und freilich ist sie es, obwohl nur der heutigen Philosophie gegenüber. Wogegen die Physiker es sich von jeher vielmehr haben angelegen sein lassen, die Atomistik auszubeuten und auszuarbeiten, als vor der Menge auszubreiten und gegen Angriffe der Philosophen zu vertheidigen, die ihnen doch im Grunde wenig auf sich zu haben schienen, da die philosophisch vernichtete Atomistik inzwischen ihre physikalischen Früchte zu tragen fortfuhr, und es selbstverständlich schien, dass ein Baum, der Früchte trägt, auch Wurzeln hat. So viel zugänglicher aber sind die philosophischen Verketzerungen dem grossen Publicum gewesen als die physikalischen Nutzungen, dass sich ein fast allgemeines Vorurtheil gegen die Atomistik erhoben hat; ja dass Atomist und Atheist zu sein nun Vielen fast dasselbe scheint.

Und so kann das Folgende auch vielleicht etwas beitragen, das allgemeine Urtheil über die Atomistik in eine richtigere Bahn zu lenken, indem dadurch statt der Grundlagen, von denen aus die Gegner sie darstellen, nur um sie zu verwerfen, die Grundlagen, auf denen sie fest steht, zum Vorschein gebracht werden. Das sind die Grundlagen der Natur oder, was dasselbe ist, einer erfolgreich fortschreitenden und durch ihre Leistungen bewährten Naturwissenschaft. Eine ausführliche Darstellung der Atomistik selbst zwar wird man hier nicht finden, wohl aber der wichtigsten Punkte, welche bei ihrer Beurtheilung für Den massgebend sein können und sein müssen, welcher die Herrschaft der Begriffe nicht weiter reichen lässt, als sich das Factische ihr fügt.*)

*) Eine kurze Zusammenstellung dessen, was man als die Hauptsumme der physikalischen Atomistik nach den vorzüglichsten Vertretern derselben halten darf, und was hier stets gemeint ist, wenn ich von Atomistik spreche, ist im 7. Capitel gegeben; zunächst jedoch kommt es nur darauf an, das Haupt- und Grundmoment derselben, die Discontinuität der Materie, überhaupt ins Auge zu fassen. Mit ihr hängen alle übrigen Punkte solidarisch aufs genaueste zusammen.

Wir werden, kurz gesagt, zu zeigen suchen, dass die Atomistik richtig ist, weil sie für die Wissenschaft des Factischen nothwendig ist, und nur das factisch Richtige kann für die Wissenschaft des Factischen nothwendig sein; wir werden als ein Uebriges zu zeigen suchen, dass die atomistische Ansicht der Dinge auch erbaulicher und schöner ist als die dynamische, wenn man nur aufhört, sie in dem verzerrenden Spiegel zu betrachten, in dem der Philosoph ihr Bild uns zeigt, und seine fabelhaften Schilderungen von ihr zu glauben. Ich bringe dafür eine Fabel, die wohl besser trifft. Die Atomistik, sage ich, ist die arme Aschenbrödel, verhöhnt, gescholten von ihren sich schöner und weiser dünkenden, und darum untereinander selber zankenden Schwestern, die sie hätten hegen und erziehen sollen; aber nachdem sie lange der Welt weiss gemacht, das Kind sei nur gut, in der Asche zu wühlen, nachdem es lange selber seinen Platz nicht anders gesucht, geschafft, gewirkt, indess sich jene vor dem Spiegel putzten, zeigt sich endlich, wenn es zum Treffen und zum Tanze kommt, sie ist nicht nur die beste, sondern auch die schönste. Was ich hier sage, denk' ich zu beweisen, nicht indem ich Gesicht und Gang derselben preise, sondern einfach zeige. Denn mehr bedarf es nichts.

Vielleicht findet man, dass die folgende Darstellung von vorn herein zu sehr darauf ausgeht, die Ansicht, die sie vertritt, durch Einzelnheiten zu stützen, und die gegentheilige durch solche zu widerlegen; obwohl man doch zugleich finden wird, dass diese Einzelnheiten nur Brüche einer Einheit sind, die unzerbrochen bleibt, wenn sie sich auch gebrochen darlegt; und dass nach dem Einzelnen auch dem Allgemeinen sein Recht geschieht. Nicht ohne Grund aber stelle ich specielle Betrachtungen gleich in den Vordergrund. Heeren sagt einmal irgendwo: eine Messerspitze voll Pfeffer, gefunden in dem abgelegensten Dorfe, genüge zum Beweise eines Verkehrs mit Indien, weil Pfeffer nur von dort kommen könne. In der That man könnte sich noch so lange mit allgemeinen Gründen streiten, ob ein Verkehr mit Indien statt gehabt habe, so würde die Messerspitze Pfeffer doch mehr beweisen, als alle allgemeinen Gründe. Unsere Gegner werden freilich sagen, die Frage muss vielmehr aus dem Begriffe von Indien, vom Handel, vom Pfeffer entschieden werden. Ich meine aber doch, die Messerspitze Pfeffer beweist mehr. Und so galt es uns nun auch, solche Messerspitzen Pfeffer in Bezug zu unserer Frage zu finden; wir werden aber nach Allem viel mehr als

Messerspitzen und zu den Körnern auch den Zusammenhang der Körner, den Strauch, zuletzt das ganze Indien finden, und wollen und werden nicht vergessen, dass der Zusammenhang auch zur Sache gehört.

Im Grunde übrigens, meine ich, kann eine allgemeine Ansicht überhaupt nur durch Einzelnheiten bewiesen oder widerlegt werden; denn wenn sie sich auch als Ableitung aus einer noch allgemeinern Ansicht rechtfertigen will und mag, so kann doch diese ihrerseits nur durch eine noch weitergreifende Prüfung an Einzelnheiten, die darunter gehören, bestätigt oder widerlegt werden, sonst ist sie willkürlich aufgestellt. Statt also die Prüfung einer allgemeinen Ansicht durch Einzelnheiten zu verwerfen, hat man sie durch die Totalität derselben zu fordern. Wie ist das möglich? fragt man, die Totalität der Einzelnheiten ist unendlich. Aber man kann unendlich viele Fäden in wenigen Knotenpunkten zusammenfassen, von einem Faden auf unendlich viele ihm gleiche schliessen; und gelingt es nicht so oder so, bleibt eben eine Lücke der Begründung; bleibt Unsicherheit, Willkür in der Verallgemeinerung. Die heutige Philosophie freilich fasst das nicht so, oder verfährt wenigstens nicht danach; aber die Physik. Darum stürzt aber auch ein philosophisches System nach dem andern an der Haltlosigkeit und Willkür seiner Grundlagen, indess die Physik sich immer höher auf immer festern Grundlagen aufbaut. Hierüber liesse sich viel sagen, aber es ist hier nicht der Ort und wäre doch nur in den Wind.

Noch etwas kann man im Folgenden vermissen, und ich zweifle so wenig, dass man aus Allem, was man in dieser Darstellung vermissen wird, einen Fehler der Sache machen wird, dass ich auf die Gefahr hin zu ermüden, den Eingang zur Sache noch um etwas verlängern muss, um zu zeigen, warum man das, was man hier vermissen wird, hier nicht zu suchen hat.

Nur die Gründe des Physikers für seine Sache sind hier aufgestellt, unter Zurückwendung wohl der allgemeinen Angriffe der Gegner, doch ohne irgend den Versuch einer eingehenden Widerlegung derselben. Nun wird eine solche an sich überflüssig sein, wenn es überhaupt gelingt, die Berechtigung der Atomistik positiv darzuthun, die gegen sie gerichteten Negationen fallen dann von selbst; sie würde aber auch hier unthunlich sein, weil eine Widerlegung von Gründen, die auf einem tiefern philosophischen Zusammenhange beruhen, selbst nicht anders als mittelst einer Widerlegung ganzer philosophischer Systeme geschehen könnte, was eine andere und weitere Aufgabe ist, als wir uns hier stellen können, und die uns überdies durch die wechselseitigen Widerlegungen der Philosophen völlig erspart wird.

Offen gesagt, gegen welche philosophische Auffassung sollte sich auch eine Vertheidigung der Atomistik wenden? Denn welche Gestaltung der Naturphilosophie oder Metaphysik hat heutzutage unter den Philosophen selbst eine Geltung, dass sich ein compacter Angriff gegen sie richten könnte, da nirgends ein compacter Widerstand besteht, ausser in der Behauptung der Continuität der Materie, nicht aber in der Begründung. Sollte ich mich gegen Kant, gegen Schelling, gegen Hegel, gegen Herbart oder gegen welchen ihrer Anhänger oder Abzweigungen wenden? Aber wer fusst heutzutage noch anders auf Kant, als um diese Grundlage im Hinausgehen darüber zur Seite zu schieben, zurückzustossen oder zu zertreten; Schelling ist über seine eigne Naturphilosophie selbst hinausgegangen; Hegel's Naturphilosophie ist von den eigenen Anhängern derselben für sein schwächstes Werk erklärt worden; von den Abzweigungen Hegel's lässt keine die andere gelten, und die ganze Hegel'sche und Herbart'sche Schule lassen einander wechselseits nicht gelten; wo ist da nur ein fester Gegner für den Physiker zu finden? Und nun sollte gar für ihn hier ein Halt zu finden sein? Im wankenden Gebäude ruft jede Säule: Halte dich an mich! er lässt sie aber lieber sich wechselseits zerschlagen und geht hinaus unter ein grösseres Dach.

Unstreitig ist der Philosoph in dieser Beziehung besser daran als der Physiker. Er hat in der atomistischen Naturwissenschaft, wie sie sich consolidirt hat, einen bestimmten festen Gegner, und Aller Angriffe können sich auf diesen einen concentriren; der Physiker kann einen Gegner schlagen; was hilft es ihm? er hat so viel wie Nichts gethan. In dieser Hinsicht ist vielmehr die Naturwissenschaft der compacte Bär, die Bienen die in der Luft flatternden dynamischen Lehren, alle aus einander fahrend und jede eine andere Zelle bauend, doch alle auf den Einen Gegner stürzend. Umsonst ist sein Kampf gegen die Einzelnen; aber ihren ganzen Honig wird er, denk' ich, doch behalten.

Man erlaube mir hierzu noch ein etwas sonderbares aber treffendes Bild. Wenn man alle Naturforscher und alle Philosophen zusammen in einen grossen Trichter thäte, so würden sie sich bald durch eine entgegengesetzte Bewegung sondern. Die Naturforscher würden sich allmälig am Eingange der engen Röhre sammeln, und durch seinen einfachen Gang in geschlossener Reihe der atomistischen Naturauffassung zustreben, die Philosophen aber durch die Erweiterung des Trichters sich in alle Welt zerstreuen. Ich sage mit Unrecht, es würde so sein, es ist so geschehen. Man wird aus mehrern Beispielen sehen, wie fest bestimmt der Gang ist, der die Naturforscher den Weg der Atomistik führt; wie sehr sich anderseits die Philosophen zerstreut haben, hat man seit lange zur Genüge gesehen.

Was sich aus sehr allgemeinem Gesichtspunkte gegen die Auffassungsweise der Kräfte im Verhältniss zur Materie sagen lässt, welche den antiatomistischen Ansichten der neuern Philosophie bis zu gewissen Gränzen gemeinschaftlich unterliegt, ist allerdings weiterhin (im 8. Capitel) gesagt; aber bei den verschiedenen Wendungen, welche diese Auffassungsweise bei verschiedenen Philosophen nimmt, von denen immer einer den andern bestreitet*), bei der verschiedenen und nie zu eigentlicher Klarheit zu bringenden Weise, wie Jedes Auffassung in allgemeinern Ansichten wurzelt, bei der Unmöglichkeit, ohne Rückgang auf diese allgemeinern Ansichten Jedes Auffassungsweise im Besondern abzuwägen, und endlich alle in Betracht kommenden Philosophen wirklich dabei in Betracht zu ziehen, bleibt die oben geltend gemachte Schwierigkeit einer einlässlichen Opposition gegen die antiatomistische Philosophie so sehr bestehen, und die negirende Opposition würde schliesslich so wenig positive Frucht gewährt haben, dass in der That davon abstrahirt werden musste, unsere Sache auf diesem Wege zu führen.

Es kommt dazu: wir könnten uns auf die Widerlegung der Gründe der Gegner gar nicht einlassen, ohne die allgemeine Grundlage selbst, auf der sie dabei fussen, schon halb anzuerkennen und damit unsere Sache von vorn herein halb verloren zu geben. Statt dessen stellt sich die Frage und Sache vielmehr so: lässt sich statt durch Rücksichtsnahme auf selbst noch unter einander streitige Ansichten und Voraussetzungen, wie das die philosophischen factisch sind, durch Rücksicht auf einen Zusammenhang unbestritten feststehender Thatsachen zeigen, dass der Atomismus selbst feststeht, so ist eben damit bewiesen, dass die philosophischen Grundlagen, mit denen er nicht bestehen kann, selbst nicht bestehen können, und alle jene philosophischen Betrachtungsweisen, die ihn einstimmig verurtheilen, sich hiemit selbst verurtheilen. Das ist ein allgemeineres Interesse, was sich an diese Betrachtungen knüpfen kann: sie wollen an einem Beispiel zeigen, denn es ist in der That nur eins, dass die Philosophie mit ihrer Weise, die Dinge vom Begrifflichen aus zu construiren und zu meistern, ehe sie ihre Begriffe dadurch hat schulen lassen, den Dingen nicht genügt.

---

*) So erklären sich Schelling (Ideen z. Philos. d. Natur. S. 275. 341) und Hegel (Werke III. S. 202. VII. S. 68) hinsichtlich der Auffassung dieses fundamentalen Verhältnisses gegen Kant; Schelling schilt den Begriff der Attractions- und Repulsionskraft, wie er von Kant bestimmt wird, „einen blos formellen durch die Reflexion erzeugten Begriff“ und Hegel spricht von „einer in der Kant-schen-Exposition herrschenden Verwirrung.“ Weiter sagt Hegel, „dass spätere Naturphilosophen (der Schelling'schen Schule) auch das flachste Räsonnement und schlechteste Gebräu einer willkürlichen Einbildungskraft und gedankenlosen Reflexion — das besonders die Factoren der sog. Attractionskraft und Repulsionskraft brauchte und allenthalben vorbrachte — eine Construction genannt haben.“ Wie Herbart sowohl von der Schelling'schen als Hegel'schen Construction denkt, bedarf keines Beleges.

Zugleich aber kann sie zeigen, dass der Vorwurf selbst, der hiemit gegen die Philosophie erhoben wird, sie construire die Dinge nach Begriffen, die nicht nach den Dingen construirt sind, nicht aus der Luft gegriffen ist, wie es die Philosophen selbst so gern darstellen, indem sie ihn für eitel Misverstand oder Verleumdung ausgeben. Vielleicht ist eben nichts besser als die Verhandlung der Atomenfrage geeignet, den Sachverhalt in dieser Hinsicht ins Licht zu stellen.

Wenn ich bisher und im Folgenden Philosophen und Physiker schlechthin einander und hiemit zugleich mich selbst den Erstern gegenüberstelle, zu denen ich mich wohl ein anderes Mal selbst rechnen mag, so geschieht es, indem ich auf die respectiven Hauptrichtungen derselben Bezug nehme, da mir wenigstens kein neuerer Philosoph von Fach bekannt ist, der nicht abgesagter Gegner der Atomistik wäre, wogegen ich allerdings weiss, dass manche Physiker, namentlich solche in weiterm Sinne, ihr auch widersprechen und manche die Entscheidung dahinstellen. Doch hängen, so viel mir bekannt ist, bei Weitem die meisten Physiker im engern Sinn der Atomistik an, und jedenfalls haben alle die, welche sich eingehend mit Untersuchungen beschäftigt haben, wo die Atomistik Lebensfrage wird, sich einstimmig für sie erklärt.

Zum Belege, wie sehr doch auch bei Physikern im weitern Sinne die Atomistik jetzt das Uebergewicht hat, will ich beiläufig Folgendes anführen. Ludwig in Zürich überschreibt den ersten Abschnitt seiner jetzt noch nicht vollendeten Physiologie: „Physiologie der Atome“; und A. Fick sagt in einer Besprechung dieses Abschnitts in der Allgemeinen Monatsschrift 1853. Juli S. 608 in Bezug hierauf: „Es dürfte Manchem, der der Naturforschung ferner steht, keck erscheinen, dass in Ueberschriften so unumwunden das Wort Atom herausgesagt wird, da eben in solchen Kreisen noch immer Philosopheme spuken, die auf die Atomistik als eine roh materialistische plumpe Auffassung der Natur verächtlich herabblicken. In der naturwissenschaftlichen Welt sind Gottlob diese Hirngespinste so weit abgethan, dass man nicht erst lange zu beweisen braucht, dass es eben so ungereimt wäre, wollte man sich den Raum continuirlich mit Materie erfüllt denken, als wollte man behaupten, zwei mal zwei sei fünf." Nun glaube ich zwar, dass die Atomistik bei dem Stande ihrer bisherigen Entwickelung und mit Rücksicht auf alle ihre bisher gewonnenen Stützen, sich eigentlich noch bei Weitem bescheidener auszudrücken hat; man sieht aber jedenfalls, dass, wenn manche Philosophen auf die Atomistik blos als auf eine Absurdität glauben Rücksicht nehmen zu dürfen, für die Gegenseite es nicht an Anlass fehlt, der Auffassung der Philosophen in gleicher Weise zu begegnen.

Dies selbst kann uns nun aber doch von vorn herein als ein Haupteinwand entgegengehalten werden: also die Physiker selbst sind jedenfalls nicht völlig einig über die Gültigkeit der Atomistik, es gibt hier ein Für und Wider; indess die Philosophen, in so vielen Stücken sie sonst uneins sein mögen, doch gerade über die Nichtgültigkeit der Atomistik vollkommen einig sind; hier gilt blos ein Wider.

Es ist wahr, nur dürfte der scheinbare Vortheil der Philosophen, den wir in dieser Hinsicht nicht ganz verkennen wollen, sich dadurch mehr als compensiren, dass die Physiker, die der Atomistik anhängen, aus viel einstimmigern Gesichtspunkten dieselbe fordern, als die Philosophen sie verwerfen. Denn sehen wir ab von ganz allgemeinen formalen Gesichtspunkten des Widerspruches, worin ich eine gewisse Einstimmung der herrschenden Philosophie (mit Ausschluss freilich Herbart's und seiner Schule, die doch auch gezählt sein will) nicht leugne, handelt es sich um wirkliches Eingehen auf die Sache, so kann es unstreitig nur die Ableitung, Stellung, Beziehung jener Begriffe von Raum, Kraft, Materie sein, worauf sich die Verwerfung stützt. Hierüber aber herrscht, wie schon oben geltend gemacht, bei aller Gemeinsamkeit des Gegensatzes gegen die physikalische Fassung doch nicht die geringste Einstimmung unter den Philosophen selbst, vielleicht, wie wenigstens der Atomistiker glauben kann, eben deshalb, weil die einstimmige Ablehnung der Atomistik eine Einstimmung in dieser Beziehung unmöglich macht; denn wie zu demselben Centrum der Einigung von allen Seiten Wege führen, so auch von ihm nach allen Seiten hinweg;

danach nicht geben wollen, heisst divergiren. Man sucht nun doch sonst keine Bewährung eines Resultates darin, dass Andere dasselbe Resultat mittelst Rechnungen finden, die man selbst für falsch erklärt; so aber steht es mit dem Resultate der Philosophen, dass der Raum continuirlich voll sei.

Im Uebrigen dürften vielleicht folgende Betrachtungen den Grund der immerhin anzuerkennenden partiellen Discordanz der Physiker in Sachen der Atomistik nicht zu Ungunsten der letztern aufklären. (Auf einige weitere Betrachtungen in dieser Hinsicht komme ich noch im dritten Capitel.)

Es ist ja zuzugestehen, dass der Atomismus nichts ist, was unmittelbar in die Erfahrung fällt. Ja Philosophen und Physiker scheinen in Bezug darauf geradezu die Rolle zu wechseln, indem die Physiker, die sich doch sonst so gern an den Augenschein halten, hier etwas wider allen Augenschein annehmen, die Philosophen dagegen den Augenschein, an dem sie sonst nicht hängen, hartnäckig vertheidigen und wohl gar, was Verwunderung erregen könnte, als Argument gegen den Physiker benutzen. Aber unstreitig würden die Physiker, eben wegen jener Tendenz, im Augenscheinlichen und Handgreiflichen zu verharren, dem Augenschein nicht ohne tiefer liegende Gründe widersprechen; dass sie es aber auch sonst mit Erfolg thun können, beweist das Kopernicanische Weltsystem und die Undulationstheorie des Lichts. Inzwischen besteht jene Tendenz immerhin und die Abneigung vieler Physiker, ohne geradezu zwingende Motive über den Augenschein hinauszugehen, der die Basis aller physikalischen Untersuchungen bildet, ist gross genug, um dadurch den Philosophen oft Waffen des Tadels gegen sie in die Hand zu geben, die natürlich von der Philosophie in diesem Falle nicht in entgegengesetztem Sinne gewandt werden sollten, wie es doch geschieht, da sie verlangt, dieselben sollen mit geistigem Auge nicht weiter als mit leiblichem sehen. Nun liegen zwar die zur Atomistik *einladenden* allgemeinen Motive allen Physikern offen vor, vermögen aber bei vielen jenen an sich so heilsamen Widerstand, der in der Natur des Physikers tief wurzelt, nicht zu brechen, kommen auch wohl mit Einflüssen der herrschenden Philosophie in Conflict, denen sich ja auch der Physiker nicht entziehen kann, noch weniger entziehen möchte, wenn er sie nur förderlicher spürte, und mit dem Verruf, in den die Atomistik durch die Philosophen gebracht worden ist. Dagegen liegen die den exacten Physiker *zwingenden* Motive freilich nicht so ganz offen vor; und hierüber ist des Nähern Folgendes zu sagen.

Ich brauche ein erläuterndes Bild. Ein Wald erscheint von Weitem als eine einförmige Masse. Die Totalwirkung der Stämme und Blätter macht sich zwar in sehr augenfälligen Erscheinungen, als Farbe, Wogen im Winde, Rauschen, geltend; aber es ist ziemlich gleichgültig für die Deutung dieser Erscheinungen, ob man den Wald als ein Continuum ansehen will oder nicht; oder vielmehr, da er als ein Continuum wirklich erscheint, ist die Ansicht, dass er ein solches ist, in offenbarem Vortheil. Gesetzt auch, man bemerkte eine Andeutung der einzelnen Stämme in einem streifigen Wesen, man sähe Thiere in den Wald eindringen und verschwinden, so wäre das eben auch nicht anders, als wenn man die Blätterdurchgänge der Krystalle wahrnimmt und Körper in Flüssigkeiten durch Auflösung verschwinden sieht; man ist deshalb noch nicht genöthigt, anzunehmen, dass die Andeutung der Trennung bei näherm Zusehen zu einer wirklichen Trennung werde und Eins nur zwischen das Andere eindringt; also auch nicht genöthigt, den Glauben an den Augenschein aufzugeben, welcher den Wald wie den Krystall und die Flüssigkeit unmittelbar doch noch als ein Continuum erscheinen lässt, und vor Allen würde der Physiker sich davor hüten. Nun aber könnte der Physiker es durch feine Beobachtungsmittel vielleicht dahin bringen, die Pulse, welche durch den Schlag der discontinuirlichen Blätter in der Luft entstehen, die Wellenzüge, welche sich dadurch bilden, dass die Luft zwischen den discontinuirlichen Stämmen hinstreicht, zu unterscheiden, und zur Erklärung derselben genöthigt sein, die continuirlich erscheinende grüne Laubmasse in einzelne zitternde Theile, die Holzmasse in einzelne Stämme wirklich aufzulösen. Diese feine Untersuchung könnte ein ganz bindendes Resultat geben; aber doch nicht Jedermanns Sache sein, und Viele, die sich mit diesem Gebiet feiner Untersuchungen nicht beschäftigen, ihnen vielleicht nicht einmal folgen können, es doch einfacher und natürlicher finden, beim unmittelbaren Augenschein stehen zu bleiben, welcher der Erklärung sonst so gut genügte. So ungefähr ist es mit der Atomistik.

In der That, bis zu gewissen Gränzen macht sich der Unterschied der atomistischen und der gegentheiligen Ansicht bei Behandlung physikalischer Probleme nicht oder doch nicht entscheidend geltend. Die Berechnung der Anziehung zweier entfernten Körpermassen zu einander durch Summation der Wirkungen ihrer kleinsten Theilchen gibt dasselbe Resultat, ob man die Wirkungen auf continuirliche oder discontinuirliche Theilchen beziehen will; ja man erspart sich erstenfalls eine Zwischenbetrachtung, welche im zweiten Fall nöthig ist, um die Anwendung der Integrationsmethode zu rechtfertigen. Von einem den Physiker oder Mathematiker verlockenden äusserlichen Vortheile zu Gunsten der Atomistik kann also hiebei nicht die Rede sein; denn er kommt am liebsten auf kürzestem Wege zum Ziele. Auch die meisten Probleme, wobei es sich um Fortpflanzung von Wasser-, Luft-, Licht-Wellen handelt, lassen sich bis zu gewissen Gränzen, freilich nur bis zu solchen, nach beiden Ansichten gleich gut behandeln. Bei allen Erscheinungen überhaupt, wo die Theilchen in Masse, d. h. viele Theilchen in Verbindung wirken, hängt so zu sagen auch das Massenhafte, das Gröbere der Erscheinungen von dem Kraftzusammenhange und den summirten Wirkungen der Theilchen überhaupt in einer Weise ab, welche keine Entscheidung zwischen beiden Ansichten zulässt. Aber in dem Feinern, den speciellern Bestimmungen der Erscheinungen kann sich nicht nur ein Unterschied geltend machen, sondern muss sich auch geltend machen, hier nur kann er auch gesucht und von hier aus nur eine sichere, d. i. mathematische Entscheidung zwischen beiden Ansichten für den exacten Physiker gefunden werden. Nun sind aber verhältnissmässig wenig Physiker, die sich in jene Gebiete feinster zugleich und schwierigster Untersuchungen vertiefen, ja vielleicht nicht gar zu viele, die sich vom Gange derselben vollständig Rechenschaft geben. Für diese fehlen dann auch die wichtigsten, wenn schon nicht alleinigen Motive, die den exacten Physiker als solchen zum Atomismus drängen.

Man meint vielleicht, die feinen Phänomene, um die es sich hier handelt, seien als feine eben auch zweideutige oder von zweideutiger Auslegung. Im Gegentheil gehören sie zu den deutlichsten Phänomenen der Physik, mit denen sich grosse Theile derselben beschäftigen. Das Feine dabei ist nur das Elementare, aus welchem jene Phänomene abzuleiten. In wiefern sie aber für den exacten Physiker bindend sind, wird am besten aus folgender Darlegung erhellen.

Noch Eins jedoch zuvor: Die Frage, ob Continuität oder Discontinuität der Materie, kann vom Physiker natürlich nur auf allgemeinen Grundlagen seiner Wissenschaft behandelt und entschieden werden. Das Zweifelhafte muss sich auf das Zugestandene stützen.

Dazu gehört für ihn, dass Licht und Wärme nicht blos als actus puri gefasst werden, sondern dass im Aether ein Substrat gegeben ist, dessen Bewegungen, indem sie sich in unser Auge forterstrecken, darin die Lichtempfindung zuwege bringen, von dem aber selbst gezweifelt werden kann, ob er continuirlich oder discontinuirlich. Licht- und Wärmestrahlung blos als Acte der wägbaren Körper in distans anzusehen, etwa wie die Schwere, der das Licht so gern polar gegenübergestellt wird, geht (abgesehen von andern Gründen, wie dass das Licht, aber nicht die Schwere, durch Zwischenkörper aufgehalten, reflectirt werden kann u. s. w.) für ihn schon aus dem Grunde nicht, weil eine allmälige Fortschreitung des Lichts durch den Raum stattfindet, die jedenfalls nur unter Form der Bewegung gedacht werden kann. Der Physiker nun sieht hier eine wirkliche Bewegung und fordert und findet eben im Aether das Substrat dazu. Das Dasein eines solchen Substrats der Lichterscheinungen und hiemit einer wirklich dabei stattfindenden Bewegung im Sinne des Physikers kann nun aber selbst vom Philosophen bestritten werden, womit er freilich gleich den leeren Raum, den er im Kleinen zwischen den Theilen der Körper nicht anerkennen will, zwischen den Theilen der Welt im Grossen anerkennen und hiemit einer continuirlichen Raumerfüllung wenigstens in einer Hinsicht widersprechen würde. Gleichgültig, wie der Philosoph sich in dieser Hinsicht stellt, da wir uns einmal nicht jeder Einzelansicht entgegenstellen können und eine allgemeine nicht besteht, wir haben es jetzt eben nur mit den Argumenten des Physikers für die Discontinuität der Materie zu thun, die im Zusammenhange seiner Wissenschaft für ihn als solche gelten müssen, gern zugestehend, dass sie als solche für Den nicht gelten können, der den ganzen Grundbestand der Physik selbst in Frage stellt, zu welchem die Annahme eines Substrats für jede Bewegung und Thätigkeit überhaupt wesentlich gehört.

Um aber die Gesichtspunkte des Streites gehörig zu sondern und diesen selbst bestimmter auf einen Punkt zusammenzuhalten, mögen wir bemerken, dass es doch gar nicht letztere Annahme an sich ist, woran die Atomistik hängt; da vielmehr, selbst wenn der Physiker sich darauf einlassen könnte, die Fortpflanzung und sonstigen Erscheinungen des Lichts, der Wärme u. s. w., als reine Acte ohne Substrat zu fassen, oder auch blos als Acte der wägbaren Körper in distans anzusehen, die Frage, ob Atomistik oder nicht, im Wesen ganz ungeändert bleiben und der Entscheidung wie früher harren würde. Denn es würde sich dann zwar nicht mehr fragen, ob die Bewegungen (Oscillationen) oder auf den Raum bezogenen Actus, mit denen der Physiker seine Lichtlehre zu construiren sich genöthigt findet, von discontinuirlichen Aetheratomen vollzogen werden, oder in einem continuirlichen Aether vorgehen, wohl aber, ob sie als substratlose Actus discontinuirlich oder continuirlich im Raume sind, d. h. ob Zwischenräume im Raume vorhanden sind, in denen nichts von diesen Actus stattfindet, oder ob sich dieselben in continuo durch den Raum erstrecken, sofern doch die Lichterscheinungen jedenfalls im Raume vorgehend zu denken und also auch die Actus darauf zu beziehen, d. h. darin zu localisiren sind. So wäre es in Betreff der Imponderabilien nur die Frage um Atomistik der Actus oder Bewegungen, statt des Substrats, was das Wesen der Frage ungeändert lässt, und in Betreff der Ponderabilien bliebe überhaupt Alles ungeändert.

Um sich den Sinn der Alternative noch bestimmter zu erläutern, braucht man nur an die discontinuirlichen Bewegungen der Weltkörper im Raum einander gegenüber zu denken. Auch wenn wir uns dergleichen Bewegungen als Actus puri, als successive Thätigkeitsentwickelungen in aneinander hängenden Orten des Raums, ohne Rücksicht auf Materie denken, oder auch die Erscheinung der massiven Weltkörper selbst von solcher Thätigkeitsentwickelung abhängig machen wollten, die nur den Ort im Raume wechselt, was von der Ansicht mancher Dynamiker nicht gar zu weit abweichen dürfte, würden sie nichts desto weniger noch discontinuirlich im Raume zu denken und dies Verhalten von der Continuität zu unterscheiden sein, welche der Bewegungszug jedes einzelnen Weltkörpers in sich hat. Man sieht jedenfalls, es können Bewegungen, Actus im Raume continuirlich und discontinuirlich sein; und die Frage ist nicht umsonst, ob gegebene Erscheinungen von Actus dieser oder jener Art abhängen; es ist ein Fehlschluss, wenn man meint, es reiche nur hin, über das Dasein oder Nichtdasein eines Substrats im Raume im Reinen zu sein, um hiemit auch ohne Weiteres über die Continuität oder Nichtcontinuität der Actus im Raume im Reinen zu sein. Beide Fragen sind unabhängig von einander.

Kann es übrigens etwas dazu beitragen, einen gemeinsamen Boden des Streites zu gewinnen, so mögen wir erinnern, dass auch für den Physiker die Qualität des Lichtsubstrats an sich ganz unwesentlich ist; er spricht nicht davon, er weiss nichts davon; und selbst das Dasein eines Substrats dient ihm blos als Anhalt klarer Vorstellung der Bewegung, als formaler Kern eines Spiels von Erscheinungen, Kräften und Gesetzen. Auch ihm ist es wesentlich wie dem Dynamiker nur um die Acte und das Gesetz der Acte bei seinen Constructionen zu thun. Nur davon spricht er, nur darum weiss er, nur daran knüpft er die Erscheinung. Nur müssen solche eben deshalb auch noch für ihn dieselbe bestimmte Beziehung zum Raum behalten, sollen die Lichterscheinungen noch in derselben Bestimmtheit wie früher verknüpft und auf den Raum bezogen sein, mag übrigens das für ihn an sich bedeutungslose Substrat gedacht, genannt werden wie man will, oder auch gar nicht gedacht werden, was er dem Dynamiker nachlassen mag, wenn er gleich sich selbst diese Stütze seiner Vorstellung nicht entziehen wird noch kann.

Was heisst denn überhaupt Substrat? Wenn man auf die Erörterungen eines spätern (des achten) Capitels eingehen will, dürfte man finden, dass der Streit, ob Substrat oder nicht, sich wohl mehr um ein Wort als eine Thatsache dreht. Doch hängt der Gebrauch dieses Wortes für den Physiker vernünftig mit dem Gebrauche anderer Worte zusammen, mit denen er sonst Thatsachen zu bezeichnen gewohnt ist.

Wenn ich also auch im Folgenden die Frage in der Form darstelle, wie sie der Physiker fasst, dessen Gründe ich ja darzustellen beabsichtige, hienach den Lichterscheinungen die Bewegungsactus eines Substrats im Raume, des Aethers, unterlege, ohne aber denselben selbst durch etwas Anderes als eben durch seine Actus und deren Gesetze und davon abhängige Escheinungen charakterisiren zu können, so mag es immerhin gestattet sein, dass der Philosoph, dies ihm vielleicht ganz überflüssig erscheinende Substrat wegdenkend, mit reinen Actus dafür operire und sich vorstelle, es handle sich beim Lichte nur um die Continuität oder Discontinuität dieser Acte im Raum. Der tiefergehende Streit aber, ob wirklich Acte ohne ein Agirendes, Bewegungen ohne ein Bewegtes denkbar sind, ob eine sich selbst bewegende Bewegung zur Klarheit und sonst genügt, ob es sich nicht überhaupt bei diesem Streite vielmehr um verschiedene Ausdrucksweisen von thatsächlichen Verhältnissen als solche selbst handelt, mag hier zurückgeschoben werden.

Man kann zwar fragen, ob eine Trennung von zwei Fragen, die, wenn nicht zunächst, doch im letzten Grunde der Sache zusammenhängen müssen, da sie in den Systemen stets oder doch in der Regel sich gemeinschaftlich entschieden zeigen, selbst zu etwas führen könne. Ich meine aber, es ist beim Kampf der dynamischen und atomistischen Naturansicht dasselbe Verhältniss, wie wenn zwei Stiere, nachdem das Gegeneinanderrennen mit vollen Stirnen nichts gefruchtet, nun eins der Hörner mit scharfer Spitze gegeneinander kehren; es dringt tiefer ein; und ist der Streit auch nur ein halber, kann doch eine Wunde auf einer Seite viel leichter entscheidend werden, als alle stumpfen Stösse aus dem Ganzen. Ich will sagen, der Streit zwischen allgemeinen Ansichten wird sich zumeist weniger leicht durch allgemeine Gründe entscheiden, als dadurch, dass sie sich mit ihren Hauptseiten besonders messen. Die Discretion der Materie ist nun das eine Horn, das Substrat der Imponderabilien das andere, womit die Atomistik der dynamischen Naturansicht entgegentritt; sie wendet aber jetzt nur das eine dem Gegner entgegen.

Unstreitig kann der Gegensatz der atomistischen und dynamischen Ansicht überhaupt aus verschiedenen Gesichtspunkten gefasst, nach verschiedenen Seiten verfolgt und als Gegensatz mechanischer und dynamischer Ansicht verallgemeinert werden. Die Unbestimmtheit, die hienach in der Gegeneinanderstellung dieser Ansichten liegen mag, trifft uns indess nicht, nach der Erklärung, die wir über unsern Gebrauch der Worte geben. Was wir hier unter physikalischer Atomistik verstehen, ist S. 4. Anm. bemerkt, und wird noch ausführlicher im siebenten Kapitel erörtert. Als pathognomonisches Kennzeichen des Dynamikers andrerseits gilt uns überall hier eben nur das Leugnen dieses Atomismus, d. i. der Gliederung des anscheinenden Körpercontinuums (Krystall, Wasser, Luft), in discrete Massen oder Kraftcentra. Nicht dass die ganze dynamische Ansicht, was man darunter zu verstehen pflegt, in diesem Moment bestände; aber mit dem einen Moment hängt fast von selbst ein gewisser Kreis von andern zusammen, der nur nicht so fest bestimmt ist, dass überhaupt eine ganz feste Definition danach möglich wäre. Die obige Bestimmung aber genügt für unsern Zweck, einen einfachen Namen für die Gegner zu haben, mit denen es gilt, sich zu vernehmen.

Etwaigen zu weit gehenden oder der Aufgabe fremdartigen Ansprüchen gegenüber glaube ich überhaupt hervorheben zu müssen, dass eine Erklärung der allgemeinen Verhältnisse der dynamischen und atomistischen Ansicht, wie sie in eine Geschichte der Philosophie gehören mag, ganz ausser der Absicht der folgenden Betrachtungen liegt. Statt auf Grund einer solchen über die Atomenfrage entscheiden zu wollen, was ganz in's Vage und Haltlose führen würde, soll vielmehr durch Erörterung der Atomenfrage nach factischen Gesichtspunkten ein Beitrag zur Entscheidung zwischen beiden geliefert werden. Die allgemeinen Ansichten aber, mit denen die Entscheidung für die Atomistik der dynamischen Vorstellung gegenüber nothwendig zusammenhängt, sind nach Massgabe, als sich Gelegenheit bot, auf sie Bezug zu nehmen, an verschiedenen Orten entwickelt, so dass man nicht Grund haben wird, von einer isolirten Auffassung des Gegenstandes zu sprechen.

Hienach zur Sache, d. h. den Gründen des Physikers für seine Sache.

II. Gründe erster Ordnung für die Atomistik.

1. Die Brechung des Lichts in den Körpern lässt sich dem Hauptphänomen nach durch die dynamische und atomistische Ansicht gleich gut erklären. Nicht nur dass Brechung erfolgt, sondern auch, dass bei einfacher Brechung ein constantes Verhältniss zwischen Einfalls- und Brechungssinus statt hat, ja selbst die allgemeinen Phänomene der Doppelbrechung treten gleichmässig unter beide Ansichten. Es führt aber die Haupterscheinung der Brechung als feinere Bestimmung den Umstand mit sich, dass der gebrochene weisse Stral sich in einen schmalen Farbenfächer ausbreitet, indem die Brechbarkeit der verschiedenen Farbenstralen etwas von einander abweicht. Von jeher haben die gründlichsten Mathematiker und Physiker anerkannt, dass diese Farbenzerstreuung gänzlich unvereinbar sei mit der Undulationstheorie des Lichts, so dass hierin lange der einzige Grund gelegen hat, weshalb man die, in jeder Beziehung so viel unwahrscheinlichere und neuerdings aus durchschlagenden Gründen gänzlich aufgegebene, Emissionstheorie der Undulationstheorie vorzog. Nun aber haben die neueren Untersuchungen von Cauchy gezeigt, dass diese Unvereinbarkeit doch blos in sofern bestehe, als man annimmt, das die Lichtwelle sich durch den Aether wie durch ein Continuum fortpflanzt, dass dagegen die Gesetze der Farbenzerstreuung mit denen der Brechung in einer Consequenz aus der Grundansicht der Undulationstheorie hervorgehen, wenn man die Theilchen des Aethers discret setzt, ja dass die Farbenzer-

streuung bei der Brechung dann eben so **nothwendig** als die Brechung selbst gefodert ist. Also die Frage, ob Atomismus oder nicht, ist eine Lebensfrage für die Undulationstheorie, wie die Frage, ob Undulationstheorie oder nicht, eine Lebensfrage für die Physik ist.

Das Hauptresultat der Rechnung ist dies: dass die Farbenzerstreuung nicht nur erklärlich, sondern auch gefodert wird, wenn der Abstand der Aethertheilchen gross genug ist, um gegen die Breite einer Lichtwelle (167 bis 266 Zehnmillionentheil eines englischen Zolles in Luft resp. für Violet bis Roth betragend) nicht vernachlässigt werden zu können, woraus zugleich erhellt, dass der Abstand der Aethertheilchen keineswegs ganz ins Unvorstellbare hinüberreicht. Man wird z. B. hiernach sagen können, dass er grösser sein müsse als $^1/_{1000}$ der Breite einer Lichtwelle (von obigen Dimensionen), weil, wenn er nicht so viel oder nicht mehr betrüge, die Rechnung keinen merklichen Einfluss auf die Brechungsphänomene mehr herausstellen würde. — Eine etwas nähere Erläuterung liegt noch in Folgendem: Die Theorie zeigt, dass eine verschiedene Brechung der verschiedenen Farbenstralen (d. h. Stralen, in denen die Theilchen in gleicher Zeit eine verschiedene Anzahl Oscillationen vollziehen), nur von einer verschiedenen Geschwindigkeit, mit der sich ihre Wellen im brechenden Mittel fortpflanzen, abhängen kann. Sofern man nun den Aether entweder als continuirlich ansieht, oder den Abstand seiner Theilchen gegen die Breite einer Lichtwelle vernachlässigt, wie früher immer geschehen, wird diese Geschwindigkeit nothwendig für alle Farbenwellen eine gleiche, nicht mehr aber, wenn man diesen Abstand und die dadurch in die Rechnung eingeführten Glieder berücksichtigt.

2. Eine andere feine Lichterscheinung, bei der nicht mehr blos die totale Massenwirkung, sondern die specielle Bewegungsweise der Theilchen Einfluss gewinnt, ist die Polarisation des Lichtes. Der Zusammenhang der Erscheinungen des polarisirten Lichts mit denen des gewöhnlichen Lichts ist nun in der Undulationstheorie nur unter der Voraussetzung darstellbar, dass die Aethertheilchen, die auf dem Wege eines Lichtstrals liegen, nicht longitudinale, *sondern transversale Schwingungen* machen, d. h. Schwingungen, deren Richtung quer gegen die Richtung des Lichtstrals ist. In einem gewöhnlichen Lichtstral haben diese Schwingungen alle möglichen Richtungen, nur immer quer gegen den Stral, in einem polarisirten lauter parallele gegen den Stral quere Richtungen. Unter dieser Voraussetzung erklären sich die feinsten und sonderbarsten, mannichfachsten und verwickeltsten Erscheinungen des polarisirten Lichts auf ganz naturgemässe, in sich zusammenhängende Weise. Aus diesem Gesichtspunkte hat zuerst Fresnel die Polarisationserscheinungen im Sinne der Undulationstheorie richtig aufgefasst und ins Detail verfolgt. Poisson, einer der berühmtesten und gründlichsten französischen Mathematiker,

dem die neuere mathematische Physik einen wesentlichen Theil ihrer Fortschritte verdankt, gerieth jedoch hierüber mit Fresnel in eine Discussion, indem er, von der Ansicht der Continuität der Materie ausgehend, die er allen seinen bisherigen Untersuchungen zu Grunde gelegt hatte, zeigte[*]), dass in einiger Entfernung vom Ausgangspunkte des Lichts gar keine transversalen Schwingungen mehr vorkommen könnten, indem sie nothwendig, welche Richtung sie auch anfangs gehabt, doch im Laufe der Fortpflanzung immer mehr in die Fortpflanzungsrichtung des Strals selbst sich kehren müssten. Hiegegen machte ihn jedoch Fresnel darauf aufmerksam[**]), dass, sofern man nur die Aetherthteilchen discret setze, der Einwand Poisson's nicht mehr bestehe; und Poisson selbst hat die Bündigkeit von Fresnel's Argumentation so sehr anerkannt, dass er seine eigene Grundansicht seitdem geändert, dass alle seine nachher geführten Untersuchungen (über elastische Körper, Capillarität, Wärme) im Sinne des atomistischen Princips geführt sind (an der Behandlung der Lichtlehre in diesem Sinne wurde er nur durch den Tod gehindert), und dass er selbst die zweite Ausgabe seiner Mechanik in diesem Sinne umgestaltet hat. Man erkennt hieraus, wie viel Bindendes, ja welcher Zwang hier für Jemand liegen muss, der den Zusammenhang der physischen Ursachen und Wirkungen auf exacte Weise zu verfolgen weiss.

Dass es sich in der That hier um eine Art Zwang handelte, wird um so einleuchtender, wenn man in Betracht zieht, dass Poisson jene Umgestaltung nur auf Kosten der Einfachheit der Gesichtspunkte, auf die sich die Rechnungen stützen müssen, bewirken konnte, sofern die Anwendung der Integrationsmethode bei der Summirung der Wirkungen der kleinsten Theile nun erst noch einer besondern *Rechtfertigung bedurfte*[***]), *die man bei Annahme der Continuität der Materie entbehren kann, und dazu noch das Geständniss tritt, dass man nun blos noch Annäherungen damit erlangt*, während man im Sinne der dynamischen Ansicht genaue Resultate damit erhielte.

Nun kann der Gegner leicht sagen: aber hiemit gesteht man doch selbst den Nachtheil der atomistischen und Vorzug der dynamischen Auffassung zu? Die dynamische gestattet eine einfachere Betrachtung und gewährt ein genaueres Resultat, was verlangt man mehr. Zur Entgegnung erinnern wir an einen analogen Fall.

---

[*]) Ann. de Chim. et de Phys. 1823. T. XXII. p. 254.

[**]) Ann. de Chim. et de Phys. T. XXIII. p. 120.

[***]) Vgl. Poisson, Traité de Méc. sec. édit. T. I. p. 174 suiv.

Die Bewegung eines Planeten um die Sonne gestattet auch eine einfachere Betrachtung und ihre Berechnung gewährt ein genaueres Resultat, wenn man sich um Störungen dabei nicht kümmert. Ohne sie ist die Bahn rein zu finden, mit ihnen erhalten wir nur Approximationen und die ganze Berechnung wird mühselig. Warum zieht man doch die ungenaue und mühselige Rechnung mit Bezug auf die Störungen der genauen und einfachen ohne Störungen vor? Weil die Störung nun einmal in der Natur vorhanden ist, und also auch durch die Rechnung gedeckt werden muss, gleichviel, ob unsere Bequemlichkeit dadurch gestört wird, ein glattes Resultat dadurch seine Glätte verliert, kurz, weil die einfache Rechnung der Complication der Verhältnisse nicht gewachsen ist, die genauern Resultate derselben auf dem Papier die Verhältnisse der Wirklichkeit doch nur ungenau wiedergeben.

Ganz derselbe Fall aber ist es mit der Complication, die durch die Atomistik in die Rechnungen eingeführt wird. Die Rechnung auf Grund der dynamischen Ansicht gibt genauere Resultate auf dem Papier, die Rechnung auf Grund der atomistischen genauere in der Wirklichkeit. Und wenn es nicht der Fall wäre, würde Poisson gewiss nicht die eine für die andere aufgegeben haben.

Bei vielen Fragen freilich stellt sich der Unterschied der grössern Genauigkeit nicht heraus; diese sind dann aber auch nicht zur Entscheidung zwischen beiden Ansichten zu benutzen; aber es gibt Fragen, wo der Unterschied so spürbar wird, dass ganze Erscheinungsgebiete danach in oder ausser die Rechnung fallen, und solche müssen vor allem den Ausschlag geben.

Fügen wir noch die Stelle selbst hinzu, in welcher Fresnel (unter Verweisung auf seine anderwärts geführten ausführlichen Untersuchungen) den Einwand Poisson's zurückweist. Sie sagt dasselbe, was wir gesagt haben und noch öfter sagen werden, nur mit andern Worten: die dynamische Ansicht vermag die Phänomene bis zu gewissen Gränzen, aber nicht über diese hinaus zu erklären.

„Je vous répéterai seulement ici ce que j'ai déjà eu l'honneur de vous dire plusieurs fois: c'est que les équations du mouvement des fluides élastiques, dans lesquelles vous croyez devoir trouver tous les genres de vibration dont ils sont susceptibles, ne sont au fond qu'une abstraction mathématique très-éloignée de la réalité; elles supposent ces fluides composés de petits élémens contigus et compressibles proportionnellement à la pression. Cette hypothèse représente bien leurs propriétés statiques, mais non leurs propriétés dynamiques; car, par exemple, on n'en déduirait pas le frottement; ce qui tient à ce qu'on suppose entre les molécules une contiguité, qui n'existe pas." (Ann. de Ch. et de Ph. T. XXIII. p. 120.)

3. Die Erscheinungen der Wärmefortpflanzung durch die Körper und die Wärmestralung sind sehr disparater Art. Dort schleicht die Wärme langsam durch die Körper fort nach scheinbar eigenthümlichen Gesetzen, hier pflanzt sie sich mit einer, der des Lichts vergleichbaren Schnelligkeit nach ähnlichen Gesetzen als dieses fort. Doch müssen beiderlei Fortpflanzungsweisen nothwendig in allgemeinen Gesetzen der Wärmelehre zusammenhängen. Fourier hat gezeigt, dass ein solcher Zusammenhang sich ergibt, dass die Gesetze der Wärmeleitung sich unter die der Stralung von selbst unterordnen, sofern man nur die wägbaren Körper aus discreten Theilchen bestehend denkt, welche die Wärme einander zustralen, und zwar nicht blos auf dem Papier unterordnen, sondern so, dass die Theorie nur das Erfahrungsmässige dabei wiedergibt. Nimmt man die wägbaren Körper als Continua an, so scheint jeder Versuch, das Erfahrungsmässige beider Phänomene in wissenschaftlichen Zusammenhang zu bringen, verschlossen.

Wie ich aus Liebig und Kopp's Jahresber. 1851. p. 47 ersehe, führt auch Wilhelmy in seiner Schrift: „Versuch zu einer mathematisch-physikalischen Wärmetheorie. Heidelberg 1851" (worin die Temperatur der Körper der lebendigen Kraft der in Schwingungsbewegung befindlichen Molecule proportional gesetzt wird), die Fortpflanzung der Wärme durch Leitung im Sinne der atomistischen Ansicht auf diejenige durch Stralung zurück und er findet dabei eine Abhängigkeit des Leitungsvermögens eines Körpers von der Schwingungsdauer der geleiteten Wärme, also von der Temperatur, wie solche von Langberg (Pogg. Ann. LXVI. 10) und neuerdings von Wiedemann auch experimentell nachgewiesen worden ist.

4. Die Wärme stralt am stärksten in der Richtung senkrecht auf die Oberfläche der Körper aus, dagegen in den schiefen Richtungen die Stralung nach dem Gesetze des Sinus schwächer wird. Dies ist eine natürliche Folgerung der Schichtung der Körper aus Atomen, dagegen im Sinne der Continuität der Materie kein haltbarer Weg physikalischer Ableitung zu Gebote steht.

Ich verdanke die Aufstellung dieser vier Punkte weniger einem eingehenden eigenen Studium der hiebei unterliegenden Verhältnisse, wie sie sich für den Physiker von Fach, als welchen ich mich selbst nicht mehr rechnen kann, geziemt, als schon frühern Gesprächen mit meinem verehrten Freunde Prof. Wilhelm Weber, dem ich sie nach Abfassung derselben nochmals zur Begutachtung vorgelegt habe; so dass ich sie nach seiner Zustimmung „als einige der wichtigsten Stützpunkte, welche die Atomistik der exacten physikalischen Forschung schon geboten hat", aufstellen kann. In demselben Verhältnisse aber, als sich die exacte physikalische Forschung auf die Atomistik zu stützen vermag, vermag sich umgekehrt die Atomistik auf jene zu stützen.

Nun glaube ich noch hinzufügen zu müssen, dass Prof. Weber in seinem bei dieser Gelegenheit an mich gerichteten Schreiben der auch unsererseits anzuerkennenden und anerkannten Unzulänglichkeit volle Rechnung trägt, welche die Atomistik in ihrem jetzt noch rohen Zustande unter dem Einflusse der wichtigsten Schwierigkeiten mathematischer Entwickelung darbietet, falls man an sie den Anspruch macht, schon eine vollendete, alle Aufgaben, deren Lösung sie dereinst verspricht, auch schon jetzt lösende Wissenschaft zu sein. Nur das bleibt gewiss, dass sie wirklich dem Physiker zugleich mehr schon leistet und mehr verspricht als die gegentheilige Ansicht; woran man sich in einer Wissenschaft, die nicht mit der Vollendung anfängt, sondern ihr zustrebt, genügen lassen und woran man sich bei einem Urtheil über beide Ansichten als massgebend halten muss, bis die gegentheilige Ansicht dieses Verhältniss der Leistungen und Hoffnungen umzukehren vermag.

Nach Allem kann man sagen: Trotz dem, dass der Augenschein gegen die Annahme der Atome zu sprechen scheint, sei ihre Existenz mindestens eben so gut begründet, als die Undulationstheorie des Lichts und der Zusammenhang der Wärmephänomene selbst es sind. Wir sehen die Zwischenräume zwischen den Atomen nicht, aber wir sehen sie nicht einmal in der Eischale, nur der mechanische Durchgang der Luft beweist solche hier; so sicher uns nun dieser Durchgang auf die Poren in der Eischale schliessen lässt, so sicher können wir von den Farben im Prisma und im Polarisationsspiegel auf noch kleinere Zwischenräume zwischen den Theilchen schliessen. Dies Sichtbare hängt durch einen unzerreissbaren mathematischen Faden mit dem Nichtsichtbaren zusammen. Behauptet man nun, dass es nur einer geeigneten Substitution für die atomistischen Voraussetzungen bedürfen würde, um die Farbenerscheinungen, Polarisationserscheinungen u. s. w. zu erklären, so ist diese Behauptung sehr leicht; aber man kann ihr kein Gewicht beilegen, so lange sie sich der Schwere der Bewährung entzogen hat. Es kommt hier nicht mehr darauf an, Worte zu substituiren, die wieder zu Worten führen, sondern Annahmen, die zu den erfahrungsmässig bewährbaren Factis führen; da reichen dann alle jene unbestimmten Ausdrücke, womit man wohl die Aggregatzustände der Körper erklärt, nicht mehr aus; es gilt hier, von klaren, physikalisch bestimmten Grundvorstellungen auszugehen, um wieder zu etwas physikalisch Bestimmtem zu kommen. Nun möge man versuchen, solche Grundvorstellungen aufzustellen, welche die Discretion der Theilchen vertreten. Gelingt es, so wird der exacte Physiker als solcher kein Interesse mehr haben, am Atomismus zu halten. Denn der Philosoph irrt, wenn er meint, dass der Physiker in die Atome an sich verliebt sei; er liebt am meisten Das, was ihm am meisten leistet. Der Philosoph zieht das Princip vor, womit er am meisten machen kann, der Physiker thut es auch, und thut es mit gleichem Rechte.

Es ist wahr, man kann in der Physik vielfach eine Vorstellung für die andere substituiren, und man erhält noch dasselbe Resultat; aber es kommen eben immer Punkte, wo die Möglichkeit solcher Substitution aufhört, und das sind die entscheidenden. Man muss nach der jetzigen Sachlage glauben, dass wir in Punkten wie den obigen solche entscheidende Punkte in Bezug auf die Atomistik gewonnen haben. Nun ist es müssig, sich auf die unbestimmte Möglichkeit fernerer Substitutionen zu berufen, und den Physikern zuzumuthen, sie zu finden, weil es nicht Sache der Philosophen sei. Die Physiker haben das Ihrige eben damit gethan, dass sie die Sache auf den Punkt gebracht haben, wo die Willkür der Substitutionen ein Ende hat und eine Entscheidung Platz greift. Und da man es nur ihres Faches und Wissens hält, zu beurtheilen, wie die fernere Substitution zu machen sei, das ganze Onus davon auf sie wälzt, so sollte man es auch nur ihres Faches und Wissens halten, zu beurtheilen, ob sie überhaupt möglich sei.

Dennoch zweifle ich nicht, dass theils in Angriffen auf bald zu engen, bald zu weiten Wortgebrauch von Physik, Philosophie, Atomistik, dynamischer Ansicht, als ob sich's um Classification, Geschichte, und nicht um eine bestimmte sachliche Frage handelte, theils darin ein Hauptabweis der Gegner liegen werde, die Physiker hätten wohl diese oder jene Möglichkeit, der Sache beizukommen, nicht berücksichtigt, sie müssten eine ganz andere Grundvorstellung, wie sie eben dem Philosophen in seiner Neigung zur Flüssigkeit der Begriffe, Principien und Dinge recht, machen, so werde es schon gehen. Hierauf ist nichts zu sagen, als dass noch nie etwas in der Physik gegangen ist, was die Philosophie in diesem Sinne für das Feste der Physik zu substituiren versucht hat, wohl aber lief diese schon Gefahr, dadurch zurückzugehen. Man mag das Wasser wenden, wie man will, man kann darauf nicht stehen und nicht gehen; in so fern man aber darauf schiffen kann, bedarf es dazu nicht erst eines neuen Wendens.

Man sollte sich doch einmal zu Gemüthe führen, dass der Betrachtungsweise des Dynamikers: Atome können nicht sein, also müssen die Erfahrungen, die auf solche zu deuten scheinen, sich noch irgendwie anders fassen und zusammenfassen lassen, wohl mit grösserm Rechte die andere Betrachtungsweise entgegengesetzt werden kann: die Erfahrungen haben sich bis jetzt in keiner andern Weise fassen und zusammenfassen lassen als unter der Annahme von Atomen; also müssen Atome sein, gibt es bis jetzt wenigstens nichts Wahrscheinlicheres, als dass Atome sind. Man bedenke doch, wozu es führen soll, wenn man ins Unbestimmte jene Betrachtungsweise gestatten will; es heisst mit andern Worten: man gestattet der Erfahrung selbst gar keinen Einfluss mehr auf die Weise, wie das Erfahrungsmässige zu fassen ist, stellt sich ganz auf die Leere von Behauptungen. Oder gibt es etwa einen andern Kreis von Erfahrungen, als mit dem sich die Naturwissenschaft beschäftigt, von dem aus die dynamische Ansicht das Dasein von Atomen bestreiten könnte? Ich wüsste nicht. Habe ich aber dann nicht Recht, wenn ich sage, die Philosophie will mit ihren Begriffen die Dinge meistern, ohne sie von denselben haben schulen zu lassen. Dieselbe Betrachtung wird sich wiederholen, wenn wir zu den andern Argumenten übergehen. Alle Erfahrungen, nach denen sich die Begriffe über die Constitution der Materie bilden sollten, zählen nichts vor einem Begriffe dieser Constitution, der scheinbar aus der höchsten Höhe aprioristischer Philosophie abgeleitet ist, seinen wahren Ursprung aber nur in dem rohen Sinnenschein hat, den der Philosoph unwillkürlich vor Augen gehabt hat. Dies rohe Ei will nun die Henne meistern.

Aber, sagt man, die Atomistik beruft sich darauf, dass sie von der Undulationstheorie des Lichts gefodert werde; ist denn die Undulationstheorie selbst gefodert? Für den Physiker ja, so lange bis der Philosoph eine lichtvollere Lichtlehre an die Stelle setzt. Ich weiss wohl, dass auch die Undulationslehre vielen Philosophen ein Dorn im Auge ist, den sie nur etwa darin lassen, weil er nicht mehr herauszuziehen; sie wurde weder von ihnen gefunden, noch konnte sie auf ihrem Wege gefunden werden und stellt im Grunde eben so schlimme Zumuthungen an sie, als die eng damit verschwisterte, ja solidarisch damit verknüpfte Atomistik. Der nach Schelling und Hegel so schöne reine durchsichtige flüssige Begriff des Lichts erfährt durch die Undulationen die unangenehmste Trübung, und an dieser Trübung soll die Lichterscheinung selber hängen. Welcher Philosoph konnte auf diese Absurdität kommen; doch muss er sie wohl heutzutage zulassen, um nicht selbst absurd zu erscheinen. Inzwischen, kann er die Undulationstheorie nicht mehr besiegen noch beseitigen, so doch vorbeigehen und sich nach Umständen mit einem höflichen Wort oder einem schiefen Seitenblick bei ihr abfinden, dann weiter vom Lichte reden, als wäre sie nicht vorhanden. In der That nicht anders ist die Undulationstheorie bis jetzt von den Philosophen berücksichtigt worden. Ich spreche aber auch jetzt nur von der Nöthigung zu ihr, die für den Physiker besteht und die der Philosoph immerhin gelten lassen muss, so lange er eine Physik selbst gelten lassen muss, das ist aber so lange er ihre Resultate gelten lassen muss.

Man kann hier leicht den Einwand machen: aber statt der Undulationstheorie selbst hat doch lange genug die Emissionstheorie unter den Physikern gegolten. Jetzt gilt die Undulationstheorie. Wo ist also die Untrüglichkeit der Physiker? Sie ist nicht vorhanden. Der Physiker behauptet kein absolutes Wissen zu haben. Doch glaubt er des Sichern immer mehr zu lernen und je weniger er sich sicher wähnt, so sicherer wird er. Nun fehlte es früher noch an den entscheidenden Punkten zwischen Undulations- und Emissionstheorie, beide liessen sich nach den meisten Beziehungen für einander substituiren. Jetzt sind die entscheidenden Punkte gefunden; mit den scheinbaren Widersprüchen gegen die erste das scheinbare Uebergewicht der andern gehoben, dagegen unlösbare Widersprüche in den Thatsachen gegen diese erhoben. Die Undulationstheorie genügt jetzt allen bekannten Erscheinungen, indess die Emissionstheorie beim Experimentum crucis versagt, Vieles nur mit Zwang, Vieles gar nicht erklärt. Die Undulationstheorie hat nicht nur alle Thatsachen, sondern auch alle Analogien in der Natur für sich; warum sollte der Physiker sie für eine solche aufgeben, die ihm nichts in dieser Hinsicht bietet, ihm nicht einmal die Emissionstheorie ersetzt, oder vielmehr noch gar nicht da ist. Denn was könnten die Anhänger der dynamischen Ansicht an der Stelle sei es der Undulations- oder auch nur Emissionstheorie bieten, wonach man Brechung, Zurückwerfung, Farbenzerstreuung, Polarisation, Interferenz nach Zahl und Mass verknüpfen, die Erscheinungen derselben bei empirisch gegebenen Bedingungen vorausbestimmen, ein Fernglas und ein Mikroskop zu schleifen vermöchte. Etwa die Göthe'sche Lehre? In der That nicht Mittel, die Dinge, die mit blossem Auge nicht sichtbar sind, zu sehen, nur über sie hinwegzusehen, haben wir bis jetzt von der Naturphilosophie erhalten.

Wenn man dem Schmied den Hammer nehmen will, so soll man ihm einen bessern und nicht den Blasebalg dafür bieten. Der Blasebalg ist auch gut, sein Feuer zu schüren; aber über das Eisen vermag er nichts. Nun aber sieht man, Undulationstheorie und Atomistik hängen selbst wie Kopf und Stiel eines Hammers zusammen, womit man die Wirklichkeit trifft und gestaltend bearbeitet; und man kann mit dem Kopf des Hammers nicht treffen, ohne ihn am Stiel zu halten.

Man hat es als eine der schönsten Bewährungen der Newton'schen Attractionslehre angesehen, dass nach Rechnungen, die im Sinne derselben geführt wurden, der Neptun entdeckt worden, den zuvor noch kein menschliches Auge gesehen. Als man ihn suchte, fand man ihn an der Stelle, wohin ihn die Rechnung setzte. Solcher auffallenden Bewährungen könnte die Undulationstheorie gar manche für sich anführen. Ich erinnere nur ganz beiläufig an zwei derselben: bekannt ist die Eigenschaft doppelt brechender Körper, einen Lichtstral in zwei zu spalten; nie hatte man etwas Anderes als diese Spaltung in zwei Stralen beobachtet, die sich nur unter gewissen Verhältnissen in einen einzigen vereinigen. Da fand Hamilton durch Berechnung aus den Principien der Wellentheorie, dass ein in einer ganz bestimmen Richtung in einen doppelt brechenden Krystall von aussen eintretender Stral, so wie ein in einer eben so bestimmten Richtung von innen austretender Stral sich weder in zwei spalten, noch einfach bleiben kann, sondern — nun, worauf räth man wohl? dass er sich in einen hohlen Kegel verwandeln muss, sogenannte konische Refraction. Lloyd und nach ihm Andere haben das Hamilton'sche Resultat geprüft und vollkommen bestätigt gefunden. Der Lichtkegel bildet, auf Papier aufgefangen, (durch dasselbe geschnitten) einen lichten Ring darauf. (Vgl. Pouillet-Müller, Lehrb. 1843. Bd. II. p. 306.) Fällt ein Lichtstral auf eine einfach brechende durchsichtige Oberfläche, so theilt er sich bekanntlich in einen zurückgeworfenen und einen gebrochenen Strahl. Cauchy berechnete nach den Principien der Undulationstheorie, es müsse noch ein dritter, wenn auch nur gegen die andern schwacher und in merklicher Entfernung von der Trennungsfläche verlöschender Stral hierbei entstehen; und auch für diesen hat sich die Bestätigung durch feine Beobachtungen gefunden (Liebig und Kopp. Jahresb. 1847. 1848. p. 165. Karsten Fortschr. Jahrg. IV. S. 131). Man kann in der That behaupten, dass solche Entdeckungen mit denen der Auffindung des Neptun auf ganz gleicher Stufe stehen; und wenn es überhaupt Realbewährungen einer Lehre, die vom Realen handelt, gibt, als solche gelten müssen: obwohl viel mehr als solche Einzelheiten der ganzen Zusammenhang des Erfahrungsmässigen dafür beweist.

Ich gedenke noch eines Punktes, wo jedem Unbefangenen sofort der Vorzug und Vortheil der Undulationstheorie einleuchtet. Welcher Philosoph hätte je nach seiner Ansicht vom Lichte darauf verfallen können, dass, wenn eine Fläche oder ein Raum durch Licht erleuchtet ist, es hinreicht noch einmal soviel Licht auf die Fläche fallen oder in den Raum zutreten zu lassen, um es ganz finster zu machen (Interferenz). Es scheint geradezu absurd, und ist doch nur eine Folgerung der Undulationstheorie. Freilich glückt der Versuch nur unter besondern Verhältnissen (unter den gewöhnlichen wird die Helligkeit sich vielmehr steigern); aber welche philosophische Ansicht vom Lichte vermöchte sie vorauszusehen; aus der Undulationstheorie fliessen sie von selbst der Erfahrung gemäss; und man kann den Gesichtspunkt des Versuchs leicht deutlich machen. Wenn zwei Wasserwellen an demselben Punkt zusammentreffen, kann es einmal so sein, dass der Wellenberg der einen das Wellenthal der andern gerade ausfüllt; dann ist die Wellenbewegung verschwunden, ein anderes Mal so, dass der Berg beider und das Thal beider zusammentreffen; dann ist die Wellenbewegung gesteigert. Analog beim Lichte. Erstenfalls Dunkel, letztenfalls vermehrte Helligkeit. Nun kommt es auf den Wegesunterschied der Wellen von ihrem Centrum gerechnet an, ob Berg mit Thal oder Berg mit Berg zusammentrifft, und so ist es wirklich beim Lichte. Mit wachsendem Wegesunterschiede muss abwechselnd das Eine und Andere eintreten; und so verhält es sich wirklich. Die kleinsten Particularitäten der Interferenz zeigen sich überhaupt mit dieser Vorstellung in Uebereinstimmung.

Fassen wir es zusammen: Eine Physik, die das Wirkliche zu treffen und zu gestalten weiss, ist ein nothwendiges Moment einer Wissenschaft der Dinge. Die Undulationstheorie ist ein nothwendiges Moment einer solchen Physik, die Atomistik ist ein nothwendiges Moment der Undulationstheorie; also ist die Atomistik ein nothwendiges Moment einer Wissenschaft der Dinge. Dieser Schluss ist darum nicht weniger bindend, weil er so einfach ist, nicht weniger streng, weil er ein so weites Gebiet strengster Untersuchungen in Eins zusammenfasst.

Der Philosoph pflegt nun wohl zu sagen: als mathematische Fiction mag das Alles ganz gut sein, um das Empirische daraus abzuleiten: aber höhere Gesichtspunkte verbieten dennoch, es als das Wirkliche anzunehmen. Aber wie wäre es doch denkbar, dass sich aus nicht wirklichen Grundverhältnissen das Wirkliche besser ableiten, d. h. voraussagen und danach gestalten liesse, als aus dem eigentlich Wirklichen? Lassen sich die empirischen Verhältnisse besser aus discreter als nicht discreter Materie ableiten, so dass sie danach producirt und reproducirt werden können, so kann dies nur ein Beweis sein, dass erstere selbst empirischer ist als letztere. Denn überall, wo sich wegen der Unzulänglichkeit unserer Sinne etwas nicht direct erfahren lässt, muss der Zusammenhang mit dem wirklich Erfahrbaren und die Möglichkeit, wieder dadurch auf Erfahrbares zu kommen, für seine Wirklichkeit entscheiden; es gibt kein andres haltbares Kriterium dafür.

Natürlich, dass man zum Bau eines Luftschlosses nur eine Luftaxt braucht: aber sonderbar, wenn man von einer Axt, mit der ein wirkliches Haus gezimmert dasteht, behauptet, sie sei vielmehr die Luftaxt, als jene.

Die Untriftigkeit jener Ausflucht der Philosophie wird um so besser einleuchten, wenn man sich erinnert, dass die Mathematik überhaupt nur eine Logik der Quantitätsbegriffe und räumlichen Verhältnissbegriffe ist, eine rein formale Wissenschaft, die durch keinen Kunstgriff mehr aus den Dingen herausholen kann, als in ihnen liegt. Und wenn schon die Mathematik gar manches Richtige auf falscher Grundlage berechnet hat, so ist es doch blos in sofern, als diese falschen Grundlagen noch eine Seite des Richtigen hatten, die bei der Folgerung nun eben in Betracht kam. Daher kann man freilich nicht durch jede einzelne mathematische Folgerung, die richtig ist, eine allgemeine Voraussetzung nach allen ihren Seiten sofort erwiesen halten. Aber man kann es um so mehr, je mehr die Totalität der mathematischen und hiemit strengen Folgerungen sich in der Wirklichkeit bewährt. Die Philosophen aber, statt auf eine solche **Erfüllung** des Beweises zu dringen, entleeren ihn vollends, indem er auch bei vollem Genügen nur die Brauchbarkeit einer Fiction, nicht die Wahrheit der Sache beweisen soll.

Als Kopernicus seine neue Lehre vom Weltsystem herausgab, erlangte er den Schutz des Papstes nur dadurch, dass er die neue Ansicht für eine physikalische Hypothese ausgab, welche den Zweck habe, die Rechnungen zu erleichtern. Solche Päpste sind auch viele unserer Philosophen. Dass die Grundlagen, von denen aus die Mathematik etwas Wirkliches errechnet hat, selbst den Charakter der Wirklichkeit tragen, werden sie nach Allem nie zugeben, sofern sie ihr System dadurch gefährdet halten; aber sie gestatten allenfalls die Hypothese und die Rechnung, sofern sie doch praktisch nützlich sei; nur soll sie nicht wahr sein. Von ihren eigenen Voraussetzungen fodern sie gar nicht, dass sie durch das Wirkliche zu bewähren seien; sie sind so gehalten, dass selbst der Angriff zu dieser Bewährung fehlt. Sie lassen sich nur mit Worten beweisen und widerlegen, weil sie sich nur in Worten drehen. Aber die Physik kann hiemit nicht zufrieden sein, und nirgends sollte man damit zufrieden sein.

Was sind denn Worte? es sind Schälle und bleiben es, so lange man sie nur wieder aus Worten ableitet, oder nur wieder Worte daraus ableitet, bis man einmal auf ein Wort kommt, das etwas Aufzeigbares bedeutet. Da endlich liegt der Prüfstein der langen Reihe Worte. Es ist sogar in der Lehre von den höchsten und letzten Dingen so: am Aufzeigbaren muss sich das nicht Aufzeigbare endlich bewähren und beweisen und auch im Gebiete des Geistigen gibt es ein Aufzeigbares und danach Vorstellbares. Nun vollends aber in der Lehre von den materiellen Dingen, um die sich's hier handelt. Ich komme noch einmal hierauf zurück.

Die Philosophen fussen freilich darauf, dass die Atome doch nicht selbst aufzeigbar. Darauf aber kommt's nicht an; wie vieles Wirkliche ist nicht direct aufzeigbar, weil es zu fern, zu verdeckt, zu gross oder wie in unserm Fall zu klein. Nun genügt es, in Form des Aufzeigbaren vorgestellt, zugleich sich als nothwendiges Ausgangs-Mittel- oder Folgeglied (wo möglich als alles Dreies) im Zusammenhange von aufzeigbaren Dingen zu bewähren und zu beweisen, um diesem Zusammenhang als gleicher Realität theilhaftig in Wissenschaft und Leben eingeordnet zu werden. Nur darum heisst der Schnee am Nordpol wirklich, den noch kein Mensch gesehen und gefühlt.

Sind die Atome und die Undulationen des Lichts nicht wirklich, weil sie sich nicht direct greifen noch sehen lassen, vielmehr Körper und Licht nur einen continuirlichen Schein darbieten, so sind auch die Tropfen im continuirlichen Regenbogen, die Luftschwingungen im gleichförmig klingenden Schall nicht wirklich, die sich eben so wenig bei den betreffenden Erscheinungen ertappen, einzeln unterscheiden lassen, vielmehr nur wie die Atome aus Dem, was daraus folgt, woraus sie folgen, was darum und daran, was ähnlich in andern Fällen, kurz aus dem Totalzusammenhange der Erscheinungen, denen sie zugehören, als existirend darthun lassen. Doch hat noch kein Philosoph die Auflösbarkeit des Regenbogens in einzelne scheinende Tropfen, des physischen Schallvorgangs in einzelne Schwingungen bestritten. Warum, weil dies der groben Sinnesauffassung einen Schritt näher steht, als die Atome, weil schon der gewöhnliche Schluss seinen Weg beinahe bis dahin findet und der Philosoph zwar hoch in Worten, doch gar nicht in der Sache bei seiner Naturbetrachtung über die gemeine Sinnesauffassung und Meinung hinauskommt; wogegen es nur dasselbe weiter und tiefer verfolgte, wissenschaftlich durchgebildete Princip, das den Physiker im Regenbogen die einzelnen scheinenden Tropfen, im Schall die einzelnen Schwingungen erkennen lässt, ist, was ihn dann auch noch im Tropfen einzelne Atome, im objectiven Lichtvorgange einzelne Schwingungen erkennen lässt, von denen die gemeine Auffassung nichts weiss.

Die bisher angeführten Punkte betreffen, wie man sieht, eben sowohl Distanzen zwischen den Theilchen des wägbaren als des unwägbaren Substrats der physischen Erscheinungen. Wenn aber der unwägbare Aether hiebei doch vorzugsweise in Anspruch genommen scheint, so gibt es dagegen eine Fülle anderer Erscheinungen, auf die wir im folgenden Capitel zu sprechen kommen, die blos Verhältnisse des Wägbaren betreffen, und wo um so mehr die Discretion der Theile des Wägbaren ihre Vortheile im System des Physikers geltend macht. Es hängt aber die Discretion der Theile des Wägbaren und Unwägbaren selbst solidarisch im System des Physikers zusammen und man kann das Eine nicht ohne das Andere haben. Wir haben die vorigen Punkte nur vorangestellt, weil wir glauben, dass in der That in solchen die bindendsten, wenn schon von Physikern selbst oft nicht hinreichend gewürdigten Gründe für den Atomismus der Körperwelt liegen. Und wenn es nur wenig feine Punkte scheinen, auf die eine so wichtige Entscheidung sich gründet (obwohl sich auch noch andere damit zusammenhängende geltend machen liessen), mögen wir daran erinnern, dass auch die endgültige Entscheidung zwischen Emissions- und Undulationstheorie nur an wenig feinen Punkten hing, die der oberflächlichen Betrachtung nicht blosliegen; und dass, was als Einzelnheit erscheinen mag, nur selbst genau zusammenhängende Knoten des totalen Zusammenhanges der Wissenschaft sind, die man nicht zerstören kann, ohne den Zusammenhang der Wissenschaft selbst zu zerstören. Man muss in der That diese Einzelnheiten nicht blos zählen, sondern nach ihrem Einfluss auf den gesammten Zusammenhang der Wissenschaft wägen, und nicht blos einzeln wägen, sondern in Rücksicht ziehen, dass ihr Zusammenhang unter einander selbst ihnen ein höheres Gewicht verleiht. Dass die Farbe die Atome fodert, ist höchst wichtig, dass die Polarisation, die Wärmeleitung, Wärmestralung sie fodert, ist jedes für sich eben so wichtig; dass aber alles dies von verschiedenen Seiten, von ganz verschiedenen scheinbar unzusammenhängenden Erscheinungsgebieten her Atome in gleicher Weise fodert, und mit der Erklärung jedes dieser Erscheinungsgebiete in sich zugleich ein Zusammenhang derselben unter einander hergestellt wird, steigert die Sicherheit, begründet um so fester die Nothwendigkeit der atomistischen Verknüpfungsweise. Nur indem man das Substrat der Erscheinungen zerfällt, gewinnt man die Verknüpfung der Erscheinungen. Der Dynamiker, indem er das Substrat verknüpft, verliert hiemit eben die Verknüpfung aller der Erscheinungen, die doch in Wirklichkeit an der Discretion des Substrats hängen. Es gibt aber, wie schon angedeutet, ausser den bisher geltend gemachten, nur von dem tiefer eingehenden Physiker nach ihrem vollen Werthe zu würdigenden. Stützen der Atomistik noch andere, blos oder vorzugsweise auf das Wägbare sich beziehende Punkte, welche sich auch schon einer mehr oberflächlichen Betrachtung zu Gunsten des Atomismus darbieten, und in der That unstreitig viel mehr als jene beigetragen haben, der Atomistik Anhänger zu erwerben, wenn sie schon für sich allein und einzeln genommen nicht so entscheidend sein mögen, daher auch nicht überall durchschlagend gewesen sind. Auf diese kommen wir im Folgenden zu sprechen.

III. Gründe zweiter Ordnung für die Atomistik.

Die Gründe, um die es sich hier handeln wird, liegen allgemein gesprochen darin, dass der Atomistiker alle mit der Grundconstitution der wägbaren Körper in Beziehung stehende Eigenschaften und Verhältnisse derselben, als da sind: verschiedene Dichtigkeit, Härte, Elasticität, Blätterdurchgänge, Ausdehnung durch die Wärme, Krystallform, Aggregatzustände, chemische Proportionen, Isomerie u. s. w. unter einfachen klaren und klar darstellbaren Gesichtspunkten verknüpfen und denselben Principien des Gleichgewichts und der Bewegung unterordnen kann, auf welche er auch sonst überall Klarheit, Präcision und Ableitungen zu gründen vermag, auf welche sich überhaupt die physikalische Methode stützt. Die Atomistik ist gleichsam der Schlüssel, mit dem der Physiker die Thür eines den Sinnen verschlossenen Zimmers aufthut und den Zusammenhang desselben mit dem ihm unmittelbar zugänglichen öffnet. Wir können nun frei aus einem in das andere gehen. Die dynamische Ansicht hält die Thür geschlossen und spricht nur in geheimnissvollen Worten von Dem, was hinter der Thür ist, doch die Scheidewand bleibt und soll nach der dynamischen Ansicht bleiben. Was hinter der Wand zu finden, bleiben immer nur Worte vor der Wand. Der Physiker thut in der That mit der atomistischen Ansicht nichts als die Principien, die ihn im Sichtlichen sicher führen, consequent bis ins Unsichtliche, d. i. für das Gesicht Verschwindende und Verschwimmende durchbilden. Dieselben Begriffe von Massen, Distanzen, Anordnungen, Bewegungen und Bewegungsgesetzen, welche den Vorbegriff seiner allgemeinen Körperlehre bilden, dienen ihm hier wie dort, und machen eben dadurch die Physik zum consequenten System. Dieselben auf die Grundconstitution der Körper und die davon abhängigen Erscheinungen in solcher Weise anwenden, dass Kleinstes mit Grösstem in Zusammenhang tritt, heisst eben Atomist sein und kein anderes Bedürfniss hat der Atomistik in der Physik Geltung verschafft und erhalten; zu einer ganz damit incommensurablen Behandlungsweise übergehen, heisst Dynamiker sein. Da handelt es sich von Cohäsionsrichtungen, Polaritäten, Potenzen, Differenzirung, Indifferenzirung, Allgemeinheit, Besonderheit, Individualität, Centralität, Punctualität, Umschlagen, Aufheben der Begriffe in einander, Gleichsetzen des Entgegengesetzten, und was dergleichen mehr ist, womit noch nie eine physische Realität gefunden, ja kaum eine klar und ohne Vieldeutigkeit bezeichnet worden ist. Es ist ein reicher Segen von erhabenen Worten, über die Materie und die Thatsachen, die von der Physik gefunden worden sind, von der Philosophie gesprochen; nun wollen wir gegen diesen Segen nichts haben, er soll sich nur für etwas über der Sache, nicht eine Arbeit in der Sache geben und nicht die Hände binden, womit man etwas schafft.

In der That hängt die philosophische Bearbeitung der Dinge, wie sie heutzutage ist, gar nicht zusammen mit der physikalischen Bearbeitung der Dinge; so gut aber die Philosophie in ihrem eigenen Gebiete auf durchgreifenden Zusammenhang und consequenteste Durchbildung ihrer obersten Begriffe und allgemeinen Methoden zu halten hat, und nur eben darin Philosophie ist, muss sie der Physik dies lassen, ja von ihr fodern, damit sie nicht nur Physik bleibe, sondern auch philosophische Physik werde. Denn die der Physik immanente Philosophie, wie jeder Wissenschaft, besteht nicht darin, dass sie von einem gewissen Punkte ihres Gebietes an die ihr eigenthümlichen allgemeinen Kategorien und Methoden fallen lasse und auf die der Philosophie überspringe; sondern dass sie die ihr wesentlichen consequent bis ins Letzte durchbilde. Ganz abgesehen also von den materiellen Bewährungen der Atomistik ist der Physiker formell, philosophisch dazu genöthigt. Möchten dies doch diejenigen Physiker bedenken, die der Philosophie zu Liebe der Atomistik absagen. Sie mag durch die Philosophie draussen verworfen werden, aber sie wird durch die Philosophie drinnen gefodert; und zwar wird sie verworfen durch eine Philosophie, die in sich selbst und mit der ganzen Naturwissenschaft zerworfen ist, gefodert durch eine Philosophie, welche in der Einstimmung der Wissenschaft selbst, um die sich's handelt, mit sich besteht.

Der Philosoph sagt nun wohl: darin eben liegt der Fehler, dass die Physik ganz unter einander unvergleichbare, in ihren Verhältnissen incommensurable Erscheinungsgebiete denselben Principien der Betrachtung und Erklärung unterordnen will. Aber warum sollte sie es nicht wollen, wenn sie es kann; damit beweist sich doch eben, dass diese Gebiete nicht so unvergleichbar und incommensurabel sind, als sie dem rohen Blick erscheinen mögen, und von den Philosophen ausgegeben werden. In der Wissenschaft gilt wie im Leben die Macht. Was jede kann, das hat sie. Ja liegt nicht darin der Triumph jeder Wissenschaft, der Beweis der Höhe, Kraft und Fruchtbarkeit ihrer Principien, dass sich das scheinbar weit Abliegendste, Heterogenste darunter fassen, dadurch verknüpfen lässt? Geht nicht dahin eben auch das Streben der Philosophie; ja was will sie anders bei vorliegender Frage, als ihre Einheitsprincipien zur Verknüpfung des Heterogenen der Physik für die, deren sich diese bedient, aufdringen? Da aber der Physiker weder in der Astronomie noch in der Chemie etwas mit diesen Principien leisten kann, so kann ihm auch die Verknüpfung beider Gebiete auf diesem Wege nichts leisten. Dazu braucht er eben die Atomistik; und nimmt man ihm diese, so gibt es für ihn keine Verknüpfung beider Gebiete.

Wie wenig man sich von der scheinbaren Heterogeneität zweier Gebiete täuschen lassen darf, wenn es die Frage gilt, ob sie gemeinschaftliche Erklärungsprincipien zulassen, dafür lassen sich tausend Beispiele geltend machen. Das Licht scheint, der Schall klingt; will der Philosoph etwa auch a priori schliessen, die Undulationstheorie sei nicht auf beide gemeinschaftlich anwendbar? Was kann verschiedener erscheinen als die Bewegungen der Planeten im Himmelsraume und die Töne eines musikalischen Instruments. Und doch kann man den Kreislauf der Planeten nach keinen andern mechanischen Principien und mit Hülfe keiner andern Begriffsbestimmungen und Begriffszusammenhänge berechnen, als die Schwingungen eines tönenden Körpers. Warum sollte es denn der Physik verwehrt sein, in den Kreis solch gemeinschaftlicher Erklärungsprincipien auch die Erscheinungen der Krystallisation, der Cohäsion zu ziehen? Ja warum sollte sie das Feine, Kleine nicht unter dieselben Principien fassen dürfen als das Grobe und Grosse, weil im Kleinen für das Auge zusammenfliesst, was sich im Grossen breit auseinanderlegt. Um weiter nichts aber handelt sich's in der Atomistik.

Nutzlos schiene es mir, alle jene Verhältnisse, die ich oben im flüchtigen Ueberblicke vorgeführt habe, im Einzelnen bezüglich unserer Frage zu besprechen. Es würde sich immer nur dasselbe wiederholen, dass der Philosoph für die anschaulich klare, vom ganzen Geiste der exacten Wissenschaften getragene atomistische Fassung jener Verhältnisse eine Fassung durch jene begrifflichen Allgemeinheiten substituirte; er würde nie in Verlegenheit sein, dies zu leisten, und indem er sein ganzes Interesse nicht sowohl darein legt, Erscheinungen aus Erscheinungen abzuleiten, als Erscheinungen Allgemeinheiten unterzuordnen, stets glauben, seiner Aufgabe genügt zu haben, wenn er derartige allgemeine Begriffe aufgestellt hat, wodurch die Erscheinungen mit seinen höchsten Allgemeinheiten in Beziehung treten, was selbst der absurdesten Philosophie nicht schwer fallen kann, aber keinem Bedürfniss des Physikers genügt, und jedem Wandel der philosophischen Ansicht preisgibt; dagegen der Physiker, dem es um die Verknüpfung der Erscheinungen im Besondern eben so wesentlich als um die Anknüpfung derselben an das Allgemeine zu thun ist, und zu thun sein muss, auch Wege der Vorstellung fodern muss, die den Uebergang möglich machen und die Uebergangsweise vorzeichnen. Es ist aber bis jetzt kein anderer als der atomistische gefunden.

Eine rasche Exposition in Bezug auf die Gesammtheit jener Verhältnisse mit Eingehen in wenige Beispiele mag genügen. Mit der Vorstellung discreter Körpertheile ist die Möglichkeit einer verschiedenen Nähe und Ferne derselben, einer abwechselnden Näherung und Entfernung, einer verschiedenen Entfernung nach verschiedenen Richtungen, einer verschiedenen Gruppirung, abgeänderter Kraftbeziehungen je nach Anordnung und Entfernung, hievon abhängiger stabiler und nicht stabiler Lagen des Gleichgewichts, die Möglichkeit von Uebergängen aus einer Lage stabilen Gleichgewichts in die andere, von continuirlichen Bewegungen in Bezug zu einander, mit Eins gegeben, und die Gesammtheit dieser Möglichkeiten sehen wir durch einen Kreis von Erscheinungen verwirklicht, die freilich einzeln genommen sich auch anderer Deutung fügen mögen, doch zusammen gleichsam nur wie Stralen des Sterns der Atomistik erscheinen, nur in deren Grundidee den Mittelpunkt und die Verknüpfung finden, als da sind die Verschiedenheiten, die Wechsel, die Uebergänge der Dichtigkeit, des Gefüges, der Aggregatzustände der Körper, die Blätterdurchgänge und sonst verschiedenen Eigenschaften der Krystalle nach verschiedenen Richtungen, die Elasticität und das Ueberschreiten der Elasticitätsgränze, die continuirlichen organischen Bewegungen. Mit diesem Zusammenhange der Erscheinungen des Wägbaren steht der früher besprochene Zusammenhang der Erscheinungen des Unwägbaren selbst im innigsten Zusammenhange, und mit dem Gesammtzusammenhange dieser physischen Erscheinungen noch der Zusammenhang der chemischen. In der That ist mit der Discretion der Theilchen nun auch noch die Möglichkeit gegeben, dass die Theilchen verschiedener Körper zwischen einander eindringen, dass sie ungeändert wieder zwischen einander hervortreten, dass sich dieselben Bestandtheile in verschiedenen Anordnungen gruppiren, und, welches auch die Kraftbeziehungen zwischen den verschiedenartigen Atomen sein mögen, so lässt sich übersehen, dass ein Zustand stabilen Gleichgewichts nicht wohl anders bestehen könne, als bei gleicher Abwägung ihrer Kräfte durch gleichförmige Austheilung zwischen einander, und hiemit haben wir die Auflösung, Verbindung und Scheidung, die festen Proportionen, die Isomerie, einschliesslich Metamerie und Polymerie in derselben einfachen Grundvorstellung begründet, die jene physikalischen Verhältnisse des Wägbaren und Unwägbaren in Eins verknüpfte.

Dieselbe Grundvorstellung aber, die Physik und Chemie verknüpft, knüpft beide nun auch noch an die Astronomie, in der dieselben Verhältnisse nur im Grossen wiederkehren, die dort im Kleinen walten.

So schliesst sich durch die Atomistik Alles vom Grössten bis zum Kleinsten und nach den verschiedensten Richtungen in ein Reich zusammen, und eine allgemeine Klarheit geht durch dieses Reich.

Erörtern wir jetzt noch beispielshalber ein paar der oben flüchtig überblickten Verhältnisse etwas näher, nicht weil sie der atomistischen Auslegung sich besser als die andern fügten, da vielmehr die atomistische Auslegung aller zusammenhängt, sondern weil sie vielleicht schon als einzelne vorzugsweise geeignet sind, dem Unbefangenen den Vorzug der atomistischen Auffassung fühlbar zu machen; zunächst den Fall der Isomerie.*)

Wenn vom Maler dasselbe Blau und Gelb in denselben Verhältnissen einmal und ein anderes Mal gemischt werden, entsteht immer dasselbe Grün. Warum auch nicht, sofern sich beide wechselseits durchdringen. Nur bei ungleichförmiger Mengung könnte die Farbe fleckig erscheinen. Wie Blau und Gelb in der Farbe des Malers (mindestens scheinbar) sich vollständig durchdringen, so im Sinne des Dynamikers die ungleichförmigen Stoffe bei der chemischen Verbindung. Warum sollte nicht auch hier jedesmal identisch dasselbe Product entstehen, wenn dieselben Stoffe sich in denselben Verhältnissen durchdringen? Doch ist es nicht der Fall. Denn die isomeren Körper beweisen, dass Körper vielmehr aus denselben Bestandtheilen in denselben Verhältnissen bestehen und doch sehr verschiedene chemische und physikalische Eigenschaften haben können. Im Sinne des Atomistikers ist das leicht erklärt. Dieselben discreten Atome können bei Zusammenbringung in gleichen Verhältnissen sich doch einmal noch anders als das andere Mal anordnen, und der Dynamiker selbst kann nicht leugnen, dass die resultirenden Eigenschaften gegebener Systeme eben sowohl von der Anordnung als Menge und Beschaffenheit der eingehenden Elemente abhängen. Dem Dynamiker aber fehlt dies Element der Erklärung und muss nun eben durch irgend einen abstracten Allgemeinbegriff vertreten werden, der über der Sache schwebt, nicht in sie greift.

Der Vortheil der atomistischen Betrachtungsweise wird noch mehr erhellen, wenn wir auf die besondern Fälle der Isomerie eingehen. Die dynamische Ansicht kann an besondere Fälle der Isomerie gar nicht einmal denken lassen, da sie an die ganze Isomerie nicht denken lassen kann; in der atomistischen Ansicht dagegen liegt mit der Möglichkeit der Isomerie im Allgemeinen auch die Möglichkeit vieler besondern Fälle von selbst inbegriffen, wozu nun die Wirklichkeit auch die Belege gibt.

---

*) Wir fassen hier unter Isomerie in weitester Bedeutung, also mit Einschluss der Polymerie und Metamerie alle Fälle zusammen, wo Körper bei gleicher chemischer Zusammensetzung den letzten Bestandtheilen nach doch verschiedene Eigenschaften besitzen. Im engern Sinne versteht man bekanntlich nur den Fall darunter, wo sie dabei gleiches Atom-Gewicht besitzen.

In der That, beruht die Isomerie auf verschiedner Anordnung respective gleichbeschaffener oder in gleichen Mengenverhältnissen vorhandener Atome in verschiedenen Körpern, so hindert zuvörderst nichts, zu denken, dass nicht blos zwei, sondern dass noch mehr solche Anordnungsweisen für gegebene Stoffe bei gegebenem Mengenverhältniss möglich sind, und in der That gibt es von manchen Verbindungen, so namentlich von gewissen Kohlenwasserstoffen eine grosse Menge isomerer Modificationen.

Auch hindert nichts, zu denken, dass in einfachen Körpern, wie Kohlenstoff, Phosphor, Schwefel, doch die Atome sich einmal so, ein anderes Mal anders gruppiren und jene Stoffe danach verschiedene Eigenschaften annehmen können, und wirklich findet sich das in den sogenannten allotropen Modificationen der genannten Stoffe bestätigt. Andrerseits werden in zusammengesetzten Körpern wie in Salzen die letzten Atome sich einmal so, ein anderes Mal so zwischen den heterogenen Molecülen (zusammengesetzten Atomen), aus denen der Körper zunächst besteht, vertheilen können und die Körper hiedurch eine ganz andere chemische Constitution innerlich erlangen können, indess doch die Verhältnisse der Bestandtheile im Ganzen dieselben bleiben, und hiezu bieten die Fälle der sog. Metamerie den Beleg. Weiter lassen sich Körper denken, deren Molecule sich blos in der absoluten Zahl, nicht in der Beschaffenheit und im Verhältniss der Atome, die in sie eingehen, unterscheiden, so dass das Atomgewicht oder die Aequivalentenzahl der Körper zugleich mit den Eigenschaften geändert wird, was sich durch die Fälle der Polymerie bestätigt findet. Und man bemerke, dass diese Namen nicht etwa der Atomistik zu Liebe gemacht sind, um besondere Einbildungen derselben zu bezeichnen, sondern dass ihnen thatsächliche Verhältnisse unterliegen, welche die Unterscheidung durch verschiedene Namen fodern, und dass die Atomistik nur eben die Frage nach einem gemeinsamen Gesichtspunkte derselben klar beantwortet, den man in der dynamischen Ansicht umsonst sucht.

Ein besonderes Interesse dürften noch folgende Fälle der Isomerie in Bezug zu unserem Gegenstande darbieten.

Indess die isomeren Modificationen derselben Substanz sich im Allgemeinen nach der Mehrzahl physischer und chemischer Charaktere unterscheiden, gibt es einige Fälle der Isomerie, wo die isomeren Modificationen derselben Substanz sich sonst absolut in Nichts physisch und chemisch unterscheiden, als: erstens in der Unmöglichkeit ihre, übrigens gleichen (hemiedrischen) Krystallformen zu superponiren, in welcher Hinsicht sie sich ähnlich verhalten, wie ein rechter und linker Handschuh, die man auch bei sonstiger Gleichheit nicht superponiren kann, und zweitens darin, dass sie der Polarisationsebene des Lichts eine entgegengesetzte Drehung, respective nach rechts und links, aber ganz um dieselbe Grösse ertheilen *), so die rechts und links drehende Weinsäure, so wie ihre Verbindungen. Löslichkeit, specifisches Gewicht, Doppelbrechung, Flächenwinkel, Salzbildung, Alles ist ganz gleich bei beiden, so dass, wenn z. B. ein gewisses Salz bei der rechts drehenden Säure sich in voluminösen oder nadelförmigen, durchsichtigen oder trüben Krystallen, mit gestreiften oder ebenen Flächen absetzt, dasselbe auch von dem entsprechenden Salze der links drehenden Säure auf das genaueste gilt.

Wie stellt der Dynamiker sich den Grund hievon vor? Er stellt sich ihn wie gewöhnlich gar nicht vor; er hat wieder nur sein Wort dafür, und ich zweifle nicht, dass das Wort Polarität hier herhalten wird. Dies sagt uns nun, dass zwei Dinge in einem gewissen Gegensatze stehen, und rubricirt damit unsern Fall mit unzähligen andern Fällen, die sich im Uebrigen ganz anders verhalten, weiter leistet es nichts. Sehen wir zu, ob die atomistische Auffassung etwas mehr leistet.

Im Sinne der atomistischen Vorstellung leuchtet ein, dass unter den verschiedenen Möglichkeiten, wie Körper aus Moleculen **)

---

*) Wie oben S. 19 bemerkt, ist ein polarisirter Stral ein solcher, in dem alle Aethertheilchen einander parallele Schwingungen (immer aber senkrecht auf die Richtung des Strals) vollführen. Lässt man nun einen solchen Stral bei senkrechtem Einfall durch Glas, Wasser oder andere dergleichen indifferente Körper gehen, so bleibt die Richtung der Schwingungen ungeändert; lässt man ihn dagegen durch Körper gehen, welche wie die Weinsäure ein Drehungsvermögen auf das Licht äussern, so ändert sich die Richtung der Schwingungen fortschreitend, so dass der Winkel, um den sie von der ursprünglichen abweicht, um so grösser ist, je grösser die vom Stral durchlaufene Dicke, und je grösser das Drehungsvermögen der Substanz ist. Das Statthaben und die Grösse einer solchen Drehung lässt sich durch bestimmte Versuche constatiren. Zu bemerken ist übrigens, dass man (nach Fresnel, Cauchy) unter Polarisationsebene nicht die Ebene selbst, in der die Schwingungen erfolgen, sondern die darauf senkrechte Ebene versteht, die sich aber natürlich mit der ersten stets um denselben Winkel dreht.

**) Unter Moleculen sind im Allgemeinen nicht einfache Atome zu verstehen, von gegebener Gestalt bestehen können, auch die ist, dass diese Molecule sich bei sonst ganz gleicher Beschaffenheit in zwei Körpern zu einander so wie rechte und linke Handschuhe oder Hände verhalten, dass ein Körper so zu sagen aus lauter rechten, der andere aus lauter linken Händen besteht, die, indem sie ihre homologen Seiten nach denselben Richtungen kehren, auch im Ganzen entgegengesetzt angeordnete Systeme bilden. Unter dieser Voraussetzung ergibt sich Alles fast von selbst; wie es der Erfolg an der rechts und links drehenden Weinsäure zeigt. Die rechten Hände werden das rechts, was die linken links drehen; und die, durch die Anordnung der Theile bestimmte Gestalt des ganzen Krystalls wird bei beiden Modificationen zwar übrigens ganz gleich, aber nicht congruent werden. Im Uebrigen ist kein Grund, dass sich beide in den Eigenschaften unterscheiden sollten. Der auch bei andern Körpern nachgewiesene Umstand, dass die rechts- und linksdrehende Eigenschaft in Lösungen und Verbindungen mit übergeht, kommt der vorigen Auffassung noch zu Statten. Denn er beweist, dass die betreffende Eigenschaft wirklich an den Moleculen hängt und nicht erst durch eine bestimmte Verbindungsweise der Molecule hervorgeht. Man kann die Hände aus ihrer Verbindungsweise lösen, da und dorthin stecken, es bleiben immer rechte und linke Hände.

An die vorigen beiden Möglichkeiten knüpft sich von selbst noch eine dritte. Die rechte und linke Weinsäure verhalten sich jede im Besondern wie ein System rechter und ein System linker Hände, nun aber könnten auch, wie das im Menschen wirklich der Fall ist, je eine rechte und linke Hand zusammen ein Paar bilden, und ein System aus solchen Paaren entstehen; so dass in dem System gleich viel rechte und linke Hände in geordneter Weise eingingen. Indem in einem solchen System die rechten Hände eben so stark rechts, als die linken links drehen, würde die drehende Totalwirkung null werden; im Uebrigen könnten auch die Krystallisations- und sonstigen Eigenschaften des Systems weder mit denen der rechts noch links drehenden Säure übereinstimmen, weil die Combination beider neue Verhältnisse einführt. Auch ein solches

---

sondern Atomcombinationen, wie sie als nähere Elemente in die Zusammensetzung der Körper eingehen. So ist das Molecul der Weinsäure eine Verbindung von Sauerstoff-, Wasserstoff- und Kohlenstoffatomen. Die drehende Wirkung der Körper auf das Licht wie die Krystallform derselben hängt unmittelbar nur von den Verhältnissen der Molecule, nicht der einfachen Atome ab.

System findet sich nun durch die Traubensäure verwirklicht, die sich in jeder Hinsicht wie eine Combination aus gleichen Theilen rechts- und linksdrehender Weinsäure verhält, keine drehende Wirkung auf das Licht äussert, und in Krystallgestalt und sonstigen Eigenschaften von ihnen wesentlich abweicht, sich (unter Wärmeentwicklung) aus ihnen combiniren und auch wieder in sie zerlegen lässt.

Ganz analog als die Weinsäure verhält sich in allen diesen Beziehungen nach neuern Versuchen von Chautard die Kamphersäure (Compt. rend. T. XXXVII. p. 166., oder Erdm. T. LX. p. 139.), und unstreitig werden sich bei genauern Nachforschungen noch mehr dergleichen Beispiele finden.

Es hindert nichts, dass eine Substanz neben solchen isomeren Modificationen, deren Molecule sich nur durch eine umgekehrte Anordnung der letzten Atome in Bezug auf Rechts und Links unterscheiden, auch noch solche darbiete, wo sich die letzten Atome der Molecule wesentlich anders gruppiren; wie denn wirklich ausser der rechten und linken Weinsäure und deren Verbindung, der Traubensäure, eine isomere Modification der Weinsäure besteht, (welche durch längere Erhitzung der Traubensäure mit Cinchonin auf 170° C. erhalten wird), die wie die Traubensäure, aus der sie erhalten wird, keine Wirkung auf das Licht zeigt, übrigens sich ganz wesentlich von den genannten drei Modificationen unterscheidet (Erdm. T. LX. p. 136).

Man kann noch eine Bemerkung hinzufügen. Wenn sich die rechte und linke Weinsäure mit einer Substanz, wie Kali, Natron verbinden, die keine drehende Wirkung auf das Licht äussert, so sind die Salze von beiden Säuren angegebenermassen bis auf den Charakter der hemiedrischen Ausbildung und die Richtung der auf das Licht ausgeübten Drehung ganz gleich. Aber diese Gleichheit beider Salze hört durchaus auf, wenn die Basis, mit der sie sich verbinden, selbst eine rechts- oder linksdrehende ist, also ihre Molecule auch sich wie rechte und linke Hände verhalten (z. B. Cinchonin). Dies lässt sich atomistisch wieder voraussehen. Wenn eine rechte und linke Hand dieselbe Kugel oder denselben Würfel fassen, so werden sie damit, abgesehen von der unmöglichen Congruenz ein gleichbeschaffenes System bilden; wenn aber eine rechte Hand und eine linke Hand beide eine andere Hand fassen, die selbst entweder rechts oder links ist, so werden sie damit ein wesentlich verschiedenes System geben. So sieht man, wie alle Erscheinungen nach der atomistischen Deutung durch klare und leicht verfolgbare Vorstellungen wohl zusammenhängen.

Ich meine, wenn Atomistik und dynamische Ansicht einander im Uebrigen mit gleich wiegenden Gründen gegenüber treten, müsste schon der eine Fall der Isomerie mit seinen Unterfällen diese Messerspitze voll Bruchstücken desselben Korns (im Sinne jenes Beispiels S. 15) hinreichen für die Atomistik zu entscheiden. Bleibt man beim Groben der chemischen Erscheinungen stehen, so haben wieder beide gleiches Recht, es lässt sich bei den chemischen Erscheinungen im Allgemeinen eben so wohl denken, dass die Körper sich gleichförmig durchdringen, als sich mit ihren Theilen zwischen einander schieben. Aber es kommt ein Punkt in einer feinern Bestimmung der chemischen Erscheinungen, wo diese gleichgültige Substitution der einen für die andere aufhört, wo es Entscheidung gibt. Ein solcher Fall liegt in der Isomerie. Die dynamische Ansicht reicht eben so nur bis an die Isomerie, wie sie nur bis an die Farben des Prisma reicht; darin aber, dass die Atomistik die Farben und die Isomerie noch inbegreift, muss für Jeden, der sich nach Thatsachen entscheiden will, die Entscheidung für die letzte liegen.

Man bemerke nun, wie Farbe in dem Prisma und Isomerie sich für den ersten Anblick sogar nichts angehen, wie es ganz andere Forscher, ganz andere Lehren sind, die sich mit jenem und mit dieser beschäftigt haben; und dennoch bietet sich beiden mit gleicher Nothwendigkeit die atomistische Erklärung dar.

Ich darf alle Gegner der Atomistik herausfodern, eine gleich klare, in sich zusammenhängende annehmliche Erklärung der eben besprochenen Erscheinungen zu geben, als die Atomistik gibt. Statt den Versuch zu wagen, wird man von vorn herein darauf verzichten. Heisst das aber nicht, der Atomistik factisch das Feld räumen?

Ein anderes Beispiel: Die Erscheinungen der Krystallisation nöthigen im atomistischen Sinne jedenfalls, den Moleculen fester Körper bestimmte Gestalten beizulegen, und denken wir uns z. B., um der Deutlichkeit halber ein Extrem zu setzen, linear gestaltete Molecule[*]) homolog geordnet, so können natürlich nach der Längenrichtung der Molecule nicht dieselben Eigenschaften erwartet werden, als nach der queren Richtung, und es wird ein verschiedener Abstand der Molecule und ein verschiedenes Verhalten des Aethers im Körper nach beiden Richtungen von selbst damit zusammenhängen müssen, sollen Gleichgewichtsverhältnisse bestehen.

---

[*]) Die Molecule fester Körper sind unstreitig, wie schon bemerkt, selbst nur Combinationen, Gruppen einfacher Atome, welche der Gruppirungsweise wesentlich

Wirklich zeigen alle Krystalle, mit Ausnahme derer, welche zum regulären System gehören (wo auch eine reguläre Gestalt der Molecule vorauszusetzen) Verschiedenheiten der Eigenschaften nach verschiedenen Richtungen, und zwar Maxima und Minima nach Richtung der Axen. Sie zeigen eine verschiedene Härte, Spaltbarkeit, Elasticität, verschiedene optische Eigenschaften, verschiedenes Leitungsvermögen für Wärme und Elektricität, verschiedene Ausdehnung durch die Wärme, Verschiedenheit des Magnetismus und Dia-Magnetismus.

Die dynamische Ansicht kann nun freilich auch wieder leicht einen Ausdruck für solche Eigenschaftsunterschiede desselben Körpers nach verschiedenen Richtungen finden und diese mit andern Ausdrücken durch neue Ausdrücke verknüpfen, das hat gar keine Schwierigkeit und kann sogar auf unendlich verschiedene Weise geschehen, die alle gleich viel leisten, d. h. für den Physiker nichts, weil sie mit dem Princip der Erklärung und Verknüpfung, was den ganzen Bau seiner Wissenschaft zusammenhält und weiter führt, mit Hülfe dessen alle Leistungen in dieser Wissenschaft vollbracht worden sind, nichts zu schaffen haben; dies ist das einfache Princip, dass nach Massgabe als die Bedingungen in der Natur sich gleichen oder nicht gleichen, auch die Erfolge sich gleichen oder nicht gleichen. Nun aber kann der Dynamiker mit all seinen Ausdrücken nicht begreiflich machen, wie z. B. die Verschiedenheit der Ausdehnungserscheinungen je nach Verschiedenheit der Körper sich mit der Verschiedenheit der Ausdehnungserscheinungen je nach verschiedenen Richtungen des Körpers durch jenes Princip in Beziehung setzt, und so sind alle jene Ausdrücke für die Physik vergeblich. Statt es weiter im Allgemeinen zu besprechen, wollen wir den Fall gleich im Besondern ins Auge fassen und hiermit des Nähern deutlich machen, was wir meinen.

Die Krystalle werden durch die Wärme ungleich nach verschiedenen Richtungen ausgedehnt. Für die atomistische Ansicht

---

ihre Form verdanken, was man im Auge behalten kann; was jedoch für die oben betrachteten Erscheinungen nicht in Betracht kommt, daher die Molecule oben nur nach ihrer Form im Ganzen in Betracht gezogen werden.

stellt sich die Betrachtung hievon so: Das Verhältniss, in welchem sich die Theilchen durch einen gegebenen Wärmeeinfluss entfernen, ist eine Function ihrer schon vorhandenen Entfernung, ihrer Stellung und chemischen Qualität (deren möglicherweise noch weitere Rückführbarkeit hier nicht in Betracht gezogen wird). Sofern verschiedene Körper sich in diesen Umständen von einander unterscheiden, werden sie auch durch denselben Wärmeeinfluss verschieden ausgedehnt. Diese Verschiedenheiten, die zwischen den verschiedenen Körpern im Ganzen bestehen, lassen sich nun auch nach der atomistischen Ansicht zwischen verschiedenen Richtungen desselben Körpers wiederfinden. Die Theilchen des Krystalls sind nach verschiedenen Richtungen schon verschieden von einander entfernt, verschieden zu einander gestellt, das chemisch Differente darin verschieden in Bezug zu den verschiedenen Richtungen geordnet. Sonach erfolgt auch die Ausdehnung nach verschiedenen Richtungen verschieden. Beide Kreise von Erscheinungen, diejenigen, welche verschiedene Körper im Ganzen, und welche die verschiedenen Richtungen desselben Körpers insbesondere betreffen, sind also durch die atomistische Auffassung nach dem allgemeinen Princip der Verknüpfung der Wissenschaft des Physischen verknüpft, in Realzusammenhang gebracht. Aber für die dynamische Ansicht hört diese Art Zusammenhang, um die es dem Physiker zu thun ist, auf. Jene Unterschiede, die für verschiedene Körper bestehen, fallen für verschiedene Richtungen desselben Körpers weg. Denn Dichtigkeit, Qualität, Austheilung der Materie sind danach in jedem Krystall nach allen Richtungen dieselben, von Gestalt und Lage der Materie innerhalb des Krystalls lässt sich gar nicht reden. So schweben jene Eigenschaftsunterschiede hier auf einmal abgerissen von dem, woran sie sich sonst halten, in der Luft an irgend einem Worte, und grosse Kreise von Erscheinungen fallen für die Physik auseinander, die durch die atomistische Ansicht sich in ihrem Sinn und Geist verknüpfen.

Vielleicht zwar sagt der Dynamiker: warum kann ich nicht von verschiedener Dichtigkeit und sonst verschiedenen Grundeigenschaften eines Krystalls nach verschiedenen Richtungen so gut sprechen, als der Atomistiker und Alles, was der Atomistiker damit in Beziehung setzt, davon abhängig macht, eben so gut damit in Beziehung setzen, davon abhängig machen? Es wird nur eine Uebersetzung der atomistischen in die dynamische Fassungsweise gelten.

Wenn ein Krystall sich nach verschiedenen Richtungen verschieden durch die Wärme ausdehnt, so setzt der Atomistiker voraus, dass der schon vorher nach verschiedenen Richtungen ungleiche Abstand der Molecule sich nun auch durch die Erwärmung in ungleichem Verhältnisse ändere, diese Aenderung eine Function des schon vorhandenen ungleichen Abstandes sei; aber warum ist es nöthig, hiebei auf einen ungleichen Abstand der Theile und Aenderung dieses Abstandes zurückzugehen, von dem ich nichts sehe; kann ich nicht eben so gut sagen, dass eine von vorn herein verschiedene Dichtigkeit nach verschiedenen Richtungen nun auch in ungleichem Verhältnisse nach diesen Richtungen zu- und abnimmt?

Sagen kann man es wohl; nur vorstellen, nur denken kann man sich nichts dabei, weil eine verschiedene Dichtigkeit nach verschiedenen Richtungen in einem und demselben Körper selbst gar nicht vorstellbar, denkbar ist, ohne dabei auf eine verschiedene Austheilung der Massen nach verschiedenen Richtungen zu recurriren. Man versuche es doch, einen Streifen so zu schwärzen, dass er nach der Breite schwarz und nach der Länge nur grau erscheint. Das wäre die verschiedene Dichtigkeit nach verschiedenen Richtungen im Sinne des Dynamikers.

Die Ausdehnung der Körper gewährt hiemit ein neues Beispiel, dass die dynamische Ansicht die Erscheinungen nur bis zu gewissen Gränzen, aber nicht darüber hinaus erklärt, nicht zu den speciellen Bestimmungen reicht. Für die Ausdehnung der Körper im Allgemeinen und Ganzen dient sie so gut als die atomistische Ansicht; aber so wie man von da zur Ausdehnung nach den besondern Richtungen übergehen will, fehlt die Vermittelung des Ueberganges.

Folgende Betrachtung mag noch etwas näher zeigen, wie viel zusammenhangsloser sich hiebei Alles nach der dynamischen als nach der atomistischen Ansicht stellt. Wenn ein ganzer Körper sich durch die Wärme ausdehnt, so hängt seine Dichtigkeitsverminderung im Ganzen und Vergrösserung seines ganzen Volums genau zusammen, und sowohl die dynamische als atomistische Ansicht hat diesen Zusammenhang als ein Reciprocitätsverhältniss zwischen beiden anzuerkennen. Nach Massgabe als der Raum, den der Körper einnimmt, sich vergrössert, nimmt die Dichtigkeit des Körpers ab. Für die atomistische Ansicht nun besteht dasselbe Reciprocitätsverhältniss, was für den Körper im Ganzen besteht, auch eben so für die verschiedenen Dimensionen des Körpers insbesondere. Der Körper wird in demselben Verhältnisse minder dicht nach einer gegebenen Richtung, als er seine Dimension nach dieser Richtung mehr vermehrt, indem die Theilchen nach dieser Richtung mehr auseinanderrücken; für die dynamische Ansicht aber hört dies Zusammenhangsverhältniss hier auf; denn sonst kommt man wieder auf die Vorstellung des Streifens, der nach einer Richtung schwarz, nach der andern nur grau. Also entweder Absurdität oder Zusammenhangslosigkeit oder gar Beides; dazwischen allein hat man auf dynamischer Seite die Wahl. Man muss dieser Ansicht nur recht auf den Grund gehen, so zeigt sich überall, sie reicht nicht auf den Grund.

Wie denkt der Atomistiker den Streifen, der den Krystall versinnlicht, welcher nach einer Richtung sich anders ausdehnt und sonst andere Eigenschaften zeigt, als nach der andern? Er denkt sich beispielweise, denn natürlich ist für jeden andern Krystall ein anderes Bild eben so nöthig, als atomistisch genommen möglich, kleine schwarze Linien darauf, parallel in Abständen geordnet, die nach homologen Richtungen gleich, nach verschiedenen verschieden sind, also z. B. so:

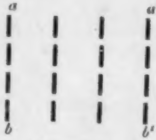

Nun wird jeder es leicht verständlich finden, dass Axenlänge, Blätterdurchgänge, Cohäsion, Härte, Elasticität, Lichtbrechung, Wärmeleitung, Elektricitätsleitung, Ausdehnung durch die Wärme, sich in einem Körper, wie er durch obiges Schema repräsentirt wird, in der Richtung *a b* anders verhält als in der Richtung *a a'*, indess bei einem Körper, der durch eins folgender Schemate repräsentirt wird

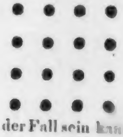

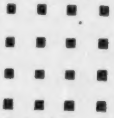

dies nicht der Fall sein kann. Und ferner übersieht man leicht, dass, indem man in den (im Vorigen auf das Einfachste reducirten) schematischen Figuren die Form und den relativen Abstand der Molecule ändert, kleinere Gruppen in verschiedener Weise zu grössern combinirt, wozu die Anfoderung in den Erscheinungen hinreichend liegt, dabei noch in Rücksicht zieht, dass die Molecule fester Körper im allgemeinen selbst schon Gruppen kleinerer zum Theil verschiedener Atome sind, die allerverschiedensten und complicirtesten Verhältnisse, und hiemit Körper von den verschiedensten Eigenschaften repräsentirt werden können. Aus der Ferne werden alle Streifen, die man dazu verwendet, ganz eben so gleichförmig grau aussehen, als der gleichförmig graue Streifen des Dynamikers, und eben so, nur etwa in der Intensität und Nuance des Grau sich unterscheiden. Also ist freilich sehr wohl ein Streit möglich, ob der Streifen im Sinne des Atomistikers oder Dynamikers grau ist. Wie wird man ihn entscheiden? Man wird näher treten, dann wird sich, falls es ein atomistisches Grau ist, dasselbe in seine Bestandtheile auflösen, im Falle es ein dynamisches ist, nicht. Dieses Nähertreten wird in der Physik durch ein näheres Eingehen in die Erscheinungen vertreten. Und dass die dynamische Betrachtungsweise den Erscheinungen nicht nahe tritt, sondern sie blos aus den Ferne im Allgemeinen auffasst, lässt sie allein bei ihrem Schein beharren.

Man kann das erste Beispiel nun mit dem jetzigen verbinden. Dieselben schwarzen Punkte, Linien, Vierecke u. dgl. in gleicher Menge und Beschaffenheit können doch noch in verschiedener Anordnung auf demselben Streifen vertheilt werden. So hat man den Fall der Isomerie mit dem der Ausdehnung und sonstigen Verschiedenheit der Eigenschaften der Krystalle nach verschiedenen Richtungen in Zusammenhang gebracht; und es bedarf dazu gar nicht des Bildes; die Vorstellung ist ohne alles Bild noch eben so klar, indess sich nach der dynamischen Vorstellung nicht einmal ein klares Bild dazu finden lässt, aus dem einfachen Grunde, weil sich die Vorstellung selbst dazu nicht finden lässt.

Warum aber hat doch der Physiker darauf zu dringen und zu halten, bei alle dem in der Vorstellung einen Anhalt zu behalten? Weil er nur vom Vorstellbaren wieder den Weg zum Vorstellbaren zu finden weiss, und am Zusammenhang der Vorstellung für ihn der Zusammenhang der principiellen Behandlung und des Schlusses hängt.

Im Uebrigen leugne ich, wie gesagt, nicht, dass die Philosophie auch im dynamischen Sinne für die Isomerie, die Eigenschaftsunterschiede nach verschiedenen Richtungen, wie für sämmtliche andere genannte Verhältnisse, ihre Formeln haben wird oder beliebig finden kann, die sich in den oben angeführten oder ähnlichen Ausdrücken drehen, sie wird sogar damit viel schneller zur Hand und fertig sein, als die Atomistik mit ihrer Auffassung und Darstellung derselben Verhältnisse, weil es natürlich viel leichter ist, gegebene Erscheinungsweisen allgemeinen Ausdrücken unterordnen, als durch in sich zusammenhängende bis ins Specielle reichende und zutreffende Vorstellungen decken. Wer nun den Unterschied im Charakter und Erfolg beider Behandlungsweisen nicht zu würdigen weiss, wohl gar meint, an der Unklarheit, Unbestimmtheit, Vieldeutigkeit, Verflüchtigung in leere Abstractionen, dem in sich Widerspruchsvollen jener Formeln hänge die Tiefe der Fassung, wird freilich auch in der stricten Weise, wie die Atomistik alle jene Verhältnisse durch eine einzige klare Grundvorstellung verknüpft und deckt, kein Argument für die Atomistik der Philosophie gegenüber finden können, weil es doch der letzten auch niemals an Worten fehlt, jene Verhältnisse zu fassen.

Für die Zwecke des Physikers aber ist die gänzliche Unfruchtbarkeit aller bisherigen philosophischen Auffassungen der physischen Dinge im dynamischen Sinne von Kant bis Hegel, Herbart und den Neuesten so wahr und evident, dass selbst diejenigen Physiker und Chemiker, welche der Atomistik nicht anhängen, sich doch wohl hüten, zu solchen Auffassungen ihre Zuflucht zu nehmen, höchstens einmal, wenn sie von dem Einflusse der herrschenden Philosophie etwas mitbetheiligt sind, gelegentlich einen Ausdruck daher entlehnen. Doch sind es nur noch Wenige, die so thun, und die um so weniger zählen, je mehr sie so thun. Wer von Polarität ausserhalb der Lehre von Magnetismus und Galvanismus spricht, ist ein verlorener Mann. Was, abgesehen vom Einfluss der Philosophen, manche Physiker veranlasst, sich abweisend gegen die Atomistik zu verhalten, ist früher schon besprochen, nirgends aber dürfte sich deutlicher zeigen, als gerade im Felde der jetzt verhandelten Thatsachen, wie wenig die Philosophen Grund haben, daraus eine Waffe gegen die Atomistik zu machen; denn unzweideutig kommt hier zu Tage, es ist vielmehr die Feindschaft als Freundschaft mit der Philosophie, welche jene Physiker von der Atomistik abwendig macht. Sie ist ihnen in der That noch zu philosophisch; sie begnügen sich überhaupt, jene Facta, welche durch die atomistische Ansicht in Eins verknüpft werden, als unverknüpfte Facta hinzunehmen, oder Gesetze zu suchen, die für besondere Gebiete gelten, ohne sich um eine allgemeinere Verknüpfung dieser Gesetze selbst zu kümmern, indem sie im Sinne jener früher besprochenen Neigung, das Erfahrungsmässige nicht zu verlassen, lieber die innere und nach unserer Ansicht wahrhaft philosophische Verknüpfung der empirischen Thatsachen und Gesetze durch die Atomistik missen, als zu einer, wie ihnen dünkt, unerweislichen Hypothese ihre Zuflucht nehmen wollen. Aber Hypothesen können in der Physik überhaupt blos durch Verknüpfung von Thatsachen oder von Gesetzen, die einem Kreise von Thatsachen genügen, bewiesen werden, und es wäre eine eigene Sache, wenn die Philosophen ihre Partei wirklich durch Naturforscher verstärkt glaubten, welche eine Verknüpfung zwischen empirischen Thatsachen und Gesetzen deshalb verwerfen, weil sie nicht selbst in gleicher Reihe mit denselben als empirische Thatsache aufzeigbar ist. Doch sonderbarerweise, indem sie sie verwerfen, berufen sie sich zugleich auf sie, denn in der That ist das eine der gewöhnlichen Weisen der Philosophen, der Atomistik zu begegnen, dass sie sagen: die Physiker selber halten nichts davon; es ist ihnen damit nicht Ernst; sie brauchen nur ihre Worte, doch liegt ihnen nichts an der Sache. Und es mag sein, dass die Zahl der Naturforscher, von denen sie mit Recht so sagen, nicht gar zu klein ist.

In der That gibt es wohl manche Chemiker, die ganz vergnügt sind, ihre chemischen Proportionen nach der Regeldetri berechnen zu können, und in der Isomerie eine curiose Thatsache zu erblicken; zu Beidem braucht es keiner Atomistik; die Regeldetri, die Thatsache reicht eben hin; — gar manche Krystallographen, die, weil sie alle Krystallformen ganz ohne Atomistik in das vollendetste System bringen können, die Atomistik für das überflüssigste Hirngespinnst erklären; sie lehrt ja weder einen Winkel genau messen, noch eine Beziehung zwischen Axen und Winkeln berechnen; — gar manche Physiker, welche, weil es Regeln gibt, wonach die Körper sich mit der Wärme ausdehnen und zusammenziehen, durch Zug und Druck sich dehnen und verdichten, die Atomistik, die zu diesen Regeln gar nichts beiträgt, für eine müssige Hypothese halten, durch die man nicht ein Haar mehr lernt, als man schon weiss. Ja seltsam, je mehr man die Gebiete vereinzelt, so überflüssiger scheint die Atomistik, die Lehre von dem Einzelnsten. Aber der Chemiker, Krystallograph, Physiker versuche doch einmal, die chemischen Proportionen, die Isomerie, die Krystallformen, die Blätterdurchgänge, die Ausdehnungs-, die Elasticitätsverhältnisse u. s. w. in einen vorstellbaren vernünftigen Zusammenhang zu bringen. Wie dann? Aber er versucht es nicht, der reine Empiriker, er ist eben nur empirischer, nicht philosophischer Physiker. Ja, man möchte sagen: indem er die Atomistik verwirft, beweist er sich selbst als der ärgste Atomistiker, der Atomistiker aber, indem er die Atomistik vertheidigt, als das reine Gegentheil, wenn man nämlich Atomistik im Sinne der Gegner versteht, wo es mit zerstückelnder Ansicht gleichbedeutend ist.

Man sieht, die Atomistik hat eine doppelte Bewährung, einmal darin, dass man in das Tiefste, in das Feinste der Erscheinungen eingeht, dann, dass man zum allgemeinsten, umfassendsten Zusammenhange der Erscheinungen geht. Beides aber hängt zusammen. Denn sofern auf der feinen Gliederung der Materie auch eine Menge, ja ganze Gebiete feiner Erscheinungen beruhen, fallen diese nothwendig ausser den Zusammenhang der Wissenschaft, wenn diese die feine Gliederung der Materie nicht in ihren Zusammenhang aufnimmt, bleiben nur abgesonderte Thatsachen, statt Folgerungen für sie zu werden. Das Grobe der Erscheinungen bedarf der Atomistik so wenig als die Besonderheit der Erscheinungen. Die feinste Zergliederung und allgemeinste Verknüpfung aber bieten sich die Hand, die Atomistik zu fodern. Hierin liegt zugleich die Antwort auf die Frage, die man erheben kann, warum doch das Bedürfniss der Atomistik sich erst im Fortschritt der Naturwissenschaften geltend gemacht hat, nun aber fortgehends damit gewachsen ist. Ueberall fängt man mit dem Groben und Einzelnen an, und schliesst mit der feinsten Ausarbeitung und vollständigsten Verknüpfung. Wem dann freilich das Feine zu fein, der Zusammenhang zu hoch, dem bleibt auch die Atomistik zu fein und zu hoch. Und ob ich schon die Physiker im Allgemeinen gegen die Philosophen in Schutz nehme, ist es doch nicht ein solcher Geist derselben, der darin besteht, der Physik den Geist zu nehmen und den Fortschritt zu verkümmern. Aber der Geist der Atomistik geht doch darüber. Sogar Die, welche die höhern Vorzüge und Vortheile der Atomistik nicht zu erkennen wissen, gestehen doch, dass sie mindestens die bequemste Weise, die Dinge darzustellen, sei, und man sich ihrer Ausdrücke wohl bedienen könne, die Verhältnisse vorstellig zu machen, wollen sie auch keine Consequenz daraus gezogen, der Vorstellungsweise keine Realität beigelegt wissen. So überwältigt sie der Geist der Atomistik. Sie erscheinen mir hiemit fast wie Personen, die sich zwar ihrer natürlichen Beine bedienen, weil sie die bequemsten Mittel sind, vorwärts zu kommen, doch ohne damit im mindesten zu behaupten, dass das auch wirklich ihre wahren Beine sind, die vielmehr noch ganz im Verborgenen ruhen und hoffentlich einmal an das Licht kommen werden. Die

Thatsache des Fortkommens genügt. Sie halten die Atomistik so überflüssig wie die Sonne, weil es ja ohnehin am Tage hell sei, und schelten das Licht, bei dem sie sehen, einen leeren Schein, weil sie es nicht eben so mit Händen greifen können, wie die Dinge, die sie dabei sehen; doch halten sie sich immer noch lieber daran als an den philosophischen Schein, bei dem vielmehr alles Klare in Unklarheit verfliesst.

Es ist schwer, über die in diesem Felde herrschenden Richtungen etwas Allgemeines zu sagen, und nicht etwas zu Allgemeines zu sagen; diess erkenne ich selbst in Bezug auf die Vorwürfe, die ich gegen die heutige Philosophie wende, gern an, wenn ich auch kaum weiss, wie und an welchem Punkte ich sie beschränken soll; der im Allgemeinen gemachte Vorwurf muss aber doch gegen Einzelne oder nach gewisser Seite ungerecht werden. So thäten wir aber auch unstreitig einigen der grössten Forscher in physischen Dingen Unrecht, wenn wir sie mit den vorigen Physikern in dieselbe Classe setzten, ungeachtet sie doch auch der Atomistik nur einen precären Werth beilegen. Entweder sie verlangen von einer Hypothese, dass sie erst Alles, was sie zu leisten hat, schon leiste, um das volle Siegel der Genehmigung darauf zu drücken, oder, wenn selbst eine Hypothese Alles leistet, was sie zu leisten hat, bleibt sie ihnen dennoch nichts als eine Hypothese, und es gibt deren, die auch die Drehung der Erde um die Sonne aus diesem Grunde für nichts als die einfachstmögliche Hypothese halten.

Unstreitig nun ist es ein ganz anderer Gesichtspunkt, welcher diese die Atomistik nach Allem, was sie wohl selber zur Föderung und Pflege derselben gethan haben, noch mit skeptischem Auge betrachten lässt, als welcher das ablehnende Verhalten jener dazu bedingt. Bei Erstern ist es der höchste Anspruch an Sicherheit, der für die Atomistik gestellt wird, dem sie doch weder schon genügt, noch absolut betrachtet je wird genügen können; bei Letztern ist es die mangelnde Kenntniss der Sicherheit, die sie schon bietet, die fehlende Uebersicht und Würdigung ihrer schon so tief und weit reichenden Wurzeln oder das mangelnde Bedürfniss einer allgemeinern und höhern Verknüpfung der Thatsachen. Mit Jenen aber ist es leicht uns zu verständigen. Wir wollen ja selber die Atomistik nicht für etwas absolut Gewisses ausgeben, weder in dem Sinne, wie manche Philosophen von absoluter Gewissheit ihrer Systeme sprechen, noch in dem Sinne, wie etwas unmittelbar Erfahrenes als solches auch unmittelbar gewiss ist; es bleibt auch uns ein Platz noch für den Glauben, der in allen höchsten und letzten Dingen das Wissen ergänzen muss, in den materiellen nicht minder als in den geistigen; man soll sich nur im Versuch, die materiellen zu verknüpfen, an die Atomistik als an das Wahrscheinlichste, Zulänglichste halten, bis es etwas Wahrscheinlicheres, Zulänglicheres gibt: nur das hinzufügend, dass sie schon so viele zusammenstimmende und gegen gegentheilige Verknüpfungsweisen überwiegende Wahrscheinlichkeitsgründe für sich hat, dass es ganz unwahrscheinlich ist, es werde etwas von Grund aus Wahrscheinlicheres und Zulänglicheres gefunden werden; indess allerdings zu verlangen und zu hoffen ist, sie werde sich selbst immer noch zu grösserer Wahrscheinlichkeit und Zulänglichkeit in sich erheben und begründen. Dabei werden wir dann ganz zufrieden sein, wenn dies so weit gelingt, — denn dass es schon gelungen sei, wollen wir nicht ein Mal behaupten, — dass ihre Wahrscheinlichkeit gleich der der Hypothese der Drehung der Erde um die Sonne werde, mag sie auch immer ewig gleich dieser eine Hypothese heissen. Auf diesen Namen kommt es gar nicht an, sondern auf die Wirkung, die man ihr beimisst, den Gang der Forschung, die Form und Methode der Darstellung, die Anknüpfungsweise an andere Gebiete, die Begründung allgemeiner Ansichten bestimmen zu dürfen. Das Alles, sagen wir, soll die Atomistik als Baumeisterin des physischen Gebiets so lange dürfen, bis eine andere mehr als sie zu leisten vermag. Dann trete sie zurück; nur wolle keine sie verdrängen, die in den physischen Dingen auch nicht einmal das Kleinste bisher geleistet hat.

Wenn wir aber auch jenen Forschern, welche der Atomistik, sei es aus Unkenntniss oder mangelnder Uebersicht ihrer Gründe, sei es aus mangelndem Bedürfniss einer allgemeinern und höhern Verknüpfung der Thatsachen, die rechte Würdigung versagen, nicht beistimmen mögen, wissen wir doch das dabei mitwirkende und vielleicht zumeist hauptbestimmende Motiv derselben zu achten, welches darin liegt, die Sicherheit der Thatsachen nicht mit der Unsicherheit von Hypothesen zu vermengen. Denn Thatsachen bleiben nach Allem dem Physiker das Erste, der Grund, den es vor Allem gilt, rein und streng und fest zu halten und zu erhalten. Nur gerade die Philosophie darf es am wenigsten dulden, dass er, statt auf diesem reinen Grunde stehen zu bleiben, rein bei diesem Grunde stehen bleibe; und nun bleibt es dabei, Alles, was die Philosophie, die sich selber diesen Namen gibt, bisher statt der Atomistik zum höhern Bau, ja zum höhern Plan geboten hat, war für die Physik factisch unbrauchbar, und wird selbst von den Physikern, welche die Atomistik verwerfen, gerade eben so wenig gebraucht als von denen, welche sie behaupten.

Nun kann der Philosoph noch sagen, und mancher scheut sich dessen nicht: jene philosophischen Betrachtungsweisen der physischen Dinge, die der Physiker nicht brauchen kann, sind auch nicht für seinen Gebrauch bestimmt. Wohlan, so lasse man ihn aber Das brauchen, was für ihn brauchbar ist, und meine nur nicht, dass Das, was wirklich für ihn brauchbar ist, von Wirklichkeit zu Wirklichkeit zu führen. — Doch, kommen wir nicht auf Abgethanes zurück! —

Und schlimm genug, wenn die Philosophie selbst gestände, dass Das, was sie über die physischen Dinge sagt, für eine Wissenschaft des Physischen nicht brauchbar!

IV. Einige besondere Gründe für die Atomistik.

In dem Schreiben, welches Professor Weber auf Grund der Vorlage der Hauptgesichtspunkte dieser Abhandlung an mich gerichtet hat, findet sich nach Erinnerung an einige Punkte, welche wohl noch zu Gunsten der Atomistik hätten angeführt oder weiter ausgeführt werden können, als von mir geschehen ist, deren Darstellung aber zum Theil Schwierigkeiten herbeigeführt haben würde, noch folgender hinzugefügt: „Es liese sich endlich für die atomistische Ansicht auch noch die freie Oberfläche der Atmosphäre geltend machen. Die Begränzung der Atmosphäre, sei es in zehn oder vierzehn Meilen Höhe über der Erdoberfläche, lässt sich als astronomisch bewiesen betrachten, und lässt sich natürlich leicht erklären, wenn man dem Mariotte'schen Gesetze eine beschränkte Gültigkeit zuschreibt. Zu einer solchen Beschränkung der Gültigkeit des Mariotte'schen Gesetzes bei abnehmendem Druck scheint aber gar kein Grund vorhanden zu sein, zumal wenn man sich die Luft auch bei der grössten Verdünnung als stetig verbreitet im Raume vorstellt. Denn alsdann handelt es sich gar nicht um Aenderung der Entfernung, sondern blos um Verkleinerung der Massen bei gleichen Entfernungen, wo es aller Analogie widersprechen würde, eine Abweichung der Kräfte von der Proportionalität mit den Massen einzuräumen. Was ganz Anderes ist es, wenn die Luft aus kleinen, in einzelnen Punkten concentrirten Massen besteht, die bei der Ausdehnung der Luft sich von einander entfernen. Mit der Entfernung dieser Punkte muss ihre wechselseitige Abstossung abnehmen, während die Anziehung der Erde (das Gewicht jedes Punkts) nahe unverändert bleibt; folglich muss es einen Grad der Ausdehnung geben, wo das Gewicht der äussersten Luftatome der Abstossung der nächsten in einiger Entfernung darunter liegenden Luftatome das Gleichgewicht hält. Und man kann dabei behaupten, dass das Mariotte'sche Gesetz seine Gültigkeit nicht verliere, vielmehr leuchtet ein, dass nur der Begriff des Volumens einer Luftmasse einer schärfern Bestimmung bedarf. Es ist darunter nicht das Volumen der Atome selbst, was ganz ausser der Betrachtung bleibt, zu verstehen, sondern Räume, in denen sich die Atome befinden, zu deren Begränzung es aber einer gewissen Regel bedarf. Diese Regel kann so beschaffen sein, dass zu den äussersten Atomen ein unendlicher Raum gehört, und dass dieser nähern Bestimmung von dem Begriff des Volumens gemäss das Mariotte'sche Gesetz selbst in dem äussersten Falle noch strenge Gültigkeit behält.“

Irre ich nicht, so ist folgendes Argument von einer ähnlichen Natur, einer populären Erörterung aber vielleicht etwas zugänglicher. Wenn man einen Faden Gummi elasticum dehnt, wird er länger und immer länger, doch bleibt ein continuirliches Ganze. Es sieht das ganz aus, wie im Sinne der dynamischen Ansicht; man kann sagen, beinahe wie sie selbst. Aber, wenn man ihn zu weit dehnt, reisst er. Ich meine, im Sinne einer consequenten dynamischen Ansicht sollte er sich nur immer länger dehnen, und indem er reisst, reisst sie mit. Denn nach ihr bleibt die Materie des Fadens bis zum Reissen fortgehends continuirlich, und nur die Dichtigkeit nimmt immer mehr ab; wie kann nun aus der Abnahme der Dichtigkeit auf einmal ein Reissen, eine Aufhebung der Continuität werden, die Continuität der dynamischen Ansicht wird hiemit selbst aufgehoben. Sogar von einem unendlichen Wachsthum der dehnenden Kraft sollte man nach ihr nur eine unendliche Abnahme der Dichtigkeit des Fadens, aber kein Reissen erwarten. Für die atomistische Ansicht stellt sich das anders. Danach muss die von vorn herein stattfindende Entfernung zwischen den Theilchen durch ihr Wachsthum endlich so gross werden, dass sie sichtbar wird, und zuerst sichtbar werden, wo sie zuerst gross genug dazu wird. Damit zusammen stimmt die Vorstellung, dass die von der Distanz abhängige, nur auf unmerklich kleine Entfernungen merkliche Anziehungskraft mit dem Wachsthum der Entfernung endlich unmerklich wird. Nach der dynamischen Ansicht wird hingegen die in der Berührung der Theilchen begründete Cohäsionskraft plötzlich unmerklich, ohne dass die Berührung vorher irgendwie aufgehört hätte.

Derselbe Fall lässt sich auch so erläutern: Könnte man einen Körper von gleichmässiger Beschaffenheit ganz gleichmässig dehnen, so würde nach der atomistischen Ansicht endlich ein Punkt kommen, wo er in seine Atome oder Molecule zerfiele. Nur dass schon vorher an irgend einer Stelle die Atome weiter voneinander entfernt sind, als an den andern, macht, dass der Riss an einer Stelle zuerst erfolgt. Aber nach der dynamischen Ansicht könnte jenes Zerfallen in Atome nie eintreten, der gleichförmige Körper müsste sich ewig fort gleichmässig dehnen, weil ja kein Zerfallen in Atome möglich ist, weil es ja keine Atome gibt; weil der Körper, falls er überhaupt reissen sollte, an allen Stellen zugleich reissen müsste, was ein Unsinn ist. Nun sieht man nicht ein, da der Riss durch keine Kraft erfolgen kann, wenn alle Theile bis über eine gewisse Gränze gedehnt werden, wie er auf einmal erfolgen kann, wenn eine einzelne Stelle bis über eine gewisse Gränze gedehnt wird. Der Dynamiker sagt vielleicht: insofern als Kraft oder Widerstand an dieser Stelle anders wirken als an den andern; die Möglichkeit des Risses an einer Stelle hängt von vorn herein an einer relativen Schwäche dieser Stelle gegen die übrigen, kann also auch von vorn herein nicht auf einen gleichförmigen und gleichförmig gezogenen Körper bezogen werden.

Aber diese Antwort ist irrig. Die Möglichkeit des Risses hängt factisch und nachweislich von der Grösse der absoluten Kraft, die auf eine Stelle von gegebenem Widerstande wirkt, und gar nicht von dem Unterschiede der Kräfte oder Widerstände zu den Nachbarstellen ab. Jede Stelle reisst, wenn die Kraft, die auf sie wirkt, gross genug geworden ist, gleichviel wie sich's mit dem Unterschiede zu den Nachbarstellen verhält, nicht leichter oder schwerer, ob dieser Unterschied grösser oder kleiner, gleichviel also auch, ob ein solcher Unterschied überhaupt besteht. Nur welche Stelle zuerst, nicht dass eine Stelle überhaupt reisst, hängt an dem Unterschiede der Haltbarkeit der Stellen.

Also wiederholen wir unsere Schlussfolge noch einmal: ein gleichförmiger und gleichförmig gedehnter Körper kann nach der dynamischen Ansicht nirgends reissen, und wenn die Kraft auch noch so gross würde; er kann sich nur immer mehr gleichmässig verdünnen, weil, sollte er überhaupt reissen, er überall reissen müsste, was ein Unsinn. Dann aber kann ein ungleichförmiger oder ungleichförmig gedehnter Körper durch dieselbe Kraft eben so wenig reissen; er kann sich nur entsprechend der Kraft und dem Widerstand, der an jeder Stelle vorhanden ist, fort und fort weiter verdünnen. Da er nun aber doch wirklich unter dem Einfluss einer hinreichenden Kraft reisst, so ist die dynamische Ansicht irrig und die atomistische richtig, indem jene eine Antinomie von Thatsachen und Foderungen enthält, die bei dieser nicht besteht; denn die atomistische Ansicht lässt schon das Reissen des gleichförmigen und gleichförmig gedehnten Körpers zu, nämlich in Atome, und die Erscheinung der geschwänzten Glasthränen gewährt sogar eine Annäherung an solch Zerfallen in Atome. Ist aber das Reissen aller Fugen zwischen den Atomen auf einmal möglich, so ist es auch bei jeder einzelnen besonders möglich, wenn die demgemässe Kraft darauf ausgeübt wird.

Nun sagt der Dynamiker vielleicht: aber wie kann man etwas auf Voraussetzungen bauen, die nicht stattfinden. Es gibt keinen ganz gleichförmigen Körper. Von Dem, was bei ihm geschehen würde, wenn er existirte, kann man also auch nicht auf Das schliessen, was geschieht in Dem, was wirklich existirt.

Darauf ist einfach zu sagen, dass keine Ansicht, und am wenigsten eine philosophische, etwas taugt, die nicht noch zulangt und in sich übereinstimmend bleibt, wenn man danach Das in der Idee bis zur Gränze führt, was uns die Wirklichkeit nur in Annäherungen zeigt. Die Mathematik und Philosophie sollen eben in der Idee vollenden, wozu die Wirklichkeit nur Näherungen bietet. Die Philosophie wird dies auch sonst nicht anders fassen; vielleicht aber scheinen ihr der Atomistik gegenüber doch auch Waffen, wie sie in jener Ausflucht liegen, gut genug.

Im Uebrigen leuchtet schon ohne tieferes Eingehen und Schluss ein, dass eine Ansicht, nach welcher die Körper von vorn herein zerbrochen sind, einen Bruch im Grossen besser muss erklären oder verstehen lassen, als eine solche, nach welcher jeder Körper nothwendig und wesentlich ein Continuum bleibt, bis zu dem Augenblick, wo er eben reisst. Denn nach jener gilt es eben nur, einen Riss, der schon da ist, bis zum Sichtbaren und Dauernden zu erweitern, nach dieser gilt es, plötzlich ihn als etwas ganz Neues zu machen. Jeder Bruch eines Körpers ist in der That ein Salto mortale für sie, indem er für die atomistische Ansicht nur der Saltus ist, den das Sprüchwort: „Hic Rhodus, hic salta“ von ihr fodert. Zeige mir, heisst es, dass die Atome discret sein können. Da fasst der Atomistiker einen Körper und zerbricht ihn. Mancher zerspringt gar von selbst. Und zwar an jeder Stelle lässt er sich zerbrechen, weil der Sprung schon allseitig durch den Körper geht.

Wenn (nach den beiden vorigen Capiteln) die atomistische Ansicht die Leistungen der dynamischen in Betreff der allgemeinsten Verknüpfung und feinsten Analyse der Naturerscheinungen überbietet, so sieht man nun, dass sie auch Gränzfälle der Erscheinungen besser unter sich fasst, und es beweist sich hiemit abermals, dass diese jener nur bis zu einem gewissen Punkte, aber nicht darüber hinaus, nachkommen kann. Eben so wie die dynamische Ansicht nur bis an die Farben im Prisma, bis an die Isomerie reichte, reicht sie auch nur bis an den Riss der Körper, die atomistische dagegen überreicht den Riss der Körper. Ein Riss, der weder sichtbar noch unsichtbar vorhanden ist, kann auch durch Vergrösserung nicht sichtbar werden; ein Riss, der unsichtbar vorhanden ist, dagegen kann es.

Wiederum bezweifle ich nicht, dass die dynamische Ansicht auch für den Riss der Körper Ausdrücke finden wird, die sich mit ihren andern Ausdrücken combiniren; aber mit all diesen Ausdrücken kann sie die Continuität der Vorstellung und Gesetzlichkeit nicht herstellen, die nach der atomistischen Ansicht beim Riss der Körper mit der Dehnung fortbesteht, muss vielmehr, um den Riss der Körper zu decken, zu einer atomistischen Vorstellungsweise momentan überspringen und die Continuität des Naturgesetzes unterbrechen, indem sie die Discontinuität, die sie sonst überall leugnet und in den Fluss und Nexus gesetzlicher Erfolge nicht aufnimmt, nun doch plötzlich bei einem bestimmten Punkte der Dehnung und an einem bestimmten Punkte des Körpers eintreten lässt; hiemit widerspricht sie nicht nur einer natürlichen Anschauungsweise der Dinge, sondern auch den Principien der Naturwissenschaft.

Man kann an die Betrachtungen über den mechanischen Riss leicht ähnliche über den chemischen knüpfen. Nach der dynamischen Ansicht ist der kohlensaure Kalk, z. B. Marmor, ein continuirlicher Körper, wo an jedem Punkte Kohlensäure und Kalk sich zu etwas Mittlerm identificirt haben. Tritt nun das expandirende Princip der Wärme ein (das hier nur nach der factischen Seite seiner Wirkung betrachtet werden mag, obwohl die Atomistik tiefer zu gehen vermag als zum blossen Worte eines expansiven Princips), so versteht sich wohl, wie dieser gleichförmige Stoff sich fort und fort mehr dehnen kann; aber wie von einem gewissen Punkte an die Kohlensäure auf einmal entweichen kann, versteht sich nicht. Nur eben bildeten ja Kalk und Kohlensäure noch ein in sich identisches Wesen, das sich als solches bis dahin in Eins dehnte. Wie wird das bis dahin expandirende Princip auf einmal ein zerlegendes? Nach der atomistischen Ansicht sind Kohlensäure und Kalk schon getrennt im Marmor; indem der Marmor sich ausdehnt, gerathen die Theilchen beider in immer weitere Entfernung und von Anfang an verhalten sich die Theilchen der Kohlensäure hiebei anders als die des Kalkes; sie können es, weil sie eben kein identisch Wesen damit bilden. Nun versteht sich leicht, wie endlich ein Punkt kommen kann, wo das durch die Erwärmung gesteigerte Ausdehnungsbestreben der Kohlensäure das Uebergewicht gegen die Anziehung zum Kalk gewinnt, und macht, dass sie zwischen den Theilen des Kalkes heraus entweicht. Darum bleibt dieser auch als eine leichter zerreibliche Masse zurück; ja manche Körper zerfallen bei ähnlichem Entweichen eines flüchtigen Bestandtheils geradezu in Pulver, indem die schon vorhandenen Lücken spürbar werden. Woher doch bei der dynamischen Ansicht jene Lockerung, dieses Pulver, wenn aus Continuirlichem nur Continuirliches entweicht?

Mit voriger Deutung hängt die Deutung anderer Erscheinungen unmittelbar zusammen. Eine der gewöhnlichsten Weisen, eine isomere oder allotrope Modification in eine andere zu verwandeln, ist die Erwärmung; auch können Krystalle, die bei verschiedenen Temperaturen verschieden krystallisiren, selbst schon in festem Zustande, durch Abänderung der Temperatur aus einer Krystallform in die andere übergehen, indem der ganze Krystall in ein Aggregat von Krystallen der andern Form übergeht. Diese Erscheinungen erklären sich leicht in Zusammenhang mit dem Vorbetrachteten daraus, dass die Wärme die Körper nicht blos im Ganzen ausdehnt, sondern auf die Theilchen derselben je nach ihrer individuellen Art und Stellung besonders geartete Wirkungen äussert. Für die dynamische Ansicht fehlt jeder vorstellbare Zusammenhang zwischen diesen Thatsachen, und gibt es Sprünge im Felde jeder dieser Thatsachen selbst.

Man sagt vielleicht: aber die atomistische Ansicht muss doch bei dem chemischen Risse im Momente, wo die Verwandtschaft z. B. der Kohlensäure zum Kalk durch das Ausdehnungsbestreben der

Kohlensäure überwogen wird, auch einen Sprung in dem Vorgange anerkennen. Allerdings, aber nur einen solchen, wie wenn ein Wagebalken, der nach einer Seite hängt, durch fortgesetztes Zulegen von Gewichten auf die andere Seite plötzlich umschlägt, nachdem er sich zuvor zur wagerechten Lage erhoben; dergleichen Sprünge (falls sie diesen Namen verdienen) muss man allerdings anerkennen; aber nicht solche, wo zehn Pfund Zulage den Balken ganz auf derselben Stelle lassen, weder neigen noch biegen, und ein Gran mehr ihn plötzlich umschlagen lässt. Damit vergleicht sich in der That, dass die Wärme lange zuwachsen soll, ohne dass Kohlensäure und Kalk im Mindesten aufhören, im selben Raume sich genau zu durchdringen, vielmehr sich nur ganz in Eins in einen grössern Umfang dehnen; ein wenig Wärme mehr, und plötzlich ist der Riss vorhanden. Das ist wie des Himmels Einfall. Wie wird das Instrument, was bis dahin bloss den Körper in Eins zu dehnen vermochte, auf einmal ein Messer, was auch Das durchschneidet, was es dehnt? Man sieht's nicht ein. Hat man sich freilich gewöhnt, die Dinge mit dunkeln Begriffen zu beleuchten, so ist leicht zu helfen. Man kann da sagen: von Anfang an äussert die Erwärmung mit der wirklichen Ausdehnung des ganzen Körpers die Tendenz, auch die Bestandtheile desselben zu trennen, nur dass diese Tendenz anfangs gegen die überwiegende chemische Verwandtschaft nichts vermag; bis sie endlich gross genug geworden, um ihrerseits diese zu überwiegen. So haben wir auf dynamischem Wege Dasselbe geleistet, was du auf atomistischem.

Unstreitig, wenn nur eben nicht eine Tendenz, die bis zu einem gewissen Punkte wächst, ohne dass sie dabei eine angebbare Wirkung äussert, eine Tendenz, die sich nur auf Das beruft, was sie einst leisten wird, ein völlig dunkles Ding, oder sagen wir vielmehr ein Unding wäre.

Wie, sagt man, und du denkst nicht daran, wie der Dampf im geschlossenen Kessel sich immer mehr spannt; erst, wenn seine Spannung zu einer gewissen Gränze gelangt ist, reisst der Kessel, tritt eine Wirkung ein; und wirst du leugnen, dass die wachsende Spannung, das wachsende Expansionsbestreben, bis dahin etwas mehr als ein Unding gewesen?

Wie, frage ich entgegen, so meinst du auch wohl, wenn das angebundene Pferd an der Leine zieht, stärker, immer stärker, bis sie reisst, die wachsende Spannung, das wachsende Expansionsbestreben der Leine habe vor dem Reissen sich in nichts geäussert.

sie sei ein blosses Gedankending gewesen, wie deine mit der Wärme wachsende Spannung zwischen den chemischen Stoffen. Dann würde sicher auch die Leine nur in Gedanken reissen. Ich meine doch, die wachsende Spannung, die Tendenz zur Trennung hat sich in einem wachsenden Auseinanderziehen der Theile geäussert, das endlich bis zum Reissen gediehen ist, d. h. die Theilchen begannen sich schon mit der wachsenden Spannung immer mehr zu entfernen (man kann es mit dem Zirkel, dessen Spitzen man auf je zwei Punkte aufsetzt, beweisen), bis die Entfernung auch zwischen den zwei nächsten Theilchen ganz sichtbar und bleibend wird. Aber deine chemischen Stoffe sollen ja mit der wachsenden Tendenz zur Trennung noch ganz ungetrennt und unveränderlich denselben Raum erfüllen, bis auf einmal der Riss erfolgt. Zeige mir, wo es überhaupt irgend eine wachsende Spannung, einen wachsenden Druck, mit einem Wort eine wachsende Tendenz gibt, die endlich in einen sichtbaren Erfolg ausschlägt und die nicht zuvor schon einen angebbaren Erfolg in dieser Richtung geäussert, der mehr als ein Gedankenwesen. Auch der Kessel wird durch den wachsenden Druck nach seiner Fläche gedehnt, ehe er reisst, d. h. seine Theile werden immer mehr von einander entfernt, bis die Entfernung irgendwo in einen sichtbaren Riss zwischen zwei nächsten Theilen ausschlägt. Sogar die geistigen Tendenzen des Menschen, ehe sie in äussere Handlungen ausschlagen, wirken mit spürbarer Macht auf den Körper des Menschen: das Herz kann davon springen. Was also bedeutet jene mit der Wärme wachsende Tendenz, den Körper zu zersetzen, die doch nichts in ihrer Richtung wirkt? Ich meine eben nichts.

Sehen wir näher zu, so finden wir, die meisten Hebel, mit denen die dynamische Ansicht im Bereiche des Kleinsten operirt, sind solche Gedankendinge, die wirkliche Leistungen vollführen sollen, ohne dass sie selbst etwas Wirkliches sind. Und wären es nur Gedankendinge; aber geht man ihnen auf den Grund, so liegen ihnen nicht einmal wirkliche, jedenfalls nicht klare Vorstellungen unter.

Fügen wir noch eine Betrachtung in Bezug auf die organische Welt hinzu. Wie denkt sich der Dynamiker die Entwickelung eines lebendigen Geschöpfes aus dem Keime, die Möglichkeit namentlich, dass aus so homogen und gleich erscheinenden Keimen, als den Ursprung der Organismen bilden, eine so grosse Mannichfaltigkeit von Organen, eine so unendliche Verschiedenheit von

Geschöpfen entstehen kann. Der erste Anfang von allen Thieren ist ein Ei, das eine sehr einfache und wesentlich die gleiche Construction zu haben scheint als das andere, und die dynamische Ansicht weiss keine Vorstellung an die Hand zu geben, worin es sich doch wesentlich, bedeutungsvoll für die spätere Entwickelung von andern unterschiede. Aber die tiefer reichende atomistische Ansicht lässt in jedem Ei nicht minder als in jedem Krystalle eine bedeutsame verborgene, feine, für jedes andere Ei anders geartete Gliederung sehen, die nur nicht so wie im Krystall zu dauernden Gleichgewichtslagen tendirt, und worin schon die ganze Anlage der künftigen Entwickelung enthalten ist; sie kann jedes sich später entwickelnde Organ zwar nicht durch ein besonderes Atom aber durch eine besondere Stellung von Atomen schon vorbedingt sehen, und wenn man sich erinnert, welch unzählig verschiedene Anordnungen schon wenige Punkte zulassen und dass mit jeder andern Stellung von Atomen auch andere Kraftbeziehungen dazwischen gesetzt sind, der Abstand der Atome dazu die Entwickelung freiester Bewegungen selbst im kleinsten Raume möglich macht, begreift sich leicht, wie durch einen kleinen Aufwand von Atomen, der zu jedem Ei ursprünglich gemacht wird, unendlich verschiedene Ausgänge und Antriebe lebendiger Entwickelung gesetzt sein können, ohne dass Qualität und Quantität der Atome entsprechend oder überhaupt verschieden zu sein brauchen. Auch zwischen den entwickelten Organismen des Löwen und des Rindes können wir die wesentliche Verschiedenheit mit Fug weder in der Qualität noch dem Mengenverhältniss der körperlichen Bestandtheile suchen, sondern nur in der verschiedenen Zusammenstellung daraus gebildeter Organe und Gewebe; wie sollten wir den Grund davon nicht schon im Keim suchen; aber im Sichtlichen ist er nicht zu finden, so müssen wir ihn bis ins Unsichtbare hinein verfolgen. Für die dynamische Ansicht aber zerfliesst hier Alles in Monotonie. Es ist zwar wahr, die Eier der verschiedenen Organismen sind schon sichtlich nicht ganz gleich; aber es ist gewiss, dass aus dem sichtlich Ungleichen in den Eiern sich das sichtlich Ungleiche in den Organismen in keiner Weise verständlich ableiten lässt. Geht man aber aufs Unsichtliche, so kommt man eben zur atomistischen Vorstellung, falls man überhaupt zu einer Vorstellung kommen will, die den Zusammenhang zwischen Keim und Entwickelung verfolgbar macht.

Freilich die dynamische Ansicht hat auch ihre Hülfen; eine haftige Vorstellung stützt sich immer auf die andere. Kann man nicht sagen, dass die anfangs indifferente Einheit des Eies sich in mannichfaltige Organe und Systeme differenzire? Aber warum im einen Ei so, im andern so? Dann muss doch der Grund im Ei selbst schon da sein. Dass aber ein Ei, je nachdem es etwas runder, grösser, dicker, fetter ist als das andere, was ungefähr die sichtlichen Unterschiede sind, sich zu einem Löwen oder einer Maus oder einem Fisch oder Bandwurm differenzirt, ist jedenfalls nicht sehr begreiflich; man will zu der so wesentlich unterschiedenen Folge auch einen der Folge angemessenen Grund sehen. Das ist nach der atomistischen Ansicht wirklich der Fall; indem der andern Gliederung im erwachsenen Organismus in Organe und Organtheile eine andere Gliederung des Keimes in Molecule und Atome entspricht. Die dynamische Ansicht hat dafür eben nichts zu substituiren als dunkle Begriffe.

Dem Atomistiker vergleicht sich die Entstehung einer organischen Gestalt in gewisser Hinsicht mit der Entstehung einer Curve, zu der von Anfang an gerade so viel, und nur so viel Punkte vorgezeichnet sind, als zur Bestimmung der Curve nach der Curvengleichung hinreicht. Für die dynamische Ansicht ist es wesentlich immer derselbe gleichförmige Tintenfleck, der sich in die verschiedensten Formen differenzirt.

Vielleicht nimmt mancher Dynamiker die Idee als Deus ex machina zu Hülfe, welche aus den relativ gleichgearteten Keimen doch verschiedene Organismen entwickele. Aber mit solchen Ideen, welche aus denselben materiellen Bedingungen Verschiedenes und aus verschiedenen Bedingungen Gleiches in der Natur zu entwickeln vermögen, kann sich die Naturforschung eben nicht vertragen, und eine Philosophie, welche in der ganzen Natur selbst nur den Ausdruck, die Aeusserung, die Bethätigung einer Idee sieht, im Grunde eben so wenig, denn warum sollte der Keim eines solchen Organismus weniger das Gepräge einer verschiedenen Idee tragen, als seine Entwickelung? Eher sollte man den Ausdruck hier am schärfsten, concisesten, prägnantesten verlangen. Stellen sich doch auch im Entwurf eines Dramas, der Skizze eines Gemäldes alle Hauptzüge schärfer und schroffer gegen einander als denn in der Ausführung. Aber die dynamische Ansicht substituirt für den möglichst scharfen Ausdruck der Idee eines individuellen Geschöpfes zu Anfang seiner Entwickelung den möglichst stumpfen.

Genug mit dem Streit gegen derartige philosophische Auffassungen. Man würde nie fertig damit werden. Erinnern wir uns, dass unsere Aufgabe überhaupt nicht sein sollte, uns in die Wirren philosophischer Betrachtungsweisen einzulassen, um durch ihre Bekämpfung die Atomistik zu retten; auf diesem Wege ist nichts zu gewinnen, sondern darzuthun, dass man, um eine klare, haltbare, ihren Principien treue Wissenschaft der physischen Dinge zu haben, jede Zeit aber wird eine solche haben wollen, sich an die Atomistik halten muss; und dies nur ist es, was wir im Bisherigen zu leisten suchten.

V. Aesthetischer Gesichtspunkt. Abweis des Vorwurfs, dass die Atomistik eine zersplitternde oder materialistische Weltanschauung mitführe oder begünstige.

Leichter und geläufiger, als die Atomistik durch wissenschaftliche Gründe zu widerlegen, ist es dem Philosophen von jeher gewesen, sie durch Bezeichnung derselben als einer groben, materialistischen, mechanischen, geistlosen, spieligen, willkürlichen dem aesthetischen Urtheil zu verleiden; aber die Zurückwendung dieser Waffe ist nicht minder leicht. Zwar kann auf diesem Wege unstreitig überhaupt nichts entschieden werden; doch da der Gegner ihn so gern betritt, sich hier am meisten im Vortheil hält, und namentlich es liebt, den ausserhalb der Philosophie Stehenden einen ästhetischen Schreck vor der Atomistik einzujagen, muss es wohl erlaubt sein, ihm auch auf diesem Wege mit einigen Worten zu begegnen; es soll aber so geschehen, dass, statt uns in Allgemeinheiten zu ergehen, wir nichts thun, als die Verhältnisse beider Ansichten anschaulich einander gegenüber stellen; denn die Anschauung ist ja der Boden des ästhetischen Urtheils. Und ganz gleichgültig kann ein solches doch nicht gelten; denn die Schönheit ist ja der Wahrheit Schwester. Wir fragen also jetzt nicht mehr: wie bewährt und beweist sich die Atomistik auf Unterlagen der Erfahrung dem prüfenden und sichtenden Verstande, der combinirenden und richtenden Vernunft, sondern einfach: wie erscheint und gefällt sie dem gesunden Blick, wie spricht sie den Geist an, der in der Schönheit auch die Wahrheit ahnt? Aus diesem neuen Gesichtspunkte mögen die schon besprochenen Verhältnisse kurz noch einmal durchlaufen werden.

Und so frage ich zuvörderst dem Dynamiker entgegen, der das zerstückte Wesen der Atomenwelt schilt, indem er ihre durchsichtige Gliederung mit Zerstückelung verwechselt: ist es denn eine schönere und erbaulichere Ansicht von der Welt, selbe mit einem zusammenhängenden Klebwerk ausgefüllt zu denken, wo nichts sich wahrhaft scheidet, nichts Platz hat, bei Bewegungen auszuweichen, es sei denn, dass es den Nachbar quetsche. Der Himmel, in dessen Ordnung wir den Gipfel der Schönheit und Erhabenheit sehen, mit seinen einzelnen Bällen, die sich so weit als möglich von einander halten, gibt uns wohl ein ander Beispiel. Warum nennt ihn der Dynamiker nicht auch eine zusammenhangslose, grobe, materialistische, mechanische, todte, spielige Veranstaltung? Er ist nichts als ein atomistisches System im Grossen, wie das des Physikers ein Kosmos, ein schmuckvoller Bau nur im Kleinen.

Nach der atomistischen Ansicht ist jeder Körper ein System, sich gliedernd und untergliedernd in grössere, kleinere Gruppen, endlich Theilchen, die sich durch wirksame Kräfte gegen einander in Abstand, Ordnung, Schwebe halten, Alles individualisirt bis ins Einzelnste und doch verbunden zum haltbarsten Ganzen. Jeder Anstoss eines Körpers regt jedes seiner Theilchen zu einer besondern Bewegung an; aber die Kraft- und Gesetzesbeziehungen, in denen alle stehen, verknüpfen die Oscillationen aller zu einem gemeinschaftlichen und successiven Tanze, mit dem der Ton sich gattet, im Kleinen vorspielend, was im Menschenreiche im Grossen mit Sinn und Gefühl nachgethan wird. Jeder Ton, der einfach in den Raum hineinklingt, bezeugt nichts weiter als eben den Einklang der Bewegungen aller. Die Harmonie der Sphären, eine Fabel in der grossen Welt, verwirklicht sich hier in der kleinen. Der Stoss in dieser Welt ist gar kein wahrer Stoss im Sinne des Dynamikers, woran dieser den Begriff des Mechanismus knüpft; in seiner Welt allein vermag er ihn zu finden. In der Atomenwelt weicht jedes Theilchen anmuthig bei Seite oder tritt zurück, je nachdem mehr Platz hier oder da, wenn sich ein anderes nähert, und gönnt ihm zeitweis seine Stelle; nur eben in der dynamischen Welt stösst, quetscht und zerquetscht sich das Nachbarliche. Doch ob das Theilchen seinen Ort zeitweis aufgibt, verlangt es ihn auch wieder und nimmt ihn wieder ein, so lange die allgemeine Ordnung des Dinges nicht zerbricht oder sich nicht dauernd verschiebt (Elasticität und deren Gränze). Aber auch einträchtig rücken sie bald zusammen, bald von einander, je nachdem es kalt oder warm, wie es die Menschen nachthun, und gatten sich wie sie, und verkehren wie sie mit einander, nicht indem sie durch einander, sondern zwischen einander durchgehen und darum auch wieder ungeändert zwischen einander hervorgehen (chemische Verhältnisse). Und nicht blos indem sie sich mit diesen oder jenen andern zusammenstellen, auch indem dieselben sich in andere Ordnung stellen, gibt es ein ander Ding (Isomerie). Und wo sie sich nach einer Richtung anders ordnen als nach der andern, erlangt das Ding nach verschiedenen Richtungen verschiedene Eigenschaften (Verschiedenheiten der Ausdehnbarkeit, des Blätterdurchganges, der Härte u. s. w.) Von der Sonne zur Erde stehen in langer Reihe die Boten und rufen sich des Lichtes Botschaft zu, und rufen sie noch fort durch die Strassen der Luft und des Krystalls, bis sie gelangt in den innern Haushalt der Erde, wo der Ruf darin sein Ende findet, dass er das Wirken und das Schaffen anregt (Fortpflanzung und Absorption des Lichts.) Und wie im grossen Haushalt des Himmels die grossen Massen die kleinern an sich gefesselt halten nicht durch starre Bande, sondern in lebendigen Kreisen, so kreisen in dem kleinen irdischen Haushalt um wägbare Centra die unwägbaren Centra, ihre Bahnen bald erweiternd, bald verengernd (gebundene Imponderabilien und Spiel derselben).

Wie licht ist es in allen Räumen der Atomistik! Wie im Krystallpalast sieht man durch lauter Fenster. Das, was wir Fenster nennen, hat da erst wahre Fenster; Das, was wir dunkel nennen, stralt doch von innerer Helle.

Der Geist tritt auf und fragt, was habe ich mit euch zu schaffen? und die Atome sagen: wir breiten unsere Einzelnheiten deiner Einheit unter; das Gesetz ist der Heerführer unserer Schaaren, du aber bist der König, in dessen Dienste er sie führt.

Dies Alles, so organisch Gefügte und Geknüpfte, bis ins Letzte abwärts Gegliederte, bis ins Feinste Individualisirte, Ausgearbeitete, Geordnete, eine unendliche Thätigkeitsfülle Entwickelnde, im Begrifflichen handgreiflich, im Handgreiflichen begrifflich Bestimmte, jeder klaren Construction sich Bietende, der Herrschaft von Zahl, Gesetz und endlich Geist sich Fügende, fliesst für die Anschauung des Dynamikers klumpig zusammen und verflüchtigt sich für den Begriff in allgemeine, vieldeutige und vielspaltige Abstractionen. Und das sind keine leeren Insinuationen, sondern aufzeiglich ist es so. Und wenn er jenes Alles eine Spielerei nennt, weil es in der That zu seiner Erbaulichkeit und Beschaulichkeit noch lustig und ergötzlich scheint, das Kind mit dem atomistischen Baukasten noch spielen möchte; so liegt doch ein hoher Ernst in diesem scheinbar kindischen Spiel, so haben doch die ernstesten und strengsten Betrachtungen darauf geführt und das Grösste in der Natur spiegelt sich nur im Kleinsten der Natur. Wie oft aber knüpft sich auch sonst ein Extrem an das andere. Ich sage, die ernstesten und strengsten Betrachtungen haben auf Das geführt, was der Dynamiker für eine Spielerei ausgeben möchte, weil es nur dem Spiel der Dinge, nicht dem Spiel seiner Begriffe entspricht. Oder wollen die Dynamiker behaupten, dass die Forschungen eines Laplace, Poisson, Fresnel, Cauchy, W. Weber und so vieler andern Mathematiker und Physiker, die diesen Weg gegangen, minder streng sind als die ihren, dass sie um Spielens Willen ihn gegangen?

Blicken wir von der Welt des Kleinsten in die grössere Welt, die wir nicht erst durch Schluss und Hypothese zu construiren nöthig haben, in der wir wohnen, mit der wir durch Anschauung lebendig verkehren, so zeigt sich überall unmittelbar der Vorzug des atomistischen Princips, und das atomistische System thut eben weiter nichts als Das, was uns im Grossen so vorzüglich scheint, bis in das Kleinste durchbilden oder bis zu seiner untern Gränze und hiemit seinem untern Grund verfolgen.

Eine Säulenreihe mit einzelnen Säulen ist doch schöner als eine zusammenhängende Wand; ein Klavier mit einzelnen Tasten und Saiten reicherer Harmonien und Melodien fähig als ein Bret, Balken und Seil; ein Buch mit einzelnen Blättern einsichtiger und inhaltsvoller als ein Stück Papiermaché! Ja, wenn man sieht, wie sogar der Fluss der Melodien, die einheitlichen Harmonien der Musik selbst nicht aus fliessenden, sondern atomistisch von einander abgesetzten Tönen hervorgehen, die ganze Scale nur durch solche schreitet; wie der Geist, das einheitlichste Wesen, was es gibt, sich draussen an eine Zusammenstellung von discreten Buchstaben, drinnen an eine Zusammenstellung von discreten Hirnfasern knüpft; wie in der Menschheit die Menschen sich atomistisch gegen einander stellen, eine Armee, von einem Geiste regiert, doch nur aus einzelnen Individuen besteht; wie jedes Menschen Schritte, Worte wieder das atomistische Princip befolgen; so sollte man an solchen Beispielen das atomistische Princip wohl anders würdigen lernen, als es vom Dynamiker geschieht. Alle Schönheit, alle Einheit, alle Kraft, aller Geist der Dinge hängt ja sichtlich am atomistischen

Princip. Der Philosoph nennt die Atome Sand, und es sind Buchstaben der Dinge.

Nun freilich können die Atome weder die Schönheit, noch die Einheit, noch die Kraft, noch den Geist der Welt durch sich selbst allein machen: sie können sich vielmehr all dem blos unterbauen; sie sind nichts als das unterwürfigste Substrat; aber es zeigt sich doch, sie sind das passendste Substrat. Der Dynamiker aber will den Stoff gleich durch sich selber binden, und wirft nun dem Atomistiker, der das Band erst höher hinauf sucht, vor, dass er die Welt zersplittert.

In der That, hört man den Dynamiker, so kann man freilich leicht glauben, der Streit zwischen dynamischer und atomistischer Ansicht sei wesentlich ein Streit um Zusammenhang und Zusammenhangslosigkeit der Welt; ja der Dynamiker legt gern einen Hauptsichtspunkt des Streits hierein. Nun mag gegen manche ältere und genamentlich die älteste Auffassung der Atomistik der Vorwurf wirklich gerecht sein, dass die Welt dadurch zu einem zusammenhangslosen Aggregat werde; allein wer hiegegen noch kämpfen wollte, würde nur gegen verfallene Windmühlen kämpfen. Die heutige Atomistik der Physiker trifft dieser Vorwurf nicht; das alte Korn, aus dem sie aufgewachsen, ist längst zergangen. Sie findet freilich keinen Zusammenhang in der Materie, noch sucht sie ihn darin, aber, wie schon angedeutet, über der Materie, in einem, alle Materie und ihre Bewegung beherrschenden, ihren Kraftzusammenhang knüpfenden Gesetze; ist dies nicht Zusammenhang genug auf ihrem Gebiete? und sie hindert dabei nicht, wie wir nur eben geltend gemacht, noch den anders oder höher liegenden Gesichtspunkt der Verknüpfung der Existenz in geistiger Einheit anzuerkennen; nur dass sie als eine Lehre vom Körperlichen sich hiemit nicht zu beschäftigen hat. Die Atome bleiben als solche immer nur Elemente der Körperwelt, die Physik hat sie also auch nur zu Constructionen des Körperlichen zu verwenden; doch leugnet sie darum noch nicht Geist und Gott, und verlangt nur dagegen, dass man um Gottes und Geistes willen nicht die Atome leugne, die keinen Widerspruch dagegen enthalten, vielmehr den Boden pflastern, auf dem das Höchste steht und geht.

Es muss doch jedenfalls Wege geben, mit einer streng atomistischen Ansicht die Ansicht vom durchgreifendsten teleologischen, Kraft- und geistigen Zusammenhange zu vereinbaren, da ich selbst diese Möglichkeit in meinen Ansichten verwirkliche. Nun mag man diesen Ansichten widersprechen, so widersprechen sie dafür andern Ansichten.

Nachdem man schon ein Band der Welt erst in der Zeit, dann im Raume, dann in der Bewegung, dann in Kraft und Gesetz, dann in Geist und Gott hat, sollte man meinen, es wäre endlich daran genug, und endlich nach allen Banden auch etwas erwünscht, ja nothwendig anzunehmen, was gebunden wird; und mag sich Vieles in der Welt wechselseitig binden, so ist doch Gott der absolut Alles in sein Band Fassende, welchem gegenüber man nun auch etwas erwarten und fodern kann, was ohne Band an sich nur da ist, ins Band gefasst zu werden, hiemit zugleich den Bändern der Welt feste und letzte Ansatzpunkte zu gewähren. Das sind die Atome. Was hat der Dynamiker dafür? So ist der Gegensatz der atomistischen und der dynamischen Welt in der That nicht der, dass jene ein zerfallenes, diese ein gebundenes Wesen, sondern dass jene ein ins Letzte gegliedertes, diese ein verschwommenes Wesen, jene ein Wesen mit festem Knochenbau, diese ein Mollusk ist.

Wodurch unterscheidet sich doch ein lebendiger Mensch von einer marmornen oder töpfernen Statue? Zuvörderst unstreitig dadurch, dass ersterer Geist, Seele und willkürliche Bewegung hat, letztere nicht. Aber noch durch etwas: auch dadurch, dass jener bis ins Innerste und Feinste organisirt, gegliedert ist, letztere nur eine oberflächlich sichtbare Gliederung und Gelenkung zeigt. Und wer kann zweifeln, dass der Geist des Menschen selbst wesentlich mit solcher Organisation zusammenhängt. Im Verhältniss der atomistischen und dynamischen Welt findet man aber nur tiefer gefasst ganz das Verhältniss zwischen der Gliederung des Organismus und der Töpferstatue wieder. Dort reicht sie bis ins Unbestimmte; hier bleibt sie bei einer im Groben mit sinnlichen Augen sichtbaren Gränze stehen. Was hilft es nun, wenn man die Statue mit schönen Worten bearbeitet; sie bleibt ein todtes, unaufgeschlossenes Werk; weil ihr die innere Ausarbeitung, Gliederung, individuelle Regsamkeit fehlt.

Die dynamische Ansicht erkennt die Zelle an; jeder Organismus ist eine Verknüpfung von unsäglich vielen Zellen. Also widerstrebt es der Idee des Organismus nicht, aus Einzelnheiten verknüpft zu sein. Von jeher galt den Philosophen die Welt als ein nur allgemeinerer Organismus wie der unsere. Nach Massgabe nun, als man vom menschlichen Organismus zu einer allgemeinern Verknüpfung mittelst der Philosophie aufsteigt, steigt man zugleich mittelst der atomistischen Ansicht zu einer feinern Gliederung ab. Die dynamische Ansicht steigt wohl zu derselben Höhe auf, aber indem sie in dieselbe Tiefe herabsteigen will, versinkt sie in den Sumpf der continuirlichen Materie.

Der Philosoph sagt etwa hiegegen: mögen eure Atome noch so sehr durch Gesetz und Geist verknüpft erscheinen, aber die Begriffe Atom, Gesetz, Geist selbst sind nicht verknüpft; und können durch den Atomistiker überhaupt nur in äussern Zusammenhang gebracht und ein solcher nur empirisch und äusserlich von ihm aufgezeigt oder begründet werden. Der dialektisch begriffliche Zusammenhang allein aber ist ein wahrer, wesentlicher Zusammenhang. Aber wenn sich doch der atomistische Zusammenhang empirisch aufzeigen oder begründen lässt, wie wir im Bisherigen gethan zu haben meinen, und weiter reicht die Aufgabe der Physik als solcher nicht, so muss er sich auch begrifflich aufzeigen und begründen lassen, und wenn es die Philosophie nicht thut, so thut sie eben nicht ihre Schuldigkeit, und wenn sie es nicht vermag, so zeigt sie damit eben ihr Unvermögen, beweist sie damit eben, dass sie im Leeren steht, und aus dem Leeren ins Leere baut. Gesetzt aber, der dialektische Zusammenhang im neuern Sinne, den manche unserer Gegner unstreitig als den allein bedeutsamen und wesenhaften im Auge haben, sei wirklich als solcher anzuerkennen, wo läge denn das Hinderniss, die Atomistik auch in diesen Zusammenhang zu bringen, in den Formeln dieser Methode auszudrücken? Der Begriff der Discontinuität der Materie ist gegen den dialektischen Process nicht im Mindesten spröder als der der Continuität; ein einziger Schlag der dialektischen Wippe reicht ja hin, das Eine in das Andere zu verkehren; ein Jeder hat die Schläge, die Zahl, die Folge derselben ganz in seiner Hand; der Dialektiker ist überhaupt nach den bisherigen Erfahrungen darin Gott-gleich, dass seine Macht so weit reicht als sein Wille. Ja, fragen wir die Dialektiker selbst auf das Gewissen, ob sie nicht schon vor Anwendung des dialektischen Processes über sein Resultat hinsichtlich der Atomenfrage mit sich im Reinen waren. So führt sie nicht der dialektische Process dazu, dessen Wirbeln sie wie die Tischrückenden den Kreisbewegungen des Tisches zu folgen scheinen und zu folgen meinen, indess er doch nur ihrem geheimen Impulse folgt. Ob aber rechts oder links, ist Eines so leicht als das Andere. In der That, nachdem das Schema und die Freiheit des dialektischen Processes kein Geheimniss sind, sehe ich nicht die geringste Schwierigkeit, das bindende Gesetz, den bindenden Geist als höhere Negationen oder Aufhebungen einer an sich discontinuirlichen Hyle, und diese selbst als Negation des leeren Raumcontinuums in irgend welcher Stufenfolge so gut dialektisch abzuleiten, als nun eben die dialektischen Ableitungen sind. Ja statt der dialektischen Ableitung zu widersprechen, könnte die Atomistik fast zu einer solchen verführen; so leicht kann man durch Negationen, die aus der Tiefe metaphysischer Begriffe selbst herausgeholt scheinen, zu ihr gelangen, wenn man nur will. Gewiss zwar würde kein anderer Dialektiker, der seine Richtung schon anders genommen, etwas auf unsere Ableitung geben; aber eben damit würde sie ja ganz denselben Erfolg erreichen, den alle dialektischen Ableitungen einander gegenüber bisher erreicht haben, die des Meisters der Dialektik nicht ausgenommen, und hiemit um so mehr beweisen, dass sie im Geiste der wahren Dialektik ist.

Also man lege nicht als eine Unfähigkeit der Atomistik aus, was in der That nur eine Unwilligkeit von uns ist, die darin liegt, dass wir nicht eine Methode brauchen mögen, mit der man nicht nur die Atomistik, sondern überhaupt Alles erreichen kann, was man will. Denn die Negation des Begriffes ist eine Nacht, in der nicht nur alle Kühe schwarz sind, sondern in die man auch alle Kühe einschwärzen und also freilich nach der Wiederaufhebung zum Tage den Begriff um sie bereichert wiederfinden kann; nur hat nicht die Aufhebung und Wiederaufhebung von Tag zu Nacht und Nacht zu Tag die Bereicherung gebracht, sondern die Kühe mussten sich vielmehr dazu auf ihre eigene Weise fortpflanzen, und gehen dann freilich leicht, wohin man sie treibt.

Jedenfalls kann es so wenig gegen die Atomistik beweisen, dass sie bisher noch nicht dialektisch begründet worden ist, als es gegen die Undulationstheorie beweist, dass ihr dies noch nicht widerfahren ist. Die Undulationstheorie wird trotzdem ihren Platz behalten und Beides sind Lehren gleicher und in sich zusammenhängender Ordnung.

Aber warum haben doch alle Dialektiker es einstimmig verschmäht, sich auf die Atomistik einzulassen? Unstreitig darum, weil die Foderung fester Begriffe, welche die Atomistik stellt, die festen Anknüpfungspunkte der Betrachtung, die sie gewährt, der Flüssigkeit der Methode nicht zusagen; weil die Atome ihr wie Steine im Wege liegen. Man mag noch andere Gründe finden; sie bedeuten aber alle eben so wenig eine Unfähigkeit der Atomistik, dialektisch bewiesen zu werden, als vielmehr nur die Unmöglichkeit, den Geist der Atomistik mit dem Geist der dialektischen Methode zu vereinbaren. Und hierin liegt kein Beweis gegen die Atomistik, sondern eben nur der Streit mit der Atomistik.

Dass die atomistische Ansicht nicht materialistischer als die dynamische ist, möchte wohl in sofern selbstverständlich sein, als nach der atomistischen die Materie nur fein vertheilt im Raume schwebt, des Leeren mehr ist als des Vollen (da die Dimensionen der Atome sehr klein, ja selbst verschwindend gegen ihre Abstände angenommen werden), indess nach der dynamischen der Raum mit Materie ganz ausgegossen ist. In der dynamischen Welt hat der Raum selber keinen Platz vor der Materie, und der Geist, anstatt den Raum frei durchfliegen zu können, wie in der Atomistik, mit immer neuen Ruhepunkten, kann ihn nur durchwaten. Zwar zwischen den Weltkörpern werden doch die meisten Dynamiker auch eine Leerheit von wägbarer Materie und, sofern sie dem Unwägbaren kein Stoffliches unterlegen, von Materie überhaupt zugestehen und nur jenes Hinüberreichen der Kräfte von einem Weltkörper zum andern annehmen, was der Atomistiker eben so und in demselben Sinne zwischen seinen Atomen nicht nur zugesteht, sondern fodert. Aber um so schlimmer für das Aussehen, was die dynamische Ansicht gewinnt, wenn der harte Gegensatz zwischen ganz compacten Klumpen und ganz leerem Raume nun im Grossen zugestanden und im Kleinen geleugnet wird; das heisst doch, die Ansicht von der Welt recht im Groben halten, dass heisst, die Welt aus Klötzen hauen: wogegen in der atomistischen Ansicht die Weltkörper gleich keine compacten Klumpen sind, nur engere Systeme im weiteren Systeme. Der Dynamiker sollte in der That bedenken, dass er durch Verwerfung des feinern Atomismus dem allergröbsten anheimfällt. Oder wäre es eine feinere idealere Ansicht, vielmehr compacte, den Raum erfüllende Atome so gross wie die Weltkörper, als solche von unbestimmbarer Kleinheit anzunehmen? Und darauf läuft zuletzt der ganze sachliche Unterschied des dynamischen vom atomistischen System heraus.

Hierauf sagt nun wohl der Dynamiker: für uns besteht zwischen den Weltkörpern und dem krafterfüllten Raum dazwischen von vorn herein kein harter Gegensatz, weil es dieselben Kräfte sind, welche die Materie im Raume bilden, die dann auch durch den Raum durchwirken. Aber es fragt sich entgegen, was ihn dann hindert, dieselbe Betrachtung auch auf die Atomenwelt zu übertragen, was ihn veranlasst, im Reiche des Kleinsten eine continuirliche compacte Raumerfüllung der Art zu fodern, dass jeder Punkt als Kraftcentrum dienen könne, da er sich doch im Grossen mit einer Raumerfüllung in weiten Distanzen durch nicht handgreifliche Kräfte in der Art begnügt, dass die Punkte im Zwischenraum nicht als Kraftcentra dienen können. Das ist der Punkt, um den sich's streitet. Verlangte der Dynamiker auch in der Atomenwelt zur Raumerfüllung nur ein Hinüberreichen der Kräfte von einem Centrum zum andern, wie zwischen den Weltkörpern, so wäre er ja ganz mit uns einig, denn diese Art Raumerfüllung geben wir auch in der Atomenwelt zu; nur wird Jeder mit uns zugeben, dass beide Arten Raumerfüllung aus factischen Gesichtspunkten sich unterscheiden lassen und also auch zu unterscheiden sind.

Nun freilich meint der Dynamiker darin selbst etwas vor dem Atomistiker voraus zu haben, dass er die Materie in letzter Instanz in Kräfte geistiger oder begrifflicher Natur auflöse. Aber das berührt die Atomenfrage gar nicht, und würde, wenn es sonst statthaft wäre, durch die Atomistik nicht mehr gehindert als durch die Astronomie. In der That, da die grossen Weltatome sich dieser Auflösung für den Dynamiker fügen, so könnten die kleinen Körperatome dieser Auflösung auch kein Hinderniss entgegensetzen. Ein Sandkorn ist so leicht, ja leichter durch dieselben Mittel chemisch aufgelöst als ein grosser Kiesel oder Fels. Der Physiker aber befasst sich als solcher überhaupt nicht mit einer philosophischen Auflösung der Materie, so wenig als einem Baumeister einfallen kann, seinen Sand und seine Ziegel chemisch aufzulösen; das ist Sache des Chemikers, wie Jenes Sache des Philosophen sein mag.

Liegt nicht aber darin selbst ein starker Materialismus, dass der Dynamiker seine Kräfte so fasst, dass sie in Materie überschlagen? Indem er durch Construction der Materie aus ideellen Kräften oder Aufhebung ideeller Kräfte zur Materie die Materie zu vergeistigen sucht, vermaterialisirt er das Geistige, Ideelle. Die Kräfte des Physikers dagegen sind ganz incommensurabel mit der Materie und können solche nie aus ihrem Schoosse gebären, noch in sie umschlagen; denn alle Kräfte führen sich für ihn zuletzt nur auf Hülfsbegriffe zur Darstellung der Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung zurück, zufolge deren aus bisherigen Stellungen und Bewegungen neue fliessen oder die bisherigen beibehalten werden, sind nur Relationsbegriffe, die ihrer Natur nach etwas voraussetzen, wozwischen die Relation besteht. (Hierüber ein Weiteres im achten Capitel.)

Ich glaube endlich diesen Abschnitt nicht besser schliessen zu können als mit folgender Stelle aus dem Schreiben Prof. W. Weber's an mich, in der er seinerseits den Vorwurf eines groben Materialismus von der Atomistik ablehnt, und auf die wir uns noch künftig zurückzubeziehen Anlass finden werden.

„Es kommt", sagt er, „darauf an, in den Ursachen der Bewegungen einen solchen constanten Theil auszusondern, dass der Rest zwar veränderlich ist, seine Veränderungen aber blos von messbaren Raum- und Zeitverhältnissen abhängig gedacht werden können. Auf diesem Wege gelangt man zu einem Begriff von Masse, an welcher die Vorstellung von räumlicher Ausdehnung gar nicht nothwendig haftet. Consequenterweise wird dann auch die Grösse der Atome in der atomistischen Vorstellungsweise keineswegs nach räumlicher Ausdehnung, sondern nach ihrer Masse bemessen, d. i. nach dem bei jedem Atome constanten Verhältnisse, in welchem bei diesem Atome die Kraft zur Beschleunigung immer steht. Der Begriff von Masse (so wie auch von Atomen) ist hienach eben so wenig roh und materialistisch wie der Begriff von Kraft, sondern ist demselben an Feinheit und geistiger Klarheit vollkommen gleich zu setzen."

VI. Einwurf, dass die Atomistik die Schwierigkeit nur zurückverlege.

Man macht der atomistischen Ansicht den Vorwurf, dass sie eine Schwierigkeit der Betrachtung nur zurückverlege, die doch im Grunde der Sache übrig bleibe. Denn, nachdem man zu Atomen gekommen, frage sich ja nun wieder, woraus die Atome bestehen; etwa aus kleinern Atomen mit neuen Zwischenräumen? und woraus diese kleinern Atome? Endlich müsse man doch einmal zu continuirlichen Massen oder zu Nichts kommen; warum nicht gleich bei den continuirlichen Massen stehen bleiben, die wir sehen?

Es wird sich zeigen, dass die Alternative gar nicht so besteht, wie sie hier gestellt wird, vielmehr gerade der Abschluss des physikalischen Atomismus in einem philosophischen durch einen Grundbegriff, den noch kein Philosoph ungültig erklärt hat, hiebei vernachlässigt ist; doch handelt es sich jetzt erst um den, eines solchen Abschlusses in der That noch ermangelnden physikalischen Atomismus, wie er in der heutigen exacten Wissenschaft besteht, den man weder mit einem philosophischen verwechseln noch ihm widersprechend halten sollte; genug, wenn er nur auf dem Wege dazu liegt.

Und so antwortet der Physiker: wir bleiben deshalb nicht gleich bei den continuirlichen Massen, die wir sehen, stehen, weil es gar nicht von unserer Willkür abhängt, wo wir stehen zu bleiben haben, und man den nächst nothwendigen Schritt darum nicht lassen darf, weil es vielleicht noch nicht der letzte. Der Vorwurf wäre nur dann gerecht, wenn die Physik mit ihren Atomen als discreten kleinen Massen, in die sich die gröbern gliedern, das absolut Letzte wirklich aufgestellt, den Begriff der Materie philosophisch aufgeschlossen zu haben meinte, indess sie blos das physikalisch Nächste hinter dem erscheinenden Continuum der gröbern Massen damit aufgestellt haben will, es dahinstellend, was in letzter philosophischer Instanz mit ihren Atomen zu machen. Denn darüber zu entscheiden hat sie keine Mittel; indess sie allerdings die Mittel hat, zu entscheiden, dass die gröbern Massen zunächst in kleinere discrete getheilt zu denken sind, die jeder weitern Auflösung durch irdische Kräfte, wenn auch vielleicht nicht durch Urweltkräfte noch durch den philosophischen Begriff widerstreben. Nichts weiter will und sagt die physikalische Atomistik. Was aber thut der Physiker damit anders, als dass er mit dem Schlusse die Leistungen des Mikroskops, das ihn die Gliederung der Materie schon weiter als das blosse Auge verfolgen lässt, nur weiter bis zu einer Gränze fortsetzt, wo der Schluss die Basis zu verlieren anfängt; wogegen der Philosoph die Gliederung genau bei der Tragweite des Mikroskops begränzt haben will. Mit welchem Rechte? Es lässt sich a priori behaupten, dass die Gränze überhaupt nicht aprioristisch bei einem empirischen Punkte bestimmt werden kann; und da wir sie nach oben nicht mit dem Fernrohr erreichen können, vielmehr unaufgelöste, ja endlich wohl noch ungesehene Sternennebel für dasselbe übrig bleiben, warum sollten wir sie nach unten mit dem Mikroskop erreichen oder ihr auch nur relativ näher kommen können? Vom mikroskopischen bis zum mathematischen Punkte ist es genau noch so weit, als in umgekehrter Richtung von der teleskopischen bis zur Weltsphäre, d. h. das Verhältniss der Radien ist beidesfalls unendlich; was können also noch für Welten von discreten Punkten in der mikroskopischen Punktsphäre liegen. Soll dieser ungeheure Raum mit Materie vielmehr gestopft als belebt sein? In der That liegt hierin kurz der Unterschied der dynamischen von der atomistischen Ansicht.

Gibt es Wesen, die so hoch über den Weltkörpern stehen, wie wir über den Atomen, so könnten die Philosophen unter ihnen auch sagen: warum doch erst die Welt in Weltkörper zerfällen, da ja doch die Frage erst wieder beginnt, ob die Weltkörper weiter zerfällbar sind. Bleiben wir also lieber gleich bei einer continuirlichen Welt stehen. Es leuchtet aber ein, dass ihre Erklärung der Erscheinungen, welche von der factischen Zerfällbarkeit des Weltgebäudes in Weltkörper abhängen, nicht so triftig sein könnte, als eine solche, welche auf diese Zerfällbarkeit Bezug nimmt. Die Erkenntniss, dass die Körper zunächst in Atome zerfallen, gleichviel woraus wieder die Atome bestehen, ist also nicht eine blosse Zurückverlegung der Schwierigkeit, sondern ein Fortschritt und ein Ueberwinden der Schwierigkeit bis zu dem Punkte, wo die Schwierigkeit wenigstens für den Physiker nicht mehr zu heben ist; aber auch kein Interesse mehr für ihn besteht, sie zu heben, insofern kein Einfluss auf die Erscheinungen mehr davon spürbar ist.

Wirft man der Philosophie vor, dass sie, nachdem sie so viel über Licht, Magnetismus, Elektricität speculirt, doch weder die Undulationen des Lichtes erkannt, noch die factischen Beziehungen der Elektricität zum Magnetismus, welche die neuere Physik zu Tage gebracht, auch nur von ferne richtig geahnt, wiewohl es ihr freilich an Wortbeziehungen, die in keine Facta übersetzbar waren, nie gefehlt, so ist die Antwort bereit, oder welche andere entschuldigende Antwort wäre möglich, als dass es eben die Sache der Philosophie nicht sei, die Formen des Empirischen in specielle Bestimmungen zu verfolgen; nur das Allgemeine und Letzte behält sie sich vor. Warum nicht in Betreff der Gliederung der Körper über das sichtbare Continuum hinaus, was in dieser Beziehung mit den Undulationen des Lichts, den feinern Wärmephänomenen auf ganz gleicher Stufe und im innigsten Verbande damit steht, dasselbe zugeben? Auch dies gehört zu den speciellern Bestimmungen der Formen des Empirischen, ist es auch nicht selbst mehr unmittelbar empirisch. Der Physiker gesteht willig zu, dass er das Letzte hinter dem Empirischen nicht erkennen kann; möchten sie zugestehen, dass sie das Nächste dahinter nicht erkennen können!

An den Namen Atome, der ohnehin nicht von Allen gebraucht wird, hat man sich nicht zu stossen. Was der Physiker als Atomistiker verlangt, sind überhaupt nur discrete, für uns endlich nicht weiter theilbare Massen, in welche die Körper oder zunächst das

Molecul des Körpers zu zerfällen; ob sie an sich noch theilbar sind, ist, wie gesagt, nicht seine Sache zu beurtheilen. Es kann sich möglicherweise damit eben so verhalten wie mit den Weltkörpern, die in Bezug zu einander wahre Atome sind, weil es keine Kräfte gibt, etwas von dem einen auf den andern überzuführen; doch sind sie theilbar an sich. Ueberhaupt drängt sich die Analogie der Atome mit den Weltkörpern dem Atomistiker vielfach und aus verschiedenen Gesichtspunkten auf und oft haben wir schon Anlass gefunden, darauf Bezug zu nehmen, obschon es doch weder diese Analogie ist, welche ihn auf die Atome geführt hat, noch zur Zeit gehörig von ihm beurtheilt werden kann, wie weit sie reicht.

So kann der Physiker auch gar nicht zu behaupten wagen, dass der Raum zwischen seinen Atomen absolut leer, dass nicht vielmehr ein feines continuirliches Wesen sich noch zwischen ihnen erstreckt, was nur auf die Erscheinungen, die er beurtheilen kann, keinen Einfluss mehr hat; wie zwischen den Weltkörpern sich der Aether erstreckt, der auf ihre Bewegungen keinen merkbaren Einfluss hat, und, wenn er nicht durch das Licht erkannt würde, geleugnet werden könnte. Auch zwischen den discreten Aetheratomen, die der Physiker zur Repräsentirung der Lichterscheinungen noch nöthig hat, könnte also nach all seinen Versuchen und Rechnungen noch ein feinerer continuirlicher Aether sein. Der Physiker spricht nur nicht von solchen Möglichkeiten, die ihm gleichgültig sind, weil sie ihm nichts leisten. Können sie aber dem Philosophen etwas leisten, so ist es seine Sache, sich damit zu befassen. Und es wäre Leistung genug für ihn, wenn sie ihn in den Stand setzten, sich dadurch mit den exacten Wissenschaften zu vertragen. Der Physiker braucht nur zunächst Atome, nicht zuletzt Atome. Gesteht der Philosoph dem Physiker seine Atome zunächst zu, so kann ihm dieser gern seine Raumerfüllung zuletzt zugestehen; Beides widerspricht sich nicht. Was aber hat unter solchem Zugeständniss des Physikers, das ihn nichts kostet, da er dabei nichts aufgibt, der Philosoph dessen Atomen noch entgegenzusetzen, da er sie doch in letzter Instanz nur leugnet, weil sie seinen Begriffen von Raumerfüllung widerstreben? Ich finde nichts, was ihn nicht dann auch nöthigte, dem Dasein der in gleichem Sinne discreten, doch eben so noch ein feines Fluidum zwischen sich habenden Weltkörper zu widersprechen. Der Physiker aber wird seinerseits um so weniger Grund haben, einer philosophischen Raumerfüllung in letzter Instanz zu widersprechen, da sogar der Begriff der philosophischen Raumerfüllung überhaupt ganz hinter seinen Begriffen liegt. Es kann sich das nicht stossen, was gar nicht auf einander trifft.

Nun meine ich zwar nicht wirklich, dass ein solcher zweimal abgezogener continuirlicher Aether zwischen den letzten Atomen die Gränzvorstellung ist, auf die man endlich kommen soll, weil sie in der That keine wahre Gränzvorstellung im Sinne des atomistischen Systems ist, und der Atomismus sich unstreitig nicht durch eine Transaction mit der dynamischen Ansicht, sondern nur durch eine reine Zuspitzung in sich zum philosophischen gipfeln kann. Aber im Grunde kann die heutige Philosophie sich eben auch nur gegen einen solchen philosophischen Atomismus der Zukunft, wovon ich im folgenden Theile spreche, nicht gegen den heutigen physikalischen Atomismus wenden, der von unserer voraussetzlichen Gränze noch gar nichts weiss, bis zu etwas absolut Letztem gar nicht geht, und hiemit der heutigen Philosophie noch jeden Raum für eine Hypostasirung ihrer raumerfüllenden Kräfte gibt. Sie fülle nur nicht mit ungreiflichen, zerfliesslichen Begriffen den Raum, so weit die Wissenschaft des Greiflichen darin noch etwas greifen und fassen kann.

Nach Allem ist nicht geleugnet, vielmehr von Anfang an und öfters willig zugestanden, dass die ganze physikalische Atomistik sich noch auf einem Zustande grosser Unvollkommenheit befindet und noch eine Menge Probleme in ihr ungelöst liegen, die sich in der philosophischen Betrachtung der Dinge gar nicht einmal stellen, weil sie dieselben nur allgemein und obenhin ins Auge fasst. Sofern man auf dem einzig sichern mathematischen Wege die nähern Verhältnisse der Atome aus den Erscheinungen rückwärts erschliessen oder hypothetische Verhältnisse derselben durch Berechnung ihrer Folgerungen an den Erfahrungen prüfen will, findet man die Methoden der mathematischen und mechanischen Wissenschaften selbst bei weitem noch nicht hinreichend dazu fortgeschritten; daher über die nähern Verhältnisse der Atome noch sehr schwankende Vorstellungen unter den Physikern selbst herrschen; aber auch recht wohl herrschen können, ohne dass durch diese Unsicherheit des Besondern die Sicherheit des allgemeinen Gesichtspunktes selbst gefährdet wird. Vielmehr wird sich Jeder, der nicht sein Meinen von der Sache für die Sache erklärt, bescheiden, dass über Gestalt, Grösse, Dichtigkeit, letzte Constitution, das genaue

Gesetz der Kräfte der Atome sich bis jetzt nichts im Einzelnen Bestimmtes sagen lässt, obwohl so viel allgemein Bestimmtes, um die Folgerungen und Vortheile daraus ziehen zu können, und sich aus den Gesichtspunkten daran gebunden halten zu müssen, die wir früher namhaft gemacht. Leistet die Atomistik noch nicht Alles, was man einst von ihr zu erwarten hat, so ist daran zu denken, dass es kein Vorwurf ist, noch ein Kind zu sein; vielmehr dass sie als Kind schon so viel leistet, lässt von ihrer Zukunft Alles noch erwarten.

VII. Resumé der physikalischen Atomistik.

Ziehen wir nun kurz die Summe Dessen was wir bis jetzt in Sachen der Atomistik als sicher oder mit überwiegender Wahrscheinlichkeit festgestellt halten dürfen, so scheint es uns Folgendes zu sein; und nur dieser Kern und Grundstock der Atomistik aus unter sich zusammenhängenden, durch den Zusammenhang der Thatsachen selbst gefoderten, von den vorzüglichsten Vertretern der Atomistik übereinstimmend anerkannten Sätzen ist es, auf den sich die Rechtfertigung in dieser Schrift bezieht; denn ich sage es nochmals: wir können weder Voreiligkeiten noch Absurditäten, wie sie in Sachen der Atomistik so gut als in jeder andern Lehre aufgestellt sind, rechtfertigen wollen, und will der Philosoph sie angreifen, wir geben sie ihm preis, doch damit nicht die Atomistik.

Die wägbare Materie ist räumlich in discrete Theile getheilt zu denken, wozwischen eine unwägbare Substanz*) (Aether) sich findet, über deren Natur und Verhältnisse zur wägbaren Materie zwar noch nach vieler Hinsicht Unsicherheit besteht, die aber jedenfalls nicht minder als jene räumlich zu localisiren und in discrete Theile getheilt zu denken ist, wozwischen nun entweder ein absolut leerer Raum besteht oder nur ein Etwas ist, was von der Philosophie immerhin ihrer Idee der Raumerfüllung zu Liebe angenommen werden mag, aber keinen Einfluss mehr auf die physischen Erscheinungen hat, also auch nicht vom Physiker berücksichtigt werden kann, oder nur in einer ähnlichen Weise den Raum erfüllt, als man von der Gravitation freilich auch sagen kann, sie erfülle und durchdringe mit ihrer Wirksamkeit den Raum, dessenungeachtet aber doch genöthigt ist, sie noch an besondere discrete Centra anzuknüpfen, zwischen denen sie als wirkend angesehen werden muss. Sämmtliche kleinste Theile (Atome), sowohl die dem Wägbaren als Unwägbaren angehören, stehen wie die Weltkörper, an denen man überhaupt viele ihrer Verhältnisse erläutern kann, durch Kräfte mit einander in Beziehung, und gehorchen denselben allgemeinsten Gesetzen des Gleichgewichts und der Bewegung, die in jeder exacten Mechanik für grosse und kleine, wägbare und unwägbare Massen als in Eins geltend aufgestellt werden. Die letzten Atome sind entweder an sich unzerstörbar oder es sind wenigstens im Bereiche der Physik und Chemie keine Mittel gegeben, sie zu zerstören, und liegen keine Gründe vor, eine je eintretende Zerstörung oder Verflüssigung derselben anzunehmen.

---

*) Substanz heisst hier, was durch die Veränderlichkeit und den Wechsel der Erscheinungen einen constanten Bestand verräth, sofern die Erscheinungen auf etwas Constantes (Masse, im Sinne des Physikers vgl. S. 73) bezogen werden können, was vom Unwägbaren so gut als vom Wägbaren gilt (daher auch in jeder exacten mathematischen Darstellung des Unwägbaren von Masse des Unwägbaren so gut als des Wägbaren die Rede ist). Dies hindert nicht, dass der Philosoph nach Bedürfniss seines Zusammenhangs das Wort Substanz (und wenn man will auch Masse) noch weiter, enger oder anders fasse. Alle Worte haben für uns überhaupt nur Bedeutung als Bezeichnung sachlicher Verhältnisse. Im Allgemeinen werden sich die Physiker nicht scheuen, die unwägbare Substanz auch Materie zu nennen, da indessen die Anwendbarkeit des Begriffs der Materie auf das Unwägbare sei es in der Weite, in der man jenen Begriff fassen will, oder von Kenntnissen, die wir noch nicht besitzen, abhängt (vgl. das folgende Capitel), so halte ich es vorsichtiger, nur den allgemeinen Ausdruck Substanz hier auf das Unwägbare anzuwenden.

Von diesen letzten Atomen vereinigen sich im Gebiete des Wägbaren mehr oder weniger zu kleinen Gruppen (sog. Moleculen oder zusammengesetzten Atomen), die weiter von einander entfernt sind, als die Atome in jeder Gruppe für sich, eine Stufenleiter, die sich noch höher bauen kann, so dass kleinere Gruppen sich abermals zu grössern vereinigen. (Diejenigen Gruppen, in welche ein Körper zunächst zerfällbar, nennt man wohl seine integrirenden Partikeln). Diese zusammengesetzten Atome, Molecule, können allerdings disaggregirt werden und ihre Bestandatome sich in neuen Verbindungen zusammenstellen.

In umgekehrter Richtung verfolgt, kann man sagen, die Körper gliedern und untergliedern sich im Allgemeinen in grössere und kleinere Gruppen von Theilchen, herab bis zu letzten Atomen, von denen wohl jene, aber nicht diese zerstörbar sind.

Vom Abstande der letzten Atome ist nur so viel gewiss, dass er sehr gross im Verhältniss zu den Dimensionen der betreffenden Atome. Von den absoluten Dimensionen der Atome, ja ob die letzten Atome angebbare Dimensionen haben, ist nichts bekannt.

Den Moleculen oder zusammengesetzten Atomen kann eine bestimmte Gestalt als Umriss der von ihnen befassten Gruppe beigelegt werden, von der Gestalt der letzten Atome ist nichts bekannt.

Die Kräfte der Atome sind theils anziehender, theils abstossender Natur; mindestens ist es bis jetzt noch nicht geglückt, sie auf blos anziehende zurückzuführen. Sie wirken nach Functionen der Distanz der Theilchen. Das genaue Gesetz der Kräfte ist nicht bekannt.

Nach der von Poisson (Journal de l'école polytechn. cah. XX) zu Grunde gelegten Annahme, die von Wilhelmy (Versuch einer mathematisch-philosophischen Theorie der Wärme, Heidelberg 1851) ausführlicher erörtert worden ist, und der sich jetzt die meisten Physiker anschliessen dürften, ziehen sich alle wägbaren Atome gegenseitig an, und stossen sich alle Aetheratome gegenseitig ab; zwischen einem wägbaren Atome und Aetheratome findet Anziehung statt. Jedes wägbare Atom ist von einer verdichteten Aethersphäre umgeben und die zwischen den Aethersphären stattfindende Abstossung kann unter Umständen die Anziehung der wägbaren Kerne überwiegen, was den gasförmigen Aggregatzustand gibt. Ueber Versuche, Abstossungskräfte ganz zu eliminiren, vgl. das zweite Capitel des zweiten Theils dieser.

Die verschiedene Temperatur, welche zwei Masseneinheiten desselben Stoffe zeigen, hängt nach den vorherrschenden Annahmen davon ab, „dass die Amplituden der Oscillationen, welche die intermolecularen Aetheratome ausführen, bei der wärmern grösser sei als bei der kältern.“ A. Fick versucht neuerdings (Pogg. Ann. XC. S. 287) zu zeigen, wie sich die Ausdehnung der Körper durch die Wärme hievon nach mechanischen Gesetzen ableiten lässt, wenn man die obigen Bestimmungen über die Kräfte der wägbaren und unwägbaren Substanzen zu Grunde legt. Und da die Ausdehnung eine Bewegungserscheinung ist, so hat der Atomistiker unstreitig ganz Recht, sie den allgemeinen Principien der Bewegungslehre unterzuordnen, statt sich mit dem unbestimmten Ausdruck eines expansiven Princips zu begnügen. Zwar können solche Versuche bis jetzt eben nur als Versuche in einem Gebiete gelten, dessen Schwierigkeit über den Erfolg derselben nicht sofort entscheiden lässt; sie beweisen aber jedenfalls die Tragweite des atomistischen Princips.

So sieht man nun freilich, was schon oben zugestanden worden, die Atomistik auf ihrem heutigen Stande lässt noch gar Vieles unbestimmt: und gerade Das, was der Philosoph am liebsten wissen möchte, um den Physiker dabei zu fassen, die Ansichten des Physikers über Gestalt, Grösse, Dichtigkeit, Masse der letzten oder

Grundatome, die Grundverhältnisse des Wägbaren und Unwägbaren lässt sie bis jetzt dahin gestellt, weil sie darüber noch nicht zu entscheiden weiss, wenn schon nicht ohne Hoffnung, es werde künftig noch gelingen.

Das ist nun einmal der Gang einer sicher fortschreitenden Erfahrungswissenschaft, Schritt für Schritt das Feld zu erobern, um nicht im Streben auf einmal Alles zu haben, auch Unsicherheit mit über das zu verbreiten, was man sicher hat.

Nun sagt vielleicht mancher Philosoph, unzufrieden, dass wir ihm nicht genug zu bestreiten übrig lassen, ja wohl seine ganze Handhabe des Angriffs der Atomistik nehmen: wie kommst du doch dazu, die Atomistik so zu beschneiden? Die heutige Atomistik ist gar nicht so bescheiden, wie sie hier dargestellt wird; denn da und dort, in hundert Schriften, ist von Gestalt und Grösse, von andern Eigenschaften der Atome die Rede. Du vertrittst hier wohl gar deine particuläre Ansicht von der Atomistik, indem du sie auf jene paar Punkte reducirst und zu jeder Bestimmtheit eine Unbestimmtheit fügst. So wenig du aber darauf eingehen magst, die particulären Ansichten der einzelnen Philosophen zu berücksichtigen, vielmehr dich an die Philosophen im Allgemeinen wendest, kannst du verlangen, dass dir's anders geht.

Aber Das, was ich von der Atomistik hier aufgestellt und bisher vertheidigt habe, ist keineswegs meine particuläre Ansicht; sondern es ist eben von der Atomistik Das, worin alle Atomistiker übereinstimmen, und nur eben Das, worin sie nicht einstimmen, was Sache particulärer Ansicht von Diesem oder Jenem ist, wird hier nicht in Schutz genommen, vielmehr dahin gestellt. Und selbst darin steh' ich nicht allein, dass ich nur eben Das von der Atomistik sicher halte. Vielmehr dürften gerade die hauptsächlichsten Vertreter und Föderer der Atomistik nicht mehr davon für gewiss halten (jedenfalls nehmen sie in ihren Forschungen auf wesentlich nicht mehr Bezug); und es gilt, wenn man eine Sache vertheidigen oder bekämpfen will, nicht auf den Durchschnitt Derer, die sie im Munde führen, sondern die hauptsächlichsten Derer, die sie zu brauchen, zu handhaben, und zu fördern wissen, zu achten. Wollen also die Philosophen jene Physiker bestreiten, die voreilig über Dinge entscheiden, die noch nicht zu entscheiden sind, so, um es zu wiederholen, bestreiten sie weder mich noch die festen Grundpunkte der Atomistik, für die ich streite, sondern bestreiten Das, wogegen ich selber streite.

Aber, sagt der Philosoph, was hat eine Ansicht noch für Werth, die sich über die wichtigsten Punkte nicht entscheidet? Lässt sich doch gegen eine solche Ansicht gar nicht einmal streiten, wenn man die Punkte, um die sich's handelt, nicht bestimmt vor Augen hat.

Nun, dünkt dem Philosophen die heutige Atomistik noch nicht werthvoll genug, so würde auch der Physiker seinerseits es gern sehen, wenn ihn der Philosoph mit einer werthvollern beschenkte. Aber soll er den Thaler wegwerfen für einen leeren Beutel, der, wäre er voll, freilich dem Thaler vorzuziehen? Wie viel Werth aber doch der Physiker und selbst der philosophische Physiker schon auf die Atomistik zu legen hat, so mangelhaft als sie noch heute ist, glaube ich im Bisherigen zur Genüge gezeigt zu haben. In der That, alle erörterten Vortheile derselben für die Undulationstheorie, die Verknüpfung der Wärmephänomene, die Behandlung der Erscheinungen, die in Bezug zur Grundconstitution der wägbaren Körper stehen, sind eben nur abhängig von der Annahme der Discretion der Körper- und Aethertheile und jenen allgemeinsten Bestimmungen, die damit in Beziehung treten, nicht abhängig von der nähern Bestimmung, wie die letzten Theile nach Form, Masse, Grösse sich verhalten, noch wie ihr Begriff in letzter Instanz philosophisch auszudeuten ist, noch welches Grundverhältniss zwischen Wägbarem und Unwägbarem besteht. Von solchen nähern Bestimmungen der Ansicht wird aber dereinst die genauere Erklärung des Details der Erscheinungen abhängen.

Sagt aber der Philosoph, gegen eine so unbestimmte Ansicht ist nicht zu streiten, warum doch streitet er dagegen, wenn er sie zu unbestimmt findet, um zu entscheiden, ob sie wahr oder falsch. Nun aber ist die Atomistik, wie sie oben aufgestellt worden ist, allerdings in so weit bestimmt genug, dass man ein Object einer eingehenden Prüfung daraus machen kann, vorausgesetzt, man hat die Vorkenntnisse dazu; wo nicht, so liegt die Unbestimmtheit vielmehr auf Seiten Derer, denen es daran fehlt. Gewiss ist sie so, wie sie ist, ein viel bestimmteres Object der Untersuchung als die gegentheilige Ansicht mit ihren zerfliesslichen Begriffen.

VIII. Einige allgemeinere Erörterungen. Begriff der Materie und physischen Kraft.*)

Ich glaube nicht zu irren, wenn ich sage, dass es ziemlich in allem Streit der Philosophen unter einander wie mit den Philosophen ein guter Theil Wortstreit ist. Unstreitig liesse sich dieser vermeiden, wenn man sich vor dem Streite, was ein gegebener Begriff sei, immer erst darüber erklärte, was Jeder unter dem Worte, womit er den Begriff bezeichnet, verstehen will, wo sich dann der Streit gewöhnlich in der Hauptsache darauf reduciren würde, ob man den Sprachgebrauch richtig anwendet, oder Recht hat, ihn zu verlassen. Denn das Uebrige würde sich meist als etwas Selbstverständliches oder nicht Auszumachendes finden, und sich zeigen, dass man zu einem Streit um etwas Thatsächliches gar nicht gekommen.

Was ist schön, was ist gut, was ist Geist, was ist Seele, was ist Materie, was ist Kraft, was ist Leben, was ist Sein, Schein, Freiheit, Wille, subjectiv, objectiv, Individualität, Persönlichkeit, Pflanze, Thier, Zelle, Zellenkern u. s. w. u. s. w. Antworte mir erst, was du darunter verstehen willst; zeige mir es auf, wenn auch nicht mit Fingern, aber durch Worte, als etwas, was mehr als Wort; geh zurück bis zu etwas, wo die Vorstellung einen Anhalt findet; ist's ein Abstractes, zeige mir den Kreis des Concreten, aus dem es abstrahirt ist, in solcher Weise, dass die Abstraction sich von selber wiederholt; ist's ein Verbindendes, den Kreis, wovon es das Band; eher lässt sich davon gar nicht reden. Dann wollen wir näher zusehen. Du ersparst das besondere Aufzeigen, wenn du stets das im Auge behältst, worauf der Sprachgebrauch schon weist, ist es nur selbst bestimmt, was es freilich meist nicht ist; aber auf Etwas musst du mit dem Worte weisen, und man muss wissen, was es ist; eher ist gar kein Streit und keine Untersuchung über die Sache möglich.

---

*) Dieses Capitel geht auf manche Punkte ein, die eigentlich schon jenseits einer rein physikalischen Atomistik liegen, auf deren Betrachtung aber hier kaum verzichtet werden konnte, weil sie gewöhnlich in untriftiger Vermengung mit denen, welche die physikalische Atomenfrage selbst betreffen, behandelt werden, und es daher nicht ohne Belang war zu zeigen, dass die Atomistik, wenn sie auch an jenen Punkten nicht hängt, doch eine Erörterung derselben nicht zu scheuen hat, die freilich dann auch eine sehr andere Gestalt als im Sinne der Gegner der Atomistik annehmen muss. In der folgenden Abtheilung würden diese Erörterungen jedenfalls keinen passenden Anschluss gefunden haben, sofern daselbst die philosophische Seite der Atomenfrage aus einem wesentlich andern Gesichtspunkt als hier verfolgt wird.

Dann aber, wenn man weiss, was du unter jenen Worten verstehen willst, lässt sich fragen, ob es auch so draussen oder drinnen existirt, wie du es vorstellst und der Vorstellung gibst, ob es auch die nähern Bestimmungen, Ursachen, Wirkungen, Zusammenhänge, thatsächlichen Beziehungen, Gesetze, Ziele in Wirklichkeit hat, wie du sie denkst, ob es auch den Werth hat, den du ihm beilegst, vorausgesetzt man weiss erst, was du unter Werth verstehen willst. Und das nur eigentlich sind Dinge, um die es gälte zu streiten. Statt dessen streitet man, was schön, was gut, was Geist, was Materie, was Leben, was Sein u. s. w. u. s. w., indem ein Jeder etwas Anderes darunter versteht und verstanden wissen will, und der Streit betrifft gar nicht das Schöne, Gute, den Geist, die Materie, das Leben, das Sein selbst, sondern eben blos die Worte, über die man sich nicht versteht.

In einer Schrift betitelt „Das Sonnensystem oder neue Theorie vom Bau der Welten von S. Sachs“ (Berlin, 1850), worin den Astronomen alle möglichen Untriftigkeiten vorgeworfen werden und ein neues Weltsystem aufgestellt wird, kommt S. 193 folgende Stelle vor:

„Wer steht uns dafür, dass der Stern, den die Astronomen für Uranus halten, auch wirklich Uranus sei?“

Ich kann in der That den Unterschied dieser Frage von den meisten Haupt- und Streitfragen, um welche die Philosophie sich dreht, worin die verschiedenen Systeme einander hart entgegentreten, kaum entdecken, falls man nur recht zum Grunde des Streites geht. Nun ist es gar kein Wunder, dass, wenn Jeder unter demselben Namen einen andern Planeten versteht, wenn der Eine den Neptun dahin, wohin der Andere die Sonne setzt, das ganze Weltsystem in Frage und Streit geräth, ein Weltsystem immer das andere verdrängt, ja eine Menge zur selben Zeit sich den Platz streitig machen, eine Wechselfoderung derselben zur gegenseitigen Ergänzung entsteht, und statt der Schwierigkeit, ein neues zu entdecken, nur die Schwierigkeit besteht, der neuen Entdeckung eine Geltung zu verschaffen, die über den Entdecker selbst hinausreicht. Bei *jedem* meint man, man sei in einem andem Himmel, und der eigentliche Erfolg ist doch nur, man weiss sich in dem alten und den andern nicht mehr zurecht zu finden.

Indessen richtet der Astronom unberührt hievon sein Fernrohr auf das eine System, was immer besteht, und sucht, ob er nicht einen neuen Bürger desselben finde.

Was ist der Grund, dass es also in der Philosophie steht? Dass man den Grund aller Betrachtung durch die Betrachtung entbehrlich hält. Wir kommen immer auf diesen selben Grund zurück. Wenn die Begriffe über den Dingen schweben sollen, schwanger von denselben, ehe sie von denselben geboren oder ausgetragen werden, ist es unmöglich, nicht Worte mit Begriffen zu verwechseln, weil Worte wirklich in gewissem Sinne Das leisten, was man von den Begriffen verlangt, d. h. über den Dingen schweben und Alles von sich geben, was man aus denselben holen will. Freilich, indem sie über den Dingen schweben, sind sie doch bestimmt, auf die Dinge zu weisen; aber die Dinge und die Verhältnisse der Dinge sind zahlreicher als die Worte, in jeder neuen Stellung kann ein Wort ein Anderes bedeuten und muss es oft bedeuten; die Sprache reicht sonst nicht; so werden die Worte und mit den Worten die Begriffe, die man mit ihnen verwechselt, selbst verwechselbar. Wenn man nicht also endlich immer von den wechselbaren Worten auf unwechselbare, d. i. aufzeigbare Dinge und Verhältnisse der Dinge, die mit und in ihnen aufzeigbar, zurückgeht, in jedem neuen Zusammenhange danach aufs neue fragt, so kann der Streit um Worte kein Ende finden, und dass er ihn nicht findet, beweist eben, dass man nicht bis dahin zurückgeht. Zu dem scheinbar tiefsinnigen Streit zuletzt um Nichts kommt dann noch der scheinbar gewaltige Fortschritt zuletzt zu Nichts; denn statt des Flusses der Dinge wird nun der Fluss der Bedeutungen der Worte der Träger des Schiffes der Philosophie. Wie rasch geht die Fahrt, wie schnell wechseln die Ansichten; aber ist die Fahrt zu Ende, verfliesst das Schiff mit Allem, was es hält, in demselben Strome, der es trug, und über ihn hin geht ein neues Schiff dem gleichen Ziele zu.

Zwar gibt es ein Reich des Gedankens über den Dingen, über allem einzeln und handgreiflich Aufzeigbaren, ein Reich des Allgemeinen und Abstracten; und auch das Abstracte darf sich unter sich vernehmen; wie aus Blumen, die einzeln und fern von einander stehen, Düfte aufsteigen, sich kreuzen und begegnen und dadurch einen Verkehr der Blumen über den Blumen selbst begründen. Wenn aber der Blumenwuchs in grösster Ausbreitung Höhe und Verfeinerung nicht mehr zusammenhängt mit seiner Basis, ist's eben kein Verkehr der Blumen mehr, wird es die todte, willkürliche Mischung des Destillateurs und Pharmaceuten, wird es das Verfahren der Philosophie mit ihren abstracten Worten und Begriffen, man kennt die Quelle derselben nicht mehr.

Muss es so sein? Aber betrachten wir doch der Philosophie die Mathematik gegenüber. Die abstractesten Begriffe und Operationen des Mathematikers, mit denen er weit über die Dinge hinaus einen Verkehr der Dinge selbst vermittelt, sind doch alle in letzter Instanz am Aufzeigbaren erläuterbar, die 1, die 2, das Zufügen, das Multipliciren, die Unendlichkeit selber, als ein Gehen weiter, immer weiter und nimmer Fertigwerden, ein negativ Aufzeigbares in so fern, als ein Ende eben nicht aufzeigbar, nicht vorstellbar einmal, also soll auch ein Ende beim Unendlichen nicht vorgestellt werden. Darum ist in der Mathematik ein Wortstreit kaum möglich und hiemit bleibt beinahe kein Streit in ihr übrig; es handelt sich blos um neue Entdeckungen und neue Methoden; und so meine ich auch, es würde in der Philosophie wenig Streit übrig bleiben, wenn man den Wortstreit überwunden hätte; es würde aber auch hiemit wenig von der ganzen bisherigen Philosophie übrig bleiben und die eigentliche Philosophie der Dinge erst beginnen.

Die Philosophen streiten, und die Dinge gehen ihren Gang; die Philosophie ist mit in diesen Gang verflochten, greift selber ein in diesen Gang, hilft selbst ihn fördern; das aber ist die Eine Philosophie, die still durch alle Philosophieen durchgeht und durchwirkt, und stets nur Eine sein und bleiben würde, gleich der Naturwissenschaft, wenn nicht eben der Wortstreit viele daraus machte. Nun geht diese Einheit und Macht zwar in dem Streite der Worte nicht ganz verloren, doch ihre Klarheit wird dadurch verdunkelt, ihre Kraft dadurch gebrochen, ihre Möglichkeit selbst in Frage gestellt. Und was die Welt hält und fördert, ist zuletzt nicht die streitende Philosophie über den Wissenschaften, die sich in sich zerarbeitet und spaltet, es ist die all — einige Philosophie in den Wissenschaften.

Wie viel hat man darüber geschrieben, was der Philosophie noth thut, in unseren Zeiten zumal, wo sie in so grosser Noth ist; wo hat man nicht ihren Hauptschaden gesucht; wie viel Vermittelungs- und Besserungsvorschläge hat man nicht gemacht; und das Grund-

-übel, an dem Alles hängt, mit dem wenigstens alles Uebel in der Philosophie zusammenhängt, ohne dessen Hebung es nur anders, nicht besser werden kann, berührt man kaum, um nicht an den eigenen schweren Schaden mitzurühren: dass man die Worte ohne klare und bestimmte Erläuterung und Erläuterbarkeit durch Aufzeigbares und Vorstellbares verwendet. Man gibt das Dasein und den Uebelstand des unklaren Wortverstandes und des Wortstreits zu, als hänge hier und da etwas daran, und sieht nicht, dass die Philosophie mit ihrer ganzen Tiefe in diesem Uebelstande aufgeht; man gibt ihn zu wie einen Splitter, indess man selbst einen Balken dazu beiträgt, und aus solchen Balken ist das Haus der Philosophie gezimmert; das ist sein Fundament und Gipfel.

An den transcendenten Begriffen des Dinges an sich, des Ich, des Absoluten, des Seins, der einfachen Qualität hängen zuletzt die philosophischen Systeme; doch diese Nägel sind alle Luft in Luft geschlagen; denn was bedeuten diese Worte? Etwa Abstractionen aus der Welt der Erscheinung? Dann möchten sie etwas Selbstverständliches, doch was nicht über das Selbstverständliche hinausführt, bedeuten; im transcendenten Sinne aber, in dem sie wirklich verstanden werden sollen, bedeuten sie etwas, was nicht verstanden werden kann, oder auf unendlich verschiedene Weise verstanden werden kann, und somit auch in das Unverständliche oder von Jedem anders Verstandene hinausführt.

Ist mit all Dem, was hier gesagt worden, der Philosophie Unrecht geschehen? Aber Einen Grund muss es doch haben, dass unter den allerverschiedensten Richtungen der Philosophie keine zu etwas geführt hat, was ein allgemeineres Verständniss und allgemeinere Anerkennung im selben Sinne als Mathematik und Naturwissenschaft erzwänge. Der Grund kann nicht in Dem, was gegensätzlich an den Philosophieen, liegen; er muss in etwas liegen, was allen gemein, und wer vermag einen andern Grund zu finden, als dass ihr Widerstreit selbst sich vielmehr um die Beziehungen von Worten als von Dingen dreht; denn sähe man nach diesen, würden die Gegensätze theils am Factischen verschwinden, theils sich ergeben, was nach dem Factischen noch unbestimmbar ist.

Man kann zugestehen, dass auch in dem Streite der atomistischen und der dynamischen Ansicht, wie er zumeist geführt wird, ein Theil nur Wortstreit sei, abhängig davon, dass die dynamische Ansicht die Worte Kraft, Materie, Raumerfüllung anders braucht und versteht als die atomistische Ansicht; ja es wäre eine sonderbare Ausnahme, wenn nicht in der Discussion innerhalb oder mit der Philosophie hierüber wirklich das Meiste zuletzt auf Wortstreit hinausliefe. Wir haben aber unsererseits im Bisherigen eben gesucht, den Streit um Worte auf einen Streit um Thatsachen zu reduciren, indem wir statt der Frage, was man unter jenen Worten verstehen will, ausdrücklich immer nur die Frage ins Auge gefasst haben, ob Das, was der Physiker nun einmal darunter versteht, auch nach Thatsachen existirt, so wie er es versteht. Was er aber unter den von ihm gebrauchten Worten versteht, unterliegt keiner Zweideutigkeit, weil er sie stets im Sinne des Sprachgebrauchs oder mit genauer und nicht miszuverstehender Erklärung über etwaige Ueberschreitung desselben auf Aufzeigbares bezieht und dadurch erläutert. Die Worte bedeuten ihm eben nur das in solcher Weise Aufzeigbare oder dadurch Erläuterbare. Die Atome selbst, obwohl nicht direct als solche, d. h. nicht in Vereinzelung, dem Auge aufzeigbar, sind doch mit geistigen Händen der Vorstellung so leicht und fest zu greifen, als ganze materielle Klumpen mit den leiblichen, weil sie eben nur als kleine Klumpen nach den grossen vorzustellen, und weil der Weg selbst klar vorstellbar ist, auf dem man von den grössern zu den kleinen kommt, durch fortgesetzte Theilung, bis es nicht weiter mit den Mitteln und den Kräften geht, die dem Physiker und Chemiker zu Gebote stehen.

Es fragt sich also, existiren diese kleinen Klumpen in der Discretion, wie sie der Physiker vorstellt, auch in der Wirklichkeit, und er beweist es durch einen Zusammenhang von Thatsachen der Wirklichkeit im selben Sinne, nach dem er auch sonst aus Thatsachen der Wirklichkeit Wirklichkeiten folgert und findet. Nun aber mag es dem Philosophen frei stehen, mit seinen Begriffen Materie, Kraft, Raumerfüllung bis ins Unvorstellbare hinter die Materie und Kräfte des Physikers zurückzugehen. Wie er diese Begriffe fasst, kann er ganz recht haben, dass der Raum continuirlich voll sei; der Physiker kann es nicht einmal beurtheilen, weil er überhaupt keine Klarheit in die philosophische Fassung dieser Begriffe zu bringen vermag; er kann also auch seinerseits eine derartige Raumerfüllung gar nicht bestreiten. Also er lässt die philosophische Raumerfüllung gewähren, nur verlangt er dagegen, die Philosophie soll ihm die Discretion der Materie in seinem Sinne nicht bestreiten, d. h. nicht bestreiten, dass so wahr und in demselben Sinne als die Weltkörper discrete Massen sind, es noch kleinere in den Körpern gibt, die dem sinnlichen Auge als Continua erscheinen, und dass der Grund, warum sie ihm als Continua erscheinen, kein anderer ist, als die Unzulänglichkeit der Sinne, die auch den fernen Sternennebel als Continuum erscheinen lässt. Wäre der Philosoph hiemit zufrieden, so wäre der Streit zu Ende; allein er ist es nicht.

Dabei sind wir gern bereit, in Herbart's Sinne zuzugeben, dass die Atome wirklich nur ein widerspruchsvoller Schein, ganz fern von aller wahren Wirklichkeit. Denn da er Alles, was man im gewöhnlichen Sprachgebrauche seiend nennt, nach jenem Sachs'schen Princip als widerspruchsvollen Schein erklärt und hinterwirkliche, in sich widerspruchsvolle Begriffe als wahre Realität, so wollen wir ausdrücklich die Atome zu dem widerspruchsvollen Scheine, nicht zu der Realität in Herbart's Sinne gerechnet wissen. Sie sollen nur wirklich sein in dem Sinne, wie Jeder ausser Herbart die Wirklichkeit, Herbart aber die Unwirklichkeit versteht.

Auch in Hegel'schem Sinne mögen sie nicht existiren; da in diesem Sinne nur Das wahrhaft existirt, was dialektisch aus der Selbstentwickelung des Seinsbegriffs hervorgeht, bisher aber sich weder in einem der Dialektiker vom Fache noch in uns selbst der Seinsbegriff zu Atomen entfaltet hat; wenn auch, wie schon gesagt, nicht zu bezweifeln, dass er es ganz gut vermöchte, wenn ihn die Neigung zu dieser Richtung der Selbstbewegung anwandelte. Bis dahin mögen sie mit zu den, dem Begriffe unadäquaten, in sich zerfallenen Scheinexistenzen gehören, von denen die Natur ja nach Hegel selbst so voll ist; ja wovon voll zu sein zum Begriffe der Natur nach Hegel gehört.

Aber, sagt der Philosoph, ihr sprecht von Atomen als kleinen Theilen der Materie, und wisst nicht einmal zu sagen, was Materie selber ist; so schweben eure atomistischen Vorstellungen doch zuletzt im Unsichern und Leeren.

Im Gegentheil, die Materie ist dem Physiker das Handgreiflichste, was es gibt, indem eben das Handgreifliche die Materie des Physikers ist, und nur der Philosoph verflüchtigt ihren Begriff ins Unvorstellbare, Unsichere und Leere, zieht ihm die Basis unter den Füssen weg, stürzt ihn kopfüber.

Ich will, weil ich doch vorauszusetzen habe, dass der Philosoph den Physiker endlich dahin treiben wird, sich über den Begriff der Materie näher zu erklären, obwohl es vielmehr Sache des

Philosophen als des Physikers ist, das Factum der Materie auch begrifflich zu bearbeiten, kurz zeigen, wie es sich für den Physiker hiemit stellt; und wenn man die folgende Erklärung darüber nicht explicite in irgend einem physikalischen Lehrbuch findet, so ist sie doch implicite in allen enthalten, indem sie nichts als die einfache Darstellung der Weise ist, wie der Physiker die Materie factisch fasst und behandelt.

Der Physiker versteht vor Allem, ganz übereinstimmend mit dem gemeinsten Sprachgebrauche, mit dem er eben dadurch immer in Beziehung bleibt, unter Materie Dasjenige, was sich dem Tastgefühle bemerklich macht, das ist eben das Handgreifliche; und wenn schon ein Begriff selbst nichts Handgreifliches ist, sein kann und sein soll, so will doch auch das Handgreifliche, da es einmal in der Welt existirt, als Factum anerkannt und in Betracht seiner grossen Verbreitung unter einen allgemeinen Begriff gebracht sein. Zunächst also ist und heisst ihm das Handgreifliche Materie, nimmt er Materie da an, wo man etwas greifen kann, gleichviel, was man hinter der Handgreiflichkeit, hinter Tasten, Fühlen selbst noch suchen, aus welchen höhern Gründen man das Dasein eines Handgreiflichen ableiten mag. Die Handgreiflichkeit ist etwas Aufzeigbares, durch Erfahrung Fassbares und weiter Verfolgbares; und das genügt, dem Begriffe die für seine Zwecke erfoderliche feste Unterlage zu geben. Doch gibt die Beziehung auf die Handgreiflichkeit eben blos die Grundlage des Begriffes; der Physiker bleibt so wenig dabei stehen, als der Philosoph dabei stehen bleiben möchte (geht er schon in anderer Richtung darüber hinaus), und unterscheidet sich dadurch vom Wilden und vom Bauer, denen die Materie nichts als das Handgreifliche bleibt. Er findet erfahrungsmässig, denn anders weiss er's nicht zu finden, dass mit der Eigenschaft, mit Händen gegriffen, oder allgemeiner tastend gefühlt werden zu können, noch andere aufzeigbare Eigenschaften sich in solidarischer Verbindung zeigen, betreffend Gleichgewichts- und Bewegungserscheinungen, die aber durch das Gesicht noch leichter als durch das Getast verfolgt werden können, und rechnet diese mit ihren erfahrungsmässig gefundenen Gesetzen (welche den Begriff der Kräfte als Hülfsbegriff einschliessen) dann auch zu den Bestimmungen der Materie (daher die Erklärung, die man wohl findet, sie sei das im Raum Bewegliche), und schliesst nun auf das Dasein der Materie aus solchen Erscheinungen, wenn er sich nicht in die Verhältnisse versetzen kann, die Materie wirklich selbst unmittelbar tastend zu erfassen, sei es dass sie zu fern, oder verdeckt, oder auch dass sie zu verdünnt und zu verfeinert. Endlich findet er alle Sinneswahrnehmungen, auch Hören, Riechen, Schmecken, mit Getast- oder Gesichts-Erscheinungen und Verhältnissen jener Art, welche charakteristisch für das Dasein der Materie sind, in solcher solidarischen Beziehung, dass er endlich bei ihnen allen Materie als wesentlich im Spiele annimmt. Beim Tönen gibt es eine sichtbar und fühlbar schwingende Saite oder Glocke, der Duft der Blume lässt sich zur fühlbaren Flüssigkeit verdichten; das Schmeckende ist selbst sichtbar und fühlbar. Und wo nichts unmittelbar Sichtbares und Fühlbares dabei vorliegt, was das Dasein der Materie verräth, hängt doch die Erscheinung des Hörens, Riechens, Schmeckens causal damit zusammen. So wird Materie die allgemeinste Unterlage der Naturerscheinung.

Nun liegen in jenen für das Dasein der Materie im Allgemeinen charakteristischen Erscheinungen und Verhältnissen der Erscheinung doch wichtige Verschiedenheiten im Besondern, so dass man veranlasst ist, verschiedene Materien, sog. Substrate, zur Repräsentation derselben zu unterscheiden. Man kann aber zweifelhaft sein, ob die sog. unwägbaren Substrate oder Substanzen (oder ihr Gemeinschaftliches, der Aether), worauf man einen gewissen Kreis von Erscheinungen insbesondere zu beziehen Anlass gefunden hat, auch noch den Namen Materie verdienen, sofern sie sich nie unter die Verhältnisse bringen lassen, getastet werden zu können, doch aber denselben allgemeinsten Gesetzen des Gleichgewichts und der Bewegung gehorchen, als das Tastbare. Der Streit darum ist entweder ein Wortstreit, indem sich fragt, ob man Substanzen, die mit dem Tastbaren nur gewisse sehr allgemeine Eigenschaften, aber nicht die Tastbarkeit selbst theilen, auch noch Materie nennen will (ein jedes Wort schliesst ja in seinem Gebrauche ursprünglich Willkür ein), oder ein Streit darum, ob jene Substanzen doch noch die Eigenschaft, getastet werden zu können, zeigen würden, wenn sie erfoderlich verdichtet werden könnten, ja ob nicht wirklich die wägbaren Substanzen nur Verdichtungen, engere Zusammenballungen der unwägbaren sind (wie denn Manche die ganzen Weltkörper sich aus dem Aether ballen lassen), die unwägbaren aber nur lose zwischen ihnen zurückgebliebener Atomenstaub; eine Frage, die wohl noch nicht als entschieden angesehen werden kann, daher wir auch nicht daran hängen, die Imponderabilien als Materie zu bezeichnen. Gleichviel aber ob sie Materie heissen oder nicht, so muss doch aus den früher erwähnten Gründen ihre Substanz eben so localisirt und so discret als die der wägbaren Substanz vorgestellt werden, sollen die Erscheinungen repräsentirt werden. Der Aether, mag er auf Tastbares reducirt werden können oder nicht, hat doch seinen Ort so gut zwischen den Weltkörpern, als wäre er eine tastbare Flüssigkeit, und seine Wellen sind so gut durch den Raum fortschreitend zu denken, als gälte es Meereswellen, und können endlich, wie gezeigt, nur Farben im Prisma und Polarisation geben, sofern die Schwingungen in diesen Wellen durch Kräfte entstehen, die zwischen discreten Centris wirken, gleichviel wie man die Natur dieser Centra selbst rückliegend fassen will.

Der Philosoph sagt nun etwa: du hast die Materie auf Das, was gefühlt werden kann, zurückgeführt; aber was ist Das, was gefühlt wird, selbst, das Object des Fühlens hinter dem Fühlen? — Nichts, was den Physiker angeht, er weiss eben nur Das davon, was er fühlt und was sich an das Fühlen von andern Wahrnehmungen, Erscheinungen, associirt und gesetzlich möglicherweise unter andern Umständen daran associiren kann, und was aus der Gesammtheit davon abstrahirbar und nach der Gesammtheit davon erschliessbar ist; auf nichts weiter bezieht sich die Physik; in diesem Kreise ist und bleibt ihre Aufgabe eingeschlossen; hierin will sie so orientirt sein und orientiren, dass jede gegebene Erscheinung der Totalität wirklicher und möglicher Erscheinungen nach Gesichtspunkten der Verwandtschaft, des Zusammenhangs und der Auseinanderfolge eingeordnet werden könne, und wenn die einen Erscheinungen gegeben sind, die andern danach vorausgesehen werden können.

Dazu kann sie dann auch über das unmittelbar Erscheinliche hinausgehen und zu Gränzbetrachtungen des Erscheinlichen gehen, doch immer nur unter Festhaltung von Vorstellungen unter Form des Erscheinlichen und in der Absicht, auf das wirklich Erscheinliche zurück zu kommen. Alle Begriffs-Fassungen und Stellungen, alle Constructionen und Methoden und Hypothesen der Physik und Naturwissenschaften überhaupt haben nur solchen Sinn und Zweck. Ihnen andere mit anderm Sinn und Zweck aufdringen wollen, heisst ihre Aufgabe verkennen und verwirren. Und wenn auch andere anderwärts Platz finden mögen, so werden sie Dem, was in dieser Hinsicht Klarheit in den Naturwissenschaften und dem Leben schafft — das Leben verdankt aber selbst den Naturwissenschaften die klarste Orientirung in den Erscheinungen —, nicht widersprechen dürfen, ohne Wissenschaft und Leben selbst zu verwirren, mag man es auch von vorn herein möglich halten, dass eine Lehre, die tiefer als die Naturwissenschaft dringt, deren Begriffsfassungen und Stellungen, Constructionen und Methoden noch tiefer erfasse, begründe, erläutere, verallgemeinere.

Nun aber auch, wenn wir, um die tiefste Fassung des Materiebegriffs zu gewinnen, die Frage: was ist das Object des Fühlens, hinter dem Fühlen, abgesehen vom Fühlen, das reine Ansich der Materie? ganz allgemein stellen, sie statt an den Physiker, der genug darauf geantwortet hat, indem er sagte, ich weiss nichts von einem solchen Objecte und es geht mich nichts an, an den Philosophen, an den Menschen im Allgemeinen richten, so wird er nicht um ein Haar mehr noch Anderes darauf zu antworten wissen als der Physiker, falls seine Worte mehr als Worte sein wollen. In der That ist hinter der Erscheinung, die das Fühlen gewährt, für den Philosophen so wenig als für den Physiker etwas zu finden, ist für den Menschen überhaupt nichts Erkennbares, Statuirbares, Besprechbares zu finden, aber im Zusammenhang damit und darüber ist viel davon für ihn zu finden, ein unsagbarer Kreis anderer Erscheinungen, der seine Folgen in einem neuen Kreise von Erscheinungen hat und die Möglichkeit von solchen zum voraus einschliesst, und für Abstractionen und Gesichtspuncte höherer Art den Grund legt; und hierin liegt das einzige Object aller inhaltsvollen, das einzige Fundament aller höheren Betrachtung. Die Gesichtspunkte und Fäden sowol des gleichzeitigen als Folge-Zusammenhanges der gesammten körperlichen und geistigen Erscheinungen hat nun der Mensch nach Thatsachen zu verfolgen, das Gleiche, Constante, sich Wiederholende, nach Gesetzen Mögliche darin besonders ins Auge zu fassen und besonders zu benennen, das Einzelne darin im abwärts steigenden Gange durch immer schärfere Beobachtung zu analysiren, im aufwärts steigenden durch immer allgemeinere Begriffe und Gesetze zu verknüpfen, bis er zum Allgemeinsten und zum Letzten kommt, worunter sich alles Thatsächliche vereinigt, bis wohin die feinste Analyse dringt. Die Unzulänglichkeit der unmittelbaren Beobachtung, die Beschränktheit des Standpunkts, auf dem jeder Einzelne steht, endlich hat er durch Schlüsse nach Regeln und Gesetzen zu ergänzen, die einer so weit als möglich getriebenen, so allgemein als möglich gemachten Beobachtung genügen, also, dass die Lücken des beobachteten Zusammenhangs im Sinne desselben selbst erfüllt, die Gränzen nur in diesem Sinne überschritten werden.

Wie viel gibt's hier zu thun, wie hoch, wie tief, wie allgemein können diese Betrachtungen gehen, wie viel Unbekanntes Ungeahntes ist auf diesem Wege zu finden; Gott und Unsterblichkeit selber entziehen sich ihm nicht; doch all Das führt nicht hinter das Fühlen zurück, sondern nur über das Fühlen hinaus in einen allgemeinern Kreis von Erscheinungen, dem es angehört, zu Wesen mit und über uns, denen Anderes und mehr als uns erscheinen mag, und zu Gesichtspunkten, unter denen sich ihre und unsere Erscheinungen verknüpfen, gewinnbar aus dem Gebiete der Erscheinungen selbst mit unserm sich selbst erscheinenden Geiste, doch aus nichts dahinter und mit nichts dahinter.

Dies ist in letzter Instanz die Stellung, die der Begriff der Materie für den Physiker, und nach klarer Fassung überhaupt, hat. Der Physiker und jeder klar Denkende geht darin von etwas Aufzeigbarem, hiemit ganz Bestimmten aus; und wenn er über das Aufzeigbare hinausgeht, bleibt doch die Beziehung zum Aufzeigbaren, der Zusammenhang mit Aufzeigbarem, die Erläuterung durch Aufzeigbares stets bestehen, und mit der Vorstellung klar zu verfolgen. Der Philosoph aber, indem er den Begriff der Materie hinter das Erscheinliche zurückzuverfolgen meint, verfolgt ihn in die Leere.

Wenn man überhaupt fragt, woraus die Welt in letzter Instanz besteht, so ist es Erscheinung (Selbsterscheinung in Geist und Gott, objective Erscheinung in der Natur), Gesetze der Erscheinung, Bestimmungen, Verknüpfungen und Verhältnisse der Erscheinungen, welche die Möglichkeit kommender und neuer Erscheinungen einschliessen. Sonst gibt es nichts und dahinter gibt es nichts. Von einer Welt, die nicht sich noch Andern erschiene, liesse sich gar nicht reden; es wäre kein Grund, ihre Existenz anzunehmen. Alles, was in der Welt ist, kann daher auch überhaupt blos mit Rücksicht auf die Weise, wie es sich oder Andern erscheint, oder unter andern Verhältnissen in einem andern Zusammenhange möglicherweise erscheinen kann, definirt, oder als Verhältniss, Beziehung, Verknüpfung, Bestimmungsmoment, Möglichkeit von Erscheinungen gefasst werden, denn ohnedies ist es nichts. Man kann dies Nichts vielfach benennen, es bleibt ein

Nichts. Der Geist ist nur, indem oder sofern er sich selbst erscheint, und, wenn er schläft, sofern er doch das Vermögen behält, sich selbst wiederzuerscheinen; die Materie ist nur, indem oder sofern sie durch Sehen, Tasten objectiv erscheint, oder doch unter geeigneten Umständen erscheinen kann. Und was wir das Objective an den sinnlichen Erscheinungen dem Subjectiven der Wahrnehmung gegenüber nennen, ist immer nichts, was ausserhalb der Erscheinung bestände; sondern Beides, das Objective und das Subjective dabei ist nur dieselbe Erscheinung in verschiedenem Bezuge gefasst, oder, wenn man so lieber will, ein verschiedener Bezug derselben Erscheinung. Die nämliche Erscheinung des Blitzes, die den Charakter der objectiven Naturerscheinung oder des objectiven Naturvorganges hat, sofern ich sie im Zusammenhang und Verhältniss zur Erscheinung des Donners, Regens u. s. w. kurz als Glied und bestimmendes Moment der Welt der gesammten Sinneserscheinungen, die mir und jedem Andern werden können, betrachte, wird gleich zur subjectiven Wahrnehmung, zur Anschauung des Blitzes, sofern ich sie als bestimmendes Moment der alle Erscheinungen in mir übergreifenden und verknüpfenden Bewusstseinseinheit, und hiemit als eingreifend in die höhere Welt, die durch diese Einheit über der sinnlichen Erscheinungswelt in mir geknüpft wird, betrachte, als Ausgang von Erinnerungen, als Unterlage von Begriffen, als stoffgebend für Gedanken, was Alles keine directe Beziehung zu einem objectiven Blitze, sondern nur zu dessen Anschauung hat, weil die Erscheinung in solchem Bezuge eben nur Anschauung, nicht etwas Objectives heisst. Das Objective ist die zum Nachbar, das Subjective die nach oben in den Geist gewandte Seite der sinnlichen Erscheinung. Doch Beides eben nur zwei Seiten, nicht zwei Sachen. So kehrt derselbe Stein in der Basis einer Pyramide sich mit einer Seite nach andern Steinen derselben Basis, mit einer andern nach der Spitze, doch bleibt's derselbe Stein.

Was freilich leicht Anlass sein kann, hinter der sinnlichen Erscheinung noch etwas mehr als sinnliche Erscheinung zu suchen, ist der Umstand, dass sich an die gegebene sinnliche Erscheinung die Möglichkeit noch anders gearteter sinnlicher Erscheinungen und der sinnlichen Erscheinung für Andere solidarisch knüpft. Die Orange, die ich sehe, kann ich auch tasten, riechen, schmecken, einen Schall von ihr gewinnen, indem ich auf sie schlage, ich kann es nicht blos jetzt, ich kann es wiederholt, nicht ich allein kann es, unzählige Andere können es, und diese ganze solidarisch in sich verknüpfte, doch aus gewissem Gesichtspunkte begränzte Möglichkeit unzähliger Erscheinungen repräsentirt uns ein objectives Ding, das sonach freilich aus mehr als der momentanen Einzelerscheinung oder aus irgend einer endlichen Summe von solchen besteht. Vielmehr bleibt hinter allen Einzelerscheinungen eines Dinges immer noch ein Etwas, was unzählige weitere Erscheinungen geben kann; und dies hypostasirt man nun leicht als ein unerkennbares Ding dahinter. Doch ist dies dunkle Etwas eben nichts Anderes als die ungeklärte, in sich zusammenhängende Möglichkeit dieser Erscheinungen selbst, die sich an die gegebene knüpfen können, von Erscheinungen nur gleicher Art, als man hier oder sonst vor sich hat; und man erklärt die in sich zusammenhängende Möglichkeit all dieser Erscheinungen nicht durch die Annahme eines Dinges dahinter, sondern man erklärt das Ding dahinter, wovon man sprechen mag, indem man es auf diese durch eine allgemeine Causalität des Erscheinens in Zusammenhang gegebene Möglichkeit zurückführt, indem man in den thatsächlichen Zusammenhang und die Gesetze der Auseinanderfolge des Erscheinens eingeht. So lernt man voraussehen, was sich finden wird, wenn man in den Körper eindringt, den man jetzt an der Oberfläche sieht und tastet, wenn man um ihn herumgeht, wie er erscheinen wird in anderm Lichte, was geschehen wird, wenn man ihn mit chemischen Mitteln behandelt; die Annahme eines Dinges dahinter erklärt und lehrt von all Dem nichts; aber was erklärt und lehrt sie denn?

Hinter meiner Seele ist so wenig als hinter den Körpern ein dunkles Ding an sich zu suchen, was ihre mannichfaltigen und wechselnden Erscheinungen einheitlich zusammenhielte. Sondern was ihre Erscheinungen zusammenhält, ist etwas diesen Erscheinungen selbst Immanentes und zugleich das Klarste, was es gibt, ist das Bewusstsein der Erscheinungen, dessen Einheit in und mit ihnen erscheint. Wunderlich ist es in Wahrheit, zu dieser absoluten, hellen, lichten, klaren, lebendigen Einheit der Seele noch einen Grund in einem starren, dunkeln, einfachen oder transcendenten Wesen dahinter zu suchen, und zu meinen, dass man damit die Einheit des Bewusstseins klarer oder erklärlicher mache.

Man darf dieser Betrachtungsweise der Dinge nicht vorwerfen, dass sie, indem sie die Erscheinung zum wesentlichen Inhalt aller realen Existenz erklärt, zur Unterlage aller Betrachtung macht, hinter die niemals zurückzugehen, uns in den Fluss, Strudel, Wechsel, die Zerstreuung derselben rettungslos versenke. Im Gegentheil soll jede tiefere Betrachtung eben dahin führen, die allgemeinen und festen Einigungspunkte, Haltpunkte, Zielpunkte im Gebiete der Erscheinung aufzufinden. In den Gesetzen der Erscheinung, in der Erhaltung der Materie und wirkungsfähigen Kraft, in der Verknüpfung und Begegnung der Geister durch zusammenstimmende Zeit- und Raumvorstellungen, in den allgemeinen Kategorien des Denkens, in den sittlichen Ideen, und über Alles in der Einigung des Bewusstseins mit ihrer gefoderten Gipfelung in Gott liegen solche Punkte. Nun mag man immerhin in diesen höchsten, letzten, allgemeinsten Dingen das wahre Wesen der Welt sehen, und wo sich mehrere solche höhere Gesichtspunkte darbieten, die letzte Verkettung davon selbst noch aufsuchen; gewiss ist nur, dass dies Alles doch nur eben als Kern, Gipfel, Ziel, Abstractum, immanentes Moment, Band, Totalität einer innern und äussern Erscheinungswelt erfasslich ist, dass es nur etwas Höheres, Allgemeineres der Erscheinung, nichts Unerkennbares, Unfassliches hinter der Erscheinung ist.

Nichts hindert, da alle Erscheinung es doch nur durch ein Bewusstsein ist, in das sie fällt, da die verschiedensten Erscheinungen dies und nur eben dies gemein haben, da das Bewusstsein seinerseits nur als Verknüpfung einer Mannichfaltigkeit und eines Wechsels von Erscheinungen besteht, nichts, sage ich, hindert, die Totalität des Erscheinens und hiemit den Realgrund aller Dinge, alles Geschehens, in ein einiges, ewiges, allumfassendes Bewusstsein selbst zu verlegen, was alles zeitliche Erscheinen aus sich selbst gebiert und in sich zurücknimmt, und dessen Einheit letzter Halt und Kern und Knoten aller Dinge ist, also dass daran zuletzt auch alle einheitlichen Bezugspunkte hängen, durch die sich die Erscheinungen zu sogenannten Dingen ausser uns und zu Gedanken in uns verknüpfen. Dass sich unser Bewusstsein bei äusserer Wahrnehmung äusserlich bestimmt fühlt, hinge nur davon ab, dass das allgemeine Bewusstsein, indem es über das unsere hinausgreift, mit Dem, was es mehr als unseres hat, bestimmend auf das unsere wirkt, wie schon in unserm Bewusstsein jedes Moment durch die Totalität der übrigen bestimmt wird. Und wenn schon in unserm relativ niedern Einzelbewusstsein eine sinnliche Erscheinung objectiv oder subjectiv erscheint, je nachdem sie im Bezuge zu den Erscheinungen von gleicher Stufe oder zur Bewusstseinseinheit darüber betrachtet wird, so würde sich dies für das dem unsern übergeordnete, höhere göttliche Bewusstsein nur verallgemeinern

BAYERISCHE STAATS-

und steigern, so dass nicht nur Alles, was in die Totalität sinnlichen Erscheinens der Welt durch uns und andere Geschöpfe einträte, nach Seiten dieses Eintritts eine objective Bedeutung auch für das göttliche Bewusstsein gewönne, sondern auch noch eine Objectivität höherer Stufe damit entstände, dass in Gott nicht blos die gleichstufigen Erscheinungen eines einzelnen Geistes, sondern ganze gleichstufige Geister einander gegenüber und in Verhältniss zu einander treten. So nähme Gott unsere ganzen Geister wahr, als etwas ihm Gegenüber, und doch wären wir ganz in Gott, wie Alles, was unserm Geiste gegenüber erscheint, doch in ihm ist. Es kommt wenig darauf an, ob man solche Ansicht idealistisch nenne. Die Körperwelt wird darum nicht geleugnet, sie bleibt Das, was sie ist, d. h. als was sie erscheint und erscheinen kann, und mehr kann man nach keiner Ansicht von ihr aufweisen, wenn man auch noch so viel Worte von ihr macht. Doch gehören Betrachtungen der Art vielmehr in eine Naturphilosophie als in die Naturwissenschaft und es ist hier nicht der Ort, sie weiter zu verfolgen.*)

Ganz abgesehen davon, ob man sich auf sie einlassen will oder nicht, ist die vorige Ansicht, dass nichts real existire als Erscheinung und was sie in angegebenem Sinne bindet und übersteigt, alles Ding an sich aber, was man hinter der Erscheinung suchen mag, ein Nichts, ein Unding, wesenloses Wesen sei, so wahr und ausgemacht, an sich gewiss und zweifelsfrei als irgend ein Satz der Mathematik; es ist nicht etwa eine willkürliche Behauptung, eine Hypothese, die wahr und nicht wahr sein kann, sondern ein identischer Satz. Vor allem nämlich musste sich fragen, was will man Etwas, real, seiend, was will man Nichts, ein Unding nennen. Nun, wird Mancher vielleicht sagen, das versteht sich wohl von selber, und nach gewöhnlichem Wortgebrauche könnte es in der That so scheinen, doch sicher nicht nach philosophischem. Ja wie könnte man nach Hegel und Herbart noch sagen, es verstehe sich von selbst, was Etwas, real, seiend, und was Nichts; es ist vielmehr das Unverständlichste geworden; statt Beides zu unterscheiden, soll man es vielmehr identificiren oder gar die gewöhnliche Bedeutung derselben verwechseln. Also gilt es in der That, vor dem Gebrauche erst zu sagen, was man darunter verstehen will, soll man verstanden werden*). So sage ich nun deutlich und klar, was ich Nichts im Gegensatz des Etwas nenne. Ich nenne Nichts, was nicht erscheint, noch erscheinen kann, noch dessen Dasein aus den Erscheinungen nach Regeln erschlossen werden kann, die sich in der Erscheinungswelt des Geistes und der Natur (in welchen Welten wir eingeschlossen sind) bewähren lassen, dessen Voraussetzung eben so wenig etwas beitragen kann, sei es das Dasein dieser Erscheinungswelt im Ganzen oder etwas Einzelnen darin nach Erfahrungsregeln oder durch Selbstverstand zu begründen. Und ich meine, dass dieser Gebrauch des Wortes Nichts, womit nun eben alles Kant'sche und Herbart'sche und sonstige Ding an sich hinter der Erscheinung ein Nichts wird, im Sinne des lebendigen Sprachgebrauchs selbst ist, der überall Nichts nennt, was in jenem Sinne Nichts ist. Durch den Anschluss an den Sprachgebrauch aber rechtfertigt sich der philosophische Gebrauch. Alles Vorige ist im Grunde blos eine Exposition der gegebenen Definition; ich zeige im Einzelnen und des Nähern auf, was ich unter Nichts negativ und unter Etwas positiv verstehe; ich erläutere den Zusammenhang dieses Gebrauchs mit anderm Wortgebrauche; von einem sächlichen

---

*) In meiner Schrift „Zend-Avesta" ist ausführlicher auf derartige Betrachtungen eingegangen.

---

*) Nur eben las ich in einer Anzeige von Wuttke's „Geschichte des Heidenthums" (Gersdorf's Repertor. 1854. S. 28): „Die Kirche der Buddhisten, wenn man diesen Ausdruck hier brauchen darf, hat Nichts zu lehren; sie hat nur eine Anregung zu geben, und zwar den Menschen auf den richtigen Standpunkt hinzuleiten, dass das All das Nichts und das Nichts das All sei, und man sieht sofort Alles von selber." Hier sieht man am Gebrauche des Wortes Nichts in einer Religion, die wohl die meisten Bekenner auf Erden zählt, in Vergleich mit dem bei uns gewöhnlich geltenden Gebrauche, wie weit man mit dem verschiedenen Gebrauche des Wortes Nichts gehen kann, und wie nöthig es also ist, sich darüber zu erklären, was man darunter verstehen will. Denn die Buddha-Religion versteht hienach unter Nichts Das, was man sonst als das absolute Gegentheil des Nichts fasst. Natürlich je nachdem man unter Nichts das All oder das Gegentheil des All versteht, wird eine total verschieden klingende Lehre entstehen, und in der einen Lehre, wo man zwei Begriffe zusammenwirft, die man in der andern scheidet, wird man etwas weniger klar sein als in der andern, und wird im Trüben andere Fische fischen als im Klaren. Aber an sich sollte der verschiedene Wortgebrauch des Nichts, der hiebei unterliegt, nichts in der Sache ändern können. Im Uebrigen könnte man nach obiger Stelle den buddhistischen Gebrauch des Wortes Nichts mit dem Hegel'schen verwechseln; denn man kann wörtlich auch von der Hegel'schen Lehre sagen, oder sie selbst wenigstens wird nicht Anstand nehmen es zu thun: sie hat den Menschen auf den richtigen Standpunkt hingeleitet, dass das All (das absolute Sein, was dialektisch Alles in sich schliesst und aus sich gebiert) das Nichts und das Nichts das All sei, und damit sieht man Alles von selber.

Funde oder Verluste ist bei all Dem gar nicht die Rede. Es sieht zwar aus, wie eine neue philosophische Ansicht, und ist so gut eine als die tiefsinnigsten, die wir haben; aber die tiefsinnigsten philosophischen Ansichten drehen sich eben fundamental in Nichts als Wortfassungen herum, ohne sich so klar zu sein, dass sie es thun, wie wir, und ohne den Worten selbst eine so klare, d. h. aufzeigbare, Bedeutung unterzulegen. Wir genügen unsererseits mit den vorigen Erklärungen nur den Regeln, die wir Eingangs selbst gegeben.

Gegen einen identischen Satz lässt sich nun nicht streiten. Und doch wird man dagegen streiten; und wird damit nichts weiter thun, als dass man die Worte Nichts und Etwas anders braucht als wir, ohne damit etwas Neues und Anderes in der Sache zu gewinnen.

Um von dieser allgemeinen Betrachtung wieder auf den Materiebegriff insbesondere einzulenken, so kann man sich bei Feststellung desselben leicht durch folgende Betrachtung beirrt finden. Das Tastbare, Handgreifliche (und in subsidium das Sichtbare) soll nach Obigem die nicht weiter rückführbare noch analysirbare Grundlage für den Begriff der Materie bilden; aber um etwas handgreiflich zu finden, muss meine ganze organisirte Hand dasein, müssen besondere Bedingungen dasein, unter denen sie mit dem Steine, dem Holze, das sie anfühlt, in Beziehung tritt; das Alles, sagt man, steckt verborgen im Begriffe des Handgreiflichen; also ist es sächlich der allerzusammengesetzteste Begriff, der statt das Letzte in einer Analyse der Materie bilden zu können, die weitläufigste rückgehende Analyse erfodert, und wenn man auf sie eingeht, findet man, die Materie, die auf das Handgreifliche zurückgeführt werden soll, wird selbst erfodert, um die Hand zu geben, mit der man greift; so kommt man in einen reinen Cirkel der Betrachtung.

Aber dies ist gerade so, als wenn Jemand sagte: die einfachen Stoffe der Chemie sind nicht wahrhaft einfach, und man darf nicht auf sie als ein Letztes in der Chemie zurückgehen wollen; denn um sie darzustellen, sind die verwickeltsten Operationen mit sehr zusammengesetzten Tiegeln, Retorten, Filtern u. s. w. nöthig, in denen diese Stoffe selber schon enthalten sind. Vielmehr das selber, dass man diese Werkzeuge auch eben in Nichts weiter analysiren kann als Das, was man mittelst ihrer und anderer Körper gewinnt, ist ein Beweis, dass die ganze Körperwelt aus weiter nichts als diesen Stoffen besteht, dass sie das Letzte sind, worauf man kommen kann. So ist es nun auch wahr, dass die Hand, das Auge, mittelst deren ich Tast- und Gesichtsempfindung erlange, auch selber wieder nur durch Tast- und Gesichtsempfindung als Hand, als Auge erfasst werden können; aber eben das beweist nun auch, dass man überall in der Körperwelt zuletzt auf Tast- und Gesichtsempfindung als letzte Elemente, worein sich das Körperliche qualitativ auflösen lässt, kommt. So mag man auch untersuchen, was die einfachsten Thätigkeiten des Geistes sind; und man wird finden, es sind dieselben, die der Geist zu dieser Untersuchung braucht.

Man hüte sich überhaupt, die Einfachheit eines Begriffes oder einer Sache durch die Complication der Bedingungen, unter denen er nur gedacht werden, oder sie nur hergestellt werden kann, gefährdet zu halten. Damit eine einfache Tastempfindung zu Stande komme, ist im Grunde nicht nur die Hand und ein Stein nöthig, ist der ganze Weltzusammenhang nöthig, ohne den Hand und Stein nicht existiren könnten. Aber dennoch bleibt das Tastgefühl ein Einfaches, nicht weiter Rückführbares, Analysirbares, das man als solches aus dem Weltzusammenhange aussondern und besonders ins Auge fassen, in seinen Abänderungen und Combinationen verfolgen kann. Da zeigt sich dann, dass Tastbares mit anderm Tastbaren in solche Verhältnisse treten kann, dass neues Tasten daraus hervorgeht, wie ein Mensch, der gezeugt ist, mit einem andern Menschen in selber Weise neue Menschen zeugen kann. Im Grunde ist überhaupt Alles, was es gibt, nur im ganzen Zusammenhange Dessen, was es gibt, möglich; dennoch gilt es, in diesem Zusammenhange auch Einzelnes und Einfaches anzuerkennen und dieses aufzusuchen.

Das selbst freilich, dass in der Welt der Erscheinung immer nur Eins mit und durch das Andere bestehen kann, kann leicht dazu führen, nun noch hinter allem Erscheinenden etwas an sich bestehendes, selbstständig Seiendes anzunehmen, was allen jenen unselbstständigen Schein wirft; denn, sagt man, wenn sich Eins hinsichtlich des Grundes seiner Existenz immer nur auf das Andere berufen will, so fehlt zuletzt ein Grund für alle Existenz; spricht A, ich kann nur bestehen, sofern B besteht, und B hinwiederum, ich kann nur bestehen, sofern A besteht, so haben Beide sich zuletzt auf Nichts berufen. Hat Herbart sich doch durch diese Betrachtung zu einer ganzen, wie mich dünkt, absurden Metaphysik verleiten lassen. Aber statt dass A und B den Grund der Existenz, den sie nicht einseitig und wechselseitig in einander finden können, nun weiter rückwärts in etwas hinter sich zu suchen haben, was ihrem Schein den Grund und Kern gebe, haben sie ihn in der Totalität zu suchen, von der sie Beide Glieder sind; das Ganze ist der Halt und Kern des Ganzen und alles Dessen, was darin. Wurzel, Stengel, Blatt und Blüte einer Pflanze können ihre Existenz nicht wechselseitig aufeinander begründen wollen, sie bestehen als Theile der ganzen Pflanze und die ganze Pflanze, so wie sie uns mit unsern Sinnen erscheint, zugleich mit unsern Sinnen als Theil und in Unterordnung der ganzen Welt und ihrer das Ganze übergreifenden Gesetze*). Im Ganzen hat man allen Grund des Einzelnen zu suchen, nicht in etwas noch mehr Einzelnem und Anderm; doch kann man untersuchen, wie und nach welchen Regeln sich das Einzelne zum Ganzen fügt und was die letzten Elemente. Im Lichte, was durch das Ganze scheint, hat man die Klarheit des Ganzen zu suchen, nicht in etwas Dunkelm hinter Welt und Licht; doch kann man das Licht selbst mit höherm Licht erleuchten, indem man die Verhältnisse der Lichterscheinung in sich und zu Dem, was sie bescheint, ergründet.

Also man lasse sich nicht dadurch irren, dass Sichtbares und Fühlbares und Sehen, Fühlen selbst doch nur möglich ist, nach Massgabe als anderes Sichtbare und Fühlbare und sogar noch mehr als Sichtbares und Fühlbares und Sehen und Fühlen möglich ist, als existire eigentlich nichts wahrhaft von all Dem, sei noch etwas in seinem Rücken zu suchen, was durch sich existirt. Das, was allein durch sich existirt, ist nicht etwas ausser all diesem Schein, ist vielmehr das Ganze, was all diesen Schein selbst einschliesst und eben nur in der Erscheinung seine Existenz führt und beweist. Als Theile, Momente, Seiten von diesem an sich seienden Wirklichen hat dann aber auch der einzelnste Schein seine relative Wirklichkeit, und nur von solcher können wir dem Ganzen gegenüber sprechen. Indess das Ganze ewig bleibt und sich ewig evolvirt, verschwindet und vergeht das Einzelne, sofern es nicht wie der Menschengeist zu den ewigen Evolutionsmomenten des Ganzen selbst gehört.

Man könnte sich, obwohl das im Grunde müssig ist, aus dem Totalzusammenhange des Erscheinens das Tasten, Fühlen wegdenken; es gibt ja Blinde, und wenigstens an einzelnen Hautstellen

---

*) Vergl. die weitere Ausführung dieses Gesichtspunktes in meiner gegen die Herbart'sche Metaphysik gerichteten Abhandlung in Fichte's Zeitschr. N. F. XXIII. H. 1.

Fühllose. Man kann das in der Vorstellung verallgemeinern. Dann würde damit, dass wir diese Erscheinungsweisen der Dinge wegdenken, noch nicht die Bedingung alles Erscheinens weggedacht sein. Aber der Begriff des Körpers und der körperlichen Natur, wie er heutzutage für den Menschen besteht, fiele damit. Denn diese gründen sich wesentlich auf das Dasein jener Erscheinungsweisen. Möchten nun andere, ja vielleicht weiter reichende und tiefer gehende Wahrnehmungsweisen und hiemit Erscheinungsweisen an deren Stelle treten, so würde es gelten, diese und deren Regeln wieder neu ins Auge zu fassen; man möchte den Complex Dessen, was uns dadurch zukommt, wieder Natur nennen; aber eine körperliche Natur in dem Sinne, wie wir sie jetzt haben, gäbe es nicht mehr, man könnte nicht mehr von Gestalt, von Dichtigkeit, von Wellen, Weltkörpern sprechen. Es wäre ein ganz anderes Wesen. Doch ist sicher nicht vorauszusetzen, dass die tastbare und sichtbare Natur nur eine particulare Erscheinung für den Menschen und irdische Geschöpfe überhaupt ist. Gewiss trägt vielmehr der Mensch darin etwas aus einem allgemeinern Borne der Wahrnehmungsformen der Dinge Geschöpftes in sich.

Indem ein wirkliches Ding nicht blos durch die Erscheinungen charakterisirbar ist, die es wirklich gibt, sondern auch, die es möglicherweise unter andern Umständen (die selbst in letzter Instanz immer nur durch einen Zusammenhang und Verhältnisse von Erscheinungen charakterisirbar sind) geben kann, wird zur vollständigen Charakteristik eines Dinges erfodert, zu wissen, wie es sich unter jeder denkbaren Abänderung der Umstände bis zu den Gränzfällen der Abänderung darstellen wird; und je erschöpfender und gründlicher die Betrachtung sein soll, so mehr wird man sich dahin getrieben finden, die letzten Gränzen denkbarer Abänderung mit in Betracht zu ziehen, selbst wenn die Abänderung nicht bis dahin geschehen könnte, sofern Das, was geschehen kann, in der Betrachtung und für den Schluss damit in continuo zusammenhängt.

Die Erscheinungen, wie sie an der Oberfläche der Erde von statten gehen, hängen zu grossem Theile (nach allen die Schwere betreffenden Beziehungen) davon ab, dass Materie in einer Tiefe der Erde, bis zu der wir nie dringen können, enthalten ist; damit aber, dass wir doch solche tasten würden, wenn wir dahinab dringen könnten, hängt Vieles einfach und leicht schliessbar zusammen, was an der Oberfläche sichtbar und tastbar von statten geht, nachdem freilich erst verwickelte Schlüsse aus Dem, was wir an der Oberfläche tasten, sehen, selbst zu jener Annahme der Materie in der Tiefe führen konnten.

Wie wir nun den Erdkörper erst vollständig erkannt zu haben glauben dürfen, wenn wir wissen, was uns erscheinen würde, wenn wir in seine grösste Tiefe drängen, der Himmel, wenn wir wissen, was uns erscheinen würde, wenn wir die Kraft unserer Fernröhre ins Unbestimmte vergrössern oder unserm Auge eine unendliche Tragweite zu ertheilen vermöchten; so gehört nun auch zur vollständigen und erschöpfenden Charakteristik der körperlichen Dinge überhaupt, dass wir einen der wichtigsten Gränzfälle in Betracht ziehen, dass wir uns fragen, wie würden die Körper erscheinen, wenn wir unsere Sinne, die wir schon mit dem Mikroskop bis zu gewissen Gränzen verfeinern und verschärfen können, bis ins Unbestimmte verfeinern und verschärfen könnten. Und wir haben hierauf die Antwort gegeben: dann würden die Theilchen die jetzt zusammenhängend erscheinen, gesondert erscheinen, als Atome. Ungeachtet nun unsere Sinne immer zu grob bleiben werden, die Atome als solche gesondert zu sehen, behalten doch die Atome in Rücksicht jener Weise, wie alle wirklichen Dinge charakterisirt werden (nicht blos nach Dem, wie sie wirklich erscheinen, sondern auch wie sie unter Umständen erscheinen würden, die vorstellbar mit den vorhandenen zusammenhängen), den Charakter der Wirklichkeit. Und ungeachtet wir erst durch verwickelte Schlüsse von Dem, was Jedem ins Gesicht und Getast fällt, zur Annahme der Atome gelangen mussten, vereinfacht und klärt sich doch, nachdem wir dazu gelangt sind, nun dadurch die Betrachtung Dessen, was Jedem in Auge und Getast fällt, selbst, gewinnen wir dadurch Brücken des Zusammenhangs für die Vorstellung, wie früher gezeigt worden.

Im Uebrigen aber wird nichts hindern, Allem, was nur als Gränzvorstellung des wirklich Erscheinlichen, doch jenseits aller Möglichkeit der wirklichen Erscheinung liegt, statt des Namens eines physisch Wirklichen den eines metaphysisch Wirklichen zu geben (was zuletzt Sache der Definition, vgl. die philosophische Abtheilung dieser Schrift); und also falls eine so grosse Verschärfung der Sinne absolut nicht möglich wäre, um die Atome je als Das, was sie sind, d. h. in ihrer Discretion zu sehen und zu fühlen, solchen nur eine metaphysische statt physische Wirklichkeit beizulegen. Das Aufsuchen solcher metaphysischen Realitäten belohnt sich jedenfalls durch die fruchtbaren und klaren Folgerungen für die physische Realität selbst, die wir darauf zu begründen wissen, und rechtfertigt sich nach Massgabe als es der Fall. Hier läge von gewisser Seite eine Annäherung an die bisherige Philosophie, deren metaphysische Realität auch nicht mit der gemeinen sinnlichen zusammenfällt, und worin sie Fundament und Abschluss der gemeinen sucht. Nur mit dem Unterschiede, dass die unsere nichts hinter, vor oder über der gemeinen erfahrbaren Wirklichkeit mit der Bedeutung sein soll, dass diese zu einem leeren Schein erniedrigt oder verflüchtigt würde, sondern die gedankenmässige Gränze der erfahrbaren Wirklichkeit selbst, eine Gränze, von und zu der ein Fluss der Vorstellung und des Schlusses durch die erfahrbare Wirklichkeit geht.

Zuletzt führt aller Streit überhaupt, ob die Atome ein Wirkliches sind oder nicht, zur Klippe des Wortstreits zurück, wenn man sich eben nicht verständigt, was man wirklich nennen will, und es kommt wie immer auf das Wort eigentlich nichts an, sondern nur auf die Sache. Mit aller Behauptung, dass discrete Atome wirklich sind, können wir nicht machen, dass wir sie wirklich als solche sehen und fühlen; mit aller Behauptung, dass sie nicht wirklich sind, können die Gegner nicht wegbringen, dass wir durch ihre Vorstellung uns im Sichtbaren und Fühlbaren besser orientiren, als wenn wir sie uns nicht vorstellen, nicht wegbringen, dass ihre Vorstellung nach denselben Schlussprincipien aus Verhältnissen der erscheinlichen Wirklichkeit folgt, nach denen wir diese selbst erschliessen, dass umgekehrt Ableitungen Dessen, was in die erscheinliche Wirklichkeit fällt, auf ihre Vorstellung begründet werden können. Dieser Zusammenhang, in dem sie durch Vorstellung und Schluss mit der erscheinlichen Wirklichkeit stehen, diese Leistungen für die erscheinliche Wirklichkeit sind jedenfalls wirkliche und werden dadurch nicht im Mindesten verkürzt und verkümmert, dass man die Atome nicht wirklich nennt; auch übertreffen sie darin die Begriffe, welche die Philosophie an ihre Stelle zur Orientirung in den Erscheinungen setzen möchte, und das ist der durchschlagende Grund, sie diesen vorzuziehen. Hier ist das Sächliche, um das sich's handelt; das Wort wirklich thut nichts dazu und nichts davon. Doch bleiben wir im Zusammenhange des Sprachgebrauchs, wenn wir die Atome mit solchem Charakter und solchen Leistungen wirkliche nennen. Sie wirken Erscheinungen, sie bedingen Erscheinungen, das ist genug, wenn sie auch nicht selbst erscheinen, der Sprachgebrauch verlangt es nicht. In diesem Sinne haben wir oben und überall darauf bestanden und werden ferner darauf bestehen, dass die Atome wirkliche Dinge sind.

In gewisser Weise tritt bei dieser Frage ein analoger Fall ein als bei jener Frage, ob man die Imponderabilien Materie nennen soll, da sie doch die Eigenschaft nicht aufzeiglich besitzen, an welche sich ursprünglich der Begriff der Materie knüpfte, die Tastbarkeit, indess sie die allgemeinen Gleichgewichts- und Bewegungsverhältnisse mit dem Tastbaren theilen, nach denen wir sonst das Dasein der Materie beurtheilen (vgl. S. 91.) Immerhin bleibt die Behandlung der Imponderabilien aus den gemeinsamen Gesichtspunkten, die für sie mit den Ponderabilien bestehen, nützlich und nöthig. So möchten wir zweifeln, ob wir discrete Atome noch wirkliche Dinge nennen sollen, da sie die Erscheinlichkeit, die Basis aller Wirklichkeit, nicht aufzeiglich mehr besitzen; aber da sie Alles, wonach wir sonst das Wirkliche beurtheilen, besitzen, sind sie doch aus den gemeinsamen Gesichtspunkten, die sie mit denselben theilen, auch zu behandeln.

Ich denke, hierüber ist endlich genug gesagt.

Wenn der Dynamiker den Begriff der Materie dadurch zu vertiefen meint, dass er sie aus Kräften construirt, so kann, wie schon zugestanden, der atomistische Physiker nichts dagegen haben, so lange er den philosophischen Begriff der Kräfte selbst zu keiner vollen Klarheit zu bringen vermag, als nur eben Das, dass er es nicht vermag. Sowie das Wort Kraft vom Philosophen anders gefasst wird, als vom Physiker, kann es natürlich auch anders verwandt werden, und bei willkürlicher oder fliessender Fassung muss es auch möglich sein, es zu jeder beliebigen Verwendung brauchbar zu machen, mithin auch zur Construction der Materie. Soviel aber ist gewiss, dass der physikalische Begriff der Kraft bei seiner schärfsten Fassung, grössten Klärung und Vertiefung nicht zulässt, die Materie daraus zu construiren; ja ich behaupte, dass eben nur die unklare und rohe Fassung desselben dahin führen konnte, ihn zur Construction der Materie zu benutzen.

Nach der gemeinsten und rohesten Fassung betrachtet man die Kraft als etwas, was in der Materie sitze oder ihr wie eine äusserliche Eigenschaft anhafte, doch auch über sie hinaus sich in die Weite erstreckt und so das Dasein der Materie kund gibt. Statt dieser rohen, unklaren Vorstellung dadurch auf den Grund zu gehen dass man nach dem Factischen fragt, was unterliegt, und sie hiemit in eine klare, wahre zu übersetzen, vertieft sich der Philosoph in dieselbe, doch meint sie zu berichtigen, indem er ihr die factische Basis vollends entzieht. Wozu noch etwas ausser Kräften an der Materie annehmen, da sich ihr Dasein nur durch ihre Kräfte verräth. Statt zu sagen, die Kraft sitze in der Materie, statt zu denken, die Materie habe auch noch abgesehen von ihren Kräften Bestand, statt die Kräfte äusserlich an die Materie zu heften, werden wir sagen, Kraft und nichts als Kraft sei die Materie; und was sich über sie hinaus erstreckt, wesentlich Dasselbe, als woraus sie besteht.

Inzwischen unterscheidet sich doch ein Himmelskörper von der Gravitation, die sich über ihn hinauserstreckt, und jede Materie von der über sie hinauswirkenden Kraft. Die Physik braucht Centra für die Kraft, die nicht selbst als Kraft fassbar sein können, und es ist ein Bedürfniss, diesen Unterschied von Materie und Kraft statt zu verwischen auf eine klare Bedeutung zurückzuführen. Dies hat die dynamische Ansicht bisher nicht so vermocht, dass die Physik davon Gebrauch zu machen vermöchte, dass Uebereinstimmung unter den Philosophen selbst und ein Zusammenhang mit dem lebendigen Sprachgebrauche erzielt worden wäre. Ein Conflict entgegengesetzter Kräfte soll es nach den meisten Dynamikern sein, was aus der Kraft den Körper macht, doch weder dieser Conflict noch die den Körpern vorgängigen Kräfte selbst waren je zur Klarheit zu bringen, fallen vielmehr in jenen transcendenten Aether, in dem die Worte umsonst herumschiffen, einen festen Ankerplatz zu finden.

Für die Physik stellt sich die Sache factisch so: Sonne und Erde sind ihr als etwas Sichtbares und Fühlbares, im Raume Localisirtes und die Stellung zu einander Aenderndes erfahrungsmässig gegeben. Eben so sind ihr Gesetze erfahrungsmässig gegeben, nach welchen die Aenderung der Stellung von der vorhandenen Stellung und den Massengrössen abhängt, die selbst nur aus Bewegungsverhältnissen des Sichtbaren und Fühlbaren erschlossen sind, und für die Physik nichts weiter bedeuten können als eben das Factische, woraus sie erschlossen sind und was von ihnen abhängt. Weiter ist nichts hiebei gegeben als Sichtbares und Fühlbares, Bewegungen und Gesetze der Bewegungen. Wo ist denn da von Kraft die Rede? sie ist in der That weder in jenem rohen, noch in jenem philosophischen Sinn zu finden. Kraft ist der Physik überhaupt weiter nichts als ein Hülfsausdruck zur Darstellung der Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung, und jede klare Fassung der physischen Kraft führt hierauf zurück. Wir sprechen von Gesetzen der Kraft; doch sehen wir näher zu, sind es nur Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung, welche beim Gegenüber von Materie und Materie gelten. Sonne und Erde äussern eine Anziehungskraft auf einander, heisst nichts weiter als: Sonne und Erde bewegen sich im Gegenübertreten gesetzlich nach einander hin; nichts als das Gesetz kennt der Physiker von der Kraft: durch nichts sonst weiss er sie zu charakterisiren. Man sagt: aber es muss doch ein Grund sein, dass sich Sonne und Erde nach einander hin bewegen. Dieser Grund ist eben nichts als das Gesetz, es besteht das Gesetz, dass, wenn diese Verhältnisse des Zusammenseins von Körpern gegeben sind, diese neuen daraus folgen. Man mag tausend Worte für den Grund suchen, aber man wird factisch nichts als das Gesetz finden, woran man sich halten und worauf man eine klare Vorstellung des Grundes der Bewegung oder der Kraft begründen kann. Anstatt dass also die physische Kraft in den Körpern besonders sitze und von dem einen auf den andern hinüberwirke, statt dass sie an Orten wirke, wo sie nicht ist, statt dass sie in einem Körper latent sein könne, um erst bei Zutritt eines andern Körpers wirksam zu werden, statt dass sie die Materie constituire, statt dass sie dialektisch darein überschlage, wovon eine Vorstellungsweise immer unklarer und in sich widerspruchsvoller als die andere ist, kommt Alles, was man von ihr aussagen mag, factisch, wie klar begrifflich auf ein allgegenwärtiges Gesetz und dessen Befolgung zurück, vor dem keine Ferne und keine Nähe besteht, das aber die Abänderungen der Ferne und Nähe von den vorhandenen Verhältnissen der Ferne und Nähe abhängig macht, und dadurch das Ferne und Nahe, die Zukunft und Vergangenheit selbst verknüpft. Sitzt die Kraft irgendwo, so sitzt sie nur im Gesetze, das Gesetz hat zugleich Gesetzeskraft, d. h. was es aussagt, wird geleistet. Was man jedem Körper an Kraft besonders beilegt, ist nur der Antheil, mit dem er je nach seiner Individualität und Stellung zu andern Körpern zur Erfüllung des Gesetzes beiträgt, welches sich selbst, sofern es allgemein ist, auf alle Verhältnisse der Materie bezieht, und daher jedem Körper vorschreibt, was er in seiner Zusammenstellung mit andern zu leisten und zu erfahren hat. Dieser Antheil, mit dem jeder Körper, und selbst jedes Element eines Körpers zur Verwirklichung des Gesetzes besonders beiträgt, kann dann allerdings von dem über alle Materie, alle Zeit und allen Raum übergreifenden allgemeinen Gesetze begrifflich unterschieden.

und auf den Körper, respectiv das Element des Körpers, als eine ihm eigene, wenn man will, darin sitzende Kraft besonders bezogen werden, bedeutet jedoch hiermit eben nur ein besonderes Abhängigkeitsverhältniss des Körperlichen in seinem Verhalten vom allgemeinen Gesetze, nichts, was ihm constant und für sich selbst eigen zukäme, oder gar woraus es bestände. Wie ein Thurm steht, wie ein Weltkörper geht, ist seine Sache nur, sofern es des allgemeinen Gesetzes Sache ist; alle Thürme stehen, alle Weltkörper gehen mit Eins unter seiner Hut, und die Kräfte, durch die sie stehen, durch die sie gehen, bedeuten und bezeugen eben nichts als die Macht des Gesetzes über ihnen allen, in ihnen allen, und ihr Unterthansein unter diese Macht.

Ueberall ist Kraft nur eine Sache des Zusammenseins der Materie, für sich hat kein Körper eine Kraft, es sei denn die Kraft, die aus dem Zusammensein seiner eigenen Theile resultirt*). Quantität (Masse) und (chemische) Qualität hat auf die Kraft der Materie Einfluss, aber Beides kann selbst nur nach der Weise, wie sich die Materie, das Sichtbare, Fühlbare im Zusammensein mit anderer Materie bestimmt, bemessen werden und bedeutet zuletzt wieder nichts als constante gesetzliche Verhältnisse, wie sich eine gegebene Materie im Zusammensein mit anderer Materie bestimmt. Möglich übrigens, dass sich diese Abhängigkeit der Kraft von einer Verschiedenheit der Materie eliminiren lässt, so dass eine reine Abhängigkeit von der Zusammenstellung bestände (vgl. den philosophischen Theil). So sehr ist jedenfalls die Kraft eine Sache des Zusammenseins der Materie, dass sie sich mit jeder Abänderung ihres Zusammenseins selbst ändert. Kommen zwei Körper im Himmelsraume in doppelt so grosse Nähe, so vervierfacht sich ihre Kraft. Die Gravitationskraft geht gar in Cohäsionskraft über, wenn sie die materiellen Theile aus merkselben Aenderungen in unmerklicher gebracht hat. Durch solchen Uebergang haben sich die Weltkörper zu sichtbaren Massen geballt. Dieselbe Materien, die in der Aussenwelt nur eben nach den unorganischen Kräften denselben gehorchen, fallen der Wirkung der organischen anheim, so wie sie in eine organische Zusammenstellung eintreten. Dasselbe materielle Theilchen kann so nach und nach die allerverschiedensten Kräfte erfahren und äussern. Wie könnte das Alles sein, wenn die Kraft das eigene Wesen der Körpertheile selbst bedeutete oder Form als etwas Grundwesentliches constant anhaftete. Dagegen ist es die natürliche Folgerung der Abhängigkeit des Kraftbegriffes vom Gesetzesbegriffe. Jede andere materielle Zusammenstellung hat nach allgemeinem Gesetze eine andere Zusammenstellung als Folge, hat immer und überall, wenn und wo sie wiederkehrt, dieselbe Folge; diese Beziehung lässt sich für jede andere Zusammenstellung in einem andern Satze, d. i. Gesetze aussprechen und hierdurch eine andere Kraft charakterisiren. Demnach waltet in jeder besonders gearteten Zusammenstellung auch eine besonders geartete Kraft, es gibt so vielerlei Kräfte als Zusammenstellungsweisen der Materie; man kann aber viele besondere Zusammenstellungsweisen unter allgemeine Begriffe bringen, demgemäss auch die zugehörigen Gesetze, demgemäss auch die zugehörigen Kräfte. Und so kann man die Gesetze und demgemäss Kräfte so sehr specialisiren, und so sehr verallgemeinern, als man will. Die Gravitationskraft, Elasticitätskraft, chemische Kraft, organische Kraft sind alles Kräfte, die sich jede auf gewisse Zusammenstellungsweisen in gewisser Allgemeinheit beziehen und noch Specialkräfte unter sich und allgemeinere Kräfte über sich haben.

---

*) Wollte man, was aus gewissem Gesichtspunkte allerdings möglich ist (vgl. den philosophischen Theil der Schrift), durch eine Erweiterung des gewöhnlichen Kraftbegriffes, der das Zusammensein mindestens zweier Theile erfodert, das Beharrungsvermögen, das schon für ein Theilchen gilt, mit unter den Begriff der Kraft fassen, so würde es als Grenzbegriff der Kraft doch nur in so fern sein, als unter den verschiedenen Fällen des Zusammenseins eines Theilchens mit irgend welchen Theilchen als unterste Grenze auch der Fall zählt, wo es mit keinem andern, sondern nur mit sich selbst zusammen ist. Immer also wäre es doch die Kategorie des Zusammenseins, was den Kraftbegriff bestimmte, nicht aber ein inneres Wesen der Materie, welches in der That schwer deuten lassen würde, wie sich dieselbe Materie unter dem Einfluss des Beharrungsvermögens für sich allein aufs verschiedenste in Betreff der Ruhe, Bewegung, Richtung und Geschwindigkeit der Bewegung benehmen kann. Indessen sondert die gewöhnliche physikalische Fassung das Beharrungsgesetz überhaupt von den Kraftgesetzen ab, was zuletzt nur eine Sache der Definition ist, ohne dass der Bezug der Kraft zum Zusammensein im einen oder andern Falle litte.

Die Kraft ergreift die Körper oder Körpertheile, durch deren Zusammensein sie erwacht, nach einem im Zusammenhange und bewirkt Aenderungen im System derselben, die nach dem Princip der Gleichheit der Action und Reaction in Wechselbedingtheit zusammenhängen. Insofern man nun diesen Zusammenhang der Aenderungen, welche ein System körperlicher Theile als Erfolg ihres Zusammenseins erfährt, in Betracht zieht, kann man dieselben als Wirkung einer innern Kraft des Systems auffassen; insofern man aber die Veränderungen besonders in Betracht zieht, die jeder Theil des Systems durch das Zusammensein mit andern erfährt, oder umgekehrt, welche andere Theile des Systems durch Zusammensein mit ihm erfahren, kann man von äussern Kräften sprechen, die der Theil des Systems erfährt oder äussert. Beide, innere Kraft des Systems und äussere Kräfte seiner Theile, hängen stets solidarisch zusammen.

Man hat zwar wohl gemeint, die Organismen unterschieden sich von den nicht organischen Körpern grundwesentlich dadurch, dass jene durch innere, diese nur durch äussere Kräfte in Bewegung gesetzt würden, und sei ein grundwesentlicher Unterschied zwischen diesen Kräften selbst. Der Organismus treibt sein Blut und regt die Glieder durch innerlich in ihm waltende Kräfte; der Planet, der fallende Stein, die Kanonenkugel wird durch die äussere Kraft der Sonne, der Erde, des explodirenden Pulvers in Bewegung gesetzt. Doch dieser Unterschied ist eitel. Jede äussere Kraft, die ein Körper erfährt und äussert, ist zugleich Moment einer innern Kraft, der innern Kraft des grössern Systemes nämlich, dem der Körper angehört; und jeder gehört einem grössern System an, in dem eine innere Kraft waltet; jede innere Kraft eines Systemes lässt sich umgekehrt in äussere Kräfte zerlegen, die äussern Kräfte nämlich, welche seine Theile auf einander üben. So ist die äussere Kraft, mit welcher der Planet der Sonne zustrebt, Moment einer innern Kraft des Planetensystems, welche die Bewegung der Sonne und aller Planeten im Zusammenhange bewirkt; die äussere Kraft, mit der der Stein gegen die Erde gezogen wird, Moment der innern Kraft, welche dem System von Stein und Erde inwohnt, und wodurch die Erde im selben Momente so gut gegen den Stein, als der Stein gegen die Erde gezogen wird; die äussere Kraft, welche die Kanonenkugel forttreibt, Moment der innern Kraft, welche im System der Kanone, des Pulvers und der Kugel wirkt, und wodurch die Kanone zugleich rückwärts getrieben wird, indess die Kugel vorwärts geht. Und umgekehrt ist die innere Kraft des Organismus zerlegbar in äussere Kräfte, welche die Theile des Organismus auf einander üben, wobei Gleichheit der Action und Reaction gerade so gut besteht, als in der unorganischen Aussenwelt. Das Blut wird durch die von aussen darauf wirkende Kraft des Herzens, im Grunde die des ganzen übrigen Organismus fortgetrieben; der Arm wird durch einen äussern Antrieb vom Gehirn aus bewegt, zu dem der ganze übrige Organismus beiträgt; so wie aber ein Theil des Organismus Wirkungen von den übrigen Theilen her erfährt, äussert er zugleich Wirkungen auf die übrigen Theile; beide Wirkungen treten im Zusammenhange als innere Wirkungen des organischen Systems auf und können einer innern Kraft desselben beigelegt werden. Die Elasticität ist eine innere Kraft; doch hindert nichts, auch sie in äussere Kräfte der Körpertheile auf einander zu zerlegen: so wird jeder Theil des elastischen Dampfes im Kessel durch die übrigen gedrückt; so jeder Theil einer Saite durch die Wirkung der übrigen zur Schwingung angetrieben.

Manche stellen sich die verschiedenen Kräfte, wie Gravitationskraft, elastische, chemische, organische Kraft u. s. w. so zu sagen als selbstständige mythologische Wesen vor, welche aus einem ideellen Reiche in die Körperwelt eingreifen, und jede nach einer specifischen constanten Eigenthümlichkeit die Verhältnisse in diesem oder jenem ihnen besonders unterthanen Gebiete abänderten und neue Zusammenstellungen darin hervorriefen, unangesehen der vorhandenen. Sie denken dabei nicht daran, dass alle diese Kräfte durchaus nicht minder von der vorhandenen Zusammenstellung abhängen, als die folgende Zusammenstellung von ihnen abhängt, dass sie eben nur die Verwirklichung des gesetzlichen Bezuges zwischen auf einander folgenden Zusammenstellungen bedeuten und ihren Begriff selbst ändern wie sich der Begriff der Zusammenstellung ändert, in der sie, wie man sagt, wirken. Dass die Gravitationskraft, die chemische, organische Kraft so ausserordentlich Verschiedenes wirken, ist kein Wunder, weil die Zusammenstellungen, in denen sie wirken, worauf sie ihrem Begriffe nach bezogen werden, schon so ausserordentlich verschieden sind; so wie sich diese der Gleichheit nähern oder gleich werden, werden es auch sofort die Wirkungen der darin waltenden Kräfte.

Wichtig ist es, den Begriff der physischen Kraft, um den es sich bei all diesem gehandelt, der Kraft, durch welche die Bewegungen der Planeten, die Erscheinungen der Elektricität, der Elasticität zu Stande kommen, nicht mit dem psychischen Gefühl der Kraft oder Kraftäusserung, wie es der Mensch in sich kennt, zu verwechseln oder zu vermengen. Gewiss hängt zwar das Gefühl der Kraftäusserung, welches wir haben, wenn wir eine Last bewegen, einen Schlag thun, selbst mit einer körperlichen oder physischen Kraft im bisherigen Sinne zusammen; der Arm könnte sich nicht strecken, ohne dass der Wille körperliche Verhältnisse im Gehirn setzt, die das Strecken gesetzlich im Sinne unsers physischen Kraftbegriffes nachziehen, und man kann nun beim Eingehen auf allgemeinere Betrachtungen fragen, ob und wie das Walten physischer Kräfte (respectiv Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung) mit einem Walten und Wollen des Geistes in der Natur oder über der Natur überhaupt zusammenhängt; doch sind das Fragen, welche die Naturforschung, die als solche nicht die Beziehungen des Körperlichen zum Geistigen, sondern des Körperlichen in sich verfolgt, weder berühren, noch, wie sie auch in der Naturphilosophie oder einer allgemeinen Lehre von den Beziehungen des Geistigen zum Körperlichen beantwortet werden mögen, in dem Kraftbegriffe der Physik etwas ändern können. Ganz untriftig und nur verwirrend wäre es jedenfalls, der Naturforschung eine Erläuterung des Kraftbegriffes durch Kategorien, die nur in zusammenhängender Betrachtung des Geistigen Bedeutung haben, aufdringen wollen.

Niemand zwar könnte an sich geneigter sein, als ich selbst, auf Fragen jener Art einzugehen, da sich sogar ein dreibändiges Buch von mir vorzugsweise damit beschäftigt. Aber so sehr ich in letzter Instanz eine durchgreifende Verknüpfung des Körperlichen und Geistigen in einer Grundeinheit anerkenne und selbst ins Licht zu stellen gesucht habe, so gibt es doch einen Gesichtspunkt der Unterscheidung beider, den man nie aus der Acht lassen wird, ohne mit Geist und Natur auch die Geistes- und Naturwissenschaft zu verwirren. Es ist nur hier nicht der Ort, dies weiter auszuführen. Wir stehen und bleiben mit unsern ganzen Fragen hier jedenfalls rein auf dem Naturgebiete.

Wir haben im Vorigen nichts weiter gethan als den Kraftbegriff, wie früher den Materiebegriff, in dem Sinne exponirt, wie er in der Physik, wenn auch nicht mit Worten exponirt, aber von je her factisch verstanden und verwendet wird, und glauben hienach Recht zu haben, wenn wir sagten: der Kraftbegriff des Physikers ist nicht geeignet, die Materie daraus zu construiren, jedenfalls nicht die Materie des Physikers daraus zu construiren. Es ist ein Relationsbegriff, der nur für das Zusammensein von Materie Bedeutung hat; daraus lässt sich nicht die zusammenseiende Materie selbst machen. Es wäre eben so gut, als wenn Jemand aus den Tonintervallen, die nur eine Relation von Tönen bedeuten, die Töne construiren wollte. Will also der Philosoph seine Materie aus Kräften construiren, so können Beides, oder wenigstens Eins, eben nur Wesen eigener Art sein, die mit der Materie und den Kräften des Physikers nichts gemein haben. Da aber der Philosoph doch die Physik mit seinen Begriffen Materie, Kraft, erleuchten will, so verfehlt er von vorn herein seinen Zweck, indem er Worte, die in der Physik eine feste sächliche Bedeutung haben, in anderm Sinne verwendet, und es ist unmöglich, dass er sich mit ihr verstehe.

Thäte aber der Physiker etwa gut, seinen Kraftbegriff, d. h. seine sächliche Bedeutung des Wortes Kraft, aufzugeben, um den des Philosophen dafür anzunehmen? An sich und in der Sache könnte er mit Aenderung einer Wortbedeutung nichts gewinnen; doch würde es räthlich sein, darauf einzugehen, wenn die philosophische Bedeutung nicht nur selbst klar wäre, sondern auch in einen allgemeinern Zusammenhang von Bedeutungen einträte, welcher eine grössere und höhere Klarheit über das Gebiet des Physikers verbreitete, als er mit seinem System des Wortgebrauchs bisher selbst erzielt hat, kurz wenn die Klarheit, die er bisher gehabt hat, nicht dabei vermindert, sondern vermehrt würde. Aber es ist gerade das Gegentheil.

Näher zugesehen stellt sich die Auffassung des Verhältnisses zwischen Materie und Kraft in der Philosophie und Physik gerade verkehrt. Nach der Philosophie ist die Materie in einem Bezuge oder Conflicte von Kräften (Anziehungskraft, Abstossungskraft), nach der Physik die Kraft in einem (gesetzlichen) Bezuge von Materien begründet. Die Materie des Physikers ist als Tastbares unmittelbar aufzeigbar, sein Kraftbezug ist als Gesetzesbezug durch aufzeigbare Verhältnisse unmittelbar erläuterbar; hier ist Alles klar; die der Materie aprioristischen Kräfte des Philosophen sind nicht unmittelbar aufzeigbar und blos erläuterbar durch dieselben aposteriorischen Kräfte, welche der Physiker vor Augen hat; der Conflict der Kräfte kann sich nur an unbestimmte Analogien lehnen. Mithin fällt die ganze Construction der Materie aus einem Conflicte von ihr aprioristischen Kräften ins Unklare, und umsonst ist der Versuch ihrer Erläuterung durch Das, was dadurch erläutert werden soll.

Es ist nun aber allerdings begreiflich, dass, wenn man die Materie aus Kräften construirt, die schon im Begriffe verschwimmen und zerfliessen, ausserdem das an sich richtige Aperçu festhält, dass die Kraft wie das Gesetz, von dem die Kraft abhängt, etwas Allgegenwärtiges, den Raum Alldurchdringendes ist, die aus den Kräften construirte Materie etwas Zerflossenes, Verschwommenes, den Raum Alldurchdringendes werden muss, und die Atomistik nicht Platz finden kann; nur liegt nirgends ein Beweis dafür, dass eine Sache nicht stehen kann, darin, dass sie nicht steht, wenn man ihr den festen Boden entzieht und sie auf den Kopf stellt.

Der Naturwissenschaft ist die Natur überhaupt nur eine Welt der äussern sinnlichen Erscheinung, und hienach nicht zu wundern, wenn der Stoff der Natur, die Materie, auch nur als Sache solcher Erscheinung von ihr gefasst, behandelt, nur durch Erscheinung und deren Verhältnisse charakterisirt und die Kraft der Natur nur aus solchen Verhältnissen abstrahirt wird. Es liegt in ihrem Begriffe der Natur. Mag es noch andere Begriffe der Natur geben, aber sie gehen die Naturwissenschaft als solche nichts an, noch berühren sie unsern lebendigen Verkehr mit der Natur. Eben so ist dann freilich auch nicht zu wundern, wenn die Philosophie, sofern sie unter Natur ein transcendentes Wesen hinter der Natur des Naturforschers versteht, auch unter Materie und Kraft der Natur transcendente Wesen hinter der Materie und Kraft des Naturforschers versteht; wenn sie die Begriffe der Materie und Kraft nicht durch Tastbarkeit, Sichtbarkeit, Verhältnisse davon und Abstractionen daraus erschöpft oder ihrem Wesen nach auch nur berührt halten kann. Es liegt eben so in ihrem Begriffe der Natur. Und nun ist endlich nicht zu wundern, wenn Das, was der Philosoph über das Verhältniss von Materie und Kraft sagt, zu Dem, was der Physiker darüber sagt, so wenig passt, als spräche der Eine von Rücken und der Andere von Schneide. Und nur Das ist zu wundern, wenn er den Rücken für die Schneide substituiren will. Die physikalische Fassung des Verhältnisses von Materie und Kraft gleicht einem Januskopf, die philosophische dem andern. Beide sind mit der Gegenseite an einander geheftet, und zeigen dieselbe Form in verkehrter Richtung. Der eine sieht nach vorn in das helle Gefilde der Erscheinung, der andere rückwärts in das transcendente Dunkel. Nun stört der zweite mit den Träumen, die in diesem Dunkel erwachen, immer die lichten Anschauungen des ersten und meint, er sähe in die geheimnissvolle Tiefe der Dinge und jener in ein blendendes Nichts. Und doch ist Alles, was er träumt, ihm nur heimlich und verworren durch die Verbindung, in der er mit dem andern steht, aus dessen Welt der Anschauung zugeflossen.

Unstreitig können wir nicht behaupten wollen, dass mit Dem, was hier in einer gewissen Allgemeinheit gegen die dynamische Fassung des Verhältnisses von Materie und Kraft gesagt ist, jede dynamische Auffassung in gleicher Weise getroffen sei. Wir haben es schon gesagt: es ist überhaupt unmöglich, mit einer zugleich eine andere genau zu treffen. Jede fasst zuletzt das Verhältniss von Materie und Kraft irgendwie anders; obwohl bei unserm Verzicht auf specielleres Eingehen das Vorige auf mehr als eine passen wird. Und nur wenig anderer Wendungen möchte es bedürfen, sie auf andere passend zu machen. Es konnte aber erklärtermassen nicht die Absicht sein, den immer neuen Windungen der dynamischen Ansicht mit immer neuen Wendungen zu begegnen.

Nachdem dieser Abschnitt uns einmal von unserer Hauptfrage in Betrachtungen abgeführt hat, die vielmehr die allgemeine Stellung dieser Frage im ganzen System der Betrachtung der Dinge als ihre directe Entscheidung angehen, die gar nicht auf solchen rückliegenden Allgemeinheiten beruht, wollen wir denselben endlich noch mit einigen allgemeinsten und recapitulirenden Betrachtungen abschliessen. Wenn wir uns denn doch in Natur und Geisteswissenschaft überall weigern, hinter das Aufzeigbare, die Erscheinung und das im Sinne derselben Vorstellbare zurückzugehen, selbst der Philosophie ein solches Recht nicht, weil die Kraft nicht, zuerkennen mögen, nur Abstractionen, Verallgemeinerungen, Verknüpfungen, Gesetze, Gränzen, die vom Aufzeigbaren und danach Vorstellbaren über dasselbe hinausführen, ohne sich vom Bezuge dazu lösen zu können, statuiren, so fragt sich, was bleibt zuletzt für das Bedürfniss einer tiefergehenden Betrachtung, ein ideelleres Interesse, eine nicht blos mit dem Gegebenen befriedigte Sehnsucht übrig, und nimmer wird man den menschlichen Geist und das menschliche Gemüth in die Erscheinung so einsperren, dass er sich in dieser Gefangenschaft begnügt fände, nicht zum tiefern Wesen zurückverlangte, nicht zu etwas Uebersinnlichem strebte, nicht Ungesehenes auch wirklich halten sollte.

Aber dies ganze Bedürfniss, Interesse, Verlangen wird, indem es in die rechten Schranken seiner möglichen Befriedigung gewiesen wird, in vollerm Masse befriedigt als durch Vorspiegelung von Aussichten ins Unmögliche und Leere. Denn indem die Betrachtung sich weigert, hinter die Erscheinung und das dadurch Vorstellbare zurückzugehen, weigert sie sich doch nicht, das Vorstellbare bis ins Letzte zu analysiren, also dass zum Kleinsten wie zum Grössten, was in die Erscheinung treten kann, die Elemente wie Methoden des Baues gewonnen werden; indem sie von einer Qualität, einem Wesen rücklings der Erscheinung nichts weiss und nur leere Worte darin findet, verzichtet sie doch nicht, das Wesentliche aller Erscheinung zu erkennen, d. h. das in aller Erscheinung Constante, Gesetzliche, Allgemeine, ewig Bleibende, und mit Bezug darauf auch jede einzelne Erscheinung abzuwägen; indem sie mit etwas Höchstem und Unendlichen nicht anzufangen weiss, blickt sie danach doch als nach einem Ziele; indem sie keine Ahnung von etwas zu haben bekennt, das nie in die Erscheinung treten kann, noch aus ihr zu gewinnen ist, und selbst eine Idee für Nichts hält, die nicht in einem Geiste erscheint, so trachtet sie um so mehr danach, aus Dem, was heute, hier und mir und Dir und möglichst Vielen erscheint, zu erforschen, was anderswo und anderswann und unter jedweden andern Bedingungen und andern Wesen erscheinen kann, und dem Dasein anderer Wesen selbst nachzuforschen; und Jenseits, Gott und Seelen gegenüber, ob und wie sie sind, das heisst wie sie sich selbst erscheinen, treten so in den Kreis der Betrachtung auf Grund der Verallgemeinerung, Erweiterung, Steigerung, Gipfelung Dessen, was uns erscheint, und wie wir uns erscheinen. Wer von anderm Uebersinnlichen, oder vom Uebersinnlichen anders spricht, als was im Kreise des hier aufgeführten Erscheinlichen und daraus Gewinnbaren enthalten ist, weiss nicht, was er spricht, weiss nicht, was er sucht.

Das bleiben die Grundprincipien alles haltbaren Wissens; im Glauben mag sich Manches anders stellen: vor allem das Gegebene fest, die Vorstellung davon klar zu stellen, davon zu sammeln, was zu sammeln möglich ist, aus dem Gegebenen das Nichtgegebene, aus dem Vorstellbaren anderes Vorstellbare zu finden, nie umgekehrt aus dem Nichtgegebenen das Gegebene, nie aus dem Unvorstellbaren das Vorstellbare finden zu wollen, das Höchste auf das Niedrigste, das Allgemeinste auf das Besonderste zu stützen, dem Abstractesten nur in Beziehung zu seinen Concretis Bedeutung beizulegen, die Begriffe nach den Dingen und dann erst die Dinge nach den Begriffen zu construiren, kein Wort zu brauchen, ohne es, sei es für sich, sei es im Zusammenhange auf etwas in Wirklichkeit oder danach in der Vorstellung Aufzeigbares oder klar Erläuterbares zu beziehen; mit Rücksicht auf alles Dies aber in Allem das Allgemeinste, Höchste, Letzte, Eine, Ewige zu suchen, und nichts Einzelnes, Niedriges, Endliches ohne den Bezug dazu und den Abschluss in solchem zu gestatten.

Indem ich unter diesen Foderungen die stelle, das Höchste auf das Niedrigste, das Allgemeinste auf das Besonderste zu stützen, behaupte ich damit nicht, dass die Philosophie, als Wissenschaft der Wissenschaften, nichts weiter als eine Zusammenstellung nur eben des Einzelnen, Niedrigen, Endlichen sein soll, auf dessen Grunde sie erst aufzusteigen hat. Sondern es hat mir immer folgendes Bild treffend geschienen: man muss einen Thurm von der breiten Basis, nicht von der Spitze aus erbauen, und je höher der Thurm werden soll, so breiter muss die Basis sein; ist man aber auf die Spitze gelangt, ja auf jeder Stufe zur Spitze kann man sich viel weiter ins Land umsehen, als auf allen tiefern Stufen, die doch erst zur Spitze führen mussten. Weiter umsehen, sage ich, und die allgemeinen Verhältnisse hiemit richtiger fassen, obwohl, wer im Lande selber geht, immer das Einzelne noch triftiger fassen wird, als wer es auf dem Thurme von oben ansieht. Auch mag man nach der Spitze des Thurmes zum voraus den Gedanken richten, ehe man den Thurm dahin geführt hat, doch vielmehr eine Aussicht auf höhere und weitere Aussichten in das Land, als solche selbst dadurch schon begründet halten und vor allem im Träumen über idealen Aussichten nicht die wirklichen aus dem Auge verlieren.

Es gibt aber allerdings eine Weise, den Thurm auf der Spitze zu erbauen, ja rasch zu schwindelnder Höhe aufsteigen zu lassen, so dass er doch so fest zu stehen scheint, als wurzele er im Boden, und alle seine Klammern so haltbar scheinen, als wären sie von Stahl und Eisen. In der Wirklichkeit erzeugt man diesen Schein dadurch, dass man den Thurm in einem Hohlspiegel betrachtet, in der Philosophie dadurch, dass man die Welt im Spiegel des Schelling'schen, Hegel'schen oder Herbart'schen Systems betrachtet, die sich in der Hauptsache dadurch unterscheiden, dass erstere Beide die verkehrte Lage des Thurms für die wahre, letztere den Schein für den Thurm und den Thurm für den Schein ausgibt; dass die Spitze der erstern ganz in der Luft schwebt, die des letztern den festen Boden doch leise berührt.

Worin ist denn nun der wirkliche Thurm dem Scheinbild vorzuziehen? Man kann auf seine Stufen wirklich treten, seine Glocken lauten wirklich in das Land, von seinem Gipfel kann man wirklich Neues sehen; das Scheinbild ist nur da, es selber anzusehen.

Gewiss sind von Schelling und Hegel grosse Blicke ausgegangen. Aber Alles zerrinnt ins Vergebliche oder bedarf erst der festen Gestaltung und Gründung, weil ihr Blick, anstatt sich auf die Dinge scharf zu richten, die Dinge selbst hervorzaubern will. Immerhin zieh' ich den kühn ausschauenden, weittragenden Blick von Schelling und Hegel weit vor dem spintisirenden, das Enge noch verengenden von Herbart, ihre Welt voll gewaltiger, einander fassender, haltender, tragender Nebelbilder den einzelnen Nebelbläschen, in die er die Welt zerfällt, die Hand, die sich ins Blaue streckt, die Welt mit einem Griffe zu umspannen, der Hand, die sich anschickt, sie in Staub zu zerreiben; Beides ein gleich vergebliches Bemühen; doch jenes Streben ist wenigstens gerichtet auf Das, was ist, das Hohe, das Ewige, das Unendliche, das Ganze.

und die Menschenhand verwechselt sich nur bald mit Gottes Hand, bald das Greifen nach dem ganzen Weltinhalt mit dem ganzen Inhalt; indessen die andere das Werk von Gottes Hand zertrümmert und Gott selbst als ein Stäubchen mit unter die Trümmer wirft. Doch, wie ich das Blatt wende, bedenke ich auch wieder, Herbart zerreibt doch die Welt nur deshalb, um das nicht weiter Zerreibliche zu finden, tritt doch ursprünglich auf ein Festes, ist's auch nur, um es zu zertreten, indess man in der flüssigen Welt von Jenen umsonst nach dem Strohhalm sucht, an dem sich zu halten. Und so ist freilich kein Wunder, wenn Mancher, um dem Ertrinken zu entgehen, sich lieber auf den Sand werfen lässt, hat er schon darauf statt des Ertrinkens nur das Verhungern zu erwarten.

IX. Beziehung der Atomistik zu den allgemeinsten, höchsten und letzten Dingen.

Kommen wir zum Schluss auf den Anfangs geltend gemachten Vorwurf der Gegner, dass sich die Atomistik mit unsern allgemeinern und höhern Interessen nicht vertrage, noch mit einigen allgemeinern Betrachtungen zurück, nachdem schon so manche der bisherigen Betrachtungen dieser Erwägung vorgearbeitet haben, damit nicht nach Allem Jemand sage: was hülf' es mir, wenn ich mit der Atomistik die ganze Welt gewönne und litte doch Schaden an meiner Seele.

Leicht zeigt sich's, der ganze Vorwurf beruht nur darauf, dass die gegnerische Philosophie die Unverträglichkeit der Atomistik mit der Weise, wie sie selbst die allgemeinsten und höchsten Interessen zu befriedigen sucht, ohne Weiteres als eine Unverträglichkeit mit diesen Interessen selbst fasst. Und wie weit liegt doch Beides aus einander. Vielmehr würde die Atomistik umsonst versuchen, mehr im Sinne dieser Befriedigung zu leisten, als die heutige Philosophie, wenn sie ihren Wegen folgen wollte.

Gehen wir mit einigen Worten näher auf die Punkte ein, die hiebei in Betracht kommen. Wird durch die dynamische Ansicht irgend ein Blick in eine Tiefe der Dinge eröffnet, also dass man Neues, Anderes, Feineres, mehr Verborgenes dadurch erblickte, bis wohin die Atomistik nicht nachzukommen vermöchte; erscheint die Natur, der Geist, die Kraft, das Leben, die Organisation danach schöner, anmuthiger, reicher, idealer, preiswürdiger, erhabener? Von all dem meine ich das Gegentheil gezeigt zu haben. Worin besteht also zuletzt der Vorzug der dynamischen und das Verbrechen der atomistischen Ansicht? dass diese den Begriff einer raumerfüllenden Kraft in der Physik nicht dulden will, dass sie Materie, Kraft und Raum überhaupt begrifflich und sächlich anders gegen einander stellt, als die dynamische Ansicht. Aber was ist denn mit jenem dynamischen Begriffe der Raumerfüllung für die Menschheit gewonnen, was hat denn diese Begriffsstellung zur Orientirung in den Erscheinungen, zur klaren Vorstellbarkeit ihres Zusammenhanges, zur Voraussicht derselben, zur Möglichkeit, sie auseinander zu folgern, beigetragen? — Worte, wogegen die Atomistik Thaten aufzeigen kann.

Nun gibt es noch Manches, ja Höheres, was über das blosse Wissensinteresse überhaupt hinaus liegt, und welchem eigentlich die Atomenfrage ziemlich fern liegt; doch weil Alles, Wissen, Glauben, Thun zuletzt zusammenhängt, nach Inhalt und Geist des Einen das Andere sich mit richten muss, so kann man freilich auch fragen, wie sich die Atomenfrage, die zunächst nur die Structur der Körperwelt betrifft, zu den Fragen über die höchsten und letzten Dinge stellt. So weit Gott und das Atom auseinanderliegt, eine Kette muss doch von einem zum andern reichen, und wo sie von einem zum andern nicht zu finden, kann auch eins oder das andere nicht existiren. Derselbe Geist, der durch die Atomistik geht, muss sich noch als ein Hauch desselben Geistes fassen lassen, der durch alle Himmel geht, soll sie mit Gott, soll Gott mit ihr bestehen können. Ist es der Fall? Aber ist es nöthig, nochmals daran zu erinnern, dass die Atomenwelt tief unter unsern Augen am untern Weltende nur zugleich der Widerschein und Abschluss derselben Welt ist, deren Bau im Himmel hoch über uns wir bewundern; und wenn wir in dieser das Zeugniss der Grösse und Fülle göttlicher Macht und ordnenden Geistes erblicken, warum doch weniger in jener? Verträgt sich die Astronomie mit Gott, warum doch weniger die Atomistik, welche nur die Ergänzung zu jener ist, indem sie zeigt, die Natur, der Unterbau von Gott, ist nicht nur bis in grösste Weiten, sie ist auch noch in Tiefen, die unser sinnlicher Blick nicht zu durchdringen vermag, ordnend ausgebaut.

Vielleicht auch bei der Frage, ob Leib und Seele, die hienieden so fest verbunden mit einander bestehen und gehen, im selben Verbande mit einander untergehen, mag's einen Unterschied machen, ob der Leib ein Wesen ist, das schon jetzt ohne Verband an sich nur durch Kraft und Geist zusammenhält, und immer neu in seine Einzelnheiten sich zerstreuend von Neuem sich daraus fügt, oder ob das Leibliche an sich ein Zusammenhängendes, ein Fliessendes, ein Ganzes. Ich meine aber, eine je härtere Spaltung und Zerstreuung der Materie wir den Geist schon jetzt überwinden und überdauern sehen, so weniger haben wir von solcher im Tode zu besorgen. Es zeigt sich, die Spaltung und Zerstreuung der Materie selbst ist eben das, was ihm zur Knüpfung und immer neuen Knüpfung Anlass gibt.

Erinnern wir beim Riss des Lebens an den Riss der Körper (S. 54). Im Sinne der Atomistik erweitert sich hiebei der schon vorhandene Abstand der Atome nur rasch bis zum Sichtlichen; das ist das ganze Neue; im Sinne der dynamischen Ansicht reisst die Continuität. So ist auch im Sinne der atomistischen Ansicht der Tod nur eine rasche Vergrösserung derselben Trennung und Zerstreuung der Atome unsers Leibes, die schon besteht und täglich vorgeht; das ist das ganze Neue. Im Sinne der dynamischen Ansicht reisst die bisherige Continuität. So ist die atomistische Ansicht eine Spinnerin, welche den Lebensfaden im Tode nur plötzlich lang auszieht, die dynamische eine Parze, welche ihn durchschneidet.

Auch an die Sittlichkeits- und Freiheitsfrage mag man die Atomenfrage halten. Ich sehe nichts, und Niemand hat noch etwas gezeigt, was uns bei jenen Fragen schlimmer stellen könnte, wenn wir die materielle Welt lieber aus kraftverknüpften Einzelnheiten, als fliessender Substanz bestehend denken. Vielmehr gewährt die Atomistik, indem sie das Princip der Individualität in der Körperwelt bis ins Unterste durchbildet, und jeden individuellen Theil bei selbsteigenster Regung doch dem allgemeinen Gesetz und Verbande sich fügen lässt, noch in der Welt des Kleinsten die schönsten erläuternden Bilder für eine gesellschaftliche Organisation und Gliederung, wo jeder Einzelne sein Recht und seine Pflicht und seine Thätigkeit nur nach der Stellung zu dem Ganzen hat. Höher kann ein Mensch es im Sittlichen gar nicht bringen, als ein Atom in seinem Verbande, nur dass er es mit Freiheit dahin bringe. Dass aber mehr Freiheit der Bewegungen statt findet, wenn jedes Theilchen einen Spielraum um sich hat, als wenn es an dem Nachbar klebt, versteht sich ohnedem, und ist die geistige Freiheit auch anderer Natur, als diese körperliche, so hat sie doch in dieser das vollkommenste Instrument.

Diese flüchtigen Andeutungen — es schiene mir leicht, doch nutzlos, sie noch weiter auszuführen — mögen genügen, zu zeigen, dass die Atomistik sich auch über die Bedürfnisse der Physik hinaus mit allen Foderungen nicht nur wohl verträgt, sondern selbst denselben erfreulich und föderlich entgegenkommt, die wir in Betreff der höchsten und letzten Dinge stellen mögen.

Hiebei ist nochmals zu erinnern, dass die heutige Atomistik nicht mehr die alte Atomistik, auf welche manche Vorwürfe passen mögen, welche die heutige nicht mehr treffen können.

Auch heutzutage freilich gibt es Atheisten und Unsterblichkeitsleugner unter den Atomisten; es gibt ihrer aber nicht minder unter den Gegnern derselben. Unstreitig bringt die Atomistik, wie die Naturforschung überhaupt, deren Zweig sie ist, eine Gefahr mit, Gott und was mit Gott zusammenhängt, zu verlieren für Den, der da vergisst, dass die Atomistik nur das letzte Gefüge der materiellen Welt, nicht die ideelle Einheit, Spitze und Wesenheit der Dinge betrifft, und etwa Eins über dem Andern aus den Augen lässt oder durch das Andere beseitigt und ausgeschlossen hält. Welches Moment der Wahrheit und Wirklichkeit aber ist nicht dem ausgesetzt, dadurch zum Irrthum zu verführen, dass ihm ein alleiniges Gewicht beigelegt, die Totalität darin gesucht oder darauf gebaut wird. Von der andern Seite geräth die Atomistik, die sich mit Gott nichts zu schaffen macht, weil das ganz ausser ihrer Aufgabe liegt, viel weniger in Gefahr, Gott wegzuschaffen, oder auf einen so leeren Begriff zu reduciren, oder in solcher Vermenschlichung aufgehen zu lassen, als die philosophischen Richtungen, welche der Atomistik den Pferdefuss andichten. So liegt die Gefahr auf jeder Seite nur an einer andern Stelle; dort in einer Negation, hier in Positionen; was ist schlimmer? im Grunde aber ist es weder die Schuld der Atomistik noch Philosophie, sondern des Atomistikers oder Philosophen, die Gott verlieren, oder seine Idee in Schein und Aberwitz verkehren lässt.

Im Allgemeinen kann man wohl sagen, der Glaube an jene höchsten Ideen nimmt überhaupt die Wissenschaft vielmehr als Stab in die Hand, als dass er sich darauf wie auf einen Fuss stützte. Dass nun die Atomistik als Stab des Glaubens, falls man einen solchen sucht, mindestens so brauchbar ist, als die dynamische Ansicht, meine ich mit vorigen Andeutungen jedenfalls gezeigt zu haben;

es gehört nur der Wille dazu, sie dazu zu brauchen, genügt aber auch dazu. Ein Anderer kann denselben Stab dann auch wohl brauchen, auf den Glauben loszuschlagen; es gehört auch nur der Wille dazu; die Atomistik an sich macht keinen Gott, und leugnet keinen Gott. Doch bleibe ich dabei stehen: eine atomistische Welt ist ein der erhabensten Idee von Gott würdigerer und ein unsagbar schönerer Bau, als die dynamische.

Die dynamische Ansicht der Dinge gleicht dem Nebel, der in zusammenhängendem Schein die Gegend bedeckt, und sein Wogen und Ziehen und Fliehen den Dingen substituirt, die er verdeckt. Der zusammenhängende Nebel muss sich in unzusammenhängende Regen- und Thautropfen auflösen; daraus kommt Fruchtbarkeit und Klarheit, und die Dinge erscheinen in ihrem Glanze.

UEBER
DIE PHILOSOPHISCHE ATOMENLEHRE.

I. Eingang.

Der Physiker hat dem Philosophen eingehalten: wollt ihr uns die Atome nehmen, ersetzt sie uns; behauptet nicht blos, dass, sondern zeigt uns, wie wir das Gleiche, wo nicht ein Mehreres auch ohne Atome leisten, unsern Real- und Formalzusammenhang ohne sie begründen, behaupten und fortentwickeln können, mit einem Wort, wie wir sie missen und doch noch eine Physik, die diesen Namen verdient, behalten können.

Unstreitig nun kann der Philosoph dem Physiker etwas Entsprechendes entgegen halten: wollt ihr uns Atome aufdringen, sagt nicht blos, dass, sondern zeigt uns, wie ein philosophisches System damit möglich, eine philosophische Naturansicht damit construirbar ist. Ganz abgesehen aber von dem Streit, ob eine solche dialektisch zu construiren sei oder nicht, genügt dazu nicht, auf eine physische Gränze zu gehen, von wo an der Schluss aus der Erfahrung den Dienst versagt, wie in der physikalischen Atomistik geschieht; es gilt eine wahre, vom Begriffe selbst gesetzte Gränze anzugeben. Bei allem Streit der philosophischen Systeme werden sie das doch einstimmig fodern, weil es im Begriffe der Philosophie selbst liegt. Der Physiker mag sich hinter seine Unfähigkeit verschanzen, über Das, was mit der Erfahrung in verfolgbarem Bezuge steht, hinauszugehen; für den Philosophen liegt darin der Beruf. Worauf also sollen die kleinen Massen endlich führen, bei denen der Physiker mittelwegs stehen bleibt; sie sind noch nicht das Letzte, bei dem man stehen bleiben kann. Sei physikalisch in ihnen ein Fortschritt gewonnen, philosophisch bleiben sie nur ein Zurückgeschobenes, und das Ziel liegt nach ihnen noch so weit als zuvor. Ein Gang ist aber nur gerechtfertigt, wenn er überhaupt ein Ziel hat, und auch mittelwegs soll man danach blicken, sonst tappt man mit offenen Augen schlimmer als im Finstern. Und lässt sich kein haltbares Ziel finden, soll man den Weg verlassen, wie viel Verlockung auch auf dem Wege liegt.

Wohlan, bestreiten wir der Philosophie das Recht nicht, auf ein Letztes in der Analyse der materiellen Welt zu dringen und selbst zu gehen, was die Wissenschaft des Materiellen selbst zur Zeit noch nicht zu erreichen vermag; und lassen wir sie immerhin dieser zu Gemüthe führen, dass sie sich deshalb doch nicht ganz unbekümmert um dasselbe zu zeigen habe. Halten wir in dieser Beziehung auch eine Anmuthung an uns gestellt. Ein philosophisches System zwar hier von vorn an neu aufzubauen, wird man uns nicht zumuthen; man würde doch keine Geduld haben, es anzuhören; der Foderung aber, einen philosophischen Abschluss der physikalischen Atomistik, bei dem sich begrifflich Ruhe fassen und zugleich Anknüpfung an Allgemeineres gewinnen lässt, aufzustellen, mögen wir wohl entsprechen. Man muss nur nicht verlangen, dass dieser Abschluss und diese Anknüpfung nun auch gerade in das System dieses oder jenes Philosophen besonders hineinpasse; was dem einen passt, würde ja doch dem andern nicht passen; genug, dass abgesehen von dem physikalischen Zwange, der auf dem Wege dazu liegt, mit solchem Abschluss und solcher Anknüpfung der allgemeinen philosophischen Foderung, worin alle Philosophen übereinstimmen, und hiemit dem Begriffe der Philosophie selbst genügt wird. Mag es auch sein, dass damit auf ein neues philosophisches System wirklich gezielt wird, so ist es eben Schicksal der Philosophie, in neuen Systemen fortzuschreiten; und verlangt man doch für ein neues die Fortentwickelung auf einer alten Basis, wohlan, die ganzen exacten Wissenschaften gehören uns zu dieser Basis. Das Neue der Metaphysik, die wir im Auge haben, denn um Metaphysik handelt sich's doch zunächst, liegt in der That nur darin, nach so manchen versuchten Grundlagen der Metaphysik auch einmal die Wissenschaft des Physischen (obwohl nicht ohne die des Psychischen) dazu zu machen, und hiemit den Namen der Metaphysik zur That zu erheben, d. h. sie wirklich zu etwas nach der Physik, statt zu einem a priori oder Hinter der Physik zu machen.

Zwar, welcher Metaphysiker wird nicht behaupten, auch er mache die Betrachtung des Physischen zu einer seiner untern Grundlagen; nur das bleibt eigen, und fast schwer zu deuten, dass man der Wissenschaft des Physischen die rohe unmittelbare Betrachtung des Physischen als eine solche Grundlage vorzieht, als stände man noch auf dem Ausgangsstandpunkt der Naturphilosophie, wo die Wissenschaft des Physischen mit dessen roher Betrachtung noch fast unmittelbar zusammenfiel und darum freilich ihr nicht vorgezogen werden konnte. Jetzt ist die Wissenschaft da, hat sich hoch entwickelt, doch man bleibt auf jenem Standpunkt stehen und jauchzt Goethe zu, da er auf den alten Stein seinen Lorbeer legt. Wir aber wollen die ganze entwickelte Wissenschaft des Physischen der Metaphysik unterbauen, diese nur die letzten Spitzen dieser Wissenschaft erkennen und mit andern Spitzen zur letzten Spitze knüpfen lassen. Auf diesem Wege liegt die Atomistik und gipfelt sich noch mit in dieser Spitze. Gerade jetzt aber dürfte eine solche Metaphysik als Gegensatz gefodert sein, nachdem Herbart's Metaphysik sich nur eben auf den gänzlichen Ruin alles Dessen, worauf die exacte Wissenschaft baut, die gänzliche Zerstörung ihrer Grundbegriffe gestützt und den Namen des zerstörten Reiches angemasst hat. Nun wandeln im Hades des Seins, den sie damit geschaffen, als ungreifliche Gespenster die Monaden, die bei uns im vollen Reich des Lichtes gehen, ja durch ihren Schwingenschlag dasselbe selbst erzeugen.

Nach Allem suche ich die Aufgabe der Metaphysik darin, die allgemeinsten und die Gränzbegriffe des Gegebenen zu finden und in ihren allgemeinsten Beziehungen und Verknüpfungen zu erforschen, zu verfolgen, darzulegen, und die Methode dazu in einer Verallgemeinerung und Fortführung des durch Erfahrung, Erfahrungsschluss und Rechnung Gefundenen, Bewährbaren und Bewährten über das erfahrungsmässig und mathematisch Verfolgbare und Bewährbare hinaus bis zu der Gränze, die das Denken fodert, so dass die Bedingung selbst, ein Allgemeinstes und Letztes zu gewinnen, die Form, die Herkunft vom Erfahrungsmässigen den Inhalt der so gefundenen Begriffe bestimmt; oder kurz: in einer Ergreifung der allgemeinsten und der Gränzbegriffe des Gegebenen durch Fortgang und Fortschluss auf Grund des Gegebenen selbst bis zum Allgemeinsten und Letzten.

Dieser Weg, indem er zugestandenermassen über das durch Erfahrung und Rechnung Bewährbare hinausführt und sein Ziel nur halb durch einen Vernunftschluss, halb durch eine Vernunftfoderung findet, kann nun freilich nicht die Sicherheit haben, welche die exacten Methoden selbst haben und welche die dialektische Methode sich beilegt. Was die exacten Wissenschaften unsicher lassen, kann die Metaphysik nicht exact sicher machen, sonst gehörte sie den exacten Wissenschaften selbst an. Sie kann die Vernunft nicht zwingen wie der exacte Schluss, sondern nur ein grösseres und weiter reichendes Bedürfniss derselben befriedigen, als der exacte Schluss vermag. Und somit bleibt Das, was wir als metaphysische Idee darbieten werden, physikalisch genommen immer nur eine Hypothese, die sich zwar vielleicht auch einmal exact wird beweisen oder, sei es, widerlegen lassen, wenn die Physik an ihrem letzten Ziele die Metaphysik wird eingeholt haben, für jetzt aber nur dienen kann, eine Aussicht, nicht eine Einsicht für dieselbe zu eröffnen. Man verlange also auch keinen andern physikalischen Beweis dafür, als dass sie den begrifflichen Schluss des physikalisch Erwiesenen bildet. Das selber aber ist nicht mehr Physik.

Inzwischen wird diesem Beweise ein anderer von selbst entgegenkommen. Es wird sich zeigen, wie derselbe Abschluss, zu welchem man sich gedrängt findet, indem man einer von der Philosophie an die Physik gestellten Foderung zu genügen sucht, so reine Begriffe, in solchem Gegensatz, solcher gegenseitigen Ergänzung und einheitlichen Verknüpfung an die Spitze der Betrachtung der Naturdinge stellt, dass damit auch der günstigste Ausgangs- und Anknüpfungspunkt für eine allgemeinere Betrachtung der Naturverhältnisse gewonnen scheint. Die Ansicht, die wir im Folgenden vortragen, fusst auf dem Zusammentreffen und Zusammenhange dieser beiden Gesichtspunkte, deren jeder für sich allein immerhin ungenügend scheinen mag, ihr Halt zu geben: 1) Man kommt zu ihr, indem man den Weg, den die exacte Wissenschaft mit Sicherheit geht, in der Idee zu Ende führt. 2) Mit diesem Ende eröffnet sich die günstigste Sachlage der Begriffe, unter welche die Realverhältnisse der Natur in allgemeinster Weise zu fassen, für die Philosophie.

II. Grundgesichtspunkte.

Das Vorige vorausgesetzt sage ich nun: anstatt, wie man der Atomistik vorwirft, auf halbem Wege stehen zu bleiben, oder endlich zu Nichts zu kommen, und hiemit entweder physikalisch bleiben oder nihilistisch werden zu müssen, bleibt noch ein drittes als philosophischer Abschluss der physikalischen Atomistik übrig, d. i. dass man zu einfachen Wesen kommt, die nur noch einen Ort, aber keine Ausdehnung mehr haben, indess sie durch ihre Distanz verstatten, dass die aus ihnen bestehenden Systeme noch solche haben.

Einfach ist noch nicht Nichts: man hüte sich, Beides zu verwechseln: es sind sehr verschiedene Kategorien; wozu und woher auch sonst zwei Worte dafür, und die verschiedene Physiognomie, womit sie uns entgegentreten? Ein philosophischer Anstoss kann in der Annahme einfacher realer Wesen jedenfalls nicht liegen, nachdem man die Herbart'schen einfachen realen Wesen geduldet, wenigstens nicht um ihrer Einfachheit willen verworfen, und der Seele selbst so vielfach eine einfache Natur vindicirt hat. Nur dass freilich beide die Einfachheit nur lügen, sofern Herbart's einfache reale Wesen die ganze Mannichfaltigkeit realen Geschehens und die Seele die ganze Mannichfaltigkeit ideellen Geschehens einschliesst. Nun kann es kein Vorwurf sein, wenn einfache reale Wesen auch wirklich einmal real einfach sind. Als solche aber werden sich die unsern in jeder Hinsicht zeigen, da in sie kein Geschehen eingeht, vielmehr nur sie in das Geschehen eingehen, die starren Würfel sind, womit es spielt.

Unstreitig gibt es in der Seele etwas Einfaches, die abstracte Einheit des Bewusstseins, indess jedes concrete Bewusstsein eine Mannichfaltigkeit in sich verknüpft. Dieser abstracten Einfachheit, in der sich die Mannichfaltigkeit des Geistes nach oben abschliesst, steht nun das concret Einfache, in das sich die Körperwelt nach unten vereinzelt, gegenüber. Verkehrte Welt aber scheint es mir, die Einfachheit und Discretion in der Seelen-Substanz und das Bindende und Fliessende in der Körper-Substanz zu hypostasiren, da sich das Geistige in jeder Hinsicht als ein wesentlich Verknüpfendes, die Materie nur als etwas äusserer Verknüpfung Unterliegendes verhält, da unser Körper selbst ohne Seele auseinanderfällt und unsere Seele hienieden nur als Band des Körpers und körperlichen Geschehens und Wechsels (darum nicht stets desselben Körpers) besteht, und solidarisch mit andern Geistern im allgemeinen göttlichen Bande bestehend zu denken ist.

Sofern sich bei den Atomen als kleinen ausgedehnten Massen nicht als einem Letzten philosophisch stehen bleiben lässt, stände allgemein gesprochen allerdings die doppelte Möglichkeit offen, die ganze Ausdehnung des Raums mit Materie zu erfüllen, und die Ausdehnung der Materie auf Nichts zu reduciren. Die dynamische Ansicht hat den ersten Weg eingeschlagen, und a priori könnte sie so gut Recht haben, als unsere Monadologie. Nun aber nöthigt nicht nur die Gesammtheit der Betrachtungen der vorigen Abtheilung a posteriori, vielmehr auf den zweiten Weg einzugehen, sondern alles Folgende wird auch zeigen, dass wir im Felde allgemeiner philosophischer Zusammenhänge besser mit dieser als der dynamischen Vorstellung fahren.

Dafür, dass auch seitens der Physik der Annahme einfacher Atome nichts entgegensteht, lässt sich zuvörderst geltend machen, dass schon vor uns achtungswerthe Physiker und Mathematiker, wie Ampère, Cauchy, Séguin, Moigno, die Existenz einfacher Atome behauptet haben, worüber man die Zusammenstellung im vierten Capitel vergleichen mag, und W. Weber in seinem Schreiben an mich die Möglichkeit derselben statuirt, ja eine geistige Auffassung der Atomistik darauf basirt, wie man S. 73 gesehen. Abgesehen von Autoritäten aber kann man die Behauptung, dass nichts dem Geiste und der Behandlung der Physik Widersprechendes darin liege, den Ort der Materie in ausdehnungslosen discreten Punkten zu suchen, dadurch gerechtfertigt finden, dass die Physik ja sogar die Masse ganzer ausgedehnter Körper, z. B. der Sonne und Erde, bei Berechnung der Hauptgrösse ihrer wechselseitigen Anziehung auf Punkte reducirt oder in Punkten (den Schwerpunkten) concentrirt setzt, und für ihre Distanz den Abstand dieser Punkte nimmt.

Freilich ist das nur uneigentlich, nur eine Fiction, um die Darstellung der Erscheinungen bei zusammengesetzten Körpern unbeschadet der Vorstelligkeit zu erleichtern; aber um so weniger kann es dem Geiste der Physik widerstreben, dieselbe Vorstellung bei den Elementen der Körper als wahr gelten zu lassen, und hiemit für die Fiction eine reale Grundlage im Methaphysischen zu erhalten.

Man kann die Bemerkung hinzufügen, dass die Anziehung der Körper als Function ihres Abstandes überhaupt gar nicht anders denn als eine Anziehung von Punkt zu Punkt gefasst werden kann, weil nur zwischen Punkt und Punkt ein bestimmter Abstand stattfindet, mithin auch die Function des Abstandes nur hiemit eine bestimmte wird. Und es liesse sich fragen, ob eine Function, die sich ihrem Begriff und Wesen nach auf Punkte bezieht, nicht auch von selbst die Discretion dieser Punkte voraussetzt, weil ein Punkt weder an sich ein Continuum sein, noch durch Zusammensetzung mit andern Punkten ein solches geben, noch durch Analyse eines solchen hervorgehen kann (vgl. einige weiterhin folgende Erörterungen hierüber). Inzwischen wollen wir auf derartige Betrachtungen, die immer einiges Dunkle behalten, keinen Beweis zu begründen versuchen, wie es wohl geschehen ist.*)

---

*) In der That glaubt Moigno (Cosmos II. p. 378) ein entscheidendes Argument für die Einfachheit der Atome in der wesentlich punktuellen Beschaffenheit

Von einer andern Seite bietet sich folgende Betrachtung dar. Unter Voraussetzung discreter einfacher Atome berechnet sich die Anziehung zweier ganzen endlichen Körper zu einander einfach und rein aufgehend durch die Summation der Anziehungen einer endlichen Zahl bestimmter Punkte in bestimmten Abständen. Sollten die letzten Atome noch eine kleine Ausdehnung haben, so würde die Anziehung zweier ganzen endlichen Körper sich nur halb durch solche endliche Summation, halb durch infinitesimale Integration (des Continuums halber, was jedes Atom noch einschliesst) zu berechnen haben. Sollte endlich die dynamische Ansicht richtig sein, so würde man, wie es wenigstens zunächst scheint, zur Berechnung der Anziehung zweier Körpermassen blos Integration nöthig haben. Unstreitig nun kann sich aus formellem Gesichtspunkte das erste mit dem letzten dieser drei Principien streiten, das Princip der blos endlichen Summation mit dem der Integration, ja für den ersten Anblick und aus gewissem Gesichtspunkte die Integration noch mehr für sich zu haben scheinen, als die endliche Summation; aber es wäre jedenfalls kein formell günstiges Verhältniss, wenn (im Sinne des zweiten Princips) die Berechnung halb auf endliche Summation, halb auf infinitesimale Integration gestellt werden müsste, wie es der Fall, wenn man discreten Atomen noch eine Ausdehnung beilegt. Dagegen gewinnen wir in der Idee bei absolut einfachen Atomen ein reines und rein durch die ganze materielle Welt durchführbares Princip der Berechnung. Alles reducirt sich jetzt im Bereiche der Anziehung endlicher Körper auf rein aufgehende endliche Summation der Wirkungen der kleinsten Theile. Wenn aber die Integration im Sinne der dynamischen Ansicht denselben Vortheil eines rein durchführbaren Princips darzubieten und insofern noch vorzuziehen scheint, als man in der Ausführung der Anziehungsrechnungen doch immer zur Integration seine Zuflucht zu nehmen veranlasst sein wird, so ist, ganz ohne Rücksicht auf die im vorigen Theile entwickelten sachlichen Gründe, welche nun einmal nicht gestatten, sich den dynamischen Voraussetzungen zu fügen, Folgendes in Rücksicht zu ziehen:

Die Integration bei Berechnung der Anziehung zweier Körper ist überhaupt streng und eigentlich nur auf vollkommen homogene oder solche Körper anwendbar, in denen die Dichtigkeit sich nach einem angebbaren Gesetze continuirlich in unmerklichen Uebergängen von Punkt zu Punkt ändert, ein Fall der in der Wirklichkeit überhaupt gar nicht vorkommt, und jedenfalls ist ganz unmöglich, die Integration im Zusammenhang durch die ganze materielle Welt durchzuführen, wo sich so viele heterogene Körper von einander absetzen. Möchte man auch die Anziehung von Mond und Erde gegen einander im Sinne der dynamischen Voraussetzung so berechnen können, dass man sowohl Erde als Mond continuirlich mit gleichförmiger Materie gefüllt dächte, und demgemäss integrirte, so hört die Möglichkeit dazu auf, sowie man die Anziehung von Mond und Erde zusammen auf einen dritten Himmelskörper berechnen will; hier kann man blos summiren, und es geschieht dies überall. Also fällt man doch mit der dynamischen Ansicht nothwendig in das zweite Princip zurück, nach welchem endliche Summation mit infinitesimaler Integration sich vermengt. Die endliche Summation lässt sich selbst für Approximationen gar nicht allgemein durch Integration ersetzen; dagegen jede Integration in unbestimmter Annäherung auf endliche Summation zu-

---

der Anziehungsgesetze zu finden. Ich gestehe indess, seine Argumentation nicht ganz klar gefunden zu haben.

zurückgeführt werden kann; ja sogar in der Ausführung fast immer darauf zurückgeführt werden muss; denn man muss bedenken, dass ein Integrationszeichen noch keine Integration ist; und die Integration meist nur durch Quadraturen oder die Summation einer endlichen Zahl Glieder einer unendlichen Reihe bewirkt werden kann. Und wo auch die Integration rein ausführbar ist, kann sie doch den Resultaten nach in der Erfahrung nicht von der endlichen Summation unterschieden werden, so dass hienach stets die Wahl bleibt, was an sich richtiger. Man gewinnt also nach der dynamischen Ansicht doch kein rein durchführbares Princip, die Anziehungswirkungen zu berechnen, weder in der Idee, noch in der Ausführung; dagegen man nach der atomistischen allerdings ein solches, wenigstens in der Idee gewinnt, indem man danach überall die Summation der Anziehungswirkungen für das eigentlich Richtige, und die Integration nur für eine Approximation zur Wirklichkeit anzusehen hat, welcher die Summation in gewissen Fällen ohne einen in der Erfahrung merklichen Irrthum substituirt werden kann. Dies so anzusehen hat nichts Widerstrebendes, da man ohnehin überall bei Berechnungen, die sich auf das Naturgebiet beziehen, auf Approximationen gewiesen ist, und selbst, wenn die dynamische Ansicht richtig wäre, die Berechnung der Anziehung des Erdkörpers durch reine Integration nur als eine Approximation anzusehen haben würde, indem die dynamische Ansicht doch eben so wenig die Zusammensetzung des Erdkörpers aus heterogenen Massen, deren Wirkung sich nicht unter ein Integral vereinigen lässt, als die Ungleichförmigkeiten seiner Oberfläche, die eben so wenig dadurch lösbar sind, wegzubringen vermag. Man könnte also auch hier nur sagen, die Integration gewährt eine vom Richtigen nicht merklich für die Erfahrung abweichende Approximation.

Ganz anders, als in Bezug zur Materie, stellt sich die Infinitesimalrechnung in Bezug auf Raum und Zeit. Diese sind wesentlich gleichförmig und continuirlich, und lassen sich nicht anders denken; und so liegt keine Unangemessenheit darin, zu glauben, dass der Berechnung von Flächen, Linien und Volumen andere Gesichtspunkte unterliegen, als von Anziehungsgrössen und sonstigen Verhältnissen der Materie.

Man mag die einfachen Wesen materielle Punkte, Kraftmittelpunkte, punctuelle Intensitäten, substantielle Einheiten, einfache Realen, Monaden nennen, der Name ist gleichgültig. Ihre Natur, Bedeutung, Begriff, Verwendung und Verwerthung aber bestimmt sich dadurch und eben nur dadurch, dass sie als Gränze der Zerlegung des zerlegbaren und mit zerlegbaren Eigenschaften begabten objectiv (sinnlich äusserlich) erfasslichen realen Rauminhalts auftreten. Nur in solcher Beziehung zum erfahrungsmässig Gegebenen sind sie zu definiren, hienach sind sie vorzustellen, als Punkte nicht hinter oder ausser Zeit und Raum, sondern in Zeit und Raum, nur mit Bedacht, dass, wie klein man diese Punkte vorstellen will, es immer noch nicht reicht; die Mathematik hat an dergleichen schon gewöhnt; wir bleiben stets in ihrer Sicht, wo nicht an ihrer Hand; wonach übrigens nichts hindert, noch weiter über die Natur dieser Punkte zu speculiren, ja mit einer Ableitung von oben der Ableitung von unten entgegenzukommen, wenn man Zutrauen dazu hat; für uns aber bleiben sie nur eine für die Construction des Gegebenen nothwendige Gränzvorstellung des Gegebenen, die letzten Bausteine des Gegebenen, aus denen es erbaut, weil in sie zerfällt werden kann.

Nun freilich gehört zum Bau jedes Hauses ausser den Steinen noch Raum, Zeit, Maass, Regel, Plan und zu all dem Aeussern Einer, für den das ganze Haus gebaut wird, der es baut und der es bewohnt. Die Bausteine thun's nicht allein, noch durch sich selber; weder das Verbinden noch Zerfällen ist ihre That; sie sind nur eben das Zerfällte; und das Allgemeinste, Höchste, Beste, was zum Bau gehört, ging bei der Zerfällung des Baues verloren, ist in den Steinen nicht mehr zu finden; doch gibt's auch keinen Bau ohne die Bausteine, und man wird bei den grossen so lange zu fragen haben, aus was und wie sie sich wieder bauten oder gebaut wurden, bis der Begriff selbst die Gränze der Frage stellt. Diese Gränze ist endlich beim Einfachen zu finden, und nur bei ihm zu finden.

Man kann dabei recht wohl zugestehen, dass der Begriff absolut einfacher, punctueller, im strengsten Sinne unendlich kleiner Wesen von derselben Schwierigkeit gedrückt bleibt, als der Begriff einer unendlich grossen Welt, sofern ihm die Vorstellung nie erschöpfend nachkommen kann. Wir können aber den Begriff des Unendlichkleinen eben so wenig als den des Unendlichgrossen in der Mathematik und Weltbetrachtung missen, und anstatt ihn zu verbannen, gilt es nur, ihn an der Stelle einzuführen, wo er Frucht bringt, man ohne ihn weniger leistet als mit ihm. Alles Bedenken muss schwinden, wenn wir gestatten, die Sache so zu fassen: die Resultate, die man in Betreff der erscheinlichen Wirklichkeit aus der Annahme von Atomen ableitet, werden sich ohne Gränze um so genauer finden, je kleiner man die letzten Atome denkt. Dies drücken wir kurz dadurch aus, dass wir sagen: sie sind Punkte. Wenn man will, kann man alles Folgende im Sinne solcher Fassung umschreiben; aber es würde damit nur die Umständlichkeit der Darstellung wachsen und die Schärfe der Fassung abnehmen.

Mit dem Begriffe der absoluten Einfachheit unserer Atome steht der Begriff ihrer absoluten Discontinuität in unmittelbarem Zusammenhange; denn sofern sie ohne Vielheit von Theilen und Seiten sind, können sie auch weder ein Continuum an sich sein, noch nach Theilen oder Seiten mit etwas Anderm, sondern jedes nur ganz mit sich selbst zusammenfallen. Umgekehrt sind sie ab-

absolut discontinuirliche Wesen nothwendig absolut einfach zu denken. Unsere realen Wesen sind also absolut einfach und absolut discontinuirlich in Eins. Es ist mit diesen und andern Eigenschaften der einfachen Wesen, auf die wir fernerhin zu sprechen kommen, wie mit den Eigenschaften eines Kreises, die ohne begrifflich Dasselbe zu sein, doch sich begrifflich und factisch einander mitführen und fodern, indem sie in etwas Identischem zusammenhängen. Bemerken wir nun, dass alle Discontinuität, die wir in der Welt des Raums und der Zeit finden mögen, wirklich nicht durch Raum und Zeit selbst, sondern durch etwas hineinkommt, was wir uns als in Zeit und Raum zu denken haben. Die Discontinuität ist eine Sache des Raum- und Zeit-Inhalts, nicht des Raums und der Zeit selbst; und mag die Discontinuität, die uns zwischen verschiedenen Körpern und Bewegungen begegnet, auch zunächst nur eine scheinbare genannt werden (sofern selbst die discontinuirlichen Himmelskörper noch durch den Aether zusammenhängen), so sehen wir nun aber den Grund der relativen oder scheinbaren Discontinuität in unseren einfachen Wesen auf ein Absolutes zurückgeführt. Raum und Zeit sind das absolut Continuirliche, die Materie das absolut Discontinuirliche; und geht man auf den Grund der Sache, so ist selbst die scheinbar continuirliche Materie doch wahrhaft discontinuirlich. Wie der Begriff der Continuität sich in Raum und Zeit rein hypostasirt, so der Begriff der Discontinuität in der Materie.

Indem der Zeit und dem Raum für sich absolute Continuität, den einfachen Elementen der Materie für sich absolute Discontinuität zukommt, kommen in der Körperwelt, welche Materie und Raum zugleich einschliesst, Relationen von Continuität und Discontinuität zur Sprache, und es handelt sich überhaupt überall, so lange man nicht bis zum Letzten geht, nicht um absolute, sondern nur um relative Continuität und Discontinuität in der Körperwelt. Durch relative Continuität hängt jeder Körper in sich zusammen, durch relative Discontinuität schliesst sich jeder von seiner Umgebung ab und gewinnt Abtheilungen, eine Gliederung in sich.

Ruht eine Luftmasse über einer Wassermasse, so ist jede von beiden, trotz dem, dass ihre Atome absolut genommen discontinuirlich gegen einander sind, doch relativ genommen vollkommen continuirlich in sich, in so fern der Abstand und die Anordnung der Atome oder Molecule durch die Ausdehnung jeder Masse hindurch continuirlich dieselbe bleibt; sie sind dagegen relativ discontinuirlich und hiemit abgegränzt gegen einander in so fern, als im Uebergange von einem zum andern Körper in den Abständen oder Anordnungsverhältnissen der Atome, respective Molecule, ein Sprung eintritt.

Inzwischen ist die Forterhaltung absolut gleicher Distanzen und gleicher Anordnung durch die Ausdehnung eines Körpers selbst bloss der absolute Gränzbegriff für die Continuität eines Körpers, dem unstreitig die Wirklichkeit nie streng entspricht, und man kann nun weiter von relativer Continuität oder Discontinuität je nach der grössern Annäherung oder der grössern Abweichung von diesem Gränzfall sprechen. Die Annäherung kann aber in doppeltem Sinne statt finden: indem die successiven Abstände sehr wenig, oder indem sie continuirlich um gleiche Differenzen variiren.[*] Auch letzterer Fall ist wieder nur ein Gränzfall, an den nur Annäherungen statt finden können. Zuletzt kann man sagen, dass jede langsame Variation niederer oder höherer Ordnung (um Differenzen niederer oder höherer Ordnung) in Distanzen und Anordnungen noch den Begriff relativer Continuität bestehen lässt, jeder Sprung in der Variation, oder allgemeiner jede örtlich rasche Variation, eine Gränze gibt; weil aber langsam und rasch Relationsbegriffe sind, die durch alle möglichen Gradationen in einander übergehen, so ist auch nichts Absolutes darüber festzustellen, wo noch Continuität und wo Abgränzung zwischen Körpern anzunehmen sei; und indess man sich in extremen Fällen leicht entscheidet, kann es in andern Fällen auf Vergleich mit Mehr und Minder ankommen, ob man von Continuität oder Gränze sprechen will. So ist der menschliche Körper gegen die Aussenwelt abgegränzt, sehr entschieden discontinuirlich damit, indess seine Abtheilungen im Innern minder scharfe Gränzen gegen einander haben, und im Verhältniss zur Abgränzung des Körpers gegen die Aussenwelt die innere Continuität desselben noch bestehen lassen.

Ein Körper, der nicht gleichförmig aus letzten Atomen, sondern aus Moleculen, d. i. Atomgruppen, besteht, deren Theilchen ohne Vergleich näher an einander, als die Molecule unter sich sind, ist zwar keinesfalls continuirlich zu nennen, sofern man auf die Abstands- und Anordnungsverhältnisse der letzten Atome Bezug nimmt, da zwischen den Moleculen Sprünge der Abstände der Atome stattfinden, kann aber continuirlich oder discontinuirlich heissen, wenn man auf die Abstands- und Anordnungsverhältnisse der Molecule (d. h. ihrer Schwerpunkte) Bezug nimmt, je nachdem sie nur langsam oder sprungweis variiren. Sofern es auch Molecule von höherer Zusammensetzungsstufe gibt, kann man auch wohl höhere Stufen der Continuität bei den Körpern unterscheiden.

Auch bei Bewegungen, in welche die Zeit zugleich mit Raum und Materie eingeht, kommt der Begriff relativer Continuität und Discontinuität zwischen Körpern in Betracht, und es kann auch von dieser Seite zur Discontinuität zwischen dem Körperlichem beigetragen werden, sofern ihre Atome oder Molecule in abweichenden Bewegungszuständen sind.

Vielleicht bestreitet man das wesentliche Zusammengehör der Begriffe absoluter Einfachheit und Discontinuität dadurch, dass einfache Raumpunkte doch continuirlich mit andern zusammenhängen. Also könne das Einfache auch continuirlich sein. Aber es ist vielmehr mathematisch anerkannt, dass der Raum sich als kein Continuum von Punkten repräsentiren lässt, sondern nur als ein Continuum von Continuis, das eben so ohne Gränze noch weiter theilbar, als ohne Gränze noch weiter erweiterbar zu denken.

---

[*] Unter Variation wird hier eine Aenderung verstanden, der man im Fortschritt durch den Raum begegnet, zum Unterschiede von Aenderungen in der Zeit.

Das hindert nicht, dass man an jede beliebige Stelle des Raums, die man ins Auge fassen mag, einen Punkt hindenke; aber so viel Punkte an so viel Stellen man denken mag, man kann kein Raumcontinuum damit erzeugen, den Raum nicht nur nicht damit erschöpfen, sondern nicht einmal eine endliche Raumgrösse damit hervorbringen. Jede Berührung von Punkten ist Zusammenfallen derselben. Der Punkt kann eben nur in den continuirlichen Raum gesetzt, aber der continuirliche Raum nicht aus Punkten zusammengesetzt werden. Findet man einen Widerspruch darin, dass man überall hin Punkte in den continuirlichen Raum denken, und doch den continuirlichen Raum nicht mit Punkten erfüllen kann, so vergisst man, dass überall hin nach dem Begriff des Punktes und Continuums selbst gar nicht ausführbar ist, indem, wie eng man auch Punkte denken will, so lange es nur Punkte bleiben, unendlich viel andere Punkte noch zwischen ihnen gedacht werden können, so fort bis ins Unbestimmte. Der scheinbare Widerspruch entsteht nur durch die dem Begriff des Punktes widersprechende Voraussetzung, die man von vorn herein stellte: einen Punkt an jede beliebige Stelle hindenken, heisst noch nicht, ihn überall hindenken; jenes kann man, dieses nicht. Der Begriff des Punktes und des Continuums sind nun einmal incommensurabel und man leistet mit noch so vielen Punkten nicht mehr als mit einem einzigen zur Erschöpfung des Continuums; das verlangte Ueberall schwindet, in so fern man es mit Punkten auszuführen sucht, stets in summirtes Nichts zusammen.

Sofern nach unserer Vorstellung die Materie blos in Punkten enthalten ist, folgt also auch, dass, wollte man alle Materie der Welt bis zur Berührung zusammenpressen, man sie in einen Punkt zusammenpressen würde. Der Schein ihrer Ausdehnung hängt an ihrer Zerstreuung. Es sind aber Kräfte vorhanden, die sie in dieser Zerstreuung erhalten; d. h. Regeln, nach denen sie sich nur so bewegen können, dass sie nie zu wirklicher Berührung kommen.

Schon im grossen Weltenraum kann ein Zusammentreffen zweier Weltkörper kaum zu Stande kommen; und wenn auch einmal ein Meteorstein auf die Erde fällt, ist doch das Zusammentreffen nur scheinbar; es geht nur bis zum Abstand der Atome. In der Atomenwelt selbst ist ein Zusammentreffen unstreitig unmöglich.

Man fragt vielleicht, wie kommt es aber, dass der Begriff des Discontinuirlichen sich nur in einer Weise als Materie, der des Continuirlichen in doppelter Weise als Zeit und Raum hypostasirt. Das scheint doch gar nicht im Sinne eines reinen Gegensatzes der Begriffe; scheint gar nicht so symmetrisch, nicht so selbstverständlich, wie man es im Reiche der letzten Grundbegriffe und höchsten Gegensätze erwarten und fodern möchte, vielmehr wie eine aus falscher Fassung oder Stellung derselben erwachsene Disharmonie. Setzen wir dagegen die Materie selbst so continuirlich als Raum und Zeit, so durchdringen sich damit drei Continuitäten zur vollen Existenz der materiellen Welt, und die Drei zeigt sich ja auch sonst als die Norm aller Weltgliederung.

Das Letzte zugegeben, obwohl ich meine, es ist nicht viel darauf zu geben, so läge aber darin bei näherm Zusehen nur ein hinderlicher Knoten für die dynamische Ansicht und ein neuer Verknüpfungsknoten der unsern. Denn die Materie würde ja doch die Continuität, die man ihr beilegen möchte, nur als räumliche, nur vom Raum, oder, will man's umkehren, der Raum von ihr haben; beider Continuität wäre eine und dieselbe, indess der Raum keineswegs seine Continuität von der Zeit, noch umgekehrt entlehnt, beide ihre Continuität an sich haben; so hätte man auch nach der dynamischen Ansicht nur zwei grundwesentliche Continua, statt der geliebten drei; der Begriff des Continuum fällt nun einmal nicht in den Materiebegriff an sich. Für uns aber knüpfen sich Materie, Zeit und Raum zum metaphysischen Dreiklang durch Unterordnung unter die drei Haupt- und Gränzbegriffe der Quantität, Nichts, Einheit und Unendlichkeit. Denn in unsern einfachen Wesen haben wir etwas, was schlechthin kein Continuum einschliesst, oder ist; in der Zeit etwas, was schlechthin Ein und eben nur Ein Continuum ist, das ist die Eine Richtung, in der die Zeit läuft; im Raum etwas, was nach unendlichen Beziehungen und Richtungen ein Continuum, eine Unendlichkeit von Continuis, ein Continuum von Continuis ist oder solches einschliesst.

Die drei Dimensionen des Raums bezeichnen nur drei Hauptrichtungen des Raums, in der That aber kann man unendlich viele Richtungen in ihm verfolgen.

Mittelpunkt, Radius und Peripherie einer Kugel versinnlichen gewissermassen in Eins die Einfachheit und Richtungslosigkeit des materiellen Punkts, die nach einer Richtung sich streckende Zeit und den nach unendlichen Richtungen gedehnten Raum. Man wolle nur dies Schema nicht ausbeuten, weitere Verhältnisse von Materie, Raum und Zeit daraus abzuleiten als denselben nun eben zukommen. Ein Schema kann nicht beweisen, nur erläutern, und es darf von vorn herein nicht erwartet werden, dass ein ganz in das Räumliche fallendes Schema das Verhältniss des Raums zu Dem, was nicht Raum ist, nach allen Seiten zulänglich repräsentire.

Dass es an sich nicht möglich ist, sich Raum und Zeit anders als continuirlich vorzustellen, beweist sich auch darin, dass wir dem Raum und der Zeit keine Gränze beilegen, uns einen Anfang und ein Ende derselben gar nicht zu denken vermögen, sofern an der Gränze die Continuität abbricht; dagegen es, vorausgesetzt selbst, dass die Materie continuirlich wäre, recht wohl möglich ist, sie discontinuirlich vorzustellen; wir thun es überall mit den Weltkörpern im Grossen, und können uns auch recht wohl an einer materiellen Weltgränze stehend in den unbegränzten leeren Raum hinausblickend denken; das beweist doch, dass die Continuität und hiemit Unbegränztheit nicht so wesentlich zum Begriffe der Materie als der Zeit und des Raums gehören kann. Auch kommt alle Begränzung in Raum und Zeit nur durch die Materie.

Dies leitet uns auf einen neuen Gegensatz oder eine neue Auffassung des Gegensatzes der einfachen Wesen gegen Raum und Zeit. Ein einfaches Atom ist trotz dem, dass seine Ausdehnung Nichts ist, nicht selber Nichts; es hypostasirt aber die letzte Gränze des Seienden in quantitativer Hinsicht, ist ein unendlich Kleines im strengsten Sinne. Wogegen Zeit und Raum ein unendlich Grosses, schlechthin Unbegränztes sind, respectiv nach einer und nach unendlich vielen Richtungen.

Die unendlich kleinen Linien-, respectiv Flächen-, Körperelemente, mit denen die höhere Geometrie zu thun hat, sind nichts absolut unendlich Kleines, sondern nur ein relativ unendlich Kleines, indem sie zwar unendlich klein gegen alle endlichen Raumgrössen (Linien, Flächen, Körper), wie diese gegen den unendlichen Raum sind, aber ihrerseits im Verhältniss der Unendlichkeit zu Räumlichkeiten von einer Kleinheit höherer Ordnung, sofort bis ins Unbestimmte stehen und endliche Grössenrelationen unter sich haben. Der Punkt allein, der aber eben hiemit vielmehr die Gränze der Raumgrössen als selbst eine Raumgrösse bildet, steht zu allen unendlichkleinen Räumlichkeiten beliebiger Ordnung selbst im Verhältniss des Unendlichkleinen, ist das einzige Kleine, das nichts Kleineres mehr unter sich, noch in sich hat, ein Unendlichkleines unendlicher Ordnung, und gestattet keinen endlichen Grössenvergleich mehr. Er kann aber, wie bemerkt, nicht durch den Raum, sondern nur in den Raum gesetzt werden, sein Begriff liegt nicht mehr eingeschlossen im Raumbegriffe, welcher durch Continuität und Aussereinander gegeben ist, sondern bildet eine Gränze des Raumbegriffes, wo etwas Anderes als Raum angeht, und dies Andere ist eben die Materie.

Wie nach einer Seite der Begriff der Unbegränztheit, so hängt nach einer andern Seite der Begriff der Theilbarkeit ins Unbestimmte mit dem der absoluten Continuität zusammen. Wollte man einen Theil des Continuums denken, der nicht selbst mehr als ein Continuum von Theilen fassbar, so bräche die Continuität so zu sagen eben so nach unten ab, wie sie nach oben abbräche, wenn man sich das Continuum begränzt denken wollte. Raum und Zeit als absolut continuirlich sind also auch absolut ins Unendliche theilbar; dagegen die einfachen Wesen als absolut discontinuirlich auch absolut nicht theilbar, so zu sagen absolut harte Wesen sind. Man kann blos zwischen die Atome, nicht in die Atome schneiden. Dagegen ist der Raum das Weichste, was es gibt, und wird überall ohne Widerstand von der Demantspitze des Atoms geschnitten.

Vielleicht, indem man die metaphysischen Begriffe einander passend gegenüberzustellen sucht, ist man geneigter, dem Continuum der Zeit und des Raums die Discontinuität der Zahl als der Materie gegenüberzustellen und den Begriff der Discontinuität vielmehr in jener als in dieser rein hypostasirt zu halten. Scheidet sich doch auch die Mathematik in einen Theil, der vom continuirlichen Raum, und einen andern, der von der discontinuirlichen Zahl handelt; dies scheint doch zu beweisen, dass vielmehr Raum und Zahl als Raum und Materie den reinen Gegensatz von Continuität und Discontinuität vertreten.

Doch auch dieser Einwand hebt sich leicht bei näherm Zusehen und führt nur zu einer neuen Bekräftigung und Bereicherung unsers metaphysischen Begriffscomplexes. Unstreitig besteht der Gegensatz von Discontinuität und Continuität zwischen Zahl einerseits, Raum und Zeit andererseits; nur tritt nicht die blos denkbare abstracte Zahl dem Raum und der Zeit als Ergänzung zur Realität in der Natur gegenüber; man schreibe denkbare Zahlen, soviel man will, in Raum und Zeit, und man hat noch nichts; sondern statt der abstracten Zahl das real Zählbare. Was aber ist das? im Himmel sind's die Sterne; mit diesen schreibt sich der Begriff des Zählbaren zu oberst in Raum und Zeit real ein; was aber sind die Sterne anders als materielle Bälle; so sind wir wieder bei der Materie, und finden in ihr den Repräsentanten des Zählbaren. Doch sind die Sterne nicht das Letzte; was sie aus der Ferne scheinen, rein zählbare Punkte, sind endlich erst die einfachen Atome wirklich; aus ihnen construiren sich endlich alle realen Zahlen, die Sternenheere selber, mit dem, was zwischen ihnen. Schön aber bleibt's, wie diese uns in der Nacht leuchtend über unsern Häuptern spiegeln, was in einer tiefern Nacht des Seins dem Auge unerkennbar wirklich ist. Man weiss ja, dass selbst dem Fernrohre der ferne Stern ein Punkt bleibt, der keine Messung, nur Zählung verträgt.

Nach Vorigem finden wir also auch den Begriff des Zählbaren in unsern Atomen in reinster Weise real hypostasirt, indess zugleich der Begriff des Messbaren sich in Raum und Zeit rein hypostasirt. Was messbar ist, ist es blos nach Seite Dessen, was an ihm continuirlich, was zählbar ist, ist es blos nach Seite Dessen, was an ihm discontinuirlich. Raum und Zeit stellen das schlechthin Messbare, unsere einfachen Wesen das schlechthin Zählbare vor; aber wie die Totalität des Raums und der Zeit doch unmessbar ist, indem sie alles schlechthin Messbare inbegreift, so die Totalität unserer einfachen Wesen unzählbar, indem sie alles schlechthin Zählbare inbegreift. Die dynamische Ansicht von der Raumerfüllung hat eine reine Hypostase in der Welt des Realen überhaupt nur für den Begriff des Messbaren, nicht den Begriff des Zählbaren; die Augen auf dem Würfel aber bilden schon im Spiele gröblich das Einfache, Discrete ab, was aller Zählbarkeit zu Grunde liegt.

Die Unzählbarkeit der einfachen Atome scheint als das Zugehörige zur Unermesslichkeit des Raums gefodert; auch ist kein Grund denkbar, welcher das Dasein der Atome auf eine bestimmte Zahl beschränkt hätte. Soweit man also in der Unermesslichkeit des Raumes vorschreiten mag, man wird immer aufs Neue auf Atome stossen, womit aber nicht gesagt ist, dass diese auch überall zu Welten mit vernünftigen Wesen geordnet sind; vielmehr liesse sich denken, dass damit nur ein unerschöpflicher Stoff zu einer ewig fortschreitenden Entwickelung und Gestaltung von Welten gegeben wäre; die geordnete Welt selbst aber zu jeder Zeit ein nur sich immer mehr vergrössernder compacter Kern oder eine immer zunehmende Anzahl von Kernen in der durch die Unendlichkeit reichenden verstreuten Materie bildete. Freilich bietet der Begriff einer ins Unendliche sich erstreckenden materiellen Welt von einer andern Seite eine gewisse Schwierigkeit dar. Die Bewegung jedes Atoms wird streng genommen durch das Mitdasein aller Atome, die es giebt, bestimmt. Wie kann sie selbst eine bestimmte werden, wenn die Anzahl der Atome unbestimmbar gross ist? Vielleicht lässt sich folgende Antwort geben: indem der Einfluss der entfernteren Materie immer schwächer wird, führt die Annahme, dass das Dasein der Materie durch die Unendlichkeit reiche, nicht zu einer Unbestimmtheit für die Wirkung auf jedes Atom, sondern zu einer Gränzbestimmung. Es scheint mir in der That dem Geiste der Mathematik nicht zu widersprechen, dies so anzunehmen; da ja viele unendliche Reihen mit abnehmender Grösse der Glieder durch Summation endliche Gränzwerthe geben: doch behaupte ich nicht, dass mit dieser Auffassung alle Schwierigkeit gelöst sei.

Geht man inzwischen darauf ein, so kann man eines ursprünglichen Impulses für die Weltbewegung entbehren, ohne deshalb die Materie im Schwerpunkt der Welt zusammengehend oder sich geradlinig in Bezug darauf bewegend denken zu müssen: da für eine ins Unendliche sich erstreckende materielle Welt es keinen Schwerpunkt giebt. Der Urimpuls, welcher die Erde von der Richtung nach der Sonne ablenkte, kann dann vertreten werden durch die Gränzwirkung der Kräfte, welche sämmtliche andere Massen ausser der Sonne von Ewigkeit her auf die Erde, respective die Materie, aus der sie sich bildete, äusserten; so aber, dass die nächsten Massen am meisten bestimmend einwirkten, und die fernen für die Rechnung merklich ausser Acht gelassen werden könnten. So würde sich überhaupt

Ein System vieler einfacher Wesen kann man wieder als zählbare Einheit andern solchen Systemen gegenüber betrachten. Ein jeder Himmelskörper ist eine solche Einheit; ein jeder Menschenkörper eine kleinere. Die absolute Eins aber, die sich schlechthin nur als solche, nicht auch als Vielheit fassen lässt, ist nur das Einfache. Die dynamische Ansicht hat keine absolute Eins. Das All ist freilich auch eine Einheit; doch keine zählbare Einheit den andern gegenüber; das ist die Eins.

Unser menschliches Zahlensystem hat 10 Ziffern, die zu allen menschlichen Rechnungen reichen. Das Zahlensystem der Natur hat nur eine Ziffer, das Atom, und reicht damit zu den Rechnungen des Alls. Unser Zahlensystem selbst ist willkürlich, nur gebildet nach unsern 10 Fingern; man könnte mit 9, mit 8, mit 2 Ziffern reichen. Leibniz hat sich viel mit dem dyadischen Zahlensystem beschäftigt. Aber man kann noch weiter gehen; man kann mit einer Ziffer reichen; so kommt man zum monadischen Zahlensystem, wo die Zahl der Ziffern in jedem Fall so gross, als es die dadurch auszudrückende Summe besagt; das ist das Zahlensystem der Natur, das einfachst mögliche. Wir gewinnen hier wieder eine absolute Gränzvorstellung.

Warum bedient sich der Mensch nicht dieses einfachst möglichen Systems? weil die Zahlen damit für ihn zu lang und die Uebersicht zu schwer wird. Er steht nicht im Absoluten, er steht in der Mitte der Dinge. In der Natur aber fehlt es nicht an Platz: der Raum ist eine unendliche Rechentafel, und eine Schwierigkeit der Uebersicht der Zahlen besteht für den Geist nicht, weil sich das Facit derselben von selbst in ihm zieht, weil er in gewisser Hinsicht das innerlich erscheinende Facit des äusserlich erscheinenden atomistischen Systems selbst ist. Dies aber näher zu begründen oder weiter zu verfolgen ist hier nicht der Ort.

Auch die Begriffe der Verbindung und des an sich unverbundenen Stoffes finden mit den vorigen zugleich ihre Hypostase, weil sie im Wesen mit ihnen zusammenhängen. Raum und

---

nach der verschiedenen Urstellung, welche die materiellen Theilchen zu den Nachbartheilchen hatten, erklären, wie jedes scheinbar einen andern Urimpuls erhielt. Inzwischen kann man ohne Rücksicht auf eine solche Betrachtung bemerken, dass es überhaupt nicht schwerer ist, die Materie von Anfang an, d. h. von Ewigkeit her, bewegt, als ruhend zu denken, und dass es also einer solchen Betrachtung nicht gerade bedarf, um die Schwierigkeit des sogenannten Urimpulses zu beseitigen. Man hat sich nur keinen zu einer endlichen Zeit ertheilten Stoss darunter zu denken.

Zeit sind selbst nur die allgemeinsten Verbindungsweisen im Reiche des Realen; ihr Continuum ist absolute Verbindung an und in sich, und was überhaupt als real verbunden gedacht werden soll, muss vor allem durch Raum und Zeit verbunden gedacht werden; und hierauf tragen sich erst besondere Verbindungsweisen auf; wozu aber schon der Zutritt eines Inhalts in Raum und Zeit gehört.

Dem Begriff der Verbindungsweise kann man den wesentlich damit identischen der Form substituiren. Raum und Zeit sind die allgemeinsten Formen, in denen das Existirende auftritt, Raum die Form des Nebeneinander, Zeit die Form des Nacheinander, was übrigens nur andere Worte für Raum und Zeit sind; da man umgekehrt für Nebeneinander und Nacheinander Räumlichkeit und Zeitlichkeit sagen kann; auch ist jede besondere Form es nur als besondere Bestimmung von Raum und Zeit.-

Man hat Raum und Zeit Anschauungsformen genannt; auch hindert nichts, es zu thun, in Rücksicht Dessen, dass die ganze Natur wesentlich nur Sache der Anschauung oder sinnlichen Erscheinung ist; wonach auch die allgemeinsten Formen, in denen die Natur erscheint, nur Anschauungsformen sein können. Diese Anschauungsformen nehmen einen objectiven Charakter an, sofern man Raumformen gegen andere Raumformen, Zeitformen gegen andere Zeitformen in Verhältniss und Beziehung betrachtet, einen subjectiven, sofern man sämmtliche Anschauungen als Bestimmungen eines sie verknüpfenden einheitlichen Bewusstseins fasst, da sich für den Unterschied des Objectiven und Subjectiven bei der Naturerscheinung überhaupt nichts Anderes als dies aufzeigen lässt (vgl. S. 95).

Dem Raum und der Zeit gegenüber sind die einfachen Wesen an sich etwas absolut Unverbundenes. Mit nichts sind sie an sich selbst verbunden, nichts ist in ihnen selbst verbunden, indess sie sich aber jeder Verbindungsweise mittelst der Zeit und des Raumes fügen. So entsprechen sie dem reinsten Begriff des an sich formlosen, doch für jede Form, d. h. Verbindungsweise verfügbaren Stoffes. Auch kommt hiemit unsere Atomistik nur dem Instinct des Sprachgebrauchs entgegen, der Materie und Stoff ohnehin in gleicher Bedeutung zu verwenden pflegt.

Es ist zwar wahr, den Thon, aus dem man eine Statue modellirt, denkt man sich vielmehr zusammenhängend. Aber er ist insofern eben kein reiner Stoff; bringt vielmehr schon etwas von Form, d. h. Zusammenhangsweise, in die Hand des Künstlers mit, und kommt dadurch der Formung von gewisser Seite entgegen, indess er sie zugleich nach anderer Seite beschränkt. Was für unzählige Gestalten kann ein Wimpel, der im Winde flattert, annehmen; aber alle kann er nicht annehmen, blos so viele, dass doch der Zusammenhang gewahrt bleibt. Der Thon gewährt darin schon mehr Freiheit; aber volle kann er nicht gewähren, diese hat man eben erst mit einem Stoffe, wo jedes Theilchen an sich ganz zusammenhangslos mit dem andern. Die dynamische Ansicht macht die Welt aus Thon, denn sie erkennt einen gewissen Zusammenhang des Stoffes von vorn herein an und hält ihn wesentlich dem Stoffe, wenn schon die Zerreissbarkeit der Körper, wie wir gesehen haben (S. 54.), dem widerspricht. Unsere Atomistik allein nimmt einen Stoff nach dem reinen Begriffe des Stoffes dazu.

Indess Zeit und Raum an sich absolute Formen sind, geben sie mit der Materie zusammen Formen von relativer Bedeutung, sofern durch das Dasein der materiellen Punkte die unendliche Möglichkeit räumlicher und zeitlicher Verbindungsweisen nach dieser oder jener Beziehung im Besondern bestimmt und gegen andere Möglichkeiten abgegränzt wird.

Die äussere Form eines Körpers ist durch die räumliche Verbindungsweise der materiellen Theile seiner Oberfläche gegeben, die dadurch entsteht, dass sich die Materie des Körpers durch relative Continuität zusammenschliesst, indess sie sich zugleich durch relative Discontinuität gegen die Umgebung abgränzt (S. 134). Die discontinuirliche Materie an sich selbst trägt aber hiebei zum zusammenhängenden Zuge der Oberfläche nichts bei, sondern gewährt blos Bestimmungspunkte dafür, womit die Formen in der Natur eine viel idealere Bedeutung erhalten, als in der dynamischen Ansicht. Diese hat compacte, massive, bleierne Formen, unsere Ansicht hat blos gedachte, indem die Vorstellung Linien und Flächen zwischen den Gränzatomen des Körpers zieht. Hierin kommt unsere Atomistik wiederum dem Sprachgebrauch nur entgegen, der, wie stofflich und materiell, so formell und ideell gern verwechselt. Und wie der Himmel sonst die Atomistik vielfach spiegelt, so lässt sich auch an den Sternbildern auf unsern Sterncharten sehen, wie es sich mit dem Zuge der Körperformen in Wirklichkeit verhält.

Der Zug der Figur durch die Sterne liesse sich freilich auch anders legen. Und überhaupt kann durch jede Anordnung von Punkten eine unbegränzte Möglichkeit verschiedenster Formen repräsentirt werden. Die Aufgabe, solche hindurchzuziehen, ist an sich unbestimmt. Doch nicht absolut unbestimmt, nur einer Ergänzung zur Bestimmung bedürfend, wie eine solche entgegen bietend. Jede Regel, wie Punkte überhaupt zur Bestimmung einer Figur dienen sollen, gewährt eine solche Ergänzung; denn es reicht hin, eine solche zu geben, um fortan mit jeder andern bestimmten Anordnung der Punkte eine andere bestimmte Figur oder Classe von Figuren gegeben zu haben. Die Regel thäte es nicht allein, die Punkte thäten es nicht allein; die Regel mit den Punkten thut es. Und wie man die Regel wechselt, werden alle Figuren anders, doch alle wieder in bestimmter Weise anders. Hiemit bietet die Atomistik die denkbar allgemeinste Unterlage für eine allgemeine Formenlehre dar, indess die dynamische blos einzelne Beispiele dafür bietet. Der Geist wird übrigens im Allgemeinen immer seine Gründe und Zwecke haben, sich an diese oder jene Bestimmungsweise vor andern zu halten, und wo kein besonderer Grund und Zweck vorliegt, die einfachste und leichteste als die natürlichste vorziehen.

Die einfachste Regel und der einfachste Weg, durch eine gegebene Anordnung von Punkten eine Figur fest zu bestimmen, besteht darin, in jedem Falle das relative Minimum des Raums zur Verknüpfung der Punkte zu verwenden, nachdem die Punkte selbst als Punkte schon das absolute Minimum einnehmen (vgl. S. 138) d. i. sie durch gerade Linien und durch Ebenen zu verbinden. Diese haben zugleich die Eigenschaft, den strengen Mittel- oder Gränzfall zwischen allen möglichen symmetrisch gleichen Linien oder Flächen zu bilden, die sich rings um eine Linie oder nach beiden Seiten einer Fläche legen lassen. Beides, dass die Vorstellung solchergestalt auf kürzestem Wege zum Ziele kommt und dass sie nach zureichendem Grunde keinen Anlass findet, nach einer Seite vor der andern davon abzuweichen, mag zusammenwirken, dass der Geist diese Bestimmungsweise überall als die natürlichste vorzieht, wo kein besonderer Grund zu einer andern Bestimmungsweise vorhanden ist, d. h. gegebene Punkte von selbst in der Vorstellung vielmehr durch gerade Linien und Ebenen, als krumme Linien oder Flächen zu verbinden geneigt ist. Man kann demnach, wo kein anders bestimmender Grund vorliegt, diese Bestimmungsweise überall als die schlechthin gültige und überhaupt als fundamentale betrachten; die Krystalle geben die Naturmodelle dazu. Auch lassen sich die krummlinigen und krummflächigen Formen als höhere Gränzformen der geradlinigen und ebenflächigen betrachten, sofern sie entstehen, wenn die Zahl der geraden Seiten oder ebenen Flächen unendlich gross, ihre Grösse unendlich klein wird; indess man nicht umgekehrt das Gerade als obere Gränze des Krummen betrachten kann, wenn man Bestimmtheit in der untern Gränze verlangt, weil das Gerade die Gränzform unbestimmt vieler krummen Formen sein kann.

Inzwischen bleibt dem Geiste allgemein gesprochen immer die Möglichkeit und Freiheit, auch nach beliebigem Motiv oder beliebiger selbstgemachter Regel durch gegebene Punkte von endlicher Distanz beliebige Figuren zu ziehen. Wo sie nun nicht nach einfachster Regel zu Ecken verwandt werden, liegt es am nächsten, Maxima und Minima der Krümmung, Wendepunkte, singuläre Punkte damit zu bezeichnen, und so geschieht's nicht selten.

Dass der Geist bei Abwesenheit besonderer (ausnahmsweiser) Bestimmungsgründe es stets vorzieht, distante Punkte vielmehr durch gerade Linien und durch

Ebenen, als durch krumme Linien und krumme Flächen vorstellend zu verbinden, lässt sich durch hinreichende Induction beweisen. Sind nur zwei Punkte (z. B. zwei Sterne am Himmel) gegeben, so stellt man ihre Verbindungslinie zweifellos als eine gerade vor; drei Punkte bestimmen für uns stets eine Ebene, ungeachtet man eben so gut jene zwei Punkte durch eine krumme Linie, die drei durch eine krumme Fläche verbunden denken könnte. Wo sich irgend eine Mehrheit von Punkten, zugleich ins Auge gefasst, durch eine gerade Linie oder Ebene verbinden lässt, da wird es der Geist auch sicher thun, statt eine Wellenlinie oder Wellenfläche durch sie zu legen. So wenn man die Blätterdurchgänge der Krystalle atomistisch repräsentirt sieht. Drei beliebig geordnete Punkte sind an sich eben so gut zu Bestimmungspunkten eines Kreises als eines Dreiecks tauglich; doch wird man stets dadurch ein Dreieck wie durch vier Punkte in einer Ebene ein Viereck bestimmt halten. Die acht Würfelecken könnten auch eine Kugelfläche bestimmen; aber Jeder denkt bei ihrer Lage, auch wenn der Würfel nicht voll noch der Umriss voll gezogen ist, an einen Würfel. Wenn aber viele im Kreis gestellte Punkte uns doch auch einen Kreis recht wohl repräsentiren können, so hängt dies mit dem bemerkten Umstande zusammen, dass Polygone von sehr grosser Zahl und Kleinheit der Seiten mit krummlinigen Figuren merklich zusammenfallen.

Zwar könnte man meinen, es käme in diesem Falle wie in andern Fällen mit dem Princip, durch möglichste Verkürzung der Verbindungslinien den Aufwand an Vorstellungsthätigkeit möglichst zu verkleinern, ein anderes Princip in Conflict und überwöge diesfalls, wonach zu jedem scharfen Richtungswechsel lebendige Kraft verbraucht wird, so dass man bei häufigem Richtungswechsel es doch leichter fände, eine längere krumme als eine kürzere vieleckige gerade Linie zu ziehen. Aber zuvörderst nimmt mit zunehmender Kleinheit und Mehrheit der Seiten einer Figur auch die Schärfe ihres Richtungswechsels ab; und dann finde ich nicht, dass man irgend wie weniger geneigt ist, drei oder vier Punkte als Dreieck oder Viereck aufzufassen, und irgendwie mehr geneigt, sie durch eine krumme Linie in der Vorstellung zu verbinden, wenn man sie recht nahe, als wenn man sie recht weit von einander stellt, ungeachtet hier der Aufwand an lebendiger Kraft durch die scharfe Wendung an den Ecken relativ grösser gegen die durch die Länge des Weges werden müsste, was beweist, dass das betreffende Princip hiebei gar nicht in Betracht kommt.

Man kann dies auffallend finden; es liegt aber unstreitig darin und beweist gegen die Ansichten von Manchen (was sich freilich auch noch sonst auf mehr als eine Weise beweisen lässt), dass wir den Gesichtseindruck von Figuren, die auf einmal in das Auge fallen, überhaupt nicht sowohl durch successiven Verfolg derselben, als durch ein gleichzeitiges Zusammenwirken ihrer Theile empfangen; denn sonst würde das Auge oder die Einbildungskraft bei Darbietung von beispielweise drei oder vier Punkten sicher die scharfe Wendung an den Ecken scheuen und lieber in sanftem krummen Wege durch die Punkte gehen. Die Bewegung der Augen ist nur dazu nöthig, eine erst im Ganzen undeutlich erfasste Figur dann im Einzelnen deutlicher zu fassen. Liesse sich doch auch mit blosser successiver Verfolgung der Punkte des Gesichtsfeldes bei noch so raschen hin- und hergehenden Bewegungen des Auges höchstens der Eindruck einer sehr geschlängelten Linie, nicht einer Fläche erhalten. Ungeachtet daher dem Auge sicher auch die successive Auffassung einer Figur zu Gebote steht, geschieht doch die erste Auffassung eben so sicher simultan. Und was für die directe Sinnesauffassung gilt, gilt für die Vorstellung oder Einbildung, die es ihr nachthut. Anstatt also zu sagen: der Geist, die Vorstellung, die Einbildungskraft zieht Linien zwischen gegebenen Punkten, wäre es eigentlich richtiger zu sagen: es entsteht durch das Zusammen der Punkte der Eindruck oder die Vorstellung einer verbindenden Linie zugleich mit. Hienach wird man den kürzern Ausdruck überall in den wahrern zu übersetzen haben.

Man kann bemerken, wie mit unserer Auffassung ein Zusammenhang zwischen äusserer Form und innerer Structur entsteht. Indess die äussere Form durch die Linien und Flächen (respectiv Geraden und Ebenen) bestimmt wird, die man durch die Gränzpunkte des Körpers legt, kann man auch Linien und Flächen durch die Punkte des Innern legen, und die Linien, Flächen, die man in ersterm Sinne legt, bilden nur ein gemeinschaftliches System mit denen, die man in letzterm Sinne legt. Treten doch auch in der Mathematik die verbindenden Geraden und Ebenen, die man durch den Umfang und das Innere eines Systems von Punkten legt, unter gemeinsame Gesichtspunkte und Formeln. Für die dynamische Ansicht dagegen behalten die äussere Oberfläche und das innere Gefüge immer etwas Incommensurables.

Das Gerüst, was nach unserer Auffassung das Innere jedes Körpers durchzieht, und sich mit der Oberfläche durch die Gränzpunkte verkettet, kann als Ausdruck einer dritten Dimension der Körperform betrachtet werden. Die dynamische Ansicht, indem sie den Raum in seiner ganzen Tiefe mit körperlicher Substanz durchdringt, muss dafür mit der Körperform bei der Oberfläche stehen bleiben. Nach unserer Auffassung ist alle Materie des Körpers unmittelbar in Form aufgehoben, indem sie eben deren Bestimmungspunkte bildet, nach der dynamischen Ansicht ist sie in der Form nur wie in einem äussern Sacke enthalten.

Sofern man von jedem Atom der Oberfläche wie des Innern eines Körpers nach jedem andern (nicht blos dem nächsten, sondern auch dem fernsten) eine Gerade und nach je zwei andern eine Ebene legen kann, stellt sich nach allgemeinster Formbestimmung durch Gerade und Ebenen die Structur jedes Körpers als ein höchst verwickeltes Maschenwerk dar. Insofern aber die Anordnung der Atome als willkürlich gedacht wird, kann man fragen, wie sie zu bestimmen sei, um bei gegebenem Totalvolum des Körpers den kleinstmöglichen Aufwand von Räumlichkeit zu den verbindenden Geraden und Ebenen zu erfodern. Es ist die regelmässige, indem bei ihr nicht nur viele sonst divergirende Verbindungslinien und Ebenen zusammenfallen; sondern überhaupt die Summe der verbindenden Linien und Ebenen die kleinstmögliche wird. (Um einen einfachsten Fall zu nehmen, so ist in einem Quadrate, der regelmässigsten Figur, die durch vier Punkte in einer Ebene bestimmt werden kann, die Summe der Seiten und Diagonalen, wie auch schon der Seiten für sich kleiner als in jedem Rechteck oder unregelmässigen Viereck von gleichem Inhalt.) Auch ist dies wieder der Gränzfall zwischen allen gleich möglichen Verschiebungen der Atome nach verschiedenen Richtungen um gleiche Grössen (z. B. der Gränzfall zwischen solcher Verschiebung von vier Atomen, dass einmal ein stehendes, das andere Mal ein liegendes Rechteck dadurch entsteht). Durch die regelmässige Anordnung vereinfacht sich also das Maschenwerk der Structur; und jede Annäherung an die Regelmässigkeit ist zugleich eine Annäherung an die Einfachheit derselben. Und so kann man überhaupt, ungeachtet der an sich unendlich mannichfaltigen Möglichkeit der Formbestimmung durch Punkte, immer Gränzbestimmungen aus diesem oder jenem Gesichtspunkte erhalten, die theils durch die Annäherung, welche die Natur daran zeigt, theils durch die Tendenz, welche der Geist hat, sich an sie zu halten, von fundamentaler Wichtigkeit sind.

Eine derartige Gränzbestimmung ist auch noch die folgende. Man kann sich fragen, wie man bei irgend welcher gegebenen Anordnung von Punkten mit möglichst kleinem Aufwande von Räumlichkeit in den verbindenden Geraden und Ebenen eine möglichst vollständige Verbindung aller Punkte herstellen kann, ohne doch direct von jedem nach jedem eine Linie oder Ebene zu ziehen. Hienach werden z. B. bei atomistischer Repräsentation von den Seitenflächenparallelen, Blätterdurchgängen eines Würfels oder Rechtecks nur die den Seitenflächen parallelen, nicht die diagonalen Verbindungslinien und Verbindungsebenen zur Geltung kommen; und diese Verbindungsweise wird sich als die natürlichste auch immer am leichtesten der Vorstellung aufdrängen. So fällt es auch bei vier Punkten, die ein Quadrat bestimmen, Niemand ein, an die Diagonalen mit zu denken; weil die Seiten des Quadrats die Verbindung aller Punkte vollständig schon in kürzestmöglichem Wege bewirken. Man dürfte daher überhaupt hiedurch die Normalstructur der Körper bestimmt halten. Zur möglichst vollständigen Verbindung gehört hiebei, dass sich die Verbindungslinien so viel als möglich in den Bestimmungspunkten kreuzen.

Auch für den krummflächigen Bau, der selbst schon eine Gränzform ist (S. 144.), werden sich fundamentale Gränzbestimmungen finden lassen. Die Kugelfläche stellt aus mehr als einem Gesichtspunkte die einfachste und Gränzform aller krummen Flächen dar, theils wegen der gleichen Beziehung aller ihrer Theile zu einem Mittelpunkt, theils ihrer allenthalben gleichen Krümmung, theils dadurch, dass sie in verhältnissmässig kleinster Ausdehnung den grössten Inhalt einschliesst. Hierin schliesst sie sich an die Ebene an, nur dass diese die absolut kleinste Ausdehnung zur Verbindung gegebener Punkte (oder ihrer Zwischenlinien) erfodert, indess die Kugelfläche die relativ kleinste, insofern als es gilt, durch eine Verbindungsfläche gegebener Punkte zugleich den grösstmöglichen Inhalt einzuschliessen. Soll also eine möglichst vollständige Verbindung gegebener Punkte nicht mit dem absolut kleinsten, sondern relativ kleinsten Flächenaufwande in diesem Sinne bewirkt werden, so werden statt Ebenen Kugelflächen durch die Punkte zu legen sein. Dies ist das Princip des organischen Zellenbaues, dessen allgemeinstes Schema eine Kugel ist, die sich mit neuen Kugeln füllt, wie umgekehrt die erste Kugel selbst ursprünglich zur Füllung einer grössern Kugel gehört hat. Die durch den Furchungsprocess mit kleinen Dotterkugeln sich füllende grosse Dotterkugel im Beginne der embryonalen Bildung zeigt die erste Stufenentwickelung dieses Schema, der entwickelte Organismus mit seiner endogenen Zellenbildung entspricht einer weit fortgeschrittenen Stufe.

Die Bestimmungspunkte für die Lage der Kugelflächen sind hiebei in ihren gegenseitigen Berührungspunkten gegeben. Diese vertreten die Kreuzungsstellen der Ebenen der vorigen Normalform. Man bemerke, dass in unsérm Schema des kugelflächigen Baues sowohl innere als äussere Berührungspunkte der Kugelflächen zur Geltung kommen. Dass nur Berührungen, nicht Kreuzungen in den bestimmenden Punkten stattfinden, liegt principiell darin, dass mit den Kreuzungen die Bedingung, zum Einschluss eines gegebenen Inhalts die kleinstmögliche Oberfläche zu verwenden, verfehlt werden würde, da dann eine Inhaltsportion, die schon in einer Zellenwand begriffen ist, auch noch von einer andern gleichstufigen Zellenwand mit begriffen würde, die bei blosser Berührung vielmehr ganz ihren eigenen Inhalt gewinnt.

Nach dieser Betrachtungsweise hätten also nicht die Mittelpunkte der Kugeln oder Zellen, sondern die Berührungspunkte derselben als Hauptpunkte des organischen Zellenbaues zu gelten. Auch bilden sie gleichsam die Knoten, die Verknüpfungspunkte des organischen Gewebes, durch welche (ideell gesprochen) noch im entwickelten Zellenbau der Stoffwechsel zwischen den Zellen erfolgt (der freilich, nachdem sich die Zellen an einander abgeplattet haben, einen breitern Weg als blos durch Punkte findet), und welche in der gefurchten Kugel die vorgängigen Furchungsstellen (wo die Kugeln noch zuletzt zusammenhängen) bezeichnen. Indessen können doch auch die Mitten der Kugeln in sofern als Hauptpunkte gelten, als sie es sind, welche neue Furchungsstellen bezeichnen, wodurch die Mitten der Kugeln zu äussern Berührungspunkten werden.

Unstreitig liessen sich diese Betrachtungen noch schärfer entwickeln und weiter verfolgen, was hier nicht die Aufgabe und wozu hier nicht der Ort ist. Wahrscheinlich ist das sogenannte Princip kleinster Wirkung irgendwie dabei im Spiele, dass die organischen Formen sich nach dem angegebenen Schema bilden.

Nicht minder, als eine zusammenhängende Form entsteht, wenn man die Lagen, welche von verschiedenen Punkten zugleich eingenommen werden, in der Vorstellung verbindet, entsteht eine solche, wenn man die Lagen, die derselbe Punkt successiv einnimmt, in der Vorstellung verbindet, d. h. man kann auch Formen durch Bewegung gewinnen. Hier ist es augenscheinlich, dass die Form nur etwas Gedankenmässiges ist; denn nur nach Massgabe als man in Gedanken das Gewesene mit dem Jetzigen verbindet, entsteht die Form bei der Bewegung. Die Gestirne spiegeln uns auch diese Art Formen in einfachster Weise vor, d. i. in ihren himmlischen Bahnen.

Der Dynamiker mag freilich sagen, wenn die Materie in der Bewegung continuirlich verschiedene Lagen nach einander einnimmt, so ist es nur entsprechend, dass sie solche in der Raumerfüllung auch zugleich einnimmt. Aber wenn sie wirklich die verschiedenen Lagen, die sie in der Bewegung nach einander einnimmt, vermöge der Raumerfüllung schon alle zugleich einnähme, so würde es eben weder der Bewegung bedürfen, sie noch nach einander einzunehmen, noch würde eine Bewegung möglich sein in einem Raume, der schon eingenommen ist. Der Raum bedarf vielmehr der Bewegung zur Erfüllung seiner Leere, und die Bewegung bedarf des leeren Raumes zu ihrer Bahn. Der Raum ist nicht der Affe der Zeit, sondern das Weib der Zeit; ihr ähnlich in vielen Stücken, sich damit ergänzend in andern.

Die Formen, die durch Bewegung der einfachen Atome entstehen, sind nur lineare, indess die Formen, die durch räumliche Zusammenordnung der Atome entstehen (sofern man die Structur mit darunter fasst), durch die Tiefe der drei Dimensionen gehen. Das hängt unstreitig damit zusammen, dass die Zeit nur eine, der Raum drei Dimensionen hat. Die Formen durch Bewegung sind ferner an sich bestimmte, indess die Raumformen an sich unbestimmte und nur relativ bestimmbare sind.

Man kann bemerken, dass der doppelten Weise, wie Formen im Naturgebiete objectiv zu denken sind, die doppelte Form der Apperception mit unsern körperlichen Organen entspricht. Mittelst einer Zusammenordnung discreter Nervenfasern im Gesichts- sowie im Tastorgan können wir eine Form auf einmal auffassen, durch Bewegung unserer Fingerspitzen oder des fixirenden Augenaxenpunkts können wir es successiv. Wie früher (S. 154.) bemerkt, ist jedoch beim Auge die successive Auffassung der simultanen untergeordnet; beim Tastorgan ist es umgekehrt, ein Umstand, der als ein Ergänzungsverhältniss beider Sinne Beachtung verdient. Das Auge fasst eine Figur erst im Ganzen auf, und untersucht dann die einzelnen Theile mit Hülfe der Bewegung; der Finger fasst eine Figur mit Hülfe der Bewegung im Ganzen auf und untersucht die einzelnen Theile durch ruhendes Befühlen; ein Unterschied, der theils davon abhängt, dass das Gesichtsfeld, was das Auge auf einmal überblickt, gross im Verhältniss zu der Erweiterung und Abänderung desselben ist, die durch Bewegung des Auges entstehen kann; indess umgekehrt beim Tastorgan das Tastfeld, was durch Bewegung des Fingers überstrichen wird, gross gegen das ist, was er auf einmal decken kann; theils davon, dass das Auge viel feinere Bewegungen ausführen kann, als der Finger, wogegen der Finger an derselben Stelle ruhend durch Modification des Drucks die Sinnesauffassung in einer Weise abändern kann, wie es das Auge nicht kann.

Wie die Einbildung über das materiell Discrete continuirliche Brücken zu schlagen vermag, zeigt sich in recht frappanter Weise am blinden (sog. Mariotte'schen) Fleck im Auge. Dieser Fleck, von dem man, als der Eintrittsstelle unsers Sehnerven in das Auge, die grösste Empfindlichkeit erwarten möchte, ist gerade völlig unempfindlich für das Licht und ist so gross, dass er seiner Breite nach etwa elf Vollmondsbreiten am Himmel bei dessen Betrachtung einnimmt; doch sieht man keine Lücke am Himmel, weil die Einbildungskraft die Lücke mit dem benachbarten Blau des Himmels zudeckt. Man könnte also an dem Vorhandensein der Lücke im Sehfeld zweifeln; doch lege man eine farbige Oblate auf weisses Papier und lasse ihr Bild auf die Lücke im Sehfeld fallen, so sieht man nicht die Oblate, sondern ihre Stelle ebenfalls zugedeckt durch das Weiss der Umgebung, was durch die Einbildung darauf übertragen wird. Man sehe eine weisse Linie oder ein weisses Viereck oder ein weisses Kreuz auf schwarzem Papier so an, dass die Mitte der Figur auf die Lücke im Sehfeld fällt, so erscheint weder eine Lücke in der Figur, noch sieht man die Figur, die Linie, das Viereck, das Kreuz verkürzt, zusammengeschwunden, sie erscheinen ganz voll, in voller Ausdehnung und Grösse, indem wiederum das Nachbarweiss die Lücke deckt, auch dann, wenn eine farbige Oblate auf der Mitte lag; nichts erscheint von ihr; ihre Stelle wird durch das Weiss überdeckt.*) Im Grunde ist es mit der continuirlichen Empfindung der discreten Tastnervenfasern auch nicht anders. So würde auch unstreitig ein atomistisch disponirtes Sinnesorgan die Lücke zwischen seinen einfachen Atomen mit derselben Empfindung erfüllen, zu der es von den Nachbaratomen der Lücke aus angeregt wird.

Zum Stoff und zur Form können wir noch ein Drittes, ein formendes Princip, verlangen, was die Atome ordnet, sie ihre Bahnen führt. An einem solchen Princip fehlt es nicht, es liegt in den Kräften, und wir wissen, Kräfte sind Vertreter von Gesetzen, und alle Gesetze stehen letztlich unter einem höchsten. So ist das Wesen der Form ein Gedanke, der Grund der Form ein Gesetz. Dass eine Pflanze sich so baut und umbaut, hängt daran, dass Atome sich nach diesem Gesetz ordnen und bewegen. Auch die Freiheit kann nur auf Grund des Gesetzes oder selbst als gesetzgebend zugleich formgebend sein.

Womit bindet denn die dynamische Ansicht ihren Thon? Wieder durch Thon, denn die Kräfte, welche die Materie zusammenhalten und bewegen, schlagen ja nach ihr selbst in Materie über.

Weiter finden sich mit Vorigem zusammenhängend auch die Begriffe der absoluten Extension und Intension hypostasirt. Raum und Zeit sind ein reines Aussereinander, die einfachen realen Wesen sind ein reines Insich. Allerdings stehen die verschiedenen einfachen Wesen auch im Verhältniss des relativen Aussereinander; aber der Bestand keines derselben ist an dieses Aussereinander geknüpft, während der Bestand des Raumes wie der Zeit wesentlich im Aussereinander selber liegt; auch wird jenes Aussereinander der einfachen Wesen nur durch den Raum vermittelt.

---

*) Das Nähere über diese merkwürdigen Versuche kann man in einer Zusammenstellung derselben nach verschiedenen Beobachtern (E. H. Weber, Volkmann, A. Fick und Dubois-Reymond) in meinem „Centralblatt für Naturwissenschaften und Anthropologie" 1853. Nr. 48. 1854. Nr. 4. finden.

Die dynamische Ansicht hat blos eine reine Hypostase für die Extension. Das Geistige selber kann nicht als etwas rein Intensives gelten, weil es der Zeit bedarf, seinem Wesen nach ein zeitlich Ausgedehntes ist. In einem Augenblicke lässt sich nichts fühlen und nichts denken.

Als rein extensiv können Raum und Zeit keinen Inhalt darstellen, geben; man kann von Raum und Zeit nicht sagen, dass sie in Etwas wären, dagegen Alles, was ist, in Raum oder Zeit oder Beidem gedacht werden muss. Umgekehrt können die einfachen Wesen nur Inhalt darstellen, geben, aber nicht selbst haben. Hiemit sind Raum und Zeit an sich zugleich das absolut Leere, die einfachen Wesen Das, was die Fülle in diese Leere bringt.

Indem die einfachen Wesen den Raum füllen, erfüllen sie ihn doch nicht. Sollte dies der Fall sein, so würde der Raum sie nicht als Inhalt, wie es ihr Begriffsverhältniss fodert, einschliessen, sondern sie würden den Raum decken. Was einen Kreisumfang deckt, ist nicht in ihm, aber Punkte können in beliebiger Zahl in ihm sein. Statt Kreisumfang setze Raum. Auch würde die Fülle, die in der Menge des Unterscheidbaren besteht, mit der absoluten Erfüllung des Raums schwinden. Die unendliche Fülle, welche die einfachen Wesen in den Raum bringen, ist eben nur mit der Nichterfüllung des Raums möglich.

Anstatt dass der Raum durch die Materie erfüllt würde, kann man aus gewissem (freilich auch nur gewissem) Gesichtspunkte sagen, er bleibt mit ihrem Dasein so leer, als ohne ihr Dasein; weil alle einfachen Wesen als Punkte zusammengenommen immer wieder nur zu einem Punkte zusammengehen, der keine Ausdehnung repräsentirt.

Die Zeit wird durch das Dasein der Materie nicht mehr erfüllt als der Raum; denn in der Zeit sein ist so wenig mit Erfüllen der Zeit, als im Raum sein mit Erfüllen des Raums zu verwechseln. Eine gemeinsame Erfüllung von Raum und Zeit erfolgt aber, wenn man so will, durch die Bewegung. Sollte ein einfaches Wesen einmal völlig ruhen (es gibt aber keine absolute Ruhe), so würde es während dessen auch die Zeit mit Nichts erfüllen. Es ist jedoch nicht das einfache Wesen, was in der Bewegung Zeit und Raum erfüllt, sondern eben nur die Bewegung des einfachen Wesens erfüllt Zeit und Raum, in so fern als sie ein Product beider ist.

Noch weitere Betrachtungen über die Bewegung enthält das dritte und das sechste Capitel.

Wir haben mit Vorigem gesehen, wie eine Reihe von Begriffen, die in der realen Welt die wichtigste Bedeutung haben, aber theils in mannichfache Relationen in ihr verwickelt sind, theils weit in ihr auseinanderlaufen, im einfachen Atom gleichsam wie in einem identischen Centrum zusammenlaufen und darin gemeinsam eine absolute Hypostase finden, als da sind die Begriffe des Einfachen, Discontinuirlichen, Unendlichkleinen, Untheilbaren, Zählbaren, Stofflichen, Intensiven, Füllenden, welchen gegenüber sich dann eine Reihe entsprechender, aber mit ihnen gegensätzlicher Begriffe im Absoluten verknüpft oder identificirt, nach einer Richtung verfolgbar in der Zeit, nach unendlichen verfolgbar im Raume; und in der Verknüpfung dieser fundamentalen Trinität besteht der Knoten der Natur.

Ohne das einfache Atom ginge dieser ganze Nexus zugleich und sich ergänzende Gegensatz verloren. Wir haben, wenn die Materie den Raum erfüllt, eine nach einer Richtung sich streckende Zeit, einen nach unendlichen Richtungen sich streckenden Raum, und eine ebenso sich nach unendlichen Richtungen streckende Materie. Die Materie, statt der Unendlichkeit durch ihre unendliche Kleinheit den Widerpart zu halten, und damit die Relationen der Endlichkeit zu geben, wird von gewisser Seite eine Tautologie des Raumes, von andrer Seite verdrängt sie den Raum und verlegt sich ihn für die Bewegung.

Wenn die bisherigen Versuche, die Atomistik recht weit zurückführen, im Allgemeinen nur ins Dunkle und Wirre geführt haben, so lag der Grund nur darin, dass man sie noch nicht weit genug zurückgeführt hat, vielmehr vor dem letzten Schritte zurückgescheut ist, der auf einmal aus dem Dunkel und der Wirre in das helle Licht führt. So lange die letzten Atome noch endlich bleiben, ist man noch nicht am Ende und bleibt man genöthigt, das zu Erklärende in das Erklärungsmittel aufs Neue zu verlegen. Die Welt in letzter Instanz aus kleinen Kugeln bauen wollen, was Manche als den Schluss atomistischer Weisheit betrachtet haben, heisst ein Haus statt aus Steinen aus kleinen Häusern bauen wollen. Nun gar Tetraeder und Würfel dazu verwenden wollen, heisst zum Weltbau einen Kinderspielkasten nehmen.

Nur erst sowie die letzten Atome einfach werden, tritt mit der einfachsten zugleich die grossartigste, mit der erhabensten zugleich die feinste Bauweise der Welt uns entgegen. Alle Last, die jene kleinen Lasten noch dem bauenden Geiste aufbürdeten, ist in

Nichts geschwunden, alle Hemmniss, die ihre starre Undurchdringlichkeit in den Weg legte, ist in Kraft verwandelt, mit der sich die einfachen Wesen unter Führung des Gesetzes zum schmuckvollen Baue, Kosmos, fügen.

III. Ueber die Bewegung der einfachen Atome; ihr Verhältniss zur Körperlichkeit und die Frage nach ihrer Qualität.

Es genügt nicht zur Bestimmung des Verhaltens eines einfachen Wesens, zu sagen, dass es nur an einem Raumpunkte ist, sondern gehört noch dazu, dass es nur einen Moment an einem Raumpunkte ist. Die Materie ist eine wesentlich bewegte; man weiss, dass alle Ruhe nur eine relative. Was sich nicht gegen das Andere bewegt, bewegt sich mit dem Andern. Jeder einfache Materiepunkt nimmt seinen einfachen Raumpunkt wesentlich nur einen einfachen Zeitpunkt ein, und ist in jedem andern Moment an einem andern Orte. Wie aber die Zeit continuirlich schreitet, so schreitet er auch im Raume nur continuirlich fort.

In der Bahn des einfachen Atoms ist der Begriff der Bahn überhaupt in reinster Weise hypostasirt. Die Bewegung jedes ganzen Körpers wird zerlegt in eine Fortbewegung seines Schwerpunkts; diese gibt die Bahn, und eine Bewegung seiner Theile in Bezug zum Schwerpunkt (bei einem festen Körper Drehung um eine durch den Schwerpunkt gehende Axe). Die erste wird durch die Bewegung eines einfachen Atoms schon für sich dargestellt. Letztere kann, weil sie eine Mehrheit von Theilen, Wechselwirkungen oder einen Wechselhalt derselben, voraussetzt, nicht im einfachen Atome wiedergefunden werden, sondern tritt nur als eine neue Bestimmung in den Combinationen der Atome auf; wie denn im einfachen Atom nicht Alles, was im Körper wiedergefunden werden kann, weil dieser eben wesentlich eine Combination aus einer Mehrheit von Atomen; und auch die Mehrheit hat ihre Bedeutung und ihren Erfolg.

Obwohl ein einfaches Wesen an einem einfachen Raumpunkte nur einen einfachen Moment ist, scheint es doch nach der verschiedenen Geschwindigkeit, welche die einfachen Wesen haben können, dass ihr Verweilen an demselben Punkte eine verschiedene Dauer haben kann, und man somit zu einem Widerspruch in sich selbst geführt wird, denn ein momentanes und ein dauerndes Verweilen schliesst sich aus; aber weil wir solche Widersprüche weder in Herbart's noch Hegel's Sinne für triftige Fortschrittsmittel, sondern zu beseitigende untriftige Begriffsstellungen halten, so meinen wir, dass der Begriff selbst der elementaren Geschwindigkeit nie auf das Verweilen der Materie in einem Zeit- und Raumpunkte, worin es in der That kein Verweilen gibt, sondern nur in einem Zeit- und Raum-Elemente, das noch ein Neben und Nach einschliesst, und nicht etwa nur aus zwei Punkten besteht, sondern solche zum Anfang und Ende hat, bezogen werden dürfe. Raum- und Zeitpunkt für sich, wie sie aber nicht bestehen, sind in der That nur noch die Asche von Raum und Zeit, nicht Elemente, wie schon früher geltend gemacht; nur Herbart, nicht die Mathematik, weiss aus Punkten ohne Continuität das Continuirliche zu machen. Die Raum- und Zeit-Elemente selbst, mit denen die exacte Bewegungslehre, welche der schärfsten Auffassungen bedarf, zu thun hat, stellen sich nicht als untheilbare Punkte dar, sondern sind noch selbst unendlich theilbar und quantitativ vergleichbar, und geben dadurch höhern Differenzialen Raum. Nun aber liegt kein Widerspruch darin, dass ein einfaches Wesen zur Zurücklegung eines, wenn auch noch so kleinen continuirlichen Raums eine andere kleine Zeit brauche, als ein anderes, und es hindert nichts, zwischen diesen kleinen Räumen und Zeiten alle mögliche quantitative Verhältnisse zu denken.

Nach der Bewegung bedarf es zur vollständigen Bestimmung des Verhaltens der einfachen Realen noch des Gesetzes der Bewegung und ihrer Aenderungen, womit, wie früher gezeigt wurde, zugleich der Begriff ihrer Kräfte gedeckt ist; denn Alles, was man auf das Wirken von Kräften in der Körperwelt schreibt, lässt sich zurückführen auf das Gesetz der Abänderung oder Erhaltung von Bewegungs- oder Gleichgewichtszuständen im Gegenüber der Körper oder ihrer Theile.

Aus Raum, Zeit, den einfachen Wesen, ihren Bewegungen, den Verhältnissen dazwischen und den Gesetzen darüber, lässt sich nun voraussetzlich Alles construiren, was überhaupt im materiellen oder objectiven Naturgebiete construirbar ist. Diese Constructionen werden stets unter Form des Sichtbaren, Tastbaren und der Verhältnisse dazwischen auftreten, weil die einfachen Wesen selbst als Gränzvorstellungen Dessen, was wir sehen und tasten können, nicht

Dessen, was wir hören, riechen, schmecken können, gefunden und ihre Verhältnisse als Gränzverhältnisse aus den Verhältnissen des Sichtbaren und Tastbaren abstrahirt sind. Sie erscheinen und sollen für die Vorstellung eben nur als die kleinsten sichtbaren und tastbaren Punkte erscheinen, nur mit dem Geständniss, dass sie doch noch kleiner sind als das Kleinste, was wir mit unsern Augen und Händen wirklich sehen, tasten und demnach vorstellen können, wodurch sie aus physisch eben metaphysisch werden. Doch reicht voraussetzlich ein Atom in Beziehung zu dem Atomsystem unserer Nerven schon hin, durch die Erzitterung oder den Widerstand, den es darin begründet, ein Element oder Differenzial der Empfindung zu begründen, was nur der Summirung bedarf, um die endliche Empfindung zu geben, deren wir empirisch bedürfen.

Man hält sich aber deshalb bei den Constructionen im körperlichen Naturgebiete an jene Formen, weil sie nicht nur Zählung, Messung, klare Bestimmung und Beschreibung gestatten; sondern, was wesentlicher, weil die Natur eben nur unter den Formen des Sichtbaren und Tastbaren, hiemit räumlich Ausgebreiteten, Bewegten, sich und uns Widerstehenden (was Alles nicht direct in andre Sinne als Sehen und Tasten fällt), als wirklich körperliche Welt, d. h. als Das, um dessen Analyse sich's handelt, erscheint und gilt.

Wenn man die Verhältnisse unserer einfachen Atome den daraus zusammengesetzten Körpern gegenüber betrachtet, so wird man finden, dass ihnen überhaupt eine Menge Eigenschaften fehlen, die den letztern zukommen, indem sie erst mit der Verbindung der Atome entstehen; und sofern sich der Begriff des Körpers doch nur mit Rücksicht auf diese Eigenschaften gebildet hat, hindert nichts zu sagen, dass die Atome unkörperlich seien, und die Körper also aus unkörperlichen Wesen zusammengesetzt seien, was keinen grössern Widerspruch enthält, als wenn man sagt, eine Gesellschaft werde aus Personen gebildet, die nicht selbst eine Gesellschaft sind, ein Baum werde aus Zellen gebildet, denen der Begriff des Baums noch fern liegt. Von anderer Seite wird aber auch nichts hindern, die Atome als wesentlichste Elemente des Körperlichen auch schon körperlich zu nennen, ohne dass man deshalb die ganzen Eigenschaften der Körper in ihnen zu suchen hat. Sich über diese Bezeichnung, ob körperlich oder unkörperlich, zu streiten, wäre reiner Wortstreit; sie sind das Eine oder Andere, je nach der Beziehung, in der man die Worte verstehen will, oder dem Zusammenhange, in dem man sie braucht. Es mag aber nützlich sein, das Verhältniss der Atome und der Körper hinsichtlich ihrer Eigenschaften noch etwas näher zu erläutern und *auf* einige Fragen, die sich dabei darbieten werden, einzugehen.

Dass unsere einfachen Wesen keine *Ausdehnung und Gestalt* haben, hindert nicht, dass die aus ihnen bestehenden Körper eine Ausdehnung und Gestalt haben; man bestimmt ja auch die Ausdehnung und den Umriss eines Waldes nicht durch die Ausdehnung und den Umriss der Stämme, woraus er besteht, sondern des Platzes, den sie in ihrer Gesammtheit einnehmen. Die einfachen Wesen mögen keine Dichtigkeit haben, so hindert dies doch nicht, dass die aus ihnen bestehenden Körper eine Dichtigkeit haben; man misst ja auch die Dichtigkeit der Bevölkerung nicht nach der Dichtigkeit der einzelnen Menschen, sondern nach der Menge derselben, die auf einem gegebenen Raume bestehen. Sie mögen an sich qualitätslos oder von gleichgültiger Qualität sein, so hindert dies doch nicht, dass die aus ihnen gebildeten Körper je nach der verschiedenen Anordnung und Bewegung der einfachen Wesen verschiedene Qualitäten haben; bestehen doch Menschen, Thiere, Pflanzen selber aus gleichen Stoffen; nur deren unterschiedene Anordnung und Bewegung gibt ihnen verschiedene Qualitäten. Sie mögen für sich geistlose Wesen sein, so hindert dies doch nicht, dass sich Geist an ihre Combinationen knüpfe; auch bei dem Menschen hängt der Geist an der Combination, nicht an den Stücken.

Ob man nun aber die einfachen Wesen wirklich als quantitativ und qualitativ gleichartig oder gleichgültig zu halten habe, kann noch zweifelhaft erscheinen. Wenn man, wie ich mit Herbart, wenn schon in anderm Sinne, thue, das Gegebene als Ausgang und Anhalt nimmt, so muss man sich eben auch nach den Foderungen des Gegebenen richten, *darf aber doch*, so lange diese Foderungen nicht entschieden sind, immer das Einfachstmögliche im Auge behalten. Und das sind einfache Wesen, die gar keinen Anhaltspunkt zum Vergleich in sich schliessen. Jede Ungleichheit würde mindestens noch *eine* Zerlegung nach zufälliger Ansicht in Herbart's Sinne gestatten, die wir vielleicht entbehren können. Und so sage ich, die Erfahrung zwingt wenigstens bis jetzt noch nicht, diese einfachste Vorstellung als unmöglich zu verwerfen. Für jedes Molecul von verschiedener Grösse, Dichtigkeit, Gestalt, chemischer oder dynamischer Beschaffenheit, was der Physiker, Chemiker, Krystallograph jetzt der Erklärung der Erscheinunzu Liebe supponirt, lässt sich immer eine Gruppe von verschiedener Ausdehnung, Gedrängtheit, Anordnung, relativer Bewegung unserer einfachen Wesen substituirt denken; und wenn man sich erinnert einerseits, dass die Erscheinungen der Chemie ohnehin zur Annahme zusammengesetzter Molecule nöthigen, andererseits dass schon so auffallende und mannichfache qualitative Verschiedenheiten, wie zwischen den einzelnen Farben, den einzelnen Tönen bestehen, auf Verschiedenheiten von Schwingungsverhältnissen haben zurückgeführt werden können, die nur abhängig sind von einer verschiedenen (die Spannung bedingenden) Anordnung ohne Rücksicht auf eine verschiedene Grundqualität der schwingenden Materie, ja dass der polare Gegensatz des Magnetismus sich auf reinen Bewegungsgegensatz reduciren lässt, so liegt bei unserer Unbekanntschaft mit den letzten Grundgesetzen des Molecularen auch allgemein gesprochen noch die Möglichkeit vor, dass alle secundären Qualitäten, die uns die Körperwelt darbietet, aus verschiedenen Anordnungen und davon abhängigen Bewegungen einfacher Wesen von an sich gleichgültiger Qualität nach dafür bestehenden Gesetzen ableitbar sind. Aber die Aussichtslosigkeit, dies mit unsern jetzigen Kenntnissen zu bewirken, ist anzuerkennen, und es liegt hierin überhaupt keine Lebensfrage für den Bestand, sondern nur für die einfachstmögliche Gestaltungsweise der atomistischen Grundansicht.

Es können jedoch Versuche in Bezug darauf gemacht werden, und haben diese bis jetzt auch keine sonderliche physikalische Bedeutung, sofern sie auf physikalisch Unerweisliches sich gründen oder führen, so haben sie doch in sofern ein philosophisches, als sie allgemeine Aussichten eröffnen und allgemeine Einwände beseitigen können; und in dieser Beziehung mag hier noch etwas über einige dahin einschlagende Gesichtspunkte angeführt werden.

Schon mehrfach hat man daran gedacht, alle Erscheinungen von der bestbestimmten Kraft, der Gravitation, abhängig zu machen, und den qualitativen Unterschied der Materie, der dadurch gefodert zu werden scheint, dass manche Materie sich abstösst, andere sich anzieht, durch geeignete Betrachtungsweisen zu eliminiren. Hiezu bietet sich zunächst folgender Gesichtspunkt dar.

Scheinbare Abstossungswirkungen können auf doppelte Weise unter dem Einfluss blos anziehender Kräfte zu Stande kommen, einmal so, dass ein Körper stärker nach einer, als der entgegengesetzten Richtung angezogen wird, mithin den schwächer anziehenden Körper zu fliehen scheint; zweitens so, dass durch Zusammensetzung der Anziehung mit den Wirkungen der Beharrung, in Folge eines gegebenen seitlichen Impulses, der Körper eine krumme Bahn beschreibt, die ihn zeitweis oder vielleicht ins Unbestimmte von dem anziehenden Körper abführt, wie es bei den himmlischen Bewegungen der Fall. Es lässt sich zur Zeit schwerlich berechnen, wie viel von den in der Natur vorkommenden scheinbaren Abstossungswirkungen auf Rechnung solcher Ursachen zu schieben.

Jedenfalls reicht die zweite Ursache allein schon hin, die Entfernungsbewegung im grossen Weltraume eine genau eben so grosse Rolle spielen zu lassen, als die Näherungsbewegung. Beides compensirt sich in der That bei den himmlischen Bewegungen vollkommen. Bei oberflächlicher Betrachtung, und wie die Sache von den meisten Naturphilosophen wirklich gefasst wird, könnte man hienach gerade eben so gut im Weltenraume eine anziehende und abstossende Grundkraft (Schwerkraft und Fliehkraft), die sich die Wage halten, annehmen, als man zwei entgegengesetzte magnetische und elektrische Grundkräfte, die sich im Ganzen compensiren, annimmt. Da sich nun aber doch im grossen Weltraum diese scheinbar polare Doppelkraft, unter Rücksichtnahme auf die Beharrung, auf eine einfache Anziehungskraft reduciren lässt, ja reducirt werden muss, um eine genaue und klare Analyse der Erscheinungen und Anwendung der Rechnung zu gestatten, so wäre es fraglich, ob nicht dasselbe auch mit der Doppelkraft, welche die Erscheinungen im Kleinsten zu fodern scheinen, der Fall ist.

Ich selbst habe früherhin (Biot's Lehrb. d. Physik, 2. Aufl. 1828, I. S. 409) aus diesem Gesichtspunkte einen Versuch gemacht, die Abstossungskräfte aus der Welt des Kleinsten unter Zuziehung von Bewegungen des Kleinsten zu eliminiren, und die Wirkungen des Ponderablen und Imponderablen von einer gemeinschaftlichen Anziehungskraft (Gravitationskraft) abhängig zu machen. Einen andern dahin zielenden Versuch, welcher in gewissen Gesichtspunkten mit dem meinigen zusammentrifft, hat neuerdings Séguin (Cosmos par Moigno, T. I. II) bekannt gemacht. Meinem eigenen Versuche kann ich nun freilich keine Bedeutung mehr beilegen, und es scheint mir sehr fraglich, ob der Séguin'sche genügender erscheinen wird. Es bieten sich aber überhaupt noch andere Möglichkeiten dar, die Sache zu fassen.

Wie das Beharrungsgesetz jedes Atom für sich oder sofern es nur nach seiner Beziehung zum unendlichen Raume gefasst wird, blos nöthigt, in der einmal angenommenen Richtung und Geschwindigkeit zu verharren, diese aber uranfänglich die mannichfaltigsten für verschiedene Atome sein können und unstreitig sind; so nöthigt vielleicht auch das allgemeinste Kraftgesetz, welches das Verhalten der Atome in Bezug zu einander beherrscht, nur dazu, dass der Zuwachs von Geschwindigkeit, den je zwei in Bezug zu einander erhalten, derselbe für dieselben Atome bei demselben Abstand bleibe, und bei verhältnissmässiger Vermehrung oder Verminderung des Abstandes überall und immer in demselben Verhältniss sich vermindere oder vermehre. Aber sowohl die ursprüngliche Richtung der relativen Geschwindigkeit als die Grösse derselben kann für je zwei verschiedene Atome uranfänglich verschieden sein, d. h. mit andern Worten, die verschiedenen Atome können sich zu einander theils anziehend theils abstossend verhalten, auch dasselbe Atom sich anziehend gegen das eine, abstossend gegen das andere verhalten (wie bei den beiden Elektricitäten der Fall), und können die verschiedensten Stärken der absoluten Kraft gegen einander haben (wie sich in den chemischen Verwandtschaftsverhältnissen anzudeuten scheint), nur immer in der Art, dass sie ihr einmal angenommenes Verhalten in dieser Hinsicht so gut fest beibehalten, wie jedes im Beharren seine einmal angenommene Geschwindigkeit und Richtung.

Nun würde nichts hindern, hienach wirklich den verschiedenen Atomen eine uranfänglich verschiedene Grundqualität und Grundquantität beizulegen, nur dass solche nicht wie Herbart's Qualität eine besondere Beschaffenheit der Atome an und für sich bedeutete, sondern nur in ihren Beziehungen sich verriethe und in Aenderung ihrer Beziehungen äusserte, wie die beiden Elektricitäten für sich gleicher Beschaffenheit erscheinen und nur in Beziehung zu einander eine verschiedene Qualität verrathen, die selber in nichts Anderm besteht, als dass sie ihre Beziehung zu einander unter denselben Umständen der Lage und Distanz verschieden ändern, und eben damit beweisen, dass ausser den Umständen der Lage und Distanz noch ein nicht darauf zurückführbarer Umstand stattfindet, wovon die Erscheinungen abhängen.

Man sieht jedenfalls aus Vorigem, dass dem Gedanken, alle Kräfte der Atome müssten in letzter Instanz auf eine einzige anziehende Grundkraft zurückkommen, wozu das Streben, die einfachsten und einheitlichsten Grund- und Gränzvorstellungen zu gewinnen, leicht führen kann; doch auch eine andere Vorstellungsweise als möglich gegenübertritt. Unstreitig ist die Wurzel der grossen Mannichfaltigkeit der Naturerscheinungen und Naturereignisse schon in deren Gränz- und Grundverhältnissen zu suchen; und es ist sehr fraglich, ob die verschiedene Uraustheilung und Bewegung von Atomen, die sich den Kräften, d. h. dem gesetzlichen Verhalten nach in Nichts unterscheiden, hinreichend ist, sie zu bedingen; auch sieht man a priori keinen Grund, warum bei der gleichen Denkbarkeit, dass zwei Atome sich in der Richtung ihrer Verbindungslinie von einander entfernen, und dass sie sich einander nähern, das eine Verhältniss vor dem andern bevorzugt worden sein sollte. Auf der andern Seite wäre es ebenso untriftig, aus der gleichen Denkbarkeit auf eine gleiche Wirklichkeit zu schliessen. Ein Rad kann eben so leicht vorwärts als rückwärts rollend gedacht werden, aber die Weltentwickelung geht doch stets im Ganzen nur vorwärts, und so wäre es auch möglich, dass, wenn schon die Grundtendenz der Dinge ebensowohl als eine solche, sich zu fliehen, als sich zu verbinden gedacht werden könnte, doch in Wirklichkeit nur die eine stattfände, und Hand in Hand mit jenem Princip des Fortschritts ginge; was sich so ausdrücken liesse: Zum Grundprincip des Fortschritts besteht ein Grundprincip der Liebe, aber nicht des Hasses in der Welt. Wo Hass erscheint, geht er aus dem Conflict verschiedener Richtungen der Liebe hervor. Unstreitig aber lässt sich nach derartigen Betrachtungen, die sich so und so wenden lassen, überhaupt nichts über diesen Gegenstand entscheiden.

Wenn ich nicht irre, dürfte diejenige Weise, die Sache zu fassen, die ich im siebenten Capitel entwickeln werde, am meisten für sich behalten, indem sie Allgemeinheit mit Bestimmtheit und Einfachheit des Gesichtspunkts verbindet und weitgreifenden Bedürfnissen der Physik entgegenzukommen verspricht. Doch bleibt der Gegenstand bis auf Weiteres hypothetisch.

Wie schön wäre es, wenn wir bei der Ungewissheit, in der wir noch seitens der exacten Wissenschaft über diese fundamentalen Verhältnisse schweben, uns einer sichern Entscheidung seitens der Philosophie erfreuen könnten. Aber je leichter es ihr fallen mag, eine solche zu geben, desto leichter wird sie leider wiegen.

IV. Historisches über die Ansicht von den einfachen Grundatomen.

Die Ansicht, dass die Grundatome der Körperwelt einfach seien, hat sich bei mir vorlängst, und wie ich glaube ziemlich unabhängig von äussern Anregungen, jedenfalls nicht auf Anlass der Herbart'schen einfachen Wesen, aus dem Gesichtspunkte entwickelt, die physikalische Atomistik philosophisch abzuschliessen. Als ich mich inzwischen mit der Herbart'schen Metaphysik zu beschäftigen anfing, traten mir so manche Bezugspunkte, noch mehr aber gegensätzliche Gesichtspunkte zwischen unsern einfachen Wesen und den Herbart'schen entgegen, dass ich mich dadurch im Jahre 1852 zu einer für die Fichte'sche Zeitschrift bestimmten Abhandlung veranlasst fand, zu der jedoch blos eine Art Einleitung daselbst (1853) erschienen ist, worin ich auf unsere einfachen Wesen vorgreifend hinweise.

Inzwischen kann ich keine Priorität des Gedankens der einfachen Wesen in Anspruch nehmen, wie er sich denn aus denselben Motiven, die ihn bei mir hervorriefen, auch leicht Andern aufdrängen musste, welche sich vor mir eingehend mit der Atomistik beschäftigt haben. Manche zwar haben denselben nur ausgesprochen, um ihn ohne gründliche Prüfung zu verwerfen. So sagt Liebig in seinen „Chemischen Briefen" (1844. S. 57): „Es ist für den Verstand durchaus unmöglich, sich kleine Theilchen Materie zu denken, welche absolut untheilbar sind; im mathematischen Sinne unendlich klein, ohne alle Ausdehnung können sie nicht sein, weil sie Gewicht besitzen." Wogegen zu sagen ist, dass Ausdehnung überhaupt nichts mit Gewicht zu schaffen hat, und Gewicht nur von einer Relation, nicht der absoluten Beschaffenheit der materiellen Theile abhängt.

Dagegen finde ich in Moigno's „Cosmos" 1853. T. II. p. 374 (bei Gelegenheit der Darstellung von Séguin's Ansichten) ausdrücklich Ampère und Cauchy als Vertreter der Ansicht genannt*);

---

*) Auch Faraday wird von Moigno mit in Gesellschaft derselben genannt, doch blos aus dem Gesichtspunkte, dass er die Materie auch auf Kraftcentra reducirt. Aber diese Kraftcentra sind nach ihm continuirlich (Philos. Mag. 1844. Févr.), und er steht in sofern vielmehr im Gegensatz zur atomistischen Ansicht, die eine Discretion der Kraftcentra annimmt.

„que la matière se compose essentiellement d'éléments simples et sans étendue ou monades", und folgende Ausführung nach Cauchy beigefügt*):

„Suivant Newton, disait M. Cauchy, dans une de ses leçons de physique sublime à Turin, les molécules intégrantes des corps seraient solides, dures et invariables, en sorte, qu'elles ne pourraient changer de dimensions ni de figures. Mais cette opinion ne saurait s'accorder avec un phénomène récemment observé par M. Mitscherlich. En soumettant les cristaux à l'action de la chaleur, cet habile physicien a reconnu, qu'ils subissent des dilatations inégales dans les différens sens, et que les inclinaisons de leurs faces varient; or, pour expliquer ce phénomène, il faut nécessairement supposer, que par l'addition du calorique les molécules intégrantes non-seulement s'écartent les unes des autres, mais changent réellement de forme . . . Ampère a fait voir, de son côté, que pour rendre raison de plusieurs phénomènes relatifs aux combinaisons des gaz, il suffisait de considérer les molécules des différents corps comme composés chacune de plusieurs atomes, dont les dimensions sont infiniment petites, relativement aux distances, qui les séparent. . . . Si donc il nous était donné d'apercevoir les molécules intégrantes des différentes corps soumis à nos expériences, elles présenteraient à nos regards des espèces de constellations; et en passant de l'infiniment grand à l'infiniment petit, nous retrouverions dans les dernières particules de la matière, comme dans l'immensité des cieux, des centres d'action sans étendue placés en présence les uns des autres. . . . Dans l'opinion de M. Ampère, les dimensions des atomes, dans lesquels résident les centres d'action moléculaires, ne doivent pas être considérées seulement comme très-petites relativement aux distances, qui le séparent, mais comme rigoureusement nulles. En d'autres termes, ces atomes qui sont les véritables êtres simples, dont la matière se compose, n'ont pas d'étendue. . . . . Il semble, au premier coup d'oeil, que priver d'étendue une parcelle de matière, ce soit l'anéantir complètement; mais en y réfléchissant, il est facile de concevoir, comment la matière même composée d'atomes simples continue neanmoins à jouir des propriétés, qui manifestent sa présence, l'étendue . . ., l'impénétrabilité . . ., la tangibilité etc.

---

*) Die ganze folgende Stelle ist nach den im „Cosmos" vorfindlichen Anführungszeichen aus Cauchy's Leçons wörtlich entlehnt und die darin enthaltene Erinnerung an Ampère's Ansichten also auch in Cauchy's Darstellung enthalten.

etc. Dans la théorie mathématique de la lumière nous considérons la sensation lumineuse comme produite par la propagation du mouvement dans un éther composé d'atomes, qui n'auraient point d'étendue et qui agissent les uns sur les autres à de très-petites distances."

„Il résulte de ce qui précède, que s'il plaisait à l'auteur de la nature, de modifier seulement les lois, suivant lesquelles les atomes s'attirent ou se repoussent, nous pourrions voir à l'instant même les corps le plus durs se pénétrer les uns les autres, les plus petites parcelles de matière occuper des espaces démesurées, ou les masses les plus considérables se réduire aux plus petites volumes, et l'univers se concentrer, pour ainsi dire, en un seul point."

Die Annahme einfacher Atome liegt ferner den Ansichten Séguin's unter, von denen S. 158 die Rede war, und wird von Moigno mit dessen gewöhnlicher Lebhaftigkeit in Schutz genommen. Séguin knüpft seine Ansicht darüber an vorgängige allgemeine Erörterungen über die Cohäsion mit folgenden Worten an (Compt. rend. T. XXXVII. p. 705): „Par cela même, qu'il n'y a pas de limites possibles à la petitesse, que l'on peut assigner aux molécules des corps, n'est-il pas plus simple, plus naturel, plus élégant, et même plus en rapport avec l'idée, que nous avons des oeuvres du Créateur, qui a dressé partout devant nous cette barrière infranchissable de l'infini ou de l'infiniment petit, contre laquelle notre esprit est obligé de venir sans cesse se briser, de considérer les dernières molécules des corps comme dépourvues de dimensions, ainsi que M. M. Ampère et Cauchy l'ont admis, ou mieux de les réduire à de simples centres d'action, comme l'a fait M. Faraday?"

Endlich kann ich noch auf die früher S. 73 mitgetheilte Stelle in dem Schreiben von W. Weber an mich rückverweisen, in welchem derselbe seinerseits die Möglichkeit anerkennt, die Atome ausdehnungslos zu denken.

V. Verhältniss der physikalischen zur Herbart'schen Monadologie.

Fassen wir jetzt noch mit einigen Worten das Verhältniss theils der Verwandtschaft, theils Verschiedenheit, in denen unsere einfachen Wesen zu denen Herbart's stehen, und die verschiedenen Weltanschauungen, die damit in Beziehung stehen, ins Auge.

Bei uns wie bei Herbart stellen sich die Substanzen, auf welche als Letztes zurückgegangen wird, dar als absolut einfache, discontinuirliche, ausdehnungslose, unveränderliche, empirisch an sich nicht erfassliche Wesen, deren Annahme sich doch ganz auf die Betrachtung des Empirischen gründet, deren Verhältnisse nur daraus abgeleitet werden können. Auf den wechselnden Verhältnissen ihres Zusammen beruht bei uns wie bei Herbart alles Geschehen, alle Causalität, alle Kraft der Natur; die einfachen Wesen sind die letzten Kerne aller Beziehungen in der Natur.

Aber die Herbart'schen einfachen Wesen treten vielmehr als Rest der Zerstörung, die unsern als Rest der Analyse des Gegebenen auf; jene als Schemens hinter dem Gegebenen, diese als letzte Elemente des Gegebenen; jene ausserzeitlich und ausserräumlich, nur uneigentlich und im Bilde, wenn schon nothwendig, als Punkte zu denken, diese aufrichtig und ausdrücklich als Punkte in Zeit und Raum zu denken; jene als die Erzeuger von Raum und Zeit, diese als Geschwister von Raum und Zeit; jene mit verschiedenen Grundqualitäten an sich, diese an sich gleichgültig ohne alle Qualität; jene in Beziehung nur durch zufällige und zufällig wechselnde Ansichten, diese in Beziehung durch ewige und den ewigen Wechsel unwandelbar beherrschende Gesetze. Herbart's Geschehen geht aus dem Zusammen der einfachen Wesen hervor, doch fällt in sie selbst, ist nur als eine Affection derselben vorstellbar; unser Geschehen besteht nur in Veränderungen ihres Zusammen und sie gehen unbetroffen davon in dasselbe ein. Herbart's einfache Wesen heissen unveränderlich, unsere sind unveränderlich. Herbart's einfache Wesen schweben zwischen körperlicher und geistiger Natur; unsere liegen ganz auf körperlicher Seite. Nach Herbart ist die Seele ein einzelnes einfaches Wesen inmitten des Körpers, nur durch günstigste centrale Stellung von den andern einfachen Wesen des Körpers unterschieden und mit ihnen in äusserer Wechselwirkung; nach uns ist die Seele ein mit den einfachen Wesen des Körpers unvergleichbares einheitliches Wesen, statt einzeln inmitten derselben vielmehr das allgemeine Band derselben und ihrer Wechselwirkungen und Wechsel. Nach Herbart ist das Leben der Seele nur eine Mannichfaltigkeit von aussen in dem wahrhaft seienden, an sich selbstständigen, ewig starren einfachen Wesen als Selbsterhaltung oder Widerstand gegen angedrohte Störung aufgeregten wechselnden Scheins, durch die Einfachheit des Wesens zur Einheit verknüpft; nach uns ist das Leben der

Seele die einheitliche, doch in eine Mannichfaltigkeit und einen Wechsel von Bestimmungen sich auseinandersetzende und gliedernde Selbsterscheinung des wahrhaft und wesenhaft Seienden, das eben nur in dieser lebendigen einheitlichen Selbsterscheinung ist, was es ist, und sich erhält als Das, was es ist, so dass nach etwas Ansich dahinter nicht zu fragen, die einfachen Wesen aber nur die letzten Elemente der äussern Erscheinlichkeit Dessen, was zugleich sich im Ganzen selbst erscheint. Nach Herbart ist Gott das einfache Wesen, in das am meisten von der übrigen Welt hineinscheint und das am meisten in die übrige Welt hineinscheint, ein einzelnes Wesen unter einzelnen; nach uns ist Gott das einheitliche Wesen, durch das die ganze Welt in Eins sich selbst erscheint und in dem wir Alle einander wechselseits erscheinen. Nach Herbart ist die Seele unsterblich, weil ihr einfaches Grundwesen hinter der wechselnden unwesenhaften Erscheinung des Lebens unveränderlich besteht, und also auch dessen Wechsel überdauert; nach uns ist die Seele unsterblich, weil ihr Grundwesen die sich selbst erscheinende Einheit oder einheitliche Selbsterscheinung des Wechsels und der Veränderung der Existenz selber ist und jeder Wechsel ewig neue Wechsel erzeugt. Nach Herbart besteht die Scheidung der Individualitäten in einer absoluten Discretion ihrer Grundwesen hinter der Erscheinung, die Verknüpfung derselben aber darin, dass durch ihr Zusammen in ihren einfachen Qualitäten (nach zufälliger Ansicht) ein Gegensatz erwacht, der ihnen wechselseitig Störung droht, wogegen sie sich erhalten. Nach uns besteht die geistige Scheidung der Individualitäten einfach in der Selbstunterscheidung, also dass jedes unmittelbar nur um sich, nicht um das Andere weiss, die Verknüpfung derselben aber darin, dass ein Höheres Beide in sich, als Besonderheiten seiner höhern Selbsterscheinung, unterscheidet, und um Beide weiss, und mit seinen Wissensbezügen zwischen Beiden übergreift. Wie aber die körperliche Scheidung und Verknüpfung, an die sich jene geistige knüpft, zu fassen sei, kann ohne ein genaueres Eingehen in das functionelle Verhältniss zwischen Leib und Seele hier nicht dargelegt werden.

Die Entwickelung der ganzen Grundansicht, die hier in ihren Hauptgesichtspunkten der Herbart'schen gegenübergestellt worden, findet sich in meiner Schrift „Zend-Avesta".

Es ist nicht zu leugnen, dass die Herbart'schen einfachen Wesen so wie der Hegel'sche Begriff des Seins, als aller Realität und allen Geistes Grund, in ganz anderm Sinne ein philosophisch Letztes sind, als unsere einfachen Wesen, die von Raum, Zeit, Gesetz, Geist nichts in sich verbergen noch aus sich zu produciren vermögen, vielmehr nur im compacten Zusammenhange damit und im Verhältnisse dazu den Weltbestand zu geben und hiemit ihren eigenen Bestand zu haben vermögen, überhaupt nur einen Bestand für die äussere Erscheinung haben, die aber selbst nur Bestand hat, sofern sie in eine Selbsterscheinung hineinfällt. Auch sollen unsere Atome nicht ein philosophisch Letztes in jenem Sinne sein; das Gegebene soll nicht in sie so zerschlossen sein, dass nun die Aufgabe besteht, erst zum Gegebenen davon zurückzukommen, wie es bei Herbart ist, noch so ins Abstracte verflüchtigt sein, dass das Concrete weit ab unten liegt, wie es bei Hegel ist; sondern das concret Gegebene der körperlichen Welt soll nur so bis ins Letzte aufgeschlossen sein, um von Jedem auf Jedes Andere durch ihr Mittelglied kommen und Neues selbst geben zu können, was eben nur dadurch möglich ist, dass wir bis zu den letzten Elementen des concret Gegebenen gehen und diese so los machen, dass sie jedem Austausch, jeder Combination verfügbar sind.

Nun hindert aber auch nach uns nichts, über alle jene Begriffe, die sich uns in solidarischer Verknüpfung und Beziehung geben, noch ein Einiges und Letztes zu verlangen und aufzustellen, und ihm den Namen des Absoluten, des Seins, Gottes, oder welchen man sonst will, beizulegen, dessen Begriff dadurch bestimmt wird, entweder Alles in Eins zu sein und zu enthalten, wovon geredet werden kann, oder das Oberste Allgemeinste von Allem zu sein, wovon geredet werden kann, denn auf beiderlei Weise lässt es sich fassen. Ersternfalls treten jene Begriffe mit andern, die zum metaphysischen Organismus gehören, als Abstracta jenes Ens realissimum, letzternfalls als Concreta jenes Ens abstractissimum, nicht nach einander und ableitbar auseinander, sondern gleichzeitig nach verschiedenen Richtungen zusammenhängend, ja mit verschiedenen Zusammenhangsweisen sich kreuzend, auf, die in der Metaphysik, von der hier nur ein Bruchstück vorliegt, zu verfolgen sind; nicht nach einem abstracten monotonen Schema, sondern auf dem Grunde der Betrachtung des realen Seins.

ANHANG.

Die folgenden zwei Capitel mögen als Anhang der philosophischen Abtheilung dieser Schrift betrachtet werden, sofern ihr Inhalt für den allgemeinen Nexus der philosophischen Atomistik nicht gerade wesentlich ist, aber denselben nach mehrern Beziehungen auszubauen und zu ergänzen dient.

VI. Ueber die gegenseitige Begriffsstellung von Bewegung, Raum, Zeit, Zahl, Kraft.

Anstatt, wie von uns im zweiten und dritten Capitel der zweiten Abtheilung dieser Schrift geschehen, von Zeit und Raum auszugehen, um auf den Begriff der Bewegung zu kommen, und diesen als zusammengesetzte Function derselben zu betrachten, ist man wohl umgekehrt verfahren und hat Bewegung für den einfachen Urbegriff erklärt, von dem auszugehen, um Zeit und Raum als Function derselben zu betrachten. Raum sei nur als äusseres Erzeugniss oder äussere Erscheinung, Zeit nur als innerliches Mass von Bewegung fassbar.

Nun lassen sich unstreitig Raum und Zeit insofern wirklich als Derivate der Bewegung betrachten, als sie aus ihr abstrahirt werden können, nicht umgekehrt; aber eben deshalb hat die Metaphysik sie als das Einfachere voranzustellen. Die Abstracta gehen hier den Concretis voran. Und nicht ist zuzugeben, dass sie überhaupt nur als Abstracta aus der Bewegung fassbar sind. Vielmehr verhält es sich in dieser Hinsicht mit Zeit und Raum wie mit Sauerstoff und Wasserstoff, die man freilich auch aus dem Wasser gewinnen kann, doch nicht daraus zu gewinnen braucht;

indess umgekehrt das Wasser nur aus Sauerstoff und Wasserstoff erzeugt werden kann.

Dem offenen Auge, der flach aufgelegten Hand, dem warmen Leibe stellt sich das räumliche Auseinander ohne Hülfe wie ohne Beischmack von Bewegung dar. Wenn Beides geleugnet worden ist, konnte es nur sein, weil man einerseits die Schwierigkeit, Bewegung und Bewegungsvorstellung bei äusserer und innerer Raumanschauung ganz auszuschliessen, mit einer Nothwendigkeit der ersten zum Zustandekommen der letzten verwechselt hat, theils die wirkliche Abhängigkeit mancher Verhältnisse der räumlichen Auffassung von der Bewegung oder von Verhältnissen der Bewegung als eine Abhängigkeit der räumlichen Auffassung selbst von Bewegung gedeutet hat.

Statt dass Bewegung des Auges oder der tastenden Hand dazu gehörte, der Anschauung oder Tastempfindung die Form der räumlichen Ausdehnung zu geben, kann man behaupten, dass, je mehr man Bewegung des Sinnesorgans dabei vermeidet, so breiter, ausgedehnter erscheint mit Einem Male die Räumlichkeit, indess sich bei Bewegung des Organs die Aufmerksamkeit viel mehr auf die Stelle schärfster Empfindung zu concentriren pflegt, und die allerdings erfolgende Combination der successiven Empfindungen also verhältnissmässig mehr als die der gleichzeitigen den Eindruck einer Linie statt einer Fläche gibt. Obwohl nur verhältnissmässig, denn auch während der Bewegung des Auges und der tastenden Hand wird in jedem Momente ein Ausgedehntes erfasst; sonst gäbe, wie schon früher bemerkt, die Bewegung schlechthin nur den Eindruck einer mathematischen Linie; statt dessen haben wir ein Band. Dass es möglich ist, beim elektrischen Funken, der nur etwa ein Milliontheil Secunde währt, eine Ausdehnung zu überblicken; dass man ausgedehnte Nachbilder im Auge haben kann, die sich mit den Augen bewegen, also nicht durch die Bewegung des Auges entstehen können, ist Alles in demselben Sinne. Wahr bleibt freilich, ohne innere Bewegung, Schwingungen unsers Nervensystems vermöchten wir weder vom Raum, noch überhaupt von Etwas ein Bewusstsein zu haben; und man kann allgemein fragen, wie unser Bewusstsein dazu in Beziehung steht, eine Frage, welche den Zusammenhang von Leib und Seele betrifft; aber um diese Frage handelt es sich nicht, wenn sich fragt, ob im Zusammenhange unsers Anschauungs- und Vorstellungslebens unsere Raumanschauung oder Raumvorstellung wesentlich von einer Bewegungsanschauung oder Bewegungsvorstellung und demnach der Raumbegriff von dem Bewegungsbegriff abhänge; da vielmehr hier nur die Frage in Betracht kommt, ob nicht durch die äusserliche Bewegung des Auges, der Hand unwillkürlich Bewegungsanschauungen, Bewegungsvorstellungen bedingt werden, welche die Raumanschauung, Raumvorstellung mit- oder nachziehen. Dies ist es, was nicht zuzugeben. Und selbst wenn wir in der Lehre von den Beziehungen von Leib und Seele die Anknüpfung der Raumanschauung an Bewegungen unsers Nervensystems verfolgen wollen, werden wir diese Bewegungen nicht anders als in einem Raume angeordnet und vorgehend, statt den Raum als äussere Erscheinung oder Darstellung der Bewegung fassen können.

Auch ohne Beischmack von wirklicher Bewegungsvorstellung oder Bewegungsgefühl überhaupt aber ist in den angezeigten Fällen die Anschauung, die Vorstellung der ausgedehnten Räumlichkeit. Wir sind uns zwar bewusst oder können uns in jedem Augenblick bewusst werden: hier ist Platz zur Bewegung; aber wir unterscheiden sehr gut den Fall, wo wirklich Bewegung Platz greift, und wo keine Platz greift. Was soll dieser Unterschied heissen, wenn der Raum selbst die äussere Darstellung von Bewegung ist. Man kann dann noch von unbewussten Vorstellungen oder Gefühlen der Bewegung bei all dem sprechen; aber es handelt sich bei den Begriffen oder Worten Raum, Zeit, Bewegung nicht um Bezeichnung eines dunkeln Unbewussten, sondern eines klar Bewussten oder Bewusst zu Machenden.

Die Zeit anlangend, so lässt Musik wie Langeweile das zeitliche Nacheinander empfinden ohne Rücksicht auf Bewegung; der Takt der Musik ist etwas rein Zeitliches, wobei wir (falls wir nur nicht an den Spieler denken) nicht das Gefühl von Bewegungsverhältnissen, sondern von Verhältnissen eines reinen Nacheinander der Empfindung haben; und wenn es Musik gibt, nach deren Takte man gern geht oder tanzt, so gibt es auch solche, bei deren Takte man einschläft. Bei Langeweile wird die Zeit überhaupt um so länger empfunden, je mehr Bewegung mangelt; und am kürzesten vergeht uns die Zeit, wenn man ein bewegtes Leben führt. Wir haben ein Bedürfniss, dass die Zeit mit Bewegung ausgefüllt werde, wir fühlen aber oft, dass sie nicht ausgefüllt ist; das ist die leere Zeit.

Man kann also Raum und Zeit für sich ohne Bewegung haben, soweit sich überhaupt eine Sache ohne die andere haben lässt; denn zuletzt hängt freilich Alles in der Welt zusammen. Fliegt aber ein Vogel vor dem Auge vorbei, bewegt man die Finger tastend über eine Fläche, so hat man Das, was man vorher einzeln hatte, jetzt in der Bewegung zusammen, und kann es dann freilich auch aus der Combination wieder abstrahirend scheiden. Diese Zusammengesetztheit des Bewegungsbegriffes gegenüber der relativen Einfachheit von Raum und Zeit bleibt so lange wahr, als man die Begriffe, respectiv Worte Bewegung, Raum, Zeit, so versteht, wie sie in Naturwissenschaft und Leben verstanden werden. Um sie aber so zu verstehen, dass Bewegung als etwas Einfaches und gegen Raum und Zeit als das Fundamentale erscheint, muss man dem Bewegungsbegriff eine Stellung oder Bedeutung geben, die entweder durch die Thatsachen oder den Sprachgebrauch nicht gerechtfertigt wird, und hiemit seine Brauchbarkeit für Wissenschaft und Leben preisgeben.

Man könnte sich verleiten lassen, den Bewegungsbegriff als eine Voraussetzung des Zeitbegriffs deshalb anzusehen, weil das Mass der Zeit doch nicht anders als mittelst Bewegung gewonnen werden kann. Aber ein Anderes ist der Begriff, das Wesen, die Qualität, die innere Relation der Zeit, und das Mass, der quantitative Vergleich, die äussere Relation von Zeit zu anderer Zeit. Die Elle ist überall dicker als das Zeug, was damit gemessen werden soll; so enthält die Bewegung als Mass der Zeit noch mehr als Zeit. Die Brücke zwischen zwei Ufern greift ein in beide Ufer, doch enthält mehr als beide Ufer; so bedarf es zur äussern Relation zweier Zeiten noch mehr als blosser Zeit, bedarf es eines Uebertragungsmittels zwischen beiden. Sollte man sagen, der Raum enthält wesentlich den Materiebegriff eingeschlossen, oder hängt wesentlich davon ab, weil man den Raum nur mit einem materiellen Massstabe messen kann? Jedes Mass der drei Grundwesen muss sich mit auf die andern beiden stützen, aber deshalb hängt ihr Begriff nicht davon ab. Auch zum Masse des Raums gehört Bewegung wie zum Masse der Zeit, denn um zwei Räume, respectiv die materiellen Gränzpunkte derselben, zur Deckung zu bringen, muss man Bewegung vornehmen; aber dies macht den Raumbegriff so wenig als den Zeitbegriff abhängig vom Bewegungsbegriff. So setzt denn auch das Mass der Materie, die Masse, die andern Begriffe, Zeit und Raum und ihre Function, die Bewegung, voraus, ohne dass der Materiebegriff davon abhängt.

Das Mass der Zeit gründet sich auf folgende Betrachtungen:

Gleiche Zeiten heissen solche, in denen gleiche Räume mittelst gleicher, d. h. gleich erzeugter, oder, mit Rücksicht auf das Beharrungsgesetz, gleich fortgehender Bewegung durchlaufen werden. Zum Zeitmass gehört daher eine Uhr. Doppelte und dreifache Zeit wird durch Summirung zweier oder dreier gleicher Zeiten erhalten. Die Beurtheilung der Gleichheit der Zeiten ist ohne Rücksicht auf gleiche Bewegung gar nicht möglich, also auch der Begriff gleicher Zeiten nicht anders zu stellen. Nimmt man Bewegung B als Product aus Raum s und Zeit t, also $B = st$, was freilich nur in gewissem Sinne zu verstehen ist (s. unten), so ergibt sich daraus die Abhängigkeit der Gleichheit der Zeiten von der Gleichheit der Räume und der Bewegungen von selbst, Die gleiche Erzeugung oder Forterhaltung einer Bewegung muss respectiv aus der Wiederholung der erzeugenden Umstände oder Abwesenheit abändernder Umstände erkannt werden. Und dies setzt wieder die Gültigkeit des allgemeinsten Gesetzes alles Geschehens (S. 43) voraus, ohne welches überhaupt keine Naturwissenschaft möglich wäre, dass nach Massgabe als die Bedingungen sich gleichen oder nicht gleichen, auch die Erfolge sich gleichen oder nicht gleichen. Die bedingenden Umstände aber liegen zuletzt in zeitlich räumlichen Verhältnissen der Materie zu einander. Weiss man diese nicht identisch herzustellen oder fortzuerhalten, so ist kein Zeitmass möglich.

Indess also der Begriff der Zeit etwas sehr Einfaches und durch Verweisung auf den Zeitfluss des Bewusstseins einfach zu Erläuterndes ist, ist das Mass der Zeit etwas, was auf complicirten Voraussetzungen ruht. Es gilt in dieser Hinsicht vom Verhältniss zwischen Begriff und Mass bei der Zeit nur dasselbe, als bei allen andern Dingen und ist in der Ausführung nicht anders als in der Theorie. Im Allgemeinen ist es einfach, zu erkennen, wohin ein Gegenstand seinem Begriffe nach gehört, ihn genau zu messen, schwierig, und die genauen Massverfahren und die Verfertigung genauer Massmittel und Massstäbe, Wagen, Gewichte, Uhren gehört zu den schwierigsten Aufgaben der Physik und Mechanik. Das Geistige hat sogar bis jetzt noch alles Masses gespottet. Wer den Begriff auf das Mass gründen will, gibt der Geist verloren.

Da Gewichte, Massstäbe und Uhren vergänglich und niemals absolut übereinstimmend, also auch nicht genau reproducirbar sind; da die Dimensionen der Erde und mit ihnen die Rotationszeit der Erde durch die fortschreitende Erkaltung derselben betheiligt, ihre Masse durch Meteorsteine vergrössert wird, so fragt sich, ob es überhaupt möglich ist, absolut feste Masseinheiten für Materie, Raum und Zeit zu gewinnen; ja ob es in der Natur der Dinge liegt, dass sich solche feststellen lassen. Ich glaube, dass es allerdings principiell der Fall ist; kann aber das Nähere meiner Ansicht hierüber erst im folgenden Capitel entwickeln.

Den Begriff der Bewegung bin ich geneigt, so zu erläutern:

Zeit, Raum, Materie lassen sich als Das, was sie sind, Formen und Stoff der Erscheinungswelt, nur unmittelbar in der Erscheinungswelt selbst ergreifen, und alle Definition kann zuletzt nichts thun, als hierauf weisen. Insofern man aber das so Erfasste in den Begriff aufnimmt, kann man zwischen ihnen Gemeinsamkeiten und Gegensätze entdecken, und sie durch diese Relationen theils mit einander verknüpfen, theils sie einander gegenüber charakterisiren, wie dies im zweiten Capitel geschehen ist.

Was von Zeit, Raum, Materie gilt, lässt sich auf ihre Functionen übertragen. In letzter Instanz werden diese auch nur in der wirklichen Erscheinungswelt als Das ergreifbar sein, was sie sind; indem man sie aber in den Begriff aufnimmt, mag man auch Gemeinsamkeiten und Verschiedenheiten an ihnen zu entdecken suchen und so versuchen, ob nicht auch die Bewegung als Function von Zeit und Raum mit andern Functionen etwas gemein hat, und hienach sich mit ihnen einem gemeinsamen Begriffe unterordnen lässt, welcher als genus mit der differentia specifica der eingehenden Factoren die Definition der Bewegung bilden kann. In der That dürfte aus diesem Gesichtspunkte der oft gebrauchte Ausdruck, dass die Bewegung ein Product aus Raum und Zeit (hier immer begrifflich zu verstehen) sei, sich in gewissem Sinne, wenn schon nur in gewissem, wohl rechtfertigen lassen.

Eine ganz analoge Gedankenoperation nämlich, als ich vornehme, wenn ich 5 sechsmal denke, ist es, wenn ich das räumliche Nebeneinander nach einander denke; hiemit aber vollziehe ich den Begriff der Bewegung; und ebenso wie das Product 5 mal 6 dem Product 6 mal 5 gleich ist, gibt auch ein Nacheinander neben einander gedacht denselben Begriff der Bewegung, als ein Nebeneinander nach einander gedacht. — Das Product 5 × 6 kann man durch eine 5 mal wiederholte Setzung und Zufügung der 6, und eben so den Begriff der Bewegung durch eine nach einander wiederholte Setzung und Zufügung des Nebeneinander erzeugt denken. Beidesfalls aber ist der Begriff des Products vielsuchen, und nicht den Algorithmus, der für Zahlenproducte gilt, sofort auf andere Producte übertragen wollen.

Unstreitig nämlich hängt die Beschaffenheit der Producte nicht blos von der Beschaffenheit der Function, wodurch sich ihre Factoren verknüpfen, sondern auch der Beschaffenheit der Factoren selbst ab. Im Zahlenproduct nun hat man es mit homogenen, qualitativ gleichen, quantitativ vergleichbaren Factoren zu thun; in der Bewegung als Product von Nebeneinander und Nacheinander mit nicht homogenen, qualitativ ungleichen, quantitativ unvergleichbaren Factoren. Nun versteht es sich aber keineswegs von selbst, dass zwei Producte, die sich in Betreff der Factoren so verschieden verhalten, nach allen Beziehungen gleiche Eigenschaften und gleiche Verwendbarkeit zeigen.

Wie vorsichtig man sein muss, nicht auf den Namen Product übereilte Anwendungen zu gründen, zeigt folgendes Beispiel. Um ein Zahlenproduct zu verdoppeln, hat man zwei gleiche Zahlenproducte zu addiren, um eine Bewegung zu verdoppeln, zwei gleiche Bewegungen zu addiren, z. B. zwei gleiche Schritte; aber beim Zahlenproduct kommt dies auf eine Verdoppelung blos eines von beiden Factoren heraus, beliebig welchen man dafür nehmen will; bei der Bewegung verdoppeln sich beide Factoren; der doppelte Schritt enthält den doppelten Raum und die doppelte Zeit. Es hängt dies aber natürlicherweise daran, dass die Verdoppelung einer Bewegung gar nicht auf eine Verdoppelung der Qualität des Nebeneinander oder Nacheinander geht, welche das Begriffsproduct der Bewegung geben, sondern auf die Quantität derselben geht; indess bei dem Zahlenproduct die Verdoppelung allerdings auf die quantitativen Factoren selbst geht, welche das Product geben; so dass hier nichts Vergleichbares vorliegt.

Man könnte noch einen Unterschied der Bewegung als Product von Raum und Zeit vom Zahlenproduct darin suchen, dass Zahlen an sich Abstracta, nur im Denken gültig, Zeit und Raum aber concrete Formen der äussern Wirklichkeit seien. Aber dieser Unterschied ist nur scheinbar. Die Sechs auf dem Würfel ist eine concrete Zahl so gut, als die Würfelfläche, auf der sie ist, ein concreter Raum ist; der Begriff des Nebeneinander andererseits ist so gut ein abstracter Raum, als der Begriff der Zahl eine abstracte Zahl ist. Auch kann ich das Zahlenproduct 5 × 6 eben so gut als die Bewegung einmal im Denken abstract, ein anderes Mal in der anschaulichen Wirklichkeit concret darstellen.

Die scheinbaren Producte von Raum und Zeit, mit denen die mathematische Mechanik operirt, sind vielmehr Producte der Zahlen, wodurch Zeit und Raum gemessen werden, als Producte von Zeit und Raum selbst im bisherigen Sinne, und man muss sie nicht damit verwechseln. Entsprechendes gilt von den Quotienten von

Raum und Zeit, womit Physik und Mechanik zu thun haben. Die Mathematik hat überhaupt nichts mit Producten noch Quotienten von qualitativen Factoren zu schaffen, kennt solche nicht, und die Erweiterung des Begriffes Product, die wir hier als eine mögliche in gewissem Sinne statuiren, berührt sie nicht, kann ihr aber auch nicht widerstreben, so lange wir jene Vorsicht beim Gebrauche des Namens Product, wodurch der Conflict mit ihr ausgeschlossen wird, nur nie vergessen. Zuletzt ist es nur Sache der Definition, oder eines weitern oder engern Begriffsgebrauchs, respectiv Wortgebrauchs, ob wir den Namen Product über die Mathematik hinaus anwendbar halten wollen. Gewiss ist, dass die Denkoperation, wodurch ein Product in der Mathematik entsteht, über die Mathematik hinaus reicht; von der andern Seite jedoch ebenso anzuerkennen, dass die Erweiterung des Wortgebrauchs Product über sie hinaus in sofern bedenklich bleibt, als sie leicht verführen kann, Alles, was vom mathematischen Producte gilt, auf andere Producte zu übertragen.

Sofern Raum und Zeit quantitativ an sich unvergleichbar sind, fragt sich, wie man zum Begriffe der Geschwindigkeit kommt. Ist nicht Geschwindigkeit ein quantitatives Verhältniss des durchlaufenen Raums zu der Zeit, die gebraucht wird, ihn zu durchlaufen?

Ein directes Verhältniss der Art findet jedenfalls nicht statt, vielmehr können Raum wie Zeit jedes direct blos mit einer Einheit ihrer Art quantitativ verglichen werden. Man kann aber zwei beliebige, zu einer Bewegung zusammengehörige Theile des Raums und der Zeit als zusammengehörige Einheiten von Raum und Zeit betrachten, und indem man dann von irgend einer andern Bewegung den Raum mit jener Raumeseinheit, die Zeit mit jener Zeiteinheit vergleicht, erhält man für beide besondere Masszahlen, deren Verhältniss die Geschwindigkeit gibt.

Soll also der Begriff der Geschwindigkeit in einem Vergleichsverhältniss zwischen dem Raum und der zur Durchlaufung nöthigen Zeit gesucht werden, so kann es nur in sofern sein, als man einen mittelbaren Vergleich hiebei vor Augen hat. Dieser aber wird dadurch möglich, dass Raum und Zeit, obwohl als Nebeneinander und Nacheinander verschieden, doch darin übereinstimmen, dass sie beide gleich homogene Continua sind, und dass die Bewegung, worin sie zusammentreffen, ein Bindeglied zwischen ihnen erzeugt.

So wenig die Zeit von der Bewegung abhängig zu machen, so wenig kann meines Erachtens, wie es ebenfalls von Manchen geschieht, die Zahl von der Zeit abhängig gemacht werden, sondern nur das Zählen; die Zahl ist aber nicht wesentlich an ein Zählen (jedenfalls nicht an ein Zählen im engern Sinne, was immer zeitlich ist) gebunden. Sieht man in den Himmel, so erkennt man unmittelbar eine grosse Anzahl, Vielheit von Sternen, ohne sie erst zu zählen; man weiss freilich nicht, wie viele es sind; rechnet man jedoch die Bestimmtheit zum Begriffe der Zahl (obwohl diese in der That nur zum Begriffe der bestimmten Zahl gehört), so sieht man auch unmittelbar in jedes Menschen Gesicht zwei Augen, in jedem Dreieck drei Spitzen, ohne sie erst zu zählen. Die Behauptung, dass hier doch rasch gezählt werde, fällt mit der oben betrachteten zusammen, dass man das räumliche Miteinander überall nur nacheinander erziele. In der That aber ist das Zählen nur nöthig, eine Sammlung allmälig zu vergrössern, die man im Kleinen schon von vorn herein beisammen hat, und zuletzt will alles Gezählte immer wieder in eine gleichzeitige Summe zusammengefasst sein, soll man eine Zahl haben, sonst schöpft man mit dem Fass der Danaiden und die nach und nach aufgelesenen Einheiten fallen auseinander, wie sie gesammelt werden. Das Zählen ist in der That zur Erzeugung der Zahl nicht anders nöthig, als die Bewegung des Auges oder Fingers zur Erzeugung des Raums. Die Zahl, die wir schon ohne Zählen haben, wird nur dadurch vergrössert.

Unstreitig gibt es Zahlen, die wesentlich mit abhängig vom Zeitbegriffe sind, das sind die Ordnungszahlen: Erstes, Zweites, Drittes. Wenn man aber die Zahlen 1, 2, 3 auch vom Zeitbegriff abhängig machen will, was gibt ihren Unterschied von den Ordnungszahlen?

Wie früher (S. 134) erörtert, halte ich die Zahlen durch die discreten Elemente der Materie in der Natur absolut hypostasirt; diese können im Raum zu Summen zusammengefasst oder in der Zeit nach beliebiger Ordnung verfolgt werden, und repräsentiren so beiderlei Arten von Zahlen. Dies wird gleich weitere Bedeutung im Folgenden gewinnen.

Bewegung lässt sich zwar abstract als zeitlicher Verfolg eines räumlichen Nebeneinander denken, ohne ein Bewegtes (wenigstens deutlich) mitzudenken; nicht minder Materie als ein Discretes, ohne Bewegung mitzudenken; sofern wir aber die Bewegung und Materie concret fassen, wie sie in der Natur vorkommen und unsern Abstractionen real unterliegen, kommt Bewegung nicht ohne Materie, die sich bewegt, und Materie nicht ohne Bewegung, in der

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01570/023

sie begriffen ist, vor (S. 153). Es wird dann nichts hindern, zu sagen, die bewegte Materie oder die concrete Bewegung sei ein Product aller drei Grundfactoren der Natur, Raum, Zeit, Materie.

Zwar können hier begriffliche Schwierigkeiten erhoben werden. Wenn die Materie ein Discontinuirliches an sich ist, wie kann sie mit den an sich continuirlichen Factoren Raum und Zeit ein gemeinsames Product geben? Das Discontinuirliche continuirlich, und sogar im doppelten Sinne zugleich continuirlich gedacht, widerspricht sich. So scheint es wenigstens. Man kann darauf nur antworten: sieh zu, wie es sich in der Wirklichkeit macht; diese löst den scheinbaren Widerspruch in der Bewegung. In der That aber ist der Widerspruch nur scheinbar; und mit der Weisheit, die man in Widersprüchen finden soll, ist es hier, wie überall nichts. Denn das Atom bleibt in der Bewegung so discontinuirlich gegen andere Atome, als ohne Bewegung gedacht; Raum und Zeit bleiben so continuirlich in sich, als ohne Atome gedacht; aber es entsteht eine Wechselbestimmtheit aller drei, die sich in der Natur als bewegte Materie oder concrete Bewegung darstellt, und nach der Anschauung hievon ist der Begriff der bewegten Materie zu bilden. Ein eigentlicher Widerspruch fände blos dann statt, wenn das discontinuirliche Atom als dasselbe mit der continuirlichen Zeit oder dem continuirlichen Raum erklärt würde; aber es ist nur von einer Wechselbestimmtheit die Rede. So ist es mit allen Producten. Die Factoren identificiren sich nicht, sondern bestimmen sich zu etwas Neuem; man muss nachsehen, was es ist.

Dies ist auch im Auge zu behalten, wenn man überlegt, was etwa die Producte von Raum und Materie, Zeit und Materie gegenüber dem Product von Raum und Zeit für sich sein könnten. Man muss nicht dabei verlangen, dass das an sich Discontinuirliche continuirlich werde, hienach etwa meinen, das Product von Raum und Materie gebe die Raumerfüllung. Dies hiesse einen wahren Widerspruch setzen, indem hiemit das an sich Discontinuirliche durch etwas Continuirliches nicht bestimmt, sondern damit identificirt würde. Vielmehr, man muss in der Wirklichkeit nachsehen, wie es sich ausnimmt, wenn sich das Continuirliche durch das Discontinuirliche, das Discontinuirliche durch das Continuirliche unmittelbar bestimmt findet.

Hienach kann man die Körperlichkeit, in der die discreten Atome durch die Raumcontinuität verbunden, umgekehrt in den zusammenhängenden Raum durch die Körperatome eine Discretion gebracht wird, als Das ansehen, worin sich Raum und Materie wechselbestimmt. Alle Eigenschaften der Materie hängen an Relationen dieser Wechselbestimmtheit. Dieselben Atome aber, die räumlich verbunden die Körperlichkeit als eine Summe geben, in der alle gleichzeitig auf einander bezogen zu denken sind (hiemit eine Summenzahl repräsentiren können), können als erstes, zweites, drittes Atom nach einander zeitlich auf einander bezogen werden (hiemit eine Ordnungszahl repräsentiren) und geben so die Reihenfolge oder Ordnung, in der die Elemente oder Combinationen der Materie zeitlich verfolgt werden können; wie es bei Betrachtung der Wirkungen eines Atoms auf das andere, bei Fortpflanzung der Bewegung von einem Atom zum andern u. s. w. nöthig wird. Wir kommen in der That in der Naturbetrachtung nicht aus, wenn wir die Materie blos als eine räumlich combinirte, nicht auch in zeitlicher Ordnung verfolgbare ins Auge fassen.

Man könnte einwenden, die räumliche Verbindung der Atome sei eine wirkliche, die zeitliche Ordnung, in der ich sie denken will, nur eine mögliche. Allein in der That steht sich Beides ganz gleich. Absolut genommen, kann ich sagen, besteht von jedem Atome zu jedem andern Atome in der räumlichen Ausdehnung eine Brücke, die die Möglichkeit des Ueberganges für den anschauenden Geist gestattet, nur dass er bald blos diese bald blos jene Verbindung in Betracht zieht. Ebenso besteht von jedem Atome zu jedem andern Atome absolut genommen durch die Zeitfolge eine Brücke, die die Möglichkeit des Ueberganges für den denkenden Geist gestattet, nur dass er bald blos diese bald blos jene Uebergangsweise einschlägt.

In das dreifache Product bewegter Materie, wie es sich in der concreten Naturwirklichkeit darstellt, gehen nun solidarisch alle drei binären Producte, je zwei einen gemeinsamen Factor beitragend ein, und lassen sich daraus besonders abstrahiren. Es gehört zur concreten Bewegung die Bewegung in abstracter Fassung als Zeit-Raumproduct. Es gehört dazu eine räumliche Vereinigung mehrerer Atome; denn nur durch Wechselwirkung der Atome entsteht concrete Bewegung, und nur in abgeänderter Relation von Atom zu Atom besteht concrete Bewegung; die Vereinigung der Atome schliesst endlich wesentlich die Möglichkeit ein, die Relationen, welche bei der Bewegung vorkommen, von jedem als erstem anhebend in beliebiger Ordnung zu jedem andern zu verfolgen.

Im Uebrigen kann man wieder zweifelhaft sein, ob der Name

Product auf das Erzeugniss der Wechselbestimmtheit an sich grundgegensätzlicher Begriffe, wie Raum und Materie, noch ebenso anwendbar sei als auf das Erzeugniss der Wechselbestimmtheit von Raum und Zeit, welche bei aller qualitativen Verschiedenheit doch die Continuität mit einander gemein haben, und es ist dies zuletzt wieder nur eine Frage danach, wie weit man den Begriff Product fassen will; ableiten lässt sich aus dem Namen überall nichts; sondern nur das wieder herausnehmen, was man hineingethan hat; und man darf also nie vergessen, was dies gewesen ist.

Die concrete Wirklichkeit gibt uns Veranlassung, über den niedern Begriff der Bewegung von Materie noch einen höhern zu bauen. Ein Bewegungszustand wie der Schwingungszustand, der in einer Flüssigkeit stattfindet, kann sich selbst als Welle fortbewegen. Hier kann man die höhere Bewegung nicht unmittelbar auf die Materie beziehen; allein die niedere, welche in die höhere eingeht, wird derselben immer bedürfen.

Wie wir den Begriff, das Wesen von Zeit, Raum, Materie, und das Mass derselben als eine qualitative und quantitative Seite zu unterscheiden haben, so auch den Begriff, das Wesen der Kraft und das Mass der Kraft. Der allgemeinste Begriff der Kraft bedeutet, wie mehrfach erörtert, die gesetzliche Abhängigkeit, in welcher die Abänderung oder Erhaltung der zeitlich-räumlichen Verhältnisse (des Bewegungs- und Ruhezustandes) der Materie von den bestehenden zeitlich-räumlichen Verhältnissen derselben steht, in welcher Erklärung innere und äussere Kräfte, Druckkräfte und bewegende Kräfte, und selbst die Kraft der Beharrung gemeinschaftlich eingeschlossen sind; oder, wenn man letztere ausschliessen und hiemit den Kraftbegriff, wie gewöhnlich, enger fassen, ihn dazu auf äussere Kräfte beschränken will, die gesetzliche Abhängigkeit, in welcher die Abänderung oder Erhaltung des Bewegungs- oder Ruhezustandes der Materie von ihren bestehenden zeitlich-räumlichen Verhältnissen zu anderer Materie steht*). Als zeitlich-räumliche Verhältnisse kommen in Betracht: Distanz, Anordnung, relative Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverhältnisse (letztere beide jedenfalls mit bei elektrischen Kräften). Das Mass der Kraft aber liegt darin, dass man die positive oder negative Abänderung (Beschleunigung, Verzögerung, Erzeugung, Aufhebung) der Geschwindigkeit einer gegebenen Materienmasse als Einheit unterlegt und andere damit vergleicht.

---

*) S. 109 Anmerk. habe ich übrigens bemerkt, wie man selbst die Beharrung von der Kategorie des Zusammenseins der Materie mit abhängig machen könnte; wie es denn überhaupt der Wendungen und Weisen, Kraft und Beharrung zu combiniren oder zu unterscheiden, mehrere gibt. Ich komme noch einmal im folgenden Capitel auf diesen Punkt zurück.

Wenn wir von Gravitationskraft, Cohäsionskraft, elektrischer Kraft, magnetischer Kraft einander gegenüber sprechen, so beziehen wir uns dabei auf das verschiedene Gesetz, nach welchem die Abänderungen in gegebenen Combinationen der Materie erfolgen, hiemit auf den Begriff, die Qualität der Kraft; wenn wir dann aber von doppelter, dreifacher Kraft sprechen, so beziehen wir uns auf das verschiedene Grössenverhältniss, in dem sie stehen, hiemit auf die quantitative Seite der Kraft. Die Physik und Mechanik, wenn sie von Kräften schlechthin sprechen, haben es bald mit dem Begriffe, der Qualität, bald mit dem Masse, der Quantität der Kraft zu thun, und man muss nicht Eines mit dem Andern verwechseln. In den Erörterungen S. 107 ff. haben wir es nur mit dem Begriffe der Kraft zu thun gehabt.

Wie es kommt, dass aus gegebenem Zusammensein der Materie neues Zusammensein gesetzlich hervorgeht, warum die Beschleunigung gerade diese und nicht vielmehr überall die doppelte, dreifache, mithin die absolute Kraftgrösse der Welt eine ganz andere ist, als sie sich findet, warum sich die Beharrung mit der Beschleunigung, eine Kraftwirkung mit einer andern überhaupt und zwar nach einfachster Regel zusammensetzt, wird sich Alles in letzter Instanz nicht erklären, sondern nur als Grundthatsache hinnehmen lassen. Es hindert aber nichts, diese Thatsachen theils unter sich, theils mit andern Grundthatsachen der Existenz in Beziehung zu setzen, und höhere verknüpfende Gesichtspunkte dafür zu suchen, wo sich z. B. zeigen wird, dass das Princip grösster Einfachheit, das Princip zureichenden Grundes da, wo sie in Betracht kommen können, auch wirklich zur Geltung kommen.

So lange wir auf physischem Gebiete verharren, haben wir überhaupt in Betreff der Kräfte weiter nichts zu thun, als die Grundthatsachen, die sich hier darbieten, möglichst scharf nach allen Besonderheiten in das Auge zu fassen, möglichst klar zu bezeichnen, auf möglichst allgemeine Bestimmungen zurückzuführen, und durch möglichst weit getriebene widerspruchslose Combination derselben in den möglichsten Reichthum von Folgerungen zu entwickeln.

Die Metaphysik anlangend, so kann nach unserer Fassung der Metaphysik (S. 127) die Aufgabe derselben in Betreff der Kräfte nur die sein, auf der Grundlage des Allgemeinsten und Letzten, wozu die Physik als Erfahrungswissenschaft an der Hand der Mathematik bisher zu gelangen vermochte, und in Fortsetzung der Richtung, die bis dahin sicher führte, einen Abschluss in etwas Allerallgemeinstem und Allerletzten zu suchen. An einer metaphysischen Betrachtung der Kräfte in diesem Sinne fehlt es jedoch noch gänzlich, und leider ist zu gestehen, und schon früher gestanden worden, dass die physikalische Unterlage dazu noch verhältnissmässig schwach und schmal, die Richtung des darüber Hinausgehens nicht sicher vorgezeichnet ist. Inzwischen mag man als ein versuchsweises Bruchstück einer solchen Betrachtung das folgende Capitel ansehen. Ist die metaphysische Feststellung der physischen Kraft gewonnen, so steht es frei, ja kann selbst als eine höhere Aufgabe der Metaphysik gerechnet werden, ihre Beziehung zu andern Allgemeinheiten und Gränzbegriffen der Existenz zu suchen.

VII. Hypothese über das allgemeine Kraftgesetz der Natur.

Nach allen im dritten Kapitel gepflogenen Erörterungen ist es nicht sehr wahrscheinlich, dass sich die Naturerscheinungen blos mit Hülfe der Gravitation und Beharrung werden construiren lassen. Ehe man sich aber entschliesst, Grundkräfte zuzulassen, die mit einer verschiedenen Grundqualität der Materie in Beziehung stehen, kann noch folgender Weg versucht werden.

Es liesse sich denken, dass die Gravitation, ohne selbst die allgemeinste Kraft zu sein, welche das Geschehen in der Natur beherrscht, nur einen besondern Fall einer allgemeinsten Kraft, oder, was dasselbe sagt, das Gravitationsgesetz nur einen besondern Fall eines allgemeinsten Gesetzes darstellte, unter welchem alles Geschehen in der Natur steht, den Fall nämlich, der für merkliche Entfernungen der materiellen Theilchen gilt, indess das allgemeine Gesetz für so kleine Entfernungen, wie sie bei den Molecularerscheinungen in Betracht kommen, Wirkungen bemerklich werden liesse, die für jede grössere Entfernung merklich verschwinden; und sich also unter dem Gravitationsgesetze nicht inbegriffen zeigen. Das Gravitationsgesetz wäre hienach eigentlich nur ein Annäherungsgesetz, um so richtiger, je grösser die Entfernung der Theilchen, doch schon merklich genau bei jeder merklichen Entfernung der Theilchen. Wie aber das Gravitationsgesetz auf eine verschiedene Grundqualität der Materie nicht Bezug nimmt, könnte dasselbe auch von dem allgemeinsten Gesetze gelten, dem es sich unterordnet.

In der That hat man schon mehrfach versucht, die allgemeine Kraft durch eine unendliche Reihe von Gliedern auszudrücken, die nach Potenzen des Abstandes der Theilchen von einander aufsteigen, indem sie diesen Potenzen umgekehrt proportional (reciprok) sind. Das erste, dem Quadrat des Abstandes reciproke Glied sollte die Gravitation bedeuten, gegen welches die folgenden Glieder bei merklichem Abstande der Theilchen verschwänden, indess umgekehrt bei molecularen Abständen die folgenden Glieder eine überwiegende Grösse erhielten. Durch Abwechselung der Vorzeichen liessen sich abstossende mit anziehenden Kraftgliedern in derselben Reihe vereinigen, von denen je nach den Verhältnissen des Abstandes bald die einen, bald die andern überwiegen könnten. Indess hat sich bis jetzt weder ein rationelles Princip für die Aufstellung einer solchen Reihe finden lassen, noch hat man, so viel mir bekannt, dem Gedanken daran auch nur ernsthaft Folge gegeben oder einen Erfolg damit erzielt.

Nachstehendes enthält einen neuen Versuch der Art, der jedoch auf andern Gesichtspunkten fusst, als die bisher gemachten Versuche. Sollte er gelingen, so würde damit von selbst die Erfüllung der im dritten Capitel erst noch ganz unbestimmt hingestellten Möglichkeit gegeben sein, alle Verschiedenheit der Kraftwirkungen blos von Verschiedenheit der Zusammenstellung (und respectiv Abänderung der Zusammenstellungsverhältnisse) an sich gleichgültiger einfacher Atome abhängig zu machen, ohne Rücksicht auf eine quantitative und qualitative Verschiedenheit derselben. Und dies ist jedenfalls das Günstigste für eine sich einfach und rein abschliessen wollende Atomistik.

Für den ersten Anblick zwar könnte man fast bedauern, dass ein so einfaches Gesetz wie das Gravitationsgesetz nicht zugleich das allgemeinste sein soll; indess wird sich zeigen, dass seine Einfachheit in der That nur eine Dürftigkeit ist, und dass wir ein Gesetz gewinnen können, welches einen gleich einfachen aber höhern und allgemeinern Gesichtspunkt stellt, der einer Entfaltung in einen unsäglich grössern Reichthum besonderer Gesetzesfälle fähig ist, als das Gravitationsgesetz, welches selbst nur den zweiten der bisher bekannten Fälle dieses Gesetzes darstellt. — Hiezu führt folgende Betrachtung.

Gewöhnlich fasst man Beharrung und Kraft als etwas grundwesentlich Verschiedenes auf. Indess ist doch der Erfolg der Beharrung mit den Erfolgen der Kraft gerade so und nach denselben Regeln zusammensetzbar (beispielsweise in der Wurfbewegung, wo vermöge dessen die parabolische Bahn entsteht) als die Erfolge der Kräfte unter sich; auch lässt sich ein begrifflicher Bezug zwischen Beharrung und Kraft, wobei wir zunächst immer die bestbestimmte Kraft, die Gravitationskraft im Auge behalten, durch den Gesichtspunkt finden, dass das Gesetz der Beharrung das Verhalten eines Theilchens für sich (im Zusammensein blos mit sich) ohne Rücksicht auf sein Zusammensein mit andern bestimmt, das Gesetz für die Kraft aber das Verhalten je eines Theilchens im Zusammensein mit je einem andern, aber ohne Rücksicht auf sein Zusammensein mit noch mehrern, und ohne Rücksicht auf das vorige Gesetz. Da das Kraftgesetz das Verhalten je eines Theilchens zum andern wechselseitig und solidarisch bestimmt, hindert nichts, auch zu sagen: das Beharrungsgesetz bestimme das Verhalten je eines Theilchens für sich ohne Rücksicht auf sein Zusammensein mit andern; das Kraftgesetz das Verhalten je zweier Theilchen in Verbindung, ohne Rücksicht auf ihr Zusammensein mit noch mehrern, wie ohne Rücksicht auf das erste Gesetz. Die Erfolge beider Gesetze setzen sich dann aber an jedem Theilchen zusammen.

Wir haben hier zwei erste Stufen einer Gesetzesreihe; lässt sich dieselbe nicht weiter fortsetzen?

Gibt es ein Gesetz, was das Verhalten je eines Theilchens für sich bestimmt, ein solches vom vorigen zu trennendes, was das Verhalten je zweier Theilchen in Verbindung bestimmt, dessen Erfolge sich aber mit denen des vorigen zusammensetzen, warum nicht ferner eben so für je 3 Theilchen besonders, für je 4 Theilchen besonders u. s. w., Gesetze, die von den vorigen zu trennen sind, deren Erfolge sich aber mit den Erfolgen der vorigen zusammensetzen?

Bisher hat man Das, was in einer Combination z. B. von drei Theilchen geschieht, rein aus der Zusammensetzung der Erfolge abgeleitet, welche durch die für je ein Theilchen und je zwei Theilchen geltenden Gesetze bestimmt werden. Es ist gewiss, dass dies für alle Berechnungen der himmlischen Erscheinungen ausreicht; aber reicht es auch für die Molecularerscheinungen aus? können nicht eben hier Erfolge bemerklich werden, die von Kräften abhängen, welche solidarisch durch das Zusammensein von mehr als zwei Theilchen bestimmt werden?

Gehen wir diesem Gedanken nach, indem wir das Verhältniss, was schon zwischen dem ersten und zweiten Gesetz besteht, im Fortschritt zu den weitern Gesetzen zu verallgemeinern suchen.

Das erste Gesetz bestimmt das Verhalten eines Theilchens für sich; das zweite Gesetz bestimmt das Verhalten desselben Theilchens nach den Verhältnissen seines Zusammenseins mit je einem andern, weist ihm eine demgemässe Geschwindigkeit und Richtung an, die mit der durch das erste Gesetz bestimmten nicht allgemein zusammenfällt, aber sich damit zusammensetzt, sowie auch die verschiedenen Richtungen und Geschwindigkeiten, die das zweite Gesetz dem Theilchen anweist, je nachdem dasselbe mit diesem oder jenem andern Theilchen zusammengefasst wird, sich zusammensetzen; das dritte Gesetz wird nun das Verhalten des Theilchens nach den Verhältnissen seines Zusammenseins mit je zwei andern solidarisch bestimmen (wozu wir unten die Regeln näher zu ermitteln versuchen), ihm eine demgemässe Geschwindigkeit und Richtung anweisen, die mit der durch die beiden vorigen Gesetze bestimmten nicht allgemein zusammenfällt, aber sich damit zusammensetzt, sowie auch die verschiedenen Richtungen und Geschwindigkeiten, die das dritte Gesetz dem Theilchen anweist, je nachdem dasselbe mit diesen oder jenen zwei andern Theilchen zusammengefasst wird, sich zusammensetzen werden und so fort auch bei den Kräften, die durch das Zusammensein von je vier Theilchen, je fünf Theilchen, u. s. w. bestimmt werden; allgemein in der Art: dass immer der Erfolg der höhern Gesetze, anstatt als eine Zusammensetzung des Erfolgs der niedern gefasst werden zu können, sich mit den Erfolgen der niedern Gesetze selbst zusammensetzt.

Man hätte nur noch den Erweis oder die Annahme nöthig, dass die Kräfte, welche durch die höhern (d. h. aus mehr Theilchen bestehenden) Combinationen bestimmt werden, um so rascher mit der Entfernung abnehmen, je höher die Combination, so dass alle Kräfte, welche die Gravitation übersteigen, für die Bewegung der so fernen

Himmelskörper ausser Acht gelassen werden dürfen, indess sie im Gebiete des Molecularen eine grosse und selbst grössere Rolle als die Gravitation spielen könnten.

Auch im Gebiete des Molecularen selbst könnten solchergestalt, je nach den Abstandsverhältnissen der Theilchen oder Molecule, bald niedere Kräfte gegen höhere, bald höhere gegen niedere verschwinden und relativ isolirte Combinationen in Betreff des Verhaltens ihrer Theilchen zu einander als blos ihren eigenen innern Kräften überlassen gedacht werden, ungeachtet streng genommen jede Combination als Glied der allgemeinen Weltcombination selbst den höchsten Weltkräften mit unterliegt.

Ehe wir das so im Allgemeinen aufgestellte Princip näher zu bestimmen und in Folgerungen zu entwickeln versuchen, lassen wir einige allgemeinere Betrachtungen zu seinen Gunsten sprechen.

Von vorn herein liegt keine aprioristische Nothwendigkeit vor, das Verhalten eines Theilchens unmittelbar nur nach seinem Bestehen für sich und seinem Zusammensein mit je einem andern Theilchen gesetzlich bestimmt zu denken, und Alles blos von Zusammensetzung so gewonnener Bestimmungen abhängig zu machen, da jedes Theilchen doch eben so als für sich und als mit je einem auch mit je zwei, mit je drei andern Theilchen u. s. w. unmittelbar zusammen und zusammenfassbar ist, ja es kann von vorn herein wenig wahrscheinlich erscheinen, dass die Natur sich mit den zwei ersten Schritten auf einem Wege, der ins Unendliche frei steht, begnügt haben sollte.

Dieser allgemeinen Betrachtung kommt entgegen, dass die höhern Kräfte, auf die wir so geführt werden, sich zur Befriedigung wirklicher Bedürfnisse der Physik auch wirklich geeignet zeigen, wie dies beim nähern Eingehen auf die Folgerungen unsers Princips erhellen wird. Es fragt sich in der That eigentlich nicht, ob wir noch andere Kräfte als die Gravitation haben wollen, sondern wie wir solche in Verhältniss und Zusammenhang mit der Gravitation denken und des Nähern bestimmen sollen, und in dieser Beziehung dürfte unser Princip die günstigstmöglichen Bedingungen darbieten.

Erinnern wir hier nur ganz vorgreiflich an einige Punkte, wo unser Princip versprechende Aussichten eröffnet.

Für nichts scheint die Annahme von Kräften, welche solidarisch von den Verhältnissen des Zusammenseins aller Theile eines Systems abhängen, oder was Dasselbe sagt, von Gesetzen, welche das Verhalten aller Theile desselben solidarisch bestimmen, willkommener als für die Deutung der Erscheinungen, welche die Organismen darbieten. In der That scheint es kaum denkbar, dass man das Spiel dieser Erscheinungen blos von einer Zusammensetzung von Kräften, welche von je einem Theilchen zum andern herüberwirken, sollte abhängig machen können, dagegen es im Sinne unserer Hypothese für die Gesammtheit der Theile eines Organismus eine Kraft gibt, welche deren Verhältnisse im Zusammenhange beherrscht, mit vielen untergeordneten Kräften für die besondern untergeordneten Systeme, die in der allgemeinen Zusammenstellung inbegriffen sind.

Nicht minder ist die Deutung der verschiedenen Grundqualität der chemisch einfachen Stoffe leicht mit unserm Princip in Beziehung zu setzen. Schon mehrfach sind die Chemiker auf den Gedanken gekommen, dass die Stoffe, die wir als einfache qualitativ verschiedene unterscheiden, nur dadurch von einander abweichen, dass ihnen Molecule aus einer verschiedenen Anzahl gleichgearteter Atome zu Grunde liegen; und die nachgewiesene Commensurabilität zwischen den Atomgewichten vieler einfachen Stoffe kommt dieser Vorstellung sehr zu Hülfe. Unstreitig deutet diese Commensurabilität auf ein allgemeines Princip und der Möglichkeit der Verallgemeinerung steht auch wirklich nichts im Wege, wenn man die sog. Atomgewichte, richtiger Moleculgewichte, der einfachen Stoffe durch Multiplication mit einem gemeinsamen Factor hinreichend vergrössert, was sich, im Falle die Molecule aus einer Mehrheit von einfachen Atomen zusammengesetzt wären, ohnehin nöthig machen würde. Unser Princip kommt nun dieser Vorstellung in sofern entgegen, als es gestattet, die verschiedene Grundqualität der sog. chemisch einfachen Stoffe auf die Verschiedenheit des Gesetzes zu beziehen, was in den ihnen unterliegenden Moleculen je nach der Zahl der davon befassten Atome waltet. Nicht nur ein anderer eigener innerer Zustand des Moleculs (andere Zahl und Anordnung der Atome), sondern auch ein anderes Verhalten zu den Moleculen anderer einfacher Stoffe wären damit von selbst gesetzt. Die sogenannten einfachen Stoffe wären also hienach nur die einfachsten Combinationen des einfachsten Stoffes.

So verspricht unser Princip von vorn herein ebenso für die Repräsentation der verwickeltsten Anordnungen der Natur, d. i. der organischen, wie der einfachsten Anordnungen, d. i. der Molecule der sog. einfachen chemischen Stoffe, Dienste zu leisten; was gewissermassen die Gränzfälle des Gebiets sind, das damit zu decken ist.

Es kommt unserer Hypothese ferner zu statten, dass nach W. Weber's Untersuchungen im Gebiet der Elektricität sich ohnehin schon die Nothwendigkeit geltend gemacht hat, Kräfte anzunehmen, die nicht blos durch das Zusammensein je zweier Theilchen, sondern auch das Mitdasein der andern bestimmt werden (vergl. hierüber die Abhandlung der Jablonowski'schen Gesellschaft 1846. S. 376 oder meine Schrift „Zend-Avesta" II. S. 287, wo die Stelle nach Weber mitgetheilt ist).

Um jedoch einen bestimmtern Anhalt zur Beurtheilung der Tragweite und Leistungen unsers Princips zu gewinnen, wird es gelten, dasselbe erst näher zu bestimmen, d. h. die Abhängigkeit der Kräfte, die es unter sich fasst, von den Verhältnissen des Zusammenseins der Theilchen in entsprechender Weise allgemein festzustellen, wie es für die Gravitation schon im besondern stattfindet; und hiezu dürfte der beste, wo nicht einzige Weg der sein, dass wir eben durch eine verallgemeinernde Fassung des Gravitationsgesetzes selbst dazu zu gelangen suchen. Die gewöhnliche Ausdrucksweise des für je zwei Theilchen geltenden Gravitationsgesetzes gestattet nun freilich keine Verallgemeinerung für mehr als zwei Theilchen und dies hat unstreitig beigetragen, den Gedanken an ein allgemeines Gesetz wie das unsrige zurückzudrängen; aber es ist leicht, die gewöhnliche Ausdrucksweise in eine andere zu übersetzen, welche dem Factischen ebenso gut genügt und das Verlangte leistet.

Nach der gewöhnlichen Fassung des Gravitationsgesetzes ist die Kraft jedes Theilchens nach der Verbindungslinie der Theilchen gerichtet, d. h. es strebt sich in Richtung dieser Linie nach dem andern Theilchen hin zu bewegen. Aber da in einer Combination von drei Theilchen jedes Theilchen mit je zwei andern verbunden ist, so kann die Kraft dritter Stufe, welche durch das Zusammensein aller drei gemeinschaftlich bestimmt sein soll, weder im Sinne der einen, noch andern Verbindungslinie gerichtet sein, da natürlich keine etwas vor der andern voraus hat. Welches wird ihre Richtung sein? Da der gewöhnliche Ausdruck des Gravitationsgesetzes in dieser Beziehung keine Verallgemeinerung zulässt, so übersetzen wir ihn in einen andern, welcher das Factische noch ebenso gut als der erste trifft, aber nun die Uebertragung auf die Combination von drei und mehr Theilchen gestattet. Wir sagen nicht mehr, die Kraft jedes Theilchens ist nach dem andern Theilchen, sondern sie ist nach dem gemeinsamen Schwerpunkt beider Theilchen gerichtet, als wenn dieser der sie gemeinsam anziehende Mittelpunkt wäre. Im Factischen kommt dies in der That auf dasselbe hinaus, kann aber nun auf jede beliebige Anzahl Theilchen übertragen werden.

Auch bei einer Combination von drei Theilchen, von vier Theilchen u. s. w., wird also die durch das Zusammensein der Theilchen gemeinsam bestimmte Kraft überall gegen den Schwerpunkt der Combination gerichtet sein, oder, sofern sich später auch abstossende Kräfte unter der Reihe der höhern Kräfte von selbst ergeben werden, von ihm weg gerichtet sein, als wenn die ganze anziehende oder abstossende Kraft des Systems von da ausginge. Da übrigens die Zusammensetzung der Gravitationswirkungen in Combinationen aus drei und mehr Theilchen jedes Theilchen ebenfalls gegen den Schwerpunkt treibt, so wird durch die höhere Kraft schliesslich eigentlich keine neue Richtung eingeführt, sondern die einfache Wirkung derselben addirt sich oder (im Fall abstossender Kräfte) subtrahirt sich nur zu oder von der zusammengesetzten Wirkung der Gravitation, ohne doch mit ihr identificirt werden zu können.

Die Vorstellung, dass die Richtung der Kraft jedes Theilchens einer Combination statt in Bezug zu einem andern Theilchen vielmehr in Bezug zum gemeinsamen Schwerpunkt aller Theilchen der Combination bestimmt ist, kann Schwierigkeit für Den haben, der die Kraft als etwas in den Theilchen besonders Sitzendes, auf andere Theilchen Hinüberwirkendes ansieht, eine Schwierigkeit, die natürlich wegfällt, wenn man diese an sich unklare Vorstellung verlässt, um die Kraft, so wie von uns schon früher geschehen ist, vom Gesetzesbegriff abhängig zu machen. Wir sagen: Körper äussern eine Kraft auf einander, wenn sie sich nach einem auf die Verhältnisse ihres Zusammenseins bezüglichen Gesetze von oder gegen einander bewegen. Da hienach die Kraft selbst erst durch das Zusammensein der Theilchen entsteht und bestimmt wird, in sofern das Gesetz eben nur für ein gegebenes Zusammensein eine gegebene Kraftwirkung aussagt, erscheint es auch ganz angemessen, dass die Richtung eines Theilchens durch die Kraftwirkung nicht einseitig in Bezug zum andern, sondern in Bezug auf ein durch ihr gemeinsames Dasein gesetztes Ziel bestimmt ist, wie denn auch die Theilchen das gemeinsame Ziel, den gemeinsamen Schwerpunkt, wirklich erreichen würden, wenn sie der alleinigen Wirkung anziehender Kräfte überlassen blieben.

Jedenfalls ist gewiss, dass das Factische der bis jetzt bekannten Kraftwirkungen eben so wohl den einen als andern Ausdruck duldet, so dass von hier aus kein Einwand gegen unsere Auffassungsweise möglich ist. Mit blossen Ansichten aber lassen sich Ansichten nicht widerlegen.

Unstreitig zwar wird nichts hindern, unsere einfach gegen den Schwerpunkt der Combination gerichtet gedachten höhern Kräfte auch nach den Verbindungslinien der Theilchen zerlegt zu denken; aber weder konnte von einer solchen Auffassung bei der Herleitung der Wirkungsweise der höhern Kräfte ausgegangen werden, sofern sie einheitlich durch das Zusammensein mehrerer Theilchen bestimmt sein sollen, noch würde sich die allgemeine Betrachtung der Erscheinungen dadurch vereinfachen; wenn schon, wie nicht bestritten wird, für das Bedürfniss der Rechnung eine solche Zerlegung nöthig sein kann.

Die Abhängigkeit der Kraft vom Abstande der Theilchen wird für die Gravitation gewöhnlich so ausgedrückt: die Kraft sei umgekehrt proportional oder reciprok dem Quadrat des Abstandes. Da es aber schon bei drei Theilchen drei Abstände statt eines gibt, erleidet dieser Ausdruck wieder keine Uebertragung auf die höhern Kräfte. Aber wir können ihn in folgenden übersetzen: statt zu sagen, die Grösse der Kraft, welche in einer Combination von zwei Theilchen *a* und *b* wirkt, sei reciprok dem Quadrat ihres Abstandes, kann ich ebenso gut sagen, sie sei reciprok dem Producte aus dem Abstande von *a* zu *b* in den Abstand von *b* zu *a*, überhaupt dem Producte der irgendwie von Theilchen zu Theilchen zu nehmenden Abstände. Danach wird dann die Kraft in einer Combination z. B. aus 3 Theilchen reciprok sein einem Product aus sechs einfachen Distanzen oder drei Distanzquadraten, d. i. im Fall der Gleichheit der Abstände der sechsten Potenz des Abstandes; in einer Combination aus 4 Theilchen einem Product aus 12 einfachen Distanzen oder 6 Distanzquadraten u. s. f.

Dieses Ergebniss ist in sofern sehr befriedigend, als sich hiemit die grosse Schwächung der molecularen Kräfte mit der Entfernung, welche die Erfahrungen fodern, von selbst ergibt.

Man könnte es für den ersten Anblick befremdlich finden, dass bei den höhern Kräften über der Gravitation die Kraft ihrer Grösse nach durch das Product der Verbindungslinien der Theilchen bestimmt wird, ohne die Richtung im Sinne dieser Verbindungslinien zu haben. Allein Grösse und Richtung der Kraft sind selbst so incommensurabel, dass man unstreitig nicht a priori berechtigt ist, eine gemeinsame Abhängigkeit derselben von denselben Umständen, die auch bei der Gravitation nur scheinbar sein mag, anzunehmen. Und warum sollten nicht die Abstände der Theilchen von einander so gut, als ihre Abstände vom Schwerpunkt, einen Einfluss auf die Kraft haben. Jedenfalls kann eine Verallgemeinerung des Gravitationsgesetzes nur auf die hier angenommene Weise erlangt werden.

Die Zahl der einfachen Distanzfactoren, welche in die der Kraft reciproken Producte eingehen, ist für die successiv höhern Combinationen durch eine leicht fassliche und leicht herzuleitende Regel bestimmt. Sie beträgt für 1 Theilchen (Fall der Beharrung) 0 = 0. 1; für zwei Theilchen (Fall der Gravitation) 2 = 1. 2; für drei Theilchen 6 = 2. 3 u. s. f.; überhaupt nach der Reihe:

0. 1 = 0 für 1 Theilchen.
1. 2 = 2 - 2 -
2. 3 = 6 - 3 -
3. 4 = 12 - 4 -
4. 5 = 20 - 5 -
5. 6 = 30 - 6 -

u. s. f. Geht man zu den Quadraten über, so hat man natürlich die Hälfte dieser Zahlen zu nehmen; was die Reihe gibt

0, 1, 3, 6, 10, 15, 21 u. s. f.

worin je zwei ungerade und zwei gerade Zahlen auf einander folgen, was für eine später zu ziehende Folgerung wichtig ist.

Dächte man sich drei Atome in gleichen Abständen von einander in einer geraden Linie geordnet und die anfangs grossen Abstände so lange verkleinert, bis die Theilchen gerade ebenso stark durch die Kraft dritter Stufe als die Zusammensetzung der zwei Kräfte zweiter Stufe, die auf jedes wirken, sollicitirt würde, so hätte man in dem Abstand, in dem sich die Theilchen hiebei finden, eine feste Raumgrösse, die als absolute Masseinheit des Raums dienen könnte, wenn nicht dazu vielleicht noch zweckmässiger die Seite eines später zu erwähnenden Würfels zu nehmen, jedenfalls eine Grösse, woran sich die Hauptbeziehung der niedersten Molecularkraft zur Gravitationskraft nach quantitativer Hinsicht knüpft, und welche die Constante dieses Verhältnisses oder der niedersten Molecularkraft selbst heissen kann. Bei Verdoppelung dieses Abstandes würde die Gravitationskraft auf $^1/_4$; die höhere Kraft auf $^1/_{64}$ herabkommen; bei Halbirung aber beide sich im umgekehrten Verhältnisse verstärken. Solche Constanten wären auch für die Verhältnisse der übrigen Kräfte, sei es zur nächstvorangehenden oder zur ganzen Summe der vorangehenden Kräfte zu finden, so wie das Gesetz, nach dem sie fortschreiten.

Die Abhängigkeit der Kraft von der Masse anlangend, so würde, falls man eine Verschiedenheit der Massen der einfachen Atome statuiren wollte, die jedoch durch unser Princip vielmehr eliminirt werden soll, die in einer Combination auf je ein Theilchen wirkende (bewegende) Kraft proportional zu setzen sein dem einfachen Product der Massen, also z. B. bei drei Atomen von den Massen m, m′, m″ dem Product mm′m″. Man könnte zwar meinen, die Massen und Abstände seien im Zusammenhange so zu berücksichtigen, dass jede Masse, dividirt mit dem Abstande, den sie von einer andern hat, einen Factor des Products bildete, und dann würde bei einer Combination von 3 Atomen jede Masse zweimal, in einer solchen von 4 Atomen dreimal in das Product eingehen; allein die Abstände gehen blos deshalb doppelt in das Product ein, weil jeder als positiv und negativ wirklich doppelt existirt, was von den Massen nicht gilt.

Insofern wir geneigt sind, anzunehmen, dass alle Atome in allen Combinationen gleichwerthig sind, wird die Kraft, von welcher die einfachen Atome in irgend welcher Combination sollicitirt werden, überhaupt unabhängig von den Massen der Atome, sofern die Masse jedes Atoms = 1 gesetzt werden kann, und das Product noch so vieler Massen dann auch 1 bleibt.

Bei der Gravitation werden je zwei gleichwerthige Theilchen durch die in ihrer Combination wirkende Kraft mit gleicher Beschleunigung nach einander oder nach dem gemeinsamen Schwerpunkt hingetrieben, so dass die Lage dieses Schwerpunkts unverrückt bleibt. Soll bei Combinationen aus mehr als zwei Theilchen unter dem Einfluss der darin waltenden höhern Kräfte die Lage des Schwerpunkts ebenfalls unverrückt bleiben, so kann die Beschleunigung nicht mehr für alle gleich sein, sondern muss im Verhältniss des Abstandes vom Schwerpunkt stehen, so dass sich die Theilchen von der Ruhe ab mit Geschwindigkeiten, welche diesen Abständen proportional sind, nach demselben hinbewegen. Da also bei den höhern Combinationen nicht mehr wie bei den binären beide Bedingungen, gleiche Beschleunigung der gleichen Theilchen und Erhaltung der Lage ihres Schwerpunkts, zusammentreffen, so hat man sich zu entscheiden, welche von beiden festzuhalten ist. Unstreitig die letztere, weil wir kein System kennen, in welchem durch die Wirkung seiner eigenen Molecularkräfte der Schwerpunkt verrückt zu werden vermöchte. Die gleiche Beschleunigung der gleichmassigen Theilchen im Falle der Gravitation wäre dann nur als ein besonderer Fall anzusehen, welcher von dem gleichen Abstande derselben vom Schwerpunkte abhängt. Da die Richtung der Kraft auf den Schwerpunkt zu beziehen ist, muss ohnehin erwartet werden, dass der relative Abstand der Theilchen davon auf die relative Geschwindigkeit, mit der die Theilchen ihm zustreben, nicht ohne Einfluss sein werde; und wenn die grössere Distanz der Theilchen von einander die Beschleunigung für alle Theilchen gemeinsam schwächt, so ist dies kein Hinderniss, dass sich die Relation ihrer Beschleunigung nach dem Verhältniss des Abstandes vom Schwerpunkt richte.

Das Vorige hat noch nicht auf den Unterschied von Anziehungs- und Abstossungskräften geführt. Man kommt aber leicht in folgender Weise auf einen solchen Unterschied.

Die Richtung der Kraft, ob anziehend ob abstossend, lässt sich bestimmt halten durch das respectiv negative (Verkleinerung des Abstandes bedeutende) oder positive (Vergrösserung des Abstandes bedeutende) Vorzeichen des Distanzproducts (S. 189). Dieses Vorzeichen ist immer für je zwei auf einander folgende Kraftstufen dasselbe und wechselt im Uebergange zu den nächstfolgenden zwei Kraftstufen, wie sich leicht so ergibt:

Nimmt man bei zwei Atomen *a*, *b* die Richtung von *a* nach *b* positiv, so ist die von *b* nach *a* negativ, das Distanzproduct also negativ, mithin die Gravitation anziehend. Alle Quadrate der Distanzen sind aus gleichem Grunde negativ, und da nach S. 189 in das Distanzproduct für 3 Atome 3 Quadrate eingehen, so ist auch das Distanzproduct für 3 Atome negativ, mithin die ternäre Kraft ebenfalls anziehend. In das Distanzproduct für 4 Atome dagegen gehen 6, in das für 5 Atome 10 Quadrate ein; also werden die Distanzproducte hier positiv und die betreffenden Kräfte sind abstossender Natur. Das oben (S. 190) angeführte Gesetz, wie die Distanzproducte fortschreiten, führt von selbst mit, dass der Wechsel mit Aufsteigen in der Stufenreihe der Kräfte stets in voriger Weise fortgeht.

Jede höhere Kraft in einer Combination schliesst nothwendig das Mitbestehen aller niedern innerhalb derselben Combination ein; da ja natürlich eine Verbindung z. B. aus 5 Atomen auch Combinationen aus 4, aus 3, aus 2 Theilchen bis zu 1 herab einschliesst; dagegen nicht umgekehrt. Die höchste Kraft in jeder Combination kommt insofern immer nur einfach vor, als sie durch das Zusammensein sämmtlicher Theilchen der Combination bestimmt wird, obschon natürlich jedes Theilchen nach den angegebenen Regeln davon ergriffen wird: die niedern Kräfte aber kommen insofern mehrfach vor, als in jeder höhern Combination sich mehrere niedere Combinationen derselben Stufe finden lassen, und setzen sich in ihrer Wirkung unter einander und mit der ersten an jedem Theilchen zusammen.

So unterliegt z. B. in einer Combination von drei Theilchen jedes Theilchen 1) einer einfachen Kraft dritter Stufe; 2) einer Zusammensetzung zweier Kräfte zweiter Stufe (weil es zwei Combinationen zweiter Stufe zugleich angehört), und 3) einer einfachen Kraft erster Stufe oder der Beharrung. Diese drei Kräfte, von denen Nr. 2 selbst zusammengesetzt ist, setzen sich schliesslich in eine gemeinsame Resultante zusammen.

In einer Combination von vier Atomen unterliegt eben so jedes Theilchen 1) einer einfachen Kraft vierter Stufe; 2) einer Zusammensetzung dreier Kräfte dritter Stufe; 3) einer Zusammensetzung dreier Kräfte zweiter Stufe; 4) einer einfachen Kraft erster Stufe, die sich wiederum sämmtlich zusammensetzen u. s. f.

Es ist nicht unwichtig zu bemerken, dass die Zusammensetzung aller niedern Kräfte (mit Ausnahme der Beharrung) auf Grund einer etwaigen Urbewegung) den Schwerpunkt der ganzen Combination eben so wenig verrücken kann, als er auch durch die höchste Kraft selbst nicht verrückt werden kann; wie sich daraus ergibt, dass jede niedere Kraft für sich den Schwerpunkt der partiellen Combination, in der sie wirkt, unverändert lässt; denn hienach kann auch die Zusammensetzung dieser, in verschiedenen partiellen Combinationen wirkenden Kräfte nichts zur Verrückung des resultirenden Schwerpunkts der ganzen Combination leisten.

Fassen wir das Wesentliche der vorigen Bestimmungen kurz zusammen:

In jeder Combination aus irgend viel Theilchen waltet eine Kraft, welche ihrer Grösse und Richtung nach durch die Verhältnisse des Zusammenseins aller Theilchen auf einmal bestimmt wird, und die Bedeutung hat, dass ihrer Grösse proportional die Geschwindigkeit aller Theilchen zugleich nach der Richtung, in der sie durch die Kraft getrieben werden, wächst oder abnimmt. Der Grösse nach ist sie reciprok dem Product aus den Quadraten aller Abstände, die sich von je einem Theilchen zum andern nehmen lassen. Der Richtung nach treibt sie die Theilchen als anziehende Kraft gegen den gemeinsamen Schwerpunkt oder als abstossende vom gemeinsamen Schwerpunkt weg, je nachdem jenes Product negativ oder positiv ausfällt, wenn man jedes Quadrat selbst negativ setzt. Die Vertheilung der Wirkung dieser Kraft auf die einzelnen Theilchen, d. h. die Bewegung der einzelnen Theilchen vermöge dieser Kraft erfolgt so, dass das Princip der Erhaltung des Schwerpunkts dabei besteht, wonach sie, von der Ruhe ab gerechnet, dem Schwerpunkt mit Geschwindigkeiten zustreben oder von demselben mit Geschwindigkeiten wegstreben, welche ihrem Abstande vom Schwerpunkt direct proportional sind. Sofern jede höhere Combination (d. i. aus mehr Theilchen) alle niedere Combinationsstufen (mit weniger Theilchen) einschliesst, mithin jedes Theilchen im Allgemeinen mehrern niedern und höhern Combinationen und einer höchsten zugleich angehört, sind alle die Bewegungen, die es vermöge seines Inbegriffenseins in jeder dieser Combinationen für sich annehmen würde, besonders zu bestimmen, nun aber unter einander und mit der, die ihm durch Beharrung zukommt, nach der Regel des Parallelogramms der Kräfte zusammenzusetzen.

Vergleichen wir die von uns aufgestellte Kraftreihe mit der zu Anfang dieses Capitels erwähnten, an die man schon früher gedacht hat, so liegt der unsern in sofern ein anderer, höherer und allgemeinerer Gesichtspunkt unter, als in unserer Reihe die höheren Kraftglieder nicht eben so wie die niederen blos immer wieder von den Verhältnissen je zweier Theilchen zu einander abhängig gemacht und nach der Verbindungslinie derselben gerichtet gedacht werden, sondern sich successiv auf Combinationen von immer mehr Theilchen beziehen und danach auch immer neue Richtungen, jedesmal nämlich nach dem Schwerpunkt, gewinnen. Auch liegt der unsern ein ganz rationelles Princip unter, nach dem die den Kräften reciproken Distanzproducte so rasch, wie es die Erfahrung fodert, aufsteigen, und anziehende und abstossende Kräfte wechseln, indess es in der bisherigen Aufstellung der Reihe an einem Principe dafür fehlte.

Es leuchtet übrigens ein, dass das ganze Princip unsers Gesetzes nur für die Atomistik taugt, da in einem Systeme z. B. von 3 Theilchen, deren zwei in Berührung sind, die auf alle drei gemeinschaftlich bezügliche Kraft (weil null in das der Kraft reciproke Distanzproduct eingeht) unendlich werden, und über die darin waltende Gravitationskraft auch bei jeder noch so grossen endlichen Entfernung des dritten Theilchen das Uebergewicht erlangen müsste, was sich mit der Erfahrung nicht verträgt.

Man kann selbst hinzufügen, dass die ganze Ansicht nur zu einfachen Atomen passt, da zwischen den unendlich vielen verschiedenen Punkten zweier Atome von irgend welcher noch so kleinen Ausdehnung die ganze unendliche Summe von Kräften höherer Stufe mit der Gravitation zugleich in Wirksamkeit treten, mithin nicht einmal eine relative Sonderung dieser Kräfte möglich sein würde. Sollte sich unsere Hypothese durch die Erfahrung bestätigen lassen, so würde hiemit zugleich für die Annahme einfacher Atome entschieden sein.

So gross die Verallgemeinerung ist, welche das Gravitationsgesetz mit Vorigem erfährt, behaupte ich doch nicht, dass dies die grösste Verallgemeinerung ist, die es zulässt, werde vielmehr selbst zum Schluss (bei den Imponderabilien) auf Punkte hinweisen, die noch eine weitere Verallgemeinerung zu fodern scheinen. Demnächst jedoch mögen einige Hauptfolgerungen des Gesetzes nach seiner bisherigen Darlegung in Betracht gezogen werden, die freilich vor der Hand nur mehr in Andeutungen zur Anbahnung einer genauern Prüfung, als wirklich strengen Entwickelungen bestehen können.

Elasticität. Daraus, dass mit zunehmender Nähe der Theilchen, also Verdichtung der Körper, immer höhere Kräfte spürbar und endlich über die mit der Nähe der Theilchen langsamer wachsenden niedern überwiegend werden, die Kräfte aber im Aufsteigen nach je zwei Stufen ihr Vorzeichen wechseln, folgt, dass mit zunehmender Nähe der Theilchen abwechselnd eine anziehende und weiterhin wieder abstossende Kraft grösser als alle übrigen wird, so wie auch dass die Summe der anziehenden und abstossenden Kräfte (da es nicht blos auf die stärkste ankommt) abwechselnd überwiegt. Unter dem Einfluss dieses Uebergewichts werden sich die Theilchen so lange fortfahren zu nähern oder zu entfernen, bis Gleichgewicht, und zwar ein Fall stabilen Gleichgewichts, zwischen beiden eingetreten ist, d. h. wo bei weiterer Näherung die Summe der abstossenden, bei grösserer Entfernung die Summe der anziehenden Kräfte überwiegend wird. Dies ist der Fall der Elasticität. Inzwischen wird es hinreichen, von einem solchen Punkte an die Näherung der Theilchen nur immer weiter gewaltsam fortzusetzen, um zu einem zweiten Punkte (einem Punkte labilen Gleichgewichts, zu kommen, wo sich das Verhältniss umkehrt, indem von ihm an die Anziehung stärker mit der Näherung wächst, als die Abstossung. Indem die Theilchen im Ueberschreiten eines solchen Punkts dieser überwiegenden Anziehung folgen, bis die Abstossung wieder mächtig genug wird, um der weitern Annäherung Einhalt zu thun, muss ein neuer stabiler Gleichgewichtszustand bei grösserer Verdichtung erlangt werden. Analoges kann sich bei gewaltsamer Ausdehnung des Körpers ereignen, wo dann der Körper dauernd ausgedehnt bleibt.

Die zweite Lage stabilen Gleichgewichts, welche die Theilchen hiebei annehmen, und mithin die Dichtigkeit des Körpers hiebei ist nothwendig von der ersten durch einen gewissen Abstand geschieden, und es erhellt hieraus, wie ein und derselbe Stoff sich unter sehr verschiedenen Dichtigkeitsstufen darstellen kann, womit noch andere Eigenschaftsunterschiede in Verbindung stehen müssen, weil andere Kraftverhältnisse den Gleichgewichtszustand bedingen. Dieser Gesichtspunkt möchte die allotropen Modificationen, in denen manche Stoffe erscheinen, erklären. Wenn Körper sich in Uebergangsstufen zwischen beiden Stufen darzubieten scheinen, beruht dies unstreitig nur auf einer Mengung von Körpertheilen, die sich auf einer und der andern Stufe finden, und wird bei regelrecht krystallisirten Körpern nicht vorkommen.

Krystallisation. Damit die Theilchen eines seinen eigenen Kräften überlassenen Körpers in stabilem Gleichgewicht sind, wird nicht nothwendig erfodert, dass sie alle gleich weit von einander entfernt sind. Sie könnten sich z. B. nach einer Richtung so nahe sein, dass Gleichgewicht unter dem Einflusse sehr hoher anziehender und abstossender Kräfte stattfände, indess sie nach der darauf senkrechten Richtung bei grösserm Abstande unter dem Einflusse niederer Kräfte im Gleichgewicht wären. Dann wird der Körper nach letzter Richtung leichter spaltbar sein, als nach erster, weil die niedern Kräfte der Entfernung der Theilchen aus der Gleichgewichtslage weniger Widerstand entgegensetzen als die höhern, da sie sich weniger rasch mit der Entfernung ändern. Dies gibt den allgemeinen Gesichtspunkt für das Gefüge oder die Blätterdurchgänge der Körper. Da an den Gränzen des Körpers sich die

Theilchen unter andern Verhältnissen befinden als im Innern, so wird die Lage der Theilchen hier noch besondere Bedingungen erfüllen müssen, wenn sie sich in stabilem Gleichgewicht befinden sollen, und es lässt sich im Allgemeinen übersehen, wenn schon der genauere Nachweis noch zu führen ist, dass hiezu gewisse Symmetriebedingungen der Stellung wesentlich sind; was den Gesichtspunkt der Krystallformen stellt.

Unstreitig sind in allen Krystallen Kräfte höherer Stufe wenigstens mit thätig, als welche die Adhäsion der Körper an einander bewirken, die wahrscheinlich in der Hauptsache die Kraft dritter Stufe ist. Nun hindert nichts, dass kleine Krystalle noch in unregelmässiger Weise durch diese Adhäsion vereinigt werden, und so die scheinbar nicht krystallinischen Körper bilden.

Mit dem, was über die Krystallisations- und Elasticitätsverhältnisse gesagt worden ist, deutet sich an, was zuletzt Wahres an der Ansicht der Dynamiker ist, dass die Körper durch einen, zum Gleichgewicht gekommenen Conflict anziehender und abstossender Kraft gebildet werden, und dass sie durch erstere Kraft allein in einen Punkt zusammengehen, durch letztere allein ins Unendliche zerstieben würden. Sie haben wirklich Recht, wenn unser Princip richtig ist, und man kann dann eine schöne Ahnung von Kant darin finden, nur mit der wesentlichen Reservation, dass es statt einer Erfüllung der dynamischen Ansicht vielmehr die auf die Spitze getriebene Atomistik ist, welche die klare Auslegung der Kant'schen Ahnung gibt.

Masseinheiten. Es ist bisher nicht gelungen, eine absolut constante Grösse in der Natur zu entdecken, auf die man überall und immer wieder zurückzukommen vermöchte, und die somit als Grundlage absoluten Masses dienen könnte. Auf der Erde ist man geneigt, ein absolutes Mass von den Dimensionen der Erde oder der unter constanten Verhältnissen bestimmten Pendellänge zu entlehnen; aber die Dimensionen der Erde sind in Betracht ihrer allmälig fortschreitenden Erkaltung nicht absolut fest, und die Pendellänge demgemäss auch nicht absolut unveränderlich; überdies wäre ein nur für Erdbewohner brauchbares Mass im günstigsten Falle noch kein absolutes Mass. Unser atomistisches Princip aber gewährt das Mittel, ein solches aufzustellen, welches für alle Zeiten, auf allen Weltkörpern, bei allen Veränderungen derselben unveränderlich als dasselbe besteht, nur dass es freilich der feinsten, und für jetzt noch nicht durchführbaren Untersuchungen bedürfen wird, das Verhältniss einer bekannten Grösse dazu zu ermitteln; ohne dass übrigens die Hoffnung dazu überhaupt aufgegeben zu werden brauchte.

Im Grunde lassen sich aus unserm Princip unbestimmt viele absolut feste Grössen ableiten, die einer absoluten Massbestimmung zu Grunde gelegt werden könnten und schon oben wurde einer solchen gedacht. Indessen dürfte es am zweckmässigsten erscheinen, die absolute Masseinheit auf folgenden Gesichtspunkt zu begründen, welcher mit der absoluten Längeneinheit im Zusammenhange absolute Einheiten für alle andern in der Physik gebrauchten Masse gewährt.

Nach Symmetriebedingungen darf man annehmen, dass ein Würfel aus 8 Atomen, d. h. dessen 8 Ecken respectiv von 8 Atomen eingenommen werden, als Molecul bestehen kann. Er kann aber, sollen die Attractivkräfte mit den Repulsivkräften im Gleichgewicht sein, nur bei gewissen Dimensionen bestehen, die überall und immer dieselben bleiben werden. Dieser Würfel kann demnach mit seiner Seite Seitenfläche und cubischem Inhalt zugleich die Einheit des Längenmasses, Flächenmasses und Körpermasses darbieten. Sein Gewicht wird zugleich als Gewichtseinheit, seine Dichtigkeit als Dichtigkeitseinheit dienen können. Die Zeiteinheit wird man durch die Dauer der Schwingungen erhalten, in welche der Würfel (zwischen Expansion und Contraction wechselnd) geräth, wenn man seine Theilchen unendlich wenig in der Richtung nach dem Schwerpunkt verrückt denkt; wobei man sich zu erinnern hat, dass die Dauer unendlich kleiner Schwingungen (als Gränzbegriff) doch endlich ist. Insofern Wärme, Magnetismus und Elektricität sich, wie vielleicht nicht unwahrscheinlich, nur durch verschieden angeordnete Schwingungen unterscheiden sollten, würde man auch hiefür absolute Masseinheiten von dem Würfel gewinnen können. Für die räumlichen Einheiten wird vorausgesetzt, dass der Würfel absolut kalt, unelektrisch, unmagnetisch sei, d. h. alle Theilchen desselben in völliger Ruhe, weil der Schwingungszustand Aenderungen in der Mittellage der Atome hervorbringt. Vielleicht fällt der Würfel, um den es sich hiebei handelt, mit dem Molecul des relativ einfachsten chemischen Stoffes zusammen, wie im Folgenden betrachtet wird.

Chemisch einfache Stoffe. Nach der schon oben berührten Auffassung beruht ihre Verschiedenheit darauf, dass ihnen Molecule von einer verschiedenen Anzahl einfacher Atome unterliegen.

Da sie durch die uns zu Gebote stehenden Kräfte nicht zersetzbar sind, müssen die innern Kräfte, durch die sie zusammengehalten werden, sehr stark in Verhältniss zu den äussern Kräften sein, die auf sie einwirken können; was sich nicht wohl anders repräsentiren lässt als so: Die Molecule der sogenannten einfachen Stoffe bestehen aus einer so hohen Combination, d. h. so grosser Anzahl, einfacher Atome, dass höhere Kräfte in ihnen thätig werden, welche mit der Nähe sehr stark zunehmen; und die Molecule sind so dicht, dass diese Kräfte wirklich eine sehr starke Wirkung erlangen. Indem sich nach den bei der Elasticität und Krystallisation erörterten Principien die anziehenden und abstossenden Kräfte hiebei ins Gleichgewicht setzen, nimmt jedes Molecul eine gewisse krystallinische Grundform an.

Denken wir uns die Atome der Welt anfangs in sehr mannichfaltiger Anordnung, so konnten solche Molecule sog. einfacher Stoffe sich an sehr verschiedenen Stellen identisch bilden, da es nur galt, dass die hinreichende Anzahl Atome dazu in hinreichender relativer Nähe zu einander und hinreichender Entfernung von andern zusammentraf, um nicht durch deren Wirken in Bildung des Moleculs gestört zu werden. Nachdem aber diese Molecule einmal gebildet sind, können sie nicht so leicht wieder zerstört werden, da, wenn sich zwei oder mehr solcher Molecule einander aus grosser Entfernung nähern, Gleichgewicht der anziehenden und abstossenden Kräfte zwischen ihnen schon unter dem Einfluss niederer Kräfte, als in ihnen selbst walten, und bei grössern Abständen, als zwischen ihren eigenen Theilchen bestehen, eintreten wird, so dass ohne eine gewaltsame Annäherung, wozu wir keine Mittel kennen, jedes Molecul seinen Bestand behält, ohne mit dem andern zusammenzufliessen oder sich mit ihm zu zersetzen.

Die nächstliegende wichtige Folgerung vorstehender Auffassung der einfachen Stoffe ist diese: Wenn selbst das Molecul des relativ einfachsten Stoffes, auf unserer Erde des Wasserstoffes, noch zusammengesetzt ist, so wird es principiell genommen überhaupt nicht zweckmässig sein, das Atom-Gewicht irgend eines der sog. chemisch einfachen Stoffe als Grundeinheit des Atomgewichts anzusehen, sondern das Gewicht des einfachen Atoms selbst. Die Atomgewichte oder eigentlicher Moleculgewichte aller einfachen Stoffe werden dann mit der Zahl der Atome zu bezeichnen sein, die respectiv in das Molecul eines jeden eingehen. Hienach müssen rationale Verhältnisse zwischen den Moleculgewichten aller sog. einfachen Stoffe bestehen, und man kann sich die Aufgabe stellen, die jetzt angenommenen Moleculgewichte, welche auf eins unter ihnen als Einheit bezogen werden (respectiv verdoppelt, halbirt u. s. f.), mit einem solchen gemeinschaftlichen Factor zu multipliciren, dass jener Rationalität durch kleinstmögliche Zahlen in hinreichender Annäherung genügt werde, um die übrig bleibende Abweichung auf Rechnung von Beobachtungsfehlern schreiben zu können; womit man dann hoffen könnte, die absoluten Atom- oder Moleculgewichte der sog. einfachen Stoffe gefunden zu haben. Unstreitig würden damit manche Incongruenzen verschwinden, die daran hängen, dass man das Gewicht eines an sich noch zusammengesetzten Moleculs als Einheit annimmt.

Dieser Untersuchung auf einem Wege a posteriori lässt sich aber mit Betrachtungen a priori entgegenkommen, welche vorweg eine untere Gränze setzen, unter die das Moleculgewicht des relativ einfachsten Stoffes (bezogen auf das Gewicht des einfachen Atoms als 1) nicht gehen kann.

Da die abstossenden Kräfte erst mit der vierten Stufe beginnen, so ist a priori nicht möglich, dass sich ein Molecul von weniger als 4 Atomen durch eigene Kräfte in stabilem Gleichgewichtszustande seiner Theile erhält; und das Moleculgewicht des einfachsten Stoffes kann daher nicht unter 4 betragen. Die Krystallgestalt hievon wäre unstreitig ein Tetraeder. Indess ist wohl nicht daran zu denken, dass ein Molecul aus blos 4 Atomen, in dem also eine abstossende Kraft vierter Stufe den niedern anziehenden Kräften bei gegebenem Abstande das Gleichgewicht hält, dauernd besteht, da die chemischen Verbindungs- und Zersetzungserscheinungen, in welche die Molecule der einfachen Stoffe unverändert eingehen, selbst zum mindesten das merkbare Spiel der anziehenden Kraft dritter, und abstossenden Kraft vierter Stufe, und hiemit eine Annäherung zwischen den Moleculen voraussetzen würde, welche der Nähe der Atome in den Moleculen aus 4 Theilchen entspräche, so dass ein getrenntes Bestehen derselben nicht möglich wäre. Da übrigens schon für die Erscheinungen der gewöhnlichen Elasticität die abstossende Kraft vierter Stufe als das Mindeste in Anspruch genommen ist, kann sogar für die chemischen Erscheinungen die Kraft vierter Stufe nicht reichen, und um so mehr muss die Bildung der Molecule der einfachen, d. i. durch unsere chemischen Operationen unzersetzbaren, Stoffe auf noch höhern Kräften beruhen, d. h. noch mehr als 4 Theilchen in den einfachsten derselben eingehen. Während nun die abstossende Kraft vierter Stufe der anziehenden zweiter und dritter Stufe das Gleichgewicht halten kann, so wird dagegen, um mit höhern über der fünften einen Zustand stabilen Gleichgewichts für die Theilchen eines Moleculs zu erhalten, den anziehenden Kräften sechster und siebenter Stufe durch eine abstossende Kraft achter Stufe das Gleichgewicht gehalten werden müssen, und es scheint daher nicht möglich, dass das Moleculgewicht des einfachsten Stoffes unter 8 sei. Möglicherweise könnte es noch höher sein, auch ist nicht sofort als entschieden anzusehen, dass der einfachste Stoff sich auch auf unserer Erde finde, und also der Wasserstoff dafür zu halten sei.

Nehmen wir aber an, das Moleculgewicht des einfachsten Stoffes sei wirklich 8, so würde die Gestalt desselben unstreitig ein Würfel sein und man damit, wie oben betrachtet, zugleich den Modul für alle Masseinheiten gewonnen haben.

Da der Sauerstoff das 8fache Moleculgewicht vom Wasserstoff hat, so würde, vorausgesetzt, der Wasserstoff wäre der einfachste Stoff, das Atomgewicht des Sauerstoffs 64 sein, was der Cubus von 4 ist, indess 8 der Cubus von 2 ist. Der Sauerstoff könnte also einen Cubus mit doppelter Atomenzahl in der Seite als der Wasserstoff repräsentiren. Schwefel mit dem doppelten Atomengewicht des Sauerstoffs könnte eine Säule aus zwei übereinandergesetzten Würfeln geben. Kohlenstoff mit dem 6fachen Gewicht des Wasserstoffs ein Oktaeder aus 48 Atomen; denn wenn 6 Atome zum einfachsten Oktaeder als Bestimmungspunkte seiner Ecken hinreichen, wird man mit der doppelten Atomenzahl in den Seiten ein ähnliches, nur grösseres Oktaeder erhalten können, was als Totalzahl $2^3 . 6 = 48$ Atome enthält. Doch es wäre nutzlos, sich ohne gründlichere Untersuchung, die hier nicht stattfinden kann, in solche Möglichkeiten weiter zu verlieren.

Im Uebrigen übersieht man leicht, wie nun die gleichen Atomengewichte mancher einfachen Stoffe möglich werden. Es ist unstreitig eine verschiedene Anordnung derselben Anzahl Atome, wovon sie abhängen; und mithin der Grundfall der Isomerie.

Aggregatzustände. Man hat den Unterschied der Aggregatzustände gewöhnlich auf Rechnung einer verschiedenen Lage und Entfernung der Theilchen geschrieben, ohne jedoch die Verhältnisse des Ueberganges von festem in tropfbaren Zustand und umgekehrt recht damit in Einstimmung bringen zu können. Namentlich hat der Umstand, dass ein Körper in tropfbarem Zustande dichter sein kann, als in festem, manchen Erklärungen Hindernisse in den Weg gelegt.

Nehmen wir mit manchen neuern Physikern im Sinne der Undulationstheorie an, dass die wachsende Erwärmung der Körper auf einer vergrösserten Amplitude der Schwingungen ihrer letzten Theilchen selbst beruht (wofür besonders die Ergebnisse, die man über das mechanische Aequivalent der Wärme erhalten hat, zu sprechen scheinen), ohne dabei auf besondere Wärmeatmosphären um die Theilchen zu recurriren, so dürfte sich auf unser Princip folgende Ansicht über das Verhältniss der verschiedenen Aggregatzustände gründen lassen.

Gehen wir von einem Punkte stabilen Gleichgewichts aus, wo sich alle Theilchen eines Körpers in Ruhe finden, und mit zunehmender Nähe die Abstossungskräfte, mit zunehmender Entfernung die Anziehungskräfte das Uebergewicht erlangen und setzen jetzt die Theilchen in Wärmeschwingung. So lange die Wärmeschwingungen klein genug sind, dass die Theilchen bei ihrer wechselseitigen Näherung den nächstliegenden Punkt labilen Gleichgewichts, von wo an sich jenes Verhältniss umkehrt, nicht überschreiten, bleibt der Körper fest. So wie aber dieser Punkt erreicht und überschritten wird, tritt der tropfbare Zustand ein. Es folgt nämlich damit von selbst auch sofort die Ueberschreitung des nächstfolgenden Punkts stabilen Gleichgewichts, indem das Theilchen, was den Punkt labilen Gleichgewichts überschritten hat, durch das hiemit eintretende Uebergewicht der anziehenden Kraft mit zunehmender Geschwindigkeit bis zu diesem zweiten Punkte stabilen Gleichgewichts hingetrieben wird und vermöge der Beharrung ihn so weit überschreitet, bis die von nun an mehr und mehr überwiegende Abstossungskraft endlich der weitern Näherung Einhalt thut, worauf das Theilchen im Rückgang alle Geschwindigkeiten wieder annimmt, die es auf dem Hingang hatte; also auch wieder über seine erste Gleichgewichtslage hinausgeführt wird und fortan statt um eine, vielmehr um zwei stabile Gleichgewichtslagen mit einer zwischen[illegible]den labilen Gleichgewichtslage oscillirt.

Es leuchtet nun aus allgemeinem Gesichtspunkte ohne Sc[illegible]rigkeit ein, dass diese plötzliche Vergrösserung der Schwingung, w[illegible]mit von selbst auch neue Verhältnisse ihrer Dauer und Geschwindigkeit zusammenhängen, eine Unterbrechung der Continuität in alle Erscheinungen bringen muss, die mit der Grösse, Dauer und lebendigen Kraft der Schwingungen zusammenhängen.

Zunächst kann die plötzlich vergrösserte Beweglichkeit aller Theilchen der Flüssigkeit als ein Ausdruck des Umstandes angesehen werden, dass die Schwingungen jetzt selbst plötzlich vergrössert worden sind und einen Punkt labilen Gleichgewichts einschliessen. Die Ausdehnungsverhältnisse müssen sich plötzlich ändern, sofern sie eine Function der Schwingungsverhältnisse sind;

nicht minder muss die plötzliche Vergrösserung der Schwingungen, womit zugleich eine verlängerte Dauer verbunden ist, eine plötzliche Aenderung der lebendigen Kraft mitführen, womit unstreitig das Latentwerden der Wärme im Act des Flüssigwerdens in Beziehung steht.

Der Eintritt des gasförmigen Zustandes beruht dann unstreitig darauf, dass die Schwingungen sich so weit vergrössern, dass die Theilchen fortan um drei Lagen stabilen Gleichgewichts oscilliren. Es müssen hier analoge Erscheinungen eintreten, als beim Eintritt des tropfbaren Zustandes, aber doch nicht gleiche.

Falls die hier aufgestellte Ansicht von dem Verhältniss der Aggregatzustände sich bestätigen sollte, und der Begriff des festen Zustandes hienach allgemein darein gesetzt würde, dass die Theilchen bei ihren Oscillationen nicht die nächste Gränze labilen Gleichgewichts überschreiten, würde die gewöhnliche Annahme, dass der Aether das Flüssigste in der Welt ist, was es gibt, der Ansicht Platz machen müssen, dass er das Festeste ist, was es gibt; da unstreitig die Aethertheilchen bei ihren weitesten Oscillationen immer sehr entfernt von Ueberschreitung jener Gränze bleiben, und die Alten hatten gewissermassen Recht, wenn sie den Himmel für ein Krystallgewölbe hielten.

Indess bleibt freilich der Vergleich des Aethers mit den festen Körpern der Erde nach anderer Seite wenig treffend. Die höchsten im Aether bemerklichen Kräfte gehen bei seiner Dünne unstreitig nicht über die abstossende Kraft vierter und höchstens fünfter Stufe hinaus, und er ist unstreitig nicht in besondere Molecule gruppirt, indess die festen Körper der Erde aus Moleculen bestehen, in denen hohe Kräfte wirksam sind. Hieran knüpft sich dann natürlich ein sehr verschiedenes Verhalten. Der Aether ist nun eben ein Wesen sui generis, und sein Aggregatzustand mit keinem andern vollkommen vergleichbar.

Imponderabilien. Wenige Physiker dürften heutzutage noch glauben, dass die durch verschiedene Namen unterschiedenen Imponderabilien wesentlich verschiedene Agentien sind, wenn schon die Brücke zwischen Licht und Wärme einerseits, Elektricität und Magnetismus andererseits noch nicht gefunden ist; und weiter ist zu hoffen, dass der Abschluss der Atomistik in einfachsten und einheitlichsten Grundvorstellungen zuletzt auch den Unterschied der Imponderabilien von den Ponderabilien in sofern aufheben wird, als er die Erscheinungen, die wir ins Gebiet der Imponderabilien rechnen, nur von Verhältnissen und Bewegungszuständen derselben Grundatome abhängig macht, welche auch den Erscheinungen der Ponderabilien zu Grunde liegen; es bleibt aber diese Zurückführung ebenso wie die vorige noch der Zukunft aufgehoben; und unsere Hypothese von den multiplen Kräften führt in dieser wie in jener Hinsicht nicht weiter, als die bisherigen Voraussetzungen; bedarf vielmehr, wie gleich näher zu besprechen, selbst unstreitig noch einer Erweiterung, um sich einer solchen Zurückführung fügen zu können. Indess dürfte sich doch mit einiger Wahrscheinlichkeit schon jetzt auf Grund unserer bisherigen Annahmen der allgemeine Unterschied der Imponderabilien von den Ponderabilien wie folgt aussprechen lassen:

Alle Erscheinungen, die wir von Imponderabilien abhängig machen, sind direct nur auf individuelle Bewegungsverhältnisse der letzten Theilchen, die dagegen, welche wir den Ponderabilien beilegen, auf Bewegungsverhältnisse von Combinationen solcher Theilchen, als Molecule, Körper, Weltkörper, im Ganzen beziehbar, wenn schon freilich in letzter Instanz auch letztere Erscheinungen von Verhältnissen der letzten Theilchen abhängig gemacht werden müssen, so aber, dass sie Resultanten oder Wirkungssummen für diese Combinationen repräsentiren. So pflanzt sich das Licht im Himmelsraume durch Schwingungen der Theilchen des Aethers fort, der bemerktermassen schwerlich aus Moleculen, vielmehr wahrscheinlich unmittelbar aus letzten Theilchen gleichförmig constituirt zu denken ist; so scheinen sich die Wärmeschwingungen als Schwingungen der letzten Theilchen der wägbaren Körper selbst fassen zu lassen; so mögen auch die elektrischen, die magnetischen Erscheinungen auf Schwingungen oder sonst Bewegungen letzter Theilchen, sei es in den Moleculen oder zwischen den Moleculen, beruhen, indess die Bewegungen der Weltkörper, des fallenden Steins, des Pendels, die Wellenbewegungen des Wassers, die Schallschwingungen der Luft, selbst die chemischen Verbindungen und Scheidungen auf grössere oder kleinere Combinationen von letzten Theilchen beziehbar sind, sofern wir ja auch den chemisch einfachen Stoffen noch Molecule unterzulegen veranlasst sind (vgl. S. 198 ff.).

Mit diesem Unterschiede dürfte ein anderer wesentlich zusammenhängen. Es leuchtet ein, dass Erscheinungen, welche die letzten Theilchen individuell betreffen, nur aus Wechselwirkungen derselben mit andern sehr nahen Theilchen hervorgehen können, wogegen Wirkungen, die sich auf Molecule, Weltkörper oder dergl. im Ganzen identisch äussern sollen, nur aus grösserer Ferne geäussert sein können. Hienach müssen die Erscheinungen der Imponderabilien im Allgemeinen unter dem Einfluss stärkerer und höherer Kräfte stehen, und mit grössern Geschwindigkeiten der Theilchen in Beziehung stehen, als die Erscheinungen der Ponderabilien. So sind die Lichtschwingungen des Aethers und Wärmeschwingungen der Körper ungeheuer viel schneller als die Schallschwingungen.

Gewöhnlich nimmt man an, dass die Theilchen der wägbaren Körper von besondern Aetheratmosphären umgeben sind, auf welche man die Wärme-, Licht-, elektrischen, magnetischen Erscheinungen in wägbaren Körpern bezieht; und in der That, so gut Luft in Wasser dringt, könnte auch Aether, d. h. Atome, die nicht zu besondern Moleculen gruppirt sind, zwischen die Molecule der wägbaren Körper dringen; indess, so wenig der Luftgehalt des Wassers zum Bestande des Wassers wesentlich ist, so wenig möchte ein Aethergehalt zum Bestande der wägbaren Körper wesentlich sein; und wenn es scheint, dass man die Wärmeerscheinungen der Körper von Schwingungen letzter Theilchen abhängig machen kann, nicht die zwischen den Moleculen der wägbaren Körper enthalten sind, sondern welche diese Molecule selbst constituiren, so fragt sich, wie weit man hiemit bei andern Imponderabilien auskommt.

Sollte die galvanische Strömung sich blos als ein Fluss von Aethertheilchen zwischen den Moleculen des wägbaren Schliessungsdrahts, und die magnetischen Kreisströme blos als Kreisbewegungen des Aethers um die ponderabeln Eisentheilchen fassen lassen, so wäre freilich eben hiemit für die Aetheratmosphären entschieden. Allein so lange die Grundbeziehung von Elektricität und Magnetismus zu den Erscheinungen des Ponderabeln noch unklar, die letzte Verknüpfung nicht gefunden ist, lässt sich nichts entscheiden; und kann Strömung von Elektricität nicht mit Fortführung von materiellen oder Aethertheilchen schlechthin identificirt werden.

Noch ein anderer wichtiger Punkt der Erwägung bietet sich dar. Soll die Aufgabe wirklich erfüllt werden, die Erscheinungen der Imponderabilien von denselben Grundkräften abhängig zu machen, und auf dieselben oder gleichgeartete Theilchen zu beziehen, als die der Ponderabilien, so scheint es nicht, dass man mit Grundkräften auskommt, welche blos von der Distanz, aber nicht dem Bewegungszustande der Theilchen abhängig sind; und sofern unser Princip der multiplen Kräfte in der bisherigen Aufstellung und Ausführung, sowie bis auf Weber allgemein auch mit den binären Kräften geschehen, blos auf Distanzen Rücksicht nimmt, scheint es daher noch einer Ergänzung zu bedürfen.

In der That, wenn man sieht, wie durch Reiben oder Berührung ungleichartiger Körper an einander Anziehungs- und Abstossungskräfte entwickelt werden, die auf sehr merkliche Entfernungen wirken, so erhellt nicht, wie ein Princip, welches blos die Distanz der Theilchen in Betracht zieht, jene Entwickelung und dieses Merklichwerden der Molecularkräfte soll repräsentiren können. Auch die elektromagnetischen und Inductionserscheinungen möchten sich jeder Erklärung auf Grund eines Princips, was blos die Distanz der Theilchen als maassgebend für die Kraft ansieht, entziehen.

Auch hat sich W. Weber schon vorlängst durch letztere Erscheinungen veranlasst gefunden, eine Abhängigkeit der Kraft der elektrischen Theilchen von der relativen Geschwindigkeit und Beschleunigung derselben zu statuiren, und es wird um so weniger ein Hinderniss vorhanden sein, an eine Verallgemeinerung dieser Abhängigkeit für materielle Theilchen überhaupt zu denken, als aus neuen, in Verbindung mit Kohlrausch angestellten, Untersuchungen Weber's, die erst die Veröffentlichung erwarten, hervorgeht, dass die Geschwindigkeit, von welcher merkliche Wirkungen im Felde der Elektricität hervorgehen, so ungeheuer ist, dass man, wenn für die planetaren Massen eine gleiche Abhängigkeit angenommen würde, doch ihre Geschwindigkeit zu klein finden würde, um in den astronomischen Rechnungen nöthig zu haben, *darauf* Rücksicht zu nehmen.

Es leuchtet aber ein, dass die Reibung und Berührung ungleichartiger Körper sehr wohl im Stande sein kann, Abänderungen in den relativen Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverhältnissen der kleinsten Theilchen hervorzurufen, und dass eine Kraft, die nach ihrer Abhängigkeit von der Distanz einen sehr kleinen Werth hat, doch möglicherweise nach ihrer Mitabhängigkeit von den Relationen der Bewegung einen sehr grossen Werth annehmen kann.

Ich finde inzwischen diesen Gegenstand zu schwierig und das Feld der Vermuthungen in dieser Hinsicht zu gross und unbestimmt, um mich mit Zutrauen darauf zu wagen, und wenn ich doch noch einige Bemerkungen hinzufüge, ist es mit dem Bewusstsein, hiebei das Wahre vielleicht gänzlich zu verfehlen.

Es ist in Rücksicht zu ziehen, dass die Weber'sche Formel für die Abhängigkeit der Kräfte elektrischer Theilchen von dem relativen Geschwindigkeits- und Beschleunigungszustande derselben keinen directen Anhalt gewähren kann, wenn sich fragt, ob und wie etwa der elektrische Zustand der Theilchen selbst, der bei dieser Formel als gegeben vorausgesetzt ist, von Verhältnissen der relativen Geschwindigkeit und Beschleunigung abhängig gemacht werden könnte.

Man kann nur aus der Nothwendigkeit, jene Abhängigkeit bei den elektrischen Erscheinungen einzuführen, im Allgemeinen schliessen, dass, falls überhaupt der elektrische Zustand sich von allgemeinen, für alle Theilchen der Materie gleichgeltenden Kräften abhängig machen lässt, auch diese Kräfte der Abhängigkeit von Geschwindigkeit und Beschleunigung nicht werden entbehren können.

Die Weber'sche Formel, für die Kraft K, mit der sich zwei elektrische Theilchen, deren Massen e, e' sind, abstossen oder anziehen, ist übrigens folgende*):

$$K = \frac{ee'}{r^2}(1 - Av^2 + 2\,Arw)$$

Hierin ist r der Abstand beider Theilchen, v ihre relative Geschwindigkeit, w ihre relative Beschleunigung, A eine positive Constante, e, e' sind mit gleichen oder entgegengesetzten Vorzeichen zu nehmen, je nachdem es gleichartige oder ungleichartige Elektricitäten sind.

Wenn ich nicht irre, liesse sich die Abhängigkeit der Kraft von der relativen Geschwindigkeit mit einiger Wahrscheinlichkeit wie folgt annehmen und hierauf eine einfache und ansprechende Erklärung der Ausdehnung der Körper durch die Wärme begründen.

Nennen wir die nach der Richtung der Verbindungslinien zerlegten Geschwindigkeiten, welche zwei Theilchen m und m' besitzen, u und u' (je nach dem gleichen oder entgegengesetzten Sinne der Bewegung mit gleichen oder entgegengesetzten Vorzeichen behaftet zu denken), so kann man für ihre relative Geschwindigkeit v eben sowohl $u - u'$ als $u' - u$ nehmen, und wenn die eine dieser Differenzen positiv, also $= + v$ ist, wird die andere negativ, also $= - v$, mithin das Product beider oder das Quadrat der relativen Geschwindigkeit nothwendig negativ sein. Da bei dem Abhängigkeitsverhältnisse der Kraft von der relativen Geschwindigkeit ebenso wenig ein Grund ist, den positiven oder negativen Werth zu bevorzugen, als bei dem Abhängigkeitsverhältniss vom Abstand (vgl. S. 192), so dürfen wir voraussetzen, dass eine Abhängigkeit vom Product beider oder vom Quadrat der relativen Geschwindigkeit statt finde (wie dies auch in Weber's Formel der Fall ist), und dass dies Quadrat eben so wie das des Abstandes mit negativem Vorzeichen einzuführen sei.

Für eine Combination aus drei Theilchen würde dann, eben so wie ein Product aus drei Abstandsquadraten S. 192), ein Product aus drei negativen relativen Geschwindigkeitsquadraten in Betracht kommen, und überhaupt das eine Product mit dem andern immer zugleich positiv und negativ sein. Für die ternäre Kraft K möchte dann (der Weber'schen Formel analog) die gemeinsame Abhängigkeit von den drei Abständen r, r_1, r_2 und den drei relativen Geschwindigkeiten v, v_1, v_2 für die drei (einander gleich zu setzenden) Massen m, m_1, m_2 letzter Theilchen durch die Formel auszudrücken sein:

---

*) Abhandlungen der Jablon. Gesellsch. 337.

$$K = -\frac{mm_1 m_2}{r^2 r_1^2 r_2^2}(1 - A v^2 v_1^2 v_2^2) = -\frac{mm_1 m_2}{r^2 r_1^2 r_2^2} + \frac{mm_1 m_2}{r^2 r_1^2 r_2^2} A v^2 v_1^2 v_2^2$$

worin A eine positive Constante ist. Sofern nämlich die von der relativen Geschwindigkeit abhängige Anziehung und Abstossung auch vom Abstande mit Einfluss erleidet, und sich damit schwächt, wird das Abstandsproduct in das Glied, was das relative Geschwindigkeitsproduct enthält, mit seinem reciproken Werthe multiplicatorisch eingehen müssen; sofern aber selbst bei einem Nullwerth der relativen Geschwindigkeiten doch eine vom Abstand abhängige Anziehung oder Abstossung fortbesteht, wird die Formel auch ein blos vom Abstand abhängiges Glied enthalten müssen; welchen beiden Bedingungen am einfachsten durch die vorige Form genügt wird. Auf diese Weise erhalten dann beide Glieder der Totalkraft, das blos vom Abstand abhängige und das vom Abstand und der relativen Geschwindigkeit zugleich abhängige, entgegengesetzte Vorzeichen, wie es die zweite der vorigen Ausdrucksformen zeigt. Entsprechend bei allen Kräften, wo das Abstandsproduct negativ ist, also auch z. B. bei der binären Kraft, dagegen nach gleicher Herleitung bei allen Kräften, wo das Abstandsproduct positiv ist, die genannten beiden Glieder gleiches Vorzeichen erhalten. Dies heisst mit andern Worten: die anziehenden Kräfte werden durch Vergrösserung der relativen Geschwindigkeit vermindert, die abstossenden Kräfte vermehrt. Es leuchtet sofort ein, wie die Ausdehnung durch Erwärmung hiemit zusammenhängt, wenn man Erwärmung als Vergrösserung und hiemit vergrösserte Geschwindigkeit der Schwingungen fasst. Sollte die relative Beschleunigung, wie in Weber's Elektricitätsformel, nur in erster Potenz in den allgemeinen Kraftausdruck eingehen, so würde bei der Erwärmung nicht nöthig sein, darauf Rücksicht zu nehmen, indem durch Vergrösserung der Oscillationsamplituden relative Beschleunigung und Verzögerung in demselben Verhältnisse wächst.

Inzwischen liesse sich vielleicht auch folgender Weg denken, die Abstossung durch Erwärmung ohne Rücksicht auf eine Abhängigkeit von der Geschwindigkeit zu erklären. Gehen wir vom innern Gleichgewichtszustande eines Körpers oder Moleculs aus, so werden sich die Theilchen durch ihre Schwingungen um die Lagen ihres Gleichgewichts abwechselnd einander nähern und von einander entfernen. Es wird aber durch Oscillationen, die nach beiden Seiten von der Gleichgewichtslage gleich gross sind, der Abstand bei der Näherungsbewegung in stärkerm Verhältnisse verkleinert, als bei der Entfernungsbewegung vergrössert, was man am leichtesten bei folgendem extremen Fall übersicht. Zwei Theilchen sollen Schwingungen gerade nach einander hin und von einander weg machen, und die Grösse ihrer im selben Momente beginnenden Schwingungen ihrem Abstande gleich sein. Bei der Näherungsbewegung wird dieser Abstand bis auf Null reducirt, also in unendlichem Verhältnisse verkleinert, bei der Entfernungsbewegung nur verdoppelt. Die abstossende Kraft muss also während der Bewegung in Vortheil gegen die Anziehungskraft kommen, und der Erfolg hievon sein, dass das Theilchen um eine mittlere Lage schwingt, in der es entfernter vom andern als im Ruhezustande ist.

Man übersieht leicht, dass dieser Erfolg nicht etwa ausschliesslich an jenen extremen Fall geknüpft ist, sondern dass es der allgemeine Erfolg von gleichgültig gerichteten Schwingungen der Theilchen gegen einander sein muss.

Man kann gegen diese Erklärung einwenden, dass die Schallschwingungen keine Ausdehnung mitführen, und dass bei den Elasticitätserscheinungen ein Körper keine merklich grössere Kraft erfodert, eine Zusammendrückung als Ausdehnung um eine gegebene kleine Grösse zu erfahren; indess lässt sich vielleicht darauf entgegnen, dass die Schallphänomene und Elasticitätsphänomene von niedern Kräften der Molecule abhängen, die verhältnissmässig weit entfernt sind, die Wärmephänomene von höhern Kräften von Theilchen, die verhältnissmässig nahe sind, wo dann eine verhältnissmässige Näherung und Entfernung auch grössern Einfluss gewinnen muss. Indess wird sich für jetzt überhaupt schwerlich mit Sicherheit über die Realität der einen oder andern Erklärungsart entscheiden lassen.

In Betreff der entgegengesetzten Elektricitäten liesse sich vielleicht daran denken, dass die Reibung wie Berührung ungleichartiger Körper den Einfluss hat, die Schwingungen der kleinsten Körper- oder Aethertheilchen, die als Wärmeschwingungen gleichgültig gerichtet sein mögen, respectiv mehr parallel und mehr senkrecht auf die Oberfläche der Körper zu machen und dass namentlich die negative Elektricität auf Schwingungen im ersten Sinne beruht. Die verschiedene Form des positiven und negativen Funken und der Lichtenberg'schen Figuren würde hiemit gut übereinstimmen; und es dünkt mich, wenn man überhaupt daran denken will, den elektrischen Zustand von Schwingungen der Theilchen abhängig zu machen, dass sich fast an nichts Anderes mehr denken lässt. Die galvanische Strömung würde dann ein Interferenzphänomen solcher Schwingungen sein.

Inzwischen hat es mir nicht gelingen wollen, auf Grund dieser Vorstellung die elektrischen Anziehungen und Abstossungen durch eine angemessene Annahme über die Beschaffenheit der Grundkräfte zu repräsentiren; und es ist sehr möglich, dass die Bedürfnisse, welche die Darstellung der elektrodynamischen und magnetischen Erscheinungen geltend macht, dem überhaupt entgegenstehen. Eine sichere Entscheidung darüber muss ich aber Denen überlassen, die in dieser Art Untersuchungen geübter als ich sind.

Berichtigung.

Seite 49 Zeile 11 v. o. statt verwerfen l. bekämpfen.

LEIPZIG
DRUCK VON GIESECKE & DEVRIENT.

In dem Verlage von **Hermann Mendelssohn** in **Leipzig** sind ferner nachstehende werthvolle Werke erschienen:

CENTRALBLATT
für
Naturwissenschaften und Anthropologie.

Herausgegeben
von
Prof. Dr. Gustav Theodor Fechner.

Erster Jahrgang. 1853. 52 Nrn. in gr. 4°. mit Abbildungen und vollständigem Register. Preis 5 Thlr. 10 Ngr.

Zweiter Jahrgang. 1854. (Januar – Juni.) 26 Nrn. in gr. 4°. mit Abbildungen und vollständigem Register. Preis 2 Thlr. 20 Ngr.

Als die Aufgabe dieses Centralblattes hatte der Herausgeber in der Ankündigung desselben hingestellt:

> „Aus den laufenden Forschungen und Entdeckungen im Gebiete der Naturwissenschaften und der Anthropologie dasjenige möglichst vollständig mitzutheilen, was, in Betracht des Zusammenhanges *aller* Zweige derselben, Jedem, der sich mit einem besonderen Zweige derselben beschäftigt, über sein besonderes Fachinteresse hinaus auch aus den übrigen Zweigen wissenswerth erscheinen kann; dadurch den Specialstudien eine ergänzende Beihülfe und oft erwünschte Erleichterung zu gewähren, und zugleich das Interesse des Philosophen, Schulmannes und Arztes an den Fortschritten der betreffenden Gebiete hinlänglich zu befriedigen.
>
> Da das *wissenschaftliche Bedürfniss* in diesen Beziehungen mit dem *Bedürfnisse der Belehrung jedes Gebildeten* überhaupt nahe Hand in Hand geht, so sollte auch diesen Bedürfnissen gemeinschaftlich entsprochen und eine wissenschaftliche Tendenz und Haltung des Centralblattes mit einer populären ernster Art durch Uebersichtlichkeit, Klarheit und Präcision der Darstellung sich vereinigt finden."

Was der Herausgeber mit diesen Worten dem Publikum versprach, dem ist von ihm nach dem einstimmigen Urtheile des In- und Auslandes genügt worden. Auf beschränktem Raume ist hier eine Fülle überaus schätzbarer und interessanter Mittheilungen und Notizen über die neuesten Forschungen und Entdeckungen auf dem ganzen weiten Gebiete der Naturwissenschaften niedergelegt, dass noch in späten Jahren das Centralblatt als eine unversiegbare Quelle für die Studien auf den betreffenden Gebieten des Wissens zu betrachten sein wird.

Briefwechsel
zwischen W. Olbers und F. W. Bessel.

Herausgegeben
von
Adolph Ermann.

2 Bände. gr. 8°. Velinpapier 6 Thlr.

Für Mathematiker und Astronomen ist dieser Briefwechsel von dem höchsten Interesse; es gibt derselbe Nachricht von allen mathematisch-astronomischen

Arbeiten dieser beiden berühmten Männer während eines 36jährigen Zeitraums und bietet gleichzeitig vorzügliche Materialien zu einer Biographie Olber's wie Bessel's, und zu einer Geschichte der mathematischen Wissenschaften überhaupt.

Schweizerland.

Natur und Menſchenleben

von

Aurelio Buddeus.

2 Theile. 8⁰. Velinpapier. Geh. 2 Thlr. 22½ Ngr.

Ein Werk von bleibendem Gehalte und von künſtleriſchem Werthe; nicht etwa das Tagebuch eines gewöhnlichen Touriſten, ſondern geiſtreiche Studien, Beobachtungen und Reflexionen in allgemein anziehender Form und Sprache.

Italieniſches Wanderbuch. 1850—1851.

Von

A. L. von Rochau.

2 Bände. 8. Velinpapier. Geh. 2 Thlr. 15 Ngr.

Der Verfaſſer hat bei ſeinen Wanderungen durch Italien auf Alles ſein Augenmerk gerichtet, was für den gebildeten Reiſenden von Intereſſe iſt. Schöne Darſtellung, lebendige Auffaſſung, Vielſeitigkeit und Schärfe des Urtheils zeichnen ſein Buch aus, welches die Kritik mit vollſter Anerkennung begrüßte.

Matthias Alexander Caſtrén's

Reiſen im Norden.

Enthaltend:

Reiſe in Lappland im Jahre 1838. — Reiſe in dem ruſſiſchen Karelien im Jahre 1839. — Reiſe in Lappland, in dem nördlichen Rußland und Sibirien in den Jahren 1841—1844.

Aus dem Schwediſchen überſetzt

von

Henrik Helms.

Mit einer Karte von dem nördlichen Rußland.

Caſtrén's Reiſen ſind von hoher wiſſenſchaftlicher Bedeutung für die Kenntniß des Nordens und gewähren dabei eine höchſt unterhaltende Lectüre für gebildete Leſer aller Stände.

Professor Schleiden
und
der Mond.

Von

Gustav Theodor Fechner.

Erſter Theil. Streben und Erfolg. — Schleiden und die Pflanzenſeele. — Die Teleologie. — Die Natur als Symbol des Geiſtes.

Zweiter Theil. Schleiden und der Mond. — Einfluß des Mondes auf die Witterung. — Einfluß des Mondes auf Erdbeben und Erdmagnetismus. — Das Od. — Einfluß des Mondes auf das organiſche Leben der Erde. — Atmoſphäre und Bewohnbarkeit des Mondes.

Leipzig.
Adolf Gumprecht.
1856.

BIBLIOTHECA
[illegible]
OTTAVIENSIS.

Vorwort.

Der Anlage und theilweiſe auch noch der Ausführung und Form nach iſt dieſe Schrift eine Streitſchrift gegen Prof. Schleiden. Da aber mein Streit mit Schleiden kein hinreichend allgemeines Intereſſe in Anſpruch nehmen konnte, um das Publicum deßhalb mit einer beſondern Schrift zu behelligen, ſo behandelt ſie auf Anlaß deſſelben noch einige Gegenſtände, die ſich eines ſolchen mehr gewärtigen dürften, namentlich die Teleologie, das Od und den Mond. Lauter verrufene Gegenſtände, wird man ſagen. Es iſt wahr; doch denke ich zu zeigen, daß Einiges davon beſſer als ſein Ruf iſt.

Um den Titel nicht zu überladen, habe ich blos den Mond mit Prof. Schleiden auf demſelben genannt; auch iſt von den andern Gegenſtänden nicht ſo ausführlich und nur im Anſchluß an die Hauptfragen der Schrift die Rede. Der Mond und Prof. Schleiden aber ſtehen ſich darin ſelbſt wie ein paar große Gegner gegenüber; und wenn man einen Kampf ankündigt, ſo nennt man ja überall nur die Hauptgegner, nicht auch die Secundanten.

Die ganze Schrift iſt in zwei Theile getheilt, deren jeder enger in ſich als mit dem andern zuſammenhängt. Der erſte Theil enthält Aufſätze, die in näherm Bezuge zu dem Anlaß der Schrift ſtehen, der zweite behandelt die, ſich entfernter daran anſchließenden Mondfragen mit der Odfrage.

Da ich vorausſetze, daß es hauptſächlich das Mond-Thema iſt, was dieſer Schrift einige Aufmerkſamkeit zuwenden wird, ſo will ich, bevor ich auf den Anlaß der ganzen Schrift zu ſprechen komme, erſt bevorworten, was hinſichtlich dieſes Thema zu bevorworten iſt.

Eigentlich iſt das, was ich hier darüber gebe, nur ein Auszug aus einer größern monographiſchen Arbeit, auf die man demgemäß hier vielfach hingewieſen findet, worin ich für die künftige Unterſuchung mehrer den Mond betreffenden dunkeln Fragen in einer vollſtändigern Zuſammenſtellung und eingehendern Discuſſion, als hier am Platze war, die Unterlage zu gewähren ſuche. Vorliegende Schrift iſt nur beſtimmt, die wichtigſten Geſichtspunkte und Reſultate hervorzuheben, und die Hauptdata zu discutiren, ſo weit es einem allgemeinern Intereſſe entſprechen und zugleich für eine nicht zu oberflächliche wiſſenſchaftliche Begründung und Ueberſicht genügen kann.

Indem ich hiemit auf die künftige Schrift, die ſchon zum größern Theile ausgearbeitet vorliegt, vorweg hinzuweiſen wünſchte, iſt es mir wohl um ſo eher erlaubt, ſchon jetzt Einiges vorgreiflich über den Geſichtspunkt und Plan derſelben zu ſagen, als dieß weſentlich auch den hier daraus gegebenen Auszug mitbetrifft und angeht.

Wir beſitzen über den Mond viele ſchätzbare Unterſuchungen, Zuſammenſtellungen, Monographieen nach Seiten deſſen, was von ihm genau bekannt iſt. Jedes Lehrbuch der Aſtronomie giebt darüber das Weſentliche, und, nach Maßgabe als es überhaupt genügt, Genügende für eine allgemeine Belehrung. Die Selenographieen von Schröter, Mädler u. A. gewähren eine genauere Detaileinſicht in die aſtronomiſchen, topographiſchen, phyſikaliſchen Verhältniſſe des Mondes. Aber der Mond iſt ein wunderliches Weſen, und bietet manche Seiten dar, die noch weniger gut ergründet ſind. Es fragt ſich namentlich:

1) Hat der Mond einen Einfluß auf die Witterung?
2) Hat der Mond einen Einfluß auf den Lebensproceß, reſpectiv Krankheitsproceß der Menſchen und andern irdiſchen Geſchöpfe?
3) Hat der Mond eine Atmoſphäre?
4) Iſt der Mond bewohnbar und bewohnt?

Dieſe Fragen werden in den wiſſenſchaftlichen Werken über den Mond und die Dinge des phyſiſchen Himmels überhaupt meiſt wenig eingehend und meiſt auch weniger gründlich, als ſolche Fragen, die an ſich einer gründlichern Entſcheidung fähig ſind, behandelt. In den, dem größern Publicum gewidmeten, Darſtellungen aber wird meiſt eben ſo leicht als leichtſinnig nach oberflächlichen Aperçus, bejahend oder verneinend, wie es gerade des Verfaſſers mehr myſtiſche oder antimyſtiſche Tendenz mit ſich bringt, darüber entſchieden, oft mit völliger Unkenntniß oder abſichtlichem Ueberſehen der maßgebenden Thatſachen und Geſichtspunkte, oder nach einem Abwägen mit der Hand, wo die Wage zu Gebote ſteht. Und ſo gleicht unſere Erkenntniß von dieſen Seiten des Mondes dem Mondlicht ſelbſt. Sein Schein iſt ungewiß. Nun ſollte man ſich um ſo mehr anſtrengen, das Rechte darin zu ſehen; ſtatt deſſen hält man ſich dadurch, daß ſich doch nichts ganz ſcharf darin ſehen läßt, berechtigt, zu ſehen oder nicht zu ſehen, was man will.

Prof. Schleiden hat hievon neuerdings eins der auffallendſten Beiſpiele gegeben; das andere Extrem dazu vielleicht Freiherr von Reichenbach. Der Eine leugnet Alles, was man vom Monde glaubt oder je geglaubt hat; der Andere überbietet Alles, was man bisher geglaubt hat, mit neuen Wundern. Zwiſchen ſolchen Extremen ſchwankt nun das Urtheil des Publicum, und ein eigentlicher Halt der Meinung iſt nicht vorhanden.

Hienach ſchien mir, daß eine ſorgfältige Zuſammenſtellung und Discuſſion der auf jene Fragen bezüglichen Thatſachen eine nicht unnütze Ergänzung zu den Werken über die gut erkannten und klaren Seiten des Mondes bilden würde, und die künftige Schrift hat die Abſicht, eine ſolche in möglichſter Vollſtändigkeit zu liefern, die vorliegende, die Hauptfacta, Reſultate und Geſichtspunkte derſelben zugleich dem gegenwärtigen allgemeinen Intereſſe darzubieten, und eine wiſſenſchaftliche Ueberſicht davon zu geben, welche zur Anregung, Anknüpfung und bis zu gewiſſen Gränzen auch zur Unterlage für fernere Unterſuchungen geeignet ſein kann, deren der Gegenſtand nur zu ſehr noch bedürftig iſt; indeß die meiſten Specialia und Detailerörterungen der künftigen Schrift aufgehoben bleiben.

Warum, werden die Gegner des Mondeinfluſſes ſagen, ſich ſo viel Mühe um ein Nichts geben? — Und wenn wirklich der Mondeinfluß ein Nichts ſein ſollte, ſo würde doch, denke ich, die Mühe dieſer und der künftigen Schrift nicht ganz verloren ſein, wenn ſich dieß negative Reſultat wirklich dadurch etwas genauer als bisher herausſtellen ſollte. Denn ſo lange die Gegenbeweiſe nicht gründlicher als die Beweiſe ſind, wird der Streit nicht enden. Nun aber ſtellt ſich mit einer weit überwiegenden, und nach mancher Seite der Gewißheit, ſoweit ſolche in ſolchem Felde zu haben iſt, gleichzuſetzenden Wahrſcheinlichkeit heraus, daß dieſer Einfluß ein zwar nur ſehr untergeordneter, aber keinesweges zu vernachläſſigender iſt. Die Wiſſenſchaft hat ſich aber um kleine Größen ſo gut zu kümmern als um große, und namentlich dann an die Beſtimmung der kleinen zu geben, wenn ſie mit der Beſtimmung der großen in der Hauptſache auf das Reine iſt. Der Einfluß des Mondes auf die Witterung und den Lebensproceß organiſcher Körper gehört aber zu dieſen kleinen Größen.

Ungeachtet ich keinen Fleiß geſpart habe, mich ſo viel als möglich aller belangreichen Unterſuchungen über die hier behandelten Fragen zu bemächtigen, kann es doch bei der heutigen großen Ausdehnung der Literatur nicht fehlen, daß mir dieß und das von größerer oder geringerer Wichtigkeit entgangen iſt. Es wird mir ſehr erwünſcht ſein, auf Quellen dieſer Art, deren Berückſichtigung man etwa noch vermiſſen mag, insbeſondere neuere, aufmerkſam gemacht zu werden*). Die Atmoſphärenfrage freilich iſt in dieſer Schrift überhaupt nur berührt; was aber die Frage nach den Mondeinflüſſen anlangt, ſo habe ich hier, wenn ſchon (namentlich betreffs der Einflüſſe auf das Organiſche) nicht im Entfernteſten das vorliegende Material erſchöpft; doch Alles, was einen weſentlichen Beitrag zur Entſcheidung der Hauptfragen gewähren konnte, mindeſtens erwähnt, ſo weit ich davon Kenntniß hatte, ſo daß man etwaige Lücken wohl bemerken kann. Und ſollten, vor Erſcheinen meiner künftigen Schrift, noch Unterſuchungen über dieſe Gegenſtände angeſtellt werden, — wie ich denn in der Hoffnung, daß dieſe Schrift ſelbſt etwas beitragen könne, ſolche anzuregen, das Erſcheinen der künftigen abſichtlich verzögern werde — ſo würde ich den Verfaſſern beſonders dankbar ſein, wenn ſie mich ſei es durch Specialabdrücke in den Beſitz derſelben ſetzen oder wenigſtens darauf hinweiſen wollten, um künftig darauf Bezug nehmen zu können. Jede Notiz, die der Vollſtändigkeit und Gründlichkeit zu Statten kommen kann, wird mir überhaupt willkommen ſein; und namentlich wünſchte ich, daß negative Ergebniſſe nicht zurückgehalten würden, wie ſehr häufig geſchieht, in der Meinung, daß nichts damit gethan ſei. Denn, wenn ſchon in dieſer Schrift der Mondeinfluß einem ungehörigen Ignoriren und Leugnen von Thatſachen gegenüber mit einiger Lebhaftigkeit vertheidigt wird, iſt es mir doch in letzter Inſtanz ſicher nicht um dieſen Einfluß, ſondern um die Wahrheit, oder, ſofern abſolute Gewißheit in dieſen Dingen überhaupt nur ein Ideal iſt, um das rechte Maß der Wahrſcheinlichkeit zu thun, was nur gewonnen werden kann, wenn poſitive und negative Reſultate mit gleicher Treue und Vollſtändigkeit berückſichtigt werden. Auch verfehle ich nicht, im Intereſſe ſolcher Abwägung, diejenigen, die ſich genauer mit dieſem Gegenſtande beſchäftigen wollen, auf einige zum Schluß (Kap. XIII) nachgetragene Notizen ausdrücklich hinzuweiſen, welche, weil ſie zu ſpät zu meiner Kenntniß gekommen ſind, im Laufe der Schrift ſelbſt nicht berückſichtigt werden konnten.

---

*) Die ältere Literatur glaube ich ziemlich vollſtändig zu kennen, und namentlich ſind mir die Zuſammenſtellungen, welche Baumgarten in ſeiner Periodologie, Stark in ſeiner allg. Pathologie, Heuſinger in ſeinen Recherches de pathologie comp. und Schübler in ſeinen Unterſuch. S. 85 über den Einfluß des Mondes auf das organiſche Leben giebt, nicht entgangen.

In Betreff der Mondbewohnerfrage wird man gewiß hier nicht ohne Intereſſe den ganz neuen Geſichtspunkten begegnen, die ſich durch Hanſen's ſchöne Entdeckung der Excentricität des Mondſchwerpunkts dafür eröffnet haben, und ſeine Abhandlung ſelbſt, ſo weit ſie ſich darauf bezieht, hier mitgetheilt finden. Wenn ich bei dem Widerſtreit, der ſich ſchließlich zwiſchen den Folgerungen einer Beſſel'ſchen Unterſuchung und der, auf die neue Entdeckung geſtützten, Anſicht Hanſen's ergiebt, kein abſchließendes Urtheil fälle, und ſelbſt die genauere Erörterung darüber verſchiebe, ſo wird man darin einerſeits den Ausdruck der ſehr natürlichen Beſcheidenheit finden, die mir in dieſem Conflict ziemte, andererſeits die Unmöglichkeit, alles Für und Wider hier genau und unter Wahrung eines allgemeineren Intereſſes zu erörtern, in Rückſicht zu ziehen haben.

Habe ich andererſeits der Odfrage in Anſchluß an die Mondfragen eine etwas ausführlichere Beſprechung gewidmet, als der Bezug zu dieſen Fragen, der zunächſt dazu Anlaß gab, erfodert haben würde, ſo iſt einerſeits der Charakter dieſer Schrift zu berückſichtigen, die ſich von vorn herein kein abgeſchloſſenes Thema geſteckt hat, vielmehr nur durch einige, das allgemeine und wiſſenſchaftliche Publicum gleich intereſſirende Gegenſtände eine Compenſation für den hier aufgetiſchten Streit mit Schleiden zu bieten geſucht hat; andererſeits zu erinnern, daß der Verſuch und die Abſicht einer unparteiiſchen Abwägung dieſer Frage nach den beiden Seiten, die ſie hat, an ſich nicht am unrechten Orte ſein dürfte, nachdem dem Publicum bisher faſt ſtets nur die eine Wagſchale bald von dieſer, bald von jener Seite in die Hand gedrückt worden iſt. Daß ein ſolcher Verſuch immer nur ein Verſuch bleibt, und eine ſolche Abſicht auch beim beßten Willen nie ganz zu erreichen iſt, liegt freilich in der Natur der Sache und iſt in der Schrift ſelbſt von mir anerkannt.

So weit das Vorwort zu dem, was man als den Haupttheil dieſer Schrift anſehen dürfte. Und nun zu ihrem Anlaß. Er liegt in einem Angriff Schleiden's gegen eine Anſicht, die ich in einer meiner frühern Schriften (Nanna, oder über das Seelenleben der Pflanzen 1848) vom Daſein einer Pflanzenſeele aufgeſtellt habe. Man wird im Eingangskapitel dieſer Schrift einige Hinweiſe darauf finden, in welchem Sinne und Zuſammenhange es geſchehen und mit welchen Mitteln die Durchführung verſucht worden iſt. Nun kann ich mir nicht bergen und habe es ſelbſt in dieſem Kapitel hinreichend hervorgehoben, wie wenig dieſe Anſicht zu den herrſchenden Anſichten ſtimmt Niemand glaubt ja heutzutage an das Daſein einer Pflanzenſeele, und ich werde das mit allem meinen Eifer nicht ändern. Es giebt nun einmal keine Pflanzenſeele. Nur einige Damen fingen an, daran zu glauben, nachdem ſie meine Schrift geleſen, wenigſtens ein paar Tage lang nachher. Inzwiſchen ſchien auch das zu viel; und ſo hat Prof. Schleiden, dem die Lehre von den Pflanzenkörpern ſo Manches verdankt, der aber mit Seelen etwas ſparſam iſt, ſo daß ihm ſelbſt die Thierſeelen zu viel erſcheinen, in einem, an eine Dame gerichteten, Aufſatze ſeiner „Studien“ ſolcher Verführung zu wehren geſucht. Wer Schleiden aus andern Schriften kennt, kann ſich ja wohl denken, in welchem Tone es geſchehen iſt.

Nun wird unſtreitig nicht viel dabei herauskommen, mich über dieſen Gegenſtand vor dieſem Forum mit Prof. Schleiden zu ſtreiten. Auch iſt es nicht meine Abſicht, eine Verhandlung über die ſächliche Frage mit ihm hier zu führen, die ſich unſtreitig keine Hoffnung zu machen hätte, dem frühern Erfolge etwas zuzuſetzen. Doch hatte es einiges Bedenken für mich, ſeinen Angriff ganz unbeantwortet zu laſſen. Man kann meine Anſicht verwerfen; aber nicht auf den Unterlagen, die Schleiden dazu giebt. So wie es Schleiden darſtellt, verhält es ſich ja doch gar nicht damit; er giebt ja geradezu falſche Unterlagen. Und das vor einem Publicum, was theils nicht ſachverſtändig iſt, theils meine Schrift nicht geleſen hat, theils zum Voraus eingenommen dagegen iſt. Er hat das leichteſte Spiel. So weit er es vermag, hat er mich wiſſenſchaftlich vernichtet. Welch' liederliche Weiſe, mit Begriffen und Schlüſſen umzugehen, welch' grobe Unkenntniß des Thatſächlichen in meiner Nanna! Und ich bin nicht ſo eingebildet, daß ich glaubte, mein Name und Stillſchweigen reiche hin, die Angriffe eines Mannes von Schleiden's Ruf und Popularität wirkungslos zu machen, zumal in einer Sache, die ohnehin den Ruf der gemeinen Meinung wie der Wiſſenſchaft gegen ſich hat. Dieß waren die Gründe, die mich zu der Erwiederung beſtimmt haben, die man im 2. Kapitel dieſer Schrift finden wird. Was man zu lang darin findet, kann man überſchlagen, auch wenn man will, den ganzen Aufſatz; doch galt es jedenfalls mit der Erwiederung auch die Unterlagen der Erwiederung zu geben.

Dieſe Erwiederung erſcheint etwas ſpät. Die Urſache liegt darin, daß dieſe ganze Schrift in ſolidariſchem Zuſammenhange mit zwei andern Schriften entſtanden iſt, deren eine ich ſchon beſprochen habe, und auf deren andere ich gleich zu ſprechen kommen werde.

Hiemit habe ich die ernſthafte Seite hervorgehoben, welche dieſer Streit für mich hatte; inzwiſchen wird man es natürlich finden, daß ich einer Gefahr, die aufhörte, ernſthaft zu ſein, ſo wie es nur geſtattet war, ihr zu begegnen, auch nicht mit gar zu großem und ausdauerndem Ernſte begegnet bin; die ganze Natur des Angriffs foderte nicht dazu auf, und man wird ſelbſt Gelegenheit haben, ſich zu überzeugen, wie wenig derſelbe überhaupt Anlaß gab, auf eine ernſthafte Discuſſion der Streitfrage einzugehen. Es liegt mir aber der Ernſt der Frage ſicher nicht fern, und ſo bin ich durch jenen Angriff angeregt worden, in einer andern Schrift, welche ſich an dieſe anſchließen und den Titel „Ueber die Seelenfrage“ führen wird, die allgemeine Frage über die Ausdehnung des Seelenreiches in der Natur, in welche die Frage nach der Pflanzenſeele hineintritt, nochmals in Betracht zu ziehen. In dieſer Schrift wird man theils die Gründe für die von mir vertretene Anſicht, welche meines Erachtens etwas mehr Beachtung verdienten, als ihnen zu Theil geworden iſt, ſchärfer und überſichtlicher zuſammengefaßt finden, als früher geſchehen, theils ſo manche Einwände berückſichtigt finden, die, von anderer Seite her dagegen erhoben, mehr als die von Schleiden vorgebrachten, zu einer ernſthaften Berückſichtigung auffoderten. Außerdem habe ich im Eingangskapitel vorliegender Schrift („Streben und Erfolg“) den ganzen Zuſammenhang der Anſichten, in dem die Anſicht von der Pflanzenſeele erwachſen iſt, mit dem Schickſal, was ſie bisher gehabt, in flüchtigen Zügen ſkizzirt — mag man darin auch nur den Köcher ſehen, den ich den verſchoſſenen Pfeilen noch nachwerfe; — habe im dritten Kapitel den ſo einfachen Geſichtspunkt herauszuſtellen geſucht, unter dem die Teleologie in der Naturforſchung Platz findet, und zwar unangeſehen aller Streitigkeiten zwiſchen Materialiſten und Idealiſten über die allgemeinen Fragen, wovon man ihre Anwendbarkeit ſonſt abhängig zu machen pflegt, Platz findet; und im 4. den Gegenſatz der von mir vertretenen allgemeinen Weltanſicht gegen eine ſehr verbreitete, in welche die von Schleiden hineintritt, unter einem ihrer Hauptgeſichtspunkte betrachtet.

Vielleicht findet man den Ton halb Ernſt halb Scherz, in dem das Eingangskapitel gehalten iſt, dem reinen Ernſt der Gegenſtände nicht gar zu angemeſſen. Man mag nicht Unrecht haben. Der Anlaß aber, an den ſich alles dieß geknüpft hat, mag Etwas entſchuldigen. Nicht minder hoffe ich, daß derſelbe von einer andern Seite als entſchuldigendes Motiv für die vorſpielenden und zwiſchenſpielenden Betrachtungen in den Kapiteln des zweiten Theiles gelten wird. Nachdem es ſich darum handelte, nicht blos das Intereſſe eines wiſſenſchaftlichen, ſondern auch deſſelben allgemeinen Publicums, an das ſich der Gegner gewandt hat, anzuregen und zu beſchäftigen, liegt ihnen die offen ausgeſprochene Abſicht unter, den Ernſt und die nothwendig damit in Beziehung ſtehende nicht unbeträchtliche Trockenheit einer gründlichen Behandlung der betreffenden Fragen ſo weit zu mildern, als ſich mit dem Intereſſe der Gründlichkeit ſelbſt vertragen mochte. Dort wie hier iſt dieſes ſtets obenanſtehend und für alles Sächliche maßgebend geblieben. Man wird den Gang des Schiffes immer ernſthaft finden, wie auch die Wimpel flackern, und zuletzt iſt es derſelbe Wind, der ſeine Segel ſchwellt und es nach dem Ziele treibt, und von dem die Wimpel, das Ziel vorweiſend, flackern. Mich ſelbſt aber hat die Fahrt mehr vergnügt, als wenn es gegolten hätte, mit kahlen Maſtenſpitzen zu fahren.

Einiger Conflict zwiſchen den beiderlei Intereſſen konnte freilich bei der Richtung auf deren gemeinſame Befriedigung nicht vermieden werden; und nimmt die Nachſicht des Leſers in Anſpruch. Um ihm doch ſo viel als möglich zu begegnen, iſt Alles, was nur dem ſpeciell wiſſenſchaftlichen Intereſſe dient, ſo weit es irgend anging, in klein gedruckte Einſchaltungen oder beſondere Abſchnitte verlegt worden, die leicht von denen überſchlagen werden können, die dem Gegenſtande blos ein allgemeineres Intereſſe zuwenden, indeß ſie es zugleich denen, welche genauer eingehen wollen, erleichtern, die allgemeinen Geſichtspunkte und Reſultate von den ſpeciellen Belegen und Ausführungen zu unterſcheiden.

Nachdem ich nun getrachtet habe, dieſer Schrift, abgeſehen von dem Streite mit Schleiden, ein ſachliches Intereſſe zu geben, und dem von mir vertretenen Standpunkte nach Kräften anderweit genug zu thun, würde es mir erwünſcht ſein, wenn man die ganze Polemik, die in dieſer Schrift gegen Schleiden geführt iſt, ſo weit ſie irgend aus einem allgemeinern und wiſſenſchaftlichen Intereſſe heraustritt, ſelbſt nur noch aus dem Geſichtspunkte eines beiläufigen gymnaſtiſchen Spiels betrachten wollte. Schleiden hat mir den Handſchuh hingeworfen, ich habe denſelben aus den angegebenen für mich nicht ganz unerheblichen Gründen aufgenommen. Nachdem es einmal geſchehen, führe ich die Stöße ſo gut ich es vermag, und namentlich ſind alle meine Stöße ehrlich; man hat ſelbſt Gelegenheit, darüber zu urtheilen; denn ich gebe überall, vielleicht etwas zu ängſtlich, die Worte und die Facta. Nach beſtem Wiſſen habe ich nichts falſch dargeſtellt und nichts übergangen, was zur Beurtheilung der Sachlage des Streites beitragen kann. Aber zuletzt bleibt in dem ganzen Streite mit Schleiden nach der Weiſe, wie er ihn ſelbſt eingeleitet hat, viel von einem an ſich müßigen Fechterſpiel, dem man alſo nur folgen mag, ſo weit man ſich dabei unterhalten findet. Meine aufrichtige Anſicht über das ganze Verhältniß habe ich S. 89 ff. und im Schlußwort ausgeſprochen, und dieſer ordnet ſich Alles, was man ſonſt hier gegen Schleiden geſagt finden wird, unter. Zuletzt bleibt, wie ich ſchließlich ſage, Schleiden Schleiden, der manches hübſche Buch, wozu ich vor Allem die „Studien" rechne, geſchrieben und ſich manche Verdienſte um die Wiſſenſchaft erworben hat, dabei ſeine Schwächen hat, wie wir Alle Schwächen haben, von denen die größte die iſt, daß er von den Schwächen Anderer zu viel Weſens macht. Nun war es wohl Jemandem, dem dieß etwas mehr als billig von ſeiner Seite begegnet iſt, erlaubt, auch einmal etwas Weſens von eben den Schwächen bei ihm zu machen, von denen er ſo viel Weſens bei Andern macht, und dadurch etwas zur Compenſation einer weit allgemeinern Schuld, als in der ſich Schleiden gegen ihn beſonders befindet, beizutragen.

Im Uebrigen aber wird man nicht Unrecht haben, wenn man unter dem ſo häufig wiederkehrenden Namen Schleiden zumeiſt eine allgemeinere Perſon ſucht, die ich nur deßhalb ſo oft als Schleiden anrede, weil ſie uns durch Schleiden's Mund anredet. Man ſtelle ſich unter dem Namen Schleiden die Weiſe vor, wie heutzutage überhaupt von manchen Seiten her die Teleologie, das Verhältniß des Geiſtes und hiemit Gottes zur Natur aufgefaßt wird, wie über

Dinge, auf welche die exacte Wiſſenſchaft noch keinen Angriff findet, mit dem Schein exacter Wiſſenſchaftlichkeit abgeſprochen wird, wie an die Stelle eines vorſichtigen Zweifels, da wo Erklärung noch nicht zu Gebote ſteht, Ignoriren, Leugnen und Verwerfen der Thatſachen geſetzt wird, und endlich die ſchuldige Höflichkeit gegen die Phantaſten auf Gebieten, wo die Exacten nicht mehr von der Sache wiſſen, als ſie, aus den Augen geſetzt wird; und man wird die allgemeinere Bedeutung recht gefaßt haben, die der Name Schleiden an den meiſten Stellen dieſer Schrift hat. Von der Perſon Schleiden's läßt ſich dabei ganz abſtrahiren; und gern laſſe ich ihm ſeine Anſichten, wenn ſie Geiſt und Herz deſſelben befriedigen können, und ſeine Weiſe, ſie zu verfechten, wenn ſie etwas zu dieſer Befriedigung beitragen kann.

Inhalt.

Erſter Theil.

Seite
I. Streben und Erfolg 3
II. Schleiden und die Pflanzenſeele 44
III. Die Teleologie 93
IV. Die Natur als Symbol des Geiſtes 117

Zweiter Theil.

V. Schleiden und der Mond 125
VI. Einfluß des Mondes auf die Witterung 140
VII. Allgemeineres und Specielleres über den Witterungseinfluß des Mondes 225
VIII. Einfluß des Mondes auf Erdbeben und Erdmagnetiſmus 263
IX. Das Od 289
X. Einfluß des Mondes auf das organiſche Leben der Erde 320
XI. Atmoſphäre und Bewohnbarkeit des Mondes 385
XII. Schlußwort 421
XIII. Zuſätze über den Einfluß des Mondes auf die Witterung 424

Erſter Theil.

I. Streben und Erfolg.

(Prediger Sal. 9, 11.)

In der Schrift „Nanna, oder über das Seelenleben der Pflanzen, 1848“, habe ich zu zeigen geſucht, daß die Pflanzen eine Seele haben; eigentlich zu zeigen? nein; denn eine Seele läßt ſich nicht zeigen; aber einen Glauben daran zu erzeugen und zu begründen.

Iſt doch die Seele einer Pflanze ſo gut eine Glaubensſache als die Seele eines Wurmes, als die Seele eines Vogels, als die Seele meines Bruders, als eine Seele jenſeits und als Gott ſelbſt, nicht weniger und nicht mehr.

Unter Seele verſtand ich nach ausdrücklicher Erklärung eine Seele nicht in dem Sinne, wie Manche Seele faſſen, als abſtracten Einheitspunkt körperlichen Lebens, als Lebenskraft u. ſ. w., ſondern eine Seele, die empfindet, im gewöhnlichſten, durch Beiſpiele und ſonſt von mir erläuterten Wortſinne der Empfindung.

Die Pflanzenſeele ſollte eine Seele ſein von niederer Stufe der Selbſtändigkeit und Individualität zwar als die unſere und ſelbſt als die Thierſeele, doch immerhin noch ein Weſen für ſich wie unſere und die Thierſeele, gleich dieſen nur ſich ſelbſt erſcheinend und andern Seelen gegenüber blos die äußere Erſcheinung eines Körpers bietend; nur daß ein höherer Geiſt, daß über Allen Gott um das, was in dieſen Seelen vorgeht, ebenſo unmittelbar wiſſe, ſie ebenſo in ihm leben, weben und ſtehen, und er in ihnen, als wir es auch ſo oft von unſern Seelen ſagen, ohne freilich je daran zu glauben.

Eine Seele ſollte die Pflanzenſeele ſein, gleich einer neugeborenen Kinderſeele, nur ohne die Entwicklungsfähigkeit der Kinderſeele, nicht denkend, nicht vorblickend, nicht erinnernd, noch keine Außenwelt ſich gegenüberſtellend, nur lebend mit dem Augenblicke in einem Fluß und Wechſel des ſinnlichen Empfindens und des Triebes; und wie ihr Leib ſich badet in Licht und Luſt und Thau, des Bades genießend, eine jegliche anders nach ihrer andern Art und andern Stellung zur Natur.

Ich habe die Exiſtenz der Pflanzenſeele in dieſem Sinne glaublich zu machen geſucht aus Geſichtspunkten der Aehnlichkeit, des Zuſammenhanges, der Ergänzung, des Stufenbaues, der Zweckmäßigkeit, auf Grund erfahrungsmäßiger Thatſachen und vernünftiger Foderungen; habe die Gegengründe, daß die Pflanzen keine Nerven, keine willkürliche Bewegung, kein Centralorgan, keinen Kreislauf haben, daß keine Seelenſtufe für die Pflanzen übrig iſt u. ſ. w., mit Fleiß zuſammengeſtellt und erwegen; habe zur Wahrheit oder überwiegenden Wahrſcheinlichkeit der Anſicht auch ihre Schönheit und Erbaulichkeit in das Licht zu ſtellen geſucht, bin dem Hiſtoriſchen der Frage nachgegangen. Kurz ich habe den Gegenſtand von ſo viel Seiten zu faſſen und zu behandeln geſucht, als er überhaupt hat. Ich habe mich mit einem Werke halb todt gearbeitet, damit die Pflanzenſeele leben möchte.

Dieß mein Beſtreben; und der Erfolg? — Ganz aufrichtig will ich darüber berichten, wie ungünſtig auch das Reſultat für mich lautet, und welche Folgerungen für meine Anſicht man auch daraus ziehen mag.

Faſt ungetheilten Beifall hat dieſelbe in der Damenwelt gefunden; mündlich und ſchriftlich, von Bekannten und Unbekannten, ſind mir dazu die Belege geworden; es war als begegnete die Seele der zarten Geſchöpfe da lauter Schweſtern. Faſt ebenſo ungetheilte Verwerfung hat ſie unter den Naturforſchern und Philoſophen von Fach gefunden; mündlich und ſchriftlich, von Bekannten und Unbekannten, ſind mir die Belege dazu geworden; es war als begegnete die arme Seele da keiner Seele. Wohl manches Mädchen, manche Frau ſah die Blumen, ſeit eine Seele ihr daraus entgegenſah, ſelbſt mit ſeelenvolleren Augen an, und ſcheute ſich beinah, ſie abzubrechen, war's auch nur kurze Zeit. Die Philoſophen aber wollten die Seele mit dem Begriffe und die Naturforſcher mit den Händen greifen, davor verſteckte ſich die Seele; und ſie ſprachen: es iſt nichts da. Nicht Eine Dame wüßt' ich, die das Buch geleſen, und es haben es viele geleſen, die ſich gegen die Pflanzenſeele erklärt hätte; nicht Einen Naturforſcher oder Philoſophen von Fach, der das Buch geleſen oder auch nicht geleſen — und viele mißbilligen ſeine Gründe, ohne ſie zu kennen — der ſich entſchieden dafür erklärt hätte; die meiſten aber entſchieden dagegen. Oder ſie ließen nur ein Pünktchen, einen Schein, ein Wort, ein Nichts davon gelten; ja das größte Lob, was meiner Schrift von einigen geworden iſt, ſie nehme ſich aus wie eine Dichtung, bedeutete zugleich den größten Tadel, der ſie treffen konnte, ihre Idee ſei eine Erdichtung.

Und ſo iſt zuletzt die Hauptfrucht, die meine Schrift mir eingetragen, zugleich das Symbol ihres Erfolges, eine krummgewachſene Möhre, die mir eine unbekannte Dame aus Altenburg vor einigen Tagen aus ihrem Garten ſandte, zum Zeichen des Intereſſes, das ſie an der Schrift genommen. Die Möhre hatte durch eine harte Baumwurzel nicht durchzudringen vermocht, und ſich in ſonderbaren Krümmen zwieſpaltig rechts und links darum geſchlungen, doch nicht gedeihen können. So habe auch ich mich im Beſtreben, mit meiner Idee einzuwurzeln, umſonſt nach allen Seiten gewunden, den harten Widerſtand dagegen zu durchdringen oder zu umgehen, und nicht damit gedeihen können. Und wie in meinem Schrank die Möhre, wird mein Buch im Schranke der Literatur als ſonderbare Curioſität liegen bleiben. Das iſt das Ende des Liedes von der Pflanzenſeele.

In der That, wenn man ſchon einen Prediger in der Stadt nicht gar hoch zu ſtellen pflegt, der blos das Herz der Damen rührt, das er doch mit zu rühren beſtimmt iſt, ſo ſcheint das Urtheil von vornherein geſprochen über einen Naturprediger, dem blos die Damen lauſchen, wenn doch der Gegenſtand der Predigt nach ſeiner ernſten Seite nur vor den Richterſtuhl der Männer ernſter Wiſſenſchaft gehört, und blos von äſthetiſcher und gemüthlicher Seite das leicht beſtechliche Intereſſe der Damen berührt. Zumal wenn man die Mittel des Erfolges bei ihnen in Betracht zieht. Hat ſich das eitle Geſchöpf, die Nanna, nicht abſichtlich dazu geputzt mit leichtem Flitterſtaat und bunten Bändern. Aber der erſte kräftige Windſtoß zerzauſt ſolchen Staat, der erſte eindringende Regen wäſcht ihm die Farbe aus, der erſte ſcharfe Sonnenſtral macht ſie erbleichen. Und endlich muß die eitle Thörin doch einmal aus dem Toilettenzimmer in das Freie.

Es konnte nicht ausbleiben, und was iſt ihr da jüngſt begegnet. Sie läuft Einem, mit dem ſie ſeit einiger Zeit öfters in Damenzimmern zuſammengetroffen iſt, in den Weg, wie er eben wieder in eine Damengeſellſchaft gehen will, fein angethan, doch wie immer mit Stiefeln und mit Sporen. Nun iſt ſie vor Zeiten einmal bei dem ernſten Manne vorbeigegangen, ohne ihm den gebührenden Reſpect zu beweiſen, und um ihr's einzutränken, tritt er mit ſeinen guten Stiefeln in einen Tümpel am Wege, beſpritzt ſie über und über und reißt ihr mit ſeinen Sporen alle Franſen vom Kleide und dafür ſo viel Löcher in das Kleid. Das arme Ding! Nun wird ſie ſich nicht einmal mehr vor Damen, ja überhaupt in keiner guten Geſellſchaft mehr ſehen laſſen können.

Wie ſchlimm es nach all' dem um die Sache der Pflanzenſeele zu ſtehen ſcheint, iſt's doch natürlich, daß ein

Autor eine Idee, zu deren Entwickelung er 25 Druckbogen gebraucht, woran er ein Lebensjahr geſetzt hat, nicht ebenſo ſchnell preisgiebt, wie jene, die ſie ſo leicht verloren geben, weil ſie ihnen nichts koſtet, oder eifrigſt wegwerfen, weil das Wegwerfen noch weniger koſtet, vielmehr die Koſten der Pflege und des Großziehens der jungen Idee erſpart. Hat man doch ſchon genug mit Pflanzenkörpern und Menſchenſeelen zu thun, warum ſich noch mit ſo unnatürlichen Zwitterdingen, als Pflanzenſeelen, befaſſen; am beſten iſt es, die kleinen Ungeheuer gleich in der Geburt erſticken; ſo iſt man ihrer Pflege einfach los. Aber für den Autor ſtellt ſich die Sache anders. Er will nicht ein Jahr umſonſt gelebt, nicht 25 Bogen umſonſt geſchrieben und endlich nicht ſo gründlich ſich ſelbſt genarrt haben. Alſo muß es eine Pflanzenſeele geben, und muß es Gründe geben, daß es eine giebt, und iſt es Unverſtand des Verſtandes, wenn er ſie nicht finden kann.

Der Autor wehrt ſich alſo mit Betrachtungen wie folgt:

Was kein Verſtand der Verſtändigen ſieht, das ſiehet in Einfalt ein kindlich Gemüth; die Frauen haben aber ein viel kindlicheres Gemüth als die Männer; alſo werden ſie auch wohl in ihrer kindlichen Einfalt dießmal mehr im Rechte ſein als die Männer in ihrer Weisheit; und manche Männer ſinnigen Gemüthes haben ſich ja doch auch von der Idee der Pflanzenſeele angeſprochen gefunden. Nirgends vermählen ſich Leib und Seele ſchöner als in den Frauen, und über Nichts haben ſie ein beſſeres Urtheil als über Vermählungen, alſo werden ſie auch das richtigſte Urtheil über die Vermählung von Leib und Seele bei den Blumen haben, zumal ſie dieſen ſelber ſo ähnlich ſind, ſie lebendig vor ihrem Fenſter, in ihrem Garten ſtehen haben, ſie begießen und pflegen, und ihnen höchſtens einmal die Blätter auszupfen, wenn es die Frage nach der eigenen Vermählung gilt. Wogegen die Philoſophen faſt nur aus Geiſt, Begriff, die Naturforſcher faſt nur aus Leib und Meſſer beſtehen, und indem jeder von ihnen das Ganze aus Leib und Seele an ſeinem Theile faßt und beide ſich darum reißen, es zerreißen, wo dann natürlich jenen nur der körperloſe Begriff, dieſen nur der ſeelenloſe Leib in den Händen bleibt.

Du ſelbſt kannſt es gar wohl in dieſer Frage mit den Philoſophen und Naturforſchern aufnehmen. Im Grunde gehört die Pflanzenſeele zur Klaſſe der Schemen oder Geſpenſter; um Geſpenſter zu ſehen, muß man ein Sonntagskind ſein, zumal die Pflanzenſeelen, die ja Geſpenſter des ſonnigen Tages ſind. Du biſt aber, als am 19. April 1801 um 2 Uhr geboren, ein Sonntagskind der ſonnigſten Tagesſtunde. Wenn alſo die Naturforſcher und Philoſophen nichts von der Pflanzenſeele ſehen können, ſo folgt daraus nur ganz einfach, daß ſie keine Sonntagskinder und blind am hellen Tage ſind, und kein Taufſchein ſoll mir das Gegentheil beweiſen. Die alten Weiber haben von jeher für die Exiſtenz der Geiſter, an die ſie glauben, den untrüglichen Erfahrungsbeweis gehabt, daß ſie ſolche geſehen haben, und ſo haben freilich auch die Philoſophen und Naturforſcher für die Nichtexiſtenz der Geiſter, an die ſie nicht glauben, den untrüglichen Erfahrungsbeweis, daß ſie ſolche nicht geſehen haben; aber es iſt derſelbe alte Weiberbeweis.

Mit den wiſſenſchaftlichen Beweiſen kannſt du um ſo eher fertig werden, zumal wenn du wie die Römer von Pyrrhus ſiegen lernſt. Die Philoſophen beweiſen die Nichtexiſtenz der Pflanzenſeele aus dem Begriffe, ſo beweiſeſt du deinerſeits die Exiſtenz der Pflanzenſeele aus dem Begriffe; und lebt die Pflanzenſeele heute noch nicht in der Philoſophie, ſo darf ſie um ſo eher hoffen, morgen darin zu leben; denn endlich muß doch einmal Alles darin an die Reihe kommen. Schon hat man der Philoſophie von allen Seiten zugerufen: „gute Nacht!“ alſo iſt zu hoffen, daß man auch bald wieder: „guten Morgen!“ rufen wird; in der Nacht werde ich inzwiſchen den Mond ſcheinen laſſen; und nachdem die Philoſophie ausgeſchlafen und ſich die Augen gerieben hat, wird ſie den Begriff einer nicht exiſtirenden Pflanzenſeele, durch Selbſtaufhebung ins Gegentheil umgeſchlagen, unter andern über Nacht ins Gegentheil umgeſchlagenen Begriffen an ihrem Bette ſtehen und ihr den guten Morgen bieten ſehen; und ſo wird aus Abend und Morgen der neue Tag der Philoſophie werden.

Was die Naturforſcher anlangt, ſo wird es nur darauf ankommen, die Seele irgendwo als Kernkörperchen in einer Zelle aufzuzeigen. Und das wird hoffentlich durch die, ja täglich fortſchreitende Verbeſſerung der Mikroſkope noch gelingen. Gelingt es nicht bei zehnfacher Steigerung ihrer

Kraft, ſo wird es bei hundert- oder tauſendfacher gelingen. Endlich freilich muß es einmal gelingen, ſonſt kann natürlich ein Naturforſcher nicht an die Pflanzenſeele glauben. Doch es wird gelingen. Ueberhaupt hängt aller Fortſchritt in unſern allgemeinen Weltanſichten an der Verbeſſerung der Mikroſkope, und daß die Seelenlehre ſich auf die Zellenlehre zu ſtützen hat, beweiſt ſchon der Umſtand, daß der Name Seele ſich auf den Namen Zelle ſtützt. Denn man kann nach den Reſultaten der neuern Naturforſchung blos in Zweifel ſein, ob die Seele als Secretionsproduct der Zellen ihren Namen durch Zuſammenziehung der Worte Secretion und Zelle, oder als ein reſultirender Schein des Zellenbaues und Zellenlebens durch bloße Abſchwächung des ſtarken Wortes Zelle erhalten hat. Der Sprachinſtinct iſt doch ganz wunderbar, und der Inſtinct der heutigen Naturforſchung noch wunderbarer.

Inzwiſchen fällt mir eben ein, wie ich einmal Jemand ohne Fernrohr die Lage eines wegen ſeiner Entfernung nicht mehr ſichtbaren Ortes einem Andern deutlich zeigen ſahe, und mache davon Gebrauch, auch ohne Mikroſkop dem Naturforſcher, wenn nicht die Pflanzenſeele ſelbſt, aber den Ort, wo ſie ſitzt, zu zeigen.

Ich war vor Zeiten einmal auf dem Rigi; unter der Geſellſchaft dort verſammelter Fremden befand ſich auch ein Berliner Lieutenant und ein Berliner Schneider und der letzte hielt ſich immer ſo viel wie möglich zu dem erſten. Dort liegt Bern! hieß es. — Wo? fragte der Schneider; dort, ſagte der Lieutenant, wo der ſchwarze

Punkt iſt. — Ich ſehe keinen ſchwarzen Punkt. — Aber ſehen Sie nur recht hin, ſchärfer, immer ſchärfer! — Ich ſehe ihn aber nicht. — Ganz recht; eben da, wo Sie den ſchwarzen Punkt nicht ſehen, liegt Bern!

Ganz recht, eben da, wo ihr die Seele nicht ſeht, liegt die Seele.

Mit ſolchen Betrachtungen hilft ſich der Autor, wie er kann. Immerhin bleibt Manches ſchlimm für ihn. Er kann ſich nicht verbergen, wie bedenklich es für ihn iſt, daß er doch für jetzt blos die kindliche Einfalt und ſinnige Gemüther, nicht die Männer der Vernunft und Erfahrung auf ſeiner Seite hat, daß er erſt auf eine philoſophiſche Zukunft und die Verbeſſerung der Mikroſkope damit warten, und ſich mit dem Degen eines preußiſchen Lieutenants gegen Philoſophen und Naturforſcher wehren muß. Und wenn es blos gälte, ihrem Angriff einzeln zu ſtehen; nun aber der größte Naturforſcher und Philoſoph in Einer Perſon die Seelen aus den Pflanzen wie unſaubere Geiſter ausgetrieben hat, iſt Alles aus, und es bleibt nur noch übrig, einen Siegerkranz aus den entſeelten Blumen auf ſein Haupt zu ſetzen; wenigſtens ſind ſie da am ſicherſten, daß ihnen die Seelen nicht wiederkommen.

Schade! und eine Blumenſeele iſt doch etwas ſo Anmuthiges und ich hatte ſo anmuthende Gründe dafür. Ja, letzte Weihnachten meinte ich auf einmal leibhaftig zu ſehen, was ich ſo lange in Gedanken geſehen. Es war in einem befreundeten Hauſe; erſt gab es Sang und

Klang; dann öffnen ſich die Thüren, und auf dem Tiſche ſteht des Hauſes Tochter, ſchön und ſchlank, als Weihnachtsbaum, umringt von grünen Zweigen, ruhig, ſchweigend, mit holdſeligem Lächeln herausblickend aus dem Grün, helle Lichter und ſchöne Gaben an den Zweigen, und auf dem Haupte eine rothgoldene Krone — ein Körbchen war es mit dem Allerſchönſten darin — tragend. Und Alle eilen herbei und Jeder langt nach dem, was ihm beſchieden, wie Schmetterlinge, Bienen, Käfer draußen zum wirklichen Blütenbaume eilen, und Jeder nach dem Seinen langt, indeß die Blumenſeele dazu holdſelig lacht.

Eine Gabe allein, ein Glas mit ſüßen Früchten, war zerbrochen; und das war meine Gabe. Zur krummen Möhre ein zerbrochenes Glas! Das blieb als Frucht für mich vom grünen Baume, das blieb als Wirklichkeit von meinem Traume.

Noch ſchlimmer als mit der Idee der Pflanzenſeele iſt es mir mit einer andern Idee gegangen, die ich drei Jahre ſpäter in einer größern Schrift, Zend-Aveſta*), entwickelt habe, der Idee, daß auch die Erde, ja daß alle Weltkörper eine Seele haben. Nachdem ich ſchon ſo viel umſonſt an die Idee der Pflanzenſeele geſetzt hatte, glaubte ich mit dieſer neuen Idee den Einſatz ſteigern zu müſſen, und ſteigerte damit freilich nur den Verluſt. Zwar, als ich vor Zeiten vorſpielend auf eine ſolche Idee hingedeutet hatte*), fand man ſie ſehr ergötzlich; allein der Ernſt der Idee begegnete dem Ernſte und dieſer war der des Widerſpruches und mehr noch der Nichtachtung und Nichtbeachtung.

---

*) Zend-Aveſta, oder über die Dinge des Himmels und des Jenſeits vom Standpunkt der Naturbetrachtung. Leipzig, Voß. 1851.

Wohl war die Idee ernſthaft zugleich und groß. Nicht ſollt' es ſich mehr um eine einfache Seele, wie die der Pflanzen, handeln, nicht mehr um eine kleine Nachbarſeele der Menſchenſeele, vielmehr um eine hocherhabene, hochbewußte, die das Bewußtſein aller Menſchen ſelbſt in ſich trägt und einheitlich verknüpft, indem ſie Alles in Eins weiß, denkt, fühlt, was die Menſchen im Beſondern wiſſen, denken, fühlen, und über Allem auch um die Bezüge zwiſchen all' dem weiß; eine Seele, die außer allen Menſchenſeelen auch alle Thier- und Pflanzenſeelen in ſich einſchließt, und über dem niedern dieſſeitigen Leben der Menſchenſeelen ihr höheres jenſeitiges Leben in ſich enthält, wie ſchon in unſerer kleinen Seele über dem niedern Anſchauungsleben ein höheres Erinnerungsleben, vom ſelben Leibe noch getragen, ſich erbaut.

So ſollte die Erde, nach Geiſt und Leib ein himmliſches Weſen, unſer Dieſſeits nur in niederm, unſer Jenſeits in höherm Sinne, im Himmel hüten und tragen, und mit allen andern Geſtirnen nach beiden Seiten zugleich im Bande der göttlichen Einheit eingebunden und verſchlungen ſein.

---

*) Vergleichende Anatomie der Engel, von Dr. Miſes. Leipzig, Baumgärtner. 1825.

Das Auge des Menſchen hört nicht, was das Ohr, das Ohr des Menſchen ſieht nicht, was das Auge, ein jedes ſchließt ſich für ſich ab in ſeiner Sphäre und tritt dem andern ſelbſtändig gegenüber; keins weiß etwas vom andern, keins vom ganzen Geiſt des Menſchen. Doch über Aug' und Ohren ſchwebt ein höherer Geiſt, der zugleich um die Empfindungen von Aug' und Ohren weiß. So hört und ſieht und fühlt und denkt ein Menſch nicht, was der andere, ein jeder ſchließt ſich für ſich ab in ſeiner Sphäre und tritt dem andern ſelbſtändig gegenüber; keiner weiß unmittelbar etwas von des Andern Geiſt noch von einem höhern Geiſt, doch ſchwebt ein ſolcher über allen Menſchen, der um all' ihr Empfinden, Fühlen, Denken, Wollen, Wiſſen zugleich weiß; der Menſchengeiſt ſchwebt über niedern Sinnen, der Geiſt der Erde über Menſchengeiſtern, der Geiſt Gottes über den Geiſtern aller Geſtirne.

Natürlich gab es bei ſolch' himmelanſtrebendem Bau viel mehr zu thun, als da ich in der Pflanzenſeele erſt das erſte Steinchen dazu auf die Erde legte. Was habe ich mich nicht da wieder abgemüht. Ich bin gegangen in die Tiefe, Breite, Höhe, hinauf, hinab, nach allen Seiten, rechts, links, im Zickzack, vom Centrum nach dem Umfang, vom Umfang nach dem Centrum; ich habe keuchend die Steine herbeigetragen, gewälzt; wie viele blieben auf dem halben Wege liegen, wie viele ſind herabgerollt, da ich ſie ſchon auf der Höhe glaubte.

Umſonſt ſah ich mich nach Hülfe um. Die Philoſophen und die Theologen wollten nicht mit mir von der

Erde in den Himmel, ſondern nur von dem Himmel auf die Erde bauen; zwar immer von Neuem wurden die wolkigen Gebäude zu Waſſer, wenn ſie die Erde rührten, doch eben darum galt es immer neu zu bauen; und immer neue Wolken thürmten ſich, und zerrannen. Die Naturforſcher aber, vor der Sündflut, die damit drohte, bangend, hatten nun ihrerſeits alle Hände voll zu thun, eine neue Arche Noah zu bauen, um alle Thiere und Pflanzen darein einzuſtallen, damit ſie nicht mit in jener Flut verſinken möchten; und ſo blieb ich ganz allein beim Werke, allein unter der Traufe von oben und unter dem Spotte der Zimmerleute von unten. Denn weil ich nicht für irdiſche Geſchöpfe baute, und nicht mit gleicher Axt und Säge zimmerte, als Alle in den Händen hatten — wie konnt' ich, da es eine Arche für die Engel galt — ſo ſpotteten ſie des Werkes.

Wie bei der Pflanzenſeele, nur mit höherm Aufblick und weiterm Umblick, ſtellt' ich ſorgſam wieder alle Gründe zuſammen, durch welche die Lehre von der Seele der Geſtirne ſich erbaut, die Gründe der Aehnlichkeit, des Zuſammenhanges, der Ergänzung u. ſ. w., ging abermals auf alle Gegengründe ein; wo iſt der Grund und Gegengrund, auf den ich nicht gekommen.

Nachdem ich alle im Einzelnen verfolgt, erwogen, ſucht ich zu zeigen, wie dieſe Lehre auch im Ganzen erbaulich in eine erbauliche Weltanſicht hineintritt, in einer höhern Weltanſicht ſich aufhebt, in eine harmoniſche Weltanſicht hineinklingt.

Wie prachtvoll ſtuft die Geiſterwelt ſich ab, wie hoch erhöhet ſich ihr Bau, wie weit erweitert ſich ihr Horizont, wie wächſt der Reichthum, wächſt die Fülle!

Nicht wandeln ferner blos noch einzelne Geiſtesfünkchen durch eine todte dunkle Welt, wie Fünkchen einzeln durch den Zunder laufen; der Geiſt entbrennt in großen lichten Sonnen und ſtralt durch alle Himmel; die Götter Griechenlands beginnen wieder aufzuleben; die Engel fliegen leuchtend durch die Räume; ſind's Götter oder Engel? gleich viel; die Welt füllt ſich mit hohen Weſenheiten, die unſerer Weſenheiten Träger und Vermittler zu Gott dem Höchſten ſind.

„Der Geiſt der Erde iſt der Knoten, durch den wir Alle in Gott eingebunden ſind; wäre es beſſer, wenn wir loſe in ihm zerflatterten? Er iſt die Fauſt, in der uns Gott zuſammenfaßt, wäre es beſſer, wenn er ſie öffnete und uns zerſtreute? Er iſt der Zweig, der uns als Blätter an Gottes Baume trägt, wäre es beſſer, wenn wir von dieſem Zweige abfielen? Oder wäre es beſſer, wenn jener Knoten, ſtatt ein ſelbſtlebendiges Band zu ſein, ein todter Strick, wenn jene Fauſt erſtarrte, wenn jener Zweig verdorrte?“ — (Zend-Aveſta.)

Und in dem Geiſt der Erde giebt's einen Gipfelpunkt und Lichtpunkt, wodurch ſich dieſer Geiſt mit Gott verknüpft; einen Lichtknoten höchſter und letzter Bewußtſeinsbeziehungen zu Gott, der im Dieſſeits geknüpft ward, um im Jenſeits und für das Jenſeits Alles zu verknüpfen.

Ich ſah das Alles ſo hell und klar, und Alle ſollten

Alles mit mir ſehen; ich faßte die Leute an die Hände, Röcke, wollte ſie mit mir ziehen, rief's ihnen in die Ohren, was ſie ſehen ſollten, ſang's ihnen vor, ſuchte mit Gewalt die Augen aufzuthun, häufte Bild auf Bilder, that Alles, was in meinen Kräften war; that über meine Kräfte. Und der Erfolg?

„Paule, du raſeſt! und biſt nicht einmal Paulus".

Die Idee der Beſeelung der Geſtirne hat weder bei Frauen, noch Naturforſchern, noch Philoſophen Anklang gefunden? Bei wem denn? Ich glaube faſt, bei Niemand. Höchſtens haben ein paar junge Leute mich ihrer theilweiſen Genehmigung verſichert; und das will bei der hohen Weisheit der heutigen Jugend ſchon etwas ſagen. Aber die Jungen werden auch einmal alt, und da geht die junge Weisheit wieder verloren. Auch einige der Aelteren zwar, denen ich das Buch geſchenkt oder geliehen, oder die es von denen geliehen, denen ich es geſchenkt, haben ſich theilweis von ſeinen Ideen „angeregt", wohl gar „angeſprochen" gefunden; aber von der Anregung und Anſprache bis zum Glauben iſt's noch weit! Das Hauptſchickſal aber, was es erfahren hat, war: man hat es nicht geleſen.

Armer Voß! 1000 Exemplare Zend-Aveſta gedruckt und nicht 200 abgeſetzt! Und die wenigen wohl nur, weil man erſt meinte, es ſei auch ein Roman ſo wie die Nanna. Aber eine ſchwere Weltkörperſeele kann ſich nicht ſo leicht und zierlich benehmen, als eine ſchlanke zarte Blumenſeele. Das ward man bald gewahr. Nun hüten die Weltkörperſeelen den Laden, und die Infuſorienkörper, ihre Nachbarn in dem Laden, ſehen ſie ſcheel an, und werden ſie, wenn ſie Platz brauchen, bald in andere Läden übertreiben. Und wo das Buch in einem Repoſitorium ſteht, da ſteht es, und ſieht noch überall ſo reinlich aus und hat keine Scheere mit Aufſchneiden ſtumpf gemacht. Und greift einmal ein Naturforſcher blindlings danach, und ſieht dann, es iſt der Zend-Aveſta, die Lehre von der Seele der Geſtirne, ſo ſetzt er es gleich wieder hin, mit einem eigenen Blicke: „Pflanzenſeele, Weltkörperſeele, Narrenſeele! Wäre er doch bei ſeinem Leiſten geblieben; er war auf beſſerm Wege; es muß doch von ſeiner Krankheit etwas zurückgeblieben ſein.“

Bei den Naturvölkern zwar iſt der Glaube an die Gottbeſeeltheit der Geſtirne ſelbſtverſtändlich. Aber wir ſind über den rohen Naturglauben hinaus. Die ganzen heidniſchen Religionen haben darin ihren Ausgang und Gipfel. Aber wir ſind eben keine Heiden mehr; dergleichen hinter uns zu haben, gehört ſelbſt zu unſerer Bildung. Sogar die Bibel verwechſelt Engel und Geſtirne; aber ſie verwechſelt ſie eben nur; man weiß heutzutage, daß es keine andern Engel giebt, als liebe Mädchen und kleine hübſche Kinder. Die Erde iſt zwar unſer aller Mutter; aber warum kann der Menſch nicht auch von einem Stein abſtammen? Wir hängen heute noch an ihr als ihre Glieder; der ganze Geiſt der Menſchheit wohnt in ihr; aber warum kann der Geiſt der Menſchheit nicht auch in einem Klumpen wohnen? Die todte Mutter lebendiger Kinder, der todte Leib mit lebendigen Gliedern, der Himmel ein Hauf- und Laufwerk trockner Kugeln, die Geiſtertreppe aus einer winzigen und einer unendlichen Stufe, der Geiſt Gottes über alle Welt hinaus, ſind nun einmal ein unumſtößliches Dogma der Philoſophie, der Naturwiſſenſchaft, der Theologie, der Schulſtube, der Spinnſtube, der Kinderſtube geworden, der erſten, weil der letzten, der letzten, weil der erſten, ein feſt in ſich geſchloſſener Kreis des Wiſſens, der ſich immer von Neuem aus ſich in ſich ergänzt. Ja, ein Narr, wer da hindurchbricht und aus der Stube der Weisheit einen Blick wirft in die thörichte Natur der Dinge. Ein Narr, ein Narr! ſo rufen alle Wände, alle Säulen, die Decke, der Boden, die Luft ſelber im Palaſte dieſer Weisheit.

Inzwiſchen, wenn ein Autor ſchon einige Hartnäckigkeit im Feſthalten einer Idee bewieſen hat, an deren Entwickelung er ein Jahr ſeines Lebens und einen Band ſeiner Werke wandte, ſo wird er natürlich mit mindeſtens dreimal ſo großer Hartnäckigkeit eine Idee zu halten ſuchen, an die er drei Jahr ſeines Lebens und drei Bände ſeiner Werke gewandt hat. Er hilft ſich alſo wieder, wie er kann, und ſagt ſich etwa: Freilich biſt du ein Narr; aber Narren ſagen die Wahrheit, und nur das iſt deine Narrheit, daß du ſie ſagſt. Wenn ſich die Zuhörer die Ohren zuhalten, thut der Prediger am beſten, er geht von der Kanzel. Eher wird ein Kameel durch ein Nadelöhr gehen, als eine Weltkörperſeele in die heutige Weltanſicht hineingehen, weil dieſe ſelbſt eng genug iſt, um durch ein Nadelöhr zu gehen. Die ganze Wiſſenſchaft iſt in Sachen der Frage über Leib und Seele nicht mehr zurechnungsfähig und ganz aus dem Geſchick gekommen. Man iſt freilich über die naturwüchſigen Anſichten jetzt weit hinaus, aber man iſt noch nicht weit genug darüber hinaus, um wieder dazu zurückzukommen. Wenn die Bibel Engel und Geſtirne verwechſelt, ſo müſſen ſie ſich doch verwechſeln laſſen. Nicht Alles, woran die Heiden glaubten, iſt unchriſtlich, und nicht Alles, woran die Chriſten glauben, iſt chriſtlich. Man muß — —, jedoch genug!

Mit all' dem kann ich die Hauptſchwierigkeit nicht überwinden, daß meine Engel keine Flügel haben, was nun einmal zum naturgeſchichtlichen Charakter der Engel gehört, und ein ſchweres Corpus ſtatt eines Quaſi-Corpus haben. Wiege ich einen Engel nach der heutigen Vorſtellung, ſo dürfte er etwa 1 bis 2 Loth wiegen, bei recht ätheriſcher Vorſtellung noch weniger, wogegen ein Engel des Zend-Aveſta, wie der, unter deſſen Obhut wir ſelbſt ſtehen, über hunderttauſend Trillionen Centner wiegt (Zend-Aveſta I. S. 77). Ein ſolcher Engel will natürlich eben ſo wenig in unſere Naturgeſchichte als in unſere Gedichte paſſen. Auch nicht in ein Compendium der Dogmatik. Denn obzwar das der einzige Ort iſt, wo die Engel heutzutage noch aus Barmherzigkeit ein kleines Unterkommen behalten haben, ſo dürfen ſie ſich doch nicht zu breit darin machen, um in das kleine Seitenkapitelchen, das ſich für ſie noch erübrigen läßt, hineinzugehen, und wie vermöchten das die großen Engel, die ich meine. Was iſt denn zuletzt der Ort, wo ſie überhaupt hin paſſen? In Wahrheit, ich weiß nur einen einzigen, den, wo ſie eben ſind, und wohin alle andern nicht paſſen: den Himmel.

Theils in der vorigen Schrift, theils in einer ſpätern Abhandlung *) habe ich weiter die Idee ausgeſprochen und durchgeführt, daß die ganze Welt göttlich beſeelt oder begeiſtet iſt, daß alle individuellen Seelen nur ein- und untergeordnete Theilweſen des göttlichen Geiſtes, wie ihre Leiber nur ein- und untergeordnete Theilweſen des göttlichen Leibes, der Natur, ſind, vom Geſtirn herab bis zum Wurm und Kräutlein.

Das ganze Reich der Geiſter und der Körper ſchließt ſich danach in Gottes Geiſt und Leib zuſammen, darin ab; und Gottes Geiſt und Leib ſind ſelbſt nur zwei Weiſen oder Seiten der Erſcheinung, die innere und äußere, des einigen Weſens Gottes, zwei Seiten, nicht zwei Sachen. Gott führt in Schöpfung und Leitung der Geſchicke ſeiner Weſen ein unendlich hohes und reiches Leben, hat in ihnen untergeordnete Werkzeuge des Wollens, Denkens, Empfindens, Thuns; doch greift mit höchſten Wiſſens- und Willensbezügen über alle hinaus, und führt im Laufe der Zeiten zu den Ewigkeiten Alles gerechten und guten Zielen zu.

---

*) „Ueber die Erkenntniß Gottes in der Natur aus der Natur." in Fichte's Zeitſchrift 1852. S. 193.

Die Freiheit Gottes iſt die Sonne, wovon wir Stralen haben; was iſt eine Sonne ohne Stralen, was Stralen ohne eine Sonne? Der Menſchen Widerſtreit und Sünde iſt in Gott, wie Disharmoniſches in einer Symphonie. Wär's beſſer, ſchöner, vernünftiger, die Stralen abgeſondert von der Sonne, die Disharmonieen vielmehr unverſöhnt mit der Symphonie, als in ihr ſelbſt ſich aufhebend und verſöhnt zu denken? Ich deut' im Bilde an, was ich dort ausgeführt.

Daß wir in Gott leben und weben und ſind, und er in uns, wird nun erſt eine Wahrheit; wie kann ein Geiſt im Geiſte gegenüber leben, weben, ſein? Daß Gott um unſere Gedanken weiß, wie wir ſelbſt, wird nun erſt eine Wahrheit; wie kann ein Geiſt alſo um die Gedanken eines Geiſtes gegenüber wiſſen; vielmehr darin, daß er nicht alſo darum weiß, beſteht das Gegenüber; daß unſere Geiſter alle aus Gott gekommen, wird nun erſt eine Wahrheit; ein Geiſt entläßt nichts, was er geiſtig zeugt; daß Gott der Einige und Alleinige, wird nun erſt eine Wahrheit; wie kann man von einem einigen Gotte ſprechen, der noch Geiſter neben ſich hat; denn Geiſter ſind kleine Götter; daß Gott allgegenwärtig und allmächtig iſt, wird nun erſt eine Wahrheit; denn nur wer Alles iſt, iſt überall und hat Macht über Alles.

Gott iſt der Mittelpunkt, der Radius und Kreis; man mag den Mittelpunkt allein Gott nennen; doch iſt der Mittelpunkt nicht ohne Kreis; doch iſt der Kreis nicht ohne Mittelpunkt; blickt auf den Kreis, wenn ihr den

Mittelpunkt wollt finden, blickt von dem Mittelpunkte auf den Kreis.

Zu ſchwer iſt's, Alles kurz zu ſagen; nicht Raum, nicht Abſicht, es nochmals auszuführen. Mit einem Wort, ich ſtrebte, nach allen Richtungen die Körper- und die Geiſterwelt durchblickend und durchſchreitend, und Alles zuſammenfaſſend und einigend, was Weſen hat und iſt, die große Höhlung des Wortes Gott mit Inhalt auszufüllen und dieſen durch und durch zu gliedern.

Ich ſuchte darzuthun, wie dieſe Lehre von Gott, ſo weit ſie für den erſten Anblick von der chriſtlichen abzuliegen ſcheint, doch deren Heilswahrheiten nur neue Unterlagen unterbaut und dem blos widerſpricht, worin die Chriſten ſich ſelber widerſprechen.

So mein Beſtreben; und der Erfolg? Am günſtigſten noch von allen war er bei den Philoſophen. Wohl mehr als Einer rief: Wie ſchön und wahr hat der Verfaſſer hier geſprochen! Es iſt daſſelbe, was ich längſt geſagt; ja tiefer ſchon geſagt. Ein Jeder ſah ſo nach, wie das, was ich geſagt, zuſammenſtimmte mit dem, was er geſagt, und häufte, wo ich's traf, beſcheiden auf mich ſein eigen Lob. Natürlich, was Einem recht war, war dem Andern unrecht; denn wenn die Philoſophie nach ihrem Begriffe die abſolute Einigung aller Gegenſätze iſt, ſo iſt ſie nach ihrer Wirklichkeit der abſolute Gegenſatz aller Einigung. Dem Einen war es recht, daß Gottes Bewußtſein das ganze Bewußtſein der Menſchen in ſich ſchließt; es war ja ſeine Meinung; der Andere ſagte: vielmehr das Bewußtſein der

Menſchen ſchließt das ganze Bewußtſein Gottes ein; der Autor hat Alles verkehrt; der Dritte ſagte: Keins von Beiden ſchließt das Andere ein, ſie ſchließen einander wechſelſeitig aus; der Autor hat Alles in einander gemengt; der Vierte ſagte, was ich nicht verſtehe; und nach dieſem hatte der Autor keinen Verſtand.

So maß ein Jeder an der eigenen Länge, ob ich zu lang, zu kurz; davon aber, daß etwa *meine* Länge eine Elle ſei, woran er umgekehrt zu kurz oder lang befunden werden möchte, konnte die Rede gar nicht ſein, nachdem ich das abſolute Maß nicht aufzuzeigen wußte, das jeder Philoſoph an ſich hat; denn die Philoſophie iſt nun einmal eine Mathematik mit lauter abſoluten Maßen, die einander wechſelſeitig meſſen, gegenüber der Mathematik mit lauter relativen Maßen, die die Welt meſſen. Auch hatt' ich es damit verſehen, daß ich den Scheffel mit der Metze meſſen wollte, indeß die Philoſophie alle Metzen mit dem Scheffel mißt; kein Wunder, daß mein Maß von ihr zu klein befunden wurde.

Die Naturforſcher und Theologen haben ſich um meine Anſicht nicht viel gekümmert. Doch, ſo weit es geſchehen, ſahen natürlich die erſten mit der Weltſeele gleich die ganze Naturphiloſophie, die letzten, ſofern ſie nicht etwa ſelbſt Philoſophen, den ganzen Pantheismus hereinbrechen. Was hilft's, ſich zu verwahren, man ſei kein Naturphiloſoph, kein Pantheiſt in dem und jenem Sinne. Gleichviel, der Jude wird verbrannt!

Die Naturforſcher wollen nun einmal den Leib Gottes für die Anatomie haben; ſolche Kannibalen aber ſind ſie nicht, einen Leib mit ſammt der Seele zu zerſchneiden; ſo wird er erſt entſeelt. Sogar einem Froſche brechen ſie erſt das Genick oder reißen ihm den Kopf ab, damit die Seele ausfahre, ehe ſie ihn zerſchneiden; ſo brechen ſie auch der Welt das Genick, reißen ihr den Kopf ab, indem ſie das Organiſche vom Unorganiſchen abreißen, damit die Seele aus dem Ganzen fahre, um Beides dann beſonders zu anatomiren, die Erde ohne Menſchen, Thiere, Pflanzen, die Menſchen, Thiere, Pflanzen ohne Erde. Auch flieht der Geiſt der Welt die Leiche; ihm ſchaudert ſelbſt vor der zerfleiſchten; er flieht, ſo weit er kann; er flieht ſo hoch hinauf, daß Niemand ihn mehr erreichen kann; er zieht den Raum, die Zeit aus und läßt ſie, wie Elias ſeine Schuhe, unten. Und wie Gott den todten Leib verläßt, ſo laſſen ſeine Engel ihre Leiber und ziehen mit ihm in die Höhe und ſammeln ſich um ihn, und halten und tragen ihn, wie ſie vordem gethan, da ſie noch in ihren Leibern wallten; man ſieht es abgemalt auf jedem Kirchenbilde. Und immer höher ſteigt er mit ihnen auf, und immer tiefer ſinkt die Welt hinab; die Theologen vermögen ihn zuletzt nur noch mit dem Begriffe des Unbegreiflichen zu begreifen, und halten ihn, da er eben ganz entweichen will, daran noch wie an einem letzten Zipfel. Doch wie er endlich, immer mehr ins Leere und Oede ſich verſteigend, zurückverlangt nach dem einſt ſo vollen, lebendigen, blühenden Leibe, und einen Blick danach zurückwirft, ſo rufen ſie voll Schrecken: Wie, du der

Lebendigſte, der Höchſte, willſt den todten Graus der Tiefe dir zur Wohnung nehmen, in den die Heiden dich verſenken möchten; ſo ſteige lieber noch eine Stufe weiter in die Leere, und laß die Leiche unten liegen. Und ſie liegt noch heute unten, und Gott iſt noch heute oben; und die Anatomen fahren fort, die Leiche zu zerfleiſchen, und die Theologen fahren fort, nachdem ſie die Engel als Schemen fortgeblaſen, und in das Kapitelchen der Dogmatik hineingeblaſen, Gott am Zipfel der Unbegreiflichkeit zu halten und zu begreifen. Und im Regiſter aller ſeiner Eigenſchaften bleibt dieſe die höchſte, daß er keine hat.

Der Autor kann inzwiſchen eine Grundanſicht, in der ſich ſein ganzes Wiſſen, Glauben und Denken zuſammen- und abſchließt, nicht fallen laſſen, ohne ſelbſt zu fallen. Und ſo tröſtet er ſich mit der Hoffnung einer großen Auferſtehung, wo Gott und Engel, die jetzt außer ihren Leibern wallen, ſich wieder mit ihren Leibern vereinigen werden; wo nicht die Todten aus der Erde, vielmehr die Erde ſelber von den Todten wird auferſtehen und mit und in ihr alle Todten leben werden. Da hofft der Autor auch dabei zu ſein.

Theils in einer ältern kleinen Schrift *), theils, und ausführlicher, im dritten Bande des Zend-Aveſta hab' ich zu zeigen geſucht, daß des Menſchen Geiſt im Tode nicht erliſcht, vielmehr, aus Gott gekommen, in Gott beſteht

---

*) Das Büchlein vom Leben nach dem Tode, von Dr. Miſes. Grimmer, Leipz. 1836.

und mit dem Tode die Sphäre ſeines Daſeins nur erweiternd und ſteigernd, in Gott beſtehen wird; daß auch des Menſchen Leib im Tode nicht vergeht, vielmehr aus Gottes Leibe, der Natur, entſtanden, darin fortbeſteht, und nach dem Tode in höherm Stande und mit Erfüllung einer weitern Sphäre darin fortbeſtehen wird. Ich ſag': in Gott und Gottes Leibe; doch kann ich ſtatt deſſen ſagen: im Irdengeiſte und im Irdenleibe; denn durch der Erde Geiſt und Leib gehören wir Gott an.

Ich zeigte, wie unſer Leben dieſſeits nur zum niedern Anſchauungsleben des Geiſtes unſerer Geiſter gehört, doch wie wir mit dem Tode eingehen in ſein höheres, freieres, reicheres Erinnerungs- und Gedankenleben; ich zeigte, wie ein Bild im Menſchenauge mit der Erinnerung, die es verlöſchend hinterläßt, des ganzen Menſchen Schickſal nach Leib und Geiſt in einem größern Aug' und Haupte ſpiegeln kann.

Ich ſuchte einzudringen in das Leben, das die Geiſter in dem Jenſeits führen; zu zeigen, wie die Geiſter einander in dem Jenſeits erſcheinen und wie ſie in das Dieſſeits ſcheinen, wie ſie mit einander verkehren und noch mit uns verkehren.

Ich ſuchte die ganze Lehre vom Jenſeits zu begründen auf die Verhältniſſe und Geſetze des Dieſſeits, als Folgerung deſſen, wovon es die Folge.

Gleichwie der morgende Menſch hervorgeht aus dem heutigen Menſchen, ſo geht der jenſeitige Menſch hervor aus dem dieſſeitigen Menſchen. — Wie die Seele von heute zu morgen einen Theil des Leibes wechſelt, ſo wechſelt ſie vom Dieſſeits zum Jenſeits den ganzen Leib. — Wie wir jedes Stück des Leibes verlieren können, der übrige trägt noch die Seele, ſo endlich unſern ganzen Leib, und ein größerer Leib trägt noch unſere Seele. — Wie das Bewußtſeinslicht in unſerm engen Leibe wandert, wird es im Tode in einen größern Leib hinaus wandern und fortan in dieſem größern Leibe wandern. — Wie der Leib der Erde dieſſeits unſer Aller gemeinſamer Leib, wird er nicht minder jenſeits unſer Aller gemeinſamer Leib ſein. — Wie jetzt Jeder ein ander Stück dieſes Leibes ſein nennt, wird künftig Jeder dieſen Leib nach anderer Hinſicht ſein nennen.

Wie die Geburt ins dieſſeitige Leben der Tod eines frühern Lebens, iſt der Tod des jetzigen Lebens die Geburt in ein folgendes Leben. — So eng und dunkel das Leben vor der Geburt zum Leben nach der Geburt, ſo eng und dunkel das Leben vor dem Tode zum Leben nach dem Tode. — Einſt lebte der Menſch abgeſchloſſen, einſam, umſchloſſen vom Leibe der folgenden Lebensſphäre; nun lebt er geſellig, doch Leib vom Leibe abgeſchloſſen, umſchloſſen vom Leibe der folgenden Lebensſphäre; einſt wird er in höherer Geſelligkeit, innigerer Gemeinſchaft leben, wie Wellenkreiſe im Teiche, Erinnerungen im Haupte einander begegnen und ſich kreuzen, ohne ſich zu ſtören, umſchloſſen von der Lebensſphäre Gottes, einer neuen Geburt in dieſelbe hinein harrend. — Wie die Raupe am Kraute kriecht, der Schmetterling über allen Kräutern fliegt, noch ſind es dieſelben Kräuter, doch das ganze Leben iſt lichter, höher und weiter; ſo das Dieſſeits und Jenſeits des Menſchen.

Wie unſer Leib hienieden halb ſchläft, halb wacht und Schlaf und Wachen wechſelt, wird bei unſerm Tode Schlaf und Wachen zwiſchen unſerm jetzigen und unſerm künftigen Leibe wechſeln. — Was in Ahnungen und Träumen, Fernſicht und Hellſicht durch die Eierſchale unſeres jetzigen Daſeins heimlich und unheimlich hindurchſcheint, wird nach dem Durchbruch dieſer Schale unſer wahres, waches, lichtes, heimatliches Leben werden. — Einſchlafen heißt, das Bewußtſein verlieren; Sterben heißt, ein höheres, helleres Bewußtſein gewinnen.

Ein Tropfen in den Teich ſchlägt um ſich eine Welle; der Tropfen ſchwankt auf und ab, wird endlich ſtill; die Welle durchſchreitet und erfüllt den ganzen Teich; tauſend Wellen erfüllen denſelben Teich und machen ihn lebendiger und bunter als die Tropfen. Der Tropfen iſt der Leib des Dieſſeits; die Welle der Leib des Jenſeits. — Die Violine wird geſpielt, das Spiel iſt aus, die Violine wird zerſchlagen, alle Saiten reißen; das Spiel ſtirbt nicht, die Tonwelle geht ins Weite durch Dick und Dünn; und wie das Stück auf der Leibesvioline ſich ſelber hat geſpielt und gehört, ſo ſpielt und hört es ſich nun weiter fort auf einer größern Violine, von der die kleine nur ein kleiner Theil; und das Spiel von tauſend und abertauſend Violinen, von denen immer eine nach der andern zerſchlagen wird, gibt immer neue Töne zum höhern immer voller werdenden Concert.

Ich ſuchte zu zeigen, wie dieſe Lehre, in der Form abweichend von Allem, was Chriſten und Heiden glauben, Alles in ſich aufhebt, verſöhnt und klärt, was Chriſten und Heiden glauben.

Schon meinten wir, daß wir einſt Alle Engel werden; in Wahrheit werden wir einſt Alle als Engelskinder in ein neues himmliſches Leben geboren werden. — Statt auf ferne Sterne hinüberzuwandern, werden wir Theil gewinnen am höher bewußten Verkehr der Sterne, werden mit allen Engeln ſprechen lernen, wie Kinder allmälig nach der Geburt mit den Erwachſenen ſprechen lernen; und höher emporgehalten von dem, der uns ſchon jetzt trägt und künftig tragen wird, den ewigen Vater näher von Angeſicht zu Angeſicht ſchauen. — Mit der Erinnerung an unſer ganzes irdiſches Leben werden wir beginnen, mit dem Wiſſen um das ganze Himmelreich werden wir ſchließen.

Die dunkelſten Myſterien des Chriſtenthums, daß Chriſtus den Leib hat in ſeiner Gemeinde und wir im Brod und Wein ſein Fleiſch und Blut genießen, entbrennen zu lichten Altarkerzen im Tempel dieſer Lehre. — Das Sämlein Pauli mit dem Triebe aus dem Dunkel in das Licht, es wurzelt, treibt und blüht von ſelbſt im Boden dieſer Lehre. — Das Haus, nicht von Händen gemacht, damit wir überkleidet werden ſollen, auf feſtem Grunde mit hellen Fenſtern ſteht es da in dieſer Lehre. — Daß wir Alles klar erkennen werden, was wir hier nur ſtückweis und wie durch einen Spiegel im dunklen Wort erkannten, daß Jeder ernten wird, was er geſäet, und unſere

Werke uns nachfolgen werden, ſind Worte von den Blättern dieſer Lehre.

Auf den Blättern derſelben Lehre aber ſteht geſchrieben, daß des Fiſchers Seele noch um das Haus am Meere, den Kahn, die Netze ſchwebt, die er verlaſſen; des Grönländers Seele iſt wie vordem bei dem Seehundsfange: des Lappen Seele jagt noch mit dem Rennthier über das ſchneeige Feld. Statt Alles mit dem Tode zu laſſen und zu verlaſſen, ſieht jede Seele Alles in ſelbigem Zuſammenhange, wie es mit ihr, wie es in ſich zuſammenhing, ins Jenſeits gerückt, und führt, nur aus höherm Stande, mit freierm Walten, hellerm Bewußtſein das hier Begonnene zu höhern Zielen fort.

Und greift damit zurück ins Leben derer, die hier hinterblieben, und ſchöpft damit aus ihrem Leben den Lebensodem und hat darin den Lebensboden. Die Lebensflamme, die im Dieſſeits brennt, iſt Docht und Oel der höhern Lebensflamme. Schneid' ab die Blume von dem Kraut und ſeiner Wurzel in der Erde; ſchneid' ab das Jenſeits von dem Dieſſeits und ſeiner Wurzel in der Erde, und du thuſt zweimal daſſelbe.

So eng' iſt kein Verkehr der Lebenden, als der Lebendigen und der Todten. Wo Eins nur an das Andere denkt, da iſt es da. Nur daß ſie einander gar zu nahe, macht, daß ſie ſich nicht ſehen. Was Plato, Sokrates durch ihre Ideen heute noch im Dieſſeits wirken, iſt nur der Tritt, mit dem ihre Geiſter in dem Jenſeits gehen.

Umſonſt verſuch' ich das Unerſchöpfliche zu erſchöpfen: wie oft aber hab' ich den Eimer hinabgelaſſen und heraufgezogen, meinend, ich ſtände an dem Bronnen ewigen Lebens. So Viele ſah' ich dürſtend danach fragen, daß ich nicht genug der Eimer glaubte füllen und umherreichen zu können, daß Jeder, aus welcher Richtung er auch käme, davon trinken möchte.

So mein Beſtreben, und der Erfolg? Das kleine Büchlein, worin ich einige Züge jener großen Lehre, noch ſelber unklar über ihren tiefen Grund und ihre Kräfte und über Manches lallend wie ein Kind, unter den hohen Gaſteiner Bergen niederſchrieb, hat manchen Freund und manche Freundin ſich erworben; nun iſt es vergeſſen. Zum dritten Bande des Zend-Aveſta, worin ich dieſelbe Lehre nach allen Seiten erweitert, erhöht und vertieft, und Manches triftiger und klarer geſtellt habe, ſind Wenige gekommen; die Meiſten blieben ſtecken in dem erſten oder zweiten, und wer zum dritten kam, entſetzte ſich alsbald vor jener Weite, Höhe, Tiefe, die Alles zu geben verſpricht, indem ſie Alles zuvor verſchlingt, was Jeder bisher hatte, und hielt um ſo feſter den Sperling in der Hand. Und indeß ich Aller Wünſche in Eins zu befriedigen gedachte, hielt Jeder ſich in ſeinem kurzen Wunſch verkürzt.

Der wollte lieber verſetzt ſein auf die Venus oder auf die Sonne; der wollte ein Daſein, ganz über alles Menſchlich-Irdiſche hinaus, und doch ganz eingerichtet wie das menſchliche; der ſuchte in einem ſtarren Pünktchen den Fluß des ewigen Lebens; den großen neuen Leib wollte Niemand recht faſſen, und er wollte Niemand recht paſſen. Entweder keinen Leib oder den alten Leib, nur etwas dünner, durchſichtiger und leichter. Materialiſten aber wollten ſich die Krone ihrer Anſicht, daß die Seele mit dem Leibe zerfalle, natürlich nicht nehmen laſſen.

Und ſo blieb ich wieder allein mit meinem Glauben; einem Glauben, der mir innerlich doch keine kleine Frucht getragen. Ungern aber geht man einſam des Weges, nach einem Ziele blickend, das uns würdig dünkt, auch Anderen ein Ziel zu ſein.

Im erſten und im zweiten Theil des Zend-Aveſta (I. 410 ff. II. 312 ff.) ſucht' ich die Grundbeziehung zwiſchen Leib und Seele ſtatt durch Begriffe, die ſchwerer begreiflich ſind als das damit zu Begreifende, durch eine Anſicht darzuſtellen, die nichts als das Thatſächliche in einen einheitlichen Geſichtspunkt zuſammenfaßt, und wieder den Rückgang zum Thatſächlichen geſtattet, indem ich meinte, jede Metaphyſik, die das Weſen der Dinge und des Zuſammenhanges der Dinge in etwas Anderm als der Verknüpfung ihrer thatſächlichen Grundbeſtimmungen ſuche, ſei eine vollklingende doch hohle Tonne.

Doch eben damit hab' ich den Klang der Tonne gegen mich heraufbeſchworen. Der Eine wirft mir vor, daß meine Anſicht nichts ſage, weil ſie nur Thatſächliches beſage; der Andere, daß ſie Falſches ſage, weil ſie nicht harmoniſch zum hohlen Klange der Tonne klingt. Und nachdem man mir das Eine und das Andere vorgeworfen, hat man die ganze Anſicht kurz bei Seite geworfen.

In einer Schrift: „Ueber das höchſte Gut, 1846*)“, ſucht' ich zu zeigen, daß das Trachten nach dem höchſten Gute eins und daſſelbe iſt mit dem Trachten nach der größten Luſt, nicht nach der eigenen, nicht nach der einzelnen, nicht nach der Sinnesluſt, nein, nach der ganzen Luſt und nach der Luſt des Ganzen, worin die eigene, die einzelne, die Sinnesluſt und alle höhere Luſt von ſelbſt als ein Moment, als Theil, als Zweig, als Frucht zugleich und Samen begriffen iſt; daß, wie der Begriff des Kreiſes ſich durch die Bedingung ein Größtes zu ſein, rein erfüllt, ſo auch des höchſten Gutes Kreis; daß in dieſer Bedingung der ganze Inhalt der göttlichen Gebote ſich ab- und zuſammenſchließt und alle Richtungen des menſchlichen Trachtens und Sinnens nichts weiter als einzelne Radien deſſelben Kreiſes bedeuten, der in dem höchſten Gute ſich zu erfüllen hat; daß aller Trieb zum Edlen, Rechten, ein Trieb zu dieſer Erfüllung iſt; daß Luſt der Liebe Kern und Liebe der Trieb der Luſt, und daß die Religion der Liebe mit ihrem höchſten Gebote, Gott über Alles zu lieben und ſeinen Nächſten wie ſich ſelbſt, nichts Anderes als die Geſinnung will und heiligt, in deren Sinne das Handeln von ſelbſt die Richtung auf die größte Luſt gewinnt; daß die Gewiſſensfreude, die Hoffnung der Seligkeit nur höchſte Lichter ſind im Reiche der höhern

---

*) Hierzu eine Abhandlung, „Ueber das Luſtprincip des Handelns“ in Fichte's Zeitſchrift 1848, Band XIX, Heft 1; und über das „Praktiſche Argument für die Exiſtenz Gottes und eines künftigen Lebens,“ in Zend-Aveſta II. S. 251.

Luſt, ohne welche die Tugend ſelbſt im Kalten und Dunkeln ſchleicht; daß alle Ausdrucksweiſen des höchſten Gutes in dieſem Sinne ſich vereinigen und klären, und ohne dieſen Sinn ſtets einen dunklen Punkt behalten.

Was aber hilft es, zeigen, wo Niemand ſehen will. Im dunklen Punkte eben ſieht man den Kern der Dinge; in der Luſt aber nur den Kern von Eva's Apfel, aus dem alles Uebel der Welt herausgewachſen iſt. Wohl Mancher hat ſich auf dem glühenden Roſte braten laſſen um der ewigen Seligkeit willen; man preiſt ihn hoch; nur ſagen darf man's nicht, daß er um der höchſten Luſt willen die höchſte Qual erduldete; die Tugend ſoll der Seligkeit den Rücken kehren und rücklings nach ihr gehen. Daß man nicht lügen, nicht ſtehlen, nicht tödten, der Obrigkeit gehorchen ſoll, was hat's für Sinn, was hat die göttlichen Gebote ſo ſeltſam zuſammengewürfelt, iſt's nicht der eine Sinn, daß die Luſt der Welt ein Größtes, die Unluſt ein Kleinſtes werde. Ja, wer leugnet's, daß ſie dieß ſo mehr zur Folge haben, je mehr, je allgemeiner und ſtetiger ſie befolgt werden; nur ſagen darf man's nicht, daß ſie daſſelbe auch zum Zwecke haben; es iſt nur Zufall, daß es ſich ſo fügt. Was Gott will, das iſt gut, und Gott will nur das Gute; im Trachten nach dem höchſten Heile ſollen Alle ſich vereinigen; in der Vereinigung des Trachtens Aller nach dem Höchſten liegt das Heil; — ja, wozu hat man den Kreis, als ſich darin zu drehen? Indem's geſchieht, ſieht man im Punkte, um den ſich Alles dreht, nur noch die Nebenſache, und geht aller Streit blos um den Punkt, nicht um den, ſondern von dem aus man ſich zu drehen hat. Alles ſoll gehen nach Gottes Willen. Wonach geht aber Gottes Wille? Unſtreitig will er, der Allgütige, der Allliebende, unſer Aller Beſtes und findet darin ſelbſt ſein Beſtes? Was iſt denn aber unſer und ſein Beſtes? Man drehe ſich nur recht und man wird im ſelben Kreiſe die Frage und die Antwort finden. Daß Gottes Wille endlich nach Luſt geht, wie unſer Aller Wille, nur nach der größten Luſt, indeß der Menſch ſo oft die größere um der kleinern willen opfert, daß er in dieſem Sinne alle ſeine Gebote geſtellt hat, daß er die höchſte Luſt an dem hat, ja in dem hat, der in dieſem Sinn denkt, will und fühlt und handelt, fällt aus dem Kreiſe heraus und macht die Nebenſache zu der Sache. Daß Befriedigung, Freude, Wohl, Glück, Segen, Seligkeit und Heil nur Ausdrucksweiſen, Wendungen, Stufen, Gipfel, Quellen, Fügungen derſelben Nebenſache ſind, daß Harmonie, Schönheit, Güte, Werth, Zweck und Nutzen ſich um denſelben Punkt zuſammenſchließen und darin begrifflich zuſammenhängen, daß endlich alles Trachten und Wollen bewußter Weſen ſich um daſſelbe Centrum dreht, mit Fingern läßt ſich's zeigen; doch ſoll man es nicht zeigen, doch nennen nicht mit Einem Wort das Eine, damit die Dunkelheit des Punktes nicht angetaſtet werde, daß er der ungekannte und der ungenannte bleibe. Nur auf die Laterne, nicht aber auf das Licht in der Laterne ſoll man weiſen. Es giebt der Worte ja ſo viele, die Luſt darein zu wickeln, der Schalen ſo viele, ihren Kern darein zu hüllen, der Gewänder ſo viele, ſie darein zu kleiden und damit zu ſchmücken, ſchämt ſie ſich nicht, auf einmal nackt vor uns zu treten?

Und welche Anmaßung, mit der ſie der Liebe gegenübertritt. Statt Liebe und Luſt ſteht in dem Buche Luſt und Liebe: die Luſt voran, die Liebe im Gefolge. Ich meinte freilich, beide ſeien ſo ein Herz und eine Seele, daß ſie nicht um den Vortritt ſtreiten würden; doch nahm's die Liebe übel und weiſt der Luſt die Thüre, nachdem ſie ſolche zuerſt gefunden. Ich dachte, beide könnten gar nicht von einander laſſen. Doch nein, die Liebe will ganz Liebe an ſich und für ſich ſein und weiter nichts als Liebe. Die Luſt ſoll nur ein kleiner Page ſein, der hinter oder nebenherläuft und ihr den Strickbeutel oder die Schleppe trägt und vor Allem dazu da iſt, tüchtig ausgeſcholten zu werden. Dann ruft man ihn wieder herbei, wenn man ihn gerade braucht, nur daß er immer beſcheiden ſich im Hintergrunde halte; giebt ihm die ſchönſten Namen, wenn es gilt, ihm ſein Geld abzuborgen und damit zu bezahlen, und jagt ihn ſchimpflich fort, wenn er das Seine fodert.

Weh', daß die beſte und die ſchlechteſte Luſt denſelben Namen führen; ſo fällt der einen Schande mit auf die andere; doch iſt die ſchlechteſte Luſt vom ſelben Metalle als die beſte; es iſt der Thaler, den man für den Groſchen giebt, ſtatt daß der Groſchen durch Zins und Zinſeszinſen zum Thaler werden ſollte. Iſt es die Schuld des Silbers, iſt's nicht vielmehr die Schuld des Verſchwenders, daß ſtatt des Größtmöglichen das Kleinſtmögliche, ja Schulden endlich nach aller Verſchwendung übrig bleiben?

„Eine Moral und Religion“, ſo ſchloß ich, „muß einſt kommen, nicht als Zerſtörerin über der bisherigen, ſondern als Blüte über der bisherigen, welche das Wort Luſt wieder zu rechten Ehren bringt. Eine ſolche wird die Klöſter ſchließen und das Leben öffnen und die Kunſt heiligen, und doch heiliger als alles Schöne das Gute halten, was nicht blos luſtzeugend iſt in der nahen Gegenwart, ſondern für alle Zukunft und rings im Kreiſe; und als das Heiligſte von allem Guten Gott halten, der alles Gute in ſeiner Hand, und alle Guten unter ſeiner Hut trägt und alle Böſen zuletzt unter dieſe Hut rettet.“

„Die Kirche iſt zwar ſchon erbauet, die Gemeine ſchon da, wo die Lehre vom Trachten nach der größten Luſt gepredigt wird; denn Gott ſelbſt hat ſie gegründet am erſten Schöpfungstage, und die Stimme ſeiner Predigt iſt von jeher ſtärker erklungen als alle menſchliche Predigt; alles menſchliche Trachten hat von jeher die Richtung auf die Luſt genommen. Aber ein großer Nebel liegt um die große Kirche; die Gemeine findet ſich nicht zuſammen; die Worte verhallen halb verſtanden und mißverſtanden. Nun erhebt ſich auf der höchſten Thurmeshöhe das kleine runde Geſetz von der größten Luſt wie ein leuchtender Knopf, und nachdem er lange ſtill über den Nebeln geglänzt, zerſtreut ſie endlich die ſteigende Sonne und hell und heller leuchtet er hernieder. Und wenn das

Glöcklein, das den Stral, der es der eigenen Nacht entnommen, dankbar verkündet hat, längſt verhallt ſein wird, wird wohl einſt eine mächtigere Glocke tönen, die mit gewaltigerer Zunge Alle zum einträchtigen Eintritt in dieſe Kirche rufen wird, von deren Gipfel das Licht des Höchſten wiederſtralt.“

Jetzt aber iſt ſtatt in der Kirche, um die Kirche Meſſe und Meßgeräuſch, und nur die Raben auf dem Dache hören des Glöckleins Ruf, und rufen ſcheltend drein.

In einer letzten Schrift: „Ueber die phyſikaliſche und philoſophiſche Atomiſtik *) 1855“ ſucht' ich zu zeigen, daß zu dem Himmel, der ſich über unſern Augen aus Sternen baut, wovon die letzten unerreichbar jedem Blick und jedem Rohre, ein zweiter Himmel unter unſern Augen gebaut iſt aus Sternen, wovon die letzten gleich unerreichbar jedem Blick und jedem Rohre, die wahrhaft das ſind, was die Sterne oben nur ſcheinen, einfache Weſen, aber rein, ſtreng und unerbittlich einfach.

Einfache Weſen, Centra aller Kraft und alles Lichtes, die letzte Gränze deſſen, was die Wiſſenſchaft der körperlichen Dinge ſeit lange als die Bauſteine der Welt erkannte und nur zu zeitig das Unſpaltbare nannte, das wahrhaft Unſpaltbare, der Stoff zu aller Form, der ſelbſt nicht mehr hat Form, die letzte Scheidemünze, die weiter nicht zu ſcheiden, die Eins, die nur noch zählbar und

---

*) Hierzu ein Aufſatz in Fichte's Zeitſchrift. 1854

doch unzählbar iſt, der intenſive Punkt zum Radius der Zeit, zur Kugel des Raumes.

Auf breiteſtem und feſteſten Grunde erhebt ſich eine hohe Pyramide; bewundernd ſchaut man zu ihr auf, doch fragt: wo iſt die Spitze? da ſtellt das einfache Atom ſich oben auf. So breit der Grund, ſo ſcharf iſt dieſe Spitze. Und von der Spitze öffnet ſich die tiefſte Einſicht in den ganzen Bau. Die Steine, die nur dunkle dichte Werkſtücke ſchienen, werden jeder ſelbſt ein durchſichtiger, lichter Bau, das Auge ſieht widerſtandslos durch ſie bis zu dem Grunde; der Kitt, die Klammern ſind ideale Kräfte, Geſetz iſt das Gefüge; Geiſt iſt der Baumeiſter, Inwohner und Beſitzer.

Umſonſt, man will die alten finſtern Steine; ſo lange hat man gewohnt im dunklen Hauſe, wo Begriffe wie weiße Geiſter umgehen und durch die Steine durchgehen und wechſelſeits einander zu fürchten machen, daß man den Sonnenſchein als das ſchrecklichſte Geſpenſt von allen fürchtet.

Statt einer Spitze verlangen Die nur einen neuen Stein zum Bau, ſtatt feſten Unterbaues die Andern den Fluß und die Welle; den Einen habe ich zu hoch in die Luft gebaut, den Andern habe ich nicht genug aus Luft gebaut; mit der ganzen Hiſtorie zieht man gegen mich zu Feld und ich hatte doch meine Sache auf etwas ganz Anderes geſtellt.

Und Nichts war durchgedrungen; von allen mit ſo viel Liebe gepflegten, ſolchem Fleiße ausgearbeiteten, wie mich dünkte ſo erbaulichen, in ſich und mit der Natur der Sache ſo einſtimmigen Ideen — Nichts. Widerſpruch, Gleichgültigkeit, flüchtige Aufmerkſamkeit, Anerkennung des Einzelnen, was man gerade ſelbſt anerkannte, einige Komplimente über guten Stil und Fülle von Ideen, an deren jeder man etwas zu mäkeln fand; das war der ganze, war der letzte Erfolg. Nicht Einer hat einen zweiten Stein gelegt, wo ich den erſten legte. Der Eine ſtieß ſich an dem Steine, der Andere ging ihm aus dem Wege, ein Dritter that ihm die Ehre an, den Hebel anzuſetzen, ihn aus dem Wege zu räumen; hier und da ſetzte ſich einmal Einer darauf, ein Weilchen auszuruhen und ging des Weges weiter.

Da dacht' ich endlich: ein ſolcher Erfolg muß aber ſeine Gründe haben. Willſt du Recht behalten gegen eine ganze Welt? Da deine Gründe vor der Welt ſo gar nichts wiegen, ſo müſſen die Gründe deiner Gegner doch gewaltig wiegen. Wohlan, ergreif' die Wage, und wäge nochmals Alles ernſtlich ab. Leg' Alles, was du haſt, in eine Schale, und Alles, was die Gegner haben, in die andere; höre endlich auf, dich mit bequemem Troſt und leichtem Abweis zu befriedigen und gieb dich überwunden, wenn deine Schale in die Höhe geht.

Ich nahm die Wage; und der Erfolg? Wohl leicht errath man ihn. Jemehr ein Autor die Gründe ſeiner Gegner prüft, ſo wichtiger ſchienen ihm wohl ſtets die eigenen Gründe. Es war mit mir nicht anders. In Wahrheit, wenn ich Anfangs glaubte, meine Sache ſtehe feſt und gut, ſo ſchien ſie mir nun erſt recht feſt und gut zu ſtehen, nachdem ich Alles überblickt und erwogen, was ſie zu Falle bringen ſollte. Es kam mir Alles vor wie der Wind um den Thurm; ich ſtand auf der Spitze dieſes Thurmes und ſchaute in das Land. Die ganze heutige Welt ſahe ich da gegen mich, den ganzen Anfang und das ganze Ende der Welt ſahe ich für mich. Mit ſo ungeheuren Ausſichten, ſo hohen und weiten Anſichten giebt ſich ein Träumer und Phantaſt, wie ich bin, ſchon zufrieden.

II. Schleiden und die Pflanzenſeele.

Die Pflanze hat nun einmal keine Seele! Sie iſt ein ſeelenloſes Glied und Kind einer ſeelenloſen Natur, durch die der Menſch mit ſeiner Seele als eine ſeltſame Ausnahme ſchreitet.

Es bleibt dabei und wird wohl dabei bleiben, bis einmal das Feuer über die Stoppeln der heutigen dürren Weltanſicht fährt, und alte Samen, die tief unten liegen, hervorkeimen und neu zu grünen beginnen.

Der Funke fängt noch nicht und das Blaſen hilft noch nicht; ermüdet laſſe ich zuletzt ab. Man ſollte glauben, die Stoppeln ſeien ſelber noch zu grün; doch ſuche ich umſonſt nach einer Spur des Grün.

Und über die Flur wandert Einer, unter deſſen Tritten auch die letzte Spur vergeht, und ſtimmt lauter als Alle den Ruf an: die Pflanze hat nun einmal keine Seele!

Nicht blos die Pflanze; traurig wandeln auf ſeinen Ruf die Thierſeelen mit den Pflanzenſeelen zugleich dem Hades zu. Welche Seele wird noch vor ihm ſicher ſein!

Wie Herkules mit der Löwenhaut geht er einher, die Seelenungeheuer von der Erde zu vertilgen; und zu den zwölf Thaten des Herkules kommt nun die dreizehnte.

Am Rocken der Omphale ſitzend, ſieht er, wie ſie mit einer Blumenſeele tändelt und dieſer ein Theilchen der Gunſt, um die er ſelber ſpinnt, zuwendet. Alsbald von Zorn entbrannt greift er nach ſeiner mächtigen Keule und erſchlägt damit weit ausholend das arme kleine Weſen.

So große Keule für ſo kleines Weſen! Nach welch' großer Keule wird er nun erſt greifen, wenn er auf ſeinem Heldengange einmal einer großen Weltkörperſeele begegnen wird. Erhabener, ſchwer auszudenkender Gedanke!

Und mag der Mann im Monde, der uns bisher immer das Geſicht zugekehrt hat, ſich ja umkehren; der Mann unter dem Monde möchte Steine nach ihm werfen, wenn er ſeine Anſprüche auf eine Seele erfährt, nachdem er ihn bisher nur für einen Steinklumpen, eine Art ſteinernen Gaſt gehalten. Und dieſe Steine möchten ſo gut treffen, als die er nach den Seelen auf der Erde wirft. Von dieſen wollen wir jetzt die aufleſen und in ein Körbchen ſammeln, die er nach den Seelen der Pflanzen und mir als deren Hirten wirft, und wollen ſie als Leichenſtein auf die armen Todten ſetzen, hoffend, daß ſie einſt fröhlich auferſtehen werden.

Der ſteinerne Gaſt aber hebt drohend ſeinen Finger auf.

So Manches iſt gegen meine Lehre von der Pflanzenſeele eingewendet werden, wogegen ich wieder Manches einzuwenden hätte, was man in der Schrift „Ueber die Seelenfrage“ finden wird. Aber auf die Einwände Schleiden's muß ich ſchon beſonders antworten, weil ſie in der That aus allen andern heraustreten. Mit gleichen Waffen freilich kann ich mich nicht gegen ihn wehren; die Pflanzenſeele hat keine Wolfszähne, und ich habe auch keine. Das Lamm ſtand unten am Waſſer, und der Wolf ſagte: du haſt mir das Waſſer getrübt. Wenigſtens ungefähr iſt es ſo.

In meiner Schrift über das Seelenleben der Pflanzen kam ich einigemale mit Schleiden's Anſichten in Conflict. Offenbar aber fürchtete ich mich vor ihm und wollte nur der Sache genug thun. Darum ſagte ich S. 11 gelegentlich einer Aeußerung über die Fortpflanzung der Pflanzen, die ich vorzog im Sinne der herrſchenden als Schleiden's Anſicht zu halten: „Herr Prof. Schleiden wird mich hoffentlich wegen dieſer Aeußerung nicht zu ſtark anlaſſen;“ gedachte S. 268 mit „ſeiner gewöhnlichen ſchroffen Weiſe“ zugleich ſeines Wiſſenſchaftseifers; begnügte mich (S. IX) da, wo mir bei ſeinem Philoſophiren nicht viel herauszukommen ſchien, zu ſagen, ich wolle hier lieber nicht philoſophiren; hütete mich, wo ich ſeinen Anſichten durch Thatſachen widerſprach (S. 282, 297), an ſeine wiſſenſchaftliche Exiſtenz zu rühren; und führte Alles möglichſt mit ſeinen eigenſten Worten an, damit man genau wüßte, was er geſagt, wenn ich etwas dawider ſagte. Aber gegen einen Molochdiener wie ich muß man anders zu Werke gehen; nämlich ſo: ich laſſe

Schleiden auch folgends ſo viel wie möglich ſelber ſprechen.

„Das ganze Buch," ſagt Schleiden, von der Nanna und ihrem Autor ſprechend, „iſt ein äußerſt komiſcher Beweis, wie ein Menſch bei mangelhafter philoſophiſcher Selbſtverſtändigung mit der praktiſchen Seite ſeines Geiſteslebens tief in den furchtbarſten Sumpf der Irrthümer verſunken ſein kann, während er mit ſeinem kritiſchen Verſtande frei darüber ſchwebt. Es giebt beinahe keine wiſſenſchaftliche Verkehrtheit, welche Fechner als Dr. Mises .... verſpottet hat*), die er nicht unter ſeinem eigenen Namen eben ſo ſchlimm, ja faſt noch ſchlimmer, als die von ihm Gegeißelten begangen hätte." — Der „Stoff für ein reizendes kleines Werkchen (iſt in ſeinem Buche) ſo breit getreten, daß er wiſſenſchaftlich wie äſthetiſch widerlich wird." — Martius und Fechner „ſind leider nur die Sprecher einer großen Zahl unklarer Köpfe, die faſt ſchädlicher und verderblicher wirken, als die entſchiedenen Feinde der Klarheit und geiſtigen Freiheit." — „Martius und Fechner ſind beide gute Leute, aber ſchlechte Muſikanten, verzeihe vielmehr, Philoſophen." — Fechner hat „nicht den entfernteſten Begriff von dem, was Pflanze und ihre Organiſation iſt." Er iſt „in den factiſchen Grundlagen völlig unwiſſend und urtheilslos;“ er iſt einer der ſo gefährlichen „gelehrt thuenden Halbwiſſer“ u. ſ. w.

---

*) Um Schleiden in Nichts untreu zu werden, will ich erwähnen, daß er hier in einigen etwas hyperboliſchen Ausdrücken eines Witzes und Humors gedenkt, die ich nur eben beſſer gegen mich, als gegen Andere geübt hätte.

Hier hat man die Summe von Schleiden's Urtheil kurz und rund zuſammen. Seine Belege dazu wird man weiter unten finden. Da aber Schleiden ſo viel zu meiner Charakteriſtik geſagt hat, iſt es mir wohl erlaubt, zuvor auch ein paar Worte zu der ſeinigen zu ſagen.

Ich halte Schleiden für einen verdienſtvollen und rüſtigen Forſcher, der gar manche ſchätzbare Unterſuchung theils ſelbſt angeſtellt, theils bei Andern angeregt hat. Von den Hauptentdeckungen zwar, denen er vorzüglich ſeinen Ruf verdankt, gilt die eine (über Zellenbildung) jetzt wohl ſo ziemlich für widerlegt; die andere (über Pflanzenbefruchtung) iſt mindeſtens ſehr beſtritten; ich maße mir aber als nicht ſachverſtändig kein Urtheil an, ob und wie weit mit Recht. Die letzte dieſer Entdeckungen wird jedenfalls neuerdings von einem ſehr verdienſtvollen Forſcher (Schacht) wieder lebhaft vertheidigt; und bei ſo ſchwierigen Unterſuchungen, als es die mikroſkopiſchen, namentlich im vorliegenden Felde ſind, kann man ſogar ſtark irren, und immer noch ein verdienſtvoller Forſcher bleiben. Giebt es doch auch große Feldherren mit großen Niederlagen. Dazu weiß Schleiden die Feder ſo gut zu führen, als das anatomiſche Meſſer; und es iſt nur zu beklagen, daß er die Feder ſelbſt zu oft als Meſſer führt und darüber das wirkliche Meſſer ganz aus der Hand hat fallen laſſen, zumal es doch noch einige Scharten darin auszuwetzen galt. Wie mir ſelbſt die Schärfe ſeiner

Feder zugeſetzt, hat man geſehen, inzwiſchen, da es doch nur die Schärfe einer Feder bleibt, hat Niemand ſeine Schrift mit größerem Vergnügen geleſen, als ich. Auch wo man ganz abweicht von ſeinen Anſichten — und in allen Grundanſichten weiche ich auf das Gründlichſte von ihm ab — ſtimmt doch die Wärme des Ausdruckes, das Durchdrungenſein von ſeinem Gegenſtande zum Antheil und muß um ſo leichter die fortreißen, die ohne eigene Anſicht ſich gern fortreißen laſſen. Eine Fülle der intereſſanteſten Einzelnheiten ſteht ihm zu Gebote. Wen hat es nicht intereſſirt, zu leſen, wie in Braſilien die Züge der Blattwanzen, von Ameiſen escortirt, die Bäume beſteigen, und mit den, von den Ameiſen abgebiſſenen Blättern beladen, in den Ameiſenbau zurückgeführt, von ihrer Laſt befreit und als Sklaven bei kärglicher Nahrung eingeſperrt werden, um künftig wieder Dienſte zu leiſten; wie bei einer der Nordpolexpeditionen eine Eskimofrau unter freiem Himmel ihren völlig nackten Säugling aus der Pelzkappe hervornimmt, und ihm die Bruſt bei einer Kälte von 32° (bitte doch andermal zuzuſetzen R. oder C., es macht $^{1}/_{5}$ Unterſchied) reicht; wie die Mannſchaft eines Schiffes das Feſtglockengeläut von San Salvador in mehrern hundert engliſchen Meilen Entfernung von dieſer Stadt im Brennpunkt des geſchwellten Segels hört u. ſ. w. Von ſolchen Geſchichtchen iſt die Schrift voll, doch iſt ſie mehr als eine Sammlung von Geſchichtchen; vielmehr dienen alle Einzelheiten nur zur paſſenden Erläuterung allgemeiner Anſichten.

In wie weit nun Schleiden zu dieſen gewiß ſchätzbaren literariſchen Vorzügen auch literariſchen Anſtand beſitzt, mag man ſelbſt aus dem Obigen, und wiefern er literariſche Genauigkeit beſitzt, um nicht etwas mehr zu ſagen, aus dem Folgenden beurtheilen. Faſt hätte ich aber die Hauptſache vergeſſen, das iſt ſeine ausnehmende Liebe für Mathematik und Philoſophie. Ob ſie entſprechende Gegenliebe findet, will ich hier nicht unterſuchen; man wird im Folgenden ſelbſt einige Gelegenheit finden, es zu beurtheilen; genug, einen eifrigern Liebhaber giebt es nicht. Ja, nach ihm ſelbſt zu urtheilen, hat er das Winkelmaß der Mathematik ſammt dem Stein der Weiſen ganz in ſein Inneres aufgenommen; und dazu verſchlingt er noch Philoſophen groß und klein — man denkt unwillkürlich dabei an den alten Fibelvers vom Tiſchler und vom Winkelmaß — und wird namentlich nicht müde, Schelling immer von Neuem zu verſchlingen (Studien, S. 106, 121, 212).

Doch ſtill! Bin ich nicht auch Etwas von einem Philoſophenfreſſer? Es iſt wahr, und vielleicht wär' es gut, wenn ich's mitunter etwas weniger geweſen. Im Spiegel ſieht man erſt, wie man ſich ſelbſt ausnimmt. Nun aber, was wird jetzt der Erfolg ſein? Da wir Beide es ſind und beide zugleich Philoſophen ſind, jetzt aber an einander gerathen, ſo werden wir vor den Augen des Publicum die alte Fabel von den beiden Löwen aufführen, die ſich wechſelſeitig bis auf die Schwänze verſchlungen haben. Nun hat Schleiden mich ſchon ſo weit verſchlungen; jetzt iſt an mir die Reihe, und er wird mir erlauben, daß ich ihn wieder verſchlinge, ſo weit ich es vermag. Alſo zur Sache.

Schleiden beginnt:

„Mit einem matten Wortſpiel könnte man behaupten, daß **Fechner's** Nanna gänzlich ohne Geiſt geſchrieben ſei, weil er von vorn herein jede Erörterung über das, was er unter Geiſt oder Seele verſtehen will, ausdrücklich zurückweiſt; ihm bleibt alſo nichts als das Wort Seele." Und S. 157: „Da er jede Erklärung über das, was Geiſt, Seele u. ſ. w. ſei, verſchmäht und abweiſt, ſo bedeuten die Worte ihm eigentlich gar Nichts, und allerdings iſt eben 0 = 0."

Schleiden ſcheint hier die ausdrückliche Erklärung, die ich in meiner Schrift über das, was ich unter Seele verſtehen und nicht verſtehen will, gebe, für eine ausdrückliche Zurückweiſung ſolcher Erklärung zu halten. Vielleicht wundert man ſich über eine ſolche Verwechſelung, da aber das Wunderlichſte aufhört, ſo zu erſcheinen, wenn es ſich öfter wiederholt, ſo wird man am Schluſſe dieſer Schrift aufgehört haben, ſich über dergleichen zu wundern. Ich ſage in den einleitenden Vorbetrachtungen der Nanna (S. 22) wörtlich Folgendes:

> „Vielleicht zwar ſind es gerade manche Philoſophen, welche den Pflanzen am leichteſten Seele zugeſtehen; aber dann freilich nur, indem ſie der Seele Alles nehmen, was ſie zur Seele macht. Denn nichts häufiger als hölzerne Eiſen in der Philoſophie. Wenn ich meinerſeits von Seele, individueller Seele der Pflanzen ſpreche, verſtehe ich ausdrücklich nicht eine Idee oder ideelle

Einheit darunter, die ich in der Mannigfaltigkeit ihres Baues und Lebens erkenne, obwohl mir dieſe auf die ſelbſtfühlende und ſtrebende Einheit ihres Seelenweſens hinweiſen mag und muß; aber ich verlange dieſe ſelbſt noch dazu. Eine Seele ſoll mir nicht blos ein Spiegelbild, in ein Anderes geworfen, ſein, ſondern Fleiſch und Fülle lebendiger Empfindungen und Triebe in ſich ſelber tragen. Nicht, was ich von ihr habe, ſondern was ich von ihr *nicht* habe, macht ſie zur Seele. Die Idee deſſen, was ein Andrer in mir ſuchen oder finden mag, will mir ja auch ſelber nicht als meine Seele genügen. So, was hilft es der Pflanze, wenn Jemand noch ſo viel Einheit, Idee in ihrem Bau und ihren Lebenserſcheinungen finden und dann ſagen will, *inſofern* hat ſie Seele, wenn ſie dabei für ſich weder ſchmecken, noch fühlen, noch riechen könnte. So meine ich es nicht mit der Seele der Pflanze, wie es Manche mit ihr meinen, es ſcheint mir das nicht gut mit ihr gemeint. Aber auch nicht ſo, als ob das, was wir zum Leben der Seele rechnen, in den Pflanzen zwar da ſei, aber nur potentia, wie man ſich ausdrückt, latent, immer ſchlafend. Empfindung und Begierde, die ſchlafen, ſind eben nicht Empfindung und Begierde; und wenn man unſere Seele noch im Schlafe Seele nennen kann, weil ſie doch die Bedingungen der *wiedererwachenden* Empfindung und Begierde noch in ſich trägt, ſo wäre das nimmer Seele zu nennen, wo nimmer ein ſolches *Erwachen* bevorſtünde. Schreibe ich alſo den Pflanzen Seele zu, ſo mag ich zwar zugeben, daß dieſe Seele ſo gut einſchlafen kann als unſere, aber nicht, daß ſie immer ſchlafe; dann ſchiene es mir noch mißbräuchlicher, von Seele der Pflanzen reden zu wollen, als wenn ich von Seele eines Leichnams ſprechen wollte, in dem Empfindung doch wenigſtens einmal wach *geweſen*."

Außerdem charakteriſire ich die Pflanzenſeele im 4. Kapitel meiner Schrift näher durch die ſinnlichen Empfindungen, deren ich ſie fähig halte, und gehe im 14. auf die ganze Conſtitution der Pflanzenſeele näher ein. Dieß

Alles faßt Schleiden kurz zu dem Reſultat zuſammen: mir bleibe nichts als das Wort Seele.

Geiſt anlangend, ſo ſpreche ich nicht von Geiſtern der Pflanzen, hatte alſo auch keinen Anlaß, mich genauer über den Begriff Geiſt zu erklären. Freilich brauche ich das Wort Geiſt auch mitunter in meiner Schrift; wenn ich aber alle Worte hätte definiren wollen, die ich in meiner Schrift brauche, ſo hätte ich viel zu thun gehabt. Ich habe mich im Zend-Aveſta (I. S. XXVI ff., wo ich auf den Begriff Geiſt näher eingehe), und weiter in meiner Schrift über die Atomenlehre (S. 83 ff.) näher über das Princip erklärt, was ich in ſolchen Fällen maßgebend halte. Es iſt dieß, daß ich die Worte, deren Bedeutung ich nicht definire, überall möglichſt im Sinne des Sprachgebrauchs und ſo verwende, daß aus dem Zuſammenhange ſelbſt die ſächliche Bedeutung, die ſie eben in dieſem Zuſammenhange haben ſollen, unmittelbar erhellt; indem ich glaube, daß Worte überhaupt nur da ſind, auf Dinge zu zeigen, und richtig ſind, wenn ſie auf richtige Dinge zeigen. Richtige Dinge aber müſſen ſich, wenn nicht ſelbſt aufzeigen, doch aus Aufzeigbarem abſtrahiren oder klar ableiten laſſen.

Schleiden freilich hat in dieſer Beziehung ganz andere Principien; kein Wunder alſo, daß ihm die meinigen nicht paſſen. Der Begriff Geiſt iſt gleich zur Hand, es zu erläutern. Schleiden verſteht unter dem Worte Geiſt ein unzeitliches, unveränderliches, abſolut freies, nur dem Sittengeſetz unterthanes Weſen; während jede Erfahrung, die wir von Geiſt machen, und jede Vorſtellung, die wir uns danach machen, und jeder Begriff, den wir darauf bauen können, uns den Geiſt als ein in zeitlichen Veränderungen begriffenes, außer dem Sittengeſetz mindeſtens noch durch pſychologiſche Geſetze gebundenes, nur relativ freies Weſen darſtellt, ſo daß ein unzeitlicher unveränderlicher Geiſt in der That nur in demſelben Sinne aus der Wirklichkeit abſtrahirbar iſt, wie wenn man aus einem Fluſſe die Eigenſchaften eines Steines als Weſen des Fluſſes abſtrahirte[*]. Und wie kann es für einen unveränderlichen Geiſt auch nur ein Sittengeſetz geben? Was bedeutet Geſetz, wo Unveränderlichkeit beſteht? Was ſtellt man ſich dabei vor? Und wie paßt Freiheit und Unveränderlichkeit zuſammen?

Inzwiſchen wundern wir uns nicht zu ſehr über dieſe Faſſung des Begriffes Geiſt. Der Geiſt, von dem Schleiden ſpricht, iſt weſentlich nichts Anderes als der Gott ſo vieler Theologen, die, nachdem das Chriſtenthum die Menſchenopfer abgeſchafft hat, Gott das noch viel höhere Opfer der menſchlichen Vernunft glauben bringen zu müſſen.

Schleiden thut eben nichts, als ſein Scherflein mit auf denſelben Altar legen.

---

[*] Die identiſche Bewußtſeinseinheit iſt freilich unveränderlich; doch beſteht kein Geiſt blos in der abſtracten Bewußtſeinseinheit, die vielmehr ſelbſt ſo wenig ohne einen dadurch verknüpften Fluß von Phänomenen beſtehen kann, als ein Mittelpunkt ohne einen Kreis, deſſen Mittelpunkt er iſt.

Demnächſt fertigt Schleiden meinen Mitſchuldigen, der ſich, wenn ſchon in anderm Sinne und kürzer als ich, der Pflanzenſeele angenommen, in zehn Zeilen ab, wovon es hier genügen mag, die Stichworte anzuführen, die, wie leicht zu erachten, in ſo geringer Verdünnung noch eine hinreichend kräftige Wirkung thun: „oberflächliche und verwaſchene Träume“, „weſenloſe Nebelbilder“, „pſychologiſche Unklarheit und bedauernswerthe ſittliche Oberflächlichkeit“, „Zeichnung einer moraliſch gemeinen Seele“, „Kernfäule“; wonach er, die ganze Wucht ſeines Angriffes auf mich richtend, fortfährt:

„Bedeutender als Gegner ſcheint Fechner zu ſein, ſchon deßhalb, weil wir es bei ihm nicht mit einem flüchtig gefaßten und flüchtig hingeworfenen Gedanken, ſondern mit einem dicken Buche von fünfundzwanzig Bogen mit zahlreichen Citaten und anderm gelehrten Flitterſtaat zu thun haben. Aber nur um ſo trauriger! Ein Stoff für ein reizendes kleines Verschen ſo breit getreten, daß er wiſſenſchaftlich wie äſthetiſch widerlich wird.“

Schleiden liebt es, ſtarke Ausdrücke gegen ſeine Gegner zu gebrauchen. Der letztgebrauchte fällt mir aber ſo ſchwer aufs Herz, daß ich vor Allem ſuchen will, ſein Gewicht durch Mitvertheilung auf Andere etwas für mich zu vermindern, indem ich folgende Parallelſtellen dazu aus ſeinen „Studien“ anführe:

S. 128: „Der charaktervolle Mann wendet ſich mit Ekel ab von dieſem Kinderbrei ſüßlicher Phantaſieſpiele.“ — S. 206: „So wenden wir uns mit Ekel von einem Aberglauben ab.“ — S. 207: „Männer wie Joh. Müller und Himly haben „mit Ekel an den erkannten Betrügereien ſich von der Sache abgewendet.“ — S. 126: „Der ekelhafte, oft in erlogene Demuth gehüllte Hochmuth.“ — S. 207: „Dieſe unſaubern Geiſter“ (sc. Stilling, Kerner, Eſchenmayer, Mesmer und Conſorten). — S. 206: „Es iſt ein widerlicher Gedanke, daß wir die Warnung und Ermuthigung .... in dem Schmuz des Kaffeeſatzes ... ſuchen ſollen.“ — S. 207: „Von allen Formen des Aberglaubens iſt der wiſſenſchaftliche der widerlichſte und verwerflichſte.“ — S. 198: „Die widerlichſten Fratzen des Heidenthums.“

Eigen, daß Schleiden ſo großes Gefallen daran finden kann, ſeine Damen auf das Ekelhafte und Widerliche, was ihm begegnet, hinzuweiſen, und ich wüßte ihn in dieſer Beziehung nur etwa mit Dr. Katzenberger (in Jean Paul's bekanntem Romane) zu vergleichen, der ein Geſpräch mit ſeiner feinen Tiſchnachbarin mit den Worten einleitet: „Alſo um nur Einiges von dem Allerekelhafteſten zu erwähnen.“ Freilich, was ſollte Schleiden anfangen, wenn man ihm jene beiden Worte nimmt, die ich nicht gern ſelbſt noch einmal in den Mund nehmen möchte. Es hieße, ſeiner Kritik die beiden Eckzähne ausbrechen. Wird ſie damit zahmer werden? Ich denke vielmehr, es werden zwei neue nachwachſen.

An ſich kann es nicht befremden, wenn Schleiden mein „dickes Buch von 25 Bogen“ zum Beweiſe der Pflanzenſeele zu lang und die Breite deſſelben widerlich findet, nachdem er ſelbſt die Nichtexiſtenz der Pflanzenſeele aus dem reinen Begriffe der Seele ſo kurz und bündig zu beweiſen vermocht hat, wie man unten leſen wird. Es würde mir eben ſo gehen, wenn ich 25 Bogen über ein Nichts geſchrieben leſen und den Anſtrengungen folgen ſollte, die darin gemacht werden, zu beweiſen, daß dieß Nichts ein Etwas ſei. Ich finde hier Schleiden ganz in ſeinem Ueberzeugungsrechte. Zwar ſuchte ich die Länge der Schrift im Vorwort ſo zu motiviren: „Da es hier die ernſthafte Begründung einer Anſicht galt, die jetzt noch ebenſowohl die gemeine als die wiſſenſchaftliche Meinung gänzlich gegen ſich hat, und der Gegenſtand gar manche Seiten und Angriffspunkte darbietet, hätte eine zu kurze Behandlung dem Zweck nicht entſprochen.“ Dazu brachte ich viele Beiſpiele aus dem Pflanzenleben bei. Vielleicht aber iſt das Buch doch wirklich zu lang; ich kann darüber nicht urtheilen. Wie lang aber würde es vollends geworden ſein, wenn ich zu jeder Begriffserklärung, wie die von Geiſt und Seele, gleich Schleiden hätte 6½ Seiten brauchen und ſie durch Stellen wie folgt aufſchwellen wollen:

„Alſo auch hier, am Schluſſe unſeres Lebens, ein unenthüllbares Geheimniß; am Anfang und am Ende eine undurchdringliche Nacht, und zwiſchen beiden eine flüchtige Dämmerungsminute: das iſt die Wahrheit des Wiſſens; daß jenes doppelte Dunkel (betreffend die Freiheit des Geiſtes in ſeiner Gebundenheit an das Körperliche) in der That nur der Vorhang iſt, welcher uns vom hellen vollen Lichte, unſerm eigentlichen Elemente, ſcheidet, iſt die Wahrheit der Ueberzeugung im Glauben; und daß, wenn auch keine Kraft uns befähigen kann, ſchon hier jenen Vorhang zu zerreißen, doch unſer Glaube berechtigt iſt, iſt die Wahrheit unſeres religiöſen Gefühls; das Ganze aber das Reſultat der vollendeten philoſophiſchen Unterſuchung, die Philoſophie der Reſignation. — Wie ſollte nun der Menſch, deſſen Anfang und Ende ein Geheimniß iſt, deſſen Leben ein ſchwaches Dämmerlicht umſpielt, nicht leicht dahin kommen, das Geheimniß und das Halbdunkel für ſein wahres Element zu halten. Weiß doch Niemand beſſer, als der, welcher den ganzen langen Kampf um die Erringung des geiſtigen Selbſtbewußtſeins durchgemacht, wie ſchwer es iſt, die Dämmerung, die uns umgiebt, für das, was ſie iſt, für ein flüchtiges und nur zu leicht täuſchendes Streiflicht aus der Welt ewiger Helle und ewigen Glanzes zu erkennen.“

Jedenfalls lerne ich aus dieſer Stelle, wie ich den, in meiner Schrift auf dem Boden platter Thatſachen widerlich breitgetretenen Stoff künftig einmal wieder erhaben aufbauſchen kann; und hoffe, damit Schleiden mehr zu befriedigen, als mit meiner bisherigen ſchlichten Darſtellungsweiſe. Im Uebrigen iſt ſie charakteriſtiſch für den Unterſchied unſerer beiderſeitigen Weltanſichten. Ich treibe einen kleinen ägyptiſchen Götzendienſt mit Pflanzen- und Thierſeelen. Schleiden zieht es, wie man ſieht, vor, die ägyptiſche Finſterniß zu verehren. Ich meine, die Seelen der Pflanzen und Thiere ſind kleine Lichtchen von dem großen Lichte und tragen mit unſern eigenen Seelen-Lichtern dazu bei, die Welt zu erhellen, und ſo hell das Licht und die Lichter und die Lichtchen in dieſe und jene Welt hineinſcheinen, ſo hell iſt es in der Welt. Schleiden puzt die Lichtchen aus, erklärt für den Gipfel der Helligkeit unſerer Lichter hienieden ihr Bewußtſein, daß ſie im Dunkel tappen, und macht die Welt zum Vorhang, hinter dem ſich das große Licht vor den Lichtern verſteckt. Vorn und hinten undurchdringliche Nacht und in der Mitte eine flüchtige Dämmerungsminute, „das iſt die Wahrheit des Wiſſens“. Als Räthſel aufgegeben, hätte man wohl ſchwerlich errathen, daß das die Wahrheit des Wiſſens ſei.

Da die Dame, an die Schleiden ſeine Abhandlung richtet, ſich meiner gütigſt gegen ihn angenommen zu haben ſcheint, wofür ich nicht verfehle, ihr die ſchöne Hand zu küſſen, ſo ſucht Schleiden ſie, wie folgt, zu überzeugen, daß ſie ihre Theilnahme an einen Unwürdigen verſchwendet:

„Du haſt ja ſein Buch geleſen, und wendeſt mir deßhalb ein, er beweiſe doch durch die Maſſe des gelehrten Beiwerks, durch die zahlreichen mitgetheilten Thatſachen, daß er wenigſtens mit der Pflanze und ihrer Natur ſehr vertraut und daher zum Urtheil berechtigt ſein müſſe. So denkſt Du und mit Dir viele hundert Laien, und eben darum ſind dieſe gelehrt thuenden Halbwiſſer ſo gefährlich.

Ich ſage Dir aber, er hat nicht den entfernteſten Begriff von dem, was Pflanze und ihre Organiſation iſt, und dafür kann ein einziger Satz als Beweis genügen. — Bei Gelegenheit der Frage, ob die Pflanzen Seelen haben, ſagt er: „„Mir ſcheint der Faſerſtoff der Pflanzen, wenn man doch einmal Faſern verlangt, eben ſo gut geeignet und für die Pflanzen paſſender zu Nerven, als das thieriſche Eiweiß."" Der einzige Satz zeigt die abſoluteſte Unwiſſenheit in Bezug auf die innere Organiſation der Pflanze. Faſerſtoff, in der Bedeutung, wie es alle Naturforſcher ohne Ausnahme jetzt anwenden, kommt organiſirt in keiner Pflanze vor; Pflanzenfaſer, von der man wohl noch vor fünfzig Jahren zuweilen ſprach, iſt ein Ding, was nicht exiſtirt; Faſern als ſelbſtändige Organiſationselemente giebt es in der ganzen Pflanze nicht. Spiralfaſern, wie man ſie wohl genannt, kennt Fechner nur aus Goethe und Oken, zwei Leuten, die von der ganzen Pflanzenanatomie Nichts verſtanden und Nichts verſtehen konnten, weil dieſelbe erſt durch ſpätere Verbeſſerungen der Inſtrumente möglich wurde. Iſt aber Einer in den factiſchen Grundlagen ſo völlig unwiſſend und urtheilslos, ſo verdient er natürlich kein Zutrauen für ein Gebäude, das er auf ſo ſchlechtem Grunde erbaut."

Stellen wir vor allen Dingen erſt den richtigen Text her, wie es bei Schleiden's Anführungen überall nöthig iſt. Was mich Schleiden ſagen läßt, iſt in der That weder hinreichend genau, noch zur Beurtheilung hinreichend vollſtändig das, was ich geſagt habe, ſondern Folgendes:

„Was liegt denn überhaupt in der Eiweißmaterie der Nerven ſo Wundervolles, das ſie allein zu Trägern oder Vermittlern von Seelenthätigkeit eignete. Mir ſcheint der Faſerſtoff der Pflanzen, wenn man einmal Faſern verlangt, ganz eben ſo gut dazu geeignet; er wird nur eben für die Dispoſitionen der Pflanzen paſſender ſein und das Eiweiß für die der Thiere. Alles will in ſeinem Zuſammenhange betrachtet ſein“ u. ſ. w.

Hievon werde ich leicht jedes Wort vertreten. Geſetzt aber, ich hätte nicht jedes Wort vertreten können, mußte mir Schleiden deshalb gleich das Haus einreißen?

Wie, Herr Schleiden, es giebt keine Pflanzenfaſer? Es exiſtiren keine Faſern als ſelbſtändige Organiſationselemente? Ich denke doch, es giebt auch heute noch eine Holzfaſer, Baſtfaſer, Flachsfaſer, Baumwollenfaſer, Spiralfaſer u. ſ. w., und alle dieſe Faſern ſind ſelbſtändige Organiſationselemente. Niemand nimmt heute noch den geringſten Anſtand, alle dieſe und andere pflanzliche Faſern unter dem Allgemeinbegriff Pflanzenfaſer zuſammenzufaſſen, und für mich lag noch überdieß die bindende Veranlaſſung dazu in der Gegenüberſtellung, in der ich ſie gegen die thieriſche Nervenfaſer betrachtete. Jeder weiß, daß alle Pflanzenfaſern, wie alle Nervenfaſern urſprünglich Zellengebilde ſind, und, mindeſtens in jüngerem Zuſtande, vielmehr die Natur feiner Röhren, als wirklich ſolider Faſern haben; ich erwähne deſſen ſelbſt gelegentlich von den Spiralfaſern; doch ſpricht Niemand von Holzröhren, Flachsröhren, Baumwollenröhren, Pflanzenröhren, ſo wenig als von

Nervenröhren; warum hätte ich davon ſprechen ſollen, wo nichts darauf ankam; und was hätte ich ſonſt für einen Ausdruck brauchen können? Ja, füge ich nicht anderwärts ausdrücklich und ſelbſt wiederholt (Nanna S. 48. 49) zum Ausdruck Spiralfaſer das Synonym Spiralgefäße. Und wie, Faſerſtoff in heutiger Bedeutung kommt organiſirt in keiner Pflanze vor? Ich denke doch, der Stoff aller jener Faſern iſt organiſirt, da alle jene Faſern wirklich Organiſationselemente ſind. Berzelius und unzählige Andere nennen dieſen Stoff auch wirklich Faſerſtoff; warum ſollte ich ihn nicht ſo nennen, da es eben galt, den Stoff von Faſern damit bezeichnen, ſtatt etwa Celluloſe oder Zellſtoff zu ſagen, wie ich freilich auch, aber an dieſem Orte nur unpaſſender, hätte ſagen können.

Und endlich, Herr Schleiden, ich kenne Spiralfaſern blos aus Goethe und Oken, die von der ganzen Pflanzenanatomie nichts verſtanden? — Die Sache iſt die, daß ich (Nanna, S. 48 ff.) bei Erörterung der Nervenfrage als hiſtoriſche Notiz (mit kleinem Druck) einſchalte, daß Oken und Goethe an Spiralfaſern, Spiralgefäße als Vertreter der Nerven in den Pflanzen gedacht oder ihrer in ähnlicher Beziehung erwähnt hätten, mich übrigens dagegen verwahrend, dieſe Anſicht zu der meinigen zu machen. Und daraus macht Schleiden: ich kenne die Spiralgefäße blos aus Goethe und Oken. Und doch beſpreche ich ſogar unmittelbar zwiſchen der Bezugnahme auf Oken und auf Goethe S. 49 die Verhältniſſe der Spiralgefäße faſt eine ganze Seite lang, indem ich dabei hauptſächlich auf **Schleiden's** eigenem Handbuche fuße, ſpreche von ihrer Entſtehung durch Verſchmelzung von Zellen, ihrem Luftgehalt, ihrem Mangel an Verzweigung, ihrer centralen Stellung in den Bündeln langgeſtreckter Zellen, ihrem Vorkommen u. ſ. w., von welchem Allen in **Goethe** und **Oken** kein Wort ſteht, und füge ſchließlich bei, die Pflanzenphyſiologen, deren Anſicht ich alſo doch kennen muß, ſeien höchſt verſchiedener Meinung über ihre Function.

Es ſcheint ganz unmöglich, daß **Schleiden** das Alles überſehen konnte, da er auf das unmittelbar Vorangehende und Folgende Bezug nimmt; er **wollte** es alſo überſehen, um eine Gelegenheit zu finden, meine Kenntniß von dem Pflanzenbau in das kläglichſte Licht zu ſetzen, und mich vor ſeiner Dame als einen Ignoranten darzuſtellen.

Ei, ei, Herr **Schleiden**, wie würden Sie es wohl nennen, und weſſen würden Sie Den wohl werth erklären, von dem Ihnen dergleichen begegnete?

Ein Tanz in den glühenden Schuhen des Mährchens Aſchenbrödel würde Ihnen, dünkt mich, nicht übel anſtehen.

„Aber" — fährt **Schleiden** unmittelbar weiter fort — „es beſchränkt ſich dieſe Unzulänglichkeit nicht auf die Pflanzen allein, ſondern zeigt ſich ebenſo bei den Thieren oder bei allgemeinern naturwiſſenſchaftlichen Verhältniſſen. Wenn Einer ſich überall nur durch Gleichniſſe und ſpieleriſche Analogien durchhilft, ſtatt Deductionen und logiſche

Ableitungen zu bringen, ſo muß er wenigſtens darauf ſehen, daß dasjenige, was er als Gleichniß wählt, auch eine, über allen Zweifel erhabene Thatſache ſei. So ſagt er irgendwo: „„Unſere Lampen brennen mittelſt Dochte, die Sonne, eine große Gaslampe, ohne Docht."" Hier hätte Fechner Gelegenheit zu einer ſehr ausführlichen und dankenswerthen Erörterung gehabt; denn bis jetzt weiß kein Naturforſcher auch nur das Allergeringſte von der leuchtenden Atmoſphäre der Sonne. Daß ſie eine Gaslaterne ſei, iſt eine neue, nur leider nicht bewieſene Entdeckung."

Alſo, Herr Schleiden, „bis jetzt weiß kein Naturforſcher auch nur das Allergeringſte von der leuchtenden Atmoſphäre der Sonne. Daß ſie eine Gaslaterne ſei, iſt eine neue, nur leider nicht bewieſene, Entdeckung." Was meinen Sie, iſt Herr Alexander von Humboldt ein Naturforſcher oder nicht? Schlagen Sie **Kosmos** III. S. 395 nach, ſo werden Sie folgende Stelle finden, und was Sie hier finden, konnten Sie auch noch an genug andern Stellen finden:

„Da nun die Sonne . . . keine Spur von Polariſation zeigt, wenn man das Licht, welches in ſehr obliquer Richtung unter bedeutend kleinen Winkeln von den Rändern ausſtrömt, im Polariſkop unterſucht, ſo folgt aus dieſer wichtigen Vergleichung, daß das, was in der Sonne leuchtet, nicht aus etwas tropfbar Flüſſigem, ſondern aus einer gasförmigen Umhüllung kommt. Wir haben hier eine materielle phyſiſche Analyſe der Photoſphäre."

So wäre alſo die Sonne doch eine große Gaslampe oder Gaslaterne; und die Behauptung, daß kein Naturforſcher etwas davon wüßte, reducirte ſich auf die Thatſache, daß Schleiden nichts davon weiß; Beides aber ohne Weiteres für eine identiſche Sache hält.

(Vergleiche Jeſus Sirach 5. 14.)

Aber warum ſollte ein Naturforſcher nicht einmal auch etwas nicht wiſſen können; zumal in einem Fache, was nicht das ſeine iſt. Ich will alſo auch Schleiden keinen Vorwurf daraus machen, daß er nicht gewußt hat, die Sonne ſei eine Gaslaterne, und mich meiner geringen Kenntniß deßhalb nicht überheben, indem ich mir die goldenen Worte eines Weiſen zu Gemüthe führe und zur Richtſchnur nehme, deſſen Autorität Niemand lieber als Schleiden ſelbſt anerkennen wird, die wie folgt lauten:

„Ueberhaupt charakteriſirt ſich der ächte Naturforſcher durch die größte, aber ihm ſelbſt wohlbewußte Unwiſſenheit und iſt ſtets der beſcheidenſte Menſch von der Welt.“ Nur gegen den „ekelhaften, oft in erlogene Demuth gehüllten Hochmuth der unbewußten Unwiſſenheit und Halbwiſſerei“ darf ſich nach demſelben Weiſen, welcher kein anderer als Schleiden ſelbſt iſt (Studien 126), der ächte Naturforſcher „etwas ungeberdig“ zeigen.

Und Niemand wird Schleiden abſprechen, daß er ſich hierin vor Allen und faſt gegen Alle als ächter Naturforſcher bewieſen hat, ſo daß ihm faſt nur noch Ein Fall übrig bleibt, der unſtreitig zu nahe lag, um ſo leicht darauf zu verfallen. Sollte ihm nun die Sonnenlampe in dieſer Hinſicht noch kein hinreichendes Licht aufgeſteckt haben, ſo mag im folgenden Theile die Mondlampe verſuchen, was ſie etwa vermag; denn es wäre Schade, wenn die Ungeberdigkeit eines ſo gründlichen Naturforſchers ſich gegen den Einen nicht äußeen ſollte, der ihm unter Allen, die Sonne und Mond beſcheint, vielleicht den gerechteſten Anlaß dazu giebt.

Schleiden machte mich vorhin lächerlich, daß ich die Sonne für eine große Gaslampe erklärt habe. Man hat geſehen, daß ich damit gar nicht ſo Unrecht gehabt hätte. Das Lächerlichſte iſt aber dieß, daß es mir eigentlich gar nicht eingefallen iſt, die Sonne für eine Gaslampe zu erklären. Schleiden hat mich einfach mißverſtanden. Man braucht nur die Stelle, auf die ſich Schleiden bezieht (Nanna S. 42), im Zuſammenhange nachzuleſen, ſo wird man gleich finden, daß es gar kein Intereſſe für mich haben konnte, die Sonne für eine große Gaslampe zu erklären. Was es galt, war, wo möglich mehr als ein Beiſpiel dochtloſer Lichter den Dochtlichtern gegenüber zu ſtellen, um darauf eine Analogie zu gründen, auf die ich weiterhin zu ſprechen komme; und ſo ſtellte ich die Sonne als himmliſches, die Gasflamme als irdiſches Beiſpiel zuſammen den Dochtlichtern gegenüber, mit den Worten: „Die Sonne, eine Gaslampe, brennt ohne Docht“, wie man kurz ſagt: die Sonne, der Mond ſcheint; eine Kerzenflamme, eine Gasflamme brennt, ſtatt, ſowohl die Sonne als der Mond ſcheint, ſowohl eine Kerzenflamme als eine

Gasflamme brennt. Ich dachte nicht daran, daß Jemand die leichte Gasflamme als Appoſition zur ſchweren Sonne werde faſſen können — die Appoſition wird freilich ſelbſtverſtändlich, nachdem Schleiden eine große Gaslampe aus der Gasflamme gemacht hat; auch brauchte Schleiden nur den nächſten Satz anzuſehen, wo ich den Mangel der Tragbarkeit der Gasflammen den Dochtflammen gegenüber hervorhebe, um zu erkennen, daß ich nicht die Sonne unter der Gasflamme verſtehe. Oder glaubte er, ich wollte damit auf den Mangel der Tragbarkeit der Sonne zielen?

Immerhin erkenne ich willig an, daß ich hier ſelbſt einen Theil der Schuld des Mißverſtandes trage, indem ich undeutlich geworden bin, da ich blos nicht ſchleppend werden wollte. Nur handelt es ſich hier nicht allein um eine falſche Auffaſſung, ſondern auch eine falſche Wiedergabe meiner Worte. Anführungszeichen bedeuten ſonſt überall, daß man die eigenen Worte des Verfaſſers wiedergiebt; wozu auch ſonſt Anführungszeichen? Indem alſo Schleiden ſolche brauchte, lag ihm ob, was ich auch unter „Gasflamme“ verſtehen mochte, meine Worte und nicht ſeine Auslegung derſelben zu geben. Dreimal aber giebt Schleiden Stellen aus meiner Schrift mit Anführungszeichen und ſchiebt dabei jedesmal meinen Worten ſeine eigenen Wendungen und Kürzungen in einer für mich unvortheilhaften Weiſe unter. Hienach bitte ich die Leſer, wenn Herr Prof. Schleiden irgend wann einmal wieder Gelegenheit nehmen ſollte, etwas aus meinen Schriften mit Anführungszeichen anzuführen, wie zu glauben, daß es meine Worte, ſondern daß es ſeine Worte ſind, mit denen er die Leſer anführt.

Schleiden ſelbſt erzählt in ſeinen Studien S. 116 zum Belege, „daß ſelbſt der redlichſte Mann, wenn er einmal von der Bahn der reinen mathematiſch-inductoriſchen Naturforſchung gewichen, unbewußt und halb ſchuldlos dem Teufel der Lüge anheimfällt,“ wie Autenrieth einen Bericht John Davy's über die berüchtigte Teufelsſtimme in Ceylon in einer Weiſe wiedergiebt, welche nur „in ſcheinbar unbedeutenden Wortfügungen“, doch um ſo mehr der Sache eine falſche Färbung ertheile, als „Autenrieth ſeine Leſer durch eine wohlſtyliſirte Einleitung bereits auf allen möglichen Teufelsſpuk vorbereitet hat.“

Wahrſcheinlich hat Autenrieth keine Anführungszeichen gebraucht und dem Dämonenvogel wird durch das, was er von ihm anführt, kein Schade erwachſen, wie mir durch das, was Schleiden von mir anführt, erwachſen könnte. Wie auch dem ſei, man ſieht, daß der Gottſeibeiuns, von dem Schleiden ſpricht, nicht ſo ganz ausſchließlich auf den Nebenwegen der reinen mathematiſch-inductoriſchen Naturforſchung einhergeht, ſondern auch wohl einmal dem redlichen Manne, der ſich rühmt, ſchnurſtracks ihre Wege ſelbſt zu gehen, ein Bein auf denſelben ſtellt. Auch Schleiden hatte die Leſer zuvor in einer wohlſtyliſirten Einleitung hinreichend auf den Teufelsſpuk, den ſie in meiner Schrift zu erwarten hätten, vorbereitet, und die ſcheinbar unbedeutenden Wendungen hatten dann leichtes

Spiel, meinen Anſichten die falſche Färbung aufzudrücken, unter der ſie Schleiden darſtellen wollte.

Schleiden ſpricht von ſpieleriſchen Analogieen, mit denen ich mir durchzuhelfen ſuche. Ich will den Ausdruck nicht ganz ablehnen. Schleiden hat wenigſtens darin das Rechte getroffen, daß er ſie vielmehr ſpieleriſche als ſpielige Analogieen nennt, weil ich in der That mit denſelben Etwas zu gewinnen ſuche. Und ſo will ich denn hier angeben, was ich insbeſondere mit den Analogieen zu gewinnen ſuchte, an die ſich Schleiden's Vorwurf knüpft; ſo wird, denke ich, mit der Aehnlichkeit zugleich der Unterſchied von ſpieleriſchen Analogieen ſichtbar werden.

Unter den Einwürfen gegen die Pflanzenſeele zählt auch der, daß die Pflanzen keine Nerven haben. — Wie kann das ein Einwand ſein? — Nun, die Thiere haben und brauchen Nerven zur Empfindung; alſo werden die Pflanzen nicht minder ſolche dazu brauchen. — Auch eine Analogie! aber wie es ſo geht, weil es einmal keine Pflanzenſeele giebt, ſo gelten alle Analogieen gegen die Pflanzenſeele, nur keine für die Pflanzenſeele. — Aber hat nicht jene Analogie doch gar zu guten Grund? Wenn ich das Nervenſyſtem eines Thieres zerſtöre, ſo hört alle Fähigkeit zu empfinden auf; dieſe Fähigkeit zeigt ſich ganz weſentlich an das Daſein des Nervenſyſtems geknüpft. Alſo werden die Pflanzen, die von vorn herein kein Nervenſyſtem haben, auch von vorn herein keine Fähigkeit zu empfinden haben. — Vortrefflicher Schluß. Wenn ich die Saiten einer Violine zerſtöre, ſo hört alle Fähigkeit Töne zu geben auf; dieſe Fähigkeit zeigt ſich ganz weſentlich an das Daſein von Saiten geknüpft; alſo werden die Flöte, die Orgel, die von vorn herein keine Saiten haben, auch von vorn herein keine Fähigkeit zu tönen haben; die Sonne, eine Gasflamme, können nicht brennen, weil ſie keine Dochte haben, ohne welche die Dochtlampen nicht brennen können; die Höhlenſpinne kann keine Fliegen fangen, weil eine Kreuzſpinne ohne ein Netz aus Fäden nichts zu fangen vermag u. ſ. w.

Dieſe Analogieen ſind der Trumpf, den ich im Spiele um die Pflanzenſeele auf jene Analogie ſetze, womit man ſie hohlen zu können meint; und ich denke, daß ſie dieſelbe zu ſtechen vermögen. Denn es kann nicht dieſelbe Schlußform hier wahr und dort falſch ſein. Auch hat Schleiden dieſen ſpieleriſchen Analogieen nichts Anderes entgegenzuſetzen vermocht, als daß er ſie ſpieleriſche nannte.

Hienach verſenkt mich nun Schleiden tief in den „furchtbarſten Sumpf der Irrthümer“ (vgl. S. 47) und fährt dann, dieſen Sumpf befahrend, weiter fort:

„Zwei Hauptfehler bilden die Angelpunkte, um welche ſich das ganze Büchlein dreht. Der erſte iſt der ſpaßhafte Schluß: die Thiere ſind beſeelt, die Pflanzen ſind wahrlich nicht ſchlechter als die meiſten Thiere, folglich muß man ihnen auch eine Seele zugeſtehen: ein Billigkeitsgefühl, welches dem Verfaſſer als Almoſenvertheiler alle Ehre machen würde, auf die Naturgeſetzgebung angewendet aber doch etwas ſpaßhaft ſich ausnimmt. Und dann, wer ſagt dem Herrn Fechner, daß die Thiere eine Seele haben? Ich drehe ihm ſeinen Schluß herum und ſage mit demſelben Recht: die Pflanzen haben keine Seele, die Pflanzen ſind mindeſtens nicht ſchlechter als die Thiere, folglich hat das Thier auch keine. (Es folgt jetzt der Vorwurf des Mangels einer Begriffsbeſtimmung von Geiſt, Seele u. ſ. w., vergl. S. 31.) Der zweite Hauptfehler, den Fechner begeht, iſt, daß er überall die Sache teleologiſch behandelt, das heißt, die Exiſtenz der Seele aus Gründen der Zweckmäßigkeit annimmt."

Ich glaube gern nach der Weiſe, wie Schleiden meine Schrift geleſen, daß er nicht mehr als jene Schlüſſe und Schlußweiſen darin gefunden, die ihm ſo fehlerhaft und ſpaßhaft dünken. Wer ſie aufmerkſamer lieſt, wird Folgendes darin finden: 1) Eine Widerlegung der Gegengründe, die man hauptſächlich gegen die Pflanzenſeele aufgeſtellt hat, und deren vornehmſte ich ſchon oben (S. 4) nannte. 2) Eine Reihe zuſammenhängender, ſich wechſelſeitig ergänzender poſitiver Argumente, die ich, wenn es darauf ankäme, ſie beſonders zu bezeichnen, als Argument der Aehnlichkeit, der Ergänzung, der Abſtufung, des Zuſammenhanges, der Cauſalität und der Teleologie bezeichnen möchte (und in der Schrift über die Seelenfrage, die ſich an dieſe anſchließt, ſo bezeichnet habe), wodurch die geſammten Beziehungen des Pflanzenlebens zum thieriſchen Leben und zur Natur aus den verſchiedenſten Geſichtspunkten zur Geltung kommen. Zwei dieſer Argumente zu recapituliren, wird unten Anlaß ſein. Mit ſeinem gewöhnlichen glücklichen Ueberſetzungs- und Abkürzungstalent hat Schleiden dieſe Angelpunkte in einen ſpaßhaften Schluß und eine ſchlechte Verwendung der Teleologie in demſelben Sinne überſetzt, als er oben meine Begriffsbeſtimmung der Seele, meine Kenntniß von der Pflanzenorganiſation u. ſ. w. ungefähr in das Gegentheil von dem, was ſich darüber in meiner Schrift findet, überſetzt hat.

Hienach würde ich es mir erſparen, noch beſonders zu zeigen, daß jene Beweisführung, die Schleiden ſo ergötzlich findet, daß ihn die Luſt anwandelt, ſie auf den Kopf zu ſtellen, die richtige Richtung hat, wenn ich mich nicht erinnerte, daß ſchon früher ein anderer Gegner dieſelbe Neigung kundgegeben hat*); und ſo will ich doch noch einige Worte an dieſe kleine Aufgabe wenden.

Wie, ſagt man, du gehſt von der Beſeelung der Thiere aus, um die der Pflanzen zu beweiſen; aber eben ſo gut könnte man von der Nichtbeſeelung der Pflanzen ausgehen, um die der Thiere zu beweiſen.

Ganz recht, erwiedere ich meinen beiden Gegnern, und man würde damit nur den Beweis der Pflanzenbeſeelung in etwas curioſerer Weiſe als ich geführt haben. Denn nach bekannter logiſcher Regel kann Falſches nicht aus richtiger Vorausſetzung fließen. Wer alſo aus der Seelenloſigkeit der Pflanzen die der Thiere beweiſt, beweiſt durch die Falſchheit ſeiner Folgerung die ſeiner Vorausſetzung.

---

*) Hall. Lit. Zeit. 1849. S. 636

Freilich ſteht die Seelenloſigkeit der Pflanzen „in der allgemeinen Vorſtellung“ ſo gut feſt, als die Beſeelung der Thiere; aber man kann nicht eben ſo gut davon ausgehen, und überhaupt gilt es nicht, von der allgemeinen Vorſtellung auszugehen, wenn man ſie widerlegen will, ſondern den naturgemäßen Gang in der Sache zu gehen. Dieſer aber iſt, daß man 1, 2, 3 und nicht 1, 3, 2 zählt. Der Menſch iſt 1, das Thier 2, die Pflanze 3. Der Uebergang von der Beſeelung des Menſchen zu der des Thieres iſt recht und ſicher; von da kann man verſuchen zur Pflanze zu gehen; der Uebergang von der Nichtbeſeelung der Pflanze zu der des Thieres iſt verkehrt und falſch; weil die Frage nach der Beſeelung oder Nichtbeſeelung der Pflanze erſt mit Rückſicht auf die Entſcheidung, die man ſchon beim Thiere gefällt hat, zu entſcheiden iſt. Für die Beſeelung der Thiere aber entſcheidet der Zwang der Analogie mit uns, indeß für die Nichtbeſeelung der uns entfernter ſtehenden Pflanzen von vorn herein kein ſolcher Zwang, ſondern blos Zweifel vorliegt. Daher hat auch kein Volk, keine Zeit je die Beſeelung der Thiere bezweifelt, und wird ſolche je bezweifeln, wenn auch die beiden Philoſophen Carteſius und Schleiden es thun; wogegen die Pflanzen bei manchen Völkern noch heute eben ſo gut für beſeelt als die Thiere gelten (vergl. Nanna S. 26).

Näher zugeſehen giebt es überhaupt gar kein anderes Mittel, in der Frage nach dem Seelendaſein über uns hinaus ſicher vorzuſchreiten, als vorſichtig von uns aus zu verallgemeinern. Der erſte Schritt iſt die Verallgemeinerung von einem Menſchen auf den andern. In der That iſt ſchon das Verallgemeinerung einer Grunderfahrung, die Jeder einzig und allein an ſich ſelber machen kann, nicht ſelbſt Erfahrung. Der zweite Schritt, gleich berechtigt wie gefodert durch den erſten, iſt die Verallgemeinerung vom Menſchen zu den Thieren. Wir ſchlagen die Brücke am leichteſten, wo der Spalt am ſchmälſten, vom Neger zu dem Affen. Wer freilich das Bret der Brücke lieber nimmt, ſich den Weg zu verſchlagen, wird dann auch die Welt der Seelen damit verſchlagen finden. Wir laſſen ihn dahinten. Vom Affen geht's dann unaufhaltſam durch das ganze Thierreich. Denn im ganzen Thierreich hängt Eins ſo am Andern, daß wir vernünftigerweiſe nirgends einen Abſchnitt des Seelendaſeins ſetzen können, oder wo? Nun kommt ein neuer Spalt, der freilich der Art iſt, daß man noch heute ſtreitet, wo er iſt und ob er iſt. Giebt's keine Brücke über dieſen Spalt, den man nicht findet, nachdem es doch eine gab über jenen Spalt, den Jeder findet. Hat die Verallgemeinerung hier ihre Gränze? Die Seele hat vom Menſchen mit Gehirn und Nerven zum Wurm ohne Gehirn, zum Polypen ohne Nerven abwärts gereicht; kann ſie nicht auch vom nervenloſen Polypen bis zum nervenloſen Kraute hinüber und bis zum nervenloſen Baume wieder aufwärts reichen? Das ganze Pflanzenreich entfaltet ſich körperlicherſeits nach einem neuen Plane dem Thierreich gegenüber, ſteht nicht dazu ein neuer Seelenplan auch zu Gebote? Wenn die Seele dem Vogel in die Luft, dem Wurme in die Erde folgt, kann ſie nicht auch der Blume ins Reich des Lichtes und des Duftes folgen? Ob es der Fall? Man muß es unterſuchen; ich habe es unterſucht. Und mindeſtens meint' ich, es gebe keinen andern Gang als dieſen.

Natürlich aber wird es immer möglich bleiben, wenn Jemand recht zählt, ihn zu fragen, warum er nicht lieber verkehrt zählt; und dieſe Frage iſt es, die man mir geſtellt. Ich thue die Gegenfrage: Wenn einer nicht bis drei zählen kann, ohne verkehrt zu zählen, wie ſoll man auf ihn bei der Weltberechnung zählen?

Des Weiteren äußert ſich Schleiden über die Teleologie wie folgt:

„Die Teleologie oder die Lehre von der Zweckmäßigkeit in der Natur iſt auch in ihrer richtigen Anwendung jetzt ſo ziemlich bei allen bedeutenden Naturforſchern bei Seite geſchoben, weil ſie, wenn ſie überhaupt eine Bedeutung hat, doch höchſtens für die pädagogiſche Behandlung der praktiſchen Philoſophie als Mittel der Veranſchaulichung anwendbar iſt, oder in der äſthetiſchen Betrachtung der Natur eine Stelle findet. Jedenfalls ſetzt dieſe ihre richtige Anwendung immer voraus, daß die Thatſache, welche ſie nach Zweckbegriffen verknüpfen will, einzeln für ſich und in ihrer urſprünglichen Verbindung als Grund und Folge wiſſenſchaftlich feſtgeſtellt ſind. Da mag ein Menſch ſich daran ergötzen, daß eine Blumenkrone ſo gebaut iſt, daß ein Inſect wohl hineinſchlüpfen, aber nicht eher wieder entkommen kann, als bis es durch ſein unruhiges Umherlaufen den Blütenſtaub auf die Stempelmündung übertragen hat, worauf ſich durch das Verwelken der Blumenkrone ſein Kerker öffnet! Immer bleibt es aber ein Nothbehelf für beſchränkte Köpfe, und es iſt mit Recht ſeit lange in zahlloſen Parodieen verſpottet worden.“

In Wahrheit gehört einige Verwegenheit dazu, nachdem die drei Gebrüder Weber, nachdem Leuckart, Bergmann, die mir nur vor Andern beifallen, — es werden aber nicht die einzigen ſein, — dem teleologiſchen Princip in richtiger Anwendung huldigen, zu ſagen, daß die Teleologie in ihrer richtigen Anwendung ſo ziemlich bei allen bedeutenden Naturforſchern bei Seite geſchoben ſei, und daß ſie ein Nothbehelf für beſchränkte Köpfe bleibe. Doch hören wir weiter:

„In der That hat dieſe Betrachtungsweiſe gar keine Berechtigung, am allerwenigſten aber, wenn man ſie ſo himmelfalſch anwendet wie Fechner, nämlich nicht um den ſchon feſtſtehenden Zuſammenhang zwiſchen zwei Thatſachen nach Zweckbegriffen zu erklären, ſondern um aus vorausgeſetzten Zwecken die Exiſtenz eines anderweitig nicht bewieſenen noch beweisbaren Gegenſtandes zu beweiſen. So kommt bei Fechner eigentlich folgender Gedankengang vor: „„Die Thiere haben Seele und Empfindung; ſie ſtreifen aber nur vereinzelt durch die

Pflanzenwelt; hätten die Pflanzen nicht Seele und Empfindung, ſo wäre der Raum, den ſie einnehmen, vergeudet; Seele und Empfindung ſoll aber allenthalben ſein nach der Abſicht des Schöpfers, folglich müſſen die Pflanzen Seele und Empfindung haben.““ *Fechner* ſcheint doch nicht geneigt zu ſein, den Steinen und den chemiſchen Elementen, überhaupt der unorganiſchen Natur, Seele und Empfindung zuzuſchreiben. Er muß aber, wie ich ihm leicht beweiſen will. Ja er muß vielleicht noch weiter gehen und ſelbſt dem abſolut leeren Raume Seele und Empfindung zuſchreiben.“

Es folgt eine Ausführung in dieſer Hinſicht, dann weiter ein Rückblick auf die Stellung der Teleologie bei *Kant* und *Fries*; und endlich die Schlußanſicht *Schleiden's* über die Teleologie. Indem ich mir vorbehalte, auf letztere im 3. Kapitel, was von der Teleologie beſonders handelt, und hiemit zugleich auf die allgemeinen Anſichten *Schleiden's* über die Teleologie zurückzukommen, beſchränke ich mich für jetzt auf das zu entgegnen, was ſich auf meine Faſſung und Anwendung des teleologiſchen Princips insbeſondere bezieht.

Abſtrahirt man dieſelbe triftig aus meiner Schrift über das Seelenleben der Pflanzen, ſo ſtellt ſie ſich wie folgt dar:

Wir finden erfahrungsmäßig, *inductoriſch*, daß bei den Menſchen und Thieren der ganze Bau, die ganze Einrichtung, die ganze Lebensſtellung, der ganze Lebensproceß zu Gunſten einer Seele beſteht, indem alle Organiſationsmittel ſo zweckmäßig unter ſich und mit den Außenbedingungen combinirt ſind, daß auf dieſer Grundlage die Seele ſich entwickeln, thätig ſein und Anlaß zur Entſtehung neuer Seelen werden kann, gleichviel, wie man das Factum der Beziehung von Leib und Seele begrifflich faſſen und deuten will, wovon man das Daſein der Zweckeinrichtungen zu ihren Gunſten ſelbſt ableiten will. Kurz, die Erfahrung lehrt's. Sofern wir aber ähnlichen Veranſtaltungen, Einrichtungen, einer ähnlichen Combination der Organiſationsmittel unter ſich und mit den Außendingen, als bei den Thieren zu Gunſten einer Seele beſtehen, bei den Pflanzen begegnen, dürfen wir auch nach Analogie zur Unterſtützung anderer Argumente vorausſetzen, daß ſie eben ſo bei den Pflanzen zu Gunſten einer Seele beſtehen.

In der That aber ſtehen die Pflanzen in dem, was wir als zweckmäßige Veranſtaltung, Einrichtung, Combination bei den Menſchen und Thieren betrachten und einem Seelendaſein dienen ſehen, den Thieren nicht nur im Allgemeinen, ſondern auch nach gar manchen beſondern Beſtimmungen gleich, welche ſich auf beſondere Zwecke eines wachen Seelenlebens beziehen, wie dieß namentlich von der zweckmäßigen Stellung, Wendung, Aufſchließung geeigneter Organe gegen äußere Sinnesreize und den Verhältniſſen der Fortpflanzung gilt. Die ganzen Verhältniſſe der Fortpflanzung im Menſchen- und Thierreich ſtimmen factiſch in dem Zweck zuſammen, auf dem Gipfel eines wachen Seelenlebens ein ſolches weiter fortzupflanzen; die Analogie ſpricht dafür, daß die nicht minder ſorgfältig getroffenen und analogen Veranſtaltungen in der Pflanzenwelt nicht minder dazu beſtimmt ſind, auf dem Gipfel eines wachen Seelenlebens ein ſolches weiter fortzupflanzen. — Daß ſich die zweckmäßigen Veranſtaltungen für das Pflanzenreich hiebei in anderer Form darſtellen, als für das Thierreich, darf uns nicht irren; da ſich ſchon im Thierreich ſelbſt die Form der Anſtalten zu analogen Zwecken auf das Mannichfachſte wandelt.

Dieß ſind zwar nicht dieſelben Worte, die ich in meiner Schrift gebraucht; da es vielmehr hier galt, ein dort durch viele Erörterungen und Beiſpiele durchgeführtes Argument kurz zuſammenzuziehen, doch iſt es derſelbe Gedankengang, den Jeder leicht erkennen und verfolgen kann, der überhaupt Gedanken in meiner Schrift nachgehen und nicht abſichtlich darauf ausgehen will, Gedankenloſigkeit darin zu ſuchen.

Das Beiſpiel insbeſondere anlangend, auf das ſich Schleiden bezieht, ſo hat er mein eigentliches Argument, was mehr als blos teleologiſch iſt*), fortgelaſſen, und ein, in äſthetiſchem Intereſſe hinzugefügtes Corollar dazu in einen derartigen albernen Schluß (wieder mit Anführungszeichen, als wenn es meine Worte wären) umgeſtempelt, wie ſolcher ihm bequem zum Angriff war.

Mein Argument, aufs Weſentliche zurückgeführt, iſt dieß:

Thier und Pflanze ſtehen als Glieder der Natur in einem Verhältniß der Ergänzung, in welches das Thier mit einer phyſiſchen Seite eintritt, welche Träger einer pſychiſchen iſt. Hätte die Pflanze keine Seele, ſo würde zur phyſiſchen die pſychiſche Ergänzung des Thieres fehlen, und die phyſiſche muß uns doch auf die pſychiſche weiſen. Ohne die Pflanzenſeele zeigt ſich die pſychiſche Ausnutzung der Mittel, die wir im Thierreich nur nach Einer Seite durchgeführt ſehen, nach der zugehörigen, der Gegenſeite fehlend; mit der Pflanzenſeele zeigt ſich Alles durchgeführt.

---

*) Ich führe es in der Schrift: „Ueber die Seelenfrage" als Argument der Ergänzung auf.

Hier, nur mit einigen Kürzungen, die wörtliche Ausführung des Arguments gegenüber der Weiſe, wie es von Schleiden den Leſern vorgeführt worden iſt.

> Nachdem ich der Waſſerlilie und Lotosblume gedacht, die Nachts im Waſſer untertauchen und Morgens wieder ſich daraus erheben, fahre ich fort:
>
> „Freilich erheben und neigen ſich nicht alle Blumen ſo im Wechſel, obwohl es noch manche andere thun; aber brauchen es denn alle zu thun? finden ſie nicht eben ſchon im Blüten- und Knospentriebe, im Genuß von Thau, Luft und Sonne Genüge, jede in ihrer beſondern Weiſe?
>
> So dachte ich nun weiter, die Natur habe auch wohl nur darum die Bergpflanze anders gebaut und an andern Ort geſtellt, um ebenſo die Friſche und Reinheit der Bergluft und was ſonſt der Berg noch anders haben mag als der Teich, einem Weſen zu recht reinem, vollen Genuß zu bringen. Iſt doch, ſagte ich mir, die Waſſerlilie wirklich ſo ganz eigen nur eben für das Waſſer, die Bergpflanze für den Berg eingerichtet; oder wollten wir es umkehren, könnten wir es nicht auch, und ſagen, das Waſſer ſei ganz für die Waſſerlilie, der Berg ganz für die Bergpflanze eingerichtet? Es iſt wahr, im Schmetterlinge, im Fiſche hat man ſchon Weſen, die ein Leben in Luft und Waſſer genießen; man kann fragen, wozu noch andere? aber wie anders gebaute, eingerichtete! Fliegen doch ſchon mehrerlei Schmetterlinge auf demſelben Berge, ſchwimmen doch ſchon mehrerlei Fiſche

in demſelben Waſſer! macht einer die andern überflüſſig? Jedes gewinnt doch nach ſeiner beſondern Einrichtung und beſondern Verhalten andere Empfindungen und Triebe aus demſelben Elemente. Nun verhält ſich die Waſſerpflanze noch ganz anders als alle Fiſche gegen das Waſſer, die Bergpflanze noch ganz anders als alle Schmetterlinge gegen Luft und Licht; wie ganz andere Empfindungen und Triebe wird es alſo noch für ſie geben können! . . . .

Darin beſteht ja überhaupt die größte Kunſt der Natur, aus demſelben Borne jeden etwas Anderes ſchöpfen laſſen zu können, indem der Trank ſich mit dem Becher ändert. Jedes Weſen ſtellt gleichſam ein anders geſtaltetes Sieb dar, das demgemäß andere Empfindungen aus der Natur ausſiebt; und was eines übrig läßt, iſt noch für unzählige andere. Mag alſo immerhin das Thierreich Alles aus der Natur ſich ſchon genommen haben, wofür es empfänglich iſt, ſo bleibt wohl noch eine eben ſo große Hälfte für das Pflanzenreich übrig.

Nun dünkt es mir auch gar nicht ſchwer, den Geſichtspunkt der Ergänzung zu errathen, der hiebei waltet.

Der Menſch, das Thier läuft hiehin, dorthin, zerſtreut ſich zwiſchen allerlei Genüſſen, erfährt, betaſtet allerlei, was weit aus einander liegt. Das hat ſeine Vortheile. Aber ſehen wir nur im Menſchlichen ſelbſt nach, ſo erkennen wir auch die Einſeitigkeit dieſer Vortheile. Neben dem Wandern und Reiſen hat auch das häusliche Einleben ſeine Vortheile, die nicht verloren gehen dürfen; es giebt viel ſtille und ſtehende Wirkungskreiſe, die auch durchlebt und durchempfunden ſein wollen; die Vortheile aber, die hieran hängen, können nicht mit jenen Vortheilen zugleich in gleichem Maße erlangt werden, und wer ſich recht auf das Eine einrichten will, kann es nicht zugleich auf das Andere. Deßwegen reiſt der Eine und der Andere bleibt an der Scholle kleben. Wie im Menſchenreiche, ſo im Naturreiche. Die Menſchen und Thiere ſind die reiſenden, die Pflanzen die an die Scholle gehefteten Individuen der Welt; jene beſtimmt, ſich der fernen Bezüge der Natur empfindend und ſtrebend zu bemächtigen; dieſe, den Kreis beſtimmter Verhältniſſe in gegebenem Um-

Kreiſe empfindend und ſtrebend zu erſchöpfen; dann können ſie ihn aber nicht durchlaufen, weil jedes Laufen über den feſten Standpunkt hinausführt, ſondern nur durchwachſen. Man laſſe dieſe zweite Seite des Lebens weg, und man hat die Hälfte deſſen weggelaſſen, was gebraucht wird, damit auch Alles in der Natur gebraucht werde.

Sehen wir, wie die Natur kein Klümpchen Koth verloren gehen läßt; es zanken ſich wohl drei, vier Weſen darum, jeden Abfall, und den Abfall des Abfalls benutzt ſie, kurz ſucht die Nutzung aufs Aeußerſte zu treiben; — ſollten wir ihr nicht auch zutrauen, daß ſie zu den laufenden Bedingungen der Nutzung ſtehende wird hinzugefügt haben, weil doch die ſtehende Nutzung mit der laufenden zuſammen erſt die ganze Nutzung giebt? Ein Thier ſteckt nur einmal die Naſe dahin, wo eine Pflanze immer feſt ſteht, läuft oberflächlich über die Erde hin, in der die Pflanze tief eingewachſen iſt, bricht nur ſo zu ſagen hier und da einmal in der Richtung einzelner Radien ein in den Kreis, den eine Pflanze ganz und ſtetig ausfüllt; in demſelben Verhältniſſe weniger wird es aber auch mit ſeiner Empfindung den Kreis dieſer Verhältniſſe erſchöpfen können, welchen die Pflanze wohl zu erſchöpfen ſuchen muß, weil ſie einmal in ihn gebannt iſt, und zu erſchöpfen im Stande iſt, weil ſie einmal auf ihn eingerichtet iſt.“

Gern habe ich überall in meiner Schrift zu dem Geſichtspunkt der Wahrheit den Geſichtspunkt der Schönheit und Erbaulichkeit der Anſicht, die es galt, hervorgehoben, um den objectiven Gründen für die Annahme ein ſubjectives Moment hinzuzufügen. So iſt es auch bei dieſer Gelegenheit geſchehen. In dieſem Sinne weiſe ich zunächſt in einem anſchaulichen Beiſpiele darauf hin, wie die Pflanze jener Aufgabe, einen engen Kreis gegebener Verhältniſſe von einem beſtimmten Standpunkte aus zu erſchöpfen, dadurch auf das Beſte nachkommt, daß ſie ſowohl den Erdballen, in dem ſie ſteht, auf das Feinſte durchwurzelt, als den Luftraum, in den ſie hineinwächſt, mit Zweigen, Blättern, Blüten ſo viel als möglich erfüllt, ſo daß kein Biſchen Luft ungenoſſen durchkommen kann; und fahre dann wörtlich fort:

„So lobe ich es mir, Natur, wenn es nur auch der Pflanze wirklich zu Gute kommt; aber was für eitle Mühe und eitler Tand, wenn die Blumen und Bäume blos wie taube Schnörkel wüchſen. Es wäre recht Arbeit um Nichts; und das in ſo viel Wäldern und Feldern ſich immer und immer wiederholend. Sollte es blos für unſern Nutzen ſein, wäre es ja beſſer geweſen, es wüchſen gleich Scheite und Breter, Tiſche und Stühle ſtatt der Bäume. — Nun gewinnt es auch erſt die rechte Bedeutung für uns, daß die Pflanzen ſich ſo eng im Raume drängen, indeß die Thiere nur einzeln zwiſchen ihnen hin- und herfahren. Der Raum würde ja nicht ausgenutzt werden, wenn die ſtehenden Wirkungs- und Empfindungskreiſe leere Stellen zwiſchen ſich laſſen wollten, ſtatt deſſen verſchränken ſie ſich ſogar im Nebeneinander noch in einander; er würde aber eben ſo wenig recht genutzt werden, wenn das Bewegliche ſich ſelbſt den Platz zur Bewegung verkümmern wollte; ſo frißt ſogar die eine Hälfte der Thiere die andere, um nur immer wieder aufzuräumen; und iſt dieß Aufräumen ſelbſt mit Trieb und Empfindung in Bezug geſetzt. In ſolcher Weiſe entwickelt und benutzt die Natur in möglichſter Weiſe all' ihren Reichthum, ihre Fülle. Ihr Hauptreichthum aber beſteht wie der einer ruſſiſchen Herrſchaft in einem Reichthum vieler Seelen, die der Scholle zugehören. — Wie ſpärlich würde überhaupt nach Wegfall der Pflanzen aus dem Reiche der Seelen die Empfindung in der Natur verſtreut ſein, wie vereinzelt dann nur als Reh durch die Wälder ſtreifen, als Käfer um die Blumen fliegen; und ſollten wir der Natur wirklich zutrauen, daß ſie eine ſolche Wüſtenei iſt, ſie, durch die Gottes lebendiger Odem weht. Wie anders dieß, wenn die Pflanzen Seelen haben und empfinden; nicht mehr wie blinde Augen, taube Ohren in der Natur daſtehen, in ihr, die ſich ſo vielmal ſelbſt erblickt und empfindet, als Seelen in ihr ſind, die ſie empfinden; wie anders für Gott ſelbſt, der die Empfindungen aller ſeiner Geſchöpfe gewiß in einem Zuſammenſpiel und Zuſammenklang vernimmt, wenn die Inſtrumente dazu nicht mehr in weiten Zwiſchenräumen von einander ſtehen.“

Das iſt nun die Stelle, auf deren Grund Schleiden (Studien S. 158) ſagt, auf dieſe Weiſe könne man auch beweiſen, daß der leere Raum Seele und Empfindung hat, weil ſonſt der Raum nicht pſychiſch ausgenutzt werde. Ich beweiſe aber die Pflanzenſeele nicht durch die Foderung der pſychiſchen Ausnutzung des Raumes, ſondern im Anſchluß an andere Argumente, deren Geſammtzuſammenhang eigentlich das Beweiſende iſt, durch das Argument der Ergänzung; ich deute die Mittel der Ausnutzung im Sinne dieſer Ergänzung, weil ſie da ſind, um nicht ein Halbes zu ſehen, wo die Bedingungen und Zeichen eines Ganzen da ſind; und mache die Schönheit und Erbaulichkeit der Weltanſicht, die hieran hängt, der gegentheiligen gegenüber geltend. Und Jeder wird, denke ich, zugeben, daß eine Weltanſicht eben ſo wohl vernünftiger als ſchöner und erbaulicher iſt, welche bei dem ſichtlichen Vorhandenſein aller Bedingungen zur pſychiſchen Ausnutzung des Raumes durch die Pflanzen eine ſolche wirklich vorausſetzt, als welche mit Schleiden die Pflanzen dem leeren Raume pſychiſch äquivalent ſetzt.

Nachdem ich mit Vorigem den von Schleiden entſtellten Sachbeſtand meiner Behandlung der Pflanzenſeelenfrage möglichſt wiederherzuſtellen geſucht habe, wird es für die, welche Geduld gehabt haben, mir bis hieher zu folgen, vielleicht einiges Intereſſe haben, zu hören. welche Behandlungsweiſe derſelben Frage Schleiden der meinigen gegenüberſtellt.

In Kurzem kommt ſie darauf zurück, daß er aus dem reinen Begriffe der Seele ohne weitere Vermittelung die Frage nach dem Factum der Seele entſcheidet; den Begriff der Seele ſelbſt aber ſtützt er auf jenen widerſpruchsvollen Begriff des Geiſtes, deſſen oben ſchon gedacht ward.

Faſt möchte man hienach auf den Gedanken kommen, daß Schleiden ein heimlicher Jünger Hegel's ſei. Wort haben will er es zwar nicht; aber das wollen manche Jünger Hegel's nicht. Es iſt ja doch ganz Hegel's Weiſe, widerſprechende Begriffe an die Spitze der Betrachtung der Dinge zu ſtellen und aus dem Begriffe heraus über das Factum der Dinge zu entſcheiden. Der Leſer mag aber ſelbſt nach Folgendem urtheilen. Findet man zu lang, was ich von Schleiden's Anſichten mittheile, ſo braucht man ſich auch blos an die Formel zu halten, in der ich ſie ſchließlich reſumire. Wollte ich aber weniger davon wiedergeben, ſo möchte mir Schleiden denſelben Vorwurf machen, den ich ihm in Bezug auf mich mache, daß ich ſeine Anſichten verſtümmle und entſtelle.

Alſo: der Geiſt iſt nach Schleiden „ein Weſen, welches frei, den Naturgeſetzen nicht unterworfen, die ganze Form ſeines Daſeins nur aus ſich ſelbſt beſtimmt, welches wirklich ſagen darf: „„ich will““, weil es auch ſagen darf: „„ich kann““. — „der Geiſt als freies Weſen gehört nicht dem Raum und der Zeit an; er iſt unveränderlich, er hat nicht Anfang und nicht Ende, denn das ſind Zeitbegriffe; er iſt unverbeſſerlich und unverderblich; denn beides ſind Veränderungen, und Veränderung iſt eine Function der Zeit.“ — Der Glaube an die ſchechthinige Freiheit des Geiſtes iſt nicht durch Erfahrung, ſondern nur dadurch zu begründen, daß ohnedem keine Sittlichkeit denkbar. —

„Die Welt des Unbedingten, abſolut Freien, die Geiſterwelt“ ſteht nur unter dem „Sittengeſetz, welches Gehorſam fodert, aber nicht erzwingt;“ ihr gegenüber ſteht „die Welt des Bedingten und abſolut Unfreien, die Materie“ unter dem „Naturgeſetz, welches die Möglichkeit des Ungehorſams ausſchließt.“ Der Menſch, anfangs die Welt als einheitliches Ganze auffaſſend, lernt doch bald dieſe beiden Welten unterſcheiden. „Beides ſteht ihm hinfort unvereint und unvereinbar neben einander; das Freie und Unfreie ſind ewig unverſöhnbare Widerſprüche.“ Doch findet er den Geiſt „immer an das Unfreie, das Körperliche, gebunden und bis zu einem gewiſſen Grade von demſelben abhängig. Was die Verbindung knüpft, wie die Abhängigkeit beſchaffen, bleibt ihm ein unlösbares Räthſel. Sein Eintritt in das Erdenleben iſt ihm daher in ein abſolutes Geheimniß gehüllt, in der Verknüpfung ſeines freien geiſtigen Weſens mit dem zur menſchlichen Form zuſammengeballten Erdenſtaub. — Und weiter, in ſich verſtändigt und durchgebildet, fühlt er die Unmöglichkeit, daß jene zwei Welten, die er erkannt zu haben glaubt, wirklich und in der That neben einander getrennt beſtehen; er fühlt, daß dieſe Doppelſeitigkeit der Welt nur als ein Räthſel daſteht, deſſen Löſungswort ihm verborgen, daß ein Einiges, Gleichartiges dem Ganzen zu Grunde liegen müſſe, daß Raum und Zeit die mathematiſchen Formen des Naturgeſetzes, nur der Ausdruck der Unvollkommenheit ſeien, welche ſeinen Erkenntniſſen anklebt, ſo lange die Freiheit ſeines Geiſtes durch die Verbindung mit dem Körper gefeſſelt iſt. Aber dieſe Verbindung wird ſich löſen, und dann erkennen wir „„von Angeſicht zu Angeſicht““ — was? —

darüber giebt uns nichts auf Erden Kunde, und kein Gott könnte es, wenn er auch wollte, da für den gebundenen Geiſt das abſolut Freie ewig unfaßbar iſt.“

Hiemit glaube ich die weſentlichen Geſichtspunkte von Schleiden's Anſicht, ſoweit ſolche überhaupt vorliegen, vollſtändig wiedergegeben zu haben. Selbſtverſtändlich ſind dabei mit den Anführungszeichen die eigenen Worte Schleiden's bezeichnet, und man hat alſo alle erfoderlichen Unterlagen zu beurtheilen, in wiefern nachſtehende Formel, unter die ich ſeine Anſicht glaube bringen zu können, dieſelbe wirklich trifft.

Etwas, deſſen Weſen abſolutes A iſt, wird durch Verbindung mit einem B, mit dem ihm eigentlich ein Einiges, Gleichartiges unterliegt, bis zu gewiſſem Grade Nicht-A; doch muß man es immer noch ſo anſehen, als wenn es A bliebe. Die Verbindung des A mit B hindert daſſelbe an der Erkenntniß, daß ihm mit dem B ein Einiges, Gleichartiges unterliege; wenn es ſich aber von B trennen wird, ſo wird es gewahr werden, daß es eigentlich gar nichts von B Getrenntes iſt. Alles dieß iſt ein unausſprechliches Dunkel; wer es aber nicht glaubt, iſt ein unſittlicher Menſch.

Vielleicht trifft die Formel wirklich nicht ganz; aber iſt es auch wohl möglich, dieſe Anſicht ganz mit irgend einer Formel zu treffen? Man mache ſelber den Verſuch!

Es folgt jetzt bei Schleiden die oben S. 57 angeführte Stelle, welche nicht ſowohl die Beſtimmung hat, uns über den Begriff und die Verhältniſſe von Geiſt und Körper weiter aufzuklären, als uns das Dunkel derſelben recht einleuchtend zu machen, wonach er ſchließt: „Was ich unter Geiſt verſtehe, habe ich Dir geſagt. Dieſen Geiſt, wie er uns gebunden an das Körperliche erſcheint, nenne ich Seele. Und nun brauche ich Dir wohl nicht erſt ausdrücklich zu erklären, daß bei mir von Beſeelung der Thiere, der Pflanzen nicht die Rede ſein kann. Nur was unabhängig vom Naturgeſetz ſich frei aus ſich ſelbſt beſtimmen kann, nenne ich Geiſt. Für die Wirklichkeit deſſelben giebt es keinen Beweis, als die Möglichkeit und Wirklichkeit des ſittlichen Kampfes. Von einem ſolchen giebt mir aber nur die Menſchheit Kunde.“

Man fragt: iſt denn das aber wirklich der ganze Beweis Schleiden's für die Nichtexiſtenz der Pflanzenſeele? Ja, er iſt es wirklich; man ſehe in dem Buche ſelber nach. Nur die 6½ Seiten lange Erklärung über den Begriff von Geiſt und Seele konnte ich natürlich nicht ganz abſchreiben, ſondern nur auf das Weſentliche zuſammengezogen wiedergeben.

Aber warum ſtreitet denn Schleiden eigentlich noch mit mir? Ich bin ja mit ihm vollkommen einverſtanden, daß die Pflanzen, daß die Thiere keine Seele in ſeinem Sinne haben, ſondern nur eine Seele im ganz alltäglichen, ja ganz unphiloſophiſchen Sinne, wenn ſeine Erklärung die philoſophiſche iſt. Ich gehe ſogar noch weiter als er; ich meine, Schleiden, ſonſt nicht zaghaft, iſt doch darin zu zaghaft geweſen, daß er den Menſchen noch eine Seele gelaſſen: es giebt gar keine Seele in ſeinem Sinne, ſondern nur ſeinen philoſophiſchen Begriff davon.

In der That, da Schleiden meine Seelen wegläugnet, weil ſie ſeinem philoſophiſchen Begriffe nicht entſprechen, ſo mag er mir doch auch erlauben, daß ich ſeine Seelen wegläugne, weil ſein philoſophiſcher Begriff davon meiner Logik, meiner Metaphyſik, meiner Erfahrung und meinem praktiſchen Bedürfniß widerſpricht.

Genug! und nun noch einige Worte im Sinne einer verſöhnendern Auffaſſung des Streites, ſoweit ſolche überhaupt möglich iſt.

Woher jene Gereiztheit bei Schleiden, mit der er nicht nur mich, mit der er jeden angreift, der nicht ſeine Meinung theilt, oder deſſen Meinung er nicht theilt, und jene Angriffsformen, die, ſelbſt nachdem die jüngere Generation uns an ein hartes Auftreten gewöhnt hat, noch exceptionell erſcheinen? — Ich glaube, daß zwei Gründe hinreichen, Beides zugleich zu entſchuldigen und zu erklären; der erſte Grund iſt hypothetiſch, der zweite factiſch.

Der hypothetiſche Grund ſtützt ſich auf die eigenen Anſichten Schleiden's. Ich vermuthe, daß Schleiden's abſolut freier, nur dem Sittengeſetz gehorchender, Geiſt doch auch inſoweit von dem Körper gebunden, durch die Verbindung mit demſelben gefeſſelt iſt, um durch eine hypochondriſche Stimmung deſſelben in ſeiner Freiheit ſo weit beſchränkt zu werden, daß er der Foderung des Sittengeſetzes, Milde, Gerechtigkeit und Treue auch gegen Gegner zu beweiſen, namentlich in allen den Fällen keine Folge zu leiſten vermag, wo der zweite Grund hinzutritt.

Di[illegible] zweite, der factiſche, Grund liegt nicht im Körper, ſondern tief im Geiſte. Schleiden's Weltanſicht weicht auf das Gründlichſte von der meinigen ab. Schleiden aber iſt ſo durchdrungen von der Wahrheit und Güte, faſt ſcheint es mitunter auch von der Schönheit und Erhabenheit der ſeinigen, und hiegegen von der gänzlichen Nichtigkeit, Verwerflichkeit, Schädlichkeit, Thorheit der meinigen, ſoweit er ſolche kennen mag, daß das härteſte Auftreten dagegen ihm nur Gerechtigkeit, ja eine Pflicht der Ueberzeugung erſcheint; daß er es gar nicht nöthig, nicht der Mühe werth hält, in dieſelbe oder ihre Gründe näher einzugehen; ja daß jeder Grund gegen eine ſo ſchlechte Sache ihm ſchon aus dem Grunde gut erſcheint, daß er überhaupt dagegen gerichtet iſt. Er hat daher auch weder meine Argumente, noch Werke, noch überhaupt mein ganzes Buch, auf etwas weiter angeſehen, als den leichteſten Angriff zu gewinnen, es auf einmal todt zu machen. Daher trifft, daher paßt nun freilich Nichts. Er hat das Kind nicht mit dem Bade ausſchütten wollen, er hat es mit einer Flut von Oben erſäufen wollen, und darum nicht einmal ernſthaft angefaßt.

Das Kind aber lächelt ihm, nachdem es die Flut abgeplanſchert hat, aus dem Bade entgegen.

Man würde in der That Schleiden's Angriff nicht einmal recht verſtehen, wenn man nicht auf jenen Gegenſatz ſeiner Weltanſicht gegen die meinige Rückſicht nähme, und ihn unrecht beurtheilen, wenn man nicht jener tiefen Ueberzeugung deſſelben Rechnung trüge. Und ſo wenig ich natürlich an ſich mit der Weiſe ſeines Angriffs einverſtanden ſein kann, ſtehe ich doch nicht an, Alles, was dieſe Ueberzeugung rechtfertigen kann, gerechtfertigt zu finden.

Worin der Gegenſatz der Weltanſicht Schleiden's gegen die meinige liegt, hat ſich zum Theil ſchon in den Verhandlungen über die Begriffsbeſtimmung von Geiſt und Seele angedeutet. Indem ſie die widerſpruchsvollſten Begriffe an die Spitze ſtellt, ſchließt ſie ſich, wie bemerkt, manchen theologiſchen wie philoſophiſchen Anſichten an, und zwar vielleicht denen gerade am Meiſten, die Schleiden ſonſt am Meiſten bekämpft. Aber noch von einer andern Seite tritt ſie der meinigen zugleich entgegen und in eine ſehr verbreitete Weltanſicht hinein. Die Welt und ihre hauptſächlichſten Geſtaltungen ſind ihm ein leeres, mir ein volles Symbol des Geiſtes. Und daß ich den Geiſt der Dinge in den Dingen, ſtatt über oder hinter den Dingen ſuche, kann er mir nicht verzeihen.

Einfach wundere ich mich hier, wie Schleiden, der doch ſonſt auf dem Erfahrungsboden ſteht, in ſeiner allgemeinen Weltanſicht demſelben auf einmal gänzlich abſagen und auf den Nebel treten kann. Ich will mich etwas deutlicher darüber im 4. Kapitel erklären.

III. Die Teleologie.

Wie es nach Schleiden mit ſo vielen Dingen Nichts iſt, iſt es nach ihm auch mit der Teleologie Nichts. Es iſt nach ihm mit den Pflanzenſeelen Nichts, mit den Thierſeelen Nichts, mit Seelen auf dem Monde Nichts, mit Seele in der Natur Nichts, mit mir Nichts, kurz mit Allem Nichts, was Seele oder Geiſt in der Natur iſt oder nur ſucht, und ſo iſt es freilich auch nicht zu wundern, daß es nach ihm mit der Teleologie Nichts iſt, die der Geiſt des Suchens in der Naturwiſſenſchaft ſelbſt iſt. Blos Erfahrung und Mathematik ſind nach ihm in der Naturwiſſenſchaft maßgebend, und gewiß ſind das zwei ſehr gute Dinge; aber aller guten Dinge ſind drei, und dieſes dritte gute Ding iſt die Teleologie.

Man lieſt wohl von der Qual, welche Gefangene in einſamen Zellen aus Mangel an Beſchäftigung erdulden. Warum gehen ſie nicht hin und her und bewegen Arme und Beine nach Herzensluſt? Ja, wenn ſie nur einen Zweck damit zu erreichen wüßten; aber ſo geht es nicht. Es fehlt ohne die Zweckſetzung das treibende, richtende und coordinirende Princip für die Bewegung der Arme und Beine. Muskeln, Knochen, Nerven, Kraft, Bedürfniß, Alles iſt zur Bewegung da; aber wenn der Zweck nicht da iſt, hilft Alles nichts. Es iſt nicht anders in der Naturlehre des Organiſchen. Ohne Zwecksetzung darin fehlt das treibende, richtende und coordinirende Princip; die blos vom Cauſalprincip erregten Arme und Beine der Forſchung zappeln vergeblich und werden es bald müde, zwecklos zu zappeln.

Man ſagt: aber es giebt doch genug Gegner des teleologiſchen Princips, die Tüchtiges geleiſtet haben, ja, die viel Tüchtigeres geleiſtet haben, als viele Anhänger deſſelben; iſt dieß nicht ein hinreichender, ein factiſcher Beweis, daß man es mindeſtens miſſen kann.

Nun ja; es iſt mit der Teleologie wie mit dem Glauben an Gott. Gar Viele mögen nichts davon wiſſen, und handeln doch vielleicht mehr nach Gottes Ordnung als Viele, die den Glauben an ihn haben.

Aber wie würde es mit der Moral, der ganzen Humanität dieſer Gottesläugner ausſehen, wenn jener Glaube überhaupt nicht exiſtirte? Hat ſich doch ihr Sinn, Gewiſſen, die ganze humane Richtung ihres Weſens in einer Ordnung der Dinge, unter Einflüſſen der Erziehung, der Umgebung geſtaltet, die ſich ohne einen Glauben an Gott ſelbſt gar nicht geſtalten konnten. Oder wie ſteht es denn mit all' dem, wodurch ſie ſich rühmen, den Glauben an Gott zu vertreten, bei Völkern, wo es ſo gut als keinen giebt, obwohl es kaum eines geben mag, wo es wirklich keinen giebt. Nun dünkt ihnen die Sonne überflüſſig, weil es ja ohne ſie ſchon hell, und die Erde iſt es vielmehr, die nach ihnen den Schein der Sonne wirft.

So iſt nun auch dem Naturforſcher durch Leben und Erziehung, ohne daß er daran denkt, die Vorausſetzung, das Gefühl von gewiſſen Zwecken, die durch die organiſchen Veranſtaltungen erreicht werden ſollen, ſo gut wie jedem Laien, zur andern Natur geworden, und beſtimmt unwillkürlich die Richtung ſeines Denkens, ſeines Forſchens, das ohnedem gar keine hätte; ſo daß er unbewußt im Sinne derſelben ſeine Fragen ſtellt, ſeine Unterſuchungen führt, und eben nur, weil er nicht weiß, daß er es thut, meint, ſeine Unterſuchungen ſeien überhaupt ganz unabhängig von vorausſetzlichen Zwecken geführt.

Aber ich möchte doch wiſſen, wie es mit den Unterſuchungen über Auge und Ohr ausſehen würde, wenn man nicht ſtillſchweigend vorausſetzte, daß das Auge zum Sehen, das Ohr zum Hören beſtimmt iſt. Die Gegner der Teleologie ſcheinen zu meinen, das Selbſtverſtändliche in dieſer Hinſicht exiſtire gar nicht.

Es iſt faſt wie mit Jemand, der behauptet, er habe keinen Kopf und brauche keinen Kopf, und wer einen trage und brauche, ſei eine lächerliche Mißgeburt. Er ſieht an ſich ſelber Arme, Beine, den ganzen Leib, nur eben den Kopf nicht, der den Armen, Beinen, dem ganzen Leibe ſelbſt den Antrieb und die Richtung giebt und in dem das Auge iſt, womit er den Weg ſieht, den er nimmt.

Vielleicht aber fragt Einer oder Eine, was iſt denn eigentlich das teleologiſche Princip, und um was handelt ſich's dabei?

Ich will es in der Kürze ſagen:

Das teleologiſche Princip läßt nach vorausgeſetzten Zwecken die Mittel zur Erreichung der Zwecke vorausſehen oder aufſuchen und verfolgen, indeß ein gegentheiliges Princip, das Cauſalprincip, ohne Rückſicht auf einen vorausſetzlichen Zweck aus den gegebenen Gründen auf die Folgen ſchließen und alſo die Leiſtungen und Wirkungen der Mittel direct ins Auge faſſen und verfolgen läßt.

Im Sinne des teleologiſchen Princips iſt der Zweck das Vorgegebene und alle Mittel richten ſich darauf; im Sinne des Cauſalprincips ſind die Mittel das Vorgegebene, und der Zweck, wenn man ihn noch ſo nennen will, iſt nur die Folge.

Geſetzt, ein Mikroſkop böte ſich der Betrachtung dar, ohne daß man das Inſtrument ſchon kennte, ſo würde man nach dem teleologiſchen Princip den Zweck des Inſtrumentes erſt zu erfahren oder nach der Analogie mit andern Inſtrumenten, die man ſchon kennt, zu errathen ſuchen, dann die Combination der im Inſtrument verwendeten Mittel zur Erreichung dieſes Zweckes unterſuchen und in Bezug zu dieſem Zweck verfolgen; im Sinne des Cauſalprincips aber unbekümmert um einen Zweck die Wirkung der Theile des Inſtrumentes und ihrer Zuſammenfügung direct zu erforſchen und ſie zur Leiſtung des Inſtrumentes, die nach dem teleologiſchen Princip vorweggenommen wurde, zu gelangen ſuchen.

Ich gab hier ein Beiſpiel aus dem unorganiſchen Gebiete; doch macht ſich der Streit des teleologiſchen und Cauſalprincips vielmehr in Bezug auf das organiſche als unorganiſche Reich geltend, ſo weit nämlich überhaupt von einem Streit derſelben die Rede ſein kann. In Wahrheit aber findet der Streit vielmehr zwiſchen den Vertretern dieſer Principe, als zwiſchen den Principen ſelbſt ſtatt, und zwar vielmehr von Seiten einſeitiger Verfechter des Cauſalprincips, als im umgekehrten Sinne; denn keiner der Vertreter des teleologiſchen Princips wird ſich des Cauſalprincips entſchlagen.

So viel zur vorläufigen Orientirung; knüpfen wir nun das Weitere an Schleiden's Schlußbetrachtung über die Teleologie, auf die vorgreiflich ſchon oben (S. 77.) hingewieſen wurde.

„Siehe, — ſchließt Schleiden ſeine Darſtellung der Teleologie, — wie ich mir die Sache denke. Stelle dir eine Ephemere des Rheinufers vor; gieb ihr Bewußtſein und Verſtand, natürlich ihrer Mückennatur gemäß; gieb ihr und ihrem Geſchlechte die Fähigkeit der Tradition; — am Mittag, in der vollen Kraft ihrer Entwicklung, geräth ſie an das Münſter von Straßburg und mit edlem lobenswerthen Stolz ſtellt ſie ſich die Aufgabe, dieſen Koloß kennen und verſtehen zu lernen; mit dem einzigen Maß, was ihr zu Gebote ſteht, mit ihrem kleinen Mückenfüßchen beginnt ſie rüſtig die Arbeit, unermüdet, bis der Abend des Tages und zugleich des Lebens ſie unterbricht. Was ſie begonnen, ſetzen andere fort, und nach tauſenden von Generationen iſt es endlich gelungen, eins der Fenſter in allen ſeinen Theilen auszumeſſen und zu beſchreiben. Noch iſt ſo gut wie Nichts erreicht. Endlos liegt noch immer die Arbeit da für tauſend nachwachſende Enkelgeſchlechter. Aber die Eintagsfliege hat auch ihr Selbſtgefühl, ihren kühnen Forſchergeiſt; ſie fängt an zu philoſophiren, wie ſie es nennt; mit ihrem Mückenverſtande, der höchſtens dem Begreifen eines Spinngewebes, „„des ſchwächſten der Häuſer““, wie der Koran ſagt, und eines Honigtropfens gewachſen iſt, verſucht ſie mit dem geringen Material ihrer Kenntniß ſich den genialen Gedanken Erwin's von Steinbach zu entwickeln. Die alberne Thörin! Nicht wahr?“

„Eben ſo, ja noch tauſendmal kleinlicher und unzulänglicher iſt die Stellung des Menſchen zu Gottes großer Schöpfung. Was ſollen wir ſagen, wenn nun der Menſch, „„die kleine Narrenwelt““, die Frechheit hat, nach Zweckbegriffen ein Unendliches beurtheilen zu wollen, von welchem er ſelbſt kaum einen kleinen Punkt kennt! Wem wollen wir denn den Zweck und das Beſtreben, ihn zu erreichen, unterlegen? Etwa der Natur? — Ein weſenloſer Schematismus, eine leere Form, unter welcher der unvollkommene und beſchränkte Menſch das All aufzufaſſen gezwungen iſt. — Oder etwa dem Schöpfer ſelbſt, dem heiligen Urheber aller Dinge? — Iſt es vom Wahnſinn groß verſchieden, wenn ein Menſch ſich einbildet, in dem Innern ſeiner zeitlichen Erſcheinungsform irgend einen Maßſtab zu finden, mit dem er das Ewige, das Zeitloſe übermeſſen könne? — Das aber iſt die Teleologie. Die Reſultate unſeres kümmerlichen, jeden Augenblick ſtrauchelnden und ſich irrenden Verſtandes ſind wir frech genug, dem höchſten nie irrenden Weſen als die ſeinigen unterzuſchieben. Die eiteln Thoren möchten ſich gar zu gern zur Götterhöhe erheben und ſich ſelbſt im Glanze der Ewigkeit ſpiegeln, und merken nicht, daß ſie, das Ewige aus den Augen verlierend, nur ſein Zerrbild in den Staub ihrer Endlichkeit zeichnen.“

Stellen wir nun dieſem Mücken-Pompe, in dem ſich Schleiden's Phantaſie ergeht, um ein zulängliches Bild der Teleologie zu geben, einfach und nüchtern die Geſtalt gegenüber, in der ſie ſich darſtellt, wenn man ihr Princip und ihre Leiſtung aus den Arbeiten der vorzüglichſten Vertreter derſelben, die ich ſchon früher (S. 76.) nannte, abſtrahirt. Und woher ſollte man es ſonſt abſtrahiren? Nichts kommt dabei darauf an, ob es von irgend einem derſelben mit den Worten ausgeſprochen worden iſt, die ich dafür brauche, ſondern ob es wirklich in dieſem Sinne gebraucht wird. Man ſehe ſcharf zu, ob es der Fall, ob nicht, ob es vielmehr der Sinn, den Schleiden für den der Teleologie ausgiebt, oder der Sinn, den ich, wie folgt, formulire, iſt, der dieſen Arbeiten unterliegt.

Wir finden erfahrungsmäßig, daß die Natur für die Zweckerfüllung in den Organismen in den von uns beobachteten Fällen beſtens geſorgt hat; alſo ſchließen wir inductiv, daß es auch in den Fällen ſein wird, die wir erſt unterſuchen wollen. Wir ſetzen aber nicht gewiſſe Zwecke a priori voraus, welche die Natur hat erfüllen wollen, ſondern finden, daß gewiſſe Zwecke, was wir im Sinne des allgemeinen Sprachgebrauches ſo nennen, in den von uns bisher beobachteten Fällen erfüllt ſind, und ſchließen hienach durch Analogie auf andere verwandte Fälle. Ich finde nicht, daß irgend einer der heutigen Vertreter des teleologiſchen Princips anders verführe; oder zeige mir doch Schleiden Einen, der Zwecke anders vorausſetzt, als nach Analogie mit ſchon erfüllten Zwecken, und unter Zwecken etwas Anderes hiebei verſtände, als was der Sprachgebrauch ſo zu nennen berechtigt, der ſtets ein Recht hat, uns bei Benennung des Factiſchen zu leiten. Das teleologiſch Erſchloſſene iſt dann noch durch Erfahrung zu prüfen und zu bewähren und ſteht in dieſer Beziehung dem, nach dem Cauſalprincip Erſchloſſenen nur gleich. Man kann beidesfalls im Schluſſe irren, und hat alſo beidesfalls ſo viel als möglich Controlen, theils in der Uebereinſtimmung verſchiedener Geſichtspunkte des Schluſſes, die zu demſelben Ergebniß führen, theils in der Erfahrung zu ſuchen.

Der teleologiſche Schluß reducirt ſich ſolchergeſtalt für den Naturforſcher in letzter Inſtanz auf eine Combination der allwärts anerkannten Erfahrungsſchlüſſe, Induction und Analogie, und combinirt ſich mit denſelben exacten Methoden, mit denen ſich der Schluß nach dem andern Princip combinirt, indem er ſich zugleich mit dieſem ſelbſt combinirt.

Die allgemeinſten Erfahrungen, die wir im Gebiete des Organiſchen machen können, dienen dabei als Leitſtern, neue Erfahrungen zu machen; das teleologiſche Princip iſt eben nur das Princip, ſich in dieſem Sinne leiten zu laſſen. Inſofern iſt es ein heuriſtiſches Princip, und wird auch von den Gebrüdern Weber ausdrücklich für ein ſolches erklärt.

So können wir nach Analogie vorausſetzen — und wonach ſollten wir es ſonſt vorausſetzen, — daß in allen Säugethieren und Vögeln für die Erhaltung eines nahe conſtanten, die mittlere Lufttemperatur überſteigenden, Wärmegrades geſorgt iſt; und nach Induction, daß hiezu die vortheilhafteſten Einrichtungen mit Rückſicht auf die äußern Verhältniſſe, die Lebensweiſe und den Bau dieſer Thiere getroffen ſind, ſo nämlich, daß, welche Punkte der äußern Verhältniſſe, der Lebensweiſe, des Baues wir auch als gegeben annehmen mögen (und zur Begründung der Analogie ſelbſt bedarf es ſchon einer gegebenen Unterlage hievon), die übrigen ſich in vortheilhafteſter Weiſe zu dem nach Analogie zu erwartendem Reſultate mit ihnen und unter ſich combiniren werden.

Hienach nun eben werden ſich die von der Natur getroffenen Veranſtaltungen in beſtimmter Richtung theils vorausſehen, theils aufſuchen laſſen; Erſteres, falls unſere Kenntniſſe hinreichend ſind, die vortheilhafteſten Combinationen für den vorgegebenen Zweck unter den vorgegebenen Umſtänden zu überſehen oder gar zu berechnen, Letzteres, falls unſere Kenntniß ſelbſt erſt nach gegebener Richtung erweitert werden ſoll. Beidesfalls muß das Cauſalprincip Dienſte leiſten; die Unterſuchung mit Hülfe deſſelben gewinnt nun aber Haltung, Zuſammenhang, Intereſſe, Zweck und Ziel und den Theilen wird die größt-mögliche Leiſtung abgewonnen, die ſie in ihrem Zuſammenwirken im Organismus haben. Ohne das teleologiſche Princip tappt man blind. Es fehlt der Hand, mit der man arbeitet, dem Fuß, mit dem man ſchreitet, das leitende Auge.

Das Mikroſkop mag nochmals als Beiſpiel zur Erläuterung dienen. Es iſt beſtimmt, kleine Gegenſtände hindurch zu ſehen. Das Cauſalprincip aber geht das Nichts an. Ein Auge vor dem Mikroſkop iſt nur einer der ſpeciellſten Fälle, unter welchen man die Wirkungen des Mikroſkops und ſeiner Theile verfolgen kann. Eben ſo gut, als man hindurchſehen kann, kann man Jemand damit den Kopf einſchlagen, kann man es als Pendel aufhängen, kann man die Ausdehnungsverhältniſſe ſeiner Theile in der Wärme unterſuchen, kann man die Electricität ſeiner Gläſer prüfen, kann man den Leitungsverhältniſſen des Schalls, der Wärme durch daſſelbe nachgehen. Was hält uns denn ab, alle dieſe uns gleichgültigen

Wirkungen ſo gut in Betracht zu ziehen, als die Wirkungen und Leiſtungen des Mikroſkops für das Sehen? Ich meine, nichts als das teleologiſche Princip. Kann Jemand ſonſt noch etwas Anderes ſagen? Und kann er ſagen, wiefern für das Auge, was durch das Mikroſkop hindurchſieht, in dieſer Hinſicht etwas Anderes gilt, als für das Mikroſkop?

Unſtreitig kann die im Sinne des teleologiſchen Princips vorweggenommene Leiſtung, zu welcher der Teleolog die Combination der Mittel aufſucht und verfolgt, auch als Wirkung der vorhandenen Combination gefaßt werden; aber um den Blick nur erſt auf Leiſtungen zu richten, welche uns intereſſiren können, welche eine Bedeutung für den Zuſammenhang des Wiſſens haben, und die Wirkung der Mittel in Bezug auf ſolche Leiſtungen nach dem Cauſalprincip verfolgen zu können, bedarf es ſelbſt weſentlich ſchon der vorgängigen Anwendung und fernern Leitung des teleologiſchen Princips. Wenn nicht vorausgeſetzt wird, daß das Auge zum Sehen beſtimmt ſei, wird man es auch nicht darauf unterſuchen können, oder es werden ſo unendlich viele Möglichkeiten, es auf die verſchiedenſten Wirkungen zu unterſuchen, gegeben ſein, daß die eine darunter verſchwindet. Das teleologiſche Princip allein ſtellt hier den treffenden Geſichtspunkt.

Wer den Zweck des Auges geſetzt habe, ja, ob Einer den Zweck geſetzt habe, ob der Zweck vor ſeiner Erfüllung überhaupt in irgend einer Vorſtellung, Idee, in irgend einem Bewußtſein exiſtirt habe, ſind Fragen.

welche die Teleologie in den Händen des Naturforſchers gar nichts angeben. So wenig derſelbe in philoſophiſchem Sinne zum Urſprung und Weſen der Natur, der Materie, der Mathematik, der Zahl zurückzugehen veranlaßt iſt, mit denen er doch beſtändig zu thun hat, ja ohne die er keinen Schritt thun kann, ſo wenig zum Urſprung und Weſen des Zwecks und der Zweckſetzung. Der Zweck iſt ihm ein auf die Erhaltung, Entwicklung, Lebensführung der Geſchöpfe bezügliches Ziel, deſſen Daſein er nach Analogie vorgegebener Fälle annimmt, und zu deſſen Erfüllung er eine Combination von Mitteln vorausſetzt, weil er es ſo oft durch eine ſolche erfüllt gefunden hat, daß er ſchließt, es werde ſich das Entſprechende oder Analoge in entſprechenden oder analogen Fällen auch wiederfinden.

Dabei bleibt es aber ein hoher Vorzug des teleologiſchen Princips, daß es, obwohl als heuriſtiſches Princip der Naturforſchung zu religiöſen und äſthetiſchen Ideen ganz außer Bezug, doch in jedem Augenblick damit in Bezug geſetzt werden kann, womit dann die Naturbetrachtung ſich zu einer höhern Weihe erhebt, und die Gedanken weiter zu tragen vermag, als im Vermögen der reinen Naturwiſſenſchaft an ſich ſelbſt liegt. Und ſo hat Schleiden ganz Recht, wenn er ihm eine äſthetiſche und pädagogiſche Bedeutung beilegt; es hat auch eine ſolche, aber es hat nicht blos eine ſolche. Die Bedeutung, die es für die Naturwiſſenſchaft insbeſondere hat, hat Schleiden unter ſeinem Meſſer nicht gefunden.

Man fragt vielleicht: aber warum hat die Teleologie nicht die gleiche Bedeutung für die Lehre vom Unorganiſchen als vom Organiſchen?

Im Gegentheil iſt ihre Bedeutung für beide ganz gleich, ſo weit die Objecte beider ſelbſt gleich ſind; man ſtreitet nur nicht ſo darüber dort wie hier, ſo daß vielmehr die Gegenfrage aufzuwerfen iſt, warum man doch die Anwendbarkeit der Teleologie im Felde des Organiſchen beſtreitet, indeß man ſie im Felde des Unorganiſchen für ſelbſtverſtändlich in allen den Fällen hält, die überhaupt einen Vergleich mit dem Organiſchen zulaſſen. Unvergleichbares freilich muß man nicht zuſammenſtellen wollen. Es ſcheint aber, daß die Gegner der Teleologie von ihrem hohen Pferde herab, wie ſo Manches, auch dieß überſehen.

Wie will man denn ohne Teleologie eine Maſchine, eine Fabrik, ein Haus vernünftig und mit irgend welchem Erfolge betrachten und unterſuchen. Und ſind das nicht lauter Gegenſtände, die ins Gebiet des Unorganiſchen fallen? Und ſind nicht umgekehrt die Organismen Maſchinen, Fabriken, Bauwerke? Unſtreitig ſind ſie mehr als das, weit mehr als das, doch ſind ſie auch Maſchinen, Fabriken, Bauwerke, und ſogar die beſteingerichteten, beſtconſtruirten, die es giebt; ſo weit ſie es aber ſind, fallen ſie auch unter dieſelbe teleologiſche Betrachtung als die unorganiſchen Maſchinen, Fabriken, Bauwerke.

Näher zugeſehen liegt der Hauptunterſchied der organiſchen Maſchinen, Fabriken, Bauwerke bezüglich der

Zweckfrage von den unorganiſchen nur darin, daß jene der Seele unmittelbar dienen und daß ihr Daſein und ihre Entſtehung mit dem Daſein und der Entſtehung der Seele und ihrer Zwecke unmittelbar zuſammenhängt, was auch der Grund iſt, Wohnungen der Seele darin zu ſehen; indeß die unorganiſchen Maſchinen, Fabriken, Bauwerke jenen nächſten Mitteln zur Erfüllung der Seelenzwecke, deren Zuſammenſetzung die Seele ſelbſt als immanent gilt, nur als äußere Zuthaten, Hülfen, Ergänzungen dienen, und ihrer Entſtehung und Verwendung nach ganz von denſelben abhängen. Nun iſt es doch ſehr ſonderbar, die Anwendbarkeit der teleologiſchen Betrachtung auf die ferner liegenden abhängigen Hülfsmittel zur Erfüllung der Seelenzwecke zuzugeſtehen, und auf die nächſtliegenden Hauptmittel zu verwehren; zu geſtatten, daß man die Axt, aber nicht, daß man die Hand nach Zweckrückſichten betrachte und ihre Einrichtung nach dieſer Richtung unterſuche.

Indeß aber das teleologiſche Princip die Organismen mit den Maſchinen unter denſelben Geſichtspunkt faßt, ſo weit ſie unter denſelben Geſichtspunkt gehören, vermag ſie zugleich den eben betrachteten Unterſchied davon ins Auge zu faſſen, und hiemit die Organismen unter den höhern Geſichtspunkt zu faſſen, unter den ſie auch gehören, daß ſie ſtatt äußern innern Zwecken dienen.

Und wenn die Anſchauungsweiſe der Welt, die ich für die rechte halte, Platz greift, nach der ein Geiſt der ganzen Welt inwohnt, wird dieſer höhere Geſichtspunkt der Teleologie ſeine Anwendbarkeit auch auf die ganze Welt erſtrecken. Aber ſelbſt, wenn man davon abſieht, bleibt die Teleologie der unentbehrliche Führer durch die organiſche Werkſtatt der Natur, in ſo weit ſie eine Werkſtatt iſt.

Daß in der Phyſik und Chemie nicht von Teleologie die Rede, iſt freilich ganz natürlich, und trifft die Phyſik und Chemie des Organiſchen und Unorganiſchen in gleichem Grade. Da haben wir die Buchſtaben und grammatiſchen Formen der Natur zu lernen, doch in der Lehre von den mechaniſchen und organiſchen Inſtrumenten und Maſchinen gilt es, das Buch zu leſen. Und ohne Teleologie hat das Leſen des Buches der Natur keinen Sinn.

Ohne in weitere Allgemeinheiten einzugehen, gebe ich ein Beiſpiel nach E. H. Weber, was, abgeſehen von der Erläuterung, die es hier gewähren ſoll, auch ein Intereſſe an ſich darbietet und unter vielen andern Beiſpielen, die zu Gebote ſtänden, um ſo lieber von mir gewählt wird, als es in einer, vielleicht nicht Vielen zugänglichen, gelehrten Geſellſchaftsſchrift *) enthalten iſt. Es wäre Schade, wenn Weber's Seehund weniger bekannt würde, als Schleiden's Mücke; und wenn ſchon ſonſt, ſo viel ich weiß, Seehunde keine Mücken freſſen, ſo dürfte doch dieſer Seehund dieſe Mücke freſſen.

Die Sache iſt die: es ſtirbt einmal in Leipzig in

---

*) Berichte der kgl. ſächſ. Geſellſch. der Wiſſenſch. II. S. 108.

einer Thierbude ein Seehund. Ei, denkt Weber, da kannſt du ſehen, wie die Natur es angefangen hat, ein paar wichtige Probleme zu löſen, und vielleicht ſelbſt einem Räthſel auf die Spur kommen, deſſen Wort die Phyſiologie ſeit lange umſonſt geſucht hat. Der Seehund lebt ſowohl im Waſſer als auf dem Lande; unſtreitig wird die Natur dafür geſorgt haben, daß er ſein Auge eben ſo gut im Waſſer, als in der Luft brauchen kann; ja Erfahrungen beweiſen direct, daß es der Fall. Aber um im Waſſer auf gegebene Entfernung deutlich zu ſehen, muß ſich das Auge anders einrichten, als um in der Luft deutlich zu ſehen, weil das Licht im Waſſer anders, als in der Luft gebrochen wird. Auch das beſtätigt die Erfahrung. Welches wird die Weiſe, welches werden die Mittel ſein, wodurch das Auge in den Stand geſetzt wird, ſich dem Sehen unter dieſen verſchiedenen Verhältniſſen anzupaſſen? Schon die Landthiere für ſich, die Seethiere für ſich bedürfen eines gewiſſen Anpaſſungsvermögens, um in demſelben Medium auf verſchiedene Entfernungen deutlich zu ſehen; nur braucht ſolches hier bei Weitem nicht ſo weit zu gehen, als beim Seehund; und da man über die Mittel dieſer Anpaſſung überhaupt bis jetzt noch nicht im Reinen iſt, ſo gewährt unſtreitig das Auge des Seehundes das geeignetſte Object, ſolche zu unterſuchen, da ſie hier in vorwaltendem Grade entwickelt ſein müſſen. Aber zweitens: der Seehund iſt ein warmblütiges Thier und hat in dem Waſſer ſeine Wärme zu erhalten; das Waſſer, und namentlich das Waſſer der kalten Polarmeere, entzieht aber dem Körper in derſelben Zeit ohne Vergleich mehr Wärme, als die Luft. Es iſt alſo zu erwarten, daß der Seehund ganz beſondere Einrichtungen vor andern Säugethieren voraus haben wird, welche dem Körper die Erhaltung der Wärme ſichern. Welches werden dieſe Einrichtungen ſein? Wie erfüllt die Natur den Zweck, einem Thiere *ſelbſt unter den ungünſtigſten Verhältniſſen* die Erhaltung deſſelben Wärmegrades zu ſichern, den andere Thiere unter ſo viel günſtigern Verhältniſſen zeigen?

Man ſieht von vorn herein ein, daß eine aus ſolchem Geſichtspunkte geführte Unterſuchung eine ganz andere Richtung nehmen und ein anderes Intereſſe erlangen muß, als wenn Jemand einen Seehund hernimmt, und mit ſorgfältiger Abhaltung des eines exacten Naturforſchers unwürdigen teleologiſchen Geſichtspunktes anfängt, hineinzuſchneiden, um aus dem Bau und der Lage der Theile ihre Leiſtungen und Functionen zu erſchließen. Er wird ins Blaue hineinſchneiden und ſchließen, ſeine Unterſuchung wird keinen ſichern, erfolgreichen Gang nehmen, ſeine Reſultate werden vereinzelt bleiben; und wenn er etwas leiſtet, wird es doch der teleologiſche Geſichtspunkt ſein, der ihn verſteckt geleitet hat.

Da Weber's Reſultate über das Auge des Seehundes noch nicht vorliegen, ſo führe ich hier das an, was er in Betreff der Mittel der Wärmeerhaltung bei dieſem Thiere gefunden hat. Um es zuvörderſt überſichtlich zuſammenzufaſſen, ſo fand er 1) daß Alles in der Organiſation dieſes Thieres gethan war, die Wärme möglichſt zuſammenzuhalten; 2) daß Alles gethan war, möglichſt viel Wärme zu erzeugen; 3) daß das Blut und die Empfindungsorgane des Thieres vor den erkältenden Einflüſſen gleichſam zurücktraten; endlich 4) daß die geſammte innere Oekonomie dieſes Thieres harmoniſch zu den vorigen Zweckeinrichtungen ſtimmte.

Das Erſte anlangend, ſo ſieht man ſonſt bei Säugethieren das Fett, dieſen ſchlechten Wärmeleiter, theils im Innern mannichfach vertheilt, theils in einer Schicht unter der Haut, die bei magern Thieren nicht viel beträgt, ausgebreitet. Beim Seehund aber iſt ſo zu ſagen alles Fett nach der Haut verlegt, indem es in einer ſehr mächtigen und über den ganzen Körper ſich forterſtreckenden Lage unter der Haut angeſammelt iſt, dagegen an den meiſten Theilen des übrigen Körpers fehlt, auch an den Theilen, wo es bei andern Säugethieren in großer Menge vorhanden zu ſein pflegt, namentlich zwiſchen den Muskeln, in den Achſelhöhlen, in den Nieren, im Netz, Gekröſe und in der Nähe der großen Blutgefäßſtämme. Nur in den Augenhöhlen, wo das Fett beſondere Verrichtungen hat, kommt es auch beim Seehunde in anſehnlicher Menge vor. Außerdem iſt noch die Lederhaut (d. i. die Hauptgrundlage der Haut) beim Seehund ſehr dick und hart, was beiträgt, die Wärme zuſammenzuhalten.

Den zweiten Punkt anlangend, ſo zeichnet ſich der Seehund theils durch ein großes Gewicht und einen großen Rauminhalt der Lungen ſo wie einen ſehr ausgebildeten

Mechanismus des Athemholens, theils einen ſehr großen Blutreichthum aus. Starke Entwicklung des Athmens und große Blutmenge ſind aber, durch ihre Betheiligung beim Stoffwechſel, die Hauptfactoren einer ſtarken thieriſchen Wärmeerzeugung. So war das Gewicht der Lungen wie des Herzens relativ zum Körper um ¹/₃ größer als beim Menſchen, die Rippen und das Bruſtbein zeigten eine beſonders große Beweglichkeit, die Muskeln waren intenſiv dunkelroth und beim Zerſchneiden drang aus ihnen das Blut in großer Menge hervor, ſo daß ſie durch und durch ganz blutig ausſahen; ebenſo verhielt es ſich mit der Leber, der Lunge, den Nieren; viele große Venen hatten einen ausnehmend großen Durchmeſſer u. ſ. w.

Den dritten Punkt anlangend, ſo dringen in die Lederhaut des Seehundes nur ſehr dünne Blutgefäße ein, was den Erfolg hat, daß das Blut ſich mehr im Innern hält und vor der äußern Abkühlung mehr zurückweicht, und zugleich liegen die nervenreichen empfindlichen Haarbälge beſonders tief in die Lederhaut verſenkt, ſo daß die äußere Kälte zu ihnen nicht ſo leicht Zutritt findet. Die haarige abgelöſte Oberhaut mit den aus der Lederhaut herausgezogenen Haarbälgen trägt daher nicht blos auf der äußern, ſondern auch vermöge der tiefgehenden Haarbälge auf der innern Seite einen dichten, farbigen, glänzenden Pelz.

Den vierten Punkt endlich anlangend, ſo ſteht mit der großen Menge des zu bereitenden Blutes und der Vollkommenheit der Athemorgane die Größe der Verdauungsorgane in Verhältniß, ſofern der Darmkanal, welcher ſonſt bei fleiſchfreſſenden Thieren kurz zu ſein pflegt, außerordentlich lang und die Leber und Nieren im Verhältniß zum Körpergewichte ſehr ſchwer ſind.

Hier ſieht man ein Thier aus einem beſtimmten teleologiſchen Geſichtspunkte ſo zu ſagen nach allen Dimenſionen durchmeſſen, und die Verhältniſſe ſeines ganzen Baues durch dieſen Geſichtspunkt einheitlich verknüpft. Es zeigt ſich ein Sinn im Baue dieſes Thieres und der ganze Bau in dieſem Sinne gerichtet. Freilich kann man nun ſagen: ich brauche nicht die Vorausſetzung des *Zwecks* der Wärmeerhaltung zu ſtellen, um die vorhandenen Einrichtungen des Seehundes zu deuten; ich kann die Wärmeerhaltung als *Wirkung* der vorhandenen Einrichtungen faſſen. Und wie geſagt, iſt dieſe Umkehrung nicht zu verwehren noch zu verwerfen. Aber ebenſo gewiß iſt, daß ohne Ausgang von der Vorausſetzung des Zwecks, d. h. der zu erzielenden Wirkung, das Zuſammenſtimmen der Mittel dazu nimmermehr gefunden werden wäre. Und eben darin iſt das teleologiſche Princip ein heuriſtiſches Princip, was die Spötter weder bisher durch ein anderes erſetzt haben, noch erſetzen werden. Sonderbar bleibt es jedenfalls, wenn ſie meinen, daß Reſultate, die ſie dem teleologiſchen Princip verdanken, durch *Ueberſetzung* in ihr Princip *Folgerungen* ihres Princips werden.

Unſtreitig wird man bei den vorigen Unterſuchungen *Weber's* über die thieriſche Wärme an die ſchönen teleologiſchen Betrachtungen, welche Bergmann nach anderer Richtung über dieſen Gegenſtand angeſtellt hat, erinnert.

Auch die Mathematik, welche ſich die Gegner des teleologiſchen Princips allein vindiciren möchten, gewinnt bei Behandlung des organiſchen Baues und der organiſchen Functionen im teleologiſchen Geſichtspunkt den wichtigſten Stützpunkt, ja kann denſelben oft gar nicht miſſen. So hat W. Weber, der Bruder des vorgenannten E. H. Weber, bei ſeinen mathematiſchen Unterſuchungen über den Gang, noch ganz neuerdings A. Fick bei ſeinen Unterſuchungen über die Drehung des Augapfels*), nur dadurch einen beſtimmten Angriff für die Rechnung gewonnen, daß ſie vorausſetzten, und eine ſolche Vorausſetzung fällt ganz dem teleologiſchen Princip anheim, die Verhältniſſe ſeien ſo getroffen, daß die Bewegung mit kleinſtmöglichem Kraftaufwande erfolge.

Die ſo ſcharfſinnigen und exacten Unterſuchungen von Ed. Weber, des dritten Blattes im Kleeblatt der drei Brüder, theils über den Gang, die ihm gemein ſind mit W. Weber, theils über die Muskeln und das Gehörorgan, ſind ganz aus dem Geſichtspunkt des teleologiſchen Princips geführt; und die Zuhörer ſeiner Vorträge über Knochenlehre können lernen, welchen Geiſt die Teleologie auch in ein trocknes Gerippe zu bringen vermag.

Die ausnehmend feinen und ſcharfſinnigen Unterſuchungen von H. Meyer in Zürich über Stand und

---

*) Henle und Pfeufer, Zeitſchr. 1853. 101.

Gang des menſchlichen Körpers (in Müller's Archiv), wodurch die Weber'ſchen fortgeführt werden, ſind ebenfalls weſentlich im Sinne des ächten teleologiſchen Princips geführt, und ich habe Fick und Meyer nur deßhalb oben nicht unter den Vertretern dieſes Princips mit aufgeführt, weil ich nicht weiß, ob ſie ſich ſelbſt dazu gerechnet wiſſen wollen.

Wie Vieles ließe ſich noch in dieſer Hinſicht anführen, doch es iſt genug.

Was ich hier über das teleologiſche Princip geſagt habe, ſind nicht leere Einbildungen oder Begriffsconſtructionen im Sinne dieſes oder jenes Philoſophen, ſondern, wie ich ſo eben belegt habe, iſt dieß die Weiſe, wie es fruchtbar in's Leben getreten iſt und wie es noch heute von den vorzüglichſten Vertretern deſſelben geübt wird. Schleiden ſpricht vier Seiten lang vom teleologiſchen Princip, er ſpricht von meiner himmelfalſchen (iſt denn der Himmel falſch?) Anwendung deſſelben, er ſpricht von der philoſophiſchen Stellung der Teleologie bei Kant und Fries, von der Mücke am Münſter zu Straßburg, die ſich die Aufgabe ſtellt, dieſen Koloß kennen und verſtehen zu lernen, von der viel größern Narrheit des Menſchen, nach Zweckbegriffen ein Unendliches zu beurtheilen, von den eiteln Thoren, die ſich gar zu gern zur Götterhöhe erheben und ſich ſelbſt im Glanze der Ewigkeit ſpiegeln möchten; er ſpricht von allem Dieſem, er ſteigert ſich zu immer höherer Erhabenheit, indem er die Teleologie immer tiefer, endlich faſt bis zur Bedeutung des Wahnſinns herabdrückt; und von der einzigen Weiſe, wie heutzutage beſonnene, nüchterne zugleich und geiſtvolle, Naturforſcher, die Zierden der Wiſſenſchaft, die Teleologie anwenden, ſpricht er nicht. Die Teleologie iſt eine Sache beſchränkter Köpfe.

Nun ja; er kann ſagen: das, was jene Männer treiben, iſt nicht Teleologie; es entſpricht nicht meinen Begriffen davon. Aber wogegen ſtreitet er dann, wenn er gegen Teleologie ſtreitet? Gegen einen Popanz, den man ſich ſelber macht, zieht man doch nicht zu Felde. Jene Männer ſind die Hauptvertreter deſſen, was man heutzutage in der Naturforſchung Teleologie nennt. Und hienach iſt der Begriff derſelben zu bemeſſen, um nicht gegen Etwas zu ſtreiten, was Niemand vertritt. Aber von Schleiden zählen alle Vertreter der Sache, um die ſich's handelt, beim Streite um die Sache nichts; ihre Namen werden nicht bei ihm gehört, ihre Unterſuchungen, ihre Geſichtspunkte gehen wie Wind bei ihm vorüber, und freilich hängt es ganz natürlich zuſammen, Rieſen für Windmühlen halten und gegen Windmühlen wie gegen Rieſen fechten.

Die Weiſe, wie ich ſelbſt das teleologiſche Princip in der Seelenfrage verwende (S. 77), um noch ein Wort hierüber beizufügen, ſchließt ſich der vorbetrachteten Weiſe, wie es in der Naturforſchung verwendet wird, an; obſchon es nothwendig in der Seelenfrage eine etwas andere Wendung deßhalb nimmt, weil es ſich hier eben nicht um einen Gegenſtand reiner Naturforſchung handelt, welche blos mit den Verhältniſſen der Körperwelt zu thun hat. Doch bleibt auch in Sachen dieſer Frage Induction und Analogie das Weſentliche des Schluſſes. Nun kann ich nur einen neuen Vortheil des teleologiſchen Princips darin ſehen, daß es uns auch in Gebieten Dienſte zu leiſten vermag, wo wir das Erſchloſſene nicht durch Erfahrung controliren können, aber eben deßhalb auf die Combination und die wechſelſeitige Controle aller Schlußweiſen gewieſen ſind, die ſich da bewähren, wo ſie controlirbar ſind.

Ein anderes Beiſpiel hiezu gewährt die Frage nach der Bewohnbarkeit anderer Weltkörper. Ohne das teleologiſche Princip liegt daſſelbe ganz außer dem Bereich des Schluſſes; das teleologiſche Princip im vorigen Sinne, nur mit Erweiterung des Geſichtspunktes, läßt uns hoffen, daß auch dieß Gebiet uns bis zu gewiſſen Gränzen einmal zugänglich werden wird. Ich komme hierauf künftig noch einmal zurück. (Vergl. Kapitel XI.)

IV. Die Natur als Symbol des Geiſtes.

In Gedanken an die Weiſe, wie Schleiden und mit ihm ſo manche Andere das Verhältniß des Sichtbaren, des Körperlichen, der Natur zum Unſichtbaren, zur Seele, zu dem Geiſte faſſen, fragt' ich Jemand, den ich ſehr lieb habe: „Haſt du auch eine Seele?“ — „Wozu die Frage?“ — „Ich bin auf den Verdacht gekommen, du möchteſt blos ein hohles Symbol der Seele ſein.“ — „Und was hat dich auf den Gedanken gebracht?“ — „Iſt es nicht ganz natürlich, daß ich aus dem Bedürfniß, das Unſichtbare, was ich im Herzen trage, verkörpert vor mir zu ſehen, eine Seele in dich hineinlege, indeß ich doch nichts als einen Körper vor mir habe. Du kannſt es mir doch mit nichts beweiſen, daß du wirklich eine Seele haſt, oder womit?“ — „Nun, damit, daß ich dich anſehe, und wie ich dich anſehe.“

Ich war mit dem Beweiſe wohl zufrieden; aber iſt es denn auch ein Beweis im Sinne der Gegner? Eine Blume ſieht uns auch in gewiſſem Sinne ſeelenvoll an und ſieht aus, als hätte ſie eine Seele, wenn ſie im

Gebilde treibt, duftet, mit den Wurzeln nach Nahrung herumſucht, ſich gegen das Licht öffnet und nach demſelben wendet; und doch, ſo ſagen ſie, ſind wir es nur, die ihr die Seele anſehen, eine Seele in ſie hineinſehen, ſie mit unſerer Seele füllen, im Bedürfniß unſer eigenes Inneres zu veräußerlichen, ein Unſichtbares ſichtbar vorzuſtellen. Die Sonne lacht, der ganze Himmel, die ganze Natur lacht, wenn jene aufgeht; im Grunde aber iſt es nur unſer Lachen, was wir hier im großen Spiegel ſehen. Die Sonne hat überhaupt allen Naturvölkern den Eindruck majeſtätiſcher, hoher, göttlicher Eigenſchaften gemacht, ſonſt würden nicht alle Naturvölker ſie göttlich verehren; aber es iſt eben nur ihre Sehnſucht, das von ihnen geahnte Unſichtbare, Unerfaßliche, Unbegreifliche, alles Sinnen und Denken Ueberſteigende, in einem anſchaulichen, faßlichen, greiflichen Symbole zu verſinnlichen, dadurch ſich ſelber zugänglich zu machen, was ſie trieb, und dazu bietet ſich ihnen die Natur willkommen dar. Blume, Sonne, Natur haben in poetiſcher wie religiöſer Naturanſchauung überhaupt nur die Bedeutung, unſer eigenes Inneres mit ſeinen Gefühlen, ſeinem Sehnen, ſeiner Ahnung eines gleich oder höher Lebendigen, als wir ſelber ſind, uns wiederzuſpiegeln; gar zu leicht aber verwechſelt man den Schein, den unſere Seele in den Spiegel wirft, mit einer eigenen Seele, einem eigenen Geiſt des Spiegels. Sehen wir näher zu, iſt es doch nichts weiter als Körper, körperlicher Schein, körperliche Zuſammenſtellung und Bewegung, was wir in der Natur und ihren individuellen

Geſtaltungen erblicken. Wie in der Blume, Sonne, Natur gegenüber ſieht nun auch der Menſch im Menſchen gegenüber ſeines eigenen Geiſtes, ſeiner Seele, ihrer Sehnſucht, ihrer Ahnung Spiegel; nur daß der Menſch dem Menſchen gegenüber ein noch vollkommneres, noch willkommneres, und darum freilich noch täuſchenderes Symbol der Seele iſt, als Blume, Sonne, Natur. Je leichter aber die Täuſchung, je größer die Verführung iſt, je ſchwerer der Naturmenſch ihr anheimfällt, deſto mehr gilt es — ich ſpreche immer in dem Sinn der Gegner — für den wahren Weiſen, ſich dagegen zu verwahren; deſto ſchwerer ſich dagegen zu ſchützen; denn das Princip, die Mittel der Täuſchung ſind doch hier und dort ganz dieſelben, und nur Alles, was täuſchen kann, beim Menſchen dem Menſchen gegenüber am höchſten geſteigert. Zuletzt reducirt ſich Alles, was der Menſch am Menſchen gegenüber ſieht, nicht minder auf Körper, körperlichen Schein, körperliche Zuſammenſtellung und Regung, als bei Blume, Sonne, Natur; die Aehnlichkeit mit dem, was an uns ſelber Ausdruck von Seeleneigenſchaften iſt, iſt nur viel größer und eben darum viel verführeriſcher, die Begierde, uns ſelber außer uns wiederzufinden, viel mächtiger, und alſo natürlich, daß wir uns hier am leichteſten und am liebſten täuſchen. Zwar wird es wirklich Seelen unſern Seelen gegenüber geben, unſere Ahnung wird nicht Unrecht haben; woher käme ſie uns auch; wie es einen Gott uns gegenüber wirklich giebt, unſere Ahnung hat, ja kann auch hier nicht Unrecht haben; nur werden wir die

Seelen gegenüber nicht in ihrem Symbole zu ſuchen haben, das immer nur ein Nothbehelf der Veranſchaulichung für uns bleibt, ſondern irgendwo, irgendwie außer, über, abgeſehen davon, wie wir Gott nicht als Seele in ſeinem Symbole der Natur, ſondern irgendwie außer, über, abgeſehen davon, zu ſuchen haben; denn Eins hängt natürlich an dem Andern.

Ich meine nun wohl, die Gegner werden die Conſequenz nicht bis zu dieſer Spitze treiben, und doch wäre es eben nur Conſequenz. Was hält ſie ab, ſolche ſo weit zu treiben? Ich denke, die Unmöglichkeit ſelber. Eine Anſicht aber, die ſich nicht conſequent in ſich vollenden kann, muß man verlaſſen.

Zwar warum ſollte man nicht das Körperliche wirklich ein Symbol der Seele nennen, da es doch nicht die Seele ſelber iſt, und man darin nirgends und niemals die Seele ſelber ſieht, nun aber der Körper mit ſeinem Thun doch als Anhalt und äußeres Zeichen dient, den Gedanken oder die Vorſtellung des Daſeins und der Daſeinsweiſe einer an ſich unſichtbaren Seele daran zu knüpfen. Das Antlitz mit ſeinen Zügen, das Auge mit ſeinen Blicken bleibt an ſich immer etwas total Anderes als eine Seele, als ihre Empfindungen, Gefühle, als Liebe, Freundſchaft, Freude, die ſich in dem Auge, dem Antlitz ſpiegeln mögen; indem aber Form und Bewegung des Körpers ſich nach der Weiſe und Bewegung der Seele ändert, richtet, haben wir in jenem ein Erkennungszeichen von dieſer. Die ganze Geſtalt des Menſchen, ſein Gang und ſein Behaben, ſein

Gehen, Kommen, wie er ſich wendet, die Hand rührt, ſpricht, ſind in dieſem Sinne ein Zeichen, ein Symbol der Seele, von der ich an ſich ſelbſt nichts ſehe, nichts vernehme. Des Menſchen Seele nicht allein, auch der Thiere Seele erſcheint nur im Symbol. Des Löwen Zorn, des Fuchſes Liſt, des Hundes Treue, des Geiers Gier, der Taube Zärtlichkeit, was ſehen wir davon? Nichts weiter, als das, was davon ſymboliſch durch den Leib und des Leibes Regung nach Außen ſcheint.

In Wahrheit alſo hat das Körperliche die Bedeutung, ein Symbol des Geiſtigen zu ſein; zugleich aber liefern uns jene Erfahrungen Beiſpiele, in welchem Sinne es ein ſolches iſt. Auf Grund ſolcher Beiſpiele, wo wir das Geiſtige ſo zu ſagen aus dem Symbol ſchöpfen, ſymboliſiren wir dann wieder umgekehrt das Geiſtige in Statuen und Bildern, malen wir Gott und Engel, und dienen uns ſelbſt die Thiere zum Symbol von Seelen-Eigenſchaften. Jene Beiſpiele bilden überhaupt zugleich den ganzen Ausgang der Vorſtellungen des Menſchen über das Verhältniß des Körperlichen zu dem Geiſtigen und die einzige erfahrungsmäßige Unterlage derſelben. Oder giebt es einen andern Ausgang, eine andere erfahrungsmäßige Unterlage dafür? Es giebt keine.

Was kann nun der Grund ſein, vom Zuſammenhange mit dieſem Ausgange, dieſer Unterlage gänzlich abzuweichen, und die ganze Natur in einem andern Sinne für ein Symbol des Unſichtbaren, des Ueberſinnlichen, des Geiſtes zu erklären, als ihre Theile. Iſt doch ſonſt der

Theil überall die Handhabe, das Ganze daran zu faſſen, zumal ein unendlich Ganzes. Denn nur von jenem haben wir Erfahrung, nicht von dieſem.

Oder ſind etwa unſere und der Thiere Leiber nicht wirklich Theile der Natur? Sind es nicht vielmehr die für den Geiſt bedeutungsvollſten Theile derſelben, geboren aus dem Ganzen, abſpiegelnd noch das Ganze, und doch nur Theile der Natur der ganzen, und die Lehre davon ein Theil der Naturwiſſenſchaft der ganzen? Ja, bleibt nicht, wenn man ſie aus der Natur herausgeriſſen denkt, nur noch ein durchlöchert, zerriſſen Weſen übrig, gleich einem Netz, aus dem man die Knoten herausgeriſſen. Sollte nun das Ganze ein hohles Symbol ſein, indeß der Theil ein volles? Das Urbild ein hohles Symbol, indeß das Abbild ein volles? Das Erzeugende ein hohles Symbol, indeß das Erzeugte ein volles? Wo bleibt da die Vernunft, der Zuſammenhang im Denken? In der That bleibt ſo wenig davon übrig, daß man den Abweis der Vernunft, die Zuſammenhangsloſigkeit ſelbſt lieber gleich zum Princip der Betrachtung dieſer Dinge erhebt; um nur überhaupt ein Princip zu haben; und alles, was noch von Vernunft und Zuſammenhang übrig bleibt, für einen Reſt menſchlicher Schwäche und Dunkelheit, die Dunkelheit aber für das Licht erklärt. Obſchon Gott ein Geiſt ſein ſoll, wie unſer Geiſt, gilt doch kein Vergleich mehr zwiſchen Gottes Geiſt und unſerm Geiſt; obſchon er als Geiſt zur Körperwelt in Beziehung ſtehen ſoll, gilt doch keine Beziehung mehr, die Geiſter zu Körpern, ſo weit wir blicken können, haben. Jeder Vergleich heißt Anthropomorphismus, jeder Gedanke, der in Gottes Einheit den Zuſammenhang von Allem ſieht, Pantheismus.

Freilich iſt Gott ein höherer Geiſt als alle Menſchen- und Engelgeiſter und was es ſonſt für Geiſter giebt in der Welt. Iſt es nun etwa dieß, was uns glauben laſſen dürfte, er ſei mehr als ſie über alle Welt hinaus? Ein Jeder kann darüber denken, was er will, ſo lange er eben nur nach ſeinem Wollen ſein Denken richtet. Wie ſteht es aber mit der Wirklichkeit, die unſer Denken über Wirklichkeiten richten ſoll, zugleich im Sinne des dirigere und judicare.

Der Menſchengeiſt iſt ſchon unſäglich höher, als die Seele eines Wurmes. Doch braucht er deßhalb etwa weniger des Leibes? Im Gegentheile, er braucht deſſen mehr, bedarf des größern, des reicher ausgeführten, in höherm Sinne ausgebauten Leibes. So und im ſelben Sinne wird der Engel wieder mehr des Leibes brauchen als der Menſch, Gott endlich mehr als alle Engel; er wird die ganze Natur zu ſeinem Leibe brauchen, das iſt der erhabenſte, im tiefſten Sinne gegründete, im höchſten Sinne ausgeführte, durch die reichſte Gliederung und Abſtufung durchgeführte Bau, den es giebt.

Wo iſt überhaupt der Geiſt, der höher ſtieg, ohne daß die körperliche Leiter eine höhere Stufe dazu bot? Ich ſah noch keinen. Gott aber zieht man die ganze Leiter weg; Gott, deſſen Leib vielmehr die ganze Leiter ſelber iſt.

Freilich, wenn Gott jenſeits alles deſſen iſt, was iſt, ſo bleibt nichts übrig, die Sehnſucht nach ihm doch zu ſtillen, als das Exiſtirende mindeſtens für ſein Götzenbild zu erklären, um ſich am äußern Scheine noch zu tröſten und zu täuſchen. Mir aber ſcheint das heidniſcher als alles Heidenthum, das den lebendigen Gott in ſeinem Leib erkannte und nur darin irrte, daß es ſeiner Einheit nicht die rechte Rechnung trug.

Dennoch ließ ich's gelten, daß wir die Natur für ein hohles Symbol des Geiſtes erklärten, wenn wir nur an eine Natur und nicht auch an einen Gott wirklich glaubten. Wer aber einen Palaſt ſieht, wer weiß, er iſt gebaut von einem König, wer ihn eingerichtet ſieht als wie zur Wohnung eines Königs, der ſucht den König deßhalb, weil er ihn nicht durch die Wände des Palaſtes hindurch ſehen kann, doch nicht über dem Dache des Palaſtes, und meint, es ſei nur Bauernglaube, ihn im Palaſte ſelbſt zu ſuchen, der nur zum hohlen Zeichen ſeines Daſeins aufgerichtet ſei. Iſt denn aber die Anſicht der Gegner um ein Haar anders?

Was liegt zuletzt der ganzen Vorſtellung, daß Gott die Welt als ein Symbol ſeines Geiſtes ſich äußerlich gegenübergeſtellt habe, anders unter, als die Analogie Gottes mit dem Künſtler, den wir ſein Werk, die Statue, ſich gegenüber ſtellen, darin ſeine Idee ausprägen, verkörpern ſehen, ſo daß wir ſie darin mit unſerm, dem des Künſtlers analogen oder ebenbürtigen Geiſte geſpiegelt finden, ohne daß die Statue doch ſolche ſelber bewußt in ſich trägt.

Aber dieſe Analogie trifft gerade das nicht, was ſie treffen ſollte. Denn wo ſah man je einen Künſtler eine Statue mit ſeinem bloßen Geiſt zum Abbild eines bloßen Geiſtes oder einer bloßen Idee machen und ſeinem bloßen Geiſte gegenüber ſtellen; es iſt von Allem gerade das Gegentheil. Vielmehr können ſelbſt die geiſtesleeren Symbole, ſo weit wir davon ſprechen können, die Statue, das Bild, nur auf Grund und durch Vermittelung der geiſtesvollen Symbole entſtehen; ſo daß wir endlich glauben dürfen, der Künſtler ſelber würde die Statue nicht zum Symbol des Geiſtes machen können, wenn nicht die Hände, Arme, das Gehirn, der Meißel, Marmor, die er braucht, gemeinſam eingingen in einen höher beſeelten Leib. Der Geiſt, die Seele dieſes Leibes arbeitet beſtändig daran fort; man nannte ja von jeher die Seele die Bildnerin des Leibes; auch die Schöpfung der Statue durch den Menſchen gehört zu dieſer großen Arbeit; auch die Statue wird als Theil der ganzen Natur am Geiſt der ganzen Natur mit tragen helfen, und alſo nicht geiſtesleer im ſtrengen Sinne ſein; nun aber kehrt man's um, und will aus der vorausgeſetzten Leere der Statue auf die der Welt ſchließen.

Und wie kommt es denn, wenn die Natur in ähnlichem Sinne ein geiſtesleeres Symbol des Geiſtes, als die Statue, daß doch der Natur geiſtvolle Stücke eingewachſen ſind? Ich frage nochmals: ſind Menſchen- und Thierleiber nicht Theile der Natur? Hat auch die Statue ſolche Proben der Seele in ſich aufzuweiſen, als die Natur in dieſen ihren Theilen? Ueberall haben wir doch ſonſt im Ganzen nur mehr, nicht weniger als in den Theilen zu ſuchen.

Oder ſcheint es bedenklich, Gott einen Leib zu geben, weil wir damit ſtatt Eines Grundprincips der Dinge zwei erhalten? — Aber, wer heißt denn Geiſt und Leib überhaupt als zwei Grundprincipien, Grundweſen faſſen? Faßt ſie als zwei Erſcheinungsweiſen deſſelben Weſens, ſo habt ihr damit viel mehr ein einig Weſen, als wenn ihr Gott als Geiſt auf eine Seite und die Natur als Körperwelt ihm gegenüber auf die andere legt.

Oder iſt das die Scheu, Gott einen Leib zu geben, daß doch unſer Leib ein ſo gebrechliches, vergängliches Weſen? — Aber wer heißt denn, Gott einen Leib wie einem Menſchen geben? Iſt auch die Natur ein ſolcher Leib? Und dünkt euch die Natur nicht gut genug für einen Leib *um* Gott, warum dünkt ſie euch doch gut genug für ein Werk *aus* Gott; ſcheint ſie euch zu ſchlecht für eine äußere Erſcheinungsweiſe ſeines Weſens, warum doch gut genug für ein äußeres Spiegelbild ſeines Weſens.

Faßt die Natur in ihrer ganzen Ausdehnung, Fülle, Höhe, Tiefe, faßt ſie mit dem Gedanken, daß, wie weit und tief ihr mit Anſchauung und Schluß geht, ihr ſie nicht umfaßt, erſchöpft, durchdringt; und ihr werdet zwar keine zulängliche Vorſtellung von Gottes Leibe haben, weil hier eben keine Vorſtellung reicht; aber eine würdige, eine ſolche, die nicht darin fehlt, daß ſie Gott Alles nimmt wodurch der Geiſt erſcheint und wodurch er ſich äußert, ſondern daß ſie ihm mit Allem, was ſie ihm zu geben vermag, noch nicht genug giebt.

Unſer Leib iſt endlich, Gottes Leib iſt unendlich; unſer Leib iſt vergänglich, Gottes Leib iſt ewig; unſer Leib hat wenige, ſchwache und kleine Glieder, Gottes Leib hat Welten zu Gliedern, von denen wir die kleinſten Unterglieder; in unſerm Leibe kreiſen die Blutkügelchen in enger Bahn, in ſeinem Leibe kreiſen Planeten um Sonnen und Sonnen um höhere Centra; unſer Leib hat ſchwache Kraft und iſt bedrückt von tauſend äußern Hinderniſſen, in ſeinem Leibe iſt alle Fülle der Kraft, und nichts hemmt und bedrückt ihn äußerlich; in unſerm Leibe hat die freie Regung ein ſchmales Gebiet, in ſeinem Leibe geht alles freie Leben und Regen vor ſich, was es in der Welt giebt.

Nun können wir eben aus dieſen Unterſchieden des leiblichen Daſeins Gottes von dem unſern auf entſprechende Unterſchiede im geiſtigen Daſein ſchließen, falls wir das Verhältniß unſeres Geiſtes zum Leibe ſelbſt als Anhalt dazu benutzen, zuſehend, wie in uns das Geiſtige mit dem Leiblichen ſich im Zuſammenhange ſteigert; dann hört Gott auf, ein Menſch zu ſein, und bleibt doch noch vergleichbar mit dem Menſchen, in ſo weit als Unendliches dem Endlichen vergleichbar bleiben kann, das in ihm ſelbſt begriffen iſt. Wer's anders faßt, dem bleibt nur übrig, entweder der roheſten Vermenſchlichung Gottes anheim zu fallen, oder auf alle Begreiflichkeit des göttlichen Daſeins überhaupt, wie ſeiner Beziehungen zur Natur und zu den Geſchöpfen zu verzichten. Statt jedoch zwiſchen Beidem zu wählen, vereinigt man gar beides, indem man bald zwiſchen der Vermenſchlichung und der Unbegreiflichkeit Gottes hin- und herſchwankt, bald im Princip die letzte feſthält und in der Ausübung ſich an die erſte hält. Und ſo kommt man dann allerdings nothwendig zu der Vermiſchung des Aberglaubens mit dem religiöſen Glauben, den Schleiden in richtiger Conſequenz dieſer Auffaſſungsweiſe zum Weſen des religiöſen Lebens ſelbſt rechnet.

Nur eben dadurch, daß man die Welt für ein volles, nicht ein hohles Symbol des göttlichen Geiſtes hält, entgeht man allem Aberglauben und lernt man Glauben von Aberglauben unterſcheiden. Wenn der Neger Gott durch einen Stein oder ein Stück Holz ſymboliſirt, ſo iſt das Aberglauben; denn Gottes Leib, die Welt, iſt mehr als ein Stein und ein Stück Holz. Auch das iſt Aberglaube, wenn man die äußerlich ſichtbare Welt für den ſich ſelbſt darin erſcheinenden Gott, das Symbol des Geiſtes mit dem Geiſt verwechſelt. Aber es iſt nicht mehr Aberglaube, wenn man hinter dem Antlitz der Welt die Seele Gottes, wie hinter eines Menſchen Antlitz die Seele eines Menſchen ſieht, und aus der Ordnung und dem Gange der Welt, der Welten, der Führung der Geſchicke der Geſchöpfe, das ſind die lebendigen Züge ſeines Antlitzes, die Züge ſeiner Seele herauszuleſen ſucht.

Um es aber zu können, und immer beſſer zu lernen, müſſen wir vor Allem daran glauben, daß hinter dem Antlitze der Welt auch eine Seele ſei. Im Ausgange der Menſchheit leuchtete ſie wohl dem Menſchen von ſelbſt ſo daraus entgegen, wie eine Seele aus des Menſchen Antlitz gegenüber. Doch die Zeit iſt lange vorüber; und wohl noch lange Zeit wird es wollen, ehe der Menſch wieder mit Bewußtſein auf dem Standpunkt ſtehen wird, von dem er einſt im Unbewußtſein angehoben.

Immer von Neuem wird die Frage an den Schöpfer gerichtet: womit beweiſeſt du, daß du biſt? Auch der Schöpfer antwortet: damit, daß ich dich anſehe, und wie ich dich anſehe. Aber es kommt auch noch darauf an, wie man ihn wieder anſieht. Mit dem Mikroſkop vor dem Auge iſt Gott nicht zu erkennen, und wer ſein Geſicht hinter ſtatt in dem Spiegel ſucht, der ſieht nur eine Wand.

Es giebt ein Wort: du ſollſt Gott vor Augen und im Herzen haben. Dem erſten Theile dieſes Gebotes kommt Gott noch in einem andern Sinne entgegen, als man meint; doch man wendet ſich und ſchließt die Augen und ſieht Gott nur in der Nacht.

Auch in der Nacht iſt er zu finden; doch nicht allein zu finden.

Faſſen wir es zuſammen: die Anſicht, daß die Natur ein volles Symbol des Geiſtes ſei, in demſelben Sinne, in welchem unſer Leib ein ſolches iſt und ſo, daß deſſen ſymboliſche Eigenſchaft mit der der Natur zuſammenhängt und davon abhängt, iſt *vernünftiger* als die Anſicht, daß die Natur ein leeres Symbol des Geiſtes ſei oder ein ſolches, deſſen ſymboliſche Eigenſchaft mit der unſeres Leibes nicht zuſammenhängt noch vergleichbar iſt, ſofern jene Anſicht eine in ſich einſtimmige, conſequente, zuſammenhängende Weltauffaſſung geſtattet, indeß dieſe Widerſprüche, Inconſequenz, Zuſammenhangsloſigkeit im Denken mitführt und fodert; — ſie iſt *klarer*, indem wir für die Hauptmomente einer allgemeinen Weltanſicht, die Beziehungen zwiſchen dem Körperlichen und Geiſtigen durch das ganze Exiſtenzgebiet und zwiſchen Gott und ſeinen Geſchöpfen, einen beſtimmten Anhalt der Vorſtellung, des Begriffes und Schluſſes in dem, was wir an uns ſelbſt finden, haben, indeß die andere Anſicht dieſe Verhältniſſe in ein unbegreifliches Dunkel verſenkt und das Bewußtſein dieſes Dunkels ſelbſt für die größte Vertiefung des religiöſen Glaubens hält; — ſie iſt *fruchtbarer, entwickelungsfähiger* und *lebendiger*, indem wir danach nicht nur für das Daſein, ſondern auch die Daſeinsweiſe Gottes aus der Naturbetrachtung Zeichen ſchöpfen, Schlüſſe darauf gründen können, wie wir ſolche bewußt und unbewußt auf die Betrachtung des Körpers und der körperlichen Aeußerungen eines Menſchen bezüglich des Daſeins und der Daſeinsweiſe ſeines Geiſtes gründen, wogegen wir nach der andern Anſicht uns ſolchergeſtalt nur immer tiefer in die Täuſchung hineinverirren; — ſie iſt *erfahrungsmäßiger*, weil wir, ſo weit uns überhaupt Erfahrungen und Erfahrungsſchlüſſe über die Beziehungen des Geiſtigen zum Körperlichen zu Gebote ſtehen, das Geiſtige nicht außer, ſondern in ſeinen Naturſymbolen, d. h. in feſter Beziehung des Daſeins und der Daſeinsweiſe dazu finden und ſelbſt die hohlen Kunſtſymbole, im Grunde doch auch Theile der Körperwelt, der Natur, nur auf Grund der vollen Naturſymbole in einer Welt entſtehen und begriffen ſehen, die im Ganzen die Zeichen des vollen Symbols in höherem Sinne als unſer eigener Körper trägt; — ſie entſpricht mehr dem natürlichen Bedürfniß des Menſchen, wie ſich darin beweiſt, daß die Naturvölker in ſo großer Allgemeinheit die Natur und ihre vornehmſten Geſtaltungen für göttlich beſeelt halten; — ſie entſpricht endlich mehr einem höhern Bedürfniß des Menſchen, da wir, trotz entgegenſtehender, theils feſſelnder, theils gängelnder Dogmen, in unſern poetiſchen Gefühlen und Darſtellungen unwillkürlich in die Auffaſſung der Natur als einer beſeelten zurückfallen.

Wenn aber die eine Anſicht Alles vor der andern voraus hat, wonach wir den Werth einer Anſicht bemeſſen können, warum ſollten wir doch jene um dieſer willen laſſen? Nun kann man nur fragen: und was hat dennoch unſere heutige Weltanſicht ſich ſelber widerſprechen und mit der andern Hand nehmen laſſen, was ſie mit der einen ſelbſt gegeben? was hat ſie dahin geführt, den in der Natur allgegenwärtigen und allwirkſamen Gott auch wieder ſo aus der Natur herauszuheben, daß die Natur nur noch als Schemel unter ſeinen Füßen bleibt, den Gott, nach deſſen Bilde wir geſchaffen ſind, aus dem unſer Geiſt ſelbſt ſtammt, auch wieder ganz unvergleichbar mit uns zu erklären?

Ich denke, ich habe genug darüber an einem andern Orte (Zend-Aveſta II. S. 87 ff.) geſagt, und will es hier nicht noch einmal wiederholen. Was hälf' es auch.

Das Feuer, ſag' ich nochmals, muß erſt über die Stoppeln der heutigen dürren Weltanſicht fahren, eher wird die neue Saat nicht grünen. Worte aber ſind nur Wind, kein Feuer.

Zweiter Theil.

V. Schleiden und der Mond.

Was hat denn aber, fragt man, der Mond bei deinem Streite mit Schleiden zu thun?

Ja, der arme Mond! Ich und der Mond ſind Leidensgefährten. Wir haben eine gemeinſame Sache gegen Schleiden, weil Schleiden eine gemeinſame Sache gegen uns hat.

In der That, nachdem Schleiden mich in ſeinem Aufſatze über die Pflanzenſeele abgefertigt hat, behandelt er in einem zweiten Aufſatze ſeiner Schrift, betitelt: „Mondſcheinſchwärmereien eines Naturforſchers“, gleich dem vorigen hauptſächlich an Damen gerichtet, den Mond ganz ebenſo wie mich, d. h. kurz: er läßt nicht nur nichts Gutes, ſondern überhaupt faſt Nichts an ihm. Was für eine traurige Figur wird fortan der Mond vor den Damen ſpielen, nachdem Schleiden ihnen dargethan, daß der Gegenſtand ihres Schwärmens ein todter Klumpen iſt, daß ſie ihre Seufzer vor einem Tauben, ihre Thränen vor einem Trocknen, ihre Gefühle vor einem Steinharten ausſchütten. Früher die Vorſtecklilie der Erde, der Schwan des Himmels, der Hirt der goldnen Schafe, der Mitregent der Sonne im Reiche des Wetters und der Winde, die Leuchte der Feen und Elfen, ein Füllhorn magiſcher Kräfte, ſtellt er ſich ihnen nun dar aller Glorie, aller Myſtik, aller Macht entkleidet, als alte ausgebrannte, ſich träge drehende Schlackenkugel, mit vor Alter ſchwankendem, dem eines Trunkenen vergleichbaren Gange. Kein Titel ſeines Anſehens iſt ihm noch gelaſſen, und nachdem er die Menſchen ſo lange mit erborgtem Glanze, pathetiſchem Weſen und der Vorſpiegelung geheimnißvoller Kräfte getäuſcht, ſehen ſie in ihm fortan nur noch den alten abgelebten Charlatan, deſſen Rolle zu Ende iſt. Sogar Ebbe und Flut, die ihm bisher aus alter Gewohnheit dienten, zeigen Neigung, ihm den Gehorſam aufzukündigen; verlangen mindeſtens die Theilung ſeiner Macht; die Flut will bei dem weſenloſen Schein des Vollmondes und des Neumondes nicht mehr ſpringen; das Handwerk des Wettermachens iſt ihm ganz und gar gelegt; der Hokuspokus ſeiner Magie gründlich aufgedeckt und jeder Anſpruch auf Bewohnbarkeit vernichtet.

Zu wundern iſt es nicht, daß wir Beide ungefähr in gleicher Weiſe bei Schleiden angeſchrieben ſtehen. Sind wir doch Beide Phantaſten, einer wie der andere, blos mit dem Unterſchiede, daß der Mond der himmliſche König und Schutzpatron aller Phantaſieen, Phantasmen, Phantasmagorieen, Phantome, Phantaſten iſt, und ich nur einer ſeiner getreueſten Diener und Prieſter auf Erden. Schleiden aber iſt Mathematiker und Philoſoph und als ſolcher geſchworener Feind aller Phantaſten und Phantaſieen im Himmel und auf Erden. Wie löſchendes Waſſer tritt er ihnen gegenüber. Wenn Feuer an das Waſſer kommt, ſo ſpritzt es, und Schleiden's Philoſophie und Mathematik iſt von ſo reinem Waſſer, daß ſie ſogar, wenn der bloße Mondſchein hineinfällt, ziſcht und ſpritzt.

Das ſah ich anders, als ich geſtern Abends an unſerm Schwanenteich vorüberging; der weiße Schwan darin war ſchon zur Ruhe in ſein Häuschen gegangen; der goldene Schwan zog oben ſeine Bahn, und in dem Teiche unten zog ſein Bild; es war ſchön anzuſehen; das Waſſer ſchäumte und ſpritzte nicht, aber indeß der Schwan oben in goldner Ruhe fortzog, zitterte ſein Bild unten leiſe bei jedem leiſen Wellenſchlage, ſchlug wie mit goldnen Flügeln, und wie der Wellenſchlag vorüber war, ſo war es wieder das ſtille ſich immer ſelber gleiche Bild. Auch eine Weiſe, wie Waſſer den Schein des Himmels nehmen kann.

Da nun der Mond ſich nicht ſelbſt herablaſſen will, ſeine Sache mit Schleiden auszufechten, obſchon ein kleines Mondſteinchen auf deſſen Haupt vielleicht das einzige Mittel wäre, den Unerſchütterlichen zu erſchüttern, ſo nehme ich es hiemit über mich, als Vertreter des Himmelsphantaſten auf Erden, deſſen Sache gegen den Antiphantaſten auf Erden ſo gut ich kann zu führen, hoffend, daß es mir derſelbe einmal wieder zu guter Stunde mit einigen Phantaſieen vergelten wird. Ja, wie ſollte ich nicht dankbar meine Feder ſeinem Dienſte weihen, nachdem die erſte Feder, mit der ich meinen Ausflug in die Welt genommen, durch ihn begeiſtert war.

Um aber nicht einen unbefliſſenen Dienſteifer zu zeigen und den rechten Punkt nicht zu verfehlen, werde ich zu berückſichtigen haben, daß der Mond ganz froh ſein wird, eine Anzahl kleiner Aemter los zu ſein, von denen Schleiden ihn mit Eins entſetzt hat, ja es dieſem nur Dank wiſſen kann, daß derſelbe ihn ſo unangenehmer Functionen enthoben hat, als da ſind: das Holz und Wildpret faulen zu machen, die Auſternmaſt zu beſorgen, über das Wachsthum der Kohl- und Krautſtrünke Buch zu führen, den Knochen die richtige Menge Mark zuzumeſſen, die Aufſicht über die Schafſchur zu führen, den Leuten Haartouren aus Mondſchein zu machen, wenn ſie ſich die Haare nicht zur rechten Zeit abſchneiden laſſen, ſich bei der Wirkung der Wurm- und Abführmittel zu betheiligen u. ſ. w. All' das läßt er gern fahren, und überläßt es Schleiden, dieſe Aemter anderweit zu vergeben. Aber das Amt, der Sonne beim Wettermachen zu helfen, ſein myſtiſches Weſen, ſeine ſympathetiſchen Beziehungen zum Menſchen, wird er ſich nicht nehmen laſſen wollen, und ſeine Anſprüche auf Bewohner wird er ſo oft erheben, als man ſie niederſchlägt.

Nun, da wollen wir doch ſehen, nachdem Schleiden (Studien S. 135) ſich vermißt, es mit allen Bewohnern des himmliſchen Reiches auf Erden, den Chineſen, gegen mich aufzunehmen, ob ich es nicht gegen Schleiden für Einen Bewohner des wirklichen himmliſchen Reiches, den

Beherrſcher der Türkei, aufzunehmen vermag. Und ſo werde ich folgends folgende ſieben Punkte beweiſen:

1) Der Mond macht Wetter.
2) Der Mond macht nicht nur Luft und Meer, ſondern ſelbſt die Erde beben.
3) Der Mond iſt und bleibt ein myſtiſches Weſen, das uns mehr aufzurathen giebt, als wir noch rathen können.
4) Der Mond hat magnetiſche Beziehungen zur Erde.
5) Der Mond hat ſympathetiſche Beziehungen zum Menſchen.
6) Der Mond hat eine Kopfſeite und eine Kehrſeite; man muß ihn nicht nach der Kehrſeite beurtheilen.
7) So weit Schleiden's Gründe reichen, kann der Mond Luft, Waſſer und Bewohner haben.

VI. Einfluß des Mondes auf die Witterung.

Alſo der Mond hat, nach Schleiden, abgeſehen davon, daß er mit der Sonne zuſammen Ebbe und Flut giebt, die ſich ihm denn doch nicht ganz nehmen läßt, keinen nennenswerthen Einfluß auf die Erde. Er hat namentlich keinen Einfluß auf das Wetter. Die Wetterveränderungen hängen nicht im Mindeſten mit den Mondphaſen (Vollmond, Neumond, Viertel u. ſ. w.) zuſammen. Eiſenlohr hat es durch Erfahrung bewieſen, die Vernunft beweiſt es auch, und überhaupt „gehört wenig Verſtand und Nachdenken“ dazu, „ſich von der völligen Grundloſigkeit dieſer hergebrachten aſtrologiſchen Träumereien zu überzeugen.“ — „Der Vollmond wie die andern Phaſen treten für die ganze Erde in demſelben Momente ein. Hätte der Mond alſo den geringſten Einfluß auf die Veränderungen des Wetters, ſo müßten dieſe Veränderungen auf der ganzen Erde gleichzeitig und in demſelben Sinne eintreten; und man braucht wahrlich die Naſe nicht gar zu weit aus dem Fenſter geſteckt zu haben, um zu wiſſen, daß das nie und nirgends der Fall iſt.“

Aber, Herr Schleiden, dergleichen unterſucht man doch nicht mit aus dem Fenſter geſteckter Naſe, ſondern mit meteorologiſchen Inſtrumenten ganz anderer Art und meint nicht gleich, wenn das Wetter unregelmäßig geht, daß es keine Regel dafür giebt. Ein Einfluß, der von einer reſpectablen Naſe bei weiteſtem Herausſtecken aus dem Fenſter gar nicht verſpürt wird, kann doch vielleicht von einer feinen Naſe in der Zurückgezogenheit am Studiertiſche durch Hineinſtecken in ein Regiſter langjähriger Beobachtungen verſpürt werden, in deren mittlern Reſultaten ſich Unregelmäßigkeiten ausgleichen, die den Einfluß im Einzelnen verdecken.

Wie iſt es denn mit dem Lichte der Sterne? Wenn die Sonne ſcheint, ſieht ſie Niemand. Sind ſie deßhalb weniger da? Man warte nur die Nacht ab, ſo ſieht ſie Jeder; dieſe Dämmerung reicht freilich noch nicht hin, ihr Flinkern von anderm Flinkern zu unterſcheiden. Nun giebt es in Betreff des meteorologiſchen Sonneneinfluſſes keine Nacht, die man abwarten könnte, um des Mondeinfluſſes für ſich zu gewahren. Die Wiſſenſchaft hat aber das Mittel, eine ſolche Nacht künſtlich herzuſtellen; indem ſie die Sonneneinflüſſe ſich durch angemeſſene Combination der Beobachtungen in den mittlern Reſultaten ſelbſt zerſtören läßt, wo dann der Mondeinfluß ſichtbar werden kann, falls es anders einen giebt. Damit die Zerſtörung vollſtändig ſei, fodert es freilich eine lange Beobachtungsreihe, und dieſe Dämmerung reicht auch hier noch nicht hin, das Flinkern vom Flinkern zu unterſcheiden.

Das muß man natürlich vom Monde nicht verlangen, daß er die Wirkung der Sonne überbiete, aber auch nicht meinen, wenn ſeine Wirkung davon überboten wird, ſie exiſtire nicht.

Doch halten wir uns nicht an Möglichkeiten und Allgemeinheiten. Gehen wir der Frage direct mit Thatſachen auf den Grund. Nun thut das ja Schleiden auch. Er citirt ja Eiſenlohr's Unterſuchungen. Recht gut, ich werde Eiſenlohr's Unterſuchungen auch citiren. Ich werde ſie nicht blos citiren, ich werde ihre Hauptergebniſſe ſpeciell und genau anführen. Schleiden, obwohl ſie nur nach dem Gedächtniß citirend, kann doch „für das Geſammtreſultat" derſelben, „nämlich für den Nachweis, daß die Witterungsveränderungen von den Mondphaſen vollkommen unabhängig ſind, vollkommen einſtehen." Und ich kann meinerſeits nach genauer Einſicht in dieſelben für das Geſammtreſultat derſelben, nämlich für den Nachweis, daß die Witterungsveränderungen von den Mondphaſen erheblich abhängig ſind, vollkommen einſtehen.

Und nicht blos dafür, daß dieß das Geſammtreſultat von Eiſenlohr's Unterſuchungen iſt, ſondern daß es überhaupt das übereinſtimmende Reſultat einer großen Anzahl unabhängig von einander geführter ſorgfältiger Forſchungen iſt.

Hier Studien gegen Studien!

Zur Erläuterung des Folgenden einige kurze Vorbemerkungen:

Da wir kein erfahrungsmäßiges Mittel haben, zu erkennen, wie es mit der Witterung auf der Erde ſtehen würde, wenn die Erde überhaupt keinen Mond hätte, welcher alſo der abſolute

Einfluß deſſelben auf die Witterungsverhältniſſe iſt, ſo kann die Unterſuchung nur dahin gehen, ob ſich nach Maßgabe der verſchiedenen Stellungen des Mondes zur Sonne und Erde die Witterungsverhältniſſe abändern; und wir nehmen einen Mondeinfluß an oder nicht an, je nachdem dieß der Fall iſt oder nicht. Die ganze Unterſuchung hat ſich alſo auf Unterſchiede in dieſer Hinſicht zu richten.

Als zufällig in Bezug zum Mondeinfluſſe gilt in der Folge Alles, was nicht geſetzlich von den Verhältniſſen des Mondlaufes abhängt oder geſetzlich damit zuſammenhängt.

Unter Phaſen des Mondes verſteht man die, von der Beleuchtung des Mondes gegen die Sonne abhängigen Erſcheinungsweiſen deſſelben, oder auch die Zeiten ihres Eintritts, als da ſind: Neumond, Vollmond, Viertel, Octanten. Neumond und Vollmond werden unter dem Namen der Syzygien, erſtes und zweites Viertel unter dem der Quadraturen, und alle vier zuſammen unter dem der Mondwechſel oder vier Hauptphaſen zuſammengefaßt. Zwiſchen den vier Hauptphaſen ſchieben ſich in die Mitte die vier Octanten ein, ſo daß der erſte in die Mitte zwiſchen Neumond und erſtem Viertel, der letzte in die Mitte zwiſchen letztem Viertel und Neumond fällt. Mit den Octanten zuſammen erhält man acht Hauptphaſen. Die Umlaufszeit des Mondes von einer gegebenen Phaſe bis zur Wiederkehr derſelben Phaſe bildet den ſogenannten ſynodiſchen Monat, im Mittel von 29½ Tagen. Man zählt die Tage vom Neumond als erſten an, und das ſogenannte Mondalter bezeichnet den von da abgezählten Tag des ſynodiſchen Monats, in welchem ſich der Mond befindet.

Unter Apſiden faßt man die Erdnähe (Perigäum) und Erdferne (Apogäum) des Mondes, in ähnlicher Weiſe als unter Syzygien Vollmond und Neumond, zuſammen, und verſteht unter anomaliſtiſchem Monat die Periode der Wiederkehr des Mondes von Erdnähe bis wieder zur Erdnähe oder von Erdferne bis wieder zur Erdferne. Er iſt kürzer als der ſynodiſche Monat, nämlich nur 27½ Tage lang. Als erſten Tag des anomaliſtiſchen Monats pflegt man den Tag der Erdnähe oder des Perigäum anzunehmen.

Directe Beſtimmungen werde ich im Folgenden ſolche Beſtimmungen nennen, wo dem wahren Laufe der Phaſen durch die Veränderlichkeit des ſynodiſchen Monats gefolgt wird (es kann nämlich nach Umſtänden die Zwiſchenzeit z. B. zwiſchen Neumond und erſtem Viertel, erſtem Viertel und Vollmond u. ſ. w. um ein paar Tage in Mehr oder Weniger differiren); *indirecte* ſolche, wo die Beſtimmungen für die mittlere Zeit der betreffenden Phaſe gelten.

Unter *naſſen Tagen* ſollen im Folgenden ſolche verſtanden werden, an denen ſei es Regen oder Schnee, Hagel, Graupeln, die man im Allgemeinen als *wäſſerige Niederſchläge* zuſammenfaßt, erfolgt ſind. Nun kann es an einem Tage auch mehr als einmal regnen, ſchneien u. ſ. w. Es iſt aber bei den folgenden Beobachtungen jeder Tag, wo es ein- oder mehrmals regnete, ſchneite, nur einmal in Rechnung gebracht; und wenn wir im Folgenden von der *Zahl* der wäſſerigen Niederſchläge ſprechen, ſo iſt dieſe mit der *Zahl* der naſſen Tage identiſch zu nehmen, indem aller wäßriger Niederſchlag, der an einem Tage erfolgt, als Ein wäſſeriger Niederſchlag gilt.

Unter *Menge gefallenen Waſſers* wird das in Form wäſſeriger Niederſchläge herabgefallene Waſſer verſtanden, nach der Höhe beſtimmt, bis zu der es über dem Boden, auf den es fällt, ſich erheben würde, wenn es über ihm ſtehen bliebe; eine Höhe, die man durch geeignete Regenmeſſer, Udometer, auf meteorologiſchen Obſervatorien beſtimmt.

Da *Schleiden* ſich vor Allen, ja beinah' allein, in der Witterungsfrage auf *Eiſenlohr* beruft, und hier nichts darauf ankommt, die hiſtoriſche Folge der Unterſuchungen einzuhalten, ſo wollen wir auch mit *Eiſenlohr* den Anfang machen, um ſo lieber, da *Eiſenlohr* zu denen gehört, die ſich am gründlichſten mit dieſer Frage beſchäftigt haben.

Seine Unterſuchungen ſind in drei ſchätzbaren Abhandlungen in Poggendorff's Annalen niedergelegt und betreffen den Einfluß des Mondes nicht nur auf Regen, heitere und trübe Tage, ſondern auch Barometerſtand, Wind, Gewitter; er hat den Einfluß des täglichen Mondganges, wie des ſynodiſchen Umlaufes in Betracht gezogen, und ſeine Unterſuchung auf drei verſchiedene Orte, Carlsruhe, Straßburg, Paris ausgedehnt, wobei er ſich nicht blos begnügt hat, den Einfluß der vier oder acht Hauptphaſen zu verfolgen, ſondern alle Tage des ſynodiſchen Monats berückſichtigt hat.

Faſſen wir zunächſt den Einfluß auf die wäſſerigen Niederſchläge in das Auge.

Für Carlsruhe benutzte Eiſenlohr*) 30jährige Beobachtungen von 1801 bis 1830, welche in 371 (ſynodiſchen) Monaten 5019 naſſe Tage oder Niederſchläge einſchließen, die ſich in der Art ungleich auf die verſchiedenen Tage des Monats vertheilen, daß im Mittel der Beobachtungen am 14. Tage des Monats (den Neumond hier wie in der Folge immer als 1. gerechnet), d. i. 2 Tage nach dem 2. Octanten, 2 Tage vor dem Vollmond, ein Maximum, am 28. Tage, d. i. 1 Tag nach dem 4. Octanten ein Minimum der Näſſe ſtattfand; indem auf erſtern Tag 189, auf letztern nur 153 Niederſchläge fielen. Das Verhältniß 189:153 iſt daſſelbe als 123,5 : 100,0, wonach es um die Zeit des 2. Octanten in Carlsruhe faſt 1/4 mal öfter als um die Zeit des 4. Octanten regnet.

---

*) Poggendorff's Annalen XXX. S. 72.

Unſtreitig iſt das ein nicht unbedeutender und nicht ohne Weiteres von der Hand zu weiſender Unterſchied. Doch geben wir uns auch nicht gleich daran gefangen. So lange den mittlern Reſultaten einer periodiſchen Beobachtungsreihe noch unausgeglichene Zufälligkeiten anhaften — und von wie viel Zufälligkeiten hängt doch das Wetter ab — wird ſich darunter auch immer ein größter und kleinſter Werth darbieten müſſen, deren Abweichung von der Gleichheit man mit Unrecht ohne Weiteres auf Rechnung eines geſetzlichen Einfluſſes ſchreiben würde. In der That aber zeigt die Originaltabelle der Mittelwerthe für die einzelnen Monatstage noch einen ſehr unregelmäßigen Gang, der auf unausgeglichene Zufälligkeiten deutet; denn wären ſie ausgeglichen, ſo müßten die Werthe, dem periodiſchen Gange des Mondes folgend, durch Zunahme und Abnahme regelmäßig hindurchſchreiten.

Nun ſteht zwar dem Verdachte, daß wir es hier mit einem blos von Zufälligkeiten abhängigen Unterſchiede zu thun haben, ſchon die Größe dieſes Unterſchiedes entgegen, wenn wir zugleich die Länge der Beobachtungszeit (30 Jahre) berückſichtigen, da ſich in den Mittelwerthen langjähriger Beobachtungen die Zufälligkeiten mehr und mehr ausgleichen müſſen; indeß da ſich kein ganz ſicheres Urtheil nach einem bloßen Aperçu fallen läßt, wie viel hierauf zu rechnen, ſo wird es gelten, ſich noch von andern Seiten her gegen jenen Verdacht ſicher zu ſtellen.

In dieſer Hinſicht tritt uns zuvörderſt die Bemerkung entgegen, daß die größte und die kleinſte Zahl, die wir gefunden haben, um 14 Tage, d. i. merklich um den halben ſynodiſchen Monat auseinander liegen (Bruchwerthe der Tage können nach der Verzeichnungsweiſe der Beobachtungen nicht vorkommen). Dieß iſt aber im Falle eines periodiſchen geſetzlichen Einfluſſes mit einem Haupt-Maximum und Minimum das Wahrſcheinlichſte, was ſich erwarten läßt, und ſpricht alſo für das Daſein eines ſolchen Einfluſſes.

Dann haben wir ein Mittel, der Ausgleichung der Zufälligkeiten, wozu die Länge der Beobachtungszeit noch nicht hinreichend war, dadurch zu Hülfe zu kommen, daß wir ſtatt der Werthe einzelner Tage mehrtägige Summen- oder Mittelwerthe in Betracht nehmen. Sollte es uns darauf ankommen, in ſolchen die Verhältniſſe einzelner Tage wenigſtens angenähert repräſentirt zu haben, ſo dürften wir am beſten bei 3tägigen Mitteln oder Summen ſtehen bleiben, die angenähert (wenn ſchon nur angenähert) den Werthen der mittleren Tage ſubſtituirt werden können. Da es aber jetzt nur zu entſcheiden gilt, ob überhaupt der Mondlauf einen Einfluß auf die Zahl der Niederſchläge hat, ſo wollen wir die größtmögliche Ausgleichung der Zufälligkeiten zu bewirken ſuchen, indem wir die halbe Zahl der Monatstage der andern halben Zahl vereinigt gegenüberſtellen, und zuſehen, ob ſich auch jetzt noch ein erheblicher Unterſchied der Werthe für beide zeigt.

Summiren wir alſo nach den Datis der Originaltabelle alle Niederſchläge, die auf die 15 Tage des zunehmenden Mondes fallen, den Neumondstag als erſten Tag des zunehmenden Mondes gerechnet, und eben ſo alle Niederſchläge, die auf die 15 Tage des abnehmenden Mondes fallen *), indem wir den Vollmondstag als erſten Tag des abnehmenden Mondes rechnen. Es ergeben ſich für den zunehmenden Mond in Summa 2636, für den abnehmenden 2469 Niederſchläge, was eine Mehrzahl von 167 für erſtern und ein Verhältniß 1,0676 : 1,0000 zwiſchen beiden giebt.

Alſo auf den zunehmenden Mond fallen circa 107 Niederſchläge, indeß auf den abnehmenden nur 100 fallen.

Der Unterſchied iſt nicht gar zu bedeutend; und auf gar zu bedeutende Unterſchiede haben wir überhaupt bei dem Mondeinfluß nicht zu rechnen. Daß er aber nicht blos vom Zufall abhängt, kann uns folgende Probe, wenn ſchon nicht *ſicher* beweiſen, doch *wahrſcheinlich* machen. Warum ſollte nicht, wenn der Zufall nach ſo großen Anſtalten zu ſeiner Compenſation, als eine 30jährige Beobachtungszeit und eine Zuſammenfaſſung von 15 Monatstagen gewährt, noch ſo viel Macht hat, einen Unterſchied von 167 auf eine Geſammtzahl von 5105 Niederſchläge für zunehmenden und abnehmenden Mond zu bewirken; ein eben ſo großer Unterſchied dadurch für die Summe der paaren und unpaaren Monatstage entſtehen?

---

*) Bemerktermaßen hat eigentlich der ſynodiſche Monat nicht 30, ſondern nur 29½ Tag; zur Vollmachung des 30. Tages iſt eine Reduction, und bei den künftig anzuführenden Beobachtungsreihen zum Theil eine Interpolation der Werthe vorgenommen. Daher eine kleine Nichtübereinſtimmung zwiſchen den berechneten und den wirklich beobachteten Summen. Hierüber Näheres in der größern Schrift.

Summiren wir alſo nach den Datis der Originaltabelle erſtens alle Niederſchläge, die auf die unpaaren Monatstage, den 1., 3., 5. u. ſ. f., und zweitens alle, die auf die paaren Tage, d. i. den 2., 4., 6. u. ſ. f. fallen. Die Summe für die unpaaren Tage beträgt 2570, für die paaren 2535; alſo der Unterſchied nur 35, ſtatt vorhin 167. Nun dürfen wir vorausſetzen, daß an paaren und unpaaren Tagen kein weſentlicher Unterſchied des Mondeinfluſſes hängt, daß alſo dieſer Unterſchied wirklich nur von noch nicht ausgeglichenen Zufälligkeiten abhing. Aber wie viel kleiner iſt dieſer, als der, den wir für zunehmenden und abnehmenden Mond fanden.

Wir geben zu, daß dieſe Probe für ſich allein nicht genügt, da zufällig gerade in dieſem Fall der zufällige Unterſchied ſehr klein ausfallen konnte. Sie ſoll aber auch für jetzt blos andern Anzeichen zu Hülfe kommen, und ſich durch Wiederholung weiterhin verſtärken.

Es ließe ſich denken, daß noch eine andere Abtheilungsweiſe des Monats, als gerade in zunehmenden und abnehmenden Mond beſtände, wo der Unterſchied noch größer als oben ausfiele. Indeß hat die obige Abtheilungsweiſe ihr beſonderes Intereſſe; und ich will im Allgemeinen bemerken, daß ich nach Prüfung mehrer Beobachtungsreihen, von denen noch die Rede ſein wird, jene Abtheilungsweiſe durchſchnittlich als die erkannt habe, welche ganz oder ſehr nahe die größte Differenz giebt.

Es vereinigen ſich alſo mehrere Punkte in voriger Beobachtungsreihe, das Daſein eines geſetzlichen Mondeinfluſſes ſehr wahrſcheinlich zu machen. 1) die Größe des Unterſchiedes zwiſchen Maximum und Minimum, welche mit Rückſicht auf die Länge der Beobachtungszeit größer erſcheint, als man geneigt ſein kann, dem bloßen Zufall beizumeſſen; 2) die Zeitdiſtanz zwiſchen Maximum und Minimum nahe genau um die halbe Monatsperiode, wie im Fall eines geſetzlichen Einfluſſes zu erwarten; 3) ein Unterſchied zwiſchen den Werthſummen der beiden Haupthälften der Periode, welcher ſehr erheblich größer iſt, als eine beiläufige Probe für den Zufall finden läßt.

Daß die Zeiten des Maximum und Minimum nicht mit Vollmond und Neumond zuſammenfallen, kann keinen Einwand begründen, wenn wir uns erinnern, daß die vom Sonnenlaufe abhängigen Maxima und Minima, z. B. der Temperatur und des Drucks der Luft, auch nicht mit Mittag und Mitternacht, Sommer- und Winter-Sonnenwende zuſammenfallen.

Nach Allem wird es doch gut ſein, nicht zu viel auf *eine* Beobachtungsreihe zu bauen. Es iſt nicht *wahrſcheinlich*, daß die gefundenen Unterſchiede zwiſchen Maximum und Minimum, zwiſchen zunehmendem und abnehmendem Mond auf bloßem Zufall ruhen; aber es iſt möglich. Wenden wir uns alſo zu andern Beobachtungsreihen, um nach der Uebereinſtimmung oder Nichtübereinſtimmung derſelben mit der vorigen die gewonnene Wahrſcheinlichkeit zu verſtärken oder wieder Preis zu geben.

Zunächſt bietet ſich dazu eine zweite Unterſuchung von Eiſenlohr dar, betreffend eine 27jährige Beobachtungsreihe, welche in den Jahren 1806 bis 1832 von Herrenſchneider in Straßburg angeſtellt wurde, mit 3758 naſſen Tagen oder Niederſchlägen in 333 (ſynodiſchen) Monaten.

Auch hier zeigt ſich in der Originaltabelle der Beobachtungen der Gang der Mittel-Werthe für die einzelnen Monatstage noch unregelmäßig genug, ſo daß wir annehmen müſſen, die Zufälligkeiten ſind noch nicht hinreichend ausgeglichen. Aber durch dieſe Zufälligkeiten hindurch ſtellen ſich folgende beachtenswerthe Punkte heraus:

Das Maximum der Zahl der naſſen Tage fällt auf den 13. mit 154 Niederſchlägen, alſo nur um einen Tag abweichend vom Maximum der vorigen Reihe, eine Abweichung, die eben wegen der noch nicht völlig ausgeglichenen Zufälligkeiten nicht in Betracht kommen kann; und wenn ſchon nicht das Minimum ſelbſt, aber die dem Minimum nächſte Zahl 117 fällt auf den 29., nur um einen Tag abweichend von dem Minimum der vorigen Reihe.

Summiren wir, ebenſo wie in der vorigen Reihe für Carlsruhe, die Geſammtzahl der Niederſchläge für zunehmenden und für abnehmenden Mond *), ſo kommen für Straßburg auf den zunehmenden Mond 1988, auf den abnehmenden Mond 1840 Niederſchläge; was einen

---

*) Mit Interpolation der Zahl 122 für den 30. Tag der Originaltabelle.

Unterſchied von 148 auf eine Geſammtſumme von 3828 Niederſchlägen und ein Verhältniß 1,0804 : 1,0000 giebt. Alſo der Unterſchied für zunehmenden und abnehmenden Mond hat nicht nur dieſelbe Richtung. ſondern das Verhältniß zwiſchen beiden ſogar nahe denſelben Werth, als bei der Reihe für Carlsruhe, ohne daß wir übrigens auf letzteren Umſtand beſonderes Gewicht legen wollen; denn es wird ſich ſpäter zeigen, daß eine genaue Uebereinſtimmung dieſes Verhältniſſes für Orte mit verſchiedener abſoluter Anzahl Niederſchläge im Jahre nicht einmal zu erwarten iſt.

Wie ſtellt es ſich nun hier mit der Summe für die unpaaren und paaren Tage. Denn wir haben jetzt eine neue Gelegenheit zu prüfen, was der Zufall etwa vermag. Die Summe für die unpaaren Tage beträgt nach den Datis der Originaltabelle 1912, für die paaren Tage 1916 Niederſchläge, alſo der Unterſchied im Ganzen nur 4! Und dieſer Unterſchied hat die entgegengeſetzte Richtung als bei voriger Reihe. Es wird nach dieſen Verhältniſſen jeder Reihe für ſich und ihren Verhältniſſen zu einander ſchon ſchwer ſein, noch zu glauben. daß der ganze Mondeinfluß ein Schein des Zufalls war.

Eiſenlohr hat bei derſelben Beobachtungsreihe mit der Zahl der Niederſchläge auch die Menge des gefallenen Waſſers für alle einzelnen Monatstage aufgezeichnet. Sehen wir zu, ob und wie ſich dieſe Zahlen den vorigen anſchließen.

Als Maximumtag ergiebt ſich der 14. mit 814,92, als Minimum der 28. mit 454,64 Millimeter Regenhöhe (in Summa für die geſammten 27 Beobachtungsjahre); bemerktermaßen nämlich mißt man die Menge herabgefallenen Waſſers nach der Höhe, bis zu der es in einem Gefäße, in dem man es unter geeigneten Maßregeln auffängt, ſich über den Boden erhebt. (Ein Millimeter iſt nahe ½ Linie.) Das wären gar wieder ganz dieſelben Tage, die wir ſchon bei der Carlsruher Reihe als Maximum- und Minimumtag kennen lernten. Und welch' gewaltiger Unterſchied! Es fehlt nicht zu viel, ſo wäre die Regenmenge am Maximumtage doppelt ſo groß als am Minimumtage. Das Verhältniß iſt 179,00:100,00. Dieß zeigt, derſelbe Mondeinfluß, der die Regen häufiger macht, macht ſie auch dichter.

Die Geſammtſumme für zunehmenden Mond beträgt 9936,38, für abnehmenden*) 8821,00 Millimeter, was einen Unterſchied von 1115,38 Millimeter und ein Verhältniß von 112,65:100,00 giebt. Hienach ſind binnen 27 Jahren in Straßburg während des zunehmenden Mondes 3,4336 par. Fuß (d. i. weit über halbe Manneshöhe) mehr Waſſer als während des abnehmenden herabgefallen; denn ſo viel beträgt der Unterſchied 1115,38 Millimeter. Der zunehmende Mond füllt hienach 9 Fäſſer mit Waſſer, indeß der abnehmende blos 8 füllt.

Ich knüpfe hieran für eine Hausfrau, die mit einer andern daſſelbe Haus bewohnt, und das Waſſer zum

---

*) Mit Interpolation von 537,28 Millimetern für den 30. Tag.

Waſchen abwechſelnd mit ihr aus der Traufe ſammelt, den Rath, ſich den zunehmenden Mond dazu auszubedingen, was dieſe gern zugeſtehen wird, wenn ſie die Frau eines aufgeklärten Mannes iſt, da ſie dann auf den Mond nichts geben wird. So würde die Frau Profeſſorin *Schleiden* gewiß nichts gegen dieſen Vertrag, und meine Frau dafür ein Faß Waſſer mehr auf achte haben.

Laſſen wir die Frauen das mit einander ausmachen; und gehen weiter in dem, was wir als Männer auszumachen haben. Ziehen wir wieder dem zunehmenden und abnehmenden Monde gegenüber die paaren und unpaaren Tage in Betracht; ob wir nicht doch einmal auf einen Fall kommen, wo der Zufall, der an letzteren hängt, es dem Unterſchiede, der an erſteren hängt, gleich thut.

Die Summe für die unpaaren Tage beträgt 9152,62, für die paaren Tage 9604,76 Millimeter; was nur ein Unterſchied von 452,14 Millimeter iſt, den man auf Zufall zu ſchreiben hat. Dieſer Unterſchied iſt verhältnißmäßig größer, als man ihn gewöhnlich für die paaren und unpaaren Tage findet, erreicht aber doch noch bei Weitem nicht die Hälfte des obigen für zunehmenden und abnehmenden Mond.

Das wären denn *einige* der Reſultate, die ſich aus *Eiſenlohr's* Unterſuchungen ergeben, deſſen Autorität *Schleiden* ſo durchſchlagend gegen den Mondeinfluß findet. Ich ſage *einige*. Denn wie bemerkt, verfolgt *Eiſenlohr* den Mondeinfluß viel weiter als in Bezug blos auf die wäſſerigen Niederſchläge. Ich komme weiterhin darauf zurück; verlaſſe aber ſeine Unterſuchungen jetzt, um noch die Reſultate einiger anderen Unterſuchungen bezüglich der wäſſerigen Niederſchäge mit den vorigen zuſammenzuſtellen.

Da wir mit Straßburg nach Frankreich gelangt ſind, wollen wir gleich in dieſer Richtung weitergehen. Hier bietet ſich uns eine 29jährige Beobachtungsreihe (von 1804—1832) für Paris mit 3625 Niederſchlägen in 359 (ſynodiſchen) Monaten dar, welche E. Bouvard (nicht zu verwechſeln mit dem ältern A. Bouvard) unterſucht hat *). Seine Unterſuchungen betreffen ebenfalls nicht blos den Einfluß des Mondes auf wäſſerige Niederſchläge, ſondern auch auf Wind und Barometerſtand. Aber bleiben wir jetzt bei den wäſſerigen Niederſchlägen ſtehen.

Das Maximum fällt danach mit 148 Niederſchlägen auf den 13., das Minimum mit 100 Niederſchlägen auf den 28. Alſo abermals dieſelben Tage, die uns ſchon bei den vorigen Reihen als die des Maximum und Minimum begegnet ſind. Der Unterſchied iſt nur viel bedeutender (48 auf 100); ja ſo bedeutend, mit Rückſicht auf die Länge der Beobachtungszeit, daß man, abgeſehen von der Zuſammenſtimmung der Zeiten mit den vorigen Reihen, nicht wohl mehr an Zufall denken könnte. Nun kommt aber noch dazu, daß der Unterſchied in Paris für die Zahl der Niederſchläge (nicht für die Menge des fallenden Waſſers) auch wirklich bedeutender ausfallen

---

*) Quetelet Corresp. math. et phys. T. VIII p. 257.

muß, als an vorigen Orten, falls ein geſetzlicher Mondeinfluß ſtattfindet, wie ich im folgenden Kapitel zeigen werde.

Für zunehmenden und abnehmenden Mond erhalten wir die Zahlen 1884 und 1741, was einen Unterſchied von 143 und ein Verhältniß von 1,0821 giebt; abermals merkwürdig übereinſtimmend mit den oben gefundenen Verhältniſſen. Um der Macht des Zufalls wieder auf den Puls zu fühlen, nehmen wir auch hier die Summe für unpaare und paare Tage, und finden die Zahlen 1803 und 1795, welche blos um 45 differiren.

Auch Bouvard hat die Menge gefallenen Waſſers unterſucht. Der Tag des Maximum findet ſich hier mit 1,73 Millimeter (als Durchſchnittshöhe für den Maximumtag), ſchlecht übereinſtimmend mit dem bisher Gefundenen am 2. Solche Abweichungen müſſen wir aber immer möglich halten, ſo lange die Zufälligkeiten noch nicht ausgeglichen ſind; ja unter mehreren Reihen ſind dann nothwendig nach den Principien der Wahrſcheinlichkeitsrechnung ſolche zu erwarten. Auch kann die Verſchiedenheit der Oertlichkeit einen Unterſchied machen. Doch glaube ich, daß die Abweichung in der That von rückſtändigen Zufälligkeiten abhangt, denn die Originaltabelle der Beobachtungen zeigt einen beſonders unregelmäßigen Gang der Werthe. Auch findet ſich der Minimumtag wieder, übereinſtimmend mit dem bisherigen, am 28. mit 1,01 Millimeter. Und die bisher gefundenen Maximumtage, der 13. und 14., zeigen ſich, mit 1,36 und 1,43 Millimeter, höher als dieſer Minimumtag. Alſo doch inſofern immer noch Uebereinſtimmung mit allem Bisherigen.

Zunehmender Mond giebt im Mittel für 1 Monat 21,26 Millimeter, abnehmender 19,90 Millimeter gefallenes Waſſer. Unterſchied 1,36 Millimeter; Verhältniß 106,83:100,00. Alſo verläugnet der zunehmende Mond ſeine Eigenſchaft des Plusmachens auch hier nicht. Unpaare und paare Tage dagegen geben reſpective mit 20,63 und 20,53 Millimeter nur einen Unterſchied von 0,10 Millimeter.

Bemerken wir im Rückblick, daß der noch uncompenſirt gebliebene Zufall bei dem Unterſchiede der Werthſummen für die unpaaren und paaren Tage, abgeſehen von ſeiner verhältnißmäßig geringen Größe, ſich auch dadurch als Zufall charakteriſirt, daß er unter fünf Fällen dreimal die größere Werthſumme für die paaren, zweimal für die unpaaren Tage gegeben hat, indeß ausnahmslos in denſelben fünf Fällen die größere Werthſumme auf den zunehmenden, die kleinere auf den abnehmenden Mond fällt.

Hienach kehren wir nach Deutſchland zurück, zu den Unterſuchungen des eifrigſten Mondmeteorologen, Schübler's, der vor Andern dazu beigetragen hat, den Einfluß des Mondes auf die Witterung wieder zu Ehren zu bringen. Und, wenn ſchon ſich an ſeiner Behandlung der Beobachtungen, theils in Betreff der Combination derſelben, theils der Art des Mittelziehens Einiges ausſetzen läßt, wird ihm doch immer ein Hauptverdienſt in jener Hinſicht bleiben; wir aber ſind, in ſo weit die Beobachtungsdata ſelbſt von ihm vorgelegt worden, nicht an ſeine Behandlung derſelben gebunden.

Des Näheren hat Schübler außer einigen zuſammenſtellenden Abhandlungen zwei eigene Unterſuchungen über unſern Gegenſtand veröffentlicht; die erſte in einer beſondern Schrift darüber *), worin er 28jährige Beobachtungen mit 4299 naſſen Tagen in 348 (ſynodiſchen) Monaten theils zu Augsburg, theils Stuttgart, theils München angeſtellt, hinſichtlich des Mondeinfluſſes ſowohl auf Zahl der naſſen Tage, als Menge des gefallenen Waſſers als Windrichtung unterſucht.

Die Augsburger Beobachtungen umfaſſen 16 Jahre, von 1813 bis 1828; die Stuttgarter 4 Jahre, von 1809 bis 1812; die Münchener 8 Jahre, von 1781 bis 1788.

Wiederum begegnen uns hier weſentlich dieſelben, für den Mondeinfluß charakteriſtiſchen Punkte, welche ſich übereinſtimmend aus den vorigen Unterſuchungen ergaben. Das Maximum mit 167 Niederſchlägen fällt auf den 13., das Minimum mit 129 Niederſchlägen auf den 28.**) Der zunehmende Mond hat 2214, der abnehmende 2085 Niederſchläge. Unterſchied 129, Verhältniß 1,0619:100,00. Paare und unpaare Tage laſſen ſich wegen der eigenthümlichen Dispoſition von Schübler's Beobachtungsreihe nicht vergleichen: auch iſt mit den vorigen Vergleichen wohl genug für den Nachweis geſchehen, daß die für zunehmenden und abnehmenden Mond beobachteten Unterſchiede weit größer und conſtanter in der Richtung ſind, als die für paare und unpaare Tage, welche uns einen ungefähren Maßſtab deſſen geben ſollten, was möglicherweiſe auf Zufall zu ſchreiben.

---

*) Schübler's Unterſuchungen über den Einfluß des Mondes auf die Veränderungen unſerer Atmoſphäre. Leipzig, 1830.

**) Nach Schübler reſpective 1 Tag nach dem 2. und 1 Tag nach dem 4. Octanten, was den obigen Tagen des Mondalters entſpricht.

Für die Menge gefallenen Waſſers iſt die Unterſuchung Schübler's unvollſtändiger, indem ſie blos fünf Phaſen des Mondes betrifft; die Reſultate ſtimmen aber wieder ſehr gut mit denen überein, die man für dieſelben Phaſen aus den bisherigen Reihen erhält. (S. eine Zuſammenſtellung darüber im folgenden Kapitel.)

In ſeiner zweiten Unterſuchung combinirt Schübler*) die vorigen 28 Beobachtungsjahre für Augsburg, Stuttgart, München, welche nicht in continuo unter einander fortlaufen, mit 32jährigen, welche in und bei Tübingen und in Stuttgart von drei verſchiedenen Beobachtern angeſtellt worden ſind, ſo daß aus der Geſammtheit derſelben eine fortlaufende 60jährige Reihe von Beobachtungen von 1772 bis 1831 mit 9150 Niederſchlägen in 753 (ſynodiſchen) Monaten entſteht; wobei er aber blos die Zahl der Niederſchläge in Betracht zieht.

Nun dürfen wir uns nicht verhehlen, daß durch dieſe Zufügung der 32 Jahre nicht die zu hoffende Verſtärkung, ſondern eher eine Schwächung des Beweiſes für den Mondeinfluß ſich herausſtellt. Immer noch iſt zwar für die geſammten 60 Jahre ein Uebergewicht auf Seiten des zunehmenden Mondes, was aber gegen das bisher beobachtete ſehr verringert iſt; immer noch fällt das Maximum in die Gegend des zweiten Octanten (am Tage vor demſelben, d. i. den 11.); aber das Minimum iſt von der Gegend des 4. Octanten bis zum letzten Viertel (welchem der 25. des Mondalters entſpricht) gerückt, und das Verhältniß der Zahl der Niederſchläge beim Maximum und Minimum iſt nur 1222:1084, d. i. 112,4:100,0; ſo daß die Lage des Minimum ſich etwas verändert und der ganze Einfluß des Mondes etwas geſchwächt gegen alle frühere Beobachtungen zeigt. Inzwiſchen bleibt doch auch hienach ein Mondeinfluß noch ſo entſchieden, daß von Schübler dieſe 60jährige Beobachtungsreihe zu den ausgedehnteſten Folgerungen über den Mondeinfluß benutzt werden konnte.

---

*) Kaſtner, Archiv für Chemie und Meteorologie. V. S. 168.

Fragen wir uns nach dem Grunde der Anomalie, die uns hier in gewiſſer Hinſicht entgegentritt, ſo liegt er vielleicht, denn gewiß vermag ich ihn nicht anzugeben, in folgendem Umſtande: Es iſt nicht wahrſcheinlich, daß der Mond einen directen Einfluß auf die Vermehrung und Verminderung der wäſſerigen Niederſchläge äußert, ſondern dadurch, daß er die Druckverhältniſſe, und in den obern Regionen die Temperaturverhältniſſe (ſ. unten), vermöge deſſen aber die Windrichtung ändert. In der That werden wir weiterhin ſehen, daß dieſelben Mondphaſen, welche die Zahl und Menge der wäſſerigen Niederſchläge in Carlsruhe, Straßburg, Paris, Augsburg begünſtigen, auch einen niedern Barometerſtand und ſüdweſtliche Winde, welche in der Regel Regen mitführen, daſelbſt begünſtigen. Nun leuchtet aber ein, daß je nach geographiſcher Länge und Breite, je nach der Lage zu Meeren und Gebirgen dieſelbe Aenderung des Drucks und der Temperatur verſchiedene Windrichtungen mitführen und derſelbe Wind verſchiedene Feuchtigkeitsverhältniſſe herbeiführen kann; da die Windrichtung durchaus nur von Relationen des Drucks und der Temperatur zwiſchen verſchiedenen Orten abhängt. Daher iſt es recht wohl möglich, daß der Mond an Orten, die in dieſer Beziehung ſehr von einander abweichen, verſchieden auf die Regenzahl und Regenmenge wirkt. Wir dürfen daher nicht Beobachtungen an Orten für vergleichbar halten, deren Verhältniſſe in dieſer Hinſicht nicht unterſucht ſind, oder die ihre Vergleichbarkeit nicht durch ſich ſelbſt bewähren. Wenn nun Schübler bei ſeiner 60jährigen Beobachtungsreihe die Beobachtungen von 6 Orten combinirt hat, ſo iſt ſehr wohl denkbar, daß ſich darunter Orte finden, denen die Vergleichbarkeit mit den vorigen abgeht. Ich habe die Zahlen der oben betrachteten 28jährigen Beobachtungsreihe von denen der 60jährigen abgezogen, wodurch die Zahlen einer 32jährigen für drei Orte übrig bleiben. Sie zeigen eine gänzliche Abweichung von allen bisherigen ſo wohl übereinſtimmenden Reſultaten, ſo daß ſie ſchlechthin uncombinirbar damit ſind, und ich mich wundere, wie Schübler dieſe 32jährigen Beobachtungen mit jenen 28jährigen hat combiniren können. Wem fällt es auch bei den meteorologiſchen Einflüſſen der Sonne ein, die Beobachtungen von verſchiedenen Beobachtungsorten zu Einer Beobachtungsreihe zu combiniren. Beim Monde ſtellt ſich freilich das Bedürfniß dazu mehr heraus, weil es an Beobachtungen noch mehr mangelt; aber es iſt immer erſt zu unterſuchen, ob die Beobachtungen auch eine Combination vertragen.

Die Vermuthung, daß für Orte von ſehr abweichender Lage der Einfluß des Mondes auf die wäſſerigen Niederſchläge nicht vollkommen vergleichbar iſt, wird dadurch gerechtfertigt, daß einige Beobachtungsreihen (worüber das Nähere in meiner größern Schrift) für Orte von ſehr abweichender geographiſcher Lage wirklich vorliegen, welche für ſich genommen eben ſo wohl einen Einfluß des Mondes auf die wäſſerigen Niederſchläge anzeigen, als die vorigen, aber ganz andere Verhältniſſe dieſes Einfluſſes finden laſſen, ſo die Beobachtungen von Poitevin für Montpellier (in ſüdlicher Meereslage), deren Arago gedenkt*), und die Beobachtungen von Everest**) in Calcutta.

Es konnten alſo auch die Beobachtungen von Carlsruhe, Straßburg, Paris, Augsburg, Stuttgart, München***) hier nur in ſofern zuſammengeſtellt werden, als ſie ſich dieſer Zuſammenſtellung fügen. Daß aber an mehreren Orten, die ſich in nicht zu abweichenden geographiſchen Verhältniſſen finden, ſo übereinſtimmende Ergebniſſe erhalten wurden, iſt immer als eine beträchtliche Verſtärkung des Beweiſes, der ſich aus den Beobachtungsreihen für jeden einzelnen Ort ergiebt, anzuſehen, ohne daß die Abweichung, die ſich für andere Orte zeigt, dieſen Beweis weſentlich zu ſchwächen vermag. Es iſt hier wie oft, daß die poſitiven Reſultate mehr beweiſen, als die negativen gegenbeweiſen können. Denn Vergleichbarkeit iſt weſentliches Erforderniß für jeden Vergleich. Wollen wir aber auch die 32 Jahre, die Schübler den 28 hinzugefügt hat, in den gemeinſamen Nexus aller beobachteten Reihen aufnehmen, ſo bleibt nichts deſto weniger der Mondeinfluß noch ganz entſchieden; und wie ſchon bemerkt, hat Schübler ſelbſt die Combination der 32 mit den 28 Jahren zur Conſtatirung und Erörterung des Mondeinfluſſes benutzt.

---

*) Annuaire du Bureau de Longit. p. 1833. p. 167.

**) Biblioth. univ. 1836. Avril.

***) Ich finde, daß ſelbſt die Beobachtungen von München, die durch Abzug der Zahlen der Tabelle für Augsburg und Stuttgart in Schübler's Unterſuchungen S. 4 von den Zahlen der Geſammttabelle für alle 3 Orte S. 8 ſich beſonders darſtellen laſſen, nicht zum beſten mit den übrigen ſtimmen.

Die bisher angeführten fünf Unterſuchungen von Eiſenlohr, Bouvard und Schübler über den Einfluß des Mondes auf wäſſerige Niederſchläge ſind die ausführlichſten, die ich kenne. Doch verſtärken ſie ſich noch durch einige Unterſuchungen, reſpective von Flaugergues und Quetelet, die ſich theils auf weniger Phaſen, theils kürzere Beobachtungszeit erſtrecken, aber in ihren Reſultaten wieder ſehr gut mit den vorgenannten, poſitiv für einen Mondeinfluß in derſelben Richtung beweiſenden, übereinſtimmen; ſo daß der ungünſtige Eindruck der 32jährigen

Schübler'ſchen Reihe dadurch um ſo mehr compenſirt werden muß, als durch die Quetelet'ſchen Beobachtungen 9 neue Beobachtungsjahre (1842—1850) zu den bisherigen hinzutreten. Ich will das Weſentlichſte davon in Einſchaltung geben, da es nichts Neues, ſondern nur neue Beſtätigungen zum Bisherigen hinzufügt.

Flaugergues *) hat ſich hauptſächlich durch Beobachtungen über den Einfluß des Mondes auf den Barometerſtand ein Verdienſt erworben, jedoch bei Gelegenheit deſſelben auch den Einfluß der 4 Hauptphaſen (Syzygien und Viertel) auf die wäſſerigen Niederſchläge beſtimmt. Seine zu Viviers (von 1808—1828) angeſtellten 20jährigen Beobachtungen ergaben die Zahl der Niederſchläge folgende Werthe:

Neumond	1. Viertel	Vollmond	Leztes Viertel
78	88	82	65.

Das Minimum fällt hienach entſchieden auf das lezte Viertel, das Maximum auf das erſte Viertel. Entſchieden auf das lezte Viertel unter den 4 Hauptphaſen laſſen aber auch alle bisherigen Reihen, die Carlsruher, Straßburger, Pariſer, die 28jährige und ſelbſt die 60jährige Schübler'ſche, das Minimum fallen. Das Maximum unter den 4 Hauptphaſen anlangend, ſo fällt es bei zwei von den erſtgenannten 4 Beobachtungsreihen ebenfalls wie nach **Flaugergues** auf das 1. Viertel, bei zweien auf den Vollmond, welche Schwankung nicht auffallen kann, wenn wir uns erinnern, daß es es nach allgemeiner Uebereinſtimmung eigentlich **zwiſchen** beide Hauptphaſen, in die Nähe des 2. Octanten, fällt.

Quetelet's **) Beobachtungen, angeſtellt in Brüſſel, bezüglich auf die gefallene Waſſermenge, befaſſen blos 9 Jahre, von 1842 bis 1850, was eigentlich viel zu wenig iſt, um für ſich allein ſichere Schlüſſe zu begründen. Es ſind darin je drei Tage zuſammengeſtellt, welche folgende Waſſermenge in Millimetern Höhe geben:

---

*) Bibl. univ. XXXVI. p. 264.

**) Quetelet, sur le climat de la Belg. V. Partie. 1852. p. 69.

Tabelle über die Quantität gefallenen Waſſers nach 9jährigen Beobachtungen in Brüſſel, von Quetelet.

Tage des Monats.	Millim. Waſſer.	Tage des Monats.	Millim. Waſſer.	Tage des Monats.	Millim. Waſſer.
29. 30. 1.	3.40	11. 12. 13.	4.95	23. 24. 25.	3.59
2. 3. 4.	3.94	14. 15. 16.	4.02	26. 27. 28.	3.66
5. 6. 7.	3.16	17. 18. 19.	3.92		
8. 9. 10.	3.53	20. 21. 22.	4.38		

Das Maximum der gefallenen Waſſermenge zeigt ſich hier am 11. 12. 13., wo der 2. Octant in der Mitte liegt, was den frühern Reſultaten entſpricht, das Minimum am 5. u. 7., demnächſt am 29. 30. 1.; wovon der zweite Werth nahe mit der gewöhnlichen Lage des abſoluten Minimum zuſammenfällt. Wonach ſelbſt dieſe geringe Zahl Beobachtungsjahre ein mehr als zu erwarten übereinſtimmendes Ergebniß mit den längern Beobachtungsreihen liefert.

Laſſen wir nun die (durch Abzug von der 60jährigen erhaltene) 32jährige Schübler'ſche Reihe mit der Poitevin'ſchen und Grecſt'ſchen, als der Vergleichbarkeit mit den übrigen aus angegebenen Geſichtspunkten ſich entziehend, bei Seite, ſo vereinigen ſich die Reſultate von 6 unabhängig von einander angeſtellten Beobachtungsreihen für Orte, die nicht zu weit in den geographiſchen Verhältniſſen abweichen, mit einer bemerkenswerthen Uebereinſtimmung dahin, daß die Zahl der wäſſerigen Niederſchläge und Menge des gefallenen Waſſers um den 13. und 14. des (ſynodiſchen) Monats (den Neumond als 1. gerechnet) am größten, um den 25. herum am kleinſten iſt, daß das Maximum und Minimum um den halben ſynodiſchen Monat auseinander liegen, und die Regenzahl und Regenmenge während des zunehmenden Mondes nicht unerheblich größer als während des abnehmenden iſt. Die Zeit des Maximum fällt zwiſchen das 1. Viertel und Vollmond in die Nähe des 2. Octanten; die Zeit des Minimum zwiſchen das letzte Viertel und Neumond, in die Nähe des 4. Octanten.

Bisher haben wir blos den Einfluß der Mondphaſen auf die wäſſerigen Niederſchläge in Betracht gezogen; es fragt ſich aber, ob nicht auch noch andere Verhältniſſe des Mondlaufes Einfluß darauf äußern. Namentlich erhebt ſich dieſe Frage in Bezug auf Erdnähe und Erdferne, kurz die Apſiden und überhaupt die Verhältniſſe des anomaliſtiſchen Laufes (vgl. S. 143).

Ihr Einfluß auf die wäſſerigen Niederſchläge iſt in der That nicht nur unterſucht, ſondern auch erwieſen, indem ſich durch die übereinſtimmenden Ergebniſſe vier ganz von einander unabhängiger Beobachter, Schübler, G. Howard, Flaugergues und Mädler herausgeſtellt hat:

daß die Zahl der wäſſerigen Niederſchläge ſo wie die Menge des gefallenen Waſſers zur Zeit der Erdnähe größer als zur Zeit der Erdferne iſt.

Doch iſt der Unterſchied in dieſer Hinſicht geringer als derjenige, welcher von den Phaſen abhängt.

Für die Summe dreier Tage, deren Mitte die Erdnähe und Erdferne bildet, wurden folgende Zahlen Niederſchläge gefunden:

	3 Tage der Erdnähe	3 Tage der Erdferne	Verhältniß
Schübler*), S. W. Dt. (28 J.)	523	485	107.83 : 100.00
Mädler**), Berlin (16 J.)	319	301	105.98 : 100.00
Bouvard***), Paris (20 J.)	404	396	102.02 : 100.00
Summa	1246	1172	106.32 : 100.00

Für die Apſidentage ſelbſt aber folgende Zahlen:

	Tag der Erdnähe	Tag der Erdferne	Verhältniß
Flaugergues††), Viviers (20 J.)	96	84	114.29 : 100.00
Schübler, S. W. Dt. (28 J.)	184	161	114.28 : 100.00
Mädler, Berlin (16 J.)	102	95	107.37 : 100.00
Bouvard, Paris (20 J.)	133	133	100, 0 : 100.00
Summa	515	473	108.88 : 100.00

---

*) Schübler's Unterſuch. S. 27. Schübler hat hier bei den Apſidentagen, nicht bei den dreitägigen Beobachtungsreihen auf den Eintritt der Erdnähe und Erdferne Rückſicht genommen.

**) Beer und Mädler der Mond. S. 163.

***) Corresp. math. et phys. par Quetelet. T. VIII. pag. 267.

††) Flaugergues giebt keine Beſtimmung für die Nachbartage der Apſidentage.

Alſo durchſchnittlich für die genannten Beobachtungsorte fällt am Tage der Erdnähe etwa um 9 p. C. häufiger Waſſer als am Tage der Erdferne.

Für die Quantität gefallenen Waſſers ergiebt ſich nach den 29jährigen Bouvard'ſchen Beobachtungen im 3tägigen Mittel das Verhältniß für Erdnähe und Erdferne 117.13 : 100,00, und für die Apſidentage allein: 104,55 : 100,00; nach 16jährigen Schübler'ſchen in Augsburg für die Apſidentage allein*) 117,46 : 100,00.

Für alle Tage des anomaliſtiſchen Umlaufs liegt blos die 29jährige Pariſer Beobachtungsreihe von E. Bouvard vor. Hienach findet ſich in 3tägigen Summen das Maximum der Zahl der naſſen Tage mit 411 am letzten, d. i. 28. dieſes Monats (wenn Erdnähe = 1 gilt), oder 1 Tag vor der Erdnähe, das Minimum mit 356 am 10. als Mitteltagen; das Maximum der Menge gefallenen Waſſers ebenſo mit 4,57 Mill. 1 Tag vor der Erdnähe, das Minimum mit 3,63 Mill. am 17. oder 2 Tage nach der Erdferne. Dieſe Ergebniſſe laſſen es nicht unwahrſcheinlich erſcheinen, daß das Maximum und Minimum eigentlich mit Erdnähe und Erdferne ſelbſt zuſammenfallen und nur wegen noch rückſtändiger Unregelmäßigkeiten der Beobachtungsreihe ſich noch davon abweichend zeigen.

Wie leicht zu erachten, wenn die günſtigſten oder die ungünſtigſten Punkte des ſynodiſchen und anomaliſtiſchen Mondlaufes für den Regen zuſammentreffen, d. i. der 2. Octant mit der Erdnähe, oder der 4. Octant oder das ihm naheliegende letzte Viertel mit der Erdferne, wird auch die Neigung zu Regen beſonders groß oder klein, und der Unterſchied zwiſchen den Werthen für die reſpectiven Tage ſolchen Zuſammentreffens beſonders groß ausfallen. In der That fand Schübler bei ſeinen 28jährigen Beobachtungen[*]), daß, während 2. Octant mit Erdnähe 57,3 naſſe Tage gab, letztes Viertel[**]) mit Erdferne blos 37,3 naſſe Tage gab; was ein Verhältniß 153,5 : 100,0 iſt.

---

*) Schübler Unterſuch. 40.

Wenn alſo die Erdnähe mit dem 2. Octanten zuſammentrifft, regnet es (an den Orten, die Schübler's Unterſuchung unterlagen) ungefähr $1\frac{1}{2}$ mal ſo oft, als wenn die Erdferne mit dem letzten Viertel zuſammentrifft.

Freilich wird wegen des ſeltenen Zuſammentreffens der wirkſamſten Punkte des ſynodiſchen und anomaliſtiſchen Umlaufes eine einigermaßen genaue Verhältnißbeſtimmung für die Tage ſolchen Zuſammentreffens nur aus ſehr langjährigen Beobachtungen zu erwarten ſein.

Ueber einen etwaigen Einfluß des täglichen (ſcheinbaren) Ganges des Mondes oder der ſog. Mondſtunden auf das Erſcheinen der wäſſerigen Niederſchläge ſind mir keine directen Unterſuchungen bekannt, obſchon nach dem gleich nachher zu beſprechenden Einfluß derſelben auf Heiterkeit und Trübheit des Himmels ein ſolcher Einfluß wahrſcheinlich iſt. Dagegen findet Schübler einen Einfluß der Declination oder Breite des Mondes auf die wäſſerigen Niederſchläge, wozu jedoch noch weitere Beſtätigungen durch andere Beobachtungen erwünſcht ſein würden. Das Nähere darüber in meiner größern Schrift.

So viel zum Erweiſe der Thatſache des Mondeinfluſſes auf die wäſſerigen Niederſchläge. Ueber manche nähere Beſtimmungen verbreitet ſich das folgende Kapitel. Man kann hieran ſofort die Frage nach dem Grunde dieſes Einfluſſes knüpfen; und ſchon in einem bekannten Liede wird ſie mit den Worten aufgeworfen: „Warum ſind der Thränen unter'm Mond ſo viel?“ Hierauf iſt nun freilich weder im Vorigen eine genügende Antwort enthalten, noch wird eine ſolche im Folgenden zu finden ſein. Aber zur Beantwortung der Frage, zu welchen Zeiten es deren am meiſten giebt, dürfte doch das Vorige und im nächſten Kapitel noch Folgende einen guten Beitrag geben. Kurz: es regnet am meiſten, wenn der Mond bald voll werden will und wenn der Mond der Erde am nächſten iſt; das Wetter iſt hingegen am heiterſten, der Himmel lacht am meiſten, wenn der Mond bald neu werden will, und der Mond von der Erde am fernſten iſt; der 2. und 4. Octant ſind die genaueren Zeiten. Da die Thränen nur eine beſondere Art wäſſeriger Niederſchläge ſind, weint natürlich auch der Menſch zu dieſen Zeiten am meiſten und hängt damit der bekannte Einfluß des Mondes auf die Sentimentalität zuſammen. Namentlich Frauen, welche oft ſelbſt nicht wiſſen, warum ſie lachen oder weinen, dürften im Vorigen einen nützlichen Fingerzeig finden. Es liegt am Monde. Sie werden, wenn ſie auf ſich achten wollen, finden, daß ſie um den 2. Octanten am meiſten weinen, und um den 4. am meiſten lachen.

---

[*]) Schübler's Unterſuch. S. 56.

[**]) Für 4. Octanten gibt er keine Zuſammenſtellung.

Ein Thränenmeſſer oder Dakryometer würde daher auch unſtreitig ein ſehr geeignetes Inſtrument zum Studium des Mondeinfluſſes ſein, welches ich künftigen Beobachtern empfehle. Man würde damit zu den mikrochemiſchen Beobachtungen auch mikrometeorologiſche erhalten, und die Meteorologie würde die niedlichſte Wiſſenſchaft werden, indem man ſtatt der Zahl ganzer Regengüſſe blos die Zahl der vergoſſenen Thränen zu zählen oder in einem kleinen graduirten Gläschen zu meſſen hätte. Bei zierlicher Conſtruction mit etwas Geld könnte das kleine Inſtrument recht wohl in einem Etui neben dem Riechfläſchchen der Damen Platz finden und würde von ihnen gern gebraucht werden. Hiegegen würde man gern in den heitern Himmel manches Angeſichts zur Zeit des 4. Octanten blicken, und das bisher noch viel zu wenig betriebene Studium der Meteorologie würde eine Beſchäftigung für Liebhaber werden.

Eine Menge praktiſcher Regeln laſſen ſich auf die Kenntniß dieſer Verhältniſſe gründen: ich gebe nur einige zur Probe. Wenn Erdnähe mit 2. Octanten zuſammentrifft, ſo iſt ziemlich ſicher auf ſchlechtes Wetter, Regen, trüben Himmel, zu rechnen; man muß ſich dann keine Landpartie vornehmen; Frauen dürfen das Wäſchetrocknen nicht dahin verlegen; und wenn Männer trocknes Wetter im Hauſe haben wollen, mögen ſie am Morgen ſolchen Zuſammentreffens vorſichtig einen neuen Shawl auf den Putztiſch ihrer Frau legen, denn ein bloßes Schnupftuch thut es dann nicht mehr. Dagegen werden Freier wohlthun, zu ihrer Bewerbung und um zugleich ihre Entfernung von irdiſchen Abſichten anzudeuten, das Zuſammentreffen des 4. Octanten mit Erdferne abzuwarten, wo ſie einer freundlichen Aufnahme des Antrages ſicher ſein können, wenn ihnen nicht ſchon ein Anderer zuvorgekommen iſt; denn was ihr edler Gang, ihrer Augen Gewalt nicht durch ſich ſelbſt ausrichtet, hilft ihnen dann der Gang und das Geſicht des Mondes ausrichten. — Dichter wiſſen ſich oft gar nicht zu erklären, warum ihre Stücke durchfallen. Einfach darum, weil zu der erſten Aufführung die rechte Mondzeit verfehlt wird. Ein Trauerſpiel muß, um des Erfolges ſicher zu ſein, das erſtemal zur Zeit des 2. Octanten, wo die Thränen faſt von ſelbſt fließen; ein Luſtſpiel aber zur Zeit des 4. Octanten, wo ſchon der Mond die Leute zu lachen macht, aufgeführt werden. Bei den folgenden Aufführungen thun dann die Leute aus Gewohnheit daſſelbe wieder, was ſie bei der erſten thaten, und es bedarf keiner ängſtlichen Sorge mehr. Für den guten Rath, der hierin für die Dichter liegt, könnten dieſelben der Meteorologie einen großen Gegengefallen thun, wenn ſie jedem Gedichte ihrer Sammlungen ſein Mondalter, d. h. die Mondphaſe, wo es verfaßt worden, beifügen wollten. Denn einerſeits würde die Meteorologie dann in der abwechſelnden Wäſſerigkeit und Trockenheit derſelben ein neues bequemes Mittel finden, den Mondeinfluß zu ſtudieren, andererſeits eine neue Gelegenheit, ihr eigenes poetiſches Gelüſte zu befriedigen, das ſich ja ſchon in ihren Weiſſagungen verräth. Den Dichtern aber würde damit ein achtbares wiſſenſchaftliches Publicum und ein Abſatz ihrer Werke an phyſikaliſche Kabinete und meteorologiſche Inſtitute geſichert. Nachdem nun gegenwärtig die meiſten Gedichtſammlungen wie Diogeneſſe mit der Laterne herumgehen, einen Menſchen zu ſuchen, der ſie kauft und lieſt, und ſich dabei mit ihren wunderſchönen Einbänden auf dem Büchermarkte begegnen und vorſichtig ausweichen, wie die Träger der bunten Laternen auf dem Taucha'ſchen Jahrmarkte bei Leipzig, kann der einfache Weg, der ſich den Dichtern ſolchergeſtalt eröffnet, mit des Himmels Beiſtand einen aufmerkſamen Leſerkreis zu gewinnen, denſelben unſtreitig nur willkommen ſein und ſie zur Betretung auffodern.

All' das gehört aber eigentlich in den neuen Kalender, den ich jetzt bearbeite, um die großen Fortſchritte, welche die Wiſſenſchaft in der Erkenntniß der Mondeinflüſſe neuerdings gemacht hat, nun auch praktiſch für das Leben zu verwerthen. Beiläufig empfehl' ich ihn hier noch mit ein paar Worten. Wenn ſchon die Regeln über Haarabſchneiden, Aderlaß, Schröpfen, Purgiren u. ſ. w. in den bisherigen Kalendern ſo gute Dienſte geleiſtet haben, den Körper des Menſchen dem Himmel zuzuführen, dürften die auf ſo viel Höheres, Wäſcheaufhängen, Heirathen, Poeſie u. ſ. w., gehenden Regeln des neuen Kalenders auch etwas beitragen, die Seele in den Himmel nachzuführen. Alle Kunſt ſtammt überhaupt aus dem Himmel oder aus Aegypten, was nach unſern heutigen Begriffen nicht weit aus einander liegt, und ſo hat auch die ganze Malerei menſchlicher Bildniſſe ihren Urſprung aus den Kalender-Konterfeien des Mondantlitzes genommen. Dieſe aber ſehen ſeit Jahrtauſenden noch unverändert aus, wie die bekannten Damenkörner in den ägyptiſchen Pyramiden; und der Neumond läßt ſogar, — wie denn die Anfänge aller Kunſt unklar und unvollkommen ſind, — in Zweifel, ob man ein Mohrengeſicht oder Pfefferkorn als erſtes Samenkorn der Malerkunſt vor ſich hat. Mit der Herausgabe meines neuen Kalenders aber wird das Sämlein aufgehen und die Malerkunſt in eine neue Phaſe treten, indem das Mondantlitz ſich darin je nach ſeiner Phaſe lachend oder weinend darſtellen und jedem hiermit anzeigen wird, wenn er zu lachen und zu weinen habe, um es dem Himmel gleich zu thun und hiermit recht zu machen; wenn die Frau ihre Wäſche zu trocknen, der Freier ſeinen Heirathsantrag anzubringen, der Dichter ſeine Komödien und Tragödien aufzuführen habe u. ſ. w. u. ſ. w. Doch mehr hierüber zu ſagen, würde uns zu weit abführen und dem Abſatze des neuen Kalenders durch Vorwegnahme ſeines Inhaltes Schaden thun. Laſſen wir alſo jetzt Regen, Thränen, Dakryometer, Dichtkunſt, Malerei, und gehen unter dem Einfluſſe des 4. Octanten trocken weiter.

Gälte es überhaupt ſonſt nichts, als dem allgemeinen Publicum Schleiden gegenüber zu beweiſen, daß der Mond einen Einfluß auf die Witterung hat, ſo dürfte das Vorſtehende ſchon genügen. Beurtheilt man doch das Wetter im gewöhnlichen Leben hauptſächlich nach Trockenheit und Regen; und dieß iſt auch der Hauptgrund, weßhalb ich den Einfluß des Mondes darauf zuerſt in Betracht gezogen habe, ungeachtet er bemerktermaßen wahrſcheinlich nur ein vermittelter iſt. Es iſt aber mit der Betrachtung deſſelben der Gegenſtand erſt zum bei Weitem kleinſten Theile erſchöpft, und es wird ſich nun weiter fragen, ob nicht auch ein Einfluß des Mondes auf noch andere meteorologiſche Phänomene als die wäſſerigen Niederſchläge ſtattfindet. Da mehr oder weniger alle meteorologiſchen Veränderungen zuſammenhängen, kann dieß von vorn herein als wahrſcheinlich angeſehen werden, und wird ſich durch das Folgende zur Gewißheit erheben.

Der Mond geht in der That nicht ſo ſtille durch die Abendwolken hin, wie das Lied ſingt; er treibt die Wolken und vertreibt ſie, je nachdem; er geht mit unſichtbaren Flügelſchuhen, wir ſpüren den Schlag der Flügel an dem Zug des Windes unter ſeinem Gange; mitunter ſteigert ſich die Kraft der Flügel; dann giebt es Sturm und Wetter. Die Luft geht unter ſeinem Schritte elaſtiſch auf und nieder; wie er den Fuß ſenkt, breiten die Wolkengeiſter ihm den Teppich unter, und träufelt das Waſſer unter dem leiſen Drucke aus den feuchten Maſchen in die Kelche der Blumen, die unten dürſtend ſtehen, es aufzufangen; wie er den Fuß hebt, löſt ſich der Teppich auf, und ſenden die Blumengeiſter den Stoff zum neuen Teppich in Duft und Dunſt nach Oben. So wechſeln die Blumen- und die Wolkengeiſter und reichen ſich die Hände im Dienſt des Geiſterfürſten. Dafür webt er ihnen lichte Träume; wir ſelber ſehen etwas davon; an den Wolken ſieht es aus wie wunderbare Scheine; und wie der Mond Nachts am klaren Himmel ſteht, und die Blumen von den Luftgeiſtern, die ſorglich um ſie keine Ruhe finden, ſacht eingewiegt, nicken, ſchlafen, fällt in jede durch einen kleinen klaren Spiegel ſein Bild und blinkt und zittert leiſe; die Menſchen ſagen dann, es thaut; des Morgens verfliegt der Spiegel und das Bild, wie unſere eigenen Träume; er ſelber aber hält bei ſeinem Gange einen großen Spiegel in den Händen, den er nach der Sonne wendet, und kehrt ihn bald rechts, bald links, bald mit der lichten, bald mit der dunklen Seite nach der Erde, der großen Himmelsgabe von Licht und Wärme einen Theil entwendend, um ihn in ſchönerer und maßvollerer Verwendung zurückzuwenden.

Zunächſt richten wir bei unſerer neuen Frage die Aufmerkſamkeit auf ſolche Phänomene, welche mit den waſſerigen Niederſchlagen im nächſten Bezuge ſtehen, wohin vor Allem Wolkenbildung und Wolkenzerſtreuung, hiemit Trübung und Heiterkeit des Himmels gehören. Wie leicht zu erachten, da der Himmel beim Regen trübe iſt, und bei heiterem Himmel es nicht regnet, ſo iſt der Einfluß auf die Verhältniſſe von Heiterkeit und Trübung des Himmels in gewiſſer Hinſicht ſchon im bisher Betrachteten eingeſchloſſen und berückſichtigt; doch kann ja auch der Himmel trübe ſein, ohne daß es regnet; es fallen alſo die Verhältniſſe des Regens und der Trübung doch nicht ganz zuſammen.

und ſo kann man den Einfluß auf die letztern immerhin zum Gegenſtande einer beſondern Prüfung machen, wenn ſchon das Reſultat derſelben vorauszuſehen iſt, eine Vorausſicht, die ſich denn auch mit Folgendem beſtätigt.

Die Unterſuchungen von Eiſenlohr*), Bouvard**) und Schübler***) zeigen nämlich übereinſtimmend, daß zur Zeit des 2. Octanten und Vollmonds mehr trübe Tage ſind, als zur Zeit des letzten Viertels und 4. Octanten, was damit zuſammentrifft, daß zur erſten Zeit auch die Regenmenge größer iſt. Nicht minder hat Schübler†) (nach 16jährigen Beobachtungen zu Augsburg) gefunden, und E. Bouvard und Mädler durch allgemeine Angaben beſtätigt, daß die Zahl der trüben Tage zur Zeit der Erdnähe größer als zur Zeit der Erdferne iſt, wie es zur erſten Zeit mehr regnet als zur letzten. Es ſtimmt alſo in dieſer Hinſicht Alles auf das Beſte.

So verhält ſich nach den von Eiſenlohr††) unterſuchten 30jährigen Beobachtungen zu Carlsruhe (in 3- bis 4tägigen Mitteln) die Zahl der hellen Tage zur Zeit des 2. und 4. Octanten wie 29.602 : 34.561, und die Zahl der trüben Tage zu denſelben Phaſen wie 23.892 : 21.262. Der Vollmond tritt in dieſe Verhältniſſe mit 28.663 hellen, 24.253 trüben Tagen ein; ſteht alſo dem 2. Octanten nahe, was für eine bald folgende Erörterung in Betracht kommen wird. — Nach E. Bouvard's†††)

---

*) Pogg. Ann. XXX. 87.

**) Quetelet, Corresp. math. et phys. T. VIII. p. 265.

***) Schübler, Unterſuchungen. S. 21.

†) Schübler, Unterſ. S. 40.

††) Pogg. Ann. XXX. S. 87.

†††) Quetelet, Corresp. T. VIII.

29jährigen Beobachtungen zu Paris verhält ſich die Zahl der hellen Tage in der Zeit vom erſten Viertel bis Vollmond zur Zahl derſelben in der Zeit vom letzten Viertel bis Neumond wie 218 : 305, und die Zahl der trüben Tage für dieſelben Zeiten wie 1455 : 1362. Die Zeit vom 2. zum 3. Octanten (mit dem Vollmond in der Mitte) giebt 224 helle, 1461 trübe Tage. — Nach Schübler's*) 16jährigen Beobachtungen zu Augsburg (für die bloßen Phaſentage) verhält ſich die Zahl der hellen Tage zur Zeit des 2. Octanten und letzten Viertels**) wie 25 : 41, und der trüben Tage wie 65 : 53. Vollmond giebt 26 helle, 61 trübe Tage.

Das Verhältniß der trüben Tage am Tage der Erdnähe und Erdferne fand Schübler für Augsburg 110.67 : 100.00.

Bouvard bemerkt nur im Allgemeinen, die Zahl der Tage mit bedecktem Himmel ſei zur Zeit der Erdnähe größer als zu der der Erdferne geweſen; und Mädler ſagt in ſeiner kurzgefaßten Beſchreibung des Mondes (S. 118): „Daß bei der Erdferne des Mondes die Witterung durchſchnittlich etwas heiterer und trockener ſei, auch das Barometer höher ſtehe, als bei der Erdnähe, haben bereits frühere Beobachter dargethan, und ich finde es durch meine eigenen Wahrnehmungen beſtätigt."

Nun kommt aber ein Punkt, der einige Verlegenheit bereitet, nicht zwar in Betreff der Thatſache des Mondeinfluſſes, — wofür ſich vielmehr damit ein neuer, in gewiſſem Sinne ſogar der ſchönſte, und vielleicht am leichteſten conſtatirbare, wenn ſchon bisher nicht in genauen Zahlwerthen conſtatirte Beleg ergiebt; — aber in Betreff der Weiſe, wie der Zuſammenhang der verſchiedenen Momente des Mondeinfluſſes dabei zu deuten iſt.

---

*) Schübler, Unterſuch. S. 21.

**) Für 4. Octanten liegt keine Angabe vor.

Die größte Neigung zum Regen und zur Trübung des Himmels findet, ſo haben wir geſehen, gegen den Vollmond hin, um den 2. Octanten ſtatt, der Vollmond ſteht dem 2. Octanten darin noch nahe, und kann ſelbſt die Stelle des Mehr und Minder mit ihm wechſeln*). Auf der andern Seite aber lehrt die Erfahrung, daß das Heraufſteigen des Vollmondes über den Horizont vielmehr zur Wolkenzerſtreuung, alſo zur Beförderung der Heiterkeit des Himmels wirkt. Das ſcheint ein Widerſpruch. Zwar ein directer iſt es nicht. Denn die Neigung zur Trübung hängt von der Vollmondsphaſe, d. i. der Stellung des Mondes gegen die Sonne, die Neigung zur Heiterkeit aber von der Erhebung des Mondes, oder ſeiner Stellung zum Horizont ab, was verſchiedene Dinge ſind. Dennoch wäre es das Natürlichſte, was man erwarten ſollte, daß, nach Maßgabe, als der Vollmond mit zunehmender Höhe über dem Horizont ſenkrechter herabwirkt, auch der Einfluß, der ihm nach ſeiner Phaſe zukommt, ſich verſtärke. Doch iſt es nicht der Fall; und ſchon der Volksglaube mißt dem heraufſteigenden Vollmonde vielmehr die Kraft bei, die Wolken zu zerſtreuen, als zu ſammeln.

Aber, fragt man, muß dieß nicht gerade mißtrauiſch dagegen machen? Iſt überhaupt an der Sache etwas?

---

*) Genauer kann man ſich davon in Betreff der Verhältniſſe von Heiterkeit und Trübung durch die Angaben S. 178, und in Betreff der Niederſchläge durch die tabellariſchen Zuſammenſtellungen des folgenden Kapitels überzeugen.

Wie das Volk zu beobachten pflegt, iſt es ja natürlich, daß, weil der Vollmond nur ſichtbar iſt, wenn keine Wolken ihn verdecken, dem Vollmonde das als Wirkung zugeſchrieben wird, was vielmehr die Urſache ſeines Sichtbarwerdens iſt.

Da ſich in der That eine ſolche Vermuthung leicht darbietet, und in analogen Fällen auch wohl das Rechte trifft, doch aber auch das Volk mit ſeiner ſchlichten Beobachtung die Wahrheit zuweilen beſſer trifft, als die, welche auf Grund gar keiner Beobachtung dem Volksglauben widerſprechen, ſo mag folgende Zuſammenſtellung von Angaben über dieſen Gegenſtand Jeden in den Stand ſetzen, ſich ſelbſt ſein Urtheil darüber zu bilden.

J. Herſchel kommt in ſeinen Outlines*) auf dieſen Gegenſtand gelegentlich wie folgt zu ſprechen: „Obgleich die uns zugekehrte Oberfläche des Vollmondes (in Betracht des halbmonatelangen Tages) nothwendig ſehr ſtark erhitzt ſein muß, — möglicherweiſe weit über den Siedepunkt des Waſſers, — fühlen wir doch keine erhitzende Wirkung deſſelben, und ſelbſt im Focus ſtarker Brennſpiegel wird das Thermometer nicht dadurch afficirt. Kein Zweifel alſo, daß ſeine Hitze, entſprechend dem, was man überhaupt bei der Wärme von Körpern wahrnimmt, die unter dem Punkt ſichtbaren Glühens erhitzt ſind, viel leichter beim Durchgange durch durchſichtige Media abſorbirt wird, als die directe Sonnenhitze, und daß ſie hierdurch in den obern Regionen unſerer Atmoſphäre verbraucht (ausgelöſcht, extinguished) wird, ſo daß ſie gar nicht bis zur Oberfläche der Erde gelangt. Dieß gewinnt einige Wahrſcheinlichkeit durch die Neigung zum Verſchwinden der Wolken unter dem Vollmond (the tendency to disappearance of clouds under the full moon), eine meteorologiſche Thatſache (denn für eine ſolche halte ich mich vollkommen berechtigt ſie anzuſehen), wofür nothwendig eine Urſache aufzuſuchen iſt, und welche keine andere vernünftige Erklärung zuzulaſſen ſcheint."

---

*) Sec. ed. p. 262

Meinerſeits vermuthe ich nun, daß das, was John Herſchel für eine meteorologiſche Thatſache erklärt, auch eine ſolche ſein wird, zumal mit Rückſicht auf folgende Anmerkung, die er dem Satze: „für eine ſolche halte ich mich vollkommen berechtigt, ſie anzuſehen", unter dem Text hinzugefügt hat: „Nach meiner eigenen Erfahrung, welche ganz unabhängig von der Kenntniß gemacht wurde, daß eine ſolche Neigung ſchon von Andern beobachtet worden ſei. v. Humboldt indeß in ſeiner perſönlichen Mittheilung (in his personal narrative) ſpricht davon als von einer unter den Piloten und Seeleuten des ſpaniſchen Amerika wohlbekannten Sache*)."

---

*) v. Humboldt ſelbſt bezieht ſich in ſeinem Kosmos III, S. 547 auf dieſe Stelle von J. Herſchel, ohne aber ſeine eigene Angabe zu reproduciren, und citirt als Quelle von Herſchel's Angabe außer den Outlines auch den Report of the

Grenau*) führt in demſelben Sinne an: „Unſer berühmter Herr von Humboldt bemerkte auf ſeiner Reiſe in Südamerika, daß der Mond eine augenſcheinliche Kraft habe, die Wolken an ſich zu ziehen und zu zertheilen. Ich ſelbſt habe mich oft genug von der Wahrheit dieſer Bemerkung überzeugt. Auch fand ich die mir im Jahr 1761 mitgetheilte Erfahrung eines Landmannes, daß der Mond bei heranziehenden Gewittern, ſobald er durch die Wolken bricht, dieſelben vertreibe, bis jetzt vollkommen richtig und gegründet. Nur 1806 den 21. Auguſt ſtand der Mond bereits über dem Horizont, und es kam doch ein ſtarkes Gewitter aus Südoſt mit heftigem Platzregen herauf. Es zog indeſſen bald vorüber, der Mond war nun höher heraufgeſtiegen, ſtand in voller Pracht da und ſchien wiederum ganz helle, als bald darauf ein neues, eben ſo ſtarkes, und mit ſtarkem Platzregen verbundenes Gewitter wieder aus Südoſten heraufzog, den Mond gänzlich verdunkelte, und über die Stadt hinwegging.“

Prof. d'Arreſt in Leipzig, einer der ſorgfältigſten, und, was hier wichtig iſt, ſkeptiſchſten Obſervatoren, hat mich verſichert, daß nach ſeiner vielfachen Erfahrung die Neigung des Gewölkes, ſich bei heraufſteigendem Vollmonde zu zertheilen, unzweifelhaft ſei.

---

fifteenth meeting of the British Association for the Advancement of sc. 1846. Notices. p. 5.

*) Magazin der Geſellſchaft naturforſchender Freunde in Berlin. 1808. S. 105.

Dr. Ed. Jörg *) ſchreibt aus Weſtindien: „Der Einfluß des Mondes auf Ebbe und Flut, Wechſelfieber und auf die Wetterveränderungen iſt zu bekannt, um ihn hier zu erörtern; nur will ich anführen, daß ich auf Cuba in acht Jahren kaum zwei- oder dreimal Regen oder Gewitter erlebt habe, während der Mond am Himmel ſichtbar war; ſelbſt die drohendſten ſchwärzeſten Wolken zerſtreuten ſich vor dem aufſteigenden Monde, wie Spreu vor dem Winde, oder zertheilten ſich wie Nebel vor der Sonne, wenn ſie zwiſchen uns und der Mondſcheibe vorüberziehen.“

Nach der Zuſammenſtimmung dieſer erfahrungsmäßigen Zeugniſſe, denen nichts Anderes, als die Behauptung entgegenſteht, dergleichen ſei Volksvorurtheil, wird man, denke ich, wie es auch um die theoretiſche Vereinbarkeit der wolkenzerſtreuenden Kraft des heraufſteigenden Vollmondes mit der regenbefördernden Kraft der Vollmondsphaſe ſtehen mag, doch die Thatſache derſelben kaum bezweifeln dürfen.

Vielleicht bringt es uns der Aufklärung des ſcheinbaren Widerſpruches, der hier vorliegt, etwas näher, wenn wir bemerken, daß es in der That doch nicht die Vollmondsphaſe allein zu ſein ſcheint, in welcher das Heraufſteigen des Mondes die Heiterkeit des Himmels begünſtigt; nur daß der Vollmond in dieſer Hinſicht die meiſte Aufmerkſamkeit erweckt haben mag, und vielleicht auch wirk-

---

*) Dr. Ed. Jörg's Darſtellung des nachtheiligen Einfluſſes des Tropenklimas. S. 23.

lich verhältnißmaßig ſtärker, als die andern Phaſen wirkt. So wie nämlich die Beförderung der Heiterkeit eine allgemeine Eigenſchaft des hohen Mondſtandes wird, muß dieſe Eigenſchaft eben ſo gut auf die Phaſen Anwendung finden, die an ſich die Näſſe begünſtigen, als auf die, welche die Trockenheit begünſtigen, und kann möglicherweiſe bei erſtern ſelbſt eine ſpürbarere Gegenwirkung hervorbringen, als bei letztern. Gar oft kreuzen ſich ja entgegengeſetzte Einflüſſe. Daß aber wirklich der Mond überhaupt durch ſein höheres Aufſteigen die Heiterkeit begünſtige, dafür ſprechen die Beobachtungen **Kreil's** *) in Prag, auf die ich näher in meiner größern Schrift eingehe, wonach die Heiterkeit des Himmels ein Maximum bei hoher Stellung des Mondes (im Durchſchnitt des Jahres 2 Stunden vor dem Durchgang durch den obern Meridian) hat, ohne daß bei dieſen Beobachtungen ein Unterſchied zwiſchen den Phaſen gemacht wurde; daher nicht anzunehmen, daß der Vollmond allein bei dieſem Einfluſſe betheiligt war. (Auch die vorigen Angaben beziehen ſich nicht alle ſpeciell auf den Vollmond.) Es wäre aber allerdings ſehr zu wünſchen, daß dieſe Beobachtungen mit Rückſicht auf eine Unterſcheidung der Phaſen wiederholt oder die ſchon vorliegenden näher darauf unterſucht würden.

Bemerken wir dabei, daß die Beobachtungen **Kreil's** eher einen Zuſammenhang des betreffenden Mondeinfluſſes mit dem Einfluſſe auf das Barometer als Thermometer anzudeuten ſcheinen.

---

*) Magnetiſche und meteorologiſche Beobachtungen zu Prag. 1. Jahrgang 1841 und Abhandlungen der böhm. Geſellſchaft der Wiſſenſch. 5. Folge. 2. Band.

Immerhin iſt es eine liebenswürdige Eigenſchaft des Mondes, daß er die Wolken, die er am blauen Himmel heraufbeſchworen hat, auch durch ſein freundliches Ausſehen wieder zu zerſtreuen ſucht, und er kann in dieſer Hinſicht nicht genug zum Muſter genommen werden. Kaum ſollte man es ihm hienach zutrauen, daß er auch ein Donnerwetter loslaſſen kann. Doch iſt es mit ihm in dieſer Hinſicht nicht anders, als mit manchem ſanften und ſanftausſehenden Manne, der den Donnerkeil hinter den Ohren trägt. In der That ſprechen für den Einfluß des Mondes auf Gewitter mit großer Beſtimmtheit die 30jährigen Carlsruher Beobachtungen mit 746 Gewittern, welche Eiſenlohr*) zuſammengeſtellt hat, namentlich mit Rückſicht auf den Anſchluß ihrer Ergebniſſe an die, welche für die wäſſerigen Niederſchläge erhalten worden ſind.

Nach dreitägigen Summen fällt nämlich das Maximum (mit 85 Gewittern) auf den 13. als mittleren Tag, das Minimum (mit 67 Gewittern) auf den 29. Nun aber ward auch das Maximum und Minimum der wäſſerigen Niederſchläge reſpective am 13. und 28. (letzteres alſo nur um 1 Tag abweichend) gefunden.

Es bleiben noch Wind, Barometerſtand und Wärme zu berückſichtigen übrig.

Daß der Mond ein großer Windbeutel ſei, wird zwar von Schleiden in gewiſſem Sinne nicht nur zugeſtanden, ſondern ausdrücklich behauptet; indeß dürfte die folgende Beſtätigung dieſer Behauptung eher auf den

---

*) Poggendorff's Annalen. XXX. S. 78. 87.

Urſprung derſelben ſelbſt aus einem ſolchen Beutel ſchließen laſſen.

Der Mond hat in der That einen erweislichen Einfluß auf den Wind, und zwar eben ſo auf Richtung, als auf Stärke deſſelben. Bei Unterſcheidung blos der 8 Hauptphaſen im ſynodiſchen Umlaufe wehen die ſüdweſtlichen Winde, bekanntlich vorzugsweiſe Regenbringer, zur Zeit des 2. Octanten am häufigſten, zu der des 4. Octanten am ſeltenſten, was damit zuſammentrifft, daß der 2. und 4. Octant die Maximum- und Minimumphaſe des Regens ſind. Die Stürme wehen häufiger zur Zeit des 2. Octanten als des 4. Octanten und letzten Viertels.

Nach Eiſenlohr verhält ſich die Zahl der ſüdweſtlichen Winde zur Zeit des 2. und 4. Octanten in Carlsruhe wie 122.19:100.00, nach Bouvard in Paris wie 126.42:100.00; nach Schübler (welcher für den 4. Octanten keine Beobachtungen hat) in Augsburg zur Zeit des 2. Octanten und letzten Viertels wie 142.43:100.00. Auch für die andern Winde, als den ſüdweſtlichen, kann man aus den Unterſuchungen der genannten Beobachter, welche in meiner größern Schrift mitgetheilt werden ſollen, einen Einfluß des Mondes abſtrahiren.

E. Bouvard giebt die mittlere Windrichtung in Paris nach Lambert's Formel berechnet für alle Tage des ſynodiſchen und anomaliſtiſchen Umlaufs, ſowie für die Tage der Periode, welche durch die Rückkehr zum Aequator beſtimmt wird.

In Betreff der Stürme liegen die 30jährigen Beobachtungen Eiſenlohr's *) zu Carlsruhe mit 595 beobachteten Stürmen, und 22jährigen Herzberg's **) im Hardanger Meerbuſen an der Weſtküſte Norwegens mit 453 beobachteten Stürmen vor. Die Stürme ſind nach Eiſenlohr häufiger zur Zeit des 2. als 4. Octanten im Verhältniß von 55.6 : 45.8, und verhielten ſich *) wie folgt zu den Zeiten des

---

*) Poggend. Ann. XXX. 87.

**) Kaſtner, Arch. f. Ch. u. Meteor. V. 181.

	Neum.	1. Viertel.	Vollm.	Letzt. Viertel.
nach Eiſenlohr	62.59	56.35	66.14	40.37
nach Herzberg	55	59	56	50

Abgeſehen vom erſten Viertel ſtimmen dieſe Reſultate (bei einer verhältnißmäßig ſo geringen Zahl Beobachtungen) gut genug überein, indem unter den drei andern Phaſen das letzte Viertel bei beiden ein ſehr entſchiedenes Minimum giebt, wonach Neumond, dann Vollmond, beide wenig von einander abweichend folgen. Inzwiſchen ſind doch dieſe Zahlen noch zu klein, um ſichere Schlüſſe zu begründen.

Der Mond vollzieht monatlich eine Revolution oder Umwälzung um die Erde. Um ſich mit dem Gange derſelben ſtets vertraut zu erhalten, wird man alſo nach Vorigem daſſelbe Mittel anwenden können, was bei den Revolutionen oder Umwälzungen auf der Erde ſo ſicher iſt, nämlich immer nach der Richtung zu ſehen, die ein Mantel nach dem Winde oder eine Wetterfahne nimmt.

Das Barometer dient bekanntlich zum Maße des Druckes der Luft, der von der Dichtigkeit und Wärme derſelben abhängt. Nach Maßgabe als die Himmelskörper theils durch ihre Anziehung, theils ihre erwärmende Kraft oder ſonſt irgendwie — obwohl wir kein Wie ſonſt ken-

---

*) Nach Eiſenlohr in 3- bis 4tägigen Mitteln, nach Herzberg in 3tägigen Mitteln.

ben — auf Dichtigkeit und Wärme der Luft Einfluß gewinnen, gewinnen ſie auch Einfluß auf den Druck der Luft, und hiemit auf den Stand des Queckſilbers im Barometer, das dieſem Druck unterliegt, und indem ſich dieſer Einfluß nach dem Gange der Himmelskörper örtlich und zeitlich ändert, gilt daſſelbe von dem Barometerſtande. Wie die Himmelskörper hin- und hergehen, iſt es, als ob ein Stempel auf das Queckſilber im Barometer auf- und niederginge; der Gang des Mercurs darin iſt nicht minder abhängig von der Sonne, als der des himmliſchen Mercurs. Je nach den Druck- und Temperaturdifferenzen an verſchiedenen Orten entſtehen nun Winde zur Ausgleichung derſelben, — der Zug durchs Fenſter hat auch keinen andern Grund —, dieſe führen je nach ihrer Herkunft und den Orten, über die ſie wehen, Feuchtigkeit oder Trockenheit, Wärme oder Kälte herbei; Südweſtwind bringt Feuchtigkeit und Wärme über das atlantiſche Meer, Nordoſtwind Kälte und Trockenheit über Sibirien. Da hat man einen flüchtigen Blick in den Zuſammenhang der Witterungsverhältniſſe. Doch nicht dieſen gilt es jetzt zu verfolgen, ſondern die Frage, ob und wiefern der Gang des Mondes auf ein Moment derſelben, das uns jetzt zu beſchäftigen hat, den Druck der Luft und mithin auf den Stand des Queckſilbers im Barometer Einfluß hat, und dadurch in den Geſammtzuſammenhang der Witterung eingreift.

Wie ſteht es in dieſer Hinſicht mit den Phaſen, den Apſiden, den Mondſtunden?

Was zunächſt die Phaſen anlangt, ſo wird ihr Einfluß auf das Barometer durch die Unterſuchungen von Flaugergues, E. Bouvard, Schübler, Hallaſchka, Eiſenlohr, Mädler *) übereinſtimmend bewieſen. Der größte Unterſchied, der im Stande des Barometers dadurch hervorgebracht wird, beträgt im Mittel für die verſchiedenen Beobachtungsorte unter unſern Breiten ungefähr $^{3}/_{5}$ par. Linien; was bei Weitem mehr iſt, als nach den meiſt langjährigen Beobachtungen auf Rechnung noch unausgeglichener Zufälligkeiten geſchrieben werden kann.

Die Zeit des Maximum und Minimum ſtimmt zwar nicht für alle Orte überein; doch ſchwankt die Lage des Maximum nur innerhalb der Zeit zwiſchen letztem Viertel und Neumond und die des Minimum zwiſchen 1. Octanten und Vollmond, ſo daß kein Uebergreifen der Beſtimmungen in dieſer Hinſicht ſtattfindet, und die Zeit des Maximum fällt weit überwiegend auf das letzte Viertel, die des Minimum auf den 2. Octanten.

Erinnern wir uns nun, daß es bei tiefem Barometerſtande öfter regnet als bei hohem, ſo werden wir ein Zuſammentreffen des Barometermaximum mit dem Regenminimum und des Barometerminimum mit dem Regenmaximum nur natürlich finden dürfen. Und in der That fand ſich das Regenminimum bei Unterſcheidung blos der acht Hauptphaſen am 4. Octanten, der zwiſchen letztem

---

*) Die Literatur ſ. in einer zuſammenſtellenden Tabelle am Schluſſe des folgenden Kapitels.

Viertel und Neumond (wozwiſchen das Barometerminimum ſchwankt) innen liegt, das Regenmaximum am 2. Octanten, an welchen das Barometerminimum theils unmittelbar fällt, theils um welchen es (im 1. Octanten und Vollmond) ſchwankt.

Die Differenz zwiſchen dem Maximum und Minimum, und die Zeiten des Maximum und Minimum im Barometerſtande bei Unterſcheidung blos der 8 Hauptphaſen verhalten ſich nach 3- bis 5tägigen Mitteln (bei Viviers jedoch blos für die Phaſentage ſelbſt) an folgenden Orten unter unſern nördlichen Breiten wie folgt:

	Differenz des Max. und Min. in pariſ. Lin.	Zeit	
		des Max.	des Min.
Viviers 20jähr. Flaugergues	0.580	lezt. Viert.	2. Oct.
Prag, 16jähr. Hallaſchka	0.760	Neumond	2. Oct.
Carlsruhe, 16jähr. Eiſenlohr	0.913	lezt. Viert.	2. Oct.
Straßburg, 27jähr. Eiſenlohr	0.470	lezt. Viert.	2. Oct.
Paris, 22jähr. Eiſenlohr	0.240	lezt. Viert.	1. Oct.
Paris, 23jähr. Bouvard*)	0.629	lezt. Viert.	2. Oct.
Berlin, 16jähr. Mädler	0.507	Neumond.	Vollmond.

Die mittlere Differenz zwiſchen Maximum und Minimum iſt ohne Rückſicht auf die verſchiedene Zahl der Beobachtungsjahre 0.603; mit Rückſicht darauf 0.605 par. Linie.

---

*) Die große Differenz zwiſchen dem Eiſenlohr'ſchen und Bouvard'ſchen Reſultate für Paris erſcheint auffallend, da zumal den Unterſuchungen beider zu einem großen Theile dieſelben Beobachtungsjahre unterliegen. Doch war die Behandlung der Beobachtungen bei beiden ſehr verſchieden. Hierüber ein Weiteres in meiner größeren Schrift.

Ich übergehe hier die Reſultate einiger unter den Tropen (in Bogota und in Chriſtiansborg in Guinea) angeſtellten Beobachtungen, die ich in meiner größern Schrift mittheilen werde. Vergl. auch darüber die Tabelle zum Schluß des folgenden Kapitels.

Auch der Einfluß der Apſiden auf das Barometer hat ſich unzweideutig herausgeſtellt, indem die zahlreich darüber vorliegenden Beobachtungen mit einer bemerkenswerthen Uebereinſtimmung ſich dahin vereinigen, daß das Barometer zur Zeit der Erdnähe des Mondes tiefer als zur Zeit der Erdferne ſteht, wie es zur Zeit der Erdnähe häufiger als zur Zeit der Erdferne regnet; und beides hängt unſtreitig zuſammen.

In der That finde ich dies Reſultat übereinſtimmend wieder in den (meiſt langjährigen) Beobachtungen oder Unterſuchungen von Beobachtungen für Viviers durch Flaugergues (20jährig), für Prag durch Hallaſchka (10jährig), für Paris durch E. Bouvard (12jährig), für Berlin durch Mädler (15jährig), für Chriſtiansborg in Guinea durch Mädler (3jährig), für Padua durch Toaldo (48jährig), für den Elſaß durch Maret (6jährig), für einen mir unbekannten Beobachtungsort durch Pater Cotte*) (9jährig).

Als einzige Ausnahme ſteht dieſen übereinſtimmenden Ergebniſſen, die ich in meiner größern Schrift detaillire, das ſchwach entgegengeſetzte Ergebniß gegenüber, was Lambert**) für Nürnberg aus 11jährigen Beobachtungen (1732—1742) Doppelmayer's fand; und doch möchte man ſagen, ſpricht auch dieſe bei näherer Einſicht in die Unterſuchung faſt eben ſo ſehr für als gegen das Uebergewicht der Erdferne. In der That laſſen 7 von den 11 Beobachtungsjahren die Erdferne im Uebergewicht der Barometerhöhe erſcheinen, und das kleine Uebergewicht, was ſich doch aus dem Mittel aller 11 Beobachtungsjahre zu Gunſten der Erdnähe ergiebt, rührt blos von 2 ausnahmsweiſe ungewöhnlich hohen Zahlen her, welche in 2 Jahren für die Erdnähe ſtattfinden, und die jedenfalls von nicht ausgeglichenen Zufälligkeiten abhängen: wie denn Lambert ſelbſt darauf aufmerkſam macht, daß dieſe 2 Jahre ſolche waren, wo die Erdferne in die Aequinoctien fiel, die ſich bekanntlich durch ſtarke Unregelmäßigkeiten auszeichnen. Ueberhaupt ſind 11 Beobachtungsjahre bei weitem nicht hinreichend, die zufälligen Unregelmäßigkeiten erforderlich auszugleichen, um einen ſo kleinen Einfluß, als der iſt, um den ſich's hier handelt, mit Sicherheit hervortreten zu laſſen, zumal durch Barometer-Beobachtungen, die nicht wegen der Temperatur corrigirt ſind, was von jenen ältern Beobachtungen nicht anzunehmen iſt. Heutzutage verwirft man ſogar dergleichen geradezu, wenn ſchon bei ſehr langjährigen Beobachtungen, wie die, aus denen Toaldo ſein Reſultat zieht, die Temperaturcorrection ſich im Mittel ſo zu ſagen von ſelbſt vollzieht. Man kann daher durch jene Doppelmayerſchen Beobachtungen durchaus keinen erheblichen Widerſpruch gegen das Reſultat der übrigen Beobachtungsreihen begründet finden.

---

*) Die beiden letzten Unterſuchung kenne ich bloß nach einem Citat von Flaugergues.

**) Acta helvetica. Vol. IV. 1760. p. 315.

Wie aber der Einfluß der Apſiden auf die wäſſerigen Niederſchläge geringer war, als der der Phaſen, verhält es ſich auch mit dem Einfluß auf den Barometerſtand, indem der Unterſchied zwiſchen dem Stande des Barometers bei Erdnähe und Erdferne unter unſeren Breiten nur ungefähr $^1/_3$ pariſer Linien beträgt.

Die Beobachtungen von Flaugergues in Viviers (20 Jahre) ergeben insbeſondere als Unterſchied: 0,443 Lin., von Hallaſchka in Prag (10 J.) 0.42 Lin., von E. Bouvard in Paris (23 J.) 0.256 Lin., von Mädler in Berlin (16 J.) 0.229 Lin. Das Mittel daraus mit Rückſicht auf die Zahl der

Jahre iſt 0,339 Linien. Die Beſtimmungen gelten blos für die Tage der Apſiden ſelbſt.

Der Einfluß der Phaſen und Apſiden hält eine monatliche Periode. Sollte aber nicht der Mond auch eine tägliche Ebbe und Flut des Luftmeeres bewirken, nachdem er eine ſolche des Weltmeeres bewirkt. Dies müßte ſich an einem vom Gange der Mondſtunden abhängigen täglich zweimaligen Steigen und Fallen des Barometers zeigen. Unter Mondſtunden verſteht man die Zeiten, welche täglich vom höchſten oder tiefſten Stande des Mondes (Durchgang durch den obern oder untern Meridian) an verfloſſen ſind, in Vierundzwanzigſteln der Geſammtzeit vom Ausgang bis zum Rückgang dazu. Faſt ſcheint es ſelbſtverſtändlich, es vorauszuſetzen.

Inzwiſchen hat Laplace*) durch mathematiſche Berechnungen nachgewieſen, daß der vereinigte Einfluß der Anziehung des Mondes und der Sonne, von dem die Meeresflut abhängt, unter dem günſtigſten Zuſammentreffen der Umſtände und unter dem Aequator, wo dieſer Einfluß am ſtärkſten ſein muß, doch keine größere Differenz innerhalb eines Tages im Barometerſtande bewirken kann, als 0,2795 pariſ. Lin. Auch hat ſich bei Unterſuchung 12jähriger pariſer Beobachtungen durch A. Bouvard**) und noch beſtimmter neuerdings bei Unterſuchung 22jähriger pariſer Beobachtungen durch Eiſenlohr*) die tägliche atmoſphäriſche Flut durch den Mondeinfluß für die Breite von Paris als unmerklich oder ganz zweideutig herausgeſtellt.

---

*) Méc. cél. T. III. pag. 296, V. p. 237 und Fortſetzung im Zuſ. zur Conn. des temps pour 1825.

**) Mém. de l'Acad. roy. des Sc. T. VII. p. 276, oder Pogg. Ann. XIII. S. 137 oder Schweigg. J. LIX. S. 4.

Kreil's blos 13monatliche Beobachtungen für Prag**) laſſen zwar einen (den Laplace'ſchen Gränzwerth nicht erreichenden) Einfluß der Mondſtunden erkennen; doch iſt ſein Gang nicht ſo beſchaffen, um auf eine von den Anziehungswirkungen des Mondes abhängige Ebbe und Flut bezogen werden zu können, auch die Beobachtungszeit, ungeachtet der ſorgfältigen Correction der Beobachtungen, für entſcheidende Reſultate zu kurz.

Die Kleinheit des Einfluſſes der Mondſtunden hindert aber doch nicht, daß er vorhanden ſei, und durch genaue Beobachtungen unter günſtigen Verhältniſſen erkannt werde; und ſo hat ſich denn auch neuerdings wirklich die tägliche athmoſphäriſche Mondflut unter den Tropen, wo ſie an ſich ſtärker ausfallen muß und weniger durch unregelmäßige Veränderungen verdeckt wird als bei uns, mittelſt Beobachtungen in St. Helena und Singapore durch mehrere Beobachter (Elliot, Lefroy, Smythe) mit völliger Entſchiedenheit erkennen laſſen***), indem ſowohl der regelmäßige Gang der (wegen des Sonneneinfluſſes corrigirten) mittlern Reſultate, als die Zeiten des Maximum und Minimum vollkommen dazu ſtimmen. Der Einfluß bleibt übrigens unter der von Laplace bezeichneten Gränze. Genaueres darüber in meiner größern Schrift.

---

*) Pogg. Ann. LX. S. 193.

**) Vgl. Anmerkung S. 184. Anmerk.

***) Philos. transact. 1847. P. II. p. 45. 1852. P. I. p. 125.

Auch ein Einfluß der Declination des Mondes auf das Barometer ſcheint nach Mädler's Reſultaten für Guinea, wo die Veränderungen des Barometers zwar nur klein, aber ſehr regelmäßig ſind, kaum bezweifelt werden zu können; doch ſind die Beobachtungen von Flauguergues, E. Bouvard, Hallaſchka unter unſern Breiten über dieſen Punkt theils mit obigen, theils unter einander nicht in Einſtimmung. Vergl. die Tabelle X zum Schluß des folgenden Kapitels.

Man ſieht, daß, wenn der Mond auch ſelbſt keine Luft haben ſollte, er ſich dafür der Luft der Erde wie ſeiner eigenen annimmt. Und wenn die Menſchen mit ihrer Felſenbruſt Nichts von dem Wechſel des Mondluftdrucks ſpüren, ſo werden ihn die Luftgeiſter und Elfen, deren Lied: „Der Wald iſt unſer Nachtquartier, der Mond iſt unſere Sonne", wir jetzt leider nur noch von den Räubern hören, die es ihnen geſtohlen haben, um ſo beſſer ſpüren, und werden danach leichter oder ſchwerer im Mondſchein athmen und tanzen. Der Mond iſt der Spielmann, der ihnen mit leiſem, nur von ihnen gehörten und gefühlten Klange und Hauche zum Tanz auf dem grünen Plane aufſpielt; wir ſehen blos ſein goldenes Horn dazu. Die lang- und ſchwerathmige Lunge der Phyſiker, das Barometer, ſpürt freilich davon wenig. Wenn aber die Phyſiker bisher die feinſten Veränderungen der Electricität durch den Froſchſchenkel, nach der Lebhaftigkeit, womit er ſich unter dem Einfluſſe derſelben bewegt, prüften, dürfte ihnen der Elfenſchenkel nach der Lebhaftigkeit, womit er ſich im Mondſcheine bewegt, ein nicht minder feines Reagens auf die Veränderungen des Luftdruckes durch den Mond bieten. Führen ſie doch ohnehin ſchon alle Bewegungen in der Natur auf die des Elfenbeins auf grünem Plane (Stoß des Billardballs) zurück, nun bedarf es blos einer geringen Abänderung der Schreibart, ſo haben ſie in der Natur für den Knochentanz des Elfenbeins wieder den Geiſtertanz des Elfen-Beins der ſchönen gläubigen Zeit.

Der Mond ſcheint blos zu leuchten, nicht zu wärmen; man ſpricht ja immer von dem kalten Mond. Doch täuſcht der Schein der Kälte beim Monde wie bei manchem Menſchen, und mit Unrecht ſchiebt die Erde die Urſache ihrer Erkältung in heiterer Nacht dem Monde zu, die vielmehr in ihr ſelber liegt. Die Wärme, die ſie nach dem Himmel ſtralt, wird ihr dann nicht von ihren eigenen Wolken zurückgegeben. Der Mond aber ſieht ſie immer nur hell und warm, nicht kalt an; und ſie iſt es vielmehr, die den Mond kalt anſieht. So geſchieht dem Monde von der Erde beſtändig Unrecht.

Haben wir doch ſchon oben uns ſagen laſſen, wie der Mond mit dem Lichte der Sonne zugleich die Wärme derſelben nach der Erde zurückſtralt, und daß, wenn ein Thermometer auf dem Grunde des Luftmeeres nichts davon ſpürt, dieß wohl nur daher rührt, daß dieſe Wärme ſchon in den Höhen ihr Spiel getrieben und ihre Wirkung erſchöpft hat. Doch kann die Erwärmung der obern Schichten und der Wolken durch den Mond auch einen derartigen Einfluß auf die Stralung und Fortführung der Wärme von unten äußern, daß die allgemeine Lufttemperatur in den untern Schichten etwas dadurch abgeändert wird, ohne daß die directen Stralen, die auf die Erde gelangen, noch etwas Erhebliches von Wärme mitführen. Freilich wie das vom Monde zurückgeſtralte Sonnenlicht im Ganzen eine ohne Vergleich ſchwächer erleuchtende Wirkung auf die Erde äußert, als das directe Sonnenlicht, werden wir daſſelbe auch in Betreff der wärmenden Wirkung der vom Monde zurückgeſtralten Wärme zu erwarten haben; und wenn Schleiden vielleicht unter ſeinem meteorologiſchen Apparat auch die in den Mondſchein gehaltene Hand als Inſtrument zur Beurtheilung der Leiſtungen des Mondes benutzen ſollte, ſo wird er damit einen ſchlagenden Beweis gegen uns führen können, daß es mit der Wärme des Mondes nichts iſt.

Im Uebrigen könnte ein Einfluß des Mondes auf die Wärme auch möglicherweiſe nur mittelbar von ſeinem Einfluß auf den Wind abhängen, ſofern verſchiedene Winde im Mittel eine verſchiedene Temperatur haben. Erſt eine künftige genauere Unterſuchung wird Aufſchluß geben, was hier hauptſächlich, oder allein, oder als das Primäre in Anſchlag zu bringen iſt.

Jedenfalls iſt nach Mädler's*) 16jährigen Beobachtungen in Berlin ein Einfluß der Mondphaſen ſo wie der Apſiden, und nach Kreil's**) zwar nur 13monatlichen, aber wegen des Miteinfluſſes der Sonne ſehr ſorgfältig corrigirten Beobachtungen auch ein Einfluß der Mondſtunden auf das Thermometer unverkennbar.

---

*) Beer und Mädler, der Mond 164.

**) Vergl. Anmerk. zu S. 184.

Die ganze Variation nach den Phaſen beträgt (in dreitägigen Mitteln) nur 0.9° R., nach der Erdnähe und Erdferne 0.39° R.; nach den Mondſtunden im Sommer 0.25° R., im Winter 0.37° R., im Jahre 0.19° R.*) Allein dieſe kleinen Größen ſcheinen durch einen ſehr regelmäßigen Gang der Abnahme und Zunahme, deren Amplitude ſie bezeichnen, der Gefahr enthoben, als zufällig gelten zu müſſen, wenn ſchon die Uebereinſtimmung der Kreil'ſchen und Mädler'ſchen Angaben unter einander in Betreff der Phaſen noch Etwas zu wünſchen übrig läßt, was möglicherweiſe an dem Unterſchied der Orte hängen könnte. Geht man auf die einzelnen Monatstage zurück, ſo findet ſich nach Mädler das Maximum 7°,73 R. zwei Tage vor dem 1. Viertel, das Minimum 6°,72 R. drei Tage vor dem letzten Viertel, und der Unterſchied 1°,01 iſt nach Mädler blos mit einer Unſicherheit von 0°,215 behaftet. Der Perigäumtag allein gab 6°,87, der Apogäumtag 7°,43.

Genaueres in meiner künftigen Schrift.

Endlich fand Schübler**) nach 425jährigen Beobachtungen in Würtemberg über die guten und ſchlechten Weinjahre einen ſehr auffallenden Bezug derſelben zu der 19jährigen Periode, in welcher die Syzygien, Quadraturen und Hauptpunkte des ſynodiſchen Umlaufes überhaupt wieder nahe auf dieſelben Tage der einzelnen Monate fallen, zu der nahe damit zuſammenfallenden Periode der Mondsknoten und zur 9jährigen der Apſiden. Und ſelbſtverſtändlich wirkt der Mond auch durch die Geſammtheit ſeiner Witterungseinflüſſe mit auf das Gedeihen des Weins.

---

*) Im Jahre weniger als im Sommer ſowohl als Winter, weil die Zeiten der Maxima und Minima nach den Jahreszeiten veränderlich ſind.

**) Schübler, Unterſuch. S. 64.

Der Mond bewirkt alſo nicht blos eine Ebbe und Flut des Waſſers, ſondern auch des Weins, er bewirkt eine ſolche nicht blos im Meere, ſondern auch im Faſſe und Glaſe; und ſo rufe ich zum Schluſſe der Aufzählung ſeiner Leiſtungen für die Erde Alle ſchließlich auf, ihm ein Lebehoch mit dem Glaſe zu bringen, das er ſelber beiträgt, uns zu füllen; ihm, dem himmliſchen Zecher, der ſein goldenes Trinkhorn ſelbſt nicht müde wird zu füllen und zu leeren, — auf's Achtel, Viertel, bis zum Rande und zum Grunde — und indeß er den Zechern der Erde als himmliſcher Geſelle vorleuchtet und Beſcheid thut, zugleich den Beeren auf der Erde als goldene Beere am Himmel das Bild und Beiſpiel der Fülle giebt, das ſie nachahmen ſollen; und wie der Schenke an der Hochzeit zu Canaan ſie mit Waſſer füllt, damit ſie es in Wein verwandelt in unſere Gläſer leeren.

Wer aber hätte endlich gedacht, daß die keuſche Luna mit Bacchus eine geheime Liebſchaft hat?

Faſſen wir das Bisherige zuſammen, ſo ſehen wir, wie der Mond nach allen Seiten ſacht und ſanft in die meteorologiſchen Zuſtände und Veränderungen der Erde eingreift. In der Hauptſache hängen ſie von der Sonne ab; ſie hält ſo zu ſagen die Zügel der geſammten Witterungsverhältniſſe in den Händen, und der Hauptgang derſelben folgt ihrer Führung; aber der Mond legt ſo zu ſagen ſeine Hände mit leiſer Fühlung an ihre Hände und greift mit unvermerktem Zuge und Nachlaß in die Zügel mit ein, ſo daß der Wagen des Wetters danach bald mehr etwas rechts, bald links geht, etwas mehr eilt, oder etwas ruhiger geht; und wie Alles zweckvoll in der Natur iſt, ſo dürfen wir glauben, daß der eine Fuhrmann nicht umſonſt dem andern geſellt iſt. Sehen wir doch auf unſerer Erde an unſern beſten Inſtrumenten die kleinere Schraube zur großen gefügt, die feineren Bewegungen und Stellungen hervorzubringen und die großen zu corrigiren. Auch der Mond mag eine ſolche kleinere Schraube des Himmels zu der großen ſein; die kleinſten Schrauben endlich liegen in den Lichtern, Feuern und organiſchen Wärmequellen auf der Erde; und hiemit erſt wird das zweckvolle Triebwerk von Licht und Wärme fertig; doch ohne den Mond fehlte zur Hauptſchraube die Hauptnebenſchraube.

Freilich, wie die Leute ſind, ſo meinen ſie, weil der Mond auch bei Tage ſcheint und in ſo vielen Nächten nicht ſcheint, ſo ſei es überhaupt ein zwecklos Sein und Scheinen; und wahrlich, wenn der Mond allein die Welt zu beleuchten hätte, ſo möchte nicht viel Rühmens von der Einrichtung, wie es geſchieht, zu machen ſein. Nun aber ſehe ich die Sonne doch gerade im ſelben Momente aufgehen, wenn der Vollmond untergeht, und untergehen, wenn er aufgeht; ſehe den Mond in ſo vielen Nächten ſcheinen, wenn die Sonne nicht ſcheint, und jede Nacht, wo der Mond wenig oder nicht ſcheint, unten Laternen aufgeſteckt und geben; und denke mir, die Sonne, der Mond und die Laternen zuſammen genügen doch hinreichend dem Zweck, die Erde zu erleuchten; die Laternen ſind nämlich auch da in der Welt; man muß ſie aus der Zweckrechnung nicht weglaſſen. Wo es an der Sonne fehlt, tritt der Mond ein, wo es am Monde fehlt, treten die Laternen ein; oft kreuzen ſich die Leuchten auch, da ſie von verſchiedenen Seiten her kommen, und ſind eine Weile zuſammen auf der Scene. Das Größte der Wirkung des Einen fällt aber ergänzend zuſammen mit dem Wegfall oder dem Kleinſten der Wirkung des Andern Daher ſteigt auch der Vollmond im Winter, wo die längſten Nächte ſind, am höchſten. Im Grunde iſt die Nacht da für den Schlaf und eine Nachtlampe dünkt den meiſten Menſchen überflüſſig; doch die Erde hat ihre Nachtlampe, wie eine reiche Frau. Allmälig brennt der Docht nieder, die Lampe geht aus, man ſagt, es iſt Neumond, und es bedarf einiger Zwiſchenzeit, bis ſie wieder zum Brennen eingerichtet iſt; aber auch jede irdiſche Lampe hat ihren Neumond, nur daß ſie keine ſo ſchöne, ſo ſichere Ordnung damit einhält, als die Himmelslampe; da kann ſich Jeder danach richten und man hat in der Lampe zugleich die Uhr. Und leuchtet der Mond am Tage umſonſt, ſo thut er es auch umſonſt; er macht das Oel nicht theurer; alſo was hat man dagegen? Dazu thut er es beſcheiden genug, wie eine Lampe mit niedergeſchraubtem Dochte; und erſpart damit nur die Umſtändlichkeit des neuen Anzündens. Wie oft iſt der Ofen kalt, an dem wir uns wärmen möchten, wie oft wärmt ſich Niemand am Ofen, wenn er warm iſt, und wie viel Wärme verfliegt durch die Eſſe, und muß dadurch verfliegen, ſoll die Stube Wärme haben; iſt der Ofen darum ein zwecklos Ding?

Was von den Lichtwirkungen des Mondes, wird, denke ich, von allen Wirkungen des Mondes auf die Erde gelten; ſie werden in Unterordung unter die Sonnenwirkung zweckvoll in einen zweckmäßigen Zuſammenhang der Natur eingreifen, nur daß wir es bei den andern Wirkungen bisher noch weniger leicht verfolgen können, als bei den Lichtwirkungen. So bleibt es Glaubensſache; die Thatſache dieſer Wirkungen aber iſt keine Glaubensſache: ſie iſt durch das Bisherige entſchieden.

Werfen wir nun auch einen Rückblick auf das, was uns zu dieſer Entſcheidung geführt hat. Vielleicht iſt unter allen angeführten Beobachtungsreihen keine, an deren voller Beweiskraft für ſich wir nicht noch etwas fehlend finden könnten; aber der Zuſammenhang, die gegenſeitige Controle und Ergänzung derſelben läßt keinen Zweifel übrig. Wenn wir ausnahmslos in ſieben Unterſuchungen das Maximum und Minimum des Barometerſtandes auf zwei verſchiedene und zwar immer dieſelben Hälften des ſynodiſchen Monats fallen ſehen, wenn wir in acht Unterſuchungen übereinſtimmend das Barometer tiefer zur Zeit der Erdnähe als Erdferne ſtehen und nur das Ergebniß einer einzigen ältern kürzern Beobachtungsreihe ohne Temperaturcorrection, vielmehr ſcheinbar als wirklich widerſprechen ſehen (vergl. S. 191), wenn wir Wind, Regen u. ſ. w. mit dieſen Verhältniſſen des Barometerſtandes im Zuſammenhange durch die zahlreichſten und gründlichſten Beobachter und Beobachtungen dem Mondeinfluſſe folgen ſehen, ſo müſſen wir den Zweifel, oder die Unterſuchung des Gegenſtandes aufgeben; denn Poſitiveres vermag die exacte Unterſuchung für das Daſein eines untergeordneten Einfluſſes überhaupt nicht wohl zu bieten, als wir gefunden haben

Erinnern wir uns dabei noch, daß wir mit allem Vorigen eigentlich gar nicht den abſoluten Einfluß des Mondes auf das Wetter haben ſchätzen lernen, ſondern nur Differenzen des Einfluſſes. So wenig wir aber als Maßſtab der vollen Sonnenwirkung die Unterſchiede in der Wärme zwiſchen Tag und Nacht, Sommer und Winter anſehen können, ſo wenig als Maßſtab der vollen Mondwirkung die Unterſchiede in der Witterung je nach ſeinem Stande. Nur daß wir, wie ſchon Eingangs (S. 142) bemerkt, kein Mittel haben, den abſoluten Einfluß des Mondes zu beſtimmen, was dann der Fall wäre, wenn wir ihn einmal ganz wegfallen laſſen könnten.

Mit Vorigem habe ich nach beſtem Wiſſen dasjenige von Unterſuchungen und Reſultaten zuſammengeſtellt und discutirt, was zur Entſcheidung über die Frage nach dem

Witterungseinfluß des Mondes bis jetzt vorliegt. Und von allen dieſen Unterſuchungen und Reſultaten ſollte Schleiden gar nichts gewußt haben? Schleiden wirft mir vor, und zwar rein mißverſtändlich, daß ich ein Gleichniß in Bezug auf die Sonne in den Tag hineingeſchrieben habe, ohne mich vergewiſſert zu haben, ob es ſich auf „eine über allen Zweifel erhabene“ Thatſache ſtützt, und ſollte eine ganze lange Belehrung über den Mond geſchrieben haben, ohne von den wichtigſten über allen Zweifel erhabenen Thatſachen, um die ſich's dabei handelt, das Allergeringſte zu wiſſen oder wiſſen zu wollen.

Gewiß iſt, daß ſich abgeſehen von der Erwähnung (Studien S. 288), man habe theoretiſch eine ganz geringfügige Ebbe- und Flutwirkung des Mondes auf die Atmoſphäre erkannt, die aber ſo klein ſei, daß ſie durch die unbedeutendſten Local-Erſcheinungen verdeckt werde, und „die größte Kunſt der feinſten Beobachter lange Zeit vergebens darauf gewendet worden ſei, um dieſe Erſcheinung, die man in der Theorie als vorhanden vorausſetzte, auch in der Wirklichkeit als vorhanden nachzuweiſen“, — gewiß iſt, ſage ich, daß ſich abgeſehen von dieſer Erwähnung in ſeiner Abhandlung auch nicht die kleinſte Notiz über alle dieſe Unterſuchungen, keine Spur von Rückſicht auf ihre Reſultate findet. Die Mondphaſen haben nach ihm wie geſagt nicht den geringſten Einfluß auf das Wetter. Doch nehmen die Schübler'ſchen Unterſuchungen für ſich allein eine ganze Schrift ein, und dieſe findet ſich an vielen Orten citirt. Auch v. Humboldt's

Kosmos konnte ja wohl leicht von ihm eingeſehen werden, wo er (Th. III. S. 511. 547) außer einigen Angaben über den Gegenſtand auch einige Literatur darüber gefunden hätte. Aber kurz alle dieſe Unterſuchungen, nach denen ein Einfluß des Mondes auf die Witterung exiſtirt, haben für Schleiden nicht exiſtirt; von allen Namen, die hier genannt worden ſind, wird nur Eiſenlohr genannt, um als Autorität gegen den Mondeinfluß angeführt zu werden, indem Schleiden aus dem Gedächtniß erwähnt, der verdienſtvolle Eiſenlohr habe ſich die Mühe genommen, „ſämmtliche auf den Mond bezügliche Wetterregeln, welche man gewöhnlich als Erfahrungsſätze hinzuſtellen pflegt, ... mit ſehr ſorgfältig geführten 40jährigen Witterungsregiſtern zu vergleichen“; und habe die Richtigkeit dieſer Regeln erkannt. Und warum ſollten die Schäferregeln über den Einfluß des Mondes auf die Witterung nicht falſch, und doch der Einfluß wahr ſein. Wir werden unten ſelbſt auf die Richtigkeit ſo mancher Regeln über den Mondeinfluß zu ſprechen kommen. Damit man aber nicht glaube, daß Eiſenlohr ein anderes Reſultat aus ſeinen Unterſuchungen zieht, als wir daraus gezogen haben, will ich ſeine eigenen Worte anführen; er ſagt*):

„Nach dieſen Betrachtungen glaube ich annehmen zu dürfen, daß der Zuſammenhang zwiſchen dem Wechſel in der Häufigkeit der wäſſerigen Niederſchläge und dem ſynodiſchen Umlauf des Mondes als ausgemacht angeſehen werden kann, daß aber dieſer Zuſammenhang hinſichtlich der Schwankungen in der Anzahl der Gewitter, der Stürme, der hellen, vermiſchten und trüben Tage zwar wahrſcheinlich, jedoch immer noch etwas problematiſch ſein dürfte, und wohl nur durch eine längere Reihe von Beobachtungen wirklich beſtimmt werden könnte."

---

*) Pogg. Ann. XXX. 94.

Und anderwärts:*) „Ich habe in meiner Schrift über das Klima von Carlsruhe, noch vollſtändiger aber in einer beſondern Abhandlung die Reſultate bekannt gemacht, welche ſich aus vieljährigen zu Carlsruhe angeſtellten Beobachtungen ergeben, und darin gezeigt, daß jene Reſultate mit den von Flaugergues und Schübler an mehreren Orten bekannt gemachten Erfahrungen übereinſtimmen, und der Einfluß des Mondes auf den Barometerſtand **), die Häufigkeit der wäſſerigen Niederſchläge, und ſelbſt auf die Trübung des Himmels und die Richtung der Winde unverkennbar iſt."

---

*) Poggend. Ann. XXXV. 141.

**) Um nichts zu verheimlichen, bemerke ich, daß Eiſenlohr in einer ſpätern Abhandlung in Pgg. Ann LX. S. 192, wo er umſonſt einen Einfluß der Mondſtunden auf das Barometer zu entdecken verſucht, auch an dem Einfluß der Mondphaſen auf das Barometer wieder zu zweifeln, doch eben nur zu zweifeln, anfängt. Inzwiſchen ſcheint mir nicht, daß nach der oben (S. 202) hervorgehobenen Zuſammenſtimmung von Thatſachen, die Eiſenlohr'n nur zu kleinerem Theile vorgelegen haben, ein ſolcher Zweifel noch ſo leicht möglich iſt.

Und weiter*): „Aus allen über dieſen Gegenſtand bekannt gewordenen Unterſuchungen ergiebt ſich ein unzweifelhafter und höchſt merkwürdiger Einfluß des Mondes auf die Veränderungen in unſerer Atmoſphäre, und es iſt ſehr zu wünſchen, daß dieſe Unterſuchungen noch weiter ausgedehnt . . . werden möchten.“

Alſo Eiſenlohr ſelbſt erklärt den Einfluß des Mondes auf den Regen für ausgemacht, auf Barometer, trüben Himmel, Wind für unverkennbar und weiſt auf die Merkwürdigkeit dieſes Einfluſſes hin.

Dabei bezweifle ich keineswegs, daß Eiſenlohr wirklich irgendwo die Richtigkeit der gewöhnlichen, auf den Mond bezüglichen, Witterungsregeln dargethan habe, oder wie ſollte Schleiden darauf gekommen ſein, ſich auf ihn zu ſtützen. Doch habe ich die Eiſenlohr'ſche Abhandlung darüber, die Schleiden nur erwähnt, ohne ſie näher zu bezeichnen, trotz vielen Suchens und mehrfacher Nachfrage nicht ermitteln können. Weder findet ſich in den drei Abhandlungen Eiſenlohr's über den Mondeinfluß in Poggendorff's Annalen, darauf verwieſen, noch iſt in folgenden deßhalb von mir nachgeſehenen Schriften Eiſenlohr's etwas über dieſen Gegenſtand zu finden. „Unterſuchungen über den Einfluß des Windes auf den Barometerſtand u. ſ. w. nach 43jährigen zu Carlsruhe angeſtellten Beobachtungen. Leipzig, 1837“ und „Unterſuchungen über die Zuverläſſigkeit und den Werth der gebräuchlichen Wettergläſer. Carlsruhe, 1847.“ Seine Schrift über das Klima von Carlsruhe hat mir nicht zu Gebote geſtanden, doch iſt ſchwerlich hier etwas über den betreffenden Gegenſtand zu erwarten. Sollte die betreffende Abhandlung von einem andern als dem wiſſenſchaftlich bekannten Eiſenlohr herrühren?

---

*) Pogg. Ann. XXXV. 329.

Auch v. **Humboldt** gedenkt in ſeinem Kosmos (III. 511), wo er überhaupt mit Liebe hervorhebt, was ſich von den Wirkungen des Mondes auf die Erde ſagen läßt: „eines unbeſtrittenen Einfluſſes des Satelliten auf Luftdruck, wäſſerige Niederſchläge und Wolkenzerſtreuung“, und verſpricht im letzten, rein telluriſchen Theile des Kosmos darauf zurückzukommen.

Und **Mädler** *) ſagt zum Abſchluß ſeiner ſo gründlichen Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand: „Demnach halte ich den Einfluß der Mondphaſen ſowohl auf Barometer als Therometer aus dieſen Beobachtungen für erwieſen.“

Und E. **Bouvard** **) faßt das Reſultat ſeiner weitgreifenden Unterſuchungen ſo zuſammen: „Der Mond hat nach ſeinem ſynodiſchen Umlauf einen Einfluß, den es unmöglich iſt, zu verkennen . . . Nicht minder iſt man genöthigt anzuerkennen, daß er in ſeinem anomaliſtiſchen Umlauf einen, wenn ſchon geringer erſcheinenden Einfluß ausübt.“

Arago hat eine von Jedem, der auch nur eine oberflächliche Notiz von den bisherigen Verhandlungen über den Mondeinfluß genommen, gekannte, nur eben von Schleiden nicht gekannte oder nicht berückſichtigte Abhandlung über den Einfluß des Mondes auf die Witterung und die organiſchen Proceſſe in dem Annuaire du

---

*) Beer und Mädler, der Mond S. 165.

**) Corresp. math. et phys. T. VIII. p. 271.

Bureau de longitude pour 1833. p. 157. ff. geliefert, überſchrieben: „La lune exerce-t-elle sur notre atmosphere une influence appreciable“, welche die bisherigen Unterſuchungen über unſere Frage zuſammenſtellt und discutirt. Ungeachtet ihm nun die meiſten der hier zuſammengeſtellten Unterſuchungen, wie namentlich die von Eiſenlohr, E. Bouvard, Quetelet, Mädler, Kreil, Hallaſchka, noch nicht zu Gebote ſtanden und er ſeinem ganzen Charakter nach zur exacten Skepſis neigt, äußert er ſich doch, unter Abweiſung freilich eines, dem Monde vielfach zugeſchriebenen, übertriebenen Einfluſſes, namentlich auf Grund der Unterſuchungen von Flaugergues und Schübler, wie folgt:

„En nous bornant aux principaux résultats, il semble difficile de ne pas conclure de ce qui précède, que la Lune excerce une influence sur notre atmosphère, qu'en vertu de cette influence, la pluie tombe plus frequemment vers le deuxième octant qu'à toute autre époque du mois lunaire: qu'enfin les moindres chances de pluie arrivent entre le dernier quartier et le quatrième octant.“ Und weiterhin: „Une telle concordance (des observations) ne pourrait être l'effet du hasard.“

Daß John Herſchel die wolkenzerſtreuende Kraft des heraufſteigenden Vollmondes für eine wohlbegründete Thatſache erklärt, iſt ſchon oben bemerkt worden.

Alſo auch, wenn man nach Autoritäten fragt, hat der Einfluß des Mondes auf die Witterung Stützen, die

Niemand verwerfen kann. Und wenn einige ſehr gute Autoritäten (Olbers, Brandes u. A.) ſich früher gegen denſelben erklärt oder denſelben in Zweifel gezogen haben, ſo iſt der Grund einfach der, daß ihnen die langjährigen gründlichen Beobachtungen, auf denen es uns geſtattet war, zu fußen, noch nicht zu Gebote ſtanden; daß ſo manche ältere Unterſuchungen, wie von Toaldo, Pilgram, Gronau u. A., theils noch viel zu wünſchen übrig ließen, theils geradezu gegründeten Einwänden unterlagen; daß endlich eigene Beobachtungen von kürzerer Dauer oder die Unterſuchung ſolcher ſie überzeugten, daß der Mond jedenfalls nicht den vorragenden Einfluß auf die Witterung hat, den das Volk geneigt war, und zum Theil noch geneigt iſt, ihm beizulegen. Daraus iſt dann die Anſicht entſtanden, daß er gar keinen habe.

So hat Brandes*) die atmoſphäriſchen Veränderungen, welche im Jahre 1783 an vielen Orten der Erde ſtattfanden, verglichen, ohne einen Bezug zu den Mondphaſen entdecken zu können, indem Neumond und Vollmond, auf die er hauptſächlich ſein Augenmerk richtete, weder ausgezeichnete, noch für die verſchiedenen Beobachtungsorte und Monate des betreffenden Jahres conſtante Erſcheinungen und Veränderungen mitführten; und auch Bode**) fand keine Uebereinſtimmung der Witterung an verſchiedenen Orten bei der Sonnenfinſterniß vom

---

*) Brandes Beitr. zur Witterungskunde. S. 274.

**) Ich kenne ſeine Angabe nur aus Foissac, de la Météorologie. II. p. 139.

18. Nov. 1816. Brandes ſelbſt aber iſt vorſichtig genug, das Reſultat ſeiner Unterſuchung blos ſo auszuſprechen:*) „Das dürfen wir wohl mit völliger Sicherheit behaupten, daß die wichtigſten Aenderungen der Witterung von ganz andern Urſachen (als dem Monde) abhängen, und daß wir folglich zuerſt dieſe Haupturſachen auffinden müſſen, ehe es uns viel helfen kann, den untergeordneten Einfluß zu kennen, den etwa der Mond, wofern er einen Einfluß hat, haben mag." In der That kann eine Unterſuchung, wie die ſeinige, ſehr wohl beweiſen, daß der Mond keinen hauptbeſtimmenden Einfluß auf die Witterung hat; doch werden derartige Unterſuchungen nicht ſelten als Beweiſe angeführt, daß er überhaupt keinen hat, wozu ſie völlig ungeeignet ſind.

Nun aber Schleiden beweiſt doch ſo gut als mathematiſch, daß die Mondphaſen keinen Einfluß auf das Wetter haben können, indem er ſeine obigen Betrachtungen weiter ſo fortſetzt: „Es ſind aber überhaupt dieſe Mondphaſen gar nichts weiter, als die verſchiedenen Mengen des Sonnenlichtes, welches, vom Monde zurückgeworfen, auf unſere Erde kommt. Nun iſt aber das Licht des Vollmondes noch nicht einmal nach den größten Reſultaten der angeſtellten Meſſungen $^{1}/_{300000}$ des Sonnenlichtes." So geringe Lichtmenge kann nach ihm weder durch ihr Daſein noch Fehlen irgend erheblich wirken, eben ſo wenig die faſt verſchwindende kleine Wärme.

---

*) Beiträge S. 281

Aber zuvörderſt iſt es ganz unſtreitig, daß die Mondphaſen nichts weiter ſind, als verſchiedene Mengen des Sonnenlichtes, welches vom Monde zurückgeworfen, auf unſere Erde gelangt. Oder wie käme es denn, daß zur Zeit der Syzygien (Vollmond und Neumond) die Flut des Meeres höher ſteigt, als zur Zeit der Viertel. Soll dieß etwa von den zurückgeworfenen Sonnenſtralen abhängen? Wenn die Wirkungen der Anziehung des Mondes auf die Atmoſphäre gering ſind, ſo exiſtiren ſie doch und ſind wegen ihrer Geringfügigkeit nicht aus der Rechnung wegzulaſſen, wenn es ſich um Einflüſſe handelt, die ſelbſt nicht übermächtig ſind. Hängt nicht der ganze Mondeinfluß davon ab, ſo kann doch ein Theil davon abhängen. Wenn man ein Haar auf dem Kopfe nicht zählen will, weil es zu wenig iſt, ſo iſt jeder Kopf kahl. Schleiden aber hebt erſt die Geringfügigkeit des Einfluſſes der Anziehung hervor, und nachher exiſtirt er für ihn gar nicht mehr. Die feinſten Beobachtungen haben ihn nach Schleiden nicht nachzuweiſen vermocht. In Wahrheit aber haben ſie ihn nachzuweiſen vermocht (Vgl. S. 194). Abgeſehen aber von der Anziehungswirkung des Mondes hat uns die Herſchel'ſche ſo ſinnreiche und doch in phyſikaliſchen Geſetzen ſo wohlbegründete Betrachtung (S. 150) darauf hingewieſen, daß, wenn die vom Monde mit dem Licht zurückgeworfene Stralwärme der Sonne keine ſpürbare Wirkung auf die Erdoberfläche zeigt, dieß kaum von etwas Anderm abhängen kann, als daß ſie ſolche über der Erdoberfläche in der Atmoſphäre ſchon gezeigt habe.

Nachdem nun von den Springfluten und Nippfluten je nach Syzygien und Quadraturen in jeder populären Darſtellung von Ebbe und Flut die Rede iſt; nachdem Herſchel's Betrachtung in v. Humboldt's Kosmos vorkommt, der in allen Händen iſt, nachdem alſo auch das große Publicum ſehr wohl weiß oder wiſſen kann, daß die Mondphaſen mehr als verſchiedene Mengen zurückgeworfenen Sonnenlichtes ohne merkliche Kraft der Anziehung und der Erwärmung ſind; nachdem v. Humboldt ſelbſt in ſeinem Kosmos ſich auf die Witterungseinflüſſe des Mondes bezieht und dieſelben anerkennt; nachdem Schübler's Unterſuchungen und Arago's Abhandlung über das Factiſche des ganzen Mondeinfluſſes ſeit lange eine allgemeine Verbreitung gefunden haben und namentlich die erſten in bekannten Schriften vielfach citirt worden ſind; kann man Schleiden's Belehrung des Publicum über den Mondeinfluß in der That nur als eine Entleerung deſſelben von den Kenntniſſen, die es ſchon hat, und als eine Beleerung deſſelben mit der Leere, die Schleiden ſelbſt in dieſer Hinſicht hat, bezeichnen.

Man nehme es aber nur recht, ſo iſt Alles in der Ordnung. Sollte die von mir eingeſchlagene Betrachtungsweiſe der Dinge fortgeſetzt werden, ſo würde, wie Schleiden eben (S. 77) gezeigt hat, ſelbſt der leere Raum ſich mit Seele, Geiſt füllen, was offenbar zu viel wäre; ſollte Schleiden's Betrachtungsweiſe der Dinge fortgeſetzt werden, ſo würde, wie ich hier und ſonſt gezeigt habe, die Seele, der Geiſt ſelbſt zum leeren Raume werden, was offenbar zu wenig wäre. Thut man Beides zuſammen, ſo wird das Rechte heraus, und deshalb bin ich unſtreitig mit Schleiden zuſammengethan worden. Dieß aber kann ſicher nur als ein neuer ſchöner Beleg für das Walten eines Zweckprincips in der Welt angeſehen werden, auf daß ich nach der mir von Schleiden zugewieſenen Aufgabe, den leeren Raum mit Seele, Geiſt zu füllen, ſo oft hinweiſe, indeß Schleiden, als Vertreter der umgekehrten Aufgabe, die Seele, den Geiſt zum leeren Raum zu machen, dem Geiſte das Achten auf ein ſolches Walten verweiſen muß. So kommt jeder ſeiner Aufgabe nach Kräften nach und eine Hand wäſcht zwar nicht die andere, aber den Kopf der andern, und trägt hiemit zur allgemeinen Weisheit bei. Wenn der Heuſchrecken zu viel werden, ſo kommen die Raben; Schleiden iſt der größte unter denen, welche durch das Zweckprincip berufen waren, unter den Heuſchreckenſchwärmen meiner Seelen aufzuräumen, nachdem ſich dieſe ſo weit vermehrt hatten, daß ſie gar den leeren Raum zu ſtopfen drohten, den doch die Phyſiker bei den Experimenten mit der Luftpumpe nicht entbehren können; — wenn der Raben zu viel werden und ihr Geſchrei die paar noch übrigen Seelen beſorgt macht, es möchte endlich auch an ſie kommen, ſo werden ſie fromm, und der Himmel ſchickt zur Belehrung dafür eine Seuche unter die Raben, was nur der poetiſche Ausdruck dafür iſt: Artemis ſchießt ſie nieder; Artemis aber iſt wieder nur der griechiſche Ausdruck für den Mond; und alles Uebrige war nur der Flug und das Schwirren der Pfeile ihres goldenen Bogens.

Nach Erwägung aller Verhältniſſe, die darum nur um ſo nöthiger wird, daß ſie noch nicht vollſtändig zum Ziele führt, zeigt ſich nun deutlich, daß man weder mit den Attractionswirkungen, noch erwärmenden Wirkungen des Mondes die geſammten Einflüſſe des Mondes auf die Witterung bis jetzt zu decken vermag, wenn ſchon die Attractionswirkungen ſehr wohl genügen, den kleinen Einfluß der Mondſtunden auf das Barometer unter den Tropen, und die erwärmenden Wirkungen des Mondes den Einfluß des heraufſteigenden Vollmonds auf die Wolkenzerſtreuung zu erklären; aber der Einfluß der Mondphaſen und Apſiden auf naſſe Niederſchläge, Windrichtung, Barometerſtand u. ſ. w. bleibt danach bis jetzt noch unerklärt.

In der That, was die Anziehungswirkungen anlangt, ſo kann nach Laplace's ſchon früher erwähnter Rechnung der vereinigte Einfluß der Mondſtunden, Mondphaſen und Apſiden, inſofern er bloß auf dieſe Wirkungen, und was davon abhängt, bezogen wird, nur eine ganz unbedeutende Wirkung auf das Barometer äußern, welche von der durchſchnittlichen Wärmewirkung weit überſchritten wird. Wenn aber die Anziehung nur eine ganz unmerkliche Wirkung auf den Barometerſtand äußern kann, ſo iſt auch kein erheblicher Erfolg davon für die Witterungsverhältniſſe, die damit zuſammenhängen, vorauszuſehen.

Auch müßten, falls die Wirkung auf die Atmoſphäre von einer Ebbe und Flut derſelben durch die Attraction des Mondes abhängen ſollte, Neumond und Vollmond, erſtes und letztes Viertel, ſich in der Wirkung gleichen und beim Vergleich der verſchiedenen Phaſen der größte Unterſchied der Wirkung zwiſchen der Zeit beider Syzygien und der Zeit beider Quadraturen gefunden werden, die Wirkung der Phaſen auf das Barometer auch unter den Tropen ſtärker als bei uns ſein, was Alles nicht der Fall iſt, wie aus den Detailangaben in meiner größern Schrift zu erſehen iſt.

Was andererſeits den erwärmenden Einfluß der Mondſtralen auf die obern atmoſphäriſchen Schichten und die Wolken anlangt, ſo erhellt jedenfalls für jetzt noch nicht klar, wie darauf eine in ſich zuſammenhängende Erklärung der wolkenzerſtreuenden Kraft des aufſteigenden Vollmonds und der Einflüſſe der Phaſen und Apſiden auf die Witterung begründet werden ſoll; obwohl es künftig nach einer eingehendern Unterſuchung auf vollſtändigern Erfahrungsgrundlagen, als wir ſchon haben, möglich ſein kann.

Vielleicht jedoch vermöchte ein Meteorolog von Fach, der den ganzen Zuſammenhang der Witterungsverhältniſſe vollſtändig vor Augen hat, was bei mir nicht der Fall, auch jetzt ſchon etwas Mehreres in Aufklärung dieſer Verhältniſſe aus dem Geſichtspunkte der Herſchel'ſchen Hypotheſe zu leiſten; denn es ſcheint mir, daß dieſer Geſichtspunkt vorzugsweiſe im Auge behalten zu werden verdient.

J. Herſchel ſelbſt befindet ſich inzwiſchen über dieſen Gegenſtand in einem Irrthum, wenn er p. 263 ſeiner Outlines folgende „Additionel Note" zur eben angeführten Stelle fügt: „Mr. Arago has shown, from a comparison of rain registered as having fallen during a long period, that a slight preponderance in respect of quantity falls near the new Moon over that which falls near the full. This would be a natural and necessary consequence of a preponderance of a cloudless sky about the full and forms, therefore, part and parcel of the same meteorological fact."

Hienach glaubt Herſchel die wolkenzerſtreuende Kraft des heraufſteigenden Vollmondes auf denſelben Grund als den geringen Regen zur Vollmondsphaſe beziehen zu können, indem er ſich aber gerade in dem Umſtande täuſcht, daß nahe dem Neumond mehr Regen falle als nahe dem Vollmond. Arago ſelbſt hat, wie man ſich aus der Stelle S. 209 überzeugen kann, das Entgegengeſetzte aus den Beobachtungen gefolgert; und Herſchel ſich alſo in der Auffaſſung von Arago's Angabe irgendwie verſehen.

Im Bewußtſein meiner eigenen Unzulänglichkeit, dieß Dunkel zu lichten und in dem aufrichtigen Wunſche, einigen Aufſchluß für das Publikum darüber aus einer zulänglichern Quelle zu erlangen, habe ich mich mit einer ſchriftlichen Anfrage und Bitte deßhalb an den berühmteſten und geiſtvollſten Meteorologen, den wir haben, gewandt, aber nur ein tiefes Stillſchweigen von ihm herauslocken können, woran ich, damit das Publicum doch etwas davon hat, nicht verfehle, daſſelbe hiemit Antheil nehmen zu laſſen.

Was aber folgt aus alle dem? Was anders als daß der Mond fortgehends und vollgültig noch eben die Eigenſchaft beſitzt, von der Schleiden am meiſten bemüht iſt, ihn zu entkleiden, daß er ein geheimnißvolles myſtiſches Weſen iſt und bleibt, daß er geheime Kräfte, geheime Sympathieen mit den irdiſchen Dingen hat, magiſche Künſte treibt, hinter die man nicht kommen, und die man zwar läugnen oder ignoriren, aber nicht widerlegen kann.

Ernſthaft geſprochen, es wird Gründe geben, daß der Mond Einfluß auf die Witterung hat, aber gewiß iſt, daß ſie noch im Dunkel liegen, und die meiſten jener gründlichen Forſcher, welche die Thatſache des

Mondeinfluſſes anerkannt haben, haben zugleich dieſes Dunkel anerkannt.

Flaugergues und **Eiſenlohr** in einer ſeiner frühern Abhandlungen *) (jedoch nicht mehr in ſeiner letzten in Pogg. LX.) halten ſich noch an die Attractionswirkungen des Mondes, die aber nach Vorigem unzureichend zur Erklärung ſind. **Schübler** glaubt die **Attractionswirkungen in Verbindung mit einem chemiſchen** Einfluſſe des Mondlichts auf die Atmoſphäre im Spiele, der aber nichts Wahrſcheinliches hat. Die Andern geben zu, man weiß nichts.

So ſagt **Mädler** **): „Die allgemeinen Geſetze der Schwere ſind unzureichend, dieſe Einwirkungen ſowohl qualitativ als quantitativ zu erklären, und eben ſo wenig reichen die uns theoretiſch bekannten Eigenſchaften des Mondlichts zur Darſtellung dieſer Veränderungen aus, demnach ſcheint nur die Annahme übrig zu bleiben, daß es eine dritte uns noch unbekannte Art giebt, wie Weltkörper auf einander wirken“.

Arago ***) ſagt: „Les inégalités de pression, que les observations ont fait reconnaitre, doivent donc tenir à quelque cause différente de l'attraction, à quelque cause d'une nature encore inconnue, mais certainement dependante de la lune.“ Und weiterhin: „Nous voilà donc ramenés une seconde fois, à reconnaitre dans les variations barométriques correspondantes aux diverses phases lunaires, les effets d'une cause spéciale, totalement differente de l'attraction, mais dont la nature et le mode d'action restent à découvrir.“

Kreil †) ſagt bei Gelegenheit einer auszugsweiſen Darſtellung ſeiner Unterſuchungen über den Mondeinfluß auf die Temperatur: „Aus den Ergebniſſen dieſer Beobachtungen ſcheint allerdings hervorzuheben, daß der Mond vorzüglich durch das von ihm zurückgeworfene Sonnenlicht auf unſere Temperatur einwirke. Allein, wenn man bedenkt, daß die Temperaturänderung im Sommer einen Gang befolgt, welcher dem der Beleuchtung ſehr wenig ähnlich iſt, daß zur Zeit des Vollmondes im Sommer beide Aenderungen ſogar gerade im entgegengeſetzten Sinne vor ſich gehen, und daß endlich auch der Neumond im Winter, wo das wenige von ihm reflectirte Licht unter einem ſehr ſchiefen Winkel in unſerer Gegend ankommt, doch die Temperatur um 0°,4 R. zu erhöhen im Stande iſt, ſo wird man zur Annahme gezwungen, daß noch manche Nebenumſtände vorhanden ſein mögen, welche einer einfachen Erklärung dieſer Erſcheinung im Wege ſtehen“.

---

*) Pogg. Ann. XXX. 95–99.

**) Beer u. Mädler, der Mond. S. 168.

***) Annuaire du Bureau du longit. p. 1833.

†) Abhandl. der böhm. Geſellſch. 5. Folge. 2. Band. S. 45.

Kämtz ſagt in ſeiner Meteorologie, er wage ſich nicht zu entſcheiden.

Und mit einem Worte, es iſt noch nichts über die Urſache des Mondeinfluſſes auf die Witterung entſchieden, indeß dieſer Einfluß ſelbſt entſchieden iſt.

Unſtreitig wäre ſchon viel gewonnen, wenn man nur wüßte, welche von den Wirkungen des Mondes, die auf wäſſerige Niederſchläge, Windrichtung, Barometer, Wärme, als die primäre anzuſehen, wovon die andern abhängig zu machen. Nun ſcheinen die erwärmenden Wirkungen an ſich die geeignetſten zu ſein, eine gemeinſame Abhängigkeit der übrigen Witterungsverhältniſſe zu begründen, da dieß ja auch für die Witterungseinflüſſe der Sonne gilt. Nur ermittelt und klar gemacht iſt bis jetzt noch Nichts in dieſer Hinſicht für die Mondwirkungen, und räthſelhaft möchte es danach, abgeſehen von den von Krell hervorgehobenen Punkten, doch ſcheinen, daß das Maximum und Minimum der meiſten Wirkungen kurze Zeit vor Vollmond und

Neumond eintritt. Ein Nach würde minder auffallend erſcheinen.

Mit allem Vorigen iſt nicht in Abrede geſtellt, daß der Einfluß des Mondes auf die Witterung vielfach zu hoch angeſchlagen worden iſt, daß ungenaue Beobachtungen und Berechnungen zu Gunſten deſſelben angeſtellt worden ſind, daß ihm Einflüſſe zugeſchrieben worden ſind, die er nicht hat. Sein Einfluß auf die Witterung wird immer ein untergeordneter bleiben, und eben deßhalb aus kurzen Beobachtungen nicht mit Sicherheit erkannt werden können. Man ſollte ihn durch ſolche gleich gar nicht ſuchen, ſich aber auch hüten, wenn man ihn durch ſolche nicht findet, ihn für Nichts zu halten.

Seit Alters hat es eine Menge Witterungsregeln in Bezug auf den Mond gegeben, deren manche, nach denen man aus gewiſſen Aſpecten des Mondes auf die zukünftige Witterung ſoll ſchließen können, inſofern einigen Grund haben, als ſie wenigſtens Andeutung auf den gegenwärtigen Zuſtand der Atmoſphäre geben, mit dem natürlich der zukünftige in gewiſſer Weiſe zuſammenhängt, nur daß man freilich keinen ſichern Schluß darauf gründen kann. Es leuchtet nämlich aus allgemeinem Geſichtspunkte ein, daß, da wir den Mond durch unſere Atmoſphäre hindurch zu ſehen haben, auch je nach ihrer Anfüllung mit nebligen Dünſten oder ihrer Heiterkeit das Licht des Mondes, die Schärfe ſeiner Conture, die Art, wie er Schatten wirft, Abänderungen erleiden können, welche auf dieſen Zuſtand der Atmoſphäre rückwärts ſchließen laſſen. Arago in ſeiner eben berührten Abhandlung über den Mondeinfluß*) geht mehrere ſolche Regeln durch, worin ich ihm hier folgen will.

Nach Aratus, wenn am dritten Tage des Mondlaufes (vom Neumond an) die Hörner des Mondes recht dünn erſcheinen, wird der Himmel während des Monats, der jetzt im Beginn iſt, heiter ſein. In der That kann es für die gegenwärtige, aber freilich nicht für die zukünftige Heiterkeit der Atmoſphäre beweiſen, wenn die Mondhörner ſcharf und fein zugeſpitzt erſcheinen, da jede neblige Trübung der Atmoſphäre dieſelben mehr ſtumpf, diffus und hierdurch ausgedehnter erſcheinen läßt.

Im Grunde kommt daher die Regel von Aratus auf Folgendes zurück: „Wenn am dritten Tage des Mondlaufes die Atmoſphäre nach Sonnenuntergang gegen Weſten zu recht heiter iſt, ſo wird ſie während eines Monats heiter bleiben.“

So gefaßt wird Jeder leicht die Unzuläſſigkeit der Regel zugeſtehen.

Nach Varro, wenn das obere Horn des zunehmenden Mondes Abends beim Untergange dieſes Geſtirns ſchwärzlich erſcheint, wird man Regen beim abnehmenden Monde haben, wogegen, wenn es das untere Horn iſt, vor dem Vollmond Regen eintreten wird, und, wenn es die Mitte iſt, während des Vollmondes ſelbſt.

---

*) Annuaire du Bureau de longit. p. 1833. p. 207.

Nun kann der Umſtand, daß der Mond an einer Stelle verhältnißmäßig verdunkelt erſcheint, nur davon abhängen, daß nach dieſer Stelle zu ſich mehr trübende Theile in der Atmoſphäre finden, als in der Richtung nach den andern Theilen zu; und da dieß von leicht wechſelnden Zufälligkeiten in der Atmoſphäre abhängt, wird dieſer Regel überhaupt keine Bedeutung beizulegen ſein.

Nach Theon kann man auf ſchlechtes Wetter rechnen, wenn der Mond in einem Alter von 4 Tagen keinen Schatten wirft.

Auch daß der Mond vier Tage nach dem Neumond keinen Schatten wirft, kann nur von einer Trübung der Atmoſphäre abhängen. Daß Theon gerade den vierten Tag wählt, hat wohl darin ſeinen Grund, daß früher die noch kleine und faſt immer in das Dämmerlicht des Himmels getauchte Mondſichel überhaupt nicht leicht einen ſichtbaren Schatten wirft, ſpäter aber das ſtärker gewordene Licht des wachſenden Mondes auch ſelbſt durch ſtärkere Trübung der Atmoſphäre doch hinreichend wirkt, um Schatten zu geben.

Arago geht noch weiter auf die erfahrungsmäßige Widerlegung ein, daß nach je 19 oder 9 Jahren, in Betracht der Dauer gewiſſer Mondperioden, dieſelbe Witterung wiederkehre. Daſſelbe thut Brandes in ſeinen Beiträgen. Hierüber ſei auf meine größere Schrift verwieſen.

Ganz beſondern Einfluß hat man dem Monde auf auffallende Wetterveränderungen beigelegt, indem die Mondwechſel überhaupt Wetterveränderungen begünſtigen, und namentlich gewiſſe Mondphaſen vor andern dazu disponirenn ſollten; obwohl man über das Nähere der darauf bezüglichen Regeln ziemlich unſicher geblieben iſt*). Einige wollten, daß die Veränderung der Witterung unmittelbar nach dem Mondwechſel eintreten ſolle, Andere, daß ſie erſt den vierten und fünften Tag nachher eintrete; daher der alte Vers:

Prima secunda nihil,
Tertia aliquid
Quarta quinta qualis,
Tota Luna talis.

Im Sommer ſoll die Veränderung der Witterung ſich nach dem Mondwechſel, im Winter vor demſelben einſtellen u. ſ. w. Um beſtimmtere Aufſchlüſſe über dieſen Gegenſtand zu erhalten, haben Toaldo, Pilgram, Horsley und Gronau Unterſuchungen angeſtellt; doch laſſen alle dieſe Unterſuchungen bemerktermaßen viel zu wünſchen übrig, und namentlich iſt die Weiſe, wie Toaldo den Gegenſtand in's Auge gefaßt hat, aus mehreren Geſichtspunkten ganz unzuläſſig, wie von Arago in der mehrfach angeführten Abhandlung gezeigt wird. Ja, Toaldo hat durch ſeine untriftige Weiſe, den Gegenſtand zu behandeln, weſentlich beigetragen, den Mondeinfluß in Mißcredit zu bringen. Ein Weiteres darüber in meiner künftigen Schrift.

---

*) Vergl. Mag. der Geſellſch. der naturforſch. Freunde in Berlin. 1808. S. 103.

Kurz, es fehlt nicht an Angaben über den Einfluß des Mondes auf die Witterung, die ſich widerlegen laſſen und widerlegt worden ſind; indeß der Einfluß des Mondes unwiderleglich beſteht.

VII. Allgemeineres und Specielleres über den Witterungs-Einfluß des Mondes.

Dieß Kapitel iſt als eine Einſchaltung von mehr wiſſenſchaftlichem als allgemeinem Intereſſe anzuſehen, und kann von denen überſchlagen werden, denen die allgemeine Thatſache des Mondeinfluſſes genügt. Theils iſt es beſtimmt, ein Beiſpiel der Behandlungsweiſe zu geben, welche der Gegenſtand in meiner größern Schrift erfahren wird, nur daß ich Vieles hier blos andeute oder anzeige, was ich dort ausführe; theils einige ſpecielle Data und Zuſammenſtellungen darzubieten, die nach Umſtänden auch bei andern ſich an dieſe anſchließenden Unterſuchungen von Nutzen ſein können; wie ich denn im 10. Kapitel, bei der Unterſuchung der Frage über den Mondeinfluß auf das organiſche Leben Veranlaſſung haben werde, mich hieher rückzubeziehen.

Ich füge im Folgenden nicht überall die Literatur der Unterſuchungen bei, da man ſolche leicht aus den Citaten des vorigen Kapitels, größtentheils auch aus den Anmerkungen zu den Tabellen VI, VII u. X am Schluſſe dieſes Kapitels ſuppliren kann. Wo Kreil's oft erwähnte Unterſuchungen zu finden, iſt S. 184 in der Anmerkung angezeigt.

Wenn ſchon der Einfluß des Mondes auf die Witterung nach den Erörterungen des vorigen Kapitels als Thatſache feſtſteht, ſo iſt doch mit Feſtſtellung derſelben erſt der Anfang der ganzen Aufgabe gemacht. Es wird ſich nun noch fragen, wiefern ſich der Einfluß des Mondes nach den Orten und nach den Jahreszeiten ändert, worüber nach dem, was bisher vorliegt (in Betreff der Jahreszeiten insbeſondere nach den Beobachtungen von Schübler, Eiſenlohr und Kreil) ſich zwar Manches, aber nichts Entſcheidendes, ſagen läßt, was die künftige Schrift ausführt; es wird ſich ferner um die genauere Beſtimmung theils des Ganges, theils der Größe des Einfluſſes, namentlich der Zeit und des Unterſchiedes zwiſchen Maximum und Minimum für die verſchiedenen Witterungsverhältniſſe handeln.

Leider beſitzen wir bis jetzt auch noch nicht einmal für einen einzigen Ort eine Beobachtungsreihe, welche lange genug fortgeſetzt wäre, um in den Mittelwerthen den Einfluß der Zufälligkeiten ſo weit compenſirt zu finden, daß der Gang und die Hauptverhältniſſe des Mondeinfluſſes ſich unmittelbar rein dadurch herausſtellten. Wie bedenklich es aber iſt, die Beobachtungen von mehrern Orten zu combiniren, um eine größere Zeitlänge der Beobachtungen zu gewinnen, iſt früher

(S. 160) bemerkt worden; auch iſt das Reſultat, was der Verſuch einer ſolchen Combination geliefert hat, kein erfreuliches geweſen. Zwar hat dieß nicht gehindert, die Thatſache des Mondeinfluſſes auch durch die den Beobachtungen noch anhaftenden Zufälligkeiten hindurch im Allgemeinen zu erkennen, wie man im vorigen Kapitel geſehen; doch reducirt ſich das Reſultat auch in der Hauptſache auf dieſe allgemeine Erkenntniß, und ſowohl die Reinlichkeit der Ergebniſſe als die Möglichkeit, ſpeciellere und genauere Folgerungen zu ziehen, wird weſentlich mit am Beſitz von Beobachtungen hängen, welche den Mondeinfluß unmittelbar reiner herausſtellen, als es bei den bisherigen noch der Fall. Dabei wäre ſehr zu wünſchen, daß die künftigen Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand ſo viel möglich für alle Hauptmomente der Witterung, namentlich Druck-, Wärme-, Wind- und Regenverhältniſſe und für alle Hauptverhältniſſe des Mondumlaufes, Phaſen, Apſiden, Declination, Mondſtunden, im Zuſammenhange geführt würden, weil nur die Unterſuchung des ganzen Zuſammenhanges der Wirkungsverhältniſſe eine Einſicht in denſelben zu eröffnen verſpricht. Die Befriedigung eines ſolchen Wunſches wird aber wohl noch lange auf ſich warten laſſen. Zwar hat Eiſenlohr für Carlsruhe, E. Bouvard für Paris, Kreil für Prag, Schübler bei ſeiner 28jährigen Reihe für verſchiedene Orte, der Aufgabe, die verſchiedenen Momente der Witterung und verſchiedenen Verhältniſſe des Mondlaufes zugleich zu berückſichtigen, bis zu gewiſſen Gränzen entſprochen, doch theils nicht ſo vollſtändig, theils nicht für ſo lange Zeit, als zu wünſchen wäre.

Wenn man das, was bisher von Beobachtungen vorliegt, ins Auge faßt, ſo gewinnt man leicht die Ueberzeugung, daß ſelbſt eine Beobachtungsreihe von 100 Jahren noch bei Weitem nicht hinreichen würde, den Einfluß der Zufälligkeiten, ſelbſt bei den relativ wirkſamſten Mondeinflüſſen von monatlicher Periode, ſo weit in den Mittelwerthen zu eliminiren, um einen ganz regelmäßigen Gang derſelben für alle Tage des Monats zu erhalten. Die längſte Beobachtungsreihe für einen und denſelben Ort, die bisher vorliegt, (von Eiſenlohr für Carlsruhe, betreffend den Einfluß des ſynodiſchen Umlaufs auf wäſſerige Niederſchläge, Gewitter, heitere und trübe Tage) umfaßt aber nur 30 Jahre. Die Länge der erfoderlichen Beobachtungszeit wird ſich inzwiſchen durch angemeſſene Correction der beobachteten Werthe wegen des Sonneneinfluſſes (bezüglich der Tages- und Jahreszeit) ſehr abkürzen laſſen, da dieſer Einfluß es hauptſächlich iſt, unter dem ſich der Mondeinfluß verſteckt, und es iſt auch in einigen der bisherigen Unterſuchungen, namentlich von Kreil für den Einfluß der Mondſtunden auf verſchiedene Witterungsverhältniſſe in Prag, von Mädler für den Einfluß des ſynodiſchen und des auf den Aequator bezüglichen Umlaufs auf den Barometerſtand in Chriſtiansburg (Guinea), von Eiſenlohr (Poggend. Ann. LX.) für den Einfluß des ſynodiſchen Umlaufs und der Mondſtunden auf den Barometerſtand in Paris, und von den engliſchen Beobachtern (S. 194) für den Einfluß der Mondſtunden auf das Barometer unter den Tropen, dadurch ſchon Wichtiges, obwohl (mit Ausnahme der letzten Beobachtungen) wegen der noch zu kurzen Beobachtungszeit bei Weitem nicht Durchſchlagendes, geleiſtet worden. Dabei kommt es darauf an, die Correction auf die vortheilhafteſte und ſchärfſte Weiſe auszuführen.

Kreil und theilweis die engliſchen Beobachter bewirken die Correction dadurch, daß ſie von jedem einzelnen, zu einer gegebenen Tagesſtunde beobachteten, Werthe den Werth abziehen, welcher dieſer Stunde im Mittel des ganzen Monats zukommt; indem dieſer Werth den von der Tageszeit abhängigen Sonneneinfluß für dieſen Monat repräſentirt. Indem die Correction für die Beobachtungswerthe jedes Monats beſonders ausgeführt wird, iſt darin mit der Correction wegen der Tagesſtunde zugleich auch die wegen der Jahreszeit mit genügender Approximation enthalten. — Noch mehr (nämlich nicht blos nach Monaten, ſondern auch Tagen) ſpecialiſirt ſich aber die Correction wegen der Jahreszeit durch Mädler's Verfahren. Dieſer bringt die geſammten Werthe der Beobachtungsreihe nach der Methode der kleinſten Quadrate auf eine periodiſche Function der Jahreszeit (ſo viel tägliche Beobachtungsſtunden, ſo viel Functionen) und beſtimmt hieraus für jeden Tag beſonders den Werth, welcher der Beobachtungsſtunde zukommt, als in Abzug zu bringende Größe. Mädler hat jedoch die Correctionsfunction nicht für jedes Beobachtungsjahr insbeſondere, ſondern nur für das Mittel ſämmtlicher Beobachtungsjahre berechnet; und in dieſer Hinſicht iſt Kreil's Correction, welche ſich nicht nur für die Monate, ſondern auch Jahre der Beobachtung ſpecialiſirt, ſpecieller. — Eiſenlohr endlich bringt von jedem beobachteten Werthe blos das allgemeine Mittel, was der betreffenden Beobachtungsſtunde nach der Geſammtheit der Beobachtungen zukommt, in Abzug; ſo daß ſich alſo hiebei die Correction weder nach den einzelnen Jahren, noch Monaten, noch Tagen ſpecialiſirt. Die Correctionsgrößer werden, je mehr Tage oder Stunden man zur Summe oder zum Mittel vereinigt. Aber theils kann der von Ausgleichung der Zufälligkeiten abhängige Zuwachs von Regelmäßigkeit im Gange der Summen- oder Mittelwerthe gegen den der Einzelwerthe, falls überhaupt ein geſetzlicher Gang ſich unter Zufälligkeiten verſteckt, als ein Gewinn für die Erkenntniß eines ſolchen angeſehen werden, theils können die Verhältniſſe mehrtägiger oder mehrſtündiger Epochen, wenn ſie auch nicht die der einzelnen Tage und Stunden ſelbſt genau *vertreten* können, doch nicht minder als dieſe einen Anhalt zu beachtenswerthen Folgerungen bieten. Gewöhnlich bleibt man bei 3- bis 4tägigen oder ſtündigen Summen- oder Mittelwerthen ſtehen; indem man dabei die Rückſicht auf eine mindeſtens *angenäherte* Repräſentation der Einzelwerthe dadurch im Auge zu behalten pflegt. Wo man aber unter Verzicht auf dieſe Rückſicht ſich blos die Aufgabe ſtellt, das Daſein eines geſetzlichen Mondeinfluſſes durch den regelmäßigen Gang davon abhängiger Werthe *überhaupt* zu erkennen, gewinnt man, wie mich eine genauere Unterſuchung gelehrt hat, bei Vorhandenſein nur *Eines* geſetzlichen Maximum und Minimum am Meiſten, wenn man geradezu die Werthe der *halben* Periode ſummirt, und dieß durch die ganze Reihe durchführt, indem man dieſelbe in ſich ſelbſt zurücklaufend betrachtet, alſo bei dem anomaliſtiſchen oder ſynodiſchen Umlauf die Werthe von je 14 oder 15 auf einander folgenden Tagen ſummirt. Beiſpiele dazu werden einige Tabellen im 10. Kapitel liefern, worin ich Schweig's Reſultate über den Einfluß des Mondes auf den Stoffwechſel in dieſer Art zuſammenſtelle. In den Tabellen I und II dieſes Kapitels iſt blos bis zu 7tägigen Summen gegangen; und ſchon hiemit ein großer Gewinn von Regelmäßigkeit im Gange der Werthe erzielt. Wo, wie beim Einfluſſe der Mondſtunden auf Ebbe und Flut der Atmoſphäre, auf die magnetiſche Abweichung u. ſ. w., zwei tägliche Maxima und Minima vorhanden ſind, ſind ſechsſtündige Summen oder Mittel am vortheilhafteſten. Dieß Verfahren hat eine Art Zauberkraft zur Herausſtellung kleiner periodiſcher Einflüſſe aus dem Verſteck durch Zufälligkeiten, und bringt oft Reihen, deren Einzelwerthe unmittelbar noch einen ſehr unregelmäßigen Gang zeigen, auf einen ganz regelmäßigen Gang (ſo z. B. Schübler's 28jährige Reihe über den Einfluß des ſynodiſchen Umlaufes auf die Zahl der naſſen Tage, Eiſenlohr's 10jährige Reihe über den Einfluß dieſes Laufes auf das Barometer u. ſ. w.), falls nur überhaupt ein regelmäßiger Einfluß vorhanden iſt.

Ungeachtet der frappanten Ergebniſſe, welche dieſe Methode der Summirung der Werthe der halben oder reſpectiv Viertel-Periode in der Durchführung durch eine periodiſche Beobachtungsreihe liefert, habe ich doch in dieſer Schrift, mit Ausnahme der Schweig'ſchen Beobachtungen im 10. Kapitel, darauf verzichtet, mich auf dieſelbe zu ſtützen, da ſich auch ohne ſie auskommen ließ und ohne genauere Begründung und Erörterung der Methode, welche außer den Gränzen dieſer Schrift liegt, eine Anwendung derſelben unſtatthaft erſchien. Hier nur andeutungsweiſe noch ein paar Worte darüber:

Liegt eine Reihe beobachteter Werthe a, b, c, d .... für ſucceſſive

Tage oder Stunden vor, ſo kann man das Wachsthum von einem Werthe zum je folgenden mit +, die Abnahme mit — bezeichnen (Beiſpiele, Tabelle I. u. II. in dieſem Kapitel); und der Gang der Reihe wird dann im Allgemeinen durch die Weiſe, wie die Zeichen wechſeln oder ſich folgen, beſtimmt.

Combinirt man nun die Einzelwerthe zu Summen, z. B. dreiwerthigen (a + b + c), (b + c + d) u. ſ. w. oder äquivalenten Mitteln, und führt dieß durch die ganze Reihe durch, ſo iſt zuvörderſt zu bemerken, daß die Differenzen der aufeinanderfolgenden Summen nicht mit den Differenzen der mittlern Buchſtaben b, c, ſondern der äußern a, d übereinſtimmen, daß alſo auch der Gang der aufeinanderfolgenden Summen oder ihnen äquivalenten Mittel betreffs der Abnahme und Zunahme dem Gange der aufeinanderfolgenden Einzelwerthe nach Abnahme und Zunahme nicht entſprechen und nicht dafür ſubſtituirt werden kann.

Von der andern Seite aber iſt zu bemerken, daß der Unterſchied der von einander entfernten Einzelwerthe a, d, um welchen die aufeinanderfolgenden Summen differiren, in einer Beobachtungsreihe, welche einen periodiſchen Einfluß darſtellt, allgemein geſprochen größer, als der unmittelbar aufeinanderfolgenden b, c iſt. Dieß hat den Erfolg, daß der Einfluß zufälliger Differenzen, wenn ſolche ſich mit den geſetzlichen der Periode compliciren, leichter dadurch überboten werden, und mittelſt Durchführung der Summation durch die ganze Reihe ein regelmäßiger Gang ſich leichter herausſtellen kann, wenn überhaupt eine geſetzliche Periodicität der Reihe unterliegt, als wenn man bei den Einzelwerthen ſtehen bleibt. Das Günſtigſte in dieſer Hinſicht wird ſein, wenn man als Maximumdifferenz zwiſchen den aufeinanderfolgenden Summen den vollen Unterſchied zwiſchen Maximum und Minimum ſelbſt ins Spiel bringt. Dieß eine kurze Andeutung des Grundes der obigen Regel.

Dabei darf nicht außer Acht gelaſſen werden, daß ein Theil des Gewinnes an Regelmäßigkeit, den man in der Reihe der Summen- oder Mittelwerthe gegen die Reihe der Einzelwerthe erhält, ein Erfolg der Methode an ſich und nur ſcheinbar, weil auch bei

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01571/024

ganz zufällig zuſammengewürfelten Werthen ſichtbar iſt. Bezeichnet man nämlich in angegebener Weiſe die Zunahme von einem Werthe zum nächſtfolgenden einer periodiſchen Reihe durch +, die Abnahme durch —, ſo wird ſich das Behaftetſein der Reihe mit noch vielen Zufälligkeiten durch den öftern Zeichenwechſel verrathen; wogegen eine davon freie periodiſche Reihe mit blos Einem Maximum und Minimum (die Reihe in ſich zurücklaufend gedacht) blos zwei Zeichenwechſel darbietet. Nun findet man, daß bei einer Reihe ganz zufällig zuſammengewürfelter Werthe durchſchnittlich die Zahl der Zeichenwechſel zwiſchen den aufeinanderfolgenden Werthen doppelt ſo groß iſt, als die der Zeichenfolgen, in der Reihe der daraus gebildeten Summenwerthe aber (gleichviel wie viel Tage oder Stunden dazu man nimmt) durchſchnittlich nur noch eben ſo groß, wie ich mich durch eine genauere Unterſuchung theils empiriſch, theils durch Bezugnahme auf die Combinationslehre überzeugt habe, daß alſo durch die Summationsmethode an ſich eine relative Verminderung der Zahl der Zeichenwechſel und hiemit ein ſcheinbarer Gewinn an Regelmäßigkeit im Gange der Werthe erzielt wird, der nicht als Herausſtellung einer verſteckten Geſetzlichkeit der Reihe zu betrachten iſt; da er ſich eben ſchon bei ganz zufälligen Werthen zeigt. Aber weiter geht die Macht der Summationsmethode auf rein zufällige Werthe nicht, als die Zahl der Zeichenwechſel durchſchnittlich vom Doppelten auf Gleichheit mit der Zahl der Zeichenfolgen zu reduciren; und wenn alſo durch die Summationsmethode die Zeichenwechſel der Reihe ganz oder faſt ganz bis auf diejenigen, welche das Daſein der geſetzlichen Maxima und Minima fodert, verſchwinden, ſo iſt dieß allerdings als Herausſtellung einer verſteckten Geſetzlichkeit durch ſie nach dem oben angedeuteten Princip anzuſehen.

Dieſe Verhältniſſe ſind bisher noch nicht genügend erörtert, ja, wie es ſcheint nicht einmal bemerkt worden, ungeachtet ſie bei Behandlung von Beobachtungsreihen, in welchen ſich geſetzliche Einflüſſe unter noch beträchtlichen rückſtändigen Zufälligkeiten verſtecken, von großer Wichtigkeit ſind. Ich muß mich aber hier mit dieſen kurzen, nicht ausreichenden, indeß wie ich hoffe, für den, der mit einigen Ueberlegungen näher darauf eingehen und die Sache ſelbſt prüfen will, doch verſtändlichen Andeutungen begnügen. Ein Weiteres darüber in meiner künftigen Schrift, wo man die Ausführungen, Belege und Beiſpiele dazu finden wird.

Zu dieſen allgemeinen Erörterungen füge ich nun noch einige ſpeciellere Zuſammenſtellungen und Ausführungen über den Mondeinfluß auf die wäſſerigen Niederſchläge und das Barometer.

a) Einfluß auf die Niederſchläge.

Zunächſt folgt hier eine Tabelle, in der ich die Zahl der Niederſchläge für Carlsruhe, Straßburg und Paris, nach Eiſenlohr und E. Bouvard, für jeden einzelnen Tag des ſynodiſchen Monats (Neumond wie immer als 1 gerechnet) zuſammenaddirt gebe. Gern würde ich auch die Zahlen der 28jährigen Schübler'ſchen Reihe damit combinirt haben, aber die beſondere Einrichtung ſeiner Beobachtungstabelle läßt es nicht zu.

Zum Verſtändniß der Tabelle folgende Vorbemerkungen:

Die Spalte Zahl der naſſen Tage enthält die direct durch die Addition aus den drei Reihen für jene drei Orte erhaltenen Zahlen. In der Spalte dreitägige Summen ſind mit Rückſicht auf die oben gemachten Bemerkungen, zur beſſern Ausgleichung der Zufälligkeiten, je drei aufeinanderfolgende dieſer Zahlen zur Summe vereinigt; der beiſtehende Tag iſt der mittlere. So iſt die dreitägige Summe 1270, welche dem 1. Tage beiſteht, die Summe der 3 Zahlen 417, 418, 435, welche dem 30., dem 1. und 2. zugehören. Man muß ſich nämlich den Mondlauf in ſich zurückkehrend denken, ſo daß der letzte Tag als der Tag vor dem 1. anzuſehen iſt. In der Spalte 7tägige Summen ſind zu noch beſſerer Ausgleichung eben ſo die Werthe von je 7 Tagen zur Summe vereinigt; und der beiſtehende Tag iſt wieder der mittlere. Sie gewährt zugleich das Intereſſe, daß man daraus die Woche der größten, kleinſten und mittlen Wirkung erſehen kann. Außerdem ſind Zeichen + und — zwiſchen je zwei Werthen angebracht, um danach den Gang der Zunahme (+) oder Abnahme (—) von einen Werthe zum andern um ſo leichter überſehen zu können. Die größere oder geringere Zahl der Zeichenwechſel giebt bemerktermaßen eine Andeutung der größern oder geringern Unregelmäßigkeit im Gange der Werthe (ſ. Tabelle 1 auf S. 237.).

Der 29. und 30. Tag kommt in den Straßburger Beobachtungen nur zu einem Mittelwerth 117 zuſammengezogen vor, und dieſer Mittelwerth iſt hier für den 29. Tag als Straßburger Werth in Rechnung genommen, für den 30. Tag aber 122 als Mittelwerth zwiſchen 117 und 126, ſofern 126 der Straßburger Werth für den Tag 1 iſt. Durch dieſe Interpolation iſt die Geſammtſumme etwas gegen die wirklich beobachtete erhöht.

Durch dieſe Combination ſtellt ſich nun das Geſammtreſultat der drei darin befaßten Beobachtungsreihen auf einmal heraus; und wir bemerken Folgendes:

Das Maximum und Minimum fallen, nach der Spalte für die einzelnen Tage um ½ Monat auseinanderliegend, an den 13. und 28., d. i. 1. Tag nach dem 2. Octanten

I. Geſammttabelle über die Anzahl wäſſeriger Niederſchläge, welche in 86 Beobachtungsjahren *) mit 12558 wäſſerigen Niederſchlägen (naſſen Tagen) in Carlsruhe (30 J. v. 1801–1830), Straßburg (27 J. v. 1806–1832) und Paris (29 J. v. 1807–1832) nach O. Eiſenlohr und E. Bouvard gefallen ſind, erhalten durch Summation der an den einzelnen Orten zu dieſen Monatstagen gefallenen Niederſchläge.

Monatstage	Zahl der naſſen Tage	3tägige Summen	7tägige Summen	Monatstage	Zahl der naſſen Tage	3tägige Summen	7tägige Summen
1	418	1270	2860	16	388	1210	2969
	+	+	+		+	+	—
2	435	1273	2920	17	407	1222	2914
	—	—	+		+	+	—
3	420	1252	2929	18	427	1235	2880
	—	—	—		—	+	—
4	397	1251	2919	19	401	1263	2848
	+	—	+		+	—	+
5	434	1238	2924	20	435	1243	2872
	—	+	0		—	—	—
6	407	1249	2924	21	407	1225	2858
	+	—	+		—	—	—
7	408	1238	2971	22	383	1202	2836
	+	+	+		+	—	—
8	423	1266	3032	23	412	1188	2834
	+	+	+		—	+	—
9	435	1325	3058	24	393	1210	2802
	+	+	+		+	—	—
10	467	1360	3141	25	405	1197	2769
	—	+	+		—	+	+
11	458	1385	3174	26	399	1207	2785
	+	+	—		+	—	+
12	460	1408	3166	27	403	1176	2790
	+	—	—		—	0	+
13	490	1391	3119	28	374	1176	2815
	—	—	—		+	+	+
14	441	1346	3059	29	399	1190	2845
	—	—	—		+	+	+
15	415	1244	3028	30	417	1234	2866
	—	—	—		+	+	—
				Summe	12558	37674	87906
				Mittel	418.6	1255.8	2910.2

---

*) Man muß nicht außer Acht laſſen, daß ſie ſich zum Theil decken.

und 1 Tag nach dem 4. Octanten mit den Zahlen 490 und 374, was ungefähr dem Verhältniß 4 : 3 entſpricht. Die dreitägigen Summen laſſen das Maximum und Minimum auf dieſelben Tage fallen; wogegen die 7tägigen Summen das Maximum und Minimum auf den 11. und 25. als Mitteltage fallen laſſen, was man als keinen Mangel an Uebereinſtimmung anſehen darf; da bemerktermaßen durch vieltägige Summen die Verhältniſſe der Mitteltage nicht mehr richtig repräſentirt werden. Die 7tägigen Summen lehren uns aber, daß unter allen Wochenabtheilungen, die man aus dem ſynodiſchen Monate bilden kann, die Woche, welche den 11. Tag in der Mitte hat, d. i. vom 8. bis 14. (ungefähr vom 1. Viertel bis gegen Vollmond), die meiſten Niederſchläge, die Woche, welche den 25. in der Mitte hat, d. i. vom 22. bis 28. (welche etwa die Mitte zwiſchen Vollmond und Neumond einnimmt), die wenigſten giebt; und zwar im Verhältniß von 3174 : 2769 (= 114,6 : 100,0). Dem Mittelwerthe 2910,2, der zu Ende der Spalte ſteht, entſprechen am meiſten die Wochen, welche den 2. und 4., und welche den 17. in der Mitte haben. Alſo auch die Mitteltage der Maximum- und Minimumwoche, ſo wie der Mittelwochen, liegen um den halben Monat auseinander. Im Uebrigen wird man nicht ohne Intereſſe ſehen, wie regelmäßig die Werthe in der Spalte der 7tägigen Summen fortſchreiten. Abgeſehen von einer kleinen unregelmäßigen Schwankung um den Anfang des Monats und der Zahl 2848 am 19., findet ein regelmäßig fortgehendes Anwachſen und Wiederabnehmen der Zahlen im Laufe des Monats ſtatt.

Nachdem es jetzt üblich iſt, die Werthe einer periodiſchen Beobachtungsreihe als eine Function der Zeit darzuſtellen, deren Conſtanten nach der Methode der kleinſten Quadrate berechnet werden, iſt dieß auch von mir mit den Werthen jeder der drei Beobachtungsreihen, die in voriger Tabelle zuſammengefaßt ſind, beſonders geſchehen, wobei ich bis zu vier periodiſchen Gliedern gegangen bin. Die Conſtanten zeigen theilweiſe eine ſehr bemerkenswerthe Uebereinſtimmung zwiſchen den drei Reihen, theilweiſe auch erhebliche Abweichung. Hierüber jedoch das Weitere in meiner größern Schrift.

Zu der vorigen combinirenden Tabelle über die Zahl der naſſen Tage wollen wir jetzt auch eine ſolche über die Menge gefallenen Waſſers für Straßburg und Paris fügen. Für Carlsruhe liegen keine Angaben vor (ſ. Tabelle II S. 240.).

Für den 30. Tag in Straßburg gilt eine entſprechende Bemerkung als bei der vorigen Tabelle. Durch den interpolirten 30. Tag iſt die Geſammtmenge gefallenen Waſſers, welche für Straßburg eigentlich 18220,10 Mill. nach der Originaltabelle für 29 Tage beträgt, hier auf 18757,38 Mill. erhöht worden. Die Zahlen der Pariſer Beobachtungen ſind aus der Originaltabelle, wo die Angabe als mittlere für einen Monat gilt, durch Multiplication mit 359 als der Zahl der ſynodiſchen Beobachtungsmonate erhalten, um ſie mit den Straßburger Zahlen combinirbar zu machen. Wegen Weglaſſung der letzten Decimale in den Straßburger Beobachtungen, die in unſerer Tabelle ſtattgefunden hat, ſtimmt die Summe der beiden Zahlen 18757,38 und 14776,50 = 33533,88, wo dieſe Weglaſſung nicht ſtattgefunden hat, in

II. Geſammttabelle über die Quantität Waſſer (in Millimetern), welche an folgenden Monatstagen in 55 Beobachtungsjahren *) in Straßburg (27 J. von 1806–1832) und Paris (29 J. von 1804–1832) nach Eiſenlohr und Bouvard gefallen iſt, erhalten durch Summation der an den einzelnen Orten zu dieſen Monatstagen gefallenen Quantität (geſammte Quantität in Straßburg 18757,38 Millim. in 333 ſynod. Mon., in Paris 14776,50 Millim. in 359 ſynod. Mon.).

Monats-Tag	Quantität gefallenen Waſſers	3tägige Summen	7tägige Summen	Monats-Tag	Quantität gefallenen Waſſers	3tägige Summen	7tägige Summen
1	1080,7 +	3381,1 +	7634,6 +	16	1122,6 −	3151,4 +	7803,8 −
2	1246,1 −	3442,3 +	8013,7 −	17	1057,3 +	3392,3 −	7722,6 −
3	1115,5 +	3579,3 −	7934,5 −	18	1212,4 −	3186,0 +	7588,0 +
4	1217,7 †	3559,3 −	7851,9 +	19	916,3 +	3242,9 −	7701,9 +
5	1226,3 −	3437,9 −	7929,3 +	20	1114,2 +	3224,2 +	7729,3 −
6	993,9 −	3191,9 −	7960,2 +	21	1193,7 −	3393,3 +	7684,0 −
7	971,7 +	3123,7 +	8070,7 +	22	1083,4 −	3428,1 −	7459,7 +
8	1158,1 +	3406,8 +	8130,4 +	23	1150,0 −	3247,4 -	7647,2 −
9	1277,0 −	3661,1 +	8187,1 +	24	1012,0 −	3150,1 −	7567,7 −
10	1226,0 +	3780,4 +	8388,6 +	25	988,1 +	3103,9 +	7191,2 +
11	1277,4 +	3786,4 −	8745,2 −	26	1103,8 +	3126,6 −	7208,9 −
12	1283,0 +	3755,8 +	8558,6 −	27	1034,7 −	2955,7 −	7113,2 +
13	1195,4 +	3806,7 −	8401,2 −	28	817,2 +	2955,0 +	7181,9 +
14	1328,3 −	3493,2 −	8235,5 −	29	1103,1 +	2874,6 +	7439,9 +
15	971,5 +	3422,4 +	8170,5 −	30	1054,3 +	3238,1 +	7451,6 −
				Summe	33533,7	100599,1	234735,9
				Mittel	1117,79	33533,03	7824,53

---

*) Zum Theil ſich deckend.

den Decimalen nicht genau mit der Schlußſumme 33533,7, wie es an ſich der Fall ſein ſollte. Der Unterſchied iſt aber natürlich ganz unerheblich.

Dieſe Tabelle giebt zu analogen Bemerkungen Anlaß als die vorige, auf die ich hier nicht weiter eingehen will, da ſie jeder leicht ſelbſt machen kann.

Obwohl das Maximum und Minimum nicht genau mit dem 2. und 4. Octanten zuſammenfallen, ſo wollen wir doch, da ſie nur etwa um 1 Tag davon abweichen, eine kleine Zuſammenſtellung für dieſe, dem Maximum und Minimum nächſtliegenden Phaſen nach den verſchiedenen Beobachtungsreihen geben, um einige weitere Bemerkungen daran zu knüpfen. Zur beſſern Elimination der Zufälligkeiten aber ſollen ſtatt der Werthe für die einzelnen Tage 3- bis 4tägige Mittelwerthe (mit Rückſicht, die Phaſe möglichſt genau in die Mitte fallen zu laſſen) mit dem 2. und 4. Octanten als Mitteltagen dienen. Nach den Datis der Originaltabellen ergiebt ſich ſolchergeſtalt folgende Zuſammenſtellung:

III. Tabelle über das Verhältniß der Zahl der naſſen Tage am 2. Octanten zur Zahl derſelben am 4. Octanten in 3- bis 4tägigen Mitteln nach

	2. Oct.		4. Oct.
29 jähr. Beob. v. Bouvard in Paris	125,26	:	100,00
27 „ „ „ Eiſenlohr „ Straßburg	120,65	:	100,00
28 „ „ „ Schübler „ A. M. St.	115,14	:	100,00
30 „ „ „ Eiſenlohr „ Carlsruhe	113,79	:	100,00

Bei den Bouvardſchen Beobachtungen, welche keine directe Beſtimmung für die Phaſen enthalten (vgl. S. 144), ſind mit Rückſicht, die Phaſen möglichſt in die Mitte der zum Mittel verbundenen Tage fallen zu laſſen, zum Mittel verbunden der 11. 12. 13., für den 4. Octanten der 25. 26. 27. 28. Tag der Originaltabelle. Der Schübler'ſchen Zahl liegen directe Beſtimmungen für die Phaſen unter; ſie gelten für das Ende der Phaſentage als Mitte 4tägiger Mittel. Die Eiſenlohr'ſchen 3- bis 4tägigen Mittel ſind nach directer Methode von ihm ſelbſt beſtimmt. (Pogg. XXX. 37. XXXV. 319.) Wollte man ſie in entſprechender Weiſe, wie hier die Bouvard'ſchen, aus der Originaltabelle für die einzelnen Monatstage indirect beſtimmen, ſo würden ſich etwas andere Werthe als oben ergeben, nämlich für Carlsruhe 111,41 : 100,00, für Straßburg 120,21 : 100,00. Allein die obigen Werthe ſind als direct beſtimmte vorzuziehen.

Nimmt man aus vorſtehenden Zahlen das Mittel, indem man den Beobachtungen dabei ein der Zahl der Beobachtungsjahre proportionales Gewicht beilegt, ſo findet ſich ſchließlich als Geſammtreſultat von 114 Beobachtungsjahren in 3- bis 4tägigen Mitteln nach Bouvard, Eiſenlohr, Schübler, für Paris, Straßburg, Augsburg (u. ſ. w.), Carlsruhe, daß ſich die Zahl der naſſen Tage am 2. Octanten zur Zahl am 4. Octanten wie 118,66 : 100,00 verhält, wonach die Zahl der naſſen Tage durch den Mondeinfluß zur Zeit des 2. Octanten um mehr als $^1/_6$ über die zur Zeit des 4. Octanten erhöht iſt.

Wenn die einzelnen Unterſuchungen, aus denen dieſes Mittel gezogen iſt, hinſichtlich des betreffenden Verhältniſſes nur in der Richtung, nicht in der Größe übereinſtimmen, ſo hat man einerſeits zu berückſichtigen, daß der Einfluß der Zufälligkeiten bei den unterliegenden Einzelbeſtimmungen, wenn auch durch die Mittelziehung aus mehreren Tagen vermindert, doch noch keineswegs compenſirt iſt; anderſeits, daß für Orte von abweichender Lage überhaupt keine genaue Uebereinſtimmung vorauszuſetzen iſt. Hauptſächlich aber wird folgender Geſichtspunkt in Betracht zu ziehen ſein, welcher ſelbſt ohne Rückſicht auf andere Erklärungsgründe geeignet iſt, die Weiſe, wie die Einzelreſultate von einander abweichen, zu erklären, ja bis zu gewiſſen Gränzen vorausſehen zu laſſen.

Kurz geſagt: an Orten mit verſchiedener abſoluter Zahl jährlicher Niederſchläge muß der Natur der Sache nach das obige Verhältniß verſchieden ausfallen, geringer an ſolchen mit größerer, größer an ſolchen mit geringerer Zahl*). Dieß erhellt leicht aus folgender einfacher Betrachtung.

An einem Orte regnet es vermöge localer Einflüſſe öfter als an einem andern. Setzen wir nun einmal übertreibend, dieſe localen Einflüſſe wirkten ſo ſtark, daß es alle Tage an einem Orte regnete, ſo möchte der Einfluß gegebener Mondphaſen zur Vermehrung der Regenmenge noch ſo groß ſein, ſo würde er doch nach dem Unterſchiede der Zahl der Niederſchläge bei dieſen Phaſen gar nicht erkannt werden können, weil es ja alle Tage regnet, wenn ſchon die Menge gefallenen Waſſers an verſchiedenen Orten verſchieden ſein könnte. Alſo muß, abgeſehen von allen Zufälligkeiten, das Unterſchiedsverhältniß zwiſchen Maximum und Minimum oder überhaupt zwiſchen den Beobachtungswerthen gegebener Phaſen ſich geringer an Orten mit größerer als kleinerer Anzahl der Regentage finden, indem bei erſtern doch eine Annäherung an jenen extremen Fall ſtattfindet.

---

*) Sofern die verſchiedenen Beobachter an verſchiedenen Orten nicht immer recht vergleichbar in ihren Aufzeichnungen verfahren, kommt es hiebei vielmehr auf die aufgezeichnete, als die wirkliche Zahl der Niederſchläge an.

In der That zeigt ſich dieß in auffallender Weiſe bei den angeführten Beobachtungen beſtätigt, wie ein Blick auf folgende kleine Tabelle lehrt, worin das eben für dieſe Orte gefundene Verhältniß zwiſchen der Zahl der naſſen Tage am 2. und 4. Octanten mit der abſoluten Zahl der jährlich daſelbſt (in denſelben Beobachtungsreihen) vorgekommenen naſſen Tage zuſammengeſtellt iſt. Je kleiner die jährliche Zahl der naſſen Tage, deſto größer jenes Verhältniß.

IV. Tabelle.

	Abſolute jährliche Zahl der naſſen Tage.	Verhältniß der Zahl der naſſen Tage am 2. Octanten für Zahl am 4. Octanten, letztere = 100,00 geſetzt.
Paris (29 jähr.)	125,0	125,26
Straßburg (27 jähr.)	139,3	120,65
Augsb. M. St. (28 jähr.)	152,5	115,14
Carlsruhe (30 jähr.)	167,3	113,79

Hieraus geht dann zugleich hervor, daß die Orte mit geringerer Anzahl der naſſen Tage die geeignetern ſein müſſen, den Einfluß des Mondes auf dieſe Zahl erkennen zu laſſen. Halten wir die vorigen Zahlen für maßgebend (was freilich nur vorläufig ſein kann), ſo wird an einem Orte wie Paris, wo die Zahl der naſſen Tage jährlich durchſchnittlich 125 beträgt, um den 2. Octanten ¼ mehr Waſſer fallen, als zur Zeit des 4. Octanten. An einem Orte dagegen, wo, wie in Carlsruhe, die Zahl der naſſen Tage jährlich 167 beträgt, nur ungefähr ⅐ mehr. Man ſieht alſo, wie weſentlich es iſt, dieſen Unterſchied zu berückſichtigen.

Stellen wir nun auch die Ergebniſſe betreffs der Quantität gefallenen Waſſer für den 2. und 4. Octanten überſichtlich zuſammen, wobei wir jedoch, da Schübler keine Angabe für den 4. Octanten hat, ſtatt deſſen ſeine Angabe für das letzte Viertel (Unterſ. S. 21) ſubſtituiren; bei den übrigen Beobachtern aber gilt der 4. Octant.

V. Tabelle über das Verhältniß der Quantität gefallenen Waſſers zur Zeit des 2. Octanten zu der zur Zeit des 4. Octanten (reſpect. letzten Viertels) nach

	2. Oct.		4. Oct. (r. l. V.)
16 jähr. Beob. von Schübler .	136,46	:	100,00
27 „ „ „ Eiſenlohr .	135,70	:	100,00
9 „ „ „ Quetelet . .	135,24	:	100,00
29 „ „ „ Bouvard . .	119,53	:	100,00

Bei der Schübler'ſchen Angabe iſt das Verhältniß aus den einfachen Werthen für die Tage des 2. Octanten und letzten Viertels abgeleitet, da für die umliegenden Tage die Angaben fehlen; bei den andern Angaben iſt das Verhältniß aus 3- bis 4tägigen Mitteln abgeleitet, welche bei den Bouvard'-

ſchen Angaben wie in Tabelle VI genommen ſind. Bei der Quetelet'ſchen Angabe iſt der Werth für den 2. Octant nach der Tabelle S. 165 als Mittel aus dem 11., 12., 13., für den 4. nach dem 26., 27., 28. Tag des ſynodiſchen Monats beſtimmt.

Alſo fiele nach dem Mittel von 81jährigen (allerdings ſich theilweis deckenden) Beobachtungen zur Zeit des 2. Octanten faſt 1/3 mehr Waſſer als zur Zeit des 4. Octanten oder letzten Viertels.

Es iſt bemerkenswerth, wie nahe das Verhältniß nach Schübler, Eiſenlohr und Quetelet übereinſtimmt; und in der That liegt bei der Quantität gefallenen Waſſers nicht derſelbe Grund als bei der Zahl der naſſen Tage vor, daß ſich das Verhältniß nach der abſoluten Regenmenge des Ortes ändere. Indeß iſt bei dieſer nahen Uebereinſtimmung wohl etwas Zufall, denn die noch nicht ausgeglichenen Zufälligkeiten der Beobachtungsreihen hätten eine beträchtlich größere Abweichung mitführen und erklären können; auch weicht in der That die Bouvard'ſche Angabe nicht unerheblich in der Größe ab; und die Schübler'ſche iſt, da ſie ſich auf das letzte Viertel und auf einfache nicht Mittelwerthe bezieht, nicht vollkommen vergleichbar mit den übrigen. Wir dürfen alſo weder auf die nahe Uebereinſtimmung noch die beträchtliche Abweichung der Zahlen in der Größe von einer und der andern Seite großes Gewicht legen, ſondern nur auf die Uebereinſtimmung darin, daß doch alle ein ſehr beträchtliches Uebergewicht des 2. über den 4. Octanten in Betreff der gefallenen Waſſermenge geben. Nimmt man das Mittel aus den Verhältnißzahlen der Tabelle mit Rückſicht auf die Zahl der Beobachtungsjahre, ſo findet man 130,01: 100,00.

Verſuchen wir nun eine genauere Beſtimmung des Maximum und Minimum nach Zeit und Größe, ſo mögen wir uns in Betreff der Zeit erinnern, daß in der Tabelle I (S. 237), welche die Zuſammenfaſſung der Carlsruher, Straßburger und Pariſer Beobachtungen über die Zahl der naſſen Tage nach Eiſenlohr und Bouvard enthält, die Zeit des Maximum auf den 13. des ſynodiſchen Monats, d. i. 1 Tag nach dem 2. Octanten, das Minimum den 28., d. i. 1 Tag nach dem 4. Octanten fällt, welches als das reſultirende Geſammtergebniß dieſer 3 Beobachtungsreihen betrachtet werden kann. Ganz auf dieſelben Tage aber läßt auch die Schübler'ſche 28jährige Reihe das Maximum und Minimum fallen, ſo daß alſo alle 4 Reihen, die überhaupt einen Anhalt zu dieſer Beſtimmung geben *), ſich in dieſem Ergebniß vereinigen. Hiebei liegt nicht mehr die Betrachtung der Summen- oder Mittelwerthe für drei oder mehrere Tage, ſondern der einzelnen Tage ſelbſt unter. Sonach kann man wohl jene beiden Tage für die Geſammtheit der betreffenden Beobachtungsorte mit großer Annäherung als die des Maximum und Minimum der Zahl der wäſſerigen Nieder-

---

*) Außerdem läge nämlich nur noch die 32jährige Reihe Schübler's S. [illegible] dazu vor, deren Berückſichtigung wir jedoch hier, wie überhaupt bei allen weitern Beſtimmungen, aus angezeigten Gründen übergeben.

ſchläge im Mittel des Jahres betrachten und es wird ſein Intereſſe haben, für dieſe Tage noch eine beſondere Zuſammenſtellung vorzunehmen, wobei wir, da in den Mittelwerthen mehrerer Tage ſich der Maximum- und Minimumeinfluß ſo zu ſagen ſchon etwas abgeſtumpft darſtellt, blos die Werthe für die einzelnen Tage ſelbſt anwenden wollen, wenn ſchon freilich die Gefahr, daß die Verhältniſſe derſelben noch durch Zufälligkeiten afficirt ſind, größer iſt, was ſich aber durch die Zuſammenſtellung der Reſultate mehrerer Beobachtungsreihen wieder einigermaßen compenſirt. Dieſe Zuſammenſtellung hat den Zweck, den vollen Unterſchied des Maximum und Minimum ſo gut als möglich herauszuſtellen. Folgendes nun ſind die beobachteten Zahlen der Niederſchläge mit den zugehörigen Verhältniſſen.

	1 T. nach d. 2 Oct.	1 T. nach d. 4 Oct.	Verhältniß
Bouvard, Paris, 29 J.	148	100	148,0:100,0
Eiſenlohr, Straßburg, 27 J.	154	121	127,2:100,0
Schübler, Augsb., M., St., 28 J.	167	129	129,4:100,0
Eiſenlohr, Carlsruhe, 30 J.	188	153	122,9:100,0
Summa	651	503	129,4:100,0

Man ſieht, daß ſolchergeſtalt in der That größere, zum Theil erheblich größere, Verhältnißzahlen erhalten werden, als in obiger Tabelle (S. 244), wo wir mehrtägige Mittel und dieſe für 2. und 4. Octanten verglichen, welche dem wahren Maximum und Minimum nur nahe liegen; z. B. für Paris 148,0:100,0, ſtatt dort

125,26:100,00, für Straßburg 127,2:100,0, ſtatt dort 120,65:100,00, u. ſ. f. Das Endergebniß iſt:

Der Tag nach dem 2. Octanten hat die größte, der Tag nach dem 4. Octanten die geringſte Zahl naſſer Niederſchläge: und zwar überſteigt die Zahl der naſſen Niederſchläge am erſten Tage die Zahl der naſſen Niederſchläge am zweiten Tage nach dem Durchſchnitt von vier Unterſuchungen für verſchiedene Orte (Carlsruhe, Straßburg, Paris, Augsburg, Stuttgart, München) unter unſeren nördlichen Breiten um 29,4 v. C. Doch iſt dieß Verhältniß nicht als conſtant anzuſehen, ſondern je nach der abſoluten Zahl der Niederſchläge im Jahre an verſchiedenen Orten verſchieden, ſo daß es an Orten mit größerer Zahl der naſſen Niederſchläge kleiner, an Orten mit geringerer Zahl der naſſen Niederſchläge größer iſt.

In der That wird man auch in der jetzigen Zuſammenſtellung letztern Satz im Allgemeinen beſtätigt finden; nur ſollte das Ergebniß von Eiſenlohr für Straßburg und von Schübler für Paris danach die Stelle tauſchen. Eine ſolche Abweichung von der Regel im Einzelnen darf nicht befremden, ſo lange die Zufälligkeiten noch beträchtlichen Einfluß haben. Im Uebrigen kann auch die Abweichung darin begründet liegen, daß den Schübler'ſchen Angaben directe, den übrigen indirecte Beſtimmungen unterliegen (S. 144). Bei directer Beſtimmung muß aber in der That das Verhältniß etwas größer gefunden werden, als bei indirecter, was der Richtung der vorliegenden Abweichung entſpricht.

Mit unſerm Endergebniß für die Zahl der naſſen Tage ſtimmt auch ſehr wohl überein das Endergebniß, was aus den Beobachtungen für die Quantität gefallenen Waſſers zu gewinnen iſt. Für alle einzelnen Monatstage liegen hier überhaupt nur die Angaben von Eiſenlohr für Straßburg und von Bouvard für Paris vor, welche in Tabelle S. 240 combinirt ſind. Halten wir uns auch hier an die Angaben für die einzelnen Tage, ſo ſehen wir für die Zahl der naſſen Tage das Minimum mit voller Entſchiedenheit (und ſo daß auch die dreitägigen Summen damit übereinſtimmen) auf den 28. oder den Tag nach dem 4. Octanten fallen; die Lage des Maximum aber nur um 1 Tag von der Lage des Maximum für die Zahl der naſſen Tage abweichen, indem es ſtatt auf den 13. wie für die Zahl der naſſen Tage, auf den 14. fällt, indeß es nach den 3tägigen Summen auch auf den 13. fallen würde. Und zwar ergiebt ſich, wenn wir auf die Specialbeobachtungen für Paris und Straßburg zurückgehen, die Geſammtquantität gefallenen Waſſers in Millimetern wie folgt:

	am 14	am 28.	Verhältniß
nach Bouvard in Paris	513,37	362,59	141,6:100,0
nach Eiſenlohr in Straßb.	814,92	454,64	179,2:100,0
Summa	1328,29	817,23	162,5:100,0

Wonach zur Zeit des Maximum am 2. Tage nach dem 2. Octanten 62½ p. C. mehr Waſſer fällt, als zur Zeit des Minimum, d. i. am Tage nach dem 4. Octanten.

Da es nicht wahrſcheinlich iſt, daß das Maximum für die Zahl der naſſen Tage und für die Menge des gefallenen Waſſers wirklich auf zwei verſchiedene Tage fallen, die Beobachtungen aber keine Bruchtheile der Tage berückſichtigen, ſo dürfte es am wahrſcheinlichſten ſein, daß das Maximum zwiſchen 13. und 14. auf dieſelbe Zeit fällt; und hienach, wie ſchon die bisherigen Annäherungen zu ſchließen geſtatteten, daß das Minimum genau um $^1/_2$ ſynodiſchen Monat davon abliegt. In der That, fügen wir zu 13,5 als Mittel zwiſchen 13. und 14. die Hälfte des ſynodiſchen Monats 14,75, ſo erhalten wir 28,25, alſo merklich genau den Tag des Minimum.

Dieß iſt, wie früher ſchon erinnert, ein, für die Realität des Mondeinfluſſes ſehr günſtiges Ergebniß, da ſich im Falle eines ſolchen der Abſtand des Maximum und Minimum (unter Vorausſetzung, daß es blos Ein Maximum und Ein Minimum giebt) um die halbe Periode zwar nicht als ein nothwendiger fodern, doch als der wahrſcheinlichſte vorausſetzen läßt; und dieſer Abſtand iſt nicht herausgekünſtelt, ſondern das einfache und ungeſuchte Ergebniß der Combination derjenigen Beobachtungsreihen, die ſich überhaupt in Bezug auf dieſe Frage combiniren ließen.

Man kann auch, wenn man will, Zeit und Größe des Maximum und Minimum mittelſt des bekannten Rechnungsverfahrens (Differenzirung und Nullſetzung des Differenzials) aus einer periodiſchen Function ableiten, durch welche man den Gang des Mondeinfluſſes zu repräſentiren vermag (vgl. S. 239), ohne daß jedoch dieß mühſeligere Verfahren weſentlich mehr leiſten kann, als die vorige einfache Ableitung, ſo lange die Beobachtungsreihen noch mit ſo viel Zufälligkeiten behaftet ſind, als bei den vorliegenden Reihen der Fall; da die abgeleiteten Werthe dann mit von dieſen Zufälligkeiten afficirt werden; auch erhält man nicht unerheblich abweichende Beſtimmungen in dieſer Hinſicht, wie ich mich an den einzelnen Reihen beſonders überzeugt habe, je nachdem man die Function aus den 30 Werthen für die einzelnen Monatstage oder blos den (in Tabelle VI mitzutheilenden) 8 Werthen für die 8 Hauptphaſen ableitet, was dann natürlich auch auf die Beſtimmung des Maximum und Minimum influirt; nicht minder fällt dieſe Beſtimmung verſchieden aus, je nachdem man 2, 3 oder mehr periodiſche Glieder der Function zur Beſtimmung zuzieht.

Wenn ſchon wir mit vorigen Beſtimmungen dem *vollen* Unterſchiede, der je nach den Mondphaſen in der Zahl der Niederſchläge und Menge des gefallenen Waſſers ſtattfindet, möglichſt nahe zu kommen ſuchten, iſt doch nach folgenden Betrachtungen anzunehmen, daß wir dabei eher Zuwenig als Zuviel gefunden haben.

Der Mondlauf iſt in der Art ungleichförmig, daß z. B. nicht immer am 12. Tage deſſelben genau der 2. Octant, am 16. (beinahe) Vollmond ſtattfindet, und ſo bei den andern Phaſen. Sofern nun an beſtimmte Phaſen ein beſtimmter Einfluß geknüpft iſt, wird ſich dieſer Einfluß mit den Phaſen zugleich im Monate verſchieben, und alſo nicht immer genau auf denſelben Tag des Mondalters fallen. Nun geben die vorigen Beſtimmungen, mit Ausnahme der Schübler'ſchen, den Werth des Maximum und Minimum blos für den Monatstag, wohin durchſchnittlich die größte und kleinſte Regenmenge fällt: aber da die wahre Zeit des Maximum und Minimum bald etwas ſpäter, bald etwas früher fällt, ſo kann auf dieſe Weiſe nicht das volle Maximum und Minimum gefunden werden, und der Unterſchied zwiſchen Maximum und Minimum muß hienach in vorigen Beſtimmungen kleiner ausfallen als er in Wirklichkeit iſt, und als man ihn finden würde, wenn man ſtatt der, von uns indirect genannten Beſtimmungsweiſe, die den vorigen Beſtimmungen im Allgemeinen unterliegt, die directe anwendet, welche dem Gange der Phaſen ſelbſt folgt.

Sollte ein Einfluß der Jahreszeiten auf die Zeit des Maximum und Minimum ſtattfinden, wie Schübler annimmt, ſo würde hierin noch ein anderweiter Grund liegen, daß der volle Unterſchied beider ſich durch vorige Beſtimmungen nicht herausſtellen kann, weil dann das Maximum in den verſchiedenen Jahreszeiten auf verſchiedene Zeiten fällt, deßgleichen das Minimum, ſo daß man im Jahresmittel, mit dem wir immer zu thun gehabt haben, das zu veränderlichen Zeiten fallende wahre Maximum und Minimum wieder nicht erhalten kann; doch will ich bemerken, daß ein ſolcher Einfluß der Jahreszeiten nach den Erörterungen meiner größern Schrift, wenn ſchon an ſich keineswegs unwahrſcheinlich, doch noch nicht ſicher aus den Beobachtungen hervorgeht; denn Schübler's Angaben in dieſer Hinſicht gründen ſich auf eine von ihm angewandte untriftige Weiſe des Mittelziehens, und man findet andere Ergebniſſe, wenn man bei der gewöhnlichen Weiſe des Mittelziehens ſtehen bleibt.

Jedenfalls dürfen wir nach Vorſtehendem vorausſetzen, daß wir mit unſerer Angabe, die Zahl der naſſen Niederſchläge betrage zur Zeit des Maximum an den verglichenen Orten durchſchnittlich 29,4 p. C. und die Quantität gefallenen Waſſers 62,5 p. C. mehr als zur Zeit des Minimum, eher unter als über dem wahren Werthe geblieben ſind. Dabei verſteht ſich von ſelbſt, daß, wenn man den Unterſchied der Zahl der naſſen Tage oder Menge gefallenen Waſſers beim Maximum und Minimum ſtatt in Verhältniß zum Minimumwerthe, vielmehr zum Mittel oder zur Summe beider ausdrückt, der Ausdruck kleiner ausfallen muß. Es iſt willkürlich, wie man in dieſer Hinſicht verfahren will, nur daß da, wo es ſich darum handelt, die Größe des Unterſchiedes, der vom Mondlaufe abhängen kann, augenfällig hervorzuheben, die Minimumeinheit ſich als die günſtigſte darſtellt.

Fügen wir noch eine Zuſammenſtellung in Bezug auf das Verhältniß der Niederſchläge bei zunehmendem und abnehmendem Monde bei, indem wir wie immer den Neumondstag und Vollmondstag als erſten Tag des einen und andern betrachten. Wir finden, die früher im Detail gegebenen Zahlen recapitulirend, folgende Zahlen Niederſchläge:

	Zun. M.	Abn. M.	Verhältniß
Paris, Bouvard	1884	1741	1,0821
Straßburg, Eiſenlohr . .	1988	1840	1,0804
Carlsruhe, Eiſenlohr . .	2636	2469	1,0676
Augsb. M. St., Schübler	2214	2085	1,0619
	8722	8135	1,0719

Für die Menge gefallenen Waſſers erhalten wir in Millimetern für

	Zun. M.	Abn. M.	Verhältniß
Paris, Bouvard . .	7632,34	7144,10*)	106,83
Straßburg, Eiſenlohr	9936,38	8821,00	112,65
	17568,72	15965,10	110,045

Es ließen ſich noch viele Specialvergleichungen über das Verhältniß der wäſſerigen Niederſchläge, z. B. zur Zeit des Neumondes und des Vollmondes, der Syzygien und Quadraturen und anderer Phaſen anſtellen. Ich übergehe dieſelben hier, gebe aber Jedem Gelegenheit, ſolche ſelbſt auf Grund folgender Tabellen vorzunehmen, in denen die Ergebniſſe der hauptſächlichſten Beobachtungsreihen für ſämmtliche acht Hauptphaſen von mir zuſammengeſtellt worden ſind. In Bezug auf die beiden Schübler'ſchen Reihen erinnere ich, daß die 28jährige Reihe für Augsburg, München, Stuttgart in der 60jährigen, über welche S. 159 berichtet wurde, mit enthalten iſt. In Betracht der dort angeſtellten Erörterungen ſchien es aber räthlich, die 28jährige, welche mit den übrigen Reihen wohl vergleichbar iſt, indeß die 60jährige durch den Hinzutritt der 32 Jahre aus dieſer Vergleichbarkeit einigermaßen herausgetreten iſt, auch beſonders darzubieten. Die Tabellen VI und VII geben die Originalwerthe, die Tabellen VIII und IX aber ſolche reducirt auf die Geſammtzahl 100000. (S. Tabelle VI—IX. S. 257—259.)

---

*) Durch Multiplication der S. 157 gegebenen Zahlen mit 359, als der Zahl der Beobachtungsmonate, erhalten, um die beobachtete Geſammtquantität hier anzugeben.

Einfluß auf den Barometerſtand.

Der Vergleich der verſchiedenen Beobachtungsreihen über den Einfluß des Mondes auf den Barometerſtand fodert zu eingehenden Erörterungen auf, die ich auf meine größere Schrift verſpare, mich hier beſchränkend, folgende tabellariſche Zuſammenſtellung für die 8 Hauptphaſen, die Apſiden und Lunistitien mitzutheilen, welche alle genauen Angaben, die ich über dieſe Verhältniſſe kenne, umfaßt. Betreffs aller einzelnen Tage des ſynodiſchen Monats liegen außerdem in den Originalquellen die Data vor für Carlsruhe und Straßburg durch Eiſenlohr, für Paris durch E. Bouvard, für Berlin und Chriſtiansburg durch Mädler; betreffs aller Tage des anomaliſtiſchen Umlaufes blos für Paris durch E. Bouvard; betreffs aller Tage des Umlaufes bezüglich der Wiederkehr zum Aequator für Paris durch E. Bouvard und für Chriſtiansburg durch Mädler. Betreffs des Einfluſſes aller einzelnen Mondſtunden liegen Data vor von Eiſenlohr für Paris und von Kreil für Prag. Die Mittheilungen dieſer Specialia hat man in meiner künftigen Schrift zu ſuchen.

VI. Tabelle über die verhältnißmäßige Anzahl der naſſen Tage an den 8 Hauptphaſen in 3- bis 4tägigen Mitteln

(mit Ausnahme von F).

	A Eiſenlohr [1]) Carlsruhe 30 J.	B Eiſenlohr [2]) Straßburg 27 J.	C Schübler [3]) Augsburg, Stuttg., München 28 J.	D Schübler [4]) 60 J.	E Bouvard [5]) Paris 29 J.	F Flaugergues [6]) Viviers 20 J.
Neumond	46301	37143	132,2	285,2	122,50	78
1. Octant	45359	37510	129,2	275,2	118,25	
1. Viertel	47004	40000	140,7	288,5	123,00	88
2. Octant	48986	42678	144,5	296,7	119,67	
Vollmond	47013	37490	146,2	297,5	119,25	82
3. Octant	45420	38828	133,7	294,7	120,50	
Letztes Viertel	43272	37215	122,5	271,0	115,33	65
4. Octant	43050	35373	125,5	278,5	111,50	
Summe	366405	306237	1074,5	2287,3	970,00	
Mittel	45800,6	38279,6	134,313	285,91	121,25	

---

1) Pogg. Ann. XXX. 87. — **Drei- bis viert. Mittel.** Die Zahl der für jede Phaſe geltenden Tage überhaupt 100000 geſetzt.

2) Pogg. Ann. XXXV. S. 319. Uebrigens wie unter Anmerk. 1.

3) Schübler, Unterſuch. S. 8. Viertägige Mittel; die Zahlen gelten für das Ende des Phaſentages.

4) Kaſtner Arch. V. 176. Wie unter Anmerk. 3.

5) Corresp. math. et phys. par Quetelet, T. VIII. p. 261. 3- bis 4tägige Mittel. Es ſind aus der Originaltabelle für die Monatstage folgende Tage zum Mittel verbunden: **Neumond** 29. 30. 1. 2.; 1. **Oct.** 3. 4. 5. 6.; 1. **Viertel** 7. 8. 9. 10.; 2. **Oct.** 11. 12. 13., dann weiter 14—17.; 18—21.; 22—24.; 25—28. — Dieſer Weiſe der Verbindung liegt einerſeits die Rückſicht, daß jede Phaſe möglichſt in der Mitte der combinirten Tage liegt, andrerſeits die Foderung, alle Monatstage in die Mittel zuzuziehen, unter.

6) Bibl. univ. XL. 265. oder Schweigg. J. LIX. 27; die Angaben ſcheinen blos für die einzelnen Phaſentage ſelbſt zu gelten.

VII. Tabelle über die verhältnißmäßige Menge gefallenen Waſſers an den 8 Hauptphaſen

(für Straßburg und Paris 3- bis 4tägige Mittel, für Brüſſel 3- bis 6tägige Mittel, für Augsburg die einzelnen Tage).

	Eiſenlohr[1] in Straßburg 27 J.	Bouvard[2] in Paris 29 J.	Quetelet[3] in Brüſſel 9 J.	Schübler[4] in Augsburg 16 J.
Neumond . .	176219	1.5650	3.670	298.89
1. Octant . .	199525	1.2825	3.500	— —
1. Viertel . .	194228	1.4275	3.345	276.55
2. Octant . .	205136	1.5300	4.950	301.44
Vollmond . .	203583	1.2875	4.020	278 36
3. Octant . .	182025	1.3450	4.150	— —
Letztes Viertel	192016	1.2775	3.985	220.90
4. Octant . .	151172	1.2800	3.660	— —
Mittel	1503904	1099.50	31.280	

---

1) Pogg. XXXV. 324.

2) Corresp. math. et phys. T. VIII. p. 261. Die Mittel wie bei der vorigen Tabelle in Millimetern Waſſerhöhe.

3) Die Detailbeobachtungen ſ. S. 165. Es ſind combinirt, für **Neumond**, Tag 29. 30. 1. 2. 3. 4.; 1. Oct. 2. 3. 4. 5. 6. 7.; 1. **Viertel** 5. 6. 7. 8. 9. 10.; 2. Oct. 11. 12. 13.; **Vollmond** 14. 15. 16. 17. 18. 19.; 3. Oct. 17. 18. 19. 20. 21. 22.; **Letztes Viertel** 20. 21. 22. 23. 24. 25.; 4. **Octant** 23. 24. 25. 26. 27. 28. Dieß ging nicht anders, wenn die Quetelet'ſchen Angaben mit den Phaſentagen in einige Uebereinſtimmung treten ſollten.

4) Schübler, Unterſ. S. 21.

VIII. Tabelle über die verhältnißmäßige Zahl der naſſen Tage an den 8 Hauptphaſen in 3- bis 4tägigen Mitteln, die Zahl derſelben in 1 ſynod. Monat = 100000 geſezt. (Entſpricht der Tabelle VI.)

	A. Eiſenlohr Carlsruhe 30 J.	B. Eiſenlohr Straßburg 27 J.	C. Schübler 28 J.	D. Schübler 60 J.	E. Bouvard Paris 29 J.
Neumond	12637	12129	12303	12469	12628
1. Octant	12380	12249	12024	12032	12191
1. Viertel	12828	13062	13095	12613	12680
2 Octant	13370	13936	13448	12971	14399
Vollmond	12830	12242	13606	13007	12294
3. Octant	12396	12679	12443	12884	12423
Lezt. Viert.	11810	12152	11401	11848	11890
4. Octant	11749	11551	11680	12176	11495
Summe	100000	100000	100000	100000	100000
Mittel	12500	12500	12500	12500	12500

IX. Tabelle über die verhältnißmäßige Menge gefallenen Waſſers an den 8 Hauptphaſen in 3- bis 4tägigen Mitteln, die Menge gefallenen Waſſers in 1 ſynod. Monat = 100000 geſezt. (Entſpricht der Tabelle VII.)

	Eiſenlohr Straßburg 27 J.	Bouvard Paris 29 J.	Quetelet Brüſſel 9 J.
Neumond . . .	11718	14234	11733
1. Octant . .	13268	11664	11189
1. Viertel . .	12915	12983	10694
2. Octant . .	13641	13915	15825
Vollmond . .	13535	11710	12852
3. Octant . .	12104	12233	13267
Leztes Viertel .	12767	11619	12740
4. Octant . .	10052	11642	11700
Summe	100000	100000	100000
Mittel	12500	12500	12500

X. Tabelle über den Einfluß der 8 Hauptphaſen auf den Barometerſtand, dieſen in pariſer Linien ausgedrückt.

	Flaugergues [1] Viviers, 20 J. v. 1808—1828.	Eiſenlohr [2] Carlsruhe, 10 J.	Eiſenlohr [3] Straßburg 27 J. v. 1806—1832	Eiſenlohr [4] Paris 22 J. v. 1819—1840.		G. Bouvard [5] Paris 21 J. v. 1810—1832.	Hallaſchka [6] Prag 10 J. v. 1818—1827.	Mädler [7] Berlin 16 J. v. 1820—1835	Mädler [8] (Brest entlehnt) in Guinea, 4 J. v. 1829—1833	Bouſſingault [9] auf Mirreré, zu Sa Fe de Bogota, 1 J. v. 1823—1824
				No. I.	No. II.					
Neumond	334.893	334.339	333.1461	335.168	335.186	335.1478	329.90	337.018	336.757	249.204
1. Octant	4.900	4.409	3.0179	4.997	4.956	5.0988	9.51	6.610	6.725	
1. Viertel	4.884	3,927	3.0044	5.057	5.134	5.0028	9,75	6.824	6.716	8.963
2 Octant	4.594	3.620	2.7532	5.057	5.059	4.6820	9.14	6.583	6.635	
Vollmond	4.822	3.963	2.9881	5.129	5.118	4.9745	9,74	6.511	6.653	9.121
3 Octant	4.994	4.193	3.1228	5.071	5.107	5.2618	9.21	6.540	6.624	
Letztes Viertel	5.234	4.563	3.2230	5.248	5.185	5.3113	9,63	6.706	6.657	9.231
4 Octant	4.910	4.427	3.0160	5.118	5.102	5.1675	9.53	6.582	6.716	
Erdnähe	4.568	—	—	—	—	4.944	9.20	6.570	6.676	
Erdferne	5.011	—	—	—	—	5.219	9,62	6.773	6.726	
Nördl. Lunistit.	5.021	—	—	—	—	5.11	10.26	—	6.579	
Südl. Lunistit.	4.901	—	—	—	—	5.05	9.69	—	6.763	
Mo. i. Aequat.	4.887	—	—	—	—	5.23	—	—	6.678	
Allg. Mittel	334.892	334.181	333.0356	335.106	335.106	335.088	329.60	336.663	336.686	249.131

1) Biblioth. univers. XXXVI. 264. XL. 265. oder Schweigg. J. LIX. 11. Die Barometerſtände gehören blos den Phaſentagen ſelbſt an. Sie ſind um 12 Uhr Mittags beobachtet und auf 0° reducirt.

2) Pogg. Ann. XXX. 78. XXXV. 314. Es iſt nicht angeführt, welche Jahre und welche Beobachtungsſtunden. Der Barometerſtand auf 10° R. reducirt. Drei- bis viertägige Mittel.

3) Pogg. Ann. XXXV. 314. Der Barometerſtand täglich dreimal, zwiſchen 6 bis 7 U. früh, Mittag 12 u. Nachts zwiſchen 9 bis 10 U. beob. und auf 10° R. reducirt. Drei- bis viertägige Mittel.

4) Pogg. Ann. LX. 185. Bouvard'ſche Beobachtungen von Eiſenlohr berechnet. Der Barometerſtand täglich viermal, Morgens um 9 U., Mittags 12, Abends 3 und Nachts 9 U. beob. und auf 0° reducirt. Drei- bis viertägige Mittel. Nr. I und Nr. II nach verſchiedenen Methoden berechnet, worüber das Original oder meine künftige Schrift nachzuſehen.

5) Corresp. math. et phys. par Quetelet. T. VIII. p. 139. Der Barometerſtand täglich dreimal, um 9 U. Morgens, Mittags und 3 U. Nachm. beobachtet und auf 0° reducirt. Drei- bis viertägige Mittel, aus der Originaltabelle für die einzelnen Monatstage ſo wie in der Anmerk. 5 zur Tabelle VI beſtimmt, da keine directen Beſtimmungen für die einzelnen Phaſen vorliegen. Für den Durchgang durch den Aequator jedoch ſind 3 Tage des Aufſteigens und 3 Tage des Abſteigens zum Mittel vereinigt; für das nördliche Lunistitium 3 Tage mit dem 8., für das ſüdliche 3 Tage mit dem 21. als Mitteltagen; wenn der Durchgang durch den Aequator nach Norden 1 iſt. — Dieſe Beobachtungen ſind nicht mit den früher von A. Bouvard blos für Syzygien und Quadraturen berechneten 12jährigen pariſer Beob. von 1815 bis 1826 zu verwechſeln.

6) Kaſtn. Arch. f. Chem. u. Meteorol. II. 81. Es fehlen nähere Angaben über die Beobachtungsweiſe; daher auch fraglich ob die Werthe Mittelwerthe für mehrere Tage ſind. Der Beobachtungen für Erdnähe und Erdferne waren je 131. Es iſt nicht angegeben, ob das Maß Pariſer iſt.

7) **Beer** und **Mädler**, Der Mond. S. 163. Mittagsbeobachtungen, reducirt auf 10° R. Drei- bis viertägige Mittel.

8) Ebendaſ. S. 166. Täglich 5ſtündige Beob., angeſtellt um 6, 7, 9, 12, 4, 9, 10 Uhr, von **Trentepohl** und **Ebenen**, berechnet von **Mädler**, reducirt auf 10° R., wegen der regelmäßigen täglichen und jährlichen Periode corrigirt (vergl. S. 229). Drei- bis viertägige Mittel daraus. Für Aequator und Lunistitien wie bei **Bouvard**. Chriſtiansburg liegt unter $5\frac{1}{2}$° n. B. $19\frac{1}{4}$° ö. L. von Ferro; der Gang des Barometers daſelbſt iſt ſo regelmäßig, daß nach Anbringung der Correctionen wegen der regelmäßigen Perioden die einzelnen Beobachtungen nur in ſehr wenigen Fällen bis zu 1 Linie vom allgemeinen Jahresmittel abweichen. Die wärmſte Tages- wie die wärmſte Jahreszeit haben beide ſehr nahe das Minimum des Barometerſtandes.

9) v. **Humboldt**, Reiſe in die Aequinoctialgegenden. V. S. 700. Täglich früh um 9 Uhr Morgens angeſtellt, auf 0° reducirt. Die Werthe gelten blos für die Phaſentage ſelbſt. Sie ſind in Millimetern zu 562.16; 561.61; 561.98 u. 562.22 angegeben; was ich deßhalb bemerke, weil ich ſie in Mädler's Werke über den Mond in den Decimalen etwas anders auf pariſer Linien reducirt finde. Bogota liegt unter $4\frac{3}{5}$° n. B. in 8180 par. F. Höhe. Der Gang des Barometers iſt auch hier ſehr regelmäßig.

VIII. Einfluß des Mondes auf Erdbeben und Erdmagnetismus.

Daß der Mond kein gleichgültiger Nachbar für die Erde iſt, hat ſich ſchon genug bewieſen und wird ſich ferner noch beweiſen. In der That, wir ſehen, ſie theilt den Schleier, wenn er ſein Antlitz auf ſie richtet, ihre Gewänder, Luft und Meer, wehen und wallen, wie ſie mit ihm geht, ihr Buſen hebt ſich ihm entgegen, wenn er ihr nahe kommt, darinnen glüht's, und ein leiſes Zittern der Nadel daran verräth des Mondes magnetiſche Gewalt über ſie.

Was Wunder, wenn Liebende auf der Erde ihren Blick nach ihm richten, einen Vertrauten in ihm ſuchen, da die Erde in ihrem Verhältniß zum himmliſchen Geliebten ſelbſt aller irdiſchen Liebe das höchſte Beiſpiel giebt.

Ohne Bild: der Einfluß des Mondes greift nicht blos durch Luft und Meer, er greift durch die Tiefe der Erde, ergreift mit dem Wägbaren zugleich das Unwägbare; die Erde bebt und die Magnetnadel zittert unter ſeinem Einfluß.

Man wird nicht ungern die Mittheilung dieſer noch neuen Thatſachen hier finden

Es iſt, als wenn es zur Flut und Ebbe des Meeres auch eine Flut und Ebbe der feſten Erdmaſſe gäbe; denn wie die Meeresflut am höchſten ſteigt, wenn ſie mit Vollmond oder Neumond und wenn ſie mit Erdnähe zuſammentrifft; hingegen niedrig bleibt in den Quadraturen und Apogäen, wächſt die Häufigkeit der Erdbeben nach Maßgabe, als der Neumond oder Vollmond heranrückt und erreicht ein Maximum bei dieſen ſelbſt, ein Minimum dagegen in den Quadraturen; iſt auch größer in der Erdnähe als Erdferne des Mondes.

Dieß Ergebniß geht aus einer neuerdings erſchienenen Unterſuchung hervor, welche Alexis Perrey*) der franzöſiſchen Akademie vorgelegt hat. Man könnte geneigt ſein, es zu bezweifeln; doch iſt die Beobachtungszeit (50 Jahre von 1801 bis 1850 incluſ.) eine lange, die Zahl der zuſammengeſtellten Beobachtungen (5388 Tage mit Erdbeben) ſo groß, der Gang der mittlern Reſultate ſo regelmäßig, die Uebereinſtimmung zwiſchen den verſchiedenen Abſchnitten der Beobachtungszeit ſo zufriedenſtellend, daß der Zweifel wohl ſchweigen muß.

Immerhin intereſſant, daß gerade zu derſelben Zeit, wo mit ſo großen Eifer bewieſen worden iſt, daß der Mond nicht einmal die leichte Luft zu erſchüttern vermag, ein ſo gewichtiger Gegenbeweis geführt iſt, daß er ſogar die ſchwere Erde zu erſchüttern vermag, was doch noch etwas mehr ſagen will.

---

*) Compt. rend. T. XXXVI. p. 537.

Hier einiges Nähere über dieſen Gegenſtand. Einmal zählte Perrey alle Tage der Mondsperiode, für welche ſich Erdbeben überhaupt aufgezeichnet finden, was 5388 Tage gab ein andermal zählte er denſelben Tag 2. 3. 4 . . . . mal, wenn er durch Erdbeben an 2. 3. 4 . . . . . entfernten Orten bezeichnet war, ohne daß ſich das Erdbeben auf die zwiſchenliegende Orte erſtreckt. So fanden ſich 6596 Tage. Dieſe 6596 Tage vertheilen ſich wie folgt:

Neumond	854,0885	Vollm. . .	873,7890
1. Oct.	834,9870	3. Oct. . .	808,8280
1. Viertel	811,0395	letzt. Viert.	772 6010
2. Oct.	825,0395	4. Oct. . .	815,6275

Die Häufigkeit der Erdbeben hat hienach 2 Maxima, welche auf die Syzygien fallen und zwei Minima, welche auf die Quadraturen fallen. Das größte Maximum (Neumond) verhält ſich zum kleinſten Minimum (letztes Viertel) wie 854,0885 : 772,6010.

Aehnliche Reſultate erhält man, wenn man die 50jährige Periode in 2 Abtheilungen reſpect. von 1801 bis 1825 und 1826 bis 1850 theilt, nämlich Maxima für die Zeit der Syzygien, Minima für die Zeit der Quadraturen, mag man übrigens dabei als Geſammtzahl 5388 oder 6596 zu Grunde legen. Ja ſchon bei den 422 Erdbeben, welche in den 4 Jahren 1841 bis 1845 verzeichnet ſind, zeigt ſich daſſelbe nach einer Note, die Perrey in den Mém. de l'Acad. de Dijon im J. 1848 veröffentlichte. Er hat die betreffenden Verhältniſſe in ſeiner Abhandlung theils graphiſch, theils durch trigonometriſche Functionen repräſentirt.

Nun aber, wie viel man auch dem Monde zutrauen mag, das wird man ihm doch nicht zutrauen, daß er wirklich Bewegung, Leben in das Todte, Starre zu bringen vermag. Wie alſo wird man ſich's zu denken haben?

Erinnern wir uns, die Erde hat nicht blos Ein Meer; ſie hat zwei Meere, eins ſichtbar auf der Oberfläche, ein kaltes aus Waſſer, auf dem die Schiffe des Menſchen ſchwimmen, eins in der Tiefe, ein glühendes aus flüſſigem Stein und Metall, das in Vulkanen ſeine Blaſen wirft; die feſte Kruſte der Erde iſt zwiſchen beide nur wie eine dünne Eierſchale eingeſchoben. Nun wohlan, wie das Meer draußen ebbt und flutet, ebbt und flutet auch das Innenmeer; da wo die ſtärkſte Flut iſt, drängt es am ſtärkſten an gegen die verhaltnißmäßig dünne Schale, und die Erde fängt an zu beben. So deutet Perrey ſelber die Erſcheinung.

Freilich tritt dieſer Erfolg eben ſo wenig jedesmal zu den Zeiten ſeines Maximum ein, als der Regen zu den Phaſen, die ihn am meiſten begünſtigen. Wir kennen die Haupturſachen nicht, von denen die Erdbeben abhängen; der Einfluß des Mondes iſt jedenfalls nur eine Miturſache, die alſo auch eben ſo wie ſein meteorologiſcher Einfluß nur aus einem Mittel zahlreicher Beobachtungen zu erkennen iſt.

Kaum ſcheint es aber, daß eine andere Erklarung des Einfluſſes als die gegebene möglich iſt. Und ſo ſieht man, wie der noch ſo geheimnißvolle Mond aus einer Entfernung von 50000 Meilen uns die Geheimniſſe des Innern der Erde erſchließt. Seine Drehung um die Erde iſt die Drehung eines Schlüſſels dazu. Mancher zweifelte noch, daß das Erd-Innere flüſſig iſt; der Mond giebt uns einen Beweis dafür, den der Menſch wen'ger ſchlagend wünſchen möchte.

Daß der Mond auch in das Spiel der *magnetiſchen Kräfte* der Erde eingreift, hat ſich bis auf die jüngſte Zeit bezweifeln laſſen, nachdem frühere unvollſtändige Unterſuchungen durch *Kupffer**) und *Kreil***) zu keiner ſichern Entſcheidung führten. Jetzt iſt ſein magnetiſcher Einfluß auf die Erde durch die neuen 10jährigen Beobachtungen *Kreil's****) völlig entſchieden. Klein iſt der Einfluß, das iſt wahr; doch iſt's ein Einfluß. Im Mittel des Jahres ändert ſich die *Abweichung* der Nadel durch den Einfluß der *Mondſtunden* täglich nur um 24",6, alſo noch nicht einmal um ½ Gradminute. Aber dieſer Einfluß gehört nach der Sorgfalt und Genauigkeit, mit der er verfolgt und ermittelt iſt, und dem regelmäßigen Gange, (mit 2täglichen Maximis, welche der obern und untern Culmination des Mondes im magnetiſchen Meridian entſprechen und 2 Minimis in den mittlern Stunden dazwiſchen) der ſich in den wegen des Sonneneinfluſſes corrigirten Werthen für die ſucceſſiven Mondſtunden herausſtellt, zu den beſt conſtatirten, die wir kennen. Im Sommer iſt der Einfluß größer als im Winter und ſteigt im Auguſt bis zu 56″,5, alſo bis faſt 1 Gradminute täglicher Variation, indeß er in den Monaten Nov. bis Febr. incluſ. klein iſt, und ſelbſt theilweiſe die entgegengeſetzte Richtung hat, als in den Sommermonaten und als im Mittel des Jahres. Ein Einfluß der Mondphaſen oder Apſiden auf die Abweichung der Nadel konnte von Kreil nicht erkannt werden; dagegen war ein ſchwacher Einfluß der Declination des Mondes bemerklich.

---

*) Pogg. Ann. 1836. XXXIX. S. 225. 417.

**) Pogg. Ann. 1839. XLVI. S. 448. Magnet. u. meteorol. Beob. zu Prag. I. S. 59.

***) Einfluß des Mondes auf die magnetiſche Declination, von Karl *Kreil*. Wien 1852. Aus den Wiener Denkſchr

Kreil hat bei ſeinen frühern unvollſtändigern Unterſuchungen auch den Einfluß des Mondes auf die horizontale Intenſität der Nadel unterſucht. Hierüber, ſo wie über das Genauere ſeiner neuern Unterſuchungen ſ. meine künftige Schrift.

Sollen wir den Mond hienach ſelbſt für einen magnetiſchen Körper halten? Warum nicht, da ſeine Maſſe und die Maſſe der magnetiſchen Erde ſicher, wenn nicht Fleiſch von einem Fleiſch, aber Bein von einem Bein ſind. Doch das iſt kein Beweis. Es wäre immerhin auch möglich, daß durch die Einflüſſe, die der Mond anderweit auf die Erde äußert, ein Einfluß auf den Magnetismus indirect entſtünde. Erſt die Zukunft kann darüber ſichern Aufſchluß geben.

IX. Das Od.

Unter den Einflüſſen des Mondes ward zuletzt auch ſeines Einfluſſes auf den Erdmagnetiſmus gedacht. Nach dem, was ſich davon anführen ließ, ſchien er kaum der Rede werth. Und man erſtaunt in der That, zu ſehen, wie ein Beobachter zehn Jahre mit täglich zehn Beobachtungsſtunden unter ſo großer Anſpannung eigener und fremder Kräfte und nachher noch ſo mühevolle Rechnungen und kleinliche Correctionen darauf wenden konnte, dem Monde die kleine Spur von Einfluß auf den Gang und Stand der Nadel zu ſichern, die ohne vergrößernde Hülfsmittel und Rechnung gar nicht einmal ſpürbar geweſen wäre. All' das konnte er ſich erſparen. Er brauchte nur die Naſe einmal in eine Bouſſole zu ſtecken, ſo würde er gefunden haben, daß die ganze tägliche Variation der Magnetnadel durch Sonne und Mond zugleich nichts iſt; er konnte ſich auf die verdienſtlichen Unterſuchungen eines Gauß und Weber berufen, die daſſelbe ſchon lange dargethan haben; er konnte die Angaben aller andern

Beobachter darüber als nicht vorhanden betrachten; konnte endlich darauf hinweiſen, daß die verſchiedenen Stellungen des Mondes überhaupt nichts weiter, als die verſchiedenen Weiſen ſind, wie das von ihm zurückgeworfene Sonnenlicht mit der Erde in Beziehung tritt, an etwas Anderes aber gar nicht zu denken ſei; ſo hatte er die ganze magnetiſche Variation durch Sonne und Mond zugleich mittelſt Erfahrung, Autorität, Vernunft ſo gut abgethan, als der Einfluß des Mondes auf die Witterung neuerdings abgethan geworden iſt, und konnte alsbald dazu übergehen, etwas Anderes abzuthun. Nun aber iſt aus dem zehn Jahre lang kreiſenden Berge eines wahrhaft ſtupenden Fleißes nichts als das kleine Mäuslein einer täglichen Variation durchſchnittlich im Jahre von nicht einmal $^1/_2$ Minute durch den Mond zum Vorſchein gekommen, was Schleiden keine Mühe und kein Bedenken finden wird, mit Einem Fußtritt todt zu treten.

Laſſen wir es uns nicht zu ſehr leid ſein und von vorn herein nicht befremden, daß ſich der Mond nach dieſer Richtung ſo ſchwach beweiſt. Offenbar ſagt ihm bei ſeinem zugleich wetterwendiſchen und myſtiſchen Charakter der ſtarre Mineralmagnetismus der Phyſiker nicht zu. Dafür leiſtet er um ſo mehr mit magiſchen, ſympathetiſchen, thieriſch-magnetiſchen Kräften, ja, nimmt fortgehends an ſolchen Kräften zu. Kaum, daß er ſich noch mit Kropf- und Warzencuren abgiebt; das war für den Anfang; jetzt iſt er zu einem Bewußtſein ganz neuer Kräfte gekommen, von denen früher weder er ſelbſt, noch Jemand in der Welt etwas wußte, und die doch, wie man jetzt weiß, alle Wunder in der Welt gewirkt haben, die es gegeben, und alle Wunder wirken werden, die es geben wird. Ja, der Mond iſt einer der beiden himmliſchen Hauptvertreter dieſer Kräfte.

Meine Autor-Laufbahn begann mit dem Beweiſe, daß der Mond aus Jod beſtehe. Ich irrte, doch nicht ganz; ich brauchte blos vom Jod ein Jota abzulaſſen, ſo hatt' ich's ganz. Der Mond iſt ein Quell nicht von Jod, wie ich meinte, aber von Od. Herr v. Reichenbach hat richtiger geſehen als ich; der Mond iſt ein Quell von poſitivem, indeß die Sonne von negativem Od. Der Beweis iſt einfach: die Sonne macht kalt, der Mond macht warm. Bisher meinte zwar die Welt, es ſei umgekehrt, aber das hängt blos daran, daß die ſenſitive Hälfte der Welt bisher von der nicht ſenſitiven unterjocht war, was ſich nach v. Reichenbach's neuem großen Werke nun hoffentlich bald umkehren wird. Denn die ſenſitive Hälfte empfindet den Mond warm, die Sonne kalt; und wenn Herſchel ſchon früher im Monde eine Wärmflaſche des Himmels erkannte (S. 180), war er offenbar ein Senſitiver.

Denn freilich nur ein Senſitiver kann die neuen Wunder erleben. Aber die Hälfte der Menſchen iſt ja nach v. Reichenbach ſenſitiv; dieſe Hälfte nun hat die Wunder zu erfahren, die andere hat ſie zu glauben. Das größte Wunder dabei iſt, daß der Führer der Sehenden ein Blinder iſt. Denn v. Reichenbach iſt ja ſelbſt nicht ſenſitiv. Er ſieht aber Alles mit ſeiner Senſitiven Augen, und ſie ſehen wieder Alles mit ſeinen Augen, wo dann die Uebereinſtimmung der Reſultate nicht fehlen kann.

Hören wir etwas von den neuen Wundern, die der Mond als odgewaltiger Herr der Nacht vollbringt*).

Einer, der zur ſenſitiven Hälfte der Menſchheit gehört, ſchließe das rechte odnegative Auge und ſehe mit dem linken odpoſitiven in den Mond. Er wird geblendet werden, den Mond röthlich, trübe, neblig, widrig finden. Er ſchließe nun das linke und ſehe mit dem rechten in den Mond. Er wird ihn klar, ſcharf, ſchön, bläulich erblicken. — Scheint der Mond auf ein Metallblech, ſtatt Fenſters in die Oeffnung einer dunklen Kammer geſetzt, worin ſich ein Hochſenſitiver befindet, ſo wird es für dieſen ſo durchſichtig wie Glas werden, und einen hellen Fleck in die Kammer werfen; er wird Bäume, Berge, Brücken, die Geſtirne ſelber durch das Blechfenſter hindurch ſehen. — Der Senſitive wird ſich vom Monde vielmehr warm als kühl angeſchienen finden, beſonders auf der linken Seite. Er braucht gar nur einen Stab von Glas, Metall, Holz mit einem Ende in den Mondſchein oder an ein davon beſchienenes Blech zu halten, ſo wird er, mit der linken Hand das andere Ende haltend, ein lauliches Gefühl darin verſpüren. Auch ſchmeckt ihm Waſſer, das im Mondſchein geſtanden, lauer, als was im Mondſchatten geſtanden iſt, wogegen im Sonnenſchein geſtandenes Waſſer ihm kühl ſchmeckt; überhaupt wirkt der Sonnenſchein*), weil er odnegativ, indeß der Mondſchein odpoſitiv iſt, dem Mondſchein ganz entgegengeſetzt: wonach es auch irrig iſt, wie ſo oft geſchieht, die odpolar entgegengeſetzten Augen mit zwei Sonnen zu vergleichen, da vielmehr der Menſch als mikrokosmiſches Abbild der Welt eine Sonne und einen Mond in ſeinem Haupte trägt.

---

*) v. Reichenbach, Der ſenſitive Menſch. I. S. 684. II. 365. Köhlergl. u. Wiſſ. S. 20.

Nichts als einfache Thatſachen der Beobachtung! Unſtreitig zwar fehlt denſelben noch etwas an der Schärfe, die man bei aſtronomiſchen Mond-Beobachtungen zu finden gewohnt iſt, wenn ſchon der Aſtronom auch nur Ein Auge dazu zu verwenden pflegt; und die ſenſitiven Inſtrumente ſind etwas weniger genau, als die Mikrometer und Gradtheilungen der Aſtronomen, doch eben nur im Sinne der Aſtronomen. Wenn mit dieſen ganz Kleines, ſo wird dafür mit jenen ganz Unſichtbares erblickt. Und was ihnen an aſtronomiſcher Schärfe abgeht, erſetzen ſie durch ihre Menge. Die Wiſſenſchaft freilich fragt ſich, ob ſie ſich des Gewinnes anders zu freuen hat, als jener Wirth, der jeden Krug Bier einen Pfennig zu wohlfeil verkaufte, darum ungeheuren Abſatz hatte, und, als man ihn fragte, wie er damit zurecht käme, zufrieden erwiederte: „Die Menge macht's."

In der That aber, wenn es nicht die Menge machte, wie hätte die Lehre vom Od ſo ſchnell ihre vier Schweſtern überflügeln können. Wie lange haben die Lehren von Licht, Wärme, Elektricität und Magnetismus, im Beſitze von ſo viel genauern und ſichrern Methoden und Mitteln der Forſchung, gebraucht, ehe es jede zu ein paar feſten Sätzen brachte; wie ſehr beſchämt ſie die Lehre vom Od. Wenn es nicht die Menge machte, wie hätte eine ſo verwickelte odiſche Polarität, als der Menſchenkörper hat, durch die ſenſitiven Inſtrumente mit ſo vollſtändigem Erfolge ſo ins Feine entwirrt werden können, als es geſchehen. Läge ein Magnet mit ſolcher Polarität da, der ſich doch noch ganz anders handhaben läßt, mit entgegengeſetzten Polen rechts, links, vorn, hinten, oben. unten und zu den Polen noch mit Unterpolen, wie es beim Menſchenkörper iſt, es möchte dem geſchickteſten Phyſiker mit aller ſeiner Vorſicht und ſeinen genaueſten Inſtrumenten nicht gelingen; indeß es ihm ohne alle Vorſicht blos durch die Menge der Beobachtungen mit ſenſitiven Inſtrumenten ſicher ganz eben ſo gut gelingen würde. bei einem ganz gewöhnlichen Magnete eine gleich verwickelte Polarität zu finden. Kurz, Alles kommt auf eine ausgiebige und fügſame Methode der Beobachtung an. — Alſo auch bei der Mondpolarität.

---

*) Senſit. Menſch. I. S. 651. II. S. 366.

Und jetzt ein ernſthaft Wort. Wohl viele Menſchen ſehen, ganz abgeſehen von Senſitivität. Alles, zumal Flammen, mit dem einen Auge etwas anders. als mit dem andern. Warum nicht alſo auch den Mond. Wo ſind nun beim Verfaſſer die vorläufigen Prüfungen, die deßhalb anzuſtellen waren? Wo iſt etwas von einer genauen Zählung der zutreffenden und nicht zutreffenden Fälle bei den Senſitiven ſelbſt zu finden? Wo iſt die Sicherheit, daß nicht Dieſe oder Jene ſahen, was ſie ſehen wollten oder ſollten? Die allgemeine Angabe des Verfaſſers an einem Orte, daß man daſſelbe „mehr oder minder ausgeprägt (alſo doch auch minder ausgeprägt) von allen Senſitiven hören kann“, die ganz oberflächliche Mittheilung von ſechs Einzelfällen an einem andern Orte ohne irgend eine der Controlen, die zur Sicherſtellung jedes Einzelfalles nöthig waren, genügt doch in der That nicht zur Conſtatirung ſo wunderlicher Verhältniſſe. Und leider iſt dieſe, der ſtrengen Beweiskraft entbehrende, Weiſe, wie die Beobachtungen betreffs der Mondpolarität vom Verfaſſer, ſei es angeſtellt, ſei es mitgetheilt worden ſind, nicht eine Ausnahme, ſondern ein Beiſpiel für die Regel.

Und doch, ich denke, v. Reichenbach wird zuletzt mit ſeinem auf nicht recht genaue Unterſuchungen geſtützten Glauben mehr im Rechte bleiben, als Schleiden mit ſeinem Unglauben, der ſicher im Unrechte iſt, indem er die Reſultate der genaueſten Beobachtungen ignorirt oder leugnet. Auch muß man billig ſein. Ein Feld der Forſchung iſt nicht gleich geeignet für genaue Beobachtungen als das andere; ſoll es deßhalb gar nicht angebaut werden? Dann gäbe es auch keine Therapie. Freilich, wird Mancher ſagen, es giebt auch wirklich keine. Doch muß man immer auf's Neue beobachten und verſuchen. Freilich die Odlehre ließe ſich eher miſſen als die Therapie; freilich, je weniger Genauigkeit ein Feld der Beobachtungen zuläßt, deſto mehr muß man die Vorſicht und Mittel derſelben wahren; deſto mehr mit den Ausſpruch beſtimmter Reſultate zurückhalten.

Sei dem, wie ihm ſei, ich hoffe, der Verfaſſer der Odlehre wird die Scherze Eingangs nicht zu übel deuten, die nicht zu übel gemeint waren, aber ſicher ihre wahre Seite haben, indeß ich zugleich zugeſtehe, die Odlehre wird auch ihre wahre Seite haben. So viel iſt gewiß, daß ohne Berückſichtigung der erſten Seite der Verfaſſer nicht wird hoffen dürfen, mit der letzten Seite durchzudringen; vielmehr wird es ihm fortgehends damit im Reiche der Experimente gehen, wie es mir in einem Reiche gegangen iſt, wo es keine Experimente giebt. Jetzt iſt die Abſicht, ohne weitern Scherz etwas näher auf die Beſprechung dieſer Lehre einzugehen, ſo unparteiiſch als es Jemand vermag, der nicht zu den Ungläubigſten in ſolchen Dingen gehört, und doch auch gern näher zuſieht, worauf er ſeinen Glauben ſtützt. Daß ich damit weder den Verfaſſer, noch die Gegner der Odlehre befriedigen werde, verſteht ſich freilich ganz von ſelbſt.

Vorangehen mag als Einſchaltung ein kurzer Abriß der Odlehre, der die Hauptgeſichtspunkte und Sätze derſelben überſichtlich zuſammenfaßt. Die ganzen vielſeitigen Anwendungen derſelben auf die Lehre von den Sympathien, Antipathien, Idiopathien; dem thieriſchen Magnetismus, dem Tiſchrücken, verſchiedene Heilzwecke u. dergl. kann ich freilich hier nicht berückſichtigen.

Zur Literatur. So viel ich weiß, erſchienen die Unterſuchungen des Verf. über das Od zuerſt in den Liebig'ſchen Annalen der Chemie (März und Mai 1845), wo ſie ſich freilich etwas fremdartig ausnehmen; auch hat Liebig ſpäter in der Eröffnungsrede ſeiner Vorleſungen an der Münchener Univerſität ſich entſchieden gegen Reichenbach's Odlehre erklärt; doch ſcheint er nach einem, vom Verf. mitgetheilten, Schreiben (ſenſit. Menſch, Vorrede S. XXIII) ſich anfangs in günſtigerm Sinne dafür intereſſirt zu haben. Die Abhandlungen über das Od in den Liebig'ſchen Annalen ſind ſpäter im beſondern Abdruck unter dem Titel erſchienen: „Phyſikaliſch-phyſiologiſche Unterſuchungen über die Dynamide des Magnetismus, der Elektricität, der Wärme, des Lichtes, der Kryſtalliſation, des Chemismus in ihren Beziehungen zur Lebenskraft; 2 Bände. 2te verbeſſerte Auflage. Braunſchweig, 1850“, und ſollen im Folgendem nach dieſem Abdruck kurz als „Dynamide“ citirt werden. Einem allgemeinern Publicum wurde die Odlehre des Verfaſſers zuerſt durch die „Odiſch-magnetiſchen Briefe“ in der Augsburger allgemeinen Zeitung bekannt, welche nachher auch im beſondern Abdruck herausgekommen ſind.

Die in dieſen Schriften niedergelegten Unterſuchungen ſind nun von ihm in einem neuen großen Werke, in zwei ſtarken Bänden, welches den Titel führt: „Der ſenſitive Menſch und ſein Verhalten zum Ode. Stuttg. 1854 u. 1855“, nach ihrem weſentlichen Inhalt reproducirt, zugleich aber beträchtlich erweitert und hier und da berichtigt worden. Endlich iſt von ihm folgende Streitſchrift erſchienen: „Köhlerglaube und Afterweisheit, als Antwort an Herrn Carl Vogt in Genf. Wien, 1855“ (circa 4 Bogen).

Ich ſelbſt habe die „Dynamide“, den erſten Theil des „ſenſitiven Menſchen“ und die Streitſchrift gegen Vogt zwar nicht vollſtändig durchſtudirt, aber doch in ſo weit genau durchgegangen, um über Inhalt und Methode ein Urtheil zu haben, und die nachfolgende Darſtellung davon geben zu können; den zweiten Theil des „ſenſitiven Menſchen“ aber nur in ſoweit durchgegangen, als es zur Controle dieſes Urtheils und hier und da zur Ergänzung der Darſtellung nöthig ſchien. Wo folgends Seitenzahlen ohne Zuſatz citirt ſind, beziehen ſie ſich auf den erſten Theil dieſes Werks.

Allgemeinſte Geſichtspunkte und Beſtimmungen der Odlehre.

Die Menſchen theilen ſich im Allgemeinen in zwei Claſſen, die Claſſe der Senſitiven und die der Nichtſenſitiven, deren allgemeinſter Unterſchied darin liegt, daß die Senſitiven unter vielen Verhältniſſen etwas empfinden oder wahrnehmen, wo Nichtſenſitive nichts empfinden, nichts wahrnehmen. Specielle Erkennungszeichen der Erſtern folgen unten. Die Empfindungen und Wahrnehmungen der Senſitiven unter gegebenen Einflüſſen ſtimmen bei den verſchiedenen Senſitiven, wenn ſchon nicht dem Grade, aber der Art nach, weſentlich überein, ſind geſetzlich beſtimmt und hängen geſetzlich unter einander zuſammen. Um dieſen Zuſammenhang zu repräſentiren und den großen Reichthum von Thatſachen, die ſich demſelben unterordnen, unter einfachem Geſichtspunkte, im Anſchluß an die bisherigen phyſikaliſchen Lehren darzuſtellen, bezieht der Verfaſſer die Entſtehung jener Empfindungen und Wahrnehmungen bei den Senſitiven auf das Daſein und die Einwirkung eines hypothetiſchen Princips oder Agens, welches er Od nennt, abgeleitet von dem Namen des altdeutſchen Gottes Odin, Wodan (vgl. odiſch-magnet. Briefe S. 98). Wenn z. B. ein Magnetpol im Dunkeln von Senſitiven leuchtend geſehen wird, iſt es Od, was er ausſtrömt; wenn er von der Hand des Senſitiven bei Berührung oder Annäherung (je nach den Verhältniſſen) lauwidrig oder angenehm kühl empfunden wird, iſt es Od, was auf die Hand des Senſitiven wirkt. Dieſes ſog. Od reiht der Verf. den bisher bekannten Imponderabilien (Licht, Wärme u. ſ. w.) als ein analoges, doch nach beſtimmten Merkmalen davon zu unterſcheidendes Princip an, ohne ſich dabei zu entſcheiden, ob die Imponderabilien überhaupt ſtofflicher Natur oder nur Kraftäußerungen ſind, was er daher auch bei dem Od dahin ſtellt; doch behandelt er daſſelbe im Allgemeinen, ſchon der leichtern Faßlichkeit wegen, wie einen Stoff. Für alle Imponderabilien gemeinſam, mit Einſchluß des Chemismus, hat er den Namen Dynamide. Das Od iſt mindeſtens ebenſo verbreitet, als die andern Dynamide, ſo daß die Senſitiven im Grunde überall und zu aller Zeit von deſſen Einflüſſen betheiligt werden, nur daß je nach dem Grade der Senſitivität und der Stärke der Einwirkung der Einfluß mehr oder weniger ſpürbar ſein kann.

Die Senſitiven und Nichtſenſitiven ſind nicht ſchwer zu unterſcheiden und es giebt eine Menge der einfachſten Erkennungsmittel. Im Allgemeinen kommen den Senſitiven folgende Charaktere zu; und je mehr man ſolche bei einer Perſon beiſammen und je ſtärker man ſie hervortretend findet, deſto ſicherer und entſchiedener wird man dieſelbe zu den Senſitiven rechnen können.

Senſitive ſind im Allgemeinen nervenreizbarer als Nichtſenſitive, werden mehr von Wechſeln der Umgebung, Witterung, und äußern Verhältniſſe überhaupt influencirt, erſchrecken leicht, ſchlafen unruhig, ſind zwar als Senſitive nicht an ſich krank, aber doch vor Andern zu gewiſſen Zufällen, als Krämpfen, Migräne, Somnambulismus u. dgl. geneigt; ſind keine ſtarken Eſſer, lieben vorzüglich kalte Speiſen, Salat, und verſchmähen fette Speiſen; können nicht gut in engen Zimmern, oder zwiſchen andern Perſonen, namentlich nicht im Gedränge aushalten, werden vom Auflegen eines Magnets oder Streichen mit Magneten in beſonderer Weiſe afficirt; auch leicht vom Mondſchein beunruhigt; fühlen das Stehen vor dem Spiegel als etwas Widriges. Folgende Merkmale hebt der Verfaſſer (ſenſit. Menſch. I. S. 2) vorzugsweiſe hervor:

„Als eine der leichteſten, einfachſten und ohne irgend einen Verſuch zu erlangendes Merkmal,“ ſagt er, „habe ich die Luſt und Unluſt erkannt, welche vielen Menſchen gewiſſe Farben verurſachen. Es iſt mit wenigen Worten zu erfahren, ob Jemand eine Abneigung gegen die gelbe Farbe (in Kleidung, Wohnzimmern u. ſ. w.) hegt und daneben eine Vorliebe für die blaue. Alle diejenigen, welche dieſe eigenthümliche Neigung beſitzen, habe ich nach meinen bisherigen Beobachtungen immer ſenſitiv gefunden, und dieß um ſo ſtärker, je lebhafter dieſer Zug ſich an ihnen ausſprach.“

„Zum Prüfſtein jedoch, nach welchem ich die Senſitiven und die Nichtſenſitiven beſtimmt von einander ſcheide, habe ich ein ſehr kurzes und einfaches Mittel aufgefunden. Es bedarf hiezu nichts, als der bloßen Hände. Ich laſſe mir von der Perſon, deren Natur ich kennen lernen will, die linke Hand darreichen, und ſtreiche mit dem Zeigefinger meiner Rechten ſenkrecht und langſam darüber herab, von der Handwurzel bis über die Spitze des Mittelfingers, ohne ſie zu berühren und in der Entfernung von etwa einem Zolle. Fühlt der Geprüfte dabei eine Einwirkung in der Art, wie wenn ein feines kühles Lüftchen meinen Fingern folgend entlang über ſeine Hand ließe, etwa wie aus einem Strohhalm leiſe ausgeblaſen, ſo iſt er ein Senſitiver; fühlt er nichts, ſo iſt er keiner."

Die Zahl der Senſitiven iſt nach den neuern Angaben des Verfaſſers größer als er früher anzunehmen geneigt war und beträgt ungefähr die Hälfte der Menſchen; nur daß es unter denſelben viele Abſtufungen giebt, durch welche ſie in die Nichtſenſitiven übergehen, auch bleibt ſich der Grad der Senſitivität bei demſelben Subject nicht immer gleich. Männer und Weiber, Geſunde und Kranke, Alte und Junge kommen unter den Senſitiven vor.

Ueberſicht der beachtenswertheſten Erſcheinungen, welche von der Senſitivität abhängen. Magnetpole, Kryſtallſpitzen, die verſchiedenen Theile des menſchlichen Körpers, aber auch die verſchiedenſten andern Körper erregen den Senſitiven bei Berührung mit den Händen oder andern Theilen ihres Körpers oder auch nur bei Annäherung daran, ſo wie bei Streichen damit, in Berührung oder einiger Entfernung, geſetzlich beſtimmte Empfindungen von angenehmer Kühle oder widriger Lauigkeit oder Wärme, nach Umſtänden auch Ziehen, Ameiſenlaufen u. dgl. Namentlich die Gefühle von angenehmer Kühle (Wohlkühle) und Lauwidrigkeit werden vom Verfaſſer als die in größter Ausdehnung vorkommenden in Rückſicht gezogen.

Senſitive von höherm Grade der Senſitivität nehmen in vollkommenem Dunkel an den Polen ſtarker Magnete flammenähnliche Lichterſcheinungen wahr, am Nordpol eine blaue und blaugraue, am Südpol eine rothe, rothgelbe und rothgraue. Auch die Spitzen von Kryſtallen, lebende menſchliche, thieriſche und pflanzliche Körper, ganz beſonders die Fingerſpitzen, Metalle, Schwefel, Flüſſigkeiten, die im chemiſchen oder Kryſtalliſationsact begriffen ſind, u. ſ. w., leuchten. Endlich kommt der Verfaſſer (ſenſit. Menſch. II. 192) zu dem Reſultate, daß alle Körper auf dem ganzen Erdballe überhaupt Odlicht ausſtrömen, die einen nur mehr, die andern weniger.

Die Hände, Arme u. ſ. w. der Senſitiven erfahren in höhern Zuſtänden der Senſitivität geſetzliche Anziehungen und Abſtoßungen gegen dargebotene Magnetpole und Kryſtallſpitzen.

Einige Verſuche, welche der Verfaſſer als vorzugsweiſe ſchlagend hervorhebt.*) Man laſſe den Senſitiven die 10 Finger mit den Spitzen leicht an die nächſte Zimmerwand legen; die linken Fingerſpitzen werden die Wand kühler, die rechten wärmer empfinden; derſelbe Verſuch, an einem nicht zu kalten eiſernen Zimmerofen oder Queckſilberſpiegel wiederholt, giebt das umgekehrte Reſultat. — Eine Flaſche mit concentrirter Kalilauge wird in der Linken laulich, in der Rechten kühl empfunden werden; eine Flaſche mit concentrirter Schwefelſäure umgekehrt. — Zwei Finger der linken Hand, einem Senſitiven dargereicht, werden, von deſſen Linken ergriffen, laulich, von der Rechten kühl empfunden werden. — Ein Bogen gelbes Papier wird dem linken Auge (indeß das andere verſchloſſen iſt) trübe, unrein, unangenehm, dem rechten klar, rein und angenehm erſcheinen. Ein blauer Bogen umgekehrt. Hieher auch der oben erwähnte Verſuch mit dem Monde. — Der Senſitive wird mit dem rechten Auge (indeß das andere leicht bedeckt iſt) nur in das linke, mit dem linken in das rechte Auge eines andern Menſchen mit Behagen ſchauen, von dem andern Auge ſich mit Scheu abwenden. — Man darf dem linken Auge eines Senſitiven die Finger der rechten Hand, den Nordpol eines Magneten, aber nicht die der linken Hand, nicht den Südpol eines Magneten, nähern, ohne es zu ſchmerzen und zu ſchädigen u. ſ. w. — Der Verfaſſer führt a. a. O. noch mehrere Verſuche als ſolche, die ſich leicht zur Bewährung darbieten, an. Es wird leicht ſein, nach den folgenden Grundgeſetzen der Odlehre und Verzeichniß der Odquellen dergleichen ſelbſt zu finden und beliebig abzuändern.

---

*) Köhlerglaube und Wiſſenſchaft S. 17 ff.

Vorſichten. Ich kann nicht alle Vorſichten hier erwähnen, die der Verfaſſer aus dem Geſichtspunkte empfiehlt, theils die Störung verſchiedener odiſcher Einflüſſe durch einander zu verhüten, theils die Wahrnehmung ſolcher Einflüſſe ſelbſt zu ſichern. Es genüge die allgemeine Bemerkung, daß nach *dieſer* Seite die Sorgfalt und Umſicht des Verfaſſers keinem Einwand unterliegen dürfte. Ein Theil der zu nehmenden Vorſichten wird überdieß aus dem Folgenden von ſelbſt hervorgehen. Nur Einer Vorſicht will ich beſonders hier gedenken, damit nicht ein Fehlſchlagen gerade der frappanteſten Verſuche wegen mangelnder Berückſichtigung derſelben zu leicht gegen den Verfaſſer gedeutet werde.

Zu den weſentlichen Vorſichten bei Verſuchen in der Dunkelkammer gehört, daß die Verfinſterung *abſolut* ſei. (Senſit. M. II. 4.) „Die geringſte Spur von Tageslicht oder von Kerzenſchein, die im vierten oder ſechsten Reflexe durch irgend eine Spalte dringt, macht die meiſten Senſitiven unfähig, irgend eine odiſche Leuchte zu erkennen.“ „Ich habe,“ ſagt v. *Reichenbach*, „meine Thüren alle doppelt machen laſſen, und zwiſchen beiden Thüren müſſen noch Teppiche aufgehängt werden. Unten an denſelben müſſen innen und außen Fenſterkiſſen angedrückt ſein, und zwar an beiden Thüren. Meine Einrichtung habe ich ſo getroffen, daß drei Zimmer nebeneinander verfinſtert ſind; alle ſind gegeneinander lichtdicht verſchloſſen, aber nur im mittlern, das keine Thüre nach Außen hat, arbeite ich mit den Senſitiven.“ In ſo vollkommener Dunkelheit fangen Hochſenſitive nicht ſelten ſofort oder nach 5 bis 10 Minuten, Mittelſenſitive erſt nach ½ bis 2 oder 3 Stunden an Odlicht zu ſehen.

Grundthatſachen und Geſetze. Wenn man der linken Hand eines Senſitiven ſeine eigene linke Hand (gleichviel ob man ſelbſt ſenſitiv iſt oder nicht) darreicht oder nur bis zu einiger Entfernung nähert *)., wird ſie von dem Senſitiven als *lau*-

---

*) Hinreichende Näherung wirkt in odiſcher Beziehung überall entſprechend als Berührung; und im Allgemeinen zieht der Verfaſſer bei den Verſuchen bloße Näherung der zu prüfenden Körper an die Hand des Senſitiven noch vor, um den Einfluß der

widrig empfunden; wenn man derſelben linken Hand des Senſitiven ſeine rechte Hand darreicht oder nähert, wird ſie als angenehm kühl, oder wie der Verfaſſer kurz ſagt, wohlkühl empfunden. Rechte und linke Hand zeigen alſo in ihrer Einwirkung auf den Senſitiven einen Gegenſatz, und werden hienach vom Verfaſſer als odiſch-polar entgegengeſetzt erklärt und zwar, nach gewiſſen hier beiſeitzulaſſenden Gründen, die Linke für odpoſitiv, die Rechte für odnegativ. Ganz denſelben Gegenſatz in ihrer Wirkung auf die Empfindung des Senſitiven als die Hände eines Menſchen zeigen auch die beiden Pole eines Magneten; der Südpol ſtimmt dabei mit der Wirkung der Linken, der Nordpol mit der Wirkung der Rechten überein; indem jener beim Angreifen mit der linken Hand des Senſitiven oder bloßer Annäherung an dieſelbe vielmehr lauwidrig, dieſer wohlkühl empfunden wird. Der Südpol iſt alſo odpoſitiv, der Nordpol odnegativ. Denſelben Gegenſatz zeigen die entgegengeſetzten Spitzen (hienach vom Verfaſſer auch Pole genannt) großer Bergkryſtalle und anderer Kryſtalle, ſind alſo ebenfalls polar entgegengeſetzt. Nicht immer aber finden ſich beide Polaritäten in demſelben Körper zuſammen. Metalle z. B. verhalten ſich überhaupt odpoſitiv, indem ſie von der linken Hand des Senſitiven beim Befühlen, oder bei der Annäherung überall lauwidrig empfunden werden, wogegen ſich Metalloxyde, Steinwände, alle den directen Sonnenſtralen kurz vor dem Verſuche ausgeſetzt geweſene Körper überhaupt odnegativ verhalten, indem ſie von der linken Hand des Senſitiven überall wohlkühl empfunden werden. Ueberhaupt finden die Senſitiven, namentlich höhern Grades, bei allen Naturkörpern Unterſchiede in dieſer Hinſicht, und hienach theilt der Verfaſſer alle Naturkörper in zwei große Claſſen, die der odpoſitiven und der odnegativen Körper. Ein Verzeichniß der wichtigſten folgt unten. Odpoſitive Körper ſind alſo weſentlich ſolche, welche bei Berührung mit der linken Hand des Senſitiven oder Annäherung daran lauwidrig empfunden werden; odnegativ ſolche, welche

---

Temperatur, der Rauhigkeit der Körper u. ſ. w. auf die Empfindung beſſer auszuſchließen. Dieß gilt für alles Folgende.

mittelſt derſelben Hand wohlkühl empfunden werden. Manche Körper, wie der menſchliche und thieriſche Körper, Magnete, Kryſtalle, ſchließen beide Polaritäten zugleich ein, andere (die ſog. unipolaren) zeigen blos eine Art der Polarität.

Es iſt aber wichtig zu bemerken, daß die odpoſitiven Körper nicht als ſchlechthin lauwidrig, die odnegativen nicht als ſchlechthin wohlkühl für die Empfindung des Senſitiven angeſehen werden können, ſondern daß dieß nur in ſofern gilt, als ſie auf die linke Hand oder überhaupt linke Seite des Senſitiven einwirken; dagegen ſich bei Einwirkung auf die rechte Hand oder überhaupt rechte Seite die Empfindung gerade umkehrt, ſo daß z. B. die linke Hand des Menſchen, der Südpol eines Magneten, welche von der linken Hand des Senſitiven lauwidrig empfunden werden, der rechten Hand deſſelben vielmehr Wohlkühle erzeugen. Man kann daher die odiſche Polarität der Körper auch durch die rechte Hand des Senſitiven prüfen, indem man aber dabei die Ausſagen im entgegengeſetzten Sinne zu deuten hat, als bei Prüfung mit der linken Hand; doch hat der Verfaſſer die Bemerkung gemacht, daß im Allgemeinen die linke Hand der Senſitiven ſo viel empfänglicher für odiſche Einwirkungen iſt, als die rechte, daß er ſich vorzugsweiſe jener zu ſolcher Prüfung bedient, und von den im Allgemeinen ſchwächern und minder entſchiedenen Ausſagen der Rechten nur einen untergeordneten Gebrauch macht.

Da die rechte Hand des Senſitiven lauwidrig von der rechten Hand einer andern Perſon afficirt wird, ebenſo die linke Hand lauwidrig von der linken Hand einer andern Perſon, dagegen die rechte Hand des Senſitiven wohlkühl von der linken Hand, die linke Hand des Senſitiven wohlkühl von der rechten Hand einer andern Perſon, ſo ergiebt ſich mit Rückſicht darauf, daß der Einwirkung der rechten und linken Hand der andern Perſon die Einwirkung von Magnetpolen, Kryſtallpolen und beliebigen unipolaren Körpern ſubſtituirt werden kann, und daß analog wie die rechte und linke Hand des Senſitiven ſich auch andere Theile ſeines Körpers verhalten, der allgemeine und wichtige Fundamentalſatz:

Der Senſitive empfindet mit den Theilen ſeines Körpers, die eine gegebene Odpolarität beſitzen, die Berührung oder Annäherung gleichnamig odpolarer Körper lauwidrig, ungleichnamig odpolarer Körper wohlkühl, oder kurz: gleichnamige Einwirkung wird vom Senſitiven lauwidrig, ungleichnamige Einwirkung wohlkühl empfunden.

Inzwiſchen erleidet dieſer Satz mehrere Beſchränkungen und nähere Beſtimmungen.

Zuvörderſt gilt er allgemein blos für die Erſteinwirkung der Körper auf den Senſitiven, indem aber ein ungleichnamig einwirkender Körper ſein Od allmälig auf den Senſitiven ausſtrömt, kann eine Ladung, Sättigung und ſelbſt Ueberſättigung von deſſen entgegengeſetzter Polarität erfolgen, und nun vermöge der hiermit eintretenden gleichnamigen Einwirkung die zuerſt wohlkühle Reaction in Lauwidrigkeit übergehen.

Zweitens zieht Trennung im Allgemeinen den entgegengeſetzten Erfolg nach ſich, als Annäherung oder Berührung: der Wohlkühle bei der Annäherung oder Berührung folgt Lauwidrigkeit, der Lauwidrigkeit Wohlkühle bei der Trennung u. ſ. w.

Drittens gilt die obige Grundregel, ſo weit ſie ſich auf ungleichnamige Einwirkung bezieht, allgemein nur für die unmittelbar oder zunächſt von der ungleichnamigen Einwirkung betroffenen Theile des ſenſitiven Leibes; dagegen entfernte Theile ſich dabei verhalten, als wären ſie gleichnamig afficirt.

Viertens wirkt Streichen über den ſenſitiven Leib, z. B. mit den Fingern, einem Magnetpole u. ſ. w., nach andern Regeln als bloße Annäherung und Berührung.

Auf alle dieſe und noch manche andere Umſtände muß bei den Verſuchen Rückſicht genommen werden, wenn man die durch das obige Geſetz beſtimmten Erfolge richtig erhalten will.

Die odiſche Beſchaffenheit jedes Körpers läßt ſich durch Mittheilung an jeden andern übertragen, oder nach dem Ausdruck des Verfaſſ. verladen, indem man den einen ſei es in Berührung oder die Nähe des andern bringt, und verbleibt dem geladenen Körper einige Zeit, was bei nicht gehöriger Vorſicht leicht Störungen und Complicationen in die Erſcheinungen bringt.

So kommt jeder Körper aus der rechten Hand des Menſchen (ſei er ſenſitiv oder nicht) mit odnegativer oder doch geſchwächter odpoſitiver Beſchaffenheit heraus, aus der linken Hand des Menſchen mit odpoſitiver oder geſchwächter odnegativer Beſchaffenheit. Auch Berührung mit Magnetpolen, Kryſtallſpitzen, Metallen, Schwefel u. ſ. w., Hineinſtellen in Sonnen- oder Mondſchein wirkt ladend; und da im Grunde alle Körper eine beſtimmte odiſche Beſchaffenheit haben, die einen nur eine ſtärker ausgeſprochene als die andern, ſo leuchtet ein, daß der odiſche Zuſtand der Körper immer von der Umgebung mit beſtimmt wird und hierauf bei den Beobachtungen Rückſicht zu nehmen iſt.

Natürlich werden die Körper von ſtärkſter odiſcher Kraft ihre Eigenſchaft am conſtanteſten zu behaupten und andern zu imprimiren im Stande ſein.

Allmälig verliert ſich das durch Ladung mitgetheilte Od wieder aus dem Körper, wenn ſie von der ladenden Odquelle entfernt werden.

Das Od kann auch fortgeleitet werden. Faßt ein Senſitiver das eine Ende eines beliebig langen oder kurzen Stabes oder Drahtes von Glas, Holz, Metall, überhaupt von irgend einem feſten Stoffe, in die Hand, ſo daß das Ende nicht über die Hand hinausragt, und wird dann irgend ein Odquell, als Hand, Magnetpol, Kryſtallſpitze, Metall, beſonnter Körper u. dergl., mit dem andern Ende des Stabes in Berührung oder nur in deſſen Nähe gebracht, ſo empfindet alsbald die Hand des Senſitiven Lauwidrigkeit oder Wohlkühle in derſelben Weiſe, als wenn der Odquell der Hand unmittelbar dargeboten wäre.

Es iſt gut, bei dieſen Verſuchen das Ende des Stabes, was der Senſitive faßt, erſt kurze Zeit, etwa 1 Minute, in der Hand des Senſitiven zu laſſen, ehe man den zu prüfenden Körper am andern Ende anbringt, was der Verf. nennt, Gewöhnung vom Stabe nehmen, und was den Zweck hat, die odiſche und Temperatur-Differenz, die zwiſchen Stab und Hand beſteht, vor dem Verſuche auszugleichen, damit die Wirkung des fortgeleiteten Ods rein empfunden werde.

Beachtung verdient, daß die Leitungsverhältniſſe für das

Od nicht mit denen für die Elektricität übereinſtimmen, indem z. B. Glas zu den beſten Leitern für das Od gehört, und eigentliche Nichtleiter für daſſelbe überhaupt nicht bekannt ſind; doch leiten manche Stoffe weniger gut als andre.

Auch Flüſſigkeiten und der menſchliche Körper leiten das Od ſehr wohl durch ſich hindurch; faßt z. B. Jemand mit ſeiner rechten Hand die linke Hand eines Senſitiven, ſo verſpürt dieſer darin die Wirkung der Odquelle, welche jener mit der linken Hand hält oder berührt, indem dieſe Wirkung durch deſſen Körper zum Senſitiven fortgeleitet wird.

Die Fortleitung iſt nicht augenblicklich.

Hauptſächlichſte Odquellen. Obwohl im Grunde alle Körper eine gewiſſe odiſche Beſchaffenheit haben, ſind doch manche Körper und Proceſſe in odiſcher Beziehung vor andern zu nennen; eine genaue Abſtufung hinſichtlich der Stärke ihrer odiſchen Wirkung iſt aber freilich noch nicht bekannt.

Als *odpoſitiv* werden vom Verf. insbeſondere namhaft gemacht: die ganze linke Seite des Menſchen, vornämlich die linke Hand; — der Südpol der Magnete; — der Nordpol der Erde, der bekanntlich mit dem Südpol der Magnete gleiche magnetiſche Beſchaffenheit hat; — das eine Ende oder die eine Spitze oder Ecke von Kryſtallen, (Bergkryſtall, Alaun, Gypsſpath, Kalkſpath, Schwerſpath, Turmalin, Granat u. ſ. w.), namentlich die Baſis, womit ſie aufgewachſen ſind oder die mangelhaftere, minder ausgebildete Ecke; — Waſſerſtoff und die meiſten waſſerſtoffreichen Körper, wie Alkohol, Aether, manche Oele und Harze; — alle Metalle, mit Ausnahme oder Zweifel von Arſen, Tellur, Molybdän, Wolfram, Chrom und Antimon; vorzugsweiſe ſtark Kalium, Natrium, Osmium, Rhodium, Gold, Silber, Platin, Irid, Pallad, Queckſilber, Kupfer; — Alkalien und organiſche Alkaloide; — gewöhnliche mit Amalgam belegte Spiegel; — Mondſchein; — mittelſt Refraction polariſirtes Sonnenlicht, gelbe und rothe Strahlen des Spectrum; — taube Stoffe; — Blumengerüche u. ſ. w.

Als *odnegativ* werden insbeſondere aufgeführt: die ganze rechte Seite des Menſchen, vornämlich die rechte Hand; — der Nordpol der Magnete; — der Südpol der

Erde; — das eine Ende oder die eine Spitze oder Ecke von Kryſtallen, namentlich die der aufgewachſenen Fläche gegenüber befindliche freie Spitze oder die vollſtändiger ausgebildete Ecke; — Sauerſtoff, Chlor, Schwefel, Selen, Brom, Jod, Phosphor Arſen, Kohle, Diamant, Graphit — Kieſelerde, Quarz, Eiſenerze, Kupferoxyd, Bleiglätte, Zinkoxyd u. a. Metalloxyde — alle Mineralſäuren und organiſche Säuren — Schwefel, Chlor, Jod, Brom, Fluor- u. Cyanverbindungen; alſo auch Kochſalz, kohlenſaure Salze, ſchwefelſ. Salze — Gummi, Stärke — Sonnenſchein; noch ſtärker als der ganze Sonnenſchein, das durch Zurückwerfung polariſirte Sonnenlicht; die blauen Stralen des Spectrum — Flammen — ſtark erhitzte Körper.

Nur ſchwach negativ ſind unter andern gemeines Flaſchenglas, Brunnenwaſſer, Leinewand.

Auch manche Proceſſe ſind odiſch wirkſam. *Odpoſitiv:* Reibung, Fließen und Schütteln von Waſſer, Ausſtrömen von Luft; Druck. *Odnegativ:* Schall, Auflöſung von Salzen, Verdunſtung, mehre chemiſche Zerſetzungen.

Odiſche Polarität des Menſchen, der Thiere und Pflanzen. Der Menſch iſt angegebenermaßen von einer Seite zur andern polar, die linke Seite poſitiv, die rechte negativ, und dieſe Polarität am ſtärkſten ausgeſprochen in den Händen, hierin wieder vorzugsweiſe in den Fingern.

In Betreff dieſer Polarität ſchreibt der Verfaſſer dem Menſchen eine odiſche *Breitenaxe* oder *Latitudinalaxe* zu. Es iſt die Hauptpolarität, welche der Menſch beſitzt, und welche den Haupterfolg bei odiſchen Einwirkungen auf den Menſchen zu beſtimmen pflegt.

Doch verhält ſich in ſchwächerem Grade auch die ganze Vorderſeite des Menſchen odpoſitiv gegen die Hinterſeite, was der Verfaſſer als odiſche *Dickenaxe* oder *Transverſalaxe* bezeichnet; und in noch ſchwächerem Grade das Fußende des Menſchen poſitiv gegen das Kopfende, was die odiſche *Längenaxe* oder *Longitudinalaxe* des Menſchen giebt. Die Wirkung der Dickenaxe macht ſich nur in der Mitte zwiſchen beiden Seiten deutlich für ſich geltend. Im Uebrigen addirt oder ſubtrahirt ſich die Wirkung der Dickenaxe und Längenaxe von der im Allgemeinen überwiegenden Wirkung der Breitenaxe, je nachdem ſie im ſelben oder entgegengeſetzten Sinne gerichtet iſt. So iſt zwar ſowohl die rechte Vorderſeite als rechte Hinterſeite des Menſchen odnegativ, in Betracht der Breitenaxe; die rechte Vorderſeite aber ſchwächer negativ als die rechte Hinterſeite, weil die Wirkung der Transverſalaxe ſich von der der Breitenaxe für die Vorderſeite ſubtrahirt, für die Hinterſeite addirt.

Außer dieſen drei Hauptpolaritäten, welche den Menſchen im Ganzen betreffen, kommen auch noch untergeordnete Polaritäten an den einzelnen Theilen vor, deren Einfluß ſich ebenfalls je nach der Gleichartigkeit oder dem Gegenſatze gegen die überwiegende Polarität, die im Allgemeinen der Breitenaxe zukommt, zu dieſer addirt oder davon ſubtrahirt. Am genaueſten hat der Verfaſſer dieſe untergeordneten Polaritäten an den Händen unterſucht. Hienach verhält ſich zuvörderſt die Handweiche poſitiv gegen den Handrücken; und die Negativität, die der rechten Hand vorwiegend und im Ganzen vermöge der Breitenaxe zukommt, zeigt ſich alſo hiedurch in der Weiche vermindert, an dem Rücken erhöht: indeß die Poſitivität, die der linken Hand im Ganzen zukommt, ſich dadurch in der Weiche vermehrt und am Rücken vermindert zeigt. Ein odpoſitiver Körper wird demnach am lauwidrigſten von der linken Handweiche, am wohlkühlſten von dem rechten Handrücken empfunden werden, ein odnegativer Körper umgekehrt; und bietet man einem Senſitiven ſelbſt eine Hand dar (was nicht bis zur Berührung zu gehen braucht), ſo wird die linke Handweiche auf ihn am poſitivſten, der rechte Handrücken am negativſten wirken, mithin beim gegenſeitigen Händegeben die wohlkühlſte Empfindung für den Senſitiven hervorgehen, wenn ſeine linke Handweiche dem rechten Handrücken des Andern begegnet, die lauwidrigſte, wenn ſeine linke Handweiche der linken Handweiche des Andern begegnet. Auch für die rechte Hand des Senſitiven ergiebt ſich hienach leicht die wohlkühlſte und lauwidrigſte Begegnungsweiſe mit der Hand des Andern. doch iſt angegebenermaßen die Rechte des Senſitiven im Allgemeinen überhaupt weniger für odiſche Reizung empfänglich als die Linke.

Nach dieſem Beiſpiel kann man ſich auch den Erfolg der noch ferner zu erörternden Polaritäten leicht deuten.

Nämlich es verhält ſich nun noch ferner an der Hand, ſo wie am Arme, der Kleinfingerrand und die demſelben zugehörige Seite des Armes poſitiv gegen den Zeigfingerrand und gegen die entſprechende Seite des Armes; der Daumen poſitiv zu den übrigen vier Fingern, von welchen Mittelfinger und Zeigefinger am ſtärkſten, der Kleinfinger am ſchwächſten negativ ſind. Alle dieſe Polaritäten ſind eigentlich nur verhältnißmäßig zu verſtehen, und bleiben im Allgemeinen der Breitenpolarität untergeordnet; doch ſcheint es nach Erfahrungen, welche der Verſ. S. 97 mittheilt, daß die Poſitivität des Daumens im Verhältniß zu den übrigen Fingern ſich ſelbſt ſo weit ſteigern kann, daß er an der rechten Seite, wo er vermöge der Breitenpolarität negativ ſein ſollte, durch Ueberbietung dieſer Hauptpolarität ſogar abſolut etwas poſitiv wird, ſo daß man, wo es um kräftige negative Wirkung der Finger zu thun iſt, den Daumen lieber bei Seite läßt. Dagegen bleibt die Polarität der übrigen vier Finger an beiden Händen immer unter der Obmacht der Breitenpolarität.

Sofern in den Fingerſpitzen überhaupt der Sitz der ſtärkſten odiſchen Action ſowohl als Receptivität am menſchlichen Körper iſt, wendet man ſie vorzugsweiſe an, wenn man ſtark auf Senſitive einwirken will, oder wenn Senſitive ſelbſt fein empfinden wollen. So wirken die um den Mittelfinger einer Hand zuſammengeballten Fingerſpitzen, gegen die flache Hand eines Senſitiven gehalten, erheblich kräftiger darauf ein, als eine flache Hand ſelbſt, und erzeugen Kühle oder Lauwidrigkeit je nach der gleichnamigen oder ungleichnamigen Einwirkung.

Der Fuß zeigt ähnliche untergeordnete Polaritäten als die Hand. Indeß der Hauptpolarität, d. i. der Breitenpolarität des Leibes nach, der ganze rechte Fuß negativ, der linke poſitiv iſt, iſt jeder Fuß in untergeordnetem Sinne nach innen poſitiv, nach außen negativ, auf der Sohle poſitiv, auf dem Rücken negativ. Ueber einen etwaigen Gegenſatz der großen Zehe gegen die übrigen Zehen findet ſich Nichts angegeben.

Zu beiden Seiten der Herzgrube, etwas abwärts davon, finden ſich zwei, für odiſche Reaction vorzugsweiſe vor der übrigen Magengegend empfindliche Stellen, welche die Lage der beiden Flügel des Sonnengeflechts im Leibe bezeichnen. Die linke Stelle iſt poſitiv, die rechte negativ.

Der Magen ſelbſt aber verräth in ſo fern eine odpoſitive Beſchaffenheit, als er das Trinken von odiſch poſitiv geladenem Waſſer nicht gut verträgt, um ſo beſſer das von negativ geladenem.

Ich habe im Vorigen dem Verfaſſer möglichſt treu zu folgen geſucht, nur daß ich die weiten Ausführungen ins Enge zog, und die experimentalen Bewährungen bei Seite ließ; und denke, daß das Mitgetheilte genügen wird, eine Anſicht von den Fundamenten, wenn ſchon nicht von der gewaltigen, kaum kann man ſich enthalten zu ſagen, monſtröſen Entwickelung der darauf gebauten Lehre zu geben. Eine durchſchlagende Kritik der Lehre wird nur auf Grund ſorgfältig prüfender Experimente ſtattfinden können, die mir nicht zu Gebote ſtehen; doch kann man ohne neue Experimente ſich die Frage vorlegen, was die bisherigen beweiſen und welchen Anſpruch die ganze Lehre auf Vertrauen hat. Dieſe Frage ſuche ich mit Folgendem nach dem Maßſtabe, den ich ſelbſt dazu mitzubringen vermag, und nach den Unterlagen, die der Verfaſſer dazu gegeben hat, zu beantworten. Ein jeder Andere wird freilich einen andern Maßſtab mitbringen; und es kann Manches in den Unterſuchungen des Verfaſſers enthalten ſein, was das Urtheil anders ſtellen würde, wenn es vorläge.

Warum ſollt' es nicht Verhältniſſe der Reizbarkeit geben können, wo dieß und das empfunden wird, wofür bei andern Verhältniſſen der Reizbarkeit die Empfänglichkeit mangelt. Vielmehr wird Niemand beſtreiten, daß es ſolche Verhältniſſe giebt. Man braucht in dieſer Beziehung nur an die Senſationen der Hyſteriſchen, die Illuſionen ſo mancher Geiſteskranken zu denken. Im Grunde iſt jede äußere Wahrnehmung Product eines ſubjectiven und objectiven Factors, und wie ſich nur der eine Factor ändert, ändert ſich das ganze Product. Nun iſt der ſubjective Factor im Grunde bei jedem Menſchen etwas anders beſchaffen, als bei dem andern; nichts hindert aber, daß es auch einen gewiſſen mehr oder weniger durchgreifenden Unterſchied (Senſitivität und Nichtſenſitivität) darin gebe. Es kann ſein und kann auch nicht ſein; und je nachdem es der Fall iſt oder nicht, wird auch v. Reichenbach's Lehre Grund haben oder nicht.

Findet einmal eine verſchiedene Empfänglichkeit der Individuen für die Potenzen der Außenwelt ſtatt, ſo wird es jedenfalls Geſetze für die davon abhängigen Erſcheinungen geben, und bei genauerm Vergleich der Verhältniſſe dieſer Erſcheinungen ſich manches Neue und Unerwartete darbieten können. Es war nicht anders bei Elektricität und Magnetismus; wer hätte hinter den Erſcheinungen der geriebenen Siegellackſtange ſo viel geſucht. Und hienach wird es immer mit Dank anzunehmen ſein, wenn Jemand mit Ausdauer und Eifer ſich der Erforſchung dieſer Geſetze unterzieht, und wird das Neue und

Unbekannte nicht ſofort als etwas Abſurdes wegzuwerfen ſein, zumal das Princip ſelbſt, aus dem die Erſcheinungen fließen, einſchließt, daß ſie von den gewöhnlichen abweichen.

Was für eine Unwahrſcheinlichkeit an ſich darin liegen ſoll, daß Lichterſcheinungen an Magneten und Kryſtallen und ſonſt andern Körpern von gewiſſen Perſonen im Dunklen wahrgenommen werden, wo Andere nichts wahrnehmen, daß dieſelben Perſonen in ihren Wärmeempfindungen von denſelben Gegenſtänden anders afficirt werden, als Andere — und darauf reduciren ſich in der Hauptſache die Abweichungen in den Wahrnehmungen der ſenſitiven und nicht ſenſitiven Perſonen; denn das Weitere betrifft beinahe nur nähere Beſtimmungen dieſer Unterſchiede — iſt nicht wohl abzuſehen. Mag nun auch in Ermittelung der beſondern Geſetze dieſer Verhältniſſe vielfach gefehlt und nicht gleich Alles klar und triftig geſtellt ſein, ſo iſt darauf noch keine Verwerfung der ganzen Lehre zu begründen.

Kurz, es ſcheint mir, daß ſich gegen die Odlehre von vorn herein nicht mehr einwenden läßt, als gegen die Lehre von der Elektricität und dem Magnetismus in ihrem Urſprunge einzuwenden war; ja es liegen aus dem Gebiete der Odlehre ſogar der gemeinen Erfahrung in den wunderlichen Verhältniſſen der Reizbarkeit vieler Menſchen von vorn herein mehr Thatſachen vor, als im Beginn der Lehre von jenen Dynamiden vorgelegen haben.

Die Verwerfung von Reichenbach's Lehre kann ſich nach Allem ſo wenig als ihre Begründung auf eine vernünftige Vorausſetzung, ſondern nur auf Erfahrung ſtützen; und nachdem v. Reichenbach eine ſo große Menge Erfahrungen für ſeine Lehre beigebracht, nachdem dieſelbe ſchon eine ſo große Entwickelung erreicht, nachdem ſie ſo viel Theilnahme erweckt hat, wird ſelbſt für den Fall, daß ihre Begründung nicht die exacteſte ſein ſollte, doch der Sturz derſelben nur von einer exacten Widerlegung abhängen können. Nach dem aber, was mir davon bekannt iſt, hat ſie eine ſolche noch nicht gefunden; denn dazu reichen rhapſodiſche Verſuche nicht hin, zumal wenn dabei die Vorſichtsmaßregeln, die der Urheber derſelben ausdrücklich fodert, nicht ſcrupulös beobachtet ſind. Denn um ſtreng zu widerlegen, bedarf es ſo viel Genauigkeit, Ausdauer, Umſicht, Sorgfalt, als um ſtreng zu beweiſen.

Dabei iſt weſentlich mit zu berückſichtigen, daß die Odlehre der Natur der Sache nach mit viel größern Schwierigkeiten zu kämpfen hat, als die Lehre von den andern Dynamiden, ſofern ihre Objecte und Inſtrumente nicht ſo vergleichbar herzuſtellen und nicht ſo in der Gewalt des Beobachters ſind, als die der Phyſik. Nun ſollte man den Unterſchied, der in dieſer Hinſicht zwiſchen Beobachtungen im Felde des Ods und im Felde der rein phyſikaliſchen Agentien beſteht, mindeſtens nicht allein dem Beobachter zur Laſt legen.

v. Reichenbach hat ſich ſelbſt früher durch die Entdeckung und faſt ängſtlich genaue Conſtatirung und Beſchreibung der Eigenſchaften mehrerer zum Theil ſelbſt mediciniſch und techniſch wichtig gewordener Stoffe (Kreoſot, Paraffin, Eupion u. a.) rühmlich bekannt gemacht; und ich wüßte nicht, daß man hier Gelegenheit gehabt hätte, ihm Mangel an Umſicht und Genauigkeit vorzuwerfen. Es iſt ſchwer zu glauben, daß der Sinn, der ihn das Kreoſot aus einem Miſchmaſch von Stoffen, wie es wenige giebt, ausſcheiden ließ, ganz gefehlt hat, als es galt, das Od aus einem nicht mindern Miſchmaſch von Erſcheinungen auszuſcheiden. Nicht nur die Maſſe, auch der Nexus der Thatſachen, den er vorführt, ſind wahrhaft imponirend, und mag es ſein, daß etwas von der franzöſiſchen Bedeutung des Wortes imposer dabei iſt, ſo ſind doch unter der großen Maſſe von Thatſachen, die er vorlegt, gar manche, die ſo beſchaffen und beſchrieben ſind, daß ſie als Erdichtungen verworfen werden müſſen oder nur einer Hyperkritik Raum geben. Einige nicht unwichtige Thatſachen haben ſelbſt Männer wie Berzelius und Baumgartner zu Zeugen, und überhaupt fehlt es dem Verfaſſer zu vielen Beobachtungen nicht an glaubwürdiger Zeugenſchaft. Es würde endlich eine eben ſo unglaubliche Unvorſichtigkeit vorausſetzen, wenn er ſo manche, verhältnißmäßig einfach zu bewährende Thatſache, die als Probirſtein ſeiner Lehre dienen kann (vergl. oben S. 281), mit ſo herausfodernder Entſchiedenheit vorgebracht hätte, als Unredlichkeit, wenn er eine ſo ungeheure Maſſe von Thatſachen erdichtet oder von Gegenthatſachen verſchwiegen hätte, als man annehmen müßte, um ſeine Lehre für ganz grundlos zu halten, oder Selbſttäuſchung, wenn er, ohne Andere täuſchen zu wollen, überall ſich ſelbſt betrogen hätte.

Dies zuſammengenommen füge ich zu meinem Glauben an ſo Manches, was außerhalb der Gränzen des ſtrengen Wiſſens und wohl ſelbſt einer ſtrengen Unterſuchung liegt, auch den Glauben, es ſei etwas an der Odlehre. Wie viel aber, was? Das auch nur ſubjectiv, geſchweige objectiv zu entſcheiden, hat der Verfaſſer freilich ſehr erſchwert. Und manches ſchwere Bedenken fällt gegen das Gewicht ſeiner Thatſachen in die Wage. Auch dieſe Seite des Gegenſtandes wird es nun gelten hervorzuheben.

Bedenklich bleibt's zuvörderſt, daß der Verfaſſer auch in ſeinem neueſten großen Werke, ſo viel ich überſehe, immer noch ganz allein auf der Baſis der von ihm ſelbſt vertretenen und unter ſeinem Einfluß angeſtellten Beobachtungen ſteht. Denn, mag es ſein, daß das vielfache Mißlingen von Verſuchen, die hier und da zur Prüfung ſeiner Lehre angeſtellt worden ſind, wirklich auf ungenügender Anſtellungsweiſe derſelben und mangelnder Vorſicht beruht — wie v. Reichenbach behauptet — ſo können doch andererſeits auch Beſtätigungen, wie die, auf welche er ſich ſtützt, Seitens Perſonen, die nicht Beobachter von Fach ſind, oder ſich nur gelegentlich zu einem Experimente hergegeben, oder demſelben beigewohnt haben, nicht aber ſelbſt eine Beobachtungsreihe methodiſch im Zuſammenhange durchgeführt haben, eben ſo wenig für ſeine Sache, als jene negativen Erfolge gegen dieſelbe beweiſen. Und wenn es nicht die Schuld des Verfaſſers iſt, daß er bei der Widerwilligkeit der exacten Forſcher, ſich mit dieſem Gegenſtande ernſtlich zu befaſſen, noch keine Unterſtützung von ihrer Seite gefunden hat, ſo iſt es jedenfalls ein Nachtheil, von dem ſeine Sache ſchwer gedrückt wird.

Unſtreitig giebt es Beobachtungen, welche die Controle ihrer Genauigkeit, die Gewährleiſtung ihrer Reſultate in ſich ſelbſt tragen. Aber man kann an ſich bezweifeln, ob das Feld, auf dem ſich die Beobachtungen des Verfaſſers bewegen, ein ſolches iſt, welches die Controle des Beobachters durch den Beobachter überhaupt miſſen kann; und jedenfalls vermißt man in den Unterſuchungen des Verfaſſers Manches, was nicht fehlen durfte, ſollten ſie eine ſolche entbehren können. Nicht, daß dem Verfaſſer die deßfallſigen Requiſite überhaupt entgangen wären, ſie liegen ja zu offen vor, und er könnte uns wohl auf manche Stellen hinweiſen, wo gelegentlich darauf Bezug genommen wird; aber eben nur gelegentlich, und das reicht nicht. Vielmehr hängt an der *durchgreifenden, ſtetigen und ſolidariſchen* Berückſichtigung der Punkte, die wir jetzt beſprechen wollen, das ganze Heil, die ganze Sicherſtellung ſolcher Unterſuchungen; und dieſe können wir in dem, was von den Unterſuchungen des Verfaſſers vorliegt, nicht finden.

Gewiß iſt, daß Perſonen jeder Art, vor Allem aber aus der Claſſe derer, welche die Beobachtungsſubjecte des

Verfaſſers bilden, ſenſible Perſonen, beſonders Frauenzimmer, ſubjectiven Täuſchungen des Gefühls und Geſichts um ſo leichter unterliegen, jemehr ſie ſchon zuvor erwarten, etwas zu fühlen oder zu ſehen, und daß dieſe Täuſchungen um ſo leichter einen gemeinſchaftlichen Charakter für Viele annehmen, jemehr ſie dabei durch gemeinſame Vorſtellungen und Vorausſetzungen unter einem gemeinſchaftlichen Einfluſſe geleitet werden. Unzählige Irrthümer haben ſchon auf dieſem Wege Einbruch in die Wiſſenſchaft zu machen gedroht, und die ganze Unterſuchung des Verfaſſers liegt auf dieſem gefährlichen Wege.

Wenn man Stunden lang um einen Tiſch ſitzt, in der Erwartung, daß er rücken ſolle, rückt er endlich; man kann ſich leicht denken, daß noch leichter als das Holz draußen die Einbildungskraft drinnen rückt, wenn ihr eine entſchiedene Aufgabe geſtellt wird; ja endlich, wenn man den Verſuch recht lange und oft wiederholt, ganz verrückt wird, und man, wie auf den ſenſitiven Tiſch, ſo auf den ſenſitiven Menſchen zuletzt blos einen Finger zu legen braucht, um das Phänomen, um was es zu thun iſt, ſofort zu beobachten. Lernte doch Meyer*) nach einiger Uebung Alles, was er ſehen wollte, wirklich ſehen. Meyer iſt ein nüchterner Naturforſcher; wie viel leichter werden ſolche, die es nicht ſind, und die meiſten Senſitiven ſind eher das Gegentheil davon, ſehen, was ſie ſehen wollen oder ſehen ſollen, zumal, wenn es darauf ankommt, der Wiſſenſchaft damit einen Dienſt zu thun. Die Möglichkeit abſichtlicher Täuſchung berückſichtige ich hiebei nicht einmal. Die geſpannte Vorſtellung wird überall leicht zum Bilde, zur Empfindung, bei vielen Perſonen ſcheidet ſich beides ſelbſt im gewöhnlichen Zuſtande kaum; ſolche ſind ſonſt von allen genauen Experimenten ſorgſamſt auszuſchließen; wogegen nach der Natur der Unterſuchungen des Verfaſſers gerade die allerreizbarſten Beobachtungsſubjecte die willkommenſten ſein und einen vorwiegenden Einfluß auf die Ziehung ſeiner Reſultate haben mußten, indeß er ſelbſt nothwendig einen gemeinſamen Einfluß auf alle ſeine Beobachtungsſubjecte gehabt hat.

---

*) Meyer's Unterſuchungen über die Phyſiologie der Nervenfaſer S. 239.

Unſtreitig nun wären die ſorgſamſten Vorunterſuchungen, theils im Allgemeinen, theils bei den einzelnen Beobachtungsſubjecten *nöthig* geweſen, um ſich zu verſichern, wie viel an dieſem Umſtande hängen könnte. Wir finden nichts von ſolchen Vorunterſuchungen. Unſtreitig wären im Laufe der Unterſuchungen ſelbſt die ängſtlichſten, ſich immer von Neuem wiederholenden und nach Umſtänden immer von Neuem abgeänderten Vorſichten nöthig geweſen, um der Gefahr ſelbſt zu begegnen, die aus jenem Umſtande erwachſen konnte; kaum ließ ſich genug darin thun; ſtatt deſſen kommt man bei Leſung ſeiner Unterſuchungen kaum auf den Gedanken, daß ſie vorhanden geweſen ſei. Ich ſage nicht, daß alle Reſultate des Verfaſſers nur aus dieſem Umſtande gefloſſen ſind; einige Verſuche ſind ſo beſchrieben, daß ſie einem deßfallſigen Einwande nicht unterliegen; aber bei der großen Maſſe ſeiner Beobachtungen und Beobachtungsſubjecte finden wir durch das darüber Angeführte den Verdacht, daß jener Umſtand eine Hauptrolle geſpielt habe, nicht nur nicht ausgeſchloſſen, ſondern geradezu herausgefodert. Im Allgemeinen fand eine geſpannte Erwartung auf dieſe oder jene Empfindungen oder Wahrnehmungen ſtatt. Dieſelben Beobachtungsſubjecte figuriren ferner ſo oft in den Unterſuchungen des Verfaſſers, daß eine gewiſſe Einweihung derſelben in ſein Syſtem nothwendig vorauszuſetzen iſt. Im Allgemeinen, wenn auch mit einigen Ausnahmen (wie z. B. Dynamide. S. 2, 25, 39. Senſit. Menſch I. S. 257) erfährt man nicht, wiefern die Beobachtungsſubjecte von den zu erwartenden Reſultaten ſchon Kenntniß hatten, oder ſie errathen konnten, worin Senſitive oft einen guten Inſtinct beſitzen dürften *). Controleverſuche mit Scheinmagneten, Scheinkryſtallen u. ſ. w. kommen nicht vor. Und endlich kann man aus allgemeinem Geſichtspunkte behaupten, daß die ungeheure Maſſe von Reſultaten, die der Verfaſſer vorlegt, bei einer ſorgfältigen Rückſicht auf den angegebenen Umſtand überhaupt gar nicht zu erlangen war. Bei Reſultaten, wie die über die ſehr weit reichenden und auf ganz beſtimmte Abſtände abgegränzten odiſchen Wirkungen (S. 291, 292, 827), über das Durch-

---

*) Namentlich kann eine bedenkliche Miene oder nicht völlige Zufriedenſtellung des Beobachters bei einer das erſtemal nicht zutreffenden Antwort gar leicht den folgenden Antworten die Richtung geben.

fühlen von Warm durch Kalt (S. 745) u. a. dürfte Niemand die Einbildung außer Spiel halten, es wären denn Vorſichten, Controlen angegeben, von denen ſich nichts findet; und die Beſorgniß kann nicht abgewieſen werden, daß die mangelnde Erwähnung derſelben in Fällen, wo ſie am nöthigſten erſcheinen, mit einer zu geringen Beachtung derſelben überhaupt zuſammenhängt.

Die geringe Berückſichtigung des hier zur Sprache gebrachten Umſtandes iſt ſo auffallend, daß ich geſtehe, ſie mir kaum anders erklären zu können, als durch die Annahme, der Verfaſſer habe bei Berückſichtigung derſelben ſo oft ſchwankende, ſich widerſprechende Reſultate erhalten, es ſei da, wo die Beobachtungsſubjecte Nichts oder das Entgegengeſetzte erwarteten, auch ſo gewöhnlich Nichts oder das Entgegengeſetzte von dem, was der Verfaſſer wollte, zum Vorſchein gekommen, daß er lieber darauf verzichtete, ſolche Maßregeln anzuwenden, bei denen nichts herauskam, in der Anſicht, daß eine gewiſſe Achtſamkeit auf das zu Beobachtende nöthig ſei, um es zu beobachten. Nun kann Letzteres im Allgemeinen nicht beſtritten werden; denn es gilt auch von objectiven Beobachtungen; aber es liegt auch ſelbſt bei objectiven Beobachtungen hierin ein Quell von Täuſchung; gar Mancher ſieht durch's Mikroſkop das, was er ſehen will. Dieſer Quell der Täuſchung wird aber doppelt gefährlich, wo Subject und Object der Beobachtung zuſammenfallen; und es hört damit das Kriterium von Sein und Schein ſo ziemlich auf. Nur, wenn man Mittel findet, die Achtſamkeit des Beobachtungsſubjectes anzuſpornen, ohne es irgendwie merken, errathen, dahinter kommen zu laſſen, *in welcher Richtung* das Reſultat liegen ſoll, wird man dieſem Conflict entgehen. Sollte nun der Verfaſſer in dieſer Hinſicht alles Erfoderliche gethan haben, ſo hat er wenigſtens in der Darſtellung ſeiner Beobachtungen, auf der das Urtheil zu fußen hat, viel zu wenig gethan, es überall vorausſetzen zu laſſen.

Als *zweites* Bedenken tritt hinzu, und addirt ſich nicht zum vorigen, ſondern multiplicirt ſich damit, daß man nicht erfährt, ja ſehr bezweifeln muß, ob den widerſprechenden Ergebniſſen bei der Beobachtung gleich *vollſtändige, genaue* und *unbefangene* Rechnung getragen worden iſt, als den zutreffenden. Wer die dem Od beigelegten Wirkungen nicht empfindet, heißt ein Nichtſenſitiver, und fällt beim Verf. außer Beachtung; es liegt gar zu nahe, auch ſolche, welche Entgegengeſetztes empfinden, dazu zu rechnen, oder entgegenſtehende Reſultate Zufälligkeiten beizumeſſen und zu vernachläſſigen, oder den Einfluß einer allmälig erlangten Kenntniß der erwarteten Reſultate Seitens der Senſitiven als den einer erſt allmälig erlangten Uebung (vergl. S. 795) oder eines erſt allmälig eingetretenen rechten Reizzuſtandes (vgl. S. 783) bei den Senſitiven zu deuten, was Alles dahin wirken muß, einen falſchen Schein einſtimmiger Ergebniſſe hervorzurufen.

Der Phyſiker, wenn es ſich um einen zweifelhaften Einfluß handelt (wie z. B. den Mondeinfluß auf die Witterung), der von mitwirkenden Zufälligkeiten leicht geſtört und überwogen, aber auch leicht als bloßer Schein durch ſolche hervorgerufen werden kann, ſtellt lange Beobachtungen an, zählt die zutreffenden und nicht zutreffenden Fälle und wägt beide gegen einander. Freilich läuft er hiemit Gefahr, als Endreſultat ein Nichts oder nur eine kleine Kleinigkeit zu finden. Hiegegen kann man mit Sicherheit poſitive Reſultate erlangen, wenn man ſich auf die zutreffenden Fälle allein ſtützt; man erhält ſo, wenn man recht viel beobachtet, bald eine impoſante Maſſe poſitiver Belege. Unſtreitig iſt es dieß Verfahren, wodurch die Phrenologie groß geworden iſt. Sie iſt eine Wiſſenſchaft, die ſich auf lauter poſitive Belege ſtützt; indem ſie alle negative bei Seite läßt, oder durch Ausflüchte beſeitigt. Und die Unterſuchungen des Verf. nehmen ſich ganz ſo aus, als theilten ſie dieß Verfahren der Phrenologie. Nichts oder ſo gut wie Nichts als zutreffende Fälle. Und ſo entſchieden tritt doch nach dem eigenen Geſtändniß des Verf. der ſenſitive Zuſtand nicht hervor, daß es nicht auch des Nichtzutreffenden genug zu zählen gegeben hätte. Wo iſt es geblieben? wie iſt es in Rückſicht genommen? nach welchem Princip ausgeſchloſſen? Ob überhaupt nach einem andern, als dem, das Nichtzutreffende, nicht in den Nexus der Anſicht Paſſende, auszuſchließen? Es iſt eine Lebensfrage für die ganze experimentale Begründung der Anſicht. Die Antwort fehlt darauf. Was aber können die langen Regiſter poſitiver Zeugniſſe, welche der Verf. faſt allen Thatſachen beifügt, noch wiegen, wenn wir nicht wiſſen, wie viel des Gegenwiegenden auf der andern

Schale liegt, ja nicht einmal, ob und wie überhaupt gewogen und gegengewogen worden iſt.

Unſtreitig wird es bei jeder Experimentalunterſuchung nöthig werden, eine Menge Beobachtungen auszuſchließen, die unzulänglich angeſtellt oder bei denen die fremdartigen Störungen nicht hinlänglich beſeitigt waren, um nur das Durchſchlagende anzuführen. Aber dann müſſen die Unterſuchungen auch dahin gediehen ſein, daß es der Beobachter in der Gewalt hat, alle Störung auszuſchließen, und immer daſſelbe Reſultat zu erlangen. Wo dieß nicht möglich iſt, und es ſcheint mir auf dem Beobachtungsfelde des Verf. nicht möglich, bleibt eben nichts übrig, als, wie es bei den meteorologiſchen Mondeinflüſſen geſchehen iſt und bei der Phrenologie geſchehen ſollte, das Zutreffende und Nichtzutreffende genau zu regiſtriren, und ſich über die Geſichtspunkte des Ausſchluſſes genau zu erklären.

Selbſt für den aufrichtigſten Beobachter, welches Prädicat dem Verfaſſer abzuſprechen wir keinen Grund haben, wird es bei einmal feſtgeſtellter Anſicht ſchwer ſein, nicht mitunter unwillkürlich ſich und Andere zu verführen, und bei der Unmöglichkeit und Unſtatthaftigkeit, alles Beobachtete mitzutheilen, immer die volle Unparteilichkeit in Berückſichtigung und Mittheilung des Beobachteten zu bewahren. Eben deßhalb bleibt die Controle durch die Verſuche anderer zweifelnder Beobachter, namentlich auf einem Felde der Beobachtung, was an ſich keine Schärfe zuläßt, unerläßlich, und kann durch die Controle, welche die Verſuche Eines Beobachters einander wechſelſeitig zu gewähren ſcheinen, worin der Verfaſſer ſeine Hauptſtütze ſucht, keineswegs hinreichend erſetzt und vertreten werden. Einer der fleißigſten Beobachter Oeſterreichs fand neuerdings auf einem ohne Vergleich weniger ſchlüpfrigen Felde der Beobachtung „durch hunderte und tauſende von Verſuchen“ an ſich und Andern, von denen mit großem Pomp geſprochen worden iſt, eine Polariſationserſcheinung beim Doppeltſehen, die ſich bei umſichtiger Wiederholung durch zwei von ihm und von einander unabhängige Beobachter als Nichts erwies. Alſo Vorſicht!

Zu den vorigen tritt folgendes dritte Bedenken. Auffallend iſt, mit welchem Fleiß, aber auch welcher Ausſchließlichkeit der Verf. die Rückſichten hervorhebt, die durch die verwickelten Verhältniſſe der odiſchen Polaritäten ſelbſt bei den Beobachtungen gefodert werden, und faſt kein Wort für eine Erörterung hat, inwiefern eine verſchiedene Hautdicke, Hautempfindlichkeit, Temperatur, Wärmeausſtralung, Luftzug u. dergl. an den Theilen des menſchlichen Körpers auf die Verſchiedenheit der Temperaturempfindungen, welche hauptſächlich bei ſeinen Beobachtungen maßgebend geweſen ſind, Einfluß haben und die Reinheit der Reuſltate benachtheiligen konnte. Ich bezweifle nicht, daß die ſelbſtverſtändlichen Vorſichten in dieſer Hinſicht getroffen ſind, und die Anempfehlung, die Prüfung der Körper lieber durch Annäherung als Berührung vorzunehmen, ſo wie das ſog. Gewöhnungnehmen (ſ. oben S. 286) gehört hieher; aber, wenn man gewohnt iſt, in der Phyſik und Phyſiologie die feinſten Rückſichten in dieſem Bezuge genommen zu ſehen, ſo können die Rückſichten blos auf das Nächſtliegende und blos allgemeine Maßregeln deßhalb nicht hinreichend erſcheinen. Im Ganzen tritt jedenfalls die Rückſicht auf derartige Störungen ſo wenig in den Unterſuchungen des Verf. hervor, daß man danach faſt glauben möchte, es gäbe für die Einwirkungen des Ods überhaupt keine andern complicirenden und ſtörenden Einflüſſe als durch das Od ſelbſt. Wenn aber auch das Od eine gleich wichtige Rolle als die übrige Dynamide in der Natur ſpielen ſollte, ſo wird es doch unſtreitig die Wirkung derſelben nicht ſo überbieten, um die Rückſicht auf ſie ſo ſehr zurücktreten zu laſſen, als wir es beim Verf. finden. Ungeachtet er ſich ſelbſt für nicht ſenſitiv erklärt, übertrifft er doch inſofern ſeine beſten Senſitiven, als er in ſeinem Werke faſt nur für odiſche Einflüſſe Augen und Sinn verräth, ſo daß dieſe ausſchließliche Richtung darauf manchmal faſt im Lichte einer fixen Idee erſcheint.

Es werden eine unzählige Menge von Erſcheinungen aus dem Leben, die möglicherweiſe ganz andre Gründe haben können und wahrſcheinlich haben, vom Verf. ohne Weiteres von Wirkungen des Odes abgeleitet, worin er öfters unglaublich weit geht. Manche Männer vertragen das Reiten, manche Frauen das Tanzen nicht gut (S. 71, 350), weil erſtere mit den gleichnamigen Odpolen des Pferdes in Beziehung treten, letztere die odiſchen Verhältniſſe zur Umgebung zu ſchnell wechſeln; — eine falſche Stellung des Arbeitstiſches gegen die Himmelsrichtungen hat wegen deren odpolarer Bedeutung wohl ſchon unzählige Menſchen moraliſch und phyſiſch zu Grunde gerichtet (S. 560); — alle Wiener Köchinnen (ſind denn alle ſenſitiv?) werden im Alter durch die lange odiſche Einwirkung der ſteinernen Bodenplatten in den Küchen elend (S. 743); — die Blattſtellung der Pflanzen beruht weſentlich auf ihrer odiſchen Polarität u. ſ. w. Unſtreitig müſſen derartige Schlüſſe ins Weite auch das Vertrauen ſehr in die Schlüſſe ſchwächen, durch welche der Verf. ſeine nächſten Folgerungen aus ſeinen Experimenten zieht. Von wie viel andern Gründen, als dem Od, kann es abhängen, daß manche Männer das Reiten nicht gut vertragen, und von wie viel andern Gründen, als dem Od, kann es abhängen, daß ſich hie und da lauliche und kühle Gefühle geltend machen. Hat der Verf. die erſten Möglichkeiten nicht hinreichend berückſichtigt, was bürgt uns dafür, daß er die letzten hinreichend berückſichtigt hat?

Endlich tritt uns noch ein viertes Bedenken entgegen. Nicht nur die odiſchen Leibespolaritäten, ſondern auch die fundamentalen Beſtimmungen über das Od durchkreuzen, beſchränken, compliciren ſich in ſolcher Weiſe, daß es ſelbſt für ganz widerſprechend erſcheinende Ergebniſſe immer möglich ſein muß, und dem Verf. wirklich möglich geweſen iſt, Deutungen zu finden; und es kann zwar ſein, daß dieß an einer wirklichen Verwickelung der odiſchen Verhältniſſe hängt; doch geſtehen wir, daß ungünſtigere Vorausſetzungen hier viel näher liegen. So iſt es ein Fundamentalſatz des Verf., daß dieſelbe Odquelle von der rechten Seite des Menſchen entgegengeſetzt als von der linken empfunden wird; wenn ſie aber einmal gar nicht beſtimmt von der rechten empfunden und ſelbſt wenn ſie in demſelben Sinne von derſelben empfunden wird, findet der Verf. dieß auch erklärlich (§. 284. 1147. 1414). So ſind ungleichnamige Einwirkungen auf den Menſchen im Allgemeinen kühlend und zuträglich, gleichnamige lauwidrig, und ſelbſt ſehr dauernde Einwirkungen werden vom Verf. in dieſem Sinne beurtheilt; doch findet der Verf. in dem Princip der mehr oder minder ſchnell eintretenden odiſchen Sättigung und andern Verhältniſſen auch das Mittel, einen entgegengeſetzten Ausfall der Ergebniſſe zu deuten, z. B. daß der Senſitive das Ineinanderſchlagen der eigenen Hände, das Stehen und Gehen zwiſchen zwei andern Perſonen widrig empfindet. Manchmal werden Widrigkeitsgefühle vom Verf. aus langem Verweilen des Senſitiven in derſelben Lage, ſelbſt bei ungleichnamiger Einwirkung der Umgebung, andermal aus raſchem Verlaſſen ſolcher Lage erklärt; ungleichnamiger Fortſtrich wirkt im Allgemeinen kühlend, gleichnamiger lau, aber jeder Strich führt auch etwas von der andern Empfindung mit ſich, was entgegengeſetzte Ausſagen erklärt, u. ſ. f.

Bei dieſer Reihe von Bedenken, die ſich darbieten, iſt in Rückſicht zu ziehen, daß der Verfaſſer ſehr wohl bei jedem ſeiner Experimente eins, zwei oder drei derſelben berückſichtigt haben konnte, ohne daß das Reſultat, was er zieht, geſichert iſt, wenn nicht alle bis auf das letzte berückſichtigt wurden. Der Hinweis, daß hie und da dieß und jenes nicht Platz findet, genügt daher nicht. Dafür aber, daß ſie wirklich immer im Zuſammenhange berückſichtigt ſind, ja daß nur eines derſelben durchgreifend berückſichtigt iſt, liegt in der Darſtellung der Unterſuchungen des Verf. durchaus nicht diejenige Gewähr, die wir zu verlangen hätten, um denſelben mit Vertrauen zu folgen. Es iſt zwar möglich, daß in der Darſtellung noch mehr als in der Sache verſchuldet iſt, aber man kann eben nur nach der Darſtellung gehen.

Nun freilich iſt zuzugeſtehen, daß, wenn der Verf. bei jeder einzelnen Beobachtung, jedem einzelnen Reſultate allen möglicherweiſe dagegen zu erhebenden Bedenken Rechnung tragen, alle dabei zu treffenden und getroffenen Vorſichten auch nur berühren ſollte, die Darſtellung unerträglich weitſchweifig und mit unerträglichen Wiederholungen behaftet werden mußte; zugeſtehen auch, daß für den in ein Gebiet der Beobachtung Eingeweihten, nach ganz ſicher geſtellten Grundlagen, manche Vorſichten ſich als überflüſſig zeigen können, die für den nicht Eingeweihten und an den grundlegenden Thatſachen ſelbſt Zweifelnden noch höchſt nothwendig erſcheinen. Aber man durfte erwarten und verlangen, daß der Verf., bevor er uns eine ſo erdrückende Maſſe von Detailbeobachtungen in einem Gebiete vorlegt, wo vorſchneller Glaube wiſſenſchaftliches Verbrechen iſt, und nachdem die Erfahrung ſelbſt ihn gelehrt hat, welchem Widerſtande er mit ſeiner Lehre begegnet, vor Allem in irgend welchen allgemeinen Vorerörterungen ſorgfältig und eingehend dargelegt hätte, welche Garantieen er gegen jene fundamentalen Bedenken bieten kann, um ſich nachher deſſen bei den einzelnen Beobachtungen überhoben halten zu dürfen, oder daß er an einer beſtimmten Beobachtungsreihe in Bezug auf irgend eine Claſſe wichtiger Thatſachen alle auch im Uebrigen getroffenen Vorſichten und Rückſichten genau erläutert hätte. Aber weder in ſeinen frühern Schriften, noch ſeinem letzten Hauptwerke iſt etwas der Art zu finden; an der Spitze des koloſſalen Werks, das uns geboten wird, iſt überhaupt gar nichts über die Methode der Unterſuchung geſagt, und die Detailbeobachtungen ſelbſt laſſen uns gänzlich im Unklaren darüber, nicht zwar, daß der Verfaſſer hier und da — was ich durchaus nicht in Abrede ſtelle, was aber auch durchaus nicht genügt — aber wie weit er die obigen Bedenken im Zuſammenhange berückſichtigt, wiefern er die Vorſichten dagegen durchgeführt habe, wiefern mithin ſein Syſtem dagegen ſtehen könne.

Unſtreitig giebt es wirklich Fälle, wo die Menge der Beobachtungen deren Genauigkeit erſetzen kann, bis zu gewiſſen Gränzen wenigſtens; wenn nämlich durch die Menge der Beobachtungen eine Compenſation der Irrthümer entſteht, die den einzelnen anhaften. Aus dieſem Geſichtspunkte haben wir S. 191 unter den Beobachtungen, welche dafür ſprechen, daß zur Zeit der Erdnähe das Barometer tiefer ſteht, als zur Zeit der Erdferne, auch manche ältere Beobachtungen mit aufgeführt, die wegen der Unvollkommenheit der Inſtrumente und der mangelnden Temperatur-Correction den Forderungen, die wie heutzutage an gute Barometerbeobachtungen ſtellen, nicht entſprechen. Aber die Unvollkommenheit der Inſtrumente wird, falls ſie nicht in einer Veränderlichkeit derſelben beruht, vielmehr die abſolute Größe der Werthe als die Richtung ihrer Unterſchiede betreffen; und die Ungleichheiten, welche durch die Temperaturveränderungen des Queckſilbers entſtehen, werden ſich in der Länge der Zeit ſo gut compenſiren, als andere Zufälligkeiten, deren Compenſation wir von der Länge der Beobachtungszeit erwarten, es wird nur um ſo längere Zeit dazu erfodert werden. Auch ſtehen ſich dabei die Beobachtungen mehrerer Beobachter beſtätigend zur Seite. Und nach Allem bliebe es erwünſchter, ganz genaue Beobachtungen zu haben. Aber es iſt doch noch etwas ganz Anderes hiemit, als mit den Ungenauigkeiten, die, ſtatt ſich durch die Menge der Beobachtungen zu compenſiren, vielmehr dadurch vervielfältigen. Und hierauf paßt das Beiſpiel jenes Wirthes (S. 273).

Die Bedenken gegen die Unterſuchungsmethode des Verfaſſers verſtärken ſich nun aber noch durch die Betrachtung der damit gewonnenen Reſultate. Das Allgemeine derſelben zwar hat, wie früher zugeſtanden, an ſich nichts ſonderlich Unwahrſcheinliches; aber theils in den fundamentalen Beſtimmungen, die der Verfaſſer aus ſeinen Beobachtungen gewonnen hat, theils in der Möglichkeit, dieſe nach der ganzen Sachlage mit irgendwelcher Genauigkeit und Sicherheit feſtzuſtellen, liegt deſſen allerdings nur zu viel.

In der That, die erdiſchen Polaritäten, die der Verfaſſer nach ſeinen Verſuchen am Menſchen ſtatuirt, weichen nicht nur durch die Durchkreuzung und Subdiviſion ihrer Axen, die Unfähigkeit, ihre Gegenſätze in der Wirkung auf den Nerv auszugleichen (S. 24) u. a. Punkte, von den Verhältniſſen der magnetiſchen und elektriſchen Polarität, womit man eine Analogie erwarten ſollte, ja überhaupt von allen bekannten Naturverhältniſſen ſo wunderlich ab, ſondern die Conſtatirung der verwickelten, mit unzähligen ſtörenden Einflüſſen in Conflict kommenden und ſich wechſelſeitig ſtörenden. Verhältniſſe dieſer Polaritäten würde auch bei den conſtanteſten und ganz in die Macht des Beobachters gegebenen Verhältniſſen und Mitteln der Beobachtung ſo außerordentlichen Schwierigkeiten unterliegen, daß man die Aufſtellung des Syſtems dieſer Polaritäten Seitens des Verfaſſers nur mit größtem Mißtrauen aufnehmen kann, wenn man ſieht, wie Alles dabei auf den Ausſagen ſenſibler, in die Anſichten des Verfaſſers meiſt ſchon mehr oder weniger eingeweihter Perſonen über ſubjective Empfindungen von Kühl und Lau, Annehmlich und Widrig beruht, und noch dazu den Verfaſſer ſelbſt vielfach (S. 25, 88, 100, 257, 539, 544, 782, 795) auf das Schwankende in den Ausſagen der Senſitiven hinweiſen ſieht. So ſind Manche für eine Senſation empfänglicher als für die andere, geben nicht immer oder erſt nach erlangter Uebung richtig die vorherrſchende Empfindung an, werden manchmal ganz untauglich zur Beobachtung u. ſ. w. Bei längerer Einwirkung einer Odquelle oder raſcher Unterbrechung der Einwirkung, oder umgekehrter Bewegungsrichtung, ja ſelbſt bei anderm Abſtande, anderer Lage gegen die Verticale und Horizontale, anderm Druck einer Odquelle u. ſ. w. kann ſich der Erfolg einer Einwirkung gerade umkehren. An ſich treten die Gefühle von Lauwidrigkeit und ſogenannter Wohlfühle bei Einwirkung einer Odquelle faſt immer im Gemeng auf. Wie iſt es möglich, des Einfluſſes aller dieſer Umſtände ſo Herr zu werden, um ein reines Reſultat über odiſche Polaritäten zu ziehen. Zwar müſſen wir den Fleiß und Eifer bewundern, mit dem der Verfaſſer alle Schwierigkeiten zu überwinden und beſtimmten Geſetzen unterzuordnen geſucht hat, können aber doch in den feſten Reſultaten, die er zieht, keine hinreichende Gewähr finden, daß dieſe Bemühungen wirklich erfolgreich geweſen ſind, da vielmehr die Sicherheit dieſer Reſultate ſelbſt durch das Daſein von Schwierigkeiten in Frage geſtellt bleibt, denen die Beobachtungsmethode des Verfaſſers nach Allem, was uns davon vorliegt, nicht gewachſen erſcheint.

Hinterläßt doch ſogar die Ermittelung der einfachen odiſchen Polarität des Magnets nach dem, was der Verfaſſer S. 536 ff. u. 590 über ihre Schwierigkeiten (beſonders unter i bis n) ſagt, noch den Eindruck der Zweideutigkeit. Und ſo kann man es in der That exacten Forſchern nicht zu ſehr verdenken, wenn ſie ein Widerſtreben empfinden, auf ein Gebiet der Unterſuchung einzugehen, oder eine Prüfung vorzunehmen, wo ein reines Reſultat unmöglich ſcheint und für jedes negative Reſulat eine Ausflucht übrig bleibt.

An großer innerer Unwahrſcheinlichkeit, faſt fühlt man ſich verſucht zu ſagen, an Unmöglichkeit, leiden insbeſondere folgende zwei wichtige Beſtimmungen der Odlehre, indeß ſie zugleich beitragen, der Deutung der Ausſagen der Senſitiven die Schärfe zu benehmen und Hinterthüren zu eröffnen: 1) daß aus der gleichzeitigen Einwirkung zweier entgegengeſetzten Odpolaritäten (ſogar wenn ſie, wie die Farben in dem weißen Sonnenlichte, völlig gemiſcht ſind) eine Mengung unterſcheidbarer Empfindungen von Lauwidrig und angenehm Kühl (Wohlkühl) ſtatt Neutraliſation oder einſeitigen Uebergewichts hervorgeht (S. 24, 25, 745, 819, 827); — 2) daß das Od durch den menſchlichen Körper zwar ſehr gut geleitet wird (S. 197, 221); doch aber nach einem damit in Conflict kommenden Geſetze (bei ungleichnamiger Einwirkung) Wirkungen entgegengeſetzter Art, als man nach der Fortleitung erwarten ſollte, an den von der localen Einwirkung entfernten Stellen des Körpers hervorbringt (S. 249, 252, 313 ff.).

Sehr verwirrend, wenn nicht in ſich widerſpruchsvoll, iſt ferner folgender Umſtand. Als Hauptregel wird vom Verfaſſer aufgeſtellt, und in der Hauptſache durchgeführt, daß eine poſitive ſowohl als negative Odquelle angenehm kühlend auf den ungleichnamigen, lauwidrig auf den gleichnamigen Odpol am Menſchen wirkt; doch begegnet man mehrfach auch Angaben und Auffaſſungen, nach denen ohne Rückſicht auf ungleichnamige oder gleichnamige Einwirkung eine negative Odquelle überhaupt angenehm kühlend, eine poſitive überhaupt lauwidrig auf den Menſchen wirkt (vergl. z. B. §. 293, 536, 872, 1053, 1143, 1215, 1414). Noch härter iſt uns dieſer Widerſtreit in den Dynamiden begegnet; wo §. 226—233 das erſte Geſetz bewieſen und doch §. 236, 239 ff. das zweite ausgeſprochen und in Beurtheilung und Prüfung vieler Odquellen angewandt wird. Ich habe nicht vermocht, über dieſen Widerſtreit, der einen der fundamentalſten Punkte der ganzen Lehre betrifft, und auf ihre Begründung den wichtigſten Einfluß haben muß, ins Klare zu kommen. Jedenfalls legt der Verfaſſer in ſeinem neuen Werke das erſte Geſetz ſo vorwiegend den Prüfungen und Betrachtungen zu Grunde, daß ich nur ein Verſehen vermuthen kann, wenn er ſich hier und da noch auf das zweite bezieht. Sollte der Widerſpruch ſich dadurch löſen, daß der Verfaſſer zu ſeinen Verſuchen meiſt die linke (odpoſitive) Hand anwendet und die linke Seite überhaupt odiſch empfindlicher iſt? Jedenfalls wäre einer beſtimmtern Erklärung des Verfaſſers darüber entgegenzuſehen.

Abgeſehen von dieſen Einwänden gegen die Begründung der Lehre ſcheint mir ein ſolcher auch gegen die Auffaſſung derſelben zu erheben. Man mag es gelten laſſen, daß der Verfaſſer die Thatſachen auf ein beſonders benanntes, ihnen gemeinſchaftlich unterliegendes hypothetiſches Princip oder Agens bezieht, ſofern ein ſolcher Name den kürzeſten Ausdruck des Zuſammenhanges dieſer Thatſachen ſelbſt gewährt; aber es erſcheint kaum gerechtfertigt, wenn der Verfaſſer dieß Agens den bisher bekannten ſogenannten imponderablen Agentien auf gleicher Stufe anreiht. Um vergleichbare Beobachtungen anzuſtellen und Schlüſſe über Grundkräfte daraus zu ziehen, müſſen auch die Subjecte und ſubjectiven Zuſtände der Beobachtung vergleichbar ſein. Indem aber Elektricität, Magnetismus u. ſ. w. weſentlich nur durch Wirkungen, welche für Nichtſenſitive oder ohne Rückſicht auf den ſenſitiven Zuſtand ſpürbar ſind, das Od nur durch ſolche, welche im ſenſitiven Zuſtande ſpürbar ſind, charakteriſirt iſt, fällt die Möglichkeit weg, das Od in einer Reihe mit jenen Agentien aufzuführen, und ſein Verhältniß dazu überhaupt auf phyſikaliſcher Grundlage feſtzuſtellen; das Od behält vielmehr etwas von dem Charakter eines geſpenſtiſchen Eindringlings in das Gebiet jener Agentien, gehört vielmehr einer pathologiſchen als phyſiologiſchen Phyſik an. Auch jene verdient behandelt zu werden, falls ſie beſteht; doch iſt es eben ein anderes Feld.

Zuletzt ſind alle vorigen Bedenken gegen die Lehre des Verfaſſers noch weit entfernt, eine *Widerlegung* derſelben zu ſein, indeß ſie von anderer Seite verhindern, derſelben mit Zutrauen eine Stelle unter den Erzeugniſſen exacter Forſchung einzuräumen, wodurch ein folgenreicher Fortſchritt der Naturwiſſenſchaften entſchieden iſt; und man kann im aufrichtigen und parteiloſen Intereſſe der Sache nur wünſchen, daß den Zweifeln, die noch über den Charakter und Werth dieſer Unterſuchungen beſtehen, bald vielmehr durch genaue und mehrſeitige als flüchtige, rhapſodiſche Prüfungen und bequemes Abſprechen exacter Forſcher oder den Enthuſiasmus nicht exacter Anhänger ein Ende gemacht werde, die in der That beide gleich wenig zu einem Ende führen können. Möglich, daß dann die hervorgehobenen Bedenken zu ſcharf, möglich, daß ſie zu gelind erſcheinen. Der Verfaſſer könnte ſie einfach mit der Erwiderung abfertigen: „All das ſind Worte, Kriteleien; ich gebe Facta, prüft ſie, und ihr werdet daſſelbe finden.“ Ja, es iſt wirklich ungefähr das, was er ſeinen Gegnern erwidert. Aber auch dieß freilich bleiben Worte, bis die bewährende Prüfung vorliegt oder durch die Weiſe, wie ſich die eigenen Beobachtungen des Verfaſſers darſtellen, überflüſſig erſcheint. Nachdem wir doch keinesfalls **alle** Reſultate des Verfaſſers bei Seite werfen können — und ich wenigſtens vermöchte es nicht — handelt es ſich weſentlich noch um die Hauptfrage, ob die Hauptmaſſe und das Syſtem derſelben haltbar und nur dieß und das davon zu berichtigen iſt, was in einem ſo ausgedehnten Felde kein Vorwurf wäre, und den Ruhm ſeiner Entdeckungen und die Wichtigkeit ſeiner Lehre ungeſchmälert laſſen würde, oder ob nur dieß und das davon haltbar und die Hauptmaſſe und das Syſtem unhaltbar iſt, wo dann auch die einzelnen an ſich richtigen Thatſachen anders zu deuten, und zu bedauern wäre, daß die Wiſſenſchaft mit einem neuen Wuſte überſchwemmt und mit einem neuen Eingriff bedroht werden iſt. Eine objective Entſcheidung dieſer Alternative wüßte ich meinerſeits nicht zu geben, ja nicht einmal eine ſubjective.

Etwas auf eine Lehre ſchon bauen zu wollen, die ſelbſt noch ſo unſicher in ihren Fundamenten iſt, möchte jedenfalls mehr als gewagt ſein, und zu bedauern iſt, daß der Verfaſſer nicht vorgezogen hat, ſtatt eines großen Gebäudes von zweifelhafter Feſtigkeit, einen oder einige Grundſteine für daſſelbe feſt zu legen. Wie die Sache jetzt ſteht, weiß Niemand, wo das Feſte anhebt und aufhört; und dieß läßt nothwendig den Zweifel übrig, ob hier überhaupt ein Feſtes iſt. Wenn ich inzwiſchen die große Mühe, die langjährige Arbeit, die nach gewiſſer Seite unverkennbare Umſicht und Vorſicht, die ſtarke Ueberzeugungskraft in Betracht ziehe, die der Verfaſſer an den Aufbau und die Vertheidigung ſeines großen Werks geſetzt hat; endlich die Wahrſcheinlichkeit, die an ſich vorhanden iſt, daß auf dem von ihm betretenen Beobachtungsfelde Geſetzlichkeiten und Reſultate von Neuheit und Intereſſe zu finden ſind, kann ich ſelbſt kaum umhin, zu glauben, daß die obigen Bedenken wirklich hier und da zu ſcharf hervortreten, und der Sache Unrecht zu thun drohen. Man darf nicht vergeſſen, daß ſie kein abſchließendes Urtheil begründen ſollen; daß ihnen auf der andern Wagſchale ſo Manches entgegenliegt, was ich mit gleicher Achtſamkeit und all dem Gewicht, mit dem es mir erſchienen iſt, hervorzuheben geſucht habe. Es dünkt mich aber, daß es Pflicht der Wiſſenſchaft iſt, alle Bedenken, die für ſie noch übrig bleiben, mit möglichſter Schärfe hervorzuheben, wäre es auch nur, damit ſie ſchärfer als bisher erledigt werden. Und der Verfaſſer dürfte vielleicht eingeſtehen, daß er manche in dieſer Hinſicht weſentliche Wünſche bis jetzt noch nicht genügend befriedigt hat.

X. Einfluß des Mondes auf das organiſche Leben der Erde.

Nachdem wir ſchließlich die ganze Odlehre, wie ſie heutzutage ſteht, dahingeſtellt haben, wollen wir es hiemit einſchließlich auch dahingeſtellt ſein laſſen, wie es mit den wunderbaren odiſchen Einflüſſen des Mondes auf den Menſchen ſteht, deren wir Eingangs des vorigen Kapitels gedachten. Unmöglich ſind ſie nicht, wahrſcheinlich ſind ſie auch nicht. Warten wir es ab. Namentlich dem Monde gegenüber gilt es vorſichtig ſein und vor Allem ziemte der Naturwiſſenſchaft dieſe Vorſicht. Freilich, ſeit ſie die Dampfmaſchine erfunden hat, iſt ſie ganz übermüthig geworden, und ſchwer, noch mit ihr auszukommen oder ihr nur nachzukommen; denn offenbar iſt die Maſchine jetzt eben im Durchgehen mit ihr begriffen. Wohin? Das weiß der Himmel; jedenfalls nicht in den Himmel, wenn es in derſelben Richtung fortgeht. Inzwiſchen meint ſie doch ſchon etwas von deſſen Allwiſſenheit zu haben. Auch weiß ſie zwar viel, doch thut nun, als ob ſie Alles wüßte. Das Mittel dazu iſt einfach: von Allem, wovon ſie Nichts weiß, erklärt ſie, daß es nicht ſei. Aber dem Monde gegenüber zieht ſie den Kürzern. Iſt doch der größte Ruhm, den ſie bisher in Sachen des Mondes erworben hat, der geweſen, daß ſie immer von Neuem ſich ſelbſt auf das Gründlichſte widerlegt und ihre eigene frühere Unwiſſenheit ſich ſelbſt bewieſen hat. Wir haben einen neuen eclatanten Fall dieſer Art nur eben gehabt. Hievon im folgenden Kapitel. Sie mag ſich aber in Acht nehmen, daß ihr nicht auch in dieſem Kapitel etwas dergleichen begegne.

Der Mond hat einen Einfluß auf das Luftmeer bewieſen, er hat einen Einfluß auf das Waſſermeer bewieſen, er hat einen Einfluß auf das Glutenmeer der Tiefe bewieſen, er hat einen Einfluß auf die magnetiſche Flut bewieſen, die Veſte der Erde ſelber bebt unter ſeinem Einfluß; was fehlt noch? Daß er auch einen Einfluß auf das organiſche Leben erſtrecke. Und wie? Sollte blos Wurzel und Stamm der Erde, nicht auch das Blattwerk und die Blüte — denn was ſind anders Pflanzen, Thiere, Menſchen an der Erde? — den himmliſchen Einfluß erleiden? Kaum iſt es glaublich.

Jedoch, die Wiſſenſchaft hat nichts zu glauben; und hier iſt noch ein Feld, wo ſie ſagen kann: ich brauche nichts zu glauben; wir wollen zugeſtehen, ein Feld, wo ſie ſagen kann: man hat zu viel geglaubt. Da es nun aber nichts zu glauben gilt, nichts für, nichts wider; ſo wollen wir die Sache unterſuchen.

Der Glaube an den Einfluß des Mondes auf den Lebensproceß der organiſchen Geſchöpfe iſt uralt; und wenn ſchon heutzutage ſehr erſchlafft, doch nicht erloſchen. Pflanzen, Thiere, Menſchen, alles Lebendige ſoll ihm unterliegen, und namentlich abnehmender und zunehmender Mond in bedeutungsvollem Gegenſatz der Wirkung darauf ſtehen. Wie der Mond ab- und zunimmt, ſollen Stoffe, Umfang, Kräfte, Gedeihen der organiſchen Geſchöpfe oder dieſer oder jener Theile derſelben ab- und zunehmen. Je nachdem man etwas im abnehmenden oder zunehmenden Monde vornimmt, ſoll auch der Erfolg im Sinne der Abnahme oder Zunahme ſein. Daher die Regeln über die Zeit, wenn Säen, Pflanzen, Holzfällen, Haarabſchneiden, Schafſchur u. ſ. w. vorzunehmen iſt; der Glaube an einen Wechſel von Abnahme und Zunahme der Kröpfe, Warzen, Geſchwülſte, Geſchwüre u. ſ. w., und deren Curen durch den Mond.

Der Mond ſtellt ſo zu ſagen als (abnehmend das himmliſche Minuszeichen, als) zunehmend das himmliſche Pluszeichen vor, wonach die Dinge der Erde ſich richten. Neumond bedeutet die ſchwarze Null, Vollmond den goldenen Kreis der Vollendung, zwiſchen welchen beiden die Abnahme und Zunahme der Dinge ſchwankt. In die Höhlung des abnehmenden Mondes kann man mit der rechten, in die Höhlung des zunehmenden mit der linken Hand greifen; erſtere nimmt ihm etwas, letztere giebt ihm etwas; und die Erde hat alle Hände voll zu thun, daſſelbe an den irdiſchen Dingen nachzuthun.

Man hat das Sprichwort: „Luna mendax“, „der Mond iſt ein Lügner.“ Wenn er die Geſtalt des C hat, ſagt er: „Cresco“, „ich wachſe“, wenn er die Geſtalt des D hat, ſagt er: „Decresco“, „ich nehme ab.“ Doch die Dinge wiſſen wohl, daß er es umgekehrt meint, und thun danach.

Normale, wie krankhafte Vorgänge der Entwickelung und Periodicität des Lebens ſollen mit dem periodiſchen Lauf des Mondes theils zuſammenhängen, theils davon abhängen oder davon Einfluß erleiden, als: Geburten, Todesfälle, periodicitas catameniorum et haemorrhoidum, die Verhältniſſe des Schlafes reizbarer Perſonen, ſomnambule Zuſtände, Anfälle des Fiebers, des Wahnſinns, der Epilepſie, des Aſthma u. ſ. w.

So ſahe man früher und ſieht wohl hier und da heute noch in dem Monde die große allgemeine Lebensuhr, die alle Geſchäfte des innern Haushalts regulirte, und nach der es jeden Tag zu ſehen gälte; die Kalender hingen blos wie ſeine Zifferblätter an den Wänden, und gleich einer galvaniſchen Uhr zeigte er durch alle zugleich die Zeit.

Endlich ſoll der Mond (um mit ſeinen Einflüſſen auf das Leben auch noch einiges Andere zuſammenzufaſſen) durch ſein Licht den Teint ſchwärzen, aber der Wachsbleiche und Leinewandbleiche günſtig ſein; bei der Weinbereitung und dem Weinabziehen zu berückſichtigen ſein; die Fäulniß des Fleiſches und der Fiſche befördern; in heißen Klimaten auf den Kopf ſcheinend Kopfſchmerz erregen; endlich die Barbiermeſſer ſtumpf machen, weßhalb auch wohl die Barbiere ſein Bild vor ihren Läden aufhängen und als

Fetiſch in ihrem Scheerbeutel herumtragen, um ihn zu beſänftigen.

Iſt das Alles wirklich Nichts als Aberglaube? — Das Meiſte gewiß. Doch, wie ein untergeordneter Einfluß des Mondes auf die Witterung übrig blieb, nachdem der vorwiegende, den ihm das Volk beimaß, widerlegt war, könnte es auch mit dem Einfluſſe des Mondes auf das organiſche Leben ſein. Ehe wir aber von den Gründen, es zu glauben, ſprechen, wollen wir erſt die Gründe des Aberglaubens beſprechen.

Unſtreitig liegt der Hauptgrund des Glaubens an die Macht des Mondes in heidniſchen aſtrologiſchen Vorſtellungen. — Doch, worin hatten dieſe wieder ihren Grund? — Zuletzt doch wohl in irgend welchen Machtäußerungen oder mindeſtens die Einbildungskraft frappirenden Eigenſchaften des Mondes. Wie man aber dem Herkules alle möglichen Wunder zuſchreibt, weil er einige wirklich verrichtet hat, und aus Bewunderung ihn ganz be„wundert hat, konnte etwas Aehnliches auch mit dem Monde geſchehen. Sind doch ſein lichter Gang, ſein Neu- und Vollwerden und ſeine Gewalt über das Meer allein ſchon ſo große Wunder, und war doch der Grund derſelben früher noch ſo wenig aufgeklärt, daß man leicht noch viel mehr dahinter ſuchen konnte, was nicht mehr möglich iſt, nachdem man in die Tiefe dieſes Grundes geleuchtet hat. Insbeſondere aber konnten folgende Umſtände leicht zu einem Irrthum Anlaß geben:

1) Der Mond bewirkt Ebbe und Flut. Wenn aber

in der Erde, warum nicht auch im menſchlichen Körper. Geht doch der Mond nicht minder über ihn hin als über die Erde; und iſt doch der Menſch ein Mikrokosmos zum Makrokosmos.

In der That würde der Mond unzweifelhaft eine Ebbe und Flut auch im menſchlichen Körper bewirken, wenn der Menſch ſo groß wie die Erde wäre. Aber ſo wenig eine von der Anziehung des Mondes abhängige Ebbe und Flut in einem Waſſerglaſe oder Teiche bemerklich ſein kann und bemerklich iſt, ſo wenig in dem Menſchen. Inzwiſchen ſchlöſſe dieß an ſich nicht aus, daß der Mond noch durch irgend welche andere Einflüſſe als ſeine Anziehung ſich auf den Menſchen wirkſam erwieſe; wie wir etwas Entſprechendes bei der Witterung fanden.

2) Der Mond ſcheint nur bei heiterm Himmel. Leicht kann man als Erfolg des Mondſcheins betrachten, was nur ein Erfolg der Heiterkeit des Himmels iſt. Dieſe aber hat manche ſehr entſchiedene Erfolge. Weil die Wärmeſtralen, welche die Erde ausſendet, bei heiterm Himmel von keinen Wolken nach der Erde zurückgeworfen werden und die Sonne den Verluſt der ausgeſtralten Wärme in der Nacht nicht erſetzt, ſo erkaltet die Erde in heitern Nächten mehr und thaut es ſtärker als in trüben, was dann auch leicht Wirkungen auf organiſche Weſen mitführen kann. Die erkältenden Wirkungen, die man dem Mondſchein beilegt, die Regel, daß man in heißen Klimaten (wo die Ausſtralung wegen der im Allgemeinen größern Heiterkeit der Luft ſtärker iſt) nicht unter dem

Monde ſchlafen, und unbedeckte Körpertheile nicht dem Mondlicht ausſetzen ſolle; ſelbſt die Fäulniß befördernde Wirkung des Vollmondes (in Betracht der leichtern Bethauung des Fleiſches bei heiterm Himmel) laſſen ſich hiemit in Beziehung ſetzen. Ob Alles hieran hängt, iſt freilich durch genaue Verſuche nicht erwieſen.

Nach den Angaben von Dr. E. Jörg (Darſtellung des nachtheiligen Einfluſſes des Tropenklimas. 1851. S. 20) möchte man es Betreffs der Wirkung des Vollmondes auf den unbedeckten Kopf kaum glauben. Doch fehlt ein genauer Vergleich der Wirkung heiterer Nächte ohne Mondſchein und mit Mondſchein; und ſo läßt ſich doch nichts Sicheres aus dieſen Angaben ſchließen.

3) Die Helligkeit des Mondes ſelbſt kann Wirkungen hervorbringen, die, ohne an ſich aus den Gränzen gewöhnlicher Lichtwirkungen herauszutreten, doch beim Monde leicht als eigenthümliche Wirkungen gedeutet werden können. So ſchlafen manche Perſonen bei Vollmond unruhig, manche fangen an, zu nachtwandeln und Nachtwandler nehmen ihre Richtung nach dem Mondlicht hin. Es iſt denkbar, daß bei reizbaren Perſonen die Helligkeit allein hinreicht, dergleichen zu bewirken.

Esquirol ließ ſorgfältig die Fenſter einiger Kranken, die man als Mondſüchtige bezeichnet hatte, gegen das eindringende Mondlicht verwahren und dieſe blieben dann ruhig. So bemerkt auch Baumgarten-Cruſius in ſein. Periodologie (S. 270): „Ich kenne Dr. L., der als Kind im Schlaf ſich im Bett aufrichtete und ſchlafend beſtändig nach dem Mond zeigte. Nach Verdunklung des Zimmers ſchlief er ruhig.“

Hiegegen habe ich Jemand verſichern hören, ohne freilich die Thatſache genauer conſtatiren zu können, daß er auch bei ganz verdunkeltem Schlafzimmer zur Vollmondszeit ſchlecht ſchlafe; und eben ſo ſchreibt Dr. Joel in Knyphauſen*). „Ich kenne Jemand, der, übrigens ganz geſund, regelmäßig bei Vollmond ſelbſt in dem dunkelſten Schlafzimmer an Schlafloſigkeit leidet.“ Dieſer Gegenſtand iſt daher noch nicht als vollkommen abgemacht anzuſehen, und es iſt zu genauern Beobachtungen darüber aufzufodern. v. Reichenbach (Senſit. Menſch I. S. 684) nennt 40 Senſitive, die bei Mondſchein ſchlecht ſchliefen, und bringt noch Allerlei ſonſt darüber bei, ohne daß etwas Genaues daraus zu entnehmen iſt. Doch findet man auch von ihm beiläufig zwei Fälle erwähnt, wo Fenſterläden halfen. Jedenfalls alſo ſcheint das doch Regel zu ſein.

Im Intereſſe einer Rettung der Magie des Mondes bleibt dann allerdings noch übrig zu ſagen, daß man mit dem Mondlicht natürlich auch deſſen eigenthümlichen Einfluß ausſchließe. Und ſo würden zum vollen Beweiſe, daß das Mondlicht keinen ſolchen hat, noch vergleichende Verſuche mit anderer Erleuchtungsweiſe des Schlafzimmers nöthig ſein.

Ueber die Wirkungen des Mondes auf Nachtwandler giebt es ſehr viele Beobachtungen, die bis jetzt aber noch nicht als entſcheidend betrachtet worden ſind. Gerade hierüber geſtehe ich übrigens, nicht die erfoderliche Kenntniß der Literatur zu haben. Sollte Jemand mir genaue Facta oder eine Literatur hieher gehöriger Fälle mittheilen können, ſo würde es mir ſehr erwünſcht ſein.

4) Man iſt überhaupt leicht geneigt, zwiſchen in der Zeit zuſammentreffenden, ähnlichen Vorgängen einen Cauſalbezug zu vermuthen. Die Abnahme und Zunahme.

---

*) Correſpondenzbl. des Vereins f. gemeinſ. Arb. 1855. Nr. 14 S. 164.

die ganze Periodicität des Mondes auf einer Seite und die Abnahme und Zunahme, die ganze Periodicität des organiſchen Lebens auf anderer Seite bieten aber ſehr frappante Analogien dar, und bei der unzähligen Menge deſſen, was im organiſchen Gebiete abwechſelnd ab- und zunimmt, kann es gar nicht fehlen, daß wirklich Vieles gerade dann zunimmt, wenn der Mond zunimmt, und Vieles abnimmt, wenn der Mond abnimmt. Da man nun bei vorgefaßten Meinungen gewöhnlich nur auf die zutreffenden Fälle zu achten und nur dieſe zu berichten pflegt, ſo entſteht hiedurch leicht ein falſcher Schein conſtatirter Wirkſamkeit des Mondes. Der größte Theil des Mondaberglaubens möchte auf dieſem Grunde ruhen.

5) Nachdem einmal der Glaube an die Wirkſamkeit des Mondes beſteht, kann, namentlich bei nervenreizbaren Perſonen, Frauen, Wundergläubigen leicht der Glaube, die Einbildung, die Aufmerkſamkeit, die auf dieſe Wirkſamkeit gerichtet iſt, eben die Erfolge, z. B. Krampfanfälle, Störung des Schlafs u. dergl., hervorrufen, die man von dem Monde erwartet.

F. Moreau von Tours, Arzt am Hoſpital am Bicètre, ſagt in ſeiner Abhandlung über die Aetiologie der Epilepſie*):

„Die meiſten Epileptiſchen haben die Meinung, daß die Mondwechſel einen wirklichen Einfluß auf den Lauf dieſer ſchrecklichen Krankheit haben.... Was mich anlangt, ſo zweifle ich nicht, daß ſie ſelbſt ſehr bedeutend zur Wiederkehr der Anfälle beiträgt. Manche für Eindrücke ſehr empfängliche Kranke, wie es faſt alle ſind, erwarten den Zeitpunkt, wo der Mond in dieſe oder jene Phaſe treten ſoll, mit einer Angſt, welche unſtreitig viel zur Wiederkehr der Anfälle beiträgt. Ich könnte Fälle anführen, wo die Anfälle blos dadurch verzögert wurden, daß es mir gelungen war, die Kranken in ihren Rechnungen zu beirren, ſo daß ſie ſich um ein Mondviertel täuſchten.“

---

*) Mém. de l'acad. imperiale de Méd. Paris 1854. T. XVIII. p. 90, 91.

Unſtreitig liegen im Vorigen Gründe genug vor, nach denen möglicherweiſe der ganze Glaube an den Mondeinfluß auf das organiſche Leben nur Aberglaube iſt. Inzwiſchen iſt dieſe Möglichkeit mit der entgegengeſetzten abzuwägen; und in dieſer Hinſicht will ich zunächſt einen ſehr allgemeinen Geſichtspunkt hervorheben, der eine gewiſſe, freilich nur ſehr allgemeine, Wahrſcheinlichkeit für den Mondeinfluß auf das organiſche Leben begründen kann, und zugleich eine Unterſcheidung geltend machte, die nicht immer beachtet wird, und jedenfalls theoretiſch zu beachten iſt.

Der menſchliche, thieriſche und pflanzliche Organismus bieten in ihren Lebensvorgängen mancherlei Perioden dar, die zum Theil jedem Organismus eigenthümlich ſind, zum Theil aber auch zu allgemeinern Perioden, namentlich zur Tages- und Jahresperiode, alſo zum Sonnenlaufe, in Beziehung ſtehen, ſo Schlaf und Wachen, Winterſchlaf, Brunſt, Mauſer, Geweihewechſel, Wanderzüge, die Metamorphoſe der Inſecten, die Vegetationsperiode der Pflanzen u. ſ. w. Wenn nun hienach factiſch ein Bezug der organiſchen Periodicität zur Periodicität des einen Hauptgeſtirns, was die irdiſchen Verhältniſſe beherrſcht und regelt, ſtattfindet, ſo kann von vorn herein nicht unwahrſcheinlich ſein, daß ein ſolcher auch zu der des andern ſtattfinde (wie ja auch bewußterweiſe die Menſchen die Verhältniſſe ihres Lebens nach dem Gange beider geordnet haben), nur daß ſich, der relativen Wichtigkeit beider Geſtirne gemäß, die Mondperiodicität der Sonnenperiodicität in den Organismen ſo unterordnen mag, nur ſo ſchwache Fluctuationen in den Lebensvorgängen bewirken mag, um ſich in der Sonnenperiodicitität zu verſtecken und der *oberflächlichen Beobachtung*, wenn auch deßhalb nicht einer *gründlichen Unterſuchung*, zu entziehen. Unſtreitig ſetzt die Einrichtung der Organismen auf die Sonnenperiodicität ſchon bei ihrer erſten Entſtehung einen allgemeinern kosmiſchen Cauſalnexus voraus, in welchen die Sonnenperioden, unbekannt freilich wie, mit eingegriffen haben. Dann iſt aber ſchwer denkbar, daß ſie iſolirt, mit *Ausſchluß* der Mondsperioden, zur Geltung gekommen ſein ſollten, da Sonnen- und Mondlauf ſelbſt in einem allgemeinern Wirkungsnexus ſtehen, und alle aſtronomiſchen Verhältniſſe, welche bei ihren Wirkungen in Betracht kommen können, zuſammenhängen. Die Uhr des Organismus iſt offenbar von Anfange an nach der Weltuhr geſtellt; aber die Weltuhr hat nicht blos einen, ſondern zwei Hauptzeiger, die nur in demjenigen Zuſammenhange zur Stellung der organiſchen Uhr gewirkt haben konnten oder doch dabei in Rechnung kommen mußten, in dem ſie ſelbſt ſtehen. Der oben S. 323 angeführte Vergleich des Mondes mit einer regulirenden Lebensuhr hätte hienach nicht ſo ganz Unrecht. Nach der Sonnen-Uhr richtet man ſich ohnehin überall. Warum ſollte man ſich nicht auch nach der Mond-Uhr richten, wenn der Organismus von Anfange an ſelbſt danach gerichtet wäre. Auch unſere mechaniſchen Uhren müſſen immer von Neuem nach den himmliſchen Uhren geſtellt werden.

Jedenfalls ſcheint mir der hier aufgeſtellte Geſichtspunkt rationell genug, um nicht außer Acht gelaſſen zu werden. Was dabei die Möglichkeit unſerer Erklärung überſteigt, trifft die Sonnenperiodicität in den Organismen, die doch factiſch beſteht, ganz eben ſo wie die Mondsperiodicität; müſſen wir aber das *Factum* der erſten einmal anerkennen, ſo zieht daſſelbe die *Wahrſcheinlichkeit* der zweiten aus allgemeinen Gründen nach ſich.

Die, von einer ſolchen urſprünglichen Einrichtung abhängige, *Correſpondenz* der Periodicität zwiſchen Mond und Organismus wäre nun, wenn ſchon der Mond bei ihrer erſten Entſtehung mit betheiligt ſein mußte, nachdem ſie einmal da iſt, nicht als ein noch heute fortgehender Mond-*Einfluß* auf die Organismen zu faſſen; aber doch das Statthaben dieſer Correſpondenz zweckmäßig in Zuſammenhang mit dem Mondeinfluſſe zu unterſuchen, und überhaupt das Verhältniß zwiſchen *Correſpondenz* und *Einfluß* noch genauer zu klären. Es hat an ſich nichts Unwahrſcheinliches, daß der Cauſalzuſammenhang, der bei der Entſtehung der Organismen thätig war, auch noch in gewiſſer Weiſe fortbeſteht, wie wir denn den irdiſchen Organismus in ſeiner Periodicität nicht nur mit der Sonnenperiodicität correſpondiren, ſondern auch Einfluß davon erleiden ſehen. Beides ſchließt ſich alſo nicht aus, ſondern hängt ſelbſt zuſammen. Und ſo könnte denn auch in Betreff des Mondes eine correſpondirende Periodicität und ein Einfluß zwar in gewiſſem Sinne zu unterſcheiden ſein, aber mit einander beſtehen. Nur wird ſich nach dem jetzigen Stande der Beobachtungen Beides noch nicht überall genau ſcheiden laſſen, was auch für den Anfang nicht das Weſentlichſte iſt, wo es vielmehr erſt gilt, den Bezug überhaupt zu conſtatiren. Wir werden uns im Folgenden vorzugsweiſe an den Geſichtspunkt des Einfluſſes halten, ohne auszuſchließen, daß dabei der Geſichtspunkt der Correſpondenz weſentlichſt mit im Spiele ſei; was man für alles Folgende im Auge behalten mag.

Es kann aber der hier aufgeſtellte allgemeine Geſichtspunkt natürlich nicht für ſich allein durchſchlagen, ſondern bedarf der Stütze durch Erfahrung. Und bei darauf gerichteter Unterſuchung wird es dann gelten, außer auf die obenangeführten Quellen der Täuſchung, auch auf folgende Punkte, deren Vernachläſſigung leicht in entgegengeſetztem Sinne täuſchen kann, Rückſicht zu nehmen.

1) Wenn der Mond wirklich einen Einfluß auf organiſche Weſen äußert, ſo iſt zu erwarten, daß er nicht auf alle Perſonen ſolchen in gleicher Weiſe äußern wird. Sehr vollkräftige Menſchen z. B. werden überhaupt wenig im Gange ihres Lebensproceſſes durch äußere Einflüſſe afficirt; dagegen Andere durch die geringſten Einflüſſe.

Es iſt natürlich, daß die empfindlichern Inſtrumente zur Conſtatirung des Einfluſſes an ſich vorzuziehen; und in dieſer Hinſicht ſcheinen Frauen, Kinder, nervenreizbare und an Nervenkrankheiten leidende Perſonen, Senſitive im Sinne v. Reichenbach's an ſich vorzuziehen. Leider, daß dieſe Inſtrumente durchſchnittlich auch die unzuverläſſigſten ſind, ſo daß in der Benutzung ihrer Angaben faſt in demſelben Verhältniſſe mehr Vorſicht nöthig iſt, als dieſe Angaben ſelbſt mehr für den Mondeinfluß zu ſprechen ſcheinen. Der Conflict dieſer beiden Geſichtspunkte iſt oft ſchwer zu löſen, macht auch die Kritik der Angaben oft unſicher, und wird bei fernern Unterſuchungen ganz beſondere Rückſicht verdienen.

Jedenfalls wird immer wohl zu unterſcheiden ſein, an welcherlei Individuen die Beobachtungen gemacht ſind, und wird man bei ſtatiſtiſchen Aufzeichnungen in größern Anſtalten insbeſondere Männer, Weiber und Kinder zu ſondern, und bei beiden letztern leichter poſitive Reſultate als bei erſtern zu erwarten haben.

So ſtellt ſich z. B. durch die unten folgenden ſtatiſtiſchen Data Monro's heraus, daß ein Einfluß der Mondphaſen auf epileptiſche Anfälle bei Frauen etwas deutlicher hervortritt, als bei Männern. Nach einigen Notizen ſcheinen Kinder bei Mondſchein unruhiger zu ſchlafen und leichter zu nachtwandeln als Erwachſene.

2) An ſich kann man es nicht für unwahrſcheinlich halten, daß, wenn ein Einfluß des Mondes auf organiſche Weſen ſtattfindet, ſolcher unter den Tropen, wo der Mond höher am Himmel heraufſteigt, auch ſtärker auf Ebbe und

Flut wirkt und durch eine nebelfreiere Atmoſphäre niederleuchtet, deutlicher hervortreten werde, als bei uns. In der That iſt auffallend, wie viele und man muß hinzufügen, im Ganzen übereinſtimmende Berichte über einen bedeutenden Einfluß des Mondes, z. B. auf Epilepſie, Fieber, die Vegetation u. ſ. w., aus den tropiſchen Gegenden vorliegen, deren Zuſammenſtellung man theils (in Betreff der Fieber) im Folgenden, theils in meiner künftigen Schrift finden wird. Nur freilich muß man geſtehen, daß den Berichten von Reiſenden, Aerzten u. ſ. w. hierüber die erforderliche Genauigkeit meiſt abgeht.

3) Weder Beobachtungen, die blos im Allgemeinen auf das Verhältniß der Wirkung des abnehmenden und zunehmenden Mondes gehen, noch ſolche, bei denen blos die Wirkung einzelner Hauptphaſen, oder der Syzygien und Quadraturen, oder der Mondwechſel und Zwiſchenzeiten verglichen wird, können genügen über Daſein oder Nichtdaſein eines Mondeinfluſſes mit Sicherheit zu entſcheiden. Erinnern wir uns an die meteorologiſchen Einflüſſe des Mondes, ſo ſteht hauptſächlich der 2. Octant mit dem 4. Octant und letzten Viertel im Gegenſatz der Wirkung; indeß Neumond und Vollmond, Syzygien und Quadraturen, Mondwechſel und Zwiſchenzeiten ſich weniger unterſcheiden, ja verhältnißmäßig ſo wenig, daß, wenn man hierauf den Vergleich gerichtet hätte, es nicht ſo leicht möglich geweſen wäre, einen Einfluß des Mondlaufes ſicher zu conſtatiren. Etwas Entſprechendes könnte alſo auch hinſichtlich der Einflüſſe auf die organiſche Welt ſtattfinden, möglicherweiſe freilich auch hier

andere Verhältniſſe gelten. Demnach wird es nöthig ſein, genaue Regiſter, wenn nicht über alle einzelnen Mondmonatstage, was immer am zweckmäßigſten, doch wenigſtens über die 8 Hauptphaſen, die Erdnähe und Erdferne, zu führen, um über ein fragliches Verhältniß ins Reine zu kommen. Nur die einzige Unterſuchung von Schweig über den Einfluß des Mondlaufes auf den Gang des Stoffwechſels (deren Discuſſion unten folgt), iſt mir bekannt, welche in dieſer Hinſicht das Erforderliche leiſtet.

4) Wenn der Mond überhaupt einen Einfluß auf den Lebensproceß äußert, iſt dieſer Einfluß doch jedenfalls eben ſo wie der meteorologiſche nur ein untergeordneter, ſo daß er nicht aus kurzen Beobachtungen und nach oberflächlichen Angaben mit Sicherheit erkannt werden kann, indem andere unregelmäßige Einflüſſe ihn leicht verdecken können. Um ihn dennoch zu entdecken, oder über ſein Daſein oder Nichtdaſein zu entſcheiden, bleibt kein anderes Mittel, als auf ähnliche Weiſe wie in Betreff der meteorologiſchen Einflüſſe des Mondlaufes zu verfahren, d. h. zahlreiche Beobachtungen anzuſtellen, und die Reſultate zu Mittelwerthen oder vergleichbaren Summen zu vereinigen. Man kann in der That die meteorologiſchen Beobachtungen, durch welche der Einfluß des Mondes auf die Witterung conſtatirt iſt, dabei geradezu zum Muſter nehmen.

„Les choses de toutes natures sont soumises à une loi universelle, qu'on peut appeler la loi des grands nombres. Elle consiste en ce que, si l'on observe des nombres très considérables d'évènements d'une même nature, dépendants de causes constantes et de causes qui varient irrégulièrement, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, c'est à dire sans que leur variation soit progressive dans aucun sens determine, on trouvera, entre ces nombres des rapports à trés peu prés constants. (Poisson Rech. sur la Probabilité des jugémens. 1837. p. 7).

Ich finde viele Angaben hier und da, daß dieſe oder jene Art des Mondeinfluſſes bei dem Verſuche, ihn zu conſtatiren, ſich nicht beſtätigt haben. Alle unbeſtimmte Angaben der Art ſind aber gänzlich werthlos. Die meiſten Beobachter verlangen, daß ein Einfluß um vorhanden zu ſein, ſich ſchnell und augenfällig zeige, und wenn ſich bei einer geringen Anzahl Beobachtungen nur Unregelmäßigkeiten herausſtellen, ſo erklären ſie den Einfluß für nicht vorhanden; ja wohl ſelbſt dann, wenn die Zahlendata nach den Principien der Wahrſcheinlichkeitsrechnung für einen ſolchen ſprechen, weil ihnen die Unterſchiede nicht groß genug erſcheinen. So lange dies zwar blos die Bedeutung hat, den Volksaberglauben an einen vorwiegend ſtarken Einfluß des Mondes zu widerlegen, kann man es gelten laſſen; ſoll aber die feinere wiſſenſchaftliche Frage entſchieden werden, ob unter überwiegenden andern Einflüſſen auch ein untergeordneter Miteinfluß des Mondes ſtattfindet, ſo iſt ein gründlicheres Verfahren nöthig. Auch der meteorologiſche Mondeinfluß iſt auf Grund zu kurzer Beobachtungen untriftiger Weiſe in Abrede geſtellt worden. Der Mondeinfluß auf den Lebensproceß kann leicht demſelben Schickſal gleich ungerecht unterliegen.

Beobachtungen über den Mondeinfluß an einzelnen Individuen können für ſich allein überhaupt nicht leicht durchſchlagend ſein, indem ein poſitiver Erfolg möglicherweiſe auf zufälligem wiederholten Zuſammentreffen gewiſſer Erſcheinungen mit gewiſſen Mondphaſen, einer zufälligen, im Körper begründeten, aber vom Monde unabhängigen Periodicität, ein negativer auf beſonderer Unempfänglichkeit der betreffenden Subjecte beruhen kann; doch kann die

Zuſammenſtellung mit andern Fällen einzelnen Beobachtungen nach einer oder der andern Seite Gewicht verleihen.

Vorzüglich geeignet, um über die Frage zu entſcheiden, ob ein Einfluß des Mondes auf organiſche Proceſſe überhaupt ſtattfinde, dürften Beobachtungen über den etwaigen Einfluß deſſelben auf Krankheitszuſtände bei Epidemien und in Spitälern ſein; nicht nur, weil ſich aus dem ſchon oben angeführten Geſichtspunkte erwarten läßt, daß unter den mannichfachen und ganz entgegengeſetzten Krankheitszuſtänden, denen der Menſch unterliegt, es auch ſolche geben werde, bei denen der Mondeinfluß, falls ein ſolcher überhaupt vorhanden, ſich vorzugsweiſe geltend machen wird, ſondern auch, weil bei Epidemien und in größern Krankenanſtalten die beſte Gelegenheit iſt, theils ſehr ausgedehnte, theils ſehr lange fortgeſetzte Beobachtungen unter Umſtänden und Maßregeln, die man möglichſt in ſeiner Gewalt hat, anzuſtellen.

Hauptſächlich Geiſteskrankheiten, epileptiſche und aſthmatiſche Anfälle, Fieber, Kröpfe und andere chroniſche Geſchwülſte, Waſſerſuchten, Hautausſchläge empfehlen ſich zu ſolcher Unterſuchung, weil die bisherigen Angaben über den Mondeinfluß ſich vorwiegend auf ſolche beziehen. Auch iſt in dieſer Beziehung Einiges geſchehen, nur leider viel weniger, als zu wünſchen wäre.

Herr Medicinalrath Dr. Günz, Vorſtand einer Irrenanſtalt bei Leipzig, hat auf meine Bitte die Güte gehabt, ſeine reichhaltige Bibliothek über Geiſteskrankheiten bezüglich des Mondeinfluſſes nachzuſehen; aber beim Nachſchlagen und der Durchſicht von mehr als 200 Bänden keine Ausbeute gefunden, an der etwas gelegen wäre. Auch das Nachſchlagen der geſammten Regiſter der Schmidt'ſchen Jahrbücher hat in dieſer Beziehung keinen Erfolg gehabt. An unbeſtimmten Angaben darüber fehlt es freilich nicht (man findet ſie großentheils bei Friedreich, Handb. d. allg. Pathol. d. pſych. Krankh. 1839. S. 262 zuſammengeſtellt), doch fehlen ihnen ſo ſehr alle Eigenſchaften, die zur Unterlage einer genauern Unterſuchung gehören, daß nichts darauf zu bauen. Was will es ſagen, wenn man lieſt: daß ein Regiſter gehalten worden iſt, aus dem ſich kein Einfluß ergeben hat, wenn nicht geſagt iſt, wie es geführt und benutzt worden iſt; daß man ſich alle Mühe gegeben hat, einen Einfluß zu entdecken, und keinen entdeckt hat, wenn nicht geſagt iſt, wie man es angefangen hat, einen ſolchen zu entdecken u. ſ. w. Mit ſolchen negativen Angaben wiegen ſich dann eben ſo unbeſtimmte poſitive Angaben auf, an denen es auch nicht fehlt. Zuletzt ſind Zahlen das Entſcheidende, und dazu gilt es noch, ſie erforderlich zu benutzen. Tiedemann hat lange Zahlentabellen zum Erweiſe gegeben, daß das Gehirn des Negers nicht kleiner als das des Europäers iſt, und ſeine Zahlen beweiſen ganz entſcheidend, daß das Gehirn des Negers kleiner als das des Europäers iſt. Und ſo werden wir unten aus denſelben Zahlen, die zum Beweiſe gegeben worden ſind, daß der Mond keinen Einfluß auf die Epilepſie hat, wenn nicht mit Gewißheit, aber mit überwiegender Wahrſcheinlichkeit ſchließen, daß er einen ſolchen hat.

Zuletzt iſt es mir doch gelungen, vier ziemlich ausgedehnte Beobachtungsreihen, von Moure, Moreau, Delaſiauve und Leuret mit ſtatiſtiſchen Datis theils für Wahnſinnsanfälle, theils für epileptiſche Anfälle zu ermitteln*), im Grunde die einzigen, auf die ich betreffs des Mondeinfluſſes in dieſen Krankheiten etwas zu bauen wüßte, daher ich unten auf ihre Diſcuſſion etwas näher eingehe. Sie beweiſen entſchieden, daß kein irgendwie erheblicher Einfluß der Mondphaſen auf Wahnſinnsanfälle ſtattfindet (wenn ich anders eine Zahl der Moore'ſchen Tabelle, die einen ſolchen vielmehr beweiſen würde, als Druckfehler richtig deute), ſie ſprechen aber mit überwiegender Wahrſcheinlichkeit für einen doch nur ſchwachen Einfluß auf epileptiſche Anfälle.

---

*) Die eine, von Moreau, iſt durch Herr Prof. Dr. Winter hier zu meiner Kenntniß gelangt, wie ich dankbar erwähne.

Freilich, freilich, wenn man weiß, wie es mit ſtatiſtiſchen Aufzeichnungen in großen Anſtalten beſchaffen zu ſein pflegt, wie fahrläſſig und ungenau ſie meiſt vollzogen werden, ſo kann man auch gegen die Reſultate ſolcher Aufzeichnungen mißtrauiſch werden; und ich will nicht behaupten, daß die Aufzeichnungen, auf denen wir zu fußen haben, dieſem Verdacht enthoben ſind, vielmehr vermiſſe ich ſelbſt gar Manches darin, was zur Genauigkeit erforderlich wäre. Jedoch man muß unterſcheiden. Wenn man z. B. auf Grund von Aufzeichnungen, wie viel epileptiſche Anfälle bei Tage und bei Nacht in einer Anſtalt vorgekommen ſind, unterſuchen will, ob die Tages- oder Nachtzeit ſolche mehr begünſtigt, und in welchem Verhältniß es der Fall iſt; ſo wird man wohl ſo ziemlich ſicher darauf rechnen können, daß man ein falſches Reſultat gewinnt (wie denn die verſchiedenen Angaben darüber gänzlich abweichen); da die Fälle während der Nachtzeit nicht leicht mit derſelben Aufmerkſamkeit verzeichnet werden, als während der Tageszeit. Wenn dagegen bei der Aufzeichnung, wie viel Anfälle bei den verſchiedenen Mondphaſen vorgekommen ſind, auch einige Ungenauigkeit herrſcht, ſo iſt kein Grund anzunehmen, daß dieſe Ungenauigkeit gewiſſe Phaſen vorzugsweiſe vor andern in beſtimmter Richtung trifft, und kann man darauf rechnen, daß bei einer längern Reihe von Beobachtungen dieſe Ungenauigkeiten ſich nahe ausgleichen, indem ſie nur ganz unter denſelben Geſichtspunkt treten, als die ohnehin unzähligen Zufälligkeiten, welche unabhängig vom Mondeinfluß bald auf dieſe, bald auf jene Phaſe mehr Anfälle fallen laſſen, und deren Ausgleichung von der Länge der Beobachtungszeit zu erwarten iſt. Im Uebrigens hat man ſich definitiv nicht nach Einer, ſondern nach der Zuſammenſtimmung mehrerer Beobachtungsreihen zu entſcheiden. Mit dieſen Rückſichten werden wir von ſtatiſtiſchen Zuſammenſtellungen Gebrauch machen, deren Genauigkeit an ſich wir weder verbürgen, noch auch nur hinreichend controliren können. Jedenfalls ſind ſie dem Verdacht enthoben, daß etwas darin zu Gunſten des Mondeinfluſſes verfälſcht oder verſchoben ſei, da ſie ausdrücklich von den Verfaſſern als gegen den Mondeinfluß ſprechend geltend gemacht werden.

Auch in Bezug auf die Fieber wird ſich Einiges zuſammenſtellen laſſen, was ſich einem ſtatiſtiſchen Charakter wenigſtens einigermaßen nähert.

Außerdem liegen noch die ſchätzbaren Beobachtungen Schweig's bezüglich des Mondeinfluſſes auf den Stoffwechſel und den Katamenieneintritt und die Angaben Buek's über den Einfluß auf Geburten und Sterbefälle mit Zahlendatis vor.

Unter dem, was ſonſt vorliegt, — und es iſt deſſen ein großer Haufen — finden ſich wohl beachtenswerthe Einzelnheiten, die aber für ſich noch weniger, als die vorſtehenden Unterſuchungen, einzeln eine Entſcheidung in unſerer Frage begründen können.

5) Nachdem es ſehr leicht iſt, den Schein exacter Gründlichkeit dadurch zu erlangen, daß man ohne alle gründliche Unterſuchung Alles verwirft, was nicht ſelbſt ſchon durch gründliche Unterſuchung feſtſteht und nach bisherigen Principien erklärbar iſt, und damit ſchon manches Kind weggeſchüttet hat, was man nachher mit einiger Beſchä-

mung wieder hat auflöſen müſſen, hat man ſich zu hüten, in Bezug auf die Mondeinflüſſe nicht in den gleichen Fehler zu verfallen.

Nach dieſen allgemeinen Vorbetrachtungen könnten wir dazu übergehen, des Nähern zu erwägen, was von den bisherigen Annahmen über den Mondeinfluß ſich etwa als widerlegt, was als conſtatirt anſehen läßt. Ich übergehe aber hier die negative Kritik, die man in meiner künftigen Schrift nicht vermiſſen wird, und kann ſie hier um ſo eher übergehen, als Schleiden und Andere ſchon genug, ja mehr als genug darin gethan haben, indem ſie mit dem Vielen, was wirklich widerlegt iſt, Alles für widerlegt erklären. Das Folgende ſoll alſo blos darauf zielen, den richtigen Stand der Sache wiederherzuſtellen, indem ich zu zeigen ſuche, es iſt nicht nur nicht Alles widerlegt, ſondern es bleibt ſogar Einiges von poſitiven Thatſachen für den Mondeinfluß auf die organiſche Welt übrig, was vor einer unbefangenen Kritik ſein Gewicht behauptet.

Hiebei kann ich einen ähnlichen Gang als bei der Witterungsfrage gehen, indem ich damit anfange, eine Autorität, die Schleiden gegen den Mondeinfluß geltend macht, für den Mondeinfluß geltend zu machen. Eiſenlohr ſollte nach Schleiden durch ſeine Beobachtungen bewieſen haben, daß der Mond keinen Einfluß auf die Witterung hat. Buek ſoll nach Schleiden (Studien, S. 318) durch ſeine Beobachtungen bewieſen haben, daß Ebbe und Flut keinen oder gerade den entgegengeſetzten Einfluß auf die Sterbefälle hat, den ihm der alte Glaube beilegt. Sofern aber Ebbe und Flut vom Monde abhängen, iſt dieß zugleich eine Frage nach dem Mondeinfluſſe.

Es herrſcht nämlich ſeit Alters und noch heute*) die Meinung, daß zur Zeit der Ebbe die Todesfälle ſich häufiger als zur Zeit der Flut ereignen. Buek hat dieſen Gegenſtand für Hamburg unterſucht, und nach Schleiden gefunden, daß dieß nicht nur untriftig, ſondern im Gegentheil die Sterblichkeit zur Zeit der Flut noch etwas größer, als zur Zeit der Ebbe iſt.

Wörtlich ſo: „Die Sache iſt durch die Unterſuchungen der Pariſer Akademie vollſtändig erledigt. Man vergleiche auch noch Buek in Gerſon und Julius, Magazin der ausländiſchen Literatur der geſammten Heilkunde. Band XVII. S. 349. Buek weiſt hier nach, daß in Hamburg im Verhältniß zur Dauer von Flut und Ebbe die Sterblichkeit zur Zeit der Flut ebenfalls noch größer iſt, als zur Zeit der Ebbe.“

Hören wir nun auch wörtlich, was Buek über dieſen Gegenſtand, und im Zuſammenhang damit über einige andere Verhältniſſe des Mondeinfluſſes (an dem von Schleiden angegebenen Orte) ſagt:

---

*) So bemerkt Nieberding in ſ. kleinen Schrift „des Mondes Einfluß“ S. 18.: „An der Küſte von Norddeutſchland heißt es beim Volke, wenn Jemand mit dem Tode ringt, wenn ſtündlich die Auflöſung erwartet wird und doch das Ende ſich immer noch verzögert: „„Wenn die niedrigſte Ebbe iſt, wird es gewiß aus ſein““, und mehrentheils geht auch dieſe Ausſage in Erfüllung, namentlich bei Schwindſüchtigen.“

„Da dieſe Naturerſcheinung (Ebbe und Flut) ohne Zweifel gewiſſe Veränderungen in der Atmoſphäre bedingt, ſo ſcheint ein ſolcher Einfluß (auf Geburten und Tod), namentlich auf die Sterblichkeit, weniger auf die Geburtenzahl, nicht unwahrſcheinlich, was ſich mir denn auch bei einer genauen, ziemlich mühſamen Berechnung beſtätigte. — Die Ebbe dauert in Hamburg $7^3/_4$ Stunden, die Flut $4^1/_4$ Stunden; es müßte daher, wenn ſie ganz ohne Einfluß wären, das Verhältniß der Sterbenden während der Ebbe und Flut wie 31:17 ſein, oder von 1000 müßten 646 während der Ebbe und 354 während der Flut ſterben. Es ergab ſich mir aber ein anderes Verhältniß. Von 1548 ſtarben 1050 während der Ebbe, 498 während der Flut, d. i. von 1000 dort 679, hier 321, oder 22 in jeder Viertelſtunde der Ebbe, und nur 19 in jeder Viertelſtunde der Flut. Die größte Sterblichkeit findet während der Ebbe und in der erſten Stunde der Flut, die geringſte während der übrigen Flutzeit ſtatt, wie folgende Zuſammenſtellung zeigt.

Von 1000 Geſtorbenen waren nämlich:

In der 1. Stunde nach Eintritt der Ebbe	89	in jeder Viertelſt	22.25
„ „ 2. „ „ „ „ „	80	„ „ „	20.0
„ „ 3. „ „ „ „ „	93	„ „ „	23,25
„ „ 4. „ „ „ „ „	80	„ „ „	20.0
„ „ 5. „ „ „ „ „	91	„ „ „	22,75
„ „ 6. „ „ „ „ „	92	„ „ „	23.0
„ „ 7. „ „ „ „ „	90	„ „ „	22,5
In den letzt. $^3/_4$ St. „ „ „ „	64	„ „ „	21,3
In der 1. Stunde der Flut	92	„ „ „	23.0
„ „ 2. „ „ „	70	„ „ „	17.5
„ „ 3. „ „ „	75	„ „ „	18,75
In den letzten $^3/_4$ St. „ „	84	„ „ „	16,8

Auch dieß Verhältniß ſcheint mir dadurch erklärlich, daß das Plus während der Ebbe, und zur Zeit des Eintrittes der Flut, und das Minus während der Flut auf Rechnung der abgelebten, dem Tode nahen, Subjecte komme, bei welchen ſelbſt die Veränderung in der Atmoſphäre, vielleicht im Luftdrucke, die der

Wechſel der Ebbe und Flut mit ſich bringt, hinreicht, das ſchwache Lebenslicht auszulöſchen."

„Auf die Geburten ſcheinen Ebbe und Flut keinen merklichen Einfluß zu haben. Von 311 Geburten, die ich in dieſer Hinſicht verglich, kommen 207 auf die Ebbe und 104 auf die Flut, ein Verhältniß, das dem von 31:17 ziemlich nahe kommt."

„Da die Veränderungen des Mondſtandes bei der Erſcheinung der Ebbe und Flut eine ſo überaus wichtige Rolle ſpielen, ſo glaubte ich auch den Einfluß, den ſie auf das Geborenwerden und Sterben der Menſchen haben könnten, nicht ganz unberückſichtigt laſſen zu dürfen, und theile die Reſultate der deßfalls angeſtellten Unterſuchungen in der Kürze mit. Von 2281 Geburten, die in den letzten Jahren, größtentheils in den höhern Ständen, vorfielen, da mir die Geburtsanzeigen in den wöchentlichen Nachrichten hauptſächlich die Materialien lieferten, ereigneten ſich in den Tagen zwiſchen

Neumond u. 1. Viertel	820	oder	228
1. Viertel u. Vollmond	557	„	244
Vollmond u. 2. Viertel	594	„	260
2. Viertel u. Neumond	610	„	268
	2281	oder	1000

alſo bei zunehmendem Monde 472, bei abnehmendem Monde dagegen 528. Hier ſcheint allerdings ein nicht ganz unbedeutender Unterſchied obzuwalten, weßhalb ich auch die Unterſuchung über den Einfluß des Mondſtandes auf die Sterblichkeit von Neuem wieder vernahm, da das früher von mir, Bd XII. S. 311 dieſer Zeitſchrift, mitgetheilte verneinende Reſultat das Ergebniß eines einzigen Jahres war. Durch die Vollſtändigkeit unſerer Sterbeliſten, in welchen die Sterblichkeit eines jeden einzelnen Tages beſonders angegeben iſt, war es mir möglich, dieſe Unterſuchung auf die ganze Zahl der Geſtorbenen auszudehnen, und folgendes Reſultat zu finden. Von 23569 Sterbefällen, die ſich vom 7. Januar 1822 bis zum 25. Auguſt 1828, in 82 Mondenmonaten ereigneten, fielen in die Zeit

zwiſchen	Neumond u. 1. Viertel	5934	oder täglich 9.81
„	1. Viertel u. Vollmond	5842	„ „ 9.66
„	Vollmond u. 2. Viertel	5872	„ „ 9,69
„	2 Viertel u. Neumond	5921	„ „ 9.79
		23569	

Hier zeigt ſich ein freilich nur unbedeutender Unterſchied, und zwar ſcheint die größte Sterblichkeit mit dem Neumonde, die geringſte mit dem Vollmonde zuſammenzufallen. Daß die Sterblichkeit zur Zeit des Neumondes größer ſei, beſtätigte ſich mir auch auf eine andere Weiſe. Wenn ich nämlich die Zahl der an den Eintrittstagen des Mondwechſels Geſtorbenen verglich, ſo fand ich in 82 Eintrittstagen

des	Neumondes	868	oder täglich 10.59
„	1. Viertels	771	„ „ 9.40
„	Vollmondes	800	„ „ 9.76
„	2. Viertels	790	„ „ 9.63

Hier zeigt ſich ſchon ein ziemlich bedeutendes Uebergewicht der Neumondszeit, und überhaupt ſcheint die Sterblichkeit in den Syzygien größer zu ſein, als in den Quadraturen, dort nämlich 1668, hier nur 1561. Doch fragt es ſich, ob ſich dieſe Reſultate bei fortgeſetzten Unterſuchungen, die ich ſpäter einmal dem Publicum mitzutheilen hoffe, als conſtant zeigen werden."

Alſo **Buek** ſagt gerade das Entgegengeſetzte, was Schleiden ihn ſagen läßt, und ſeine Beobachtungen beweiſen, in ſo weit ſie überhaupt etwas beweiſen können, das Entgegengeſetzte, was ſie nach Schleiden beweiſen ſollen. Wie es nun Schleiden anfängt, daß es ihm ſo unglücklich mit ſeinen Autoritäten und Citaten gehen kann, in einer Schrift zumal, die den Titel „Studien" führt, mag er ſelbſt am beſten wiſſen, zu erklären iſt es ſchwer; wenn nicht etwa ein geheimer Einfluß des Mondes hiebei im Spiele iſt, der uns dann in dieſem Kapitel mit zu ſtatten kommen würde.

Im Uebrigen meine ich freilich ſelbſt nicht, daß auf die Buck'ſchen Beobachtungen gar zu großes Gewicht betreffs unſerer Frage zu legen ſei. Abgeſehen von den Reſultaten der Pariſer Akademie, die Schleiden geltend macht, weiſt Buck ſelbſt darauf hin, daß der Einfluß der Ebbe- und Flutzeit auf die Todesfälle ein ganz indirecter ſein könne. Und die Zahlen, die Buck in Betreff der Sterbefälle wie der übrigen Fälle beibringt, müſſen zwar durch die Größe der Unterſchiede, die ſie zeigen, Aufmerkſamkeit erwecken und zu einer weitern Prüfung des Gegenſtandes auffodern, ſind aber doch noch zu klein, um etwas ſicher zu entſcheiden. Kurz, ich will auf Buck's Unterſuchungen nichts Poſitives bauen, wie auch Buck nichts Sicheres dadurch entſchieden haben will; nur iſt natürlich eine Negation des Mondeinfluſſes noch weniger darauf zu bauen.

Gelegentlich hiezu folgende Notiz, welche neuerdings Dr. Toel in Kuxhaven im Correſpondenzbl. des Vereins für gemeinſchaftl. Arbeiten z. Förderung der wiſſenſchaftl. Heilkunde (1855. Nr. 14. S. 164) mittheilt: „Schon in Emden, in mehreren andern Küſtenorten, ſo wie auch hier hörte ich oft alte Hebammen ſich äußern, daß der Eintritt der hohen Flut auf den Fortgang der Geburtsthätigkeit von bedeutendem Einfluß ſei.“

Unſtreitig nun iſt auf das Gerede von Hebammen nicht viel zu geben. Doch hat Dr. Toel den Hebammen ſeines Kreiſes ein Schema mitgetheilt, um beſtimmtere Angaben über den fraglichen Gegenſtand zu notiren, und ladet andere Aerzte des Vereins, die an der Küſte wohnen, ein, daſſelbe zu thun. Immerhin ſcheint das beſſer, als ſolche Angaben ganz ungeprüft bei Seite zu werfen. Erwünſchter wären freilich Aufzeichnungen Seitens wiſſenſchaftlicher Aerzte und Gebäranſtalten.

Demnächſt wende ich mich zur Discuſſion der oben erwähnten Beobachtungsreihen über den Einfluß der Mondphaſen auf Wahnſinnsanfälle und epileptiſche Anfälle, welche durch den ſtatiſtiſchen Charakter ihrer Angaben und die große Zahl der Beobachtungen, die unterliegen, beſonders geeignet erſcheinen, einen Anhalt zur Entſcheidung bezüglich unſerer Frage zu gewähren.

Hiebei, wie überhaupt im ganzen Verfolg dieſes Kapitels, muß ich freilich eine etwas eingehendere Aufmerkſamkeit in Anſpruch nehmen, als ſich mit einem blos ganz oberflächlichen Intereſſe an dem Gegenſtande verträgt, und da ich Niemand gern zumuthe, weiter mitzugehen, als es in ſeinem Intereſſe an dem Gegenſtande liegen kann, ſo laſſe ich alle diejenigen gern zurück, deren Intereſſe nicht ferner würde folgen können.

Die nähern Verhältniſſe der betreffenden Beobachtungsreihen folgen hier in Einſchaltung:

Die eine dieſer Beobachtungsreihen iſt von H. Monro in ſeinen Remarks on Insanity. London. 1851. p. 126 mitgetheilt; die Beobachtungen ſelbſt aber von Dr. de Vitre und Fr. Caſtel im Aſylum der Grafſchaft Lancaſhire von Jan. 1841 bis Aug. 1848 angeſtellt. Sie befaßt in Summa 12 324 Wahnſinnsanfälle (paroxysms of excitement) bei Männern, 11229 Wahnſinnsanfälle bei Weibern; 24735 epileptiſche Anfälle bei Männern, 17760 epileptiſche Anfälle bei Weibern. Monro giebt blos die Definitivzahlen, die ich unten wiedergebe.

Die andere (ausführlicher mitgetheilte) Beobachtungsreihe von Dr. J. Moreau von Tours, Arzt am Hoſpital Bicêtre, findet ſich in einer gekrönten Preisſchrift über die Aetiologie der Epilepſie in den Mémoires de l'Acad. imper. de Medic. 1854. T. XVIII. p. 90 und befaßt in Summa 16326 epileptiſche Anfälle, erlitten von 108 Epileptiſchen während der fünf Jahre 1845–1849. Da im Bicêtre meines Wiſſens nur Männer auf- genommen werden, bezieht ſie ſich auch unſtreitig nur auf ſolche, obſchon es in der Schrift nicht ausdrücklich angegeben iſt.

Eine dritte Beobachtungsreihe von Delaſiauve, ebenfalls Arzt am Bicêtre, iſt in deſſen Traité de l'Epilepsie (Ueber- ſetzung. Weimar. 1855) enthalten und befaßt in Summa 4942 epileptiſche Anfälle, die während eines Jahres im Bicêtre, alſo auch bei Männern, beobachtet wurden. Außer der Zahl der An- fälle (Attaques) hat er auch die Zahl der Befallenen (Tombés) angegeben, welche andere Verhältniſſe darbietet. Man kann näm- lich, ſtatt die Anzahl der Anfälle zu zählen, die während eines Tages in einer Anſtalt erlitten werden, die Anzahl Kranker zäh- len, die während eines Tages Anfälle haben; was andere Zahlen giebt, da oft ein Kranker mehrere Anfälle während deſſelben Ta- ges hat.

Die vorigen drei Beobachtungsreihen betreffen den Einfluß der vier Hauptphaſen auf die Anfälle. Eine vierte von Leuret, ebenfalls nach einjähriger Beobachtung an 70 Kranken im Bi- cêtre, iſt in den Archives gén. de méd. 1843. T. II. p. 46 enthalten, und giebt über den Einfluß der vier Hauptphaſen auf die Anzahl der Befallenen nur einige nicht ſehr genaue Data, eine genauere Angabe aber über den Einfluß des zuneh- menden und abnehmenden Mondes auf dieſe Zahl.

Moreau hat auf jede Phaſe drei Tage gerechnet, Dela- ſiauve, wie man herausrechnen kann, ohne daß er es jedoch an- giebt, eine ganze Woche. Daſſelbe ſcheint bei Monro der Fall geweſen zu ſein. Doch fehlt eine beſtimmtere Angabe darüber.

In Summa liegen alſo von Wahnſinnsanfällen nach Monro's Beobachtungen 23553, von epileptiſchen Anfällen nach Monro's, Moreau's und Delaſiauve's Beobachtungen 63763 vor, welche eine Zuſammenſtellung betreffs der Wirkung der vier Hauptphaſen geſtatten.

Unſtreitig iſt die Zahl dieſer Fälle groß genug, um etwas darauf bauen, und Zufälligkeiten in der Hauptſache dadurch compenſirt halten zu können.

Hier folgen die Definitivergebniſſe, auf die es ankommt.

I. Zahl der Wahnſinnsanfälle (Paroxysms of excitement) nach Monro.

	Neumond	1. Viertel	Vollmond	Letzt. Viert.	Summe
Männer	3082	3124	3025	3095	12324
Weiber	3583	2567	2531	2548	11229
Summe	6665	5691	5554	5643	23553

II. Zahl der epileptiſchen Anfälle nach Monro.

	Neumond	1. Viertel	Vollmond	Letzt. Viert.	Summe
Männer	6184	6070	6124	6357	24735
Weiber	4474	4079	4484	4723	17760
Summe	10658	10149	10608	11080	42495

III. Zahl der epileptiſchen Anfälle nach Moreau.

Jahr der Beobachtungen	Neumond	1. Viertel	Vollmond	Letzt. Viert.	Summe
1845	890	949	927	919	3685
1846	910	872	985	1066	3833
1847	794	861	672	891	3218
1848	813	823	834	860	3310
1849	619	490	535	616	2258
Totalſumme	4026	3995	3953	4352	16326

IV. Zahl der epileptiſchen Anfälle nach Delaſiauve.

Neumond	1. Viertel	Vollmond	Letztes Viertel	Summe
1301,1	1208,5	1206,4	1225,9	4941,9

V. Totalſumme der epileptiſchen Anfälle nach Monro, Moreau und Delaſiauve.

Neumond	1. Viertel	Vollmond	Letztes Viertel	Summe
15985	15353	15767	16658	63763

VI. Verhältnißmäßige Menge der epileptiſchen Anfälle, wenn die Summe derſelben für alle 4 Phaſen = 1,00000 geſetzt wird.

	Neumond	1. Viertel	Vollmond	Letzt. Viert.
Nach Monro Männer	0,2500	0,2454	0,2476	0,2570
„ „ Weiber	0,2519	0,2297	0,2525	0,2659
Nach Moreau 1845	0,2413	0,2575	0,2516	0,2494
„ „ 1846	0,2374	0,2275	0,2570	0,2781
„ „ 1847	0,2467	0,2676	0,2088	0,2769
„ „ 1848	0,2441	0,2471	0,2504	0,2582
„ „ 1849	0,2739	0,2208	0,2367	0,2726
Nach Delaſiauve 1851	0,2633	0,2446	0,2440	0,2481
Nach der Geſammtheit	0,25069	0,24078	0,24728	0,26125

VII. Definitive Verhältnißzahlen der epileptiſchen Anfälle, aus der Geſammtheit der Einzelbeſtimmungen voriger Tabelle mit Rückſicht auf die Zahl der Beobachtungen beſtimmt. mit den wahrſcheinlichen Fehlern.

Neumond = 0,25069 ± 0,00182
1. Viertel = 0,24078 ± 0,00286
Vollmond = 0,24728 ± 0,00256
Letzt. Viert. = 0,26125 ± 0,00210

Bemerkungen zu Tabelle IV. Die Bruchzahlen rühren von einer Reduction her, welche zur Vergleichbarkeit der Zahlen (nach der Spalte der procentiſchen Mittel des Originals) vorgenommen werden mußte; die Totalſumme der Beobachtungen iſt aber durch dieſe Reduction nicht verändert worden.

Zu Tabelle VI. Die Zahlen in der unterſten Querſpalte (welche man in Tabelle VII reproducirt findet) ſind nicht das einfache arithmetiſche Mittel der acht Zahlen in den Längscolumnen darüber, was wegen der verſchiedenen Anzahl Beobachtungen, aus denen dieſe Einzelzahlen abgeleitet worden, nicht das genaueſte Reſultat geben würde, ſondern ſo erhalten, daß jede der acht obenſtehenden Zahlen mit der Zahl der Beobachtungen, aus der ſie (nach den vorhergehenden Tabellen) abgeleitet worden iſt, multiplicirt, und die Summe dieſer acht Producte mit der Geſammtſumme der Beobachtungen, die dieſer Längscolumne zugehören, dividirt ward, wodurch jede der acht Zahlen mit dem richtigen Gewichte in das untenſtehende Definitivmittel eingeht.

Zu Tabelle VII. Die wahrſcheinlichen Fehler der Beſtimmungen dieſer Tabelle ſind in derſelben Weiſe, als es ſonſt für Beobachtungsfehler zu geſchehen pflegt, nach der Methode der kleinſten Quadrate berechnet; da in der That kein anderes oder genaueres Mittel vorlag, zu beurtheilen, welchen Grad von Zutrauen man dem Reſultate der Combination der verſchiedenen Beobachtungsreihen ſchenken ſoll. Man bemerke dabei, daß es principiell für die Wahrſcheinlichkeitsrechnung auf daſſelbe herauskommt, ob die Fehler einer mittlern Beſtimmung an Zufälligkeiten hängen, die wie hier in der allgemeinen Natur der Dinge oder die in der ſpeciellen des Beobachters und Inſtrumentes liegen.

Discutiren wir jetzt die Zahlen dieſer Tabellen.

Die erſte, auf die Wahnſinnsanfälle bezügliche. Tabelle läßt, mit Ausnahme der großen Zahl für den Neumond bei den Weibern, durchaus keinen vorwiegenden Einfluß einer Phaſe vor den übrigen erkennen; denn die

Unterſchiede der Zahlen ſind für alle andern Phaſen bei Männern wie bei Weibern ſo klein, daß ſie nach der Wahrſcheinlichkeitsrechnung durchaus auf Zufall geſchrieben werden können; wogegen die große Zahl für den Neumond bei den Weibern eben ſo entſchieden aus den Gränzen der Abweichung heraustritt, welche durch Zufall nach Wahrſcheinlichkeit noch erreichbar ſind.

Inzwiſchen iſt die Abweichung ſo groß und ſo exceptionell für dieſe Phaſe, daß ich auch kaum glauben kann, ſie ſei auf Rechnung des Mondeinfluſſes zu ſchreiben. Es wird, denke ich, ein Druckfehler ſein. Leicht war es, eine 3 ſtatt einer 2 zu ſetzen, da alle Zahlen in der Spalte darüber mit einer 3 anfangen. Unmöglich hätte auch ſonſt Monro dieſe Beobachtungsreihe gegen den Mondeinfluß geltend machen können. Leider iſt im Originale kein Mittel gegeben, ſicher darüber zu entſcheiden; denn die untenſtehende Summe 6665 iſt wie die übrigen Summen von mir hinzugefügt; im Monro'ſchen Original ſind weder Summen für Männer und Weiber zuſammen, nach Detailangaben der einzelnen Jahre für beide beſonders gegeben.

Es ſcheint mir hienach durch dieſe Beobachtungsreihe in der That überwiegend wahrſcheinlich, daß die Mondphaſen keinen merklich verſchiedenen Einfluß auf die Wahnſinnsanfälle haben.

Anders verhält es ſich mit der zweiten, auf die epileptiſchen Anfälle bezüglichen Tabelle Monro's. Eine Abweichung ſo großer Zahlen, wie ſie zwiſchen letztem

und 1. Viertel, übereinſtimmend bei Männern und Weibern, vorkommt, iſt nicht wohl nach Zufall annehmbar.

Wenn man die, von Poiſſon in ſeinen Recherches sur la probabilité gegebenen Formeln der Wahrſcheinlichkeitsrechnung auf die Frage anwendet, ob ſich die Geſammtſumme der beiden Zahlen 10149 und 11080, die auf die beiden Viertel fallen, nach bloßem Zufall in dieſem Verhältniß zwiſchen beide theilen konnte, ohne daß in der Natur der Sache eine verſchiedene Chance der Fälle für beide ſtattfand, ſo findet man die Wahrſcheinlichkeit ſolchen Zufalls verſchwindend klein. Doch will ich hierauf inſofern kein zu großes Gewicht legen, als dieſen Formeln die Vorausſetzung unterliegt, daß alle Einzelfälle unabhängig von einander ſind, wie loſe Kugeln in einer Urne. Unſtreitig aber bilden die Anfälle derſelben Perſonen mehr oder weniger zuſammenhängende Complexe (ähnlich Conglomeraten von Kugeln, der Art, daß das Herausziehen der einen aus der Urne ein ſolches der andern begünſtigt oder mitführt), was Bedingungen einführt, die von der Wahrſcheinlichkeitsrechnung ohne genauere Kenntniß der Verhältniſſe nicht zu beherrſchen ſind.

Dieſer Umſtand kommt auch bei den Buck'ſchen Reſultaten in Betracht, ſofern Todesfälle und Geburten in einer Stadt gewiſſen zuſammenhängenden Bedingungen unterliegen. Sonſt würden die Buck'ſchen Zahlen nach den Poiſſon'ſchen Formeln zum Theil ſehr erhebliche Wahrſcheinlichkeiten für den Mondeinfluß finden laſſen. Ich halte es nützlich, auf dieſen Punkt aufmerkſam zu machen, da ich Anwendungen der Poiſſon'ſchen Formeln begegnet bin, wo dieſer Rückſicht nicht Rechnung getragen worden iſt, was freilich mit daran hängt, daß ſie Poiſſon ſelbſt nicht erörtert hat.

Iſt aber auch keine genaue Rechnung in dieſer Hinſicht möglich, ſo können wir doch zuvörderſt die verſchwindende Wahrſcheinlichkeit des Zufalls kaum allein von dem angegebenen Umſtande abhängig machen, zumal dieſelbe Rechnung den Unterſchied der Syzygien für die epileptiſchen Anfälle, ſo wie der verſchiedenen Phaſen überhaupt für die Wahnſinnsanfälle (abgeſehen vom Druckfehler) allerdings vom Zufall abhängig zu machen geſtattet.

Ich denke auf dieſe Rechnungen und Erörterungen des Näheren in meiner künftigen Schrift einzugehen; indeß da dieß hier nicht ohne Umſtändlichkeit und Vorerörterungen geſchehen könnte, mag die Größe des Unterſchiedes zwiſchen den Vierteln immerhin für ſich nicht als durchſchlagend gelten; ſondern blos ein allgemeines Wahrſcheinlichkeitsmoment zu dem jetzt ins Auge zu faſſenden Geſichtspunkte der Uebereinſtimmung fügen, den die verſchiedenen Beobachtungsreihen darbieten.

Gehen wir von der Monro'ſchen Beobachtungsreihe zu den andern Beobachtungsreihen über, ſo finden wir in der von Moreau, die ebenfalls beträchtlich große Zahlen enthält, denſelben großen Unterſchied zwiſchen letztem und erſten Viertel wieder, als in der Monro'ſchen, und ſelbſt die Beobachtungsreihe von Delaſiauve, die wegen ihren verhältnißmäßigen ſchwachen Zahlen für ſich nicht viel entſcheiden könnte, ſtimmt doch mit den vorigen in dem Uebergewicht des letzten Viertels über das erſte Viertel überein, wenn ſchon das Maximum hier auf den Neumond fällt. Auf kleine Zahlen iſt aber hier überhaupt kein Verlaß, wie denn z. B. das Jahr 1845 in Tabelle VII für ſich erheblich von den andern abweicht. Es gilt hier das Princip der großen Zahlen.

Im Ganzen iſt es das letzte Viertel, was am entſchiedenſten vom Mittel abweicht. Die andern Phaſen zeigen ein mehr ſchwankendes Verhältniß, was auf einen geringern und möglicherweiſe zufälligen Unterſchied deutet.

Definitiv ergiebt ſich als Ausdruck für den Mondeinfluß, der aus der Geſammtheit von 63763 epileptiſchen Anfällen zu folgern iſt, daß durchſchnittlich auf das 1. Viertel nur 12 epileptiſche Anfälle fallen, indeß auf das letzte Viertel deren 13 fallen; ſofern das Verhältniß 0,24078 : 0,26125 (Tabelle VII) merklich gleich dem von 12 : 13 iſt; wogegen Vollmond und Neumond nicht erheblich vom Gleichheitsverhältniſſe unter einander und von dem Mittelverhältniß ($^1/_4 = 0,25$) abweichen. Zwar zeigt nach Tabelle VII der Neumond ſich ein wenig über, der Vollmond unter dem Mittel 0,25, was auf alle Phaſen hätte kommen müſſen, wenn alle gleiche Wirkung hatten, doch ſo wenig, daß der wahrſcheinliche Fehler der Beſtimmung hinreicht, dieſen Unterſchied zu decken.

Um das Wahrſcheinlichkeitsreſultat, was aus der Combination der betreffenden Beobachtungsreihen hervorgeht, in beſtimmten Zahlwerthen auszudrücken, kann uns überhaupt der wahrſcheinliche Fehler dienen, der den Definitivbeſtimmungen in Tabelle VII beigefügt iſt. Jede dieſer Beſtimmungen weicht vermöge Zufälligkeiten von der wahren Beſtimmung ab, welche der betreffenden Phaſe zukommt, und der wahrſcheinliche Fehler bezeichnet die Größe, um welche ſie mit *mittler* Wahrſcheinlichkeit (deren Begriff hier nicht genauer erörtert werden kann) vermöge Zufälligkeiten davon abweicht. Indeß nun die Abweichung des Neumondes und Vollmondes vom allgemeinen Mittel, welches 0,25 iſt, und hiemit von der Gleichheit, kleiner oder nur unmerklich größer als der wahrſcheinliche Fehler iſt, mithin nach mittler oder der mittlen Wahrſcheinlichkeit ſehr nahe kommender Wahrſcheinlichkeit ganz auf Rechnung von Zufälligkeiten geſchrieben werden kann, iſt dieß nicht mehr der Fall mit der Abweichung des erſten und zweiten Viertels von 0,25, da vielmehr die Abweichung des erſten Viertels davon 3,22mal und die des letzten Viertels 5,35mal ſo groß iſt als der wahrſcheinliche Fehler, welche Abweichungen nur mit ſehr *geringer* Wahrſcheinlichkeit durch Zufall erreichbar ſind. In der That lehrt die Wahrſcheinlichkeitsrechnung, daß danach beim erſten Viertel 33 gegen 1 und beim letzten Viertel gar circa 3000 gegen 1 zu wetten iſt, daß ihre Abweichung vom allgemeinen Mittel nicht blos auf Zufall ruht.

Dieß iſt das Reſultat, was eine genaue Behandlung aus jenen Beobachtungen herauszuſtellen vermag, wobei Alles unbeſtimmte Taſten und Meinen ausgeſchloſſen iſt. Doch iſt eine ſpätere Gegenabwägung (S. 358) dabei nicht außer Acht zu laſſen.

Für den erſten Anblick mag es zwar um ſo auffälliger erſcheinen, daß der größte Unterſchied vielmehr zwiſchen den Quadraturen als zwiſchen den Syzygien (Neumond und Vollmond) ſtattfindet, die ſich einander und dem Mittel faſt gleich verhalten, als dieß der gewöhnlichen Volksanſicht gerade widerſpricht, die ihrerſeits geneigt iſt, beiden oder einer der Syzygien einen vorzugsweiſen Einfluß auf die epileptiſchen Anfälle beizumeſſen. Nun aber wollen wir uns erinnern, und leicht kann man ſich aus den Tabellen VI bis X S. 257 ff. ſpecieller davon überzeugen, daß hinſichtlich der Witterung ganz daſſelbe ſtattfindet. Sowohl was den Einfluß auf die naſſen Tage als das Barometer anlangt, iſt unter den vier Hauptphaſen der Unterſchied bei Weitem größer zwiſchen den beiden Vierteln, als den Syzygien, und nähern ſich dieſe ſelbſt mehr dem Mittel; auch weicht unter den Vierteln das letzte viel bedeutender vom Mittel ab, als das erſte, was beim Regen und Barometer eben ſo wie bei den epileptiſchen Anfällen in verſchiedenen Beobachtungsreihen leicht ſein Verhältniß mit dem Vollmond tauſcht.

Sei es nun, daß der Einfluß des Mondes auf die epileptiſchen Anfälle ſelbſt nur durch den Witterungseinfluß deſſelben vermittelt iſt, welche Frage wir noch weiterhin beſprechen, oder, daß er als parallelgehender blos damit coincidirt, ſo kann jedenfalls ein ſolches Zuſammentreffen für die Wahrſcheinlichkeit beider nur günſtig gedeutet werden. Vielleicht, wenn man die Octanten unterſuchte, würde man eben ſo wie bei den Witterungseinflüſſen auch hier noch ſtärkere Unterſchiede als für die Viertel finden.

Im Uebrigen ſieht man, wie nach Monro's Reſultaten der Unterſchied des Einfluſſes der verſchiedenen Phaſen für Weiber beträchtlicher iſt, als für Männer.

Noch eine Kleinigkeit läßt ſich zur Unterſtützung der vorigen Ergebniſſe hinzufügen. Delaſiauve, der, gleich Monro und Moreau, ſeine Beobachtungen nur anführt, um den Mondeinfluß zu widerlegen, wie denn ſolcher allerdings aus ſeinen Beobachtungen allein auch nicht hervorgehen würde, bemerkt, er habe ſein Augenmerk mit darauf gerichtet, ob nicht doch gewiſſe Kranke deutlicher als andere den Mondeinfluß verſpürten. Sechs unter ihnen waren namentlich als ſolche bezeichnet worden, deren Anfälle, ſei es im Vollmond oder Neumond oder abnehmenden Monde, wiederkehrten. Bei dem Einen darunter ließ ſich, wegen der großen Häufigkeit, in der die Anfälle gleich nach der Aufnahme in das Hoſpital (Bicêtre) eintraten, nichts Beſtimmtes conſtatiren. Bei den andern fünf zeigte ſich das Reſultat der genauen Beobachtung im Hoſpital der Angabe vielmehr ungünſtig als günſtig. Nämlich es kamen binnen 7 Monaten bei dieſen 5 Individuen folgende Anzahl Anfälle vor. (S. Tab S. 358.)

Faßt man nun die Summe der unterſten Querſpalte in das Auge, ſo ſieht man, wie ſelbſt bei dieſer kleinen Zahl herausgehobener Fälle von Individuen, die vorzugsweiſe impreſſionabel ſein mochten, das letzte Viertel ein ganz entſchiedenes Ueberge-

Namen der Individuen	Neumond	1. Viertel	Vollmond	letzt. Viertel
Biz....	14	9	12	23
Mar...	67	65	47	87
Mart...	19	15	3	23
Léving...	8	0	13	2
Maud...	18	20	28	25
Summa	126	109	103	160

Mittel 125

nicht über die andern Phaſen behauptet, wonach der Neumond, eben ſo wie in der Geſammttabelle namentlich über dem Mittel ſtehend, folgt, indeß ſich Vollmond und 1. Viertel, nahe gleich, etwas unter dem Mittel halten.

Moreau hat ſeine oben mitgetheilten Beobachtungen nicht ſowohl angeſtellt, die Wirkung der verſchiedenen Phaſen zu vergleichen, worauf er vielmehr gar nicht eingeht, wenn ſchon, wie man geſehen, ſeine Beobachtungen die Unterlagen dazu enthalten, als die Volksmeinung zu widerlegen, daß die Mondwechſel (Syzygien und Quadraturen) die Anfälle mehr begünſtigten, als die Zwiſchenzeiten. In der That können ſeine Beobachtungen zu dieſer Widerlegung dienen; berechnet man aber ſeine Data genauer, ſo ſcheint ſogar ein entgegengeſetztes Uebergewicht der Zwiſchentage hervorzugehen. Doch bleibt mir einiger Zweifel, ob dieſe Berechnung zu der Weiſe, wie er die Zwiſchenzeiten genommen hat, paßt, und ich will kein Gewicht darauf legen.

In Gegenabwägung gegen das bisher gewonnene Wahrſcheinlichkeitsreſultat iſt nun nicht zu überſehen, daß die 1jährigen Beobachtungen Delaſiauve's an 45 Kranken, ſo wie die ebenfalls nur 1jährigen und nicht genau verzeichneten Leuret's an 70 Kranken, ſo weit ſich beide auf die Anzahl der Befallenen (Tombés) beziehen, nicht denſelben Einfluß der Phaſen erkennen laſſen, als ſich nach Vorigem für die Anzahl der Anfälle (Attaques) ergiebt. (Ueber den Unterſchied der Berechnung hiebei ſ. S. 345), ſowie auch, daß die Beobachtungen Leuret's hiebei keinen in Betracht kommenden Unterſchied zwiſchen zunehmendem und abnehmendem Monde finden laſſen.

Nach Delaſiauve betrug die Zahl der täglich Befallenen in Procenten der vorhandenen Kranken durchſchnittlich bei: Neumond 19.25 p. C.; 1. Viertel 18.50, Vollmond 19.58, letztem Viertel 17.75. Alſo letztes Viertel hier im Minimum. Geſammtzahl der Befallenen 2069. — Leuret's Angabe über die vier Hauptphaſen iſt unklar; jedenfalls geht aber daraus hervor, daß Vollmond und letztes Viertel ſich auf der Mittelzahl der Totalen halten. Während des abnehmenden Mondes wurden täglich nach ihm im Mittel 14.4, während des zunehmenden 14.3 Kranke befallen.

Da es nun nicht ſcheint, als ob die verſchiedene Berechnungsweiſe der Anfälle und Befallenen die Art des Reſultates ändern könne, ſo müſſen die Reſultate dieſer, wenn ſchon weit minder ausgedehnten und zum Theil minder genau verzeichneten Beobachtungen immerhin die Vorſicht noch wach erhalten, den Einfluß des Mondes auf epileptiſche Anfälle nicht für vollſtändig erwieſen zu halten; indeß von der andern Seite das poſitive Reſultat aus ſo überwiegend großen Zahlen gewonnen iſt, daß dadurch auch ein entſprechendes Wahrſcheinlichkeitsübergewicht begründet wird. Jedenfalls iſt zu neuen Beobachtungen über dieſen Gegenſtand aufzufordern.

Unſtreitig läßt ſich gegen das Ergebniß der Meuſe'ſchen und Moreau'ſchen Beobachtungen nicht einwenden, daß der Grund deſſelben nur im Lichtreiz des Mondes oder der Einbildung der Kranken zu ſuchen; denn hienach hätte das Maximum des Einfluſſes unmöglich auf das letzte Viertel fallen können. Dagegen liegt eine andere Vermuthung nahe. Es iſt ſehr wahrſcheinlich, daß ein, wenn auch nur ſchwacher, Einfluß der Witterung auf die epileptiſchen Anfälle ſtattfindet. Da nun der Mond unbeſtreitbar ſelbſt einen Einfluß auf die Witterung äußert, der in Größe und Verhältniſſen mit dem, welchen er auf die epileptiſchen Anfälle äußert, ungefähr von gleicher Ordnung iſt, ſo drängt ſich die Vermuthung auf, daß der beobachtete Einfluß auf die epileptiſchen Anfälle nur ein indirect durch den Einfluß auf die Witterung vermittelter ſei, ohne daß der Mond unmittelbar auf die Zuſtände des Organiſmus wirkt; wie denn ſchon Heuſinger[*]) eine ſolche Anſicht ausgeſprochen hat, indem er ſagt: „Sans doute elle (la lune) n'exerce pas une influence mystérieuse (sur la vie de l'homme); si elle existe, elle doit être fondée dans les changemens physiques de l'atmosphère, que la lune produit". Meines Erachtens iſt bis jetzt noch nicht ganz ſicher über dieſe Frage zu entſcheiden. Denn dazu gehörten erſt lange fortgeſetzte Beobachtungen über den Einfluß der atmoſphäriſchen Zuſtände auf die epileptiſchen Anfälle, um beurtheilen zu können, ob Richtung und Größe des Einfluſſes den gefundenen Einfluß des Mondes decken können. Und ſo weit meine Kenntniß reicht, fehlt es in dieſer

---

[*]) Heuſinger, Recherches de pathol. comp. I. p. 635.

Hinſicht noch an ganz zulänglichen Datis. Inzwiſchen iſt doch das, was ich darüber gefunden habe, nicht geeignet, die Anſicht von der Vermittelung des Mondeinfluſſes auf den Lebensproceß durch Witterungseinflüſſe zu unterſtützen. Hierüber noch einige Erörterungen.

Ich bemerkte eben, daß die Größe des Mondeinfluſſes auf die Witterung und auf die Epilepſie ungefähr als von gleicher Ordnung erſchienen. In der That haben wir geſehen, daß auf das letzte Viertel $^1/_{12}$ Anfälle mehr fallen, als auf das erſte (die Zahl der Anfälle beim 1. Viertel als 1 geſetzt); und beurtheilen wir die Größe des Mondeinfluſſes auf die Witterung nach der Zahl der wäſſerigen Niederſchläge, ſo finden wir nach verſchiedenen Beobachtern und für verſchiedene Orte (nur mit umgekehrter Richtung des Zahlenunterſchiedes) aus der Tabelle S. 257 in 3- bis 4tägigen Mitteln folgende Mehrzahl der wäſſerigen Niederſchläge beim 1. Viertel über die Zahl beim letzten Viertel, wenn ſie beim letzten Viertel 1 geſetzt wird.

Carlsruhe, Eiſenlohr	$\frac{1}{11,7}$
Straßburg, Eiſenlohr	$\frac{1}{11,3}$
Augsb., M., St., Schübler	$\frac{1}{6,7}$
Paris, E. Bouvard	$\frac{1}{15,0}$

Nun hängt die Witterung doch nur zu einem kleinen Theile vom Monde ab, und man müßte alſo erwarten, wenn der Einfluß des Mondes auf die Epilepſie durch den Einfluß deſſelben auf die Witterung vermittelt würde, daß die Witterung noch abgeſehen davon beträchtliche Einflüſſe auf die Epileptiſchen äußerte, jener durch den Mond bewirkte Einfluß aber nur ein kleiner Bruchtheil davon wäre.

Von ſolchen beträchtlichen Einflüſſen aber ergeben die bisher vorliegenden Beobachtungen nichts; der ganze Witterungseinfluß auf die Epilepſie ſelbſt iſt nur eine Größe kleiner Ordnung und nicht einmal recht ſicher conſtatirt; ſcheint auch, ſo weit Andeutungen deſſelben vorhanden ſind, nicht die Richtung zu haben, die er haben müßte, um als Vermittler des Mondeinfluſſes angeſehen werden zu können.

Die Unterlagen zu dieſen Bemerkungen liegen in den Beobachtungen über den Einfluß von Witterung und Jahreszeiten auf die Häufigkeit der epileptiſchen Anfälle: von Beau an 273 epileptiſchen Weibern in der Salpetrière (Paris), während nicht ganz 2 Monaten in den Archives gén. de méd. 1833. p. 351; von Delaſiauve an 48 Kranken im Bicêtre (Paris), während 19 Monaten in ſ. Traité de l'Epilepsie p. 107 ff; und von Leuret an 70 Kranken im Bicêtre während 1 Jahre, in den Archives gén. de méd. 1853 T. II. p. 46. — Ich habe dieſe Beobachtungen unter einander und mit E. Bouvard's pariſer Beobachtungen über den Witterungseinfluß verglichen, und im Allgemeinen berechtigt dieſer Vergleich zu obigen Bemerkungen. Die Beau'ſchen Beobachtungen ließen gar keinen Bezug der epileptiſchen Anfälle zu den, im Journal de phys. verzeichneten gleichzeitigen meteorologiſchen Zuſtänden erkennen. — Auch aus den Delaſiauve'ſchen Beobachtungen ließ ſich nichts für den Einfluß der Temperatur, Näſſe und Trockenheit der Witterung folgern; deutlicher erſcheint hier eine Abhängigkeit der Anfälle von der Windrichtung. Während aber nach E. Bouvard's mehrerwähnten pariſer Beobachtungen dieſelbe Mondphaſe, bei welcher der Nordoſt im Maximum weht, den Südweſt im Minimum mitführt, ſtehen ſich nach Delaſiauve's Beobachtungen beide Winde in dem Einfluſſe auf die Zahl der epileptiſchen Anfälle

(Attaques) nahe; der Südweſt aber hat (namentlich bei den Tombés) doch einen gewiſſen Vorrang in Beförderung der Epilepſie, indeß er bei dem letzten Viertel, welches die Epilepſie am meiſten fördert, faſt im Minimum iſt. Ueber den Einfluß der Jahreszeiten differiren die Reſultate von Delaſiauve und Leuret ſehr. Doch ſcheint nach beiden übereinſtimmend ein nicht zu vernachläſſigender Unterſchied in der Häufigkeit der epileptiſchen Anfälle zu den Solſtitien und Aequinoctien ſtattzufinden; und Leuret erklärt, daß die Gewitter nicht ohne Einfluß ſeien. — Wahrſcheinlich übrigens giebt es noch anderweite Beobachtungen über den Einfluß der Witterung auf Epilepſie, die ich jedoch nicht kenne.

Hienach ſcheinen der Einfluß des Mondes auf die Witterung und auf die Epilepſie in der That vielmehr parallele Einflüſſe gleicher Ordnung als der letzte durch den erſten vermittelt. Und dieſer Anſicht kommt zur Hülfe, daß wir auch einen Einfluß des Mondes auf den Stoffwechſel kennen lernen werden, den man nicht wohl als durch einen Witterungseinfluß vermittelt anſehen kann. Sollten aber dennoch die Einflüſſe auf den Lebensproceß nur hiedurch zu Stande kommen, ſo würde ein indirecter Einfluß immerhin ein Einfluß bleiben.

Erinnern wir nun noch daran, daß die Epilepſie ſeit Alters vorzugsweiſe vor andern Krankheiten als unter dem Einfluſſe des Mondes ſtehend betrachtet worden iſt. Nach mehreren Angaben (von Hughes für Barbados, Bruce und Kruſe für Sennaar) läßt ſich vermuthen, daß ſie beſonders in heißen Klimaten dieſem Einfluſſe unterliegt. — Einzelbeobachtungen bei uns werden verſchiedentlich angeführt, theils im negativen, theils poſitiven Sinne, die ich, als weder nach einer, noch nach der andern Seite durchſchlagend hier übergehe. Von negativen Einzelbeobachtungen verdient beſonders die von Eiſenlohr (in Pogg. Ann. XXX. 99.) Rückſicht. Die Abhängigkeit der Periode epileptiſcher Anfälle von der Mondsperiode, welche Schweig in Roſer und Wunderlich Arch. IV. 234 bei einem Individuum findet, halte ich für künſtlich herausgerechnet. Ein weiteres Detail über Einzelfälle wäre hier überflüſſig.

Außer epileptiſchen Anfällen ſollen auch andere Arten krampfhafter Anfälle nach mehrfachen Angaben dem Mondeinfluſſe unterliegen; insbeſondere werden für aſthmatiſche Anfälle Beiſpiele von v. Helmont, Floyer, Bennet, Reil u. A. angeführt.

Ich gehe jetzt zum Einfluß des Mondes auf die Fieber unter den Tropen über. Hier wären genauere Aufzeichnungen wünſchenswerth als wir haben; indeß erlangen ſie durch ihre Häufung ein gewiſſes Gewicht in ſo fern, als ihnen, ſo viel ich weiß, keine widerſprechenden Angaben entgegenſtehen, und es an beſtimmten Datis doch nicht ganz dabei fehlt. Ich theile das von mir darüber Vorgefundene in folgender Einſchaltung mit, und zwar größtentheils wörtlich, um den Mangel an Genauigkeit in den Angaben nicht noch durch eine unvollſtändige Mittheilung zu vermehren.

„Indem ich," ſchreibt Jackſon*) „aus Jamaica, am Ende des Jahres meinen Kalender überſah, (in dem ich auf weißen Blättern beſtimmt die Anfälle aller Fieber bezeichnete, die ich zu behandeln bekam), ſo fand ich, daß unter 30 Fällen eines eigentlich nachlaſſenden Fiebers der Eintritt von acht und zwanzig auf einen von den 7 Tagen fiel, welche unmittelbar vor dem Neu- und Vollmond hergehen, d. h. im zweiten und letzten Viertel. Jene Methode ſetzte ich auch im folgenden Jahre fort, und das Reſultat war zwar nicht völlig daſſelbe, aber dem vorigen ähnlich. Unter 28 Fällen fielen 22 in die eben erwähnte Periode, d. h. in das zweite und letzte Viertel des Mondes. Es verdient aber bemerkt zu werden, daß drei unter den ſechs Fällen, die nicht in der gewöhnlichen Periode erſchienen, genau an dem Tage des Neumondes ſelbſt wenige Stunden nach dem Mondeswechſel, eintraten. Außer dieſen Fällen eigentlich remittirender Fieber, fand ich in meinem Kalender auch noch eine Menge leichte fieberhafte Unpäßlichkeiten und langwierige Fieber, unter welchen die größte Zahl in die gewöhnliche Periode fiel.“

---

*) Jackſon, über die Fieber in Jamaica. 1796. S. 68

„Im Jahre 1778 begab ich mich wieder zur Armee nach Amerika, und fuhr fort, meine in Weſtindien angefangenen Beobachtungen über dieſen Gegenſtand anzuſtellen. Das Regiment, worin ich diente, hatte ſich im Junius und Julius in einer geſunden Gegend von Neu-England gelagert. Selten kamen Fieber vor; und wenn ſie erſchienen, ſo ſchränkte ſich die Zeit ihres Eintritts hauptſächlich auf das zweite und letzte Viertel des Mondes ein. Im Anfange des Auguſts wurde das Lager nach Kings-Bridge verlegt, wo das Terrain ſehr ungeſund war. Bald erſchien ein Wechſelfieber und verbreitete ſich durch das ganze Bataillon, am ſtärkſten aber wüthete es auf der rechten Seite des Lagers, das von niedrigem und ſumpfigem Boden umgeben war. Auch in dieſem Klima wuchs die Zahl der Kranken bei der Annäherung des Neu- und Vollmondes; allein dieſer Zuwachs war doch geringer im Verhältniß auf der Seite, die näher an dem Sumpfe lag, und wo die Krankheit im höchſten Grade epidemiſch herrſchte, als auf der andern Seite, wo dieſelbe in einem weit geringeren Grade vorhanden war. Als endlich das Regiment im Anfange des Novembers dieſe Stellung verließ, ſo waren die Zeit über unter 100 aufgezeichneten Fällen 80 in der gewöhnlichen Periode, d. h. im 2. und letzten Viertel eingetreten. Auf die Rückfälle bezog ſich das Verhältniß in geringerem Maße. Mein Regiment ſchiffte ſich im November zu einem ſüdlichen Feldzuge ein, und kam zu Ende des Jahres an den Ort ſeiner Beſtimmung in Georgien. Es blieb darauf in dieſer Provinz, campirte in den Carolinas bis zur Uebergabe von Yorke-Town. Während dieſes Zeitraumes bemerkte ich noch immer denſelben Gang der Krankheiten; aber da ich meine Bemerkungen darüber verloren habe, ſo kann ich gegenwärtig die Art und Weiſe dieſes Einfluſſes nicht beſtimmen. Indeſſen weiß ich mir ſo viel mit Gewißheit zu erinnern, daß auch während der heftigſten Epidemie, wo der Einfluß des Mondes auf die Krankheiten offenbar geſchwächt war, die Zahl der Kranken dennoch um den Neumond und Vollmond herum gewöhnlich noch einmal ſo groß war."

Leonard Gillespie*), engliſcher Flotten- und Hospitalarzt auf der Inſel St Lucie, ſagt in einer Abhandlung über die faulen oder ſcorbutiſchen Geſchwüre: „Ich meines Orts bin von den Wirkungen und dem Einfluß der Mondes-Veränderungen auf den menſchlichen Körper, wenn ſolcher ſchon zu Krankheiten disponirt iſt, ſo ſehr überzeugt, daß nach meiner Meinung die Aerzte nicht nur mit Sydenham auf die Tag- und Nachtgleichen Achtung geben, ſondern, wie der durch die Erfahrung gelehrte Schiffmann und Landmann eine Veränderung in der Atmoſphäre zur Zeit des Vollmondes und Neumondes erwartet, auch in der Beſchaffenheit der Krankheiten um dieſe Zeit einige Veränderungen erwarten ſollten. So muß eine jede Perſon, die mit einem Wechſelfieber in einer ungeſunden und zwiſchen den Wendecirkeln gelegenen Gegend behaftet geweſen iſt, nothwendig die alle 14 Tage erfolgende regelmäßige Rückkehr der Anfälle bemerkt haben, die mit der Zeit des Voll- und Neumondes übereintrifft. Ich ſelbſt habe mich bei meinem Aufenthalt auf der Inſel St. Lucie eine lange Zeit über genöthigt geſehen, allemal um den Neu- und Vollmond Fieberrinde zu gebrauchen, und ich habe Gelegenheit gehabt, die Rückkunft vieler anderer Krankheiten ſowohl als Wechſelfieber zu der gedachten Zeit zu bemerken."

Beſonders ausführlich hat ſich Dr. Franz Balfour nach in Oſtindien gemachten Beobachtungen über den Einfluß von Sonne und Mond auf die daſelbſt vorkommenden fauligen remittirenden Inteſtinalfieber verbreitet*), und dieſe Ausführlichkeit geſtattet nicht, ihm hier ins Specielle zu folgen. Es genüge folgende Zahlenangabe deſſelben anzuführen, die er übrigens ſelbſt nur als eine ungefähre giebt. Hienach verhielt ſich die Zahl der Fieber, welche in der Woche ausbrachen, die den Neumond oder Vollmond in der Mitte haben, zur Zahl der Fieber, welche in den Zwiſchenwochen ausbrachen, ungefähr = 90:10. Er geht in größere Specialitäten ein; hinſichtlich deren ich auf die künftige Schrift verweiſen muß.

---

*) London med. Journ. VI. p. 373 oder Samml. auserleſ. Abhandl. z. Gebr. f. prakt. Aerzte. 1787. XII. S. 177.

Die bisher angeführten Angaben beruhen auf Beobachtungen aus früherer Zeit; aber es fehlt auch nicht an neuern Beſtätigungen.

Annesley**) ſagt in ſeinem ſchätzbaren Werke über die Krankheiten Indiens: „I must express my belief that the doctrine so warmly contended for by Dr. Balfour, respecting sol-lunar influence in the production of fevers, and in occasioning relapses, is founded in a correct observation of the phenomena connected with the causation of these diseases.“

Burnard***) conſtatirte den Mondeinfluß in der Fieberepidemie von Arracan im J. 1825: „Relapses in febrile form were commonly decided intermittents, and were particularly apt to take place about the periods of new and full moon, in this respect obeying the same laws as fevers of tropical climates in general.“

Dr. Ed. Jörg†) ſchreibt von ſeinem 8jährigen Aufenthalte in Habana auf Cuba:

---

*) Dr. Franz Balfour's neues Syſtem über die faulen nachlaſſenden Inteſtinalfieber und den Sonnen- und Mondeinfluß auf dieſelben u. ſ. w. A. d. Engl. 1792.

**) Diseases of India p. 524; hier nach Heuſinger Rech. de pathol. comp. I. p. 637.

***) Calcutta Transact. III. p. 52, hier nach Heuſinger Rech. de pathol. comp. I. p. 637.

†) Ed. Jörg Darſtellung des nachtheiligen Einfluſſes des Tropenklimas. S. 23.

„Auf alle Fieberkranke, beſonders in nervöſen Fiebern, hat der Mond einen entſchiedenen Einfluß und vorzüglich iſt es der Neumond, der ſich hiebei im höchſten Grade nachtheilig äußert. Nach mehrjähriger Erfahrung mußte ich auch hierin dem Monde ſein Recht einräumen und mich daran gewöhnen, während heftiger Epidemieen an dieſen Tagen immer die ſchlimmſten Fälle in Behandlung zu haben. Beſonders äußert ſich des Mondes verſchlimmernde Wirkung auf gelbe Fieberkranke in der Vermehrung der nervöſen und entzündlichen Symptome mit ſchnell darauf folgender Erſchöpfung. Es iſt von großem praktiſchen Werthe, auch dieſen Umſtand zu kennen, und gerade während der Zeit des Neumondes doppelt vorſichtig zu ſein, und anſcheinenden Beſſerungen, denen die erneute Verſchlimmerung in der Regel ſehr ſchnell folgt, nicht zu viel zu trauen“.

Nach dieſer großen Menge von ältern und neuern Zeugniſſen wäre es nun mindeſtens die größte Voreiligkeit, den Mondeinfluß auf die Fieber unter den Tropen ohne genauere Unterſuchung leugnen zu wollen. Zahlenverhältniſſe, wie ſie von Jackſon und Balfour gegeben werden, müſſen ſogar an ſich als völlig entſcheidend erſcheinen. Nur der Mangel einer Garantie für die Genauigkeit der Beobachter kann Zweifel übrig laſſen; und zuzugeſtehen bleibt im Allgemeinen, daß nur eine methodiſch durchgeführte Beobachtungsreihe mit genauer Regiſtrirung und Summirung der Fälle, wie ſie freilich von jenen Beobachtern nicht vorliegt, eine vollgültige Entſcheidung wird geben können.

Auch will ich einige Widerſprüche nicht vorbeilaſſen, die ſich zwiſchen den Angaben der Beobachter vorfinden. Nach Balfour ſollen nicht nur die Tage, die dem Neumonde und Vollmonde vorangehen, ſondern auch die darauf folgenden zu Anfällen und Rückfällen der Fieber disponiren, während nach

Jackſon dieß nur von den vorangehenden gilt: Jackſon ſelbſt iſt dieſes Widerſpruches gewahr geworden; und hält ſeine Beobachtung gegen die von Balfour aufrecht. Jörg mißt dem Neumond einen vorwiegenden Einfluß über alle andern Phaſen bei; indeß bei den übrigen Beobachtern Vollmond und Neumond gleich ſtehen. Dieſe Widerſprüche können Mißtrauen erwecken, betreffen indeß doch nur untergeordnete Beſtimmungen; der vorwiegende Einfluß fällt nach Allen immer auf oder um beide oder eine der Syzygien.

Auch der Anſicht Lind's über den Grund des Mondeinfluſſes auf die Fieber iſt unter dem, was in Gegenerwägung zu bringen iſt, zu gedenken.

Jaques Lind*) hatte früherhin in Oſtindien einen großen Einfluß der Mondwechſel auf remittirende Fieber zu finden geglaubt. Später**) nimmt er dieß ſelbſt zurück, und erklärt ſich dahin, das, was man hiebei dem Mondwechſel zuſchreibe, rühre blos von der Sumpfluft, von den mit Moraſt und Schlamm bedeckten Reisfeldern, her, wenn die moraſtigen Ufer des Meeres bei der Ebbe unbedeckt blieben.

Hiegegen erklärt ſich nun zwar Jackſon (die Fieber in Jam. S. 66), indem er den gleichen Einfluß auch im Innern des Landes gefunden haben will. Indeſſen gälte es doch, den von Lind geltend gemachten Umſtand künftig noch ganz beſonders zu berückſichtigen.

Daß der Mond einen Einfluß auf die Fieber habe, iſt übrigens auch ſchon eine alte Galeniſche Anſicht (De dieb. decretor. L. III. C. 2. 3. 5. 6 et 8). Einige, doch nicht entſcheidende Beobachtungen über dieſen Einfluß in europäiſchen Klimaten ſind von Ramazzini, Diemerbroek u. A. mitgetheilt worden.

Gelegentlich mag erwähnt werden, daß auch einige Angaben über den Einfluß des Mondes auf die Choleraepidemien von **Orton** in Oſtindien und von **Nylander** in Helſingfors vorliegen, die jedoch weder für ſich hinreichend beweiſend, noch unter einander in Betreff der Art des Einfluſſes übereinſtimmend ſind. (Vgl. **Orton**, in Stark allg. Pathol. I. S. 280. **Nylander** in „Rückblick auf die Erfahr. u. Leiſt. im Geb. der Cholera, von Hirſch, S. 5“.)

---

*) Lind, Dissert. de febre putrida in Bengalia. ann. 1762. Auserleſ. Abhandl. f. prakt. Aerzte. XII. 546.

**) Hier nach Balfour u. Spit. üb. die faulen nachlaſſ. Inteſtinalfieber S. VII.

Die vorigen Beiſpiele betrafen einen Einfluß des Mondes auf den kranken Körper. Sollte aber der geſunde unempfänglich dafür ſein?

Sanctorius*) ſagt: „Corpora virorum sana et moderatissimo victu utentia, singulis mensibus fiunt solito ponderosiora, unius scilicet duarumne librarum pondere et redeunt ad consuetum pondus circa finem mensis, ad instar mulierum, sed facta crisi per urinam paulo copiosiorem, vel turbidiorem.“

Alſo nach **Sanctorius** wird der geſunde Körper innerhalb eines (doch wohl ſynodiſchen) Monates abwechſelnd um ein paar Pfund ſchwerer und leichter, und zwar, wie es nach der nicht ſehr genauen Angabe ſcheint, zu Anfange ſchwerer, gegen Ende wieder leichter.

Unſtreitig hat man Recht, auf eine derartige, nicht mit beſtimmten Datis belegte Angabe**) nicht viel zu geben, wenn ſchon man weiß, mit welchem Fleiße und welcher Ausdauer **Sanctorius** Beobachtungen über die durch den Stoffwechſel bedingten Gewichtsveränderungen des Körpers angeſtellt hat, ſo daß vorauszuſetzen, dieſe Angabe werde nicht in den Wind geſchrieben ſein. Indeß ſtatt die Verſuche zu wiederholen, hat man es bequemer gefunden, ihnen zu widerſprechen. Und ſo fragt ſich heute noch, wie es damit ſteht.

---

*) De stat. med. Aph. Sat. I. Aph. LXV.

) Ich kann nicht verſichern, ob nicht anderwärts, als an der citirten Stelle, doch beſtimmtere Belege von **Sanctorius gegeben ſind.

Nun aber hat **Schweig**, der für den Einfluß des Mondes auf die organiſchen Verhältniſſe ungefähr eine ähnliche Bedeutung hat, als **Schübler** für den Einfluß auf die meteorologiſchen*), Beobachtungen angeſtellt, die inſofern einen gewiſſen Bezug zu den Sanctorius'ſchen haben, als ſie auch den Einfluß des Mondes auf den Stoffwechſel betreffen.

Schweig**) prüfte in dieſer Hinſicht die Menge der Harnſäure, welche an den ſucceſſiven Tagen des ſynodiſchen und anomaliſtiſchen Monats abgeſondert wird, indem er (wie

---

*) **Schweig**'s tropiſche Perioden und einiges Andere in ſeinen „Unterſuchungen üb. die period. Vorgänge“ möchte ich allerdings ſo wenig vertreten, als ſeine Unterſuchungen über den Einfluß des Mondes auf die Periodicität der epileptiſchen Anfälle. Wogegen ſeine Data (in Roſer und Wunderlich's Arch. Jahrg. III u. IV) über den Bezug der Periodicitas Catameniorum nicht zum ſynodiſchen Monate von 29½ Tagen (wozu nach **Parchappe**'s u. A. Beobachtungen kein bemerkbarer Bezug ſtattfindet), aber zum anomaliſtiſchen (Erdnähe und Erdferne betreffend), von 27½ Tagen große Aufmerkſamkeit verdienen. Vgl. über den Unterſchied des ſynodiſchen und anomaliſtiſchen Monats S. 143.

) **Schweig, Unterſuchungen über die periodiſchen Vorgänge. Karlsruhe. 1842.

mich dünkt, allerdings ohne hinreichenden Beweis) die Production der Harnſäure als „einen nahezu parallelen Ausdruck für die Intenſität der geſammten Ernährung“ hält. Was ihn jedoch hauptſächlich veranlaßte, ſich an ſie vorzugsweiſe vor andern Secretions- oder Excretionsproducten zu halten, war der, für eine lange fortgeſetzte Beobachtungsreihe wichtige Umſtand, daß ſie eine bequeme Beſtimmung geſtattet. Er ſetzte dieſe Unterſuchung mit großer Ausdauer fünf ſynodiſche Monate lang an ſich ſelbſt bei ſehr gleichförmiger Lebensweiſe fort, indem er die geſammte Menge täglich abgeſonderter Harnſäure beſtimmte. Ich werde das Detail dieſer Beobachtungsreihe in meiner künftigen Schrift anführen, und begnüge mich hier, die Hauptverhältniſſe derſelben zu discutiren.

Da eine Beobachtungszeit von fünf Monaten bei Weitem noch nicht hinreichen kann, den Einfluß der Zufälligkeiten auf die Mittelwerthe einzelner Tage auszugleichen, wie denn der Gang derſelben noch ſehr unregelmäßig iſt, ſo wollen wir, mit Rückſicht auf die früher S. 230 ff. gemachten Bemerkungen, dieſer Ausgleichung dadurch zu Hülfe zu kommen ſuchen, daß wir ſtatt den Gang und die Verhältniſſe einzelner Monatstage ins Auge zu faſſen, halbmonatliche Perioden dazu anwenden. (Die Specialwerthe, die den folgenden Zuſammenſtellungen unterliegen, ſind über den graphiſchen Darſtellungen zum Schluß von Schweig's Schrift zu finden.)

Hier folgt die Reihe der Summen abgeſonderter Harnſäure, die man aus den 5 Beobachtungsmonaten Schweig's erhält. Darin bedeutet die erſte Zahl 29,013 die Summe, welche während der 15 erſten Tage des ſynodiſchen Monats, mit dem Neumond als 1 beginnend und mit dem 15. ſchließend, abgeſondert worden; die zweite 29,156 die Summe, die während der 15 Tage abgeſondert wurde, die mit dem 2. Tage des ſynodiſchen Monats beginnen, und mit den 16. ſchließen u. ſ. f., ſo daß alſo jede der Summen ſich in 14 Tagen mit der vorhergehenden deckt. Der Monat wird in ſich zurücklaufend gedacht, ſo daß alſo z. B. die Summe für den Tag 30, außer dem Werthe für den Tag 30, die Summe für die Tage 1 bis 14 enthält. Es ſind in dieſen Summen nicht die Zahlen für einen einzelnen der 5 Beobachtungsmonate angegeben, ſondern für alle 5 zuſammenaddirt. Maximum- und Minimumſumme ſind im Druck hervorgehoben. Einige Summen, die aus dem regelmäßigen Gange heraustreten, ſind mit ! bezeichnet (ſ. Tabelle S. 364.).

Da in der Originaltabelle die Werthe für einige Tage fehlen, ſo ſind dieſe interpolirt, und die interpolirten Werthe geben in vorſtehende Summen mit ein. Für die 4 fehlenden Tage des 1. Monats im Beginn der Beobachtungen des Verfaſſers ſind reſpectiv die Werthe 0,429; 0,361; 0,422; und 0,352 interpolirt, nach folgendem Verfahren: Da in den übrigen Monaten außer dem erſten die Werthe für die 4 betreffenden Tage vorhanden ſind, ſo wurden daraus die Mittelwerthe für dieſe 4 Tage beſtimmt. Dieſe konnten jedoch nicht unmittelbar in den erſten Monat für die fehlenden Tage ſubſtituirt werden, weil ſich zeigte, daß der erſte Monat in Summa für die Tage, deren Werthe da ſind, im Verhältniß $\frac{11,412}{10,558}$ ſtärkere Werthe giebt, als der Durchſchnitt der andern Monate für dieſelben Tage. Daher ſind

Funfzehntägige Summen abgeſonderter Harnſäure binnen 5 ſynodiſchen Monaten, vom Neumond als 1. an, in Grammen, von Schweig.

Monatstag	Harnſäure	Monatstag	Harnſäure
1	29.013	16	32.123
2	29.156	17	31,980
3	29.323	18	31,813
4	29.371	19	31,765
5	29.724	20	31,412
6	30.256	21	30,880
7	30.802	22	30,334
8	31.074 !	23	30,062 !
9	30.984	24	30.152
10	31,025	25	30.111
11	31.467	26	29.669
12	31.546	27	29.590
13	**32,248**	28	**28,888**
14	32,004 } !	29	29.132 } !
15	31.932	30	29.204

Mittel 30,568.

die Mittelwerthe jener 4 Tage nach dem demgemäßen Verhältniß durch Multiplication mit dem Factor $\frac{11.412}{10.558}$ vergrößert und ſo obige 4 Zahlen erhalten werden. — Für die inmitten der Originaltabelle fehlenden Werthe iſt das Mittel der Werthe der Tage, zwiſchen die ſie fallen, angenommen. Für den zu Ende der Beobachtungen fehlenden Werth iſt 0.413 als Mittel aus dem letzten Werthe und erſten Werthe der betreffenden Monatsſpalte (0,458 und 0,367) angenommen.

Faßt man nun die Reihe dieſer Summen ins Auge, ſo fällt zuvörderſt der faſt ganz regelmäßige Gang derſelben ins Auge, der nur bei den 2 mit ! bezeichneten Stellen auf jeder Seite der Tabelle eine Ausnahme erleidet. Bezeichnet man Zunahme und Abnahme zwiſchen den aufeinanderfolgenden Werthen durch + und — eben ſo wie es in den Tabellen S. 237 und S. 240 geſchehen iſt, ſo findet man (die Reihe der Werthe in ſich rücklaufend gedacht) nur 8 Zeichenwechſel und 22 Zeichenfolgen, indeß man bei ganz zufällig zuſammengewürfelten Werthen nach der Summation gleichviel Zeichenwechſel und Zeichenfolgen zu erwarten gehabt hätte (vgl. S. 233 ff.).

Als Erfolg der Summationsmethode und nicht als Zeichen einer Geſetzlichkeit der Reihe iſt zu betrachten, daß jede Zahl auf der einen Verticalſeite der Tabelle ſich mit der in gleicher Horizontale ſtehenden der andern zur Summe 61.136 Grammen ergänzt, und daß demgemäß Zunahme und Abnahme auf beiden Seiten ſymmetriſch zu einander erfolgt. Aber die Summationsmethode hat nicht die Macht, die Werthe jeder Verticalſpalte für ſich in regelmäßige Ordnung zu ſtellen, wenn nicht ſchon den Einzelwerthen eine Regel unterliegt.

Weiter kann man bemerken, daß die Summe 29,013, welche (mit Tag 1 als Anfang) den 15 Tagen des zunehmenden Mondes zugehört, erheblich (ungefähr um das mittlere Abſonderungsquantum von $1^1/_2$ Tag) kleiner als die Summe 32,123 iſt, welche (mit 16 als Anfang) den 15 Tagen des abnehmenden Mondes zugehört (Verhältniß beider Summen 1,0000 : 1,1072), und daß dieſe beiden Summen überhaupt in Lage und Größe beinahe mit der kleinſten und größten zuſammenfallen, welche 28,888 und 32,248 ſind, und reſpectiv dem 28. und 13. als Anfang zugehören.

Summirt man die Werthe für unpaare und paare Tage in ähnlicher Weiſe, als wir es früher S. 148 ff.

bei den Witterungseinflüſſen gethan, ſo erhält man für die Summe der unpaaren 31,061, für die der paaren 30,075. Der Unterſchied zwiſchen beiden, der uns wie früher, eine Andeutung geben kann, was etwa von Zufälligkeiten zu erwarten iſt, beträgt nur 0,996 Grammen, indeß er zwiſchen zunehmendem und abnehmendem Mond 3,110 Grammen, und zwiſchen dem wirklichen Maximum und Minimum der Summen 3,360 Grammen beträgt. Schon dieß ſpricht dafür, daß letztere Unterſchiede nicht blos von Zufälligkeiten abhängen.

Noch entſchiedener aber geht dieß hervor aus folgenden Punkten:

Verfolgt man die Größe der Harnſäure-Abſonderung durch die 5 Beobachtungsmonate hindurch, ſo findet man, daß ſie wegen irgend eines unbekannten Umſtandes continuirlich vom erſten bis zum letzten Monate abnimmt. Denn ſie beträgt (unter Mitrechnung der interpolirten Werthe) im

1.	Monat	13,006	Grammen
2.	„	12,794	„
3.	„	12,079	„
4.	„	11,637	„
5.	„	11,620	„

Schweig fängt in ſeinen Tabellen, aus beſondern Gründen, jede Monatsſpalte mit dem Tage **vor** dem Neumond an. Bei vorſtehender Summirung habe ich, um mich den Originaltabellen möglichſt anzuſchließen, dieſen Tag vor dem Neumond, nicht den Tag vor dem nächſten Neumond, in die Summe des erſten Monats aufgenommen u. ſ. f. bei den übrigen Monaten. Natürlich iſt es an ſich gleichgültig, bei welchem Tage des ſynodiſchen Monats man zu zählen anfängt, wenn man nur die Summe der Tage der Periode voll macht. Eben ſo iſt auch bei der Abtheilung der einzelnen Monate in zunehmenden und abnehmenden Mond weiter unten verfahren. Jede Monatsſpalte des Verfaſſers iſt für ſich in Tage des zunehmenden und abnehmenden Mondes getheilt. — Die ganze Beobachtungsreihe geht vom 23. Nov. 1840 bis 19. April 1841.

Sollte nun der Mondlauf keinen Einfluß haben, ſo hätte man zu erwarten, daß dieſe continuirliche Abnahme nicht nur ſichtbar wird, wenn wir die ganzen Monate, ſondern auch wenn wir die halben Monate nach einander ins Auge faſſen, wogegen, wenn der abnehmende Mond eine Vermehrung, der zunehmende Mond eine Verminderung der Abſonderung bewirkt, ſich dieß in einem Wechſel der Abnahme und Zunahme zeigen muß. Sehen wir nun zu, wie ſich die Sache ſtellt. Man findet nach einander folgende Summen für je 15 aufeinanderfolgende Tage, (den Neumond als 1. Tag des zunehmenden, den Vollmond als 1. Tag des abnehmenden Mondes betrachtet):

1.	Monat,	zun.	M.	6,073	Grammen	
„	„	abn.	„	6,933	„	
2.	Monat,	zun.	M.	6.215	„	
„	„	abn.	„	6.579	„	
3.	Monat,	zun.	M.	5.485	„	
„	„	abn.	„	6,594	„	
4.	Monat,	zun.	M.	5,958	„	
„	„	abn.	„	5.679	„	!
5.	Monat,	zun.	M.	5.282	„	
„	„	abn.	„	6,338	„	

Sonach zeigt ſich mit einziger Ausnahme des mit ! bezeichneten abnehmenden Mondes im 4. Monat, der im

Verhältniß zum zunehmenden Monde deſſelben Monats aus der Regel heraustritt, eine durchaus regelmäßige Abwechſelung der Zunahme und Abnahme.

Was aber die Ausnahme anlangt, ſo kann ſie theils von noch nicht hinreichend ausgeglichenen Zufälligkeiten abhängen, theils darauf beruhen, daß die continuirliche monatliche Abnahme zu dieſer Zeit ſo groß war, um die periodiſche Zunahme, welche dem abnehmenden Monde zugehört, zu überwiegen; wie denn wirklich der Werth des abnehmenden Mondes im 4. Monat durch ſeine Kleinheit fehlt.

Um das Verhältniß des zunehmenden und abnehmenden Mondes für die ſucceſſiven monatlichen Abtheilungen der Beobachtungsreihe unabhängig von der continuirlichen Abnahme wegen der Jahreszeit zu erhalten, wollen wir nun jede der Zahlen der vorigen Tabelle mit dem Mittel der Zahlen, zwiſchen die ſie fällt, vergleichen, wodurch wir in den Stand geſetzt werden, den Grad der Uebereinſtimmung zu beurtheilen, der zwiſchen den Einzelbeſtimmungen für die verſchiedenen Abtheilungen der Beobachtungsreihe ſtatt hat. (S. Tab. S. 379.)

Wie man ſieht, ſtimmen alle 8 Beſtimmungen dahin überein, den Werth des abnehmenden Mondes größer als den des zunehmenden finden zu laſſen, und der Werth des Verhältniſſes bleibt ſich überall ſehr nahe gleich. Das definitive Reſultat iſt, daß die entleerten Mengen Harnſäure während des abnehmenden und zunehmenden Mon-

Abnehmender Mond	Zunehmender Mond	Verhältniß
6.933	6.144	1,1284
6.756	6.215	1,0871
6.579	5.850	1,1246
6.587	5,485	1,2009
6.594	5.722	1,1524
6,136	5,958	1,0299
5,679	5,620	1,0105
6,009	5,282	1,1377
51,273	46,276	1,1080

des ſich wie 1,1080:1,0000 verhalten, oder nahe wie 11:10.

Hienach ſchiene die alte Anſicht, daß der zunehmende Mond Anfüllung, der abnehmende Entleerung des Körpers zuwege bringt, doch einigen Grund zu haben. Freilich kann die Unterſuchung eines einzigen Excretionsbeſtandtheiles noch keinen allgemeinen Satz begründen.

Das Reſultat ſelbſt aber kann um ſo weniger angezweifelt werden, als die Beobachtungen demſelben nicht irgendwie angepaßt ſein konnten. Denn abgeſehen, daß kein Grund iſt, an der Treue des Beobachters zu zweifeln, hat derſelbe ihnen dieß Reſultat gar nicht einmal abzugewinnen geſucht, indem er hier vielmehr theils Wirkungen des anomaliſtiſchen Mondlaufs, worauf ich ſpäter zurückkomme, theils eines andern Verhältniſſes der Periodicität, der ſog. tropiſchen Fluctuation in ſechstägigen Epochen, ſieht, welches ich geſtehe, vielmehr für künſtlich, als in der Natur begründet zu halten.

Ich habe zunehmenden und abnehmenden Mond verglichen, weil dieſe Abtheilungsweiſe ihr beſonderes Intereſſe hat, und der Abtheilung in Minimum- und Maximumſumme doch ſehr nahe kommt, wenn ſchon ſie (möglicherweiſe wegen noch nicht ausgeglichener Zufälligkeiten) nicht genau damit zuſammentrifft. Unterwirft man die wirkliche Maximum- und Minimumſumme, mit dem 13. und 28. als Anfang, einer ähnlichen Behandlung für die einzelnen ſucceſſiven Monate, ſo zeigt ſich die abwechſelnde Ab- und Zunahme der Summen, die wir für abnehmenden und zunehmenden Mond nur mit einer Ausnahme fanden, ſogar ganz ausnahmslos, und die Uebereinſtimmung der 8 Einzelbeſtimmungen noch frappanter als bei abnehmendem und zunehmendem Monde. Um nicht zu weitläufig zu werden, übergehe ich hier die Mittheilung dieſer Berechnung, da ſie das vorige Reſultat nur noch etwas verſtärkt wiedergiebt.

Unſtreitig mußte es in hohem Grade erwünſcht ſein, für ſo auffallende Reſultate noch eine Beſtätigung an andern Individuen zu erhalten. Schweig hat auch hiefür bis zu gewiſſem Grade geſorgt, indem er entſprechende Beobachtungen als an ſich ſelbſt auch an einem andern Individuum vornahm, die jedoch blos etwas über 3 Monate fortgeſetzt ſind; und nach ſeiner eigenen Angabe nicht gleiche Zuverläſſigkeit beſitzen, ſondern nur zu einer allgemeinen Controle der vorigen zu dienen beſtimmt ſind; denn das Subject habe ſich nicht unter den Bedingniſſen eines durchaus normalen Zuſtandes befunden; es ſei auch auf die Diät keine Rückſicht genommen werden, und es hätten noch viele andere ſtörende Momente eingewirkt, wodurch den Anforderungen einer exacten Beobachtung nicht entſprochen ſei. Die täglich entleerte Menge der Harnſäure war überdieß bei dieſem zweiten Individuum ohne Vergleich geringer, als bei Schweig.

Jch habe mich indeß durch dieſe Bemerkungen nicht abhalten laſſen, die Beobachtungen an dieſem zweiten Individuum einer gleichen Behandlung zu unterwerfen, als die, welche Schweig an ſich ſelbſt anſtellte, in der Hoffnung, daß durch 15tägige Summen auch etwas beträchtlichere Unregelmäßigkeiten näherungsweiſe ausgeglichen werden könnten; und gebe hier die Reſultate, die in der That durch ihre große Uebereinſtimmung mit den Reſultaten, welche die eigenen Beobachtungen Schweig's liefern, in hohem Grade überraſchen müſſen.

Jn folgender Tabelle ſind blos die Ergebniſſe der vollen Monate zuſammengezogen, das außerdem vorhandene Bruchſtück eines Beobachtungsmonates aber, um für alle Monate analoge Mittelwerthe zu behalten, bei Seite gelaſſen. Betreffs der Interpolation einiger fehlenden Werthe wurde wie bei der obigen Tabelle verfahren. Multiplicator der Mittel für die erſten 4 fehlenden Werthe $\frac{\text{[illegible]}}{2,011}$. (Siehe Tabelle IV. S. 382.)

Wiederum bemerken wir im Gange dieſer Summen, mit Ausnahme der mit ! bezeichneten, eine vollkommene Regelmäßigkeit; wieder iſt die Summe 3,612, welche den 15 Tagen des abnehmenden Mondes zugehört, entſchieden größer als die Summe 2,894, welche den 15 Tagen des zunehmenden Mondes zugehört, und nähert ſich in Lage

Fünfzehntägige Summen abgeſonderter Harnſäure binnen 3 ſynodiſchen Monaten, vom Neumond als 1. an, in Grammen, an einem zweiten Individuum.

Monatstag	Harnſäure	Monatstag	Harnſäure
1	2.794	16	3.612
2	2.937!	17	3.469!
3	2.877	18	3.529
4	2.955	19	3.451
5	3.036	20	3.370
6	3.169	21	3.237
7	3.275	22	3.131
8	3.377	23	3.029
9	3.455	24	2.951
10	3.508	25	2.898
11	3.575	26	2.831
12	3.342	27	3.061
13	3,408 !	28	3.006 !
14	3.538	29	2.868
15	3,669	30	2,737

und Größe dem vollen Maximum und Minimum. Die volle Maximum- und Minimumſumme, reſpective 3,669 und 2,737 gehören nämlich dem 15. und 30. als Anfang zu, was nur um 1 Tag von den Anfangstagen des abnehmenden und zunehmenden Mondes, und um 2 Tage von den Anfangstagen der Maximum- und Minimumſumme der vorigen Reihe abweicht.

Nehmen wir auch hier wieder die Summen für die unpaaren und paaren Tage, ſo finden wir reſpective 3,255 und 3,151, alſo nur einen Unterſchied von 0,104, welcher eine Andeutung giebt, was etwa auf Zufall zu rechnen, indeß der Unterſchied zwiſchen Maximum- und Minimumſumme 0,932, zwiſchen abnehmendem und zunehmendem Mond 0,872 iſt.

Für die einzelnen Beobachtungsmonate erhalten wir, indem wir die entſprechenden Beobachtungsmonate mit denſelben Ziffern als bei Schweig bezeichnen,

2. Monat, zun. M. 0.988
„ „ abn. M. 1.076
3. Monat, zun. M. 0.920
„ „ abn. M. 1.408
4. Monat, zun. M. 0.986
„ „ abn. M. 1.128

alſo wieder einen ausnahmsloſen Wechſel von Zunahme und Abnahme, ohne daß übrigens ſo wie bei Schweig eine continuirliche Abnahme ſichtbar wäre. Nicht minder zeigen die volle Maximum- und Minimumſumme durch alle drei Monate dieſen Wechſel.

Vergleichen wir wiederum jeden der obigen Werthe mit dem Mittel derer, zwiſchen denen er liegt, ſo erhalten wir:

abn. M.	zun. M.	Verhältniß
1.076	0.954	1.1279
1.242	0.920	1.3500
1.408	0.953	1.4775
1.268	0.986	1.2860
4.994	3.813	1.3097

Der Gang der Werthe für die einzelnen Tage des ſynodiſchen Monats iſt bei beiden Individuen viel zu unregelmäßig, als daß ſich über die Lage und Größe ihres Maximum und Minimum ein ſicherer Schluß ziehen ließe.

und eine Uebereinſtimmung darin zwiſchen beiden zu erwarten wäre, obſchon doch dieſe in Betreff der Lage des Maximum (bis auf 1 Tag) ſtatt hat; dagegen findet man in dreitägigen Summen bei beiden ganz übereinſtimmend das Minimum auf den 2. (1 Tag nach Neumond) das Maximum auf den 21. (Mitte zwiſchen 3. Oct. und leztem Viertel) als mittlere Tage fallend; bei Schweig reſpectiv 5,477 und 7,298 Grammen (in 5 Monaten), bei dem andern Individuum 0,395 und 0,962 Grammen (in 3 Monaten), was unſtreitig wieder in hohem Grade frappiren muß. Freilich kann man bemerken, daß Maximum und Minimum nicht um ½ Monat auseinanderlagen, wie im Fall eines periodiſchen Einfluſſes an ſich und nach Analogie mit den meteorologiſchen Mondeinflüſſen zu erwarten; indeſſen wird ſich unten ein wahrſcheinlicher Grund für dieſen Umſtand aufſtellen laſſen.

Nicht ohne Intereſſe iſt es, das Verhältniß zwiſchen Maximum und Minimum der dreitägigen Summen (mit 21 und 2 als Mitteltagen) wieder durch die einzelnen Monate zu verfolgen, um den Grad der Uebereinſtimmung, der zwiſchen denſelben ſtattfindet, zu prüfen. Unter Rückſicht auf die wenigen Beobachtungen, die zu jedem Mittel beigetragen haben, weichen die Einzelbeſtimmungen des Verhältniſſes wieder merkwürdig wenig unter ſich und von dem Geſammtmittel des Verhältniſſes ab. Die Detaillirung hievon, ſowie die mittlere Werthbeſtimmung für die 8 Hauptphaſen, die ich noch unternommen habe, ſei inzwiſchen der Kürze halber hier übergangen.

Beim Einfluſſe des Mondes auf die Witterung haben wir geſehen, daß außer den Phaſen auch die Apſiden des Mondes (Erdnähe und Erdferne) einen Einfluß äußern. Es kann hienach nicht unwahrſcheinlich erſcheinen, wenn deſſelbe in Betreff des Einfluſſes auf das organiſche Leben der Fall iſt [*]. Schweig's Beobachtungen geben Gelegenheit, auch dieſen Punkt zu unterſuchen, indem er außer den Phaſen auch die Apſidentage bei ſeinen Beobachtungen angemerkt hat. Er ſelbſt erkennt einen Einfluß der Apſiden an, und giebt S. 56 ff. ſeiner Schrift eine Zuſammenſtellung der Werthe für die Apſidentage und nächſtgelegenen Tage, wonach um die Zeit des Apogäum etwas mehr Harnſäure abgeſondert wird, als während des Perigäum.

In der That kann man aus ſeinen Beobachtungen ganz ebenſo gut einen Einfluß der Apſiden, als der Phaſen folgern. Indeſſen will ich bemerken, daß ſie überhaupt nicht lange genug fortgeſetzt ſind, um den Einfluß beider recht zu ſcheiden, ſo daß außer den vom Mondlaufe abſeits liegenden Zufälligkeiten, welche die Regelmäßigkeit der Reſultate ſtören, auch eine wechſelſeitige Störung dieſer beiden Einflüſſe bei ſeinen Beobachtungen anzunehmen iſt; und dieß kann ſehr wohl der Grund ſein, weßhalb wir Maximum und Minimum der Phaſenwirkung nicht um $^1/_2$ ſynodiſchen Monat auseinanderliegend gefunden haben, und eben ſo Maximum und Minimum der anomaliſtiſchen Wirkung nicht genau (obwohl nahe) um $^1/_2$ anomaliſtiſchen Monat auseinanderliegend finden werden.

---

[*] Man kann hieran um ſo mehr denken, als nach den oben S. 371 Anm. erwähnten Beobachtungen Schweig's, Periodus et reditus catameniorum mit Verhältniſſen des anomaliſtiſchen Monats in erkennbarem Bezuge ſteht.

Es kommen in Schweig's Beobachtungen 6 Apogäen vor, die aber den ganzen Zeitraum vom 4. bis 22. des ſynodiſchen Monats (wo Neumond wie immer als 1 gilt) leer laſſen, und größtentheils (4 davon) in den abnehmenden Mond fallen; indeß die 5 Perigäen, die bei ihm vorkommen, ſich im Zeitraume vom 9. bis 17. des ſynodiſchen Monats halten, alſo hauptſächlich der zweiten Hälfte des zunehmenden Mondes angehören*). Der Einfluß des Apogäum muß alſo überwiegend durch den des abnehmenden Mondes, der des Perigäum durch den des zunehmenden Mondes complicirt und mithin geſtört erſcheinen und umgekehrt. Wären die Beobachtungen länger fortgeſetzt, ſo würden ſich dieſe Störungen von ſelbſt eliminiren, da die Phaſen und Apſiden einander nicht parallel fortgehen.

Discutiren wir nun mit Rückſicht, daß wir hienach reine Reſultate freilich jetzt ſo wenig wie vorhin zu erwarten haben, die Beobachtungen des Verf. auch in Bezug auf den anomaliſtiſchen Mondlauf, in ähnlicher Weiſe, als es vorhin für den ſynodiſchen geſchehen iſt.

Man muß ſich dabei erinnern, daß der anomaliſtiſche Monat $27^1/_2$ Tage hat, die hier zu 28 Tagen ergänzt ſind. In 14tägigen Summen findet ſich Folgendes:

---

*) Apogäum ſucceſſiv den 4. 2. 29. 27. 24. 22. Perigäum den 17. 16. 15. 13. 9.

Vierzehntägige Summen abgeſonderter Harnſäure in 5 anomaliſtiſchen Monaten vom Apogäum als 1 an, in Grammen, von Schweig.*)

Monatstag	Harnſäure	Monatstag	Harnſäure
1	27,625	15	29.666
2	27.167	16	30.124
3	26.952	17	30.339
4	**26,906**	18	**0,3385**
5	27.291	19	30,010
6	27,561	20	29.730
7	27,679	21	29,612
8	28.373	22	28,918
9	28.337!	23	28,954!
10	29,019	24	28.272
11	29.556	25	27.735
12	29.642	26	27,649
13	29.802 } !	27	27.480 } !
14	29.280	28	28,011

---

*) Da 7 Tage vom Apogäum an, reſpective zu Anfang und Ende der Beobachtungsreihe des Originals, doppelt vorhanden ſind, ſo ſind in der Summirung die Mittelwerthe davon genommen. Zur Vollmachung des 28. Tages mußte ein paarmal ein Tag doppelt gerechnet werden.

Vierzehntägige Summen abgeſonderter Harnſäure in 2 anomaliſtiſchen Monaten vom Apogäum als 1 an, in Grammen für das andere Individuum*).

Monatstag	Harnſäure	Monatstag	Harnſäure
1	2.818	15	3.249
2	2.796	16	3.271
3	2.783	17	3.284
4	**2,616**	18	**3,451**
5	2.724	19	3.343
6	2.890	20	3.177
7	2.866 }!	21	3.201 }!
8	2.998	22	3.077
9	2.906	23	3.161
10	3.000	24	3.067
11	3.073	25	2.994
12	3.103	26	2.964
13	3.252 }!	27	2.815 }!
14	3.301	28	2.766

Man ſieht, daß die Minimum- und Maximumſumme bei **Schweig** und dem andern Individuum genau derſelben Zeit entſprechen, nämlich den 14 Tagen, welche reſpectiv mit dem 4. und 18. beginnen. Auch die aus dem regelmäßigen Gange heraustretenden, mit ! bezeichneten, Stellen haben faſt dieſelbe Lage. Alles dieß deutet auf mehr als Zufall.

Das Verhältniß zwiſchen der Maximum- und Minimumſumme ſtimmt ſehr nahe mit demjenigen überein, welches für den ſynodiſchen Lauf gefunden wurde. Man hat nämlich als

---

*) Die Behandlung der Originaldata war eben ſo wie bei der vorigen Tabelle.

Verhältniß der Maximum- zur Minimumſumme

	im ſynodiſchen Laufe	im anomaliſtiſchen Laufe
bei Schweig . .	1,1163	1,1293
bei dem andern Ind.	1,3406	1,3192

Die Summen der unpaaren und paaren Tage betrugen bei Schweig 29,523 und 27,768, Unterſchied 1,755; bei dem andern Individuum 2,930 und 3,137; Unterſchied 0,207. Wogegen der Unterſchied der Maximum- und Minimumſumme bei Schweig 3,379, bei dem andern Individuum 0,835 iſt.

In dreitägigen Summen findet ſich für Schweig das Minimum mit 4,919 auf den 15., das Maximum mit 7,006 auf den 25. des anomaliſtiſchen Monats als Mitteltage fallend, wenn Apogäum 1 iſt. Die Lage des Minimum entſpricht der Mittellage des Perigäum, indeß das Maximum 3 Tage von dem Apogäum entfernt iſt. Der Unterſchied zwiſchen Minimum und Maximum iſt hier noch größer als beim ſynodiſchen Laufe. Bei dem andern Individuum fällt das Maximum der 3tägigen Summen 0,844 Grammen nahe mit dem vorigen zuſammen und noch näher an das Apogäum, nämlich auf den 26. als Mitteltag; indeß das Minimum 0,465, dem 10. als Mitteltag zugehörend, vom vorigen erheblich abweicht. Auf den 15. als Mitteltag kommt hier die Summe 0,570.

Wenn man die drei Tage des Apogäum und Perigäum ſelbſt (mit den Apſiden als mittlern Tagen) durch directen Verfolg ins Auge faßt, ſo findet man in Summa reſpectiv für 5 Monate und 3 Monate

	bei Schweig	bei dem andern Ind.
Apogäum	5,677	0,640
Perigäum	5,349	0,582

Ich bin auf die Discuſſion dieſer Beobachtungen ſo ausführlich eingegangen, nicht nur, weil ſie die einzigen ſind, die in Betreff des Mondeinfluſſes auf den Stoffwechſel zu einem beſtimmten Anhalt dienen können, ſondern auch, weil ſie überhaupt das einzige Beiſpiel eines genauen Verfolges des Mondeinfluſſes auf den Organismus bieten, das ich kenne; und weil jene Discuſſion nöthig war, das Gewicht, was ſie haben, herauszuſtellen. So viel Gewähr ſie aber auch nach vorſtehenden Erörterungen enthalten, daß die gefundenen Unterſchiede nicht auf bloßem Zufall ruhen, wird man freilich, ehe man dadurch ein Reſultat für die Wiſſenſchaft ganz ſicher geſtellt halten darf, noch die Bewährung durch andere Beobachter erwarten müſſen, um nicht durch irgend einen überſehenen Umſtand in den Unterſuchungen Eines Beobachters getäuſcht zu werden. Ein ſolcher könnte meines Erachtens nur in einem vom Mondlaufe abſeits liegenden Einfluſſe geſucht werden, der doch wie dieſer ungefähr eine monatliche Periode einhielt, und auf beide Beobachter übereinſtimmend wirkte. Man kann dabei daran denken, daß die geocentriſche Umdrehungszeit der Sonne (27,26 mittl. Tage) ſehr nahe mit der Zeit des anomaliſtiſchen Monats (27,555 Tage) übereinſtimmt. Aber abgeſehen davon, daß kein Grund vorhanden iſt, hieran einen ſtärkern Einfluß als an eine der Mondperioden zu knüpfen*), zeigt ſich auch Maximum und Minimum der Wirkung deutlich mit den Apſidentagen in Beziehung, und der Einfluß des ſynodiſchen Monats läßt ſich bei der erheblich abweichenden Länge deſſelben (29,530 Tage) nicht mit einem Einfluſſe der Periode der Sonnenumdrehung verwechſeln. Außerdem aber iſt es ſchwer, an ſonſt etwas zu denken. Uebrigens wird eine Erneuerung und Fortſetzung dieſer Beobachtungen ſchon deßhalb nöthig ſein, um den Einfluß der Mondphaſen genauer von dem der Apſiden unterſcheiden und ſcheiden zu können, als es die blos fünf Monate lang fortgeſetzten Beobachtungen des Verfaſſers geſtatten.

---

*) Nach der neueſten Unterſuchung d'Arreſt's, der eben ſo wie Nervander und Carlini bei einer entſprechenden Unterſuchung gethan haben, die obige Umdrehungszeit zu Grunde legt, hängt eine Temperaturänderung um 1°,2902 C. von der Sonnenumdrehung ab. (Sitzungsber. der Sächſ. Soc. 1853. S. 791.)

Ueberhaupt aber dürfte in den vorſtehenden Beobachtungen Schweig's ſehr viel Auffoderung zugleich und Aufmunterung zur Erneuerung, Fortſetzung, Abänderung derſelben liegen. Der Einfluß des Mondes auf einen gegebenen Factor des Stoffwechſels wäre hienach beträchtlich genug, um auch durch nicht gar zu lange fortgeſetzte Verſuche conſtatirt werden zu können, und die verhältnißmäßig große Uebereinſtimmung, welche die Werthverhältniſſe der einzelnen monatlichen Zeitintervalle unter ſich und bei zwei Beobachtern in Bezug zu einander darbieten, eröffnet die Ausſicht auf nicht gar zu ſchwierig zu entdeckende geſetzliche Verhältniſſe; ja ſie überſteigt ſo ſehr die Erwartung, daß man vielleicht gerade hierin einen Grund zum Mißtrauen finden kann, der aber dann nur aus entgegengeſetztem Geſichtspunkte die Wiederholung der Beobachtungen wünſchenswerth machen würde, um das als Schein darzuthun, was jetzt jedenfalls zu Gunſten des Mondeinfluſſes den Anſpruch macht, als überwiegende Wahrſcheinlichkeit zu beſtehen.

Unſtreitig würden die Abſonderungsverhältniſſe manches andern Stoffes, namentlich des Harnſtoffes und der Kohlenſäure, noch mehr Aufmerkſamkeit verdienen, als der Harnſäure; nur daß freilich die Leichtigkeit der Beſtimmung bei lange fortgeſetzten Beobachtungen immer wird im Auge zu behalten ſei.

Sollte wirklich der Mondlauf einen erheblichen Einfluß auf den Stoffwechſel äußern, oder, um einen früher S. 329 zur Sprache gebrachten Geſichtspunkt nicht ganz außer Augen zu verlieren, eine geſetzliche Correſpondenz der Periodicität zwiſchen beiden nach der Einrichtung des Organismus ſtattfinden, ſo würde man es dann auch nicht befremdlich finden können, wenn ſich ein ſolcher Einfluß oder eine ſolche Correſpondenz auch auf andere vegetative Proceſſe erſtreckte, und Manches, was als Volksvorurtheil gilt, weil es freilich nicht genau conſtatirt iſt, könnte ſeinen Grund haben, nachdem es eben ſo wenig genau widerlegt iſt. Ich will auf Einiges in dieſer Hinſicht, was ich ſchon oben der Prüfung empfahl, hier mit einigen Worten zurückkommen.

Nach einer ſehr allgemeinen Annahme nimmt der Kropf mit zunehmendem Monde zu, mit abnehmendem ab; ja, nicht ſelten hört man Solche, die kropfig ſind oder mit Solchen zu thun haben, verſichern, da ſei gar nicht daran zu zweifeln. Indeß wird unſtreitig ſo lange daran zu zweifeln ſein, bis einmal Jemand ſich die Mühe nimmt, eine länger fortgeſetzte meſſende Beobachtungsreihe an einer Mehrzahl von Kranken anzuſtellen. Eine ſolche iſt mir nicht vorgekommen; vielmehr finde ich bei den ärztlichen Schriftſtellern nur allgemeine Angaben darüber, die inzwiſchen, ſo weit ich ſie kenne, vielmehr für als gegen den Einfluß ſprechen. Stark (allg. Pathol. I. S. 279) will denſelben ſogar mit Andern „unzähligemale“ wahrgenommen haben; nur daß Heuſinger (Recherch. I. 636) dieſen Einfluß auf nicht zu alte Kröpfe von lymphatiſcher Natur zu beſchränken geneigt iſt. Da aber dieß gerade ſolche ſind, wo man ein Hervortreten des Einfluſſes am meiſten zu erwarten hätte — denn auf alte feſte Ablagerungen wirkt nichts mehr — ſo würde auch dieß eher günſtig als ungünſtig für das Statthaben des Einfluſſes zu deuten ſein.

Auch auf andere Geſchwülſte ſoll der Mond Einfluß haben. So wird, abgeſehen von mannigfachen ältern Angaben hierüber, neuerdings von Nieberding in deſſen kleiner Schrift (Des Mondes Einfluß. Würzb. 1842.) ſehr entſchieden ein Einfluß des Mondes auf die nach den Sumpf- und Wechſelfiebern in den Marſchgegenden häufig zurückbleibenden Milzanſchwellungen und Waſſerſuchten behauptet. Genauere Data aber hat er freilich auch nicht gegeben.

Desgleichen ſollen manche chroniſche Hautkrankheiten dem Einfluſſe des Mondes ſehr unterliegen. Außer ältern

Angaben Bennet's*) und Menuret's**) darüber finde ich eine neuere Angabe von Ed. Jörg in deſſen „Darſtellung des nachtheiligen Einfluſſes des Tropenklimas.“ S. 22, wonach dieſer Einfluß wenigſtens unter den Tropen ſehr entſchieden ſein würde.

Was den Einfluß auf die Vegetation der Pflanzen anlangt, ſo ſind manche Volksvorurtheile, betreffs eines auffallenden Mondeinfluſſes, durch poſitive Verſuche widerlegt; genauere Verſuche über die Frage nach einem etwaigen untergeordneten Einfluſſe oder einer untergeordneten Mondsperiodicität bei der Vegetation der Pflanzen ſind mir nicht bekannt. Viele Angaben aus den Tropengegenden möchten darauf deuten, daß dort der Einfluß oder die Mondsperiodicität ſpürbarer als bei uns iſt; doch fehlt auch dieſen Angaben alle Genauigkeit.

---

*) Theatrum tabidorum p. 98. 99.

**) Nach Arago im Annuaire pour 1833. p. 240.

XI. Atmoſphäre und Bewohnbarkeit des Mondes.

Zuletzt wird der Mond noch all' ſeine Spötter zu Spott und ſeine Schänder zu Schanden machen. Wie klug hatte die Henne der Wiſſenſchaft über ihn gegackert; endlich zeigt ſich, das goldene Ei iſt klüger als die Henne. Sie meinte, er wäre ein taubes Ei, indeß ſie die blinde Henne war. Es ſollte kein Waſſer, keine Luft, keine lebendige Seele auf ihm geben können. Nun kann es auf einmal Waſſer, kann es Luft, kann es lebendige Seelen auf ihm geben. Es iſt ein Jubel und Triumph für die Phantaſten. Nachdem die Wiſſenſchaft denſelben ſo lange widerſprochen hatte, muß ſie heutzutage auf Grund der gründlichſten Rechnungen durch einen ihrer gründlichſten Vertreter geſtehen: die Phantaſten hatten Recht. Und die Phantaſten hatten keine mühſamen Rechnungen gebraucht, zu ſehen, was nicht zu ſehen und doch da iſt. Aber nicht nur nachgearbeitet, ſondern auch aufs Schönſte vorgearbeitet hat die Wiſſenſchaft den Phantaſten: Alles, Waſſer, Luft, lebendige Geſchöpfe, wovon man auf der dieſſeitigen

Mondſeite nichts ſieht, kann nach dem neueſten Ergebniß der Wiſſenſchaft auf der jenſeitigen Seite vorhanden ſein. Dahin aber dringt keine Beobachtung. Alſo wie es mit Waſſer und Luft da beſchaffen iſt, wie die Geſchöpfe da ausſehen, was ſie machen, wie es mit ihren Häuſern, Straßen, Gärten, Wäldern, Feldern beſtellt iſt, das zu ermitteln, iſt wieder reine Sache der Phantaſten; die Aſtronomen können dazu nichts thun, bis ſie endlich einmal ein Fernrohr erfinden, womit ſie durch den Mond durchſehen, wo ſie dann wieder finden werden, daß es genau ſo iſt, wie ſich es die Phantaſten dachten. Mittlerweile haben dieſe den ſchönſten Tummelplatz für ihre Phantaſien; das Jenſeits des Mondes iſt ein wahrer Blocksberg für ſie geworden, und jede Mondnacht eine erſte Mainacht; umſonſt will die Wiſſenſchaft im langen Talare den Spuk mit ihren Formeln bannen, ſchlägt ein Kreuz über das andere, macht einen Gedankenſtrich über den andern; ſie hat die Pandorabüchſe einmal aufgethan, und hat nun das Nachſehen für das, was daraus entſpringt.

Woran aber lag es denn, wie kam es denn, daß, nachdem Schleiden nur eben als Herold der Wiſſenſchaft vor den Damen laut proclamirt hatte: es kann keine Mondbewohner geben, die Wiſſenſchaft auf einmal ausruft: „Herr Schleiden, ſachte, es kann doch Mondbewohner geben," was freilich die Phantaſten längſt wußten. Woran es lag? an einer kleinen Kleinigkeit. Die Wiſſenſchaft hatte früher ein Pünktchen im Monde falſch geſetzt. Nun hat ſie es recht geſetzt. Wie manches Pünktchen mag noch heutzutage in der Wiſſenſchaft um eine kleine Kleinigkeit ſo falſch liegen, daß der Unterſchied einer Welt daran hängt.

Freilich, es war das Punctum saliens des Mondes. Man ſuchte ſo zu ſagen bisher ſein Herz an einem falſchen Flecke. Wer den rechten Fleck erkannt, mußte wohl ſehr vertraut ſein mit dem Monde. In Wahrheit war es Einer, der die Pferde des Mondwagens ſo ſicher am Zügel führt, wie Apollo die des Sonnenwagens. Und hienach kann man nur noch auf Einen rathen.

Aber, fragt man, um was handelt es ſich denn endlich? Was iſt denn die neue Entdeckung, die, wenn nicht den Mond ſelber, aber alle Anſichten vom Monde umzuwälzen droht?

In der That, eine Entdeckung, die faſt wie Nichts klingt, und die doch wirklich eine ſolche Umwälzung droht, die einfache Entdeckung: der Schwerpunkt des Mondes trifft nicht mit ſeinem Mittelpunkt zuſammen.

Und weil er nicht damit zuſammentrifft, wie man bisher als ſelbſtverſtändlich anſah, ſo wollen die vortrefflichſten Gründe gegen die Bewohnbarkeit des Mondes nicht mehr treffen, oder wollen nur noch zur Hälfte treffen; indem ſie nur noch die dieſſeitige, nicht mehr die jenſeitige Hälfte des Mondes treffen.

Alſo die von uns abgewandte Seite des Mondes ſollte bewohnt ſein? Aber können etwa die Bewohner des Mondes jenſeits Steine eſſen? Oder kann man ernſtlich glauben, daß Luft und Waſſer, die Bedingungen des organiſchen Lebens, auf der abgewandten Seite des Mondes vorhanden ſeien, wenn ſie auf der zugewandten fehlen? Und was kann die Lage des Schwerpunkts hiebei ändern?

Nun, wenn der Glaube Berge verſetzen kann, ſo will ich umgekehrt durch Verſetzung von Bergen Glauben zu erzeugen ſuchen.

Gehen wir von der Erde aus. Auf unſern hohen Bergen iſt die Luft ſehr dünn; wären ſie mehre Meilen hoch, ſo würde man von Luft gar nichts Erhebliches mehr ſpüren; auch würde es aus Mangel an Dünſten an Stoff zum Niederſchlag und mithin an Waſſer da fehlen. Die Berge würden alſo ſo kahl und waſſerleer und öde und unfruchtbar in den Himmel hineinragen, als die Berge auf der uns zugekehrten Mondſeite; ja als die ganze uns zugekehrte Mondſeite. Nun wollen wir uns einmal dieſe himmelhoch gedachten Berge alle auf die eine Seite der Erde zuſammengeſchoben denken, ſo daß ſie ſich über dieſer ganzen Seite als eine zuſammenhängende Gebirgsmaſſe oder Hochebene aufthürmen. So würde jetzt dieſe ganze Seite der Erde vermöge ihrer Höhe kahl, waſſerleer, luftleer werden, und alles Waſſer, Luft, Organiſche würde ſich nur noch auf der andern Seite der Erde finden, die das Flachland repräſentirte. Anſtatt einen Theil der Erdmaſſe zu verrücken, brauchte man ſich aber auch nur ihren Schwerpunkt ſo vom Mittelpunkte verrückt zu denken, daß er näher nach der einen, als nach der andern Seite zu läge, ſo würde man denſelben Erfolg haben, ſo würde ſich die weiter vom Schwerpunkt entfernte Seite als eine darüber erhobene Bergſeite, die ihm näher liegende Seite als Flachſeite verhalten.

Nun, ſo iſt es aber eben beim Monde. Die uns zugekehrte Mondſeite iſt beträchtlich weiter vom Schwerpunkt des Mondes entfernt, hiemit wie eine Art Gebirge über denſelben oder die dadurch beſtimmte mittlere Niveaufläche erhoben, als die von uns abgewandte, welche eine niedrigere Lage gegen denſelben hat. Erſtere iſt mithin von Luft, Waſſer, Organismen leer; es hindert nichts, daß das Alles auf der zweiten vorhanden ſei.

Das iſt die Entdeckung Hanſen's, des berühmten Gothaer Aſtronomen, dem wir ſchon früher die feinſten Berechnungen über die ſo ſchwierigen Bewegungen des Mondes verdankten. Er hat durch Vergleichung älterer und neuerer Beobachtungen über die Bewegung des Mondes herausgebracht, daß der Schwerpunkt des Mondes der von uns abgewandten Seite deſſelben beträchtlich näher liegt, als der uns zugewandten; indem er, vermöge ungleichförmiger Maſſenvertheilung, nicht mit dem Mittelpunkt des Mondes zuſammenfällt, ſondern um ungefähr 8 geographiſche Meilen nach der von uns abgewandten Seite vom Mittelpunkte abliegt. Und Hanſen ſelbſt zieht daraus die angegebene Folgerung für die Bewohnbarkeit der abgewandten Mondſeite.

Der Mond hat hiemit wieder einmal ſein geheimnißvolles Weſen bewieſen. Recht eigentlich hielt er hinter dem Berge; wir ſtanden vor dieſem Berge, und dachten nicht, wie ſich meine Frau treffend darüber ausdrückte, daß hinter dem Berge auch Leute wohnen. Er verrieth ſein Geheimniß nur eben, nachdem man bewieſen hatte, daß er überhaupt keine Geheimniſſe habe, um zu beweiſen, daß er doch ſolche habe.

Da die Entdeckung Hanſen's noch kaum bei uns bekannt und die Nachricht, die er darüber giebt, ſo viel ich weiß, noch nicht ins Deutſche übergegangen iſt, ſo glaube ich Manchem einen Gefallen zu erzeigen, wenn ich ſie hier in einer wörtlichen Ueberſetzung mittheile. Sie findet ſich in einem Briefe Hanſen's vom 3. Nov. 1854 an den engliſchen Aſtronomen Airy in dem Journal der Royal Astronomical Society, Vol. XV. 1854. Nov. 10. Der Brief iſt von einer an die Royal Astronomical Soc. gerichteten Abhandlung über die Theorie der Figur des Mondes begleitet, und führt die Ueberſchrift: „On the Construction of New Tables, and an some points in the Lunar Theory depending on the Conformation of the Moon with respect to its Centre of Gravity.“ Den erſten Theil des Briefes, welcher ſich auf die Mondtafeln bezieht, übergebe ich; der, auf unſern Gegenſtand bezügliche, letzte lautet wie folgt:

„Ich komme jetzt zu einem Umſtande, der in der Mondtheorie noch nicht in Rückſicht gezogen worden iſt. Die bemerkenswerthen Verhältniſſe, durch welche ſich die Rotationsbewegung des Mondes auszeichnet, ſtellen für die Materie, aus welcher die Maſſe des Mondes beſteht, eine beſondere Bedingung; und die Theorie beſtimmt dieſe dahin, daß das Trägheitsmoment in Bezug zur Hauptaxe, welche dem Radius vector nahe parallel iſt, am kleinſten ſein muß; das Trägheitsmoment in Bezug zur Rotationsaxe aber am größten unter den drei Trägheitsmomenten der Mondmaſſe. Auf Grund dieſes Princips liegt es am nächſten anzunehmen, daß die Geſtalt des Mondes die eines Ellipſoids ſei, deſſen größte Axe dem Radius vector nahe parallel iſt. Die Beobachtung hat jedoch biſher dieſe Annahme nicht beſtätigt. Verhielte ſich z. B. dieſe Axe zu einer der beiden andern wie 21:20, ſo müßte danach und vermöge der Libration eine Variation im halben Monddurchmeſſer von 2″ bemerklich werden. Ich habe aber aus den Beobachtungen des Monddurchmeſſers keine merkliche Variation dieſer Art abzuleiten vermocht; und wenn ſelbſt eine Axenvariation des Mondes wirklich exiſtiren ſollte, ſo muß ſie viel kleiner ſein, als die aus obigem Verhältniß abgeleitete. Unter dieſen Umſtänden bleibt nichts übrig, als anzunehmen, daß das Innere des Mondes von ungleichförmiger Dichte iſt, und daß hiervon der Unterſchied der Trägheitsmomente abhängt, welcher die Theorie der Rotationsbewegung des Mondes complicirt. Hieran knüpft ſich zunächſt die Frage, ob eben ſo wie bei den Planeten der Mittelpunkt der Figur des Mondes mit dem Schwerpunkt deſſelben zuſammenfällt, wie man bisher immer angenommen hat, oder ob etwa die Lagen dieſer zwei Punkte von einander abweichen? Sollte das Letztere wirklich der Fall ſein, ſo würden ſich manche Geſetze für die Dichtigkeit des Innern finden laſſen, zufolge deren das Trägheitsmoment, welches ſich auf die dem Radius vector nahe parallele Hauptaxe bezieht, das kleinſte von allen dreien wird, ſelbſt wenn die Geſtalt des Mondes von einer Kugel abwiche.“

„Da ich mit der Beſtimmung der Elemente der Mondbahn, wovon ich eben geſprochen, beſchäftigt war, unternahm ich die Unterſuchung dieſer Frage, und als Reſultat derſelben hat ſich herausgeſtellt, daß die Mondbeobachtungen ſich durchaus dahin vereinigen (entirely concur), eine Verſchiedenheit zwiſchen den Lagen der beiden genannten Punkte finden zu laſſen.“

„Es ſeien α, β, γ die drei Coordinaten des Mondmittelpunktes bezüglich auf den Schwerpunkt, ſo daß α dem Radius vector nahe parallel iſt, β ſenkrecht darauf im Aequator, und γ ſenkrecht auf beiden; die Theorie zeigt dann, daß α und γ ſich ſehr wohl durch die Beobachtungen beſtimmen laſſen, wogegen β nur mit großer Schwierigkeit, wenn überhaupt, beſtimmt werden kann. Der Coefficient von β iſt bis auf kleine Größen gleich dem Coefficienten der Variation der Länge des Perigäum, und die Wirkung von β beſteht daher großentheils nur darin, daß die Länge des Perigäum um eine conſtante Größe vermehrt oder vermindert wird. Für γ geben die Greenwicher Beobachtungen — 1″,01; und dieſe Größe iſt an ſich mit großer Sicherheit beſtimmt; nur muß ich hier an einen Umſtand erinnern, der möglicherweiſe einen Einfluß auf die Größe dieſer Quantitäten äußern kann.

Ungeachtet aller Sorgfalt, die Declinationen der Geſtirne von den Irrthümern der Inſtrumente zu befreien, weichen doch bekanntlich ſehr häufig die auf einem Obſervatorium beſtimmten Declinationen von den auf einem andern Obſervatorium beſtimmten nach einer Richtung, nördlich oder ſüdlich, ab; und es iſt klar, daß ein Fehler der Abweichung dieſer Art, falls er vorhanden iſt, die Beſtimmung von γ afficiren muß. Der für dieſe Quantität erhaltene Zahlwerth iſt alſo im Grunde das Aggregat der obgenannten Coordinate γ und des conſtanten Fehlers der Declination."

„Ich muß die Frage unentſchieden laſſen, ob bei den Greenwicher Beobachtungen ein ſolcher Irrthum anzunehmen iſt und gebe dieß Ihrem eigenen Urtheil anheim, da Sie als Director des Greenwicher Obſervatorium am beſten mit allen Verhältniſſen der dort angeſtellten Beobachtungen bekannt ſein müſſen; konnte aber nicht umhin, im Allgemeinen auf jene Möglichkeit hinzuweiſen, ja fühlte mich ſelbſt gedrungen, derſelben gegen Sie zu gedenken."

„Die Coordinate x kann durch die Libration des Mondes beſtimmt werden; und ich bin in Bezug darauf zu folgendem bemerkenswerthen Theorem gelangt."

„Wenn der Schwerpunkt und der Mittelpunkt der Figur des Mondes nicht zuſammenfallen, ſo müſſen alle Störungscoefficienten für die mittlere Länge mit einem conſtanten Factor multiplicirt werden, welcher eine Function des, auf den Radius vector projicirten Abſtandes zwiſchen dieſen beiden Punkten iſt. Wenn der Mittelpunkt des Mondes weiter als der Schwerpunkt von uns entfernt iſt, ſo iſt dieſer Factor kleiner als die Einheit; wenn dagegen der erſtere uns näher liegt, als der letztere, ſo iſt der Factor größer als die Einheit."

„Die Beobachtungen entſcheiden, daß dieſer Factor größer als die Einheit iſt, daß mithin der Mittelpunkt der Figur des Mondes von ſeinem Schwerpunkt abweicht und zwar uns näher liegt als letzterer. Ich habe mir viel Mühe gegeben, dieſer Beſtimmung die größtmögliche Sicherheit zu verleihen, ich habe ſie in mehrfach verſchiedenen Wegen ausgeführt, und habe jedesmal gefunden, ſowohl aus den Dorpater als den Greenwicher Beobachtungen, daß dieſer Factor größer als die Einheit iſt, wenn ſchon ſein abſoluter Werth, wie nicht anders zu erwarten, nach den verſchiedenen Beſtimmungen einen geringen Unterſchied zeigt. Die Finalbeſtimmung ergab dieſen Factor:

$$= 1{,}0001544$$

und hieraus geht unter andern Folgerungen eine Vergrößerung des Evectionscoefficienten gleich 0″.69 hervor; und es findet ſich leicht, daß die Vergrößerung der Summe aller Störungen 1″ überſteigen kann.“

„Verehrter Freund und Collega! Sie haben durch Ihre Discuſſion der Greenwicher Beobachtungen, welche von 1750 bis 1830 reichen, gefunden, daß die Hauptcoefficienten der Mondſtörungen vergrößert werden müſſen. Sie haben die Vergrößerung von Plana's Evectionscoefficient = 1″.28 und die Vergrößerung ſeines Variationscoefficienten = 0″.68 gefunden; da nun der Evectionscoefficient faſt das Doppelte des Variationscoefficienten beträgt, ſo ſcheint dieſe Vergrößerung das Vorhandenſein eines conſtanten Fehlers anzudeuten.“

„Die von Ihnen gefundene Vergrößerung dieſer Coefficienten iſt jedenfalls größer als die von mir hergeleitete; nur muß ich hier bemerken, daß Plana's Evectionscoefficient um 0″.34 kleiner als der meinige iſt; und dieſer Umſtand führt zu einer genauern Uebereinſtimmung unſerer Reſultate. Noch will ich bemerken, daß Sie gefunden haben, daß Plana's Coefficient der jährlichen Gleichung um 1″.07 vermehrt werden muß; aber Ihr Coefficient iſt um 1″.1 zu klein, und der Betrag der Vermehrung mindert ſich hiedurch beträchtlich.“

„Erlauben Sie mir zum Schluß einige wenige Bemerkungen über vorſtehende Erklärung der Vergrößerung der Coefficienten der Mondſtörungen. Aus dem obbemerkten Werthe des Factors folgt, daß der Mittelpunkt der Figur des Mondes ungefähr 59000 Meter, d. i. ungefähr 8 geographiſche Meilen (15 Meilen auf 1 Aequatorgrad gerechnet) näher nach uns zu als der Schwerpunkt liegt; wonach zwiſchen der uns zugekehrten und der von uns abgekehrten Mondhemiſphäre ein beträchtlicher Unterſchied in Betreff des Niveau, des Klima und aller andern davon abhängigen Umſtände ſtattfinden muß. Da ſich die Schichten von gleichförmiger Dichtigkeit nahe bezüglich zum Schwerpunkt anordnen müſſen, ſo folgt, wenn wir die Geſtalt des Mondes als kugelförmig anſehen, daß der Mittelpunkt der ſichtbaren Mondſcheibe ungefähr 59000 Meter über dem mittlern Niveau und der Mittelpunkt der entgegengeſetzten Hemiſphäre faſt eben ſo viel unter dieſem Niveau liegt; ich ſage, beinahe; denn wenn, wie wir hier anzunehmen haben, die von uns abgewandte Mondhalbkugel dichter als die uns zugewandte iſt, ſo folgt nothwendig, daß das mittlere Niveau der erſtern etwas erniedrigt und das der letztern etwas erhoben iſt. Nehmen wir den Mond für ein Ellipſoid, das nach der Erde zu verlängert iſt, ſo wird die der Erde nächſte Halbkugel das mittlere Niveau ein wenig mehr überſteigen, und die entgegengeſetzte ein wenig mehr unter daſſelbe fallen. Ja, wir können es nicht für unmöglich halten, daß die Oberfläche der entgegengeſetzten Halbkugel des Mondes ſich ganz oder theilweiſe auf ein und daſſelbe Niveau einrichtet (accommodates itself), in ähnlicher Weiſe, als wir dieß bei der Erde finden.“

„Unter ſolchen Umſtänden haben wir uns nicht zu wundern, daß der Mond, von der Erde aus geſehen, ein dürres Ausſehen hat, weder eine Atmoſphäre, noch thieriſches oder pflanzliches Leben zeigt. Denn wenn auf dem Monde ein verhältnißmäßig eben ſo hoher Berg exiſtirte, der alſo eine Höhe von 216000 Meter oder 29 geographiſchen Meilen hätte, ſo würde auf ſeinem Gipfel nicht die geringſte Spur einer Atmoſphäre oder von irgend etwas, was davon abhängt, vorhanden ſein. Wir dürfen aber nicht ſchließen, daß es ſich auf der entgegengeſetzten Mondhalbkugel eben ſo verhält; dürfen vielmehr, vermöge des Abſtandes des Mittelpunktes der Figur vom Schwerpunkt, vorausſetzen, daß eine Atmoſphäre, ſowie thieriſches und pflanzliches Leben dort exiſtiren. Das mittlere Niveau muß nahe an den Rändern des Mondes ſtattfinden; wonach wir berechtigt ſind zu erwarten (wo may reasonably expect to discover), daß ſich hier einige Spuren einer Atmoſphäre werden entdecken laſſen."

„Fragen wir jetzt nach der Urſache dieſer Beſchaffenheit des Mondes, ſo halte ich es nicht für unmöglich, daß vulkaniſche und andere ähnliche Kräfte im Innern dieſes Weltkörpers bei Weitem weniger Widerſtand auf einer ſeiner Halbkugeln als auf der andern gefunden und daher viel größere Erhebungen der Oberfläche auf der erſtern als letztern bewirkt haben. Auch bin ich geneigt zu glauben, daß die ſog. Rillen, welche man auf der Mondoberfläche wahrnimmt, und worüber die Selenographen im Ganzen noch zu keinem befriedigenden Schluſſe gelangt zu ſein ſcheinen, Riſſe oder Spalten ſind, welche durch dieſe enormen Erhebungen verurſacht wurden. Ich unterwerfe dieſe Betrachtungen dem Urtheil der Aſtronomen. Streng genommen gehören ſie nicht zu der Theorie, welcher dieſer Brief gewidmet iſt, gründen ſich aber auf den Lagenunterſchied zwiſchen dem Schwerpunkt und dem Mittelpunkt der Figur des Mondes."

„Die Theorie der Geſtalt des Mondes, welche zu dem oben angeführten Theorem, ſo wie zu verſchiedenen andern Folgerungen leitet, iſt von mir in einer Abhandlung entwickelt worden, welche ich die Ehre habe, hiemit der königlichen aſtronomiſchen Geſellſchaft zu überreichen." Gotha, 1854. 3. Nov.

Man hat ſich alſo Hanſen's eigener Darſtellung zufolge es ſo vorzuſtellen, daß das mittlere Mondniveau ungefähr am Rande der uns ſichtbaren Mondſcheibe liegt, von da erhebt ſich die uns zugewandte Mondkugel zu einem Berge, deſſen Gipfel, in der Mitte der uns zugekehrten Seite liegend, das mittlere Niveau ungefähr 8 Meilen überragt; indeß umgekehrt die von uns abgewandte Mondfläche ſich vom Rande an unter das mittlere Niveau vertieft, ſo daß die Mitte der von uns abgewendeten Mondoberfläche ungefähr 8 Meilen unter dem mittlern Niveau liegt.

Man muß ſich aber dieß nicht ſo denken, als wenn der Mond nun auf einer Seite convex, auf der andern concav geſtaltet wäre; ſondern bei überall convex kuglicher Geſtalt deſſelben verhält ſich die eine Seite nur wegen ihrer größern Entfernung vom Schwerpunkt als Bergſeite, die andere, wegen ihrer geringern Entfernung vom Schwerpunkt, als Thalſeite.

Um auch der ungeübten Vorſtellung einen Anhalt zu geben, wie der Schwerpunkt einer Kugel vom Mittelpunkt derſelben abweichen kann, nehme man erſt eine gewöhnliche Kegelkugel. Hier liegt der Schwerpunkt in der Mitte. Man ſchneide jetzt ein Stück weg, und erſetze das leichte Holzſtück durch ſchweres Gold oder Blei, ſo wird der Schwerpunkt jetzt natürlich mehr nach dieſer Seite fallen. Der Mond iſt ſo zu ſagen ein Stehauf; bei dieſem liegt der Schwerpunkt auch nicht in der Mitte. Nur, ſeltſam, während der Stehauf mit dem ſchwerſten Theil ſich immer nach der Erde wendet, wendet der Mond ſich mit dem leichteſten Theile nach der Erde. Die Verhältniſſe bei ihm ſind freilich anders; er iſt ein geſchwungener Körper, was der Stehauf nicht iſt.

Sehr merkwürdig muß hienach das Verhalten des Meeres auf der Mondoberfläche ſein, falls es ein ſolches daſelbſt giebt. Indeß auf der Erde ſich das Meer faſt über die ganze Oberfläche verbreitet, ſo daß nur etwa ¼ der Erdoberfläche vom Meere unbedeckt iſt, muß ſich auf dem Monde das Meer um die Mitte der abgewandten Mondoberfläche ſammeln, die ſich ja trotz ihrer Convexität wie eine Vertiefung von ungefähr 8 Meilen unter das mittlere Niveau verhält, daſelbſt aber wie ein

Berg oder in Form eines auf einer größern Kugel aufgelegten Uhrglaſes auf der Mondfläche aufſitzen.

Im Zend-Aveſta II. S. 249 ſagte ich, vom Monde ſprechend: „Man kann es ſo betrachten, daß, wie der Menſch und jedes Thier, indem es um die Erde geht, immer dieſelbe Sohlenfläche gegen die Erde kehrt und ſich nie auf den Kopf ſtellt, dies auch vom Monde gilt, der, wie hoch er über der Erde geht, doch immer noch in der Reihe der irdiſchen Geſchöpfe Platz greift.“ Nun, wenn der Mond wirklich ſein organiſches Leben nur auf der von uns abgewandten Seite hat, ſo trifft der Vergleich von Kopfſeite und Sohlenſeite um ſo beſſer. Der Mondengel erleuchtet uns die Nächte mit ſeiner Fußſohle, und wie ſich unſere Sohle abwechſelnd vom Boden abwickelt und wieder aufwickelt, ſo der Mond mit dem leuchtenden Tritt auf ſeiner Bahn.

Ich denke, dieſer Vergleich wird dem [illegible] Vergnügen machen.

Da wir nun bis zur Bewohnbarkeit des Mondes gekommen ſind, ſo liegt die Frage nahe, wie werden die Bewohner beſchaffen ſein?

Ei, da braucht man ja nur Gruithuiſen, oder die Somnambulen, oder die Tiſche, oder die Pſychographen zu fragen.

Und warum ſagſt du es uns nicht? ſagt man. Es iſt ja eine Aufgabe, wie für dich gemacht. Nachdem du ſchon von Pflanzenſeelen, Weltkörperſeelen, jenſeitigen Seelen, künftig zu erſchaffenden Menſchen, einer Anatomie der Engel, dem Jodbeſtande des Mondes, einer vierten Dimenſion des Raumes, dem Leben des Schattens, einfachen Atomen, kurz lauter Dingen, über die ſich Nichts wiſſen läßt, ſo viel zu ſagen gewußt, wird es dir ein Leichtes ſein, auch über die Mondgeſchöpfe etwas zu ſagen.

Gewiß etwas ſehr Leichtes, ſofern ich eben nur von jenem den Phantaſten gewährten Vortheile Gebrauch zu machen habe, deſſen ich Eingangs gedachte; nur freilich auch etwas Bedenkliches, das Zutrauen, das man ſchon zu mir hat, daß ich über Dinge, über die man nichts weiß, viel zu ſagen weiß, noch mehr zu ſteigern; da es mit dem Zutrauen in Verbindung ſteht, daß ich über Dinge, über die man etwas zu ſagen weiß, nichts zu ſagen weiß. Indeß ſcheint mir die Frage, wie die Mondbewohner beſchaffen ſeien, in der That nicht ganz zu den Dingen zu gehören, über die man nichts zu ſagen weiß. Kann die Wiſſenſchaft wiſſen, *daß* Mondbewohner möglich ſind, warum ſollte ſie ſich nicht auch zutrauen zu erforſchen, *wie* ſolche möglich ſind.

So wäre ſie kühner als Alexander; dieſer ſoll geſagt haben, als man ihm von Mondbewohnern ſprach: „Weh mir, daß ich nicht auch das Reich der Mondbewohner erobern kann.“

Und warum ſollte die Wiſſenſchaft nicht kühner ſein, als Alexander? ſie hat wohl ſchon mehr erobert, was weiter als in Zeit und Raum ab liegt, als Indien, ja als ſelbſt der Mond. Warum ſollte ſie alſo verzagen, das Reich der Mondbewohner zu erobern, mindeſtens ein Stückchen in daſſelbe einzudringen, wie Alexander in Indien?

Mit welchen Mitteln aber? Irdiſche Reiche erobert man mit den Rohren der Flinten und Kanonen, das Reich des Himmels mit Fernrohren, das Reich der Infuſorien mit den Rohren der Mikroſkope, das Reich der Krankheiten mit den Rohren der Stethoſkope und Uroſkope; welcherlei Rohre ſtehen für das Reich der Mondbewohner auf der Hinterſeite des Mondes zu Gebote?

Nur einer kleinen Abänderung des Fernrohrs oder Teleſkops bedarf's dazu; man macht aus dem Teleſkop ein Teleoſkop, d. h. ein Inſtrument, durch das man mit dem Auge der Teleologie durchſieht. Alles, was das Teleſkop nicht finden kann, läßt ſich durch das Teleoſkop finden und umgekehrt; beide Inſtrumente ſollten auf einer Axe angebracht ſein, da ſie ſich ſo ſchön ergänzen.

Aber ehe wir das Reich der Mondbewohner damit angreifen können, gilt es erſt wieder, Schleiden aus dem Felde ſchlagen, der ſolchen Eroberungsgelüſten der Wiſſenſchaft ſein Schwert mit gewohnter Kraft entgegenſchwingt. Hören wir (Studien S. 305):

„Sowohl die Sonnen, ſo weit wir nach unſerer Sonne urtheilen können, als die Monde und Kometen ſind von unſerer Erde ſo weſentlich verſchieden, daß jeder Verſuch, den Traum für ſie auszumalen, zur abſoluten Albernheit wird. Aber auch die uns gleichartigen Himmelskörper, die Planeten, bieten meiſt ſo abweichende Verhältniſſe dar, daß ein verſtandiger Menſch ſeine Phantaſie zu etwas Beſſerem brauchen kann, als ſich die Möglichkeit menſchenähnlicher Exiſtenz auf dieſen Körpern zu entwickeln.“

Und freilich, wahr iſt's, es giebt in Wiſſenſchaft und Leben noch ſo viel Näherliegendes und Wichtigeres zu erforſchen und zu thun, daß man billig fragen kann, ob es nicht wirklich thöricht iſt, ſich mit den Mondbewohnern zu beſchäftigen. Alexander ſelber ſuchte das fern liegende Indien doch nicht eher zu erobern, als bis er die näher liegenden Reiche erobert hatte. Inzwiſchen mißt die Wiſſenſchaft die Ferne überhaupt nicht nach Meilen, und unſtreitig kann gerade nichts beſſer geeignet ſein, unbeſtimmten Träumen über die Bewohner fremder Weltkörper Zaum und Zügel anzulegen, als eine Unterſuchung auf, wenn auch noch ſo mangelhaften wiſſenſchaftlichen Grundlagen, was für Verhältniſſe der Bewohner überhaupt nach den daſelbſt vorhandenen Bedingungen möglich ſind, indeß die Träume frei geben, wenn man nichts thut, als ihnen, wie Schleiden, mit dem mathematiſchen Zollſtab drohen. Was für wunderliche Fabeln hat man nicht ſchon über die Mondbewohner ausgeſonnen. Noch Niemand hat die Gränzen des Möglichen, des Wahrſcheinlichen dabei gezogen; und nachdem Hanſen's Entdeckung eine neue Grundlage dazu geboten, liegt die Aufforderung nahe genug, die vorhandenen Data einmal in dieſer Richtung zu combiniren.

Aber es iſt ganz natürlich, daß Schleiden es für eine Abgeſchmacktheit hält, ſich, ſei es von Mondbewohnern oder Bewohnern anderer Weltkörper, genauere Vorſtellungen zu machen. Es wird immer eine Abgeſchmacktheit bleiben, wenn man ſich, wie Schleiden, blos an das Cauſalprincip hält, was uns aus Gründen auf die Folgen ſchließen läßt; denn kaum iſt daran zu denken, daß wir je aus Cauſalgründen allein auch nur das Daſein, geſchweige die Beſchaffenheit irgendwelcher Geſchöpfe auf irgendwelchen Weltkörpern werden ableiten lernen. Wogegen das teleologiſche Princip, was uns aus Zwecken auf die Mittel zu den Zwecken ſchließen läßt (vergleiche das 3. Kapitel), Schlüſſe darauf wohl zuläßt und der Hoffnung Raum giebt, es werde künftig noch einmal gelingen, Etwas, wenn auch nur in ſehr allgemeinen Zügen, Beſtimmtes darüber auszuſagen. Nur bedarf es dazu vielmehr der Uebung und vollendeten Durchführung als des Abweiſes des Princips. So gut der Bau, die Kräfte, die Lebensweiſe des Menſchen und jedes irdiſchen Geſchöpfes zweckmäßig mit Bezug auf die Schwere, die Wärme, die Tageslänge u. ſ. w., wie ſie ſich nun eben auf der Erde finden, eingerichtet ſind, ohne daß wir dieß irgendwie aus Cauſalgründen abzuleiten vermöchten, dürfen wir nach teleologiſcher Analogie vorausſetzen, daß dieß auf jedem Weltkörper der Fall ſein wird. Nun ſehen wir, wie ſchon auf unſerer Erde nach Maßgabe der Abänderung der Umſtände ſich die organiſchen Einrichtungen, die unter dieſen Umſtänden beſtehen ſollen, in dieſem oder jenem Sinn abändern, und können hierin einen Anhalt finden, in welcher Richtung ſich dieſelben weiter abändern werden.

wenn die Verhältniſſe auf andern Weltkörpern ſich noch weiter abändern, wobei natürlich Cauſalbetrachtungen zu Hülfe zu nehmen ſind, ohne die überhaupt das teleologiſche Princip in dem von uns aufgeſtellten Sinne nichts vermag. Der früher betrachtete Fall des Seehundes (S. 107 ff.) kann uns lehren, nach welchen Principien die Natur überhaupt hiebei verfährt.

Zum Beiſpiel: giebt es anders eine Mondluft, ſo iſt ſie doch nach Gründen, auf die ich nachher komme, ſelbſt auf der abgewandten Seite des Mondes viel dünner, als auf der Erde anzunehmen. Athmungsproceß, hiemit Stoffwechſel, hiemit Kraftentwickelung, was Alles phyſiologiſch zuſammenhängt, ſtehen alſo unter ungünſtigern Bedingungen als auf der Erde; dafür iſt die Schwere ſechsmal ſo gering als an der Erdoberfläche, hiemit wird den Mondbewohnern auch weniger Kraftleiſtung im Tragen des eigenen Körpers und in der Handhabung von Laſten zugemuthet. An Beides knüpfen ſich teleologiſch und cauſal gewiſſe allgemeine Bedingungen und Folgerungen für den Bau und die Einrichtung des Körpers. Tages- und Jahreswechſel fallen auf dem Monde in den einfachen Monatswechſel zuſammen; die Hauptperiodicität des Lebens iſt hiedurch für die Mondbewohner anders und im Ganzen einfacher als für uns beſtimmt. Alles Waſſer, deſſen Menge freilich hypothetiſch bleibt, doch bei vorläufiger Betrachtung im Vergleich mit unſerer Erde der Maſſe des Mondes proportional gedacht werden mag, iſt auf der bewohnbaren Seite des Mondes verſammelt, alſo wahrſcheinlich hier etwas von Seeklima zur Compenſation für die Dürre der uns zugekehrten continentalen Seite und zur Milderung der grellen Temperatur- und Lichtwechſel, welche die Dünne der Luft von anderer Seite mitführt. Alle Aenderungen und Gegenſätze auf dem Monde drängen ſich überhaupt nach den Verhältniſſen der Jahreszeit und ſelenographiſchen Länge und Breite enger zuſammen und gleichen ſich darum leichter und raſcher aus, haben kleinern Spielraum, aber ein lebhafteres Spiel. Alles ſtrebt nach den Verhältniſſen des Raums und der Kraft mehr in die Höhe als die Breite. Die meteorologiſchen Verhältniſſe ſind theils wegen der Kleinheit des Mondes, theils wegen der geringern Schwere, theils wegen der dünnern Luft, theils wegen der andern Waſſervertheilung, theils wegen des monatelangen Tages und Jahres ſehr andere als bei uns, die Verdampfung raſcher, der Niederſchlag raſcher, die Winde unruhiger u. ſ. w., was Alles beiträgt, andere äußere Lebensbedingungen zu ſtellen, denen die innern angepaßt ſein müſſen. Sicher, wenn man Alles zuſammennimmt, ſind die Mondbewohner viel kleiner, viel ſchlanker, viel zarter gebaut als die Erdbewohner, ohne warmes Blut, ohne große Energie des Lebensproceſſes, ohne ſtarke Kraftentwickelung, aber von leicht erregbarem, wechſelnden Sinne, lebhaft, regſam, raſch, beweglich, doch nur ſo lange der Mond ſcheint, d. h. ſo lange die Sonne ihn beſcheint, indeß ſie die übrige Zeit ſchlafen. Ihre Vernunft iſt nicht hoch entwickelt, ſie ſtudiren nicht, ſie kochen nicht, alle Künſte und Gewerbe, wozu es Feuer braucht, fehlen ihnen; ſie führen dagegen ein geſelliges, in allen Hauptzügen einfaches, nicht ſehr abgeſtuftes, Naturleben, das in engern Gränzen der Verhältniſſe raſcher und ſchneller variirt und oscillirt als das der Erdbewohner; wiederholen in Verhältniß zu dieſen einigermaßen den Gegenſatz des Weiblichen zum Männlichen, des Kindes zum Erwachſenen, ſind die Männchen zu den Mondblumen als Weibchen, deren Reich nicht minder entwickelt iſt u. ſ. w., mit einem Worte: es ſind Elfen.

Scherz oder Ernſt?

Etwas von Ernſt, wenn der Mond Luft hat; reiner Scherz, wenn er keine hat.

Aber er hat ja Luft.

Nun, es gälte doch, ſich das erſt nochmals ernſthaft zu überlegen.

Der Phantaſt hat ſeiner Freude über Hanſen's wundervolle Entdeckung anfangs freien Lauf gelaſſen, die ihm ſo gar bequem, dem Antiphantaſten damit zu begegnen; und ſelbſt am Tanz im Mondjenſeits ein wenig Theil genommen; indeſſen, da ich doch nicht blos Phantaſt bin, ſo fing ich in der That an zu überlegen, ob nicht auch nach dieſer Entdeckung noch Schwierigkeiten übrig bleiben. Nun wäre es freilich eigentlich des Antiphantaſten Sache, ſolche vorzubringen; indeſſen da er bisher nur ſchon Vorgebrachtes darüber vorgebracht hat, ſo iſt vielleicht nicht gar zu ſehr darauf zu rechnen. Und ſomit will ich jetzt ſeine Stelle ſelber übernehmen, wie ja auch ſonſt wohl ein Gegner, nachdem er ſich mit dem Andern lange herumgetrieben, endlich an deſſen Stelle zu ſtehen kommen kann. Denn in der That, es bleibt noch eine wichtige Schwierigkeit, und ehe ſie nicht gründlich gehoben iſt, kann, meine ich, in der Mondbewohnerfrage nicht weiter *ernſthaft* vorgeſchritten werden.

Ich will ſie in der Kürze darzulegen ſuchen.

Mag auch die Luft auf der abgewandten Mondoberfläche viel dichter ſein, als auf der uns zugewandten, ſo kann ſie doch, falls ſolche überhaupt *irgendwo* auf dem Monde vorhanden iſt, nach den Geſetzen der Luftverbreitung nirgends und namentlich am für uns ſichtbaren Mondrande nicht null ſein. Geſetzt aber die Dichtigkeit der Luft an dem Mondrande iſt gegeben, ſo läßt ſich berechnen, in welchem Verhältniß ſie ſich bei einer Erhebung um acht geographiſche Meilen über das Niveau des Mondrandes verdünnen und bei einer Erniedrigung um acht Meilen darunter verdichten muß; wie viel alſo die Verdünnung und Verdichtung auf der Mitte der uns zugewandten und der von uns abgewandten Seite betragen wird.

Nun haben wir über die Dichtigkeit, welche der Luft *allerhöchſtens* am ſichtbaren Mondrande beigelegt werden kann, beſtimmte Data; und können alſo mit Hülfe ſolcher Rechnung ein Urtheil fällen, ob die Verdichtung bis zur Mitte der abgewandten Mondoberfläche groß genug iſt, um vernünftigerweiſe glauben zu laſſen, daß organiſches Leben dabei beſtehen könne.

Nun ſcheinen von vorn herein die Verhältniſſe ſich in dieſer Hinſicht nicht ungünſtig zu ſtellen, namentlich unter Mitrückſicht, daß auf dem Monde eine geringere Luftdichtigkeit als bei uns hinreichen kann, die Energie des Lebensproceſſes zu unterhalten, die den Hinderniſſen der dort geringern Schwere gewachſen iſt. Zwar hat Beſſel*) bewieſen, durch eine Unterſuchung, die keinen Einwand zuzulaſſen ſcheint (gegründet auf die Erſcheinungen bei Sternbedeckungen durch den Mond), daß die Luft am Mondrande, falls ſolche überhaupt vorhanden iſt, doch höchſtens, wenn man alle Annahmen zu Gunſten einer größtmöglichen Dichtigkeit übertreibt, $^1/_{968}$ der Dichtigkeit unſerer Luft haben kann. Aber auch wenn wir $^1/_{1000}$ oder noch beträchtlich weniger dafür ſetzen, haben wir, ſo ſcheint es, nach der Mitte des Mondjenſeits zu noch mehr als wir brauchen, ja als wir brauchen können.

Geſetzt, man ſtiege auf der Erde von dem Meeresniveau acht Meilen aufwärts, ſo würde nach den barometriſchen Formeln die Luftdichtigkeit ſich (bei Vorausſetzung einer Temperatur der Luftſäule von 0° C.) auf $^1/_{1174}$ derjenigen, welche im Meeresniveau ſtatt hat, reduciren; — geſetzt, man ſtiege eben ſo tief abwärts, ſo würde ſie ſich auf das 1235fache ſteigern, ſo daß die Luft in ſolcher Tiefe über $1^1/_2$mal ſo dicht als Waſſer werden würde (vorausgeſetzt, daß das Mariotte'ſche Geſetz ſo weit Gültigkeit behielte).

---

*) Aſtronom. Nachr. Nr. 263. S. 916 ff. — Schon früher ähnlich Tobias Mayer in den Kosmograph. Nachr. auf das Jahr 1748. S. 405 ff.

Tragen wir dieſe Verhältniſſe auf den Mond über. Geſetzt, die Luft hätte am Mondrande $^1/_{1000}$ der Dichtigkeit unſerer Luft, ſo würde ſich dieſe höchſt geringe Dichtigkeit auf der Mitte der uns zugewandten Seite, d. i. bei einer Erhebung um acht Meilen, auf $^1/_{117000}$ der Dichtigkeit unſerer Luft reduciren, hiemit in der That verſchwindend klein werden, wie wir ſie wirklich finden, auf der Mitte der abgewandten Seite aber ſich auf das 1235fache ſteigern, mithin $^{1235}/_{1000}$mal, d. i. faſt $1^1/_4$mal ſo dicht als unſere Luft werden, was bei Weitem mehr wäre, als ein Mondbewohner brauchen und vertragen kann.

Wäre nun auch die Luft noch erheblich dünner als $^1/_{1000}$ am Mondrande, kurz für die Beobachtung verſchwindend, ſo ließe ſich doch hienach noch an eine für die Bedürfniſſe der Bewohnbarkeit des Mondes hinreichende Luftdichtigkeit denken.

Leider aber iſt dieß günſtige Reſultat illuſoriſch; und dieſe ganze Rechnung von mir blos angeſtellt werden, um zu zeigen, wie vorſichtig man in dieſem Felde ſein muß, um nicht weſentliche Data außer Acht zu laſſen. Die ſo ſtarke Verdünnung und Verdichtung der Luft bei Höhendifferenzen von acht Meilen, die auf unſerer Erde ſtattfindet, kann nicht eben ſo auf dem Monde ſtattfinden, weil die Schwere auf dem Monde blos $^1/_6$ der Schwere auf unſerer Erde iſt, und vermöge deſſen die Luft ſich dort mit minderer Kraft durch ihre Schwere zuſammendrückt; ja der Unterſchied iſt ganz ungeheuer*). Die Dichtigkeit der Luft nimmt bei der Erhebung von der Mondoberfläche an unverhältnißmäßig langſamer ab, als bei Erhebung um gleiche Höhen von der Erdoberfläche, und bei Herabſteigen in umgekehrter Richtung ohne Vergleich langſamer zu. Indeß die Verdünnung und Verdichtung der Luft bei Erhebung oder Herabſteigen um acht Meilen von der Erdoberfläche an reſpectiv $^1/_{1174}$ und 1235 beträgt, beträgt dieſelbe bei Erhebung oder Herabſteigen um acht Meilen von dem Niveau des Mondrandes an nur $^1/_{3{\cdot}116}$ und 3,346, d. i. ungefähr $^1/_3$ und $3^2/_5$**). Es würde alſo eine Luft, die am Mondrande $^1/_{1000}$ von der Dichtigkeit der unſern hat, auf der Mitte der abgewandten Mondoberfläche $3^2/_5$-mal $^1/_{1000}$, d. i. etwa $^1/_{300}$ von der Dichtigkeit unſerer Luft haben, und nach dem Mondrande hin natürlich ſich noch mehr und mehr verdünnen. Mit einer ſo geringen Luftdichtigkeit aber läßt ſich nichts anfangen.

Meine Berechnung iſt nach den Formeln geführt, die Beſſel ſelbſt in ſeiner Abhandlung gegeben hat, nur mit Subſtitution der Conſtanten für die Dichtigkeit des Queckſilbers und Ausdehnung der Luft, welche jetzt als gültig angeſehen werden.

---

*) Dieß hängt damit zuſammen, daß der Logarithmus des Dichtigkeitsverhältniſſes der Luft für zwei Standpunkte von verſchiedener Höhe der Schwere proportional iſt.

**) Um eine Temperatur unterzulegen, die ſich der Wahrheit noch etwas mehr als 0° nähern mag, habe ich hier 14°,625 C. (Mitteltemperatur der Erdoberfläche nach Dove) untergelegt. Inzwiſchen kommt für das allgemeine Reſultat nichts Weſentliches auf eine etwas höhere oder niedere Temperatur an.

Nun kann man freilich ſich damit tröſten, daß die Mondgeſchöpfe vielleicht auch ohne Luft leben können. Indeß kann der Schluß auf die Bewohnbarkeit des Mondes nach den Verhältniſſen der Bewohnbarkeit der Erde nicht ohne Luft leben oder würde ſelbſt ganz luftig ſein. Darauf aber wollen wir uns einfach nicht einlaſſen.

Eine andere Frage iſt, ob eine verſchwindende Dichtigkeit der Luft am Mondrande durch die *Beſſel'ſche* Rechnung wirklich *entſcheidend* bewieſen wird. Ich geſtehe, daß ich Nichts Entſcheidendes *einzuwenden* weiß. Doch mag man immerhin das negative Reſultat derſelben und die Folgerungen, die ſich daran knüpfen, noch mit Vorſicht aufnehmen. Es ſpricht doch noch gar Manches für eine Mondatmoſphäre von nicht ganz verſchwindender Dichtigkeit am Mondrande, was freilich gegen die Beſſel'ſche Unterſuchung nicht durchſchlägt, was Gegenbemerkungen zuläßt, aber auch nicht Alles ſtricte widerlegt iſt. Ich denke in meiner künftigen Schrift ausführlicher auf die Erörterung des Für und Wider einzugehen. Und nachdem durch *Hanſen's* Entdeckung die ganze Frage auf einmal eine ſo ganz neue unerwartete Wendung genommen, wer ſteht dafür, daß nicht abermals ein neuer Umſtand auch der von uns betrachteten Schwierigkeit eine neue Wendung giebt. Dazu bemerke ich ausdrücklich, daß *Hanſen* ſelbſt, den ich mir erlaubt habe, wegen dieſer Schwierigkeit ſchriftlich zu befragen, nach Gründen, deren Erörterung mich hier weiter führen würde, als ich in *dieſer* Schrift noch zu geben beabſichtige (hauptſächlich bezüglich auf die Möglichkeit von Mondfinſterniſſen, trotz des Daſeins einer irdiſchen Atmoſphäre), ſeinerſeits die Beſſel'ſche Unterſuchung nicht für durchſchlagend hält, und die Möglichkeit feſthält, daß auf der abgewandten Mondſeite eine zur Bewohnbarkeit hinreichende Luftdichtigkeit vorhanden ſei. Hierüber liegt mir die poſitive Erklärung und Motivirung in ſeinem Schreiben vor. Doch bleibt dieß immer ein Gegenſtand, der überhaupt nur ganz nebenſächlich in ſeine Unterſuchungen hineintritt, die bei ihrem rein exacten Charakter die Mondbewohnerfrage an ſich gar nicht berühren.

So ſteht die Sache jetzt. Nun bin ich aber in der That nicht Phantaſt genug, um auf einer, doch noch ſehr zweifelhaften. Grundlage eine Betrachtung fortzuführen, von der ich geſtehe, daß ſie einigen Reiz für mich haben würde. So wie mir die Möglichkeit einer Luft des Mondes geſichert iſt, will ich auch von den Bewohnern deſſelben weiter ſprechen. Denn ich bin doch auch Phantaſt, und ſcheue mich nicht, einem derartigen Geiſt der Exactheit gegenüber, wie ihn Schleiden vertritt, das Recht von Phantaſien der Art zu vertreten.

XII. Schlußwort.

Wenn ich nicht irre, können die vorſtehenden Kapitel durch ihre Zuſammenſtellungen wohl einiges Intereſſe gewähren, indem ſie beitragen, die Anſicht von einer kosmiſchen und telluriſchen Bedeutungsloſigkeit des Mondes auf das rechte Maß zurückzuführen, die man im übertriebenen Eifer, den Mondaberglauben zu ſtürzen, etwas zu voreilig geweſen iſt, zu verbreiten, ohne gründlichere Sachkenntniß zu haben, als das Publicum, das man belehren will, und ohne zu bedenken, daß man hiemit einen dem Aberglauben gleichen Fehler begeht. Denn ohne genügende Gründe einem Glauben widerſprechen, iſt nicht gründlicher, als ohne ſolche glauben. Schleiden ſtößt aber in der That in dieſer Hinſicht nur in die allgemeine Poſaune jener Aufklärer, welchen die Welt blos ſo weit hell, als das Licht ihrer eignen Kenntniß und Vernunft leuchtet. Man ſieht nun, daß das Mondlicht ihr Licht doch noch Etwas überleuchtet.

Abgeſehen von dieſer allgemeinen Tendenz hatte ich bei der vorigen Zuſammenſtellung noch insbeſondere die

Abſicht, oder verdankt ſie vielmehr ihren erſten Urſprung nur der Abſicht, *wenn es möglich iſt*, *Schleiden* doch endlich einmal zu dem Bewußtſein zu bringen, daß etwas mehr Vorſicht und Nachſicht in Beurtheilung Anderer ihm nur ſelber frommen könnte, weil ſich der Mangel an beidem natürlich gelegentlich an ihm ſelbſt rächen muß. In der That würde man eine von einem Nichtphyſiker wie *Schleiden* in einem populären Aufſatze zu Tage gelegte Unkenntniß phyſiſcher Thatſachen, die bis jetzt wenig populär geworden ſind, nicht gar zu hoch aufzunehmen haben, zumal ſo manche intereſſante Notizen in dieſem Aufſatze und eine allerliebſte Einleitung deſſelben dafür wohl entſchädigen können, wenn uns nicht *Schleiden* durch die Weiſe, wie er Andere beurtheilt, ſelbſt einen andern Maßſtab ſeiner Beurtheilung aufdrängte. Wer kann in allen Sätteln gleich gerecht ſein; ja wollte man über keinen Gegenſtand ſchreiben, als wenn man ſicher weiß, daß man Alles davon weiß, was davon zu wiſſen möglich iſt, ſo möchte auch viel Gutes ungeſchrieben bleiben. Aber freilich, wenn man *gar* Nichts von Allem weiß, was darüber zu wiſſen möglich iſt, iſt es doch auch etwas zu wenig. Zanken wir uns aber ſchließlich nicht um unſeres Wiſſens oder unſerer Unwiſſenheit willen in Dingen, die wir, wenn wir ſie wiſſen, doch Beide nur von Andern wiſſen. Vielleicht habe ich auch in der Darſtellung und Erörterung der vorſtehenden Thatſachen mehr als Einen Fehler gemacht, und ſicher iſt, daß ich nicht Alles gewußt habe, was ſich von der Sache wiſſen läßt

Schleiden bleibt zuletzt doch Schleiden, wenn er auch nicht weiß, daß der Mond Wetter macht und mitunter eine Autorität für mit einer Autorität gegen verwechſelt. Sein Leiſten iſt die Zelle und nicht der Mond, und es iſt natürlich, daß, wenn er mit dem Leiſten der Zelle an den Mond kommt, es nicht paßt. Er bleibe alſo künftig bei ſeinem Leiſten. Ich laſſe ihm die Zelle, er laſſe mir den Mond; ich laſſe ihm die Pflanzenkörper, er laſſe mir die Pflanzenſeelen, und wolle nicht in meine Seele ſchneiden, indem er mit den Körpern auch deren Seelen zerſchneidet, die ihn nichts angehen. Bleiben wir bei dieſem Pact, ſo werden wir künftig in Frieden mit einander leben.

XIII Zuſätze über den Einfluß des Mondes auf die Witterung.

Es thut mir leid, bei Ziehung und Darlegung der Reſultate dieſer Schrift eine Notiz nicht haben berückſichtigen zu können, die mir erſt zukam, als der meteorologiſche Theil derſelben ſchon gedruckt war. Durch den, vor einigen Tagen hier durchreiſenden amerikaniſchen Aſtronomen Gould wurde mir nämlich mitgetheilt, daß ſich ihm durch eine (nicht veröffentlichte) Unterſuchung 80jähriger, täglich dreimaliger, Beobachtungen zu Boſton der Einfluß der Mondphaſen auf Barometer und Thermometer in den Definitivmitteln als verſchwindend herausgeſtellt habe. Dieß negative Ergebniß iſt theils wegen der Gründlichkeit des Forſchers, von dem es herrührt, theils wegen der Länge der Beobachtungszeit, von großem Gewicht, und hätte nothwendig den, der bisherigen Sachlage der Beobachtungen gemäßen Ausdruck der Sicherheit, mit dem die poſitiven Reſultate über den Einfluß des Mondes auf jene meteorologiſchen Verhältniſſe ausgeſprochen werden ſind, modificiren müſſen. Von der andern Seite aber leuchtet ein, daß, wenn eine genauere Darlegung jener Unterſuchung das Gewicht, was einer mündlichen Notiz darüber doch nur in beſchränktem Grade beigelegt werden kann, bekräftigen ſollte, wie ich nach der Quelle derſelben nicht bezweifle, doch durch ein negatives Reſultat für Einen Beobachtungsort und für zwei meteorologiſche Elemente der ganze Nexus poſitiver Thatſachen für die Geſammtheit der Witterungseinflüſſe, der im

6. und 7. Kapitel dieſer Schrift dargelegt worden iſt, den Jeder ſelbſt beurtheilen mag, in den auch die barometriſchen Verhältniſſe weſentlichſt mit eingehen, nicht ungültig gemacht werden kann, daß alſo nur eine um ſo ſtärkere Auffoderung darin liegen kann, den Grund von Widerſprüchen, die hier noch vorliegen, durch fernere Unterſuchungen aufzuklären, die anzuregen ja überhaupt eine Hauptabſicht dieſer Schrift iſt.

Hieran ſchließe ich noch ein paar Zuſätze betreffs einiger älteren Unterſuchungen an, über die mir die Originalquellen erſt in dieſen Tagen zugänglich geworden ſind, um ſo lieber, als ſie in Zuſammenſtellung mit dem eben angeführten Gould'ſchen negativen Ergebniß einige Bedeutung mehr erhalten.

Die S. 191 erwähnten Unterſuchungen **Toaldo's** über die Wirkung der Apſiden auf den Barometerſtand in Padua ſtützen ſich nicht, wie ich nach zweiter Quelle angegeben, auf 48jährige Beobachtungen, ſondern, wie ich aus ſeinem, mir erſt jetzt zugekommenen Originalwerke Saggio meteorologico, 2 ed. p. 115, 122. erſehe, auf 56jährige Beobachtungen (1725—1780), wovon 40 Jahre dem Marchio Poleni, 16 Jahre Toaldo ſelbſt angehören. Sie befaſſen 743 Apogäen und eben ſo viel Perigäen, mit jedesmal 5tägiger, an jedem Tag 1maliger Beobachtung, und ſind ganz nach dem Muſter der Methode angeſtellt, welche **Lambert** bei einer entſprechenden Unterſuchung (vgl. S. 191) angewandt hat. 39 Jahre gaben ein Uebergewicht des Barometerſtandes für die Apogäen, 17 für die Perigäen, und in Summa betrug der Ueberſchuß der Barometerſtände in den 56 Jahren für die Apogäen 94,58 engl. Zoll, alſo faſt 8 engl. Fuß über die Stände bei den Perigäen, was 0,02546 engl. Zoll oder 0,3055 engl. Lin. Uebergewicht für 1 Apogäumtag giebt. — Ferner gaben 33 unter den 56 Jahren ein Uebergewicht für die Quadraturen, 23 für die Syzygien. Die Summe der Barometerſtände für 1283 Quadraturen mit jedesmal 5tägiger Beobachtung überwog die Summe für eben ſo viel Syzygien um 135,38 engl. Zoll, was einen Ueberſchuß von 0,0211 engl. Zoll oder 0,2532 engl. Lin. für 1 Quadratur giebt. — Nun ſind die Toaldo'ſchen Unterſuchungen über den Einfluß des Mondes auf Wetterver-

Änderungen wegen untriftiger Methode mit Recht wiſſenſchaftlich verwerfen, und auch den hier angeführten, nicht damit zu verwechſelnden, und durch jene Untriftigkeit der Methode nicht betroffenen Unterſuchungen über den Einfluß des Mondes auf den Barometerſtand wird, weil ſie auf Beobachtungen fußen, die mit ältern Inſtrumenten angeſtellt, und nicht wegen der Temperatur corrigirt ſind, für ſich kein zu großes Gewicht beizulegen ſein. Wenn man jedoch berückſichtigt: 1) daß die Temperaturcorrection ſich durch die Länge der Beobachtungszeit ſo zu ſagen von ſelbſt vollziehen mußte, 2) daß das Reſultat ſowohl für Apſiden als Phaſen ſich dem Geſammtreſultat aller neuern Beobachtungen, die S. 191 u. 260 ſpecificirt ſind, anſchließt, (nur mit Ausnahme der kurzen Beobachtungen für Prag und die Tropen betreffs der Phaſen), 3) daß die von Gould benutzten 80jährigen Beobachtungen (deren Unterſuchung, wenn ich mich recht erinnere, ſchon vor 12 oder 16 Jahren von ihm geſchah) jedenfalls zur Hälfte dem vorigen Jahrhundert angehören, alſo gewiß größtentheils auch nicht wegen der Temperatur corrigirt waren, ſo hat man allerdings Grund, ſchon ohne Rückſicht auf den übrigen Nexus der Thatſachen, den ich hier nicht reproduciren will, in den langjährigen Beobachtungen Toaldo's einiges Gegengewicht gegen die langjährigen Beobachtungen Gould's begründet zu finden. — Da ich aber nichts vorbeizulaſſen wünſchte, ſei es nach poſitiver oder negativer Seite, was zur Abwägung beitragen kann, ſo will ich bemerken, daß nach einer beiläufigen Notiz, die ich ſo eben in den aſtronom. Unterhalt. 1855. Nr. 38 finde, „Placidus Heinrich aus ſeinen Unterſuchungen folgert, daß der Mond im Apogäum einen niedrigern, im Perigäum einen höhern Stand des Barometers herbeiführt.“ Etwas Näheres über dieſe, ebenfalls ältern Beobachtungen, deren Reſultat der Uebereinſtimmung der übrigen zuwiderläuft, iſt mir aber nicht bekannt.

In Betreff der Regenverhältniſſe iſt zur Unterſtützung der früher (S. 166, 257) genannten Ergebniſſe noch nachzutragen, daß auch Toaldo nach langjährigen Beobachtungen in Padua (1725—1772) und Venedig (1751—1785) geneigt iſt, dem letzten

Viertel und dem Apogäum eine vorwaltende Neigung zu gutem Wetter beizulegen, ohne ſich jedoch auf genaue Zählung zu ſtützen (Saggio met. p. 103), und daß nach Pilgram's in den Jahren 1763—1787 in Wien angeſtellten Beobachtungen der Vollmond im Uebergewicht der naſſen und trüben Tage gegen den Neumond iſt und die Perigäen einen ſehr bedeutenden Einfluß zur Beförderung des Regens und der trüben Tage im Verhältniß zu den Apogäen haben. 100 Vollmonde gaben 29 mal, 100 Neumonde 26 mal feuchtes Wetter, 100 Vollmonde 62 mal, 100 Neumonde 55 mal trübes Wetter. 100 Perigäen gaben 36 mal, 100 Apogäen nur 20 mal feuchtes Wetter, 100 Perigäen 60 mal, 100 Apogäen 46 mal trübes Wetter. 100 Viertel (beide nicht unterſchieden) gaben 25 mal feuchtes, 53 mal trübes Wetter. Pilgram giebt nur dieſe Procentzahlen, nicht die abſoluten Zahlen, die beobachtet worden ſind. (Pilgram, das Wahrſcheinliche der Wetterkunde II. S. 434.) Dieſe Notizen ſind deßhalb von einiger Wichtigkeit, weil ſie für frühere Jahre und andere Orte ein beſtätigendes Moment zu der Uebereinſtimmung aller neuern Beobachtungen liefern. Abweichend hievon aber iſt, daß nach ihm die regneriſchen Tage des zunehmenden Mondes (mit Neumond als Anfang) im Minus gegen die des abnehmenden ſind. Verhältniß 479:527.

Einige, jedoch nicht von genauen Aufzeichnungen begleitete Angaben über den Mondeinfluß auf Winde, Gewitter und Heiterkeit des Himmels von Preſtel finden ſich in den aſtronomiſch. Unterhaltung. 1855. Nr. 38. S. 289.

Noch iſt berichtigend zu erinnern, daß die Angabe S. 228, daß keine Beobachtungsreihen von mehr als 30 Jahren über den Witterungseinfluß des Mondes für einen und denſelben Ort vorliegen, auf neuere genauere Beobachtungsreihen zu beſchränken war, da ſowohl die vorerwähnte 56jährige Toaldo'ſche Reihe über den Einfluß auf das Barometer, als die mehrhundertjährige Schübler'ſche (S. 198) über den Einfluß auf das Gedeihen des Weins dieſe Zeit beträchtlich überſteigen.

Druck von J. F. [illegible] in Leipzig

ELEMENTE DER PSYCHOPHYSIK.

ERSTER THEIL.

1095
112

ELEMENTE

DER

PSYCHOPHYSIK

VON

P 33/605

GUSTAV THEODOR FECHNER.

P 1259

ERSTER THEIL.

LEIPZIG,
DRUCK UND VERLAG VON BREITKOPF UND HÄRTEL.
1860.

BIBLIOTHECA ACADEMICA. No. 45979.

AD BIBL. UNIVERS. MONAC.

Universitäts- München Bibliothek

VORWORT.

Unter Psychophysik verstehe ich gemäss der, im 2. Kapitel ausführlicher gegebenen, Erklärung eine Lehre, die, obwohl der Aufgabe nach uralt, doch in Betreff der Fassung und Behandlung dieser Aufgabe sich hier insoweit als eine neue darstellt, dass man den neuen Namen dafür nicht unpassend und nicht unnöthig finden dürfte, kurz eine exacte Lehre von den Beziehungen zwischen Leib und Seele.

Als exacte Lehre hat die Psychophysik wie die Physik auf Erfahrung und mathematischer Verknüpfung erfahrungsmässiger Thatsachen, welche ein Mass des von der Erfahrung Gebotenen fodert, zu fussen, und, soweit solches noch nicht zu Gebote steht, es zu suchen. Nachdem nun das Mass bezüglich der physischen Grössen schon gegeben ist, wird die erste und Hauptaufgabe dieser Schrift die Feststellung des Masses bezüglich der psychischen Grössen sein, wo es bisher noch vermisst war; die zweite, auf die Anwendungen und Ausführungen einzugehen, welche sich daran knüpfen.

Es wird sich zeigen, dass die Feststellung des psychischen Masses keine blosse Sache des Studirtisches oder philosophischen Aperçus ist, sondern eine breite erfahrungsmässige Unterlage fodert. Diese glaube ich hier nach fremden und eigenen Untersuchungen insoweit zulänglich gegeben zu haben, dass das Princip des Masses sicher gestellt ist, von den Anwendungen aber so viel, dass auch der Nutzen dieses Masses anzuerkennen sein wird. Doch bedarf die erfahrungsmässige Unterlage zur Entwicklung der psychophysischen Masslehre noch grosser Erweiterung, und was von den Anwendungen gegeben ist, lässt nur erkennen, dass ohne Vergleich mehr wird zu geben sein.

Kurz die Psychophysik ist in der Gestalt, in der sie hier erscheint, eine Lehre noch im ersten Zustande des Werdens; also verstehe man auch den Titel dieser Schrift Elemente nicht unrecht, als wenn es sich hier um Darstellung des Wesentlichsten einer schon fundirten und formirten Lehre, um ein Elementarlehrbuch, handelte; sondern vielmehr um Darstellung der Anfänge einer Lehre, die sich noch im Elementarzustande findet. Man stelle also auch nicht Ansprüche an diese Schrift, die an ein Elementarlehrbuch zu stellen sind. Sie giebt vielfach Untersuchungen, Ausführungen, Zusammenstellungen, die in einem solchen ganz unpassend sein würden, aber beitragen können, es dahin zu bringen, dass einmal ein solches Lehrbuch möglich werde. Was zu fodern war, ein Zusammenhalten der Untersuchung auf bestimmte Puncte und Zusammenfassen der Resultate nach bestimmten Richtungen, wird man, denke ich, nicht vermissen.

Eben so wenig aber, als ein Elementarlehrbuch, hat man hier eine Sammlung des gesammten Materials der Psychophysik zu suchen, sondern vorzugsweise nur dessen, was zur Begründung der psychophysischen Masslehre gehört und in die Anwendungen derselben hineintritt. Unzähliges, was einen Gegenstand der Psychophysik bildet, konnte hier nicht Platz finden, weil es noch nicht so weit gediehen ist, um auch schon eine Aufnahme in dieselbe finden zu können.

Mag Manches in dieser Schrift schon jetzt zu viel, Manches zu wenig sein, so hat man jedenfalls Ursache, nachsichtig in dieser Hinsicht zu sein, nachdem formell fast nichts, materiell nur ganz Zerstreutes vorlag, worauf ich fussen und mich berufen konnte; ein Haus lässt sich aber nicht bauen, ohne Steine dazu herbeizufahren; und wo der Plan noch vor dem Hause zu bauen ist, kann im ersten Versuche dazu nicht gleich Alles recht liegen und das rechte Mass haben. Jeder folgende Versuch dieser Art wird von gewisser Seite vollständiger, von der anderen kürzer und präciser sein können.

Nicht minder freilich als in Betreff der formellen Mängel habe ich die Nachsicht wegen der sächlichen Irrthümer in Anspruch zu nehmen, die in dieser Schrift übrig geblieben sein können, namentlich bei Behandlung so mancher feinen, schwierigen und neuen Fragen, wie sich solche noch mehr im folgenden als in diesem Theile darbieten werden. Ich bin im langen Laufe dieser Untersuchungen bei festgehaltenen und sich immer fester stellenden allgemeinen Principien durch so viele Irrwege und Unklarheiten im Einzelnen gegangen, — lag doch das ganze Gebiet vorher in Unklarheit begraben — dass ich nicht zu hoffen wage, sie bei der jetzigen Redaction schon alle hinter mir zu haben. Aber ich würde diese Untersuchungen gar nicht geben können, wenn ich auf eine völlige Sicherstellung in dieser Hinsicht warten wollte; und hege doch die Zuversicht, dass, nachdem sich schon so Vieles in dieser Lehre allmälig berichtigt und geklärt hat, dieselbe auch des weiteren Fortschrittes in dieser Richtung fähig sein werde.

Zuletzt wird es sich nur fragen, ob mit dem, was und wie es hier geboten wird, ein haltbarer und fruchtbarer Anfang geboten ist. Sollte man es finden, so nehme man das Fehlende und die Fehler nicht zu hoch auf; es wird mindestens ihr Verdienst sein, das Bessere hervorgerufen zu haben.

Dabei bin ich weit entfernt, zu sagen, dass das, was in dieser Schrift vorliegt, etwas schlechthin Neues sei, und es dürfte eine schlechte Empfehlung dafür sein, wenn es diess wäre. Vielmehr, um gerechten Prioritätsansprüchen von vorn herein gerecht zu werden, und zugleich zu zeigen, dass der Schrift etwas mehr als ein subjectiver Einfall unterliegt, berühre ich gleich im Vorworte kurz einige historische Puncte, auf die ich an seinem Orte und schliesslich in einem besonderen historischen Kapitel näher eingehe.

Das erfahrungsmässige Gesetz, welches die Hauptunterlage der psychischen Masslehre bildet, ist schon vorlängst von verschiedenen Forschern in verschiedenen Gebieten aufgestellt und in verhältnissmässiger Allgemeinheit namentlich von E. H. Weber, den ich überhaupt den Vater der Psychophysik nennen möchte, ausgesprochen und experimental bewährt worden. Die mathematische Function anderseits, die den allgemeinsten und wichtigsten Fall der Anwendung unseres Massprincips bildet, ist ebenfalls schon vorlängst von verschiedenen Mathematikern, Physikern und Philosophen, wie Bernoulli (Laplace, Poisson), Euler (Herbart, Drobisch), Steinheil (Pogson) für besondere, der Psychophysik zuzueignende, Fälle auf dieses Gesetz gegründet und von anderen Forschern reproducirt oder acceptirt worden. Geschahe nun auch alles diess nicht aus dem Gesichtspuncte eines psychischen Masses, und ohne bisher besondere Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen, so wird doch, nachdem das Princip dieses Masses sich folgends (Kapitel 7) ausgesprochen haben wird, ohne Schwierigkeit einleuchten, dass es schon in der, von jenen Forschern aufgestellten, Function enthalten war.

Hienach ist unser psychisches Mass in der That nur von einer Seite die Verallgemeinerung, von anderer Seite der klare Ausspruch dessen, was schon vorhanden war, in seiner Bedeutung als psychisches Mass. Die Verweisung hierauf dürfte etwas beitragen, das Misstrauen zu vermindern, was die Ankündigung eines solchen Masses von vorn herein erwecken mag. Das Problem desselben ist in der That nicht das Problem der Quadratur des Zirkels oder *Perpetuum mobile*, vielmehr schon der That nach von Forschern gelöst, deren Namen eine Gewährleistung der Triftigkeit der Lösung ist.

Nachdem ich dieser Verdienste früherer Forscher um den Hauptgegenstand dieser Schrift gedacht habe, würde ich eine Hauptpflicht versäumen, wenn ich nicht der eben so wesentlichen Stütze wie Föderung gedenken wollte, welche ich selbst bei meiner Untersuchung durch Volkmann gefunden. Das bereitwillige Eingehen dieses scharfsinnigen und feinen Forschers auf die Interessen dieser Untersuchung, welches ihn übrigens weit über die zunächst dadurch gestellten Foderungen hinaus seine eigenen Bahnen geführt hat, und der Zuwachs, der dadurch zu den erfahrungsmässigen Unterlagen dieser Schrift erwachsen ist, verpflichten mich in der That zu grösstem Danke.

Zugleich aber wage ich es als ein günstiges Zeichen für das Princip und den Charakter der Lehre dieser Schrift geltend zu machen, dass sie nicht nur eine Stütze in exacten Untersuchungen der vorzüglichsten Forscher aufzuweisen, sondern auch Anknüpfungspuncte für solche zu gewähren vermag. In der That, abgesehen von denjenigen theoretischen und experimentalen Untersuchungen, auf denen sie fusst, und die sich schon daran angeknüpft haben, hat sich im Laufe dieser Schrift oft genug Veranlassung geboten, auf künftig anzustellende oder weiter fortzuführende Untersuchungen hinzuweisen, welche theils zur Weiterentwickelung der psychophysischen Masslehre nöthig sind, theils in die Anwendungen derselben hineintreten, und, ungeachtet sie zum Theil grosses Interesse darbieten, doch ohne den Gesichtspunct dieser Lehre sich nicht dargeboten haben würden. Das psychophysiche Experiment, bisher nur eine beiläufige Stelle bald in dem physikalischen, bald physiologischen Experimentirzimmer findend, nimmt nun sein eigenes Zimmer, seinen eigenen Apparat, seine eigenen Methoden in Anspruch. Auch ist fraglos, dass sich das Gebiet dieser Untersuchungen mehr und mehr erweitern wird, je mehr es bebaut wird. Und so suche ich die Hauptfrucht unserer bisherigen Untersuchung weniger in der, die sie bisher getragen hat, als der, die sie einmal zu tragen verspricht. Was hier vorliegt, ist ein dürftiger Anfang eines Anfanges.

In Betreff der Weise, wie die Mathematik in dieser Schrift eingeführt ist und namentlich im folgenden Theile derselben Platz greifen wird, wünschte ich, Mathematiker möchten diese Elemente für Nichtmathematiker und Nichtmathematiker für Mathematiker geschrieben halten, indem mein Bestreben dahin gieng, den einen verständlich zu werden und den anderen genug zu thun, was doch nicht ganz ohne Conflict abgieng. Mögen namentlich die Mathematiker so manche etwas breite und populäre Auseinandersetzung im Interesse der Nichtmathematiker entschuldigen, wobei ich im Auge hatte, dass diese Schrift hauptsächlich Physiologen interessiren dürfte, indess sie zugleich Philosophen zu interessiren wünscht. In beiden aber selbstverständlich auch Mathematiker zu sehen, ist heutzutage noch nicht so gestattet, als es eigentlich gefodert wäre. Mögen anderseits die Nichtmathematiker Ableitungen, denen sie nicht folgen können, — wennschon nur solche von sehr geringen Ansprüchen an mathematisches Verständniss vorkommen — als mathematische Thatsachen hinnehmen, und hier und da ein Kapitel, eine Einschaltung oder Ausführung überschlagen, die sich etwas zu tief einlassen. Wenn ich nicht irre, wird doch Jeder den Gang und Inhalt dieser Schrift im Ganzen fasslich finden, wer nur weiss, was eine mathematische Gleichung ist, und die Eigenschaften der Logarithmen kennt, oder sich an die, im Eingange des folgenden Theiles gegebene, kurze Recapitulation derselben halten will. Von Anderen wünschte ich nicht, dass sie sich um diese Schrift kümmerten, am wenigsten aber, dass sie ein Urtheil darüber fällten, welches in keinem Falle ein einsichtiges sein könnte.

Mit Fleiss unterlasse ich es, in dieser Schrift irgendwie auf den Gegensatz einzugehen, den die mathematische Auffassung der psychologischen Verhältnisse in derselben gegen die Herbart'sche bieten wird. Herbart wird stets das Verdienst bleiben, die Möglichkeit einer mathematischen Auffassung dieser Verhältnisse nicht nur zuerst ausgesprochen, sondern auch den ersten scharfsinnigen Versuch der Durchführung einer solchen Auffassung gemacht zu haben; und jeder nach ihm wird in dieser Hinsicht nur ein Zweiter bleiben. In der That aber liegen dem folgenden

Versuche so wesentlich von den seinigen abweichende Grundgesichtspuncte unter, dass es eben so wenig einer besonderen Hervorhebung der Verschiedenheit beider bedarf, als es müssig und unangebracht sein würde, hier eine Auseinandersetzung zwischen beiden zu versuchen, zumal solche nicht ohne einen Streit über philosophische Grundfragen stattfinden könnte, welcher hier um jeden Preis zu vermeiden ist. Die Entscheidung zwischen beiden, die zugleich eine Entscheidung bezüglich dieser Grundfragen sein wird, habe ich der Zukunft anheimzustellen.

Vielleicht erwartet man hier vorweg auch eine Erklärung über die Stellung, welche diese Schrift zum Materialismus und Idealismus und den religiösen Grundfragen einnehmen wird, womit jede Untersuchung über die Beziehung von Leib und Seele nothwendig in Berührung treten muss. Was nun das Erste anlangt, so geht diese Schrift auf den Streit über die Grundbeziehung von Leib und Seele, welcher die Materialisten und Idealisten entzweit, überhaupt nicht ein; auch ihre Ausführungen und Consequenzen werden weder einseitig im einen noch im anderen Sinne liegen, indem sie die erfahrungsmässigen Beziehungen zwischen beiden Seiten der Existenz durch ein Functionsverhältniss darstellt, welches diese Einseitigkeit von selbst ausschliesst.

Was das Zweite anlangt, so würden alle Schlüsse, dass wir hiemit doch die Folgerungen des Materialismus betreffs der religiösen Grundfragen zu acceptiren gezwungen seien, voreilig sein. Es liegt auf der Hand, dass namentlich die, auf S. 4 kurz ausgesprochene, wennschon vielmehr den Hintergrund als Ausgangspunct der Entwickelungen dieser Schrift bildende, Grundansicht eine einseitig materialistische Auslegung und Verwerthung erfahren kann, und in Betreff der Unsterblichkeitsfrage zunächst scheint zu gleicher Folgerung führen zu müssen. Ich will aber hier nichts weiter dagegen einwenden, als dass diese ganze Schrift auf der Grundlage und im Zusammenhange einer ganz entgegengesetzten Auffassung und Auslegung jener Ansicht erwachsen ist, der ich in früheren Schriften den Ausdruck gegeben habe, und hierauf muss ich verweisen, falls man jenem Bedenken Folge geben will, da hier nicht der Ort ist, weiter darauf einzugehen.

Der vorliegende Band dieser Schrift enthält die Unterlagen des psychischen Masses, d. i. die Aufstellung seines Princips und Darlegung der Methoden, Gesetze und Thatsachen, die zur erfahrungsmässigen Begründung desselben gehören: der folgende wird die psychische Massfunction selbst mit ihren, aus dem Aeusseren in das Innere übergreifenden, Consequenzen entwickeln. Der jetzige nimmt hienach mehr ein empirisches, der folgende mehr ein mathematisches und philosophisches Interesse in Anspruch, ein mathematisches, sofern das Feld neuer Anwendungen, was sich im vorliegenden Theile für die Mathematik eröffnet, im folgenden bis zu gewissen Gränzen beschritten wird, ein philosophisches, sofern mit diesen Anwendungen sich belangreiche Gesichtspuncte für die Auffassung der Beziehungen zwischen Leib und Seele ergeben.

Leipzig, den 7. Dec. 1859.

INHALT.

Seite

Einleitendes.

I. Allgemeinere Betrachtung über die Beziehung von Leib und Seele . . . 1
II. Begriff und Aufgabe der Psychophysik . . . 8
III. Eine Vorfrage . . . 13
IV. Begriffliches über Empfindung und Reiz . . . 15

Aeussere Psychophysik.

Die psychophysische Masslehre.

V. Mass der körperlichen Thätigkeit. Lebendige Kraft . . . 20
VI. Massprincip der Empfindlichkeit . . . 45
VII. Massprincip der Empfindung . . . 54
VIII. Massmethoden der Empfindlichkeit . . . 69
  1) Massmethoden der Unterschiedsempfindlichkeit . . . 71
    a) Allgemeine Darstellung . . . 71
    b) Allgemeine Rücksichten und Vorsichten . . . 76
    c) Rücksichten in Betreff der Zeit- und Raumverhältnisse der Versuche. Constante Fehler . . . 88
    d) Specielles zur Methode der richtigen und falschen Fälle . . . 94
    e) Specielles zur Methode der mittleren Fehler . . . 120
    f) Mathematische Beziehung der Methoden . . . 128
  2) Massmethoden der absoluten Empfindlichkeit . . . 130

Fundamentale Gesetze und Thatsachen.

IX. Das Weber'sche Gesetz . . . 134
  Die eigenen Angaben Weber's . . . 136
  1) Licht . . . 139
  2) Schall . . . 175
  3) Gewichte . . . 182
  4) Temperatur . . . 201
  5) Extensive Grössen. (Augenmass und Tastmass) . . . 211
  6) *Fortune morale et physique* . . . 236

Seite
X. Die Thatsache der Schwelle 238
  1) Intensive Schwelle 240
    a) Reizschwelle 240
    b) Unterschiedsschwelle 242
  2) Extensive Schwelle 245
  3) Allgemeinere Betrachtungen bezüglich der Schwelle 246
  4) Folgerungen aus dem Dasein der Schwelle 249
XI. Nähere Angaben über Grösse und Abhängigkeitsverhältnisse der Schwellenwerthe in den verschiedenen Sinnesgebieten 254
  1) Intensive Schwelle 255
    a) Licht und Farbe 255
    b) Schallstärke und Tonhöhe 257
    c) Gewichte. 263
    d) Temperatur 267
  2) Extensive Schwelle 267
    a) Gesichtssinn 267
      Specialbestimmungen über kleinste erkennbare Grössen 280
      Specialbestimmungen über kleinste erkennbare Distanzen 288
        α) Zwei distante Puncte 288
        β) Zwei distante Fäden. 289
        γ) Streifige und würflige Figuren 289
      Verhalten der Seitentheile der Netzhaut im Erkennen kleinster Grössen und Distanzen 293
      Distanzunterschiede (Augenmass) 294
    b) Tastsinn 295
    c) Auffassung von Zeit und Bewegung 296
XII. Parallelgesetz zum Weber'schen Gesetze 300
  1) Gewichtsversuche. 305
  2) Erfahrungen im Gebiete der Lichtempfindung 323
  3) Versuche im Gebiete der extensiven Empfindung 329
XIII. Gesetze der Mischungsphänomene 329

Einleitendes.

I. Allgemeinere Betrachtung über die Beziehung von Leib und Seele.

Indess die Lehre von der Körperwelt in den verschiedenen Zweigen der Naturwissenschaft zu einer grossen Entwickelung gediehen ist, und sich scharfer Principien und Methoden erfreut, welche ihr einen erfolgreichen Fortschritt sichern, indess die Lehre vom Geiste in Psychologie und Logik wenigstens bis zu gewissen Gränzen feste Grundlagen gewonnen hat, ist die Lehre von den Beziehungen zwischen Körper und Geist oder Leib und Seele bis jetzt fast blos ein Feld philosophischen Streites ohne festes Fundament und ohne sichere Principien und Methoden für den Fortschritt der Untersuchung geblieben.

Der nächstliegende Grund dieses ungünstigeren Verhältnisses ist meines Erachtens in folgendem factischen Umstande zu suchen, der freilich wieder nach seinem weiter rückliegenden Grunde fragen lässt. Die Verhältnisse der Körperwelt für sich können wir unmittelbar und im Zusammenhange durch Erfahrung verfolgen, die Verhältnisse der inneren oder geistigen Welt nicht minder; jene zwar nur, so weit unsere Sinne und deren verstärkende Hülfsmittel reichen, diese, so weit eines Jeden eigene Seele reicht; aber doch so, dass wir im Stande sind, Grundthatsachen, Grundgesetze, Grundverhältnisse in jedem beider Gebiete zu gewinnen, welche uns als sichere Unterlagen und Ausgangspuncte für den Schluss und weiteren Fortschritt dienen können. Nicht so mit dem Zusammenhange der körperlichen und geistigen Welt, indem von beiden unmittelbar zusammengehörigen Factoren dieses Zusammenhanges immer nur der eine auf einmal in die unmittelbare Erfahrung tritt, während der andere unter der Decke bleibt. Denn indess wir uns unserer Empfindungen und Gedanken unmittelbar bewusst sind, können wir nichts von den Bewegungen im Gehirne wahrnehmen, welche daran gebunden sind und an welche sie ihrerseits gebunden sind, das Körperliche bleibt hier unter der geistigen Decke; und indess wir die Körper anderer Menschen, Thiere und der ganzen Natur unmittelbar der anatomischen und physiologischen, physikalischen und chemischen Untersuchung unterwerfen können, vermögen wir nichts unmittelbar von den Seelen, die den ersten, und dem Gotte, welcher der zweiten zugehört, zu erfahren; das Geistige bleibt hier unter der körperlichen Decke. Und somit bleibt auch den Hypothesen und dem Leugnen grosser Spielraum. Ist überhaupt etwas unter der einen und der anderen Decke, und was ist darunter zu finden?

Die Unsicherheit, das Schwanken, das Streiten über diese Thatfragen hat bisher noch keinen festen Ausgangspunct und Angriffspunct für eine Lehre von den Verhältnissen dessen, um dessen Thatbestand sich's grossentheils erst noch streitet, zugelassen.

Und was kann der Grund dieses eigenthümlichen Verhältnisses sein, dass wir Körper und Geist jedes für sich, und doch nie beides, wie es unmittelbar zusammengehört, auch unmittelbar zusammen beobachten können; indess wir doch sonst das, was unmittelbar zusammenhängt, am leichtesten zusammen beobachten? Nach der Unverbrüchlichkeit, in der diess Verhältniss zwischen geistigem und körperlichem Gebiete besteht, dürfen wir vermuthen, dass es ein fundamentales, in ihrer Grundbeziehung selbst begründetes sei. Aber giebt es kein ähnliches, was uns die Thatsache desselben mindestens erläutern, wenn nicht auf den Grund führen kann?

Wohl lässt sich auf diess und das hinweisen. Z. B. wenn Jemand innerhalb eines Kreises steht, so liegt dessen convexe Seite für ihn ganz verborgen unter der concaven Decke; wenn er ausserhalb steht, umgekehrt die concave Seite unter der convexen Decke. Beide Seiten gehören ebenso untrennbar zusammen, als die geistige und leibliche Seite des Menschen und diese lassen sich vergleichsweise auch als innere und äussere Seite fassen; es ist aber auch ebenso unmöglich, von einem Standpuncte in der Ebene des Kreises beide Seiten des Kreises zugleich zu erblicken, als von einem Standpuncte im Gebiete der menschlichen Existenz diese beiden Seiten des Menschen. Erst wie wir den Standpunct wechseln, wechselt sich die Seite des Kreises, die wir erblicken, und die sich hinter der erblickten versteckt. Aber der Kreis ist nur ein Bild, und es gilt die Frage nach der Sache.

Nun ist nicht die Aufgabe und Absicht, in dieser Schrift in tiefere oder irgendwie durchschlagende Erörterungen über die Grundfrage der Beziehung von Leib und Seele einzugehen. Suche Jeder sich das Räthsel, insofern es ihm als solches erscheint, auf seine Weise zu lösen. Es wird daher auch ohne irgendwelche bindende Consequenz für das Folgende sein, wenn ich hier nur, um eine etwaige Frage nach der allgemeinen Ansicht, welche den Ausgangspunct dieser Schrift gebildet hat und noch den Hintergrund derselben für mich bildet, nicht ganz ohne Antwort zu lassen, und zugleich einen Anhaltspunct in diesem Felde schwankender Ideen denen darzubieten, die einen solchen vielmehr erst suchen, als schon gefunden zu haben glauben, mit ein paar Worten auf diese Ansicht eingehe, die doch nichts wesentlich Massgebendes für den Verfolg enthalten wird. Bei sehr grosser Verlockung, im Eingange einer Schrift wie dieser, sich in umfängliche und weitausholende Erörterungen in dieser Hinsicht zu verlieren, und nicht geringer Schwierigkeit, sie überhaupt hier zu vermeiden, wird man wenigstens die kurze Exposition der Ansicht, auf die ich mich folgends beschränke, entschuldigen.

Zuvor ein zweites Erläuterungsbeispiel zu dem ersten. Das Sonnensystem bietet von der Sonne aus einen ganz anderen Anblick dar, als von der Erde aus. Dort ist es die Copernikanische, hier die Ptolemäische Welt. Es wird in aller Zeit für denselben Beobachter unmöglich bleiben, beide Weltsysteme zusammen zu beobachten, ungeachtet beide ganz untrennbar zusammengehören, und eben so wie die concave und convexe Seite des Kreises im Grunde nur zwei verschiedene Erscheinungsweisen derselben Sache von verschiedenem Standpuncte sind. Wieder aber reicht es hin, den Standpunct zu wechseln, so tritt für die eine Welt die andere Welt in die Erscheinung.

Die ganze Welt besteht aus solchen Beispielen, die uns beweisen, dass das, was in der Sache Eins ist, von zweierlei Standpuncten als zweierlei erscheint, und man nicht vom einen Standpuncte dasselbe als vom anderen haben kann. Wer giebt es nicht zu, dass es allwegs so ist und nicht anders sein kann. Nur in

Betreff des grössten und durchschlagendsten Beispiels giebt man es nicht zu oder ist nicht darauf verfallen. Das aber bietet uns das Verhältniss der geistigen und körperlichen Welt.

Was dir auf innerem Standpuncte als dein Geist erscheint, der du selbst dieser Geist bist, erscheint auf äusserem Standpuncte dagegen als dieses Geistes körperliche Unterlage. Es ist ein Unterschied, ob man mit dem Gehirne denkt, oder in das Gehirn des Denkenden hineinsieht.*) Da erscheint ganz Verschiedenes; aber der Standpunct ist auch ganz verschieden, dort ein innerer, hier ein äusserer; unsagbar verschiedener sogar, als in vorigen Beispielen, und darum eben der Unterschied der Erscheinungsweisen unsagbar grösser. Denn die doppelte Erscheinungsweise des Kreises, des Planetensystems, wird doch im Grunde nur von zwei verschiedenen äusseren Standpuncten dagegen gewonnen; inmitten des Kreises, auf der Sonne bleibt der Beobachter ausser dem Zuge des Kreises, ausser den Planeten. Aber die Selbsterscheinung des Geistes wird von einem wahren inneren Standpuncte des ihm unterliegenden Wesens gegen sich selbst, dem der Coincidenz mit sich selbst, die Erscheinung der zugehörigen Körperlichkeit von einem wahren dagegen äusserlichen Standpuncte, dem der Nichtcoincidenz damit gewonnen.

Hiermit nun wird gleich selbstverständlich, wovon wir zuerst den Grund suchten, warum Niemand Geist und Körper, wie sie unmittelbar zusammengehören, auch unmittelbar zusammen erblicken kann. Es kann eben Niemand zugleich äusserlich und innerlich gegen dieselbe Sache stehen.

Darum nimmt auch kein Geist des anderen Geistes unmittelbar als Geistes wahr, ungeachtet man doch meinen sollte, er müsste am leichtesten des gleichen Wesens gewahren; er hat, sofern er als Anderer nicht mit ihm zusammenfällt, nur die körperliche Erscheinungsweise davon. Darum kann überhaupt kein Geist des anderen als mit Hülfe von dessen Körperlichkeit gewahren; denn was vom Geiste nach Aussen scheint, ist eben dessen körperliche Erscheinungsweise.

---

*) Aequivalent mit dem Hineinsehen ist, eine adäquate Vorstellung nach Schlüssen, gegründet auf äusserlich Gesehenes, fassen, wie der innere Zustand bei Wegräumung der Hindernisse des Hineinsehens erscheinen würde.

Darum ist die Erscheinungsweise des Geistes stets auf Einmal nur Eine, weil es nur Einen inneren Standpunct giebt, indess jeder Körper nach der Vielfältigkeit der äusseren Standpuncte dagegen und der Verschiedenheit der darauf Stehenden vielfältig verschieden erscheint.

Somit deckt die vorige Vorstellungsweise die fundamentalsten Verhältnisse zwischen Leib und Seele, die jede Grundansicht darüber zu decken suchen sollte.

Noch Eins: Leib und Seele gehen mit einander; der Aenderung im Einen correspondirt eine Aenderung im Anderen. Warum? Leibniz sagt: man kann verschiedene Ansichten darüber haben. Zwei Uhren auf demselben Brete befestigt richten ihren Gang durch Vermittlung dieser gemeinsamen Befestigung auf einander ein (wenn sie nämlich nicht zu viel von einander abweichen); das ist die gewöhnliche dualistische Ansicht vom Verhältnisse zwischen Leib und Seele. Es kann auch Jemand die Zeiger beider Uhren so schieben, dass sie immer harmonisch gehen, das ist die occasionalistische, wonach Gott zu den körperlichen Veränderungen die geistigen und umgekehrt in beständiger Harmonie erzeugt. Sie können auch von vorn herein so vollkommen eingerichtet sein, dass sie, ohne der Nachhülfe zu bedürfen, von selbst immer genau mit einander gehen; das ist die Ansicht von der prästabilirten Harmonie derselben. Leibniz hat eine Ansicht vergessen, und zwar die einfachstmögliche. Sie können auch harmonisch mit einander gehen, ja gar niemals aus einander gehen, weil sie gar nicht zwei verschiedene Uhren sind. Damit ist das gemeinsame Bret, die stete Nachhülfe, die Künstlichkeit der ersten Einrichtung erspart. Was dem äusserlich stehenden Beobachter als die organische Uhr mit einem Triebwerke und Gange organischer Räder und Hebel oder als ihr wichtigster und wesentlichster Theil erscheint, erscheint ihr selbst innerlich ganz anders als ihr eigener Geist mit dem Gange von Empfindungen, Trieben und Gedanken. Es darf nicht beleidigen, dass der Mensch hier eine Uhr genannt wird. Wenn er in einer Hinsicht so genannt wird, soll er nicht in jeder so genannt werden.

Die Verschiedenheit einer Erscheinung hängt aber doch nicht blos von der Verschiedenheit des Standpunctes, sondern auch von der Verschiedenheit der darauf Stehenden ab. Ein Blinder sieht bei eben so günstigem äusseren Standpuncte als ein Sehender nichts von Aussen; und so sieht eine todte Uhr trotz eben so günstigen Standpunctes der Coincidenz mit sich selbst wie ein Gehirn nichts von Innen; sie ist nur für die äussere Erscheinung da.

Die Naturwissenschaft stellt sich consequent auf den äusseren Standpunct der Betrachtung der Dinge, die Wissenschaft vom Geiste auf den inneren; die Ansichten des Lebens fussen auf dem Wechsel der Standpuncte, die Naturphilosophie auf der Identität dessen, was doppelt auf doppeltem Standpuncte erscheint; eine Lehre von den Beziehungen zwischen Geist und Körper wird die Beziehungen beider Erscheinungsweisen des Einen zu verfolgen haben.

Diess die Grundpuncte einer Ansicht, durch die ich nicht sowohl das letzte Grundwesen des Körpers und Geistes aufzuklären, als die allgemeinsten factischen Beziehungen derselben unter einem einheitlichen Gesichtspuncte zu verknüpfen suche.

Doch es bleibt, wie gesagt, Jedem frei gestellt, durch welche andere Ansicht er dasselbe zu leisten versuchen, oder ob er es überhaupt zu leisten versuchen will. Was Jeder in dieser Hinsicht am passendsten findet, wird auf den Zusammenhang seiner übrigen Ansichten ankommen; und freilich selbst rückwärts die Möglichkeit oder Unmöglichkeit begründen, einen passenden allgemeinen Zusammenhang derselben zu finden. Hier aber wird von vorn herein nichts darauf ankommen, ob er Leib und Seele nur als zwei verschiedene Erscheinungsweisen desselben Wesens, oder als zwei äusserlich zusammengebrachte Wesen, oder die Seele als einen Punct in einem Nexus anderer Puncte von wesentlich gleicher oder ungleicher Natur fassen, oder auf eine einheitliche Grundansicht überhaupt verzichten will, insoweit nur Jeder die erfahrungsmässigen Beziehungen zwischen Leib und Seele anerkennt und einen erfahrungsmässigen Verfolg derselben gestattet, mag er auch die gezwungenste Repräsentation derselben versuchen. Denn nur auf den erfahrungsmässigen Beziehungen zwischen Leib und Seele werden wir im Folgenden fussen; und uns dabei überdiess zur Bezeichnung des Thatsächlichen der gewöhnlichsten Ausdrücke bedienen, welche vielmehr im Sinne einer dualistischen als unserer monistischen Ansicht gehalten sind, wenn schon eine leichte Uebersetzung darein gestatten.

Damit soll nicht gesagt sein, dass die Lehre, die sich hier entwickeln wird, überhaupt gleichgültig für die Auffassungsweise der Grundbeziehung von Körper und Geist und ohne Einfluss darauf sein werde. Im Gegentheile. Aber man verwechsele die Folgen, die dereinst aus ihr fliessen mögen, und sich zum Theil schon zu gestalten beginnen, nicht mit einer Unterlage dieser Lehre. Diese Unterlage ist in der That rein empirisch und jede Voraussetzung von vorn herein abzuweisen.

Steht nicht, kann man fragen, die Möglichkeit einer solchen Unterlage in directem Widerspruche mit der Thatsache, von der wir ausgiengen, dass die Beziehungen zwischen Leib und Seele der Erfahrbarkeit entzogen seien? Aber sie sind nicht der Erfahrbarkeit überhaupt, sondern es sind nur die unmittelbaren Beziehungen der unmittelbaren Erfahrbarkeit entzogen. Schon unsere Auffassung der allgemeinen Beziehung zwischen Leib und Seele stützte sich auf Erfahrungen allgemeinster Art, die sich über ihr Verhältniss machen lassen, mag sie auch nicht Jedem, der mit festen Voraussetzungen zu dieser Schrift kommt, als der nothwendige Ausdruck derselben erscheinen. Die Folge wird zeigen, dass uns nicht minder specielle Erfahrungen zu Gebote stehen, welche theils dienen können, uns im Gebiete der mittelbaren Beziehungen zu orientiren, theils geeignet sind, Schlüsse auf die unmittelbaren zu begründen.

In der That könnte es mit jener allgemeinen Ansicht, selbst wenn sie acceptirt werden sollte, nicht gethan sein. Die Sicherstellung, Fruchtbarkeit und Tiefe einer allgemeinen Ansicht hängt überhaupt nicht am Allgemeinen, sondern am Elementaren. Das Gravitationsgesetz und die Moleculargesetze (die unstreitig ersteres mit einschliessen) sind Elementargesetze; wären sie gründlich bekannt, und die ganze Tragweite derselben in Folgerungen erschöpft, so wäre die Lehre von der Körperwelt in grösster Allgemeinheit vollendet. Entsprechend wird es gelten, Elementargesetze für die Beziehung zwischen Körperwelt und Geisteswelt zu gewinnen, um statt einer allgemeinen Ansicht eine haltbare und entwickelte Lehre davon zu gewinnen, und sie werden hier wie dort nur auf elementare Thatsachen begründet werden können.

Die Psychophysik ist eine Lehre, welche auf diesen Gesichtspuncten zu fussen hat. Das Nähere davon im folgenden Kapitel.

II. Begriff und Aufgabe der Psychophysik.

Unter Psychophysik soll hier eine exacte Lehre von den functionellen oder Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Körper und Seele, allgemeiner zwischen körperlicher und geistiger, physischer und psychischer, Welt verstanden werden.

Zum Gebiete des Geistigen, Psychischen, der Seele rechnen wir überhaupt das, was durch innere Wahrnehmung erfasslich oder daraus abstrahirbar ist, zu dem des Körperlichen, Leiblichen, Physischen, Materiellen das, was durch äussere Wahrnehmung erfasslich oder daraus abstrahirbar ist. Hiermit sollen blos die Gebiete der Erscheinungswelt, mit deren Beziehung die Psychophysik sich zu beschäftigen haben wird, bezeichnet werden, wobei vorauszusetzen, dass man innere und äussere Wahrnehmung im Sinne des gewöhnlichen Sprachgebrauches auf die Thätigkeiten zu beziehen wisse, wodurch die Existenz überhaupt zur Erscheinung kommt.

Alle Erörterungen und Untersuchungen der Psychophysik beziehen sich überhaupt blos auf die Erscheinungsseite der körperlichen und geistigen Welt, auf das, was entweder unmittelbar durch innere oder äussere Wahrnehmung erscheint, oder aus dem Erscheinlichen erschliessbar, oder als Verhältniss, Kategorie, Zusammenhang, Auseinanderfolge, Gesetz des Erscheinlichen fassbar ist; kurz auf das Physische im Sinne der Physik und Chemie, auf das Psychische im Sinne der Erfahrungsseelenlehre, ohne dass auf das Wesen des Körpers, der Seele hinter der Erscheinungswelt im Sinne der Metaphysik irgendwie zurückgegangen wird.

Allgemein nennen wir das Psychische Function des Physischen, davon abhängig und umgekehrt, insofern eine derartige constante oder gesetzliche Beziehung zwischen beiden besteht, dass von dem Dasein und den Veränderungen des Einen auf die des Anderen geschlossen werden kann.

Die Thatsache functioneller Beziehungen zwischen Körper und Seele ist im Allgemeinen unbestritten, indess über die Gründe, die Deutung und die Ausdehnung dieser Thatsache ein noch unentschiedener Streit besteht.

Ohne Rücksicht auf die metaphysischen Gesichtspuncte dieses Streites, welche sich vielmehr auf das sogenannte Wesen als die Erscheinung beziehen, versucht die Psychophysik, die thatsächlichen functionellen Beziehungen zwischen den Erscheinungsgebieten von Körper und Seele möglichst genau festzustellen.

Was gehört quantitativ und qualitativ, fern und nahe, in Körperwelt und geistiger Welt zusammen, nach welchen Gesetzen folgen ihre Veränderungen aus einander oder gehen mit einander? Diese Fragen stellt sich allgemein gesprochen die Psychophysik und sucht sie exact zu beantworten.

Anders gesprochen, doch nur dasselbe damit gesagt: was gehört in der inneren und äusseren Erscheinungsweise der Dinge zusammen und welche Gesetze bestehen für ihre bezugsweisen Aenderungen?

Insoweit ein functionelles Verhältniss zwischen Körper und Seele besteht, würde an sich nichts hindern, dasselbe eben so in der einen als in der anderen Richtung ins Auge zu fassen und zu verfolgen, was man sich passend durch das mathematische Functionsverhältniss erläutern kann, das zwischen den Veränderlichen x und y einer Gleichung besteht, wo jede Veränderliche beliebig als Function der anderen angesehen werden kann, und dieselbe in ihren Veränderungen von sich abhängig hat. Ein Grund aber für die Psychophysik, den Verfolg der Seite der Abhängigkeit der Seele vom Körper vor der gegentheiligen zu bevorzugen, liegt darin, dass nur das Physische dem Masse unmittelbar zugänglich ist, indess das Mass des Psychischen erst in Abhängigkeit davon gewonnen werden kann, wie später gezeigt wird. Dieser Grund ist entscheidend und bestimmt die Richtung des Ganges im Folgenden.

Die materialistischen Gründe für eine solche Bevorzugung kommen in der Psychophysik weder zur Sprache noch Geltung, und der Streit zwischen Materialismus und Idealismus, als auf Abhängigkeitsverhältnisse des Einen vom Anderen im Wesen gehend, bleibt ihr, als blos auf Erscheinungsverhältnisse bezüglich, fremd und gleichgültig.

Man kann unmittelbare und mittelbare Abhängigkeitsverhältnisse oder directe und vermittelte functionelle Beziehungen zwischen Körper und Seele unterscheiden. Sinnliche Empfindungen stehen in unmittelbarer Abhängigkeit von gewissen Thätigkeiten in unserem Gehirne, sofern mit den einen die anderen gesetzt sind, oder solche in unmittelbarer Folge haben; aber nur in mittelbarer von den äusseren Reizen, welche diese Thätigkeiten erst durch Zwischenwirkung einer Nervenleitung zu unserem Gehirne hervorrufen. Unsere ganze geistige Thätigkeit hat unmittelbar eine Thätigkeit in unserem Gehirne von sich abhängig, führt eine solche unmittelbar mit sich, oder zieht solche unmittelbar nach sich, von der dann aber Wirkungen an die Aussenwelt durch Vermittelung unserer Nerven- und Bewegungsorgane übergehen.

Die vermittelten functionellen Beziehungen zwischen Körper und Seele erfüllen den Begriff der functionellen Beziehung nur insofern vollständig, als man die Vermittelung in das Verhältniss mit eingehend denkt, da bei Wegfall der Vermittelung die Constanz oder Gesetzlichkeit in der Relation des Körpers und der Seele wegfällt, die unter Zutritt der Vermittelung besteht. So löst ein Reiz nur insofern gesetzlich Empfindung aus, als es zum lebendigen Gehirne auch nicht an lebendigen Nerven fehlt, welche die Wirkung des Reizes zum Gehirne überpflanzen.

Insofern das Psychische als directe Function des Physischen betrachtet wird, kann das Physische der Träger, die Unterlage des Psychischen heissen. Physische Thätigkeiten, welche Träger oder Unterlage von psychischen sind, mithin in directer functioneller Beziehung dazu stehen, nennen wir psychophysische.

Die Frage nach der Natur der psychophysischen Thätigkeiten, d. i. nach Substrat und Form derselben, wird vom Anfange herein dahingestellt, und keine Voraussetzung darüber gemacht. Und zwar kann davon anfangs aus doppeltem Grunde abstrahirt werden, einmal, weil es sich in Feststellung der allgemeinen Fundamente der Psychophysik eben so blos um quantitative Verhältnisse handeln wird, als in der Physik, wo die qualitativen Verhältnisse erst von den quantitativen abhängig gemacht werden; zweitens, weil wir nach der gleich folgenden Eintheilung unserer Lehre im ersten Theile derselben auf die psychophysischen Thätigkeiten überhaupt noch keine specielle Rücksicht zu nehmen haben werden.

Der Natur der Sache nach theilt sich die Psychophysik in eine äussere und eine innere, je nachdem die Beziehung des Geistigen zu der körperlichen Aussenwelt oder der körperlichen Innenwelt, mit welcher das Geistige in nächster Beziehung steht, in Betracht gezogen wird, oder anders, in eine Lehre von den mittelbaren und von den unmittelbaren functionellen Beziehungen zwischen Seele und Körper.

Die grundlegenden Erfahrungen für die ganze Psychophysik können nur im Gebiete der äusseren Psychophysik gesucht werden, sofern nur dieses der unmittelbaren Erfahrung zugänglich ist, und der Ausgang ist daher von der äusseren Psychophysik zu nehmen; doch kann sich diese nicht ohne stete Mitrücksicht auf die innere entwickeln, in Betracht dessen, dass die körperliche Aussenwelt nur durch Zwischenwirkung der körperlichen Innenwelt mit der Seele functionsweise verknüpft ist.

Auch so lange wir erst noch bei der Betrachtung der gesetzlichen Beziehungen zwischen äusserem Reiz und Empfindung stehen, dürfen wir nicht vergessen, dass der Reiz doch nicht unmittelbar Empfindung in uns erweckt, sondern nur durch Erweckung irgendwelcher körperlichen Thätigkeiten in uns, die zur Empfindung in directerer Beziehung stehen. Ihre Natur mag noch ganz unbekannt sein, die Frage nach dieser Natur anfangs ganz dahingestellt werden, wie es von uns erklärtermassen geschehen soll; aber ihre Thatsache muss statuirt und öfters auf diese Thatsache recurrirt werden, wenn es gilt, jene gesetzlichen Beziehungen selbst, um die es uns in der äusseren Psychophysik zunächst zu thun ist, triftig ins Auge zu fassen und zu verfolgen. Eben so werden wir, wenn schon die körperlichen Thätigkeiten, die unserer Willensthätigkeit unmittelbar unterliegen und folgen, noch gänzlich unbekannt sind, nicht vergessen dürfen, dass das, was durch den Willen in der Aussenwelt gewirkt wird, doch eben nur mittelst solcher Thätigkeiten von ihm gewirkt wird. Und werden so überall in Gedanken das unbekannte Mittelglied einzuschalten haben, was nöthig ist, die Kette der Wirkungen zu vervollständigen.

Der Psychologie und Physik schon durch den Namen verwandt, hat die Psychophysik einerseits auf der Psychologie zu fussen und verspricht andererseits, derselben mathematische Unterlagen zu gewähren. Von der Physik entlehnt die äussere Psychophysik Hülfsmittel und Methode; die innere lehnt sich vielmehr an die Physiologie und Anatomie, namentlich des Nervensystems, und setzt eine gewisse Bekanntschaft damit voraus. Leider freilich ist von den so mühsamen, genauen und werthvollen Untersuchungen in diesem Felde, welche die neuere Zeit gebracht hat, bis jetzt noch nicht der Vortheil für die innere Psychophysik zu ziehen, welcher unstreitig dereinst davon zu ziehen sein wird, wenn jene Untersuchungen und die von einem anderen Angriffspuncte her geführten Untersuchungen, auf welche sich diese Schrift stützt, bis zu dem Puncte der Begegnung gediehen sein werden, wo sie im Stande sind, sich wechselseitig zu befruchten. Dass diess bis jetzt noch wenig der Fall ist, bezeichnet nur den unvollkommenen Zustand, in dem sich unsere Lehre noch befindet.

Der Gesichtspunct, von dem aus wir hier den Angriff auf unsere Lehre nehmen werden, ist dieser.

Bevor uns noch die Mittel gegeben sind, die Beschaffenheit der körperlichen Thätigkeiten zu ermitteln, welche in unmittelbarer Beziehung zu unseren geistigen Thätigkeiten stehen, können doch die quantitativen Abhängigkeitsverhältnisse zwischen beiden sich bis zu gewissen Gränzen ermitteln lassen. Empfindung hängt vom Reize ab; eine stärkere Empfindung hängt von einem stärkeren Reize ab; der Reiz aber wirkt nur Empfindung durch Zwischenwirkung einer inneren körperlichen Thätigkeit. Insofern sich gesetzliche Beziehungen zwischen der Empfindung und dem Reize auffinden lassen, müssen sie gesetzliche Beziehungen zwischen dem Reize und dieser inneren körperlichen Thätigkeit einschliessen, welche in die allgemeinen Gesetze, wie körperliche Thätigkeiten einander hervorrufen, hineintreten und mithin allgemeine Schlüsse auf Verhältnisse dieser inneren Thätigkeit begründen. In der That wird die Folge zeigen, dass bei aller unserer Unkenntniss über die nähere Beschaffenheit der psychophysischen Thätigkeiten doch über die Verhältnisse derselben, welche für die wichtigeren Verhältnisse des allgemeinen Seelenlebens in Betracht kommen, schon jetzt bis zu gewissen Gränzen sichere und zulängliche Vorstellungen auf fundamentale Thatsachen und Gesetze, die von der äusseren Psychophysik in die innere übergreifen, zu begründen sind.

Abgesehen aber von dieser Bedeutung für die innere Psychophysik haben die gesetzlichen Verhältnisse, die sich auf dem Gebiete der äusseren ermitteln lassen, ihre Wichtigkeit für sich. Auf Grund derselben ergiebt sich, wie man sehen wird, zum physischen das psychische Mass, und auf dieses Mass lassen sich Anwendungen gründen, die ihrerseits von Wichtigkeit und Interesse sind.

III. Eine Vorfrage.

Wenn schon alle dunklen und streitigen Fragen der innern Psychophysik — und fast die ganze innere Psychophysik besteht zur Zeit nur aus solchen Fragen — mit ihr selbst zurückzustellen sind, bis der erfahrungsmässige Gang die Mittel zu ihrer Entscheidung bietet, so wird doch eine derselben, welche die Aussichten der ganzen Psychophysik angeht, vorweg wenigstens kurz zu berühren sein, um sie so weit zu beantworten, als sie sich aus allgemeinerm Gesichtspuncte beantworten lässt, und im Uebrigen auf die Folge zu verweisen.

Bezeichnen wir Denken, Wollen, die feineren aesthetischen Gefühle als *höheres Geistige*, sinnliche Empfindungen und Triebe als *niederes*, so können jedenfalls hienieden — die Frage des Jenseits lassen wir ganz offen — die höheren geistigen Thätigkeiten eben so wenig von Statten gehen als die niederen, ohne körperliche Thätigkeiten mitzuführen, oder an psychophysische Thätigkeiten gebunden zu sein. Kein Mensch kann mit einem gefrornen Gehirne denken. Eben so wenig ist zu bezweifeln, dass eine *bestimmte* Gesichts-Empfindung, Gehörs-Empfindung nur zu Stande kommen können, nach Maassgabe als *bestimmte* Thätigkeiten unseres Nervensystemes stattfinden; auch diess wird nicht bezweifelt, ja wohl der Begriff der sinnlichen Seite der Seele darauf gegründet, dass sie in genauerm Connex mit der Körperlichkeit stehe und gehe. Desto mehr aber wird bezweifelt, ob auch jeder bestimmte *Gedanke* an eine eben so bestimmte Bewegung im Gehirne gebunden sei, und nicht vielmehr ein thätiges Gehirn *im Allgemeinen* hinreiche für das Denken und die höheren geistigen Thätigkeiten überhaupt, ohne dass solche einer besonderen Art und Richtung der körperlichen Thätigkeiten im Gehirne bedürfen, um in bestimmter Art und Richtung von Statten zu gehen. Ja es wird wohl der wesentliche Unterschied des höheren vom niederen geistigen Gebiete (von Manchen als Geist und Seele im engeren Sinne unterschieden) eben hierin gesucht.

Gesetzt nun, die höheren geistigen Thätigkeiten wären wirklich einer *Special*beziehung zu körperlichen Thätigkeiten enthoben, so würde aber doch die als thatsächlich anzuerkennende *allgemeine* Beziehung derselben dazu der Betrachtung und Untersuchung durch die innere Psychophysik unterliegen. Denn diese allgemeine Beziehung wird jedenfalls an allgemeine Gesetze gebunden sein und allgemeine Verhältnisse einschliessen, die es zu ermitteln gelten wird; ja diese dürften überhaupt immer das Wichtigste der Aufgabe der inneren Psychophysik bleiben. Und schon eins der nächsten Kapitel (V) wird uns auf solche Verhältnisse führen.

Ich will ein Bild brauchen: mag der Gedanke am Flusse der körperlichen Thätigkeit selbst mitwirken und nur mittelst dieses Wirkens wirklich sein, oder mag er des Flusses nur bedürfen, wie der Ruderer im Nachen, um darüber hinzusteuern, und dabei mit dem Ruder gleichgültige Wellen zu schlagen; beidesfalls wollen die Verhältnisse und Gesetze des Flusses berücksichtigt sein, wenn es sich um den Fluss oder Fortschritt des Gedankens handelt; beidesfalls freilich aus sehr anderem Gesichtspuncte. Auch die freieste Schifffahrt unterliegt Gesetzen, die sich auf die Natur des Elementes und die Mittel, die ihr dienen, beziehen. Also wird auch jedenfalls die Psychophysik mit der Beziehung des höheren Geistigen zur körperlichen Unterlage zu thun finden; aus welchem Gesichtspuncte aber und bis zu welchen Gränzen, das wird sie selber dereinst auf ihrem Gebiete zu entscheiden haben.

Möge nun Jeder die Idee und den Spielraum der inneren Psychophysik so weit und so lange beschränken, als ihn der Zwang und das Band der Thatsachen nicht nöthigt, die Beschränkung aufzugeben. Nach meinem Glauben, der doch für jetzt erst als Glauben geltend gemacht wird, giebt es in dieser Hinsicht keine Gränze.

In der That, bedenke ich, dass die Empfindung der Harmonie und Melodie, die unstreitig einen höheren Charakter als die der einzelnen Töne trägt, der Verhältnisse derselben Schwingungszahlen als Unterlage bedarf, die einzeln den einzelnen Empfindungen unterliegen, und dass sie sich nur in genauem Zusammenhange mit der Weise, wie diese zusammenklingen und sich folgen, ändern kann: so scheint mir hierin eine Andeutung nur für ein höheres, aber kein fehlendes specielles Abhängigkeitsverhältniss zwischen höherem Geistigen und physischer Unterlage zu liegen, und Alles wohl mit dieser, leicht weiter auszuführenden und zu erweiternden Andeutung zu stimmen. Aber weder die Ausführung, noch auch nur Behauptung derselben ist hier im Eingange unsere Sache.

IV. Begriffliches über Empfindung und Reiz.

Bei der noch so grossen Unvollständigkeit der bisherigen psychophysischen Untersuchungen würde eine Aufzählung, Begriffsbestimmung und Classification aller psychischen Zuständlichkeiten, die einmal Gegenstand derselben werden können, wenig Nutzen haben. Zunächst und in der Hauptsache werden wir uns mit sinnlichen Empfindungen im gewöhnlichen Wortsinne der Empfindung beschäftigen, wobei ich mich folgender unterscheidenden Nomenclatur bedienen werde.

Ich werde intensive und extensive Empfindungen unterscheiden, je nachdem es die sinnliche Auffassung von etwas gilt, dessen Grösse als intensive oder extensive fassbar ist, also z. B. zu den intensiven Empfindungen die Empfindung der Helligkeit, zu den extensiven Empfindungen die Auffassung einer räumlichen Ausdehnung mit Gesicht oder Getast rechnen, und werde demgemäss auch intensive und extensive Grösse einer Empfindung unterscheiden. Wenn uns ein Gegenstand heller als der andere erscheint, heisst uns die Empfindung, die er gewährt, intensiv grösser, wenn er uns grösser als der andere erscheint, extensiv grösser. Diess ist nur Sache der Definition, und setzt, so allgemein verstanden, noch kein bestimmtes Mass der Empfindung voraus.

Bei allen Empfindungen überhaupt, intensiven wie extensiven, können wir Grösse und Form unterscheiden; nur dass bei den intensiven die Grösse häufiger Stärke und die Form Qualität genannt wird. Bei den Tönen hat die Höhe, obwohl als Qualität des Tones fassbar, doch auch eine quantitative Seite, sofern wir eine grössere und geringere Höhe unterscheiden können.

E. H. Weber unterscheidet, unstreitig sehr triftig, das Vermögen oder den Sinn, wodurch uns extensive Empfindungen nach dem hier angenommenen Sprachgebrauche zukommen, oder den Raumsinn als Generalsinn von den Sinnen, welche uns intensive Empfindungen gewähren, als Specialsinnen, sofern erstere Empfindungen nicht wie letztere schon durch Eindruck auf einzelne, von einander unabhängige Nervenfasern oder deren respective Verzweigungskreise (Empfindungskreise), sondern nur durch eine Coordination von Eindrücken auf mehrere hervorgehen können, wobei nicht sowohl die Stärke und Qualität der

Eindrücke, als die Zahl und Anordnung derselben oder der Kreise von Nervenzweigen, auf welche dieselben geschehen, wesentlich für die Grösse und Form der extensiven Empfindung ist. Seine Auseinandersetzungen hierüber[*] sind sehr geeignet, zur Klarheit über die allgemeinen Verhältnisse der Sinne beizutragen; hier kann es jedoch zunächst genügen, auf den eben bemerkten Unterschied in den Umständen, wovon intensive und extensive Empfindungen abhängen, hingewiesen zu haben; wie denn überhaupt diese kurzen Vorerörterungen blos bestimmt sind, die Erörterung über die an die Empfindlichkeit und Empfindung zu legenden Masse einzuleiten, und daher nicht weiter in die Lehre von den Empfindungen eingehen, als es dieser Zweck erfordert.

Bei der verschiedenen Natur und den verschiedenen Abhängigkeitsverhältnissen der extensiven und intensiven Empfindungen bedarf es einer besonderen Untersuchung ihrer Gesetze. Es liesse sich denken, dass die Grösse der extensiven Empfindung oder extensive Grösse der Empfindung in entsprechender Weise, nach gleichem Gesetze, von der Zahl gereizter Empfindungskreise abhienge, als die der intensiven Empfindung von der Intensität ihrer Reizung; aber weder lässt sich diess von vorn herein voraussetzen, noch ist es bis jetzt erwiesen. Unsere künftigen Untersuchungen und demgemässen Angaben werden sich vorzugsweise, wenn schon nicht ausschliesslich, auf die intensiven Empfindungen beziehen, und solche unter Empfindungen schlechthin zu verstehen sein, wo nicht das Gegentheil aus dem beigefügten Beiworte extensiv oder aus dem Zusammenhange von selbst erhellt.

Nächst der Unterscheidung der extensiven und intensiven Empfindungen ist der Unterscheidung der objectiven Empfindungen und der Gemeingefühle, der sogenannten positiven und negativen Empfindungen zu gedenken. Objective Empfindungen, wie die Empfindungen von Licht und Schall, sind solche, welche auf das Dasein einer den Empfindungsorganen äusseren Quelle der Erregung bezogen werden, indess die Modificationen des Gemeingefühles, wie Schmerz, Lust, Hunger, Durst nur als Zuständlichkeiten unseres eigenen Körpers selbst empfunden werden. Auch über dieses Verhältniss sind die classischen Untersuchungen Weber's in seiner Abhandlung über Tastsinn und Gemeingefühl nachzusehen.

---

[*] Berichte der sächs. Soc. 1852. S. 85; im Auszuge in Fechner's Centralbl. 1853. No. 31.

Als positive und negative Empfindungen pflegt man die Empfindungen von Wärme und Kälte, Lust und Schmerz sich entgegenzustellen, welche das Gemeinsame haben, dass die Weise ihrer Erregung oder der Bezug zu dem, was sie erregt, einen Gegensatz einschliesst, indem das Gefühl der Kälte durch Entziehung der Wärme, wie das der Wärme durch vermehrte Aufnahme von Wärme, entsteht und wächst, die Empfindung der Lust mit einem Anstreben der sie erregenden Ursache, wie die Unlust mit einem Gegenstreben in Beziehung steht.

Indem man jene Benennung positiver und negativer Empfindungen als Sprachgebrauch gelten lassen kann, hat man aber dabei nicht ausser Acht zu lassen, dass die sogenannten negativen Empfindungen psychisch genommen an sich nichts Negatives haben, nicht einen Mangel, ein Weniger von Empfindung, eine Entfernung von Empfindung repräsentiren, da sie vielmehr eben so heftig oder selbst heftiger als die sogenannten positiven sein, und eben so starke positive körperliche Wirkungen äussern oder mitführen können, wie denn die Empfindung des Frostes eine Erschütterung des ganzen Körpers, die des Schmerzes Geschrei und sonst andere lebhafte körperliche Aeusserungen veranlassen kann.

Der Ausdruck Reiz ist in engerem Sinne nur auf die körperlichen Erweckungsmittel, Anregungsmittel intensiver Empfindungen zu beziehen. Insofern sie unserer körperlichen Aussenwelt angehören, sind es äussere Reize; insofern sie unserer körperlichen Innenwelt angehören, sind es innere Reize. Der Begriff der ersteren ist durch Aufzeigung äusserer Reize, wie Licht, Schall, sächlich zu erläutern, der Begriff der letzteren wird erst noch genauer zu klären und vielleicht schliesslich, bis zu gewissen Gränzen, zu eliminiren sein. Ein Rauschen im Ohre kann durch äussere Einwirkung der Luftschwingungen entstehen, die ein Wasserfall in unser Ohr sendet. Ein ähnliches Rauschen kann ohne äussere Einwirkung durch Ursachen in unserem Körper entstehen. Sie sind im Allgemeinen unbekannt; aber insofern sie das Aequivalent der Wirkung eines äusseren Reizes erzeugen, sind sie auch als Aequivalent eines solchen in Rechnung zu ziehen, und aus diesem Gesichtspuncte wird uns der Ausdruck innerer Reiz öfters bequem sein, die unbekannten, aber nach ihrer Wirkung als factisch anzuerkennenden, inneren körperlichen Ursachen von Empfindungen mit den äusseren unter gemeinsame Begriffe, Gesichtspuncte, Formeln zu fassen.

Sollte die Seele von äusseren und inneren Anregungen nur nach Massgabe gerührt werden, als deren Wirkungen bis zu einem bestimmten Puncte des Körpers gelangt sind, so würden alle Empfindungen, insoweit eine Abhängigkeit derselben vom Körper zugestanden wird, nur Folgewirkungen körperlicher Bewegungen sein, und hiernach selbst die innerlichsten körperlichen Bedingungen der Empfindungen unter den Begriff der Reize treten. Wogegen im Falle des Gebundenseins der Empfindungen an wesentlich mitgehende, in functioneller Beziehung dazu stehende, körperliche Bewegungen es nicht statthaft sein würde, solche Simultanbedingungen der Empfindung, mit denen die Empfindung unmittelbar gesetzt ist, auch noch mit unter die Reize zu zählen, sondern nur solche, welche selbst erst zu deren Hervorrufung dienen, will man nicht Verschiedenes vermengen. Inzwischen brauchen wir uns zwischen beiden Ansichten hier noch nicht zu entscheiden, und es hat die danach sich verschieden stellende Auffassung innerer Reize auf unsere factischen Betrachtungen keinen Einfluss, so lange wir das Dasein und den Grössenwerth der inneren Reize eben nur nach ihrer äquivalenten Wirkung mit äusseren Reizen annehmen und in Rechnung ziehen. Sie sind uns zunächst ein ihrem Orte und ihrer Qualität nach unbekanntes x, das aber doch mit einer bestimmten, der der äusseren Reize vergleichbaren, quantitativen Wirkung in den Erscheinungskreis eintritt, und seinen Namen und Werth nach dieser empfängt.

Manches, was man im gewöhnlichen Leben sich scheuen würde, unter dem Namen Reiz mit zu begreifen, werden wir doch kein Bedenken tragen, mit darunter zu fassen, als z. B. Gewichte, insofern sie drückend die Empfindung des Druckes oder gehoben die Empfindung der Schwere verursachen. Dagegen hätte eine Uebertragung des Wortes Reiz auf die Ursachen, wodurch extensive Empfindungen in uns hervorgerufen werden, ihr Missliches, zumal über diese Ursachen noch wenig Klarheit überhaupt vorhanden ist. Auch ohne Zutritt äusserer Ursachen haben wir im geschlossenen Auge ein mit Schwarz erfülltes Gesichtsfeld von gewisser Ausdehnung, und auch ohne Berührung mit Zirkelspitzen oder dergl. können wir uns bei darauf gerichteter Aufmerksamkeit einer gewissen Ausdehnung unserer Körperoberfläche bewusst werden. Was äusserlich zutritt, markirt theils Gränzen in diesem von Natur schon gegebenen Empfindungsfelde, theils bestimmt es Formen, theils giebt es Anhalt zu verhältnissmässigen Grössen- und Distanzschätzungen, ohne doch die Empfindung der Ausdehnung selbst erst zu erzeugen. Diese scheint in der Zusammenordnung und organischen Verknüpfung thätiger Nerven, respectiv ihrer centralen Endigungen, angeborenerweise begründet zu sein, obschon hierüber noch nichts Sicheres entschieden ist. Wenn man nun nach dieser Voraussetzung von Reiz hier überhaupt noch sprechen wollte, könnte wohl nur die Coordination der inneren Erregungen dieser Nerven in Anschlag zu bringen sein. Da es aber wahrscheinlich Simultanbedingungen der Empfindung sind, würde der Ausdruck hierdurch wieder uneigentlich werden. Auch kann, worauf Manche Gewicht legen, die Erfahrung unter Mithülfe von Bewegungen zu der Ausdehnungsschätzung mitwirken. Es wäre aber nicht am Orte, hier, wo es blos sprachliche Bestimmungen gilt, in diesen noch ziemlich dunkeln Gegenstand weiter einzugehen.

Ohne Rücksicht auf diese Dunkelheit und auf die Frage, inwiefern das Wort Reiz hier irgendwie noch eine Stelle findet, kann man sagen, dass die Grösse des Reizes bei intensiven Empfindungen insofern durch die Zahl der zwischen gegebenen Puncten enthaltenen thätigen Empfindungskreise bei extensiven vertreten wird, als die empfundene Extension in Abhängigkeit davon ab- und zunimmt, so dass betreffs quantitativer Abhängigkeitsverhältnisse diese Zahl mit der Grösse des Reizes unter einen gemeinsamen, freilich nur sehr allgemeinen, Gesichtspunct für beiderlei Empfindungen gefasst werden kann; ohne dass jedoch damit behauptet werden kann, sei es, dass das Gesetz der Abhängigkeit beidesfalls ein gleiches sei, oder dass nicht die extensive Empfindungsgrösse noch von anderen Umständen als jener Zahl mitabhängig sein könne, welche Puncte vielmehr selbst erst ein Gegenstand wichtiger psychophysischer Untersuchung sind.

Bei Einwirkung der meisten äusserlichen Potenzen, wovon Empfindung abhängt, steigt die Empfindung, nachdem sie überhaupt merklich geworden ist, mit Verstärkung der einwirkenden Potenz continuirlich in demselben Sinne und sinkt mit Schwächung derselben continuirlich bis ins Unmerkliche. In Betreff einiger aber, wie Wärme und Druck auf die Haut, ist der Organismus so eingerichtet, dass vielmehr nur nach Massgabe der Differenz von einer gegebenen mittleren oder gewohnten Einwirkung, wie der gewöhnlichen Temperatur, dem gewöhnlichen Luftdrucke, Empfindung entsteht, und diese ebensowohl, aber mit verschiedenem Charakter, als Empfindung von Wärme oder Kälte, Druck oder Zug, wächst, je nachdem man die Einwirkuug über diesen Grad steigert, oder unter diesen Grad erniedrigt. In diesem Falle wird man passend als Reiz nicht die absolute Grösse des Wirkenden, sondern seine positive oder negative Differenz von dem Grade, welcher die Empfindungen mit entgegengesetztem Charakter scheidet, und bei welchem keine Empfindung stattfindet, anzusehen haben, und die erste als positiven, die letzte als negativen Reiz bezeichnen können.

Insofern im Folgenden die Wirkungsbeziehungen zwischen Reiz und Empfindung in Betracht gezogen werden, sind die Reize auch stets als wirklich einwirkende und zwar als unter vergleichbaren Umständen einwirkende vorausgesetzt, wenn nicht das Gegentheil ausdrücklich bemerkt ist oder aus dem Zusammenhange von selbst erhellt. Es kann aber die Vergleichbarkeit ebensowohl durch eine verschiedene Anbringungsweise der Reize, als einen verschiedenen Zustand des Subjectes oder Organes, worin der Reiz dasselbe trifft, aufgehoben werden, womit der Begriff einer verschiedenen Empfindlichkeit in Beziehung steht, von deren Begriff und Mass im sechsten Kapitel näher die Rede sein wird.

Der Kürze halber sagt man von einem Reize, der eine Empfindung anregt, sowie einem Reizunterschiede, der einen Empfindungsunterschied mitführt, er werde empfunden, stärker oder schwächer, je nachdem die Empfindung, der Empfindungsunterschied stärker oder schwächer ist, eine Ausdrucksweise, deren wir uns ebenfalls, ohne Missverständnisse besorgen zu dürfen, bedienen können.

Aeussere Psychophysik.

Die psychophysische Masslehre.

V. Mass der körperlichen Thätigkeit. Lebendige Kraft.

Kein Reiz wirkt als ein träger; vielmehr sind manche Reize, wie Licht und Schall, unmittelbar als Bewegungen fassbar; und wenn von anderen, wie Gewichten, Geruchs- und Geschmacksreizen diess nicht gilt, so dürfen wir doch voraussetzen, dass sie nur durch Hervorrufung oder Abänderung irgendwelcher Thätigkeiten in unserem Körper Empfindung erzeugen oder solche abändern, und also ihrer Grösse nach Repräsentanten der Grösse körperlicher, mit Empfindung in Beziehung stehender, Thätigkeiten sind, welche in irgend einem Verhältnisse der Abhängigkeit dazu stehen.

Ohne uns nun hier mit dem Specialmasse der verschiedenen Reize und dadurch anregbaren körperlichen Thätigkeiten zu beschäftigen, vielmehr, soweit ein solches vorliegt, solches aus Physik und Chemie als bekannt voraussetzend, wollen wir aber über das allgemeine Mass körperlicher Thätigkeit in einige, für das Folgende belangreiche, Erörterungen eingehen.

Schon im gewöhnlichen Leben legt man einen gewissen Massstab an die Grösse oder Stärke einer körperlichen Thätigkeit, und sucht diesen theils in der Schnelligkeit der vollzogenen Bewegungen, theils der Grösse der fortbewegten Masse, ohne jedoch bestimmtere Vorstellungen darüber zu haben. Zunächst nun scheint es am natürlichsten, als Mass der Grösse einer Thätigkeit das Product aus der Grösse der fortbewegten Masse in die Geschwindigkeit, mit der sie bewegt wird, d. h. die Quantität der Bewegung, anzunehmen. In der That ist beim Stosse und überhaupt bei der Mittheilung der Bewegung die Geschwindigkeit, welche der angestossene Körper annimmt, oder die Grösse der Masse, welcher eine gegebene Geschwindigkeit mitgetheilt werden kann, der Quantität der Bewegung des anstossenden Körpers proportional, und wollte man also diese Wirkung als massgebend für die Grösse der Thätigkeit ansehen, so würde man allerdings in der Quantität der Bewegung ein Mass derselben finden können. Unstreitig kommt das auf die Definition der körperlichen Thätigkeit an. Inzwischen wenn man solche in dem Sinne fassen will, wie sie in der exacten Physik, Mechanik, Physiologie und selbst im gewöhnlichen Leben gefasst wird, kann nicht die Quantität der Bewegung, sondern nur die lebendige Kraft als Mass der körperlichen Thätigkeit dienen.

Die lebendige Kraft, von der hier die Rede ist, ist in keiner Weise mit der Lebenskraft der Philosophen zu verwechseln, sondern ein scharfer Massbegriff von folgender Bedeutung.

Die lebendige Kraft eines materiellen Theilchens, gleichviel ob atomistisch oder nicht atomistisch gefasst, wird erhalten, indem man seine Masse m mit dem Quadrate seiner Geschwindigkeit v multiplicirt, so dass der Ausdruck der lebendigen Kraft für das betreffende Theilchen mv^2 ist*). Die lebendige Kraft eines ganzen Systems ist dann die Summe der lebendigen Kräfte seiner Theilchen, also bei einem Systeme aus drei oder mehr Theilchen mit den Massen $m, m', m'' \ldots.$ und Geschwindigkeiten $v, v', v'' \ldots.$

$$= mv^2 + m'v'^2 + m''v''^2 \ldots.$$

was man kurz für eine beliebige Anzahl Theilchen durch

$$\Sigma mv^2$$

auszudrücken pflegt; wobei nur Acht zu haben ist, dass das Summenzeichen Σ nicht eine Summirung mehrerer gleicher Producte mv^2 bedeutet, sondern so vieler verschiedenartiger Producte als es Theilchen mit verschiedener Masse und Geschwindigkeit giebt.

Ohne hier auf die tieferliegenden Gründe für die Einführung dieses Massbegriffes eingehen zu wollen, können einige näherliegende dafür angeführt werden.

---

*) Streng genommen wird in der Mechanik nur die Hälfte des Productes mv^2 unter lebendiger Kraft des Theilchens verstanden; doch wenden Manche auch den Namen auf das ganze Product an, was ich hier der Bequemlichkeit halber ebenfalls thue, indem dieser verschiedene Gebrauch begreiflich keinen Einfluss auf die Verhältnisse hat, die von der lebendigen Kraft abhängen, sondern blos die Einheit derselben ändert.

Nach dem ganzen Geiste der mathematischen Bewegungslehre muss man entgegengesetzt gerichtete Geschwindigkeiten mit entgegengesetzten Vorzeichen bezeichnen: und es leuchtet hienach ein, dass, wenn man sich fragte, welche Summe Thätigkeit binnen einer gegebenen Zeit in einem Systeme entwickelt worden sei, dessen Theilchen in lebhaften Schwingungen begriffen sind, diese Summe von Thätigkeit sich merklich null finden würde, wenn man die Quantität der Bewegung zum Massstabe der Thätigkeit machen wollte, da die Geschwindigkeiten der hin- und hergehenden Bewegungen durch ihr entgegengesetztes Vorzeichen mit der stets positiven Masse Producte geben, die sich bei der Summirung compensiren; was doch keinesfalls angemessen wäre, sofern zu den hingehenden Bewegungen so viel Kraft gebraucht wird, als zu den hergehenden; dagegen bei Anwendung der lebendigen Kraft als Massstab sowohl die hin- als hergehenden Bewegungen zur Vermehrung der Thätigkeitssumme beitragen, da das Quadrat einer negativen Grösse eben sowohl positiv ist, als das einer positiven Grösse.

Zweitens thut man, indem man die körperliche Thätigkeit durch die lebendige Kraft misst, nichts anderes, als sie durch die körperliche Leistung oder Arbeit, die dadurch vollziehbar ist, messen, wodurch man mit den Begriffen des täglichen Lebens und der praktischen Mechanik in Zusammenhang und Beziehung tritt. Ein Mensch, eine Maschine hat nach den geläufigen Begriffen von Arbeit doppelt oder dreimal so viel gearbeitet, wenn er ein gegebenes Gewicht auf die doppelte oder dreifache Höhe gehoben hat; und leistet er eine andere Art Arbeit, als Heben von Gewichten, so kann man sie doch stets auf diese Art Arbeit reduciren, um ein vergleichbares Mass dafür zu haben.

Nun wächst nach bekannten Gesetzen die Höhe, welche ein vertical aufwärts geworfener Stein, abgesehen vom Luftwiderstande, erreicht, nicht im Verhältnisse der einfachen Geschwindigkeit, die man ihm im Momente des Wurfes ertheilt, sondern des Quadrates dieser Geschwindigkeit, mithin im Verhältnisse der lebendigen Kraft, die ihm im Momente des Wurfes ertheilt wird. Dieselbe Geschwindigkeit aber, die ihm beim Werfen auf einmal (oder vielmehr in sehr raschen Zuwüchsen) ertheilt wird, wird ihm beim langsamen Heben in allmäligen Zuwüchsen ertheilt, und also hängt die Hubhöhe eben so wie die Wurfhöhe von der Grösse der lebendigen Kraft ab, welche dem Steine, allgemeiner einer Last, einem Gewichte, in der Richtung gegen die Schwere eingepflanzt wird, oder von selbst inwohnt.

Ein Mensch muss, um auf einen Berg zu steigen, abgesehen von Nebenumständen, so viel lebendige Kraft in aufwärts gehender Bewegung selbst erzeugen, als nöthig wäre, sein Gewicht auf diese Höhe zu werfen.

Und so repräsentirt ganz allgemein die lebendige Kraft, die ein Körper von gegebener Masse in einem gegebenen Momente besitzt, wie übrigens auch seine Geschwindigkeit gerichtet sei, eine gewisse Höhe, die diese oder eine gleiche Masse vermöge derselben Geschwindigkeit über einem gegebenen Puncte erlangen wird, wenn man derselben diese Geschwindigkeit an diesem Puncte gegen die Richtung der Schwere eingepflanzt dächte. Und zwar, was wohl zu beachten, unter der Voraussetzung, dass die bisherige Krafteinwirkung, welche der Masse die Geschwindigkeit einpflanzte, aufhörte, und ausser der direct entgegenwirkenden constanten Schwere keine neue Krafteinwirkung zuträte. An jedem Puncte der Steighöhe des Körpers kann man für die an diesem Puncte stattfindende lebendige Kraft die demgemässe Repräsentation durch eine über diesem Puncte erreichbare Höhe vornehmen, ohne dadurch in Widerspruch mit der ersten Bestimmung zu gerathen, indem mit der sich immer mehr vermindernden lebendigen Kraft auch die über dem betreffenden Puncte noch erreichbare Höhe sich immer mehr vermindert.

Beim aufwärts gehenden Wurfe oder der Hebung einer Last im leeren Raume ist es blos die Gegenwirkung der Schwere, welche dem Körper von der einmal erzeugten Geschwindigkeit fortgehends etwas entzieht, bis endlich bei Erreichung einer gewissen Höhe alle Geschwindigkeit entzogen ist, über welchen Punct hinaus demgemäss die Leistung nicht gehen kann. Anstatt oder in Verbindung mit der Gegenwirkung der Schwere kann aber auch der Widerstand der Elasticität, der Reibung, der sogenannte Widerstand der Mittel, oder irgend ein anderer Widerstand — und bei jeder Leistung gilt es, einen Widerstand zu überwinden — denselben Erfolg äussern, als die Gegenwirkung der Schwere; eben dadurch aber jede Ueberwindung eines gegebenen Widerstandes und mithin jede Leistung der Hubhöhe oder Wurfhöhe einer gegebenen Last mittelst einer gegebenen lebendigen Kraft im leeren Raume vergleichbar werden. Jede Leistung heisst gleich gross, zu deren Bewirkung eine gleich grosse lebendige Kraft gebraucht und verbraucht wird.

Dächten wir uns einen Körper im leeren Raume ohne Widerstand eines Mittels und Gegenwirkung einer Kraft sich bewegend, so würde er vermöge der einmal erlangten Geschwindigkeit und mithin lebendigen Kraft ins Unendliche fort ohne Minderung der Geschwindigkeit fliegen, und gar keine lebendige Kraft dabei verbraucht werden. Diess nennt man zwar eine Bewegung, aber keine Leistung, welche stets die Ueberwindung einer Gegenwirkung und einen demgemässen Verbrauch lebendiger Kraft voraussetzt. Es bleibt aber doch die lebendige Kraft dieses Körpers das Mass der Leistung, welche er hervorzubringen vermögend sein würde, sowie eine solche Gegenwirkung Platz griffe. Bei vielen Leistungen, z. B. dem gleichförmigen Zuge eines Wagens durch das Pferd, besteht dieselbe Grösse der lebendigen Kraft fort; aber nur desshalb, weil immer durch die Widerstände eben so viel verbraucht wird, als durch die Anstrengung des Pferdes dem Wagen zuwächst, wodurch die lebendige Kraft des Wagens continuirlich wachsen würde, wenn nicht eben die Widerstände den Zuwachs continuirlich verzehrten.

Lebendige Kraft kann sich in einem Systeme durch die Wechselwirkung seiner Theile entwickeln, so im Planetensysteme, in jedem Organismus; — durch Mittheilung und Fortpflanzung der Bewegung übertragen und fortgepflanzt werden; so beim Wurfe eines Steines; bei der Fortpflanzung der Bewegung durch feste und flüssige Mittel; — endlich die innerlich erzeugte durch äussere Einwirkungen abgeändert werden; so die lebendige Kraft, die das System je zweier Weltkörper durch ihre Wechselwirkung erzeugt, durch die Einwirkung eines dritten; so die innere lebendige Kraft eines lebendigen Organs durch jeden äusseren Reiz.

Schliesslich aber hat, so weit wir es zu verfolgen vermögen, nicht nur alle Entstehung, sondern auch Uebertragung, Fortpflanzung, Abänderung der lebendigen Kraft ihren Grund in Wechselwirkung der Theile. Wirft eine Hand den Stein, so entsteht die lebendige Kraft, die ihm eingepflanzt wird, durch organische Wechselwirkungen, und pflanzt sich über auf den Stein durch eine Wechselwirkung zwischen seinen Theilen und denen der

Hand; und jede Fortpflanzung der Bewegung beruht nicht minder auf Wechselwirkung der Theile.

Die ganze Natur ist ein einziges, in sich zusammenhängendes System von wechselwirkenden Theilen, in dem aber verschiedene Partialsysteme die lebendige Kraft unter verschiedenen Formen erzeugen, verwenden, auf einander übertragen, unter Wahrung allgemeiner Gesetze, wodurch der Zusammenhang beherrscht und erhalten bleibt. Insofern in der exacten Naturlehre alle physischen Vorgänge, Thätigkeiten, Processe, welchen Namen sie auch führen mögen, die chemischen, die imponderabeln, die organischen nicht ausgeschlossen, auf Bewegungsvorgänge, sei es grösserer Massen oder kleinster Theilchen, reducirt werden, können auch alle einen Massstab ihrer Lebendigkeit oder Stärke in der lebendigen Kraft finden, welche, wenn nicht überall direct, aber nach davon abhängigen Wirkungen, jedenfalls überall principiell, messbar ist.

Die Unbestimmtheit, in der wir uns von vorn herein über die Natur der körperlichen Vorgänge befinden, an deren Zustandekommen unsere Empfindung hängt, und die mit unseren Gedanken mitgehen, kurz der psychophysischen Thätigkeiten, führt also jedenfalls keine Unbestimmtheit über das Mass mit sich, was wir daran anzulegen haben. Falls sie überhaupt noch unter den physischen Platz finden, findet auch das Mass durch die lebendige Kraft dabei Platz; falls sie nicht darunter Platz finden, gehen sie uns hier nicht an.

Diess ist aus doppeltem Gesichtspuncte wichtig, einmal, sofern es uns eine Grundlage der Klarheit, zweitens, sofern es uns eine Grundlage der Gesetzlichkeit bietet, auf der wir bauen können.

Ohne die besondere Natur der psychophysischen Thätigkeiten zu kennen, wissen wir doch, was wir unter Grösse derselben zu verstehen haben, um die Psychophysik mit der Physik, der Physiologie, der Mechanik, dem gewöhnlichen Leben, in klarer Beziehung zu erhalten, und können auf die allgemein gültigen Verhältnisse und Gesetze der lebendigen Kraft allgemeingültige Folgerungen begründen. Insofern aber ein Zweifel entstehen kann, ob nicht doch die psychophysischen Thätigkeiten sich dieser Allgemeingültigkeit entziehen, hat die Untersuchung selbst sich mit hierauf zu richten.

Ziehen wir demnach einige der wichtigsten allgemeinen Verhältnisse und Gesetze der lebendigen Kraft hier in Betracht, welche einen Anhalt zu dieser Untersuchung bieten, oder sonst naheliegende Anwendungen auf unser Gebiet zulassen.

Ein System kann scheinbar ruhig sein, und doch eine sehr grosse lebendige Kraft in unmerklich kleinen Bewegungen entwickeln, die vermöge der Uebertragbarkeit und Umsetzbarkeit der lebendigen Kraft in verschiedene Formen oft nur der Umsatz grosser mächtiger Bewegungen sind.

Wenn eine schwere Glocke angeschlagen wird, so sieht man ihre kleinen Erzitterungen nicht. Und doch repräsentirt die lebendige Kraft dieser Erzitterungen (einschliesslich der mit erzeugten Wärmeschwingungen) die ganze lebendige Kraft des Schlages, der auf sie fiel; und wollte man die hin- und hergehenden Bewegungen derselben nach Einer Richtung summiren, so würde sie dadurch ein gutes Stück fortgeschleudert werden.

Scheinbar eine ganz unbedeutende oder gar keine, in Wirklichkeit aber unstreitig eine sehr grosse, lebendige Kraft wird im Acte chemischer Verbindungen entwickelt. Wir bemerken dabei keine auffallenden Bewegungen; aber die Licht- und Wärmephänomene, die dabei stattfinden, beruhend auf Schwingungen des Aethers, lassen uns voraussetzen, dass auch die wägbaren Theilchen im Acte dieser Verbindung in lebhafte Schwingungen gerathen, welche sich dem Aether mittheilen oder von ihm mitgetheilt werden. Wie nun die lebendige Kraft des Schlages in den unsichtbaren Erzitterungen der Glocke scheinbar verschwinden kann, so kann umgekehrt die lebendige Kraft unmerklich kleiner Erzitterungen durch angemessene Vermittelungen in mächtige sichtbare Bewegungen ausschlagen.

So ist die ganze lebendige Kraft des dahinrollenden Dampfwagens nur ein Formumsatz der lebendigen Kraft der unmerklich kleinen Erzitterungen, welche durch den Verbrennungsprocess im Heizmaterial (einschliesslich des Aethers, welcher dasselbe durchdringt) hervorgerufen, von da auf die Theile der Maschine, und von da auf den Wagen übertragen worden sind. Und was hier von lebendiger Kraft in sichtbaren Bewegungen zu Tage tritt, verschwindet im Reiche der unsichtbaren Bewegungen des Heizmaterials, womit die fortgehende Unterhaltung und Schürung des Heizungsprocesses durch neues Material und steten Zug nöthig wird, soll er selbst in Gang bleiben. Auch ohne Hinzufügung der Maschine und des Wagens würde sie dazu nöthig werden, indem die Schwingungen sich durch Mittheilung an die Umgebung, Ausstralung in den umgebenden Raum, von selbst schwächen; die Anbringung der Maschine und des Wagens macht aber die lebendige Kraft, die sonst nutzlos verloren gehen würde, bestimmten Zwecken in bestimmter Richtung dienstbar.

So ist auch die lebendige Kraft der sichtbaren Bewegungen, welche der Mensch äusserlich mit Armen und Beinen vollführt, nichts Anderes als ein Umsatz oder eine Resultante der lebendigen Kraft der kleinen inneren Bewegungen, die durch den Chemismus des Ernährungsprocesses hervorgerufen werden. Zu jeder äusseren Leistung verbraucht der Mensch etwas von dieser innerlich entwickelten lebendigen Kraft; denn die lebendige Kraft, welche die in Bewegung gesetzten Körper annehmen, entgeht ihm, und selbst ohne sichtbare Bewegung verliert er davon continuirlich durch Mittheilung an die Aussenwelt, Excretionen, Ausstralung, was Alles einen continuirlichen Wiederersatz durch den Ernährungsprocess nöthig macht, soll die organische Maschine in Gang bleiben.

Sowie die lebendige Kraft der unmerklich kleinen Erzitterungen nicht gegen die unsichtbaren Bewegungen vernachlässigt werden darf, vielmehr einen Haupttheil der lebendigen Kraft der Welt bildet, darf die lebendige Kraft der Bewegungen im Gebiete des Unwägbaren nicht gegen die im Gebiete des Wägbaren vernachlässigt werden, sondern bildet ihrerseits einen Haupttheil der lebendigen Kraft der Welt, und hat selbst einen Hauptantheil an den Vorgängen und Leistungen, die wir im Gebiete des Wägbaren wahrnehmen, vermöge der Umsetzbarkeit und Uebertragbarkeit der lebendigen Kraft aus einem Gebiete in das andere.

Denn, obschon wir die Masse der Aethertheilchen als fast verschwindend klein anzunehmen haben, ist sie doch nicht nichts, und wird durch eine unsäglich grosse Geschwindigkeit, die wir ihr von anderer Seite bei ihren Schwingungen beizulegen haben, in soweit compensirt, dass doch eine grosse lebendige Kraft in diesen Schwingungen entwickelt und in der Uebertragung auf das Wägbare eine erhebliche Leistung dadurch erzielt werden kann.

Die lebendige Kraft erfährt im Acte der Uebertragung von einem Körper auf den anderen, von einem Theile eines Systemes auf den anderen, gleichviel ob wägbar oder nicht, durch Stoss, durch Reibung, Widerstand der Mittel, wie sehr auch die Form, in der sie auftritt, dadurch geändert werde, weder Vermehrung, noch Verminderung.

Scheinbar zwar verschwindet bei jedem Stosse, jeder Reibung, durch jeden Widerstand lebendige Kraft: die lebendige Kraft aller Steine, die zur Erde fallen, scheint verschwunden; die lebendige Kraft einer schwingenden Saite vermindert sich fortgehends durch den Widerstand der Luft; ein in Gang befindlicher Wagen vermöchte unter dem Einflusse der Reibung am Boden seine lebendige Kraft nicht unvermindert zu erhalten, wenn nicht das Zugthier immer neue Zuwüchse zufügte, die ihm selbst durch den Fortgang des Ernährungsprocesses zuwachsen müssen.

Aber alle lebendige Kraft, die hierbei für die sichtbare Bewegung verloren geht, findet sich in unsichtbaren Erzitterungen wägbarer und unwägbarer Theile wieder. Letzterem entspricht eine gewisse Wärmeerzeugung, so dass der ganze Verlust, der im Acte des Stosses, der Reibung u. s. w. an lebendiger Kraft Seitens der wägbaren Theile erlitten wird, durch ein gewisses genau bestimmbares und bestimmtes Aequivalent Wärme gedeckt wird, durch dessen angemessene Verwendung dann eben jenes Quantum lebendiger Kraft im Gebiete des Wägbaren, durch dessen Verschwinden die Wärme entstand, auch wieder erzeugt zu werden vermag. Ja es ist diess einer der bindendsten Gründe, die Wärmeerscheinungen von Schwingungen eines Substrates abzuleiten, was mit wägbaren Substraten nicht unvergleichbar ist, dass ein gegebenes Aequivalent Wärme für jedes verschwundene Quantum lebendiger Kraft wägbarer Substanzen im Acte der Mittheilung der Bewegung wie umgekehrt eintritt.

Eine, unstreitig Manchem willkommene, populäre Darstellung der Principien der wichtigen Lehre von dem mechanischen Aequivalente der Wärme enthält folgende Abhandlung von Baumgartner: »Das mechanische Aequivalent der Wärme und seine Bedeutung in den Naturwissenschaften. Ein Vortrag gehalten bei der feierlichen Sitzung der kaiserl. Akad. d. Wiss. am 30. Mai 1856« in Grunert's Arch. f. Math. 1858 p. 261; woraus ich hier einige Stellen entlehne. Dabei ist als Arbeitseinheit 1 Fusspfund vorausgesetzt, d. i. die Arbeitsleistung, durch welche 1 Pfund 1 Fuss gehoben wird, und als Wärmeeinheit das Wärmequantum, welches 1 Pf. Wasser zu 0° auf 1° C. zu bringen vermag.

»Durch Verbrauch eines bestimmten Wärmequantums wird auch eine bestimmte Arbeitsgrösse erzeugt und umgekehrt, und es entsprechen nach den Ergebnissen zahlreicher, mit allen Vorsichten angestellter Versuche, bei denen theils Arbeit in Wärme, theils Wärme in Arbeit umgesetzt wurde und wo man es mit Wärme von dem mannichfaltigsten Ursprunge zu thun hatte, dem Verbrauche einer Wärmeeinheit 1367 Arbeitseinheiten und umgekehrt. Hierbei sind österreichische Masse und Gewichte zu Grunde gelegt.«

»In die Sprache des gemeinen Lebens übersetzt, heisst dieses: Die Wärme, welche 1 Pf. Wasser von 0° um 1° erwärmt, übt dieselbe mechanische Kraft aus, wie ein Gewicht von 1367 Pfund, das 1 Fuss hoch herabfällt.«

»Die Umsetzung der Wärme in Arbeit und umgekehrt erfolgt nicht nach Laune und Zufall, sondern nach bestimmten Regeln, welche die Bedingungen ausdrücken, unter welchen der Wechsel statt hat. Es kann nämlich Wärme nur in sofern in Arbeit verwandelt werden, als sie einem Körper zugeführt wird. Dieses geschieht aber bei geleiteter Wärme nur in der Richtung vom wärmeren Körper zum kälteren und nur insofern als Temperaturdifferenzen bestehen. Die zugeführte Wärme zerfällt aber hierbei in zwei Theile. Einer davon dient zur Erhöhung der Temperatur bei constantem Volumen, der andere aber verrichtet Arbeit, indem er z. B. eine Last vor sich hinschiebt. Wo es eine solche nicht giebt, da findet auch kein Kräftewechsel statt. Hieraus erklärt es sich, warum eine Luftmasse erkaltet, wenn sie sich ausdehnt und dabei einen Druck überwindet, während ihre Temperatur unverändert bleibt, wenn die Ausdehnung ohne Ueberwindung eines Widerstandes erfolgt, wie dieses der Fall ist, wenn sie in einen leeren Raum überströmt.«

»Jeder Gran Kohle, der unter dem Kessel der Dampfmaschine oder Luftmaschine vollkommen verbrennt, liefert in Folge des chemischen Processes der Verbrennung 0,908 Wärmeeinheiten oder 1241 Fusspfund Arbeit, wenn alle Wärme zur Erzeugung von Dampf oder zur Erhöhung der Spannkraft der Luft verwendet und vollständig in Arbeit umgesetzt wird.«

Inzwischen würde es untriftig sein, zu sagen, dass die lebendige Kraft in der Welt überhaupt eine constante Grösse sei. Nur durch den Act, im Momente der Mittheilung und Fortpflanzung der Bewegung ändert sich dieselbe nicht, falls wir auf das Aequivalent erzeugter Wärme mit Rücksicht nehmen; aber durch die continuirliche und im Laufe der Bewegung sich continuirlich ändernde Wirkung der Kräfte. Wenn ein Körper in seinem Laufe auf den anderen stösst, so wird, unter Rücksichtnahme auf die Erschütterung der wägbaren Theilchen und Zurechnung des beim Stosse erzeugten Aequivalentes Wärme, die Summe lebendiger Kraft in beiden nach dem Stosse noch so gross sein als vorher; dagegen sehen wir die lebendige Kraft jedes Planeten nach Massgabe wachsen, als er sich der Sonne nähert, abnehmen nach Massgabe als er sich davon entfernt, und die eines schwingenden

Pendels im Absteigen zunehmen, im Aufsteigen abnehmen. Wenn aber die lebendige Kraft in diesen Fällen nicht dieselbe bleibt, stellt sie sich doch immer in derselben Grösse wieder her, so wie die Körper des Systems, das erstenfalls von Sonne und Planet, zweitenfalls von Sonne und Erde gebildet wird, unter dem Einflusse der inneren Kräfte des Systemes wieder dieselbe Lage zu einander annehmen. Nun findet überhaupt auch in vielen anderen Systemen unter dem Einflusse der ihnen selbst inwohnenden Kräfte eine kreisende oder oscillirende Bewegung der Art statt, dass die Theile nach einer Zwischenzeit immer wieder zu einer gegebenen Lage zurückkehren, und für diesen Fall gilt auch allgemein das unter dem Namen des Gesetzes der Erhaltung der lebendigen Kraft bekannte Gesetz, wonach die lebendige Kraft in einem, nach irgend welchen vorgängigen Anstössen seinen inneren Kräften überlassenen Systeme sich immer wieder in der ursprünglichen Grösse herstellt, wenn die Theile des Systemes in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren, durch welche innere Vermittelungen und auf welchen Wegen auch der Rückgang erfolgt sein mag, was in complicirten Systemen in der That nicht immer auf so einfache Weise stattfinden kann, als in obigen einfachsten Systemen.

Wenn wir auf ein Stück Stahl schlagen, so wird die den Stahltheilchen eingepflanzte lebendige Kraft im Acte des Stosses zusammen mit der erzeugten Wärme die lebendige Kraft, die dem schlagenden Körper verloren gieng, vollkommen repräsentiren, und ist der Körper vollkommen elastisch, so werden die Theilchen, vom Momente des Stosses an unter dem Einflusse ihrer eigenen Kräfte hin- und herschwingend, beim Durchgange durch ihre ursprüngliche Gleichgewichtslage auch immer wieder dieselbe lebendige Kraft erlangen, aber nicht während der Dauer der Schwingung behalten, indem sie die ursprüngliche Lage verlassen; und haben wir statt Stahls ein Stück wenig elastisches Blei, so wird es dauernd zusammengedrückt bleiben, und die im Acte des Stosses erzeugte lebendige Kraft, mit der die Theilchen sich aus der Gleichgewichtslage entfernten, sich nicht wieder herstellen können. Vielmehr verschwindet unter diesen Umständen wirklich lebendige Kraft, welche, wie man sich ausdrückt, dazu verwandt wird, eine dauernde Lagenveränderung der Theilchen hervorzubringen.

Das Gesetz der Erhaltung der lebendigen Kraft hindert also weder, dass die lebendige Kraft eines Systemes oder Theiles des unendlichen Weltsystemes sich zeitweis ändere, vermehre, vermindere, noch dass sie sich dauernd ändere; es stellt blos fest, dass sie sich wiederherstellt, wenn die Theile des Systemes nach beliebigen vorgängigen Anstössen unter dem Einflusse der inneren Kräfte zur ursprünglichen Lage zurückkehren; aber es kann diese Rückkehr selbst nicht allgemein verbürgen, und sie findet in vielen Fällen nicht statt. Sie findet nicht einmal in dem einfachen Systeme dreier sich nach dem Gravitationsgesetze anziehender Körper statt, ausser unter Specialbedingungen. Und bekanntlich nehmen die Planeten unseres Sonnensystemes wegen der Incommensurabilität ihrer Umlaufszeiten nie genau, sondern nur annäherungsweise in grösseren Perioden, wieder dieselbe Lage zu einander und zur Sonne ein, womit sich dann auch dieselbe lebendige Kraft unseres Planetensystemes zwar annähernd, aber nicht genau wiederherstellt.

Unstreitig nun wird in der Unendlichkeit der Welt die Abnahme der lebendigen Kraft, die ein Theil dieses unendlichen Systemes solchergestalt zeitweis oder dauernd erfährt, sich mit der Zunahme, die ein anderer Theil zugleich erfährt, mehr oder weniger compensiren können; aber es liegt kein Princip vor, welches die Abnahme bei den einen und die Zunahme bei den anderen Theilen in solche Beziehung setzte, dass auf eine genaue und bleibende Compensation zu rechnen wäre, und es ist um so weniger Grund, eine solche vorauszusetzen, als ein anderes Princip vorliegt, welches ein anderes constantes Verhaltniss für die lebendige Kraft feststellt, aber nicht dieses des Beharrens auf demselben Stande.

Nicht die Grösse der eben vorhandenen lebendigen Kraft, aber die Grösse der vorhandenen lebendigen Kraft zusammen mit der Grösse der lebendigen Kraft, die vermöge der vorhandenen Bewegungsursachen noch zu erzeugen möglich ist, was wir kurz potenzielle Kraft (der üblichere Ausdruck ist Spannkraft) nennen wollen, ist für jedes, fremden Einwirkungen entzogenes, System, hiermit auch unstreitig für die Welt, eine constante Grösse.

Denken wir uns zur Erläuterung eine Saite im leeren Raume ohne Widerstand schwingend und nichts von Bewegung an die

Unterlagen, über die sie gespannt ist, abgebend, wie es der Fall wäre, wenn sie zwischen zwei einfachen festen Puncten gespannt wäre, um damit ein, fremden Einwirkungen entzogenes, System materieller Theilchen zu repräsentiren. Die lebendige Kraft dieser Saite ist variabel. Sie ist null an den Gränzen der Excursion; aber die potenzielle Kraft zugleich hier am grössten. Denn in jedem Puncte, den die Saite von da bis zur Gleichgewichtslage durchläuft, erzeugt sie eine neue Quantität lebendiger Kraft, die sich zur früheren fügt, bis sie beim Durchgange durch die Lage des Gleichgewichts das Maximum lebendiger Kraft erlangt hat. Als sie nun an der Gränze der Excursion war, war diese, jetzt wirkliche, lebendige Kraft ihre potenzielle Kraft, d. h. die lebendige Kraft, die noch nicht erzeugt war, aber vermöge der vorhandenen Bewegungsursachen noch erzeugt werden konnte. In der Bewegung von der Gränze der Excursion bis zur Mittellage hat sich diese ganze potenzielle Kraft in lebendige Kraft umgesetzt; aber so viel an lebendiger Kraft entstand, gieng an potenzieller Kraft verloren; denn, was schon von lebendiger Kraft erzeugt war, konnte nicht mehr erzeugt werden, bis beim Anlangen in der Mittellage die ganze potenzielle Kraft erschöpft war und hiermit kein weiterer Zuwachs von lebendiger Kraft auf ihre Kosten möglich. Von da an aber wächst umgekehrt nach einem entsprechenden Gange die potenzielle Kraft auf Kosten der lebendigen Kraft u. s. f. im Wechsel bis ins Unbestimmte, so dass die Summe der lebendigen und potenziellen Kraft der Saite stets gleich gross bleibt, nur dass bald die eine, bald die andere sich auf Kosten der anderen mehrt.

Was hier von der Saite gilt, gilt von der Welt. Die lebendige Kraft kann nur auf Kosten der potenziellen und umgekehrt wachsen. Nur dass nicht alle Theile der Welt in parallelem Gange ihren Wechsel zwischen steigender und fallender, lebendiger und potenzieller Kraft vollziehen, wie die Theile der Saite; vielmehr können sich die verschiedensten Theile der Welt in dieser Hinsicht in ganz verschiedenen Verhältnissen finden; auch tragen sie nur solidarisch zur Erfüllung des Gesetzes bei, so dass das, was ein Körper durch Mittheilung an den anderen an lebendiger Kraft verliert, ihm selbst nicht an potenzieller Kraft zuwächst, und umgekehrt, was er durch Mittheilung empfängt, nicht auf Kosten seiner potenziellen Kraft von ihm gewonnen wird; nur für das ganze System gilt die constante Summe beider Kräfte. Eine Saite kann ja durch Mittheilung ihrer Bewegung an die Luft alle lebendige Kraft zugleich mit aller potenziellen Kraft einbüssen, indem sie in der Gleichgewichtslage zur Ruhe kommt; fasst man sie aber im Zusammenhange mit der Luft auf, so ist die Summe lebendiger und potenzieller Kraft für das System aus Saite und Luft sich gleich geblieben.

Diess ist das grosse Princip der sog. Erhaltung der Kraft, zusammenhängend mit dem obigen der Erhaltung der lebendigen Kraft, doch von noch allgemeinerer Bedeutung als dieses, ein Princip, was zwar in längst bekannten allgemeinen Principien der Mechanik begründet, doch zuerst von Helmholtz mit Klarheit entwickelt, in seiner vollen Bedeutung hervorgehoben und in seinen wichtigsten Anwendungen erläutert worden ist. Seitdem hat es die ausgedehnteste Berücksichtigung und Anwendung im Gebiete der unorganischen wie organischen Physik gefunden. Es gilt allgemein nur für Centralkräfte, die keine Function der Zeit oder Geschwindigkeit sind; bis jetzt aber hat man keinen Grund gefunden, an seiner Allgemeingültigkeit im Gebiete des Organischen und Unorganischen zu zweifeln.

Diess kann zunächst auffällig erscheinen. Im Gebiete der Elektricität und des Magnetismus, insofern derselbe auf Elektricität zurückführbar ist, giebt es Kräfte, die nach W. Weber's Untersuchungen von der Geschwindigkeit und Beschleunigung abhängen. Aber es hat allen Anschein, dass sich diese elementaren Kräfte so combiniren, dass das Gesetz in allen Naturwirkungen seine Gültigkeit behält. Für die magnetischen und dafür substituirbaren elektrischen Strömungswirkungen leuchtet diess von selbst ein, insofern sie sich als Wirkungen von Centralkräften, die unabhängig von Geschwindigkeit und Beschleunigung sind, wirklich repräsentiren lassen. Ausserdem hat mir Prof. W. Weber auf mein Befragen mündlich mitgetheilt, dass er überhaupt in allen Fällen, auf die seine Untersuchung geführt, auch über die Grenzen jener Wirkungen hinaus, das Gesetz in Kraft gefunden, wenn schon seine volle Allgemeingültigkeit für das Bereich dieser Kräfte noch des strengen Beweises bedürfe.

Nach diesem Gesetze kann in einem seinen inneren Wirkungen überlassenen Systeme die durch vorgängige äussere Anstösse oder die bisherige innere Kraftwirkung erzeugte lebendige Kraft nur auf Kosten seiner potenziellen Kraft ferner wachsen, und das Vermögen dieses Wachsthums erschöpft sich demnach nach Massgabe, als sich die potenzielle Kraft durch das fortgehende Wachsthum der lebendigen Kraft erschöpft und steigt umgekehrt mit der Verminderung der lebendigen Kraft, so dass zwar ein Wechsel der lebendigen Kraft zwischen Zunahme und Abnahme und eine Uebertragung von einem Theile des Systemes auf den anderen, aber weder ein continuirliches Wachsthum bis zu unbeschränkter Höhe, noch eine Abnahme bis zum dauernden Erlöschen in einem seinen inneren Wirkungen überlassenen Systeme, und hiermit unstreitig im Weltsysteme, stattfinden kann, wodurch die Erhaltung der Thätigkeit der Welt innerhalb bestimmter Oscillationsgränzen aus allgemeinstem Gesichtspuncte gesichert ist.

Hingegen kann die lebendige Kraft in einem Theile eines Systemes ohne Abnahme der potenziellen Kraft wachsen und ohne Zunahme derselben abnehmen, insofern sie zugleich in einem anderen Theile des Systems respectiv abnimmt oder zunimmt, vermöge der Uebertragung der lebendigen Kraft von einem Theile auf den anderen. Insofern nun jeder endliche Körper Theil des allgemeinen Weltsystemes ist, ist auch auf jeden das Gesetz nur unter dieser Rücksicht anwendbar, d. h. es gilt die constante Abwägung zwischen potenzieller und lebendiger Kraft für ihn insbesondere nur in Betreff seiner inneren Wirkungen, in Betreff der äusseren aber nur im Zusammenhange mit dem grösseren Systeme, dem er angehört, in letzter Instanz der ganzen Welt.

Man merke wohl, das Princip oder Gesetz der Erhaltung der Kraft sagt uns nichts über den Gang, die Weise des wechselseitigen Umsatzes zwischen lebendiger und potenzieller Kraft, nichts darüber, in welchem Zustande sich ein System in dieser Hinsicht zu irgend einer Zeit befinden müsse; das hängt vielmehr von den besonderen Bedingungen und Verhältnissen eines jeden Systemes, die durch kein allgemeines Princip bestimmbar, sondern nur aus der Erfahrung entnehmbar sind, zusammen; das Princip der Erhaltung der Kraft sagt uns blos, dass, wie auch der Umsatz zwischen lebendiger und potenzieller Kraft in einem seinen inneren Wirkungen überlassenen Systeme erfolge, er doch nur so erfolgen könne, dass die constante Summe derselben im Ganzen gewahrt bleibt, womit aber noch die Freiheit besteht, dass er auf unendlich verschiedene Weisen erfolge. Es bindet also nur aus einem gewissen sehr allgemeinen Gesichtspuncte; die vollständige Bestimmung des Ganges der Erscheinungen ist nicht in ihm zu suchen.

So frei der Mensch sein mag, es giebt für seinen Willen und Geist überhaupt nicht blos in der Bewältigung der äusseren, sondern auch der inneren Naturmächte factische Schranken, welche durch die allgemeinen Naturgesetze gezogen sind.

Der Mensch kann auf der Erde gehen, wohin er will, seinen Schwerpunct nach jeder ihm beliebigen Richtung verrücken, kein bekanntes Naturgesetz bindet und hindert ihn hierin. Aber er kann es doch nur soweit, dass das Gesetz der Erhaltung des Schwerpunctes gewahrt bleibt, welches selbst eine Folge des Principes der Gleichheit der Action und Reaction ist. Von einer Höhe herabfallend oder springend ist er mit aller Freiheit des Willens nicht im Stande, seinen Schwerpunct um ein Haar breit aus der Falllinie der Schwere zu verrücken, ausser sofern etwa der Luftwiderstand eine schwache Möglichkeit begründet. Denn nach jenem allgemeinen Principe kann kein körperliches System durch seine eigene innere Thätigkeit seinen Schwerpunct verrücken. Es gehört dazu eine äussere Hülfe oder ein äusserer Widerstand. Der freie Wille vermag also die Freiheit des Ganges nicht wider, sondern nur auf Grund jenes Gesetzes zu äussern.

Nicht anders wird es mit der lebendigen Kraft sein. Der Wille, der Gedanke, der ganze Geist sei so frei er will; aber er wird seine Freiheit nicht wider, sondern nur auf Grund der allgemeinen Gesetze der lebendigen Kraft äussern können. Sofern sein Gang an den Gang der psychophysischen Thätigkeit gebunden und dieser an das Gesetz der Erhaltung der Kraft gebunden ist, wird er selbst dadurch gebunden sein.

Das ist kein Unglück; denn das Gesetz der Erhaltung der Kraft ist ein Gesetz der Erhaltung der Welt; und es ist kein Unglück, dass der Geist gebunden ist, im Sinne dieser Erhaltung zu fühlen, zu denken, zu wollen.

Ein allgemeiner und scharfer Beweis für die Erstreckung der Gültigkeit des Gesetzes auf die psychophysische Thätigkeit ist zwar noch nicht geführt; wohl aber lässt sich behaupten, dass alle Erfahrungen, soweit wir solche machen können, in diesem Sinne sind, und ohne Zwang nur mittelst des Gesetzes zu deuten sind; wir werden uns daher daran zu halten haben, so lange kein Gegenbeweis geführt ist.

Ziehen wir einige Hauptverhältnisse in dieser Hinsicht in Betracht, unsere Aufmerksamkeit vornämlich auf das richtend, was man am leichtesten geneigt sein möchte, der Gültigkeit des Gesetzes zu entziehen, d. i. das Gebiet der höheren freieren geistigen Thätigkeiten.

Von vorn herein könnte man gemeint sein, dass, wenn nicht die geistigen Thätigkeiten überhaupt, aber doch jedenfalls die höheren von Statten gehen könnten, ohne an lebendige Kraft, deren Gesetze, Ab- und Zunahme überhaupt gebunden zu sein. Alles spricht gegen diese Voraussetzung. Stellen wir auch für jetzt dahin, ob eine derartige Specialabhängigkeit zwischen körperlichen und höheren geistigen Thätigkeiten stattfinde, dass eine bestimmte geistige Bewegung nur auf Grund einer ebenso bestimmten körperlichen entstehen und bestehen könne; so hat doch zugegeben werden müssen, und wird stets zuzugeben sein, dass die höheren geistigen Thätigkeiten hienieden der körperlichen Thätigkeit so gut im Allgemeinen als Unterlage bedürfen, als die niederen; dann bedürfen sie aber auch der lebendigen Kraft dieser Thätigkeit, um von Statten zu gehen, und die Erfahrung lehrt, dass sie einer hinreichenden Stärke derselben bedürfen, um selbst kraftvoll von Statten zu gehen.

Aber man kann weiter meinen, dass der Geist aus eignem Quelle der körperlichen Thätigkeit die für seinen Gang oder doch die kraftvolle Erhaltung seines Ganges erforderliche lebendige Kraft zuwachsen lassen, d. h. die lebendige Kraft in der Welt absolut vermehren könne, ohne dass die lebendige Kraft anderwärts oder die potenzielle Kraft des Körpers selbst sich deshalb zu vermindern brauche, also wider das Gesetz der Erhaltung der Kraft, welches eine allgemeine Abwägung aller vorhandenen lebendigen und potenziellen Kraft in dieser Hinsicht fodert, kurz, dass er ein Erzeuger ganz neuer lebendiger Kraft im Körper sei.

Ziehen wir einige Thatsachen in Betracht, die mit der Erläuterung zugleich einen Anhalt zur Entscheidung dieser Frage geben.

Spiel und Verbrauch der lebendigen Kraft im Gehirne zu psychophysischen und in anderen Theilen zu nicht psychophysischen Thätigkeiten bestehen im gewöhnlichen Gange des Lebens thatsächlich zugleich und mit einander. Wir können denken und dabei noch Anderes mit unseren körperlichen Organen treiben, und thun es in der Regel. Jetzt aber soll die Kraft des Denkens gesteigert werden. Sofort sehen wir, wie es, statt lebendige Kraft aus eignem Quelle zur Verstärkung der psychophysischen Thätigkeit, die es zu seiner eigenen Verstärkung braucht, schaffen zu können, solche anderen körperlichen Thätigkeiten raubt, und ohnedem sich nicht verstärken kann. Noch eben war Jemand in einer starken körperlichen Arbeit begriffen, da kommt ihm ein Gedanke, der ihn mehr als gewöhnlich beschäftigt, sofort sinken die Arme und bleiben hängen, so lange der Gedanke und mithin die psychophysische Thätigkeit desselben innerlich stark arbeitet, um ihre äussere Arbeit von Neuem zu beginnen, wenn diese innere nachlässt. Wo war die lebendige Kraft der Armbewegungen auf einmal hin? Sie diente, die Bewegungen im Kopfe anzufachen.

So wie ein intensiver Gedanke nothwendig jede äussere Körperleistung unterbricht, unterbricht umgekehrt ein Sprung jeden Gedankengang. Die lebendige Kraft, welche der Sprung der Beine braucht, entgeht dem Gange der psychophysischen Bewegungen, die das Denken braucht: und der Geist hat weder die Macht, trotz des Verlustes den Gang wie früher fortzusetzen, noch den Verlust aus eigener Machtvollkommenheit zu ersetzen.

Wir können die lebendige Kraft, die für die Willkühr disponibel ist, zwar theilen, aber sie hat zu jeder Zeit ihr Maximum, und das kann für eine Art der Beschäftigung nur stattfinden nach Massgabe, als die anderen ruhen. Ganz eben so, wie wir, um möglichste Kraft in einem Arme zu verwenden, den anderen ruhen lassen müssen, müssen wir alle Theile des Körpers ruhen lassen, um möglichste Kraft im Kopfe zu verwenden, und umgekehrt die Thätigkeit im Kopfe möglichst ruhen lassen, um möglichst kraftvolle Bewegungen mit den Gliedmassen auszuführen. Und so sehen wir den tief Nachdenkenden so still wie möglich sitzen, und Jemand, der läuft, Lasten hebt, nie zugleich in tiefen Gedanken. Es widerspricht sich, geht nicht.

Selbst unwillkührliche Functionen, wie die Verdauung, stehen bis zu gewissen Gränzen in einem Verhältnisse der Abwägung und des Austausches der lebendigen Kraft mit derjenigen, die das Denken braucht. Obwohl nach einer heilsamen Einrichtung, deren Thatsache wir hier nur anzuerkennen, nicht zu erklären haben, der Mensch weder im Stande ist, den unwillkührlichen Functionen durch das Denken so viel lebendige Kraft zu rauben, dass der regelrechte Gang der organischen Maschine dadurch ins Stocken geräth, noch umgekehrt durch anderweite Functionen dem Denken so viel Kraft zu rauben, um dasselbe ganz in Stillstand zu versetzen.

Das Denken ist ein Beispiel; was aber in dieser Beziehung von dem Denken gilt, gilt von jeder geistigen Thätigkeit. Intensive Gefühle, Leidenschaften, sinnliche Anschauungen verhalten sich in angegebener Hinsicht ganz eben so wie das intensive Denken; nur dass die psychophysische Thätigkeit mancher dieser geistigen Vorgänge durch die organische Einrichtung mit gewissen äusseren Thätigkeiten in natürlichem Nexus steht, die dann mit jener gemeinsam zu steigen und zu fallen pflegen, indess sie zugleich in Antagonismus zu den übrigen treten. Von diesem Associationsprincipe körperlicher Thätigkeiten wird unten weiter die Rede sein.

Dasselbe Verhältniss als zwischen den psychophysischen und nicht psychophysischen Thätigkeiten findet auch zwischen den einzelnen Gebieten der psychophysischen Thätigkeiten statt. In eine äussere Anschauung ganz versunken sein und zugleich tief nachdenken, geht nicht. Zugleich aufmerksam sehen und hören, geht nicht. Um schärfer auf etwas zu reflectiren, müssen wir von Anderem mehr abstrahiren; und wie sich die Aufmerksamkeit theilt, schwächt sie sich für das Einzelne. Hier könnte man allerdings ein Spiel rein psychologischer Gesetze sehen, wenn diese Thatsachen allein ständen. Aber sie hängen zu sehr mit den vorigen zusammen, um nicht darin zugleich eine Ausdehnung des Gesetzes der Erhaltung der Kraft auf das rein psychophysische Spiel zu sehen. Das Denken braucht zu seiner Verstärkung nicht den nicht psychophysischen Thätigkeiten lebendige Kraft zu entziehen, wenn es anderen im Gange befindlichen psychophysischen Thätigkeiten solche entziehen kann. Damit wird das Bestehen der psychologischen Gesetze nicht geleugnet oder solche auf physische reducirt; es wird nur behauptet, dass die Gesetze des Ganges der geistigen und körperlichen Thätigkeiten nicht minder eng zusammenhängen, als beide selbst zusammenhängen; und diess hat nichts Befremdendes, sondern das Gegentheil würde befremdend sein.

Je nach dem Nexus, in dem die Theile stehen, können manche nur in einem gewissen Zusammenhange oder einer gewissen Folge überhaupt, und manche leichter in diesem als in jenem in Thätigkeit treten, und manche Thätigkeiten überhaupt nur, oder leichter, durch einen gegebenen Zusammenhang von Theilen, als durch einzelne vollzogen werden, ein Princip, was mit dem vorigen insofern in Conflict kommt, als die Vertheilung der lebendigen Kraft zwischen den zur Thätigkeit zusammenwirkenden Theilen dann von einer Seite die Leistung der einzelnen schwächt, welche der Zusammenhang von anderer Seite erst möglich macht oder födert. Durch die Rücksicht auf dieses Princip erklären sich eine Menge scheinbarer Widersprüche mit dem vorigen Principe, wo man Thätigkeiten, anstatt sich durch ihre respective Steigerung wechselseitig beschränken, vielmehr mit einander steigen und sinken, und sich gemeinsam in der Höhe halten, einander mitziehen und nachziehen sieht. Im Spiele der Maschinen finden wir das ganz Entsprechende wieder; und es ist also hier nichts den Gesetzen der Erhaltung der Kraft Zuwiderlaufendes zu sehen.

In unserem Organismus können solche Verbindungen durch Gewöhnung, Uebung theils befestigt, theils neu gebildet oder gelöst werden, und mit der wachsenden Uebung, Theile isolirt in Thätigkeit zu setzen, wächst die Möglichkeit, sie in kraftvollere Thätigkeit zu setzen. Auch diess Princip greift, wie leicht weiter auszuführen, im Zusammenhange durch das Gebiet der psychophysischen und nicht psychophysischen Thätigkeiten durch.

Und so steht die Erzeugung wie Verwendung der lebendigen Kraft der psychophysischen Thätigkeit in uns, soweit wir es irgends beobachten und einen Schluss auf Beobachtung gründen können, überall unter einem gemeinsamen Gesetze mit der lebendigen Kraft der nicht psychophysischen Thätigkeiten in uns und ausser uns, und so frei der Geist sein mag, er kann nichts wider diess Gesetz, sondern Alles nur auf Grund dieses Gesetzes.

Doch wie sind Thatsachen folgender Art zu deuten?

Plötzlich sehen wir jetzt einen Menschen in Folge rein geistiger Aufregung eine gewaltige körperliche oder geistige Leistung vollziehen, nachdem er nur eben gleichgültig und ruhig dasass, also weder in psychophysischen noch nicht psychophysischen Thätigkeiten sich ein Vorrath grosser lebendiger Kraft vorhanden zeigte. Wo kommt die lebendige Kraft dazu auf einmal her? Und diese starke Thätigkeit kann unter dem Einflusse eines starken Willens auch wohl länger fortgesetzt werden. Wo ist der nachhaltige Quell dieser Kraft zu suchen, wenn es nicht der Wille selber ist?

Aber was das Erste anlangt, so können wir eine plötzliche Kraftanstrengung in gewisser Richtung nur vollziehen, indem wir die vorher zerstreute und eben darum nirgends stark wirkende Kraft in einer Richtung plötzlich concentriren und selbst die der unwillkührlichen Functionen dazu mit in Anspruch nehmen. Und wenn wir unter dem Einflusse eines starken Willens selbst anhaltende ungewöhnliche Leistungen zu vollziehen vermögen, die wir ohne diesen Willen nicht zu vollziehen vermöchten, so erfolgt doch die Erzeugung und der Verbrauch der dazu erfoderlichen lebendigen Kraft weder wider das Gesetz der Erhaltung der Kraft, noch durch die rein geistige Macht des Willens.

☞In der That finden wir, dass jede willkührliche Kraftanstrengung uns um so mehr auch körperlich erschöpft, d. h. das Vermögen der ferneren Kraftäusserung um so mehr abnimmt, je stärker und länger sie fortgesetzt wird, was beweist, dass die willkührliche Entwickelung lebendiger Kraft in unserem Körper so gut nur auf Kosten potenzieller Kraft, das ist der Kraft, die es noch zu erzeugen möglich ist, also nach dem Gesetze der Erhaltung der Kraft, geschehen kann, als die Entwickelung lebendiger Kraft in Gebieten, wo kein Wille Platz greift. Es wird also nicht bestritten, dass unter dem Einflusse des freien Willens wirklich lebendige Kraft entstehen kann, die ohnedem nicht entstanden wäre, aber eben nur auf Kosten potenzieller Kraft, d. i. aus dem Quelle, aus dem sie sonst entsteht, wenn kein Wille mitwirkt. Unstreitig lag im Willen, oder psychophysisch ausgedrückt, den Thätigkeiten, die selbst dem Willen unterliegen, ein Anlass, dass der Umsatz der potenziellen Kraft in lebendige erfolgte und Dauer gewann; nur der Wille aus sich selbst kann die lebendige Kraft nicht ohne die sonst allgemein gültigen Bedingungen dazu schaffen.

Die lebendige Kraft unseres Organismus ist überhaupt je nach dem veränderlichen Zustande der Ernährung, der Gesundheit, Wachen und Schlaf, in einem Auf- und Abschwanken begriffen, wodurch sie im Ganzen hoch steigen und tief sinken kann; scheint aber unter normalen Verhältnissen keiner plötzlichen starken Abänderungen im Ganzen, sondern nur plötzlicher anderer Vertheilung fähig, welche theils durch Reize, theils durch willkührliche Richtung der Aufmerksamkeit oder Verlegung der Thätigkeitssphäre bewirkt wird. Der Idealist kann auch die Wirkung der Reize auf einen geistigen Grund, der Materialist die der Willkühr und Aufmerksamkeit auf einen materiellen zurückführen; wir nehmen aber hier die Thatsachen, wie sie sich der Beobachtung unmittelbar darstellen, welcher bald die materielle, bald die geistige Seite oder Erscheinungsweise des Grundes der abgeänderten Vertheilungsweise entgegentritt.

Es ist in gewissem Sinne wie bei einer Dampfmaschine, von der ein zusammengesetztes Triebwerk abhängt. Je nach dem Zustande der Heizung kann ihre lebendige Kraft hoch steigen oder tief sinken; aber im normalen Gange kann weder das Eine noch das Andere *plötzlich* eintreten; wohl aber kann dadurch, dass man hier ein Ventil willkührlich auf- oder zumacht, bald dieser, bald jener Theil der Maschine neu in Gang kommen und dafür ein anderer in Ruhe übergehen. Es ist nur der Unterschied, dass bei unserer organischen Maschine der Maschinist nicht ausser-, sondern innerhalb derselben sitzt. Nun kann unstreitig in starken körperlichen Anstrengungen wirklich in gleicher Zeit mehr lebendige Kraft auf Kosten potenzieller Kraft entwickelt werden, als beim Ruhezustande des Körpers; denn woher sonst die schnellere Erschöpfung und das Bedürfniss grösseren Ersatzes; aber es ist dann nicht sowohl der Wille, welcher diese Kraft in einem beliebigen Momente aus geistigem Grunde entwickelt, als die dadurch eingeleitete Steigerung des chemischen Ernährungsprocesses. Bei raschem Laufen athmen wir auch rascher, läuft das Blut rascher, und das hat denselben Erfolg, als wenn wir den Zug in dem Heizapparate einer Dampfmaschine steigern, und dadurch rascher ein gegebenes Quantum wirksamer lebendiger Kraft auf Kosten der potenziellen Kraft des Heizmaterials entwickeln. Ist die organische Maschine nicht recht im Stande oder schlecht versorgt, so dass jene chemischen Processe nicht wirksam von Statten gehen, so vermag der kräftigste Wille Nichts.

Ich sage mit Vorigem nicht, dass die lebendige Kraft im Körper sich wirklich wie der Dampf in einer Dampfmaschine vertheilt; sondern nur, dass das Gesetz der Erhaltung der Kraft zu entsprechenden Erfolgen führt.

Der letzte Quell der lebendigen Kraftentwickelung in unserem Körper liegt nach Allem, was wir vermuthen dürfen, im Ernährungsprocesse, und indem jeder Theil seinen Ernährungsprocess in sich hat, hat er auch einen Quell lebendiger Kraft in sich. Aber die Erfahrung beweist von anderer Seite durch Thatsachen der Art, wie wir sie hier geltend gemacht, dass dieser Process im ganzen Organismus in solidarischem Zusammenhange erfolgt, so dass nicht nur kein Theil sich für sich zu ernähren vermöchte, sondern auch quantitative Verhältnisse der Abwägung zwischen den Ernährungsprocessen der verschiedenen Theile eintreten, welche im Sinne des Gesetzes der Erhaltung der Kraft sind. Auch erklärt der Umstand, dass der Ernährungsprocess aller Theile unter dem Einflusse des Blutlaufes und der Nerventhätigkeit steht, welche einen Zusammenhang durch den Organismus begründen, leicht diesen allgemeinen Nexus des Ernährungsprocesses aller Theile. Ungeachtet daher weder die lebendige Kraft noch ein besonderer Träger derselben, wie der Dampf in der Dampfmaschine, wirklich unmittelbar zwischen den verschiedenen Theilen überfliesst, sich vertheilt, durch Reize, Aufmerksamkeit, Willen da- und dorthin gelockt wird, werden wir doch immer der Kürze halber uns des Ausdruckes Vertheilung der lebendigen Kraft und entsprechender bildlicher Ausdrücke bedienen dürfen, nachdem wir die triftige Vorstellung unterzulegen wissen.

Das Specielle aller dieser Verhältnisse ist noch wenig aufgeklärt; das Allgemeine aber liegt ziemlich klar und offen in dem hier ausgesprochenen Sinne vor; und die gegebenen allgemeinen Andeutungen können für jetzt genügen; eine weitere Ausführung derselben aber würde theils ins Unsichere führen, theils hier am Eingange nicht am Orte sein.

Die lebendige Kraft, die zum Holzhacken verwandt wird, und die lebendige Kraft, die zum Denken, das ist zu den unterliegenden psychophysischen Processen verwandt wird, sind nach Vorigem quantitativ nicht nur vergleichbar, sondern selbst in einander umsetzbar, und hiemit beide Leistungen selbst nach körperlicher Seite durch einen gemeinsamen Massstab messbar. So gut ein gewisses Quantum lebendiger Kraft dazu gehört, ein Scheit Holz zu spalten, eine gegebene Last bis zu gegebener Höhe zu heben, so gut ein gewisses Quantum, einen Gedanken mit gegebener Intensität zu denken; und jene Kraft kann sich in diese wandeln. Diess ist keine Verunehrung des Denkens; seine Würde hängt an der Weise, der Richtung, den Zielen seines Ganges, nicht an dem Masse oder der Unmessbarkeit der körperlichen Bewegung, die es zu seinem Gange braucht; wie die Entdeckungsreise des Columbus dadurch nicht an Werth und Bedeutung verliert, dass die lebendige Kraft des Schiffes, das ihn trug, so gut messbar war, als die eines zufällig geworfenen Steines oder des Windes, und selbst die eine in die andere umsetzbar. Das Körperliche empfängt überhaupt Werth oder Unwerth von dem Geistigen, was damit in Beziehung steht, und kann eben desshalb solchen dem Geistigen weder geben noch nehmen. Gewiss ist, dass ein stiller Gefühls- und Gedankengang grossen Werth haben, und sich doch an so schwache Bewegungen knüpfen kann, dass eine ganz werthlose oder gar keine erhebliche äussere körperliche Leistung damit zu vollziehen wäre, wenn sie in solche umgesetzt werden sollte; aber eben so gewiss bleibt, dass, wenn das Gefühls- und Gedankenleben zu grösserer Intensität gedeihen soll, die unterliegenden körperlichen Bewegungen lebendiger von Statten gehen müssen.

Dabei ist der Abhängigkeitsbezug, in welchem die Intensität der geistigen Thätigkeit von der Grösse der ihr unterliegenden körperlichen steht, nicht minder in umgekehrter Richtung geltend zu machen. So wenig ein Gedanke mit einer gegebenen Intensität gedacht werden kann, ohne dass eine gegebene lebendige Kraft der unterliegenden Bewegung entwickelt wird, so wenig kann sich solche entwickeln, ohne dass der Gedanke mit dieser Intensität gedacht wird. Nicht, dass zu jeder lebendigen Kraft gegebener Grösse auch ein Gedanke von gegebener Intensität gehörte, wohl aber zur lebendigen Kraft eines derartigen körperlichen Ganges, der einen Gedankengang zu tragen vermag. Nun steht es jedem frei, mit uns den Grund jeder einzelnen gedankenvollen Bewegung in der Welt in einer rückliegenden oder allgemeineren und schliesslich den Grund aller Bewegungen der Welt in einem Systeme von Bewegungen zu suchen, was eine höchste und letzte Gedankeneinheit und einen höchsten und letzten Willen trägt, und nur mit solchen bestehen kann; nur dass wir uns hier eben so wenig auf Glaubenssachen als ein Werthmass einzulassen haben.

Auch ist mit Fleiss hier jedes Eingehen auf einen Streit über Willensfreiheit vermieden, und eben so ungehörig würde man ihn hierher ziehen, als hier vermissen. Vielmehr ist durch den ausdrücklichen Hinweis, dass die allgemeinen Gesetze der lebendigen Kraft die freie Verfügung über dieselbe eben auch nur aus sehr allgemeinem Gesichtspuncte beschränken, der Freiheit jedes Recht zugestanden, was ihr die Wirklichkeit zugesteht. Weder kann das Gesetz vorschreiben, ob und wie wir potenzielle Kraft in lebendige umsetzen, noch ob und in welcher Richtung solche übertragen werden soll. In dieser Hinsicht bleibt der Wille völlig frei, soweit es sich um die Schranken, die diess Gesetz zieht, handelt. Inwiefern es aber noch andere Schranken giebt, ist wieder unsere Aufgabe hier nicht, zu untersuchen, und eine Antwort auf die letzte Frage in dieser Hinsicht überschreitet die Gränzen unserer Untersuchung überhaupt.

VI. Massprincip der Empfindlichkeit.

Selbst bei gleicher Anbringungsweise kann ein- und derselbe Reiz von einem Subjecte oder Organe stärker oder schwächer empfunden werden, als von einem anderen, oder von demselben Subjecte oder Organe zu einer Zeit stärker oder schwächer, als zu einer anderen; umgekehrt Reize verschiedener Grösse nach Umständen gleich stark empfunden werden. Hienach messen wir dem Subjecte oder Organe respectiv zur einen und anderen Zeit eine grössere oder geringere Empfindlichkeit bei.

Wo die Sinnesorgane gelähmt sind, werden auch die stärksten Reize nicht mehr empfunden; die Empfindlichkeit dafür ist null; bei manchen erregten Zuständen des Auges oder Ohres dagegen ruft selbst noch der schwächste Licht- oder Schallreiz eine lebhafte, wohl gar lästige Empfindung hervor; die Empfindlichkeit dafür ist ungeheuer gesteigert. Dazwischen giebt es alle Zwischengrade der Empfindlichkeit. Es liegt hienach hinreichender Anlass vor, Grade derselben zu unterscheiden und zu vergleichen; aber es fragt sich, wie es auf genaue Weise, wie es wirklich messend geschehen kann.

Hiebei kommt Folgendes in Betracht. Allgemein liegt das Mass einer Grösse darin, dass bestimmt werde, wie vielmal eine, als Einheit zu Grunde gelegte, Grösse derselben Art darin enthalten sei. In diesem Sinne hat die Empfindlichkeit als abstractes Vermögen so wenig ein Mass, als die abstracte Kraft. Aber anstatt sie selbst zu messen, kann man etwas dazu Bezügliches, davon Abhängiges, messen, was nach ihrem Begriffe mit ihr ab- und zunimmt, und womit sie umgekehrt nach ihrem Begriffe ab- und zunimmt, und so ein indirectes Mass derselben gewinnen, im selben Sinne, als es auch bei der Kraft der Fall ist. Anstatt diese selbst zu messen, messen wir die dazu bezüglichen, davon abhängigen, Geschwindigkeiten, welche gleichen Massen, oder die Massen, denen gleiche Geschwindigkeiten eingepflanzt werden. Und so können wir auch entweder die Grösse der Empfindung zu messen versuchen, welche durch gleich grosse Reize erzeugt wird, oder die Grösse der Reize, welche eine gleich grosse Empfindung hervorrufen, und erstenfalls sagen, die Empfindlichkeit ist doppelt so gross, wenn derselbe Reiz eine doppelt so grosse Empfindung hervorruft; letzterenfalls, sie ist doppelt so gross, wenn ein halb so grosser Reiz eine gleich grosse Empfindung hervorruft.

Jedoch der erste Weg ist ungangbar, weil wir noch kein Mass der Empfindung haben, und, wie später zu zeigen, ein solches selbst erst auf das anders begründete Mass der Empfindlichkeit zu stützen ist. Dagegen hindert nichts, sich an den zweiten zu halten. Die Grösse der Reize ist genauen Massen zugänglich, und die Gleichheit der Empfindung können wir unter erfoderlichem Massnahmen, von denen künftig ausführlicher die Rede sein wird, wohl constatiren. Demnach setzen wir die Empfindlichkeit für Reize der Grösse der Reize, die eine gleich starke, oder allgemeiner, um extensive Empfindungen mit zu begreifen, eine gleich grosse Empfindung erwecken, umgekehrt proportional, mit einem kurzen Ausdrucke reciprok.

Man kann zugeben, dass es zuletzt nur eine Sache der Definition ist, dass wir die Empfindlichkeit gerade doppelt so gross nennen, wenn der halbe Reiz dieselbe Empfindung erweckt. Wäre die Empfindlichkeit etwas an sich Messbares, so stände diese Freiheit nicht offen, sondern das Verhältniss müsste durch Erfahrung oder Schlüsse constatirt werden. Diess ist aber nicht der Fall; die Erklärung darüber ist willkührlich, und die einfachstmögliche und welche die einfachste Verwendung gestattet, vorzuziehen.

So gefasst wird uns diess Mass eine Hülfe sein, und hat auch gar keine andere Bedeutung, als uns im Gebiete thatsächlicher Verhältnisse zwischen Reiz und Empfindung zu orientiren und ihre Verknüpfung durch Rechnung möglich zu machen, ohne über die Grösse des abstracten Empfindungsvermögens das Geringste aussagen zu können und zu sollen. Gewiss bleibt immer, dass bei einem Subjecte, zu einer Zeit, ein doppelt so grosser Reiz dazu gehört, um gleich stark in die Empfindung zu fallen, als bei einem anderen Subjecte, zu einer anderen Zeit. Statt diess mit vielen Worten zu sagen, drücken wir es kurz mit den wenigen aus, es finde im einen Falle eine halb so grosse Empfindlichkeit für den Reiz statt, als im anderen Falle. Jede andere Masszahl bedeutet ein anderes factisches Verhältniss in dieser Hinsicht und soll nichts anderes als ein solches bezeichnen.

Die Stärke oder Lebhaftigkeit der körperlichen Thätigkeiten, welche der Reiz in uns erweckt, und wovon die Empfindung unmittelbar abhängt, kurz der psychophysischen Thätigkeiten, kommt bei diesem, der äusseren Psychophysik angehörigen, Masse nicht in Anschlag. Die Frage, ob diese Thätigkeiten der Stärke der Reize proportional sind oder nicht, ist für seinen Begriff und seine Anwendung gleichgültig; denn als Mass der Empfindlichkeit für Reize geht es eben auch nur auf ein Verhältniss der Empfindung zu diesen, nicht zu den dadurch ausgelösten Thätigkeiten; und jene Frage ist zwar zu erheben, aber selbst nur auf Grund von Thatsachen, die dieses Mass schon voraussetzen, zu entscheiden.

Noch ist wichtig, folgenden Fehlschluss zu vermeiden. Wenn bei doppelt so grosser Empfindlichkeit für einen Reiz der halbe Reiz hinreicht, eine gleich grosse Empfindung auszulösen, so folgt daraus doch nicht, dass derselbe Reiz dann eine doppelt so grosse Empfindung auslöse. Zuvörderst können wir hierüber nicht urtheilen, so lange wir noch kein Mass der Empfindung haben, und später, wenn wir es haben werden, wird sich zeigen, dass dieses Verhältniss keineswegs besteht.

Von der Empfindlichkeit für Reize gilt es, die Empfindlichkeit für Reizabänderungen, Reizunterschiede, zu unterscheiden. Das Mass derselben aber unterliegt entsprechenden Gesichtspuncten, nur dass die Reizabänderung, der Reizunterschied, an die Stelle des Reizes dabei tritt.

In der That, so wie ein gleich grosser, doppelt oder dreimal so grosser Reiz erfodert werden kann, um eine gleich grosse Empfindung zu erwecken, kann auch eine gleiche, doppelt oder dreimal so grosse Abänderung eines Reizes, oder ein gleicher, doppelt oder dreimal so grosser Unterschied zweier Reize erfodert werden, um eine gleich grosse Abänderung der Empfindung, oder einen gleich grossen Unterschied zweier Empfindungen zu erwecken. Hiebei kann die Abänderung eines Reizes als Reizunterschied in der Zeitfolge mit dem Unterschiede gleichzeitig auftretender Reize unter gemeinsamen Gesichtspunct und Namen gefasst werden; wie im Folgenden im Allgemeinen geschehen soll, ohne damit sagen zu wollen, dass es gleichgültig sei, ob man die Componenten eines Unterschiedes simultan oder successiv auffasse. Unter Componenten des Unterschiedes verstehen wir hier wie in der Folge die Reize, zwischen welchen der Unterschied besteht, der sich in der Empfindung geltend macht.

Bei oberflächlicher Betrachtung könnte man geneigt sein, das Mass der Empfindlichkeit für Reize und das für Reizunterschiede auf einander reducirbar zu halten. Sind zwei Töne von verschiedener physischer Stärke gegeben, so kann man sich einen dritten denken, dessen Stärke dem Unterschiede der Stärke jener beiden gleich ist, und man könnte nun z. B. meinen, der schwächstmögliche Ton, der noch für sich gehört werden kann, und der schwächstmögliche Unterschied, der noch zwischen zwei Tönen erkannt werden kann, haben allgemein dieselbe Grösse. Aber diess ist factisch untriftig. Vielmehr lehren schon beiläufige Erfahrungen und später wird genauer bewiesen werden, dass der Unterschied zweier physischen Töne, Lichter u. s. w. um so mehr betragen muss, um noch erkennbar zu sein, je grösser die absolute Stärke derselben ist, indess die absolute Stärke, die man noch eben wahrnehmen kann, dieselbe bleibt.

Diess macht allerdings nöthig, die Empfindlichkeit und das Empfindlichkeitsmass für Reize und Reizunterschiede zu unterscheiden.

Insofern derselbe Reizunterschied mehr oder weniger leicht erkannt wird, je nachdem er zwischen kleinen oder grossen Reizen besteht, und überhaupt es, späteren Untersuchungen zufolge, betreffs der Grösse des Empfindungsunterschiedes, den ein Reizunterschied giebt, auf dessen Verhältniss zu den Reizen oder das damit gesetzte Verhältniss der Reize zu einander wesentlich ankommt, ist die Unterschiedsempfindlichkeit nicht blos veränderlich nach dem Zustande der Individuen, sondern auch nach der Grösse der Reize, im Allgemeinen geringer bei grossen, als kleinen. Die Ermittelung des Gesetzes, nach welchem die Unterschiedsempfindlichkeit von der Grösse der Reize abhängt, d. h. nach welchem die Grösse des Unterschiedes der Reize sich mit der Grösse der Reize ändern muss, um noch gleich deutlich in die Empfindung zu fallen, ist eine der wichtigsten und folgereichsten Aufgaben der äusseren Psychophysik.

Des Näheren nun wird sich durch die folgenden Untersuchungen in verschiedenen Sinnesgebieten herausstellen, dass, wenigstens innerhalb gewisser Gränzen, ein Unterschied zwischen gegebenen Reizen immer gleich merklich für die Empfindung bleibt, wenn er in demselben Verhältnisse als seine Componenten zu- oder abnimmt, mithin, wenn der relative Reizunterschied und, was damit zusammenhängt, wenn das Verhältniss der Reize sich gleich bleibt, wie sich auch die absolute Grösse des Reizunterschiedes und der Reize ändere.

Unter relativem Reizunterschiede wird überhaupt der Unterschied der Reize im Verhältnisse zur Summe, oder zum Mittel, oder zum einen der Reize verstanden, was hier gleichgültig ist, sofern mit der Constanz des einen Verhältnisses die Constanz des anderen von selbst gegeben ist. Nicht minder hängt das Gleichbleiben des relativen Reizunterschiedes und des Reizverhältnisses stets solidarisch zusammen, so dass es auch gleichgültig ist, ob man sich auf die Constanz des einen oder anderen bezieht.

Wenn z. B. die Componenten 5 und 3 sich beide verdoppeln, bleibt zugleich das Verhältniss beider $\frac{5}{3}$ und der relative Unterschied beider ungeändert, sei es, dass man letzteren als $\frac{5-3}{5+3} = \frac{2}{8}$ oder als $\frac{5-3}{5} = \frac{2}{5}$ oder als $\frac{5-3}{3} = \frac{2}{3}$ fasse, indem er nach der Verdoppelung respectiv $\frac{4}{16}$, $\frac{4}{10}$, $\frac{4}{6}$ wird, welche Brüche mit den vorigen übereinkommen.

Hingegen, wenn sich das Reizverhältniss ändert, ändert sich zwar der relative Reizunterschied stets in gleicher Richtung mit und umgekehrt, aber nicht proportional damit. Denn, wenn z. B. das Verhältniss $\frac{5}{3}$ zwischen den Componenten 5 und 3 dadurch in $\frac{6}{3}$ übergeht, dass die Componente 5 sich ohne die Componente 3 ändert, so geht der relative Reizunterschied $\frac{5-3}{5+3} = \frac{2}{8}$ in $\frac{6-3}{6+3} = \frac{3}{9}$ oder aus $\frac{1}{4}$ in $\frac{1}{3}$ über, welches eine Aenderung statt im Verhältnisse von 5 : 6 vielmehr von 3 : 4 ist.

So weit nun das Gesetz besteht, dass der Unterschied gleich merklich bleibt, wenn er in demselben Verhältnisse als seine Componenten zu- oder abnimmt, mithin der relative Reizunterschied und das Reizverhältniss sich gleich bleiben, wird man zu sagen haben, dass die Unterschiedsempfindlichkeit mit der Grösse der

Reize im umgekehrten Verhältnisse stehe, sofern bei doppelter Reizgrösse ein doppelt so grosser Unterschied nöthig ist, denselben Empfindungsunterschied zu erzeugen.

Es kann jedoch hienach zweckmässig erscheinen, die Empfindlichkeit für Unterschiede gleich als verhältnissmässige zu fassen, d. h. sie gleich zu setzen, nicht sofern derselbe absolute, sondern sofern derselbe relative Reizunterschied oder sofern dasselbe Reizverhältniss denselben Empfindungsunterschied hervorruft und sie reciprok zu setzen dem einen oder dem anderen. Ob das Eine oder Andere, ist wieder nur eine Sache der Definition und hat auf die Resultate der Anwendungen des Empfindlichkeitsmasses keinen Einfluss, wenn man nur eben das Mass der Definition gemäss verwendet. Es wird sich aber später im gesammten Zusammenhange aus formellen Gründen als zweckmässiger zeigen, die Empfindlichkeit für Unterschiede, sofern sie als verhältnissmässige gefasst werden soll, bei ihren Abänderungen vielmehr durch den reciproken Werth des Reizverhältnisses, als den des relativen Reizunterschiedes, bei welchem ein gleicher Empfindungsunterschied entsteht, als gemessen anzusehen; wogegen das Gleichbleiben der verhältnissmässigen Empfindlichkeit immer eben sowohl auf die Constanz des relativen Reizunterschiedes als Reizverhältnisses bezogen werden kann.

Das Vorige zusammengefasst haben wir eine doppelte Unterscheidung bezüglich der Empfindlichkeit zu machen. Wir haben zu unterscheiden: 1) die Empfindlichkeit für absolute Reizwerthe und für Reizunterschiede, kurz absolute Empfindlichkeit und Unterschiedsempfindlichkeit, von denen die erste durch den reciproken Werth der absoluten Reizgrössen gemessen wird, welche eine Empfindung derselben Grösse hervorrufen, die zweite aber, je nachdem man sie versteht, auf eine der folgenden beiden Weisen gemessen wird. Wir haben 2) die Unterschiedsempfindlichkeit zu unterscheiden in eine absolute und in eine verhältnissmässige oder relative Unterschiedsempfindlichkeit, je nachdem der reciproke Werth des absoluten Unterschiedes oder der des Verhältnisses der Reizgrössen als Massstab dient. Die erste werden wir gewöhnlich die einfache Unterschiedsempfindlichkeit, die letzte die relative nennen.

Diese Unterscheidungen können jetzt noch minutiös und als müssige Eintheilungen erscheinen. Es wird sich aber später zeigen, dass sie dieses keineswegs sind; vielmehr hängt an dieser Unterscheidung die Klarheit in der Auffassung der wichtigsten factischen Verhältnisse, und hängt am bisherigen Mangel einer klaren Unterscheidung derselben zum Theile die Unklarheit, welche seither noch in der Lehre von der Reizbarkeit geherrscht hat.

Im Allgemeinen sagt nämlich der Name Empfindlichkeit nichts Anderes, als was man sonst auch mit dem Namen Reizbarkeit, Erregbarkeit, Sensibilität bezeichnet; nur dass diese Namen allgemeiner, nicht blos bezüglich der Hervorrufung von Empfindungen, sondern auch Bewegungen durch äussere oder innere Reize gebraucht werden. Insofern aber schliesslich auch alle Empfindungen an inneren Bewegungen hängen, könnte man auch den Begriff der Empfindlichkeit statt auf die Empfindung auf die ihr unterliegende psychophysische Bewegung beziehen, und also z. B. von der absoluten Empfindlichkeit sagen, sie sei gleich gross, doppelt oder dreimal so gross, je nachdem ein gleich, halb oder doppelt grosser äusserer oder innerer Reiz dazu gehört, die gleiche psychophysische Bewegung hervorzurufen; nur dass diese Begriffsstellung nicht praktisch ist, weil die psychophysische Bewegung der Beobachtung nicht zugänglich ist.

Jene Namen Reizbarkeit, Erregbarkeit werden sonst theils gleichbedeutend gebraucht, theils willkührlich unterschieden, ohne dass solche Unterscheidungen je auf klargestellten factischen Verhältnissen gefusst hätten. Es wird aber nach Klarstellung des Begriffs der verschiedenen Empfindlichkeiten bequem sein, einen unterscheidenden Gebrauch einzuführen, und ich werde demgemäss künftig Reizbarkeit ausschliesslich für die absolute, Erregbarkeit für die Unterschiedsempfindlichkeit, erstere bezüglich auf Empfindungen, letztere auf empfundene Unterschiede, verwenden.

Bei den bisherigen Bestimmungen hatten wir vorzugsweise die intensiven Empfindungen im Auge, bei welchen streng genommen der Begriff des Reizes allein Anwendung findet; jedoch ist das Mass der Empfindlichkeit von dem Gebiete der intensiven Empfindungen auf das der extensiven nach folgenden Thatsachen übertragbar.

Bekanntlich bedarf es nach E. H. Weber's Versuchen einer gewissen Spannweite eines mit seinen Spitzen auf die Haut gesetzten Zirkels, damit die Distanz eben merklich erscheine; und es hindert nichts, nach einer Modification seines Verfahrens, wovon ich künftig spreche, auch gleich gross erscheinende Distanzen auf verschiedenen Hautstellen zu bestimmen, wobei sich dann zeigt, dass die wirkliche Grösse der Distanzen, die eben merklich, oder allgemeiner gleich gross erscheinen, sehr verschieden auf verschiedenen Hautstellen ist. Nicht minder lässt sich durch später anzugebende Methoden nachweisen, dass die Unterschiede der Distanzen, welche auf verschiedenen Hautstellen noch erkannt werden, verschieden gross sind. Analoge Unterschiede in der Auffassung räumlicher Grössen und Grössenunterschiede als zwischen verschiedenen Hautstellen lassen sich zwischen verschiedenen Theilen der Netzhaut, namentlich an mehr centralen und peripherischen finden. Also kann man von einer verschiedenen Empfindlichkeit in der Auffassung extensiver Grössen so gut, als in der Auffassung intensiver Grössen sprechen, und beide kurz als extensive und intensive Empfindlichkeit einander gegenüberstellen.

Das absolute Mass und Unterschiedsmass der extensiven Empfindlichkeit der verschiedenen Haut- oder Netzhautstellen wird dann ebenso in dem reciproken Werthe der gleich gross darauf erscheinenden Ausdehnungen, Ausdehnungsunterschiede, Verhältnisse der Ausdehnungen zu suchen sein, als das Mass der intensiven Empfindlichkeit in den gleich gross erscheinenden intensiven Grössen oder Grössenunterschieden, oder Grössenverhältnissen der Reize, mithin z. B. eine Hautstelle absolut genommen eine doppelt so grosse extensive Empfindlichkeit als die andere haben, wenn eine halb so grosse Zirkeldistanz auf derselben eben so gross erscheint.

Ungeachtet die extensive Empfindlichkeit gegebener Theile unstreitig in irgendwelchem Abhängigkeitsverhältnisse von der Zahl der sogenannten Empfindungskreise steht, die in einer gegebenen Strecke derselben enthalten sind, so würde es doch eben so untriftig sein, das Mass der extensiven Empfindlichkeit auf diese uns unbekannte Zahl der Empfindungskreise beziehen zu wollen, als das Mass der intensiven auf die uns unbekannte Grösse der psychophysischen Bewegung. Unstreitig sind am Rücken in einer gegebenen Strecke viel weniger Empfindungskreise enthalten, als an der Fingerspitze, und das begründet eben die geringere extensive Empfindlichkeit des Rückens als des Fingers; aber der Begriff der extensiven Empfindlichkeit bezieht sich nun auch darauf, dass vermöge der organischen Einrichtung und Stimmung ein Organ in dieser Hinsicht anders beschaffen ist, als das andere. Wollte man wegen der verschiedenen Zahl der Empfindungskreise eine Reduction im Empfindlichkeitsmasse vornehmen, so würde abgesehen davon, dass man nicht die Data dazu hätte, und also das ganze Mass im blossen Begriffe schweben bliebe, der Begriff einer verschiedenen Empfindlichkeit wahrscheinlich wegfallen, indem unstreitig ein allgemeingültiges, nur uns bis jetzt nicht bekanntes, Abhängigkeitsverhältniss in dieser Hinsicht besteht, was überall auf denselben Werth führen möchte. Nun haben messende Data über die extensive Empfindlichkeit wie über die intensive nach dem hier für dieses Mass aufgestellten Principe freilich nur den Werth von Beobachtungsdatis, die für sich noch keine Einsicht in die grundgesetzlichen Verhältnisse der Empfindung zur physischen Unterlage begründen, aber doch mit anderen zusammen zur Begründung einer solchen beitragen können, wenn man sie wirklich als reine Beobachtungsdata fasst und verwendet.

Von vorn herein kann man das Bedenken hegen, dass bei der grossen Veränderlichkeit der Empfindlichkeit nach Verschiedenheit der Individuen, der Zeit und unzähliger innerer und äusserer Umstände es ganz fruchtlos sei, sich um ein Mass derselben zu bemühen, einmal, weil ein stets Veränderliches keiner scharfen Messung zugänglich sei, zweitens, weil die Resultate keine Constanz und hiemit keinen Werth haben, sofern die an gewissen Individuen, zu gewisser Zeit, unter gewissen Umständen beobachteten Resultate sich doch anderwärts und anderemale nicht wiederfinden würden.

In der That ist nicht in Abrede zu stellen, dass in dieser Hinsicht für das Mass auf unserem psychophysischen Gebiete Schwierigkeiten bestehen, welche für das Mass auf rein physischem oder astronomischem Gebiete nicht bestehen. Aber anstatt dass das Mass oder die Möglichkeit, fruchtbare Resultate dadurch zu erzielen, hiedurch aufgehoben würde, wird der Kreis der Untersuchung nur dadurch erweitert, und werden Rücksichten eingeführt, die für jene anderen Gebiete nicht bestehen.

Insofern die Empfindlichkeit ein Veränderliches ist, haben wir auch kein Mass derselben als einer festen zu suchen; aber wir können 1) Gränzwerthe, 2) Mittelwerthe derselben aufsuchen; 3) die Abhängigkeit ihrer Veränderungen von den Umständen untersuchen; 4) Gesetze aufsuchen, die sich durch die Veränderlichkeit derselben erhalten. Letztere sind das Wichtigste. Zur Aufsuchung und Untersuchung von alle dem aber bieten die zu erörternden Massmethoden der Empfindlichkeit nicht nur hinreichende Mittel, sondern auch hinreichende Schärfe dar.

Eine erschöpfende Untersuchung in dieser Hinsicht läuft aber nothwendig viel weiter aus, als die eines festen unveränderlichen Objectes, ist durch die Kräfte eines Einzigen nicht zu bewältigen, und für kein einziges Sinnesgebiet bis jetzt schon erfoderlich durchgeführt. Vielmehr bietet sich in dieser Hinsicht noch ein reiches Feld künftiger Untersuchung namentlich für jüngere Kräfte mittelst der folgends zu erörternden Methoden dar, einer Untersuchung, die an sich nicht schwierig ist, aber Geduld, Aufmerksamkeit, Ausdauer und Treue erfodert.

VII. Massprincip der Empfindung.

Das im vorigen Kapitel erörterte Mass der Empfindlichkeit ist als Mass blossen Vermögens der Empfindung weder mit einem Masse der Empfindung selbst zu verwechseln, noch setzt es, im angegebenen Sinne verstanden, ein solches voraus, sondern nur die Beobachtung von Gleichheitsfällen der Empfindung, theils unter denselben, theils unter abgeänderten, Reizverhältnissen. Wir messen dabei in der That nicht die Empfindung, sondern nur die Reize oder den Unterschied der Reize, welche eine gleich grosse Empfindung oder einen gleich grossen Unterschied der Empfindung bewirken; und es fragt sich also noch, ob und in wiefern ein Mass der Empfindung selbst und des Geistigen überhaupt möglich sei.

Factisch ist bis jetzt kein solches vorhanden oder, vorsichtiger gesprochen, bis jetzt als solches anerkannt, vielmehr bis auf die neueste Zeit bezweifelt oder geleugnet worden, dass ein solches überhaupt zu finden. Selbst Herbart's Versuch einer mathematischen Psychologie hat nicht auf einem solchen zu fussen vermocht; der wichtigste Einwand, den man ihm von jeher entgegengehalten hat; ungeachtet Herbart das Mass so zu sagen in den

Händen hatte. Indess wird das Princip dieses Masses folgends aufgestellt, und die Ausführbarkeit desselben theoretisch und experimental gezeigt werden. Zunächst wird diess nur für Empfindungen geschehen; denn obschon die Anwendungen des psychischen Massprincipes viel weiter reichen, als auf Empfindungen, wie sich künftig zeigen wird, ist doch von diesen der Ausgang zu nehmen, weil die Verhältnisse sich hier am einfachsten und der directen Beobachtung zugänglichsten darstellen.

Von vorn herein und im Allgemeinen kann nicht bestritten werden, dass das Geistige überhaupt quantitativen Verhältnissen unterliegt. Denn nicht nur lässt sich von einer grösseren und geringeren Stärke von Empfindungen sprechen, es giebt auch eine verschiedene Stärke von Trieben, es giebt grössere und geringere Grade der Aufmerksamkeit, der Lebhaftigkeit von Erinnerungs- und Phantasiebildern, der Helligkeit des Bewusstseins im Ganzen, wie der Intensität einzelner Gedanken. Im schlafenden Menschen ist das Bewusstsein überhaupt erloschen, im tief Nachdenkenden zur höchsten Intensität gesteigert; und in der allgemeinen Helligkeit steigen und sinken wieder einzelne Vorstellungen und Gedanken. Somit unterliegt das höhere Geistige nicht minder als das sinnliche, die Thätigkeit des Geistes im Ganzen nicht minder als im Einzelnen quantitativer Bestimmung.

Zunächst und unmittelbar aber haben wir nur ein Urtheil über ein Mehr oder Weniger oder ein Gleich in allen diesen Beziehungen, nicht über ein Wievielmal, was zu einem wahren Masse erfodert wird, und welches zu gewinnen es gelten wird. Ohne noch ein wirkliches Mass der Empfindung zu haben — und es genüge fortan, den Gegenstand in Beziehung auf Empfindung zu verfolgen — vermögen wir zu sagen: dieser Schmerz ist stärker als jener, diese Lichtempfindung ist stärker als jene; aber zum Masse der Empfindung gehörte, dass wir sagen könnten, diese Empfindung ist doppelt, dreimal, überhaupt so und so vielmal so stark als jene, und wer vermag diess bisher zu sagen. Gleichheit im Empfindungsgebiete vermögen wir wohl zu beurtheilen; unsere ganzen Massmethoden der Empfindlichkeit, von denen wir nachher ausführlich handeln werden, unsere photometrischen Massmethoden stützen sich darauf; aber mit alle dem haben wir noch kein Mass der Empfindung.

Wir haben damit noch kein Mass; aber wir haben damit die Unterlage des Masses, welches das Wievielmal des Gleichen, und hiermit vor Allem die Beurtheilung des Gleichen im Empfindungsgebiete verlangt. In der That wird sich zeigen, wie unser psychisches Mass principiell auf nichts Anderes herauskommt, als das physische, auf die Summirung eines Soundsovielmal des Gleichen.

Umsonst freilich würden wir versuchen, eine solche Summirung direct vorzunehmen. Die Empfindung theilt sich nicht von selbst in gleiche Zolle oder Grade ab, die wir zählen und summiren könnten. Aber erinnern wir uns, dass das bei physischen Grössen nicht anders ist. Zählen wir denn die Zeitabschnitte direct an der Zeit ab, wenn wir die Zeit messen, die Raumabschnitte direct an dem Raume ab, wenn wir den Raum messen? Vielmehr wir legen einen äusserlichen Massstab an, und zwar an die Zeit einen Massstab, der nicht aus blosser Zeit, an den Raum einen Massstab, der nicht aus blossem Raume, an die Materie einen Massstab, der nicht aus blosser Materie besteht. Das Mass eines jeden der Drei erfodert beides Andere mit. Warum sollte es im geistigen, psychischen Gebiete nicht entsprechend sein? Dass man doch das Mass des Psychischen immer im *reinen* Gebiete des Psychischen gesucht hat, mag ein Hauptgrund sein, dass man es bisher nicht finden konnte.

Es scheint, dass man in dieser Hinsicht oft etwas verwechselt hat. Jede Grösse kann nur auf eine *Masseinheit* ihrer Art bezogen werden; und *insofern*, kann man allerdings sagen, lässt sich Raum nur durch Raum, Zeit nur durch Zeit, Gewicht nur durch Gewicht messen; aber ein Anderes ist es mit den *Massmitteln* und dem *Massverfahren*. Insofern die zu messenden Grössen nicht abstract in der Natur der Dinge bestehen und sich nicht von einander abstrahiren und abstract von einander handhaben lassen, kann man auch die abstracte Masseinheit und ein Massverfahren damit nicht in der Natur der Dinge finden; und es kommt nur darauf an, das praktische Massverfahren mit den concreten Massen der Wirklichkeit so einzurichten, dass die Grössenbeziehung des zu Messenden zur Masseinheit sich doch rein herausstelle.

Also werden wir, wenn wir an ein Mass des Psychischen, als wie der Stärke von Empfindungen und Trieben und, im weiteren Verfolg. der Intensität unserer Aufmerksamkeit, der Helligkeit unseres Bewusstseins u.s.w. denken wollen, dafür allerdings auch eine Masseinheit derselben Art verlangen müssen, aber nicht die Massmittel und das Massverfahren nothwendig auch im reinen Gebiete des Psychischen, d. i. der inneren Wahrnehmung, zu suchen, sondern solche nur so einzurichten haben, dass eine reine Beziehung auf eine psychische Masseinheit daraus hervorgehe. Es wird niemals möglich sein, eine Empfindung unmittelbar so über die andere zu legen, dass ein Mass der einen durch die andere erwüchse; aber es kann durch Zuziehung von etwas Anderem, woran die Empfindungen so gut geknüpft sind, als die Ausdehnung der Elle an die Materie der Elle, möglich sein, ein Mass der Empfindungen zu gewinnen.

Woran aber sollen wir in dieser Hinsicht denken?

Ohne auf unbestimmte Möglichkeiten einzugehen, entwickle ich das Princip des Masses gleich selbst.

So wie wir, um den Raum zu messen, der Materie der Elle bedürfen, welche in den Raum gefasst ist, werden wir, um das Psychische zu messen, des Physischen bedürfen, was demselben unterliegt; sofern wir aber das, was ihm unmittelbar unterliegt, die psychophysische Thätigkeit, nicht unmittelbar beobachten können, wird der Reiz, durch welchen sie erregt wird, mit dem sie gesetzlich wächst und abnimmt, die Stelle dieser Elle in der äusseren Psychophysik vertreten können, von wo aus wir hoffen dürfen, auch zur Erlangung der inneren Elle in der inneren Psychophysik zu gelangen.

Diess nun würde sehr einfach sein, wenn die Grösse der Empfindung der Grösse des Reizes proportional gesetzt werden könnte. Dann hätten wir eine doppelt so grosse Empfindung anzunehmen, wo ein doppelt so grosser Reiz wirkt. Diess aber ist nicht statthaft. Denn weder liegt eine Berechtigung vor, eine Proportionalität von Reiz und Empfindung anzunehmen, so lange wir noch kein Mass der Empfindung haben, welches uns die Gültigkeit dieser Proportionalität verbürgte; noch wird das wirklich erlangte Mass dieselbe bestätigen. Also so einfach wie eine körperliche Elle an körperliche Ausdehnung kann der Reiz allerdings nicht an die Empfindung angelegt werden. Inzwischen leuchtet ein, dass jede andere functionelle Beziehung zwischen Reiz und Empfindung als die der directen Proportionalität ebensowohl ein

Mass der Empfindung nach den Massverhältnissen des Reizes vermitteln kann, wenn nur eine solche sich gewinnen lässt, ohne schon ein Mass der Empfindung vorauszusetzen. Denn wenn wir in einer Gleichung *y* als Function von *x* ausgedrückt haben, so können wir *y* nach dem Werthe von *x* und umgekehrt finden, wenn die Weise, wie sie sich mit einander ändern, auch eine ganz andere, als die des einander proportionalen Fortschritts ist. Es käme also nur darauf an, Reizgrösse und Empfindungsgrösse eben so als Function von einander auszudrücken, gleichviel, welches auch diese Function sein möchte, um nach der einen die andere Grösse finden zu können; nur dass wir eine in der Wirklichkeit begründete Function haben müssen, um wieder Anwendungen auf die Wirklichkeit davon machen zu können. Diess führt uns auf die Hauptschwierigkeit zurück, wie lässt sie sich gewinnen, wie als in Wirklichkeit begründet nachweisen, ohne die Empfindung schon gemessen zu haben, um darthun zu können, dass die Empfindung in diesem und keinem anderen Verhältnisse zum Reize fortschreite, als welches die Function angiebt. Kurz, das Mass der Empfindung, was erst zu suchen, scheint, um gefunden zu werden, dasselbe schon vorauszusetzen, falls es auf diess Princip begründet werden soll.

Man muss sich diese Schwierigkeit vollkommen klar machen, um eine klare Einsicht in den Sinn ihrer Hebung zu gewinnen. Diese Hebung beruht kurz gesagt auf der Verbindung zweier Umstände. 1) Dass wir die Function zwischen Reiz und Empfindung aus einer Function zwischen dem Elementaren, woraus beide als erwachsen angesehen werden können, ableiten; 2) dass wir diese Function auf die in der Erfahrung mögliche, der Ausführbarkeit nach durch genaue Methoden gesicherte, Beurtheilung von Gleichheit im Empfindungsgebiete stützen.

Diess erläutert sich des Näheren wie folgt:

Der Unterschied von einer Reizgrösse zur anderen lässt sich immer auch als positiver oder negativer Zuwuchs zur einen oder anderen Reizgrösse fassen und es kann ein ganzer Reiz in mathematischer Fassung als aus positiven Zuwüchsen von Null an erwachsen angesehen werden, indem man immer einen Zuwuchs zur Summe der früheren gefügt denkt, bis der volle Reiz da ist. Eben so kann ein Empfindungsunterschied in mathematischer Fassung als positiver oder negativer Zuwuchs zur einen oder anderen Empfindung angesehen und eine ganze Empfindung als aus positiven Zuwüchsen von Null an bis zu ihrer vollen Stärke erwachsen angesehen werden. Kennt man nun die functionelle Beziehung zwischen der Summe der Reizzuwüchse von Null an, und der Summe der zugehörigen Empfindungszuwüchse, so hat man sie *eo ipso* für den ganzen Reiz und die ganze dadurch ausgelöste Empfindung.

Die drei Massmethoden der Empfindlichkeit für Unterschiede, welche im folgenden Kapitel dargelegt werden, lehren nun ebenmässig, was auch schon im 6. Kapitel vorläufig angezeigt wurde, dass der Reizzuwuchs, welcher nöthig ist, um einen gegebenen Empfindungszuwuchs zu erzeugen, oder die Empfindung immer um gleich viel zu steigern, nicht gleich bleibt, je nachdem er zu einem schwächeren oder stärkeren Reize erfolgt, sondern mit wachsendem Reize selbst wächst. D. h. ein Reizzuwuchs muss zu einem stärkeren Reize mehr betragen, als zu einem schwächeren, um noch als Zuwuchs eben merklich, oder überhaupt gleich merklich zu sein. Wenn 1 Loth als Zuwuchs zu einem Pfunde einen eben merklichen Empfindungszuwuchs zur Empfindung der Schwere des Pfundes giebt, so wird es bei zwei Pfund keinen solchen mehr geben, sondern eine beträchtlichere Grösse des Gewichtszuwuchses dazu nöthig sein, bei drei Pfund abermals u. s. f. Die genauere Untersuchung mittelst der betreffenden Methoden führt nun zu einer schon im 6. Kapitel ausgesprochenen allgemeinen gesetzlichen Beziehung zwischen den nach der Grösse des Reizes variabeln Reizzuwüchsen, welche immer denselben Empfindungszuwuchs geben und den constanten Empfindungszuwüchsen, woraus in später anzugebender Weise die Ableitung der functionellen Beziehung zwischen dem, aus den variabeln Reizzuwüchsen summirten Reize und der aus den constanten Empfindungszuwüchsen summirten ganzen Empfindung geschehen kann.

So wird die Nothwendigkeit, ein Mass der ganzen Empfindung schon zu haben, um ihre functionelle Beziehung zum ganzen Reize festzustellen, dadurch umgangen, dass wir auf die Beziehung zwischen den elementaren Zuwüchsen, aus welchen Reiz und Empfindung als erwachsen angesehen werden können, zurückgehen, welche noch kein Mass der Empfindung, sondern blos die uns zu Gebote stehende und mittelst der Massmethoden der

Unterschiedsempfindlichkeit auf grosse Schärfe zu bringende, Beurtheilung der Gleichheit von Empfindungsunterschieden, Empfindungszuwüchsen, welche gegebenen messbaren variabeln Reizzuwüchsen zugehören, fodert, und dass wir die functionelle Beziehung der Summen der Zuwüchse daraus ableiten, wodurch wir nach dem gemessenen Reize das Mass der Empfindung erhalten.

Principiell also wird unser Mass der Empfindung darauf hinauskommen, jede Empfindung in gleiche Abtheilungen, d. s. die gleichen Incremente, aus denen sie vom Nullzustande an erwächst, zu zerlegen, und die Zahl dieser gleichen Abtheilungen als wie durch die Zolle eines Massstabes durch die Zahl der zugehörigen variabeln Reizzuwüchse bestimmt zu denken, welche die gleichen Empfindungszuwüchse hervorzubringen im Stande sind; wie wir ein Stück Zeug messen, indem wir die Zahl der gleichen Abtheilungen desselben durch die Zahl der Elle bestimmen, welche sie zu decken vermögen; nur dass statt des Deckens hier das Hervorbringen steht. Kurz wir bestimmen die Grösse der Empfindung, die wir direct nicht zu bestimmen vermögen, als ein Wievielmal des darin enthaltenen Gleichen, was wir direct zu bestimmen vermögen; lesen aber die Zahl nicht an der Empfindung, sondern am Reize ab, der die Empfindung mitführt, und sie leichter ablesen lässt. Endlich ersetzen wir die, nur im Principe statuirte Zählung einer unendlichen Menge unendlichkleiner Zuwüchse, die in Wirklichkeit nicht ausführbar wäre, durch eine infinitesimale Summation derselben, welche uns das Resultat der Zählung giebt, ohne sie im Einzelnen vornehmen zu müssen.

Dieses für den ersten Anblick schwierige Mass lässt sich doch auf einfache, klare Gesichtspuncte, Methoden und Formeln bringen. Bevor wir aber in den folgenden Kapiteln an die Ausführung gehen, mögen einige allgemeine Erörterungen dienen, das Princip noch etwas mehr zu erläutern.

Das Mass des *Physischen* stützt sich näher besehen in seinem allgemeinsten und letzten Grunde darauf, dass gleich viel und gleich grosse *psychische* Eindrücke durch gleich viel und gleich grosse physische Ursachen erzeugt werden, deren Wievielmal durch das Wievielmal *jener* psychischen Eindrücke bestimmt wird, wobei die Grösse der Ursache, welche den einmaligen psychischen Eindruck erzeugt, oder eine beliebige Summe derselben, als Einheit gilt. Wie wir nun solchergestalt das physische Mass nur auf Grund der Beziehung des Physischen zum Psychischen gewinnen können, gewinnen wir nach unserm Principe umgekehrt das psychische Mass auf Grund derselben, nur in umgekehrter Richtung verfolgten, Beziehung.

Nach dem allgemeinen Continuitätsprincipe steht keine Empfindung abrupt und plötzlich auf der vollen Höhe, über die hinaus sie nicht gedeiht, sondern durchläuft vom Grade der Unmerklichkeit alle Zwischengrade, oft freilich in so kurzer Zeit, dass uns die ganze Höhe der Empfindung plötzlich da zu sein scheint. Ein Ansteigen der Empfindung von Null an durch immer neue Incremente bis zu ihrer vollen Höhe ist also keine Fiction, sondern in der Natur der Sache begründet; die Bezugnahme darauf aber zugleich der Kunstgriff, der uns das Mass derselben allein möglich macht. An die schon erwachsene Empfindung lässt sich kein Mass anlegen, insofern sich keine quantitative Mehrheit darin unterscheiden lässt. Wohl aber bieten in der wachsenden Empfindung die Incremente, aus denen sie erwächst, eine nach unseren künftig darzulegenden Methoden besonders auffassbare Mehrheit dar.

Von gewisser Seite führt dieser Kunstgriff für die Behandlung der psychischen Grössen entsprechende Vortheile mit, als der entsprechende Kunstgriff für die Behandlung der Raumgrössen. Eine Curve, eine Fläche liegt gegeben vor; aber die Infinitesimalrechnung, anstatt sie als eine im Ganzen gegebene zu fassen, lässt sie aus ihren Incrementen erwachsen, und gewährt z. B. den genauesten Einblick in die ganzen Verhältnisse des Ganges der Curve, indem sie einen allgemeinen Ausdruck dafür giebt, wie sich zum fortgehends constanten Incremente der Abscisse das variable Increment der Ordinate, zum fortgehends constanten dx das variable dy verhält. In entsprechender Weise werden wir den genauesten Einblick in den beziehungsweisen Gang von Reiz und Empfindung vermitteln, indem wir einen allgemeinen Ausdruck dafür geben, wie sich zum fortgehends constanten Incremente der Empfindung das variable Increment des Reizes verhält, und hienach eine Function zwischen Reiz und Empfindung aufstellen, welche nicht minder durch eine Gleichung zwischen x

und y ausdrückbar, und, wenn man will, durch eine Curve repräsentirbar sein wird. Wir werden nur künftig statt x und y die Buchstaben β und γ brauchen. Inzwischen ist diess für jetzt erst eine Aussicht, noch keine Einsicht, die wir eröffnen.

Immer wird das psychische Mass in Construction wie in Anwendung minder leicht und einfach bleiben, als das physische; namentlich aus dem Grunde, weil bei dem physischen Masse im Allgemeinen gleiche Abtheilungen des Massstabes gleichen Abtheilungen des zu messenden Gegenstandes entsprechen, wogegen der in der Erfahrung sich als ganz allgemein herausstellende Umstand, dass mit wachsender Grösse des Reizes und der Empfindung immer grössere Reizzuwüchse nöthig werden, um noch denselben Empfindungszuwuchs zu decken, gewissermassen dem Falle vergleichbar ist, dass ungleiche Abtheilungen des Massstabes gleichen Abtheilungen des zu messenden Gegenstandes entsprechen. Diess nun hindert zwar wie gesagt nicht, bei bekannter Beziehung zwischen beiden von der Summe der einen auf die der anderen zu schliessen, was das Wesentliche ist, worauf es ankommt. Aber die Grösse des Reizes und der Empfindung sind sich nun nicht mehr im Ganzen proportional, und das einfachstmögliche Verhältniss, was sich zwischen Massstab und Object denken liess und beim physischen Raum-, Zeit- und Gewichtsmasse wirklich stattfindet, besteht also zwischen dem psychischen Objecte und seinem physischen Massstabe nicht. Diess ist ein zweiter Grund, welcher die Auffindung des psychischen Masses verzögert hat.

Inzwischen zeigt die experimentelle Untersuchung, dass das nächst einfache Verhältniss besteht, was hier denkbar war. Es findet sich, dass, während die absolute Grösse der Reizzuwüchse für gleiche Empfindungszuwüchse mit wachsender Empfindung selbst immer mehr wächst, doch unter Voraussetzung einer constanten Empfindlichkeit und unter normalen oder mittleren Umständen die verhältnissmässige Grösse dieser Zuwüchse sich für gleiche Zuwüchse der Empfindung fortgehends gleich bleibt; so dass immer gleiche relative Reizzuwüchse gleichen Empfindungszuwüchsen entsprechen, wenn wir, wie früher, unter relativem Zuwuchse die Grösse des absoluten Zuwuchses, im Verhältnisse zu der Grösse des Reizes oder dividirt durch die Grösse des Reizes, zu dem er stattfindet, verstehen.

Hiervon ist der Umstand, dass mit wachsender Empfindung die absolute Grösse der Reizzuwüchse für gleiche Empfindungszuwüchse immer mehr zunimmt, selbst nur eine Folgerung, sofern bei dem mit der Empfindung wachsenden Reize derselbe Verhältnisstheil des Reizes nach Massgabe absolut grösser ausfallen muss, als der Reiz grösser wird, dessen Bruchtheil er bildet.

Insofern wir nun nach Analogie mit den Massstäben des Physischen zum Begriffe eines Massstabes des Psychischen fodern wollen, dass gleiche Abtheilungen des Massstabes gleichen Abtheilungen des zu messenden Objectes entsprechen, werden wir auch dieser Foderung genügen können, indem wir als die eigentlichen Zolle oder Abtheilungen des psychischen Massstabes statt der absoluten die relativen Reizzuwüchse betrachten. Die Bestimmung und Summirung fortgehends gleicher relativer Reizzuwüchse im Aufsteigen des Reizes und der Empfindung repräsentirt hienach eine Summirung eben so vieler zugehöriger gleicher Empfindungszuwüchse, deren Summe wir nur auf eine Einheit ihrer Art zu beziehen haben, um ein Mass der ganzen Empfindung zu haben.

Streng genommen nun ist diese Summirung mit unendlich kleinen Zuwüchsen vorzunehmen, weil nur für unendlich kleine Empfindungszuwüchse die zugehörigen relativen Reizzuwüchse einen genau bestimmbaren Werth haben. Denn, wollen wir den relativen Reizzuwuchs für einen endlichen Empfindungszuwuchs auf einmal betrachten, so ist in Betracht zu ziehen, dass der Reiz hiebei im Aufsteigen selbst verschiedene Grössen durchläuft, von denen jede Anspruch macht, als Divisor für den Zuwuchs aufzutreten, um den relativen Zuwuchs zu geben. Die Schwierigkeit, die hieraus zu erwachsen scheint, hebt sich aber in schon mehrberührter Weise dadurch, dass sich eine einfache mathematische Function aufstellen lässt, welche, ohne die principiell nöthige Bestimmung und Zählung einer unendlichen Menge unendlich kleiner Reizzuwüchse im Einzelnen zu fodern, das Resultat einer solchen Bestimmung und Zählung einschliesst, eine Function, deren Ableitung zu den einfachsten Anwendungen der Infinitesimalrechnung gehört, indess ihr Verständniss und ihre Anwendung nur elementare Kenntnisse voraussetzt.

Und so ruht das letzte Mittelglied des psychischen Masses schliesslich in einer Function, welche selbst als geistiger Natur angesehen werden kann, indess das körperliche sein letztes Mittelglied in körperlichen Massstäben hat, nur dass auch jenes Mittelglied weder durch Bewegung im reinen Gebiete des Geistigen gefunden werden konnte, noch in seiner Anwendung gestattet, sich auf dieses zu beschränken, da es vielmehr eben wie das körperliche Mass auf der Beziehung zwischen dem Körperlichen und Geistigen fusst.

Das Gesetz, dass in den höheren Theilen der Reizskala grössere Reizzuwüchse erfoderlich sind, als in den niederen, um noch eine gleiche Verstärkung der Empfindung hervorzubringen, ist längst bekannt gewesen, indem es eine Sache täglicher Erfahrung ist.

Das Wort seines Nachbars hört man sehr deutlich in der Stille oder beim schwachen Tagesgeräusche; dagegen man, wie man sagt, sein eigenes Wort nicht mehr hört, also den hiedurch bewirkten Zuwuchs unmerklich findet, wenn ein grosser Lärm vorhanden ist.

Derselbe Gewichtsunterschied, der bei kleinen Gewichten sehr stark empfunden wird, wird bei grossen Gewichten unmerklich.

Starke Lichtintensitäten, die sich photometrisch sehr erheblich unterscheiden, erscheinen doch dem Auge nahe gleich hell. So erscheint schon ein Licht im Spiegel fast eben so hell, als das Licht draussen, ungeachtet bei der Reflextion ein starker Lichtverlust stattfindet.

Analoge Beispiele lassen sich leicht im Gebiete aller Sinnes-Empfindungen aufstellen.

Aber diese allgemeine Thatsache genügte nicht als Unterlage für das psychische Mass. Der genauere Ausspruch nun, dass die Grösse des Reizzuwuchses gerade im Verhältnisse der Grösse des schon gewachsenen Reizes ferner wachsen muss, um noch dasselbe für das Wachsthum der Empfindung zu leisten, ist in einiger Allgemeinheit zuerst von E. H. Weber gethan und durch Versuche belegt worden, daher es von mir das Weber'sche Gesetz genannt wird.

Für einzelne Fälle, wo es in Betracht kommt, ist es jedoch schon früher ausgesprochen und erwiesen worden, wie näher aus dem 9. Kapitel zu ersehen, wo von diesem Gesetze speciell gehandelt wird.

Die mathematische Function anderseits, welche die Grösse des Reizes mit der Grösse der Empfindung verknüpft, ist nach particulären Gesichtspuncten schon vor mehr als hundert Jahren von Euler, später wiederholt von Herbart und Drobisch, für die Abhängigkeit der Empfindung der Tonintervalle von den Verhältnissen der Schwingungszahlen; noch etwas vor Euler von Daniel Bernoulli, später von Laplace und Poisson, für die Abhängigkeit der *fortune morale* von der *fortune physique*, endlich von Steinheil und von Pogson für die Abhängigkeit der Sterngrössendifferenzen, die nichts Anderes als Differenzen von Empfindungsgrössen sind, von der photometrischen Intensität der Sterne aufgestellt worden, worauf ich theils im 8. Kapitel, theils in einem späteren historischen Kapitel zurückkommen werde.

Wenn man die Allgemeinheit und die Bedeutung jenes Gesetzes und dieser Function früher erkannt hätte, so würde das psychische Mass schon früher erkannt sein.

Das Weber'sche Gesetz, dass gleiche relative Reizzuwüchse gleichen Empfindungszuwüchsen entsprechen, ist wegen der grossen Allgemeinheit und wegen der Weite der Gränzen, in denen es streng oder approximativ gültig ist, als fundamental für die psychische Masslehre anzusehen; doch hat seine Gültigkeit Schranken und unterliegt es Complicationen, welche später sorgsam zu erörtern sind. Auch wo dieses Gesetz aufhört gültig oder rein zu sein, behält aber doch das hier erörterte Princip des psychischen Masses seine reine und volle Gültigkeit; indem jede andere, wenn auch nur empirisch ermittelbare und durch eine empirische Formel ausdrückbare, Beziehung zwischen constanten Empfindungs- und variabeln Reiz-Incrementen eben sowohl als Unterlage des psychischen Masses dienen kann und wirklich in den Theilen der Reizskala zu dienen hat, wo jenes Gesetz seine Gültigkeit verliert. In der That wird eine solche eben so gut als das Weber'sche Gesetz eine Differenzialformel liefern, welche zu einer Integralformel führt, die den Ausdruck des Masses enthält.

Diess ist ein fundamentaler Gesichtspunct, indem das Weber'sche Gesetz mit den Schranken seiner Gültigkeit hienach nicht als schrankensetzend für das psychische Mass, sondern nur als beschränktes Mittel desselben auftritt, über welches das allgemeine Massprincip hinausreicht. Dieses entlehnt in der That nicht seine Gültigkeit vom Weber'schen Gesetze, sondern die Anwendung des Weber'schen Gesetzes tritt nur hinein in das Princip

Demgemäss wird auch die Untersuchung im Interesse der möglichsten Verallgemeinerung des psychischen Masses gar nicht wesentlich darauf auszugehen haben, das Weber'sche Gesetz möglichst zu verallgemeinern, was leicht eine bedenkliche Neigung mitführen möchte, es über die ihm von Natur gesteckten Gränzen hinaus zu verallgemeinern oder Bedenken hervorrufen möchte, dass es in jenem Interesse darüber hinaus verallgemeinert worden sei; sondern man wird ganz unbefangen fragen können: wie weit reicht es, wie weit reicht es nicht; denn auch dahin, wohin es nicht reicht, reichen doch die drei Methoden, die dem Masse dienen, und somit das Mass.

Kurz, das Weber'sche Gesetz bildet nur die Unterlage für die zahlreichsten und wichtigsten Anwendungen des psychischen Masses; aber nicht die allgemeine und nothwendige. Die allgemeinste, weiter rückliegende, Unterlage des psychischen Masses liegt vielmehr in eben jenen Methoden, durch welche der Bezug zwischen Reiz- und Empfindungszuwüchsen überhaupt, innerhalb wie ausserhalb der Gränzen des Weber'schen Gesetzes, zu ermitteln ist; und die Ausbildung dieser Methoden zu immer grösserer Schärfe und Vollkommenheit ist daher das, worauf es vor Allem in der psychischen Masslehre ankommt.

Bei alle dem würden grosse Vortheile verloren gehen, wenn das so einfache Weber'sche Gesetz nicht wirklich in weiten Gränzen genau oder mit zufriedenstellender Approximation in der Psychophysik zu Grunde gelegt werden könnte. Aehnliche Vortheile, als wenn wir in der Astronomie nicht die Kepler'schen Gesetze, in der Lehre von den dioptrischen Instrumenten nicht die der einfachen Linsenbrechung zu Grunde legen könnten. Nun aber verhält es sich mit jenem Gesetze ganz analog, als mit diesen Gesetzen. Bei den Kepler'schen Gesetzen ist von den Störungen, bei denen der einfachen Linsenbrechung von den optischen Abweichungen abstrahirt. Ja sie können ganz ungültig werden, wenn die einfachen Voraussetzungen nicht mehr bestehen, für die sie gelten. Doch werden sie stets für die Hauptverhältnisse, um die sich's in der Astronomie und Dioptrik handelt, massgebend bleiben. Und so kann auch das Weber'sche Gesetz seine Gültigkeit völlig verlieren, wenn die mittleren oder Normalverhältnisse, unter denen der Reiz Empfindung wirkt, sehr überschritten oder verlassen werden; aber für diese selbst wird es stets massgebend bleiben.

Auch werden wir nicht minder, als es in der Physik und Astronomie geschieht, in der Psychophysik, um die allgemeinen, die Hauptverhältnisse, um die es hauptsächlich zu thun ist, kennen zu lernen und zu übersehen, anfangs von den Störungen und kleinen Abweichungen des Gesetzes abstrahiren dürfen, ohne ihr Dasein desshalb zu vergessen, indess eine feinere Ausbildung und ein weiterer Fortschritt der Lehre mit der erlangten Möglichkeit der Bestimmung und Berechnung der Störungen auch die Aufgabe dieser Bestimmung und Berechnung haben wird.

Die Feststellung des psychischen Masses ist eine Sache der äusseren Psychophysik und seine nächstliegenden Anwendungen fallen in das Gebiet derselben; seine weiteren Anwendungen und Folgerungen aber greifen nothwendig auf das Gebiet der inneren Psychophysik über, und seine tiefere Bedeutung ruht darin. Erinnern wir uns, der Reiz wirkt nicht unmittelbar Empfindung, sondern nur durch Vermittlung körperlicher Thätigkeiten, zu welchen die Empfindung in directerem Bezuge steht. Die quantitativen Abhängigkeitsverhältnisse der Empfindung vom Reize übersetzen sich also schliesslich in eine solche von den körperlichen Thätigkeiten, welche der Empfindung unmittelbar unterliegen, kurz den psychophysischen Thätigkeiten, und das Mass der Empfindung durch die Grösse des Reizes in ein solches durch die Stärke dieser Bewegungen. Zu dieser Uebersetzung ist nöthig, das Abhängigkeitsverhältniss dieser inneren Bewegungen vom Reize zu kennen; insofern es aber kein Gegenstand directer Erfahrung ist, solches in exactem Wege zu erschliessen. In der That wird diese ganze Untersuchung auf exactem Wege geschehen können, und nicht verfehlen können, dereinst — wenn man das Ziel jetzt noch nicht erreicht finden sollte — den Erfolg exacter Untersuchung zu haben.

Indess das Weber'sche Gesetz, bezogen auf das Verhältniss von Reiz und Empfindung, nur eine eingeschränkte Gültigkeit auf dem Gebiete der äusseren Psychophysik zeigt, hat es, auf das Verhältniss der Empfindung zur lebendigen Kraft oder sonst einer bestimmten Function der unterliegenden psychophysischen Bewegung übertragen, wahrscheinlich eine unbeschränkte Gültigkeit auf dem Gebiete der inneren; indem alle Abweichungen von diesem Gesetze, die wir in der Erzeugung der Empfindung durch den äuseren Reiz beobachten, daher rühren mögen, dass der Reiz nur unter normalen oder mittleren Verhältnissen eine seiner Grösse proportionale lebendige Kraft der inneren Bewegungen auslöst, welche der Empfindung unmittelbar unterliegen. Hienach ist vorauszusehen, dass diess Gesetz, nachdem es gelungen sein wird, die Uebertragung auf die psychophysischen Bewegungen in exacter Weise zu vollziehen, für das Feld der Beziehungen von Leib und Seele eine eben so wichtige, allgemeine, fundamentale Bedeutung gewinnen wird, als das Gravitationsgesetz für das Feld der himmlischen Bewegungen. Auch trägt es ganz den einfachen Charakter, den wir an Grundgesetzen der Wirklichkeit zu finden gewohnt sind.

Während also das psychische Mass auf dem Gebiete der äusseren Psychophysik nur bis zu gewissen Gränzen auf dem Weber'schen Gesetze fussen kann, dürfte es die unbedingte Unterlage darin auf dem Gebiete der inneren finden. Doch sind diess für jetzt allerdings nur Ansichten und Aussichten, deren Sicherstellung erst von der Zukunft zu erwarten ist.

Diess das Princip des psychischen Masses im Allgemeinen. Zu seiner specielleren Begründung und Ausführung wird nun Folgendes gehören.

Erstens werden die Methoden zu erörtern sein, welche überhaupt gestatten, zu ermitteln, wie grosse verhältnissmässige Reizzuwüchse in der aufsteigenden Skala von Reiz und Empfindung nöthig sind, fortgehends gleiche Empfindungszuwüchse hervorzubringen. Diese Methoden treffen mit den Massmethoden der Unterschiedsempfindlichkeit zusammen, sofern dieses Mass nach dem aufgestellten Begriffe desselben eben nur darin besteht, die Reizunterschiede zu bestimmen, welche gleichen Empfindungsunterschieden entsprechen. Insofern nun ein solches Mass an sich von Wichtigkeit und Interesse ist, haben auch diese Methoden, abgesehen von der Unterlage, die sie für ein Mass der Empfindung gewähren, ihre Wichtigkeit und ihr Interesse, und werden zunächst ohne Rücksicht auf jene, später folgende, Anwendung derselben abgehandelt werden.

Zweitens wird zu zeigen sein, wie, in welcher Allgemeinheit und in welchen Gränzen sich durch die Versuche nach diesen Methoden das Weber'sche Gesetz begründet, und dieses Gesetz selbst zu erörtern sein. Auch diess Gesetz hat, abgesehen von der Stützung des psychischen Masses auf dasselbe, als eines der allgemeinsten psychophysischen Gesetze, seine grosse Wichtigkeit.

Drittens wird eine Thatsache (die Thatsache der Schwelle) und ein anderes Gesetz (das Parallelgesetz) zu erörtern sein, welche, ohne im Weber'schen Gesetze wesentlich eingeschlossen zu sein, in factischem Zusammenhange damit stehen und in die allgemeine Begründung des Masses mit eingreifen.

Viertens wird zu zeigen sein, wie sich auf diese Unterlagen die allgemeine mathematische Function begründen lässt, welche die Beziehung zwischen der Reizgrösse und Empfindungsgrösse ausdrückt, ohne einen Grössenvergleich der Empfindung schon vorauszusetzen, und ohne Rückgang auf eine Zählung der einzelnen Empfindungszuwüchse zu nehmen.

Fünftens wird diese Function selbst aufzustellen, zu discutiren und in ihren Anwendungen zu verfolgen sein.

Sechstens wird zu zeigen sein, wie auch da, wo das Weber'sche Gesetz gültig zu sein aufhört, doch noch ein psychisches Mass möglich ist.

Siebentens endlich wird mit diesem Masse von dem Gebiete der äusseren Psychophysik auf das der inneren der Uebergang zu suchen sein.

Die drei ersten dieser Aufgaben werden in diesem, die übrigen im folgenden Bande behandelt werden.

VIII. Massmethoden der Empfindlichkeit.

Nach dem im 6. Kapitel aufgestellten Begriffe gilt als Mass der absoluten Empfindlichkeit bei intensiven Empfindungen der reciproke Werth der absoluten Reizgrössen, bei extensiven der reciproke Werth der absoluten Ausdehnungen, welche eine gleich grosse Empfindung erzeugen, als Mass der einfachen Unterschiedsempfindlichkeit der reciproke Werth der Reizunterschiede oder Ausdehnungsunterschiede, welche einen gleichen Empfindungsunterschied erzeugen; als Mass der relativen Unterschiedsempfindlichkeit der reciproke Werth des Verhältnisses der Reize oder Ausdehnungen, welche einen gleich grossen Empfindungsunterschied erzeugen.

Die Massmethoden der einfachen und relativen Unterschiedsempfindlichkeit trennen sich nicht, da es bei beiden gemeinsam darauf ankommt, die beiden Reize festzustellen, die einen gegebenen Empfindungsunterschied geben. Nur kann man dabei entweder auf die absolute Grösse des Unterschiedes oder auf das Verhältniss der Reize achten, und die Empfindlichkeit nach dem reciproken Werthe des Einen oder Anderen messen. Jedes der beiden Masse wird seine Bedeutung erhalten; hier aber wird es genügen, die Methoden bezüglich des ersten zu erörtern.

Die Ausführung des Masses auf Grund dieser Bestimmungen setzt voraus, dass wir die Gleichheit von Empfindungen und Empfindungsunterschieden unter verschiedenen Umständen wirklich genau zu beurtheilen und zu constatiren vermögen, was für den ersten Anblick nicht ganz leicht scheint. Indess stützt sich, wie schon früher erinnert, das bekannte photometrische Mass auf die Beurtheilung der Gleichheit von Empfindungen, in der Musik hat man oft genug die Uebereinstimmung zweier Töne, so wie die Gleichheit zweier Tonintervalle, d. i. Tonunterschiede, zu beurtheilen; und von sehr allgemeinen Methoden, die Gleichheit von Empfindungsunterschieden zu constatiren, wird alsbald die Rede sein. Es sind sogar die Massmethoden der Empfindlichkeit, welche sich auf Unterschiede bezieht, bisher weit mehr ausgebildet, als die der absoluten, und es soll demnach hier zuerst und hauptsächlich von ihnen gehandelt werden.

Diess soll hier in soweit geschehen, dass eine allgemeine Einsicht in die Natur und das gegenseitige Verhältniss dieser Methoden und die gemeinsamen Bedingungen ihrer Genauigkeit möglich wird, dass das Wesentliche, worauf es bei den Versuchen und deren Berechnung ankommt, hinreichend bezeichnet wird, um auch Anwendungen der Methoden möglich zu machen, und dass die in den folgenden Kapiteln anzuführenden Resultate verstanden werden. Wollte ich aber alle Specialitäten der experimentalen und Rechnungsseite der Methoden, welche bei ausführlicheren Untersuchungen in Rücksicht kommen können, hier darlegen, alle Regeln, die zu geben sein werden, theoretisch begründen und durch

Versuchsreihen belegen, so würde, entgegen dem Interesse derer, denen es mehr um eine allgemeine Einsicht in die Methoden, als eigene Benutzung derselben zu thun ist, der Gang der Betrachtung so sehr dadurch aufgehalten werden, dass ich es vorziehe, hinsichtlich der eingehenderen Darstellung der Methoden und danach angestellten Versuchsreihen auf eine Ergänzung dieser Schrift zu verweisen, die ich derselben unter dem Titel »Massmethoden und Massbestimmungen im Gebiete der Psychophysik« anzuschliessen beabsichtige und folgends kurz unter der Bezeichnung »Massmethoden« citiren werde. Vieles, was hier nur kurz angezeigt und angedeutet werden kann, wird man dort ausgeführt und theils genauer theoretisch nachgewiesen, theils durch Versuche speciell belegt finden.

1) Massmethoden der Unterschiedsempfindlichkeit.

a) Allgemeine Darstellung.

Bis jetzt stehen drei Massmethoden der Unterschiedsempfindlichkeit zu Gebote, die ich der Kürze halber als

1) Methode der eben merklichen Unterschiede,
2) Methode der richtigen und falschen Fälle,
3) Methode der mittleren Fehler

bezeichne.

Um eine erste oberflächliche Einsicht in die Natur und das gegenseitige Verhältniss dieser drei Methoden zu erwecken, mögen sie zuvörderst kurz bezüglich einer und derselben Aufgabe erläutert werden, dass man nämlich die Feinheit untersuchen will, mit welcher Gewichtsunterschiede erkannt werden, wenn schon nur die beiden ersten dieser Methoden bisher wirklich hiezu Anwendung gefunden haben.

Um die Methode der eben merklichen Unterschiede auf unsere Aufgabe anzuwenden, hebe man zwei durch Belastung mit einem gegebenen Gewichte auf ein etwas verschiedenes Totalgewicht gebrachte Gefässe *A*, *B* vergleichungsweise auf. Ist der Unterschied der Gewichte gross genug, so wird man ihn spüren, widrigenfalls nicht merklich finden. Die Methode der eben merklichen Unterschiede besteht nun darin, die Grösse des Gewichtsunterschiedes zu bestimmen, welche nöthig ist, um als eben merklich erkannt zu werden. Die Grösse der Empfindlichkeit für Gewichtsunterschiede gilt der Grösse des so gefundenen Unterschiedes reciprok.

Im Allgemeinen ist bei dieser Methode zweckmässig, den Unterschied eben so oft von einem übermerklichen auf den Grad des eben merklichen herabzubringen, als von einem unmerklichen zu diesem heraufzubringen und das mittlere Resultat zu nehmen.

Nimmt man den Gewichtsunterschied sehr klein, so wird man sich bei öfterer Wiederholung des Versuches manchmal über die Richtung des Unterschiedes täuschen, indem man das in Wirklichkeit zu leichte Gefäss für das schwerere nimmt und umgekehrt; je grösser aber das Uebergewicht oder die Empfindlichkeit, desto grösser wird die Zahl der richtigen zur Zahl der falschen oder zur Totalzahl der Urtheilsfälle sein. Die Methode der richtigen und falschen Fälle besteht nun darin, die Grösse des Uebergewichtes zu bestimmen, die unter den verschiedenen Verhältnissen, unter welchen die Empfindlichkeit verglichen werden soll, erfodert wird, dasselbe Verhältniss richtiger und falscher Fälle oder richtiger Fälle zur Totalzahl der Fälle zu erzeugen. Die Grösse der Empfindlichkeit unter diesen verschiedenen Verhältnissen wird der Grösse dieses Uebergewichtes reciprok gesetzt.

Fälle, wo man zweifelhaft bleibt, sind nicht beiseit zu lassen, sondern halb den richtigen, halb den falschen Fällen zuzuzählen.

Hat man sich blos das Gewicht des einen Gefässes als Normalgewicht mittelst der Wage gegeben, so kann man versuchen, das andere, das Fehlgewicht, nach dem blossen Urtheile der Empfindung jenem gleich zu machen. Hiebei wird man im Allgemeinen einen gewissen Irrthum, Fehler begehen, den man findet, wenn man das zweite Gefäss, nachdem man es dem ersten als gleich taxirt hat, nachwiegt. Wiederholt man den Versuch oft, so wird man viele Fehler erhalten, aus denen man durch Mittelziehung einen mittleren Fehler gewinnen kann. Die Empfindlichkeit für Gewichtsunterschiede wird der Grösse des mittleren Fehlers, den man so erhält, reciprok zu setzen sein. Diess ist die Methode der mittleren Fehler.

Da die positiven und negativen Fehler in gleicher Weise von einem Mangel an richtiger Auffassung abhängen, sind sie auch in gleicher Weise zum Masse zu benutzen, also nicht nach absolutem Werthe von einander abzuziehen, sondern zu addiren.

In ähnlicher Weise als im Felde der Gewichtsempfindungen kann man dieselben Methoden im Felde der Lichtempfindungen, der Schallempfindungen u. s. w., so wie extensiver Empfindungen anwenden, indem man z. B. letzteren Falls nach der Methode der eben merklichen Unterschiede untersucht, wie gross der Unterschied der Spannweiten zweier vor die Augen gehaltenen oder auf die Haut gesetzten Zirkel sein muss, um als eben merklich zu erscheinen; nach der Methode der richtigen und falschen Fälle, wie oft man bei zwei um ein Weniges verschiedenen Zirkeldistanzen ein richtiges und wie oft ein falsches Urtheil fällt, wenn man zu schätzen sucht, welche die grössere ist; nach der Methode der mittleren Fehler, wie gross der Durchschnittsfehler ist, den man begeht, wenn man die eine Zirkeldistanz in gleicher Grösse mit der anderen herzustellen sucht.

Diese drei Methoden führen auf verschiedenen sich ergänzenden Wegen zu demselben Ziele. Bei der ersten wird die Gränze zwischen übermerklichen und untermerklichen Unterschieden als eben merklicher Unterschied beobachtet, bei der zweiten werden übermerkliche Unterschiede gezählt (die nach Zufälligkeiten bald in richtigem, bald falschem Sinne ausfallen), bei der dritten werden untermerkliche Unterschiede gemessen.

Alle drei Methoden bedienen sich als Massstabes der Empfindlichkeit verhältnissmässig sehr kleiner, zum Theil verschwindend kleiner, Unterschiede. Es wird sich später zeigen, dass gerade diess am vortheilhaftesten ist, wenn es gilt, im Masse der Empfindlichkeit eine Unterlage für das Mass der Empfindung zu suchen.

So viel sich übersehen lässt, ist jede dieser Methoden auf alle Sinnesgebiete anwendbar, doch fehlt noch viel an der Durchführung auch nur einer dieser Methoden durch alle, und eben so wenig sind schon alle drei vollständig durch ein einziges derselben durchgeführt.

Die Methode der eben merklichen Unterschiede ist wohl schon früher in einzelnen Fällen angewendet worden: so von Delezenne zur Prüfung der Empfindlichkeit für Abweichungen von der Reinheit der Tonintervalle; in besonders grosser Ausdehnung und mit glücklichstem Erfolge aber von E. H. Weber zur Untersuchung der Empfindlichkeitsverhältnisse im Gebiete des subjectiven Gewichts-, Tast- und Augenmasses *). Ich selbst habe

---

*) Vergl. hierüber insbesondere seine Schrift über Tastsinn und Gemeingefühl, und seine Programmata collecta.

nur einige nicht sehr ausgedehnte Versuche im Felde der intensiven Lichtempfindung, des Augenmasses und Temperaturmasses nach dieser Methode angestellt.

Die Methode der richtigen und falschen Fälle anlangend, so sind mir keine früheren und anderen Versuche nach derselben bekannt, als die von F. Hegelmayer*), stud. med. in Tübingen im Felde des Augenmasses, und von Renz und Wolf**) im Felde des Schallmasses, beide von jungen Leuten unter Vierordt's Auspicien, daher man wohl annehmen darf, dass Vierordt die Methode an die Hand gab, obwohl diess nicht ausdrücklich bemerkt ist. Ich selbst habe sie zu sehr ausgedehnten Versuchen im Felde des Gewichtsmasses angewendet.

Die Methode der mittleren Fehler ist in gewissem Sinne so alt, als man Beobachtungen anstellt, und deren Präcision durch die Grösse der dabei begangenen Fehler bestimmt; meines Wissens aber bis jetzt auch blos aus dem Gesichtspuncte der objectiven Genauigkeitsbestimmung physikalischer und astronomischer Beobachtungen oder zur Ermittelung der Grösse dabei vorkommender Fehlerquellen***), nicht aber als psychophysische Massmethode zur Untersuchung der Schärfe der Sinne ins Auge gefasst und verwendet worden. Sie scheint mir inzwischen eine der vorzüglichsten für diesen Zweck zu sein, und ich habe sie in Verbindung mit Volkmann zur Untersuchung der Schärfe des Augen- und Tastmasses angewandt.

In praktischer Beziehung ist die Methode der eben merklichen Unterschiede unter den drei Massmethoden die einfachste, directeste, führt verhältnissmässig am schnellsten zum Ziele und fodert am wenigsten Rechnungshülfe. Indess man bei den anderen Methoden erst eine grosse Menge richtiger und falscher Fälle oder Fehler beobachten muss, um über die Gleichheit der Empfindung eines Unterschiedes ein Urtheil zu fällen und durch eine Rechnungsoperation diess Urtheil vermitteln muss, fasst man hier den eben merklichen Unterschied direct als einen für die Empfindung gleichen unmittelbar auf; und wenn schon man zur Bekräftigung des Einzelurtheiles auch hier einer Wiederholung und zur Genauigkeit der Ziehung eines Mittels bedarf, so kann sich diess doch auf viel weniger Fälle stützen, weil jeder einzelne Beobachtungsfall an sich ein Resultat giebt. Für erste allgemeinere Feststellung von Fundamentaldatis und wo man nicht lange Zeit auf Beobachtungen zu wenden hat, wird diese Methode demnach meist als die zweckmässigste erscheinen. Jedoch zu eingehenderen Untersuchungen scheint sie weniger geeignet und keiner so grossen definitiven Präcision fähig, als die beiden anderen Methoden, zu denen man sich daher im Verfolge einer Untersuchung immer getrieben finden dürfte. Namentlich steht ihr entgegen, dass der Grad des Ebenmerklichseins dem subjectiven Ermessen mehr Spielraum lässt, als bei den anderen Methoden stattfindet. Er ist nichts Absolutes; weder der erste Punct, wo ein Empfindungsunterschied eben merklich wird, noch wo er verschwindet, lässt sich ganz genau bestimmen; man geht durch ein Intervall des Zweifels durch, ob er merklich ist, oder nicht. Will man nicht den Grad des Ebenmerklichseins etwas hoch nehmen, d. h. nur einen solchen Unterschied als eben merklich fassen, der bei den Wiederholungen des Versuches ausnahmslos und sicher schon als merklich erscheint, wo dann aber nothwendig ein etwas geringerer Unterschied oft auch noch merklich erscheinen muss, so schlägt die Methode von selbst in die der richtigen und falschen Fälle um, indem dann immer Fälle mitunterlaufen werden, wo man sich über die Richtung des Unterschiedes täuscht oder im Zweifel bleibt, Fälle, die nach Massgabe ihrer grösseren Zahl in Rücksicht genommen sein wollen.

---

*) Vierordt's Arch. XI. S. 844.

**) Vierordt's Arch. 1856. H. 2. S. 483 oder Pogg. Ann. XCVIII. S. 600.

***) So von Steinheil in seinen Elementen der Helligkeitsmessungen p. 75; von Laugier in Compt. rend. XLIV. p. 841 u. s. w.

Indess lehrt doch die Erfahrung, dass man sich so zu sagen mit sich selbst über das Gefühl eines kleinen, doch noch sicher genug empfundenen, Unterschiedes verständigen, dieses, wenn nicht absolut, doch nahe genau, bei verschiedenen Versuchen reproduciren und durch Vervielfältigung der Versuche ein gutes Resultat erhalten kann. Auch sollen die vorigen Bemerkungen keinesweges dienen, den Werth dieser Methode herabzusetzen, sondern nur die Vortheile und Nachtheile derselben gegen die anderen Methoden in das richtige Licht zu stellen. Es würde mit ihr der Psychophysik so zu sagen das handlichste Werkzeug verloren gehen. Sie hat sich in den Händen ihres Meisters durch die mittelst derselben erhaltenen fundamentalen Data wohl bewährt, und Andere, ich selbst haben hinreichende Gelegenheit gehabt, sich von ihrer Brauchbarkeit zu überzeugen.

Die Methode der richtigen und falschen Fälle ist wohl die langwierigste, und es ist besser, wenn man nicht viel Zeit und Geduld hat, sich auf dieselbe nicht einzulassen, da mit wenigen richtigen und falschen Fällen so viel wie Nichts gethan ist, indess man aus vielen sehr gute, d. h. wohl unter einander stimmende, Resultate erhalten, gesetzliche Verhältnisse im Empfindungsgebiete eruiren und constatiren kann. Hiezu bedarf es der Rechnungshülfe, die sich aber auf leicht ausführbare Operationen zurückführen lässt. Indess man bei der Methode der eben merklichen Unterschiede principiell auf einen einzigen Unterschied, den eben merklichen, als Massstab der Unterschiedsempfindlichkeit gewiesen ist, kann man bei der Methode der richtigen und falschen Fälle etwas grössere und kleinere Unterschiede nach Belieben in den Versuch ziehen, und durch die verschiedene Zahl richtiger und falscher Fälle, die man hiebei erhält, den Vergleich specialisiren.

Auch die Methode der mittleren Fehler bedarf grosser Versuchszahlen und einer leichten Rechnungshülfe. Beide letztgenannten Methoden haben hiebei den grossen Vortheil, sich auf die bewährten Principien der Wahrscheinlichkeitsrechnung stützen und selbst etwas zu deren Bewährung beitragen zu können. In der That ist das Interesse, was ich in der langen Ausübung dieser Methoden gefunden, durch diesen Gesichtspunct sehr mit unterhalten und gesteigert worden.

b) Allgemeine Rücksichten und Vorsichten.

So einfach die vorstehends kurz erörterten Methoden für den ersten Anblick scheinen und im Principe auch sind, erfodern sie doch in ihrer Ausführung und Durchführung viele Rücksichten und Vorsichten theils der Beobachtung, theils der Berechnung, die sich zum Theil nach der Methode und dem Versuchsfelde specialisiren. Mehr oder weniger allgemein aber gelten folgende.

Bei allen drei Methoden spielen unregelmässige Zufälligkeiten, welche theils den Manipulationen anhaften, theils in subjectiven Verhältnissen der Auffassung der verglichenen Grössen begründet

Abänderung innerer Verhältnisse bei verschiedenen Individuen und zu verschiedenen Zeiten bei demselben Individuum nicht denselben Spielraum der Zufälligkeiten voraussetzen. Ueberall, wo sich Abweichungen zwischen Empfindlichkeitsmassen zeigen, muss man daher auch stets erst fragen, ob sie von wirklichen Abweichungen der Empfindlichkeit, oder von mangelnder Vergleichbarkeit der Umstände, unter denen sie geprüft wurden, abhängen.

Die Versuche müssen im Allgemeinen sehr vervielfältigt werden und, wie schon bemerkt, ist insbesondere bei der Methode der richtigen und falschen Fälle und mittleren Fehler eine sehr grosse Zahl derselben nöthig, um zuverlässige Resultate zu erhalten. Die grosse Zahl der Beobachtungen hat hier in der That eine wesentlich andere Bedeutung als bei den physikalischen und astronomischen Messungen. Eine physikalische oder astronomische Grösse kann man durch ein Mittel weniger genauer Masse nach den üblichen Verfahrungsweisen auch schon sehr genau bestimmen. Hingegen ist bei der Methode der mittleren Fehler und richtigen und falschen Fälle die grosse Zahl der Versuche selbst wesentliche Bedingung der Genauigkeit. Die einzelne Beobachtung hat hier so gut als gar keine Bedeutung, und eine geringe Zahl noch so genauer Beobachtungen führt zu keiner Genauigkeit. Die einzelnen richtigen und falschen Fälle, die einzelnen Fehler fallen in der That ganz unregelmässig; kleine Versuchsfractionen, trotzdem, dass sie äusserlich unter ganz vergleichbaren Umständen angestellt sind, können noch gewaltig abweichende Resultate geben, wogegen man oft erstaunt, aus diesen Unregelmässigkeiten in den grösseren Versuchsfractionen die übereinstimmendsten Resultate hervorgehen zu sehen. Es gilt hier durchaus das, in der Wahrscheinlichkeitsrechnung unter dem Namen des Gesetzes der grossen Zahlen bekannte, Gesetz, welches den Zufall beherrscht, sofern sich derselbe häuft.

Man kann in dieser Hinsicht unsere Methoden kaum mit etwas treffender vergleichen, als mit einem Proteus, der, statt auf die gestellten Fragen einfach und willig zu antworten, sich durch die wechselndsten Formen, die er anzieht, jeder Antwort zu entziehen scheint; aber es reicht hin, unbeirrt dadurch, ihn nur stetig auf demselben Puncte festzuhalten, so zwingt man ihm eine sichere Antwort ab. Ich habe, namentlich mit der Methode der richtigen und falschen Fälle, früherhin viel Zeit verloren, indem ich aus wenigen Versuchsstunden oder Tagen schon Resultate ziehen wollte, ohne zu etwas Festem kommen zu können; bis ich mich entschloss, die Versuche immer bezüglich desselben Punctes ganze Monate lang, täglich mit etwa 1 Stunde Versuchszeit, zu wiederholen, wo ich Resultate erhielt, mit denen ich Ursache habe zufrieden zu sein.

Abgesehen von dem, nicht eliminirbaren, Einflusse, welchen nach S. 76 die Grösse des Spielraums der unregelmässigen Zufälligkeiten auf die Grösse der Masswerthe hat, müssen sich die Zufälligkeiten durch öftere Wiederholung der Versuche in der Art compensiren, dass man, so lange jener Spielraum und die Empfindlichkeit dieselben bleiben, in zu verschiedenen Zeiten angestellten Versuchen übereinstimmende Masswerthe wiederfindet, der Einzelzufall also seinen Einfluss verliert, und die Definitivresultate insofern unabhängig vom Zufalle werden. Um sicher zu sein, dass diess der Fall ist, wird man jede Versuchsreihe so lange fortzusetzen oder so oft zu wiederholen haben, bis die grösseren Fractionen oder die Wiederholungen derselben in dem betreffenden Resultate übereinstimmen, unter Gestattung natürlich von Abweichungen so kleiner Ordnung, wie man auch als Beobachtungsfehler bei physikalischen Beobachtungen gestatten muss; denn die nicht absolut ausgleichbaren Zufälligkeiten vertreten bei unseren Methoden die Beobachtungsfehler. Bei einer Uebereinstimmung kleiner Fractionen darf man sich nicht beruhigen, indem sie selbst auf Zufall ruhen kann. Im Uebrigen gewährt die Wahrscheinlichkeitsrechnung die Mittel, einerseits den Grad der Genauigkeit, den man mit gegebener Wahrscheinlichkeit durch eine gegebene Anzahl Beobachtungen zu erlangen erwarten darf, voraus zu bestimmen; anderseits den Grad erlangter Genauigkeit nach der Zahl der Beobachtungen und dem Grade der Uebereinstimmung, welche die einzelnen Beobachtungen oder Fractionen einer Beobachtungsreihe zeigen, zu berechnen.

Die Versuche sind zwar von vorn herein in Bezug auf einen bestimmten Zweck möglichst planmässig einzurichten; doch kann ein vorläufiges Tatonnement oft von grossem Nutzen sein, die für die Messung günstigsten Verhältnisse und dabei zu berücksichtigenden Nebenumstände zu ermitteln, um den Plan der Versuche danach festzustellen, ausserdem da, wo es nicht auf Mituntersuchung des Ganges, den die Uebung nimmt, abgesehen ist, den Vortheil haben, das erste Stadium der Uebung schon durchschrei-

saur
BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER, G.T. FN. 01572/025

ten zu lassen und hiemit einen Theil der davon abhängigen Aenderungen bei der Hauptuntersuchung in Wegfall zu bringen. Inzwischen bleibt der Einfluss der Uebung immer ein zu berücksichtigendes Element; und es ist daher nützlich, gleich bei den ersten vorläufigen Versuchen auf die Erkenntniss und Verfolgung desselben Bedacht zu nehmen; da spätere Versuche, wo die Uebung schon theilweis eingetreten oder bis zur Gränze gediehen ist, diess nur noch unvollkommen oder gar nicht mehr gestatten.

Um nicht einseitige und nur für particuläre Verhältnisse gültige Resultate zu erhalten, ist eine möglichst ausgedehnte methodische Abänderung der Umstände in Anwendung zu bringen. Ich habe so oft die Erfahrung gemacht, dass das, was unter gewissen Verhältnissen ganz gesetzlich erschien, unter anderen Verhältnissen ganz anders ausfiel *), dass ich sehr vorsichtig geworden bin, Resultate, die nicht unter sehr verschiedenen Umständen sich bewährt haben, als allgemeine auszusprechen. Nun aber tritt ein Conflict ein. Je mehrerlei Umstände in Verbindung man dem Versuche unterwirft, desto weniger Versuche kann man auf jeden einzelnen wenden, mit desto weniger Genauigkeit also im Ganzen das Mass bezüglich darauf feststellen. Man muss sich daher eben so sehr hüten, Alles so zu sagen auf einmal untersuchen zu wollen, wodurch man nichts recht erreicht, als zu einseitig das Verfahren auf gewisse festgehaltene Umstände zu beschränken.

Um es am Beispiele der Gewichtsversuche zu erläutern, so kann man untersuchen, wie sich die Empfindlichkeit für Gewichtsunterschiede je nach der Grösse der Hauptgewichte ändert. Aber gesetzt, man hat die Verhältnisse in dieser Hinsicht ermittelt bei Hebung der Gewichte mit der einen Hand, wird man auch dieselben Resultate wiederfinden, wenn man die Gewichte mit der anderen Hand hebt, oder wenn man, anstatt beide mit einer und derselben Hand, das eine mit der einen, das andere mit der anderen Hand hebt? Oder wenn man den Handgriff oder die Angriffsweise der Gefässe oder die Lage der Gewichte in den Gefässen ändert? Wird nicht die Geschwindigkeit der Hebung jedes Gefässes, die Zwischenzeit zwischen der Hebung beider, die Folge, ob das schwerere das erst- oder zweitaufgehobene ist, die Höhe

---

*) Diess gilt ganz besonders von den Verhältnissen der weiterhin zu erwähnenden constanten Fehler.

der Hebung Unterschiede mitführen? Wird man auch dieselben Resultate erhalten, wenn man die Versuche mit den Hauptgewichten von den kleineren zu den grösseren aufsteigend und wenn man sie in umgekehrter Folge anstellt? Welchen Einfluss hat es, wenn man sie mit ermüdetem und nicht ermüdetem Arme anstellt? Wie ändert sich das Verhältniss der richtigen und falschen Fälle mit der Grösse des Zusatzgewichtes? u. s. w.

Zu einer erschöpfenden Untersuchung über die Empfindlichkeit für Gewichtsunterschiede gehört wirklich eine Bestimmung aller dieser Einflüsse, und in anderen Versuchsfeldern der Empfindlichkeit treten nur andere Einflüsse dafür auf, die es zu untersuchen gilt. Aber jeder solcher Einfluss fodert, um sicher nach seiner Grösse, Richtung, Abhängigkeit von Mitumständen festgestellt zu werden, eine grosse Reihe darauf bezüglicher Versuche.

Wo es den Einfluss verschiedener Umstände zu vergleichen gilt, sind die Versuche darüber abwechselnd und im Wechsel auf- und absteigend mit den grösseren und kleineren Werthen anzustellen, sei es an denselben Tagen oder im Wechsel der Tage, um den Einfluss, den die Folge der Versuche durch Abänderung der Empfindlichkeit oder aus anderen Gründen auf den Erfolg hat, theils erkennen, theils compensiren, theils in Rechnung ziehen zu können. Diess findet bei dem Beispiele der Gewichtsversuche Anwendung auf die Reihe verschiedener Hauptgewichte, verschiedener Zusatzgewichte, verschiedener Zeitintervalle der Hebung, u. s. w., die man dem Versuche unterwirft.

Seien z. B. die Versuche mit einer Reihe verschiedener Hauptgewichte anzustellen, so kann man so verfahren, dass man am selben Tage die Reihe erst aufsteigend, dann absteigend durchläuft, am nächsten Tage dieselbe erst absteigend, dann aufsteigend durchläuft; oder auch so, dass man sie am einen Tage blos aufsteigend, am folgenden blos absteigend durchläuft; welche Wechsel methodisch durch die ganze Reihe der Tage, welche die Versuchsreihe in Anspruch nimmt, fortzusetzen sind.

In einigen Versuchsreihen habe ich auch, anstatt immer mit dem kleinsten oder grössten Werthe zu beginnen und zu schliessen, nach der Reihe mit jedem der zu prüfenden Werthe begonnen und geschlossen, die Reihe rückwärts und vorwärts so durchlaufend, als wenn sie in einem Kreise disponirt wäre, wo der Ausgangspunct, den Kreis zu durchlaufen, beliebig genommen werden kann. Vielleicht aber wiegt der hievon zu erwartende Vortheil für eine vollständige Compensation des Einflusses der Reihenfolge der Versuche den Nachtheil der verminderten Einfachheit der Methode nicht auf oder überwiegt nur unter besonderen Verhältnissen.

Im Allgemeinen kommen bei dem Einflusse der Zeitfolge der Versuche verschiedene, zum Theil sich entgegenwirkende, Umstände in Rücksicht, theilweise in Conflict, und können sich bald in diesem, bald in jenem Sinne überwiegen. Einerseits kommen, namentlich bei mangelnder Uebung, die Aufmerksamkeit und die Thätigkeit der Sinnesorgane durch eine gewisse Dauer der Versuche erst so zu sagen in Zug und fangen an, mit einer gewissen Gleichförmigkeit zu wirken, anderseits werden sie durch eine längere Fortsetzung abgespannt, ermüdet oder nach Umständen überreizt; endlich macht sich vom Anfange herein und oft durch eine lange Folge von Versuchen der Einfluss wachsender Uebung bis zu gewissen Gränzen geltend. Alle diese Einflüsse können zum Gegenstande besonderer Untersuchung gemacht werden; insofern sie aber bei jeder Untersuchung von selbst ins Spiel treten, ist insbesondere auf Folgendes zu achten.

Sind sie nicht selbst der Gegenstand der Untersuchung, so hat man starke, davon abhängige, Abänderungen thunlichst zu vermeiden, also die Versuche nicht bis zu starker Ermüdung oder Reizung fortzusetzen, und Versuche mit langsamem oder nach beendigtem Uebungsfortschritte solchen mit raschem Uebungsfortschritte vorzuziehen. Aber da eine gewisse andauernde Fortsetzung der Versuche theils an jedem Tage, theils in der Folge der Tage anderseits von Vortheil eben so für die Gleichförmigkeit wie für die Durchführbarkeit derselben in gegebener Zeit ist, so hat man ein, nach Individualität und Verhältnissen sich näher bestimmendes, Mass in dieser Hinsicht zu suchen, was dem eigenen Tacte eines Jeden überlassen bleiben muss, die Rechnung aber jedenfalls nicht auf den Ausschluss, sondern die genaue Bestimmung und Compensirung jener Einflüsse zu stellen, die sich vollständig überhaupt nicht ausschliessen lassen; wozu eine demgemässe methodische Anordnung der Versuche gehört, und worüber die nähere Auskunft bei der Erörterung der einzelnen Methoden zu suchen ist.

So nützlich und nothwendig ein methodischer Wechsel der Umstände ist, um den Einfluss ihrer Verschiedenheit zu untersuchen, so ist doch begreiflich möglichste Constanz derselben, oder, in soweit solche nicht zu erlangen, möglichste Compensation ihrer Variationen bei allen Versuchen nöthig, welche sich für gegebene Umstände zu einem gemeinsamen Resultate vereinigen sollen. Hat man nun auch die äusseren Umstände in dieser Hinsicht in seiner Gewalt, so doch nicht die inneren; indem eben so die Empfindlichkeit selbst wie manche das Mass derselben nebensächlich betheiligende innere Verhältnisse einer nicht geringen Variabilität durch weder berechenbare noch zu beseitigende Ursachen unterliegen. Diess macht zwei Rücksichten nöthig, einmal, dass man Massbestimmungen aus verschiedenen Zeitepochen, wenn schon unter identischen äusseren Umständen angestellt, nicht ohne Weiteres als vergleichbar nimmt, wenn man sich nicht durch die Thatsache selbst von der Vergleichbarkeit überzeugt hat; zweitens, dass man längere Versuchsreihen nicht blos in Fractionen nach den verschiedenen Versuchsumständen, sondern auch nach der Zeit abtheilt, um solche besonders zu untersuchen, und im Allgemeinen lieber das Rechnungsresultat der Fractionen längerer Versuchsreihen zusammenlegt, als das Resultat aus der gesammten unfractionirten Reihe auf einmal zieht.

Im Allgemeinen hat die Fractionirung den Vortheil, uns der grösseren oder geringeren Constanz der Resultate zu versichern, den etwaigen Fortschritt der Uebung verfolgen zu lassen und, was eine Hauptsache ist, den, bei längeren Versuchsreihen oft in entgegengesetzter Richtung sich geltend machenden, Einfluss innerer Störungen auf Rechnungswege sicherer eliminiren zu können, als wenn man die Beobachtungen im Ganzen behandelt; wie sich aus der Specialerörterung der Methoden ergiebt.

Allerdings hat das Rechnungsresultat jeder einzelnen Fraction wegen der geringeren Zahl Beobachtungen, die darein eingehen, nur geringere Sicherheit, als das der Totalität. Aber die Wahrscheinlichkeitsrechnung zeigt, dass man durch Combination der Resultate der Fractionen an Sicherheit wiedergewinnt, was man durch die Fractionirung bei den einzelnen eingebüsst hat; wonach die angegebenen Vortheile der Fractionirung immer noch bestehen.

Von anderer Seite wächst jedoch mit der Fractionirung die Umständlichkeit der Behandlung und Darstellung der Versuche, und die Zahl der Versuche, die man zu einer Fraction zusammennimmt, hat bei der Methode der richtigen und falschen Fälle und mittleren Fehler einen, nur bei grosser Versuchszahl verschwindenden, bei kleiner durch eine Correction zu berücksichtigenden, oder durch Anwendung einer stets gleichen Versuchszahl unschädlich zu machenden, Einfluss auf die Grösse der Masswerthe, wie sich theoretisch zeigen und durch Erfahrung beweisen lässt.

Indem jede etwas ausgedehntere Versuchsreihe eine Fortsetzung durch mehrere Tage oder selbst Wochen und Monate erfodert, sind die Versuche in möglichst regelmässigen Zeitintervallen und regelmässig abgetheilten, gleich viel Versuche enthaltenden, möglichst gleich oder symmetrisch disponirten Abtheilungen anzustellen. Die strenge Einhaltung einer festen Ordnung in diesen Beziehungen trägt nicht nur wesentlich bei, die Versuche der verschiedenen Tage vergleichbar und auf einander beziehbar zu machen und zu erhalten, Verwechselungen und Versehen in der Anordnung der Versuchsumstände zu verhüten, sondern auch die Rechnungen zu vereinfachen und jedwede Benutzung der Beobachtungen überhaupt zu erleichtern. Wogegen, wenn man bald so bald so viel Beobachtungen, bald in dieser bald in jener Folge, bald unter diesen bald jenen Umständen ohne feste Regel anstellt, die Brauchbarkeit der Beobachtungen in jeder Hinsicht leidet. Der allgemeine Vortheil, den Ordnung überall hat, macht sich bei unserer Methode nur um so fühlbarer geltend, je mehr Einzelnheiten es dabei im Allgemeinen zu ordnen und in Ordnung zu erhalten gilt.

Im Allgemeinen stelle ich die Versuche derselben Beobachtungsreihe, welche durch eine Reihe Tage laufen, auch immer um dieselbe Tageszeit an; da möglicherweise die Entfernung von der Zeit des Schlafes und der Nahrungseinnahme Einfluss auf die zu untersuchenden Empfindlichkeitsverhältnisse haben kann. Vielleicht ist ein solcher Einfluss oft zu vernachlässigen, um so mehr, wenn er die in Vergleich gezogenen Umstände immer in gleichem Verhältnisse trifft; indess wird diess erst noch besonders zu untersuchen, und vor solcher Untersuchung diese Vorsicht immer räthlich sein, welche übrigens nur in die allgemeine Regel, eine feste Ordnung in den Zeitverhältnissen der Versuche einzuhalten, hineintritt.

Insofern sich das Urtheil bei unseren Methoden auf die reine Aussage der Empfindung stützen soll, ist grosse Sorge zu tragen, dass es nicht durch einen Einfluss der Vorstellung, der Erwartung der zu erhaltenden Resultate, kurz durch das, was man den Einfluss der Einbildungskraft zu nennen pflegt, mitbestimm werde. Von anderer Seite aber darf man auch nicht, zur Vermeidung eines eingebildeten Einflusses der Einbildungskraft, das Verfahren so zu sagen blind machen. Zu Beidem bieten sich in unseren Methoden Anlässe dar.

Die Anordnung der Versuchsreihen und Aufzeichnung der beobachteten Werthe, Zusammenzählung der Fehler oder richtigen und falschen Fälle, so wie alle darauf zu gründenden Rechnungen sind so einzurichten und durch Wiederholung oder sonst zu controliren, dass die bei der Menge des Aufzuzeichnenden, Zusammenzuzählenden und zu Berechnenden sonst unvermeidlichen Versehen möglichst vermieden werden; und in der Aufzeichnung und Verwendung selbst unverbrüchliche Treue zu beobachten.

Die Einhaltung der letzteren Regeln ist wichtiger und schwerer, als man für den ersten Anblick meinen sollte. Nach den Erfahrungen, die ich an mir selbst und meinen Mitbeobachtern gemacht, traue ich keiner Zusammenzählung und Rechnung, die nicht durch Wiederholung oder sonst controlirt ist. Auch übersieht man selbst bei einem wiederholten Durchzählen, Durchrechnen, namentlich wenn es bald hintereinander in derselben Form geschieht, begangene Fehler so leicht, als Correcturfehler einer Schrift. Sorgfalt und Vorsicht in dieser Beziehung ist nicht genug anzurathen; und so lästig die Wiederholung oder sonstige Controle an sich langweiliger Operationen werden kann, so nothwendig ist sie, um nicht den Vortheil sorgfältiger Beobachtung durch Versehen in ihrer Verwendung zu beeinträchtigen.

Auch vor der Aufzeichnung aber können bei der im Allgemeinen nothwendigen methodischen Abänderung der Umstände gar leicht Versehen begangen werden, indem man einen Umstand mit dem anderen in der Anordnung verwechselt, oder durch mehrere Versuchsabtheilungen ohne den gefoderten Wechsel forterhält; daher man sich ein controlirendes Nachsehen in dieser Beziehung zur Regel zu machen hat.

Was die Treue in der Aufzeichnung anlangt, so fühlt man sich nur zu oft versucht, auch ohne die Resultate verfälschen zu wollen, einzelne ungewöhnliche Beobachtungswerthe, z. B. bei der Methode der mittleren Fehler ungewöhnlich grosse, etwa durch einen Nachlass der Aufmerksamkeit verschuldete, Fehler auszuschliessen. Aber das hat weder Princip noch Gränze und führt zu einer Willkühr, die sich nur auf ein unbestimmtes Aperçu zu stützen hat. Solche Fälle muss man zwar zu vermeiden, aber, wenn sie vorkommen, nur durch die grosse Zahl der Versuche zu compensiren suchen. In den Wahrscheinlichkeitsgesetzen des Zufalles selbst, auf denen die Methoden der richtigen und falschen Fälle und mittleren Fehler zu fussen haben, ist das seltene Vorkommen extraordinärer Fälle mit begründet; und man würde keinen Vortheil finden, sie bei Rechnungen auszuschliessen, die sich auf diese Gesetze zu stützen haben. Die Aufmerksamkeit kann bei lange fortgesetzten Versuchsreihen überhaupt unmöglich immer genau gleiche Stärke behalten, wenn man schon suchen muss, solche soviel wie möglich zu erhalten. Nun gehören die unabsichtlichen Variationen derselben selbst zu den Zufälligkeiten dieser Methoden, und man darf das Gesetz dieser Zufälligkeiten, welches in grossen Zahlen hervortritt, nicht durch willkührliche Eingriffe stören.

Das Datum der Beobachtungen bei denselben anzumerken, ist nicht nur im allgemeinen Interesse der Ordnung wichtig, sondern auch insbesondere deshalb, weil periodische oder fortschreitende Abänderungen der Empfindlichkeit, welche im Laufe der Versuche stattfinden können, nur so erkannt und in der Zusammenstellung und Benutzung der Versuche erfoderlich berücksichtigt werden können. Ausserdem wird man wohl thun, alle Nebenumstände, welche möglicherweise einen Einfluss auf den Erfolg oder die Vergleichbarkeit der Versuche haben können, als z. B. die Temperatur, auch wo ein solcher Einfluss nicht erwiesen ist, aufzuzeichnen, und in dieser Hinsicht lieber etwas zu viel als zu wenig zu thun.

Von besonders grossem Vortheile ist es in unserem Beobachtungsfelde, wenn sich mehrere Beobachter zum Zwecke gemeinsamer Untersuchung vereinigen, um sich dabei theils zu ergänzen, theils zu unterstützen, theils zu controliren. Nicht leicht kann ein Beobachter für sich allein die Untersuchung eines einzigen Sinnesgebietes oder einer wichtigeren Seite desselben für sich allein erfolgreich und erschöpfend durchführen, theils wegen der Ausdehnung der Aufgabe, welche eine Theilung derselben eben so nöthig macht, als von anderer Seite eine Verknüpfung derselben nöthig ist, theils, weil zu mancherlei Versuchen das directe Zusammenwirken zweier Beobachter oder mindestens eines Beobachters und eines Gehülfen, aus äusseren Gründen gehört, theils endlich, weil eine Controle der von einem Beobachter erhaltenen Resultate durch einen oder mehrere andere in unserem Gebiete wichtiger als sonst irgendwo ist, wegen der Gefahr, dass das Resultat wesentlich nur an der Individualität des Beobachters hänge. So kann nach Umständen theils eine Theilung der Arbeit zwischen den Beobachtern durch Theilung des Beobachtungsgebietes, theils eine gemeinsame Betheiligung derselben bei denselben Versuchen, theils die ganz unabhängige Wiederholung derselben Versuche durch beide mit Vortheil Platz greifen.

Vielleicht darf man allgemein aussprechen, dass in unserem Felde kein durch einen noch so zuverlässigen Beobachter erhaltenes Resultat als gesichert angesehen werden darf, wenn es nicht seine Controle durch andere zuverlässige Beobachter erfahren hat, weil die Zuverlässigkeit des Beobachters nur eine Bürgschaft für die Treue und Genauigkeit seiner Aufzeichnungen, aber nicht für die Allgemeingültigkeit dessen, was er an sich beobachtet hat, giebt; obwohl manche Verhältnisse und Gesetze der Art sind, dass man von vorn herein voraussetzen darf, sie seien nicht blos eine Sache besonderer Individualitäten.

So wichtig aus angegebenen Gesichtspuncten das Zusammenwirken verschiedener Beobachter zu einer gemeinsamen Untersuchung ist, würde man doch sehr untriftig die Möglichkeit psychophysischer Massversuche überhaupt auf die Zuziehung eines Mitbeobachters oder Gehülfen beschränkt halten. Vielmehr, so wichtig die Controle irgend welcher Beobachtungen in diesem Gebiete durch davon unabhängige Beobachtungen ist, so wichtig ist es, jede Art Beobachtungen in diesem Gebiete möglichst ungestört, möglichst gleichförmig und unter voller eigener Herrschaft über die Zeit, die Umstände der Versuche und die Reihenfolge, in der man sie in den Versuch nimmt, zu vollziehen, insofern nur die Gefahr ausgeschlossen werden kann, dass die Kenntniss der Versuchsumstände, deren Einfluss man untersuchen will, der Einbildungskraft einen Anhalt gebe, die Resultate zu verfälschen. Wo demnach nicht ein Gehülfe aus diesem oder anderen Gründen nöthig ist, wird er auch im Allgemeinen nicht nützlich sein, wie jede Complication einer Maschinerie schädlich ist, die nicht nothwendig ist. Die specielle Erörterung der Massmethoden wird mehrmals Gelegenheit geben, auf diesen Gegenstand mit besonderen, auf die Natur der Verhältnisse und die gemachten Erfahrungen Bezug nehmenden, Erörterungen zurückzukommen, da ein allgemeines Aperçu nicht ausreicht, Regeln im Besonderen darauf zu stützen.

c) Rücksichten in Betreff der Zeit- und Raumverhältnisse der Versuche, constante Fehler.

Insofern es bei unseren Methoden den Vergleich zweier Grössen gilt, ist die successive Auffassung der simultanen vorzuziehen, und letztere im Grunde kaum möglich, indem sich die Aufmerksamkeit von selbst abwechselnd der einen und anderen Grösse zuwendet. Der Versuch ist daher gleich darauf einzurichten, die zu vergleichenden Grössen zwar schnell nach einander, doch jede möglichst ungestört durch den Eingriff der anderen zu beobachten, und die Superposition derselben nur in der Erinnerung vorzunehmen. Das Vermögen, auf diese Weise Grössen vergleichen zu können, ist sehr merkwürdig, wie schon E. H. Weber hervorgehoben hat, und seine Aufklärung erst einmal in Zukunft von den Fortschritten der inneren Psychophysik zu erwarten. Für jetzt muss auf seiner Thatsache gefusst werden.

Dass die Auffassung der verglichenen Grössen nicht unmittelbar in der Zeit coincidirt, führt nun aber eben so, wie, dass sie nicht unmittelbar im Raume coincidiren und dadurch in ein verschiedenes Verhältniss zu den auffassenden Organen treten, Erfolge herbei, die das Mass betheiligen. Solche Verhältnisse werde ich kurz als Verhältnisse der Zeit- und Raumlage der verglichenen Grössen bezeichnen. Die hauptsächlichsten Schwierigkeiten eines genauen vergleichbaren Masses der Empfindlichkeit gründen sich darauf, und die Ausbildung der Methoden hat sich hauptsächlich auf die Bestimmung und Beseitigung derselben durch Verfahren und Rechnung zu richten, worin man doch im Stande ist, mehr zu leisten, als es für den ersten Anblick möglich erscheinen mag; worauf aber bisher die Aufmerksamkeit weniger gerichtet gewesen ist, als es der Gegenstand verdient.

Im Allgemeinen ist in Betreff der Zeitverhältnisse zu bemerken, dass dabei in Betracht kommt: 1) die Zeit, während welcher man eine Grösse auffasst, z. B. ein Gewicht hebt, wenn es Gewichtsversuche gilt, eine Distanz ins Auge fasst, wann es Augenmassversuche gilt, u. s. w. 2) Die Zwischenzeit, welche man zwischen der Auffassung der einen und anderen Grösse verfliessen lässt; 3) die Zeitfolge, ob man die eine oder die andere zuerst auffasst; 4) die mehr oder weniger häufige Wiederholung der vergleichenden Auffassung, ehe man sich entscheidet. Im Allgemeinen führt die Gewohnheit eine gewisse Gleichförmigkeit in diesen Umständen mit, und der Einfluss kleiner Unterschiede, die bei einzelnen Versuchen eintreten, gleicht sich bei einer grossen Zahl derselben aus. Doch kann es bei methodischer Anstellung der Versuche zweckmässig sein, unter Zuziehung eines Zählers völlige Gleichförmigkeit oder Vergleichbarkeit in diesen Beziehungen herzustellen, und durch absichtliche Abänderungen derselben den Einfluss derselben selbst zu untersuchen, worin bis jetzt noch sehr wenig geschehen ist. Bei den von mir angestellten Gewichtsversuchen nach der Methode der richtigen und falschen Fälle aber habe ich diese Rücksicht streng eingehalten.

Ueber die eben so sorgfältig zu berücksichtigenden Verhältnisse der Raumlage der verglichenen Grössen will ich mich hier auf keine Allgemeinheiten einlassen, da sie sich nach Methode und Versuchsfeld noch viel mannichfaltiger abändern als die der Zeitlage, und nur daran vorgreiflich erinnern, dass die Doppelseitigkeit unserer Sinnesorgane in dieser Hinsicht besondere Rücksicht erfodert, einmal, sofern sie Anlass giebt, den Empfindlichkeitsgrad der doppelt vorhandenen Organe theils für sich, theils im Zusammenwirken zu vergleichen, anderseits, sofern beim Zusammenwirken der beiderseitigen Organe beide nicht leicht in gleiches Verhältniss zu den verglichenen Grössen treten können.

So macht es bei den Gewichtsversuchen einen Unterschied in der Beurtheilung der Schwere der Gefässe, und die Zahl der richtigen Fälle bei der betreffenden Methode ändert sich, je nachdem das Zusatzgewicht im linken oder rechten Gefässe liegt, nicht wegen einer mystischen Eigenschaft des Links und Rechts, sondern bei Anwendung der einen Hand zum Heben des einen, der anderen zum Heben des anderen Gefässes möglicherweise desshalb, weil beide Hände sich nicht ganz gleich in der Empfindlichkeit verhalten, bei Anwendung derselben Hand zum Heben beider Gefässe nachweislich, weil die Hand im Uebergange vom einen zum anderen von selbst eine andere Stellung annimmt, und die Angriffsweise beider Gefässe dadurch etwas verschieden ausfällt, was, wie ich durch positive Versuche beweisen kann, nicht gleichgültig für den Erfolg ist. Bei den Augenmassversuchen macht es unter Anwendung der Methode der mittleren Fehler einen Unterschied, ob die Normaldistanz, welcher man die andere gleich zu machen sucht, sich rechts oder links von dieser, oben oder unten zu derselben, findet. Bei entsprechenden Versuchen über das Tastmass der Haut ist es, wenn man die Versuche an sich selbst anstellt, selbst unter Anwendung gestielter Zirkel, nicht gleichgültig, ob man den Zirkel, welcher die Normaldistanz bestimmt, mit der rechten, den anderen mit der linken Hand fasst, oder umgekehrt, indem sich irgendwie die Applicationsweise der Zirkel danach ändert u. s. f.

Insofern die Verhältnisse einer bestimmten, für die verschiedenen verglichenen Grössen verschiedenen, Zeit- und Raumlage constant durch eine Versuchsreihe bleiben, begründen sie im erlangten Masse das, was man im Allgemeinen einen constanten Fehler nennen kann.

Bei der Methode der richtigen und falschen Fälle im Felde der Gewichtsversuche zeigt sich der constante Fehler darin, dass, wenn ich eine grosse Zahl Fälle, wo das Gefäss mit dem Zusatzgewichte das erstaufgehobene war, mit einer grossen Zahl, wo es das zweitaufgehobene war, zusammenstelle, bei übrigens ganz gleich gehaltenen Umständen, das Verhältniss der richtigen zu den falschen Fällen einesfalls ein sehr anderes ist, als anderenfalls, ebenso, wenn ich eine grosse Zahl Fälle, wo das Mehrgewicht im linken und wo es im rechten Gefässe lag, zusammenstelle. *) Bei der Methode der mittleren Fehler im Felde der Augenmass- und Tastversuche zeigt sich der constante Fehler darin, dass das Mittel aus den Distanzen, die ich einer gegebenen Normaldistanz gleich geschätzt habe, nach noch so vielen Versuchen nicht mit der Normaldistanz merklich übereinkommt, sondern um eine, oft beträchtliche, von der Raum- und Zeitlage der verglichenen Grössen gesetzlich abhängige, Grösse ins Positive oder Negative davon abweicht, und, was damit zusammenhängt, dass die Summe

---

*) Auch Renz und Wolf bemerken bei ihren Schallversuchen nach der Methode der richtigen und falschen Fälle, dass der eine von ihnen im Allgemeinen geneigt gewesen, den erstgehörten, der Andere den zweitgehörten Schall als den stärkeren aufzufassen, was beweist, dass der Einfluss der verschiedenen Zeitlage der Einwirkungen sich auch hier, und zwar in, nach Umständen veränderlicher, Weise geltend macht.

der positiven Abweichungen von der Normaldistanz, die positive Fehlersumme, statt mit der negativen im absoluten Werthe gleich auszufallen, oft sehr verschieden davon ausfällt, unvergleichlich mehr, als auf Rechnung nicht ausgeglichener Zufälligkeiten geschrieben werden kann.

Man kann in diese Angaben vielleicht Misstrauen setzen, und meinen, dass Vieles von dem so Beobachteten auf Einflüssen der Einbildungskraft beruhe, indess nur so lange, als man nicht selbst Versuche nach den betreffenden Methoden angestellt hat, wo man sich bald überzeugen wird, dass man, man fange es an wie man will, den constanten Fehlern nicht entgehen kann. Ein Einfluss der Einbildung war aber so wenig bei dem, was ich in dieser Hinsicht beobachtet, im Spiele, dass vielmehr das mir ganz unerwartete Auftreten der constanten Fehler bei diesen Versuchen dasjenige gewesen ist, was mich anfangs am meisten frappirt, und, bevor ich zu ihrer Elimination gelangte, am meisten in Verlegenheit gesetzt hat; und noch heute, nachdem ich lange im Gebiete, namentlich des Gewichts- und Tastmasses, über dieselben experimentirt habe, ist mir der letzte Grund derselben grösstentheils unklar, und nur die Thatsache derselben sicher. Auch hat sich bei anderen Beobachtern, die ich zur Wiederholung meiner Versuche veranlasste, ganz Entsprechendes wiedergefunden.

Das Dasein der constanten Fehler bringt übrigens nur eine Complication, nicht eine Ungenauigkeit in das Mass durch unsere Methoden, insofern sie sich bei wirklicher Constanz durch geeignete Massnahmen eliminiren und zugleich ihrer Grösse nach genau bestimmen lassen, wie ich bei specieller Betrachtung der Methoden zeige.

Leider findet die Constanz der constanten Fehler nicht in strengem Sinne statt. Ich bin eines Tages nicht eben so geneigt als des anderen Tages, das erstaufgehobene oder linksstehende Gefäss, die rechts- oder linksbefindliche Distanz in bestimmtem Sinne als grösser oder kleiner aufzufassen; sondern bei gleichgehaltenen äusseren Umständen ändern sich die inneren Dispositionen in dieser Hinsicht in einem oft höchst auffallenden Grade. Unsere Methoden lassen diese Veränderungen leicht verfolgen, finden aber auch, wenn es auf letzte Genauigkeit ankommt, Schwierigkeiten darin, sofern sich die Variationen der constanten Fehler bei der Methode der mittleren Fehler mit dem reinen variablen Fehler vermischen und ihn verunreinigen, bei der Methode der richtigen und falschen Fälle aber in anderer Weise das Mass betheiligen; daher die hauptsächlichste Sorge dahin gehen muss, solche Variationen theils durch die Anstellungsweise, theils Behandlungsweise der Beobachtungen (Fractionirung) möglichst auszuschliessen oder unschädlich zu machen.

Abgesehen hievon darf man in der Complication unserer Methoden durch den constanten Fehler keinen Nachtheil derselben sehen, vielmehr einen wichtigen Vortheil, sofern die Bestimmung des constanten Fehlers selbst ein Theil des dadurch gewinnbaren psychophysischen Masses ist; indem eben der Einfluss jener die Empfindung mit betheiligenden Umstände dadurch repräsentirt und gemessen wird, zugleich aber die Möglichkeit vorliegt, ihn von dem Masse der Unterschiedsempfindlichkeit, um das es uns allerdings jetzt nur zu thun ist, zu eliminiren. Der constante Fehler ist daher auch nicht als ein müssiger Abfall überhaupt wegzuwerfen, sondern nur von diesem Masse sorgsam auszuscheiden, übrigens selbst nach seinen Verhältnissen, Gesetzlichkeiten, Abhängigkeitsverhältnissen in jedem Versuchsgebiete und nach jeder Versuchsweise zu untersuchen. Ja es dürften unsere Beobachtungsmethoden in dieser Hinsicht der Beobachtungskunst überhaupt zu Statten kommen, indem dadurch nicht nur ein so allgemeines Vorkommen constanter Fehler, als man wohl kaum gedacht hätte, sondern auch Quellen derselben, an die man bisher kaum gedacht hat, aufgedeckt werden; worüber ich jedoch vielmehr auf meine „Massmethoden" als diese Schrift verweise.

Zugleich liegt in der Empfindlichkeit, welche die Methoden für den Einfluss der Versuchsumstände auf den constanten Fehler zeigen, ein Beweis ihrer Feinheit.

Das Vorige ist weit entfernt, alles das zu erschöpfen, was dem zu wissen und von dem zu beachten nöthig ist, der sich der vorstehenden Methoden selbst zu Versuchen bedienen will. Indem ich aber genöthigt bin, genauere Ausführungen hierüber den „Massmethoden" vorzubehalten, beschränke ich mich darauf, folgends noch hinsichtlich der beiden letzten Methoden die wesentlichsten Specialpuncte theils zu bezeichnen, theils in kurzer Uebersicht darzulegen, die künftig ausführlicher besprochen werden sollen. Dabei lege ich für die Methode der richtigen und falschen Fälle die Gewichtsversuche, hinsichtlich der Methode der mittleren Fehler die Augenmass- und Tastversuche unter, über die mir allein eigene Erfahrungen zu Gebote stehen. Die Bezeichnungen, die ich im Folgenden brauche, werden später überall bei Bezugnahme auf die betreffenden Methoden wieder gebraucht werden.

d) Specielles zur Methode richtiger und falscher Fälle, in Anwendung auf die Gewichtsversuche.

Die (im Jahre 1855 begonnenen) Versuche, auf deren Grundlage die folgenden Ausführungen über die Methode der richtigen und falschen Fälle beruhen, wurden zuerst nur in der einfachen Absicht einer genaueren Prüfung des Weber'schen Gesetzes unternommen, später im Interesse der Ausbildung der Methode selbst fortgeführt und weiter ausgedehnt, nachdem sich gezeigt hatte, dass die Prüfung, die ich im Auge hatte, eine zuvorige Untersuchung der Bedingungen der Genauigkeit der Methode, eine Ausbildung ihrer experimentalen und Rechnungsseite erst foderte, welche zur Zeit noch nicht vorlag. Während mehreren Jahren betrachtete ich es als eine Art täglicher Arbeit, ungefähr 1 Stunde lang Versuche in diesem Interesse anzustellen, und solche consequent in Bezug auf die Ermittelung dieses oder jenes bestimmten Verhältnisses eine grössere Zahl von Tagen hindurch fortzusetzen. Hiedurch ist ein, in dieser Schrift bei Weitem nicht zu erschöpfendes, Material von Versuchen erwachsen, wovon die, in einigen der folgenden Kapitel vorkommenden, grossen Versuchszahlen, und die mehrfache Wiederholung von Versuchsreihen zur Feststellung wichtiger Puncte zu verschiedenen Zeiten und unter abgeänderten Umständen, Zeugniss geben, auch ist dadurch eine grosse Uebung in Handhabung der Methode entstanden.

Insofern es bei unserer Methode darauf ankommt, das Verhältniss der Zahl der richtigen Fälle zur Zahl der falschen Fälle oder zur Totalzahl der Fälle zu bestimmen, werde ich, unter vorzugsweiser Anwendung des letzten Verhältnisses, die Zahl der richtigen Fälle mit r, die der falschen Fälle mit f, die Totalzahl der Fälle mit n bezeichnen, also das Verhältniss, mit dem wir uns hauptsächlich zu beschäftigen haben werden, mit $\frac{r}{n}$, so aber, dass, wenn eine Versuchszahl bezüglich eines Beobachtungswerthes in gleiche Fractionen getheilt wird, und diese besonders in

Rechnung genommen werden, r und n auf die Zahl der richtigen und gesammten Fälle einer jeden Fraction insbesondere geht, indess mit ν die Anzahl der Fractionen bezeichnet wird, wo dann νn die Totalzahl der Fälle für den betreffenden Beobachtungswerth ist. Bezieht sich die ganze Beobachtungsreihe, wie diess in der Regel der Fall ist, auf mehrere unter einander zu vergleichende Beobachtungswerthe, so muss dann natürlich νn noch mit der Zahl derselben multiplicirt werden, um die Totalzahl der Fälle für die ganze Reihe zu erhalten.

Wo das Urtheil zweifelhaft bleibt, ist ein solcher Fall bemerktermassen halb den richtigen, halb den falschen Fällen zuzuzählen. Um aber hieraus hervorgehende halbe Fälle zu vermeiden, rechne ich, weil es bei der Bildung des Bruches $\frac{r}{n}$ nur auf Verhältnisse ankommt, jeden richtigen Urtheilsfall als zwei richtige, jeden falschen als zwei falsche Fälle; und jeden, wo das Urtheil zweifelhaft bleibt, als einen richtigen, einen falschen.

Mit P wird das Hauptgewicht, d. i. das Gewicht eines jeden der vergleichsweise gehobenen Gefässe sammt Belastung ohne D, mit D das Zusatzgewicht (Mehrgewicht) bezeichnet werden, das beim Versuche angewendet wird, mit h ein Werth, welcher der Unterschiedsempfindlichkeit direct proportional, mithin dem Zusatzgewichte D, das ein gleiches $\frac{r}{n}$ zu liefern vermag, umgekehrt proportional ist, oder kurz das Mass der Unterschiedsempfindlichkeit, um das es zu thun ist.

Die Methode lässt sich in doppelter Weise ausführen: nach einem ersten Verfahren so, dass man sich erst nach wiederholtem Hin- und Herwiegen der belasteten Gefässe entscheidet, welches schwerer oder leichter ist; nach einem zweiten so, dass man sich unverbrüchlich nach jeder einzelnen vergleichsweisen Aufhebung beider Gefässe entscheidet, oder bei Zweifel das Urtheil zu den unentschiedenen legt, welche halb den richtigen, halb den falschen beigezählt werden.

Früherhin habe ich immer das erste Verfahren angewandt; aber später alle damit angestellten Versuche verworfen, und mich ausschliesslich an das zweite gehalten, nachdem ich mich von der weit grösseren Vorzüglichkeit desselben überzeugt habe. Nicht nur lässt es sich gleichförmiger herstellen, als das erste, sondern es kann auch eine genaue Elimination und Bestimmung der, von der Zeit- und Raumlage abhängigen Miteinflüsse, welche einen constanten Fehler begründen, nur nach dem zweiten Verfahren, durch angemessene Entgegensetzung dieser Einflüsse gegen einander, erzielt werden, wie sich unten ergeben wird.

Natürlich begeht man nach dem zweiten Verfahren leichter einen Irrthum bezüglich der Richtung des Unterschiedes als erstenfalls, und die Zahl der unentschiedenen und falschen Fälle fällt unter Anwendung eines gleichen *D* bei gleicher Totalzahl der Fälle grösser aus, als nach dem ersten Verfahren, was aber die Methode nicht ungenauer macht, sofern diese ja auf der Begehung von Irrthümern zu fussen hat, und was durch Anwendung eines grösseren *D* compensirt werden kann, um nicht zu kleine Verhältnisse $\frac{r}{n}$ zu erhalten, welche eben so wenig als zu grosse vortheilhaft für das Mass sind. Von anderer Seite liefert die zweite Methode in gleicher Zeit viel mehr Fälle als die erste, und es kann dabei jede einzelne Doppelhebung mit der anderen ganz gleich oder vergleichbar hergestellt werden.

Eine Nichtkenntniss der Lage des Mehrgewichtes und mithin Zuziehung eines Gehülfen zur Bestimmung der jedesmaligen Lage desselben, um einen Einfluss der Einbildungskraft auf das Urtheil auszuschliessen, ist bei dem ersten Verfahren wesentlich, bei dem zweiten nach der unten zu beschreibenden Ausführungsweise desselben nicht nur nicht nöthig, sondern auch nicht einmal anwendbar. Diess wird sich nach genauerer Darlegung der ganzen Sachlage der Methode bestimmter motiviren lassen.

Gemäss der Bemerkung S. 88 ist die Hebung der Gefässe immer successiv vorzunehmen, und eine Doppelhebung des zweiten Verfahrens, welche ein Urtheil begründet, entsteht also durch folgweise einmalige Hebung des einen und des anderen Gefässes, schliesst somit zwei einfache Hebungen ein. Insofern aber nach der S. 94 angegebenen Weise jedes Urtheil zu zwei Fällen gerechnet wird, wird die Totalzahl der Fälle durch die Zahl der einfachen Hebungen, nicht der Doppelhebungen bestimmt.

Wenn ich beide Gefässe mit derselben Hand hebe, so bezeichne ich es als einhändiges Verfahren: wenn ich das eine mit der einen, das andere mit der anderen Hand hebe, als zweihändiges. Auch das einhändige ist aber immer von mir mit beiden Händen insofern ausgeführt worden, als die Linke und

Rechte in wechselnden Versuchsabtheilungen angewandt wurden. Hiebei hat sich in jeder grösseren Versuchsreihe die Rechte etwas, doch wenig empfindlicher, als die Linke gezeigt; das einhändige Verfahren aber überhaupt nicht unerheblich empfindlicher, als das zweihändige. Die constanten Einflüsse der Zeit- und Raumlage der Gefässe sind nach einhändigem, zweihändigem, linkshändigem, rechtshändigem Verfahren sehr verschieden. Es ist jedoch hier nicht am Orte, in die Specialitäten einzugehen, die mir darüber zu Gebote stehen.

Besondere Rücksichten erfoderte die Einrichtung der Gefässe, welche mit den eingelegten Belastungsgewichten zusammen das Hauptgewicht *P* geben; und erst, nachdem ich viel Zeit durch Versuche mit unvollkommenen Einrichtungen verloren, bin ich bei der unten kurz zu beschreibenden Einrichtung mit einer drehbaren Griffrolle und fixirten, mit den Gefässen so zu sagen einen zusammenhängenden festen Körper bildenden, Belastungsgewichten stehen geblieben, welche genügt hat.

Vielleicht hat es einiges Interesse, wenn ich als ein Beispiel — und in der That ist es nur ein Beispiel — durch wie viel Kleinigkeiten man bei Versuchen dieser Art in Verlegenheit gesetzt und aufgehalten werden kann, zuvor etwas von jenen unvollkommenen Einrichtungen erwähne.

Anfangs wandte ich als Gefässe einfache hohle Holzcylinder an, die ich mit der Hand von oben umfasste. Aber bei schweren Hauptgewichten musste die Hand stark zusammengeknippen werden, damit die Gefässe nicht aus der Hand glitten, indess bei schwachen die Hand von selbst geneigt war, leise zuzugreifen. Auch liess sich die Gleichförmigkeit der Fassung nicht wohl verbürgen. Dann liess ich die Gefässe mit Messingbügeln versehen, die sich um Stifte drehten, welche an den entgegengesetzten Enden eines Diameters des Gefässes angebracht waren, damit die Gefässe sich beim Heben von selbst nach der Schwere orientiren möchten. Aber diese Vorrichtung wurde bald schlottrig. Dann liess ich die Bügel fest annieten; da sie aber, um die Gefässe nicht durch sich selbst zu schwer zu machen, von dünnem Messingblech waren, zogen sie sich, wenn ich zu grösseren Hauptgewichten übergieng und konnten nicht mehr für vergleichbar gelten. Nachdem ich stärkere substituirt hatte, habe ich, nach Verwerfung aller früheren Versuche, mit diesem Apparate fast ein Jahr lang sorgfältige und mühsame Versuche angestellt, und diese zuletzt alle ebenfalls, wenn auch nicht geradezu, verworfen, aber als der Wiederholung und Controle bedürftig erachtet, die seitdem von mir so weit durchgeführt ist, dass alle jene früheren Versuche dadurch als überflüssig oder ihrerseits nur als zu einer beiläufigen Controle der Resultate der neueren dienlich gelten können; auch ist im Folgenden ganz davon abstrahirt. Diess hieng an folgendem Umstande. Die früher von mir angewandten, aus dem Verkehre genommenen und nur durch

Nachwiegen controlirten Belastungsgewichte hatten nach ihrer verschiedenen Schwere auch verschiedene Grösse. Da nun die Gefässe weit genug sein mussten, dass auch die grössten darin Platz hatten, waren die kleinen und selbst grössere nicht vor Verschiebung beim Heben der Gefässe gesichert. Ich setzte voraus, dass der Druck doch immer mit der ganzen Schwere des Gefässes auf dieselben Puncte der die Bügel umfassenden Hand fallen müsse, also kein Nachtheil aus einer etwaigen Verschiebung der Gewichte in den Gefässen hervorgehen könne, unterliess aber bei der Menge sonst zu untersuchender und nach einander untersuchter Nebenumstände, welche von Einfluss bei dem Verfahren sein können, diess zum Gegenstande besonderer Untersuchung zu machen. Diese Vernachlässigung hat sich schwer gerächt. Denn als ich endlich doch der Sicherheit halber die Untersuchung darauf richtete, indem ich absichtlich vergleichungsweise Versuche mit in der Mitte und ganz seitlich im Gefässe fixirten Belastungsgewichten anstellte, zeigte sich, dass vermöge zwar nicht anderer Grösse, aber anderer Vertheilungsweise des Druckes die Erfolge beidesfalls ganz entschieden verschieden ausfallen, das Gefäss nämlich am schwersten erscheint, wenn das Gewicht die Mitte des Gefässes einnimmt, und dass der Unterschied sogar nicht unbeträchtlich ist, wenn man extreme Lagen in dieser Hinsicht vergleicht. Nun konnten allerdings bei meinen Versuchen nur viel geringere, und nach Wahrscheinlichkeit durch die grosse Menge Versuche sich in der Hauptsache compensirende Verrückungen stattgefunden haben, was sich auch theils durch die Uebereinstimmung der einzelnen grösseren Fractionen in den gewonnenen Zahlen, theils dadurch bestätigt hat, dass die späteren Versuche mit der vollkommeneren Einrichtung wesentlich zu ganz denselben Resultaten geführt haben; indess machten mir jene früheren Versuche keine Freude mehr, und die Schärfe und bindende Kraft derselben war, wenn nicht im Ganzen, aber in den Einzelbestimmungen, zu precär geworden, um nicht die Mühe einer Wiederaufnahme derselben mit einem neuen Apparate der Beruhigung bei den bisherigen vorzuziehen.

Alle Versuche, auf die ich mich folgends zu beziehen haben werde, sind nach dem zweiten Verfahren (S. 94) unter sehr gleichförmigen Umständen ausgeführt, welche ich hier als Normalumstände oder Normalverhältnisse beschreibe, Nebenpuncte dabei übergehend, die ich in den »Massmethoden« nachzutragen mir vorbehalte. Von diesen Normalverhältnissen wurde nur insofern abgewichen, als der Erfolg solcher Abänderungen selbst zum Gegenstande der Untersuchung gemacht werden sollte.

Die Gefässe bestanden nach der Einrichtung, bei der ich zuletzt stehen blieb, nur in einer Art Gestellen, aus 4 verticalen, unten durch ein horizontales Kreuz verbundenen, Messingstäben, zwischen welche die, genau einpassenden rechteckigen, nur in der Dickedimension verschiedenen, Gewichte (theils von Blei, theils Zink) eingelegt wurden, so dass sie eine feste Lage darin hatten und sich bei den Hebungen nicht verschieben konnten. Das Gefäss mit dem eingelegten Gewichte und einem darauf aufgelegten Deckel, auf dessen Mitte ein kleines offenes Kästchen aufgelöthet war, bildete zusammen das Hauptgewicht *P*, welches sorgfältig gleich für beide Gefässe gemacht wurde. In das Kästchen des Deckels des einen beider Gefässe ward dann das Zusatzgewicht *D* gelegt, das solchergestalt auch seinen festen Platz, auf der Mitte des Hauptgewichts, behielt. Der Handgriff der Gefässe war eine, um eine horizontale Axe drehbare, hölzerne Rolle von 1 par. Zoll Durchmesser, welche mit der ganzen Hand umfasst wurde.

Jedes Gefäss hatte je nach Anwendung eines leichteren oder schwereren Deckels, mit diesem zusammen, 300 oder 400 Grammen Gewicht, so dass 300 Grammen das kleinste Hauptgewicht *P* war, was angewandt werden konnte, wenn nämlich unter Anwendung des leichten Deckels keine weiteren Belastungsgewichte zugefügt wurden. Als grösstes Hauptgewicht habe ich 3000 Grammen gebraucht; eine schwerere Last hätte der Apparat vielleicht nicht auf die Dauer vertragen. Wo es nicht galt, die Erfolge der Anwendung verschiedener Hauptgewichte zu prüfen, habe ich gewöhnlich 1000 Grammen als Hauptgewicht angewandt.

Als Zusatzgewichte dienten meist die Grössen 0,04 *P* und 0,08 *P*.

Ungeachtet beide Gefässe ganz gleich construirt waren, ward doch, um einen Einfluss einer etwa unbemerkt gebliebenen Verschiedenheit zu compensiren, in jeder Versuchsreihe *D* eben so oft im einen als anderen Gefässe unter sonst gleichen Umständen angebracht.

Die Hebungshöhe wurde durch ein, in einiger Höhe über dem Versuchstische angebrachtes horizontales Bret begränzt, so dass sie 2 Zoll 9 Lin. paris. betrug.

Die Hebungen geschahen mit unbekleidetem Arme, in blossen Hemdärmeln.

Der Modus der Hebungen war der, dass, wenn bei einer ersten Doppelhebung beispielsweise das linke Gefäss zuerst aufgehoben ward, bei der zweiten diess mit dem rechten geschahe, und so fort im Wechsel. 32 solchergestalt im Wechsel hintereinander vollführte Doppelhebungen oder 64 einfache Hebungen, welche eben so viel Fälle begründen, fasse ich als Versuchsabtheilung zusammen, während welcher *D* immer in demselben Gefässe liegen blieb. In der Mitte jeder Abtheilung, d. i. nach 32 einfachen Hebungen, ward aber jedesmal die Stellung der Gefässe von Links zu Rechts gewechselt. Auf der 4fach verschiedenen Zeit- und Raumlage, welche das Mehrgewicht *D* hiedurch erhält, beruhen die unten näher zu besprechenden sog. 4 Hauptfälle der Methode, deren jeder demnach mit 16 einfachen Hebungen oder Fällen in jeder Versuchsabtheilung vertreten war. Solcher Abtheilungen von je 64 Fällen wurden unter Abänderung der zu untersuchenden Verhältnisse (*P*, *D* u. s. w.) meist 8 bis 12 an jedem Versuchstage hinter einander angestellt und bei den grösseren Versuchsreihen meist 1 Monat durch fortgesetzt.

Die durch einen Zähler regulirte Zeit jeder Hebung eines Gefässes betrug 1 Secunde, die jeder Niedersetzung 1 Secunde, die Zwischenzeit zwischen Niedersetzen des einen und Heben des anderen Gefässes auch 1 Secunde, also die Zeit jeder Doppelhebung, welche einen Vergleich oder 2 Fälle begründet, genau 5 Secunden. Eben so viel Zwischenzeit, d. i. 5 Secunden, liess ich zwischen einer und der je nächsten Doppelhebung, während welcher die Aufzeichnung des Resultates stattfand. Beim einhändigen Verfahren geschahe die Aufzeichnung stets mit der müssigen Hand; beim zweihändigen nach den Versuchstagen wechselnd mit der einen oder anderen Hand.

Man übt sich bald auf einen ganz mechanischen Vollzug dieser Operationen nach dem Zähler ein, und auch die Application der Aufmerksamkeit wird bald ganz mechanisch und gleichförmig, so dass sie sich, wie ich aus meinen Vesuchszahlen selbst beweisen kann, zu Ende der täglichen Versuchsstunde nicht merklich geschwächt zeigt; die, durch das Mehrgewicht *D*, die constanten Miteinflüsse der Zeit- und Raumlage, und die unregelmässigen Zufälligkeiten gemeinsam bestimmten, in der Richtung unregelmässig wechselnden Urtheile: rechts schwerer, links schwerer, zweideutig, fallen so zu sagen mit objectivem Charakter bei den Doppelhebungen in die Hand, ohne dass man Wahl und Besinnen nöthig hat, was bei dem ersten Verfahren allerdings der Fall ist.

Wie die Aufzeichnungsweise einzurichten sei, um sich nicht zu verwirren, und die bei den 4 Hauptfällen erhaltenen richtigen

Fälle leicht gesondert zusammenzählen zu können, wird näher in den »Massmethoden« angegeben.

So viel vorläufig von den äusseren Verhältnissen der Versuche. Hienach gehe ich zu den allgemeineren Verhältnissen der Methode über.

Die allgemeine Aufgabe der Methode ist, unter den verschiedenen Umständen, unter denen die Unterschiedsempfindlichkeit für Gewichte vergleichsweise geprüft werden soll, für jeden der zu vergleichenden Umstände durch eine hinreichende Zahl Versuche einen Werth $\frac{r}{n}$, oder, unter Theilung der Versuchszahl in ν Fraction, ν Werthe $\frac{r}{n}$ zu gewinnen, und hieraus das Mass der Unterschiedsempfindlichkeit abzuleiten, womit noch die Nebenaufgabe in Beziehung gesetzt werden kann, die Grösse und Richtung der bei den Versuchen mitwirkenden constanten Nebeneinflüsse zu bestimmen.

Nun scheint sich von vorn herein eine fundamentale Schwierigkeit darzubieten.

Wir wissen, dass unter sonst gleichen Umständen das Verhältniss $\frac{r}{n}$ mit der Empfindlichkeit für den Gewichtsunterschied wächst; aber ein doppelt so grosses $\frac{r}{n}$ entspricht nicht einer doppelt so grossen Unterschiedsempfindlichkeit, wenn wir dem von uns aufgestellten Massbegriffe derselben treu bleiben wollen, sondern ein halb so grosses Zulagegewicht D, was ein gleiches $\frac{r}{n}$ giebt, entspricht der doppelten Empfindlichkeit; und schon aus allgemeinem Gesichtspuncte lässt sich Folgendes bemerken.

Mag auch die Empfindlichkeit sehr klein sein, so wird man doch die Zulage D immer so gross im Verhältnisse zu P nehmen können, dass fast alle oder wirklich alle Fälle richtig werden, und es leuchtet ein, dass auch die stärkste Vermehrung der Empfindlichkeit dann keine Vergrösserung des Verhältnisses $\frac{r}{n}$ mitführen kann; dass also in diesem Verhältnisse, da es bei sehr geänderter Empfindlichkeit nahe oder ganz constant bleiben kann, kein geeigneter allgemeiner Massstab der Empfindlichkeit zu suchen wäre; wogegen man bei der sehr verstärkten Empfindlichkeit nun mit einem viel geringeren Zulagegewichte ausreichen wird, das Verhältniss $\frac{r}{n}$ auf gleiche Approximation zu $\frac{n}{n}$ zu bringen, und hienach die Verstärkung der Empfindlichkeit zu beurtheilen, so dass man schon durch die Natur der Sache auf das von uns aufgestellte Mass gewiesen wird. Aber wie soll es bei unserer Methode Platz finden?

Gesetzt, ich will beispielsweise die Empfindlichkeit der linken und rechten Hand für Gewichtsunterschiede vergleichen, und stelle bei demselben Hauptgewichte P und demselben Zusatzgewichte D einmal Hebungen beider Gefässe mit der Linken (L.), ein anderes Mal mit der Rechten (R.) an, so erhalte ich doch zunächst nur ein verschiedenes $\frac{r}{n}$ für L. und R., was mich auf die grössere oder geringere Empfindlichkeit der einen oder anderen Hand schliessen lässt, aber damit kein vergleichbares Mass dieser Empfindlichkeiten; und es fragt sich, wie komme ich dazu, die verschiedenen Grössen der Zulage D zu finden, welche dasselbe Verhältniss $\frac{r}{n}$ für L. und R. geben würden.

Aehnlich, wenn ich die Empfindlichkeit einer und derselben Hand, oder beider Hände im Durchschnitte, bei verschiedenem P untersuchen will. Dieselbe Zulage D giebt nach Erfahrung bei kleinem P ein grösseres Verhältniss $\frac{r}{n}$ als bei grösserem, aber es handelte sich vielmehr darum, das verschiedene D zu finden, welches dasselbe $\frac{r}{n}$ für die verschiedenen P's giebt, um im reciproken Werthe dieser D das Mass der Unterschiedsempfindlichkeit bei den verschiedenen Werthen von P zu haben.

Die Methode der richtigen und falschen Fälle in der seither bekannten Anwendung war aus diesem Gesichtspuncte in der That nur geeignet, eine Anzeige des Mehr und Weniger, aber nicht ein vergleichbares Mass der Empfindlichkeit zu gewähren. Doch lässt sich die Methode dahin ausbilden, ein solches zu gewähren.

Zunächst bietet sich der Weg des Tatonnements dar. Man kann die Gewichtszulage unter den verglichenen Umständen so lange abändern, bis man dasselbe $\frac{r}{n}$ damit erhält. Aber da nur aus einer grossen Menge Versuche überhaupt ein sicheres Resultat selbst für ein und dasselbe D gezogen werden kann, so ist diess Verfahren, was eine grosse Menge Versuche für jedes der probirten D's fodert, nicht nur unsäglich langwierig, sondern führt auch nach mühsamstem Probiren zu keiner Genauigkeit.

Allerdings kann man zwischen nahe liegenden Werthen interpoliren; und längere Zeit habe ich mir auf diese Weise zu helfen gesucht; doch ist der Uebelstand der Umständlichkeit und Ungenauigkeit dadurch nur sehr unvollständig zu heben. Glücklicherweise aber ist er einfach und vollständig zu heben.

Nach einer principiell genauen und durch Versuche von mir wohl bewährten, zwar auf mathematische Analyse gegründeten, aber leicht ins Praktische zu übersetzenden, Regel lässt sich aus jedem $\frac{r}{n}$, was bei einem gewissen D erhalten worden ist, finden, welches D bei demselben P und übrigens gleich gehaltenen Umständen erfoderlich gewesen sein würde, ein beliebiges anderes $\frac{r}{n}$, zu geben, also auch das, was man als festes unterlegen will, wofern nur das $\frac{r}{n}$, nach dem man schliesst, aus einem hinreichend grossen n gewonnen ist. Ja man kann direct, ohne Rechnung, aus jedem $\frac{r}{n}$, dem ein hinreichend grosses n unterliegt*), nach einer Tabelle das Mass der Unterschiedsempfindlichkeit, um das es zu thun ist, so finden, dass es dem von uns aufgestellten Begriffe dieses Masses entspricht; und es soll sofort gezeigt werden, wie diess zu bewirken ist, nachdem nur zuvor einige Worte über den Weg, der dazu geführt hat, vorausgeschickt sind.

Bei einem Studium der Wahrscheinlichkeitsrechnung, zu dem ich mich immer von Neuem durch das Interesse der Ausbildung unserer Methoden getrieben fand, bot sich mir die Betrachtung dar, 1) dass nach der Sachlage unseres Verfahrens das Mass der Empfindlichkeit für Unterschiede durch den, gewöhnlich mit h bezeichneten, Werth vertreten werden könne, der nach Gauss das Mass der Präcision von Beobachtungen bietet, sofern bei vergleichbar gehaltener Modalität des Verfahrens die Präcision nur noch von der Empfindlichkeit, womit der Unterschied aufgefasst wird, abhängt; 2) dass zwischen dem durch die Versuche gebotenen $\frac{r}{n}$ und dem Producte jenes Masses h in das Zulagegewicht D, bei welchem $\frac{r}{n}$ gefunden ist, d. i. zwischen $\frac{r}{n}$ und hD, eine mathematische Beziehung stattfinden müsse, welche eine Ableitung von hD aus $\frac{r}{n}$, und hienach durch Division mit D das Mass der Unterschiedsempfindlichkeit h finden lassen müsse.

---

*) Wenn man durch Fractionirung einer grossen Versuchszahl bis zu kleinem n in den einzelnen Fractionen herabgeht, so verliert man zwar in den einzelnen Fractionen an Genauigkeit, gewinnt aber solche dann wieder durch Zusammenlegung der Resultate der Fractionen. (Vgl. S. 83).

Es galt nur noch, diese Beziehung erstlich theoretisch festzustellen, zweitens durch den Versuch zu bewähren, drittens für unsere Massmethode praktisch zu verwerthen. Diese drei Aufgaben glaube ich befriedigend gelöst zu haben, womit die Methode der richtigen und falschen Fälle erst die Bedeutung einer wirklichen Massmethode erlangt haben dürfte.

Was die mathematische Deduction anlangt, so gebe ich sie, da es für die praktische Anwendung der Methode nicht nöthig ist, davon Einsicht zu nehmen, in folgender Einschaltung. Die experimentale Bewährung kommt wesentlich darauf heraus, experimental zu zeigen, dass, wenn man bei constanter Empfindlichkeit einen gewissen Werth $\frac{r}{n}$ bei einem gewissen Werthe D erlangt hat, der nach unserer mathematischen Beziehung berechnete Werth $\frac{r}{n}$ für ein anderes D, was zu jenem in bestimmtem Verhältnisse steht, sich durch Versuche richtig wiederfindet, unter Gestattung natürlich so kleiner Abweichungen, als auf nicht ausgeglichene Zufälligkeiten zu schreiben; — oder, was nur eine andere Form derselben Bewährung ist, dass die, bei gleicher Empfindlichkeit aber verschiedenem D durch den Versuch erhaltenen Verhältnisse $\frac{r}{n}$ nach der, auf unsere mathematische Beziehung gegründeten Tabelle Werthe von hD geben, welche proportional mit D sind.*) Zum Belege hievon aber stehen mir sehr ausgedehnte Beobachtungsreihen zu Gebote, die ich in den »Massmethoden« mittheilen werde. Auch werden wir auf einige derselben im 9. und 12. Kapitel von selbst geführt werden.

Hienach wird sich der Gegenstand rein praktisch so darstellen lassen, dass Jeder auch ohne Einsicht in die Gründe der zu gebenden Regeln und selbst ohne mathematische Vorkenntnisse sich der Methode messend bedienen kann. Auch wird man diess mit Zutrauen thun können, nachdem sich die theoretische Ableitung derselben der Controle durch eine berühmte mathematische Autorität zu erfreuen gehabt, und die Controle durch die Erfahrung ebenfalls entscheidend gewesen ist.

---

*) Da die Unterschiedsempfindlichkeit, um die es sich hier handelt, mit P (aber nicht mit D, so lange D klein bleibt) variabel ist, so wird zu Versuchen mit gleichbleibender Empfindlichkeit ein constantes P erfodert.

Mathematische Aufstellung und Deduction der Rechnungsregel der Methode der richtigen und falschen Fälle.

Indess bis jetzt kein aprioristisches Princip vorliegt, wie je nach der Grösse des Hauptgewichtes P sich das Verhältniss $\frac{r}{n}$ bei constantem Zusatzgewichte D ändern muss, vielmehr diess nur als Sache eines durch das Experiment zu constatirenden Gesetzes anzusehen ist, so ist dagegen möglich, nach den Principien der Wahrscheinlichkeitsrechnung *a priori* anzugeben, wie sich das Verhältniss $\frac{r}{n}$ ändern muss (ein grosses n vorausgesetzt), wenn bei gleichbleibendem Hauptgewichte P und überhaupt gleichbleibender Unterschiedsempfindlichkeit h das Zusatzgewicht sich ändert, oder überhaupt der Einfluss sich ändert, welcher das scheinbare Uebergewicht bestimmt, und der hier ein- für allemal durch D vertreten werden mag. Es sind nämlich hiebei dieselben Principien massgebend, nach welchen man auch, gleichbleibende Präcision der Beobachtung vorausgesetzt, die Aenderung der verhältnissmässigen Zahl der Beobachtungsfehler nach den Aenderungen ihrer Grösse bestimmen kann. Die Beziehung zwischen $\frac{r}{n}$ und Dh, um die es sich hier handelt, ist jedoch nicht durch einen endlichen Ausdruck, sondern nur durch einen Integralausdruck darstellbar, der zur praktischen Verwerthung der Beziehung tabellarisch repräsentirt werden muss, wie unten geschehen wird.

Der folgends mit Θ zu bezeichnende Integralausdruck, welcher hiebei ins Spiel kommt, ist derselbe, durch welchen die relative Zahl oder Wahrscheinlichkeit der Fehler in gegebenen Gränzen der Grösse bestimmt wird, nur dass an die Stelle des, gewöhnlich mit Δ bezeichneten, Fehlers das halbe Mehrgewicht $\frac{D}{2}$ tritt, nämlich

$$\Theta = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^t e^{-t^2} dt$$

wo π die Ludolf'sche Zahl, e die Grundzahl der natürlichen Logarithmen, $t = h\Delta = \frac{hD}{2}$, h das Präcisionsmass im Gauss'schen Sinne ist. Der Werth von t, welcher einem gegebenen Werthe von Θ zugehört, findet sich an manchen Orten tabellarisch repräsentirt, so im Berlin. astronom. Jahrb. f. 1834 S. 305 ff. bis $t = 2,0$; und in einer besonders erschienenen, jetzt nicht mehr im Buchhandel zu habenden lithographirten Tabelle bis $t = 3,0$; so dass man, wenn Θ nach $\frac{r}{n}$ gegeben ist, hiemit zugleich t oder $\frac{hD}{2}$ gegeben halten kann.

Nun werden alsbald folgende, für unsere Methode fundamentale, Gleichungen bewiesen werden, mittelst deren Θ aus $\frac{r}{n}$ ableitbar ist.

$$\frac{r}{n} = \frac{1+\Theta}{2}\,;\quad \frac{f}{n} = \frac{1-\Theta}{2}\,;\quad \frac{r}{f} = \frac{1+\Theta}{1-\Theta}$$

und hienach

$$\frac{2r}{n} - 1 = 1 - \frac{2f}{n} = \Theta.$$

Von diesen Beziehungen reicht es hin, die zwischen $\frac{r}{n}$ und Θ wie folgt in Anwendung und Betracht zu ziehen. Man leitet aus dem beobachteten $\frac{r}{n}$ den Werth Θ nach der Gleichung $\frac{2r}{n} - 1 = \Theta$ ab, sucht in einer Tabelle des Integrals Θ den Werth $t = \frac{hD}{2}$ dazu auf, und dividirt ihn mit $\frac{D}{2}$, um h zu erhalten, oder mit D, wenn man, wie von uns geschehen soll, das h der Methode der richtigen und falschen Falle blos halb so gross nimmt, als das der Fehlertheorie. Um aber nicht erst aus dem durch die Beobachtung gefundenen $\frac{r}{n}$ jedesmal erst den Werth $\frac{2r}{n} - 1$ besonders bilden zu müssen, habe ich die Tabelle des Integrals Θ, wo die Beziehung zwischen $\Theta = \frac{2r}{n} - 1$ und t gegeben ist, in eine solche umgesetzt, wo sie gleich zwischen $\frac{r}{n}$ und t gegeben ist. Diess giebt die unten folgende Fundamentaltabelle.

Die mathematische Ableitung vorstehender Beziehung zwischen $\frac{r}{n}$ und Θ hat die Prufung des Herrn Prof. Mobius, dem ich sie vorgelegt, bestanden, wonach man sie mathematischerseits als einwurfsfrei ansehen kann. Er hat aber die Gefalligkeit gehabt, meiner etwas unbehülflichen Ableitung eine kürzere und pracisere, übrigens zu demselben Ziele fuhrende, zu substituiren, die ich demnach vorziehe, statt der meinigen im Folgenden mitzutheilen.

Die Mobius'sche Ableitung legt als Beispiel statt der Abweichung zweier Gewichte von der Gleichheit die Abweichung zweier Theile einer geraden Linie von der Gleichheit unter. Das Princip ist aber eines- und andernfalls dasselbe.

Es sei allgemein

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^{h\Delta} e^{-t^2}\,dt$$

die Wahrscheinlichkeit, dass der bei einer Messung einer Grosse begangene Fehler innerhalb der Granzen von $-\Delta$ und $+\Delta$ fallt, in welchem Ausdrucke h wie oben das Mass der Pracision der Messung, π die Ludolf'sche Zahl.

Seien nun beispielsweise:

$$A \qquad C \qquad B$$

drei Puncte in einer geraden Linie; C sehr nahe, aber doch nicht ganz in der Mitte zwischen A und B gelegen. Bei n Beobachtungen nach der Methode der richtigen und falschen Fälle halte ich a mal dafür, dass C dem A naher liegt, als dem B; mithin $CB > CA$; $n - a = b$ mal dafür, dass C dem B naher liegt, als dem A, mithin $CB < CA$. Hienach verhalten sich die Wahrscheinlichkeiten für $CA < CB$ und für $CB < CA$, wie a und b, und diese zwei Wahrscheinlichkeiten selbst sind $\frac{a}{n}$ und $\frac{b}{n}$.

Sei nun in der Linie

$$A \qquad C \quad M \qquad\qquad B$$

M der wirkliche Mittelpunct von AB, und C liege von M etwas Weniges nach A zu, so ist a mal mein Urtheil ein richtiges gewesen, und b mal habe ich mich geirrt. Ich habe nämlich b mal den Punct C zwischen M und B liegen geglaubt; habe also bei jeder dieser b Schätzungen den Punct um mehr als die kleine Linie CM irrig, und zwar über M hinaus nach B zu angenommen, habe also jedesmal einen Fehler, $> CM$, nach einerlei Seite hin, begangen.

Die Wahrscheinlichkeit dafür ist einerseits $= \frac{b}{n}$, anderseits $= \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{h\,.\,CM}^{\infty} e^{-t^2}\,dt$

wo CM als eine positive Grösse zu betrachten ist. Nun ist

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{0}^{h\,.\,CM} \cdots\cdots + \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{h\,.\,CM}^{\infty} \cdots\cdots = \frac{1}{2},$$

$$\text{also } \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{0}^{h\,.\,CM} \cdots\cdots + \frac{b}{n} = \frac{1}{2}, \text{ folglich}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{0}^{h\,.\,CM} \cdots\cdots = \frac{1}{2} - \frac{b}{n} = \frac{1}{2} - 1 + \frac{a}{n} = \frac{a}{n} - \frac{1}{2}.$$

Schliesslich also:

$$\frac{a}{n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{0}^{h\,.\,CM} \cdots\cdots = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{h\,.\,CM} \cdots\cdots = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-h\,.\,CM}^{\infty} \cdots\cdots$$

$$\frac{b}{n} = \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{0}^{h\,.\,CM} \cdots\cdots = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{h\,.\,CM}^{\infty} \cdots\cdots = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{-h\,.\,CM} \cdots\cdots$$

Diese zwei Formeln für $\frac{a}{n}$ und $\frac{b}{n}$ könnte man auch so erläutern: Bei n-maliger Betrachtung der Linie $ACMB$, von der aber nur die Puncte A und B sichtbar sind, glaubt man in a Fällen, dass M zwischen C und B irgendwo liegt (wie es die Wahrheit ist); in b Fällen (fälschlich), dass M irgendwo zwischen A und C liegt. Auf dieselben zwei Abschnitte CB und AC beziehen sich aber auch die Gränzen der Integration, als welche für $\frac{a}{n} \ldots\ldots -h\,.\,CM$ und ∞, für $\frac{b}{n} \ldots\ldots -\infty$ und $-h\,.\,CM$ sind. Wird nämlich die Richtung $ACMB$ für die positive und M als Anfangspunct genommen, so sind die Abscissen von C und $B = -CM$ und MB, die Abscissen von A und $C = -AM$ und $-CM$; AM und MB sind aber gegen CM als unendlich zu betrachten.

Soweit die **Möbius**'sche Ableitung.

Um nun das Beispiel der Linien auf das Beispiel der Gewichte zu reduciren, wird man das eine Gewicht P mit AC, das andere $P + D$ mit BC, die Länge $AM = \frac{AC + BC}{2}$ mit $P + \frac{D}{2}$, mithin das Stück CM mit $\frac{D}{2}$ zu vergleichen, also $\frac{D}{2}$ für CM in vorige Formeln zu substituiren haben. Ferner ist $\frac{a}{n}$ gleich unserem $\frac{r}{n}$ und $\frac{b}{n}$ gleich unserem $\frac{f}{n}$, wodurch sich zur directen Anwendung für unsere Methode die Formeln ergeben:

$$\frac{r}{n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{hD}{2}} e^{-t^2} dt$$

$$\frac{f}{n} = \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{hD}{2}} e^{-t^2} dt$$

oder wenn wir das Integral

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{hD}{2}} e^{-t^2} dt$$ kurz mit Θ bezeichnen

$$\frac{r}{n} = \frac{1 + \Theta}{2};\ \frac{f}{n} = \frac{1 - \Theta}{2};\ \Theta = \frac{2r}{n} - 1 = 1 - \frac{2f}{n}.$$

Dass wir, wie oben bemerkt, das Präcisions- oder Empfindlichkeitsmass unserer Methode h gleich dem halben Präcisionsmasse der Fehlertheorie nehmen, hat auf die Anwendungen innerhalb unserer Methode keinen Einfluss, da es hier nur auf Verhältnisse von t oder h ankommt; würde aber in Rücksicht kommen, wenn man etwa die Resultate der Methode der richtigen und falschen Fälle nach absolutem Werthe mit den durch die Methode der mittleren Fehler erhaltenen vergleichen wollte, wozu das Integral Θ die Vermittelung gewährt, so wie auch bei der aprioristischen Berechnung des wahrscheinlichen Fehlers oder der Unsicherheit von $\frac{r}{n}$ oder t, womit wir uns aber hier nicht beschäftigen.

Wenden wir uns nun zum **Praktischen**:

Die Regel, um die es sich handelt, kommt einfach darauf zurück, zu dem durch die Versuche gegebenen Bruchwerthe $\frac{r}{n}$ in folgender Tabelle, welche ich die **Fundamentaltabelle der Methode der richtigen und falschen Fälle** nenne, den zugehörigen Werth $t = hD$ aufzusuchen (unter Zuziehung einer Interpolation, wenn der Werth $\frac{r}{n}$ nicht genau in der Tabelle zu finden) und durch Division dieses Werthes mit D den Werth h zu bestimmen, welcher das verlangte Empfindlichkeitsmass ist, oder auch bei constantem D den so gefundenen Werth $t = hD$ selbst unmittelbar zum Masse zu verwenden, was in vielen Fällen bequem ist.

Diese Regel genügt, wenn ausser dem constanten Gewichtsüberschusse D keine anderen constanten Einflüsse vorhanden sind, welche das Urtheil, wohin das Uebergewicht fällt, bestimmen können, oder falls solche durch die Anordnung der Versuche schon bei Gewinn des Werthes $\frac{r}{n}$ als compensirt angesehen werden könnten. Wo nicht, so gehen in den Werth t die constanten Miteinflüsse mit ein; er hängt dann nicht mehr blos von h und D, wenn unter D immer blos das Zusatzgewicht verstanden wird, sondern auch von diesen Miteinflüssen mit ab; die einfache Division des Werthes t mit D kann dann natürlich h nicht mehr richtig finden lassen, und der Werth t kann, auch bei constantem D, nicht mehr statt h zum vergleichbaren Masse verwandt werden, wenn nicht mit D zugleich die Miteinflüsse constant sind. Doch bietet ein gehörig eingerichtetes Verfahren mit geeigneter Anwendung der Fundamentaltabelle auch hier einen einfachen Weg der Abhülfe dar, wovon unten besonders die Rede sein wird.

Fundamentaltabelle der Methode der richtigen und falschen Fälle.

$\frac{r}{n}$	$t = hD$	diff.	$\frac{r}{n}$	$t = hD$	diff.	$\frac{r}{n}$	$t = hD$	diff.
0,50	0,0000	177	0,71	0,3913	208	0,91	0,9481	455
0,51	0,0177	178	0,72	0,4121	212	0,92	0,9936	500
0,52	0,0355	177	0,73	0,4333	216	0,93	1,0436	558
0,53	0,0532	178	0,74	0,4549	220	0,94	1,0994	637
0,54	0,0710	180	0,75	0,4769	225	0,95	1,1631	748
0,55	0,0890	178	0,76	0,4994	230	0,96	1,2379	918
0,56	0,1068	179	0,77	0,5224	236	0,97	1,3297	1234
0,57	0,1247	181	0,78	0,5460	242	0,98	1,4531	1907
0,58	0,1428	181	0,79	0,5702	249	0,99	1,6438	∞
0,59	0,1609	182	0,80	0,5951	257	1,00	∞	
0,60	0,1791	183	0,81	0,6208	265			
0,61	0,1974	186	0,82	0,6473	274			
0,62	0,2160	187	0,83	0,6747	285			
0,63	0,2347	188	0,84	0,7032	297			
0,64	0,2535	190	0,85	0,7329	310			
0,65	0,2725	192	0,86	0,7639	326			
0,66	0,2917	194	0,87	0,7965	343			
0,67	0,3111	196	0,88	0,8308	365			
0,68	0,3307	199	0,89	0,8673	389			
0,69	0,3506	202	0,90	0,9062	419			
0,70	0,3708	205						

Bemerkungen. 1) Insofern es nur auf Verhältnisse von t oder h ankommt, pflege ich die Ziffern in den Werthen t der Tabelle statt als Decimalbrüche, als ganze Zahlen zu verwenden. So wird es stets bei künftiger Anführung von nach der Tabelle berechneten Werthen geschehen. 2) Es ist nur nöthig, die Tabelle zu Werthen von $\frac{r}{n}$ über 0,5 aufzustellen. Kommen, wie diess häufig unter gegebenen Versuchsumständen bei nicht zu grossem D für diesen oder jenen der unten zu besprechenden Hauptfälle Platz greift, Werthe von $\frac{r}{n}$ unter 0,5 vor, so hat man statt $\frac{r}{n}$ vielmehr $\frac{f}{n} = \frac{n-r}{n}$ in der Spalte $\frac{r}{n}$ der Tabelle aufzusuchen, und den zugehörigen Werth t mit negativem Vorzeichen in die später anzuführenden Gleichungen zur Bestimmung von hD, hp, hq einzuführen. 3) Die Tabelle giebt für $\frac{r}{n} = 1$, d. i. für den Fall, dass alle Fälle richtig ausfallen, einen unendlichen Werth für t. Hiebei ist aber streng genommen eine unendliche Zahl Beobachtungen vorausgesetzt. Im Allgemeinen muss man D klein genug und n gross genug nehmen, dass jener Fall nicht eintritt.

Am bequemsten wird man sich der vorigen Tabelle bedienen, wenn man bei seinen Beobachtungen ein für allemal $n = 100$ nimmt, d. h. jedesmal r für 100 Fälle bestimmt, und grössere Versuchsreihen in Fractionen von 100 theilt, um nachher die einzelnen daraus erhaltenen t-Werthe zu Summen- oder Mittelwerthen zu combiniren, da die fractionsweise Behandlung ohnehin aus anderen Gesichtspuncten nöthig oder nützlich ist. In der That hat man dann in der Spalte $\frac{r}{n}$ blos die Null und das Komma vorn wegzustreichen, um die durch den Versuch erhaltenen Zahlen r unmittelbar darin zu finden; und man erspart sich nicht nur die Division zur Bildung der Werthe $\frac{r}{n}$, sondern bedarf auch keiner Interpolation, da man dann alle Versuchszahlen r unmittelbar genau in der Tabelle findet.

Wofern man ein anderes n als 100 wählt, wird man immer auf Werthe von $\frac{r}{n}$ stossen, die sich nicht genau in der vorigen Tabelle finden. Dann kann man mit Hülfe der Differenzen in der Differenzspalte die zugehörigen t-Werthe leicht durch einfache Interpolation bestimmen, wobei man bis etwa $\frac{r}{n} = 0,85$ höchstens um 1 bis 2 Einheiten der letzten Decimale im t-Werthe fehlen kann, was irrelevant ist, da die 4. Decimale bei Beobachtungen dieser Art zuzuziehen ohnehin als ein Luxus angesehen werden kann. Bei höheren Werthen $\frac{r}{n}$ jedoch würde man um so mehr bei dieser Interpolation irren, je höher diese Werthe sind; und ich füge daher zur Ergänzung des letzten Theils der Tabelle noch ein paar Zusatztabellen bei, worin die Werthe $\frac{r}{n}$ enger an einander liegen, und mit deren Zuziehung man für alle Fälle als Unterlage einer weiteren Interpolation ausreichen wird.

Zusatztabelle I.

$\frac{r}{n}$	$t = hD$	diff.	$\frac{r}{n}$	$t = hD$	diff.	$\frac{r}{n}$	$t = hD$	diff.
0,8300	0,6747	70	0,8825	0,8397	91	0,9300	1,0436	133
0,8325	0,6817	71	0,8850	0,8488	92	0,9325	1,0569	137
0,8350	0,6888	72	0,8875	0,8580	93	0,9350	1,0706	142
0,8375	0,6960	72	0,8900	0,8673	95	0,9375	1,0848	146
0,8400	0,7032	73	0,8925	0,8768	96	0,9400	1,0994	151
0,8425	0,7105	74	0,8950	0,8864	98	0,9425	1,1145	156
0,8450	0,7179	75	0,8975	0,8962	100	0,9450	1,1301	162
0,8475	0,7253	76	0,9000	0,9062	102	0,9475	1,1463	168
0,8500	0,7329	77	0,9025	0,9164	103	0,9500	1,1631	175
0,8525	0,7405	78	0,9050	0,9267	106	0,9525	1,1806	182
0,8550	0,7482	79	0,9075	0,9373	108	0,9550	1,1988	191
0,8575	0,7560	80	0,9100	0,9481	110	0,9575	1,2179	200
0,8600	0,7639	81	0,9125	0,9591	112	0,9600	1,2379	211
0,8625	0,7719	82	0,9150	0,9703	115	0,9625	1,2590	222
0,8650	0,7800	83	0,9175	0,9818	118	0,9650	1,2812	236
0,8675	0,7882	84	0,9200	0,9936	120	0,9675	1,3048	249
0,8700	0,7965	85	0,9225	1,0056	123	0,9700	1,3297	272
0,8725	0,8049	86	0,9250	1,0179	127	0,9725	1,3569	290
0,8750	0,8134	87	0,9275	1,0306	130	0,9750	1,3859	316
0,8775	0,8221	89				0,9775	1,4175	
0,8800	0,8308							

Zusatztabelle II.

$\frac{r}{n}$	$t = hD$	diff.	$\frac{r}{n}$	$t = hD$	diff.	$\frac{r}{n}$	$t = hD$	diff.
0,970	1,3297	107	0,980	1,4522	150	0,990	1,6450	278
0,971	1,3404	109	0,981	1,4672	156	0,991	1,6728	304
0,972	1,3513	112	0,982	1,4828	163	0,992	1,7032	343
0,973	1,3625	115	0,983	1,4991	173	0,993	1,7375	389
0,974	1,3740	119	0,984	1,5164	181	0,994	1,7764	450
0,975	1,3859	123	0,985	1,5345	192	0,995	1,8214	539
0,976	1,3982	128	0,986	1,5537	205	0,996	1,8753	677
0,977	1,4110	132	0,987	1,5742	219	0,997	1,9430	922
0,978	1,4242	138	0,988	1,5961	234	0,998	2,0352	1499
0,979	1,4380	142	0,989	1,6195	260	0,999	2,1851	∞
						1,000	∞	

An sich hat die Zahl $n = 100$ keinen besonderen Vorzug; und ich selbst habe statt $n = 100$ immer $n = 64$ zu Grunde gelegt, alle meine grösseren Versuchsreihen in Fractionen mit $n = 64$ getheilt, die aus den Fractionen besonders berechneten t-Werthe nachher addirt, und diese Summenwerthe oder die daraus gezogenen Mittelwerthe verwandt. Der Grund war der, dass 64, als Potenz der 2, einer grösseren Subdivision mit 2 fähig ist, als 100, und ich mir diese anfangs für beliebige Fractionirung offen halten wollte. Später bin ich dabei stehen geblieben, um alle Versuchsreihen in dieser Hinsicht vergleichbar zu halten, da, wie nachher zu bemerken, die Grösse des n, was man zu Grunde legt, einen gewissen Einfluss auf die Grösse der Masszahlen hat, den man überall vergleichbar halten muss. Die von mir gewöhnlich gebrauchte Fundamentaltabelle ist daher, um die Uebersetzung des Bruches $\frac{r}{n}$ in einen Decimalbruch und Interpolation eben so zu ersparen, als für obige Tabelle angegeben wurde, gleich für r, zugehörig zu $n = 64$, eingerichtet; und ich füge sie hier noch hinzu, falls sich Andere derselben Grundzahl bedienen wollen.

Fundamentaltabelle für $n = 64$.

r	$t = hD$	r	$t = hD$
33	0,0277	49	0,5123
34	0,0555	50	0,5490
35	0,0833	51	0,5873
36	0,1112	52	0,6273
37	0,1394	53	0,6695
38	0,1677	54	0,7142
39	0,1964	55	0,7619
40	0,2253	56	0,8134
41	0,2547	57	0,8696
42	0,2844	58	0,9320
43	0,3147	59	1,0026
44	0,3456	60	1,0848
45	0,3772	61	1,1851
46	0,4095	62	1,3172
47	0,4427	63	1,5231
48	0,4769	64	∞

Um meine grösseren Reihen, die stets Multipla von 64 Fällen enthalten, vergleichungsweise mit der fractionsweisen Behandlung, doch auch im Ganzen oder in grösseren Abtheilungen gleich bequem behandeln zu können, habe ich noch eine grössere Tabelle für $n \doteq 512$, worin 64 8mal enthalten ist, construirt, woraus sich unmittelbar auch Tabellen für $n = 64$, $= 2 . 64$, $= 4 . 64$ ziehen lassen. Durch Rückgang auf die, S. 104 angezeigte, Tabelle des Integrals Θ und Zuziehung der S. 105 angegebenen Gleichung zwischen $\frac{r}{n}$ und Θ wird übrigens der Sachverständige (mit Hülfe von Interpolation) leicht Tabellen für beliebige Grundzahlen n entwerfen können. In jedem Falle aber wird man wohl thun, welche Grundzahl n man auch wählen mag, immer dieselbe für alle Versuche beizubehalten, bei grösserer Versuchszahl immer durch Fractionirung auf dieselbe zurückzugehen und seine Tabelle ein- für allemal darauf einzurichten.

Vorstehender Fundamentaltabellen kann man sich nun auch bedienen, um aus dem $\frac{r}{n}$, was man bei einem gegebenen D und P erlangt hat, auf das D zu schliessen, was bei derselben Empfindlichkeit h und mithin demselben P (da h sich mit P, aber nicht mit D ändert) erfoderlich sein würde, irgend ein beliebiges anderes $\frac{r}{n}$ zu geben, indem man nur nöthig hat, zu dem anderen $\frac{r}{n}$ in der Tabelle das zugehörige t zu suchen und folgende Proportion anzusetzen: Wie sich das $t = hD$ beider $\frac{r}{n}$ verhält, so verhält sich das D derselben. Umgekehrt kann man nach der Tabelle zu gegebenen D's die zugehörigen Werthe $\frac{r}{n}$ finden, wenn ein solcher für ein D gegeben ist, so lange h constant bleibt. Jedoch wird man auf diese Anwendungen nicht leicht praktisch durch unsere Methode geführt, indem die obige Bestimmungsweise von h oder auch nach Umständen blos t das bleibt, worauf zuletzt Alles ankommt.

Man darf nicht vergessen, dass der angegebene einfache Gebrauch der Tabelle nur unter der angegebenen Bedingung stattfindet, dass das scheinbare Uebergewicht, abgesehen von den Zufälligkeiten, blos von D abhängt; in Wirklichkeit aber hängt es noch von constanten Einflüssen der Zeit- und Raumlage mit ab; und der nach der Tabelle aus $\frac{r}{n}$ abzuleitende Werth t ist in diesem Falle nicht blos $= hD$, sondern $= h(D + M)$, wo M die algebraische Summe aller constanten Miteinflüsse ist, die noch ausser D das scheinbare Uebergewicht bestimmen. Mit Rücksicht darauf besteht die praktische Aufgabe darin, die Versuche und deren Berechnung so zu combiniren, dass M compensirt wird, und man auf denselben Werth hD zurückkommt, welcher ohne das Dasein der Miteinflüsse nach obigem einfachen Gebrauche der Tabelle erhalten werden würde.

Was nun die Versuchsweise anlangt, so ist unsere normale Ausführungsweise, von der oben die Rede war, gleich für diesen Zweck berechnet. Hier wird nach einem ganz regelmässigen Modus zwischen 4 Hauptfällen entgegengesetzter Zeit- und Raumlage des Mehrgewichtes gewechselt, nämlich 1) wo dasselbe im linksstehenden Gefässe liegt, und wo dieses zuerst aufgehoben wird; 2) wo es im linksstehenden Gefässe liegt, und wo dieses zu zweit aufgehoben wird; 3) und 4) entsprechend mit dem rechten Gefässe; also, um die 4 Hauptfälle übersichtlich aus einander zu halten, wo es liegt:

1) im linksstehenden zuerst aufgehobenen Gefässe,
2) – linksstehenden zuzweit – –
3) – rechtsstehenden zuerst – –
4) – rechtsstehenden zuzweit – –

Kurz bezeichne ich diese 4 Hauptfälle nach voriger Reihenfolge mit

$$\mathrm{I} >,\ \mathrm{II} >,\ \mathrm{I} <,\ \mathrm{II} <.$$

Die dabei erhaltenen, für jeden Hauptfall besonders zusammengezählten, richtigen Zahlen mit

$$r_1,\ r_2,\ r_3,\ r_4$$

und die, ihren Quotienten durch n zugehörigen Werthe t der Fundamentaltabelle (welche nicht mehr einfach $= hD$ zu setzen sind) mit

$$t_1,\ t_2,\ t_3,\ t_4$$

wobei für alle Hauptfälle ein gleiches n vorausgesetzt ist.

Der Weg der vollständigen Compensation von M beruht dann, wie leicht zu zeigen, darin, dass man die so erhaltenen t's der 4 Hauptfälle addirt und mit 4 dividirt, indem man hat

$$hD = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4}$$

wonach Division mit D wie früher den reinen Werth von h giebt, statt dessen man wiederum hD oder $4hD$ selbst zum Masse verwenden kann, wenn D immer constant gehalten wird.

Dieser Weg der vollständigen Compensation der Miteinflüsse M gründet sich auf folgende Puncte. Nach S. 90 findet ein von der Zeitfolge der Hebung und ein von der Raumlage der Gefässe abhängiger Miteinfluss auf die Bestimmung des scheinbaren Uebergewichtes statt. Den von der Zeitfolge der Hebung abhängigen Einfluss werde ich p, den von der Raumlage abhängigen q nennen. Bei entgegengesetzter Zeit- und Raumlage haben p und q ein entgegengesetztes Vorzeichen. Welches Vorzeichen wir für eine gegebene Lage verwenden wollen, ist willkührlich, nur dass wir bei der entgegengesetzten das entgegengesetzte verwenden. Setzen wir also bei dem ersten Hauptfalle p und q mit positivem Vorzeichen an, so nimmt M beim ersten Hauptfalle den Werth $+p+q$, beim zweiten $-p+q$, beim dritten $+p-q$, beim vierten $-p-q$ an, und erhalten wir also bei den 4 Hauptfällen folgende Werthe für $t = h\,(D + M)$

$$
\begin{aligned}
t_1 &= h\,(D + p + q)\\
t_2 &= h\,(D - p + q)\\
t_3 &= h\,(D + p - q)\\
t_4 &= h\,(D - p - q)
\end{aligned}
$$

Die Addition dieser 4 Werthe und Division mit 4 giebt hD; auch reicht die Addition der ersten und vierten, so wie zweiten und dritten Gleichung, mit nachfolgender Division durch 2, für sich allein hin, hD finden zu lassen.

Dieselben Gleichungen sind geeignet, durch additive und subtractive Combination die Werthe von hp und hq und in Folge dessen von p und q zu geben. Man erhält nämlich so zunächst:

$$hp = \frac{t_1 - t_2 + t_3 - t_4}{4}$$

$$hq = \frac{t_1 + t_2 - t_3 - t_4}{4}$$

Dividirt man die so erhaltenen Werthe von hp, hq mit dem vorhin erhaltenen Werthe $hD = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4}$, so erhält man das Verhältniss von p, q zu D, und durch Multiplication dieses Verhältnisses mit D den Werth von p, q in Grammen, wenn D selbst in Grammen ausgedrückt ist. Auch können hp, hq eben so wie hD jedes in doppelter Weise schon durch die t's zweier Hauptfälle bestimmt werden, und in der Uebereinstimmung der so erhaltenen Werthe eine Controle gesucht werden.

Je nach der Richtung der Einflüsse p, q können dieselben eben so wohl mit negativem als positivem Vorzeichen bei dieser Bestimmungsweise hervorgehen, so dass man mit der Grösse die Richtung derselben zugleich durch diesen Weg bestimmt findet; wobei das Vorzeichen mit Rücksicht auf die Weise zu verstehen ist, wie p und q in die Grundgleichungen eingeführt sind.

Die definitive Lösung der ganzen Aufgabe mit ihren Nebenaufgaben führt also zur Bestimmung von h, p, q durch folgende Gleichungen:

$$h = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4D}$$

$$p = \frac{t_1 - t_2 + t_3 - t_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4} D$$

$$q = \frac{t_1 + t_2 - t_3 - t_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4} D$$

Doch wird man häufig für die anzustellenden Massvergleiche bei den Werthen hD, hp, hq oder $4hD$, $4hp$, $4hq$, oder, im Falle einer Zusammenlegung der Resultate aus mehreren, nur immer gleich viel, Fractionen bei irgend welchen grösseren Multiplis jener Werthe stehen bleiben können, wie der Sachverständige leicht übersieht.

Auf diese Weise, wodurch man zugleich eine vollständige Elimination und genaue Bestimmung der Einflüsse p, q erlangt, sind alle meine später (im 9. und 12. Kapitel) folgenden Massbestimmungen über die Unterschiedsempfindlichkeit im Felde der Gewichtsversuche gewonnen, und es können die dort anzuführenden Resultate in mehrfacher Beziehung zur Erläuterung und zum Belege dessen dienen, was hier über den Gegenstand im Allgemeinen gesagt ist. Vollständigeres und Zusammenhängenderes in dieser Hinsicht werden die »Massmethoden« bieten.

Wenn ich künftig darauf Bezug zu nehmen habe, werde ich, in Uebereinstimmung mit der S. 114 getroffenen Wahl der Vorzeichen, den von der Zeitfolge der Hebung abhängigen Einfluss p als positiv fassen, wenn vermöge desselben das erstaufgehobene, als negativ, wenn das zweitaufgehobene Gefäss unabhängig von D als das schwerere erscheint, den von der Raumlage abhängigen Einfluss q als positiv, wenn vermöge desselben das linksstehende, als negativ, wenn das rechtsstehende Gefäss als das schwerere erscheint. Sage ich also z. B., der Einfluss p wog + 10 Grammen, so heisst diess, abgesehen vom Mehrgewichte erschien das erstaufgehobene Gefäss um 10 Grammen schwerer als das zweitaufgehobene. Das 12. Kapitel wird Gelegenheit geben, solche Bestimmungen anzuführen.

Auch bei gleichbleibenden Verhaltnissen der Zeit- und Raumlage der Gefasse können sich p und q doch durch innere Gründe ändern, da jene objectiven Verhaltnisse nur nach ihrer subjectiven Auffassungsweise in Betracht kommen, die aus unbekannten Gründen sehr veränderlich ist.

So veranderlich aber die Einflusse p und q nach ausseren und inneren Verhaltnissen sind, so hat sich doch aus der Gesammtheit meiner, unter vielfachen Abanderungen angestellten, Versuche übereinstimmend herausgestellt, dass der Einfluss p durch vermehrte Schwere der Hauptgewichte oder vorgängige Ermüdung der Arme bei einhändigem wie zweihändigem Verfahren die Tendenz hat, sich in negativem Sinne zu ändern, d. h. geringere positive, oder grössere negative Werthe anzunehmen, oder aus positiven in negative Werthe umzuschlagen, ferner, dass p und q bei einhändigem Verfahren und unter sonst gleichen Umständen grössere positive oder kleinere negative Werthe bei der Rechten als Linken haben; endlich, dass die Grösse und Richtung dieser Einflüsse nicht wesentlich von der Grösse von D abhängt. Auf weitere Details ist hier nicht einzugehen.

Man könnte die Compensation der Miteinflüsse p, q auch dadurch bewirken wollen, dass man das r der 4 Hauptfälle vor der Berechnung der t's zusammennähme, und aus dem so erhaltenen gemeinsamen $\frac{r}{n}$ nach der Fundamentaltabelle ein gemeinsames t ableitete, welches man $= hD$ setzte. Dieses Verfahren kann unter Umständen Dienste leisten, wird aber von mir als das der unvollständigen Compensation bezeichnet, indem sich wie folgt zeigen lässt, dass man nicht wirklich hiedurch genau auf den Werth hD und mithin h zurückkommt, der ohne das Dasein der Miteinflüsse erhalten worden wäre.

Sei beispielsweise der Einfluss p zu Gunsten des zweitaufgehobenen Gefässes, und nehmen wir übertreibend an, er sei ausserordentlich gross, sei unendlich gross, so versteht es sich von selbst, dass die Zufügung eines endlichen D zum einen beider Gefässe ganz einflusslos werden würde, das Urtheil zu bestimmen, und stets und jedesmal das zweitaufgehobene Gefäss als das schwerere erscheinen würde; dass daher, wenn das Gefäss mit D eben so oft zuerst als zu zweit aufgehoben wird, wie bei unseren Versuchen geschieht, und wenn die Fälle dieser beiden Zeitlagen zusammengenommen werden, wie man versucht sein könnte, als zulänglich zur Elimination von p zu halten, die Zahl der richtigen Fälle und falschen Fälle eben so gleich ausfallen wird, als wenn die Empfindlichkeit für den Gewichtsunterschied null wäre, wo man auch eine gleiche Anzahl richtiger und falscher Fälle erhält. Die Empfindlichkeit für D erscheint so zu sagen durch den Miteinfluss übertäubt. Wogegen, wenn der Einfluss der Zeitfolge der Hebung gar nicht vorhanden wäre, D sein Uebergewicht gleich sehr bei beiden Zeitlagen geltend machen, und ein seiner Grösse und der vorhandenen Empfindlichkeit angemessenes Uebergewicht der richtigen Fälle für das Gefäss, worin es liegt, begründen würde. Also kann das Zusammennehmen der richtigen Fälle bei entgegengesetzten Zeitlagen nicht äquivalent gesetzt werden dem Falle, dass kein Einfluss der Zeitlage überhaupt vorhanden gewesen. Denn begreiflich nähert man sich jenem vorausgesetzten Extreme um so mehr, je stärker der Miteinfluss wird. Und was in dieser Hinsicht von p gilt, gilt eben so von q und vom gleichzeitigen Dasein beider. Hiegegen wird man durch unser Verfahren der vollständigen Compensation, wo die Zahlen r für die verschiedenen Hauptfälle getrennt zur Ableitung von t benutzt werden, wirklich auf dasselbe Resultat bezüglich hD zurückgeführt, als wenn kein Miteinfluss p und q vorhanden wäre; indem sich derselbe dadurch eliminirt.

Wie leicht zu erachten, muss eben so, wie der Einfluss von D gegen p oder q verschwinden kann, auch das Umgekehrte stattfinden können. Wenn D sehr gross ist, so kann weder der Einfluss der successiven Aufhebung noch der Einfluss der Handstellung mehr spürbar werden, sondern das Urtheil richtet sich blos nach der Lage von D, und, sofern D gleich oft entgegengesetzte Zeit- und Raumlagen annimmt, wie es bei unserer Versuchsweise der Fall, muss die Zahl der Erst- und Zweitfälle, der rechten und linken Fälle gleich gross werden, oder sich doch mit zunehmendem D dieser Gleichheit immer mehr nähern.

Obwohl sich diess Alles leicht theoretisch ergiebt, gestehe ich doch, erst durch die Erfahrungen selbst darauf geführt worden zu sein, da bei schweren Hauptgewichten der Einfluss p manchmal so gross wurde, dass jene Art Uebertäubung des Einflusses von D schon ohne Rechnung bei den Versuchen spürbar wurde und nach der Berechnung die gesetzlichen Abhängigkeitsverhältnisse der Unterschiedsempfindlichkeit erheblich alterirt erschienen, indem ich früher immer die richtigen Fälle der verschiedenen Zeit- und Raumlage vor der Berechnung der t-Werthe zusammennahm.

Wie leicht zu erachten, kann das Verfahren mit wiederholtem Hin- und Herwiegen der Gefässe (S. 94), welches keine Sonderung der 4 Hauptfälle gestattet, überhaupt nur diesen Erfolg der unvollständigen Compensation gewähren.

Uebrigens wird man vom Verfahren der vollständigen Compensation dann absehen können, wenn es nicht auf ein eigentliches Mass der Unterschiedsempfindlichkeit, sondern nur auf Beurtheilung von Mehr, Weniger und Gleich ankommt, und wenn man keine oder keine starken Abänderungen der Einflüsse *p*, *q* im Laufe der Untersuchung vorauszusetzen hat. Dann wird man allerdings nicht nur die Zahlen aller 4 Hauptfälle zusammennehmen, sondern auch es unnöthig halten können, von den richtigen Zahlen zu den *t*-Werthen erst überzugehen, indem eine gleiche, grössere oder kleinere Zahl *r* bei gegebenem *n* unter Anwendung eines gegebenen *D*, dann eine gleiche, grössere oder kleinere Unterschiedsempfindlichkeit beweist. Doch darf man nicht vergessen, dass diess an die Bedingung der Constanz der Einflüsse *p*, *q* geknüpft bleibt. Es hat aber nach Vorigem eine beträchtlichere Grösse regelmässig in entgegengesetztem Sinne wechselnder constanter Einflüsse denselben Erfolg als nach S. 77 die beträchtlichere Grösse unregelmässig wechselnder Zufälligkeiten, d. i. die richtigen Zahlen *r* zu verkleinern, so dass bei gleicher oder selbst grösserer Unterschiedsempfindlichkeit die zusammengefassten richtigen Zahlen *r* der 4 Hauptfälle geringer ausfallen können, wenn die constanten Miteinflüsse grösser sind, somit sich falsche Verhältnisse auf diese Weise herausstellen können, welche nur auf dem Wege der vollständigen Compensation verschwinden. Insofern man nun bei der grossen Variabilität jener Einflüsse aus inneren Gründen (vgl. S. 115) selbst bei sorgfältig vergleichbar gehaltenen äusseren Verhältnissen nie vollkommen dafür einstehen kann, dass sie in die zu vergleichenden Werthe wirklich vergleichbar eingehen, wird der freilich umständlichere Weg der vollständigen Compensation, hiemit die Sonderung der 4 Hauptfälle und Rückgang auf die *t*-Werthe, immer eine grössere Sicherheit gewähren, und der Vergleich der blossen Zahlen *r* nur zu mehr oberflächlichen und vorläufigen Bestimmungen dienen können.

Die methodische Einhaltung der gleichen Beobachtungszahl und des regelmässigen Wechsels der 4 Hauptfälle, ohne welche die genaue Elimination und Bestimmung der constanten Einflüsse *p*, *q* nicht zu erreichen ist, setzt eine regelmässige Abänderung der Lage des Mehrgewichtes und also stete Kenntniss dieser Lage voraus. Diese Kenntniss würde bei dem S. 94 angegebenen ersten Verfahren, wo jede Entscheidung, die einen Beitrag zur Zahl *r* giebt, als eine Art definitive erst nach wiederholtem Hin- und Herwiegen der Gefässe gefällt wird, nothwendig einen bestimmenden Einfluss auf das Urtheil gewinnen, den sie bei dem zweiten, wo der Ausfall jeder einzelnen Doppelhebung einen Beitrag zu *r* liefert, verliert, da man weiss, dass dieser Ausfall in nicht berechenbarer Weise von Zufälligkeiten und von der Raum- und Zeitlage der Gefässe mit bestimmt wird, die Einbildungskraft also in der Kenntniss der Lage des *D* keinen Anhalt findet, einen bestimmten Erfolg der einzelnen Doppelhebungen danach vorweg zu nehmen, sondern sich nur an die Aussage der Empfindungen wie an etwas Objectives halten kann. Der Anblick meiner Beobachtungstabellen bestätigt diess. Der Ausfall der einzelnen Urtheile zeigt sich darin ganz unregelmässig und durch den Werth und die Verhältnisse von *p*, *q* im Ganzen eben so sehr und oft noch mehr als durch die Lage von *D* bestimmt, ja die Zahl der falschen Fälle, entgegen dem, was die bekannte Lage des *D* fodern würde, in vielen Versuchsreihen bei manchen Hauptfällen überwiegend über die der richtigen.

Hienach wird auch bei dem zweiten Verfahren die Zuziehung des, bei dem ersten Verfahren unentbehrlichen, die Lage des Mehrgewichtes ohne unser Wissen abändernden, Gehülfen entbehrlich, und ist sogar hier nicht zulässig, da vielmehr eine stete eigene Controle über die Lage des Mehrgewichtes und eine ganz ungestörte gleichförmige Spannung der Aufmerksamkeit während des Laufes der fortgesetzten Hebungen bei diesem Verfahren ganz wesentlich ist.

Nachdem ich einige Monate durch Versuche nach dem ersten Verfahren, unter sorgfältiger Einhaltung der Nichtkenntniss der Lage des Mehrgewichtes, angestellt habe, ehe ich zum zweiten, mit Kenntniss der Lage desselben übergieng, bin ich wohl im Stande, die Verhältnisse beider Verfahrungsarten vergleichungsweise zu beurtheilen, und würde nicht bei dem zweiten stehen geblieben sein, wenn ich mich nicht hinreichend überzeugt hätte, dass die dabei nothwendige Kenntniss von der Lage des Mehrgewichtes auch gefahrlos sei.

Sollte man diese Erklärungen nicht genügend finden, den Verdacht einer Mitwirkung der Einbildungskraft bei meinen, nach diesem Verfahren angestellten, Versuchen auszuschliessen, so muss ich auch hierüber auf die »Massmethoden« verweisen, wo theils die eingehendere Darstellung der Sachlage dieser Versuchsweise, theils die Weise selbst, wie sich ihre Ergebnisse stellen, demselben noch wirksamer begegnen dürfte. Jedenfalls aber würde ich

Einwände aus diesem Gesichtspuncte nur auf Grund sorgfältiger eigener Prüfung des Verfahrens gestatten.

Bei der Berechnung pflege ich die Versuchsreihen nicht blos nach den 4 Hauptfällen, sondern bemerktermassen auch in Fractionen nach der Zeit und anderen Umständen in der Art abzutheilen, dass jedem einzelnen *t*-Werthe eine Fraction von 64 einfachen Hebungen oder Fällen untergelegt wird, und die aus den Fractionen gewonnenen *t*-Werthe zu Summen- oder Mittelwerthen zu combiniren, statt die Ableitung des *t* jedes Hauptfalles aus dem Total-*n*, was die Reihe dafür giebt, vorzunehmen, aus Gründen, die schon mehrfach im Allgemeinen angedeutet sind und in den »Massmethoden« näher besprochen werden.

Allerdings wird die Berechnung auf diese Weise, namentlich bei grösseren Versuchsreihen, ziemlich umständlich; doch werden Variationen der constanten Einflüsse dadurch weniger schädlich.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Werth *hD* bei Ableitung aus Fractionen im Durchschnitte etwas grösser als aus der Totalität erhalten wird, um so mehr, je kleiner die Fractionen genommen werden, wovon die Gründe sich theoretisch angeben lassen, was ich aber für jetzt übergehe. Demnach muss man zur Vergleichhaltung der Werthe die Ableitung immer aus Fractionen mit demselben *n* vornehmen, und das *n* angeben, auf welches fractionirt worden ist. Diess *n* ist also bei den von mir künftig anzuführenden Resultaten, wo nichts Anderes ausdrücklich angegeben ist, stets 64 gewesen, bezüglich auf einfache Hebungen.

Es giebt noch praktisch nützliche Bemerkungen über die Grösse des bei den Versuchen anzuwendenden *D*, das man zweckmässig weder zu klein noch zu gross nehmen darf, über die Sicherheitsbestimmungen der Resultate und manche Nebenpuncte zu machen, deren Erörterung ich auf die Massmethoden verspare.

e) Specielles zur Methode der mittleren Fehler, in Anwendung auf die Augenmass- und Tastversuche.

Die experimentale Seite betreffend, bemerke ich, dass man sich bei Augenmassversuchen besser paralleler Fäden oder Spitzen oder distanter Puncte als Zirkelweiten unter Anwendung von Schenkelzirkeln, zur Herstellung der Distanzen bedient, auf welche die Schätzung anzuwenden ist, um nicht die Schätzung der Winkelweite mit ins Spiel zu bringen; es sei denn, dass solche selbst zum Gegenstande der Beobachtung gemacht werden soll.

Zu den Tastversuchen wende ich gestielte Schenkelzirkel mit eingelassenen englischen Nähnadelspitzen an, und fasse die Zirkel bei den Versuchen an den Stielen*). Die Spitzen sind nicht oder kaum merklich abgestumpft, um die Distanzen an einem Massstabe mit Transversalen genau bestimmen zu können, werden aber nur sehr leise aufgesetzt und die Versuche nicht bis zur Reizung fortgesetzt. Ich habe die meisten Tastversuche an mir selbst, aber vergleichsweise auch solche mit Application der Zirkel durch einen Gehülfen angestellt, wobei geringere constante, aber, wegen der ungleichförmigeren Application der Zirkel durch eine fremde Hand, wodurch das Spiel der Zufälligkeiten vergrössert wird, viel grössere variable Fehler erhalten wurden, von deren Unterscheidung und Trennung sofort die Rede sein wird.

Normaldistanz nenne ich die Distanz, welche dem Vergleiche bei den Augenmass- und Tastversuchen constant untergelegt wird, Fehldistanz die, im Allgemeinen mit einem Fehler behaftete, Distanz, welche ihr gleich geschätzt worden ist. Die Differenz einer Fehldistanz von der Normaldistanz giebt das, was ich den rohen Fehler nenne und mit δ bezeichne, zur Unterscheidung von dem gleich zu betrachtenden reinen Fehler $\varDelta$.

Wie S. 90 bemerkt, weicht die aus vielen Beobachtungen abgeleitete mittlere Fehldistanz im Allgemeinen von der Normaldistanz um eine oft beträchtliche Grösse ab, und sind die positive und negative Summe der rohen Fehler sich im absoluten Werthe nicht gleich, sondern meist überwiegt die eine beträchtlich über die andere. Um diesen Umstand erfoderlich zu berücksichtigen, betrachte ich die Abweichung der mittleren Fehldistanz von der Normaldistanz als constanten Fehler, und die Abweichung einer einzelnen Fehldistanz von der mittleren als reinen variabeln Fehler, und substituire die Betrachtung dieser beiden Fehler der Betrachtung der rohen Fehler. Indem sich der rohe Fehler algebraisch aus dem constanten und reinen variabeln Fehler zusammensetzt, nenne ich beide die Componenten des rohen

---

*) Die Anwendung ungestielter Zirkel mit Fassung der Zirkel an den Schenkeln und Selbstapplication derselben giebt nach vergleichenden Versuchen, die ich angestellt habe, grossere constante sowohl als variable Fehler.

Fehlers. Den constanten Fehler bezeichne ich mit c, den reinen veriablen Fehler mit $\varDelta$, und die Summe der durch eine gegebene Beobachtungsreihe oder Fraction gewonnenen reinen Fehler mit $\Sigma\varDelta$. Nur die reinen Fehler sind zum Masse der Unterschiedsempfindlichkeit zu verwenden, und nur aus ihnen, nicht den rohen, Fehlern der zu diesem Masse dienende mittlere Fehler zu ziehen. Der constante Fehler beruht auf constanten Einflüssen der Zeit- und Raumlage der verglichenen Grössen und der durch subjective Verhältnisse mitbestimmten Weise, wie durch sie das Urtheil afficirt wird.

Die Nothwendigkeit, den rohen Fehler in seine Componenten aufzulösen, ruht eben so auf mathematischen wie experimentalen Gründen, die ich in den »Massmethoden« erörtere; auch giebt es zwischen dem rohen Fehler und seinen Componenten mathematische Beziehungen, die es nützlich ist, bei der Handhabung der Methode zu kennen, was ebenfalls ein Gegenstand specieller Erörterungen in den »Massmethoden« sein wird, indem ich mich überall hier darauf beschränke, das Wesentlichste der Methode zu besprechen.

Von fundamentaler Wichtigkeit für die Methode ist die wesentliche Unabhängigkeit des reinen variablen Fehlers vom constanten, die sich durch die Experimente herausgestellt hat, so dass man bei entgegengesetzter Raum- und Zeitlage der verglichenen Distanzen, womit der constante Fehler sich in entgegengesetztem Sinne ändert und die rohe Fehlersumme oft sehr verschieden ausfällt, merklich dieselbe reine Fehlersumme erhält; wofern nicht die entgegengesetzte constante Raum- und Zeitlage zugleich ein Spiel unregelmässiger Zufälligkeiten von anderer Durchschnittsgrösse mitführt, was doch nach Erfahrung nicht leicht der Fall ist. Hienach erscheint es auch für Ermittelung der Verhältnisse des reinen variablen Fehlers oft nicht nöthig, die Versuche darüber bei entgegengesetzter Raum- und Zeitlage der verglichenen Distanzen zu wiederholen, wohl aber, wenn es sich darum handelt, die des constanten Fehlers zu ermitteln. Indem man die bei entgegengesetzter Raum- und Zeitlage erhaltenen Werthe desselben in geeigneter Weise combinirt, kann man ihn in verschiedene Bestandtheile nach seinen Abhängigkeitsverhältnissen trennen, wie ich in den »Massmethoden« näher zeige und der Sachverständige von selbst übersieht; ein Verfahren, was wesentlich mit dem übereinkommt, das bei der Methode der richtigen und falschen Fälle zur gesonderten Bestimmung der Einflüsse p, q diente.

Bei den Augenmassversuchen wird man hiebei (je nachdem es horizontale oder verticale Distanzen gilt) Rechts- und Linkslage oder obere und untere Lage der Normaldistanz gegen die Fehldistanz zu unterscheiden haben; bei den Tastversuchen Fassung des Normalzirkels mit rechter, des Fehlzirkels mit linker Hand und umgekehrt, oder, falls man mit einer Hand Versuche an der anderen anstellt, und daher beide Zirkel in derselben Hand fasst, Fassung des einen Zirkels mit dem oberen, des anderen mit dem unteren Theile der Hand und umgekehrt. Ausserdem habe ich bei den Tastversuchen auch einen Gegensatz nach der Zeit gemacht, je nachdem der Normalzirkel oder Fehlzirkel bei jedem Vergleiche zuerst applicirt wird.

Bei der Bildung des mittleren Fehlers aus dem reinen variablen Fehler hat man die Wahl zwischen zwei Arten mittleren Fehlers. Der eine, welchen ich mittleren Fehler schlechthin oder zur besonderen Unterscheidung vom folgenden einfachen mittleren Fehler nenne und mit ε bezeichne, wird durch einfache Mittelziehung aus der reinen Fehlersumme, nach der Gleichung

$$\varepsilon = \frac{\Sigma\Delta}{m}$$

gewonnen, wenn m die Zahl der Fehler bedeutet, welche zu $\Sigma\Delta$ beitragen. Der andere, welcher bei den Astronomen den Namen mittler Fehler schlechthin führt, hier aber quadratischer mittler Fehler heissen und mit ε_q bezeichnet werden soll, wird dadurch erhalten, dass man die Fehler einzeln zum Quadrate erhebt, die Summe dieser Quadrate $\Sigma\,(\Delta^2)$ mit der Zahl derselben m dividirt, und aus dem Quotienten die Quadratwurzel zieht, also nach der Gleichung

$$\varepsilon_q = \sqrt{\frac{\Sigma\,(\Delta^2)}{m}}.$$

Mit einem Worte, er ist die Wurzel aus dem mittleren Fehlerquadrate. Beide Mittelfehler haben, falls sie aus einer grossen Fehlerzahl gewonnen sind, theoretisch genommen, nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung ein constantes Verhältniss zu einander, welches ist

$$\frac{\varepsilon_q}{\varepsilon} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1{,}2533\ldots$$

wenn π die Ludolf'sche Zahl, wonach der quadratische mittlere Fehler merklich genau $\frac{5}{4}$ des einfachen ist. Durch Untersuchung einer grossen Zahl Versuchsreihen habe ich mich überzeugt, dass die Erfahrung diesem Verhältnisse sehr genau entspricht, so dass nur zufällige, und bei hinreichend grosser Versuchszahl sehr geringe, Schwankungen um dieses Normalverhältniss stattfinden. Belege dazu s. in den Massmethoden; auch kann man solche aus den im 9. Kapitel angeführten Resultaten über die Augenmassversuche ableiten. Hienach erschiene es gleichgültig, ob man sich an ε oder ε_q hält. Indess findet eine Wahl danach statt, dass ε viel minder umständlich in der Ableitung, ε_q etwas sicherer in der Bestimmung aus einer gleichen Anzahl Beobachtungen ist, so dass (nach den Principien der Wahrscheinlichkeitsrechnung) 114 Beobachtungen erfoderlich sind, um ε gleich sicher zu bestimmen, als ε_q aus 100 Beobachtungen bestimmt wird. Nach eingehenden Erörterungen in den »Maassmethoden« glaube ich doch, dass die praktische Rücksicht bei etwas grosser Beobachtungszahl, wie sie bei unserer Methode überall gefodert wird, überwiegend für ε spricht, ohne dass das verhältnissmässig geringe, und bei grossem m ganz zu vernachlässigende Uebergewicht der Sicherheit für ε_q den praktischen Vortheil compensirt. Doch bleibt die Wahl einem Jeden anheimgestellt. Wo man immer dieselbe Anzahl Beobachtungen zur Erlangung eines Resultates anstellt, kann man gleichgeltend mit ε auch die reine Fehlersumme $\Sigma\Delta$ unmittelbar zum Masse verwenden, sich also die Division mit m ersparen.

Eine besondere Rücksicht verdient der Umstand, dass die reine Fehlersumme, so wie der reine Mittelfehler, sei es ε oder ε_q, eine etwas verschiedene Grösse erlangt, je nachdem man die mittlere Fehldistanz, gegen welche man die reinen Fehler rechnet, als Mittelwerth aus der Totalität einer Fehlerzahl bestimmt, oder die Fehlerzahl in Fractionen theilt, für jede Fraction insbesondere die mittlere Fehldistanz bestimmt, hiegegen die reinen Fehler insbesondere rechnet, und dann die Resultate zu Summen- oder Mittelwerthen zusammenlegt, was dem S. 120 für die Methode der richtigen und falschen Fälle bemerkten Umstande analog ist und analoge Gründe hat. Im Allgemeinen, unter sonst gleichen Umständen, fällt die reine Fehlersumme und der reine Mittelfehler um so grösser aus, je weniger weit man die Fractionirung getrieben hat; grösser also z. B., wenn man eine reine Fehlersumme aus 100 rohen Fehlern auf einmal ableitet, als wenn man diese 100 Fehler in 2 Fractionen à 50 theilt, aus jeder dieser Fractionen insbesondere die reine Fehlersumme ableitet, und diese beiden Fehlersummen zusammenlegt. Diese Summe aber wird wieder grösser sein, als wenn man das Resultat aus 4 Fractionen à 25 zusammengelegt hätte, und so fort. Doch ist der Unterschied nur sehr unerheblich, wenn man mit der Fractionirung nicht zu sehr kleinen Fractionen herabgeht.

Der Grund ist ein doppelter. Der eine liegt darin, dass durch eine kleine Beobachtungszahl die mittlere Fehldistanz und mithin die dagegen gerechneten reinen Fehler abweichend von den wahren Werthen erhalten werden, wofür die anzusehen sind, die man unter gleichen Beobachtungsverhältnissen aus einer unendlichen Zahl Beobachtungen erhalten würde, und es lässt sich aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung beweisen, und bestätigt sich in der Erfahrung, dass der quadratische mittlere Fehler hiedurch nothwendig, der einfache durchschnittlich (ebenfalls nothwendig bei normaler Fehlervertheilung) zu klein ausfällt. Der andere Grund liegt in den bei längeren Versuchsreihen nie ganz auszuschliessenden Variationen des constanten Fehlers, wodurch die reinen Fehlersummen verunreinigt und vergrössert werden, wenn man Beobachtungen, welche solche Variationen einschliessen, zusammenfasst, und zur Ableitung der mittleren Fehldistanz und reinen Fehler benutzt.

Wegen der ersten dieser Ursachen lässt sich eine Correction anbringen, die ich die Correction wegen des endlichen m nenne, wodurch die Fehlersumme oder der mittlere Fehler auf den Fall zurückgeführt wird, dass die wahre mittlere Fehldistanz aus einer unendlichen Zahl Beobachtungen bestimmt und hiegegen die reinen Fehler gerechnet werden. Diese Correction ist schon längst beim quadratischen mittleren Fehler angewendet worden, wenn er zu Genauigkeitsbestimmungen bei physikalischen und astronomischen Beobachungen diente, und besteht darin, dass man ε_q statt $= \sqrt{\frac{\Sigma(\Delta^2)}{m}}$ vielmehr $= \sqrt{\frac{\Sigma(\Delta^2)}{m-1}}$ nimmt, woraus man schon übersieht, dass sie um so unbedeutender ist, und um so leichter vernachlässigt werden kann, je grösser m ist. Für den einfachen

Mittelfehler ε ist die demgemässe Correction bisher noch nicht entwickelt gewesen, weil sich bisher noch keine praktische Verwendung desselben dargeboten hat. Ich finde, dass sie sich nach einem analogen Gange, als der Ableitung der Correction des quadratischen Mittelfehlers unterliegt, dahin annehmen lässt, dass man $\varepsilon = \frac{\Sigma\Delta}{m}$ mit dem Factor $\frac{\pi m}{\pi m - 1}$ multiplicirt, wenn π die Ludolf'sche Zahl. Einfacher und genau genug lässt sich dafür setzen $\frac{3m+1}{3m}$, welches noch etwas mehr approximirt als das sich zunächst darbietende $\frac{3m}{3m-1}$, wie man durch die Ausführung selbst findet*).

Ein sachverständiger Mathematiker hat die Gefälligkeit gehabt, die, in den Massmethoden mitzutheilende, Ableitung dieser Correction zu controliren. Denselben Correctionsfactor hat man zur Correction von Fehlersummen aus endlichem m anzuwenden, wenn man bei den Fehlersummen stehen bleibt, ohne den mittleren Fehler ε daraus zu ziehen. Behandelt man eine Beobachtungsreihe fractionsweise, d. h. bestimmt die reinen Fehler besonders nach den mittleren Fehldistanzen der betreffenden Fractionen, so ist auch die Correction wegen des endlichen m bei jeder Fraction insbesondere nach dem m der Fractionen, nicht im Ganzen nach der Totalzahl der Beobachtungen aller Fractionen anzubringen. Beispiele hiezu s. im 5. Abschn. des 9. Kap.

Da wo es blos auf Verhältnissbestimmungen ankommt, wird man sich die Correction wegen des endlichen m dadurch ersparen können, dass man immer dasselbe m zu Grunde legt, oder wenn man eine verschiedene Zahl Beobachtungen anstellt, immer auf dasselbe m fractionirt, indem dann die aus der Endlichkeit des m hervorgehende Verkleinerung der mittleren Fehler oder Fehlersummen alle in gleichem Verhältnisse trifft.

Wegen der zweiten Ursache lässt sich keine Correction anbringen: wohl aber dieselbe durch hinreichend starke Fractionirung merklich beseitigen. Da nun die erste Ursache durch eine Correction oder durch ein stets gleiches m unschädlich gemacht werden kann, so ziehe ich, um auch die zweite unschädlich zu machen, im Allgemeinen eine starke Fractionirung der unfractionirten Behandlung grösserer Versuchsreihen vor. Bei meinen Tastversuchen habe ich stets bis auf $m = 10$ fractionirt (was für ε und $\Sigma\Delta$ den Correctionsfactor $\frac{31}{30}$ giebt), und die 10 Beobachtungen jeder Fraction da, wo es ohne zu starke Reizung geschehen konnte, auch stets unmittelbar hinter einander angestellt. Manche Theile, wie namentlich die Stirn, vertragen jedoch so viele Versuche hinter einander auf derselben Stelle nicht.

---

*) Auch der Correctionsfactor $\frac{\pi m}{\pi m - 1}$ ist nur ein approximativer, der für einen in endlicher Form nicht darstellbaren Integralausdruck steht, aber nur ganz unmerklich davon abweicht.

Jedenfalls wird es hienach bei der jetzigen Methode, entsprechend wie bei der Methode der richtigen und falschen Fälle, nöthig, bei den Resultaten anzugeben, ob und bis auf welches m man bei Ableitung derselben fractionirt habe. In dieser Beziehung werde ich bei der Methode der mittleren Fehler m und μ eben so verwenden, als n und ν bei der Methode der richtigen und falschen Fälle, d. h., falls fractionirt worden ist, m für die Zahl der Beobachtungen, die in eine Fraction eingehen, μ für die Anzahl der Fractionen brauchen, so dass μm die Gesammtzahl der Beobachtungen ist, die zu einem Resultate bezüglich eines und desselben Beobachtungswerthes beitragen, welches dann aus μ einzelnen Resultaten zusammengelegt sein wird.

Bei Fehlersummen, die einen sehr kleinen Mittelfehler geben, kann es nöthig werden, noch zwei andere Correctionen zu berücksichtigen, die ich die Correction wegen der Grösse der Intervalle und wegen Schätzung der Eintheilung nenne. Die erste bezieht sich darauf, dass man immer nur Fehler aufzeichnet, welche um gewisse endliche Intervalle auseinander liegen, die um so grösser sind, je weniger weit die Theilung des Massstabes, wodurch man die Fehler misst, und die Unterabtheilung in Decimalen durch Schätzung getrieben wird, die unendlich vielen dazwischenfallenden Fehler aber auf die nachbarlichen dieser Skala reducirt. Diess hat einen Einfluss auf den Mittelfehler. Die zweite bezieht sich darauf, dass man bei Messung der Fehler am Massstabe selbst wieder Fehler begeht. Die Correction wegen ersten Umstandes ruht auf rein mathematischen Principien der Fehlertheorie, und lässt sich a priori bestimmen; die zweite fodert experimentale Untersuchungen, wie sich die Schätzungsfehler der Eintheilung bei den verschiedenen Bruchtheilen eines Grades der Eintheilung verhalten, worüber eine interessante Untersuchung Volkmann's in den Berichten der sächs. Soc. Jahrg. 1858 S. 173 vorliegt. Ich abstrahire jedoch hier um so mehr vom Eingehen auf diese Correctionen, als sie fast immer zu vernachlässigen sind.

Von grösserer Wichtigkeit sind Formeln und Regeln, mittelst deren es möglich ist, die Unsicherheit der Mittelfehler und Fehlersummen nach der Grösse der Beobachtungszahl zu bestimmen, so wie Regeln, wonach die gewonnenen Einzelresultate zum wahrscheinlichsten Resultate verbunden werden können. Alles, was in dieser Hinsicht zu wissen nöthig ist, lässt sich aus der Wahrscheinlichkeitslehre schöpfen und für den Gebrauch praktisch darstellen; würde jedoch, um zulänglich geschehen zu können, manche Vorerörterungen nöthig machen, die hier zu weit führen dürften.

Eine einsichtige Handhabung der Methode der mittleren Fehler erfordert überhaupt eine Kenntniss der Hauptpuncte der mathematischen Fehlertheorie, welche ein Theil der Wahrscheinlichkeitslehre ist. Ich denke, das Wesentliche in dieser Hinsicht in den »Massmethoden« auch für den verständlich geben zu können, der sich nicht selbst in diese Lehre vertiefen will; doch kann diess begreiflich hier nicht geschehen.

f) Mathematische Beziehung der drei Methoden.

Man kann die Frage aufwerfen, welche Beziehung die mittelst der drei Methoden erhaltenen Masswerthe zu einander haben. Gesetzt bei derselben Unterschiedsempfindlichkeit in einem gegebenen Sinnesgebiete sei der eben merkliche Unterschied, der mittlere Fehler, das Verhältniss $\frac{r}{n}$ und hiemit $t = hD$ bestimmt worden. Es fragt sich, wie werden sie sich zu einander verhalten? Die Antwort hat auf folgenden Gesichtspuncten zu fussen:

Streng genommen wird man zu sagen haben: der eben merkliche Unterschied einer Grösse ist der, welcher, als Unterschied der zu vergleichenden Grössen bei der Methode der richtigen und falschen Fälle angewandt, gar keine falschen Fälle giebt, aber nicht verkleinert werden darf, ohne solche zu geben; denn dadurch, dass er noch merklich ist, wird das Vorkommen desselben und mithin jeder falsche Fall ausgeschlossen, und damit, dass er nur eben merklich ist, ist gesagt, dass er bei der geringsten Verkleinerung nicht mehr gespürt werden kann. Aber in Wirklichkeit, wenn man keine falschen Fälle bei einem gegebenen Unterschiede haben will, muss man ihn hoch genug nehmen, dass nicht Zufälligkeiten ihn unter die Merklichkeit herabdrücken, und wie hoch diess ist, oder wie viel falsche Fälle unter einer überwiegenden Mehrzahl richtiger man noch zulassen will, um ihn überhaupt als eben merklich zu fassen, kommt theils auf die durchschnittliche Grösse der zutretenden Zufälligkeiten, theils das subjective Ermessen an.

Der mittlere Fehler anderseits ist nothwendig kleiner, als der eben merkliche Unterschied, falls dieser keine oder nur ausnahmsweise falsche Fälle zulassen soll. Denn wenn bei der Methode der mittleren Fehler ein Unterschied z. B. zweier Zirkeldistanzen noch merklich ist, so wird die Distanz so lange verändert, bis er unmerklich wird; und überhaupt tragen zur Bestimmung des mittleren Fehlers alle Fehler von Null an bei, welche kleiner als der eben merkliche Unterschied sind. Ein festes Verhältniss des eben merklichen Unterschiedes zum mittleren Fehler wird sich aber aus angegebenen Gründen auch nicht angeben lassen.

Hiegegen giebt es eine, durch das Hauptintegral der Wahrscheinlichkeitsrechnung geknüpfte, derartige mathematische Beziehung zwischen der Methode der richtigen und falschen Fälle und der Methode der mittleren Fehler, dass sich angeben lässt, welches Verhältniss richtiger und falscher Fälle entstehen wird, wenn man die Grösse des einfachen oder quadratischen mittleren Fehlers als Differenzgrösse *D* bei der Methode der richtigen und falschen Fälle unter sonst vergleichbar gehaltenen Umständen verwendet. Und zwar beträgt, wie ich in den »Massmethoden« zeigen werde, bei Verwendung des einfachen mittleren Fehlers als Differenzgrösse (Mehrgewicht bei den Gewichtsversuchen) das Verhältniss $\frac{r}{n}$ merklich $\frac{2}{3}$, genauer 0,655032.

Diese theoretische Beziehung ist inzwischen erst noch durch Versuche zu bewähren, was einige Schwierigkeit haben dürfte, insofern es dabei gilt, die Umstände für die zu vergleichenden Methoden in der Art vergleichbar herzustellen, dass die Zufälligkeiten gleichen Einfluss dabei gewinnen.

2) Massmethoden der absoluten Empfindlichkeit.

Das Feld dieser Methoden liegt bezüglich der intensiven Empfindungen bisher noch fast brach, und ausser einer Bestimmung von Schafhäutl über noch eben hörbare absolute Schallstärke, den Bestimmungen von E. H. Weber, und denen von Kammler über noch eben merkbare Druckgrössen, von welchen Bestimmungen im 11. Kapitel näher gehandelt wird, wüsste ich nicht, was sich hieher ziehen liesse. Im Felde der Lichtempfindung ist sogar eine reine Bestimmung der absoluten Empfindlichkeit nicht einmal möglich, weil man eine innere Quelle der Lichtempfindung, von der ich im 9. Kapitel spreche, nicht eliminiren kann.

Hiegegen haben die Massmethoden der absoluten Empfindlichkeit eine sehr ausgedehnte Anwendung im Gebiete extensiver Empfindungen gefunden, sofern man sich vielfach beschäftigt hat, eben merkliche Grössen oder Distanzen auf Netzhaut oder Haut zu bestimmen. In letzter Hinsicht liegen namentlich die bekannten und für die ganze Psychophysik bahnbrechenden Versuche E. H. Weber's über die eben merklichen Distanzen auf der Haut vor, womit die eine Verfahrungsart bezeichnet ist, die man für das absolute Empfindlichkeitsmass anwenden kann, eine Verfahrungsart, welche der Methode der eben merklichen Unterschiede für das Mass der Unterschiedsempfindlichkeit analog ist. Auch die beiden anderen Methoden dieses Masses aber tragen sich in einem Analogon auf das absolute Empfindlichkeitsmass über.

Volkmann hat auf der leicht zu constatirenden Bemerkung gefusst, dass die Weite der Zirkelspitzen, welche eine eben merkliche Distanz giebt, nichts absolut Festes ist, sondern innerhalb gewisser Gränzen schwankt, indem dieselbe Weite bei hinter einander angestellten Versuchen einmal als Distanz, ein anderesmal nicht als solche empfunden werden kann, so lange nicht eine obere Gränze überschritten ist, von der an die Weite stets als Distanz empfunden wird, oder eine untere, unter der sie niemals als solche empfunden wird, welche Gränzen aber selbst keiner absolut genauen Bestimmung fähig sind. Diess hindert nun zwar nicht, wie die Erfahrung selbst gelehrt hat, nach voriger Methode durch eine Mehrheit von Berührungen der Haut mit den Zirkelspitzen unter abgeänderter Weite eine mit der oberen Gränze nahe zusammenfallende, oder zwischen die obere und untere Gränze fallende Distanz als eben merkliche Durchschnittsdistanz, so vergleichbar in verschiedenen Versuchen, zu gewinnen, dass ein Mass darauf zu gründen ist. Wäre es nicht der Fall, so wären Weber's Versuche und von Anderen bestätigte Resultate nicht möglich gewesen. Aber es lässt sich auf jene Bemerkung eine Abänderung der Weber'schen Methode gründen, wodurch dieselbe ein Analogon der Methode der richtigen und falschen Fälle wird, und ist in der That von Volkmann darauf gegründet worden, bestehend darin, dass man 1) in wiederholten Versuchen bei einer gegebenen Zirkelweite zwischen der angegebenen oberen und unteren Gränze das Resultat jeder einzelnen Zirkelapplication notirt, und die Zahl der Fälle zählt, wo Merklichkeit und Unmerklichkeit der Distanz stattfindet; dass man 2) diess Verfahren bei verschiedenen Zirkelweiten innerhalb jener Gränzen wiederholt. Je grösser die extensive Empfindlichkeit der betreffenden Hautstelle, desto grösser ist für eine gegebene Zirkelweite die Zahl der Fälle, welche hier die richtigen vertreten, d. h. wo die wirklich vorhandene Distanz auch wirklich als merklich empfunden wird, und desto kleiner kann die Distanz sein, um noch dieselbe Zahl richtiger Fälle zu liefern. Nun würde man jedes beliebige Verhältniss der richtigen zur Gesammtzahl der Fälle als Vergleichsmassstab der Empfindlichkeit benutzen können; indem man für die verschiedenen Hautstellen die Zirkelweite aufsuchte, wo sie dasselbe Verhältniss geben; doch empfiehlt sich vielleicht am meisten dazu das von Volkmann in dieser Hinsicht bevorzugte Verhältniss, wo die Merklichkeit eben so oft als die Nichtmerklichkeit eintritt. Da die zugehörigen Zirkelweiten nicht absolut genau werden zu treffen sein, wird man durch Interpolation der Nachbarweiten, die dem Versuche unterlegen haben, genau genug dazu gelangen können. Die von Volkmann nach dieser Methode über den Gang der Uebung der Tastempfindlichkeit angestellten Versuche sind in den Berichten der sächs. Societät 1858 S. 17 ff. enthalten, und haben durch ihre interessanten Resultate die Anwendbarkeit der Methode wohl bewährt.

Eine andere Abänderung der Weber'schen Methode, welche ich die Methode der Aequivalente nenne, ist im Tastgebiete von mir selbst im Zusammenhange mit der Methode der mittleren Fehler, deren Analogon sie darstellt, angewandt und ausgebildet worden; nachdem inzwischen E. H. Weber dieselbe schon früher zu Versuchen über die absolute Empfindlichkeit verschiedener Theile bezüglich der Druckempfindung angewandt hat*).

Im Wesentlichen besteht sie, bei Anwendung auf das Tastmass, darin, dass man statt eines Zirkels auf einer Hautstelle deren zwei, respectiv *A*, *B*, auf zwei verschiedene Hautstellen *A*, *B*, deren extensive Empfindlichkeit verglichen werden soll, abwechselnd aufsetzt, und zur festen *A*-Distanz des *A*-Zirkels auf der *A*-Stelle die *B*-Distanz des *B*-Zirkels auf der *B*-Stelle so lange abändert, bis nach dem Gefühle der Haut die Distanz auf beiden Stellen gleich gross erscheint, obschon sie je nach der verschiedenen Empfindlichkeit der Hautstellen in Wirklichkeit ausnehmend verschieden sein kann. So erhält man Aequivalente gleich gross geschätzter Distanzen für beide Hautstellen, deren reciproker Werth, als Mittel aus einer grösseren Anzahl Versuchen bestimmt, als Mass der extensiven Empfindlichkeit dienen kann.

Man wird sich leicht überzeugen können, dass diese Methode sehr fein und genau ist, indem sie, insoweit die Empfindlichkeit der Hautstellen ein constantes Verhältniss behält, sehr constante und mit verschwindender Unsicherheit behaftete Resultate giebt, wovon Ersteres durch den Vergleich der verschiedenen Versuchsfractionen, Letzteres durch den leicht zu berechnenden wahrscheinlichen Fehler des mittleren Resultates bewiesen wird; insofern aber jenes Verhältniss variirt, diese Variationen ins Feine zu verfolgen gestattet. In der That habe ich bei Versuchen, die monatelang an denselben Theilen fortgesetzt wurden, das constanteste Verhältniss sich forterhalten sehen, wenn jeden Tag nur wenige Versuche angestellt wurden; eben so entschieden aber auch mehrfach, wo jeden Tag viele Versuche angestellt wurden, wodurch ein erheblicher Uebungseinfluss entstand, allmälige Aenderungen des Aequivalentes eintreten sehen, welche im Allgemeinen darin bestanden, dass der minder empfindliche Theil dem empfindlicheren näher kam, indem die Uebung offenbar jenem mehr als diesem zu Statten kam.

Hiezu kommt als Vortheil dieser Methode vor den beiden vorigen, dass sie nicht darauf beschränkt, die Empfindlichkeit der Hautstellen in den Gränzen der eben merklichen Distanzen zu

---

*) *Programm. coll. p. 97.*

vergleichen, sondern sie bei jeden beliebigen Distanzen vergleichen lässt; wogegen sie gegen dieselben darin im Nachtheile steht, dass sie eben nur Vergleichsdata der absoluten Empfindlichkeit giebt, indess der Werth einer eben merklichen, oder eine gleiche Zahl merklicher und nicht merklicher Fälle liefernden Distanz als ein Datum angesehen werden kann, welches die absolute Empfindlichkeit gegebener Hautstellen in absoluter Weise charakterisirt. Man wird also jede dieser Methoden in ihrer Art gelten zu lassen haben.

Wie leicht zu übersehen, ist das Verfahren, was man bei der Methode der Aequivalente einschlägt, wesentlich dasselbe, als bei der Methode der mittleren Fehler, nur dass man die Ausgleichung der beiden Zirkeldistanzen für die Empfindung nicht auf derselben, sondern auf verschiedenen Hautstellen bewirkt, und nicht auf den Unterschied, sondern das Verhältniss der verglichenen Grössen Acht hat. Es hindert aber nichts, bei der Methode der mittleren Fehler auch auf das Verhältniss der Vergleichsgrössen, d. i. Normaldistanz und Fehldistanz, und bei der Methode der Aequivalente auf die Abweichungen der einzelnen *B*-Distanzen von der mittleren *B*-Distanz als wie auf eben so viel reine Fehler Δ Rücksicht zu nehmen, und unter Zuziehung dieser Rücksicht ist die Methode der Aequivalente im Grunde nur das Allgemeinere der Methode der mittleren Fehler, und diese ein besonderer Fall der Methode der Aequivalente, der nämlich, wo man unter allen möglichen Stellen, die man gegen eine gegebene *A*-Stelle zur *B*-Stelle machen kann, die *A*-Stelle selbst dazu macht, womit die *A*-Distanz in die Normaldistanz, die *B*-Distanz in die Fehldistanz übergeht. Diess zeigt sich denn auch darin, dass die Verhältnisse des constanten Fehlers und reinen variabeln Fehlers der Methode der mittleren Fehler bei der Methode der Aequivalente nur in allgemeinerer Weise wiederkehren. Eben so wie die Methode der mittleren Fehler erfodert daher auch die Methode der Aequivalente mancherlei Rücksichten und Vorsichten, die mit denen jener Methode in Beziehung stehen.

Ganz wesentlich ist namentlich die Umkehr jedes Vergleiches. Hat man z. B. das Aequivalent von *B*-Lippe gegen *A*-Kinn bestimmt, so muss man durch eine gleiche Zahl Versuche das Gegenäquivalent von *B*-Kinn gegen *A*-Lippe bestimmen, beide Resultate zwar besonders notiren, aber schliesslich das Mittel nehmen, um nicht ein mit einem constanten Fehler behaftetes einseitiges Resultat zu erhalten. Meine »Massmethoden« werden genügende Belege und Erläuterungen dazu geben, wie wesentlich diese Vorsicht ist. Die Grösse des constanten Fehlers lässt sich auch hier durch eine einfache Rechnung finden.

Fundamentale Gesetze und Thatsachen.

IX. Das Weber'sche Gesetz.

Das im 7. Kapitel erst nur im Allgemeinen als eine Hauptunterlage des psychischen Masses ausgesprochene Gesetz, welchem ich den Namen des Weber'schen gebe, soll jetzt nach Seiten seines Sinnes, seiner Begründung und seiner Gränzen näher erörtert werden, insoweit die bis jetzt darüber vorliegenden Untersuchungen einen Anhalt dazu gewähren.

Man kann dasselbe unter verschiedenen Formen aussprechen, die in der Sache auf dasselbe herauskommen, von denen aber nach Umständen die eine oder andere zweckmässiger für die Bezugnahme darauf sein kann.

Zuvörderst kann man sagen: ein Unterschied zweier Reize, auch fassbar als positiver oder negativer Zuwuchs zum einen oder anderen Reize, wird immer als gleich gross empfunden, oder giebt denselben Empfindungsunterschied, Empfindungszuwuchs, wenn sein Verhältniss zu den Reizen, zwischen denen er besteht, oder, sofern er als Zuwuchs gefasst wird, wenn sein Verhältniss zum Reize, dem er zuwächst, dasselbe bleibt, wie sich auch seine absolute Grösse ändere. So dass z. B. ein Zuwuchs von 1 zu einem Reize, dessen Stärke durch 100 ausgedrückt ist, eben so stark empfunden wird, als ein Zuwuchs von 2 zu einem Reize von der Stärke 200, von 3 zu einem Reize von der Stärke 300 u. s. f.

Aequivalent mit dem vorigen Ausspruche sind folgende kürzere Aussprüche: der Empfindungsunterschied, Empfindungszuwuchs bleibt sich gleich, wenn der relative Reizunterschied oder relative Reizzuwuchs sich gleich bleibt; und: der Empfindungsunterschied, Empfindungszuwuchs bleibt sich gleich, wenn das Verhältniss der Reize sich gleich bleibt; wobei man sich zu erinnern hat (vergl. S. 49), dass mit der Constanz des relativen Reizunterschiedes oder Reizzuwuchses die Constanz des Verhältnisses der Reize, wie umgekehrt, von selbst gegeben ist, was gestattet, die letzte Ausdrucksweise des Gesetzes an die Stelle der ersten zu setzen.

Endlich lässt sich mit Rücksicht auf die begrifflichen Erörterungen über die Unterschiedsempfindlichkeit im 6. Kapitel das Gesetz auch so aussprechen: die einfache Unterschiedsempfindlichkeit steht im umgekehrten Verhältnisse der Grösse der Componenten des Unterschiedes, die relative bleibt sich bei jeder Grösse derselben gleich.

Man kann das Gesetz im Gebiete der intensiven und extensiven Empfindungen, und in ersterem nach Seiten der Stärke und Höhe (insofern bei Tönen in der Höhe ein quantitatives Moment der Qualität gegeben ist) ins Auge fassen, ohne sich von vorn herein berechtigt halten zu dürfen, die Bewährung desselben in irgend einem Specialgebiete der Empfindung zugleich als für ein anderes gültig anzusehen, vielmehr fodert es in jedem Gebiete eine besondere Untersuchung.

Bei der Frage, ob sich das Gesetz im Gebiete extensiver Empfindungen bestätigt, hat man für Reiz und Reizunterschied in dem Ausspruche des Gesetzes die Grösse der Ausdehnung und des Ausdehnungsunterschiedes zu substituiren, welche mit dem Auge oder Tastorgane aufgefasst werden. Man wird das Gesetz bestätigt finden, wenn z. B. bei zwei doppelt so langen Linien der Unterschied doppelt so gross sein muss, um noch eben merklich, oder allgemeiner gleich gross zu erscheinen.

Bezüglich der Höhe der Töne ist es die Zahl der Schwingungen, welche die Grösse des Reizes zu vertreten hat.

Mit der Richtigkeit des Gesetzes ist von selbst die Richtigkeit mancher Folgerungen gesetzt; und der Nachweis, dass sich diese Folgerungen in der Erfahrung bestätigen, daher als ein Theil der Bewährung des Gesetzes anzusehen. Anstatt jedoch hierauf in abstracto einzugehen, ziehe ich es vor, bei den Specialbewährungen des Gesetzes in den verschiedenen Gebieten darauf geführt zu werden, und verweise in dieser Hinsicht namentlich auf das Gebiet der Lichtempfindung.

In Betreff des Historischen habe ich schon bemerkt, dass E. H. Weber zwar nicht der erste ist, der das Gesetz überhaupt ausgesprochen und bewährt hat, aber doch der erste, der es in einer gewissen Allgemeinheit ausgesprochen, bewährt und aus einem Gesichtspuncte von allgemeinem Interesse dargestellt hat. Er stützt sich dabei auf Versuche über eben merkliche Unterschiede von Gewichten, Linien, Tonhöhen, was, wie man bemerken kann, Beispiele für die drei Hauptseiten der Empfindung, Intensität, Extension, Höhe sind, die überhaupt in Frage kommen können, wodurch sich um so mehr rechtfertigt, dass wir das Gesetz nach seinem Namen bezeichnen. Zwar hat er nach dem blos beiläufigen Interesse, was sich bisher an das Gesetz knüpfte, dasselbe keiner sehr eingehenden Untersuchung unterworfen, doch so zu sagen die Angriffspuncte aller weiteren Untersuchung durch die seinige gegeben. Ich stelle demnach auch seine Angaben darüber wörtlich voran, bevor ich zu den weiteren Untersuchungen über das Gesetz übergehe, welche nöthig wurden, nachdem es den Anspruch gemacht, als Unterlage des psychischen Masses zu gelten, da Unterlagen sich verstärken und erweitern müssen, nach Massgabe als sich Schwereres und Mehreres darauf zu stützen hat. Bei der fundamentalen Wichtigkeit, welche das Gesetz in dieser Beziehung für uns hat, werde ich Alles, was mir von früheren und neueren, fremden und eigenen Thatsachen, welche auf die Bewährung so wie auf die Gränzen des Gesetzes Bezug haben, bekannt worden ist, möglichst vollständig mittheilen.

Nach einem vorgreiflichen Ueberblicke darüber ist zuzugestehen, dass noch viel an einer durchgreifenden Bewährung und selbst Prüfung des Gesetzes fehlt. Das Meiste in dieser Hinsicht ist in Bezug auf intensive Lichtempfindung, Empfindung von Schallstärke und Tonhöhe, Empfindung der Schwere von Gewichten und im Felde des Augenmasses geleistet. Sicher besteht hier überall das Gesetz in mehr oder weniger weiten Gränzen. In Bezug auf Temperaturempfindungen ist es noch als problematisch anzusehen; im Gebiete der extensiven Tastempfindungen sprechen die Versuche vielmehr gegen als für seine Gültigkeit. Hinsichtlich anderer Gebiete der Empfindung liegen noch keine Versuche vor.

Die eigenen Angaben Weber's.

Allgemein spricht sich Weber betreffs der Thatsache des Gesetzes in seiner Abhandlung über den Tastsinn und das Gemeingefühl S. 559 unter der Ueberschrift: »Ueber die kleinsten Verschiedenheiten der Gewichte, die wir mit dem Tastsinne, der Länge der Linien, die wir mit dem Gesichte, und der Töne, die wir mit dem Gehöre unterscheiden können«, nach einigen Specialbestimmungen wie folgt aus: »Ich habe gezeigt, dass der Erfolg bei den Gewichtsbestimmungen derselbe ist, mag man Unzen oder Lothe nehmen, denn es kommt nicht auf die Zahl der Grane an, die das Uebergewicht bilden, sondern darauf, ob das Uebergewicht den 30sten oder den 50sten Theil des Gewichtes ausmacht, welches mit einem zweiten Gewichte verglichen wird. Eben so verhält es sich bei der Vergleichung der Länge von zwei Linien und der Höhe zweier Töne*). Es macht keinen Unterschied, ob man Linien vergleicht, die ungefähr 2 Zoll oder die 1 Zoll lang sind, wenn man erst die eine und dann die andere betrachtet und nicht beide zugleich neben einander sehen kann, und doch ist das Stück, um welches die eine Linie die andere überragt, im ersteren Falle noch einmal so gross als im letzteren. Freilich, wenn beide Linien nahe neben einander und einander parallel sind, so vergleicht man nur die Enden der Linien und untersucht, um wie viel die eine Linie die andere überragt, und hiebei kommt es dann nur darauf an, wie gross das überragende Stück der Linie ist, und wie nahe beide Linien einander liegen. — Auch bei der Vergleichung der Höhe zweier Töne kommt nichts darauf an, ob beide Töne um 7 Tonstufen höher sind oder tiefer, wenn sie nur nicht an dem Ende der Tonreihe liegen, wo dann die genaue Unterscheidung kleiner Tonunterschiede schwieriger wird. Es kommt daher auch hier nicht auf die Zahl der Schwingungen an, die der eine Ton mehr hat als der andere, sondern auf das Verhältniss der Zahl der Schwingungen der beiden Töne, die wir vergleichen«......

.»Die Auffassung der Verhältnisse ganzer Grössen, ohne dass man die Grössen durch einen kleineren Massstab ausgemessen und den absoluten Unterschied beider kennen gelernt hat, ist eine äusserst interessante psychologische Erscheinung. In der Musik fassen wir die Tonverhältnisse auf, ohne die Schwingungszahlen zu kennen, in der Baukunst die Verhältnisse räumlicher Grössen, ohne sie nach Zollen bestimmt zu haben, und eben so fassen wir die Empfindlichkeitsgrössen oder Kraftgrössen so auf bei der Vergleichung der Gewichte.«

Die Erfahrungsunterlagen anlangend, auf die Weber sein

---

*) Delezenne in *Recueil des travaux de la soc. des sc. de Lille* 1827 im Ausz. in *Bull. des sc. nat. XI. p.* 275 und in Fechner's Repertor. der Experimentalphysik. Leipzig 1832. Bd. 1. p. 341.

Gesetz stützt, so liegt in Betreff der Tonverhältnisse und Linearverhältnisse blos die allgemeine Angabe desselben vor, der man jedoch bei der unbedingten Treue dieses Beobachters das Gewicht beobachteter Thatsachen beilegen darf. In Betreff der Gewichtsverhältnisse sind seine Versuche in s. *Programm. collect. p.* 81. 86 f. zu finden.

Weber unterscheidet zwei Versuchsweisen, die eine, wo blos das Gefühl der Haut bei dem Drucke stärkerer und schwächerer Gewichte auf die ruhende auf den Tisch aufgelegte Hand in Anspruch genommen wird, die andere, wo das Gefühl der anzuwendenden Muskelkraft bei Hebung der Gewichte zugleich mit in Anspruch genommen wird, indem die Hand mit dem Gewichte aufgehoben wird. Mochten nun 32 Unzen oder 32 Drachmen als grösseres Gewicht angewandt werden, so blieb sich doch bei beiden Versuchsweisen die noch eben merkliche relative Differenz zum kleineren Gewichte nahe gleich, und betrug im Mittel für 4 Personen und beiderlei Gewichte bei der ersten Versuchsweise 10,1 (Unzen oder Drachmen), bei der zweiten 3,0.

Die nähere Beschreibung seiner Versuche (*Progr. coll. p.* 86) ist diese:

»In plurimorum hominum manibus, mensa quiescentibus, pondera duarum librarum collocavi, tabulamque papyraceam interposui. Postea, insciis illis, pondus alterutrum imminui, manusque pondera ferentes mutavi, levius nimirum pondus nunc ad dextram nunc ad sinistram transferendo. Saepe etiam pondera a manibus ablata denuo iisdem manibus imposui, ita quidem, ut homo non suspicari potuerit, sed tactu tantum percipere, in quonam latere pondus gravius collocatum esset. Tum si homo iteratis periculis et mutatis saepe manibus gravius pondus a leviori recte discernebat, notavi.«

»Postea eadem experimenta in iisdem hominibus iterabantur, hoc modo tamen, ut manus, et manibus simul pondera, extollerent, et pondera manibus pensitarent. Quo facto, si inventum a me est, in quanta ponderum differentia diversitas eorum certe cognita fuerit, iterum notavi, numerosque, differentiam ponderum exprimentes, inter se comparavi.«

Nach Mittheilung verschiedener Versuchsreihen, die sich auf andere Verhältnisse, als sein Gesetz beziehen, fahrt dann Weber p. 91 fort:

»Non silentio praetereunda sunt alia experimenta, quibus probatur, tactum et coenaesthesin etiam in observandis ponderibus multo minoribus eadem inter se esse ratione, quam si librae duae seu triginta duae unciae cuilibet manui imponuntur. Eorundem enim hominum manibus, quibus antea duo pondera triginta duarum unciarum imposueram, nunc pondera triginta duarum drachmarum i. e. octavam ponderis illius partem imposui. Etiamsi suspicatus eram, fore, ut differentiam ponderis duorum corporum octies minorum non tam clare sentirent, tamen experimentis probatum est,

differentiam minorum ponderum tactu non minus subtiliter distingui, quam differentiam eandem majorum ponderum.

Quatuor afferam experimenta hoc probantia. Postquam nimirum quatuor homines, quos numeris signare lubet, pondera majora, triginta duabus unciis constantia, aequalia, manibus immotis imposita, comparaverant, alterutrum pondus magis magisque imminuere coepi, usquedum homines illi differentiam ponderum animadverterent. Qua differentia notata experimentum idem hoc modo repetii, ut pondera manibus tollerentur, adeoque simul ope tactus et coenaestheseos musculorum aestimarentur. Quo facto differentia ponderum, quae illorum observationem fugiebat, iterum notata est.«

»Nunc loco majorum ponderum minora pondera, triginta duabus drachmis constantia, eodem plane modo adhibui, differentiasque ponderum in experimentis non observatas, sensum scilicet fugientes, annotavi.«

»Iam si differentias ponderum graviorum et leviorum observationi nostrae subtractas comparas, easdem paene esse observabis.«

Numerus hominum, in quibus experimenta instituta sunt.	Differentia minima unciarum vel drachmarum, manibus impositarum, in qua diversitas ponderis percipiebatur.			
1. tactu	32 unc.	17 unc.	differt	15 unc.
tactu et coenaesthesi	32 –	30½ –	–	1½ –
tactu	32 drachm.	24 drachm.	–	8 drachm.
tactu et coenaesthesi	32 –	30 –	–	2 –
2. tactu	32 unc.	22 unc.	–	10 unc.
tactu et coenaesthesi	32 –	30½ –	–	1½ –
tactu	32 drachm.	22 drachm.	–	10 drachm.
tactu et coenaesthesi	32 –	30 –	–	2 –
3. tactu	32 unc.	20 unc.	–	12 unc.
tactu et coenaesthesi	32 –	26 –	–	6 –
tactu et coenaesthesi	32 drachm.	26 drachm.	–	6 drachm.
4. tactu	32 unc.	26 unc.	–	6 unc.
tactu et coenaesthesi	32 –	30 –	–	2 –
tactu et coenaesthesi	32 drachm.	29 drachm.	–	3 drachm.

1) Licht.

Eine ausführliche Darstellung der Bewährungen unseres Gesetzes im Gebiete der intensiven Lichtempfindung habe ich in den Abhandlungen der sächs. Gesellschaft der Wissenschaften, math.-phys. Cl. Bd. IV. S. 457 ff. unter dem Titel: »Ueber ein psychophysisches Grundgesetz, und dessen Beziehung zur Schätzung der Sterngrössen«, gegeben, mit einem Nachtrage dazu in den Berichten derselben Gesellschaft 1859. S. 58 ff., aus welchen Abhandlungen ich hier das Wesentliche mit einigen wenigen Zusätzen wiedergebe.

Das Gesetz ist im Gebiete der Lichtempfindung schon durch frühere Versuche von Bouguer, Arago, Masson, Steinheil gelegentlich im Zusammenhange mit anderen Untersuchungen, neuerdings von mir selbst und Volkmann, constatirt worden; ohne jedoch früherhin viel beachtet worden zu sein.

Alle bisherigen Bewährungen des Gesetzes stützen sich auf die Methode der eben merklichen Unterschiede, abgesehen von der durch Steinheil, die auf dem Principe der Methode der mittleren Fehler fusst, und der indirecten Bewährung, welche das Gesetz in der Schätzungsweise der Sterngrössen gefunden hat.

Da meine eigenen Versuche, wenn auch nicht die schärfste, aber einfachste Bewährung des Gesetzes darbieten, und die erste erfahrungsmässige Kenntniss des Gesetzes sich bei mir daran geknüpft hat, so werde ich auch hier den Anfang damit machen und die allgemeine Erläuterung des Gesetzes daran knüpfen.

Bei halbbedecktem Himmel findet man meist leicht ein paar benachbarte Wolkennuancen, die nur einen spurweisen Unterschied für das Auge darbieten, oder ein Wölkchen, das sich nur eben merklich vom Himmelsgrunde unterscheidet. Nachdem ich zwei solche Componenten eines nur eben merklichen Lichtunterschiedes am Himmel in das Auge gefasst, nahm ich ein paar graue Gläser vor die Augen, wie sie jetzt bei Optikern zum Gebrauche für Personen mit lichtscheuen Augen zu haben sind, von denen jedes, einfach vor das Auge genommen, nach allerdings nur oberflächlicher photometrischer Prüfung, etwas über ⅓, beide zusammengelegt höchstens ⅑ des Lichtes durchliessen. Nehmen wir bei einfach vor die Augen genommenen Gläsern das Licht jeder Componente auf ⅓ reducirt an, so war hiemit der Unterschied derselben zugleich auf ⅓ reducirt, und es lag nahe, vorauszusetzen, dass der so stark geschwächte Unterschied, da er vorher nur eben merklich war, durch die Schwächung unmerklich, oder, falls etwa die Gränze der Merklichkeit vor Anwendung der Gläser nicht erreicht war, mindestens auffallend undeutlicher werden würde. So zeigte es sich aber nicht. Der Unterschied blieb mindestens noch so merklich als vorher, und Andere, welche ich den Versuch anstellen liess, erklärten sich in demselben Sinne.

Derselbe Versuch wurde mit zusammengelegten Gläsern unter Anwendung blos Eines Auges bei Schluss des anderen wiederholt, wo die Componenten sammt ihrem Unterschiede auf höchstens ⅑ herabkamen, der Unterschied blieb immer noch mindestens eben so merklich.

Endlich gab auch Schwächung durch farbige Gläser, mit welchen ich zum Theil noch zu erheblich grösserer Dunkelheit herabging, dasselbe Resultat. Hiebei dürfen natürlich nicht verschiedenfarbige Wolkennuancen oder eine Wolke gegen den blauen Himmel in das Auge gefasst werden, da Farbengläser eine verschiedene verhältnissmässige Absorption auf verschiedene Farben äussern.

Bemerken wir nun, dass bei der Schwächung des absoluten Unterschiedes der Componenten in vorigen Versuchen doch das Verhältniss der Componenten und hiemit der relative Unterschied derselben ungeändert blieb, so werden wir in der ungeschwächt bleibenden Merklichkeit des Unterschiedes eine Bestätigung unseres Gesetzes zu sehen haben.

Für den ersten Anblick könnte es freilich sehr auffällig und in Widerspruch mit alltäglichen Erfahrungen erscheinen, dass ein, auf $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{7}$, ja noch viel mehr herabgebrachter photometrischer Unterschied noch mindestens eben so merklich für die Empfindung sein soll, als ohne Abschwächung; da wir doch täglich Lichtunterschiede durch Abschwächung sich mindern und verschwinden sehen. Aber man darf die Bedingung des Gesetzes nicht übersehen, unter welcher es allein den Erfolg fodert, und unter welcher er allein stattfindet, dass nämlich der Lichtunterschied bei seiner Abschwächung ein ungeändertes Verhältniss zu seinen, in demselben Verhältnisse mit abgeschwächten, Componenten behält. Heisse der Fall der Erfüllung dieser Bedingung der erste Hauptfall. Es lässt sich aber der Unterschied noch auf eine andere Weise abschwächen, dadurch, dass die stärkere Componente durch alleinige Abschwächung, oder die schwächere durch alleinige Steigerung der anderen entgegengeführt wird. In diesem Falle, welcher der zweite Hauptfall heisse, erfährt der Unterschied mit seiner absoluten Schwächung zugleich eine Schwächung im Verhältnisse zu seinen Componenten; und dann nimmt in der That, wie sich durch spätere Versuchsweisen in Uebereinstimmung mit der allgemeinen Erfahrung leicht erweisen lässt, die Merklichkeit des Unterschiedes ab, und schwindet bei hinreichender Annäherung der Componenten an einander ganz.

Zu diesen beiden Hauptfällen lässt sich noch ein dritter

Hauptfall fügen, der zur directen Bewährung unseres Gesetzes durch den ersten eine indirecte Bestätigung zu liefern vermag: dass nämlich beiden Componenten, statt sie in gleichem Verhältnisse zu ändern, ein gleiches Plus zugefügt oder gleich viel davon abgezogen wird. In diesem dritten Falle bleibt, im Gegensatze gegen den ersten, der absolute Unterschied sich gleich, der relative ändert sich. Er nimmt ab, wenn wir den Componenten ein gleiches Plus zufügen, nimmt zu, wenn wir gleich viel davon abziehen. Insofern nun das Gesetz die gleiche Merklichkeit nicht an die Gleichheit des absoluten, sondern des relativen Unterschiedes knüpft, werden wir unter Voraussetzung seiner Richtigkeit zu erwarten haben, dass in unserem dritten Hauptfalle die Merklichkeit des Unterschiedes nicht gleich bleibt, trotz dem, dass der Unterschied absolut genommen gleich bleibt; dass sie vielmehr abnimmt oder zunimmt, je nachdem das gleiche Plus zugefügt oder das Gleiche abgezogen wird.

Zum Beweise nun, dass sich diess wirklich so verhalte, bedarf es nicht erst eines besonders ausgedachten Versuches, wenn schon auch die Bestätigung durch Versuche leicht fällt. Es bietet uns aber dasselbe Beobachtungsfeld, was uns bisher gedient hat, in einer alltäglichen Erfahrung eine genügende Bestätigung dar.

Bei Nacht sieht jeder die Sterne, bei vollem Tageslichte sieht er nicht einmal Sterne wie Sirius und Jupiter. Doch ist der absolute Unterschied der Helligkeit zwischen den Stellen des Himmels, wo die Sterne stehen, und den umgebenden Stellen noch eben so gross als bei Nacht. Es ist nur der Intensität beider durch das Tageslicht ein gleiches Plus zugefügt worden.

Möglicherweise hätte man den Erfolg unserer ersten Versuche mit den Wolkennuancen so deuten können: durch die dunklen Gläser sei der Unterschied derselben allerdings in sehr starkem Verhältnisse geschwächt worden, aber doch immer noch absolut vorhanden gewesen, und also habe er auch immer noch in Betracht seines absoluten Daseins wahrgenommen werden müssen, ohne dass man nöthig habe, die fortgehende Wahrnehmbarkeit von einer Forterhaltung derselben relativen Grösse abhängig zu machen. Aber man sieht aus vorstehender Erfahrung, dass das absolute Dasein eines Lichtunterschiedes keineswegs hinreicht, ihn wahrnehmbar zu machen, ja dass sogar sehr beträchtliche absolute Unterschiede dem Auge völlig entschwinden, wenn sie eine sehr geringe relative Grösse zeigen. Niemand wird den Helligkeitsunterschied der Gestirne Sirius und Jupiter vom umgebenden Himmel bei Nacht gering halten, und Niemand wird mit geschärftester Aufmerksamkeit diese Gestirne bei Tage entdecken können; so dass die Behauptung auffallend erscheinen kann, der Helligkeitsunterschied derselben von der Umgebung sei bei Tage noch eben so gross als bei Nacht. In der That ist er es physisch, indess er für die Empfindung völlig null, ja insofern kleiner als null, ist, als es erst einer gewissen Vergrösserung desselben bedarf, ehe er den Punct erreicht, von wo an er merklich wird.

Man darf übrigens das Phänomen nicht etwa blos auf Lichtpuncte beschränkt halten. Die weiterhin anzuführenden Versuche mit Schatten geben vielmehr die bequemste Gelegenheit, dasselbe Phänomen an Lichtflächen von beliebiger Ausdehnung bei erheblichen absoluten Unterschieden zu beobachten; aber auch Erfahrungen des täglichen Lebens lassen sich wieder in dieser Beziehung anführen.

Bekanntlich werden die Figuren auf gefirnissten Oelgemälden, auf Daguerreotypen, gemalten Tellern, lackirten Tischen u. dgl. durch spiegelnde Lichter ganz unerkennbar. Nun hängt, wie man weiss, die Intensität des spiegelnd zurückgeworfenen Lichtes nicht von der Färbung oder Dunkelheit der Fläche, von der es zurückgeworfen wird, ab, sondern bei gleicher Substanz nur von der Glätte derselben und dem Einfallswinkel; fügt also den dunkleren und helleren Stellen der Figuren und des Grundes ein gleiches Plus zu, und macht dadurch die Unterschiede dazwischen unerkennbar.

Das Vorige dürfte schon zu einer Bewährung des Gesetzes im Allgemeinen genügen. Aber kann es wirklich für genau gelten?

Mit Fleiss habe ich gesagt, dass der Unterschied der Wolkennuancen bei Betrachtung mit den verdunkelnden Gläsern mindestens so merklich erschien, als mit blossen Augen. Denn einige von denen, welche ich den Versuch wiederholen liess, fanden ihn mit Gläsern sogar noch etwas schärfer als ohne Gläser, und mir selbst erscheint es oft, obwohl nicht immer, so. Man kann hienach jedenfalls sicher sein, dass ein Lichtunterschied nicht, wie man am leichtesten erwartet haben möchte, durch Schwächung seiner absoluten Grösse bei gleichbleibender relativer Grösse an Merklichkeit einbüsst. Aber auch ein Gewinn an Merklichkeit hiebei wäre immerhin eine Abweichung vom Gesetze, welches eine gleichbleibende Merklichkeit an das Gleichbleiben des relativen Unterschiedes knüpft.

Abgesehen nun davon, dass hiebei möglicherweise abgeänderte Irradiationsverhältnisse ins Spiel kommen könnten, liesse sich auch an eine subjective Täuschung dabei denken, der Art, dass man geneigt wäre, einen gleich merklichen Unterschied für merklicher zu halten, sofern er es doch im Verhältnisse zu dem geschwächten Eindrucke der Componenten ist. Um nun ein, von subjectiven Täuschungen möglichst unabhängiges, Resultat zu erzielen, combinire ich folgenden Gegenversuch mit dem bisherigen Versuche.

Ich suche, während ich die Gläser vor den Augen habe, den schwächstmöglichen, nur als eben merklich taxirten, Unterschied auf, den ich am Himmel finde, und nehme dann die Gläser vor den Augen weg. Ist die Merklichkeit durch die Gläser irgends erheblich gesteigert worden, so muss der mit den Gläsern nur eben merkliche Unterschied bei Wegnahme der Gläser verschwinden. Ich habe aber bei mehrfacher Wiederholung des Versuches, mit den einfachen wie doppelt zusammengelegten Gläsern, nie einen noch so schwachen Unterschied aufzufinden vermocht, den ich nicht auch nach Wegnahme der Gläser noch zu erkennen vermochte, wenn nur der erste Eindruck einer momentanen Blendung vorübergegangen war, von dem sich das Auge bei Wegnahme der Gläser durch das plötzlich einfallende stärkere Licht frappirt findet. Und auch bei Vornahme derselben erfahre ich durch den plötzlichen Wechsel des Lichtes ein momentanes Undeutlicherwerden des Unterschiedes, was jedoch beidesfalls schnell vorübergeht.

Bei allen angeführten Versuchen bleibt wesentlich, nur ganz geringfügige Unterschiede zu verwenden, welche den Charakter des Ebenmerklichen tragen. Denn, wenn schon das Gesetz, wie weiterhin zu zeigen, eine Ausdehnung auf grössere Unterschiede zulässt, so ist es doch nicht leicht, es an solchen direct zu bewähren. Das Urtheil, ob solche mit und ohne Gläser gleich deutlich sind, ist sehr unsicher und schwankend, und wird unstreitig durch eine Mehrheit von Umständen mitbestimmt. Auch selbst bei Anwendung nur eben merklicher Unterschiede kann, wie vorhin bemerkt, das Urtheil über die Gleichheit derselben Täuschungen unterliegen, wenn schon sie absolut genommen nicht so bedeutend sein können, als wenn man grössere Unterschiede anwendet. Aber der Hauptvortheil bei Anwendung ganz geringfügiger Unterschiede liegt darin, dass die Combination des Versuches mit dem Gegenversuche dabei gestattet, sich von dem Urtheile über Gleichheit oder Ungleichheit ganz unabhängig zu machen, und den Schluss blos auf das Dasein des Unterschiedes für die Empfindung zu gründen, worüber man sich nicht so leicht täuschen kann als über die Gleichheit. Wenn der schwächstmögliche Unterschied, der ohne Gläser noch erkannt wird, auch mit stark verdunkelnden Gläsern überhaupt noch erkannt wird, und wenn umgekehrt der schwächstmögliche Unterschied, der mit stark verdunkelnden Gläsern erkannt wird, überhaupt noch erkannt wird, so liegt darin eine Art objectiver Beweis, dass der Unterschied durch die Gläser in keinem irgends erheblichen Grade an Merklichkeit gewinnen oder verlieren kann.

Jedenfalls wird durch die Combination des Versuches mit dem Gegenversuche die Möglichkeit einer Abweichung von der Triftigkeit des Gesetzes in den Gränzen der Lichtintensität, in denen sich die Bewährung bisher gehalten hat, die weder bis zur Annäherung an völlige Finsterniss, noch bis zu sehr blendenden Lichtern gingen, selbst in sehr enge Gränzen eingeschlossen. Inzwischen ist damit doch keine unbeschränkte Gültigkeit des Gesetzes behauptet oder dargethan, vielmehr eine Abweichung davon, mindestens für den Versuch, nach oben wie nach unten, gewiss. Und ehe wir auf die weiteren Bewährungen eingehen, wird es nützlich sein, von diesen Gränzen des Gesetzes zu sprechen, da die Bewährungen selbst nur mit Rücksicht auf die Gränzen statt haben und zu verstehen sein können.

Gewiss vermöchte Niemand, selbst wenn sich die Beobachtung gefahrlos anstellen liesse, die Flecken in der Sonne (mindestens bei hohem Stande derselben) mit blossem Auge zu erkennen, indess sie jeder mit verdunkelnden Gläsern wahrnimmt. Sollte aber das Gesetz bis zu den höchsten Lichtgraden reichen, so müssten die Flecken mit blossen Augen eben so leicht vom umgebenden Lichtgrunde unterschieden werden, als mit Zuziehung dunkler Gläser. Unstreitig findet schon bei viel geringeren Lichtintensitäten eine Abweichung vom Gesetze statt, wahrscheinlich überall, wo das Auge sich geblendet fühlt, obwohl es an bestimmten Versuchen hierüber noch ganz fehlt.

Es mag daher auch möglich sein, dass bei sehr heller Wolkenbeleuchtung wirklich durch die dunkeln Gläser ein kleiner Gewinn in Verdeutlichung der Unterschiede der Wolkennuancen erzielt wird, nur kann es nach dem Ausfalle der Combination von Versuch und Gegenversuch blos ein Gewinn sehr kleiner Ordnung sein, der sich bei Versuchen mit mässig heller Wolkenbeleuchtung nicht objectiv von mir hat constatiren lassen; denn Versuche mit sehr blendender Beleuchtung habe ich freilich wegen der grossen Reizbarkeit meiner Augen nicht ruhig und oft genug anstellen können, um etwas Sicheres darüber aussagen zu können.

Die untere Gränze anlangend, so leuchtet von vorn herein ein, dass, wenn man mit der Verdunkelung der Gläser zum Extreme gehen wollte, überall nichts mehr, und also auch kein Unterschied mehr gesehen werden kann, möchte er auch ohne Gläser noch so gross erscheinen und sein; und dass man also nach dem Continuitätsprincipe schon eine verminderte Deutlichkeit spüren muss, wenn man sich dieser Gränze nur sehr nähert, wie auch die Erfahrung bestätigt. In der That, mag ein Unterschied so gross sein, als er will, so wird man immer einen Grad der Verdunkelung der Gläser finden können, bei welchem er undeutlicher als ohne Gläser erscheint. Dieselben Sonnenflecke, welche bei mässig dunkeln Gläsern deutlich werden, werden bei ganz dunkeln Gläsern wieder undeutlicher und endlich ganz unerkennbar werden.

Anstatt also eine unbeschränkte Gültigkeit des Gesetzes behaupten zu können, können wir nach den Aussagen der Versuche nur behaupten, dass es sich in den, ziemlich weiten, Gränzen der Intensität, in denen sich das gewöhnliche Sehen bewegt, so weit bestätigt, dass eine Abweichung vom Gesetze nicht nachweisbar ist.

Es kann aber die Gültigkeit desselben in mittleren Gränzen selbst schon in gewisser Weise aus der entgegengesetzten Richtung der Abweichungen nach Oben und Unten gefolgert werden. Bei intensivem Lichte wächst die Deutlichkeit durch Abschwächung, bei sehr schwachem durch Verstärkung der Componenten in gleichem Verhältnisse. Also muss es schon aus mathematischem Gesichtspuncte ein gewisses mittleres Intervall geben, wo sie durch Verstärkung und Schwächung gleich unverändert bleibt. Nur dass sich die grosse Ausdehnung eines solchen Intervalls nicht nach blos mathematischem Gesichtspuncte voraussehen liess.

Ich habe die vorigen Versuche vorangestellt, nicht nur, weil es die waren, auf die ich selbst zur Prüfung des Gesetzes zuerst verfiel, bevor mir noch das früher in dieser Hinsicht Geleistete bekannt war, sondern auch, weil sie ganz besonders bequem, Jedem leicht zugänglich, und dabei für die allgemeine Thatsache des Gesetzes im Grunde so viel beweisend als alle anderen sind. Nur hat man dabei weder die Bestimmung, noch gleichförmige Erhaltung, noch Abänderung der Lichtschattirungen in seiner Gewalt, kann daher auch nicht alle drei Hauptfälle beliebig damit herstellen; und aus diesem Gesichtspuncte empfiehlt sich allerdings die Zuziehung noch anderer Verfahrungsarten, welche das Experiment zur Beobachtung fügen.

Nun giebt es sehr verschiedene Wege, Lichtschattirungen von verschiedener Abstufung bis zum eben merklichen Unterschiede gegen einander zu erzeugen, wonach der Versuch verschiedene Formen annehmen kann. Sehr einfach ist, mit Tusche schwächstmögliche Schattirungen auf Velinpapier hervorzubringen, die zwar eben so wenig als die Wolkenschattirungen einen gemessenen Unterschied gewähren; aber doch den Vorzug der gleichförmigen Erhaltung, beliebigen Gradation und Handhabung voraus haben.

In der That habe ich Versuch und Gegenversuch neuerdings an solchen wiederholt und den entsprechenden Erfolg wie früher an den Wolkennuancen erhalten. Selbst mit verdunkelnden Glascombinationen, die nach genauer photometrischer Messung nur $\frac{1}{100}$ Licht durchlassen, erkenne ich, nachdem ich kurze Zeit durchgesehen, noch die schwächstmöglichen Schattirungen, die ich nur eben mit blossem Auge erkennbar finde. Nur muss der Versuch in gutem Tageslichte angestellt werden; denn wenn ich ihn bei dem Lichte der Studirlampe anstelle, bei der ich zu schreiben gewohnt bin, wird die Schattirung mit derselben Verdunkelung ganz unerkennbar; indess eine Verdunkelung auf $\frac{1}{15}$ und mehr sie noch so deutlich als ohne Verdunkelung erscheinen lässt.

Ein anderer einfacher und bequemer, zugleich bestimmte Messungen gestattender, und der Abänderung nach allen drei Hauptfällen fähiger, Versuchsweg bietet sich in der Anwendung zweier nachbarlichen Schatten dar, die man durch zwei Lampen oder Lichter von demselben Gegenstande erzeugt, indem das photometrische Verhältniss beider Schatten nicht nur leicht regulirbar, sondern auch, unter Anwendung gleich heller Lichtquellen, leicht messbar durch das reciproke Verhältniss der Quadrate der Abstände beider Quellen von ihren Schatten gegeben ist, indess die photometrische Gleichheit der Quellen durch die gleiche Helligkeit der Schatten bei gleichem Abstande von denselben leicht bewährbar, und durch Putzen der Lichter oder Schrauben der Lampen herstellbar ist. Jedoch ist es im Ganzen noch zweckmässiger, statt beider Schatten den einen Schatten und den umgebenden Grund als Componenten des Unterschiedes zur Bewährung des Gesetzes in das Auge zu fassen, da das Verhältniss des Schattens zu dem, denselben ganz umgebenden, Grunde noch leichter beurtheilbar ist, bei welcher, im Folgenden eingeschlagenen, Versuchsweise des Näheren Folgendes in Betracht kommt.

Seien die beiden Lichtquellen L, L' und L' diejenige, deren Schatten man ins Auge fassen will. Dieser Schatten wird noch von dem anderen Lichte L, der umgebende Grund von beiden Lichtern, L, L' erleuchtet. Rückt man das Licht L' immer weiter von der die Schatten auffangenden Tafel zurück, während L stehen bleibt, so erhält der den Schatten umgebende Grund einen immer kleineren Erleuchtungszuschuss durch L', und endlich wird dieser so gering, dass er unmerklich für das Auge wird, also der Schatten im umgebenden Grunde verschwindet. Hat man diesen Punct erreicht, so reicht eine geringe Verrückung des einen beider Lichter oder Schrauben einer beider Lampen in rechtem Sinne hin, ihn wieder eben merklich zu machen.

Nun kann man zuvörderst Versuch und Gegenversuch mit den dunkeln Gläsern daran wiederholen; und wird eben so das Gesetz wie die untere Gränze des Gesetzes dadurch constatiren können.

Statt der Abschwächung beider Componenten nach gleichem Verhältnisse durch dunkle Gläser kann man dann dieselbe Abschwächung dadurch bewirken, dass man beide Lichtquellen L, L' in immer grössere, aber dasselbe Verhältniss behaltende, Abstände von der schattenauffangenden Tafel versetzt. So geschahe es bei den folgenden Versuchen. Dabei ward zugleich die Richtung des Verfahrens in der Art umgekehrt, dass, statt wie bisher die gleichbleibende Merklichkeit des Unterschiedes als Erfolg der relativ gleichen Abschwächung der Componenten zu beobachten, umgekehrt diese als Erfolg der Herstellung der gleichen Merklichkeit beobachtet ward, wie aus dem Folgenden deutlicher hervorgehen wird. Hiedurch wird die neue Versuchsweise vielmehr zu einer Ergänzung und Controle, als Wiederholung der vorigen.

Da meine sehr geschwächten Augen sich auf dergleichen Versuche nicht einlassen konnten, bei welchen die angestrengteste Aufmerksamkeit und das schärfste Hinsehen nöthig ist, um noch Spuren des im Verschwinden oder Wiedererscheinen begriffenen Schattens aufzufassen, so hat Volkmann unter Zuziehung einiger Mitbeobachter mit guten Augen die Anstellung derselben übernommen. Folgendes das Wesentliche des Verfahrens und der Erfolge.

Ein vertical vor einer verticalen weissen Tafel aufgestellter Stab warf auf dieselbe unter der Einwirkung zweier Lichtquellen L, L', zwei Schatten auf die Tafel. Die eine Lichtquelle L, eine brennende Stearinkerze, wurde in einem gegebenen Abstande von der Tafel erhalten, und die andere, deren gleiche Lichtintensität mit jener auf doppeltem Wege photometrisch constatirt war, nun durch einen der Mitbeobachter so weit von der Tafel zurückgerückt, bis der von dem Beobachter scharf ins Auge gefasste Schatten, den sie warf, eben merklich zu sein aufhörte. Hiezu musste bei Volkmann's Augen der Abstand der Kerze L' vom Schatten 10mal so viel betragen, als der Kerze L, d. h. der Unterschied der Beleuchtungen, wo der Schatten eben merklich zu sein aufhörte, $\frac{1}{100}$ der absoluten Beleuchtung betragen. Dasselbe Verhältniss der Distanzen und mithin Beleuchtungen, wo dieser Punct eintrat, fand sich aber auch bei ganz anderen absoluten Intensitäten der Beleuchtung wieder, welche bemerktermassen theils durch Abänderung der Intensität der Flammen selbst, theils dadurch erhalten wurde, dass die Flamme L in grössere oder geringere Distanz von der Tafel versetzt ward. Immer musste die Distanz der Flamme L' merklich 10mal so viel betragen, um den Schatten auf den Punct des Verschwindens zu bringen. So wurde der Versuch von einer Intensität der Beleuchtung L gleich 0,36 durch Intensitäten = 1, = 2,25, = 7,71 bis 38,79 variirt, wobei als 1 die Beleuchtung durch eine Stearinkerze in 3 Decimeter Abstand von der weissen Tafel gilt, ohne dass das Verhältniss der Distanz der anderen Lichtquelle zur Tafel bemerklich oder erheblich anders ausfiel. Nur bei der schwächsten Intensität (0,36) fand ein nennenswerther kleiner Abfall statt, d. h. die Distanz des Lichtes L' musste etwas weniger als das 10fache der Distanz des Lichtes L betragen (nach der Tabelle der Resultate das 9, 6fache), um den Schatten eben verschwinden zu lassen, indem hiermit unstreitig die untere Gränze, welche die Gültigkeit des Gesetzes für das Experiment hat, überschritten zu werden anfieng.

Der Kürze halber habe ich bei dieser Darstellung blos auf den Punct des Verschwindens Bezug genommen. In Wirklichkeit aber wurde um den Punct des Verschwindens herum die Lichtquelle L' abwechselnd hin- und hergerückt, so dass zwischen dem Puncte des Verschwindens und Wiedererscheinens des Schattens der Punct der Ebenmerklichkeit möglichst genau erhalten wurde; und da die Verrückung der Lichtquelle L' durch einen Gehülfen nur auf den Ruf des, ganz mit Auge und Aufmerksamkeit auf die Apperception des Schattens gerichteten, Beobachters geschah, so erfolgte die definitive Fixation des Abstandes ohne dessen Kenntniss Seitens des Beobachters und konnte also nicht durch eine solche Kenntniss influenzirt werden, wodurch das Resultat dieser Versuche um so unzweideutiger wird.

Diese Versuche sind von Volkmann unter Zuziehung von Prof. Knoblauch, Dr. Heidenhain in Halle und Dr. Jung aus Berlin angestellt, und zum Theil auch in meinem eigenen Beisein wiederholt worden. Und bemerkenswerther Weise fand sich bei allen genannten Beobachtern ein nur wenig um $\frac{1}{100}$ der absoluten Beleuchtung schwankender Werth als eben merklicher Unterschied wieder.

Allerdings lässt diess Verfahren keine grosse Schärfe in Einzelversuchen zu, indem man das Licht L' innerhalb einer gewissen Weite, die nach Volkmann etwa $\frac{1}{10}$ des Totalabstandes betragen mag, verrücken kann, ohne genau zu wissen, wo man den Punct der Ebenmerklichkeit des Schattens fixiren soll; daher im Allgemeinen für jeden Beobachter das Mittel aus mehreren Versuchen als massgebend angesehen wurde; doch schwankten die Einzelresultate oft nur sehr wenig um das Mittel, und die Unsicherheit, die nach den Mitteln übrig bleibt, ist sehr gering.

Diese Versuchsweise mit den Schatten entspricht dem ersten Hauptfalle; begreiflich aber lässt sich auch leicht dem zweiten dadurch entsprechen, dass man ein Licht allein ohne das andere der Tafel nähert oder davon entfernt, heller oder dunkler macht;

dem dritten dadurch, dass man die beiden Schatten, welche einen Unterschied geben, oder einen Schatten und den Grund gemeinsam mit einem dritten hinreichend hellen Lichte beleuchtet, wodurch man im Stande ist, einen sehr deutlichen Unterschied für das Auge zum Verschwinden zu bringen.

So weit die eigenen und durch mich veranlassten Versuche. Ungeachtet sie nach dem schon Eingangs Vorbemerkten nicht wesentlich neu sind, konnte doch ihre Anführung auch nach den früher angestellten noch nützlich sein, sofern sie unabhängig von denselben und mit manchen Modificationen angestellt sind, wodurch sie zur Sicherstellung und Erläuterung des Gesetzes beitragen. Nun aber soll auch noch das Wesentliche dessen hinzugefügt werden, was mir von den früheren Bewährungen nach und nach bekannt worden ist. Zuvörderst hat Bouguer nach s. *Traité d'optique sur la gradation de la lumière par Lacaille*. 1760. *p*. 51 den Versuch mit dem verschwindenden Schatten in ganz ähnlicher Weise als Volkmann angestellt*), und beschreibt denselben unter der Ueberschrift: »*Observations faites pour déterminer, quelle force il faut qu'ait une lumière pour qu'elle en fasse disparaître une autre plus faible.*«

Zwar giebt er blos das Resultat eines Versuches bei einem einzigen Abstande beider Lichter, wonach der eine Schatten bei ungefähr $\frac{1}{64}$ Differenz (statt $\frac{1}{100}$ bei Volkmann) verschwindet; sagt aber weiterhin, dieser Grad der Empfindlichkeit müsse je nach dem Auge des Beobachters verschieden sein; er habe jedoch zu finden geglaubt, dass er für sein Auge unabhängig von der Stärke des Lichtes sei.

Nach einer auf mündlicher Mittheilung fussenden Angabe von Masson**) hat Arago die Versuche von Bouguer wiederholt und dabei auch mit farbigen Lichtern operirt. Arago selbst erklärt sich in seiner populären Astronomie***) positiv über die Statthaftigkeit des Gesetzes, indem er nach Auseinandersetzung der Bouguer'schen Versuchsweise sagt: »welches auch die absolute Helligkeit von *M* und *L* (den beiden Lichtern des Bouguer'-

---

*) Ich entnehme die Angabe darüber der wörtlichen Wiedergabe seiner Worte durch Masson in den *Ann. de Ch. et de Ph.* 1845. *T. XIV. p.* 148; da mir Bouguer's Schrift selbst nicht zu Gebote stand.

**) *Ann. de Chim. et de Phys*. 1845. *T. XIV*. p. 150.

***) Herausgegeben von Hankel, Th. I. S. 168.

schen Versuches) ist, stets wird der Versuch auf dasselbe Resultat (denselben eben merklichen relativen Unterschied) führen.« Doch führt er hier keine eigenen Versuche in Bezug auf den Gegenstand an.

Auch in seinen Mémoires sur la photométrie (p. 256) kommt er nicht auf das Gesetz zurück, führt aber, wie es scheint, unter Voraussetzung des Gesetzes, Versuche an, welche einen Einfluss der Bewegung auf die Sichtbarkeit des Unterschiedes beweisen, und die ich unten anführen werde.

Masson*) ist auf seine Versuche zur Bewährung des Gesetzes beiläufig bei einer ausgedehnten Untersuchung über elektrische Photometrie gekommen. Sein Verfahren ist sinnreich und einfach und seine Angaben lassen die Bewährung viel schärfer und vollständiger hervortreten, als die Angaben **Bouguer's** und **Arago's**. Im Wesentlichen war es dieses: Eine weisse Scheibe von ungefähr 6 Centimeter Durchmesser, auf der ein Sector, beispielsweise $^1/_{60}$ der Kreisfläche betragend, zu einem gewissen Theile *mn* in beigezeichneter Weise geschwärzt war, wurde in rasche Drehung versetzt, so dass vermöge der Nachdauer des Gesichtseindruckes sich der schwarze Theil zu einem Ringe oder Kranze auf der weissen Scheibe ausdehnte, der nach dem bekannten, hiebei obwaltenden, Gesetze über die Helligkeitsverhältnisse rasch bewegter Körper um $^1/_{60}$ dunkler war als der weisse Scheibengrund. Ein Auge, was noch im Stande ist, den Kranz vom Grunde zu unterscheiden, wird hienach im Stande sein, einen Unterschied, der nicht über $^1/_{60}$ der Intensität beträgt, noch wahrzunehmen. **Masson** liess nun eine ganze Reihe solcher Scheiben anfertigen, bei

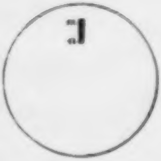

---

*) *Ann. de Chim. et de Phys.* 1845. T. XIV. p. 150.

welchen das Verhältniss der Winkelgrösse des Sectors zur Kreisfläche respectiv $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{60}$, $\frac{1}{70}$ und so fortschreitend bis $\frac{1}{120}$ betrug, wodurch er in den Stand gesetzt war, Gränzen zu bestimmen, zwischen welche die Gränze der Empfindlichkeit fiel. Zu übereinstimmenden Ergebnissen mit dieser Methode führte folgende, welche, verglichen mit der vorigen, zugleich das Interesse hat, zu zeigen, dass instantanes Licht sich mit bleibendem Lichte in Betreff des Gesetzes gleich verhält.

Bekanntlich, wenn man eine abwechselnd in weisse und schwarze Sectoren getheilte, vom Tageslichte oder von einer Lampe erleuchtete, Kreisscheibe rasch dreht, erscheint sie von gleichförmigem Grau. Erleuchtet man sie statt dessen mit dem instantanen elektrischen Funken, so erblickt man alle Sectoren völlig unterschieden. Wendet man beide Beleuchtungsarten zugleich an, so kommt es auf das Verhältniss der Intensitäten an, ob man gleichförmiges Grau sieht oder die Sectoren unterscheidet; Ersteres, wenn das elektrische Licht zu schwach ist, Letzteres, wenn es hinreichend stark ist. Für die Augen verschiedener Menschen ist nach Masson das Verhältniss beider Beleuchtungsintensitäten, bei welchem das gleichförmige Grau eintritt, verschieden, indess es für das Auge desselben Beobachters sich gleich bleibt. Die Sectoren verschwinden und das gleichförmige Grau tritt ein, wenn die instantane Erleuchtung der weissen Sectoren durch das elektrische Licht (die schwarzen werfen kein erhebliches Licht zurück) denselben kein hinreichendes Uebergewicht mehr über die gleichförmig graue Färbung, die ohne das elektrische Licht eintreten würde, giebt, dass sie vom Auge unterschieden werden kann; und je nach der verhältnissmässigen Breite der schwarzen und weissen Sectoren, womit sich das Grau ändert, wird demnach hiezu bei derselben fixen Beleuchtung eine verschieden starke elektrische Erleuchtung erfodert. Vermag das Auge nach der vorigen Versuchsweise noch $\frac{1}{100}$ zu unterscheiden, so wird bei Gleichheit der weissen und schwarzen Sectoren die Erleuchtung der weissen Sectoren durch das elektrische Licht $\frac{1}{200}$ ihrer Erleuchtung durch das bleibende Licht betragen müssen, indem diese Erleuchtung durch die Drehung der Scheibe zu einem Grau von der halben photometrischen Helligkeit abgeschwächt wird. Die Versuche nach dieser Methode sind von Masson zu anderen Zwecken, als unser Gesetz zu bewähren, in grosser Abänderung angestellt, dabei aber die Uebereinstimmung ihrer Ergebnisse mit denen der vorigen Methode constatirt worden.

Das Nähere seiner Resultate giebt **Masson**, zuerst bezüglich der ersten Beobachtungsmethode, nachher sich zur zweiten wendend, wie folgt an *):

»En essayant différentes vues, j'ai trouvé, que pour celles que l'on considère comme faibles, la sensibilité a varié de $\frac{1}{50}$ à $\frac{1}{70}$. Elle a été de $\frac{1}{80}$ à $\frac{1}{100}$ pour les vues ordinaires, et pour les bonnes vues de $\frac{1}{120}$ à $\frac{1}{140}$ et au-delà. J'ai rencontré deux personnes apercevant fort distinctement la couronne produite sur un disque donnant le $\frac{1}{150}$.«

»En faisant varier l'intensité de l'éclairement, j'ai trouvé que, quand il était suffisant, pour qu'on pût facilement lire dans un in-octavo, la sensibilité ne variait pas pour un même individu. Ainsi, comme Bouguer l'avait reconnu, la sensibilité de l'oeil est indépendante de l'intensité de la lumière. J'ai fait varier de plusieurs manières la puissance du rayon lumineux réfléchi par le disque. J'ai pris la lumière d'une carcel placée à diverses distances du disque, l'éclairement par un temps sombre et couvert; j'ai opéré à la lumière diffuse après le coucher du soleil; j'ai employé la lumière solaire réfléchie par un héliostat, et quelquefois j'ai rendu le faisceau divergent au moyen d'une lentille. La distance de l'oeil au disque est sans influence sur la sensibilité, pourvu qu'on n'atteigne pas une certaine limite déterminée par l'angle soutenu par la couronne.«

»Les résultats n'ont pas été modifiés, quand j'ai changé le rapport entre le diamètre du disque et la largeur de la couronne. J'ai employé des disques, dans lesquels la surface parcourue par le secteur noir était le tiers ou le quart de celle du cercle. J'ai placé la partie noire au bord du disque, au centre, et entre le centre et la circonférence. Enfin j'ai disposé sur un même cercle plusieurs portions noires appartenant à des secteurs ayant avec le cercle des rapports différents, et j'ai employé le disque no. 5 **). Dans tous les cas, la limite de la sensibilité est restée invariable.«

»En éclairant le disque mobile par des lumières colorées, j'ai pu déterminer si la sensibilité de l'oeil variait avec la nature des rayons lumineux. Sauf quelques restrictions dont je vais parler, j'ai trouvé que la limite de sensibilité est indépendante de la couleur. Ainsi, je vois aussi distinctement la couronne au $\frac{1}{120}$, soit que j'éclaire le disque par la lumière naturelle, soit que j'emploie des rayons colorés.«

»J'ai produit des lumières de diverses couleurs en faisant passer au travers de verres colorés les rayons du soleil ou ceux d'une lampe de Carcel. Je me suis servi des couleurs d'un spectre, et enfin de l'appareil photométrique de M. **Arago**.«

---

*) Der Umstand, dass, so viel mir bekannt, die **Masson**'sche Arbeit in kein deutsches wissenschaftliches Journal übergegangen ist, wird die etwas längere wörtliche Mittheilung rechtfertigen.

**) Diese Scheibe enthält einen unterbrochenen schwarzen Sectortheil.

»Les verres que je dois à l'obligeance de M. **Bontemps** ont tous été essayés au spectre. Excepté le verre rouge, qui ne laissait passer que l'extrémité rouge du spectre, tous les autres laissaient passer toutes les couleurs en quantités variables. Quelques-uns, le rouge par exemple, absorbaient une telle quantité de lumière, qu'on voyait difficilement la couronne.«

»Dans les essais précédents, l'observateur ayant l'oeil fixé sur le disque pendant un temps plus ou moins long, nous ne pouvons affirmer que les limites de sensibilité, ainsi déterminés, resteront les mêmes quand l'éclairement sera instantané. Je me suis assuré par le moyen suivant que, dans ce dernier cas, la limite de sensibilité éprouvait peu de variations.«

»Après avoir éclairé les secteurs du photomètre*) par une lampe Carcel, j'ai placé une lumière électrique à la distance limite, puis j'ai fait varier, soit la distance de l'étincelle, soit celle de la lampe, de manière à rendre très-sensibles les secteurs. J'ai opéré pour diverses intensités d'éclairement. En comparant ainsi la variation de distance nécessaire pour produire l'apparence des secteurs à la distance absolue des lumières, j'ai trouvé, et cela résulte aussi des expériences que je citerai plus loin, qu'on pouvait prendre pour limite de sensibilité dans mes expériences photométriques les nombres obtenus pour les lumières fixes.«

»En soumettant à mes expériences plusieurs individus, j'ai constaté un fait de la plus haute importance pour la photométrie absolue, je veux dire pour la comparaison des lumières fixes à une lumière instantanée prise pour unité. J'ai trouvé que deux personnes, qui avaient la même sensibilité, donnaient, après avoir acquis suffisamment l'habitude des expériences, les mêmes nombres au photomètre électrique.«

»J'ai substitué aux papiers blancs éclairés par des lumières colorées, des papiers colorés éclairés par de la lumière naturelle. La limite de sensibilité m'a toujours paru plus petite dans ce dernier cas, et un peu variable avec la couleur des papiers. Je ne pense pas cependant qu'on doive regarder ce fait comme une exception à la règle que j'ai établie. Il est en effet à peu près impossible de se procurer des papiers uniformément colorés; la lumière qu'ils réfléchissent est toujours très-faible, et le noir qu'on dépose à leur surface adhère difficilement et réfléchit lui-même une quantité de lumière blanche qui varie dans des limites assez étendues relativement à la lumière réfléchie par les disques colorés. Cependant, pour des papiers rouges et bleus, je suis arrivé très-sensiblement à la limite obtenue par les autres moyens.«

»Ayant remarqué qu'à la limite de la couronne décrite par la partie noire du secteur, il y avait toujours un certain contraste qui, rendant la couronne plus apparente sur ses bords, aidait à sa vision, j'ai terminé la partie noire du secteur par une bordure frangée no. 6 et 7. fig. 7« (s. Original).

---

*) **Masson** bezieht sich hier auf eine in seiner Originalabhandlung beschriebene photometrische Einrichtung, bestehend in einer vom elektrischen Funken zu erleuchtenden, in weisse und schwarze Sectoren getheilten, rasch gedrehten Kreisscheibe. Vergl. S. 151.

»*Il résulte aussi des expériences, que j'ai faites sur plusieurs individus, que la sensibilité de leur organe restant la même pour toutes les couleurs, ils éprouvaient, en fixant le disque éclairé par le rouge, une fatigue, un malaise qui indiquaient chez eux une espèce de répugnance pour cette couleur. Il serait curieux d'examiner si cet effet n'est pas produit sur quelques yeux par une couleur autre que le rouge.*«

Ich komme endlich zu **Steinheil**'s Versuchen. Dieser fand in seiner berühmten Abhandlung über das Prismen-Photometer*) Veranlassung zu untersuchen, ob der Irrthum, den man in der Schätzung der Gleichheit von Lichtintensitäten begeht, je nach der Grösse der Intensitäten verschieden gross sei, und giebt (p. 14 seiner Abhandlung) das Resultat der darüber angestellten Beobachtungen kurz dahin an: »Sie zeigen, dass man mit grosser Genauigkeit den Punct erkennt, in welchem zwei Flächen gleich hell sind. Die Unsicherheit jeder einzelnen Schätzung der Art beträgt nicht über $\frac{1}{38}$ der gesammten Helligkeit; diese mag gross oder klein sein.«

Diesser Ausspruch includirt den Ausspruch unseres Gesetzes. Denn die Unsicherheit in der Schätzung der Gleichheit zweier Lichtintensitäten hängt begreiflich von der Grösse des noch erkennbaren Unterschiedes ab, und wenn bei verschiedenen Intensitäten um einen gleich grossen Verhältnisstheil im Mittel einer Mehrzahl von Versuchen geirrt wird, so muss auch die Gränze der Merklichkeit eines Unterschiedes bei einem gleich grossen Verhältnisstheile dieser Intensitäten liegen.

So fasst es **Steinheil** selbst, indem er (p. 71) mit Bezug auf dieselbe Beobachtung sagt: »In Abtheilung B wird gezeigt werden, ... dass man bei der Schätzung gleicher Helligkeit jedesmal um einen aliquoten Theil der gesammten Lichtmenge fehlt. Aus Letzterem folgt nun, dass, wenn man die Lichtflächen bis zu dem Puncte der Intensität schwächt, wo sie nicht mehr von dem Himmelsgrunde zu unterscheiden sind, diese alsdann eine Intensität haben, welche der des Himmelsgrundes proportional ist.«

Die absolute Angabe $\frac{1}{38}$ kann der früheren von $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{120}$ gegenüber auffallen, und es bleibt fraglich, ob sie von einer Verschiedenheit der Augen oder der Methode abhängt; aber das trifft das Gesetz nicht, um was es hier zu thun ist. Dabei ist zu be-

---

*) Elemente der Helligkeits-Messungen am Sternenhimmel von **Steinheil**, in den Abhandl. der mathemat. phys. Kl. der kön. bair. Akad. 1837.

merken, dass der Bruch $\frac{1}{38}$, welcher die Unsicherheit nach **Steinheil** misst, dem eben merklichen Unterschiede, welchen die Brüche $\frac{1}{64}$ bis $\frac{1}{100}$ nach den anderen Beobachtern bezeichnen, zwar als proportional, aber nicht als damit übereinstimmend anzusehen ist; obwohl diese Bemerkung die Grösse und Richtung des Unterschiedes zwischen den Ergebnissen nicht erklärt.

Steinheil's Versuche (p. 73 ff. seiner Abhandlung), in so weit sie für die Bewährung unseres Gesetzes als vergleichbar in Betracht kommen, beziehen sich allerdings nur auf eine Skala dreier Intensitäten, die sich wie 1,000, 1,672 und 2,887 verhalten; haben also keine grosse Ausdehnung; doch sind sie sehr schätzbar und wichtig, nicht nur, weil sie von einem der ausgezeichnetsten, in Anwendung photometrischer Massmittel geübten, Beobachter herrühren; sondern auch, weil sie auf einem anderen Bewährungsprincipe beruhen, als die bisherigen, und also um so mehr bezeugen, dass das Gesetz jede Art Prüfung besteht.

In der That übersieht man leicht, dass bei **Steinheil**'s Bewährung das Princip der Methode der mittleren Fehler unterliegt, indess die früheren Bewährungen auf dem Principe der Methode der eben merklichen Unterschiede fussen.

Da die Darstellung und Berechnung der **Steinheil**'schen Versuche nicht ohne Umständlichkeit geschehen könnte, verweise ich darüber auf das Original oder auf meine Abhandlung p. 477, wo ich nach einer etwas modificirten Berechnung und unter Ausschluss einer, mit den übrigen nicht ganz vergleichbaren, Versuchsreihe statt des Bruches $\frac{1}{38}$ finde $\frac{1}{48}$. Nur die Zusammenstellung der gefundenen, und der nach Voraussetzung der Gültigkeit des Gesetzes berechneten einfachen mittleren Fehler der, den Quadratwurzeln der Intensitaten proportionalen, Beobachtungsgrössen mag hier folgen.

Beob.	Ber.
2,517	2,426
1,712	1,846
1,471	1,428

Die bisherigen Bewährungen des Gesetzes bezogen sich auf sehr kleine Unterschiede, was, wie man im 7. Kapitel gesehen, für ein darauf zu gründendes psychisches Mass das Wesentliche ist. Die directe Bewährung desselben für mehr als nur eben merkliche Unterschiede hat einige Schwierigkeit, da bemerktermassen das Urtheil über ihre Gleichheit kein recht sicheres ist, und die Combination von Versuch und Gegenversuch hier nicht eben so wie bei nur eben merklichen Unterschieden aus dem blossen Dasein auf die gleiche Merklichkeit schliessen lässt. Doch führe ich in meiner Abhandlung S. 489 die Erfahrung, dass bei Bedeckung des einen Auges ein leichter Schatten sich über das Gesichtsfeld legt, den man nicht geneigt ist heller oder dunkler zu halten, mag man ein Feuer oder eine Wand in's Auge fassen, als eine solche an, die aus gewissem Gesichtspuncte unter unser Gesetz tritt, und als Bewährung desselben für etwas mehr als eben merkliche Unterschiede gedeutet werden kann. Die Discussion dieser Erfahrung möge man in der Abhandlung selbst nachsehen.

Es giebt aber noch von einer anderen Seite eine, und zwar viel unzweideutigere, Bewährung des Gesetzes an mehr als nur eben merklichen Unterschieden, zugleich die erste, die überhaupt für das Gesetz existirt, und zwar wiederum auf jenem hohen Beobachtungsfelde, dem die zuerst angeführten Bewährungen entnommen wurden, nämlich in der Schätzungsweise der Sterngrössen, wobei man voraussetzen muss, dass das geübte Auge der Astronomen die Schwierigkeit der Schätzung im Sinne unseres Gesetzes glücklich überwunden hat.

Die Schätzung der Sterngrössen ist nämlich seit Alters (Hipparch) bekanntlich nicht nach ihrem photometrischen Lichtwerthe, sondern nach dem Eindrucke, den dieselben auf das Auge machen, geschehen, in solcher Weise, dass die Astronomen die Sterne 1., 2., 3. Grösse u. s. f. durch gleiche scheinbare Helligkeitsunterschiede auseinanderzuhalten gesucht haben, dabei aber die Nummern der Sterngrössen abnehmen lassen, während die scheinbaren Helligkeiten zunehmen. Nach unserem Gesetze nun kann der empfundene Helligkeitsunterschied zwischen den aufeinanderfolgenden Grössenclassen nur gleich sein, sofern das photometrische Verhältniss zwischen denselben gleich ist, mithin der mathematischen Reihe der Sterngrössen eine geometrische der Sternintensitäten zugehört, um mit Sternintensität kurz den photometrischen Werth eines Sternes zu bezeichnen.

Hiemit steht nun allerdings in Widerspruch, dass nach einer auf J. Herschel's Untersuchungen gestützten Angabe in v. Humboldt's Kosmos die den aufeinanderfolgenden Sterngrössen zugehörige Reihe der Sternintensitäten statt einer geometrischen Reihe, vielmehr eine quadratische Potenzenreihe ist,

$$1, \frac{1}{4}, \frac{1}{9}, \frac{1}{16} \ldots.$$

Sollte es eine geometrische Reihe sein, so müsste jede Zahl durch Multiplication mit derselben Zahl aus der nächst vorhergehenden hervorgehen, und man unter möglichstem Anschlusse an die vorige Reihe in einfachen Zahlen vielmehr haben

$$\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16} \ldots.$$

Dieser Widerspruch erscheint für den ersten Anblick um so wichtiger, als die quadratische Potenzenreihe von Herschel selbst der geometrischen Reihe vorgezogen wird und als seine höchst sorgfältige Revision der Sterngrössen und Vergleichung derselben mit den Sternintensitäten nach eigenen photometrischen Bestimmungen eine der ausgedehntesten und wichtigsten Unterlagen ist, worauf man überhaupt bei der vorliegenden Frage mit einiger Sicherheit fussen kann. Inzwischen habe ich in meiner Abhandlung, wie ich glaube, einwurfsfrei dargethan, dass der Widerspruch blos scheinbar ist, und sich bei genauerer Betrachtung vielmehr in die volle Bestätigung unseres Gesetzes auflöst. Hier die wesentlichsten Puncte:

Eine erhebliche Abweichung zwischen den obigen beiden Reihen $1, \frac{1}{4}, \frac{1}{9}, \frac{1}{16} \ldots$ und $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16} \ldots$ findet überhaupt nur bei der 1. Grössenclasse statt. In dieser variirt aber die Intensität der einzelnen Sterne vom Einfachen bis ungefähr zum 16fachen, so dass man, wenn man willkührlich die Intensität eines Sternes dieser Classe als Repräsentanten der Intensität der ganzen Classe wählt, solche beliebig mit dieser oder jener Reihe in Uebereinstimmung bringen kann; und in der That hat eine solche Willkühr bei Herschel stattgefunden. Derselbe hatte nämlich eine Vorliebe für die quadratische Potenzenreihe der Intensitäten, indem unter Voraussetzung derselben die Verhältnisse der Zahlen, welche die Grösse bezeichnen, zugleich die Verhältnisse der Entfernungen, in denen sie von uns stehen, bezeichnen würden; und wählte demgemäss als Repräsentanten der Sterne 1. Grösse denjenigen aus, der am besten zu dieser Voraussetzung stimmt, welcher aber keinesweges der von der mittleren Intensität ist, sondern einer der allerhellsten, der Reihenfolge nach der dritte unter den Sternen 1. Grösse, *α* Centauri, indess Herschel selbst an mehreren Orten einen anderen Stern, *α* Orionis (Beteugeuze) ausdrücklich als einen solchen bezeichnet, der eine mittlere Stelle unter den Sternen 1. Grösse einnimmt, als ein »typical specimen« der Sterne 1. Grösse, als einen Stern »of an average first magnitude.« Wirklich nimmt auch derselbe diese Stelle nach Herschel's eigenen Beobachtungsdatis ein, wonach unter den übrigen 14 von ihm photometrisch bestimmten und unter Zuziehung von Grössenbruchtheilen gereihten Sternen 1. Grösse 8 eine kleinere, 6 eine grössere Intensität, 6 eine kleinere, 8 eine grössere Grössennummer haben, als α Orionis.

Hienach leuchtet ein, dass, wenn man einen mittleren oder typischen Werth für die Sterne 1. Grösse ohne willkührliche Anpassung an irgendwelche Voraussetzung sucht, man nicht α Centauri, sondern α Orionis dafür zu wählen hat. Nun steht α Orionis zu α Centauri nach Herschel's eigener photometrischer Bestimmung im Verhältnisse von 0,484 zu 1. Substituiren wir also 0,484 für 1 in die quadratische Potenzenreihe, so geht sie über in

$$0{,}484\,;\ \frac{1}{4}\,;\ \frac{1}{9}\,;\ \frac{1}{16}\ldots$$

0,484 aber unterscheidet sich so wenig von 0,5 oder $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{9}$ von $\frac{1}{8}$, dass man in Betracht der von Herschel selbst hervorgehobenen Schwierigkeit der genauen Bestimmung von Grösse und Intensität, in Betracht ferner, dass von ihm selbst die quadratische Potenzenreihe nicht für eine mit den Beobachtungen genau zutreffende erklärt wird, den Unterschied als klein genug ansehen kann, um für die quadratische Reihe die geometrische

$$\frac{1}{2},\ \frac{1}{4},\ \frac{1}{8},\ \frac{1}{16}\ldots$$

substituirbar zu finden. Bei höheren Grössenclassen würden freilich beide Reihen weiter auseinander weichen, allein Herschel's photometrische Bestimmungen gehen nicht über die 1. Grössenclasse hinaus, und es ist also hier kein Anhalt zu weiterem Vergleiche geboten.

Eine gründlichere Berechnung, hinsichtlich deren ich auf meine Abhandlung verweisen muss, hat des Weiteren dargethan, dass die geometrische Reihe der Sternintensitäten nicht nur mit den Beobachtungsdatis Herschel's verträglich ist, sondern dieselben bei angemessener Bezugsetzung dazu und geeignet bestimmtem Exponenten der Reihe noch besser repräsentirt, als die quadratische Potenzenreihe, indem die Zusammenstellung von Beobachtung und Rechnung nach Herschel's, auf die Voraussetzung der quadratischen Potenzenreihe gegründeten, Formel eine Fehlerquadratsumme 2,719, nach unserer, auf die Voraussetzung der geometrischen Reihe gegründeten, Formel blos 2,2291 übrig lässt.

J. **Herschel**'s Untersuchung, wenn schon eine der wichtigsten, ist jedoch nicht die einzige, worauf man bei diesem Gegenstande fussen kann; und es wird das Statthaben der geometrischen Reihe der Sternintensitäten zur arithmetischen Reihe der Sterngrössen noch durch verschiedene andere gründliche Untersuchungen ausser Zweifel gestellt, welche sämmtlich, und zwar unabhängig von einander, zu dem gleichen Resultate geführt haben, so von **Steinheil**, von **Stampfer**, von **Johnson** und von **Pogson**. Die Zusammenstellung dieser Untersuchungen findet man theils in meiner erst angeführten grösseren Abhandlung, theils in dem Nachtrage dazu in den Berichten der sächs. Societät.

Der Exponent der geometrischen Reihe schwankt nach den Resultaten dieser verschiedenen Untersuchungen nicht sehr bedeutend um 2,5 oder 0,40; je nachdem man die Reihe der Intensitäten aufsteigend oder absteigend verfolgt, nämlich bestimmt sich wie folgt:

	aufst.	abst.
nach J. **Herschel**'s Datis	2,241	0,4427
– **Steinheil***) (1) . .	2,831	0,3588
– – (2) . .	2,702	0,3705
– **Stampfer****) (1) . .	2,519	0,3970
– – (2) . .	2,545	0,3929
– **Johnson*****) (1) . .	2,358	0,424
– – (2) . .	2,427	0,412
– **Pogson**	2,400	0,417

Die Abweichungen zwischen diesen Bestimmungen des Exponenten erklären sich aus Abweichungen theils zwischen den

---

*) (1) Nach **Steinheil**'s eigener Berechnung, (2) nach einer etwas abgeänderten Rechnung, vergl. meine erste Abhandlung S. 518 ff.

**) (1) Nach Bestimmung an Fixsternen, (2) nach Bestimmung an Planeten.

***) (1) Nach eigener Revision der Sterngrossen, (2) mit Zuziehung anderweiter Grössenschätzungen.

Grössenschätzungen, theils zwischen den photometrischen Bestimmungen der verschiedenen Beobachter. Auch kann auf den absoluten Werth der Bestimmungen einigen Einfluss gehabt haben, dass die Intensität des Himmelsgrundes nicht in erforderliche Rücksicht dabei gezogen ist, wie ich näher in meiner zweiten Abhandlung bespreche. Hier jedoch würde es nicht am Orte sein, näher auf den Gegenstand einzugehen, indem die allgemeine Uebereinstimmung dieser Untersuchungen in dem für uns wesentlichen Resultate, d. i. der Gültigkeit der geometrischen Reihe der Sternintensitäten, genügt.

Nach allem Vorstehenden muss ein beiläufiger Widerspruch auffallen, der sich in J. Herschel's Angaben gegen unser Gesetz findet, und den wir, als von einem so zuverlässigen Beobachter herrührend, nicht ausser Acht lassen dürfen, wenn schon er in Widerspruch mit dem Resultate steht, was nach obiger Erörterung von anderer Seite aus Herschel's Untersuchung fliesst, und das Resultat aller vorangegangenen Untersuchungen nicht aufheben kann.

Herschel bemerkt nämlich bei Beschreibung seines Astrometers (Capreise, S. 357) in einer Anmerkung, es sei nützlich, dabei ein gleichseitiges Prisma zu Hülfe zu nehmen, um durch dessen reflectirende Wirkung die Verbindungslinie zweier zu vergleichenden Sterne dem Horizont parallel zu machen und fügt hinzu: »Occasionally, too, it may be used to enfeeble the light of nearly equal bright stars, by external reflexion in an equal ratio (by bringing the line joining their reflected images parallel to that joining their direct). In this enfeebled state, shades of inequality become apparent, which would otherwise escape detection. By increasing or diminishing (equally) the angles of incidence, the reflected images may be more or less enfeebled. A plain metallic mirror may be used for the same purpose.« (Hiezu eine Parallelstelle in Outlines p. 522.)

Wie es sich nun auch mit diesem Widerspruche verhalte, so scheint mir jedenfalls nach allem Vorstehenden unmöglich, in der von Herschel bemerkten Abweichung mehr als eine Abweichung kleiner Ordnung zu sehen, welche unter gewissen Umständen der Beobachtung eintritt. Wie es scheint, hat er diese Abweichung nur »occasionally« beobachtet, ohne bestimmte Versuche desshalb anzustellen, und nachdem er selbst anderwärts von »unzähligen« Ursachen spricht, welche »unser Urtheil in kaum glaublicher Weise bei solchen Versuchen mit bestimmen«, darf man gelegentliche Beobachtungen nicht für ausreichend halten, dieselbe bestimmten Versuchen gegenüber, wie sie vorstehends vorgelegen haben, zu begründen. Von der anderen Seite aber lässt sich allerdings denken, dass ein in solchen Beobachtungen so viel beschäftigtes und geübtes Auge als das von Herschel zuletzt eine Empfindlichkeit für feine Unterschiede und mithin feine Abweichungen vom Gesetze erlangt, welche für das Mass nur eine ganz geringe Grösse repräsentiren, bei Intensitäten, wo sie für ein ungeübtes Auge noch nicht merklich werden; und dazu nicht unwahrscheinlich, dass Herschel's Angabe sich vorzugsweise auf sehr helle Sterne bezieht, wo die Abweichung wegen der oberen Gränze des Gesetzes vielleicht überall schon spürbar wird, da Herschel selbst die Schwierigkeit einer genauen Bestimmung der hellsten Sterne hervorhebt, und also hier vorzugsweise das eben angegebene Mittel angewendet haben mag. Leider lässt sich aus Mangel bestimmterer Angaben nichts hierüber entscheiden. Doch fodert jener, sicher auf etwas Thatsächlichem fussende, Widerspruch um so mehr zu einer weiteren Untersuchung der Bedingungen der Gültigkeit des Gesetzes auf.

Das Bisherige betraf den Nachweis, dass das Gesetz überhaupt in gewissen Gränzen besteht, ohne diese Gränzen genauer festzustellen; was überhaupt bis jetzt noch nicht geschehen ist. Doch wird theils über die Verhältnisse, den Grund, die Natur dieser Gränzen noch in manche Erörterungen einzugehen sein; theils die Anführung mancher Puncte hier zweckmässig anzuknüpfen sein, welche unbeschadet der Gültigkeit des Gesetzes auf die Merklichkeit der Lichtunterschiede Einfluss haben, also bei Versuchen über die Gültigkeit desselben gleich oder vergleichbar zu halten sind; übrigens hier, wo sie zuerst in Rücksicht kommen, auch zulänglich für späteren Bezug darauf behandelt werden sollen.

Die obere Gränze des Gesetzes, wenn das Auge sich geblendet fühlt, hängt unstreitig damit zusammen, dass das Auge hiebei nachtheilig afficirt wird. In gewisser Hinsicht ist eine obere Gränze der Art selbstverständlich. Unstreitig können die inneren Bewegungen, an denen die Empfindung hängt, nicht über eine gewisse Gränze hinaus gesteigert werden, ohne das Organ zu zerstören und die Möglichkeit ihrer weiteren Steigerung selbst aufzuheben. Auch zwei ungleich starke Reize, die diese Gränze der Erregung erreichen und überschreiten, werden es doch nur bis zu diesem gleichen Maximum der Empfindung zu bringen im Stande sein, also keinen Unterschied der Empfindung mehr geben können. Doch führt jedenfalls schon die Annäherung an diese Gränze eine Abweichung vom Gesetze mit.

Es liegt nahe, die obere Abweichung vom Gesetze einfach darauf zu schieben, dass das Auge durch Abstumpfung gegen den Lichtreiz zugleich unempfindlicher gegen Lichtunterschiede werde, und diess scheint seine schlagende Bestätigung darin zu finden, dass man nach plötzlichem Uebertritte aus vollem Tageslichte in eine dämmerige Kammer in den ersten Momenten gar nichts unterscheidet, allmälig aber immer besser unterscheiden lernt. Nun aber macht sich die gleiche Erscheinung noch in umgekehrter Richtung geltend. Wer nach längerem Aufenthalte im Dunkeln plötzlich in das Helle tritt, vermag anfangs eben so wenig die Gegenstände zu unterscheiden, und lernt es erst allmälig. Wäre Abstumpfung der Grund, dass man in sehr hellem Lichte Unterschiede nicht wohl erkennt, so müsste man im ersten Augenblicke beim Eintritte aus dem Dunkel in das Helle am deutlichsten, und allmälig immer schlechter unterscheiden. Schon bei Anstellung des Versuches und Gegenversuches mit den Wolkennüancen S. 144 machte sich dieser doppelte Fall geltend.

Man könnte hienach geneigt sein, die Unfähigkeit beim Eintritte aus dem Hellen in das Dunkel die Gegenstände sogleich zu unterscheiden, vielmehr auf eine Nachdauer des Lichteindruckes, als Abstumpfung gegen den Eindruck, und die entsprechende Unfähigkeit beim Eintritte aus dem Dunkel in das Helle auf die Allmäligkeit, mit der sich Eindrücke geltend machen, zu schieben. Bliebe nämlich beim Uebergange ins Dunkle aus dem Hellen das Augenschwarz durch Nachdauer noch eine Zeit lang erhellt, so könnten lichtschwache Eindrücke nach dem Principe des Verschwindens der Sterne am Tage nicht wahrgenommen werden, und machte sich beim umgekehrten Uebergange der stärkere Eindruck in langsamerem Verhältnisse geltend als der schwächere, so könnten auch Unterschiede zwischen starkem Lichte anfangs nicht wahrgenommen werden. In der That habe ich diese Erklärung in meiner Abhandlung über »ein psychophysisches Grundgesetz« S. 487 vermuthungsweise aufgestellt. Doch scheinen mir nach genauerer Erwägung beide Seiten der Erklärung nicht mehr haltbar. Denn nach allen bisherigen Erfahrungen erlöscht das Phänomen der Nachdauer zu rasch, anderer Schwierigkeiten nicht zu gedenken; und der Annahme, dass sich ein starker Lichteindruck verhältnissmässig langsamer geltend mache als ein schwacher, widersprechen positive Versuche von **Swan***).

Wenn ich nicht irre, so tritt die anfängliche Unfähigkeit, nach Eintritt aus dem Hellen in das Dunkel zu sehen, wesentlich unter Gesichtspuncte, die im 12. Kapitel ihre Erörterung finden werden; jedoch die gleiche Unfähigkeit beim Uebertritte aus dem Dunkel in das Helle nicht erklären, und vielleicht ist daher noch als Erklärung zuzuziehen, dass, so wie vorgängige Einwirkung eines starken Lichtreizes gegen die absolute Empfindung eines schwachen eine Zeit lang mehr oder weniger stumpf macht, so auch vorgängige Einwirkung eines starken Lichtunterschiedes gegen die nachherige Empfindung eines schwachen Unterschiedes eine Zeit lang mehr oder weniger stumpf macht. Sei es nun, dass wir von sehr hellem zu sehr schwachem Lichte übergehen, oder umgekehrt, so ist diess ein starker Lichtunterschied, der, obwohl successiv aufgefasst, doch auch gegen Lichtunterschiede, die nachher gleichzeitig aufgefasst werden sollen, eine Zeit lang mehr oder weniger abstumpfen könnte. Jedoch ist allerdings auch diese Erklärung bis jetzt noch sehr problematisch.

---

*) Sillim. J. 1850. IX. p. 443.

Wie dem auch sei, so bleibt immer nach den, im 12. Kapitel aufzustellenden, Gründen überwiegend wahrscheinlich, dass, wenn das Auge sich für beide Componenten in gleicher Weise abstumpft, diess keinen anderen Erfolg hat, als wenn beide Componenten äusserlich in gleichem Verhältnisse abgeschwächt werden, wo der Unterschied noch gleich merklich bleibt, so dass also eine Störung des Gesetzes von hier aus nicht stattfinden kann.

Was die untere Gränze unseres Gesetzes anlangt, so ist sie bei näherer Betrachtung nicht als eine wahre Gränze anzusehen, und was bisher als Abweichung vom Gesetze erschien, ist genau betrachtet eine Folgerung des Gesetzes. Um diess zu zeigen, ist eine, auch für die Folge nach vielen Beziehungen wichtige, Vorerörterung nöthig.

Abnormerweise können in allen Sinnesgebieten durch innere Ursachen (innere Reize) unabhängig von äusseren Reizen Empfindungen entstehen, die man bekanntlich mit dem Namen Hallucinationen bezeichnet; ein Beweis, dass ein Vermögen dazu unabhängig von äusseren Reizen in allen Sinnesgebieten vorhanden ist. Insofern kann es an sich nichts Auffallendes haben, wenn ein solches sich in einem gegebenen Gebiete auch constant und normalerweise äussert. Ein Beispiel hiezu bietet uns factisch der Gesichtssinn dar, wo wir eine so zu sagen normale Hallucination anzuerkennen haben. In der That ist das Schwarz, was wir im Dunkeln und bei geschlossenen Augen sehen, eine Lichtempfindung, die ohne äusseren Reiz statt hat, nicht zu verwechseln mit dem Nichtssehen, welches mit dem Finger oder Hinterkopfe statt hat, und nicht zu vergleichen mit dem Nichtshören bei Abwesenheit äusseren Geräusches. Vielmehr ist das Schwarz, was wir im geschlossenen Auge haben, nur dieselbe Lichtempfindung, die wir beim Anblicke einer schwarzen Fläche haben, die durch alle Gradationen in die stärkste Lichtempfindung übergehen kann; ja das innere Schwarz des Auges geht selbst durch rein innere Ursachen mitunter in helles Licht über, und enthält lichte Phänomen so zu sagen eingesprengt.

Bei genauerer Aufmerksamkeit entdeckt man in dem Schwarz des geschlossenen Auges eine Art feinen Lichtstaub, der bei verschiedenen Personen und in verschiedenen Zuständen des Auges in verschiedener Reichlichkeit vorhanden ist, und sich in krankhaftem Zustande zu lebhaften Lichtphänomenen steigern kann. In meinem Auge ist seit einer längeren Augenkrankheit ein starkes continuirliches Lichtflackern vorhanden, was nach Massgabe zunimmt, als der, grossen Schwankungen unterliegende, Reizzustand meines Auges zunimmt. Solche lebhafte subjective Lichtphänomene konnen übrigens bei verschiedenen Individuen sehr verschiedene Formen annehmen, worüber ich hier in kein weiteres Detail eingehe, sondern auf Schriften über Augenkrankheiten und Kapitel über subjective Lichtphänomene in physiologischen Schriften verweise. Vergl. z. B. Rüte's Ophthalmol. 2. Aufl. S. 492.

Der schwarze Grund des Auges kann auch an Tiefe zunehmen und abnehmen. Der Beweis dafür ist leicht zu führen. Hat man eine weisse Scheibe auf schwarzem Papiere scharf und anhaltend betrachtet, so zeigt sich nachher selbst im geschlossenen Auge bei vorgehaltenen Händen (um den Lichtzutritt durch die Augenlieder auszuschliessen), ein vertieft schwarzes Nachbild der Scheibe in einem relativ dagegen hellen Grunde; zugleich zeigt sich die Netzhaut an der Stelle des Nachbildes abgestumpft gegen äusseres Licht; denn richtet man das Auge, in dem man das Nachbild hat, offen auf eine weisse Fläche, so sieht man daselbst einen gegen den weissen Grund dunklen Fleck. Also vertieft sich das Augenschwarz durch Ermüdung des Auges und erhellt sich relativ durch Ruhe.

Denselben Erfolg, den Ermüdung hiebei hat, hat Lähmung, welche partiell oder total, unvollkommen oder vollkommen, vorübergehend oder bleibend sein, blos die Netzhaut oder auch die Centraltheile des Sehapparates betreffen kann. Nicht selten sind nur manche Stellen der Netzhaut gelähmt, dann sieht der Kranke mit offenem Auge grüne, schwarze oder (in Betracht der für verschiedene Farbestralen verschieden geschwächten Empfindlichkeit) gefarbte Flecke auf den Gegenständen, welche den gelähmten Stellen entsprechen*). Bei manchen Kranken tritt dergleichen vorübergehend ein. Auch das ganze Gesichtsfeld kann sich eben so wie bleibend, vorübergehend aus inneren Ursachen verdunkeln. Rüte**) »beobachtete eine

---

*) Rüte, Ophthalmol. II. 458.

**) Ophthalmol. I. 456.

Dame, bei der sich unter gleichbleibendem Lichte oft plötzlich eine vollkommene Dunkelheit über die Augen ergoss, aus der die sichtbaren Objecte nur dann und wann wie Phantome auftauchten und sogleich wieder verschwanden, wenn die Kranke sie zu fixiren strebte.«

Sollte nicht blos die Netzhaut, sondern auch die Centraltheile des Gesichtssinnes vollständig gelähmt sein, so hätte man zu erwarten, dass nicht blos das Gesichtsfeld sich verdunkelt, sondern das Schwarz des Gesichtsfeldes selbst schwindet, (wie es an den Gränzen des Gesichtsfeldes im geschlossenen Auge schwindet) und mit den Augen eben auch nicht mehr als mit dem Finger oder einem todten Nervenstrange gesehen wird. Ich habe nichts darüber finden, und von berühmten Augenärzten keine entscheidende Auskunft darüber erhalten können, ob dergleichen wirklich total und bleibend beobachtet worden ist; es scheint nicht so; vorübergehend und partiell aber ist es nach folgender Angabe **Rüte's**[*] der Fall: »Es kommt bei nervösen Subjecten bisweilen vor, dass ihnen bei momentanen Lähmungen einzelner Theile der Retina das Stück der Aussenwelt, welches den gelähmten Stellen entspricht, wie im Raume gar nicht vorhanden erscheint[**].« Wahrscheinlich sind die centralen Bedingungen der Gesichtsempfindung im Gehirne zu wesentlich mit den Bedingungen des Lebens verbunden, als dass ein totales und bleibendes Aufhören der einen ohne die anderen stattfinden könnte.

Unter Voraussetzung der unbeschränkten Gültigkeit des Gesetzes nach unten lässt sich selbst die photometrische Intensität des Augenschwarz durch ganz analoge Versuche, als bisher zur Bewährung des **Weber**'schen Gesetzes angestellt worden sind, bestimmen. Hiezu hat man nämlich nur im Nachtdunkel ein **einziges** Licht so weit von einem schattengebenden Körper zu entfernen, bis der, nur allein noch vom Augenschwarz erfüllte, Schatten von dem, durch das Augenschwarz und die äussere Erleuchtung zugleich erhellten Grunde nur eben nicht mehr unterscheidbar ist. Legt man den von **Volkmann** gefundenen Bruchwerth $\frac{1}{100}$ unter, so beträgt bei dieser Entfernung die Erleuchtung, welche das Licht dem Augenschwarz zufügt, $\frac{1}{100}$ der Intensität des Augenschwarz.

Dieser Versuch ist wirklich, wenn auch bisher erst sehr beiläufig, angestellt worden. Für **Volkmann**'s Augen verschwand der Schatten auf einem Grunde von schwarzem Sammet, als das Licht, eine gewöhnliche brennende Stearinkerze, in einem langen dunkeln, durch einige Zimmer noch verlängerten, Gange bis auf 87 Fuss davon zurückgerückt war. Sofern nun bei dieser Entfernung die Erleuchtung, die das Licht dem Augenschwarz *zufügte*, $\frac{1}{100}$ der Erleuchtung durch das Augenschwarz war, würde sie bei $\frac{1}{10}$ jener Entfernung, d. i. bei 8,7 Fuss Entfernung derselben gleich gewesen sein. Der Versuch sagt also: *dass eine schwarze Tafel durch eine gewöhnliche Stearinkerze, die in ungefähr 9 Fussen Entfernung davon brennt, eine eben so starke Erleuchtung empfängt, als durch das Augenschwarz allein ohne äussere Beleuchtung, und mithin die photometrische Intensität der letzten Erleuchtung der ersten gleich ist.*

---

[*] Ophthalmol. I. 454.

[**] Eine Abhandlung von **Gräfe** »Ueber die Unterbrechungen des Gesichtsfeldes bei amblyopischen Affectionen« in **Gräfe**'s Arch. f. Ophthalmol. II. Abh. 2. S. 258 scheint doch nur Fälle zu betreffen, wo Stücke des Gesichtsfeldes nicht sowohl weggefallen, als blos verdunkelt waren.

Vielleicht mag man einen solchen Helligkeitswerth des Augenschwarz noch auffallend und viel zu gross finden, sofern er der Erleuchtung einer Fläche durch eine gewöhnliche Kerze in nahe 9 Fuss Abstand äquivalent sein soll. Aber man muss nicht übersehen, dass es die Erleuchtung einer *schwarzen* Fläche ist, womit die Gleichwerthigkeit behauptet, weil durch den Versuch bewiesen, wird. Es würde aber eine absolut schwarze Fläche selbst durch die nächststehende noch so intensive Flamme *gar nicht* erleuchtet werden, indem sie alles Licht verschluckte, und nur der Umstand, dass es keinen absolut schwarzen Körper giebt, lässt noch von einem geringen Erleuchtungsgrade eines schwarzen Grundes überhaupt sprechen. Daher warf der schwarze Grund immerhin etwas, aber doch nur sehr wenig, Licht in der Umgebung des Schattens zurück, womit die Helligkeit des Augenschwarz sehr wohl in der Art commensurabel sein konnte, wie es sich durch den Versuch herausgestellt hat.

Ich habe hier nur das Ergebniss für *Volkmann's* Augen bei dem sorgfältigsten Versuche, den er bisher angestellt, angeführt; zwei andere Personen, welche er zu dem Versuche zuzog, erkannten den Schatten noch bei jener Distanz von 87 Fussen, über welche der Versuch nach der Beschaffenheit der Localität nicht getrieben werden konnte, was beweist, dass entweder die Helligkeit ihres Augenschwarz oder ihre Empfindlichkeit eine andere war. *Volkmann* beabsichtigt, diesen Versuchen noch genauere Bestimmtheit, weitere Ausführung und Folge zu geben. Vorläufig genügt das von ihm erhaltene Resultat zu zeigen, dass die photometrische Intensität des Augenschwarz weder eine an sich unmessbare, noch unmessbar kleine ist; und diess ist es, worauf es hier zunächst ankommt.

Insofern nach allem Vorstehenden das Schwarz des Gesichtsfeldes bei vollkommenem Auschlusse äusseren Lichtes noch als eine wirkliche Lichtempfindung anzusehen ist, darf es bei der Prüfung des Weber'schen Gesetzes nicht vernachlässigt werden. Gesetzt, wir betrachten zwei einander nahe Wolkennüancen oder Schatten mit blossen Augen, so fügt sich zu beiden Wolkennüancen oder Schatten noch die Helligkeit des Augenschwarz hinzu. Dämpfen wir nun das Licht beider Wolkennüancen oder Schatten durch Vorhaltung eines grauen Glases in einem gegebenen Verhältnisse, so bleibt die Helligkeit des Augenschwarz dabei ungedämpft, und fügt sich immer noch mit seiner constanten Intensität den beiden Wolkennüancen oder Schatten hinzu, die also nicht wahrhaft dasselbe Verhältniss und hiemit nicht denselben relativen Unterschied als vorher behalten, sondern einen geringeren, was nach dem Gesetze eine Verminderung des Unterschiedes in der Empfindung mitführen muss. Ja, wenn wir mit der Dunkelheit der Gläser immer weiter gehen, so bleibt endlich das Augenschwarz statt beider Nüancen allein übrig, und aller Unterschied verschwindet. Das Schwarz im Auge wirkt bei diesem Versuche in der That, wie sonderbar diess auch erscheinen möge, ganz wie die helle Erleuchtung des Himmels, in der die Sterne verschwinden. Also kann sich das Weber'sche Gesetz bei blosser Beziehung auf den äusseren Lichtreiz nur insofern und so lange bestätigen, als das innere Augenlicht gegen das äussere verschwindend klein ist, wie denn auch Masson die Gültigkeit des Gesetzes nur von dem Puncte an in Anspruch nimmt, wo man gewöhnliche Druckschrift lesen kann; wogegen, wenn man zu grosser Dunkelheit mit den Versuchen herabgeht, der Unterschied der Nüancen undeutlicher werden muss. Entsprechendes gilt für alle angeführte Modificationen des Versuches, und bestätigt sich überall durch die Erfahrung.

Eine gute Erläuterung zu Vorstehendem gewährt es, dass man einen Lichtschein, der sich nur ganz wenig vom Augenschwarz unterscheidet, durch ein scheinbar ganz entgegengesetztes Mittel, doch nach demselben Principe, zum Verschwinden bringen kann.

Wenn man Abends einen Stern ins Auge fasst, den man nur eben vom schwarzen Himmelsgrunde unterscheiden kann, so kann man ihn eben sowohl zum Verschwinden bringen, wenn man ein verdunkelndes Glas vor die Augen nimmt, als wenn man dem Auge die Lampe von der Seite nähert. Eine entsprechende Erfahrung liess sich sehr schön an dem prachtvollen Kometen des Jahres 1858 Anfangs October machen. Sowohl durch graue wie farbige Gläser, als Annäherung einer hellen Lampe von der Seite verkürzte sich der Schweif ausnehmend, und ein dunkelrothes Glas, durch das ich bei Tageslicht die feinsten Wolkennuancen erkannte, brachte gar den ganzen Kometen zum Verschwinden. Das Erste erklärt sich dadurch, dass durch die Gläser das Licht des Sternes oder Kometen, nicht das des Schwarz im Auge, erheblich geschwächt wird, das Zweite dadurch, dass durch das Licht nicht blos die Stelle der Netzhaut, worauf sein Bild fällt, sondern in gewissem Grade der ganze Augengrund erleuchtet wird, wozu verschiedene Ursachen beitragen, die von verschiedenen Beobachtern hervorgehoben worden sind.

Einmal scheint das Licht durch Sclerotica und Chorioidea mit röthlicher Farbe durch, wovon manche bemerkenswerthe Erscheinungen objectiver und subjectiver Färbung der Bilder abhängen, die Brücke in Poggend. Ann. LXXXIV. S. 418 besonders sorgfältig studirt hat; zweitens findet vom Bilde aus eine directe zerstreuende Reflexion auf die übrigen Theile der Netzhaut, so wie rückwärts nach der Hornhaut statt, von welcher das Licht zum Theil abermals nach der Netzhaut zurückgeworfen wird, welche Puncte unter Mitrücksicht auf den folgenden besonders Helmholtz in Pogg. Ann. LXXXVI. S. 501 ff. hervorgehoben hat; drittens findet wegen der mikroskopischen Zusammensetzung der Augenmedien aus Zellen, Fasern, Häutchen eine unregelmässige Lichtzerstreuung, wie es scheint nach dem Principe der Beugung statt, wovon die um Lichtflammen sichtbaren farbigen Höfe abhangen, welche Meyer in Pogg. Ann. XCVI. S. 235 zum Gegenstande eines besonderen Studiums gemacht hat. Vermöge der letzten Ursache so wie vermöge der directen zerstreuenden Reflexion vom Bilde der Lichtquelle auf die übrige Netzhaut ist die Erleuchtung der Netzhaut am stärksten in der Nähe des Bildes, erstreckt sich aber abnehmend in der That über den ganzen Augengrund.

Durch die vereinigte Wirkung dieser Ursachen wird das sehr schwache Licht des Sternes oder Kometenschweifes, ähnlich wie das Sternenlicht durch das Tageslicht, um so leichter übertäubt, je näher es dem Bilde der Lichtquelle im Auge fällt, da die Erleuchtung des Augengrundes in dessen Umgebung am stärksten ist.

Daher auch die Angabe **Brewster's***):

»Wenn das Licht der dicht beim rechten Auge gehaltenen Kerzenflamme auf einen Theil der Netzhaut wirkt, macht es alle übrigen Theile der Netzhaut in starkerem oder schwächerem Grade unempfindlich für alle anderen Lichteindrucke. Die Unempfindlichkeit erreicht ihr Maximum dicht bei dem erleuchteten Flecke, und nimmt mit der Entfernung von diesem ab. Massig beleuchtete Gegenstände verschwinden wirklich in der Gegend der stark erregten Partien, und Korper von lebhaften Farben werden nicht nur alles ihres Glanzes beraubt, sondern auch in ihrer Farbe verändert.«

Auf demselben Grunde beruht es, dass man nach **Helmholtz** Methode**) die sog. überviolетten Stralen des Sonnenspectrum, welche nach der gewöhnlichen Methode nicht gesehen werden, selbst ohne Anwendung fluorescirender Substanzen erblicken kann, wenn man es so einrichtet, dass sie merklich isolirt von dem übrigen Theile des Spectrum, der sie durch zerstreutes Licht übertäubt, aufgefasst werden können.

Eine allgemeine Folgerung aus Vorstehendem ist ferner, dass, ungeachtet bei verstärkter Beleuchtung die Menge reflectirten Lichtes auf schwarzen und weissen Flächen in gleichem Verhältnisse wächst, doch der Unterschied des Weissen vom Schwarz mit zunehmender Beleuchtung grösser erscheint, weil die Helligkeit des Augenschwarz immer den Hauptantheil an der Helligkeit des Schwarz behält. Diess ist z. B. der einfache Grund, dass man im Hellen besser lesen kann, als im Dunkeln.

Abgesehen von den Gränzen des Gesetzes, welche mit dem Grade der Intensität des Lichtes in Beziehung stehen, darf man nicht vergessen, dass eine Bestätigung desselben durch Beobachtung nur in soweit zu erwarten ist, als ausser den Intensitätsverhältnissen die übrigen Umstände gleich bleiben, welche auf die Auffassung des Lichtunterschiedes einen Einfluss äussern können. Nun ist die Untersuchung über die Umstände, welche in dieser Hinsicht von belangreichem Einflusse sein können, noch in hohem Grade unvollständig; doch soll einiger Puncte gedacht werden, welche nach den bisherigen Erfahrungen vorzugsweise Beachtung verdienen.

Schon S. 152 wurde angeführt, dass **Arago** einen Einfluss der **Bewegung** der Componenten auf die Wahrnehmung ihres Unterschiedes erkannt habe. Auch **Volkmann** hat diesen Einfluss wahrgenommen. Um die feinsten Spuren des erscheinenden oder verschwindenden Schattens aufzufassen, musste das schattengebende Licht bewegt werden, womit sich der Schatten zugleich bewegte: und der eben merkliche Unterschied $\frac{1}{100}$ ist unter dem Einflusse der Bewegung bestimmt.

---

*) Pogg. XXVII. S. 494.

**) Pogg. LXXXVI. S. 513.

Bei Arago's hierauf bezüglichen Versuchen bestanden die Componenten nicht aus zwei Schatten, sondern wurden so erhalten, dass mit einem Fernrohre, welches inwendig ein Rochon'sches Prisma (wodurch ein Doppelbild erzeugt wird) hatte, und vor dessen Objectiv ein Nicol'sches Prisma angebracht war, durch dessen Drehung das eine Bild in beliebigem und messbarem Verhältnisse gegen das andere abgeschwächt werden kann, nach einer in schwarzer Pappe angebrachten Oeffnung, welche sich auf den bedeckten Himmel projicirte, visirt ward, wo sich dann aus der Lage der Hauptschnitte des Nicol'schen und des Rochon'schen Prisma gegen einander die relative Intensität der beiden durch letzteres erzeugten Bilder bestimmen lässt. Durch geradlinige Bewegung des Rochon'schen Prisma im Fernrohre in der Richtung vom Ocular nach dem Objective wurde das schwächere Bild in Bewegung gesetzt, so dass es von der Lage, wo sein Rand durch die Mitte des stärkeren ging, in gemessener Zeit zu derjenigen überging, wo sein Rand sich mit dessen Rande berührte.

In drei Versuchsreihen, welche unter Zuziehung mehrerer Beobachter auf diese Weise angestellt wurden, fand bei einer Geschwindigkeit der Bewegung des Bildes von 12 Winkelminuten in der Zeitsecunde das Verschwinden des schwächeren über dem stärkeren superponirten Bildes für das Auge statt, wenn die Intensität des schwächeren folgenden Bruchwerth des stärkeren betrug:

	In der Ruhe.	Bei Bewegung.
I.	$\frac{1}{36}$	$\frac{1}{56}$
II.	$\frac{1}{51}$	$\frac{1}{87}$
III.	$\frac{1}{71}$	$\frac{1}{131}$

In Betreff des grossen Unterschiedes, welchen die absoluten Zahlen dieser drei Versuchsreihen zeigen, bemerkt Arago blos: »*Je ne chercherai pas ici à expliquer, comment la sensibilité de l'oeil correspondant à l'état de repos a été si différente dans ces trois séries d'expériences. C'est là un phénomène physiologique, sur lequel il y aura à revenir.*« Der Unterschied kann nicht von der Verschiedenheit der Beobachter abgehangen haben, da Arago sagt: Vorstehendes seien die »*résultats à très-peu concordants, obtenus par M. Laugier, par M. Goujon et par M. Charles Mathieu;*« eben so wenig von einer Verschiedenheit der absoluten Intensität, welchem theils die ausdrückliche Anerkennung unseres Gesetzes in der populären Astronomie widerspricht, theils die allgemeine Angabe, die er für sämmtliche Versuche beifügt: »*Ajoutons, comme renseignement propre à faire juger de l'obscurité du champ, que l'image faible, lorsqu'elle se projetait en dehors de l'image forte, a disparu quand son intensité était de* $\frac{1}{2100}$.«

Von Interesse in Bezug auf den Einfluss der Bewegung sind auch folgende Bemerkungen von Förster*), die er bezüglich der Anwendung seines Photometers macht:

»Bei einer sehr schwachen Beleuchtung und kleinen Objecten tritt die Erscheinung ein, dass letztere, wenn man sie einige Momente lang ruhig betrachtet hat, plötzlich, anstatt noch deutlicher zu werden, verschwinden, um bald wieder aufzutauchen. Ich glaube, dass dieser Wechsel nicht in einem, der Retina als Eigenthümlichkeit zukommenden, Schwanken ihrer Energie beruht, sondern darin, dass in dem Momente, wo die Objecte wieder sichtbar werden, die Augen eine kleine Bewegung ausgeführt haben, so dass nun dieselben Bilder neue, bisher auf andere Weise erregte Retinatheile treffen. Ich habe bei Gelegenheit der mit Aubert angestellten Experimente über den Raumsinn der Retina (cf. v. Gräfe'sches Arch. III) diess mit grösster Bestimmtheit beobachten können. Wir betrachteten damals in einem stark verdunkelten Zimmer auf einige Fuss Abstand grosse Bogèn Papier, auf denen sich, durch grössere Zwischenräume isolirt, schwarze Ziffern befanden, und es kam uns darauf an, das Auge recht ruhig zu halten. Das Zimmer war so dunkel, dass uns die Zahlen nur eben noch als schwarze Flecke erschienen. Fixirte ich eine von diesen, so dauerte es — bei einer gewissen sehr schwachen Beleuchtung — nicht lange, bis sowohl die fixirte Ziffer als alle anderen in dem Grau des Papierbogens, der immer dunkler wurde, vollständig verschwand. War dieser Moment eingetreten, so wurde das Fixiren fernerhin unmöglich, es stellte sich ein unangenehmes Gefühl in der Orbita ein, die Augen machten eine kleine Bewegung und sofort war wieder der ganze Bogen mit den Zahlenflecken sichtbar. Die Bewegung wurde entweder selbst als solche wahrgenommen, oder sie wurde willkührlich gemacht, oder endlich sie wurde daraus erschlossen, dass nun eine anders gelegene Zahl im Fixationspuncte stand.«

Bis jetzt ist noch unklar, worauf der Einfluss der Bewegung beruht. Man hat ihn darin gesucht, dass der Unterschied auf eine neue, noch nicht ermüdete Stelle falle, allein da die Componenten des Unterschiedes durch die Bewegung nicht geändert werden, sondern blos die Stelle des sehr kleinen Unterschiedes verrückt wird, so scheint es nicht, dass der Ermüdungszustand durch die Bewegung erheblich gemindert werden könnte.

---

*) Ueber Hemeralopie p. 18.

Demnächst wäre möglich, dass es vielmehr die vervielfältigte Auffassung des Unterschiedes durch eine Mehrheit von Puncten als die Frische dieser Puncte ist, was die grössere Merklichkeit des Unterschiedes bei der Bewegung bedingt, insofern vielleicht eine Summation des Eindruckes der successiv getroffenen Puncte in der Zeit bis zu gewissen Gränzen stattfindet. Endlich könnte folgendes, freilich auch noch nicht erklärtes, aber doch durch seine Allgemeinheit gewissermassen einen Erklärungsgrund vertretendes, Verhältniss im Spiele sein. Jeder Vergleich zweier unterschiedener Grössen gelingt besser, wenn wir dieselben successiv mit denselben Organtheilen, als simultan mit verschiedenen auffassen, wie E. H. Weber hervorgehoben und durch Versuche belegt hat, und wie auch schon S. 88 geltend gemacht wurde. So erkennen wir einen kleinen Unterschied zweier Gewichte leichter durch successives Abwägen mit derselben Hand, als gleichzeitiges mit verschiedenen Händen. Durch die Bewegung der Componenten bei unseren Lichtversuchen wird aber der gleichzeitige Unterschied für verschiedene Netzhautpuncte in einen successiven für dieselben umgesetzt. Auf dieselben Puncte, auf die noch eben stärkeres Licht fiel, fällt alsbald schwächeres und umgekehrt, und je rascher die Bewegung erfolgt, um so mehr Puncte treten in gegebener Zeit in diese Succession ein. Jedoch ist auch diese Erklärung bis jetzt nur eine vermuthungsweise.

Weiter gehört zu den Umständen, welche auf die Erkennbarkeit eines Unterschiedes Einfluss haben, die Ausdehnung der Componenten, ohne dass aber das Gesetz bezüglich der Intensität dadurch geändert wird, wenn die Ausdehnung jedesmal vergleichbar bleibt, wie unmittelbar daraus hervorgeht, dass es an Sternen eben so gut als an ausgedehnten Schatten sich gültig erwiesen hat. Aber ein Lichtpunct ist bei gleicher Intensität nicht so leicht vom Grunde unterscheidbar, als eine Lichtfläche. Da inzwischen dieser Gegenstand ausführlicher im 11. Kapitel behandelt wird, so gehe ich hier nicht weiter darauf ein.

Drittens hat sich gezeigt, dass ein gegebener relativer Lichtunterschied leichter erkannt wird, wenn sich seine Componenten dunkel in hellem Grunde als hell in dunklem Grunde finden. Hierüber liegt nicht nur eine auf Erfahrung gestützte ausdrückliche Angabe von Arago bezüglich der Wahl des einen oder anderen Verhältnisses bei einem von ihm angegebenen photometrischen Apparate vor*); sondern Hankel hat auch dasselbe bei Gelegenheit anderer photometrischer Versuche gefunden, welche bis jetzt noch nicht veröffentlicht sind.

Schliesslich noch folgende Bemerkung: Bei der sonst gewöhnlich als gültig angesehenen Analogie zwischen Tonhöhen und Farbe ist es ein beachtenswerther, aus dieser Analogie ganz heraustretender, Umstand, dass das Weber'sche Gesetz im Gebiete der Farben nicht eben so besteht, als, nach dem alsbald Mitzutheilenden, im Gebiete der Tonhöhen, d. h. die gleich merklichen Unterschiede der Schwingungszahlen sind keinesweges den Schwingungszahlen der Farben proportional. In der That gewahrt das Auge an den Gränzen des Spectrum in Intervallen einer kleinen oder selbst grossen Terz kaum eine Farbenänderung, indess in der Gegend des Gelb und Grün die merklichen Farbenübergänge sich so rasch folgen, dass sämmtliche Uebergangsstufen zwischen Gelb und Grün in das Intervall eines kleinen halben Tones zusammengedrängt sind**). Uebrigens giebt es auch andere, hier nicht zu erörternde, Puncte, in welchen die Analogie zwischen Tönen und Farben fehl schlägt.

2) Schall.

Im Gebiete des Schalles gilt es zu unterscheiden blosse Geräusche, welche keine bestimmte Tonhöhe haben, wo dann blos die Stärke als etwas Messbares in Betracht kommt, und Töne, bei welchen die von der Schwingungsamplitude abhängige, dem Quadrate derselben proportionale Stärke, und die von der Schwingungszahl abhängige, durch dieselbe physikalisch gemessene, Höhe besonders in Betracht zu ziehen sind. Die Verhältnisse der Stärke wird man eben so bei den einen als anderen, die der Höhe nur an letzteren untersuchen können. Fassen wir zuerst die Stärke in das Auge.

Renz und Wolf***) haben unter Vierordt's Leitung nach der Methode der richtigen und falschen Fälle Versuche über die Empfindlichkeit des Ohres für Unterschiede der Schallstärke am Tiktak einer Uhr, die in verschiedenen Abständen vom Ohre unter geeigneten Massregeln angebracht wurde, angestellt. Als Hauptresultat folgt aus ihren Versuchen:

---

*) Arago's Werke, herausgegeben von Hankel.

**) Helmholtz in den Berichten der Berl. Akad. 1855. S. 757 ff.

***) Vierordt's Arch. 1856. H. 2. S. 185. Poggend. Ann. XCVIII.

»Werden zwei Schallgrössen von absolut jedoch ziemlich schwachen Intensitäten unmittelbar hinter einander wahrgenommen, so wächst die Sicherheit des Urtheiles mit zunehmender Differenz der Schallstärken in der Art, dass Schallgrössen im Verhältnisse von 100 : 72 unter allen Umständen von einander deutlich unterschieden wurden. Bei Schallgrössen, die sich verhalten wie 100 : 92, übertrifft die Zahl der richtigen Entscheidungen nur um ein Geringes die Summe der falschen und unentschieden gebliebenen.«

Diese mit Sorgfalt angestellten Versuche verdienen Beachtung als Erläuterungsbeispiele für die Anwendung der Methode der richtigen und falschen Fälle, und, sofern sie, was auch für das Folgende in Betracht kommen wird, auf eine verhältnissmässig geringe Sicherheit in der Erkenntniss von Unterschieden der Schallstärke hinweisen, sind aber nicht geeignet, über die Gültigkeit unseres Gesetzes zu entscheiden, da sie nicht auf die Gleichheit des empfundenen Unterschiedes bei verschiedenen absoluten Schallstärken gerichtet gewesen sind. Hierauf beziehen sich die folgenden Versuche.

Als ich mich mit Volkmann nach seiner Ausführung der photometrischen Versuche über die grosse Wichtigkeit einer allgemeineren Bewährung des Weber'schen Gesetzes unterhielt, improvisirte er zur vorläufigen Bewährung des Gesetzes für Schallstärke gleich folgenden Apparat, der mit nicht nennenswerthen Kosten selbigen Tages hergestellt ward.

Er besteht einfach in einem pendulirenden Hammer, der gegen eine Platte aus irgend einer tönenden oder nicht tönenden Substanz anschlägt. Als Axe dieses Pendels diente eine starke Stricknadel, in Messinglöchern sich drehend, zwischen zwei, auf einem Brete befestigten, oben durch ein Querholz verbundenen, Säulen. Begreiflich, je nachdem man den Hammer schwerer oder leichter macht, aus grösserer oder geringerer Höhe gegen die Platte herabfallen lässt, sich dem Apparate mehr nähert oder weiter davon entfernt, wird der Schall physisch betrachtet stärker oder schwächer sein. Da der Apparat in seiner rohen Ausführung keine Kreiseintheilung zur Bestimmung der jedesmaligen Elevation des Hammers hatte, wurde zum Ersatze derselben ein Quartant mit einigen Merkzeichen in verschiedener Höhe an die Seite des Apparates gestellt und die jedesmalige Elevation des Hammers dadurch bestimmt. Der Hammer war von Holz und schlug gegen eine viereckige Glasflasche. Nun wurden zwei Elevationen des Hammers aufgesucht, welche hinreichend unterschiedene Schalle gaben, dass ein unmittelbar beim Apparate stehender Beobachter sich nicht täuschte, wenn er, ohne die Elevationen zu kennen, rieth, welcher Schall der stärkere sei; aber wenig genug unterschieden, dass, wenn man den Unterschied etwa auf die Hälfte reducirte, das Urtheil unsicher ward und theils richtige, theils falsche Fälle gab. Darauf entfernte sich der Beobachter successiv auf 6, 12, 18 Schritte, so dass der anfängliche Abstand desselben vom Apparate mindestens verzwölffacht wurde. Bei jedem dieser Abstände wurde derselbe Versuch mit jenen zwei Elevationen mehrmals wiederholt, welche dem Beobachter in der Nähe einen zwar noch bestimmt erkennbaren, aber nur sehr schwachen Unterschied dargeboten hatten. Da bei 12facher Entfernung des Beobachters die physische Schallstärke auf $\frac{1}{144}$ herabgekommen ist*), so hätte der in der Nähe nicht viel über das eben Merkliche hinausgehende Unterschied verschwinden müssen, wenn er überhaupt von der absoluten Stärke des Schalls abhienge. Aber bei allen drei Entfernungen des Beobachters blieb das Urtheil desselben eben so sicher und richtig, als in grösster Nähe.

So roh in gewisser Hinsicht der Apparat und Versuch war, schien doch das Wesentliche dabei hinreichend berücksichtigt und das Resultat so entscheidend, dass vorauszusehen war, eine genauere Ausführung mit einem sorgfältiger construirten Apparate werde auch zu keinen anderen Resultaten führen. In der That hat sich diess, und zwar in einer sehr grossen Versuchsskala mit Schallstärken vom Einfachen bis auf das Mehrhundertfache bei späteren Versuchen Volkmann's gezeigt, die jedoch nicht mit einem fallenden Pendel, sondern frei auf eine stählerne Platte herabfallenden Stahlkugeln unter erfoderlichen Massregeln angestellt worden sind und an deren einigen ich Theil genommen habe. Bei diesen Versuchen wurden sowohl Fallhöhe, als Schwere der fallenden Kugeln, als Abstand des Beobachters in weiten Gränzen abgeändert; die Fallhöhen und deren Unterschiede aber an einer verticalen Skala, längs deren der Fall erfolgte, genau bestimmt. Im Uebrigen war die Anstellungsweise und der Erfolg der Versuche mit dem vorigen übereinstimmend. Bei den verschiedensten absoluten Schallstärken nämlich erschien das Verhältniss der Fallhöhen 3 : 4, welchem nach unten folgender Herleitung ein gleiches Verhältniss der Schallstärken entspricht, eben hinreichend, eine sichere Unterscheidung für zwei Beobachter mit guter Unterscheidungsgabe zu bewirken, was mit dem von Renz und Wolf erhaltenen Resultate wohl übereinkommt.

---

*) Genau würde diess freilich nur bei Anstellung des Versuches in freier Luft sein. Der obige ward in verschlossenem Raume angestellt.

Hier folgt die, aus Volkmann's Beobachtungsjournal ausgezogene nähere Beschreibung der Versuche.

»Ein prismatischer Stab ist graduirt und senkrecht auf einem Brete aufgestellt, welches durch 3 Schrauben in der Horizontale erhalten werden kann. An diesem Stabe sind zwei Läufer angebracht, von welchen wagerecht zwei Arme α, β ausgehen. Von der Höhe, welche die beiden Arme anzeigen, lässt man eine Kugel auf das Bret herabfallen. Die Kugel wurde zwischen Daumen und Zeigefinger gefasst; die Spitze des Zeigefingers berührte den Arm α oder β, und dann wurden die Finger vorsichtig von einander entfernt, um die Kugel fallen zu lassen. Ich hatte zwei Kugeln von gleicher Schwere, fasste die eine mit der linken, die andere mit der rechten Hand, um nicht erst nach dem ersten Fallversuche die Kugel für den zweiten Versuch aufzuheben oder gar suchen zu müssen.«

»Die grösste Nähe des horchenden Beobachters am Fallinstrumente war 1 Meter, die grösste Entfernung 6 Meter.«

»Die absoluten Fallhöhen, die zum Vergleiche kamen, differirten wie 3 : 11,0.«

»Die Gewichte der fallenden Kugeln differirten wie 1,35 Grmm. : 11,85 Grmm. ... ...«

»Zahlreiche Versuche innerhalb der Breite dieser Schalldifferenzen zeigten, dass Heidenhain und ich im Stande sind, mit Sicherheit Schallstärken zu unterscheiden, die sich zu einander wie 3 : 4 verhalten. Wenn der Unterschied verringert wird bis zum Verhältnisse 6 : 7, so kommen bereits einzelne Fehler und noch öfter Unentschiedenheiten im Urtheile vor.«

»Fechner dagegen irrte schon bei dem Verhältnisse 3 : 4 sehr häufig. Offenbar hatte aber bei ihm Uebung Einfluss auf Steigerung des Unterscheidungsvermögens, denn am Ende einer sehr langen Beobachtungsreihe unterschied er Schallstärken im Verhältnisse von 3 : 4 jedesmal richtig, während er anfangs häufiger irrte als richtig hörte und nach längeren Versuchen immer noch ⅓ falsche Angaben bei ⅔ rechten machte.«

Die vorigen Versuche fussen auf dem Principe der Methode der eben merklichen Unterschiede; und da sich aus früher angegebenen Gründen mittelst dieser Methode nicht wohl dieselbe Schärfe erreichen lässt, als nach der Methode der richtigen und falschen Fälle und mittleren Fehler, so bleiben unstreitig Versuche nach diesen Methoden immer noch erwünscht. Aber bei der ausnehmend grossen Variation der absoluten Schallstärken, die in den angestellten Versuchen Platz hatte, sind sie entscheidend genug für die Gültigkeit des Gesetzes im Allgemeinen, und es könnte höchstens noch eine Abweichung kleiner Ordnung von demselben in den Gränzen der angestellten Versuche möglich sein, ohne dass diese eine Wahrscheinlichkeit dafür begründen.

Es dürfte nützlich sein, über die bei Versuchen dieser Art zu verwendenden Apparate und deren Theorie noch Einiges hinzuzufügen.

Schafhäutl*) hat schon früher ein Instrument mit fallenden Kugeln zur Messung der Empfindlichkeit für Schallstärke angegeben, jedoch dasselbe blos zur Messung der absoluten Empfindlichkeit benutzt.

Nicht minder ist das Schallpendel schon früher zu diesem Zwecke in Gebrauch gezogen worden. Itard**) hat sich eines solchen zur Untersuchung der Empfindlichkeit des Gehörs bei Gehörkrankheiten unter dem Namen Akumeter bedient, welches aus einem geschlagenen kupfernen Ringe besteht, der an einem Stäbchen frei von der durch eine Säule auf einem Fussgestelle errichteten Maschine herabhängt, und gegen welche das Pendel anschlägt, dessen Elevation an einem Gradbogen gemessen wird.

Ich selbst habe mir ein doppeltes Schallpendel mit Gradbogen verfertigen lassen, wo zwei ganz gleich construirte Pendel von zwei Seiten gegen eine dicke Schieferplatte***) schlagen; jedoch bis jetzt noch nicht Zeit gefunden, Versuche damit anzustellen.

Folgendes zur Theorie der Instrumente:

Man findet leicht, dass, wenn ein Körper sei es durch freien Fall oder als Pendel auf einen anderen Körper herabfällt, die Stärke des Schalls, der dabei entsteht, im zusammengesetzten

---

*) Abhandl. d. baier. Akad. VII. 2. Abth.

**) Gehler's Wört. Art. Gehör. S. 1217.

***) Mit Holz habe ich keinen gleichen Klang für beide Pendel zu erzielen vermocht.

Verhältnisse der Fallhöhe und des Gewichtes des herabfallenden Körpers steht [*]), insoweit sich der Einfluss des Luftwiderstandes und etwaige andere störende Einflüsse auf die Fallgeschwindigkeit vernachlässigen lassen.

In der That: die Stärke des Schalles ist proportional dem Quadrate der Schwingungsamplitude des schallenden Körpers: die Schwingungsamplitude des schallenden Körpers ist (nach bekannten Formeln) proportional der Geschwindigkeit, mit der die Theilchen durch ihre Gleichgewichtslage durchgehen, d. i. derselben, mit der sie daraus entfernt werden. Diese steht im zusammengesetztem Verhältnisse der Geschwindigkeit, mit welcher der fallende Körper auftrifft, und seines Gewichtes. Die Geschwindigkeit, mit welcher der Körper auftrifft, d. i. die Endgeschwindigkeit seines Falles, ist nach den Fallgesetzen proportional der Quadratwurzel der Fallhöhe. Mithin ist das Quadrat dieser Endgeschwindigkeit proportional der Fallhöhe, mithin ist auch das Quadrat der Geschwindigkeit, mit der sich die Theilchen aus der Ruhelage entfernen, u. s. f. proportional dieser Fallhöhe. Da es nun bekanntlich keinen Unterschied betreffs der Endgeschwindigkeit macht, ob ein Körper durch freien Fall oder auf krummem Wege durch eine gewisse Höhe fällt, so kann man die vorige Betrachtung eben so auf den Hammer des Fallpendels (die Reibung an der Axe als verschwindend vorausgesetzt) als einen freifallenden Körper anwenden. Man muss sich nur beidesfalls hüten, dem fallenden Körper zu Anfange eine Geschwindigkeit mitzutheilen, wenn die angegebene Abhängigkeit der Schallstärke von der Fallhöhe gültig bleiben soll. Der Luftwiderstand dürfte bei den geringen Fallhöhen und Geschwindigkeiten, mit denen man im Allgemeinen operiren wird, um so mehr vernachlässigt werden können, wenn man Blei als fallenden Körper anwendet.

Aus Vorigem erhellt, dass die Stärke des Schalles beim Schallpendel nicht im Verhältnisse des Elevationswinkels φ des Pendels, sondern der Verticalhöhe, um welche der Hammer über seine tiefste Stelle gehoben ist, d. i. im Verhältnisse von $1 - \cos\varphi = 2\sin\frac{\varphi^2}{2}$ steht, wonach das Instrument gleich graduirt werden konnte. Da beispielsweise der Cosinus von 45° gleich $\sqrt{\frac{1}{2}}$ = 0,707 und der Cosinus von 90° gleich null, so ist hienach das Verhältniss der Schallstärken bei diesen beiden Elevationen das von 1 — 0,707 = 0,293 zu 1 oder nahehin wie 3 zu 10. Die Elevationswinkel 60°, 90°, 180° entsprechen einem Verhältnisse der Schallstärken ½ : 1 : 2. So lange die Elevationen 60° nicht übersteigen, kann man die Schallstärke approximativ dem Quadrate derselben proportional setzen, so dass einer doppelten Elevation die vierfache, einer dreifachen die neunfache Schallstärke nahehin entspricht*).

---

[*]) Schafhäutl setzt die Schallstärke proportional der Quadratwurzel der Fallhöhe des schallgebenden Körpers (München. Abhandl. VII. S. 397), was ich nach der oben folgenden Herleitung nicht richtig finden kann.

Hier folgen zwei kleine Tabellen, welche die zu den Elevationen eines Schallpendels von 0° bis 90° zugehörigen Schallstärken und umgekehrt geben, wenn die Stärke bei 90° gleich 1,0000 (in Tabelle I) oder 10 (in Tabelle II) gesetzt wird. Bei 180° ist sie dann doppelt so gross als bei 90°, und alle Stärken bei Elevationen zwischen 90° und 180° fallen hierzwischen; man wird aber nicht leicht ein Pendel bei Elevationen über 90° anwenden.

Tabellen über den Bezug zwischen den Elevationen eines Schallpendels und der Schallstärke.

I.

Elevat.	Stärke	Elevat.	Stärke
90°	1,0000	45°	0,2929
85°	0,9128	40°	0,2340
80°	0,8264	35°	0,1808
75°	0,7412	30°	0,1340
70°	0,6580	25°	0,0937
65°	0,5774	20°	0,0603
60°	0,5000	15°	0,0341
55°	0,4264	10°	0,0152
50°	0,3572	5°	0,0038

II.

Stärke	Elevat.	Stärke	Elevat.
10	90°,00	3	45°,57
9	84°,26	2	36°,87
8	78°,46	1	25°,84
7	72°,54	½	18°,19
6	66°,42	¼	12°,84
5	60°,00	⅛	9°,07
4	53°,13	1/16	6°,41

In Betreff der Tonhöhen, bei welchen die Schwingungszahl die Grösse des Reizes zu vertreten hat, liegen ausser Weber's allgemeiner Angabe die, auch von Weber citirten, Angaben Delezenne's vor; doch beziehen sich dessen Beobachtungen, wie ich mich aus seiner Originalabhandlung überzeugt habe, in der Hauptsache vielmehr darauf, welche Abweichungen von der Reinheit noch bei dieser und jener Art Intervall (Einklang, Octave, Quinte u. s. w.) unterscheidbar sind, als darauf, ob die Abweichung von der Gleichheit zweier Töne bei gleichem Verhältnisse der Schwingungszahlen oder in verschiedener Höhe der Tonskala gleich gross erscheint, was die eigentliche Frage des Weber'schen Gesetzes ist. Inzwischen bedarf es zur Bestätigung des Gesetzes in dieser Hinsicht nicht erst besonderer Versuche, da es die einfache und so zu sagen notorische Aussage des musikalischen Gehöres ist, dass gleichen Verhältnissen der Schwingungszahlen eine als gleich gross empfundene Tondifferenz in verschiedenen Octaven entspricht, so dass man das Gesetz hier directer als sonst irgendwo und zwar auch für grosse Unterschiede erwiesen halten kann. Auch haben Euler, Herbart und Drobisch hierauf bei ihrer mathematischen Betrachtung der Tonverhältnisse gefusst.

---

*) Dies folgt aus der bekannten Formel $\cos\varphi = 1 - \frac{\varphi^2}{1 \cdot 2} + \frac{\varphi^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} - \text{etc.}$

Ich befragte mehrere Personen mit gutem musikalischen Gehöre bei gelegentlicher Anstellung von Versuchen mit einem hölzernen Schallpendel, was auf Holz aufschlug, ob sie nicht einen Vergleich des Verhältnisses der Schallstärken bei 45° und 90° mit einem Verhältnisse von Tonhöhen zu ziehen vermöchten. Manche erklärten sich dazu unfähig; merkwürdigerweise aber stimmten die meisten, welche sich auf einen Vergleich einliessen (unabhängig von einander und ohne von dem Urtheile der Anderen etwas zu wissen) dahin überein, dieses Verhältniss mit dem einer Quarte zu vergleichen. Doch will ich auf diese Versuche bei ihrer bisherigen nur rohen und beiläufigen Anstellung um so weniger etwas geben, als jene Uebereinstimmung nicht ausnahmlos war, und halte es selbst noch für sehr fraglich, ob ein directer Vergleich zwischen Verhältnissen der Stärke und Höhe durch das Gefühl überhaupt zu ziehen. Jedenfalls tritt das Ergebniss dieser Versuche bestätigend in das von Renz und Wolf, so wie von Volkmann erhaltene hinein, wonach man nicht geneigt ist, ziemlich bedeutende Unterschiede der Schallstärken (3 : 10) als hoch zu taxiren.

In derselben Beziehung war mir interessant, von einem Musiker (dem Violinvirtuosen v. Wasilewski) die Angabe zu hören, man habe bei den Rheinischen Sängerfesten die Erfahrung gemacht, dass ein Chor von 400 Männerstimmen keinen bedeutend stärkeren Eindruck mache als von 200.

3) Gewichte.

Die mittelst der Methode der eben merklichen Unterschiede erlangten Resultate Weber's, wodurch die erste Bestätigung unseres Gesetzes im Felde der Gewichtsversuche geboten ist, sind schon S. 138 angeführt worden. Seine Versuche haben das besondere Verdienst, dass bei einem Theile derselben die Druckempfindung der Haut von dem Muskelgefühle gesondert ist, und die auf diese Weise erlangten Resultate mit denen verglichen worden sind, welche bei gemeinsamem Anspruche beider Empfindungen erhalten wurden, indess die von mir selbst nach der Methode der richtigen und falschen Fälle angestellten Versuche, von welchen im Folgenden näher die Rede sein wird, sich auf die, bei den Hebungen der verglichenen Gewichte stattfindende, natürliche Verbindung beider Empfindungen beziehen. Eine genaue Trennung beider war nämlich nach der Modalität des Verfahrens nicht wohl ausführbar, doch erschien eine gemeinsame Bewährung des Gesetzes für beide, in Betracht der Genauigkeit, welche die Methode versprach, nützlich; ausserdem waren diese Versuche nicht minder zum Studium der Methode als zur Prüfung des Gesetzes bestimmt.

Zum Verständnisse des Folgenden wird vielfach eine Bezugnahme auf Dasjenige nöthig sein, was im Kapitel S. 93 ff. über die Ausführung der Methode gesagt ist, ohne dass ich es nöthig halte, hier eingehend darauf zurückzukommen. Von anderer Seite werden im Folgenden manche Belege und Erläuterungsbeispiele zu dem dort Gesagten zu finden sein.

Meiner Hauptversuchsreihen über den betreffenden Gegenstand sind zwei, eine zweihändige und eine (mit Rechter und Linker besonders ausgeführte) einhändige, welche, beide vergleichbar, durch eine Reihe von 6 Hauptgewichten, 300, 500, 1000, 1500, 2000, 3000 Grammen durchgeführt, zu sehr übereinstimmenden Ergebnissen geführt haben. Die einhändige Reihe ist im October und November 1856, die zweihändige im December 1856 und Januar 1857 angestellt. Die Umstände der Versuche beider Reihen waren im Allgemeinen die S. 97 angegebenen Normalumstände. Speciell ist Folgendes dazu zu bemerken:

Jede beider Reihen umfasst in 32 Versuchstagen à 12 Abtheilungen à 64 Hebungen im Ganzen 32 . 12 . 64 = 24576 einfache Hebungen oder Fälle. Zu jedem Hauptgewichte P wurden (periodisch damit wechselnd) zwei bestimmte Verhältnisstheile als Zusatzgewicht D angewandt, nämlich 0,04 P und 0,08 P. Letzteres Zusatzgewicht kann gross erscheinen, giebt aber doch, wie man sich aus den folgenden Versuchstabellen überzeugen kann, noch genug falsche Fälle, was mit der Einrichtung des S. 94 f. beschriebenen Verfahrens zusammenhängt, jeden (zu 2 Fällen gerechneten) Vergleich auf eine einfache Doppelhebung, statt auf wiederholtes Hin- und Herwiegen zu begründen, wo ein $D = 0{,}08\,P$ schwerlich noch falsche Fälle liefern möchte. An jedem Versuchstage von $12 . 64 = 768$ Hebungen wurden sämmtliche 6 Hauptgewichte, jedes in 2 Abtheilungen à 64 Hebungen, alle mit demselben verhältnissmässigen D geprüft, und dieses nur nach Tagen oder Wochen, wie unten anzugeben, gewechselt. Ausserdem wurde nach Tagen wechselnd in aufsteigender (↑) und absteigender (↓) Folge der Hauptgewichte verfahren. So kommen in jeder beider Versuchsreihen auf jedes der sechs Hauptgewichte im Ganzen $32 . 128 = 4096$ Hebungen oder Fälle; 2048 mit $D = 0{,}04\,P$ und eben so viel mit $D = 0{,}08\,P$; je 1024 davon ↑ und eben so viel ↓. In der zweihändigen Reihe wurden mit jedem Hauptgewichte die 128 Hebungen jedes Tages *in continuo* angestellt, in der einhändigen folgeweis 64 mit der Linken, 64 mit der Rechten, wobei nach Tagen wechselnd die Linke oder Rechte den Anfang machte. In der zweihändigen Reihe wurde nach je zwei Tagen, in der einhändigen nur nach je 8 Tagen zwischen $D = 0{,}04\,P$ und $D = 0{,}08\,P$ gewechselt. Diess hat den Unterschied mitgeführt, dass in der zweihändigen Reihe die Empfindlichkeitswerthe bei beiden D's ganz vergleichbar sind, so dass diese Reihe mit zu einer Bestätigung des Gesetzes dienen kann, nach welchem das Verhältniss der richtigen zur Totalzahl der Fälle $\frac{r}{n}$ von der Grösse D bei constanter Empfindlichkeit h abhängt[*]), während diess nicht so der Fall ist mit der einhändigen Reihe, wo die Wochen mit $0{,}08\,P$ verhältnissmässig kleinere Empfindlichkeitswerthe als die mit $0{,}04\,P$ geben, was in die Bemerkung S. 83 hineintritt. Aber in Betreff des Einflusses der Grösse des Hauptgewichtes auf die Masswerthe, worauf es hier allein ankommt, ist die einhändige ganz eben so vergleichbar in sich, als die zweihändige.

---

[*]) Diess Gesetz wird nach den Erörterungen im 7. Kapitel durch die Beziehung der Werthe $\frac{r}{n}$ zu $t = hD$ in unserer Fundamentaltabelle S. 108 ausgedrückt, wonach ein doppeltes D ein doppeltes t giebt, wenn die Einflüsse p, q eliminirt sind.

Ich gebe nun zuvörderst, um mit der einfachsten, wenn schon nicht genauesten, Benutzungsweise dieser Beobachtungsreihen zu beginnen. die Gesammtzahl der richtigen Fälle r bei den verschiedenen Hauptgewichten P, specificirt nach einigen Hauptumständen, aber ohne Sonderung der 4 Hauptfälle und ohne Rückgang auf die genauen Masszahlen, d. i. die Werthe $t = hD$, die sich daraus berechnen lassen, indem sich auch schon ohne solche Berechnung die in Betracht kommenden Hauptresultate aus den Verhältnissen der für alle Hauptfälle zusammengefassten richtigen Zahlen r werden ziehen lassen, wonach die schärfere Behandlung der Reihen auch weiter nichts wird leisten können, als dieselben Resultate noch etwas schärfer herausstellen.

Die gebrauchte Gewichtseinheit im Folgenden ist überall der Gramme.

Um über die Bedeutung der Zahlen in den nächstfolgenden Tabellen keinen Zweifel zu lassen, gebe ich dieselbe ausdrücklich für die erste Zahl der ersten Tabelle an. Die Zahl 612 bei $P = 300$, $D = 0{,}04\,P$, $n = 1024$, ↑ sagt, dass bei einem Hauptgewichte = 300 Grammen und einem Zusatzgewichte = 0,04 des Hauptgewichtes, also 12 Grammen, die Zahl der richtigen Fälle aller Tage, wo die Hauptgewichte in aufsteigender Folge (↑) angewandt wurden, 612 war, indess die Totalzahl der Fälle, richtige und falsche zusammen, unter denselben Umständen 1024 betrug, wonach die Zahl der falschen $1024 - 612 = 412$ war. Hienach wird die Bedeutung der übrigen Zahlen von selbst verständlich sein. Den Zahlen r der verticalen Schluss-Summenspalte gehört natürlich das 4fache n der Zahlen in den Specialspalten zu, d. i. 4096, wie einschaltungsweise angegeben ist, da die r der 4 verticalen Specialspalten in der verticalen Schlusssummenspalte addirt sind; hingegen gehört den Zahlen r der horizontalen Schlusssummenspalte das 6fache n der Specialzahlen, d. i. 6144 zu, da die r, welche zu den 6 P's in derselben Verticalspalte gehören, in der horizontalen Schlusssummenspalte addirt sind.

I. Zahl richtiger Fälle r der zweihändigen Reihe.

P	$n = 1024$				Summe ($n = 4096$)
	$D = 0{,}04\,P$		$D = 0{,}08\,P$		
	↑	↓	↑	↓	
300	612	614	714	720	2660
500	586	649	701	707	2643
1000	629	667	747	753	2796
1500	638	683	811	781	2913
2000	661	682	828	798	2969
3000	685	650	839	818	2992
Summe ($n = 6144$)	3811	3945	4640	4577	16973

II. Zahl richtiger Fälle r der einhändigen Reihe.

P	$n = 512$								Summe ($n = 4096$)
	$D = 0{,}04\,P$				$D = 0{,}08\,P$				
	Linke		Rechte		Linke		Rechte		
	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	
300	332	337	344	348	387	372	386	342	2838
500	319	332	348	335	383	402	413	366	2918
1000	385	343	352	358	383	412	389	422	3044
1500	333	358	374	383	406	416	435	430	3152
2000	378	353	369	382	412	418	414	421	3148
3000	367	343	364	386	426	433	429	438	3186
Summe ($n = 3072$)	2114	2066	2178	2192	2398	2453	2466	2419	18286

Ich übergehe, als nicht hieher gehörig, alle Erörterungen über die Verschiedenheit der Resultate dieser Tabellen je nach den verschiedenen Umständen (als der verschiedenen Grösse des D, Anwendung der Linken und Rechten, ↑ und ↓), welche man leicht selbst bemerken kann, und worauf näher in den »Massmethoden« einzugehen sein wird. Hier geschahe die Specification der Resultate nach diesen Umständen hauptsächlich nur aus dem Grunde, um zu zeigen, dass die Zahl der richtigen Fälle r in Bezug zu den Hauptgewichten P unter allen Verhältnissen wesentlich denselben Gang befolgt, d. h. mit den Hauptgewichten langsam ansteigt, und bei den höchsten Hauptgewichten, 2000 und 3000 Grammen, sich nur wenig mehr ändert. Hat man diese Uebereinstimmung für die verschiedenen Versuchsumstände ins Auge gefasst, so kann man sich des Weiteren an die verticalen Schlusssummenspalten halten, welche in beiden Tabellen für ein $n = 1096$ die richtigen Zahlen bei den einzelnen Hauptgewichten geben.

Sollte nun das Gesetz sich direct und genau durch diese Versuche bewährt finden, so müssten, in Rücksicht dessen, dass überall dasselbe Verhältniss des Zusatzgewichtes zum Hauptgewichte besteht, alle Zahlen r bei den verschiedenen Hauptgewichten nicht blos annäherungsweise, sondern genau gleich sein. Diess ist nicht der Fall. Es ist jedoch die Abweichung, die solchergestalt für den Versuch noch von dem Gesetze übrig bleibt, eben so wenig für eine wahre Abweichung anzusehen, als die Abweichung, welche wir im Gebiete der Lichtempfindung an der unteren Gränze fanden, vielmehr eben so und aus einem ganz analogen Gesichtspuncte als eine Foderung des Gesetzes. Wie wir nämlich bei der Lichtempfindung die, auch ohne Zutritt des äusseren Lichtes vorhandene, innere Lichterregung mit in Rechnung zu nehmen haben, so hier das auch ohne äusseres Gewicht P vorhandene, bei Hebung desselben mit gehobene, Gewicht des Armes und etwaigen bedeckenden Kleidungsstückes (bei meinen Versuchen blos ein leichter Hemdärmel *). Und wie sich das Gesetz im ersteren Gebiete durch den Versuch direct nur nach Massgabe bestätigen kann, als sich das innere Augenlicht gegen das äussere vernachlässigen lässt, so im anderen Gebiete nur nach Massgabe, als das Gewichtsmoment des hebenden und zugleich gehobenen Armes gegen das des gehobenen Gewichtes vernachlässigt werden kann.

Wirklich aber sehen wir bei unseren höchsten Hauptgewichten nur eine noch sehr unerhebliche Abweichung von der Foderung des Gesetzes, und den allgemeinen Gang der Abweichung in dem Sinne, in dem er nach voriger Auffassung zu erwarten, d. i. die richtigen Zahlen wachsen etwas mit P. Denken wir nämlich zu den an Grösse aufsteigenden Hauptgewichten P immer denselben absoluten Zusatz A vermöge des Armgewichtes gefügt, indess D blos proportional mit P wächst, wie es bei unseren Versuchen der Fall, so fällt natürlich $\frac{D}{P+A}$, wovon die richtige Zahl abhängt, um so grösser aus, je mehr A gegen P im Divisor verschwindet,

---

*) Ausserdem bleibt fraglich, in wiefern der Druck der Luft auf die Haut nicht mit einem gewissen Werthe in Rechnung gebracht werden muss, doch scheint dieser so zu sagen in den Organismus mit verrechnet.

d. i. je grösser P selbst ist, und wird merklich constant von dem Puncte an, wo P gross genug geworden ist, dass man A als nicht mehr dagegen in Betracht kommend ansehen kann; ganz wie es der Versuch zeigt.

Bei dem nicht unbeträchtlichen Gewichte des Armes kann es zunächst nur auffallen, dass der Zuwachs, den die Hauptgewichte von 300 bis 3000 Grammen dadurch erhalten, sich nicht in einem noch stärkeren Zuwachse der richtigen Zahlen mit aufsteigendem P kund giebt, und namentlich, dass dieser nicht beim Uebergange zwischen beiden kleinsten Hauptgewichten 300 und 500 Grammen spürbarer ist, wo sich sogar in der zweihändigen Reihe vielmehr eine kleine Abnahme zeigt. Aber diese letztere Anomalie zunächst dahin gestellt, auf die ich nachher zurückkomme; so ist erstens keineswegs als ausgemacht anzusehen, dass die Belastung des Armes durch sein eigenes Gewicht in derselben Weise in Anschlag zu bringen ist, als ein hiezu gefügtes äusseres Gewicht; zweitens ist in Betracht zu ziehen, dass das gehobene Gewicht P am Ende des Hebelarmes, den der hebende Arm bildet, wirkt, das im Schwerpunkte des Armes wirkende Gewicht des Armes aber an einem kürzeren, was sein Moment verhältnissmässig vermindert; drittens, dass der Zusatz dieses Momentes zum Momente von P blos für das Muskelgefühl, aber nicht für das Druckgefühl in Betracht kommt, da blos das Gewicht P, aber nicht das Gewicht des Armes auf die Haut drückend einwirkt; viertens endlich, dass die richtigen Zahlen der vorigen Tabellen noch keinen genauen Massstab für die Empfindlichkeit gewähren, sondern blos den Gang der Empfindlichkeit im Aufsteigen mit den Hauptgewichten obenhin anzeigen können. Es gilt hier in der That ganz das, was S. 117 f. auseinandergesetzt wurde; und namentlich kommt der S. 115 f. erwähnte Umstand in Rücksicht, dass der Einfluss der Zeitfolge der Hebung p bei starker Vergrösserung des Hauptgewichtes wächst, und dadurch gemäss der Bemerkung S. 116 die Summe der richtigen Fälle etwas kleiner macht, als es ohne diesen störenden Einfluss der Fall sein würde, so dass ohne diese Störung in der That die richtigen Zahlen bei den höchsten Hauptgewichten etwas grösser und damit etwas unterschiedener von den niederen ausgefallen sein würden. Diess kommt namentlich in Betracht bei dem kleineren Zusatzgewichte 0,04 P, indess gegen das grössere 0,08 P der Einfluss p verhältnissmässig mehr verschwindet. So hat man in der zweihändigen Reihe für die Hauptgewichte 1500 und 3000 als richtige Zahlen bei 0,04 *P* in Summa 1321 und 1335, bei 0,08 *P* hingegen 1592 und 1657; in der einhändigen eben so bei 0,04 *P* die Zahlen 1465 und 1460; bei 0,08 *P* 1687 und 1726. Der Unterschied ist also in beiden Reihen viel grösser bei 0,08 *P* als 0,04 *P*.

Man beseitigt die Störung durch die Nebeneinflüsse *p*, *q* vollkommen durch die früher (S. 112 ff.) erörterte vollständige Compensation derselben, welche auf der Sonderung und getrennten Berechnung der 4 Hauptfälle beruht. Hier folgt nun zuvörderst die Specification der *r*-Werthe nach den 4 Hauptfällen in einer ersten Tabelle (III) und der mittelst der Fundamentaltabelle daraus (noch ohne Fractionirung) abgeleiteten *t*-Werthe in einer zweiten (IV). In den »Massmethoden« werde ich eine entsprechende Specification auch für die einhändige Reihe mittheilen; hier wünsche ich, nicht zu viele Zahlen zu häufen. Die Definitivresultate, auf die man nach unten folgender Erörterung bezüglich der Frage unseres Gesetzes zu achten hat, sind in den Spalten 4 *hD* und 8 *hD* der Tabelle IV enthalten; die übrigen Spalten dieser Tabelle und die ganze Tabelle III kommen für unseren jetzigen Zweck nur als Unterlagen jener Definitivresultate in Rücksicht; können aber nebenbei zur Erläuterung der Weise, wie solche zu gewinnen sind, und mancher Puncte der Methode überhaupt von Nutzen sein, wie ich einschaltungsweise beifüge.

Sicheren Verständnisses halber erörtere ich wieder die ersten Zahlen der beiden folgenden Tabellen:

Die Zahl $r_1 = 328$ bei $P = 300$, $D = 0{,}04\,P$, $n = 512$ in der Tabelle III sagt, dass bei $P = 300$ Grammen, $D = 12$ Grammen, 512 Fälle des ersten Hauptfalles, d. i. wo *D* im erstaufgehobenen linksstehenden Gefässe liegt, 328 richtige Fälle geben.

Die entsprechende Zahl $t_1 = 2547$ der Tabelle IV ist nach der Fundamentaltabelle gefunden, indem zu $\frac{r}{n} = \frac{328}{512} = 0{,}6406$ der zugehörige *t*-Werth genommen ist. Die Angabe $n = 512$, $\nu = 1$ oben bedeutet bei der Tabelle IV, dass jeder *t*-Werth aus 1mal 512 Fällen (also ohne Fractionirung) abgeleitet ist.

III. Nach den 4 Hauptfällen specificirte Werthe r der zweihändigen Reihe.

P	$n = 512$								Summe ($n = 4096$)
	$D = 0{,}04\,P$				$D = 0{,}08\,P$				
	r_1	r_2	r_3	r_4	r_1	r_2	r_3	r_4	
300	328	304	328	266	404	358	372	300	2660
500	352	274	321	288	399	339	364	306	2643
1000	334	318	335	309	377	365	410	338	2796
1500	346	323	308	344	408	402	399	383	2913
2000	296	365	309	373	404	385	439	398	2969
3000	244	393	265	433	392	447	390	428	2992
Summe	1900	1977	1866	2013	2384	2296	2374	2153	16973

IV. Aus der vorigen Tabelle abgeleitete Werthe t der zweihändigen Reihe. $n = 512$, $\nu = 1$.

P	$D = 0{,}04\,P$					$D = 0{,}08\,P$					Total $8\,hD$
	t_1	t_2	t_3	t_4	Summe $4\,hD$	t_1	t_2	t_3	t_4	Summe $4\,hD$	
300	2547	1677	2547	346	7117	5679	3692	4260	1535	15166	22283
500	3456	624	2290	1112	7482	5444	2958	3932	1749	14083	21565
1000	2769	2181	2807	1856	9613	4469	3973	5971	2920	17333	26946
1500	3224	2363	1820	3147	10554	5873	5584	5444	4726	21627	32181
2000	1394	3973	1856	4301	11524	5679	4813	7558	5397	23447	34971
3000	−416	5168	312	7200	12264	5123	8067	5034	6945	25139	37403
Sa.	12974	15986	11632	17962	58554	32267	29087	32199	23242	116795	175349

Man sieht, wie sehr sich nach der Beschaffenheit der 4 Hauptfälle die Zahlen r ändern, und wie sehr diese Aenderungen von der Grösse des Hauptgewichtes mit influirt werden. Bei $P = 3000$ ist die richtige Zahl $r = 244$ sogar kleiner als die falsche 268 (welche durch Abzug der richtigen Zahl von der Totalzahl 512 erhalten wird), was dann einen negativen Werth t_1 (in Tabelle IV) mitgeführt hat. (Vgl. S. 109) Solcher Fälle kommen übrigens genug in meinen anderen Beobachtungstabellen vor.

Man kann nun die Tabelle III benutzen, die S. 112 ff. gegebenen Regeln zur vollständigen Compensation und Bestimmung der Einflüsse p, q selbst in Ausübung zu bringen, auf welche Bestimmung hier einzugehen kein Interesse vorliegt.

Ferner kann man sich durch Vergleich der bei $D = 0{,}04\,P$ und $D = 0{,}08\,P$ erhaltenen Summenwerthe der Tabelle der t's überzeugen, dass diese Summenwerthe den D's merklich proportional sind, nämlich die bei $0{,}08\,P$ erhaltenen merklich das Doppelte der bei $0{,}04\,P$ erhaltenen, was die Statthaftigkeit des Rechnungsprincipes nach der S. 103 gemachten Bemerkung verbürgt*). Jedoch ist auf alles diess hier nicht näher einzugehen.

---

*) Hiezu liegen mir übrigens auch noch andere Versuchsreihen vor.

Worauf es hier ankommt, ist, dass wir zusehen, inwiefern die Summenwerthe $4hD$, $8hD$, welche durch Addition von t_1, t_2, t_3, t_4 entstanden sind, constant bei den verschiedenen P's sind, was sie eben so, wie die Summen der Zahlen r, aus denen sie abgeleitet sind, sein müssten, wenn unser Gesetz gilt, und wenn das Armgewicht nicht zu P zuträte.

Die Zahlen der Spalten $4hD$, $4hD$, $8hD$ stellen nämlich, erstere für jedes der beiden verhältnissmässigen Zusatzgewichte insbesondere, letztere addirt für beide, die eigentlich hier in Betracht kommenden Masszahlen dar, welche ohne die Miteinflüsse der Zeit- und Raumlage der Gefässe p, q erhalten worden wären, d. h. Producte aus dem Masse der Unterschiedsempfindlichkeit h in das 4- oder 8fache Zusatzgewicht D, woraus sich durch Division mit 4 oder 8 D[*]) das Unterschiedsmass h selbst für die verschiedenen Hauptgewichte finden lassen würde. Dieses müsste ohne Zutritt des Armgewichtes nach unserem Gesetze den Gewichten P und mithin den ihm proportionalen Zusatzgewichten D umgekehrt proportional gefunden werden, und hienach eben die Producte $4hD$ oder $8hD$ bei den verschiedenen Hauptgewichten gleich gefunden werden. Da sich nun Abweichungen von der Gleichheit leichter beurtheilen lassen, als von der Proportionalität, so ist bei den Producten $4hD$, $8hD$ stehen geblieben, ohne auf h selbst zurückzugehen.

Der leichteren Uebersicht wegen stellen wir nun die Werthe der drei Hauptspalten, durch Division respectiv mit 4 oder 8 auf den einfachen Werth hD zurückgeführt, in folgender Tabelle zusammen. Die Bezeichnungen $\nu = 4$, $\nu = 8$ über den Spalten besagen, gemäss der S. 94 angegebenen Bezeichnungsweise, dass jede Zahl der Spalten respectiv aus 4- oder 8mal n Beobachtungen abgeleitet ist; n aber ist $= 512$.

---

[*]) D ist für die Spalte $8hD$ im Mittel $0{,}06\,P$. Bei genauerer Berechnung ist aber die Berechnung von h für $D = 0{,}04\,P$ und $D = 0{,}08\,P$ besonders aus den Spalten $4hD$ vorzunehmen, und hieraus erst der wahrscheinlichste Mittelwerth von h zu suchen.

V. Werthe *hD* der zweihändigen Reihe.

$n = 512$,

P	$D = 0{,}04\,P$ ($r = 4$)	$D = 0{,}08\,P$ ($r = 4$)	Mittel ($r = 8$)
300	1779	2792	2785
500	1871	3521	2696
1000	2403	4333	3368
1500	2639	5407	4023
2000	2881	5862	4371
3000	3066	6285	4675
Summe	14639	29200	21918

Um die abstracte Bedeutung der Zahlen *hD*, mit der wir hier nur bezüglich der Constatirung unseres Gesetzes zu thun haben, in eine Bedeutung für das Experiment zu übersetzen, so ist es diese: wenn man bei jedem der angewandten Hauptgewichte, anstatt dasselbe relative Zusatzgewicht anzuwenden, wie geschehen ist, dieses dividirt mit der Zahl *hD* oder einem gegebenen Multiplum oder Bruchtheil von *hD*, angewandt hätte, so würde überall eine gleiche Zahl $\frac{r}{n}$ erhalten worden sein. So wird man z. B. in der zweihändigen Reihe nach der Aussage der Versuche die zu dem Hauptgewichte 2000 und 3000 Grammen gehörigen Zusatzgewichte, welche in demselben Verhältnisse als diese Hauptgewichte stehen, respectiv mit Zahlen zu dividiren haben, welche 4500 und 4909 proportional sind, damit sie gleich stark in die Empfindung fallen.

Wenn schon diese Rechnungsresultate noch nicht die definitiven sind, zu denen ich folgends erst komme, habe ich sie doch hier mit Fleiss gegeben, weil sie von den definitiven nicht wesentlich abweichen, so dass man sich immerhin an sie halten könnte, und weil sich ohne zu grosse Weitläufigkeit alle Unterlagen derselben geben liessen, woraus man sie nach den im 8. Kapitel angegebenen Regeln selbst reproduciren kann. Dabei sind alle richtigen Zahlen, welche für denselben Hauptfall, dasselbe *P* und *D* während des ganzen Beobachtungsmonats erhalten wurden, zusammengenommen, und ohne Fractionirung zur Ableitung der *t*-Werthe aus der Fundamentaltabelle benutzt worden. Indessen habe ich, wie S. 120 bemerkt, bei allen meinen Versuchsreihen vorgezogen, um die Variationen der Einflüsse *p*, *q* sicherer zu eliminiren, die *t*-Werthe für jeden Hauptfall aus lauter Fractionen mit $n = 64$ besonders zu berechnen, und diese zu Summen- oder Mittelwerthen zusammenzulegen. So ist es denn folgends auch sowohl bei der zweihändigen als einhändigen Reihe geschehen. Die richtigen Zahlen dieser Fractionen à 64 und daraus abgeleiteten einzelnen t-Werthe hier einzeln zu reproduciren, würde aber zu viel Raum kosten, ich beschränke mich daher folgends, das aus sämmtlichen Fractionen zusammengelegte, mit der Zahl ν der Fractionen dividirte, Definitivresultat für beide Reihen zu geben, bei dem endlich stehen zu bleiben ist.

VI. Werthe *hD* der zweihändigen Reihe.

$n = 64$.

P	$D = 0{,}04\,P$ $(\nu = 32)$	$D = 0{,}08\,P$ $(\nu = 32)$	Mittel $(\nu = 64)$
300	2023	3918	2971
500	1965	3705	2835
1000	2530	4637	3584
1500	2774	5910	4342
2000	2966	6034	4500
3000	3296	6520	4908
Summe	15554	30724	23140

VII. Werthe *hD* der einhändigen Reihe.

$n = 64$.

P	Linke			Rechte			L. u. R.
	$D = 0{,}04\,P$ $(\nu = 16)$	$D = 0{,}08\,P$ $(\nu = 16)$	Mittel $(\nu = 32)$	$D = 0{,}04\,P$ $(\nu = 16)$	$D = 0{,}08\,P$ $(\nu = 16)$	Mittel $(\nu = 32)$	Totalmittel $(\nu = 64)$
300	3916	4845	4381	3658	5360	4509	4445
500	2876	5246	4061	3349	5584	4467	4264
1000	2906	5649	4278	5103	6230	5667	4973
1500	4016	6426	5221	4638	7647	6143	5682
2000	4700	6515	5608	4517	6821	5669	5639
3000	4455	8084	6220	4551	7616	6084	6152
Summe	22869	36765	29769	25846	39258	32539	31155

Gelegentlich weise ich hier wieder auf einen Punct der Methode hin, der sich durch den Vergleich von Tabelle VI mit Tabelle V erläutert. Beide, für die zweihändige Reihe geltende, Tabellen fussen auf denselben Beobachtungswerthen und unterscheiden sich nur dadurch, dass in der Tabelle V die Werthe *hD* ohne andere Fractionirung als nach den 4 Hauptfällen, unter Anwendung von $n = 512$, abgeleitet sind, in der Tabelle VI aber mit starker Fractionirung unter Anwendung von $n = 64$. Hievon hängt es, gemäss der Bemerkung S. 120, ab, dass alle Werthe der letzten Tabelle etwas grösser sind, als die der ersten. Die Abweichung würde gleichgültig sein, wenn das Verhältniss der Vergrösserung bei allen Werthen gleich wäre, da es hier überhaupt nur auf Verhältnisse ankommt. Aber manche Werthe sind in anderem Verhältnisse vergrössert, als andere. Diess hängt, wie sich aus einer

Specialdiscussion der Beobachtungsreihen darthun lässt, davon ab, dass p und q während der durch einen Monat durchgeführten Beobachtungsreihe nicht völlig constant geblieben sind, sondern unregelmässig variirt haben. Durch Theilung der Reihen in so kleine Fractionen, dass während jeder derselben die Variation vernachlässigt werden kann, beseitigt man den für die Elimination von p und q daraus hervorgehenden Nachtheil, und aus diesem Grunde sind die in Tabelle VI erhaltenen Werthe denen der Tabelle V vorzuziehen. Inzwischen zeigt sich doch kein wesentlicher Unterschied im Gange der Werthe zwischen beiden Tabellen, so dass man auch wohl bei der ersten, viel kürzer ableitbaren, hätte stehen bleiben können. Jedenfalls kann der Vergleich dieser Tabellen einen Anhalt geben, wie sich ungefähr je nach dem Grade der Fractionirung die absoluten Masswerthe ändern können.

Vergleicht man die mit der einhändigen und zweihändigen Reihe erhaltenen definitiven Mittelwerthe, so findet man,

P	einhänd. zweihänd.
300	1,496
500	1,504
1000	1,325
1500	1,309
2000	1,253
3000	1,254

wonach das Verhältniss beider Werthe sich mit wachsendem Hauptgewichte langsam verkleinert, aber der Constanz zu nähern scheint.

Der Blick auf den Gang der Werthe hD in vorigen Tabellen VI und VII lehrt nun wohl, dass derselbe wesentlich auf dasselbe führt, als der Gang der Zahlen r in den ersten Tabellen, nur dass das Wachsthum der Werthe hD mit P aus angegebenem Grunde bei den höchsten P-Werthen etwas mehr spürbar ist, als das der Zahlen r. Immer noch aber stellt sich die zunehmende Approximation an die Gleichheit mit Wachsthum von P deutlich genug heraus.

So finden für die drei höchsten P-Werthe = 1500, 2000, 3000 Grammen in der zweihändigen Reihe im Mittel die Werthe hD = 4342, 4500, 4908; in der einhändigen 5682, 5639, 6152 statt. Während P von 1500 auf 3000, also vom Einfachen aufs Doppelte steigt, steigt hD verhältnissmässig nur noch wenig, nämlich vom Einfachen respectiv aufs 1,13fache oder 1,08fache.

Es schien mir nun von Interesse, diese, für die Bewährung des Gesetzes wichtigste, approximative Gleichheit von hD bei höheren Gewichten für die beiden höchsten Hauptgewichte 2000 und 3000 nochmals insbesondere zu constatiren; und ich nahm dazu Gelegenheit bei einer Versuchsreihe, die zugleich bestimmt war, das einhändige und zweihändige Verfahren in abwechselnden Versuchen zu vergleichen, indem die vorigen beiden Reihen, als im Ganzen hinter einander angestellt, keine Sicherheit eines solchen Vergleiches gewähren (vergl. S. 183); nebenbei auch die, schon durch anderweite Versuche constatirte, Proportionalität der t-Werthe mit dem angewandten D des Weiteren zu bewähren.

Diese Reihe, ebenfalls 32tägig, ist im Dec. 1858 und Jan. 1859 unter den S. 197 angegebenen Normalumständen, also, obwohl viel später, doch ganz vergleichbar mit den früheren angestellt. Jeder Versuchstag umfasst 8 Abtheilungen à 64 Hebungen, die ganze Reihe also 32. 8. 64 = 16384 Hebungen. Zwischen den beiden Hauptgewichten wurde von einem Tage zum anderen, zwischen einhändigem und zweihändigem Verfahren nach je zwei Tagen gewechselt, ausserdem an jedem Tage nach je zwei Abtheilungen zwischen einem Zusatzgewichte $D = 0{,}04\,P$ und $0{,}08\,P$ gewechselt, welches also bei $P = 2000$ respectiv 80 und 160, bei $P = 3000$ respectiv 120 und 240 Grammen betrug. Ausserdem wechselten bei dem einhändigen Verfahren, wie ich diess stets so halte, Linke und Rechte nach je einer Abtheilung à 64 Hebungen.

Zur Unterscheidung von der vorigen nenne ich diese Versuchsreihe die zwei- und einhändige. Zuvörderst gebe ich in Tabelle VIII die addirten Zahlen r der 4 Hauptfälle zu einem vorläufigen Aperçu; in Tabelle IX aber die, ganz vergleichbar mit Tabelle VI und VII unter Sonderung der 4 Hauptfälle aus Fractionen à 64 berechneten, Werthe hD, ohne auch hier, wegen ihrer Umfänglichkeit, die Unterlagen dieser Berechnung in Specie mittheilen zu können.

VIII. Zahl der richtigen Fälle r der zwei- und einhändigen Reihe.

	Zweihändig		Einhändig			
	$n = 2048$		Linke $n = 1024$		Rechte $n = 1024$	
P	$D = 0{,}04\,P$	$D = 0{,}08\,P$	$D = 0{,}04\,P$	$D = 0{,}08\,P$	$D = 0{,}04\,P$	$D = 0{,}08\,P$
2000	1280	1503	708	840	681	863
3000	1297	1536	737	882	703	847
Summe	2577	3039	1445	1722	1384	1710

Die Summe r bei $P = 2000$ ist 5875
– – – – – = 3000 – 6002

IX. Werthe hD der zwei- und einhändigen Reihe.

$n = 64$.

P	Zweihändig ($r = 32$)		Einhändig. ($r = 16$)			
			Linke		Rechte	
	$D = 0,04\ P$	$D = 0,08\ P$	$D = 0,04\ P$	$D = 0,08\ P$	$D = 0,04\ P$	$D = 0,08\ P$
2000	2461	5018	3456	7078	3709	9464
3000	2702	5326	4270	8310	4212	8028
Summe	5163	10344	7726	15388	7921	17492

Die Summe der hD bei $P = 2000$ ist 31186
– – – – – – $= 3000$ – 32938

Bei strenger Vergleichbarkeit der äusseren Umstände und der Berechnungsweise dieser Reihe mit den vorigen Reihen sollten die Zahlen der Tabelle IX mit denen der Tabelle VI und VII für $P = 2000$ und 3000 stimmen. Sie sind aber bei der zweihändigen Reihe beträchtlich kleiner, und stimmen bei der einhändigen zwar nahe mit den Zahlen für 0,08 P, aber sind erheblich kleiner für 0,04 P, wobei zu erinnern, dass die Zahlen der einhändigen Reihe bei $D = 0,04\ P$ und 0,08 P selbst nicht unter einander vergleichbar sind, was sich dadurch beweist, dass die letzten nicht merklich das Doppelte der ersten sind, und, wie schon S. 184 bemerkt, davon abhängt, dass sie in verschiedenen Wochen erhalten sind. Diess kann einen Beleg zu dem, was S. 183 gesagt wurde, geben, dass man auf eine Vergleichbarkeit von Masswerthen, die in verschiedenen Epochen erhalten wurden, nicht rechnen darf, auch wenn die äusseren Umstände gleich waren. Inzwischen thut diess der Vergleichbarkeit jeder Reihe in sich bezüglich der Verhältnisse, um die es sich hier handelt, keinen Eintrag.

Dass in unserer jetzigen Reihe, wo der Wechsel zwischen den beiden D's an demselben Tage erfolgte, die aus r berechneten Werthe hD sich merklich proportional den gegebenen D's zeigen, gehört zu den Bewährungen unserer Rechnungsregel.

Nach dem Definitivergebnisse also nahm hD von $P = 2000$ bis $P = 3000$ nur im Verhältnisse 31186 zu 32938 zu. Die Abweichung beider Zahlen von der Gleichheit bedeutet die Abweichung von der directen Foderung des **Weber**'schen Gesetzes, welche von uns durch das zutretende Armgewicht erklärt wird. Die Zahl 9464 in voriger Tabelle ist jedoch nach Vergleich mit allen anderen Zahlen unstreitig durch Zufälligkeiten zu gross; und dadurch die Abweichung etwas kleiner ausgefallen, als sie ohnedem sein würde. Im Uebrigen ist das wesentliche Resultat dieser Reihe die vollkommene Bestätigung des Resultates der früheren.

Da sich der Verhältnisstheil, mit welchem das Moment des gehobenen Armes zu dem des gehobenen Gewichtes zuzurechnen ist, nicht wohl von vorn herein bestimmen lässt, theils weil das Moment am Lebenden nicht genau messend zu ermitteln sein möchte, theils weil nicht genau bekannt ist, in welchem Verhältnisse die Wirkung des Muskelgefühls in die Totalwirkung eingeht, so könnte man daran denken, den zu P zuzurechnenden Werth aus unseren Werthen hD nach Voraussetzung der Gültigkeit unseres Gesetzes selbst zu bestimmen; doch zeigt einige Ueberlegung, dass sie dazu nicht wohl ausreichen.

Legt man die bei der Wahrscheinlichkeitsrechnung der Fehler bezüglich des Zusammenwirkens von einander unabhängiger Präcisionsbedingungen gültigen Principien zu Grunde, so würde, wenn das Muskelgefühl allein den Werth $t' = h'D$ und das Druckgefühl allein den Werth $t'' = h''D$ bei einem gewissen Zusatzgewichte D erzeugt hätte, von dem Zusammenwirken derselben ein Werth $t =$

$$\sqrt{t'^2 + t''^2} = \sqrt{h'^2 + h''^2}\, D$$

zu erwarten, und hienach eine etwa versuchte Rechnung zu führen sein. Nun steht t' nach unserem Gesetze im umgekehrten Verhältnisse von $P + A$, wenn A wie oben verstanden wird, t' blos im umgekehrten Verhältnisse von P, mithin hat man

$$t^2 = (hD)^2 = \frac{c'}{(P + A)^2} + \frac{c''}{P^2}$$

wenn c' und c Constanten sind. Die drei Unbekannten c', c'', A wären dann aus unseren für die verschiedenen P's erlangten Werthen hD zu bestimmen. Aber selbst, wenn die Schwierigkeit dieser Berechnung zu überwinden wäre, würde die Anomalie bei kleinem P, wovon gleich die Rede sein soll, einer genauen Berechnung im Wege stehen.

Dass im Uebergange von $P = 300$ zu $P = 500$ Grammen sich t statt erhöht vielmehr etwas vermindert zeigt, ist eine Anomalie, die aus dem bisher Angeführten nicht erklärbar ist. Ich glaube kaum, dass sie auf Zufälligkeiten wegen noch nicht hinreichender Beobachtungszahl ruht, wenn schon die Möglichkeit davon nicht schlechthin ausgeschlossen ist, da sie allerdings nur gering ist, und sehr grosse Versuchszahlen erfoderlich sind, um kleine Unterschiede sicher begründet zu halten; aber abgesehen von der Uebereinstimmung beider Versuchsreihen darin, deren jede eine grosse Menge Versuche zählt, sollte auch gerade bei den kleinsten Werthen von P die Erhöhung von t mit Wachsthum von P verhältnissmässig am stärksten sein, indem der Zuwachs zum Momente von P durch das Moment des Armes hier verhältnissmässig am grössten ist. Und wenn nicht besondere störende Umstände bei den kleinsten Gewichten vorliegen, die bei den gröseren durch deren Einfluss überboten werden, hätte diess sich meines Erachtens nothwendig im Masse geltend machen müssen.

Ungeachtet ich nun keinen sicheren Aufschluss über diese Anomalie geben kann, deren sichere Constatirung durch neue Versuche sogar vielmehr noch wünschenswerth sein möchte, scheint mir doch Folgendes einige Wahrscheinlichkeit für den Fall darzubieten, dass sie wirklich in der Natur bestände.

Es lässt sich denken, dass ein zunehmender Druck, noch abgesehen von der Verminderung der Empfindlichkeit, die nach unserem Gesetze proportional mit der Zunahme des Reizes besteht, durch die mechanische Compression der Nervenenden oder bei der Apperception des Druckes mitbetheiligten Hülfsapparate einen vermindernden Einfluss auf die Empfindlichkeit äussert, der bei grösseren Gewichten gegen den unserem Gesetze folgenden Einfluss, der einen allgemeineren und tieferliegenden Grund haben muss, verschwindet; aber bei kleineren sich überwiegend geltend machen könnte. Damit wäre die Verminderung von t bei beginnendem Wachsthume von P erklärt. Ich bin nicht abgeneigt, hiemit den Umstand in Beziehung zu setzen, der mir sonst ebenfalls räthselhaft erschiene, dass wir eine leise Kitzelberührung stärker empfinden, und stärker zur Reflexbewegung dadurch angeregt werden, als einen etwas stärkeren Druck, obwohl das Uebergewicht der Empfindung immer für einen sehr starken Druck bleibt. Doch gebe ich gern zu, dass diess nur Gedanken sind, die eine weitere Prüfung fodern und Anregung dazu geben mögen.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass, so wie das Feld der Gewichtsversuche die untere Gränze des Gesetzes mit dem Felde der Lichtversuche theilt, diess auch in Betreff der oberen Gränze der Fall sein wird, nur dass die Versuche nicht bis zu einer solchen Gränze von mir fortgesetzt worden sind, wo die Belastung nachtheilig zu wirken anfängt, und auch natürlich nicht nach der Methode der richtigen und falschen Fälle, welche eine gewaltige Menge Versuche fodert, ohne dauernden Nachtheil hinreichend lange fortgesetzt werden könnten, um sichere Resultate zu erzielen. Doch würden sich nach der Methode der eben merklichen Unterschiede vielleicht beweisende Erfahrungen in dieser Hinsicht machen lassen, ohne Nachtheil besorgen zu dürfen; da der Grad der Genauigkeit, der überhaupt mit dieser Methode zu erlangen ist, weniger an die Zahl der Versuche gebunden ist.

Ueberblicken wir das Vorige, so ist die Untersuchung über die Gültigkeit und Gränzen unseres Gesetzes im Gebiete der Gewichtsversuche noch weit entfernt, abgeschlossen zu sein; und meine eigenen Versuche zur Lösung der Aufgabe nach denen Weber's nur ein zweiter Schritt zu dem ersten, dem noch mancher mit neuen Modificationen der Methode wird folgen müssen. Man kann nach dem bisher Geleisteten nur sagen, dass die Beobachtungen im Allgemeinen so gut zu dem Gesetze stimmen, dass man an seiner approximativen oder genauen Gültigkeit in gewissen Gränzen nicht zweifeln kann; aber die Anomalie an der unteren Gränze, die Frage nach der oberen Gränze, die genauere Constatirung und Bestimmung des Einflusses des Armgewichtes, die vollkommene und genaue Scheidung des Druckgefühles und Muskelgefühles, sind noch Puncte, welche der Erledigung durch künftige Versuche harren. Weber's Versuche haben das Gesetz zuerst im Allgemeinen bewiesen, ohne dass die Methode geeignet war, die Abweichungen davon sicher zu constatiren; meine Versuche haben solche erkennen lassen, ohne hinzureichen, sie dadurch wieder zu eliminiren, dass sich die Umstände, von denen sie abhängen, genau in Rechnung nehmen liessen.

Während es keinem Zweifel unterliegen kann, dass die Isolirung des Druckgefühles durch die eine Versuchsweise Weber's erreicht ist, wo das Gewicht auf die letzten Fingerglieder der auf dem Tische aufliegenden Hand gelegt wird; scheint mir allerdings die Isolirung des Muskelgefühles nicht eben so sicher durch die andere, in der Abhandlung über Tastsinn und Gemeingefühl S. 546 von ihm angegebene erreicht, wo der Beobachter mit der Hand die vereinigten Zipfel eines Tuches umfasst, in welchem ein Gewicht hängt; da das Gewicht nothwendig um so mehr dahin wirken muss, die Zipfel durch die Hand gleiten zu lassen, je schwerer es ist, wenn dem nicht durch ein stärkeres Zufassen, mithin einen stärkeren Druck begegnet wird. Sollte aber auch der Druck constant gehalten werden können, so würde ein constanter Druck um nichts weniger als Complication bei den Versuchen in Rechnung kommen.

Eine Methode, das Muskelgefühl genau bei den Versuchen zu isoliren, will mir überhaupt nicht beifallen. Zur Isolirung des Druckgefühles dürfte sich vielleicht unter Beibehaltung unserer Methode die Anwendung von Kugeln oder Hämmern, die aus gegebener Höhe auf die Haut herabfallen, noch besser eignen, als die Anwendung ruhender Gewichte; und eine Vergleichung der so erhaltenen Resultate mit denen, welche die Hebung von Gewichten gewährt, von nicht geringem Interesse sein.

Ohne Rücksicht auf die Frage unseres Gesetzes lässt sich das directe Resultat der im Vorigen mitgetheilten Versuche wie folgt aussprechen.

Wenn man ein gegebenes Gewicht vergleichungsweise mit einem anderen hebt, welchem ein gewisses Mehrgewicht gegen das vorige zugefügt ist, so wird das Mehrgewicht absolut genommen um so mehr betragen müssen, je grösser das Hauptgewicht ist, um noch gleich merklich als Unterschied beider Gewichte in die Empfindung zu fallen.

Lässt man das Mehrgewicht proportional mit dem Hauptgewichte wachsen, so dass nicht seine absolute, aber seine relative Grösse in Bezug zum Hauptgewichte immer dieselbe bleibt, so wächst die Merklichkeit dieses relativen Mehrgewichtes einigermassen mit Aufsteigen zu höheren Hauptgewichten; tendirt jedoch dabei immer mehr zur Gleichheit, so dass der Unterschied der Merklichkeit gleicher relativer Mehrgewichte bei Hauptgewichten von 1500 und 3000 Grammen nur noch gering ist, etwa dem Verhältnisse 10 : 11 entspricht. Das heisst, die relativen Mehrgewichte bei 1500 und 3000 Grammen Hauptgewicht müssten, statt gleich zu sein, sich ungefähr wie 11 : 10 verhalten, um noch gleich merklich zu erscheinen, also ein gleiches Verhältniss richtiger zu den falschen Fällen bei der demgemässen Methode zu liefern.

Dieser aufsteigende Gang der Merklichkeit gleicher relativer Mehrgewichte mit der Grösse der Hauptgewichte erleidet jedoch eine Ausnahme bei sehr niedrigen Hauptgewichten, indem die Merklichkeit beim Aufsteigen von 300 bis 500 Grammen vielmehr etwas ab- als zunimmt; wogegen über 500 Grammen der aufsteigende Gang fortgehends eingehalten wird.

Der Grund des exceptionellen Ganges bei niederen Hauptgewichten ist so gut wie unbekannt, und nur S. 198 eine beiläufige Vermuthung desshalb ausgesprochen; der Grund der Abweichung von der gleichen Merklichkeit relativ gleicher Mehrgewichte beim Aufsteigen zu höheren Hauptgewichten kann mit Wahrscheinlichkeit darin gesucht werden, dass das Gewichtsmoment des hebenden und bei der Hebung mit gehobenen Armes als eine Vergrösserung des Hauptgewichtes in Anschlag kommt, welche der relativen Gleichheit des, eigentlich zu diesem vergrösserten Hauptgewichte in Bezug zu setzenden, Mehrgewichtes Eintrag thut.

Wenn man bei einem und demselben Hauptgewichte verschiedene Mehrgewichte anwendet, so wächst die Merklichkeit mit der Grösse des Mehrgewichtes. Diese vergrösserte Merklichkeit hat ein vergrössertes Verhältniss richtiger zu den falschen Fällen so wie zur Totalzahl der Fälle zur Folge, wenn man die Methode der richtigen und falschen Fälle zur Vergleichung der Gewichte anwendet. Die Zahl der richtigen Fälle wächst aber nicht proportional der Grösse des Mehrgewichtes, sondern in kleinerem Verhältnisse.

Die S. 112 gegebene Regel, mittelst der Fundamentaltabelle zu finden, wie sich die richtige Zahl nach Massgabe des Mehrgewichtes ändert, bestätigt sich in der Erfahrung.

Diese Resultate sind durch Versuche mit Hauptgewichten = 300, 500, 1000, 1500, 2000, 3000 Grammen, und Mehrgewichten gleich 0,04 und 0,08 des Hauptgewichtes, übereinstimmend bei Hebung der Gewichte mit blos einer Hand und mit beiden Händen, unter Ausscheidung der constanten Fehler gefunden, welche von der Zeit- und Raumlage der gehobenen Gewichte abhängen.

4) Temperatur.

Die Frage, inwiefern unser Gesetz auf Temperaturempfindung Anwendung erleide, schliesst noch Dunkelheiten ein. E. H. Weber*) ist geneigt, anzunehmen, »dass wir vielmehr den Act des Steigens und Sinkens der Temperatur unserer Haut als den Grad wahrnehmen können, bis zu welchem die Temperatur gestiegen oder gesunken ist. Wir empfinden z. B. nicht, ob unsere Stirn oder unsere Hand wärmer ist, bis wir die Hand an die Stirne legen, wo wir dann oft zwischen beiden einen grossen Unterschied wahrnehmen, und zu manchen Zeiten die Hand, zu anderen die Stirne wärmer finden,« wozu sich andere, von Weber geltend gemachte Erfahrungen fügen lassen, welche eben dahin weisen. Inzwischen scheint es doch, dass wir auch eine anhaltende Wärme als Wärme, und anhaltende Kälte als Kälte zu empfinden im Stande sind, wenn sie von der gewöhnlichen oder mittleren Temperatur hinreichend abweicht.

---

*) Der Tasts. und das Gemeing. S. 549.

Wie dem auch sei, so kann, wenn man die Frage des Weber'schen Gesetzes bezüglich Temperaturunterschieden in Betracht ziehen will, keinesfalls als Reiz hiebei die Temperatur von einem absoluten Nullpuncte an in Frage kommen, sondern blos die Differenz von einer Temperatur, bei welcher wir weder Wärme noch Kälte empfinden, weil die Grösse der Wärme- und Kälteempfindung nur hievon abhängt. Diese Differenz kann nun zu- und abnehmen, und die Frage des Weber'schen Gesetzes wird sein, ob eine gleich grosse relative Vergrösserung nicht der absoluten Temperatur, sondern dieser Temperaturdifferenz einen gleich merklichen oder allgemeiner gleich grossen Zuwuchs der Temperaturempfindung bedinge.

Nach einigen, jedoch bei Weitem nicht hinreichenden, Versuchen, die ich über diese Frage angestellt, scheint dem so innerhalb gewisser Gränzen mittlerer Temperaturen zu sein, während es entschieden nicht mehr der Fall ist bei sehr kalten und sehr heissen Temperaturen.

Meine Versuche darüber sind an 6 Tagen (im Dec. 1855) nach der Methode der eben merklichen Unterschiede angestellt, indem ich dabei das Weber'sche Verfahren des abwechselnden Eintauchens zweier Finger derselben Hand immer bis zu gleicher Tiefe in zwei Gefässe mit ungleich warmem Wasser benutzte. Zur Beobachtung dienten ein paar sehr genaue und genau verglichene, in halbe Grade getheilte, Greiner'sche Thermometer mit Reaumur'scher Skale des Leipziger physikalischen Cabinets, an denen Zehntheile des halben, also Zwanzigstel eines ganzen, Grades noch sehr wohl geschätzt werden können. Da das eine derselben nach Hankel's Angabe, der die Güte hatte, mir dieselben zu den Versuchen zu überlassen, so wie nach eigener Constatirung um 0°,05 oder $\frac{1}{20}$ Grad höher als das andere stand, so ist jede Beobachtung desshalb corrigirt worden. Ueber die übrigen Verhältnisse der Versuchsreihe werde ich nach den Resultaten das Nöthige anführen.

Innerhalb der Temperaturen von etwa 10° bis 20° R. fand ich die Empfindlichkeit für die Temperaturunterschiede so gross, dass die eben merklichen Unterschiede keine genaue Bestimmung zuliessen. Ein Maximum der Empfindlichkeit, wo verschwindende oder fast verschwindende Unterschiede appercipirt werden, liegt jedenfalls innerhalb dieser Gränzen, ohne eine genaue directe Bestimmung zuzulassen. Ueber 20° bis zur Blutwärme, über die hinaus meine Versuche nicht erheblich gehen, fand ich die Ergebnisse dem Weber'schen Gesetze sehr wohl entsprechend, wenn ich (ganz empirisch) als Mass des Temperaturreizes den Temperaturüberschuss über die Mitteltemperatur zwischen Frostkälte und Blutwärme = 14°,77 R.*) annahm, indem der eben merkliche Temperaturunterschied sich dieser Erhebung über die Mitteltemperatur proportional zeigte. Hier folgen die, vor aller Berechnung als eben merklich aufgezeichneten, Temperaturunterschiede *D* mit den Temperaturen *t*, bei denen sie beobachtet wurden, diese als Mittel zwischen den zwei Temperaturen angegeben, zwischen welchen der Unterschied *D* beobachtet wurde, und den unter der Voraussetzung berechneten Werthen von *D*, dass die eben merklichen Unterschiede den Temperaturüberschüssen über 14°,77 proportional gehen. Die erste Seite (I) dieser Tabelle fällt, weil die beobachteten Unterschiede hier überhaupt zu klein sind, ausser Betracht, und kann blos dienen, die Geringfügigkeit der eben merklichen Unterschiede in den Gränzen der Temperaturen dieses Theiles der Tabelle zu beweisen; wogegen man die zweite Seite (II) von 19°,13 R. an nach ihrer Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung in Betracht nehmen mag.

I				II			
Datum des Vers.	*t*° R.	*D*° R.		Datum des Vers.	*t*° R.	*D*° R.	
		beob.	ber.			beob.	ber.
Decbr.				Decbr.			
2	15,03	0,19	0,009	26	19,13	0,15	0,16
26	15,40	0,10	0,023	26	20,45	0,20	0,21
26	15,55	0,09	0,028	26	20,63	0,15	0,21
26	16,15	0,15	0,051	26	21,20	0,20	0,23
24	16,70	0,20**	0,070	26	21,73	0,25	0,25
26	16,71	0,09	0,070	24	23,30	0,30	0,31
24	16,75	0,10**	0,072	24	25,35	0,40	0,39
24	16,85	0,25*	0,076	24. 26	26,30	0,40	0,42
24	17,06	0,00**	0,084	24. 26	29,50	0,60	0,54
26	17,20	0,20	0,088	26	30,50	0,60	0,57
24	17,30	0,10**	0,093	26	31,35	0,60	0,60
26	17,69	0,23	0,106				
26	18,70	0,15	0,145				

---

*) Diese Temperatur basirt auf die Wärmebestimmungen des menschlichen Körpers durch Lichtenfels und Fröhlich in den Abhandl. der Wien. Akad.

Man erhält die berechneten Werthe der Tabelle, indem man den Temperaturüberschuss über 14°,77, also t — 14°,77 mit 0,03623 multiplicirt. Diese Constante ist blos aus den Beobachtungen von t = 19°,13 bis 31°,35 abgeleitet; doch sind auch die beobachteten und die nach jener Constante berechneten Werthe von D über 14°,77 und unter 19°,13, welche, wie gesagt, nur Spuren sind, auf der ersten Seite der Tabelle beigefügt. Die Beobachtungen der Tabelle gehören nur 3 von den 6 Versuchstagen an; indem sich die Beobachtungen an den anderen 3 blos auf Temperaturen unterhalb der Mitteltemperatur beziehen, die ich unten besonders gebe.

Was die mit Sternchen bezeichneten Werthe von D der ersten Seite der Tabelle anlangt, so sind es solche, die nicht blos als eben merklich, sondern als merklich (1 Sternchen) oder als deutlich (2 Sternchen) im Beobachtungsregister verzeichnet sind, was mehr als eben merklich gilt. Einer dieser für die Empfindung deutlichen Unterschiede (bei 17°) liess sich am Thermometer (die erfoderliche Correction um 0,05° dabei gemacht) nicht mehr erkennen. Ueberhaupt könnte man geneigt sein, die Mitteltemperatur grösster Empfindlichkeit nach diesen Werthen vielmehr bei 16° bis 17° als 14°,77 anzunehmen, und es ist möglich, dass sie da liegt. Aber man kann auf die fast verschwindenden Werthe von D in der Nähe der Mitteltemperatur überhaupt nichts Sicheres bauen, wenn man bedenkt, dass abgesehen von den Schwankungen der Empfindlichkeit, des Massstabes der Merklichkeit, den Irrthümern des Ablesens eine ganz geringe Abweichung zwischen der Temperatur des Wassers und Thermometers hinreicht, solche Unterschiede herbeizuführen oder zu verdecken, wenn auch möglichst Sorge getragen war, diese Quellen des Irrthumes auf das Kleinste zu reduciren. Der Ausgang der Berechnung von 14°,77 entspricht doch im Ganzen besser den Beobachtungen.

Im Uebrigen, wenn schon jene Spuren von D unterhalb t = 20° fast in die Ordnung der Beobachtungsfehler treten, können sie nicht rein als solche selbst gelten, weil die Prüfung im Allgemeinen geschahe, ohne dass ich wusste, für welches Wasser ein Uebergewicht der Temperatur stattfand, und mich erst nach wiederholtem abwechselnden Eintauchen entschied, wenn ich des Resultates ganz sicher zu sein glaubte, was in dem Grade stattfand, dass ich mich bei einer sehr grossen Anzahl Versuchen nur einmal in der Nähe der Mitteltemperatur getäuscht habe, wo die eben merklichen Differenzen fast verschwindend werden, indem bei der nachherigen Constatirung der als eben merklich angenommene Unterschied sich in dem entgegengesetzten Gefässe fand, als wo ich ihn angenommen, wogegen sich sehr häufig Fälle darboten, wo ich keinen Unterschied zwischen beiden Wässern finden konnte, und nachher immer auch wirklich keinen oder einen unter der, dieser Gegend zukommenden, Gränze des Merklichen liegenden an den Thermometern fand, was durch eine Art gegenseitiger Controle zugleich beweist, dass die Thermometerangaben und dass die Angaben des Gefühles im Allgemeinen verlässlich waren.

Mit dem aus der Tabelle ersichtlichen, dem Weber'schen Gesetze hinreichend entsprechenden, Gange der eben merklichen Unterschiede oberhalb der Mitteltemperatur, insoweit er sich wegen der Kleinheit der Unterschiede beurtheilen lässt, fand jedoch keine Symmetrie unterhalb derselben statt. Bis etwa 10° abwärts waren die eben merklichen Unterschiede immer noch zu klein, um auf ihre Verhältnisse etwas zu geben, weiter abwärts aber stiegen sie ohne Vergleich rascher mit zunehmender Kälte, als mit dem Gange oberhalb und mit dem Weber'schen Gesetze verträglich ist; so dass sie empirisch ziemlich gut repräsentirt wurden, wenn man eine Proportionalität derselben mit der dritten Potenz von $T-t$ annahm, wo $T = 14^{0},77$, t die Temperatur, bei welcher der eben merkliche Unterschied beobachtet ward, und 0,002734 der Werth ist, mit dem man $(T-t)^{3}$ zu multipliciren hat, um den eben merklichen Unterschied am Thermometer zu erhalten, was unstreitig auf einer starken Abnahme der Empfindlichkeit mit der Kälte beruht. Wahrscheinlich würde man eine ähnliche Abweichung finden, wenn man über die Blutwärme hinaus sich der Temperatur näherte, wo das Gefühl des Brennens eintritt, wobei jedoch immer auffallend bleibt, dass die Abweichung oberhalb der Mitteltemperatur erst in höheren Graden beginnt, indess sie unterhalb der Mitteltemperatur alsbald beginnt.

Hier folgen die nach der Formel

$$D = (14,77 - t)^{3} \,.\, 0,02734$$

berechneten Werthe in Zusammenstellung mit den beobachteten innerhalb der Temperaturgränze + 10°,5 und + 4°,5 R. Tiefer abwärts erhielt ich an ein paar Tagen zu sehr von einander abweichende Werthe, um etwas darauf zu bauen.

Datum der Versuche	t° R.	14°,77 − t°	D beobachtet	D berechnet	Differenz
December					
5.	4,60	10,17	2,80	2,88	+0,08
23.	5,32	9,45	2,54	2,31	−0,21
23.	5,43	9,34	2,40	2,23	−0,17
21.	5,65	9,12	2,00	2,07	+0,07
23.	5,69	9,08	2,54	2,05	−0,49
5.	5,73	9,04	2,22	2,02	−0,20
2.	5,81	8,96	1,62	1,97	+0,35
5.	5,85	8,92	1,80	1,94	+0,14
2.	5,88	8,89	1,75	1,92	+0,17
2.	6,11	8,66	1,55	1,78	+0,23
1. 25.	6,98	7,79	1,06	1,29	+0,23
25.	7,15	7,62	1,40	1,21	−0,19
23. 25.	7,18	7,59	1,49	1,20	−0,29
25.	7,20	7,57	1,30	1,19	−0,11
2.	7,21	7,56	0,91	1,18	+0,27
23.	7,64	7,13	0,93	0,99	+0,06
26.	8,18	6,59	0,75	0,78	+0,03
5.	8,20	6,57	0,80	0,78	−0,02
23.	8,43	6,34	0,65	0,70	+0,05
23.	8,56	6,21	0,61	0,66	+0,05
23. 26.	8,71	6,06	0,53	0,61	+0,08
23.	8,73	6,04	0,45	0,60	+0,15
2. 15.	9,15	5,62	0,48	0,49	+0,01
2. 25.	9,77	5,00	0,40	0.34	−0.06
5.	10,5	4,27	0,40	0,21	−0,19
			33,38	33,40	

Mit Rücksicht auf die mancherlei Schwierigkeiten, welche diese feinen Versuche darbieten und namentlich, dass die Werthe von ganz verschiedenen Tagen darin zusammengenommen sind, wobei theils auf völlige Vergleichbarkeit der Empfindlichkeit, theils genaue Beibehaltung desselben subjectiven Massstabes für das Ebenmerklichsein nicht sicher zu rechnen, bieten diese Ergebnisse eine Uebereinstimmung der berechneten mit den beobachteten Werthen und einen Wechsel der positiven und negativen Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung dar, womit man wohl zufrieden sein kann. Natürlich würde sich die Uebereinstimmung noch sehr haben steigern lassen, wenn ich einige nicht sehr passende Werthe hätte auslassen wollen, ich habe aber Alles gegeben, was als *eben merklich vor der Berechnung* verzeichnet war. Doch bin ich weit entfernt, die angegebene Formel für mehr als eine empirische, innerhalb gewisser Gränzen genügende, anzusehen. Der Vollständigkeit halber füge ich endlich noch die über 10°,5 bis zu 14°,20 beobachteten Werthe von *D* bei, wenn schon nichts Anderes mit Sicherheit daraus zu ersehen, als dass sie sehr klein sind. Jedoch sind sie noch etwas grösser, als sie nach der Berechnung sein sollten, wenn man die vorige Formel darauf anwendet, wie die Zusammenstellung der danach berechneten mit den beobachteten Werthen zeigt.

Datum der Versuche	t° R.	*D*	
		beob.	berechn.
December			
25.	10,88	0,15	0,161
23.	11,36	0,13*)	0,108
5.	11,45	0,30	0,100
5.	12,15	0,30	0,049
5.	12,40	0,20	0,036
25.	12,50	0,15	0,032
21.	13,30	0,20	0,009
21.	13,40	0,25	0,007
5.	13,50	0,15	0,006
5.	13,90	0,25	0,002
5. 21.	14,20	0,15	0,001

Obwohl diese Versuche mit grosser Aufmerksamkeit angestellt sind, lassen sie doch noch eine Wiederholung aus dem Gesichtspuncte wünschenswerth erscheinen, dass die Versuche unter der Mitteltemperatur mit den Temperaturen blos aufsteigend, über der Mitteltemperatur absteigend angestellt worden sind, was der Vergleichbarkeit einigen Eintrag thun kann. Auch wäre zur Sicherstellung des *Weber*'schen Gesetzes oberhalb der Mitteltemperatur noch eine viel grössere Zahl Beobachtungen nöthig, als hier vorliegen, so dass ich nach Allem das Resultat dieser Versuche nur als ein vorläufiges geben kann, was möglicherweise noch der Modification unterliegen mag. Ich bezeichne es ausdrücklich als ein solches, und halte das Weber'sche Gesetz innerhalb der angegebenen Gränzen dadurch zwar für ziemlich wahrscheinlich gemacht; aber keineswegs erwiesen. Es war meine Absicht, die Versuche nach diesen Beziehungen noch zu vervollständigen oder zu erneuern. Doch bin ich darin unterbrochen worden und habe seitdem nicht Zeit gefunden, darauf zurückzukommen.

---

*) Deutlich statt eben merklich.

Ueber die Modalität der Versuche trage ich noch Folgendes nach:

Die beiden Gefässe, in welchen das Wasser von verschiedener Temperatur enthalten, waren grosse thönerne Häfen, um die Temperaturänderungen möglichst zu verlangsamen. Sie waren so weit mit Wasser gefüllt, dass bei Eintauchen des Zeige- und Mittelfingers der rechten Hand bis auf den Boden das Wasser gerade bis an das Gelenk zwischen 1. und 2. Glied des Zeigefingers (von der palma an gerechnet) reichte. So ward stets dieselbe Berührungsgrösse mit dem Wasser hergestellt. Die Thermometer, in geeigneten Gestellen befestigt, tauchten mit den Kugeln bis in die Mitte des Wassers, das vor jeder Beobachtung gut umgerührt ward. Die Temperatur der Wässer ward theils durch Umrühren mit Eis, theils mit Metall- oder Thongeschirren, welche auf dem heissen Ofen standen, abgeändert. Die zwei Finger, welche den Versuch vornahmen, wurden erst so lange in einem beider Gefässe, bis an den Boden eingetaucht, gelassen, bis sie eine constante Temperatur angenommen, dann abwechselnd in das eine und andere Gefäss getaucht, bis sich ein Urtheil gebildet hatte. War die Temperaturempfindung über der, die ich als eben merklich bezeichnete, so wurde die Temperatur durch Umrühren in entgegengesetzter Richtung abgeändert, so dass ich nicht wusste, ob der Ueberschuss der Temperatur an das andere Gefäss übergegangen oder nicht, und die Beobachtung wiederholt, bis sich, meist erst nach mehrfacher Wiederholung dieser Abänderung, ein eben merklicher Unterschied einfand, ein Verfahren, das freilich ziemlich langwierig ist. Die Temperatur wurde sofort nach gefasstem Urtheile abgelesen.

Obwohl ich nur den Empfindungswerth eben merklich als massgebend angenommen habe, so habe ich doch in meinem Beobachtungsregister auch folgende, so viel wie möglich constant festgehaltene, Empfindungswerthe, nach der aufsteigenden Reihe ihrer Grösse, verzeichnet.

Unmerklich, kaum merklich, eben merklich, merklich, deutlich, entschieden, stark, sehr stark. Natürlich ist auf scharfe Scheidung dieser Werthe nicht zu rechnen. Die Werthe kaum merklich waren solche, wo ich nicht ganz sicher war, mich nicht zu täuschen, und obwohl diess nach der Beobachtung controlirt werden konnte, so war doch eine zufällige Uebereinstimmung dann möglich; daher ich solche Werthe nur insofern benutzt habe, als ich, wenn kaum merklich mit merklich oder deutlich an demselben oder auch verschiedenen Beobachtungstagen nahe zusammentraf, das Mittel aus diesen Bestimmungen als eben merklich in Rechnung brachte, was einigemale geschehen ist.

Unstreitig wird es erwünscht sein, wenn auch in diesem Gebiete Versuche nach den anderen Methoden zu denen nach der

Methode der eben merklichen Unterschiede hinzutreten. Volkmann hat Herrn Lindemann, stud. med. veranlasst, Versuche nach der Methode der mittleren Fehler anzustellen, und seine Doctordissertation darüber zu schreiben, welche derselbe unter dem Titel: »*De sensu caloris. Halis* 1857« vertheidigt hat. Aber aus diesen Versuchen lässt sich nicht viel schliessen, weil die Temperaturskala dabei zwar respectiv von 7° und 14°,6 bis 45°,55 C. zweimal aufsteigend und zweimal absteigend durchlaufen ist, aber so dass auf jedes Temperaturintervall nur wenige Versuche kommen, was keine Benutzung nach dem Principe der Methode der mittleren Fehler gestattet. Die rechte Hand tauchte dabei bis zur Handwurzel ein, und zwar bei der aufsteigenden Reihe stets zuerst in das anfangs wärmere, bei der absteigenden stets zuerst in das anfangs kältere Wasser, was dann durch Zuguss respectiv von kälterem oder wärmerem Wasser dem anderen für die Empfindung gleich gemacht wurde.

Bei den zwei aufsteigenden Reihen, d. h. wo Lindemann die Ausgleichung der Temperaturen beider Wassermassen für die Empfindung successiv in immer höheren Temperaturen bewirkte, wurde stets ein positiver Fehler begangen, bei den zwei absteigenden umgekehrt stets ein negativer Fehler. Man kann in Frage stellen, ob diess daher rührte, dass bei der aufsteigenden und absteigenden Reihe in umgekehrtem Sinne durch die Temperaturskala fortgeschritten wurde, oder dass bei jedem einzelnen Versuche der Uebergang in umgekehrtem Sinne zwischen dem anfangs wärmeren und kälteren Wasser geschahe. Aus dem Umstande aber, dass gleich die ersten Versuche jeder der 4 Reihen das angegebene Verhältniss zeigen, ist das Letztere zu schliessen. Es fehlt übrigens hier, wie in manchen Hinsichten, an genaueren Angaben über die in Betracht kommenden Umstände.

Man hat hier also Resultate, die wesentlich mit constanten Fehlern afficirt sind, und nach der Regelmässigkeit, mit welcher die einzelnen Fehler bei jeder einzelnen Reihe sich im Aufsteigen oder Absteigen durch die Temperaturskala ändern, scheinen die ganzen Fehler fast blos constante zu sein, da variable Fehler nothwendig grosse Unregelmässigkeiten im Einzelnen zeigen müssten. Dabei ist die Geringfügigkeit derselben auffallend.

Zwischen 26°,4 und 38°,8 C. *) (beides inclus.) gaben 23 Versuche der I. aufsteigenden Reihe regelmässig + 0,05 als Fehler mit Ausnahme blos von 3 Versuchen. Bei höheren und tieferen Temperaturen wuchs der Fehler, doch wenig, und etwas unregelmässig nach Oben, so dass im Intervalle von 39,4 bis 43,5 blos Fehler 0,5; 0,6; 0,7; 0,8 vorkommen, stärker nach unten (+ 0,3 bei 14,6, womit die aufsteigende Reihe begann, + 0,4 bei 16° und 18°,2 u. s. w.). Bei der zweiten aufsteigenden Reihe wurde von 31,35 bis 42°,9 in 14 aufsteigenden Versuchen ausnahmslos + 0,05 als Fehler gefunden; dieser stieg höher hinauf bis 0,1 bei 44,8 und 45, 4, und tiefer herab bis + 0,25 bei 7°,9 und 8,4. Bei der ersten absteigenden Reihe wurde der Fehler − 0,5 von 41,3 bis 19,5 in 22 absteigenden Versuchen mit Ausnahme dreier beobachtet, er stieg bis − 0,1 bei 44,7 und bis 0,29 bei 7°; bei der zweiten absteigenden Reihe ward der Fehler − 0,05 von 41,65 bis 19,35 ausnahmslos in 21 absteigenden Versuchen beobachtet, und stieg bis − 0,1 bei 44,9 und − 0,23 bei 7,85.

Diese Versuche stimmen mit den meinigen darin überein, dass von einem Intervalle an, wo die Fehler fast verschwinden, die Fehler nach der Frostseite zu rascher oder in stärkerem Verhältnisse steigen als nach der Wärmeseite. Sie geben hier viel kleinere Fehler, als von mir und schon früher von Weber die eben merklichen Unterschiede gefunden wurden, was jedoch kein Widerspruch ist, da nach der Bemerkung S. 129 die Fehler überall durchschnittlich kleiner als die eben merklichen Unterschiede ausfallen müssen; zum Theil auch mit daran hängen kann, dass von mir blos zwei Glieder zweier Finger, von Lindemann die ganze Hand eingetaucht ward. Eine wesentlichere Abweichung liegt darin, dass Lindemann das Intervall kleinster Fehler um die Blutwärme herum findet, statt dass bei mir das Intervall kleinster bemerkbarer Unterschiede um die mittlere Temperatur liegt. Inzwischen lässt sich, da seine Fehler offenbar in der Hauptsache constante sind, nicht beurtheilen, ob hierin ein wirklicher Widerspruch liegt: und es sind neue Versuche über diesen Gegenstand jedenfalls nöthig. Aus den bisherigen Versuchen geht freilich schon hervor, dass die Geringfügigkeit der Unterschiede, die noch erkannt werden können, so wie der Fehler, die durchschnittlich begangen werden, der genauen Messbarkeit grosse Schwierigkeiten entgegensetzt.

Vielleicht am geeignetsten dürfte zu Versuchen über diesen

---

*) Ich führe hier stets nur die niedrigere beider Temperaturen an, zwischen welchen die Differenz bestand.

Gegenstand eine analoge Anwendung der Methode der richtigen und falschen Fälle sein, als bei meinen Gewichtsversuchen stattgefunden hat. Freilich wird man dabei nicht leicht so constante Temperaturen und Temperaturunterschiede erhalten können, als sich Gewichte und Gewichtsunterschiede erhalten lassen; wenn man inzwischen die Ursachen der Temperaturveränderung möglichst vermindert, und z. B. nach je 10 Beobachtungen die Temperatur neu aufzeichnet und nöthigenfalls regulirt, so scheint es doch, namentlich mit Rücksicht der Reductionen, welche die Fundamentaltabelle gestattet, dass sich brauchbare Resultate müssten erhalten lassen.

5) Extensive Grössen.

(Augenmass und Tastmass.)

Abgesehen von der allgemeinen Angabe Weber's (S. 137), hat für das Augenmass F. Hegelmayer*), stud. med. in Tübingen, eine ungefähre Bestätigung des Weber'schen Gesetzes nach der Methode der richtigen und falschen Fälle gegeben, die aber sowohl in Betreff der viel zu geringen Anzahl Versuche, als dem Mangel an Vergleichbarkeit, der zwischen mehreren, aus denen Mittel gezogen sind, obwaltete, zu viel zu wünschen übrig lassen, als dass sie als sehr massgebend gelten könnten. Im Wesentlichen bestanden die Versuche darin, Linien von gegebener Länge, theils horizontale, theils verticale, mit anderen zuvor gesehenen Linien zu vergleichen, die um gewisse grössere oder kleinere Bruchtheile davon verschieden waren, unter Abänderung der Zwischenzeit, deren Einfluss zu untersuchen die Hauptabsicht des Beobachters war, und zu zählen, wie oft die Schätzung, ob grösser oder kleiner, zutraf, irrte oder *in suspenso* blieb. So viel seine Beobachtungen zu schliessen gestatten, zeigte sich das Verhältniss der richtigen und falschen Fälle nicht wesentlich abhängig von der absoluten, sondern nur von der verhältnissmässigen Grösse der Bruchtheile, welches Resultat auch Hegelmayer selbst zieht; doch sind die Resultate überhaupt sehr unregelmässig und ich übergebe daher ihre speciellere Mittheilung.

Meine eigenen und Volkmann's Versuche nach der Methode der mittleren Fehler, wobei Distanzen zwischen kleinen Spitzen oder parallelen Fäden beobachtet wurden, geben eine sehr entschiedene Bestätigung des Gesetzes für alle irgends erhebliche Distanzen, d. i. von 10 bis 240 Millimeter bei einem Augenabstande von 1 Fuss bis 800 Millimeter, indem die reinen Fehlersummen oder mittleren Fehler, welche hiebei erhalten wurden, den Distanzen so genau proportional gehen, als man es nur immer erwarten kann. Hiegegen lassen Volkmann's Versuche so wie die von ihm veranlassten Versuche Appel's (eines Studenten mit ganz besonders scharfen Augen) mit mikrometrischen Distanzen von 0,2 bis 3,6 Mill. bei Augenabständen, welche sich um die gewöhnliche Sehweite halten, diese Proportionalität nicht finden; es lassen sich aber die hiebei (nach Ausscheidung des constanten Fehlers) erhaltenen reinen Fehlersummen oder mittleren Fehler in zwei Componenten zerlegen, deren eine, die ich die Volkmann'sche Constante nenne*), bei den verschiedenen Normaldistanzen constant, die andere, die ich die Weber'sche Variable nenne, im Sinne des Weber'schen Gesetzes den Distanzen proportional geht. Wahrscheinlich ist erstere auch bei den Versuchen mit den grösseren Distanzen im Spiele, aber sie ist so klein, dass sie gegen die letztere, den Distanzen proportionale, Componente bei grösseren Distanzen merklich verschwindet, und in der Unsicherheit von deren Bestimmung untergeht, indess sie bei ganz kleinen Distanzen den grösseren Theil der variabeln Fehlersumme bildet. Bei den allerkleinsten Distanzen von 0,2 und 0,3 Millimeter ward für Volkmann's Auge der Fehler auch wie es scheint durch Irradiation abnorm vergrössert.

---

*) Vierordt's Arch. XI. p. 844. 853.

Man sieht also, dass wir auch hier mit einer unteren Gränze des Gesetzes für den Versuch zu thun haben; und wahrscheinlich würden sehr grosse Distanzen auch eine obere finden lassen.

Die Hauptresultate sind in Folgendem enthalten. Sie beziehen sich sämmtlich auf den reinen variabeln Fehler Δ in dem früher (S. 121) angegebenen Sinne, und geben überall die reine Fehlersumme $\Sigma\Delta$, zumeist auch (wo ich sie bestimmt habe) die reine Fehlerquadratsumme $\Sigma(\Delta^2)$, für jede Distanz insbesondere abgeleitet aus

---

*) Sie ist nicht mit einem constanten Fehler in dem Sinne von S. 121 zu verwechseln, sondern so gut aus variabeln Fehlern erwachsen, als die andere Componente, und nur desshalb Constante ihr gegenüber genannt, weil sie, in obiger Weise bestimmt, constant bei Variation der Normaldistanz bleibt, nicht, wie die Weber'sche Variable, sich damit ändert.

μ nach der Zeitperiode gemachten Fractionen von je m Beobachtungen*), so dass die Totalzahl der Fehler, welche zu jeder Specialsumme beigetragen haben, μm ist. Die Zahlen μ und m sind für jede Beobachtungsreihe besonders angegeben. Für die horizontalen Summenspalten gilt das doppelte μ, sofern die Summen darin stets aus zwei Specialsummen, respectiv für L. und R. oder O. und U. zusammengezogen sind. Es wurden nämlich immer gleich viel Beobachtungen bei linker und rechter Lage der Normaldistanz (L. und R.), wenn die Distanzen horizontal waren, oder bei oberer und unterer Lage (O. und U.), wenn sie vertical waren, angestellt, wofür die Ergebnisse specificirt sind.

Nur die mikrometrische Reihe V ist mit verticalen Distanzen, d. i. zwischen horizontalen Fäden, alle übrigen mit horizontalen Distanzen, d. i. zwischen verticalen Fäden (wo Fäden angewendet wurden), angestellt.

Die Proportionalität mit den Distanzen kann man direct an den einfachen Summen $\Sigma\Delta$ bewähren, ohne erst den mittleren Fehler $\varepsilon = \frac{\Sigma\Delta}{\mu m}$ daraus abzuleiten. Die Fehlerquadratsummen können, wenn man will, zur Ableitung des quadratischen mittleren Fehlers $\varepsilon_q = \sqrt{\frac{\Sigma(\Delta^2)}{\mu m}}$ dienen, wonach man sich von der Constanz und dem Statthaben des Normalverhältnisses

$$\frac{\varepsilon_q}{\varepsilon} = \sqrt{\frac{\pi}{2}}$$

so weit es die Zufälligkeiten zulassen, überzeugen kann, welche Untersuchung ich jedoch hier übergehe. Eben so können sie dienen, zu beweisen, was leicht aus dem vorigen Verhältnisse zu folgern ist, und anderwärts ausführlicher von mir betrachtet wird, dass die Summe der Fehlerquadrate $\Sigma(\Delta^2)$, dividirt mit dem Quadrate der Fehlersumme $(\Sigma\Delta)^2$ und multiplicirt mit der doppelten Zahl der Beobachtungen, also hier mit $2\mu m$, approximativ die Ludolf'sche Zahl π giebt. Nur dass die Beobachtungen der Reihe I und II bei der kleinsten Distanz wegen eines hier zu übergehenden Umstandes nicht wohl dazu taugen. Indess gehen uns diese Verhältnisse hier nicht näher an.

Alle Reihen, die hier angeführt werden, führten mehr oder weniger constante Fehler mit, deren Angabe an diesem Orte kein Interesse hat, aber in meinen »Massmethoden« stattfinden wird.

---

*) Es macht nach S. 124 einen gewissen Unterschied in dem absoluten Werthe einer reinen Fehlersumme, ob sie aus Fractionen oder aus der Totalität im Zusammenhange abgeleitet wird.

Reihe I. Fechner (9. Dec. 1856 bis 17. Jan. 1857).

5 horizontale Distanzen, durch die wenig vorragenden (Nähnadel-) Spitzchen zweier übrigens verdeckter, vor mir neben einander auf dem Tische liegender, Zirkel bestimmt, und aus deutlichster Sehweite von ungefähr 1 par. Fuss betrachtet. Distanzbestimmung mittelst eines Massstabes mit Transversalen, der Zehntheile einer, hier die Einheit bildenden, halben par. Decimallinie (die selbst gleich 0,72 Duodecimallinie) giebt. Die Bedeckung der Zirkel geschahe, um den Einfluss des Winkels bei der Schätzung auszuschliessen. Doch behält das Verfahren den kleinen Mangel, dass die vor der Decke vorragenden Zirkelspitzchen bei grösseren Distanzen schiefer stehen, als bei kleineren, ein Mangel, der bei den folgenden Versuchsreihen durch die Anwendung paralleler Fäden vermieden ist. Es scheint aber dieser Mangel einen wesentlichen Einfluss vielmehr nur auf die constanten Fehler, als den reinen variabeln Fehler geäussert zu haben, der sich, wie die folgende Tabelle zeigt, den Distanzen sehr genau proportional verhielt.

Um keinen Zweifel an der Deutung der Zahlen dieser Tabelle zu lassen, gebe ich die der ersten besonders an, wonach man alle übrigen leicht wird deuten können.

Bei der Distanz $D = 10$, welche nach Vorigem 10 halbe paris. Decimallinien, = 3,6 duod. Linien betrug, wurde bei der Lage der Normaldistanz zur Linken (L.) eine reine Fehlersumme $\Sigma\Delta = 20{,}27$ erhalten; d. h., wenn man alle (L.) bei $D = 10$ erhaltenen positiven und negativen der Summe nach gleichen reinen Fehler nach absolutem Werthe zusammenrechnet, so kommt die Summe von 20,27 halben par. Decimallinien heraus. Die Angabe $m = 60$, $\mu = 2$ über der Tabelle bedeutet dann, dass diese Fehlersumme, eben so wie alle anderen in den Columnen L., R., sich aus 2 . 60 = 120 Einzelfehlern zusammensetzt; dass aber jede solche Fehlersumme nicht im Zusammenhange aus den 120 Beobachtungen abgeleitet ist, sondern aus zwei Fractionen à 60 Beobachtungen besonders; für deren jede die mittlere Fehldistanz und hiegegen die reinen Fehler besonders bestimmt wurden.

$m = 60$, $\mu = 2$. Einheit $\frac{1}{4}$ par. Decimallinie.

D	10	20	30	40	50	Summe
$\Sigma\Delta$ L.	20,27	35,98	60,42	85,29	85,85	287,81
$\Sigma\Delta$ R.	18,37	40,87	60,49	69,19	99,55	288,47
Summe	38,64	76,85	120,91	154,48	185,40	576,28
$\Sigma(\Delta^2)$ L.	4,621	17,35	50,56	88,41	105,99	266,94
$\Sigma(\Delta^2)$ R.	4,056	23,06	47,11	57,74	122,47	254,44
Summe	8,677	40,42	97,67	146,15	228,46	521,38

Reihe II. Volkmann (22. März bis 1. April 1857).

8 horizontale Distanzen, bestimmt durch drei parallele, mittelst Gewichten gespannte, und an einem dagegen senkrechten, horizontalen Massstabe verschiebbare weisse, gegen einen schwarzen Hintergrund betrachtete, Fäden von 220 Mill. Länge in 800 Mill. Abstand des Auges. Der Massstab giebt direct Millimeter, wozwischen geschätzt wird.

Ich gebe die Summen $\Sigma\Delta$ hier nach doppelter Berechnung, für $m = 18$, $\mu = 1$, und $m = 16$, $\mu = 3$, was Gelegenheit giebt, sich von dem hieran hängenden Unterschiede zu überzeugen (vgl. S. 124).

1) $m = 18$, $\mu = 1$. Einheit 1 Millimeter.

D	10	20	40	80	120	160	200	240	Summe
$\Sigma\Delta$ L.	7,552	7,914	26,95	39,90	75,05	102,30	87,11	117,96	464,7
$\Sigma\Delta$ R.	5,050	10,800	24,50	42,89	58,70	93,82	96,63	145,82	478,2
Summe	12,602	18,714	51,45	82,79	133,75	196,12	183,74	263,78	942,9
$\Sigma(\Delta^2)$ L.	1,657	2,558	22,66	48,67	199,96	371,83	229,63	394,45	1271,41
$\Sigma(\Delta^2)$ R	1,021	3,406	18,11	60,47	117,37	314,56	331,57	612,95	1459,46
Summe	2,678	5,964	40,77	109,14	317,33	686,39	561,20	100,740	2730,87

2) $m = 16$, $\mu = 3$. Einheit 1 Millimeter.

D	10	20	40	80	120	160	200	240	Summe
$\Sigma\Delta$ L	7,13	7,59	20,08	39,79	75,45	103,65	86,40	108,92	449,01
$\Sigma\Delta$ R.	4,86	11,06	23,58	42,10	58,45	77,23	96,20	140,20	453,68
Summe	11,99	18,65	43,66	81,89	133,90	180,88	182,60	249,12	902,69

Man sieht, dass der Unterschied beider Berechnungsweisen bei den meisten Werthen sehr gering, bei $D = 10$ R. und $D = 160$ R. aber sehr bedeutend ist, was mit einer im Detail der Reihe nachweislichen starken Variation constanter Fehler zusammenhängt, die hier stattgefunden hatte*). Da diese Variation sich durch die Fractionirung besser eliminirt, so verdient die Berechnung 2. vor 1. den Vorzug.

Reihe III. Volkmann (6. und 17. Dec. 1857).

Diess ist eine spätere Wiederholung der vorigen Reihe unter gleichen Umständen, blos mit Weglassung der beiden kleinsten Distanzen.

$m = 16$, $\mu = 3$. Einheit 1 Millimeter.

D		40	80	120	160	200	240	Summe
$\Sigma\Delta$	L.	21,1	42,4	57,0	90,0	81,4	98,2	390,1
	R.	8,4	32,1	63,5	63,2	106,3	117,9	391,4
Summe		29,5	74,5	120,5	153,2	187,7	216,1	781,5

Nicht ohne Interesse wird man in vorigen Reihen die grosse Uebereinstimmung zwischen L. und R. in den verticalen Schlusssummenspalten erblicken; ein Beweis, dass die reinen variabeln Fehler von der Lage L. und R. unabhängig sind, indess die constanten Fehler, die hier nicht mit angeführt sind, sich sehr davon abhängig zeigten, und grosse Verschiedenheiten in die rohen Fehlersummen L. und R. brachten.

Diese drei Reihen zeigen übereinstimmend die Proportionalität von $\Sigma\Delta$ mit den Distanzen, welches sich am leichtesten übersieht, wenn man die Summen mit den Distanzen dividirt, wo jede Reihe eine merkliche Constanz der Quotienten zeigt. Man erhält so aus den Summen für L. und R. (in der zweiten Reihe nach $m = 16$, $\nu = 3$) folgende Werthe für $\frac{\Sigma\Delta}{D}$

$\frac{\Sigma\Delta}{D}$ in

I	II	III
3,864	1,2600	0,738
3,843	0,936	0,932
4,030	1,286	1,004
3,862	1,035	0,958
3,708	1,114	0,939
	1,226	0,900
	0,919	
	1,099	

---

*) Dass einige Werthe der Tabelle 1. ein wenig kleiner sind als der Tabelle 2., hängt an besonderer Vertheilungsweise der Fehler.

Um den Durchschnittsfehler zu gewinnen, den man für die Einheit der Distanz bei einer Beobachtung begeht, oder den Bruchtheil der Distanz, welchen der Fehler durchschnittlich bei einer Beobachtung bildet, kann man das Mittel aus vorigen Werthen für jede Reihe mit der Zahl der Beobachtungen dividiren, die zu einem Werthe beigetragen haben, wozu man das Product aus dem m und μ über den Beobachtungstabellen doppelt zu nehmen hat, da das μ daselbst für L. und R. besonders gilt, hier aber beide zusammengefasst sind. Da indess die grösseren Fehlersummen bei grösseren Distanzen genauere Werthe versprechen, als bei kleineren, wird man genauer verfahren *), wenn man sämmtliche Fehlersummen addirt, welche Addition sich schon in den verticalen Schlusssummenspalten vorgenommen findet, die Summe derselben mit der Summe sämmtlicher Distanzen dividirt, wodurch man die Fehlersumme für die Distanzeinheit erhält, und diese mit $2\mu m$ dividirt. So erhält man

$$\text{I.}\quad \frac{576,28}{150\,.\,240} = 0,016008 = \frac{1}{62,5}$$

$$\text{II.}\quad 1)\ \frac{942,9}{870\,.\,96} = 0,011287 = \frac{1}{88,6}$$

$$2)\ \frac{902,69}{870\,.\,96} = 0,010808 = \frac{1}{92,5}$$

$$\text{III.}\quad \frac{781,5}{840\,.\,96} = 0,0096913 = \frac{1}{103,1}$$

Hienach schätze ich selbst durchschnittlich eine Distanz um ungefähr $\frac{1}{63}$, Volkmann bei seinen früheren Versuchen (II) um ungefähr $\frac{1}{90}$, bei seinen späteren (III) um ungefähr $\frac{1}{100}$ falsch, und dieses Verhältniss bleibt sich für die verschiedensten Distanzen gleich. Wenn man will, kann man aus diesem mittleren Fehler den wahrscheinlichen Fehler durch einfache Multiplication mit 0,845347 ableiten, d. h. den Fehler, der eben so oft überschritten, als nicht erreicht wird, welcher desshalb kleiner ist, als der mittlere Fehler, weil kleinere Fehler häufiger gemacht werden, als grosse, aber das angegebene Normalverhältniss dazu hat, worüber Näheres in meinen »Massmethoden.«

Man sieht, dass die Genauigkeit der Schätzung bei Volkmann erheblich grösser war, als bei mir. Diess kann entweder daran gelegen haben, dass die Abstände zwischen drei parallelen Fäden sich leichter vergleichen lassen mögen, als zwischen den Spitzen zweier neben einander liegender Zirkel, oder an einer wirklich grösseren Schärfe des Augenmasses als bei mir, welche in der That stattzufinden scheint, oder an beidem zusammen; was zu entscheiden weitere vergleichende Versuche erfodert haben würde. Und unstreitig wird eine ausgedehntere Untersuchung über Extreme und Mittelwerthe der Schärfe für eine grössere Anzahl Individuen und für verschiedene Umstände der Beobachtung, je nachdem man den seitlichen Faden, wie bei Volkmann's Versuchen geschehen, oder den Mittelfaden verschiebt, je nachdem man blos ein oder beide Augen bei der Beobachtung verwendet, je nachdem man verticale, horizontale oder Winkel-Distanzen zwischen Puncten, zwischen Linien, und der Grösse nach kreisförmige, quadratische Umringe und Flächen u. s. w. dem Versuche unterwirft, ein nicht geringes Interesse darbieten; wobei überall auf die Grösse und Art der constanten Fehler sorgfältig mit Rücksicht zu nehmen. Hier jedoch galt es blos, den Gegenstand in Bezug auf das Gesetz, was uns jetzt beschäftigt, zu verfolgen.

---

*) Die Methode der kleinsten Quadrate giebt eine principiell noch etwas genauere, aber umständlichere Bestimmungsmethode an die Hand, deren Resultat aber so wenig von dem obigen abweicht, dass es nicht der Mühe lohnt, darauf einzugehen.

Wenn die zweite Beobachtungsreihe Volkmann's einen nicht unerheblich geringeren Durchschnittsfehler, und mithin grössere Präcision als die erste ergeben hat, so kann der Unterschied auf einen Erfolg der Uebung geschrieben werden; da zwischen der 1. und 2. Reihe gar manche Reihen Augenmassversuche, u. a. alle folgends anzuführenden mikrometrischen, gelegen haben, obschon sich in der fractionsweisen Behandlung der 1. Reihe für sich ein solcher Fortschritt nicht gezeigt hat, wie die Sonderuntersuchung der Fractionen ergiebt.

Vielleicht kann man es von Interesse finden, dass der Durchschnittsfehler Volkmann's für die extensive Seite der Gesichtsempfindung merklich mit dem eben merklichen Unterschiede der intensiven Seite bei ihm übereinstimmt; doch kann man in einer solchen Uebereinstimmung nichts Allgemeingültiges sehen.

Ich habe die Zahlen $\frac{1}{60}$, $\frac{1}{80}$, $\frac{1}{100}$ im Rohen angegeben, indem die vorher angegebenen genauer erscheinenden Zahlen $\frac{1}{62,5}$ u. s. f. selbst noch nicht als genau und als ganz vergleichbar gelten können, weil ein verschiedenes *m* bei ihrer Ableitung untergelegen hat, und dieses *m* überall ein endliches ist. Nach der Bemerkung S. 124 aber erhält man um so kleinere Fehlersummen und mithin mittlere Fehler, aus einem je kleineren *m* man die Ableitung vornimmt. Den Beleg dazu giebt Reihe II, wo man nach 1) 0,01187 oder $\frac{1}{88,6}$, nach 2) 0,010808 $= \frac{1}{92,5}$ als mittleren Fehler für die Distanzeinheit erhält. Beiden Bestimmungen liegen dieselben Beobachtungen unter, die aber bei 1) in Fractionen von $m = 48$, bei 2) in Fractionen von $m = 16$ Beobachtungen getheilt waren, aus welchen die Ableitung erfolgte. Man sieht, der Unterschied im Ergebnisse ist nicht bedeutend, aber immerhin vorhanden und zu berücksichtigen.

Um nun sämmtliche Werthe auf den Normalfall zurückzuführen, dass der Beobachtungen unendlich viele wären, hat man nach der Correctionsformel, die ich S. 126 kurz angegeben, und in meinen »Massmethoden« theoretisch begründen werde, jeden der vorhin erhaltenen Werthe mit $\frac{3m+1}{3m}$ zu multipliciren, wodurch man, da *m* respectiv 60, 48, 16, 16 ist, erhält:

I. $0,016970 = \frac{1}{62,1}$

II. 1) $0,011366 = \frac{1}{88,0}$

2) $0,011634 = \frac{1}{89,7}$

III. $0,0098933 = \frac{1}{101,1}$

Sollte diese Correction vollkommen ausreichen, so müssten bei Reihe II die Resultate 1) und 2) dadurch zu vollkommener Uebereinstimmung gebracht sein. In der That sieht man, dass sie sich so nahe kommen, dass man den Unterschied nicht mehr sehr beachtenswerth finden wird, und geneigt sein könnte, ihn darauf zu schreiben, dass diese Correction keine absolut genaue und sichere, sondern nur eine auf Wahrscheinlichkeitsgesetzen fussende ist, welche nach Zufälligkeiten kleine Unterschiede übrig lassen kann. Jedoch ist der Unterschied in der That nicht zufällig, wie mich eine hinreichende Untersuchung anderer analoger Fälle gelehrt hat, indem er sich stets in derselben Richtung findet*), und diess hängt, wie ich ebenfalls nachweisen kann und schon im 8. Kapitel kurz bemerkt habe, daran, dass unsere Correction die nie ganz fehlenden Variationen des constanten Fehlers nicht mit trifft, welche bei grösserem *m* den reinen variabeln Fehler verunreinigen. In dieser Hinsicht wird der corrigirte Werth $\frac{1}{89,7}$ bei $m = 16$ dem Werthe $\frac{1}{88,0}$ bei $m = 48$ vorzuziehen sein.

---

*) Sollte man desshalb Misstrauen in obige Correction setzen, so bemerke ich, dass die von allen Mathematikern und Astronomen acceptirte Correction des quadratischen mittleren Fehlers, welche ich S. 125 angab,

Da der constante Fehler bei meinen Beobachtungen in Reihe I keine beträchtliche Grösse hatte, werden auch etwaige Variationen desselben das Resultat nicht sehr influirt haben, so dass man den corrigirten Werth $\frac{1}{62,1}$ als genau genug wird ansehen können. Auf eine ganz specielle Untersuchung darüber bin ich nicht eingegangen.

Ich gehe jetzt über zur Darlegung der Resultate der mikrometrischen Reihen. Alle diese Reihen sind angestellt mit einem mikrometrischen Schraubenapparate, der durch Ablesungen am Schraubenkopfe Theile von 0,01 Millimeter giebt, wozwischen noch Zehntheile geschätzt worden, die in folgenden Tabellen die Einheit bilden, so dass also 0,001 Mill. folgends überall die Einheit ist, und z. B. eine Distanz gleich 300 eine wirkliche Distanz = 0,300 Millimeter, eine Fehlersumme gleich 265 eine solche gleich 0,265 Millimeter bedeutet. Wo noch Bruchtheile vorkommen, die übrigens ziemlich müssig sind, sind sie durch Zurückführung der rohen Fehler auf reine entstanden.

Die Distanzen in diesem Apparate*) sind durch drei feine parallele Silberfäden von 0,445 Mill. Dicke und 11 Mill. Länge bestimmt, welche bei verschiedenen Sehweiten, die überall in ganzen Millimetern angegeben werden, gegen den Milchglasschirm einer Lampe oder den hellen Himmel betrachtet wurden.

In den Volkmann'schen Reihen findet man die Werthe bei den allerkleinsten Distanzen eingeklammert, als solche, die aus dem Gesetze der Reihe heraustreten, daher bei der nachfolgenden Berechnung nicht mit in Rücksicht gezogen sind. Der Grund dieser Abweichung lag darin, dass die Irradiation sich hier so stark geltend machte, und die Fäden so nahe dem Verfliessen kamen,

---

dasselbe Ungenügen aus demselben Grunde zeigt, wie ich ebenfalls nach Erfahrungen hinreichend belegen kann und belegen werde.

*) Näher beschrieben in den Berichten der sächs. Soc. 1858. p. 140.

dass Volkmann auch während der Versuche selbst die gegen die übrigen Distanzen unvergleichbare Unsicherheit der Schätzung empfand. Bei Appel's sehr scharfen und mit Irradiation sehr wenig behafteten Augen hat sich ein solcher Ausschluss nicht als nöthig dargestellt.

Ausser den hier mitgetheilten mikrometrischen Reihen liegen noch zwei dergleichen vor, die ich übergehe, weil sie mit zu wenigen und einander zu nahe liegenden Distanzen angestellt waren, und in sich zu discordante Werthe enthalten.

Reihe IV. Volkmann (22. März bis 1. April 1857).

7 horizontale Distanzen. Sehweite 333 Mill.

$m = 30$, $\mu = 1$.

D		200	400	600	800	1000	1200	1400	Summe
$\Sigma\Delta$	L.	(694,5)	534,0	630,6	740,5	824,2	1023,2	1057,6	5504,6
	R.	(630,5)	611,3	672,3	801,0	952,8	1097,6	1218,1	5983,6
Summe		(1325,0)	1145,3	1302,9	1541,5	1777,0	2120,8	2275,7	11488,2
$\Sigma(\Delta^2)$	L.	(13439)	8327	11721	14344	16561	29964	31144	125500
	R.	(11134)	10968	12504	17655	22564	32419	38835	146079
Summe		(24573)	19295	24225	31999	39125	62383	69979	271579

Reihe V. Volkmann (April bis im Juni 1857).

6 Verticale Distanzen. Sehweite 333 Mill. Diese Versuche mit verticalen Distanzen sind mit der Brille angestellt, da bei der hier schwierigeren Schätzung sonst keine hinreichende Deutlichkeit stattfand, indess alle Versuche mit horizontalen Distanzen ohne Brille angestellt sind.

$m = 96$, $\mu = 1$.

D		(400)	600	800	1000	1200	1000	Summe
$\Sigma\Delta$	O.	(1429,2)	1645,3	1618,9	2417,4	2388,2	2993,6	12492,6
	U.	(1479,3)	1335,0	1998,7	2070,0	2810,3	3150,0	12843,3
Summe		(2908,5)	2980,3	3617,6	4487,4	5198,5	6143,6	25335,9
$\Sigma(\Delta^2)$	O.	(28170)	42981	45016	97527	89314	155248	458256
	U.	(50708)	27011	72011	73199	128531	17663	528098
Summe		(78878)	69992	117027	170726	217845	331886	986354

Reihe VI. Appel (Mai und Juni 1857).

7 horizontale Distanzen. Sehweite 370 Mill.

$m = 18$, $\mu = 2$.

D		200	300	400	500	600	700	800	Summe
$\Sigma\Delta$	L.	592,44	508,00	653,02	643,90	726,64	739,12	716,00	4579,12
	R.	594,20	679,00	681,00	575,50	719,52	649,00	778,61	4676,83
Summe		1186,64	1187,00	1334,02	1219,40	1446,16	1388,12	1494,61	9255,95

Reihe VII. Appel (October 1857).

6 horizontale Distanzen. Sehweite 300 Mill. Die Berechnung von $\Sigma\Delta$ folgt hier doppelt, für $\mu = 2$ und $\mu = 6$.

$m = 33$, $\mu = 2$.

D		200	400	600	800	1000	1200	Summe
$\Sigma\Delta$	L.	442,6	647,8	661,9	929,2	941,9	1070,8	4694,2
	R.	450,6	623,9	715,8	720,5	838,8	1027,0	4376,6
Summe		893,2	1271,7	1377,7	1654,9	1780,7	2097,8	9070,8
$\Sigma(\Delta^2)$	L.	4773	10046	9805	18422	19899	23595	86540
	R.	4585	8620	11895	13149	15810	22901	76960
Summe		9358	18666	21700	31571	35709	46496	163500

$m = 11$, $\mu = 6$.

D		200	400	600	800	1000	1200	Summe
$\Sigma\Delta$	L.	432,8	646,7	661,9	848,4	901,3	1049,1	4530,2
	R.	455,2	620,4	688,8	691,2	812,0	976,0	4243,6
Summe		878,0	1267,1	1350,7	1539,6	1713,3	2025,1	8773,8

Ueberblickt man die Resultate dieser Reihen, wobei die eingeklammerten Werthe aus angegebenem Grunde ein- für allemal ausser Beachtung fallen mögen, so sieht man nicht nur zwischen den Reihen desselben Beobachters, sondern auch beider verschiedenen Beobachter den übereinstimmendsten Gang, d. h. ein Ansteigen der Fehlersummen mit den Distanzen, aber ein viel langsameres als in Proportion derselben, und auch die zwei hier übergangenen Reihen zeigen sich in diesem allgemeinen Resultate mit den übrigen ganz einstimmig. Wie bemerkt jedoch kann man die Fehlersummen repräsentiren als Resultanten aus zwei Componenten, deren eine constant bei den verschiedenen Distanzen ist und unter dem Namen der Volkmann'schen Constante mit *V* bezeichnet werden soll, indess die andere den Distanzen proportional ist, und unter dem Namen der Weber'schen Variable für die Einheit der Distanz mit W bezeichnet werden soll, wonach W noch mit der Distanz D zu multipliciren ist, um für jede Distanz den derselben proportionalen Werth WD zu geben.

Die Zusammensetzung der reinen Fehlersumme $\Sigma\Delta$ für jede gegebene Distanz aus beiden Componenten V und WD ist jedoch nach der Theorie, wie sich die Wirkungen von Fehlerquellen combiniren, nicht durch eine einfache Addition beider Componenten zu repräsentiren, d. h. man kann nicht setzen

$$\Sigma\Delta = V + WD$$

sondern die Summe der Quadrate beider Componenten ist dem Quadrate von $\Sigma\Delta$ gleich zu setzen, so dass man hat

$$(\Sigma\Delta)^2 = V^2 + (WD)^2$$

mithin

$$\Sigma\Delta = \sqrt{V^2 + W^2D^2}.$$

Da das Quadrat einer Fehlersumme, d. i. $(\Sigma\Delta)^2$ nach der Fehlertheorie ein *a priori* bestimmbares Verhältniss zur Summe der Fehlerquadrate $\Sigma(\Delta^2)$ hat; so kann man statt der Quadrate der Fehlersummen Summen der Fehlerquadrate in vorigen Gleichungen substituiren. Das physiologische Interesse, auf das ich unten komme, dürfte sich aber mehr an erstere Form knüpfen, die ich daher zunächst dem Folgenden zu Grunde gelegt habe.

In der That lässt sich leicht theoretisch nachweisen und dazu durch Erfahrung bewähren, dass, wenn zwei von einander unabhängige Fehlerquellen gegeben sind, deren eine für sich eine Fehlersumme A, die andere eine Fehlersumme B erzeugt haben würde, aus ihrem Zusammentreffen nicht eine Fehlersumme $A+B$ hervorgehen kann, sondern nur eine kleinere Fehlersumme, weil durchschnittlich eben so oft Fehler von entgegengesetztem Vorzeichen als von gleichem Vorzeichen aus beiden Ursachen zusammentreffen, aber nur letztere einen resultirenden Fehler gleich ihrer Summe, erstere einen solchen gleich ihrer Differenz geben; die Theorie der Fehler aber zeigt, dass die Summe der Fehlerquadrate der Componenten normalerweise (d. i. streng für eine unendliche Zahl unter vergleichbaren Umständen gewonnener Fehler) gleich der Summe der resultirenden Fehlerquadrate, so wie, dass die Summe der Quadrate der einfachen Fehlersummen normalerweise dem Quadrate der resultirenden Fehlersumme gleich ist, und eine Bestätigung dieses Resultates der Theorie durch Erfahrung kann man leicht finden, wenn man die Fehler zweier von einander unabhängiger irgendwie gewonnener Fehlerreihen als Componenten durch algebraische Addition zu resultirenden Fehlern zusammensetzt, wodurch man ein Aequivalent für das Zusammentreffen des Erfolges von einander unabhängiger Fehlerquellen erhält. In der That habe ich mich auf diese Weise von der Bestätigung des theoretischen Resultates sowohl bezüglich der Fehlerquadratsumme als des Quadrates der Fehlersumme durch mehrfache Proben überzeugt und werde anderwärts die Belege dazu geben.

Insofern nun für das Auge eine von den Distanzen unabhängige und eine von den Distanzen im angegebenen Sinne abhängige Fehlerquelle existiren sollte, wird auch das Vorige auf die davon abhängigen Componenten Anwendung finden müssen, und werden die obigen Gleichungen dadurch begründet werden. Ob aber die Voraussetzung solcher Fehlerquellen triftig sei, wird aus den Beobachtungen selbst zu ermitteln sein, sofern sich im Falle der Triftigkeit derartige Werthe V, W daraus berechnen lassen müssen, dass die Beobachtungswerthe rückwärts wieder dadurch nach obigen Formeln repräsentirt werden können.

Zu solcher Berechnung von V, W reichen an sich die Beobachtungen bei zwei verschiedenen Distanzen aus. Nehmen wir in Reihe IV die Fehlersummen für $D = 800$ und $D = 1400$, respectiv 1541,5 und 2275,7, indem wir L. und R. zusammenfassen, so haben wir anzusetzen

$$V^2 + 800^2 W^2 = 1541,5^2$$
$$V^2 + 1400^2 W^2 = 2275,7^2$$

hieraus sind V^2 und W^2 leicht als zwei durch zwei Gleichungen bestimmte Unbekannte zu finden, wonach eine Wurzelausziehung V und W selbst giebt.

Insofern Versuche bei mehr als zwei Distanzen zur Bestimmung zu Gebote stehen, kann man V und W aus mehreren derartigen Combinationen berechnen, wo dann die Statthaftigkeit der Voraussetzung sich auch noch vor Rückwärtsberechnung der Fehlersummen nach V und W dadurch rechtfertigen muss, dass die Werthe von V, W, welche man aus den verschiedenen Combinationen erhält, nahe genug übereinstimmen, um die Abweichungen, welche übrig bleiben, auf unausgeglichene Zufälligkeiten der Beobachtung schreiben zu können. Durch Mittelziehung aus mehreren so bestimmten Werthen kann man dann *V* und *W* genauer bestimmen.

Dieses Verfahren hat nur den Uebelstand, dass die Wahl zwischen den Beobachtungswerthen, welche man zu je zwei combiniren will, willkührlich ist, und jede andere Combinationsweise ein etwas anderes Definitivmittel finden lässt; obschon, wenn die Beobachtungen wirklich genau genug zur Voraussetzung stimmen, die Unterschiede des Definitivresultates hienach so klein sind, dass ein Werth so gut als der andere gebraucht werden kann. Inzwischen bleibt jedenfalls die Berechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate vorzuziehen, welche alle Willkühr ausschliesst, und das genauestmögliche Resultat finden lässt, was überhaupt aus der Beobachtungsreihe abzuleiten ist. Sie hat mir nach den vereinigten Summen für L. und R. ohne Reduction auf gleiches *m* und auf gleiche Sehweite, welche erst unten folgt, unmittelbar folgende Resultate gegeben[*]), wobei der wahrscheinliche Fehler der Bestimmung mit ± beigefügt ist, und das μ das für die Zusammenfassung von L. und R. gültige, also doppelt so gross als das μ über den Beobachtungstabellen ist.

Werthe von *V* und *W* für die unreducirten Fehlersummen, nach der Gleichung $V^2 + D^2 W^2 = (\Sigma\Delta)^2$.

Reihe.	*m*	μ	Sehweite.	*V*	*W*
IV. Volkm.	30	4	333 Mill.	971,36 ± 34,34	1,8008 ± 0,02628
V. Volkm. (vert.)	96	2	283 –	1399,3 ± 49,35	1,8444 ± 0,01339
VI. Appel	48	4	370 –	1169,9 ± 33,76	1,4603 ± 0,10008
VII. Appel	33	4	300 –	1008,6 ± 121,97	1,5663 ± 0,031376

Um nun hienach zu entscheiden, ob sich unsere Voraussetzung der Volkmann'schen Constante und Weber'schen Variable im angegebenen Sinne bestätigt, können wir zuvörderst auf die wahrscheinlichen Fehler ihrer Bestimmung achten, die sich im Allgemeinen verhältnissmässig zu den Werthen von V, W sehr gering zeigen. Zweitens können wir nach den Werthen von V, W in voriger Tabelle die den verschiedenen D's der Versuchstabellen zugehörigen Werthe von $(\Sigma\Delta)^2$ oder $\Sigma\Delta$ berechnen, ersteres nach der Gleichung $V^2 + D^2 W^2 = (\Sigma\Delta)^2$, letzteres nach der Gleichung $\sqrt{V^2 + D^2 W^2} = \Sigma\Delta$, und können das Resultat der Rechnung und Beobachtung vergleichen, wo sich eine sehr befriedigende Uebereinstimmung zeigt. Ich gebe folgends die Zusammenstellung für $(\Sigma\Delta)^2$, wobei ich der Kürze halber die Anführung der Distanzen übergehe, die unter Ausschluss derer mit eingeklammerten Werthen aus den Beobachtungstabellen supplirt werden können.

---

[*]) Dieselbe wurde so angewandt, dass die Gleichungen in der Form $V^2 + D^2 W^2 = (\Sigma\Delta)^2$ angesetzt wurden, welche unmittelbar linear ist, sofern V^2, W^2 als Unbekannte gesucht werden. Aus den so erhaltenen Werthen V^2, W^2 sind dann *V*, *W* durch Wurzelausziehung abgeleitet. Die wahrscheinlichen Fehler von *V*, *W* sind nach den Abweichungen der berechneten von den gefundenen $(\Sigma\Delta)^2$ für V^2 und W^2 berechnet, und nach den Principien der Fehlerrechnung durch Division respectiv mit 2 *V*, 2 *W* auf die von *V*, *W* reducirt.

Zusammenstellung der beobachteten und der nach den Werthen von V und W in voriger Tabelle berechneten Werthe $(\Sigma\Delta)^2$.

IV		V		VI		VII	
beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.
1311700	1309780	8882200	8430000	1408000	1422444	797820	1210970
1697600	1760270	13087000	13466000	1409000	1489750	1017300	1392280
2376300	2390980	20127000	19960000	1779600	1543900	1998100	1861420
3157700	3201880	27022000	27855000	1486900	1703130	2730700	2517800
4497800	4192980	37744000	37806000	2091500	1852200	3170900	2361400
5178800	5364280			1916800	2028200	4400700	4392900
				2833900	2230110		

Die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung ist mit Ausnahme von ein paar etwas stark abweichenden Werthen der Reihe VII sehr befriedigend. Und hienach darf man sagen, dass das **Weber**'sche Gesetz sich im Gebiete des Augenmasses bis zu den kleinsten Distanzen bestätigt, nur dass es einer Complication unterliegt, die man erst auflösen muss, um es zu erkennen.

Es hat mir von Interesse geschienen, die Berechnung der Beobachtungen noch in einigen abgeänderten Weisen vorzunehmen, welche zu keinen wesentlich anderen Werthen führen, als die vorigen, aber eben damit dienen können, zu zeigen, wie die mögliche Wahl zwischen diesen verschiedenen Berechnungsweisen keinen wesentlichen Unterschied im Resultate begründet. Diese verschiedenen Berechnungsweisen wurden auf die Reihe IV angewandt.

1) Statt wie oben L. und R. vereinigt zu berechnen, habe ich beide getrennt, übrigens nach gleicher Form berechnet; so erhielt ich

	V	W
Links	438,82	0,7540
Rechts	388,23	0,8005
	827,05	1,5545

2) Vielleicht hält man principiell den Ansatz der Gleichung

$$\sqrt{V^2 + D^2 W^2} = \Sigma\Delta$$

für die Berechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate triftiger als den oben zu Grunde gelegten, da nicht $(\Sigma\Delta)^2$, sondern $\Sigma\Delta$ unmittelbar beobachtet ist. Aber hiedurch verliert die Gleichung ihre lineare Form, und man muss mit Correctionen rechnen, was, wie der Sachverständige leicht finden wird, zu grosser Weitläufigkeit führt. Inzwischen habe ich für die Reihe IV diese Rechnung für L. und R. besonders ausgeführt, was gegeben hat

	V	W
L.	444,4	0,7517
R.	502,0	0,7970
	946,4	1,5487

Diese Werthe unterscheiden sich nur ganz unerheblich von den unter 1) gefundenen, und es würde nicht der Mühe lohnen, sich an den umständlicheren Weg zu halten.

3) Anstatt das Quadrat der Fehlersumme $(\Sigma\Delta)^2$ habe ich die Summe der Fehlerquadrate $\Sigma(\Delta^2)$ zur Berechnung der Constanten V', W' nach der Gleichung $V'^2 + D^2 W'^2 = \Sigma(\Delta^2)$ zu Grunde gelegt. So erhielt ich für L. und R. besonders

	V'^2	W'^2
L.	6084	0,013591
R.	7429	0,016234
	13513	0,029825

Nun ist nach der Fehlertheorie $\Sigma(\Delta^2)$ mit $(\Sigma\Delta)^2$ durch die Gleichung

$$\Sigma(\Delta^2) = \frac{\pi(\Sigma\Delta)^2}{2m}$$

verknüpft, wo π die Ludolf'sche Zahl, was approximativ auf die vorigen Werthe von V und W zurückführt.

Auch für die Reihe VI und VII habe ich die Rechnung nach dem zuerst (unter 1) gebrauchten Ansatze für L. und R. besonders vorgenommen. Ich erhielt für VI

	V	W
L.	807,88	0,66166
R.	609,47	0,44611
	1417,35	1,10777

für VII

	V	W
L.	515,66	0,81175
R.	447,48	0,75605
	963,14	1,56780

Die Tabelle der Werthe V, W, welche wir oben gegeben haben, giebt dieselben für die Fehlersummen, welche bei jeder Fehlerreihe in Specie erhalten wurden, und hiemit proportional diesen Summen. Da aber den verschiedenen Reihen eine verschiedene Fehlerzahl für jede Distanz unterliegt, welche durch das Product *µm* derselben Tabelle gegeben ist, so müssen die Werthe der verschiedenen Reihen, um mit einander vergleichbar zu werden, mit ihrer Fehlerzahl, respectiv 120, 192, 192, 132 dividirt werden, wodurch man die Werthe *V*, *W* so erhält, wie sie im Durchschnitte für 1 Beobachtung ausfallen. Weiter ist in Rücksicht zu ziehen, dass, da ein verschiedenes *m* bei den Beobachtungen stattfand, wegen der Endlichkeit des *m* noch die Correction durch Multiplication mit $\frac{3m+1}{3m}$ anzubringen ist, welche übrigens nur sehr gering ist; endlich ist zu berücksichtigen, dass die Sehweite, aus welcher die Distanzen aufgefasst wurden, nicht überall dieselbe war, welches zwar auf den Werth *W* keinen Einfluss haben kann, sofern die in grösserem Abstande kleiner erscheinenden Distanzen doch immer denselben Verhältnissfehler *W* geben werden, wohl aber den Fehler *V* betheiligen muss, welcher eine für alle Distanzen gleiche absolute Fehlergrösse ist, die, um bei Gewinnung aus verschiedener Sehweite vergleichbar zu werden, nach reciprokem Verhältnisse der jedesmal stattfindenden Sehweite auf dieselbe Sehweite reducirt werden muss; wobei aber jedem, in Bezug zur Hornhaut gemessenen, Augenabstande 7 Mill. als Abstand des Kreuzungspunctes der Richtungslinien von der Hornhaut zuzufügen, so dass z. B. für die Sehweite 333 Mill. in der Reihe IV. 340 Mill. bei der Reduction zu nehmen ist, u. s. f.

Nimmt man diese drei Reductionen oder respectiv Correctionen vor, indem man alle Werthe auf den Fall einer einzigen Beobachtung als Mittel aus unendlich vielen Beobachtungen bei 333 + 7 Mill. Weite reducirt, so erhält man statt der Werthe der obigen Tabelle folgende.

Corrigirte und reducirte Werthe von *V* und *W* für einen Fehler bei 340 Mill. Abst. vom Kreuzungspuncte der Sehstralen.

Reihe.	*V*	*W*
IV. Volkm.	8,210	$0{,}01265 = \frac{1}{79{,}1}$
V. Volkm. (vert.)	7,319	$0{,}02220 = \frac{1}{45{,}0}$
VI. Appel	5,3331	$0{,}00608 = \frac{1}{164{,}5}$
VII. Appel	8,5476	$0{,}01172 = \frac{1}{85{,}3}$

Die Werthe dieser Tabelle zeigen manches Interessante und manches Auffällige. Der Werth $W = \frac{1}{97,1}$ der Volkmann'schen Reihe IV mit mikrometrischen horizontalen Distanzen zeigt sich nicht sehr stark abweichend von dem kurz vorher von Volkmann an sehr viel grösseren Distanzen erhaltenen Werthe $\frac{1}{60,7}$ der Reihe II, welcher nichts anderes als ein Werth W ist, abgeleitet aus einer Reihe, wo die Complication mit V verschwindet. Der Unterschied, der zwischen beiden Werthen noch besteht, kann sehr wohl auf die ausnehmend verschiedenen Versuchsumstände geschrieben werden.

Hiegegen besteht zwischen der mikrometrischen Reihe IV mit horizontalen Distanzen (zwischen verticalen Fäden) und der mikrometrischen Reihe V mit verticalen Distanzen (zwischen horizontalen Fäden) der auffälligste Unterschied im Werthe von W, ungeachtet beide nicht sehr in der Zeit auseinander liegen, indem W bei verticalen Distanzen fast noch einmal so gross ist, als bei horizontalen; also die Schätzung bei ersteren viel ungenauer, welches auch bei den Versuchen selbst unmittelbar empfunden wurde. Auch die, hier nicht mit aufgeführten, constanten Fehler waren bei den verticalen Distanzen viel grösser als bei den horizontalen. Die Appel'schen Werthe W in den beiden Beobachtungsreihen VI und VII für horizontale Distanzen weichen so weit von einander ab, und der Werth bei VI ist so klein, dass er Misstrauen erweckt. In den Beobachtungen selbst aber findet sich nichts, was das Misstrauen bestimmt begründet, oder den Unterschied erklärt. Der Werth $\frac{1}{83,3}$ in der Reihe VII stimmt sehr nahe mit dem Volkmann'schen $\frac{1}{79,6}$ überein; ohne dass eine Kenntniss der Volkmann'schen Ergebnisse obgewaltet und etwa zur Uebereinstimmung mitgewirkt hat. Ein ganz besonderes Interesse nimmt die Volkmann'sche Constante V in Anspruch. Abgesehen von der etwas stärker abweichenden Appel'schen Reihe VI, welche auch bezüglich W etwas Verdächtiges hat, stimmen die drei anderen Werthe von V für zwei ganz verschiedene Beobachter, für verticale und horizontale Distanzen so nahe überein, dass man vermuthen kann, es liege hier eine in der Natur überhaupt begründete absolute Constante vor; denn der Unterschied von 7,319 und 8,210 zwischen V bei horizontalen und bei verticalen Distanzen ist nicht grösser, als dass er nach Zufälligkeiten der Beobachtung und mit Rücksicht, dass die Complication der Grösse V mit dem constanten Fehler und mit W in den rohen Fehlern*) eine genaue Ausscheidung desselben erschwert, wohl noch als zufällig gelten kann. Der Appel'sche Werth 8,546 stimmt überraschend mit dem Volkmann'schen 8,210. Eine vollkommene Sicherstellung der Constanz dieser Grösse bei verschiedenen Individuen und unter verschiedenen Beobachtungsumständen würde freilich eine noch grössere Vervielfältigung und weitere Ausdehnung der Versuche fodern, als für jetzt vorliegen.

Es fragt sich, was für eine Bedeutung diese Grösse haben kann. Ich will in Erwartung der künftigen eigenen Darstellung, welche Volkmann von seiner Untersuchung geben wird, den Gesichtspunct hier kurz angeben, der Volkmann von vorn herein das Dasein einer solchen Constante vermuthen liess, und bei Anstellung seiner mühsamen Versuche leitete. Denn in der That war das Dasein derselben ein im Voraus vermuthetes, wenn schon noch fraglich geblieben ist, ob das, was gefunden worden ist, wirklich eben das ist, was vermuthet worden ist.

Wenn die Weber'sche Ansicht richtig ist, dass die Grösse einer Distanz nach der Anzahl Netzhautelemente geschätzt wird, die sie zwischen sich fasst, so muss eine Linie oder Distanz auf der Netzhaut gleich gross erscheinen, mögen ihre Enden die einander nächsten oder entferntesten Puncte zweier Netzhautelemente treffen, und eine kleinere Linie demnach unter Umständen gleich gross erscheinen, als eine grössere; so bei den, durch folgendes Schema ausgedrückten, Fällen, wo die Kreise die als kreisförmig gedachten sensibeln Netzhautelemente vorstellen,

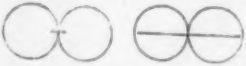

welches Schema leicht übersehen lässt, dass man eine Linie oder Distanz, welche um merklich zwei Diameter eines Netzhautelementes grösser oder kleiner als eine andere ist, doch unter Umständen für ebenso gross halten kann, ein Irrthum, der bei grösseren Linien oder Distanzen, welche viele Netzhautelemente in sich begreifen, allerdings zu vernachlässigen ist, nicht so aber bei mikrometrischen Linien und Distanzen. Bei mikrometrischen Versuchen nach der Methode der mittleren Fehler muss also hievon ein spürbarer Irrthum in der Gleichschätzung der Distanzen abhängen; die Grösse des hievon abhängigen mittleren Fehlers muss eine Beziehung zu dem Durchmesser der Netzhautelemente haben; die Volkmann'sche Constante könnte diesen mittleren Fehler repräsentiren, und hienach einen Schluss auf die Dimensionen der Netzhautelemente gestatten, wenn das Abhängigkeitsverhältniss zwischen beiden bekannt wäre.

---

*) Die rohen Fehler δ setzen sich aus dem reinen variabeln Fehler Δ und dem constanten Fehler c als Componenten zusammen, und V und W sind wieder Componenten des reinen variabeln Fehlers Δ.

Um nun die Frage genauer zu untersuchen, ob dieser mittlere Fehler durch die Volkmann'sche Constante repräsentirt werden kann, galt es, 1) die Grössenbeziehung zu ermitteln, welche der aus dem angegebenen Umstande fliessende mittlere Fehler zu dem Durchmesser eines Netzhautelementes haben muss; 2) zu untersuchen, ob derselbe auch wirklich für die verschiedenen Normaldistanzen genau oder hinreichend approximativ constant sein kann, um eine Constante, als was sich *V* dargestellt hat, damit identificiren zu können, 3) ob die Grösse dieser Constante mit Rücksicht auf jene Beziehung hinreichend zu den anatomisch ermittelten Dimensionen der Netzhautelemente stimmt.

Die erste und zweite Frage sind an sich Sache der Wahrscheinlichkeitsrechnung, und das Princip der Berechnung zwar sehr wohl anzugeben, die Ausführung aber selbst für geübte Mathematiker zu schwierig*). Man kann jedoch durch einen Versuchsweg suppliren, welcher die Verhältnisse, die im Auge voraussetzlich stattfinden, ausserhalb herstellt, und welchen Volkmann eingeschlagen hat. Die dritte Frage leidet an der Schwierigkeit, dass die letzten percipirenden Netzhautelemente vielleicht noch nicht genau bekannt sind. Ich gehe aber über diesen ganzen Gegenstand hier in keine weiteren Erörterungen ein, um der eigenen Mittheilung Volkmann's, dessen Eigenthum diese Untersuchung ist, nicht zu weit vorzugreifen. Das Vorige dürfte hingereicht haben, das Interesse auf die betreffende Constante zu lenken.

---

*) Abgesehen von meinem eigenen Urtheile kann ich mich in dieser Hinsicht auf das Urtheil von Prof. Möbius berufen.

Zum Abschlusse der vorigen Betrachtung über die Volkmann'sche Constante möge nur noch die Berechnung erwähnt werden, mittelst deren die bei den Versuchen beobachtete Grösse derselben auf diejenige zurückzuführen ist, welche sie auf der Netzhaut selbst repräsentirt, eine Reduction, die natürlich nöthig ist, wenn man die Frage ihrer Beziehung zur Grösse der Netzhautelemente untersuchen will.

Nach der Tabelle S. 228 betrug die Volkmann'sche Constante bei einer Sehweite = 340 Millim., diese bezüglich des Kreuzungspunctes der Richtungslinien gerechnet, 8,210 d. i. 0,008210 Millim., sofern die Einheit, in der alle Resultate der mikrometrischen Versuche ausgedrückt sind, 0,001 Mill. ist. Nimmt man nun den Abstand des Kreuzungspunctes der Richtungslinien von der Netzhaut in runder Zahl zu 15 Mill. an, so verhält sich die Grösse, welche *V* auf der Netzhaut repräsentirt, zu dem Beobachtungs-*V* wie 15 : 340, d. i. die Constante *V* in der angegebenen Reihe repräsentirt auf der Netzhaut eine Grösse gleich 0,0003621 Mill. Diess unter Voraussetzung, dass die Lineargrösse, welche das Bild einer gesehenen Strecke auf der Netzhaut einnimmt, durch die Strecke der Netzhaut gegeben ist, welche die von den Gränzen der äusseren Strecke durch den Kreuzungspunct der Richtungslinien gezogenen Stralen zwischen sich fassen. So ist die gewöhnliche Rechnung.

Es fragt sich freilich, — eine Bemerkung, die ich E. H. Weber verdanke, — ob der Kreuzungspunct der Richtungslinien hiebei bestimmend ist. Im Allgemeinen messen wir Distanzen mit Hülfe der Augenbewegung, indem wir die Augenaxe von einem Gränzpuncte zum anderen führen, und hienach scheint vielmehr der Drehpunct des Auges als der anzunehmen, durch welchen die Stralen von den Gränzen der äusseren Strecke gezogen werden müssen, um die Strecke, welche das Bild derselben auf der Netzhaut einnimmt, zu bestimmen. Dieser aber liegt*) 5,6 Lin. = 14,224 Mill. hinter dem vordersten Puncte der Hornhaut, das wäre 7,778 Mill. vor der Netzhaut, wodurch sich die vorhin berechnete Grösse ungefähr auf die Hälfte reduciren würde. Ich muss die Entscheidung dieser Frage meinerseits dahinstellen.

---

*) Nach Volkmann in Wagner's Wörterb. Art. Sehen. S. 284.

Man könnte daran denken, die Volkmann'sche Constante hienge davon ab, dass bei Schätzung der Theilung ein Fehler begangen werde, der natürlich nicht von der Grösse der beobachteten Distanz abhängen könne, und daher einen bei allen Distanzen constanten Mittelfehler gebe. Aber unser *V* ist hiezu viel zu gross, denn die directe Ablesung an der Mikrometerschraube gab 0,01 oder 10 Tausendtel Mill.; *V* aber betrug im Mittel ungefähr 8 Tausendtel Mill. Um so viel kann im Mittel bei Weitem nicht durch die Schätzung geirrt werden. Unstreitig aber hat die Volkmann'sche Constante einen kleinen Zuwachs durch diese Quelle erhalten.

Sollte sie wirklich in der Hauptsache einen festen organischen Grund im Auge haben, so zeigte sich uns hier im Gebiete der extensiven Lichtempfindung eine bemerkenswerthe Analogie zu dem, was wir im Gebiete der intensiven gefunden haben, sofern auch hier das Weber'sche Gesetz sich nur insofern bestätigt, als wir auf eine durch innere organische Gründe der äusseren veränderlichen Einwirkung hinzugefügte constante Grösse mit Rücksicht nehmen.

Vor Anwendung der Methode der mittleren Fehler habe ich auch einige Versuche nach der Methode der eben merklichen Unterschiede über das Distanzmass mit dem Auge angestellt, die ich, obwohl sie durch die genaueren und sichereren nach jener Methode eigentlich antiquirt sind, hier nur desshalb mit anführen will, weil sonst keine bestimmten nach dieser Methode darüber vorliegen.

Nach einigen vorläufigen Versuchen über die Schärfe meines Augenmasses wurde einem Zirkel eine Spannweite von 1 par. Duod. Zoll, einem anderen von 1 plus $\frac{1}{18}$ Zoll gegeben, und die Zirkel so verwechselt, dass ich nicht wusste, welcher der weitergestellte war. Nun suchte ich mittelst des blossen Augenmasses zu entdecken, welcher der weitere war. Ich entschied mich jedesmal richtig, aber erst nach längerer Prüfung für den weiteren. Die Zirkel wurden hiebei neben einander in deutlichster Sehweite vor dem Auge gehalten, so dass die zu vergleichenden Distanzen der Zirkelspitzen in derselben horizontal waren. Ganz dieselbe schwierige aber definitiv richtige Entscheidung fällte ich aber auch, nachdem die Spannweite sammt der Differenz einmal verdoppelt, das anderemal vervierfacht war, so dass letzten Falles die Spannweite des einen Zirkels 4,0, die des anderen 4,1 Zoll betrug. Diese kleine Reihe von drei Versuchen ist von mir dreimal mit gleichem Erfolge wiederholt worden, zweimal an einem Tage, einmal am Tage darauf. Auch machte es im Gefühle der Differenz der Spannweite keinen Unterschied, ob ich die Zirkel in grösserer oder kleinerer Entfernung von den Augen hielt, nur dass die Accommodationsgränzen des Auges nicht überschritten wurden. Wahrscheinlich würde ich noch etwas feiner als $\frac{1}{40}$ jedesmal richtig unterschieden haben. Aber ich habe schon bemerkt, dass, wenn man die Gränze des eben Merklichen nicht ein wenig hoch nimmt, man in die bei zahlreichen Beobachtungen allerdings genauere, aber langwierige und bei wenig Versuchen unsichere Methode der richtigen und falschen Fälle hineingeräth. Der Unterschied war doch klein genug, dass, wenn ich ihn halbirte, keine zuverlässige Entscheidung mehr stattfand, und erfoderte mit meinem damals übrigens noch ungeübten Auge grosse Aufmerksamkeit, um erkannt zu werden.

So gut sich auch das Weber'sche Gesetz im Gebiete des Augenmasses bestätigt hat, so muss man doch die Frage aufwerfen, was diese Bestätigung eigentlich für die extensiven Empfindungen bedeutet. Im Sinne der Weber'schen Ansicht über die Vermittelung der Grösse der extensiven Empfindung wäre die Fundamentalfrage, die wir bezüglich der Bedeutung des Weber'schen Gesetzes in diesem Felde beantwortet wissen möchten, die, ob Unterschiede räumlicher Distanzen gleich gross oder gleich merklich erscheinen, wenn die Zahlen der in den Distanzen begriffenen Empfindungskreise sich verhältnissmässig um gleich viel unterscheiden, und ob demgemäss die Grösse des Reizes bei intensiven Empfindungen durch die Zahl thätiger Empfindungskreise bei extensiven für unser Gesetz vertreten werden könne. Aber hierüber geben alle angeführten Versuche über das Augenmass keinen Aufschluss, da sie nach der natürlichen Gebrauchsweise unseres Auges alle unter dem Einflusse der Bewegung des Auges ausgeführt sind, wobei die kleineren und grösseren Distanzen nicht nach der verschiedenen Zahl Empfindungskreise, die sie in sich gefasst haben, verglichen worden sind, sondern nach dem Umstande, dass derselbe Punct deutlichsten

Sehens durch eine grössere oder kleinere Strecke geführt worden ist. Ja bei der, vom Axenpuncte der Netzhaut an abnehmenden, Dichtigkeit der Nervenvertheilung würde man nicht einmal die directe Bestätigung des Gesetzes durch unsere Versuche haben erwarten dürfen, wenn sie nicht mit Bewegung ausgeführt worden.

Hienach könnte man vermuthen, dass unsere Bestätigung eher auf das, bei der Bewegung thätige, Muskelgefühl, insofern dieses die Distanzschätzung mit vermitteln hilft, als die Zahl der Empfindungskreise, welche von der geschätzten Distanz befasst werden, zu beziehen sei, und auch in dieser Beziehung, sollte sie sich wirklich begründen lassen, würde die für das Gesetz gewonnene Bewährung immer wichtig bleiben; aber jedenfalls bleibt die obige Grundfrage damit unerledigt, und auch die Beziehung auf das Muskelgefühl unterliegt Schwierigkeiten, worauf ich für jetzt nicht näher eingehen will.

Es bietet sich nun der Weg dar, die Beantwortung jener Frage an der Haut zu versuchen, deren Analogie mit dem Gesichtsorgane in Betreff der Auffassung extensiver Grössen von E. H. Weber so gut hervorgehoben worden ist, und wo man mit dem Einflusse der Bewegung nichts zu thun hat. Nur dass man auch hier nirgends auf eine gleichförmige Nervenvertheilung zu rechnen hat. Indess schien es doch nützlich, zu sehen, wie sich die Erfolge in dieser Hinsicht auf verschiedenen Hautstellen stellen, und es sind demgemässe Versuche von mir selbst an der Stirn, welche wegen ihrer grossen glatten Fläche mit harter Unterlage das günstigste Beobachtungsfeld darzubieten scheint, von Volkmann am Vordergliede des linken Mittelfingers und am Handrücken nach der Methode der mittleren Fehler angestellt worden. Das übereinstimmende Resultat dieser Versuche aber ist, dass keine auch nur approximative Proportionalität der reinen Fehler mit den Distanzen stattfindet; sondern im Allgemeinen nehmen sie viel langsamer, und über gewisse Gränzen hinaus oder in grösseren Intervallen gar nicht mit den Distanzen zu, so dass auch nicht etwa daran zu denken ist, dass sie nach Analogie dessen, was bei den mikrometrischen Augenmassversuchen gefunden ward, durch Zusammensetzung aus einer den Distanzen proportionalen und einer bezüglich der Distanzen constanten Componente repräsentirt werden können. Wonach diese Versuche, wenn sie auch wegen der Ungleichförmigkeit der Nervenvertheilung nicht als scharf bezüglich der Untersuchung unserer Frage gelten können, doch nicht die geringste Wahrscheinlichkeit für das Bestehen des Gesetzes in diesem Gebiete übrig lassen, wenn man es auf diesem Wege sucht.

Inzwischen entsteht die neue Frage, ob man es im Gebiete der extensiven Empfindungen wirklich auf diesem Wege zu suchen habe; was freilich für den ersten Anblick selbstverständlich scheint, wenn man eine analoge Geltung des Gesetzes im Gebiete der extensiven als intensiven Empfindungen verlangt, sofern es in letzterem auf diesem Wege gefunden ist. Aber man muss nicht übersehen, dass die Distanzen, die wir im Auge und auf der Haut bestimmen, blos in dem gegebenen Gesichts- und Tastfelde abgegränzte sind, und der Ausdehnung dieses Feldes hiedurch nichts zuwächst, wogegen der intensive Lichtreiz nicht blos Gränzen in einer vorgegebenen Intensität bestimmt, sondern eine vorher nicht vorhandene Intensität der Reizung erst erzeugt, was die Verhältnisse anders stellt. In einem Kapitel des folgenden Theiles, wo ich mit einigen Bemerkungen auf die extensiven Empfindungen insbesondere zurückkomme, werde ich auch auf diesen Punct zurückkommen; die Versuchsreihen aber, auf denen das oben ausgesprochene negative Resultat beruht, werde ich in den »Massmethoden« mittheilen.

6) Fortune physique et morale.

Man kann das Weber'sche Gesetz noch in ein allgemeineres Gebiet hinein verfolgen. Die physischen Güter, die wir besitzen (fortune physique), haben keinen Werth und keine Bedeutung für uns als todte Massen, sondern nur, sofern es äussere Mittel sind, eine Summe werthvoller Empfindungen (fortune morale) in uns zu erzeugen; bezüglich deren sie hienach die Stelle des Reizes einnehmen. Ein Thaler nun hat in dieser Hinsicht viel weniger Werth für den Reichen, als Armen, und wenn er einen Bettler einen Tag lang glücklich macht, so wird er als Zuwachs zum Vermögen eines Millionärs gar nicht merklich von ihm gespürt. Diess lässt sich dem Weber'schen Gesetze unterordnen. Um einen gleichen Zuwachs zu dem, was Laplace die fortune morale nennt, zu gewähren, muss der Zuwachs zu der fortune physique im Verhältnisse dieser fortune physique stehen.

Diess Princip findet sich zuerst aufgestellt in einer Abhandlung von Daniel Bernoulli in den Comment. Acad. scient. imp. Petropolit. T. V. 1738, welche den Titel führt: »Specimen theoriae novae de mensura sortis.« Später ist es von Laplace in s. Théorie analytique des probabilités p. 187. 432 reproducirt und in Folgerungen weiter entwickelt, und von Poisson in s. Recherches sur la probabilité mit seinen Folgerungen erwähnt und acceptirt worden.

Die Ausdrücke fortune physique und fortune morale werden noch nicht von Bernoulli, sondern erst von Laplace gebraucht. Bernoulli sagt nach einigen Vorerörterungen: »Nempe valor non est aestimandus ex pretio rei, sed ex emolumento, quod unusquisque inde capessit. Pretium ex re ipsa aestimatur omnibusque idem est, emolumentum ex conditione personae. Ita procul dubio pauperis magis refert lucrum facere mille ducatorum, quam divitis, etsi pretium utrique idem sit;« und weiter (p. 177) »Ita vero valde probabile est, lucrulum quodvis semper emolumentum afferre summae bonorum reciprocae proportionale.« Hierauf gründet er p. 181 die Differenzialformel und p. 182 die logarithmische Formel, welche wir später allgemeiner auf das Weber'sche Gesetz stützen.

Laplace sagt (p. 187): »On doit distinguer dans le bien espéré, sa valeur relative, de sa valeur absolue: celle-ci est indépendante des motifs, qui le font désirer, au lieu que la première croit avec ces motifs. On ne peut donner de règle générale pour apprécier cette valeur relative; cependant il est naturel de supposer la valeur relative d'une somme infiniment petite, en raison directe de sa valeur absolue, en raison inverse du bien total de la personne intéressée. En effet, il est clair qu'un franc a très-peu de prix pour celui qui en possède un grand nombre, et que la manière la plus naturelle d'estimer sa valeur relative, est de la supposer en raison inverse de ce nombre.« p. 432: »D'après ce principe, x étant la fortune physique d'un individu, l'accroissement dx, qu'elle reçoit, produit à l'individu un bien moral réciproque à cette fortune; l'accroissement de sa fortune morale peut donc être exprimé par $\frac{kdx}{x}$, k étant une constante. Ainsi en désignant par y la fortune morale correspondante à la fortune physique x, on aura

$$y = k \log x + \log h,$$

h étant une constante arbitraire, que l'on déterminera au moyen d'une valeur de y correspondante à une valeur donnée de x. Sur cela, nous observerons, que l'on ne peut jamais supposer x et y nuls ou négatifs, dans l'ordre naturel des choses; car l'homme, qui ne possède rien, regarde son existence comme un bien moral, qui peut être comparé à l'avantage, que ceci procurerait une fortune physique, dont il est bien difficile d'assigner la valeur, mais que l'on ne peut fixer au-dessous de ce, qui lui serait rigoureusement nécessaire pour exister; car on conçoit, qu'il ne consentirait point à recevoir une somme modique, telle que cent francs, avec la condition de ne pretendre à rien, lorsqu'il l'aurait dépensée.«

Poisson sagt p. 72: »Comme l'avantage, qu'un gain procure à quelqu'un dépend de l'etat de sa fortune, on a distingué cet avantage relatif, de l'espérance mathématique, et on l'a nommé espérance morale. Lorsqu'il est une quantité infiniment petite, on prend son rapport à la fortune actuelle de la personne, pour la mesure de l'espérance morale, qui peut d'ailleurs être positive ou négative, selon qu'il s'agit d'une augmentation ou d'une diminution éventuelle de cette fortune. Par le calcul integral, on déduit ensuite de cette mesure des conséquences, qui s'accordent avec les règles, que la prudence indique sur la manière, dont chacun doit diriger ses spéculations.«

X. Die Thatsache der Schwelle.

Eine Empfindung, ein Empfindungsunterschied wächst im Allgemeinen mit der Grösse des verursachenden Reizes, Reizunterschiedes, und es scheint für den ersten Anblick natürlich anzunehmen, dass der Punct, von wo an die Empfindung, der Empfindungsunterschied bemerklich zu werden beginnt, mit dem Nullpuncte des Reizes, Reizunterschiedes zusammenfalle. Aber die Thatsache widerspricht dieser Voraussetzung; es zeigt sich vielmehr, dass jeder Reiz wie Reizunterschied schon eine gewisse endliche Grösse erreicht haben muss, bevor die Merklichkeit desselben nur eben beginnt, d. h. bevor er eine unser Bewusstsein merklich afficirende Empfindung erzeugt oder einen merklichen Empfindungsunterschied begründet. Umgekehrt schwindet die Merklichkeit des Reizes, Reizunterschiedes schon eher, als er zum Nullwerthe herabgekommen ist. Der Nullpunct der Empfindung, des Empfindungsunterschiedes liegt insofern über dem des verursachenden Reizes, Reizunterschiedes, eine Thatsache, die sofort näher nachgewiesen werden wird.

Den Punct, wo die Merklichkeit eines Reizes oder eines Reizunterschiedes beginnt und schwindet, wollen wir kurz die Schwelle nennen, welcher Ausdruck ebensowohl auf die Empfindung und den Empfindungsunterschied an den Gränzen der Merklichkeit, als den Reiz oder Reizunterschied, oder das Reizverhältniss, welches die Empfindung oder den Empfindungsunterschied auf diesen Punct bringen, bezogen werden kann, so dass wir eben sowohl von der Schwelle einer Empfindung oder eines Empfindungsunterschiedes, als dem Schwellenwerthe eines Reizes oder Reizunterschiedes oder Reizverhältnisses, kurz Reizschwelle, Unterschiedsschwelle, Verhältnissschwelle des Reizes sprechen können. Da bei gegebenen Grössen zweier Reize aus dem Unterschiede ihr Verhältniss und umgekehrt von selbst folgt, so genügt es im Allgemeinen, sich auf eine beider letztgenannten Schwellen zu beziehen.

Insofern auch extensive Grössen und Unterschiede von solchen eines gewissen Werthes bedürfen, um von Haut oder Auge als Ausdehnung oder Ausdehnungsunterschied aufgefasst zu werden, werden wir den Begriff der Schwelle darauf übertragen können, und indess wir die auf intensive Empfindungen bezügliche Schwelle die intensive nennen, die auf extensive Empfindungen bezügliche die extensive nennen.

Insofern endlich ausser Empfindungen auch andere, allgemeinere und höhere Bewusstseinsphänomene, z. B. das Gesammtbewusstsein des Menschen je nach Schlaf und Wachen, das Bewusstsein einzelner Gedanken, die Aufmerksamkeit in gegebener Richtung einen Punct des Erlöschens und Entstehens haben, werden wir den Begriff und Ausdruck der Schwelle auch hiefür verallgemeinern können. In diesen Fällen liegt kein Schwellenwerth eines äusseren Reizes mehr vor, der die Erhebung des Bewusstseins zur Schwelle bedingte oder dem sie entspräche; aber es lässt sich die Frage aufwerfen, ob wir nicht dafür einen Schwellenwerth der unterliegenden psychophysischen Bewegung anzunehmen haben, und ob nicht auch die Reizschwelle, Unterschiedsschwelle, Verhältnissschwelle, bei Empfindungen blos insofern bestehen, als sie sich in eine solche übersetzen lassen, eine Frage, auf die im Eingange zur inneren Psychophysik eingegangen werden wird. Für jetzt aber wird es sich nur um die Erörterung rein empirischer Verhältnisse handeln, die sich direct constatiren lassen, und zwar werde ich in diesem Kapitel theils die Allgemeinheit der Thatsache der Reizschwelle und Unterschiedsschwelle darzuthun und zu erläutern suchen, theils die Folgerungen und Anwendungen besprechen, welche das Dasein der Schwelle im Erfahrungsgebiete mitführt; im folgenden aber auf Specialbestimmungen über die Schwellenwerthe eingehen.

1) Die intensive Schwelle.

a) Reizschwelle.

Im Gebiete der intensiven Lichtempfindung kann der directe Nachweis, dass es erst einer gewissen Stärke des Lichtreizes bedürfe, um Empfindung zu erwecken, also eine Schwelle für die Lichtempfindung bei einem endlichen Werthe des Lichtreizes bestehe, nicht geführt werden, weil das Auge, wie mehrfach besprochen, durch eine innere Erregung stets über der Schwelle ist, wozu jeder äussere Lichtreiz nur einen Zuschuss giebt. Die Thatsachen, welche lehren, dass dieser Zuschuss einer gewissen Stärke bedarf, um bemerkt zu werden, gehören hienach vielmehr in den Abschnitt von der Unterschiedsschwelle.

In Betreff der Modification aber, die wir als Farbe bezeichnen, kann man folgende Bedingungen für die Sichtbarkeit aufstellen, 1) dass die Brechbarkeit, und hiemit Schwingungszahl eine gewisse Gränze übersteige; 2) dass die Intensität oder Amplitude der Schwingungen eine gewisse Gränze übersteige; 3) dass die Farbe in einer hinreichenden Ausdehnung wirke, die um so grösser sein muss, auf je seitlichere Theile der Netzhaut die Farbe fällt; 4) dass ihr nicht zu viel Weiss beigemischt sei.

Was das Erste anlangt, so weiss man, dass jenseits der rothen Gränze des Spectrum keine Farben mehr gesehen werden, oder irgendwie sichtbar zu machen sind; ungeachtet doch Wärmeerscheinungen das Dasein von Stralen jenseits dieser Gränze beweisen. Nun haben die rothen Stralen die langsamsten Schwingungen, und es scheint die Unfähigkeit, ultrarothe Stralen wahrzunehmen, auf nichts Anderes geschrieben werden zu können, als dass ihre Schwingungen zu langsam sind. Hingegen hat man die sog. ultravioleten Stralen, welche bei Anwendung gewöhnlicher Prismen unter gewöhnlichen Massregeln nicht sichtbar zu machen sind, und auf deren Dasein man früher nur aus ihren chemischen Wirkungen schloss, neuerdings durch geeignete Massregeln sichtbar zu machen vermocht, indem es dazu nur nöthig ist, sie in hinreichender Stärke zur Wahrnehmung zu bringen, womit sich zugleich ein Beleg für die zweite Bedingung ergiebt.

In der That wird der ultraviolete Theil des prismatischen Spectrum bei Anwendung von Bergkrystallprismen, welche den betreffenden Farbestralen einen reichlichern Durchgang gestatten, als Glasprismen, noch sichtbar erhalten, wo bei Anwendung von Glasprismen nichts mehr davon wahrzunehmen ist, namentlich dann, wenn man ihn aus dem mittelst eines Quarzprisma entworfenen Spectrum durch einen Schirm mit Spalte isolirt und durch ein Fernrohr aus Glaslinsen mit vorgesetztem zweiten Glasprisma betrachtet. Ein Beweis, dass aber auch durch Glasprismen die übervioleten Stralen durchgehen, und nur wegen zu geringer Intensität nicht mehr erkannt werden, liegt darin, dass man sie auch in dem durch Glasprismen erzeugten Spectrum noch durch die von Stokes entdeckte Fluorescenz sichtbar machen kann.

Das Dritte anlangend, so bemerkt E. H. Weber[*]), dass man durch einen sehr engen Spalt eine grüne Fläche nicht mehr als grün sehe, und er schliesst daraus, dass eine gefärbte Fläche einen gewissen Umfang haben müsse, um ihren specifischen Farbeneindruck zu machen. Hiegegen kann man zwar geltend machen, dass man einige Fixsterne noch etwas gefärbt sieht; doch ist die Färbung sehr wenig hervorstechend, und in Rücksicht zu ziehen, dass das Bild der Sterne, wie freilich auch des Spaltes, sich durch Irradiation stets etwas ausdehnt, so dass es nicht als ein ganz punctförmiges gelten kann.

Ausführliche und sorgfältige Versuche über den Gegenstand mit Rücksicht auf das Verhalten der seitlichen Theile der Netzhaut hat Aubert[**]) angestellt, deren Specialresultate jedoch in dieser allgemeinen Darstellung nicht wohl Platz finden können.

Was das Vierte anlangt, so ist es immer möglich, eine Farbeflüssigkeit so weit zu verdünnen, oder einen Farbestoff mit so viel Weiss zu mischen, dass die Färbung für das Auge unmerklich wird. Dieser Fall wird künftig in dem Kapitel über die Mischungsphänomene näher besprochen.

In Betreff der Intensität des Schalles ist die Thatsache der Schwelle leicht constatirbar.

Wenn ein tönender Körper sich mehr und mehr entfernt, so hören wir ihn endlich gar nicht mehr, ungeachtet die Schallwellen, die an unser Ohr schlagen, doch nicht null geworden sind. Die Näherung des tönenden Körpers hat blos den Erfolg, den Eindruck, der wegen seiner Schwäche, aber nicht wegen seines Fehlens unmerklich ist, durch Verstärkung merklich zu machen.

---

[*]) Müller's Arch. 1849. p. 279.

[**]) Gräfe Arch. f. Ophthalmol. III. 38 ff.

So hören wir eine zu ferne Glocke nicht mehr. Sollten aber 100 Glocken, deren keine wir einzeln hören, in derselben Ferne zusammen lauten, so würden wir sie hören. Also muss doch auch jede einzelne Glocke in dieser Ferne ihren Beitrag zum Hören geben, der nur für sich allein nicht hinreicht, eine merkliche Schallempfindung zu erzeugen.

Eine Raupe im Walde hört man nicht fressen, wenn aber allgemeiner Raupenfrass im Walde ist, hört man es sehr wohl; doch ist das Geräusch, was viele Raupen machen, nur die Summe der Geräusche der einzelnen Raupen. Also muss doch auch jede einzelne Raupe, ungeachtet man sie für sich nicht hört, etwas zum Hören der gesammten Raupen beitragen; was aber für sich nicht stark genug ist, um merkliche Gehörsempfindung zu erwecken.

Zu allen Zeiten des Tages erfüllt ein gewisses Geräusch die Luft, aber wenn es nicht eine gewisse Stärke übersteigt, so glauben wir nichts zu hören.

In homöopathischer Verdünnung schmeckt man auch die bitterste Substanz nicht mehr. Es reicht hin, die Auflösung zu concentriren, und der Geschmack wird merklich.

Unstreitig giebt es zu aller Zeit sehr viele riechende Substanzen in der Luft, die wir doch nicht riechen, weil sie zu verdünnt sind. Aber der Hund und der Wilde riecht mit seinem geschärfteren Organe wirklich die Spur, die wir nicht mehr riechen, doch ebenso riechen würden, wenn sie sich verstärkte.

Ein einzelnes galvanisches Plattenpaar giebt gar keine merkliche Empfindung, indess die aus einzelnen Plattenpaaren bestehende Säule einen Schlag giebt.

Jeder Druck auf unseren Körper braucht blos hinreichend vertheilt zu werden, um unmerklich zu werden, ohne dass er doch nichts wäre.

b) Unterschiedsschwelle.

Dass ein Reizunterschied eine gewisse Grösse haben müsse, um noch als Unterschied empfunden zu werden, wird im Allgemeinen nicht bezweifelt, und die, in allen Sinnesgebieten anwendbare, Methode der eben merklichen Unterschiede ruht ganz darauf.

Nicht schöner, einfacher und schlagender aber lässt sich das Dasein der Unterschiedsschwelle constatiren, als im Gebiete der Lichtempfindung durch den Schattenversuch, den wir zur Bewährung des Weber'schen Gesetzes anführten. Erinnern wir uns der Umstände des Versuches:

Man stellt zwei Lampen neben einander und vor sie einen schattengebenden Körper. Jede der zwei Lampen giebt einen Schatten, der blos von der anderen Lampe erleuchtet ist, indess der umgebende Grund von beiden Lampen erleuchtet ist. Schraubt man nun den Docht der einen Lampe immer tiefer herab, oder entfernt sie immer weiter vom schattengebenden Körper, so sieht man den Schatten, den sie wirft, immer schwächer werden, indem sich die Erleuchtung des umgebenden Raumes immer weniger davon unterscheidet, und endlich diesen Schatten verschwinden, gleichsam von der allgemeinen Erleuchtung des Grundes absorbirt werden, ungeachtet doch noch beide Lichtquellen da sind. Ich bin ganz erstaunt gewesen, als ich zum erstenmale darauf aufmerksam wurde, zwei Lichter blos einen Schatten werfen zu sehen. Beide Lampen brennen deutlich, doch ist blos ein Schatten da. Mit einem Worte, wenn der Unterschied zwischen der Erleuchtung des einen Schattens und des umgebenden Raumes unter eine gewisse Gränze geht, verschwindet der Unterschied total für die Empfindung und vermag durchaus nicht mehr wahrgenommen zu werden.

Dieser Versuch ist namentlich deshalb sehr frappant, weil man die Componenten hier zugleich im Auge hat, und das Auge scharf, ruhig und stetig auf die Gränzlinie derselben richten kann, während man ihren Unterschied zum Verschwinden bringt; also weder von einem Vergessen des früheren Eindruckes, noch Uebersehen des Unterschiedes die Rede sein kann, worauf man geneigt sein könnte, bei anderen Versuchsweisen die Nichtwahrnehmbarkeit oder das Entschwinden des Unterschiedes zu schieben.

Der Versuch lässt manche Abänderungen zu. Allgemein: ist einer der Schatten eben merklich, so braucht man seine Lampe blos etwas niedriger oder die andere etwas höher zu schrauben, so wird er unmerklich; und ist er unmerklich, so braucht man seine Lampe blos erfoderlich höher, oder die andere entsprechend tiefer zu schrauben, so wird er merklich. Statt höher und tiefer Schrauben gilt gleich: mehr Nähern und Entfernen.

Dasselbe als dieser Versuch lehrt die, ebenfalls schon geltend gemachte Erfahrung, dass wir bei genauester Aufmerksamkeit am Tageshimmel keinen Stern zu erblicken vermögen.

Eben so allgemein als die Thatsache der Unterschiedsschwelle ist die Thatsache ihrer Zunahme mit der Grösse der Reize. Soweit das Weber'sche Gesetz besteht, steht die Grösse des noch eben merklichen Unterschiedes und mithin der Unterschiedsschwelle in directer Proportion zu der Grösse der Reize, deren Unterschied aufzufassen ist, sofern es nicht besteht, besteht immer noch eine Abhängigkeit von der Grösse der Reize, welche nur nicht mehr die der einfachen Proportionalität ist.

Sofern die Grösse eines relativen Reizunterschiedes sich gleich bleibt, wenn das Verhältniss der Reize sich gleich bleibt, und umgekehrt, kann eben sowohl gesagt werden, dass die eben merklichen Empfindungsunterschiede bei demselben relativen Reizunterschiede, als bei demselben Reizverhältnisse eintreten, unabhängig von der Grösse der Reize. Aber wenn beides factisch auf dasselbe herauskommt, kann es doch aus formellem Gesichtspuncte manchmal bequemer oder sachgemässer sein, sich vielmehr an die eine als andere Ausdrucksweise zu halten. Demgemäss bezeichnen wir überhaupt künftig mit absoluter Unterschiedsschwelle, zusammenfallend mit eben merklichem Unterschiede, den absoluten Reizunterschied, mit relativer Unterschiedsschwelle oder Unterschiedsconstante den relativen Reizunterschied, mit Verhältnissschwelle oder Verhältnissconstante das Verhältniss der Reize, bei welchem ein Empfindungsunterschied auf die Schwelle tritt, und brauchen respectiv die Buchstaben α, ω, v dafür. So ist die Unterschiedsconstante ω für die Lichtintensität nach Volkmann's Versuchen $\frac{1}{100}$, die Verhältnissconstante $v = \frac{101}{100}$.

Allgemein hat man

$$v = 1 + \omega \text{ und } \omega = v - 1.$$

Mehrfach wird in der Folge der Logarithmus von v gebraucht werden. Sofern nun ω im Ausdrucke $v = 1 + \omega$ stets eine sehr kleine Grösse ist, deren höhere Potenzen gegen die erste vernachlässigt werden können, kann man nach bekannten mathematischen

Sätzen für log $(1 + \omega)$ substituiren $M\omega$, wo M der Modulus des logarithmischen Systemes ist, also setzen

$$\log v = M\omega.$$

Es ist wichtig, im Auge zu behalten, dass, wenn der relative Reizunterschied und das Reizverhältniss, mithin auch die Unterschiedsconstante und Verhältnissconstante, bei Abänderung der Reize stets zusammen constant bleiben, doch keineswegs, wenn der eine dieser Werthe sich ändert, der andere sich proportional ändert. Hingegen wächst der Logarithmus der Verhältnissconstante nach obiger Gleichung proportional der Unterschiedsconstante, und es kann überall, wo es blos auf Verhältnisse ankommt, log ω für v substituirt werden.

2) Extensive Schwelle.

Wenn ein weisser Kreis auf schwarzem Grunde oder umgekehrt zu klein ist oder aus zu grosser Ferne betrachtet wird, so wird er nicht mehr erkannt. Wenn zwei Puncte oder parallele Fäden einander zu nahe sind oder aus zu grosser Ferne betrachtet werden, so verfliessen sie für das Auge und die Distanz derselben wird unmerklich. Die Gränze, wo das Erste eintritt, kann als Schwelle der erkennbaren Grösse, die, wo das Letzte eintritt, als Schwelle der erkennbaren Distanz bezeichnet werden.

Auf der Haut verfliessen bekanntlich zwei einander zu nahe Zirkelspitzen zu einem gemeinsamen Eindrucke, und es giebt also auch hier eine Schwelle der erkennbaren Distanz.

Nicht minder verfliessen zwei Eindrücke zu einem ununterscheidbaren Eindrucke, wenn sie zu schnell nach einander geschehen. Es giebt also auch eine extensive Schwelle in Bezug auf die Zeitdistanz.

Wenn ein Gegenstand, wie der Stundenzeiger einer Uhr, ein Stern am Himmel, sich zu langsam bewegt, wird die Bewegung nicht erkannt, bei hinreichender Beschleunigung wird sie erkannt. Es giebt also auch eine Schwelle der erkennbaren Geschwindigkeit.

Hier kommt Zeit und Raum zugleich in Betracht. Wahrscheinlich fängt die Geschwindigkeit da an erkennbar zu werden, wenn die Zeitschwelle mit der Raumschwelle zusammentrifft, d. h. wenn in der kleinsten Zeitdauer, die für die Seele nicht in einen Zeitpunct verfliesst, ein Raum beschrieben wird, der für das Auge nicht in einen Raumpunct verfliesst.

3) Allgemeinere Betrachtungen bezüglich der Schwelle.

In der Thatsache der Schwelle liegt von vorn herein etwas Paradoxes. Der Reiz oder Reizunterschied kann bis zu gewissen Gränzen gesteigert werden, ohne gespürt zu werden; von einer gewissen Gränze an wird er gespürt und wird sein Wachsthum gespürt. Wie kann das, was im Bewusstsein nichts wirkt, wenn es schwach ist, durch Verstärkung etwas darin zu wirken anfangen? Es scheint, als ob Summation von Nullwirkungen ein Etwas der Wirkung geben könnte. Aber wenn dieses Verhältniss einem Metaphysiker Schwierigkeit machen kann, so hat es aus mathematischem Gesichtspuncte keine Schwierigkeit, und diess möchte darauf deuten, dass der mathematische Gesichtspunct, nach welchem die Grösse der Empfindung als Function der Grösse des Reizes (respectiv der dadurch ausgelösten inneren Bewegungen) betrachtet werden kann, auch der richtige metaphysische ist. In der That, wenn y eine Function von x ist, kann y bei gewissen Werthen von x verschwinden, ins Negative oder Imaginäre übergehen, indess es hinreicht, x über diesen Werth hinaus zu vergrössern, um y wieder positive Werthe erlangen zu sehen.

Mit der Thatsache der Schwelle hängt von selbst folgende Thatsache zusammen. Je tiefer die Grösse des Reizes oder Reizunterschiedes unter die Schwelle sinkt, um so weniger vermag der Reiz oder Reizunterschied empfunden zu werden, um so grösserer Zuwüchse dazu wird es erst bedürfen, ehe seine Empfindung eintritt. So lange der Reiz oder Reizunterschied unter der Schwelle bleibt, bleibt die Empfindung desselben, wie man sagt, unbewusst, und das Unbewusstsein vertieft sich mehr und mehr, nach Massgabe, als die Grösse des Reizes oder Reizunterschiedes tiefer unter die Schwelle herabgeht. So bleiben der entfernte Schall, die Geruchsreize in der Atmosphäre unter der Schwelle, und hiemit die dadurch erweckte Empfindung im Unbewusstsein, bis die Intensität jener Reize eine gewisse Grösse, die Schwelle übersteigt. Von selbst bietet sich schon hier, wenn wir den Schwellenwerth der Empfindung als Nullwerth und die bewussten Empfindungswerthe als positive Werthe fassen, für die unbewussten die Bezeichnung durch negative Werthe dar. Doch werden wir auf diese Auffassung erst künftig genauer eingehen.

An die Unmerklichkeit kleiner Unterschiede knüpft sich von selbst eine feine und nicht unwichtige Frage für das Massverfahren der Empfindlichkeit nach der Methode der richtigen und falschen Fälle.

Gesetzt, der Unterschied der Gewichte oder allgemeiner der Reize, der in den Versuch genommen wird, sei so klein, dass er unter jene Gränze fällt, wo er mit Bewusstsein erkannt werden kann, so fragt sich, ob er auf die Zahl der richtigen und falschen Fälle überhaupt Einfluss gewinnen kann; ob es nicht für das Verhältniss beider eben so gut ist, als wenn gar kein Unterschied vorhanden wäre, so lange, bis der Unterschied die Gränze, wo er als solcher spürbar ist, überschritten hat, und ob nicht von da an der Einfluss, statt nach der absoluten Grösse des Unterschiedes, nach der Differenz desselben von dem Werthe, wo er wirklich spürbar zu werden beginnt, zu beurtheilen sei.

Diess scheint zunächst selbstverständlich, denn wie kann eine unser Bewusstsein nicht afficirende Differenz unser Urtheil bestimmen? Dessenungeachtet kann man es nicht gelten lassen, ohne mit den Principien des betreffenden Massverfahrens zugleich die Principien, nach welchen man die Wahrscheinlichkeit der Fehler mit Bezug auf die Grösse derselben berechnet, und worauf sich jenes Massverfahren ganz und gar gründet, ungültig zu erklären; auch führt eine genauer eingehende Betrachtung zu einem jenem scheinbar selbst verständlichen ganz entgegengesetzten Resultate. Trotzdem, dass ein Unterschied für sich unmerklich ist, wird er doch bei einer hinreichenden Anzahl Vergleichen ein Uebergewicht richtiger Fälle zu Gunsten des schwereren Gewichtes, allgemein des grösseren Reizes finden lassen.

Es ist nämlich zu berücksichtigen, dass zugleich mit dem Unterschiede, den es aufzufassen gilt, zufällige Einflüsse wirken, welche bei gleichen Gewichten das Urtheil durchschnittlich eben so oft zu Gunsten des einen als des anderen bestimmen würden. Der Unterschied fügt sich nun aber den Einflüssen, welche das Urtheil zu Gunsten des einen bestimmen, hinzu; und macht theils, dass solche Einflüsse, die ohne das unmerklich gewesen wären, merklich zu Gunsten dieser Seite werden, theils verstärkt er die schon merklichen Einflüsse nach dieser Seite und macht, dass sie die entgegengesetzten Einflüsse um so leichter überwiegen. Diess hindert dann nicht, dass in vielen Fällen auch der Einfluss des Mehrgewichtes zusammen mit den gerade vorhandenen Störungen unter dem Merklichen bleibt, in welchem Falle das Urtheil zweideutig bleibt, Fälle, die bei dieser Art Versuchen sehr oft vorkommen; aber principiell auf die anderen Fälle zurückgeführt werden können, indem man sie halb den richtigen, halb den falschen Fällen zuzählt.

Man sieht auf diese Weise ein, wie ein an sich unmerklicher Unterschied dadurch, dass er sich mit anderen Einflüssen summirt, allerdings merkliche Wirkungen geben kann; und die Wahrscheinlichkeit, d. h. verhältnissmässige Zahl der richtigen und falschen Fälle bei einer sehr grossen Anzahl von Versuchen, hängt von der Grösse des Unterschiedes in einer Weise ab, welche gestattet, ein Mass der Empfindlichkeit daraus abzuleiten, wie früher gezeigt.

Der Schwellenwerth sowohl der Reize als Reizunterschiede ist durch Verhältnisse der Ermüdung, Gewöhnung, Uebung, innere Ursachen der Aufregung oder Lähmung, Arzneien, die Periodicität des Lebens, individuelle Constitution u. s. w. der grössten und mannichfaltigsten Abänderungen fähig, also nur in so weit als constant anzusehen, als diese Verhältnisse keine Veränderung darin hervorbringen. Die Untersuchung dieser Abhängigkeitsverhältnisse gehört zu den wichtigsten Aufgaben der Psychophysik, und fällt zusammen mit der allgemeinen Untersuchung der Abhängigkeitsverhältnisse der absoluten und Unterschiedsempfindlichkeit oder Reizbarkeit und Erregbarkeit, indem die absolute Empfindlichkeit der Reizschwelle, die Unterschiedsempfindlichkeit der Unterschiedsschwelle reciprok ist.

Sollte sich die Thatsache der Schwelle vom Reize auf die dadurch ausgelöste psychophysische Bewegung übertragen lassen, — was später zu beweisen versucht wird — so wird nach unserer allgemeinen Voraussetzung, dass eine feste Beziehung zwischen körperlichen und psychischen Veränderungen in uns stattfinde, auch der Schwellenwerth der psychophysischen Thätigkeit, welcher dem Beginne einer gewissen Empfindung entspricht, als unveränderlich anzusehen sein, so dass die Empfindung sicher beginnt, wenn die Thätigkeit, an die sie geknüpft ist, die Schwellenhöhe erreicht hat. Indem aber je nach dem wechselnden Zustande des Organismus ein Reiz es leichter oder schwerer finden kann, die psychophysische Thätigkeit in dieser Stärke auszulösen, ist der Schwellenwerth des Reizes, der an diesen Punct geknüpft ist, nicht unveränderlich, sondern von dem Zustande der Reizbarkeit des Organismus mit abhängig, hoch bei abgestumpfter, niedrig bei grosser Reizbarkeit.

Diese Unterscheidung, ob wir den Schwellenwerth, wo die Empfindung verschwindet, auf den Reiz oder die dadurch ausgelösten Bewegungen beziehen, ist wohl im Auge zu behalten; indem nur die Schwelle in letzterem Sinne eigentlich constant sein kann, während sie in ersterem Sinne sich mit der Reizempfänglichkeit und Anbringungsweise des Reizes ändert.

4) Folgerungen aus dem Dasein der Schwelle.

An das Dasein einer Reizschwelle und Unterschiedsschwelle knüpfen sich manche Folgerungen von Interesse und von Wichtigkeit.

Sollte überhaupt jede kleinste Reizgrösse erkannt werden, so würden wir, da Minima von Reizen aller Art uns stets umspielen, ein unendliches Gemisch und einen unaufhörlichen Wechsel von leisen Empfindungen aller Art verspüren müssen, was nicht der Fall ist. Dass jeder Reiz erst eine gewisse Gränze übersteigen muss, ehe er Empfindung erweckt, sichert dem Menschen einen bis zu gewissen Gränzen durch äussere Reize ungestörten Zustand. Er braucht die Reize nicht auf Null herabzubringen, was er nicht im Stande ist, um durch sie ungestört zu bleiben, sondern sich von denen, die durch die Entfernung geschwächt werden, blos in hinreichende Entfernung zurückzuziehen, oder allgemein solche bis unter eine gewisse Gränze herabzubringen.

Eben so, wie uns das Unmerklichwerden jedes Reizes, wenn er unter eine gewisse Gränze fallt, einen von fremdartigen Perceptionen ungestörten Zustand sichert, so das Unmerklichwerden jedes Reizunterschiedes, wenn er unter eine gewisse Gränze fällt, einen gleichförmigen Zustand der Perception.

Wegen innerer und äusserer Ursachen werden Reize nie ganz gleichförmig durch Zeit und Raum einwirken, doch hindert diess nicht, dass wir gleichförmig lichte und gefärbte Flächen sehen, gleichförmig ausgehaltene Töne hören u. s. w.

Das bekannte Experiment der gedrehten Scheibe mit weissen und schwarzen Sectoren giebt einen einfachen Beleg dazu. Hinreichend rasch gedreht, scheint sie gleichförmig grau. Nun kann die Intensität des Eindruckes an beiden Rändern eines Sectors nicht wirklich gleich gross sein, weil im Vorübergehen eines schwarzen Sectors progressiv vom Eindrucke verloren wird, und im Vorübergehen eines weissen gewonnen wird. So wie aber der Unterschied an beiden Rändern kleiner wird als die Unterschiedsschwelle, tritt die Erscheinung des gleichförmigen Grau ein. Und zwar erscheint die Gleichförmigkeit bei hinreichend rascher Drehung vollkommen, so dass es mit schärfster Aufmerksamkeit nicht möglich ist, eine Abwechselung zu entdecken.

Ein analoger Fall tritt ein, wenn man an den Rand eines rasch gedrehten Zahnrades (Stirnrades) den Finger hält. Indess man bei langsamer Umdrehung die einzelnen Zähne noch unterscheidet, ist diess nicht mehr der Fall bei rascher. Valentin*) hat ausführliche Versuche hierüber angestellt. U. a. bemerkt er dabei, dass, wenn die Breiten der Zähne nur unbedeutende Abweichungen darbieten, diess keine wesentliche Störung mitführt, wogegen, wenn in einem Rade von 160 Zähnen 3 oder 5 unmittelbar neben einander liegende 3- oder 4mal so schmal als die übrigen sind, die Gleichförmigkeit selbst bei starker Geschwindigkeit nicht mehr vollständig zu erlangen ist.

Eben so wie eine Scheibe mit weissen und schwarzen Sectoren bei Drehung mit hinreichender Schnelligkeit gleichförmig grau erscheint, erscheint eine Fläche mit regelmässig abwechselnden weissen und schwarzen Quadraten aus hinreichender Entfernung gleichförmig grau. Diess kann einen doppelten Grund haben; entweder, dass Distanzen unter zu kleinem Gesichtswinkel nicht mehr besonders aufgefasst werden können, dann hinge die Erscheinung an der extensiven Schwelle; oder den, dass die Irradiation der weissen Quadrate bei sehr kleinem Gesichtswinkel dieselben in einander fliessen lässt; dann hinge die Erscheinung an der intensiven Unterschiedsschwelle. Möglicherweise können beide Ursachen zusammenwirken; durch die bisherigen Beobachtungen scheint mir nichts darüber entschieden.

Werfen wir von diesen Thatsachen der äusseren Psychophysik wieder einen flüchtigen Vorblick auf die Bedeutung, die sie für die innere gewinnen können. Wenn der Reiz übersetzbar ist in psychophysische Bewegung, so wird auch die Seele trotz eines Vorhandenseins und Spieles psychophysischer Bewegung in einem einpfindungsfreien und gleichförmigen Zustande verharren können, wenn nur gewisse Gränzen nicht überschritten werden. Der erste Fall wird, wie ich künftig zeige, durch den Schlaf, der zweite dadurch verwirklicht, dass die psychophysischen Bewegungen ihrer Natur nach keine gleichförmigen sein können. Wahrscheinlich sind sie oscillatorischer Natur. Aber die Aenderungen der psychophysischen Bewegung werden nicht empfunden, wenn sie nicht eine gewisse Gränze übersteigen; und so werden gleichförmige Empfindungen auf Grund ungleichförmiger Bewegungen möglich.

---

*) Vierordt's Arch. 1852. p. 438. 587.

Hiemit wird uns zugleich erleichtert, eine Vorstellung zu fassen, woran sich eine verschiedene Qualität der Empfindung knüpft. Während die Ungleichförmigkeit der psychophysischen Bewegung nicht als Ungleichförmigkeit der Empfindung empfunden wird; kann doch die Qualität derselben von der Weise derselben abhängen. Jedoch gehört eine Ausführung dieser Andeutungen nicht hieher; und auch in der inneren Psychophysik kann für jetzt erst mit grossem Mass und Rückhalt darauf eingegangen werden.

Der mehrfach bemerkte Umstand, dass das Auge in Betreff der intensiven Lichtempfindung vermöge einer schwachen inneren Erregung sich stets von selbst über der Schwelle befindet, giebt zu einer besonderen teleologischen Bemerkung Anlass.

Sollte es erst einer gewissen Stärke des äusseren Lichtreizes bedürfen, um die inneren Bewegungen, an die sich unsere Lichtempfindung knüpft, bis zur Schwelle zu heben, so würden schwach beleuchtete und schwarze Gegenstände gar nicht erblickt werden und hier die Wirkung der blinden Stelle der Netzhaut entstehen, was unstreitig sehr störend wäre. Sollte anderseits das Auge durch innere Erregung weit über die Schwelle gehoben sein, so würden nach dem Weber'schen Gesetze geringe Zuwüchse von Licht nicht mehr deutlich erkannt werden. Das Schwarz in unserem äusserlich ungereizten Auge ist also, sofern es einen sehr schwachen Lichtgrad repräsentirt, unstreitig das Vortheilhafteste, was bei der Einrichtung unseres Gesichtssinnes stattfinden konnte.

Für das Ohr liegt kein entsprechendes teleologisches Motiv vor; vielmehr kann es hier eher störend erscheinen, wenn jedes kleinste Geräusch gehört werden sollte. In der That haben wir, selbst wenn wir unsere Aufmerksamkeit auf das Ohr richten, im normalen Zustande nichts dem Schwarzsehen Analoges, sondern blos das Gefühl der Stille.

Wie aber das Ohr abnormerweise vermöge innerer Reizung über die Schwelle gehoben sein kann, wo dann Brausen, Klingen u. s. w. eintritt, so kann es auch vermöge Reizlosigkeit tief unter die Schwelle gesunken sein. Hieher gehören die Erfahrungen, die nun erst ihre wahre Deutung finden, dass Personen, die an Torpor des Gehörnerven leiden, nur bei einem Geräusche, als Trommeln, Fahren im Wagen, die Sprechenden gut verstehen. Offenbar muss das starke Geräusch dienen, das Ohr bis zur Schwelle zu heben, wonach auch der Zuwachs des Geräusches, der für sich allein nicht hingereicht haben würde, diess zu bewirken, vernommen werden kann.

Noch will ich folgender Anwendungen der Thatsache der Unterschiedsschwelle gedenken.

Wenn, wie wohl jetzt ziemlich allgemein anerkannt ist, die sog. Irradiation im Auge vielmehr von den optischen Abweichungen des Auges und Beugungsphänomenen als der von Plateau angenommenen Ausbreitung der Lichtwirkung auf der Netzhaut abhängt, so kann diese physische Irradiation mit verstärkter Intensität des Lichtes nicht an Ausdehnung, sondern nur an Intensität zunehmen. Nun haben aber Plateau's Versuche*) gezeigt, dass die vom Auge wahrgenommene Irradiation zwar bei Weitem nicht im Verhältnisse der Intensität des Lichts, aber doch nicht unbeträchtlich mit dieser Intensität bis zu einem gewissen nicht überschreitbaren Maximum wächst.

Es entsprechen nämlich nach seinen Versuchen folgenden Lichtintensitäten i folgende sichtbare Irradiationsbreiten J auf einem schwarzen Grunde; wo das Maximum $i = 16$ die Intensität eines von einem Spiegel unter 30° (gegen die Spiegeloberfläche gerechnet) gespiegelten hellen Himmels war:

$$\begin{array}{llllll} i = & 1 & 2 & 4 & 8 & 16 \\ J = & 40'',9 & 47'',6 & 53'',7 & 56'',0 & 56'',0. \end{array}$$

Mit Rücksicht auf die Unterschiedsschwelle ergiebt sich diess von Plateau gefundene Resultat, dass die sichtbare Irradiation mit der Intensität des Lichtes an Ausdehnung wächst, aber in geringerem Verhältnisse und nicht über eine gewisse Gränze, für eine wirklich constant bleibende physische Irradiationsbreite als ein nothwendiges.

---

*) Pogg. Ann. I. Ergänz. S. 410 ff.

Die weitestmögliche Gränze der sichtbaren Irradiation muss nämlich nothwendig bei der Gränze der physischen liegen. Indem aber bei schwacher Intensität des irradiirenden Lichtes dasselbe schon in grösserer Nähe vom irradiirenden Rande dem Schwarz des Grundes so nahe gleich geworden sein muss, um nicht mehr davon unterschieden werden zu können, muss die Gränze der sichtbaren Irradiation dem irradiirenden Rande um so näher rücken, *je* schwächer das irradiirende Licht ist.

Babinet*) weist in einer Abhandlung über die Dichtigkeit der Kometenmasse darauf hin, dass von zuverlässigen, von ihm namhaft gemachten, Astronomen Sterne der 10, der 11. Grösse und selbst noch darunter, durch den Kometenkern hindurch beobachtet worden sind ohne merkliche Schwächung ihres Glanzes, wogegen nach einer Beobachtung von Valz ein Stern 7. Grösse den Glanz eines glänzenden Kometen fast ganz auslöschte. Hiernach stellt er mit Bezugnahme auf die Bouguer'sche Unterschiedsconstante folgende Betrachtung an:

»Puisque l'interposition d'une comète éclairée par le soleil n'affaiblit pas sensiblement l'éclat de l'étoile devant laquelle elle forme un rideau lumineux, il s'ensuit que l'éclat de la comète n'est pas le soixantième de celui de l'étoile, car autrement l'interposition d'une lumière égale à un soixantième de celle de l'étoile eût été sensible. On peut donc admettre tout au plus, que la comète égalait en éclat le soixantième de la lumière de l'étoile. Ainsi, dans cette hypothèse, en rendant la comète soixante fois plus lumineuse, elle aurait eu un éclat égal à celle de l'étoile, et si on l'eût rendue soixante fois plus lumineuse qu'elle n'était, c'est-à-dire trois mille six cents fois, la comète eût été alors soixante fois plus lumineuse que l'étoile, et, à son tour, elle eût fait disparaître l'étoile par la supériorité de son éclat.« ..... »On peut admettre que le clair de lune fait disparaître toutes les étoiles au-dessous de la quatrième grandeur; ainsi l'atmosphère illuminée par la pleine lune acquiert assez d'éclat pour rendre invisibles les étoiles de cinquième grandeur et au-dessous.«

Babinet knüpft hieran weitere Betrachtungen, wodurch er für die, auch aus anderen Rücksichten höchst gering anzunehmende, Dichtigkeit und Masse der Kometen eine in der That verschwindend kleine Grösse findet, welche uns jedoch hier nicht weiter angehen. Auch gebe ich die vorige Betrachtung nur als Beispiel möglicher Anwendung der Unterschiedsconstante, halte aber die Anwendung des Bouguer'schen Werthes auf Sterne nicht zulässig, aus Gründen, die ich im folgenden Kapitel bespreche; wonach auch das ganze Rechnungsresultat Babinet's prekär wird.

---

*) Compt. rend. 1857. p. 357.

XI. Nähere Angaben über Grösse und Abhängigkeitsverhältnisse der Schwellenwerthe in den verschiedenen Sinnesgebieten.

Absolut feste und allgemein gültige Bestimmungen über die Grösse der Reizschwelle und Unterschiedsschwelle sind in keinem Sinnesgebiete möglich, sofern der Schwellenwerth sehr von der äusseren Anbringungsweise der Reize und dem Zustande der Empfindlichkeit der Organe abhängt, was sehr veränderliche Elemente sind, wozu noch die Schwierigkeit kommt, den Werth, wobei eine Empfindung oder ein Empfindungsunterschied beginnt, genau zu bestimmen. Inzwischen gilt hier das, was in dieser Hinsicht S. 53 bezüglich der Massbestimmungen der Empfindlichkeit im Allgemeinen gesagt worden. Die, wenn auch nur ungefähre, Bestimmung mittler Werthe für gewöhnlich vorkommende Verhältnisse einerseits, extremer Werthe anderseits, behält immer ihr Interesse, und kann selbst vielfach nicht entbehrt werden. Die Abhängigkeit von den Umständen aber ist selbst als ein Gegenstand der Untersuchung anzusehen.

Je niedriger der Schwellenwerth, um so grösser unter sonst gleichen Umständen die Empfindlichkeit. Unstreitig giebt es nach der Einrichtung des menschlichen Organismus eine Gränze, welche in dieser Hinsicht nicht überschritten werden kann; wogegen viele Umstände, theils Abnormitäten der Constitution, der Organe, Zufälligkeiten aller Art die Schwelle heraufrücken können; alle wirklich erhaltenen Schwellenwerthe sind daher nur als obere Gränzen zu betrachten, unterhalb deren die, so zu sagen, ideale Schwelle liegt, welche unter den absolut günstigsten Umständen gefunden werden würde. Die kleinsten Schwellenwerthe, insofern sie nur auf guter Beobachtung beruhen, haben daher das meiste Interesse, indem sie die obere Gränze der wirklichen Gränze am nächsten bringen.

Das Folgende enthält unstreitig keine vollständige Zusammenstellung dessen, was in verschiedenen Gebieten von Angaben über Schwellenwerthe vorliegt; doch werden die folgenden Angaben einen Ansatzpunct zu weiterer Vervollständigung bieten können. Die meisten dieser Angaben werden sich aber nur auf die Unterschiedsschwelle beziehen können, da über die absolute Reizschwelle bisher wenig vorliegt.

1) Intensive Schwelle.

a) Licht und Farbe.

Dass eine Reizschwelle bezüglich der Helligkeitsempfindungen nicht in den Versuch fallen könne, ist früher S. 240 besprochen. Bezüglich der Unterschiedsschwelle sind die bisherigen Angaben im 9. Kapitel mitgetheilt und Folgendes das Resumé.

Bouguer fand durch Versuche mit Schatten, fraglich ob mit oder ohne Bewegung, die Unterschiedsschwelle gleich $\frac{1}{64}$ der Intensität; **Arago** ohne Bewegung bei verschiedenen Individuen $\frac{1}{38}$ bis $\frac{1}{71}$, mit Bewegung $\frac{1}{58}$ bis $\frac{1}{131}$ (vgl. S. 172); **Volkmann** durch Versuche mit Schatten bei verschiedenen Individuen unter Bewegung ungefähr $\frac{1}{100}$ (vgl. S. 149); **Masson** durch Versuche mit der gedrehten Scheibe bei verschiedenen Individuen $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{120}$ und drüber (vergl. S. 152).

Nach **Masson** bleibt der Werth für verschiedene Farben sich gleich, ist aber verschieden für die Augen verschiedener Individuen.

Bei den Versuchen, mittelst deren die obigen Bestimmungen erhalten worden, wurden überall Licht- oder Schattenflächen von einer gewissen Ausdehnung und directes Sehen angewandt. Es ist aber gewiss, dass die Unterschiedsschwelle mindestens bis zu gewissen Gränzen auch von der Ausdehnung der sichtbaren Grössen abhängt, und sich auf den seitlichen Theilen der Netzhaut anders als auf den centralen verhält.

Allgemein verschwindet eine kleine schwarze Fläche auf weissem Grunde oder umgekehrt um so leichter in dem Grunde,

d. h. wird nicht von ihm unterschieden, unter je kleinerem Gesichtswinkel sie gesehen wird, und auf je seitlichere Theile der Netzhaut sie trifft. Linien werden bei gleicher Dicke mit Puncten noch erkannt, wo diese nicht mehr erkannt werden. Auch macht die Farbe einen Unterschied.

Was den Einfluss der Grösse anlangt, so muss schon die Irradiation dahin wirken, dass Objecte von sehr kleinen Dimensionen bei gleicher Entfernung des Auges leichter im Grunde verschwinden, als grössere, worauf nicht immer erfoderlich Rücksicht genommen ist. Dabei ist zu beachten, dass eine schwarze Linie, oder ein schwarzer Punkt auf weissem Grunde sich durch Irradiation eben so wohl ausbreitet unter Verminderung der Schwärze, als ein weisser auf schwarzem Grunde unter Verminderung der Helligkeit; wovon die Thatsache und Theorie durch Volkmann genauer constatirt und entwickelt worden ist[*].

In der That ist natürlich, dass Licht, was durch die Irradiation zerstreut, mithin verdünnt, oder Schwarz, was dadurch mit Licht überlaufen ist, minder leicht respectiv vom schwarzen oder weissen Grunde unterschieden werden kann; auch muss dieser Umstand Puncte in stärkerem Verhältnisse als Linien betreffen. Unstreitig ist daher die Unterschiedsschwelle der Fixsterne sehr beträchtlich grösser als der Bouguer'sche Werth, den Babinet nach S. 253 einer Berechnung zu Grunde legte; d. h. ein Fixstern wird schon bei einem viel stärkeren Intensitätsunterschiede als $\frac{1}{64}$ gegen den Himmelsgrund nicht mehr davon unterschieden werden können, und es würde für manche astronomische Verhältnisse höchst wichtig sein, ihn direct durch Versuche an künstlichen Sternen zu bestimmen[**].

Das Vorige reicht hin, zu zeigen, dass intensive und extensive Schwelle der Lichtempfindung nur mit Bezug zu einander bestimmbar sind. Ich verlasse daher für jetzt diesen Gegenstand, um unter 2., bei Betrachtung der extensiven Schwelle, darauf zurückzukommen, und auch den Einfluss der Irradiation dann weiter zu erörtern.

---

[*] Berichte der Leipz. Soc. 1858. S. 129 ff.

[**] Hiebei wird es nützlich sein, auf Stampfer's Versuche bezüglich einer verwandten Aufgabe in den Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1859. p. 504. 511 Rücksicht zu nehmen.

So ist bemerkt worden, dass auch Farben, um als farbig erkannt zu werden, dem Auge in einer gewissen Ausdehnung dargeboten werden müssen. Schon bei directem Sehen ist es der Fall; noch mehr bei indirectem. Unstreitig spielen Irradiationsverhältnisse und Inductionsverhältnisse (in **Brücke**'s Sinne) des Grundes gegen kleine farbige Flächen eine Rolle bei dem Verschwinden der Farbe, die aber bis jetzt noch ganz unaufgeklärt ist. Die sorgfältigsten Beobachtungen über das Thatsächliche hat **Aubert** angestellt*), doch würden, um bestimmtere Schlüsse zu ziehen, seinen Beobachtungen über das Verhalten farbiger Quadrate auf schwarzem und weissem Grunde in den seitlichen Theilen des Gesichtsfeldes entsprechende über das Verhalten weisser und schwarzer Quadrate auf farbigem Grunde erst noch hinzuzufügen sein.

b) Schallstärke und Tonhöhe.

Schafhäutl**) stellte unter Zuziehung geeigneter Massvorrichtungen Versuche über die Gränze der Hörbarkeit des Schalles an, wenn derselbe durch Herabfallen eines Kügelchens***) aus gemessener Höhe auf eine an ihren Schwingungsknoten durch Schrauben festgehaltene rechtwinklige Platte aus gewöhnlichem Spiegelglase bei fest gegen die Schallplatte fixirter Ohrlage erzeugt wurde. Die horizontale Entfernung des Mittelpunctes der Schallplatte, wo das Kügelchen auftraf, von dem Mittelpuncte der Oeffnung des Ohres, welches den Schall zu vernehmen bestimmt war, betrug dabei 55 Mill., die verticale 74 Mill., die geradlinige 91 Mill. »Erfahrung hat mich gelehrt, sagt der Verf., dass diess die beste Entfernung sei, in welcher das Ohr den leisesten Schall, der es noch zu afficiren im Stande ist, sicher vernimmt.« Das wesentliche Resultat dieser (nicht im Detail beschriebenen) Versuche giebt der Verf. so an:

»Bei meinen Versuchen, die Schallquantität zu bestimmen, welche meinem Ohre noch vernehmlich ist, habe ich gefunden, dass der Schall von einem 1 Milligramm schweren Korkkügelchen durch 1 Millimeter Höhe herabfallend erzeugt, für mein Ohr bei vollkommener Ruhe, also des Nachts, noch durchschnittlich vernehmbar ist. Bei 30 Versuchen dieser Art des Nachts 12 Uhr bei vollkommener Windstille habe ich den durch obiges Experiment erzeugten Schall noch mit voller Entschiedenheit 25mal gehört, ein ähnliches Verhältniss fand auch bei einigen musikalisch gebildeten Ohren jüngerer Leute statt. Von älteren Individuen fanden sich nur wenige vor, welche diesen Schall noch zu hören vermochten, wenn sie ihr Ohr nicht geübt hatten; es gelang jedoch einigen nach mehrfacher Uebung, den obigen Schall noch mit Bestimmtheit zu vernehmen.«

---

*) Gräfe's Arch. f. Ophthalmol. III. S. 38 ff.

**) Abhandl. d. München. Akad. VII. S. 501

***) Bis zum Herabfallen wird dasselbe von einer Pincette gefasst, die man mittelst zweier Drücker öffnet.

»Ich stehe desshalb nicht an, die Schallgrösse, durch den Fall eines 1 Milligramm schweren Korkkügelchens aus 1 Millimeter Höhe hervorgerufen, als akustische Dynamis anzunehmen, welche die durchschnittliche Gränze der dem gesunden menschlichen Ohre unter den Einflüssen unserer Civilisation noch vernehmbaren Schallgrössen bezeichnet.«

Unstreitig würden Versuche mit bedeutenderen Schallgrössen bei grösserer Entfernung des Ohres erwünscht sein, da natürlich kleine störende Einflüsse und Messungsirrthümer hiebei an Einfluss verlieren. Auch ist zu berücksichtigen, dass nach der Sachlage der vorigen Versuche das Hören merklich nur mit einem Ohre geschehen konnte, indess wir im Allgemeinen beide Ohren zu dem Hören verwenden.

Für **Unterschiede** in der Schallstärke scheint nach den S. 175 angeführten Versuchen von **Renz** und **Wolf** so wie von **Volkmann** eine viel geringere Empfindlichkeit zu bestehen, als für Unterschiede von Lichtintensitäten, sofern zwar Schallstärken, die sich etwa wie 3 : 4 verhalten, noch sicher unterschieden werden, nach Massgabe unsicherer aber, als sie sich von da an näher kommen.

Was die **Tonhöhe** anlangt, so besteht nach allgemeiner Annahme eine untere Gränze der absoluten Hörbarkeit von Tönen, und zwar wird sie gewöhnlich bei 30 Schwingungen (Chladni) oder 32 Schwingungen (Biot) in der Sec. angenommen. Inzwischen würde nach den neueren Versuchen von **Savart***) mit der Stabsirene ein Ton noch hörbar sein, der 14 bis 16 Schwingungen in der Secunde entspricht, und er ist geneigt zu glauben, dass es

---

*) *Ann. de Chim. et de Phys. XLVII. p.* 69 oder Pogg. Ann. XXII. S. 596.

nur darauf ankomme, die einzelnen Eindrücke erfoderlich zu verlängern, um noch tiefere Töne hörbar zu machen, so dass es keine eigentliche Gränze darin gebe. Indess widerspricht Despretz*), der Savart's Versuche mit Sorgfalt wiederholt hat, mit Bestimmtheit seinen Angaben, und zieht als Resultat: »dass es gegenwärtig nicht erwiesen ist, dass das Menschenohr Töne von weniger als 32 einfachen Schwingungen vernehmen und bestimmen kann.« Savart sei wahrscheinlich durch die grosse Intensität des Tones seines Apparates irre geleitet worden, der in der That sehr starke, aber nicht mehr musikalische oder nach ihrer Höhe bestimmbare Töne gebe; die also hienach vielmehr den Charakter der Geräusche haben würden.

In der That, wenn Despretz Recht hat, so war es das Geräusch, was schon jeder einzelne Schlag der Stabsirene für sich gab, wegen der sich an einander schliessenden Dauer der Schläge *in continuo* gehört, was die Täuschung eines Tones gab.

Wie es sich auch mit der Differenz zwischen Savart und Despretz verhalten möge, so wäre es absurd, keine untere Gränze der Töne für ein menschliches Ohr anzunehmen. Ein Ton, der durch Schwingungen erzeugt würde, welche die Dauer einer Stunde hätten, könnte selbstverständlich nicht mehr von Menschen als Ton vernommen werden. Vielleicht von anders organisirten Wesen; doch gewiss nicht von Menschen.

Die Hörbarkeit der Töne scheint nicht blos eine untere, sondern auch eine obere Gränze zu haben.

Sauveur in den *Mém. de l'Acad. Ann.* 1700 setzt die obere Gränze bei 12400 Schw. in der Secunde. Wollaston glaubt, die Stimme der Fledermaus und des Feldheimchens bildete die Gränze der höchsten wahrnehmbaren Töne. Von den tiefsten Tönen der Orgel bis zu den höchsten der Insecten seien die Schwingungen 600 bis 700mal rascher, was die obere Gränze auf 19000 bis 22000 einfache Schwingungen bringen würde. Biot nimmt sogar nur 8192, Chladni 12000, Olivier**) 16000, Young 18000 bis 20000 als obere Gränze an.

Savart fand inzwischen, dass, wenn man nur die hohen Töne in hinreichender Stärke erzeugte, wozu ihm ein gezähntes

---

*) *Compt. rend.* XX. p. 1214; Pogg. Ann. LXV. p. 440.

**) Urstoff der m. Spr. S. 12.

Rad diente, dessen Zähne an einen dünnen Körper anschlugen, noch Töne, welche 48000 einfachen Schwingungen (= 24000 Schlägen) entsprechen, gehört werden können und Despretz zieht aus seinen Versuchen mit kleinen Stimmgabeln das Resultat, dass das Ohr Töne bis zu 73000 Schwingungen noch vernehmen, bestimmen, classificiren (*entendre, apprécier, classer*) kann, »dass aber das Hören sehr hoher Töne nicht so rasch geschieht, dass man dieselben in die musikalische Skala einführen könnte.«

Man kann es nach Allem noch in Frage stellen, ob die Gränze der Hörbarkeit hoher Töne schon erreicht sei, und nicht bei grösserer Verstärkung auch noch höhere Töne hörbar sein würden. Auf der anderen Seite ist sehr möglich, dass entweder die Nerven an sich unfähig sind, zu hohe Töne zu vernehmen, oder das Trommelfell mit seinen Annexen unfähig, solche aufzunehmen.

Das Vorige betraf die absolute Hörbarkeit von Tönen. Was die Unterscheidung von Tonhöhen anlangt, so scheint die Empfindlichkeit dafür ohne Vergleich grösser zu sein, als für die Unterscheidung von Schallstärken.

A. Seebeck[*]) vermochte an zwei Stimmgabeln, welche fast genau im Einklange standen, so dass die eine 1209, die andere 1210 Schwingungen in der Secunde machte (mit Hülfe der Stösse bei gleichzeitigem Erklingen bestimmt), noch zu bemerken[**]), dass die eine eine Spur tiefer »als die andere war.« »Es wurde (sagt Seebeck) dieses kleine Intervall noch eben vom völligen Einklange unterschieden. Es braucht nicht erinnert zu werden, dass diese Unterscheidung schon ein wohlgeübtes Ohr verlangt; allein obgleich ich Grund habe, meinem Gehöre nach dieser Seite hin ziemlich viel Schärfe zuzutrauen, so kann ich doch nicht bezweifeln, dass das Ohr eines Stimmers, eines Violinspielers u. s. f. darin noch weiter zu gehen vermag. Zwei vorzügliche Violinspieler, denen ich eben jene beiden Gabeln vorlegte, waren nicht im Mindesten zweifelhaft, welche von denselben die höhere sei. Dass in diesem Falle die beiden Töne dem Klange nach gleich waren, mag wohl zur genaueren Unterscheidung ihrer Höhe günstig sein: auch ist vielleicht nicht in allen Höhen ganz dieselbe Schärfe zu erreichen.«

---

[*]) Pogg. Ann. LXVIII. S. 463.

[**]) Unstreitig wohl, wenn er sie nach einander erklingen liess, obschon diess nicht ausdrücklich angegeben ist.

Frühere Angaben über die Empfindlichkeit des Ohres für Tonunterschiede reichen bei Weitem nicht so hoch. W. Weber*) bemerkt gelegentlich, dass das Ohr unter günstigen Umständen unmittelbar (d. h. ohne Hülfe der Stösse und ohne Mittelwerthe zu nehmen) die Töne so genau zu bestimmen vermag, dass der Fehler auf 200 Schwingungen nie mehr als 1 Schwingung beträgt.

Delezenne**) hat nicht blos die eben merkliche Abweichung von der Reinheit des Einklanges bestimmt, wie bei den bisherigen Bestimmungen der Fall; sondern auch von anderen Intervallen, als Octave, Quinte, grosse Terz, grosse Sexte. Man kann bemerken, dass diess heisst, nicht die eben merkliche Abweichung eines Tones von einem anderen, sondern eines Tonunterschiedes oder Tonverhältnisses von einem anderen bestimmen; indem jedes reine Intervall zwischen zwei nach einander angeschlagenen Tönen einen Unterschied, das unreine einen etwas davon abweichenden Unterschied darstellt. Es kann aber der Fall, wo man die eben merkliche Abweichung von der Reinheit des Einklanges bestimmt, als ein besonderer Fall des allgemeinen Falles angesehen werden, als der nämlich, wo man die Abweichung von einem Nullunterschiede zweier Töne bestimmt.

Die Versuche wurden so angestellt. Eine auf einem Monochord (*sonomètre*) über zwei Stege gespannte Saite, deren Länge zwischen den Stegen genau 1147 Millimeter betrug, und die 120 Schwingungen in der Secunde machte, wurde in einem Puncte ihrer Länge so durch einen untergesetzten beweglichen Steg abgetheilt, dass beide Theile der Saite durch ihre Töne eines der obigen Tonintervalle gaben. Der bewegliche Steg war zugeschärft: er wurde so unter die Saite gestellt, dass er die Spannung derselben nicht vermehrte, und durch eine andere scharfe Kante dagegen gedrückt. Delezenne versicherte sich nun erst von der Reinheit des Tonintervalles. Dann wurde der bewegliche Steg ein wenig, bis zu 1 oder einigen Millimetern rechts oder links gerückt; und von dem Beobachter geurtheilt, wenn eine Abweichung von der Reinheit des Intervalles bemerklich wurde; andermal auch, ohne dass der Beobachter sehen konnte, der Steg so lange verstellt, bis die Reinheit des Intervalles erreicht schien, und zugesehen, bis wie weit der Irrthum gieng.

Obwohl diese Versuche mit grossem Fleisse und mit Sorgfalt angestellt scheinen, fehlt doch leider eine eigentlich exacte Methode dabei, so dass man der Vergleichbarkeit der gefundenen Zahlen nicht zu viel Zutrauen schenken kann. Es wäre daher sehr zu wünschen, dass diese für die musikalische Ausübung wie für die Theorie der musikalischen Empfindungen gleich wichtigen Bestimmungen theils nach der Methode der richtigen und falschen Fälle, theils der mittleren Fehler, unter jedesmaliger genauer Wahrung der Vergleichbarkeit, mit verschiedenen Personen von schlechtem und gutem Gehöre wiederholt würden, da die vom Verf. angewandte Methode der eben merklichen Unterschiede oder der Gränzfehler, die man begeht, kein hinreichend scharfes Resultat gewähren kann.

---

*) Pogg. XIV. S. 398.

**) *Recueil des travaux de la soc. de Lille* 1827. p. 4.

Folgendes ist das Ergebniss von Delezenne's Versuchen.

Wenn bei einer Saite von 1147 Millimeter Länge, welche 120 Schwingungen in der Sec. gab, ein in der Mitte untergesetzter Steg ein wenig verrückt und hiedurch der Einklang der beiden Theile der Saiten gestört ward, so gehörten sehr feine Ohren dazu, um einen Unterschied zwischen den nach einander gehörten Tönen beider Theile wahrzunehmen, wenn der Steg nur um 1 Mill. von der Mitte abgerückt ward, der eine Theil der Saite also $\frac{1147}{2} + 1$, der andere $\frac{1147}{2} - 1$ Mill., mithin das Verhältniss ihrer Längen und zugleich ihrer Schwingungszahlen $\frac{1149}{1147}$ betrug. Bei einem Verhältnisse $\frac{1151}{1143}$ ward der Unterschied auch von ganz ungeübten Ohren erkannt.

»Si l'on déplace le chevalet mobile de deux millimètres à droite ou à gauche, la différence devient sensible aux oreilles les moins exercées, ainsi que je m'en suis assuré sur plusieurs personnes. Si le déplacement du chevalet n'est que d'un millimètre, il faut avoir l'oreille assez délicate pour s'en apercevoir immédiatement. La personne soumise à cette épreuve ferme les yeux, soit pour n'être pas distraite par les objets environnants, soit pour ignorer les déplacements feints ou réels du chevalet et éviter ainsi de se prévenir dans le sens du changement qu'elle verrait opérer. Une oreille très-délicate est donc sensible à cette légère différence. Admettons que ce soit la limite extrême de la sensibilité de l'oreille humaine, et calculons les rapports entre ces deux sens si peu différents. Nous verrons

$$\frac{\frac{1147}{2} + 1}{\frac{1147}{2} - 1} = \frac{1149}{1145} = \left(\frac{81}{80}\right)^{0,2807}$$

l'oreille la mieux organisée est donc sensible à une différence de 4 vibrations sur 1149!!«

»Pour comparer cet intervalle à celui représenté par le comma $\frac{81}{80}$, et que nous prendrons partout pour unité, nous dirons, que l'oreille est à peine sensible à un quart de comma, sur l'unisson.«

»Nous avons vu, qu'un déplacement de 2 millim. était sensible aux personnes qui n'avaient jamais essayé de comparer des sons. — Nous trouvons, pour les sons ainsi comparés, l'intervalle

$$\frac{\frac{1147}{2}+2}{\frac{1147}{2}-2}=\frac{1151}{1143}=\left(\frac{81}{80}\right)^{0,561}$$

Ces personnes là sont donc sensibles à une différence de 8 vibrations sur 1151, ou à un intervalle un peu supérieur au demi-comma.«

Ziehen wir die entsprechend bestimmten Resultate für die anderen Intervalle mit zu, so vermag überhaupt nach Delezenne ein sehr empfindliches Ohr eine Abweichung von folgenden Intervallen eben noch zu unterscheiden, wenn das Verhältniss der Schwingungszahlen das beistehende ist, und die Töne nach einander gehört werden.

$$\text{Einklang}\ \frac{1149}{1145}=\left(\frac{81}{80}\right)^{0,2807}$$

$$\text{Octave*)}\ \frac{\frac{2}{2}\cdot1147+1}{\frac{1}{2}\cdot1147-1}=2\left(\frac{81}{80}\right)^{0,31}$$

$$\text{Quinte}\ \frac{\frac{3}{2}\cdot1147-\frac{1}{2}}{\frac{2}{2}\cdot1147+\frac{1}{2}}=\frac{3}{2}\left(\frac{80}{81}\right)^{0,1461}$$

$$\text{grosse Terz}\ \frac{\frac{5}{4}\cdot1147+1}{\frac{4}{4}\cdot1147-1}=\frac{5}{4}\left(\frac{81}{80}\right)^{0,284}$$

$$\text{gr. Sexte**)}\ \frac{\frac{5}{3}\cdot1147+1}{\frac{3}{3}\cdot1147-1}=\frac{5}{3}\left(\frac{81}{80}\right)^{0,291}$$

oder

$$\frac{\frac{5}{3}\cdot1147-1,5}{\frac{3}{3}\cdot1147+1,5}=\frac{5}{3}\left(\frac{80}{81}\right)^{0,441}.$$

Wie man sieht, wird die Abweichung von der Quinte verhältnissmässig am deutlichsten empfunden.

c) Gewichte.

Ueber die kleinstmöglichen absoluten Gewichte, deren Druck noch auf verschiedenen Hautstellen empfunden wird, hat Kammler eine Versuchsreihe in Verbindung mit einigen Mitarbeitern (Aubert, Förster, Trenkle) angestellt, und die Resultate in s. Dissertation: Experimenta de variarum cutis regionum minima pondera sentiendi virtute. Vratislaviae 1858 veröffentlicht. Die Versuchsweise war die, dass leichte Gewichte aus Hollundermark, Kork, Kartenpapier, von 9 Qu. Mill. Grösse und verschiedenem, nach Umständen durch eine Auflage vergrösserten, Gewichte ganz langsam und möglichst senkrecht auf den zu prüfenden Theil herabgelassen wurden, zu welchem Zwecke ein feiner bogenförmiger Messingdraht oder eine Schweinsborste so an zwei in einer Diagonale liegenden Ecken befestigt war, dass das Gewichtchen die Gestalt eines Steigbügels annahm, an dessen oberer Krümmung ein Baumwollenfaden zum Halten des Gewichtchens befestigt war.

---

*) Für Personen, die ganz ungeübt in Vergleichung von Tönen waren, fand sich $\frac{1151}{1143}=\left(\frac{81}{80}\right)^{0,561}$.

**) Je nach der Verruckungsweise des Steges nach rechts oder links.

Die Specialmittheilung sämmtlicher Resultate würde hier zu weit führen, da die ganze Oberfläche des Menschenkörpers von verschiedenen Beobachtern mit Versuchen durchmessen ist. Ich bemerke nur Folgendes: Die Reihenfolge der Empfindlichkeit der Theile hat nichts mit derjenigen gemein, welche Weber nach seinen Versuchen mit Zirkelspitzen über den Tastsinn aufgestellt hat. Sie stimmte bei den 4 Beobachtern nahe, doch nicht völlig überein. Zu den empfindlichsten Theilen gehörten Stirn und Schläfe, Augenlider, Dorsalseite des Vorderarms, wo meist 0,002 Grammen verspürt wurden; die Finger waren im Allgemeinen viel weniger empfindlich.

Folgendes sind überhaupt die Specialangaben für die empfindlichsten Theile, wo die leichtesten Gewichte so eben verspürt wurden.

0,002 Grammen wurden verspürt von Aubert an: Stirn, Schläfen, rechtem und linkem Vorderarme mit dem Gelenke beiderseits auf Volar- und Dorsalseite, äusserem Theile des Metacarpus des Daumes und Rücken beider Hände. — Von Kammler an: Stirn, Schläfen, Dorsalseite des rechten Vorderarmes, Rücken beider Hände. — Von Förster an: Stirn, Schläfen, oberem und unterem Augenlide, Nase. — Von Trenkle an: Nase, Lippen.

0,003 Grammen, von Aubert an: äusserem Theile des Metacarpus des rechten Daumen. — Von Kammler an: Volartheil beider Vorderarme und Dorsaltheile des linken Vorderarmes; äusserem Theile des Metacarpus des linken Daumen.

0,04 Grammen, von Kammler an: äusserem Theile des Metacarpus des rechten Daumen.

0,05 Grammen, von Aubert an: Nase, Lippen, Kinn, unterem und oberem Augenlide, Mitte des Bauches u. s. w. — Von Kammler an: Nase, Lippen, Kinn, unterem und oberem Augenlide, Mitte des Bauches u. s. w. — Von Förster an: Lippen, Bauch u. s. w. — Von Trenkle an: Stirn, Lippen, unterem und oberem Augenlide, Bauch, Vorderarme u. s. w.

Als schwerstes Gewicht, was so eben noch verspürt ward, wird 1 Gramme auf den Nägeln der Finger und (bei Aubert) der rechten Ferse angeführt.

In Betreff der Gewichtsunterschiede sind schon S. 138

die Resultate mitgetheilt, welche E. H. **Weber** gelegentlich der Bewährung des **Weber**'schen Gesetzes gewonnen. Seine Abhandlung*) enthält jedoch noch ausführlichere Versuche über den kleinsten erkennbaren Gewichtsunterschied je nach Zuziehung des blossen Druckgefühles oder des Druck- und Muskelgefühles in Verbindung, und je nach Verschiedenheit der Theile, auf welche der Druck geäussert wird.

Bei den folgenden Versuchen lagen die zwei gegen einander abzuwiegenden Gewichte auf den zwei verschiedenen Händen und der eben merkliche Unterschied derselben ward vergleichungsweise nach dem S. 138 angegebenen Verfahren bestimmt: a) mittels des blossen Druckgefühls, während die Hände auf dem Tische aufliegen blieben; b) mittelst des vereinigten Druck- und Muskelgefühls, indem die Hände erhoben wurden. Während nun jedesmal von 32 Unzen Gewicht auf jeder Hand ausgegangen ward, ward der Unterschied bemerklich, wenn das Gewicht auf der einen Hand um folgende Grössen vermindert ward:

		a	b
1)	Kaufmann, ungeübt . . .	6	1
2)	Gelehrter, Mathematiker	6	2,5
3)	E. H. **Weber** selbst . .	16	2
4)	Kaufmann, ungeübt . . .	8	4
5)	Jungfrau	16	2
6)	Frau	16	4
7)	Frau	12	2
8)	Student	8	3
9)	Student	12	2
10)	Student	8	1,5
11)	. . . .	15	1,5
12)	. . . .	10	1,5
13)	. . . .	18	8
14)	. . . .	12	6
15)	. . . .	6	4
16)	. . . .	8	1
17)	. . . .	8	4
	Mittel	10.88	2,93

---

*) *Programmata collecta p. 81 sq.*

Bei folgenden Versuchen [*]) wog der Beobachter mit derselben Hand zwei Gewichte wechselnd ab, die in zwei zusammengeschlagenen Tüchern hiengen, deren vereinigte Zipfel jedesmal von der Hand umfasst wurden. »Von 10 Personen, die zur Hälfte männlichen Geschlechts waren, welche 78 und 80 Unzen auf die beschriebene Weise in Tüchern zur Hebung der Gewichte verglichen, waren nur zwei, welche das schwerere Gewicht von dem leichteren nicht unterscheiden konnten, 7 von ihnen bestimmten bei 3 mit Jedem angestellten Versuchen jedesmal richtig, welches Gewicht schwerer sei. Bei einigen von ihnen wurden 4 bis 7 Versuche angestellt, und in allen diesen Fällen bestimmten sie das Gewicht richtig. Einer von den 10 Beobachtern bestimmte bei 8 mit ihm angestellten Versuchen sieben Mal richtig und ein Mal falsch.«

Weber hält dafür, dass bei dieser Versuchsweise das Muskelgefühl allein in Betracht komme, worin ich ihm nach der Anmerkung S. 199 nicht ganz beistimmen möchte.

Bei folgenden Versuchen [**]) wurde auf die gleichnamigen Theile beider Körperseiten (bei den beiden letzten Theilen auf die Medianlinie) das constante Gewicht von je 6 auf einander gethürmten Speciesthalern gelegt, deren jeder ein wenig unter 2 Unzen wog, so dass das Totalgewicht auf jeder Seite nahe 12 Unzen war. Von diesen Speciesthalern wurde auf der einen Seite einer nach dem anderen weggenommen, bis der Gewichtsunterschied spürbar ward. Folgende Tabelle (p. 96) giebt die Zahl der Speciesthaler, die weggenommen werden mussten, damit der Unterschied merklich ward (das Subject der Versuche ist nicht bezeichnet).

Volarfläche der Finger	1
Volarfläche der Hand [***]) . . .	2
Dorsalfläche der Finger	2
Innere Armfläche	4
Fusssohle in capitulis metatarsi	1
Concaver Theil der Fusssohle .	4
Ferse des Fusses	3

---

[*]) Tasts. und Gemeing. p. 546.

[**]) *Progr. coll.* p. 96.

[***]) Superficies volaris metacarpi manus.

Gastrocnemii	4
Seitentheile der Stirn	1
Behaarter Theil des Hinterkopfes	4
Vorderer Theil der Brust	4
Schulterblatt	2
Seitentheile des Unterleibes	4
Medianlinie des Rückens beim Schulterblatte	5
Medianlinie des Unterleibes	5

Mit diesen Versuchen kann man noch die nach der Methode der Aequivalente in Beziehung setzen, welche im 12. Kapitel angeführt werden.

d) Temperatur.

Ueber die Grösse der eben merklichen Temperaturunterschiede hat E. H. Weber[*]) einige Angaben mitgetheilt, wonach man bei der Methode des abwechselnden Hände-Eintauchens in zwei Gefässe mit ungleich warmem Wasser bei grosser Aufmerksamkeit mit der ganzen Hand noch die Verschiedenheit zweier Temperaturen entdecken kann, die nur $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ Grad R. beträgt; doch hat er dabei die Temperaturen, in denen diese Unterschiede bemerklich sind, nicht genauer bestimmt. Ich habe gefunden, dass sich in mittleren Temperaturen noch kleinere Unterschiede erkennen lassen, und dass sie nach Massgabe der Temperatur sehr verschieden ausfallen. Hierüber vergleiche man das, was im 9. Kapitel S. 202 ff. mitgetheilt worden.

Ueber die Grade von Hitze und Kälte, welche Schmerz hervorzurufen im Stande sind, sind die Versuche und Erörterungen von E. H. Weber in derselben Abhandlung S. 571 ff. nachzulesen.

2) Extensive Schwelle.

a) Gesichtssinn.

Im Grunde sind alle Ausdehnungen, die wir auf der Netzhaut auffassen, in dem allgemeinen Gesichtsfelde abgegränzte, und man kann die Frage aufwerfen, welche Zahl Empfindungskreise würden dazu gehören, überhaupt ein Gesichtsfeld von merkbarer Ausdehnung für die Empfindung zu produciren, eine Frage, die wohl von der zu unterscheiden ist: welcher Bruchtheil der einmal vorhandenen Anzahl gehört dazu, einen Theil des allgemeinen Gesichtsfeldes als unterschieden von dem übrigen aufzufassen, wenn er in unterschiedener Weise von dem übrigen erregt wird. Zur Entscheidung jener Frage liegt aber bisher kein Weg vor, und so abstrahire ich hier von derselben, ungeachtet sie eigentlich die Grundfrage nach einer extensiven Schwelle ist, um nur mit Einigem in einem späteren Kapitel aus theoretischem Gesichtspuncte auf dieselbe zurückzukommen, und wende mich zur Untersuchung der extensiven Schwelle in folgendem Sinne.

---

*) Der Tastsinn und das Gemeingefühl, Wagner's Wört. S. 534.

Welches sind die kleinsten mit dem Auge noch eben erkennbaren Grössen, Distanzen, Grössen- und Distanzunterschiede?

Die Aufgabe, die kleinste noch erkennbare Distanz zu bestimmen, fällt eigentlich mit der, die kleinste noch erkennbare Grösse zu bestimmen, zusammen, sofern man ja den Durchmesser irgend einer noch eben erkennbaren Grösse zugleich als eine noch eben erkennbare Distanz zwischen ihren Gränzpuncten, umgekehrt die noch eben erkennbare Distanz als eine noch eben erkennbare Grösse betrachten kann. Doch scheiden sich die Versuche in solche, wo ein Punct, eine Linie, ein Faden, eine kleine Fläche auf einem ausgedehnten gleichförmigen Grunde betrachtet und zugesehen wurde, bei welchem Augenabstande, und mithin bei welchem Gesichtswinkel diese kleine Grösse noch erkennbar war oder verschwand, und in solche, wo zwei oder mehr distante Puncte, Linien, Fäden, kleine Flächen auf einem gegebenen Grunde betrachtet wurden, und zugesehen ward, bei welchem Gesichtswinkel ihres gegenseitigen Abstandes gleichförmiges Verschmelzen eintrat. Erstere Versuche mögen hier speciell als solche über kleinste noch erkennbare Grössen, letztere als solche über kleinste erkennbare Distanzen bezeichnet werden. Die Versuchsverhältnisse sind dabei insofern verschieden, als bei ersteren die den Erfolg der Versuche sehr wesentlich mitbetheiligende Irradiation blos von 2 Gränzen, bei letzteren von 4 Gränzen aus in Betracht kommt.

Jede Grösse, die noch mit dem Gesichte erkannt werden soll, wird überhaupt auf einem gewissen Grunde erscheinen, und also nur nach Massgabe des Unterschiedes vom Grunde erkannt werden, wonach die Frage der extensiven Schwelle für das Gesicht mit der Frage der intensiven Unterschiedsschwelle zusammenhängt, und in dieser Hinsicht schon S. 256 zur Sprache kam. Eine sichtbare Grösse wird bei gleicher Extension um so leichter unterschieden, je grösser der relative Lichtunterschied ist, andererseits (bis zu gewissen Gränzen wenigstens) bei gleichem relativen Unterschiede um so leichter, je grösser sie ist. Mag der Grund schwarz und die davon zu unterscheidende Fläche weiss sein oder umgekehrt, so wird diess gültig bleiben.

Twining*) hat absichtlich Versuche auf die Ermittelung eines gesetzlichen Verhältnisses in dieser Hinsicht gerichtet, indem er bestimmte, bei welchen Entfernungen einer beleuchtenden Lampe schwarze runde regelmässig geordnete Flecke auf einem weissen Grunde, der sein Licht nur von dieser Lampe erhielt, als gesondert zu erscheinen aufhörten, wenn das Auge in verschiedene Entfernung davon gebracht ward, wodurch er zu dem Gesetze geführt wurde, dass, während die Abstände des Auges in geometrischer Progression abnehmen, die zugehörigen Lampendistanzen in arithmetischer Progression wachsen**).

Setzt man nun die Beleuchtungsintensität J den Quadraten der Lampenabstände L, und die scheinbaren Durchmesser D der schwarzen Flecke den Augenabständen A reciprok, so kann man für L substituiren $\sqrt{\frac{1}{J}}$ und für A substituiren $\frac{1}{D}$; wonach sich der Ausdruck des Gesetzes in den übersetzt, dass gleichen Verhältnissen $\frac{D'}{D}$ gleiche Differenzen $\sqrt{\frac{1}{J}} - \sqrt{\frac{1}{J'}}$ zugehören. Ein solches Gesetz ist an sich nicht wahrscheinlich, und die von

---

*) **Twining**, Enquiries concerning Stellar Occultations by the Moon and the Planets. — experiments upon Light and Magnitude in relation to Vision, in American J. of sc. 1858. Juli. V. C. XXVI (2). p. 15.

**) Der Verfasser selbst spricht das Resultat dieser Versuche (p. 23) so aus:

»That while the distances of the eye diminish in a geometrical ratio, the corresponding distances of the light increase in a arithmetical ratio. In other words, the distance of the light is a logarithm of the linear magnifying effect.«

»One remarkable result of this law is that a small fractional change of a faint light possesses as great efficacy to balance a given magnifying effect as a large fractional change of a much brighter light.«

Twining gestellte Voraussetzung, dass A reciprok mit D sei, wegen des unter den Umständen dieser Versuche unmöglich zu vernachlässigenden Einflusses der Irradiation, wovon sogleich die Rede sein wird, unstreitig nicht zulässig. Ungeachtet daher die Versuche des Verfassers, wie man unten sehen kann, sehr gut zu dem angegebenen Gesetze stimmen, ist es doch wahrschsheinlich vielmehr nur ein empirischer Ausdruck, an dessen Allgemeingültigkeit unter anderen Versuchsumständen man noch zweifeln kann, als ein wirkliches Naturgesetz. Inzwischen sind doch diese Versuche nicht ohne Interesse, sofern daraus hervorgeht, dass die Beleuchtungsintensitäten, bei welchen das deutliche Erkennen der Flecke beginnt oder aufhört, sich in sehr starkem Verhältnisse vergrössern, wenn ein grosser Augenabstand in gegebenem Verhältnisse vergrössert wird, dagegen in geringem Verhältnisse, wenn ein kleiner Augenabstand in demselben Verhältnisse vergrössert wird. So entsprechen den beiden grössten Augenabständen 107,29 und 134,11 engl. Zoll, die der Verfasser anwandte, deren Verhältniss 4 : 5 ist, die Lampenabstände 29,5 und 15,5 engl. Zoll, d. i. ein Verhältniss der Beleuchtungsintensitäten 1 : 3,62, hingegen den beiden kleinsten Augenabständen, die er anwandte, 28,12 und 35,16 Zoll, deren Verhältniss auch 4 : 5 ist, die Lampenabstände 131,6 und 110,5, d. i. ein Verhältniss der Beleuchtungsintensitäten 1 : 1,419. Und hierin wird man immer einen allgemeinen Anhalt finden können.

Das Wesentliche des Apparates, den der Verfasser anwandte, besteht in einem inwendig und auswendig geschwärzten, übrigens überall verschlossenen Kasten, der aber an seiner Vorderseite eine quadratische Oeffnung hat, durch welche von einer Seite Licht einfällt, indess von der anderen Seite hineingesehen wird, wobei die beleuchtende Lampe und das Auge nur so weit seitlich (auf der entgegengesetzten Seite der Oeffnung) sind, um sich bei der Beleuchtung und dem Hineinsehen nicht zu hindern. Auf der Rückwand im Innern des Kastens befindet sich ein Papier mit kleinen runden, gleichweit von einander entfernten regelmässig angeordneten schwarzen Flecken*), welches die Beleuchtung empfängt, und auf welches gesehen wird. Während nun das Auge in verschiedenen Versuchen in verschiedene Abstände von der Hinterwand des Kastens gebracht wird, wird die

---

*) »A paper regularly marked with small black round spots equidistant and regularly arranged.« Ueber Grösse und Abstand der Flecke von einander ist nichts angegeben.

Lampe jedesmal verschoben, näher oder ferner gerückt, bis die schwarzen Flecke sich eben deutlich zu sondern anfangen, oder die deutliche Sonderung derselben eben aufhört*). Die Lampe war bis auf die zum Austritte des Lichtes erfoderliche Oeffnung umhüllt, und das Auge sahe durch ein, auf einem Gestell angebrachtes Rohr (eye-tube) von 0,16 Zoll Circularöffnung (circular aperture) und 3 Zoll Länge. Rohr und Lampe waren auf graduirten langen Bretern oder Latten verschiebbar, welche unter einem kleinen Winkel nach dem Kasten convergirten, und zwar war das Bret, auf dem das Augenrohr verschoben wurde, nach einer geometrischen Progression mit dem Exponenten ⅘ eingetheilt. Vor der quadratischen Oeffnung im Kasten war noch ein geschwärzter Schirm mit einer jener Oeffnung entsprechenden Oeffnung angebracht, um zerstreutes Zimmerlicht abzuhalten.

Folgende Tabelle enthält in (engl.) Zollen die Resultate der Beobachtungen**). Bei jeder Augendistanz wurden nach der Angabe im Original vier Paar (four pairs) Beobachtungen angestellt, doch giebt die Tabelle blos je 4 Zahlen, die also wohl Mittel aus je zwei sind. Die aufeinander folgenden Augendistanzen stehen in dem geometrischen Verhältnisse ⅘, und die letzte Spalte berechnet giebt die Lampendistanzen, nach der Voraussetzung berechnet, dass jenem geometrischen Verhältnisse der Augendistanzen eine arithmetische Differenz 16,0 Zoll der Lampendistanz zugehöre.

Augenabstand.	Lampenabstand.				Mittl. Lampenabstand.	berechnet.
134,11	14,5	14,8	18,2	14,5	15,5	14,8
107,29	34,3	29,5	27,6	26,4	29,5	30,8
85,83	40,5	51,7	50,6	46,5	47,3	46,8
68,66	57,4	69,2	61,9	64,7	63,3	62,8
54,93	74,9	77,1	74,7	79,1	76,5	78,8
43,95	99,0	90,5	88,3	90,2	92,0	94.8
35,16	114,1	106,5	110,0	111,4	110,5	110,8
28,12	138,4	122,6	132,1	133,4	131,6	126,8

Schon früher wurde geltend gemacht, dass die Unterscheidbarkeit kleiner sichtbarer Grössen vom Grunde sehr von Irradiationswirkungen mit abhängig sei. Dieser Einfluss wird jetzt näher zu erwägen sein. Wir fassen dabei unter Irradiation die von optischen Abweichungen und Beugung abhängige physische Lichtausbreitung des Eindruckes auf der Netzhaut zusammen.

---

*) »Till the cluster of black spots became just resolved—or was just ceasing to be visible as a distinct cluster.«

**) Bezüglich der letzten, kleinsten, Augendistanz bemerkt der Verf. »At the nearest station (and greatest corresponding lamp-distance) the faint illumination and consequent straining of the eye created occasional brief paroxysms of distinct and magnified vision which introduced uncertainty.«

Bei allen Versuchen über die kleinste erkennbare Grösse oder Distanz geht man bis zu einer solchen Kleinheit mit der Grösse oder Distanz herab, oder entfernt sich so weit von derselben, dass abgesehen von der Irradiation das Bild auf der Netzhaut sich zu einem Puncte oder einer Linie von einem ganz unerheblichen Durchmesser zusammenzieht, und im Allgemeinen hat man, bis auf Volkmann in seiner neueren Abhandlung über Irradiation *), den Durchmesser des kleinsten erkennbaren Bildes oder die kleinste erkennbare Distanz ohne Rücksicht auf Irradiation berechnet. Aber Volkmann's feine Versuche, deren Resultate unten folgen, haben ausser Zweifel gestellt, dass selbst bei den besten und bestaccommodirten Augen eine merkbare und messbare Ausbreitung des Lichteindruckes durch Irradiation stattfindet; und hält man seine Data über die Grösse des Irradiationskreises bei möglichst deutlichem Sehen zusammen sei es mit seinen oder mit den Angaben anderer Beobachter über noch kleinste erkennbare Grössen, so findet man, dass der Durchmesser des Irradiationskreises zum Durchmesser der abgesehen von Irradiation berechneten Bilder der kleinsten erkennbaren Grössen (oder zu den kleinsten erkennbaren Distanzen) nicht nur ein sehr erhebliches Verhältniss gewinnt, sondern selbst denselben im Allgemeinen um Vieles übersteigt, wonach der Lichteindruck erheblich ausgedehnter, zugleich aber vermöge der Zerstreuung schwächer sein muss, als ihn diese Berechnung für die kleinsten erkennbaren Grössen finden lässt.

In der That, nach Volkmann's unten folgenden Messungen verbreitert sich der Rand eines in Glanzlicht erscheinenden Silberfadens auf schwarzem Grunde nach der Seite des Schwarz hin um 0,0012 bis 0,0032 **) Mill. = 0,000532 bis 0,001418 Lin. in Min. und Max. von 6 Personen bei bestmöglicher Accommodation des Auges, und, wenn der Faden schwarz gegen einen hellen

---

*) Berichte der sächs. Soc. 1858. S. 129.

**) Als Hälfte des später angegebenen Werthes *R*.

Hintergrund gesehen wird, um 0,0003 bis 0,00485 Mill., indess z. B. nach Hueck der Sehwinkel, unter dem ein weisser Strich auf schwarzem Grunde eben verschwindet, der also die Gränze der noch eben erkennbaren Strichbreite bezeichnet, 2 Sec. beträgt, was 0,000145 Mill. auf der Netzhaut repräsentirt.

Da nun nach der S. 252 gemachten Bemerkung die Ausdehnung der von physischen Umständen abhängigen Irradiation nicht mit der Stärke des Lichtes wachsen kann, so wird das Licht eines intensiven und eines lichtschwachen Punctes dadurch über denselben Raum ausgebreitet, aber der des lichtschwachen kann dadurch bis zur Unmerklichkeit gegen den Grund abgeschwächt werden, indess der des lichtstarken noch merklich dadurch bleibt.

Wenn überhaupt ein Lichtpunct nicht intensiv genug ist, um im Centrum des Irradiationskreises noch um die Unterschiedsschwelle vom Grunde unterschieden zu sein, kann er nicht mehr erkannt werden. Wendet man einen schwarzen Punct auf weissem Grunde statt umgekehrt an, so machen sich analoge Betrachtungen geltend, sofern die umgebenden Lichtpuncte sich durch Irradiation verdünnen, und den schwarzen Punct mit Licht überlaufen lassen, wodurch eben so eine Ausbreitung des schwarzen Punctes durch Irradiation unter Abschwächung seiner Schwärze entsteht, als eine Ausbreitung weisser Puncte auf schwarzem Grunde, wie diess Volkmann näher (a. a. O. S. 120) erörtert und durch Versuche belegt hat.

Bergmann*) bemerkt, dass die Puncte oder Linien, die man zu Versuchen über kleinste erkennbare Grössen verwendet, in grösster Entfernung sehr blass erscheinen, so dass das sich anstrengende Auge leicht irgend einen leichten Schatten damit verwechseln könne, und dass jedesmal, wenn man sich einer Gitterzeichnung aus millimeterbreiten schwarzen und weissen Streifen von der Distanz an, wo man sie zuerst erkannte, allmälig nähert, das Weiss an Reinheit, das Schwarz an Tiefe gewinne. Diess sind Umstände, die sich leicht daraus erklären, dass bei grösserer Entfernung als der deutlichen Sehweite die Ausbreitung des Lichtes durch die optischen Abweichungen wächst.

Wegen des grossen, und nach Vorstehendem leicht erklärlichen, Einflusses, welchen die Intensität des Lichtes auf die Erkennbarkeit sehr kleiner Grössen hat, hat man die Versuche über erkennbare kleinste Distanzen für geeigneter erklärt, die Schärfe des Raumsinnes zu prüfen*). Inzwischen ist der Einfluss der Irradiation hier nur complicirter, nicht fehlend. Wenn zwei helle Puncte oder Linien sich so nahe kommen, dass ihre Irradiationskreise in einander eingreifen, und das Minimum der Helligkeit im Zwischenraume sich von dem Maximum im Centrum der irradiirenden Puncte nicht mehr um die Unterschiedsschwelle unterscheidet, so können sie ebenfalls nicht mehr unterschieden werden. Auch hiebei findet erfahrungsmässig ein gewisser Einfluss der Intensität des Lichtes statt. Denn ich finde in **Steinheil's** photometrischer Abhandlung (p. 47) die Bemerkung, dass schwach geschwärzte Gläser einen überraschenden Erfolg in Bezug auf das Trennen sehr naher Doppelsterne äussern; gestehe aber, aus den mir bekannten Verhältnissen der Irradiation diesen Einfluss nicht ableiten zu können. Denn es schiene mir, unter Voraussetzung, dass durch wachsende Intensität die Ausdehnung des Irradiationskreises nicht wächst, das Verhältniss der Minimum- und Maximumordinate der Intensitäten dasselbe bei starkem und schwachem Lichte bleiben zu müssen, was die Merklichkeit des Unterschiedes ungeändert lassen würde; mit Rücksicht auf die zutretende Intensität des Grundes aber ein gewisser Vortheil der Unterscheidbarkeit bei stärkerer Intensität stattfinden zu müssen.

---

*) Henle und Pfeufer Zeitschr. III. F. Bd. II. S. 93.

Das Vorige zusammengenommen, so geht hervor, dass die bisherigen Versuche über die kleinsten noch erkennbaren Grössen und Distanzen auf der Netzhaut nicht benutzbar sind, sichere Schlüsse über die Feinheit des Raumsinnes oder den Grad der extensiven Empfindlichkeit zu ziehen, so lange nicht die Frage, wie viel Antheil die Irradiation dabei hat, aufs Reine gebracht, und dieser Antheil eliminirt ist, und dass die Berechnung der Grösse der kleinsten Bilder auf der Netzhaut aus Grösse und Entfernung der Objecte und die Beurtheilung des Verhältnisses, in dem solche zu den letzten Elementen der Netzhaut stehen, illusorisch und irrig ist, insofern die Irradiation nicht dabei berücksichtigt wird. In dieser Beziehung schliesst **Volkmann** seine

---

*) **Weber**, Berichte der sächs. Soc. 1853. S. 144.

Abhandlung über Irradiation (p. 48) wie folgt: »Alle bisher gemachten Angaben über die Grösse der kleinsten noch wahrnehmbaren Netzbilder sind merklich falsch, nämlich sämmtlich zu gross, indem die Rechnungen, auf welche sie sich stützen, den Einfluss der Irradiation unberücksichtigt lassen.«

Es entsteht die Frage, ob der Einfluss der Dimensionen der Componenten auf die Merklichkeit ihres Unterschiedes ganz auf den Einfluss der Irradiation zurückkommt, was voraussetzen würde, dass er mit wachsender Vergrösserung bald seine Gränze findet. Hierüber fehlt es leider noch an absichtlich auf den Gegenstand gerichteten hinreichend durchschlagenden Versuchen. Nur einige, jedoch nicht besonders bezüglich darauf angestellte, Versuche Förster's*) wüsste ich auf die Frage zu beziehen, welche zu ergeben scheinen, dass der Einfluss der Grösse auf die Merklichkeit wirklich über das hinaus geht, was auf Irradiation zu schreiben. Diese Versuche wurden so angestellt: »Ein innen geschwärzter, parallelepipedischer, allseitig geschlossener Kasten von circa 36 Zoll Länge und ungefähr 8 Zoll Breite und Höhe bildet die dunkle Kammer, in welcher das zu beleuchtende Object aufgestellt wird. An dem einen quadratischen Ende desselben befinden sich zwei runde Oeffnungen von 2½ Zoll Centrumdistanz für die Augen und daneben in gleicher Höhe eine grössere, 25 □Centim. im Geviert haltende für die Lichtquelle. Letztere Oeffnung ist an der Innenwand des Kastens mit feinem weissen Kanzleipapiere überspannt, und in 1½ Zoll Entfernung von ihr befindet sich eine (möglichst gleichmässig brennend erhaltene) brennende Wachskerze**). Das so erleuchtete Papierquadrat dient als Lichtquelle für die im Innern des Kastens an der Wand vis-à-vis anzubringenden Objecte. Die Grösse der Lichtquelle wurde durch Diaphragmen (Kartenschienen mit Oeffnung) von bestimmten Dimensionen, welche dicht vor dieselbe geschoben wurden, nach Belieben verändert.«

Nun bemerkt der Verf. (p. 10): »Die schwächste Beleuchtung, welche erfoderlich ist zur Distinction von 1—2 Centim. breiten und 5 Centim. langen (mit der langen Seite senkrecht gestellten) schwarzen Rechtecken auf weissem Grunde (bei einer

---

*) Ueber die Hemeralopie. 1857. p. 3. 10.

**) 12 Stück per Pfund, 1½" lang, ¾" im Durchmesser.

Entfernung von 12 par. Zoll = 32,5 Centim. vom Auge) wird repräsentirt durch eine Grösse der Lichtquelle von 2—3 Qu.-Mill. Sinkt die Lichtquelle unter diese Zahl herunter, so müssen die Objecte bedeutend grösser sein.«

Es lässt sich berechnen, dass das Bild eines 2 Centim. breiten Streifen, bei dem angegebenen Augenabstande, 0,9 Mill. auf der Netzhaut beträgt, was den Werth der Irradiaton bei accommodirten Augen nach den obigen Datis (S. 272) weit übersteigt. Wenn nun bei schwächerer Beleuchtung noch grössere Objecte sichtbar werden, so kann der Einfluss der Grösse nicht allein von der Irradiation abhängen. Indessen müssen doch ausgedehntere, speciell auf den Gegenstand gerichtete, Versuche mit Abänderung der Grösse und absoluten Helligkeit noch gewünscht werden.

Mit allem Vorigen ist überhaupt nur behauptet, dass die *bisherigen Bestimmungen* der kleinsten erkennbaren Grössen und Distanzen ohne Rücksicht auf die Irradiation keine triftigen sind, nicht aber behauptet, dass es keine von Irradiation unabhängige Schwelle der Extension für das Auge gebe. Es mag zwar sein, dass die Extension eines Eindruckes auf der Netzhaut oder Haut beliebig sich verkleinern und doch noch eine Empfindung entstehen könne, wenn nur ein lebendiges Nervenende getroffen wird und der Eindruck den intensiven Schwellenwerth übersteigt; aber damit ist noch nicht gesagt, dass dieser Eindruck wirklich als ein *ausgedehnter*, d. h. so empfunden werde, dass eine *Mehrheit* von Puncten darin unterscheidbar sei, wenn die Extension des Eindruckes unter eine gewisse Gränze fällt, so wie auch, was wesentlich damit zusammenhängt, dass eine Distanz beliebig klein auf der Netzhaut ausfallen und doch noch als Distanz empfunden werden könne, indem eine solche Empfindung die Unterscheidung zweier Gränzen und hiemit auch einer Mehrheit von Puncten voraussetzt.

Es ist in der That eine in der Physiologie des Nervensystems jetzt allgemein als gültig angesehene Annahme, dass Eindrücke nur unterscheidbar sind, sofern sie auf verschiedene Empfindungskreise gemacht werden, wenn unter Empfindungskreis das Ende oder im Falle der Verzweigung die Gesammtheit der Enden einer Primitivnervenfaser verstanden wird. Ein Empfindungskreis, sei er einer unverzweigten oder verzweigten Faser angehörig, hat aber nothwendig einen gewissen Durchmesser, und hiernach können Eindrücke, die auf denselben Empfindungskreis neben einander fallen, nicht mehr unterschieden werden. Im Gebiete des Gesichts scheint nun freilich der experimentale Nachweis, dass dem wirklich so sei, unübersteiglichen Schwierigkeiten zu unterliegen, weil der Irradiationskreis eines Lichtpunctes stets grösser als der Durchmesser eines Empfindungskreises sein dürfte; aber wir dürfen hiebei mit auf die Haut, das der Netzhaut analoge, Organ für extensive Empfindung hinüberblicken. Zwar spielt die Irradiation auch bei den Tastversuchen eine Rolle, sofern sich der Druck einer berührenden Spitze nothwendig auf die Nachbarstellen mehr oder weniger überpflanzen muss. Aber weder ist es möglich, das von Weber beobachtete Verfliessen zweier 30 Lin. von einander entfernten Zirkelspitzen auf Rücken, Oberarm und Oberschenkel in einen einzigen Eindruck, noch die zwischen verschiedenen Hauttheilen in Betreff der eben merklichen Distanz beobachteten Verschiedenheiten hievon abhängig zu machen. Die Analogie der extensiven Empfindungsverhältnisse der Netzhaut mit der Haut ist aber durch Weber nach anderer Beziehung zu gut festgestellt, als dass wir zweifeln dürften, sie werde sich auch hier geltend machen.

Das Bisherige lässt erkennen, dass zur Beurtheilung und Deutung der Versuche über unseren Gegenstand einerseits die Kenntniss der absoluten Grösse der Irradiation wichtig ist, die bei bestmöglicher Accommodation des Auges vorkommen kann, andererseits die Kenntniss, welche Netzhautelemente man als Repräsentanten der Empfindungskreise anzusehen Grund hat, und welche Dimensionen sie haben. In erster Hinsicht lasse ich einschaltungsweise die Resultate folgen, die Volkmann an sich und einigen anderen Personen erhalten hat; in letzter Beziehung bemerke ich kurz, dass mit vorwiegender Wahrscheinlichkeit jetzt die sogenannten Zapfen als die empfindungspercipirenden Netzhautelemente angesehen werden, und dass nach Kölliker's Messungen der Durchmesser eines Zapfens am gelben Flecke, wo das deutlichste Sehen stattfindet, 2—3 Tausendtel Linien beträgt. Bergmann*) fand bei einer Messung an der Fovea lutea nach aussen die kleinere dieser Angaben bestätigt.

---

*) Henle und Pfeufer Zeitschr. III. F. II. B. S. 87.

Volkmann's Versuche über Irradiation*).

Silberfäden von 0445 Mill. Durchmesser aus folgender deutlichster Sehweite *S* (in Millim.) ins Auge gefasst, gaben, je nachdem sie *a*) als schwarze Fäden gegen einen lichten Hintergrund, wie den Himmel, oder *b*) bei auffallendem Glanzlichte als weisse Fäden gegen einen schwarzen Hintergrund erschienen, im Mittel der folgenden Zahl **Z** Versuche, von denen die erste Zahl auf *a*), die zweite auf *b*) geht, Irradiationskreise von folgendem Durchmesser *R* in Millimetern.

Beobachter	*Z*	*S*	*R*	
			a	*b*
A. W. **Volkmann** (Verfasser) . .	39. 24	333	0,0035	0,0046
Dessen Sohn **Otto** V., 23 Jahre, gute Augen	10. 15	250	0,0037	0,0064
Dessen Sohn, **Edmund** V., 26 J., gute, sehr geübte Augen . .	45. 42	250	0,0024	0,0055
Dr. R. **Heidenhain****)	? 40	400	?	0,0054
E. **Appel**, Student, sehr scharfe Augen	20. 20	300	0,0006	0,0025
Junges Mädchen, 16 J., sehr kurzsichtig, sonst gute Augen . .	10. 45	112,5***)	0,0017	0,0024

Volkmann bemerkt, dass er ausser den Versuchs**reihen**, deren Resultate hier mitgetheilt sind, noch viele (gelegentlich von ihm veranlasste) einzelne Beobachtungen von den Professoren **Knoblauch**, **Hankel**, **Ruete**, **Czermak** u. A. besitze, welche alle entsprechende Resultate (d. h. einen Beweis vorhandener Irradiation) geliefert. Diese Resultate wurden wie folgt gewonnen. Der Beobachter bringt das mikrometrische Instrument, von dem S. 220 die Rede war, mit parallelen Silberfäden von 0,0445 Mill. Durchmesser in die Entfernung vom Auge, in welcher er die Fäden am schärfsten sieht, und sucht durch Drehung der Schraube den parallelen Fäden eine Distanz zu geben, welche dem Durchmesser der Fäden gleich kommt. Es zeigt sich aber, dass er jedesmal die Distanz viel grösser herstellt, als dem wirklichen Durchmesser der Fäden entspricht, weil dieser Durchmesser durch die Irradiation verbreitert erscheint. Diess ergiebt sich auf Rechnungswege so: Man kann mit Rücksicht auf das Datum, dass der Kreuzungspunct der Richtungslinien in der Axe des Auges 9 Mill. hinter dem vordersten Puncte der Hornhaut, und 15 Mill. vor der Netzhaut liegt, nach der Entfernung der Mikrometerfäden vom Auge und ihrer ge-

---

*) Berichte der sächs. Soc. 1858. S. 129.

) *a*) gab bei **Heidenhain keine gleichförmigen, daher nicht angeführten, Resultate; doch war die Mehrzahl der Versuche der Annahme stattfindender Irradiation nicht günstig, was **Volkmann** als einen Ausnahmefall bezeichnet, der ihm nicht wieder vorgekommen.

***) Bei *a*) war $S = 115$, bei *b*) $= 110$.

genseitigen Distanz nicht nur den Durchmesser $2r$ des Netzhautbildes jedes Mikrometerfadens, sondern auch die Entfernung s der Axe des einen Drahtes von der des anderen im Netzhautbilde, abgesehen von der Zerstreuung durch die Irradiation, berechnen; wonach sich durch eine einfache Betrachtung für den, beim Versuche verwirklichten, Fall, dass die Distanz δ zwischen den verbreiterten Drahtbildern dem Durchmesser 2ρ eines verbreiterten Drahtbildes gleich erscheint, der Durchmesser eines Irradiationskreises $= \frac{s}{2} - 2r$ findet; indem nämlich $s = \delta + 2\rho$ und $2\rho = \delta = \frac{s}{2}$. Nun fand Volkmann im Mittel von 39 Versuchen eine helle Distanz = 0,207 Mill., dem dunklen Faden von 0,0445 Mill. Breite in einer Entfernung des Auges = 333 Mill. gleich erscheinend, wonach $\frac{s}{2} = 2\rho = 0{,}0055$ Mill.; $2r = 0{,}00199$ Mill., und folglich $\frac{s}{2} - 2r = 0{,}0035$ Mill. Zur Controle stellte Volkmann noch 40 Versuche so an, dass er die Distanz zwischen den Fäden scheinbar doppelt so gross herzustellen suchte, als den Durchmesser der Fäden. Nach dem Ergebnisse der vorigen Versuche lässt sich berechnen (p. 444), dass diese Distanz 0,328 Mill. betragen sollte, womit das aus den 40 Versuchen hervorgehende mittlere Resultat 0,337 Mill. merklich übereinstimmte; was beweist, dass diese Versuchsweise Zutrauen verdient.

Noch verdienen folgende Puncte Beachtung: Die Irradiation verhält sich verschieden in verticaler und horizontaler Richtung. Wenn Volkmann die Drähte bei horizontaler Lage aus derselben Entfernung betrachtete, als in vorigen Versuchen bei perpendicularer, so war das Bild im höchsten Grade undeutlich, so dass er eine schwache Convexbrille zuziehen musste, um noch dieselbe Sehweite 333 Mill. beizubehalten, wo sich bei lichtem Hintergrunde im Mittel von 40 Beobachtungen ein Durchmesser des Irradiationskreises = 0,0047 Mill. ergab, statt dass er (ohne Brille) bei perpendiculärer Lage nur 0,0035 Mill. war.

Die Specification der 5 Versuchstage bei der *a*-Methode mit Rücksicht auf Helligkeit ergab für Volkmann folgende Distanzen D zwischen den Mikrometerfäden, bei welchen scheinbare Gleichheit mit dem Drahtdurchmesser stattfindet (die unten an D angehängte Zahl bedeutet die Zahl der Versuche):

1. Versuchstag (ohne Angabe) $D_9 = 0{,}1897$
2. Tag, trübes Wetter . . . $D_{10} = 0{,}2271$
3. Tag, heller Himmel . . . $D_{10} = 0{,}2153$
4. Tag, sehr heller Himmel . $D_{10} = 0{,}2074$.

Heidenhain's Versuche nach der Methode *b*) gaben am

1. Tag (ohne Angabe) . . . $D_{20} = 0{,}444$
2. Tag, sehr helles Licht . . $D_{20} = 0{,}453$

Ein bestimmter Einfluss des Beleuchtungsgrades ergiebt sich nicht hieraus.

Specialbestimmungen über kleinste erkennbare Grössen.

Wenn schon nach Vorigem die bisherigen Bestimmungen über die kleinsten erkennbaren Grössen und Distanzen nicht geeignet erscheinen, reine Resultate irgendwelcher Art ziehen zu lassen, sind sie doch insofern wichtig, als sie theils eine Gränze bestimmen, unter welche jedenfalls die Leistungsfähigkeit des Auges nicht reicht, theils ein praktisches Interesse haben; daher eine Zusammenstellung darüber nicht unwillkommen sein dürfte.

Leider freilich zeigt diese Zusammenstellung nur eine geringe Uebereinstimmung der von verschiedenen Beobachtern erhaltenen Ergebnisse. Und da der prekäre Werth, der sich ihnen hienach nur beilegen lässt, völlig verschwinden würde, wenn nicht die Umstände der Beobachtung genau specificirt würden, so gebe ich so viel thunlich dieselben mit den eigenen Worten der Beobachter wieder.

Insofern es dabei gilt, Gesichtswinkel in Grössen auf der Netzhaut zu übersetzen, oder umgekehrt, ist unter Zugrundelegung von Listing's Bestimmungen, der Abstand des Kreuzungspunctes der Hauptstralen von der Netzhaut = 15,1774 Mill. = 6,735 par. Lin., und von der Hornhaut = 7,4696 Mill. = 3,315 par. Linien angenommen, und hienach für 1 Sec. Sehwinkel 0,00007357 Mill. oder 0,00003265 par. Lin. substituirt.

Fast am häufigsten findet man folgende Angabe in Smith's Optik benutzt, die ich hier nach der mir zu Gebote stehenden französischen Uebersetzung seines Werkes (T. I. p. 40) mittheile:

»Le Dr. Hook nous assure que l'oeil le plus subtil ne peut pas bien distinguer une distance dans le ciel, comme une tache dans le corps de la lune, ou la distance de deux étoiles, qui comprend dans l'oeil un angle moindre qu'une demi-minute (Voyez ses remarques sur la machine céleste d'Hevelius p. 8). Si l'angle n'est pas plus grand, les étoiles paraitront à l'oeil nud, comme une seule étoile. J'ai assisté à une expérience où l'un de mes amis qui avait les meilleurs yeux de la compagnie, pouvait à peine distinguer un cercle blanc sur un fond noir, ou un cercle noir sur un fond blanc ou opposé à la lumière du jour, lorsqu'il comprenait dans son oeil un angle moindre que les deux tiers d'une minute; ou ce qui revient au même, lorsque sa distance à l'oeil surpassait 5156 fois son propre diamètre; ce qui s'accorde assez avec l'observation de Dr. Hook.«

Tobias Mayer*) giebt das Resultat mehrerer Versuche wie folgt an:

»Prima experimenta facta sunt in loco umbroso, apertis fenestris a sole tum meridiano aversis; objectis atramento sinico, Tusche vocant, in charta plana et albissima pictis. 1) Punctum nigrum, rotundum, diametri ¼ lineae Paris. oculo myope, sed convenienti lente munito spectatum, cum distaret oculus 10 pedes Parisienses, adhuc satis bene distingui poterat. In distantia 12 pedum dubie videbatur, in distantia vero 13 pedum jam prorsus evanuerat. — 2) Simile punctum, sed cujus diameter 0,44 lineae, adhuc videbatur distante oculo 14½ pedes; distante autem eodem 17 pedes, vix vestigium ejus adparebat, sicut remoto oculo ad 18 pedum distantiam omnino evanuerit. — 3) Punctum aliud diametri 0,66 lin. cernebatur adhuc in distantia 24½ pedd., aegerrime autem ac dubie in distantia 26 pedd. et oculo paulo plus remoto nihilum ejus spectari potuit.«

Nach Erzählung noch mehrerer Versuche mit Gitterfiguren, von denen unten die Rede sein wird, fügt er hinzu:

»Puncta et figurae, quae in superioribus adhibitae sunt, quamvis luce solis aestivi et meridiani, atque adeo fortissima collustrata, in iisdem tamen quam proxime distantiis, sub quibus supra, incipiebant confusa apparere; discrepantia certe, si qua erat, repetito saepius experimento modo majores distantias, modo minores arguere videbatur.«

Dieses Resultat, dass der Beleuchtungsgrad keinen Einfluss auf das Erkennen der Puncte habe, steht freilich in entschiedenem Widerspruche mit dem unten folgenden Resultate von Plateau's Versuchen.

Wenn man den Abstand des Auges, welcher nach Mayer's Ausdrucke (p. 101) die Puncte bei den drei Versuchen e conspectu eripere vermochte, mit ihm respectiv 12, 17 und 26 Fuss setzt, so war der Durchmesser des Bildes im Auge hiebei respectiv 0,000973; 0,001126 und 0,001186 par. Lin.; der Sehwinkel 30, 35, 36 Secunden, also bei diesen verschiedenen Distanzen merklich gleich gross.

---

*) Comment. Soc. sc. Gotting. T. IV. 1754. p. 101.

Plateau[*]) berücksichtigte bei seinen Versuchen zugleich Farbe und Beleuchtungsgrad. Kleine farbige Papierscheiben von 1 Centimeter waren an einer im Freien vertical aufgestellten Tafel befestigt. Von diesen entfernte sich **Plateau** successiv so weit, bis die farbige Scheibe nur noch als eine kleine, kaum wahrnehmbare, Wolke erschien, und einige Schritte weiter vollständig verschwand, mass hierauf die Entfernung von den Gegenständen und berechnete danach den Gesichtswinkel. Die Resultate in zwei Fällen waren folgende:

	Im Schatten.	Im Sonnenscheine.
Weiss	18''	12''
Gelb	19''	13''
Roth	31''	23''
Blau	42''	26''

der Unterschied, den die Farbe hiebei macht, beruht wahrscheinlich nur auf ihrem verschiedenen Helligkeitsgrade.

Hueck[**]) stellte Versuche in folgender Art an: ein deutlich gesehener Punct wird von einem normal gebildeten Auge scharf fixirt; allmälig entfernt sich der Beobachter von dem Objecte, bis dieses verschwindet, und die Tafel, auf welcher sich der Punct oder Strich befindet, durchaus rein erscheint.

»Aus mehreren hundert, von verschiedenen Individuen angestellten, Beobachtungen ergab sich nun, dass ein weisser nicht glänzender Punct auf schwarzem Felde bei 10 Sec. Sehwinkel verschwindet,« was 0,00033 par. Lin. oder 0,00074 Mill. auf der Netzhaut entspricht. Ein weisser Strich auf schwarzem Felde wird nach ihm noch unter 2 Sec. Sehwinkel gesehen; hingegen fand sich der Sehwinkel, unter welchem schwarze Puncte auf weissem Felde verschwinden, 20 Secunden. Ersteres entspricht 0,0000652 par. Lin. oder 0,0001470 Mill., letzteres dem 10fachen hievon auf der Netzhaut. Näheres über die Zahl der Versuche und den Grad der Uebereinstimmung, welcher dabei erhalten wurde, ist bezüglich letzterer Angabe nicht mitgetheilt. Auch über die Beleuchtungsverhältnisse bei den Versuchen ist nichts gesagt.

Volkmann[***]) vermochte einen einfachen Spinnefaden bis auf eine Entfernung von 21 Zoll, und eine andere von ihm zur Beobachtung veranlasste Person denselben Faden bis auf 22 Zoll Entfernung wahrzunehmen. Ein 0,002 Zoll dickes Haar erkannte Volkmann*) auf 30 Zoll Weite. Ein Schüler Bär's erkannte**) ein Haar von $\frac{1'''}{60}$ Dicke noch in einer Entfernung von 28 Fuss.

---

[*]) Pogg. Ann. XX. p. 327.

[**]) **Müller** Arch. 1840. S. 83.

[***]) **Volkmann** Beitr. S. 202.

Ausführlichere Angaben mit manchen interessanten Nebenbestimmungen giebt Ehrenberg***), welche ich bisher selten berücksichtigt finde. Sie beziehen sich nicht auf Beobachtungen mit abgeänderten Entfernungen des Auges, sondern auf die deutlichste Sehweite (nach Ehrenberg 4—6 Zoll), bei der überhaupt sehr kleine Objecte erkennbar sind. Ich theile sie hier mit seinen Worten mit:

»Bei der vielfachen Gelegenheit — sagt er — welche ich hatte, wissbegierige Leute zu beobachten, denen es angenehm war, die wunderbare Structur der Infusorien durch eigene Betrachtung bei mir kennen zu lernen, fand ich zu meiner Verwunderung die Verschiedenheit der Sehkraft der einzelnen bei Weitem übereinstimmender, als ich es erwartete und als man gemeiniglich ausspricht. Hatte ich einmal den so zarten Gegenstand in den richtigen Sehpunct des Instruments (Microscops) eingestellt, oder hatte ich die blossen Augen auf ein sehr kleines Object aufmerksam gerichtet, so sahen 15—20 Personen, welchen ich zuweilen gleichzeitig diese Dinge demonstrirte, vollkommen gleich und mit gleicher Klarheit dasselbe, was ich selbst sah; selten nahmen sie eine andere, höchst unbedeutend verschiedene Entfernung des Objects vom Auge nach ihrem Bedürfnisse. Um ganz sicher zu sein, nicht durch Höflichkeit oder Scham von solchen getäuscht zu werden, die etwas nicht zu sehen nicht gern eingestehen wollen, habe ich oft die gesehenen Gegenstände von den Beobachtern aufzeichnen, oder mir umständlich beschreiben lassen, wodurch ich mit Ueberzeugung erfuhr, dass sie vollkommen dasselbe und eben so scharf sahen, was ich gesehen hatte, und meistens ohne dass es im ersteren Falle nöthig war, das Microscop zu verändern. Diese an einer grossen Zahl von Personen mit den verschiedensten Sehweiten aufmerksam fortgesetzte Beobachtung machte mir wahrscheinlich, dass es eine ziemlich feste allgemeine Gränze für das Sehvermögen des ungetrübten und gesunden menschlichen Auges gebe, welche einen Schluss auf die höchste Kraft der Microscope erlauben müsse. Ich stellte hierauf viele Beobachtungen an, um auszumitteln, in wie weit die Differenzen myopischer und presbyopischer Augen auf den allgemeinen Ausdruck jener Kraft einen Einfluss haben, und habe mich vielfach überzeugt, dass die nicht seltene Meinung, als sähen myopische Personen mehr oder schärfer als andere, ungegründet ist. Das Resultat meiner Erfahrung ist ein Doppeltes:

---

*) Wagner's Wort. Art. Sehen. S. 331.

**) Nach einer Angabe von Volkmann in s. Art. Sehen S. 331.

***) Pogg. XXIV. p. 35.

1) Es scheint eine Normalkraft für das Auge der Menschen in Rücksicht auf das Sehen der kleinsten Theile zu geben, und die Abweichungen von derselben scheinen viel seltener zu sein, als man gewöhnlich glaubt.

Es kann nur von solchen die Rede sein, die in irgend einer Entfernung überhaupt deutlich zu sehen vermögen. Unter mehr als 100 Personen, die ich beobachtet habe, waren die in den gewöhnlichen Sehverhältnissen am schärfsten sehenden nicht fähig, mehr zu unterscheiden, als ich selbst sah, und die sich für schwachsichtig oder fernsichtig haltenden waren gewöhnlich fähig, dasselbe zu sehen, was ich sah, nur bedurften sie einer bestimmteren Anweisung und besonders beim Sehen mit blossem Auge meist einer etwas grösseren Annäherung oder Entfernung des Gegenstandes von ihrem Auge als ich.

2) Die kleinste für das natürliche menschliche Auge gewöhnlich erreichbare □Grösse beträgt sowohl für die weisse Farbe auf schwarzem Grunde, als für die schwarze Farbe auf weissem oder lichthellem Grunde $\frac{1}{36}$ einer pariser Linie im Durchmesser. Möglich ist noch, durch grösste Lichtcondensirung und Spannung der Aufmerksamkeit die Grössen zwischen $\frac{1}{36}$ und $\frac{1}{48}$ einer Linie, aber nur ohne Schärfe und zweifelhaft zu erkennen*)

Diess ist die Gränze der Kraft des natürlichen menschlichen Auges für farbige Körper, die jeder leicht, wie ich sie geprüft habe, nachprüfen kann, indem er auf sehr weisses Papier sehr feine schwarze Stäubchen, z. B. von trockner Tinte, Tusche und dergl., bringt, und die kleinsten davon mit sehr feiner Spitze aufnimmt und auf ein Glas-Micrometer legt, welches wenigstens $\frac{1}{48}$ Linie direct angiebt. Sonne und Lampenlicht erlauben auch leicht, mit oder ohne Spiegel, die schwarzen Körperchen dergl. auf dem Glas-Micrometer im Lichtgrunde zu betrachten. Körper, welche kleiner sind, als die angegebenen, können, ungeachtet aller Anstrengung, nicht einzeln, aber noch in einfacher gerader Reihe mit blossem Auge erkannt werden. Befinden sich ferner dergleichen mehrere in grosser Nähe und in mehrfacher Reihe beisammen, so machen sie einen gemeinschaftlichen Eindruck auf unser Auge und täuschen uns, als sähen wir einen grösseren einfachen Körper oder Fläche*). Die gewöhnliche Entfernung, welche gute Augen, wenn sie diese kleinsten Körper erkennen wollen, beobachten, fand ich durch Messung 4—5 Zoll, manchmal 6 Zoll, welches letztere die gewöhnliche Entfernung für sehr scharfsichtige ist. Myopische Personen nähern dieselben Gegenstände nur selten mehr als 4 Zoll, noch seltener 3 Zoll u. s. w., und werden meist dann den übrigen gleich. Jemand, dessen schärfste Sehweite 4 Zoll ist, kann durch grössere Annäherung des Auges an den Gegenstand nicht seine Sehkraft erhöhen, sondern empfindet Schmerz und sieht undeutlich. Hat man das Object einmal fixirt, so kann man es bedeutend mehr entfernen, ohne dasselbe aus dem Auge zu verlieren. Ich selbst kann $\frac{1}{48}$ einer Linie auf 12 Zoll Entfernung schwarz auf weiss nicht sehen, aber habe ich es auf 4—5 Zoll Entfernung aufgesucht, so kann ich es bis auf 12 Zoll entfernen und sehe es noch deutlich. Diese Erscheinung beruht auf der bekannten Kraft des Auges, sich nach der Ferne etwas zu accommodiren. Oft erkennt man auch kleine Gegenstände in grösserer Ferne, sobald man auf ihren Ort aufmerksam gemacht ist, oder wenn sie sich bewegen. Aehnliche Erscheinungen geben ein Luftballon am hellen Himmel und ein Schiff am Horizonte, leicht sieht man sie, sobald man aufmerksam gemacht ist, aber die Fähigkeit der schnellen Orientirung beruht auf Gewohnheit und auf Geisteschärfe, ohne einen Schluss auf die Sehkraft im Allgemeinen zu erlauben. Wenn jemand von Gesichtseindrücken lebhafter erregt wird, als ein anderer, so orientirt er sich schneller, aber er sieht desshalb nicht mehr als ein anderer, der sich, weil er diese Eindrücke weniger lebhaft aufnimmt, langsamer orientirt. Ich bediene mich oft des Mittels, sehr kleine Gegenstände erst mit der Lupe zu suchen, wenn ich sie mit blossem Auge erkennen will, um ihnen etwa eine andere Lage mit einer feinen Spitze zu geben. Auch diese Erscheinung ist nur für das Orientiren rücksichtlich des Ortes der Körper, und befördert nur die Schnelligkeit dieses Orientirens. Myopische Augen orientiren sich immer leichter, weil sie weniger zerstreut werden, indem ihr Gesichtsfeld ein kleineres ist. Wahrscheinlich ist endlich noch eine höhere Potenz der absoluten Sehkraft des menschlichen Auges hinzuzufügen, das ist die für das Erkennen leuchtender Körperchen. Kleine im Finstern leuchtende Körper erscheinen bekanntlich immer viel grösser, als sie sind und diese, sie mögen nun selbstleuchtend oder Licht rückstrahlend sein, können leicht bei viel geringerer Grösse als $\frac{1}{36}$ Linie, je nach der Lichtstärke, das menschliche Auge noch afficiren. Ich habe nie Gelegenheit gehabt, selbst leuchtende Grössen zu beobachten, die von so kleinem Durchmesser wirklich waren, so dass ich auf eine Gränze in dieser Hinsicht aufmerksam machen könnte. .... Metallglanz, welcher ein sehr kräftiger Lichtreflex ist, lässt sich nach meinen an Goldstäubchen gemachten Beobachtungen mit blossen Augen bei gewöhnlicher Tageshelle bis auf $\frac{1}{100}$ einer Linie erkennen, also doppelt so weit als Farben.« —

---

*) »Dass $\frac{1}{37}$ zu behaupten, der Mühe nicht lohnen würde, versteht sich wohl. Die nächsten der Mühe werthen Verhältnisse wären $\frac{1}{48}$ oder $\frac{1}{72}$ Linie, und darüber habe ich keine Erfahrungen machen können, dass sie von irgend jemand gesehen würden.«

---

*) »Ich bin gewohnt, auf diese Weise sehr feine Wimpern der Infusorien zu erkennen. Sobald sie bewegt werden, bilden sie eine kleine scheinbare Fläche, welche sichtbar ist; sobald sie aber ruhen, ist oft ihre Feinheit so gross, dass die Sehkraft sie mit dem Microscope nicht erreicht.«

»Anders verhält es sich mit Linien. Undurchsichtige Fäden von $\frac{1}{300}$ Linie Dicke erkennt man gegen Licht mit blossen Augen. Spinnenfäden messen $\frac{1}{300}$ bis $\frac{1}{2000}$ Linien; Fäden der Seidenraupe $\frac{1}{100}$. Letztere sind im Cocon doppelt.«

Wenn man die Grösse $\frac{1}{36}$ Lin. bei 4—6 Zoll Augenabstand, welche Ehrenberg als Gränze der Sehkraft für nicht lineare Körperchen angiebt, in Linien auf der Netzhaut verwandelt, so findet man 0,0039 bis 0,0025 Lin., was auffallend grösser (10mal so gross) ist, als Hueck's 0,00033 Lin., ungeachtet beide Resultate aus einer grossen Menge Versuche abgeleitet sind, und auch Mayer's Resultat um mehr als das Doppelte übersteigt. Eben so weichen Hueck und Ehrenberg darin ab, dass nach Hueck schwarze Puncte auf weissem Grunde einen grösseren Sehwinkel fodern, als umgekehrt, indess nach Ehrenberg beides gleichgültig ist.

Ein Unterschied der Umstände mag darin liegen, dass Ehrenberg's Versuche mit Betrachtung winziger Theilchen aus grosser Nähe angestellt sind, die von Mayer und Hueck aber mit Puncten von erheblichen Dimensionen aus grösserer Ferne, da beide den Beobachter sich vom Puncte deutlichsten Sehens allmälig bis zum Verschwinden des Punctes entfernen lassen. Nun macht zwar nach Mayer's Versuchen die Entfernung keinen erheblichen Unterschied, aber da seine Distanzen 12 Fuss und darüber betragen, so könnte eine viel grössere Nähe, wie sie bei Ehrenberg's Versuchen stattfand, doch einen Unterschied machen; was noch näher zu untersuchen steht.

Wofern es gilt, nicht blos das Dasein einer sichtbaren Grösse zu erkennen, sondern auch die Gestalt zu bestimmen, wird ein grösserer Sehwinkel erfodert. Nach Hueck*) wurde ein Quadrat von 1,2''' Durchmesser auf 11' Entfernung, also unter einem Sehwinkel von 2' 35'' noch als Quadrat erkannt. Eben so wurde ein schiefer Strich von 1,5''' Länge auf 13', unter 2' 45'' noch als schief erkannt. Druckschrift (Doppelmittel) mit einer Breite der Buchstaben 1,5''' und Zwischenräumen innerhalb der Buchstaben 0,5''' las Hueck unter Anwendung einer für sein Auge passenden Brille in 13' Entfernung.

Bergmann**) fand, »dass kurze Linien weniger weit gesehen wurden, als gleich breite längere.«

E. H. Weber***) bemerkt: »Nach meinen Versuchen kann eine weisse Linie auf schwarzem Grunde aus einer mehr als dreimal so grossen Entfernung gesehen werden, als ein gleichseitiges Viereck von der Breite der Linie, und die Helligkeit der Erleuchtung der Linie und ein sehr abstechender Hintergrund kann diese Entfernung noch vergrössern.«

---

*) Müller's Arch. 1840. S. 88.

**) Henle und Pfeufer, Zeitschrift III. F. Bd. II. S. 92.

***) Berichte d. sächs. Soc. 1852. S. 142.

Specialbestimmungen über kleinste erkennbare Distanzen.

Die Versuche hierüber sind unter verschiedenen Formen angestellt, wonach sich auch die Resultate ändern.

α) Zwei distante Puncte oder Quadrate.

Die Angabe **Smith's** bezüglich zweier Sterne ist schon S. 280 mitgetheilt.

Volkmann[*]) liess auf eine kleine Thermometerkugel von 0,15 Zoll Durchmesser die Flammenbilder zweier Lichter fallen, welche unter sich 1 Zoll, von der Kugel 8 Zoll entfernt waren.... Er erkannte, mit Hülfe der Brille, vollständige Trennung der Bildchen im Glase bis auf 20½ Zoll und in der Mitte sich berührende, aber deutlich doppelte, Bildchen bis auf 26 Zoll.... Einer seiner Freunde wiederholte den Versuch, und erkannte die Bildchen bis auf 37 Zoll Entfernung. Um ohne Brille die Duplicität vollständig zu erkennen, musste sich **Volkmann** den Gläsern bis auf 12 Zoll nähern.

Nach **Hueck**[**]) verschmolzen zwei schwarze Puncte auf weissem Hintergrunde, die 0,45‴ von einander abstanden, mit einander bei 10 Fuss Entfernung des Beobachters, was für den Sehwinkel ihrer Distanz 1′ 4″ giebt. Dasselbe Resultat gaben Striche, die eben so weit von einander abstanden.

E. H. **Weber**[***]) fügt seiner, S. 287 mitgetheilten, Verhältnissbestimmung über die Entfernung, in welcher weisse Linien und Vierecke auf schwarzem Grunde den Augen entschwinden, hinzu: »dagegen werden zwei weisse, gleichseitige Vierecke auf schwarzem Grunde, die durch einen schwarzen Zwischenraum von einander geschieden sind, der eben so breit ist, als die Vierecke, aus einer Entfernung noch als zwei unterschieden, die derjenigen beinahe gleich ist, aus welcher zwei weisse Linien auf schwarzem Grunde noch als zwei unterschieden werden, die eben so breit sind als jene Vierecke, und durch einen eben so breiten schwarzen linienförmigen Raum von einander getrennt werden.«

---

[*]) N. Beitr. S. 202.

[**]) **Müller's** Arch. 1840. S. 87.

[***]) Berichte der sächs. Soc. 1852. S. 142.

β) Zwei distante Fäden.

Volkmann*) spannte zwei Spinnegewebefäden in paralleler Richtung und in einer Distanz von 0,0052″ neben einander auf, und fand, dass er dieselben auf 7″ Entfernung als doppelt erkannte, aber nicht weiter. Der scharfsichtigste unter seinen Freunden erkannte die Duplicität auf 13″ Entfernung. Zwei schwarze Parallellinien auf weissem Grunde in gegenseitiger Distanz 0,016″ erkennt **Volkmann** mit Hülfe der Brille in einer Entfernung von 27″.

Valentin**) vermochte zwei Linien noch zu unterscheiden, wenn deren Bilder auf der Netzhaut nur um 0,0009‴ von einander abstanden.

Hueck fand für Striche dasselbe Resultat als für Puncte (vgl. S. 282).

γ) Streifige und würflige Figuren.

Tobias Mayer***) beschreibt Versuche im verbreiteten Tageslichte wie folgt:

1. Figura striata, cujus nigri ductus, aequales albis interpositis, lati erant 0,36 lin. paris. spectata directe in distantia pedd. 11 jam aliquantum confuse videbatur, ita ut vix liceret alba intervalla a nigris discernere. In distantia 12 pedd. omne discrimen inter strias aberat. Certe nonnisi aegerrime sentiebatur. Paulo plus remoto oculo tota figura eundem colorem quasi cineritium mentiebatur.

2. Figura itidem striata, sed cujus atrae striae duplo crassiores erant, quam albae, harum enim latitudo erat 0,2 lin. illarum 0,4 lin., incipiebat videri confusa distante oculo 9 vel 10 pedes.

3. In eadem distantia alia figura striata, cujus albi ductus duplo latiores quam nigri, inverso nempe praecedentium ordine, desiit distincte videri; latitudo striarum albarum erat 0,4 lin., lin. nigrarum 0,2.

---

*) **Wagner's** Wörterb. Art. Sehen. S. 331.

) **Valentin, Lehrb. d. Physiol. II. S. 428, hier nach **Weber's** Artikel Tastsinn S. 534.

***) *Comment. soc. sc. Gotting. T. IV. p.* 102.

Notandum, binas has figuras (no. 2 et 3) etiam in experimentis sequentibus*) eandem semper oculi distantiam requisivisse. Quare commodum erit, de iis in posterum conjunctim referre.

4. Figura cancellata lineis nigris, quarum latitudo 0,44 lin. eadem, quae interstitiorum alborum, spectata e distantia 15½ pedd. incipiebat mentiri aequalem ubique nigredinem, ut dubium esset, num albi quid in illa contineatur.

5. Figura aleae similis, aleatam dicere brevitatis causa liceat, quadratulis nigris albisque varia, quorum singula latera aequalia 0,52 lin. distante oculo 12 pedes, extremam visionis speciem praebebat, paulo enim plus remoto oculo confusa alba cum nigris apparebant. «

Nach Vergleich von No. 1 mit No. 2 und 3, und von No. 4 mit No. 5 schliesst Mayer, dass Ungleichheit der weissen und schwarzen Intervalle das Erkennen erleichtert.

Die Versuche mit den streifigen und würfligen Figuren No. 1 bis No. 5 wurden dann auch im Dunklen unter directer Erleuchtung mit einem Talglichte bei verschiedener Entfernung *L* desselben von den Figuren wiederholt, wo sich folgende Entfernungen *A* des Auges von den Figuren als Gränzweiten des Erkennens (*termin. visionis*) ergaben (Einheit der pariser Fuss):

L Entfernung des Lichtes.	*A* Entfernung des Auges			
	No. 1.	No. 2 u. 3.	No. 4.	No. 5.
½	7½	6½	12	9½
1	6⅓	5¼	9⅓	7⅓
2	5¾	4⅓	7	6
3	4¾	4¼	6¼	5¼
4	4½	3¾	6	4½
5	4¼			
6	4			
7	3¾			
8	3⅓	2¾	4½	3¼
13	3	2¼	3¾	3

---

*) Angestellt mit Kerzenlicht.

Mayer repräsentirt das Gesetz, nach welchem sich A mit L ändert, durch folgende Formel

$$A = n\sqrt[2]{L},$$

wo n eine von der Beschaffenheit der Figur abhängige Constante ist, die er bei den verschiedenen Figuren wie folgt annimmt:

No. 1.	2. u. 3	4	5
79	52	73	99

Er giebt eine Zusammenstellung von Rechnung und Beobachtung, wonach die Formel in den Gränzen dieser Versuche nahe genug zutrifft.

Hueck[*]) betrachtete die in gestrichelter Manier mittelst einer Maschine gestochenen Münzen, Medaillen und Gemmen in dem trésor de numismatique et de glyptique. Paris 1834, und konnte hiebei Intervallen von 0,0727‴ auf 22″ 3‴ Entfernung, also unter einem Gesichtswinkel von 56,8″ noch unterscheiden; ja manche recht sauber mit sehr scharfen Strichen auf recht reiner glatter weisser Fläche abgedruckte noch unter 44,3″ Sehwinkel. Bei etwas grösserer Entfernung erschien die gestrichelte Fläche grau. Gelbe Streifen auf rother Fläche erschienen orange bei einem Netzhautbilde von 0,001″, eben so gelbe Streifen auf blauer Fläche grün.

Marie Davy[**]) zog auf weissem Papiere schwarze Linien in der Weise, dass die Zwischenräume eben so breit waren wie die Linien selbst. Solche Blätter verfertigte er mehrere mit Streifen von verschiedener Breite und versuchte dann, wie weit er jedes derselben vom Auge entfernen musste, um nicht mehr die schwarzen und weissen Streifen, sondern ein einförmiges Grau zu sehen. Er fand, dass diess bei allen Blättern in solchen Abständen eintrat, dass die von ihm berechnete Breite des Netzhautbildes eines Streifes sich nahezu zu 0,0011 Millim. ergab. Diese betrug nämlich 0,00109, 0,00113, 0,00113, 0,00112 Millimeter bei Abständen von 5,8, 0,75, 0,53 und 0,41 Meter. — Die Art der Berechnung ist nicht angegeben.

E. H. Weber[***]) wandte schwarze Linien an, welche durch

---

[*]) Müller's Arch. 1840. S. 87.

[**]) Instit. XVII. p. 59.

[***]) Berichte der sächs. Soc. 1853. S. 144.

Maschinenstich sehr eng und gleichmässig gezogen und auf weissem Papiere gedruckt waren. Sie waren 0,025 par. Lin. breit, und eben so breit waren die Zwischenräume dazwischen. Sein Sohn Th. Weber erkannte die Linien noch in einer Entfernung von 9 par. Zoll 2½ Lin., wo der Gesichtswinkel, unter welchem ein Zwischenraum gesehen ward, 45,3 Sec. betrug. Dieselben Versuche liess er noch von mehreren Andern anstellen; wo sich die grösste Schärfe bei Zweien fand, deren einer (No. 9) die Linien ebenfalls noch in 9 Zoll, der andere (No. 8) in 11 Zoll Abstand erkannte, was respectiv 45,3 und 36,5 Sec. Sehwinkel des Zwischenraumes oder 0,00148 und 0,00119 par. Lin. entspricht.

Bergmann*) wandte lithographirte Gitterzeichnungen, deren Striche und Zwischenräume jeder 1 Millim. breit sind, in folgender Weise an. Mitten in den Deckel eines runden Pappschächtelchens wurde ein Loch von etwa 20 Mill. Durchmesser geschnitten und die Gittertafel von Innen her gegen den Deckel festgelegt, so dass nur ein kreisrunder Theil derselben von Aussen zum Vorschein kam. »Hiemit erhält man die Möglichkeit, mittelst Drehung des Deckels den Gitterstäben jede beliebige Neigung geben zu können, so dass der, dessen Augen geprüft werden, durch Angabe der Richtung, in welcher die Linien laufen, den Beweis führen kann, dass er sie wirklich sieht.«

»Der Erfolg einer bedeutenden Anzahl von Versuchen war nun, dass die ausgewählt guten Augen mehrerer Individuen nie einer grösseren Annäherung bedurften, als sie dem Versuche No. 8 bei E. H. Weber entspricht; die Streifen mit ihren millimeterbreiten Zwischenräumen wurden in 5,5 Meter Entfernung stets erkannt.« ....

»Häufig übrigens wurde auch schon in grösseren Entfernungen, ja ab und an schon bei 7 Meter Abstand die Richtung der Striche wiederholt richtig erkannt. Auch machten die Experimentirenden öfter die Bemerkung, dass, wenn sie die Richtung der Striche wüssten, sie dieselben auch in diesen grösseren Entfernungen sähen. Bei einem früheren Versuche begegnete es sogar, dass ein 10jähriger Knabe, auf dessen ausgezeichnetes Auge Verf. gelegentlich aufmerksam geworden war, dreimal hinter einander die

---

*) Henle und Pfeufer, Zeitschr. III. F. II. B. S. 94 f.

(jedesmal abgeänderte) Richtung der Striche in einer Entfernung von 8 Metern richtig angab. Dann folgte eine falsche Angabe.«

Bergmann hebt (p. 97) als beachtenswerth hervor, »dass in der Entfernung von 5,5 Meter, in welcher recht gute Augen regelmässig mit Sicherheit die Richtung der Linien erkennen, die Bilder derselben etwas breiter als die Hälfte eines Zapfendurchmessers sind, woraus man immer schon eine wesentliche Beziehung zwischen diesen Dimensionen vermuthen könne.«

In den, über 5,5 Meter hinaus liegenden Entfernungen, in welchen oft schon ein richtiges Erkennen der Richtung der Striche eintrat, zeigten die mitunterlaufenden Irrthümer besonders häufig das Eigenthümliche, dass die Richtung der Striche gerade senkrecht zu den wirklichen angegeben wurde. In denselben Entfernungen erschien die Gittertafel auch häufig scheckig. Ein Mann, der das Object gar nicht kannte, hielt es in einer Entfernung von etwa 6 Meter für gewürfelt; ein zweiter, welcher etwa 2 Fuss hinter ihm stand, erklärte dann, das sähe er auch schon von da.

Bergmann setzt diese Umstände scharfsinnig mit einer wahrscheinlichen Voraussetzung über die Form und Anordnung der Zapfen als empfindender Netzhautelemente in Beziehung; doch würde es zu umständlich sein, hier darauf einzugehen.

Bei gewissen Richtungen der Stäbe scheint das Erkennen der Gitter leichter als bei anderen zu sein, jedoch diess sich nach Individualität der Augen zu ändern (vgl. Bergmann p. 104).

Verhalten der Seitentheile der Netzhaut im Erkennen kleinster Grössen und Distanzen.

Bei den bisherigen Angaben war Auffassung der sichtbaren Grössen und Distanzen mit dem deutlichst sehenden, centralen, Theile der Netzhaut vorausgesetzt. Nach der Peripherie hin nimmt sowohl die Erkennbarkeit der Grössen als Distanzen ab, aber keineswegs nach allen Richtungen in gleichem Verhältnisse. Beobachtungen darüber liegen vor von Hueck, Volkmann mit Hüttenheim, einige von Bergmann, die ausführlichsten von Aubert mit Förster, bei denen u. a. speciell nachgewiesen wird, dass die Unmöglichkeit, zwei Puncte in einiger Entfernung von der Augenaxe zu unterscheiden, keineswegs auf optische Abweichungen des Auges geschoben werden kann; und dass verschieden grosse Zahlen oder Quadrate, unter demselben Gesichtswinkel bei verschieden grosser Entfernung des Auges gesehen, sich in der Nähe mit weiter von der Sehaxe entfernten Theilen der Netzhaut erkennen lassen, als in der Ferne.

Um das Detail dieses Kapitels nicht gar zu weit auszudehnen, glaube ich hinsichtlich des Näheren dieser Versuche auf die Originalabhandlungen verweisen zu müssen.

Hueck, in Müller's Arch. 1840. S. 92.

Volkmann, in Wagner's Wört. Art. Sehen. S. 334.

Aubert und **Förster**, in Gräfe Arch. f. Ophthalm. III. S. 14 und Moleschott Unters. IV. S. 16.

Bergmann, in Henle und Pfeufer Zeitschr. III. F. Bd. II. S. 97.

Hiemit kann man die Versuche zur Bestimmung der Grösse des Theiles der Netzhaut, mit welchem man scharf genug sieht, um Druckschrift lesen zu können, in Beziehung setzen, worüber E. H. **Weber** in den Berichten der sächs. Soc. 1853. S. 128 ff., **Aubert** und **Förster** in den genannten Abhandlungen nachzusehen sind.

Distanzunterschiede (Augenmass).

Ueber die Feinheit des Augenmasses hat E. H. **Weber***) folgende Angaben:

»Dissecui chartam papyraceam scriptoriam magnitudine maxime consueta in octo partes aequales et cuilibet parti lineam rectam et aequalem inscripsi, curans simul, ut omnes lineae aequali crassitie et nigritie, diversa autem longitudine essent. Brevissima linea 100 millimetris alia quaedam linea longior 100½ mm, alia longior 101 mm constabat. Ita diversae lineae usque ad longitudinem 105 millimetrorum ductae sunt.

Iam duae chartae iuxta se positae homini proponebantur, cuius subtilitatem visus examinare cupiebam. Homines arti delineandi operam navantes, ideoque visu exculto gaudentes, lineam perpendicularem 100 mm longam a linea perpendiculari 101 mm longa discreverunt, et experimenta ter, quater et quinquies iterato semper longiorem lineam recte indicarunt. Accidit tamen et his ut defatigati nonnunquam errarent. Plures vero homines lineas 100 et

---

*) *Progr. coll. p. 142.*

104^{mm} longas non, certo sed non nisi lineas 100 et 105^{mm} longas distinxerunt. His experimentis intellectum est, a nonnullis centesimam, ab aliis vero vigesimam lineae partem, qua altera linea altera parallela maior est, satis certo visu cognosci.«

Einige eigene Versuche über die eben merklichen Unterschiede von Zirkeldistanzen habe ich S. 233 angeführt.

b) Tastsinn.

Ueber die Grösse der eben merklichen Distanz von Zirkelspitzen auf der Haut hat bekanntlich E. H. Weber zuerst Untersuchungen angestellt und dabei gefunden, dass diese Distanz auf verschiedenen Hauttheilen ausnehmend verschieden ist. Am grössten fand er die Empfindlichkeit auf der Zungenspitze, wo noch bei ½ par. Lin. Distanz die Zirkelspitze als doppelt erkannt wurde, demnächst an der Volarseite des letzten Fingergliedes (1 par. Lin.), am rothen Theile der Lippen (2 Lin.), an der Volarseite des 2. Fingergliedes (2 Lin.) u. s. w., am geringsten am oberen Theile des Rückgrates und auf der Mitte des Oberarmes und Unterschenkels (30 par. Lin.). Seine Beobachtungstabelle ist am ausführlichsten in s. *Progr. coll. p.* 50 *sequ.*, kürzer zusammengezogen im Artikel Tastsinn und Gemeingefühl in Wagner's Wört S. 539 gegeben und in s. Abhandl. in den Berichten der Leipz. Soc. 1853 p. 85 ff. *) reproducirt worden; an welchem letzteren Orte er noch verschiedene Nachträge über die allgemeine Auffassung des Raumsinnes und die Methoden, die Feinheit desselben zu bestimmen, giebt. Die Beobachtungen Weber's sind zuerst von Allen Thomson (in *Edinb. Med. and Surg. Journ. no.* 116), später von Valentin (Lehrb. d. Physiol. 1844. Bd. II. S. 565), endlich von Czermak (physiol. Studien oder Sitzungsber. der Wien. Akad. XV. S. 425, XVII. S. 563, Moleschott, Unters. S. 183) bestätigt und von letzterem nach mehreren Beziehungen erweitert worden.

Sehr interessante Erfahrungen, nach denen Chloroformirung und Narkose die eben merklichen Zirkeldistanzen auf der Haut sehr vergrössert, hat Lichtenfels in den Sitzungsberichten der Wien. Akad. 1857. VI. p. 338 bekannt gemacht. Lähmungsartige Zustände der Haut haben denselben Erfolg, worüber die Erfahrungen von Landry in *Archiv. gén. de méd. XXIX. Juill. Sept.* (Cannst. Jahresber. f. 1852. p. 189) und besonders Wundt in Henle und Pfeufer Zeitschr. 1858. p. 272, auch Brown Sequard in Cannst. Jahresber. 1853. p. 202 zu vergleichen sind, welcher letztere auch einen Fall der Verkleinerung der eben merklichen Distanz durch einen hyperästhetischen Zustand berichtet. Erfahrungen, nach denen durch Uebung die eben merkliche Distanz verkleinert wird, hat Hoppe in s. medic. Brief. 1854. Heft 2, Czermak in obigen Abhandlungen, und besonders Volkmann in den Sitzungsber. d. sächs. Soc. 1858. p. 38 bekannt gemacht.

---

*) Auszug daraus, doch ohne die Tabellen, in Fechner's Centralbl. 1853. No. 31. Die Tabelle ist auch von Czermak in dessen physiolog. Stud. S. 54 gegeben.

Theoretische Discussionen über die Verhältnisse des Hautraumsinnes finden sich in den angeführten Abhandlungen von Weber und Czermak, in Lotze's medicin. Psychol. 1852, in Meissner's Beitr. z. Anatom. u. Physiol. der Haut. Leipzig 1853 und in Wundt's Abhandl.; die überhaupt eine ausführliche Zusammenstellung über diesen Gegenstand enthält.

e) Auffassung von Zeit und Bewegung.

Wenn zwei Eindrücke zu schnell hinter einander gemacht werden, verfliessen sie in einen gleichförmigen für die Empfindung, und man kann fragen, wie gross die Zwischenzeit zwischen zwei Eindrücken sein müsse, um dieselben noch als unterschieden auffassen zu können.

Eine reine experimentale Antwort hierauf lässt sich aus einem analogen Grunde als betreffs der extensiven Raumschwelle nicht geben. Denn, so wie jeder Eindruck einen Irradiationskreis um sich hat, hinterlässt jeder Eindruck einen Nachklang. Ist nun der Nachklang, welchen der erste Eindruck hinterlässt, bei Eintritt des zweiten noch stark genug, dass der Unterschied vom zweiten die intensive Unterschiedsschwelle nicht erreicht, so muss der eine Eindruck mit dem anderen gleichförmig verfliessen.

Man kann fragen, ob nicht die Unmöglichkeit, zwei zu schnell nach einander eintretende Eindrücke als unterschieden aufzufassen, allein an diesem Umstande hänge. Hierüber ist erfahrungsmässig nichts entschieden, und schwer, sicher zu entscheiden. Wahrscheinlich aber findet nach Analogie der Raumverhältnisse auch betreffs der Zeitverhältnisse eine Unmöglichkeit schlechthin statt, einander zu nahe Eindrücke noch als unterschieden aufzufassen.

Allerdings kann man hiebei das Dasein von Empfindungskreisen in dem S. 276 erörterten Sinne nicht geltend machen; aber es hat vielleicht Einiges für sich, dass das subjective Zeitmass eben so an psychophysische Oscillationen in uns, als das subjective Raummass an Empfindungskreise geknüpft sei, und Alles, was in die Dauer einer solchen Oscillation fällt, so wenig zeitlich unterschieden werden könne, als was in die Ausdehnung eines Empfindungskreises fällt, räumlich. Es wäre inzwischen müssig, dieser Hypothese ohne die Möglichkeit genauerer Begründung hier weiter nachzugehen.

Die Frage, um die es sich hier handelt, kommt u. a. in Rücksicht bei dem Versuche der gedrehten Scheibe mit weissen und schwarzen Sectoren. Während ein weisser Sector vorbeigeht, wächst der Eindruck, während ein schwarzer vorbeigeht, nimmt er ab. Ist die Erscheinung der Gleichförmigkeit blos daran geknüpft, dass der Unterschied zwischen Minimum und Maximum die intensive Unterschiedsschwelle nicht erreicht, welche für ruhig aufgefasste Lichteindrücke besteht, oder wird die Erscheinung der Gleichförmigkeit dadurch befödert, dass Minimum und Maximum des Eindruckes so schnell hinter einander eintreten, dass wir beide in der Zeit nicht auseinanderhalten können; und kann demnach der Unterschied grösser sein, ohne die Erscheinung der Gleichförmigkeit zu gefährden, als bei ruhig aufgefasstem Eindrucke?

Es scheint mir einige Möglichkeit vorzuliegen, auf Grund eines Versuches hierüber die erste Frage zu entscheiden, wenn man noch einige Data vorher bestimmt hat.

Im Zusammenhange mit der Frage der Zeitschwelle steht die Frage nach der Zeit, welche nöthig ist, gegebene Eindrücke mit gegebener Deutlichkeit aufzufassen. Hierüber finde ich einige Bemerkungen und Versuche von Valentin in dessen Lehrb. der Physiol. II. p. 471:

»Welches Minimum von Zeit — sagt er — bei gehöriger Uebung zu einer befriedigenden Auffassung bekannter Objecte gehört, sehen wir am besten aus dem Lesen uns geläufiger Lettern. Las ich nur je eine Zeile grösseren Druckes dieses Werkes (des Valentin'schen Lehrbuches), so kamen in 10 Versuchen auf je einen Buchstaben im Maximum 4,21, im Minimum 2,34 und im Mittel 3,330 Terzien bei dem Durchlesen einer ganzen Seite, die keinen Absatz hatte, und blos mit grösserer Schrift gedruckt war, fanden sich für 2629 Buchstaben und Interpunctionszeichen 1 Minute 12 Secunden. Dieses giebt für 1 Bild im Durchschnitte 2,10 Terzien. Machte ich denselben Versuch mit einer fortlaufenden Seite Petitdrucks dieser Arbeit, so brauchte ich für 3944 Buchstaben und andere Zeichen 2 Minuten 12 Secunden, mithin für einen Eindruck 2,01 Terzien. Wir können daher im Allgemeinen annehmen, dass wir bei dem raschen Lesen für die Auffassung jedes einzelnen Charakters nur zwei bis vier Terzien im Mittel nöthig haben.«

Ueber die noch wahrnehmbaren kleinsten **Bewegungen** finde ich folgende Angaben in **Gehler's** Wörterbuche, Artikel **Gesicht** S. 1457, von **Muncke**:

»Aus der Bestimmung der Dauer des Lichteindruckes auf das Auge in Verbindung mit der oben angegebenen Grösse des Gesichtswinkels lässt sich erklären, warum manche sehr langsame Bewegungen nicht wahrgenommen werden. G. G. **Schmidt**[*]) wählt, um dieses deutlich zu machen, das Beispiel, dass die Sterne, selbst im Aequator, wo ihre Bewegung am schnellsten ist, dennoch stillzustehen scheinen. Setzt man nämlich die Dauer des Lichteindruckes im Auge hoch auf 0,5 Sec., so durchläuft der Stern in dieser Zeit einen Bogen von nur 5 Sec. und da dieser kleiner ist, als der kleinste Gesichtswinkel für ein räumliches Object, so scheint er still zu stehen. Wird der Stern dagegen durch ein Fernrohr mit nur 10facher Vergrösserung betrachtet, so beträgt der Gesichtswinkel 50 Sec. und seine Bewegung wird, jedoch mit Mühe und kaum wahrgenommen, erscheint aber um so schneller, je grösser die Vergrösserung ist, die man anwendet. Hierbei kommt indess der lebhafte Lichteindruck des Sternes auf das Auge in Betrachtung, denn bei der Beobachtung der Bewegung des Minutenzeigers einer Taschenuhr erhielt **Schmidt** ein anderes Resultat. Diese nahm derselbe nämlich bei der Anwendung einer zehnfachen Vergrösserung so eben wahr. Indem aber die Länge des Zeigers 4,5 par. Lin. betrug, und der Sehwinkel einer Abtheilung desselben (für 10 Z. Abstand des deutlichen Sehens beim

---

*) Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. Giess. 1826. 8. S. 471.

Beobachter) 13,5 Min. ausmachte, so war die Bewegung desselben in einer Secunde = 13,5 Sec scheinbar, und mit 10facher Vergrösserung 135 Sec. oder 2 Min. 15 Sec. Inzwischen kommt bei dieser, allerdings sinnreichen Methode, die kleinsten Bewegungen zu messen, vieles, namentlich die Gesichtsschärfe und die Erleuchtung des beobachteten Gegenstandes, in Betrachtung, weswegen auch die beiden mitgetheilten Angaben so sehr von einander abweichen. Um die letztere zu prüfen, beobachtete ich selbst den Minutenzeiger meiner Taschenuhr, welcher 9,1 Lin. lang und stahlblau sich auf einem blendend weissen Zifferblatte bewegt. So lange er sich über dem letzteren bewegte, konnte ich das Fortrücken desselben mit unbewaffnetem Auge und bei einer Gesichtsweite von 8 Z. wahrnehmen, jedoch schien er still zu stehen, wenn er sich über einem schwarzen Theilstriche befand, so dass also diese Bewegung als die Gränze derjenigen anzunehmen ist, welche mein Auge noch wahrnehmen kann. Man darf also jene angegebene Grösse von 13,5 Sec. nur verdoppeln und im Verhältnisse von 10 : 8 nehmen, um für mein Auge den kleinsten optischen Winkel von nahe 34 Sec. zu erhalten*), welcher indess unter minder günstigen Bedingungen, namentlich wenn das Messen des Abstandes der Zeigerspitze zwischen den beiden Minutenstrichen wegfiele, nicht so klein ausfallen würde. Hieraus erklärt es sich auch, warum die Bewegung der Sterne im Fernrohre bei einem optischen Winkel von 50 Sec. sichtbar wird, nämlich theils wegen des starken Lichtes derselben im verhältnissmässig dunklen Raume, theils weil das Gesichtsfeld des Fernrohres etwas erleuchtet, seine Umgebung wegen des inwendig schwarzen Rohres aber völlig dunkel ist, und auf diese Weise also der veränderliche Abstand des Sternes von dem Rande des Gesichtsfeldes gemessen werden kann.«

Hiezu kann man noch folgende Angaben von Valentin in s. Lehrb. II. p. 165 fügen:

»Ich kann noch nicht die Bewegung des vergoldeten Minutenzeigers (einer Taschenuhr), welcher eine Länge von 11,5 Millimeter hat, mit freiem Auge bei gutem Tageslichte wahrnehmen, sehe sie aber, wenn ich eine 1½mal vergrössernde Lupe gebrauche. Betrug dagegen die Länge des vergoldeten Zeigers einer anderen

---

*) Die genauere Berechnung giebt 34″ 50‴.

Uhr 18 Millimeter, so nehme ich das Fortrücken der Spitze bei scharfer Fixation in 6 Zoll Abstand vom Auge in hellem Lichte eben noch wahr, würde jedoch das Ganze bei irgend flüchtiger Betrachtung für ruhend halten. Schiebe ich aber eine Lupe vor, die für ebenfalls 6 Zoll Sehweite 1½ mal vergrössert, so kann ich die Ortsveränderung deutlich auffassen.... Alle solche Bestimmungen der Secundengeschwindigkeit der kleinsten Veränderung des Sehwinkels geben selbst bei den richtigsten Vordaten blos approximative Werthe, weil eine grosse Zahl von Nebenverhältnissen, die nicht immer genau in Berechnung gezogen werden können, wesentlich mitwirken. Nicht nur die Stärke des Lichtes, der Glanz und die Farbe des betrachteten Gegenstandes, der Abstand, die Sehweite und die Gesichtsschärfe des Auges, sondern auch die Natur der benachbarten Objecte hat auf die Wahrnehmung der leisesten Bewegungen einen bedeutenden Einfluss. Geht der Zeiger der Uhr z. B. unmittelbar an feineren Strichen hin, so wird seine geringste Bewegung leichter als sonst wahrgenommen, weil jene feinen, als Verzierungen angebrachten, Linien zu fixen Vergleichungspuncten dienen und die unbedeutendste Verrückung der Zeigerspitze um so eher auffällt.«

XII. Parallelgesetz zum Weber'schen Gesetze.

Es ist eine Fundamentalfrage, auf die wir bei Gelegenheit der Bewährungen des Weber'schen Gesetzes geführt worden, und die hier in genaueren Betracht zu nehmen sein wird, ob und wiefern die Empfindlichkeit für Unterschiede mit der Empfindlichkeit für absolute Reizgrössen parallel geht, namentlich, ob die Abänderung der Empfindlichkeit für Reize, welche durch die Einwirkung der Reize selbst entsteht, auch die Empfindlichkeit für Unterschiede derselben betheiligt.

Eine weisse Scheibe auf schwarzem Papiere überzieht sich bei anhaltender Betrachtung mit einem bis zu gewissen Gränzen immer dunkler werdenden grauen Schleier, ein Beweis, dass die Empfindlichkeit für das Licht durch seine Einwirkung abgestumpft wird, wozu sich noch genug andere Beweise fügen lassen. Nach Ermüdung durch Tragen oder Heben von Lasten wird anderseits eine Last vielmehr als schwerer empfunden, wonach die Empfindlichkeit für Gewichte sich durch die vorherige Wirkung der Gewichte erhöht zeigt. Dort gehört ein grösserer Lichtreiz, hier eine geringere Last dazu, um noch gleich stark empfunden zu werden.

Es fragt sich: wird hiermit zugleich der eben merkliche oder überhaupt gleich merkliche Lichtunterschied, Gewichtsunterschied sich vergrössert oder verkleinert zeigen, oder wird das ermüdete Organ denselben Unterschied physischer Einwirkung noch gleich stark als ohne die Ermüdung spüren?

Für den ersten Anblick nun mag es ganz natürlich scheinen, dass, wenn jeder beider Reize für sich schwächer oder stärker empfunden wird, auch der Unterschied derselben schwächer oder stärker empfunden wird. Aber, da uns das Weber'sche Gesetz gelehrt hat, dass, wenn zwei Reize wirklich schwächer oder stärker sind, der Unterschied doch noch eben so stark als vorher empfunden wird, sofern er mit den Reizen zugleich in demselben Verhältnisse abgeschwächt oder gewachsen ist; so könnte der aus inneren Gründen abgeänderte Eindruck der Reize möglicherweise denselben Erfolg haben, als die wirkliche objective Abänderung der Reize, und der Unterschied danach auch noch eben so stark empfunden werden.

In der That, was heisst psychophysisch: die Empfindlichkeit für einen Reiz ist abgeändert? Falls eine feste Beziehung zwischen psychophysischer Thätigkeit und Empfindung besteht, so kann es nichts anderes heissen, als: es wird eine andere Reizgrösse erfordert, denselben Eindruck, d. i. dieselbe psychophysische Thätigkeit hervorzurufen. Ist nun das Weber'sche Gesetz gründlich gefasst statt auf die Beziehung der Empfindung zum Reize vielmehr auf die Beziehung der Empfindung zur innerlich ausgelösten Reizwirkung zu beziehen, so muss es auf dasselbe herauskommen, ob der äusserlich wirkende Reiz geschwächt, oder seine innere Wirkung geschwächt wird, da auch die Schwächung des äusseren Reizes nur vermöge der Schwächung der inneren Wirkung in Betracht kommt; kurz die Abstumpfung der Wirkung des Reizes innerlich und Schwächung desselben äusserlich müssen den gleichen Erfolg haben, den Unterschied für die Empfindung unverändert bestehen zu lassen, wenn sie die Componenten in gleichem Verhältnisse betreffen.

Wäre freilich das Weber'sche Gesetz nicht vom äusseren Reize auf die innere Wirkung, d. i. die dadurch ausgelöste psychophysische Thätigkeit übertragbar, bliebe der Empfindungsunterschied nicht constant, wenn der relative Unterschied oder das Verhältniss der irgendwie gemessenen inneren Wirkungen constant bleibt, sondern änderte sich nach irgend einer Function ihres absoluten Unterschiedes, so könnte auch diese Folgerung des Gesetzes nicht von Aussen nach Innen übertragen werden: und somit sieht man, dass die Frage, um die es sich hier handelt, in der That eine fundamentale Bedeutung für unsere Lehre gewinnt. Es ist die Frage um eine der Brücken zwischen der äusseren und inneren Psychophysik.

Auch abgesehen davon ist die Frage, wiefern eine Abhängigkeit zwischen der absoluten und Unterschiedsempfindlichkeit besteht, wesentlich oder nicht wesentlich ist, von wichtigem Belange, und die Entscheidung darüber sehr geeignet, uns einen Schritt der Klarheit vorwärts in der bisher noch so dunklen Lehre von der Reizbarkeit und Erregbarkeit thun zu lassen.

Ich will das Gesetz, um was es sich hauptsächlich bei dieser Frage handelt, sofern es als eine Uebertragung des Weber'schen von Aussen nach Innen anzusehen ist, das Parallelgesetz des Weber'schen oder kurz Parallelgesetz nennen. Es wird sich so aussprechen lassen:

Wenn sich die Empfindlichkeit für zwei Reize in gleichem Verhältnisse ändert, bleibt sich doch die Empfindung ihres Unterschiedes gleich.

Gleichgeltend damit ist folgender Ausspruch:

Wenn zwei Reize beide schwächer oder stärker empfunden werden als früher, so erscheint doch ihr Unterschied noch eben so gross als vorher für die Empfindung: wenn man beide Reize in demselben Verhältnisse abändern müsste, um die frühere absolute Stärke der Empfindung durch beide zu erhalten.

Mit der Frage, ob die zeitliche Abänderung der absoluten Empfindlichkeit eines und desselben empfindenden Theiles eine Abänderung seiner Unterschiedsempfindlichkeit wesentlich mitführe, von sich abhängig habe, steht in natürlichem Zusammenhange die Frage, ob eine räumliche Verschiedenheit der absoluten Empfindlichkeit, d. i. eine Verschiedenheit der absoluten Empfindlichkeit zwischen verschiedenen Theilen, eine Verschiedenheit ihrer Unterschiedsempfindlichkeit wesentlich mitführe, von sich abhängig habe; und es trägt sich hiemit die Frage unseres Gesetzes vom Zeitlichen auf das Räumliche über. Die verschiedenen Theile der Netzhaut besitzen nachweislich eine verschiedene absolute und eine verschiedene Unterschieds-Empfindlichkeit für das Licht. Gehen sie in dieser Hinsicht wesentlich parallel? Dieselben Lasten werden auf verschiedenen Körpertheilen als verschieden schwer empfunden; erkennt man mit denjenigen Körpertheilen, welche dieselben Gewichte als schwerer empfinden, auch gegebene Gewichtsunterschiede leichter?

Es scheint mir nicht, dass man derartige Fragen überhaupt schon klar gestellt; noch weniger, dass man sie klar und entscheidend beantwortet habe, doch sind es fundamentale Fragen.

Unstreitig, wenn bei zeitlicher Verschiedenheit der absoluten Empfindlichkeit doch die Unterschiedsempfindlichkeit dieselbe bleiben kann, wird es auch von der räumlichen Verschiedenheit gelten können, und umgekehrt, so dass Bewährungen des Gesetzes nach zeitlicher Seite auch zu Gunsten seines Bestehens nach räumlicher Seite und umgekehrt sprechen, ohne dass man jedoch sich der Aufgabe entziehen kann, es nach beiden Seiten besonders zu bewähren.

Ueberhaupt kann aus der Gültigkeit des Gesetzes unter gewissen Umständen noch nicht auf die Gültigkeit desselben unter anderen Umständen sicher geschlossen werden, und es kann, ohne dass die absolute und die Unterschieds-Empfindlichkeit wesentlich, d. h. überall, nothwendig, grundgesetzlich ihrer Natur nach, von einander abhängen, doch auch Umstände geben, welche auf beide zugleich steigernd oder vermindernd wirken, so dass es sich also zum Erweise, dass beide nicht wesentlich von einander abhängig sind, nicht sowohl darum handelt, zu zeigen, dass die eine immer constant bleibt, wenn die andere sich ändert, als dass sie ebensowohl ohne und gegen einander als mit einander und in gleichem Sinne sich ändern können; mit anderen Worten, dass das Parallelgesetz unter gewissen Verhältnissen besteht, wenn es auch nicht überall besteht.

Wichtig ist, die Bedingung des Gesetzes nicht zu übersehen, dass die Empfindlichkeit für beide Reize sich wirklich in gleichem Verhältnisse ändert, soll das Gleichbleiben des Empfindungsunterschiedes danach erwartet werden. Gesetzt z. B. ein gleicher Reiz treffe zwei Stellen der Netzhaut von anfangs gleicher absoluter Empfindlichkeit, und werde demgemäss anfangs von beiden als gleich empfunden; nun ändere sich die absolute Empfindlichkeit blos der einen in Plus oder Minus, so wird, auch unter Voraussetzung der Gültigkeit des Parallelgesetzes, sofort ein Empfindungsunterschied zwischen beiden entstehen und dieser in derselben Weise mit Zunahme des Unterschiedes der absoluten Empfindlichkeit wachsen müssen, wie wenn bei gleichbleibender Empfindlichkeit beider der Reiz, der die eine Stelle trifft, wächst, indess er für die andere constant bleibt.

Alle Fragen und Verhältnisse, die hier in Bezug auf intensive Empfindungen besprochen sind, finden ihre Anwendung eben so auf extensive. Auch hiebei kann man fragen: werden gegebene Ausdehnungsunterschiede am leichtesten empfunden, wenn und wo gegebene Ausdehnungen am grössten erscheinen; und geht sonach der eben merkliche Ausdehnungsunterschied mit der eben merklichen Ausdehnung parallel?

Von alle dem soll nun im Folgenden gehandelt werden, soweit Erfahrungen darüber vorliegen, die freilich noch keineswegs den erwünschten Zusammenhang und die erwünschte Vollständigkeit darbieten, um ein allgemeines, einfaches und nettes, Resultat aussprechen zu können. Doch kann man im Allgemeinen sagen, dass eine wesentliche Abhängigkeit zwischen absoluter und Unterschieds-Empfindlichkeit durch die folgende Bewährung des Parallelgesetzes im Felde der Gewichtsversuche direct negirt wird.

Auch scheint die Bewährung des Weber'schen Gesetzes selbst überhaupt nicht anders gelingen zu können, als unter Zutritt des Parallelgesetzes, und so zu sagen solidarisch mit dessen Bewährung zu sein. Denn nothwendig muss sich im Laufe der Versuche wegen der dauernden oder wiederholten und abgeänderten Einwirkung der Reize die Reizbarkeit oder absolute Empfindlichkeit ändern, und es scheint nicht, dass eine Bewährung des Weber'schen Gesetzes durch eine Skale verschiedener Reizgrade gelingen könnte, wenn nicht zugleich die Uebertragbarkeit desselben auf die innere Wirkung oder sein Parallelgesetz bestände.

Ich halte dieses indirecte Argument doch für sehr bindend. Inzwischen schliesst es das Erfoderniss directerer Bewährungen nicht aus, von denen ich folgends anführe, was mir darüber zu Gebote steht.

1) Gewichtsversuche.

Eine 32tägige einhändige Versuchsreihe (Juni und Juli 1858) mit 32 . 8 . 64 = 16384 Hebungen wurde mit einem und demselben Hauptgewichte *P* = 1000 Grammen und zwei Zusatzgewichten *D* = 40 und 80 Grammen, mit denen von einem Tage zum anderen gewechselt ward, unter den S. 97 angegebenen Normalumständen ausgeführt, abgesehen von der variirten Dauer, während welcher ein Gewicht gehoben ward; und zwar wurden folgende 4 Hebungszeiten $\frac{1}{2}$, 1, 2, 4 Secunden angewandt, und je 64 Hebungen mit der Linken, eben so viel mit der Rechten hinter einander bei jeder dieser 4 Hebungszeiten an jedem der 32 Versuchstage vorgenommen, deren jeder solchergestalt 8 . 64 = 512 Hebungen enthielt. Nun stellte sich jedesmal bei der Hebungszeit von 4 Secunden ein starkes Gefühl von Ermüdung der Hand ein, weil das Hauptgewicht von 1 Kilogramme dabei so lange in der Schwebe gehalten werden musste, wovon ich bei den geringeren Hebungszeiten, auch selbst bei zwei Secunden (worauf ich ausdrücklich mein Augenmerk richtete), nichts wahrnahm. Hätte nun diese Ermüdung einen Einfluss auf die Unterschiedsempfindlichkeit gehabt, so musste sich diess in den richtigen Zahlen und daraus nach S. 112 ff. abgeleiteten *hD*-Werthen, welche bei dem constant gehaltenen *D* das Mass dieser Empfindlichkeit bieten, spürbar machen; und überhaupt die Dauer der Hebung einen Einfluss auf die Unterschiedsempfindlichkeit äussern, denn auch bei nicht deutlich gespürter Ermüdung muss doch eine längere Hebungszeit stärker die Kraft in Anspruch nehmen und mithin abspannen, als eine kürzere. Aber ein solcher Einfluss geht aus meinen Versuchen nicht hervor. Denn ich erhielt summirt für die 4 Hauptfälle folgende richtige Zahlen *r* (für *n* = 2048 bei den Specialzahlen) und folgende, der Unterschiedsempfindlichkeit proportionale, Werthe 32 *hD* in Summa für beide *D*'s, und 64 *hD* in Summa für Linke und Rechte, bei den verschiedenen Hebungszeiten, wobei noch zu bemerken ist, dass jede der 4 Hebungszeiten gleich oft den Anfang und den Schluss eines Versuchstages gebildet hat*).

---

*) Die richtigen Zahlen *r* und Werthe 32 *hD* gehen in folgender Tabelle nicht überall mit einander parallel, was den S. 118 angegebenen Grund hat.

$n = 2048.$

Hebungszeit.		½	1	2	4
r	Linke	1541	1507	1496	1546
	Rechte	1561	1502	1483	1551
Summe		3102	3009	2979	3097
32 *hD*	Linke	159509	161316	155271	183353
	Rechte	192175	179139	168915	175337
64 *hD*		351684	338456	324186	358690

Diese Reihe kann mit zur experimentalen Bewährung unserer Rechnungsregel dienen (vgl. S. 104). Sie gab nämlich in Summa für L. und R., und für alle 4 Hebungszeiten nach unserer Rechnungsregel folgende Werthe von 32 *hD*:

bei $D = 0{,}04\ P$ den Werth 484399
- - - 0,08 - - - 913613

also bei dem doppelten *D* das doppelte *hD*.

Halten wir uns an die untenstehenden Summen 64 *hD*, welche das zusammengezogene Resultat sämmtlicher Versuche enthalten, so müsste, wenn die Hebungsdauer und davon abhängige Ermüdung einen Unterschied im Werthe der Unterschiedsempfindlichkeit machte, der grösste Unterschied zwischen der Hebungszeit ½ und 4 Sec. erwartet werden, aber die Werthe 64 *hD* sind hier merklich gleich, und auch für die Zwischenzeiten nicht sehr verschieden.

Dieses Ergebniss gewinnt dadurch an Gewicht, dass sich die Hebungsdauer doch keineswegs überhaupt einflusslos auf die Schätzung der Gewichte gezeigt hat, indem die constanten Einflüsse *p*, *q* dadurch auffallende Veränderungen erlitten haben, denn es fand sich der durchschnittliche Werth derselben, nach der S. 114 angegebenen Weise bestimmt, in Grammen wie folgt:

Hebungszeit.	Linke.		Rechte.	
	p	*q*	*p*	*q*
½ Sec.	+ 6,78	− 3,17	+31,49	+6,38
1 -	+12,07	−19,46	+42,38	+3,30
2 -	+12,38	−16,00	+33,08	+0,36
4 -	− 7,98	− 3,38	+ 3,43	+6,04

Während also bei 2 Secunden Hebungszeit mit der Linken das erstaufgehobene Gefäss um 12,38 Grammen schwerer erschien, als das zweitaufgehobene, erschien es bei 4 Sec. Hebungszeit um 7,95 Grammen leichter. Bei Hebung mit der Rechten zeigte die Aenderung dieselbe Richtung, ohne aber bis zum Umschlage zu gehen.

Unstreitig fällt auf, dass die Werthe von *p* so wie *q* für 1 Sec. und 2 Sec. Hebungszeit beinahe gleich sind, hingegen für ½ Sec. und 4 Sec. stark abweichen. Aber diess erklärt sich dadurch, dass bei ½ Sec. Hebungszeit die Hebung mit einer Art schnellem Rucke geschieht, der nicht recht vergleichbar mit den ruhigen Hebungen in den längeren Hebungszeiten ist, indess bei 4 Sec. die stark empfundene Ermüdung eine Unvergleichbarkeit herbeiführt.

Das vorige Resultat war gelegentlich bei einer zu anderen Zwecken angestellten Versuchsreihe erhalten worden. Um den Einfluss der Ermüdung durch die Hebungsdauer noch mehr zu steigern als bei voriger Reihe, habe ich neuerdings (im Jan. und Febr. 1859) noch eine andere Reihe unter Normalumständen (abgesehen von der Hebungsdauer) absichtlich auf diesen Zweck gerichtet, indem ich zwei stärkere Hauptgewichte anwandte. Leider ist diese Reihe aus unten anzugebendem Grunde ein Fragment geblieben; doch verdient das Resultat dieses Fragmentes als Verstärkung der anderweit erhaltenen Resultate Anführung.

Im Ganzen befasst dieses Fragment nur 16 . 64 = 1024 Hebungen, vertheilt auf 8 Tage, jeder mit 2 Abtheilungen à 64 Hebungen, welche jeden Tag hinter einander blos mit der Linken angestellt wurden, während ich sonst immer mit der Linken und Rechten wechsele. Es wurden zwei *P*'s angewandt = 1500 und 3000 Grammen, zwischen denen nach je zwei Tagen gewechselt ward; *D* war beidesfalls 0,06 *P*. An je zwei aufeinanderfolgenden Tagen wurde dasselbe *P* und *D* beibehalten; aber von einem Tage zum anderen zwischen folgenden zwei Versuchsverhältnissen gewechselt:

a) Dauer jeder einfachen Hebung 1 Secunde, Zwischenzeit zwischen je zwei Doppelhebungen 5 Secunden (also hier die gewöhnlichen Normalzeiten).

b) Dauer jeder einfachen Hebung 4 Secunden; Zwischenzeit zwischen je zwei Doppelhebungen 3 Secunden.

Also war bei b) die Zeit, während welcher das Gewicht in der Schwebe gehalten werden musste, viermal so lang, und die Zeit zum Ausruhen zwischen zwei Doppelhebungen im Verhältnisse von 3 : 5 kürzer, als bei a).

Dieser Unterschied hatte denn auch den Erfolg, dass bei b) an jedem Versuchstage alsbald ein sehr starkes (natürlich bei $P = 3000$ noch stärkeres als bei $P = 1500$) Gefühl von Ermüdung in der hebenden Hand eintrat, was bei a) nicht der Fall war. Dazu trat aber noch bei b) ein Schmerz in der Milzgegend, einigermassen schon am ersten Versuchstage, was Grund war, mich täglich auf 2 Abtheilungen zu beschränken (da ich deren sonst immer 8 bis 12 anstelle) und der bei jedem neuen b-Versuchstage stärker und am 4ten so stark wurde*), dass ich die 2 Versuchsabtheilungen schwer zu Ende führte, was mich abgehalten hat, die Versuchsreihe weiter fortzuführen. Denn es war meine Absicht, sie auch mit rechtshändigem und zweihändigem Verfahren zu wiederholen, und mindestens 1½ Monat fortzusetzen.

Nun halte ich nach anderweiten Erfahrungen 1024 Hebungen bei Weitem noch nicht hinreichend, ein ganz sicheres Resultat zu begründen, und namentlich kann in Fractionen dieser Zahl für sich keine Sicherheit gesucht werden; wenn man indessen im Folgenden sieht, dass $P = 1500$ ein Uebergewicht von hD für a), hingegen $P = 3000$ für b) giebt, und im Gesammtresultate von hD nur ein unbedeutender Unterschied zwischen a) und b) stattfindet, indess ein sehr starker Ermüdungsunterschied stattfand, der sich auch in einem starken Unterschiede von hp äusserte, so kann man auch hier keinen Einfluss der Ermüdung auf die Unterschiedsempfindlichkeit h erblicken.

Ich gebe, da es hier ohne viel Umständlichkeit geschehen kann, die ganze Specification der Zahlen r, aus denen die Resultate zu ziehen.

	$n = 64$				$n = 256$
	r_1	r_2	r_3	r_4	Summe r
$P = 1500$. a)	52	46	58	45	201
- - - b)	52	39	48	51	190
$P = 3000$. a)	55	43	51	57	206
- - - b)	46	61	33	60	200

Man sieht nun zwar, dass hier b) in den Summenwerthen r sowohl bei $P = 1500$ als $P = 3000$ ein kleineres r giebt als a); aber diess hängt bei $P = 3000$ nur an dem durch die Ermüdung ausnehmend gewachsenen Einflusse p; und die Berechnung lässt vielmehr hD grösser für b) als a) bei $P = 3000$ finden.

---

*) Dieser Schmerz dauerte noch Wochen lang nach, so dass ich selbst dauernden Nachtheil besorgte. Ein Senfpflaster schien gute Dienste dagegen zu leisten.

In der That findet man, wenn man die Berechnung mittelst der Fundamentaltabelle nach den S. 112 ff. gegebenen Regeln ausführt, folgende Werthe:

	$4hD$	$4hp$	$4hq$
$P = 1500$. a)	23460	+ 7726	−2724
- - - b)	18879	+ 5023	−2405
$P = 3000$. a)	25335	+ 1649	+3803
- - - b)	27071	−18327	+4821
Summe a)	48795	+ 9375	+1079
Summe b)	45950	−13304	+2417

In Summa verhalten sich also die Werthe ΣhD bei den Versuchen ohne und mit starker Ermüdung $= 48795 : 45900$; welches weniger abweicht, als nach unausgeglichenen Zufälligkeiten möglich gewesen wäre. Der Einfluss p hat bei $P = 1500$ nur wenig durch die Ermüdung an Positivität verloren; bei $P = 3000$ aber durch die viel stärkere Ermüdung einen Umschlag stark ins Negative erfahren. Der Einfluss q ist hier überall zu gering gegen D und p, um seiner Bestimmung einige Sicherheit beizulegen.

In den vorigen beiden Versuchsreihen ward die Ermüdung durch verlängerte Hebungsdauer der Gewichte bei den Versuchen selbst bewirkt. Zwei andere lange und mühsame Versuchsreihen habe ich angestellt, wo sie durch vorgängige Ermüdung bewirkt ward. Die erste hat, wahrscheinlich wegen eines nachher zu bezeichnenden Nebenumstandes, nicht ganz entscheidende Resultate gegeben; wogegen die zweite als eine entschiedene Bestätigung unseres Gesetzes anzusehen ist.

Die erste dieser Reihen (Januar bis im März 1856), welche ausserdem noch andere Zwecke hatte, als den Einfluss der Ermüdung zu constatiren, war eine einhändige, mit Linker und Rechter besonders ausgeführt. Das Hauptgewicht P war bleibend 1000 Grammen. Der Zusatzgewichte D wurden täglich 5 angewandt, 15, 20, 30, 40, 60 Grammen. 72 Versuchstage, jeder mit 640 Hebungen, wovon 64 auf jedes D mit Linker und eben so viel mit Rechter kommen. Jedes der 5 D's bildete nach der Reihe die Schlussabtheilung des Tages; da aber 5 in 72 nicht aufgeht, und also einige *D*'s nicht so oft die Schlussabtheilung bilden als andere, so sind die Versuchszahlen nach Proportion so reducirt, als ob jedes *D* mit Rechter wie Linker 8mal eine Schlussabtheilung von 64 Hebungen gebildet hätte, und also die ganze Reihe 80 Tage befasst hätte.

Nachdem jedes Tages die 640 Hebungen hinter einander ausgeführt worden, wurde jedesmal an demselben Tage in nachher zu bezeichnender Weise eine starke Ermüdung der Arme vorgenommen, und nun eine Zusatzabtheilung von 64 Hebungen hinzugefügt, welche nichts anderes als eine Wiederholung der letzten Abtheilung à 64 mit dem letztverwendeten *D* war, um zwischen beiden Abtheilungen, der ersten ohne, der zweiten nach Ermüdung einen Vergleich zu ziehen. So sind (unter Voraussetzung obiger Reduction) für jedes der 5 *D*'s 8 Abtheilungen à 64 Hebungen mit Linker und eben so viel mit Rechter im ermüdeten Zustande zum Vergleiche mit entsprechend unmittelbar vor der Ermüdung angestellten Abtheilungen erhalten worden. Ausserdem lassen sich die Resultate der Abtheilungen im ermüdeten Zustande mit den Resultaten der Gesammtheit der Abtheilungen vergleichen, welche an denselbeu Versuchstagen vor der Ermüdung erhalten worden.

Die Art, wie die Ermüdung ausgeführt wurde, ist von mir näher in den Berichten der sächs. Soc. 1857. S. 113 ff. beschrieben worden, indem diese Ermüdungsversuche zugleich zu Uebungsversuchen in Betreff der Muskelkraft dienten, die ich dort mitgetheilt habe*). Hier genügt es, zu sagen, dass zwei Bleigewichte jedes von circa 9½ Pfund Zollgewicht so lange im Tacte aus gesenkter Lage über den Kopf erhoben und wieder gesenkt wurden, bis die fernere Erhebung im Tacte unmöglich fiel; was im Fortschritte der Versuche durch immer längere Zeit gelang. Jede Hebung dauerte 1 Sec., jede Senkung 1 Sec. Ungefähr 1 Minute nach Beendigung der letzten Schwingung, während welcher die entstandene allgemeine Aufregung sich etwas legte und manchmal der Puls gezählt ward, ging ich sofort zur Wiederholung der letzten Abtheilung über.

---

*) Vielleicht hat es einiges Interesse, wenn ich bemerke, dass der starke Fortschritt der Uebung, der sich bei jener, im Jan. bis März 1856 angestellten, Versuchsreihe geltend gemacht hatte, bei Wiedervornahme der Hebungen an zwei aufeinanderfolgenden Tagen im Oct. 1858, nachdem inzwischen gar keine Uebung Platz gegriffen hatte, merklich wieder verschwunden war. Die frühere Reihe begann mit den Hebungszahlen 104 und 128 an den beiden ersten Versuchstagen, und stieg folgweise im Maximum bis 692; am 19. und 20. Oct. 1858 wurden bei gleicher Anstellungsweise der Versuche respectiv 122 und 118 erhalten.

Hier folgt die Angabe der Werthe *hD* unter der Columne *z* im ermüdeten Zustande, unter *u* im unermüdeten blos berechnet aus den Abtheilungen, welche der Ermüdungsoperation jedesmal vorausgingen, unter *U* aus der Totalität jedes Versuchstages vor der Ermüdung; sämmtlich abgeleitet aus Fractionen mit $n = 64$ unter Unterscheidung der 4 Hauptfälle*):

hD

D	Linke.			Rechte.		
	U	*u*	*z*	*U*	*u*	*z*
15	2854	2447	3890	4044	2984	4822
20	4809	3349	4987	5698	4534	5801
30	7171	6570	4400	7593	7776	8233
40	8980	10485	11108	9052	13054	11693
60	13092	12352	11464	12112	14056	16470
Summe	36906	35203	35899	38499	42404	47019

Zieht man nun die untenstehenden Summenergebnisse als Definitivergebnisse in Betracht, so sieht man, dass bei der Linken die Werthe *hD* und mithin *h* merklich gleich mit und ohne Ermüdung sind, wogegen bei der Rechten sich nicht nur in den Summen, sondern allen Einzelwerthen (mit Ausnahme von *U* bei $D = 40$, welches offenbar zu gross ist) ein Uebergewicht der Werthe unter *z* über die unter *u* und *U* herausstellt. Und zwar haben die Werthe unter *z* bei der Rechten viel mehr Gewicht als bei der Linken, weil sie sich den *D*'s nahe proportional zeigen, wie es normalerweise gefodert ist, wogegen die bei der Linken ganz un-

---

*) Obwohl diese Reihe hauptsächlich zur Untersuchung des Einflusses der Grösse von *D* angestellt war, hat sie doch ungeachtet ihrer Grösse in dieser Hinsicht viel weniger regelmässige Resultate gegeben, als andere kleinere Reihen, woran vielleicht die interponirten Ermüdungen selbst Schuld waren; doch geben die Werthe unter *z* bei der Rechten, mit Ausnahme für $D = 15$, sehr gut stimmende, d. h. den *D*'s proportionale Werthe. Zu berücksichtigen ist dabei, dass für kleine *D*'s überhaupt nur bei sehr grossen Versuchszahlen Sicherheit der Resultate zu erwarten ist.

regelmässig sind, was auf starke Störungen deutet. Namentlich sind bei der Linken die Werthe unter *z* bei *D* = 30 und = 60 offenbar viel zu klein, sowohl nach Verhältniss zu den übrigen Werthen unter *z* bei der Linken, als zu den ihnen entsprechenden der Rechten, und schliesst man sie aus, so zeigt sich auch bei der Linken *z* überall überwiegend über *u* und *U*. Es schiene daher aus diesen Versuchen mit ziemlicher Bestimmtheit hervorzugehen, dass durch eine möglichst weit getriebene Ermüdungsoperation die Unterschiedsempfindlichkeit für Gewichte etwas gesteigert wird.

Inzwischen erscheint der Unterschied im Verhältnisse zu der vorausgegangenen starken Ermüdung doch weder erheblich, noch in Betracht dessen, was die Linke gab, was die vorigen Reihen gaben und die folgende Reihe giebt, unzweideutig genug, um ihn nicht auf einen nachher anzuführenden Nebenumstand schieben zu können.

Zuvor aber wird es nicht ohne Interesse sein, auch bei dieser Reihe die Werthe *p* und *q* anzugeben. Sie waren im Mittel für die Versuche bei allen *D*'s in Grammen:

	p		*q*	
	Linke.	Rechte.	Linke.	Rechte.
U	−15,15	+ 7,88	−17,50	+0,20
u	−21,76	− 7,28	−18,23	−2,73
z	−35,81	−13,92	−14,69	+0,72

Hienach hat der Einfluss *p* im Uebergange von *U* zu *z* bei der Linken um 20,66, bei der Rechten um 21,80 Grammen, also bei beiden merklich um gleich viel, bei der Rechten aber unter Umkehr, in negativem Sinne zugenommen, was den starken Einfluss der Ermüdungsoperation auf die Verhältnisse der Schätzung beweist, und zugleich ein bemerkenswerthes Beispiel für die Weise, wie sich solche Veränderungen ereignen, ist. Schon im Uebergange von *U* zu *u* bemerkt man eine Aenderung in derselben Richtung, indem *u*, blos auf die Schlussabtheilung bezüglich, schon eine gewisse Ermüdung im Verhältnisse zu *U*, welches sich auf das Mittel aller Versuche bezieht, mitgeführt hat. (Die blossen Anfangswerthe habe ich nicht besonders untersucht.)

Was den fraglichen Nebenumstand anlangt, so könnte er in Folgendem liegen:

Durch das Schwingen der Gewichte werden nicht blos die Muskeln ermüdet, sondern zugleich der ganze Organismus aufgeregt, was sich durch einen ungeheuer vermehrten Puls zu erkennen gab, der unmittelbar nach vollendetem Schwingen immer so schnell und klein war, dass ich ihn meist nicht zu zählen vermochte; aber einigemale bis zu 150 Schlägen und noch darüber in der Minute gefunden habe. Hingegen hatten die Hebungsversuche mit den Gefässen von 1 Kilogr. Gewicht unter Normalumständen während ungefähr 1 Stunde vor der gewaltsamen Ermüdungsoperation oder ohne nachfolgende Ermüdung keinesweges denselben vermehrenden Einfluss auf den Puls. Im Gegentheile war unter 29 Versuchstagen der jetzigen und einer nachbarlichen Reihe, wo ich den Puls gleich vor und gleich nach den Versuchen (in derselben Körperstellung und unter gleicher Haltung des Armes) bestimmte, der Puls 21mal häufiger vor als nach den Versuchen, und betrug im Mittel vorher 87,8, nachher 85,2. Diese Verminderung mag vielleicht an dem langsamen gleichförmigen Tacte des Verfahrens hängen, und ein schnellerer Tact möchte ein anderes Resultat gegeben haben.

Was die Vermuthung unterstützt, dass eine durch vermehrte Pulszahl angezeigte Aufregung einen steigernden Einfluss auf die Unterschieds-Empfindlichkeit äussere, sind folgende Erfahrungen: Mein Puls war während der vorigen Versuchsreihe sehr veränderlich nach Tagen, was bei der sehr gleichförmigen Lebensweise, die ich führe, wohl nur davon herrühren konnte, dass die täglich wiederholte gewaltsame Ermüdungsoperation ihren Einfluss über die ganze Zeitdauer der Versuchsreihe, aber in veränderlicher Weise forterstreckte. Leider habe ich es, da die Rücksicht auf den Puls mir erst später beifiel, in den früheren Theilen der Reihe versäumt, ihn zu bestimmen und aufzuzeichnen; doch ist es in den letzten 14 Tagen derselben geschehen. Unmittelbar vor Beginn der täglichen Morgen-Beobachtungsstunde ward er gezählt, und nach Schluss derselben, vor der Ermüdung, wieder und hieraus das Mittel genommen. Stelle ich nun diese erhaltenen 14 Mittel mit den richtigen Zahlen der 14 Beobachtungstage, die an allen Tagen vergleichbar blieben, zusammen*), so zeigt sich zwar kein genau entsprechender Gang, aber doch ein deutliches Uebergewicht richtiger Zahlen im Ganzen für die Tage mit grösserer Pulszahl. Ich erhielt nämlich, geordnet nach der Grösse der richtigen Zahlen *r*, folgende correspondirende Werthe (für $n = 640$)

---

*) Die richtigen Zahlen sind folgends für alle 4 Hauptfälle und alle 5 *D*'s desselben Tages addirt.

	r	Pulszahl *)	r	Pulszahl
	411	75,87	446	81,75
	416	95,5	453	88
	431	84,5	457	86,5
	434	79,25	463	90,75
	438	74,25	471	96,5
	439	75,87	483	93,65
	440	88,25	487	82,5
Summa	3009	573,49	3260	619,65

Hienach entsprachen sich für die 7 Tage mit dem niedrigsten *r* im Mittel

$$r = 429{,}9, \text{ Puls } 81{,}92$$

und für die 7 Tage mit dem höchsten *r*

$$r = 465{,}7, \text{ Puls } 88{,}52$$

die Mitteltemperatur der ersten 7 Tage während der Beobachtungszeit war 15°,21 C., die der letzten 16° C.

Unstreitig ist die Zahl dieser Fälle nicht gross genug, um das Resultat zu sichern; doch verstärkt ein ähnlicher Erfolg bei der folgenden Reihe das Ergebniss der vorigen, wie ich unten anführe.

Da das Resultat der vorigen Reihe in Bezug auf die Frage unseres Gesetzes nicht entscheidend war, so stellte ich noch eine andere vergleichungsweise Versuchsreihe mit und ohne Ermüdung unter anderer Form (Nov. 1858) an. Es war eine 16tägige, oder, mit Einschluss der versuchsfreien Tage, da blos einen Tag um den anderen Versuche angestellt wurden, 32tägige zweihändige Versuchsreihe. $P = 1000$, $D = 60$ Grammen, normale Umstände. Gesammtzahl der Hebungen $16 \cdot 10 \cdot 64 = 10240$. Die Ermüdung wurde hier mit langsameren Hebungen der schweren Gewichte in nachher anzugebender Weise so vorgenommen, dass bei sehr starker Ermüdung die Pulszahl doch ohne Vergleich weniger sich erhöhte als bei der vorigen Reihe; auch wurde die Ermüdungsoperation nicht blos auf beiden Armen zusammen, wie in der vorigen Reihe, sondern auch einseitig auf jeden Arm für sich angewandt, und die Resultate verglichen. Die ganze Einrichtung der Versuche war diese.

---

*) Die Bruchwerthe der Pulszahl rühren von der Mittelziehung und daher, dass die Pulszahl theilweise aus einer Zählung durch ein paar Minuten bestimmt und auf 1 Min. reducirt wird.

An jedem Versuchstage Morgens wurde, nach zuvoriger Pulszählung durch 1 Minute, mit 4 zweihändigen Abtheilungen à 64 Hebungen begonnen; dann der Puls wieder durch 1 Minute gezählt; dann ein Arm allein ermüdet; und dann 2 zweihändige Abtheilungen à 64, ganz eben so wie die vor Ermüdung, ausgeführt; dann der andere Arm ganz eben so ermüdet; dann wieder 2 zweihändige Abtheilungen angestellt; dann beide Arme zusammen ermüdet, und abermals zwei solche Abtheilungen angestellt. Nach jeder Abtheilung ward immer wieder der Puls, aber nur jedesmal durch ½ Minute gezählt, und das Zusammenzählen der Fälle erst vor der neuen Ermüdung vorgenommen, so dass die zwei zusammengehörigen Abtheilungen nach jeder Ermüdung nur durch ½ Minute Pulszählung unterbrochen sind.

Im Ganzen also wurden täglich 4 Abtheilungen à 64 ohne Ermüdung, 6 nach Ermüdung angestellt. Die 4 vor Ermüdung machten den Anfang, die 2 nach zweihändiger Ermüdung den Schluss jedes Versuchstages; zwischen beide treten die 4 Abtheilungen nach einseitiger Ermüdung. Hiebei ward mit beiden Armen in der Weise gewechselt, dass, wenn an einem Tage zuerst die Linke ermüdet ward, diess am folgenden Versuchstage mit der Rechten geschahe.

Die Zwischenzeit zwischen der Ermüdung und dem Beginne der Hebung der Gefässe betrug immer nur die halbe Minute der Pulszählung mit ein paar Secunden mehr zum Weglegen des Bleigewichtes oder der Bleigewichte und Uebergang zu den Gefässen. Die Ermüdung selbst ward wie folgt ausgeführt.

Bei der einseitigen Ermüdung ward ein Bleigewicht von 9½ Pfd. Zollgewicht langsam nach dem Zähler während 4 Sec. aus der ganz gesenkten Lage bis zur Horizontale der Schulterhöhe erhoben und während 4 Sec. wieder gesenkt. Der Arm ward dabei vor mich hin, nicht seitlich, ausgestreckt. Diess ward so oft wiederholt, bis die Hebung nicht mehr gieng; dann ward ½ Min. pausirt, und wieder ermüdet, bis es nicht mehr gieng, so 5mal hinter einander, jedesmal mit ½ Min. Zwischenzeit. Diese 5 Ermüdungen (Fractionen) rechne ich als eine einzige Ermüdungsoperation. Die Langsamkeit der Hebung hatte den Zweck, die Pulszahl minder zu steigern, die Wiederholung, die Ermüdung zu summiren. Die Zahl der möglichen Hebungen nahm bei diesen 5 Ermüdungsfractionen derselben Ermüdungsoperation wegen der sich summirenden Ermüdung ab, stark von der ersten zur zweiten, nur noch wenig bei den folgenden Fractionen. Die Linke konnte, namentlilch vom Anfange der Versuchsreihe herein, beträchtlich weniger Hebungen vollführen als die Rechte, näherte sich aber im Laufe der Versuchsreihe allmälig derselben; auch machte sich sonst Uebung geltend. Die gleichzeitige Ermüdung beider Arme geschahe ganz in derselben Weise als die eines Armes, nur dass zwei Gewichte à 9½ Pfd. zugleich erhoben wurden. Da die Linke schwächer war, als die Rechte, so wurde den Hebungen mit beiden Armen immer durch die vorwiegende Ermüdung der Linken das Ziel gesetzt, wie das unmittelbare Gefühl ergab.

Es würde vielleicht einiges Interesse haben, die bei diesen, ganz methodisch und an allen Tagen vergleichbar ausgeführten, Ermüdungen beobachteten Verhältnisse zu specificiren, auch habe ich unten Anlass zu einigen Angaben in dieser Hinsicht. Was jedoch wesentlich hieher gehört, ist nur, dass in jeder der 3 täglichen Ermüdungsoperationen die Ermüdung 5mal mit je ½ Min. Zwischenzeit wiederholt, und ½ Min. nach Schluss jeder Operation zu den Hebungen der Gefässe geschritten ward. Ausserdem bemerke ich noch, sofern abwechselnd nach Tagen die Ermüdung zuerst mit der Linken und Rechten ausgeführt ward, dass Ermüdung des einen Armes keinen vermindernden Einfluss auf die Hebungszahl des schweren Gewichtes äusserte, welche (ungefähr 12 Min. nachher) mit dem anderen Arme erhalten wurde, indem die Hebungszahl des schweren Gewichtes durchschnittlich gleich ausfiel, mochte der Arm der zuerst oder zuzweit ermüdete sein, und dass die Hebungszahl beider schweren Gewichte bei schliesslicher gleichzeitiger Ermüdung beider Arme nur wenig kleiner war, als bei Ermüdung des linken Armes allein.

In Betreff der Pulsverhältnisse ist Folgendes zu bemerken: Dass durch starke Körperanstrengung die Pulsfrequenz augenblicklich erhöht wird, ist eine bekannte Sache; aber befremdend war mir, und scheint mir nicht ohne Interesse, dass die durch die gewaltsame Anstrengung hervorgerufene vermehrte Pulsfrequenz sich in gewissem Grade auch durch die versuchsfreien Tage forterstreckte, daher an den Versuchstagen noch vor den Versuchen wiedergefunden wurde, dass diese bleibende Erhöhung während des Versuchsmonates wuchs und dass sie sich noch lange nach Schluss der Versuchsreihe, sehr allmälig abnehmend, forterhielt. Es war diese, im Laufe der Versuchsreihe mehr und mehr wachsende Pulsfrequenz ein Hauptgrund für mich, von der ferneren Fortsetzung auch dieser Ermüdungsversuche, die ich mit einer gewissen Abänderung beabsichtigt hatte, abzusehen. Um so weniger glaubte ich, eine weitere Pulserhöhung ohne Nachtheil vertragen zu können, als ich anfieng zu fühlen, dass mein Kopf durch die gewaltsamen Ermüdungsoperationen angegriffen ward; was kein zu grosses Wunder war, da das Blut bei den letzten mühsamen Hebungen jeder Operation stark nach dem Kopfe getrieben ward, und dieser nach einem früheren Leiden bei mir zu den schwächeren Theilen gehört, wogegen meine sehr gesunde Brust keinen Nachtheil empfand. Diess Angegriffensein des Kopfes zeigte sich in einem nicht bestimmt zu charakterisirenden Gefühle, und einiger Verstärkung des Ohrenbrausens, an dem ich habituell leide, hatte jedoch keine nachhaltige Folge, nachdem die Versuchsreihe eingestellt worden.

Die allmälige Steigerung der Pulsfrequenz während der Versuchsreihe stand nun in Verbindung mit einer allmäligen Steigerung der richtigen Zahlen *r* in den 4 Abtheilungen, die der Ermüdungsoperation an den Versuchstagen vorausgiengen, allerdings wiederum keineswegs regelmässig; aber doch ziemlich deutlich in einer gegenseitigen Abhängigkeit. Denn, nachdem ich schon seit mehreren Jahren Empfindlichkeitsversuche mit Gewichten anstelle, kann diess nicht von einem Fortschritte der Uebung abhängig gemacht werden.

Hier folgt die Zusammenstellung der Pulszahl mit den richtigen Zahlen für die 16 Versuchstage der eigentlichen Versuchsreihe, getheilt in zwei Fractionen I, II. Hinzugefügt sind noch die Zahlen für 7 vorläufige und 2 nachträgliche Versuchstage, welche hinsichtlich des Pulses und der vor der Ermüdung angestellten 4 Versuchsabtheilungen mit denen der 16tägigen Reihe ganz vergleichbar sind, indess die nachherige Ermüdung unter anderen Formen, und hauptsächlich nur zu einer vorläufigen und nachträglichen Orientirung angestellt wurde, daher die nach der Ermüdung erhaltenen Resultate folgends nicht mit angeführt sind. An den beiden ersten der 7 vorläufigen Versuchstage ist blos der Puls vor der Ermüdung gezählt, aber keine Hebungsversuche mit den Gefässen zur Prüfung der Empfindlichkeit angestellt. Die richtigen Fälle *r* sind wie immer aus den 4 Hauptfällen zusammengezählt.

7 vorläufige Versuchstage.

Datum.	Puls vor Ermüdung.	r $(n = 256)$
19. Oct.	87,5	keine Vers.
20. -	85,5	keine Vers.
21. Oct.	89,25	154
23. -	91,5	155
25. -	97,5	165
27. -	102,5	152
29. -	81	153
Mittel	92,35	155,8

16 Hauptversuchstage.

I			II		
Datum.	Puls vor Ermüd.	r $(n = 256)$	Datum.	Puls vor Ermüd.	r $(n=256)$
1. Nov.	97	158	17. Nov.	86	172
3. -	93,75	163	19. -	100,5	199
5. -	103,5	204	21. -	89,5	178
7. -	75,5	180	23. -	94,5	191
9. -	97	169	25. -	103,5	198
11. -	87,5	165	27. -	102,5	177
13. -	91	177	29. -	94	191
15. -	95	183	1. Dec.	107	183
Mittel	92,53	174,9	Mittel	97,19	186,1

2 nachträgliche Versuchstage.

Datum.	Puls vor Ermüdung.	r $(n = 256)$
3. Dec.	98	175
5. -	100,5	170

Nimmt man das Mittel für die 7 kleinsten, 8 mittlen und 8 höchsten Werthe von r mit dem zugehörigen Pulse, so hat man (unter Beifügung der mittlen Versuchstemperatur)

r	Puls	Temp.
157,1	93,1	16,6° C.
172,9	95,3	16,7° -
191,1	96,7	16,2° -

Nach dem 5. Dec., wo die letzte Ermüdung stattfand, habe ich den Puls nicht wieder gezählt, bis ich am 19. Dec. eine neue Versuchsreihe ohne Ermüdungsoperationen begann, d. i. die ein- und zweihändige mit $P=2000$ und 3000 Grammen, deren Resultate S. 195 ff. angegeben sind. Als ich nun hier (und in der nächstfolgenden Reihe) wieder den Puls vor und nach der

Versuchszeit jedes Tages untersuchte, fand ich immer noch eine ungewöhnlich hohe Pulsfrequenz, ungeachtet vom 5. bis 19. Dec. keine Versuche überhaupt Platz gegriffen hatten. Diese Frequenz nahm nachher langsam, aber, in dem Mittel von je 8 Tagen, continuirlich ab, verhielt sich nämlich, als Mittel vor und nach den Hebungen der Gefässe bestimmt, in den Mitteln von je 8 Tagen, wie folgt:

	Puls	Temp.
19. Dec. bis 26. Dec.	104,16 *)	17°,16 C.
27. - - 3. Jan.	101,11	16°,81 -
4. Jan. - 11. -	98,79	15°,49 -
12. - - 19. -	98,78	16°,49 -
20. - - 27. -	89,46	18°,10 -
28. - - 4. Febr.	87,78	17°,18 -

Auch bei dieser subsequenten Versuchsreihe ergab eine Zusammenstellung der Pulszahlen für die 16 grössten und 16 kleinsten richtigen Zahlen, bei vergleichbaren Versuchsumständen zusammengenommen, einen, jedoch nur geringen Vortheil für die grösseren Pulszahlen; nämlich im Ganzen (bei *n* = 8192)

r	mittl. Pulszahl.
5732	96,88
6147	98,18.

Hienach scheint mir ein gewisser Zusammenhang der Zunahme der Zahlen *r* mit der Zunahme der Pulsfrequenz mindestens sehr wahrscheinlich.

Alles Folgende bezieht sich wieder nur auf die 16 Hauptversuchstage der Reihe, die uns jetzt zunächst beschäftigt. Die Pulszahl vor und nach den vier ersten, der Ermüdung vorgängigen, Versuchsabtheilungen insbesondere fand sich so gut wie gleich, nämlich in Summa für die 16 Tage vorher 1517,5, nachher 1518; im Mittel vorher 94,84, nachher 94,88, so dass also die Hebungen der Gefässe von 1 Kilogr. Gewicht gar keinen Einfluss auf den Puls äusserten.

Der Puls unmittelbar nach den drei, durch je zwei Versuchsabtheilungen getrennten, Ermüdungsoperationen (von ½ Min. auf 1 Min. reducirt) war im Mittel

	nach 1. Ermüdung.	nach 2. Ermüdung.	nach 3. Ermüdung.
In I.	100,4	106,5	112,1
In II.	108	105,1	115,4

Also hatte (nach Vergleich mit Tabelle S. 318) der Puls nach der 1. Ermüdungsoperation nur um etwa 8 bis 10 Schläge, etwas mehr nach den folgenden gegen den unermüdeten Zustand zugenommen, jedesfalls wenig gegen die ungeheure Erhöhung bei der vorigen Reihe. Auch hier zeigte sich im Ganzen eine Vermehrung von der Fraction I zu Fraction II. Endlich waren die mittleren Pulszahlen, respectiv (1), (2), nach der 1. und 2. Versuchsabtheilung, welche den Ermüdungsoperationen folgten, folgende:

---

*) Folgendes die Zahlen der einzelnen 8 Tage. 92,75; 109,5; 103,5; 106; 107; 113,5; 97; 104.

	1. Ermüd.		2. Ermüd.		3. Ermüd.	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
I.	96,5	97,5	98,3	97,5	101	99,9
II.	100	99,9	100,9	101,5	101,8	101

So viel über die Pulsverhältnisse.

Da bei der vorigen Versuchsreihe (S. 309) trotz der ausnehmend starken momentanen Pulserhöhung durch die Ermüdungsoperation doch nur eine nicht sehr starke, nicht einmal ganz unzweideutig davon abhängige, Vermehrung der Zahlen *r* und demgemässe Vergrösserung von *hD* eingetreten war, so liess sich von der verhältnissmässig so viel geringeren momentanen Pulserhöhung bei der jetzigen Reihe um so weniger eine solche erwarten; und also der Einfluss der Ermüdung reiner beurtheilen. Hier folgt nun der Vergleich der Resultate in dieser Hinsicht vor und nach Ermüdung. Alle Resultate sind auf 8 *hD* reducirt, die vor Ermüdung aber aus dem doppelten Werthe abgeleitet, und für die 4 Abtheilungen nach ihrer Zeitfolge an jedem Tage specificirt, bei den Angaben nach Ermüdung für Linke und Rechte ist durch Zuerst und Zuzweit unterschieden, ob die betreffende Hand die zuerst oder zuzweit ermüdete war

8 *hD* vor Ermüdung.

1.	Abth.	28096
2.	-	35273
3.	-	32613
4.	-	30930
Mittel		31727,4

8 *hD* nach Ermüdung folgender Hand.

			Linke.	Rechte.
Zuerst.	1.	Abth.	34681	26760
-	2.	-	30063	31288
Zuzweit.	1.	-	30988	40724
-	2.	-	34602	30475
		Mittel	32558	32239

8 *hD* nach Ermüdung beider Hände.

I. Fraction	1. Abth.	20425
	2. -	21322
II. Fraction	1. -	22948
	2. -	20887
	Mittel	20877

Man sieht, dass die Resultate vor und nach Ermüdung sich in keiner in Betracht kommenden Weise unterscheiden, dass also das Parallelgesetz sich wohl bestätigt.

Hiegegen hatten die Werthe 8*hp*, 8*hq* höchst bedeutende Veränderungen durch die Ermüdung erlitten (*hp* wie gewöhnlich in negativer Richtung), deren Detail ich jedoch, da die Mittheilung und Discussion nicht ohne Umständlichkeit geschehen konnte, hier übergehen muss.

Nur folgenden Punct glaube ich als unerwartet anführen zu müssen. Da man nach Ermüdung allgemein gesprochen eine Last schwerer als sonst spürt, so schien zu erwarten, dass nach einseitiger Ermüdung diess auch einseitig sich geltend machen, und mithin in den Abtheilungen nach einseitiger Ermüdung der Linken *hq* sich in positivem, nach einseitiger Ermüdung der Rechten in negativem Sinne gegen die Abtheilungen ohne Ermüdung geändert zeigen würde; und zwar musste diese Aenderung am stärksten an den Tagen erwartet werden, wo die Ermüdung der betreffenden Hand eher als die der anderen stattfand, also eine vorgängige Ermüdung der anderen Hand noch keine Gegenwirkung zurückgelassen hatte, dazu am stärksten in der ersten, der Ermüdung am nächsten liegenden, Portion (Hälfte) der auf die Ermüdung (nach ½ Min. Zwischenzeit) folgenden Abtheilung. Die Untersuchung dieser Portion giebt aber das Resultat, dass *hq* sich beidesfalls, sowohl nach einseitiger Ermüdung der Rechten als der Linken, in positivem Sinne geändert hat, nur nach Ermüdung der Linken unvergleichlich mehr als nach Ermüdung der Rechten. Auch nach der, den Schluss bildenden, zweiseitigen Ermüdung zeigt *hq* der ersten Portion sich in positiver Richtung gegen den unermüdeten Zustand geändert, weniger aber, als nach einseitiger Ermüdung der Linken, mehr als nach einseitiger Ermüdung der Rechten. Diess nun ist meines Erachtens so zu deuten. Die Ermüdung hatte überhaupt einen allgemeinen Einfluss der Art, dass *hq* in positiver Richtung wuchs; dieser ward durch die einseitige Ermüdung der Linken gesteigert, durch die der Rechten vermindert. Worauf jener allgemeine Einfluss beruht, ist unbekannt; der Sinn jener Vermehrung und dieser Verminderung aber entspricht wirklich dem, was von vorn herein zu erwarten war.

Alle vorigen Resultate bezogen sich auf zeitliche Abänderungen der Empfindlichkeit durch Ermüdung. Für die Frage, inwiefern Theile mit grösserer absoluter Empfindlichkeit für Gewichte zugleich grössere Unterschiedsempfindlichkeit besitzen, kann man Versuche von E. H. Weber in Betracht nehmen; indem man die Resultate, die er nach der Methode der eben merklichen Unterschiede[*] an gegebenen Theilen erhielt, mit denen vergleicht, die er an denselben Theilen nach der Methode der Aequivalente[**]) erhielt; sofern erstere Methode sich auf die Unterschiedsempfindlichkeit, letztere auf die absolute Empfindlichkeit bezieht.

Wurde auf folgende Theile jeder beiden Körperseiten eine Säule von 6 Speciesthalern gesetzt, so ward der Gewichtsunterschied empfunden, wenn auf einer Körperseite weggenommen ward folgende Zahl Species, welche hiemit den eben merklichen Unterschied bezeichnen:

Volarfläche der Finger .	1
Fussohle, capit. metatars.	1
Schulterblatt	2
Ferse	3
Hinterkopf	4

Andererseits waren einander äquivalent, d. h. wurden als gleich schwer empfunden folgende Gewichte in Unzen auf folgenden Theilen:

Volarfläche der Finger	4	und	Fussohle (cap. metat.)	10,4
– – –	3	–	Schulterblatt . . .	8
– – –	4	–	Ferse	8,8
– – –	4,5	–	Hinterkopf	5

Man sieht, dass hier nicht das geringste Entsprechen beider Skalen stattfindet. Der eben merkliche Unterschied auf Finger und Fussohle ist gleich, indess die als gleich empfundenen Gewichte sich auf beiden Theilen wie 4 und 10,4 verhalten. Umgekehrt sind die als gleich empfundenen Gewichte auf Finger und Hinterkopf fast gleich, indess der eben merkliche Unterschied sich wie 1 : 4 verhält.

Nun können unstreitig derartige Versuche nur als entscheidend gelten, wenn sie unter strenger Vergleichbarkeit der Umstände angestellt sind; was hier nicht vorauszusetzen, da die Absicht nicht auf eine Vergleichung der Resultate beider Methoden gerichtet war, und die Versuche zu verschiedenen Zeiten, vielleicht auch an verschiedenen Personen angestellt sind; indess lässt sich doch kaum denken, dass bei einem wirklich parallelen Gange der absoluten und Unterschieds-Empfindlichkeit solche Discordanzen sollten überhaupt möglich sein.

---

[*]) *Progr. coll.* p. 96.

[**]) Ibid. p. 97.

8) Erfahrungen im Gebiete der Lichtempfindung.

Im Gebiete der Lichtempfindung fehlt es zwar noch ganz an directen Versuchen, inwiefern das Parallelgesetz gültig sei: aber es liegen mancherlei Thatsachen vor, die mit der Frage desselben in Beziehung stehen, und hier mit Bezug darauf besprochen werden sollen, indem sich theils fragt, ob und wie sie mit dem Gesetze bestehen, theils wiefern sie zur Bestätigung desselben dienen können, theils welche Erläuterung sie dadurch erhalten.

Zuvörderst kann man geneigt sein, eine allgemein bekannte Thatsache gegen das Parallelgesetz geltend zu machen, die schon im Kapitel über das Weber'sche Gesetz berührt ward, deren weitere Erörterung aber bisher verschoben ist. Durch längeren Aufenthalt im Dunkel gewinnt man an Fähigkeit, im Dunkeln zu sehen, durch längeren Aufenthalt im Hellen verliert man diese Fähigkeit. Was heisst aber, im Dunkeln sehen? Ein Licht, was sich photometrisch nur wenig vom Nachtdunkel unterscheidet, doch noch davon unterscheiden. Denn in der That handelt es sich hiebei nicht blos um einen absoluten Eindruck, sondern einen Unterschied; da auch das Nachtdunkel noch seinen photometrischen Werth hat. Es schiene also doch, dass Ermüdung des Auges durch den Lichtreiz auch die Empfindlichkeit für Unterschiede abstumpft.

Ungeachtet die Thatsache selbst als notorisch keiner ausführlichen Belege bedarf, stelle ich doch hier einschaltungsweise Einiges darüber zusammen, was dieselbe unter besonders auffälligen oder interessanten Formen hervortreten lässt.

»Buffon erzählt, dass ein Officier in einem Gefängnisse, zu dem nur selten von oben Licht zutreten konnte, so lange als Lebensmittel hinabgereicht wurden, schon nach einigen Monaten die Mäuse sehen konnte. Nach einigen Monaten in Freiheit gesetzt, musste er sich sehr langsam an das Licht gewöhnen. Ein Mensch, der 33 Jahre gefangen gesessen hatte, konnte in der Nacht die kleinsten Objecte sehen, bei Tage nichts. (Ruete, Ophthalmol., nach Larrey *Mém. de Chir. mil. Vol. I p. 6.*)«

V. Reichenbach giebt in seinen Schriften über das sog. Od an, dass gewisse Personen, sog. Sensitiven, im vollkommenen Dunkel an den Polen starker Magnete flammenähnliche Lichterscheinungen, am Nordpole eine blaue und blaugraue, am Südpole eine rothe, rothgelbe und rothgraue wahrnehmen, dass sie auch die Spitze von Krystallen, lebende menschliche, thierische und pflanzliche Körper, ganz besonders die Fingerspitzen, Metalle, Schwefel, Flüssigkeiten, die im chemischen oder Krystallisationsacte begriffen sind, u. s. w. leuchten sehen. Endlich kommt der Verf. (sensit. Mensch II S. 172) zu dem Resultate, dass alle Körper der Erde überhaupt im Dunkeln Licht, für die Sensitiven spürbar, ausgeben, die einen nur mehr, die anderen weniger.

Es ist hier nicht der Ort, auf die Frage, inwiefern Reichenbach's Od als besonderes Agens Realität hat, einzugehen; seinen Erfahrungen über das im Dunkeln von manchen Personen wahrnehmbare Licht scheint mir an sich nichts entgegenzustehen; hier aber erwähne ich derselben namentlich nur insofern, als Reichenbach als ausdrückliche Bedingung der Wahrnehmung des Lichtes nicht nur absolute Verdunklung des Beobachtungszimmers, sondern auch bei minder Sensitiven längeren Aufenthalt darin angiebt, bevor etwas gesehen werden kann. Nach seiner Angabe fangen im vollkommenen Dunkel Hochsensitive nicht selten sofort oder nach 5 bis 10 Minuten, Mittelsensitive erst nach ½ bis 1 oder 2 Stunden an Odlicht zu sehen.

Ich selbst und überhaupt ältere Personen erinnern sich noch recht wohl, dass man früher sich zur Abendbeleuchtung am Familien- und Schreibtische mit einem Talglichte zu begnügen pflegte. Jetzt, nachdem die hellere Lampenbeleuchtung gewöhnlich geworden ist, hält man diese für einen Augenverderb; man vermag nicht mehr ohne Anstrengung dabei zu sehen.

Von einer Fabrik, welche so eingerichtet war, dass ein Theil der Arbeiten von den Arbeitern zu Hause verrichtet ward, ist mir Folgendes erzählt worden. Der früheren schlechteren Beleuchtung in der Fabrik ward eine hellere substituirt. Es währte nicht lange, so verlangten die Arbeiter nach der früheren schlechteren Beleuchtung zurück, weil sie mit der gewöhnlichen schwachen Beleuchtung, die sie sich zu Hause verschaffen konnten, nicht mehr auszukommen vermochten.

Aubert in s. Beitr. z. Kenntniss des indirecten Sehens*) bemerkt Folgendes: »Ist man Tage lang in einem stark verdunkelten Zimmer, so schätzt man es ebenso hell, als ein vielleicht zehnmal helleres Zimmer früher geschätzt wurde. Ich habe selbst ein frappantes Beispiel davon erlebt. Als ich in meinem 11. Jahre der Masern wegen über 8 Tage lang in einem so verfinsterten Zimmer sein musste, dass die Eintretenden darin wie im Finstern umhertappten, kam es mir nach einigen Tagen sehr hell vor und da mich die Langeweile sehr plagte, so griff ich nach einer ziemlich kleinen Landkarte mit feiner Schrift; ich konnte hier die Farben ganz gut sehen und die feine Schrift überall so gut lesen, wie sonst bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung. Ich holte mir auch Bücher in mein Bett, wurde aber nie damit ertappt, denn die Eintretenden sahen das Buch überhaupt nicht, auch wenn sie einige

---

*) Moleschott, Unters. IV S. 224.

Minuten im *Zimmer gewesen* waren. Ich bemerke dabei, dass meine *Augen* durchaus nicht krankhaft afficirt waren.»

Förster*) bemerkt bezüglich *der Anwendung* des S. 273 beschriebenen photometrischen Apparates, wobei man die schwächste Beleuchtung aufsucht, bei der ein kleines schwarzes Rechteck auf weissem Grunde noch erkannt wird (p. 12): «Im Anfange der Untersuchung bedarf *Jeder*, wenn er nicht vorher längere Zeit jeden helleren Lichteindruck vermieden hat, einer grösseren Lichtquantität zum Erkennen desselben Objectes, als wie nach einer Viertelstunde. Blickt der Beobachter dann nur während einer Secunde auf eine heller erleuchtete Fläche oder gar in die Lichtflamme, so ist seine Sehschärfe für die nächsten Minuten bereits um eine Anzahl Grade gesunken, bis eine abermalige Ruhe durch Ausschluss helleren Lichtes die Energie der Retina wieder hebt. Sehr auffallend ist es, wie dabei das Centrum der Retina besonders leicht afficirt wird.»

Alle diese Erfahrungen scheinen direct gegen die Gültigkeit des Parallelgesetzes im Gebiete der Lichtempfindung zu sprechen; indem sich durch Abstumpfung für den Lichtreiz zugleich die Empfindlichkeit für Lichtunterschiede geschwächt zeigt; denn wie bemerkt ist die Erkenntniss von schwachen Lichtscheinen oder lichtschwachen Gegenständen im Dunkeln eben nichts anderes als eine Unterscheidung derselben vom dunkeln Grunde; und diese findet mit abgestumpftem Auge nicht mehr statt.

Aber man sieht leicht, dass diese Abweichung vom Parallelgesetze unter ganz analogen Verhältnissen stattfindet, als die Abweichung vom Weber'schen Gesetze an dessen unterer Gränze. So wie eine oder beide Componenten sich dem Schwarz nähern, hört das Weber'sche wie das Parallelgesetz auf, gültig zu sein. Wir nehmen aber die Gültigkeit des Parallelgesetzes nicht innerhalb weiterer Gränzen in Anspruch, als die des Weber'schen.

Es wird sich nur fragen: 1) ob sich für die untere Gränze des Parallelgesetzes auch ein entsprechender Grund, als für die des Weber'schen finden lässt; 2) ob die Abweichung für höhere Lichtgrade eben so wie beim Weber'schen Gesetze verschwindet.

Beides lässt sich meines Erachtens bejahen. Was das Erste anlangt, so fasse ich den Gegenstand aus folgendem Gesichtspuncte.

Der äussere Lichtreiz stumpft für die Wirkung des äusseren Lichtreizes ab; aber das Augenschwarz nimmt hiebei verhältnissmässig wenig an Dunkelheit zu; also wird der relative Unterschied der Wirkung eines äusserlichen Lichtes dagegen geringer. In der

---

*) Ueber Hemeralopie p. 12. 32.

That kann sich das Augenschwarz nur bis zu gewissen Gränzen vertiefen, wie es im Nachbilde heller Objecte allerdings der Fall ist, aber nicht erlöschen: und selbst beim vollen schwarzen Staare, wo das stärkste äussere Licht keinen Eindruck mehr macht, wird noch Schwarz gesehen, ja scheinen unter Umständen noch Farben gesehen werden zu können. Auch leuchtet an sich ein, dass die Netzhaut, die Nerven und sonstigen Theile, welche die Ueberleitung des Reizes zum Gehirne bewirken, durch eine Menge Ursachen gelähmt oder undurchgängig werden können, so dass der äussere Reiz keine oder nur eine schwache innere Erregung hervorruft, ohne dass die Centraltheile, an deren Erregung die Empfindung des Augenschwarz hängt, desshalb wesentlich leiden.

Schwächt sich nun durch die Abstumpfung das innere Augenlicht nicht erheblich oder jedesfalls in viel minderem Grade als der äussere Eindruck, so muss diess einer relativen Erhellung des Augenschwarz bei gleichbleibendem Lichteindrucke äquivalent wirken, und beim vollen schwarzen Staare, welcher als der höchste Grad der Abstumpfung zu betrachten ist, kann selbst der stärkste Eindruck nicht mehr vom Augenschwarz unterschieden werden, weil keiner mehr gemacht wird, indess das innere Augenschwarz noch fortbesteht; eben so wie durch ganz dunkle Gläser der Unterschied der Lichter mit den Lichtern zugleich für die Wahrnehmung verschwindet.

Soll diese Erklärung triftig sein, so kann man die Bestätigung in folgender Folgerung verlangen: dieselben Personen, welche wegen abgestumpfter Reizbarkeit im Finstern oder Dämmerlichte schlecht sehen, d. h. schlecht unterscheiden, müssen eben so gut als solche mit nicht abgestumpfter Reizbarkeit darin unterscheiden, wenn der Lichteindruck der Componenten nur überhaupt stark genug ist, dass die Helligkeit des Augenschwarz dagegen als verschwindend angesehen werden kann. Dass aber dem wirklich so sei, dafür lassen sich positive Thatsachen anführen, welche um so beweisender erscheinen, als sie ohne Beziehung zur vorstehenden Theorie und ohne Kenntniss derselben veröffentlicht worden sind.

Förster in s. Abhandlung über Hemeralopie sagt (p. 33): »Man sehe des Abends bei heller Lampenbeleuchtung mehrere Minuten lang mit einem Auge auf ein weisses Blatt Papier, während das andere geschlossen und verdeckt ist. Im erleuchteten Zimmer wird man sodann auch bei Oeffnung des anderen keinen auffallenden Unterschied finden. Sobald man sich aber in einen stark dunkeln Raum begiebt, tritt ein solcher Unterschied sehr merklich hervor. Vor dem angestrengten Auge scheint sich eine Art Nebel zu befinden, welcher die Gegenstände ganz oder theilweis verdeckt, die das andere Auge noch wahrnimmt, und es ist eine ganz eigenthümliche Unsicherheit betreffs der Orientirung, welche im Dunkeln bei so verschieden functionirenden Gesichtsfeldern über uns kommt, die sofort verschwindet, wenn man in einen hellen Raum zurückkehrt. Bei der zweiten Reihe der Untersuchungen mit Aubert über den Raumsinn der Netzhaut, welche bei Lampenlicht stattfand, habe ich diese künstliche monoculare Hemeralopie oft zu bemerken Gelegenheit gehabt. Dieser Blendungszustand hielt bisweilen 10 Minuten und länger an. Die Gaslaternen erschienen dem afficirten Auge in einiger Entfernung gleich trüben röthlich brennenden Oellampen und meine Umgebung so dunkel, dass ich mich nur mit Mühe orientirte. Bei abwechselndem Schliessen der einzelnen Augen trat der Unterschied der Energieen in beiden Netzhäuten äusserst frappant hervor, ohne dass jedoch das nicht angestrengte Auge etwa scharfsichtiger in der Dunkelheit geworden wäre. Bei Aubert war noch 1 Minute nach Beendigung der Anstrengung des einen Auges die künstliche Hemeralopie so stark, dass er bei 24 □Mill. Lichtquelle kaum die 1,32 Mm. breiten Striche unterschied, während das nicht afficirte, wie gewöhnlich bei dieser Beleuchtung, noch 0,21 Mm. Breite wahrnahm. Bei mir erreichte die Abstumpfung einen noch höheren Grad und dauerte länger an.«

Diese Beobachtungen bezogen sich auf gesunde Augen. Noch instructiver aber vielleicht sind die Beobachtungen bei der Krankheit, womit Förster den Zustand des ermüdeten Auges vergleicht, bei der Hemeralopie selbst.

Der doppelte Fall nämlich, dass das Auge nach längerem Verweilen im Hellen vorübergehend schlecht im Finstern sieht und nach längerem Verweilen im Dunkeln vorübergehend schlecht im Hellen sieht, findet sich als dauernder Zustand in zwei Krankheitszuständen ausgeprägt, der Hemeralopie und der Nyctalopie, über deren erste die auf genauen Beobachtungen fussende schätzbare Abhandlung von Förster vorliegt. Nun identificirt

Förster (p. 32) ausdrücklich nach der Uebereinstimmung der wesentlichen Merkmale den Zustand der gesunden Retina nach heller Beleuchtung mit dem habituellen Zustande der hemeralopischen Retina. In mehreren, obwohl nicht allen, Fällen ist selbst vorheriger längerer Aufenthalt in sehr hellem Lichte Ursache der Hemeralopie (p. 30), und längerer Aufenthalt im Finstern durch 24 bis 36 Stunden das wirksamste Heilmittel gewesen (p. 40)[*]. Das charakteristische Symptom der Hemeralopie ist aber gerade das, dass die Kranken im Dämmerlichte ohne Vergleich schlechter sehen, als Personen mit gesunder Sehkraft, indess sie bei hellerem Lichte eben so gut sehen. In der That, der Hemeralopische unterscheidet nach Eintritt der Dämmerung oder Eintritt in einen dämmerigen Ort, wo das gesunde Auge noch recht wohl zu sehen im Stande ist, nichts mehr oder bedarf einer grösseren Helligkeit der Objecte oder bei gleicher Helligkeit eines grösseren Umfanges derselben, um sie noch zu unterscheiden, worüber Förster Versuchszahlen giebt. Hingegen sieht nach seinen ebenfalls auf Messungen gestützten Angaben (p. 20. 23): »der Hemeralopische bei zunehmender Beleuchtung, Tageslicht, eben so scharf kleine Gegenstände, wie der Gesunde, nur tritt dieses Verschwinden jedes Unterschiedes für sehr kleine Objecte erst bei sehr heller Beleuchtung ein.«

»Blos in einigen Fällen, wo die Krankheit eine lange Dauer gehabt hatte, oder wo sie von grosser Intensität war, trat auch am Tage eine Gesichtsschwäche hervor, die sich entweder dadurch äusserte, dass der Kranke zum Erkennen kleiner Objecte — Lesen — sehr helles Licht bedurfte, oder auch dadurch, dass er nur grobere Objecte überhaupt erkannte.«

Die hemeralopische Eigenschaft ist nicht, wie man wohl meint, eine Sache der Tageszeit, sondern nach Förster's Beobachtungen (p. 16) sieht der Hemeralopische Tages bei schwachen Beleuchtungsgraden eben so schlecht wie in der Nacht. Der Hemeralopische vermag sich (p. 18) wie der Gesunde nach Eintritt aus dem Hellen in das Dunkle bis zu gewissen Gränzen allmälig der Dunkelheit zu adaptiren, so dass er Gegenstände erkennt, die er anfangs nicht erkannte; nur mit dem Unterschiede, dass er a) gleich anfangs schlechter sieht, als der Gesunde, b) viel mehr

---

[*] Diess wird auch von Ruete nach eigenen Erfahrungen bestätigt.

(die 4- bis 10fache) Zeit zur Adaption bedarf, c) auch nach möglichster Adaption schlechter sieht, als der Gesunde nach Adaption; was Alles Förster mit dem S. 275 beschriebenen Apparate constatirt hat.

Hinsichtlich des weiteren, sehr lesenswerthen, Details der Beobachtungen über diese Krankheit muss ich auf die Schrift selbst verweisen.

Es wäre sehr erwünscht, wenn über Nyctalopie eben so gründliche Beobachtungen vorlägen, worüber mir jedoch nichts bekannt ist.

In Bezug auf das Räumliche scheint es, dass die centralen Theile der Netzhaut, insofern sie nicht, wie es beim gewöhnlichen Gebrauche der Augen allerdings leicht der Fall ist, durch Ermüdung mehr abgestumpft sind, als die centralen, sowohl heller als deutlicher sehen, als die seitlichen. Doch fehlt noch viel an einer hinreichenden Untersuchung der hier obwaltenden Verhältnisse. Eine Literatur des Gegenstandes mit einigen dahin einschlagenden Beobachtungen findet man in meiner Abhandlung: »Ueber einige Verhältnisse des binocularen Sehens«, in den Abhandl. der sächs. Soc. math.-phys. Cl. Bd. IV. S. 373.

3) Versuche im Gebiete extensiver Empfindung.

Ich habe an mehreren Theilen, so einmal an Kinn und Oberlippe, ein anderesmal an den 5 Fingern, vergleichungsweise Versuche nach der Methode der mittleren Fehler und der Methode der Aequivalente angestellt, um zu ermitteln, ob nach Massgabe, als eine Zirkeldistanz grösser auf einer gegebenen Hautstelle erscheint, auch der Unterschied zwischen zwei Zirkeldistanzen grösser erscheint; oder ob keine wesentliche Abhängigkeit in dieser Beziehung stattfindet. Meine Versuche sprechen gegen eine wesentliche Abhängigkeit. Da jedoch meine Beobachtungen in dieser Hinsicht theils noch nicht vollständig, theils noch nicht vollständig discutirt sind, so übergehe ich für jetzt die nähere Mittheilung.

XIII. Gesetze der Mischungsphänomene.

Die bisherigen Erörterungen über das Weber'sche Gesetz, dessen Parallelgesetz und die Thatsache der Schwelle bezogen sich im Grunde nur auf den einfachsten Fall eines sehr allgemeinen

Falles. Es handelte sich dabei stets darum, wiefern die Empfindung wächst oder abnimmt, beginnt oder schwindet, wenn eine Reizgrösse einen Zuwachs oder eine Verminderung erfährt, unter der Voraussetzung, dass das, was zuwächst oder weggenommen wird, von gleicher Qualität als die Reizgrösse sei, die man vermehrt oder vermindert; also auch der Reiz durch den Zuwachs oder die Verminderung keine Aenderung in seiner Beschaffenheit erfahre. Aber unter allen denkbaren Fällen, wo ein Reiz einen Zuwachs oder eine Verminderung, überhaupt eine Aenderung, erfährt, ist der Fall, dass das Zuwachsende oder Weggenommene von gleicher Beschaffenheit sei, als dasjenige, dem es zuwächst oder entzogen wird, eben nur der einfachste. Es kann sich aber z. B. der Reiz eines weissen Lichtes, anstatt dadurch, dass man die Intensität aller Farbestralen in gleichem Verhältnisse steigert oder schwächt, auch dadurch ändern, dass man farbiges Licht zum weissen fügt oder der weissen Farbemischung diesen oder jenen Farbestral oder ein Gemisch von Farbestralen, das nicht weiss ist, entzieht. Und Entsprechendes lässt sich, wie leicht zu erachten, auf andere als weisse Farbemischungen, auf Gemische von Tönen oder Klängen, von Gerüchen, von Substanzen, welche Geschmacksempfindung erregen, anwenden. Der Kürze halber wollen wir die von derartigen Veränderungen abhängigen Phänomene überhaupt als Mischungsphänomene den früheren als homogenen gegenüber bezeichnen, und uns in Besprechung derselben hauptsächlich an das Beispiel der Farben halten.

Man übersieht leicht, dass, indem es sich bei den Mischungsphänomenen nicht mehr um rein quantitative, sondern auch qualitative Aenderungen des Reizes handelt, auch nicht blos quantitative, sondern auch qualitative Aenderungen der Empfindung zu erwarten sind, wie denn wirklich erfahrungsmässig solche hiebei Platz greifen, und es wird sich handeln, diese bezüglich der Messbarkeit unter Gesichtspuncte zu bringen, welche mit denjenigen zusammenhängen, die für die quantitativen Aenderungen Anwendung gefunden haben.

Allgemein nun finden wir Folgendes:

Wenn zwei einfache oder selbst schon zusammengesetzte Reize *A*, *B*, deren jeder für sich eine einfache Empfindung besonderer Art, respectiv *a*, *b* zu erwecken im Stande ist, beispielsweise zwei Farben, in solcher Vermischung oder überhaupt Verbindung der

Wahrnehmung dargeboten werden, dass wieder ein einfacher Eindruck derselben entsteht, so stimmt dieser resultirende Eindruck, diese resultirende Empfindung, im Allgemeinen weder mit dem Eindrucke *a* überein, den *A*, noch mit *b*, den *B* für sich hervorgebracht haben würde; es kann dann aber nach Maassgabe, als *A* oder *B* in Wirkung überwiegt, oder beider Wirkung sich das Gleichgewicht hält, der resultirende Eindruck sich mehr dem Eindrucke *a* oder *b* nähern, oder auch keiner beider Eindrücke vor dem anderen darin überwiegend erscheinen, wie es z. B. bei sich zu Weiss ergänzenden Complementärfarben oder zu Orange zusammenfliessendem Gelb und Roth der Fall ist. Heben wir nun damit an, *A* allein wirken zu lassen, so wird die Zumischung von *B* eine gewisse Grösse erst erreichen oder übersteigen müssen, damit die Abweichung vom reinen *a* bemerklich werde, und so umgekehrt bezüglich *b*, wenn wir *A* zu *B* setzen; und heben wir damit an, *A* und *B* in solchem Verhältnisse zusammenwirken zu lassen, dass weder *a* noch *b* überwiegend erscheint, so wird *A* oder *B* erst in einem gewissen Verhältnisse gesteigert werden müssen, damit der resultirende Eindruck sich dem Charakter von *a* mehr als dem von *b* zu nähern scheine.

Ganz allgemein, von welchem einfachen Reize oder welcher Zusammensetzung der Reize und mithin welchem resultirenden Eindrucke wir auch ausgehen mögen, wenn wir sei es mehr von einem anderen einfachen oder zusammengesetzten Reize zufügen oder etwas von einem der Reize wegnehmen, so wird das Hinzugefügte oder Entzogene eine gewisse Grösse überschreiten müssen, damit der einfache oder resultirende Eindruck gegen früher qualitativ geändert erscheine.

Diess sind Verhältnisse, die uns bei den Mischungsphänomenen zum Begriffe der Schwelle zurückführen, die wir hier kurz als Mischungsschwelle der früher bei den homogenen Phänomenen betrachteten Schwelle als homogener Schwelle, gegenüberstellen können.

Näher besehen nun sind die homogene Reizschwelle und Unterschiedsschwelle in der früheren Auffassung nur die einfachsten besonderen Fälle des allgemeineren Falles der Mischungsschwelle. In der That, wenn ein Reiz *B* sich zum Reize oder einer Reizmischung *A* fügt, und man fragt, bei welchem Werthe von *B* fängt der Zusatz an, als solcher erkannt zu werden oder einen Unterschied gegen die blosse Wirkung von *A* spürbar werden zu lassen, so kann unter allen möglichen Grössenwerthen, welche *A* hiebei haben kann, auch der Fall gedacht werden, dass *A* null ist; dann haben wir den Fall der gewöhnlichen homogenen Reizschwelle; nicht minder kann unter allen möglichen Qualitäten, welche *A* haben kann, auch die mit *B* gleichartige gedacht werden; dann haben wir den Fall der gewöhnlichen homogenen Unterschiedsschwelle.

Setzen wir nun den Fall, die Zufügung eines Reizes *B* zum Reize *A* bringe in dem, dem blossen *A* entsprechenden Eindrucke *a* eine eben spürbare oder überhaupt in gewissem Grade spürbare Aenderung hervor; so fragt sich, ob, wenn *A* in gegebenem Verhältnisse gesteigert oder vermindert wird, auch *B* in demselben Verhältnisse gesteigert oder vermindert werden muss, um noch eine gleich spürbare Aenderung von *a* hervorzubringen. Sollte es bei beliebig verschiedener Qualität von *A* und *B* der Fall sein, so würden wir hierin zur vorbemerkten Verallgemeinerung der Thatsache der Schwelle auch eine Verallgemeinerung des Weber'schen Gesetzes haben, als welches nur den Fall des allgemeinen Gesetzes darstellt, wo die Verschiedenheit zwischen *A* und *B* verschwindend ist.

Hierüber fehlt es bis jetzt noch an Untersuchungen; doch habe ich selbst einige Versuche angestellt *), aus welchen ich schliesse, dass mindestens für geringe Zumischungen von Farbe = *B* zu Weiss = *A* das Gesetz in ähnlichen Gränzen aber auch mit analogen Beschränkungen gültig sei, als das Weber'sche.

Man kann leicht nur eben spürbare Farbenscheine auf Weiss sei es mittelst farbiger Pigmente, sei es dadurch erzeugen, dass man ein Farbenglas schief gegen ein Fenster auf einen Bogen weissen Papiers aufstellt. Bei Wiederholung nun des Versuches und Gegenversuches mit den Wolkennüancen, welche ich S. 140 ff. beschrieben habe, an diesen Farbenschattirungen, unter Anwendung möglichst farbloser dunkler Gläser, fand ich, dass man mit der Dunkelheit der Gläser sehr weit, z. B. bis auf $\frac{1}{14}$ der Tageshelligkeit, herabgehen kann, ohne dass die mit freien Augen nur eben merklichen Farbenscheine verschwinden. Es ist aber immer möglich, die Verdunkelung der Augen durch die Gläser so weit zu treiben, dass ein mit blossen Augen sichtbarer Farbenschatten verschwindet, und von der anderen Seite habe ich selbst früher gefunden**), und dasselbe hat sich bei neueren Versuchen von Helmholtz wieder gefunden, dass der Eindruck jeder Farbe, sei es einer homogenen oder gemischten, sich bei starker Intensität dem Weiss nähert.

---

*) Abhandl. der sächs. Gesellsch. der Wissensch., mathemat. phys. Cl. Bd. V. S. 376.

Die Abweichung von dem Gesetze nach unten könnte jedoch ebenso nur scheinbar sein, und auf einem analogen Grunde beruhen, als die entsprechende Abweichung vom Weber'schen Gesetze bei den homogenen Phänomenen. Wenn ich einen Farbenschatten auf Weiss mit blossen Augen betrachte, und ein so dunkles Glas vor die Augen nehme, dass das Weiss des Grundes dem Schwarz des geschlossenen Auges nahe kommt, so habe ich zwar die Farbe und das äussere Licht, welche von Aussen in das Auge dringen, in gleichem Verhältnisse geschwächt; aber das Schwarz des Auges, welches als farblos einen geringen Grad weissen Lichtes repräsensirt, ist nicht mit geschwächt worden; also hat die überschüssige Farbe jetzt ein kleineres Verhältniss zum Weiss als vorher, und muss demnach minder merklich werden.

Der Grund der oberen Gränze des Gesetzes ist unbekannt.

In der Wirklichkeit werden wir es streng genommen nicht leicht je mit ganz homogenen Phänomenen, also auch nicht mit ganz reiner Reizschwelle oder Unterschiedsschwelle, dem ganz einfachen Weber'schen Gesetze, sondern im Allgemeinen mit dem allgemeineren Falle der Mischungsschwelle, des Mischungsgesetzes zu thun haben; doch lassen sich homogene Phänomene approximativ herstellen; die Betrachtung der einfachsten, wenn auch nur approximativ herstellbaren, Fälle ist vorerst die wichtigste, und wird daher auch später vorzugsweise unser Augenmerk bleiben, zumal über die gesetzlichen Verhältnisse der Mischungsphänomene noch wenig Untersuchungen vorliegen.

Selbst wenn man die einfachste Spectrumfarbe ins sonst verdunkelte Auge fallen lässt und fragt, welche Intensität sie haben müsse, um erkannt zu werden, hat man es mit keiner reinen Reizschwelle, sondern einer Mischungsschwelle zu thun, da man

---

*) Pogg. Ann. L. p. 465.

**) Pogg. Ann. LXXXVI

hiebei eigentlich fragt, welche Intensität die Spectrumfarbe haben müsse, um als Zumischung zu der durch das Augenschwarz repräsentirten Mischung aller Farbestralen ihren Charakter bemerklich werden zu lassen. Die Frage ist also ganz von derselben Natur, als wenn man fragt, in welcher Intensität muss sich eine Farbe dem Weiss beimischen, damit das Weiss einen bemerklichen Farbeschein annehme, nur dass man es erstenfalls mit einem sehr geringen, letztenfalls, wo man von Weiss schlechthin spricht, mit einer grossen Intensität des Weiss oder der farbenindifferenten Mischung zu thun hat, wozu die Farbe gemischt wird. Auch findet man in der That, dass erstenfalls das Schwarz ebenso schwarz, nur durch eine Spur Farbe nüancirt, als letztenfalls das Weiss weiss, nur mit einer Spur Farbe nüancirt, erscheint, wenn die zugemischte Farbe eben merklich wird.

Daher würde auch unstreitig das Ultraviolet leichter, d. h. bei einer geringeren Intensität, spürbar werden, als es der Fall ist, wenn es nicht als Zumischung zum schwachen Weiss im Auge aufzutreten hätte.

Die Frage, ob und wie sich ein Mischungsphänomen ändert, wenn alle Reizcomponenten, welche zur Misch-Empfindung beitragen, in gleichem Verhältnisse steigen oder abnehmen, ist natürlich selbst nur eine particuläre Frage in Unterordnung unter die allgemeine Frage, wie überhaupt die Misch-Empfindung ausfällt und sich ändert, wenn die Reizcomponenten in beliebigem Verhältnisse stehen und sich ändern.

Um diese Frage auf klare Gesichtspuncte zu bringen, scheinen drei Hauptfälle als Anhaltspuncte festzuhalten; 1) wenn *B* gross genug wird, um bei Zusatz zu *A* die Qualität des Mischeindruckes gegen *a* eben merklich zu ändern; 2) wenn *B* gross genug wird, dass der Einfluss von *A* eben verschwindet, und der Eindruck sich vom reinen *b* nicht mehr merklich unterscheidet, und 3) wenn *A* und *B* sich so die Wage halten, dass man den Eindruck weder näher an *a* noch an *b* findet. Zwischen diese drei Schwellenfälle fallen nothwendig alle Abänderungen, welche durch Vermischung von *A* und *B* hervorgehen können, und es gälte nun, Gesetze aufzufinden, welche diese Schwellenwerthe und die dazwischen fallenden Abänderungen der Empfindung als Function des Mischungsverhältnisses der Reize darstellten; aber es liegt bis jetzt nichts darüber vor, und wenn schon eine Bestimmung homogener Schwellenwerthe durch den Versuch immer nur eine ungefähre bleiben kann, gilt diess, wie es scheint, um so mehr von den Mischungsschwellen.

Zwischen den Mischungsphänomenen ist eine wichtige Unterscheidung zu machen, je nachdem die Reize, welche den Mischeindruck geben, selbst schon gemischt das Empfindungsorgan treffen, wie es der Fall ist, wenn zusammengesetzte Farben das Auge, Gemische von Geräuschen oder Tönen das Ohr so treffen, wie es beim gewöhnlichen Sehen oder Hören geschieht, oder je nachdem die Reize gesondert das Empfidungsorgan treffen, und nur ihre Wirkungen durch Vermittlung der Empfindungsorgane selbst sich zum Mischeindrucke zusammensetzen, wie es der Fall ist, wenn verschiedene Farben auf correspondirende Stellen beider Augen oder verschiedene Töne gesondert in beide Ohren fallen. Beides wollen wir kurz als conjunctive und disjunctive Mischeindrücke unterscheiden.

In der That lehrt die Erfahrung, dass man mit zwei Augen, zwei Ohren durch gesondert einwirkende Reize entsprechende Mischeindrücke erhalten kann, als wenn die Reize schon gemischt in demselben Auge oder Ohre anlangten, ohne dass man die anatomische und physiologische Vermittlung kennt, auf denen diess beruht. Aber die Beschaffenheit der disjunctiven Eindrücke hängt von complicirteren Verhältnissen ab, und kann durch Nebenbedingungen auf mannichfaltigere Weise mitbestimmt werden, als die der conjunctiven. Die Conjunction zweier nach Intensität oder Farbe verschiedenartiger Lichteindrücke A, B auf derselben Netzhautstelle kann nämlich immer nur in derselben Weise erfolgen; aber die Disjunction dieser Reize auf correspondirenden Stellen kann in unendlich verschiedener Weise geschehen, indem z. B. auf der einen Null, auf der anderen $A + B$, oder auf der einen A, auf der anderen B, oder auf der einen $\frac{A}{2}$, auf der anderen $B + \frac{A}{2}$ einwirkt, u. s. f., auch können im Falle der Disjunction verschiedene Verhältnisse der Reize auf beiden Netzhäuten zu Nachbareindrücken eintreten, die im Falle der Conjunction auf derselben Netzhaut nicht eintreten können; und die Erfahrung hat gelehrt, dass an diesen Verschiedenheiten zwischen conjunctiven und disjunctiven Mischeindrücken Verschiedenheiten des resultirenden Mischeindruckes hängen können, wonach die Vertheilung der Componenten auf correspondirende Netzhautfasern keineswegs allgemein durch ein Zusammentreffen derselben Componenten auf einer identischen Faser ersetzt werden kann. Das Ohr zeigt bis zu gewissen Gränzen analoge Verhältnisse. Ausführlicher habe ich diesen Gegenstand in meiner Abhandlung »Ueber einige Verhältnisse des binocularen Sehens« in den Abhandlungen der sächs. Soc. der Wissenschaften, math. phys. Cl. Bd. V. S. 339 ff. behandelt.

ELEMENTE DER PSYCHOPHYSIK.

ZWEITER THEIL.

ELEMENTE

DER

PSYCHOPHYSIK

VON

GUSTAV THEODOR FECHNER.

ZWEITER THEIL.

LEIPZIG,
DRUCK UND VERLAG VON BREITKOPF UND HARTEL.
1860.

Universitäts-
München
Bibliothek

AD BIBL.
UNIVERS.
MONAC.

VORWORT ZUM ZWEITEN THEILE.

Den allgemeinen Vorbemerkungen im Vorworte zum ersten Theile halte ich nützlich, noch einige orientirende Bemerkungen über den Inhalt dieses zweiten Theiles im Besonderen zuzufügen.

Derselbe enthält, — abgesehen von einem historischen Kapitel, worin ich die Präcedenzien, den Ursprung und Gang dieser Untersuchungen verzeichnet habe, einigen Zusätzen und einem Register der in dieser Schrift gebrauchten neuen oder besonders definirten Ausdrücke, — in drei Hauptabtheilungen:

1) Formeln und Folgerungen des psychischen Masses:
2) specielle Untersuchungen über einige Sinnesgebiete;
3) innere Psychophysik.

Die erste dieser Abtheilungen enthält wesentlich nur die mathematische Darstellung und Verknüpfung dessen, was von Gesetzen und Thatsachen im ersten Theile vorliegt, und wird sonach dem Physiologen und Psychologen keinen neuen sachlichen Inhalt bieten. Auch wird man, nach einem Blicke auf die Masse Formeln, welche in dieser Abtheilung enthalten sind, wahrscheinlich fragen, was überhaupt damit eigentlich gewonnen ist. Ich habe diess bezüglich einer der Hauptformeln, der Massformel, kurz auf S. 28 dargelegt, und bei den anderen Formeln nicht verfehlt, auf die Anwendungen hinzuweisen, die sie versprechen oder schon gewähren. So geben die Vertheilungsformeln der Empfindung im 21. Kapitel zu manchen interessanten Folgerungen Anlass, die Anwendung der Unterschiedsmassformel auf die

Schätzung der Sterngrössen und der Lagenformeln auf die Beurtheilung der Verhältnisse constanter Fehler sind in besonderen Kapiteln (25. und 27.) besprochen, und die Auflösung, welche in Kap. 30. S. 179 ff. von dem Räthsel der Octave in der Tonlehre gegeben worden ist, darf vielleicht ein besonderes Interesse in Anspruch nehmen.

Das Hauptinteresse aber, was sich an diese Formeln für jetzt knüpft, bleibt immer das theoretische, ein bisher vermisstes Mass nicht nur für einfache Empfindungen begründet, sondern auch zur Repräsentation functioneller Verhältnisse derselben in Anwendung gesetzt zu sehen, und die Principien der Behandlung dieses Gegenstandes sind viel wichtiger, als die Formeln, welche nur Specialfälle der Anwendung der Principien sind. Die Principien, wie sie im Kap. 6. 7. 18. 22. 30. 31 und 32 dargelegt sind, dürften nach ihrem Wesentlichen auch für den der Mathematik wenig Kundigen verständlich sein, und auf ihrer Haltbarkeit beruht die Haltbarkeit der in dieser Schrift vorgetragenen Lehre. Was die Formeln anlangt, so können sie noch mancherlei Abänderungen unterliegen. Dass sie, so wie sie hier aufgestellt sind, überall nur eine Approximation sind, so lange man im Gebiete der äusseren Psychophysik davon Gebrauch machen will, habe ich schon früher, so wie gleich im Eingange dieses Theils erklärt, und hebe es hier nochmals mit besonderem Gewichte hervor. Diese Formeln werden für verschiedene Sinnesgebiete, ja für verschiedene Anwendungsweisen der Sinne verschiedener Modificationen oder Corretionen bedürfen, die aber, auch wenn sie schon mit grösserer Sicherheit festgestellt wären, als zur Zeit der Fall, bei der allgemeinen Behandlung des Gegenstandes hier nicht Platz finden konnten, nicht nur, weil sie für verschiedene Gebiete verschieden sein müssten*), sondern auch, weil sie für die innere Psychophysik unstreitig überhaupt wegfallen müssten. Aber auch für die äussere und hiemit experimentelle Psychophysik werden meines Erachtens die hier gegebenen Formeln das bleiben, an was die weitere Entwickelung und genauere Feststellung des mathematischen Theiles der Empfindungslehre anzuknüpfen hat, wie denn ein, bezüglich der Lichtempfindung jüngst schon gemachter Fortschritt, dessen ich in den Zusätzen zu gedenken habe, wirklich daran angeknüpft hat.

---

*) So zeigt das Weber'sche Gesetz in seiner Anwendung auf die Empfindlichkeit für Gewichtsunterschiede nach Th. I. S. 200. 197 eine Abweichung an der unteren Gränze, welche mit der bei Lichtunterschieden nach Th. I. S. 165 stattfindenden nicht gleicher Natur ist, und eine andere Berück-

Dass ich den wichtigsten Formeln besondere Namen gegeben habe, kann man vielleicht als eine anspruchsvolle Spielerei tadeln; und in der That, wenn in allen mathematischen Untersuchungen jeder Formel ein besonderer Name gegeben werden sollte, würde die Mathematik bald mit der Botanik und Zoologie an Reichthum der Namen wetteifern; aber bei dem vielfältigen Rückbezuge, den ich auf die Hauptformeln zu nehmen hatte, und der künftig anderwärts wird darauf zu nehmen sein, falls die hier vorgetragene Lehre Platz greift, wird man den dadurch erlangten Vortheil der Kürze und Ersparung von Verweisungen nicht unerheblich finden.

Die zweite Abtheilung kann leicht Anlass geben, zu fragen, warum einige Gegenstände so ausführlich darin behandelt, und so Vieles, was gleichen Anspruch hätte, in einer Psychophysik behandelt zu werden, ganz übergangen ist. Meine Antwort ist einfach. Ich habe die Gegenstände, auf die sich von der hier vorgetragenen Lehre aus ein neues Licht werfen liess oder deren Behandlung in das Allgemeine dieser Lehre wirksam eingriff, so gründlich, als es mir möglich war, zu behandeln gesucht, wie denn diese Schrift ausgesprochenermassen im Ganzen mehr den Charakter der Untersuchung als des Lehrbuches trägt; im Uebrigen geglaubt, dass man es mir keinen Dank wissen würde, anderwärts behandelte Kapitel der Physiologie und Physik hier noch einmal wiederzufinden. Unstreitig lässt sich aus gewissem Ge-

---

sichtigung in den Formeln der äusseren Psychophysik fodern würde, um dadurch gedeckt zu werden.

sichtspuncte die ganze Nervenlehre und Sinneslehre in die Psychophysik hineinziehen, und wahrscheinlich werden Physiologie und Physik bei ihrem stets wachsenden Umfange künftig gern einer selbstständig constituirten Psychophysik manche Gränzgebiete überlassen, die sie jetzt noch in ihr Bereich ziehen; immer aber wird es für diese Lehre besser sein, sich auf jene zu stützen und sie zu ergänzen, als zu wiederholen.

An die Darstellung einiger Tastversuchsreihen in der zweiten Abtheilung habe ich eine vorgreifliche Vervollständigung dessen, was im ersten Bande über die Methode der mittleren Fehler gesagt worden ist, betreffs einiger Puncte geknüpft; da ich doch wohl erst werde abzuwarten haben, ob das Publicum überhaupt ein hinreichendes Interesse an dem ganzen Kreise dieser Untersuchungen nehmen wird, um die »Massmethoden«, auf die ich früherhin über das Detail der Methoden verwiesen und noch in so mancher Beziehung zu verweisen habe, erscheinen lassen zu können.

In der dritten Abtheilung würde man vergebens ein vollständiges und abgerundetes System der inneren Psychophysik suchen; ganze Hauptgebiete, die dereinst hinein gehören, fehlen. Hauptsächlich war es nur vorerst darum zu thun, allgemeine Gesichtspuncte für dieselbe und erste Eingangspuncte in dieselbe zu gewinnen, von welchen aus eine Forschung mit wachsender Sicherheit der Resultate möglich ist. Wenn ich nicht irre, tragen diejenigen, welche an die Spitze der inneren Psychophysik gestellt sind (Kap. 36. 37. 38. 39), diesen Charakter, und auch hier lege ich das Hauptgewicht auf die Principien. Von den Ausführungen, in denen ich mich versucht habe, habe ich nach und nach immer mehr weggelassen, und besorge auch jetzt noch, eher zu viel als zu wenig gegeben zu haben. Aber die Sache musste angegriffen werden, um zu zeigen, dass sie angriffsfähig ist, sollten auch manche Angriffspuncte sich durch passendere und manche Angriffe durch geschicktere oder triftigere in Zukunft ersetzen lassen. Aus diesem Gesichtspuncte bitte ich die wenigen Ausführungen der inneren Psychophysik zu betrachten. So ist die schematische Darstellung einiger der allgemeinsten und wichtigsten psychophysischen Verhältnisse, von der ich insbesondere im 42. und 45. Kapitel Gebrauch gemacht habe, von gewisser Seite nur ein Rahmen, von anderer ein Surrogat. Ich halte diese Darstellung für nützlich, ja für sehr nützlich, einer sonst in dieser Hinsicht bestehenden Leere gegenüber; doch muss dieser Rahmen einst mit Bestimmtheiten ausgefüllt, das Surrogat durch directere Darstellungen, die es bis jetzt zu vertreten hat, ersetzt werden.

Denjenigen, deren Interesse hauptsächlich ein empirisches ist, bietet dieser Band nur etwa im 34. 35 und 44. Kapitel einiges neue Erfahrungsmaterial. Die Beobachtungen über Contrastverhältnisse, auf welche Th. II. S. 106 verwiesen worden ist, haben, theils weil sie noch nicht vollständig redigirt waren, theils einen etwas zu grossen Umfang gewonnen haben, hier nicht mehr Platz finden können, sind aber ziemlich gleichzeitig mit diesem Bande in den Berichten der sächs. Soc. 1860 unter der Ueberschrift »Ueber die Contrastempfindung« erschienen. Ueber die, leider erfolglos gebliebene, nachträgliche Anstellung eines, Th. II. S. 174 in Aussicht gestellten, wichtigen akustischen Versuches berichte ich in den Zusätzen, welche ausserdem die Bezugnahme auf einige neuere wichtige Untersuchungen von Helmholtz enthalten.

Will man, so kann man als eine Ergänzung dieser Schrift eine demnächst erscheinende, den Inhalt einiger früheren Schriften theils resumirende, theils erweiternde, kleine populär gehaltene Schrift »Ueber die Seelenfrage« betrachten, welche die im 45. Kapitel vorliegender Schrift zum Schlusse nur kurz angedeuteten Aussichten, die sich von einer allgemeinsten Fassung der Psychophysik aus ins Gebiet der Religion und Naturphilosophie eröffnen, behandelt. Die Gesichtspuncte, aus denen es geschieht, ohne nach Form und Sache eine Exactheit zu beanspruchen, die hieher noch nicht reicht, dürften den exacten doch so nahe stehen, als es die

Natur der Aufgaben und unsere Erkenntnissmittel seither gestatten, und ich habe sie unter dem Namen Erfahrungsprincipien des Glaubens genauer zu formuliren versucht. Wenn nun schon die daselbst resumirten Ansichten bei ihrem Widerspruche gegen die jetzt herrschende gemeine sowohl als theologische und philosophische Weltansicht sich seither keines sonderlichen Anklanges zu erfreuen gehabt haben, und eben so wenig hoffen dürfen, einen solchen demnächst zu finden, lässt sich doch aus den Erörterungen des 45. und 46. Kapitels vorliegender Schrift leicht übersehen, dass sie nur die Vorwegnahme des dereinstigen Zieles einer auf der Grundlage der Principien dieser Schrift sich entwickelnden Psychophysik sind. Sie wird keine allgemeine werden können, ohne den geistigen Stufenbau der Welt über die jetzt angenommenen Gränzen hinaus zu erweitern, zu vertiefen und zu erhöhen. Diess sage ich zwar mit der Ueberzeugung, dass der Widerstand der Zeit gegen derartige Ansichten auch auf die Aufnahme dieser Psychophysik zurückwirken wird, welche dieselben als Folgerungen im Keime in sich trägt, aber eben so mit der Ueberzeugung, dass dieser Widerstand an dem festen Grunde und der künftigen Entwickelung dieser Lehre endlich scheitern wird.

Leipzig, den 18. August 1860.

INHALT.

Seite

Fortsetzung der äusseren Psychophysik.

Formeln und Folgerungen des psychischen Maasses.

XIV. Allgemeine Vorerinnerung. Erinnerung an die wichtigsten Eigenschaften der Logarithmen 1
XV. Ein mathematisches Hülfsprincip 6
XVI. Die Fundamentalformel und Massformel 9
XVII. Mathematische Ableitung der Massformel 33
XVIII. Die negativen Empfindungswerthe insbesondere. Repräsentation des Gegensatzes von Wärme- und Kälte-Empfindung . . 39
XIX. Bezugsweiser Gang von Reiz und Empfindung 47
XX. Summation von Empfindungen 58
XXI. Vertheilungsverhältnisse der Empfindung 68
XXII. Unterscheidung zwischen zwei Arten von Empfindungsunterschieden 83
XXIII. Die Unterschiedsformel 89
XXIV. Die Unterschiedsmassformel 96
XXV. Anwendung der Unterschiedsmassformel auf die Schätzung der Sterngrössen 107
XXVI. Die höheren Unterschiedsmassformeln 115
XXVII. Die Lagenformeln. Anwendung derselben auf die Beurtheilung der Verhältnisse constanter Fehler 120
XXVIII. Bemerkungen zu den Massmethoden der Empfindlichkeit . . 148
XXIX. Beziehung von Contrastempfindungen und Empfindungssummen 154
XXX. Frage nach Empfindungsproducten. Beziehung zwischen Höhe, Stärke und periodischem Element in der Tonskala 161
XXXI. Verallgemeinerung des Massprincipes der Empfindung 194
XXXII. Die oscillatorischen Reize im Allgemeinen. Versuch einer Elementarconstruction des Empfindungsmasses 199
  a) Vorerörterungen 199
  b) Allgemeiner Gang der Untersuchung 201
  c) Uebersicht der gebrauchten Bezeichnungen 210
  d) Gleichungen für die Schwingungen, auf denen gefusst wird 211
  e) Formeln und Resultate, welche aus der Untersuchung hervorgehen 213
  f) Herleitung der Formeln 215
  g) Allgemeine Betrachtungen 224

Specielle Untersuchungen über einige Empfindungsgebiete.

XXXIII. Ueber Licht- und Schallempfindung in Beziehung zu einander 233
  a) Ueber die Gränzen der Sichtbarkeit der Farben und die Ursachen der Beschränkung dieser Sichtbarkeit . . . 236
  b) Puncte der Uebereinstimmung und Verschiedenheit zwischen den Empfindungsgebieten von Licht und Schall . 267

Seite
c) Annahmen, welche nöthig scheinen, die vorigen Puncte der Uebereinstimmung und Verschiedenheit zu erklären . . . 293
XXXIV. Ueber die extensiven Empfindungen insbesondere 311
XXXV. Einige Tastversuchsreihen nach der Methode der mittleren Fehler 343
1. Zusatz. Herleitung der Correction wegen des endlichen m 366
2. Zusatz. Herleitung der Correction wegen der Grösse der Intervalle 373

Innere Psychophysik.

XXXVI. Uebergang von der äusseren zur inneren Psychophysik . . . 377
XXXVII. Ueber den Sitz der Seele 381
a) Sitz der Seele im weiteren Sinne 382
b) Sitz der Seele im engeren Sinne 386
c) Frage nach dem einfachen oder ausgedehnten (engeren) Seelensitze 390
d) Frage nach der Erstreckung d. ausgedehnten Seelensitzes 421
e) Resumé und Schluss 426
XXXVIII. Uebertragung des Weber'schen Gesetzes und der Thatsache der Schwelle in die innere Psychophysik 428
XXXIX. Allgemeinere Bedeutung der Thatsache der Schwelle in der inneren Psychophysik 437
XL. Schlaf und Wachen 439
XLI. Partieller Schlaf, Aufmerksamkeit 449
XLII. Verhältniss zwischen dem Allgemeinbewusstsein und seinen Sonderphänomenen. Das Wellenschema 458
XLIII. Verhältniss zwischen den sinnlichen und Vorstellungsphänomenen im Allgemeinen 464
XLIV. Beobachtungen und Bemerkungen über das Verhältniss zwischen Nachbildern und Erinnerungsbildern insbesondere. Erinnerungsnachbilder, Phänomene des Sinnengedächtnisses, Hallucinationen, Illusionen, Träume 469
a) Erinnerungsbilder und Nachbilder in Beziehung zu einander 469
b) Erinnerungsnachbilder 484
c) Erscheinungen des Sinnengedächtnisses und Reactionserscheinungen nach Anschauung von Bewegungen . . 499
d) Unwillkührliche Hallucinationen und Illusionen 504
e) Allgemeine Betrachtungen 513
f) Einige Bemerkungen über Träume 519
XLV. Psychophysische Continuität und Discontinuität. Psychophysischer Stufenbau der Welt. Anknüpfungspuncte der Psychophysik an Naturphilosophie und Religion 526
XLVI. Frage nach der Natur der psychophysischen Bewegung . . 545

Historisches und Zusätze.

XLVII. Historisches 548
XLVIII. Zusätze 559
a) Zusatz bezüglich eines im 30. Kapitel vorgeschlagenen Versuches 560
b) Zusatz über einige in die Psychophysik einschlagende neuere Untersuchungen von Helmholtz 564

Fortsetzung der äusseren Psychophysik.

Formeln und Folgerungen des psychischen Maasses.

XIV. Allgemeine Vorerinnerung. Die wichtigsten Eigenschaften der Logarithmen.

Indem ich daran gehe, die Formeln zu entwickeln, mittelst deren das psychische Maass vollziehbar ist, habe ich im Allgemeinen vorzubemerken, dass hiebei (abgesehen von einem Kapitel, worin beispielsweise eine andere Voraussetzung unterliegt) überall die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes und die Thatsache der Schwelle vorausgesetzt wird. Insofern erstere Voraussetzung nicht überall oder nur innerhalb gewisser Grenzen oder nur mit gewisser Annäherung im Sinnesgebiete zutrifft, wird diess natürlich auch von den darauf gegründeten Formeln gelten; inzwischen ist in Betreff der beschränkten Anwendbarkeit, welche diesen Formeln hiernach nur zuzusprechen ist, an Folgendes rück- und vorzuerinnern.

1) Die Hauptverhältnisse, welche es im Gebiete der Sinnesempfindung beim gewöhnlichen Gebrauche der Sinne zu betrachten gilt, werden immer unter der Herrschaft der genauen oder angenäherten Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes stehen, und von Abweichungen kleiner Ordnung oder unter exceptionellen Fällen des Gebrauches der Sinne Anfangs, wo es eben nur gilt, die Hauptverhältnisse zu übersehen, abstrahirt werden können, wie diess schon Th. I. S. 66 f. geltend gemacht ward.

2) Die Abweichungen vom Weber'schen Gesetze an dessen unterer Grenze, welche vom Dasein innerer Ursachen der Empfin-

dung abhängen, und manche andere Abweichungen machen die auf das Gesetz gegründeten Formeln nicht ungültig, sondern lassen sich in solcher Weise in dieselben mit einführen, dass sie selbst ihrem Effecte auf die Empfindung nach durch diese Formeln repräsentirt werden können; was weiter zu erörtern in der Folge Gelegenheit sein wird.

3) Wo die auf das Weber'sche Gesetz gegründeten Formeln für die äussere Psychophysik gültig zu sein aufhören, verlieren sie doch nicht ihre Bedeutung für die innere, insofern die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes für die psychophysischen Thätigkeiten unstreitig weiter reicht, als für die Reize, von welchen dieselben ausgelöst werden, wie Th. I. S. 67. 68 besprochen worden, und künftig Gegenstand weiterer Besprechung werden wird.

4) Auch wohin das Weber'sche Gesetz nicht reicht, vielmehr eine andere Beziehung zwischen constanten Empfindungszuwüchsen und variabeln Reizzuwüchsen im Aufsteigen von Empfindung und Reiz besteht, als welche durch das Weber'sche Gesetz ausgedrückt ist, reicht doch das, im 7. Kapitel des ersten Theiles erörterte, Princip, nach dem sich eben so gut auf jede andere Beziehung zwischen jenen Zuwüchsen Formeln des Masses gründen lassen würden; die folgenden Formeln aber können nun jedenfalls als das wichtigste Beispiel der Anwendung dieses allgemeinen Princips gelten; wie schon Th. I. S. 65 besprochen ist.

Da wir im Folgenden beständig mit Logarithmen zu thun haben, und hiebei manche Verhältnisse in Rücksicht und Anwendung kommen werden, die beim gewöhnlichen Gebrauche der Logarithmen nicht vorkommen, so dürfte Manchem, dem diese Verhältnisse nicht mehr geläufig sind, eine kurze Recapitulation derselben willkommen sein.

Wenn man eine ein- für allemal festgesetzte Zahl, welche die Grundzahl des logarithmischen Systems heisst, successiv zu verschiedenen Potenzen erhebt, so entstehen daraus verschiedene Zahlen. Die Potenz, auf welche die Grundzahl erhoben werden muss, um eine gegebene Zahl zu erhalten, heisst der Logarithmus dieser Zahl.

Im Systeme der gemeinen oder sog. Briggi'schen Logarithmen, für welches die gewöhnlichen Tafeln eingerichtet sind, ist

10 die Grundzahl und hienach z. B. 1 der Logarithmus von 10; 2 der Logarithmus von 100; 3 der Logarithmus von 1000 u. s. f.

Je nach der Wahl anderer Grundzahlen erhält man andere logarithmische Systeme; und während man zum praktischen Gebrauche beim Systeme der gemeinen Logarithmen stehen bleibt, ist in der mathematischen Analyse vielfach nöthig und wird sich auch im Folgenden vielfach nöthig machen, auf ein davon verschiedenes, das sog. natürliche, logarithmische System Bezug zu nehmen, dessen Grundzahl die, folgends stets mit e zu bezeichnende, Irrazionalzahl

$$e = 2,7182818284\ldots.$$

ist. In diesem Systeme ist nicht 2, sondern 4,605170 der Logarithmus von 100, indem e, zu dieser Potenz erhoben, 100 giebt.

Ungeachtet die Logarithmen im gemeinen und natürlichen Systeme für dieselbe Zahl sehr verschieden sind, bleibt doch das Verhältniss derselben immer dasselbe, für welche Zahl man es auch in Betracht ziehen möge. Dieses constante Verhältniss zwischen dem gemeinen und natürlichen Logarithmus $\frac{\text{log comm.}}{\text{log nat.}}$ stimmt mit dem gemeinen Logarithmus der Grundzahl des natürlichen Logarithmus e überein; es wird der Modulus des gemeinen logarithmischen Systems genannt und soll künftig immer mit M bezeichnet werden. Sein Werth ist 0,434294481.... Man hat also

$$M = \frac{\text{log comm.}}{\text{log nat.}} = \text{log comm. } e = 0,434294481$$

und hienach:

$$\text{log comm.} = M \text{ log nat.}; \text{ und log nat.} = \frac{\text{log comm.}}{M}$$

Demgemäss kann man den gemeinen Logarithmus irgendwelcher Zahl aus dem natürlichen erhalten, wenn man diesen mit M multiplicirt, und den natürlichen aus dem gemeinen, wenn man diesen mit M dividirt oder mit $\frac{1}{M}$ multiplicirt. Da bei einer solchen Verwandlung die gemeinen Logarithmen von M und $\frac{1}{M}$ von Nutzen sein können, setzen wir sie her:

$$\text{log comm. } M = 0,6377843 - 1.$$

$$\text{log comm. } \frac{1}{M} = 0,3622156.$$

Eine Tafel natürlicher Logarithmen, welche die Uebersetzung aus den gemeinen Logarithmen durch Division mit M erspart, findet sich u. a. in Hülsse Sammlung mathematischer Tafeln. Tafel VI. p. 456.

Aus der allgemeinen Definition des Logarithmus folgt, dass man, um aus dem Logarithmus einer Zahl die Zahl zu finden, die Grundzahl zu der Potenz zu erheben hat, welche durch den Logarithmus der Zahl bezeichnet ist. Sei allgemein β die Zahl, γ ihr Logarithmus, mithin

$$\gamma = \log\beta$$

so hat man, wenn a die Grundzahl ist,

$$\beta = a^{\gamma}.$$

Die Gleichungen $\gamma = \log\beta$ und $\beta = a^{\gamma}$ fodern sich also wechselseitig; und unterscheiden sich nur dadurch, dass in der ersten γ als Function von β, in der zweiten β als Function von γ ausgedrückt ist; eine Beziehung, die zu beachten ist, da künftig wird darauf Rückgang zu nehmen sein.

In jedem logarithmischen Systeme ist der Logarithmus von 1 gleich Null, der Logarithmus der Grundzahl gleich 1, und hat der Logarithmus von 0 einen negativ unendlichen, der Logarithmus von $+\infty$ einen positiv unendlichen Werth.

In jedem logarithmischen Systeme haben die Logarithmen von Zahlen, die 1 übersteigen, positive Werthe, die Logarithmen von Brüchen, welche kleiner als 1 sind, negative Werthe.

Der Logarithmus einer Zahl und der Logarithmus des reciproken Werthes der Zahl, also z. B. log 4 und $\log\frac{1}{4}$, log 3 und $\log\frac{1}{3}$, allgemeiner $\log\beta$ und $\log\frac{1}{\beta}$ sind dem absoluten Werthe nach überall gleich gross und nur von entgegengesetztem Vorzeichen. Daher kann man auch statt $\log\frac{1}{\beta}$ setzen $-\log\beta$ und statt $\log\beta$ setzen $-\log\frac{1}{\beta}$.

Eben so sind der Logarithmus eines Bruches $\frac{\beta}{b}$ und der Logarithmus des reciproken Werthes dieses Bruches $\frac{b}{\beta}$, welches auch die Zahlen β, b seyn mögen, einander im absoluten Werthe gleich und nur von entgegengesetztem Vorzeichen, so dass man auch statt $\log\frac{\beta}{b}$ setzen kann $-\log\frac{b}{\beta}$, und statt $\log\frac{b}{\beta}$ setzen kann $-\log\frac{\beta}{b}$.

Bekanntlich ferner kann man statt der Summe der Logarithmen zweier Zahlen den Logarithmus ihres Productes setzen und umgekehrt; statt der Differenz der Logarithmen zweier Zahlen den Logarithmus ihres Quotienten und umgekehrt; statt des $n$fachen Logarithmus einer Zahl den Logarithmus der $n$ten Potenz der Zahl und umgekehrt; statt des Logarithmus der $n$ten Wurzel einer Zahl den $n$ten Theil des Logarithmus der Zahl $\frac{1}{n} \log \beta$ und umgekehrt.

Transformationen dieser Art werden im Folgenden unaufhörlich wiederkehren, und es ist daher nöthig, sich dieselben geläufig zu machen. Hier folgt die Zusammenstellung der Formeln, welche den Ausdruck derselben enthalten:

$$\log \frac{1}{\beta} = -\log \beta \qquad (1)$$

$$\log \beta = -\log \frac{1}{\beta} \qquad (2)$$

$$\log \frac{\beta}{b} = -\log \frac{b}{\beta} \qquad (3)$$

$$\log \beta + \log b = \log \beta b \qquad (4)$$

$$\log \beta - \log b = \log \frac{\beta}{b} \qquad (5)$$

$$n \log \beta = \log (\beta^n) \qquad (6)$$

$$\frac{1}{n} \log \beta = \log (\sqrt[n]{\beta}) \qquad (7)$$

Dabei ist wichtig, einen Ausdruck, wie

$$\log \frac{\beta}{b}$$

nicht mit dem Ausdrucke

$$\frac{\log \beta}{\log b}$$

zu verwechseln. Ersterer kann nach vorigen Sätzen in $\log \beta - \log b$ transformirt werden, letzterer lässt keine solche Transformation zu. Eben so ist $\log \beta\beta'$ nicht mit $\log \beta \log \beta'$ zu verwechseln. Ersterer Ausdruck kann in $\log \beta + \log \beta'$ transformirt werden, letzterer nicht.

Wenn eine Zahl sich nur wenig von 1 unterscheidet, und α die kleine positive oder negative Differenz derselben von 1 ist, so kann man, insofern sich die höheren Potenzen von α gegen die erste vernachlässigen lassen, im Falle gewöhnlicher Logarithmen setzen

$$\log (1 + \alpha) = M\alpha,$$

wo M der Modulus ist, oder im Falle natürlicher Logarithmen einfach

$$\log (1 + \alpha) = \alpha.$$

Die hieraus fliessende Substitution von $M\alpha$ oder α für $\log(1+\alpha)$ ist oft von nützlicher Anwendung. Allgemein hat man, auch bei nicht sehr kleinen Werthen von α, im Falle gewöhnlicher Logarithmen

$$\log(1+\alpha) = M\left\{\alpha - \frac{\alpha^2}{2} + \frac{\alpha^3}{3} - \frac{\alpha^4}{4} \dots\right\}$$

welche Formel durch Vernachlässigung der höheren Potenzen von α in die obige übergeht, und durch Substitution von 1 für M auch für natürliche Logarithmen anwendbar wird.

XV. Ein mathematisches Hülfsprincip.

Bei unserer Ableitung der psychischen Massfunction aus dem Weber'schen Gesetze wird uns ein mathematisches Hülfsprincip von Nutzen sein, was ich vor seinem allgemeinen Ausspruche zuerst an einigen Beispielen erläutern will*).

Logarithmen und zugehörige Zahlen schreiten einander nicht proportional vor. Wenn man aber die Differenz zweier einander nahen Zahlen und die Differenz der zugehörigen Logarithmen nimmt, so besteht merkliche Proportionalität zwischen den zu einander gehörigen Theilen der Differenz oder kleinen Zuwüchsen der einen Zahl und des zugehörigen Logarithmus, worauf bekanntlich das Interpolationsverfahren durch Hülfe der in den Logarithmentafeln beigefügten Differenzen beruht.

Eine Curve schreitet im Allgemeinen ihrer Länge nach nicht proportional mit der Abscisse vor. Nimmt man aber einen so kleinen Theil der Curve, dass er merklich mit einer Geraden übereinstimmt, so besteht für diesen kleinen Theil merkliche Proportionalität zwischen den zu einander gehörigen Zuwüchsen der Abscisse und der Länge der Curve.

Die Bewegung der Erde um die Sonne ist nicht gleichförmig, sondern in der Sonnennähe werden in derselben Zeit grössere Räume zurückgelegt, als in der Sonnenferne; kurz, der Fortschritt der Zeit und der zugehörige Fortschritt der Erde im Raume gehen einander im Ganzen nicht proportional. Aber in einem Drittel- und halben Tage wird merklich das Drittel und die Hälfte des Raumes zurückgelegt, der in einem ganzen Tage zurückgelegt wird.

---

*) Man findet dasselbe u. a. in Cournot's *Traité des fonctions* (I. p. 19) erläutert und mit besonderem Gewichte hervorgehoben.

Es ist nur dieses Drittel, diese Hälfte eben so wie der ganze an einem Tage durchlaufene Raum in der Sonnennähe grösser als in der Sonnenferne.

Das Licht erleuchtet eine Fläche in dem doppelten Abstande blos mit ¼ der Intensität, als im einfachen Abstande. Also die Stärke der Beleuchtung nimmt im Ganzen nicht im einfachen, sondern im quadratischen Verhältnisse des Abstandes des Lichtes von der beleuchteten Fläche ab. Fasst man aber nur eine kleine Verrückung des Lichtes ins Auge, so wird die Aenderung der Beleuchtung zur Aenderung des Abstandes nicht im quadratischen, sondern einfachen Verhältnisse stehen, das quadratische Verhältniss aber sich wieder insofern geltend machen, als bei doppeltem Lichtabstande die Beleuchtungsänderung für eine gegebene kleine Lichtverrückung weniger beträgt, als bei einfachem Lichtabstande.

Allgemein endlich: die beziehungsweisen Aenderungen, Zuwüchse zweier von einander abhängiger continuirlicher Grössen, von einem constanten Ausgangswerthe an oder innerhalb irgend eines Theiles der Grössen verfolgt, gehen einander merklich proportional, so lange sie sehr klein bleiben, wie auch das Abhängigkeitsverhältniss zwischen den Grössen beschaffen sein mag, und wie sehr der beziehungsweise Gang der Grössen im Ganzen und nach grösseren Theilen von dem Gesetze der Proportionalität abweichen mag.

Dabei hat man nicht ausser Acht zu lassen, dass, während die zu einander gehörigen Aenderungen zweier Grössen, von einem gegebenen Ausgangswerthe an verfolgt, einander proportional gehen, so lange sie sehr klein bleiben, doch das Grössenverhältniss dieser bezugsweisen Veränderungen sehr verschieden sein kann, je nachdem man dieselben von diesem oder jenem Ausgangswerthe, oder innerhalb dieser oder jener zusammengehörigen Theile beider Grössen verfolgt, wie schon oben bei den letzten Erläuterungsbeispielen geltend gemacht wurde.

Fragt man, was heisst sehr klein im Ausspruche des Principes? — sehr klein ist doch ganz relativ — so ist die hienach allerdings noch übrige Unbestimmtheit im Ausspruche des Principes durch folgende Erläuterung zu heben: Es lassen sich in jedem Falle die zu einander gehörigen Theile so klein nehmen, dass das Gesetz der Proportionalität zwischen den noch kleineren

Theilen derselben merklich besteht; oder, insofern auch der Ausdruck merklich noch eine Unbestimmtheit einschliesst, dass es so weit besteht, dass die Abweichung unter eine beliebige Gränze fällt. Wie klein sie aber dazu zu nehmen sind, kommt einerseits auf die functionelle Beziehung der Grössen, anderseits die Approximation an, die man verlangt, und Beides lässt keine allgemeine Regel zu. Absolut genau freilich wird die Proportionalität, abgesehen von specialen Fällen, nur innerhalb unendlich kleiner Theile sein, und die Approximation daran um so grösser sein, je mehr man sich dem Unendlichkleinen nähert.

Man habe Acht, dass das ausgesprochene Princip nicht nur an kein bestimmtes Abhängigkeitsverhältniss zwischen den gegebenen Grössen, sondern auch an keine bestimmte Natur dieser Grössen, d. h. der Objecte, auf welche der Grössenbegriff Anwendung findet, sondern nur an den allgemeinen Begriff continuirlicher Grössenabhängigkeit gebunden ist. Wo sich also eine stetige Grössenabhängigkeit vorfindet, da gilt es. Nun aber findet sich eine solche zwischen der Reizgrösse und Empfindungsgrösse vor. Wir wissen zwar bis jetzt noch kein bestimmtes Verhältniss anzugeben, nach welchem die Empfindung sich mit der Reizeinwirkung ändert, so lange wir noch kein Mass der Empfindung haben; aber wir wissen doch, dass die Empfindung sich in stetiger Abhängigkeit von der Reizeinwirkung ändert, dass die Lichtempfindung, Schallempfindung zu- und abnimmt nach Massgabe als der physische Lichteinfluss, Schalleinfluss zu- und abnimmt, gleich viel, in welchem Verhältnisse, und diess genügt, um unser Princip darauf anzuwenden.

Wir können daher unbedenklich den Satz aussprechen: die Aenderungen der Empfindung sind den Aenderungen der Reizgrösse merklich proportional, so lange die Aenderungen beiderseits sehr klein bleiben.

Gesetzt z. B. zwei Gewichte haben einen gewissen kleinen Unterschied, und dieser wird mit einer gewissen Stärke, Intensität, Deutlichkeit empfunden, so können wir nach unserem Principe sagen, dass ein doppelt so grosser Unterschied, von derselben Ausgangsgrösse an verfolgt, als merklich doppelt so gross, ein dreifacher als merklich dreimal so gross empfunden wird: was aber nur so lange gültig bleibt, als der Unterschied der Gewichte klein bleibt, und was nicht ausschliesst, dass ein gleich grosser

Gewichtsunterschied zwischen Gewichten von anderer Grösse mit ganz anderem Werthe empfunden wird, worüber das mathematische Princip keine Auskunft giebt, indess hier das Weber'sche Gesetz von der Erfahrungsseite her ergänzend eintritt.

Einen directen experimentellen Beweis, dass dem so sei, kann man nicht verlangen, da vielmehr die Aufgabe, die Grössenabhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung im Sinne mathematischer Principien festzustellen, die Anwendung der, ohne Rücksicht auf alles Experiment gültigen, mathematischen Principien der Grössenabhängigkeit, wozu das eben angeführte gehört, von selbst voraussetzt. Einen indirecten Beweis für die Anwendbarkeit dieses Principes auf psychische Grössen aber kann man darin finden, dass die mit Hülfe desselben festgestellte Abhängigkeit zwischen psychischen und physischen Grössen, zu deren Darlegung wir uns jetzt wenden, zu erfahrungsmässig bewährbaren Resultaten führt, wie sich im Verfolge zeigen wird.

XVI. Die Fundamentalformel und Massformel.

Ohne noch ein Mass der Empfindung zu haben, kann man doch den durch das Weber'sche Gesetz ausgesprochenen Fall, dass der Empfindungsunterschied sich gleich bleibt, wenn der relative Reizunterschied sich gleich bleibt, und den durch das mathematische Hülfsprinsip begründeten Satz, dass kleine Empfindungszuwüchse den Reizzuwüchsen proportional gehen, in Verbindung durch einen scharfen mathematischen Ausdruck darstellen.

Nehmen wir an, wie es bei den Versuchen zur Bewährung des Weber'schen Gesetzes im Allgemeinen der Fall, dass der Unterschied zweier Reize, oder, was dasselbe sagt, der Zuwuchs zum einen Reize sehr klein im Verhältnisse zu diesem sei. Der Reiz, zu welchem der Zuwuchs erfolgt, heisse β, der kleine Zuwuchs heisse $d\beta$, wo man den Buchstaben d nicht als eine besondere Grösse, sondern blos als Zeichen zu betrachten hat, dass $d\beta$ ein kleiner Zuwuchs zu β sei; schon jetzt kann man an das Differenzialzeichen dabei denken. So ist der relative Reizzuwuchs $\frac{d\beta}{\beta}$. Die Empfindung anderseits, die von dem Reize β abhängt, heisse γ, der kleine Zuwuchs der Empfindung, welcher bei Wachsthum des Reizes um $d\beta$ entsteht, heisse $d\gamma$, wo d wieder nur als Zeichen kleinen Zuwuchses zu verstehen. $d\beta$ und $d\gamma$ sind jede auf eine Einheit ihrer Art, die willkührlich ist, bezogen zu denken.

Nach dem erfahrungsmässigen Weber'schen Gesetze bleibt $d\gamma$ constant, wenn $\frac{d\beta}{\beta}$ constant bleibt, welche absolute Werthe auch $d\beta$ und β annehmen; und nach dem *a priori* gültigen mathematischen Hülfsprincipe bleiben die Aenderungen $d\gamma$ und $d\beta$ einander proportional, so lange sie sehr klein bleiben. Beide Verhältnisse lassen sich im Zusammenhange durch folgende Gleichung ausdrücken

$$d\gamma = \frac{K d\beta}{\beta} \qquad (1)$$

wo K eine (von den für γ und β zu wählenden Einheiten abhängige) Constante ist. In der That, man multiplicire $d\beta$ und β beide mit beliebigen, nur immer beide mit denselben Zahlen, so bleibt das Verhältniss ungeändert, mithin auch der Empfindungsunterschied $d\gamma$ constant. Diess ist das Weber'sche Gesetz. Man verdoppele, verdreifache den Werth der Aenderung $d\beta$ allein, ohne den Ausgangswerth β zu ändern, so nimmt auch die Aenderung $d\gamma$ den doppelten, dreifachen Werth an. Diess ist das mathematische Princip. Die Gleichung $d\gamma = \frac{K d\beta}{\beta}$ genügt also vollständig zugleich jenem Gesetze und diesem Principe; und zwar genügt keine andere Gleichung beiden zusammen. Sie soll die Fundamentalformel heissen, indem die Ableitung aller weiter folgenden Formeln auf ihr beruhen wird.

Die Fundamentalformel setzt noch kein Mass der Empfindung voraus, gewährt aber auch kein solches, sondern drückt blos die gesetzliche Beziehung aus, welche zwischen kleinen relativen Reizzuwüchsen und Empfindungszuwüchsen statt hat. Sie ist mit einem Worte nichts Anderes, als der in Eins gefasste Ausdruck des Weber'schen Gesetzes und des mathematischen Hülfsprincipes durch mathematische Zeichen.

Es hängt aber mit dieser Formel durch infinitesimale Summation eine andere zusammen, welche eine allgemeine Grössenbeziehung zwischen der, aus Reizzuwüchsen summirten, Reizgrösse und der, aus Empfindungszuwüchsen summirten, Empfindungsgrösse aufstellt, in der Art, dass mit der Richtigkeit der ersten Formel unter Mitvoraussetzung der Thatsache der Schwelle solidarisch zugleich die Richtigkeit der letzten gegeben ist.

Vorbehaltlich der späteren genaueren Herleitung suche ich zuvörderst den Zusammenhang beider Formeln wie folgt in allgemeiner Weise verständlich zu machen.

Leicht kann man bemerken, dass die Beziehung zwischen den Zuwüchsen $d\gamma$ und $d\beta$ in der Fundamentalformel der Beziehung zwischen den Zuwüchsen eines Logarithmus und den Zuwüchsen der zugehörigen Zahl entspricht. Denn, wie man sich leicht, sei es aus der Theorie oder aus den Tafeln, überzeugen kann, so wachsen die Logarithmen um gleich viel, nicht, wenn die zugehörigen Zahlen um gleich viel wachsen, sondern wenn dieselben um einen gleichen Verhältnisstheil wachsen; mit anderen Worten, die Zuwüchse der Logarithmen bleiben gleich gross, wenn die relativen Zahlenzuwüchse gleich gross bleiben. So gehören z. B. folgende Zahlen und Logarithmen zusammen:

Zahl.	Logarithmus.
10	1,000000
11	1,0413927
100	2,000000
110	2,0413927
1000	3,000000
1100	3,0413927

wonach die Vermehrung der Zahl 10 um 1 eine ganz eben so grosse Vermehrung des zugehörigen Logarithmus mitführt, als der Zahl 100 um 10 und der Zahl 1000 um 100. Ueberall beträgt der logarithmische Zuwuchs 0,0413927. Ausserdem geben, wie schon früher zur Erläuterung des mathematischen Hülfsprincipes angeführt wurde, die Zuwüchse der Logarithmen den Zuwüchsen der Zahlen proportional, so lange sie sehr klein bleiben. Sonach kann man sagen: es gelten für die Zuwüchse von Logarithmus und Zahl bezüglich zu einander ganz eben so das Weber'sche Gesetz und mathematische Hülfsprincip, als für die Zuwüchse von Empfindung und Reiz.

Nicht minder macht sich in der Beziehung zwischen Logarithmus und Zahl ganz eben so die Thatsache der Schwelle geltend, als in der Beziehung zwischen Empfindung und Reiz. Die Empfindung beginnt mit Werthen, die den Nullwerth übersteigen, nicht bei dem Nullwerthe, sondern bei einem endlichen Werthe des Reizes, dem Schwellenwerthe, und so beginnt ein Logarithmus mit Werthen, die den Nullwerth übersteigen, nicht bei dem Nullwerthe der Zahlen, sondern bei einem endlichen Werthe der Zahlen, dem Werthe 1, sofern der Logarithmus von 1 gleich Null ist.

Stehen nun nach Vorigem die Zuwüchse von Empfindung und Reiz in einem entsprechenden Verhältnisse, als die von Logarithmus und Zahl, steht auch der Punct, von dem an die Empfindung merkliche Werthe anzunehmen beginnt, in einer entsprechenden Beziehung zum Reize, als der Punct, von dem an die Logarithmen positive Werthe erlangen, zur Zahl, so wird man erwarten dürfen, dass auch Empfindung und Reiz selbst in einem entsprechenden Verhältnisse stehen, als Logarithmus und Zahl, welche wie jene als aus successiven Zuwüchsen summirt betrachtet werden können.

Hienach wäre die einfachste Beziehung zwischen beiden, die wir aufstellen können,

$$\gamma = \log \beta.$$

In der That wird sich bald zeigen lassen, dass unter Wahl angemessener Einheiten von Reiz und Empfindung die functionelle Beziehung zwischen beiden auf diese einfachste Form zurückkommt. Inzwischen ist sie nicht die allgemeinste, die sich aufstellen lässt, sondern eben nur unter Voraussetzung bestimmter Einheiten von Empfindung und Reiz, wovon später, gültig, und für die vorige indirecte und nicht strenge Ableitung eine directe und strenge zu verlangen.

Der Sachverständige übersieht sofort, wie diese zu bewirken ist, indem man nämlich die Fundamentalformel als Differenzialformel behandelt und integrirt. Im folgenden Kapitel findet man diess ausgeführt; hier sei es als geschehen vorausgesetzt, und an Denjenigen, welcher einer einfachen infinitesimalen Ableitung nicht zu folgen vermag, der Anspruch gemacht, das Resultat als mathematische Thatsache anzunehmen. Diess Resultat ist folgende Functionsformel zwischen Reiz und Empfindung, welche den Namen Massformel führen und jetzt weiter discutirt werden soll.

$$\gamma = k\,(\log \beta - \log b) \qquad (2).$$

In dieser Formel bedeutet k wiederum eine, von den gewählten Einheiten und zugleich vom logarithmischen Systeme abhängige, Constante, und b eine zweite Constante, welche den Schwellenwerth des Reizes β bezeichnet, bei dem die Empfindung γ beginnt und schwindet.

Nach der im folgenden Kapitel gegebenen Ableitungsweise der Formel fällt die Constante k mit der Constante K der Fundamentalformel zusammen, wenn man sich natürlicher Logarithmen bedient; indess bei Anwendung gewöhnlicher Logarithmen $k = \frac{K}{M}$ und $K = kM$ ist, wo M der Modulus des gemeinen logarithmischen Systemes in der S. 3 angegebenen Bedeutung ist.

Nach dem Satze, dass für den Unterschied der Logarithmen zweier Zahlen der Logarithmus ihres Quotienten substituirbar ist (vgl. S. 5. No. 5), kann man für obige Form der Massformel auch folgende, zumeist für Ableitung von Folgerungen bequemere, substituiren

$$\gamma = k \log \frac{\beta}{b} \qquad (3).$$

Aus dieser Form fliesst, dass die Empfindungsgrösse γ nicht als einfache Function des Reizwerthes β, sondern seines Verhältnisses zum Schwellenwerthe b, wo die Empfindung beginnt und schwindet, anzusehen ist. Dieser verhältnissmässige Reizwerth $\frac{\beta}{b}$ soll künftig der fundamentale Reizwerth oder Fundamentalwerth des Reizes heissen.

In Worte übersetzt, lautet die Massformel:

Die Grösse der Empfindung (γ) steht im Verhältnisse nicht zu der absoluten Grösse des Reizes (β), sondern zu dem Logarithmus der Grösse des Reizes, wenn dieser auf seinen Schwellenwerth (b), d. i. diejenige Grösse als Einheit bezogen wird, bei welcher die Empfindung entsteht und verschwindet, oder kurz, sie ist proportional dem Logarithmus des fundamentalen Reizwerthes.

Beeilen wir uns, bevor wir weiter vorschreiten, zu zeigen, dass die Massformel diejenigen Beziehungen zwischen Reiz und Empfindung, aus denen sie abgeleitet ist, auch richtig als Folgerungen wiedergiebt, und also rückwärts in denselben ihre Bewährung findet, sofern sie sich in der Erfahrung bestätigen. Wir erhalten darin zugleich die einfachsten Beispiele der Anwendung der Massformel.

Die Massformel ist begründet auf das Weber'sche Gesetz und die Thatsache der Reizschwelle; und beides muss also auch wieder aus ihr fliessen.

Was nun das Weber'sche Gesetz anlangt, so lässt es sich unter der Form, dass gleiche Empfindungszuwüchse gleichen relativen Reizzuwüchsen zugehören, durch die Differenzirung der Massformel gewinnen, sofern man dadurch auf die Fundamentalformel zurückkommt, welche den Ausdruck des Gesetzes in dieser Form enthält.

In der anderen Form, dass gleiche Empfindungsunterschiede gleichen Reizverhältnissen zugehören, lässt es sich ganz elementar wie folgt ableiten.

Seien zwei Empfindungen, deren Unterschied es zu betrachten gilt, γ und γ', und die ihnen zugehörigen Reize β und β'. Dann haben wir nach der Massformel

$$\gamma = k\,(\log\beta - \log b)$$
$$\gamma' = k\,(\log\beta' - \log b)$$

und mithin für den Empfindungsunterschied

$$\gamma - \gamma' = k\,(\log\beta - \log\beta')$$

oder, da $\log\beta - \log\beta' = \log\frac{\beta}{\beta'}$,

$$\gamma - \gamma' = k\log\frac{\beta}{\beta'},$$

Aus dieser Formel folgt, dass der Empfindungsunterschied $\gamma - \gamma'$ eine Function des Reizverhältnisses $\frac{\beta}{\beta'}$ ist, und gleich gross bleibt, welche Werthe auch β, β' annehmen mögen, wenn nur ihr Verhältniss ungeändert bleibt, was die Aussage des Weber'schen Gesetzes ist.

In einem späteren Kapitel werden wir auf vorstehende Formel, als eine der einfachsten Folgerungen der Massformel, unter dem Namen der Unterschiedsformel zurückkommen.

Was die Thatsache der Schwelle anlangt, welche darin ruht, dass die Empfindung nicht bei einem Nullwerthe, sondern endlichen Werthe des Reizes ihren Nullwerth hat, von wo an sie mit steigendem Reizwerthe erst merkliche Werthe anzunehmen beginnt, so liegt sie insofern in der Massformel enthalten, als γ den Werth Null nach der Massformel nicht annimmt, wenn $\beta = 0$, sondern wenn β gleich dem endlichen Werthe b ist, wie sich sowohl aus der Form (2) als (3) der Massformel ergiebt, aus (2) unmittelbar, aus (3) mit Rücksicht, dass, wenn β gleich b wird, $\log\frac{\beta}{b} = \log 1$ wird, und $\log 1 = o$ ist.

Natürlich werden nun auch alle Folgerungen des Weber'schen Gesetzes und der Thatsache der Schwelle zugleich Folgerungen unserer Massformel.

Aus ersterem Gesetze fliesst, dass jeder gegebene Zuwachs eines Reizes nach Massgabe weniger Zuwachs der Empfindung giebt, als der Reiz, dem er zuwächst, grösser ist, und bei hohen Reizgraden gar nicht mehr erheblich empfunden wird, indess er bei niederen ausnehmend erheblich erscheinen kann.

In der That führt der Zuwachs einer grossen Zahl β durch eine gegebene Grösse nur einen ohne Vergleich kleineren Zuwachs im zugehörigen Logarithmus γ mit, als die Vermehrung einer kleinen Zahl β um denselben Zuwachs. Wenn die Zahl 10 um 10 wächst, also auf 20 steigt, so wächst der zu 10 gehörige Logarithmus 1 auf 1,3010. Wenn aber die Zahl 1000 um 10 wächst, so wächst der zu 1000 gehörige Logarithmus 3 nur auf 3,0043. Erstenfalls hat sich der Logarithmus um etwa $\frac{1}{3}$, letzterenfalls nur etwa um $\frac{1}{700}$ seiner Grösse vermehrt.

Mit der Thatsache der Schwelle hängt die Folgerung zusammen, dass eine Empfindung um so weiter von der Merklichkeit entfernt bleibt, je mehr der Reiz unter seinen Schwellenwerth sinkt. Diese Entfernung der Empfindung von der Merklichkeit oder diese Tiefe derselben unter der Schwelle wird nach unserer Massformel eben so durch negative Werthe von γ repräsentirt, wie die Erhebung über dieselbe durch positive.

In der That übersieht man aus der Form (2) unmittelbar, dass, wenn β kleiner als b und mithin $\log \beta$ kleiner als $\log b$ wird, die Empfindung γ negative Werthe annimmt; und dasselbe fliesst aus der Form (3) nach der Betrachtung, dass $\frac{\beta}{b}$ zu einem ächten Bruche wird, wenn $\beta < b$; der Logarithmus eines ächten Bruches aber negativ ist.

Insofern wir Empfindungen, welche zwar von einem Reize angeregt sind, aber nicht hinreichend, um das Bewusstsein zu afficiren, kurz unbewusste, diejenigen, welche es afficiren, bewusste nennen, werden also die unbewussten Empfindungen durch negative, die bewussten durch positive Werthe in unserer Formel repräsentirt. Auf diese Repräsentation werden wir wegen ihrer besonderen Wichtigkeit, und vielleicht nicht jedem unmittelbar einleuchtenden Triftigkeit noch in einem besonderen Kapitel (Kap. 18) zurückkommen. Für jetzt will ich mich nicht weiter dabei aufhalten.

Unsere Massformel entspricht nach Vorstehendem der Erfahrung:

1) In den Gleichheitsfällen, wo ein Empfindungsunterschied bei Aenderung der absoluten Stärke der Reize sich gleich bleibt (Weber'sches Gesetz).

2) In den Gränzfällen, wo die Empfindung selbst, und wo ihre Aenderung bemerklich oder erheblich zu sein aufhört, Ersteres, wenn sie auf die Schwelle tritt, Letzteres, wenn sie so hoch gestiegen ist, dass ein gegebener Reizzuwachs nicht mehr erheblich gespürt wird.

3) In den Gegensatzfällen zwischen Empfindungen, welche die Merklichkeit übersteigen und welche die Merklichkeit nicht erreichen, kurz bewussten und unbewussten Empfindungen

Hienach dürfte sie als wohlbegründet anzusehen sein.

Für den ersten Anblick könnte man geneigt sein, zu glauben, nicht blos die Thatsache der Reizschwelle, sondern auch der Unterschiedsschwelle müsse sich aus der Massformel folgern lassen, weil diese darauf gegründet sei. In der That ist das Weber'sche Gesetz und hiemit die Hauptunterlage der Massformel grossentheils nach der Methode der eben merklichen Unterschiede aus Versuchen über das Gleichbleiben eines eben merklichen Empfindungsunterschiedes, welcher mit der Unterschiedsschwelle zusammenhängt und nahe zusammenfällt, gefolgert. Aber, sehen wir näher zu, so ist es nur die gleiche Grösse dieses Unterschiedes bei gleichem relativen Reizunterschiede, nicht, dass die Merklichkeit erst bei einem endlichen Werthe dieses Reizunterschiedes eintritt, was zur Begründung der Fundamentalformel und hiemit Massformel gebraucht wird; daher auch der nur eben merkliche Unterschied bei dieser Begründung eben so gut durch einen durchschnittlich grösseren, als den eben merklichen, wie bei der Methode der richtigen und falschen Fälle, oder einen durchschnittlich kleineren, wie bei der Methode der mittleren Fehler, vertreten werden kann, insofern er eine Beurtheilung der Gleichheit zulässt. Von der anderen Seite tritt aber auch die Thatsache der Unterschiedsschwelle, richtig aufgefasst, nicht in Widerspruch mit der Massformel, sondern führt erforderlich berücksichtigt und in einen mathematischen Ausdruck aufgenommen, zu einer allgemeineren Formel (Unterschiedsmassformel), deren Begründung und Discussion einem späteren Kapitel vorbehalten bleibt, einer Formel, welche für besonders aufgefasste (sog. empfundene) Unterschiede zwischen Empfindungen dasselbe leistet, als die Massformel für absolute Empfindungen und deren Differenzen.

Das Parallelgesetz, nach welchem ein Empfindungsunterschied sich gleich bleibt, wenn sich die Reizbarkeit und hiemit der Schwellenwerth b für die verschiedenen Reize in demselben Verhältnisse ändert, ist eine Folgerung unserer Formel, wenn k dabei constant bleibt, nur dass nach einem

Ueberhaupt aber ist das Verhältniss zweier Empfindungen γ, γ', die den Reizen β, β' zugehören:

$$\frac{\gamma}{\gamma'} = \frac{\log \frac{\beta}{b}}{\log \frac{\beta'}{b}} = \frac{\log \beta - \log b}{\log \beta' - \log b} \qquad (7)$$

also gleich dem Verhältnisse der Logarithmen der fundamentalen Reizwerthe.

In der Massformel und ihren Ableitungen ist sowohl die Grösse des Reizes als der Empfindung jede auf eine Einheit ihrer Art zu beziehen. Denn da Reiz und Empfindung ganz heterogener Natur sind, so können sie auch nur durch Einheiten ihrer Art besonders gemessen, nicht aber ihnen eine gemeinsame Einheit untergelegt werden. In der That erklären wir in unserem Masse der Empfindung diese nicht als ein Wievielmal des Reizes, sondern als ein Wievielmal einer als Einheit untergelegten Empfindungsgrösse derselben Art, und nur die Beziehung der Empfindung zu ihrer Einheit wird nach der Beziehung des Reizes zu seiner Einheit bestimmt, indem beide Beziehungen eine Function von einander sind, welche derartig ist, dass, wenn die eine Beziehung gegeben ist, die andere daraus zu folgern ist. Diese Function ist es, die durch unsere Massformel dargestellt wird.

Bei der an sich willkührlichen Wahl der Einheiten von Reiz und Empfindung können verschiedene Rücksichten bestimmen. Man kann die Einheiten von Reiz und Empfindung zusammentreffen lassen, d. h. die Einheit der Empfindung bei dem Reizwerthe annehmen, den man als Einheit des Reizes annimmt, kann sie aber auch eben so gut auseinanderfallen lassen, d. h. die Einheit der Empfindung bei einem anderen Reizwerthe als der Reizeinheit annehmen, da gar keine Nothwendigkeit vorliegt, beide zusammentreffen zu lassen. Es ändern sich nur mit jeder anderen Wahl der Einheiten die Constanten der Formel und hiemit die absolute Grösse der Zahl, durch welche eine Empfindungsgrösse ausgedrückt wird, ohne dass aber die Grössenverhältnisse der Empfindung, auf die es beim Masse allein ankommt, andere dadurch werden.

Verlangt man die einfachstmögliche Form der Massformel

$$\gamma = \log \beta \qquad (8)$$

in welcher $b = 1$, $k = 1$, so kann man die Einheiten von Reiz und Empfindung nicht auf denselben Punct verlegen. Denn, um $b = 1$

zu setzen, ist man an den Schwellenwerth des Reizes als Einheit gebunden; auf welchen man nicht zugleich die Einheit der Empfindung fallen lassen kann, da die Nullempfindung darauf fällt, welche keine Einheit gewährt. Man erhält aber die einfachste Form, wenn man die Reizeinheit beim Schwellenwerthe nimmt, wodurch alle Reizwerthe zu fundamentalen werden, die Empfindungseinheit aber bei einem fundamentalen Reizwerthe, dessen Logarithmus 1 ist, d. i. der gleich der Grundzahl der angewandten Logarithmen ist, also unter Anwendung gemeiner Logarithmen bei dem 10fachen, unter Anwendung natürlicher bei dem e-fachen (2,718 . . . fachen) des Schwellenwerthes.

Dass $k = 1$ wird, wenn man die Empfindungseinheit bei einem fundamentalen Reizwerthe gleich der Grundzahl der angewandten Logarithmen setzt, findet sich leicht so: Sei allgemein die, in irgend einem Systeme genommene, Grundzahl a, so hat man, indem man die Empfindungseinheit bei $\frac{\beta}{b} = a$ setzt, also hierbei $\gamma = 1$ setzt, nach Substitution dieser Werthe in die Massformel

$$1 = k \log a$$

mithin

$$k = \frac{1}{\log a}.$$

Da nun in jedem Systeme der Logarithmus der Grundzahl also $\log a = 1$ ist, so erhält hiedurch k den Werth 1.

Diese Einheiten von Reiz und Empfindung, welche $b = 1$ und $k = 1$ machen und hiemit auf die einfachstmögliche Form der Massformel $\gamma = \log \beta$ zurückführen, sollen künftig die Fundamentaleinheiten heissen, und zwar gewöhnliche oder natürliche, je nachdem man dabei gewöhnliche oder natürliche Logarithmen voraussetzt. Die Reizeinheit bleibt beidesfalls dieselbe; aber die Empfindungseinheit ändert sich nach dem logarithmischen Systeme im Verhältnisse von 10 : 2,718 . . . .

Unter Voraussetzung der Fundamentaleinheiten kann man einfach sagen, die Stärke der Empfindung sei der Logarithmus der Stärke des Reizes, und man wird zwar je nach dem angewandten logarithmischen Systeme den Zahlausdruck für die Grösse der Empfindung verschieden, die absolute Grösse aber in Rücksicht der dabei unterliegenden verschiedenen Einheit gleich gross finden, wie man ja auch für die Länge 1 die Länge 12 setzen kann und mit der letzteren Zahl keine

saur
BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER, G. T. FN. 01573/026

grössere Länge bezeichnen wird, als mit der ersteren, wenn man unter 12 zwölf Zolle und unter 1 einen Fuss versteht.

Hienach wird z. B. unter Anwendung gewöhnlicher Fundamentaleinheiten eine Verdoppelung der Empfindung 1 stattfinden, wenn der Reiz sich verzehnfacht, da log 10 = 1, log 100 = 2. Aber man würde Unrecht haben, zu sagen, dass überhaupt jede Empfindung sich verdoppelt, wenn sich der Reiz verzehnfacht, sondern eben nur jene Empfindung 1, die dem Werthe $\beta = 10$ zugehört, d. i. einem Reize, der 10mal so gross als sein Schwellenwerth ist. Sollte die Empfindung 2 sich verdoppeln, welche zum Reize 100 gehört, so würde diess bei einem Reize stattfinden, dessen Logarithmus 4 ist, d. i. bei 10000, also hier der Reiz sich nicht verzehnfachen, sondern verhundertfachen müssen, u. s. f.

Auch wird, wenn die Empfindung 1 unter Anwendung gewöhnlicher Fundamentaleinheiten sich bei Verzehnfachung des Reizes verdoppelt, diess nicht mehr stattfinden, wenn man natürliche Fundamentaleinheiten anwendet, weil die Empfindung 1 hier einem niederen Reizgrade, nicht dem 10fachen, sondern 2,718...-fachen des Schwellenwerthes zugehört, und mithin einer geringeren absoluten Grösse der Empfindung entspricht. Diese wird sich verdoppeln, wenn der Reiz auf das 2,718...fache steigt.

Will man die Empfindungseinheit und Reizeinheit in demselben Puncte zusammentreffen lassen, so wird man die der vorigen nächst einfache Form der Massformel erhalten, wenn man die Reizeinheit und die Empfindungseinheit zugleich bei einem fundamentalen Reizwerthe nimmt, welcher gleich der Grundzahl der angewandten Logarithmen ist. Diese Form der Massformel ist

$$\gamma = \log \beta + 1 \qquad (9).$$

In der That, die Bedingung, dass $\gamma = 1$ ist, wenn $\frac{\beta}{b} = a$, giebt durch Substitution dieser Werthe in die Massformel

$$1 = k \log a$$

d. i $k = 1$, weil $\log a = 1$.

Die Bedingung ferner, dass γ und β zugleich 1 sind, giebt durch Substitution von 1 sowohl für γ als β in die Form der Massformel (2) und Setzung von $k = 1$

$$1 = \log 1 - \log b.$$

Da aber $\log 1 = 0$, so erhält man $-\log b = +1$.

Substituirt man endlich diese Werthe $k = 1$ und $-\log b = +1$ in die allgemeine Form der Massformel $\gamma = k(\log \beta - \log b)$, so erhält man die obige Form.

Die einfachste Form der Massformel $\gamma = \log \beta$ kann überall dienen und wird überall die einfachste Ableitung der Resultate gestatten, wo der Schwellenwerth des Reizes constant bleibt, indem man es dann immer in seiner Macht hat, die Fundamentaleinheiten anzuwenden, also die Einheit des Reizes constant bei b, und die der Empfindung bei dem fundamentalen Reizwerthe gleich der Grundzahl der angewandten Logarithmen zu nehmen. Wo jedoch Veränderungen der Reizbarkeit eintreten, oder die Möglichkeit derselben berücksichtigt werden soll, kann b nicht allgemein $= 1$ gesetzt werden; und wir werden uns daher in der Folge zwar häufig, aber nicht immer, der einfachsten Form der Massformel bedienen.

Wie leicht zu erachten, führt die Abhängigkeit der Empfindung vom Reize von selbst die umgekehrte Abhängigkeit des Reizes von der Empfindung mit, nicht insofern der Reiz seinem Dasein nach in Abhängigkeit von der Empfindung stände, aber insofern die Grösse des Reizes, welche nöthig ist, eine gegebene Empfindung zu erwecken, in Abhängigkeit von der Grösse der Empfindung steht. Dieses Abhängigkeitsverhältniss drückt sich mittelst Umkehrung der Massformel aus durch

$$\beta = b a^{\frac{\gamma}{k}} \qquad (10)$$

wo a die Grundzahl der angewandten Logarithmen ist, welche Formel sich unter Anwendung der Fundamentaleinheiten zu folgender vereinfacht:

$$\beta = a^{\gamma} \qquad (11).$$

Die Formel $\gamma = k \log \frac{\beta}{b}$ führt nämlich zuvörderst zu $\log \frac{\beta}{b} = \frac{\gamma}{k}$, diese nach S. 4 zu $\frac{\beta}{b} = a^{\frac{\gamma}{k}}$ und diese zu $\beta = b a^{\frac{\gamma}{k}}$.

In Betreff der Bedeutung und Verwendung der Massformel sind folgende Bemerkungen wichtig.

Sie ist eine Formel, welche nach ihrer Begründungsweise unmittelbar nur als massgebend für die Abhängigkeit der Intensität oder Stärke der Empfindung von der Intensität oder Stärke des Reizes gelten kann, wenn ein Reiz an einem Puncte oder in gleichem Verhältnisse an allen Puncten, wo er besteht, ab- oder zunimmt. Wenn wir von Messung der Empfindung durch den Reiz mittelst der Massformel sprechen, ist daher auch stets die Messung der Intensität der Empfindung nach der Intensität, nicht nach der Quantität des, über eine gegebene zeitliche oder räumliche Ausdehnung sich erstreckenden Reizes damit gemeint.

Soll die Empfindung einfach als Function des Reizes mittelst der Massformel gemessen werden, so muss der Schwellenwerth des Reizes b bekannt und ebenso wie k bei den verschiedenen Reizgraden constant sein. Nun bleibt zwar k durch Reizeinwirkung ungeändert, wie ich unten besonders zeige, nicht aber b, indem sich durch Reizeinwirkung die Reizbarkeit ändert. Je mehr sie sich aber abstumpft, ein um so grösserer Werth des Reizes gehört dazu, die Empfindung auf die Schwelle zu heben, um so mehr steigt also b. Inzwischen hebt dieser Umstand die Anwendbarkeit der Massformel nicht auf, sondern erweitert sie vielmehr. Denn es zeigt sich hiemit, dass sie nicht blos massgebend ist für die Abhängigkeit der Empfindung vom Reize, sondern auch vom Grade der Empfindlichkeit, womit er aufgefasst wird. Eben so, wie wir in die Formel ein variables β einführen und die davon abhängige Aenderung von γ verfolgen können, können wir ein variables b einführen und hienach die Aenderungen von γ verfolgen.

Diess fodert natürlich dazu auf, das Gesetz der Aenderungen von b durch Reizeinwirkung genauer zu studiren, um dann b als Function der Stärke und Dauer des Reizes in die Formel einführen zu können. Zu diesem Studium eines an sich wichtigen Verhältnisses aber bietet die Massformel selbst den geeignetsten Anhalt dar. Wie es scheint, kommt b bei jedem nicht zu heftigen Reize mit verlängerter Dauer desselben zu einem Gränzwerthe, oder, bei rascher periodischer Wiederkehr desselben, zu einem mittleren Werthe, welche mit der Grösse des Reizes und der Dauer der Periode in einer, jedoch noch nicht ermittelten, gesetzlichen Beziehung stehen; und es werden durch Substitution einestheils des Anfangswerthes, anderntheils jenes Gränzwerthes oder mittleren Werthes in die Massformel Hauptfälle ihrer Anwendung gedeckt sein.

Wo der Schwellenwerth b nicht bekannt ist, mithin ein absolutes Mass der Empfindung durch die Massformel nicht stattfinden kann, lässt sich aber doch dieselbe zum Masse von Empfindungsunterschieden benutzen, indem, wenn man dieselbe für zwei verschiedene Empfindungen aufstellt, und den Unterschied der Ausdrücke nimmt, der Schwellenwerth b aus diesem Unterschiede verschwindet, wie man schon S. 14 hat bemerken können, und in einem späteren Kapitel noch weiter wird erörtert werden.

Stellt man in der Massformel die Constante b als Function der anderen Grössen auf, so erhält man aus der Formel 11 die folgende

$$b = \frac{\beta}{a^{\frac{\gamma}{k}}} \qquad (12)$$

wenn a die Grundzahl der angewandten Logarithmen ist, wonach b dem Reize β proportional ist, der eine gegebene Empfindung γ mitführt. Hienach kann der reciproke Werth von b, d. i. $\frac{1}{b}$ geradezu als Massstab der absoluten Empfindlichkeit oder der im Sinne von Th. I. S. 151 verstandenen Reizbarkeit gelten, sofern auch diese nach früherer Begriffsbestimmung dem Reize reciprok ist, der eine gegebene Empfindung auslöst.

Hiebei ist vorausgesetzt, was in folgender Einschaltung bewiesen wird, dass k sich nicht mit b ändert.

Stellt man in der Massformel k als Function der anderen Werthe auf, so erhält man

$$k = \frac{\gamma}{\log. \frac{\beta}{b}} = \frac{\gamma}{\log \beta - \log b} \qquad (13)$$

wonach k der Empfindung γ proportional ist, die durch ein gegebenes fundamentales Reizverhältniss $\frac{\beta}{b}$ hervorgeht. Nun liesse sich allgemein gesprochen als möglich denken, dass, wenn der Schwellenwerth des Reizes b sich vermöge Abänderung der Reizbarkeit ändert, auch das fundamentale Reizverhältniss $\frac{\beta}{b}$ sich ändert, bei welchem eine gegebene Empfindungsgrösse γ entsteht. In diesem Falle würde voriger Formel zufolge der Werth k sich mit dem Werthe b ändern, davon abhängig sein, und man also einen constanten Werth von k in der Massformel nur so lange anwenden durfen, als die absolute Empfindlichkeit oder Reizbarkeit, von welcher b abhängt, dieselbe bleibt. Von der anderen Seite aber ist allgemein gesprochen eben so denkbar, dass, wie auch der Schwellenwerth b sich ändere, doch die Empfindung dieselbe bleibt, wenn nur das fundamentale Reizverhältniss $\frac{\beta}{b}$ dasselbe bleibt. In diesem Falle ist k unabhängig von der Reizbarkeit und kann bei den verschiedensten Werthen von b dasselbe k in der Massformel angewandt werden.

Nur die Erfahrung kann diese wichtige Frage entscheiden, und sie entscheidet für die letzte Annahme. In dem Kapitel über das Parallelgesetz hat sich gezeigt, dass ein Unterschied zwischen zwei Reizen gleich deutlich erscheint, mogen sie mit ermüdeten Organen, wodurch der Schwellenwerth b sich ändert, oder mit nicht ermüdeten aufgefasst werden. Seien nun erstenfalls die zu einander gehörigen Werthe der Constanten b' und k', letztenfalls

b und k, und beidesfalls die Reize, deren Unterschied aufzufassen ist, β und β_1, so ist erstenfalls der Empfindungsunterschied

$$k'\left(\log\frac{\beta}{b'} - \log\frac{\beta_1}{b}\right) = k'\log\frac{\beta}{\beta_1}$$

wovon sich die zweite Form ergiebt, indem wir die Differenz der Logarithmen in den Logarithmus des Quotienten umsetzen. Zweitenfalls ist der Empfindungsunterschied

$$k\left(\log\frac{\beta}{b} - \log\frac{\beta_1}{b}\right) = k\log\frac{\beta}{\beta_1}.$$

Sollen nun beide Unterschiede gleich sein, wie es die Erfahrung zeigt, so muss $k' = k$, d. i. der Werth von k unabhängig vom Werthe b sein*).

Man sieht hienach, dass das Parallelgesetz eine wesentliche Ergänzung des Weber'schen Gesetzes in der Feststellung der Massformel ist.

Hienach lässt sich aus der Massformel folgender beachtenswerthe Satz ableiten:

Wenn der Reizwerth b, bei welchem eine Empfindung auf die Schwelle tritt, sich in gegebenem Verhältnisse vergrössert oder verkleinert, so vergrössert oder verkleinert sich jeder Reizwerth, durch welchen eine Empfindung gegebener Stärke erzeugt werden soll, in demselben Verhältnisse. Wenn also z. B. Jemand, der sich der Taubheit nähert, einen $n$mal so starken Schall braucht, um denselben überhaupt noch zu hören, als ein Anderer mit gesunden Ohren, so wird er auch einen $n$mal so starken Schall brauchen, um ihn gleich stark als dieser zu hören, gleichviel, welche Stärke man hiebei zu Grunde legen mag. Denn wir haben nach der Massformel $\gamma = k\log\frac{\beta}{b}$. Soll nun bei $n$fachem Werthe von b der Werth von γ noch gleich gross ausfallen, als bei einfachem, so muss auch das $n$fache β angewandt werden.

Wir haben kein directes Mittel, die Stärke von Empfindungen bei verschiedenen Individuen zu vergleichen. Aber man sieht nicht ohne Interesse, dass wir durch Bestimmung des Schwellenwerthes b bei verschiedenen Individuen ein indirectes Mittel erhalten, welches für die ganze Skale der Empfindungsstärken auf einmal ausreicht.

Uebrigens zeigt die Form der Massformel, dass es für die Grösse der Empfindung auf dasselbe herauskommt, ob man β in einem gegebenen Verhältnisse verringert oder b in demselben

---

*) Ein später zu machender Unterschied zwischen Empfindungsunterschieden und empfundenen Unterschieden wird in dieser Deduction nichts wesentlich ändern.

Verhältnisse vergrossert denkt. Diess führt zu einer doppelten Repräsentation einer abgeänderten Reizbarkeit, und es kann unter Umständen sachgemässer sein, sich der einen oder anderen zu bedienen. Man kann eine verminderte Reizbarkeit ebensowohl durch eine verminderte Reizeinwirkung β bei gleichem Schwellenwerthe b repräsentiren, als durch einen erhöhten Schwellenwerth b bei gleicher Reizeinwirkung β. Ersteres kann man als Abstumpfung der Reizeinwirkung oder des Reizes, Letzteres als Abstumpfung der Reizbarkeit bezeichnen. Bei Uebersetzung des Reizes in die davon abhängige psychophysische Bewegung, welche aber erst in der inneren Psychophysik Platz zu greifen hat, ist nur die erste Repräsentation anwendbar, sofern eine verminderte Reizbarkeit voraussetzlich nur darin ruht, dass eine verminderte psychophysische Wirkung des Reizes stattfindet, die wir dann durch ein vermindertes β auszudrücken haben werden. Aber in der äusseren Psychophysik, auf deren Boden wir jetzt stehen, haben wir, um ohne Voraussetzung nur die factischen Verhältnisse durch die Formel zu repräsentiren, den Reiz β in seiner wirklichen Grösse in die Formel einzuführen, und die Variabilität seiner Wirkung nach Abänderung der Reizbarkeit durch eine Variation der Constante b darzustellen, wobei wir also auch im Folgenden zunächst stehen bleiben.

Nennen wir B den Werth von β, bei welchem die Einheit der Empfindung γ angenommen wird, so werden wir in den allgemeinen Ausdrücken, welche bisher für b und k gegeben wurden, den Werth von $\gamma = 1$ zu setzen haben, wenn wir zugleich $\beta = B$ setzen. So erhalten wir diese Constanten als Function des erfahrungsmässigen Werthes B, nämlich

$$b = \frac{B}{a^{\frac{1}{k}}} \qquad (14)$$

$$k = \frac{1}{\log.\frac{B}{b}} = \frac{1}{\log B - \log b} \qquad (15)$$

Diese Werthe für b und k lassen sich dann auch beliebig in die Massformel substituiren. Bei Substitution des Werthes von b hat man

$$\gamma = k \log \left(\frac{\beta}{\frac{B}{a^{\frac{1}{k}}}} \right) = k \log \frac{\beta a^{\frac{1}{k}}}{B}$$

$$= k \left(\log.\frac{\beta}{B} + \log a^{\frac{1}{k}} \right)$$

$$= k\left(\log.\frac{\beta}{B} + \frac{1}{k}\right)$$

$$= k\log\frac{\beta}{B} + 1 \qquad (16)$$

Die Substitution von $\frac{1}{k}$ für $\log a^{\frac{1}{k}}$ in dieser Herleitung, welche auf das schon S. 20 gefundene Ergebniss zurückführt, begründet sich dadurch, dass $\log a^{\frac{1}{k}} = \frac{1}{k}\log a$, und dass $\log a = 1$, weil a die Grundzahl.

Bei Substitution des Werthes von k findet man leicht

$$\gamma = \frac{\log.\frac{\beta}{b}}{\log.\frac{B}{b}} = \frac{\log\beta - \log b}{\log B - \log b} \qquad (17)$$

Inzwischen wird man die einfache Anwendung der Buchstaben b und k in der Massformel im Allgemeinen bequemer zur Ableitung von Folgerungen finden.

Zu den bei der Anwendung der Massformel zu berücksichtigenden Umständen gehört wesentlich das Vorhandensein innerer Empfindungsreize. Sofern solche vorhanden sind, ist ihre Grösse der Grösse der äusseren Reize hinzuzufügen, um den Werth von β zu erhalten, welcher in die Formel einzuführen ist. Es kann aber ihr Dasein und ihre Grösse überhaupt nur aus dem Vorhandensein und der Stärke von Empfindungen bei Abwesenheit von äusseren Reizen erschlossen und nach Vergleichung mit deren Wirkung in einem Aequivalente berücksichtigt werden. So haben wir zu jedem äusseren Lichtreize eine kleine Grösse hinzuzufügen und den so vermehrten Reiz in die Formel als β einzuführen, um das Resultat der Lichtempfindung vollständig zu erhalten, sofern sich nach mehrfacher früherer Erörterung schon ohne äusseren Reiz eine schwache Lichtempfindung im Dasein des Augenschwarz geltend macht, welche das Vorhandensein einer inneren Ursache der Lichtempfindung voraussetzt, die wir kurz als inneren Reiz bezeichnen. Lässt sich nun diese Zusatzgrösse zum äusseren Reize nicht genau bestimmen, so muss doch ihr Dasein berücksichtigt werden, da sie bei schwachen äusseren Lichtreizen den wichtigsten Einfluss gewinnt, und müssen verhältnissmässig dagegen starke äussere Lichtreize angewandt werden, wo ihr Einfluss vernachlässigt werden soll.

Von der anderen Seite ist in Rücksicht zu ziehen, dass manche Reize, abgesehen von der Abstumpfung der Reizbarkeit, die sie mitführen, einen ihre Einwirkung beschränkenden Mechanismus auslösen, dessen Wirkung mit der Stärke der Reize wächst. Mindestens gilt diess von dem Lichtreize, sofern sich die Pupille durch den verstärkten Lichtreiz verengert, und es wäre sehr möglich, dass beim Gehöre und vielleicht auch bei anderen Sinnen etwas Entsprechendes stattfände. Natürlich kann der Reiz nur mit Rücksicht auf diese Beschränkung in die Massformel eingeführt werden, welcher man beliebig durch eine demgemässe Reduction von β oder Steigerung von b genügen kann.

Jeder Reiz irradiirt in einem gewissen Umkreise und jeder klingt während einer gewissen Zeit nach, nachdem sein Eindruck einmal geschehen ist. Auch hieraus können zu berücksichtigende Zuwüchse zu dem direct und momentan wirkenden Reize hervorgehen.

Noch in anderer Weise, nach Gesetzen des Contrastes nämlich, wirken vorgängige und mitgehende Reize abändernd auf die Grösse der Empfindung ein, die ein gegebener Reiz hervorruft. Soll mit Rücksicht hierauf die Massformel einfache Anwendung finden, so müssen entweder alle Reize sich in demselben Verhältnisse ändern, oder es müssen alle Reize ausser dem sich ändernden constant gehalten werden; wenigstens ist es wahrscheinlich, dass unter diesen beiden Voraussetzungen die einfache Anwendung der Massformel stattfinden kann. Das Weber'sche Gesetz nämlich bestätigt sich unter der ersten Voraussetzung beim Versuche mit den Wolkennuancen (Th. I. S. 140), unter der zweiten Voraussetzung bei Schätzung der Sterngrössen.

Endlich ist noch als eines, bei den Anwendungen der Massformel zu berücksichtigenden Punctes der Aufmerksamkeit zu gedenken. Vorläufig fodern wir für eine vergleichbare Anwendung der Massformel einen vergleichbaren Zustand der Aufmerksamkeit. Später wird sich zeigen, einmal, dass der verschiedene Grad der Aufmerksamkeit in gewissen Gränzen und in gewissem Sinne bei den Anwendungen der Massformel auf Empfindungen nicht in Betracht kommt, zweitens, dass die Massformel auf das Mass der Aufmerksamkeit selbst Anwendung finden kann. Hiezu jedoch müssen erst manche Erörterungen der inneren Psychophysik vorausgehen.

Man sieht nun wohl aus Vorstehendem, dass, so einfach die Massformel ist, doch ihre Anwendung keine zu einfache Sache ist. Und es bietet sich bei diesen Schwierigkeiten ihrer Anwendung leicht die Frage dar, ob etwas und was überhaupt mit ihr gewonnen sei.

In dieser Hinsicht ist zu bemerken, dass das Hauptinteresse der Massformel nicht sowohl darin liegt, dass sie gestattet, Empfindungen wirklich genau in Zahlwerthen zu vergleichen, wozu nicht leicht ein wissenschaftlicher oder praktischer Anlass sein dürfte, als dass:

1) mit der durch sie begründeten, unter günstigsten Umständen zu verwirklichenden, principiellen Möglichkeit des Masses der Begriff desselben auf ein festes, klares, exactes Fundament gebaut und hiemit der Psychophysik die mathematische Unterlage überhaupt gesichert ist; dass 2) in der functionellen Verknüpfung der Werthe γ, β, b das Verhältniss von Reiz, Empfindung und Empfindlichkeit einen Ausdruck findet, welcher eine zugleich klare und scharfe Auffassung dieses Verhältnisses nach factischer Beziehung begründet, und der Untersuchung darüber klare und sichere Angriffspuncte gewährt; dass 3) nach dieser functionellen Beziehung sich auch ohne specielles Mass doch im Allgemeinen voraussehen lässt, wie sich mit Abänderung dieser und jener Verhältnisse der Gang und Stand der Empfindungsphänomene ändern muss, wie es mit den Gränzfällen und Wendepuncten derselben steht; also auch da, wo kein speciales Mass möglich ist, doch allgemeine Folgerungen möglich werden.

Diese Vortheile bieten sich schon auf dem Gebiete der äusseren Psychophysik dar, und in solchen vielmehr, als in der eben so selten zu brauchenden als zu verwirklichenden Möglichkeit der Ausführung des Masses ist die Wichtigkeit der Massformel auf diesem Gebiete zu suchen.

Jedoch das Hauptinteresse der Massformel ruht meines Erachtens überhaupt nicht in der äusseren, sondern in der inneren Psychophysik, sofern in der durch sie ausgedrückten Massbeziehung zwischen Reiz und Empfindung zwar nicht der Eintritt in die innere Psychophysik, aber so zu sagen der Schlüssel zu ihrer Thür gegeben ist.

In der That, wenn schon die Massformel sehr viel beitragen kann, uns in dem Gebiete der Beziehungen von Reiz und Empfindung zu orientiren, so wird doch nach allem Vorstehenden eine reine und strenge Anwendung derselben hier nie stattfinden können. Nur in gewissen, mehr oder weniger weiten, nie ganz sicher zu bestimmenden, Gränzen, mit mehr oder weniger Approximation, dürfen wir Proportionalität zwischen Reiz und dadurch ausgelöster psychophysischer Thätigkeit erwarten, und wo diese Proportionalität gestört ist oder aufhört, ist die Anwendbarkeit der Massformel gestört oder aufgehoben. Die Hauptleistung der äusseren Psychophysik in Feststellung der Massformel ruht daher meines Erachtens darin, sie trotz aller Störungen so weit auf ihrem Gebiete begründet zu haben, dass die Uebersetzung in eine reine Anwendung auf dem Gebiete der inneren Psychophysik möglich und nothwendig wird.

Inzwischen stehen wir doch für jetzt mit der Massformel erst noch ganz in der äusseren Psychophysik, und haben ihre Leistungen und Beschränkungen zunächst auf diesem Boden in Betracht zu ziehen. Je vollständiger, getreuer, voraussetzungsloser aber diess geschieht, so besser werden wir dem Uebertritte in die innere Psychophysik damit vorarbeiten.

Die Stärke der Reize im Gebiete des Lichtes und Schalles ist direct durch ihre lebendige Kraft repräsentirbar, und von ihnen wie von anderen Reizen anzunehmen, dass sie nur als Reize wirken, sofern ihre lebendige Kraft eine lebendige Kraft psychophysischer Bewegung im Körper auslöst und mithin repräsentirt. Es hat hienach ein Interesse, unsere Formeln als Function der lebendigen Kraft des Reizes oder der dadurch ausgelösten Bewegung aufzustellen. Zunächst zwar erscheint diess nur unter dem Gesichtspuncte einer mathematischen Speculation; auch ist von vorn herein nicht zu entscheiden, ob Formeln, welche nach der Erfahrung zunächst nur für die lebendige Kraft ganzer Schwingungen aufgestellt werden konnten, auch übertragbar sind auf die lebendige Kraft der Einzelmomente von Schwingungen, und ob sich die Leistung einer ganzen Schwingung und sonst anderen Bewegungsformen für die Empfindung durch Summation dessen, was ihre einzelnen Momente nach diesen Formeln beitragen, richtig wiederfinden lässt, wodurch allein die Uebertragung auf Momente gerechtfertigt und von Nutzen erscheinen könnte. Da sich inzwischen eine solche Rechtfertigung durch ein späteres Kapitel zu ergeben scheint, so schicken wir die darauf bezüglichen Elementarformeln voraus.

Denken wir uns ein Theilchen von der Masse m, das sich in einem gegebenen Zeitmomente mit der Geschwindigkeit v bewegt, und mithin die lebendige Kraft mv^2 hat, vermöge deren es, sei es als Reiz auf ein Empfindungsorgan wirkt, oder selbst ein psychophysisch thätiges Element desselben darstellt, und hiemit so oder so einen Beitrag zur Totalempfindung giebt, die durch Summation der elementaren Wirkungen als hervorgehend anzusehen ist, wie diess künftig näher erläutert wird.

Sei b die Geschwindigkeit des Theilchens, bei welcher dessen Beitrag zur Gesammtempfindung erlischt; dann erhalten wir durch Substitution von mv^2 für β und von mb^2 für b in die Massformel

$$\gamma = k \log \frac{mv^2}{mb^2} = k \log \frac{v^2}{b^2} = 2k \log \frac{v}{b}$$

und in die Fundamentalformel

$$d\gamma = \frac{Kd\,.\,mv^2}{mv^2} = \frac{Kd\,.\,v^2}{v^2} = \frac{2Kdv}{v}$$

Die Gleichheit von $\frac{d\,.\,v^2}{v^2}$ mit $\frac{2dv}{v}$ in letzter Formel wird durch die Differenzialrechnung bewiesen, sofern $d\,.\,v^2$ als Differenzial genommen $= 2vdv$. Also haben wir kurz

$$\gamma = 2k \log \frac{v}{b}\,;\ d\gamma = 2K\frac{dv}{v}$$

welche Werthe noch mit dem Zeitelemente dt zu multipliciren sein werden, um einerseits den Beitrag γdt zu erhalten, den ein Reiz, welcher zur Zeit t die Grösse mv^2 hat, zur Empfindung in dem Zeitelemente dt giebt, anderseits den Empfindungszuwachs $d\gamma dt$, den die zur Zeit t stattfindende Empfindung erfährt, wenn der Reiz mv^2 im Zeitelemente dt um $d\,.\,mv^2$ wächst.

Aus vorigen Formeln fliessen folgende beachtenswerthe Folgerungen:

1) Die Masse der Theilchen geht in die Elementarformeln nicht ein.

2) Es ist gleichgültig, ob man die lebendige Kraft oder die einfache Geschwindigkeit in die Formeln einführt, indem sich letztenfalls blos die Constanten k und K verdoppeln.

3) Das Vorzeichen von v und mithin die Richtung der Geschwindigkeit ist einflusslos auf den Werth der Empfindung und des Empfindungsunterschiedes, indem stets gleiches Vorzeichen

im Zähler und Nenner der Ausdrücke auftritt, denn auch *b* werden wir homolog dem v, wozu es gehört, vorauszusetzen haben.

Den ersten Punct anlangend, so ist es unstreitig nicht ohne Interesse, und, wenn man will, dem Charakter eines geistigen Masses angemessen, dass die körperliche Masse aus diesen Formeln ganz verschwindet. Die elementare geistige Intensität hängt danach nur von Bewegung, nicht von Masse ab. Indessen darf man das, was für Elemente gilt, nicht auf Systeme übertragen. Wenden wir die Formeln auf den Gesammtreiz an, so können sich die Impulse, welche verschiedene Theilchen desselben äussern, theils für denselben Punct des empfindenden Organes summiren, wie denn zwei Glocken zusammen stärker als eine tönen, theils auf verschiedene vertheilen, wie denn zwei Sterne zwei Lichtpuncte im Auge erscheinen lassen, und beidesfalls wird die Gesammtgrösse der Empfindung mit der Zahl der reizenden Theilchen, hiemit der Gesammtmasse des Reizes, wachsen müssen. Wenden wir die Formeln auf das psychophysisch erregte Organ selbst an, so wird dasselbe von der Zahl der gereizten Theilchen gelten müssen. Auch wird unstreitig ein Theilchen von doppelter Masse mit gleicher Geschwindigkeit gleich einer Summe zweier Theilchen von einfacher Masse mit dieser Geschwindigkeit gelten müssen.

Die bisherigen Formeln sind nach der einfachsten und nächstliegenden Voraussetzung aufgestellt worden, dass die Abhängigkeit, welche nach der Erfahrung zwischen der Grösse der Empfindung und der lebendigen Kraft einer ganzen Schwingung besteht, übersetzbar sei in eine Abhängigkeit zwischen dem Beitrage, den ein einzelnes Moment einer Schwingung in einem Zeitelemente zur ganzen Empfindung giebt, und der lebendigen Kraft, die in diesem Zeitelemente besteht, wobei sich gezeigt hat, dass es wesentlich auf dasselbe herauskommt, ob wir das Quadrat der Geschwindigkeit oder die einfache Geschwindigkeit für β in die Formeln einführen. Man kann nun aber bemerken, dass bei Licht und Schall, auf deren Verhältnissen wir hiebei allein fussen konnten, genau proportional mit der Geschwindigkeit der oscillirenden Theilchen die Aenderungen der Geschwindigkeit wachsen, die im Laufe jeder Schwingung stattfinden; verdoppelt sich die Amplitude, so verdoppelt sich die Geschwindigkeit und verdoppelt sich die Aenderung der Geschwindigkeit in jedem Momente zugleich.

Und es ist hienach eben so viel Grund, daran zu denken, dass für den Reiz β die Aenderung der Geschwindigkeit als die Geschwindigkeit selbst in die Elementarformeln zu substituiren sei. Hiezwischen kann die Entscheidung nur danach kommen, welche von beiden Voraussetzungen der Aufgabe besser genügt, die erfahrungsmässige Abhängigkeit der ganzen Empfindung von der ganzen Bewegung durch Summation elementarer Beiträge herzustellen; und es giebt einen verhältnissmässig einfachen Fall, der sich zur Untersuchung dieser Frage wohl eignet, auf den ich aber erst künftig eingehe.

Sollte nun nach solcher Untersuchung die Annahme wirklich vorzuziehen scheinen — und in der That wird es der Fall sein — dass in die Fundamentalformel und Massformel für β statt der einfachen Geschwindigkeit die Aenderung der Geschwindigkeit, oder was wir künftig kurz Geschwindigkeit zweiter Ordnung nennen werden, zu substituiren sei, um sie zur Construction zusammengesetzter Empfindungsleistungen jeder Art tauglich zu machen, so würde diess übrigens in der Form der obigen Formeln nichts ändern, indem wir nur eben unter v statt einer Geschwindigkeit erster Ordnung eine solche zweiter Ordnung oder eine Geschwindigkeitsänderung zu verstehen haben würden, und die obigen drei Puncte würden eben so noch ihre Geltung behalten:

1) dass die Masse aus den Elementarformeln verschwindet;

2) dass es, abgesehen vom Werthe der Constanten k, K gleichgültig ist, ob man die Geschwindigkeiten zweiter Ordnung einfach oder im Quadrate verwendet;

3) dass der positive oder negative Werth derselben, d. h. ob sie als Beschleunigung oder Verzögerung wirken, keinen Einfluss auf das Empfindungsresultat hat.

Die genauere Untersuchung über die Frage selbst ist aber in der That erst später am Platze, da sich bis jetzt weder ein besonderes Bedürfniss noch auch ein Anhalt dargeboten hat, sie zu entscheiden.

Ich habe im Vorstehenden die Fundamentalformel und Massformel nach den Hauptpuncten, die dabei in Betracht kommen, nur in so weit discutirt, dass das Allgemeinste und der allgemeine

Zusammenhang dieser Puncte ins Licht tritt; doch wird auf die einzelnen derselben in den folgenden Kapiteln noch mit specielleren Erörterungen zurückzukommen, so wie die Anwendungen der Formeln zu verfolgen sein. Weiterhin komme ich auf eine Verallgemeinerung der Massformel und des ganzen Massprincipes, die ich hier vorweg kurz anzeige.

Die Massformel giebt die Abhängigkeit der Empfindung vom Reize. Als das Allgemeinere derselben kann eine Formel, welche ich die Unterschiedsformel nenne, gelten, wodurch die Abhängigkeit eines Empfindungsunterschiedes vom Reizverhältnisse gegeben wird, indem die Massformel als der besondere Fall der Unterschiedsformel angesehen werden kann, wo die eine beider Empfindungen, wozwischen der Unterschied besteht, Null wird. Die Formeln für Empfindungsunterschiede lassen sich weiter zu solchen für Unterschiede zwischen Empfindungsunterschieden oder Unterschieden höherer Ordnung verallgemeinern. Zwischen Empfindungsunterschieden ist selbst ein später durch Thatsachen zu erläuternder Unterschied zu machen, je nachdem sie in der Empfindung aufgehen oder besonders aufgefasst werden sollen, und für letztere die Einführung der Verhältnissschwelle in die Unterschiedsformel nöthig, wodurch die Unterschiedsmassformel entsteht. Endlich lässt sich das ganze Massprincip vom Weber'schen Gesetze unabhängig darstellen.

XVII. Mathematische Ableitung der Massformel.

Die im Eingange des vorigen Kapitels entwickelte Fundamentalformel

$$d\gamma = \frac{K d\beta}{\beta}$$

stützt sich auf Versuche über Unterschiede, welche an der Gränze des Merklichen stehen. Hienach können $d\gamma$ und $d\beta$ in ihr als Differenziale betrachtet und behandelt werden. Durch Integration derselben findet man dann zunächst unter Voraussetzung natürlicher Logarithmen

$$\gamma = K \log \beta + C,$$

wo C die Integrationsconstante ist. Bestimmt man sie durch die Bedingung, dass die Empfindung γ bei dem Schwellenwerthe des Reizes $\beta = b$ verschwindet, so hat man

$$o = K \log b + C,$$

mithin $$C = -K \log b$$

und $$\gamma = K (\log \beta - \log b).$$

Da ein gewöhnlicher Logarithmus gleich dem, mit dem Modulus $M = 0{,}4342945$ multiplicirten natürlichen Logarithmus ist, so geht, unter Anwendung gewöhnlicher Logarithmen und Setzung von $\frac{K}{M} = k$, die vorige Formel über in

$$\gamma = k (\log \beta - \log b) = k \log \frac{\beta}{b}.$$

Diese Herleitung würde illusorisch werden, wenn die Thatsache der Schwelle nicht bestände, welche daher mit dem Weber'schen Gesetze zusammen erst die zulängliche Unterlage der Massformel und hiemit des absoluten Empfindungsmasses bildet. In der That, sollte die Empfindung statt bei einem endlichen Werthe vielmehr bei einem Nullwerthe des Reizes erlöschen, so würden wir für die Constante C einen negativ unendlichen Werth erhalten, und es wäre kein endlicher Ausdruck für einen absoluten Empfindungswerth zu finden; doch würde nichts hindern, Empfindungsunterschiede noch zu messen, in deren Ausdruck C verschwindet. Euler's Formel für Tonhöhen, und Steinheil's Formel für Sterngrössen, als auf der Thatsache der Schwelle nicht mit fussend, beziehen sich daher auch nur auf Empfindungsunterschiede.

Auch ohne Infinitesimalrechnung kann man die Massformel aus dem Weber'schen Gesetze unter Zuziehung der Thatsache der Schwelle ableiten, wenn man das Weber'sche Gesetz so ausdrückt, dass der Empfindungsunterschied derselbe bleibt, wenn das Reizverhältniss dasselbe bleibt. Und es verdient diese Ableitung namentlich insofern Beachtung, als sie in den Stand setzt, den bisherigen Gang umzukehren, d. h. statt von den Erfahrungsdatis aus erst zur Fundamentalformel zu gelangen, um daraus in vorhin angegebener Weise die Massformel durch Integration abzuleiten, vielmehr erst zur Massformel zu gelangen, um daraus die Fundamentalformel durch Differenzirung abzuleiten.

In der That, seien γ und γ' zwei Empfindungen, welche respectiv den Reizen β und β' zugehören, so sagt das Weber'sche Gesetz in der letztbemerkten Form, dass $\gamma - \gamma'$ constant bleibt, so lange $\frac{\beta}{\beta'}$ constant bleibt, oder dass

$$\gamma - \gamma' = f\left(\frac{\beta}{\beta'}\right)$$

wenn f das allgemeine Functionszeichen ist.

Ohne Zuziehung der Thatsache der Schwelle könnte nun die Function f beliebig genommen werden, die Bedingung des Weber'schen Gesetzes würde immer erfüllt sein. In der That würden folgende Formeln

$$\begin{aligned}\gamma - \gamma' &= k\,\frac{\beta}{\beta'}\\ &= k\left(\frac{\beta}{\beta'}\right)^2\\ &= k\sin\left(\pi\,\frac{\beta}{\beta'}\right)\text{ etc.}\end{aligned}$$

gleich gut die Bedingung erfüllen, dass $\gamma - \gamma'$ constant bleibt, so lange $\frac{\beta}{\beta'}$ constant bleibt, als die Formel

$$\gamma - \gamma' = k\log\frac{\beta}{\beta'}.$$

Nehmen wir aber die Bedingung hinzu, dass die Empfindung bei einem endlichen Werthe b des Reizes verschwindet, so ist nur die letztere Form möglich.

In der That, setzen wir in der Gleichung

$$\gamma - \gamma' = f\left(\frac{\beta}{\beta'}\right)$$

die Empfindung $\gamma' = 0$ und den zugehörigen Reiz $\beta' = b$, so geht sie über in

$$\gamma = f\left(\frac{\beta}{b}\right)$$

Entsprechend erhalten wir aus der Gleichung

$$\gamma' - \gamma = f\left(\frac{\beta'}{\beta}\right)$$

dadurch, dass wir $\gamma = 0$ bei dem Werthe $\beta = b$ setzen,

$$\gamma' = f\left(\frac{\beta'}{b}\right)$$

Diess giebt den Unterschied

$$\gamma - \gamma' = f\left(\frac{\beta}{b}\right) - f\left(\frac{\beta'}{b}\right)$$

welcher Unterschied dem anfänglich gefundenen

$$\gamma - \gamma' = f\left(\frac{\beta}{\beta'}\right)$$

gleich sein muss. D. h. man muss haben

$$f\left(\frac{\beta}{\beta'}\right) = f\left(\frac{\beta}{b}\right) - f\left(\frac{\beta'}{b}\right)$$

oder

$$f\left(\frac{\beta}{b}\right)=f\left(\frac{\beta}{\beta'}\right)+f\left(\frac{\beta'}{b}\right)$$

Nun kann nach einem Beweise, den man in Cauchy's *Cours d'Analyse algébr. p. 109 suiv.*, in Schlömilch's Handb. d. algebr. Analysis S. 86 und anderwärts findet, der Gleichung

$$f(xy)=f(x)+f(y)$$

nicht anders allgemein genügt werden, als dass man setzt

$$f(x)=k\log x$$
$$f(y)=k\log y$$
$$f(xy)=k\log xy$$

wo k eine Constante.

Substituirt man in vorigen Gleichungen $\frac{\beta}{\beta'}$ für x, $\frac{\beta'}{b}$ für y, mithin das Product beider $\frac{\beta}{b}$ für xy, so wird sie mit der obigen identisch, und es folgt daraus, dass man zu setzen hat

$$\gamma=f\left(\frac{\beta}{b}\right)=k\log\frac{\beta}{b}\,;\quad \gamma'=f\left(\frac{\beta'}{b}\right)=k\log\frac{\beta'}{b}$$

Sollten jedoch β, β' mit γ, γ' zugleich Null werden, also $b=0$ sein, so würde diese Ableitung wegen der unendlichen Werthe, welche $\log\frac{\beta}{b}$, $\log\frac{\beta'}{b}$ annehmen, nicht stattfinden und die Function f würde beliebig genommen werden können.

Die logarithmische Function des Reizverhältnisses, auf die wir uns so mit Nothwendigkeit gewiesen finden, zeichnet sich ausserdem vor allen anderen Functionen des Reizverhältnisses, die man etwa versuchen könnte, derselben zu substituiren, durch eine Eigenschaft aus, die, insoweit sie sich durch Erfahrung constatiren lässt, nicht minder als die Bedingung der Schwelle dienen kann, durch Zutritt zu dem Weber'schen Gesetze die logarithmische Function sicher zu begründen; und ohne welche ebensowenig eine Rechnung mit Empfindungsgrössen auf Grund des Weber'schen Gesetzes stattfinden könnte, als ohne die vorige; indem das mathematische Axiom, dass man durch Summirung zweier Unterschiede etwas dem Totalunterschiede Gleiches erhält, nur eben mittelst der logarithmischen Function des Reizverhältnisses für Empfindungsunterschiede bestehen kann, sofern sie überhaupt Functionen des Reizverhältnisses sind.

Seien z. B. drei Reize in absteigender Ordnung der Grössen β, β', β'' mit den zugehörigen Empfindungen γ, γ', γ'' gegeben, so würde nach keiner, als unserer logarithmischen Function des Reizverhältnisses der Unterschied, den wir zwischen den extremen Empfindungen γ und γ'' finden, gleich der Summe der Unterschiede ausfallen, die wir zwischen γ und γ', γ' und γ'' finden.

Erläutern wir es an Sterngrössen. Die drei Reize β, β', β'' sollen durch drei Sterngrössen 1., 2., 3. Klasse repräsentirt werden. Ist der Empfindungsunterschied irgend eine andere Function des Reizverhältnisses, als unsere logarithmische, so muss der Unterschied der Helligkeit, den man findet, wenn man mit dem Auge von der 1. zur 3. Grösse direct übergeht, grösser oder kleiner erscheinen, als der Unterschied der Helligkeit, den man findet, wenn man von der 1. zur 2. übergeht, plus dem Unterschiede, den man findet, wenn man von der 2. zur 3. übergeht, und es lassen sich zwischen die ganzen Grössen keine Bruchgrössen einschieben, deren Differenzen von den ganzen Nachbargrössen die Totaldifferenz derselben wiedergäben. Da aber die Astronomen wirklich Bruchgrössen nach diesem Principe auf das Urtheil des Auges hin einschieben, so muss das betreffende Axiom hier seine Gültigkeit haben. Dessgleichen könnte uns das Intervall der Octave nicht eben so gross als die Summe von Quinte und Quarte erscheinen, was aber eine Erfahrungsthatsache ist. Und wenn man sich vielleicht auch nicht getraut, diese Gleichheit des Totalunterschiedes der Empfindung mit der Summe der partiellen Empfindungen im Gebiete anderer Empfindungen eben so entschieden als Resultat der Erfahrung auszusprechen, als im Gebiete der Tonhöhen, so wird man immerhin zugestehen, dass noch weniger ein Grund in der Erfahrung für das Gegentheil vorliegt, ja es möchten ohnedem Widersprüche und Incongruenzen im Empfindungsgebiete eintreten, wovon sich nichts zeigt.

Man kann sich nun zuvörderst erst empirisch überzeugen, dass, wenn γ, γ', γ'' die drei Empfindungen sind, welche den drei Reizen β, β', β'' zugehören, nach keiner der oben S. 35 aufgestellten Functionen als der logarithmischen $\gamma - \gamma''$ gleich $(\gamma - \gamma')$ + $(\gamma' - \gamma'')$ erhalten wird. Gesetzt, es gälte die erste Form, so würde man haben

$$\gamma - \gamma' = k \frac{\beta}{\beta'}$$

$$\gamma' - \gamma'' = k \frac{\beta'}{\beta''}.$$

Sollte nun $\gamma - \gamma'' = (\gamma - \gamma') + (\gamma' - \gamma'')$ sein, so müsste

$$k\frac{\beta}{\beta''} = k\frac{\beta}{\beta'} + k\frac{\beta'}{\beta''}$$

sein, also

$$\frac{\beta}{\beta''} = \frac{\beta}{\beta'} + \frac{\beta'}{\beta''} \text{ oder } = \frac{\beta\beta'' + \beta'^2}{\beta'}$$

welches nicht allgemein, sondern nur unter der ganz particulären Voraussetzung, dass $\beta = \frac{\beta'^2}{(\beta' - \beta'')}$ der Fall sein könnte. Nicht minder würde man Ungleichungen für alle anderen Functionen finden, mit Ausnahme der logarithmischen. In der That, nach dieser hat man

$$\gamma - \gamma'' = k \log \frac{\beta}{\beta''}$$

$$(\gamma - \gamma') + (\gamma' - \gamma'') = k\left(\log\frac{\beta}{\beta'} + \log\frac{\beta'}{\beta''}\right) = k \log\frac{\beta}{\beta''}$$

Also Gleichwerthigkeit zwischen

$$\gamma - \gamma'' \text{ und } (\gamma - \gamma') + (\gamma' - \gamma'').$$

Allgemein, wenn

$$\gamma - \gamma' = f\left(\frac{\beta}{\beta'}\right);\ \gamma' - \gamma'' = f\left(\frac{\beta'}{\beta''}\right);\ \gamma - \gamma'' = f\left(\frac{\beta}{\beta''}\right)$$

wie diess nach dem Weber'schen Gesetze der Fall ist, und wenn dazu gefodert wird, dass $(\gamma - \gamma') + (\gamma' - \gamma'') = \gamma - \gamma''$, so muss

$$f\left(\frac{\beta}{\beta'}\right) + f\left(\frac{\beta'}{\beta''}\right) = f\left(\frac{\beta}{\beta''}\right)$$

sein, welcher Gleichung mit Rücksicht darauf, dass $\frac{\beta}{\beta''} = \frac{\beta}{\beta'} \cdot \frac{\beta'}{\beta''}$ ist, nach dem, was S. 36 bemerkt ist, nicht anders entsprochen werden kann, als wenn man setzt

$$f\left(\frac{\beta}{\beta'}\right) = k \log \frac{\beta}{\beta'}.$$

Eben so, wie es Bedingungen giebt, welche entschieden nöthigen, bei der logarithmischen Function stehen zu bleiben, so giebt es solche, durch welche diese oder jene der Functionen, welche oben S. 35 angeführt sind, entschieden ausgeschlossen wird. Sollte die Function diese Form haben

$$\gamma - \gamma' = k\frac{\beta}{\beta'}$$

so müsste ein Empfindungsunterschied nicht nur immer gleich gross sein, wenn das Reizverhältniss gleich gross ist, sondern auch in demselben Verhältnisse wachsen, als das Reizverhältniss wächst, unabhängig von der Grösse der Reize. Dem aber widerspricht die Erfahrung. Denn z. B. bei den Sterngrössen entspricht die Verdoppelung des Unterschiedes zweier aufeinander folgender Sterngrössen, oder der Unterschied einer Sterngrösse von der je dritten keineswegs einer Verdoppelung des Verhältnisses der Lichtintensitäten, welche den aufeinander folgenden Sterngrössen zugehören.

Sollte anderseits die Form diese sein

$$\gamma - \gamma' = k \sin\left(\pi \frac{\beta}{\beta'}\right),$$

so müsste der Empfindungsunterschied mit steigender Intensität des einen Reizes, während der andere unverändert bleibt, periodisch zu- und abnehmen, was ebenfalls nicht der Fall.

XVIII. Die negativen Empfindungswerthe insbesondere. Repräsentation des Gegensatzes von Wärme- und Kälteempfindung.

Die Gesammtheit der Fälle, die unter der Massformel begriffen sind, lässt sich nach den Erörterungen des 16. Kapitels unter zwei Hauptfälle bringen, welche kurz dadurch zu bezeichnen sind, dass man sagt:

Einesfalls sei der fundamentale Reizwerth gleich 1, zweitenfalls grösser als 1, drittenfalls kleiner als 1.

Der erste Fall ist der, wo die Empfindung auf die Schwelle tritt, der zweite der, wo sie die Schwelle übersteigt, d. i. bewusste Werthe annimmt; der dritte der, wo sie unter der Schwelle und hiemit unbewusst bleibt, wobei die Grösse der negativen Werthe ebenso die Entfernung der Empfindung von dem Puncte, wo sie merklich wird, oder die Tiefe des Unbewusstseins misst, als die Grösse der positiven Werthe die Erhebung über diesen Punct oder die Stärke, mit der sie ins Bewusstsein tritt. So giebt unsere Massformel in einem Zusammenhange das Mass sowohl für den Bewusstseins- als Unbewusstseinsgrad einer Empfindung.

Die Repräsentation unbewusster psychischer Werthe durch negative Grössen ist ein fundamentaler Punct für die Psychophysik, dessen Triftigkeit man aber versucht sein könnte, in Frage zu stellen; indem sich eine andere Auffassung derselben entgegenstellen lässt, der ich um so nöthiger halte, etwas eingehend zu begegnen, als sie mir früherhin von einer achtbaren Autorität wirklich als die sachgemässere entgegengestellt worden ist: die Auffassung nämlich, dass durch einen negativen Empfindungswerth vielmehr der Werth einer Empfindung von negativem Charakter, wie ihn Kälte-Empfindung, Unlust-Empfindung der

Wärme-, der Lust-Empfindung gegenüber darbieten, auszudrücken, die Grösse aller unbewussten Empfindungen aber einfach mit Null zu bezeichnen sei.

Der durchschlagende Grund, die Sache nicht in solcher Weise zu fassen, ist der, dass der Zusammenhang der Thatsachen mathematisch so nicht repräsentirbar ist. Unsere Massformel repräsentirt eben so triftig den Gang der Empfindungen als Function des Reizes oberhalb der Schwelle, wie die Thatsache der Schwelle selbst. Soll die mathematische Repräsentation der Thatsachen auch für geringere Reizwerthe fortbestehen, so muss man die zugehörigen negativen Empfindungswerthe selbstverständlich auf das beziehen, was denselben in der Erfahrung entspricht, das sind aber nicht entgegengesetzte Empfindungen, sondern fehlende Empfindungen, in solcher Weise, dass grösseren negativen Werthen eine wachsende Entfernung von der Spürbarkeit oder Wirklichkeit der Empfindung entspricht.

Auch widerspricht es dem Geiste der Mathematik nicht, diess so zu fassen. Denn mathematisch kann der Gegensatz der Vorzeichen ganz eben so gut auf den Gegensatz der Wirklichkeit und Nichtwirklichkeit als der Zunahme und Abnahme oder der Richtungen bezogen werden. Es kommt überall auf die Natur dessen an, was es zu bezeichnen gilt. So bedeutet er im Systeme rechtwinkliger Coordinaten einen Gegensatz der Richtungen auf Linien, im Systeme der Polcoordinaten den Gegensatz der Wirklichkeit und Nichtwirklichkeit einer Linie, so aber, dass grössere negative Werthe eine grössere Entfernung von der Wirklichkeit bedeuten, als kleinere. Es kann nicht das geringste Hinderniss sein, das, was für den Radius vector als Function eines Winkels gültig ist, auf die Empfindung als Function eines Reizes zu übertragen.

So wie wir nun in der reinen Mathematik das Reale und Imaginäre im Zusammenhange zu fassen und zu behandeln haben, um den Zusammenhang und die Verhältnisse des Realen selbst triftig darzustellen, und Schlüsse aus dem Imaginären auf das Reale nicht minder streng zutreffen, als solche, welche sich blos im Realen bewegen, ist es auch in der psychophysischen Verwendung der Mathematik der Fall. Um die Verhältnisse des Bewussten triftig unter sich zu fassen, muss sie die des Unbewussten im Zusammenhange damit fassen.

Auch durch folgende Beziehung auf ein analoges Beispiel wird sich die Triftigkeit der vorigen Auffassung erläutern lassen.

Es kann jemand Vermögen oder Schulden haben, die zwar nicht in Geld und Gütern an sich, aber im positiven oder negativen Besitze derselben bestehen. Nun bezeichnet man triftig den Vermögensstand, wo weder positives noch negatives Vermögen da ist, ein Mensch nichts hat, aber auch keine Schulden hat, mit einem Nullwerthe; wogegen es ganz untriftig sein würde, auch grössere und kleinere Schulden mit dem Nullwerthe zu bezeichnen, ungeachtet der Mensch hiebei auch nichts hat, da sie vielmehr mit grösseren und kleineren negativen Werthen zu bezeichnen sind, welche ausdrücken, dass mehr oder weniger Geld, Güter zum Besitzstande erst zugefügt werden müssen, um den Nullzustand nur erst herbeizuführen.

In ganz analogem Falle aber finden wir uns mit dem Unbewusstsein. Wie im Falle der Schulden ein grösserer oder geringerer Zuwachs von Geld und Gütern erfoderlich ist, den Nullzustand des Vermögens herbeizuführen, über welchen hinaus erst das positive Vermögen beginnt, so im Falle des Unbewusstseins ein grösserer oder geringerer Zuwachs des Reizes, respectiv der dadurch auszulösenden psychophysischen Bewegung, um den Nullzustand der Empfindung herbeizuführen, von wo an sie erst positive Bewusstseinswerthe gewinnt. Und man kann ganz in demselben Sinne sagen: man empfindet im unbewussten Zustande weniger als nichts, als man im Falle von Schulden sagen kann: man hat weniger als nichts; insofern man nämlich überhaupt Ausdrücke der Art für triftig ansehen will. Sie werden eben triftig, indem man ihnen das triftige factische Verhältniss unterlegt.

Nachdem wir durch den Zusammenhang genöthigt sind, den Gegensatz der Vorzeichen vor der Empfindung γ zur Bezeichnung eines, die Quantität desselben angehenden, Verhältnisses zu gebrauchen, können wir ihn natürlich nicht auch zur Bezeichnung einer entgegengesetzten Qualität der Empfindung brauchen. Kälte, Unlust können eben so stark empfunden werden, als Wärme, Lust, sind eben so mächtiger Wirkungen in der Seele fähig, als Wärme, Lust; also kommt ihnen auch nach dem Geiste und dem Zusammenhange der bisherigen mathematischen Betrachtungen eben so gut das positive Vorzeichen zu, so lange sie über der Schwelle sind, d. h. wirklich empfunden werden.

Nicht die Empfindungen der Wärme, Lust, Kälte, Unlust an sich selbst, sondern nur ihre Ursachen, Folgen und associirten Umstände sind in der Art entgegengesetzt, dass der mathematische Gegensatz der Vorzeichen darauf Anwendung findet, worauf schon Th. I. S. 17 kurz hingewiesen worden. Kälteempfindung entsteht durch Erniedrigung der Hauttemperatur unter einen gewissen Grad, Wärmeempfindung durch Erhöhung darüber; bei jener zieht sich die Haut zusammen und geht das Blut nach innen, bei dieser schwillt die Haut an und das Blut geht nach aussen; Lust associirt sich im Allgemeinen mit einer Hinwendung zu dem sie erweckenden Gegenstande, Unlust mit einer Abwendung davon; und vielleicht ist auch das, was der Lust und Unlust körperlicherseits unterliegt, in gewisser Weise so entgegengesetzt, wie Positives und Negatives, obwohl wir hierüber nichts Genaues wissen. Also wird man allerdings den Gegensatz der Vorzeichen bei der Repräsentation jener Empfindungen als Function körperlicher Verhältnisse, so wie der umgekehrten Repräsentation des Körperlichen in seiner Abhängigkeit vom Geistigen anzuwenden haben; aber nicht auf die Empfindungen selbst, sondern auf die Reize, oder Bewegungen, mit welchen sie in Functionsbeziehung stehen. Sehr leicht aber verwechselt man den Gegensatz des an die Empfindung wesentlich Associirten oder in Causalbeziehung dazu Stehenden mit einem Gegensatze der Empfindungen selbst.

Die folgende psychophysische Repräsentation der Wärme- und Kälte-Empfindung hat wesentlich nur eine theoretische Bedeutung, sofern sie bestimmt ist, zu zeigen, nach welchem Principe die mathematische Repräsentation sogenannter gegensätzlicher Empfindungen und die Verwendung des Vorzeichengegensatzes dabei stattfinden möchte. Wiefern diese Repräsentation die wirklichen Verhältnisse wiedergiebt, hängt von der noch nicht hinreichend entschiedenen Frage ab, wiefern das bei dieser Repräsentation zu Grunde gelegte Weber'sche Gesetz wirklich bei Temperatur-Empfindungen anwendbar ist. Dass es jedesfalls nicht in zu weiten Gränzen für den Versuch anwendbar ist, ist schon früher zugestanden, was indess nicht ausschliesst, dass es bei der Uebertragung von Reiz auf die psychophysische Bewegung weiter gültig sein könnte, als der Versuch ergiebt. Indessen ist diese

Frage überhaupt hier nicht so wichtig; da die Annahme des Weber'schen Gesetzes hier nur als Anhalt dient, die Behandlung gegensätzlicher Empfindungen daran zu erläutern, ohne dass diese auf die Voraussetzung des Weber'schen Gesetzes beschränkt ist.

Als Mass des Wärmereizes β ist nicht die absolute Temperaturhöhe, sondern die Differenz von derjenigen Temperatur, wo wir weder Kälte noch Wärme empfinden, anzusehen oder irgend eine Function dieser Differenz, da die Temperaturempfindung nach Massgabe der Entfernung von jener Mitteltemperatur zunimmt. Setzen wir nach einfachster Voraussetzung $\beta = t - T$, wo T die Temperatur bedeutet, bei der weder Wärme noch Kälte empfunden wird, t die eben vorhandene Temperatur, so wird unter Anwendung des Weber'schen Gesetzes die Fundamentalformel diese

$$d\gamma = \frac{Kdt}{t-T}$$

Nun ist zu bemerken, dass das zweite Glied dieser Gleichung für den Mittelfall beider Empfindungen, wo $t = T$ ist, unendlich, also nach mathematischem Ausdrucke discontinuirlich wird. Die beiden, durch diesen Mittelfall getrennten, allgemeinen Fälle, wo t kleiner, und wo t grösser als die Mitteltemperatur T ist, lassen sich also nicht unter dasselbe Integral vereinigen, und erfodern jeder eine selbständige Bestimmung der Integrationsconstante.

Setzen wir nun anfangs voraus, dass sowohl die Wärme- als Kälteempfindung eine Schwelle hat, d. h. dass beide nicht allein bei der Mitteltemperatur T, sondern schon in einem gewissen Abstande jenseits und diesseits der Mitteltemperatur T merklich zu sein aufhören, und im Intervalle zwischen beiden Temperaturen weder Wärme noch Kälte empfunden wird, eine Annahme, welche als die allgemeinere gegen die nachher in Betracht zu nehmende anzusehen, dass die Schwelle Null wäre, so werden wir, wenn wir die Schwellentemperatur der Wärme c, die der Kälte c' nennen, für Wärme und Kälte durch Integration folgende zwei Formeln erhalten, worin k das S. 13 angegebene Verhältniss zu K hat:

$$\gamma = k \log \frac{t-T}{c-T}$$

$$\gamma' = k \log \frac{t-T}{c'-T}$$

Da die Constante $c' - T$ negativ ist, während $c - T$ positiv ist, so unterscheiden sich die Ausdrücke für Wärme und Kälte durch einen Vorzeichengegensatz hinter dem Logarithmuszeichen, und werden übrigens gleich, wenn man c' eben so weit unterhalb T als c oberhalb T annehmen will, was aber für die folgenden allgemeinen Folgerungen nicht nöthig.

Die erste dieser Formeln lässt richtig γ gleich Null finden, wenn $c = T$, die zweite lässt $\gamma' = o$ finden, wenn $T = c'$. Die Formeln geben richtig reale Werthe für die Wärme γ und imaginäre für die Kälte γ', wenn $t > T$; umgekehrt, wenn $t < T$; wie man leicht unter Rücksicht findet, dass der Logarithmus einer negativen Grösse imaginär ist. Die Formeln geben endlich richtig bewusste oder unbewusste, d. h. positive oder negative, Werthe für Wärme γ, Kälte γ', je nachdem die Zähler der Brüche unter dem Logarithmuszeichen grösser oder kleiner als die Nenner sind. Somit repräsentiren sie triftig alle allgemeinen Verhältnisse, welche zu repräsentiren sind.

Diess unter Voraussetzung von zwei, um eine gewisse Distanz auseinanderliegenden, Schwellentemperaturen c, c' für Wärme und Kälte. Inzwischen kann sehr in Frage gestellt werden, ob diese Voraussetzung triftig ist. Zwar lehrt die Erfahrung, dass sich durch eine gewisse Breite von Temperaturen um die mittlere die Abwesenheit eines bestimmten Gefühles von Wärme oder Kälte forterhalten kann, und diess scheint für einen Abstand beider Schwellenwerthe jenseits und diesseits T zu sprechen. Aber es ist in Rücksicht zu ziehen, dass diess auch auf dem Accommodationsvermögen der Reizempfänglichkeit oder Empfindlichkeitsschwelle der Haut beruhen könnte, und das wir jedenfalls aus anderen Gründen anzuerkennen haben. Die Versuche des 9. Kapitels haben ergeben, dass es eine mittlere Temperatur von gewisser Breite zwischen Frostpunct und Blutwärme giebt, wo so kleine Temperaturdifferenzen noch mit dem Gefühle wahrgenommen werden, dass die zugehörigen Temperaturunterschiede am Thermometer fast in die Ordnung der Beobachtungsfehler eintreten. Diess stimmt besser dazu, dass inmitten dieser mittleren Temperatur eine gemeinsame Schwelle, also von der Höhe Null, für Wärme und Kälte, liegt, da sonst statt grösstmöglicher Empfindlichkeit, Unempfindlichkeit in einer gewissen Temperaturbreite zu erwarten wäre. Sollten die Schwellentemperaturen für Wärme und Kälte dennoch auseinanderliegen, so könnte es nur um eine, für die Beobachtung als verschwindend anzusehende, Grösse sein, und so ist es wahrscheinlicher, dass sie überhaupt nicht auseinanderliegen.

E. H. **Weber** stimmt hiemit überein, indem er bei einem Vergleiche der Licht- und Wärme-Empfindung (*Programmata collecta p.* 169) sagt:

»Sensus caliginis est sensus deficientis lucis ad cernendum necessariae. Quae cum nunquam plane deficiat, gradu tantum differunt sensus lucis et sensus caliginis. Hinc fit, ut crescente aut decrescente luce sensim paulatimque alter sensus in alterum transeat, neque gradus medius existat, quo neque lucis neque caliginis sensu afficimur. Contra talis medius gradus temperiei corporum nos tangentium, quo nec frigore nec calore afficimur, vere existit, arctissimis vero terminis circumscriptus est. Causa in eo posita est, quod corpori nostro calor a calidioribus corporibus communicatur, a frigidioribus autem detrahitur, lux autem nunquam oculis detrahitur, sed semper communicatur. Frigus et calor igitur se habent ut numeri positivi et negativi, inter quos medium est punctum indifferentiae, lux et caligo contra ut numeri positivi minores et majores.«

Wenn übrigens die Frage, ob die Schwellen für Wärme und Kälte absolut in einem Schwellennullpuncte zusammenfallen, ihr theoretisches Interesse hat, so würden doch für den Versuch jedenfalls die Schwellen immer als merklich zusammenfallend angesehen werden können, und die genaue Bestimmung der Constanten c, c' unmöglich fallen. Daher muss in jedem Falle eine andere Wahl der Constanten bei der Integration zweckmässig erscheinen; die, sollten die Schwellen genau zusammenfallen, sich von selbst nöthig machen würde. Nachdem nun das allgemeine Integral der Formel dieses ist:

$$\gamma = k \log (t - T) + C$$

wird man die Constante C am zweckmässigsten durch Bezug nicht zu der Temperatur, wo $\gamma = 0$, sondern wo (willkührlich) $\gamma = 1$ gesetzt wird, bestimmen, was für den Fall der Wärme bei einer Temperatur über, für den Fall der Kälte bei einer Temperatur unter T ist. Lassen wir jetzt c, c' diese beiden Temperaturen bedeuten, so wird sich C respectiv für den Fall der Wärme und Kälte durch die Gleichungen bestimmen:

$$1 = k \log (c - T) + C$$
$$1 = k \log (c' - T) + C.$$

Die hieraus folgenden Werthe für C, in die allgemeine Gleichung substituirt, geben

$$\gamma = k \log \frac{t - T}{c - T} + 1$$
$$\gamma' = k \log \frac{T - t}{T - c'} + 1$$

Es ist wichtig zu bemerken, dass die Einheit für Frost an sich keinen Grössenvergleich mit der Einheit für Hitze zulässt, da vielmehr beide Einheiten unabhängig von einander anzunehmen sind. Wir werden also trotz unseres Massprincipes, ja im mathematischen Geiste desselben, niemals sagen können, ob und wenn wir eben so sehr frieren, als warm sind; oder noch einmal so sehr frieren, als warm sind, indess die principielle Möglichkeit damit gegeben ist, zu sagen, wie vielmal stärker wir im einen als im anderen Falle frieren oder warm sind; es müssten sich denn noch allgemeinere mathematische Bezüge zwischen Empfindungen verschiedener Gattung entdecken lassen, als bis jetzt vorliegen.

Nachdem aber die Werthe c, c', für welche wir die Einheit der Temperaturempfindungen annehmen wollen, willkührlich sind, liegt es auf der Hand, dass wir nicht besser thun können, als sie symmetrisch zu T, d. h. c' eben so weit unterhalb, als c oberhalb anzunehmen. Auf diese natürlichste Annahme lässt sich dann allerdings auch ein Vergleich zwischen Wärme und Kälte gründen, welcher Anspruch hat, für naturgemäss zu gelten, wenn er auch nicht mathematisch nothwendig ist. Hiemit wird $c - T = T - c'$ und der Gegensatz von Wärme und Kälte reducirt sich darauf, dass für $t - T$ in der Formel für Wärme $T - t$ in der Formel für Kälte tritt, reducirt sich also wiederum auf einen Gegensatz der Vorzeichen unter dem Logarithmuszeichen.

So weit führt die Theorie unter Voraussetzung, dass das Weber'sche Gesetz gilt, und k gemeinsam für Wärme und Kälte ist. Ich habe nun schon angeführt, dass nach dem Frostpuncte zu das Weber'sche Gesetz seine Gültigkeit verliert; indess ist anderseits bemerkt worden, dass die Abweichungen vom Weber'schen Gesetze bei Einwirkung äusserer Reize nicht nothwendig auch in Bezug auf die dadurch ausgelösten psychophysischen Bewegungen stattfinden; so dass die vorigen Betrachtungen in Bezug auf diese immerhin ihre Bedeutung behalten können. Die Hauptabsicht der vorigen Erörterung war aber überhaupt nicht sowohl, die Massfunction für die Temperaturempfindung festzustellen, wozu in der That noch mehr experimentale Voruntersuchungen nöthig sind, als bis jetzt vorliegen, als die mathematische Auffassung eines Gegensatzes von Empfindungen, wie ihn Wärme und Kälte darbieten, im Allgemeinen darzulegen.

XIX. Bezugsweiser Gang von Reiz und Empfindung.

Die Empfindung steigt mit dem Reize auf, aber keinesweges demselben proportional auf. Vielmehr wissen wir, dass, während der Reiz bis zum Schwellenwerthe ansteigt, die Empfindung überhaupt noch nicht bemerklich wird, und auch höher hinauf nicht in einem einfachen, sondern logarithmischen Verhältnisse dazu wächst. Es hat sein Interesse, die Hauptverhältnisse dieses Ganges noch etwas genauer zu verfolgen, als es durch die blosse Unterscheidung und Inbetrachtnahme der drei Hauptfälle, welche unter der Formel begriffen sind, bisher geschehen ist. Hiezu ist dieses Kapitel bestimmt.

Zu einfacherer Ableitung des bezugsweisen Ganges von Reiz und Empfindung soll die Massformel folgends auf ihre einfachste Form $\gamma = \log \beta$ reducirt gedacht werden, wobei der Schwellenwerth b als Einheit des Reizes gilt, und die Reizwerthe β die Bedeutung von Fundamentalwerthen in dem S. 13 angegebenen Sinne annehmen. Mit e soll wie immer die Grundzahl der natürlichen Logarithmen 2,718 .... bezeichnet werden.

Allgemein entspricht jedem positiven Empfindungswerthe bei einem gegebenen Reize β ein gleich grosser negativer beim reciproken Reizwerthe $\frac{1}{\beta}$; nach der allgemeinen Beziehung (S. 5 Formel 2), dass $\log \frac{1}{\beta} = -\log \beta$, wonach den beiden Reihen der Reizwerthe

$1;\ 2;\ 3;\ 4 \ldots\ldots$

$1;\ \frac{1}{2};\ \frac{1}{3};\ \frac{1}{4} \ldots\ldots$

zwei Reihen dem absoluten Zahlausdrucke nach gleich grosser Empfindungswerthe zugehören, der ersten eine Reihe positiver, der zweiten eine Reihe gleich grosser negativer Empfindungswerthe, welche bei dem Schwellenwerthe des Reizes 1 im Nullwerthe oder Schwellenwerthe der Empfindung zusammentreffen. Hienach hat man überhaupt nur nöthig, den Gang der Empfindung bezüglich zum Reize für Werthe von β, welche grösser sind als 1, zu verfolgen, um nach voriger Beziehung den Gang bezüglich der Reizwerthe, welche kleiner sind, daraus zu finden.

Sowohl die Reihe der positiven als negativen Empfindungswerthe läuft nach Massgabe als man β im Werthe $\gamma = \log \beta$ oder

$\gamma = \log \frac{1}{\beta}$ ins Unendliche wachsen lässt, in eine unendliche respectiv positive oder negative Grösse aus; wovon erstere eine unendlich starke Empfindung, letztere das absolute Unbewusstsein einer Empfindung bezeichnet. Was aber das Erste anlangt, so darf man nicht vergessen, dass unsere Formel blos so lange gilt, als das Weber'sche Gesetz gilt, und dass dieses nach der Einrichtung unseres Organismus bei zu starken Reizeinwirkungen gültig zu sein aufhört; daher sich die Empfindung durch Steigerung des Reizes im Menschen nicht so ins Unbestimmte steigern lässt, wie es nach abstracter Geltung der Formel der Fall sein würde. Hingegen hindert nichts, vorauszusetzen, dass, wenn die psychophysische Bewegung ins Unbestimmte gesteigert werden könnte, auch die Abhängigkeit der Empfindung davon ins Unbestimmte der Formel folgen würde.

Die ganze Reihe der negativen Empfindungswerthe von der negativen Unendlichkeit bis zur Schwelle entspricht dem verhältnissmässig kleinen endlichen Intervalle der Reizwerthe von 0 bis 1, indess die Reihe der positiven Empfindungswerthe von der Schwelle bis zur unendlich starken positiven Empfindung dem unendlichen Intervalle der Reizwerthe von 1 bis ∞ zugehört.

Verfolgen wir des Weiteren nun den Gang der positiven Empfindungswerthe.

Berechnet man unter Zugrundelegung eines beliebigen logarithmischen Systemes nach der Formel $\gamma = \log \beta$ die Werthe γ, welche den von der Schwelle 1 an wachsenden Werthen β zugehören, so findet man, dass γ anfangs in rascherem Verhältnisse als β wächst, wie sich darin zeigt, dass das Verhältniss $\frac{\gamma}{\beta} = \frac{\log \beta}{\beta}$ anfangs wächst. Steigert man aber β immer mehr, so nimmt das zugehörige Verhältniss $\frac{\gamma}{\beta}$ wieder ab. Kurz: steigert man den Reiz von seinem Schwellenwerthe an, so steigt die Empfindung anfangs rascher als der Reiz, über eine gewisse Gränze hinaus aber langsamer.

Da die Empfindung beim Schwellenwerthe selbst Null ist, jeder endliche Werth aber unendlichemal so gross als Null, so geschieht die Steigerung der Empfindung bei Ueberschreitung des Schwellenwerthes um eine noch so kleine endliche Grösse in unendlich starkem Verhältnisse. Setzen wir anderseits den idealen

Fall einer unendlichen Stärke des Reizes unter Forterhaltung der Gültigkeit der Formel, so wird ein endlicher Zuwachs des Reizes in keinem merklichen Zuwachse der Empfindung mehr gespürt. Der Uebergang von einer Gränze zur anderen, wo die Empfindung in unendlichem Verhältnisse und wo sie gar nicht mehr merklich durch einen gegebenen endlichen Zuwachs des Reizes wächst, wird nun eben dadurch vermittelt, dass sie bis zu gewissen Gränzen rascher, über gewisse Gränzen hinaus langsamer als der Reiz wächst.

Hiezwischen muss es nothwendig einen ganz bestimmten Mittelfall geben, wo die Empfindung weder rascher noch langsamer als der Reiz, sondern (streng genommen nur innerhalb eines unendlich kleinen Intervalls) demselben proportional wächst. Und nachdem bis zu diesem Mittelfalle der Werth $\frac{\gamma}{\beta} = \frac{\log \beta}{\beta}$ mit Wachsthum von β zunimmt, darüber hinaus abnimmt, muss dieser Fall dem *Maximum* von $\frac{\gamma}{\beta}$ entsprechen.

Diese Bedingung giebt zugleich den Weg an die Hand, den Reizwerth β zu bestimmen, bei dem dieser Wendepunct eintritt. Nach bekannten Regeln der Differenzialrechnung (durch Nullsetzung des Differenziales von $\frac{\log \beta}{\beta}$) findet man, dass der Werth β, welchem das Maximum $\frac{\log \beta}{\beta}$ entspricht, gleich e, d. i. gleich der Grundzahl der natürlichen Logarithmen ist. Wenn also der Reiz das 2,718...fache seines Schwellenwerthes ist, und sich von da um ein weniges ändert, so ändert sich die Empfindung der Aenderung des Reizes genau proportional.

Steigt der Reiz weiter über diesen Werth, so wächst zwar die Empfindung noch absolut genommen, aber nimmt ab im Verhältnisse zum Reize. Sinkt er merklich darunter, so sinkt die Empfindung zugleich absolut und relativ zum Reize.

Der Punct, wo dieses *relative* Maximum der Empfindung eintritt, soll der *Cardinalpunct* heissen, und der Reizwerth, bei dem es eintritt, also das $e$fache des Schwellenwerthes, und die zugehörige Empfindung der *Cardinalwerth des Reizes und der Empfindung*.

Wenn also ein Reiz in der $e$fachen Stärke seines Schwellenwerthes oder mit seinem Cardinalwerthe wirkt, so giebt er das verhältnissmässige Maximum der Empfindungsleistung oder die

Cardinalempfindung. Und wenn man es daher in seiner Gewalt hat, ein gegebenes Reizquantum mehr concentrirt oder mehr vertheilt zu verwenden, so wird man, um die grösstmögliche Empfindungsleistung dadurch zu erhalten, dasselbe so zu vertheilen haben, dass es mit der $e$fachen Stärke des Schwellenwerthes oder als Cardinalreiz wirkt. Concentrirt man es mehr, so wird die Empfindung intensiver; aber es wird eine so viel geringere Menge solcher intensiven Empfindungen entstehen, dass doch im Ganzen an Empfindungsleistung verloren wird; vertheilt man es mehr, so wird die grössere Menge der Empfindungen den Verlust durch die geringere Intensität nicht zu compensiren vermögen. Später, bei den Vertheilungsformeln der Empfindung, werden wir auf einem anderen Wege uns zu demselben Resultate geführt finden.

Da um jeden Maximumwerth die Werthe sich nur langsam ändern, so wird auch $\frac{\gamma}{\beta}$ um seinen Maximumwerth beinahe constant bleiben, und also nicht nur bei dem Cardinalwerthe des Reizes, sondern auch in der Nähe desselben die Empfindung merklich proportional mit dem Reize wachsen.

Das functionelle Verhältniss zwischen Reiz und Empfindung schliesst also einige Specialfälle von einer gewissen bevorzugten Bedeutung im bezugsweisen Gange beider ein, den Schwellenpunct und Cardinalpunct. Beim Schwellenpuncte ist die Empfindung Null, beim Cardinalpuncte hat sie das relative Maximum zum Reize. Der erste bezeichnet im Aufsteigen des Reizes den Punct, wo die negativen Werthe der Empfindung in positive übergehen, der zweite den Punct, wo die relative Zunahme zum Reize in relative Abnahme übergeht. Beim ersten steigt die Empfindung unendlich schnell verglichen mit dem Steigen des Reizes, beim zweiten steigt sie proportional mit dem Steigen des Reizes.

Hiezu kommt nun noch der formell wichtige Umstand, dass nach den Bestimmungen auf S. 19 der Schwellenwerth als Einheit des Reizes und der Cardinalwerth als Einheit der Empfindung die einfachstmögliche Form der Massformel ($\gamma = \log \beta$), welche die Beziehung zwischen Reiz und Empfindung ausdrückt, für den Fall natürlicher Logarithmen geben, deren System eine mathematisch bevorzugte Bedeutung vor jedem anderen Systeme hat.

Hier folgt eine kleine Tabelle, welche für die Voraussetzung der Reizeinheit beim Schwellenwerthe, und Empfindungseinheit beim Cardinalwerthe die zu einander gehörigen Werthe des Reizes und der Empfindung bei wachsendem Reize und wachsender Empfindung giebt, auf Seite I. so, dass zu den gegebenen Reizgrössen die zugehörigen Empfindungsgrössen, auf Seite II. umgekehrt angegeben sind.

Seite I. ist mittelst natürlicher Logarithmen nach der Formel

$$\gamma = \log \beta$$

oder, was äquivalente Werthe giebt, mittelst gemeiner nach der Formel

$$\gamma = \frac{\log \beta}{\log e} = 2,302585 \log \beta$$

berechnet; Seite II. nach der Formel

$$\beta = e^{\gamma}.$$

In Betreff der beigefügten Werthe $\frac{\gamma}{\beta}$ ist zu bemerken, dass ihre absolute Grösse keine Bedeutung hat, da sie an den willkührlichen Einheiten von Reiz und Empfindung hängt, sondern nur der davon unabhängige Gang oder die gegenseitigen Verhältnisse dieser Werthe mit Aufsteigen von γ und β.

I.			II.		
β	γ	$\frac{\gamma}{\beta}$	γ	β	$\frac{\gamma}{\beta}$
0	$-\infty$	$-\infty$	0	1	0
1	0	0	1	2,7183	0,36788
1,5	0,4055	0,27031	1,5	4,4817	0,33469
2	0,6931	0,34657	2	7,3891	0,27067
2,718	1,0000	0,36788	2,718	15,154	0,17936
3	1,0986	0,36620	3	20,086	0,14936
4	1,3863	0,34657	4	54,598	0,07326
5	1,6094	0,32188	5	148,41	0,03369
6	1,7918	0,29821	6	403,43	0,01487
7	1,9459	0,27799	7	1096,6	0,00640
8	2,0794	0,25993	8	2981,0	0,00268
9	2,1972	0,24413	9	8103,1	0,00088
10	2,3026	0,23026	10	22026	0,00005 *)

Man sieht nun auf der Seite I, dass dem Reize Null ein negativ unendlicher Werth der Empfindung entspricht, d. h. der tiefst mögliche Grad des Unbewusstseins, das absolute Unbewusstsein. Während der Reiz von Null bis 1 steigt, wo die bewusste Empfindung beginnt, durchläuft die Empfindung alle mögliche negative Werthe, indem nach der Formel die in der Tabelle nicht

---

*) Genauer 0,0000454.

mit angeführten negativen Empfindungen für den Reiz $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ u. s. f. den positiven für den Reiz 2, 3, 4 u. s. f. im absoluten Zahlwerthe entsprechen. Wenn der Reiz über seinen Schwellenwerth 1 steigt, so wächst gemäss dem Angeführten die Empfindung anfangs in rascherem Verhältnisse als der Reiz; indem das Verhältniss $\frac{\gamma}{\beta}$ mit dem Wachsthume von β anfangs wächst. Bei $\beta = e = 2,718$, d. i. dem Cardinalwerthe des Reizes, zeigt sich das Maximum von $\frac{\gamma}{\beta} = \frac{1}{e} = 0,36788$, und um diesen Werth, von $\beta = 2$ bis $\beta = 4$ steigt die Empfindung merklich im Verhältnisse des Reizes, indem das Verhältniss $\frac{\gamma}{\beta}$ hier nahe constant bleibt; indess es bei weiterem Wachsthume des Reizes immer augenfälliger abnimmt.

Hier folgen noch nach voriger Tabelle für die aufeinanderfolgenden Differenzen der Empfindung γ, wenn sie von 0 immer um die gleiche Grösse 1 wächst, die zugehörigen Differenzen des Reizes β.

γ	Diff. γ	Diff. β
0		
1	1	1,7183
2	1	4,6708
3	1	12,697
4	1	34,512
5	1	93,81
6	1	255,02
7	1	693,2
8	1	1884,4
9	1	5122,1
10	1	13923,0

Während also der Reiz, um die Empfindung von 0 bis zum Cardinalwerthe oder der natürlichen Fundamentaleinheit wachsen zu lassen, blos um 1,7183 über seinen Schwellenwerth 1 zu steigen hat, muss er, um die Empfindung von 9 bis 10 wachsen zu lassen, um 13923 steigen.

Es giebt einen sehr einfachen Fall, auf den man den vorigen Gang in Wirklichkeit beziehen kann. Wenn man sich einem dauernden Geräusche von constanter Stärke successiv nähert, so werden, wenn diess aus unendlicher Ferne her geschieht, alle Grade des Unbewusstseins von der negativen Unendlichkeit an durchlaufen, bis bei einem gewissen Puncte die Merklichkeit und hiemit der Schwellenwerth des Geräusches eintritt, von dem an dann der in der Tabelle verzeichnete Gang der Empfindung in positivem Sinne befolgt wird.

Da die Stärke des Schalles β in umgekehrtem Verhältnisse des Quadrates der Entfernung steht, so möge sie 1 bei der Einheit der Entfernung sein, und als diese Einheit die Entfernung gesetzt werden, wo der Schall eben merklich zu werden beginnt. Dann ist die Stärke des Schalles $\frac{1}{D^2}$ in der Entfernung D. Sei ferner die Einheit der Empfindung beim Cardinalwerthe, so wird der Gang der Empfindung bei natürlichen Logarithmen durch

$$\gamma = \log \frac{1}{D^2} = -2 \log D$$

gegeben. Die positiven Werthe von γ entsprechen hier Werthen von D, welche kleiner als die Schwellendistanz, mithin Bruchwerthe sind; was $\log D$ negativ und $-\log D$ positiv macht.

Man kann in der obigen Tabelle als eine Eigenthümlichkeit bemerken, dass das Verhältniss $\frac{\gamma}{\beta}$ bei $\beta = 2$ unterhalb des Cardinalpunctes mit dem Verhältnisse bei 4 oberhalb dieses Punctes ganz übereinstimmt, nämlich beidesfalls 0,34657 ist, und dass zugleich das Verhältniss dieser Reize $\beta = 2$ und $\beta = 4$, mit dem Verhältnisse der zugehörigen Empfindungen 0,6931 und 1,3863 übereinstimmt.

Das Letzte ist eine natürliche Folge des Ersten, denn, wenn

$$\frac{\gamma}{\beta} = \frac{\gamma'}{\beta'}$$

so ist nothwendig zugleich

$$\frac{\gamma}{\gamma'} = \frac{\beta}{\beta'}$$

Das Erste aber leitet man leicht aus der Massformel ab.

Wenn nämlich $\gamma = \log \beta$, so ist $\frac{\gamma}{\beta} = \frac{\log \beta}{\beta}$. Setzt man nun nach einander $\beta = 2$ und $\beta = 4$, so hat man

$$\text{für } \beta = 2 \ldots\ldots \frac{\gamma}{\beta} = \frac{\log 2}{2}$$

$$\text{für } \beta = 4 \ldots\ldots \frac{\gamma}{\beta} = \frac{\log 4}{4}$$

Indem aber $\log 4 = \log 2^2 = 2 \log 2$, sind beide Werthe von $\frac{\gamma}{\beta}$ identisch.

Man kann aber weiter bemerken, dass keineswegs allgemein das Verhältniss der Empfindung mit dem Verhältnisse der zugehörigen fundamentalen Reizwerthe übereinstimmt. Diess würde unter Anwendung der Fundamentaleinheiten fodern, dass

$$\frac{\beta}{\beta'} = \frac{\log \beta}{\log \beta'}$$

was nicht allgemein statt hat, wenn man für β, β' beliebige Zahlen setzt. Doch ist das angegebene Gleichheitsverhältniss auch nicht auf jenen einzelnen Fall der fundamentalen Reizwerthe 2 und 1 beschränkt, diess vielmehr nur ein besonderer und besonders ausgezeichneter Fall unter unendlich vielen dergleichen Fällen. Allgemein entspricht jedem gegebenen Werthe $\frac{\gamma}{\beta}$ oberhalb des Cardinalpunctes ein gleicher unterhalb des Cardinalpunctes, wie umgekehrt, und allgemein stimmt hier das Verhältniss der fundamentalen Reizwerthe mit dem der Empfindungswerthe überein. Die so zu einander gehörigen Werthe sollen correspondirende heissen und die correspondirenden fundamentalen Reizwerthe insbesondere mit x, y bezeichnet werden. Es hat einiges Interesse, ihre Verhältnisse festzustellen, sofern sie zwei Intensitäten bezeichnen, bei denen ein gegebenes Reizquantum dieselbe Empfindungsleistung giebt, wenn es durch angemessene Vertheilung auf diese Intensitäten gebracht wird. Je weiter beide auseinander und vom Cardinalwerthe abweichen, desto geringer ist die Leistung des Quantums bei diesen Intensitäten. Im Cardinalwerthe selbst treffen beide correspondirende Werthe in einem gleichen Maximum zusammen.

Die Herleitung der Verhältnisse, um die es sich handelt, ist diese:

Wenn x und y die correspondirenden Reizwerthe und γ, γ' die zugehörigen Empfindungen sind, so haben wir

$$\frac{\gamma}{x} = \frac{\gamma'}{y}$$

Indem aber $\gamma = \log x$, $\gamma' = \log y$, folgt daraus

$$\frac{x}{y} = \frac{\log x}{\log y}$$

Setzen wir nun $\frac{x}{y} = n$ und substituiren yn für x in vorige Gleichung, so erhalten wir

$$n = \frac{\log ny}{\log y}$$

$$n \log y = \log ny$$

$$\log y^n = \log ny$$

$$y^n = ny$$

$$y^{n-1} = n$$

$$(n-1) \log y = \log n$$

$$\log y = \frac{\log n}{n-1} = \log n^{\frac{1}{n-1}}$$

$$y = n^{\frac{1}{n-1}}$$

$$x = ny = n^{\frac{n}{n-1}}$$

Allgemein finden nach vorstehender Herleitung für die correspondirenden Reizwerthe folgende merkwürdige, einander äquivalente, Beziehungen statt:

$$x^y = y^x$$

$$x^{\frac{1}{x}} = y^{\frac{1}{y}}$$

$$\frac{x}{y} = \frac{\log x}{\log y}$$

woraus, wenn man $\frac{x}{y} = n$ setzt, folgende Bestimmung von x und y fliesst:

$$x = n^{\frac{n}{n-1}}$$

$$y = n^{\frac{n}{n-1}}$$

Giebt man sich also irgend ein beliebiges Verhältniss $\frac{x}{y} = n$, in welchem die correspondirenden Reizintensitäten stehen sollen, so kann man nach vorigen Gleichungen die correspondirenden Intensitäten x, y selbst finden, wobei die Reizeinheit der Schwellenwerth, die Empfindungseinheit beliebig ist.

Hier folgt eine kleine, nach diesen Formeln berechnete, Tabelle; auf deren zweiter Seite die Potenzwerthe der ersten Seite in ihre Zahlwerthe aufgelöst sind.

I.			II.	
n	x	y	x	y
1	e	e	2,718	2,718
2	2^2	2^1	4,000	2,000
3	$3^{\frac{3}{2}}$	$3^{\frac{1}{2}}$	5,196	1,7321
4	$4^{\frac{4}{3}}$	$4^{\frac{1}{3}}$	6,350	1,5874
5	$5^{\frac{5}{4}}$	$5^{\frac{1}{4}}$	7,477	1,4953
10	$10^{\frac{10}{9}}$	$10^{\frac{1}{9}}$	12,92	1,2915
100	$100^{\frac{100}{99}}$	$100^{\frac{1}{99}}$	104,8	1,048

Man sieht aus dieser Tabelle, dass, je höher die Intensität des einen correspondirenden Reizes steigt, um so schwächer die des anderen ist, welche ihm in derselben relativen Empfindungsleistung die Wage hält, so dass z. B. einem Reize, welcher das 104,8-fache seines Schwellenwerthes ist, ein Reiz darin correspondirt, der nur das 1,048fache seines Schwellenwerthes, also $\frac{1}{100}$ des vorigen ist, und man mit demselben Reizquantum dieselbe Empfindungsleistung erzielt, wenn man es in dieser oder jener Stärke verwendet, indem die demgemässe Ausbreitung des Reizes den Verlust seiner Intensität ersetzt. Auch hierauf werden uns die späteren Vertheilungsformeln der Empfindung auf einem anderen Wege zurückführen.

Man kann nun bemerken, dass die correspondirenden fundamentalen Reizwerthe 2 und 4, welche den Cardinalwerth e ziemlich in der Mitte haben, und zwischen denen $\frac{\gamma}{\beta}$ fast constant bleibt, also Empfindung und Reiz einander merklich proportional wachsen, zugleich die einzigen sind, welche in ganzen Zahlen sich ausdrücken, dass sie die möglichst einfachen Verhältnisse in geraden Zahlen zum Schwellenwerthe 1 darbieten, und der obere das Doppelte und Quadrat des unteren ist. Sie haben also eine mathematische Auszeichnung vor allen übrigen, welche mit ihrer realen Bedeutung dahin zusammentrifft, ein Intervall von secundärer Bedeutung, nächst dem Hauptintervall zwischen Schwellenpunct und Cardinalpunct, abzugränzen, das Intervall merklich proportionalen Fortschrittes von Reiz und Empfindung; welches man das Cardinalintervall nennen könnte, indess man jenes das Fundamentalintervall nennen mag.

Sucht man die mittlere Grösse der Empfindung in diesen zwei Hauptintervallen, so findet man, unter Voraussetzung des Cardinalwerthes der Empfindung als Einheit, als mittlere Empfindung des Fundamentalintervalls $\frac{1}{e} = 0{,}36788$, als die des Cardinalintervalls $3 \log \text{nat.}\ 2 - 1 = 1{,}07944$. Die mittlere Empfindung 1 erhält man für das Intervall vom Schwellenwerthe bis zum fundamentalen Reizwerthe e^2, und der allgemeine Ausdruck für den Mittelwerth einer Empfindung im Intervall vom fundamentalen Reizwerthe x bis y ist

$$\frac{y \,.\, \log \text{nat.}\ y - x \log \text{nat.}\ x}{y - x} - 1.$$

Der Mittelwerth der Empfindung in dem Intervall zwischen zwei Reizwerthen x, y kann nämlich unter der Voraussetzung von $k = 1$, $b = 1$ durch

$$\frac{\int_x^y \log \beta d\beta}{y - x}$$

dargestellt werden; welcher Werth durch Integration zu obigen Bestimmungen führt.

Auf der zweiten Seite der Tabelle S. 51 ist, abgesehen von den einschaltungsweise zugefügten Empfindungswerthen 1,5 und 2,7183, die Reihe der Empfindungen als eine arithmetische mit der Differenz 1 dargestellt. Man sieht, dass ihr eine geometrische der

Reizwerthe entspricht, indem jeder folgende Reizwerth aus dem früheren durch Multiplication mit dem Exponenten $e = 2{,}7183$ hervorgeht.

Dieses Resultat des Zusammengehörens der arithmetischen Empfindungsreihe und geometrischen Reizreihe ist nicht an die besonderen Einheiten geknüpft, die hier gewählt sind; sondern allgemein entspricht jeder arithmetischen Reihe von Empfindungen, auch bei anderen Einheiten und anderer Differenz, eine geometrische der Reizwerthe. Und zwar ist der Exponent einer Empfindungsreihe mit der Differenz 1 allgemein gleich dem fundamentalen Reizwerthe, bei dem man die Einheit der Empfindung setzt, im Falle unserer Tabelle e, bei irgend einer anderen Differenz aber gleich der Potenz dieses fundamentalen Reizwerthes, welcher durch die Differenz bezeichnet wird. So hat man nach unserer Tabelle für die Reihe der Empfindungen 1, 3, 5..., wo die Differenz 2 ist, eine geometrische Reihe der Reize mit dem Exponenten e^2.

Man kann die Massformel noch unter einer etwas anderen Form, als früher nach der Betrachtung aufstellen, dass sich der Reiz β als aus einem der Schwelle gleichen Theile b und einem positiven oder negativen Zuwachse α dazu, je nachdem der Reiz über oder unter dem Schwellenwerthe ist, bestehend ansehen, also $\beta = b + \alpha$ setzen lässt, wodurch die Massformel übergeht in

$$\gamma = k \log \frac{b+\alpha}{b} = k \log \left(1 + \frac{\alpha}{b}\right)$$

So stellt sich γ als Function des Verhältnisses dar, welches der Zuwachs zur Schwelle gegen die Schwelle hat, indess die frühere Form γ als Function des Verhältnisses gab, welches der gegebene Reiz zur Schwelle hat.

Die jetzige Form zeigt sich bequem, folgende Resultate abzuleiten.

So lange der Reiz den Schwellenwerth nur sehr wenig übersteigt, also $\frac{\alpha}{b}$ ein sehr kleiner Bruch ist, klein genug, dass die höheren Potenzen gegen die erste zu vernachlässigen, kann man nach S. 5 für $\log\left(1 + \frac{\alpha}{b}\right)$ substituiren $M\frac{\alpha}{b}$, wo M der Modulus. Wonach eine Empfindung, so lange sie sehr schwach ist, im directen Verhältnisse von $\frac{\alpha}{b}$ steht und steigt. Ist hingegen der Reiz so gross, dass 1 gegen $\frac{\alpha}{b}$ zu vernachlässigen, so steigt die Empfindung proportional mit $\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$, und ist sie endlich so gross, dass auch $\log b$ gegen $\log a$ zu vernachlässigen, so steigt sie proportional mit $\log a$, und wird unabhängig vom Schwellenwerthe.

Die Weise, wie nach der Massformel mit dem Wachsthume des Reizes die Empfindung steigt, kann leicht graphisch durch die logarithmische Curve repräsentirt werden, indem man die Grösse des Reizes durch Abscissen, die zugehörigen Werthe der Empfindung durch darauf rechtwinklige Ordinaten darstellt.

XX. Summation von Empfindungen.

Es ist von fundamentaler Wichtigkeit, den Fall, wo zu einem Reize auf gegebenem Puncte ein Zuwachs erfolgt, so dass dadurch die Intensität der Reizung und Empfindung vermehrt wird, von dem Falle zu unterscheiden, wo der Reizzuwachs auf andere discret von jenem empfindende Puncte fällt, so dass dadurch die Zahl der gereizten und empfindenden Puncte, hiemit die Extension der Reizung und Empfindung, vermehrt wird. Wie schon S. 21 bemerkt, tritt nur der erste Fall direct unter die Massformel, als welche nur für die Abhängigkeit der Empfindung von der Intensität des Reizes unmittelbar massgebend ist; es hindert aber nichts, das, was aus der Massformel für die einzelnen Puncte nach der Stärke ihrer Reizung folgt, in Summen zusammenzufassen und diese Summen zu vergleichen. Niemand wird Anstand nehmen, wenn die Netzhaut gleichförmig beleuchtet ist, zu sagen, dass die ganze Netzhaut doppelt so viel Empfindung giebt, als jede ihrer Hälften; und wenn ein Ton gleichmässig durch eine gewisse Zeit ausgehalten (und mit constanter Empfindlichkeit aufgefasst) wird, dass in der ganzen Zeit doppelt so viel als in der halben empfunden wird. Es hat also mit Rücksicht auf die räumliche oder zeitliche Extension, durch welche ein Reiz und die dadurch erweckte Empfindung reicht, einen Sinn von grösseren und kleineren Empfindungssummen zu sprechen, und solche selbst nach ihrer Grösse unter einander zu vergleichen. Der Kürze halber mögen wir dabei Raumsummen und Zeitsummen der Empfindung unterscheiden, je nachdem wir die Empfindung für verschiedene Raumpuncte oder Zeitpuncte summiren.

Unter **Puncten**, Raum- oder Zeitpuncten (Momenten) verstehen wir folgends überall keine mathematischen Puncte, sondern im Allgemeinen (gleich gross gedachte oder nach ihrer relativen Grösse in Rechnung genommene) Raum- oder Zeitelemente der Art, dass der Empfindungsbeitrag, den eine sich durch sie hindurcherstreckende Reizeinwirkung liefert, für jedes Element als von constanter Intensität angesehen werden könne; indess die Intensitäten für verschiedene Puncte verschieden sein können.

Wenn hienach eine gegebene Fläche gereizt, z. B. eine gegebene Fläche der Netzhaut beleuchtet ist, so ist das Quantum der Empfindung, was wir haben, als Summe der Empfindungen, welche die einzelnen Puncte oder Flächenelemente des beleuchteten Theiles gewähren, aufzufassen, diese Empfindungssumme aber nicht nach der Gesammtsumme des auf diesen Theil einwirkenden Lichtreizes mittelst der logarithmischen Massformel im Ganzen zu berechnen, sondern die Berechnung für jeden einzelnen Punct (Element) nach der Stärke seiner Reizung besonders vorzunehmen, und dann die Summe dessen zu nehmen, was für die einzelnen Puncte oder Elemente gilt.

Eben so, wenn sich fragt, welche Summe von Empfindung man während einer gewissen Zeit gehabt hat, so wird man die Summe der Empfindungen zu nehmen haben, die man während aller einzelnen Theile dieser Zeit gehabt hat, und diese Summe wird nicht nach unserer Massformel als Function der Summe der Reize zu berechnen sein, welche während dieser ganzen Zeit eingewirkt haben, sondern man wird für jeden Zeitpunct oder Moment, d. i. so kleinen Zeittheil, dass die Empfindung darin als constant angesehen werden kann, die Stärke der Empfindung nach der gegenwärtigen Einwirkung und von früher fortbestehenden Nachwirkung des Reizes zu berechnen und hievon die Summe für alle einzelnen Momente zu nehmen haben.

Der Unterschied, je nachdem der Zuwachs eines Reizes die Reizung gegebener Puncte (Elemente) vermehrt oder auf neue Puncte fällt, läuft nach Vorstehendem darauf hinaus, dass erstenfalls der Zuwachs des Reizes dem Reize unter dem Logarithmuszeichen zuzufügen ist, zweitenfalls der Logarithmus des Zuwachses dem Logarithmus des Reizes zuzufügen ist, um das Resultat des Zuwachses für die Empfindung zu haben.

Dabei kann allerdings die Frage erhoben werden, ob, wenn viele Puncte zusammen gereizt werden, die Empfindung, die jeder giebt, wirklich noch in derselben Weise als Function des Reizes bestimmt wird, als wenn ein einzelner für sich gereizt wird. Aber gesetzt, die Verbindung vieler Puncte sei von Einfluss auf die Weise, wie jeder einzelne seine Empfindung giebt, so würde dadurch das Axiom nicht aufgehoben, dass die Summe der Empfindung, welche alle Puncte gewähren, durch Addition dessen, was die einzelnen gewähren, zu finden sei; es könnte nur die Frage entstehen, ob nicht bei einer Verbindung vieler gereizten Puncte jeder einzelne eine geringere oder grössere Empfindung giebt, als bei Verbindung weniger eben so stark gereizter. Es würde dieser Umstand, wenn er stattfände, auf die allgemeinen Additionsregeln der Empfindung doch keinen Einfluss haben, sondern blos die Grösse der additionellen Elemente ändern. Denn da unsere Formeln überhaupt nicht auf Erfahrungen an einzelnen Puncten, sondern auf Verbindungen von solchen fussen, so kann nicht vorausgesetzt werden, dass die Form unserer Formeln durch die Verbindung der Puncte abgeändert werde, sondern nur, dass die Constanten derselben möglicherweise dadurch abgeändert werden; und es bleibt allerdings noch eine Sache künftiger Untersuchung, wiefern diess der Fall sei, und welchen Einfluss die Constanten dadurch erfahren. Die Constante b könnte nach der Grösse einer gereizten Fläche variabel sein, dann würde diese Variabilität bei der Summation zu berücksichtigen sein, im Uebrigen aber die Regeln der Summation dieselben bleiben. Ich komme künftig darauf zurück; abstrahire aber jetzt von dieser Möglichkeit.

Empfindungssummen, die sich nach Extension und Intensität der in ihnen enthaltenen Empfindungen unterscheiden, sind, ungeachtet dieses eigenthümlichen Unterschiedes, nichts desto weniger einer quantitativen Vergleichung fähig. In der That, sei anfänglich nur ein Element von gegebener Extension mit gegebener Intensität der Reizung gegeben, so wird eine gegebene Gesammtgrösse der Empfindung davon abhängen; diese können wir nun eben so extensiv in gegebenem Verhältnisse vervielfältigen dadurch, dass wir die Zahl so gereizter Elemente vermehren, als intensiv dadurch, dass wir ohne Vermehrung der Zahl der Elemente die Intensität der Reizung verstärken, und können das nach einer und der anderen Richtung in gegebenem Verhältnisse vervielfältigte ursprünglich Gleiche quantitativ vergleichen, wenn schon die Vervielfältigung beidesfalls in anderem Sinne geschehen ist.

So können wir einen Würfel, der auf der Erde liegt, in horizontalem Sinne und in verticalem Sinne verlängern, und Grössengleichungen zwischen beiden so entstandenen Säulen finden, ungeachtet sie in ganz verschiedenen Richtungen liegen, so dass sie sich nach diesen verschiedenen Richtungen gar nicht superponiren lassen.

Eine sehr wichtige Rücksicht, die man bei den Summationen zu nehmen hat, ist folgende:

Je nachdem ein Punct durch Zuwachs des Reizes zum gegebenen Reize über die Schwelle steigt, oder durch Entziehung von Reiz darunter sinkt, wird die Empfindung positiv, bewusst, oder negativ, unbewusst, und haben wir stets einfach ein positives oder negatives Empfindungsresultat. Aber wenn zu einer Mehrheit von discret empfindenden Puncten über der Schwelle, die mithin eine positive Empfindungssumme geben, eine andere Mehrheit solcher Puncte unter der Schwelle tritt, die mithin eine negative Empfindungssumme geben, so wird die positive Empfindung von jenen nicht dadurch vermindert, sondern besteht neben der negativen fort; die negative zieht sich nicht von der positiven ab, und wird nicht compensirt durch die positive, und wir haben zwar beides, positive und negative Empfindung, in Abwägung und Gegenrechnung gegen einander zu bringen, aber nicht algebraisch zu addiren oder in Abzug von einander zu bringen, um den Empfindungszustand im Ganzen richtig darzustellen.

Hierin liegt kein Bruch der mathematischen Consequenz; vielmehr kann man sich das vorige Verhältniss ganz gut am ganz analogen Falle einer Curve erläutern, deren mathematische Repräsentation Entsprechendes zeigt. In einer Ellipse füllen die auf Seiten der positiven Abscissen errichteten positiven Ordinaten einen nach mathematischer Repräsentation positiven Raum, die unterhalb errichteten eben so einen negativen Raum, oder genauer, die Masszahlen, durch die man beide Räume misst, erhalten mathematisch ein entgegengesetztes Vorzeichen. Addirt man beide Räume algebraisch, so erhält man eine Summe gleich Null. Aber diese algebraische Addition bedeutet nichts. Man muss vielmehr den positiven und negativen Raum besonders auffassen, weil sie durch Ordinaten bestimmt sind. die verschiedenen Puncten zugehören. Eben so muss man die positiven und negativen Empfindungssummen, welche von Empfindungen herrühren, die verschiedenen Puncten zugehören, besonders auffassen. Hiegegen hat es einen Sinn, aus den positiven Theilräumen der Ellipse für sich, sowie den negativen Theilräumen für sich Summen zu bilden. Und so hat es auch einen Sinn, die Empfindungen für Puncte mit positiven und für solche mit negativen Werthen für sich zu summiren.

Kurz, man kann die algebraische Summe positiver und negativer Empfindung, welche die verschiedenen Theile eines gereizten Organes liefern, nicht als Massstab für die Gesammtsumme bewusster Empfindung, die es liefert, und das Vorzeichen dieser algebraischen Summe nicht als massgebend für den Bewusstseinszustand betrachten, der durch dieses Organ erzeugt wird; sondern man muss anders, als wenn man sich die Summe der Reize auf denselben Punct gehäuft denkt, die positiven bewussten Werthe und negativen unbewussten Werthe, welche den einzelnen Puncten zugehören, besonders summiren. Sonst würde man das absurde Resultat erhalten, dass gar nichts empfunden worden sei mit einem Organe, was mit einem Theile sehr stark empfunden hat, indess es mit einem anderen Theile entsprechend tief unter der Schwelle war.

Ganz das Entsprechende gilt für Summation der Empfindungen, die während einer gewissen Zeit stattgefunden haben. Die Summe bewusster Empfindung, die während eines Theiles der Zeit stattgefunden hat, ist für sich zu bestimmen, und nicht die Summe unbewusster Empfindung, die während eines anderen Theiles stattgefunden hat, in Abzug davon, sondern nur in Gegenrechnung und Vergleich dazu zu bringen.

Die Betrachtungen, die wir hier angestellt haben, sind nicht nur für die Klarheit und den Gebrauch der Summenformeln in der äusseren Psychophysik von allgemeiner Wichtigkeit, sondern werden sich auch als sehr wichtig betreffs triftiger Auffassung der Verhältnisse der inneren Psychophysik zeigen und Anwendung beim Versuche, die Empfindungen elementar zu construiren, finden. Ich erinnere vorgreiflich an Folgendes: Schlaf und Wachen hängen unstreitig an einer grösseren Oscillation der lebendigen Kraft unserer psychophysischen Bewegungen. Wir können die Bewusstseinssumme während 24 Stunden nicht dadurch bestimmen, dass wir die negativen Bewusstseinswerthe während des Schlafes von den positiven während des Wachens in Abzug bringen, oder die algebraische Summe beider nehmen; sondern jede Zeit, die bewusst gewesen ist, bleibt bewusst, und wenn noch so viel Unbewusstsein einer anderen Zeit gegenzurechnen wäre. Mehr als wahrscheinlich hängt auch jede Empfindung insbesondere an irgendwelchen nur sehr kleinen Oscillationen psychophysischer Thätigkeit. Falls die Thatsache der Schwelle in das Elementare reicht, können diese Oscillationen nur während eines Theiles der Zeit über der Schwelle sein*); da ihre Geschwindigkeit periodisch bis auf Null herabkommt. Ohne Rücksicht auf die vorigen Betrachtungen könnte man nun auf den Gedanken kommen, das Resultat des Bewusstseins werde durch die algebraische Summe der positiven Empfindungsbeiträge über der Schwelle und negativen unter der Schwelle gegeben, wo es wahrscheinlich sehr schwach oder Null sein würde. Allein diess ist nicht statthaft; sondern blos die positiven Beiträge kommen für das Bewusstsein in Betracht, und die negativen fallen für das Bewusstsein einfach aus; die bewussten Werthe schliessen sich aber, weil wir kein Bewusstsein der Zwischenzeit haben, an einander, in ähnlicher Weise, als auch der blinde Fleck im Auge keine Unterbrechung der Continuität der räumlichen Gesichtsempfindung bewirkt.

Hienach gebe ich folgende Summenformeln der Empfindung für eine Mehrzahl gereizter Puncte, welche gemeinsam für Raumsummen und Zeitsummen unter der Voraussetzung gelten, dass der Empfindungsbeitrag jedes einzelnen Punctes seiner Grösse nach durch unsere Massformel bestimmt wird.

Seien die zu summirenden Empfindungen $\gamma', \gamma'', \gamma'''\ldots$ welche respectiv den auf verschiedene Puncte wirkenden Reizen β', β'', $\beta'''\ldots$ zugehören. Sofern die Puncte, auf welche diese Reize wirken, verschiedene Empfindlichkeit haben können, setzen wir ihnen die Schwellenwerthe b', b'', $b'''\ldots$ zugehörig. Bezeichnen wir nun $\gamma' + \gamma'' + \gamma'''\ldots$ kurz mit $\Sigma\gamma$, so haben wir

$$\begin{aligned}\Sigma\gamma &= k\left(\log\frac{\beta'}{b'} + \log\frac{\beta''}{b''} + \log\frac{\beta'''}{b'''}\ldots.\right)\\ &= k\log\frac{\beta'\beta''\beta'''\ldots}{b'b''b'''\ldots}\end{aligned}$$

---

*) Diess gilt wenigstens allgemein für geradlinige Schwingungen, überhaupt aber für Schwingungen jeder Art, wenn es sich darin vielmehr um Geschwindigkeiten zweiter als erster Ordnung handeln sollte.

Hienach vergleicht sich die Empfindungssumme $\Sigma\gamma$, welche durch Reizung einer Mehrheit verschiedener Puncte entsteht, mit der Empfindung $\gamma = k \log \frac{\beta}{b}$, welche durch Reizung eines einzigen eben solchen Punctes entsteht, indem wir setzen

$$\frac{\beta}{b} = \frac{\beta' \beta'' \beta''' \ldots}{b' b'' b''' \ldots}$$

d. i. beide sind gleich, wenn der fundamentale Reizwerth des einen Punctes gleich ist dem Producte der fundamentalen Reizwerthe der verschiedenen Puncte.

Eine bemerkenswerthe Folgerung dieser Formel ist, dass, wenn verschiedene Puncte mit verschiedener Empfindlichkeit verschieden gereizt sind, die Empfindungssumme sich nicht ändert, wenn man die Reize auf den Puncten mit verschiedener Empfindlichkeit beliebig vertauscht, oder die Empfindlichkeit für die verschiedenen Reize vertauscht.

Sei $\frac{\mathfrak{B}}{B}$ das geometrische Mittel der fundamentalen Reizwerthe der verschiedenen Puncte, und ihre Anzahl n, so ist

$$\frac{\beta' \beta'' \beta''' \ldots}{b' b'' b''' \ldots} = \left(\frac{\mathfrak{B}}{B}\right)^n$$

und die Summenformel lässt sich auch so schreiben

$$\begin{aligned} \Sigma\gamma &= k \log \left(\frac{\mathfrak{B}}{B}\right)^n \\ &= nk \log \frac{\mathfrak{B}}{B} \end{aligned}$$

wonach die Empfindungssumme für n beliebig gereizte und beliebig empfindliche Puncte so gross ist, als wenn alle n Puncte mit dem geometrischen Mittel der fundamentalen Reizwerthe der verschiedenen Puncte gereizt wären.

Allgemein kann man bei einer Mehrheit verschieden gereizter Puncte nach der mittleren oder Durchschnittsempfindung derselben als derjenigen fragen, welche, wenn sie allen Puncten zugleich zukäme, dieselbe Summe gäbe, als man in Summa durch die verschiedene Reizung derselben erhält. Diese mittlere Empfindung erhält man bei n gereizten Puncte, wenn man den obigen Summenausdruck $\Sigma\gamma$ mit n dividirt, wodurch man findet

$$\frac{\Sigma\gamma}{n} = k \log \frac{\mathfrak{B}}{B}.$$

Hienach entspricht das arithmetische Mittel gegebener Empfindung dem geometrischen Mittel der zugehörigen Fundamentalreize im Sinne der Massformel.

Bisher haben wir eine endliche Zahl von Puncten vorausgesetzt, gilt es aber eine Summirung für ausgedehnte Zeiten oder empfindende Flächen, so werden wir allgemein, wenn der Reiz mit variabler Intensität einwirkt, jedes kleinste Zeit- oder Raumelement mit der daselbst wirkenden Stärke des Reizes β behaftet zu denken haben, und die Summe der Empfindung durch infinitesimale Summation der partiellen Empfindungen, welche diesen partiellen Reizeinwirkungen zukommen, zu gewinnen haben*); was sich, wenn wir Zeit und räumliche Ausdehnung zugleich berücksichtigen, durch die Formel ausdrückt

$$\Sigma y = \int k \log \frac{\beta}{b}\, dt\, ds$$

worin dt das Zeitelement, ds das Raumelement ausdrückt. β ist als Function von t und s darzustellen. Sollte b variabel sein, so kann die Aenderung von b auf β übertragen werden. Die Integration dieser Formel hat in den Gränzen zu geschehen, für die man die Empfindungssumme sucht. s und t sind auf ihre Einheiten zu beziehen, und als Einheit der Empfindungssumme diejenige zu betrachten, welche für die Einheit von s und t und eine willkührliche Einheit von β gilt.

Der einfachste Fall, der hier in Betracht kommt, ist der, wo ein Reiz gleichförmig unter Forterhaltung gleicher Empfindlichkeit durch eine gegebene Zeit oder in einer gegebenen Ausdehnung einwirkt. Dann hat man einfach als Empfindungssumme für die Zeit t oder Ausdehnung s

$$kt \log \frac{\beta}{b} \text{ oder } ks \log \frac{\beta}{b}$$

und bei Berücksichtigung von s und t zusammen

$$kst \log \frac{\beta}{b}$$

wobei t und s von Null an gerechnet sind.

Der nächst einfache Fall möge als Rechnungsbeispiel hier Platz finden, wenn schon ich für jetzt keine besondere Anwendung davon zu machen wüsste. Es ist der, wo ein Reiz (die Reizwirkung) proportional mit der Zeit oder räumlichen Erstreckung von einem gewissen Puncte an wächst. Wie wird sich die Zeit- oder

---

*) Unstreitig allerdings nur mit einer ähnlichen Rücksicht, als mit der die infinitesimale Summation der Anziehungen der Theile eines Körpers im atomistischen Systeme stattfinden kann.

Raumsumme der Empfindung, die er dann während einer gegebenen Zeit- oder Raumstrecke gewährt, verhalten?

Die zeitliche oder räumliche Ausdehnung, von dem Puncte an, wo der Reiz Null ist, heisse x, und der Reiz in der Entfernung x vom Ausgangspuncte sei px, wo p eine Constante. Dann haben wir, um die Empfindungssumme $\Sigma\gamma$ in dem Intervall von $x = A$ bis $x = B$ zu bestimmen, unter Setzung von $k = 1$, $b = 1$:

$$\Sigma\gamma = \int_A^B \log px \,.\, dx$$

$$= B(\log pB - 1) - A(\log pA - 1)$$

oder, wenn wir mit a die Grundzahl der angewandten Logarithmen, hiemit die Grösse des Reizes bezeichnen, für welchen die Empfindung eines Punctes $= 1$ gesetzt wird (vergl. S. 18 f.)

$$\Sigma\gamma = B \log \frac{pB}{a} - A \log \frac{pA}{a}$$

Und dividiren wir diesen Ausdruck mit $B - A$, so erhalten wir die mittlere Empfindung im Intervall $B - A$.

Nun ist bei gleichförmiger Vertheilung eines Reizes von der Intensität β^1 die Empfindungssumme im Intervalle $B - A$

$$\Sigma\gamma = (B - A) \log \beta^1.$$

Um also die Reizintensität β^1 zu finden, welche bei gleichförmiger Vertheilung in diesem Intervalle dieselbe Empfindungssumme liefert, als die Intensität px, haben wir beide vorigen Werthe $\Sigma\gamma$ gleich zu setzen, was für den gesuchten Werth β^1 giebt

$$\log \beta^1 = \frac{B \log pB - A \log pA}{B - A} - 1.$$

Bei Anwendung dieser Formeln ist in Rücksicht zu ziehen, dass, wenn wir die Empfindungssumme von dem Puncte an nehmen wollten, wo der Reiz Null ist, also A Null setzen wollten, indess wir den Werth von B, bis zu dem wir den Reiz wachsend denken, oberhalb der Schwelle annähmen, wir negative und positive, bewusste und unbewusste Werthe der Empfindung, in der Summe vereinigt erhalten würden, was keinen Aufschluss über die Summe der bewussten Werthe insbesondere geben würde. Daher haben wir die Empfindungssumme in zwei Theile zu theilen, eine unbewusste von $A = 0$ bis $B = 1$, sofern der Schwellenwerth $= 1$ gesetzt ist, und eine bewusste von $A = 1$ bis zu einem beliebigen Werthe von B, innerhalb deren wir auch beliebige Intervalle herausheben können, indem wir $A > 1$ setzen.

Da die Einheit der Ausdehnung willkührlich ist, so können wir diejenige $= 1$ setzen, durch welche der Reiz vom Nullwerthe bis zum Schwellenwerthe 1 gelangt, womit $p = 1$ wird, und die Werthe B und A zugleich die Gränzen der Ausdehnungen und die zugehörigen Reizgrössen, zwischen welchen man die Summen nimmt, bezeichnen. Nehmen wir die Empfindungssumme von der Schwelle 1 an, so haben wir $pA = 1$. Vereinigen wir beide Voraussetzungen, so wird auch $A = 1$, und erhalten wir die Formeln

$$\Sigma\gamma = B\,(\log B - 1) + 1$$

$$\beta' = \frac{B^{\frac{B}{B-1}}}{e}$$

Die erste giebt unter Anwendung natürlicher Fundamentaleinheiten, wo die Empfindungseinheit beim Cardinalpuncte liegt, für $B = e$ den Werth $\Sigma\gamma = 1$, d. h. wenn der Reiz vom Schwellenwerthe bis zum Cardinalwerthe gleichförmig ansteigt, wozu er eine e-mal so grosse Zeit oder Strecke braucht, als um vom Nullpuncte bis zum Schwellenpuncte zu steigen; so wird dadurch eine Empfindungssumme erzeugt, welche derjenigen gleich ist, die man erhalten würde, wenn die (als 1 gesetzte) Empfindungsintensität des Cardinalpunctes während der (als 1 gesetzten) Zeit oder Strecke gleichförmig fortbestünde, die der Reiz braucht, um vom Nullpuncte gleichförmig bis zur Schwelle anzusteigen. Die zweite Formel giebt als Reiz, der bei gleichförmigem Bestande durch dieselbe Zeit oder Strecke dasselbe leisten würde, als der vom Schwellen- zum Cardinalpuncte gleichförmig ansteigende Reiz

$$\beta' = e^{\frac{1}{e-1}}$$

Grössere Allgemeinheit und allgemeinere Anwendbarkeit hat die Lösung folgender Aufgabe. Der Reiz wachse nicht von Null an, sondern von einem gewissen Werthe R an der Strecke proportional, so dass er, wenn der Anfangspunct der Strecke da, wo das proportionale Wachsthum beginnt, genommen wird, zu Ende der Strecke x den Werth

$$R + px$$

hat. Die Summe der Empfindung werde dann innerhalb dieser Strecke gesucht. Da jeder variable Reiz von einem gegebenen Ausgangspuncte innerhalb einer hinreichend kleinen Strecke als derselben proportional sich ändernd angesehen werden kann (vergl. Kap. 15), so gewinnt eben hiemit diese Aufgabe grosse Allgemeinheit.

Die Empfindungssumme ist in diesem Falle allgemein, zwischen $x = A$ und $x = B$ genommen:

$$\frac{R+pB}{p}\left[\log(R+pB) - 1\right] - \frac{R+pA}{p}\left[\log(R+pA) - 1\right]$$

oder, wenn man sie vom Anfange des proportionalen Wachsthumes, wo $A = 0$ nimmt, blos

$$\frac{R+pB}{p}\left[\log(R+pB) - 1\right] - \frac{R}{p}\left[\log R - 1\right]$$

Ungeachtet in den Formeln dieses Kapitels der Rückgang auf das Elementare nicht vorausgesetzt ist, den wir im 16. Kapitel S. 29 ff. vorgreiflich in Betracht genommen haben (da es sich hier nicht handelte, das Zustandekommen der Empfindung in den einzelnen Puncten oder Elementen selbst psychophysisch zu berechnen, wozu jene Formeln brauchbar sein können), so würden doch diese Formeln auch Anwendung zu finden haben, wenn ein solcher Rückgang überhaupt statthaft sein sollte; und wir würden dann nur nöthig haben, für β in vorigen Formeln v in seiner Bedeutung als Geschwindigkeit erster oder zweiter Ordnung zu substituiren. Auf eine Summation dieser Art wird in einem späteren Kapitel eingegangen.

XXI. Vertheilungsverhältnisse der Empfindung.

Dasselbe Quantum Lichtes kann sich auf wenige Puncte der Netzhaut concentriren oder über eine grössere Fläche derselben vertheilen, kann sich gleichförmig oder ungleichförmig vertheilen, und es lassen sich aus unseren bisher entwickelten Formeln manche nicht uninteressante Resultate über die hiebei obwaltenden Verhältnisse ziehen, welche einer Verallgemeinerung auch auf andere Gebiete fähig sind; übrigens theilweise nur unter anderen Formen auf Resultate zurückführen, zu denen uns schon die Betrachtung der Werthe $\frac{\gamma}{\beta}$ im 19. Kapitel geführt hat.

In soweit es sich um die Gesichtsempfindung handelt, werden dabei die Voraussetzungen gemacht, 1) dass die grössere oder geringere Anzahl der vom Lichte getroffenen Netzhautpuncte und mithin auch Grösse einer erleuchteten Fläche derselben keinen Einfluss auf die Intensität der Empfindung, welche uns jeder einzelne Punct erweckt, äussere; 2) dass die Netzhautpuncte, auf welche die Verbreitung statt hat, gleiche Empfindlichkeit besitzen.

Beide Annahmen sind zweifellos nicht streng richtig, oder nicht in Strenge zu verwirklichen, können aber in vielen Fällen als approximativ richtig gelten, und sind jedenfalls als die einfachsten Annahmen zuerst zu behandeln.

Was die erste Annahme anlangt, so kann man zum Beweise, dass die Grösse einer Fläche auf ihre Sichtbarkeit Einfluss hat, anführen, dass kleine Lichtflächen in einer Entfernung für das Auge verschwinden, wo grössere von gleicher photometrischer Intensität noch gesehen werden; doch ist noch nicht hinreichend entschieden, wie weit die für kleine, dem Auge eben entschwindende, Lichtflächen mehr in Betracht kommende Zerstreuung des Lichtes durch Irradiation Schuld an dem Unterschiede sei, worüber eingehendere Erörterungen im 11. Kapitel des vorigen Theiles zu finden sind. Man kann ferner darauf hinweisen, dass nach E. H. Weber's Erfahrungen warmes Wasser bei Eintauchen der ganzen Hand wärmer als bei Eintauchen eines Fingers erscheint; was anzudeuten scheint, dass die Intensität der Empfindung durch Vermehrung der Zahl der empfindenden Puncte wächst. Inzwischen kann man bemerken, dass der Temperaturunterschied zwischen der in warmes Wasser eingetauchten Fläche und dem übrigen Körper durch die ausgleichende Blutströmung vermindert werden muss, mehr und schneller aber bei einer kleinen als bei einer grossen eingetauchten Fläche, wie ein Glas warmes Wasser unter denselben äusseren abkühlenden Einflüssen leichter erkaltet als ein Fass; und es ist die Frage, wie viel etwa hieran hängen kann, bis jetzt wenigstens noch nicht discutirt und erledigt. Wie es sich aber auch hiemit bezüglich der Wärmeempfindung der Haut verhalte, so ist gewiss, dass diese Erfahrung auf das Gesicht keine Anwendung leidet, da im Gegentheile Weiss durch Nachbarschaft von Weiss (nach Contrastgesetzen) eher an Helligkeit verliert als gewinnt. Inzwischen wird auch diess keineswegs unter allen Umständen bemerklich, und im Allgemeinen wird man keinen irgendwie entschiedenen Unterschied der Helligkeit zwischen grösseren und kleineren Stücken weissen Papieres zu entdecken vermögen, sei es, dass man sie neben oder nach einander mit dem Centraltheile der Netzhaut auffasse. Eine bestimmtere Angabe hierüber liegt von Steinheil nach Messung mit seinem

Prismenphotometer vor, welche besonderes Zutrauen verdient, da es diesem genauen Beobachter daran gelegen war, sich zu vergewissern, welche Umstände von Einfluss auf die photometrische Schätzung sind*). Hienach »hat die Grösse und Lage der Lichtflächen gegen einander keinen entschiedenen Einfluss auf das Urtheil über gleiche Intensität«; eben so wenig die Entfernung, in der man sich die Lichtfläche denkt, und auf die man demgemäss das Auge accommodirt, eben so wenig ein Hin- und Herschwanken des Auges. Diess dürfte die Behauptung rechtfertigen, dass man die erste Annahme mindestens in vielen Fällen als approximativ richtig ansehen könne; wenn schon ich selbst sie nicht als streng richtig betrachte.

Was die zweite Voraussetzung anlangt, so kann sie insofern nicht als streng zu verwirklichend angesehen werden, als die Netzhautpuncte in verschiedenem Abstande vom Centrum eine verschiedene Empfindlichkeit besitzen. Inzwischen für nicht zu grosse Ausdehnungen wird sie ebenfalls als approximativ zutreffend gelten können.

Uebrigens ist die Anwendung der folgenden Vertheilungsformeln auf die Netzhaut nur ein Beispiel einer viel allgemeineren Anwendbarkeit derselben, worauf ich weiterhin komme.

Sei nun der Reiz mit der Intensität β erst auf einem Puncte (diesen im Sinne von S. 59 verstanden) oder allgemeiner auf einer gewissen als Einheit gesetzten Zahl Puncte gleichförmig verbreitet, so wird unter Anwendung der Fundamentaleinheiten die von der Reizintensität abhängige Empfindungsstärke $\log \beta$ sein, und indem diese über der ganzen als Einheit zusammengefassten Anzahl Puncte stattfindet, wird sie mit der Stärke zugleich die Summe oder das Quantum der Empfindung vor der Vertheilung ausdrücken.

Wenn sich nun der Reiz von der einfachen Zahl Puncte auf die $n$fache Zahl vertheilt, so kommt auf jeden einzelnen Punct statt β blos noch $\frac{\beta}{n}$, und die Intensität der Empfindung wird für diesen Punct $\log \frac{\beta}{n}$. Da aber diese Intensität sich auf der $n$fachen Zahl von Puncten wiederholt, so erhalten wir für das Gesammtquantum G der Empfindung den Ausdruck

---

*) Elemente der Helligkeitsmessungen in den Abh. d. Münch. Akad. 1837. S. 110.

$$G = n \log \frac{\beta}{n} = n\,(\log \beta - \log n).$$

und als Verhältniss des vertheilten zu dem ursprünglichen Empfindungsquantum

$$\frac{G}{\gamma} = \frac{n\,(\log \beta - \log n)}{\log \beta}.$$

Diess Verhältniss weicht im Allgemeinen von der Einheit ab, wonach man sieht, dass durch die Vertheilung eines Reizes auf eine andere Zahl Puncte sich das Empfindungsquantum im Allgemeinen ändert.

Nun fragt sich, nimmt das Empfindungsquantum ab oder zu durch die Vertheilung? Die Antwort ist: je nach den Fällen.

Wenn wir einen stark concentrirten Reiz auf die doppelte Zahl Puncte vertheilen, verdoppelt sich merklich das Empfindungsquantum, und wächst überhaupt bei nicht zu starker Vertheilung eines starken Reizes merklich im Verhältnisse der Vertheilung; bei zu weit getriebener Vertheilung aber nimmt es wieder ab, und immer lässt sich die Vertheilung so weit treiben, dass es unmerklich wird.

In der That, setzen wir β sehr gross, und n nicht zu gross, so können wir $\log n$ merklich gegen $\log \beta$ vernachlässigen; dann wird G das $n$fache von γ. Lassen wir aber n immer mehr wachsen, so wird endlich $\log n = \log \beta$, womit die Empfindung Null wird, und wächst n noch weiter, so sinkt G gar ins Negative, das ist Unbewusste.

Den Fall einer Vergrösserung der Empfindungssumme durch die Vertheilung eines starken Reizes können wir uns an einem recht hellen Sterne erläutern. Wenn ein Stern photometrisch recht hell ist, macht es für die Empfindung wenig Unterschied, ob man sein Licht verdoppelt oder halbirt. Denn seine Empfindung $\log \beta$ geht dadurch in $\log 2\beta$ oder $\log \frac{\beta}{2}$ über: für Ersteres kann man schreiben $\log \beta + \log 2$, für Letzteres $\log \beta - \log 2$; ist aber β gross, so ist $\log 2$ gegen $\log \beta$ zu vernachlässigen. Daher auch die grosse Schwierigkeit, starke photometrische Intensitäten genau photometrisch zu vergleichen, da der Vergleich doch nur mittelst der Empfindung geschehen kann. Denken wir uns nun einen so hellen Stern, dass er für die Empfindung in keinem erheblichen Verhältnisse sich verdunkelt, wenn man sein Licht halbirt, und das weggenommene Licht zur Herstellung eines anderen Sternes verwendet; so werden wir jetzt zwei Sterne mit merklich gleicher Helligkeit als den ersten sehen, und also durch Vertheilung auf zwei Puncte die Summe empfundener Helligkeit merklich verdoppelt sehen.

Dass durch zunehmende Vertheilung des Reizes die Empfindung endlich Null und darüber hinaus negativ werden muss, folgt natürlich daraus, dass der Reiz durch die wachsende Vertheilung endlich auf den Schwellenwerth und darüber hinaus unter denselben kommen muss. Nach der Vertheilungsformel tritt der Nullwerth der vertheilten Empfindung G dann ein, wenn $\log n = \log \beta$. In der That entspricht diess dem Puncte, wo der ursprüngliche Reiz β auf den Schwellenwerth 1 herabgekommen ist. Im Falle der Lichtempfindung lässt sich dieser Fall nicht an der absoluten Lichtempfindung nachweisen, weil das Augenschwarz immer über der Schwelle bleibt, und sich nicht vertheilen lässt, sondern nur an der Differenz der äusserlich erweckten Lichtempfindung von dem Augenschwarz; ausserdem aber findet man wirklich überall, dass ein Reiz nur hinreichend vertheilt zu werden braucht, um für die Empfindung unmerklich zu werden.

Wenn durch Vertheilung eines starken Reizes das Empfindungsquantum bis zu gewissen Gränzen zunimmt, darüber hinaus abnimmt, so muss es ein Vertheilungsverhältniss n geben, was wir N nennen wollen, wo es das grösstmögliche ist. Dieses Vertheilungsverhältniss findet sich nach bekannter Regel durch Differenzirung des Werthes G bezüglich n und Nullsetzung des Differenziales. So erhält man

$$N = \frac{\beta}{e}$$

wo e gleich der Grundzahl der natürlichen Logarithmen.

Diese Formel sagt uns zuvörderst, dass das günstigste Vertheilungsverhältniss der Intensität des Reizes β proportional ist. Ist also eine gegebene Anzahl Puncte mit gegebener Intensität gereizt, so wird bei doppelter Intensität die Vertheilung auf die doppelte Zahl Puncte geschehen müssen, um das grösstmögliche Quantum Empfindung zu erzeugen.

Sie sagt uns zweitens, dass die Zahl, welche das günstigste Vertheilungsverhältniss ausdrückt, gefunden wird, wenn der Fundamentalwerth, welchen der Reiz vor der Vertheilung hat*), mit der Grundzahl der natürlichen Logarithmen $e = 2,71828\ldots$ dividirt oder mit $0,36788\ldots$ multiplicirt wird. Mag der Reiz stark oder schwach sein, immer wird man hiedurch die vortheilhafteste Vertheilung erhalten. Sie sagt uns drittens, dass, je nachdem das Verhältniss des Reizes zu seinem Schwellenwerthe grösser oder kleiner als $2,71828\ldots$ ist, der Reiz sich auf mehr Puncte ausbreiten oder auf weniger concentriren muss, um das vortheilhafteste Vertheilungsverhältniss zu erzielen; denn erstenfalls fällt N grösser aus als 1, letztenfalls kleiner.

---

*) Da $b = 1$ gesetzt ist, drückt β hier überall Fundamentalwerthe aus.

Zwischen beiden Fällen liegt der Fall, wo β gerade $= e$, d. i., wo eben das günstigste Vertheilungsverhältniss schon besteht.

Nun liegt beim Werthe $\beta = e$ der Cardinalwerth des Reizes und der Empfindung, wo das relative Maximum der Empfindung zum Reize stattfindet; und so finden wir hier das früher (Kap. 12) gefundene Resultat nur auf etwas anderem Wege wieder, dass der Reiz am vortheilhaftesten für Erzeugung der grösstmöglichen Empfindung wirkt, wenn er mit der Intensität des Cardinalwerthes wirkt. Hat er gerade diese Intensität, so ist er weder zu concentriren, noch zu vertheilen, um das grösstmögliche Empfindungsquantum zu geben.

Das grösstmögliche Quantum selbst, was bei dem Vertheilungswerthe $N = \frac{\beta}{e}$ stattfindet, erhalten wir, indem wir diesen Werth für n in den Ausdruck für $G = n \log \frac{\beta}{n}$ substituiren. So findet sich als Maximum von G

$$\frac{\beta \log e}{e}$$

d. i.

$$0,15976\,\beta$$

unter Anwendung gemeiner Logarithmen, oder

$$0,36788\,\beta$$

unter Anwendung natürlicher Logarithmen, welche Werthe deshalb von einander abweichen, weil sich unsere, zum Fundamentalwerthe angenommene, Empfindungseinheit, und hiemit auch die Masszahl der Empfindung, nach dem logarithmischen Systeme ändert.

Auch sind vorstehende Ausdrücke, um ihnen einen bestimmten Werth unterzulegen, auf die zu Grunde gelegte Einheit des Empfindungsquantum zu beziehen, welche stattfindet, wenn für alle als Einheit zusammengefasste Puncte vor der Vertheilung die Fundamentaleinheit der Empfindung besteht.

Welches Verhältniss β nun auch der Reiz vor der Vertheilung zu seinem Schwellenwerthe habe, so wird nach vortheilhaftester Vertheilung das Gesammtquantum Empfindung das 0,15996 β-fache dieser Einheit sein, wenn man die Empfindungseinheit bei dem 10fachen der Reizschwelle setzte, hingegen das 0,36788 β-fache, wenn man sie bei dem 2,71828 ... fachen der Reizschwelle setzte.

Indem vor der Vertheilung das Gesammtquantum der Empfindung den Ausdruck $\log \beta$ hatte, haben wir in

$$\frac{\beta}{e}\,\frac{\log e}{\log \beta} \text{ oder } \frac{\beta}{\log \beta}\,\frac{\log e}{e}$$

den Ausdruck für das Verhältniss zwischen dem Quantum der Empfindung nach günstigster Vertheilung und vor der Vertheilung des Reizes, wo die Logarithmen in einem beliebigen Systeme genommen werden können, ohne dass der Werth verschieden ausfällt, da das Verhältniss der Logarithmen gegebener Zahlen in allen logarithmischen Systemen dasselbe ist.

Die Formel $\frac{\beta \log e}{e}$ für das Maximum des Empfindungsquantum, wozu wir oben gelangt sind, ist aus mehreren Gesichtspuncten von Interesse. Der Reiz β tritt hier aus dem logarithmischen Verhältnisse heraus, und die Empfindung wird demselben einfach proportional, da $\log e$ und e Constanten sind. Hienach ist man principiell im Stande, das Gesammtquantum der Empfindung der dazu verwandten Reizgrösse wirklich ganz proportional steigen zu lassen, wenn man nur den Reiz fortgehends so vertheilt, dass immer das Maximum der Empfindung dadurch gewonnen wird.

Wendet man natürliche Logarithmen an, womit $\log e = 1$ wird, so erhält das Empfindungsmaximum denselben Ausdruck $\frac{\beta}{e}$ als die Vertheilungszahl N, bei der dieses Maximum eintritt.

Je nachdem β grösser oder kleiner als e, ist unter derselben Voraussetzung das Maximum das Empfindungsquantum, was sich mit gegebenem β erreichen lässt, grösser oder kleiner als die Einheit des Empfindungsquantum, und für $\beta = e$ dieser Einheit gerade gleich.

Unter und über dem vortheilhaftesten Vertheilungsgrade müssen sich zwei Vertheilungsgrade entsprechen, welche ein gleiches Empfindungsquantum geben.

Gehen wir von irgend einem Vertheilungsgrade als ursprünglichen aus, in dem das Empfindungsquantum $\log \beta$, so ist es nach der Vertheilung auf die $n$fache Zahl Puncte $n \log \frac{\beta}{n}$, und für den Fall, dass beide Vertheilungen ein gleiches Empfindungsquantum geben sollen

$$\log \beta = n \log \frac{\beta}{n}$$

zu setzen, aus welcher Gleichung n zu bestimmen ist, um damit das Verhältniss zu haben, in dem sich der Reiz von der ersten Vertheilung zur zweiten weiter zu vertheilen hat. Nach einigen analytischen Operationen mit Rücksicht auf die Eigenschaften der Logarithmen und Potenzen führt diess schliesslich zu

$$\beta = n^{\frac{n}{n-1}}$$

eine Formel, welche unsere Aufgabe insofern löst, als sie gestattet, für jedes Vertheilungsverhältniss n, was das bei der ursprünglichen Vertheilung 1 stattfindende Empfindungsquantum wieder herstellt, den zugehörigen Reizwerth β (im Verhältnisse zu seinem Schwellenwerthe verstanden) zu berechnen, und mit der früher S. 55 gefundenen übereinkommt. Setzt man z. B. $n = 2$, so ist $\beta = 4$; d. h. wenn ein Reiz, dessen Intensität das Vierfache seines Schwellenwerthes beträgt, sich auf die doppelte Zahl Puncte vertheilt, so findet dasselbe Empfindungsquantum als ohne Vertheilung statt, welches aber beidesfalls kleiner ist, als das Maximum des Empfindungsquantum. Indem nun 1 bei hohem n merklich gegen n verschwindet, vereinfacht sich für diesen Fall die Formel zu folgender Approximativformel

$$n = \beta$$

welche sagt: ein Reiz muss, um nach starker Vertheilung dasselbe Empfindungsquantum als ohne Vertheilung zu geben, in einem Verhältnisse vertheilt werden, welches seinem Verhältnisse zum Schwellenwerthe nahe kommt, d. h. selbst fast bis zum Schwellenwerthe herabkommen, wobei die grosse Zahl der gereizten Puncte die Schwächung der Intensität compensirt.

Die Herleitung der allgemeinen Formel $n^{\frac{n}{n-1}} = \beta$ aus der Gleichung $\log \beta = n \log \frac{\beta}{n}$ ist diese:

Zunächst lässt sich letztere Gleichung in

$$\log \beta = \log \left(\frac{\beta}{n}\right)^n$$

umwandeln, woraus folgt

$$\beta = \left(\frac{\beta}{n}\right)^n = \frac{\beta^n}{n^n}$$

$$n^n = \beta^{n-1}$$

$$n^{\frac{n}{n-1}} = \beta.$$

Obwohl wir bis jetzt keine Mittel besitzen, die vorigen Maximumbestimmungen durch directe Erfahrung zu bewähren, so hängen sie doch nothwendig mit ihren Voraussetzungen zusammen, und lassen sich gleich gültig als sie ansehen. Nun bietet sich eine Frage von Interesse dar. Ist die Lichtempfindung, die unabhängig vom äusseren Lichtreize normalerweise im Auge besteht, die Empfindung des Augenschwarz, unter oder über der vortheilhaftest möglichen. Der nähere Sinn der Frage ist dieser:

Wodurch auch die Empfindung des Schwarz in uns erregt wird, insofern sie nach den früheren Erörterungen noch als eine vom Nichtssehen wohl zu unterscheidende geringe Lichtempfindung anzusehen, können wir auch in jener inneren Ursache das Aequivalent eines äusseren Lichtreizes sehen, welcher im Stande gewesen sein würde, dieselbe schwache Lichtempfindung zu erzeugen. Nun würde ein solcher bei gegebener Grösse das Maximum der Empfindung erzeugt haben, wenn er so vertheilt gewesen, dass seine Intensität gleich dem 2,71828 ... fachen seines Schwellenwerthes, und damit würde eine gewisse Intensität der Lichtempfindung entstehen. Es fragt sich dann, ist das Schwarz im Auge heller oder dunkler als diese vortheilhafteste Intensität? — Oder auch, wenn wir unmittelbar auf die psychophysische Thätigkeit reflectiren, an welcher die innere Lichtempfindung hängt, würde die Summe derselben wachsen oder abnehmen, wenn diese Thätigkeit sich mehr vertheilte oder concentrirte?

Obwohl wir hierüber nicht sicher entscheiden können, so scheint mir doch das Zusammentreffen zweier Gesichtspuncte eine gewisse Wahrscheinlichkeit zu begründen, dass das tiefste Schwarz des Auges gerade der vortheilhaftesten Intensität entspricht, so dass bei jeder inneren Erhellung desselben — und in der That kann sich das Schwarz durch innere wie durch äussere Ursachen erhellen — ein Verlust insofern entsteht, als die psychophysische Thätigkeit, welche diese Erhellung bewirkt, durch grössere Vertheilung eine grössere Summe von Empfindung erzeugt haben würde, bei jedem Herabgehen unter das tiefste Schwarz aber nicht minder ein Verlust entsteht, indem die Gesichtsempfindung dann überhaupt sich dem Erlöschen nähern würde, eine Annäherung, die wir an den Gränzen des Gesichtsfeldes im geschlossenen Auge wirklich beobachten.

Zuvörderst nämlich muss die Frage jedenfalls aufgeworfen werden, was geschehen würde, wenn sich die Ursache des inneren Lichtes dem Schwellenwerthe noch mehr nähern sollte, als es beim tiefsten Schwarz des Auges, was vorkommt, der Fall. Unmöglich kann das Schwarz sich bis zum Schwellenwerthe weiter vertiefen, weil hier die Gesichtsempfindung vielmehr aufhört, wogegen ein vertieftes Schwarz immer noch Gesichtsempfindung ist. Es muss also einen Wendepunct oberhalb der Schwelle geben, von wo an das Schwarz in Undeutlichkeit überzugehen anfängt, und man wüsste nicht, woran man diesen Wendepunct knüpfen sollte, wenn es nicht unsere Maximumintensität ist, von der ab ein Verlust in anderem Sinne als oberhalb erlitten wird. Empfinden wir doch in gewissem Sinne das tiefste Schwarz wirklich als ein Maximum.

Sollten nicht übrigens die blassen, farblosen Bilder und Schemate, die unseren gewöhnlichen Vorstellungslauf begleiten, und von denen wir doch nicht sagen können, dass sie schwarz erscheinen, jenem Intervalle zwischen der Schwelle und dem Maximumpuncte angehören?

Zum vorigen tritt folgender Gesichtspunct:

Wir finden sonst allgemein die Einrichtungen so in unserem Organismus getroffen, dass mit möglichst wenig Aufwand von Kraft und Mitteln möglichst grosse Leistungen vollzogen werden. Sollte nun wirklich das Schwarz des von Aussen ungereizten Auges jenem Maximum-Werthe entsprechen, so wäre der Fall damit verwirklicht, dass mit möglichst wenig Aufwand inneren Reizes oder äquivalenter lebendiger Kraft der psychophysischen Thätigkeit doch eine möglichst grosse Empfindungssumme erzeugt würde.

Natürlich bleibt diess Alles für jetzt doch nur Hypothese. Sollte sie aber triftig sein, so würden wir, — und diess ist ein neuer Gesichtspunct von Interesse, der wohl veranlassen kann, dem Gegenstande weiter nachzuforschen — im tiefsten Schwarz, was in unserem Auge besteht, zugleich die natürliche Fundamentaleinheit der Lichtempfindung repräsentirt finden, auf die wir früher aus rein mathematischem Gesichtspuncte geführt wurden.

Ausserdem könnten wir das Paradoxon aussprechen, dass das schwärzeste Nachtdunkel die grösstmögliche Helligkeit gewährt, die grösstmögliche nämlich, die sich mit demselben Quantum Lichtreizes erreichen lässt.

Ferner kann man bemerken, dass unter dieser Voraussetzung die schwächsten Lichtempfindungen und Lichterregungen, welche das Augenschwarz übersteigen, einander merklich proportional gehen würden, da um den Cardinalwerth der Empfindung diese Proportionalität nach Früherem stattfindet.

Aehnliche Verhältnisse, als in Betreff der Vertheilung des Reizes durch den Raum müssen auch in Betreff der Vertheilung desselben durch die Zeit stattfinden, und es ist nach einer ganz analogen Herleitung dieselbe Formel massgebend dafür. Man wird weder das grösste Empfindungsquantum erlangen, wenn man einen Reiz zu concentrirt auf einmal, noch wenn man ihn in zu grosser Verdünnung allmälig einwirken lässt. Sondern das Maximum wird er leisten, wenn er mit der 2,718... fachen Stärke seines Schwellenwerthes wirkt. Hiemit ist nicht gesagt, dass er immer in derselben Intensität wirken müsse, falls der Zustand der Reizempfänglichkeit des Organismus, von welchem der Schwellenwerth des Reizes selbst wesentlich abhängt, sich ändern sollte, vielmehr, nach Massgabe als die Reizempfänglichkeit sich abstumpft und hiemit das *b* der Massformel steigt, wird auch der Reiz steigen müssen, um noch das Maximum von Empfindung zu erzeugen.

Dieselben Principien werden in folgenden Fällen zur Anwendung kommen.

Jeder weiss, dass ein Genussmittel, welches es auch sei, gar zu vertheilt nach Raum und Zeit, sei es zwischen verschiedenen Menschen, sei es in demselben Menschen, im Ganzen keinen erheblichen Genuss gewährt, nicht minder aber auch, dass es nicht dienlich ist, ein Genussmittel auf einen Menschen oder eine Zeit zu sehr zu häufen. Unsere Formel enthält das Princip des rechten Masses, wenn schon eine wirkliche Rechnung danach nicht irgendwie ausführbar sein möchte, und bei einer solchen auch die schnellere Abstumpfung der Reizbarkeit durch gehäuften Reiz mit in Rechnung zu nehmen wäre.

Soll Geld oder Gut, was als Erregungsmittel einer Summe werthvoller Empfindungen zu betrachten ist, vertheilt werden, so liegt zuvörderst in dem durch unsere Formeln dargestellten Principe begründet, dass man das Meiste mit dieser *fortune physique* für die *fortune morale* leistet, wenn man es den Aermsten zertheilt, aber weder eine zu grosse Zertheilung, noch eine zu grosse Concentrirung wird dabei das Vortheilhafteste sein. Der Güterbesitz, wo der Mensch eben nothdürftig auskommt, möchte als der Schwellenwerth des Besitzes bei Formeln, die man auf diesen Fall anwenden wollte, zu betrachten sein.

Lassen wir in unserer Vertheilungsformel n einen Bruchwerth bedeuten, so gilt sie für den Fall, dass ein Reiz statt in dem Verhältnisse n vertheilt zu werden, vielmehr in diesem Verhältnisse concentrirt wird.

Hieraus lässt sich ein interessantes Resultat ziehen. Gesetzt ein Reiz concentrirt sich immer mehr auf einen Raum- oder Zeitpunct, so ist die Gränze ein unendliches Concentrationsverhältniss; dann wird $n = \frac{1}{\infty}$ und die Vertheilungsformel giebt $G = \frac{1}{\infty} \log \infty = 0$. Bekanntlich nämlich lässt die mathematische Analyse den Ausdruck $\frac{1}{\infty} \log \infty = 0$ finden.

Dieses Resultat lässt sich nicht rein in der Erfahrung herstellen, weil jeder Reiz, selbst wenn er unmittelbar nur einen einfachen Punct trifft oder zu treffen scheint, doch in einer gewissen Ausdehnung um sich wirkt, irradiirt, so wie mit einer gewissen Nachdauer wirkt, nachklingt, so dass selbst das Punctbild des Sterns strahlig oder als kleiner Kreis erscheint, die Berührung einer Nadelspitze durch Fortpflanzung des Druckes in einem gewissen Umkreise empfunden wird, der momentane Blitz sein Nachbild im Auge, jeder Knall seinen Nachhall im Ohre hinterlässt. Doch kann man die allein mögliche Annäherung an das Resultat darin finden, dass z. B. jeder es vorziehen wird, einen Zahn mit einem Rucke, als sehr langsam ausziehen zu lassen, und jeder instinctiv den schnellsten Tod durch das gewaltsamste Mittel einer langsamen Tödtung vorzieht.

Das Bisherige betraf die aus der Massformel folgende Abhängigkeit des Empfindungsquantum von der Vertheilungsgrösse, wobei eine gleichförmige Vertheilung des Reizes vorausgesetzt wurde; eine andere Folgerung der Massformel betrifft die Abhängigkeit von der Vertheilungsweise des Reizes. Diese Folgerung beruht darin, dass die Gesammtgrösse der Empfindung ein Maximum wird für möglichst gleichförmige Vertheilung des Reizes.

Zunächst erinnere ich an folgenden Satz:

Wenn eine Summe von n Zahlen $a, b, c \ldots. = S$ gegeben ist, so ist das Product der Zahlen das grösstmögliche, wenn alle Zahlen $a, b, c \ldots.$ einander und mithin dem Mittelwerthe $\frac{S}{n}$ gleich sind.

Z. B. die Summe S sei 12, und der Zahlen seien 3, so wird das Maximumproduct erhalten durch $4 . 4 . 4 = 64$. Das Product $6 . 4 . 2$ würde nur 48, das Product $7 . 4 . 1$ nur 28 geben u. s. f. Dieser Satz gilt auch für Brüche. Wenn z. B. die Zahl 1 in 3 Brüche getheilt wird, so geben $\frac{1}{3} . \frac{1}{3} . \frac{1}{3}$ das Maximum.

Fügen wir nun noch die Erinnerung hinzu, dass die Summe der Logarithmen gegebener Zahlen gleich dem Logarithmus ihres Productes ist und die Zahlen mit den Logarithmen wachsen und abnehmen, so wird die folgende Ableitung keine Schwierigkeit mehr darbieten.

Gesetzt man hat n empfindende Puncte, welche respectiv mit den Intensitäten $\beta, \beta', \beta'' \ldots$ gereizt sind, deren Summe S ist, so wird folgendes die Gesammtsumme der Empfindung sein

$$\log \beta + \log \beta' + \log \beta'' \ldots = \log \beta \beta' \beta'' \ldots$$

Das Maximum des Productes $\beta \beta' \beta'' \ldots$ wird nach obigem Satze erhalten, wenn $\beta = \beta' = \beta'' \ldots = \frac{S}{n}$, und hiemit also auch das Maximum von $\log \beta \beta' \beta'' \ldots$, und hiemit das Maximum des Gesammtquantum der Empfindung.

Wenn alle Puncte einer gereizten Fläche sich oberhalb der Schwelle befinden, so unterliegt die Anwendung des vorigen Satzes keiner Schwierigkeit. Wenn aber ein Reiz, der durch gleichförmige Vertheilung über eine grosse Fläche oder durch eine lange Zeit unter die Schwelle treten und also keine bewusste Empfindung geben würde, durch Concentration auf einzelne Puncte dieser Fläche oder Zeit über die Schwelle tritt, so giebt er trotz seiner jetzt ungleichförmigen Vertheilung eine bewusste Empfindung, was dem vorigen Satze zu widersprechen scheint.

Diese Schwierigkeit hebt sich durch folgende Betrachtung: Wenn unter vorigen Voraussetzungen durch die ungleichförmige Vertheilung ein positives bewusstes Empfindungsquantum für gewisse Puncte entsteht, so wächst von anderer Seite die Vertiefung des Unbewusstseins durch Entziehung des Reizes um so mehr für die übrigen Puncte, welche Vertiefung für die Gesammtheit derselben ihr mathematisches Mass in einem negativen Empfindungsquantum findet, und der Ueberschuss dieses negativen Empfindungsquantum über das positive übersteigt bei der ungleichförmigen Vertheilung das vorausgesetzte negative Empfindungsquantum bei der gleichförmigen. So bleibt die mathematische Richtigkeit des Satzes in Kraft, der nur auf dieses mathematische Verhältniss oder die algebraische Summe bewusster und unbewusster Empfindung geht. Insofern es aber gilt, bewusste und unbewusste Empfindung besonders in das Auge zu fassen, kann er keine Anwendung finden, das Maximum bewusster Empfindung besonders zu bestimmen. Vielmehr zeigt sich, dass es von Vortheil sein kann, einen Reiz in der Art ungleichförmig zu vertheilen, dass gewisse Puncte über die Schwelle treten auf Kosten anderer, die dadurch um so tiefer unter die Schwelle sinken.

Fragt man nun, was das Vortheilhafteste ist, um das grösstmögliche Quantum positiver bewusster Empfindung zu erlangen, ohne Rücksicht auf das Quantum negativer unbewusster Empfindung, was dadurch von der anderen Seite entsteht, so wird man auf die schon gegebenen Bestimmungen zurückgeführt und es wird am vortheilhaftesten sein, wenn die Vertheilungsgrösse und Vertheilungsweise über eine unbestimmt grosse Fläche oder Zeit frei steht, so viel von dieser Fläche oder Zeit unter die Schwelle treten zu lassen, dass der Theil, der sich oberhalb der Schwelle befindet, mit dem 2,71828 . . . fachen seines Schwellenwerthes und möglichst gleichförmig über seine ganze Oberfläche gereizt ist.

Im Uebrigen ist vorgreiflich zu erinnern, was alsbald seine weitere Ausführung finden wird, dass die Seele ausser von Summen auch von Unterschieden der Empfindung afficirt wird, und dass die Empfindung der Unterschiede nicht als etwas in der Summenwirkung Aufgehendes, sondern als etwas Hinzutretendes anzusehen ist; also auch die ganze Empfindungsleistung differenter Reize nicht auf ihre Summenwirkung zurückführbar ist. Aber diese Summenwirkung ist ein Theil oder eine Seite der ganzen Leistung, und die Klarheit fodert, ein Moment derselben nach dem anderen insbesondere in Betracht zu ziehen, insofern es einer abgesonderten Betrachtung fähig ist.

XXII. Unterscheidung von Empfindungsunterschieden und Contrastempfindungen.

Ausser der Summe der Empfindungen, welche in Abhängigkeit von der Summe und Vertheilungsweise des Reizes über verschiedene Zeit- oder Raumpuncte statt hat, gilt es auch, den Unterschied der Empfindungen nach seiner Abhängigkeit von der Verschiedenheit der Reizung an diesen Puncten in Betracht zu ziehen. Aber ehe wir die hierauf bezüglichen Formeln aufstellen, wird es nöthig sein, eine Unterscheidung zu machen, die bisher nicht besonders hervorgehoben worden ist, und die doch wichtig ist.

Eine Empfindung kann sich recht wohl von einer anderen unterscheiden, ohne dass der Unterschied deshalb als Unterschied empfunden wird, ins Bewusstsein tritt. Diess leuchtet unmittelbar bei Empfindungen ein, die in verschiedenen Individuen bestehen. So gross der Unterschied derselben sein mag, er kann doch nicht empfunden werden, sondern die eine Empfindung wird empfunden, die andere wird empfunden, aber der Unterschied derselben wird nicht empfunden, da dazu gehörte, dass die eine mit der anderen in dasselbe Bewusstsein fällt. Nicht minder leuchtet es ein bei Unterschieden von Empfindungen desselben Individuums, die in der Zeit so weit aus einander liegen, dass die eine vergessen ist, wenn die andere eintritt. Zwar ist hier ein gemeinsames Bewusstsein für beide da, aber indem keine Erinnerung von einer zur anderen hinüberreicht, fehlt offenbar ein Band im Bewusstsein, was zur Auffassung eines Unterschiedes derselben wesentlich ist. Und so kann ihr Unterschied eben so wie in zwei verschiedenen Individuen bestehen, und kann doch auch nicht als Unterschied empfunden werden.

Zwei verschiedene Empfindungen werden überhaupt stets entweder auf der Erregung verschiedener Theile eines empfindenden Organes, wie des Auges, der Haut, beruhen, insofern verschiedenen Räumen zugehören, oder werden successiv in verschiedenen Zeiten erregt sein, insofern verschiedenen Zeiten angehören, oder endlich sie werden verschiedenen Räumen und Zeiten zugleich angehören, und die Raum- und Zeitverhältnisse ihrer Erregung werden allwegs einen Einfluss äussern, ob und wie der Unterschied empfunden wird, indess der wirkliche Unterschied der Empfindungen blos von ihrer wirklichen Grösse, aber gar nicht von den äusseren Verhältnissen ihrer Erregungsweise abhängt. So gilt allgemein, dass der Unterschied simultan mit verschiedenen Organen oder verschiedenen Theilen eines Organes aufgefasster Componenten minder leicht merklich ist, als successiv mit denselben Theilen aufgefasster, wenn die Zwischenzeit nicht zu gross ist, und das allgemeine Vorkommen und die Abänderung constanter Fehler je nach Abänderung der Raum- und Zeitlage der Componenten lässt uns überall den grossen Einfluss dieser Verhältnisse auf die Weise, wie Unterschiede empfunden werden, anerkennen.

Also müssen wir die Möglichkeit und das Dasein verschiedener Empfindungen zugestehen, deren Unterschied doch nicht in das Bewusstsein fällt, und dürfen die Empfindung eines Unterschiedes nicht ohne Weiteres mit dem Unterschiede von Empfindungen identificiren, wenn schon, unter sonst gleichen Umständen, ein stärkerer Unterschied zwischen Empfindungen auch eine stärkere Empfindung des Unterschiedes mitführt, so dass unter Umständen beide einer gemeinsamen Betrachtung unterliegen können. Im Allgemeinen aber ist der Unterschied festzuhalten zwischen Unterschieden, welche zwischen Empfindungen bestehen, ohne als Unterschiede aufgefasst zu werden, und solchen, welche wirklich als Unterschiede ins Bewusstsein treten. Beide sollen, wo es ihre Unterscheidung gilt, als Empfindungsunterschiede schlechthin oder im engeren Sinne und als empfundene Unterschiede oder Empfindungen von Unterschieden bezeichnet werden; auch werden wir für letztere den Ausdruck Contrastempfindungen brauchen können, da das, was man Contrast nennt, wesentlich mit einem, der Empfindung unterliegenden, Unterschiede von Eindrücken, Reizen zusammenfällt. Doch wird Vorstehendes nicht hindern, da, wo es nicht sowohl auf eine Gegeneinanderstellung von Empfindungsunterschieden im eben angegebenen engeren Sinne und empfundenen Unterschieden als vielmehr auf eine gemeinsame Betrachtung derselben ankommt, wie bisher den Namen Empfindungsunterschiede im weiteren Sinne als den allgemeineren für beide zu gebrauchen, indem sich kaum eine andere gemeinsame Bezeichnung für beide finden lassen dürfte und der Zusammenhang doch nicht leicht eine Zweideutigkeit über den Sinn des Gebrauches lassen dürfte.

Mit voriger Unterscheidung löst sich folgender scheinbare Widerspruch.

Lassen wir einen Ton oder ein Licht oberhalb der Schwelle an Stärke immer mehr wachsen, so spüren wir das continuirliche Anwachsen durch alle Zwischenwerthe vom niederen zum höheren Werthe, und jeder kleinste Zuwachs des Reizes bewirkt nothwendig einen Zuwachs der Empfindung, da nur so die Empfindung vom niederen zum höheren Werthe aufsteigen kann. Also wird jeder kleinste Reizzuwachs oder Reizunterschied in einem entsprechenden Empfindungszuwachse, Empfindungsunterschiede gespürt. Von anderer Seite aber hat uns die Thatsache der Unterschiedsschwelle bewiesen, dass nicht jeder kleinste Reizzuwachs, Reizunterschied oberhalb der Schwelle gespürt wird, sondern dass es einer gewissen Grösse desselben bedarf, sonst ist er unmerklich. Ein zu kleiner Licht-, Gewichtsunterschied wird nicht gespürt. Die ganze Methode der eben merklichen Unterschiede beruht hierauf.

Hier scheinen sich zwei Thatsachen direct zu widersprechen. Nach der ersten wird jeder kleinste Reizunterschied oberhalb der Schwelle gespürt, nach der zweiten wird er nicht gespürt, sondern bedarf erst einer gewissen endlichen Grösse. Aber Thatsachen können sich nicht in Wahrheit widersprechen, sondern der Widerspruch kann nur in unserer Auffassung ruhen, indem wir identificiren, was nicht identisch ist, und so löst sich denn jener scheinbare Widerspruch einfach dadurch, dass wir beachten, es handelt sich einesfalls um einen blossen Empfindungsunterschied, zweitenfalls um einen empfundenen Unterschied; die Unterschiedsschwelle aber ist blos eine Sache des letzteren.

In der That, wenn der Ton oder das Licht continuirlich wächst, wächst zwar die Empfindung mit, und wir vermögen uns wohl der gewachsenen Empfindung, nicht aber des Wachsthums als eines solchen besonders bewusst zu werden, der Unterschied geht, wie wir uns ausdrücken mögen, in der Empfindung ununterscheidbar auf, bis das Wachsthum eine gewisse Grösse erreicht oder überschreitet; dann können wir uns auch noch besonders bewusst werden, dass die spätere Empfindung grösser als die frühere ist, und nach dem Continuitätsprincipe den Schluss ziehen, dass sie auch bis dahin durch alle Zwischengrade gewachsen sein musste, ohne dass wir doch das Wachsthum durch die kleinsten Differenzen mit besonderen Empfindungen verfolgen konnten.

Hienach können wir auch die Empfindungsunterschiede im engeren Sinne, sofern sie zwischen und mit den Empfindungen bestehen, ohne doch als Unterschiede empfunden zu werden, und die wirklich als solche empfundenen Unterschiede als in der Empfindung aufgehende und besonders aufgefasste Empfindungsunterschiede unterscheiden.

Man kann bemerken, dass in dem Falle, wo jeder kleinste Unterschied zwischen zwei Empfindungen wirklich empfunden würde, die Unterscheidung zwischen Empfindungsunterschieden und empfundenen Unterschieden müssig sein, vielmehr der empfundene Unterschied mit dem Empfindungsunterschiede zusammenfallen würde. Nun kann man sich unter allen möglichen Weisen, wie ein Unterschied empfunden werden kann, auch den Fall als Gränzfall denken, dass wirklich schon der kleinste Unterschied, der besteht, auch empfunden würde, welches den grösstmöglichen Grad der Unterschiedsempfindlichkeit bezeichnen würde. Insofern kann ein Empfindungsunterschied stets mit einem solchen Gränzfalle identificirt werden, und Gesetze und Verhältnisse bezüglich der Abhängigkeit der Empfindungswerthe von den Verhältnissen der Reize, welche für jeden Grad der Empfindlichkeit gleich gültig bleiben, auch wenn sie nur an empfundenen Unterschieden constatirt werden konnten, doch eine Uebertragung auf Empfindungsunterschiede gestatten, da wir uns die Empfindlichkeit blos bis zu ihrer Gränze gesteigert zu denken hätten, um die Grösse des empfundenen Unterschiedes mit der des Empfindungsunterschiedes zusammenfallen zu sehen. So hat das Weber'sche Gesetz nur an empfundenen Unterschieden bewährt werden können; aber diess hindert nicht, es auch für Empfindungsunterschiede im engeren Sinne triftig zu halten, und unter Zuziehung des mathematischen Hülfsprincips die Fundamentalformel für kleine Empfindungsunterschiede daraus abzuleiten, welche dann weiter zur Massformel und zu der im folgenden Kapitel zu betrachtenden Unterschiedsformel führt.

Die Auffassung eines Unterschiedes von Empfindungen ist ein besonderer Bewusstseinsact, der, wie wir gesehen, in und mit dem Dasein der Empfindungen nicht von selbst gegeben ist, sondern noch besondere Bedingungen zum Zustandekommen fodert. Wir können ihn einen höheren Bewusstseinsact als die einfache Auffassung einer Empfindung nennen, sofern er einen Vergleich zwischen einer Mehrheit von Empfindungen, also das Bewusstsein einer Beziehung zwischen denselben, voraussetzt.

Der Begriff der geistigen Höhe tritt hier zum erstenmale nach dem von uns eingeschlagenen Gange auf, und dieses erste Auftreten ist wie jeder Anfang zu beachten. Wir verstehen diesen Begriff fortan allgemein so, dass, wenn *A* die bewusste Beziehung oder Verknüpfung zwischen den Phänomenen *a* und *b* concret einschliesst oder abstract ist, *A* höher als *a* und *b* genannt wird. Wonach unsere ganze Seele, welche die bewusste Beziehung aller ihrer Phänomene einschliesst, das concret Höchste, die Bewusstseinseinheit in uns das abstract Höchste, eine einfache Empfindung überhaupt das Niedrigste ist, was es in uns giebt. In der That haben wir den Unterschied zwischen der abstracten und concreten Fassung der Höhe überall zu machen, je nachdem wir die Beziehung abstract oder das Bezogene mit denken. So können wir auch beim empfundenen Unterschiede die Empfindung des Unterschiedes abstract oder die unterschiedenen Empfindungen mit denken.

Auf eine Auseinandersetzung des ganzen Stufenbaues geistiger Höhe im Menschen ist es jetzt nicht abgesehen, sondern der erste Schritt dieser Leiter und die Richtung des Aufsteigens hat uns zunächst erst zu beschäftigen.

Insofern sich in den folgenden Kapiteln zeigen wird, dass ein empfundener Unterschied des Masses nicht minder fähig ist, als die Empfindungen selbst, zwischen denen er besteht, dass beide Masse getrennt und verbunden werden können; und dass nicht minder auch die Unterschiede zwischen Empfindungsunterschieden empfunden werden können, und diese höheren Empfindungen principiell messbar sind, ist direct dargethan, dass das höhere Geistige, abstract wie concret, dem Masse nicht minder zugänglich ist, als das niedere, und dass es auch an einem Principe hiebei, vom Niederen zum Höheren aufzusteigen, nicht fehlt.

Vertiefen wir die bisherigen Betrachtungen, so werden wir finden, dass die Unterscheidung, die wir zwischen zwei Arten Empfindungsunterschieden zu machen fanden, sich auch auf die

Empfindungen selbst erstreckt, sofern jede Empfindung auch als Empfindungsunterschied von Null und umgekehrt betrachtet werden kann. In der That begegnen wir bei den Empfindungen einer scheinbaren Antinomie derselben Art, als bei den Empfindungsunterschieden, die sich auch auf dieselbe Art lösen lässt.

So wie ein Reiz sich über die Schwelle hebt, tritt nach unserer Massformel Empfindung ein, und wenn er sich noch so wenig über die Schwelle hebt. Aber sich dieser Empfindung in solcher Weise bewusst werden, dass man sie mit anderen, die wir zu einer anderen Zeit haben, oder die in anderen Organtheilen erregt sind, vergleichen und danach von anderen unterscheiden kann, das kann man erst, wenn sie eine gewisse Stärke erreicht hat. Bis dahin mögen wir sie eine in niederem Sinne bewusste, der Kürze halber halbbewusste nennen, darüber hinaus eine höher bewusste, kurz vollbewusste.

Es giebt einen charakteristischen Unterschied zwischen beiden Graden des Bewusstseins. An halbbewusste Empfindungen vermag man sich nicht zu erinnern, an vollbewusste vermag man es. Dieser Unterschied knüpft sich an den Wesensunterschied beider. Um eine Empfindung von einer anderen unterscheiden zu können, muss man sie in Erinnerung über dieselbe superponiren oder mit derselben zusammenhalten können. Die Schwelle des Vollbewusstseins liegt also da, wo die Möglichkeit der Erinnerung erwacht, und hat mithin eine angebbare und sehr wichtige Bedeutung. Unzählige Empfindungen mögen wir als halbbewusste haben, ohne dass wir uns ihrer erinnern können.

Was von Empfindungen gilt, lässt sich auf das ganze Bewusstsein übertragen. Der Moment, wo der Mensch früh Morgens erwacht, ist nicht zugleich der, wo er sich seines Wachens bewusst wird oder bewusst werden kann, sondern dazu muss erst das Wachsein bis zu gewissem Grade gediehen sein oder ein Erweckungsmittel eine gewisse Stärke erreichen. Umgekehrt, wenn jemand einschläft, erlöscht das höhere Bewusstsein, was er von seinem Bewusstsein hat, etwas vor dem vollen Einschlafen. Kein Mensch kann sich je des Momentes erinnern, wo er eingeschlafen und wo er erwacht ist. In der That, man greift wohl, um Schlaf zu erlangen, zum Mittel des Zählens. Schläft man dann wirklich ein, so wird man sich nie erinnern können, welches die letzten Zahlen waren, die man noch gezählt hat, ehe man eingeschlafen ist.

In einer grösseren Dauer scheint der halbbewusste Zustand bei Trunkenheit und Chloroformirung vorzukommen; da sich Trunkene nach vergangenem Rausche oft absolut nicht dessen erinnern können, was während der Trunkenheit mit ihnen vorgegangen ist und sie selbst vorgenommen haben; und da manche Chloroformirte während der Operation über Schmerzen schreien, von denen sie nachher nichts mehr wissen.

Unstreitig kommt es, damit ein Empfindungsunterschied empfunden, eine Empfindung vollbewusst werden, ja, dass sie überhaupt bewusst werden könne, nicht blos auf die Grössenverhältnisse des Reizes, sondern auch den Grad der Aufmerksamkeit an; aber wir setzen hier, wie früher stets, einen gleichen Grad der Spannung der Aufmerksamkeit, so weit sie von Willkühr abhängt, voraus, um blos das, was von der Grösse der Reize abhängt, in Betracht zu ziehen; da von der Repräsentation der Aufmerksamkeit erst in der inneren Psychophysik die Rede sein kann.

Man kann es auffallend finden und könnte es vielleicht *a priori* unmöglich finden, dass Contrastempfindungen, Empfindungen von Unterschieden eben so gut zwischen successiven als simultanen Eindrücken entstehen können, oder selbst zwischen ersteren noch deutlicher ausfallen können, als zwischen letzteren; denn wie kann ein Vergangenes noch sein Verhältniss zu einem Gegenwärtigen geltend machen? Nun haben wir nicht nöthig, uns für jetzt hierüber in Speculationen einzulassen, da unsere Formeln nur auf der Thatsache fussen und auf die Thatsache gehen, und diese jedenfalls besteht. Inzwischen kann darauf hingewiesen werden, dass der vergangene Eindruck unstreitig noch in Nachwirkungen gegenwärtig fortbesteht, die zu den neuen Eindrücken in Beziehung treten, und es ist sehr wohl denkbar, dass successiv auf denselben Organtheil gemachte Eindrücke unter sonst gleichen Umständen deshalb leichter unterschieden werden, als simultan auf verschiedene Organtheile gemachte, weil die sich zeitlich succedirenden Eindrücke auch räumlich sich succedirende und mithin sich nicht mischende Nachwirkungen hinterlassen, wogegen von simultanen Eindrücken Wirkungen abhängig sind, die ineinandergreifen. Doch soll diess hier blos als eine beiläufige Hypothese aufgestellt werden.

XXIII. Die Unterschiedsformel.

Wenn es gilt, den Unterschied zweier Empfindungen zu messen, die durch zwei, in verschiedenen Zeit- oder Raumpuncten einwirkende, Reize hervorgebracht werden, ohne Rücksicht, ob dieser Unterschied empfunden werde, oder nicht, also einen Empfindungsunterschied im engeren Sinne des vorigen Kapitels, nicht einen empfundenen Unterschied zu messen, so kann selbstverständlich nur die Differenz der absoluten Masse, welche für die einzelnen Empfindungen gelten, dazu dienen. Diese Masse sind durch die Massformel gegeben, und es wird also das Mass des Empfindungsunterschiedes einfach als Differenz zweier durch die Massformel gegebenen Werthe zu bestimmen sein.

Seien die beiden Empfindungen, deren Unterschied es zu bestimmen gilt, γ, γ', die zugehörigen Reize β, β', und, um mit der einfachsten Voraussetzung zu beginnen, sei eine gleiche Empfindlichkeit für β, β' angenommen, mithin b für beide constant, so haben wir nach der ersten Form der Massformel S. 12 die beiden Gleichungen

$$\gamma = k\,(\log\beta - \log b)$$
$$\gamma' = k\,(\log\beta' - \log b)$$

mithin als Differenz von beiden

$$\gamma - \gamma' = k\,(\log\beta - \log\beta')$$
$$= k\log\frac{\beta}{\beta'}$$

welche Formel schon S. 14 in derselben Weise abgeleitet wurde. Zu derselben Formel werden wir auch geführt, wenn wir die zweite Form der Massformel $\gamma = k\log\frac{\beta}{b}$ zu Grunde legen, indem wir dann zunächst erhalten

$$\gamma - \gamma' = k\left(\log\frac{\beta}{b} - \log\frac{\beta'}{b}\right),$$

welche Formel sich wiederum dadurch, dass für die Differenz der Logarithmen der Logarithmus des Quotienten gesetzt wird, auf die vorige reducirt.

Diese Formel wollen wir die einfache Unterschiedsformel oder kurz Unterschiedsformel schlechthin nennen.

Anstatt die Unterschiedsformel in angegebener Weise aus der Massformel abzuleiten, kann man sie auch als das Allgemeinere der Massformel unmittelbar durch Integration der Fundamentalformel erhalten, indem dazu genügt, die Integrationsconstante, die bei Ableitung der Massformel durch Setzung der Empfindung gleich Null bei dem Reize b bestimmt wurde, dadurch zu bestimmen, dass wir allgemein die Empfindung $= \gamma'$ bei dem Reizwerthe β' setzen.

Man sieht, dass der Schwellenwerth b aus der Unterschiedsformel verschwunden ist. Wenn also aus Unbekanntschaft mit dem Schwellenwerthe kein absolutes Mass der Empfindung durch die Massformel selbst möglich ist, kann doch die einfache Unterschiedsformel noch dienen, Empfindungsunterschiede ihrer Grösse nach zu vergleichen, so lange die Reizschwelle nur als constant vorausgesetzt werden kann. Man sieht ferner, dass der Empfindungsunterschied allgemein nicht eine Function des Reizunterschiedes, sondern Reizverhältnisses ist, indem er dem Logarithmus desselben proportional ist.

Hier scheint sich ein Widerspruch darzubieten. Soll unsere Formel allgemeine Gültigkeit behaupten, so muss sie für kleine wie grosse Unterschiede gelten, aber nach der Fundamentalformel gilt für kleine Unterschiede der Ausdruck

$$d\gamma = K \frac{d\beta}{\beta}$$

wonach der Empfindungsunterschied vielmehr dem relativen Reizunterschiede als dem Logarithmus des Reizverhältnisses proportional geht, was allgemein gesprochen sehr verschiedene Verhältnisse sind. Inzwischen lässt sich wie folgt zeigen, dass für den Fall sehr kleiner Empfindungsunterschiede beide Verhältnisse übereinkommen, so dass für diesen Fall die Unterschiedsformel auf die Fundamentalformel zurückkommt.

Seien zwei Empfindungen γ und $\gamma + d\gamma$, von denen sich die zweite nur durch den kleinen Zuwachs $d\gamma$ von der ersten unterscheidet, und seien die zugehörigen Reize β und $\beta + d\beta$, welche sich nur durch die kleine Grösse $d\beta$ unterscheiden, so haben wir, indem wir $\gamma + d\gamma$ und γ als zwei unterschiedene Empfindungen, $\beta + d\beta$ und β als die zugehörigen Reize in die Unterschiedsformel substituiren, zunächst

$$d\gamma = k \log\left(\frac{\beta + d\beta}{\beta}\right) = k \log\left(1 + \frac{d\beta}{\beta}\right)$$

Da aber $\frac{d\beta}{\beta}$ sehr klein ist, so können wir nach S. 5 für $\log\left(1 + \frac{d\beta}{\beta}\right)$

setzen $M\frac{d\beta}{\beta}$, wo M der Modulus. Hiemit erhalten wir $d\gamma = kM\frac{d\beta}{\beta}$ und durch Zusammenziehung von kM in die einfache Constante K

$$d\gamma = K\frac{d\beta}{\beta}$$

welches die Fundamentalformel ist.

Nicht minder als die Fundamentalformel lässt sich die Massformel als ein besonderer Fall der Unterschiedsformel darstellen, und, wie oben bemerkt, die Unterschiedsformel selbst gleich als das Allgemeinere der Massformel aus der Fundamentalformel ableiten. Die Massformel stellt nämlich den Fall der Unterschiedsformel dar, wo eine von beiden Empfindungen, zwischen denen der Unterschied besteht, Null wird, und mithin der zugehörige Reiz den Schwellenwerth erlangt, sofern sich jede einfache Empfindung auch als ein Unterschied vom Nullwerthe der Empfindung fassen lässt. Setzt man nun $\gamma' = 0$ und $\beta' = b$, so ergiebt sich die Uebereinstimmung mit der Massformel unmittelbar. Setzt man $\gamma = 0$ und $\beta = b$, so erhält man zunächst

$$-\gamma' = k\log\frac{b}{\beta'}$$

Da aber nach den Eigenschaften der Logarithmen (S. 4) $\log\frac{b}{\beta'} = -\log\frac{\beta'}{b}$, so haben wir

$$-\gamma' = -k\log\frac{\beta'}{b}$$

und durch Versetzung der Werthe dieser Gleichung mit entgegengesetztem Vorzeichen auf die andere Seite der Gleichung

$$\gamma' = k\log\frac{\beta'}{b}$$

welches wiederum die Form der Massformel ist.

Hienach kann die Unterschiedsformel, wenn schon ableitbar aus der Massformel, die selbst aus der Fundamentalformel ableitbar ist, doch als das Allgemeinere von beiden angesehen werden, und wie sie aus ihnen hervorgegangen ist, solche auch wieder hergeben.

Bei dem Gebrauche der Unterschiedsformel ist nöthig, sich über die Bedeutung der Vorzeichen, welche der Unterschied $\gamma - \gamma'$ annehmen kann, zu verständigen.

Der Werth von $\gamma - \gamma'$ ist positiv oder negativ, je nachdem $\beta > \beta'$ oder $\beta < \beta'$. Ein positiver Werth von $\gamma - \gamma'$ zeigt natürlicherweise an, dass die Empfindung γ überwiegt, welche dem

Reize β zugehört, ein negativer, dass die Empfindung γ' überwiegt, welche dem Reize β' zugehört. Also bedeutet der Gegensatz der Vorzeichen allgemein einen Gegensatz in der Richtung des Empfindungsunterschiedes, wobei beide Empfindungen über der Schwelle, oder beide unter der Schwelle, oder der eine über, der andere unter der Schwelle sein können.

Diese Bedeutung der Vorzeichen ist als die allgemeingültige für den Empfindungsunterschied festzuhalten; nicht aber der Gegensatz der Vorzeichen hier allgemein als Gegensatz des Bewusstseins und Unbewusstseins der Empfindungsunterschiede zu deuten. Nur in dem besonderen Falle, wo sich durch Setzung von $\gamma' = 0$ oder $\gamma = 0$ die Unterschiedsformel auf die Massformel reducirt, nimmt der Gegensatz des Vorzeichens vor der jetzt allein übrigen absoluten Empfindung von selbst die Bedeutung des Gegensatzes von Bewusst und Unbewusst an, weil dieser Gegensatz sich eben nur auf das Verhältniss einer Empfindung zur Nullempfindung, aber nicht zu anderen Empfindungen bezieht.

Sollte man meinen, die mathematische Consequenz gestatte es nicht, vor dem absoluten Werthe einer Empfindung den Gegensatz der Vorzeichen in so besonderer Weise zu verstehen, ohne diese Bedeutung für den Empfindungsunterschied zu verallgemeinern, so wird es wieder nur nöthig sein, sich an ein schon früher gebrauchtes paralleles Beispiel aus der analytischen Geometrie zu erinnern, um das Bedenken gehoben zu sehen. Vor dem absoluten Werthe eines Radius vector im Systeme der Polarcoordinaten bedeutet der Gegensatz des Vorzeichens einen Gegensatz des Reellen und Imaginären: aber diese Bedeutung lässt sich auch nicht für den Unterschied zweier Radii vectores r, r' verallgemeinern; vielmehr bedeutet das Vorzeichen von $r - r'$ auch allgemein nur die Richtung eines Unterschiedes zwischen beiden, ob der eine grösser oder kleiner als der andere ist, und den Gegensatz des Reellen und Imaginären blos dann, wenn r' oder $r = 0$. Diess ist ganz das Analoge von unserem Falle. Zu derselben Auffassung führt die Repräsentation der positiven und negativen Empfindungswerthe durch positive oder negative Ordinaten, während die Reizwerthe die dazu rechtwinkligen Abscissen bilden. Wir können die Differenz zweier positiven Ordinaten gleich $\gamma - \gamma'$ nehmen, und sie wird nach unserer Unterschiedsformel negativ sein, wenn $\beta' > \beta$. Aber diese negative Differenz zwischen zwei positiven

Ordinaten hat doch nach dem Geiste der analytischen Geometrie einen ganz anderen Sinn als die gleich grosse negative Differenz einer einzigen Ordinate von Null, welche nichts Anderes ist, als eine einfache negative Ordinate selbst. Jene Differenz fällt ganz in den Raum, welcher das Bewusstsein repräsentirt, dieser ganz in den Raum, welcher das Unbewusstsein repräsentirt; und die Bedeutung des Unbewusstseins, welche letzterer Differenz zukommt, lässt sich also nicht auf erstere übertragen, steht aber auch nicht im Widerspruche damit; sondern beide Fälle sind besondere Fälle einer allgemeineren Auffassung des Vorzeichengegensatzes. Unsere Auffassung ist also ganz im Geiste der Mathematik, und es würde gar kein Zusammenhang der Formeln und Thatsachen mit einer anderen Auffassung herauszubringen sein.

Im Uebrigen sieht man, dass die Form der Unterschiedsformel ganz dieselbe ist, als die der Massformel, wenn wir für den Empfindungsunterschied $\gamma - \gamma'$ einen einzigen Buchstaben setzen, nur dass an die Stelle des Schwellenwerthes der Massformel der Werth des Reizes tritt, gegen den wir den anderen betrachten, und an die Stelle der Deutung des Vorzeichens auf Bewusst und Unbewusst die Deutung auf die Richtung des Unterschiedes. Unter dieser Rücksicht sind alle Gesetze und Verhältnisse, die sich aus der Massformel für absolute Empfindungswerthe ableiten lassen, auch auf Unterschiede übertragbar und umgekehrt.

Also, da

$$n(\gamma - \gamma') = nk \log \frac{\beta}{\beta'} = k \log \left(\frac{\beta}{\beta'}\right)^n$$

so werden wir den Unterschied zweier Empfindungen ver-n-facht finden, wenn das Verhältniss $\frac{\beta}{\beta'}$ der Reize, welche den Empfindungen zugehören, auf die $n$te Potenz steigt, wie wir eine Empfindung ver-n-facht fanden, wenn das Verhältniss des Reizes zum Schwellenwerthe auf die $n$te Potenz steigt.

Eben so können wir Alles, was über den bezugsweisen Gang von Empfindung und Reiz gesagt ist, übertragen auf den bezugsweisen Gang zwischen Empfindungsunterschied und Reiz, indem wir nur den fundamentalen Reizwerth nicht mehr als Verhältnisswerth gegen die Schwelle, sondern gegen den Reiz, in Bezug zu dem der Unterschied betrachtet wird, nehmen.

Ein beachtenswerther Satz, welcher schon früher S. 36 in nur etwas anderer Ausdrucksweise zur Begründung der Massformel geltend gemacht wurde, ergiebt sich, wenn wir zu einer Reihe Reize β, β', β'', β''' ...., gleichviel, ob nach der Ordnung ihrer Grösse geordnet oder nicht, die Empfindungsunterschiede von je einem zum je nächsten nehmen, und diese Unterschiede summiren. Die Summe dieser Empfindungsunterschiede ist dem Empfindungsunterschiede zwischen den äussersten Reizen der Reihe gleich. In der That haben wir blos nöthig, die Summe der Logarithmen von $\frac{\beta}{\beta'}$, $\frac{\beta'}{\beta''}$ etc. in den Logarithmus des Productes aus diesen Quotienten umzusetzen, um diesen Satz bestätigt zu finden

Die Formel für Empfindungsunterschiede lässt sich leicht zu einer Formel für Unterschiede von Empfindungsunterschieden verallgemeinern.

Setzen wir den Empfindungsunterschied $\gamma - \gamma' = u$, das Reizverhältniss $\frac{\beta}{\beta'} = \varphi$, einen anderen Empfindungsunterschied $\gamma'' - \gamma''' = u'$; das zugehörige Reizverhältniss $\frac{\beta''}{\beta'''} = \varphi'$, so haben wir

$$u = k \log \varphi$$

$$u' = k \log \varphi'$$

mithin

$$u - u' = k\,(\log \varphi - \log \varphi') = k \log \frac{\varphi}{\varphi'} = k \log \frac{\beta\beta'''}{\beta'\beta''}$$

Diese Formel ist allgemeiner, als die für einfache Empfindungsunterschiede geltende Formel, indem sie in dieselbe übergeht, wenn man setzt $u' = 0$, was mitführt $\varphi' = 1$, $\beta'' = \beta'''$.

Nicht minder gelangt man zu einer Verallgemeinerung der Fundamentalformel dadurch, dass man die Unterschiedsformel

$$u = K \log \varphi$$

differenzirt, wodurch man erhält

$$du = K \frac{d\varphi}{\varphi}$$

welche durch Integration dieselbe allgemeine Formel

$$u - u' = k \log \frac{\varphi}{\varphi'}$$

giebt, die wir so eben auf anderem Wege erhielten.

Eine Verallgemeinerung der Unterschiedsformel in anderem Sinne erhalten wir, wenn wir, statt wie bisher, die absolute Empfindlichkeit und mithin den Werth b bei Einwirkung der beiden Reize β, β' gleich zu setzen, verschiedene Schwellenwerthe, respectiv b, b' dafür stattfinden lassen. Dann verschwinden die Schwellenwerthe nicht aus der Formel, und wir erhalten

$$\gamma - \gamma' = k\left(\log \frac{\beta}{b} - \log \frac{\beta'}{b'}\right) \qquad (1)$$

$$= k \log \frac{\frac{\beta}{b}}{\frac{\beta'}{b'}} = k \log \frac{\beta}{b} \cdot \frac{b'}{\beta'} \qquad (2)$$

$$= k \log \frac{\frac{\beta}{\beta'}}{\frac{b}{b'}} = k \log \frac{\beta}{\beta'} \cdot \frac{b'}{b} \qquad (3)$$

$$= k\left(\log \frac{\beta}{\beta'} - \log \frac{b}{b'}\right) \qquad (4)$$

Diess sind blos verschiedene Formen derselben Formel, die wir kurz die Unterschiedsschwellenformel nennen können. Der Ausdruck (2) lehrt uns, dass der Empfindungsunterschied allgemein proportional ist dem Logarithmus des Quotienten aus beiden fundamentalen Reizwerthen $\frac{\beta}{b}$ und $\frac{\beta'}{b'}$, wovon jener durch diesen dividirt das Product $\frac{\beta}{b} \cdot \frac{b'}{\beta'}$ giebt. Der Ausdruck (3), dass er dem Logarithmus des Quotienten proportional ist, den man erhält, wenn man das Verhältniss der Reize $\frac{\beta}{\beta'}$ mit dem Verhältnisse der zugehörigen Schwellenwerthe $\frac{b}{b'}$ dividirt. Der Ausdruck (4) endlich, dass der Empfindungsunterschied durch die Verschiedenheit der Empfindlichkeit abnimmt oder wächst, je nachdem der Schwellenwerth b oder b' der grössere ist, indem erstenfalls lo $\frac{b}{b'}$ positiv, letztenfalls negativ ist. Setzen wir nun β als den stärkeren Reiz, so muss der Schwellenwerth b' des schwächeren Reizes grösser sein, damit der positive Empfindungsunterschied wachse, und setzen wir β' als den stärkeren Reiz, so muss wiederum der Schwellenwerth b des schwächeren Reizes grösser sein, damit der negative Empfindungsunterschied wachse. Allgemein also wächst der Empfindungsunterschied durch die Verschiedenheit der Empfindlichkeit oder nimmt ab, je nachdem der Schwellenwerth des schwächeren oder stärkeren Reizes der grössere ist, mithin der stärkere oder schwächere Reiz mit grösserer Empfindlichkeit aufgefasst wird. Stehen die Schwellenwerthe im selben Verhältnisse, als die Reize, denen sie zugehören, so verschwindet der Empfindungsunterschied ganz.

Es gilt also in Betreff der Empfindungsunterschiede nicht dasselbe, was wir früher für die Empfindungssummen fanden, dass es gleichgültig ist, ob die Empfindlichkeiten für den stärkeren und schwächeren Reiz sich vertauschen.

Uebrigens zeigt dieselbe Formel, dass auch bei Verschiedenheit von b und b' doch der Empfindungsunterschied merklich unabhängig von beiden wird, wenn $\log \frac{b}{b'}$ merklich gegen $\log \frac{\beta}{\beta'}$ verschwindet, d. h. wenn die Reize β, β' in starkem, die Schwellenwerthe b, b' in geringem Verhältnisse differiren.

Die Unterschiedsschwellenformel lässt sich dadurch auf die Form der Massformel reduciren, dass wir den Empfindungsunterschied $\gamma - \gamma'$ durch u, das Reizverhältniss $\frac{\beta}{\beta'}$ durch φ, das Verhältniss der Schwellenwerthe $\frac{b}{b'}$ durch F bezeichnen; indem sich die Form der Unterschiedsschwellenformel

$$\gamma - \gamma' = k \log \frac{\frac{\beta}{\beta'}}{\frac{b}{b'}}$$

hienach übersetzt in

$$u = k \log \frac{\varphi}{F}$$

Nennen wir nun den Quotienten $\frac{\varphi}{F}$, das ist das Verhältniss der Reize dividirt durch das Verhältniss der zugehörigen Schwellenwerthe, kurz das fundamentale Unterschiedsverhältniss, so können wir sagen, dass der Empfindungsunterschied in derselben Weise vom fundamentalen Unterschiedsverhältnisse, als die Empfindung vom fundamentalen Reizverhältnisse abhängt.

XXIV. Die Unterschiedsmassformel.

Nach den Erörterungen des 22. Kapitels über die Unterscheidung von Empfindungsunterschieden und empfundenen Unterschieden oder Contrastempfindungen kann unsere, zum Masse der ersten dienende, Unterschiedsformel nicht zugleich das Mass der letzten gewähren. In der That enthält sie blos eine Abhängigkeit des Empfindungsunterschiedes von der Grösse der Reize, aber keine Abhängigkeit von den Umständen, von welchen die Grösse des empfundenen Unterschiedes noch ausserdem abhängt, und die Thatsache der Unterschiedsschwelle liegt nicht in ihr eingeschlossen, wonach sie auch keine Scheide zwischen bewussten und unbewussten empfundenen Unterschieden gewährt, die doch in der

Wirklichkeit nicht minder als für absolute Empfindungen besteht. Zum Masse der empfundenen Unterschiede hat uns vielmehr eine andere Formel zu dienen, welche diesen Federungen genügt, und welche ich die Unterschiedsmassformel nenne, da sie für das Mass empfundener Unterschiede dasselbe leistet, als die Massformel für das Mass absoluter Empfindungen.

Mit Rücksicht darauf, dass empfundene Unterschiede so gut ihren Schwellenwerth haben, als absolute Empfindungen, kann man zuvörderst die Unterschiedsmassformel auf eine Analogie mit der Massformel wie folgt begründen.

Bezeichnen wir, wie früher einen Empfindungsunterschied, so jetzt einen empfundenen Unterschied zwischen den Empfindungen γ und γ' mit u, das zugehörige Reizverhältniss $\frac{\beta}{\beta'}$ mit φ, und geben dem Werthe dieses Reizverhältnisses, bei welchem der empfundene Unterschied auf die Schwelle tritt, d. i. der Verhältnissconstante oder Verhältnissschwelle v dasselbe Verhältniss zu φ als die einfache Schwelle b zu dem Reize β in der Massformel hat, so erhalten wir

$$u = k \log \frac{\varphi}{v} = k \log \frac{\beta}{v\beta'} = k\,(\log \varphi - \log v)$$

Hiebei ist, wie in der Folge immer, vorausgesetzt, dass der grössere Reiz als Zähler im Werthe von φ verwandt sei, mithin $\varphi > 1$, und $\log \varphi$ positiv sei; was wesentlich ist, wenn bei der vorigen Form der Formel positive Werthe von u bewussten Werthen des empfundenen Unterschiedes entsprechen sollen. Denn, wollte man den kleineren Reiz als Zähler verwenden, so würde $\varphi < 1$, mithin $\log \varphi$ negativ werden, und u um so grössere negative Werthe erlangen, ein je grösseres Verhältniss der eine Reiz zum anderen erhielte, indess doch die Empfindung des Unterschiedes hiemit um so höher über die Schwelle steigt.

An sich hindert jedoch nichts, auch den kleineren Reiz im Zähler zu verwenden, nur hat man bei dieser umgekehrten Stellung beider Reize dann Alles in voriger Formel umzukehren, nämlich, indem man das Reizverhältniss φ in das reciproke $\varphi_1 = \frac{1}{\varphi}$ verkehrt, auch den Werth von v in den reciproken $v_1 = \frac{1}{v}$ zu verkehren, und die Stellung von φ_1 und v_1 gegen die von φ und v zu verkehren, also die Formel so zu schreiben

$$u = k \log \frac{v_1}{\varphi_1}$$

welche mit der vorigen gleichen Werth hat, sofern $\frac{v_1}{\varphi_1} = \frac{\varphi}{v}$.

Im Folgenden wird aber die Voraussetzung $\varphi > 1$ und demgemäss Stellung des grösseren Reizes in den Zähler immer festgehalten werden, wonach man, wenn etwa ein in gewisser Weise angebrachter Reiz nach Umständen wechselnd grösser und kleiner als der andere wird, auch seine Stelle als Zähler und Nenner im Werthe von φ zu wechseln hat.

Die obige Aufstellung der Formel setzt ferner allgemein gesprochen den Normalfall voraus, dass, wenn die zwei zeitlich oder räumlich verschiedenen Reize, deren Unterschied es aufzufassen gilt, die Grösse mit einander vertauschen, so dass der grössere Reiz an die Stelle des kleineren tritt und umgekehrt, nur die Richtung, nicht die Grösse des empfundenen Unterschiedes sich ändert. Dieser Normalfall ist keineswegs der allgemeine Fall der Wirklichkeit, da vielmehr in allen Fällen, wo sich bei Versuchen über die Unterschiedsempfindlichkeit sog. constante Fehler in der Auffassung eines Unterschiedes je nach Raum- und Zeitlage der verglichenen Grössen zeigen (vgl. Th. I. S. 90), die Empfindung des Unterschiedes bei gleichem Grössenverhältnisse der Reize verschieden gross ausfällt, je nachdem man den einen oder anderen Reiz zum grösseren macht. Die Bewährung des Weber'schen Gesetzes, auf welchem unsere Formel fusst, setzt aber die Abwesenheit oder Elimination constanter Fehler voraus.

Nun aber lassen sich constante Fehler wirklich immer durch Versuch und Rechnung eliminiren, und so die Fälle mit constanten Fehlern auf den Normalfall zurückführen, in vielen Fällen sind auch constante Fehler zu gering, um eine Berücksichtigung nöthig zu machen, endlich können solche, nachdem die Grundformel für den Normalfall gegeben ist, dann in geeigneter Weise noch besonders berücksichtigt werden (vgl. Kap. 27); wonach die Aufstellung der Formel für den Normalfall immer das bleibt, wovon man auszugehen hat.

Zu derselben Form der Unterschiedsmassformel, die hier blos nach Analogie aufgestellt und mithin noch nicht streng begründet erscheint, einschliesslich der Regel bezüglich der Aenderung der Form der Formel, je nachdem man $\varphi > 1$ oder < 1 macht, lässt sich strenger auf Grund des Weber'schen Gesetzes und der Thatsache der Verhältnissschwelle nach einem analogen Gange als zur Massformel auf die in folgender Einschaltung angegebene Weise gelangen.

Die auf das Weber'sche Gesetz gestützte Fundamentalformel giebt für zwei Empfindungsunterschiede insbesondere

$$d\gamma = K\frac{d\beta}{\beta}$$

$$d\gamma' = K\frac{d\beta'}{\beta'}$$

hienach

$$d\gamma - d\gamma' = K\left(\frac{d\beta}{\beta} - \frac{d\beta'}{\beta'}\right)$$

Indem nun γ und γ' zwei Empfindungen sind, deren Unterschied $\gamma - \gamma'$ ist, kann das Differenzial hievon $d\gamma - d\gamma'$ als das Element eines Empfindungsunterschiedes angesehen werden, dessen Werth $k \log \frac{\beta}{\beta'} = k \log \varphi$ ist. Sofern aber die Hinzufügung einer Constante zu einem Integrale nichts im Differenziale ändert, ist $d\gamma - d\gamma'$ zugleich allgemeiner das Element eines um eine Constante (d. i. von φ oder $\frac{\beta}{\beta'}$ unabhängigen Grösse) vermehrten oder verminderten Empfindungsunterschiedes. Nun lässt sich nach S. 88 der Empfindungsunterschied mit dem besonderen Falle eines empfundenen Unterschiedes identificiren, wo bei kleinstmöglicher Differenz der Reize β, β' ein Unterschied empfunden wird, und ein empfundener Unterschied als der allgemeinere Fall ansehen, wo bei irgend einem bestimmten Werthe von $\frac{\beta}{\beta'}$ die Empfindung des Unterschiedes beginnt und schwindet. Durch Integration des obigen Werthes von $d\gamma - d\gamma'$ und Constantenbestimmung in gleich anzuzeigender Weise erhalten wir den Ausdruck für diesen allgemeineren Fall und hiemit die Unterschiedsmassformel.

In der That, setzen wir $d\gamma - d\gamma' = \pm du$ (sofern an sich kein Grund ist, das eine Vorzeichen vor dem anderen anzuwenden), so haben wir

$$\pm du = K\left(\frac{d\beta}{\beta} - \frac{d\beta'}{\beta'}\right)$$

Diess giebt durch Integration unter Anwendung natürlicher Logarithmen

$$\pm u = K(\log \beta - \log \beta') + C$$

$$= K \log \frac{\beta}{\beta'} + C$$

$$= K \log \varphi + C$$

wo C die Integrationsconstante ist, oder, unter Ersatz natürlicher durch gemeine Logarithmen (vgl. S. 34), und demgemäss Ersatz von K durch k

$$\pm u = k \log \varphi + C$$

Bestimmen wir nun die Constante C, indem wir u gleich Null setzen, wenn φ den Werth v annimmt, so haben wir allgemein

$$o = k \log \mathrm{v} + C$$

mithin

$$C = -k \log \mathrm{v}.$$

Und dieser Werth, in die allgemeine Gleichung substituirt, giebt

$$\pm u = k \log \frac{\varphi}{v} = k (\log \varphi - \log v)$$

Unter Anwendung des oberen Vorzeichens haben wir also

$$+ u = k (\log \varphi - \log v) = k \log \frac{\varphi}{v} \qquad (1)$$

unter Anwendung des unteren und Umkehr des Vorzeichens auf beiden Seiten

$$+ u = k (\log v - \log \varphi) = k \log \frac{v}{\varphi} \qquad (2)$$

Die Formel (1) entspricht der Bedingung, dass log φ positiv ist und mithin der grössere Reiz in den Zähler gesetzt wird, die Form (2) eben so der Bedingung, dass log φ negativ ist, mithin der kleinere Reiz in den Zähler gesetzt wird, weil nur unter dieser Voraussetzung u mit Wachsthum des absoluten Werthes von φ in positivem Sinne wachsen kann, so lange der von uns vorausgesetzte Normalfall besteht. Unterscheiden wir die beiden Fälle, dass der grössere und dass der kleinere Reiz in den Zähler gesetzt wird, dadurch, dass wir erstenfalls die Buchstaben φ und v, zweitenfalls φ_1 und v_1 verwenden, so wird, insofern beide Fälle sich auf dieselbe Empfindung u beziehen, und also ihr Mass blos formell verschieden sein kann

$$k \log \frac{\varphi}{v} = k \log \frac{v_1}{\varphi_1}$$

mithin

$$\frac{\varphi}{v} = \frac{v_1}{\varphi_1}$$

sein müssen, was voraussetzt, da $\varphi_1 = \frac{1}{\varphi}$, dass auch $v_1 = \frac{1}{v}$ sei.

Wenn der Normalfall nicht stattfände, sondern u verschiedene Werthe annähme, je nachdem die Lage des grösseren und kleineren Reizes vertauscht wird, so würden sich die Gleichungen (1) und (2) immer noch zur Aufstellung der Unterschiedsmassformel verwenden lassen, insofern der constante Fehler das Weber'sche Gesetz, wonach bei gleichem φ der empfundene Unterschied gleich gross bleiben muss, für die eine, wie für die entgegengesetzte Lage des grösseren und kleineren Reizes insbesondere bestehen liesse. Dann hätte man nämlich nur nöthig, die Constante v für die entgegengesetzte Zeit- und Raumlage der verglichenen Grössen verschieden zu bestimmen. Sofern aber hiebei der Fall eintreten sollte, dass vermöge des constanten Fehlers innerhalb gewisser Gränzen der kleinere Reiz als der grössere erschiene und der empfundene Unterschied wüchse, wenn sich der Unterschied der Reize verkleinerte statt vergrösserte, würde man für diesen Fall unter Festhaltung der Regel, den grösseren Reiz stets im Zähler zu verwenden, in jenen Gränzen die Gleichung (2) statt (1) anzuwenden haben, oder die Regel, den grösseren Reiz im Zähler zu verwenden, exceptionell in die gegentheilige zu verkehren haben, um noch die Gleichung (1) anzuwenden, damit stets positive Werthe den bewussten Werthen des empfundenen Unterschiedes entsprechen.

Wie bei den früheren Formeln bedarf auch bei der Unterschiedsmassformel die Bedeutung des Vorzeichengegensatzes, welchen der Empfindungswerth annehmen kann, einer besonderen Klärung.

Zur vollen Bestimmtheit des Werthes *u* ist nicht blos auf das Vorzeichen von *u* selbst, sondern auch auf das Vorzeichen der Empfindungen, zwischen denen der Unterschied besteht, zu achten. Der empfundene Unterschied *u* nimmt nach der Herleitung blos dann beim Werthe $\varphi = \text{v}$ den Werth Null als Gränze zwischen bewussten und unbewussten Werthen an, wenn das Verhältniss φ zwischen Reizen oberhalb der Schwelle besteht, denn nur hierauf bezieht sich die erfahrungsmässige Bestimmung der Constante v, wogegen, wenn beide Reize und hiemit die zugehörigen Empfindungen unter die Schwelle fallen, hiemit der ganze Begriff eines empfundenen Unterschiedes verloren geht, und wenn blos ein Reiz oberhalb der Schwelle, der andere auf der Schwelle oder unter der Schwelle ist, es so gut ist, als wenn man blos mit einer einzigen Empfindung, als Differenz von einer Nullempfindung oder von einer gar nicht wirklichen Empfindung, zu thun hätte.

Diess ist desshalb zu erinnern nöthig, weil, nach der Formel $u = k\,(\log\varphi - \log \text{v})$, der Werth von *u* positiv ausfallen kann, auch wenn beide Reize β, β' unter der Schwelle sind, mithin gar nichts empfunden wird, indem hiezu hinreicht, dass $\varphi > \text{v}$, was sehr wohl der Fall sein kann, wenn sowohl β als β' unter der Schwelle ist, wofern nur β ein grosses Verhältniss zu β' hat. Man darf dann in diesem positiven Werthe von *u* noch nicht das Zeichen des Bewusstseins finden, weil die Vorbedingung dazu fehlt, das Bewusstsein der Werthe, von denen *u* abhängt.

Sollte gegen diese verschiedene Deutung des Vorzeichens von *u*, je nachdem *u* Function so oder so beschaffener Werthe β, β' ist, noch ein Bedenken bestehen, so wird es sich wieder, wie schon früher so manches entsprechende Bedenken, durch Verweisung auf einen analogen Fall der analytischen Geometrie heben lassen. Auch in dieser kann das Vorzeichen eines Werthes *u*, welcher Function zweier Werthe β, β' ist, eine sehr verschiedene Bedeutung annehmen, je nachdem die Werthe β, β' so oder so beschaffen sind.

In der That, nehmen wir ein Quadrat mittelst eines, durch seinen Mittelpunct gelegten, den Seiten parallelen Kreuzes in vier kleinere Quadrate getheilt, die durch *r.o*, *l.o*, *r.u*, *l.u* (rechts oben, links oben, rechts unten, links unten) bezeichnet sein mögen, und suchen wir den analytischen Ausdruck u für die 4 kleinen Quadrate. Der von der Mitte ausgehende rechte Arm des Kreuzes werde seiner Masszahl nach durch $+\beta$ bezeichnet, so wird der linke durch $-\beta$ bezeichnet werden; der von der Mitte nach oben gehende Arm des Kreuzes werde durch $+\beta'$ bezeichnet, so wird der nach unten gehende Arm durch $-\beta'$ bezeichnet werden; und wir werden durch Multiplication dieser respectiv positiven und negativen Masszahlen mit einander erhalten als analytischen Ausdruck u für

$r.o$ den Werth $+\beta\beta'$
$l.o$ - - $-\beta\beta'$
$r.u$ - - $-\beta\beta'$
$l.u$ - - $+\beta\beta'$

Also haben die Massausdrücke der ganz entgegengesetzt bezüglich des Mittelpunctes liegenden Quadrate $r.o$ und $l.u$, deren eines eine Function blos von positiven, das andere von negativen Werthen β, β' ist, doch gleiches Vorzeichen, und wir können aus diesem Vorzeichen allein nicht schliessen, ob das Quadrat zu den Räumen aus positiven oder negativen Factoren gehört und welche Lage es in Bezug zu dem Mittelpuncte hat, wenn wir nicht auf das Vorzeichen der Factoren selbst zurückgehen, deren Function es ist. So können wir auch aus dem Vorzeichen von u, als Massausdruck für einen empfundenen Unterschied, allein nicht schliessen, welches Verhältniss der empfundene Unterschied zum Bewusstsein hat, wenn wir nicht auf die Beschaffenheit der Werthe, die darein eingehen, Rücksicht nehmen, und es ändert principiell nichts, dass wir hier im Empfindungsgebiete vielmehr mit der Function eines Quotienten, als eines Productes zu thun haben. Wie wir aber eine volle Bestimmtheit für die Quadrate erhalten, wenn wir mit den Vorzeichen von u zugleich auf die Vorzeichen von β, β' Rücksicht nehmen, so ist es auch mit den empfundenen Unterschieden der Fall, wenn wir u, β, β' für diese verwenden.

Anstatt die Unterschiedsmassformel als Function des Reizverhältnisses und der Verhältnissschwelle aufzustellen, können wir sie auch als Function des relativen Reizunterschiedes und der Unterschiedsconstante wie folgt aufstellen.

Sei der eine Reiz vom anderen um die Grösse α, und die Verhältnissschwelle v von 1 um die Grösse ω verschieden, so hat man

$$\varphi = \frac{\beta + \alpha}{\beta} = 1 + \frac{\alpha}{\beta} \text{ und } v = 1 + \omega.$$

Hierin ist $\frac{\alpha}{\beta}$ der relative Reizunterschied, der kurz ϑ heisse, und ω die Unterschiedsconstante in dem Th. I. S. 244 angegebenen Sinne. Wonach die Unterschiedsmassformel folgende Form annimmt

$$u = k\,[\log(1 + \vartheta) - \log(1 + \omega)].$$

In dem Falle, wo ϑ und ω kleine Werthe sind, deren Quadrate sich gegen die erste Potenz vernachlässigen lassen, geht nach der S. 5 angezeigten Substitution diese Formel über in

$$u = kM(\vartheta - \omega) = K(\vartheta - \omega)$$

welches der Massausdruck für einen empfundenen Unterschied ist, der den eben merklichen wenig übersteigt, unter Voraussetzung, dass der eben merkliche Unterschied selbst wenig differenten Reizen entspricht, wonach ein solcher Unterschied proportional ist dem um die Unterschiedsconstante verminderten relativen Reizunterschiede, indess ein kleiner in der Empfindung aufgehender Empfindungsunterschied dem unverminderten relativen Reizunterschiede proportional ist*).

Die Unterschiedsmassformel ist als das Allgemeinere der Unterschiedsformel, und hiemit auch der Massformel und Fundamentalformel anzusehen, sofern diese selbst besondere Fälle der Unterschiedsformel sind. In der That geht sie in die Unterschiedsformel für den Fall über, dass $v = 1$, d. h. dass der empfundene Unterschied bei Gleichheit beider Reize auf die Schwelle tritt, und mithin die kleinstmögliche Abweichung von der Gleichheit gespürt würde, welches gemäss der schon S. 85 gemachten Bemerkung

---

*) Wenn S. 8 gesagt ist, dass ein kleiner Gewichtsunterschied bei doppelter Grösse als merklich doppelt so gross empfunden werde, so ist diess dahin zu berichtigen, dass ein kleiner Gewichtsunterschied bei doppelter Grösse einen doppelt so grossen Empfindungsunterschied mitführe, indem nur diess *a priori* aus dem mathematischen Hülfsprincipe gefolgert werden kann, nicht aber, dass dieser Unterschied auch als doppelt so gross empfunden werde, wie denn in der That nach obiger Formel ein kleiner Gewichtsunterschied bei doppelter Grösse keineswegs einen doppelt so grossen empfundenen Unterschied mitführt, so lange nicht der Gränzwerth der relativen Unterschiedsempfindlichkeit vorausgesetzt wird. Es hat jedoch jene nur beiläufige unachtsame Verwechselung keinen Einfluss auf die Ableitung der Fundamentalformel und Massformel, welche unter der richtigen Anwendung des mathematischen Hülfsprincipes geschehen ist.

als das Extrem oder der Gränzfall der relativen Unterschiedsempfindlichkeit anzusehen wäre, und womit der empfundene Unterschied so gross wird, als der durch die Unterschiedsformel ausgedrückte wirkliche Unterschied der Empfindungen.

In dem Normalfalle, auf den sich die Aufstellung unserer Formel bezieht, ist v stets grösser als 1, so lange nicht die Gränze der Unterschiedsempfindlichkeit erreicht ist. Wo aber die Reize unter günstigen Verhältnissen, ihren Unterschied aufzufassen, sich befinden, und die Unterschiedsempfindlichkeit gross ist, weicht v immer nur wenig von 1 ab, wie sich z. B. bei den Versuchen über die Unterschiedsempfindlichkeit für das Licht gezeigt hat, wo nach Volkmann $v = \frac{101}{100}$ gefunden wurde. Indem dann log v wenig von Null abweicht, fällt auch die Unterschiedsmassformel nahe mit der einfachen Unterschiedsformel zusammen, und diese kann statt jener approximativ so lange dienen, als nicht auch φ auf einen der Einheit sehr nahen Werth und mithin log φ auf einen der Null nahen Werth herabkommt.

Die Verhältnissschwelle v tritt, wie man sieht, in der Unterschiedsmassformel ganz an die Stelle der Reizschwelle b in der Massformel, und ist eben so massgebend für den Grad der Empfindlichkeit, mit welchem ein gegebenes Reizverhältniss aufgefasst wird, als die Constante b für den Grad der Empfindlichkeit, mit welchem ein gegebener Reiz aufgefasst wird. So wie $\frac{1}{b}$ als Mass der absoluten Empfindlichkeit, kann $\frac{1}{v}$ als Mass der relativen Unterschiedsempfindlichkeit dienen. Alles hat auf den Werth von v Einfluss, wodurch bei gegebenem Reizverhältnisse der empfundene Unterschied abgeändert wird, und es ist also v als eine Constante nur für constante Verhältnisse der Auffassung anzusehen.

Zu den einflussreichen Umständen auf den Werth von v gehört ausser der zeitlichen und räumlichen Differenz der Reize, deren Unterschied es aufzufassen gilt, die Beschaffenheit dessen, was sich dazwischen einschiebt, so wie, was zeitlich und räumlich umliegt. Dieser Einfluss kann so beschaffen sein, dass constante Fehler in der Auffassung des Unterschiedes entstehen, die durch Versuche und Rechnung in der bei den Massmethoden der Unterschiedsempfindlichkeit und im 27. Kapitel angegebenen Weise zu berücksichtigen sind.

Der Grad der absoluten Empfindlichkeit, mit welchem beide

Reize aufgefasst werden, hat, sofern er sich für beide Reize immer gleich bleibt, keinen Einfluss auf den Werth des empfundenen Unterschiedes; indess ein ungleicher Werth derselben für beide Reize einen constanten Fehler begründet, welcher die dafür zu nehmenden Rücksichten nöthig macht.

Wie jede Veränderung der Constante b in der Massformel auch durch eine reciproke Veränderung der Reizwirkung β vertreten werden kann, gilt das Entsprechende von der Veränderung der Constante v, sofern jede Veränderung derselben durch eine reciproke Veränderung von φ vertreten werden kann.

Der Ausdruck für eine vollbewusste Empfindung in dem S. 87 angegebenen Sinne wird, sofern sie sich als besonders aufgefasster Unterschied einer Empfindung oberhalb der Schwelle von einer Empfindung auf der Schwelle, d. i. von einer Nullempfindung fassen lässt, natürlicherweise gefunden, wenn wir in der Unterschiedsmassformel den kleineren Reiz β', zu dem wir den anderen im Verhältnisse betrachten, auf den Schwellenwerth b reduciren, indess wir zugleich die Empfindung γ' auf Null reduciren, mithin für $\varphi = \frac{\beta}{\beta'}$ substituiren $\frac{\beta}{b}$, und für u substituiren γ. So erhalten wir diese Formel

$$\gamma = k \log \frac{\beta}{bv}$$

Nennen wir bv die Vollschwelle, b wie bisher schlechthin die Schwelle der Empfindung, so wird also das Verhältniss zwischen der Vollschwelle und Schwelle durch die Verhältnissconstante v gegeben sein. Schliessen wir solche Ungleichförmigkeiten der absoluten Empfindlichkeiten und der Zeit- und Raumlage der Reize aus, welche machen können, dass ein grösserer Reiz, als der kleinere erscheint, so wird v stets grösser als 1 sein, wenn $\frac{\beta}{b} > 1$, und also der Reiz vom Werthe b an noch im Verhältnisse v wachsen müssen, um den Beginn des halbbewussten Zustandes der Empfindung in den vollbewussten überzuführen.

Insofern es überhaupt gilt, die Grundformeln des psychischen Masses zuerst für die einfachsten Voraussetzungen aufzustellen, und Alles, was als Abweichung kleiner Ordnung oder Complication die Aufstellung der Grundformeln schon voraussetzt, anfangs zu vernachlässigen und erst nachträglich zu berücksichtigen, ist auch bei der Aufstellung der Unterschiedsmassformel und der sich daran knüpfenden Erörterung bisher ein Umstand nicht berücksichtigt worden, der als eine solche Abweichung oder Complication anzusehen ist, und darin besteht, dass das Dasein eines Reizes auf die Empfindlichkeit, mit welcher ein nachbarlicher Reiz aufgefasst wird, einen Einfluss hat, welcher bei ungleichen Reizen, wie sie in die Unterschiedsmassformel eingehen, ungleich für beide Reize ist. So, wenn Weiss und Schwarz neben einander sind, erscheint das Weiss heller, das Schwarz schwärzer, als *in continuo* ohne den ungleichen Nachbarreiz, was man die Hebung der Eindrücke durch den Contrast nennt. Nun ist diese Hebung der Eindrücke von gewisser Seite unstreitig nur Sache eines Vergleichsurtheiles, dass wir nämlich das Schwarz gegen das Weiss, das Weiss gegen das Schwarz als Massstab halten, oder das eine als ein Plus, das andere als ein Minus gegen das Andere fassen; und macht insofern keine besondere Rücksicht bei Aufstellung unserer Formeln nöthig, da dieses Urtheil über das Verhältniss der absoluten Empfindungen auf der Grösse und Richtung des empfundenen Unterschiedes erst beruht, dieser aber nicht von ihm abhängt. Ja man könnte geneigt sein, die ganze Hebung der Eindrücke durch den Contrast hievon abhängig zu machen. Ich werde inzwischen später erfahrungsmässige Thatsachen beibringen, welche diess nicht gestatten, vielmehr nöthigen anzunehmen, dass, abgesehen von jenem Vergleichsurtheile, die Empfindlichkeit für das Licht auf dem Weiss durch Nachbarschaft des Schwarz erhöht, auf dem Schwarz durch Nachbarschaft des Weiss vermindert gegen den Fall ist, dass wir blos Weiss oder Schwarz im Gesichtsfelde haben, hiemit das Weiss wirklich absolut heller, das Schwarz dunkler erscheint, als *in continuo* allein ins Auge gefasst, so dass beide mit diesen abgeänderten Werthen zur Bestimmung des Vergleichsurtheiles selbst erst wirken. Dieser Umstand nun wird unstreitig ebenfalls einflusslos auf die Aufstellung und Verwendung der Unterschiedsmassformel werden, wenn wir dieselbe statt auf den Reiz auf die dadurch ausgelöste psychophysische Bewegung (nach dem dafür statt β in die Formeln zu substituirenden Masse) beziehen, weil die abgeänderte Empfindlichkeit für einen Reiz selbst durch eine andere Grösse von demselben auslösbarer psychophysischer Bewegung repräsentirt werden kann, und vorausssetzlich die Grundformeln des psychischen Masses eine reine und strenge Gültigkeit bezüglich der von den Verhältnissen der psychophysischen Bewegung abhängigen Empfindungsverhältnisse haben. Und selbst ohne den Rückgang auf die psychophysische Bewegung, die erst der inneren Psychophysik aufgehoben bleiben muss, würde es, wenn wir nur die Gesetze kennten, nach denen sich die Empfindlichkeit für die Reize durch Nachbarschaft derselben ändert, hinreichen, demgemäss abgeänderte Werthe von β, β' und mithin φ, oder, was auf dasselbe herauskommt, v in die Unterschiedsmassformel zu substituiren, um sie dann wie früher zu verwenden; auch liegt hienach ein wichtiges Bedürfniss vor, diese Gesetze zu studiren. Auf dieses Studium werde ich später eingehen. So lange sie aber nicht bekannt sind, müssen wir uns begnügen, die Unterschiedsmassformel als eine doch approximativ triftige in Fällen zu verwenden, wo kein Grund vorliegt, dem angegebenen Umstande einen erheblichen Einfluss zuzuschreiben, wie z. B. bei Schätzung der empfundenen Unterschiede zwischen Sternhelligkeiten, und übrigens der Richtung des Einflusses nur im Allgemeinen Rechnung tragen, denn unstreitig kommen viele Fälle vor, wo der betreffende Einfluss grösser ist, als dass er mit Fug vernachlässigt werden könnte.

XXV. Anwendung der Unterschiedsmassformel auf die Schätzung der Sterngrössen.

Die nachfolgende Anwendung der Unterschiedsmassformel kann als Beispiel der allgemeineren Anwendbarkeit, welche dieser Formel überhaupt in einfachsten Fällen zukommt, dienen.

Der Kürze halber nennen wir hier Helligkeit das Mass der Lichtempfindung, Intensität das Mass des physischen Lichtreizes, der die Helligkeit bewirkt, und nehmen die Helligkeitsunterschiede stets als besonders aufgefasste, deren Mass durch die Unterschiedsmassformel bestimmt wird.

Es sei p die Intensität des Theiles vom Himmelsgrunde, auf dem ein Stern erscheint, ohne Stern, i die dazu tretende Intensität des Sternes, so dass $\beta = p + i$ die Intensität des Sternes plus des Grundes ist, v die Verhältnissconstante, ω die Unterschiedsconstante (vgl. Th. I. S. 244). Wir nennen i die eigene, $\beta = p + i$ die gesammte, $\frac{i}{p}$ die verhältnissmässige Intensität des Sternes.

Hienach wird die Unterschiedshelligkeit D des Sternes gegen den Grund, wodurch sich derselbe vom Grunde abhebt, bestimmt durch

$$D = k \log \frac{\beta}{\mathrm{v}p} = k \log \frac{p+i}{\mathrm{v}p} = k \left[\log\left(1 + \frac{i}{p}\right) - \log \mathrm{v}\right]$$
$$= k \left[\log\left(1 + \frac{i}{p}\right) - M\omega\right]$$

Die letzte Form ergiebt sich mit Rücksicht, dass v wenig von 1 abweicht, demnach für log v gesetzt werden kann $M\omega$; wo M der Modulus des logarithmischen Systems.

Die Intensität des Grundes p setzt sich aus zwei Theilen zusammen, einem als merklich constant anzusehenden Theile a, welcher durch die Intensität des Augenschwarz repräsentirt wird, und einem variabeln Theile z, welcher vom äusseren Lichte, insbesondere dem zerstreuten Lichte der Gestirne abhängt.

Durch Substitution von $a + z$ für p geht dann die Formel über in

$$D = k \log \frac{a + z + i}{\mathrm{v}(a + z)}$$

Diese Formel mit den daraus ableitbaren Formeln hat besonders insofern Interesse, als sie unter folgender Rücksicht auf die Grösse der Sterne bezogen werden kann.

Nach der gewöhnlichen Reihungsweise der Sterngrössen lässt man die Nummern derselben aufsteigen, während die Intensitäten absteigen, was jedoch die Auffassung der Beziehung zwischen Grösse und Intensität erschwert. Lassen wir demnach im Folgenden die Grössen mit den Intensitäten aufsteigen, und nehmen den Nullwerth der Grösse an, wo ein Stern sich ununterscheidbar im Grunde verliert, so fällt die Grösse des Sternes mit seiner Unterschiedshelligkeit D vom Grunde zusammen, und wir können die obige Formel unmittelbar als den allgemeinen Ausdruck für die functionelle Beziehung zwischen Sterngrössen und Intensitäten ansehen, wobei uns noch freisteht, die Einheiten der Sterngrössen und Intensitäten so zu wählen, dass sich die Formel möglichst vereinfacht, worauf unten einzugehen. So führt die vorige Formel zu folgenden Folgerungen.

1) Die Grösse des Sternes hängt nicht blos von der eigenen Intensität des Sternes ab, sondern ist wesentlich mit abhängig von der Intensität des Grundes $p = a + z$, und nimmt bei gegebener eigener Intensität um so mehr ab, je mehr die Intensität des Grundes wächst, wie denn die intensivsten Sterne am Tageshimmel verschwinden, d. h. keine merkliche Helligkeitsdifferenz vom Grunde zeigen. Insofern ist es zweckmässig, wahre und scheinbare Grösse zu unterscheiden; indem wir

unter wahrer Grösse die Helligkeitsdifferenz von irgend einem normal festgesetzten Grunde, unter scheinbarer Grösse die von irgend einem anderen Grunde verstehen, welche zur allgemeinen Vergleichbarkeit erst auf die Helligkeitsdifferenz vom wahren Grunde zurückgeführt werden muss.

Als Normalintensität des Grundes soll hier das möglicherweise erreichbare Minimum, d. i. die Intensität a des Augenschwarz betrachtet werden. Ein vollkommen nachtdunkler Himmel wird sich dem nähern, und namentlich durch Fernröhre gesehen, wo sich die zum Augenschwarz zutretende Intensität z des zerstreuten Himmelslichtes nach Massgabe der Vergrösserung schwächt, merklich damit zusammenfallen.

2) Wenn die eigene Intensität des Sternes so klein gegen die des Grundes ist, dass die höheren Potenzen von $\frac{i}{p}$ gegen die erste zu vernachlässigen, mithin $\log\left(1 + \frac{i}{p}\right)$ nach S. 5 $= M\frac{i}{p}$ gesetzt werden kann, so ist die Grösse des Sternes merklich

$$D = kM\left(\frac{i}{p} - \omega\right)$$

d. h. proportional dem Ueberschusse der verhältnissmässigen Intensität des Sternes $\frac{i}{p}$ über die Unterschiedsconstante ω.

Ist i gross genug geworden, dass p dagegen zu vernachlässigen, so wird $D = k \log \frac{i}{vp}$, und ist endlich i gross genug, dass auch $\log vp$ gegen $\log i$ zu vernachlässigen, so ist $D = k \log i$.

Die beiden Formeln

$$D = kM\left(\frac{i}{p} - \omega\right)$$

und

$$D = k \log i$$

bestimmen die Gränzfälle der Abhängigkeit der Grösse des Sternes von p und v. An der oberen Gränze wird die Grösse unabhängig sowohl von der Intensität des Grundes als der relativen Unterschiedsempfindlichkeit, so dass Sterne von gleicher, nur hinreichend starker, eigener Intensität auf verschieden intensivem Grunde und bei verschiedenen Graden relativer Unterschiedsempfindlichkeit gleich gross erscheinen.

3) Bei der teleskopischen Betrachtung kommt Folgendes in Rücksicht. Die eigene Intensität i eines Fixsternes wird bei hinreichender Oeffnung des Oculars und, abgesehen von der Lichtverschluckung durch die Gläser, im Verhältnisse der Flächengrösse

des Objectivs zur Flächengrösse der Pupille vergrössert. Allgemein sei F das Verhältniss, in welchem sie durch das Fernrohr verstärkt ist. Von der Intensität des Himmelsgrundes $p = a + z$ bleibt der Theil a durch das Fernrohr unverändert, der Theil z nimmt nach Massgabe der Flächenvergrösserung G, die das Fernrohr gewährt, an Intensität ab, indem nach Massgabe, als ein Fleck des Himmels ein grösseres Bild im Auge giebt, das Licht dieses Fleckes mehr verdünnt wird. Hienach geht unter Anwendung des Fernrohres i in Fi und p in $a + \frac{z}{G}$ über, und wir erhalten, wenn D_f die durch das Fernrohr gesehene Grösse ist

$$D_f = k\left[\log\left(1 + \frac{GFi}{aG + z}\right) - \log \mathrm{v}\right]$$

wofür wir bei nicht zu unbedeutender Vergrösserung und finsterem Himmel setzen können

$$D_f = k \log \frac{a + Fi}{va}$$

sofern dann z gegen aG zu vernachlässigen ist.

Wird nun ein Stern von der eigenen Intensität i' mit dem Fernrohre und ein anderer mit der eigenen Intensität i ohne Fernrohr betrachtet, so erscheinen sie gleich gross, wenn

$$\frac{Fi'}{a} = \frac{i}{p} \text{ oder } \frac{i}{i'} = \frac{Fp}{a}$$

Bei sehr finsterem Himmel wird p nicht erheblich von a abweichen, wo dann $\frac{i}{i'} = F$ gesetzt werden kann, wogegen, wenn der Himmel ohne Fernrohr so dämmerig ist, dass er z. B. die doppelte Intensität des Augenschwarz hat, man das Verhältniss $\frac{i}{i'}$ nach dieser Gleichung blos halb so gross finden würde, als es wirklich ist.

Wenn die Helligkeitsverstärkung durch das Fernrohr so gross ist, dass a gegen Fi vernachlässigt werden kann, so erhalten wir die Formel

$$D_f = k \log \frac{Fi}{va} = k\left(\log \frac{i}{va} + \log F\right)$$

wonach die Verstärkung durch ein gegebenes Fernrohr allen Sternen, schwachen und starken, einen gleichen Grössenzuwachs $k \log F$ zufügt. Wäre umgekehrt die Verstärkung so schwach und i so klein, dass Fi gegen a verschwindet, so würde das Fernrohr nichts zur Verstärkung wirken, und wäre sie endlich so beschaffen, dass a und Fi ein in Betracht kommendes Verhältniss zu einander haben, so würde der Grössenzuwachs durch dasselbe Fernrohr variabel sein.

4) Nimmt man die einfache Differenz zweier Grössen D, D', welche auf demselben Grunde p stehen, so verschwindet v, womit man aber nur auf die in der Empfindung aufgehende Unterschiedshelligkeit derselben zurückkommt. Um den besonders aufgefassten oder empfundenen Unterschied derselben zu gewinnen, hat man nach directer Anwendung der Unterschiedsmassformel

$$D - D' = k \log \frac{\beta}{v\beta'} = k \log \frac{p + i}{v(p + i')}$$

worin jedoch v nicht denselben Werth haben dürfte, als wenn wir den Unterschied eines Sternes vom umgebenden Grunde in Betracht ziehen.

Diese Formel zeigt, dass die Grössendifferenz zweier Sterne nicht blos von dem Verhältnisse ihrer eigenen Intensitäten, sondern ihrer Gesammtintensitäten, mithin mit von der Intensität des Grundes p abhängt; wonach bei vollkommen nachtdunklem Himmel zwei Sterne weniger in der eigenen Intensität zu differiren brauchen, als bei dämmerigem, um noch denselben Grössenunterschied darzubieten. Die Verschiedenheit in dieser Hinsicht je nach Beschaffenheit des Grundes wird am stärksten bei den schwächsten, unmerklich bei sehr intensiven Sternen sein, so dass nicht blos die absolute Grösse der Intervalle zwischen den scheinbaren Grössen, sondern auch die Verhältnisse dieser Intervalle sich je nach der Intensität des Grundes ändern.

Der Ausdruck für den empfundenen Grössenunterschied zweier Sterne bei Anwendung des Fernrohres ist

$$D_f - D'_f = k \log \frac{a + Fi}{v(a + Fi')}$$

woraus hervorgeht, dass der Grössenunterschied mit Fernrohr so lange mit abhängig ist von dem Verstärkungsfactor F, als a nicht gegen Fi und Fi' vernachlässigt werden kann. Ist aber der Verstärkungsfactor F hiezu gross genug, so hängt der Grössenunterschied blos noch von dem Verhältnisse $\frac{i}{vi'}$ eben so wie bei starken Intensitäten ohne Fernrohr ab.

5) Der arithmetischen Reihe der Sterngrössen gehört eine geometrische der Gesammtintensitäten der Sterne zu, sofern dem gleichen Unterschiede $D - D'$ zwischen den auf einanderfolgenden Gliedern der Grössenreihe ein gleiches Verhältniss $\frac{\beta}{\beta'}$ der zugehö-

rigen Intensitätenreihe entspricht. Sei der Exponent der Intensitätenreihe, welche der arithmetischen Sterngrössenreihe 0, 1, 2, 3 .... zugehört, E, so wird man, um von der Grösse $D = 0$ zur Grösse 1 überzugehen, die Intensität vp, bei welcher die Nullgrösse angenommen wird, mit E zu multipliciren haben, um die dazu gehörige Gesammtintensität β zu finden. Substituirt man nun in den allgemeinen Ausdruck

$$D = k \log \frac{\beta}{vp}$$

1 für D und Evp für β, so erhält man

$$1 = k \log E$$

$$k = \frac{1}{\log E}$$

woraus sich ergiebt, dass man für k substituiren kann $\frac{1}{\log E}$ und mithin schreiben kann

$$D = \frac{1}{\log E} \log \frac{\beta}{vp}$$

6) Die Reihe der **eigenen** Intensitäten i, welche einer arithmetischen Grössenreihe D zugehört, ist keine streng geometrische, sondern es entsprechen sich:

$$\begin{array}{r|llllll}
D & = \;0, & 1, & 2, & 3, & 4 \ldots. & \ldots n \\
\beta = i + p & = \;vp & Evp & Ev^2p & Ev^3p & Ev^4p \ldots. & Ev^np \\
i & =(v-1)p & (Ev-1)p & (Ev^2-1)p & (Ev^3-1)p & (Ev^4-1)p \ldots. & (Ev^n-1)p
\end{array}$$

Jedoch fällt von so grossen Intensitäten an, dass 1 gegen Ev^n vernachlässigt werden kann, die Reihe der eigenen und Gesammtintensitäten merklich zusammen, und es kann der Exponent E der letzten zugleich für den der ersten gelten.

7) Die Einheit der Grösse kann entweder als Fundamentaleinheit so bestimmt werden, dass $k = 1$ wird, oder so, dass dem seither angenommenen Grössenintervalle entsprochen wird, mithin auch der Exponent der zugehörigen Reihe Gesammtintensitäten dadurch wiedergegeben wird, also blos der Ausgang und die Richtung der bisherigen Grössenfolge, nicht aber die Abstände der Grössen von einander und Verhältnisse der zugehörigen Intensitäten sich ändern.

Es ist nun äusserst merkwürdig, dass unter Anwendung natürlicher Logarithmen beide Bedingungen sich in Verbindung so nahe, dass man der Abweichung von wirklicher Genauigkeit nicht sicher sein kann, erfüllen.

In der That, nach der ersten Bedingung muss in dem Ausdrucke für die Grösse

$$D = k \log \frac{p+i}{vp}$$

der Werth $\frac{p+i}{vp}$ bei der Grösseneinheit der Grundzahl der angewandten Logarithmen gleich sein (vgl. S. 19), und diese Grundzahl zugleich der allgemeine Exponent der Reihe der Gesammtintensitäten sein, welche der Grössenreihe mit der Differenz 1 zugehört, da sie der Exponent des ersten Verhältnisses dieser Intensitätenreihe bei $D = 0$ und $D = 1$ ist. Nun ist die Grundzahl der natürlichen Logarithmen $= 2{,}7184\ldots$, und nach der Th. I. S. 161 gegebenen Zusammenstellung hat der Exponent der Intensitätenreihe, welche den heute angenommenen Grössen zugehört, beinahe diesen Werth. Die Abweichungen der bisherigen Bestimmungen davon können an Puncten hängen, welche ich in einer Abhandlung in den Berichten der sächs. Soc. (1859. S. 58 ff.) näher besprochen habe.

Um die Formel hienach auch noch durch angemessene Wahl der Intensitäteneinheit möglichst zu vereinfachen, hat man als Intensitäteneinheit vp zu nehmen, welche, da v wenig von der Einheit abweicht, mit der Intensität des Himmelsgrundes p, und wenn man diese auf vollkommenes Nachtdunkel oder normales Augenschwarz reducirt denkt, mit a nahehin übereinkommt. Die somit möglichst vereinfachte Formel ist

$$D = \log \beta = \log (p + i)$$

wonach die Zahl, welche die Grösse eines Sternes misst, dem Logarithmus der gesammten Intensität des Sternes gleich ist.

Diese Formel entspricht der natürlichen Grössenerscheinung, aber erscheint insofern unbequem, als wir nicht die Gesammtintensität $p + i$, sondern die eigene Intensität i messen und mithin kennen. Berücksichtigt man aber, dass bei den hellen Sternenclassen, etwa den 3 höchsten, p gegen i merklich vernachlässigt werden kann, und nicht nur die unsichtbaren, sondern auch schwächer sichtbaren Grössenclassen teleskopisch betrachtet zu werden pflegen, wobei durch hinreichende Verstärkung der Sternintensität die Intensität des Grundes ebenfalls merklich zum Verschwinden gegen die eigene Intensität des Sternes gebracht werden kann, so wird man, wenn man principiell die Grössenbestimmung überall bei hinreichender natürlicher oder teleskopisch verstärkter Intensität vornimmt, dass die Intensität des Grundes nicht mehr merklich in Betracht kommt, die Formel $D = \log i$ mit $D = \log (p + i)$ merklich gleichbedeutend halten und zur Verknüpfung der Grössen und Intensitäten allgemein verwenden können, nachdem man nur zuvor die teleskopisch bestimmten Intensitäten und Grössen auf die nicht teleskopisch bestimmten reducirt hat, wozu der obige Ausdruck $D_f = k \log \frac{a + Fi}{va}$ Anhalt gewährt. Setzen wir nämlich die Intensitätsverstärkung durch das Fernrohr stark genug, dass a gegen Fi und $\log va$ gegen $\log Fi$ zu vernachlässigen ist, und $k = 1$, so ist

$$D_f = \log Fi = \log i + \log F$$

also die teleskopische Intensität Fi im Verhältnisse von F zu reduciren, um sie auf die wahre i herabzubringen, von der teleskopisch geschätzten Grösse D_f aber $\log F$ abzuziehen, um sie auf die zum wahren i zugehörige zu bringen.

Auch hindert dann nichts, statt der im Verhältnisse der Verhältnissschwelle gesteigerten Intensität des Grundes vp die reine Intensität des schwarzen Himmelsgrundes oder normalen Augenschwarzes a als Einheit anzunehmen, bei welcher die Nullgrösse statt hat. Da nun nach den Erörterungen S. 76 die Intensität des Augenschwarz nicht unwahrscheinlich das e-fache des Schwellenwerthes ist, und e zugleich der Exponent der Intensitätenreihe, so würde der Nullpunct der Sterngrössen gerade um eine Grösse höher als der absolute Nullpunct der Lichtempfindung liegen, und könnte selbst, wenn man wollte, mit diesem zur Coincidenz gebracht werden.

Allerdings werden bei dem hier vorgeschlagenen Systeme die niederen Classen der noch sichtbaren Sterne dann ohne Fernrohr für das freie Auge nicht mehr um gleiche Helligkeitsunterschiede differiren, wohl aber mit Fernrohr, was an sich praktischer erscheint, da sie für astronomische Zwecke gewöhnlich mit Fernrohr beobachtet werden.

Unstreitig hat man die Bedingung, die Grössenabstände so zu schätzen, dass nur die eigenen Intensitäten der Sterne massgebend werden, was überall fodert, dass die Intensität des Grundes gegen die natürliche oder künstlich verstärkte eigene Intensität des Sternes verschwindend klein werde, bei den lichtschwächeren sichtbaren, und namentlich bei den kleinsten teleskopischen Sternen bisher nur unvollständig erfüllt, und ohne das Princip der Erfüllung klar vor Augen zu haben; auch liegt vielleicht für die Astronomie kein hinreichendes Interesse vor, auf mühselig genaue Bestimmungen in dieser Beziehung einzugehen. Indess erklären sich daraus wohl auch abgesehen von den Schwierigkeiten einer vergleichbaren Schätzung durch das Auge die Schwankungen in der Grössenbestimmung der kleinen Sterne, die man bei Astronomen findet; und werden die Exponenten der Intensitätenreihe, welche aus den verschiedenen Untersuchungen fliessen, auf eine gewisse Weise dadurch influirt und in der Genauigkeit benachtheiligt sein. Ohne neue Untersuchungen mit Rücksicht auf vorstehende Principien scheint mir dieser Gegenstand nicht ins Reine und Klare zu bringen, eine solche Untersuchung aber den Astronomen zu überlassen, falls sie Interesse genug für sie haben sollte.

XXVI. Die höheren Unterschiedsmassformeln.

Die einfache Unterschiedsmassformel liess eine Verallgemeinerung in doppeltem Sinne zu, einmal sofern wir, statt auf einfache Unterschiede, auf Unterschiede zwischen Unterschieden Rücksicht nahmen, zweitens, sofern wir, statt die Schwellenwerthe für die verschieden angebrachten Reize als gleich anzunehmen, eine mögliche Verschiedenheit derselben, bei welcher ein Grössenwechsel der Reize einen Einfluss auf das Resultat gewinnt, berücksichtigten. Die Unterschiedsmassformel lässt eine entsprechende Verallgemeinerung in doppeltem Sinne zu, indem sie sich ebenfalls einmal von einfachen Unterschieden auf Unterschiede zwischen Unterschieden, zweitens von dem Falle, wo der Grössenwechsel der Reize das Resultat nicht ändert, auf den Fall, wo er dasselbe ändert, ausdehnen lässt. Die Verallgemeinerung im ersten Sinne wird in diesem Kapitel, die Verallgemeinerung im zweiten Sinne im folgenden Kapitel behandelt werden.

Wenn eine bewusste Empfindung γ nur nach Massgabe stattfinden kann, als der zugehörige Reiz β (oder die von ihm repräsentirte innere psychophysische Thätigkeit) eine gewisse endliche Grösse b übersteigt, und ein empfundener Unterschied $\gamma - \gamma' = u_1$ nur nach Massgabe als das zugehörige Reizverhältniss $\frac{\beta}{\beta'} = \varphi_1$ eine gewisse endliche Grösse v_1 übersteigt, wobei wir die Buchstaben u, φ, v mit einem Index wegen der Beziehung zum Folgenden bezeichnen, so ist vorauszusetzen und bestätigt sich durch Erfahrung, dass auch ein Unterschied zwischen zwei Empfindungsunterschieden $u - u' = u_2$ nur nach Massgabe empfunden, als besonderer in das Bewusstsein treten kann, als das zugehörige höhere Reizverhältniss $\frac{\varphi_1}{\varphi'_1} = \varphi_2$, d. i. Verhältniss zwischen zwei Verhältnissen $\frac{\beta}{\beta'}, \frac{\beta''}{\beta'''}$ eine gewisse endliche Grösse v_2 übersteigt, u. s. f., so dass wir, unter beliebig weiter Fortsetzung dieser Steigerung haben

$$u_1 = k \log \frac{\varphi_1}{v_1}$$

$$u_2 = k \log \frac{\varphi_2}{v_2}$$

$$u_3 = k \log \frac{\varphi_3}{v_3} \text{ u. s. w.}$$

Hievon entspricht die Formel für u_1 der einfachen Unterschiedsmassformel; die anderen, welche wir höhere Unterschiedsmassformeln nennen können, lassen sich in analoger Weise als diese ableiten. Beschränken wir uns hier, nur die empfundenen Unterschiede zweiter Ordnung u_2 des Näheren in Betracht zu ziehen.

Ihre Inbetrachtnahme ist nicht müssig, weil sie wirklich in Betracht kommen. Die Erkenntniss der Unreinheit eines Tonintervalles ist vielleicht der einfachste und zur einfachen Erläuterung geeignetste Fall eines empfundenen Unterschiedes u_2. In der That ist die empfundene Unreinheit eines Tonintervalles nichts anderes als der empfundene Unterschied zwischen zwei Intervallen, dem reinen und dem unreinen; jedes dieser Intervalle aber als empfundenes der empfundene Unterschied zwischen zwei absoluten Tonhöhen. Soll nun die Unreinheit wirklich empfunden werden, so muss der Unterschied zwischen dem reinen und unreinen Intervalle eine gewisse Grösse übersteigen. Ausserdem ist selbstverständlich, dass, um einen Unterschied zwischen Unterschieden zu empfinden, wir diese Unterschiede selbst empfinden müssen; dazu aber gehört, dass sie ihrerseits eine gewisse Grösse übersteigen müssen; aber endlich auch die Höhe jedes Tones für sich muss eine gewisse Grösse übersteigen, soll er als Ton empfunden werden, und mithin die Empfindung eines Unterschiedes dafür möglich sein, so dass also das Zustandekommen eines Bewusstseinsphänomens höherer Ordnung mit dem Uebersteigen der höheren Schwelle das Uebersteigen jeder niederen voraussetzt.

Nicht blos die Empfindung der Unreinheit eines Tonintervalles, auch der musikalische Eindruck, den die Folge der reinen Intervalle in der Melodie und noch mehr ihrer Complexe in der Harmonie macht, ist Sache empfundener Unterschiede höherer Ordnung, und zwar spielen hiebei Unterschiede viel höherer als der zweiten Ordnung eine Rolle mit.

Nicht minder hat man bezüglich der Stärke der Empfindung empfundenen Unterschieden höherer Ordnung eine Bedeutung beizulegen. Der Eindruck des *crescendo* und *descrescendo*, des vervielfältigten Wechsels zwischen dem *piano* und *forte* der Musik beruht hierauf und unterstützt den Eindruck der Melodie und Harmonie, wenn schon er für sich aus unbekanntem Grunde keines entsprechenden ästhetischen Eindruckes, als Melodie und Harmonie für sich, fähig ist. Das Gebiet der Lichtempfindung gewährt uns andere Beispiele. Wenn wir drei Sterne β, β', β'' von verschiedener Helligkeit oder sog. Grösse haben, so kann man fragen, ob der Unterschied z. B. zwischen β und β' grösser sei, als der Unterschied zwischen β' und β'', oder, bei 4 Sternen, ob der Unterschied zwischen β und β' grösser sei, als zwischen β'' und β'''. Um sich zu entscheiden, wird der Unterschied zwischen den Unterschieden, die man vergleicht, wieder eine gewisse Grösse übersteigen müssen, die sogar bei Sternintensitäten, wir wissen wieder nicht warum, verhältnissmässig viel grösser sein muss, als bei Tonhöhen; doch fodert die astronomische Schätzung von Sterngrössendifferenzen solche Vergleiche.

Ziehen wir nun die, für die empfundenen Unterschiede zweiter Ordnung gültige, Unterschiedsmassformel zweiter Ordnung

$$u_2 = k \log \frac{v_1}{v_2}$$

näher in Betracht, indem wir dabei den allgemeinsten Fall zu Grunde legen, dass wir 4 Reize, Tonhöhen, Sterngrössen oder was es sei, haben, β, β', β'', β'''; dass zwischen den beiden Unterschieden von β zu β' und von β'' zu β''' der Unterschied aufgefasst werden soll, dass $\beta > \beta'$ und $\beta'' > \beta'''$ sei, so werden wir uns das Zustandekommen dieser Formel des Näheren so erläutern können.

Der empfundene Unterschied erster Ordnung zwischen β und β' sei

$$u_1 = k \log \frac{\varphi_1}{v_1}$$

Der empfundene Unterschied gleicher Ordnung zwischen β'' und β''' werde in Betracht der gleichen Ordnung auch durch ein Strichelchen unten bezeichnet, in Betracht der anderen Reize aber, zwischen denen er besteht, durch ein Strichelchen oben vom vorigen unterschieden, und sei mithin

$$u'_1 = k \log \frac{\varphi'_1}{v'_1}$$

So wird zuvörderst der in der Empfindung aufgehende Unterschied zwischen beiden empfundenen Unterschieden die einfache Differenz beider sein, d. i.

$$k\left(\log \frac{\varphi_1}{v_1} - \log \frac{\varphi'_1}{v'_1}\right) = k \log \frac{\varphi_1 v'_1}{\varphi'_1 v_1}$$

In der That kann ein Unterschied zwischen empfundenen Unterschieden eben so gut empfunden als nicht empfunden sein, letzteres z. B. wenn die beiden empfundenen Unterschiede sich in zwei verschiedenen Menschen finden, oder zwischen ihnen in demselben Menschen eine zu lange Zwischenzeit besteht, oder sie zu wenig differiren. Soll nun der Empfindungsunterschied

$$k \log \frac{\varphi_1 v'_1}{\varphi'_1 v_1}$$

zum empfundenen Unterschiede werden, so muss der Werth des Reizverhältnisses zweiter Ordnung eine gewisse Grösse erreichen, die wir V nennen wollen, bei welcher der Nullwerth des empfundenen Unterschiedes zweiter Ordnung eintritt, was für den Ausdruck des empfundenen Unterschiedes u_2 giebt

$$u_2 = k \log\left(\frac{\varphi_1}{\varphi'_1} \cdot \frac{v'_1}{v_1} \cdot \frac{1}{V}\right)$$

Indem wir aber für $\frac{\varphi_1}{\varphi'_1}$ den einzigen Buchstaben φ_2 und für $\frac{v'_1}{v_1} \cdot \frac{1}{V}$ setzen $\frac{1}{v_2}$, erhalten wir

$$u_2 = k \log \frac{\varphi_2}{v_2} = k \log\left(\frac{\varphi_1}{\varphi'_1} \cdot \frac{1}{v_2}\right)$$

Diese Formel führt zu einer Verallgemeinerung des Weber'schen Gesetzes in einer seiner Ausdrucksweisen. Nach dem Weber'schen Gesetze wird ein Unterschied zwischen zwei Reizen als gleich gross empfunden, wenn das Verhältniss zwischen den Reizen, die den Unterschied geben, gleich gross ist. Nach voriger Formel wird ein Unterschied zwischen zwei Reizunterschieden als gleich gross empfunden, wenn das Verhältniss zwischen den zugehörigen Reizverhältnissen gleich gross ist. Denn φ_1 und φ_1', welche den Quotienten φ_2 bilden, stellen ja die Reizverhältnisse $\frac{\beta}{\beta'}$, $\frac{\beta''}{\beta'''}$ dar. Man darf aber nicht übersehen, dass die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes wie dieser Verallgemeinerung an eine Bedingung gebunden ist. Das Weber'sche Gesetz setzt eine Constanz der Schwelle v_1, wie die jetzige Verallgemeinerung desselben eine Constanz der Schwelle v_2 voraus.

Das Gebiet der Musik bietet uns im Zusammenhange einen bemerkenswerthen Beleg eben so für die Gültigkeit dieser Verallgemeinerung des Weber'schen Gesetzes, als für eine, auf der Variation von v_2 beruhende, Abweichung von der Gültigkeit dar, welche ihre gemeinsame Repräsentation in unserer Unterschiedsmassformel zweiter Ordnung finden.

In der That, die Unreinheit eines Tonintervalles wird in verschiedenen Octaven gleich leicht erkannt; diess entspricht unserer Verallgemeinerung; sofern zur Auffassung der Unreinheit gehört, dass der Unterschied zweier Tonintervalle, wozu zwei verschiedene Schwingungsverhältnisse gehören, erkannt werde. Sei das reine Schwingungsverhältniss n, das unreine ν, so wird die Unreinheit erkannt werden, wenn $\frac{\nu}{n}$ den Werth v_2 erlangt; aber eben so auch, wenn $\frac{2\nu}{2n}$ den Werth v_2 erlangt; es kommt also auf die absolute Grösse von 2ν und $2n$ nicht dabei an, indem v_2 davon nicht abhängt.

Hingegen wird die Abweichung einer Quinte von der Reinheit verhältnissmässig leichter als die irgend eines anderen Intervalles derselben Octave erkannt, und bestehen überhaupt in dieser Hinsicht Unterschiede zwischen den verschiedenen Intervallen (vgl. Th. I. S. 261). Diess entspricht einer Abweichung von der Verallgemeinerung des Weber'schen Gesetzes und beweist, dass, indess die Constanz von v_2 für die gleichen Intervalle verschiedener Octaven stattfindet, diese Constanz nicht für die verschiedenen Intervalle derselben Octave besteht, wie denn hiezu keine aprioristische Nothwendigkeit vorliegt.

Substituiren wir in unsere Unterschiedsmassformel zweiter Ordnung für φ_1 und φ_1' ihre Werthe, so haben wir

$$u_2 = k \log \left(\frac{\beta \beta'''}{\beta' \beta''} \cdot \frac{1}{v_2} \right)$$

und setzen wir hierin $\beta' = \beta''$, welches dem Falle entspricht, dass wir die 4 Reize auf drei in der Ordnung β, β', β''' reduciren, und den Unterschied von β zu β' mit dem von β' zu β''' vergleichen, so haben wir, indem wir statt β''' nun β'' einführen:

$$u_2 = k \log \left(\frac{\beta \beta''}{\beta'^2} \, \frac{1}{v_2} \right)$$

welches zeigt, dass der empfundene Unterschied zwischen zwei solchen Unterschieden auf die Schwelle tritt, wenn der Quotient aus dem Quadrate des mittleren Reizes in das Product der äusseren Reize einen gewissen Werth v_2 erlangt.

Man kann aus unseren höheren Formeln folgern, was die Erfahrung bestätigt, dass das Bewusstsein eine um so grössere Intensität erlangen muss, je höherer Ordnung die Unterschiede sind, die von demselben gefasst werden sollen, so dass z. B. ein Unterschied zweiter Ordnung nur mit einer Intensität ins Bewusstsein treten kann, welche diejenige erreicht oder übersteigt, die einer einfachen Empfindung beim Werthe $\beta = b v_1 v_2$ zugehört. Denn man darf nicht meinen, dass der empfundene Unterschied u_2, indem er beim Werthe $\varphi_2 = v_2$ auf die Schwelle tritt, stets mit einem Nullwerthe des Bewusstseins überhaupt auf die Schwelle tritt, sondern nur mit einem Nullwerthe des Bewusstseins zweiter Ordnung auf die Schwelle zweiter Ordnung, wogegen das Bewusstsein der Unterschiede u_1, u_1', wozwischen er besteht, gleichviel ob der höhere Unterschied dazwischen empfunden wird oder nicht, die Schwelle bei v_1 schon überschritten haben kann. Dieses Ueberschreiten oder mindestens Erreichen, so wie das der Reizschwelle b ist, wie schon oben erörtert, in jedem Falle die Voraussetzung des Bewusstseins der höheren Ordnung u_2. Es lässt sich aber wie folgt zeigen, dass in der That hiezu ein entsprechender Bewusstseinsgrad gehört, als wenn ein einfacher Reiz oder die entsprechende psychophysische Thätigkeit den Werth $b v_1 v_2$ erreicht.

Drücken wir die Formel für u_2 wie folgt aus

$$u_2 = k \log \left[\frac{\left(\frac{\beta}{\beta'}\right)}{\frac{\beta'}{\beta''}} \, \frac{1}{v_2} \right]$$

Damit u_2 bewusst empfunden, mithin die Schwelle zweiter Stufe überstiegen werde, muss die Grösse unter dem Logarithmuszeichen grösser als 1 sein, mithin

$$\frac{\beta}{\beta'} > \frac{\beta'}{\beta''} v_2$$

Es ist aber auch nöthig, dass die Unterschiede erster Stufe beide bewusst empfunden werden, mithin nicht nur $\frac{\beta}{\beta'}$, sondern auch $\frac{\beta'}{\beta''} > v_1$ sei, wenn mit v_1 gemeinsam die zugehörige Schwelle bezeichnet wird, was für die vorige Ungleichung giebt

$$\frac{\beta}{\beta''} > v_1 v_2$$

und mithin

$$\beta > v_1 v_2 \beta''$$

Endlich muss aber auch jeder der Reize β, β'' die Schwelle b überstiegen haben, was für die vorige Ungleichung giebt

$$\beta > b v_1 v_2$$

Eben so wie die Unterschiedsmassformel erster Stufe eine Massformel für das Vollbewusstsein einer einfachen Empfindung erster Stufe als besonderen Fall einschliesst, können wir auch aus der Unterschiedsmassformel zweiter Stufe eine Massformel für ein einfaches Vollbewusstsein zweiter Stufe ableiten; und wie das erste dadurch charakterisirt ist, dass wir die Empfindung nicht blos haben, sondern uns auch bewusst werden können, dass wir sie gehabt haben, wird das zweite dadurch charakterisirt sein, dass wir uns bewusst werden können, wir haben dieses Bewusstsein gehabt. Wir erhalten diese Formel, indem wir zuvörderst den empfundenen Unterschied u_2 als Unterschied zwischen einem bewussten Unterschiede u_1 und einem Nullunterschiede betrachten, der beim Werthe des Reizverhältnisses $\frac{\beta'}{\beta''} = v_1'$ eintritt; was giebt

$$u_2 = k \log \left(\frac{\beta}{\beta''} \frac{1}{v_1 v_2} \right)$$

indem wir zweitens den Unterschied u_1 als Unterschied betrachten zwischen einer bewussten Empfindung und einer Nullempfindung, welche dem Reize $\beta'' = b'$ zugehört, wodurch wir erhalten

$$y = k \log \frac{\beta}{b v_1 v_2}$$

wonach man in Uebereinstimmung mit dem, was wir vorhin fanden, sieht, dass eine einfache Empfindung, um auf gleiche Stufe, als ein empfundener Unterschied zu steigen, das Product aller Schwellen bis zu dieser Stufe inclus. übersteigen muss.

XXVII. Die Lagenformeln. Anwendung derselben auf die Beurtheilung der Verhältnisse constanter Fehler.

Sofern es im Folgenden zwei Reize in verschiedener zeitlicher oder räumlicher Lage gegen einander zu bezeichnen gilt, wird der in einer Weise angebrachte Reiz mit β, der in anderer Weise angebrachte mit β', ihr Grössenverhältniss mit φ oder φ' in solcher Weise bezeichnet werden, dass der grössere Reiz immer in dem Zähler verwandt wird, wonach die Buchstaben β, β' ihre Lage im Zähler und Nenner eben so zu vertauschen haben, wenn die zwei gegebenen Reize bei gleichbleibender Grösse die Lage vertauschen, als wenn sie bei gleichbleibender Lage die Grösse vertauschen, was auf dasselbe herauskommt, wenn beide Reize sich in Nichts als der Grösse unterscheiden, wie hier vorausgesetzt wird.

Das Verhältniss $\frac{\beta}{\beta'}$, worin also nach Vorigem $\beta > \beta'$ ist, soll insbesondere mit φ, das Verhältniss $\frac{\beta'}{\beta}$, wo $\beta' > \beta$ ist, mit φ' bezeichnet und für beide gemeinsam das Zeichen Φ gebraucht werden.

Insofern ich im Folgenden mehrfach auf meine früher besprochenen Gewichtsversuche werde Bezug zu nehmen haben, ist der kleinere Reiz durch das einfache Hauptgewicht P, der grössere durch das Hauptgewicht plus dem Zusatzgewichte, also durch $P + D$ vertreten, wonach das Reizverhältniss $\varphi = \frac{\beta}{\beta'}$ oder $\varphi' = \frac{\beta'}{\beta}$ durch $\frac{P+D}{P}$ gegeben ist, der Art, dass D einesfalls die entgegengesetzte Lage als andernfalls hat. Sofern aber die Gewichtsversuche folgends blos als Beispiele zur Erläuterung allgemeiner Verhältnisse dienen, können auch unter P und $P + D$ Reize jeder anderen Art als Gewichte verstanden werden.

Insofern die zwei Reize, deren Unterschied es aufzufassen gilt, nach ihrer zeitlichen oder räumlichen Anbringungsweise verschieden sind, findet sich auch im Allgemeinen, dass der Unterschied zwischen ihnen bei gleichbleibendem Verhältnisse Φ doch als verschieden gross empfunden wird, je nachdem sie bei gleichbleibender Lage die Grösse, oder bei gleichbleibender Grösse die Lage wechseln oder der Ueberschuss des einen über den anderen Reiz auf die eine oder andere Seite fällt, was nach Obigem nur Ausdrücke für dieselbe Sache sind.

So macht es bei den Gewichtsversuchen, von denen im ersten Theile die Rede gewesen, einen Unterschied in der Grösse des empfundenen Unterschiedes, ob die Gewichtszulage bei gleichem Hauptgewichte *P* im erst- oder zweitaufgehobenen Gefässe, im links- oder rechtsstehenden Gefässe liegt. Trotz dem, dass sich das Reizverhältniss *Φ* hiebei nicht ändert, fällt der empfundene Unterschied einesfalls von anderem Werthe aus, als anderenfalls, oder, was dasselbe sagt, scheint uns das eine Gewicht das andere einesfalls mehr oder weniger zu überwiegen, als anderenfalls.

Selbst ohne Dasein eines Mehrgewichtes *D* macht sich dieser Einfluss geltend; denn, wenn ich zwei gleiche Gewichte ohne *D* vergleichungsweise aufhebe, erscheint mir doch im Mittel so vieler Versuche, dass sich die unregelmässigen Zufälligkeiten ausgleichen, das eine Gewicht constant schwerer oder leichter als das andere, je nach der Raum- oder Zeitlage der Aufhebung. Ich bin aber im Stande, diesen Einfluss dadurch zu compensiren, dass ich das Gewicht, welches leichter erscheint, mit einem hinreichenden Mehrgewichte versehe, und hiedurch zugleich im Stande, den Einfluss der Lage seiner Grösse und Richtung nach messend zu bestimmen, indem ich ihn dem zur Compensation nöthigen *D* der Grösse nach äquivalent, der Lage nach entgegengesetzt setze. Mag dann auch ein anderes *D* und in anderer Lage angebracht werden, so wird man es doch immer so ansehen können, als wenn der Einfluss der Zeit- und Raumlage seinerseits durch jenes ideale, aber einem wirklichen gleich wirkende Mehrgewicht vertreten bliebe, wodurch es als gemessen angesehen werden kann, welches nun aber als additiv oder subtractiv zur Wirkung des wirklichen Mehrgewichtes *D* hinzutritt, je nachdem es gleiche oder entgegengesetzte Lage hat als *D*, und eben hiemit den verschiedenen Werth des empfundenen Unterschiedes je nach der Lage von *D* begründet.

Die Grösse, um welche solchergestalt durch den Einfluss der Zeit- oder Raumlage oder den vereinigten Einfluss derselben, abgesehen von *D*, das Gewicht *P* oder überhaupt irgend ein Reiz vergrössert oder vermindert erscheint, dieser ideale, doch einem wirklichen gleich zu achtende, positive oder negative Zuwachs dazu, bildet das, was man den constanten Fehler nennt, sofern er sich in der vergleichungsweisen Schätzung der Reize wirklich als ein Fehler geltend macht und bei gleichbleibendem Einflusse der Zeit- und Raumlage der Reize constant begangen wird, oder, insofern sich dieser Einfluss durch unregelmässige Zufälligkeiten abändert, im Mittel einer Mehrzahl von Versuchen herausstellt. Wie die constanten Fehler und hiemit das Mass des Einflusses der Zeit- und Raumlage genau zu bestimmen sind, ist bei Darstellung der Massmethoden der Unterschiedsempfindlichkeit angegeben worden.

Man ersieht leicht aus Vorigem, dass der constante Fehler weder seinem Dasein, noch seiner Grösse und Richtung nach von der Grösse und Lage von *D* abhängt, vielmehr unabhängig davon besteht, und nur insofern eine Verschiedenheit des empfundenen Unterschiedes je nach der Lage von *D* mitführt, als er in einer Lage desselben mit ihm in gleichem, in der entgegengesetzten im entgegengesetzten Sinne wirkt, also erstenfalls den von *D* abhängigen Unterschied, welcher in die Empfindung fällt, vergrössert, zweitenfalls verkleinert.

Es kann selbst der Fall eintreten und tritt oft genug bei Versuchen über die Unterschiedsempfindlichkeit ein, dass vermöge des Einflusses der Zeit- und Raumlage der kleinere Reiz als der grössere erscheint und der empfundene Unterschied vielmehr zu- als abnimmt, wenn *D* verkleinert wird, und hiemit beide Reize sich der Gleichheit nähern, was ich einen empfundenen Unterschied in verkehrtem Sinne nennen werde. Wie leicht begreiflich, tritt ein solcher Fall nothwendig dann ein, wenn der constante Fehler als positiver Zuwachs zum kleinern Reize hinzutritt und das *D* des grössern Reizes so weit überwiegt, dass der eben merkliche Unterschied überschritten wird.

So ist in meinen Gewichtsversuchen bei hinreichend schwerem Hauptgewichte das erstaufgehobene, also in Betreff der Zeitlage vorangehende, Gewicht, abgesehen von Zufälligkeiten, stets als das leichtere erschienen, wenn schon das Mehrgewicht *D* bei demselben war, so lange dieses Mehrgewicht nicht über eine gewisse Gränze stieg. Vergrössert man freilich das Mehrgewicht hinlänglich, so wird der von der Lage abhängige constante Fehler dadurch überwogen, und es tritt statt des verkehrten Sinnes der richtige Sinn des empfundenen Unterschiedes ein. So lange aber der verkehrte Sinn besteht, besteht auch der Umstand, dass sich der empfundene Unterschied vielmehr vergrössert als verkleinert, wenn sich die Reize der Gleichheit mehr nähern.

Aus der Bedingung, dass der constante Fehler als positiver Zuwachs des kleineren Reizes das D des grösseren Reizes um mehr als den eben merklichen Unterschied überschreiten muss, damit der Unterschied in verkehrtem Sinne empfunden werde, folgt übrigens, dass nicht nothwendig ein verkehrt empfundener Unterschied entsteht, wenn ein positiver constanter Fehler am kleineren Reize das D des grösseren Reizes übersteigt, weil eben nicht blos D, sondern auch der eben merkliche Unterschied dadurch noch überschritten werden muss, widrigenfalls die Empfindung des Unterschiedes, anstatt sich für das Bewusstsein zu verkehren, unbewusst bleibt.

Der Grund, dass je nach der verschiedenen Lage des Reizüberschusses der empfundene Unterschied grösser oder kleiner, oder gar in verkehrtem Sinne erscheint, kann ein doppelter sein. Indem die beiden Reize β, β' von verschiedenen Theilen eines empfindenden Organes aufgefasst werden oder als successiv einwirkende in verschiedene Zeiten fallen, können dieselben mit verschiedener absoluter Empfindlichkeit aufgefasst werden, und ihnen demgemäss verschiedene Schwellenwerthe b, b' zukommen. Nun haben wir aber früher (S. 95) gesehen, dass der bei Verschiedenheit von b, b' durch die Unterschiedsschwellenformel bestimmte wirkliche Unterschied der Empfindungen bei gleichem Φ grösser oder kleiner ist, je nachdem der grössere oder kleinere Reiz mit grösserer Empfindlichkeit (welcher ein kleinerer Schwellenwerth entspricht) aufgefasst wird, wonach er unter übrigens gleichen Umständen auch hienach stärker oder schwächer in die Empfindung fallen wird. Abgesehen davon aber könnte auch z. B. ein früherer Reiz, ungeachtet in der Gegenwart mit gleicher Empfindlichkeit aufgefasst, als der jetzige, doch beim Vergleiche mit dem jetzigen durch die Erinnerung vergrössert oder verkleinert in den empfundenen Unterschied eintreten, wo dann erstenfalls der empfundene Unterschied kleiner oder grösser ausfallen würde, je nachdem der frühere Reiz der kleinere oder grössere war, letzterenfalls umgekehrt. Nicht minder könnte möglicherweise die Relation in der räumlichen Lage des grösseren und kleineren Reizes, abgesehen von der verschiedenen Empfindlichkeit, womit beide aufgefasst werden, für die Grösse des empfundenen Unterschiedes mitbestimmend sein.

Der Kürze halber und in Ermangelung passenderer Bezeichnungen soll der Grund, dass φ bei gleicher Grösse anders als φ' empfunden wird, sofern er im ersten Sinne auf einer Verschiedenheit der absoluten Empfindlichkeiten für β, β' beruht, der absolute genannt werden, sofern er aber im zweiten Sinne auf der zeitlichen oder räumlichen Relation von β, β', abgesehen von dem Verhältnisse von b, b' beruht, der relative. Das Vorhandensein und die Wirksamkeit des absoluten Grundes ist Thatsache, was den relativen anlangt, so ruht er jetzt noch in der Hypothese, und es bedarf erst noch experimentaler Untersuchungen, die bis jetzt nicht vorliegen, um zu entscheiden, ob er überhaupt besteht.

In der That kann es noch sehr fraglich sein, ob wirklich nach einem für die Erinnerung bestehenden Gesetze eine constante Neigung stattfinde, den früheren oder späteren Reiz als den grösseren in Vergleich zu ziehen, ob nicht vielmehr der Unterschied, gleichviel, ob der vorangehende oder folgende Reiz der grössere ist, überhaupt nur undeutlicher wird, so dass er nach Zufälligkeiten eben sowohl durch Erinnerung vergrössert als verkleinert erscheinen kann, was keinen constanten Fehler, sondern nur einen Einfluss auf die, von der Zeitdistanz unstreitig mit abhängige, Grösse der relativen Unterschiedsempfindlichkeit begründen und bedeuten würde. Noch weniger lässt sich übersehen, inwiefern der relative Grund bei einem Wechsel der Raumlage des grösseren und kleineren Reizes in Betracht kommen könnte, wenn schon zu völliger Sicherstellung desshalb nöthig wäre, durch directes Mass der absoluten Empfindlichkeit der Theile, auf welche die Reize β, β' fallen, nach den dazu geeigneten Methoden sich zu überzeugen, dass die constanten Fehler ihrer Grösse nach durch Verhältnisse dieser Empfindlichkeiten gedeckt werden können.

Für das Folgende ist die Frage, inwiefern der erste oder zweite Grund vorzugsweise oder allein im Spiele sei, insofern überhaupt nicht wesentlich, als die folgenden Betrachtungen und Formeln für die eine und andere Ursache gleich gültig bleiben, ohne eine Unterscheidung nöthig zu machen, indess sie doch auch eine Einführung der Unterscheidung gestatten, sofern sich solche nach Erfahrung bewirken lassen sollte.

Wenn der Unterschied zwischen zwei Reizen verschieden gross erscheint, je nachdem von den zwei verschieden angebrachten Reizen der eine oder andere im Verhältnisse Φ den Zähler bildet, so wird es, welches auch das Mass dieser Empfindung sei, eine Empfindung mittler Grösse zwischen beiden Empfindungen geben, welche U sei. Der positive und negative Zuwachs $+\alpha$ und $-\alpha$, welchen diese mittlere Empfindung je nach dem Wechsel der Lage des grösseren und kleineren Reizes erfährt, wird das sein, was in der Empfindung von diesem Wechsel abhängt, und auf die mittlere Empfindung selbst, welche wir die Normalempfindung nennen wollen, als eine, von dem Lagenwechsel der Reize unabhängige, die Unterschiedsmassformel in der früheren Aufstellungsweise bezogen werden können. Ihr Mass nach dieser Formel sei

$$U = k \log \frac{\Phi}{A}$$

indem wir hier das früher in der Massformel gebrauchte φ und v durch Φ und A ersetzen. Insofern A der Werth des Verhältnisses Φ ist, bei dem die Normalempfindung verschwindet, können wir den Ausdruck Normalschwelle dafür brauchen. Unten wird gezeigt werden, wie sie durch Erfahrung zu bestimmen ist.

Seien nun allgemein u und u' die vom Lagenwechsel mit abhängigen Empfindungen, und zwar u oder u', je nachdem es der Reiz β oder β' ist, welcher als der grössere in den Zähler tritt, so haben wir, so lange u, u' mit Wachsthum von Φ wachsen, d. h. der empfundene Unterschied im rechten Sinne stattfindet*), welches bei hinreichend grossem Φ stets der Fall ist

$$u = k \log \frac{\varphi}{A} + \alpha$$

$$u' = k \log \frac{\varphi'}{A} - \alpha$$

Nun hindert nichts, der Grösse α eine beliebig andere Form zu geben. Setzen wir also $\alpha = k \log B$, indem wir B die demgemässe Grösse geben, so erhalten wir folgende Formeln, die wir kurz die Lagenformeln nennen:

$$u = k\left(\log \frac{\varphi}{A} + \log B\right) = k \log \frac{\varphi B}{A} \qquad (1)$$

$$u' = k\left(\log \frac{\varphi'}{A} - \log B\right) = k \log \frac{\varphi'}{BA} \qquad (2)$$

Oder, indem wir $\frac{B}{A} = \frac{1}{v}$ und $BA = v'$ setzen:

$$u = k \log \frac{\varphi}{v} ;\; u' = k \log \frac{\varphi'}{v'}$$

---

*) Die Aufstellung der Unterschiedsmassformel selbst setzte nämlich diesen Sinn voraus.

Wie man sieht, sind wir hiemit zur Form der Unterschiedsmassformel zurückgelangt, nur dass je nach der entgegengesetzten Lage des grossen und kleinen Reizes die Verhältnissschwelle einen verschiedenen Werth respectiv v und v′ angenommen hat, von denen ersterer anzuwenden ist, so lange $\beta > \beta'$, letzterer, wenn $\beta' > \beta$. Wir nennen sie die Lagenschwellen.

Die Lagenformeln sind das Allgemeinere der Unterschiedsmassformel, indem diese den besonderen Fall derselben darstellt, wo $B = 1$, was dem Falle entspricht, wo der Einfluss des Lagenwechsels verschwindet. Auch hätten sich die Lagenformeln mit ihren Specialschwellen, wie S. 100 gezeigt worden, gleich aus allgemeinen Grundgleichungen ableiten lassen, ohne erst den besonderen Fall der Unterschiedsmassformel dargestellt zu haben.

Die Normalschwelle A findet sich als geometrisches Mittel der beiden Lagenschwellen v, v′, sofern $\mathrm{v} = \frac{A}{B}$, $\mathrm{v}' = BA$, mithin $\mathrm{vv}' = A^2$ und $\sqrt{\mathrm{vv}'} = A$. Diess giebt das erfahrungsmässige Mittel an die Hand, A durch Versuche über Unterschiedsempfindlichkeit mit constanten Fehlern zu bestimmen. Man sieht zu, bei welchen Werthen φ, φ' der empfundene Unterschied verschwindet, je nachdem die eine oder entgegengesetzte Lage des grösseren Reizes statt hat, und nimmt das geometrische Mittel dieser beiden Werthe.

Des Näheren sieht man, dass jede der Lagenschwellen v, v′ aus zwei Factoren besteht, dem Factor A oder der Normalschwelle, welcher bei Verwechselung der Zeit- und Raumlage des Reizüberschusses constant bleibt, und einem anderen $\frac{1}{B}$ oder B, welcher die Fehlerschwelle heissen mag, und der beim Lagenwechsel den reciproken Werth annimmt. Wenn $A = 1$ sein sollte, welches dem Maximum der Normalempfindlichkeit entspräche, so würden letztere allein den Werth v und v′ bilden.

Der in solcher Richtung richtig empfundene Unterschied, dass β grösser als β' erscheint, wird nach Formel (1) bemerklich zu werden beginnen, wenn $\frac{\beta}{\beta'} > \mathrm{v}$ zu werden anfängt, der in der entgegengesetzten Richtung richtig empfundene nach Formel (2), wenn $\frac{\beta'}{\beta} > \mathrm{v}'$ zu werden anfängt; mithin der erste, wenn $\beta > \mathrm{v}\beta'$, der zweite, wenn $\beta < \frac{\beta'}{\mathrm{v}'}$. In dem Intervalle von $\beta = \mathrm{v}\beta'$ bis $\beta = \frac{\beta'}{\mathrm{v}'}$, oder, was auf dasselbe hinauskommt, im Intervalle von

$\beta' = \frac{\beta}{\mathrm{v}}$ bis $\beta' = \mathrm{v}'\beta$ oder endlich, was abermals dasselbe ist, im Intervalle von $\beta = \frac{A}{B}\beta'$ bis $\beta = \frac{\beta'}{AB}$ bleibt der empfundene Unterschied im Unbewussten.

Wenn ein Unterschied in verkehrtem Sinne empfunden wird, so dass der grössere Reiz als der kleinere erscheint, und mit Wachsthum von Φ der Werth u abnimmt, mit Abnahme von Φ wächst, so sind die obigen Lagenformeln noch eben so verwendbar, nur dass dann das Vorzeichen, was sie für den empfundenen Unterschied auswerfen, in entgegengesetztem Sinne zu deuten ist. Diess ergiebt sich theils aus einer näheren Betrachtung der Weise, wie der verkehrt empfundene Unterschied mit dem richtig empfundenen zusammenhängt, theils, und mit Strenge, bei einer Ableitung der Lagenformeln aus den Grundgleichungen (vgl. S. 100).

Des Näheren stellt es sich so damit.

Alle Fälle, wo nur richtig empfundene Unterschiede möglich sind, werden nach unseren Formeln dadurch gedeckt, dass sowohl v als v' grösser als 1 ist, indem der richtig empfundene Unterschied voraussetzt, dass β grösser als β' erscheine, so lange β grösser als β', mithin $\varphi > 1$ ist, und dass β' grösser erscheine, als β, so lange β' grösser, als β, mithin $\varphi' > 1$ ist, bis zur Erreichung des Schwellenwerthes von Φ; von wo an der empfundene Unterschied unbewusst wird; also müssen alle Werthe von φ sowohl als φ' bis zur Erreichung von v und v', und v und v' selbst als Gränze, grösser als 1 sein. Hingegen werden die Fälle, wo ein Unterschied in verkehrtem Sinne empfunden werden kann, dadurch gedeckt, dass blos die eine von beiden Schwellen v, v' einen Werth grösser als 1, indess die andere zugleich einen Werth kleiner als 1 hat.

In der That, sei β der Reiz, welcher grösser erscheinen kann, als der andere, trotz dem, dass er kleiner ist, so wird er natürlich um so mehr grösser erscheinen, wenn er ihm gleich ist, oder wenn er gar irgendwie grösser ist, wonach ein Schwellenwerth von $\varphi = \frac{\beta}{\beta'}$ überhaupt bei keinem Werthe über 1 und nicht einmal bei 1 selbst, welches der Gleichheit von β mit β' entspricht, erreicht werden kann; der Reiz β' muss erst grösser als β werden, damit scheinbare Gleichheit eintrete. Also muss der Schwellenwerth v, welcher gilt, so lange $\beta > \beta'$ ist, kleiner als 1, der Werth v', welcher dem Werthe $\beta' > \beta$ entspricht, grösser als 1 sein, womit der Bedingung entsprochen wird, dass jener Werth nicht erreicht werden kann, dieser erreicht werden kann.

Auch im jetzigen Falle aber werden die Gränzen des Intervalles, in welchem die Empfindung des Unterschiedes unbewusst wird, durch die Werthe $\beta = \mathrm{v}\beta'$ und $\beta = \frac{\beta'}{\mathrm{v}'}$ bestimmt. Da nun $\mathrm{v} < 1$ und $\frac{1}{\mathrm{v}'}$ ebenfalls < 1 ist (weil $\mathrm{v}' > 1$ ist), so ist β an beiden Gränzen $< \beta'$, und das Intervall der unbewussten Werthe des empfundenen Unterschiedes fällt ganz auf die Seite, wo $\beta' > \beta$. So lange $\beta > v\beta'$, hat der empfundene Unterschied einen bewussten Werth in der einen Richtung, sinkt β unter $\frac{\beta'}{v}$, so nimmt er die entgegengesetzte Richtung mit bewusstem Werthe an; das Intervall, in welchem der empfundene Unterschied verkehrte Werthe annimmt, ist das von $\beta = \beta'$ bis $\beta = v\beta'$. In diesem Intervalle ist nämlich $\beta < \beta'$, weil $v < 1$; aber trotz dem erscheint der Unterschied noch in erster Richtung, in welcher er bei Uebergewicht von β über β' erscheint.

Um das Mass der verkehrten Empfindungswerthe in dem Intervalle zu erhalten, wo β fälschlich grösser als β' scheint, haben wir die für φ' gültige Formel (2) zu verwenden, weil wirklich $\beta' > \beta$ ist, aber das negative Vorzeichen von u', was wir hiebei erhalten, in das positive umzukehren, oder, statt auf Unbewusstsein zu deuten, auf Bewusstsein einer Empfindung von verkehrtem Sinne zu deuten, indem der empfundene Unterschied in diesem Intervalle zwar wirklich in dem Sinne von u' unbewusst ist, wie es dem negativen Vorzeichen entspricht, aber in das Intervall bewusster Werthe entgegengesetzten Sinnes reicht.

Diess ist keine willkührliche Regel, weil sich bei der fundamentalen Begründung der Formeln (S. 100) zeigt, dass die Formel (2) im Falle verkehrter Empfindung überhaupt durch die Formel

$$u' = k(\log v' - \log \varphi')$$

zu ersetzen ist, welche den Ausdruck unserer Regel der Vorzeichendeutung unmittelbar enthält.

Achten wir in der Aufstellung der Formeln auf den Wechsel der Zeitlage und Raumlage besonders, so löst sich damit nach einer entsprechenden Herleitung, als für den bisher betrachteten einfachen Fall, die vom Wechsel abhängige Fehlerschwelle B oder $\frac{1}{B}$, welche als Factor in die Lagenschwelle v, v' eingeht, ihrerseits in zwei Factoren auf, einen von der Zeitlage abhängigen z, welcher bei Verwechselung der Zeitlage den reciproken Werth $\frac{1}{z}$ annimmt, und einen von der Raumlage abhängigen r, welcher bei Verwechselung der Raumlage den reciproken Werth annimmt, so dass wir statt blos zweier Fehlerschwellen B und $\frac{1}{B}$ jetzt, je nach der vierfach möglichen Verwechselung der Zeit- und Raumlage des grösseren und kleineren Reizes, wie sich solche durch die 4 Hauptfälle unserer Gewichtsversuche (Th. I. S. 113) erläutert, vier Fehlerschwellen erhalten, womit die Normalschwelle A respectiv zu multipliciren ist, um die zu jeder Lage des Mehrgewichtes oder Untergewichtes (die natürlich zusammenhängen) gehörige Lagenschwelle zu geben. Seien F_1, F_2, F_3, F_4 diese 4 Fehlerschwellen, und ihre gemeinsame Bezeichnung F, so haben wir, wenn die eine dieser Schwellen zr ist, für die anderen $\frac{1}{zr}$, $\frac{z}{r}$, $\frac{r}{z}$, so dass je zwei derselben einander reciprok sind. Dabei ist es natürlich gleichgültig, welche derselben wir mit F_1, F_2 etc. bezeichnen wollen, so wie es auch an sich gleichgültig ist, für welchen Hauptfall wir die eine oder andere dieser allgemeinen Bezeichnungen verwenden wollen, nur dass wir die anderen consequent verwenden, indem sich, von welcher Verwendungsweise der Werthe z, r wir auch ausgehen mögen, dieselben immer so bestimmen lassen, dass sie der Erfahrung genügen. Setzen wir demnach folgends für die 4 Hauptfälle*):

$$F_1 = \frac{1}{zr}\,;\ F_2 = \frac{z}{r}\,;\ F_3 = \frac{r}{z}\,;\ F_4 = zr$$

so haben wir mit diesen Werthen von F_1, F_2 etc. die Normalschwelle A zu multipliciren, um die, den 4 Lagen des grösseren und kleineren Gewichtes gegen einander zugehörigen Lagenformeln zu erhalten; wonach die Empfindung u respectiv für die 4 Hauptfälle folgende Werthe annimmt:

$$u_1 = k \log \frac{\Phi zr}{A} : u_2 = k \log \frac{\Phi r}{Az}\,;\ u_3 = k \log \frac{\Phi z}{Ar}\,;\ u_4 = k \log \frac{\Phi}{Azr} \qquad (3)$$

Durch Addition dieser 4 Empfindungen, und Division mit 4, nachdem man die Summe der Logarithmen in den Logarithmus des Productes verwandelt hat, erhält man wieder die von der Zeit- und Raumlage unabhängige Empfindung

$$U = k \log \frac{\Phi}{A}$$

Unter den vorigen Lagenformeln sind diejenigen, welche nach Zeit und Raum zugleich entgegengesetzten Lagen des Mehrgewichtes entsprechen, dadurch charakterisirt, dass sie reciproke Werthe der Fehlerschwellen enthalten, also die für u_1 und u_4, so wie für u_2 und u_3. Sie mögen bezüglich zu einander conjugirte heissen.

---

*) Unstreitig wäre es formell an sich zweckmässiger (wenn schon in der Sache gleichgültig), die Werthe F_1, F_2 etc. nach ihren Indices so zu ordnen, dass je zwei reciproke Werthe hinter einander stehen. Indess habe ich die obige Ordnung angenommen, um sie mit der bei den Gewichtsversuchen des ersten Theils S. 113 eingehaltenen in Beziehung zu erhalten, welche von mir gewählt wurde, ehe mir noch die Gesichtspuncte einer zu treffenden Wahl klar vorlagen, und später, nachdem schon viele Versuchsreihen nach dieser Ordnung behandelt waren, nicht ohne Uebelstand wieder aufgegeben, und ohne zu grosse Gefahr von Versehen in eine andere übersetzt werden konnte.

Anstatt, wie bisher, das Reizverhältniss Φ bei allen Lagenveränderungen unverändert zu denken und den Einfluss der Lage auf Abänderung des normalen Schwellenwerthes A durch Multiplication mit der Fehlerschwelle zu beziehen, kann man nach der Bemerkung S. 195 und der Form der Formeln (1), (2), (3) den Einfluss der Lage eben so gut auf Abänderung des Reizverhältnisses Φ durch Multiplication mit dem reciproken Werthe der Fehlerschwelle bezogen denken, indess man die Normalschwelle A als unveränderte Schwelle behält. Erstenfalls denken wir uns ein durch die Lage der Reize ungeändertes Reizverhältniss je nach der Lage der Reize mit verschiedener Empfindlichkeit aufgefasst, letztenfalls ein Verhältniss von Reizen, die je nach ihrer Lage in abgeänderter Weise wirken, mit einer von der Lage unabhängigen Empfindlichkeit aufgefasst. Beide Vorstellungsweisen hängen durch den Gesichtspunct zusammen, dass eine gegen den Normalfall abgeänderte Empfindlichkeit für ein Reizverhältniss dem Empfindungseffecte nach immer durch ein abgeändertes Grössenverhältniss der Reize beim Normalfalle vertreten werden, und selbst von einem abgeänderten Verhältnisse psychophysischer Bewegungen, welche durch dieselben Reize hervorgerufen werden, abhängig gemacht werden kann. Obwohl nun hienach die zweite Auffassungsweise nur formell von der ersten verschieden ist, verdient sie doch, namentlich wegen der Repräsentation der constanten Fehler, die sich dadurch ergiebt, und des Bezuges, den sie hiemit zu den Massmethoden der Empfindlichkeit gewinnt, eine besondere Betrachtung, wobei wir gleich den allgemeineren Fall, dass ein Einfluss der Zeitlage und Raumlage zugleich in Rücksicht kommt, zu Grunde legen.

Anstatt also, wie früher, die Normalschwelle A mit den 4 Fehlerschwellen F_1, F_2, F_3, F_4 zu multipliciren, multipliciren wir nach der jetzigen Auffassungsweise das Reizverhältniss Φ mit den reciproken Werthen dieser Fehlerschwellen, welche wir respectiv mit $\mathfrak{F}_1$, $\mathfrak{F}_2$, $\mathfrak{F}_3$, $\mathfrak{F}_4$, allgemein mit $\mathfrak{F}$ bezeichnen wollen, so dass

$$\mathfrak{F}_1 = zr;\ \mathfrak{F}_2 = \frac{r}{z};\ \mathfrak{F}_3 = \frac{z}{r};\ \mathfrak{F}_4 = \frac{1}{zr}$$

wodurch wir natürlich nur in anderer Form zu den Formeln (3) zurückgeführt werden, deren weitere Erläuterung sich wieder an unsere Gewichtsversuche knüpfen mag.

Bei diesen Versuchen, wo das Reizverhältniss Φ allgemein durch $\frac{P+D}{P}$ gegeben ist, hat D nur einen kleinen Werth gegen P, und z und r, so wie $\frac{1}{z}$ und $\frac{1}{r}$ weichen wenig von der Einheit, erstere in einem, letztere in entgegengesetztem Sinne ab, da durch die constanten Fehler das wahre Gewichtsverhältniss doch nur in kleinem Verhältnisse abgeändert erscheint. Setzen wir also $z = 1 + \zeta$, und $r = 1 + \varrho$, so werden ζ und ϱ nur kleine positive oder negative Zuwüchse zu 1 sein, deren höhere Potenzen und Producte zu vernachlässigen sind, und $\frac{1}{z}$, $\frac{1}{r}$ durch $1 - \zeta$, $1 - \varrho$ vertreten werden können, insofern bei Ausführung der durch $\frac{1}{1+\zeta}$ und $\frac{1}{1+\varrho}$ angezeigten Division und Vernachlässigung der Potenzen von ζ und ϱ, welche die erste übersteigen, der Werth $1 - \zeta$ und $1 - \varrho$ als Quotient bleibt*). Substituiren wir nun in die Ausdrücke für u_1, u_2 etc. den Werth $\frac{P+D}{P}$ für Φ und die Werthe $1 + \zeta$ und $1 + \varrho$ für z und r, die Werthe $1 - \zeta$, $1 - \varrho$ für $\frac{1}{z}$, $\frac{1}{r}$, so erhalten wir:

$$u_1 = k \log \frac{(P+D)(1+\zeta)(1+\varrho)}{PA} \text{ etc.}$$

Sofern wir aber auch das Product der Grössen ζ, ϱ wegen ihrer Kleinheit vernachlässigen können, geht diess bei Ausführung der Multiplication über in

$$u_1 = k \log \frac{P+D+(P+D)(\zeta+\varrho)}{AP}$$

etc. der Art, dass sich die Werthe für u_2, u_3, u_4 nur durch andere Vorzeichen vor ζ, ϱ vom Werthe u_1 unterscheiden.

Erinnern wir uns nun, dass, im Falle kein Einfluss der Zeit- und Raumlage stattgefunden hätte, die Empfindung nach der Unterschiedsmassformel gewesen wäre

$$u = k \log \frac{P+D}{AP}$$

so ist $(P+D)(\zeta+\varrho)$ die Grösse, um welche durch diesen Einfluss das Gewicht $P+D$, oder, was auf dasselbe herauskommt, das Mehrgewicht D in seiner Wirkung auf die Empfindung abgeändert erscheint; indess das Gewicht P als constant erscheint, das ist eben nichts Anderes, als der von der Zeit- und Raumlage abhängige constante Fehler des Gewichtes, bei dem sich D befindet.

---

*) Aus gleichem Grunde kann $\frac{P}{P+c}$ durch $\frac{P-c}{P}$ und $\frac{P}{P-c}$ durch $\frac{P+c}{P}$ ersetzt werden, wenn c klein gegen P ist, wovon man mehrfach Gelegenheit findet, Gebrauch zu machen.

Der constante Fehler setzt sich nach seiner doppelten Abhängigkeit zusammen aus dem von der Zeitlage abhängigen Theile $(P+D)\zeta$ und dem von der Raumlage abhängigen Theile $(P+D)\varrho$, die wir früher mit p, q bezeichnet haben und ferner so bezeichnen wollen. Sie können Componenten des constanten Fehlers heissen; insofern man sie aber selbst constante Fehler nennt, ist der Fehler, dessen Theile sie sind, als constanter Gesammtfehler zu bezeichnen. Der Kürze halber mögen wir sie als Zeitfehler und Raumfehler unterscheiden.

Durch Substitution von p, q für $(P+D)\zeta$ und $(P+D)\varrho$ erhalten wir nun statt der Gleichungen (3) folgende Gleichungen:

$$\left.\begin{array}{l} u_1 = k \log \frac{P+D+p+q}{\Lambda P}\,; \quad u_2 = k \log \frac{P+D-p+q}{\Lambda P} \\ u_3 = k \log \frac{P+D+p-q}{\Lambda P}\,; \quad u_4 = k \log \frac{P+D-p-q}{\Lambda P} \end{array}\right\} \quad (4)$$

Da durch Versuche sich p und q bestimmen lassen, da auch Λ nach S. 128 bestimmbar ist und P und D gegeben sind, endlich k beliebig $= 1$ gesetzt werden kann, weil die Einheit von u beliebig ist, so ist hiemit Alles gegeben, was zum Masse des empfundenen Unterschiedes im Falle constanter Fehler nöthig ist.

Nennen wir den constanten Gesammt-Fehler, gleichviel wovon er abhängt und ob er positiv oder negativ ist, allgemein c, so sind vorstehende 4 Lagenformeln nur besondere Fälle der allgemeinen Formel

$$u = k \log \frac{P+D+c}{\Lambda P} \quad (5)$$

worin c je nach der 4fach möglichen Zeit- und Raumlage des Reizes, zu welchem D hinzutritt, einen vierfach verschiedenen Werth, respectiv c_1, c_2, c_3, c_4 annimmt, entsprechend den 4 Fehlerschwellen und Lagenfactoren. Insbesondere haben wir hienach

$$\left.\begin{array}{ll} c_1 = p + q; & c_2 = -p + q; \\ c_3 = +p - q; & c_4 = -p - q; \end{array}\right\} \quad (6)$$

wonach c_1 und c_4, sowie c_2 und c_3 bei gleicher Grösse ein entgegengesetztes Vorzeichen haben. Sie können bezüglich zu einander conjugirt heissen, sofern sie den conjugirten Gleichungen im Sinne von S. 132 zugehören.

Man darf übrigens nicht vergessen, dass die Gleichungen (6) nur insofern gültig sind, als z und r wenig von der Einheit abweichen, mithin ζ und ϱ kleine Bruchtheile sind, d. i. wenn der Zeit- und Raumfehler nur wenig im Verhältnisse zu $P+D$ beträgt; widrigenfalls in den Ausdruck von c_1, c_2 etc. auch Potenzen und Producte von p, q mit eingehen; wie man leicht findet, wenn man die vorigen Entwickelungen vornimmt, ohne etwas zu vernachlässigen.

Bei den zur Erläuterung untergelegten Versuchen, welche nach dem Schema meiner Gewichtsversuche angestellt und behandelt werden, wird das Mehrgewicht D successiv in die 4 möglichen Lagen gebracht, so dass es bei jeder mit positivem Vorzeichen zum Hauptgewichte hinzutritt, dessen Lage man ins Auge fasst, und der constante Fehler c wird stets auf das hiedurch vergrösserte Hauptgewicht bezogen. An sich aber hindert nicht nur nichts, sondern es kann auch unter Umständen formelle Dienste leisten, wie sich gleich zeigen wird, den constanten Fehler auf das kleinere Gewicht zu beziehen, welches sich in entgegengesetzter Lage als das grosse befindet, also ein entgegengesetztes c hat, wozu dann nur nöthig ist, das grössere Gewicht als Hauptgewicht P in den Nenner voriger Formeln einzuführen, und das D im Zähler negativ zu nehmen, da natürlich das kleinere Gewicht eben so viel Untergewicht gegen das grössere, als dieses Uebergewicht gegen das kleinere hat. Unter dieser Voraussetzung hat man in Fällen, wo das positive Mehrgewicht D dieselbe Lage beibehält, wie es innerhalb eines und desselben Versuches, so wie Hauptfalles der Versuche der Fall ist, immer die Wahl, beliebig die eine oder andere der conjugirten Gleichungen anzuwenden, deren eine dann immer auf das grössere Gewicht, die andere auf das kleinere Gewicht zu beziehen ist, wobei der ganze Werth $D+c$ bei gleicher Grösse ein entgegengesetztes Vorzeichen für das grössere und kleinere Gewicht annimmt, und der Werth von P zwischen dem Werthe des kleineren und grösseren Gewichtes wechselt.

Macht man sich nun zur Regel, von je zwei conjugirten Gleichungen stets diejenige zur Bestimmung des Werthes u anzuwenden, in welcher $D+c$ positiv ist (was bei negativem D der Fall ist, wenn c zugleich positiv und $> D$ ist), so tritt dadurch $P+D+c$

überall an die Stelle des grösseren Reizes, P an die des kleineren Reizes der Unterschiedsmassformel; und kann man es ganz so ansehen, als wenn man u nach dieser Formel bestimmte, welche keine besondere Regel wegen Umkehr des Vorzeichens im Falle verkehrt empfundener Unterschiede nöthig macht. Wir erhalten vielmehr so in jedem Falle ein positives Vorzeichen von u für einen bewussten, ein negatives für einen unbewussten Werth. Die verkehrt empfundenen Fälle unterscheiden sich aber dann von den richtig empfundenen dadurch, dass die verkehrt empfundenen der Anwendung des negativen D, die richtig empfundenen der des positiven D entsprechen.

Sollten beide Reize gleich sein, so würden die vorigen Formeln immer noch dienen können, den Werth der Empfindung je nach der Zeit- und Raumlage der Gewichte zu bestimmen, indem wir D gleich Null setzen, und den Reiz in den Zähler setzen, dessen constanter Fehler positiv ist, um positive Werthe von u bewussten Werthen der Empfindung entsprechend zu finden.

Nach dem Bisherigen lässt sich die Lagenformel für einen und denselben empfundenen Unterschied u unter drei verschiedenen Formen aufstellen, je nachdem man den Einfluss der Lage durch die Lagenschwelle F, oder den ihr reciproken Lagenfactor $\mathfrak{F}$, oder den functionell damit zusammenhängenden constanten Fehler c darstellt, nämlich unter Rücksicht, dass $\Phi = \frac{P+D}{D}$, durch

$$u = k \log \frac{P+D}{PA} \cdot \frac{1}{F}$$

$$u = k \log \frac{(P+D)\mathfrak{F}}{PA}$$

$$u = k \log \frac{P+D+c}{PA}$$

Aus der Aequivalenz dieser Gleichungen ergiebt sich das functionelle Verhältniss zwischen c und F oder $\mathfrak{F}$. Denn man hat danach

$$\frac{P+D}{F} = (P+D)\mathfrak{F} = P+D+c$$

mithin $$c = \frac{(1-F)(P+D)}{F} = (\mathfrak{F}-1)(P+D)$$

$$F = \frac{P+D}{P+D+c}\,;\ \mathfrak{F} = \frac{P+D+c}{P+D}$$

Für die 4 Hauptfälle specificiren sich diese Formeln, indem, wenn F, $\mathfrak{F}$ respectiv die Werthe F_1, $\mathfrak{F}_1$ etc. annimmt, zugleich c den Werth c_1 etc. annimmt; welcher nach S. 134 durch $p+q$ gegeben ist u. s. f.

Diese functionellen Beziehungen bleiben gleich gültig, mag der Einfluss der Lage beträchtlich oder unbeträchtlich sein, mithin c ein grosses oder kleines Verhältniss zu $P+D$ haben; nur dass blos bei kleinem Verhältnisse von c gegen $P+D$, welches einer geringen Abweichung der Werthe F und $\mathfrak{F}$ von 1 entspricht, die einfache Zusammensetzung von c stattfindet, welche durch die Gleichungen (6) gegeben ist. Im Falle eines kleinen c kann man dann auch (nach S. 133 Anmerk.*) für den Ausdruck $F=\frac{P+D}{P+D+c}$ schreiben:

$$F=\frac{P+D-c}{P+D}$$

Nachdem wir anstatt der von der Lage abhängigen Fehlerschwellen und Lagenfactoren die constanten Fehler in unsere Formeln eingeführt haben, werden wir auch zweckmässig anstatt der von der Lage unabhängigen Normalschwelle A den von der Lage unabhängigen, normalen, eben merklichen Unterschied, d. i. den Werth von D, wo der empfundene Unterschied, abgesehen vom Einflusse der Lage, auf die Schwelle tritt, welcher Werth d heisse, einführen, indem wir setzen

$$A=\frac{P+d}{P}=1+\frac{d}{P}$$

Ziehen wir dazu in Rücksicht, dass bei den Versuchen, die wir hier im Auge haben, D und c, so wie die Summe beider, immer nur klein gegen P ist, so lässt sich die Formel (5) noch wie folgt vereinfachen.

Sei der Kürze halber

$$\frac{D+c}{P}=E \text{ und } \frac{d}{P}=\omega,$$

so sind E und ω kleine Brüche, und die Formel (5) geht mit Rücksicht hierauf successiv über in

$$\begin{aligned} u &= k\log\frac{1+E}{1+\omega} && (a)\\ &= k\log(1-\omega)(1+E) && (b)\\ &= k\log(1+E-\omega) && (c)\\ &= kM(E-\omega) && (d)\\ &= K(E-\omega) && (e)\end{aligned}$$

Es folgt nämlich (b) aus (a), wenn wir die Division $\frac{1}{1+\omega}$ ausführen, und höhere Potenzen von ω im Quotienten vernachlässigen, wo sich $\frac{1}{1+\omega} = 1 - \omega$ ergiebt. Es folgt (c) aus (b), wenn wir die Multiplication $(1-\omega)(1+E)$ ausführen, und das Product der kleinen Grössen ω und E vernachlässigen; es folgt (d) aus (c), insofern $E - \omega$ klein gegen 1 ist, so dass die Regel (S. 5) anwendbar wird, wenn wir für α setzen $E - \omega$; es folgt endlich (e) aus (d), indem wir kM in die Constante K zusammenziehen.

---

*) Indem man nämlich $P+D$ anstatt P als grossen Werth in Betracht zieht.

Lösen wir nun die so definitiv gefundene Formel

$$u_1 = K(E - \omega)$$

wieder auf, indem wir für E und ω ihre Werthe setzen, so finden wir

$$u = \frac{K(D+c-d)}{P} \qquad (7)$$

welche Formel sich in die, den verschiedenen Hauptfällen entsprechenden, Lagenformeln dadurch auseinanderlegt, dass wir für c die den verschiedenen Lagen zugehörigen Werthe und Vorzeichen substituiren.

Unter diesen Formeln haben wir dann auch stets diejenige anzuwenden, wo $D + c$ positiv ist, um allgemein positive Werthe von u bewussten, negative unbewussten Werthen der Empfindung zugehörig zu erhalten; und auch hier entsprechen dann verkehrt empfundene Unterschiede dem Falle, wo D negativ ist, indess $D + c$ positiv ist, d. i. wo der an sich kleinere Reiz durch seinen constanten Fehler das Uebergewicht erhält.

Auf S. 103 hatten wir als Unterschiedsmassformel für den Fall, dass ein empfundener Unterschied den nur eben merklichen wenig übersteigt, was ein kleines D voraussetzt, und dass der eben merkliche Unterschied, d. i. d selbst klein ist, die Formel

$$u = K(\vartheta - \omega)$$

gefunden. Berücksichtigt man nun, dass nach der Bedeutung von ϑ und ω

$$\vartheta = \frac{D}{P}\,;\ \omega = \frac{d}{P}$$

so geht diese Formel über in

$$u = \frac{K(D-d)}{P}$$

wonach man sieht, wie sie als der besondere Fall unter die Lagenformel tritt, wo c gleich null; und unmittelbar übersieht, wie sich c eben sowohl als eine Abänderung von D wie von d fassen lässt.

Wenn die Fehlerschwellen und Lagenfactoren F, $\mathfrak{F}$ bei verschiedener absoluter Grösse des Reizes P constant blieben, so würde der Einfluss der Lage nicht hindern, dass sich das Weber'sche Gesetz durch Versuche über Unterschiedsempfindlichkeit mit verschiedenem P bei Festhaltung einer und derselben Lage direct bestätigte. Aber nach meinen Gewichts-Versuchen ändern sich im Allgemeinen z, r, hiemit F, $\mathfrak{F}$ und hiemit der Factor, welcher den Werth $P+D$ im Ausdrucke des constanten Fehlers (nach S. 136) multiplicirt, mit der Grösse von P, und diess macht nöthig, einmal, dass man, um bei solchen Versuchen mit abgeändertem P eine Bestätigung des Weber'schen Gesetzes zu erhalten, die constanten Fehler eliminiren, und so durch Rechnung den Fall herstellen muss, als wenn die empfundenen Unterschiede blos von der Unterschiedsmassformel, nicht den Lagenformeln, abhingen; zweitens, dass man, um die Lagenformeln triftig zum Masse empfundener Unterschiede zu verwenden, die Werthe z, r, F, $\mathfrak{F}$, so wie die davon abhängigen Werthe in den constanten Fehlern bei veränderten Werthen von P mit veränderten Werthen, allgemein als Function von P, einführen muss, in welcher Beziehung es wichtig ist, die Abhängigkeitsverhältnisse dieser Werthe von P näher zu untersuchen, wozu ich in meinen, in den »Massmethoden« specieller mitzutheilenden, Versuchen zwar manche Beiträge liefern kann, in der Hauptsache aber doch auf noch anzustellende Untersuchungen zu verweisen habe.

Mit Vorigem hängt zusammen, dass, wenn schon nach S. 136 in den constanten Fehler c allgemein der Factor $P+D$ eingeht, doch c im Allgemeinen nicht proportional mit $P+D$ gefunden wird, indem der andere Factor $\mathfrak{F}-1$ oder $\frac{1-F}{F}$ ebenfalls davon abhängt.

Seither habe ich immer blos eine Abhängigkeit der Fehlerschwellen, Lagenfactoren und hienach auch constanten Fehler von der Zeit- und Raumlage der verglichenen Grössen in Betracht gezogen; aber auch die Weise, wie man die Grössen zum Vergleiche herstellt, d. i. die Weise der Manipulation bei den Versuchen, kann die verglichenen Grössen ungleich treffen, und hieraus ein Einfluss entstehen, der unter ganz dieselben Gesichtspuncte tritt, als der von der Lage abhängige, nur dass der Grund hier weniger leicht, und zum Theil gewiss nicht, in Abänderungen der absoluten Empfindlichkeit für die Reize gesucht werden kann.

In der That kommt sicher unter Umständen eine Abhängigkeit des constanten Fehlers *c* ausser von der Lage der Grössen auch von der Herstellungsweise der Grössen vor. So kann bei der Methode der eben merklichen Unterschiede ein constanter Fehler entgegengesetzten Vorzeichens entstehen, je nachdem wir den grösseren Reiz durch Verkleinerung oder den kleineren Reiz durch Vergrösserung bis zur scheinbaren Gleichheit mit dem anderen bringen; und bei der Methode der mittleren Fehler ein constanter Fehler darauf beruhen, dass wir stets die Fehlgrösse, aber nicht die Normalgrösse der Abänderung bis zur scheinbaren Gleichheit mit der anderen unterwerfen.

Mehrere meiner Tastversuchsreihen nach der Methode der mittleren Fehler mit Selbstapplication der Zirkel zeigen einen sehr beträchtlichen constanten Fehler, welcher nach Elimination des Zeit- und Raumfehlers noch übrig bleibt, und nur diesem Grunde scheint zugeschrieben werden zu können; bei Application der Zirkel durch einen Gehülfen aber fehlte oder doch zweideutig blieb.

Wo nun überhaupt noch andere Abhängigkeitsverhältnisse der constanten Fehler, als von der Zeit- und Raumlage stattfinden, ändert diess nichts in den Principien, aus denen die vorigen Formeln entwickelt sind, und hienach auch nichts in den Formeln, welche *c* enthalten, es explicirt sich blos *c* anders, was sich leicht nach blosser Analogie übersehen lässt, und die Zahl der Lagenformeln wächst.

Zweckmässig lässt sich an das Vorige die Betrachtung der Wirkungsweise der Zufälligkeiten anknüpfen, welche, wie Th. I. S. 76 geltend gemacht wurde, bei allen Massmethoden der Unterschiedsempfindlichkeit eine grosse Rolle spielen, und zugleich hiemit die Regel rechtfertigen, welche ebenda gegeben ward, Masse der Unterschiedsempfindlichkeit nur insofern vergleichbar zu halten, als man einen gleichen Spielraum von Zufälligkeiten dabei voraussetzen kann.

Kurz gesagt repräsentirt sich die Wirkung der Zufälligkeiten als eine, mit der Grösse des Spielraums derselben wachsende, Vergrösserung der Normalschwelle *A*, welche im Mittel einer Mehrzahl von Versuchen hervorgeht, und sich nicht in diesem Mittel ausgleicht, und als eine Abänderung der Fehlerschwelle F oder des Lagenfactors $\mathfrak{F}$ in jedem einzelnen Versuche, die durchschnittlich eben so oft und stark im Plus als Minus stattfindet, und sich im Mittel ausgleicht, oder was dasselbe sagt, als eine mit dem Spielraume der Zufälligkeiten wachsende Vergrösserung des Werthes d und als eine im Mittel sich ausgleichende abwechselnde Vergrösserung und Verkleinerung des Werthes c.

In der That, je grösser der Spielraum der Zufälligkeiten bei den Versuchen ist, um so kleiner fällt factisch das aus einem Mittel vieler Versuche zu gewinnende Mass der Unterschiedsempfindlichkeit aus, wie schon Th. I. S. 77 geltend gemacht wurde, ausserdem aber kann der Grössenunterschied in jedem einzelnen Versuche durch Zufälligkeiten vergrössert oder verkleinert erscheinen, und diese Wirkungen compensiren sich nothwendig, indem sie, sofern es nicht der Fall ist, nicht mehr als Sache von Zufälligkeiten, sondern constanten Fehlern angesehen werden.

Des Näheren lässt sich diess so erläutern:

Geht man von dem idealen Falle aus, dass ein Unterschied unter den günstigst möglichen Verhältnissen in die Empfindung fällt, so würde doch, da ein absolut kleiner Unterschied überhaupt nicht als besonderer empfunden werden kann, sondern in der Empfindung aufgeht, ein gewisser Werth d als eben merklicher Unterschied stattfinden, den übrigens nichts hindert, im Gränzfalle der Empfindlichkeit null zu setzen, ohne dass diess in der folgenden Betrachtung etwas ändert. Der günstigste Fall lässt sich aber überhaupt nicht absolut treffen, weil die Zufälligkeiten bald in diesem, bald jenem Sinne Abweichungen von den günstigsten Verhältnissen hervorbringen. Welchen Sinn nun aber auch diese Abweichungen haben, so kann ihr Einfluss als Abweichung vom günstigsten Zustande immer nur der einer Verkleinerung der Empfindlichkeit, mithin Vergrösserung von A oder von d sein, welche mit der Vergrösserung des Spielraums der Abweichungen zunimmt; aber vermöge der Schwankungen der Zufälligkeiten um einen mittleren Werth auch um einen mittleren Werth schwankt, welche Schwankungen als Vergrösserungen oder Verkleinerungen von A oder von c bei den einzelnen Versuchen gefasst werden können.

XXVIII. Bemerkungen zu den Massmethoden der Empfindlichkeit.

Ohne hier in alle Ausführungen eingehen zu wollen, zu denen dieser Gegenstand Anlass geben könnte, knüpfe ich Einiges, was zur Erläuterung und in gewissem Sinne selbst Erweiterung der früher besprochenen Massmethoden der Empfindlichkeit dienen kann, an die Erörterungen und Formeln des vorigen Kapitels, unter Beibehaltung der darin gebrauchten Bezeichnungen, indem ich jedoch dabei zu zeigen suchen werde, dass die Gültigkeit der Principien, um die es sich hier handeln wird, und der daraus fliessenden Regeln über die Gültigkeit dieser Formeln hinausreicht, was insofern zu bemerken ist, als die Massmethoden der Empfindlichkeit auch für Fälle zu dienen haben, wo das Weber'sche Gesetz, auf das sich die bisherigen Formeln stützen, nicht oder nicht mit hinreichender Approximation gilt.

Wie S. 125 bemerkt, kann der Einfluss der Zeit- und Raumlage der verglichenen Reize bei den Versuchen über Unterschiedsempfindlichkeit doppelt gedeutet werden. Gewiss ist, dass verschieden gelegene Reize mit verschiedener absoluter Empfindlichkeit aufgefasst werden können (absoluter Grund): fraglich, ob nicht die zeitliche oder räumliche Relation der Reize noch einen anderen Grund (relativen Grund) ins Spiel bringe.

In der That kann ein Einfluss der Zeitlage sehr wohl darauf beruhen, dass der zu zweit eintretende Reiz das empfindende Organ durch den ersten Reiz schon verändert trifft, sofern einerseits eine gewisse Nachdauer jeder Reizwirkung stattfindet, anderseits eine Abstumpfung durch jede Reizwirkung*), Einflüsse, welche in entgegengesetztem Sinne wirken, und aus deren Conflicte und respectivem Ueberwiegen nach Umständen sich die proteusartige Variabilität des Zeitfehlers nach Umständen erklären dürfte, die ich bei meinen Gewichts- und Tastversuchen beobachtet habe. Beide Einflüsse aber lassen sich bei allgemeinster Fassung des Begriffes absoluter Empfindlichkeit als auf diese gehend ansehen. Denn, wenn eine Reizwirkung in einem Organe nachdauert, so bedarf es nachher nur eines geringeren Reizes als sonst, um noch dieselbe Empfindungsgrösse hervorzurufen; der Begriff und das Mass der absoluten Empfindlichkeit kann aber nur darauf gestützt werden, dass sie im umgekehrten Verhältnisse des Reizes steht, der dieselbe Empfindungsgrösse hervorruft. Bezüglich der Abstumpfung leuchtet die Zurückführbarkeit auf eine Abänderung der Empfindlichkeit von selbst ein. Was beides übrigens nicht hindert, da man jede Abänderung der Empfindlichkeit in eine Abänderung der Reizwirkung übersetzen kann, diess auch hier zu thun, und was die Untersuchung nicht nur nicht ausschliesst, sondern in jedem Falle noch übrig lässt, inwiefern der eine oder andere Umstand Schuld an der Aenderung der Empfindlichkeit oder Reizwirkung sei.

---

*) Was man Ermüdung nach Heben von Gewichten nennt, wird vielmehr auf ersteren als letzteren Umstand zu rechnen sein, da man im ermüdeten Zustande selbst ohne Last die ermüdeten Gliedmaassen als schwer spürt und dieselben Lasten schwerer als sonst findet; wogegen das, was man Ermüdung des Auges nach Sehen ins Helle nennt, vielmehr auf letzteren Umstand zu schreiben sein wird, sofern ein durch Licht ermüdetes Auge minder hell sieht, als ein nicht ermüdetes.

Den Einfluss der Raumlage anlangend, so ist selbstverständlich, dass verschiedene Organe oder Theile eines empfindenden Organes oder auch dieselben Theile in verschiedenen Raumlagen, wenn diese mit Zustandsänderungen der Theile verbunden sind, mit verschiedener Empfindlichkeit behaftet sein können; und dass daher, wenn die zwei verglichenen Reize nicht immer gleichmässig mit denselben Theilen und im selben Zustande derselben aufgefasst werden, hieraus ein Einfluss auf ihre Schätzung hervorgehen kann, so, wenn ich bei den Gewichtsversuchen ein Gewicht mit einer, das andere mit der anderen Hand hebe, oder im Uebergange von einem zum anderen Gewichte mit derselben Hand das Handgelenk links oder rechts drehe, je nachdem ich in diese oder jene Richtung übergehe, kurz der Hand bei den zwei verschiedenen Gewichten eine verschiedene Stellung gebe.

So wie jeder Reiz in dem Organe, auf das er wirkt, eine gewisse Nachdauer hat und eine Abstumpfung hinterlässt, die in Conflict kommen, so wirkt auch jeder Reiz in einer gewissen Weise um sich, irradiirt einerseits auf andere Theile und stimmt anderseits die Empfindlichkeit anderer Theile antagonistisch herab, Einflüsse, die sich mit den vorigen compliciren können, wenn die Reize von verschiedenen Organen oder Organtheilen aufgefasst werden.

Insofern nun in einer oder der anderen Weise die verschiedene Zeit- und Raumlage der verglichenen Reize Einfluss auf die absolute Empfindlichkeit gewinnt, mit der sie aufgefasst werden, werden dadurch die Schwellenwerthe b, b', deren reciproker Werth das Mass der absoluten Empfindlichkeit für diese Reize ist, abgeändert; und die Bedeutung dieser Abänderungen soll demnächst auf Grund unserer bisherigen Formeln, dann allgemeiner, in Betracht gezogen werden.

Die auf S. 95 aufgestellte Unterschiedsschwellenformel giebt uns den Werth eines wahren Empfindungsunterschiedes in Abhängigkeit von der Verschiedenheit der Schwellenwerthe b, b', wodurch diese Verschiedenheit auch hervorgegangen sein mag; die Lagenformeln des vorigen Kapitels geben uns den Werth eines empfundenen Unterschiedes in Abhängigkeit von derselben Verschiedenheit der Schwellenwerthe b, b', unter Voraussetzung, dass der Einfluss der Lage nur auf dieser Verschiedenheit, mithin dem absoluten Grunde, beruht, eine Voraussetzung, die folgends als bestehend angenommen wird. Setzen wir hienach in den Lagenformeln $A = 1$, welches der Gränze der Unterschiedsempfindlichkeit entspricht, so empfinden wir den Unterschied so wie er ist, und müssen also hiemit von den Lagenformeln auf die Unterschiedsschwellenformel zurückkommen.

Ziehen wir nun zuvörderst blos eine einfache Abhängigkeit des empfundenen Unterschiedes von der Lage in Betracht, so erhalten wir durch Setzung von $A = 1$ in den demgemässen Lagenformeln

$$\left.\begin{aligned} u &= k \log \frac{\beta}{\beta'} \cdot \frac{B}{1} \\ u' &= k \log \frac{\beta'}{\beta} \cdot \frac{1}{B} \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

indess die Unterschiedsschwellenformel in der früheren Aufstellung, je nachdem wir β' oder β in den Zähler setzen, giebt:

$$\left.\begin{aligned} u &= k \log \frac{\beta}{\beta'} \cdot \frac{b'}{b} \\ u' &= k \log \frac{\beta'}{\beta} \cdot \frac{b}{b'} \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

Der Vergleich der Formeln (1) und (2) zeigt somit, dass

$$B = \frac{b'}{b}\,;\ \frac{1}{B} = \frac{b}{b'}$$

woraus das wichtige Resultat fliesst, dass wir in den Fehlerschwellen B, $\frac{1}{B}$ der Lagenformeln oder den damit reciproken Lagenfactoren das Verhältniss der absoluten Empfindlichkeit haben.

mit welchem die Reize je nach ihrer Lage aufgefasst werden; wobei ein Werth $B = \frac{\beta'}{\beta} > 1$ bedeutet, dass die Empfindlichkeit für den Reiz β grösser als für β' ist, ein Werth von $B < 1$ aber, dass umgekehrt die Empfindlichkeit für β' grösser als für β ist.

Im Falle einer zusammengesetzten Abhängigkeit der Fehlerschwellen von der Zeit- und Raumlage können wir auch für das einfache Verhältniss $\frac{b}{b'}$ und $\frac{b'}{b}$ ein zusammengesetztes Verhältniss von der Form $\frac{b_1 b_4}{b_2 b_3}$ mit 4fach verwechselbarer Stellung der Werthe darin substituiren, welches das Verhältniss der absoluten Empfindlichkeiten nach dieser zusammengesetzten Abhängigkeit bezeichnet, und an die Stelle der Werthe F_1, F_2, F_3, F_4 oder ihrer reciproken Werthe $\mathfrak{F}_1$, $\mathfrak{F}_2$, $\mathfrak{F}_3$, $\mathfrak{F}_4$ tritt. Allgemein werde es $\frac{\mathfrak{E}}{\mathfrak{E}'}$ oder $\frac{\mathfrak{E}'}{\mathfrak{E}}$ genannt, so dass $\frac{\mathfrak{E}}{\mathfrak{E}'}$ mit dem Werthe F, und $\frac{\mathfrak{E}'}{\mathfrak{E}}$ mit $\mathfrak{F}$ übereinstimmt. Im Falle einer einfachen Abhängigkeit reducirt sich $\frac{\mathfrak{E}}{\mathfrak{E}'}$ und $\frac{\mathfrak{E}'}{\mathfrak{E}}$ auf $\frac{b}{b'}$ und $\frac{b'}{b}$, und was allgemeiner für $\frac{\mathfrak{E}}{\mathfrak{E}'}$, $\frac{\mathfrak{E}'}{\mathfrak{E}}$ bewiesen wird, gilt daher von selbst auch für $\frac{b}{b'}$, $\frac{b'}{b}$.

Sofern bei grösserer Empfindlichkeit für einen Reiz dieser grösser als der andere erscheint, wenn schon er ihm gleich ist, entsteht daraus für ihn ein positiver constanter Fehler, bei kleinerer Empfindlichkeit hingegen ein negativer constanter Fehler. Nun lassen sich die constanten Fehler durch unsere Massmethoden der Empfindlichkeit sehr genau bestimmen; die Abhängigkeit des Werthes $F = \frac{\mathfrak{E}}{\mathfrak{E}'}$ oder $\mathfrak{F} = \frac{\mathfrak{E}'}{\mathfrak{E}}$ je nach den Lagenverschiedenheiten der Reize von den constanten Fehlern ist im vorigen Kapitel S. 136 ebenfalls bestimmt, und hienach können die bei Versuchen über die Unterschiedsempfindlichkeit gewonnenen constanten Fehler dienen, das Verhältniss der absoluten Empfindlichkeiten für verschieden gelegene Reize finden zu lassen, insofern der absolute Grund des Lageneinflusses allein als gültig angesehen werden kann, was, wenn auch nicht überall, doch in vielen Fällen statthaft sein wird. Hienach haben wir zu dieser Bestimmung:

$$\frac{\mathfrak{E}}{\mathfrak{E}'} = \frac{P + D}{P + D + c}; \quad \frac{\mathfrak{E}'}{\mathfrak{E}} = \frac{P + D + c}{P + D}$$

und in Fällen, wo $D = 0$ ist

$$\frac{\mathfrak{E}}{\mathfrak{E}'} = \frac{P}{P + c}; \quad \frac{\mathfrak{E}'}{\mathfrak{E}} = \frac{P + c}{P}$$

Constante Fehler, welche diese Anwendung gestatten, werden gelegentlich theils durch die Methode der richtigen und falschen Fälle, theils die Methode der mittleren Fehler gewonnen. Wo man aber die Empfindlichkeitsverhältnisse zweier verschiedenen Organe oder Organtheile absichtlich vergleichen will, wird man zweckmässig die Methode der Aequivalente anwenden, welche Th. I. S. 131 auseinandergesetzt ist, und welche sich wie folgt durch unsere Formeln erläutert.

Nehmen wir die Lagenformel (1)

$$u = k \log \frac{\gamma\beta}{A}$$

so wird nach S. 128 f. kein Unterschied empfunden, so lange β Werthe zwischen $A\,\frac{\beta'}{B}$ und $\frac{1}{A}\,\frac{\beta'}{B}$ hat, oder der Werth $\frac{\beta}{\beta'}$ zwischen $\frac{A}{B}$ und $\frac{1}{AB}$ fällt. Nun bringen wir bei der Methode der Aequivalente das Verhältniss $\frac{\beta}{\beta'}$ stets in diese Gränzen herab, und stellen eine grössere Anzahl Versuche der Art an, wobei die Wahrscheinlichkeit, nach Zufall getroffen zu werden, für alle Werthe von $\frac{\beta}{\beta'}$ zwischen jenen Gränzen gleich gross ist, so dass der Werth $\frac{A}{B}$ und $\frac{1}{AB}$, der Werth $\frac{A-x}{B}$ und $\frac{1}{(A-x)B}$ durchschnittlich gleich oft getroffen werden wird, wenn x irgend eine Grösse, die kleiner als A ist, bezeichnet. Multipliciren wir nun alle Werthe von $\frac{\beta}{\beta'}$, die wir so erhalten, und ziehen das geometrische Mittel aus diesen Werthen, so heben sich die Factoren $A-x$ und $\frac{1}{A-x}$, und wir behalten den Werth $\frac{\beta}{\beta'} = \frac{1}{B} = \frac{b}{b'}$ allein übrig, welcher uns sagt, dass sich die Schwellenwerthe direct, mithin die Empfindlichkeiten umgekehrt wie die einander äquivalenten Reize β, β', zu denen sie gehören, verhalten, was in der That die Aussage der Methode der Aequivalente ist. Hieraus erhellt zugleich, dass principiell nicht das arithmetische, sondern geometrische Mittel zwischen den verschiedenen Verhältnissen $\frac{\beta}{\beta'}$ zu nehmen ist, bei welchen Aequivalenz gefunden wurde; bei nicht zu weit abweichenden Werthen $\frac{\beta}{\beta'}$ ist aber der Unterschied zwischen beiden Mitteln zu vernachlässigen.

Sollte bei den Aequivalenzversuchen ausser der Raumlage auch die Zeitlage und Herstellungsweise der Grössen einen Einfluss gewinnen, so wird man das von der Raumlage abhängige Verhältniss $\frac{b}{b'}$ oder $\frac{b'}{b}$ doch immer auf die vorige Weise rein gewinnen, wenn man gleich viel Versuche mit verwechselter Zeitlage und Herstellungsweise der Grössen auf beiden Theilen anstellt, und das geometrische Mittel aus dem Producte aller so erhaltenen Aequivalenzverhältnisse zieht, indem sich die von der Zeitlage und Herstellungsweise abhängigen Factoren hiebei ebenfalls compensiren.

Obwohl der vorige Nachweis der Benutzbarkeit der constanten Fehler und Aequivalenzen zum Vergleiche der absoluten Empfindlichkeiten sich an Formeln geknüpft hat, welche die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes voraussetzen, so ist doch diese Benutzbarkeit ganz unabhängig von der Gültigkeit dieses Gesetzes; und auch bei jedem anderen Gesetze besteht noch dieselbe Abhängigkeit des Verhältnisses F oder $\frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{B}'}$ von c, welche durch die Formeln S. 145 gegeben ist, und kann die Methode der Aequivalente in derselben Weise verwendet werden. Diess übersieht sich des Näheren so:

Zwei an sich gleiche, aber verschieden angebrachte Reize, welche hier P, P' heissen mögen, würden ohne den Einfluss der Lage auch als gleich empfunden werden. Durch den Einfluss der Lage erscheint der eine, z. B. P grösser, als der andere; aber wir vermögen nach dem Principe S. 123 dadurch die Gleichheit der Empfindung wiederherzustellen, dass wir P' um einen gewissen Werth c vergrössern, welcher zugleich das Mass des constanten Fehlers bei P ist, sofern er zu dessen Compensation dient. Nun erwecken P und $P'+c$ gleich starke Empfindung. Nach dem Begriffe der absoluten Empfindlichkeiten aber stehen diese im reciproken Verhältnisse und die zugehörigen Reizschwellen $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{B}'$ im directen Verhältnisse der Reizgrössen, welche eine gleiche Empfindung geben; also haben wir

$$\frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{B}'} = \frac{P}{P'+c}$$

oder, sofern $P' = P$ ist,

$$\frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{B}'} = \frac{P}{P+c}\text{; mithin } \frac{\mathfrak{B}'}{\mathfrak{B}} = \frac{P+c}{P}$$

wo c als constanter Fehler des Reizes anzusehen ist, auf den sich $\mathfrak{B}$ bezieht.

Da diese Formeln allgemein gültig für jeden Werth P sind, so kann man darin auch für P setzen $P+D$. So erhält man alle Ausdrücke für $\frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{B}'}$ und $\frac{\mathfrak{B}'}{\mathfrak{B}}$ wieder, welche S. 148 gegeben wurden, ohne nöthig zu haben, auf die Lagenformeln zurückzugehen.

Was die Methode der Aequivalente anlangt, so ruht sie, ebenfalls unabhängig vom Weber'schen Gesetze, im Wesentlichen nur darauf, dass, wenn zwei Reize von zwei Theilen mit verschiedener Empfindlichkeit aufgefasst werden, und man bei wiederholtem Versuche ihr Verhältniss $\frac{\beta}{\beta'}$ immer auf den Punct bringt, wo der Unterschied für die Empfindung verschwindet, dieses Verhältniss $\frac{\beta}{\beta'}$ um ein gewisses mittleres Verhältniss $\frac{b}{b'}$ schwankt, welches durch die Zufälligkeiten eben so oft und in gleichem Verhältnisse erhöht als vermindert auftritt, und als geometrisches Mittel aller Werthe $\frac{\beta}{\beta'}$, die man so erhält, gefunden werden kann. Dieses mittlere Verhältniss wird als das der Reizgrössen angesehen, welche unabhängig von Zufälligkeiten gleich erscheinen würden, und nach dem Begriffe der absoluten Empfindlichkeiten liegt hierin zugleich das Verhältniss der absoluten Empfindlichkeiten für diese Reizgrössen.

Durch die Massmethoden der Unterschiedsempfindlichkeit erhalten wir bei gegebenen Zeit- und Raumlagen der Reize immer nur den aus Raum- und Zeitfehler complicirten constanten Fehler c, entweder für sich, wie nach der Methode der mittleren Fehler, oder selbst noch mit D complicirt, in der Form $h(D+c$*$)$, bei der Methode der richtigen und falschen Fälle; und es gilt dann, hieraus die einfachen Zeit- und Raumfehler abzuleiten.

Wie diess bei der Methode der richtigen und falschen Fälle zu geschehen habe, ist schon Th. I. S. 113 f. erörtert, womit das Verfahren bei der Methode der mittleren Fehler wesentlich übereinstimmt. Doch mag die Analyse des constanten Gesammtfehlers bezüglich dieser Methode hier nachträglich noch etwas näher erläutert und dabei Rücksicht auf den in der Erfahrung wirklich vorkommenden Fall genommen werden, dass c ausser von p, q auch noch von einem dritten Werthe in Abhängigkeit steht.

Legen wir dabei zum Anhalt unsere, Th. I. S. 120 ff. im

---

*) Das M Th. I. S. 112 stimmt nämlich mit dem, was hier c heisst, überein.

Allgemeinen besprochenen, und Th. I. S. 211 theilweis mitgetheilten, Augenmass- und Tastversuche unter.

Bei diesen Versuchen würde die Fehldistanz mit der Normaldistanz, welche hier den Werth P vertritt, im Durchschnitte der Versuche, und abgesehen vom constanten Fehler gleich gefunden werden, so dass man im Durchschnitte $D = 0$ zu setzen hat*). Die Abweichung, welche die mittlere Fehldistanz von der Normaldistanz zeigt, kommt ganz auf Rechnung des constanten Fehlers c, und stellt diesen selbst dar, welcher nun aber nach den Lagenverhältnissen der Normaldistanz und Fehldistanz gegen einander verschieden ausfällt, indem er sich verschieden aus p, q und nach Umständen noch einem dritten Werthe s zusammensetzt.

Soll eine gesonderte Bestimmung dieser Componenten des Gesammtfehlers c stattfinden, so müssen die Versuche mit strenger Sonderung und methodischem Wechsel entgegengesetzter Zeit- und Raumlage angestellt, und die dabei erhaltenen verschiedenen Werthe von c durch Rechnung in der gleich anzuzeigenden Weise combinirt werden.

Eine respectiv mit I und II zu bezeichnende entgegengesetzte Zeitlage, womit der Zeitfehler $+p$ und $-p$ als Componente des constanten Gesammtfehlers c in Beziehung zu setzen, geht bei Tastversuchen hervor, wenn man bei der Lage I jedesmal zuerst den Normalzirkel aufsetzt, dann den Fehlzirkel, und hienach die Abänderung des Fehlzirkels vornimmt, falls seine Spannweite als verschieden von der des Normalzirkels empfunden wird, bei der Lage II aber jedesmal zuerst den Fehlzirkel aufsetzt, dann den Normalzirkel, und hienach den Fehlzirkel abändert, falls der Normalzirkel dem vorher aufgesetzten Fehlzirkel nicht entsprechend erscheint. Dieses methodische Verfahren mit Sonderung der dabei erhaltenen Fälle habe ich bei meinen Tastversuchen im Allgemeinen eingehalten. Auch bei den Augenmassversuchen könnte man so verfahren, indem man, statt die Abänderung der Fehldistanz nach unregelmässigem Hin- und Herblicken vorzunehmen, wie es bei den bisherigen Versuchen immer geschehen ist, jedesmal bei I zuerst die Normaldistanz, bei II die Fehldistanz zuerst ins Auge fasste, und diese Fälle sonderte.

---

*) Das D der Augenmassversuche Th. I. S. 211 folg. ist, als die Normaldistanz bedeutend, nicht mit dem D dieses und des vorigen Kapitels zu verwechseln, sondern vergleicht sich vielmehr dem P.

Als entgegengesetzte Raumlage R und L, oder O und U, womit der Fehler $+q$ und $-q$ in Beziehung zu setzen, kann man einführen: bei Tastversuchen das Halten des Normalzirkels einmal in rechter, das anderemal in linker Hand, oder mit oberem und unterem Theile der Hand*), indess der Fehlzirkel jedesmal in der entgegengesetzten Weise gefasst wird; bei den Augenmassversuchen Lage der Normaldistanz rechts und links, oben und unten gegen die Fehldistanz, wovon erstes Verhältniss bei horizontaler, letztes bei verticaler Distanz in Betracht kommt.

Vielleicht zwar ist die verschiedene Haltungsweise der Zirkel bei Tastversuchen vielmehr als eine in räumlicher Hinsicht verschiedene Herstellungsweise als verschiedene Raumlage der verglichenen Grössen zu fassen; indess ändert diess nichts in der mathematischen Behandlung der davon abhängigen Fehler.

Gesetzt nun, wir haben in den 4 Hauptfällen, welche sich so bei unseren Versuchen ergeben,

I L, II L, I R, II R
oder
I U, II U, I O, II O

die vier constanten Fehler c_1, c_2, c_3, c_4 als Specialwerthe des Fehlers c gefunden, so haben wir, falls diese Fehler blos von p, q abhängen — ob es aber der Fall sei, wird sich aus der folgenden Behandlung selbst ergeben — die Gleichungen dafür wie S. 134 anzusetzen:

$$c_1 = +p + q;\; c_2 = -p + q;$$
$$c_3 = +p - q;\; c_4 = -p - q$$

und können nun (respectiv durch Addition oder Subtraction je zweier dieser Gleichungen von einander und Division mit 2) p und q, jeden beider Werthe auf 4fache Weise, wie folgt bestimmen:

---

*) Eine derartig verschiedene Haltung kommt in Rücksicht, wenn man beide Zirkel in derselben Hand fasst, um z. B. Versuche damit an der anderen Hand anzustellen. Des Näheren verstehe ich hiebei unter O, wenn man den Stiel des Normalzirkels zwischen Daumen und Zeigefinger (was ich den oberen Theil der Hand nenne), den des Fehlzirkels zwischen den übrigen drei Fingern und der Vola der Hand (was ich den unteren Theil der Hand nenne) fasst; unter U, wenn das umgekehrte Verhältniss der Fassung stattfindet.

$$\begin{array}{ccccccc} & (1) & & (2) & & (3) & & (4) \\ p = & \frac{c_1 - c_2}{2} & = & \frac{c_3 - c_4}{2} & = & \frac{c_1 + c_3}{2} & = & -\frac{c_2 + c_4}{2} \\ q = & \frac{c_1 - c_3}{2} & = & \frac{c_2 - c_4}{2} & = & \frac{c_1 + c_2}{2} & = & -\frac{c_3 + c_4}{2} \end{array}$$

Diese 4 Bestimmungsweisen dürfen nicht weiter von einander abweichen, als nach Wahrscheinlichkeit auf unausgeglichene Zufälligkeiten geschoben werden kann; wenn wirklich blos eine Abhängigkeit von p, q stattfindet, und die Versuche bei allen 4 Lagen vergleichbar geblieben sind. Wofern sich erheblichere Abweichungen zwischen jenen 4 Bestimmungsweisen zeigen, hat man entweder anzunehmen, dass eine hinreichende Vergleichbarkeit nicht stattgefunden hat, vielmehr bei gewissen Lagen die Zufälligkeiten einen anderen Spielraum oder der Zeit- und Raumeinfluss eine andere Grösse gehabt haben, als in anderen Lagen, oder dass ausser jenen constanten Einflüssen, wovon p, q abhängen, noch ein anderer eingewirkt hat, welcher sich dann, wie anzugeben, bestimmen lässt.

Dabei übersieht man leicht, dass das Mittel der Werthe (1) und (2) mit dem Mittel der Werthe (3) und (4) übereinkommt; so dass man, wo es nur auf mittlere Bestimmung von p, q ankommt, mit den Gleichungen (1) und (2) nur dasselbe erreicht, als mit den Gleichungen (3) und (4), so wie umgekehrt.

Wie S. 140 bemerkt, kommt nun bei der Methode der mittleren Fehler mitunter noch ein constanter Fehler in Anschlag, welcher daraus hervorgeht, dass blos die Fehlgrösse, auf welche wir den constanten Fehler beziehen, aber nicht die Normalgrösse der Abänderung unterworfen wird. Dieser Fehler, welcher s heisse, behält bei entgegengesetzter Zeit- und Raumlage der Fehlergrösse denselben Werth und dasselbe Vorzeichen. Obschon ich ihn nicht immer von erheblicher Grösse gefunden habe, ist doch, wo man sich überhaupt auf eine Analyse der constanten Fehler einlässt, in jedem Falle zu untersuchen, ob er einen solchen hat, und mit Rücksicht hierauf die Gleichungen für den constanten Fehler bei der Methode der mittleren Fehler allgemeiner so zu stellen:

$$c_1 = p + q + s;\quad c_2 = -p + q + s;$$
$$c_3 = p - q + s;\quad c_4 = -p - q + s.$$

Diess giebt:

$$\begin{array}{ccc} & (1) & (2) \\ p = & \frac{c_1 - c_2}{2} = & \frac{c_3 - c_4}{2} \\ q = & \frac{c_1 - c_3}{2} = & \frac{c_2 - c_4}{2} \\ s = & \frac{c_1 + c_4}{2} = & \frac{c_2 + c_3}{2} \end{array}$$

Es bleiben also in diesem Falle blos zwei Gleichungen für die Bestimmung jeder Componente übrig, welche hinreichend einstimmige Werthe geben müssen, wenn die Annahme dieser Abhängigkeitsverhältnisse genügen soll, oder hinreichende Vergleichbarkeit der Versuche stattgefunden hat.

Zur Unterscheidung der beiden Werthe von p, q, s, die man nach (1) und (2) erhält, können dieselben durch die entsprechenden Indices, als p_1, p_2 etc. unterschieden und für ihr Mittel oder nach Umständen ihre Summe der Buchstabe ohne Index gebraucht werden.

Allgemeine Bemerkung verdient nun, dass, wenn die Werthe p_1, p_2 gut unter einander stimmen, diess auch nothwendig mit den Werthen q_1, q_2 und s_1, s_2 der Fall ist, wie umgekehrt, und eben so hängt die Nichtzusammenstimmung der Doppelwerthe aller dreier solidarisch zusammen. Die nahe Zusammenstimmung kleiner Doppelwerthe muss aber nicht darin gesucht werden, dass ihr Verhältniss nahe das der Einheit ist, sondern dass beide wenig von 0 abweichen; indem, wenn ein constanter Fehler p, q oder s sehr klein gegen einen der anderen oder die zwei anderen ist, er nur eben in so weit sicher bestimmbar ist, dass seine geringe Grösse überhaupt hervortritt.

Die Werthe der constanten Fehlercomponenten p, q, s, welche man aus obigen Gleichungen erhält, bleiben überhaupt durch Zufälligkeiten um so mehr afficirt, je weniger durch Zahl und Vergleichbarkeit der Versuche deren Ausgleichung bewirkt ist.

Wo ein Fehler p, q oder s der Natur der Sache nach nicht besteht, findet er sich daher wegen solcher unausgeglichenen Zufälligkeiten doch im Allgemeinen nicht null durch obige Gleichungen, aber so klein, dass sein durch diese Gleichungen ausgeworfener Werth nach Wahrscheinlichkeit eben nur auf Zufälligkeiten geschoben oder als ganz unsicher angesehen werden muss. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung giebt Regeln zu einer genaueren Beurtheilung in dieser Beziehung, auf die jedoch hier nicht näher eingegangen werden kann.

Bei nicht wenigen meiner Tastversuche mit Selbstapplication der Zirkel habe ich nicht nur die Doppelwerthe von p, q, sondern auch von s so gross und übereinstimmend erhalten, dass an der Existenz sämmtlicher drei Fehler unter den Umständen dieser Versuche nicht zu zweifeln, indess unter anderen Umständen der eine oder andere Fehler zweideutig blieb. Näheres darüber in den »Massmethoden.« Die Augenmassversuche sind bisher nicht so angestellt worden, um eine vollständige Analyse der constanten Fehler zu gestatten, sondern blos so, dass sich der Raumfehler besonders herausstellte, indem der constante Fehler in einen von der Raumlage abhängigen und einen davon unabhängigen, dessen Zusammensetzungsweise unbekannt blieb, zerlegt ward.

Wenn man nämlich keine vollständige Analyse der constanten Fehler beabsichtigt, sondern nur die eine oder andere Componente derselben, z. B. die von der Raumlage abhängige q, bestimmen will, so reicht es hin, Versuche bei verwechselter Raumlage anzustellen, indess die Zeitlage und Herstellungsweise der verglichenen Grössen durchschnittlich dieselbe bleibt. Dann erhält man blos zwei constante Fehler c_1, c_2, für die man die Gleichungen so ansetzt:

$$c_1 = q + C$$
$$c_2 = -q + C$$

woraus sich ergiebt

$$q = \frac{c_1 - c_2}{2}$$
$$C = \frac{c_1 + c_2}{2}$$

Hierin ist q die von der Raumlage abhängige, C die von der Raumlage unabhängige, möglicherweise noch zusammengesetzte Componente der constanten Fehler.

Wenn die Versuche mit hinreichenden Abänderungen angestellt werden, so können p und q dem Versuche einer noch weiteren Analyse unterworfen werden. So kann man bei Versuchen mit abgeänderten Hauptgrössen untersuchen, ob sich p oder q in einen dabei constanten und einen nach irgend einer Function von den Hauptgrössen abhängigen Theil zerlegen lassen. Bei einer Tastversuchsreihe variirte ich die Fassung der Zirkel absichtlich so, dass ich einmal den Normalzirkel immer am Stiele, den Fehlzirkel an den Schenkeln, das anderemal immer umgekehrt fasste, und den Erfolg dieser Lagen mit dem verglich, wo beide Zirkel immer am Stiele, und wo beide immer an den Schenkeln gefasst werden, u. s. f. Alle diese Abänderungen hatten Einfluss auf die constanten Fehler. Specielleres darüber aber muss ich auf die »Massmethoden« versparen.

Während die constanten Fehler, die wir bei Ausführung der Massmethoden der Unterschiedsempfindlichkeiten erhalten, in angezeigter Weise zum Vergleiche der absoluten Empfindlichkeiten dienen können, insoweit der absolute Grund gültig ist, führen diese Methoden in früher angezeigter Weise durch Elimination der constanten Fehler zum Masse der Unterschiedsempfindlichkeit, wie sie unabhängig vom Lagenwechsel der Reize besteht. Wir bringen nämlich dabei entweder den Werth D auf einen Punct, dass D dem unabhängig vom constanten Fehler bestehenden eben merklichen Unterschiede d gleich wird, was die Methode der eben merklichen Unterschiede ist, oder wir bestimmen im mittleren Fehler ε der Methode der mittleren Fehler einen Werth, welcher mit d in directer Proportion steht, oder im Werthe $t = hD$ der Methode der richtigen und falschen Fälle einen Werth, welcher mit d in reciprokem Verhältnisse steht, sofern h als der Unterschiedsempfindlichkeit direct proportional mit d umgekehrt proportional ist. Dabei ist in Rücksicht zu ziehen, dass d je nach dem Spielraume der Zufälligkeiten grösser oder kleiner ausfällt, wenn schon nicht allein hievon abhängt, ausgenommen beim idealen Maximum der Unterschiedsempfindlichkeit, so dass, wie mehrfach erinnert, die Masse der Unterschiedsempfindlichkeit nur insofern vergleichbar sind, als sie einen gleichen Spielraum der Zufälligkeiten voraussetzen.

XXIX. Beziehung zwischen Contrastempfindungen und Empfindungssummen.

Unsere Seele wird eben so sehr durch empfundene Unterschiede, Contrastempfindungen, als absolute Empfindungen, bestimmt.

Die Contrastempfindung ist als Empfindung eines Unterschiedes eine Empfindung *sui generis*, welche, ohne irgendwie selbst als Summe oder als Function einer Summe absoluter Empfindungen erklärbar zu sein, zur Empfindungssumme, welche die Componenten des Unterschiedes gewähren, hinzutritt, und hiemit den Totaleffect für die Seele steigert.

Die absolute Empfindung ist, nach der Massformel, der Unterschied zwischen absoluten Empfindungen, kurz Empfindungsunterschied, nach der Unterschiedsformel, der besonders aufgefasste Empfindungsunterschied, kurz empfundene Unterschied, die Contrastempfindung, nach der Unterschiedsmassformel und deren Verallgemeinerungen, den Lagenformeln, zu beurtheilen, und die hienach bestimmte Contrastwirkung zu der nach der Massformel und darauf gestützten Summenformel (Kap. XX) bestimmten Summenwirkung zu fügen, um die psychische Gesammtwirkung zu haben.

Diess so zu fassen, werden wir durch die Thatsache genöthigt, dass überall, wo die Gleichförmigkeit eines Reizes stellenweise oder zeitweise durch eine Verminderung, Cessation, Intermission desselben unterbrochen wird, die Seele sich stärker erregt findet, als wenn der Reiz gleichförmig sich durch Raum oder Zeit forterstreckte. Da nun doch durch die stellen- oder zeitweise Verminderung oder Cessation des Reizes die Summe der davon abhängigen absoluten Empfindungen gegen den Fall abnimmt, dass der Reiz continuirlich fortwirkte, so muss die verstärkte Wirkung in der Seele auf einer Wirkung des Contrastes beruhen, welche nicht mit der Summenwirkung der Reize zusammenfällt oder darin aufgeht.

Die Rücksicht auf die hebende Wirkung des Contrastes (S. 106) ändert nichts in dieser Hinsicht; weil durch sie die Summe absoluter Empfindungen im Ganzen keinen Zuwachs erfährt. Wenn das Weiss durch Contrast mit Schwarz an Helligkeit wächst, so nimmt das Schwarz hingegen zugleich an Helligkeit ab, ja ich werde künftig*) erfahrungsmässig darthun und erklären, dass und warum die Vertiefung des Schwarz durch die Contrastwirkung im Allgemeinen spürbarer ist, als die Erhellung des Weiss. Insofern also eine Hebung der Eindrücke durch den Contrast stattfindet, verstärkt sich hiedurch nur die Empfindung des Unterschiedes, die zur Summenwirkung zu fügen ist, wird aber nicht hiedurch erst begründet, und die Summe absoluter Empfindungen gewinnt nichts dadurch.

---

*) Entweder noch in einem späteren Kapitel oder in einer Abhandung der sachs. Societätsschriften, da meine Beobachtungen in dieser Hinsicht noch nicht redigirt sind.

Thatsachen zur Erläuterung und zum Belege des Vorstehenden bietet das gewöhnliche Leben in Menge dar.

Wenn man einmal eine ganz weisse Papierfläche, das anderemal eine solche mit einer schwarzen Scheibe inmitten in das Auge fasst, so ist die Summe der absoluten Lichteindrücke wie Lichtempfindungen zweitenfalls kleiner als erstenfalls; aber die Seele findet sich vermöge des zutretenden Contrastes zweitenfalls stärker als erstenfalls afficirt; um so mehr, wenn man gar ein Papier mit mehrfachen Abwechselungen von Weiss und Schwarz, wie z. B. ein Schachbretmuster, betrachtet, wenn schon die Summe der absoluten Lichteindrücke hier noch mehr vermindert ist, da sich dafür die Contrastwirkung vervielfacht.

Auf mein sehr empfindliches Auge machen einzelne helle Sonnenflecke in der Stube einen so starken Eindruck, dass ich sie nicht wohl vertrage, aber ich kann im vollen Sonnenscheine auf der Strasse und selbst durch Schnee gehen oder in den hellen Himmel sehen, ohne es lästig zu fühlen; ungeachtet doch hiebei die ganze Netzhaut mit derselben oder grösseren Intensität gereizt ist, als erstenfalls eine begränzte Stelle.

Eine plötzliche Pause in einer rauschenden Musik oder ein plötzlicher Paukenschlag nach einer Pause macht einen Eindruck, der nicht blos als Summe der Eindrücke der Componenten zu erklären ist, da vielmehr erstenfalls die Wirkung der einen Componente abgebrochen wird, letztenfalls der Eindruck im Momente des eintretenden Schlages unvergleichlich stärker, als in jedem Momente des fortgehenden Paukenwirbels ist. Nun könnte man zwar letzteres daraus erklären, dass der erste Paukenschlag einer frischen Empfindlichkeit begegnet, die sich bei fortgesetztem Wirbel mehr und mehr abstumpft; und unstreitig hängt auch hieran etwas; aber derselbe Umstand kann erstenfalls nicht geltend gemacht werden, und bedingt daher auch unstreitig zweitenfalls nicht den Haupteffect.

Manche scheinbare Anomalieen erklären sich durch die doppelte Bestimmungsweise der Seele respectiv durch absolute und Contrasteindrücke.

Schwarz ist eine positive Empfindung, wie früher (Th. I.

S. 165 f.) gezeigt, doch empfinden wir es wie einen Mangel. Tiefes Schwarz ist eine viel schwächere Lichtempfindung als Grau, und macht doch einen stärkeren Eindruck in der Seele als Grau. Wie reimt sich dieses? Man unterscheide die absolute Lichtempfindung des Schwarz von der Contrastempfindung seines Unterschiedes gegen die vorausgegangene, die umgebende oder die mittlere Helligkeit, die wir in Erinnerung haben. Absolut genommen bleibt immer Schwarz eine positive Lichtempfindung, und wir werden das auch zugestehen, wenn wir es gegen das Nichtssehen des Fingers halten; und eine schwächere Lichtempfindung als Grau, was wir nicht minder zugestehen werden. Aber der Unterschied des Schwarz von der mittleren Helligkeit ist grösser, als der des Grau, was sogar ganz damit zusammenfallen kann; und diese grössere Differenz macht einen grösseren Eindruck ihrer Art in der Seele.

Mit der Kälte ist es anders als mit dem Schwarz, und es findet nur Analogie, nicht Gleichheit beider Fälle statt. Indess die absolute Stärke der Lichtempfindung mit Verminderung des Lichtreizes entschieden durch alle Grade der Vertiefung des Schwarz abnimmt, und blos der Contrasteindruck sich verstärkt, wächst dagegen die Empfindung von einem Puncte, wo wir es weder warm noch kalt finden, absolut mit zunehmender Kälte; und es kann uns starke Kälte eben so stark, nur ganz anders sinnlich afficiren, als starke Hitze. Diess hindert aber nicht, dass sich im Gebiete der Temperaturempfindungen eben so wohl auch Contrasteindrücke von demselben Charakter geltend machen, als im Gebiete der Lichtempfindung. Und so kann uns eine warme Temperatur kühl gegen eine wärmere und eine kalte warm gegen eine kältere erscheinen.

Für den ersten Anblick scheint es, dass das Princip, die nach der Unterschiedsmassformel oder Lagenformel berechnete Contrastempfindung zu der Summe der nach der Massformel berechneten absoluten Empfindungen zu fügen, um die Totalwirkung der Reize zu haben, der Erfahrung nicht genügt, sofern sich die Thatsache danach nicht folgern lässt, dass man durch Contrast zwischen einem stärkeren und schwächeren Reize eine stärkere psychische Gesammtleistung erzielen kann, als wenn beide Reize dem stärkeren gleich wären. Denn die auf die Massformel gegründete Summenformel giebt für zwei Reize β, β' mit den Schwellenwerthen b, b' die Empfindungssumme

$$k \log \frac{\beta\beta'}{bb'}.$$

Die Unterschiedsmassformel oder Lagenformel giebt für den empfundenen Unterschied

$$k \log \frac{\beta}{v\beta'}$$

unter Stellung des grösseren Reizes in den Zähler*), wobei v stets grösser als 1 ist, so lange wir mit keinen verkehrten Empfindungen (S. 124) zu thun haben. Addiren wir nun beide Ausdrücke, so erhalten wir

$$k\left(\log \frac{\beta\beta'}{bb'} + \log \frac{\beta}{v\beta'}\right) = k \log \frac{\beta\beta}{vbb'},$$

wogegen der Werth, welchen man durch die blosse Summenformel für den Fall erhält, dass beide Reize dem grösseren β gleich sind, ist

$$k \log \frac{\beta\beta}{bb'}.$$

Dieser Werth aber ist grösser als $k \log \frac{\beta\beta}{vbb'}$, sofern v grösser als 1 ist.

Nun ist das Princip, beide betreffende Masse einfach durch Addition zu verbinden, um die psychische Gesammtleistung von Summen- und Contrastwirkung zu erhalten, an sich nicht so evident, dass nicht eine andere functionelle Verbindungsweise angenommen werden könnte, falls solche der Erfahrung besser genügte; aber wir werden nicht nöthig haben, auf fernliegende Voraussetzungen in dieser Hinsicht einzugehen, da eine einfache, ganz nahe liegende Voraussetzung hinreicht, die vermisste Uebereinstimmung mit der Erfahrung herzustellen; nämlich dass die Contrastwirkung nicht einfach zwischen beiden Reizen, sondern herüber und hinüber zu berechnen ist, da sie in der That herüber und hinüber besteht**), sich also für zwei Reize nicht minder aus zwei Gliedern zusammensetzt, als die Summenwirkung.

Diess vorausgesetzt, hat man, insoweit die Empfindung von der Summe abhängt

---

*) Das Resultat ändert sich nicht, wenn man den kleinen Reiz in den Zähler stellt, und dann den empfundenen Unterschied durch $k \log \frac{v'}{\varphi}$, im Sinne von S. 98 ausdrückt, sofern $\frac{v'}{\varphi'} = \frac{\varphi}{v}$.

**) So kann man sich auch bei der Gravitation des Quadrat des Abstandes, was in das Gesetz eingeht, dadurch entstanden denken, dass man den Abstand herüber und hinüber in Betracht zieht.

$$k\left(\log\frac{\beta}{b}+\log\frac{\beta'}{b'}\right)=k\log\frac{\beta\beta'}{bb'}$$

insoweit sie vom empfundenen Unterschiede abhängt

$$k\left(\log\frac{\beta}{\surd\beta'}+\log\frac{\beta}{\surd\beta'}\right)=k\log\frac{\beta\beta}{\surd^2\beta'\beta'}$$

mithin im Ganzen

$$k\log\left(\frac{1}{\surd^2}\;\frac{\beta\beta\beta}{bb'\beta'}\right)=k\left(\log\frac{\beta\beta}{bb'}+\log\frac{\beta}{\surd^2\beta'}\right)$$

Das heisst, die totale psychische Leistung, die durch den Zutritt des Contrastes zur Summenwirkung erzielt wird, ist um $k\log\frac{\beta}{\surd^2\beta'}$ stärker, als die, welche man durch die blosse Summenformel für den Fall erhält, dass beide Reize dem stärkeren β gleich sind.

Es wird nützlich sein, zu bemerken, dass wir dadurch, dass wir hier den empfundenen Unterschied $u = k\log\frac{\beta\beta}{\surd^2\beta'\beta'} = k\log\left(\frac{\beta}{\surd\beta'}\right)^2$ setzen, indess wir in dem Kapitel über die Unterschiedsmassformel und Lagenformeln $u = k\log\frac{\beta}{\surd\beta'}$ setzten, nichts Widersprechendes setzen, indem wir den früheren Werth $k\log\frac{\beta}{\surd\beta'}$ eben nur als den einseitig aufgefassten Unterschied anzusehen, oder dem k jener Formeln den doppelten Werth als dem k der Massformel beizulegen nöthig haben. In der That unterscheiden sich die Ausdrücke $k\log\frac{\beta}{\surd\beta'}$ und $k\log\left(\frac{\beta}{\surd\beta'}\right)^2$ nur dadurch, dass der eine Ausdruck das Doppelte des anderen ist, da $k\log\left(\frac{\beta}{\surd\beta'}\right)^2 = 2\,k\log\frac{\beta}{\surd\beta'}$ ist, wonach es ganz gleichgültig ist, ob wir den einen oder anderen verwenden, so lange wir blos mit dem Vergleiche empfundener Unterschiede unter einander zu thun haben, ohne sie in Bezug zur Summenwirkung zu betrachten, da sich die Verhältnisse der empfundenen Unterschiede nicht ändern, mögen wir sie durch den einen oder anderen Ausdruck messen. Eben desshalb liess sich auch bei unserer Aufstellung der Unterschiedsmassformel und Lagenformeln kein Bestimmungsgrund finden, die zweiseitige von der einseitigen Auffassung des Contrastes vorzuziehen. Ein solcher liegt nun aber in der angeführten Thatsache, welche die Verbindung der Summen- und Contrastwirkung betrifft, und es ist daher dieser Thatsache eine fundamentale Bedeutung beizulegen.

So wie Empfindungen über der Schwelle und unter der Schwelle nach früherer Auseinandersetzung nicht zu addiren, sondern besonders in Betracht zu nehmen sind, sofern sie als besondere bestehen, kann man auch in dem Falle, wo der empfundene Unterschied unter die Schwelle fällt, sei es, dass v zu gross oder $\frac{\beta}{\beta'}$ zu klein wird, von der Combinationsformel der Summen- und Contrastempfindung keinen Gebrauch mehr machen, sondern, wo ein solcher Fall eintritt, bedeutet es, dass der jetzt nicht empfundene Unterschied nichts zum Bewusstseinszustande mehr beiträgt, und es bleibt $k \log \frac{\beta\beta'}{bb'}$ allein noch übrig, die positive Empfindung zu repräsentiren.

Eine Folge davon ist, dass, wenn ein Reiz sich continuirlich in Raum oder Zeit ändert, die Contrastwirkung zwischen einander nahen Puncten vernachlässigt werden kann, und dass die Totalwirkung sich da, wo die Aenderung nicht zu rasch erfolgt, überhaupt auf die Summenwirkung reducirt, indem sie dann auch zwischen fernen Puncten zu vernachlässigen ist, was von Wichtigkeit ist, wenn man den Versuch macht, Empfindungen als Function elementarer Bewegungen oder Aenderungen mittelst der S. 30 gegebenen Formeln zu construiren.

Wenn wir früher das Resultat erhielten, dass ein Reiz bei gleichförmigster Vertheilung über der Schwelle das Maximum der Empfindungssumme gewährt, so geht aus Vorigem hervor, dass er damit doch nicht das Maximum der Empfindungsleistung gewährt, sofern bei so ungleichförmiger Vertheilung, dass ein Contrast sich geltend machen kann, der Contrast eine neue Empfindungsleistung zur Empfindungssumme fügt.

Wir haben im Vorigen die Betrachtung auf den einfachsten Fall beschränkt, dass man mit blos zwei unterschiedenen Reizen zu thun hat, was genügte, die Verhältnisse im Allgemeinen übersehen zu lassen, welche für die Verbindung der Contrastwirkung mit der Summenwirkung gelten. Eine weitere Frage ist, wie die Verhältnisse der Gesammtwirkung da zu beurtheilen sind, wo sich Contrastwirkungen zwischen mehr als zwei Reizen geltend machen; wo es also gilt, ausser den absoluten Empfindungen auch Contrastempfindungen zu summiren. Da es hier z. B. bei drei Reizen β, β', β'' nicht blos den Contrast von $\beta : \beta'$ und $\beta' : \beta''$, sondern auch von $\beta : \beta''$ gilt, und bei n Reizen überhaupt die Zahl der solchergestalt in Betracht zu ziehenden Verhältnisse $n(n-1)$ ist, falls wir jedes Verhältniss herüber und hinüber, also doppelt, rechnen (sonst halb so gross), so fragt sich, wie die Summation hiebei zu bewirken ist. Hiefür liegt mir bis jetzt kein ganz evidentes Princip vor; doch vermuthe ich, das folgende werde massgebend sein, da es rationell und mit der Erfahrung verträglich scheint.

Da keines jener Verhältnisse vor dem anderen einen anderen Vorrang betreffs der Empfindung hat, als der durch die Verhältnissschwelle gegeben ist, so wird man zuvörderst alle empfundenen Unterschiede zu summiren haben, die den $n(n-1)$ Verhältnissen einzeln zugehören. Diese Summe werde durch Σ ausgedrückt. Nun sind aber nur n Zeit- oder Raumpuncte vorhanden, auf welche die Empfindung fällt, oder welche zur Empfindung beitragen; mithin wird jene Summe im Verhältnisse $\frac{n}{n(n-1)}$ zu reduciren sein, d. i. mit $n-1$ zu dividiren sein; mithin den Werth haben $\frac{\Sigma}{n-1}$. Führen wir diess für drei Reize, β, β', β'', nach absteigender Ordnung der Grösse genommen, aus, und geben k den doppelten Werth gegen das k der Massformel, um jedes Verhältniss blos einfach einzuführen, so haben wir

$$\frac{\Sigma}{2} = \frac{k}{2}\left(\log\frac{\beta}{v_{,}\beta'} + \log\frac{\beta'}{v'_{,,}\beta''} + \log\frac{\beta}{v_{,,}\beta''}\right)$$

wenn $v_{,}$, $v'_{,,}$, $v_{,,}$ die den drei Verhältnissen zugehörigen Verhältnissschwellen sind, deren Indices den Indices der Reize, wofür sie gelten, entsprechend genommen sind. Diese Schwellen können unter Umständen gleich 1 gesetzt, und unter Umständen als gleich angenommen werden, so bei drei Lichtern, die auf einem gleichförmigen Grunde die Spitzen eines gleichseitigen Dreiecks bilden. Im allgemeinen Falle aber sind $v_{,}$, $v'_{,,}$, $v_{,,}$ als verschieden von 1 und von einander anzunehmen. Gleichviel, welche Werthe sie haben, so geht durch Verwandlung der Summe der Logarithmen in den Logarithmus des Productes obiger Ausdruck über in

$$\frac{\Sigma}{2} = \frac{k}{2}\log\frac{\beta\beta}{v_{,}v'_{,,}v_{,,}\beta''\beta''} = k\left[\log\frac{\beta}{\beta''} - \log(v_{,}v'_{,,}v_{,,})^{\frac{1}{2}}\right]$$

Nun wäre ohne Zufügung des mittleren Reizes β' der empfundene Unterschied gewesen

$$k\left(\log\frac{\beta}{\beta''} - \log v_{,,}\right)$$

was in dem Falle, dass $v_{,}v'_{,,} = v_{,,}$, mit dem obigen Ausdrucke übereinkommt; wonach bei drei Reizen, deren Verhältnissschwellen diess Verhältniss haben, die Contrastsumme eben so gross wäre, als bei zweien ohne Zufügung des mittleren. Wo hingegen alle drei Schwellen gleich sind, wozu es, wie oben bemerkt, Beispiele giebt, ist die Contrastsumme bei drei Reizen kleiner, als zwischen den zwei extremen für sich.

Geht man zu 4 Reizen über, nennt sie nach absteigender Ordnung der Grösse β, β', β'', β''', und das Product der 6 Schwellen, die hier in Betracht kommen, ω, so verschwinden die mittleren Reize nicht mehr aus dem Ausdrucke der Contrastsumme und wir erhalten dafür

$$\frac{k}{3}\left(\log\frac{\beta\beta\beta\beta'}{\beta''\beta'''\beta'''\beta'''}-\log\omega\right)=k\left(\log\frac{\beta}{\beta'''}+\frac{1}{3}\log\frac{\beta'}{\omega\beta''}\right)$$

Bei etwa versuchter Anwendung dieser Formeln ist in Rücksicht zu ziehen, dass man, wo es sich z. B. um die Contrastsumme handelt, welche Sterne am Himmel gewähren, nicht blos den Contrast der Sterne gegen einander, sondern auch vom schwarzen Himmelsgrunde in Betracht zu ziehen hat, der hiebei unstreitig die Hauptwirkung gewährt.

Wenn Lichtpuncte zu Lichtflächen zusammenfliessen, so mindert sich nothwendig ihre Contrastsumme gegen den Grund, weil die stärkste Contrastwirkung, mithin kleinste Verhältnissschwelle, unstreitig zwischen jedem Lichtpuncte und dem nächsten Theile des schwarzen Grundes besteht, welcher aber für die im Innern einer Lichtfläche liegenden Puncte durch gleiche Lichtpuncte ersetzt sind. Ueberhaupt muss hienach die Vertheilungsweise der contrastirenden Reize gegen einander grossen Einfluss auf die Contrastsumme gewinnen.

Auf weitere Ausführungen und Rechnungen will ich jedoch hier nicht eingehen, da zuzugestehen bleibt, dass das hier zu Grunde gelegte Rechnungsprincip weder *a priori*, noch durch Erfahrung bis jetzt hinreichend sicher gestellt ist.

Nicht ohne Interesse ist, dass der Himmel, der uns schon früher die schönsten und einfachsten Belege zu den Fundamentalthatsachen und Gesetzen der Psychophysik geliefert hat, auch das schönste und einfachste Beispiel sowohl für eine Summen- als Contrastwirkung liefert. In der That werden wir keine reinere zugleich und erhabenere Summenwirkung der Empfindung ohne Contrast erhalten können, als durch einen rein blauen Tageshimmel, und keine einfachere und erhabenere Contrastwirkung, als durch einen sternenhellen Nachthimmel. Dazu giebt der Wechsel von Wolken, Morgen- und Abendröthe auch einen unerschöpflichen Wechsel von Contrasten, die sich in der Zeit entwickeln.

XXX. Frage nach Empfindungsproducten. Beziehung zwischen Höhe, Stärke und periodischem Element in der Tonskala.

Wir haben Empfindungssummen und Empfindungsunterschiede in Betracht zu ziehen Anlass gefunden; es entsteht die Frage, ob nicht auch dem Begriffe eines Empfindungsproductes Bedeutung beizulegen sei.

Verständigen wir uns aber zuvor über den Begriff eines Productes und nehmen, um uns nicht in unklare Abstractionen zu verlieren, zum Anhalt ein bestimmtes Beispiel der Geometrie.

Wenn wir ein Rechteck haben, dessen eine Seite 2, die andere 4 lang ist, diese Zahlen bezogen auf irgend eine Lineareinheit, so giebt das Product zwar nicht beider Seiten, denn ein solches giebt es nicht[*]; aber der Zahlen, wodurch ihre Länge gemessen wird, das Mass des Rechteckes bezüglich einer Flächeneinheit, welche mit der Lineareinheit in Beziehung steht.

Wenn man das Rechteck nach der Richtung einer Seite allein verlängert oder verkürzt, indess man die andere constant lässt, so fallen die verhältnissmässigen Grössenänderungen des ganzen Rechteckes mit denen der Seite, in deren Richtung die Aenderung geschieht, zusammen, und da man in Wirklichkeit mit keinen absolut einfachen Linien operiren kann, so wird das, was man ideal von Linearverhältnissen aussagt, in Wirklichkeit doch nur an Rechtecken, Cylindern u. dgl. von constanter Dicke nachzuweisen sein.

Nun fragt sich, ob auch einer Empfindung zwei in verschiedenem Sinne quantitativ bestimmbare Seiten oder Dimensionen zugeschrieben werden können, nach deren jeder sie für sich unabhängig von der anderen der Steigerung und Verminderung fähig ist, nach deren jeder sie durch eine der betreffenden Dimension homologe Einheit gemessen werden kann, und ob das Empfindungsresultat, was beide Seiten im Zusammentreffen geben, sein Mass eben so im Producte der Masszahlen finden kann, die beiden Seiten insbesondere zugehören, als das Rechteck im Producte der Masszahlen seiner Seiten.

---

[*] Wenigstens nicht nach der Convention des strengen mathematischen Sprachgebrauches; obwohl es nur eine Sache der Definition ist, Product zweier Seiten den Flächenraum zu nennen, der zum Masse das Product der Masszahlen beider Seiten hat, wie denn diess auch oft genug geschieht.

Zu Gunsten einer solchen Auffassung scheinen sich namentlich Stärke und Höhe eines Tones als Seiten desselben darzubieten. Und ich will zunächst das anführen, was sich in diesem Sinne geltend machen lässt.

Sowohl Stärke a[illegible] Höhe unterliegt dem Masse durch unsere Massformel insbesondere. Nun macht allerdings die qualitative Verschiedenheit von Stärke und Höhe nöthig, jede auf eine Einheit ihrer Art zu beziehen, und diess begründet einen Unterschied vom geometrischen Producte, wo für beide auf einander senkrechte Seiten die gleiche Lineareinheit zu Grunde liegt. Aber da nicht die verschiedenen Qualitäten, sondern nur die darauf bezogenen abstracten Masszahlen zu multipliciren sind, scheint mir darin um so weniger ein principielles Hinderniss zu liegen, als man durch die verschiedene Qualität von Stärke und Höhe des Schalles die verschiedene Richtung der Seiten eines Rechteckes vertreten halten kann. Ist die Einheit für beide Seiten der Empfindung einmal willkührlich gewählt, so wird jedenfalls nichts hindern, die darauf bezogenen Masszahlen eben so mit einander zu multipliciren, und die verschiedenen so gewonnenen Producte mit einander zu vergleichen, als wenn man die Masszahlen zweier auf einander rechtwinkligen Seiten multiplicirt.

Die wesentliche, die Hauptfrage ist nur, ob auch beide Seiten wirklich ein derartiges gemeinsames Empfindungsresultat geben, dass das Mass durch das Product der Masszahlen der Seiten etwas bedeutet und dem Zusammenhange der Thatsachen entspricht. Ist diess der Fall, so kann kein mathematisches Bedenken mehr stattfinden.

In der That scheint sich hiefür Manches anführen zu lassen.

Es ist gewiss, dass der Totaleindruck eines hohen Tones durch seine Stärke vergrössert wird, und der Totaleindruck eines starken Tones in gewissem Sinne durch seine Höhe erhöht wird. Der Ton wird so zu sagen um so einschneidender, je höher er wird*). Auch verdient der Umstand Beachtung, dass es bekanntlich schwer ist, von der Gleichheit der Stärke verschiedener Töne bei verschiedener Höhe zu urtheilen, indem das Urtheil zwischen dem Masse des Gesammteindruckes und dem reinen Masse der Stärke zu schwanken scheint.

---

*) Hiebei erinnere ich gelegentlich an Versuche von Desprez (Pogg.

Also scheint wirklich im Gesammteindrucke eines Tones etwas Messbares vorzuliegen, dessen Mass durch das Zusammenwirken beider Seiten, Stärke und Höhe, bestimmt wird.

Zur bestimmteren Unterscheidung nun bezeichnen wir folgends stets die Grösse des Eindruckes, insofern sie blos von Amplitude der Schwingungen abhängt, als Stärke, die Grösse desselben, sofern sie blos von Schwingungsdauer oder Schwingungszahl abhängt, als Höhe, die Grösse des Eindruckes aber, sofern sie von beiden zugleich abhängt, als Intensität oder als Grösse des Gesammteindruckes.

Gesetzt hienach, die Masse der empfundenen Schallstärke und Schallhöhe s und h seien für sich genommen respectiv

$$s = k \log \frac{\beta}{b}$$

$$h = k' \log \frac{n}{n_1} = k' \log \frac{\tau_1}{\tau}$$

wo β die von der Amplitude abhängige physische Schallstärke, n die Schwingungszahl, τ die Schwingungsdauer, b, n_1, τ_1 die zugehörigen Schwellenwerthe, k, k' Constanten bedeuten, so würde das Mass der Intensität oder des Gesammteindruckes nach voriger Auffassung sein

$$sh = kk' \log \frac{\beta}{b} \log \frac{n}{n_1}$$

oder, wenn wir die Schwellenwerthe 1 setzen

$$sh = kk' \log \beta \log n$$

welcher Ausdruck sich nach Analogie dann auch auf Farben erstrecken könnte.

Sofern wir die physische Stärke eines Lichtes oder Schalles durch das Quadrat der Amplitude als gemessen ansehen, welche a heisse, wird sich a^2 für β in vorigen Gleichungen substituiren lassen, und, da $\log a^2 = 2 \log a$, der vorige Ausdruck übergehen in $2\,kk' \log a \log n$, oder, indem wir auch $2\,kk'$ durch Wahl demgemässer Einheiten gleich 1 annehmen, einfacher in $\log a \log n$.

Ann. LXV. 445), welche beweisen, einen wie starken und sogar lästigen Eindruck die noch höchsten vernehmbaren Töne sehr kurzer Stimmgabeln machen können.

Jedoch halte ich die vorige Auffassung nicht nur nicht für bindend, sondern für nicht triftig, und nach alsbald zu erörternden Gründen als Mass des psychischen Gesammteindruckes oder der Intensität eines einfachen Tones statt der Form $2kk' \log \frac{a}{a_1} \log \frac{n}{n_1}$ die Form $k \log \frac{L}{l}$ für triftiger, wenn unter L die, von Amplitude und Schwingungszahl oder Schwingungsdauer zugleich abhängige, lebendige Kraft der Schwingungen und unter l deren Schwellenwerth verstanden wird. Für Farben machen sich besondere Betrachtungen geltend, auf die ich unten komme.

Nun kann L als gemessen angesehen werden durch das Quadrat des Productes an oder des Quotienten $\frac{a}{\tau}$, wozu die Schwellenwerthe $a_1 n_1$ und $\frac{a_1}{\tau_1}$ seien; wonach der Ausdruck für das Mass der psychischen Gesammtstärke des Eindruckes, den ein einfacher Ton erzeugt, wäre

$$k \log \left(\frac{an}{a_1 n_1}\right)^2 = 2k \log \frac{an}{a_1 n_1} = 2k \log \frac{a}{a_1} \frac{\tau_1}{\tau}$$

oder unter Wahl solcher Einheiten, wodurch $2k$, a_1, n_1, τ_1 gleich 1 werden

$$\log an = \log a + \log n$$

oder

$$\log \frac{a}{\tau} = \log a - \log \tau.$$

So würde statt des vorhin erhaltenen Productes der Logarithmen der Werthe, a, n, der Logarithmus des Productes dieser Werthe, oder, was dasselbe ist, die Summe der Logarithmen dieser Werthe als Mass des psychischen Gesammteindruckes auftreten.

Graılich in seinen sonst so schätzbaren Abhandlungen über das Zustandekommen zusammengesetzter Farben in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie 1854. XII. S. 783. XIII. 201 setzt die lebendige Kraft der Lichtschwingungen, wovon der Empfindungseffect abzuleiten, dem Quotienten aus der einfachen Schwingungsdauer in das Quadrat der Amplitude, oder, was dasselbe ist, dem Producte aus der einfachen Schwingungszahl in das Quadrat der Amplitude, also dem Werthe an^2 proportional, indess Seebeck in seinen Abhandlungen über die Verhältnisse des Schalles (Poggend. Ann. LXII. 572. LXVIII. 461), eben so wie es hier geschieht, die lebendige Kraft der Schwingungen proportional $n^2 a^2$ setzt. Letzteres ist unstreitig triftiger*), und der Punct, wo Grailich geirrt hat, leicht anzugeben.

---

*) Dass Grailich von Lichtschwingungen, Seebeck von Schallschwingungen handelt, kann begreiflich keinen Unterschied im betreffenden Gesichtspuncte machen.

Die lebendige Kraft einer Schwingung ist (XII. S. 805) von Grailich triftig gesetzt

$$i = \int_0^\tau \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 dt$$

wo τ die Dauer einer Schwingung, $\frac{dy}{dt}$ die Geschwindigkeit, t die Zeit ist, was durch Integration giebt

$$i = 2\frac{\pi^2 a^2}{\tau}$$

wenn man für $\frac{dy}{dt}$ als Geschwindigkeit diejenige Function der Zeit t substituirt, welche in einer Schwingung statt hat, wenn a die Amplitude, π die Ludolf-sche Zahl. Nun kann aber die lebendige Kraft einer Schwingung nicht massgebend sein für die lebendige Kraft, welche durch Schwingungen während einer gegebenen Zeit entwickelt wird, um was es sich doch handelt, wenn die lebendige Kraft verschiedener Töne, Farben verglichen wird; sondern sie muss ausserdem der Zahl der Schwingungen in dieser Zeit direct, also mit τ reciprok genommen werden, wodurch statt τ vielmehr τ^2 in den Nenner, oder das damit reciproke n^2 in den Zähler kommt.

Es ist Schade, dass die mühsamen Rechnungen bezüglich der Intensitätswerthe in Grailich's Abhandlungen (Berichte Th. XIII. S. 230 ff.) dadurch ihre Triftigkeit verloren haben. Doch wird sein allgemeines Princip, die zusammengesetzten Farben zu erklären, dadurch nicht afficirt.

Die Gründe, die letzte Auffassung der ersten vorzuziehen, sind folgende:

Unstreitig haben wir Stärke und Höhe eines Tones nicht als etwas äusserlich Zusammengebrachtes anzusehen; sondern es liegt die Aufgabe in der Natur der Sache vor, den Eindruck der Stärke und Höhe im Zusammenhange aus den Grundbeziehungen der Empfindung zur Bewegung abzuleiten; und die einfachstmöglichen Voraussetzungen in dieser Beziehung werden uns im 32. Kapitel vielmehr auf einen Massausdruck des Gesammteindruckes eines Tones von der Form log an als log a log n führen.

Abgesehen hievon spricht die Erfahrung direct gegen die Form log a log n. Nach dieser Form giebt es einen festen Punct der Stärke, bei welchem der Ton aufhört, hörbar zu sein, gleichviel, welche Höhe er habe, und einen festen Punct der Höhe, wo er aufhört, gehört zu werden, gleichviel, welche Stärke er habe. Denn ist a oder n auf den Schwellenwerth, der in der Form log a log n gleich 1 gesetzt ist, herabgekommen, so ist das Product log a log n in jedem Falle null, wie sich auch der andere Werth verhalte. Nicht so bei der Form log an. Hier kann Stärke durch Höhe und umgekehrt betreffs der Hörbarkeit vertreten werden; es besteht innerhalb der Gränzen der Höhe, die überhaupt nach der Einrichtung unseres Gehörorganes percipirt zu werden vermögen, für jede andere Schwingungszahl n eine andere Amplitude a, bei welcher sie hörbar wird und umgekehrt. Der Ton wird hörbar, wenn das Product an den, hier kurz $= 1$ gesetzten, Schwellenwerth $a_{,}n_{,}$ erreicht. Diess wird bei kleinem a sein, wenn n gross ist, und umgekehrt. So entspricht es aber der Erfahrung.

In der That, tiefe Töne erfodern eine grosse Schwingungsamplitude, um noch hörbar zu sein, und hohe Töne können bei sehr geringer Stärke noch gehört werden.

Diesen Umstand hat besonders Dove hervorgehoben, in Zusammenhang mit einer auf die Farben bezüglichen Thatsache, von welcher unten die Rede sein wird, die jedoch mindestens theilweise einen anderen Grund haben muss. Um hier zunächst bei dem, was sich im Tongebiete auf die Compensation geringer Stärke durch vermehrte Höhe, oder geringer Höhe durch vermehrte Stärke bezieht, stehen zu bleiben, so erinnert Dove daran, »wie die Saiten des Contrabasses weiter schwingen müssen, als die der Violine; .... wie wir in höherem Tone sprechen, wenn wir ohne grosse Anstrengung gehört sein wollen; wie, wenn die tiefe, durch das Sprachrohr verstärkte, Stimme des Seemannes im Sturme verhallt, noch der schrillende Ton der Bootspfeife durch das Brausen der Wogen und das Geräusch des Windes hindurchdringt; und wie Savart mittelst der Speichensirene gezeigt hat, dass die Gränze der Wahrnehmbarkeit der Töne nach der Tiefe hin durch die Stärke der Töne erweitert werden kann.«

Auch folgender Umstand verträgt sich gar nicht mit der Form $\log a \log n$, indess er in die Form $\log a + \log n$ wohl hineintritt.

Wenn die Empfindung der Stärke oder Höhe ohne Rücksicht auf das andere Element allein sich ver-m-facht, so kann man diess nach jeder Voraussetzung durch $m \log a$ oder $m \log n$ darstellen. Nun tritt im Producte $\log n \log a$ der Factor $\log n$ oder $\log a$ an die Stelle von m, und hienach müsste man erwarten, falls anders mathematische Consequenz bestehen soll, dass damit die Empfindung der Stärke im Verhältnisse von $\log n$ und die der Höhe im Verhältnisse $\log a$ wachse, also eine wechselseitige Steigerung der Stärke und Höhe eintrete, man also bei vermehrter Höhe eines Tones zugleich einen vermehrten Eindruck der Stärke, und bei vermehrter Stärke den Eindruck einer vergrösserten Höhe erhalte, was aber nicht der Fall ist. Bei der Form $\log a + \log n$ tritt diese Schwierigkeit nicht ein.

Allerdings steht der Form $\log an$ die Schwierigkeit entgegen, dass, wenn man mit der Vertiefung des Tones über eine gewisse Gränze geht, keine Verstärkung des Tones mehr hinreicht, ihn hörbar zu machen, und eben so gar zu hohe Töne nicht mehr hörbar sind, während doch nach der Form $\log an$ jede Verkleinerung von n durch eine Vergrösserung von a compensirt wird, und der Eindruck des Tones mit wachsender Höhe ins Unbestimmte zunehmen müsste.

Gewiss ist diess als eine Abweichung von der Gültigkeit der Formel $\log an$ an der unteren und oberen Gränze der Hörbarkeit der Töne anzusehen, wie wir aber schon sonst gewohnt sind, eine untere und obere Gränze für die Gültigkeit unserer Grundformeln zu finden, welche Gränzen doch voraussetzlich nur für die äussere, nicht für die innere Psychophysik bestehen, insofern die äusseren Reize nur innerhalb gewisser Gränzen, in denen sich der gewöhnliche Sinnesgebrauch hält, proportionale psychophysische Bewegungen auslösen, auf welche die Grundformeln eigentlich zu beziehen sind, also auch nur innerhalb solcher Gränzen diese vertreten können.

In der That ist der Gehörapparat des Menschen unstreitig blos geeignet, Schwingungen innerhalb gewisser Gränzen der Höhe aufzunehmen und bis zu gewissen Gränzen der Stärke zu erzeugen, und die Unhörbarkeit noch so starker tiefer oder hoher Töne beruht hienach nicht darauf, dass sehr langsame oder schnelle psychophysische Oscillationen selbst bei grösster Amplitude unhörbar sind, sondern dass sie im Menschen gar nicht in erfoderlicher Stärke zu Stande kommen, wenn schon äussere Schwingungen dazu da sind.

Schon das Trommelfell mit seinen annectirten Theilen kann bei zu grosser Höhe oder Tiefe die Dienste versagen*); ja durch ein von Wollaston angegebenes Mittel sogar künstlich taub gegen tiefe Töne gemacht werden**).

---

*) Vergl. über diesen Punct in theoretischer Beziehung insbesondere Seebeck in Pogg. Ann. LXVIII. S. 450.

**) Philos. transact. 1820. p. 307. »I remarked that, when the mouth and nose are shut, the tympanum may be so exhausted by forcible attempt to take breath by expansion of the chest, that the pressure of the external air is strongly felt upon the membrana tympani, and that, in this state of

Ausserdem ist nicht unwahrscheinlich, dass die Nerventasten, die von den Tönen angeschlagen werden, oder accessorischen Apparate, mittelst deren sie nach neueren Untersuchungen angeschlagen zu werden scheinen, nur bis zu einer gewissen Höhe reichen. In der That liegen viele Gründe vor, worauf ich im 33. Kapitel näher eingehe, zu vermuthen, dass zur Apperception von Tönen verschiedener Höhe verschiedene Nervenfasern gehören.

Viele Menschen vermögen hohe Töne überhaupt nicht wahrzunehmen. Bekannt sind in dieser Beziehung die Beobachtungen von Wollaston*), wonach gewisse hohe pfeifende Töne der Insecten, ja wohl selbst das Zirpen von Spatzen von manchen Personen nicht mehr gehört werden, welche aber tiefere Töne vernehmen. Ich selbst war sehr frappirt, als ich einst eine Fussreise mit Prof. Ch. H. Weisse, welcher auf einem Ohre sehr schwerhörig ist, machte, dass er von dem an einem heissen Sommertage uns umgebenden, höchst lebhaften Gezirpe der Grillen und anderer Insecten nicht das Geringste vernahm, auch sonst nie dergleichen zu vernehmen versicherte, indess er doch das mir weit schwächer erscheinende Rollen eines fernen Wagens hörte. Und Bonafont**) zieht das allgemeine Resultat aus seinen Beobachtungen über Taube, »dass in dem Masse, als die Empfindlichkeit des Ohres abnimmt, dasselbe die Hörbarkeit für die hohen Töne verliert, während es die tieferen noch deutlich wahrnimmt.« Eine Person konnte weder h^{II} noch a^{II} ($\underline{\underline{h}}$ noch $\underline{\underline{a}}$) hören, nahm aber e^{II} ziemlich und c^{II} sehr deutlich wahr. Bonafont glaubt sogar, danach die Heilbarkeit verschiedener Grade von Taubheit beurtheilen zu können. Auch Wollaston***) bemerkt von Schwerhörigen: »that they usually hear sharp sounds much better than lower ones.«

Diess Resultat scheint indess doch einer Beschränkung zu bedürfen, und bei gewissen Arten der Schwerhörigkeit vielmehr hohe Töne besser als tiefe gehört zu werden; indem ich in der »rationellen Otiatrik« von Erhard (1859) S. 65 folgende Stelle finde: »Ich habe die Bemerkung gemacht, dass fast alle nervös Schwerhörigen relativ hohe Töne besser, leichter hören, als tiefe Töne von gleicher Intensität, ohne dafür einen besonderen Grund ausfindig gemacht zu haben. Bei acustisch Schwerhörigen findet sich bei Combination des *Tensor tympani* relativ ein auffallend besseres Auffassungsvermögen für hohe Töne als für tiefe, und zwar aus dem sehr einfachen Grunde, weil ein gespanntes Trommelfell mehr den Eigenton für hohe Töne hat.... Ferner ergeben meine pathologischen Beobachtungen, dass beim Fehlen des Trommelfelles tiefe Töne relativ besser gehört werden, vielleicht weil der *Stapedius* leichter auf tiefe Töne resonirt.«

Nicht ohne Interesse ist folgende Bemerkung von Wollaston†): »From the numerous instances in which I have now witnessed the limit to tension from external pressure, the ear becomes insensible to grave tones without losing in any degree the perception of sharper tones.«

---

*) *Philos. transact.* 1820. *p.* 306.

**) *Compt. rend. T. XX. p.* 1498. Pogg. Ann. LXV. S. 448.

***) *Philos. transact.* 1820. *p.* 306.

†) *Philos. transact.* 1820. *p.* 312.

acuteness of hearing, and from the distinct succession of steps that I might enumerate in the hearing of different friends, as the result of various trials that I have made among them, I am inclined to think, that at the limit of hearing, the interval of a single note between two sounds, may be sufficient to render the higher note inaudible, although the lower is heard distinctly.«

Im Uebrigen hat sich die obere Gränze der hörbaren Töne durch die successiven Beobachter mehr und mehr ausgedehnt, und es fragt sich, ob schon die Gränze erreicht ist. Vergl. in dieser Hinsicht Th. I. S. 258.

Man kann bemerken, dass die Form $\log a + \log n$, oder, um die Schwellenwerthe wieder mit einzuführen, $\log \frac{a}{a_1} + \log \frac{n}{n_1}$ mit der, in der Summenformel sich darbietenden Form $\log \frac{\beta}{b} + \log \frac{\beta'}{b'}$ ganz übereinstimmt, welche stattfindet, wenn wir zwei Reizgrössen β, β' auf zwei verschiedene Puncte mit verschiedenen Empfindlichkeiten wirken lassen. Die Bedeutung dieser Form verallgemeinert sich also dahin, dass nicht blos das, was derselben Seite der Empfindung angehört, auf zwei verschiedenen Puncten, sondern auch das, was zwei verschiedenen Seiten angehört, auf demselben Puncte sich unter dieser Form verbinden. Und diess hat beidesfalls den übereinstimmenden Erfolg: dass, so wie die Reizgrössen auf zwei verschiedenen Puncten einer gesonderten Auffassung unterworfen werden können, indess sie doch in einer gemeinsamen Raumanschauung begriffen bleiben, so Stärke und Höhe auf demselben Puncte, indess sie in einer gemeinsamen Tonempfindung begriffen bleiben.

Bei der übrigens stattfindenden gänzlichen Uebereinstimmung der Form $\log \frac{a}{a_1} + \log \frac{n}{n_1}$ mit der Form $\log \frac{\beta}{b} + \log \frac{\beta'}{b'}$ ist jedoch der Unterschied nicht zu übersehen, dass in letzter Form b, b' unabhängig von einander sind, indess in erster a_1 und n_1 durch die Gleichung $a_1 n_1 = \text{Const.}$ verknüpft sind. Diess führt mit sich, dass der empfundene Höhenunterschied der Töne durch ihre verschiedene Stärke eben so wenig abgeändert wird, als die Höhe selbst. Denn es sei der eine Ton $\log \frac{an}{a_1 n_1}$, der andere $\log \frac{a'n'}{a'_1 n'_1}$, so ist a_1 zwar von a'_1 und n_1 von n'_1 verschieden, aber $a'_1 n'_1 = a_1 n_1$ und der gesammte Tonunterschied

$$\log \frac{an}{a'n'} = \log \frac{a}{a'} + \log \frac{n}{n'}$$

Ungeachtet ein tiefer schwacher und ein hoher starker Ton einen Massausdruck von gleicher Grösse haben können, so ist doch der qualitative Eindruck oder Charakter beider nach der Zusammensetzung dieses Massausdruckes verschieden. Der erste erscheint uns verhältnissmässig ernst, würdig, schwer, breit, der zweite spitzig, dünn, schrillend.

Die Triftigkeit der Form log *an* vorausgesetzt, so ist der Schwellenwerth der Stärke eines Tones nur insoweit constant, als die Höhe constant ist, und der Schwellenwerth der Höhe nur in soweit, als die Stärke constant ist, und es steht, allgemein gesprochen, der Schwellenwerth der Schwingungszahl, wovon die Höhe abhängt, im umgekehrten Verhältnisse der Amplitude der Schwingung, und umgekehrt der Schwellenwerth der Amplitude der Schwingung im umgekehrten Verhältnisse der Schwingungszahl, im directen der Schwingungsdauer.

Wahrscheinlich bestehen in Betreff der Gränzen der Hörbarkeit der Töne grosse Verschiedenheiten zwischen verschiedenen Geschöpfen (wie diess Wollaston specieller ausgeführt hat), indem jedes Geschöpf je nach seiner Lebensweise mit Aufnahmsorganen und Nerventasten für einen gewissen grösseren oder kleineren, höheren oder niederen Theil der Tonscale versehen sein mag, wobei wir immer vorauszusetzen haben werden, dass schnellere Schwingungen und kleinere Amplituden zusammengehören. Wenn das, was für Tonschwingungen gilt, sich auf alle Schwingungen, von denen Empfindungen abhängen, verallgemeinern lassen sollte, so haben wir gewissermassen schon in Auge und Ohre zwei so verschiedene Geschöpfe, da die Lichtschwingungen bei ungeheurer Kleinheit ungeheuer schnell, die Schallschwingungen bei viel grösserer Langsamkeit viel grösser sind, insofern es als wahrscheinlich gelten kann, dass diess Verhältniss der äusseren Schwingungen sich ins Innere übersetzt. Freilich kann, wie alsbald erörtert werden soll, die Form log *an* auf Farben keine directe Anwendung finden, wenn wir die Abhängigkeit der Empfindung vom äusseren Farbenreiz danach messen wollen; doch ist damit die Möglichkeit noch nicht ausgeschlossen, dass, wenn uns eine letzte Analyse der inneren Schwingungsbewegungen, die der Lichtempfindung unterliegen, zu Gebote stände, die Massform log *an* auch hier massgebend sein würde.

Man könnte sich Systeme denken, in welchen Bewegungen von so langer Periode als die Bewegung der Erde um die Sonne doch noch Empfindungsphänomene vermittelten, wenn zugleich die Amplitude entsprechend gross wäre; auch können wir nicht wissen, ob die Welt selbst nicht ein solches System ist. Nur wäre es nutzlos, solchen Möglichkeiten hier weiter nachzugehen.

Das Vorige zusammengefasst, so hängt die strenge Begründung der Form log *an* als Massausdruck für die Intensität der Tonempfindung und die etwaige Uebertragbarkeit dieser Form auf andere Empfindungen an zwei Bedingungen: 1) dass das Weber'sche Gesetz für Stärke und Höhe insbesondere gilt, wie es sich wirklich bei Tönen so gefunden hat; hieran hängt die logarithmische Form des Massausdruckes und seine Zerlegbarkeit in zwei unabhängige Glieder; 2) dass die Intensität des Toneindruckes dieselbe bei gleichbleibender lebendiger Kraft a^2n^2 und mithin gleichem Schwingungsproduct *an* bleibe, mithin die Verringerung der Hörbarkeit bei verminderter Amplitude durch eine entsprechende Vermehrung der Schwingungszahl und umgekehrt die Verminderung der Hörbarkeit bei verminderter Schwingungszahl durch eine entsprechende Vermehrung der Amplitude compensirt werden könne, was man ebenfalls bei Tönen in soweit als bestätigt ansehen kann, als man nach dem allgemeinen Ausfalle von Erfahrungen, wie solche S. 168 angeführt wurden, geben kann.

Inzwischen reicht Letzteres freilich zu einer genauen Bewährung noch nicht hin, und in dieser Beziehung ist folgende Bemerkung wichtig. Sowohl die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes für Stärke und Höhe insbesondere, als die Compensirbarkeit der Stärke durch Höhe und umgekehrt in Betreff der Hörbarkeit des Tones im Allgemeinen, soweit sie bis jetzt durch allgemeine und unbestimmte Erfahrungen constatirt ist, würden sich ebensowohl mit Formen des Massausdruckes von der Form log an^2 oder log a^2n, als der Form log *an* vertragen. So dass durch Erfahrung noch nicht zwischen diesen verschiedenen Formen entschieden ist, und die Form log *an* nur wegen ihrer grösseren Einfachheit und einfacheren Beziehung der Empfindungsgrösse zur Grösse der lebendigen Kraft so lange vorgreiflich zu bevorzugen sein dürfte, als eine directe Entscheidung nicht vorliegt.

Eine solche Entscheidung, liesse sie sich durch das Experiment gewinnen, wozu, wie ich unten zeige, nicht alle Aussicht fehlt, würde aber von äusserster Wichtigkeit sein. Aus den Erörterungen eines künftigen (des 32.) Kapitels geht nämlich hervor, dass die Form log *an* gefodert wird, wenn die Intensität der Empfindung von der Grösse der Geschwindigkeiten, die Form log an^2

aber, wenn sie von der Grösse der Geschwindigkeitsänderungen (Geschwindigkeiten zweiter Ordnung), die im Laufe einer Schwingung stattfinden, im Sinne der Massformel abhängt, welches eine ganz fundamentale Frage für die Psychophysik ist, über die auf diese Weise entschieden werden könnte. Und ungeachtet ich beim bisherigen Mangel einer solchen Entscheidung die Form log an als die einfachere bevorzugt habe und demnächst bevorzugen werde, stelle ich es doch noch ganz dahin, ob dieser Vorzug sich bewähren wird *). Der Unterschied zwischen beiden Formen macht sich übrigens nicht sowohl in allgemeinen Folgerungen als den Verhältnissen der Masswerthe von Stärke und Höhe, an die sie sich knüpfen, geltend.

Das Experiment, was ich, als möglicherweise zur Entscheidung führend, im Auge habe, ist dieses:

Gesetzt, man lässt denselben Hammer immer aus derselben Höhe auf dieselbe horizontale Saite, aber bei verschiedener Spannung derselben, fallen, oder dasselbe Pendel immer bei Erhebung um denselben Elongationswinkel gegen dieselbe aber verschieden gespannte verticale Saite schlagen, so wird sich die Saite immer mit gleicher lebendiger Kraft bewegen, aber je stärker sie gespannt wird, desto mehr wird a abnehmen, n zunehmen, d. i. sie wird in immer kleinerer Amplitude schwingen, indess sie zugleich eine immer grössere Tonhöhe erlangt. Das Product a^2n^2, mithin auch an wird gleich bleiben.

Gilt nun der Massausdruck log an, so wird auch der Ton immer bei derselben Fallhöhe hörbar zu werden anfangen und aufhören, wie man auch die Spannung der Saite abändere; oder, falls man den Versuch mit zwei gleichen aber verschieden gespannten Saiten und zwei dazu gehörigen gleich construirten Hämmern oder Pendeln bei gleicher Fallhöhe (unter Umkehr des Versuchs mit beiden) anstellt, was unstreitig den Vergleich erleichtern würde, der Ton beider bei derselben Entfernung des Hörenden anfangen und aufhören bemerklich zu werden.

Ist hingegen die Form log an^2 triftig, so wird die Hörbarkeit

---

*) In Th. II. S. 38 habe ich selbst schon vorgreiflich eine Bevorzugung der Voraussetzung, auf welche sich die Form log an^2 stützt, ausgesprochen, kann jedoch nach genaueren Erwägungen die Gründe dafür auch nicht mehr durchschlagend finden und stelle die Entscheidung ganz dem Erfolge künftiger erfahrungsmässiger Untersuchungen anheim.

durch Vergrösserung von n mehr zunehmen, als durch Vergrösserung von a.

Sollte die Form $\log a^2 n$ gelten, was vorauszusetzen jedoch kein theoretischer Grund vorliegt, so würde das Umgekehrte gelten.

Für den Augenblick bin ich nicht in der Lage, diesen Versuch genau genug mit den erfoderlichen Abänderungen anzustellen, was mir vielleicht künftig möglich sein wird; wenn nicht inzwischen, wie ich wünsche, Andere sich desselben angenommen haben. Unstreitig würde sich noch mehr von demselben erwarten lassen, wenn nicht ein Umstand wäre, der seine entscheidende Kraft sehr beeinträchtigen muss. Sein Resultat würde einfach und unzweideutig sein, wenn der Gehörapparat jedes n gleich leicht aufnähme, d. h. der Amplitude der äusseren Schwingungen mit proportionaler Amplitude der inneren correspondirte, aber nach den mitgetheilten Thatsachen ist diess nicht der Fall; und je mehr das n sich den Gränzen der Hörbarkeit nähert, desto mehr muss bei gleichbleibendem Werthe an die Hörbarkeit abnehmen, selbst wenn die Form $\log an$ bezüglich der inneren Bewegungen richtig sein sollte, was zu untersuchen das Hauptinteresse ist. Es wird die Frage bleiben, inwiefern die etwa bemerkten Abänderungen in der Hörbarkeit verschieden hoher Töne bei gleicher lebendiger Kraft vielmehr davon abhängen, dass die Gleichheit der lebendigen Kraft der äusseren Schwingungen sich nicht ins Innere überträgt, oder davon, dass der innerlich gleichen lebendigen Kraft bei verschiedenem n und a keine gleiche Intensität der Empfindung zugehört. Inzwischen liesse sich doch vielleicht durch Combination der Resultate von Versuchen 1) gegen die untere, 2) gegen die obere Gränze der Hörbarkeit, 3) um die Mitte zwischen beiden ein bindender Schluss ziehen; zumal nicht unwahrscheinlich eine derartige Accommodationsfähigkeit der Spannung des Trommelfelles stattfindet, dass die Perception verschieden hoher Töne innerhalb gewisser Gränzen gleich leicht erfolgt.

Sollte jedoch der Versuch wegen nicht lösbarer Complication der Bedingungen kein hinreichend entscheidendes Resultat in Betreff der, die innere Psychophysik angehenden, Hauptfrage liefern, so würde es immerhin nützlich sein, sein zusammengesetztes Resultat für die äussere Psychophysik festgestellt zu haben.

Mag nach Allem der Maassausdruck $\log an$ oder $\log an^2$ sich als der triftigere erweisen, so lässt er sich doch nach den bisher vorliegenden allgemeinen Erfahrungen nur für das Gebiet der Töne, nicht der Farben in Anspruch nehmen. Denn für Farben besteht nach der schon Th. I. S. 175 gemachten Bemerkung das Weber'sche Gesetz nicht eben so wie für Tonhöhen, also schon die erste Bedingung der Form log an oder log an^2 trifft hier nicht zu; und es gibt eine Thatsache, wonach auch die zweite nicht zutrifft.

Diese, wenn ich nicht irre, zuerst von Purkinje[*]) bemerkte, von Dove[**]) seinerseits selbstständig aufgefundene und genauer verfolgte, von Grailich[***]) gelegentlich constatirte, von Helmholtz[†]) am schärfsten bestimmte und formulirte Thatsache, zufolge deren man in der Dämmerung das Blau länger als das Roth erkennt, was am Tage einen stärkeren Eindruck macht, wird von Letzterem in folgendem Satze oder Gesetze ausgesprochen. »Zwei farbige Lichtmengen, welche bei einer gewissen absoluten Lichtintensität gleich hell erscheinen, thun es im Allgemeinen nicht mehr, wenn die Lichtmengen beider verdoppelt oder halbirt werden. Und zwar wird im ersten Falle die minder brechbare der beiden Farben, im letzten die brechbarere die hellere werden.«

> »Die erwähnte von Dove aufgefundene Erscheinung liess sich — sagt Helmholtz — bei meinen Versuchen an den homogenen Farben sehr gut beobachten. Ich liess zwei farbige Lichtmengen durch die Spalten des Schirmes in solcher Menge dringen, dass sie gleich dunkle Schatten warfen, und brachte zwischen den Heliostaten und den ersten Spalt eine einfache oder mehrfache Lage eines dünnen weissen Gewebes, welches einen Theil des Sonnenlichtes zurückhält, ohne das Verhältniss seiner verschiedenartigen Bestandtheile zu verändern. Es erschien dann der Schatten der minder brechbaren Farbe dunkler als der der brechbareren. Uebrigens waren die Unterschiede sehr gering, so lange ich beide Farben aus der minder brechbaren Hälfte des Spectrum, Roth bis Grünblau, nahm, viel auffallender zwischen denen der brechbareren Hälfte, und am stärksten, wenn man Violet mit einer der minder brechbaren Farbe verband.«

Man darf diese Thatsache nicht, wie es wohl geschehen ist, mit der Thatsache gleichgeltend halten, dass eine grössere Schwingungszahl eine kleinere Amplitude für die Wahrnehmbarkeit compensiren kann; denn während letztere, bei Tönen hinreichend constatirte, Thatsache in die Form log an oder log an^2 hineintritt und dadurch gefodert wird, widerspricht die im Helmholtz'schen Satze enthaltene Thatsache, die bis jetzt blos bei Farben, nicht bei Tönen constatirt ist, dieser Form, wie jeder Form, welche eine gleiche Wahrnehmbarkeit an eine gleiche lebendige Kraft oder an die Gleichheit eines Productes wie an^2 oder a^2n knüpft. Denn wenn bei zwei Tönen oder Farben $a^2n^2 = a'^2n'^2$, mithin $an = a'n'$ ist, so wird auch $2an = 2a'n'$ bleiben müssen; und also weder die logarithmische noch irgend welche Function von a^2n^2 oder an als Massausdruck für die Intensität der Empfindung sich mit dem Helmholtz'schen Satze vertragen. Entsprechend bei Functionen von an^2 oder a^2n. Wenn also Blau bei Dämmerung das Roth überwiegt, so müsste es nach solcher Form des Massausdruckes auch noch bei grösster Tageshelligkeit dasselbe überwiegen; wogegen die Dove'schen Erfahrungen und der Helmholtz'sche Satz das Gegentheil besagen.

---

[*]) Purkinje, N. Beitr. 109.

[**]) Berichte der Berl. Akad. 1852. 69 oder Pogg. LXXXV. 397.

[***]) Sitzungsber. der Wien. Akad. 1854. XIII. 251.

[†]) Pogg. XCIV. 19.

Untersucht man, ob etwa die Form $\log a \log n$ geeigneter wäre, den Helmholtz'schen Satz als Folgerung herzugeben, so zeigt sich, dass man vielmehr noch schlechter damit fahren würde; indem, wenn man bei zwei an Grösse gleichen Intensitäten $\log a \log n$ und $\log a' \log n'$ die Amplitude a und a' in demselben Verhältnisse vergrössert, nicht nur keine Gleichheit der Intensitäten bleiben kann, sondern dem Helmholtz'schen Gesetze gerade entgegen die Farbe mit der grösseren Schwingungszahl in Uebergewicht kommen muss.

In der That gehen die Intensitäten $\log a \log n$ und $\log a' \log n'$ durch Multiplication der Werthe a und a' mit demselben Werthe m über in

$$\log ma \log n \text{ und } \log ma' \log n'$$
$$= (\log m + \log a) \log n \text{ und } (\log m + \log a') \log n$$

wonach der Werth $\log a \log n$ um $\log m \log n$, der Werth $\log a' \log n$ um $\log m \log n'$, mithin der Werth mit der grösseren Schwingungszahl um mehr als der andere vermehrt erscheint.

Also kann man die unstreitig stattfindende Gemeinsamkeit der Thatsache für Farben und Töne, dass kleinere Schwingungszahlen eine grössere Amplitude fodern, um wahrnehmbar zu sein, doch nicht mit einer Gemeinsamkeit des Helmholtz'schen Gesetzes für beide verwechseln, welche keineswegs damit gesetzt ist*), und ich halte es für nicht unwahrscheinlich, dass das

---

*) Hierauf macht auch schon Grailich in den Sitzungsber. d. Wien. Akad. XIII. 1854. S. 253 aufmerksam.

Helmholtz'sche Gesetz bei Farben mit so vielen anderen Abweichungen, welche die Verhältnisse der Farben von denen der Töne darbieten und welche ich im 33. Kapitel besonders zusammenstellen werde, zusammenhängt, und also nur für Farben, nicht für Töne gilt, in welcher Beziehung freilich directe Versuche, in Verbindung mit dem oben S. 174 vorgeschlagenen, noch sehr wünschenswerth wären.

Nicht zu übersehen ist übrigens, dass das im Helmholtz'schen Satze enthaltene Erfahrungsresultat nur an getrennten Farben sich bestätigt, und dass es sich anders verhält, wenn die Farben zum weissen Lichte gemischt sind, als welches weiss bleibt, wenn man die Stärke aller seiner Componenten in demselben Verhältnisse schwächt, so wie auch, dass das Resultat selbst bei getrennten Farben nicht sehr deutlich wird, so lange beide Farben aus der minder brechbaren Hälfte des Spectrum genommen werden, was beweist, dass hier kein für alle Werthe von *n* gleich gültiges Verhältniss vorliegt. Wahrscheinlich hängt die Anomalie, die sich hier für brechbarere Farben, d. i. hohe Werthe von *n*, zeigt, mit der anderen Anomalie zusammen, welche Helmholtz bemerkt hat, dass die brechbareren Farben vorzugsweise vor den minder brechbaren bei veränderter Stärke zugleich die Nuance ändern*); indess nicht bekannt ist, dass höhere Töne vorzugsweise vor tieferen einer Abhängigkeit der Schwingungszahl von der Amplitude unterliegen. Schliesslich bleibt der Gegenstand noch aufzuklären.

Hienach bleiben zwei sehr wichtige Fragen übrig.

Erstens. Es hat sich theils als gewiss, theils als wahrscheinlich gezeigt, dass die Farbenempfindungen nicht in gleicher Weise von den Schwingungszahlen abhängen, als die Tonempfindungen, denn sonst müsste sich für sie gleicherweise das Weber'sche Gesetz bestätigen. Was kann der Grund des Unterschiedes sein, nachdem sie doch factisch überhaupt davon abhängen? Auf diese Frage gehe ich näher im 33. Kapitel ein, worin sich, wenn nichts schlechthin Gewisses, doch manches von vorwiegender Wahrscheinlichkeit über diesen Gegenstand wird sagen lassen.

Zweitens. Nach den früheren Untersuchungen über Stärke und Höhe der Töne (Th. I. Kap. 9) hängt der Eindruck beider nach gleichem Gesetze, der der Stärke von der Amplitude, der der Höhe von der Zahl der Schwingungen ab, und hienach schiene es, dass alle Verhältnisse sich für die Empfindung der Stärke und Höhe gleichstellen müssten. Aber so ist es doch nicht. Die Skala der Höhen trägt einen natürlichen Massstab für das Gefühl in sich, welchen die Skala der Stärken nicht in sich trägt, und ausser dem Eindrucke der Progression bei dem Aufsteigen in der Skala der Höhen haben wir auch den Eindruck einer Periodicität, den wir beim Aufsteigen in der Skala der Stärke nicht haben. Denn bei jedem Fortschritte um eine Octave in der ersten Skala sagt uns das Gefühl zugleich, dass wir um ein Gleiches fortgeschritten und in gewissem Sinne zum früheren Eindrucke zurückgekehrt sind, wovon beim Fortschritte in der Skala der Stärken nichts Analoges stattfindet.

---

*) Pogg. XCIV. 18.

Mit dem Gefühle für die Octave hängt natürlicherweise das Gefühl für die Untereintheilungen der Octave zusammen. Die Skala der Stärken ist eine für das Gefühl schlechthin unendliche, wovon es keine endlichen Verhältnisstheile überhaupt gibt, wogegen das auf der Skala der Höhen abgegränzte endliche Intervall der Octave auch endliche Verhältnisstheile zulässt. Denken wir uns beide Skalen als Säulen, die ins Unendliche verlaufen. Aber auf der Säule der Höhen sind die Fusse abgetheilt und hienach schätzen wir dann leicht die Zolle. Auf der Säule der Stärken ist nichts abgetheilt, und so haben wir auch keinen Anhalt, Unterabtheilungen durch Schätzung zu bestimmen.

Woher dieser Unterschied zwischen der Empfindungsskala der Stärken und Höhen der Töne bei gleicher mathematischer Repräsentation? womit man gleich die, in die vorige Frage mit hineintretende, Frage verbinden kann, woher der Unterschied, den die Töne in dieser Hinsicht von den Farben, die doch eben so wie sie an der Schwingungszahl hängen, darbieten? Denn die Farben bieten doch nichts dem musikalischen Eindrucke des Octavenintervalles und seiner Unterabtheilungen Analoges dar. Zwar scheint das Farbenspectrum durch Violet am brechbaren Ende eine Rückkehr zum Roth am mindest brechbaren Ende anzudeuten, worüber man Näheres im 33. Kapitel nachlesen mag; aber ein Massgefühl der Zwischenintervalle zwischen Roth und Violet ist damit nicht im Geringsten gegeben; die Farben machen ihren charakteristischen Eindruck überhaupt unabhängig von ihrer Beziehung zu einander, und die Contrastempfindungen, die in ihrer Beziehung begründet liegen, haben nichts gemein mit den Empfindungen der musikalischen Intervalle der Quinte, Quarte u. s. f.

Zeigt sich nicht, kann man fragen, hier eine Unzulänglichkeit der Theorie?

Meines Erachtens nicht eine Unzulänglichkeit insofern, als ob die bisherige Theorie irrig wäre, wohl aber eine Unvollständigkeit, sofern sie noch einer Ergänzung bedarf. Ehe ich nun diese zu geben versuche, will ich aber die sinnreiche graphische Construction und Exposition mittheilen, wodurch Drobisch schon vorlängst den Gang des progressiven Aufsteigens zugleich mit der periodischen Wiederkehr der Toneindrücke beim Durchschreiten der Tonskala versinnlicht hat, eine Darstellung, die man gewiss nicht ohne Interesse hier wiederfinden wird*).

»Denkt man sich das Intervall 1 der Octave mit dem Grundtone als den Umfang eines Kreises, dessen Halbmesser also $\frac{1}{2\pi} = 0{,}15915$ sein muss, so werden alle übrigen Intervalle Bogen dieses Kreises, deren zugehörige Mittelpunctswinkel sich leicht bestimmen lassen. Denn offenbar ist, wenn der dem Intervalle x entsprechende Winkel $= w$,

$$360^\circ : w = 1 : x; \text{ also } w = x \, . \, 360^\circ.$$

Hiernach ergeben sich für die dreizehn Hauptintervalle folgende Werthe von w, denen wir unter w' die Werthe beifügen, die den durch Zwölftel der Octave ausgedrückten Intervallen der Tasteninstrumente entsprechen.

---

*) Diese Construction ist zuerst in der Abhandlung von Drobisch: »Ueber die mathematische Bestimmung der musikalischen Intervalle« in den Abhandlungen der Jablonowski'schen Gesellschaft. 1846. S. 113, und später, nur formell etwas anders, in seiner Abhandlung: »Ueber musikalische Tonbestimmung und Temperatur« in den Abhandl. d. sächs. Soc. d. Wiss., math.-phys. Cl. Bd. II. 1855. S. 35 gegeben worden. Die obige Darstellung ist wörtlich, nur mit Beiseitelassung der, leicht zu reconstruirenden, Figuren und ihrer Erklärung, der letzten Quelle entnommen. — Auf eine schon frühere ähnliche Construction von Opelt, welche mir nicht im Originale bekannt ist, weist Drobisch zum Schlusse obiger Anführung hin, indess er selbst nach der Anmerkung S. 181 seine Vorstellung vielmehr an Newton's Farbenkreis angeknüpft hat.

	w		*w'*
1) Prime	0°	0'	0°
2) kleine Secunde	33	31	30
3) grosse Secunde	61	10	60
4) kleine Terz	94	10	90
5) grosse Terz	115	53	120
6) Quarte	149	24	150
7) übermässige Quarte	177	42	180
8) Quinte	210	36	210
9) kleine Sexte	244	7	240
10) grosse Sexte	265	19	270
11) kleine Septime	298	50	300
12) grosse Septime	326	29	330
13) Octave	360	0	360

»Diese Werthe von *w* und *w'* mit ihren zugehörigen Bogen stellen die Figuren 1 und 2 (des Originales) dar. Man kann in ihnen den Halbmesser nach seinen verschiedenen Lagen als das der Lage des Tones gegen den Grundton entsprechende Bild ansehen...... Im Uebrigen rechtfertigt sich hier die Benennung der Sexten und Septimen als umgekehrter Terzen und Secunden auch anschaulich. Denn lässt man den Halbmesser, nachdem er den ganzen Umfang des Kreises beschrieben, umkehren, so sind die Secunden und Terzen, die er dann von der Octave aus erzeugt, die Septimen und Sexten des Grundtones. Ebenso fällt die durch diese umgekehrte Drehung beschriebene Quarte mit der Quinte des Grundtones zusammen *).«

»Diese Drehung des Halbmessers gibt jedoch von der Veränderung, welche der Ton erleidet, wenn er von dem Grundtone allmählich zur Octave übergeht, nur ein unvollständiges Bild; denn die Octave ist bei aller Verwandtschaft mit dem Grundtone doch ein von diesem unterscheidbarer Ton. Man sagt nun zwar, sie sei der Grundton in einer höheren Lage, ohne aber darüber eine deutliche Auskunft zu geben. Nahe genug liegt hier die Bemerkung, dass, da die Aenderung der Töne eine allmähliche ist, diese höhere Lage nicht plötzlich, erst mit der Octave, eintreten kann, sondern ein stetiger Uebergang zu ihr stattfinden muss.«

---

*) Auf diese bildliche Darstellung hat uns eine Stelle in Newton's Optik (*Lib. I. Pars II. Prop. VI*) geleitet.

»Wir erhalten hierüber eine völlig genügende Aufklärung, wenn wir der Gleichung $y = 2^x$, die den Zusammenhang zwischen der relativen Schwingungszahl y eines Tones und seinem Intervalle x mit dem Grundtone darstellt, eine angemessene geometrische Auslegung geben. Wie nämlich die Werthe von x durch Bogen eines Kreises, so können die Werthe von y durch gerade Linien dargestellt werden, die in den Endpuncten jener Bogen senkrecht auf der Ebene des Kreises stehen. Offenbar liegen dann diese die Werthe von y darstellenden Geraden in der krummen Fläche eines Cylinders, der jenen Kreis zur Basis hat, ihre Endpuncte in einer sich um den Cylinder windenden logarithmischen Spirale. Da für $x = 0$, $y = 1$, so ist der Abstand des dem Grundtone entsprechenden Punctes dieser Spirale von der Basis des Cylinders $= 1$; und da für $x = 1$, $y = 2$, so ist der Abstand des der Octave entsprechenden Punctes doppelt so gross. Jeder zwischenliegende Ton, für welchen immer $1 > x > 0$ und $2 > y > 1$, hat seinen entsprechenden Punct in der Spirale. Hiernach stellen also x und y die Coordinaten einer logarithmischen Spirale auf der Fläche eines geraden Cylinders dar, und kann y als die absolute Höhe des Tones, x als seine Abweichung von der Richtung des Grundtones bezeichnet werden.«

»Setzt man $y - 1 = u$, so drückt u die relative Höhe des durch die relative Schwingungszahl y gegebenen Tones in Bezug auf die Höhe seines Grundtones, oder kürzer die Erhebung des Tones über den Grundton aus; dann ist also

$$u = 2^x - 1.$$

Die Werthe von u werden dargestellt durch die Abstände der Puncte der Spirale von der Ebene des Kreises, die parallel zu der Ebene der Basis durch den Punct der Spirale gelegt wird, welcher dem Grundtone entspricht; oder x und y sind die Coordinaten der Spirale, welche sich auf diesen der Basis parallelen Schnitt des Cylinders beziehen.....«

»Nach dieser (durch Fig. 3 und deren Exposition im Originale erläuterten) Darstellung ist nun das der stetigen Aufeinanderfolge der Töne entsprechende Bild nicht sowohl die logarithmische Spirale auf der Cylinderfläche, als vielmehr die Schraubenfläche, welche ein Halbmesser des Cylinders beschreibt, wenn er in der Axe des Cylinders sich erhebt und sich zugleich um dieselbe dreht, und zwischen Erhebung und Drehung die Relation $u = 2^x - 1$, oder was dasselbe, $x = \log_2 (1 + u)$ stattfindet. Hebt man, wie in der musikalischen Tonfolge $c, d, e, f, g, a, h, \bar{c}$ geschieht, nur eine bestimmte Anzahl von Tönen, mit Ueberspringung der zwischenliegenden, aus, so geben die ihnen entsprechenden Linien das Bild einer Wendeltreppe. Die Ausdrücke Tonleiter, Tonstufen sind also, wenn man zugleich an die Windung der Leiter denkt, in der That sehr treffend gewählt.....«

»So viel mir bekannt, hat zuerst W. Opelt (Ueber die Natur der Musik. Plauen und Leipzig 1834. S. 43) die obige cylindrische Spirale zur Versinnlichung der Tonreihe benutzt. Von der Schraubenfläche, die mir das Bild erst zu vervollständigen scheint, macht er keinen Gebrauch.«

Soweit die Darstellung von Drobisch, welche unstreitig sehr geeignet ist, von der Verbindung des progressiven und periodischen Elementes in der Tonreihe eine anschauliche Vorstellung zu geben.

Zeigen wir nun zuvörderst, wie unter Wahl blos anderer Einheiten diese Construction mit unseren bisherigen Massausdrücken in Beziehung tritt.

Sei n' die Schwingungszahl eines beliebigen Grundtones, n die eines dagegen betrachteten anderen Tones, $\frac{n}{n'} = y$ ihr Verhältniss, x die Empfindung des Unterschiedes zwischen n und n', d. i. die Empfindung ihres Intervalles, k unsere gewöhnliche Constante, so gibt die Unterschiedsformel

$$x = k \log \frac{n}{n'}$$

Da dem k vermöge willkührlicher Wahl der Empfindungseinheit, dem n' vermöge willkührlicher Wahl der Zeiteinheit, für welche man die Schwingungszahl bestimmt, ein willkührlicher Werth beigelegt werden kann, so nehmen wir behufs der daran zu knüpfenden Kreisconstruction $k = 2\pi$, wo π die Ludolf'sche Zahl bedeutet; nehmen ferner in Betracht der fundamentalen Bedeutung, welche das Schwingungsverhältniss 2 als Vergleichungsmassstab mit allen anderen Schwingungsverhältnissen hat, die Grundzahl der Schwingungen n' und des logarithmischen Systemes zugleich durch diess Verhältniss gegeben, so dass

$$x = 2\pi \log \frac{n}{2} = 2\pi (\log n - 1)$$

(welcher Ausdruck noch mit log 2 zu dividiren sein würde, wenn man statt eines logarithmischen Systems mit der Grundzahl 2 das gewöhnliche anwenden wollte).

Stellen wir nun die Werthe von x, welche nach dieser Formel gegebenen Werthen von n entsprechen, durch Bogen eines Kreises vom Radius 1 dar, welche von einem bestimmten Anfangspuncte an genommen sind, so ist 2π der Umfang dieses Kreises und zugleich Repräsentant des Octavenintervalles. Jedesmal, wenn n eine Potenz der Grundzahl 2 wird, d. h., wenn der Ton auf eine höhere Octave steigt; wird $\log \frac{n}{2}$ eine ganze Zahl, mithin x ein Multiplum von 2π nach einer ganzen Zahl, d. i. gleich einer ganzen Zahl Kreisumfänge, oder kehrt x in der Construction zum Ausgange zurück, welcher stattfindet, wenn $n = 2$, d. h. gleich der Schwingungszahl des Grundtones ist. Stellen wir nun zugleich das Schwingungsverhältniss $\frac{n}{2} = y$ durch gerade Linien dar, die in den Endpuncten des Bogens x senkrecht auf der Ebene des Kreises stehen u. s. f., wie **Drobisch**, so haben wir ganz dessen Construction.

Auch lassen sich die, beiderseits untergelegten, mathematischen Ausdrücke leicht auf einander reduciren. Nach **Drobisch** hat man $y = 2^x$, mithin

$$x = \frac{\log y}{\log 2} = \frac{\log \frac{n}{n'}}{\log 2}$$

oder, wenn man, wie **Drobisch** selbst für die Anwendung der Logarithmen im Tongebiete vorgeschlagen, 2 als die Grundzahl des logarithmischen Systems und zugleich mit uns als Grundzahl der Töne nimmt

$$x = \log \frac{n}{2}$$

wonach nur der Unterschied zwischen **Drobisch's** und unserer Formel übrig bleibt, dass dieselbe Constante k, die wir $= 2\pi$ setzen, von ihm $= 1$ gesetzt wird, was mitführt, dass bei ihm der Radius des Kreises $= \frac{1}{2\pi}$, der Umkreis $= 1$, bei uns der Radius $= 1$, der Umkreis $= 2\pi$ gesetzt ist. Da nun beidesfalls das Octavenintervall durch einen Kreisumfang repräsentirt wird, so hat dieses auch bei **Drobisch** den Werth 1, bei uns den Werth 2π, wovon Ersteres insofern angemessener erscheint, als die Octave die natürliche Masseinheit für die Tonintervalle bildet. Da es sich jedoch hier nicht um Darstellung der Tonverhältnisse in Zahlen, sondern durch Geometrie handelt, hat es gegentheils etwas für sich, den Radius wie gewöhnlich durch 1, den Umfang durch 2π auszudrücken; und schliesslich bleibt die Wahl der Einheiten für die Construction gleichgültig.

Uebrigens sieht man nach einem Blicke auf unsere Formel leicht, dass der Gang der Toneindrücke noch einfacher, als durch eine, um einen Cylinder gewickelte, Spirale, durch eine ebene Spirale dargestellt werden kann, wenn man die Gleichung

$$x = 2\pi \log \frac{n}{2}$$

durch Polcoordinaten darstellt, dabei x insbesondere als Winkel, und entweder $\log \frac{n}{2}$ oder $\frac{n}{2}$ als Radius vector betrachtet, wovon Ersteres eine archimedische, Letzteres eine logarithmische Spirale gibt. Beidesfalls hat man in dem Winkel, welchen der Radius vector gegen seine beim Werthe $n = 2$ stattfindende Ausgangslage bildet, das Mass der empfundenen Abweichung vom Grundtone oder von irgend einer Octave des Grundtones; erstenfalls (im Falle der archimedischen Spirale) im Radius vector $\log \frac{n}{2}$ das Mass der empfundenen Höhe über dem Grundtone, sofern $x = 2\pi \log \frac{n}{2}$ proportional mit $\log \frac{n}{2}$ bleibt, zweitenfalls (im Falle der logarithmischen Spirale) im Radius vector $\frac{n}{2}$ das Mass der wirklichen oder objectiven Höhe über dem Grundtone, wenn das relative Verhältniss der Schwingungszahlen des betreffenden Tones und Grundtones so genannt wird. Beidesfalls kann man dann noch, wie es Drobisch vorschreibt, den Radius vector während seiner Drehung sich erheben lassen, und durch die Erhebung $\frac{n}{2}$ erstenfalls die wirkliche Höhe über dem Grundtone, zweitenfalls durch die Erhebung $\log \frac{n}{2}$ die empfundene Höhe über dem Grundtone dazu darstellen; so dass man beidesfalls, nur in verschiedener Form, mit der empfundenen Abweichung vom Grundtone oder einer Octave desselben zugleich die empfundene Höhe über dem Grundtone sammt der wirklichen Höhe darüber dargestellt findet, was ein kleiner Vortheil der Vollständigkeit sein dürfte. Durch beide Constructionen erhält man das Spiralblatt einer Schnecke, durch die erste ein verhältnissmässig mehr in die Höhe gezogenes, in der Schneckenaxe endlich abschliessendes, durch die zweite ein mehr in die Weite gedehntes, mit unendlich viel Windungen der Axe asymptotisch zustrebendes.

Diess trifft interessanterweise damit zusammen, dass ein Spiralblatt in ein paar Windungen einen der wichtigsten Theile unseres Gehörorganes, den Träger eines Theiles der Endausbreitung des Gehörnerven, darstellt. Ist man doch sogar geneigt gewesen, den Schneckennerven vorzugsweise vor dem Labyrinthnerven für die Empfindung der Tonhöhen bestimmt zu halten; doch ruht diess auf nichts Positivem; und sollte jenem Zusammentreffen eine mehr als zufällige Bedeutung beigelegt werden, so müsste die Ohrschnecke gerade so viel Windungen zeigen, als wir Octaven vernehmen können, was nicht der Fall ist, wenn man nicht etwa annehmen will, dass der Labyrinthnerv die Skala der Schneckentöne fortsetzt. Jedesfalls würde es einiges Interesse haben, die genaue Form des Spiralblattes unserer Ohrschnecke aufzusuchen, und noch mehr, sich teleologische Rechenschaft von der Form desselben geben zu können; wozu aber bis jetzt keine Aussicht sein dürfte, und was uns auch hier nicht wesentlich angeht.

Das Vorige ist nach Allem nur eine wenig wesentliche Transformation der ursprünglichen Darstellung von Drobisch, worauf kein Gewicht liegt, und die hier nur insofern angeführt wird, als sie sich so zu sagen von selbst als der natürlichste Ausdruck einer Begründung der dargestellten Verhältnisse dargeboten hat, auf die ich jetzt komme.

Zunächst nämlich darf man nicht übersehen, dass alle diese Constructionen nur empirische sind, welche zwar die erfahrungsmässigen Verhältnisse getreu darstellen, ohne uns aber etwas vom Grunde der dargestellten Verhältnisse zu lehren. Eine höhere oder tiefere Octave tritt mit einer für das Gefühl massgebenden Bedeutung ein, wenn sich eine Schwingungszahl verdoppelt oder halbirt, daher die Zahl 2 als eine fundamentale Constante in die Formeln eingeführt ist, auf welcher diese Constructionen ruhen. Aber warum könnte nicht 3, 4, $\frac{3}{2}$ oder irgend eine Irrationalzahl diese Constante sein, wonach dann statt der Octave irgend ein anderes Intervall die massgebende Bedeutung haben würde, welche in Wirklichkeit die Octave hat. Der Toneindruck kehrt in gewissem Sinne zum Ausgangspuncte bei jeder Octave zurück, daher die Kreisfunction 2π als eine zweite fundamentale Constante in unsere Formel eingeführt und diese durch Polcoordinaten von uns dargestellt ist; aber welcher in der Natur der Sache liegende Grund bringt diess mit sich? Von der auf das Weber'sche Gesetz gegründeten Formel

$$x = k \log \frac{n}{n'}$$

ausgehend, könnten wir für k eben so gut jeden anderen Werth als 2π substituiren, und statt Polcoordinaten eben so gut rechtwinklige Coordinaten zur Darstellung des Grössenverhältnisses zwischen x und $\frac{n}{2}$ oder $\log \frac{n}{2}$ benutzen, wo wir dann eine gewöhnliche logarithmische Curve, aber keine Spirale erhalten würden, womit der

Ausdruck der Periodicität wegfallen würde. Warum ferner betrifft das periodische Element blos die Höhe, nicht die Stärke, warum tritt es entschieden blos im Gebiete der Töne, nicht der Farben auf? Auf alles diess gibt uns die Construction keine Antwort, sondern verlangt vielmehr erst die Antwort.

Es hat mich nun sehr überrascht, etwas, was mir eine Antwort darauf scheint, ungesucht mit zu erhalten, als ich etwas Anderes, allerdings damit Zusammenhängendes, suchte, nämlich nur darauf ausging, die gemeinsame Abhängigkeit des Toneindruckes von Schwingungszahl und Amplitude, welche nach den obigen Erörterungen durch die Erfahrung gefodert scheint, durch eine Ableitung aus elementaren Voraussetzungen wiederzufinden, ohne daran zu denken, dass die Abhängigkeit des periodischen Octaveneindruckes solidarisch damit gegeben sein könnte, wie es sich wirklich gezeigt hat; ein Ergebniss, was ich aus dem 4fachen Gesichtspuncte für wichtig halte, als der Gesammtheit des Massausdruckes für den Toneindruck dadurch der Stempel der Triftigkeit aufgedrückt wird, als das tief greifende Princip elementarer Ableitung, durch die diess Ergebniss gefunden wurde, sich damit bewährt, als ein psychophysisches Räthsel damit gelöst wird, und als eine, durch anderweite, künftig (Kapitel 33) darzulegende, Gründe schon wahrscheinlich, aber doch nur wahrscheinlich zu machende, Ansicht von der Einfachheit der Schwingungsbewegungen, welche unserem Hören innerlich unterliegen, und minderen Einfachheit derer, welche dem Sehen unterliegen, dadurch gestützt, hiemit der inneren Psychophysik nach einer gewissen Richtung vorgearbeitet wird. Nur unter der Voraussetzung nämlich, dass der Schallreiz die einfachst mögliche Schwingungsform in unserem empfindenden Gehörapparate auslöst, ergibt sich die folgende Erklärung.

Ausführlicher wird dieser Gegenstand von mir im 32. Kapitel behandelt werden; ich hebe aber aus den etwas weitschichtigen Erörterungen, welche die allgemeinere Fassung der Aufgabe dort nöthig machen wird, hier vorgreifend und resumirend Dasjenige heraus, was sich auf unsere jetzige Frage insbesondere bezieht.

Im 32. Kapitel wird gezeigt werden, dass sich das Mass des Gesammteindruckes der Stärke und Höhe eines Tones von der Form $\log an$ oder $\log an^2$, zwischen welchen nach den obigen Erörterungen noch die Wahl ist, durch Summation der Masse elementarer Empfindungsbeiträge wiederfinden lässt, welche durch die einzelnen Momente der Schwingung erzeugt werden, wenn man jeden elementaren Empfindungsbeitrag entweder von der in diesem Momente stattfindenden Geschwindigkeit (was die Form $\log an$ gibt) oder Geschwindigkeitsänderung (was $\log an^2$ gibt) in derselben Weise abhängig denkt, als die ganze Empfindung von der ganzen Amplitude und Schwingungszahl abhängt.

Bei dieser Herleitung sondert sich nicht nur von selbst Dasjenige, was in dem Massausdrucke für den Ton von der Grösse der Amplitude und was von der Grösse der Schwingungsdauer abhängt, sondern man findet ausserdem in den Massausdruck einen Werth eingehend, welcher unabhängig von der Grösse der Amplitude und Grösse der Schwingungsdauer blos von der periodischen Wiederkehr derselben Schwingungsdauer abhängt, und für einfache Schwingungen von jeder Amplitude und jeder Schwingungsdauer derselbe bleibt, in den Formen des Massausdruckes $\log an$ oder $\log an^2$ aber nur desshalb nicht zum Vorschein kommt, weil er, seiner constanten Natur gemäss, in den gleich 1 gesetzten Constanten k und $a_1 n_1$ oder $a_1 n_1^2$ dieser Formen*) mit aufgeht, wie sich aus der folgenden Herleitung zeigt. Dieser Werth ist eine Function beider fundamentaler Constanten 2 und π, wovon die Bedeutung des Octavenintervalles abhängt, und zwar wird er ohne Rücksicht auf willkührliche Bestimmung der Masseinheiten und der Constante k, gleicherweise nach beiden Voraussetzungen, zwischen welchen noch die Wahl ist, absolut durch $2\pi \log \frac{1}{2}$ gegeben, was dem obigen Werthe von x für eine der Einheit gleich gesetzte Schwingungszahl n entspricht und als der reine Ausdruck des von der Periodicität der Bewegung abhängigen periodischen Elementes der Tonhöhenempfindung angesehen werden kann. Er geht nämlich ausschliesslich aus der Summation einer periodischen Function hervor, in welche die Schwingungsdauer oder Schwingungszahl, nicht die Amplitude eingeht, kann daher nur mit erster (also mit der Tonhöhe), nicht letzter in Beziehung gesetzt werden, enthält aber, wie man sieht, nicht selbst die Schwingungsdauer; diese und die Amplitude gehen von anderer Seite in den Massausdruck des gesammten Toneindruckes ein.

---

*) Man erinnere sich, dass ihr entwickelter Werth eigentlich $k \log \frac{an}{a_1 n_1}$ oder $k \log \frac{an^2}{a_1 n_1^2}$ ist.

Der Gang der Rechnung, durch den sich diess Resultat herausstellt, geführt nach der Voraussetzung, dass die Empfindungsbeiträge von der Geschwindigkeit der Schwingung in jedem Momente abhängen, ist kurz folgender. Im 32. Kapitel wird man die Rechnung für diese Voraussetzung theils noch etwas mehr ausgeführt, theils auch für die andere Voraussetzung (Abhängigkeit von der Geschwindigkeitsänderung) geführt finden.

In einer einfachen geradlinigen Schwingung von der Amplitude a, Schwingungsdauer τ oder damit reciproker Schwingungszahl $n = \frac{1}{\tau}$ ist die Geschwindigkeit v zur Zeit t, diese vom Maximum der Ausweichung an gerechnet, bekanntlich[*])

$$v = \frac{2\pi a}{\tau} \sin \frac{2\pi t}{\tau}$$

wo π die Ludolf'sche Zahl, oder die halbe Kreisperipherie, den Radius = 1 gesetzt. Indem nun der Empfindungsbeitrag in jedem Momente dt von der darin stattfindenden Geschwindigkeit v, oder, was bei der logarithmischen Form des Ausdruckes wesentlich auf dasselbe herauskommt, lebendigen Kraft v^2 abhängig gemacht wird, wird er durch

$$k \log \frac{v}{\mathfrak{b}}\, dt \text{ oder } k \log \frac{v^2}{\mathfrak{b}^2}\, dt$$

gegeben, wovon erster Ausdruck zu Grunde gelegt werden mag, mit Rücksicht, dass $\frac{v}{\mathfrak{b}}$ stets als positiv zu nehmen ist. Hierin bedeutet $\mathfrak{b}$ den Werth von v, bei dem der Empfindungsbeitrag auf die Schwelle tritt (die Elementarschwelle), und k die gewöhnliche Constante. Hienach wird die Empfindungssumme S_τ, welche während der Dauer einer Schwingung erzeugt wird, gegeben durch

$$S_\tau = k \int_0^{\tau} \log \left(\frac{2\pi a}{\mathfrak{b}\tau} \sin \frac{2\pi t}{\tau} \right) dt$$

Da die Einheit der Geschwindigkeit willkührlich ist, setzen wir (um die Ausdrücke, auf die es hier ankommt, in einfachster Form zu gewinnen) den Werth $\frac{2\pi}{\mathfrak{b}} = 1$, zerlegen den Logarithmus des Productes in eine Summe von Logarithmen, und substituiren n für $\frac{1}{\tau}$, wodurch wir die Summe folgender drei Glieder erhalten:

---

[*]) Man sehe z. B. Herschel über das Licht §. 169. mit Rücksicht auf den Werth $\sqrt{E} = \frac{2\pi}{\tau}$.

$$S_\tau = k\tau \log a + k\tau \log n + k\int_0^{\tau} \log \sin \frac{2\pi t}{\tau}\, dt$$

wovon das erste den von der Amplitude, das zweite den von der Schwingungszahl oder Schwingungsdauer, das dritte den von der Periodicität der Schwingung abhängigen Theil des Massausdruckes darstellt. Setzt man die Phase $\frac{2\pi t}{\tau} = \xi$, so geht das letzte Glied über in

$$\frac{k\tau}{2\pi}\int_0^{2\pi} \log \sin \xi\, d\xi$$

Das bestimmte Integral $\int_0^{2\pi}$ aber, welches den von der Periodicität rein abhängigen, von der Grösse der Schwingungsdauer unabhängigen, Theil des Massausdruckes, multiplicirt mit dem constanten Factor $\frac{k\tau}{2\pi}$, darstellt, ist

$$\int_0^{2\pi} \log \sin \xi\, d\xi = 2\pi \log \frac{1}{2}$$

wonach der ganze Massausdruck für die Empfindungssumme S_τ während einer Schwingung von der Dauer τ ist

$$S_\tau = k\tau\left(\log a + \log n + \log \frac{1}{2}\right) = k\tau \log \frac{an}{2}$$

Dividirt man diesen Ausdruck mit τ, wodurch man statt der Empfindungssumme die Intensität der Empfindung erhält, und setzt $k = 2\pi$, so erhält man als Mass der Intensität

$$2\pi \log \frac{an}{2}$$

oder, wenn man bei der Herleitung $k = 1$ und $b = \pi$ setzt, den einfachsten Ausdruck

$$\log an.$$

Wie man zur Form $k \log \frac{an}{a_0 n_0}$ gelangt, wird im 32. Kapitel angegeben.

Die zweite Voraussetzung, dass die Empfindung von der Geschwindigkeitsänderung (Geschwindigkeit zweiter Ordnung) abhängt, führt nach einem ganz entsprechenden Gange zu demselben Ausdrucke $2\pi \log \frac{e}{s}$ für das periodische Element insbesondere, als die vorige Voraussetzung, und gibt als definitiven Werth für den ganzen Massausdruck

$$k \log \frac{8\pi^3 a a^2}{b}$$

welchen man durch Setzung von $b = 8\pi^3 a$ und $k = \pi$ in

$$2\pi \log \frac{a}{s}$$

verwandeln kann, wonach sich dieselbe Construction als nach der vorigen Voraussetzung daran knüpfen lässt.

XXXI. Verallgemeinerung des Massprincips der Empfindung.

Die Massformel, Unterschiedsformel und Unterschiedsmassformel, welche uns zum Masse der Empfindung, Empfindungsunterschiede und empfundenen Unterschiede gedient haben, stützen sich auf das Weber'sche Gesetz und die Thatsache der Schwelle (Reizschwelle und Unterschiedsschwelle), und bleiben richtig, so lange dieses Gesetz und diese Thatsache richtig bleiben.

Inzwischen haben wir anerkennen müssen, dass das Weber'sche Gesetz, wenn auch wahrscheinlich von unbegränzter Allgemeinheit und Gültigkeit in Beziehung auf die inneren psychophysischen Bewegungen, doch in seiner Beziehung auf den äusseren Reiz nur in den Gränzen mittler Erregbarkeit als gültig anzusehen ist und mancherlei Störungen und Complicationen unterliegt, unter gewissen Verhältnissen sogar seine Gültigkeit ganz verliert.

Aus diesem Gesichtspuncte ist die Behauptung und Verwerthung einer schon früher gemachten Bemerkung wichtig, dass nur jene Formeln, aber nicht das Princip unseres Masses ihre Gültigkeit auf die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes stützen, dass vielmehr nach demselben Principe nur mittelst anderer Formeln eben so gut ein Mass der Empfindungen, Empfindungsunterschiede und empfundenen Unterschiede gewonnen werden kann, indem das Wesentliche, worauf sich unser Princip in seiner vollen Allgemeinheit stützt, nur die Möglichkeit ist, die Gleichheit kleiner Aenderungen, Zuwüchse der Empfindung für gegebene Reizzuwüchse in verschiedenen Theilen der Reizskala zu constatiren, wofür uns nicht nur eine, sondern drei gute Methoden zu Gebote stehen. Indem wir die ganze Empfindung aus constanten Zuwüchsen dy von Null an, welche als Function zugehöriger Reizzuwüchse $d\beta$ in den verschiedenen Theilen der Reizskala bestimmt sind, erwachsen denken, erhalten wir den Masswerth der ganzen Empfindung γ durch Summation ihrer Zuwüchse von Null bis zum Werthe γ, welcher einem gegebenen Reize β entspricht, oder allgemeiner den Unterschied $\gamma - \gamma'$ zweier Empfindungen γ, γ', welche den Reizen β, β' entsprechen, als Summe der in das zugehörige Intervall fallenden Zuwüchse. Des Näheren stellt sich diess so:

Gesetzt, wir haben gefunden, dass derselbe nur eben merkliche Unterschied gespürt wird, wenn wir den Reiz, der allgemein β heisse, von der Grösse β' an um $d\beta'$, von der Grösse β'' um $d\beta''$ u. s. f. wachsen lassen, wobei $d\beta'$, $d\beta''$ sehr kleine, nach der Stelle der Reizskala, in der die Beobachtung geschieht, d. i. nach der Grösse von β veränderliche Reizzuwüchse bezeichnen; so setzen wir allgemein

$$\mathfrak{F}(\beta)\, d\beta = c$$

wo $\mathfrak{F}$ eine zunächst unbekannte Function und c eine Constante bedeutet, und bestimmen die Function $\mathfrak{F}$ so, dass, wenn die zu einander gehörigen Werthe β' und $d\beta'$, β'' und $d\beta''$ u. s. f. in $\mathfrak{F}(\beta)\, d\beta$ substituirt werden, wirklich überall ein constanter Werth c erhalten wird, auf dessen, von der Wahl willkührlicher Einheiten abhängigen, absoluten Werth nichts ankommt. Im Falle des Weber'schen Gesetzes wird der Gleichung genügt sein, wenn β ein constantes Verhältniss zu $d\beta$ behält, mithin

$$\frac{K\, d\beta}{\beta} = c$$

zu setzen, d. i. $\mathfrak{F}(\beta) = \frac{K}{\beta}$ zu nehmen sein, wo K eine beliebige Constante ist. Stünde bei wachsendem Reize β der Reizunterschied $d\beta$, welcher nöthig ist, einen gleich merklichen Unterschied zu geben, in umgekehrtem statt directem Verhältnisse zu β, so würde $\mathfrak{F}(\beta)$ sein $K\beta$. Entspräche in allen Theilen der Reizskala ein gleich grosser Reizunterschied $d\beta$ der gleichen Merklichkeit, so würde $\mathfrak{F}(\beta)$ sich blos auf K reduciren. Diese drei beispielsweisen Fälle entsprechen also den drei Gleichungen:

$$\frac{K\, d\beta}{\beta} = c$$
$$K\beta\, d\beta = c$$
$$K\, d\beta = c.$$

Nun kann es aber auch der Fall sein, dass sich keine so einfache oder für die ganze Reizskala allgemein gültige Beziehung zwischen

$d\beta$ und β zu einem constanten Werthe findet. Dann ist es doch immer möglich, mittelst einer der bekannten Interpolationsformeln $\mathfrak{F}(\beta)$ für jeden gegebenen Theil der Reizskala, für den man das Mass sucht, nach den in diesem Theile durch Beobachtung gefundenen zu einander gehörigen Werthen β' und $d\beta'$, β'' und $d\beta''$ u. s. w. so zu bestimmen, dass der Bedingung

$$\mathfrak{F}(\beta)\,d\beta$$

gleich einer Constante genügt wird.

Was als constanter Werth auf Seite der Empfindung beobachtet werden kann, ist, genau genommen, nicht ein wahrer Empfindungsunterschied, sondern empfundener Unterschied, wenn wir die seit dem 22. Kapitel eingeführte Unterscheidung von Empfindungsunterschieden im engeren Sinne und empfundenen Unterschieden festhalten. Insofern aber die Empfindungsunterschiede nur als der besondere Fall unter den empfundenen Unterschieden begriffen sind, dass die Empfindlichkeit eine vollkommene wäre, können wir bei denselben Werthen von β und $d\beta$, wo der empfundene Unterschied constant ist, auch den zugehörigen Empfindungsunterschied als constant ansehen, also die Gleichung $\mathfrak{F}(\beta)\,d\beta = c$ solidarisch für kleine Empfindungsunterschiede und empfundene Unterschiede bestehend halten, und $d\gamma$ als kleinen Empfindungsunterschied für c in vorigen Gleichungen substituiren. Diese Solidarität ist vielleicht nicht *a priori* ganz evident, ihre Voraussetzung aber das, was das Mass einerseits möglich macht, andererseits die erfahrungsmässigen Resultate wiedergiebt.

Hat man nun solchergestalt die Gleichung

$$d\gamma = \mathfrak{F}(\beta)\,d\beta$$

mit der Bestimmung von $\mathfrak{F}(\beta)$, so wird man sie als Differenzialgleichung betrachten und als solche integriren können; indem man unter $d\gamma$ einen sehr kleinen constanten Empfindungsunterschied, unter $d\beta$ einen sehr kleinen mit β variablen Reizunterschied versteht. So erhält man den endlichen Unterschied zweier Empfindungen γ, γ', die zwei Werthen β, β zugehören, unter folgender Form

$$\gamma - \gamma' = \int_{\beta'}^{\beta} \mathfrak{F}(\beta)\,d\beta$$

und die Empfindung γ allein unter der Form

$$\gamma = \int_{b}^{\beta} \mathfrak{F}(\beta)\,d\beta$$

wenn b der Reizwerth ist, bei welchem die Empfindung null wird, welcher Werth allgemein gesprochen null sein oder einen endlichen Werth haben könnte, wovon sich das Letztere nach Erfahrung gültig zeigt.

Hienach geben die drei, oben beispielsweise aufgestellten, Formeln folgendes Ergebniss:

$$\gamma = k \log \frac{\beta}{b}, \text{ wobei } k = \frac{K}{\textit{Modulus}}$$

$$\gamma = k(\beta^2 - b^2), \text{ wobei } k = \frac{K}{2}$$

$$\gamma = k(\beta - b), \text{ wobei } k = K.$$

Um von dem Empfindungsunterschiede zum empfundenen Unterschiede aufzusteigen, wird man dann denselben Gang einzuschlagen haben, welcher S. 99 an der Functionsform

$$d\gamma = \frac{K d\beta}{\beta}$$

erläutert worden ist, ohne dass diess weiterer Ausführung bedürfen wird.

Man sieht aus Vorigem, dass das Weber'sche Gesetz in der That für das Princip des Empfindungsmasses gar keine wesentliche Bedingung ist; nur die wichtigsten Anwendungen dieses Masses werden sich immer auf diess Gesetz zu stützen und zu beziehen haben.

Das Vorige in Rücksicht genommen, dürfte das Fundament unseres Masses durch eine Wendung nach zwei Seiten in voller Allgemeinheit sicher gestellt sein. Wenn man uns einwendet, die auf Weber's Gesetz gestützte Fundamentalformel, auf die wir unser Mass der Empfindung von vorn herein gründeten, treffe nicht überall streng, in manchen Fällen gar nicht zu, wenn wir sie auf den äusseren Reiz beziehen, so erwiedern wir, dass sie doch in weiten Versuchsgränzen und gerade in solchen, in denen sich die Empfindungen im Durchschnitte halten, zutrifft; und dass es unstreitig nur nöthig sein würde, sie, statt auf Reize, auf die psychophysischen Bewegungen, die dadurch ausgelöst werden, zu beziehen, um sie stets genau zutreffend zu finden. Und wenn man uns einwirft, dass wir hiedurch in das Gebiet der Hypothese gerathen, so erwiedern wir, dass wir uns von aller Hypothese frei machen und alle Abweichungen vom Weber'schen Gesetze decken können, wenn wir, ohne uns an die Fundamentalformel zu binden, in jedem Falle besonders untersuchen, welchen Zuwüchsen des Reizes in jedem Theile der Reizskala ein constanter Werth empfundenen Unterschiedes entspricht, und dass dann die Allgemeinheit unseres Massprincips ebenso bestehen bleibt.

Einige Beispiele können dienen, diess noch bestimmter herauszustellen.

Im Gebiete der Lichtempfindung hat die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes eine untere Gränze, welche wir darauf geschrieben haben, dass die Lichtempfindung nicht blos vom äusseren Lichtreize β abhängt, sondern abgesehen davon schon die constante Empfindung des Augenschwarz besteht, welche so angesehen werden kann, als wenn sie durch einen inneren Lichtreiz erzeugt würde, der das Aequivalent einer kleinen Grösse äusseren Lichtreizes bildet. Ohne Rücksicht auf diese Vorstellungsweise und Behauptung des Weber'schen Gesetzes aber werden wir den Thatsachen entsprochen finden, wenn wir setzen

$$c = d\gamma = \frac{K\,d\beta}{a+\beta}$$

wo a eine constante Grösse bedeutet, die zum äusseren Lichtreize hinzuzufügen ist. Durch Integration dieses Werthes erhalten wir als Empfindungsunterschied

$$\gamma - \gamma' = k \log \frac{a+\beta}{a+\beta'}$$

und bei so grossen Werthen von β, β', dass a merklich dagegen verschwindet

$$\gamma - \gamma' = k \log \frac{\beta}{\beta'}$$

Ein anderes Beispiel:

Ich habe Th. I. S. 205 angeführt, dass nach meinen Versuchen die Empfindlichkeit für Temperaturunterschiede gegen die Frostkälte hin in ohne Vergleich rascherem Verhältnisse abnimmt, als dem Weber'schen Gesetze entspricht, und dass man für niedere Temperaturen t in Reaumur'schen Graden den eben merklichen Temperaturunterschied D erhalte, wenn man $(14,77 - t)^3$ mit 0,002734 *) multiplicirt oder, was dasselbe, mit 365,7 dividirt. Die nach dieser Voraussetzung berechneten Werthe sind S. 206 in Zusammenstellung mit den beobachteten Werthen gegeben.

Nun bin ich keineswegs geneigt, die Formel

$$D = (14,77 - t)^3 . 0,002734$$

für mehr als eine, innerhalb gewisser Temperaturgränzen und

---

*) Auf S. 205. Z. 3 v. u. in Th. I. steht fälschlich 0,02734 statt 0,002734.

vielleicht die besondere Individualität des Beobachters und der Versuche approximativ gültige empirische zu halten. Um so besser aber kann sie uns hier dienen, zu zeigen, dass wir in der That mit dem Principe unseres Masses nicht an irgend eine allgemeine gesetzliche Beziehung zwischen Reiz und Empfindung gebunden sind. Sie repräsentirt jedenfalls den Gang der Empfindung bezüglich der Temperatur bei meinen Versuchen.

Der Werth D vertritt uns hier den Werth $d\beta$ und t den Werth β. Wir haben also, indem wir kurz setzen $14,77 = T$

$$d\beta = (T - \beta)^3 0,002734.$$

Mithin

$$0,002734 = \frac{d\beta}{(T - \beta)^3}$$

und, da 0,002734 constant ist, allgemein

$$c = -d\gamma = \frac{K d\beta}{(T - \beta)^3}$$

Dass wir hier $d\gamma$ mit negativem Vorzeichen einführen, hängt davon ab, dass der Natur der Sache nach, je nachdem mit Wachsthum von β die Empfindung wächst oder abnimmt, $d\gamma$ mit gleichem oder entgegengesetztem Vorzeichen als $d\beta$ einzuführen ist. Insofern wir es nun hier mit Kälteempfindungen zu thun haben, bei welchen Letzteres gilt, wird auch ein negatives $d\gamma$ einem positiven $d\beta$ zugehörig zu setzen sein. Integriren wir nun vorige Gleichung von $\beta = t'$ bis $\beta = t$, so erhalten wir den zugehörigen Empfindungsunterschied

$$\gamma - \gamma' = \frac{K}{2}\left[\frac{1}{(T-t')^2} - \frac{1}{(T-t)^2}\right]$$

Man kann nun bemerken, dass, wenn man t oder $t' = T$ nehmen wollte, $\gamma - \gamma'$ einen positiven oder negativen unendlichen Werth annehmen würde; was damit zusammenhängt, dass im Uebergange zwischen den Empfindungen der Wärme und Kälte, welcher unstreitig bei T anzunehmen ist, Discontinuität der Function, welche ihr Mass gibt, eintreten muss. Ausserdem reicht die empirische Gültigkeit der Formel nicht bis zum Werthe von $t = T$. In den Gränzen aber, wo sie als gültig anzusehen, kann man mittelst derselben Aufgaben wie folgt lösen: Bei 5° ist die Kälteempfindung geringer als bei 0°, und der Unterschied beider Empfindungen hat eine gewisse Grösse. Natürlich ist der Unterschied grösser zwischen den Empfindungen bei 0° und 10°. Die Formel gibt das Verhältniss dieser beiden oder irgendwelcher anderer dergleichen Unterschiede. Hier ist eine Tabelle über die verhältnissmässige Grösse dieser Unterschiede, reducirt auf den empfundenen Unterschied zwischen 0° und 1° R. als Einheit.

Empfindungs-Unterschiede $\gamma - \gamma'$	zwischen den Temperaturen
1	0° und 1°
2,24	0 — 2
3,82	0 — 3
5,85	0 — 4
8,55	0 — 5
12,26	0 — 6
17,36	0 — 7
24,99	0 — 8
36,90	0 — 9
57,06	0 — 10

Hienach ist z. B. der Unterschied der Temperaturempfindung von 0° bis 10° (= 57,06) zwischen 6 und 7mal so gross als zwischen 0° und 5° (wo er 8,55), und der Unterschied zwischen 5° und 10° (= 57,06 — 8,55) zum Unterschiede zwischen 0° und 5° wie 48,51 zu 8,55, oder über 5mal so gross. Nimmt man die Differenzen der aufeinanderfolgenden Werthe von $\gamma - \gamma'$, so erhält man die Empfindungsunterschiede für die successiven Temperaturintervalle von je 1° wie folgt:

Empfindungs-Unterschiede $\gamma - \gamma'$	zwischen den Temperaturen
1	0° und 1°
1,24	1 — 2
1,58	2 — 3
2,03	3 — 4
2,70	4 — 5
3,71	5 — 6
5,10	6 — 7
7,63	7 — 8
11,91	8 — 9
20,36	9 — 10

Also wird der Temperaturunterschied zwischen 9 und 10° R. über 20mal so stark empfunden als zwischen 0° und 1° R., vorausgesetzt, dass das Gesetz wirklich bis 0° gültig bleibt, obwohl es nicht ganz so weit durch Versuche verfolgt worden. Und somit verlangsamt sich die Zunahme der Kälteempfindung gegen den Frostpunct hin ausserordentlich.

Diess ist übrigens schon aus der Versuchstabelle selbst einleuchtend. Denn wenn nach ihr bei 4°,6 R. eine Differenz von 2°,8 erfodert wird, um eben so merklich zu sein, als z. B. bei 9°,15 R. eine Differenz 0,48 ist, so heisst diess, man muss bei 4°,6 um 2°,8 fortschreiten (die Temperatur 4°,6 in der Mitte des Schrittes liegend gedacht), um die Empfindung einer gleich grossen Temperaturänderung zu erhalten, als wenn man bei 9°,15 um 0°,48 fortschreitet. Jedoch ist die Grösse dieses nöthigen Fortschrittes nicht als Mass der Empfindung der Temperaturänderung anzusehen, da keine einfache Proportionalität damit stattfindet, sondern nur eine, durch obige Formel ausgedrückte, functionelle Beziehung dazu.

Volkmann hat sich durch Versuche überzeugt, dass die Empfindlichkeit der Haut für Distanzen durch Kälte sehr geschwächt wird. Nun ist interessant zu sehen, dass Kälte so zu sagen auch die Empfindlichkeit für sich selbst schwächt.

XXXII. Die oscillatorischen Reize im Allgemeinen. Versuch einer Elementarconstruction des Empfindungsmasses.

a) Vorerörterungen.

Die wichtigsten Sinnesreize, der Licht- und Schallreiz, sind oscillatorischer Natur, und wie sie auf Oscillationen ruhen, regen sie auch unstreitig oscillatorische Vorgänge in uns an, deren Amplitude und Periode mit der der äusseren Oscillationen in Beziehung steht. Diess giebt der Betrachtung dieser Art Reize eine besondere Wichtigkeit.

Licht- und Schallreiz gelten als constant, so lange die Schwingungszahl n oder damit reciproke Schwingungsdauer τ und die Amplitude a der zu Grunde gelegten Schwingungen, mithin auch das Product n^2a^2 oder $\frac{a^2}{\tau^2}$, d. i. die lebendige Kraft der Schwingungen, durch welche wir die physische Intensität des Lichtes, Schalles, gemessen halten, constant ist. Auch führen wir diese Reize nach den Erfahrungen, auf die sich unsere Formeln des psychischen Masses stützen, als constant in dieselben ein, so lange jene Constanz von n und a besteht. Aber es fragt sich, ob die Werthe n und a das Letzte sind, wohin wir zurückgehen können und zurückzugehen haben, um die fundamentale Abhängigkeit psychischer von physischen Werthen darzustellen.

Die Geschwindigkeit und demgemäss lebendige Kraft einer Schwingung ist nicht wirklich constant während ihrer Dauer, sondern wächst von Null an den Gränzen der Oscillation bis zum Maximum beim Durchgange durch die Gleichgewichtslage. Eben so sind die Aenderungen der Geschwindigkeit in auf einander folgenden gleich grossen Zeittheilen nicht gleich gross während der Dauer der Oscillation; sondern beim Durchgange durch die Gleichgewichtslage ist die Aenderung der Geschwindigkeit momentan null, und ein Maximum an den Gränzen der Oscillation.

Um auf das Elementare zurückzugehen, würden wir uns zu denken haben, dass jeder Moment der Schwingung seinen, nur nicht für sich besonders unterscheidbaren, elementaren Beitrag zur ganzen Empfindung giebt, und dass die daraus in endlicher Zeit hervorgehende endliche Empfindungsgrösse als die Summe aller elementaren Beiträge zu repräsentiren sei; allgemeiner, dass die Quantität jeder Empfindung, deren Qualität an eine gewisse Bewegungsform geknüpft ist, nach einem allgemeinen Principe durch Summation des Quantitativen zu finden sei, was die in diese Form eingehenden Bewegungsmomente dazu beitragen, gleichviel, welche Form die ganze Bewegung und Empfindung habe, wie das Volumen und Gewicht eines ganzen Hauses als Summe dessen, was alle einzelnen Steine dazu beitragen, bestimmt werden kann, ohne Rücksicht, welche Form das ganze Haus habe.

Ob nun eine solche Auffassung triftig und nützlich sei, scheint mir *a priori* mit Sicherheit weder behauptet noch widerlegt werden zu können; sondern man muss es damit versuchen, sehen, was dabei herauskommt, und die Entscheidung an die beiden Puncte knüpfen, erstens, ob wir auch durch die proponirte Summation des Elementaren dieselbe Abhängigkeit der durch eine endliche Zeit sich erstreckenden ganzen Empfindung von der durch diese Zeit sich erstreckenden ganzen Bewegung wiederzufinden vermögen, welche die Erfahrung uns unmittelbar geboten hat, zweitens, ob wir damit zugleich etwas gewinnen, was wir nicht gewinnen, wenn wir bei den erfahrungsmässigen Gesetzen und Thatsachen stehen bleiben, welche sich unmittelbar auf die Empfindungen und Bewegungen in endlicher Zeit beziehen, d. h. ob wir dadurch besser in den Thatsachen orientirt werden, mehr vom Zusammenhange derselben erfahren, eine Quelle neuer Ableitungen gewinnen; denn wäre es nicht der Fall, so würde der Rückgang auf das Elementare, statt etwas zu fördern, nur eine erschwerende Weitläufigkeit und ein nutzloses Ausholen von einem rückliegenden Puncte sein.

Ungeachtet der noch grossen Mangelhaftigkeit der folgenden Untersuchung lässt sich doch meines Erachtens Beides, an was die Statthaftigkeit und Nützlichkeit dieses Rückganges geknüpft wird, schon jetzt bejahen. Es zeigt sich, dass sehr wohl eine, und zwar ganz einfache, functionelle Beziehung zwischen den elementaren Bestimmungen der Schwingung und elementaren Empfindungsbeiträgen aufstellbar ist, welche durch Summation zum Resultate der Erfahrung für die ganze Schwingung und eine ganze Folge von Schwingungen zurückführt, indem sich eben sowohl das Weber'sche Gesetz für Stärke als Höhe insbesondere, als die Compensirbarkeit der Stärke durch Höhe und umgekehrt für die Wahrnehmbarkeit des Tones, als die fundamentale Bedeutung des Octavenintervalles dadurch wiederfindet, worauf wir theils im 9., theils 30. Kapitel erfahrungsmässig geführt worden sind, d. i. die Massform $\log an$ oder $\log an^2$ (je nach der Wahl zwischen zwei Voraussetzungen, zwischen denen erst noch zu entscheiden ist) für die Abhängigkeit des Toneindruckes von Stärke oder Höhe, und die Form $2\pi \log \frac{1}{2}$ für die Bedeutung des Octavenintervalles. Auch ist schon S. 189 vorgreiflich in Kürze gezeigt worden, wie sich diess findet. Wenn aber eine unmittelbare Uebereinstimmung der Rechnungsresultate mit der Erfahrung in dieser Hinsicht blos bei Tönen, nicht bei Farben stattfindet, so ist diess kein Widerspruch gegen die Gültigkeit des Rechnungsprincipes, indem ausser anderen im folgenden Kapitel zu besprechenden Gründen, welche dahin deuten, dass nur die Töne, nicht die Farben an so einfache Verhältnisse geknüpft sind, als hier der Rechnung unterzogen werden, das verschiedene Verhältniss beider Empfindungen zu den Rechnungsresultaten selbst eine solche Deutung an sich sehr wohl gestattet.

Nun aber werden wir nicht blos durch diese Elementarconstruction zu erfahrungsmässigen Resultaten zurückgeführt, sondern wir werden zugleich weiter dadurch geführt. Die Erfahrung sagt uns nichts über den Grund der Verknüpfung von Stärke, Höhe und periodischem Elemente in der Skala der Toneindrücke, und lässt uns bisher noch einigen Zweifel über ihre Verknüpfungsweise; unsere Elementarconstruction zeigt ihre gemeinsame Abhängigkeit von den Grundverhältnissen der Schwingung und fodert eine bestimmte Form ihrer Verknüpfung. Indem wir aber hier die Elementarconstruction von einer Seite befriedigend, von anderer Seite föderlich finden, erhalten wir damit zugleich ein Beispiel, dass sich überhaupt etwas mit ihr gewinnen lasse, und können danach erwarten, sie auch in Fällen, wo es sich nicht mehr um einfache Schwingungen oder Schwingungen überhaupt handelt, verwendbar zu finden, womit ein gemeinsames Band für alle psychophysischen Bewegungen hergestellt wäre. Denn wennschon wir in der äusseren Psychophysik uns zunächst nur an den Reiz halten können, wird doch das, was wir auf unsere jetzige Weise finden, in letzter Instanz auf die durch den Reiz ausgelöste psychophysische Bewegung zu beziehen sein, und selbst auf den äusseren Reiz nur insofern seine reine Anwendung finden, als entsprechende Verhältnisse für ihn und die dadurch ausgelöste Bewegung vorausgesetzt werden können.

Unstreitig haben wir hier einen ähnlichen Fall, als in der Physik. So lange wir die Erscheinungen nicht aus dem Elementaren abzuleiten vermögen, behalten wir besondere Gesetze für besondere Erscheinungsgebiete; je weiter wir zum Elementaren zurückzugehen vermögen, um so mehr verknüpfen sich die besonderen Gesetze als besondere Fälle unter allgemeinen Gesetzen, welche den Erfolg für jedwede Combination des Elementaren bestimmen.

Inzwischen schlagen wir den bisher erlangten Erfolg doch nicht zu hoch an. Ich muss anerkennen, dass eine befriedigende Behandlung der Aufgabe bisher doch nur in sehr beschränkten Gränzen gelungen ist, und dass der Versuch einer allgemeineren Lösung derselben an Schwierigkeiten stösst, die zu ihrer Lösung tiefer gehende Untersuchungen fodern würden, als hier vorliegen, und als wozu, so viel ich es übersehen kann, die Mittel bisher vorliegen.

Bevor ich nun auf das Detail der folgenden Untersuchung eingehe, wird Princip und Gang derselben im Allgemeinen darzulegen sein.

b) Allgemeiner Gang der Untersuchung.

Erfahrungsmässig ist die Höhe und Stärke des Tones und der hievon abhängige Gesammteindruck, was wir Intensität nennen, eine Function der Amplitude und der Schwingungszahl oder Schwingungsdauer. Aber diese gelten, wie erinnert worden, für die **ganzen** Schwingungen. Wenn nun die Aufgabe gestellt wird, den Massausdruck der Empfindung durch Summation dessen, was die einzelnen Momente der Schwingung beitragen, herzustellen, so müssen wir fragen, was sich in jedem einzelnen Momente der Schwingung ändert, wenn sich die Amplitude oder Schwingungszahl oder beides ändert; und müssen den elementaren Beitrag zur Empfindung hievon abhängig machen. Sollten wir nun etwas in den einzelnen Momenten finden, was in directer Proportion mit der Amplitude a und Schwingungszahl n oder einer Potenz dieser Werthe steht, wovon die Empfindung nach einem und demselben Gesetze abhängt, so werden wir auch den elementaren Empfindungsbeitrag in derselben Weise davon abhängig zu machen haben, weil nur unter dieser Voraussetzung durch Summation der elementaren Empfindungsbeiträge das Resultat der Erfahrung für die ganze Empfindung wiedergefunden werden kann.

An was wir hiebei denken können, ist die Geschwindigkeit erster Ordnung v oder die Geschwindigkeit zweiter Ordnung 𝔳, beide im Sinne folgender Einschaltung unterschieden, wovon nach den unter d) anzuführenden Formeln die erste bei gleichbleibender Form der Oscillationen für jeden durch eine bestimmte Phase der Schwingung bezeichneten Moment in einfachem Verhältnisse sowohl zu der Amplitude als Schwingungszahl steht, letztere in einfachem Verhältnisse zur Amplitude, im quadratischen zur Schwingungszahl.

Unter **Geschwindigkeit erster Ordnung** oder Geschwindigkeit schlechthin, folgends immer mit v zu bezeichnen, verstehe ich den bekannten Verhältnissbegriff zwischen der Grösse des Raumes, der in irgend einer Bewegung durchlaufen wird und der dazu gebrauchten Zeit, d. i. die Geschwindigkeit im gewöhnlichen Sinne, welche constant heisst, wenn in gleicher Zeit, beliebig gross oder klein genommen, immer gleiche Räume durchlaufen werden, veränderlich, wenn es nicht der Fall ist, wovon Ersteres bei der gleichförmigen, Letzteres bei der ungleichförmigen Bewegung statt hat.

Unter **Geschwindigkeit zweiter Ordnung**, folgends mit 𝔳 zu bezeichnen, verstehe ich den Verhältnissbegriff zwischen der Aenderung der Geschwindigkeit erster Ordnung im Sinne der Kraftrichtung und der Zeit, in welcher diese Aenderung erfolgt, der **das Mass der beschleunigenden Kraft** im Sinne der Physik und Mechanik darstellt, und als constant gilt, so lange die Geschwindigkeit im Sinne der Kraftrichtung beliebig gross oder klein genommen in gleicher Zeit um gleich viel wächst oder abnimmt, als veränderlich, sofern es nicht der Fall ist, wovon Ersteres in der gleichförmig beschleunigten oder verzögerten, Letzteres in der ungleichförmig beschleunigten oder verzögerten Bewegung stattfindet.

Um keine Zweideutigkeit über das Verhältniss der hier gebrauchten Begriffe zu lassen, führe ich folgende Stelle aus Poisson's *Traité de Méc.* T. I. p. XIII. (Table de Matières) oder p. 268 (des Textes) an: »Quelle que soit la variation de vitesse d'un point matériel, en grandeur et en direction, pendant un temps infiniment petit, il y a toujours une certaine direction pour laquelle l'augmentation de vitesse est la plus grande, et perpendiculairement à laquelle les composantes de la vitesse ne sont augmentées ni diminuées. Cette direction est ce qu'on entend par la direction de la force qui agit sur un point matériel en mouvement; en partant de cette définition, on démontre que l'accroissement de la composante de la vitesse suivant une direction quelconque, pendant un instant, est uniquement dû à la force qui agit suivant cette direction, et le même, que si les autres forces n'existaient pas.«

Sollte die Aenderung der Geschwindigkeit erster Ordnung schlechthin ohne Bezugnahme auf die in dieser Definition scharf erklärte Kraftrichtung in das Mass der beschleunigenden Kraft oder unsere Geschwindigkeit erster Ordnung eingehen, so würde diese bei der kreisförmigen Planetenbewegung oder kreisförmigen Schwingung Null zu setzen sein, da die Geschwindigkeit v hier absolut genommen constant bleibt. Aber $\mathfrak{v}$ ist nach unserer Identificirung mit dem Masse der beschleunigenden Kraft hier nicht null, sondern constant, indem der bewegliche Körper durch die Kraft nach dem Mittelpuncte der Bewegung in jedem Augenblicke so viel beschleunigt wird, dass die (von einer Zerlegung der Tangentialbewegung abhängige) Centrifugalbewegung dadurch compensirt wird, durch die er sich sonst vom Mittelpuncte der Bewegung entfernen würde.

Es zeigt sich nun nach der folgenden Untersuchung, dass, mögen wir die Voraussetzung einer Abhängigkeit des Elementarbeitrages von v oder $\mathfrak{v}$ zu Grunde legen, das Weber'sche Gesetz für die Abhängigkeit der Höhe wie Stärke der Empfindung von Schwingungszahl und Amplitude, so wie das periodische Element in der Tonskala gleicherweise wiedergefunden wird, so dass von hier aus nichts zu entscheiden ist. Aber indess die Abhängigkeit von v zu einem Massausdrucke der Intensität der Empfindung von der Form $\log an = \log a + \log n$ führt, führt die Abhängigkeit von $\mathfrak{v}$ zu einem Massausdrucke von der Form $\log an^2 = \log a + 2 \log n$. Nun haben wir im 30. Kapitel den ersten Massausdruck als den, wegen seiner grösseren Einfachheit und einfacheren Abhängigkeit von der lebendigen Kraft wahrscheinlicheren, zu Grunde gelegt; und es soll diess auch hier geschehen, und demgemäss die erste Voraussetzung für das Folgende angenommen werden. Sollte dennoch die zweite Voraussetzung sich in der Folge triftiger erweisen, was unstreitig einmal, wenn nicht durch einfache Versuche, wie den S. 174 proponirten, aber durch einen Zusammenhang von Erfahrungen entscheidbar sein wird*), so würde der Gang der hier nach der ersten zu führenden Rechnung sich doch leicht auf die andere übertragen lassen, und es wird diess selbst schliesslich hier für den ersten und wichtigsten der hier zu behandelnden Fälle geschehen.

Sei also $\mathfrak{F}(v)$ die Function von v, welche die Abhängigkeit zwischen der psychischen Intensität und der Geschwindigkeit v in jedem Momente ausdrückt.

Würde v während der Zeit t constant bleiben, so würde auch $\mathfrak{F}(v)$ und mithin die psychische Intensität während dieser Zeit constant bleiben, und die Empfindungssumme während dieser Zeit durch $\mathfrak{F}(v).t$ gegeben sein. Allein v und mithin $\mathfrak{F}(v)$ ändert sich während einer Schwingung von Moment zu Moment und kann nur während eines unendlich kleinen Zeitelementes dt als gleichförmig bestehend angesehen werden, in welchem die unendlich kleine Zeitsumme oder der elementare Empfindungsbeitrag ist $\mathfrak{F}(v).dt$. Summiren wir nun diese der Grösse nach veränderlichen Beiträge, die während einer ganzen Schwingung statt gehabt haben, indem wir v für jeden Moment der Schwingung mit seiner demgemässen Grösse, also als Function von t, zur Bestimmung des Empfindungsbeitrages $\mathfrak{F}(v).dt$ anwenden, so erhalten wir die Zeitsumme der Empfindung während der ganzen Schwingung, d. i. den Empfindungseffect der ganzen Schwingung während ihrer Dauer, und insofern sich diese Schwingungen von gleicher Beschaffenheit in der Zeit t m-mal wiederholen, ist die Zeitsumme während der Zeit t das m-fache der vorigen. Um die mittlere Intensität der Empfindung während der Zeit t zu erhalten, haben wir dann diese Summe blos mit t zu dividiren, oder, insofern t als Factor in die Empfindungssumme eingehen sollte, wie es sich zeigen wird, diesen Factor zu streichen.

Die Form der Function $\mathfrak{F}(v)$ ist dadurch gegeben, dass die Abhängigkeit der Stärke wie Höhe der Empfindung γ den Ausdruck hat

---

*) Dass ich die auf S. 32 vorgreiflich gefällte Entscheidung zurücknehme, habe ich schon S. 174 bemerkt.

$$\gamma = k \log \frac{\beta}{b}$$

sei es, dass wir unter β die Amplitude oder Schwingungszahl der ganzen Schwingung mit zugehörigem Schwellenwerthe b verstehen. Soll nun der elementare Empfindungsbeitrag eben so von v als die zur ganzen Schwingung gehörige Empfindung von dem mit v proportionalen β abhängen, so haben wir v für β und einen zu v gehörigen Schwellenwerth, der $\mathfrak{b}$ heisse, für b in voriger Formel zu substituiren[*], und diesen Ausdruck noch mit dt zu multipliciren, um die unendlich kleine Empfindungssumme während des Zeitelementes dt, d. i. den elementaren Empfindungsbeitrag zu erhalten, dessen Mass hienach sein wird

$$\gamma dt = k \log \frac{v}{\mathfrak{b}}\, dt$$

Hierin bedeutet γ die Intensität des Empfindungsbeitrages während des Zeitelementes dt, v die Geschwindigkeit während dieses Zeitelementes, $\mathfrak{b}$ den Schwellenwerth dieser Geschwindigkeit, d. i. den Werth von v, bei welchem der Empfindungsbeitrag auf die Schwelle tritt, k die gewöhnliche Constante.

Diese Formel soll die Elementarformel und der Werth $\mathfrak{b}$ die Elementarschwelle heissen.

Der Begriff der Elementarschwelle $\mathfrak{b}$ ist nicht daran zu knüpfen, dass, wenn die Geschwindigkeit v momentan über den Werth $\mathfrak{b}$ steigt, auch momentan die Empfindung entsteht, welche wir an die ganze Schwingung geknüpft finden, sondern dass eben nur ein Beitrag zur Bildung dieser Empfindung entsteht, welcher in der Construction des Massausdruckes für die Intensität der ganzen Empfindung als positiver zu verrechnen ist, indess die Beiträge, die durch v unterhalb $\mathfrak{b}$ geliefert werden, als negative zu verrechnen sind, wie alsbald näher betrachtet werden wird. Man wird also im Wesentlichen nur eine mathematische Hülfsgrösse darin zu sehen haben, welche zur Vermittelung der Beziehung zwischen dem Elementaren und Ganzen einzuführen nöthig ist, und die sich schliesslich eliminirt, wie man sehen wird. Will man mehr als diese abstracte Bedeutung daran knüpfen, so dürfte man darin einen Werth von v zu sehen haben, der, so wie er überschritten wird, eine positive Bestimmung des Bewusstseins giebt, die aber sehr wohl in Allgemeinbewusstsein aufgehen kann, ohne sich als besondere Empfindung geltend zu machen, wenn nicht die Ueberschreitung eine gewisse Grösse erreicht; wie sich denn in der That zeigen wird, dass eine gewisse Grösse der Ueberschreitung dazu nöthig ist.

---

[*] Auf S. 30 wurde der Buchstabe b dafür beibehalten.

Vielleicht findet man das Princip, nach welchem die für die ganze Empfindung gültige Function auf den elementaren Beitrag übertragen wird, nicht ganz evident. Auch ist nicht nöthig, eine Evidenz in dieser Hinsicht in Anspruch zu nehmen; man kann die Sache so stellen. Jene Uebertragung bietet sich jedesfalls als diejenige dar, welche zuerst geprüft zu werden verdient; da sie nun nach der folgenden Analyse zu den erfahrungsmässigen Resultaten zurückführt, so hat man bei ihr stehen zu bleiben; wie überhaupt das Grundprincip des ganzen hier eingeschlagenen Ganges dieses ist, diejenigen Annahmen zu stellen, welche nöthig sind, die erfahrungsmässigen Resultate wiederzugeben, und in dieser Hinsicht die an sich einfachsten und natürlichsten Annahmen vor allen anderen zu prüfen.

Die Geschwindigkeit erster Ordnung ändert ihr Vorzeichen mit der Richtung der Schwingung, und die Geschwindigkeit zweiter Ordnung, je nachdem sie sich auf eine Vermehrung oder Verminderung der Geschwindigkeit erster Ordnung in gegebener Richtung bezieht. Hienach finden in den 4 Hauptabtheilungen einer geradlinigen Schwingung folgende Vorzeichen für die Geschwindigkeit erster Ordnung v und die Geschwindigkeit zweiter Ordnung $\mathfrak{v}$ statt:

Phase	v	$\mathfrak{v}$
0° — 90°	+	+
90° — 180°	+	−
180° — 270°	−	−
270° — 360°	−	+

Nun haben wir keinen Grund, der Schwingung in den Abtheilungen mit entgegengesetzten Vorzeichen von v oder $\mathfrak{v}$ verschiedene Wirkung auf die Empfindung beizulegen, und diess nöthigt uns, das Vorzeichen von v oder $\mathfrak{v}$, möchten wir den einen oder anderen Werth in die Elementarformel einführen, als gleichgültig vorauszusetzen, also, sofern wir bei v stehen bleiben, den Ausdruck $k \log \frac{v}{\mathfrak{b}}$ so zu verstehen oder so zu stellen, dass er bei jedem Vorzeichen von v denselben Werth behält.

Diess erreichen wir entweder dadurch, dass wir $\mathfrak{b}$ stets mit v zugleich das Vorzeichen wechseln lassen, wo dann $\frac{\mathrm{v}}{\mathfrak{b}}$ denselben positiven Werth behält, mag v positiv oder negativ sein, oder dass wir mit Rücksicht, dass es gleichgültig ist, ob wir k oder $2k$ für die erste Constante schreiben, die Form $k \log \frac{\mathrm{v}}{b}$ als eine blosse Transformation der Form $k \log \left(\frac{\mathrm{v}}{b}\right)^2 = 2k \log \frac{\mathrm{v}}{b}$ als der eigentlich gültigen betrachten, in welchem Falle der Werth unter dem Logarithmuszeichen als eigentlich quadratisch in jedem Falle positiv bleibt. Da wir nun ohnehin das Mass der ganzen Empfindung vielmehr an den Logarithmus der lebendigen Kraft als der Geschwindigkeit geknüpft haben, ist diese Auffassung nur consequent mit der früheren. Es wird jedoch gleichgültig sein, ob wir uns an die erste oder zweite Auffassung halten wollen; wenn wir nur in jedem Falle $\frac{\mathrm{v}}{\mathfrak{b}}$ als positiv behalten, mag v sein Vorzeichen irgendwie wechseln.

Es würde an sich nichts hindern, bei der Aufstellung der Elementarformel statt bis zur Massformel, bis zur Fundamentalformel zurückzugehen, indem man statt des im Zeitelemente dt erfolgenden, von v abhängigen Empfindungsbeitrages die von Vermehrung der Geschwindigkeit v abhängige Vermehrung eines solchen Beitrages in Betracht zöge; aber dadurch eben nur wieder zu der schon aufgestellten Elementarformel zurückgeführt werden, indem die Integration von

$$d\gamma dt = k \frac{d\mathrm{v}}{\mathrm{v}} dt$$

bezüglich γ eben nur die Formel

$$\gamma dt = k \log \frac{\mathrm{v}}{b} dt$$

wiedergiebt.

Der Natur der Sache nach bleibt bei einfachen geradlinigen Schwingungen v nothwendig während eines Theiles der Schwingung unter der Schwelle $\mathfrak{b}$, weil die Geschwindigkeit in jeder geradlinigen Schwingung während des Hin- und Herganges zweimal von Null anhebt und erst bis zu gewissen Gränzen angestiegen sein muss, um den Werth $\mathfrak{b}$ zu erreichen. So lange nun $\mathfrak{b}$ noch nicht erreicht ist, mithin $\mathrm{v} < \mathfrak{b}$ ist, ist der ganze Werth $k \log \frac{\mathrm{v}}{\mathfrak{b}} dt$ und mithin der elementare Empfindungsbeitrag negativ. Jede solche Schwingung schliesst also mit positiven zugleich negative

Empfindungsbeiträge ein oder kann selbst ganz aus solchen bestehen, wenn wegen zu kleinem a oder n die Elementarschwelle $\mathfrak{b}$ selbst im Maximum von v, d. i. beim Durchgange durch die Gleichgewichtslage nicht erreicht wird. Da im Folgenden öfters auf eine Schwingung wird Bezug zu nehmen sein, bei welcher a, τ, n so beschaffen sind, dass im Maximo der Elementarschwellenwerth $\mathfrak{b}$ nur eben durch v erreicht wird, so soll eine solche Schwingung den Namen der Grundschwingung erhalten, und die Amplitude, Schwingungsdauer und Schwingungszahl derselben, als Grundschwellenwerthe, respectiv mit α, ϑ, ν bezeichnet werden. So wie $\frac{a}{\tau}$ oder an den Werth $\frac{\alpha}{\vartheta}$ oder $\alpha\nu$ überschreitet, beginnt damit nach dieser Begriffsbestimmung ein positiver Empfindungsbeitrag, indem damit die Elementarschwelle $\mathfrak{b}$ überschritten wird, ohne dass diess bemerktermassen schon hinreicht, die an die Schwingung geknüpfte charakteristische Empfindung bemerklich werden zu lassen, wozu nach dem Ergebnisse der folgenden Analyse der Werth $\frac{a}{\tau}$ oder an erst einen in einem angebbaren bestimmten Verhältnisse höheren Werth als $\frac{\alpha}{\vartheta}$ oder $\alpha\nu$ erlangen muss. Die Werthe von a, τ, n, welche erreicht werden müssen, damit die charakteristische Empfindung auf die Schwelle im gewöhnlichen früheren Sinne, wo wir noch nicht auf das Elementare zurückgingen, trete, sollen auch wie früher mit a_1, τ_1, n_1 bezeichnet und diese Schwelle Empfindungsschwelle (respectiv Tonschwelle, Lichtschwelle, je nach dem Empfindungsgebiete) genannt werden.

Nun erhebt sich die wichtige Frage, wie die negativen Beiträge in Verbindung mit den positiven zu verrechnen sind. Hier ist eine Unterscheidung nöthig. Nach dem Th. II. S. 61 aufgestellten Principe können die positiven oder bewussten Empfindungen, die durch Uebersteigen der Empfindungsschwelle in einer gewissen Zeit entstehen, nicht compensirt werden durch die negativen, unbewussten, welche in einer anderen Zeit entstehen, und falls beide eine gleich grosse Zeitsumme gäben, kein Nullzustand der Empfindung dadurch hergestellt werden. Man darf also die Empfindungssumme während einer gewissen Zeit nicht durch die algebraische Summirung der positiven und negativen Empfindungen, die während dieser Zeit statt gehabt, ziehen wollen, sondern die positive Summe ist besonders ohne die negative zu nehmen, um zu wissen, wie viel Empfindung man überhaupt wirklich gehabt hat. Diess ist evident.

Inzwischen handelt es sich hier nicht wie früher um schon formirte, discrete Empfindungen, sondern solidarisch dazu zusammenwirkende Beiträge, um den Werth, mit dem sich eine Empfindung von gewisser Qualität, je nach den Verhältnissen der dazu beitragenden Momente, über den Grund des Allgemeinbewusstseins erhebt; und hier ist es nicht mehr evident, dass wir die positiven Beiträge dazu ohne die negativen in Rechnung zu nehmen haben; vielmehr liesse sich denken, dass, je grösser in jeder Schwingung die Summe der negativen Beiträge in Verhältniss zur Summe der positiven ist, um so weniger sich die besondere Empfindung über den Grund des Allgemeinbewusstseins erhebt; und dass überhaupt positive und negative Beiträge solidarisch zur Bestimmung der Form und Grösse der an die Schwingung geknüpften besonderen Empfindung beitragen, demnach die Summe der positiven und negativen Beiträge in dieser Beziehung nicht zu sondern, sondern algebraisch zu addiren sei, um das Mass der besonderen Empfindungsleistung zu haben.

. Es scheint mir nun wieder schwer oder unmöglich, in dieser Beziehung etwas *a priori* entscheiden zu wollen. Die nachfolgende Untersuchung aber giebt die Entscheidung insofern, als nur unter der letzten hier als möglich aufgestellten Voraussetzung der Erfahrung entsprechende Resultate durch Rechnung wiederzufinden sind. Es zeigt sich, dass, wenn wir die positiven und negativen Beiträge sondern und unter Beiseitelassung der letzteren die Grösse, mit welcher die Empfindung als eigenthümliche ins Bewusstsein tritt, blos nach der Summe der positiven Beiträge bemessen wollten, dem erfahrungsmässigen Weber'schen Gesetze nicht entsprochen werden könnte; was dagegen der Fall ist, wenn wir die algebraische Summe der positiven und negativen Beiträge als massgebend für die dabei zu vergleichende Empfindungsgrösse nehmen. Zugleich gewinnen wir dadurch, dass wir die negativen Beiträge in die Composition der Empfindung selbst mit eingehen lassen, ein Element mehr zur Erklärung qualitativer Unterschiede der Empfindung.

Ich halte daher bis auf Weiteres, falls nicht die ganze Elementarconstruction des Empfindungsmasses fallen oder eine wesentlich andere Wendung nehmen soll, als unter der ich sie darzustellen vermöchte, die algebraische Summation der positiven und negativen Beiträge für ein vergleichbares Empfindungsmass nöthig*).

Die folgende Untersuchung beschränkt sich auf folgende 4 Fälle:

1) Einfache geradlinige Schwingungen.

2) Einfache kreisförmige Schwingungen.

3) Die Zusammensetzung zweier geradlinigen Schwingungen von gleicher Amplitude a und Schwingungsdauer τ, welche in dieselbe Richtung fallen und in beliebiger Phase zusammentreffen.

4) Die Zusammensetzung zweier geradlinigen Schwingungen von verschiedener Amplitude a, a' und Schwingungsdauer τ, τ' oder Schwingungszahl n, n', aber gleicher lebendiger Kraft, so dass zwar a verschieden von a' und τ von τ', so wie demgemäss n von n', dass aber $\frac{a}{\tau} = \frac{a'}{\tau'}$ und $an = a'n'$ ist.

Den Fall, dass beliebig viele Schwingungen von gleicher Schwingungsdauer aber beliebiger Amplitude in gleicher Phase und Richtung zusammentreffen, ist es nicht nöthig, besonders zu behandeln, da eine solche Zusammensetzung einer einfachen Schwingung mit einer Amplitude gleich der Summe der componirenden Amplituden ohne Aenderung der Schwingungsdauer und Phase in jeder Hinsicht gleichkommt.

c) Uebersicht der im Folgenden gebrauchten Bezeichnungen.

α) Allgemeine Bezeichnungen.

γ die Intensität eines Empfindungsbeitrages während des Zeitelementes dt;

v die Geschwindigkeit der Schwingung im gewöhnlichen Sinne (erster Ordnung) während des Zeitelementes dt, von welcher γ abhängt;

$\mathfrak{v}$ die Geschwindigkeit zweiter Ordnung in dem S. 202 angegebenen Sinne;

---

*) Zu dieser Ueberzeugung bin ich, nachdem ich früher der entgegengesetzten Ansicht gewesen, erst durch eine neue Revision dieses Gegenstandes gelangt und muss hienach den noch Th. II. S. 63 gebrauchten Ausdruck, dass die Summe der negativen Beiträge einfach ausfalle, für nicht mehr triftig erklären.

$\mathfrak{b}$ die Elementarschwelle von v oder $\mathfrak{v}$ in dem S. 205 angegebenen Sinne, je nachdem der elementare Empfindungsbeitrag von v oder $\mathfrak{v}$ abhängig gemacht wird;

S_τ oder S_t die Empfindungssumme, welche während einer Schwingung von der Dauer τ oder durch eine Anzahl Schwingungen während der Dauer t entwickelt wird, wonach die mittlere Intensität der Empfindung während der Zeit t durch Division von S_t mit t erhalten werden kann;

π die Ludolf'sche Zahl oder Länge der halben Kreisperipherie, den Radius $= 1$ gesetzt;

k die gewöhnliche Constante.

β) Für eine einfache geradlinige oder kreisförmige Schwingung:

a die Amplitude;

τ die Schwingungsdauer;

n die der Dauer reciproke Schwingungszahl in solcher Weise, dass überall n für $\frac{1}{\tau}$ und τ für $\frac{1}{n}$ gesetzt werden kann;

G die Maximumgeschwindigkeit beim Durchgange durch die Lage des Gleichgewichtes bei einer einfachen geradlinigen Schwingung, oder die, derselben bei gleicher Amplitude gleiche, constante Geschwindigkeit bei einer kreisförmigen Schwingung;

α, ϑ, ν die Grundschwellenwerthe von a, τ, n in dem S. 208 angegebenen Sinne; d. h. die Werthe von a, τ, n, bei welchen, wenn sie stattfinden, die Geschwindigkeit G eben an die Elementarschwelle $\mathfrak{b}$ reicht;

a_1, τ_1, n_1 die Empfindungsschwellenwerthe von a, τ, n in gewöhnlichem Sinne, d. i. die Werthe von a, τ, n, bei welchen, wenn sie stattfinden, die an die ganzen Schwingungen, um die sich's handelt, geknüpfte besondere Empfindung auf die Schwelle tritt.

γ) Für eine zusammengesetzte geradlinige Schwingung.

Für den Fall der Zusammensetzung zweier geradlinigen Schwingungen zu einer einzigen werden die vorigen Bezeichnungen für beide componirende Schwingungen dadurch unterschieden, dass sie für die eine mit einem Strichelchen oben, für die andere ohne solches gebraucht werden. $\mathfrak{A}$ sei die Amplitude, $\mathfrak{G}$ die Maximumgeschwindigkeit der resultirenden Schwingung, indess G die Maximumgeschwindigkeit einer componirenden Schwingung ist. Es bezeichnen dann a, ϑ, ν und a', ϑ', ν' die Werthe in den componirenden Schwingungen, bei welchen, wenn sie stattfinden, die Maximumgeschwindigkeit $\mathfrak{G}$ der resultirenden Schwingung der Elementarschwelle $\mathfrak{b}$ gleich wird, a_1, τ_1, n_1 und a'_1, τ'_1, n'_1 die Werthe in den componirenden Schwingungen, bei welchen, wenn sie stattfinden, die ganze, an die resultirende Schwingung geknüpfte, Empfindung auf die Schwelle tritt.

Im Momente, von wo an die Zeit t gerechnet wird, sei c die Zeit, die seit dem Beginne der Schwingung ohne Strich verflossen ist, und c' die, welche seit dem Beginne der Schwingung mit Strich verflossen ist, wenn der Beginn jeder Schwingung bei dem auf derselben Seite gelegenen Maximum der Ausweichung angenommen wird, wonach $\frac{2\pi c}{\tau}$ und $\frac{2\pi c'}{\tau'}$ die Phasen beider componirenden Schwingungen zur Zeit $t = 0$ sind. Endlich sei

$$D = \frac{\pi(c-c')}{\tau}$$

der halbe Phasenunterschied beider Schwingungen.

d) Gleichungen für die Schwingungen, auf denen im Folgenden gefusst wird.

Für eine einfache geradlinige Schwingung hat man (vgl. S. 199)

$$v = \frac{2\pi a}{\tau} \sin \frac{2\pi t}{\tau} = G \sin \frac{2\pi t}{\tau}$$

Dabei ist der Anfang der Zeit bei dem Puncte gesetzt, wo das Theilchen an den Gränzen der Oscillation ist.

Für eine kreisförmige Schwingung hat man

$$v = \frac{2\pi a}{\tau} = G$$

Für eine Zusammensetzung zweier geradlinigen Schwingungen von der Amplitude a, a' und Schwingungsdauer τ, τ', welche in dieselbe Richtung fallen und in den Phasen $\frac{2\pi c}{\tau}$ und $\frac{2\pi c'}{\tau'}$ zusammentreffen, hat man

$$v = \frac{2\pi a}{\tau} \sin \frac{2\pi(t+c)}{\tau} + \frac{2\pi a'}{\tau'} \sin \frac{2\pi(t+c')}{\tau'}$$

Den Werth $\mathfrak{v}$ für eine geradlinige Schwingung so wie Zusammensetzung geradliniger Schwingungen erhält man durch die Gleichung $\mathfrak{v} = \frac{dv}{dt}$, also für eine einfache geradlinige Schwingung durch

$$\mathfrak{v} = \frac{4\pi^2 a}{\tau^2} \cos \frac{2\pi t}{\tau} = G \cos \frac{2\pi t}{\tau}$$

Bei einer kreisförmigen Schwingung ist

$$\mathfrak{v} = \frac{4\pi^2 a}{\tau^2} = \frac{2\pi}{\tau} G$$

e) Formeln und Resultate, welche aus der Untersuchung hervorgehen.

Unter Zugrundelegung der vorigen Principien, Bezeichnungen und Formeln etc., unter Voraussetzung, dass die Geschwindigkeit erster Ordnung v in die Elementarformel substituirt wird*), fliessen aus der nachfolgenden Herleitung folgende Formeln und Resultate:

1) Für eine einfache geradlinige Schwingung hat man:

$$S_t = kt \log \frac{G}{2\mathfrak{b}} = kt \log \frac{\pi a n}{\mathfrak{b}} \qquad (1)$$

$$= kt \log \frac{an}{2av} \qquad (2)$$

$$= kt \log \frac{an}{a_1 n_1} \qquad (3)$$

Für eine einfache kreisförmige Schwingung:

$$S_t = kt \log \frac{G}{\mathfrak{b}} = kt \log \frac{2\pi a n}{\mathfrak{b}} \qquad (4)$$

$$= kt \log \frac{an}{av} \qquad (5)$$

$$= kt \log \frac{an}{a_1 n_1} \qquad (6)$$

Für eine Zusammensetzung zweier geradlinigen Schwingungen, die in dieselbe Richtung fallen, in welchen nicht nur $an = a'n'$, sondern auch insbesondere $a = a'$, $n = n'$, und bei welchen der halbe Phasenunterschied, wenn sie zusammentreffen, D ist:

$$S_t = kt \log \frac{\mathfrak{G}}{2\mathfrak{b}} = kt \log \frac{G \cos D}{\mathfrak{b}} = kt \log \frac{2\pi a n}{\mathfrak{b}} \qquad (7)$$

$$= kt \log \frac{an}{2av} \qquad (8)$$

$$= kt \log \frac{an}{a_1 n_1} \qquad (9)$$

Für eine Zusammensetzung zweier geradlinigen Schwingungen, die in dieselbe Richtung fallen, in welchen $an = a'n'$, aber a von a' und n von n' verschieden ist, ohne Rücksicht auf einen bestimmten Phasenunterschied beim Zusammentreffen:

---

*) Das Resultat der Substitution von $\mathfrak{v}$ findet man mit der Herleitung desselben für eine einfache geradlinige Schwingung zum Schlusse des Abschnittes f auf S. 228.

$$S_t = k\,t \log \frac{\omega}{4\mathfrak{b}} = k\,t \log \frac{G}{2\mathfrak{b}} = k\,t \log \frac{\pi a n}{\mathfrak{b}} \qquad (10)$$

$$= k\,t \log \frac{an + a'n'}{4(a\nu + a'\nu')} = k\,t \log \frac{an}{4a\nu} \qquad (11)$$

$$= k\,t \log \frac{an + a'n'}{a_1 n_1 + a'_1 n'_1} = k\,t \log \frac{an}{a_1 n_1} \qquad (12)$$

Bei dem Vergleiche der für die 4 untersuchten Fälle gefundenen Massausdrücke ist wichtig, sich zu erinnern, dass $\mathfrak{b}$ ein absoluter, nicht nur von a, τ, n, sondern auch von der Schwingungsform unabhängiger Werth ist, wogegen $a\nu$ so wie $a_1 n_1$ zwar von an unabhängig, aber von der Schwingungsform abhängig sind. Wenn man sonach den Grössenwerth der Empfindung S_t bei bestimmtem a und n für verschiedene Schwingungsformen vergleichen will, hat man nur die Formeln anzuwenden, in welche ausser k, t, π blos a, n, $\mathfrak{b}$ eingeht; indess die Formeln, in welche $a\nu$ und $a_1 n_1$ eingehen, nur dienen können, den Grössenwerth der Empfindung für abgeänderte Werthe von a und n bei derselben Schwingungsform zu vergleichen.

2) In sämmtlichen untersuchten Fällen findet sich nach (3), (6), (9) und (12) der erfahrungsmässig gefoderte Ausdruck des Empfindungsmasses, auf welchen die Erörterungen des 30. Kapitels führten, wieder, wenn man S_t mit t dividirt, oder $t = 1$ setzt, und berücksichtigt, dass k im jetzigen Kapitel den doppelten Werth als S. 166 hat. Hierin ist das Weber'sche Gesetz bezüglich a und n und die Compensirbarkeit von a durch n im mehrfach besprochenen Sinne von selbst eingeschlossen.

3) Der Ausdruck für das periodische Element der Tonskala $2\pi \log \frac{1}{2}$ ist in den gegebenen Formeln aus dem S. 188 angegebenen Grunde nicht sichtbar, tritt aber in der schon früher angezeigten Weise bei der Ableitung des Massausdruckes für sich auf.

4) Nach der festgestellten Bedeutung von a und ν (S. 208) wird bei einer einfachen geradlinigen Schwingung die Elementarschwelle erreicht, wenn an den Werth $a\nu$ annimmt, nach der aus unserer Rechnung hervorgegangenen Formel (2) wird die Empfindungsschwelle erreicht, d. h. S_t verschwindet, wenn an den Werth $2a\nu$ annimmt, d. i., wenn die Schwingungszahl ν sich bei gleichem a um eine Octave erhöht.

5) Bei einer kreisförmigen Schwingung fällt der Werth der

Empfindungsschwellen a_1, v_1, n_1 mit dem der Grundschwellen a_0, v_0, n_0 zusammen.

6) Nach dem Vergleiche des Ausdruckes für die geradlinige und kreisförmige Schwingung (unter Rücksicht auf die S. 214 gemachte Bemerkung) stimmt das Empfindungsresultat der kreisförmigen Schwingung seiner Grösse nach mit dem einer geradlinigen Schwingung von gleicher Amplitude und doppelter Schwingungszahl oder von gleicher Schwingungszahl und doppelter Amplitude überein; es geht aber in den Massausdruck für die kreisförmige Schwingung kein von der Periodicität abhängiger Werth ein, und es ist hienach nicht auf gleiche Qualität der Empfindungen zu schliessen. Hienach wird man auch die Tonschwingungen innerlich nicht an kreisförmige Schwingungen geknüpft denken können, wie denn in der That in einer gleichförmigen kreisförmigen Bewegung nichts ist, was eine Periode abgränzte.

7) Von den beiden Fällen der Zusammensetzung zweier geradliniger Schwingungen, welche in Rechnung gezogen sind, und bei welchen $a n = a'n'$, scheint der erste, wo zugleich $a = a'$ und $n = n'$, nur ein besonderer Fall des zweiten zu sein, wo a von a', n von n' und mithin v von v' irgendwie verschieden gesetzt ist, sofern die Allgemeinheit des zweiten Falles scheint gestatten zu müssen, diesen Unterschied beliebig klein, also auch null zu setzen, und sofern nicht erhellt, warum ein Phasenunterschied einen Einfluss im ersten besonderen Falle gewinnen kann, wenn er im zweiten allgemeinen nicht in Rücksicht kommt.

Hiegegen lehrt ein Blick auf S. 213, dass die Formeln für den ersten Fall nicht wirklich aus denen für den zweiten durch Gleichsetzung von a und a', n und n' ableitbar sind; denn in die Formeln für den ersten Fall geht der halbe Phasenunterschied D ein, der in die Formeln für den zweiten nicht eingeht, und betrachtet man die Formeln des ersten Falles für $\cos D = 1$, wo beide componirende Schwingungen in gleicher Phase zusammentreffen, so hat man

$$S_t = kt \log \frac{\pi a n}{b}$$

indess die des zweiten Falles geben

$$S_t = kt \log \frac{\pi a n}{2 b}$$

Nach den Formeln des ersten Falles stimmt also das psychische Resultat der Zusammensetzung seiner Grösse nach mit dem einer einfachen Schwingung überein, deren Schwingungsproduct $2an$ wäre, nach denen des zweiten mit dem einer einfachen Schwingung, deren Schwingungsproduct nur an wäre.

Der Widerspruch, der hierin zu liegen scheint, ist jedoch nur scheinbar.

Es ist nämlich in Rücksicht zu ziehen, dass die für den zweiten zusammengesetzten Fall aufgestellten Formeln bei ihrer übrigen Allgemeinheit doch nach ihrer folgenden Herleitung voraussetzen, dass der Phasenunterschied der interferirenden Schwingungen nicht constant derselbe bleibt, wie es der Fall ist, wenn $\tau = \tau'$, mithin $n = n'$ ist, so dass dieser Fall ausdrücklich von der Allgemeinheit des zweiten zusammengesetzten Falles zu excipiren ist. Nun liegt zwar für den ersten Anblick etwas ausserordentlich Befremdendes darin, dass eine noch so kleine Abweichung zwischen τ und τ' das psychische Resultat der zusammengesetzten Schwingung auf einmal in so beträchtlichem Verhältnisse gegen den Fall der Gleichheit von τ oder τ' soll reduciren können, wie es S. 215 angegeben ist, und aus dem Vergleiche der Formeln des ersten und zweiten zusammengesetzten Falles folgt. Es scheint diess dem Princip der Continuität geradezu zu widersprechen, und ich glaubte längere Zeit, es müsse ein Rechnungsfehler in der Ableitung der Formeln obwalten, was nach sorgfältigster Revision derselben sicher nicht der Fall ist. Eine genaue Erwägung zeigt aber auch, dass hier nichts Widervernünftiges vorliegt. Man muss nämlich bedenken, dass, wenn die Schwingungsdauern τ, τ' noch so wenig verschieden sind, im Laufe vieler Schwingungen — für welche die Summation bei vorigem Resultate in der That vorausgesetzt ist, — nothwendig nach und nach auch alle Grade der Abweichung und Entgegensetzung der Phasen durchschritten werden müssen, indess bei gleichbleibendem Phasenunterschiede, welcher an die Gleichheit zwischen τ und τ' geknüpft ist, diess nicht der Fall sein kann.

Auch führt die Interferenz schon in Betreff der physischen Intensität, welche ihr Maass in der lebendigen Kraft der Schwingungen hat, zu einem entsprechend paradoxen Resultate, als wir hier bezüglich der psychischen Intensität finden. Nach den bekannten Interferenzregeln geben zwei in der Schwingungsdauer übereinstimmende geradlinig schwingende Stralen von gleicher Phase und Amplitude einen zusammengesetzten Stral, dessen physische Intensität doppelt so gross ist, als die Summe der Intensitäten seiner Componenten, also $4i$ ist, wenn die Intensität jeder Componente i ist. Wenn aber die beiden Stralen noch so wenig in der Schwingungsdauer abweichen, so sinkt die Summe 4i auf 2i, und allgemein ist die Summe der physischen Intensitäten zweier geradlinig schwingenden Stralen von gleicher Amplitude, aber verschiedener Schwingungsdauer, welchen die Intensitäten i, i' zukommen, $= i + i'$, wobei die Phase, in der sie zusammentreffen, gleichgültig ist.

Dieses Resultat ist von Grailich*) streng erwiesen und die Sonderbarkeit, die hierin liegt, schon hervorgehoben worden, indem er sagt:

»Die Intensität des (aus zwei geradlinig schwingenden Stralen von gleicher Amplitude und verschiedener Schwingungsdauer) resultirenden Strales ist gleich der Summe der Intensitäten der componirenden… Es ist dieser Satz darum merkwürdig, weil bei der Interferenz von zwei homogenen Stralen von gleicher Phase und Amplitude die Intensität des neuen Strales das Doppelte der Summe der Intensitäten seiner Componenten wird; die gegenseitigen Verzögerungen, die aus der Ungleichheit der Wellenlängen entspringen, heben gerade die Hälfte der aufgewendeten Kraft auf, die relative Länge der Wellen sei welche immer.«

8) Wenn statt der algebraischen Summe der positiven und negativen Empfindungsbeiträge blos die positiven Beiträge zum Masse der Zeitsumme der Empfindung dienen sollten; so würde man die besonders bestimmte Summe der negativen Beiträge von dem Werthe S_1 in den obigen Formeln abzuziehen haben, um die der positiven als Rest besonders zu erhalten. Diese Summe der negativen Beiträge ist nun bei einer einfachen geradlinigen Schwingung für den besonderen Fall der Grundschwingung, wo $\alpha n = \alpha r$, durch $kt \log \frac{1}{2}$ gegeben, was, von $kt \log \frac{\alpha n}{2 \alpha r}$ abgezogen, als Massausdruck lassen würde $kt \log \frac{\alpha n}{\alpha r}$. Aber nach Massgabe als die Grundschwelle überstiegen wird, ändert sich nothwendig die Summe der negativen Beiträge; es würden daher bei wachsendem α und n immer andere Summen abzuziehen sein, womit das Weber'sche Gesetz nicht bestehen könnte, auch würde die negative Summe für andere Fälle als jenen Gränzfall mit den jetzigen Mitteln der Analyse, so viel ich übersehen kann, nicht besonders bestimmbar sein.

---

*) Sitzungsberichte der Wien. Akad. 1854. S. 802 ff. — Die von Amplitude und Schwingungsdauer oder Undulationslänge zugleich abhängige physische Intensität oder lebendige Kraft des Strals ist von Grailich durch den S. 187 gegebenen Ausdruck bestimmt, und es kommt der daselbst angezeigte Irrthum bei der Herleitung obigen Resultates nicht in Betracht.

f) Herleitung der Formeln.

Ich gebe diese Herleitung zuerst für die Voraussetzung, dass die Geschwindigkeit erster Ordnung v für β in die Massformel zu substituiren sei, um die Elementarformel zu erhalten, mithin diese sei:

$$\gamma\, dt = k \log \frac{v}{b}\, dt.$$

Im Falle einer einfachen geradlinigen Schwingung haben wir nach S. 212

$$v = \frac{2\pi a}{\tau} \sin \frac{2\pi t}{\tau} = G \sin \frac{2\pi t}{\tau}$$

wonach S_τ gegeben ist durch

$$S_\tau = \int_0^\tau \gamma\, dt = k \int_0^\tau \log\left(\frac{2\pi a}{b\tau} \sin \frac{2\pi t}{\tau}\right) dt$$

Durch Zerlegung des Logarithmus des Productes in die Summe der Logarithmen der Factoren geht dieser Ausdruck über in

$$S_\tau = k \int_0^\tau \log \frac{2\pi a}{b\tau}\, dt + k \int_0^\tau \log \sin \frac{2\pi t}{\tau}\, dt = k\,(P + Q)$$

wenn wir die beiden Integrale, in die sich S_τ zerlegt, respectiv mit kP, kQ bezeichnen.

Das Integral P ist

$$P = \tau \log \frac{2\pi a}{b\tau} = \tau \log \frac{G}{b}$$

Um auch Q zu finden, transformiren wir das Integral, indem wir setzen

$$\frac{2\pi t}{\tau} = \xi, \text{ mithin } dt = \frac{\tau\, d\xi}{2\pi}$$

So erhalten wir

$$Q = \frac{\tau}{2\pi} \int_0^{2\pi} \log\,(\sin \xi)\, d\xi$$

wofür sich substituiren lässt

$$Q = \frac{2\tau}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \log\,(\sin \xi)\, d\xi$$

da die ganze Schwingung sich in 4 gleiche Abtheilungen zerlegt.

Das bestimmte Integral $\int_0^{\frac{\pi}{2}} \log\,(\sin \xi)\, d\xi$ ist aber eben so wie $\int_0^{\frac{\pi}{2}} \log(\cos\xi)\, d\xi$ nach **Euler** gleich $\frac{\pi}{2}\log\frac{1}{2}$. Mithin erhalten wir den, von der reinen Periodicität abhängigen, Factor

$$\int_0^{2\pi} \log(\sin\xi)\, d\xi = 2\pi\log\frac{1}{2}$$

und

$$Q = \tau\log\frac{1}{2}$$

Also:

$$S_\tau = k(P+Q) = k\tau\left(\log\frac{G}{\mathfrak{b}} + \log\frac{1}{2}\right)$$
$$= k\tau\log\frac{G}{2\mathfrak{b}} = k\tau\log\frac{\pi a}{\mathfrak{b}\tau} = k\tau\log\frac{\pi a n}{\mathfrak{b}}$$

Denken wir uns nun eine Schwingung von solcher Amplitude α und Dauer ϑ, oder Zahl ν, dass im Maximum der Geschwindigkeit der Elementarschwellenwerth $\mathfrak{b}$ stattfindet, so haben wir

$$v = \frac{2\pi a}{\vartheta}\sin\frac{2\pi t}{\vartheta}$$

und da das Maximum stattfindet, wenn der Sinus $= 1$, so ist dieser Maximumwerth von $v = \frac{2\pi\alpha}{\vartheta} = 2\pi\alpha\nu$ und dieser Werth also für $\mathfrak{b}$ substituirbar, wodurch wir erhalten:

$$S_\tau = k\tau\log\frac{a\vartheta}{2\alpha\tau} = k\tau\log\frac{an}{2\alpha\nu}$$

Eine Zeit $t = m\tau$, welche m Schwingungen von der Dauer τ befasst, wird das $m$fache von S_τ geben; wonach man hat

$$S_t = kt\log\frac{a\vartheta}{2\alpha\tau} = kt\log\frac{an}{2\alpha\nu}$$

Indem endlich der Werth von an, bei welchem S_t verschwindet, das Schwellenproduct $a_1 n_1$ giebt, stimmt dieses mit $2\alpha\nu$ überein und kann dafür substituirt werden, so dass man schliesslich hat

$$S_t = kt\log\frac{an}{a_1 n_1}$$

Im Falle einer **kreisförmigen** Schwingung haben wir nach S. 212

$$v = \frac{2\pi a}{\tau} = G$$

mithin

$$S_t = k\int_0^t \log\frac{G}{\mathfrak{b}}\,.\,dt = kt\log\frac{G}{\mathfrak{b}} = kt\log\frac{2\pi a}{\mathfrak{b}\tau}$$

Für den Werth $\mathfrak{b}$ lässt sich der Werth v in einer kreisförmigen Schwingung substituiren, deren Werthe α, τ, ν so beschaffen sind, dass v gerade gleich $\mathfrak{b}$. In einer solchen Schwingung ist

$$\mathfrak{b} = \frac{2\pi a}{\vartheta} = 2\pi a\nu$$

Wonach

$$S_t = kt\log\frac{a\vartheta}{\alpha\tau} = kt\log\frac{an}{\alpha\nu}$$

Die Werthe α, ϑ, ν fallen hier mit den Schwellenwerthen a_1, τ_1, n_1 unmittelbar zusammen, so dass sie in vorigen Formeln dafür substituirt werden können.

Für den Fall der Zusammensetzung zweier geradlinigen Schwingungen von den Amplituden a, a' und Schwingungsdauern τ, τ', welche in dieselbe Richtung fallen und in den Phasen $\frac{2\pi c}{\tau}$ und $\frac{2\pi c'}{\tau'}$ zusammentreffen, hat man allgemein den S. 212 angegebenen Werth $\mathfrak{v}$. Ich weiss die Gleichung $k\int_0^{\tau}\log\frac{\mathfrak{v}}{\mathfrak{b}}\,dt$ bei Substitution dieses Werthes $\mathfrak{v}$ nicht allgemein zu integriren; doch kann es für die auf S. 210 unter 2) und 3) angezeigten Hauptfälle geschehen.

Sei also zuvörderst $a = a'$ und $\tau = \tau'$, so verwandelt sich der Werth $\mathfrak{v}$ in

$$\mathfrak{v} = \frac{2\pi a}{\tau}\left[\sin\frac{2\pi(t+c)}{\tau} + \sin\frac{2\pi(t+c')}{\tau}\right]$$

Nach der bekannten trigonometrischen Gleichung

$$\sin p + \sin q = 2\sin\frac{1}{2}(p+q)\cos\frac{1}{2}(p-q)$$

aber lässt sich dieser Ausdruck in folgenden verwandeln

$$\mathfrak{v} = \frac{4\pi a}{\tau}\cos D\sin\frac{2\pi(t+C)}{\tau}$$

wenn D der halbe Phasenunterschied $= \frac{\pi(c-c')}{\tau}$ und $C = \frac{c+c'}{2}$. Da der Anfang der Zeit willkührlich ist, verlegen wir ihn so weit rückwärts, dass die von dem neuen Anfangspuncte gerechnete Zeit $t' = t + C$ ist, mithin $t = t' - C$, wodurch sich C im Werthe von $\mathfrak{v}$ hebt. Indem wir dann wieder t' mit t vertauschen, da die Bezeichnung gleichgültig ist, erhalten wir

$$\mathfrak{v} = \frac{4\pi a}{\tau}\cos D\sin\frac{2\pi t}{\tau} = \mathfrak{G}\sin\frac{2\pi t}{\tau}$$

Die Empfindungssumme während der Zeit t ist hienach

$$S_t = k\int_0^t\log\frac{\mathfrak{v}}{\mathfrak{b}}\,dt = k\int_0^t\log\frac{\mathfrak{G}}{\mathfrak{b}}\,dt + k\int_0^t\sin\frac{2\pi t}{\tau}\,dt$$

Wird dieser Ausdruck wie die vorigen behandelt, so hat man

$$S_t = kt\log\frac{\mathfrak{G}}{2\mathfrak{b}} = kt\log\frac{2\pi a\cos D}{\mathfrak{b}\tau}$$

Denken wir uns nun eine resultirende Schwingung mit solchen Werthen a, τ, n der componirenden Schwingungen, dass im Maximo die Elementarschwelle $\mathfrak{b}$ erreicht wird, und nennen diese Werthe wie bisher α, ϑ, ν, so haben wir

$$\mathfrak{b} = \frac{4\pi\alpha\cos D}{\vartheta} = 4\pi\alpha\nu\cos D$$

hienach

$$S_t = kt\log\frac{a n}{2\alpha\nu}$$

Betrachten wir endlich den Fall, dass a von a' und τ von τ' verschieden, aber immer noch $\frac{a}{\tau} = \frac{a'}{\tau'}$ und mithin $a n = a'n'$ ist: wonach die Maximumgeschwindigkeit $G = \frac{2\pi a}{\tau} = \frac{2\pi a'}{\tau'}$ für beide gleich ist, so ist

$$\mathfrak{v} = G\left(\sin\frac{2\pi(t+c)}{\tau} + \sin\frac{2\pi(t+c')}{\tau'}\right)$$

Verwandeln wir die Summe der Sinus wieder in ein Product aus Sinus und Cosinus, so erhalten wir

$$\mathfrak{v} = 2G\Big[\sin\left(\frac{2\pi t}{\mathfrak{T}} + C\right)\cos\left(\frac{2\pi t}{\mathfrak{t}} + C'\right)$$

worin

$$\frac{1}{\mathfrak{T}} = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\tau} + \frac{1}{\tau'}\right)$$
$$\frac{1}{\mathfrak{t}} = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\tau} - \frac{1}{\tau'}\right)$$
$$C = \pi\left(\frac{c}{\tau} + \frac{c'}{\tau'}\right)$$
$$C' = \pi\left(\frac{c}{\tau} - \frac{c'}{\tau'}\right)$$

Verwandeln wir dann im Ausdrucke von $\log\frac{\mathfrak{v}}{\mathfrak{b}}$ den Logarithmus des Productes in eine Summe von Logarithmen, und setzen

$$\frac{2\pi t}{\mathfrak{T}} + C = \xi,\quad \frac{2\pi t}{\mathfrak{t}} + C' = \zeta$$

so erhalten wir

$$\begin{aligned} y\,dt = k\log\frac{\mathfrak{v}}{\mathfrak{b}}\,dt &= k\log\frac{2G}{\mathfrak{b}}\,dt \\ &+ \frac{k\mathfrak{T}}{2\pi}\log\sin\xi\,d\xi \\ &+ \frac{k\mathfrak{t}}{2\pi}\log\sin\zeta\,d\zeta \end{aligned}$$

Integriren wir nun diesen Ausdruck von $t = 0$ bis $t = m\mathfrak{t}\mathfrak{T}$, indem wir m so nehmen, dass sowohl $m\mathfrak{t}$ als $m\mathfrak{T}$ eine ganze Zahl, was bei freigestellter Grösse von m immer mit beliebiger Approximation zu erreichen ist, so giebt das erste Glied direct

$$km\mathfrak{t}\mathfrak{T}\log\frac{2G}{\mathfrak{b}}$$

Das Integral des zweiten Gliedes ist von $\xi = C$ bis $\xi = 2m\pi t + C$ zu nehmen, wie sich findet, wenn wir in den Werth von $\xi = \frac{2\pi t}{\mathfrak{T}} + C$ für t an der ersten Gränze substituiren 0, an der zweiten $mt\mathfrak{T}$. Da nun aber mt eine ganze Zahl, mithin $2mt\pi$ einer ganzen Zahl voller Kreisumfängen gleich ist, so stimmt, wenn ξ als Kreisbogen betrachtet wird, nach der Natur der Kreisfunctionen, das von $\xi = C$ bis $\xi = 2mt\pi + C$ genommene Integral mit dem von $\xi = 0$ bis $\xi = 2mt\pi$ genommenen überein, und wir können C streichen. So bleibt für das zweite Glied übrig

$$\frac{k\mathfrak{T}}{2\pi}\int_0^{2mt\pi} \log \sin \xi d\xi$$

Da wir nun ferner nach der Natur der Kreisfunctionen setzen können

$$\int_0^{2mt\pi} = 4mt\int_0^{\frac{\pi}{2}}$$

so geht diess Glied über in

$$\frac{2mt\mathfrak{T}}{\pi}\int_0^{\frac{\pi}{2}} \log \sin \xi d\xi$$

welches mit Rücksicht auf den früher angegebenen Werth $\int_0^{\frac{\pi}{2}} \log \sin \xi d\xi = \frac{\pi}{2} \log \frac{1}{2}$ sich auf

$$mt\mathfrak{T} \log \frac{1}{2}$$

reducirt. Das dritte Glied giebt nach gleicher Behandlung denselben Werth, mit Rücksicht, dass der Werth $\int_0^{\frac{\pi}{2}} \log \cos \zeta d\zeta$ ebenfalls $\frac{\pi}{2} \log 2$. Addiren wir nun die so erhaltenen drei Integrale und ersetzen den Ausdruck für die Zeit $mt\mathfrak{T}$ durch t, so erhalten wir

$$S_t = kt\left(\log \frac{2G}{b} + 2 \log \frac{1}{2}\right) = kt \log \frac{G}{2b}$$

mit Rücksicht, dass $2 \log \frac{1}{2} = \log \frac{1}{4}$.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass, wenn $r = r'$ wäre, der Werth $t = \frac{1}{r} - \frac{1}{r'}$ null werden und hiemit das dritte Glied, was in die Summe eingeht, wegfallen, man also statt $2 \log \frac{1}{2}$ nur $\log \frac{1}{2}$

erhalten würde; was den Unterschied des jetzt behandelten vom vorhin behandelten Falle bedingt, wovon S. 215 die Rede war.

Denken wir uns nun eine zusammengesetzte Schwingung unter Beibehaltung der Gleichheit der lebendigen Kräfte ihrer Componenten so beschaffen, dass im Maximo ihrer Geschwindigkeit die Schwelle $\mathfrak{b}$ erreicht werde, so können wir wiederum diese Maximumgeschwindigkeit für $\mathfrak{b}$ substituiren. Seien a, ϑ, ν und a', ϑ', ν' die Amplituden, Schwingungsdauern und Schwingungszahlen der Componenten dieser Schwingung. Das Maximum der Geschwindigkeit v findet statt, wenn die Sinus im Ausdrucke derselben S. 220 zugleich 1 werden, mithin ist für $\mathfrak{b}$ zu substituiren

$$\frac{2\pi a}{\vartheta} + \frac{2\pi a'}{\vartheta'} = 2\pi(a\nu + a'\nu')$$

und, da

$$G = \frac{2\pi a}{\tau} = \frac{2\pi a'}{\tau'} = \frac{\pi a}{\tau} + \frac{\pi a'}{\tau'} = \pi(an + a'n')$$

so erhalten wir jetzt

$$S_t = kt \log \frac{an + a'n'}{4(a\nu + a'\nu')}$$

oder, da $an = a'n'$, $a\nu = a'\nu'$

$$S_t = kt \log \frac{an}{4a\nu}$$

Machen wir jetzt die zweite Voraussetzung, dass in die Elementarformel für β die Geschwindigkeit zweiter Ordnung $\mathfrak{v}$ zu substituiren ist, mithin

$$\gamma dt = k \log \frac{\mathfrak{v}}{\mathfrak{b}} dt$$

zu setzen ist, indem wir uns dabei auf den Fall einer einfachen geradlinigen Schwingung beschränken, wo

$$\mathfrak{v} = \frac{4\pi^2 a}{\tau^2} \cos \frac{2\pi t}{\tau}$$

Wenden wir nun hierauf ganz dieselbe Behandlung an, als früher auf die Substitution von v in die Elementarformel; so erhalten wir

$$S_t = k\int_0^{t} \log \frac{4\pi^2 a}{\mathfrak{b}\tau^2} + k\int_0^{t} \log \cos \frac{2\pi t}{\tau}$$

$$= kt \log \frac{4\pi^2 a}{\mathfrak{b}\tau^2} + kt \log \frac{1}{2} = kt \log \frac{2\pi^2 a\nu^2}{\mathfrak{b}}$$

Hierin ist $\mathfrak{b}$ der Werth der Geschwindigkeit zweiter Ordnung $\mathfrak{v}$, bei welchem der Empfindungsbeitrag auf die Schwelle tritt, und wenn a, ϑ, ν die Amplitude, Schwingungsdauer und Schwingungszahl einer Schwingung bezeichnen, bei welcher $\mathfrak{v}$ im Maximum diesen Werth erreicht, haben wir, unter Setzung von

$\cos\frac{2\pi t}{\tau} = 1$ in obigem Ausdrucke von $\mathfrak{v}$: $\mathfrak{b} = \frac{4\pi^2\alpha}{\vartheta^2}$; hienach

$$S_t = kt\log\frac{a}{\alpha}\frac{\vartheta^2}{\tau^2} + kt\log\frac{1}{2} = kt\log\frac{an^2}{2\alpha\nu^2}$$

g) Allgemeinere Betrachtungen.

Insofern durch die vorigen Formeln und Resultate gesetzliche Beziehungen zwischen Körper und Seele festgestellt werden, sind sie principiell auf die den Empfindungen unmittelbar unterliegenden, also psychophysischen Bewegungen zu beziehen, und würden insofern vielmehr in die innere als die äussere Psychophysik gehören. Aber sie stützen sich unmittelbar auf Erfahrungen, die der äusseren Psychophysik angehören, sofern die Elementarformel, von der sie abhängen, nur eine Uebersetzung der Massformel, welche in der äusseren Psychophysik gewonnen wurde, ins Elementare ist, und sie können directe Bewährungen nur in der äusseren Psychophysik suchen, d. i. indem wir sie mit den äusseren Bewegungen vergleichen, wodurch die inneren angeregt werden, da wir die inneren selbst nicht unmittelbar beobachten können, wonach sie als eins der Uebergangs- oder Vermittelungsglieder zwischen der äusseren und inneren Psychophysik an den Schluss dieses Hauptabschnittes der ersteren gestellt sind.

Eine directe Bewährung von Formeln und Resultaten, die sich principiell auf die inneren Bewegungen beziehen, an den äusseren Bewegungen kann aber natürlich nur nach Massgabe erwartet und gesucht werden, als eine Uebereinstimmung beider Bewegungen stattfindet. Die Untersuchung, inwiefern die directe Bewährbarkeit vorhanden ist, kann daher aus einem doppelten Gesichtspuncte geschehen.

Unter Voraussetzung, dass die inneren und äusseren Bewegungen schlechthin übereinstimmen, würde eine solche Untersuchung nichts Anderes als die Untersuchung sein, ob die vorigen Formeln und mithin Principien, aus denen sie abgeleitet sind, überhaupt triftig sind. Denn wären sie es, so müssten sich alle Verhältnisse zwischen Empfindung und Bewegung, welche aus den vorigen Formeln fliessen, schon in den Beziehungen der Empfindung zu den äusseren Bewegungen bestätigen, und wo es nicht der Fall, wäre damit die Falschheit der Formeln und der Principien, aus denen sie fliessen, erwiesen. Unter Voraussetzung der gesicherten Triftigkeit dieser Formeln und Principien hingegen würde es die Untersuchung sein, wiefern eine Uebereinstimmung der äusseren und inneren Bewegungen stattfindet. Nun kann die erste Voraussetzung von vorn herein nur bis zu gewissen Gränzen statuirt werden. Die Erregung der Sinnesorgane durch die Reize, mit denen wir es hier zu thun haben, tritt unter den allgemeinen Gesichtspunct, dass eine Schwingungsbewegung in den Medien der Aussenwelt durch Fortpflanzung zu den Medien der Innenwelt Bewegungen hervorruft, die wir nach wahrscheinlichster Voraussetzung selbst unter der Form von Schwingungsbewegungen zu denken haben. Dabei haben die Schwingungsbewegungen in den Medien der Aussenwelt, ehe sie zum Medium des Nervensystemes gelangen — zuvor aber sind sie erfahrungsmässig nicht im Stande, Empfindung zu erwecken, — noch das Medium der äusseren Sinnesorgane zu durchdringen. Nun hängt nach den allgemeinsten Bewegungsgesetzen die Natur der Schwingungsbewegungen, die in einem Medium dadurch erweckt werden, dass sich Schwingungen aus einem anderen dahin überpflanzen, zwar von der Beschaffenheit der erweckenden mit ab, und correspondirt unter Umständen sogar sehr genau damit, wie die Thatsachen und Verhältnisse der Resonanz beweisen, aber nicht allein ab, da vielmehr die Natur des Mediums, unter dessen Zwischenwirkung und an welches die Mittheilung erfolgt, Einfluss darauf hat. Wir kennen die Natur und näheren Bedingungen der Erregung unserer Sinnesnerven keinesweges hinreichend, um *a priori* sagen zu können, wie sich hiebei die erregten zu den erregenden Bewegungen überall verhalten müssen; aber so viel wissen wir doch, dass die Bedingungen complicirter sind, als bei den einfachsten Fällen der Resonanz in der Aussenwelt; selbst bei der vollkommensten Resonanz in der Aussenwelt aber bleibt bei übertragener Schwingungszahl die Form und Amplitude der übertragenen Schwingungen nicht unverändert, sondern durch die besonderen Verhältnisse des resonirenden Systemes und der Uebertragungsweise daran mitbestimmt. Also auf der ersten Voraussetzung lässt sich nicht schlechthin fussen.

Von der anderen Seite sind aber auch die Principien, aus denen die vorigen Formeln und Resultate abgeleitet sind, nicht so sicher *a priori*, dass sie nicht der Stützung durch Erfahrung bedürften, die sich nun aber doch blos an den äusseren Bewegungen unter Voraussetzung einer Correspondenz mit den inneren gewinnen lässt.

Es ist nicht zu leugnen, dass hieraus eine solidarische Schwierigkeit der Sicherstellung unserer Principien und der Ermittelung des Verhältnisses der äusseren und inneren Bewegungen zugleich erwächst, welche nicht auf den ersten Anlauf vollständig zu überwinden sein wird. Böte nicht überhaupt die Psychophysik grössere Schwierigkeiten als die Physik, so würde sie von jeher gleichen Schritt mit ihr gehalten haben. Meines Erachtens aber darf man sich so gegen die vorliegende Schwierigkeit stellen.

Man untersucht zuerst, ob die Erfahrung, die sich an den äusseren Bewegungen machen lässt, zu den Resultaten der, auf die inneren Bewegungen bezüglichen, Theorie, die sich bis jetzt nur bezüglich sehr einfacher Fälle (in vorigen Formeln) hat aufstellen lassen, etwas in der Art Entsprechendes darbietet, dass das Zusammenstimmen von Theorie und Erfahrung nicht wohl als Zufall angesehen werden kann. Findet sich diess, wie ich glaube, dass es sich im Gebiete der Töne findet, findet man zugleich, dass das, was man von den physischen und physiologischen Bedingungen der Uebertragung der äusseren Bewegungen ins Innere kennt, einem Entsprechen der äusseren und inneren Bewegungen hier in soweit günstig ist, als das Entsprechen zur Bestätigung der Theorie vorauszusetzen ist, wie ich glaube, dass es sich hier ebenfalls findet, so hält man dadurch die Richtigkeit der Theorie und die Correspondenz der äusseren und inneren Bewegungen nach den betreffenden Beziehungen zugleich für wesentlich begründet, und sucht nun, durch welche Erweiterungen oder Nebenbestimmungen entweder der Theorie, oder welche, nach der Sachlage möglichen oder wahrscheinlichen Abweichungen zwischen der Correspondenz äusserer und innerer Bewegungen man die Fälle, wo sich kein so unmittelbares Entsprechen zwischen den Resultaten der Theorie und Erfahrung zeigt, zu decken vermag. Man überlegt endlich, ob irgend eine andere Theorie in allen diesen Beziehungen zulänglicher ist oder mehr leistet, als die angegebene. So wird man, wenn zu keiner absolut gewissen, aber der wahrscheinlichstmöglichen psychophysischen Theorie und zugleich Ansicht über das Verhältniss der äusseren und inneren Bewegungen gelangen, und durch fortgesetzte Prüfung nach allen Richtungen diese Wahrscheinlichkeit bis zu dem Grade steigern können, den man der Gewissheit äquivalent setzt.

Indess mir nun die Uebereinstimmung der Theorie mit dem, was wir im Tongebiete finden, gross genug scheint, um aus ersterem Gesichtspuncte Zutrauen für die Grundpuncte der Theorie zu erwecken, fodern die Abweichungen, welche das Gebiet der Farben zwischen Theorie und Erfahrung darbietet, zu einer Untersuchung aus dem zweiten Gesichtspuncte auf, wobei insbesondere die Abweichung der Farben vom Weber'schen Gesetze (Th. I. S. 175) und das Helmholtz'sche Gesetz (Th. II. S. 176) unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen. Hierauf gehe ich im folgenden Kapitel ein. Einen Punct aber will ich gleich hier erörtern.

Die lebendige Kraft einer kreisförmigen Schwingung von der Amplitude a und Dauer τ ist doppelt so gross als die einer geradlinigen Schwingung von gleicher Amplitude und Dauer und ist gleich der lebendigen Kraft einer geradlinigen Schwingung von der Amplitude $a\sqrt{2}$ und Dauer τ*). Auch kann nach den Interferenzregeln ein circulärschwingender Stral von der Amplitude a einen geradlinigschwingenden von der Amplitude $a\sqrt{2}$ bezüglich der Helligkeit vertreten. Nach unseren obigen Formeln (Formel 1 und 4 auf S. 213) ist aber der Empfindungseffect einer kreisförmigen Schwingung von der Amplitude a gleich dem Empfindungseffecte einer geradlinigen nicht von der Amplitude $a\sqrt{2}$, sondern von der Amplitude $2a$; und es können überhaupt bei gleicher lebendiger Kraft der Schwingungen verschieden grosse Empfindungseffecte, je nach der verschiedenen Form der Schwingungen, entstehen, indess, so viel bis jetzt bekannt, eine gleiche lebendige Kraft von Lichtschwingungen bei gleicher Dauer und verschiedener Form einen gleichen Empfindungseffect gewährt.

Denken wir zuvörderst an eine Modification der Theorie, welche zur Hebung dieser Schwierigkeit möglicherweise nöthig

---

*) Diess findet sich, wenn man die lebendige Kraft, welche während einer Schwingung von der Dauer τ entwickelt wird, nach der Formel

$$\int_0^\tau v^2 dt$$

bestimmt, und dabei für v die S. 212 angegebenen Werthe substituirt. Man erhält so für die geradlinige Schwingung $\frac{2\pi^2 a^2}{\tau}$, für die kreisförmige $\frac{4\pi^2 a^2}{\tau}$.

sein könnte, so liesse sich, allgemein gesprochen, wohl denken, dass die Voraussetzungen, auf die sich die Theorie in der Construction des Empfindungseffectes geradliniger und kreisförmiger Schwingungen insbesondere stützte, in soweit triftig wären, dass für jede Form das richtige Abhängigkeitsverhältniss von a und n herauskäme, und nur eine Voraussetzung irrig wäre, welche zur Verknüpfung beider Effecte nöthig ist. In der That bedarf es hiezu einer gewissen Voraussetzung; und zwar ist, um die Wirkung verschieden geformter Schwingungen mit einander in Beziehung zu setzen, die Voraussetzung gestellt worden, dass die Empfindung von der Geschwindigkeit in gleicher Weise abhänge, mag dieselbe eine constante Richtung im Raume behalten, wie bei geradlinigen Schwingungen, oder ihre Richtung continuirlich ändern, wie bei kreisförmigen Schwingungen. Diese Voraussetzung ist nicht nur die einfachste, sondern scheint mir auch jetzt noch die wahrscheinlichste, wie denn auch bei Berechnung der lebendigen Kraft der Schwingungen nicht auf eine geänderte Richtung derselben Rücksicht genommen wird, aber sie ist keine an sich evidente, und wenn sich zur Verknüpfung der Thatsachen eine andere nöthig und hinreichend zeigen sollte, so würde sie zu machen sein. Nur gestehe ich, dass es mir nicht geglückt ist, eine solche zu finden, welche zugleich rationell und den Thatsachen entsprechend erschiene; eben so wenig vermöchte ich durch eine Substitution von 𝔳 für v etwas zu gewinnen; und ich halte es daher für wahrscheinlicher, dass die Abweichung zwischen Theorie und Erfahrung hier nicht an einem Fehler der Theorie, sondern einer fehlenden Correspondenz zwischen der Form der äusseren und inneren Bewegungen liegt.

In der That liegt gar kein physikalisches oder physiologisches Princip vor, welches uns überhaupt in irgend einem Falle eine unveränderte Uebertragung der Schwingungsform aus dem Aeusseren ins Innere verbürgte; und auch bei Tönen wird es nicht anzunehmen sein. So sehen wir die Schwingungsform des streichenden Violinbogens sich keinesweges unverändert in eine entsprechende der schwingenden Saite übersetzen; und fände sich eine Saite schon in Bewegung, so würde das Antreffen einer geradlinigen Schwingung nur in dem einzigen Falle wieder eine geradlinige Schwingung in derselben Richtung erzeugen, wenn die Bewegungsrichtung der Saite mit der der Schwingung zusammenfiele; sonst würde die Bewegung im Allgemeinen elliptisch, oder kreisförmig, oder geradlinig mit abgeänderter Richtung werden. Unsere Nerven, namentlich Sehnerven, sind aber schon ohne äusseren Reiz in gewisser Weise thätig und insofern einer bewegten Saite vergleichbar. Also wird auch die durch den Lichtreiz erweckte Bewegung nur abändernd in die schon vorhandene eingreifen können.

Wenn nun ein circulär polarisirter Stral mit der Amplitude a einen gleichen Effect bezüglich der Lichtempfindung äussert, als ein geradlinig polarisirter von der Amplitude $a\sqrt{2}$, so heisst diess meines Erachtens nichts Anderes, als, derselbe äussert einen der Grösse nach äquivalenten physischen Impuls in Betreff der Hervorrufung derjenigen Art innerer Bewegungen, auf denen die Lichtempfindung beruht; und überhaupt, wenn Stralen mit verschiedenen Schwingungsformen nach den Interferenzgesetzen äquivalent wirken, so gilt diese Aequivalenz immer nur für den physischen Impuls, den der Nerv zur Erzeugung der ihm eigenthümlichen Bewegungsformen empfängt, ohne dass damit gesagt ist, dass diese Formen sich nach denen des erregenden Strales richten.

Diese Annahme genügt vollständig, alle Abweichungen zu decken, die man etwa zwischen den Resultaten unseres Principes und denen der Interferenzformeln finden könnte.

Hienach wende ich mich zu einigen anderen Puncten von allgemeinerer Wichtigkeit.

Nach den Eingangs gepflogenen Erörterungen knüpft sich das Quantitative der Empfindung an das Quantitative dessen, an dessen Verknüpfungsweise die Qualität der Empfindung hängt. Insofern es sich nun bei dieser Verknüpfung handelt, ob sich gleiche oder ungleiche Bewegungsmomente folgen, und nach welchem Gesetze, welcher Function der Zeit sie sich folgen, scheint es eine Schwierigkeit zu machen, dass wir die gegenwärtige Empfindung durch eine Reihe von Momenten, die nicht in die Gegenwart fallen, mitbestimmt halten müssen, indem in den Moment der Gegenwart doch nur ein Schwingungsmoment auf einmal fallen kann.

Diese Schwierigkeit kann inzwischen nur eine Schwierigkeit der Vorstellung sein und wird durch die Unmöglichkeit überboten, die Qualität der Empfindungen von einzelnen Bewegungsmomenten abhängig zu machen. Denn hiemit würde sich weder die Constanz der Empfindung im Laufe einer Schwingung, wo sich die Bewegungsmomente continuirlich ändern, noch die Verschiedenheit der Empfindungen, sofern alle Bewegungen doch gleichartige Bewegungsmomente nur in verschiedener Zusammensetzung enthalten, erklären lassen. Unstreitig ist das Gefühl der Gegenwart selbst schon psychophysisch durch eine gewisse Folge von Momenten fundirt, oder fasst die Seele in diesem Gefühle eine physische Zeitfolge zusammen und verknüpft hiemit das Gefühl des Momentes schon mehrere wirkliche Zeitmomente. Die Seele, kann man sagen, erfüllt überhaupt mit ihrer Thätigkeit die Zeit, wie der Körper durch seine Ausdehnung den Raum; oder psychophysisch, die Form und Grösse der Seelenthätigkeit ist eine verknüpfende Function dessen, was in successiven Zeitelementen geschieht, wie die Form und Grösse des Körpers eine verknüpfende Function dessen, was in juxtaponirte Raumelemente fällt; und es liegt im Begriffe der Zeitextension an sich nichts, was hinderte, ihr diese analoge Stellung psychischerseits, wie dem Raume physischerseits beizulegen. Factisch ist alles Successive in unserer Seele in einer Einheit des Bewusstseins verknüpft, was keinesfalls an einzelnen Momenten hängen kann, sondern nothwendig als eine verknüpfende Function dessen, was in die Succession fällt, anzusehen ist. Muss aber diess für die ganze Bewusstseinseinheit durch die ganze Lebensdauer zugestanden werden, so hindert nichts, es ist vielmehr nur consequent, es auch für eine Empfindungseinheit in kleineren Zeitstrecken zuzugestehen, und es verschlägt nichts, dass wir uns diess nicht in der Vorstellung deutlich machen können, weil die Vorstellung selbst schon eine Zusammenfassung mehrerer Momente voraussetzt, und zerfallen müsste, um ihrer Zusammensetzungsweise zu gewahren.

Will man, so kann man auch sagen: jedes Moment einer Schwingung hinterlässt eine Nachwirkung in der Seele, und indem alle Momente eine solche Nachwirkung hinterlassen, entsteht eine zusammengesetzte Nachwirkung, welche die Empfindung giebt. Nur sagt man dann mit anderen Worten blos eben dasselbe, was wir sagen, wenn wir sagen, dass die Seele mit der Wirkung der gegenwärtigen Momente zugleich die der früheren zusammenfasse; es kann aber für manche Auffassungsweisen der Natur der

Seele bequemer sein, sich der einen als der anderen Ausdrucksweise zu bedienen, worüber wir nicht streiten.

Inzwischen könnte man auch geneigt sein, dem vorigen sächlichen Verhältnisse ein anderes zu substituiren, was aber meines Erachtens vielmehr damit zu verbinden ist, indem diese Verbindung Schwierigkeiten hebt, welche übrig bleiben möchten, wenn man sich an das vorige allein halten wollte, aber andere und wohl grössere Schwierigkeiten einführen würden, wenn man es demselben substituiren wollte.

Unsere Seele verknüpft doch nicht blos Successives, sondern auch Gleichzeitiges, wenn schon in anderem Sinne. Alles, was in unserem psychophysischen Systeme gleichzeitig zur Begründung von Bewusstseinsphänomenen wirkt, und das ist unstreitig ein grosser Zusammenhang von Bewegungen, giebt so gut eine psychisch einheitliche Bewusstseinsresultante, als die zeitliche Aufeinanderfolge dieser Bewegungen, und alle Momente, die während der Dauer der Schwingung eines Theilchens successiv in Nerv oder Gehirn auftreten, treten innerhalb der Länge einer Undulation gleichzeitig an der Reihe der in der Undulationslänge begriffenen Theilchen auf und tragen solidarisch bei, die Empfindung zu geben, da ja ihre Leistung dabei factisch nicht unterschieden werden kann.

Hienach schiene die Schwierigkeit, welche für die Vorstellung besteht, die Bildung einer Empfindung von bestimmtem Charakter auf eine Zusammensetzung successiver Momente zu begründen, ganz einfach dadurch gehoben werden zu können, dass man sie, statt vom Successiven, vom Gleichzeitigen abhängig macht, sofern Dasjenige, was der Mehrheit der Theilchen gleichzeitig begegnet, dem entspricht, was demselben Theilchen successiv begegnet, nur dass es dort räumlich, hier zeitlich explicirt ist. Wir würden daher auch dieselben Formeln, die wir durch eine zeitliche Summation gefunden haben, durch eine räumliche Summation wiederfinden müssen.

Inzwischen ist hiegegen erstens zu bemerken, dass, nachdem die Verknüpfung des Successiven in einem einheitlichen Bewusstsein doch Thatsache bleibt, und nur die solidarische Berücksichtigung dieser Verknüpfung des Successiven mit der des Gleichzeitigen das Seelenleben im Ganzen repräsentiren lässt, kein Grund ist, für die specialen Bewusstseinsphänomene blos die Verknüpfung des Gleichzeitigen in Betracht zu nehmen. Dazu kommt, dass der volle Ersatz der successiven Bewegungsmomente durch gleichzeitige in unserem Falle streng doch nur möglich sein würde, wenn man die Materie den Raum eben so continuirlich erfüllend denken könnte, als ein Theilchen mit seiner Bewegung die Zeit erfüllt. Aber die exacte Wissenschaft hat guten Grund, die atomistische Ansicht vorzuziehen, wonach es nicht möglich ist, dass in der Länge einer und selbst noch so vieler Undulationen wirklich alle Bewegungszustände, die im Laufe einer Schwingung an demselben Theilchen successiv vorkommen, gleichzeitig sich vorfinden, wenn schon sie einander so nahe liegen können, dass man für eine approximative Rechnung die Discontinuität durch Continuität ersetzt denken kann. Aber es scheint mir sehr misslich, Grundvorstellungen auf Approximationen zu begründen und, wenn doch einmal eine Kreisfunction den genauen Ausdruck für die Bewegung enthält, an die sich eine Empfindung knüpft, den Kreis in Wirklichkeit durch eine noch so grosse endliche Zahl discontinuirlicher Puncte ersetzt denken zu wollen, worauf die betreffende Ansicht hinauslaufen würde. Ich meine vielmehr, dass, sofern eine continuirliche Function den strengen Ausdruck für die betreffende Bewegung gewährt, und diese continuirliche Function sich an jedem Theilchen im Zeitlaufe darbietet, man auch principiell die Betrachtung und Rechnung darauf zu stellen und sie nicht durch eine discontinuirliche im Raume zu ersetzen hat, dass man also die Zeitsumme für jedes Theilchen zu nehmen hat, wie es von uns geschehen ist, diese Zeitsumme aber so oft zu nehmen hat, als es in derselben Weise schwingende Theilchen giebt, die zu derselben Empfindung solidarisch beitragen, d. i. mit der Zahl der Theilchen zu multipliciren hat, was da, wo die Theilchen gleichmässig durch den Raum s verbreitet, mithin der Zahl nach demselben proportional sind, darauf herauskommt, statt einer blossen Zeitsumme S_t eine Zeitraumsumme S_{ts} einzuführen, und in unseren Formeln statt des Factors t den in diesem Sinne verstandenen Factor st anzuwenden.

Nach dieser Auffassung hängt die Intensität der Empfindung wesentlich mit von der Zahl der dazu beitragenden Theilchen ab, und es kann eine grössere Amplitude der Schwingung durch eine grössere Zahl Theilchen, die mit kleinerer Amplitude schwingen, ersetzt werden, wie auch in Betreff der Erzeugung der objectiven physischen Schallstärke ein stark tönendes Instrument durch eine Mehrheit schwach tönender von gleicher Beschaffenheit ersetzt werden kann, und selbst eine einzige angeschlagene grosse Glocke bei unsichtbar kleinen Bewegungen ihrer Theilchen nur darum so stark tönt, weil sehr viele Theilchen diese Bewegung vollziehen.

Hierin liegt unstreitig eines der wichtigsten Mittel, mit den unsichtbar kleinen Bewegungen in unseren Nerven und Gehirn doch grosse psychische Leistungen hervorzubringen. Wenn blos ein Nerventheilchen innerlich schwänge, so müsste es unstreitig in ungeheurer Amplitude schwingen, um den Glockenton in derselben Stärke wiederzugeben, in der wir ihn jetzt hören, wie es aber auch von jedem Glockentheilchen selbst gälte, sollte es den Ton in gleicher Stärke geben, als ihn die ganze Glocke giebt.

Es scheint ein Wunder, dass unmerklich kleine Schwingungen in unseren Nerven als Kanonendonner, Heulen des Sturmes u. s. w. in unserer Seele wiederklingen können. Zum Theil erklärt es sich, in soweit hier überhaupt Erklärung möglich ist, daraus, dass die Wirkung der schwingenden Nerventheilchen für die Empfindung nicht durch einen, dem Quadrate der Entfernung von uns reciproken, Factor geschwächt ist, da sie in keiner Entfernung von uns sind, sondern dem empfindenden Organe selbst angehören. Aber zum Theil erklärt es sich auch daraus, dass es viele Theilchen sind, die zu derselben Empfindungsleistung beitragen.

Nun kann man fragen, ob sich eine Empfindungsgrösse mit geringerem Aufwande physischer Mittel, d. i. geringerer lebendiger Kraft, auf einen gegebenen Grad steigern lässt, wenn man die Zahl der schwingenden Theilchen oder wenn man die Amplitude vergrössert. In dieser Hinsicht mögen dieselben Formeln massgebend sein, welche im 21. Kapitel bezüglich Vertheilung und Concentrirung des Empfindungsreizes auf mehr oder weniger Puncte entwickelt sind, indem die Vertheilung des Empfindungsreizes auf eine grössere Zahl Puncte des empfindenden Organes selbst eben nichts Anderes als eine grössere Anzahl zur Empfindung beitragender psychophysisch thätiger Puncte repräsentirt. Nur dass es freilich nicht selbstverständlich und bis jetzt nicht erwiesen ist, dass die Grösse der intensiven Empfindungsresultante, zu welcher eine Anzahl nicht discret empfindender Puncte zusammenwirken, durch die Zahl und Thätigkeitsgrösse dieser Puncte in derselben Weise bestimmt wird, als die Grösse der extensiv explicirten Empfindungssumme, welche von einer Anzahl discret empfindender Puncte geliefert wird, auf welchen Fall sich jene Formeln eigentlich bezogen; indess es von der anderen Seite aber auch sehr wohl denkbar ist, dass der Fall der discret und der nicht discret empfindenden Puncte sich eben blos darin unterscheidet, dass dieselbe Empfindungsgrösse einesfalls sich extensiv explicirt, die sich andernfalls intensiv summirt.

Wenn schon der Schall, den eine Glocke giebt, objectiv als aus dem Schalle, den die Theilchen der Glocke geben, summirt angesehen werden kann; so ist doch zu berücksichtigen, dass die Theilchen einzeln in die Bewegung gar nicht hätten gerathen können, in die sie vermöge ihres Zusammenhanges zu gerathen vermögen. Entsprechend wird es sein in unserem psychophysischen Systeme. Ein Theilchen allein vermöchte sich überhaupt nicht in einer anderen als gleichförmigen Bewegung zu erhalten; damit ein Schwingungszustand entstehe und sich erhalte, müssen mehrere Theilchen sich durch Wechselwirkung dazu bestimmen, und hiemit hängt unstreitig auch das solidarische Zusammenwirken der Theilchen zu derselben Empfindung zusammen, soweit es in unserem psychophysischen Systeme besteht. Nun aber können verschiedene Fälle eintreten. Entweder alle Theile des Systemes, die zu einer Empfindung solidarisch zusammenwirken, vollziehen Bewegungen gleicher Art, nur dass sie sich zu derselben Zeit in verschiedenen Phasen derselben Bewegungsform finden, wie es in der Aussenwelt bei der Fortpflanzung des Lichtes, des Schalles in gleichförmigen Medien ist und wie ich voraussetze, dass es mit den Bewegungen ist, von welchen die Empfindung des Schalles in uns abhängt, weil es wirklich möglich ist, diese Empfindung von der Wiederholung der Bewegungsform schon eines einzelnen Theilchens abhängig darzustellen, ohne dass damit gesagt ist, dass das Theilchen diese Bewegungsform auch als einzelnes würde haben annehmen können. Oder es gehört zum Zustandekommen der Empfindung ein solidarisches Zusammenwirken von Theilchen mit Bewegungen verschiedener Art, und es steht uns frei, hieran bei solchen Empfindungen zu denken, wo jene einfache Voraussetzung nicht mehr genügt.

Alle im Vorigen entwickelten Formeln gewähren nur Massausdrücke für die quantitative Seite der Empfindung, ohne über die Qualität etwas auszusagen, so dass gleiche Masswerthe bei verschiedenen Bewegungsformen desshalb noch nicht gleiche Empfindungen, sondern nur gleiche quantitative Werthe dieser Empfindungen bedeuten. Unstreitig ist vorauszusetzen und schon früher bemerkt, dass die Form der Empfindungen an der Form der Function hängt, wodurch die Bewegungsmomente verknüpft werden, die zur Empfindung beitragen; aber indem jene Formeln das quantitative Facit für die ganze Folge von Bewegungsmomenten ziehen, an welche sich die Empfindung knüpft, geht die Bezeichnung der Verknüpfungsweise dieser Bewegungsmomente darin verloren, und es ist vielmehr die Form der Function von t, welche das in die Elementarformel eingehende v darstellt, als Ausdruck der Bewegungsform anzusehen, wodurch die Empfindungsform bestimmt wird.

So ist die Qualität der Empfindung, die sich an eine einfache geradlinige Schwingung knüpft, nicht zugleich mit der Quantität durch den Ausdruck

$$S_t = kt \log \frac{an}{a_1 n_1}$$

auf den wir definitiv gekommen sind, als gegeben anzusehen, wohl aber durch den Ausdruck

$$S_t = k\int_0^{n\tau} \log\left(\frac{2\pi a}{b\varepsilon} \sin\frac{2\pi t}{\tau}\right) dt$$

In letzter tritt die Zerlegbarkeit in drei Momente, ein von a, ein von τ und ein von der periodischen Wiederkehr derselben Bewegungsmomente abhängiges Moment hervor, indess das letzte Moment im ersten Ausdrucke untergegangen ist.

Ein Umstand, der in gewisser Weise direct dafür zu sprechen scheinen könnte, dass der Empfindungsbeitrag im Sinne der Elementarformel vielmehr von der Geschwindigkeit zweiter Ordnung $\mathfrak{v}$ als erster Ordnung v abhängig zu machen, ist folgender: Man weiss, dass ein blosses Durchströmen von Elektricität durch die Organe keine oder bei weitem weniger auffällige Empfindungserscheinungen hervorbringt, als die Abänderung der Stromstärke, und namentlich als der Eintritt und Austritt der Strömung, welche als die stärksten und schnellsten Abänderungen der Stromstärke respectiv in Zunahme und Abnahme angesehen werden können, und dass es überhaupt hiebei wesentlich auf die Schnelligkeit der Zunahme oder Abnahme des elektrischen Stromes, kurz auf die Grösse der Geschwindigkeit zweiter Ordnung ankommt*). Allerdings schweigt die Empfindung im Allgemeinen nicht ganz während des Geschlossenseins der Kette; aber es ist sehr wohl möglich, diese in mässigem Grade fortdauernden Empfindungen von demselben Principe abhängig zu machen, als die stärkeren beim Eintritte und Austritte der Strömung. Denn es ist zu berücksichtigen, dass die periodischen Schwankungen innerhalb des Organismus, die schon der Puls des Blutlaufes mitführen muss, unstreitig auch in der durchströmenden Elektricität beständige Schwankungen erzeugen, und umgekehrt dadurch irgendwie abgeändert werden müssen. Bei Schluss der Kette am Auge sieht man nicht blos einen Blitz im Momente des Schliessens, sondern auch eine schwache Lichterscheinung während der Dauer des Geschlossenseins. Aber wir haben uns zu erinnern, dass man ja sogar schon ohne elektrischen Reiz eine dauernde Gesichtsempfindung im Auge hat, das Augenschwarz, das zuweilen selbst in lebhafte Gesichtserscheinungen umschlägt. So gut nun unter Einwirkung eines constanten Luftstromes die Zunge einer Zungenpfeife, die an sich der Schwingung fähig ist, in dauernde Schwingung versetzt werden kann, wird auch unter Einwirkung eines constanten elektrischen Reizes eine Schwingung in dem dazu geeigneten Sehapparate unterhalten werden können, welche Veränderungen der Geschwindigkeit in sich einschliesst.

Inzwischen scheint mir durch jene Thatsache nur gegen die ohnehin nicht statuirbare Möglichkeit entschieden zu werden, den Empfindungsbeitrag von einer absoluten Geschwindigkeit erster Ordnung abhängig zu machen, aber nicht gegen die Abhängigkeit von einer relativen Geschwindigkeit erster Ordnung. Unstreitig kommen für die inneren Empfindungen jedes psychophysischen Systemes, wie unseres Nervensystemes, blos relative Bewegungen seiner Theile und mithin auch nur relative Geschwindigkeiten in Betracht. Sonst müssten, wenn der Mensch sich mit der Erde bald langsamer, bald schneller um die Sonne bewegt, nach den Veränderungen der Geschwindigkeit, sei es erster oder zweiter, welche hiebei eintreten, auch Aenderungen seines psychischen Zustandes eintreten. Wenn nun die galvanische Strömung gleichförmig wird, so hört hiemit freilich die Beschleunigung und Verzögerung der

---

*) Vgl. Dubois Unters. Bd. I. S. 258 ff.

Theilchen, aber zugleich auch die relative Bewegung derselben gegen einander auf; indess beim Eintritte und Austritte und jeder Veränderung der Strömung, die doch immer von gewissen Puncten aus angeregt wird, relative Geschwindigkeiten eintreten, bis die Geschwindigkeit aller Theilchen sich ausgeglichen hat. Uebrigens bleibt immer zuzugestehen, dass die Erfahrung noch nicht zwischen v und $\mathfrak{v}$ entschieden hat und die Frage im Grunde noch schwebt.

Wenn die Elementarformel $\gamma dt = k \log \frac{v}{\mathfrak{b}} dt$ oder $\gamma dt = k \log \frac{\mathfrak{v}}{\mathfrak{b}} dt$ sich für die Bewegungen in unserem Nervensysteme allgemein zulänglich zeigen sollte, so würde damit doch noch nicht bewiesen sein, dass von jedem v oder $\mathfrak{v}$ in der Welt ein Empfindungsbeitrag im Sinne dieser Formel abhienge, indem dazu möglicherweise noch Vorbedingungen oder Mitbedingungen erfoderlich sein könnten, wie sie in unserem Nervensysteme vorhanden sein, aber anderwärts fehlen könnten, während man von der anderen Seite natürlich darauf, dass wir keine Empfindungen von Bewegungen ausserhalb unseres Nervensystemes haben, noch keinen Erfahrungsbeweis gründen kann, dass sie ausser uns fehlen, und dass Empfindungen überhaupt nur mittelst eines Nervensystemes möglich sind. Diese Möglichkeiten ausführlich zu discutiren, ist hier nicht der Ort und würde keinen bestimmten Erfolg haben. Nur folgenden Punctes wird zu gedenken sein.

Wir würden uns nicht wohl denken können, dass eine Gesichtsempfindung, Gehörsempfindung so zu sagen im Leeren schwebte, d. h. ohne ein allgemeineres Bewusstsein existirte, das dieselbe hätte. Und so liegt es auch nahe, zu glauben, dass eine einfache Schwingungsbewegung nur insofern Empfindung erwecken kann, als sie in ein allgemeineres System von Bewegungen eingreift, wie das ist, welches unser allgemeines Bewusstsein trägt, und im Leeren schwebend auch keine Empfindung erwecken könnte. Nur dass sie im Leeren auch nicht existiren könnte, da zu ihrer Entstehung selbst schon ein Zusammenhang, eine Wechselwirkung von Theilen gehört, deren Bewegungen im Zusammenhange erfolgen.

Wie dem auch sei, so ist unser Bewusstsein während des Wachens, abgesehen von äusseren Reizen, thätig, was eine von äusseren Reizen unabhängige psychophysische Thätigkeit in uns voraussetzt. Und wie sie auch beschaffen sei, so kann doch die Geschwindigkeit derselben für irgend einen dabei thätigen Punct (nach irgend einer Richtung zerlegt) nach dem Fourierschen Satze durch eine Reihe periodischer Glieder plus einer Constante dargestellt werden. Sei ihr Werth V, und füge der Reiz den Werth v hinzu.

Wenn es nun gälte, die Verhältnisse des Allgemeinbewusstseins zu bestimmen, ein Mass für dessen Intensität, sein Steigen über oder Sinken unter die Schwelle zu finden, so würde diess (in soweit wir die Bewegung blos nach einer Richtung verfolgen) wahrscheinlich geschehen können, wenn wir $V + v$ statt wie früher blos v in die Elementarformel substituirten, und integrirten. Es liesse sich nicht a priori beweisen, dass zur Erlangung des Massausdruckes für die Empfindung, welche sich an v insbesondere knüpft, v abgesondert von V behandelt werden kann; sondern nur der Erfolg dieser Behandlung lehrt es. Wir haben in der Ableitung unserer Formeln es so angesehen, als wenn v allein bestände, haben auf V nicht Rücksicht genommen, und sind dadurch zu Ergebnissen gelangt, welche der Erfahrung entsprechen.

Specielle Untersuchungen über einige Empfindungsgebiete.

XXXIII. Ueber Licht- und Schallempfindung in Beziehung zu einander.

Die Erörterungen des 30. Kapitels haben uns mehrseitig Veranlassung gegeben, das psychophysische Verhältniss zwischen Tönen und Farben in Betracht zu ziehen, und die Aufgabe nahe gelegt, wo möglich in den thatsächlichen Verhältnissen der physischen Uebereinstimmung und Verschiedenheit, die bei ihnen obwalten, den Grund der psychischen zu entdecken.

Schicken wir der folgenden Untersuchung, die in dieser Beziehung geführt ist, die Betrachtung einiger Verhältnisse, welche die Farben insbesondere angehen, voran, auf welche sich die Untersuchung theils mit zu beziehen, theils zu stützen haben wird.

a) Ueber die Gränzen der Sichtbarkeit der Farben und die Ursachen der Beschränkung dieser Sichtbarkeit.

Bekanntlich hält sich die Sichtbarkeit der Farben innerhalb gewisser Gränzen der Brechbarkeit, mithin Schwingungsschnelligkeit und damit zusammenhängenden Undulationslänge, und es wird sich hier darum handeln, theils diese Gränzen genauer anzugeben, theils zu untersuchen, wovon sie abhängen, ob davon, dass Schwingungen unter und über einem gewissen Grade der Schnelligkeit nach der Natur der uns zu Gebote stehenden Lichtquellen und der Einrichtung des Auges überhaupt nicht bis zur Netzhaut gelangen, oder davon, dass sie unter und über einem gewissen Grade der Brechbarkeit nicht von der Netzhaut percipirt zu werden vermögen, auch wenn sie zu derselben gelangen. Diese Untersuchung kann nur mit Rücksicht auf die Intensitäts-Verhältnisse von Licht und Wärme im Spectrum und die Frage, ob eine wesentliche Identität oder Nichtidentität beider Agentien besteht, geführt werden; auf welche Frage daher hier nothwendig mit einzugehen sein wird.

Als im Allgemeinen bekannt wird vorausgesetzt, dass in einem aus homogenen Farben gebildeten prismatischen Spectrum sich dunkle Linien zeigen, welche für jede Lichtart bestimmten Ursprunges stets zwischen Stralen von derselben Brechbarkeit liegen, daher zur Charakteristik von Stralen gegebener Brechbarkeit dienen können. Die am meisten charakteristischen dieser Linien werden nach der Reihe vom Roth nach dem Violet und ins Ultraviolet hinein mit grossen, von **Stokes** jedoch und früherhin auch von **Helmholtz** im Ultraviolet mit kleinen, lateinischen Buchstaben bezeichnet.

Davon liegen*) *A*, *B*, *C* im Roth, *D* im Orange, *E* im Grün, *F* im Blau, *G* im Indig**), *H* im Violet. *I* wird von **Fraunhofer** als violete Gränze des Spectrum bezeichnet.

Abbildungen des Spectrum nach **Fraunhofer** vom rothen Ende bis zur Linie *I* finden sich u. a. in Gilb. Ann. LVI. Taf. IV.; Biot's Lehrb. Bd. V. Taf. XXI.; Herschel über das Licht, Taf. V. u. a. a. O. — Eine Abbildung des äussersten violeten und des ultravioleten Spectrumtheiles mit den festen

---

*) **Herschel**, über d. Licht. §. 419.

) Diese Angabe nach **Herschel. Nach Vergleich der beiden folgenden Tabellen schiene *G* vielmehr noch zum Violet zu gehören, und in **Fraunhofer's** Spectrumzeichnung liegt *G* mitten zwischen den mit **Indig** und **Violet** bezeichneten Stellen. Wegen des allmäligen Ueberganges der Farben und der mit der Stärke des Lichtes variirenden Nuance des brechbaren Spectrumtheiles (Pogg. XCIV, 42) wird hier keine scharfe Bestimmung möglich sein.

Linien giebt Stokes in Pogg. Ann. 4. Ergänz.-B. Taf. I. Fig. 4. (Erläuterung S. 200), eine Abbildung des gesammten Spectrum von Roth bis zum letzten Ultraviolet Esselbach in Pogg. XCVIII. Taf. V. Fig. 6. (Erläuterung S. 514 ff.) Obschon im Stokes'schen Spectrum die Linien des ultravioleten Theiles mit kleinen, im Esselbach'schen mit grossen Buchstaben bezeichnet sind, so entsprechen doch dieselben Buchstaben denselben Linien, wie nicht nur aus dem Vergleiche der Spectra hervorgeht, sondern auch aus einer Angabe Esselbach's in Berl. Ber. 1855. S. 760 zu schliessen ist.

In mehrfacher Beziehung von nützlichem Anhalt für das Folgende werden nachstehende zwei Tabellen sein, deren erste, von Esselbach*), die vom gewöhnlich sichtbaren Spectrum auf das Ultraviolet mit ausgedehnten Bestimmungen derselben über die, den festen dunklen Linien im Spectrum entsprechenden Wellenlängen, zusammengestellt mit den Fraunhofer'schen Bestimmungen, welche nur bis zum Violet reichen, enthält, die zweite, von Helmholtz**) die, auf Esselbach's Bestimmungen mit Zuziehung einiger eigenen Bestimmungen über die Grenzen des Spectrum gegründete, Zusammenstellung der Farben mit Tonhöhen, wenn die Linie *A* dem Tone *G* entsprechend und die Wellenlänge des Tons *c* = 1 gesetzt wird, indess die Wellenlängen der Farben in Millimetern, wie in Esselbach's Tabelle ausgedrückt sind.

Tabelle von Esselbach.

Linien des Spectrum	Wellenlängen in Millimetern	
	nach Esselbach	nach Fraunhofer
A	0,0007617***)	. . . . . .
B	6874	0,0006878
C		6564
D	5886	5888
E	5260	5260
F	4845	4843
G	4287	4291
H		3929
L	3791	
M	3657	
N	3498	
O	3360	
P	3290	
Q	3238	
R	3094	

---

*) Pogg. XCVIII, 386.

**) Berichte der Berl. Ak. 1855, 761.

***) Diese Bestimmung für *A* ist hier nach Helmholtz zugefügt, da sie in den Esselbach'schen Bestimmungen nicht enthalten ist.

Tabelle nach Helmholtz.

Ton.	Wellenlänge des Tons	Wellenlänge der Farbe	Beschaffenheit der Farben
Fis	$\frac{64}{45}$	0,0008124	Ende des Roth
G	$\frac{4}{3}$	7617	Roth
Gis	$\frac{32}{25}$	7312	Roth
A	$\frac{6}{5}$	6709	Roth
B	$\frac{10}{9}$	6347	Rothorange
H	$\frac{16}{15}$	6096	Orange
c	1	5712	Gelb
cis	$\frac{15}{16}$	5357	Grün
d	$\frac{8}{9}$	5078	Grünblau
dis	$\frac{5}{6}$	4769	Cyanblau
e	$\frac{4}{5}$	4570	Indigblau
f	$\frac{3}{4}$	4293	Violet
fis	$\frac{32}{45}$	4062	Violet
g	$\frac{2}{3}$	3808	Ueberviolet
gis	$\frac{16}{25}$	3656	Ueberviolet
a	$\frac{3}{5}$	3403	Ueberviolet
b	$\frac{9}{16}$	3279	Ueberviolet
h	$\frac{8}{15}$	3047	Ende des Sonnenspectrum.

Ferner wird die allgemeine Thatsache der *Fluorescenz* als bekannt vorausgesetzt, wonach manche Substanzen (wie saure schwefelsaure Chininlösung oder damit bestrichenes Papier) die Lichtstralen, welche durch sie hindurchgehen oder von ihnen zurückgeworfen werden, in der Brechbarkeit erniedrigen, was die Sichtbarkeit derjenigen Stralen erleichtert, welche die violete Gränze des gewöhnlich sichtbaren Spectrums in der Brechbarkeit überschreiten, indem sie dadurch in Stralen verwandelt werden, welche in die Gränzen der gewöhnlichen Sichtbarkeit eintreten.

Das von **Newton** gekannte und ohne eigenthümliche Vorsichten sichtbare prismatische Farbenspectrum umfasst nur etwa 1 Quinte.

J. **Herschel**[*] giebt die Undulationslänge des äussersten Roth zu 0,0000266, die des äussersten Violet zu 0,0000167 engl. Zoll in Luft (respectiv 0,0004242 und 0,0006756 Mill.), die Anzahl der Vibrationen in 1 Sec. bei ersterem zu 458 Billionen, bei letzterem zu

---

[*] Ueber das Licht. §. 873.

727 Billionen an. Indessen sind diese Gränzen schon durch **Fraunhofer** erweitert worden, der mindestens eine Octave beobachtet hat, wie aus dem Vergleiche folgender Angabe desselben mit den Bestimmungen der Wellenlänge und der Ansicht des von ihm verzeichneten Spectrum, das von der Linie *I* als Gränze des Violet bis ein wenig über die Linie *A* hinaus reicht, hervorgeht.

»Ungefähr bei *A* ist das rothe, bei *I* das violete Ende des Farbenbildes, eine bestimmte Gränze ist aber auf keiner Seite mit Sicherheit anzugeben, leichter noch bei Roth, als bei Violet. Ist alles unmittelbar oder durch einen Spiegel reflectirte Sonnenlicht ausgeschlossen, so scheint auf der einen Seite die Gränze ungefähr zwischen *G* und *H* zu fallen, auf der anderen Seite in *B* zu sein. Mit Sonnenlichte von sehr grosser Dichtigkeit wird das Farbenbild fast noch um die Hälfte länger*), um aber diese grössere Ausdehnung desselben sehen zu können, muss das Licht von dem Raume zwischen *C* und *G* verhindert werden, in das Auge zu kommen, weil der Eindruck, den das Licht von den Gränzen des Farbenbildes auf das Auge macht, sehr schwach ist und von dem übrigen verdrängt wird. In *A* ist eine scharf begränzte Linie gut zu erkennen; doch ist hier nicht die Gränze der rothen Farbe, sondern sie geht noch merklich darüber weg.«

Dass das Sonnenlicht über die rothe und violete Gränze des ohne besondere Vorsicht sichtbaren Spectrums hinaus noch Stralen von geringerer und grösserer Brechbarkeit enthält, war schon längst durch die wärmenden Wirkungen der jenseits des Roth und die chemischen Wirkungen der jenseits des Violet liegenden Stralen bekannt. Von diesen, in gewöhnlichen Spectris unsichtbaren, Stralen werden die ersten heutzutage nicht selten **ultrarothe**, die letzten **ultraviolete** oder **überviolete** genannt.**) Auch kann die Sichtbarkeit der ultravioleten Stralen durch Fluorescenz vermöge Verwandlung in minder brechbare erleichtert werden.

Des Näheren nun geht aus den neuen Untersuchungen Folgendes hervor:

---

*) Wenn ich diess recht verstehe, so bedeutet diess eine Verlängerung noch über *I* hinaus.

) **Helmholtz, von welchem der Name **überviolete** Stralen herrührt (Pogg. XCIV, 18), erklärt nicht bestimmt, von wo an er dieselben rechnet, und unstreitig könnte eine Gränze nur conventionell bestimmt werden, da die Nüancen ohne solche in einander übergehen. Nach der S. 241 gegebenen Tabelle rechnet er eine Wellenlänge 0,0004062, welche nach S. 240 zwischen *G* und *H* liegt, noch zum Violet, und 0,0003808, was sehr nahe der Linie *L* entspricht, zum Ueberviolet. Indem nun **Fraunhofer** das Ende des Violet bei *I* setzt, würde der Anfang des Ueberviolet etwa von *I* oder *K* an zu rechnen sein, deren Wellenlänge bis jetzt noch nicht bestimmt ist.

4) Die ultravioletten Stralen können bis zu der Gränze der Brechbarkeit, in der sie überhaupt im Sonnenspectrum vorhanden und durch Fluorescenz zur Wahrnehmung zu bringen sind, nach den übereinstimmenden Versuchen von **Helmholtz***) und **Esselbach****) auch ohne dieses Hülfsmittel (also ohne Verminderung der Brechbarkeit) mit den Augen wahrgenommen werden, wenn man derartige Massregeln trifft, dass die ultravioleten Stralen möglichst vollständig durch die zur Erzeugung und Betrachtung des Spectrums gebrauchten Medien durchgehen, was mit Quarz (Bergkrystall) besser als mit Glas der Fall ist***), und wenn theils die Nachbarschaft des hellern Spectrumtheils, wodurch das Auge geblendet wird, theils Beimischung unregelmässig zerstreuten Lichts zum ultravioleten durch das Prisma regelmässig gebrochenen Lichte ausgeschlossen wird, ein Zweck, den man im Allgemeinen erreicht†), wenn man den ultravioleten Theil aus dem mittelst eines Quarzprisma entworfenen Spectrum durch einen Schirm mit Spalte isolirt und durch ein Fernrohr aus Quarzlinsen mit vorgesetztem zweiten Quarzprisma betrachtet.

Hinsichtlich der äussersten ultravioleten Gränze bemerkt **Esselbach** (Pogg. XCVIII, 523): »hinter *R* ward nur einmal im Laufe des Sommers sehr schwach noch eine Linie *S* gesehen.«

Wenn demnach keine Farben über einen gewissen Grad der Brechbarkeit im Sonnenspectrum vom Auge mehr wahrgenommen werden, so ist der Grund der, dass keine in diesem Spectrum mehr vorhanden sind; und also auf eine an sich für das Auge nach dieser Seite bestehende Gränze der Sichtbarkeit aus Beobachtungen am Sonnenspectrum direct nicht zu schliessen.

Nun hat **Stokes**††) die Beobachtung gemacht, dass das elektrische Kohlenlicht ein Spectrum giebt, welches noch viel brechbarere Stralen enthält, als das Sonnenspectrum, so dass diesem†††) ungefähr noch eine Octave in der Höhe zugefügt wird. Bis jetzt scheint indess dieses Spectrum nur unter Zuziehung fluorescirender Substanzen, wodurch sich die Brechbarkeit erniedrigt, beobachtet worden zu sein, und ich finde weder eine Angabe, dass der Theil, welcher durch diess Spectrum dem Sonnenspectrum zugefügt wird, ohne diess Hülfsmittel habe wahrgenommen werden können, noch eine Angabe, welche das Gegentheil ausspricht, so dass also noch durch den Versuch zu ermitteln wäre, ob nicht hier sich eine Gränze der Sichtbarkeit direct zeigte.

---

*) Pogg. XCIV, 1. 205.

**) Pogg. XCVIII, 513.

***) Doch ist es **Helmholtz** auch mit blossen Glasprismen gelungen (Pogg. XCIV, 1 ff.).

†) Vergl. **Helmholtz** in Pogg. LXXXVI, 501. XCIV, 1. 205. Berichte d. Berl. Ak. 1855. 757. **Esselbach** in Pogg. XCVIII, 513.

††) Pogg. LXXXIX, 628.

†††) Nach **Esselbach**'s Bemerkung in den Ber. d. Berl. Ak 1855. 760.

So lange man das Dasein der ultravioleten Stralen nur aus ihren chemischen Wirkungen und durch Fluorescenz zu erkennen vermochte, lag die Vermuthung nahe, dass dieselben unsichtbar wären, weil sie von den Medien des Auges absorbirt würden, und Versuche von **Brücke** über die Wirkung diffusen weissen Lichts nach seinem Durchgange durch die durchsichtigen Augenmedien auf eine dünne Schicht eingetrockneter Guajaktinktur*) liessen ihn den Schluss ziehen, »dass die Linse die brechbarsten (das Guajak bläuenden) Stralen in sehr hohem Grade absorbirt, weniger die Cornea und der Glaskörper, am meisten aber die Linse mit diesen beiden Medien zusammen«, welchen Versuchen er später noch andere bestätigend zufügte**), wonach auch die ultravioleten Stralen eines prismatischen Spectrums nach dem Durchgange durch Linse, Glaskörper und Cornea eines Ochsenauges nicht mehr verändernd auf empfindliches photographisches Papier wirkten, indess die violeten Stralen noch lebhaft einwirkten. Inzwischen abgesehen davon, dass die Sichtbarkeit der ultravioleten Stralen durch die obigen Beobachtungen von **Helmholtz** und **Esselbach** jetzt direct constatirt ist, hat auch **Donders*****) nach einer andern Methode entgegengesetzte Resultate als **Brücke** erhalten, wonach die ultravioleten Stralen nicht nur überhaupt von den Augenmedien durchgelassen werden, sondern eben so leicht als die brechbareren.

Das Princip des Versuches von **Donders** war dieses:

Wie leicht zu erachten, braucht man, um zu prüfen, ob ultraviolete Stralen durch die Augenmedien durchgehen, nur ein Spectrum auf einem Schirme zu entwerfen, welcher mit saurer schwefelsaurer Chininlösung (was eine fluorescirende Substanz ist) bestrichen ist, und zuzusehen, ob die durch Fluorescenz sichtbar gewordenen ultravioleten Stralen auch noch sichtbar bleiben, wenn man die durchsichtigen Augenmedien interponirt. Ist es der

---

*) Müller's Arch. 1845. 263.

**) Müller's Arch. 1846. 379.

***) Müller's Arch. 1853. 459.

Fall, so können sie natürlich nicht von diesen Medien absorbirt sein. Donders füllte nun zuvörderst Gläschen verschiedener Grösse mit Glaskörpern einiger Rindsaugen und brachte das eine oder andere zwischen den schwefels. Chininschirm, zu dem man blos die Stralen des Spectrum jenseits des Violet gelangen liess (damit sie für sich desto besser sichtbar würden), und zwischen die Lichtquelle. Sie erschienen noch eben so gut und bis zur selben Gränze als ohne diese Zwischeinbringung, nur mit so viel Schwächung, als auch eintrat, wenn man die minder brechbaren Stralen des Spectrum demselben Versuche unterwarf. Es wurden dann auch noch die andern Medien des Auges, Hornhaut, Linse, Retina, jedes für sich in einem mit Ochsenaugenglaskörper gefüllten Gläschen aufgehangen, so wie auch die ganze vordere Hälfte eines Auges; worin Hornhaut, wässerige Feuchtigkeit, Linse und Glaskörper vereinigt waren, in ähnlicher Weise angewendet, und keine wesentlich verschiedenen Resultate erhalten, nur dass bei Anwendung der Linse und des halben Auges die Erscheinung durch die Linsenwirkung in der Form etwas abgeändert wurde.

Das von Donders erhaltene Resultat ist später von Kessler*) auch noch auf folgende Weise bestätigt worden. Es wurden prismatische Spectra im dunklen Raume mit allen zur Ausschliessung fremden Lichtes erforderlichen Vorsichtsmassregeln dargestellt, und geprüft, ob solche Individuen, welchen die Krystalllinse durch Operation entzogen war, das Spectrum auf seiner brechbarsten Seite bis zu gleicher Ausdehnung wahrnehmen, wie Personen mit normalem Sehapparate. Es stellte sich kein irgend erheblicher Unterschied heraus. Eine Person, welche wegen seitlich verschobener Krystalllinse ein Doppelbild des Spectrum sehen konnte, und zwar unter Zuhülfenahme einer Linse beide Bilder in gleicher Schärfe, sah das Violet in gleicher Ausdehnung.

2) Von den ultrarothen Stralen gilt nicht dasselbe, als von den ultravioleten; sie haben sich (jenseits der durch die Tabelle S. 241 bezeichneten Gränze) bis jetzt in keiner Weise für das Auge, sondern überhaupt nur durch ihre erwärmenden Wirkungen, wahrnehmbar machen lassen.

Bei diesen Stralen kann es jedoch noch als zweifelhaft gelten, ob nicht ihr Mangel an Sichtbarkeit blos durch eine starke Absorption Seitens der Augenmedien bedingt wird, oder ob eine mangelnde Perceptionsfähigkeit der Netzhaut dafür mit Antheil hat. Gewiss ist, dass Wasser, Eiweiss und andere durchsichtige Flüssigkeiten von den dunklen Wärmestralen verhältnissmässig weniger als von den leuchtenden durchlassen, im Allgemeinen um so weniger, je niedriger die Temperatur der Wärmequelle ist und je dicker die Schicht ist, durch welche die Stralen zu gehen haben. Jedoch lassen sie von den dunklen ultrarothen Stralen des Sonnenspectrum immerhin einen factisch nicht unerheblichen Antheil durch. Nach den directen Versuchen von Franz[*]) an den ultrarothen Stralen eines mit einem Flintglasprisma erzeugten Sonnenspectrum, welches sein Wärmemaximum im Roth hatte, wurde durch Interposition einer (zwischen Glasflächen enthaltenen) Wasserschicht von 63 Mill. Dicke die Temperatur der dem Roth nächsten dunklen ultrarothen Zone (jede Zone von 3 Mill. Breite) blos von 11,81 auf 5,93, die der folgenden von 8,77 auf 1,66, die der dritten von 6,11 auf 0,83[**]) *erniedrigt*, indess die Erniedrigung für das Roth selbst von 15,11 auf 10,00 gieng. (Noch weniger betrug die Reduction im dunklen Theile bei Kochsalzlösung oder Alkohol statt Wasser.) Wonach es schwer fällt, sich zu denken, dass die wesentlich wässerigen und eiweissartigen Augenmedien bei ihrer viel geringeren Dicke nichts Erhebliches von den ultrarothen Stralen durchlassen sollten, da zumal nach **Melloni**'s Angabe[***]) Eiweiss von Wasser in der Diathermanität nicht wesentlich abzuweichen scheint, und in einem Flintglasspectrum die ultrarothen Stralen durch Absorption Seitens des Glases schon reducirt sind. Und hienach würde allerdings eine mangelnde Empfindlichkeit der Netzhaut für ultrarothe Stralen als Grund ihrer Unsichtbarkeit mit in Anspruch zu nehmen sein; jedoch wird es erst noch directer Versuche über die Durchgängigkeit der Augenmedien für ultrarothes Licht bedürfen, um in dieser Beziehung ein sicheres Urtheil fällen zu können.

---

*) Gräfe's Arch. 1854. S. 466; hier nach Liebig und Kopp Jahresber. für 1854. S. 158.

Allerdings hat **Brücke**[†]) directe Versuche angestellt, nach welchen durch Hornhaut und Linse eines frischen Ochsenauges, einzeln oder in Verbindung angewandt, nichts für den Thermomultiplicator Merkliches von der dunklen Wärme durchstralte, welche von einem durch eine Oellampe ziemlich hoch, doch bei Weitem nicht zum Glühen erhitzten schwarzen Eisenblechcylinder herrührte, indess das freie Licht der Lampe durch die Hornhaut allein 8° bis 9°, durch die Linse allein 4½° (durch beide zusammen Nichts) gab, und indess eine Wasserschicht von 18 Mill. Dicke zwischen Glimmerplatten von der Linse gleichem Querschnitte und ein Kalkspathkrystall von 3,7 Mill. Dicke mit einander combinirt 2° bei Durchstralung der dunklen Wärme gaben. Allein von dunkler Lampenwärme lasst sich kein bindender Schluss auf Sonnenwärme machen, als welche in anderen Verhältnissen aus wärmenden und leuchtenden Stralen zusammengesetzt ist. Und ein späterer Versuch von Brücke*) mit Sonnenlicht kann ohne genauere Untersuchung der Wirkungsweise der dabei mit zugezogenen dünnen Russschicht, durch welche die Stralen zu dringen hatten, ebenfalls nicht als hinreichend beweisend gelten.

---

[*]) Pogg. CI, 51.

[**]) Die Zahlen sind Grade des Thermomultiplicators.

[***]) Pogg. XXXV, 293.

[†]) Müller's Arch. 1845. 271.

3) Nach der Bestimmung von Helmholtz**) beträgt der ganze, ohne Hülfe von Fluorescenz sichtbare, Theil des Sonnenspectrum vom äussersten Roth bis zum äussersten Violet, bei Anwendung aller Massregeln, welche die directe Sichtbarkeit erleichtern können, etwa eine Octave plus einer Quarte (vergl. S. 241); und zwar ist nach Helmholtz die Wellenlänge des äussersten sichtbaren Roth (bei einem Spectrum, von dem alles Licht mit Ausnahme des äussersten Roth durch Anwendung von zwei Prismen und zwei Schirmen abgeblendet war) 0,0008124 Mill., die des äussersten Ultraviolets 0,0003047; wozwischen sich die von Esselbach bestimmten Wellenlängen der dunklen Linien in der S. 240 angegebenen Weise einreihen.

4) Die neuesten Versuche von J. Müller***) führten denselben zuerst zu dem Resultate, dass die Wellenlänge der äussersten ultrarothen Stralen des Sonnenspectrum 0,00183 Mill. sei, später nach einer anderen Berechnungsweise, dass sie 0,0048 Mill. sei. Und sofern die Wellenlänge der äussersten ultravioleten Stralen 0,0003047 Mill. ist, würde ersteres etwas über $2\frac{1}{2}$, letzteres gar 4 Octaven für die Ausdehnung des ganzen Sonnenspectrum, den sichtbaren und unsichtbaren Theil zusammengenommen, geben. Indess theils die mangelnde Homogeneität des zu den Versuchen dienenden Spectrum, theils der Zweifel über die Triftigkeit des zur Berechnung angewandten Princips†) lassen beide Angaben noch zweifelhaft erscheinen.

5) Man konnte fragen, ob die Sichtbarkeit des ultravioleten Spectrumtheiles ohne künstliche Zuhülfenahme der Fluorescenz nicht vielleicht blos darauf beruhe, dass die Netzhaut selbst durch eine fluorescirende Eigenschaft solche in minder brechbare Stralen verwandele, da zumal die ultravioleten Stralen eine blaue Farbe zeigen?

Helmholtz††) hat diese Frage zuerst an der Netzhaut eines vor 18 Stunden gestorbenen Mannes untersucht, und gefunden, dass die Netzhaut allerdings durch eine ihr zukommende schwache Fluorescenz das auf sie fallende ultraviolete Licht in ein Stralengemisch von nicht ganz reiner (grünlich blauer) weisser Farbe verwandelt, welches ausser einem verhältnissmässig grossen Antheile unveränderten ultravioleten Lichtes auch die weniger brechbaren Stralen des Spectrum (mit Ausnahme des Roth) enthält, dass aber diese schwache Fluorescenz, (schwächer, als bei Papier, Leinewand und Elfenbein, stärker als bei Porzellan), nicht hinreicht, die Sichtbarkeit der ultravioleten Stralen von Fluorescenz abhängig zu halten.

---

*) Müller's Arch. 1846. 262.

**) Berl. Ber. 1855. 760.

***) Pogg. CV, 337. 543.

†) Vgl. hierüber die Bemerkungen von E. Eisenlohr in Pogg. CIX, 260.

††) Pogg. XCIV, 205.

»Die ziemlich gesättigte blaue Farbe der übervioleten Stralen für das lebende Auge und die fast ganz weisse Farbe des dispergirten Lichtes der todten Netzhaut waren, sagt er, zu verschieden, als dass die Ansicht haltbar wäre, dass die Netzhaut die übervioleten Stralen nur nach ihrer Verwandlung in minder brechbares Licht empfinde.«

Setschenow*) hat an der frischen Netzhaut von Kaninchen- und Ochsenaugen die von Helmholtz erhaltenen Resultate bestätigt gefunden. Ausserdem untersuchte derselbe auch die durchsichtigen Medien derselben Thieraugen auf ihre Fluorescenz im ultravioleten Lichte. Der Glaskörper zeigte nur Spuren Fluorescenz, die Linse dagegen fluorescirte stark weissblau, die Cornea viel schwächer, aber in derselben Weise, die wässerige Feuchtigkeit gar nicht. Auch am Auge des lebenden Menschen lässt sich diese Fluorescenz nachweisen, wenn man das Auge in den Brennpunct der ultravioleten Stralen des vom Verf. angewandten Apparates bringt. Cornea und Linse fangen dann an, mit weissblauem Lichte zu schimmern, und zwar die Cornea viel stärker, als im ausgeschnittenen Zustande.

Inzwischen kann diese Fluorescenz der durchsichtigen Augenmedien nichts beitragen, den ultravioleten Theil des Spectrum sichtbar zu machen, sondern eher, diese Sichtbarkeit zu hindern, weil die durchsichtigen Medien das Licht, welches die Fluorescenz in ihnen erleidet, nach allen Seiten zerstreuen, dispergiren, als wenn sie selbstleuchtend wären; so dass mittelst dieses dispergirten Lichtes kein Bild des ultravioleten Spectrumtheils im Auge erzeugt werden könnte.

---

*) Gräfe Arch. 1859. V, 206.

Nach Vorstehendem kann es noch nicht als durch Erfahrung direct entschieden gelten, dass überhaupt Gränzen der Perceptionsfähigkeit die Netzhaut für Farben mit zu schnellen und zu langsamen Schwingungen statt finden, indem sich nach dem, was S. 243 mitgetheilt ist, die brechbarsten (ultravioleten) Stralen des Sonnenspectrums noch haben direct wahrnehmen lassen, und nach der Erörterung S. 245 f. die Möglichkeit noch nicht ganz ausgeschlossen ist, dass die mindest brechbaren (ultrarothen) Stralen blos desshalb unsichtbar sind, weil sie nicht in hinreichender Menge durch die Augenmedien durchzudringen vermögen, um sichtbar zu sein.

Dessenungeachtet bleibt eine verschiedene Perceptionsfähigkeit der Netzhaut der Art, dass Farbestralen von gleicher lebendiger Kraft bei verschiedener Schwingungszahl oder Wellenlänge mit ungleicher Leichtigkeit oder Stärke empfunden werden, und über gewisse Gränzen hinaus gar nicht percipirt werden, überwiegend wahrscheinlich, einmal, weil die Wirkung der Fluorescenz unter keiner anderen Voraussetzung erklärbar scheint, zweitens, weil man zur Erklärung der abweichenden Vertheilung der Wärme und Helligkeit im prismatischen Spectrum nur die Wahl hat, eine wesentliche Verschiedenheit zwischen dem Principe des Lichts und der Wärme oder eine verschiedene Empfindlichkeit der Netzhaut für Stralen von verschiedener Brechbarkeit zu statuiren; wovon erstere durch die neueren Untersuchungen mehr und mehr unwahrscheinlich geworden ist, wogegen letztere nach allgemeinen Gesetzen der Schwingungsmittheilung vielmehr die Wahrscheinlichkeit für sich hat.

Ueber diese Puncte soll noch in etwas nähere Erörterung eingegangen werden.

Was den ersten anlangt, so ist Thatsache, dass die ultravioleten Stralen, wenn auch der Vermittlung der Fluorescenz zur Sichtbarkeit nicht nothwendig bedürfend, doch leichter gesehen werden, wenn sie durch Fluorescenz aus brechbareren in minder brechbare Stralen verwandelt werden, ungeachtet sich nicht annehmen lässt, dass die lebendige Kraft durch Fluorescenz vergrössert wird.

So fasst es auch Helmholtz*), indem er von den ultravioleten Stralen bemerkt, ihre »objective Helligkeit« sei nicht so gering, als man nach ihrer geringen Wirkung auf das Auge schliessen möchte; diess beweise sich durch die Fluorescenz, »und obgleich die lebendige Kraft der Lichtschwingungen durch den Process der Fluorescenz gewiss nicht vermehrt werde, afficire das durch sie erzeugte Licht von längerer Schwingungsdauer die Netzhaut lebhaft genug, um gesehen zu werden.«

---

*) Pogg. XCIV. 18.

Nun liesse sich allerdings denken, die Erleichterung der Sichtbarkeit durch Fluorescenz beruhe darauf, dass die Stralen innerhalb des gewöhnlich sichtbaren Spectrum leichter durch die Augenmedien durchgiengen, als die ultravioleten, und die Versuche Brücke's (S. 244) schienen diess sogar direct zu beweisen, indess widersprechen ihnen sehr bestimmt die S. 244 mitgetheilten Beobachtungen von Donders und Kessler.

Um den zweiten Punct zu erörtern, wird es zuvörderst gelten, die nach mehreren Beziehungen für uns wichtige Verschiedenheit in der Vertheilung von Licht und Wärme im Spectrum zu constatiren und, so weit es nach bisherigen Untersuchungen möglich ist, näher zu bestimmen.

Das Maximum der Leuchtkraft des Sonnenspectrum, was durch ein Prisma aus irgend einer farblosen durchsichtigen Substanz erzeugt ist, liegt bekanntlich im Gelb zwischen den Linien *D* und *E**), und die Vertheilung der Intensität ist von Fraunhofer**) an einem mit einem Flintglasprisma erzeugten Spectrum aus homogenen Stralen bestimmt worden. Die von ihm angegebenen Zahlen drücken jedoch nicht das wahre Intensitätsverhältniss der im Sonnenlichte enthaltenen Farbenstralen aus, weil dieselben im brechbareren Theile des prismatischen Spectrum verhältnissmässig mehr auseinandergezogen und dadurch mehr verdünnt sind, als im minder brechbaren, was sich anders in dem durch Interferenz erzeugten Fraunhofer'schen Gitterspectrum***) verhält, wo der Abstand jeder Farbe von dem mittleren weissen Streifen proportional der zugehörigen Wellenlänge ist. Um die wahren Intensitätsverhältnisse der Farben im Sonnenlichte zu haben, müssen daher die Intensitäten des prismatischen Spectrum erst auf diejenigen reducirt werden, welche im Gitterspectrum dafür eintreten würden. Diese Reduction ist von

---

*) »Der hellste Ort — sagt Fraunhofer — liegt um ungefähr $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ der Länge *DE* von *D* nach *E* zu. Genau ist die Lage dieses Ortes nicht anzugeben.«

**) Gilb. LVI, 304.

***) Denkschr. d. Münch. Akad. VIII.

A. **Seebeck**[*]) mit Hülfe einer Interpolation nach den relativen Abständen der dunklen Linien in beiden Spectris vorgenommen. Hienach stellen sich die Lichtintensitäten des prismatischen Spectrum nach **Fraunhofer** und die danach von **Seebeck** berechneten des Gitterspectrum für die den dunklen Linien entsprechenden Stellen des Sonnenspectrum wie folgt: **)

Feste Linien.	Intensitäten.		Wellenlänge in Mill.
	Prismat. Sp.	Gittersp.	
B	0,032	0,02	0,0006878
C	0,094	0,06	6564
D	0,64	0,57	5888
Maxim.	1,00	1,00	
E	0,48	0,56	5260
F	0,17	0,28	4843
G	0,031	0,08	4291
H	0,0056	0,02	3929

Wohl zu merken bedeuten die Zahlen für die Intensitäten in dieser Tabelle nicht Intensitäten der Empfindung, welche von den verschiedenen Spectrumfarben hervorgerufen werden, sondern objectiv gemessene Intensitäten weissen Lampenlichtes, mit welchen die verschiedenen Stellen des Spectrum von gleich starkem Eindrucke auf das Auge gefunden wurden; ein Vergleich, der allerdings etwas schwierig ist, aber doch durch geeignete Versuchsmassregeln und Uebung, welche, wie **Fraunhofer** bemerkt, den Vergleich ungemein erleichtert, möglich geworden ist, und freilich nur eine mässige Sicherheit erlangt hat, wovon sich nach dem Grade der Uebereinstimmung der einzelnen Beobachtungen (Gilb. LVI, 301) urtheilen lässt, und wonach für die grösseren Intensitäten sich die Bestimmung verhältnissmässig sicherer findet, als für die kleineren. ***)

---

*) Pogg. LXII, 574.

) Die Intensitätscurve des prismatischen Spectrum nach **Fraunhofer findet man bei den Abbildungen desselben (vgl. S. 239) mit verzeichnet; die des daraus abgeleiteten Gitterspectrum nach **Seebeck** in Pogg. LXII. Taf. III. Fig. 4.

***) Für die Linien *D, E, F* mit einer Summe der Intensitäten = 1,29 findet sich die einfache Fehlersumme nach je 4 Versuchen an jeder Linie im Ganzen 0,676, für die Linien *B, C, G, H* mit einer Summe der Intensitäten 0,163 im Ganzen 0,228.

Melloni, indem er in einer Abhandlung (Pogg. LXII, 21) ebenfalls der Nothwendigkeit gedenkt, die direct beobachteten Lichtintensitäten des Newton'schen Spectrum erst auf die des Gitterspectrum zu reduciren, um die richtigen Verhältnisse der Leuchtkraft der verschiedenen Farbenstralen im Sonnenlichte zu erhalten, macht dabei folgende Mittheilung.

»Um diese Verhältnisse zu erhalten, hat Hr. Prof. Masotti die Data berechnet, die beitragen zur Bildung der Gitterspectra, worin die Elementarfarben sich vermöge einer blossen Interferenz neben einander ausbreiten, und sonach Räume einnehmen, die alleinig von ihrer Vibrationsperiode oder Undulationslänge abhängen. Für diese, von dem angedeuteten Mangel freien, Spectra hat Hr. Masotti den hellsten Punct genau in der Mitte des Gelb gefunden, und diese wiederum in gleichem Abstande von beiden Enden, so dass die rothe und die violete Gränze die mindest hellen Puncte des Spectrum sind und beide gleiche Lichtstärke haben. Herr Masotti hat endlich bewiesen, dass die Farben dieser beiden Gränzen aus Aetherwellen bestehen, deren Längen in dem Verhältnisse 2 : 1 stehen.«

Leider ist weder angegeben, wo sich die Masotti'sche Arbeit findet, noch auf welche Data sich dieselbe stützt. Ihr Resultat weicht insofern etwas von dem Seebeck'schen nach Fraunhofer'schen Datis ab, als dieser eine gleiche Intensität für Farben findet, deren Wellenlänge im Verhältnisse 1 : 1,75 stehen, indess Masotti dafür das Verhältniss 1 : 2 giebt.

Was die Vertheilung der Wärme im prismatischen Spectrum anlangt, so ist die Lage des Wärmemaximum veränderlich theils nach der Substanz der Prismen, durch welche man das Spectrum erzeugt, theils nach der Dicke des Prisma, durch welche die Stralen hindurchgehen, theils nach der Homogeneität oder Nichthomogeneität des Spectrum, theils endlich nach der Natur der etwa auf dem Wege der Stralen noch interponirten durchsichtigen Substanzen. Bei Anwendung eines mit Wasser, Alkohol oder Terpentinöl gefüllten Hohlprisma hat man es im Gelb gefunden, bei Glasprismen je nach der Glasart und anderen Umständen im Orange, Roth oder jenseits des sichtbaren Roth (im Ultraroth), mit einem Steinsalzprisma stets jenseits des Roth. Diese Veränderlichkeit hängt wesentlich davon ab, dass die ultrarothen dunklen Wärmestralen von den durchsichtigen Substanzen, aus denen die Prismen bestehen, in anderem und zwar stärkerem Verhältnisse absorbirt werden, als die sichtbaren, dass sich diess Verhältniss nach der Verschiedenheit der durchsichtigen Substanzen und der Dicke, durch welche die Stralen durchzugehen haben, ändert, und dass bei einem nicht homogenen Spectrum (erzeugt durch einen Spalt von irgends erheblicher Breite) dunkle Wärmestralen, welche eigentlich dem Ultraroth angehören, mit in den sichtbaren Theil des Spectrum übergreifen, welche dann je nach der Verschiedenheit der Substanz des Prisma mehr oder weniger absorbirt werden.

Nach Melloni's Versuchen ist aber das Steinsalz eine Substanz, welche die dunklen und sichtbaren Wärmestralen gleich leicht durchlässt; und um massgebende Bestimmungen über die Wärmeintensität des ganzen Spectrum zu haben, sowohl seinem dunklen als hellen Theile nach, muss man daher ein Steinsalzprisma zur Entwerfung des Spectrum anwenden, was nicht so wesentlich ist, wenn es sich blos darum handelt, die Wärmeintensität im sichtbaren Theile des Spectrum vom Violet zum Roth zu erhalten, da nach den unten mitzutheilenden Datis die verschiedensten durchsichtigen Substanzen eine gleiche Durchgängigkeit für alle Stralen dieses Spectrumtheils zeigen. Ausserdem müsste, streng genommen, eine Homogeneität des Spectrum statt finden, für welche das Dasein der dunklen Linien als charakteristisch gilt. Da man aber hiezu ein sehr schmales Lichtbündel anwenden muss, so sind die Wärmewirkungen eines solchen Spectrum bisher zu schwach ausgefallen, um Messungen zugänglich zu sein*), so dass man noch keine reinen und auf bestimmte dunkle Linien bezogenen Intensitätsbestimmungen der Wärme des Spectrum hat.

Wenn man sich aus Helmholtz's gegen Brewster geführter Untersuchung (Pogg. LXXXVI, 501) erinnert, welche wichtige Irrungen das von Unreinigkeiten der Substanz, unvollkommener Politur des Prisma, und mehrfachen Reflexionen zwischen den Flächen des Prisma abhängige diffuse Licht in die Beurtheilung der Farbenverhältnisse des Spectrum bringen kann, und in Betracht zieht, dass dasselbe bei einem, mit blos einem Spalt und blos einem Prisma erzeugten Spectrum, wie es den bisherigen Untersuchungen über die Wärmeverhältnisse des prismatischen Spectrum untergelegen hat, gar nicht ausschliessbar ist, am wenigsten bei einem Steinsalzprisma, welches nicht leicht von so vollkommener Politur, und so rein als ein Glasprisma zu erhalten ist, so kann auch hierin eine beachtenswerthe Ursache der Unreinheit des Spectrum und der daran erhaltenen Resultate gesucht werden. Indessen scheint doch, so viel ich übersehen kann, hieraus nur eine nahehin gleichförmige Abänderung der Temperatur des sichtbaren Spectrumtheils, aber kein Einfluss auf die Lage des Maximum hervorgehen zu können.

Indessen sind folgende Data anzuführen. Unter Anwendung eines Steinsalzprisma liegt das Maximum der Wärmeintensität jedenfalls erheblich jenseits der sichtbaren Gränze des Roth im Ultraroth.

---

*) Vergl. Franz in Pogg. CI, 50. J. Müller in Pogg. CV, 339.

Nach einer früheren Angabe Melloni's (Pogg. XXVIII, 377), »liegt es so weit vom rothen Ende entfernt, dass der Abstand zwischen ihm und dem Roth eben so gross war, als der Abstand zwischen dem Roth und dem Violet, als die ganze Länge des Spectrum.« Nach einer späteren Angabe desselben (Pogg. XXXV, 307) ist der Abstand des Wärmemaximum vom rothen Ende wenigstens so gross», wie der des Grünblau vom Roth, darauf nimmt die Intensität rasch ab, und in einer Entfernung von dieser Stelle, welche einem Dritttheile der Länge des Farbenspectrum gleich ist, hört alle merkliche Wärmewirkung auf. Nach einer dritten Angabe endlich (Pogg. LXII, 22) findet Melloni das Wärmemaximum »ganz abgesondert von den Farben in einer mittleren Entfernung gleich derjenigen, die, nach entgegengesetzter Seite, zwischen dem Roth und Gelb vorhanden ist.« Die neuen Beobachtungen von J. Müller*) ergaben ein, mit der zweiten dieser Angaben hinsichtlich der Maximumlage übereinstimmendes Resultat, d. i. »den Abstand des Maximum von der Gränze des Roth ungefähr eben so gross wie den Abstand des Ueberganges von Grün zu Blau von der rothen Gränze des Spectrum;« die thermische Verlängerung des Sonnenspectrum über das Roth aber einen Raum einnehmend, welcher nahezu eben so lang war, als das ganze gewöhnlich sichtbare Spectrum zum Violet. Ausserdem fand er, dass ein Crownglasprisma in dieser thermischen Verlängerung mit dem Steinsalzprisma übereinstimmte, aber ein näher an Roth liegendes Maximum gab. Die Linie *B* lag bei dem Crownglasspectrum ungefähr in der Mitte zwischen dem violeten Ende des Spectrum und den äussersten dunklen Wärmestralen desselben.

Massbestimmungen über die Intensität in den einzelnen Theilen des (freilich nicht homogenen) Spectrum haben Franz**) und J. Müller***) gegeben, der erstere unter Anwendung eines Flintglasprisma und Interposition einer Glasflasche, um vergleichende Versuche mit und ohne Transmission der Stralen durch Flüssigkeiten anzustellen, der zweite unter vergleichender Anwendung eines Crownglas- und eines Steinsalzprisma. Unter Anwendung des Steinsalzprisma fand der Letztere folgende Intensitäten der Wärme (Kräfte, womit sie auf den Thermomultiplicator wirkt), wobei die Angabe $1'''$, $2'''$ u. s. w. für das Ultraroth den Abstand von dem sichtbaren rothen Ende bezeichnet.

Mitte von			Ultraroth			
Blau	Gelb	Roth	$1'''$	$3'''$	$4'''$	$6'''$
3,7	7,9	10,0	13,2	15,9	13,2	1,7

Mit dem Crownglasprisma wurden (wegen grösserer Reinheit dieses Prisma) im sichtbaren Theile des Spectrum absolut stärkere, aber merklich gleiche, Verhältnisse für die verschiedene Farben zeigenden Zahlen erhalten, nämlich (bei Reduction auf den gleichen Werth bei Roth)

---

*) Pogg. CV, 352.

**) Pogg. CI, 46.

***) Pogg. CV, 337. 543

Mitte von				Ultraroth			
Blau	Gelb	Roth		1‴	2‴ *)	4‴	6‴
4	7	10		12	11	7	2

indess, wie man sieht, die Verhältnisse im unsichtbaren Ultraroth sehr von denen des Steinsalzprisma abwichen. **)

Auch bei diesen, an einem prismatischen Spectrum gemachten, Bestimmungen ist nun aber in Rücksicht zu ziehen, dass die Wärmestralen im brechbareren Theile des Spectrum mehr verdünnt sind, und also, um ihr wahres Intensitätsverhältniss, in dem sie im Sonnenstrale enthalten sind, zu haben, erst eine Reduction auf das Gitterspectrum nöthig, wie sie von Seebeck bezüglich der Helligkeit statt gefunden hat. Nach einer solchen Reduction eines prismatischen Steinsalzspectrum findet J. Müller das Maximum der Intensität der Wärme, eben so wie es für das Licht gilt, im Gelb liegend, und diese Bestimmung erhält um so mehr Gewicht dadurch, dass Draper***) schon früher dasselbe durch directe Versuche an einem ohne Zuziehung dioptrischer Medien durch Reflexion erzeugten Gitterspectrum gefunden. Jedoch wird damit die Vertheilung der Wärme im Spectrum keineswegs übereinstimmend mit der Vertheilung der Helligkeit (wie Draper annimmt), wie schon von selbst daraus folgt, dass die Helligkeit, aber nicht die Wärme jenseits des Roth verschwindet; und auch aus dem Vergleiche von Seebeck's Helligkeitscurve (S. 251) mit Müller's Wärmecurve für das Gitterspectrum †) hervorgeht, worauf unten zurückzukommen.

Fragt man nun nach dem Grunde dieser verschiedenen Vertheilung von Licht und Wärme im Spectrum, so liegt es auf der Hand, dass, wenn man Licht und Wärme als wesentlich verschiedene Agentien ansieht, nichts hindert, zu denken, dass die Intensitäten des Lichtes und der Wärme von gleicher Brechbarkeit im Spectrum einander nicht proportional gehen. Inzwischen kann die Ansicht der wesentlichen Identität von Licht und Wärme, wenn auch noch nicht als schlechthin erwiesen gelten, doch nur noch schwachen Zweifeln begegnen, und jene Verschiedenheit der Vertheilung von Licht und Wärme im Spectrum eben desshalb keinen bindenden Gegengrund dagegen geben, weil sie theils von verschiedener Durchgängigkeit der Stralen verschiedener Brechbarkeit durch die Augenmedien, theils verschiedener Empfindlichkeit der Netzhaut dafür abhängig gemacht werden kann.

---

*) Beim Steinsalzprisma steht hier 3‴. Wahrscheinlich ist 2‴ verdruckt.

**) Die vergleichenden Curven des Steinsalz- und Crownglasprisma s. Pogg. CV. Taf. III. Fig. 1.

***) Philos. mag. 1857. XIII, 153.

†) Pogg. CV. Taf. III. Fig. 4.

Melloni, der die ausgedehntesten Untersuchungen in diesem Felde angestellt hat, nachdem er sich früher gegen die Identität von Licht und Wärme erklärt*) und mehrere Thatsachen als entschiedene Beweise dagegen angeführt hatte, ist durch spätere Untersuchungen selbst dahin gelangt, alle von ihm beobachteten Thatsachen mit der Identitätsansicht vereinbar zu halten, und hat sich eben so entschieden für diese Ansicht erklärt.**) Nicht minder pflichten Masson und Jamin***) nach ihren Versuchen dieser Ansicht bei.

Alle neueren Thatsachen zusammengefasst, scheint sich in der That der ganze Unterschied der dunkeln, durch kein Mittel sichtbar zu machenden, Wärmestralen von sichtbaren Stralen darauf zu reduciren, dass jene eine geringere Brechbarkeit und mithin Vibrationsschnelligkeit, grössere Undulationslänge, besitzen, womit eine geringere Durchgängigkeit durch die meisten Medien in Beziehung steht; und es scheint nicht, dass Stralen von identischer Brechbarkeit noch als Licht- und Wärmestralen unterschieden werden können. Nicht nur befolgen die dunklen Wärmestralen die allgemeinen Gesetze der Fortpflanzung, Reflexion, einfachen und Doppelbrechung, Polarisation, Interferenz, Absorption des Lichts, sondern Melloni†) findet auch neuerdings, »dass die Farben des Spectrum so innig an ihre Temperatur geknüpft seien, dass sie beim Durchgange durch nicht ganz klare Substanzen eben so viel Wärme als Licht verlieren, so dass das Verhältniss dieser beiden Agentien immer ungestört dasselbe bleibt.«

---

*) Pogg. XXXVII, 486.

**) Pogg. LVII, 300. LXII, 18, so wie sein Werk: »La thermochrose 1850. 327.«

***) Compt. rend. XXXI, 14.

†) Pogg. LXII, 28.

Auf dasselbe führen die neuen Untersuchungen von Franz*) über die Diathermansie gefärbter Flüssigkeiten. »Ueberall, wo eine Absorption des Lichtes erkennbar ist, ist auch eine Abnahme der Wärmeintensität nachweisbar. .... Das Minimum des Lichtverlustes bei Stralung des Spectrum durch eine Flüssigkeit muss — so schliesst er seine Abhandlung — mit dem Minimum des Wärmeverlustes in derselben Zone beobachtet werden, sonst ist die Identität von Wärme und Licht unmöglich. In der That zeigen die blauen Lösungen von schwefelsaurem Kupferoxyd das Minimum des Wärmeverlustes nach der Stralung eines Spectrum durch dieselben in der blauen Zone, die grünen Lösungen von schwefelsaurem Eisenoxydul in der grünen Zone. Bei Anwendung von rothen Lösungen zeigt sich, dass von allen durch rothe Lösungen dringenden farbigen Stralen die rothen Stralen am wenigsten Licht und Wärme verlieren, zum Theil sind aber rothe Lösungen für dunkle Wärme von geringerer Brechbarkeit als das Roth diathermaner als das Wasser.«

Was für den ersten Anblick der Identitäts Intensitätsansicht gänzlich entgegen scheint, und von Melloni früher (Pogg. XXXVII, 486) als schlagend dagegen geltend gemacht wurde, ist der oben berührte Umstand, dass, je nachdem man ein Prisma aus Steinsalz, Flintglas, Crownglas, Wasser anwendet, oder auch das durch ein Steinsalzprisma erzeugte Spectrum durch dieses oder jenes durchsichtige Medium oder verschieden dicke Schichten desselben Medium hindurchstralen lässt, sich die Lage des Wärmemaximum und die Wärmevertheilung überhaupt, mithin das Intensitätsverhältniss der Wärmestralen des Spectrum ändert, während das Intensitätsverhältniss der Farbenstralen ungeändert bleibt; widrigenfalls diese Substanzen farbig im durchgehenden Lichte erscheinen müssten. Aber nach den späteren Versuchen Melloni's**) gilt diess blos für nichthomogene Spectra, in denen sich dunkle Wärmestralen noch den farbigen Stralen am rothen Ende beigemischt finden; wogegen er »bei möglichster Vermeidung aller Fehlerquellen .... die Temperaturen der prismatischen Farben beständig die höchste Temperatur am rothen Ende behaupten sahe, von welcher Beschaffenheit die farblose Substanz auch sein mochte, die man anwendete, entweder in Prismenform, um das Sonnenlicht in seine Elementarstralen zu zerlegen, oder in Plattenform, um die absorbirenden Wirkungen des Körpers auf diese Stralen zu erforschen.«

---

*) Pogg. CI, 46.

**) Pogg. LVII, 302. LXII, 28.

Nicht minder ziehen **Masson** und **Jamin**[*]) aus ihren Untersuchungen den Schluss, dass durch Steinsalz, Bergkrystall, Alaun, Glas und Wasser alle Wärmestralen zwischen Roth und Violet gleichmässig hindurchgehen, also die beträchtlichen Unterschiede in der Diathermanität dieser Substanzen nur in der verschiedenen Absorption der dunklen Stralen ihren Grund haben. Endlich sind auch die obigen Resultate der vergleichenden Versuche von J. **Müller** mit einem Crownglas- und Steinsalzprisma[**]) in demselben Sinne. Wonach diese Verhältnisse anstatt Gegenbeweise gegen die Identitätsansicht zu liefern, vielmehr zu den wichtigsten Beweisen für dieselbe zu zählen sind.

So viel ich übersehe, liegt nur noch eine Klasse von Thatsachen vor, welche schwierig mit der Identitätsansicht vereinbar scheint, dass es nämlich Licht von erheblicher Leuchtkraft giebt, oder durch besondere Verfahrungsweisen hergestellt werden kann, was eine kaum merkliche oder gar keine merkliche Wärmewirkung zeigt. Schon das Mondlicht ist Licht, dessen Wärme nur durch die empfindlichsten Apparate nachgewiesen werden kann. Besonders frappant aber ist folgender Versuch, welchen **Melloni**[***]) früherhin als einen Cardinalversuch gegen die Identitätsansicht angeführt hat, bezüglich auf den Durchgang von Sonnenlicht, so wie irdischem Feuerlicht durch ein System, bestehend aus einer Wasserschicht zwischen Glasplatten, die durch Kupferoxyd grün gefärbt sind.

»Das reine Licht, sagt **Melloni**, welches zu diesem Systeme ausfährt, viel Gelb enthält, aber dennoch eine blaugrüne Farbe besitzt, wirkt nicht wärmend auf die empfindlichsten Thermoskope, selbst wenn man es durch Linsen so concentrirt, dass es eben so glänzend ist, wie das dunkle Sonnenlicht.«

Es ist zu bedauern, dass **Melloni** nach seiner Bekehrung zur Identitätsansicht nicht auf die Discussion dieses, von ihm überhaupt nur kurz angeführten Versuches zurückgekommen ist, eben so wenig ist er meines Wissens bis jetzt von Anderen wiederholt worden, wenn schon er überall als ein Haupteinwand gegen die Identitätsansicht angeführt wird; nur muss man eben daraus, dass er **Melloni** nicht gehindert hat, sich später zur Identitätsansicht zu wenden, schliessen, dass ihm dieser Versuch später nicht mehr so beweisend erschienen ist, wie früher.

---

[*]) Compt. rend. XXXI, 44.

[**]) Pogg. CV, 349. 351.

[***]) Pogg. XXXVII, 486.

Durchschlagend gegen die Identitätsansicht könnten derartige Thatsachen überhaupt nur sein, wenn sie von, auf die Frage besonders gerichteten, Massbestimmungen begleitet wären, wie solche aber bis jetzt nicht vorliegen. Denn hinreichend erwiesen ist jedenfalls, dass die Wärme des Sonnenlichtes so wie der irdischen Feuer zum bei Weitem grössten Theile aus dunkler Wärme besteht, welche durch durchsichtige Medien leichter absorbirbar ist, als durch sichtbare, so dass, wenn man alle dunklen Stralen und noch überdiess einen grossen Theil der leuchtenden absorbirt hat, wie es in **Melloni**'s Cardinalversuche geschahe, der Rest nur noch eine sehr geringe Wärmewirkung überhaupt äussern kann; wenn schon es immer unerwartet bleibt, dass sie auch nach Concentrirung durch eine Linse bis zu starker Leuchtkraft nicht sollte haben bemerklich werden können. Jedenfalls ist bei dem übrigen Genügen der Identitätsansicht auf einzelne widersprechende, nicht gehörig constatirte und aus Mangel an Massbestimmungen nicht gehörig discutirbare Thatsachen um so weniger grosses oder gar entscheidendes Gewicht zu legen, als der Urheber derselben selbst später ein solches nicht mehr darauf gelegt hat.

Kann nun Vorstehendem zufolge die ungleiche Vertheilung des Lichtes und der Wärme im Spectrum nicht mit Wahrscheinlichkeit von einer Nichtidentität des Lichtes und der Wärme abhängig gemacht werden, so liesse sich von anderer Seite denken, dass durch die ungleiche Absorption der Stralen verschiedener Brechbarkeit Seitens der Augenmedien ein anderes Intensitätsverhältniss der im Auge als leuchtend wahrgenommenen als der ausserhalb des Auges thermometrisch gemessenen Theile des Spectrum entstände. Eine solche ungleiche Absorption findet nun auch unstreitig statt, wenn man die sichtbaren und unsichtbaren Wärmestralen vergleicht, und ist in Rücksicht zu ziehen. Allein nach den oben erwähnten Versuchen von **Melloni**, **Masson**, **Jamin** und **J. Müller** findet innerhalb des sichtbaren Theiles des Spectrum vom Violet zum Roth keine ungleichförmige Absorption verschiedener Farbestralen durch farblos durchsichtige Medien statt; oder wenigstens ist eine solche insofern ganz unwahrscheinlich, als die verschiedensten durchsichtigen Medien bei sehr ungleicher absoluter Absorptionsfähigkeit für die Wärme doch gleiche Wärmeverhältnisse der hindurchgehenden Spectrumstralen finden lassen.

Auch ist schon oben S. 246 bemerkt worden, dass nach den vorliegenden Thatsachen sehr unwahrscheinlich die ultrarothen Stralen des Sonnenlichtes ganz von den Augenmedien absorbirt werden.

Hienach scheint nur die Annahme übrig zu bleiben, dass, wenn die Farben des Spectrum nicht in denselben Verhältnissen hell im Auge erscheinen, als sie draussen warm sind, diess von einer ungleichförmigen Empfindlichkeit der Netzhaut für die Farben abhängt, der Art, dass nach den Gränzen des Spectrum zu Farbenschwingungen bei gleicher lebendiger Kraft, mit der die Netzhaut von ihnen getroffen wird, doch minder leicht und stark empfunden werden, als um die Mitte, und über gewisse Gränzen hinaus gar nicht mehr merklich empfunden werden.

Die Identitätsansicht von Licht und Wärme vorausgesetzt, kann man nämlich die objective Intensität, d. i. lebendige Kraft, der Stralen in den verschiedenen Theilen des Spectrum durch ihre Wärme gemessen halten, und bei der farblosen Durchsichtigkeit der Augenmedien, welche das Verhältniss der sichtbaren Farbenstralen nicht abändert, auch annehmen, dass die Stralen mit derselben verhältnissmässigen Intensität, welche sie auswendig haben, zur Netzhaut gelangen; wo wir nicht mehr im Stande sind, ihre Wärme zu messen, wohl aber ihre Leuchtkraft, d. i. die Intensität weissen Lichtes, welche einen gleich starken Eindruck auf das Auge macht (vgl. S. 254). Beide müssten einander proportional bleiben, wenn nicht die ungleiche Empfindlichkeit der Netzhaut für die verschiedenen Farben diess Verhältniss änderte.

Hätten wir nun eine eben so genaue Curve der Wärme als der Leuchtkraft des Spectrum, so würden sich aus der Abweichung beider Curven bestimmtere Schlüsse über die Empfindlichkeitsverhältnisse der Netzhaut ziehen lassen; insofern man diese Abweichungen dann eben blos auf Rechnung der abweichenden Empfindlichkeit der Netzhaut für die verschiedenen Farbestralen zu schieben hätte. Ist diess aber auch nicht der Fall, so kann doch der vergleichende Blick auf die Seebeck'sche Curve der Leuchtkraft (Pogg. LXII. Taf. III. Fig. 4) und die Müller'sche Curve der

Wärme (Pogg. CV. Taf. III. Fig. 4), wovon S. 255 die Rede war, einen gewissen allgemeinen Anhalt in dieser Hinsicht gewähren.

Hienach, und wie schon oben bemerkt, fällt das Maximum der Leuchtkraft mit dem Wärmemaximum gemeinsam in das Gelb, woraus man schliessen muss, dass auch das Maximum der Empfindlichkeit der Netzhaut mit dem Maximum der Intensität der zu ihr gelangenden Stralen merklich zusammenfällt, oder dass die gelben Stralen aus dem doppelten Grunde als die leuchtendsten erscheinen, weil sie die intensivsten sind und weil sie mit der grössten Empfindlichkeit percipirt werden. Von der gemeinsamen Maximumordinate an fällt die **Seebeck**'sche Curve der Leuchtkraft alsbald convex gegen die Abscissenaxe der Wellenlängen nach beiden Seiten fast symmetrisch ab, die **Müller**'sche Curve der Wärme concav gegen die Abscissenaxe, nach beiden Seiten ganz unsymmetrisch, langsam zum Roth und Ultraroth, viel rascher zum Violet ab, und die Wärmeordinate an der rothen Gränze des sichtbaren Spectrum ist gleich einer Ordinate etwas diesseits der Linie *F* (also im Blau), so dass indigfarbene, violete, ultraviolete Stralen, welche jenseits der Linie *F* liegen, mit ihren Ordinaten ultrarothen Stralen entsprechen, mithin jene bei einer lebendigen Kraft noch sichtbar sind, bei welcher diese unsichtbar sind; was dahin auszulegen, dass die Empfindlichkeit von ihrem Maximumwerthe für das Gelb viel rascher nach Seiten des Roth als nach Seiten des Violet abnimmt.

Diess Resultat scheint mir gezogen werden zu müssen, in soweit die Zusammenstellung der bisherigen Beobachtungen als massgebend gelten kann. Aber freilich würde es zur völligen Sicherstellung und genauern Bestimmung dieses Resultates nöthig sein, dass sich erst die Untersuchung im Zusammenhange darauf richtete und manche Puncte genauer bestimmte und erledigte, die hier nur als wahrscheinlich geltend gemacht werden konnten oder auf keinen scharfen Bestimmungen ruhen.

Insofern für die Tonhöhen eine untere Gränze und wahrscheinlich auch eine obere Gränze der Perceptionsfähigkeit besteht, kann es jedesfalls an sich nicht unwahrscheinlich erscheinen, wenn etwas Entsprechendes im Gebiete der Farben stattfindet. Nimmt man an, dass die Gesetze der Resonanz, nach welchen sich Schwingungen ausserhalb des Auges zwischen elastischen Medien mittheilen, auch auf die Mittheilung der Lichtschwingungen an die

Netzhaut anwendbar sind, so kann es sogar als **nothwendig** erscheinen, dass die Netzhaut am leichtesten von der Farbe anklingt, mit der sie am meisten consonirt, sofern elastische Körper bei der Resonanz unter sonst gleichen Umständen den Ton am stärksten wiedergeben, in dem sie selbstständig schwingend erklingen, und aus diesem Gesichtspuncte haben J. **Herschel**, **Melloni** und A. **Seebeck** den Gegenstand gefasst. Nur scheint mir hiegegen die grosse Schwierigkeit zu bestehen, dass die Netzhaut für sich nicht in einem gewissen farbigen Lichte, sondern in weissem Lichte erklingt, sofern das Schwarz des Sehfeldes bei geschlossenem Auge, was einen geringen Grad der Lichtempfindung repräsentirt, farblos, und das gewöhnliche Lichtflackern bei krankhafter Reizbarkeit des Auges, wie ich an mir selbst constatiren kann, weiss oder höchstens ganz **zweideutig** gelblich ist, was sich an flackernden Puncten nicht recht unterscheiden lässt. Nach der Voraussetzung aber müsste die Netzhaut für sich, ohne äussere Anregung, entschieden in derjenigen Farbe schwingen, für die sie am meisten empfänglich ist.

Ungeachtet ich die Resonanztheorie des Sehens nicht für **zulänglich** halte, konnte sie doch vielleicht bis **zu gewissen Gränzen** anwendbar sein, und ich halte es nützlich, zu zeigen, wie man sie bisher zu gestalten versucht hat; daher das Wesentliche der Ansicht von **Herschel**, **Melloni** und **Seebeck** hier folgen mag.

W. **Herschel** in seinem Werke über das Licht, §. 667 äussert sich wie folgt:

»Obgleich jeder Stoss und jede nach einem Gesetze geregelte Bewegung in einem elastischen Mittel von den Theilchen desselben fortgepflanzt wird, so nimmt man doch in der Theorie des Lichtes an, dass nur solche primitive Stösse, die nach regelmässigen periodischen Gesetzen in gleichen Zeiträumen wiederkehren, und oft hinter einander wiederholt werden, unseren Organen die Empfindung von Licht mittheilen können. Um die Theilchen der Nerven unserer Netzhaut mit gehöriger Wirksamkeit in Bewegung setzen zu können, müssen die fast unendlich kleinen Stösse der anliegenden Aethertheilchen oft und regelmässig wiederholt werden, damit sie ihre Wirkung gleichsam vervielfältigen und concentriren. So wie ein grosses Pendel durch eine äusserst geringe Kraft, die sehr oft in Zeiträumen an demselben angebracht wird, welche der Schwingungszeit desselben genau gleich sind, in Schwingung gesetzt werden kann, oder wie ein fester elastischer Körper durch die Vibrationen eines anderen entfernteren Körpers, vermöge der Fortpflanzung derselben durch die Luft, ebenfalls in schwingende Bewegung geräth, wenn beide im Einklange sind, so können wir auch annehmen, dass die groben Nervenfasern der Netzhaut durch die unaufhörliche Wiederholung der Aetherschläge in Bewegung gesetzt werden, und blos diejenigen werden sich bewegen, die vermöge ihrer Grösse, Gestalt oder Elasticität fähig sind, in den Zeiträumen ihre Schwingungen zu vollenden, in welchen die Stösse wiederholt werden. Auf diese Art sieht man leicht ein, wie sich eine Begränzung der sichtbaren Farben ergeben muss; denn wenn keine Nervenfasern mit Schwingungen, die mehr oder weniger häufig als gewisse feste Gränzen sind, übereinstimmen, so werden solche Schwingungen, obgleich sie die Netzhaut erreichen, doch keinen Eindruck hervorbringen. So bringt auch ein einzelner oder ein unregelmässig wiederholter Stoss kein Licht hervor, und auf diese Art können auch die in der Netzhaut hervorgebrachten Schwingungen noch eine merkliche Zeit fortdauern, wenn auch die wirkende Ursache aufgehört hat, wodurch die Empfindung von Licht verlängert wird.»

Melloni entwickelt seine Vorstellungen in einem Schreiben an Arago in den *Compt. rend.* T. XIV. p. 823, woraus sich eine Uebersetzung in Pogg. Ann. LVI. 574 (vgl. auch LXII. 25) unter der Ueberschrift: «Beobachtungen über die Färbung der Netzhaut und der Krystalllinse» findet, unter Mitbezugnahme auf eine in der Akademie der Wissenschaften in Neapel gelesene Abhandlung, wo er dieselbe Ansicht ausgesprochen hat. Er sagt:

«Nach den in ebenerwähnter Abhandlung entwickelten Grundsätzen geschähe das Sehen vermöge äusserst rascher Schwingungen, welche die Nerven-Molecüle der Netzhaut unter dem Einflusse einer gewissen Reihe von Aetherundulationen erfahren. Diese Vibrationen, betrachtet in Bezug auf die verschiedenen, das Sonnenspectrum zusammensetzenden Undulationen, würden nicht von der Quantität der Bewegung abhängen, sondern herrühren von der grösseren oder geringeren Leichtigkeit, mit welcher die Theilchen der Netzhaut dieser oder jener Aetherschwingung folgen. Es wäre, akustisch gesprochen, eine Art Resonanz der Netzhaut, erregt durch den Accord oder die harmonische Relation, die zwischen der Spannung oder Elasticität seiner Moleculargruppen und der Periode der einfallenden Welle vorhanden ist.

«Die ausserhalb der beiden Gränzen des Spectrum liegenden Undulationen könnten auf der Netzhaut keine Vibrationsbewegung erregen, und wären sonach unsichtbar, weil ihnen jede Art von Accord mit der Molecular-Elasticität dieser Membran des Auges abgienge. Die zwischen Gelb und Orange liegenden, also, nach Fraunhofer, dem Maximum der Lichtstärke entsprechenden Undulationen würden dagegen die mit erwähnter Elasticität der Netzhaut homogensten Vibrationen liefern, und den Moleculen dieser Haut die ausgeprägteste Vibrationsbewegung mittheilen.

«Es versteht sich, dass nach dieser Theorie, wie nach jeder anderen, die man zur Erklärung des Sehens und der optischen Phänomene im Allgemeinen erdacht hat, die Lichtmenge abhängt von der Intensität der Stralung, die, für uns, aus der Weite der molecularen Vibrationen entspringt; denn unter gleichen Umständen könnte z. B. der blaue Stral des Sonnenspectrums, wegen seines schwachen Accordes mit der Spannung der Netzhaut-Molecule, sehr wohl eine zehn Mal geringere Lichtmenge entwickeln als der gelbe

Stral; allein die leuchtende Wirkung beider Stralen würde offenbar gleich werden, wenn die schwingenden Atome in der blauen Undulation einen zehn Mal grösseren Raum durchliefen als die in der gelben Undulation.

»Die Verhältnisse zwischen den Intensitäten dieser verschiedenen Schwingungsbewegungen des Aethers würden, nach unserer Betrachtungsweise, geliefert werden durch die verschiedenen Temperaturen, welche ein wohl mit Kienruss überzogener thermoskopischer Körper unter dem Einflusse der Stralungen annimmt.«

Melloni folgert nun aus dem Umstande, dass, während Temperatur und Leuchtkraft vom Violet bis zum Gelb mit einander steigen, die Temperatur vom Gelb zum Roth aber noch wächst, während die Leuchtkraft vom Gelb zum Roth abnimmt, die Nothwendigkeit, der Netzhaut eine geringere Consonanz mit den orangefarbenen und rothen, als mit den gelben Stralen beizulegen, welche Folgerung freilich nicht mehr bindend erscheint, wenn in dem gleicherweise reducirten Wärme- und Lichtspectrum das Maximum sowohl für Wärme als Helligkeit im Gelb liegt (vgl. S. 251), aber doch in etwas anderer Form nach der ungleichen Abnahme der Wärme und Helligkeit vom Maximum an sich nur in etwas anderer Form wieder herstellen lässt.

Weiter setzt Melloni den Satz, dass die Netzhaut am besten mit dem Gelb consonire, in Beziehung mit einer gelben Färbung der Netzhaut, welche am sog. Sömmering'schen gelben Flecke direct constatirbar ist, und nach Melloni auch der übrigen Netzhaut zukommt, wenn man sie unter gewissen Vorsichten zusammenfaltet, wonach und nach anderen Umständen er schliesst, dass sie am gelben Flecke blos wegen der grösseren Dicke der Nervenschicht leichter sichtbar sei.

»Ein Körper nämlich ist — nach Melloni — roth, grün oder blau, je nachdem die Spannung seiner Theilchen mehr consonirt mit der Schwingungsperiode der rothen, grünen oder blauen Undulationen, und daraus folgt nothwendig, dass eine Substanz, deren Theilchen unter der Einwirkung dieser oder jener Licht-Undulation besser schwingen, nothwendig farbig ist.«

A. Seebeck führt seine Ansicht in einer brieflichen Mittheilung an Poggendorff unter der Ueberschrift: »Bemerkungen über Resonanz und über die Helligkeit der Farben im Spectrum« in Pogg. Ann. LXII. 571 aus, unter Bezugnahme auf eine frühere Abhandlung (in demselben Bande S. 289), worin er untersucht hat, wie sich eine in Luft schwingende elastische Platte bei der Resonanz verhält.

»Aus jener Theorie des Mittönens, sagt er, hat sich ergeben, dass eine Platte, wie ich sie dort annahm, deren eigene Schwingungsmenge n ist, getroffen von einem Wellenzuge von der Form $a \cos (mt + \theta)$ stets nach einiger Zeit in eine Bewegung übergeht, welche durch $\alpha \cos (mt + \theta)$ vorgestellt wird, wo die Schwingungsweite α um so grösser im Verhältnisse zu a ist, je weniger m von n verschieden ist.«

»Sehr leicht ergiebt sich aus der gefundenen Formel für α folgender Satz*): »Lässt man auf die Platte zwei gleich starke Töne wirken, so ist das Mittönen von gleicher Intensität, im Falle der höhere Ton um das gleiche Tonintervall **über** dem Tone der Platte liegt, wie der tiefere **unter** demselben, z. B. wenn jener um eine Quarte höher, dieser um eine Quarte tiefer ist, als der eigene Ton der Platte. Zeichnet man daher eine Curve der Resonanzstärke, indem man die Wellenlängen als Abscissen und die Intensitäten des Mittönens als Ordinaten nimmt, so wird diese Curve nicht zu beiden Seiten ihres Maximums symmetrisch, sondern fällt auf der Seite der kürzeren schneller. (Sie würde symmetrisch werden, wenn man statt der Wellenlängen deren Logarithmen als Abscissen nähme).»

---

*) Die von Seebeck gemeinte Formel (Pogg. LXII. 299, LXVIII. 459) ist

Nach Hinweis auf die im Originale (Pogg. LXII. Taf. III. Fig. 8) verzeichnete Curve dieser Intensitäten fährt Seebeck fort:

»Ich werde jetzt versuchen, diese Betrachtungen auf die sogenannte Resonanz der Netzhaut anzuwenden, unter der allerdings nicht verbürgten Annahme, dass der vorhin ausgesprochene Lehrsatz, welcher für die longitudinalen Schwingungen der Schallwellen gefunden worden, unter gewissen Beschränkungen auf die transversalen der Lichtwellen übertragen werden darf.

»Denken wir uns, die Netzhaut bestehe aus Theilchen, welche für sich, nach blossem Anstossen, eigene Schwingungen machen, ganz eben so wie jene Platte. Das subjective Licht, welches wir bei der Erregung des Auges durch Stoss oder elektrische Entladung wahrnehmen, würde dann wahrscheinlich in solchen eigenen Schwingungen der Netzhaut bestehen. Nehmen wir an, dass der Werth von n für alle Theilchen der Netzhaut gleich sei, d. h. dass jenes subjective Licht homogen sei, oder, was auf dasselbe hinauskommt, ziehen wir nur solche Theilchen in Betracht, welche einerlei n haben, und lassen wir nun auf diese Theilchen Lichtwellen von irgend einer Länge wirken, so müssen die Schwingungen der Netzhaut nach einiger Zeit denen der erregenden Wellenzüge isochronisch werden, dabei aber um so stärker sein, je weniger die Wellenlänge des einfallenden Lichtes von der des eigenen (subjectiven) Lichtes der Netzhaut verschieden ist. Lassen wir also nach einander Wellen von verschiedener Länge, aber gleicher Stärke (gleichem Werthe von am) auf die Netzhaut wirken, so muss ihre Resonanz

---

$$e = \frac{2bam}{\sqrt{(n^2 - m^2)^2 + 4b^2m^2}}$$

worin e die Schwingungsamplitude der resonnirenden Platte, a die Amplitude der Schwingungen, welche die Platte zur Resonanz erregen, n die eigene Schwingungszahl der resonnirenden Platte, m die der erregenden Schwingungen, b eine von dem Widerstande der Bewegung abhängige Constante ist.

Der obige Satz folgt daraus, dass e denselben Werth annimmt, wenn man für m substituirt pn und $\frac{n}{p}$, welche Zahl auch p sei. Ausserdem wird man leicht noch den Satz daraus ableiten können, dass, wenn n und n' die eigenen Schwingungszahlen zweier verschiedenen Platten sind, e für sie gleich wird, wenn sie durch die Beziehung verknüpft sind

$$n^2 + n'^2 = 2m^2.$$

und die dadurch bedingte Lichtempfindung von ungleicher Stärke sein, und es würden sich die Wirkungen auf unser Organ durch eine Resonanzcurve darstellen lassen, jener ähnlich, welche ich vorhin für die Platte gezeichnet habe, wobei nur der Werth von a und b aus der Erfahrung bestimmt werden müsste.

»Liesse sich diese Curve durch eine zweckmässige Wahl von b und a identisch machen mit einer anderen, welche die beobachteten Helligkeiten des Farbenspectrum darstellt, so würde man vermuthen dürfen, dass die Wellen in der ganzen Ausdehnung des Spectrum von gleicher Stärke (lebendiger Kraft) sind; auf eine ungleiche Vertheilung dieser Stärke aber müsste man schliessen, wenn jene beiden Curven sich nicht in Uebereinstimmung bringen lassen.

»Das Letztere ist nun in der That der Fall, wovon ich mich bereits vor einiger Zeit durch Vergleichung Fraunhofer'scher Messungen überzeugt habe.«

Seebeck giebt nun die schon S. 251 mitgetheilte Reduction des prismatischen Spectrum auf ein Gitterspectrum, verzeichnet hienach ebenfalls eine Curve (Pogg. LXII. Taf. III. Fig. 4) und fährt fort:

»Vergleicht man diese Curve mit der vorigen (Fig. 3), »so bemerkt man sogleich aus dem ganz ungleichen Gange beider, dass — unter den im Eingange bemerkten Voraussetzungen — die wahren Intensitäten $(a^2 m^2)$ sich nicht gleichmässig über die ganze Ausdehnung des Spectrum erstrecken können, indem das Maximum eine ganz andere Lage zwischen je zwei Stellen gleicher Helligkeit hat, als diess bei der Resonanzcurve für gleiche Wellenstärken möglich sein würde. Ist nun die Wellenstärke ungleich für verschiedene Theile des Spectrum, so muss die Helligkeitscurve eine Function von ihr und von der ungleichen Resonanzfähigkeit der Netzhaut werden, so dass, um über die letztere zu urtheilen, man die erstere (die Wellenstärke) kennen müsste. Das Maximum der Helligkeit muss von der Natur dieser beiden Veränderlichen abhängen. Nimmt z. B. die Wellenstärke vom Roth bis zum Violet fortwährend ab — wie das unter der Annahme des Identitätsprincipes auch dann der Fall zu sein scheint, wenn man auch hier die ungleiche Ausbreitung im prismatischen Bilde in Anschlag bringt, so müsste, bei meinen Voraussetzungen, also die eigene Schwingungsmenge a der Netzhaut schon ins Blaugrün oder Blau hineinfallen *). Diess ist ein ganz anderes Resultat, als jenes, zu welchem Melloni, ohne Frage von ganz verschiedenen Prämissen ausgehend, gelangt ist, indem er die grösste Resonanzfähigkeit dahin setzt, wo die grösste Helligkeit wahrgenommen wird.

»Ich habe diese Berechnung unter der einseitigen Voraussetzung ausgeführt, dass alle Theile der Netzhaut einerlei a haben, weil es mir nicht ohne Nutzen zu sein schien, die Analogie, auf welche man in diesem Gegenstande

---

*) »Sollte vielleicht hierin der Grund liegen, warum die grüne Farbe unserem Auge so wohlthätig ist? Allein dann müsste wahrscheinlich das subjective Licht ebenfalls grün oder bläulich sein, was sich, wie ich glaube, nicht bestätigt.«

einmal gewiesen ist, an einem solchen einfachen Beispiele durchzuführen. Ich halte jedoch diese Voraussetzung selbst nicht für wahrscheinlich. Dürfen aber mehrere n beliebig angenommen werden, so wird es möglich sein, jede gegebene Helligkeitsskala mit jeder gegebenen Vertheilung der Wellenstärken in Einklang zu bringen. Auf diese Weise wird es, unter der Annahme des Identitätsprincipes, möglich sein, die Vorstellung von einer Resonanz der Netzhaut, oder vielleicht von mehreren solchen Resonanzen festzuhalten, wie man auch die Vertheilung der Wärme im Spectrum oder des bis zur Netzhaut gelangenden Theiles derselben finden möge. Ob aber die Werthe der n, welche angenommen werden müssen, um die Wärmeskala mit der Helligkeitsskala in Einklang zu bringen, wirklich in der Natur des Auges begründet sind, darüber dürften die subjectiven Gesichtserscheinungen einigen Aufschluss zu geben geeignet sein.«

b) Puncte der Uebereinstimmung und Verschiedenheit zwischen den Empfindungsgebieten von Licht und Schall.

Als Puncte der Uebereinstimmung sind insbesondere folgende geltend zu machen.

1) Lichtempfindungen und Schallempfindungen sind sinnliche Empfindungen, beide, wenn auch in verschiedenem Sinne, die Hauptunterlagen unserer höheren geistigen Entwickelung, beide einer grossen Mannichfaltigkeit von Modificationen, Abwandelungen und der Zerlegung durch die Betrachtung in verschieden auffassbare, wenn schon nicht wirklich geschiedene Seiten (Stärke und Farbe bei Licht, Stärke, Höhe und Klang bei Tönen) fähig.

2) Beide hängen von den Schwingungen eines elastischen Mediums als äusserem Reize ab, können aber auch ohne äusseren Reiz aus inneren Gründen entstehen. Wahrscheinlich liegen ihnen auch innerlich Schwingungen zu Grunde, welche durch die äusseren anregbar sind.

3) Bei beiden schiebt sich zwischen den äusseren Reiz und den Sinnesnerven ein, normalerweise doppeltseitiges, Sinnesorgan ein, wodurch die Form und Wirkungsweise des äusseren Reizes bei seiner Einwirkung auf das Nervensystem mitbestimmt wird.

4) Die Qualität der Töne wie der Farben hängt von der Schwingungsdauer oder Schwingungszahl, die Stärke derselben von der Amplitude der erregenden Schwingungen ab. Bezüglich der Amplitude und der davon abhängigen Stärke der Empfindung gilt für beide das Weber'sche Gesetz.

5) Verschiedene Töne wie verschiedene Farben vermögen im

Zusammentreffen einen Eindruck zu erzeugen, welcher dem eines einfachen Tones, einer einfachen Farbe entspricht. Bei Tönen beziehe ich mich hiebei auf die sog. Tartini'schen oder Combinationstöne.

6) Wie es Gränzen der Hörbarkeit der Töne giebt, so auch Gränzen der Sichtbarkeit der Farben, wobei es beiderseits noch der Erörterung unterliegt, in wieweit diese Gränzen auf mangelnder Perceptionsfähigkeit der Nerven für sehr schnelle und langsame Schwingungen, oder darauf beruhen, dass nach der Einrichtung unserer äusseren Sinnesorgane Schwingungen über und unter einem gewissen Grade der Schnelligkeit gar nicht zu den Nerven zu gelangen vermögen.

Von dem, was in dieser Hinsicht für Töne gilt, ist schon Th. I. S. 258 und Th. II. S. 169, von dem, was für Farben gilt, im vorigen Abschnitte dieses Kapitels zur Genüge die Rede gewesen.

7) Die Annäherung, welche der Farbeneindruck des Violet am einen Ende des gewöhnlichen Sonnenspectrum an den des Roth am anderen zeigt, kann in gewissem (freilich eben nur in gewissem) Sinne mit der periodischen Wiederkehr eines analogen Toneindruckes nach dem Intervalle einer Octave verglichen werden.

Zwar vermehrt sich beim Uebergange von den gewöhnlich sichtbaren violeten zu den ultravioleten Stralen keinesweges die Annäherung an den Eindruck des Roth (durch zu erwartende Purpurtinten), wie man nach der Analogie mit Tönen voraussetzen müsste, sondern das Blau kehrt zurück*). Der ultraviolete Theil des Spectrum (jenseits Stokes Gruppe *l*) erscheint bei schwacher Intensität indigblau, bei starker Intensität weissblau, doch schliesst Helmholtz aus seinen Versuchen (Pogg. XCIV. 210), »dass die Umkehr in der Farbenreihe, welche beim übervioleten Lichte stattfindet, sich so erklären lasse, dass einer schwachen Empfindung violeter Farbe, welche diese Lichtstralen direct erregen, sich die Wahrnehmung des in der Retina durch Fluorescenz erzeugten grünlich weissen Lichtes (s. S. 248) zugeselle, und beide Farbenempfindungen vereinigt die weisslich indigblaue Färbung geben, welche die übervioleten Stralen darbieten, wenn sie direct gesehen werden.«

---

*) Vgl. Pogg. XCIV. 44. 206, XCVIII. 514.

Helmholtz giebt (Pogg. XCIV. 18) von dem brechbarsten Theile des Sonnenspectrum (isolirt von dem hellen Theile des Spectrum betrachtet und von zerstreutem Lichte frei, mittelst Glasprisma's erhalten) folgende Beschreibung: »Bei geringer Lichtstärke hat der Raum zwischen den Linien *G* und *H* eine ziemlich gleichmässige violete Farbung, die sich auch noch auf die Gegend von Stokes' Gruppe *l* ausdehnt. Je lichtschwächer das Violet wird, desto mehr bekommt es einen Anflug von Rosa. Steigert sich die Lichtintensität, so wird der Farbenton dem Blau ähnlicher und entfernt sich immer mehr vom Purpur; er geht dann in ein weissliches Graublau über. Die übervioleten Stralen jenseits der Gruppe *l* setzen die Farbenreihe keineswegs nach dem Purpur hin fort, sondern sind wieder indigblau bei geringer Lichtstärke, weissblau, wo es gelingt, sie in grösserer Lichtstärke zu sehen. Ich habe das übervioletе Licht mehreren anderen Personen gezeigt, um nicht durch eine Eigenthümlichkeit meines Auges getäuscht zu werden, und alle bezeichneten die Farbe in der Weise, wie ich angegeben habe. Unter allen diesen brechbaren Farbentönen kommt also lichtschwaches Violet, etwa aus der Gegend der Linie *A*[*]) dem Purpur am nächsten; aber auch dieses ist durch einen weiten Zwischenraum in der Farbenreihe von dem aussersten Roth getrennt. Man kann in meinem Apparate durch Mischung von Violet und Roth eine sehr grosse Anzahl unterscheidbarer purpurner Farbentöne bilden, welche sich alle zwischen die Farben der beiden aussersten Enden des Spectrum einreihen lassen.«

Anderorts (Pogg. XCIV. 205) sagt er (bezüglich eines, mittelst eines Bergkrystallapparates erhaltenen Spectrum): »das Auge schien für die äussersten übervioleten Stralen des Sonnenlichtes keinen geringeren Grad von Empfindlichkeit zu haben, als für die der Gegend von *m*. Soweit Chininpapier das Vorhandensein von Stralen anzeigte, konnte sie auch das Auge empfinden. Eine Aenderung der Farbe konnte ich in der ganzen Ausdehnung von *l* an bis zum Ende nicht bemerken, ausser, dass die lichtschwächeren Stellen ein dem Violet ähnlicheres Indigblau zeigten. Alle indigblauen Stralen werden aber bei geringerer Helligkeit dem Violet ähnlicher. Bei gleicher Lichtstärke schien aber die Farbe der übervioleten Stralen doch weisslicher zu sein, als die der gewöhnlichen indigblauen.«

Esselbach (Pogg. XCVIII. 513) sagt (bezüglich eines, mit einem Bergkrystallapparate entworfenen) Spectrum: »Der physiologische Eindruck ist in dem Theile des Ultraviolet von *N* bis *R* der desselben »»Lavendelgrau««, wie zwischen den Linien *L* und *N*. Meistens erscheinen die Linien sehr scharf auf mattem graublauen Grunde; bei geringerer Helligkeit erscheint der Grund glänzend indigblau und bei noch grösserer Lichtschwäche bisweilen, besonders an den Gränzen des Gesichtsfeldes, in entschiedenem Violet. Diess während der Beobachtung oft gesehene Farbenspiel stimmt ganz mit Helmholtz Erklärung dieser Farbe überein, wonach ihre kurzen Wellen theils unmittelbar als wenig intensives Violet, theils durch Vermittelung einer weissen, grünlich blauen Fluorescenz percipirt werden.«

---

[*]) Diess muss verdruckt sein (für *H*?), da *A* dem Roth angehört.

8) Wir sehen normalerweise mit beiden Augen nur einfach und hören mit beiden Ohren nur einfach.

9) So wie es nach S. 169 f. Individuen giebt, welche für die Töne eines gewissen Theiles der normalerweise hörbaren Tonskala unempfänglich sind, so solche, welche für einen gewissen Theil der normalerweise sichtbaren Farbenskala unempfänglich sind.

Diesen Vergleich zieht schon A. Seebeck (Pogg. LXVIII. 461). Eine Zusammenstellung über die mannichfachen Formen mangelhaften Farbensinnes findet sich u. a. in Ruete's Ophthalmologie S. 179 ff.

Als Hauptpuncte der Verschiedenheit sind hingegen folgende geltend zu machen.

1) Licht- und Schallempfindungen tragen einen verschiedenen Grundcharakter.

2) Die Beschaffenheit und Verhältnisse der äusseren Schwingungen, welche als Reize zur Erweckung der Licht- und Schallempfindungen dienen, und die Sinnesorgane, durch die sie an den nervösen Apparat übertragen werden, sind bei Licht und Schall sehr verschieden, wonach auch Verschiedenheiten der dadurch erweckten inneren Vorgänge in unserem Nervensysteme, wovon die Empfindung functionell abhängt, als wahrscheinlich gelten können.

3) Das Licht, wodurch die Lichtempfindungen in uns erweckt werden, beruht insbesondere auf sehr schnellen und schnell fortgepflanzten Schwingungen von sehr kleiner Amplitude in einem imponderabeln, sehr dünnen Medium, dem Aether; der Schall, wodurch die Schallempfindungen in uns erweckt werden, auf verhältnissmässig viel langsameren und langsamer fortgepflanzten Schwingungen von viel grösserer Amplitude in einem wägbaren dichteren Medium, der Luft. Jene beruhen auf blosser Verschiebung der Aethertheilchen gegen einander, ohne Verdichtung und Verdünnung des Aethers, diese auf Näherung und Entfernung der Theilchen mit Verdichtung und Verdünnung der Luft. Die Lichtschwingungen sind transversal, d. i. auf ihrer Fortpflanzungsrichtung, der des Lichtstrals, senkrecht und können geradlinig, kreisförmig, elliptisch sein und die verschiedensten zusammengesetzten Formen haben; die Luftschwingungen sind longitudinal, d. h. fallen der Richtung nach mit der Fortpflanzungsrichtung des Schalles, der Richtung des Schallstrals zusammen, und sind unstreitig in gleichförmig dichter Luft als geradlinig anzusehen.

4) Bei der Einrichtung des Auges ist Sorge getragen, dass Lichtstralen, die von einem Puncte ausgehen, auch wieder in einem Puncte der von den Lichtstralen getroffenen Nervenhaut zusammentreffen und die Lichteindrücke sich in ähnlicher Weise auf der Netzhaut juxtaponiren, als in der Aussenwelt, so dass ein Bild der Aussendinge auf der Netzhaut entsteht. Bei der Einrichtung des Ohres ist keine solche Einrichtung getroffen, und es kann kein Schallbild der äusseren Gegenstände im Ohre entstehen. Hingegen sind im Ohre andere eigenthümliche Einrichtungen getroffen, deren Deutung bezüglich der Perception des Schalles zum Theil klar, zum Theil unklar ist. Besonderer Beachtung werth sind gewisse feine Tastenapparate, mit denen nach neuen anatomischen Entdeckungen die Enden der Hörnerven in Beziehung stehen, worauf unten zurückzukommen sein wird.

5) Durch die verschiedenen Gehörnervenfasern kann der Eindruck räumlicher Juxtaposition überhaupt nicht erhalten werden, wie es durch die verschiedenen Sehnervenfasern der Fall ist, indem die Gleichzeitigkeit verschiedener Töne einen anderen Eindruck macht, als den der räumlichen Coordination, ein Unterschied, der unabhängig davon besteht, dass die Schallstralen kein Bild der schallenden Gegenstände im Ohre erzeugen: denn wenn Lichtstralen, die von einem Puncte ausgegangen sind, sich über die Netzhaut zerstreuen, wie es bei mangelnder Accommodation der Fall ist, erscheinen sie dessenungeachtet in einer Fläche ausgebreitet, räumlich explicirt.

6) Die Lichtempfindung hat die Fähigkeit, sich räumlich gestalten zu lassen, mit der Tastempfindung gemein, indess für die Tonempfindung keine entsprechende nähere Verwandtschaft mit einer anderen Sinnesempfindung besteht.

7) Selbst ohne äusseren Lichtreiz haben wir normalerweise eine Lichtempfindung, die des schwarzen Gesichtsfeldes, als welche nach früheren Erörterungen sich in der That den Lichtempfindungen einreiht, wogegen wir normalerweise ohne äusseren Schallreiz keine Schallempfindung haben; wonach die psychophysische Thätigkeit des Sehens, aber nicht die des Hörens in unserem Nervenapparate ohne äusseren Reiz über der Schwelle ist.

8) Die Skala der sichtbaren Farben beträgt nach den Erörterungen des vorigen Abschnittes dieses Kapitels etwa 1 Octave

+ 1 Quarte, indess die der hörbaren Töne eine ganze Anzahl Octaven beträgt.

9) Durch den psychischen Act der Aufmerksamkeit lässt sich unter gewissen Beschränkungen ein Schallgemisch in solcher Weise in seine Componenten zerlegen, dass wir uns abwechselnd der einen vor der anderen bewusst werden können; wogegen in Bezug auf Farbengemische der Aufmerksamkeit ein solches Vermögen überhaupt nicht zusteht.

Mehrseitig hat man bezweifelt oder geleugnet, dass bei reinen Tongemischen eine wirkliche Unterscheidbarkeit der einzelnen Töne stattfinde und hierin ein wesentlicher Unterschied derselben von Farbengemischen bestehe. Wenn Musiker einen falschen Ton in einem Concerte heraushören und selbst das Instrument bezeichnen können, was ihn gegeben, so beruhe diess nur darauf, dass sie an dem Charakter, welchen das ganze Tongemisch dadurch annehme, das Dasein des falschen Tones erkennten, ohne doch diesen besonders herauszuhören, wie man ja auch die Zumischung einer Farbennuance zum Weiss wohl erkennen und das geübte Auge des Malers sogar entscheiden kann, auf welcher Art Zumischung sie beruht, ohne doch dieselbe besonders und mit Beseitigung des Weiss ins Bewusstsein heben zu können.

Nun ist gar nicht zu leugnen, dass die Unterscheidbarkeit von Tönen in reinen Tongemischen ihre durch den Grad der Uebung und Aufmerksamkeit mitbestimmte Gränze hat; wenn ich aber auch bei meinem sehr schlechten musikalischen Gehöre geneigt sein könnte, mich einer solchen Auffassung zu fügen, so widersprechen doch Musiker mit gebildetem Gehöre derselben entschieden. Der Musikdirector Hauptmann in Leipzig hat mir auf mein Befragen in bestimmtester Weise erklärt, dass er allerdings im Stande sei, aus einem Accorde gleichzeitig angeschlagener Töne den einen oder anderen besonders herauszuhören, und zwar nicht blos, wenn er unrein sei, sondern auch, wenn der ganze Accord rein sei. In demselben Sinne äussert sich Helmholtz an mehreren Orten u. a.*): »da nun die Erfahrung lehrt, dass überall, wo die mathematisch-mechanische Untersuchung zusammengesetzte Wellenbewegungen nachweist, ein geübtes Ohr Töne unterscheiden kann, welche den darin enthaltenen einfachen Wellenbewegungen entsprechen, so u. s. w.«; und anderorts**) in Beziehung auf Klänge, in welchen ein Grundton von Obertönen begleitet ist. »In der unmittelbaren Empfindung werden allerdings die einzelnen vorhandenen einfachen Töne bei gehörig angespannter Aufmerksamkeit immer von einander getrennt, während sie in der Vorstellung zusammenfliessen in den sinnlichen Eindruck, den der Ton eines bestimmten tönenden Körpers auf unser Ohr macht, und es gehört meist eine künstliche Unterstützung der Aufmerksamkeit dazu, um die einzelnen Elemente der zusammengesetzten Empfindung von einander zu scheiden, eben so wie es z. B. besondere Beobachtungsmethoden erfodert, um sich zu überzeugen, dass die Anschauung der Körperlichkeit eines betrachteten Gegenstandes auf der Verschmelzung zweier verschiedener Bilder desselben in beiden Augen beruhe.« Dazu theilt **Helmholtz** (S. 287) die Beschreibung eines Instrumentes mit, welches auch den ganz Ungeübten in den Stand setzt, die Obertöne jedes musikalischen Tones herauszuhören, »was bisher — sagt er — eine Aufgabe war, die nur durch andauernde Uebung und mit grosser Anstrengung der Aufmerksamkeit gelöst werden konnte.«

---

*) Pogg. XCIX. 502.

**) Pogg. CVIII. 282.

10) Indess Lichtempfindungen und Schallempfindungen in der, von gleichem physischen Umstande (der Schwingungs-Amplitude) abhängigen, Stärke eine gemeinsame psychische Seite haben, ist dagegen die, nicht minder von gleichem physischen Umstande (der Schwingungszahl) abhängige, Farbe und Tonhöhe bei beiden psychisch unvergleichbar und ertheilt eben hiedurch beiden Empfindungen den qualitativ verschiedenen Grundcharakter, den wir bei denselben anzuerkennen haben. Abgesehen von dem unmittelbaren Gefühle der Verschiedenheit sind folgende Verhältnisse in dieser Hinsicht bei beiden verschieden.

11) Bei Tönen steigt mit der Schwingungszahl die Höhe continuirlich und nur in Beziehung zu einander zeigen sie den eigenthümlichen Eindruck der Terz, Quarte, Quinte, Octave u. s. f. Bei Farben zeigt sich mit steigender Schwingungszahl nichts der continuirlich wachsenden Höhenempfindung Entsprechendes, sondern ein Wechsel charakteristischer Eindrücke, Roth, Gelb, Blau, die an die Schwingungszahl selbst, nicht erst an Verhältnisse derselben geknüpft sind und wovon sich kein Analogon im Tonreiche findet, als etwa im Klange, der aber hier nur an Mitschwingungen höherer Ordnung hängt[*]. Umgekehrt zeigt der Eindruck, welchen das Contrastverhältniss der Farben zu einander macht, keine Analogie zu dem Verhältnisse der Terz, Quarte, Quinte, Octave u. s. w. im Reiche der Töne.

Moser, in einer Abhandlung »Ueber den Process des Sehens und die Wirkung des Lichtes auf alle Körper« in Pogg. Ann. LVI. 177, worin die Wirkungen des Lichtes auf die Netzhaut mit den daguerreotypischen Lichtwirkungen, nicht sowohl identificirt, als verglichen werden, äussert sich

---

[*] »Die musikalische Klangfarbe hängt nur ab von der Anwesenheit und Stärke der Nebentöne, die in dem Klange enthalten sind, nicht von ihren Phasenunterschieden« (Helmholtz in Pogg. CVIII. S. 289). Doch werden einige Beschränkungen hiezu angeführt.

(p. 192) wie folgt: »die Farben machen, so zu sagen, einen vollständigen, nicht mit einander zu verwechselnden, Eindruck, die verschiedenen Töne bewirken einen solchen nicht. Allerdings verwechselt man nicht gerade sehr hohe und sehr tiefe Töne, aber desto leichter geschieht das von einem gewöhnlichen Ohre bei etwas näher liegenden Tönen, und jedesfalls gehört ein besonders feines und musikalisch gebildetes Ohr dazu, einen Ton der üblichen Bezeichnung nach angeben zu können, während das Auge bei der Bestimmung der Farben eine Schwierigkeit solcher Art gar nicht kennt. Viel eher könnte man geneigt sein, die Höhe oder Tiefe eines Tones mit der Intensität einer bestimmten Farbe, und dagegen die verschiedenen Farben mit dem Klange des Tones zusammenzustellen. Mir sind wenig Menschen vorgekommen, die auf Befragen das Letztere nicht bestätigt hätten.«

12) Die periodische Wiederkehr desselben Farbeneindruckes bei steigender Schwingungszahl, welche durch das Violet und Roth an beiden Enden des Spectrum angedeutet wird, kann abgesehen davon, dass die Annäherung zum ersten Eindrucke schon nach dem Intervalle einer Quinte eintritt, und dass diese Annäherung sich bei dem Fortschritte zum Octavenintervalle vielmehr wieder vermindert als vermehrt (was den S. 268 angegebenen Grund haben kann), nur uneigentlich mit der periodischen Wiederkehr verglichen werden, welche das Octavenintervall bei Tönen darbietet. Denn bei diesem liegen alle Töne mit Zwischenzahlen der Schwingung auch für das Gefühl zwischen Grundton und Octave; es wird also ein wirklicher Abstand zwischen Grundton und Octave für das Gefühl dadurch begründet, wogegen die Farben zwischen den beiden Gränzen des Spectrum für das Gefühl nicht zwischen Roth und Violet zu liegen scheinen und noch weniger zwischen Roth und Roth liegen würden, falls diess die dem Intervalle der Octave entsprechenden Farben wären. Es fehlt also bei Farben für das Intervall der Octave das progressive Element, was bei Tönen stattfindet.

13) Für den Vergleich aller Farben liegt der Empfindung als gemeinsamer Ausgangspunct das Weiss, die zusammengesetzteste Farbe, unter, sofern alle Farben als Abweichungen davon in verschiedener Richtung betrachtet werden können, wogegen die Empfindung als Ausgangspunct für den Vergleich aller Töne nur einen einfachen Ton als Grundton brauchbar findet.

14) Die Differenzen der Tonhöhen sind schon ohne Rücksicht auf ein physisches Mass auf rein psychischem Wege durch Beziehung auf eine gemeinsame Masseinheit, das Octavenintervall, un-

ter einander vergleichbar; die Farbendifferenzen tragen keine Beziehung auf einen solchen Massstab für die Empfindung in sich.

15) Der Unterschied von Tonhöhen erscheint bei gleichem Verhältnisse der zugehörigen Schwingungszahlen gleich gross in den höheren und niederen Theilen der Tonskala, nicht so der Unterschied der Farben in den verschiedenen Theilen der Farbenskala, wie der von Helmholtz*) auf Esselbach's Messungen gestützte Vergleich lehrt, wovon Th. I. S. 175 die Rede war, und welchen man auch nach der Tabelle S. 241 selbst anstellen kann. Mit anderen Worten, das Weber'sche Gesetz gilt für Tonhöhen, aber nicht für Farben nach ihrer Abhängigkeit von der Schwingungszahl.

Hiezu noch folgende Erläuterungen von Helmholtz in Pogg. XCIV. 17. »In dem breiten Raume vom Ende des Roth bis zur Linie *C* ändert sich der Ton des Rothen kaum merklich, eben so wenig der Ton des Violeten von der Linie *G* bis nach *l* hin. Auch in Orange und Blau ändert sich der Ton langsam, aber doch schon viel merkbarer. An der Gränze von Gelb und Grün einerseits und Blau und Grün andererseits sind dagegen die Uebergänge so schnell, dass sie ganz zu fehlen scheinen, wenn man ein reines Spectrum ohne starke Vergrösserung betrachtet, und hier vielmehr Grün unmittelbar an röthliches Orange und Himmelblau anzustossen scheint. Man erstaunt über den ausserordentlichen Reichthum prachtvoller Farbentöne, welchen diese Gegenden des Spectrum entfalten, wenn man durch eine der beiden Spalten des von mir construirten Schirmes einfaches Licht dieser Theile gehen lässt und den Spalt dann langsam verschiebt.«

16) Ohne Rücksicht auf die entsprechende physische Abhängigkeit würden wir keineswegs geneigt sein, das Roth des Spectrum den tieferen, das Blau und Violet den höheren Tönen zu vergleichen, sondern eher umgekehrt, ungeachtet das Roth wie die tiefen Töne langsameren, das Violet und Blau wie die hohen Töne schnelleren Schwingungen entspricht.

Grailich**) glaubt den lebhaften Eindruck des Roth daher ableiten zu können, dass wegen der langsameren Schwingungen die Theilchen länger aus der Ruhelage verrückt bleiben, was eine stärkere Reizung bewirke, wogegen sich meines Erachtens doch sehr viel einwenden lässt.

17) Der ästhetische Eindruck der Farbenzusammenstellungen richtet sich nach ganz anderen Verhältnissen als der der Töne. Wenn man alle Töne einer Octave in zwei Theile theilt und jede

---

*) Berichte der Berl. Akad. 1855. S. 760.

**) Sitzungsber. der Wien. Akad. 1854. XIII. S. 258.

beider Hälften zusammen anschlägt, so hat man physisch, aber keineswegs psychisch das Analogon zweier Complementärfarben, die sich zu Weiss ergänzen. Indess die Farben jede für sich wohlgefällig sind und eine wohlgefällige Zusammensetzung geben, findet bei den Tönen Missklang statt.

Der mehrfach gemachte Versuch, eine Farbenharmonie auf Grund einer Analogie mit der Tonharmonie zu begründen, die nicht besteht, scheint mir daher von vorn herein vergeblich.

18) Durch Zusammensetzung einfacher Farben lässt sich eine Farbe herstellen, welche wiederum einen untrennbar einfachen Eindruck macht, in welchem die componirenden Eindrücke aufgehoben sind. Wenn wir hingegen einfache Töne zusammensetzen, so entsteht zwar im Tartinischen Tone auch ein resultirender einfacher Eindruck, welcher dem eines einfachen Tones gleicht; aber die componirenden Eindrücke bestehen dabei zugleich mit fort.

19) Bei Farben lässt sich ein, der Mischung aller Farben, dem Weiss, entsprechender Eindruck schon durch zwei einfache Complementärfarben erzeugen; nicht so ein Geräusch durch Verbindung zweier einfacher Töne.

Nach Helmholtz Versuchen*) und Grassmann's theoretischen Erörterungen**) giebt es zu jedem einfachen homogenen Farbenstrale einen anderen homogenen complementären Stral, der mit ihm gemischt reines Weiss liefert. Folgendes die von Helmholtz gegebene Tabelle über die Wellenlängen der zu einander gehörigen Complementärfarben, in Millionteln eines Pariser Zolles.

Farben.	Wellenlänge.	Complementärfarben.	Wellenlänge.	Verhältniss der W.
Roth	2425	Grünblau	1818	1,334
Orange	2244	Blau	1809	1,240
Goldgelb	2162	Blau	1793	1,206
Goldgelb	2120	Blau	1781	1,190
Gelb	2095	Indigblau	1716	1,221
Gelb	2085	Indigblau	1706	1,222
Grüngelb	2082	Violet	von 1600 ab.	1,301

Im Violet mussten, seiner Lichtschwäche wegen, die äussersten Stralen von der Wellenlänge 1600 ab alle zusammengefasst werden. Für Grün, welches in der Tabelle nicht vorkommt, ist die Complementärfarbe in den ultravioleten Stralen zu suchen.

Das Verhältniss der Wellenlängen complementärer Componenten schwankt zwischen dem der Quarte und der kleinen Terz; am kleinsten ist es für Goldgelb und Blau. — Merkwürdig ist die Vertheilung der complementären Farben im Spectrum. Während das Goldgelb ziemlich weit vom äussersten Roth absteht, liegen ihre complementären Farben Grünlichblau und Cyanblau dicht neben einander; während das äusserste Violet und das Indigo einen breiten Raum im Spectrum einnehmen, finden sich ihre Complemente grünliches Gelb und reines Gelb nur in ganz schmalen Streifen; diess hängt mit den unter 15) bemerkten Verhältnissen zusammen.

---

*) Pogg. XCIV. 1.

**) Pogg. 1853. Nr. 5.

Zwei complementäre Farben gehen im Allgemeinen nicht in gleicher Lichtstärke in Weiss ein. Um das Verhältniss auszumitteln, mass **Helmholtz**, nachdem das Weiss in möglichster Vollkommenheit hergestellt war, die Breite des Spaltes, durch welchen die hellere Farbe drang, verringerte diese Breite dann so weit, bis ein vor das Feld gehaltenes Stäbchen zwei gleich dunkle farbige Schatten entwarf und mass die Breite dann aufs Neue. Die beiden Breiten gaben annähernd das Verhältniss der Helligkeit beider Componenten im Weiss. Die Resultate fielen übrigens, wie diess nach den S. 176 angeführten Thatsachen über das abgeänderte Helligkeitsverhältniss von Pigmenten bei verschieden starker Beleuchtung zu erwarten war, bei ungleicher absoluter Lichtstärke verschieden aus. Bei geringerer Lichtstärke treten die brechbareren Farben relativ ins Uebergewicht. Die folgenden Zahlen haben daher nur die Bedeutung approximativer Mittelwerthe.

	bei starkem Lichte.	bei schwachem Lichte.
Violet : Grüngelb	1 : 10	1 : 5
Indigo : Gelb	1 : 4	1 : 3
Cyanblau : Orange	1 : 1	1 : 1
Grünblau : Roth	1 : 0,44	1 : 0,44.

Bezüglich des aus den einfachen Complementärfarben Roth und Grünblau zusammengesetzten Weiss bemerkt **Helmholtz**, das Auge sei sehr empfindlich für Beimischungen von sehr kleinen Mengen der einfachen Farbe zu dem Weiss. Wenn man das aus beiden gemischte Weiss nicht ziemlich lichtschwach macht, behält es immer ein fleckiges und veränderliches Ansehen. »Dann veränderte sich auch die Mischfarbe etwas mit dem Orte der Netzhaut, der ihr Bild empfieng. Schon **Purkinje** hat darauf aufmerksam gemacht, dass die Seitentheile der Netzhaut eine andere Empfindlichkeit für Farben haben, als die Stelle des directen Sehens der gelbe Fleck. Hatte ich — sagt **Helmholtz** — Roth und Grünblau so verbunden, dass das von ihnen gemeinschaftlich beleuchtete Feld so gut als möglich weiss erschien, und eher das Roth überwog, so wurde es sogleich entschieden grün, wenn ich einen neben dem hellen Felde liegenden Punct des Papieres fixirte. Dasselbe war der Fall, wenn ich das Auge so nahe heranbrachte, dass das Feld der Mischfarbe einen sehr grossen Theil des Gesichtsfeldes bedeckte, also ausser dem gelben Flecke auch viele andere Theile der Netzhaut das Bild aufnahmen. Bei diesem Versuche kann die Farbenzerstreuung bei der Brechung im Auge in der Mitte eines so grossen Feldes keinen Einfluss haben.«

19) Der charakteristische Eindruck der Farben verschwindet

immer mehr und nähert sich dem Weiss, wenn man die von der Amplitude der Schwingungen abhängige Stärke derselben vermehrt, oder sie einer anhaltenden Betrachtung unterwirft, umgekehrt kann Weiss durch anhaltende Betrachtung farbig werden, wogegen der Eindruck der Tonhöhen nichts Entsprechendes zeigt.

Auf den Einfluss der Stärke bezügliche Erfahrungen an Farben machte ich bei meinen Versuchen über die Nachbilder*).

»Lässt man das (in ein finsteres Zimmer durch ein Loch im Laden eingelassene) Sonnenlicht durch ein farbiges Glas auf die gegenüberstehende Wand eines finsteren Zimmers fallen, so zeigt es sich bekanntlich deutlich von der Farbe des Glases. Nicht so, wenn man direct durch ein farbiges Glas in die Sonne blickt. Welches Glas man auch anwenden mag, so erscheint doch das Sonnenbild nur wenig gefärbt, fast weiss oder gelb und höchstens in schwachem Grade nuancirt es sich durch die Farbe des Glases. Mit solchem, zwar intensiven, aber nur schwach farbigen Lichte erscheint dann auch in der Regel die erste Phase des Nachbildes, obschon sie anderen Male auch gleich anfangs deutlicher die Farbe des Glases an sich trägt.«

Entsprechende Erfahrungen an Spectrumfarben, die durch ein Prisma erzeugt sind, hat Helmholtz in seiner Abhandlung gegen Brewster**) bekannt gemacht und dabei manche nähere Bestimmungen gegeben. Er erklärt es für Thatsache, dass bei blendender Helligkeit alle Farben weiss zu werden oder sich dem zu nähern scheinen, was am leichtesten mit Violet, am schwersten mit Roth gelingt. Violet geht schon bei einem sehr erträglichen Grade von Helligkeit durch ein bläuliches Grauweiss in Weiss, Blau bei einem etwas höheren durch Blauweiss in Weiss über. Ebenso nähert sich Grau bei wachsender Helligkeit durch Grüngelb, und Gelb durch Gelbweiss einem blendenden Weiss. Roth wird bei seinem höchsten Glanze nur hellgelb. Man sieht diese Aenderungen eben so an reinen, isolirten Farben des Sonnenspectrum, wie an den zusammengesetzteren der farbigen Gläser. Vergleiche auch hiezu die S. 269 mitgetheilten Angaben desselben in Pogg. XCIV. 13.

Dass Farben durch anhaltende Betrachtung unscheinbarer werden, mithin der Farbeneindruck derselben mehr und mehr erlischt, ist bekannt. Besonders interessant und instructiv in dieser Hinsicht ist folgende Versuchsform, welche Moser (Pogg. LVI. 194) nach Brewster***) dafür anführt.

»Am entschiedensten dafür spricht ein interessantes Experiment, welches man Brewster verdankt, und welches sich leicht genug bestätigen lässt. Man betrachte das Spectrum einer Lichtflamme durch das Prisma anhaltend, so verschwindet zuerst das Roth und Grün und etwas vom Blau, sieht man immer weiter, ohne das Auge zu verrücken, dann verschwindet sogar das Gelb, geht in Weiss über, so dass man statt der prismatischen Farben nur ein gleichmässig weisses, längliches Bild der Flamme erblickt. Wie gesagt, dieser merkwürdige Versuch gelingt ohne alle Schwierigkeit, und, wie ich beobachtet habe, am schnellsten, wenn man das obere Augenlid mit der Hand fixirt und am Herunterschlagen hindert. Hat man das weisse Bild nach etwa ½ Minute erreicht und lässt man das Augenlid fallen, indem man das Auge sogleich wieder öffnet, so erscheint für einen Moment das Spectrum mit seinen Farben, um dann rasch wieder dem weissen Lichte Platz zu machen.«

---

*) Pogg. L. 465.

**) Pogg. Ann. LXXXVI. 501 ff.

***) Die Originalangaben von Brewster sind mir nicht bekannt.

Moser stellt diesen Versuch damit zusammen, dass auch bei den sonst von einander abweichenden daguerreotypischen Wirkungen der verschiedenen Farbenstralen »eine gleichmässige Wirkung aller Farben, das Gelb und Grün mit eingeschlossen, auf das Silberjodid sicher in einem Falle stattfindet, wenn sie nämlich anhaltend wirken, indem sie dann das Jodid dahin bringen, die Quecksilberdämpfe zu condensiren und es bei weiter fortgesetzter Einwirkung schwärzen.«

Das allmälige Verblassen der Farben bei anhaltender Betrachtung ist um so merkwürdiger, als umgekehrt Weiss durch anhaltende Betrachtung farbig wird.

In dieser Beziehung erinnere ich hier an folgende, von mir selbst gemachte Beobachtungen *).

»Der dunkle Schleier, mit dem sich ein auf schwarzem Grunde angeschautes weisses Papier allmälig überzieht, ist nicht rein grau, sondern klingt durch verschiedene Farben ab. Besonders deutlich stellt sich das Phänomen dar, wenn man den Versuch in directem Sonnenlichte vornimmt. Richte ich, nachdem ich die Augen eine Zeit lang geschlossen gehalten, um die Nachwirkung früherer Eindrücke zu beseitigen, dieselben auf das weisse, im Sonnenscheine auf schwarzem Papiere liegende Feld, so kann ich in den ersten Momenten, vermöge einer Art Blendung, überhaupt kein sicheres Urtheil über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer Färbung fällen; doch scheint sich mir in der That eine solche erst nach einiger Zeit zu entwickeln. Bald nämlich färbt sich das Papier entschieden gelb, dann blaugrün oder blau, ohne dass ich, bei oftmaligen Versuchen, eine Uebergangsstufe durch Grün hätte wahrnehmen können, endlich rothviolet oder roth. Die gelbe Phase ist die kürzeste; die blaue dauert oft ziemlich lange, ehe sie in die folgende übergeht. Nach der rothen oder rothvioleten habe ich keine weitere wahrnehmen können; obschon ich den Versuch bis zu grosser Anstrengung des Auges fortgesetzt habe. Auch im verbreiteten Tageslichte habe ich die angegebene Succession der Färbungen oft wahrgenommen, obschon einmal mit grösserer Entschiedenheit, als das andere Mal; die beiden letzten Färbungen erkannte ich hier in der Regel leichter, als die erste gelbe. Die rothviolete oder rothe Tinte der letzten Phase sieht man häufig, besonders im verbreiteten Tageslichte, mit Grün melirt, und bei näherer Betrachtung findet sich, dass diess die schattigen Stellen des Papieres sind, welche von den kleinen Unebenheiten desselben abhängen.«

---

*) Pogg. L. 206.

Szokalski[*]) hat eine entsprechende Beobachtung gemacht, indem er sagt: »Wir legen ein viereckiges Stück weisses Papier auf einen schwarzen Grund, erleuchten das Ganze durch ein weisses Licht und richten unsere Blicke aufmerksam auf das Viereck, indem wir eine solche Stellung einnehmen, dass das Licht nicht direct unsere Augen trifft. Wenn wir auf diese Weise das Papier einige Secunden unverwandten Blickes betrachtet haben, wird es eine gelbe Farbe, und wenn wir den Versuch weiter fortsetzen, nach und nach eine grünliche, hierauf eine blaue Farbe annehmen und zuletzt ganz aufhören, sichtbar zu sein.«

Diese unabhängig von der meinigen gewonnene Erfahrung scheint mir in Betreff ihrer wesentlichen Uebereinstimmung im Farbenwandel mit der meinigen um so beachtenswerther, als sich dieselbe Uebereinstimmung zwischen **Szokalski** und mir nicht in der Weise, wie das Nachbild von Weiss abklingt, findet, worüber ich hier in kein weiteres Detail eingehe. Doch führt er eine Zwischenstufe von Grün auf, die ich nicht bemerken konnte, und die Erscheinung ist bei ihm nicht bis zur letzten, der rothen, Phase gediehen.

20) Der Eindruck der Farben lässt im Auge den Eindruck der Complementärfarben nach und führt solchen in der Nachbarschaft mit; wovon sich nichts Entsprechendes im Gebiete der Töne findet.

21) Farben, die auf correspondirende Stellen beider Netzhäute treffen, vermögen unter geeigneten Massnahmen den Eindruck derselben Mischfarbe zu geben (Complementärfarben z. B. sich zu Weiss zusammenzusetzen), als wenn sie auf einer identischen Stelle zusammentreffen, wogegen Töne, die gesondert in beide Ohren eintreten (nach Dove's Erfahrungen[**]) nicht vermögen, denselben Combinationston zu geben, welcher entsteht, wenn sie vor demselben Ohre erzeugt werden.

»Von zwei, eine reine Quinte gebenden, Stimmgabeln wurde die eine vor das rechte Ohr gehalten, die andere vor das linke. Der als tiefere Octave aus der Combination beider Schwingungssysteme entstehende Tartini'sche Ton wurde nicht gehört, aber sehr deutlich, wenn beide Gabeln vor demselben Ohre standen.«

Man hat bestritten, dass sich Complementärfarben auf correspondirenden Netzhautstellen zum Eindrucke von Weiss combiniren können, und in der That überwiegt leicht abwechselnd bald der Eindruck der einen, bald der anderen der componirenden Farben, was die Erscheinungen des sog. Wettstreites giebt. Inzwischen ist die Combinirbarkeit zu Weiss namentlich durch die Erfahrungen von Dove*), Foucauld und Regnault**) und meine eigenen unter geeigneten Massnahmen ausser Zweifel gesetzt, und eben so vermögen sich andere als Complementärfarben auf correspondirenden Stellen zur reinen Mischfarbe zu verbinden, wenn man den Wettstreit auszuschliessen vermag oder sich derselbe beruhigt hat. ***)

---

[*]) Ueber die Empfindungen der Farben. S. 44.

[**]) Pogg. CVII. 653.

22) Wir sind nicht eben so im Stande, willkührlich ein Doppelthören als ein Doppeltsehen zu erzeugen.

23) Wenn der Schall in ein Ohr allein oder stärker als in das andere dringt, so vermögen wir sehr wohl zu unterscheiden, welches beider Ohren das allein oder vorzugsweise afficirte ist; hingegen vermögen wir nicht zu unterscheiden, von welchem beider Augen ein Object gesehen wird.

Eine Zusammenstellung der hieher gehörigen Thatsachen und Verhältnisse habe ich in meiner Abhandlung »Ueber einige Verhältnisse des binocularen Sehens« in der Abhandl. der sächs. Soc. math.-phys. Cl. Bd. V. S. 545 ff. gegeben.

c) Annahmen, welche nöthig scheinen, die vorigen Puncte der Uebereinstimmung und Verschiedenheit zu erklären.

Es ist die Aufgabe gestellt worden, das psychisch Uebereinstimmende und Verschiedene der Licht- und Schallempfindung mit dem physisch Uebereinstimmenden in Beziehung zu setzen, und die Psychophysik kann sich dieser Aufgabe nicht entziehen. Aber nur die äusseren physischen Verhältnisse sind unserer Beobachtung unmittelbar zugänglich und konnten demnach auch nur im Vorigen berücksichtigt werden; eine genügende psychophysische Theorie aber wird schliesslich auf die inneren Verhältnisse zurückzugehen haben, und das Princip dieses Rückganges wird nur das sein können, dass wir von einer Seite her nach den äusseren physischen Verhältnissen, von denen die inneren abhängen, von anderer Seite her nach den Empfindungsverhältnissen, die von den inneren physischen Verhältnissen abhängen, auf diese selbst schliessen; und was von einer Seite her unbekannt und unsicher bleibt, von der anderen Seite her zu ergänzen suchen.

---

*) Berl. Monatsber. 1844. S. 251 oder Pogg. LXXI. 111.

**) L'Instit. XVII. 1849. p. 4.

***) Vgl. Völckers in Müller's Arch. 1838. S. 64; Provost in Pogg. LXII. 1844. S. 566; A. Seebeck in Pogg. LXVIII. 1846. S. 455; Brücke in Pogg. XC. 1853. S. 606; Dove in Pogg. CI, S. 147.

So lange diese Ergänzung noch Lücken oder Zweifel lässt, bleibt das, was wir so erschliessen, nur Hypothese, und wir stehen in dieser Hinsicht hier überall noch mehr oder weniger auf dem Standpunkt der Hypothese; es kann aber doch nützlich sein, vor Erlangung der Gewissheit das Wahrscheinlichste aufzusuchen, indem der Weg zur Gewissheit in diesem Gebiete überall nur durch die Prüfung des Wahrscheinlichsten gehen kann, und eine scharfe Gränze zwischen wahrscheinlichster Hypothese und Gewissheit hier überall nicht zu ziehen sein wird. Diesen Weg, das Wahre zu finden, verwerfen, heisst darauf verzichten, es hier zu finden.

Auch ist es nicht das psychophysische Interesse allein, was zu gewissen Voraussetzungen über die Natur der psychophysischen Thätigkeiten hindrängt, welche unseren Empfindungen unterliegen, sondern hiemit zugleich ein physikalisches und physiologisches; und selbst die exactesten Forscher haben sich, wie man aus unten folgenden Anführungen ersehen kann, veranlasst gefunden, die Beobachtung in diesem Gebiete durch nothwendig erscheinende Hypothesen zu ergänzen.

Aus diesem Gesichtspuncte stelle ich nun auch im Folgenden einige, theils schon früher von Anderen als nothwendig erachtete, theils durch die eigene Untersuchung der Sachverhältnisse mir nothwendig erscheinende Hypothesen zum Zwecke der weiteren Prüfung auf. Die Zahl derselben, es sind deren fünf, darf nicht erschrecken, denn die vier letzten sind blos nähere Bestimmungen der ersten, der Grundhypothese, welche durch einen Nexus von Thatsachen zusammengehalten werden, so dass sie sich nicht sowohl aufeinander, als gemeinsam auf diesen Nexus stützen. Keine ist noch so sicher, dass sie Anerkennung erzwingen könnte; doch ist auch keine leichthin nach einer einzelnen Betrachtung aufgestellt.

Die erste, die fundamentale, Hypothese ist die, dass die Thätigkeiten in unserem Nervensysteme, welche durch den Licht- und Schallreiz ausgelöst werden, und von welchen die Licht- und Schallempfindung functionell abhängt, nicht minder als der Reiz selbst auch unter der Form von Schwingungsbewegungen zu denken sind.

Zur Rechtfertigung dieser Hypothese ist zuvörderst darauf hinzuweisen, dass eine Vorstellung über die Natur der Bewegungen, an welche sich unsere Empfindungen knüpfen, als Unterlage aller weiteren Untersuchung nöthig ist, so dass es sich nur darum handeln kann, die aufzustellen, welche den Thatsachen und dem Bedürfniss der Erklärung am besten entspricht. Nun sind der Licht- und Schallreiz oscillirend, und da weder ein theoretischer noch Erfahrungsgrund vorliegt, Zwischenmittel der Uebertragung anzunehmen, wodurch auch wohl eine schwingende Bewegung in eine progressive umgesetzt werden kann, so wird schon von dieser Seite die oscillirende Natur der, unserer Licht- und Schallempfindung unterliegenden, Bewegungen wahrscheinlich. Selbst wenn man die durch Licht- und Schallreiz erweckten Veränderungen als chemische fassen will, wie sie wohl sein könnten, oder womit sie wenigstens verbunden sein könnten, werden diese in letzter Instanz auf Veränderungen in den Molecularverhältnissen zu reduciren sein, welche, sofern sie durch Schwingungen angeregt und unterhalten werden, kaum anders als selbst unter Form von Schwingungsbewegungen gedacht werden können; wobei es für die meisten Fragen vorerst dahin gestellt bleiben kann, inwiefern diese vielmehr auf die wägbaren oder unwägbaren Theile des Nerven zu beziehen sind. Unstreitig können nach den Kraftbeziehungen zwischen den wägbaren und unwägbaren Theilchen beider Bewegungen überhaupt nur in einem gewissen Zusammenhange erfolgen, wobei sich doch unter Umständen die wägbaren Theilchen als relativ feste Centra gegen die unwägbaren verhalten könnten.

Was von einer Seite her als wahrscheinlich erscheint, erscheint von der anderen Seite her als nothwendig, sofern es überhaupt nicht möglich sein würde, mit Verhältnissen einer progressiven Bewegung die Verhältnisse der Empfindungen in functionelle Beziehung zu setzen, wohl aber mit Verhältnissen einer oscillirenden Bewegung, wie das 32. Kapitel gezeigt hat. Uebrigens ist die Hypothese mit Fleiss von vorn herein so allgemein gehalten, um auch den Bedürfnissen dessen, was es im Besonderen zu repräsentiren gilt und die Thatsachen im Besonderen fodern, noch die verschiedensten näheren Bestimmungen zuzulassen.

Auch haben die gründlichsten Forscher, soweit sie überhaupt auf die Natur der, durch den Licht- und Schallreiz in unseren Nerven auszulösenden Bewegungen Bezug genommen, was bei physikalischen und physiologischen Fragen mitunter nicht umgangen werden kann, sich stets zu derselben Hypothese bekannt, und sind zum Theil schon auf nähere Bestimmungen derselben eingegangen.

Besonders bemerkenswerth ist, dass selbst Newton, ungeachtet er die ganze objective Lichtlehre nach dem Emissionssysteme darstellte, sich veranlasst fand, an Schwingungen in den Nerven als Unterlage der Lichtempfindung zu denken, wobei er nur den Ausdruck Frage (Quaestio) für unseren Ausdruck Hypothese braucht; indem er (Optica, lib. III) sagt:

»Quaestio 12. Annon radii luminis, incidendo in fundum oculi, excitant vibrationes quasdam in tunica retina, quae quidem vibrationes, propagatae inde per solidas nervorum opticorum fibras in cerebrum usque, sensum ibi videndi excitent? Nam, quandoquidem corpora densa conservant calorem suum diutius, et ut quodque corpus densissimum est, ita calorem suum diutissime conservat; utique vibrationes partium suarum natura sunt durabili, adeoque propagari possunt in longinqua usque spatia per solidas materiae uniformis ac densae fibras, ad transmittendos in cerebrum videlicet motus sensuum omnium organis impressos . . . . .

Quaestio 13. Annon radii diversorum generum vibrationes excitant diversa magnitudine; quae scilicet vibrationes, pro sua cujusque magnitudine, sensus diversorum excitent colorum; simili fere ratione, ac vibrationes aëris, pro sua itidem ipsarum diversa magnitudine, sensus sonorum excitant diversorum? Et nominatim, annon radii maxime refrangibiles, vibrationes excitant brevissimas, ad sensum movendum coloris violacei saturi; radii minime refrangibiles, vibrationes longissimas, ad sensum coloris rubri saturi; et radii generum omnium intermediorum, vibrationes comparate intermedias, ad sensum colorum diversorum intermediorum excitandum?

Quaestio 14. Annon fieri potest, ut harmonia et discordia colorum oriatur e proportionibus vibrationum propagatarum per nervorum opticorum fibras in cerebrum; similiter ac harmonia et discordia sonorum oritur e proportionibus vibrationum aëris? Sunt enim alii colores, si juxta se invicem positi simul inspiciuntur, oculis grati, ut auri et indici, alii autem minus grati.«

Grailich, in s. Abhandl. über d. Theorie der gemischten Farben XIII. sagt:

p. 247. »Jede der einzelnen Bewegungen (des Aethers) trifft endlich ein Nervenelement, dem wir mit demselben Rechte transversale Schwingungen zuschreiben dürfen, wie dem Aetherpuncte selbst; es wäre in der That schwer einzusehen, warum in dem Seh-Apparate die übertragenen Bewegungen anderer Art sein sollten, als in dem die Bewegung bis dahin vermittelnden Medium etc.« Und p. 259: »Die Entscheidung konnte aus dem Calcul nicht gezogen werden, und ich musste auf den Act des Sehens zurückgehen. Es scheint aber, dass, sobald man annimmt, die Bewegung des

Aethers theile sich den Nervenelementen mit und versetze diese in eine ähnliche schwingende Bewegung, es auch mit Nothwendigkeit folge u. s. w.«

Die Aufstellung und Gestaltung der Hypothese durch W. Herschel, Melloni und A. Seebeck ist schon S. 262 ff. mitgetheilt worden.

Von vorn herein könnte man freilich bezweifeln, dass sich mit dieser Hypothese der Bedingung, die Verhältnisse der Empfindung physisch zu repräsentiren, überhaupt genügen lassen wird, falls man die Aufgabe in der Allgemeinheit fasst, die ihr der Natur der Sache nach zukommt. Denn man scheint von vornherein verzweifeln zu müssen, mit den Verhältnissen der Uebereinstimmung zwischen den Empfindungsgebieten von Licht und Schall auch die der Verschiedenheit repräsentiren zu können, welche wir besprochen haben. Was steht uns bei Schwingungen überhaupt zu Gebote, wovon sich Verschiedenheiten der Empfindung functionell abhängig machen liessen, als Verschiedenheiten in der Natur des schwingenden Mediums, Verschiedenheiten in der Schwingungsamplitude, Schwingungsdauer und Schwingungsform; aber können auch hievon so fundamentale Unterschiede abhängig gemacht werden, als zwischen Gesichts- und Gehörsempfindung bestehen? Wenn Aether- und Lichtschwingungen ganz verschiedenen Medien angehören, und wenn schon denkbar wäre, dass jene sich nur dem Unwägbaren, diese dem Wägbaren im Nerv mittheilen, so würde es doch misslich sein, Verschiedenheiten der Materie eine derartige Qualitas occulta beizulegen, dass Verschiedenheiten der Empfindung daran hängen könnten, sofern nicht verschiedene Bewegungsweisen daran hängen. Wenn die Amplitude und Schwingungsdauer der Lichtschwingungen ungeheuer viel kleiner als die der Luftschwingungen ist, und nicht unwahrscheinlich etwas Entsprechendes bei den dadurch in den Nerven angeregten Schwingungen stattfindet, fruchtet diess doch nichts, den Grund-Unterschied in der Qualität beider Empfindungen zu erklären. Denn durch Verkleinerung der Amplitude und Schwingungsdauer bei Tönen, Farben ändert sich immer nur die Stärke und Höhe der Tonempfindung, Helligkeit und Qualität der Farbenempfindung, aber es bleibt Tonempfindung, Farbenempfindung, und zeigt sich nicht die mindeste Tendenz zum Uebergange zwischen beiden. Was endlich die Form anlangt, so können Lichtschwingungen äusserlich geradlinig, circulär, elliptisch sein, es bleiben Lichtschwingungen. Eben so können Schallschwingungen ausserlich geradlinig, kreisförmig, elliptisch sein, es bleiben Schallschwingungen, und haben wir auch kein Recht, eine unveränderte Uebertragung der äusseren Schwingungsform ins Innere anzunehmen, so scheint doch von anderer Seite auch weder ein Grund vorzuliegen, gewisse Schwingungsformen auf gewisse Nerven zu beschränken, noch ein Princip, qualitative Empfindungsverschiedenheiten an Formverschiedenheiten der Schwingungen zu knüpfen.

Und hiemit scheinen alle Wege verschlossen, mittelst unserer Hypothese die gestellte Aufgabe in der Allgemeinheit, in der sie zu stellen ist, zu erfüllen.

Ich gestehe, dass die Schwierigkeit in dieser Hinsicht mir lange als eine fast unlösliche vorgeschwebt hat, so dass ich an deren mögliche Lösung vielmehr glaubte, weil ich an die Möglichkeit einer allgemeinen Fassung der Psychophysik glaubte, als dass ich irgend einen Weg dazu hätte zu erkennen vermocht. Auch dürfte ein solcher nicht leicht durch Betrachtungen von allgemeiner Natur zu finden sein. Indem ich aber auf die besonderen Verhältnisse der beiderlei Empfindungen und die Umstände, unter denen sie entstehen, eingehe, scheint mir, dass man dadurch mit einer gewissen Nothwendigkeit zu Vorstellungen von einer so fundamentalen Verschiedenheit zwischen den Verhältnissen der ihnen gemeinsam unterliegenden Schwingungsbewegungen geführt wird, dass jene Schwierigkeit, wenn auch nicht vollständig gehoben, doch soweit vermindert erscheint, dass ihre vollständige Hebung als möglich gelten kann, Vorstellungen, die bei einer blos allgemeinen Betrachtung der Möglichkeiten sich nicht nur nicht begründen liessen, sondern nicht einmal darbieten konnten. Solche Vorstellungsweisen treten im Folgenden als nähere Bestimmungen der vorigen Hypothese auf.

Die zweite Hypothese, die ich demgemäss, und zwar wiederum nicht als der erste, aufstelle, ist die, dass, während factisch alle Farbenstralen des Sprectrum durch jede Opticusfaser percipirt werden können, die Töne verschiedener Höhe innerlich durch verschiedene Fasern des Hörnerven anklingen, so dass jede als eine Saite mit nur Einem Tone, oder vielmehr für einen so kleinen Spielraum von Tönen, dass sie vom Gehöre nicht unterschieden werden können, gelten kann.

Für den ersten Anblick zwar mag nichts unwahrscheinlicher erscheinen, als diese Hypothese, da man keinen Grund hat, den verschiedenen Hörnervenfasern eine verschiedene Spannung wie verschiedenen Saiten beizulegen, noch etwas vorzuliegen scheint, was Schwingungen jeder Tonhöhe den Zugang zu allen Acusticusfasern verwehrte. Die neuesten anatomischen Untersuchungen über das Gehörwerkzeug haben inzwischen gelehrt, dass mit den besonderen Hörnervenfasern besondere elastische Gebilde (die sog. Corti'schen Fasern in der Schnecke, eigenthümliche Borsten im Vorhofe) in Verbindung gesetzt sind, welche geeignet scheinen, nach ihren verschiedenen Dimensionen und Elasticitätsverhältnissen Schwingungen verschiedener Schnelligkeit aufzunehmen und diese den Hörnervenendigungen mitzutheilen, worüber man einige Notizen in folgender Einschaltung nachlesen kann. Ist nun auch eine derartige Deutung dieser Gebilde bis jetzt vielmehr erst eine mögliche als sichergestellte, so ist es doch von grosser Wichtigkeit, diese Möglichkeit anatomischerseits begründet zu sehen, nachdem die folgends zu erörternden anderweiteren Gründe mit einer gewissen Nothwendigkeit eben dahin zu weisen scheinen.

Eine Abhandlung des um die Anatomie dieses Gegenstandes hochverdienten M. Schultze (über die Endigungsweise der Hörnerven im Labyrinth in Müller's Arch. 1858. p. 343), schliesst p. 380 so:

»Die Corti'schen Fasern mit den von mir hinzugefügten accessorischen Gebilden gleicher Natur können als ein Stützapparat für die eingewebten und aufgelagerten zelligen Gebilde und zuleitenden Nervenfasern betrachtet werden. Aber nicht blos als einen Stützapparat möchte ich die Corti'schen Fasern betrachtet wissen; es dürfte denselben eine höhere Bedeutung zuzuschreiben sein. Offenbar begünstigt die eigenthümlich gebogene Lage dieser Fasern, ihre Befestigung auf der membrana basilaris mit einem Ende, ihre Steifigkeit und Elasticität, welche sie nach Allem, was man sehen kann, besitzen, das Zustandekommen von Schwingungen derselben, welche die Perception der Schallwellen begünstigen können, wenn die percipirenden Elemente in möglichst nahe Verbindung mit denselben gebracht werden. Die eigenthümliche Lage gewisser Nervenzellen in den Winkeln gabelförmig sich theilender Stäbchen, oder eingeklemmt zwischen lamina spiralis und gebogener Faser dürfte eine solche Annahme noch mehr rechtfertigen, welche zunächst freilich noch, so lange die anatomischen Verhältnisse nicht genauer erforscht sind, ganz in das Gebiet der Hypothese gehört. Wo aber weder das Experiment heranreicht, noch auch, wie hier vorauszusetzen, Erfahrungen über pathologische Verhältnisse bald eine Erklärung geben dürften, mag eine solche, wenn sie das betreffende Gebilde aus dem Zustande des reinen Curiosum heraus hebt, am Platze sein.«

Es ist unmöglich, ohne ausführliche Beschreibung und Hülfe von Abbildungen oder schematischen Figuren eine zulängliche Vorstellung von der complicirten Einrichtung zu geben, welche der mit den Schneckennervenendigungen in Beziehung gesetzte Corti'sche Apparat in der lamina spiralis hat, und überall schwer, sich genau darin zu orientiren. Eine durch Figuren erläuterte Uebersicht der Resultate der bisherigen anatomischen Untersuchungen, mit Ausnahme der neuesten Arbeit von **Deiters**, gewährt **Funke's** Lehrb. der Physiologie. 3. Aufl. 1860. Bd. II. S. 90 ff. Die vollständigste Untersuchung aber hat (nach einer schon früheren Abhandlung in **Siebold** und **Kölliker's** *Zeitschrift*) **Deiters** in der kleinen Schrift, »Untersuchungen über die lamina spiralis membranacea. Bonn. 1860« geliefert.

Sehr instructiv und erleichternd für das Verständniss dieser Schriften war mir ein von **Rüte** auf Grund der Deiters'schen Schrift im Grossen ausgeführtes Modell eines Stückes der lamina spiralis mit dem Corti'schen Organe in Holz und Papier. Man erstaunt über die Menge der Particularitäten, die sich hier dem Blicke auf einmal darbieten, und findet sich überzeugt, dass diese nicht umsonst da sein können.

Um nach Anleitung der Deiters'schen Schrift wenigstens die Puncte der Einrichtung, welche die wesentlichsten zu sein scheinen, zu bezeichnen, so besteht die lamina spiralis bekanntlich aus einem knöchernen inneren, an den modiolus der Schnecke, und einem häutigen äusseren, an die Schneckenwand sich ansetzenden, Theile. Dieser häutige Theil ist aber wesentlich doppelt, d. h. schliesst zwischen zwei Platten, einer untern, oder der **Grundmembran**, membrana basilaris, die eine unmittelbare Fortsetzung des Periosts der Scala vestibuli ist, und einer obern, der **Deckmembran** oder **Corti'schen Membran**, einen gegen das Labyrinthwasser abgeschlossenen Hohlraum ein, der jetzt als eine dritte Skala, **Scala media**, zwischen der Scala tympani und Scala vestibuli betrachtet wird. In dieser Scala media liegt der complicirte Apparat, womit die Enden der Schneckennervenfasern in Verbindung stehen, und wovon der wichtigste Theil das sog. **Corti'sche Organ** ist.

Um sich das Corti'sche Organ schematisch vorzustellen, denke man sich eine Art Gewölbebogen oder Dach auf die Membrana basilaris aufgesetzt, gebildet dadurch, dass zwei von der M. basilaris an in schiefer Richtung gegen einander aufsteigende Bogentheile oder Schenkel oberhalb der M. basilaris zusammenstossen, am Puncte des Zusammentreffens aber nicht sowohl verwachsen, als durch ein Gelenk, eine Art ginglymus (Deiters S. 33) mittelst besonderer Verbindungstheile, welche die Decke des Bogens bilden, beweglich vereinigt sind. Diese Schenkel werden die **Corti'schen Fasern** genannt, und zwar der mehr nach dem modiolus der Schnecke zu auf der M. basilaris aufstehende daselbst festgeheftete als **innere** oder **aufsteigende Faser** oder **Faser 1. Reihe**, der mehr nach der Schneckenwand zu sich an die M. basilaris anheftende, als **äussere** oder **absteigende Faser**, **Faser 2. Reihe** unterschieden. Der ganze Bogen wird durch Anheftungen und Stützmittel in seiner Lage erhalten. Solcher Bogen sind unzählige neben einander längs der ganzen lamina spiralis gereiht. Wie es scheint (Deiters S. 34), sind sie in der scala media von Flüssigkeit umgeben, und diese nicht (wie **Claudius** angegeben) ganz mit Zellenparenchym erfüllt, sondern solches nur an einigen Stellen der Scala media vorhanden, so dass das Corti'sche Organ davon frei bleibt.

Nach Deiters (S. 37. 38) ist die innere Faser wesentlich ein homogenes, solides, platten, viel weniger dickes als breites Gebilde, starrer, weniger biegsam, spröder, elastischer als die äussere Faser. Die Festigkeit der Substanz der inneren Faser nimmt von ihrem Ansatze nach Oben allmälig zu. »In ihrer normalen gebogenen Lage wird sie in einer gewissen Spannung erhalten, welche sie der geraden Richtung zuzuführen strebt.« Die äussere Faser ist hingegen nach Deiters ein rundliches, röhrenförmiges Gebilde, an dem eine Hülle und ein consistenter Inhalt neben einander zu unterscheiden sind; die Festigkeit der äusseren Faser ist überall gleich, die Elasticität geringer, die Biegsamkeit grösser als bei der inneren Faser, ihr Ende, womit sie auf der Membrana basilaris aufsitzt (Deiters 37), »eine eigenthümliche glocken- oder trichterförmige Erweiterung, die mit ihrem Innern in der Art auf der Grundmembran aufsitzt, dass die letztere sich unmittelbar in die erstere fortsetzt.« »Die Glocke steht etwas schief unter spitzem Winkel zur Membrana basilaris« und »kann mit dem Kelche einer Blume verglichen werden.«

Es ist mir aus dieser Beschreibung nicht ganz klar, ob die Mündung der Trichter offen gegen das Labyrinthwasser oder durch die membrana basilaris verschlossen ist.

Die Nervenvertheilung im Corti'schen Organe und dessen Pertinenzien ist sehr complicirt, und in den Verhältnissen und letzten Endigungen derselben Vieles noch unklar. Hier kann nicht näher darauf eingegangen werden.

Die eigenthümlichen Borsten, mit welchen die Enden des Vorhofsnerven in Beziehung stehen, haben nach der Abbildung in Funke's Lehrb. II. S. 94 f. eine verschiedene Länge und ragen frei in das Labyrinthwasser hinein. Mit dem Näheren der anatomischen Untersuchungen darüber bin ich nicht bekannt.

Eine Ausführung der Hypothese, in soweit sie möglich sein sollte, wird überhaupt zunächst den Anatomen, welche genauere Sachkenntniss von den Verhältnissen, die dabei in Betracht kommen, haben, zu überlassen sein; aber die ganze Untersuchung scheint noch nicht auf den Punct gediehen, der eine solche gestattet.

Dieselbe Hypothese ist nicht nur schon früher, selbst ehe jene anatomische Entdeckung gemacht war, mehrfach aufgestellt worden, sondern auch neuerdings hat sich Helmholtz wiederholt dafür ausgesprochen; und nicht ungern mache ich die Autorität dieses gründlichen und genialen Forschers mit für dieselbe geltend.

In dem amtl. Berichte über die 34. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Carlsruhe 1858. S. 157 (vergl. auch S. 223) ist ein Vortrag desselben »Ueber physikalische Ursache der Harmonie und Disharmonie« abgedruckt, dem ich folgende Stelle entlehne:

»Im Allgemeinen ist die Luftbewegung, welche von einem musikalischen Instrumente hervorgebracht wird, mathematisch darzustellen als eine Summe von Luftbewegungen, welche verschiedenen einfachen Tönen von n, 2n, 3n etc Schwingungen entsprechen. Diese Zusammensetzung der Luftbewegung ist allerdings nur eine mathematische Fiction, und doch finden wir auch im Ohre bei hinreichend aufmerksamer Beobachtung heraus, dass alle die den einzelnen Gliedern jener Reihe entsprechenden Töne empfunden werden, nämlich der von n Schwingungen als Grundton, die übrigen als seine höheren harmonischen Obertöne. Man kann sich in solchen Fällen, wo die Form der Schwingungsbewegungen genau bestimmt werden kann, z. B. bei angeschlagenen Saiten, überzeugen, dass das Ohr alle diejenigen Obertöne hört, deren entsprechende Glieder in dem mathematischen Ausdrucke vorhanden sind, die fehlenden auch nicht hört.«

»Diese höchst auffallende und eigenthümliche Fähigkeit des Ohres, auf der es auch beruht, dass die verschiedenen Töne eines Accordes unterschieden werden können, würde ihre Erklärung finden, wenn wir annehmen, dass die eigenthümlichen elastischen Plättchen und Härchen, welche in neuester Zeit an den Enden der Hörnervenfasern ansitzend gefunden worden sind, jedes auf einen bestimmten Ton abgestimmt sind, so dass jede Hörnervenfaser nur empfindet, wenn der entsprechende einfache Ton angegeben wird und ihr elastisches Anhängsel vibrirt.«

Anderwärts (Pogg. Ann. CVIII. 1859. S. 290) äussert er sich wie folgt: »Ich habe schon an einem anderen Orte die Hypothese ausgesprochen, dass jede Nervenfaser des Hörnerven für die Wahrnehmung einer besonderen Tonhöhe bestimmt ist, und in Bewegung kommt, wenn der Ton das Ohr trifft, welcher der Tonhöhe des mit ihr verbundenen elastischen Gebildes (Corti'schen Organs oder Borste in den Ampullen) entspricht. Danach würde sich die Empfindung verschiedener Klangfarben darauf reduciren, dass gleichzeitig mit der Faser, welche den Grundton empfindet, gewisse andere in Bewegung gesetzt werden, welche den Nebentönen entsprechen.«

Der auch von Helmholtz geltend gemachte Hauptgrund für unsere Hypothese liegt in dem verschiedenen Verhalten der Aufmerksamkeit zu den Gesichts- und Gehörseindrücken. Wenn Farben durch dieselbe Opticusfaser gemischt eindringen, vermögen wir durch keine Kraft der Aufmerksamkeit die eine vor der anderen ins Bewusstsein zu heben. Wenn hingegen Töne durch dasselbe Ohr eindringen, vermögen wir sie bis zu gewissen Gränzen durch Richtung der Aufmerksamkeit jetzt auf den einen, jetzt auf den anderen Ton zu trennen, und die Bestandtheile des zusammengesetzten Tones besonders aufzufassen. Sollten alle gleichzeitig vernommenen Töne eben so gemeinsam durch jede Acusticusfaser percipirt werden, so liesse sich der Unterschied der Wirkung der Aufmerksamkeit nicht erklären; was dagegen wohl der Fall ist, wenn die verschiedenen Töne durch verschiedene Fasern percipirt werden, da wir auch von einem Theile des Gesichtsfeldes unsere Aufmerksamkeit beliebig abziehen können.

Ein sehr einfacher und schlagender Versuch kommt dieser Auffassung zu Hülfe:

Man halte vor jedes Ohr eine Taschenuhr, so wird man den Schlag beider Uhren hören, und je nachdem man die Aufmerksamkeit für das eine oder andere Ohr spannt, den Schlag und Tact jeder Uhr als einen von dem der anderen unterschiedenen auffassen können. Sollte die Aufmerksamkeit im Stande sein, das, was sie leisten kann, wo die Schläge beider Uhren durch zwei verschiedene Nerven percipirt werden, auch noch zu leisten, wenn sie durch denselben Nerven percipirt werden, so müsste man den Schlag und Tact beider Uhren mittelst demgemässer Stimmung der Aufmerksamkeit auch noch als einen besonderen auffassen können, wenn man beide Uhren vor dasselbe Ohr hält. Aber diess ist nach einem bekannten Versuche von E. H. Weber*) durchaus nicht der Fall; die Schläge beider Uhren setzen sich zu einem Geräusche zusammen, in dem man jetzt nur die gemeinsamen Perioden der Verstärkung und Schwächung wahrnimmt, welche man umgekehrt nicht wahrnimmt, wenn man beide Uhren vor die verschiedenen Ohren hält, indess man es ganz unmöglich findet, den Schlag und Tact beider Uhren noch gesondert aufzufassen. Uebrigens kann man statt des Geräusches zweier Uhren mit gleichem Erfolge irgend ein anderes Geräusch anwenden, z. B. das Geräusch, was man durch Reiben der Haare zwischen zwei Fingern respectiv vor einem und vor zwei Ohren erzeugt.

Wenn Geräusche sehr verschieden sind, so hindert nichts, sie zu unterscheiden und durch Aufmerksamkeit zu trennen, auch wenn sie in dasselbe Ohr eindringen, und täglich vernachlässigen wir, indem wir z. B. auf die Worte eines Redenden achten, und unsere Aufmerksamkeit ganz darauf richten, andere mitgehende Geräusche. Diess kann theils darauf beruhen, dass unsere Aufmerksamkeit sich dem eigenthümlichen Tacte, den viele Geräusche, wie das Mühlengeklapper, haben, in einem entsprechenden Wechsel zu accommodiren vermag. Ausserdem aber hängt die Möglichkeit der Trennung so sehr an der Verschiedenheit der Geräusche, dass man wohl annehmen darf, sie finde nur nach Massgabe statt, als die verschiedenen Acusticusfasern in ungleichem Verhältnisse davon afficirt werden, so dass die Aufmerksamkeit einen besonderen Angriff darauf gewinnt. Eine Störung findet immerhin statt, wie ich mich nur eben sehr gestört fand, und schwer verstand, als jemand mit mir sprach, und zugleich die Asche aus dem Ofen gekratzt wurde.

---

*) S. seine Abhandl. über Tastsinn und Gemeingefühl in Wagner's Wörterb. S. 489.

Mit dem vorigen Grunde hängt folgender zusammen: wenn verschiedene optisch einfache Farben durch dieselbe Opticusfaser einwirken, gehen sie in einem Eindrucke unter, welcher wieder den Charakter eines solchen hat, der durch eine optisch einfache Farbe erzeugt wäre, und selbst nahe mit dem Eindrucke einer optisch einfachen Farbe von der mittleren Schwingungszahl übereinkommt; was sich daraus erklären lässt, dass die in derselben Faser sich superponirenden Schwingungen von verschiedener Schwingungsdauer nach Grailich'schem Principe mit einander interferiren. Sollten nun eben so alle Töne durch dieselbe Acusticusfaser eindringen, so liesse sich nicht erklären, warum sie nicht nach einem gleichen Principe durch Interferenz in einem Toneindrucke untergehen sollten, welcher den Charakter eines einfachen Tones trägt, und mit dem eines mittleren einfachen Tones nahe zusammenfällt. In der That aber, wenn wir verschiedene Töne zusammen anschlagen, findet nichts der Art statt; der zusammengesetzte Ton hat nicht den Charakter eines einfachen und kann nicht mit einem mittleren Tone zwischen den angeschlagenen verwechselt werden.

Allerdings ist auch bei Tönen die Entstehung neuer Töne durch Interferenz möglich, wie die Entstehung der Combinationstöne beweist; aber es lässt sich auch beweisen, dass der Combinationston schon durch die Interferenz der Luftschwingungen ausser dem Ohre entsteht, eine objective Existenz wie die Töne hat, denen er den Ursprung verdankt.*) Dringt nun mit zwei Tönen der durch ihre Interferenz in der Luft erzeugte Tartini'sche Ton zugleich ein, so wird er von seiner besonderen Acusticusfaser percipirt, und kann deshalb auch von den componirenden Tönen unterschieden werden, was nicht möglich wäre, wenn er mit ihnen durch dieselbe Acusticusfaser zugleich percipirt würde.

---

*) Vergl. Helmholtz, Pogg. XCIX. S. 539.

Versucht man einen Tartini'schen Ton durch zwei Stimmgabeln vor zwei Ohren statt vor einem Ohre zu erzeugen, so wird er nach der S. 280 angeführten Erfahrung von **Dove** nicht mehr gehört, weil die Schwingungen jeder Gabel dann merklich gesondert in jedes Ohr dringen, und also der objective Tartini'sche Ton nicht entsteht, die Seele aber nach dieser Erfahrung selbst nicht die Macht hat, solchen subjectiv aus seinen Componenten zu bilden.

Hiemit zusammenhängend lässt sich weiter erklären, wie es kommt, dass man im Gebiete der Töne an einem und demselben Eindrucke drei Seiten, Stärke, Höhe, Klang unterscheiden kann, im Gebiete des Lichtes blos zwei, Stärke und Farbe. Mit dem durch eine Acusticusfaser anklingenden Hapttone kann ein Gemisch höherer Nebentöne durch andere anklingen, und hiedurch eine Zumischung zum Hapttone entstehen, welche als Klang gespürt wird; wogegen diess nicht der Fall ist beim Gesicht, sofern die durch dieselbe Opticusfaser eindringenden verschiedenen Farben sich immer wieder zum Resultate einer einfachen zusammensetzen, die durch andere Opticusfasern eindringenden aber räumlich discret erscheinen.

Vielleicht steht auch der eigenthümliche und durch eine sehr allgemeine Erfahrung constatirte Umstand, dass Schwerhörige in der Regel musikalische Töne viel besser vernehmen, als Geräusche, mit unserer Hypothese in Beziehung.

Betreffs der übrigens sehr bekannten Thatsache führe ich beiläufig folgende Stelle aus der rationellen Otiatrik von **Ehrhard** (1859) an:

p. 44. »Meine pathologischen Beobachtungen ergeben, dass der musikalische Sinn in beiderlei Weise mit der Schärfe des Gehörs in Einklang steht; ich habe denselben bei den verschiedensten Graden der Schwerhörigkeit, ja selbst 2 mal bei Taubstummen ausgeprägt gefunden; es ist oft wunderbar zu finden, dass Schwerhörige, die meine Kastenuhr gar nicht, meine Repetiruhr nur wenige Zoll hören, mit Befriedigung ein Concert besuchen, und die feinsten Nüancen einer Symphonie empfinden. Ich sah in Cöln einen Taubstummen, der in der Kirche mitsang, obschon seine Stimme natürlich klanglos war; ich lernte einen Anderen kennen, der sich Pfeifen schnitzte und ihre Reinheit probirte. Die verschiedensten pathologischen Zustände des Gehörorgans, sowohl des acustischen wie des nervösen Apparates, selbst bis zur centralen Lähmung hinauf, wie ja eben die Taubstummen beweisen, können den einmal vorhandenen musikalischen Sinn nicht tödten.«

Ein Geräusch lässt sich nämlich als Gemisch vieler Töne von verschiedener Höhe betrachten, die für sich schwach, nur in der Summe stark sind. Im Ohre zerlegt sich das Geräusch bei der Apperception in seine Componenten; und wenn diese die Schwelle nicht oder nur wenig für sich übersteigen, so wird das Geräusch nicht oder nur schwach gehört, indess ein objectiv gleich starker Ton stark gehört wird, weil er sich bei der Apperception nicht zerlegt, sondern in derselben Faser concentrirt bleibt.

Weiter trifft mit den bisherigen Gründen folgender zusammen. Die Bedeutung des Octavenintervalls für die periodische Seite der Skala der Tonempfindung lässt sich mathematisch blos für *einfache* Schwingungen begründen, und müsste also, wenn sich die Schwingungen für verschieden hohe Töne in derselben Acusticusfaser zusammensetzen könnten, für Accorde verloren gehen, was wider die Erfahrung ist.

Endlich scheint mir noch unserer Hypothese eine sehr schlagende Analogie zu statten zu kommen. Unser Auge ist ein dioptrischer Apparat, welcher nach gleichen Principien gebaut ist, als unsere künstlichen dioptrischen Apparate, und insbesondere ganz ähnlich, nur vollkommener, als unsere Camera obscura. Es kann also nicht unangemessen erscheinen, wenn wir auch unsere Ohren einem unserer akustischen Apparate, d. i. musikalischen Instrumente entsprechend gebaut halten, und zwar scheint es am meisten einem Klaviere vergleichbar, wo eine so grosse Menge Saiten mit zugehörigen Tasten vorhanden ist, dass alle Tonstufen, wenn schon nicht mit absoluter, aber für das praktische Bedürfniss hinreichender Genauigkeit repräsentirt sind, und jede besondere Saite durch einen besonderen Hammer angeschlagen wird, nur dass, wenn die anatomische Andeutung nicht trügt, in unserem Gehörorgane der Hammer es ist, welcher musikalisch gestimmt ist, und durch seinen Anschlag den Ton an die Saite überträgt. Beim Auge ist alle Kunst darauf verwendet, dass Lichtstralen, die von einem sichtbaren Puncte herkommen, sich nicht mit solchen mischen, die von anderen Puncten herkommen, sondern gesondert gefasst werden können. Mit aller Kunst hat sich diess nicht vollständig, aber doch sehr approximativ erreichen lassen. So meinen wir nun auch, dass eine entsprechende Kunst im Ohre verwendet ist, die Töne, die von einem tongebenden Körper herkommen, gesondert von denen percipiren zu lassen, welche von anderen herkommen; und auch hier wird sich diess nicht vollständig, aber mit entsprechender Approximation haben erreichen lassen.

Hiemit gehen wir auf zwei Einwände über, die man der, schon früher hie und da in Anregung gekommenen, Hypothese entgegenstellen konnte und entgegengestellt hat.*)

Es lässt sich erstens bemerken, dass die Zahl der Töne selbst nur innerhalb einer Octave, geschweige innerhalb der ganzen Tonskala, die unserem Ohre zugänglich ist, unendlich ist, und dass wir wirklich alle diese unendlich verschiedenen Töne zu vernehmen vermögen, indess die Zahl der Nervenfasern des Acusticus doch nur eine endliche sein kann; zweitens, dass eine Zerlegung der durch das Labyrinthwasser in Zusammensetzung anlangenden Schallwellen in solcher Weise, dass jede einzelne Faser sich den ihr eigenen Ton herauslese, nach keinem physikalischen Principe vorstellbar sei.

Beiden Einwänden aber lässt sich im Zusammenhange begegnen.

Der erste Einwand würde Stich halten, wenn wir wirklich jeder Faser blos die Perception eines einzigen absolut bestimmten Tones zuzuschreiben hätten, und zugleich würde sich keine physikalische Vorstellung fassen lassen, wie jeder Faserr blos eine absolut einzige Schwingungsart zugeführt werden, oder sie blos für ihre Aufnahme allein empfänglich gemacht sein sollte. Aber wir haben nur nöthig anzunehmen, wie auch von Anfange an geschehen, dass jede Faser einen Spielraum von Tönen hat, der klein genug ist, dass er die Unterschiedsschwelle nicht erreicht oder übersteigt. Dann wird es nicht nur möglich, die Continuität der Tonempfindungen durch die ganze Skala der Töne mit einer endlichen Zahl von Fasern zu erhalten, sondern es lassen sich auch physikalische Wege denken, jede Faser unter Bedingungen zu versetzen, dass ihr aus einem Tongemisch nur Schwingungen innerhalb eines kleinen Spielraums zukommen, und in den angeführten Entdeckungen über die Structur des Gehörorgans Andeutungen finden, dass solche Bedingungen wirklich erfüllt sind. Zwar fodert auch diese Voraussetzung, wenn schon keine unendlich grosse, aber noch eine ungeheure Zahl Nervenfasern; aber da diese Bedingung wirklich erfüllt ist, so spricht diess vielmehr für als gegen die Voraussetzung. Kölliker fand, wie ich einer Notiz in Funke's Physiol. 1. Aufl. (S. 683) entnehme, in der Schnecke des Ohres »eine 18‴ lange Reihe von mehr als 3000 mit mathematischer Gesetzmässigkeit neben einander gelagerter Nervenenden.« Kölliker hielt die Corti'schen Fasern für Nervenenden; aber diess ändert den Gesichtspunct nicht, da denselben Nervenfasern entsprechen. Es würde ganz unmöglich sein, eine teleologisch zulängliche Vorstellung zu fassen, wozu so viele, so eigenthümlich armirte Nervenfasern dienen sollten, wenn jede Faser alle Töne gleichzeitig aufnehmen und erst die Seele solche scheiden sollte.

---

*) Vgl. u. a. Funke Physiol. 1. Aufl. I. S. 690. 3. Aufl. II, 141.

Dem Einwande, dass eine physikalische Vorrichtung undenkbar sei, welche die einzelnen Componenten einer resultirenden Tonmischung wieder zu trennen, und den verschiedenen Nervenelementen zuzuführen vermöge, wird eben so durch Thatsachen wie durch Theorie widersprochen.

Bekannt und zweifelfrei ist das Experiment, dass sich manche Gläser durch Hineinschreien eines gewissen Tones, aber nicht anderer Töne zersprengen lassen. Ein solches Glas wählt also zwischen den Tönen, schwingt nur mit einem gewissen Tone hinlänglich stark mit, um zersprengt zu werden. So erzittern die Fensterscheiben vorzugsweise unter dem Einflusse gewisser Töne; so bringt eine schwingende Saite vor anderen nur die gleichgestimmte zum Mitschwingen. Dabei ist überall gleichgültig, ob noch andere Töne ausser den betreffenden mitklingen.

Inzwischen eben so gewiss, als diese Auswahl ist, so gewiss ist, dass sie nicht absolut auf einen einzigen bestimmten Ton beschränkt ist. Einmal kann weder das Glas, noch die Fensterscheibe, noch die Saite absolut genau auf den Ton gestimmt sein, der sie zum Mitschwingen bringt. Ausserdem würde jene Annahme sich mit den Gesetzen der Tonmittheilung nicht vertragen.

In der gründlichen Abhandlung A. Seebeck's »Ueber Schwingungen unter der Einwirkung veränderlicher Kräfte*)«, ist der Fall allgemein behandelt, dass einem plattenförmigen Körper *N*, welcher (wie wir von den Corti'schen Fasern mindestens erster Reihe, und den Borsten an den Enden des Hörnerven voraussetzen) einer selbständigen Schwingung von der Periode n fähig ist, oder, kurz gesagt, auf den Ton n gestimmt ist, in einem widerstehenden Medium*), durch dieses Medium Schwingungen eines selbsttönenden Körpers M**) von der Periode m zugeführt werden. Hienach gilt mathematischerseits Folgendes.***)

---

*) Pogg. Ann. LXII, 289.

1) Allgemeingesprochen setzt sich die Schwingungsperiode des Körpers, welchem die Schwingungen mitgetheilt werden, zu Anfange aus seiner eignen Periode n und der Periode m des selbsttönenden Körpers M zusammen; geht aber nach einiger Zeit in letztere Periode allein über, um so schneller, je grösser der Widerstand des Medium ist, in welchem die Schwingung erfolgt.

2) Das Mittönen nach der Periode m ist um so stärker, je weniger die Periode m von der eignen Periode n des mittönenden Körpers unterschieden ist; und wenn beide Perioden beträchtlich verschieden sind, so findet ein merkliches Mittönen nur bei Flächen statt, welche verhältnissmässig ihres Areals wenig Masse haben.

3) Wird der Körper N statt durch eine einfache Schwingungsbewegung durch eine zusammengesetzte zum Mittönen angeregt, so gilt dasselbe für die einzelnen Componenten der Schwingung: »namentlich macht der Körper nur die Bewegungen merklich mit, welche von seiner eigenen Periode nicht zu sehr verschieden sind.«

Hienach kann man die Möglichkeit einer Auswahl von Tönen aus einem Tongemisch durch geeignete physikalische Veranstaltungen eben so experimental als mathematisch begründet halten.

4) Einem je grösseren Widerstande der Körper N bei seinen Schwingungen durch das umgebende Medium unterliegt, desto grösser kann die Differenz zwischen n und m sein, bei welcher er noch merklich in der Periode m mitschwingt, wonach die Umgebung des Hörnervenenden-Apparates mit Wasser statt mit Luft ausser einer schnellen Dämpfung des Nachklingens auch den Er-

---

*) Seebeck behandelt den Fall für Luft; indess hindert principiell nichts die Uebertragung auf Wasser.

**) Im Originale ist M von der Masse des resonirenden Körpers gebraucht. Uebrigens stimmen unsere Bezeichnungen mit denen des Originals überein.

***) Der zweite und vierte der folgenden Sätze ist aus der S. 265 mitgetheilten Formel zu folgern.

folg haben könnte, den Spielraum der Töne, von welchem die Endplättchen anklingen können, etwas zu erweitern.

Inswischen giebt es zwei andere Schwierigkeiten der Hypothese, die zwar nicht als durchschlagend anzusehen, aber doch auch eben so wenig schon zulänglich gehoben sind, und auf deren genauere Untersuchung und hoffentlich Beseitigung daher das Augenmerk hinzulenken ist.

Die erste ist die, dass die Corti'schen Fasern in der Schnecke und Borsten in den Ampullen nur vermöge einer Verschiedenheit ihrer Dimensionen, Substanz oder Anbringungsweise auf einen verschieden hohen Ton gestimmt sein können. Nun bin ich mit den schon zu grosser Ausdehnung gediehenen anatomischen Untersuchungen über diesen Gegenstand bei Weitem nicht hinlänglich bekannt*), um sagen zu können, was etwa Genaueres von Bestimmungen darüber vorliegt. Ueber die Borsten vergl. in dieser Hinsicht die Bemerkung S. 289. Die Corti'schen Fasern aber scheinen in der ganzen Länge der Schnecke einander sehr ähnlich zu sein, und auch von einer verschiedenen Anbringungsweise finde ich nichts gesagt. Namentlich bemerkte **Kölliker****) gegen die von **Helmholtz** ausgesprochene Hypothese ausdrücklich: »Dass die Grössendifferenzen der Theile des Corti'schen Organs nur minimal sind, die Theile scheinen gegen die Kuppel zu länger zu werden.« **Helmholtz** erklärte hierauf »die Längenmessungen für weniger wichtig, als die der Dicke.« Nur dürfte zu bemerken sein, dass die transversale Schwingungszahl eines parallelepipedischen Stabes bei gleicher Anbringungsweise unabhängig von der Breite, aber proportional $\frac{d}{l^2}$ ist, wenn d die Dicke, l die Länge des Stabes ist***), wonach Längenänderungen doch einen grösseren Einfluss auf die Tonhöhe haben würden, als Dickenänderungen.

Eine andere Schwierigkeit kann man in dem Umstande finden, dass (meines Wissens wenigstens) keine Fälle bekannt sind, wo das Gehör für einzelne Töne oder eine Anzahl Töne aus der Mitte der Tonskala insbesondere verloren gegangen wäre, da man doch meinen sollte, dass pathologische Fälle der Zerstörung dieses oder jenes mittleren Theiles der Fasermasse des Acusticus oder der daran angebrachten accessorischen Apparate mitunter vorkommen müssten. Inzwischen ist dabei zu berücksichtigen, einerseits, dass eine Vertretung der Hörnerven beider Seiten gewiss stattfindet, eine Vertretung von Schneckennerv und Labyrinthnerv möglicherweise stattfinden kann, zweitens, dass der mittlere Theil der Skala der Nerventasten Schädigungen nicht leicht anders als durch bis dahin reichende Schädigung der extremen Theile zugänglich sein dürfte. Dass aber die Hörbarkeit der Töne eben sowohl von der unteren als oberen Gränze der Hörbarkeit herein abnorm verkürzt sein kann, ist S. 169 angeführt worden. Jedesfalls wäre es nützlich, mehr, als wohl bisher geschehen ist, zu untersuchen, ob nicht vielleicht für einzelne Töne oder Theile der Tonskala das Gehör auf einem oder dem anderen Ohre insbesondere verloren gegangen ist.

---

*) Der Zustand meiner Augen nöthigt mich, mich auf das Compendiöseste in Benutzung der Literatur einzurichten.

**) In dem S. 279 angezeigten Berichte der Carlsruher Versammlung S. 216.

***) Vgl. mein Repertor. der Experimentalphysik. Th. I. S. 274.

Die dritte Hypothese trägt einige der allgemeinsten Verhältnisse, welche zwischen den äusseren Licht- und Schallschwingungen bestehen, auf die dadurch erweckten inneren Schwingungen nach inneren Gründen über.

Unser Hören beruht unter normalen Verhältnissen auf longitudinalen Luftschwingungen, welche unser Trommelfell normal treffen, indem auch von den schief gerichteten Schwingungen doch nur die nach der Normale zerlegten wirksam sein können, die Bewegungen der Gehörknöchelchen zu bewirken, welche die Schwingungen an die *fenestra ovalis* übertragen; hingegen beruht das Sehen auf transversalen Lichtschwingungen. Jene lassen sich wesentlich als geradlinige fassen, diese können geradlinig sein, aber auch alle mögliche kreisförmige, elliptische und zusammengesetzte Formen haben und haben solche wirklich.

Die Hypothese, welche von uns gebraucht wird, ist nun die, dass, dieser normalen Form der äusseren Anregungen entsprechend, das Hören auch innerlich seiner psychophysischen Unterlage nach auf einfachen geradlinigen, das Sehen auf Schwingungen von weniger bestimmten wechselnden Formen beruht. Es ist diess eine Hypothese, denn an sich ist nach der Auseinandersetzung S. 228 nicht zu erwarten, dass die äusseren Schwingungen sich in unveränderter Form ins Innere an unseren Nervenapparat übertragen. Auch besteht unsere Hypothese nicht darin, dass die innere Form der äusseren vermöge directer Uebertragung der äusseren, sondern wegen Anpassung der inneren Bedingungen zu einer im Allgemeinen entsprechenden Form als die äusseren haben, entspreche, so dass z. B. im Hörnerven die Schwingungen auch dann einfach geradlinig ausfallen, wenn die anregenden Schwingungen ausnahmsweise durch die Kopfknochen in irgendwelcher anderen Richtung und Form als gewöhnlich durch das Trommelfell zutreten, und dass auch beim Auge sich nicht geradlinige Schwingungen des Lichtstrals unverändert in geradlinige, kreisförmige in kreisförmige übersetzen, was vielmehr, wie S. 227 gezeigt, einen Widerspruch zwischen Erfahrung und Theorie setzen würde, sondern dass nur überhaupt nach der Einrichtung des Sehapparates innerlich dergleichen verschiedene Formen so gut wie äusserlich entstehen können.

Der Hauptgrund für diese Hypothese fällt wesentlich mit einem der Gründe für die vorige Hypothese zusammen. Die Bedeutung des Octavenintervalles, welche sich durch die Elementaranalyse der Empfindungsverhältnisse zum Schlusse des 30. Kapitels und im 32. Kapitel herausgestellt hat, gilt wesentlich nur für einfache geradlinige Schwingungen. Eine Theorie, welche mittelst solcher Analyse Rechenschaft von dieser Bedeutung des Octavenintervalles für die Töne geben will, muss also voraussetzen, dass die Schwingungen in den Nerven, auf denen die Empfindung der Töne beruht, geradlinig und dass sie nicht zusammengesetzt sind, wovon Erstes der jetzigen, das Zweite der vorigen Hypothese entspricht. Sie muss aber zur Erklärung, warum das Octavenintervall nicht dieselbe Bedeutung für die Farben als Töne hat, zugleich voraussetzen, dass die Schwingungen in den Nerven, welche den Farben unterliegen, nicht eben so einfach geradlinig sind.

Zur Unterstützung kann dann wieder das Vorkommen der Tastenapparate an den Enden des Hörnerven zugezogen werden, welches die Entstehung einer immer identischen einfachen Schwingungsform hier leicht denkbar macht, indess ähnliche Apparate an den Enden des Sehnerven fehlen, und der Gesichtspunct, dass eine Einrichtung der Sinnesorgane auf ein gewisses allgemeines

Entsprechen zwischen der Form der äusseren anregenden und innerlich angeregten Schwingungen an sich natürlich erscheint.

Uebrigens würde nicht nöthig sein, eine mathematisch geradlinige Form für die Schwingungen im Gehörnerven vorauszusetzen, sondern genügen, dass sie nur sehr wenig von der geradlinigen abweichen; da überall sehr kleine Abweichungen die Empfindung nicht merkbar afficiren.

Die vierte Hypothese, die ich aufstelle, widerspricht den gewöhnlichen Annahmen gewissermassen im umgekehrten Sinne als die zweite. Nach der zweiten liest sich jede Acusticusfaser aus einem zusammengesetzten objectiven Tongemische ihre besondere Schwingungszahl heraus, nach unserer jetzigen vollzieht umgekehrt jede Opticusfaser unter dem Einflusse selbst des einfachsten Farbenreizes eine Zusammensetzung von Schwingungen, und während es keine ähnlich zusammengesetzten subjectiven Töne als objectiven giebt, giebt es keine in ähnlichem Sinne einfachen subjectiven wie objectiven Farben, sondern die einfachste objective Farbe ruft blos die verhältnissmässig einfachste subjective Farbenmischung, d. i. Zusammensetzung von Schwingungen verschiedener Dauer hervor, und die Qualität der Empfindung, welche daran hängt, beruht auf der Zusammensetzungsweise dieser Mischung.

Der bindendste Grund für diese Ansicht scheint mir in der Abweichung zu liegen, welche die Farben nach der Bemerkung Th. I. S. 175 und den Angaben Th. II. S. 274 f. vom Weber'schen Gesetze darbieten. Wenn die den äusseren Schwingungszahlen $n, n', n'' \dots$ entsprechenden inneren Schwingungszahlen bei einfachen homogenen Farben eben so einfach wieder n, n', n'' sind, als wir es bei einfachen Tönen Grund haben anzunehmen, so lässt sich für die Abweichung derselben vom Weber'schen Gesetze keine Erklärung finden. Wenn jedoch bei Farben jeder einfachen äusseren Schwingung eine zusammengesetzte innere Schwingung entspricht, so lässt sich übersehen, dass die Unterscheidbarkeit zweier Farben nicht mehr blos von den Verhältnissen der äusseren Schwingungszahlen nach dem Weber'schen Gesetze für sich abhängig gemacht werden kann, sondern eine complexe Form der Verhältnisse werden muss, mit welchen die componirenden Stralen in das erweckte Farbengemisch eingehen.

Zugleich lässt sich unter der im Abschnitte *a*) mit grosser

Wahrscheinlichkeit begründeten Voraussetzung, dass die Schwingungszahlen der Netzhaut eine gewisse Gränze nicht zu überschreiten vermögen, übersehen, dass an den Gränzen des sichtbaren Spectrum die Unterscheidbarkeit der Farben verhältnissmässig geringer sein muss, als nach der Mitte, wie es nach Erfahrung wirklich der Fall ist. Denn nach Massgabe, als der erregende Stral sich von dem mittleren Theile des Spectrum einer der Gränzen nähert oder gar über die Gränze hinausgeht, über welche die Schwingungszahlen der Netzhaut nicht reichen, werden verhältnissmässig die Schwingungszahlen der mittleren Stralen überwiegend bleiben, und wird also auch um so weniger leicht im Fortschritte nach den Gränzen eine Unterscheidung von den nach der Mitte liegenden Stralen möglich sein.

Wenn sich überhaupt fragt, in welchem Verhältnisse sich das innere Farbengemisch, was nach uns voraussetzlich durch einen einfachen homogenen Farbenstral erweckt wird, aus Componenten zusammensetzt, so haben wir, falls wir die Hypothese statuiren, unstreitig zwei Momente in Betracht zu ziehen. Von einer Seite ist zu erwarten, dass die Schwingungszahl der erregenden Farbe mit der grössten Stärke in dem erregten Gemische wiederklinge und die anderen Zahlen nach Massgabe schwächer, als ihre Zahlen weiter davon abweichen. Von anderer Seite aber ist zu erwarten, sofern die Erregbarkeit der Netzhaut überhaupt nur innerhalb gewisser Gränzen der Schwingungszahlen eingeschränkt ist, dass eine Schwingungszahl mit verhältnissmässig um so grösserer Stärke entsteht, je weiter sie von dieser Gränze entfernt ist, so dass schliesslich beide Umstände in Verbindung in Betracht kommen.

Die Gränzen der inneren Schwingungszahlen werden hienach enger sein müssen, als die der äusseren, wodurch sie erregt werden, weil eine äussere Schwingungszahl, welche so hoch oder niedrig ist, dass die Netzhaut ihr nicht mehr zu correspondiren vermag, doch noch schwache Schwingungen zu erwecken und dadurch sichtbar zu werden vermag, die zwischen die Gränzen der erregbaren fallen, so dass das äusserste Roth und Violet innerlich als durch Schwingungen gebildet angesehen werden muss, welche an die Langsamkeit und Schnelligkeit der äusseren nicht mehr reichen.

Abgesehen von diesen subjectiven Momenten wird die Helligkeit, mit der jeder Theil des Spectrum erscheint, noch von der objectiven Intensität, mit welcher der Lichtstral auf die Netzhaut trifft, abhängen, welche nach den Erörterungen im Abschnitte *a*) unter Voraussetzung der Identitätsansicht von Licht und Wärme für den sichtbaren Theil des Spectrum durch die thermischen Wirkungen als gegeben angesehen werden kann, sofern in diesem Theile (nach S. 256 f.) keine ungleichförmige Absorption durch die Augenmedien besteht.

Vielleicht könnte man meinen, dass die Abweichung der Farben vom Weber'schen Gesetze mit der nach der Stelle des Spectrum variabeln Helligkeit derselben zusammenhienge. Aber dann müsste auch bei Tönen die Unterscheidbarkeit der Höhen mit von Verhältnissen der Stärke abhängen, was nicht der Fall ist.

Mit Vorigem erklärt sich dann zugleich, warum die Farbe überhaupt vielmehr dem Klange, dem Gemische von Tönen, als dem einfachen Tone analog scheint, und etwas der Höhe der Töne Entsprechendes bei Farben nicht vorkommen, hingegen vielmehr die Beurtheilung derselben nach ihrer Abweichung vom Weiss oder als Bruchtheile des Weiss sich geltend machen kann, sofern selbst der einfachsten objectiven Farbe ein subjectives Farbengemisch entspricht, analog dem, was entstände, wenn alle möglichen Töne innerhalb eines gegebenen Intervalles zusammen angeschlagen würden. Dabei bleibt aber doch die Verschiedenheit, dass der gemischte Ton sich aus Tönen zusammensetzt, die in verschiedene Acusticusfasern fallen, die gemischte Farbe aus solchen, die in dieselbe Faser fallen, was beiträgt, zu erklären, dass doch Klang nicht Farbe ist.

Es wird ferner nun um so leichter erklärlich, wie eine Composition zweier objectiv einfachen Farben einen entsprechenden Eindruck als eine einfache Farbe hervorbringen kann, da selbst die objectiv einfache eine subjectiv zusammengesetzte repräsentirt.

Inzwischen fragt sich, ob die Hypothese überhaupt möglich, und nach den Bedingungen, unter denen die Farben im Auge entstehen, wahrscheinlich ist.

Nun kennen wir die mechanischen Bedingungen, unter denen sich die Lichtschwingungen in Nervenschwingungen übersetzen, nicht hinlänglich, um der Hypothese danach *a priori* widersprechen oder sie dadurch stützen zu können. Die Möglichkeit derselben aber lässt sich durch Thatsachen beweisen, und die Wahrscheinlichkeit derselben durch solche stützen. In dieser Hinsicht mache ich Folgendes geltend.

1) Selbst im Gebiete der objectiven Lichtlehre kann eine einfache homogene farbige Schwingung in einem Medium durch Mittheilung ein anderes zu einer zusammengesetzten Farbenschwingung anregen. Es ist diess nämlich der Fall der Fluorescenz. Bekanntlich wird durch fluorescirende Substanzen die Schwingungszahl der brechbareren Farben überhaupt erniedrigt; aber nach den Untersuchungen von Stokes geschieht diess im Allgemeinen nicht

zu finden, dass das normale Verhältniss zwischen den Componenten des Farbengemisches gestört ist.

»Die Achromatopsie, sagt Rüte, umfasst den Zustand, wobei der Kranke keine deutliche Idee von den Farben hat, wobei er weder Gelb noch Roth, noch Blau zu unterscheiden vermag, wo Alles grau erscheint (selten). — Beispiel in Hudart's Brief an Joseph Priestley (*Philosophical transactions* 1777. p. 260). Vier Brüder konnten nur Weiss und Grau unterscheiden. Ein anderes, von Rosier mitgetheiltes Beispiel s. in dessen *Observations sur la physique et l'histoire naturelle vol. VIII. p. 87. année* 1779.«

Die verschiedene Empfindlichkeit für Farben, die sich abnormer Weise zwischen verschiedenen Individuen zeigt, zeigt sich sogar normalerweise in gewissem Sinne zwischen verschiedenen Stellen der Netzhaut, wie die oben (S. 277) angeführten Erfahrungen von Helmholtz lehren.

4) Der eigenthümliche Umstand, dass alle einfachen wie zusammengesetzten Farben sich um so mehr dem Weiss nähern, je mehr man die Intensität derselben verstärkt (vgl. S. 278), lässt nach unserer Hypothese die Deutung zu, dass das verhältnissmässige Uebergewicht der, der erregenden entsprechenden Hauptfarbe über die Beifarben sich mit wachsender Amplitude immer mehr mindert, und überhaupt die verhältnissmässige Stärke der Componenten der erregten Farben sich immer mehr der im Weiss stattfindenden nähert. Wie nun diess nach mechanischen Gesetzen geschehen könne, mag noch Gegenstand der Frage sein; es scheint mir aber, dass ohne die Hypothese die Thatsache, um die es sich hier handelt, überhaupt unerklärlich bliebe.

Allerdings auch die Tonhöhe ändert sich mit der Amplitude der Schwingungen. Der Ton einer transversal schwingenden Stimmgabel zieht sich bekanntlich beim Verhallen, wo die Schwingungen kleiner werden, etwas in die Höhe*), und überhaupt ist es nach W. Weber eine Eigenschaft aller transversal schwingenden Körper, dass ihr Ton etwas tiefer bei grösserer als bei kleinerer Amplitude ist, insofern nicht Spannungsänderungen dabei stattfinden, indess für alle longitudinalschwingenden Körper, ganz besonders Luftsäulen, das Entgegengesetzte gilt. Transversalschwingende Saiten freilich klingen etwas höher bei grösserer als kleinerer Excursion, aber nur, weil ihre Spannung bei grösserer Excursion grösser wird**). Keinesfalls aber wird der Ton durch seine Verstärkung einem Geräusche ähnlicher. Ich habe mir sogar von einem Musiker sagen lassen, dass durch reichere Besetzung eines Orchesters oder Chores der Ton, wie er sich ausdrückte, etwas Idealeres erhalte, indem die dem Tone fremdartigen Nebengeräusche dann verhältnissmässig weniger spürbar würden.

---

*) W. Weber, Pogg. XIV. 402.

**) Vgl. W. Weber, Pogg. XXVIII. 5.

Nach der fünften, mit der vorigen zusammenhängenden, Hypothese setze ich voraus, dass die Lichtempfindung nicht wie die Schallempfindung von einem Bewegungszustande abhängt, der sich bei derselben Empfindung in derselben Weise an allen zur Empfindung beitragenden Theilchen des empfindenden Organes wiederholt, so dass nur die Phase der Bewegung zu derselben Zeit für verschiedene Theilchen verschieden ist, und nach der Bewegung jedes einzelnen Theilchens insbesondere beurtheilt werden kann, sondern dass zum Zustandekommen selbst der elementarsten Lichtempfindung ein System von Theilchen (ein Molecul aus einer Mehrzahl von Atomen wägbarer und unwägbarer Materie) gehört, in welchem die einzelnen Theilchen Bewegungen verschiedener Art vollziehen, die sich im Allgemeinen als Schwingungen von verschiedener Periode, Amplitude und vielleicht auch Form werden fassen lassen. Kurz: indess der Bewegungszustand, an dem das Hören hängt, jedes dazu beitragende Molecul im Ganzen ergreift, und alle Molecule dieselbe Bewegung wiederholen, gerathen beim Sehen die Theilchen desselben Moleculs in individuell verschiedene Bewegungen.

Jedes mit dem anderen solidarisch zur Lichtempfindung zusammenwirkende Theilchen entspricht, in soweit ihm eine Bewegung von einfacher Periode beigelegt werden kann, mit seiner eigenthümlichen Schwingungszahl einer gewissen einfachen objectiven Farbe, die wir aber nie einfach erblicken, und nach der Natur der Lichtempfindung gar nicht einfach erblicken können, da die einfachste Lichtempfindung überall schon das solidarische Zusammenwirken verschieden erregbarer und erregter Theile voraussetzt.

Wie viel in den Moleculen auf das Wägbare und Unwägbare insbesondere zu rechnen, mag für jetzt unentschieden bleiben; da wir keine hinreichenden Kenntnisse haben, um es zu sondern, wennschon ich mir denke, dass die Lichtempfindung wesentlich auf den Schwingungen des Unwägbaren ruht, die desshalb für verschiedene Aethertheilchen verschieden sind, weil nicht alle sich unter den gleichen Verhältnissen zu den wägbaren Theilchen befinden. Es herrscht aber selbst unter den mathematischen Physikern noch so viel Schwanken über den Antheil, der den wägbaren Theilchen an dem Zustandekommen der objectiven Lichterscheinungen in den Körpern beizulegen, dass ich nicht wagen möchte, irgends entschiedene Voraussetzungen auszusprechen.

Diese Hypothese ist eine nähere Bestimmung der vorigen, nach welcher jeder noch so einfachen erregenden äusseren Farbenschwingung innerlich eine Mehrheit von Schwingungszuständen mit verschiedenen Perioden und Amplituden entspricht. Nun kann aber nach den Principien der Interferenz auch ein einzelnes Theilchen in verschiedenen Schwingungszuständen gleichzeitig als begriffen angesehen werden, und die vorbesprochenen Thatsachen liessen noch sehr wohl die Deutung zu, dass alle zum Sehen beitragenden Bewegungen als zusammengesetzte Schwingungsbewegungen zu fassen seien, welche sich eben so an allen einzelnen, zum Sehen beitragenden Theilchen wiederholen, wie es bei den zum Hören beitragenden einfachen Schwingungsbewegungen voraussetzlich der Fall ist. Aber andere factische Verhältnisse scheinen die jetzige Hypothese zu fodern, welche nicht ausschliesst, dass auch die einzelnen Theilchen eben so in zusammengesetzte wie einfache Schwingungsbewegungen gerathen können.

Ehe wir auf die Gründe für die Hypothese eingehen, wird sie etwas näher zu entwickeln sein.

Des Näheren werden wir uns nach dieser Hypothese ein zur Lichtempfindung anregbares Molecul als ein System mehrerer Theilchen (Atome) zu denken haben, deren jedem, wenn es aus seiner ursprünglichen Gleichgewichtslage verrückt wird und sich selbst überlassen bleibt, nach seiner relativen Entfernung und Masse gegen die anderen eine eigenthümliche Schwingungszahl zukommt, etwa wie Stimmgabeln, Stäben oder Saiten, die durch Befestigung auf einem gemeinsamen Resonanzboden zu einem Systeme verbunden sind, nur dass die Bestimmung zu einer eigenthümlichen Schwingungszahl für jeden dieser zum Systeme verbundenen Körper durch das Verhältniss seiner *eigenen* Theile gegen einander gegeben ist, für die zum Molecul verbundenen Theilchen aber durch ihr Verhältniss zu den anderen Theilchen desselben Mole-

saur
BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER.G.T. FN. 01574/027

cule[*]). Schon ohne äusseren Lichtreiz sind alle erregbaren Theilchen in einer gewissen Schwingungsbewegung begriffen, wovon die farblose Empfindung des Augenschwarz abhängt. Wenn die Amplituden derselben sich absolut bei unverändertem Verhältnisse ihrer Grösse und unveränderter Schwingungszahl vergrössern, so entsteht die Empfindung des weissen Lichtes; hingegen die Empfindung der Farbe, wenn die Schwingungsproducte an, $a'n'$, $a''n''$..., welche den einzelnen Theilchen zukommen, ein anderes Verhältniss annehmen, als dem farblosen Augenschwarz entspricht.

Diess geschieht nun im Allgemeinen unter dem Einflusse eines Farbenreizes. Hiebei ändert sich der Schwingungszustand des ganzen Systemes nach Gesetzen, die wir *a priori* nicht festzustellen wissen, — denn die einfachen Resonanzgesetze für elastische Körper können hier nicht mehr ausreichen; — die Entstehung der Farbe durch den Farbenreiz nöthigt blos im Allgemeinen, eine Abänderung in den Verhältnissen der Schwingungsproducte dadurch anzunehmen, ohne entscheiden zu lassen, auf der Abänderung welchen Factors, a oder n, sie vorzugsweise beruht; wahrscheinlich auf beiden.

Folgendes die Gründe für diese Hypothese.

1) Das Licht beweist durch seine chemische Wirksamkeit, dass es wirklich in die inneren Verhältnisse der Molecule abändernd einzugreifen vermag, und die hier über seine Wirksamkeit als Sinnesreiz aufgestellte Ansicht verlangt nichts Anderes. Was wir von der Uebertragung der Schallschwingungen an den Hörnerven wissen, begünstigt keine entsprechende Ansicht bezüglich des Schalles.

2) Jeder Lichtreiz ändert durch seine Einwirkung selbst die Weise, wie er empfunden wird, nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ ab, um so mehr, je stärker er ist, woraus mannichfache subjective Phänomene hervorgehen.

Für alle diese Phänomene, so wenig sie im Einzelnen erklärt und bis jetzt erklärbar sind, lässt sich doch im Sinne unserer Hypothese folgender allgemeine Gesichtspunct der Erklärung aufstellen.

---

[*] Da wir die zum Systeme verbundenen Planeten unter dem Einflusse einer dem Systeme immanenten Kraft Bewegungen von verschiedenen Perioden vollziehen sehen, kann in einer solchen Vorstellung jedenfalls nichts an sich mechanisch Unmögliches liegen.

Der Lichtreiz hat nicht blos den Effect, die zur Lichtempfindung solidarisch zusammenwirkenden Theilchen zu Schwingungen um die gegenwärtigen Gleichgewichtslagen anzuregen, oder die vorhandenen Schwingungen zu vergrössern, sondern auch die Gleichgewichtslagen selbst zu ändern, so dass die Theilchen während der Einwirkung des Reizes um andere Gleichgewichtslagen als sonst schwingen, womit sich zugleich die Verhältnisse ihrer Schwingungsproducte an, $a'n'$... abändern. Diese Aenderung tritt mehr oder weniger allmälig unter der Einwirkung des Reizes ein (vgl. hiezu die Thatsachen S. 279), und verschwindet allmälig wieder nach Wegfall des Reizes, so aber, dass die Theilchen nach der Wiederkehr zu den alten Gleichgewichtslagen nicht sofort dabei stehen bleiben, sondern dieselben überschreiten und in entgegengesetzter Richtung dazu zurückkehren, welche Oscillationen noch mehrmals wiederholt werden können. Diese langsamen Oscillationen der Gleichgewichtslagen der Theilchen, von welchen die Periodicität beim Abklingen der Nachbilder abhängt, sind aber nicht mit den schnelleren Oscillationen der Theilchen um die jedesmalige Gleichgewichtslage (wovon die Farbenempfindungen selbst abhängen) zu verwechseln, und es können zur kurzen Unterscheidung jene als Oscillationen erster Ordnung, diese zweiter Ordnung bezeichnet werden.

Man kann sich denken, dass die langsamen Oscillationen wesentlich die wägbaren Theilchen betreffen, welche aber Veränderungen in den davon mit abhängigen Oscillationen der unwägbaren nachziehen. Doch lasse ich diess dahingestellt.

Ich muss jetzt Plateau gegen meine frühere Ansicht darin Recht geben, dass die oscillatorische Form im Ablaufe der Nachbilder die wesentliche Form derselben ist, wobei die erste Phase leicht wegen zu grosser Schnelligkeit, mit der sie vorübergeht, die letzten wegen zu grosser Schwäche oft nicht wahrgenommen werden, ohne dass übrigens damit die von mir gegenüber aufgestellte Ansicht, dass man in dem Phänomen der Nachbilder einen Conflict der Nachdauer und Abstumpfung zu sehen habe, aufgehoben wird, denn diess ist im Grunde blos ein kurzer Ausdruck thatsächlicher Verhältnisse und keine Hypothese. Eine periodische Form dieses Conflictes aber, die ich früher glaubte, nur unter exceptionellen Bedingungen anerkennen zu müssen, ist unstreitig nach folgenden Gründen die normale Form.

Zuvörderst lasst sich dieselbe unter besonderen Versuchsbedingungen *)

---

*) Hierüber s. Plateau in Pogg. Ann. XXXII. 550; Brücke in Pogg. Ann. LXXXIV, Aubert in Moleschott's Unters. IV. 230

vollständig beobachten, und wo sie nicht vollständig erscheint, doch aus folgenden Verhältnissen erkennen. Jeder Lichteindruck klingt nach Beseitigung des Reizes erst in einer positiven Phase*) nach, wie die gedrehte Scheibe mit weissen und schwarzen oder farbigen Sectoren und die Nachbilder blendender Eindrücke beweisen; darauf folgt eine negative, nach farbigen Eindrücken complementare, Phase und diese kehrt in den Fällen gewöhnlicher Nachbilder allmälig zum ursprünglichen Zustande zurück, ohne darüber hinauszugehen, indess unter besonderen Versuchsverhältnissen erwähntermassen mehrere Oscillationen zwischen primärer und complementarer Farbe oder Erscheinen und Verschwinden des Nachbildes folgen. Aber auch die Rückkehr zum ursprünglichen Zustande muss doch als eine Oscillation in entgegengesetztem Sinne als der vorherige Gang betrachtet werden, und es wäre gegen alle Analogie, anzunehmen, dass die rückgehende Oscillation bei der ursprünglichen Gleichgewichtslage stehen bliebe, und zeigt sich auch nicht so bei jenen Versuchsbedingungen, wogegen sich leicht denken lässt, dass das Ueberschreiten derselben in entgegengesetztem Sinne vielfach zu gering ist, um noch Phänomene zu geben, welche die Schwelle der Wahrnehmbarkeit überschreiten; wie denn auch bei einer in einem stark widerstehenden Mittel schwingenden Saite der Fall eintreten kann, dass sie nach Rückkehr zur ursprünglichen Lage dieselbe nur noch unmerklich überschreitet; doch ist diese Rückkehr Sache einer Oscillation.

3) Der Hauptgesichtspunct, welcher mir die jetzige Hypothese zu fodern scheint, ist der, dass alle sonst aufgestellten Verschiedenheiten zwischen den inneren Bedingungen der Licht- und Schallempfindung mir nicht genügend scheinen, die verschiedene Grundqualität beider Empfindungen und den Umstand zu erklären, dass die durch verschiedene Opticusfasern percipirten Schwingungen den Eindruck räumlicher Juxtaposition geben, indess die durch verschiedene Acusticusfasern percipirten solchen nicht geben. Unsere jetzige Hypothese aber scheint mir geeignet, Beides im Zusammenhange zu erklären. Denn was das Erste anlangt, so muss es für die Qualität der Empfindung von wichtigster Bedeutung sein, ob als Element, wovon sie physischerseits abhängt, schon die Bewegung jedes Theilchens für sich, oder wesentlich nur der zusammenhängende Bewegungszustand eines Systemes von Theilchen gültig ist**). Und was das Zweite anlangt, so lässt sich leicht denken, dass ein Element extensiver Empfindung auch

---

*) Positiv und negativ in **Brücke's** Sinne verstanden.

**) Im Sinne der in meiner Atomenlehre S. 181 ff. dargelegten Ansichten würde ich sagen, die Bewegungen, an die sich die Lichtempfindung knüpft, hängen von multiplen Kräften einer höheren Ordnung ab, als die, an die sich die Schallempfindung knüpft.

den Bewegungszustand eines extensiv explicirten Systemes als wesentliche Unterlage fodert.

XXXIV. Ueber die extensiven Empfindungen insbesondere.

Durch E. H. Weber's Untersuchungen*) ist es sehr wahrscheinlich geworden, dass die Distanz zwischen zwei berührten oder vom Lichte getroffenen Puncten auf der Haut oder Netzhaut nach Massgabe grösser oder kleiner empfunden wird, als die Anzahl sog. Empfindungskreise grösser oder kleiner ist, welche zwischen den gereizten Puncten liegen, wobei unter Empfindungskreis jede Stelle der Haut oder Netzhaut verstanden wird, welche mit Zweigen derselben elementaren Nervenfaser versorgt wird, oder jede Vereinigung solcher Zweige selbst; sofern hinreichende physiologische Gründe vorliegen, zu glauben, dass alle Zweige derselben Nervenfaser nur geeignet sind, solidarisch einen gemeinsamen Eindruck zum Gehirne zu leiten.

Diese Ansicht ist freilich betreffs der Netzhaut bestritten worden, so namentlich neuerdings von Panum**), und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, »dass die seitlichen Netzhautpartieen die Objecte nicht kleiner sehen als die centralen, welche doch auf einem gleichen Flächenraume eine sehr viel grössere Zahl empfindender Puncte haben.« Unstreitig ist dieser Gegengrund beachtenswerth, aber nicht entscheidend, weil er zu viel beweist. Denn wenn ich einen Finger doppelt so weit vor dem Auge halte, als den anderen, erscheint mir sein halb so grosses Bild doch eben so gross, und zwar kann ich diese Täuschung durch keine Anwendung der Aufmerksamkeit heben. Es würde also nach Panum's Schlussweise zu folgern sein, dass die Grösse des Bildes auf der Netzhaut überhaupt keinen Einfluss auf die Grössenerscheinung hat.

Sehr instructiv in dieser Hinsicht ist folgender Versuch. Man halte einen Zirkel, am besten Stangenzirkel (um nicht Winkelschätzung mit einzumengen) mit einer gemessenen Distanz der Spitzen, Normaldistanz, vor die Augen, einen anderen ganz gleichen in etwa halb so grosser oder doppelt so grosser Entfernung so, dass beider Projectionen auf den Hintergrund neben einander fallen, und suche die Spitzendistanz des zweiten, Fehldistanz, nach dem Augenmasse der Normaldistanz gleich zu machen. Ungeachtet nun die Fehldistanz bei gleicher Grösse mit der Normaldistanz in Betracht ihrer anderen Entfernung vom Auge ein doppelt so grosses oder nur halb so grosses Bild im Auge giebt als die Normaldistanz, macht man sie doch derselben, bis auf einen kleinen variabeln und constanten, Fehler gleich; und zwar ist der constante Fehler bei mir der Art, dass ich die Fehldistanz, wenn sie entfernter als die Normaldistanz ist, immer ein wenig zu klein, wenn sie näher ist, ein wenig zu gross mache, was den von der verschiedenen Entfernung abhängigen Unterschied zwischen der Grösse der Distanzbilder nur noch vermehrt. Hingegen machte eine andere Person die Fehldistanz, sowohl wenn sie die nähere, als wenn sie die entferntere war, immer ein wenig zu gross, eine dritte die nähere ein wenig zu klein, die entferntere ein wenig zu gross. Dabei ist zu bemerken, dass auch, wenn man beide Distanzen aus gleicher Entfernung vom Auge vergleicht, ein kleiner constanter Fehler begangen wird, der bei mir, sowohl bei Rechtslage als Linkslage der Normaldistanz gegen die Fehldistanz, negativ, bei der anderen Person positiv, bei der dritten positiv bei Rechtslage, negativ bei Linkslage der Normaldistanz ist *).

---

*) Der Tastsinn und das Gemeingefühl, in Wagner's Wört. S. 528; und eine Abhandlung in den Berichten der sächs. Soc. 1853. S. 85; Auszug daraus in Fechner's Centralbl. 1853. S. 585.

**) Grafe's Arch. f. Ophthalmol. V. 1 ff.

Wie leicht zu erachten, kann die der Wahrheit so nahe kommende Gleichschätzung hier weder auf Gleichheit der Bilder noch der Augenbewegung beruhen, sondern es müssen andere Umstände da sein, welche die in dieser Hinsicht stattfindende Ungleichheit bei der Schätzung corrigiren, und es sind Versuche der Art überhaupt gut geeignet, es scharf zu beweisen. Unstreitig ist es eine Erziehung durch Erfahrungen, welche die das Urtheil mitbestimmenden Momente an die Hand giebt. Wenn aber das durch

---

*) Das Nähere dieser noch nicht vollendeten Versuchsreihe theile ich künftig anderen Ortes mit. Die Spitzen (blau angelaufene Stahlspitzen) waren parallel, längs einer Stange beweglich, und wurden mit zwei Augen gegen eine weisse Thür betrachtet. Bei Anwendung blos Eines Auges kam bei der dritten der obigen Personen das gleich geschätzte Verhältniss beider Distanzen dem wirklichen Verhältnisse der Bilder im Auge etwas näher, was bei mir nicht der Fall ist, blieb aber auch dort noch weit hinter dem wirklichen Verhältnisse zurück.

Erfahrungen erzeugte Urtheil über die Entfernung vom Auge unwillkührlich und zwingend bei der Grössenschätzung mitbestimmend wirkt; warum nicht auch das durch Erfahrung erzeugte Urtheil über die Lage des Bildes auf der Netzhaut?

Ausserdem würde ich nach meinen eigenen Erfahrungen nicht einmal wagen, den Satz geradehin auszusprechen, dass das Bild auf den seitlichen Partieen der Netzhaut noch eben so gross erscheine, als auf den centralen. Ich finde es schwierig, wegen Undeutlichkeit des seitlichen Bildes ein sicheres Urtheil in dieser Hinsicht überhaupt zu fällen; doch scheint mir immer die Ausdehnung eines hellen Gegenstandes bei Abwendung des Blickes davon im indirecten Sehen etwas zusammenzuschwinden und bei Zuwendung in directer Fixation sich zu erweitern. Ich will jedoch hierauf kein besonderes Gewicht legen, da hierbei subjective Täuschung möglich wäre, und Andere doch nicht dasselbe zu finden scheinen.

Unstreitig kann man der Ansicht Weber's noch nicht die Evidenz beilegen, welche physiologische Ansichten haben, die nur der unmittelbare Ausdruck von Thatsachen sind; doch scheint sie mir namentlich bei zusammenhängender Berücksichtigung dessen, was für Haut und Auge gilt, durch gewichtige Thatsachen gestützt und bisher noch als die lichtvollste Grundlage für die Theorie der extensiven Empfindungen, an die ich mich daher im Folgenden halten werde, was nicht hindert, in Nebenbestimmungen derselben von ihrem Urheber abzugehen oder solche noch in Frage zu stellen.

Es ist bis jetzt noch streitig, ob die Empfindungskreise rein juxtaponirt sind oder in einander übergreifen (interferiren), wie viel im Minimo nöthig sind, die Empfindung einer merklichen Ausdehnung oder Distanz zwischen zwei Puncten zu erzeugen, welche Rolle die Bewegung der Augen bei Schätzung der Grössen und Distanzen spielt. Diese Fragen sollen hier mit vielen anderen, das Distanzmass betreffenden Fragen, über die ich keine neue Aufklärung zu geben weiss, dahingestellt bleiben*), dagegen auf einige Puncte näher eingegangen werden, deren Untersuchung bezüglich der Stellung, die unsere Lehre zu den extensiven Empfindungen bei Annahme der Weber'schen Ansicht einzunehmen hat, besonders wichtig erscheint, oder für welche sich aus unserer Lehre neue Gesichtspuncte, oder aus Versuchen neue Thatsachen ergeben.

---

*) Man vergl. die Literatur dazu Th. I. S. 201.

Auf manche Puncte, die hier besprochen werden könnten, gehe ich namentlich desshalb nicht ein, weil Untersuchungen darüber, mit welchen Volkmann beschäftigt ist, vielleicht geeignet sein könnten, in Zukunft noch mehr Licht darüber zu verbreiten.

Der Kürze halber verstehe ich unter Nervendichtigkeit im Folgenden die Zahl Empfindungskreise im Verhältnisse zu der Ausdehnung, in der sie liegen, oder kurz ihre Zahl, dividirt durch diese Ausdehnung. Unstreitig kommt es schliesslich vielmehr auf Anordnungs-, Vertheilungs-, Zusammenhangsverhältnisse der centralen Enden der Empfindungskreise als deren Verhältnisse auf Haut und Netzhaut selbst an; aber jene sind unbekannt, und die Beobachtung kann sich nur an letztere halten.

Abgesehen von der angeborenen Einrichtung unserer Empfindungsorgane, welche uns nach Weber's Principe eine Ausdehnung um so grösser erscheinen lässt, je mehr Empfindungskreise sie deckt, wird ein durch Erfahrung gebildetes Urtheil noch durch viele Umstände bei der Grössenschätzung mitbestimmt; und es ist wichtig, beides nicht zu vermischen, zu verwechseln oder eins zu einseitig geltend zu machen.

So viel möglich, wird im Folgenden von den das Urtheil bei der Grössenschätzung nach Erfahrung mitbestimmenden Ursachen abstrahirt werden, um blos das, was von der angeborenen Einrichtung abhängt, in Betracht zu ziehen.

Wenn ich die Augen schliesse, habe ich ein schwarzes Gesichtsfeld, welches mir eine sehr geringe Ausdehnung zu haben scheint. Wenn ich die Augen öffne und in eine reiche Gegend blicke, scheint mir das Gesichtsfeld ungeheuer; wenn ich mich auf dem Meere befinde, ohne fernes Land oder ferne Schiffe zu sehen, oder auf einer öden Fläche, wo keine Gegenstände in der Ferne mir einen Anhalt des Urtheiles über die Ferne des Horizontes geben, erscheint mir der Horizont sehr nahe, der Gesichtskreis eng.

In allen diesen Fällen bleibt die angeborene Einrichtung, welche der Grössenschätzung unterliegt, dieselbe: aber bei geschlossenen Augen fallen die unser Urtheil nach Erfahrung mitbestimmenden Gründe, namentlich alle Verhältnissbestimmungen, weg. Ich halte daher die Grösse des Gesichtsfeldes, so wie sie uns bei geschlossenen Augen erscheint, für diejenige, welche uns die blos von der angeborenen Einrichtung abhängige Grössenerscheinung, die der Ausdehnung und Nervendichtigkeit unserer Netzhaut entspricht, am reinsten repräsentirt.

Es hat etwas Merkwürdiges, dass sich durch Oeffnung unserer Augen am Tage die extensive Grösse des Gesichtsfeldes scheinbar ungefähr in demselben Verhältnisse vergrössert, als dessen Helligkeit.

Wundt in seiner Abhandlung über Tastversuche in Henle und Pfeufer Zeitschr. 1858 führt S. 262 folgenden Versuch an:

»Man nimmt zwei gleiche Zirkel mit abgeschliffenen Spitzen, mit dem einen derselben berührt man bei einer bestimmten Zirkelöffnung die gewählte Hautstelle der dem Versuche sich unterziehenden Person; dieser, die ihr Gesicht vom Experimentirenden abgewendet hat, giebt man den zweiten Zirkel in die Hand und lässt sie mit diesem nach dem Augenmasse die Entfernung der Spitzen des ersten Zirkels, so wie sie ihr nach dem Gefühlseindrucke erscheint, bestimmen. Da hiebei die Unsicherheit des Augenmasses im Vergleiche zur Unsicherheit der Gefühlsschätzung verschwindend klein ist, so giebt die Vergleichung der scheinbaren, aus der Gefühlswahrnehmung bestimmten Entfernung der Eindrücke mit ihrer wirklichen Entfernung ein unmittelbares Mass ab für die Feinheit der Haut in der Raumschätzung« u. s. w.

Der hier ausgesprochenen Voraussetzung, dass die Unsicherheit des Tastmasses unvergleichlich grösser sei, als die des Augenmasses, vermöchte ich nicht beizutreten, und mithin auch nicht dem darauf gebauten Massprincipe; vielmehr kommt die Feinheit in der Distanzschätzung durch das Tastmass unter den dafür günstigsten Umständen der durch das Augenmass ziemlich nahe.

Ein eben so leichtes als genaues Mittel, diess zu constatiren, liegt in Versuchen nach der Methode der mittleren Fehler, welche ich im 8. Kapitel auseinandergesetzt habe. Nun habe ich viele Versuche zu verschiedenen Zeiten und zu verschiedenen Zwecken über Augenmass und noch mehr über Tastmass nach dieser Methode angestellt, und bei beiderlei Massen je nach der Anstellungsweise der Versuche, der Stufe der Uebung und bei dem Tastmasse auch nach dem Hauttheile sehr verschiedene Verhältnisse gefunden, niemals aber und nirgends solche, nach welchen die Genauigkeit der Schätzung durch das Tastmass als verschwindend klein gegen die durch das Augenmass gelten könnte, wennschon sie immer geringer für das Tastmass als Augenmass geblieben ist. Ich begnüge mich hier, die Maximumwerthe, die ich bei beiderlei Massen in möglichst vergleichbaren Versuchen mit geübten Organen erhalten habe, anzuführen.

In einer Tastversuchsreihe nach der Methode der mittleren Fehler, welche ausführlich im folgenden Kapitel als Reihe VI. Abth. γ beschrieben ist (wo man das Detail nachlesen kann), wurde auf dem Vordergliede des linken Zeigefingers eine Normaldistanz $= 10\,d$*), angewandt. 400 Versuche (je 100 in einer anderen Zeit- und Raumlage angestellt) gaben einen einfachen reinen variabeln Mittelfehler der Schätzung, der (nach Correction wegen des endlichen *m* und wegen Grösse der Intervalle) nur $\frac{1}{33}$ der Normaldistanz betrug, einen constanten Fehler (im Mittel seiner absoluten Werthe bei allen 4 Zeit-Raumlagen bestimmt) gleich $\frac{1}{18}$ der Normaldistanz. Der reine variable Fehler ist hiebei massgebender als der constante für die Genauigkeit der Distanzschätzung, weil der constante Fehler nur von dem ungleichen Verhältnisse abhängt, in welchem die verglichenen Grössen nach Zeit, Raum und anderen Umständen in den Vergleich eintreten, wie früher genügend besprochen ist. Uebrigens kann auch der constante Fehler bei Tastversuchen noch beträchtlich geringer ausfallen, als vorhin, denn bei einer anderen Abtheilung derselben Versuchsreihe, d. i. Reihe VI. Abth. α, welche keine gleiche Genauigkeit der Distanzschätzung gestattete, daher einen erheblich grösseren variabeln Fehler gab, wurde im Mittel ebenfalls von 400 Versuchen für dieselbe Normaldistanz auf demselben Fingergliede ein (corrigirter) reiner variabler Mittelfehler $= \frac{1}{25}$ der Normaldistanz, ein constanter Fehler nur $= \frac{1}{96}$ der Normaldistanz erhalten. Die Abtheilung α, wo der reine variable Fehler grösser, der constante Fehler kleiner war, und Abtheilung γ, wo das Umgekehrte stattfand, unterschieden sich darin, dass bei Abtheilung α die beiden Zirkel, durch welche die Distanzen (Normaldistanz und Fehldistanz) bestimmt wurden, von einem Gehülfen applicirt wurden, bei Abtheilung *y* aber der Finger zwischen dem Normalzirkel und Fehlzirkel, welche neben einander festgeklemmt waren, hin- und herbewegt wurde, wie im folgenden Kapitel näher beschrieben ist, wodurch diese Versuchsreihe um so vergleichbarer mit der folgenden über das Augenmass wird, sofern auch die Augen bei den Augenmassversuchen von einer verglichenen Distanz zur anderen wandern. Letztere Application der Zirkel kann nach kurzer Uebung viel gleichförmiger, als die durch einen Gehülfen, geschehen; daher der so viel kleinere variable Schätzungsfehler.

---

*) $d = \frac{1}{2}$ par. Decimallinie, $= 0{,}72$ Duod.-Linie.

Die Versuche über das Augenmass, bei welchen ich bisher die kleinsten Schätzungsfehler erhalten habe*), sind mit Distanzen angestellt, welche durch die verticalen, blau angelassenen, sich rein conisch zuspitzenden Stahlspitzen (von 19,7 *d* Länge) zweier ganz gleicher Stangenzirkel**), gegen eine dem Fenster gegenüber befindliche weisse Thür als Hintergrund neben einander gehalten, bestimmt sind. Es gaben mir bei derselben Normaldistanz = 10 *d*, 200 Beobachtungen (100 bei rechter, 100 bei linker Lage der Normaldistanz) einen (corrigirten) reinen variabeln Mittelfehler = $\frac{1}{18}$ der Normaldistanz und einen constanten Fehler = $\frac{1}{12}$ der Normaldistanz, welcher bei beiden Lagen negativ war. Es wird Gelegenheit sein, anderwärts auf diese Reihe zurückzukommen, da dieselbe nur Theil einer, zu anderen Zwecken angestellten, Reihe (vgl. S. 312) ist.

Die Versuchsweise, welche Wundt auf seine Voraussetzung gründet, tritt unter die Th. I. S. 131 betrachtete Methode der Aequivalente, und kann sie auch das nicht leisten, was Wundt damit beabsichtigte, so hat sie doch einiges Interesse, insofern sie einen vergleichbaren Massstab für die Schätzungsweise von Distanzen mit Haut und Auge an die Hand giebt.

---

*) Sie sind sehr erheblich kleiner, als die, Th. I. S. 214 ff. bei geringerer Uebung und mit unvollkommenen Massregeln erhaltenen.

**) Also durch 4 parallele Spitzen, je 2 für eine Distanz. Drei parallele Spitzen, eine mittlere zwischen zwei seitlichen an derselben Stange sind unstreitig noch vortheilhafter zur Bestimmung beider zu vergleichender Distanzen, und meine Stangenzirkel auch hierauf eingerichtet, aber ich habe noch keine Versuche auf diese Weise angestellt. Zur Vergleichbarkeit mit den Tastversuchen war obige Anwendungsweise vorzuziehen.

Freilich ist der Vergleich weit unsicherer, als wenn man sich der Methode der Aequivalente in einem Sinnesgebiete für sich bedient, und wohl überhaupt nur durch Erfahrungen, die wir früher beim beziehentlichen Gebrauche der beiderlei Sinnesorgane gemacht haben, vermittelt. Auch bin ich nicht ganz sicher, dass man sich nicht eine Art Vergleichsmassstab dabei in der Phantasie willkührlich macht, und den einmal gemachten dann ungefähr einhält; indess findet man über gewisse Gränzen hinaus eine mit einer Tastgrösse verglichene Augenmassgrösse entschieden und ganz unwillkührlich respectiv zu gross oder zu klein; so dass nur der Verdacht bleibt, ob nicht die Gränze der Schwankung durch eine Mitbestimmung Seitens der Phantasie verringert werde, was ich zwar bei den folgends mitzutheilenden Versuchen möglichst zu vermeiden gesucht habe, was ich aber doch nicht als fehlend verbürgen kann. Jedesfalls dürfte sich blos durch viele Versuche an mehreren Personen und unter sehr abgeänderten Umständen etwas Bestimmtes aus derartigen Versuchen schliessen und das Constante vom Zufälligen scheiden lassen; es liegt mir aber kein wichtiger Gesichtspunct vor, welcher zur Mühe so ausgedehnter Versuche auffodern könnte. Jedoch will ich die Resultate einer eigenen Versuchsreihe anführen, die eine Variation nach einigen Umständen enthält, ohne dass ich freilich schliesslich eine besonders belangreiche Folgerung daraus zu ziehen wüsste. Vielleicht kann sie doch in Zusammenstellung mit etwa von Anderen vorzunehmenden Versuchen nützlich werden und auf einige dabei wahrzunehmende Puncte aufmerksam machen.

Die Distanz, welche als feste dem Vergleiche untergelegt wird, heisse die *A*-Distanz, die äquivalent damit gefundene die *B*-Distanz.

Eine *A*-Distanz = 10 *d* wurde auf einer, auf weissem Papiere gezogenen horizontalen schwarzen Linie durch zwei kleine Strichelchen abgegränzt, aus gewöhnlicher Sehweite betrachtet und dann mit einem gestielten und an den Stielen gefassten Zirkel ohne Zuziehung der Augen die äquivalent erscheinende *B*-Distanz dazu auf dem linken Mittelfinger gesucht, so dass allemal die hintere Spitze in die Gelenkfuge zwischen dem vorderen und Mittelgliede, die andere nach vorn aufgesetzt wurde. Im Mittel von 100 Versuchen fand ich in einer ersten Abtheilung der Versuchsreihe mit 10 *d* des Augenmasses 8,582 *d* des Tastmasses äquivalent, was ich kurz schreibe:

Augenm. *A* 10 = Tastm. *B* 8,382.

Eine zweite Abtheilung der Reihe gab mir eben so im Mittel von 100 Versuchen äquivalent mit 5 *d* Augenmass 5,842 Tastmass; also Augenm. *A* 5 = Tastm. *B* 5,842. Während bei der vorigen grösseren Distanz die Augenmassgrösse überwog, überwog hier, wie man sieht, die Tastgrösse.

In einer dritten Abtheilung wurde umgekehrt eine Distanz = 10 *d* auf dem Fingergliede abgegränzt, und dazu auf einer langen Horizontallinie die dem Auge äquivalent erscheinenden *B*-Distanzen hinter einander mit Strichelchen abgegränzt; dann jedesmal 10 solche Distanzen zusammen gemessen. Ich finde diese Gleichschätzung, wo die *A*-Distanz auf die Tastseite fällt, besonders unsicher, unsicherer als die in umgekehrter Richtung, und nicht durch langes Probiren zu heben. Die Abgränzung der 10 äquivalent geschätzten Distanzen geschahe daher immer schnell hinter einander nach eben so viel Hautberührungen mit dem Zirkel ohne Achthaben auf die vorher abgegränzten Distanzen. Im Mittel von 100 Versuchen wurde mit Tastmass *A* 10 äquivalent gefunden Augenmass *B* 13,173.

In einer vierten Abtheilung wurde *A* Tastm. 5 = Augenm. *B* 3,202 gefunden.

Man könnte meinen, es müsse den Vergleich erleichtern, wenn man die Augenmassgrösse fortgehends im Auge behält, während man das Tastäquivalent dazu sucht. Diess ist aber durchaus nicht der Fall. Nachdem ich die Augenmassgrösse in das Auge gefasst habe, muss ich die Augen schliessen, sonst weiss ich bei der getheilten oder zerstreuten Aufmerksamkeit das Tastäquivalent nicht dazu zu finden; und eben so schliesse ich die Augen bei der umgekehrten Richtung des Vergleiches, während ich die Zirkel auf die Haut setze.

Vorstehende 4 Versuchsabtheilungen sind nicht im Ganzen hinter einander angestellt, sondern an jedem Tage *in continuo* nur je 10 von jeder Abtheilung, also im Ganzen 40; nach Tagen wechselnd in der Folge der Abtheilungen I, II, III, IV, was mit → bezeichnet werde, und IV, III, II, I, was mit ← bezeichnet werde. Um den Grad der Uebereinstimmung der Reihe in sich zu beurtheilen, folgen hier die Mittel der *B*-Aequivalente zu den obenstehenden *A*-Distanzen aus den einzelnen successiven Fractionen à 10 Beobachtungen.

	Augenmass *A*		Tastmass *A*	
	10	5	10	5
	I	II	III	IV
→	8,56	6,28	12,15	3,28
←	9,03	6,15	15,31	3,55
→	8,77	6,48	13,69	2,41
←	8,73	5,35	13,35	3,50
→	8,61	6,08	12,52	2,38
←	8,17	5,61	14,12	3,82
→	8,19	5,66	13,53	3,00
←	8,56	5,66	13,26	3,13
→	9,12	6,02	13,14	3,35
←	8,08	5,13	13,66	3,60
Totalmittel	8,582	5,842	13,473	3,202

Man sieht, dass bei II und IV die Folge der Beobachtungen einen entschiedenen Einfluss hatte, indem ← bei II kleinere, bei IV grössere Werthe giebt, als →.

Nach den vorigen 4 Abtheilungen wurden jetzt 4 neue Abtheilungen in ganz entsprechender Weise, nur so angestellt, dass die Distanzen, welche in den vorigen als *B* im Totalmittel gefunden wurden, jetzt (unter Abrundung bis auf ½ Einheit) als *A* dem Verfahren untergelegt wurden. So wurden, zusammengestellt mit den vorigen Resultaten, folgende in den 4 Abtheilungen V, VI, VII, VIII erhalten.

	Augenmass.		Tastmass.	Verhältniss.
I	*A* 10	=	*B* 8,582	1 : 0,8582
II	*A* 5	=	*B* 5,842	1,1684
III	*B* 13,473	=	*A* 10	0,7422
IV	*B* 3,202	=	*A* 5	1,5615
V	*A* 13,5	=	*B* 11,088	0,8213
VI	*A* 3,5	=	*B* 4,172	1,1918
VII	*B* 10,181	=	*A* 8,5	0,8349
VIII	*B* 3,915	=	*A* 5,5	1,4040

Die einzelnen Fractionen von V bis VIII gaben:

	Augenmass *A*		Tastmass *B*	
	= 13,5	= 3,5	= 8,5	= 5,5
	V	VI	VII	VIII
→	12,16	4,43	8,45	3,33
←	10,57	4,19	10,00	4,25
→	11,17	4,64	9,24	3,75
←	10,52	3,84	10,35	3,95
→	11,39	3,96	9,82	3,95
←	10,54	3,81	11,42	4,25
→	11,26	4,20	11,99	3,74
←	11,03	4,19	9,79	4,35
→	11,35	4,38	10,07	3,36
←	10,89	4,08	10,68	4,22
Mittel	11,088	4,172	10,181	3,915

Die Folge V, VI, VII, VIII gilt hier als →, die entgegengesetzte als ←. Wie man sieht, ist der Einfluss der Folge hier in allen 4 Abtheilungen merklich.

Ueberblickt man die Verhältnisszahlen der Tabelle der Resultate, so sieht man, dass die Abtheilungen, worin einander nahe *A*-Werthe der Augenmass- oder Tastgrösse enthalten sind, wie II und VI, IV und VIII, auch nahe zusammenstimmende Verhältnisszahlen geben, was geeignet sein kann, das Zutrauen in diese Art Versuche etwas zu erhöhen. Hingegen ist das Verhältniss zum Theil erheblich verschieden, je nachdem (merklich) dieselben Grössen als *A* oder *B* darin eingehen. I und VII zwar stimmen auch hiebei noch sehr gut, nicht so III und V, indem Augenmass *B* 13,475 äquivalent mit Tastmass *A* 10; Augenmass *A* 13,5 mit Tastmass *B* 11,088 ist; eben so wenig stimmen II und VIII. Aber auch wenn man im Tastgebiete für sich Aequivalenzversuche zwischen verschiedenen Hauttheilen anstellt, finden sich entsprechende Verschiedenheiten in der Grösse des Aequivalente je nach der Richtung des Vergleiches, wonach es immer nöthig ist, das Mittel zwischen einander nahen *A*- und *B*-Werthen zu nehmen. Diess ist in folgender Tabelle geschehen.

		Augenmass.		Tastmass.
III.	V.	13,487	=	10,544
I.	VII.	10,091	=	8,541
II.	VIII.	4,458	=	5,674
IV.	VI.	3,351	=	4,586

Die Tastgrössen steigen hienach viel langsamer auf, als die ihnen äquivalenten Augenmassgrossen; jene überwiegen bei kleinen, diese bei grossen Distanzen im Aequivalente.

Wenn wir auf der Haut im Sinne von Weber's Auffassung die Distanz zweier Zirkelspitzen als eine Function der Zahl der zwischenliegenden Empfindungskreise schätzen, ohne dass doch diese Kreise selbst gereizt sind, und mithin, ohne dass sie bei der Empfindung selbst betheiligt scheinen, so ist der Grund von Weber selbst im Allgemeinen darin gesucht worden*), dass wir durch frühere Erfahrungen, wo dieselben gereizt wurden, eine sich später unbewusst geltend machende Kenntniss derselben erworben haben, und solche hienach in stillschweigender Erinnerung zwischen die gegenwärtig gereizten Puncte einschieben, indem wir den Abstand der gereizten nach der Menge der zwischenliegenden nicht gereizten, aber durch frühere Erfahrungen uns ihrem Dasein nach bekannten, beurtheilen.

»Setzen wir, es würden auf zwei benachbarte Empfindungskreise zwei Eindrücke hervorgebracht, so würden diese in einen Eindruck zusammenfliessen müssen; denn wir nähmen keinen Zwischenraum zwischen ihnen wahr. Um einen solchen wahrzunehmen, müsste wenigstens ein Empfindungskreis zwischen den berührten Empfindungskreisen liegen, auf dem wir daselbst den Eindruck vermissten, den wir sonst dort zu empfangen und zu empfinden gewohnt waren; denn gerade der Umstand, dass wir auf den Empfindungskreisen, welche zwischen zwei berührten Theilen der Haut liegen und auf den wir oft Eindrücke empfunden haben, einen Mangel der Empfindung wahrnehmen oder daselbst Empfindungen von anderer Art erhalten, erweckt in uns die Vorstellung von einem Zwischenraume.«

Hienach würden nicht gereizte Empfindungskreise fehlenden Empfindungskreisen bezüglich der Empfindungsleistung äquivalent sein, insofern nicht die frühere Reizung uns vom Dasein derselben eine Kunde gegeben, die uns bei der gegenwärtigen Distanzschätzung zu Statten kommt.

So consequent diese Ansicht auf die Grundvoraussetzung und die Thatsachen begründet erscheint, steht ihr doch eine wichtige Schwierigkeit entgegen. Die Zahl der Empfindungskreise in der zwischen den Zirkelspitzen gefassten Hautstrecke, die früheren Erfahrungen können dieselben bleiben, und doch die Ausdehnung, welche uns die Strecke zu haben scheint, sich ausnehmend ändern.

---

*) Berichte der sächs. Soc. 1852. 111.

Nach Chloroformirung oder Einnahme narkotischer Stoffe (Morphin, Atropin, Daturin) müssen die Zirkelspitzen ausserordentlich viel weiter gestellt werden, als sonst, um sie noch als distant zu empfinden, wie **Lichtenfels** und **Fröhlich** durch ausführliche und mehrfach abgeänderte Versuche gezeigt haben*). **Volkmann** hat mir mitgetheilt, dass nach schon früher von ihm angestellten Versuchen Erkältung der Haut denselben Erfolg habe, und **Rüte**, er habe bei einer Person, welche auf einer Seite des Gesichtes unvollständig gelähmt war, beobachtet, dass die Zirkelspitzen beträchtlich weiter auf dieser Seite entfernt werden mussten, um noch Distanzempfindung zu geben, als auf der gesunden Seite. Ausgedehntere Erfahrungen hierüber hat neuerdings **Wundt** in der S. 315 angeführten Abhandlung bekannt gemacht.

Ausserdem wirkt Uebung sehr stark abändernd ein, wie Versuche von **Czermak**, **Volkmann** und mir selbst**) übereinstimmend gezeigt haben, und zwar nach **Volkmann**'s und eigenen Versuchen in der Art, dass nicht einmal das **Verhältniss** der Empfindlichkeit bei verschiedenen Hauttheilen nach gleicher Uebung unverändert bleibt.

Beim Gesichtssinne kommen nach Aetherisirung, im Haschischrausche, bei manchen Gehirnleiden ähnliche Phänomene vor, als beim Tastsinne, deren Grund freilich in etwaigen Veränderungen der Gestalt und Lage der brechenden Medien oder Accommodationsänderungen gesucht werden könnte, wenn ihnen nicht so analoge Phänomene beim Tastsinne zur Seite ständen, für welche jene, ohnehin nicht sehr wahrscheinliche, Erklärung nicht passen würde.

Panum, in seiner Abhandlung »die scheinbare Grösse der gesehenen Objecte« in Gräfe's Arch. f. Ophthalm. 1859. V. 1, führt (p. 16) namentlich folgende Thatsachen an: »Als ich vor etwa 10 Jahren einmal allein auf meinem Zimmer wegen einer unerträglich heftigen Neuralgie Aether inhalirte, machte ich eine Beobachtung, die mir unvergesslich geblieben ist, und über die ich oft vergeblich nachgedacht und Fachgenossen befragt habe. Ich fixirte nämlich, auf dem Bette liegend, ein an der Wand hängendes grosses Bild, und nachdem ich in den Armen und Beinen ein dem sogenannten Einschlafen der Glieder ähnliches prickelndes Gefühl gehabt, und bei möglichst starkem Kneipen meiner Finger fast gefühllos gefunden hatte, wurde das

---

*) Sitzungsber. d. Wien. Akad. VI. 1857. S. 338.

) Abgesehen von den in Verbindung mit **Volkmann angestellten, welche er in den Sitzungsber. der sachs. Soc. 1858. S. 38 bekannt gemacht hat, stehen mir darüber Erfahrungen nach der Methode der Aequivalente zu Gebote.

Bild scheinbar immer kleiner und schien dabei in eine grosse Ferne hinauszurücken. Als es ganz klein geworden war, verschwand es, indem mir Alles vor den Augen schwarz wurde und heftiges Ohrenbrausen eintrat. Ich hörte nun mit der Aetherinhalation auf und lag eine Weile regungs- und empfindungslos mit offenen Augen da; dann, als die Sinnesempfindung zurückkehrte, wurde auch sogleich das Bild wieder wahrgenommen, anfangs sehr klein und fern, dann naher kommend und grösser werdend, bis es, nachdem Empfindung und willkührliche Bewegung völlig zurückgekehrt waren, die gewöhnliche Grösse erreicht hatte..... Ein befreundeter College, dem ich die angeführte Erscheinung mittheilte, versicherte, dass ihm dieselbe auch, und zwar in seinen Knabenjahren in der Kirche, vorgekommen sei, indem er, mit aller Anstrengung das Gefühl der Schläfrigkeit bekämpfend, und mit unverwandtem Blicke den Prediger anschauend, diesen immer kleiner werden und in weite Ferne hinausrücken sahe. Ein Anderer behauptete, in einem Typhus dieses Phänomen des Kleinerwerdens und des damit verbundenen In'die Fernerückens angestarrter Objecte gehabt zu haben; und endlich erfahre ich, dass diese Erscheinung in der Psychiatrie sehr wohl bekannt ist und gar nicht selten von Personen, die an Gehirnaffectionen leiden, mit sehr grosser Bestimmtheit angegeben wird. Im Haschischrausche soll sie überdiess constant sein.«

Insofern diese Thatsachen sich nicht ungezwungen der Auffassung Weber's unterordnen lassen dürften, bin ich geneigt, sie unter Mitbezugnahme auf die Verhältnisse der extensiven Gesichtswahrnehmung unter folgenden Gesichtspunct zu fassen.

Auch ohne äussere Reizung bei geschlossenen Augen gewährt uns unsere Netzhaut die extensive Empfindung des schwarzen Gesichtsfeldes, was darauf beruht, dass sämmtliche Empfindungskreise derselben durch schwache innere Erregung immer von selbst über der Schwelle sind, nur dass es, eben wie auch bei jeder durch einen schwachen äusseren Reiz bewirkten Empfindung erst einer besonderen Richtung der Aufmerksamkeit bedarf, diese Empfindung zum Bewusstsein zu bringen. Also schätzen wir hier die Distanz zwischen irgend welchen zwei Puncten der Netzhaut nicht nach der Zahl zwischenbefindlicher nicht gereizter, ihrem Dasein nach nur durch frühere Erfahrungen bekannter, Puncte, sondern nach der Zahl innerlich erregter und vermöge dessen eine Empfindungsleistung gewährender Puncte, und würden, wenn ein Theil dieser Puncte gelähmt würde, eine geringere Distanz erblicken, trotzdem, dass die früheren Erfahrungen dieselben bleiben.

Meines Erachtens nun verhält es sich entsprechend mit dem Distanzgefühle der Haut, nur dass die Hautnervenfasern normalerweise nicht immer in eben solcher Vollständigkeit durch innere Erregung über die Schwelle gehoben sind, als die Gesichtsnervenfasern, sondern durch mancherlei Umstände darüber gehoben werden und darunter sinken können.

In der That ist sicher immer ein Theil der Hautnerven, welche zwischen zwei Zirkelspitzen gefasst werden, trotzdem, dass sie nicht ebenfalls berührt werden, in der Art erregt, dass wir vom Dasein und der Zahl der actuell erregten das Ausdehnungs- und Distanzgefühl ohne Rücksichtsnahme auf frühere Erfahrungen abhängig machen können. So, wenn wir unsere Aufmerksamkeit auf diesen oder jenen Theil der Haut richten, fühlen wir daselbst nicht nur meist Wärme oder Kälte, sondern haben auch abgesehen davon ein Gefühl, welches uns von dem Dasein und der Ausdehnung des Theiles eine gewisse directe Kunde giebt, nur dass das Gefühl dieser Ausdehnung bei Weitem nicht so bestimmt wie im Auge ist; wir können von keiner so bestimmten und festen Erscheinung eines Tastfeldes wie Gesichtsfeldes sprechen. Vielleicht aber wird man am leichtesten zugestehen, dass auf dieses Gefühl doch überhaupt etwas zu geben, und dass es nicht sowohl von früheren Erfahrungen als gegenwärtiger Erregung der Tastnerven abhängt, wenn man sich des Unterschiedes erinnert, den der Zustand der Taubheit der Haut bei Druck auf einen Hautnervenstamm von dem gewöhnlichen Zustande darbietet — bekanntlich nämlich erscheint uns ein Arm, dessen Nerv gedrückt ist, wie ein ganz fremder Körper, — und so sehr wir die Aufmerksamkeit darauf richten mögen, es wird nicht gelingen, dasselbe Gefühl seines Daseins und Umfanges zu reproduciren, was wir sonst dadurch zu erwecken vermögen.

Von nicht geringem Interesse scheint mir in Bezug hierauf auch das Gefühl körperloser, ja so zu sagen raumloser, Existenz, welches sehr allgemein als Erfolg des Aetherisirens angeführt wird, sofern das Hautgefühl, was uns hauptsächlich von dem Dasein unseres Körpers Kunde giebt, durch die Einwirkung des Aethers leicht unter die Schwelle herabgedrückt werden kann, obwohl unstreitig auch der Verlust des Muskelgefühles, was uns die Schwere unseres Körpers empfinden lässt, hiezu beiträgt, wie denn beide Empfindungen überhaupt meist zusammenwirken. Sollten wir im gewöhnlichen Zustande gar keine Empfindung von der Existenz unseres Körpers durch Haut- und Muskelgefühl haben, so könnte natürlich durch das Aetherisiren auch keine verloren gehen; dass sie aber dadurch verloren gehen kann, beweist von anderer Seite eben so wie der Erfolg des Druckes auf einen Hautnerven die Variabilität dieses Gefühles je nach dem Zustande, in dem sich die Nerven finden.

So schreibt **Granier de Cassagnac***) von der Wirkung des Aetherisirens: »Es war mir, als ob alles Aeussere verschwände; ich fühlte nicht mehr das Flacon in meiner Hand, bemerkte kaum, dass ich Kleider am Leibe hatte, und der Boden, auf welchem ich stand, schien mir seine ursprüngliche Realität verloren zu haben.... die äussere und materielle Welt ist nicht mehr vorhanden. Wenn man sitzt, fühlt man nicht mehr den Stuhl, und wenn man liegt, nicht mehr das Bett unter sich; man glaubt förmlich in der Luft zu schweben.« — Ein anderer Beobachter **) giebt an: »Ich empfand von der Aussenwelt überhaupt, ja von meinem eigenen Körper nichts mehr. Die Seele war gleichsam ganz isolirt und getrennt von dem Körper.« — Dr. **Bergson*****) giebt an: »Die Eigenschwere der Glieder verschwindet und man glaubt in der That in der Luft zu schweben.... Im Tastsinne tritt ein Gefühl von Einschlummern der Hautnerven auf, und dieses steigert sich unter prickelnder Empfindung nach und nach bis zu dem Grade, dass starkes Drücken auf die Haut der Hand, Kneipen, Stechen, Brennen gar nicht mehr empfunden wird.« — Aehnliches wird von der Einwirkung anderer Narkotika berichtet. So schreibt **Madden** (Fror. Not. XXVI. S. 14) von der Wirkung eines Opiumrausches: »Im Gehen bemerkte ich kaum, dass meine Füsse die Erde berührten; es war mir, als glitte ich, von einer unsichtbaren Kraft getrieben, die Strasse entlang, und als ob mein Blut aus irgend einem ätherischen Fluidum bestände, das meinen Körper leichter machte, als die Luft.« — Ein anderer Beobachter sagt von der Wirkung des Haschisch †): »Die hervorgerufenen Sensationen waren eine so ausserordentliche Leichtigkeit, so zu sagen Luftigkeit,«.... und weiter: »die Limitationsempfindung (das Gefühl der Begränzung innerhalb der Schranken von Fleisch und Blut) fiel augenblicklich weg. Die Mauern des organischen Leibes barsten und stürzten in Trümmer, und ohne zu wissen, welche Gestalt ich trug, da ich das Gesicht, ja jede Vorstellung von Form verlor, fühlte ich nur, dass ich mich zu einem unermesslichen Raumumfange ausgedehnt habe ††)« u. s. w.

Aehnlich als das Einathmen einschläfernder Substanzen scheint die natürliche Annäherung des Schlafes zu wirken. »Das leibliche Gefühl, — sagt

---

*) Hamb. lit. u. krit. Bl. 1847. Nr. 13.

**) Pfeufer, Zeitschr. 1847. Bd. VI. S. 79.

***) Mag. für Lit. des Ausl. 1847. März.

†) Mag. für Lit. des Ausl. 1854. Nr. 72.

††) Unstreitig ist die Empfindung einer Ausdehnung ins Unbestimmte ohne Gestalt und Begränzung weniger als eine Steigerung, denn als ein Verlust des Gefühles räumlicher Bestimmtheit zu fassen. F.

Purkinje*) — besonders das der Haut, verliert (beim Einschlafen) allmälig die Empfindlichkeit für die mittleren Wärme- und Kältegrade; auch der Druck der Umgebung wird nicht mehr empfunden. Der Körper scheint auf der Unterlage mehr zu schweben, als darauf zu lasten. Oft geschieht es dann, dass, wenn durch plötzliche Weckung das Gefühl in die gedrückten Hautstellen wieder einschiesst, es scheint, wie wenn wir aus dem Zustande des Schwebens mit einemmale auf harten Boden gefallen wären, eine Erfahrung, die wohl die meisten beim ersten Einschlafen werden gemacht haben.«

Interessant ist es, mit der Wirkung der Narkotika die sehr anders geartete des Strychnins zu vergleichen. Während Lichtenfels von Morphin, Atropin, Daturin die auffallendste Verminderung der extensiven Empfindlichkeit erfuhr, so war dagegen die Verminderung nach dem Gebrauche von Strychnin, obwohl bestimmt angebbar und merklich, doch im Verhältnisse zu jenen Stoffen nur gering. Es zeigte sich aber, dass derselbe Druck, welcher sonst nur eine matte Empfindung erzeugte, nach Strychnin-Einnahme eine sehr helle und bestimmte hervorruft, dass die Qualität der Empfindung verändert wird und die Dauer der Nachempfindung auffallend gross ist. — »Wenn man im normalen Zustande den Knopf des Tasterzirkels zuerst an die Haut des Armes und dann an die Zunge andrückt, so erscheint die erstere Empfindung matt, die letztere sehr scharf und begränzt, aber gerade so hell wird durch Strychnin die Empfindung an der Haut des Armes, gleichsam als wäre die Dichtigkeit des wirksamen Agens vermehrt.« (Wien. Sitzungsber. 1851. VI. S. 345. 352.)

Man kann sich nun leicht denken, dass der Einfluss der Lähmung, der narkotischen Substanzen, der Aetherisirung und Chloroformirung dahin geht, die Empfindung einer Anzahl Empfindungskreise unter die Schwelle herabzudrücken, und hiedurch denselben Erfolg hervorzubringen, als wenn eine Anzahl dieser Empfindungskreise ganz fehlte oder abstürbe; ja fast scheint diese Auffassung nothwendig, wenn man in Rücksicht zieht, dass Absterben blos der grösste Grad der Lähmung und das tiefste Sinken unter die Schwelle ist.

Hiemit würde sich zugleich erklären, dass wir die kleinste Verrückung einer Zirkelspitze an Theilen, wie dem Oberarme, erkennen, wo zwei Zirkelspitzen, zugleich aufgesetzt, einen beträchtlichen Abstand fodern, um überhaupt als distant zu erscheinen. Indem wir eine Zirkelspitze durch eine gegebene Distanz hindurchführen, erheben wir successiv alle zwischenbefindlichen Empfindungskreise durch die eintretende Reizung über die Schwelle, indess in derselben Distanz, wenn sie zwischen zwei ruhende Zirkelspitzen gefasst wird, ein grosser Theil der ungereizten Empfindungskreise unter der Schwelle bleibt.

---

*) Wachen, Schlaf und Traum in Wagner's Wört. S 420.

So gut aber diese Erklärung zu den bisher besprochenen Thatsachen passt, giebt es doch eine Thatsache, die ihr direct zu widersprechen scheint, und von der ich gestehe, dass sie mich lange in Verlegenheit gesetzt hat; wie ich denn ihre Erklärung nur auf einen, bis jetzt hypothetischen, Gesichtspunct zu stützen wüsste, der zwar, wie man schliesslich sehen wird, mit dem vorigen in sehr natürlichen Zusammenhang tritt, von dem man aber allerdings wünschen kann, dass er noch von anderer Seite als durch das Bedürfniss dieser Erklärung gestützt wäre.

Volkmann hat die Bemerkung gemacht, und ich finde sie bestätigt, dass eine auf einen Hauttheil aufgesetzte Kante von gegebener Länge nach unmittelbarer Beurtheilung wie nach der Methode der Aequivalente nicht nur nicht grösser, sondern sogar etwas kleiner erscheint, als die dieser Länge entsprechende Distanz zweier Zirkelspitzen auf demselben Hauttheil, ungeachtet doch durch den Reiz des Druckes der vollen Kante mehr Empfindungskreise über die Schwelle gehoben werden sollten, als in der leeren Zirkeldistanz sich darüber finden. Auch der Kältereiz vergrössert bemerktermassen nicht, sondern verkleinert die extensive Empfindung.

Um diese Angaben mit einigen Zahlen zu begleiten, stellte ich so eben eine kleine Versuchsreihe deshalb an. Eine 8 par. Lin. messende, aus einer starken Visitenkarte geschnittene, Kante, auf das Vorderglied des Zeigefingers (auf der Volarseite der Länge des Gliedes nach, mit dem hinteren Ende in die Gelenkfuge) aufgesetzt, erschien in 5 Versuchen (ohne Zuziehung des Auges) äquivalent mit folgenden Zirkeldistanzen:

7,5; 7,3; 6,9; 7,0; 7,2 Linien.

Mittel 7,18.

Aehnliche Verhältnisse habe ich zu anderen Zeiten auf dem Finger wiedergefunden.

Auch auf dem Oberarme habe ich mit Kantenlängen von 25 bis 30 Linien zu verschiedenen Zeiten dergleichen Versuche angestellt und stets kleinere Zirkeldistanzen denselben äquivalent gefunden; nur schwankte das Verhältniss sehr bei Versuchen an verschiedenen Tagen, wie mir denn der Vergleich der vollen mit der leeren Distanz durch das Gefühl hier viel schwieriger erscheint, als auf dem Finger. Im Ganzen würde ich geneigt sein, theils nach directem Vergleiche, theils nach der Methode der Aequivalente den Vortheil scheinbarer Grösse für die leere Zirkeldistanz gegen die volle Kantenlänge auf dem Arme noch grösser, als auf dem Finger zu finden, jedenfalls nicht geringer. Um ein sicheres und allgemeingültiges Resultat in dieser Hinsicht zu erhalten, würden aber erst unabhängige Versuche an einer Mehrzahl von Individuen nöthig sein.

Der Gesichtspunct, den ich zur Erklärung aufstelle, ist nun dieser:

Dächten wir uns, dass die Tastnervenfasern, welche gesonderte Empfindungen vermitteln, im Gehirne oder an einer Stelle vor dem Gehirne eben so confluirten, als die einen gemeinsamen Empfindungskreis bildenden Zweige derselben Faser, so würden auch ihre Thätigkeiten und die davon abhängigen Empfindungen confluiren, und eine gemeinsame Erhebung vieler solcher Fasern über die Schwelle nur eine grosse Intensität, nicht Extension der Tastempfindung mitführen können, eben wie es von den Zweigen eines und desselben Empfindungskreises gilt. Unstreitig haben wir also vorauszusetzen, dass die Thätigkeiten der discret empfindenden Fasern sich zwischen ihnen (durch ihre Verbindungsglieder im Gehirne) nicht in derselben Continuität forterstrecken, als in ihnen und ihren Zweigen, sondern zwischen ihnen sei es fehlen oder unter die Schwelle sinken, und hiedurch eine Scheide der Empfindung begründen; denn sonst wäre kein Grund, warum nicht die verschiedenen Fasern ein gleich einfaches Empfindungsresultat geben sollten, als Zweige eines und desselben Empfindungskreises; sie stellten hiemit eben nur einen solchen dar.

Nun kann man sich aber leicht denken, dass, wenn der Druck einer Kante oder der Temperaturreiz auf einen Tract der Haut wirkt, die Steigerung der psychophysischen Thätigkeit nicht blos auf die Tastnerven und ihre centralen Endigungen beschränkt bleibt, sondern sich auch auf deren Verbindungen unter einander im Gehirne erstreckt und einen Theil derselben mit über die Schwelle hebt, so dass die vorher discreten Nervenfasern nun theilweise mit Thätigkeiten oberhalb der Schwelle confluiren und dadurch Zweigen eines und desselben Empfindungskreises äquivalent werden.

Schon sonst ist hinreichend bekannt, dass ein Empfindungsreiz, nach Massgabe als er stärker ist, Reflexbewegungen in grösserem Umfange auszulösen vermag, was voraussetzt, dass die Nerventhätigkeit sich von einem Empfindungsnerven zu einem Bewegungsnerven durch die zwischen beiden in den Centralorganen bestehenden Verbindungen fortzuerstrecken vermag, und zwar nach Massgabe der Stärke des Reizes und anderen Umständen so, dass einmal eine merkliche Anregung des Bewegungsnerven dadurch stattfindet, anderemale nicht. Das Entsprechende, was man nach den Thatsachen des Reflexes und zur Erklärung derselben bezüglich der Empfindungsnerven und Bewegungsnerven anzunehmen nöthig findet, wird man nun blos nöthig haben, zur Erklärung der Thatsachen, um die es sich hier handelt, auch bezüglich der Nervenfasern, die in demselben Tastnerven beisammenliegen, auzunehmen, was um so weniger Schwierigkeit haben kann, als die anatomische Verbindung dieser Fasern unstreitig eine engere ist, als die zwischen zwei verschiedenartigen Nerven.

Natürlich wird sich die durch den Reiz auslösbare Thätigkeit überall nur in einer gewissen Solidarität in den Nerven und deren Verbindungsgliedern im Gehirne ändern können, und darum diese und die vorige Erklärung überhaupt nicht streng auseinander zu halten sein. Ohne uns nun hier in weite Ausführungen einlassen zu wollen, ist doch denkbar, dass die Thätigkeit bei Abänderung des Reizes in stärkerem Verhältnisse in den Nerven als deren Verbindungsgliedern steigt und sinkt, und unter Umständen selbst in ersteren auf Kosten der letzteren steigen, oder zum Vortheile derselben sinken kann. Und so könnte die Uebung bei Tastversuchen mitführen, dass manche Tastnervenfasern mit ihren centralen Endigungen über die Schwelle treten, indess zugleich mehr Verbindungen unter die Schwelle sinken; wie denn auch der Einfluss der Uebung bei mechanischen Bewegungsfertigkeiten zugleich dahin geht, die Muskeln zu kräftigen, und die einzelnen Partien derselben gesonderter bewegen zu lassen, sicher nicht ohne einen Miteinfluss auf die Nerven. Auf die eine oder andere Weise aber wird der Einfluss der Uebung das Distanzmass nur bis zu einem gewissen Maximum vergrössern können; denn, wenn alle Empfindungskreise über die Schwelle erhoben sind, oder alle im Gehirne geschieden sind, so muss das Maximum erreicht sein. In der That hat sich ein solches Maximum bei den von Volkmann und mir in Verbindung angestellten Uebungsversuchen, welche oben erwähnt wurden, übereinstimmend und mit Entschiedenheit herausgestellt.

Es giebt noch einige Thatsachen, die mit unseren Ansichten in Beziehung gesetzt werden können, und von einer Seite sehr gut in dieselben hineintreten, indess sie von anderer Seite geeignet sein könnten, Zweifel dagegen zu erwecken, sofern sie, wenn auch nicht in bestimmtem Widerspruch damit, sich denselben bisher noch nicht ungezwungen unterordnen lassen.

Wie oben bemerkt, wird die Bewegung einer Zirkelspitze auf dem Arme als eine Fortrückung empfunden, wenn sie auch nur ganz wenig beträgt, indess eine viel beträchtlichere Distanz der ruhend aufgesetzten Zirkelspitzen auf dem Arme nicht als Distanz empfunden wird. Diess liess sich darauf schieben, dass der Reiz der Zirkelspitze jeden Empfindungskreis, den er trifft, über die Schwelle hebt, indess in der Distanz zwischen den ruhenden Spitzen viele Empfindungskreise unter der Schwelle bleiben. Ist aber dem so, so muss der Vortheil der bewegten Spitze vor der ruhenden Distanz bezüglich der dadurch erzeugten extensiven Empfindungsgrösse auf solchen Theilen schwinden, wo alle Empfindungskreise über der Schwelle sind, und jedenfalls geringer auf den Theilen von grösserer extensiver Empfindlichkeit als auf denen von geringerer sein. Diess ist nun wirklich ganz entschieden der Fall; nur überschreitet das Resultat des Versuches so zu sagen das Ziel, indem zwar nicht die Mehrzahl, aber doch nicht wenige Personen, darunter ich selbst, die scheinbare Grösse einer von der Zirkelspitze durchlaufenen Distanz auf dem Finger sogar entschieden kleiner finden, als dieselbe Distanz zwischen ruhende Zirkelspitzen gefasst, wofür es schwer ist, eine Erklärung zu finden. Bevor ich auf die Discussion dieses seltsamen Resultates eingehe, führe ich das Thatsächliche an.

Um den Versuch anzustellen, setze ich an mir selbst oder an einer anderen Person*) die eine Zirkelspitze in die Gelenkfuge zwischen dem Vordergliede und Mittelgliede des Zeigefingers (Volarseite) und die andere etwa 9 bis 10 par. Linien nach vorn *), achte auf das Distanzgefühl, hebe dann die Spitze, welche in der Gelenkfuge steht, und fahre mit der anderen Spitze, immer ohne Zuziehung der Augen, bis zur Gelenkfuge herab.

---

*) Bei mehrfachen Versuchen habe ich gefunden, dass es keinen Unterschied macht, ob man den Versuch an sich selbst anstellt, oder von einem Anderen an sich anstellen lässt.

Dieser Weg der bewegten Spitze nun, er heisse kürzlich *b*, erscheint mir so zu sagen unbegreiflich kürzer als die Distanz zwischen den ruhenden Spitzen, welche *r* heissen.

Ich wiederholte den Versuch sofort an einer anderen Person, natürlich, wie bei allen späteren Prüfungen an Anderen, ohne die zu erwartende Richtung des Resultates anzugeben. Sie erklärte nach einigen Wiederholungen ganz unbefangen, dass ihr *b* etwa halb so lang als *r* erscheine, womit mein eignes Gefühl sehr gut übereinstimmt; und merkwürdigerweise äusserten **Hankel** und **Volkmann** unabhängig von einander sich eben so; es komme ihnen *b* etwa halb so lang vor als *r*.

Hienach und nach Proben an noch mehreren anderen Personen kann kein Zweifel sein, dass wirklich *b* viel kleiner als *r* erscheinen kann. Nur ist das Resultat keineswegs allgemein. Ich habe im Ganzen 28 Personen, mich selbst eingeschlossen, geprüft, von welchen 17 gar keinen deutlichen Unterschied zwischen *b* und *r* finden konnten; 10 fanden *b* kürzer als *r* und zwar die Mehrzahl sehr entschieden kürzer; 1 fand umgekehrt *b* anfangs entschieden länger als *r*, doch bei Wiederholung des Versuchs glich sich das Gefühl für beide allmälig aus. Eben so sagt mir **Volkmann**, der selbst (bei rascher Bewegung) sehr entschieden *b* kürzer als *r* fand, dass vier andere Personen, mit denen er den Versuch anstellte, keinen Unterschied hätten finden können, indess der, zufällig anwesende, Prof. **Dubois** denselben wie er selbst fand. Diess zusammengenommen, so hätten von 34 Personen 12 *b* kürzer als *r* gefunden, 21 keinen deutlichen Unterschied, 1 (anfangs) *b* länger als *r*.

Ich selbst habe an mir keinen entschiedenen Einfluss auf den Erfolg des Versuches bemerken können, je nachdem ich die Zirkelspitzen mit stärkerem oder schwächerem Drucke oder mit schnellerem oder langsamerem Zuge führte. Doch scheint bei Anderen die Geschwindigkeit einen Unterschied zu machen.*) Das Resultat hat sich bei mir zu verschiedenen Zeiten immer constant in derselben Richtung wiedergefunden, und jedesmal deutlich gleich beim ersten Versuche; doch hat es mir mehrmals geschienen, als ob einige Wiederholung den scheinbaren Unterschied zwischen *b* und *r* noch steigere; und wahrscheinlich findet ein gewisser Einfluss der Wiederholung wirklich statt, da ich auch bei einigen anderen Personen eine entschiedene Aussage über einen stattfindenden Unterschied erst nach einiger Wiederholung und in einem (obenbemerkten) Falle sogar anfangs die entgegengesetzte Aussage erhielt.

---

*) Man kann auch andere Finger und grössere Längen des Fingers zum Versuche anwenden, indem man z. B. die hintere Spitze in die Fuge zwischen dem zweiten und hintersten Gliede, die andere auf die Kuppe des Vordergliedes aufsetzt. (Ich finde auch hier den Längenunterschied je nach der obigen Versuchsweise beträchtlich.

Ich habe ferner versucht, ob die einfache Zirkelspitze von der Gelenkfuge nach der Fingerkuppe aufwärts geführt einen längeren Weg zu beschreiben schiene, als in umgekehrter Richtung dieselbe Strecke abwärts geführt. Die Mehrzahl der Personen fand keinen deutlichen Unterschied, die aber einen solchen fanden, gaben (in von einander unabhängigen Versuchen) ausnahmlos an, dass ihnen der Weg von der Fuge aufwärts länger erscheine, als nach der Fuge abwärts, darunter mehrere, die keinen deutlichen Unterschied zwischen *b* und *r* fanden. Unter den 28 Personen, die ich dem vorigen Versuche unterwarf, von denen jedoch mehrere diesen zweiten Versuch nicht angestellt haben, haben ebenfalls 10 jenen Unterschied gefunden, so dass doch auch hiebei nicht blosser Zufall stattzufinden scheint.

Endlich stellte ich Versuche folgender Art an: Ich gab einem Zirkel, dessen Spitzen durch Wachs- oder Siegellackkügelchen abgestumpft waren*), eine grosse Spannweite, liess durch eine andere Person denselben mit einem Ende auf meinen Zeige- oder Mittelfinger, mit dem anderen auf den Unterarm aufsetzen, und nun nach der Längsrichtung des Fingers und Armes so hin- und herführen, dass das eine Ende sich auf dem Finger, das andere auf dem Arme mit derselben Geschwindigkeit bewegte. Da die Nervendichtigkeit der Fingerhaut grösser als die der Armhaut ist, so hätte man meinen sollen, der auf dem Finger durchlaufene Raum oder die Geschwindigkeit der Bewegung auf dem Finger müsste entschieden grösser als auf dem Arme erschienen sein. Aber ich habe in mehrmals wiederholten Versuchen, sowohl die ich von Anderen an mir anstellen liess, als selbst an anderen Personen anstellte, nichts Entschiedenes finden können. Manchmal schien mir die eine, andermal die andere Spitze sich schneller zu bewegen, oder den grösseren Raum zu durchlaufen, und auch von den anderen Personen erhielt ich theils schwankende, theils geradezu sich widersprechende Aussagen. Der scheinbare Erfolg scheint hier hauptsächlich von der Einbildung abhängig.**)

---

*) Volkmann schreibt mir: »Ich empfinde die Zirkeldistanz wirklich grösser, als die gestrichene Hautstelle von gleicher Ausdehnung. Der Unterschied ist gar nicht weit vom Duplum entfernt. Ob die Geschwindigkeit des Streichens einen Einfluss habe, will ich nicht mit Bestimmtheit behaupten, doch scheint es mir so. Es kommt mir nämlich vor, als ob schnelles Streichen den Unterschied steigere, oder mit anderen Worten, dass bei langsamerem Streichen die in Vergleich gestellten Dimensionen sich ziemlich gleich gross ausnehmen.« Dubois fand den Einfluss der Geschwindigkeit in demselben Sinne als Volkmann.

Versucht man, sich Rechenschaft von dem Ausfalle voriger Versuche zu geben, so kann man es zuvörderst als möglich halten, dass die Combination der von der Zirkelspitze durchlaufenen Puncte in der Erinnerung principiell ein anderes Resultat scheinbarer Extension giebt, als die Zusammenfassung der gleichzeitig zwischen die ruhenden Zirkelspitzen gefassten Puncte, und es ist in der That *a priori* nicht zu behaupten, dass eine Uebereinstimmung beider Fälle im Resultate stattfinde. Nur würde es schwer sein, den so verschiedenen Ausfall dieser Versuche bei verschiedenen Individuen damit zu vereinbaren, und es scheint nicht, dass beim Auge eine solche Verschiedenheit sich geltend macht.

Ich gestehe also offen, dass ich eine sichere Erklärung für diese Verhältnisse nicht habe. Inzwischen liesse sich vielleicht ein Erklärungsversuch an folgenden bis jetzt freilich noch ganz fraglichen Punct knüpfen.

---

*) Zu vorigen Versuchen wurden sie unabgestumpft angewendet; bei dem jetzigen aber ist keine glatte Führung der Spitzen ohne obige Massregel zu erzielen.

**) Dieser Versuch tritt mit Fragen in Beziehung, welche Czermak in einer kleinen Abhandlung »Ideen zu einer Lehre vom Zeitsinne« in den Sitzungsberichten d. Wien. Akad. 1857. April veröffentlicht hat, ohne dass er jedoch etwas zur Aufklärung derselben beizutragen vermag.

Gesetzt, man hat in einer gegebenen Hautstrecke *ah* eine Reihe Empfindungskreise

a b c d e f g h

Jeder gehöre einer isolirten Tastnervenfaser an, welche sich mit ihrer Thätigkeit oberhalb der Schwelle findet. Werden nun alle nach der Reihe von der Zirkelspitze durchlaufen, ohne dabei mit ihren Thätigkeiten zu confluiren, so wird, wie sich diess bei vielen Personen gezeigt hat, *ah* eben so gross erscheinen können, als zwischen die ruhenden Spitzen gefasst, weil die Zahl der discret empfindenden Fasern sich dabei weder vermehrt noch vermindert. Gesetzt aber, durch den Reiz der Zirkelspitze confluirten von den vorher isolirten Puncten jedesmal mehrere, z. B. drei, zum Aequivalent eines Empfindungskreises nach dem oben (S. 329) erörterten Principe, also successiv *abc*, *bcd*, *cde* . . . im Fortschritt der Spitze von *a* zu *b* und *c*, so fragt sich, ob die ganze Distanz *ah* hiebei noch eben so gross erscheinen kann, als wenn die Puncte *a*, *b*, *c* als isolirte durchlaufen werden oder so zwischen den ruhenden Zirkelspitzen bestehen. Diess scheint mir bis jetzt nicht sicher *a priori* entscheidbar oder durch Erfahrung entschieden. Sollte *ah* auf diesem Wege kleiner erscheinen können, so würde der Erfolg des Versuches bei denen, welche *b* kleiner als *r* finden, dadurch erklärbar sein. Aber man sollte freilich erwarten, dass die Verstärkung des Druckes beim Versuche dann einen Einfluss äusserte, den ich doch nicht constatiren kann. Unstreitig zwar sind von vorn herein nicht alle Puncte *a*, *b*, *c* . . . über der Schwelle, sondern ein Theil derselben wird erst durch die Zirkelspitze darüber gehoben, und so kann sich die Wirkung eines stärkeren Druckes in dieser Hinsicht mit der des vermehrten Confluxes in gewisser Weise compensiren; doch haftet immer noch viel Zweifel an der Erklärung. Der Einfluss der gegensätzlichen Richtung der Bewegung mag wohl, wo er sich gezeigt hat, an irgend einem Nebenumstande liegen, und weniger Gewicht darauf zu legen sein.

Von fundamentaler Wichtigkeit ist folgende früher schon mehrfach berührte, bis hieher verschobene, Frage:

Hängt die Grösse der extensiven Empfindung nach gleicher Function von der Zahl der in Anspruch genommenen thätigen Empfindungskreise ab, als die Grösse der intensiven Empfindung von der Grösse des Reizes?

Mit anderen Worten, gilt in dieser Hinsicht das Weber'sche Gesetz und sind unsere hierauf gestützten bisherigen Formeln auf die extensive Empfindung anwendbar, sofern wir Zahl der thätigen Empfindungskreise für Grösse des Reizes darin substituiren?

Die im 9. Kapitel angeführten Versuche haben gezeigt, dass das Weber'sche Gesetz sich beim Augenmasse für den Versuch bestätigt; es ist aber auch gezeigt worden, dass diese Bestätigung für die Entscheidung unserer Grundfrage nichts bedeutet, weil die Versuche unter Einfluss der Augenbewegung ausgeführt sind; ja ihre wahre Bedeutung ist bis jetzt noch nicht aufgeklärt. Eben da ist angeführt worden, dass das Weber'sche Gesetz beim Tastmasse sich für den Versuch nicht bestätigt; im folgenden Kapitel werde ich die Versuche dazu anführen, und diese Versuche scheinen massgebender zu sein, weil Bewegung hiebei nicht ins Spiel kommt.

In der That trifft die, auf das Weber'sche Gesetz gestützte, Massformel bezüglich der extensiven Empfindung nicht zu. Grosse Linien müssten uns nach dieser Formel in einem logarithmischen Verhältnisse gegen kleinere verkürzt erscheinen; aber eine doppelt so lange Linie wird auch von einem guten Augenmasse als doppelt so lang taxirt, und diess ist selbst noch im Nachbilde bei geschlossenen Augen der Fall, wo Bewegungen das Urtheil nicht mitbestimmen können.

Inzwischen lehrt eine gründlichere Betrachtung, dass, wenn wirklich die Zahl der Empfindungskreise bei extensiven Empfindungen die Stärke des Reizes bei intensiven vertreten sollte, ein kleinerer und grösserer Reiz nicht durch einen kleineren und grösseren Theil der Ausdehnung der Netzhaut, sondern nur durch eine kleinere und grössere ganze Netzhaut vertreten werden könnte, die wir aber in unseren Versuchen nicht herstellen können, so dass die Beobachtungen, auf die wir Bezug genommen, überhaupt ungeeignet sind, die Frage gründlich zu entscheiden, da sie immer nur auf kleinere und grössere Theile der Netzhaut und Haut gehen. Des Näheren nämlich stellt es sich so damit:

Die Totalität der thätigen Empfindungskreise unserer Netzhaut wird unter Voraussetzung, dass ihre Zahl für die extensive Grösse der Empfindung dieselbe Bedeutung hat, als die Stärke des Reizes für die Intensität, eine gewisse Ausdehnung für die Empfindung, ein scheinbares Gesichtsfeld von gewisser Grösse repräsentiren. Wenn diese Totalität, gleichviel welche Zahl Empfindungskreise befassend, um einen gegebenen Verhältnisstheil vermehrt würde, so würde nach dem Weber'schen Gesetze, im Falle seiner Anwendbarkeit, das scheinbare Gesichtsfeld um gleich viel wachsen, und zwei Netzhäute von der Grösse a und na würden bei gleicher Nervendichtigkeit scheinbare Gesichtsfelder haben, die sich wie $\log a$ und $\log na$ verhalten, wenn die Zahl der Empfindungskreise, bei der überhaupt die Ausdehnung merklich zu werden beginnt, $= 1$ gesetzt wird. Ziehen wir aber nur Theile der einmal gegebenen Netzhaut gegen einander in Betracht, wie es bei allen unseren Versuchen der Fall ist, sofern alle Längen und Distanzen nur in der einmal gegebenen, nicht willkührlich abzuändernden, Netzhaut abgegränzt sind, so ist es bezüglich der extensiven Empfindung dasselbe, als bezüglich der intensiven, wenn wir einen Bruchtheil der Intensität eines Reizes gegen den anderen in Betracht ziehen. Da leistet jeder gleich viel mit dem anderen. Der $n$te Theil der Netzhaut wird dann den $n$ten Theil des ganzen Gesichtsfeldes repräsentiren müssen, und ein n mal so grosser einen n mal so grossen Theil des Gesichtsfeldes, nach dem ganz einfachen Principe, dass die Summe der Theile dem Ganzen gleich ist.

In der That, nehmen wir einmal an, ein kleiner Theil der Netzhaut werde verhältnissmässig grösser empfunden, als die ganze Netzhaut, wie ein schwacher Lichtreiz nach der Massformel verhältnissmässig stärker empfunden wird, als ein starker, so würde durch die Summation dieser scheinbaren Ausdehnungen der Theile eine grössere scheinbare Ausdehnung herauskommen, als für die ganze Netzhaut, was sich widerspricht. Wenn nun aber doch ein schwacher Lichtreiz nach der Massformel verhältnissmässig stärker empfunden wird, als ein starker, so rührt diess daher und ist nur insofern der Fall, als der schwache nicht Theil eines starken ist, sondern neben ihm oder nach ihm einwirkt. Insofern aber ein schwacher Lichtreiz Theil eines starken, im selben Raum- und Zeitpuncte einwirkenden, Lichtreizes ist, kommt ihm auch keine grössere Wirkung auf die Empfindung zu, als den übrigen schwachen Theilen, und steht diese also in Proportion zu der Grösse, die er von dem ganzen Lichtreize bildet. Ganz entsprechend bei der Auffassung der extensiven Grösse der Netzhaut, als hier bei der intensiven Grösse des Reizes.

Eine entsprechende Betrachtung würde auf das Ausdehnungsmass der Haut anzuwenden sein.

Ich sage nicht, dass durch diese Betrachtungen die Anwendbarkeit des Weber'schen Gesetzes und der davon abhängigen Formeln auf die extensiven Empfindungen gesichert ist, sondern nur, dass danach die Möglichkeit dieser Anwendung noch besteht. Einen entscheidenden Erfahrungsbeweis wüsste ich nicht zu finden; inzwischen giebt es manche Folgerungen dieser Anwendung, die an sich von Interesse und der Prüfung aus einem gewissen Gesichtspuncte nicht ganz unzugänglich sind, und auf die ich daher noch mit Einigem eingehen will.

Insofern unter sonst gleichen Umständen die Zahl der thätigen Empfindungskreise der Netzhaut der Grösse der Netzhaut proportional ist, ersetze ich zuerst Zahl der Empfindungskreise durch Grösse der Netzhaut, indem ich auf die stattfindende Ungleichförmigkeit der Nervendichtigkeit der Netzhaut bei demselben Individuum, und Ungleichheit dieser Dichtigkeit zwischen verschiedenen Individuen zuerst noch keine Rücksicht nehme, was nachher geschehen wird. Unter scheinbarem Gesichtsfelde wird stets das Gesichtsfeld verstanden werden, so wie es im geschlossenen Auge, abgesehen von Erfahrungseinflüssen, erscheint.

Nach Anwendung unserer Massformel wird, damit überhaupt ein scheinbares Gesichtsfeld von einer spürbaren Ausdehnung erzeugt werde, eine gewisse Ausdehnung der Netzhaut (Zahl der discret thätigen Empfindungskreise) erfordert werden, welche als Schwellenwerth anzusehen ist, und unter Voraussetzung, dass dieser Schwellenwerth als Einheit der, allgemein mit a zu bezeichnenden, Ausdehnung der Netzhaut gilt, und k in der Massformel $= 1$ gesetzt wird, wird $\log a$ das Mass der scheinbaren Ausdehnung des Gesichtsfeldes geben.

Soll sich das scheinbare Gesichtsfeld ver-n-fachen, so muss $\log a$ in $n \log a = \log a^n$ übergehen, d. h. die Netzhaut, welche dieses n-fache Gesichtsfeld geben soll, muss eine Ausdehnung erlangen, welche nicht die n-fache Grösse, sondern die $n$te Potenz derjenigen Grösse hat, die der Netzhaut mit einfacher Ausdehnung zukommt.

Ist die Grösse der Netzhaut schon sehr gewachsen, so wird eine Verdoppelung ihrer Grösse das scheinbare Gesichtsfeld in keinem merklichen Verhältnisse mehr verändern, sofern dann log 2 gegen log a verschwindet.

Hieraus erhellt, dass sehr grosse Augen, wenn es galt, grosse Leistungen mit möglichst wenig Aufwand von Mitteln zu erzeugen, teleologisch nicht vortheilhaft sind. Auch hat es die Natur vorgezogen, sich mit vielen Augen in vielen Geschöpfen, als wenig grossen in wenigen zu beschauen, wobei freilich auch noch andere Vortheile in Betracht kommen. Gar zu kleine Augen aber würden eben so wenig vortheilhaft sein, da unterhalb der Ausdehnungsschwelle gar nichts mehr gesehen wird.

Fragt man dann, mit welcher Netzhautgrösse A die grösstmögliche verhältnissmässige extensive Leistung erzielt werden würde, d. h. das grösstmögliche scheinbare Gesichtsfeld im Verhältnisse zu der dazu verwandten Netzhautgrössse, so wird man den Maximumwerth des Ausdruckes

$$\frac{\log a}{a}$$

zu suchen haben; was durch Differenzirung nach bekannter Regel jenen Maximumwerth wiederfinden lässt, der uns schon mehrmals begegnet ist,

$$A = e = 2,71828 \ldots$$

wo e die Grundzahl der natürlichen Logarithmen. Wonach die relativ vortheilhafteste Ausdehnung der Netzhaut die wäre, welche das 2,718..-fache ihres Schwellenwerthes ist.

Untersuchen wir nun, welchen Einfluss die Grösse der Netzhaut a auf die scheinbare Grösse der darauf fallenden Bilder hat. Sei α der Theil der Netzhaut, welchen das Bild deckt. Nach dem S. 337 aufgestellten Principe wird die Grösse, unter welcher das Bild erscheint, $\frac{\alpha}{a}$ von der Grösse sein, unter welcher die ganze Netzhaut erscheint, diese aber erscheint unter der Grösse $\log a$. Also wird die scheinbare Grösse des Bildes sein $\frac{\alpha}{a} \log a$. Insofern nun a im Divisor dieses Ausdruckes steht, ist die Grösse der Netzhaut nachtheilig für die scheinbare Grösse der darauf fallenden

Bilder. Das Bild von gegebener Grösse α deckt dann nämlich einen um so kleineren Verhältnisstheil der ganzen Netzhaut a, und nach diesem Verhältnisstheile richtet sich der Verhältnisstheil, welchen die scheinbare Grösse des Bildes von der scheinbaren Ausdehnung der Netzhaut bildet. Aber die scheinbare Ausdehnung der Netzhaut wächst zugleich im Verhältnisse von $\log a$, und hiemit auch die absolute Grösse des Verhältnisstheiles, welcher auf das Bild kommt. Diess begründet von anderer Seite einen Vortheil der Vergrösserung der Netzhaut für die scheinbare Grösse des Bildes.

Nach Umständen kann nun der Nachtheil oder Vortheil überwiegen, und auch hier giebt es einen Punct grössten Vortheils, der mit dem vorigen zusammenfällt. Das Maximum, d. h. wo ein Bild von gegebener Grösse auf der Netzhaut möglichst gross erscheint, findet wieder bei einer Netzhaut statt, deren Ausdehnung $A = e$, im vorhin angegebenen Sinne.

Bis jetzt haben wir uns nur die Ausdehnung der Netzhaut bei gleichförmiger und gleicher Nervendichtigkeit veränderlich gedacht. Denken wir uns jetzt die Nervendichtigkeit verschiedener Netzhäute bei gleicher Ausdehnung verschieden, so wird das scheinbare Gesichtsfeld sich in demselben Verhältnisse dadurch abändern, als durch Abänderung der Ausdehnung, insofern die Ausdehnung der Netzhaut selbst nur nach Massgabe der Zahl der Empfindungskreise in ihr in Rechnung kommt, so dass eine doppelt so dichte Netzhaut ein eben so grosses scheinbares Gesichtsfeld hat, als eine doppelt so ausgedehnte bei ungleicher Dichtigkeit.

Allgemein, wenn D die immer noch als gleichförmig vorausgesetzte Nervendichtigkeit der Netzhaut, a ihre wirkliche Ausdehnung, α die Ausdehnung des Theils, auf den das Bild fällt, ist, so wird die scheinbare Grösse des Gesichtsfeldes sein $\log Da$, die scheinbare Grösse des Bildes $\frac{\alpha}{a} \log Da$, wonach durch Verdichtung der Netzhaut mehr für die scheinbare Grösse des Bildes gewonnen werden kann, als durch Vergrösserung derselben, weil D nicht eben so wie a in den Divisor des Ausdrucks für die scheinbare Grösse des Bildes eingeht. In der That sehen wir diesem Gesichtspuncte durch grosse Nervendichtigkeit bei geringer Grösse der Netzhaut entsprochen. Indess kann natürlich die Nervendichtigkeit, d. h. Zahl der auf einer grossen Fläche zusammengedrängten Netzhautelemente, falls sie sich einmal berühren, nur auf Kosten ihrer Ausdehnung vermehrt werden, wo dann jeder nur noch weniger Lichtstrahlen aufnehmen kann, was die Intensität der Empfindung vermindern muss.

Uebrigens kann die Vergrösserung von D verhältnissmässig nur um so weniger zur Vermehrung der scheinbaren Grösse des Bildes beitragen, je weiter sie über einen gewissen Punct hinausgetrieben wird. Denn ver-m-facht man D in der Formel für die scheinbare Ausdehnung des Bildes, so wächst der Ausdruck um $\frac{\alpha}{a}\log m$, was gegen $\frac{\alpha}{a}\log Da$ um so mehr verschwindet, je grösser Da schon ist.

Bisher war gleichförmige Nervendichtigkeit vorausgesetzt. Eine solche aber findet nicht wirklich statt, und unsere Theorie schliesst die sehr merkwürdige, weil merkwürdig mit den Einrichtungen der Natur zusammenstimmende, Folgerung ein, dass ein besonderer Vortheil dadurch erzielt werden kann, dass der Theil der Netzhaut, auf den das Bild fällt, sehr nervendicht im Verhältnisse zum übrigen gemacht wird, indem der Bruchtheil der gesammten Anzahl Empfindungskreise, den das Bild deckt, dadurch grösser wird, ohne dass sich die im Divisor auftretende Gesammtzahl der Empfindungskreise a dadurch erheblich vergrössert.

In der That, wenn D die mittlere Nervendichtigkeit, a die Ausdehnung der ganzen Netzhaut, d die Nervendichtigkeit und α die Ausdehnung des Theiles, auf den das Bild fällt, ist, so ist das ganze scheinbare Gesichtsfeld $\log Da$, und die scheinbare Ausdehnung des Bildes $\frac{d\alpha}{Da}\log Da$; woraus folgt, dass die scheinbare Ausdehnung des Bildes bei gegebenem D im directen Verhältnisse von d wächst.

Hienach erscheint die Einrichtung, nach der wir nur eine sehr kleine sehr nervendichte deutlich sehende Stelle bei einer im Verhältnisse dazu viel minder nervendichten übrigen Netzhaut haben, als die vortheilhaft möglichste, die grösste verhältnissmässige Leistung im Sehen zu erzielen. Nur dass diese Einrichtung noch die zweite Einrichtung nöthig machte, die Augen beweglich einzurichten, um hiedurch das Aequivalent eines grossen deutlichen Sehfeldes zu erlangen. Entsprechend ist auch unser

Tastorgan eingerichtet; und die nervendichtesten Stellen sind hier noch insbesondere an den freibeweglichsten Theilen, der Zunge und den Fingern, angebracht.

Wenn über die Verhältnisse der Nervendichtigkeit zur Grösse der Netzhaut und andere Verhältnissen bei verschiedenen Thierklassen mehr bekannt wäre, als zur Zeit der Fall, würden sich unter Zuziehung des teleologischen Princips, ohne welches hier nichts auszurichten, vielleicht bestimmtere Bestätigungen dieser Theorie oder auch bestimmtere Einwürfe dagegen ergeben, da ich in der That weit entfernt bin, dieselbe für eine sichere auszugeben. Es gilt in dieser Hinsicht, was Bergmann[*]) mit Bezug auf die durch Weber's Versuche am Tastsinne begründeten Ansichten sagt:

»Somit kommen wir zu dem Resultate, dass die Grösse des Bildes im Auge wohl nur in dem Masse ein genaues Sehen möglich macht, als damit eine Ausbreitung des Bildes über eine grössere Zahl von Nervenendigungen verbunden ist. — Dadurch aber stehen wir der Frage gegenüber, nach welchem Masse die Vertheilung der Nervenendigungen in den Augen verschiedener Thiere angeordnet sein mag? Die äusserst schwierige Anatomie der Netzhaut ist bis jetzt nicht im Stande, diese Frage zu lösen; aber es ist anzunehmen, dass die einstige Lösung Licht über manche Eigenthümlichkeiten des Sehens verschiedener Thiere wird verbreiten müssen.«

Die Grösse, welche das Bild eines möglichst deutlich gesehenen Gegenstandes auf der Netzhaut eines Geschöpfes deckt, hängt einerseits von der deutlichen Sehweite des Geschöpfes, andererseits dem Abstande des Kreuzungspunctes der Sehstralen von der Netzhaut, drittens von dem Radius des Auges und mithin der Netzhaut ab. Gesetzt nun, wir hätten Geschöpfe, bestimmt, aus viel grösserer Entfernung deutlich zu sehen, als der Mensch, wie würden ihre Augen beschaffen sein müssen? Unstreitig so, dass die Kleinheit des Bildes, welches durch die grosse Entfernung der Gegenstände bedingt wird, durch andere Verhältnisse compensirt würde. Welches werden diese Verhältnisse nach unserer Theorie sein? Das Verhältniss der Nervendichtigkeit auf dem deutlichstsehenden Theile zum übrigen, so wie der Radius, also die Grösse des Auges, wird wachsen müssen, die Grösse der Netzhaut aber nicht im Verhältnisse mit wachsen dürfen, weil die vortheilhafteste Ausdehnung der Netzhaut unabhängig von der Grösse des Auges sich bestimmt. In der That bieten die Vögel, welche bei ihrer Bestimmung zum Fluge sehr weit zu sehen haben, durchschnittlich sehr grosse Augen, aber mit verhältnissmässig zur Grösse des Auges kleinerer Netzhaut dar, als Säugethiere, wie ich der mündlichen Aeusserung eines Sachkundigen entnehme. Ueber die Verhältnisse der Nervendichtigkeit ist mir nichts bekannt.

---

[*]) Anatom. physiol. Unters. S. 470.

In »Müller z. vergl. Physiol. des Gesichtss. S. 132« finde ich hingegen folgende Angabe: »Bei dem Adler und Geier soll die Netzhaut wie unter den Fischen bei der Gattung *Zeus* und bei den Meeräschen in den Meridianen einer Kugel gefaltet sein; und bei den Geiern soll die Netzhaut nach der Entwickelung dreimal grösser sein, als in ihrer natürlich gestalteten Ausdehnung.«

Bei diesen Vögeln würde also die Netzhaut doch eine beträchtliche Grösse haben; was nicht zu unserer Formel passen würde, insofern nicht diese Grösse mit ihrem beträchtlichen Faserinhalte darauf berechnet wäre, den deutlich sehenden Theil sehr nervendicht mit Nervenenden zu machen.

Jedenfalls sieht man, dass sich hier mancher Gesichtspunct für interessante Untersuchungen anatomischerseits darbietet, zu welchen anzuregen nur der Zweck der vorigen Bemerkungen sein konnte.

Unstreitig kommt es bei Ausführung dieser Theorie auch mit auf folgende Abwägung an: Grosse (vielzweigige) Empfindungskreise werden den Vortheil gewähren, intensive Empfindungen zu erzeugen, indem sich die Eindrücke darauf zu einer intensiven Empfindung summiren, aber den Nachtheil, dass verschiedene einander juxtaponirte Eindrücke darauf verfliessen, dass wegen verringerter Zahl derselben in gegebenem Raume die scheinbare Grösse der Bilder sich verkleinert und die Grössenschätzung unsicher wird, sofern nach dem, bezüglich der Volkmann'schen Constante erörterten Principe (Th. I. S. 230) eine Länge gleich gross erscheinen muss, mag sie mit ihren Enden auf die einander nächsten oder entferntesten Theile zweier Empfindungskreise fallen.

XXXV. Einige Tastversuchsreihen nach der Methode der mittleren Fehler mit Erläuterungen dieser Methode.

Von den folgenden 6 Versuchsreihen ist I bis IV insbesondere bestimmt, zu beweisen, dass das Weber'sche Gesetz sich für das Tastmass nicht eben so wie für das Augenmass bestätigt, sondern dass der mittlere Fehler oder die Fehlersumme, woraus er gezogen worden, sich in kleinerem Verhältnisse vergrössert, als die Normaldistanzen auf der Haut, bei denen er erhalten wird, und dass er bei grösseren Distanzen fast constant bleibt; die Reihe V, eine sehr grosse mit 6400 Beobachtungen, zeigt, dass die 5 Finger (Vorderglied, Volarseite, Längsdistanz) sich in dem Grade der Unterschiedsempfindlichkeit nicht sehr unterscheiden, der Zeigefinger aber doch entschieden die grösste Empfindlichkeit besitzt, ein Resultat, das, um für allgemein zu gelten, freilich erst noch an anderen Personen constatirt werden müsste, und bei verschiedener Gebrauchsweise der Hände zur Arbeit und den täglichen Verrichtungen des Lebens möglicherweise sich verschieden stellen könnte. Die Reihe VI giebt den Maximumgrad der Unterschiedsempfindlichkeit, den ich bis jetzt mit dem Tastorgane erlangte, worüber S. 316 gesprochen worden ist.

Abgesehen hievon sind die folgenden Reihen, besonders V und VI, bestimmt, die Methode der mittleren Fehler nach verschiedenen Seiten etwas specieller an Beispielen zu erläutern. Hiebei wird ein Rückblick auf das vorausgesetzt, was in Th. I. Kap. 8, insbesondere von S. 120 an, über die Methode der mittleren Fehler gesagt ist, wozu noch die Bemerkungen in Th. II. von S. 148 an über die Analyse des constanten Fehlers *c* in seine Componenten zugezogen werden können, wovon jedoch folgends das Wesentliche resumirt wird. Die Beobachtungen sind unter den im 8. Kapitel im Allgemeinen angegebenen Massregeln angestellt, und die Bezeichnungen hier wie dort zu verstehen. Zu der daselbst gegebenen allgemeinen Darstellung der Methode wird es jedoch nöthig sein, folgends noch einige ergänzende Erörterungen zu fügen.

Die speciellen Massregeln bei den folgenden Versuchen waren diese:

Bei meinen eigenen Versuchen wurden immer gestielte Schenkelzirkel mit eingelassenen Nähnadelspitzen (Länge der Schenkel 5 par. Duod.-Zoll) angewandt, und diese bei der Application an den Stielen gefasst. Wo nicht (wie bei Reihe IV und theilweis VI) besonders bemerkt ist, dass die Application der Zirkel durch einen Gehülfen geschahe, fand Selbstapplication derselben statt. Die Reihe VI hat u. a. den Zweck, den verschiedenen Erfolg beider Applicationsweisen zu bestimmen. Bei den Beobachtungen am

Vordergliede der Finger (Reihe II, V, VI) wurde von mir die eine Zirkelspitze stets in die Gelenkfuge zwischen dem vorderen und mittleren Fingergliede, und die andere nach vorn auf das Vorderglied aufgesetzt. Diess geschahe, wie überhaupt die Versuche, ohne Zuziehung des Gesichtssinnes, indem man sich bald übt, die rechte Stelle auch ohne das zu treffen.

Stets wurden von mir je 10 Beobachtungen unter ganz denselben Umständen (mit derselben Normaldistanz, auf derselben Hautstelle, bei derselben Zeit- und Raumlage der Zirkel) unmittelbar hinter einander angestellt; ausgenommen in Reihe I bei den Beobachtungen an der Stirne, deren Haut zu empfindlich ist, um eine so oft hinter einander wiederholte Application der Zirkelspitzen auf derselben Stelle zu vertragen, und in Reihe II am Finger, wo die mitzugezogene kleine Distanz 5*d* wegen der Nähe der Zirkelspitzen an einander die Entstehung eines Reizzustandes erleichterte.

Wenn mehrere Normaldistanzen in derselben Reihe geprüft wurden, wurden sie stets hinter einander durchlaufen, und an verschiedenen Tagen mit auf- und absteigender Folge derselben gewechselt, so wie auch in der Zeit- und Raumlage der Zirkelapplication ein ganz regelmässiger Wechsel nach Fractionen à $m = 10$ oder nach Tagen beobachtet ward.

Wenn der Normalzirkel bei der Application mit der linken, der Fehlzirkel mit der rechten Hand gehalten wurde, ist diess mit *L* bezeichnet, umgekehrt mit *R*; — wenn der Normalzirkel zuerst, der Fehlzirkel zuzweit applicirt wurde, ist diess mit I, umgekehrt mit II bezeichnet*); so dass hienach 4 Zeit-Raumlagen

I*L*, II*L*, I*R*, II*R*

unterscheidbar sind, wovon jedoch in Reihe I blos I*L* und I*R* in Anwendung kamen. Wenn beide Zirkel in dieselbe Hand gefasst wurden, um an der anderen Hand Versuche damit anzustellen, kommt statt der Fassung *R* und *L* die Fassung mit dem oberen und unteren Theile der Hand in dem, Th. II. S. 150. Anmerk. angegebenen Sinne in Betracht, welche durch *O* und *U* unterschieden wird.

Die Normaldistanz ist stets mit *D* bezeichnet, und die Einheit, in der alle Zahlen bei meinen Versuchen ausgedrückt sind,

---

*) Vergl. hierüber specieller Th. II. S. 449.

1 halbe pariser Decimallinie = 0,72 paris. Duodecimallinien, mit *d*. Die Ablesung der Fehler geschahe an einem Massstabe mit Transversalen, welcher 0,1 *d* giebt. Kleinere Werthe als diese Grösse waren also nicht direct zu erhalten, obgleich ein Mittel aus vielen Beobachtungen solche noch mit verhältnissmässiger Sicherheit geben kann.

Die Fractionirung bei der Berechnung der von mir angestellten Reihen ist stets auf 10 Beobachtungen geschehen, welche, mit Ausnahme bei Reihe I und II, auch stets unmittelbar hinter einander angestellt waren, indem die mittlere Fehldistanz für je 10 Beobachtungen besonders bestimmt, die reinen Fehler als Differenzen der einzelnen Fehldistanzen von ihrer mittleren berechnet, und die solchergestalt fractionsweise erhaltenen reinen Fehlersummen zur Gesammtsumme $\Sigma\Delta$ zusammengelegt wurden. Indem nun m die Zahl der Beobachtungen jeder Einzelfraction, μ die Anzahl der Fractionen bedeutet, aus denen jeder Werth $\Sigma\Delta$ in den folgenden Versuchstabellen abgeleitet ist, ist μm die Zahl der Einzelbeobachtungen, die dazu beigetragen haben; für die Summenspalten in den Tabellen jedoch μm noch mit der Zahl der summirten Posten multiplicirt zu denken. Den mittleren Fehler ε erhält man dann durch Division von $\Sigma\Delta$ mit der Zahl der dazu beitragenden Fehler.

Das Vorige betraf wesentlich nur die eigenen Beobachtungsreihen (I, II, V, VI). Die Volkmann'schen (III, IV) sind mit anderen Zirkeln, deren Einrichtung ich nicht genau angeben kann, ohne Unterscheidung besonderer Zeit- und Raumlage, die nicht eben wesentlich dabei war, und mit anderer Zusammenfassung der Beobachtungen angestellt, auch andere Masseinheiten dabei angewandt, worüber bei der speciellen Mittheilung der Reihen das Nöthige.

Um die richtige Auslegung der Zahlen in den Tabellen jedenfalls zu sichern, erläutere ich die erste Zahl der ersten Versuchstabelle.

Unter $D = 15$ findet sich hier für I *L* die Zahl 32,7, indess über der Tabelle $m = 10$, $\mu = 5$ steht, das heisst; bei einer Normaldistanz $D = 15$ halbe pariser Decimallinien, in der Zeit-Raumlage I *L* wurde durch $m\mu = 50$ Beobachtungen, also durch 50 reine Einzelfehler eine Fehlersumme $\Sigma\Delta = 32{,}7$ halben pariser Decimallinien erhalten, welche durch Berechnung aus 5 Fractionen à $m = 10$ abgeleitet ist, was als ε für 1 Fehler giebt 0,654 halbe pariser Decimallinien. Eben so sind alle anderen Zahlen derselben Tabelle unter den Rubriken I*L*, I*R* auszulegen. Die Summenzahl 66,5 für I*L* und I*R* bei $D = 15$ wird dann, als für die doppelte Zahl Beobachtungen geltend, natürlich mit 100, statt 50 zu dividiren sein, um ε für 1 Beobachtung zu geben, und noch mit $\frac{10}{9}$, wenn man wegen des endlichen m corrigiren und damit ε_1 erhalten will. Der constante Fehler c wird immer als durchschnittlicher für 1 Beobachtung angegeben. Die Zahl der Beobachtungen, aus denen man ihn ableitet, d. i. die Grösse des m, hat nicht eben so wie bei $\Sigma\Delta$ einen Einfluss auf seine Grösse, sondern nur auf die Sicherheit seiner Bestimmung.

Wo Beobachtungen bei 4-facher Zeit-Raumlage angestellt sind, werden die allgemein mit c bezeichneten constanten Fehler speciell genannt

	c_1	c_2	c_3	c_4
bei	I*L*	II*L*	I*R*	II*R*
oder	I*U*	II*U*	I*O*	II*O*

Derselbe lässt sich dann, wie Th. II. S. 148ff. ausführlicher auseinandergesetzt ist, in eine von der Zeitlage abhängige Componente p, eine von der Raumlage abhängige Componente q, und eine von beiden unabhängige Componente s, welche wahrscheinlich den, Th. II. S. 141. 151 angegebenen Ursprung hat, analysiren, indem man setzt

$$\begin{aligned} c_1 &= p + q + s \\ c_2 &= -p + q + s \\ c_3 &= p - q + s \\ c_4 &= -p - q + s \end{aligned}$$

und hieraus p, q, s durch Addition und Subtraction dieser Gleichungen von einander bestimmt, was, je nachdem man diese oder jene zwei Gleichungen dazu nimmt, eine doppelte Bestimmung von p, q, s giebt, welche sich controlirt. Die beiden so erhaltenen Werthe werden durch die unten angehängten Indices 1 und 2 unterschieden und ihr Mittel ohne Index angegeben werden. Da die gute oder schlechte Uebereinstimmung der Doppelwerthe einer Componente zugleich die der beiden anderen verbürgt (vgl. Th. II. S. 152), was zu constatiren die folgenden Reihen (II, V, VI) selbst hinreichende Gelegenheit geben, so sind im Allgemeinen blos die Doppelwerthe für die Componente s, als die in der Regel grösste, specificirt, von den anderen Componenten p, q nur die Mittel angegeben.

Wo, wie bei Reihe I, blos Beobachtungen bei IL und IR vorliegen, stehen blos die Gleichungen

$$c_1 = p + q + s$$
$$c_2 = p - q + s$$

zu Gebote, und man kann den constanten Fehler dann blos in eine von der Raumlage abhängige Componente q und eine davon unabhängige $p + s$ trennen, ohne $p + s$ selbst trennen zu können.

In Th. I. S. 125. 127 habe ich von mehreren Correctionen gesprochen, welche an der reinen Fehlersumme $\Sigma\Delta$ oder dem daraus abgeleiteten Mittelfehler $\varepsilon = \frac{\Sigma\Delta}{m}$ angebracht werden können, wovon die wichtigste die wegen des endlichen m ist (Th. II. S. 126), nach welcher $\Sigma\Delta$ oder ε noch mit $\frac{8m+1}{8m}$ zu multipliciren ist. Da ich diese, bisher noch nicht hergeleitet gewesene, wichtige Correction im Folgenden mehrfach anwende, will ich die Herleitung derselben unter dem 1. Zusatz zu diesem Kapitel beifügen. Das Verständniss dieser Herleitung setzt eine etwas nähere Bekanntschaft mit der mathematischen Fehlertheorie voraus. Ohne Correction werde der aus den reinen Fehlern abgeleitete Mittelfehler mit ε, nach der Correction wegen des endlichen m mit ε_1 bezeichnet, so dass

$$\varepsilon_1 = \frac{8m+1}{8m}\varepsilon$$

Ausser dieser Correction habe ich Th. I. S. 127 noch zweier, unter Umständen anzubringender, Correctionen von $\Sigma\Delta$ und ε erwähnt, der Correction wegen der Grösse der Intervalle und wegen Schätzung der Eintheilung, die meist zu vernachlässigen sind, und von denen die zweite hier überhaupt nicht in Betracht kommt, da keine Schätzung von Zwischentheilen am Massstabe stattfand; die erste aber nicht unzweckmässig bei den Versuchen der Reihe VI zu berücksichtigen ist, da hier der Mittelfehler (bei Abtheilung V) nicht viel grösser als 0,1 d, d. i. als das kleinste Intervall des Massstabes ist. Ich gebe hier diese Correction nachträglich kurz und für praktischen Zweck genügend an, und füge das Theoretische darüber unter dem 2. Zusatze bei.

Sei die wegen der Grösse der Intervalle noch nicht corrigirte, mithin falsche, Fehlersumme $\Sigma\Delta$ und der uncorrigirte Mittelfehler $\frac{\Sigma\Delta}{m} = \varepsilon$; seien die kleinsten unterschiedenen Intervalle der Eintheilung von der Grösse i, so findet sich die corrigirte oder wahre Fehlersumme $S\Delta$ aus der falschen $\Sigma\Delta$ durch folgende Gleichung

$$S\Delta = \Sigma\Delta \left(1 - 0{,}053\,\frac{i^2}{\varepsilon^2}\right)$$

so wie der corrigirte Mittelfehler ε_1 aus dem falschen durch

$$\varepsilon_1 = \varepsilon \left(1 - 0{,}053\,\frac{i^2}{\varepsilon^2}\right)$$

Ist also z. B. $i = \varepsilon$, so hat man

$$S\Delta = 0{,}947\ \Sigma\Delta$$

was eine nicht zu vernachlässigende Correction ist. Wäre i nur $= \frac{1}{4}\varepsilon$, so wäre $\frac{i^2}{\varepsilon_2} = \frac{1}{16}$ mithin

$$S\Delta = 0{,}9967\ \Sigma\Delta$$

Hienach kann man selbst bemessen, inwiefern die Natur der Beobachtungen und Aufgaben es nöthig erscheinen lässt, sich auf diese übrigens sehr einfache Correction einzulassen. Ich bin blos bei der Reihe VI darauf eingegangen.

Bei den sehr kleinen constanten Fehlern, die zum Theil im Folgenden vorkommen, kann man mehrfach fragen, ob ihr Dasein nicht blos auf unausgeglichenen Zufällligkeiten ruht. Um diess zu beurtheilen, muss man den wahrscheinlichen Fehler des constanten Fehlers suchen, und sehen, ob er in erheblichem Verhältnisse durch die Grösse des constanten Fehlers selbst überschritten wird, was sehr einfach nach folgender Regel mittelst des zu dem Werthe c gehörigen Werthes $\Sigma\Delta$ geschehen kann.

Sei $M = m\mu$ die Gesammtzahl der Beobachtungen, aus denen c und mithin das zugehörige $\Sigma\Delta$ abgeleitet ist, wo m wie gewöhnlich die Fehlerzahl einer Fraction, μ die Zahl der Fractionen ist, die zu $\Sigma\Delta$ beigetragen haben, so ist der wahrscheinliche Fehler w von c

$$w = \frac{0{,}845347}{M\sqrt{M}} \cdot \frac{8m+1}{8m} \cdot \Sigma\Delta.$$

So gehört in der ersten Beobachtungsreihe (bei $D = 15$, 1 L) zur Fehlersumme $\Sigma\Delta = 32{,}5$ der constante Fehler $+\,0{,}89$. Da $\Sigma\Delta$ und c aus 50 Beobachtungen abgeleitet sind, so ist $M = 50$, und da bei der Ableitung Fractionen à 10 angewendet sind, so ist $m = 10$; hienach

$$w = \frac{0,8453\ldots}{50\sqrt{50}} \cdot \frac{31}{30} \cdot 32,7 = 0,0804$$

Der constante Fehler c also, wenn wir, wie gewöhnlich, den wahrscheinlichen Fehler mit ± beifügen, so zu schreiben

$$c = +\,0,8900 \pm 0,0804$$

was sagt, die Wahrscheinlichkeit steht gleich, dass der Werth +0,89 um mehr und dass er um weniger als 0,0804 in Plus oder Minus von dem Werthe c abweicht, der durch eine unendliche Zahl vergleichbarer Beobachtungen erhalten worden wäre. Sollte nun der constante Fehler nicht erheblich grösser sein, als dieser wahrscheinliche Fehler, oder, wie man sich kurz ausdrücken kann, sollte er durch denselben ganz oder nahe absorbirt werden, so liesse sich das, was man als constanten Fehler bestimmt hat, nicht unwahrscheinlich als blos von unausgeglichenen Zufälligkeiten abhängig ansehen, und dem constanten Fehler keine Realität beilegen; sollte aber z. B. c doppelt so gross sein als w, so würde 82 gegen 18 zu wetten sein, und sollte er 3mal so gross sein, so würde 96 gegen 4 zu wetten sein, dass er nicht vom Zufalle abhängt; noch mehr, wenn er in noch stärkerem Verhältnisse w überwöge. In unserem Beispiele, wo $c = 0,8900$ merklich 11mal so gross als $w = 0,0804$ ist, ist die Wahrscheinlichkeit, dass er vom Zufalle abhänge, ganz verschwindend.

Die vorige allgemeine Regel zur Bestimmung von w begründet sich wie folgt: der wahrscheinliche Fehler des constanten Fehlers c kommt mit dem wahrscheinlichen Fehler der mittleren Fehldistanz (= Normaldistanz + c) überein, da der wahrscheinliche Fehler einer Grösse sich nicht ändert, wenn man zu dieser eine feste Grösse (Normaldistanz) zugefügt oder davon abgezogen denkt. Den wahrscheinlichen Fehler der mittleren Fehldistanz aber kann man aus den Abweichungen, welche die einzelnen Fehldistanzen von derselben haben, d. i. den reinen Fehlern Δ bestimmen; was entweder in der gewöhnlichen Weise aus der Summe der Fehlerquadrate und dem daraus abgeleiteten quadratischen mittleren Fehler ε_q nach der Formel

$$w = \frac{0,674489}{\sqrt{M}}\,\varepsilon_q,$$

aber auch merklich gleichgeltend mittelst der einfachen Fehlersumme und des daraus abgeleiteten einfachen mittleren Fehlers ε_1 nach der Formel

$$w = \frac{0,845347}{\sqrt{M}}\,\varepsilon_1$$

geschehen kann, insofern ε_q und ε_1 durch das (theoretisch begründete und von mir experimental verificirte) normale Verhältniss

$$\frac{\varepsilon_q}{\varepsilon_1} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1{,}2533\ldots$$

verknüpft sind. ε_1 aber wird erhalten, indem man $\Sigma\Delta$ mit der Gesammtzahl der Beobachtungen M dividirt und wegen des endlichen m corrigirt, wodurch man zu der angegebenen Formel gelangt.

Die Erörterung, wie die obigen speciellen Wahrscheinlichkeitsregeln bezüglich des Verhältnisses von c zu w gefunden sind, würde hier zu weit führen; auch beruht diese Bestimmung auf hinreichend bekannten Principien.

Hat man die wahrscheinlichen Fehler w für c_1, c_2, c_3, c_4 insbesondere bestimmt, und die zugehörigen Werthe von $w = w_1$, w_2, w_3, w_4 gefunden, so erhält man daraus leicht auch den wahrscheinlichen Fehler der Componenten p, q, s, welcher W heisse. Derselbe ist nämlich, wenn diese Componenten nach den Gleichungen S. 347 aus allen 4 Werthen c solidarisch bestimmmt sind, für alle drei gleichgeltend

$$W = \frac{\sqrt{w_1^2 + w_2^2 + w_3^2 + w_4^2}}{4}$$

Hat man irgendwelche der Componenten des constanten Fehlers blos aus zwei Werthen von c, z. B. c_1, c_2 oder c_1, c_3 bestimmt, so ist auch der Werth des wahrscheinlichen Fehlers dieser Componente nur

$$W = \frac{\sqrt{w_1^2 + w_2^2}}{2} \text{ oder } \frac{\sqrt{w_1^2 + w_3^2}}{2}$$

u. s. f.

Auch jede Componente des constanten Fehlers wird man nach gleichem Principe als den ganzen constanten Fehler als Sache blos unausgeglichener Zufälligkeiten ansehen können, wenn ihre Grösse nicht die des wahrscheinlichen Fehlers W erheblich übersteigt.

Hat man die Werthe des constanten Fehlers c für die μ Fractionen einer grösseren Beobachtungsreihe besonders bestimmt, wozu ich in Reihe VI Beispiele gebe, so kann man auch die Abweichungen, welche die μ Fractionswerthe des constanten Fehlers vom mittleren c darbieten, und welche ϑ heissen mögen, in Betracht ziehen, und diese Abweichungen benutzen, nach der gewöhnlichen Regel mittelst der Summe der Quadrate $\Sigma(\vartheta^2)$ oder mittelst der einfachen Summe $\Sigma\vartheta$ einen wahrscheinlichen Fehler von c zu berechnen, ersteres mittelst der Formel

$$w = 0{,}674489 \sqrt{\frac{\Sigma(\vartheta^2)}{\mu(\mu-1)}}$$

letzteres mittelst der Formel

$$w = 0{,}845347 \, \frac{3\mu+1}{3\mu} \, \frac{\Sigma\vartheta}{\mu\sqrt{\mu}}$$

wo μ die Zahl der Fractionen und mithin Einzelwerthe von c ist. Inzwischen hat der so berechnete wahrscheinliche Fehler nicht ganz gleiche Bedeutung mit dem, nach S. 349 aus $\Sigma\Delta$ bestimmten, indem er wesentlichst mit abhängig ist von den, bei längeren Versuchsreihen nie leicht fehlenden, Variationen des constanten Fehlers. Während jener blos massgebend ist für die von grösseren und geringeren unregelmässigen zufälligen Einflüssen abhängige Sicherheit der Bestimmung des constanten Fehlers, ist dieser zugleich massgebend für den Grad des Schwankens des constanten Fehlers, und es können daher zwar beide Bestimmungsweisen (aus $\Sigma\Delta$ und $\Sigma\vartheta$) unter Umständen, wo das Schwanken gering ist, nahe übereinstimmende, unter Umständen aber auch ausnehmend abweichende Resultate geben, wie die Beispiele in Reihe VI beweisen. Um zu entscheiden, ob ein Schwanken statt gefunden habe, ist es daher nützlich, beide Bestimmungsweisen zu vergleichen.

Wo nichts besonders bemerkt ist, ist w im Folgenden immer aus $\Sigma\Delta$ nach der S. 349 gegebenen Formel berechnet.

Unstreitig ist eine absolut reine Trennung der Fehler Δ von Variationen des constanten Fehlers in Wirklichkeit durch keine Fractionirung und fractionsweise Behandlung der Beobachtungsreihen möglich, und leidet selbst an begrifflichen Schwierigkeiten. Wenn man aber alle zu vergleichenden Beobachtungen stets in Fractionen von derselben mässigen Zahl unter vergleichbaren Umständen anstellt, und bei der Berechnung stets zu gleichem m zusammenfasst, so wird die daraus hervorgehende Unterscheidung der Variationen des constanten Fehlers und der reinen Fehler Δ immer nützlich, und diese fractionsweise Behandlung der unfractionirten Behandlung, wo sich die Variationen des constanten Fehlers mit dem Fehler Δ ununterscheidbar mischen, vorzuziehen bleiben.

Es wird nicht ohne Nutzen sein, wenn ich hier auch noch den wahrscheinlichen Fehler der reinen Fehlersumme $\Sigma\Delta$ und des daraus abgeleiteten Mittelfehlers ε angebe. Man erhält ihn, indem man respectiv $\Sigma\Delta$ oder ε mit

$$\lambda = \frac{0{,}509584}{\sqrt{m}}$$

multiplicirt*). Nehmen wir wie gewöhnlich $m = 10$, so ist $\lambda = 0{,}16115$; wonach man nach einer mittleren Wahrscheinlichkeit jede reine Fehlersumme so wie jeden reinen Mittelfehler aus einer Fraction à $m = 10$ ungefähr um $\frac{1}{6}$ ihrer Grösse falsch bestimmt. Nicht, dass diess bei jeder einzelnen Fraction wirklich stattfände; aber wenn man viele Fractionen mit $m = 10$ vor sich hat, ist der Irrthum eben so oft über als unter dem angegebenen. Um den wahrscheinlichen Fehler einer totalen Fehlersumme aus μ Fractionssummen von gleichen m zu bestimmen; hat man die μ Fractionssummen einzeln zum Quadrat zu erheben, aus der Summe dieser Quadrate die Wurzel zu ziehen, und diese mit λ, d. i. $\frac{0{,}509584}{\sqrt{m}}$; also im Falle von $m = 10$ mit $0{,}16115$ zu multipliciren.

Es würden sich noch viele nützliche Bestimmungen über die Wahrscheinlichkeitsverhältnisse der Fehler hinzufügen lassen; aber diess würde hier zu weit führen.

I. Fechner. (Oct. 1857 — Juli 1858.)

Stirn: Neun quere Distanzen. Einheit 1 *d*. Gesammtzahl der Beob. 900, vertheilt auf 100 Tage à 9 Beobachtungen.

Die Distanzen werden folgends in doppelter Bestimmung gegeben, als D, wie sie der Spannweite des auf die Haut aufgesetzten Zirkels direct entsprechen, als D', wie sie der wirklichen Länge der in dieser Hautstrecke begriffenen Hautstrecke entsprechen. Da nämlich die Stirn etwas gekrümmt ist, so fällt beides nicht zusammen. Um die zu einander gehörigen Werthe von D und D' zu bestimmen, wurde ein Papierstreifen über die Stirn gelegt, und durch den Zirkel bei der Spannweite D Puncte in derselben markirt, deren Abstand dann gemessen wurde, nachdem der Streifen eben ausgebreitet worden. Aus mehreren solchen Bestimmungen wurde das Mittel genommen. Die Werthe waren:

$D =$	15	20	25	30	35	40	45	50	60
$D' =$	15	20	25,3	30,5	36	41,5	46,9	52,9	65,7

Die bei der letzten Distanz $D = 60$ oder $D' = 65{,}7$ erhaltenen Werthe der folgenden Tabellen können füglich ausser Acht bleiben, indem die grosse Abweichung derselben von den übrigen sehr wohl darauf geschoben werden kann, dass die Zirkelspitzen wegen der hier sehr erheblich werdenden Krümmung der Stirn sehr schief auf die Haut auftreffen, so dass die Beobachtungen hier mit den anderen so gut wie unvergleichbar werden. Daher sind die bei dieser Distanz erhaltenen Werthe in der Tabelle eingeklammert und bei der Ziehung der Totalsumme nicht mit zugezogen, welche also nur die Werthe bei den Distanzen bis $D = 50$ inclusiv befasst. Es konnte jeden Tag die Reihe der 9 Distanzon aus dem S. 354 angegebenem Grunde nur einmal durchlaufen werden.

---

*) Astronom. Jahrb. f. 1834. S. 293.

$\Sigma\Delta$. $(m = 10,\ \mu = 5)$.

D	15	20	25	30	35	40	45	50	(60)	Total
I. L	32,7	43,4	48,6	62,1	43,8	48,2	47,1	50,3	(77,6)	376,2
I. R	33,8	40,2	50,9	40,8	38,1	41,5	48,3	52,9	(73,2)	346,5
Summe	66,5	83,6	99,5	102,9	81,9	89,7	95,4	103,2	(150,8)	722,7

c.

D	15	20	25	30	35	40	45	50	(60)
I L	+ 0,89	+ 1,20	+ 0,94	+ 0,84	+ 1,14	+ 1,14	+ 0,61	+ 0,43	(+ 0,60)
I R	+ 0,11	+ 0,04	+ 0,24	+ 0,42	+ 0,17	− 0,10	+ 0,10	+ 0,25	(+ 0,62)

Man sieht von $D = 15$ bis $D = 20$ ein deutliches Ansteigen der Fehlersumme $\Sigma\Delta$ mit D, welches sogar für I L allein genommen bis $D = 30$ sehr genau proportional mit D vorschreitet, aber darüber hinaus kein deutliches Wachsthum mehr; sondern nur Unregelmässigkeiten, die sich bei weiterer Fortsetzung der Beobachtungen zum Theil noch ausgeglichen haben könnten. Bestimmt man den Mittelfehler als durchschnittlichen für die Beobachtungen bei den 6 Distanzen $D = 25$ bis $D = 50$, innerhalb deren merkliche Constanz (für I L und I R zusammengenommen) besteht, so findet man

$$\varepsilon = 0{,}921\ d;\quad \varepsilon_1 = 0{,}952\ d$$

dieser Werth ε_1 ist $= \frac{1}{26{,}3} D$ bei $D = 15$ und $\frac{1}{52{,}6}$ bei $D = 50$.

Der constante Fehler ist mit einer einzigen Ausnahme bei allen Distanzen in beiden Lagen positiv; aber, wie man sieht, bei der Lage I R (Fassung des Normalzirkels in der Rechten) überall kleiner als bei der Lage I L (Fassung in der Linken), was ein Beispiel für den nicht zu vernachlässigenden Einfluss der Fassungsweise der Zirkel ist; hingegen ist keine gesetzliche Abhängigkeit der constanten Fehler von der Grösse der Distanz bemerklich.

Für die Componenten q und $p + s$ des constanten Fehlers erhält man im Mittel für alle Distanzen unter Ausschluss von $D = 60$

$$q = + 0,372; \quad p + s = + 0,527.$$

Schon früher (1856 und 1857) habe ich ähnliche Versuchsreihen an der Stirn mit ähnlichen Resultaten angestellt, die ich übergehe, weil sie mit ungestielten Zirkeln und minder sorgfältiger Verhütung der Reizung der Stirnhaut angestellt waren.

II. Fechner. (Januar bis März 1859).

Linker Zeigefinger. Vorderglied, Volarseite, zwei Längsdistanzen $D = 5d$ und $D = 10d$. Im Ganzen 400 Beobachtungen an 20 Beobachtungstagen.

$$m = 10, \quad \mu = 5$$

	$\Sigma\Delta$		c	
D	$5d$	$10d$	$5d$	$10d$
I U	7,28	6,14	0,000	−0,240
II U	8,52	9,02	−0,230	−0,296
I O	7,18	8,50	+0,054	−0,272
II O	8,48	8,30	−0,292	−0,444
Summe	31,46	31,96	—	—

Hier zeigt sich die Fehlersumme $\Sigma\Delta$ fast unverändert bei verdoppelter Distanz. ε_1 im Mittel aus allen Beobachtungen $0,163\,d$.

Die Berechnung der Componenten des constanten Fehlers giebt folgendes Resultat:

D	5	10
p	+ 0,146	+ 0,057
q	+ 0,002	− 0,045
s	− 0,117	− 0,313
s_1	− 0,146	− 0,342
s_2	− 0,088	− 0,284
W	0,00963	0,00994

Man sieht hier die Componente s von bemerkenswerther Grösse und bei $D = 10d$ in den Doppelwerthen so nahe stimmend, als man es bei der verhältnissmässig geringen Zahl Beobachtungen erwarten kann, wogegen bei $D = 5d$ keine sonderliche Uebereinstimmung von s_1 und s_2 in den absoluten Werthen besteht, indess die immer noch beträchtliche Grösse und Uebereinstimmung des Vorzeichens von s_1 und s_2, so wie geringe Grösse des nach der Regel S. 351 berechneten wahrscheinlichen Fehlers 0,00994 beweist, dass doch auch hier der Fehler *s* wirklich besteht. Nur der Fehler *q* bei $D = 5$ kann überhaupt hienach durch Zufälligkeiten erklärt werden.

III. Volkmann (April 1857).

Mittelfinger, Vorderglied, Volarseite, vier Längsdistanzen. Einheit 1 Millimeter. Ohne Rücksicht auf besondere Zeit- und Raumlage. 264 Beobachtungen.

$m = 33, \mu = 2.$

D	2	4	6	8
$\Sigma\Delta$	6,68	9,42	12,70	14,12
c	+0,045	+0,134	+0,012	−0,018
ε_1	0,102	0,140	0,194	0,216

Das Wachsthum von $\Sigma\Delta$ oder ε_1 mit den Distanzen war also viel bedeutender als bei mir in Reihe II, aber doch auch bei Weitem nicht proportional mit *D*.

IV. Volkmann (Jan. und Febr. 1858).

Linker Handrücken, vier quere Distanzen. Einheit 1 pariser Linie. Application der Zirkel durch einen Gehülfen ohne Rücksicht auf besondere Zeit-Raumlage. 480 Beobachtungen.

$m = 20, \mu = 6.$

D	6	12	18	24
$\Sigma\Delta$	67,2	60,8	86,8	83,1
c	+0,45	+0,47	+0,37	+0,31
ε_1	0,369	0,545	0,788	0,704

V. Fechner (Nov. 1857 bis April 1858).

Fünf Finger der linken Hand, Vorderglied, Volarseite, auf jedem Finger 1 Längsdistanz = 10 *d*. Im Ganzen 6400 Beobachtungen, vertheilt auf 64 Beobachtungstage à 100 Beobachtungen.

An jedem Tage alle 5 Finger in zwei Zeit-Raumlagen mit 20 Beobachtungen (10 für eine Lage) durchlaufen.

Es bedeutet folgends 𝔇 Daumen, 𝔍 Zeigefinger, 𝔐 Mittelfinger, 𝔊 Goldfinger, 𝔎 kleiner Finger.

Diese Reihe ist im Zusammenhange mit einer Reihe nach der Methode der Aequivalente an denselben 5 Fingern angestellt, so dass die Methode der mittleren Fehler und die der Aequivalente nach je zwei Tagen wechselten. Hier sind blos die Resultate nach der Methode der mittleren Fehler angeführt; da es für jetzt zu weit führen würde, auch die der anderen Methode zu berücksichtigen.

$m = 10, \mu = 32.$

$D = 10\,d$		𝔇	ℨ	𝔐	𝔊	𝔎
$\Sigma\Delta$	I U	77,92	67,84	67,06	77,90	74,94
	II U	80,70	65,24	73,84	69,44	72,00
	I O	68,56	54,68	68,03	68,40	71,40
	II O	76,00	64,34	63,34	70,86	74,92
Summe		303,18	252,10	272,27	286,60	293,26
c	I U	−0,0557	−0,0551	−0,0075	+0,0625	−0,0438
	II U	−0,1700	−0,0933	−0,2066	−0,2766	−0,2582
	I O	−0,2694	−0,3930	−0,2222	−0,1644	−0,2432
	II O	−0,3700	−0,3310	−0,3779	−0,3816	−0,4303
ε'		0,2448	0,2033	0,2198	0,2313	0,2367
p		+0,0538	−0,0142	+0,0887	+0,1392	+0,1002
q		+0,1034	+0,1356	+0,0968	+0,0829	+0,0929
s		−0,2162	−0,2274	−0,2036	−0,1889	−0,2439
s_1		−0,2128	−0,2096	−0,1927	−0,2304	−0,2508
s_2		−0,2196	−0,2452	−0,2144	−0,1596	−0,2370
W		0,00379	0,00514	0,00320	0,00543	0,00560

Hienach findet die grösste Fehlersumme 303,18 beim Daumen, die kleinste 252,10 beim Zeigefinger statt, der also die grösste Unterschiedsempfindlichkeit unter den 5 Fingern zeigt.

Der wegen des endlichen m corrigirte Mittelfehler ε_1 ist im Mittel aller 5 Finger bei allen Lagen $= 0,2272\,d = \frac{1}{44}\,D$. Der constante Fehler c ist mit einer einzigen Ausnahme bei allen Fingern in allen Lagen negativ, was von der grossen negativen Componente s abhängt, wogegen p, q sich positiv finden, mit Ausnahme von p bei ℨ, eine Ausnahme, die um so auffälliger ist, als sie in Reihe II und VI unter ähnlichen Versuchsumständen am Zeigefinger nicht stattfindet. Bei ℨ und 𝔊 stimmen die Doppelwerthe von s nicht zum besten, bei den drei anderen Fingern aber sehr gut. Der wahrscheinliche Fehler W von p, q, s ist überall zu klein, um dieselben als auf Zufall beruhend anzusehen.

Im Mittel für alle fünf Finger hat man

$$p = +\,0,0735$$
$$q = +\,0,1023$$
$$s = -\,0,2160$$

wonach das Resultat der constanten Fehler im Mittel für alle Beobachtungen an allen 5 Fingern dieses ist.

Wenn ich den Normalzirkel mit der Spannweite 10 *d* zuerst, den Fehlzirkel zuzweit applicirte, fiel vermöge dieses Einflusses der Zeitlage die Fehldistanz um + 0,0735 *d* zu gross aus, oder ward statt der Normaldistanz 10 die Fehldistanz 10,0735 gefunden. Wenn der Normalzirkel zuzweit applicirt wurde, so fiel die Fehldistanz um eben so viel zu niedrig aus, oder ward statt 10 erhalten 9,9265, was mit dem vorigen Resultate solidarisch ist.

Wenn der Normalzirkel mit dem unteren Theile, der Fehlzirkel mit dem oberen Theile der Hand (vgl. S. 150) gefasst wurde, so fiel die Fehldistanz um 0,1023 zu gross, im umgekehrten Falle zu niedrig aus.

Abgesehen von diesem Einflusse der Zeit- und Raumlage fiel die Fehldistanz aus dem S. 140 angegebenen Grunde um 0,2160 zu niedrig aus.

Diese drei Einflüsse combiniren sich additiv oder subtractiv, je nachdem sie in demselben Sinne oder in entgegengesetztem Sinne sind. Alle drei sind in demselben Sinne bei II. O, daher die dazu gehörigen Werthe *c* durchschnittlich die grössten, wogegen bei I. U der grosse Fehler *s* durch die gemeinsame Entgegensetzung von *p* und *q* am meisten compensirt wird, daher hier die kleinsten Werthe *c*.

Der obigen Berechnung der reinen Fehlersummen liegt die von mir gewöhnlich angewandte Fractionirung auf $m = 10$ unter. Um aber den Einfluss zu zeigen, den nach Th. I. S. 124 die mehr oder weniger weit getriebene Fractionirung auf die Grösse der reinen Fehlersumme hat, ist die vorige Beobachtungsreihe ausserdem auch unter Anwendung von $m = 160$, und endlich ganz unfractionirt für jeden Finger und jede Lage, d. i. aus $m = 320$, berechnet worden. Das für alle 4 Lagen zusammengezogene Resultat stellt sich mit dem vorhin erhaltenen wie folgt zusammen.

$\Sigma\Delta$.

	𝔇	ℨ	𝔐	ℜ	𝔎	Summe
$m = 10, \mu = 128$	303,18	252,40	272,27	286,60	293,26	1407,41
$m = 160, \mu = 8$	330,64	283,94	345,54	337,34	336,88	1626,29
$m = 320, \mu = 4$	334,76	294,19	330,24	348,34	349,25	1660,78

Man sieht hier ausnahmslos die Grösse von $\Sigma\Delta$ mit der Grösse des angewandten *m* wachsen.

Die von mir angewendete Correction wegen des endlichen *m* durch Multiplication der Werthe mit $\frac{2m+1}{2m}$ hebt blos den schwächeren Theil dieses Wachsthumes, indem dasselbe nachweislich hauptsächlich auf der Variation der constanten Fehler im Laufe der langen Versuchsreihe beruht, welche beim Zusammenschlagen vieler zu verschiedenen Zeiten gewonnener Beobachtungen in eine Fraction die daraus abgeleitete Fehlersumme vergrössert, daher der Vorzug, den ich kleineren Fractionen aus Beobachtungen, die im Zusammenhange gewonnen sind, gebe; indem die Correction wegen des endlichen m nach Massgabe zulänglicher werden muss, als dieser der reinen Fehlersumme an sich fremdartige Zuwachs wegfällt. Dass wirklich eine Variation des constanten Fehlers im Laufe der Beobachtungsreihe stattgefunden, ergiebt sich aus der unten folgenden Anführung für die zwei nach der Zeit unterschiedenen Hauptfractionen der Beobachtungsreihe.

In Th. I. S. 213 habe ich gelegentlich bemerkt, dass, wenn man die mit der doppelten Fehlerzahl multiplicirte Summe der Fehlerquadrate $\Sigma(\Delta^2)$ mit dem Quadrate der Fehlersumme $(\Sigma\Delta)^2$ dividirt, approximativ die Ludolf'sche Zahl π erhalten wird, welche approximative Zahl $\mathfrak{P}$ heisse, so dass man hat

$$\mathfrak{P} = \frac{2m\,\Sigma(\Delta^2)}{(\Sigma\Delta)^2}$$

wenn m die in die Summe eingehende Fehlerzahl (bei $\mu = 1$) ist. Unsere Reihe kann als Beispiel dienen. Ich gebe für Daumen unter Anwendung von $m = 160$, $\mu = 1$ (indem ich die 320 betragende Gesammtzahl der Beobachtungen für jede Lage in zwei Fractionen nach der Zeit theilte, und für jede besonders $\Sigma\Delta$ und $\Sigma(\Delta^2)$ bestimmte) den Werth von $\Sigma\Delta$ und $\Sigma(\Delta^2)$ mit dem daraus nach obiger Formel berechneten $\mathfrak{P}$ in folgender Tabelle.

$m = 160$, $\mu = 1$.

		$\Sigma\Delta$	$\Sigma(\Delta^2)$	$\mathfrak{P}$
I U.	1. Fract.	43,97	18,75	3,103
	2. -	42,16	16,52	2,974
II U.	1. -	42,91	17,56	3,052
	2. -	46,23	21,87	3,275
I O.	1. -	49,24	25,48	3,363
	2. -	40,86	17,62	3,377
II O.	1. -	48,28	21,14	2,902
	2. -	36,99	15,11	3,534
	Summe	350,64	154,05	25,580

Das Mittel der 8 $\mathfrak{P}$-Werthe ist 3,198. Die entsprechend berechneten Mittelwerthe für alle 5 Finger waren:

T.	J.	M.	G.	K.
3,198;	3,181;	3,072;	3,144;	3,145

Das Totalmittel aus diesen 5 Mittelwerthen, wozu also im Ganzen 40 Werthe 𝔓, jeder aus 160 Beobachtungen bestimmt, beigetragen haben, ist

3,148

was vom Normalwerthe $\pi = 3,142$ bis auf die letzte, durch Abrundungen unsichere, Decimale völlig übereinkommt.

Hieraus lässt sich leicht das constante Verhältniss

$$\frac{\varepsilon_q}{\varepsilon} = \sqrt{\frac{\pi}{2}}$$

ableiten, wovon Th. I. S. 123 die Rede war.

Des Weiteren bemerke ich gelegentlich, dass man approximativ die Grundzahl der natürlichen Logarithmen e erhält, wenn man die Totalsumme der Fehler $\Sigma\Delta$ mit der Summe der Fehler, welche den quadratischen Mittelfehler $\varepsilon_q = \sqrt{\frac{\Sigma(\Delta^2)}{m}}$ an Grösse übersteigen, dividirt, und den Quotienten zum Quadrate erhebt. Das, hienach entsprechend wie oben das Totalmittel von 𝔓 aus 40 Partialwerthen (à $m = 160$) berechnete, Totalmittel fand sich 2,707 statt des Normalwerthes $e = 2,728$.

Obwohl ich nicht finde, dass diese merkwürdigen Verhältnisse schon ausdrücklich bemerkt worden wären, lassen sie sich doch mit manchen anderen interessanten Verhältnissen leicht aus der mathematischen Fehlertheorie mittelst des für die Wahrscheinlichkeit der Fehler geltenden bekannten Ausdruckes, in welchen π und e eingehen, ableiten, was für den, in dieser Theorie Bewanderten keiner besonderen Ausführung bedürfen wird; übrigens anderwärts von mir mit weiteren Versuchsbelegen dargelegt werden soll. Die angegebenen Verhältnisse π, e gelten streng für eine unendliche Zahl unter vergleichbaren Umständen gewonnener Fehler und schwanken bei wiederholter Bestimmung aus einer endlichen Zahl, wie man sich aus obigem Beispiele mit 8 Bestimmungen von 𝔓 überzeugen kann, um das Normalverhältniss, eine Schwankung, die in um so weiteren Granzen statthat, je kleiner m ist. Nur bei sehr kleinem Werthe m stellt sich im Mittel vieler Bestimmungen eine merkliche Abweichung vom Normalwerthe heraus, welche mit der Kleinheit von m wächst, und bei etwas grossem m verschwindend klein ist. Diese Abweichung lässt sich nach der Correction der Fehlerquadratsumme und des Quadrates der Fehlersumme wegen des endlichen m durch einen allgemeinen Ausdruck bestimmen; wonach ein aus einer endlichen Zahl m abgeleitetes 𝔓 normalerweise

$$= \frac{m(m-1)\pi^2}{(m\pi-1)^2} \text{ statt } = \pi$$

ist, was z. B. für $m = 10$ giebt $𝔓 = 3,0166$.

Im Laufe der langen mehrmonatlichen Beobachtungsreihe nahm sowohl der variable als constante Fehler allmälig ab. Theilt man die ganze Reihe in zwei Hauptfractionen nach der Zeit (jede zu 32 Beobachtungstagen), so erhält man in Summa für alle 4 Lagen:

$\Sigma\Delta$ (m = 160, μ = 4).

	𝔇	ℨ	𝔐	𝔊	𝔎	Summe
1. Fract.	154,94	134,36	130,12	139,96	201,29	760,16
2. "	148,94	117,34	122,18	127,94	131,98	647,23
Verhältniss	1,040	1,110	1,088	1,088	1,104	1,175

Im Ganzen also hatte sich die reine Fehlersumme von der 1. zur 2. Fraction von 760,16 auf 647,23 vermindert; welche Zahlen das Verhältniss 1,175 haben.

Ferner fanden sich die Componenten des constanten Fehlers im Mittel für alle 5 Finger wie folgt:

	1. Fract.	2. Fract.
p	+ 0,1066	+ 0,0663
q	+ 0,1260	+ 0,0703
s	+ 0,2054	+ 0,1948

Der Zeitfehler *p* und Raumfehler *q* hatten sich also von der ersten zur zweiten Fraction sehr beträchtlich, der Fehler *s* doch merklich vermindert. Eine solche Aenderung hatte nun aber nicht blos von der ersten zur zweiten Hauptfraction, sondern innerhalb jeder Hauptfraction stattgefunden, und bei Zusammenfassung der Beobachtungen derselben zu *m* = 160 den variabeln Fehler vergrössert.

Bei den ungefähr 1 Stunde dauernden Beobachtungen jedes Tages wurden abwechselnd mit den Tagen die Finger in der Ordnung 𝔇. ℨ. 𝔐. 𝔊. 𝔎. und in der umgekehrten Ordnung durchlaufen, wovon Ersteres mit →, Letzteres mit ← bezeichnet werde. Bei → war die Aufmerksamkeit am frischesten beim Daumen, am meisten ermüdet beim kleinen Finger; bei ← war es umgekehrt. Es schien mir von Interesse, den hieraus hervorgehenden Einfluss zu untersuchen, welcher, wie man aus Folgendem sieht, nicht gross, doch sichtbar ist. Ich erhielt nämlich in Summa für alle 4 Lagen:

$\Sigma\Delta$ (m = 40, μ = 64)

	𝔇.	ℨ.	𝔐.	𝔊.	𝔎.
→	148,56	124,20	136,92	152,84	151,28
←	154,68	123,90	136,05	134,36	161,94

Mit der wachsenden Uebung verkürzte sich allmälig, bis zu einer gewissen Gränze, die Beobachtungszeit, welche für die 100 Versuche jedes Tages erfoderlich war; indem man allmälig dahin kommt, die Entscheidung bei jedem Versuche schneller zu fällen, als anfangs. Dass diese grössere Schnelligkeit doch keine grössere Ungenauigkeit in der Schätzung mitführte, beweist sich daraus, dass vielmehr umgekehrt, im Fortschritte der Beobachtungsreihe, die Fehlersummen sich verkleinerten. Aber auch, wenn ich aus derselben Versuchsperiode die Fehlersummen der Tage mit der grössten und kleinsten Versuchsdauer vergleiche, finde ich keinen in Betracht kommenden Unterschied zwischen beiden. Manchen Tag kann man gar nicht fertig mit wiederholten Applicationen der Zirkel werden, ehe man sich entscheidet, anderemale ist man durchschnittlich viel schneller mit dem Urtheile fertig; aber die langsamsten Entscheidungen sind nicht immer die besten. Hier folgen noch einige Data über diese Verhältnisse.

Ich habe die Versuchsdauer nicht vom Anfange der Beobachtungsreihe herein, welche vom 21. Nov. 1857 bis 6. April 1858 dauerte, und auch später nicht an allen Tagen, aber an 32 verschiedenen Tagen vom 3. Jan. an bestimmt; und im Mittel 63,6 Min. gefunden. Wenn ich aber die Beobachtungsreihe vom 3. Jan. bis zum Schlusse in 4 gleiche Abtheilungen von 24 Tagen theile, so wurden folgende mittlere Beobachtungszeiten darin gefunden:

1. Abtheil. 71,8 Min. (Mittel aus 4 Bestimmungen)
2. - 67,3 - - - 8 -)
3. - 60,4 - - - 10 -)
4. - 60,5 - - - 10 -)

wonach der Fortschritt der Verkürzung vom Anfange herein beträchtlich war, später zum Stillstande kam.

Die Beobachtungszeit schwankte überhaupt von 53 bis 76 Minuten. Ich stellte nun unter Ausschluss der früheren Periode, wo alle Beobachtungszeiten verhältnissmässig gross sind*), aus der letzten Zeit vom 17. Febr. bis 6. April, wo grössere und kleinere Zeiten unregelmässig wechseln, die Fehlersummen für die Tage mit den 5 kleinsten Versuchsdauern (53, 54, 55, 56, 58 Min.) und mit den 5 grössten Versuchsdauern 64, 64, 65, 66, 68 Min.) zusammen; und erhielt aus ersteren in Summa für alle Finger und alle Lagen (mit $m = 10$, $\mu = 50$) $\Sigma\Delta = 1009{,}4$, aus letzteren 995,6, was nur ganz unerheblich abweicht.

---

*) Diese Beobachtungen mit den späteren zu vergleichen würde nicht statthaft gewesen sein, weil die späteren wegen fortgeschrittener Uebung kleinere Zahlen geben.

VI. Fechner (Oct. 1858 bis Jan. 1859).

Linker Zeigefinger, Vorderglied, Volarseite, 1 Längsdistanz = 10 *d*. Im Ganzen 1200 Versuche in 40 Versuchstagen, à 30 Beobachtungen.

Diese Versuche theilen sich in drei, je 400 Beobachtungen enthaltende, Hauptabtheilungen nach der Applicationsweise der Zirkel.

α) Application der Zirkel auf meinen Finger durch einen Gehülfen. Beobachter und Gehülfe sitzen sich gegenüber, der Gehülfe stützt den Arm, welcher den Zirkel applicirt, festeren Haltes wegen, auf den Tisch.

β) Selbstapplication der Zirkel mit der rechten Hand auf den linken Zeigefinger.

γ) Die Zirkel in verticaler Lage neben einander in eine Schraubenzwinge eingespannt, und der Finger von einem zum anderen bewegt. Beide Zirkeldistanzen sind nahe an einander, einander parallel, senkrecht gegen die Vorderfläche des Körpers *A B* wie folgt angebracht:

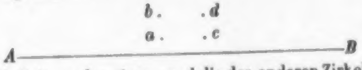

wo *a*, *b* die Spitzen des einen, *c*, *d* die des anderen Zirkels bedeuten, und zwar wurde (nach Tagen wechselnd) die Normaldistanz einmal rechts (R.), das anderemal links (L.) genommen, worauf sich hier die Raumlage bezieht, indess bei *α*) und *β*) die Raumlage (O. und U.) auf obere und untere Fassung des Zirkels geht. Jeden Tag 3 Versuchssätze à 10 Beobachtungen hinter einander respectiv für *α*, *β*, *γ* angestellt, *α* aus äusseren Gründen stets zuerst, indess *β*, *γ* mit der zweiten und dritten Stelle wechselten.

Die Lagen sind mit eingeklammerten Ziffern wie folgt bezeichnet:

	(1)	(2)	(3)	(4)
bei *α* und *β*	I U	II U	I O	II O
bei *γ* . . .	I L	II L	I R	II R

$m = 10, \ \mu = 10.$

		(1)	(2)	(3)	(4)	Summa
$\Sigma\Delta$	α	19,18	16,64	15,68	19,12	70,62
	β	12,66	14,00	13,08	12,74	52,48
	γ	10,70	12,54	11,50	12,65	47,39
Summa		42,54	43,18	40,26	44,51	170,49
c	α	−0,107	+0,096	−0,086	+0,154	
	β	−0,178	−0,366	−0,266	−0,422	
	γ	−0,330	−0,306	−0,102	−0,216	

	p	q	s	s_1	s_2	W
α	−0,111	−0,020	+0,014	+0,022	+0,005	0,00771
β	+0,086	+0,026	−0,308	−0,300	−0,316	0,00574
γ	+0,088	−0,077	−0,239	−0,273	−0,204	0,00540

	ε	ε_1
α	0,1766	0,1794
β	0,1312	0,1344
γ	0,1155	0,1178

Der Werth ε_1 ist hier aus dem Werthe ε durch Correction nicht nur wegen des endlichen m, sondern auch wegen der Grösse der Intervalle durch Multiplication von ε mit $\frac{31}{30}\left(1 - \frac{0{,}00033}{\varepsilon^2}\right)$ abgeleitet, indess bei den früheren Reihen I bis VI die Correction wegen der Intervalle nicht angebracht ist.

Man sieht, dass die Applicationsweise der Zirkel α, d. i. durch einen Gehülfen, bei Weitem die grösste Fehlersumme $\Sigma\Delta$ und demgemäss die grössten Werthe ε_1 geliefert hat; was davon abhängt, dass eine fremde Hand die Zirkel nicht so gleichförmig zu appliciren vermag, als man es selbst kann, und was beweist, wie viel zur Vergleichhaltung der Werthe auf Vergleichbarkeit der Manipulation bei den Versuchen ankommt. β und γ weichen nicht sehr von einander ab, doch ist γ noch etwas vortheilhafter als β. Der mittlere Fehler ε_1 beträgt bei γ nur 0,1178 d, d. i. $\frac{1}{25}$ D.

Während der variable Fehler bei α) am grössten ist, sind die constanten Fehler c bei α) am kleinsten, und q; s so klein, dass namentlich s allenfalls auf Zufall geschoben werden könnte, da W bis über die Hälfte von s reicht. Die Doppelwerthe s_1, s_2 stimmen bei β) sehr gut, bei α) und γ) schlecht. Diess ist bei α) nicht befremdend, da s hier fast verschwindet. Nimmt man statt dessen die Doppelwerthe der grössten Componente, welche hier p ist, so findet man $p = -0{,}0995$ und $p_2 = -0{,}1150$, was ganz leidlich stimmt.

Theilt man die ganze Reihe in zwei Fractionen nach der Zeit, so findet man in Summa für die 4 Lagen:

$\Sigma\Delta$ ($m = 10$, $\mu = 20$).

	α	β	γ
1. Fract.	33,10	25,50	23,18
2. -	37,50	26,02	24,21

Man kann bemerken, dass die Werthe sowohl von $\Sigma\Delta$ als c für den Zeigefinger in Reihe II und Reihe V, obgleich in derselben Weise, nur zu anderer Zeit und in anderem Zusammenhange als die Werthe in dieser Reihe nach β) gewonnen, doch sehr davon abweichen, was ein Beispiel ist, dass man Versuche, unter gleichen Umständen zu verschiedenen Zeiten angestellt, wo Uebung und andere Umstände die Empfindlichkeit abgeändert haben können, und ein anderes Spiel von Zufälligkeiten stattfinden kann, nicht vergleichbar halten darf.

An sich kann es einiges Interesse haben, wenn ich hier das vollständige Verzeichniss der, in den einzelnen Versuchsfractionen à $m = 10$ erhaltenen c-Werthe in Reihe α beifüge, insofern man daraus ersieht, wie selbst unter Umständen, welche den constanten Fehler möglichst verkleinern, doch der Charakter der Constanz sich im Vorzeichen noch geltend macht. Zur Unterlage für die folgenden Berechnungen füge ich aber auch noch das Verzeichniss für die beiden anderen Reihen bei.

Werthe von c in Reihe α für die einzelnen Fractionen à $m = 10$.

	c_1	c_2	c_3	c_4
	−0,22	−0,01	−0,02	+0,10
	−0,16	+0,05	−0,10	+0,07
	−0,14	+0,12	−0,03	+0,25
	−0,06	+0,21	−0,16	+0,10
	−0,11	+0,16	−0,20	+0,11
	−0,07	+0,07	+0,04	+0,11
	−0,20	+0,11	−0,13	+0,16
	−0,07	+0,09	−0,18	+0,23
	−0,04	+0,08	−0,06	+0,13
	−0,00	+0,08	−0,02	+0,21
Mittel	−0,107	+0,096	−0,086	+0,154

Entsprechende Werthe von c in Reihe β.

c_1	c_2	c_3	c_4
−0,40	−0,43	−0,25	−0,49
−0,17	−0,39	−0,26	−0,33

	c_1	c_2	c_3	c_4
	−0,27	−0,38	−0,40	−0,54
	−0,21	−0,48	−0,30	−0,44
	−0,12	−0,42	−0,30	−0,56
	−0,09	−0,37	−0,27	−0,37
	−0,08	−0,36	−0,37	−0,46
	−0,26	−0,21	−0,33	−0,46
	+0,04	−0,25	−0,13	−0,14
	−0,22	−0,49	−0,05	−0,26
Mittel	−0,173	−0,368	−0,266	−0,422

Entsprechende Werthe von c in Reihe γ.

	c_1	c_2	c_3	c_4
	−0,33	−0,24	−0,11	−0,19
	−0,30	−0,27	−0,26	−0,30
	−0,36	−0,38	−0,24	+0,01
	−0,37	−0,22	−0,23	−0,33
	−0,35	−0,34	−0,07	−0,22
	−0,15	−0,47	−0,08	−0,14
	−0,17	−0,18	−0,03	−0,09
	−0,39	−0,42	−0,12	−0,28
	−0,04	−0,32	+0,09	−0,26
	−0,22	−0,22	+0,05	−0,33
Mittel	−0,330	−0,306	−0,102	−0,216

Von der Reihe α mag auch das Verzeichniss der Fehlersummen in den einzelnen Fractionen à $m = 10$ gegeben werden.

Fractionswerthe $\Sigma\Delta$ ($m = 10$, $\mu = 1$) in Reihe α.

	I U.	II U.	I O.	II O.
	1,64	0,36	0,22	1,60
	2,12	2,12	1,00	1,10
	1,48	1,88	2,22	2,08
	1,60	1,90	1,96	1,60
	2,12	1,20	1,00	2,52
	1,70	1,50	1,80	2,32
	2,00	2,34	1,70	1,72
	1,54	1,50	1,40	1,90
	2,08	2,44	1,88	1,84
	2,60	1,20	1,84	1,92
Totalsumme	19,18	16,64	15,68	19,12

Berechnen wir nun den wahrscheinlichen Fehler w des constanten Fehlers sowohl aus $\Sigma\Delta$ als aus $\Sigma(\vartheta^2)$ mittelst der S. 349 und S. 352 gegebenen Formeln, indem wir $\mu = 10$ setzen, und für $\Sigma\Delta$ die in der Tabelle gegebenen Werthe zu Grunde legen; $\Sigma(\vartheta^2)$ aber aus den Werthen der vorigen Tabellen bestimmen *), so finden wir **):

Werthe w.

	α		β		γ	
	nach $\Sigma\Delta$	nach $\Sigma(\vartheta^2)$	nach $\Sigma\Delta$	nach $\Sigma(\vartheta^2)$	nach $\Sigma\Delta$	nach $\Sigma(\vartheta^2)$
w_1	0,0164	0,0160	0,0111	0,0270	0,0093	0,0233
w_2	0,0148	0,0138	0,0122	0,0285	0,0110	0,0205
w_3	0,0137	0,0171	0,0114	0,0226	0,0100	0,0239
w_4	0,0167	0,0144	0,0111	0,0299	0,0114	0,0201

Hier sieht man, dass bei α) beide Bestimmungsweisen nahe stimmen; indess bei β und γ die Bestimmungsweise nach $\Sigma(\vartheta^2)$ mehr als doppelt so grosse Werthe liefert, als nach $\Sigma\Delta$, was ein beträchtliches Schwanken des constanten Fehlers beweist. Die Werthe W in Tabelle S. 364 sind nach $\Sigma\Delta$ berechnet.

Gelegentlich kann man sich überzeugen, dass die Berechnung nach $\Sigma\vartheta$ mittelst der Formel S. 352 kein erheblich abweichendes Resultat von der Berechnung nach $\Sigma(\vartheta^2)$ liefert. Um die Reihe β mit den stärksten Werthen c als Beispiel zu nehmen, so hat man

	w_1	w_2	w_3	w_4
nach $\Sigma(\vartheta^2)$	0,0270	0,0285	0,0226	0,0299
nach $\Sigma\vartheta$	0,0260	0,0284	0,0237	0,0303

Eine entsprechende Uebereinstimmung findet man auch sonst immer, wonach man, da Abweichungen dieser Ordnung für den Zweck dieser Bestimmungen nicht erheblich sind, nicht nöthig hätte, zu der umständlicheren Bestimmung von $\Sigma(\vartheta^2)$ zurückzugehen, sondern sich begnügen kann, auf $\Sigma\vartheta$ zurückzugehen***), wenn schon principiell die Bestimmung nach $\Sigma(\vartheta^2)$ ein wenig sicherer ist.

Die Tabelle der Fractionswerthe von $\Sigma\Delta$ auf S. 366 giebt Gelegenheit, die Regel zur Berechnung des wahrscheinlichen Fehlers von $\Sigma\Delta$ (vgl. S. 352 f.) zu bewähren. Von den 40 Fractionswerthen dieser Tabelle zeigen wirklich 20 eine geringere, 20 eine grössere Abweichung von ihren (für die 4 Lagen geltenden) vier Mitteln, als dem wahrscheinlichen Fehler entspricht, wenn er nach der angegebenen Regel berechnet wird. Für I. U ist nämlich 1,918 die mittlere Summe, das giebt, mit 0,161 multiplicirt, 0,309 als wahrscheinlichen Fehler. Nimmt man die Abweichungen der 10 Einzelsummen von 1,918, so findet man 7 kleiner, 3 grösser als 0,309; bei II. U entsprechend bestimmt sind 6 Abweichungen im Mittel kleiner, 4 grösser, als der wahrscheinliche Fehler, der hier 0,267 ist; bei I. O sind 3 kleiner, 7 grösser, bei II. O 4 kleiner, 6 grösser, als der wahrscheinliche Fehler; im Ganzen also 20 kleiner, 20 grösser. Bei den einzelnen Abtheilungen darf man wegen zu geringer Zahl der Fälle die Gleichheit zwischen der Zahl der kleineren und grösseren Werthe nicht erwarten.

---

*) Man hat beispielsweise für Reihe α die 4 Werthe $\Sigma(\vartheta^2) = 0,050619$; 0,037840; 0,048040; 0,044440.

**) Die Berechnung nach $\Sigma\Delta$ kommt kurz darauf zurück, den Logarithmus 0,94128 — 4 zum Logarithmus von $\Sigma\Delta$ zu addiren, die Berechnung nach $\Sigma(\vartheta^2)$ darauf, den Logarithmus 0,85486 — 2 zum halben Logarithmus von $\Sigma(\vartheta^2)$ zu addiren, und beidesfalls die Zahl dazu zu nehmen.

***) Hiezu hat man bei unserer Reihe den Logarithmus 0,44128 — 2 zum Logarithmus von $\Sigma\vartheta$ zu addiren und die Zahl zu nehmen.

1. Zusatz.

Herleitung der Correction wegen des endlichen *m*.

Die Aufgabe ist folgende: eine Reihe Fehler Δ, deren Totalzahl m, ist vom arithmetischen Mittel A der Beobachtungsgrössen an (bei den Tast- und Augenmassversuchen von der mittleren Fehldistanz an) gerechnet, d. h. als Differenzen der einzelnen beobachteten Grössen von A bestimmt worden, und hat die Fehlersumme $\Sigma\Delta$ gegeben, worin alle Fehler, positive und negative, nach absolutem Werthe (wie positive) verrechnet sind. Aber die, aus m Beobachtungen abgeleitete, Mittelgrösse A ist nicht die wahre Mittelgrösse V, welche aus einer unendlichen Zahl Beobachtungen hervorgehen würde, und mithin die von der Mittelgrösse an gerechneten Fehler nicht die wahren Fehler. Die Summe der wahren Fehler $S\Delta$ soll durch eine Correction aus der Summe der falschen $\Sigma\Delta$ abgeleitet werden. Der Correctionsfactor, der sich hiebei für $\Sigma\Delta$ ergiebt, ist dann eben so auf den falschen Mittelfehler $\varepsilon = \frac{\Sigma\Delta}{m}$ anwendbar.

Nehmen wir zuerst an, die Grösse V—A, um welche die wahre Mittelgrösse V von der gefundenen A abweicht, sei bekannt. Sie heisse α, und man suche hienach die Beziehung zwischen $S\Delta$ und $\Sigma\Delta$.

α kann positiv oder negativ sein. Diesseitige falsche Fehler nun sollen solche heissen, welche mit α gleiches Vorzeichen haben, jenseitige solche, welche ungleiches Vorzeichen damit haben. Dann hat man, um $\Sigma\Delta$ in $S\Delta$ zu verwandeln *):

1) Alle diesseitigen falschen Fehler, welche absolut grösser sind, als α, deren Zahl s und deren Summe $\mathfrak{S}$ sei, um den absoluten Werth von α zu verkleinern; giebt $\mathfrak{S}-s\alpha$.

2) Alle jenseitigen falschen Fehler, deren Zahl n und deren Summe $\mathfrak{N}$ sei, um den absoluten Werth α zu vergrössern; giebt $\mathfrak{N}+n\alpha$.

3) Für alle diesseitigen falschen Fehler, welche zwischen o und α liegen, deren Zahl z und deren Summe $\mathfrak{Z}$ sei, die Differenz derselben von α nach absolutem Werthe zu substituiren; giebt $z\alpha-\mathfrak{Z}$.

Also hat man:

$$S\Delta = \mathfrak{S} + \mathfrak{N} - \mathfrak{Z} + (-s+n+z)\alpha.$$

Indem aber $\mathfrak{S} + \mathfrak{N} + \mathfrak{Z} = \Sigma\Delta$ und $s+n+z=m$ geht dieser Ausdruck über in

$$S\Delta = \Sigma\Delta + (m-2s)\alpha - 2\mathfrak{Z}$$

wobei α nach absolutem Werthe zu nehmen ist.

Die verlangte Correction wird gefunden sein, wenn wir für α, s und $\mathfrak{Z}$ bestimmte Werthe zu substituiren vermögen. Diess aber kann insofern geschehen, als wir die normale Fehlervertheilung voraussetzen, welche in der That bestimmte Werthe dafür finden lässt **).

Was nun α anlangt, so können wir nach derselben Betrachtungsweise, die auch zur Correction der Fehlerquadratsumme $\Sigma\Delta^2$ wegen des endlichen m geführt hat ***), setzen

$$\alpha = \frac{S\Delta}{m\sqrt{m}}$$

Denn die Mittelgrösse der Beobachtung wird im Mittel durch 1

---

*) Nöthigenfalls kann man sich die folgenden Regeln 1) 2) 3) und die daraus gefolgerte Gleichung zwischen $\Sigma\Delta$ und $S\Delta$, auf die Alles ankommt, an einem willkührlich fabricirten Beispiele erläutern und bewähren, indem man eine Reihe Fehler willkührlich ansetzt, nur mit Rücksicht die Summe der positiven der Summe der negativen gleich zu nehmen, und eben so den Werth α willkührlich nimmt, da diese Regeln für jede Art Fehlervertheilung gelten.

**) Hiefür kann natürlich das willkührliche Beispiel nicht mehr dienen.

***) Vergl. Encke im astronom. Jahrb. für 1834. S. 282 f.

Beobachtung um $\frac{S\Delta}{m}$ falsch bestimmt, folglich durch m-Beobachtungen nach bekannter Wahrscheinlichkeitsregel um $\frac{S\Delta}{m\sqrt{m}}$ falsch.

Was s und $\mathfrak{Z}$ anlangt, so kann s als die Zahl der oberhalb α auf einer Seite liegenden, d. i. positiven oder negativen, Fehler durch

$$s = \frac{m}{2} \overset{\infty}{\underset{\alpha}{(\cdot)}}$$

gegeben angesehen werden, wenn $\overset{\infty}{\underset{\alpha}{(\cdot)}}$ die durch die bekannte Integraltabelle bestimmbare Wahrscheinlichkeit der Fehler bedeutet, die nach beiden Seiten (als positive und negative) oberhalb des absoluten Werthes α liegen. Von anderer Seite ist

$$\mathfrak{Z} = \frac{1}{2} \overset{\alpha}{\underset{o}{[\cdot]}} S\Delta$$

wenn $\overset{\alpha}{\underset{o}{[\cdot]}}$ den wie unten zu berechnenden Bruchtheil von der Totalsumme der Fehler $S\Delta$ bedeutet, welcher zwischen o und dem absoluten Werthe α beiderseits liegt.

Substituiren wir diese Ausdrücke für α, s und $\mathfrak{Z}$, so erhalten wir

$$S\Delta = \Sigma\Delta + \left(1 - \overset{\infty}{\underset{\alpha}{(\cdot)}}\right) \frac{\Sigma\Delta}{\sqrt{m}} - \overset{\alpha}{\underset{o}{[\cdot]}} S\Delta$$

mithin, unter Substitution von

$$\overset{\alpha}{\underset{o}{(\cdot)}} \text{ für } 1 - \overset{\infty}{\underset{\alpha}{(\cdot)}}$$

$$S\Delta = \frac{\Sigma\Delta}{1 - \overset{\alpha}{\underset{o}{(\cdot)}} \frac{1}{\sqrt{m}} + \overset{\alpha}{\underset{o}{[\cdot]}}}$$

Nun gilt es noch, $\overset{\alpha}{\underset{o}{(\cdot)}}$ und $\overset{\alpha}{\underset{o}{[\cdot]}}$ in Zahlen zu bestimmen. Diess kann für jeden Werth von m genau geschehen, Ersteres nach der Integraltabelle*) für die Wahrscheinlichkeit oder relative Zahl der Fehler zwischen den Grössengränzen o und α; Letzteres nach dem Ausdrucke für die verhältnissmässige Fehlersumme zwischen den Grössengränzen der Fehler o und α, welcher giebt:

---

*) Astronom. Jahrb. f. 1834. S. 305 ff.

$$\overset{\alpha}{\underset{0}{[\cdot]}} = 1 - e^{\frac{1}{-\pi m}}$$

wenn e die Grundzahl der natürlichen Logarithmen, π die Ludolf'sche Zahl[*]).

Hienach lässt sich eine Tabelle berechnen, worin der Correctionsfactor scharf für jeden Werth von m gegeben ist. Das Bruchstück einer solchen Tabelle folgt unten, wonach er bei $m = 10$ statt $\frac{31}{30} = 1{,}033333$ streng genommen $1{,}0326699$ wäre, welcher Unterschied doch, wie man sieht, zu vernachlässigen ist. Um aber einen für jedes m anwendbaren allgemeinen Correctionsfactor zu erhalten, hat man die Werthe $\overset{\alpha}{\underset{0}{(\cdot)}}$ und $\overset{\alpha}{\underset{0}{[\cdot]}}$ nach ihrem allgemeinen Ausdrucke in unendliche Reihen zu entwickeln und nur das erste Glied beizubehalten, was, wie sich unten zeigt, vollkommen genügt. Nun hat man, wenn kurz gesetzt wird $\frac{\alpha}{\varepsilon_1} = u$, und $\varepsilon_1 = \frac{S\Delta}{m}$, allgemein für jeden Werth α

$$\overset{\alpha}{\underset{0}{(\cdot)}} = \frac{2}{\pi}\left(\frac{u}{1} - \frac{u^3}{3\pi} + \ldots\right)$$

$$\overset{\alpha}{\underset{0}{[\cdot]}} = \frac{u}{\pi}\left(u - \frac{u^3}{2\pi} + \ldots\right)$$

Da aber hier $\alpha = \frac{\varepsilon_1}{\sqrt{m}}$, so ist $u = \frac{1}{\sqrt{m}}$.

Berücksichtigt man blos das erste Glied beider Ausdrücke, so erhält man hienach

$$S\Delta = \frac{\pi m}{\pi m - 1}\, \Sigma\Delta$$

wofür sich mit hinreichender Approximation setzen lässt

---

[*]) Man hat nämlich zunächst für jeden beliebigen Werth von α

$$\overset{\alpha}{\underset{0}{[\cdot]}} = \frac{2h}{S\Delta\sqrt{\pi}}\int_0^\alpha \Delta e^{-h^2\Delta^2}\, d\Delta$$

wo h das Mass der Präcision. Nach einer bekannten Gleichung aber ist $h = \frac{1}{\varepsilon\sqrt{\pi}} = \frac{m}{S\Delta\sqrt{\pi}}$, wenn ε der einfache Mittelfehler. Substituirt man diesen Werth für h, und setzt $\alpha = \frac{\varepsilon}{\sqrt{m}} = \frac{S\Delta}{m\sqrt{m}}$, so findet man durch Integration obige Gleichung.

$$\frac{3m}{3m-1}\,\Sigma\Delta \text{ oder } \frac{3m+1}{3m}\,\Sigma\Delta$$

wovon Letzteres sich, wie man aus folgender Tabelle sieht, noch etwas mehr als Ersteres an die ganz scharfe Correction anschliesst.

Hier folgt schliesslich eine kleine Tabelle, welche den Correctionsfactor $\Sigma\Delta$ für einige Werthe von m sowohl nach der ganz scharfen Berechnung mit Rückgang auf die beigefügten Werthe von $\overset{\alpha}{\underset{0}{(\cdot)}}$ und $\overset{\alpha}{\underset{0}{[\cdot]}}$, als nach den verschiedenen Approximationen giebt, woraus man ersieht, dass, selbst wenn man bis zu kleinsten Werthen m herabgeht, die Correction $\frac{3m+1}{3m}$ sich ganz unerheblich von der ganz scharfen unterscheidet, auf die, oder auch nur auf $\frac{m\pi}{m\pi-1}$ zurückzugehen, sonach ganz überflüssig sein würde. Zugleich ist der Correctionsfactor für den quadratischen mittleren Fehler $\varepsilon_q = \sqrt{\frac{\Sigma(\Delta^2)}{m}}$ nach der schon bekannten Correctionsweise beigefügt, woraus man sieht, dass dieser Factor überall grösser als für $\Sigma\Delta$ und mithin für $\varepsilon = \frac{\Sigma\Delta}{m}$ ist.

	Correctionsfactor für $\Sigma\Delta$ und ε.						für ε_q
m	$\frac{3m}{3m-1}$	$\frac{3m+1}{3m}$	$\frac{m\pi}{m\pi-1}$	scharfe Corr.	$\overset{\alpha}{\underset{0}{(\cdot)}}$	$\overset{\alpha}{\underset{0}{[\cdot]}}$	$\sqrt{\frac{m}{m-1}}$
2	1,20000	1,16667	1,189818	1,183545	0,4273712	0,1471851	1,4142
3	1,12500	1,11111	1,118697	1,116404	0,3549580	0,1006682	1,2248
.							
.							
10	1,03448	1,03333	1,032889	1,032699	0,1992010	0,0313296	1,0541
20	1,01695	1,01667	1,016173	1,016139	0,146010	0,0157896	1,0260
30	1,01123	1,01111	1,010724	1,010702	0,1158224	0,0105573	1,0171
.							
50	1,00671	1,00667	1,006407	1,006400	0,0898408	0,0063460	1,0101
.							
.							
100	1,00334	1,00333	1,003193	1,003192	0,0635945	0,0031780	1,0050

Die Werthe von $\overset{\alpha}{\underset{0}{(\cdot)}}$ und $\overset{\alpha}{\underset{0}{[\cdot]}}$, welche zur Berechnung der scharfen Correction gedient haben, sind, der erstere durch Interpolation der Tabelle, welche **Encke** im astronom. Jahrb. 1834 giebt, mit Zuziehung der zweiten Differenzen, $\overset{\alpha}{\underset{0}{[\cdot]}}$ aber direct nach der S. 371 gegebenen Formel berechnet worden.

2. Zusatz.

Herleitung der Correction wegen der Grösse der Intervalle.

In mathematischem Sinne hat jeder Beobachtungsfehler von ganz bestimmter Grösse nur eine unendlich geringe Wahrscheinlichkeit, und würde nur unendlich selten wiederkehren können. Aber bei den wirklichen Beobachtungen kann man nicht Fehler bis ins Kleinste unterscheiden, sondern nur bis zu einer gewissen Gränze damit herabgehen, und so bleibt man nach Umständen bei Zehntheilen, Hunderttheilen, Tausendtheilen von Linien, Graden u. dgl. in der Aufzeichnung stehen. Was dazwischen fällt, wird auf die nächstliegenden Gränzen der unterschiedenen Intervalle verlegt. Insofern man nun hiedurch den Fehler durchschnittlich eben so oft zu gross als zu klein notirt, scheint es, dass sich diess bei einer grossen Zahl Versuchen compensiren müsste. Auch ist diess nahe aber nicht genau der Fall; vielmehr bringt der Umstand, dass die Zahl der Fehler gegebener Grösse verhältnissmässig rascher als ihre Grösse abnimmt, mit sich, dass hiedurch die Fehlersumme grösser ausfällt, als wenn man jeden Fehler nach seinem richtigen Werthe verzeichnete, und zwar in um so stärkerem Verhältnisse grösser, je grösser die Intervalle, die man bei der Aufzeichnung noch unterscheidet, im Verhältnisse zum mittleren Fehler sind. Denn gesetzt, man schreitet bei der Aufzeichnung durch die Intervalle 0,00; 0,10; 0,20; 0,30 etc. fort, so wird jeder Fehler z. B. über 0,15 und unter 2,5 zu 0,20 geschlagen werden; mithin die ersten Fehler zu gross, die letzten zu klein genommen werden; die Zahl der Fehler im Intervalle von 0,15 bis 0,20 ist aber um so viel grösser, als die der Fehler im Intervalle von 0,20 bis 0,25, dass die Vergrösserung der Fehlersumme, welche aus ersterem Umstande erwächst, nicht durch die Verkleinerung, welche aus letzterem Umstande erwächst, compensirt wird.

So viel ich weiss, ist bis jetzt nicht untersucht worden, wie viel der hievon abhängige Irrthum beträgt und welche Gesetze er befolgt.

Ich finde nun die oben S. 349 angegebene Correction in folgender Weise.

Setzen wir erst, es werde wirklich jeder Fehler mit seinem wahren Werthe notirt so oft, als er vorkommt, so erhalten wir durch Summirung dieser Fehler, deren Zahl *m* sei, die wahre Fehlersumme $S\Delta$; und durch Mittelziehung daraus den wahren Mittelfehler, welcher ε_1 heisse. Sei hingegen i das Intervall der Eintheilung, wozwischen keine Fehler angenommen werden, und beispielsweise $i = 0{,}25\ \varepsilon_1$ oder $\frac{1}{4}\ \varepsilon_1$, so werden alle Fehler auf die Gränzen der Intervalle von dieser Grösse verlegt und eine falsche Summe $\Sigma\Delta$ erhalten, deren Verhältniss zur wahren $S\Delta$ es zu bestimmen gilt.

Nach der bekannten Tabelle des Wahrscheinlichkeitsintegrals (unter Zuziehung einer Interpolation) ist im Intervalle der Fehlergrössen von 0 bis $\frac{1}{4}\ \varepsilon_1$ normalerweise 0,1581058 der totalen Fehlerzahl enthalten*). Indem diese Fehler halb zu $\frac{1}{4}\ \varepsilon_1$, halb zu 0 geschlagen werden, wird als falsche Summe für dieses Intervall erhalten das, mit $0{,}1581058\ m$ multiplicirte, Mittel zwischen 0 und $0{,}25\ \varepsilon_1$. Für das Intervall von $0{,}25\ \varepsilon_1$ bis $0{,}50\ \varepsilon_1$ beträgt die Normalzahl der Fehler nach der Tabelle des Integrales $0{,}1519585\,m$. Also giebt das hiemit multiplicirte Mittel zwischen $0{,}25\ \varepsilon_1$ und $0{,}50\ \varepsilon_1$, d. i. $\frac{3}{8} \cdot 0{,}1519585\,m\ \varepsilon_1$ die falsche Summe für dieses Intervall, u. s. f. durch die ganze Skala der Fehlergrössen. Die Gesammtheit dieser Summen giebt $1{,}003321\ m\ \varepsilon_1$ statt der wahren Summe $m\ \varepsilon_1 = S\Delta$.

Die Summirung ist hiebei allerdings nur bis zu $\Delta = 7{,}00\ \varepsilon_1$ fortgesetzt; allein die vernachlässigten höheren Fehler haben wegen ihres verschwindend seltenen Vorkommens nur noch Einfluss auf höhere Decimalen, als hier berücksichtigt sind.

Für ein Intervall $i = \varepsilon_1$ wurde entsprechend verfahren und dadurch der Werth

$$S\Delta = 1{,}053643\ \Sigma\Delta$$

erhalten.

Diese Bestimmungen sind mittelst Interpolation einer bis $h\Delta$**) $= 3$ gehenden Tabelle des Wahrscheinlichkeitsintegrales der Fehler unter Mitzuziehung der zweiten Differenzen und eigene Berechnung für höhere Werthe nach Verwandlung des Integrales in eine unendliche Reihe*) unter sorgfältiger Revision der erhaltenen Werthe, gefunden.

---

*) Diess findet sich mit Rücksicht, dass das in das Integral eingehende Mass der Präcision h gleich $\frac{1}{\varepsilon_1 \sqrt{\pi}}$ ist, wenn π die Ludolf'sche Zahl.

**) $h = \frac{1}{\varepsilon_1 \sqrt{\pi}}$.

Ohne Interpolation erhielt ich direct für folgende Intervallverhältnisse $\alpha = \frac{i}{\varepsilon_1}$ folgendes Verhältniss der falschen zu der wahren Summe, wobei $\sqrt{\pi} = 1{,}7724539$

$\alpha = \frac{i}{\varepsilon_1}$	$\frac{\Sigma\Delta}{S\Delta}$
$0{,}10\sqrt{\pi}$	1,0016673
$0{,}20\sqrt{\pi}$	1,0066757
$0{,}40\sqrt{\pi}$	1,026713
$0{,}80\sqrt{\pi}$	1,109193

Man sieht nun aus diesen wie aus den vorigen Bestimmungen, dass der Werth, um welchen $\frac{\Sigma\Delta}{S\Delta}$ den Werth 1 übersteigt, und welcher u heisse, merklich im Verhältnisse des Quadrates von $\frac{i}{\varepsilon_1}$ steht. Doch wächst der Werth etwas stärker, denn während er bei $\frac{i}{\varepsilon_1} = 0{,}10\sqrt{\pi}$ gleich 0,0016673 ist, ist er bei $\frac{i}{\varepsilon_1} = 0{,}80\sqrt{\pi}$ gleich 0,109193, statt dass er nach dem quadratischen Verhältnisse 0,1067072 sein sollte. Entsprechendes zeigt sich bei den Zwischenwerthen. Indessen ist die Abweichung vom quadrati-

---

*) Ich erhielt folgende Werthe für die mit $\overset{\Delta}{\underset{0}{(\cdot)}}$ zu bezeichnende Wahrscheinlichkeit der Fehler von 0 bis Δ bei folgenden Werthen von $h\Delta$, wenn h das Mass der Präcision $= \frac{1}{\varepsilon_1\sqrt{\pi}}$ ist, welche ich zu erleichterer Controle der obigen Ableitung hersetze:

$h\Delta$	$\overset{\Delta}{\underset{0}{(\cdot)}}$
3,0	0,9999779093
3,1	88351.
3,2	939740
3,3	969422
3,4	984780
3,5	992569
3,6	996441
3,7	998329
3,8	999230
3,9	999652
4,0	999846
4,1	999933
4,2	999971

schen Fortschritte so gering, dass sie füglich vernachlässigt werden kann.

Heisse nun γ kurz der Werth u für $\frac{i}{\varepsilon_1} = 1$, so ist nach dem quadratischen Verhältnisse

$$\Sigma\Delta = \left(1 + \frac{\gamma i^2}{\varepsilon_1^2}\right) S\Delta$$

Und, sofern ε der falsche, ε_1 der wahre Mittelfehler ist, auch

$$\varepsilon = \left(1 + \frac{\gamma i^2}{\varepsilon_1^2}\right) \varepsilon_1$$

Diess führt zu der quadratischen Gleichung

$$\varepsilon_1^2 - \varepsilon\varepsilon_1 + \gamma i^2 = 0$$

woraus

$$\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon \pm \sqrt{\varepsilon^2 - 4\gamma i^2}}{2}$$

Da $4\gamma i^2$ immer klein gegen ε^2, weil γ ein kleiner Bruch, so können wir vermöge Auflösung nach dem binomischen Lehrsatze und Beibehaltung der ersten beiden Glieder setzen

$$\sqrt{\varepsilon^2 - 4\gamma i^2} = \varepsilon - \frac{2\gamma i^2}{\varepsilon}$$

was giebt

$$\varepsilon_1 = \varepsilon - \frac{\gamma i^2}{\varepsilon} = \varepsilon\left(1 - \frac{\gamma i^2}{\varepsilon^2}\right)$$

Indem aber $m\varepsilon_1 = S\Delta$, $m\varepsilon = \Sigma\Delta$, folgt hieraus auch durch Multiplication auf beiden Seiten mit m

$$S\Delta = \Sigma\Delta\left(1 - \frac{\gamma i^2}{\varepsilon^2}\right)$$

Da man mit Beobachtungsreihen, wo $\frac{i}{\varepsilon_1} > 1$ ist, seltener zu thun haben wird, für $\frac{i}{\varepsilon_1} < 1$ aber u ein klein weniges kleiner ist, als dem Werthe $\gamma = 0{,}053643$ nach dem quadratischen Fortschritte entspricht, so habe ich für 0,053643 blos 0,053 als γ in der Correctionsformel S. 349 angenommen.

Innere Psychophysik.

XXXVI. Uebergang von der äusseren zur inneren Psychophysik.

Unsere bisherigen Untersuchungen, Resultate, Formeln bewegten sich wesentlich im Gebiete der äusseren Psychophysik und nur beiläufig und gelegentlich griffen wir damit auf das der inneren Psychophysik vor und über. Es ist aber, wie ich früher geltend gemacht, die äussere Psychophysik nur die Unterlage und Vorbereitung für die tiefer führende innere Psychophysik.

Rufen wir uns zurück: nicht der Reiz erweckt unmittelbar Empfindung, sondern zwischen ihn und die Empfindung schiebt sich noch eine innere körperliche Thätigkeit, wir nannten sie kurz die psychophysische, ein, die vom Reize erweckt wird, und die nun erst unmittelbar Empfindung mitführt oder nachzieht, je nach einer verschiedenen Ansicht, über die wir uns im folgenden Kapitel entscheiden; und die gesetzliche Beziehung zwischen dem äusseren und inneren Endgliede dieser Kette, Reiz und Empfindung, übersetzt sich nothwendig in eine solche zwischen dem Reize und diesem Mittelgliede einerseits und zwischen diesem Mittelgliede und der Empfindung anderseits.

In der äusseren Psychophysik haben wir dieses Mittelglied so zu sagen übersprungen, indem wir, der directen Erfahrung folgend, die gesetzliche Beziehung doch blos zwischen den Endgliedern dieser Kette, dem Reize, welcher der äusseren, und der Empfindung, welche der inneren Erfahrung blos liegt, direct zu constatiren vermochten. Im Eingange zu der inneren Psychophysik haben wir uns vom äusseren Endgliede zu dem Mittelgliede überleiten zu lassen, um fortan dessen Beziehung statt der des äusseren Endgliedes zu dem inneren Endgliede in Betracht zu ziehen. Den Reiz lassen wir dann fallen, nachdem er seinen Zweck erfüllt hat, uns zum Mittelgliede zu geleiten. In eine Uhr kann man nicht hineinsehen, aber dem Gange des äusseren Zeigers den Gang des Rades, das ihn mitführt, entsprechend halten, so lange die Uhr in rechtem Gange ist. Diesen äusseren Zeiger vertritt uns hier der Reiz, indess die psychophysische Bewegung den Gang des Rades vorstellt, nur dass es umgekehrt als bei der Uhr der Zeiger ist, der hier das innere Rad dreht.

Freilich kann der Gang des Zeigers uns nicht allein Aufschluss über die innere Bewegung geben; es gehört auch eine Kenntniss des inneren Getriebes dazu; und was Anatomie und Physiologie uns von dem inneren körperlichen Getriebe lehrt, das unserem geistigen Treiben unterliegt, ist bisher bei Weitem zu unvollständig, um sichere Schlüsse auch nur über das Allgemeinste der Natur der psychophysischen Bewegung zu erlauben. Sind es elektrische, chemische, mechanische, so oder so geformte Bewegungen eines ponderabeln oder imponderabeln Mediums? Sagen wir einfach, wir wissen es nicht; doch wird die Folge selbst zeigen, dass wir in die innere Psychophysik bis zu gewissen Gränzen einzudringen vermögen, ohne dass wir es wissen, ohne dass wir einer Kenntniss oder besonderer Voraussetzungen über die Natur, d. i. Substrat und Form der psychophysischen Bewegung bedürfen, nur dass gewisse Verhältnisse derselben als bekannt, nur dass diese bis zu gewissen Gränzen am äusseren Reize ablesbar sind.

In der That hat man die beiden Fragen wohl zu unterscheiden und in der Behandlung zu scheiden: welcher Natur ist die psychophysische Bewegung, und an welchen Verhältnissen dieser Bewegung hängen diese und jene Verhältnisse der geistigen Bewegung? Die erste Frage bleibt zunächst dahingestellt, weil sie für jetzt noch nicht zu entscheiden ist, um in einem der Schlusskapitel eine allgemeine Ansicht darüber auszusprechen, indess es sich für jetzt nur um Fragen zweiter Art und hiemit nur um Verhältnisse der psychophysischen Bewegung handeln wird, die gültig bleiben, gleich viel, was sich zuletzt als die Grundnatur dieser Bewegung erweisen wird. Und wohl in keiner Lehre ist es so wichtig, als in unserer, ja es ist als eines der ersten Formalprincipe derselben anzusehen, das voranzustellen, was für alle Voraussetzungen gültig bleibt, und unentschieden zu lassen, was unentschieden bleiben kann, so lange noch Zweifel über die Entscheidung bleiben können. Uebrigens haben wir lange genug in der Physik eben so zur Lehre vom Lichte gestanden und stehen noch so zur Lehre von der Elektricität. Denn was ist Elektricität? Sagen wir einfach, wir wissen es nicht; und wie entwickelt ist doch schon die Lehre von der Elektricität!

Auch hat uns schon die äussere Psychophysik beweisen können, dass es nicht die Natur der Bewegungen ist, um was es sich bei den wichtigsten Fragen in dieser Lehre handelt, sondern dass es Verhältnisse dieser Bewegungen sind. Wenig hat uns die Natur des Reizes, ob es Licht, oder Schall, oder Gewichte waren, zu kümmern gebraucht, es war in keiner Weise nöthig, auf die Natur dieser Reize und der von ihnen erweckten Bewegungen einzugehen, um die Grundgesetze der äusseren Psychophysik festzustellen, und so werden wir auch die innere Psychophysik an die äussere anknüpfen und die wesentlichsten Puncte derselben feststellen können, ohne dass sich das Bedürfniss geltend macht, die Natur der psychophysischen Bewegung zu kennen.

Die erste, die Hauptfrage, um die sich's hiebei zu handeln hat, und an die wir uns nach Erörterung einiger allgemeiner Vorfragen im folgenden Kapitel zunächst wenden, wird die sein, welche Uebersetzung die Fundamente der äusseren Psychophysik, das Weber'sche Gesetz und die Thatsache der Schwelle, die in der Fundamentalformel und Massformel ihren Ausdruck finden, beim Uebergange in die innere Psychophysik zu erfahren haben. Diese Uebersetzung gestattet von vorn herein eine Wahl, mit deren Entscheidung der Eingang in die innere Psychophysik entschieden und der erste Grund derselben gelegt sein wird. Das 38. Kapitel ist bestimmt, zu dieser Entscheidung zu führen. Nun könnte es scheinen, dass, nachdem wir hiemit ganz ins Innere getreten sind, wir des Weiteren von der Erfahrung ganz verlassen sind. Aber so ist es nicht. Vielmehr vermögen wir dem, was von der äusseren Psychophysik her angebahnt wurde, mit Erfahrungen von Innen her entgegenzukommen und zu begegnen, um hiemit die aussen angeknüpfte Kette des Schlusses theils weiter zu führen, theils fester zu ziehen. Einmal steht uns über unser ganzes Seelenleben unmittelbar die innere Erfahrung zu Gebote, zweitens kennen wir das Organ der psychophysischen Thätigkeit und seine Leistungen, wenn auch erst unvollständig, doch bis zu gewissen Gränzen, und täglich vervollständigt sich diese Kenntniss durch neue Thatsachen der Anatomie, Physiologie und Pathologie; wonach nicht blos das äussere Endglied, der Reiz; sondern auch das innere Endglied, die Empfindung, und etwas von dem Zwischengliede, dem Organe der psychophysischen Thätigkeit, sammt dem gesetzlichen Nexus zwischen dem äusseren und inneren Endgliede, Gegenstände der

Erfahrung sind, so dass dem Schlusse blos noch übrig bleibt, die Lücke auszufüllen, welche die Erfahrungen in Betreff des unmittelbaren Eingreifens des Endgliedes in das Zwischenglied übrig lassen.

So gut nun die Verhältnisse des äusseren Endgliedes, des Reizes, gewisse Foderungen an die Verhältnisse des inneren Zwischengliedes der psychophysischen Bewegung stellen, welche uns von einer Seite her hiezu befähigen, ist es mit den Verhältnissen des inneren Endgliedes, der Empfindung, von der anderen Seite her der Fall. Zwar können wir in keiner Weise aus der Natur der geistigen Bewegungen auf die Natur der unterliegenden körperlichen Bewegungen schliessen, d. h. schliessen, welches Substrat und welche Form diesen Bewegungen zukomme, wohl aber schliessen, dass dem psychischen Zusammenhange ein psychophysischer Zusammenhang, der psychischen Auf- und Auseinanderfolge eine psychophysische, der psychischen Aehnlichkeit und Verschiedenheit eine psychophysische, der psychischen Stärke und Schwäche eine psychophysische entspreche, soweit das Psychische seine Unterlage im Physischen hat. Denn nicht nur würde sich ohne solche Bezugsbedingungen eine functionelle Beziehung zwischen beiden gar nicht annehmen lassen, sondern es berechtigen uns auch dazu die Erfahrungen, die wir im Gebiete der äusseren Psychophysik machen können; sofern die Beziehungen zwischen den Wirkungen des Reizes und der Empfindung in solche zwischen psychophysischer Bewegung und Empfindung übersetzbar sind.

Insofern wir nun künftig mehrfach von diesem Principe werden Gebrauch zu machen haben, möge es in Ermangelung eines passenderen Ausdruckes dafür und in Betracht dessen, dass es mit einer functionellen Beziehung zwischen Leib und Seele von selbst wesentlich gesetzt ist, mit dem kurzen Namen des Functionsprincipes bezeichnet und durch ein Beispiel erläutert werden.

Erinnerungen entwickeln sich aus Anschauungen, unter Voraussetzung eines allgemeinen Bewusstseins, in dem beide inbegriffen sind. Ohne die psychophysischen Processe zu kennen, die den einen und den anderen unterliegen, können wir doch nach dem Functionsprincipe schliessen, dass die psychophysischen Bedingungen der Erinnerungen sich aus denen der Anschauungen entwickeln, unter Voraussetzung allgemeinerer psychophysischer Bedingungen, welche das Dasein des Allgemeinbewusstseins fodert. Erinnerungen tragen noch die Form der Anschauungen; auch die den Erinnerungen unterliegenden Processe werden noch die Form der Processe tragen, die den Anschauungen unterliegen; Erinnerungen sind im Allgemeinen schwächer als Anschauungen; auch die unterliegenden Processe werden es sein. Erinnerungen kommen aus dem Inneren des Geistes, Anschauungen kommen ihm von Aussen; auch die ihnen unterliegenden Processe werden sich rein aus dem vorhandenen psychophysischen Bestande entwickeln oder des Hinzutrittes neuer Anregungen von Aussen bedürfen; Erinnerungen unterliegen der Association; auch die unterliegenden Processe werden einem Principe der Association unterliegen.

Nun würde es sehr müssig sein, diese Art Uebersetzung des Psychischen in das Psychophysische breit auszuführen, so lange sie uns eben nicht weiter als zur blossen Uebersetzung führt. Aber sie bezeichnet den Weg des Entgegenkommens gegen das, was wir von der äusseren Psychophysik her und nach anatomischen, physiologischen und pathologischen Thatsachen erschliessen können, und nur, wo sich ein solches Entgegenkommen zeigt, werden wir näher darauf einzugehen haben und etwas dadurch gefördert sehen dürfen. Das ist bis jetzt verhältnissmässig zu dem, was die innere Psychophysik zu leisten haben wird, nur wenig; doch schon viel, dünkt mich, im Verhältnisse zu dem, was ohne das Zusammenarbeiten dieser Principien sich leisten liess.

In der That aber dürfte eine vorsichtige und umsichtige Verbindung dieser verschiedenen Wege geeignet sein, die innere Psychophysik zu etwas mehr, als dem Gegenstande blosser Speculation zu machen, und allmäligen, doch sicheren Schrittes immer weiter zu führen. Nicht jeder von den Schritten, die im Folgenden gethan sind, ist schon fest und sicher; aber die Anlage des Ganzen halte ich für fest und sicher.

XXXVII. Ueber den Sitz der Seele.

Das Bedürfniss allgemeiner Vorerörterungen über die Beziehung von Leib und Seele, welches wir beim Eingange in die äussere Psychophysik so viel als möglich zurückgedrängt haben, macht sich beim Eingange in die innere von Neuem geltend, und ich will versuchen, ihm hier durch ein einziges, freilich etwas ausgedehntes, Kapitel unter obiger Ueberschrift zu genügen, welches sich aber, wie alles Bisherige, metaphysischer Erörterungen gänzlich enthalten, vielmehr versuchen wird, Alles, um was sich's handeln wird, auf bestimmte Thatfragen zurückzuführen, die nur etwas allgemeinerer Natur sein werden, als die wir später behandeln. Demgemäss wird auch hier wie bisher von der Seele ohne Rücksicht auf besondere metaphysische Voraussetzungen über ihre Grundnatur gesprochen, ihr Dasein einfach durch ihr einheitliches Bewusstsein, und was sich als Empfinden, Fühlen, Denken, Wollen darin zusammenfasst, gegeben gehalten, gleich viel, womit man alles das begründet halten will, was philosophisch sehr ungenügend erscheinen kann, für das Folgende aber genügen wird. Hat die Seele eine selbständige Existenz oder nicht? Behalte Jeder seine Meinung darüber oder suche die Discussion darüber in philosophischen Schriften. In allem Folgenden wird es sich um nichts von Meinungen Abhängiges handeln, wenn schon die thatsächlichen Verhältnisse, die hier zur Sprache kommen werden, sich besser der einen als der anderen Meinung fügen mögen, und insofern nicht gleichgültig gegen die Meinung sind.

a) Sitz der Seele im weiteren Sinne.

Der Ausdruck, Sitz der Seele im Körper, beweist, dass man Anlass gefunden hat, der Seele ein räumliches Verhältniss zu ihrem Körper beizulegen. Auch pflegt man gemeinhin sich die Seele wie ein besonderes feines Wesen von eigenthümlicher Natur durch den Körper verbreitet oder als einfaches Wesen an diesem oder jenem mehr oder weniger bestimmt oder unbestimmt vorgestellten Orte desselben sitzend zu denken, jedenfalls ihr Verhältniss zum Körper selbst wie das eines körperlichen Wesens zu anderen körperlichen Wesen zu fassen; und manche metaphysische Vorstellungen über die Natur der Seele führen hierauf zurück. Als Subject und Object der inneren Erfahrung zugleich lässt sich freilich die Seele nach dem, wodurch sie ihr Dasein beweist, Empfinden, Fühlen, Denken u. s. w. in keinem gegebenen Raume sichtbar, tastbar aufzeigen, und Object der äusseren Erfahrung ist sie nicht, wonach man fragen kann, ob überall von einem Verhältnisse derselben zum Raume zu sprechen, und der Ausdruck, Sitz derselben, nicht in jedem Sinne untriftig oder uneigentlich sei.

Inzwischen findet sich Jeder thatsächlich — und zu dieser Thatsache muss es thatsächliche Gründe geben — gedrungen, seine Seele vielmehr zu seinem eigenen Körper, als dem Körper eines Anderen zu rechnen, Jeder kann nicht umhin zu glauben, dass sich seine Seele vielmehr an dem Orte der Erde, wo sich sein Körper findet, als an irgend einem anderen Orte finde und dass sie mit dem Körper durch die Welt wandle; also muss die Seele, wenn nicht eben so wie der Körper, aber durch Vermittelung des Körpers, mit dem sie in Beziehung steht, an den sie, wie man sagt, gebunden ist, einer Localisirung im Raume fähig sein.

Muss diess aber einmal anerkannt werden, so ist dann allerdings auch die Frage nicht abzuweisen, ob nicht aus demselben Gesichtspuncte, aus welchem wir jede gegebene Seele vielmehr an einen gegebenen Körper als an den anderen gebunden halten, dieselbe auch vielmehr an einen als den anderen Theil dieses Körpers gebunden zu denken, und also der Sitz derselben noch mehr einzuschränken sei. Zuvor aber fragt es sich erst nach dem Gesichtspuncte selbst, aus welchem eine Seele überhaupt an einen Körper gebunden gedacht werden kann, indem der Ausdruck Gebundensein zunächst nur auf ein anderes aus der Körperwelt entlehntes Bild hinweist, als der Ausdruck Sitz, für welchen er substituirt worden ist.

Wenn wir nun hierauf von philosophischer Seite her sehr verschiedene und sehr streitige Antworten erhalten, haben wir uns glücklicherweise nach dem von uns eingeschlagenen Gange nicht darum zu kümmern. Von der Erfahrungsseite her bietet sich folgende zweifelsfreie Antwort dar:

Unsere Seele, wie jede Seele, von der wir wissen, kann im Diesseits, mit dem wir hier allein zu thun haben, lebendig, d. h. mit der Möglichkeit und Wirklichkeit von Bewusstseinsphänomenen nur bestehen, sofern ein gegebenes körperliches System lebendig zusammenhält, d. h. mit einem eigenthümlich geordneten Zusammenhange und einem nicht in der Periodicität der Aussenwelt aufgehenden periodischen Wechsel und einer periodischen Auseinanderfolge von Bewegungen besteht, und dieses körperliche System kann lebendig nur bestehen und zusammenhalten, sofern eine gegebene Seele im Diesseits fortlebt. Diess ist die allgemeinste, die Grundthatsache, wegen deren wir einen gegebenen Körper und eine gegebene Seele zusammenrechnen. Dazu tritt dann noch die zweite Thatsache, welche aber die erste schon voraussetzt, dass die diesseitigen bewussten Thätigkeiten der Seele mit solchen des Körpers, an den ihr diesseitiges Leben im Allgemeinen gebunden ist, durch ein Verhältniss der Bedingtheit auch im Besonderen zusammenhängen. In beider Hinsicht hat eines Jeden Seele zu seinem eignen Körper eine Beziehung, die sie weder zum Körper eines Anderen, noch zu irgend einem Körper oder körperlichen Systeme der Aussenwelt hat, und diess ist es, was beide erfahrungsmässig zu einander rechnen lässt.

Der räumliche Bezug der Seele zum Körper, den die Ausdrücke, im Körper Sitzen, an den Körper Gebundensein anzudeuten scheinen, übersetzt sich also, insoweit wir auf dem Factischen fussen und nicht mit metaphysischen Voraussetzungen beginnen wollen, zunächst nur in den Bezug einer Bedingtheit zwischen dem Bestande und den Thätigkeiten der Seele und des Körpers, den wir erfahrungsmässig nur im Diesseits verfolgen können, und von dem wir fragen können, ob er über das Diesseits hinausreicht.

Insofern alle Theile des Körpers sich in solidarischem Zusammenwirken zu der Leistung vereinigen, die Seele im diesseitigen Leben zu erhalten, und selbst nur in lebendiger Thätigkeit zusammenhalten, so lange die zugehörige Seele im diesseitigen Leben verbleibt, kann man den ganzen Körper beseelt nennen, denselben als Sitz oder Träger der Seele in weiterem Sinne erklären. Der allgemeinen Leistung des Körpers für die Seele ordnen sich dann die besondern Theile, Organe, Glieder, Systeme des Körpers mit Leistungen für besondere Zwecke ein und unter; woran sich später ein Gesichtspunct knüpfen wird, noch von einem Sitze der Seele in engerem Sinne zu sprechen.

Diese Ausdrücke, Seelensitz in weiterem, engerem Sinne, präjudiciren nichts, so lange sie immer so verstanden werden, wie sie hier definirt werden. Selbst, wenn die Seele wirklich ein substanziell einfaches Wesen sein sollte, würde man dennoch den ganzen Körper in dem hier bezeichneten weiteren Sinne ihren Sitz nennen können, wie man einen Palast oder eine ganze Hauptstadt den Sitz eines Königs nennt, ohne damit zu meinen, dass er an jedem Orte in der Hauptstadt sitze.

Inzwischen könnte es näher zugesehen scheinen, dass doch nicht der ganze Körper zur Erhaltung des diesseitigen Seelenlebens wesentlich beiträgt, da wir Füsse, Nase, Ohren und viele andere

Theile vom Körper ohne wesentliche Benachtheiligung des Seelenlebens abschneiden können, indem die Seele den Verlust zwar in sofern spürt, als ihr äussere Hülfsmittel, sich mit der Aussenwelt in Beziehung zu setzen, auf sie zu wirken, verloren gehen, ohne dass aber ihre Lebensfähigkeit leidet und ohne dass ihr Inneres gestört ist. Hienach scheinen alle diese Theile von dem Sitze der Seele schon im weiteren Sinne nach dem dafür aufgestellten Gesichtspuncte auszuschliessen, und der Theil aufzusuchen, der für sich allein nicht zerstört werden oder wegfallen oder in seiner Thätigkeit erlahmen kann, ohne dass das diesseitige Seelenleben wegfalle oder wesentlich gestört werde.

Ein solcher Körpertheil von exclusiver Bedeutung für die Erhaltung und den ungestörten Bestand des diesseitigen Seelenlebens ist jedoch nicht zu finden. Vielmehr gilt das, was von Händen, Füssen, Nasen, Ohren gilt, von jedem Theile des Körpers, sogar Gehirns, sofern die Zerstörung nur nicht auf einmal zu weit greift, eine fundamentale Thatsache, die im Abschnitte c) dieses Kapitels noch genauer constatirt und discutirt werden soll, wo sie mit besonderer Wichtigkeit auftritt. Umgekehrt kann das diesseitige Seelenleben durch Eingriffe von jedem Puncte, jeder Seite, jedem Systeme des Körpers her aufgehoben werden, wenn der Eingriff nur weit genug oder in der geeigneten Form und Stärke geschieht. Dabei sind allerdings gewisse Theile bei Weitem wichtiger als andere, insofern eine Zerstörung oder Störung derselben in gleichem Umfange oder Grade leichter ein Stocken oder eine Störung der Thätigkeit der übrigen organischen Maschine mitführt, als anderer, aber der Unterschied ist überall nur relativ, nicht absolut.

Auch vermögen diejenigen Theile des Körpers, deren Integrität am wichtigsten für das Leben erscheint, selbst nur im Zusammenhange des Ganzen lebendig zu bestehen, verdanken also, anstatt ein ihnen an sich inwohnendes Lebensprincip dem Uebrigen mittheilen zu können, ihr Leben ihrerseits nur dem Zusammenhange mit den Uebrigen; so dass immer der solidarische Zusammenhang das ist, worauf es wesentlich ankommt.

Fassen wir diese Verhältnisse zusammen, so ordnen sie sich folgendem allgemeinen Gesichtspuncte unter: das Zusammenwirken aller Theile des Körpers zu der Leistung, die Seele in ihrem diesseitigen Leben zu erhalten, und der Seele zu Diensten zu stehen, ist ein derartig solidarisches, dass jeder kleinste und bis zu gewissen Gränzen selbst grössere Theil durch andere oder auch die Gesammtheit der übrigen vertreten werden kann. Wenn daher die Zerstörung nicht über gewisse Gränzen geht, so dass noch hinreichende Mittel zur Vertretung des Zerstörten übrig sind, so spürt die Seele den Nachtheil nicht. Von anderer Seite aber wird durch jede noch so kleine Zerstörung, mag sie das Nervensystem betreffen oder nicht, das Vermögen der solidarischen Vertretung der Theile in ihrer Leistung für die Erhaltung und den Dienst der Seele im Diesseits geschwächt, und, wenn die Zerstörung zu weit geht, unmöglich, so dass selbst scheinbar gleichgültige Eingriffe doch insofern nicht gleichgültig sind, als es von nun an nur eines geringeren neuen Eingriffes bedarf, um den Fortbestand des Lebens unmöglich zu machen, oder die Leistungen für die Seele im Leben wesentlichst verkürzt zu sehen. Dabei haben gewisse Theile grössere Wichtigkeit als andere sowohl für den Fortbestand des Lebens, als die Dienstleistungen im Leben; eine exclusive hat keiner.

Nach Massgabe, als die Theile des Organismus vermöge ihrer Gleichartigkeit, Aehnlichkeit und ähnlichen Stellung geeigneter sind, sich in ihrer Leistung für die Seele zu vertreten, unterstützen sie sich zugleich darin, so die beiden Hände, Füsse, Augen, Ohren, Lungen, Nieren, Gehirnhälften, an jeder Hand die einzelnen Finger, in jeder Lunge die einzelnen Lungenbläschen. So lange alle Theile, die sich vertreten können, vollständig vorhanden sind, theilt sich die Function zwischen ihnen oder wechselt zwischen ihnen; fällt einer weg, so müssen die übrigen die erforderliche Leistung allein zu Stande bringen, was nach Umständen noch hinreichend oder nicht hinreichend geschehen kann. Nach Massgabe anderseits als die Theile vermöge ihrer Ungleichartigkeit und ungleichen Stellung weniger geeignet sind, sich zu vertreten, ergänzen sie sich zu Leistungen, die von keinem derselben allein vollzogen werden könnten. Insofern die meisten Theile etwas Gleiches und Ungleiches haben, combinirt sich die Wirkung beider Principe, bald mit Vorwiegen des einen, bald des anderen.

Man könnte meinen, derselbe Gesichtspunct, welcher unseren ganzen Körper als Leib unserer Seele im weiteren Sinne rechnen lässt, würde consequenterweise die ganze Welt dazu rechnen lassen müssen, indem unser ganzer Leib ohne seinen Zusammenhang, Stoff- und Wirkungswechsel mit der übrigen Welt eben so wenig im Stande ist, das Leben der Seele im Diesseits zu erhalten, und Zwecken des diesseitigen Lebens zu dienen, als unser Gehirn und Nervensystem ohne seinen Zusammenhang, Stoff- und Wirkungswechsel mit dem übrigen Leibe; auch das Princip der Vertretung und Ergänzung der Theile zu Diensten unserer Seele sich nur in grösserem Massstabe in der Welt, als in unserem Leibe gültig erweist, und zwar im Zusammenhange mit dem, was in unserem Leibe gilt, so dass selbst fehlende Theile unseres Leibes bis zu gewissen Gränzen durch Hülfsmittel der Aussenwelt ersetzt werden können.

Aber bei alledem bleibt ein Gesichtspunct, welcher unseren Körper in einer bevorzugten Beziehung vor der übrigen Welt zu unserer Seele erscheinen lässt. Die Seele kann freilich nicht ohne den übrigen Weltzusammenhang diesseits bestehen; wenn aber die Seele aus dem Diesseits schwindet, zerfällt bloss der Theil der Welt, den wir eben desshalb unseren Leib nennen, nicht die übrige Welt, und so besteht für sie nur der eine, aber nicht zugleich auch der andere Gesichtspunct, wesshalb wir unseren Leib zu unserer Seele rechnen.

Zu der bisher erörterten wichtigen Thatsache, dass der diesseitige Bestand unseres Seelenlebens wesentlich nicht an den Bestand eines einzelnen besonderen Körpertheiles, sondern den solidarischen Zusammenhang des Körpers gebunden ist, tritt die zweite wichtige Thatsache, dass er auch nicht an die Forterhaltung eines besonderen Stoffes im Körper, sondern dass er vielmehr an den Stoffwechsel im Körper gebunden ist. Dieselbe Seele pflanzt sich successiv auf eine Zusammenstellung aus immer neuen Stoffen über, oder es treten immer neue Stoffe in die Zusammenstellung ein, an welche die Seele geknüpft ist, unter Ausscheidung der alten, so dass der Leib des Greisen aus ganz anderen Stoffen zusammengesetzt ist, als der des Kindes. Auch nimmt das Seelenleben nach Massgabe der Raschheit des Stoffwechsels selbst an Lebhaftigkeit zu. Es ist daher eben so triftig zu sagen, das Seelenleben sei an die Forterhaltung eines körperlichen Wechsels als einer körperlichen Zusammenstellung, wie hinwiederum jener Wechsel an die Forterhaltung des Seelenlebens gebunden.

Es kann nun Jedem überlassen bleiben, die factischen Beziehungen zwischen dem Bestande von Leib und Seele, um die es sich bisher gehandelt hat, unter eine Formel zu vereinigen, welche die Thathsachen kurz zusammenfasst, nur dass sie immer im Sinne der Thatsachen verstanden und ausgelegt werde. Und so bediene ich mich, wenn es sich darum handelt, das Abhängigkeitsverhältniss in der Richtung von der Seele zum Körper zu verfolgen, gern der Formel, die Seele sei das verknüpfende Princip der körperlichen Zusammenstellung, des körperlichen Wechsels und der Auseinanderfolge der Thätigkeiten des Körpers, und will hiemit eben nichts Anderes gesagt haben, als was die bisherigen Thatsachen besagen.

Ein Anderer kann es bequemer finden, und wir mögen es anderwärts, wenn es sich handelt, das Abhängigkeitsverhältniss zwischen Seele und Körper in umgekehrter Richtung zu verfolgen, selbst bequemer finden, die Seele oder das Seelenleben vielmehr als ein Resultat, denn als ein verknüpfendes Princip der körperlichen Zusammenstellung und Auseinanderfolge zu erklären, und es wird diess nicht minder gestattet sein müssen, insofern mit diesem Ausdrucke eben wieder nichts Anderes gesagt sein soll, als was die Thatsachen besagen. Zwar kann der Unterschied beider Ausdrucksweisen philosophisch sehr wichtig erscheinen, insofern man sie an die Spitze einseitiger philosophischer Systeme stellt, oder metaphysische Vorstellungen über die Natur der Seele daran knüpft, schwindet aber in der Anwendung auf das Factische, sofern ein verknüpfendes Princip ebenso einer Mannichfaltigkeit bedarf, die es verknüpft, als ein Resultat einer solchen, aus der es hervorgeht, und als jenes wie dieses etwas Einheitliches ist im Verhältnisse zu der Mannichfaltigkeit, die zu seiner Existenz gehört.

Mit der (Th. I. Kap. 4) aufgestellten Formel, dass das Geistige die innere Ercsheinungsweise dessen sei, was äusserlich als körperlich erscheint, verknüpfen sich diese Formeln durch den factischen Gesichtspunct, dass in der inneren Erscheinungsweise das einheitlich oder vereinfacht sich darstellt, was für die äussere Erscheinung in eine Vielheit sich auseinanderlegt; wie denn das, was äusserlich als ein zusammengesetzter Nervenprocess erscheint, innerlich als einfache Empfindung erscheinen kann.

Für dualistische und monadologische Auffassungen sind beide Ausdrucksweisen überhaupt nicht bequem, und es steht ihnen dann frei, dieselben Thatsachen in ihrem Sinne auszudrücken, indem sie der vorausgesetzten besonderen Seelensubstanz oder Monade demgemässe Kräfte und Beziehungen zum Körper beilegen. Alles das ist, wir können es nicht genug wiederholen, für den hier eingeschlagenen Gang der Untersuchung gleichgültig, so lange man nichts aus dem Ausdrucke, sondern nur aus den Thatsachen folgern will.

Unstreitig lässt sich die Frage aufwerfen, ob nicht eben so, wie das organische System unseres Leibes einen bewussten Geist als verknüpfendes Princip oder Resultat, oder Entelechie, oder bevorzugte Monade, oder eigenthümliche Substanz, je nachdem man es fassen will, in sich trägt, dasselbe von der ganzen Welt gilt, und, wenn schon jetzt unsere Seele ihren Leib mit der Aussenwelt langsam tauscht und wechselt, ob nicht der Tod blos ein rascherer Sitzwechsel sei, in dem sie den alten engen Leib auf einmal mit einem weiteren vertauscht. In der That können in naturphilosophischen und religiösen Betrachtungen derartige Analogieen, und zwar meines Erachtens mit wirklichem Fuge, geltend gemacht werden; doch ist diess hier nicht unsere Aufgabe; wir bleiben hier bei dem stehen, was Sache directerer Erfahrung ist.

b) Sitz der Seele im engeren Sinne.

Von dem Verhältnisse der Bedingtheit zwischen dem diesseitigen lebendigen Bestande unserer Seele und unseres Körpers im Allgemeinen und Ganzen, auf das wir den Begriff des Beseeltseins und Seelensitzes im weiteren Sinne gegründet haben, ist ein Verhältniss specieller Bedingtheit zwischen den bewussten Vorgängen unserer Seele und zugehörigen Vorgängen unseres Körpers wohl zu unterscheiden. Wir nennen eine Seele so lange lebendig, als sie die Fähigkeit hat, Bewusstseinsphänomene zu produciren, ohne dass sie desshalb immer bewusst ist, da sie vielmehr abwechselnd schläft und wacht. Nun müssen zu denjenigen körperlichen Verhältnissen und Vorgängen, welche als allgemeine Bedingungen der Erhaltung des diesseitigen Seelenlebens dem Wachen und Schlaf gemeinsam sind und im solidarischen Zusammenhange der lebendigen Thätigkeit des ganzen Körpers begründet liegen, noch besondere Bedingungen hinzutreten, um das Wachsein zu unterhalten, welche als Specialbedingungen des Bewusstseins zu gelten haben, sofern mit ihnen das Bewusstsein da ist und schwindet, die aber selbst erst auf Grund jener allgemeinen Lebensbedingungen entstehen und bestehen können, dieselben zu ihrer Voraussetztung und Unterlage fodern. Dass

Schlaf und Wachen wirklich überhaupt an körperliche Bedingungen geknüpft sind, kann übrigens keinem Zweifel unterliegen; da Druck auf das Gehirn Schlaf hervorrufen, ein körperlicher Anstoss an den Schlafenden denselben wecken kann.

So wie die Specialbedingungen des Bewusstseins blos durch einen Theil des Lebens, indess die allgemeinen durch die ganze Lebenszeit reichen, so jene blos durch einen Theil des Leibes, indess diese durch den ganzen Leib, und zwar sind wir veranlasst, beim Menschen und Geschöpfen überhaupt, welche ein Nervensystem und Gehirn haben, die besonderen Bedingungen des Bewusstseins vorzugsweise vor dem übrigen Körper im Nervensysteme, insbesondere Gehirn, zu suchen, welches wir hienach als einen Sitz der Seele oder des Bewusstseins im engeren Sinne ansehen können, wobei noch die in den folgenden Abschnitten dieses Kapitels specieller zu erörternde Frage übrig bleibt, ob nicht der engere Seelensitz noch einer bestimmteren Localisation innerhalb des Nervensystems, respectiv Gehirns, fähig sei, und wie es sich bei anderen Geschöpfen als dem Menschen und den ihm nahestehenden Geschöpfen verhalte.

Die Nothwendigkeit, einen engeren Seelensitz innerhalb des weiteren im eben angegebenen Sinne zu unterscheiden, und das Nervensystem, respectiv das Gehirn, oder einen besonderen Theil desselben im Menschen und den höheren Thieren dafür zu halten, liegt in folgenden Thatsachen begründet. Nur solche Theile des Körpers, welche mit Nerven versehen sind, sind empfindlich, und nur nach Massgabe als Reize unser Nervensystem betreffen und die betroffenen Nerven mit dem Gehirne stetig zusammenhängen, erwecken sie eine Empfindung. Willkührlich bewegliche Theile unterliegen dem Einflusse des Willens nur so lange, als sie mit dem Gehirne durch Nerven im Zusammenhange stehen. Umgekehrt aber bedarf das Gehirn nicht des stetigen Zusammenhanges mit besonderen Körpertheilen oder Nerven, um Thätigkeiten zu erzeugen, welche von Bewusstseinsphänomenen begleitet sind, so lange das Leben, hiemit die Möglichkeit solcher Phänomene, überhaupt erhalten bleibt. Durch Zerstörung besonderer Nerven oder der Gehirntheile, womit sie zusammenhängen, kann man das Vermögen besonderer Empfindungen aufheben, nicht so durch Zerstörung anderer Körpertheile. Minder entscheidend, wenn auch im Ganzen in demselben Sinne sprechend, sind die Beobachtungen über die Störungen des allgemeinen geistigen Lebens je nach Verletzung oder Störung des Gehirns und anderer Organe, indem einerseits die Vertretbarkeit verschiedener Gerhirntheile durch einander bezüglich der Leistungen für das allgemeine geistige Leben Störungen desselben bei localen Verletzungen oder Störungen des Gehirns oft nicht zu Stande kommen lässt, indess anderseits solche auch durch Störungen anderer Organe vermöge secundären Einflusses auf das Gehirn begründet werden können. Endlich verdient noch Beachtung, dass das Bewusstsein direct durch Druck auf das Gehirn, aber auf keinen anderen Theil, ausser sofern Stockung des Blutes im Gehirne dadurch entsteht, aufgehoben werden kann.

Der engere Seelensitz steht dem weiteren nicht äusserlich gegenüber, sondern ist selbst nur ein Theil des weiteren. Er kann nur durch seinen Zusammenhang mit den übrigen Theilen des weiteren seine Leistungen für das Bewusstsein vollziehen, indess er selbst wesentlich mit zum solidarischen Zusammenhange des weiteren gehört. Veränderungen im engeren Seelensitze, welche von Bewusstsein begleitet sind, können Folgen in die übrigen Theile des weiteren hineinerstrecken, welche aber, nach Massgabe als sie über den engeren hinausgreifen, bezugslos zum Bewusstsein werden; umgekehrt können Reize, die durch den weiteren Seelensitz verlaufen, nicht eher Empfindung, Bewusstsein erwecken, als bis sie zum engeren Seelensitze gelangt sind.

Insofern wir die körperlichen Thätigkeiten, mit welchen die geistigen in directer functioneller Beziehung stehen, psychophysische nennen; und insofern diese nur Bewusstsein mitführen können, sofern sie einen bestimmten Grad der Stärke, eine Schwelle übersteigen, wie in dem Kapitel über Schlaf und Wachen noch ausführlicher auf Grund von Thatsachen erörtert werden wird, können wir, bei übrigens völliger Unbekanntschaft mit der Natur der psychophysischen Thätigkeit und unter Rücksicht auf die noch folgenden Erörterungen, doch im Allgemeinen die Zeit des Wachens als die Zeit, und den engeren Seelensitz als den Leibestheil, bezeichnen, worin die psychophysischen Thätigkeiten die Schwelle zu übersteigen vermögen.

Dabei kann noch fraglich bleiben, ob sie während des Schlafes und in den übrigen Theilen des Körpers überhaupt fehlen oder nur unter der Schwelle sind, und ob das, was von ihnen die Schwelle übersteigt, nicht selbst die Stelle wechseln kann. Diese specielleren Fragen fodern specielle Untersuchungen, worauf für jetzt nicht einzugehen.

c) Frage nach dem einfachen oder ausgedehnten (engeren) Seelensitze.

Das Bisherige bezog sich auf sehr allgemeine Verhältnisse, welche weniger leicht zu einem Streite über das Thatsächliche, als dessen Ausdruck, Deutung und Verwendung im philosophischen Interesse Anlass geben konnten, ein Streit, der uns hier nicht berührt. Jetzt aber kommen wir auf eine streitige Thatfrage von wichtigstem Interesse für die Psychophysik, über welche uns der Streit allerdings berührt, so sehr, dass ohne Entscheidung darüber nicht weiter vorgeschritten werden könnte.

Man ist einig darüber, dass nicht der ganze Körper in gleichgeltender Beziehung zur Seele steht, ein engerer Seelensitz darin irgendwie noch anzunehmen sei. Aber nach welchem Gesichtspuncte und wie weit ist er einzuschränken? Auf einen Punct oder nicht? In einem Puncte können freilich keine Bewegungen vorgehen, und sofern doch die Seelenbewegungen mit körperlichen Bewegungen in functioneller Beziehung stehen, und der Ort dieser Bewegungen den engeren Seelensitz bedeuten soll, scheint ein punctförmiger Seelensitz von vorn herein ausgeschlossen. Aber wenn solche Bewegungen nicht in einem Puncte vorgehen können, können sie doch in ihm anfangen und endigen; und hiemit erhebt sich folgende wichtige Frage:

Heben alle Bewegungen, welche durch psychischen Antrieb im Körper entstehen, von einem bestimmten Puncte des Körpers, respectiv Gehirns, im Gefolge der psychischen Thätigkeit an, und müssen alle Bewegungen, um Empfindungen (und was sonst von Seelenvorgängen körperlich bedingt ist) zu erwecken, erst zu einem bestimmten Puncte des Körpers gelangt sein, um solche im Gefolge zu erwecken; oder gehen Bewegungen, an psychische Triebe, Empfindungen, Vorstellungen, Gedanken geknüpft, in wesentlicher Functionsbeziehung dazu, in einer gewissen Ausdehnung des Körpers, respectiv Gehirnes, unmittelbar mit denselben mit, nach deren Beschaffenheit specialisirt, so weit eine Specialisirung überhaupt reicht.*) Ersteres werde ich kurz als die Ansicht von einem einfachen, letzteres von einem ausgedehnten Seelensitze bezeichnen, ohne an etwas Anderes als das eben erörterte factische Verhältniss hiebei gedacht haben zu wollen.

So fasst auch Lotze, der gewichtigste Vertreter der Ansicht vom einfachen Seelensitze, den Begriff des einfachen Seelensitzes, indem er sagt**): »man wird nach dem Sitze der Seele fragen: Der Sinn dieser Frage ist einfach; lassen wir dahingestellt, ob es möglich sei, dem untheilbaren Wesen eines wahrhaft Seienden irgendwie räumliche Ausdehnung in dem Sinne zuzuschreiben, in welchem wir sie den materiellen Stoffen beilegen zu können glauben, so werden doch alle Meinungen darin sich vereinigen dürfen, dass auch dem unausgedehnten Wesen ein Ort im Raume zukommen könne. Da wird es vorhanden sein, bis wohin alle Eindrücke des ihm Fremden sich fortpflanzen müssen, um es mit ihrer Wirksamkeit zu erreichen, und von wo aus rückwärts alle die Anregungen kommen, durch welche es unmittelbar seine Umgebung, mittelbar durch diese die weitere Welt in Bewegung setzt. Dieser Punct des Raumes ist der Ort, an welchem wir in die unräumliche Welt des wahrhaften Seins hinabsteigen müssen, um das wirkende und bildende Wesen zu finden, und in diesem Sinne wird jede Ansicht einen Sitz der Seele suchen dürfen, auch wenn sie ihr ausser dem Orte nicht zugleich die Ausdehnung einer räumlichen Gestalt zugestehen zu dürfen glaubt.«

Nach der Ansicht vom einfachen Seelensitze findet eine blosse Folgeabhängigkeit, nach der vom ausgedehnten eine simultane oder Wechselabhängigkeit zwischen körperlichen und geistigen Bewegungen statt. Nach erster Ansicht sind es blos Anstösse an einen bestimmten Punct oder von einem bestimmten Puncte aus, womit die Aenderungen der Seele vom Körper aus und umgekehrt folgweise in functioneller Beziehung stehen; nach letzter sind es Aenderungen in einem variablen Systeme von Bewegungen, welche mit den Aenderungen der Seele als wesentlich gleichzeitige functionsweise verknüpft sind.

Je nachdem man der einen oder anderen Ansicht huldigt, muss sich die ganze Auffassung, ja bis zu gewissen Gränzen selbst die Möglichkeit, einer inneren Psychophysik verschieden stellen, und die Erörterung der Frage kann daher hier in keiner Weise umgangen werden.

---

*) Ich statuire zwar in dieser Hinsicht keine Gränze; aber da keine Untersuchung hier darüber geführt ist, bleibt auch jedem die Ansicht hier darüber freigestellt.

**) Mikrokosmus I, 316; und ähnlich medic. Psychol. 117.

Die Entscheidung aber muss für uns aus doppeltem Gesichtspuncte zu Gunsten der Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze ausfallen, aus formalem, weil nur auf ihrem Grunde eine Entwicklung der inneren Psychophysik überhaupt möglich ist; nothwendig aber ist für die Psychophysik diejenige Ansicht vorzuziehen, welche ihr mehr leistet, und sicher wird diejenige Psychophysik dereinst vorgezogen werden, welche mehr leistet; — aus sachlichem, weil der Nexus der Thatsachen dazu nöthigt. Der formale Vortheil einer grösseren Leistungsfähigkeit der Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze hängt aber natürlicherweise mit dem Vorzuge ihrer sachlichen Triftigkeit zusammen.

Dieser Vorzug liegt jedoch nicht von vorn herein am Tage, und ist nicht als zugestanden vorauszusetzen. Im Gegentheile, die Ansicht von einem einfachen Sitze der Seele ist alt, ist vielverbreitet, kann nach ihrer Beziehung zur Ansicht von der einfachen centralen Natur der Seele als die natürlichste erscheinen, ist selbst ein wesentliches Moment in manchem philosophischen Systeme. Und wenn sie sonst nicht leicht mit Klarheit und klarem Bewusstsein ihrer Bedingungen und Consequenzen gefasst und dargestellt worden ist, so ist diess doch neuerdings mit so viel Beredtsamkeit, Scharfsinn, Kenntniss der einschlagenden Thatsachen und Prägnanz der Folgerungen von einem Philosophen, zugleich Vertreter der exacten Naturwissenschaften *), geschehen, dem die wissenschaftliche Medicin hinsichtlich der Aufklärung mancher Hauptfragen zu grossem Danke verpflichtet ist, dass es schon aus diesem Grunde unangemessen sein würde, den Widerspruch dieser Ansicht zu ignoriren, oder leichthin dagegen abzusprechen. Auf die philosophische Seite der Sache kann nun zwar hier nicht näher eingegangen werden; aber das, was von der Erfahrungsseite her hier massgebend sein muss, wird etwas genauer ins Licht zu setzen sein. Ungern sehe ich mich dabei in Widerstreit mit jenem von mir hochgeachteten Forscher verwickelt, mit dem ich vorzugsweise gewünscht hätte, in dieser Frage Hand in Hand zu gehen.

Die Ansicht vom einfachen Seelensitze stellt gewisse anatomische, physiologische und pathologische Foderungen; die Ansicht

---

*) Lotze, medicin. Psychol 115 und Mikrokosmus I, 316.

vom ausgedehnten Seelensitze stellt andere; und je nachdem man die einen oder anderen erfüllt findet, wird man, falls man anders sich von Erfahrung leiten lassen will, der einen oder anderen Ansicht sich anzuschliessen haben.

Die erste Ansicht verlangt ein bestimmtes Centrum von Impulsen, die zweite ein ausgedehntes Feld von Bewegungen; die erste möglichst einfache und directe Bahnen zwischen der Aussenwelt und dem Seelensitze, welche die Impulse zu- und abführen; da die Verarbeitung der sinnlichen Eindrücke erst in der Seele geschieht; die zweite eine grosse Complication von Wegen, um dem verwickelten Gange von Seelenbewegungen und der Verarbeitung der sinnlichen Eindrücke in ihr eine angemessene Unterlage zu geben. Für die erste fällt mit Zerstörung einer bestimmten kleinen Stelle des Gehirnes die Seele sicher aus dem Leben; für die zweite gewährt bei Zerstörung irgend eines kleinen Theiles des Gehirnes der solidarische Zusammenhang des Ganzen die Mittel der Vertretung. Die erste hat zu erklären, wie Impulse, die als zusammengesetzte beim Seelensitze anlangen oder davon ausgehen, doch noch unterschieden werden oder sich nach dem Willen der Seele in unterschiedene Wirkungen spalten können; die zweite hat für Alles, was zu unterscheiden, unterschiedene Bahnen und Bewegungen.

Wer mag in Abrede stellen, dass allen diesen Foderungen vielmehr im Sinne der Ansicht vom ausgedehnten als vom einfachen Seelensitze entsprochen ist?

Das Gehirn stellt sich bekanntlich als ein weitläufiges Geflecht verschlungener Nervenwege mit sog. Ganglienkörpern dar, wohl geeignet, einem ausgedehnten Spiele verwickelter Bewegungen Raum zu geben, für welche die Fäden Bahnen und die Ganglienkörper Anfangs- und Endpuncte oder Zwischenstationen bilden, ohne dass eine anatomische Ahnung, geschweige Thatsache, ein Centrum dieser unzähligen Centra entdecken lässt. Statt dass alle Sinnesnerven einem Centrum zustralen und alle Bewegungsnerven von einem solchen ausstralten, dröseln manche, die compact beim Gehirne anlangen, sich beim Uebergange in dasselbe in mehrere Nervenwurzeln auf. Im Allgemeinen sind es die grossen Hirnhemisphären, welche die grösste, wenn man will centrale, Bedeutung für das Seelenleben verrathen, wie selbst die Anhänger des einfachen Seelensitzes nicht leugnen können; aber sie sind doppelt. Sitzt nun die Seele in der linken oder rechten Hemisphäre? sie wird zwischen beiden sitzen, in der Zirbel, dem Balken, der Brücke, oder sonst einem unpaarigen Gehirntheile. So natürlicherweise bisher noch alle Anhänger des einfachen Seelensitzes: Descartes, Herbart, Lotze. Wohl, die Aufgabe ist damit erleichtert; so wird im ganzen Gehirne nur der unpaarige Theil aufzusuchen sein, der nicht zerstört werden kann, ohne das diesseitige Leben zu zerstören. Das anatomische Messer und die pathologischen Zufälle sind geschäftig gewesen, uns diesen Dienst zu leisten. Und je mehr sich die Versuche und Fälle gehäuft haben, so fester hat sich das Resultat gestellt, dass das Gesuchte nicht zu finden ist.

Die Bedeutungslosigkeit der Zirbel, wo Descartes den einfachen Seelensitz suchte, für Leben und Integrität der Seele ist durch pathologische und physiologische Versuche längst so erwiesen, dass die neueren Vertreter des einfachen Seelensitzes davon abstrahirt haben.

In Betreff des Balkens möge folgende Stelle aus Longet*) hier stehen.

»Le corps calleux peut manquer dans l'espèce humaine, ou présenter des vices de conformation très-prononcés sans qu'il résulte un préjudice notable pour l'entretien de la vie, pour la réceptivité des sensations ou l'exercice des mouvements volontaires. Plusieurs exemples en fournissent la preuve incontestable: tels sont ceux que rapportent Reil, Solley, Foerg, Chatto et Paget.«

Lotze ist mit Herbart geneigter, den Sitz der Seele in der Brücke als im Balken zu suchen (med. Ps. 119); und nach den anatomischen Dispositionen der Brücke muss auch die Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze einen der wichtigsten Herde des Seelenlebens, nur nicht den alleinigen oder letzten in ihr sehen und von ihren Verletzungen wichtige Störungen erwarten. Longet sagt in dieser Hinsicht (*Anat. et physiol. du syst. nerv.* I. 348): »Da bekanntlich die Empfindungs- und Bewegungsstränge des Rückenmarks, ehe sie in die Grosshirnlappen ausstralen, zum Theil die Brücke durchsetzen, so ist leicht vorauszusehen, dass Verletzungen derselben die Verrichtungen der Bewegung und Empfindung stören müssen.« Doch sagt er auch nach Zusammenstellung hierauf bezüglicher Thatsachen und Meinungen: »Für die Geruchs-, Gesichts-, Gehörs- und Geschmackseindrücke giebt es keine Thatsache, auf welche gestützt man zu glauben wagen dürfte, dass ihre Wahrnehmung insbesondere in der Brücke zu Stande komme, wie diess bei den Tasteindrücken der Fall ist«; und: »man darf jedoch dem Wahrnehmungsvermögen der Brücke keine zu grosse Wichtigkeit beimessen und sich zu übertriebenen Schlüssen versteigen.... Ich gestehe, dass es mir bis jetzt für das Wahrscheinlichste gilt, dass bei dem natürlichen Hergange der Sinnesthätigkeiten die Grosshirnlappen die einzigen Hirntheile sind, in welchen die Sinneseindrücke eine letzte Verarbeitung erfahren, wo sie eine bestimmte Form annehmen können, um den Thieren den Stoff zu ihren Urtheilen zu liefern.« Und in dieser Ansicht stimmen nach unbefangenster Zusammenfassung der anatomischen, physiologischen und pathologischen Thatsachen wohl jetzt die meisten Physiologen überein.

---

*) Longet traité de physiol. II. p. 234.

Mit Thatsachen sehr allgemeiner Tragweite tritt neuerdings Rud. Wagner*) der Centralisation des Seelensitzes entgegen.

»Man kann, — sagt er — bei Tauben (aber auch bei Kaninchen) bei entblösstem oder unentblösstem Gehirne, wenn man eine grössere Anzahl von Individuen verwendet, alle einzelnen Partieen des Gehirnes mit einer einfachen oder einer Staar-Nadel zerstören, ohne dass, wenn keine tödtliche Blutung erfolgt, die freilich oft eintritt, die Sinnesperceptionen und die höhere psychische Functionen (Vorstellungen) beurkundenden Reactionen aufhören....

»Auch der mögliche Einwurf, dass es bei Thieren sehr schwer sei, Reactionen der Bewusstseinssphäre von Reflexbewegungen zu unterscheiden, wird, glaube ich, durch Beobachtungen beim Menschen, welche allerdings für solche Fragen die wichtigsten sind, widerlegt.

»Ich habe nämlich bei einem genauen Vergleiche der klinischen Erfahrungen und Sektionsberichte gefunden, dass in allen an der Basis des Gehirnes gelegenen Theilen, auch der unpaaren, wie der Hypophysis und der Zirbel, krankhafte Degenerationen, ja, wie es scheint, gänzliche Zerstörungen vorkommen können, ohne dass die Seelenthätigkeit immer auffallend gestört, ja öfters gänzlich erhalten erscheint.

»Diese beiden Erfahrungsreihen müssen, wenn sie auch nicht als zweifellose Beweise betrachtet werden sollten, es doch auf das Aeusserste unwahrscheinlich machen, dass im Gehirne ein gemeinsamer Empfindungsplatz, ein punctförmiges *Sensorium commune*, sich befindet. Ja ich bekenne, indem ich meine früheren Ansichten limitire, dass eine gewisse Summe von Seelen-Erscheinungen erhalten bleibt, wenn man, wie bei Tauben möglich ist, grosses, kleines und einen Theil des Mittelhirnes entfernt hat und die Thiere am Leben erhält.«

Hiezu kommt noch, dass es Thiere giebt, in denen kein unpaariger Theil des Nervensystems vorhanden ist, wohin man den Sitz der Seele verlegen könnte. Jede rationale Fassung des einfachen Seelensitzes muss in einem symmetrisch gebauten und sich im Sinne dieser Symmetrie bewegenden Thiere den Körper symmetrisch zu diesem Sitze angeordnet denken. Beim Menschen wäre diess noch möglich; bei den Echinodermen ist es nicht mehr möglich, soll anders der Seelensitz im Nervensysteme liegen.

»Das Nervensystem der Echinodermen umschliesst als Centralorgan den Eingang zur Schlundhöhle in Gestalt eines meist fünfeckigen Nervenringes, von dessen Winkeln die Hauptnervenstämme in der Mittellinie der Stralen oder der diesen entsprechendem Hautskelettheile bis zu dem entgegengesetzten Leibesende hinablaufen.... Ganglienknoten haben sich bis jetzt an dem Schlundringe nicht wahrnehmen lassen.« (Stannius' und Siebold's Lehrb. d. vergl. Anat. 1. Ausg. I. S. 85.)

---

*) Götting. gel. Anz. 1860. Nachrichten Nr. 6. S. 55 ff.

Kann irgend etwas beweisen, dass sich anatomischerseits ein Centralpunct oder enger Centralraum nicht finden lässt, der als Sitz der Seele angesehen werden könnte, so ist es der Umstand, dass man nach und nach fast jeden Theil des Gehirnes dafür angesehen hat*). So setzte Descartes den Sitz der Seele in die Zirbel, Bontekoe, Lancisi, Louis, Chopart, Saucerote und la Peyronie in den Balken; Digby in die Scheidewand; Vieussens in den grössten Umkreis des Markes; Andre in die Sehnervenhügel; Andre in den Gehirnknoten; Arantius in die dritte Hirnhöhle; Willis in den gestreiften Hügel; Drelincourt in das kleine Hirn; Wharton und Schelhammer in den Anfang des Rückenmarkes; Fabri in das gefaltete Adernetz; Mieg in das Rückenmark. Diese Ansichten mögen zum Theil sehr unkritisch gewesen sein, aber die umsichtigste Kritik wird nur darin über alle diese Ansichten hinausgehen können, dass sie alle gleich verwirft.

Geht man näher auf die pathologischen Erfahrungen ein, so scheinen dieselben zunächst nur Widersprüche unter einander darzubieten. Während eine Unzahl pathologischer Erfahrungen die grosse Bedeutung der Integrität des Gehirnes für die Integrität des Seelenlebens beweist, scheint sie nach einer grossen Menge anderer Erfahrungen fast gleichgültig dafür zu sein. Bei den geachtetsten Beobachtern finden sich Beispiele von Wunden, Erweichungen, Verhärtungen, Hydatiden u. a. Entartungen im Gehirne, die ungeachtet einer sehr weiten Ausbreitung doch mit keiner Geistesstörung in Verbindung standen. U. a. haben Haller (Elem. physiol. IV. p. 338), Arnemann (Vers. üb. d. Gehirn und Rückenmark S. 136), Longet, Anatomie und Physiol. des Nervensystems, solche Fälle gesammelt. Ja Sömmering (v. Hirn u. d. Nerven S. 400) sagt: es sei fast kein Theil der Gehirnmasse, den man nicht zuweilen ohne Spur eines Nachtheiles für Leben und Verstand verhärtet, verwundet, vereitert oder zerstört gefunden hätte. Eben so bemerkt Burdach, der in seinem Werke über das Gehirn die bekannten Fälle von Verletzungen und Abnormitäten des Gehirnes nach den Kategorieen ihrer Folgen mit peniblem Fleisse zusammengestellt, im Allgemeinen (III. S. 267): die Erfahrung habe gelehrt, dass es keinen Theil im Gehirne gebe, dessen Abnormität nicht zuweilen eine Störung der Seelenthätigkeit zur Folge gehabt hätte, aber eben so auch keinen, bei dessen Abnormität die Seelenthätigkeit nicht ungestört geblieben wäre. (Vergl. auch Wagner's Anführungen in dieser Hinsicht S. 397.)

---

*) Sömmering. 407.

Nun gilt es, eine Ansicht zu fassen, welche die scheinbaren Widersprüche in dieser Hinsicht löst, nicht eine solche, welche sie bestehen lässt. Die Ansicht vom punctuellen Seelensitze vermag aber jene Widersprüche nicht zu lösen, sondern lässt sie in voller Stärke bestehen. Ein Punct, ein kleiner Organtheil, durch dessen Zerstörung oder Störung sicher Zerstörung oder Störung des diesseitigen Seelenlebens einträte, müsste danach jedesfalls gefodert werden, und er hat noch nicht gefunden werden können. Wogegen sich die scheinbaren Widersprüche nach der Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze ganz consequent und einfach im Sinne der sonst im Organismus vorhandenen Einrichtungen lösen. Was für den ganzen weiteren Seelensitz gilt, gilt nur eben auch für seinen wichtigsten Theil, den engeren. Wenn die rechte Lunge zerstört ist, athmet man noch mit der linken, und wenn von beiden ein Stück zerstört ist, athmet man noch mit dem anderen. So können sich die beiden Augen, Ohren, Hände, die Collateralgefässe der grossen Gefässstämme u. s. w. in ihren Leistungen zugleich ergänzen und vertreten. So können es auch im Sinne der Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze die beiden Gehirnhälften, und selbst bis zu gewissen Gränzen Theile derselben Gehirnhälfte, so lange noch solche zur Vertretung da und leistungsfähig sind. Wo nicht, so hört die Möglichkeit der Vertretung auf, und in dieser Hinsicht sind nach der variabeln Constitution, dem Gesundheitszustande, den früheren Schädigungen des Gehirnes alle Fälle möglich, die vorkommen. Die Flourens'schen Versuche mit Wegschneiden jetzt einer, dann beider Hirnhemisphären sind experimentale Beweise für diese Möglichkeit der Vertretung bezüglich der psychischen Leistungen, und geben zugleich, wie später zu zeigen, die einfache Unterlage für eine Erklärung der Theilbarkeit der niederen Thiere mit Verdoppelung der Seele im Sinne der Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze, indess sie die Räthsel und

Schwierigkeiten im Sinne der Ansicht vom einfachen Seelensitze nur mehren.

Das Einzige, was für den ersten Anblick von Erfahrungsseite her für die Ansicht vom einfachen Seelensitze zu sprechen scheinen kann, ist der oben besprochene Umstand, dass wir von unserem Körper so viele Theile, Arme, Beine und noch viel mehr verlieren können, ohne dass das geistige Leben und das Leben überhaupt etwas Anderes, als äussere Hülfswerkzeuge zu verlieren scheint, dass sicher das Nervensystem und hierin insbesondere das Gehirn den Herd einer Thätigkeit bildet, die zur Seelenthätigkeit in irgend einer bevorzugten Beziehung steht, und dass selbst vom Gehirne noch diess und das wegfallen kann, ohne dass die Integrität des Lebens und der Seele leidet; denn diess kann so gedeutet werden, dass es endlich überhaupt nur auf Erhaltung eines innersten und letzten Kernes als wesentlichen Trägers des Seelenlebens ankomme, und das Letzte, wohin man bei diesem Schlusse gehen kann, ist ein einfaches Wesen an einfachem Sitze. Ich habe nichts gefunden, was sonst auch nur mit einem Scheine für den einfachen Seelensitz von Seiten der Erfahrung spräche. Aber nachdem man so weit mit dem Schlusse gediehen ist, wird der Schlussstein dieses Schlusses, auf den zuletzt Alles ankommt, von der Erfahrung verweigert; sofern endlich jeder Theil des Gehirnes zerstört werden kann, ist's nur nicht zu viel auf einmal, ohne dass das Seelenleben zerstört oder gestört wird. Fehlt aber dieser Schlussstein, so fällt der ganze Schluss und müssen auch jene Thatsachen, die dahin zu weisen schienen, eine andere Deutung erhalten. Hingegen kann sich die Deutung im Sinne der Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze nicht nur auf ein erfahrungsmässig im ganzen Organismus gültiges Princip stützen, sondern zugleich den gefoderten Schlussstein im Flourens'schen Experimente und den Phänomenen der theilbaren Thiere aufweisen.

Es giebt zwar eine Thatsache, die sich für den ersten Anblick dem Vorigen entgegenstellen lässt. Durchschneidung des verlängerten Markes, d. i. des noch im Schädel liegenden Theiles, durch welchen das Gehirn sich in das Rückenmark fortsetzt, bringt beim Menschen und den höheren Thieren sicher und plötzlich den Tod hervor. Sollte nicht endlich hier mit dem Sitze oder der Hauptbedingung des körperlichen Lebens der Sitz der Seele als Centrum, Unterhalter, Motor dieses Lebens zu suchen sein? **Flourens**[*]) hat den Punct im verlängerten Marke, durch dessen Verletzung oder Extirpation sicher und plötzlich Tod erfolgt, näher zu bestimmen gesucht. und hat gefunden, dass es eine nur etwa stecknadelkopfgrosse Partie grauer Gehirnmasse sei, die Spitze der V-förmigen grauen Masse im Schnabel des sog. *Calamus scriptorius*, mit welchem die vierte Hirnhöhle in die Rückenmarksspalte übergeht, welche kleine Masse[**]) er in Betracht dieser ihr exclusiv zugeschriebenen Eigenschaft *point vital* oder *noeud vital* nennt. Durchschneidet man sie oder sticht man einen kleinen Troikar (*emporte-pièce*) so in das verlängerte Mark ein, dass der Lebensknoten durch einen, denselben umgebenden, kreisförmigen Einschnitt vom übrigen verlängerten Marke getrennt wird, so fällt nach seinen Angaben das Thier wie vom Blitze getroffen zu Boden, der Athem, mitunter auch die Herzbewegung stockt plötzlich, und das Thier ist todt fast ohne Convulsionen und Agonie, während Einschnitte vor und hinter diesem Knoten noch Lebenserscheinungen wie das Athmen und den Herzschlag fortbestehen lassen. Nach **Flourens** beträgt der Abstand zwischen beiden Gränzen, wo der Einschnitt noch geschehen kann, ohne den Athmungs-, Circulations- und hiemit Lebensprocess aufzuheben, hiemit der Durchmesser des Lebensknotens, kaum 1 Linie. Ja es zeigt sich die Integrität dieses kleinen Theiles als Lebensbedingung wichtiger, als die des ganzen Gehirnes, indem bei denselben Thieren das gesammte grosse Gehirn mit seinen Basalganglien abgetragen werden kann, ohne dass Athmung und Herzthätigkeit unmittelbar alterirt oder gar sistirt werden. Ausserdem setzt **Flourens** mit dem Dasein dieses Knotens im verlängerten Marke die von ihm bemerkte Thatsache[***]) in Beziehung, dass bei durch Aethereinathmung betäubten Hunden, wenn Kneipen der hinteren Rückenmarksnervenwurzeln keine Zeichen von Empfindung, Kneipen der vorderen keine Bewegung mehr veranlasst, doch noch Zeichen des Schmerzes und Muskelcontraction in der Nackengegend wahrgenommen werden, wenn man das verlängerte Mark kneipt oder berührt*), und plötzliches Aufhören aller Athembewegungen, hiemit plötzlicher voller Tod, wenn man nachmals noch den Lebensknoten durchschneidet, was er so deutet, dass der Lebensknoten noch fortlebe, wenn schon das Leben sonst im ganzen Rückenmarke durch die Aetherisirung unterdrückt sei.

---

[*]) Compt. rend. 1851. XXXIII. 437, XLVII. 803, frühere Untersuchung in s. Rech. expér. 1842. p. 204, spätere Notiz in Compt. rend. 1859. XLVIII. p. 136.

[**]) R. **Wagner** gedenkt derselben in dem S. 397 angeführten Aufsatze unter dem Namen des **grauen Keils**.

[***]) Compt. rend. 1847. XXIV. 253.

Nach alle dem betrachtet Flourens diesen Punct, oder richtiger diese kleine Masse wirklich als den eigentlichen Sitz des Lebens, indem er u. a. sagt:

»On voit que ce point, premier moteur du mécanisme respiratoire, et noeud vital du système nerveux (car tout ce qui, du système nerveux, reste attaché à ce point, vit, et tout ce qu'on en separe, meurt) n'est ainsi que je l'ai répété bien des fois, pas plus gros que la tête d'une épingle.«

»C'est donc d'un point, qui n'est pas plus gros qu'une tête d'épingle, que dépend la vie du système nerveuse, la vie de l'animal par conséquent, en un seul mot, la vie.«

»Les physiologistes m'ont souvent demandé de leur indiquer par un terme anatomique la place précise du point, que je nomme le point vital.«

»Je leur réponds: la place du point vital est la place marquée par la pointe du V de substance grise.«

»Sur le cerveau du chien, l'origine du nerf pneumo-gastrique est 5 millim. au-dessus du point vital. Sur le cerveau du lapin, l'origine du nerf pneumo-gastrique est 3 millim. au-dessus du point vital.«

Unstreitig erscheinen diese Thatsachen sehr frappant, und hienach gäbe es also, entgegen unserer obigen Angabe, doch einen winzig kleinen Theil, durch dessen Zerstörung oder Entfernung das Leben sicher aufgehoben wird, und man könnte um so eher geneigt sein, anzunehmen, dass hier mit dem Sitze oder der letzten Bedingung des körperlichen Lebens zugleich der Sitz der Seele im oben (S. 392) angegebenen Sinne zu suchen sei, als sich die Wurzeln zwar nicht aller, aber vieler wichtigen Nerven und darunter Sinnesnerven, bis zum verlängerten Marke, in welchem dieser *noeud vital* liegt, haben verfolgen lassen.

Nach einer genaueren Untersuchung jedoch stellt sich sowohl die Thatsache als die Deutung der Thatsache sehr anders, so dass statt einer Bestätigung der Ansicht vom einfachen Seelensitze fast die letzte Zuflucht derselben dadurch abgeschnitten wird.

---

*) Dass diess beim *noeud vital* insbesondere der Fall sei, wird nicht angeführt.

Unstreitig dürfen wir wirklich im *noeud vital* nach Flourens' und anderweiten Erfahrungen den verhältnissmässig kleinsten Theil sehen, dessen Zerstörung am sichersten, meist plötzlich, den Tod herbeiführt, und es dürfte den Anhängern des einfachen Seelensitzes wenig Hoffnung bleiben, eine andere eben so kleine Hirnpartie zu finden, welche hierin dem *noeud vital* den Vorrang streitig machte. Kann nun aber selbst dieser κατ' ἐξοχὴν sogenannte Lebensknoten unter geeigneten Massnahmen ganz extirpirt werden, ohne dass Körper- und Seelenleben aufhört, so wird man von jedem anderen stecknadelkopfgrossen Theile des Gehirnes um so mehr dasselbe annehmen dürfen (wie denn auch die oben S. 397 angeführten Versuche R. Wagner's hiefür direct sprechen), und zugeben müssen, Leben und Seele hängen überhaupt nicht an einem bestimmten Puncte, sondern an einem Zusammenhange, in dem jeder kleinste Theil durch andere kleinste Theile desselben Zusammenhanges vertreten werden kann. So ist es aber.

In der That hat Brown Séquard*) durch sehr zahlreiche, oft wiederholte und abgeänderte, Versuche an Meerschweinchen, Kaninchen und Hunden gezeigt, dass man den *noeud vital* mit seiner ganzen Umgebung herausschneiden kann, nur muss es nicht plötzlich mit einem Troikar oder mit einem sehr raschen Zirkelschnitte geschehen, sondern mit einem langsam geführten Schnitte, wodurch eine plötzliche starke Reizung dieser Stelle des verlängerten Markes vermieden wird; dann können Athem, sogar mit Beschleunigung und Herzschlag, mit den unzweideutigsten Zeichen von Empfindung und Willkühr noch mehr oder weniger lange, unter günstigen Umständen selbst Tage lang fortbestehen. Der plötzliche Tod, der bei Flourens' Operationsweise (und überhaupt raschen Durchschnitten des verlängerten Markes) eintritt, hängt nach Séquard's Discussion der verschiedenen Umstände gar nicht an sich und wesentlich an der Entfernung dieses Theiles, sondern daran, dass die bei raschem Schnitte unvermeidliche Reizung desselben dieselbe Stockung des Athems und mitunter Kreislaufes mitführt, welche man auch nach den Beobachtungen von Bernard, Budge, Séquard bezüglich des Athmens*), nach E. H. Weber u. A. bezüglich der Herzbewegung durch Galvanisirung der in das verlängerte Mark einmündenden Athemnerven erzeugen kann.

---

*) Dessen Journ. de Physiolog. 1857. I. p. 217.

Mag nun diese Erklärung des abweichenden Erfolges triftig sein oder nicht, was ich nicht entscheiden kann, so genügt uns hier die Thatsache selbst, dass der Erfolg der Operation keinesweges ein nothwendiger ist, wie es der Fall sein müsste, wenn im sog. *noeud vital* der wesentliche Sitz des Lebens und der Seele zu suchen wäre.

Brown Sequard führt u. a. einen Versuch an (Exp. IV. p. 228), wo er einem erwachsenen Kaninchen mit dem Lebensknoten zugleich die ganze V-förmige graue Masse, deren Spitze der Lebensknoten ist, und etwas von der umgebenden weissen Masse extirpirte. Die Respiration ward, anstatt aufzuhören, ausnehmend beschleunigt, der Herzschlag dauerte fort; die anderweiten Erscheinungen wie folgt: »L'animal est à peine troublé et il marche presque sans tituber (il titubait davantage avant l'ablation du point vital, après la section des muscles du cou). La respiration s'exécute avec plus d'effort qu'à l'état normal. Moins d'une heure après l'opération, il a mangé.« Tags darauf: »Il se promène et il court lorsqu'on veut le prendre. Il ne semble y avoir aucune diminution de la vue et de l'audition. Les mouvements volontaires s'exécutent librement et l'animal semble être très-vigoureux. Il a mangé avec assez d'appetit.« Noch am 7. Tage nach der Operation versucht das Thier zu schlucken, wenn schon vergeblich; und stirbt unter allmälig zunehmender Athembeschwerde erst am achten.

In einem anderen, nicht ausführlich mitgetheilten, Falle (p. 232) sahe Brown Séquard ein Kaninchen die Operation 9 Tage und einige Stunden überleben. Mehrere andere Fälle werden als Beispiele von vielen mitgetheilt, wo das Leben mit Zeichen der Empfindung und Willkühr zwar nur kürzere Zeit, aber doch immer eine Zeit lang, nach der Operation fortbestand.

Auch ist nach schon früheren Versuchen von Brown Sequard**) keineswegs bei allen anderen Thieren schneller Tod die Folge der Entfernung des ganzen verlängerten Markes, ja bei manchen Thieren wird diese Operation geraume Zeit überlebt. So beträgt nach ihm das Maximum der Lebensdauer nach derselben bei Fröschen und Salamandern 4 Monate, bei Kröten 4 bis 5 Wochen, bei Schildkröten 9 bis 10 Tage, bei Schlangen und Eidechsen 4 bis 7 Tage, bei Fischen 1 bis 6 Tage, bei Vögeln 2 bis 24 Minuten, bei winterschlafenden Säugethieren 1 Tag, bei neugeborenen Hunden,

---

*) Bernard in *Leçons de physiol. exp.* 1855. p. 386; Budge in *Compt. rend.* XXXIX. 1854. p. 749; Séquard in d. *Compt. rend. de la Soc. de Biol.* *déc.* 1858.

**) *Exper. research.* New York 1853. *Compt. rend. de la Soc. de Biol. pour* 1851. Vol. III. p. 73; *Compt. rend. de l'Acad. des sc.* 1847. XXIV. p. 363; hier nach Funke Lehrb. d. Physiol. 1. Aufl. S. 1026.

Katzen und Kaninchen 24 bis 46 Minuten, bei erwachsenen 3 bis 3½ Minute. Je höher die äussere Temperatur, desto schneller tritt der Tod ein; so sterben selbst Frösche bei 30 bis 40° C. schon nach wenig Minuten.

Die lange Lebensdauer der Frösche nach Entfernung des verlängerten Markes kann darauf geschrieben werden, dass bei diesen Thieren ein beschränkter Athmungsprocess durch die äussere Haut von Statten geht, wesshalb sie sich auch länger nach der Operation in Sauerstoffgas als in atmosphärischer Luft erhalten, und die leichtere Erhaltung des Lebens in kalter als warmer Luft darauf, dass der Athmungsprocess durch die Haut erstenfalls leichter genügt als letztenfalls.

Endlich verweist Brown Sequard auf künftig von ihm mitzutheilende pathologische Fälle beim Menschen, welche zu beweisen scheinen, dass die langsame Zerstörung dieser kleinen Masse grauen Markes den Tod hier nicht herbeiführt.

Zu allem Vorigen kommt nun noch, dass Flourens*) nach seinen neuen Untersuchungen innerhalb des Lebensknotens selbst eine Vertretung einer Hälfte durch die andere anerkennt, so dass, wenn blos eine Hälfte durchschnitten wird, der Tod nicht erfolgt, sondern nur erfolgt, wenn beide durchschnitten werden, so dass der Lebensknoten in dieser Hinsicht ganz unter dasselbe Princip tritt, welches wir im übrigen Organismus finden. Er fügt einen Beweis mehr zu den übrigen hinzu, und vielleicht den schlagendsten Beweis, dass jeder nicht zu grosse Theil seine Vertretung durch andere finden kann.

Wenn die Thatsache, dass sich weder im *noeud vital*, noch sonst wo ein Punct hat finden lassen, mit dessen Zerstörung das diesseitige Leben sicher zerstört wird, direct gegen die Ansicht vom einfachen Seelensitze spricht, so steht hingegen die grosse und vorzugsweise Wichtigkeit, welche doch die Integrität des Flourens'schen Lebensknotens für die Integrität des Lebens hat, die leichte und bei manchen Operationsweisen doch sichere Zerstörung des Lebens bei seiner Zerstörung in keiner Weise im Widerspruche mit der Ansicht von einem, über den Lebensknoten hinausgreifenden, ausgedehnten Seelensitze; indem der Tod der Seele hienach vielmehr von der ausgedehnten Sistirung wichtiger körperlicher Lebensfunctionen, welche nach dem organischen Zusammenhange mit der Zerstörung des Lebensknotens eintritt, als von Zerstörung dieses kleinen Theiles selbst abhängig gemacht werden kann. Der Lebensknoten verdankt hienach selbst seine

---

*) *L'Instit.* 1858. p. 381. *Compt. rend.* XLVII. 803.

Bedeutung nur seinem Zusammenhange, und hat, abgesehen von dem Zusammenhange, in dem er sich befindet, keine grössere Bedeutung für das Seelenleben, als irgend ein anderes gleich grosses Häufchen grauer Masse, verhält sich vielmehr in dieser Hinsicht ganz wie ein Stift oder Ventil in manchen Maschinen, mit dessen Zerstörung oder Entfernung die ganze Maschine plötzlich ins Stocken gerathen kann, ohne dass man doch desshalb den Sitz oder die wesentliche Bedingung der Leistung der Maschine darin zu sehen hat.

Gesetzt aber, der Tod erfolgte wirklich unausweichlich plötzlich mit Zerstörung des Lebensknotens oder irgend einer anderen Stelle, so würde damit nur eine der Foderungen, welche die Ansicht vom einfachen Seelensitze zu stellen hätte, befriedigt, aber dieselbe noch keinesfalls erwiesen sein, da es eine andere Frage ist, ob mit Zerstörung eines Punctes die Seele aus diesem Leben fällt, und ob dieser Punct zugleich ein Centralpunct in dem Sinne ist, an den wir den Begriff des Seelensitzes geknüpft haben. In der That aber haben wir gar keinen erfahrungsmässigen Grund, dem sog. Lebenspuncte eine besonders wichtige centrale oder functionelle Bedeutung für die höheren Seelenfunctionen beizulegen.

Gegen die hier erhobene Schwierigkeit, dass sich kein *noeud vital* in strengem Sinne finden lasse, scheint mir nur etwa folgende Ausflucht möglich. Man kann sagen, sei es nicht der Flourens'sche, werde es ein anderer sein, der in irgend einem Verstecke ruhe, und die pathologischen und physiologischen Erfahrungen nur nicht ausreichend, ihn finden zu lassen, zumal ja nicht nothwendig sei, dass der darauf zu beziehende einfache Seelensitz immer genau denselben Ort einhalte, vielmehr möglich, dass er im Falle drohender oder wirklicher Zerstörung des Sitzes den Ort wechsele. Könne diess auch nicht geschehen, ohne dass die Seele ihre günstigste Stellung zum Körper verliere; so zeige sich ja auch der Nachtheil solcher Zerstörungen.

Wirklich hat Herbart eine Beweglichkeit des einfachen Seelensitzes statuirt.

Nun sind die Annahmen, dass das anatomische Messer den einfachen Seelensitz bisher nicht zu treffen vermocht, und dass die Seele vor demselben zu flüchten vermöge, unstreitig gleich unwahrscheinlich; doch müssten sie gestattet werden, wenn die Ansicht vom einfachen Seelensitze sonst durch einen Zusammenhang thatsächlicher Puncte gesichert wäre, da sie dann durch die Haltbarkeit der Ansicht mit gehalten würden; sollte sich aber diese Ansicht auch sonst überall nur auf Gründe stützen können, die erst durch die vorausgesetzte Haltbarkeit der Ansicht haltbar werden, so ist schwer zu sagen, worauf sie sich eigentlich stützt. Indem ich folgends zu zeigen suche, dass diess die wirkliche Sachlage ist, kann ich mich freilich nur gegen den einzigen Vertreter der Ansicht vom einfachen Seelensitze wenden, bei dem ich überhaupt einen ernsthaften Versuch zur Beseitigung ihrer Schwierigkeiten finde; denn meist hat man sich die Schwierigkeiten gar nicht klar gemacht. Es kann aber meines Erachtens nur beitragen, die Entscheidung für die Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze sicher zu stellen, wenn sich zeigt, welche Wege der Scharfsinn eines der scharfsinnigsten Vertreters der gegentheiligen Ansicht einschlagen musste, diese zu halten.

Zur Beseitigung der anatomischen Schwierigkeit, dass die Nervenfasern nicht in einem Puncte zusammentreffen, wie man im Falle des einfachen Seelensitzes zu erwarten hätte, bemerkt Lotze, es können dessenungeachtet die Sinneserregungen insofern den Sitz der Seele treffen, als die Nervenfasern entweder in ein nervöses Parenchym einmünden, in dem der Sitz der Seele ist, und also doch theilweise zu diesem Sitze gelangen (med. Psychol. 418) oder sich in wenige, sei es auch nur eine einzige Nervenbahn, die zum Sitze der Seele führt, vereinigen (Mikr. I. 323. 328). Die erste Voraussetzung erschien freilich teleologisch so unbefriedigend, dass diess wohl Hauptgrund war, dass Lotze ihr in seinem späteren Werke die zweite substituirte. Indem aber beiden gleich sehr die Schwierigkeit entgegensteht, dass sich in dem Parenchym oder der einfachen Leitungsbahn die Sinneserregungen zu einer mittleren mischen müssten, also die Unterscheidungsfähigkeit derselben nicht stattfinden könne, die doch erfahrungsmässig besteht, lehnt Lotze (med. Psych. 421. Mikr. I. 323) diess dadurch ab, dass möglicherweise auch das Parenchym oder »das Gefüge einer und derselben Faser durch viele Erregungen gleichzeitig durchlaufen werden könne, ohne dass diese einander bis zum Unbemerklichwerden ihrer wesentlichen Charaktere störten.« »Bieten doch die Schall- und Lichtwellen, die in unermesslicher Mannichfaltigkeit sich kreuzend denselben Luftraum gleichzeitig durchdringen, auch ausser uns ein reichhaltiges Beispiel von Bewegungen, die in demselben Stoffe verlaufend nur in so beschränkter Ausdehnung einander stören, dass ihr gegenseitiger Einfluss auf einander beinahe nur der Wissenschaft bekannt wird, der gewöhnlichen Wahrnehmung aber ganz entgeht.«

Nun aber vermögen wir doch factisch nicht, zusammengesetzte Lichtschwingungen in ihre Farbencomponenten zu zerlegen, wenn sie durch dieselbe Opticusfaser eintreten; und soll die zuleitende Nervenbahn zum einfachen Seelensitze nicht eine besondere *qualitas occulta* vor der Opticusfaser voraus haben, so werden wir sie eben so wenig zu zerlegen vermögen, wenn sie in Zusammensetzung dadurch anlangen; oder müssten sie eben so zerlegen können, wenn sie durch die Opticusfaser so anlangten. Kurz factisch verwirklicht sich die Möglichkeit, auf die sich Lotze beruft, in unserem Nervensysteme nicht. Lichtschwingungen können sich freilich draussen kreuzen und doch noch von uns unterschieden werden, aber nur, wenn sie aus ihrer Kreuzung hervorgehend nach oder neben einander gesondert unser Auge treffen, wie Wellen auf dem Teiche auch einander durchschreiten können, und ihre Wirkungen gesondert geltend machen können; nach Lotze aber sollen alle Lichtschwingungen, welche die unzähligen Puncte einer Gegend in unser Auge senden, gleichzeitig durch dieselbe Nervenbahn zugeleitet und in ihrer Zusammensetzung gleichzeitig am einfachen Seelensitze anlangend, noch ihre Unterscheidungsfähigkeit behalten; das kann nach Erfahrungen nicht sein.

Man könnte einwenden, dass die Seele doch aus einem Gemische von Tönen, welches durch denselben Hörnerv anlangt, durch Aufmerksamkeit die einzelnen Töne herauszuhören vermag. Aber wir dürfen uns beim Gesichte nicht auf eine Analogie mit dem Gehöre berufen, wenn beim Gesichte directe Thatsachen widersprechen; gar Vieles gilt für den einen Sinn, was für den anderen nicht gilt. Ueberdiess sind im 33. Kapitel gute Gründe geltend gemacht worden, wonach selbst das Heraushören einzelner Töne aus einem Tongemische nur insofern möglich sein dürfte, als dieselben durch verschiedene Acusticusfasern percipirt werden.

Der scharfsinnig eingeführte und ausgeführte Begriff der sog. Localzeichen, wodurch Lotze die Entstehung zusammengesetzter räumlicher Anschauungen und Tastbilder erklärbar zu machen sucht, hebt die Schwierigkeit nicht nur nicht, sondern kennt sie gar nicht.

Ich führe hier einige besonders charakteristische Stellen aus Lotze's berühmter und einflussreich gewordener Lehre von den Localzeichen*) an, ohne sie in ihrer ganzen feinen Ausführung, die man selbst nachlesen muss, die aber doch nur durch eine haltbare Grundlage haltbar wird, hier wiedergeben zu können:

p. 329. »So wie eine veränderliche Grösse abnehmen kann bis zu einem Nullwerthe und jenseit desselben wieder wachsen, so geht die Regelmässigkeit der geometrischen Einwirkungen unfehlbar in einem Puncte vollkommener Unräumlichkeit zu Grunde und wird jenseits desselben wiedererzeugt. Und wie eine veränderliche Grösse sich von Neuem entfaltet, nicht weil sie ihre früheren wirklichen Werthe auf verborgene Weise mit in den Nullwerth hineingeschleppt, sondern weil das Gesetz ihres Wechsels sich durch dieses augenblickliche Verschwinden reeller Werthe hindurch erhält, so werden auch die geschehenden Eindrücke in der Seele sich in der Seele wieder zu einer Raumwelt ausbreiten, nicht indem sie eine verborgene Räumlichkeit in das Bewusstsein eingeschwärzt, sondern weil sie vermocht haben, zwischen den intensiven Erregungen der Seele, die sie erzeugten, Relationen zu unterhalten, aus denen in der reconstruirenden Thätigkeit der Anschauung das Bild der veranlassenden Objecte wiederentstehen muss.«

p. 330. »Finden wir irgendwo Veranstaltungen getroffen, um eine Vielheit äusserer Reize in geordneten geometrischen Verhältnissen auf das Nervensystem wirken zu lassen, so sind uns solche Einrichtungen allerdings als Andeutungen wichtig, dass die Natur aus jenen räumlichen Beziehungen etwas für das Bewusstsein zu machen beabsichtigt. An sich jedoch erklären sie nichts, und es ist nothwendig, überall in den Sinnesorganen zugleich jene anderen Mittel aufzusuchen, durch welche die Lage der erregten Puncte noch neben ihrer qualitativen Erregung auf die Seele zu wirken vermag. Da nun die spätere Localisation eines Empfindungselementes in der räumlichen Anschauung unabhängig ist von seinem qualitativen Inhalte, so dass in verschiedenen Augenblicken sehr verschiedene Empfindungen die gleichen Stellen unseres Raumbildes füllen können, so muss jede Erregung vermöge des Punctes im Nervensysteme, an welchem sie stattfindet, eine eigenthümliche Färbung erhalten, die wir mit dem Namen ihres Localzeichens belegen wollen. Ueber die nähere Natur dieses Localzeichens werden wir uns bald weiter zu äussern haben; wir können es hier nur als einen physischen Nervenprocess überhaupt bezeichnen, der sich constant für jede Stelle des Nervensystemes mit jenem veränderlichen Nervenprocesse associirt, welcher an derselben Stelle dem qualitativen Inhalte der wechselnden Empfindungen zu Grunde liegt. Beide Processe stören einander entweder gar nicht, oder in höchst unbeträchtlichem Maasse, und während die Seele fortfährt, unter dem Einflusse des letzteren ihre gewöhnlichen qualitativen

---

*) Lotze, medicin. Psychol. 325 ff.

Empfindungen zu bilden, wird jede von ihnen zugleich von einer anderen Erregung begleitet, welche abhängig von dem Localzeichen ihre spätere Einordnung an eine Stelle des vorgestellten Raumes bedingt.«

p. 334. »Diese Erwägungen bestimmen uns, jene Localzeichen der Nervenerregungen im Allgemeinen nicht in passiven Nebenumständen zu suchen, die jede Stelle des Nervensystemes nach ihrer Structur noch neben den Empfindungsreizen nur erleidet, sondern in den Bewegungen, welche sie vermöge ihres Zusammenhanges mit dem übrigen Nervensysteme nach Weise des Reflexes hervorzubringen strebt*).«

p. 335. »Für alle unsere physiologischen Betrachtungen reicht die Vorstellung hin, dass die Raumanschauung ein der Natur der Seele ursprünglich und *a priori* angehöriges Besitzthum sei, das durch äussere Eindrücke nicht erzeugt, sondern nur zu bestimmten Anwendungen provocirt würde.«

Unstreitig ist es schwer, sich von den Localzeichen als motorischen Tendenzen, wofür sie Lotze im Wesentlichen erklärt, eine klare Vorstellung zu machen. Was ist eine Tendenz, — die exacte Physik kennt das Wort nicht — wenn man weder wirkliche Bewegungen noch geistige Strebungen, die ja erst in der Seele erwachen, darunter denken soll; ist eine Fortpflanzung von Druck oder Spannung oder doch eine leise Bewegung damit gemeint? und etwas sollte man doch darunter denken können, um nicht die Leistung, die den Localzeichen auferlegt wird, einem blossen Worte aufzuerlegen und die Leistung selbst zu einer *qualitas occulta* zu machen. Es ist mir nicht geglückt, darüber Klarheit zu erlangen.

Jedenfalls können die verschiedenartigen Localzeichen, welche den Erregungen der einzelnen Sehnerven- und Tastnervenfasern je nach ihrer Lage anahften, in dem Parenchym oder der einfachen Verbindungsfaser, wodurch zuletzt Alles zur Seele gelangt, nur zu einem zusammengesetzten Localzeichen verschmelzen. Nun wird der Seele die Aufgabe gestellt, und man darf wohl sagen, die Fähigkeit octroyirt, die Qualität dieser Verschmelzung als räumliche Extension und Anordnung zu expliciren. Aber unter welcher Form man auch die Localzeichen denken möchte, ist es nicht eine mystische, so will sich keine einer solchen Fähigkeit fügen. Lotze selbst bedient sich vergleichsweise des Ausdruckes zur Charakteristik der Localzeichen, »dass jede Erregung vermöge des Punctes im Nervensysteme, wo sie stattfindet, eine eigenthümliche Färbung erhalte.« Niemand ist sonst glücklicher, eine Ansicht treffend auszudrücken, als Lotze; aber die zusammengesetztesten Färbungen tragen nicht die Spur eines Vermögens in sich, von der Seele räumlich explicirt zu werden.

---

*) Auch p. 340 wird gesagt, dass »die Localzeichen in der Erweckung motorischer Tendenzen bestehen.«

Nach Lotze (p. 339) »ist die Isolation der Nervenfasern und die Lage ihrer centralen Enden nur insofern von Belang, als beide ein Mittel sind, jeden einzelnen Nervenprocess mit einem qualitativ bestimmten Localzeichen zu versehen, durch welches seine spätere Einordnung in den Raum bedingt wird, in welchem die Seele ihre intensiven Wahrnehmungen entfaltet.« Aber was kann diese Isolation in den Primitivnervenfasern fruchten, wenn sie doch in der allgemeinen Verbindungsfaser, worein sie münden, und welche zum Seelensitze führt, eben so wieder aufgehoben werden muss, als wenn die Zweige desselben Tastempfindungskreises in eine gemeinsame Tastnervenfaser einmünden, wo sie trotz ihrer verschiedenen Lage, die ihnen wohl ein verschiedenes Localzeichen einprägen könnte, keineswegs im Stande sind, discrete Raumempfindungen zu vermitteln, oder was hindert umgekehrt das Zustandekommen von Localzeichen bei den Zweigen desselben Empfindungskreises?

Lotze erhebt selbst den zweiten Einwand (Mikr. I. 323), »dass vor Allem die Fähigkeit der Seele, den Gliedern genau abgemessene Impulse zu Bewegungen mitzutheilen, einer solchen Anordnung (wie von ihm vorausgesetzt worden) entgegenstehe. Damit diese bestimmte Beugung oder Streckung des Armes geschehe, sei es nöthig, dass diesem und keinem anderen motorischen Nerven diese und keine andere Grösse des Anstosses zugeführt werde; undenkbar, wenn nicht jeder dieser einzelnen Fäden sich ununterbrochen bis zum Orte der Seele erstrecke, damit sie ihn unmittelbar finden und erregen könne.« Aber, entgegnet er (Mikr. I. 325), die Qualität des Seelenzustandes ist es, »wovon nicht nur die Grösse und Art, sondern auch der Ort der Wirkung abhängen, die der Naturlauf an ihn knüpft.....« »Von den unzähligen Schallwellen, welche die Luft durchkreuzen, wird jede ohne Zweifel in einer gespannten Platte, einer Fensterscheibe, welche sie trifft, irgend welche Erschütterungen hervorbringen, aber nur eine von ihnen wird die Platte zum Mittönen bringen, nur die nämlich, deren Schwingungen regelmässig zu wiederholen die Platte durch ihre eigene Structur und Spannung befähigt ist.....« »Läge der Seele in der That die ganze Claviatur der motorischen Nervenenden geordnet vor, so könnte die Art ihres Einflusses keine andere sein. Sie würde nicht in jedem Falle einen übrigens gleichartigen Stoss ausführen, dem sie nur eine bestimmte Richtung gäbe, und der nur blos desswegen, weil er in dieser Richtung auf dieses, nicht auf jenes Nervenende trifft, auch nur diese, nicht eine andere Bewegung erzeugen müsste, sie kann für jede beabsichtigte Bewegung vielmehr nur einen eigenthümlichen qualitativen Zustand, einen Ton von bestimmter Höhe in jenem Gleichnisse hervorbringen, und von der Wahlverwandtschaft, welche zwischen diesem Zustande und der eigenthümlichen Leistungsfähigkeit eines bestimmten Nervenursprunges obwaltet, wird erst die räumliche Richtung abhängen, welche der Einfluss der Seele nimmt, und welche er nur täuschend von Anfange an schon inne zu halten schien.....«

Aber, verstehe ich diese Auffassung recht, was vielleicht nicht ganz der Fall ist, so kann ich nur einen halben Rückgang auf die Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze darin finden. Denn, da zugestandenermassen die Nervenursprünge nicht unmittelbar, sondern nur mittelst eines zwischeneingeschobenen Parenchyms oder einer einfachen Bahn mit dem Seelensitze zusammenhängen, so kann nur ein zusammengesetzter Impuls oder eine zusammengesetzte Wellenbewegung vom Seelensitze aus sich zu den Nervenursprüngen fortpflanzen; und da er sich hier zwischen ihnen nach der Qualität der psychischen Anstösse theilen soll, so muss also die Qualität der Seelenthätigkeit über den gemeinsamen Verbindungsweg hinaus die Austheilung dieser Anstösse bewirken, also doch die Weise der körperlichen Thätigkeit auf einmal in einer Mehrheit von Puncten bestimmen; und der Unterschied von dem, was die Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze will, ist nur noch der, dass nach dieser die Qualität der Seelenthätigkeiten nicht blos die Austheilung von Impulsen an eine Mehrheit von Puncten, sondern gleich den Gang von Bewegungen in einer gewissen zusammenhängenden Ausdehnung des Körpers bestimmt. Indem man aber die Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze halb zugiebt, giebt man die Ansicht vom einfachen halb verloren.

Da Lotze eine Zerlegbarkeit der beim Seelensitze verbunden anlangenden Impulse durch das Wirken der Seele statuirt, so kann allerdings die Annahme einer damit parallel gehenden Zerlegbarkeit der von der Seele ausgehenden zusammengesetzten Impulse nicht befremden, und es ist diese Annahme überhaupt fundamental für die ganze Ansicht vom einfachen Seelensitze. Denn nicht nur hängt daran die Möglichkeit, unterschiedene Sinnesempfindungen zugleich zu haben und den Muskeln geordnete Anstösse zu ertheilen, sondern auch die Möglichkeit, der mit dem Wachsthume des geistigen Vermögens wachsenden Verwickelung des Gehirnes eine vernünftige Bedeutung beizulegen. Denn was kann der Anhang der ungeheuer verwickelten grossen Hirnhemisphären am einfachen Seelensitze beim Menschen wollen, wenn von allen verwickelten Bewegungen darin zuletzt nur eine zusammengesetzte Resultante durch das Parenchym oder die Verbindungsfaser beim Seelensitze anlangt; wofern nicht abermals diese Zerlegbarkeit zu Hülfe genommen wird.

Die wichtigsten Schwierigkeiten werden durch eine so einfache Annahme wie mit einem Zauberschlage gehoben; aber die Verbindungsfaser gewinnt dadurch auch ganz den Charakter einer Zauberruthe, welche alle noch so grosse Schwierigkeiten mit demselben einfachen Schlage zu überwinden sich vermisst, ohne eines Naturgesetzes dabei zu bedürfen oder zu achten.

Was die Thatsache anlangt, dass ein in Eins empfindendes Thier durch Theilung in zwei dergleichen zerfallen kann, so scheint sie freilich weder nach Herbart's noch Lotze's Auffassung eine sonderliche Schwierigkeit zu bieten, sofern der ganze Körper nach ihnen aus schlummernden Seelen besteht, und die Trennung Anlass zum Erwachen einer neuen Seele sein kann. Aber wenn ein symmetrisch gebautes Thier symmetrisch getheilt wird, in welchem beider Theile soll die alte Seele bleiben, und in welchem die neue erwachen? Natürlich, wird man sagen, die alte Seele bleibt in dem Theile, wo sie ist, im anderen erwacht eine neue; oder auch, die alte Seele stirbt, und es erwachen zwei neue. Aber beides geht nicht, denn ich kann das Thier von der einen Seite und ich kann es von der Gegenseite her durch allmäliges Wegschneiden bis auf die Hälfte herabbringen, und es besteht immer die Continuität des alten Lebens fort. Ich denke wenigstens, dass sich die Erscheinungen so ausnehmen, denn selbst freilich habe ich keine Versuche darüber angestellt. Wie aber soll man diess mit einer Ansicht vereinbaren, nach der die Seele doch nur auf einer Seite auf einmal sitzen kann? Nach der Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze ist das ganz einfach. Die einander gleichen Theile des ausgedehnten Seelensitzes unterstützen sich in derselben psychischen Leistung, so lange sie zusammenhängen, und geben die gleiche Leistung getrennt, wenn sie nicht mehr zusammenhängen, nur anfangs schwächer, bis jede Hälfte die fehlende ersetzt hat, wie in einem künftigen Kapitel ausführlicher besprochen wird. Dazu bedürfen wir keiner Hypothese eines wunderbaren Einflusses der mechanischen Trennung eines Thieres, sondern blos des für den ganzen Organismus factisch geltenden Princips des solidarischen Zusammenwirkens und der solidarischen Vertretung, dessen Anwendbarkeit auf den engeren Seelensitz bezüglich der psychischen Leistungen durch Flourens' Versuche am Gehirne überdies direct bewiesen ist, so dass eigentlich hier gar nichts von Hypothese übrig bleibt. Es müsste freilich nicht so sein, aber es ist so, und weil es so ist, muss der Seelensitz ein ausgedehnter sein.

Blicken wir zurück: die Ansicht vom einfachen Seelensitze will sich durch Erfahrungen stützen. Sie sucht den Ort im Gehirne, von dem alle Nerven auslaufen, in dem alle zusammenlaufen; ein solcher Ort ist nicht zu finden. Sie sucht den Punct, mit dessen Zerstörung die Seele aus dem Leben fällt, einen solchen Punct giebt es nicht. Sie setzt voraus, es werde eine Verbindungsfaser zum Seelensitze und eine Fähigkeit der Seele geben, das, was in einer Faser verschmolzen anlangt, zu trennen; weder die Verbindungsfaser, noch ein solches Vermögen ist zu finden. Sie will durch Spaltung eines Thieres den Theil mit dem Seelensitze vom Theile ohne Seele trennen, und beide Theile bleiben beseelt.

Eine solche Ansicht kann nicht zur Grundlage exacter Untersuchungen über die Beziehung von Leib und Seele gemacht werden, indem sie sich selbst nur auf die Voraussetzung einer Unmöglichkeit exacter Forschung in diesem Gebiete stützen kann; denn alles, was im Sinne einer solchen zu benutzen wäre, eine Ansicht zu begründen, wird hier beiseitegesetzt, und eine Ansicht auf gegentheilige Voraussetzungen gestützt, die der Forschung theils unzugänglich sind, theils ihren Resultaten widersprechen.

Unstreitig ruht eine Ansicht, die sich so zu den Thatsachen stellt, überhaupt nicht auf Betrachtung der Thatsachen selbst, sondern auf allgemeineren Gründen, und es liesse sich allgemein gesprochen denken, dass hier das Bindende läge, was wir auf dem

Gebiete der Thatsachen vermissen. Diess ausführlich zu discutiren, ist diese Schrift nicht geeignet, da sie nur auf Thatsachen fussen kann, und auf den Streit der philosophischen Systeme einzugehen, hier weder die Absicht noch von Erfolg sein kann. Nachdem jedoch mit den vorigen Erörterungen der dringenderen und hier allein wesentlichen Aufgabe, den Vorzug, den wir der Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze ertheilen werden, auf Factisches zu gründen, entsprochen ist, möge einigen beiläufigen Zusatzerörterungen über die allgemeineren Fragen, von denen man unsere Frage etwa abhängig machen könnte, der Raum noch gegönnt werden, mit Rücksicht, dass das hier massgebende Interesse an der Frage doch nicht das allein massgebende ist, was bei der Entscheidung derselben in Betracht kommt, sondern aus allgemeinem Interesse allerdings auch die allgemeinen Fragen, womit sie zusammenhängt, in Mitrücksicht zu ziehen sind.

Hauptsächlich ist es die Ansicht von der einfachen Natur der Seele, die selbst wieder ihre hier nicht zu verfolgenden Wurzeln hat, in welcher die Ansicht vom einfachen Sitze derselben wurzelt. Nun kann man es zuvörderst in Frage stellen, ob nicht Einheit der treffendere Ausdruck für die Natur der Seele sei, als Einfachheit, und diese Frage scheint mir zu bejahen, da die Seele eine so grosse Mannichfaltigkeit von Momenten in sich einschliesst und entfaltet, was dem Begriffe der Einfachheit, aber nicht der Einheit widerspricht. Denn der Unterschied der Einheit von der Einfachheit liegt eben darin, dass jene als eine Verknüpfung oder ein Verknüpfendes fassbar ist, wie denn selbst die Zahleneinheit noch in unzählige Bruchtheile zerlegbar ist. Warum aber sollte die Seele als einheitliches, eine Mannichfaltigkeit in sich verknüpfendes, Wesen nicht vielmehr an ein körperliches System, was seinerseits die Verknüpfung eines Mannichfaltigen ist, als einen Punct in diesem Systeme gebunden sein. Jenes deckt sich mehr als dieses; und eine metaphysische Schwierigkeit liegt jedenfalls hier nicht vor, ausser die man sich selbst macht.

Nun kann man freilich, und so geschieht es in den monadologischen Systemen, die Einheit der Seele von der metaphysischen Einfachheit eines Grundwesens hinter der Mannichfaltigkeit der Seelenerscheinungen abhängig machen. Aber sei es, dass eine Metaphysik dereinst gefunden werde, welche den Begriff dieser Einheit und die Abhängigkeit der Einheit von der Einfachheit klarer und widerspruchsloser als seither begründet — ich selbst habe nie Frucht in den Erklärungen des Wirklichen durch das Hinterwirkliche finden können — so wäre hiemit noch nichts weniger als der einfache Seelensitz begründet. Denn an sich könnte nichts hindern, einer metaphysisch einfachen Seele eben so das Vermögen zuzutrauen, durch ihr Wirken gleichzeitig ein System von Bewegungen verschiedener auseinanderliegender Körpertheile zu vermitteln, ohne nach dem Principe des Stosses die Bewegung von den einen zu den anderen erst successiv überzupflanzen, als die Sonne vermöge ihrer Gravitationswirkung factisch ein solches besitzt; und es ist nicht abzusehen, wiefern eine metaphysische Einfachheit die Seele nöthigen könnte, vielmehr von einem bestimmten physischen Puncte, als von einem körperlichen Zusammenhange aus den Angriff auf die übrige Körperwelt zu nehmen.

Diess allgemein gesprochen; aber besondere Auffassungen können freilich dazu nöthigen. Das Herbart'sche System könnte vielleicht noch stehen, trotzdem, dass die Ansicht vom einfachen Seelensitze fällt, sollte es sonst bestandfähig sein; weil es nicht an diese Ansicht streng gebunden sein mag, wenn sich gleich ihr Urheber daran gebunden hat; anders aber scheint es mit dem Lotze'schen Systeme. Denn Lotze*) identificirt die einfachen Seelenwesen mit den einfachsten Elementen der Körperwelt, als welche innerlich die Seelenerscheinungen zu geben vermögen, indess sie nach aussen nur physische Erscheinungen vermitteln; und unsere Seele selbst ist blos ein seinem Wesen nach gleichartiges, seiner Stellung und inneren Entwickelung nach bevorzugtes Atom inmitten des Systemes der an sich ihm ebenbürtigen gleich seelischen Körperatome**). Hier wird die Ansicht vom einfachen Seelensitze eine nothwendige, da zuzugestehen ist, dass ein einfaches Atom für sich allein nicht Kraft haben kann, auf merkbare Strecken einen Zusammenhang ausgedehnter merkbarer Bewegungen zu unterhalten, wonach (bei Ausschluss mystischer Vermittelungen) nur das Princip des auf Molecularwirkung rückführbaren Stosses an die Nachbaratome und von Seiten der Nachbaratome her übrig bleibt, den Zusammenhang zwischen der Seele und ihrem Körper zu vermitteln.

---

*) Mikrok. I. 374 ff.

**) Wie mir gesagt worden, hat Drosbach in den Schriften »die Harmonie der Ergebnisse der Naturforschung mit den Foderungen des menschlichen Gemüthes« und »die Genesis des Bewusstseins nach atomistischen Principien« unabhängig von Lotze eine ähnliche Ansicht aufgestellt; doch kenne ich diese Schriften nicht aus eigener Ansicht.

Die Ansicht Lotze's über die Natur der Seelen und ihre Beziehung zur Körperwelt ist unstreitig philosophisch möglich; aber es stehen ihr so viele andere philosophische Ansichten darüber entgegen, dass die Entscheidung zwischen ihnen erst zu suchen, ehe eine Entscheidung danach zu fällen ist. Ich glaube selbst, dass man, um weder bei einer Halbheit noch Einseitigkeit stehen zu bleiben, noch in der Orientirung über die Wirklichkeit zu einer unfasslichen Hinterwirklichkeit zurückzugehen, in letzter Instanz nur zwischen den zwei fundamental entgegengesetzten Ansichten zu wählen hat, entweder die ganze Seelenwelt der Zerspaltung der daran geknüpften Körperwelt gemäss bis in das Letzte in Lotze's Sinne zu spalten und wieder durch etwas, was geistähnlich, doch nicht Geist ist, zu verkitten, oder die ganze Welt in unserem Sinne von vorn herein einheitlich durch einen Geist zu verknüpfen und zu gliedern. Die eine wie die andere dieser Ansichten kann consequent in sich entwickelt, mit unseren allgemeinsten Interessen in Bezug gesetzt werden*); man kann sich in die eine und die andere so hineinleben, dass sie ganz natürlich, die gegentheilige ganz unnatürlich scheint. Woher soll dann die Entscheidung kommen?

Ich glaube, es wird hier sein, wie es in der Physik mit der Undulations- und Emissionstheorie gewesen: jede hat sich consequent in sich zu einer vollständigen Theorie entwickelt; jede hat ihre Vertreter gehabt, noch jüngst stand Biot für die eine, indess Fresnel für die andere; woher ist endlich die Entscheidung doch gekommen? Daher, dass die Foderungen, welche beide Theorieen an die Erfahrung stellten, in gewissen Puncten auseinanderwichen, in wenigen, jedoch fundamentalen; und die Erfahrung hat der einen Recht gegeben. Solche Puncte aber scheinen mir bezüglich des Streites, um den es sich hier handelt, in denen vorzuliegen, welche sich auf die Frage nach der Einfachheit oder Ausdehnung des Seelensitzes beziehen, und ich halte es für einen günstigen Umstand, dass sich hier einmal die so seltene Möglichkeit zeigt, zwischen philosophischen Systemen durch Thatsachen zu entscheiden.

---

*) Es ist von Lotze in seinem Mikrokosmus, von mir in meiner Schrift Zend-Avesta versucht worden.

Der Hauptvortheil der monadologischen Systeme, wozu das Lotze'sche gehört, möchte darin liegen, dass es ihnen am leichtesten fällt, die Unzerstörbarkeit der Seele zu behaupten, indem die Einfachheit der Monade kein Zerfallen erlaubt. Nun können einfache Mittelpuncte, Schwerpuncte zwar nicht zerfallen, aber doch verschwinden, wenn das, wozu sie gehören, zerfällt; und insofern schiene diese Sicherstellung doch nur scheinbar, aber indem jene Systeme eine Selbständigkeit der Monaden oder einfachen Wesen postuliren oder durch das einfache Atom hypostasiren, erscheint auch die Unsterblichkeit der Seele auf die einfachste Weise gesichert. Nach Erfahrung zwar kann die Seele trotz ihrer vorausgesetzten Selbstbestandfähigkeit nur unter besonderen Bedingungen der Leiblichkeit thätig und wach sein, und hiemit kehrt im Grunde für die monadologische Ansicht die ganze Schwierigkeit jeder anderen Ansicht wieder, wie es nun möglich werde, nach dem Tode das ohne Leib zu leisten, was sie im Leben nur mit einem Leibe leisten konnte, oder wo sie einen neuen Leib finden könne. Jedoch die nächstliegende Schwierigkeit ist einfach überwunden.

Aber die einfachsten Wege sind nicht immer die triftigsten und die erste und einfachste Befriedigung nicht immer die zulänglichste. So unzerstörbar ein Punct ist, so unzerstörbar ist der Zusammenhang des Ganzen und die causale Auseinanderfolge in dem Ganzen, dessen Theil unser System ist. Und wenn unsere Seele schon im Diesseits nicht von einem Puncte, sondern von einem sich stets ändernden und wechselnden und bis zu gewissen Gränzen wachsenden Theile des ganzen Zusammenhanges getragen wird, so kann sie im Jenseits auch von einem anderen und weiteren Kreise dieses unzerstörbaren Zusammenhanges getragen werden. Aber ich habe anderwärts hierüber genug gesagt*) und es ist hier nicht der Ort, mehr darüber zu sagen.

Mag die monadologische Ansicht hier den Vortheil der einfacheren, wenn auch nicht zulänglicheren, Antwort auf eine schwere Frage behalten, so fällt ihr dagegen um so schwerer die Antwort auf eine andere schwere Frage. Wenn jeder Geist in einem Puncte sitzt, sitzt auch der göttliche in einem Puncte? und sitzt aller Geist in Puncten, was bindet die Welt, den Zusammenhang der Puncte? Die Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze der endlichen Geister braucht sich selbst nur consequent zu bleiben, um zur Ansicht eines allgegenwärtigen bewussten Gottes zu werden, und in ihm das Band aller Dinge zu sehen. Die monadologische Ansicht kann es nicht wagen, ohne ein fabelhaftes Ansehen zu gewinnen, Gott an einen Punct unter anderen Puncten zu knüpfen, und so kehrt ihr nur die gesteigerte Aufgabe an den Scharfsinn wieder, die Ansicht dieses fabelhaften Aussehens zu entkleiden, Gott dennoch oder irgendwie ein Substitut für Gott zu finden und sich leidlich dadurch mit dem religiösen Glauben abzufinden, oder die ganze Frage in's Dunkel und in den Hintergrund zu schieben.

---

*) Zend-Avesta, 3. Theil.

Die monadologischen Vorstellungsweisen von Leibnitz und Herbart will ich hier nicht reproduciren; ersterer hat sein Band der Dinge und der Wesen in der prästabilirten Harmonie; letzterer hat kein eigentliches Band der Dinge.

Lotze sucht das Bedürfniss eines allgemeinen Bandes der Dinge (Mikr. I. 448 ff. II. 45 ff.) durch die Ansicht einer »unendlichen Substanz« oder eines »substanziellen Unendlichen« zu erfüllen, in dessen Wesen alle Gesetze, aller Causalzusammenhang der Dinge mit diesen selbst begriffen sind, und welches in den einzelnen Erscheinungen und Dingen seinem Wesen nach überall voll gegenwärtig sei; aber doch dieses Wesen in keinem voll kund gebe. »Was (p. 448) jedes einzelne Element leistet, das vermag es nicht, sofern es dieses Einzelne ist, sondern nur, sofern es diess Einzelne als Erscheinung dieses Allgemeinen ist.« Man kann versucht sein, diese unendliche Substanz für Gott zu halten, und, wenn ich nicht irre, muss sie oder die Idee des Guten, welche für Lotze das letzte Princip ihres Wirkens und Webens ist, Gottes Stelle vertreten; obwohl es eine empfindliche Lücke bleibt, die doch vielleicht im letzten erst noch zu erwartenden Theile seines Werkes ausgefüllt werden wird, dass er sich nie klar darüber ausspricht. Wenn er mancher Orten (I. p. 424. 432. 435) der unendlichen Substanz Willen, Absichten beizulegen scheint, solche sich selbst Gesetze geben lässt, so findet man anderwärts (Mikr. I. 448) das Wesen der unendlichen Substanz ausdrücklich nur mit dem Wesen der Seele verglichen, doch nicht identificirt; auch könnte diess ohne Abbruch der Consequenz nicht wohl geschehen. Nun scheint mir aber, wenn ich einmal so vielfach genöthigt bin, das Wesen der unendlichen Substanz als Bandes aller Puncte mit dem bewussten Seelenwesen zu vergleichen, die Consequenz zu fodern, dass man umgekehrt die Natur des Seelenwesens jenem Vergleiche mit der unendlichen Substanz gemäss vorstelle, d. h. sie nicht an einen Punct binde, sondern als Band der Puncte fasse, und dann natürlich umgekehrt das Band der

Dinge nicht als bewusstlose Substanz mit dem Wesen des bewussten Geistes blos zu vergleichen, sondern wirklich demselben gemäss vorzustellen. So scheint mir auch hier die Ansicht nothgedrungen halb auf den Weg einzugehen, den sie nur ganz zu gehen hätte, um sich consequent zu bleiben, hiemit aber freilich aufzuheben.

Gesetzt nach Allem, der Scharfsinn feierte den Triumph der Ueberwindung aller Schwierigkeiten, welche der Ansicht vom einfachen [illegible]sitze Seitens der Erfahrung entgegenstehen, die Kunst der Darstellung vermöchte die ganze Schwierigkeit zu beschwichtigen oder zu verhehlen, die sich einer befriedigenden oder nur möglichen Fassung göttlichen allgegenwärtigen bewussten Daseins bei dieser Ansicht entgegensetzt, was aber wäre für die Psychophysik damit gewonnen? nur die Ueberwindung eines Berges von Schwierigkeiten, um in eine für sie dunkle Sackgasse zu gelangen und beim nächsten Schritte an die Wand zu stossen; indess die Ansicht vom ausgedehnten Sitze der endlichen Geister, mit der Ansicht vom ausgedehntesten Sitze des unendlichen Geistes in Rückhalt, in ein offenes und fruchtbares Feld erfahrungsmässiger Untersuchung tritt, wo der Scharfsinn auch Aufgaben findet, aber Aufgaben, deren Lösung wirklich vorwärts führt.

In der That kann auf den ganzen Gang, den wir im Folgenden gehen werden, Seitens der Ansicht vom einfachen Seelensitze von vorn herein gar nicht einmal eingegangen werden; vielmehr nur einfach gesagt werden: hier ist nicht mehr zu gehen. Aber wenn wir doch wirklich an der Hand unserer Ansicht gehen, mit Erfolg und Aussicht weiterer Erfolge gehen können, warum sollten wir nicht gehen?

Demgemäss wird dem Folgenden die Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze zu Grunde gelegt werden.

Man kann es vielleicht befremdend finden, dass ich in voriger Auseinandersetzung vielmehr auf Lotze, als auf Herbart Bezug genommen. Herbart's Ansicht ist mir nicht so fremd, dass es nicht eingänglicher hätte geschehen können*); aber ich hielt es nicht am Platze. Denn Herbart's einfache Wesen sind hyperphysische oder hinterphysische, sein intelligibler Raum ist es nicht minder, das Verhältniss desselben zu dem wirklichen Raume hat er selbst für seine erklärtesten Anhänger nicht zu einer in sich widerspruchslosen Klarheit zu erheben vermocht, wonach die ganze Frage nach dem Orte der Seele einen unklaren Hintergrund behält; auf die anatomischen und physiologischen Schwierigkeiten der Frage geht er nicht ein, und ein Streit mit seiner Metaphysik ist natürlich keine Sache dieser Schrift. Hiegegen bietet Lotze's Ansicht und Darstellungsweise seiner Ansicht von vorn herein klare und bestimmte gegensätzliche Gesichtspuncte gegen die Gesichtspuncte dieser Schrift, welche direct in das Erfahrungsgebiet eingreifen, und ohne Verweisung auf eine erst zu studirende Metaphysik, wie sie von Herbart an die Physiologen gerichtet wird (Werke V. 114), eine Auseinandersetzung mit ihm gestatten. Uebrigens hat die Lotze'sche Ansicht, abgesehen von der bestimmten physischen Hypostasirung der Seelen und dem Bande durch das substantiell Unendliche, was freilich wichtige und nach anderer Seite hin folgenreiche Unterschiede sind, bezüglich des Verhältnisses der Seele zum Körper alle wesentlichen Züge mit der Herbart'schen Ansicht völlig gemein, und das Meiste, was gegen Lotze's Auffassung geltend gemacht ist, würde sich nicht minder gegen Herbart's geltend machen lassen.

---

*) Das wesentlichste hieher Gehörige findet sich in s. Lehrb. d. Psychol., sämmtl. Werke. Th. V. 444 und Th. VI. 390 f.

d) Frage nach der Erstreckung des ausgedehnten Seelensitzes.

Nach Feststellung, dass der Seelensitz im engeren Sinne nicht als ein einfacher anzusehen sei, tritt die zweite Hauptfrage auf, wie weit sich seine Ausdehnung erstrecke, ob blos auf das Gehirn und wie weit im Gehirne?

Ein grosses Material von Thatsachen liegt vor, was mit dieser Frage in Beziehung gesetzt werden kann, namentlich in den Versuchen an geköpften Thieren. Ich halte es jedoch für bedenklich, auf eine ausführlichere Zusammenstellung und Discussion dieses Materiales hier einzugehen, um zuletzt mit dem Geständnisse zu schliessen, dass bisher kaum etwas mehr mit Sicherheit daraus hervorgeht, als dass nach Massgabe als die Organisations- und Seelenstufe der Thiere sich vereinfacht, die verhältnissmässige Ausdehnung des engeren Seelensitzes wächst, und dass nicht das ganze Nervensystem, respectiv Gehirn gleich bedeutungsvoll für die Seelenfunctionen ist, ohne dass sich bisher irgendwie scharfe Gränzbestimmungen ziehen lassen. Nach hinreichend bekannten

Erfahrungen [*]) dürften Wenige geneigt sein, enthaupteten Insecten Empfindung abzusprechen; und bei Thieren, wo kein Gehirn vorhanden ist, kann selbstverständlich auch die Empfindung nicht daran geknüpft werden. Die Hauptfrage aber, die noch dem Streite unterliegt, dreht sich um die Wirbelthiere, und in dieser Beziehung halte ich es am räthlichsten, die Discussion der Thatsachen und den Streit um ihre Auslegung vorerst noch denen zu überlassen, die diese Thatsachen herbeischaffen, d. i. den Physiologen, bis sie sich entweder mehr geeignet zeigen, der Psychophysik Aufklärung zu gewähren, oder die Psychophysik mehr geeignet sein wird, solche zu leisten. Nur einige allgemeine, wenn auch nicht neue, kritische Gesichtspuncte mögen hier Platz finden.

Die Deutung aller Zeichen, welche für das Dasein von Empfindung und Willkühr in enthaupteten Thieren zu sprechen scheinen, erfodert grosse Vorsicht, und behält stets eine gewisse Unsicherheit, in Betracht der Möglichkeit, dieselben auch als Folgen einer organischen Einrichtung oder eines Mechanismus anzusehen, der, so lange das Gehirn da ist, mit dessen Empfindung und Willkühr in Beziehung tritt, aber nach Wegfall des Gehirnes sein Spiel in Folge äusserer oder innerer Anregungen auch noch ohne Empfindung und Willkühr in ähnlicher Weise vollzieht.

Weder vermag eine scheinbare Freiwilligkeit der Bewegungen, noch die Zweckmässigkeit und zweckmässige Abänderung derselben nach Massgabe der Verschiedenheit einwirkender Reize, worauf man hauptsächlich sein Augenmerk gerichtet hat, sichere Zeichen von Empfindung und Willkühr zu gewähren; denn, wenn scheinbar freiwillige Bewegungen in geköpften Thieren ohne Einwirkung äusserer Reize entstehen, so ist, abgesehen davon, dass öfters der Reiz der Luft auf den verwundeten Theil solche erzeugen kann, auch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass die in Folge eines organischen Lebensrestes noch fortgehenden und durch die Verwundung selbst hervorgerufenen inneren unzuberechnenden Veränderungen als innere Reize die betreffenden Bewegungen auslösen, die dann den Bewegungen des ganzen Thieres sehr ähnlich sein können, weil noch der ganze frühere Bewegungsapparat fortbesteht, ohne dass sie nothwendig mit Empfindung und empfundenem Triebe in Beziehung stehen. Die Zweckmässigkeit und zweckmässige Abänderung der Bewegungen nach Umständen aber kann, soweit sie noch vorhanden ist, in der zweckmässigen Einrichtung des Organismus selbst begründet sein, indem schon manche unserer zusammengesetzten Maschinen ihr Spiel von selbst zweckmässig nach Umständen abändern, die zweckmässige Einrichtung der so viel complicirteren Organismen aber in dieser Hinsicht unstreitig viel weiter geht.

---

[*]) Treviranus Biol. V. 439. Desselben Erscheinungen und Gesetze des org. Lebens II. 192. Froriep's Tagesber. 1852. Febr. Nr. 467.

Was hienach den Einen als Zeichen von Willkühr oder Empfindung gilt, gilt den Anderen nur als Spiel eines Mechanismus, sei es eines einfachen Reflexmechanismus oder eines noch complicirteren Mechanismus, der im unversehrten Thiere mit dem bewussten Gehirne in Beziehung steht, davon Einfluss erfährt und darauf Einfluss äussert. Fällt das Gehirn weg, so kann das Spiel gemäss den einmal vorhandenen Einrichtungen dazu noch eine Zeit lang fort gehen, oder sich unter dem Einflusse von Reizen, die den Einfluss des Gehirnes ersetzen, erneuen, ohne aber ferner mit Bewusstsein in Beziehung zu stehen. Die Zeichen der Willkühr sind dann nur scheinbar. Der etwaige Schein der Freiheit hängt an der Unberechenbarkeit, wie zufällige äussere und innere Reize in den complicirten Mechanismus eingreifen, der Schein der Absicht, sich gegen Reize zweckmässig zu stellen und zu benehmen, Schädlichkeiten zu beseitigen und zu vermeiden, an der Zweckmässigkeit, mit welcher der Mechanismus für den Angriff gewöhnlicher Reize und die Abwehr gewöhnlicher Schädlichkeiten vorweg eingerichtet ist. Gewöhnung und Uebung im Leben kann selbst viel beitragen, den Mechanismus einzurichten und den nachherigen Schein seines absichtlichen Gebrauches zu vermehren.

Inzwischen kann die Gesetzlichkeit, mit welcher Bewegungen in enthaupteten Thieren erfolgen, und die Zurückführbarkeit derselben auf Reflexphänomene (deren Begriff von Verschiedenen in sehr verschiedener Weite gefasst wird), auch nicht sicher gegen damit associirte Empfindung beweisen, insofern theils eine nachweisliche Gesetzlichkeit und Zurückführbarkeit auf Reflexmechanismus nicht überall besteht, theils kein Hinderniss ist, dass sich Empfindung und psychischer Trieb eben so gesetzlich an Reflexactionen nach der Enthauptung als vor der Enthauptung knüpfen. Allerdings erfolgen nach Unterbrechung der Leitung vom Rückenmarke zum Gehirne durch Schnitte oder pathologische Zerstörungen noch Bewegungen in den vom Rückenmarke mit Nerven versorgten Theilen nach den Gesetzen der Reflexaction, ohne dass das Hauptbewusstsein, was mit dem Gehirne in Beziehung steht, etwas davon empfindet; aber man setzt das zu Beweisende voraus, wenn man annimmt, dass nicht in dem Theile, dessen Continuität mit dem Gehirne unterbrochen ist, noch Empfindung für sich entstehen und sich eben so gut an die Reflexactionen knüpfen könne, als es bei Dasein des Gehirnes der Fall, da zumal die Phänomene der theilbaren Thiere lehren, dass eine psychische Einheit durch Trennung des Organismus, an den sie geknüpft ist, zwei getrennte Einheiten geben kann, deren keine empfindet, was die andere empfindet. Hiemit verlieren die Erfahrungen und Gesichtspuncte, auf welche die Gegner der Empfindung in enthaupteten Thieren sich hauptsächlich stützen, ihre Beweiskraft.

Endlich sind noch zwei Hauptgesichtspuncte als von grosser Wichtigkeit hervorzuheben. Erstens. Wenn selbst erweisbar sein sollte, dass sich an ein vom Gehirne abgetrenntes Rückenmark keine Empfindung und kein psychischer Trieb mehr zu knüpfen vermag, so würde damit doch noch nicht im Geringsten erwiesen sein, dass es, so lange es mit dem Gehirne in Verbindung steht, nicht Antheil an dessen psychischer Function, d. h. an den Bewegungen, welche mit den psychischen Functionen in unmittelbarem Verhältnisse der Wechselbedingtheit stehen, hat, indem sein Zusammenhang mit dem Gehirne nöthig, aber auch hinreichend sein könnte, ihm diesen Antheil zu verleihen. Da wir einmal anerkennen müssen, dass der engere Seelensitz ein ausgedehnter ist, so ist damit jedenfalls auch die principielle Möglichkeit seiner Mitausdehnung auf das Rückenmark gegeben, so lange diess in Verbindung mit dem Hauptsitze dieser Bewegungen ist, ohne dass dasselbe auch für sich fähig zu sein braucht, solche Bewegungen zu erzeugen oder in sich fortzuerhalten.

Auch sogar jeder Theil des Gehirnes, wenn er vom übrigen abgetrennt ist, vermag nichts mehr für die psychische Function zu leisten, indess er im Zusammenhange mit den übrigen dazu beiträgt, und man würde consequenterweise eben so jedem Theile des Gehirnes als dem Rückenmarke den Antheil an den psychischen Functionen absprechen müssen, wenn man Versuche an Stücken, die vom Uebrigen abgetrennt sind, als massgebend für das, was sie im Zusammenhange zu den Functionen des Ganzen beitragen, halten wollte. Im Principe des organischen Zusammenhanges liegt vielmehr, dass, wie jeder Theil im Zusammenhange des Ganzen zu dessen Functionen beiträgt, so auch durch diesen Zusammenhang in seinen Functionen gestützt und gehalten oder selbst erst dazu befähigt werde. Hienach kann man behaupten, dass Versuche an enthaupteten Thieren, sollten sie auch Andeutungen über das, was ein abgetrenntes Rückenmark zu leisten oder nicht zu leisten im Stande ist, gewähren können, gar keine Beweiskraft haben für das, was es im Zusammenhange mit dem Gehirne zu den psychischen Functionen beiträgt.

Zweitens. Eben so wenig kann der Umstand, dass man die psychischen Functionen des Gehirnes ungestört fortbestehen sieht, wenn eine Unterbrechung zwischen Gehirn und Rückenmark eingetreten ist, wovon mehrfache pathologische Erfahrungen an Menschen und physiologische an Thieren vorliegen, beweisen, dass das Rückenmark an den psychischen Functionen des Gehirnes nicht mit Antheil nehme, so lange es damit in Verbindung ist, indem derselbe Beweisgrund eben so consequenterweise wieder gegen den Mitantheil jedes Theiles des Gehirnes selbst an den psychischen Functionen geltend gemacht werden müsste, da nach früher angeführten Versuchen sogar eine ganze Gehirnhemisphäre entfernt werden kann, ohne dass die psychischen Functionen des rückbleibenden Gehirnes gestört erscheinen. Vielmehr liegt in dem Principe der solidarischen Vertretung, welches im Organismus gültig ist, begründet, dass selbst der Verlust der wesentlichsten Theile für die psychischen Functionen nicht gespürt wird, so lange noch Mittel zu ihrer Vertretung da sind, ohne dass sie desshalb müssig sind, so lange sie da sind.

Hienach scheint mir auch durch die bekannte Thatsache, dass nach Amputation von Gliedmassen noch das Gefühl des Besitzes derselben vorhanden ist, und selbst scheinbar noch Schmerzen in denselben gefühlt werden, keineswegs streng erwiesen, dass nicht, so lange diese Gliedmassen vorhanden sind, die psychophysischen Thätigkeiten, auf welchen jene Gefühle beruhen, sich in den Nerv hinein erstrecken und zu jenen Gefühlen solidarisch beitragen.

Die Frage, ob der engere Seelensitz, anstatt sich auf das ganze Gehirn bei Wirbelthieren zu erstrecken, nicht auf einen besonderen Theil desselben einzuschränken sei, leidet an gleichen Schwierigkeiten, als die Frage, ob er sich nicht mindestens bei manchen

Thieren darüber hinaus erstreckt; so dass eben so wenig bis jetzt eine bestimmte Entscheidung stattgefunden hat. Nur das haben, wie schon Eingangs bemerkt, physiologische Versuche entschieden, dass nicht alle Theile des Gehirnes von gleicher Bedeutung für die Seelenfunctionen sind, indem z. B. nur mit Entfernung des grossen, aber nicht des kleinen Gehirnes die Seelenthätigkeiten überhaupt leiden*), indess das Vermögen bestimmter Sinnesempfindungen an die Integrität der Centraltheile geknüpft ist, in welche die Sinnesnerven einmünden. Die Weise, wie Gall die Anknüpfung der Seelenthätigkeiten an bestimmte Hirntheile dargestellt hat, kann weder durch Erfahrung noch aprioristische Betrachtungen als hinreichend begründet angesehen werden.

e) Resumé und Schluss.

Das Vorige zusammengefasst, kann man durch erfahrungsmässige Thatsachen und Gesichtspuncte als wohl begründet ansehen:

1) Dass die Erhaltung der Seele im diesseitigen Leben nicht auf der Erhaltung eines besonderen Punctes oder kleinsten Körpertheiles, sondern auf dem solidarischen Zusammenwirken aller Theile und Thätigkeiten des Körpers in wechselseitiger Ergänzung und mit der bis zu gewissen Gränzen reichenden Möglichkeit wechselseitiger Vertretung beruhe, dass demnach der hierauf bezogene weitere Sitz der Seele im ganzen Körper zu suchen sei.

2) Dass die körperlichen Thätigkeiten, von welchen Empfindung und bewusste psychische Thätigkeiten überhaupt abhängen, nicht erst durch Anstoss an einen bestimmten Punct des Körpers solche erwecken, sondern während ihres Vorganges in einer bestimmten Ausdehnung solche mitführen, dass demnach der hierauf bezogene engere Seelensitz in einer gewissen Ausdehnung im Körper zu suchen sei.

3) Dass nach Massgabe als die Organisations- und Seelenstufe einfacher ist, die verhältnissmässige Ausdehnung des engeren Seelensitzes wächst.

---

*) Vergl. über die Bezugslosigkeit des kleinen Gehirnes zu den bewussten Seelenthätigkeiten insbesondere die neuen Untersuchungen von Wagner in den götting. gel. Anz. 1860. Nachr. Nr. 1.

4) Dass nicht alle Theile des Gehirnes gleiche Bedeutung für die Seelenfunctionen haben.

Hingegen ist über die Fragen, ob er in Geschöpfen, die ein Gehirn haben, den Wirbelthieren namentlich, allein darin zu suchen sei, ob und wie weit er sich etwa über das Gehirn hinaus und im Gehirne selbst erstrecke, nichts entschieden, indem jedem daher entnommenen Grunde und jeder Schwierigkeit nach einer Seite Gegengründe und Ablehnungen der Schwierigkeit von der Gegenseite entgegengesetzt werden können. Noch weniger ist philosophischerseits eine Entscheidung in dieser Hinsicht gegeben, so dass schliesslich die Ansicht darüber Glaubenssache eines Jeden bleibt, die nach dem Zusammenhange seiner übrigen Ansichten zu stellen ist.

Nach dem Zusammenhange unserer eigenen Ansichten und mit Rücksicht auf die Erörterungen der folgenden Kapitel erscheint uns selbst Folgendes als das Wahrscheinlichste.

Der Ort der körperlichen Thätigkeiten, mit denen bewusste Seelenthätigkeiten in functioneller Abhängigkeit verknüpft sind, oder kurz der engere Seelensitz ist nicht nur durch die Reihe der verschiedenen Geschöpfe, sondern auch in demselben Geschöpfe kein fest umschriebener, indem, je nachdem diese oder jene Sphäre der Sinnesthätigkeit oder auch höheren geistigen Thätigkeit in Anspruch genommen ist, der Hauptherd der Bewegungen, welche dem Bewusstsein unterliegen, kurz psychophysischen Thätigkeit oberhalb der Schwelle, seine Stelle und Ausdehnung wechselt. Zu jeder Zeit wird es eine Stelle im Nervensysteme, wo ein solches vorhanden ist, respectiv Gehirn, geben, wo diese Thätigkeit am stärksten ist, und hier kann man den jeweiligen Hauptsitz der Seele oder Seelensitz im engsten Sinne suchen. Von diesem Puncte aus werden die Bewegungen mit abnehmender Stärke durch den ganzen Tract nervöser Fasern im Gehirne, Rückenmarke, Nerven gehen, der damit in Verbindung steht, und in soweit sie über einen gewissen Grad der Stärke, die Schwelle reichen, auch beitragen, das Bewusstsein über die Schwelle zu heben; was nach Umständen bis zu verschiedener Weite sein mag. Ob nun Rückenmark und Nerv auch nach Abtrennung vom Gehirne noch psychische Functionen vermitteln können, wird darauf ankommen, ob sie nachher noch psychophysische Bewegungen von hinreichender Stärke, um die Schwelle zu übersteigen, erzeugen können, was ebenfalls nach Umständen verschieden sein mag, und nach den bisherigen Versuchen nicht sicher entscheidbar ist.

XXXVIII. Uebertragung des Weber'schen Gesetzes und der Thatsache der Schwelle in die innere Psychophysik.

Indem ich mit vorigem Kapitel der Besprechung allgemeiner Vorfragen genug gethan zu haben glaube, wende ich mich zu dem, was ich nach dem hier eingeschlagenen Gange als den eigentlichen Eingang in die innere Psychophysik von dem im 36. Kapitel bezeichneten Puncte aus betrachte.

Die gesetzliche Beziehung zwischen Reiz und Empfindung setzt besprochenermassen eine solche zwischen Reiz und psychophysischer Thätigkeit einerseits, zwischen psychophysischer Thätigkeit und Empfindung anderseits voraus.

Insofern es nun bei Feststellung derselben gilt, von Grössenbeziehungen der psychophysischen Thätigkeit zu sprechen, werden wir, um die innere Psychophysik im Zusammenhange mit der äusseren und mit der exacten Bewegungslehre zu erhalten, die psychophysische Thätigkeit mit demselben Massstabe gemessen zu denken haben, mit dem wir die körperliche Thätigkeit, von der sie von Aussen angeregt wird, oder den Reiz, sofern er als Thätigkeit fassbar ist, messen, d. i. durch die lebendige Kraft, worin noch gar nicht eingeschlossen liegt, dass sie so gemessen der lebendigen Kraft des Reizes proportional zu- und abnehme, was vielmehr erst zu untersuchen ist, ob und wiefern es der Fall ist. In der That hindert allgemein gesprochen nichts, dass zwei Grössen mit derselben Elle gemessen werden, und doch weder gleich gross sind, noch einander proportional wachsen und abnehmen, wenn sie schon eine Function von einander sind. Die Anwendung derselben Elle hat blos den formellen Vortheil, sich leichter und ohne Reduction über die factischen Verhältnisse beider verstehen zu können.

Die Hauptfrage, um die es sich zunächst zu handeln hat, ist nun folgende:

Ist das **Weber**'sche Gesetz, nach welchem die Empfindungszuwüchse constant sind, wenn die relativen Reizzuwüchse constant sind, und die Thatsache der Schwelle, wonach die Empfindung erst bei einem gewissen endlichen Reizwerthe einen merklichen Werth erlangt, für die innere Psychophysik in eine Beziehung zwischen der Empfindung zur psychophysischen Thätigkeit zu übersetzen der Art, dass man den Reiz und seinen Zuwachs durch proportionale Werthe psychophysischer Thätigkeit vertreten denkt, oder nicht vielmehr in eine Beziehung zwischen der psychophysischen Thätigkeit zum Reize der Art, dass man die Empfindung und ihren Zuwachs durch proportionale Werthe psychophysischer Thätigkeit vertreten denkt. Mit anderen Worten: hängt die Empfindung von der psychophysischen Thätigkeit oder hängt die psychophysische Thätigkeit vom Reize im Sinne der Fundamentalformel und Massformel ab, wonach erstenfalls die absoluten Zuwüchse der psychophysischen Thätigkeit denen des Reizes, zweitenfalls die der Empfindung denen der psychophysischen Thätigkeit proportional gehen müssten.

Schon ein sehr allgemeiner Gesichtspunct ist hinreichend, die Entscheidung zu Gunsten der ersten Annahme fällen zu lassen. Nach der wesentlichen Verschiedenheit zwischen physischem und psychischem Gebiete ist eine Abhängigkeit zwischen psychischer und physischer Thätigkeit im Sinne der Fundamentalformel und Massformel sehr wohl denkbar, wogegen eine solche Abhängigkeit zwischen zwei körperlichen Thätigkeiten, wie sie einerseits durch die Reizwirkung, anderseits durch die psychophysische Thätigkeit repräsentirt wird, im Sinne der physikalischen und physiologischen Gesetze nicht denkbar ist.

Auf der anderen Seite ist es die einfachste und natürlichste Voraussetzung, die wir im Sinne dieser Gesetze stellen können, dass die Zuwüchse der im Seh- und Hörnerven durch den Licht- und Schallreiz angeregten Thätigkeiten den Zuwüchsen des Reizes proportional gehen, so lange das Organ nicht leidet. Weiter aber ist die Proportionalität nicht in Anspruch zu nehmen, weil das Weber'sche Gesetz nicht weiter gilt.

Freilich ist diese Voraussetzung keine ganz nothwendige, denn der Reiz löst die organischen Thätigkeiten nicht nach dem Principe des Stosses aus, und wir kennen noch nicht hinreichend die Weise, wie er solche auslöst, um den proportionalen Gang derselben mit den äusseren Anregungen in den Normalgränzen der Sinnesthätigkeit ohne Weiteres behaupten zu können. Wenn aber nur die Wahl zwischen dieser einfachsten und natürlichsten und einer gegentheiligen ganz unwahrscheinlichen Voraussetzung ist, und wenn sich diese Voraussetzung noch überdiess durch andere Gründe stützen lässt, so kann die Entscheidung nicht zweifelhaft sein.

Dabei haben die Abweichungen von der Proportionalität zwischen den Zuwüchsen des Reizes und der psychophysischen Thätigkeit, welche der Versuch bei Ueberschreitung gewisser Gränzen zeigt, nichts Befremdendes; denn selbst bei einfachen Stosswirkungen treten entsprechende Abweichungen ein, wenn gewisse Gränzen überschritten werden, um so leichter kann es erwartet werden beim Eingriffe des Reizes in die complicirte organische Maschinerie. Die lebendige Kraft einer Saite oder Platte und mithin die physische Schallstärke wird der Fallhöhe eines darauf fallenden Körpers so lange proportional gehen (Th. I. S. 179 f.), als die Elasticitätsgränze nicht überschritten ist; ist diess der Fall, erfährt die Saite oder Platte eine dauernde Dehnung, Zusammendrückung oder Zerreissung durch den darauf fallenden Körper, so erleidet diese Proportionalität einen Abbruch. Die Zuwüchse der physischen Tonstärke hängen immer noch nach derselben Function von den Zuwüchsen der lebendigen Kraft der schwingenden Saite oder Platte ab, nicht mehr aber von denen der Fallhöhe des fallenden Körpers. So wird auch nach Ueberschreitung der Gränzen der Gültigkeit des Weber'schen *Gesetzes durch die* Stärke eines Reizes die Empfindung unstreitig immer noch in derselben Weise von der psychophysischen lebendigen Kraft der Nerven, nicht mehr aber von der des Reizes, abhängen.

Auch das Parallelgesetz (Th. I. Kap. 12) verträgt sich nur mit der ersten Annahme und kann selbst als eine Folgerung derselben angesehen werden. Nach diesem Gesetze ändert sich die Grösse des empfundenen Unterschiedes zwischen zwei Reizen nicht, wenn die Empfindlichkeit sich für beide gleichmässig abstumpft. Aber sie müsste sich mindern, wenn der empfundene Unterschied vielmehr dem absoluten Unterschiede der psychophysischen Thätigkeit als dem relativen proportional gienge; denn wenn jeder beider Reize vermöge abgestumpfter Empfindlichkeit blos noch eine halb so starke psychophysische Thätigkeit hervorruft, so ist auch der Unterschied derselben *auf die Hälfte reducirt.*

Sollte übrigens selbst eine logarithmische Abhängigkeit der Stärke der durch Licht- und Schallreiz angeregten Bewegungen von der Stärke des Reizes im Sinne der zweiten Voraussetzung als möglich erachtet werden, so würde diess nicht genügen, sondern, da die Empfindung der Höhe der Töne nach entsprechendem Gesetze erfolgt, als die der Stärke, so würde man auch die Schwingungszahl der psychophysischen Bewegung in diesem Verhältnisse von der Schwingungszahl des Reizes abhängig denken müssen, was in der That undenkbar ist.

Nach dem Zusammenhange, in welchem die Thatsache der Schwelle mit dem Weber'schen Gesetze durch die Massformel steht, entscheidet sich mit der Frage, wie diess Gesetz in die innere Psychophysik zu übertragen ist, unstreitig zugleich die Frage für jene Thatsache. Doch untersuchen wir noch besonders bezüglich der letzteren die Frage: ob eben so wie der Reiz auch die durch ihn ausgelöste psychophysische Bewegung erst eine gewisse Stärke erreichen muss, ehe sich Empfindung daran zu knüpfen vermag, wonach der Schwellenwerth des Reizes der sein würde, der die psychophysische Bewegung bis zu ihrer Schwelle zu treiben vermag, oder ob der Reiz vielmehr erst eine gewisse Stärke erreichen muss, ehe die psychophysische Bewegung überhaupt beginnt, und mit Beginn der psychophysischen Bewegung auch die Empfindung sofort beginnt.

Die letzte Annahme erschiene unstreitig aus allgemeinem *Gesichtspuncte sehr wohl möglich*. Wenn ein Pferd einen schweren Wagen auf schlechtem Wege anzieht, so wird es nicht gelingen, ihn in Bewegung zu setzen, bis die Kraftanstrengung eine gewisse Grösse übersteigt, von da an kommt er in Gang. So wie er nun in Gang kommt, führt er auch seine Last mit, und die kleinste Geschwindigkeit des Wagens führt auch von selbst eine entsprechende der Last mit. So, kann man sagen, ist freilich eine gewisse Stärke des Reizes nöthig, die psychophysische Bewegung in Gang zu bringen, nicht aber erst eine gewisse Stärke der psychophysischen Bewegung, um Empfindung mitzuführen; sondern die kleinste derartige Bewegung wird auch eine kleinste Empfindung mitführen.

Aber diese Deutung wird schon dadurch unhaltbar, dass sie nicht auf die Unterschiedsschwelle übertragbar ist, und unstreitig muss dasselbe Erklärungsprincip für beide Schwellen ausreichen. Wenn ich von den Sternen im Tageslichte absolut nichts erkenne, auf einer rasch gedrehten Scheibe mit weissen und schwarzen Sectoren absolut keine Ungleichförmigkeit entdecken kann, so kann ich weder sagen, es sei kein psychophysischer Eindruck gemacht, noch, es sei kein verschiedener Eindruck gemacht, da grössere spürbare Verschiedenheiten nur durch Summation solcher kleinen nicht spürbaren zu Stande kommen können. Also bleibt nichts übrig, als anzunehmen, dass ein wirklicher Unterschied psychophysischer Eindrücke doch nicht als Unterschied aufgefasst werden kann, unbewusst bleibt, wenn er nicht eine gewisse Grösse übersteigt; ist diess aber von Unterschieden zuzugestehen, so wird es nach dem Zusammenhange der Thatsachen der Reiz- und Unterschiedsschwelle auch für absolute Grössen zuzugestehen sein. Ausserdem will ich an einige ganz einfache Thatsachen erinnern, welche zeigen, dass der Wagen der psychophysischen Thätigkeit allerdings angezogen sein kann, ohne schon Empfindung mitzuführen; oder vielmehr, dass das Beispiel mit dem Wagen auf unseren Fall keine Anwendung findet. Genauer werden sich diese Thatsachen freilich erst erläutern lassen, wenn wir uns später zur specielleren Betrachtung der Aufmerksamkeit wenden.

Früh im Bette pflege ich über Allerlei nachzudenken. Dem Bette gegenüber ist ein schwarzes Ofenrohr an einer hellen Wand. Da der Kopf still liegt, so imprimirt sich, wenn ich nach eingebrochenem Morgenlichte mit offenen Augen liege, der Eindruck des schwarzen Rohres stark im Auge, aber ich denke an ganz Anderes, und dieser Eindruck ist mir völlig unbewusst. Sehr oft aber bin ich, wenn ich dann einmal die Augen schloss, durch ein sehr intensiv weisses Nachbild des Ofenrohres frappirt worden. Der physische Eindruck war also in solcher Form gemacht, dass die Gesichtsempfindung entstehen konnte, *aber er war*, so lange die Aufmerksamkeit abgelenkt war, unbewusst geblieben, und konnte doch nachmals noch in das Bewusstsein treten.

Aehnliches berichtet Scoresby*). *Er* nahm oft Theile eines Gegenstandes im Nachbilde wahr, welche ihm beim Betrachten mit offenen Augen gar nicht zum Bewusstsein gekommen waren. Wenn eine Stelle einer in grösseren Lettern ausgeführten Druckschrift ausschliesslich fixirt worden war, so giebt Scoresby an, dass es ihm gelungen sei, auch die angränzenden Zeichen im Nachbilde zu lesen.

Entsprechende Erfahrungen kann man in der Sphäre des Gehöres machen.

---

*) *Instit.* 1854. 184; hier nach Liebig's u. Kopp's *Jahresber.* 1854. 683.

Es spricht beispielsweise Jemand mit uns; wir sind aber zerstreut und hören nicht (nicht bewusst), was er gesagt hat. Den Augenblick darauf aber sammeln wir uns, und das, was er gesagt hat, tritt in unser Bewusstsein. Unstreitig mussten also die Bewegungen, an die sich das Hören knüpft, schon vorher entstanden sein, und die Sammlung der Aufmerksamkeit hatte nur den Erfolg, sie über die Schwelle zu heben.

Auf diese Weise kann unter Umständen sogar ein früher geschehener Eindruck erst später zum Bewusstsein kommen, als ein später geschehener, wenn die Aufmerksamkeit erst mehr auf den späteren als den früheren gerichtet war. Hiedurch erklärt sich eine sehr paradoxe Erfahrung, die Dr. **Hodekamp** in der preuss. Vereinszeitung*) mittheilt: »Es ist mir (berichtet er) beim Aderlassen mit dem Schnepper einigemale vorgekommen, dass das Blut aus der Ader hervorsprang, ehe der Schnepper losging. Das heisst, ich will natürlich nicht behaupten, dass diese zeitliche Umkehrung der beiden hier zur Sprache kommenden Acte wirklich stattgefunden habe; aber ich sah sie; ich spreche von Dem, was das Auge dem Gehirne referirte. Mein Auge berichtete meinem Gehirne: soeben ist der Blutstrom aus der Ader hervorgequollen und einen Augenblick später ist auch die Fliete des Schneppers in die Ader gefahren. Diese paradoxe Erscheinung hat sich mir wenigstens ein halbes Dutzend mal präsentirt. Allemal wurde ich davon überrascht, denn, wenn ich vorher daran dachte, blieb sie stets aus. Ich wüsste sie daher auch nicht willkürlich herzustellen. Der Zeitunterschied zwischen den beiden Acten war natürlich ein unmessbar kleiner, aber er war doch jedesmal gross genug, dass ich die Richtigkeit meiner Beobachtung als unzweifelhaft behaupten kann. … Vor einiger Zeit theilte mir Hr. Dr. Schmeisser mit, dass ihm dieselbe Erscheinung ebenfalls einmal vorgekommen sei. Er sah zuerst den Blutstrom aus der Ader hervorquellen, sah dann den Schnepper losgehen, und dann hörte er dessen Schlag.« Der Verf. bemerkt noch weiterhin: »ich möchte glauben, dass ich in allen Fällen, wo mir die Täuschung begegnete, auf den Blutstrom sehr gespannt war.«

Wahrscheinlich von ähnlicher Natur als vorige Erfahrung ist folgende, welche **Hartmann****) bei Gelegenheit von Versuchen machte, die er zur Erörterung der Verhältnisse der sog. Personaldifferenz mittelst eines eigens dazu construirten Apparates anstellte.

Ein künstlicher Stern ging mit gleichförmiger Bewegung längs einer Skale vor einem Faden vorbei; der Weg, den er in 1 Sec. beschrieb, war gerade in 10 Theile getheilt. Wurde nun der Skalentheil abgelesen, wo der Stern bei dem letzten Schlage vor dem Faden war, so musste er beim nächsten Schlage um 10 Skalentheile weiter sein.

»Bei dieser Art zu beobachten, — sagt der Verf. — hatte ich eine eigenthümliche Erscheinung. Wenn ich den Skalenpunct, bei welchem der Stern

---

*) Hier nach **Fechner's** Centralbl. 1854. S. 490.

) **Grunert's Arch. f. Mathem. XXXI. S. 47.

beim Secundenschlage sein musste, vorher wusste, so glaubte ich den Lichtpunct doch beim Eintritte des Schlages noch etwa 0,5 Skalentheile (zwischen 0,3 und 0,8 wechselnd) vor dem richtigen Orte zu sehen, wodurch also die Angaben um ca. 0°,05 zu gross ausfallen würden. Bemühte ich mich namentlich, recht scharf zu sehen und recht aufmerksam zu sein, so schien es, als wenn der sich stetig nähernde Stern an jenem Puncte einen Moment still stehe, so dass ich versucht ward, zu meinen, es müsse der Ort, wo der Stern beim Eintritte des Schlages stehe, äusserst scharf bestimmbar sein. Oftmals aber schien der Stern auch wieder ohne Stillstand in stetigem Flusse während des Secundenschlages fortzugehen; er flog dann während des Schlages gleichsam durch den richtigen Punct hindurch und die Angabe wurde richtig. Diess geschahe meist am Ende der Beobachtungsreihe, wenn ich gleichsam schon ermüdet war, oder wenn ich die Beobachtungen etwas nonchalant machte. Dieselbe Erscheinung hatte ich auch bei noch langsamerer und schnellerer Bewegung, z. B. bei einem schwarzen Puncte auf der Papierscheibe, der in der Sec. 8 par. Zoll durchlief. Der anticipirte Raum war auch hier derselbe, circa $\frac{1}{8}$ des in 1 Sec durchlaufenen Weges.«

»Eine Erklärung dieser Erscheinung möchte ich noch nicht wagen. Es ist so, als widme man einmal den regelmässig erfolgenden Secundenschlägen überwiegende Aufmerksamkeit. Dadurch anticipire man einen solchen vielleicht selbst, wie man einen erwarteten Stoss gleichsam früher fühlt, als er wirklich erfolgt, während man den wandernden Stern, den man weniger beachtet, immer an einem neuen Orte sich zum Bewusstsein zu bringen habe, wobei die Seele, der es schwer halte, zwei heterogene Geschäfte, zu hören und zu sehen, zugleich zu verrichten, gleichsam in der Vorstellung des gesehenen Lichtpunctes nachhinke, bis ein andermal man, die Schläge weniger beachtend, den wandernden Stern mit grösserem Interesse verfolge, und ihn so ohne Stillstand in freiem Zuge durch den Schall hindurchfliegen, ja ihm sogar vorauseilen sehe.«

»Für Lichtblitze hält es weit schwerer, eine ähnliche sichere Beobachtungsmethode einzurichten. Etwas Aehnliches sollte man hier vermuthen, die Secundenschläge als erwartete Phänomene gleichsam voraus, den Blitz aber als eine überraschende Erscheinung nach zu empfinden. Diess habe ich aber, der grösseren Unsicherheit dieser Beobachtungen wegen, direct nicht constatiren können, auch stellte sich indirect bei den Beobachtungen eine daraus folgende Verspätung — zu grosse Angaben der Erscheinungszeiten — nicht bestimmt heraus.«

Zu vorigen directen Gründen stelle ich noch folgenden allgemeinen Gesichtspunct auf. Da die Verhältnisse der psychophysischen Bewegungen unserer unmittelbaren Erfahrbarkeit entzogen sind, müssen wir uns bei der Wahl zwischen verschiedenen möglichen Annahmen an diejenige halten, welche die Thatsachen am einfachsten und vollständigsten im Zusammenhange zu repräsentiren gestattet.

Nun wird sich zeigen lassen, wie die Verhältnisse zwischen bewusstem und unbewusstem Vorstellungsleben, Schlaf und Wachen, allgemeinen und besonderen Bewusstseinsphänomenen, kurz die allgemeinsten Verhältnisse des Seelenlebens eine sehr einfache und befriedigende psychophysische Repräsentation auf Grund der Voraussetzung, dass der Schwellenbegriff auf die psychophysische Bewegung übertragbar sei, zulassen, welche nicht möglich ist, wenn man der gegentheiligen Annahme huldigt.

Nach all' dem halte ich es nicht für eine unsichere Hypothese, sondern für eine Foderung der ganzen thatsächlichen Sachlage, auf welcher wir zu fussen haben, dass vielmehr die Empfindung von der psychophysischen Thätigkeit, als diese vom Reize im Sinne der Fundamentalformel und Massformel abhängt, wonach es nur noch gelten wird, die psychophysische Thätigkeit statt des Reizes β nach einem entsprechenden Masse in diese Formeln einzuführen.

Mit dieser Uebersetzung der Abhängigkeit der Empfindung vom äusseren Reize in eine Abhängigkeit von den Verhältnissen der psychophysischen Bewegung wird unsere Lehre principiell genommen von allen precären Bedingungen und Beschränkungen befreit, denen sie noch im Felde der äusseren Psychophysik unterliegt. Wir haben von vorn herein anerkennen müssen, dass unsere auf das Weber'sche Gesetz gegründeten Formeln sich bei der Beziehung auf den äusseren Reiz nur innerhalb gewisser Versuchsgränzen, nur mit mehr oder weniger grosser Annäherung, nur für eine gleiche äussere Anbringungsweise des Reizes und einen gleichen inneren Zustand der Empfindlichkeit bewähren lassen; dass die Constanten b, v unserer Formeln nicht wahrhaft constant sind, sondern sich nach Aenderung dieser Verhältnisse ändern. Aber es hindert nicht nur nichts anzunehmen, sondern, falls es überhaupt eine wesentliche functionelle Beziehung zwischen Körper und Geist giebt, sind wir genöthigt anzunehmen, dass die Gültigkeit der Gesetze, welche die Grösse und Art der Empfindung mit der Grösse und Art der psychophysischen Bewegung verknüpfen, eine unbedingte und unbeschränkte sei, so gut als die Gültigkeit des in der Natur wesentlich begründeten Gravitationsgesetzes, so dass, wenn und wo auch dieselbe Grösse und Art psychophysischer Bewegung vorhanden ist, immer dieselbe Grösse und Art zugehöriger Empfindung vorhanden ist, und dass alle Abweichungen, die wir von der Gültigkeit des Weber'schen

Gesetzes und der darauf gegründeten Formeln bei Beziehung auf den äusseren Reiz finden, nur darin ruhen, dass derselbe äussere Reiz nicht unter allen Umständen dieselbe Grösse psychophysischer Thätigkeit erzeugt.

Hiemit wird auch erst das Abhängigkeitsverhältniss zwischen β und γ in unseren Formeln ein wahrhaft reciprokes und bindendes. Dann werden wir wirklich eben so gut sagen können: die psychophysische Bewegung β kann nicht vorhanden sein als nach Massgabe wie die bewusste oder unbewusste Empfindung γ vorhanden ist, wie wir sagen können, die Empfindung γ kann nicht vorhanden sein, als nach Massgabe wie die Bewegung mit dem Werthe β vorhanden ist, wogegen, so lange wir beim äusseren Reize stehen bleiben, der äussere Reiz und die erfoderliche Reizbarkeit da sein, und doch keine Empfindung entstehen kann, wenn nicht der Reiz auch unter angemessenen äusseren Verhältnissen einwirkt, umgekehrt innere Empfindungen da sein können, ohne dass äussere Reize dazu da sind.

Hiegegen mag sich allerdings ein Einwand erheben lassen.

Man bezweifelt nicht, dass eine gegebene sinnliche Empfindung nicht ohne eine gegebene körperliche Veränderung zu Stande kommen kann; aber setzt das Zustandekommen dieser körperlichen Veränderung auch umgekehrt die gegebene Empfindung voraus? Können nicht dieselben Bewegungen, welche eine Empfindung *braucht*, um zu Stande zu kommen, unter anderen Umständen auch vorgehen, ohne dass sie eine Empfindung mitführen, oder unter anderen Umständen auch andere Empfindungen mitführen; so namentlich, je nachdem sie in Organismen oder in der Aussenwelt, oder je nachdem sie in verschiedenen Organismen vorgehen?

Unstreitig, nur dass man dann die anderen Umstände selbst mit zu dem zu rechnen hat, wovon die Empfindung bedingt wird, abhängt, oder nach unserem Ausdrucke Function ist. Da sie überhaupt nicht an einem Puncte hängt und noch gar nichts entschieden ist, an welcherlei Zusammenhang sie hängt, so bleibt auch die Möglichkeit noch frei, dass gegebene Bewegungen in gegebenem Zusammenhange eine Empfindung mitführen, indem sie den Zusammenhang zur vollen Bedingung der Empfindung ergänzen, indess sie in einem anderen keine mitführen, indem sie den Zusammenhang nicht dazu ergänzen.

Auch lässt sich die Sache unter folgendem Gesichtspuncte betrachten: wenn eine Saite, ohne an der Violine befestigt zu sein, in dieselbe Art Schwingungen versetzt werden könnte, als da sie an der Violine befestigt ist, so würde sie auch denselben Ton geben; aber sie kann eben nur an dem Violinenkasten so schwingen und solche Resonanz erzeugen, wie es der Fall ist. Und so würden auch irgend welche Stränge, wenn sie ausserhalb des Organismus solche Bewegungen annehmen und solche Mitbewegungen finden könnten, als die Nerven im Organismus, eben solche Empfindungen geben, (die man in den Weltgeist verlegen könnte, um sie nicht ins Leere zu verlegen, da ja auch die Schwingungen noch in der Welt vorgehen würden), aber sie können es eben nicht; jeder Organismus ist vielmehr eine besondere Art Instrument, der nach den Besonderheiten seiner Einrichtung besondere Arten Bewegung erzeugen kann, die kein anderer erzeugen kann, woran sich auch entsprechende Besonderheiten psychischer Zuständlichkeiten knüpfen.

XXXIX. Allgemeine Bedeutung der Schwelle in der inneren Psychophysik.

Der Gegensatz einer Erhebung über die Schwelle und eines Versinkens unter die Schwelle mit dem Schwellenpuncte dazwischen ist dem Gebiete der Empfindungen nicht eigenthümlich. Das ganze geistige Leben des Menschen wechselt zwischen Schlaf und Wachen, d. i. einem unbewussten und bewussten Zustande, im Wachen können dann wieder einzelne Gebiete und in jedem Gebiete einzelne Phänomene die Schwelle übersteigen oder darunter sinken. Die psychophysische Repräsentation von all' dem muss nothwendig zusammenhängen und auf demselben Principe fussen. Sind wir der psychophysischen Repräsentation von Bewusstsein und Unbewusstsein irgendwo sicher, so nöthigt uns der Zusammenhang der Thatsachen und die Consequenz der Betrachtung von selbst zur Verallgemeinerung und Folgerung. Und ohne noch die psychophysischen Thätigkeiten zu kennen, die unseren Bewusstseinsphänomenen unterliegen, ja selbst ohne die Function derselben zu kennen, die für den Reiz β in unserer Massformel zu substituiren ist, genügt die Verallgemeinerung der Thatsache, dass dieselben psychophysischen Bewegungen oder Veränderungen, die über einem gewissen Grade der Stärke Bewusstsein mitführen, unter einem gewissen Grade unbewusst werden, für sich allein schon, sehr allgemeine Gesichtspuncte stellen und wichtige Folgerungen ziehen zu lassen. Rufen wir uns kurz das Fundament dieser so wichtigen Verallgemeinerung zurück und bezeichnen vorgreifend den Gang derselben.

Die Wirkungsweise der Reize hat zuerst gedient, auf dem Felde der äusseren Psychophysik die Thatsache zu constatiren, dass das, was die Empfindung von Aussen anregt, einen gewissen Grad der Stärke übersteigen muss, sie bewusst zu machen. Hieran knüpfte sich vermöge Uebersetzung des Reizes in psychophysische Thätigkeit zunächst die Folgerung, dass auch die durch den Reiz ausgelöste und repräsentirte psychophysische Thätigkeit einen gewissen Grad der Stärke übersteigen muss, um bewusst zu werden. Die Erörterungen der folgenden Kapitel über Schlaf und Wachen und über die Aufmerksamkeit werden hinzutreten, zu zeigen, dass das, was für sinnliche und Sonderphänomene gilt, sich auf das Allgemeinbewusstsein und allgemeine Bewusstseinsphänomene übertragen lässt. Hiemit wird das Bedürfniss entstehen, uns über das Verhältniss aufzuklären, in welchem die Schwelle des Allgemeinbewusstseins zu der Schwelle besonderer Bewusstseinsphänomene steht. Die Erörterung der erfahrungsmässigen Verhältnisse zwischen der Wirkung der Aufmerksamkeit und des Reizes im 42. Kapitel wird dienen, das, was sich aus allgemeinem Gesichtspuncte in dieser Hinsicht voraussetzen lässt, durch Zusammenstimmung aller erfahrungsmässigen Verhältnisse dazu zu bewähren, und das Stufenverhältniss, was sich in uns darbietet, wird sich endlich im 45. Kap. auch noch über uns hinaus verfolgen lassen.

Hiemit stellt sich eine fundamentale Bedeutung der Thatsache der Schwelle für die ganze Entwickelung der inneren Psychophysik heraus: diese wäre, ohne Rücksicht auf sie, was ein Organismus ohne Abschnitte, Einschnitte, hiemit ohne Organe und Glieder.

Ueber das Alles hat der Begriff der psychophysischen Schwelle die wichtigste Bedeutung schon dadurch, dass er für den Begriff des Unbewusstseins überhaupt ein festes Fundament giebt. Die Psychologie kann von unbewussten Empfindungen, Vorstellungen, ja von Wirkungen unbewusster Empfindungen, Vorstellungen nicht abstrahiren. Aber wie kann wirken, was nicht ist; oder wodurch unterscheidet sich eine unbewusste Empfindung, Vorstellung von einer solchen, die wir gar nicht haben? Der Unterschied muss gemacht werden, aber wie ist er klar zu machen? Und wo ist seither eine Klarheit darüber zu finden?

Ich betrachte es in der That als eins der schönsten Ergebnisse unserer Theorie, dass sie diese Klarheit giebt, indem sie die Empfindung, oder was es für ein Bewusstseinszustand sei, mit Etwas, woran sie hängt, nicht auf Grund von bestreitbaren Speculationen, sondern unbestreitbaren Erfahrungen in einer solchen functionellen Beziehung fasst, dass diess Etwas fortbestehen kann, indess sie schweigt. Empfindungen, Vorstellungen haben freilich im Zustande des Unbewusstseins aufgehört, als wirkliche zu existiren, sofern man sie abstract von ihrer Unterlage fasst, aber es geht etwas in uns fort, die psychophysische Thätigkeit, deren Function sie sind, und woran die Möglichkeit des Wiederhervortrittes der Empfindung hängt, nach Massgabe als die Oscillation des Lebens oder besondere innere oder äussere Anlässe die Bewegung wieder über die Schwelle heben; und diese Bewegung kann auch in das Spiel der bewussten psychophysischen Bewegungen, welche zu anderen Bewusstseinsphänomenen gehören, eingreifen und Abänderungen darin hervorrufen, deren Grund für uns im Unbewusstsein bleibt.

XL. Schlaf und Wachen.

Während die psychophysischen Verhältnisse der Empfindung den leichtesten Angriffspunct für die äussere Psychophysik von der Erfahrungsseite her gewährten, scheint mir hingegen das Phänomen von Schlaf und Wachen den geeignetsten Angriffspunct von dieser Seite für die innere darzubieten, einmal, sofern es der Erfahrung noch soweit zugänglich ist, um der Uebertragung der Fundamente der äusseren Psychophysik in die innere, welche im 38. Kapitel auf allgemeine Gesichtspuncte begründet wurde, directe Erfahrungsstützen zuzufügen, zweitens, sofern es das *ganze* Bewusstsein des Menschen, Höheres und Niederes in Eins betrifft, indess die Empfindungen blos ein Specialphänomen, und zwar das von niederster Stufe innerhalb des Allgemeinbewusstseins sind, wodurch wir einerseits die wichtigste Verallgemeinerung, anderseits einen Ansatz zum Fortschritte gewinnen, indem sich hiemit die psychophysische Betrachtung des Verhältnisses zwischen dem Allgemeinbewusstsein und seinen Sonderphänomenen einleitet.

Verfolgen wir zunächst das Phänomen von seiner psychischen Seite.

Während des Schlafes schweigt das Bewusstsein; mit dem Momente des Erwachens ist es plötzlich da, doch nicht sofort in voller Stärke; nur allmälig ermuntert sich der Mensch*); doch steigt die Helligkeit des Bewusstseins rasch bis zu einem Gipfel an, auf dem sie sich, nach der Weise der Maxima, eine Zeit lang nahe unverändert erhält. Allmälig sinkt sie wieder und der Mensch schläft ein, wie er erwacht war.

Vom Einschlafen an vertieft sich der Schlaf nach einem ähnlichen nur umgekehrten Gange, als erst das Bewusstsein im Aufsteigen über die Schwelle nahm, mehr und mehr, d. h. — und hierin liegt das Thatsächliche für den Ausdruck Vertiefung des Schlafes — es erfodert stärkere und immer stärkere Reize, den Schläfer zu wecken**), bis nach erreichter grösster Tiefe das Bewusstsein sich wieder bis zur Schwelle hebt, um von da an in weiter steigende Werthe überzugehen.

Es ist, um die Oscillation des Psychischen durch ein physisches Bild zu erläutern, eine ähnliche Oscillation, wie die der Sonne, welche vom Horizonte, der Schwelle des Tages, rasch emporsteigt, um Mittag eine Zeit lang nahe dieselbe Höhe behält, dann wieder niedersteigt, zum Horizonte sinkt, tiefer und tiefer unter denselben herabgeht, um nach erreichter grösster Tiefe wieder bis zum Horizonte und darüber emporzusteigen.

---

*) »Anfangs erscheint Alles noch dunkel und verworren, dann deutlicher; aber noch nicht nach seiner wirklichen Bedeutung; man erinnert sich nicht sogleich des Vergangenen und kann das, was gesprochen wird, noch nicht recht fassen.« (Burdach's Physiol. III. S. 455.)

**) Ein Zuhörer von mir (Kohlschütter) sprach die Idee aus, mit dem Th. I. S. 179 beschriebenen Schallpendel Versuche über die Tiefe des Schlafes in den verschiedenen Epochen vom Einschlafen an und unter verschiedenen Umständen anzustellen, indem die Stärke des Schalles, welche nöthig ist, den Schläfer zu wecken, zur Messung der Tiefe des Schlafes dienen kann. Ob diese Idee zur Ausführung kommen und der Versuch nicht an den grossen Schwierigkeiten der Herstellung vergleichbarer Umstände scheitern werde, lasse ich dahingestellt; jedesfalls sieht man hier ein Princip, der ganz negativen Zuständlichkeit der Tiefe des Schlafes doch mit Massen beizukommen.

Zwar mag es sein, dass das Aufsteigen der psychischen Sonne relativ schneller geschieht als das der physischen und vielleicht ist auch (die Zeit als Abscisse gedacht) das Aufsteigen steiler als das Absteigen, denn es scheint, dass der Mensch bald nach dem Erwachen am muntersten ist, und von da die Munterkeit nur ganz allmälig, lange nicht merklich, sinkt; eben so scheint der Schlaf bald nach dem Einschlafen am tiefsten, und von diesem Maximum der Abfall zum Aufwachen sehr allmälig *); indess haben uns diese Particularitäten hier nicht zu kümmern, sondern blos das Aufsteigen und Absteigen der Bewusstseinshelligkeit im Ganzen, für welche das Bild immer etwas Treffendes behält. Uebrigens soll uns das Bild nichts beweisen, sondern nur zur Erläuterung dienen.

Wenn wir nun, wie natürlich und ohne Rücksicht auf irgend ein Bild, die Schwelle des Bewusstseins, wo das Erwachen und Einschlafen erfolgt, mit einem Nullwerthe der psychischen Intensität zu bezeichnen haben, so werden wir eben so natürlicherweise und ohne Rücksicht auf unsere im Gebiete der äusseren Psychophysik schon festgestellte Auffassung das Aufsteigen der Bewusstseinshelligkeit darüber mit positiven Werthen zu bezeichnen haben, die vom Erwachen an erst zunehmen, dann nach dem Einschlafen zu wieder abnehmen, und werden dann auch nicht umhin können, die zunehmende Vertiefung des Schlafes unter die Schwelle eben so mit wachsenden negativen Werthen zu bezeichnen, womit sich unsere frühere Auffassung negativer Bewusstseinswerthe als unbewusster Werthe von der Empfindung auf das Gesammtbewusstsein überträgt, und eine Verallgemeinerung und Verstärkung der früheren Auffassung zugleich erwächst. Folgende Erörterungen können beitragen, diese fundamentale Auffassung für unseren jetzigen Fall zu sichern.

Der Zustand des Schlafes hängt mit dem Zustande des Wachens causal zusammen. Die Seele bedarf selbst des Schlafes, um nachher wachen zu können, und muss hinreichend gewacht haben, um schlafen zu können; ja normalerweise entspricht der Tiefe des Schlafes der nachherige Grad der Munterkeit. Man kann sich den

---

*) Burdach sagt geradezu (Physiol. III. S. 454) »der Schlaf ist in seinem Anfange am tiefsten, in seinem Fortgange sanft und ruhig, gegen sein Ende am leisesten.« Inzwischen ist es sicher leichter, einen Schläfer unmittelbar nach dem Einschlafen, als einige Zeit nachher zu wecken.

Schlaf eine Zeit lang versagen, oder er flieht uns von selbst, wenn der Geist ungewöhnlich angespannt oder aufgeregt ist; dann aber folgt normalerweise ein um so längerer und tieferer Schlaf. Es ist hiemit ganz wie bei einer Welle; die Tiefe des Sinkens und die Höhe des Aufsteigens einer Welle bezüglich zum Niveau entsprechen sich und bedingen sich; man kann nicht vom Sinken unter das Niveau als von Nichts abstrahiren; sondern hat zu angemessener Repräsentation die Verhältnisse des Sinkens unter das Niveau und des Steigens über das Niveau, jenes als Uebergang in negative, dieses als Uebergang in positive Werthe bezüglich zum Nullwerthe der Höhe im Niveau zu fassen. Und so kann man auch vom Schlafe nicht als von einem Nichts für die Seele abstrahiren, die Lebensoscillation der Seele nicht allein auf das Wachen beziehen; sondern das Wachsein der Seele ist die Oscillationshöhe über, der Schlaf die Oscillationstiefe unter der Schwelle des Bewusstseins, und bezeichnen wir die Bewusstseinshöhe mit positiven Werthen, so werden wir eben so nothwendig die Tiefe des Schlafes mit negativen Werthen zu bezeichnen haben.

Wollte man hiegegen die Oscillation der psychischen Intensitäten mit dem wachen Zustande abschliessen, und die Intensität im Schlafzustande überall nur mit Null bezeichnen, so würde das Leben der Seele durch lauter in der Zeit von einander abgesonderte, durch Nullzustände des Bewusstseins getrennte, Oscillationen repräsentirt werden, statt dass bei Repräsentirung des Schlafzustandes durch negative Intensitäten die Oscillation des Lebens der Seele continuirlich zusammenhängend in sich und in continuirlichem Bezuge zu dem Körperleben, an das sie im Wachen geknüpft ist, fortgeht. Unstreitig kann man nur letztere, nicht erstere Vorstellungsweise angemessen finden.

Wenden wir uns nun zur Betrachtung der physischen Seite des Schlafes.

Die lebendige Kraft unseres ganzen Körpers erscheint im Schlafe herabgesetzt*). Puls und Athem gehen langsamer, die Temperatur des Körpers ist erniedrigt, die Ausscheidung des Harnes, der Kohlensäure, der Ausdünstung vermindert, und was die Thätigkeiten des Gehirnes insbesondere anlangt, welche wir als

---

*) Vgl. u. A. hierüber Purkinje in Wagner's Wört. Art. Wachen, Schlaf, S. 426.

Träger bewusster Phänomene anzusehen haben, die psychophysischen Thätigkeiten, so spricht schon das Aufhören dieser Phänomene und aller willkührlichen Bewegungen selbst für die Herabsetzung jener Thätigkeiten, ausserdem ist dadurch, dass das Gehirn im Schlafe einsinkt, was man bei Schädelverwundungen und durch die Schädelfontanellen kleiner Kinder zu beobachten Gelegenheit hat, constatirt, dass weniger Blut als im Wachen zum Gehirne zuströmt, und der langsamere Puls spricht auch für einen langsameren Blutumtrieb im Gehirne. Ueberall aber sehen wir, wenigstens bis zu gewissen Gränzen, mit der Fülle und Lebhaftigkeit des Blutumtriebes in einem Organe dessen Functionen steigen und sinken.

Kurz, die Herabsetzung der körperlichen Thätigkeiten, welche den bewussten Phänomenen unterliegen, kann für zweifellos gelten; aber es könnte sich fragen, ob diese Herabsetzung nicht bis zum wirklichen Aufhören geht. Zwar hört sicherlich nicht die ganze Gehirnthätigkeit auf; aber es könnten doch diejenigen Thätigkeiten, welche ihrer Natur nach geeignet sind, dem Bewusstsein zu dienen, die psychophysischen, im traumlosen Schlafe möglicherweise ganz aufhören; ja diese Ansicht mochte zeither als die natürlichste erscheinen.

Inzwischen spricht zuvörderst hiegegen das Bedürfniss, für die zunehmende Vertiefung des Schlafes den psychophysischen Zusammenhang mit der Erhöhung des Bewusstseins im Wachen fortzuerhalten. Erlischt die psychophysische Thätigkeit ganz mit dem Momente des Einschlafens, so ist der psychophysische Zusammenhang mit Eintritt des Schlafes unterbrochen, wogegen, wenn die psychophysische Thätigkeit mit dem Einschlafen nur bis zu einer gewissen Gränze, einer Schwelle sinkt, die Vertiefung des Schlafes ihren dem Aufsteigen des Bewusstseins entsprechenden Ausdruck in dem Herabgehen der psychophysischen Thätigkeit unter diese Schwelle findet. Diesem formellen Bedürfnisse kommen Erfahrungen zu Hülfe, welche sich auf das Aufwachen und Einschlafen beziehen. Und wenn sie nicht für sich allein ganz bindend sein sollten, so sind sie es doch in Verbindung mit dem vorigen Gesichtspuncte und mit Rücksicht auf das, was wir schon bei dem Specialphänomen der Empfindung zu statuiren uns gedrungen fanden.

Ein Schlafender kann durch einen localen Reiz erweckt werden, welcher Art er auch sei und durch welchen Sinnesnerven er auch Zugang finde. Rütteln, Stechen, Stossen, Kitzeln, ein Tropfen heisses Siegellack irgendwo auf die Haut, Kälte beim Aufdecken, ein Knall, plötzliches grelles Licht, was durch die Augenlider scheint, selbst ungewohnte Gerüche [*]) können den Schläfer wecken. Gleichen Erfolg hat der Reiz, welchen die allmälig zunehmende Anhäufung von Koth und Urin während des Schlafes bewirkt. Was ist nun der allgemeine Erfolg solcher Anregungsmittel? Dieser, dass eine Erregung des Nervensystemes entsteht, welche sich zum Gehirne fortpflanzt. Auf die Stelle und die Weise kommt an sich nichts an, soweit sich aus Erfahrungen schliessen lässt, sondern nur auf die Stärke, mit Rücksicht, dass ein starker Unterschied von Reizen selbst einen starken Reiz vertritt, mithin starke Verminderung eines gewohnten Reizes nicht minder aufweckend wirken kann, als ein starker Reiz, und selbst ein schwacher Reiz [**]) leicht weckend wirken kann, wenn er im Wachen geeignet ist, eine starke Erregung mit sich zu associiren. Sonst ist jeder Reiz wirkungslos, bis er einen gewissen Grad der Stärke übersteigt, und bewirkt unzweifelhaft Erwachen, wenn er solchen übersteigt, so lange der Mensch überhaupt noch fähig ist zu erwachen. Doch wird ein leiser Reiz eine, nur minder starke Wirkung derselben Art hervorbringen, als die ist, an die sich das Erwachen knüpft. Also kommt es nicht sowohl darauf an, dass eine Erregung besonderer Art und besonderen Ortes, sondern hinreichender Stärke irgendwo und irgendwie im Felde der psychophysischen Thätigkeit geschehe, damit das Erwachen erfolge; gerade so wie es zur Erweckung einer besonderen Sinnesempfindung während des Wachens erst einer gewissen Stärke des Reizes bedarf. Ehe aber die erfoderliche Stärke erreicht ist, muss hier wie dort die unterliegende psychophysiche Thätigkeit bis dahin wachsen, und um zu wachsen doch vorhanden sein.

Burdach sagt in gewissem Sinne triftig (Physiol. III. S. 460): »wenn man nicht im Schlafe selbst, sondern erst nach dem Aufwachen hörte und fühlte, so könnte man überhaupt nicht geweckt werden.« Hörte und fühlte man aber im Schlafe schon eben so, wie im Wachen: so wäre kein Unterschied zwischen der Zeit vor dem Aufwachen und nach dem Aufwachen. Nun kann der Unterschied nur darin liegen, dass bis zum Aufwachen die psychophysische Thätigkeit noch unter der Schwelle bleibt, mit dem Aufwachen über die Schwelle tritt. Dasselbe aber, was durch successives Wachsthum eines Reizes bis zum Hervorbringen des Erwachens erfolgt, muss auch in der freiwilligen Annäherung an das Erwachen erfolgen, so dass man höchstens im Momente der grössten Tiefe des Schlafes ein gänzliches Aufhören der psychophysischen Thätigkeit als möglich, wenn auch durch keinen Umstand als wahrscheinlich gemacht, ansehen kann.

---

[*]) »Wie es denn nicht selten vorkommt, dass Menschen durch den brandigen Geruch einer Feuersbrunst geweckt werden.« (Burdach, Physiol. III. S. 460.)

[**]) Z. B. das leise Rühren eines Kindes neben der schlafenden Mutter.

Burdach bemerkt weiter (S. 461): »wenn man beim Anhören eines Gespräches oder einer Rede oder Vorlesung eingeschlummert ist, und man wird geweckt, so weiss man die letzten Worte, welche vor dem Aufwachen gesprochen worden waren, z. B. den letzten Satz, wenn er kurz war; aber ohne Zusammenhang mit dem Früheren.... Noch allgemeiner ist es, dass man weiss, wodurch man geweckt wird, ungeachtet das Weckende nach dem Aufwachen nicht mehr percipirt werden kann.« Diess sind offenbar Thatsachen, welche eine psychophysische Affection während des Schlafes beweisen, die analog mit der sein mag, welche stattfindet, wenn wir eine Rede in der Zerstreuung überhören und uns nachher derselben noch erinnern; wovon S. 433 die Rede war.

Das Phänomen des Einschlafens führt, nur in umgekehrter Richtung, zu demselben Ergebnisse. Es erfolgt um so leichter, je mehr alle locale äussere Reize abgehalten werden, und je weniger überhaupt, sei es durch locale Schmerzen oder besonders gerichtete und gespannte Aufmerksamkeit sich die dem Bewusstsein unterliegende Thätigkeit des Nervensystemes, respectiv Gehirnes, local steigert, je mehr sie sich und je gleichförmiger zugleich sie sich vertheilt. Diess kann nun nicht an sich den Erfolg haben, dass sie irgendwo null wird, wohl aber versteht sich, wie der bei der Annäherung an das Einschlafen sich immer mehr ins Enge ziehende, zuletzt nur noch ganz schwach über die Schwelle erhobene Gipfel der psychophysischen Thätigkeit durch die Ausgleichung mit dem, was schon unter der Schwelle ist, selbst unter die Schwelle sinken und damit Einschlafen erfolgen kann. Hängt das Wachsein nur noch an einer solchen localen Steigerung, so muss die Vertheilung selbstverständlich hinreichen, Einschlafen zu bewirken. In der That brauchen wir bei Schläfrigkeit unsere

Aufmerksamkeit nur eben auf nichts Besonderes mehr zu richten, so schlafen wir wirklich ein. Im vollen Wachen, wo die psychophysische Thätigkeit hoch geht, gelingt diess nicht, wenn schon der Mensch seine Aufmerksamkeit ganz in derselben Weise vertheilt, weil die Ausgleichung des erhobenen Gipfels mit dem Uebrigen die Thätigkeit nicht unter die Schwelle harabzubringen vermag, indess umgekehrt bei sehr tiefem Schlafe selbst starke locale Reize ungenügend werden können, einen Punct über die Schwelle zu heben und damit Erwachen zu bewirken.

Hiemit steht dann auch die erweckende Wirkung der Entziehung gewohnter Reize in Beziehung. Ein starkes Geräusch erweckt uns; aber der Müller erwacht eben so, wenn der Gang der Mühle stockt, der Schläfer in der Kirche, wenn der Prediger zu sprechen, das von der Amme eingesungene Kind, wenn die Amme zu singen aufhört, der bei Nachtlicht zu schlafen Gewöhnte, wenn das Nachtlicht erlischt, der im Wagen Fahrende, wenn der Wagen still steht. Bei ermüdenden Märschen schlafen die Soldaten wohl gar im Gehen und wachen auf, wenn Halt gemacht wird. Nun gehört der Einfluss gewohnter Reize auch während des Wachens dazu, eine derartige gleichförmige Höhe und Vertheilung der psychophysischen Thätigkeit zu unterhalten, dass wir uns keiner Empfindung vor der anderen bewusst werden. Wird irgendwo etwas von diesem Reize entzogen, und vertieft sich hiemit die psychophysische Thätigkeit local, so steigt sie nach einem früher erörterten Gesetze, was unstreitig mit der Erhaltung der Kraft zusammenhängt, von selbst im Uebrigen und kann dadurch über die Schwelle getrieben werden.

Alles diess hängt durch die Vorstellung zusammen und dürfte sich im Zusammenhange nur durch die Vorstellung repräsentiren lassen, dass die psychophysische Thätigkeit, welche unserem Gesammtbewusstsein unterliegt, im Schlafe unter eine Schwelle sinkt, ohne desshalb aufzuhören. Wollte man hingegen die Ansicht festhalten, dass das Erwachen an einen eigenthümlichen Vorgang im Gehirne geknüpft sei, der im Momente des Erwachens erst überhaupt entsteht, so müsste man annehmen, dass die schwachen Reize, die das Erwachen noch nicht bewirken, nicht im Stande seien, ein gewisses Hinderniss zu überwältigen, was sich in irgend einer Form der Entstehung dieser Thätigkeiten entgegensetzt, eine Ansicht, die wir schon früher in Bezug auf Empfindungen am Bilde eines anzuziehenden Wagens erläutert und mit Thatsachen bestritten haben. Vielleicht aber nimmt man hier ein anderes Bild zu Hülfe. Könnte es nicht sein, wie bei einer Dampfmaschine, wo eine gewisse Kraft dazu gehört, ein Ventil zu drehen, um sie in Betrieb zu setzen; bis diese Kraft erreicht ist, steht die Maschine still. Könnte der Reiz, der das Aufwachen bewirkt, nicht dieses Drehen des Ventils vertreten? In der That hat eine solche Auffassung an sich nichts Unmögliches; aber es stehen ihr zwei thatsächliche Puncte entgegen: einmal, dass die Erweckung durch einen Reiz an keine bestimmte Form und Oertlichkeit der Reizung gebunden ist; wie es das Erwecken der Thätigkeit einer Dampfmaschine durch Drehung eines Ventiles ist; in welcher Hinsicht namentlich das Erwecken durch Entziehung irgend eines gewohnten Reizes und das Erwecken selbst durch ganz schwache Reize, die aber fähig sind, sich mit einer starken Anregung der Aufmerksamkeit im Wachen zu associiren, ganz unverständlich sein würde; zweitens, dass mit Steigerung des Reizes über den Punct hinaus, wo er das Erwachen bewirkt, die psychophysische Thätigkeit sich ferner steigert, was eine functionelle Beziehung zwischen beiden direct beweist, die man also auch Anlass hat, bis unter den Punct des Erwachens zu verfolgen, wogegen die Kraft, welche das Ventil einer Dampfmaschine dreht und sie dadurch in Thätigkeit setzt, durch ihre Verstärkung dann nichts weiter zur Verstärkung der Kraft der Maschine beiträgt, also keine functionelle Beziehung zwischen Reiz und psychophysischer Thätigkeit über den Punct des Erwachens hinaus erwarten lassen würde, die doch factisch besteht.

Ziehen wir das bisher Erörterte in Betracht, so können wir die Massformel dadurch allein schon mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auf dem Gebiete der inneren Psychophysik für die Totalität des Bewusstseins begründet halten; und nehmen wir die strengere Begründung hinzu, die sie auf dem Gebiete der äusseren für das Specialphänomen der Empfindung gefunden hat, so ergiebt sich dadurch zugleich eine wechselseitige Verstärkung und Verallgemeinerung beider Begründungen.

In der That, Schlaf und Wachen sind nach vorstehenden Erörterungen mit negativen und positiven Werthen auf psychischem Gebiete einzuführen; die Gränze zwischen beiden tritt nicht bei einem Nullwerthe, sondern endlichen Werthe der unterliegenden körperlichen Thätigkeit ein. Insofern also überhaupt eine Function zwischen Seelenthätigkeit γ und dem Masse der unterliegenden körperlichen Thätigkeit β besteht, muss die Function eine derartige sein, dass diese Verhältnisse dadurch repräsentirt werden. Solcher Functionen lassen sich unstreitig unzählige aufstellen: allein lässt man sich durch die Rücksicht bestimmen, ein fundamentales Verhältniss von grösstmöglicher Einfachheit zu gewinnen, wie es im Sinne der anderweiten Grundgesetze der Existenz ist, so kann man nur bei der Formel $\gamma = k \log \frac{\beta}{b}$ stehen bleiben. Wirklich suchte ich, bevor mir die Erfahrungsdata des Weber'schen Gesetzes zu Gebote standen, in den so gefassten Phänomenen von Schlaf und Wachen eine Hauptunterlage der Formel, die sich, wie ich im historischen Kapitel erzähle, überhaupt zuerst bei mir auf Gesichtspuncte der inneren Psychophysik begründet hat. Aber die strengere Begründung wird allerdings nur durch das Weber'sche Gesetz mit Hinzunahme der Thatsache eines endlichen Schwellenwerthes des Reizes möglich sein.

Man kann fragen, was wir bei unserer Auffassung des Schlafes mit den Träumen anfangen. Unstreitig hat man in ihnen eine Art Wachsein und doch kein eigentliches Wachsein. In gewissem Sinne erscheint das Bewusstsein unter der Schwelle, und in gewissem Sinne ist es doch darüber. Lässt sich eine psychophysische Repräsentation hiefür finden?

Meines Erachtens allerdings, aber um sie zu geben, muss erst das Verhältniss des Allgemeinbewusstseins zu seinen Sonderphänomenen, wozu die Traumvorstellungen wie die wachen Vorstellungen gehören, aus allgemeinem Gesichtspuncte erörtert sein, und so wird erst in einem späteren Kapitel (42) darauf einzugehen sein.

Nicht unerwähnt darf bei Betrachtung des Schlafes die Thatsache bleiben, dass angemessen angebrachter Druck auf das Gehirn sicher Schlaf herbeiführt, und Nachlass dieses Druckes ihn wieder aufhebt. Unstreitig kann der Druck auf das Gehirn nichts Anderes bewirken, als dass er Wege sperrt oder Bedingungen aufhebt, wovon der lebendige Gang der psychophysischen Thätigkeiten abhängt, und es wäre voreilig, zu schliessen, dass das natürliche Einschlafen auch auf Druck beruhe, da vielmehr das Einsinken des Gehirnes beim natürlichen Schlafe hiegegen spricht, und nicht minder durch Erschütterung des Gehirnes als durch Druck Bewusstlosigkeit entstehen kann. Doch ist dieser künstliche Weg, die psychophysische Thätigkeit herabzudrücken, immerhin bemerkenswerth genug und vielleicht nicht ohne Beziehung dazu, dass hinreichend starker Druck auf einen Nerven auch die Zuleitung eines Empfindungsreizes zum Gehirne und hiemit das Bewusstwerden der Empfindung unterbricht. Es könnte diess darauf deuten, dass der empfindungszuleitende und der empfindungstragende Vorgang nicht wesentlich verschieden sind. Vielleicht aber ist vielmehr die Compression der Gefässe das Wirksame, sofern unstreitig der Blutzufluss und die Blutströmung zur Unterhaltung der psychophysischen Processe wesentlich sind.

Wenn man eine, durch den Trepan oder irgend eine Verletzung des Schädels entblösste, Stelle des Hirnes mit der Hand anhaltend drückt, so tritt der bemerkte Erfolg des Einschlafens ein. Auch an Thieren gelingt nach Haller dieser Versuch, wenn man nur stark und anhaltend genug drückt. Er brachte Hunde dadurch bis zum Schnarchen*). Eben so bewirkte Foderé**) bei Thieren durch einen allmäligen und gleichförmigen Druck auf den mittleren Theil des Gehirnes Betäubung. Denselben Erfolg hat, wie leicht zu erachten, jeder unabsichtliche Druck auf das Gehirn, wie er durch angehäuftes oder ausgetretenes Blut oder Blutwasser oder Eiter oder eingedrückte Stellen des Schädels hervorgebracht wird. Der Grund der Bewusstlosigkeit bei Schlagflüssen liegt in der Regel eben in solchen Umständen. Ein Mann liess sich sehen, dessen Schädel nicht vollkommen verknöchert war, so dass man sein Gehirn drücken und ihn in einen Zustand von Schlagfluss bringen konnte, der ihm jedoch nichts schadete. (W. Philipp in Phil. transact. f. 1833.) Auch bei *Spina bifida* soll Schlaf durch einen Druck mit der Hand auf die Rückengeschwulst entstehen, indem der Druck durch das angesammelte Wasser nach dem Gehirne fortgepflanzt wird. (Darwin's Zoon. I. 410.)

XLI. Partieller Schlaf; Aufmerksamkeit.

Der Schlaf ist in der gewöhnlichen Bedeutung, in welcher er bisher ins Auge gefasst worden, ein Phänomen, welches das Bewusstsein des ganzen Menschen oder anders das ganze Bewusstsein des Menschen trifft, und setzt voraus, dass nirgends die psychophysische Thätigkeit über die Schwelle erhoben sei. Aber wenn

---

*) Haller, *elem. physiol.* IV. 301.

**) Magendie, Journ. III. p. 195.

die Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze triftig ist, so muss es möglich sein, dass die psychophysische Thätigkeit anstatt auf einmal ganz unter die Schwelle zu sinken, jetzt hier, jetzt da darunter sinke, und der Mensch also partiell einschlafen und wachen könne.

Diese einfache Consequenz der Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze findet ihre eben so einfache als directe Bestätigung in der Erfahrung.

Jede Zuwendung der Aufmerksamkeit zu einem Sinne ist als ein Erwachen dieses Sinnes, und jede Abwendung davon als ein Versinken in Schlafzustand zu fassen, aus dem ein Erwecken durch Willkühr oder Reize stattfinden kann, und wohl selten oder niemals ist Alles, was vom Menschen überhaupt wach sein kann, auch wirklich zugleich wach. Wenn ein Mensch in so tiefes Nachdenken versunken ist, dass er nicht sieht und hört, was um ihn vorgeht, so schläft die Sphäre aller äusseren Sinne eben so wie beim wirklichen Schlafe. Ein Sinnesreiz muss dann ganz eben so wie bei diesem erst eine gewisse Stärke übersteigen, ehe er den betreffenden Sinn erweckt, erweckt ihn aber auch eben so sicher, wie den ganzen Menschen, wenn er solche übersteigt. Auch kann sich dieser Schlaf der äusseren Sinne eben so wie der allgemeine Schlaf mehr oder weniger vertiefen, und es giebt Zustände innerer Exstase, wo der Mensch mit offenen Augen und Ohren gegen alle äusseren Reize so gut wie unempfindlich ist.

Umgekehrt schläft bei einem Menschen, der, wie man sagt, ganz Aug' oder Ohr ist, nicht nur jeder andere Sinn, sondern auch die ganze Sphäre der inneren Vorstellungsthätigkeit, deren psychophysischer Schauplatz nach später geltend zu machenden Gründen mit dem der sinnlichen Bilder zwar zusammenhängt, aber nicht zusammenfällt, und die hier zur Sprache kommenden Verhältnisse gehören selbst zu den Gründen, es anzunehmen.

Nicht nur zwischen der äusseren und inneren Sphäre der Bewusstseinsthätigkeit im Ganzen findet dieser Wechsel statt, sondern auch zwischen einzelnen Theilen derselben.

Erwacht der Mensch des Morgens, so erwacht anfangs so zu sagen nur ein Punct des ganzen Menschen, wie von der aufgehenden Sonne zuerst nur ein Punct den Horizont, die Schwelle des Tages, übersteigt. Und schläft der Mensch ein, so ist er grossentheils schon eingeschlafen, ehe er ganz einschläft. Will der Mensch vor dem Einschlafen seine Aufmerksamkeit noch auf etwas richten, so oscillirt wohl der letzte Punct noch eine Zeit lang abwechselnd über und unter die Schwelle; indem er durch die Aufmerksamkeit momentan darüber gehoben wird, und bei Nachlass derselben darunter sinkt.

»Le sommeil ne s'empare pas brusquement de tout notre être, nos organes s'endorment successivement à des degrés variables: plusieurs veillent encore que d'autres sont déjà endormis, qui s'éveilleront peut-être à leur tour quand les premiers s'endormiront.« ... »Presque toujours la vue, c'est le sens, qui s'endort le premier.... Plus tard que la vue, l'ouïe s'endort.... De l'étude précédente sur l'état des sens dans le sommeil, il résulte, que s'ils ne s'endorment pas en même tems ni au même degré, leur reveil ne se fait pas non plus instantanément pour tous.« (Longet, *traité de physiol.* T. I. p. 409 suiv.)

Während des vollen Wachseins selbst ist der Mensch, wie früher (S. 442) schon besprochen, nicht im Stande, willkührlich einzuschlafen, sofern er den zu hoch gehenden Gipfel der psychophysischen Thätigkeit nicht durch Willkühr unter die Schwelle herabzudrücken vermag; als welcher nur die Vertheilung, aber nicht die Erzeugung derselben gehorcht; wohl aber, diesen Gipfel bald da-, bald dorthin zu verlegen, auszubreiten, zu concentriren, und so bald diese, bald jene Sphäre ins Wachen, eine andere in Schlaf zu versetzen, und den Eintritt des allgemeinen Schlafes selbst durch möglichst gleichförmige Vertheilung der psychophysischen Thätigkeit in früher angegebenem Sinne indirect zu födern. So wechselt im Wachen der Gipfel der psychophysischen Thätigkeit die Stelle, und wie er an einer Stelle höher aufsteigt, sinkt die Thätigkeit nach dem früher auseinandergesetzten Principe der Erhaltung der Kraft (Th. I. Kap. 5) anderwärts tiefer unter die Schwelle, und vertieft sich hiemit anderwärts der Schlaf.

Theilt sich die Aufmerksamkeit, so theilt sich die psychophysische Thätigkeit, die ihr unterliegt, es wird mehr ins Bewusstsein genommen, aber das Einzelne nur mit schwächerem Bewusstsein erfasst und bedacht. Wie es scheint aber vermag der Mensch diese Theilung nicht zwischen verschiedenen Sinnesgebieten in der Art vorzunehmen, dass ihre Empfindungen zugleich als unterschiedene ins Bewusstsein treten, sondern es gelingt nur vermöge der abwechselnden Zuwendung von einer zur anderen.

Nach Allem unterscheidet sich der partielle Schlaf vom allgemeinen wesentlich eben nur dadurch, dass er ein partieller ist, wovon aber einige wichtige Unterschiede abhängen, welche es erklärlich machen, dass doch der gemeinsame Name Schlaf nicht gleichgültig für beide gebraucht wird.

Bei dem allgemeinen Erwachen so wie Einschlafen findet ein zeitlicher Wechsel zwischen dem Zustande des psychophysischen Systemes unter und über der Schwelle überhaupt statt; bei dem partiellen bleibt die Schwelle immer überstiegen; es tritt blos ein räumlicher Wechsel zwischen dem Uebersteigen der Schwelle an einem Orte und Sinken darunter an einem anderen Orte ein. Damit hängt von selbst zusammen, dass das Erwachen aus dem allgemeinen Schlafe ohne Einfluss der Willkühr erfolgt; diese kann, da sie selbst mit schläft, ihr eigenes Erwachen nicht bewirken; wogegen der partielle Schlaf blos aus einer Verlegung des bewussten Zustandes an eine andere Stelle hervorgeht, welche also auch unter dem Einflusse des Bewusstseins erfolgen kann.

Das Erwachen aus dem allgemeinen Schlafe kann durch einen Sinnenreiz jeder Art, das Erwachen einer einzelnen Sinnessphäre nur durch den ihr adäquaten Reiz erfolgen, natürlich, da jenes Erwachen eben nur darin besteht, dass irgend eine von allen den Sphären wach wird, die insbesondere wach sein und durch den adäquaten Sinnesreiz wach werden können.

XLII. Verhältniss zwischen dem Allgemeinbewusstsein und seinen Sonderphänomenen. Das Wellenschema.

Nachdem wir das Verhältniss zwischen Bewusstsein und Unbewusstsein im Empfindungsgebiete eben so wie im Gebiete des Allgemeinbewusstseins insbesondere in Betracht genommen; wird sich jetzt handeln, Beides in Beziehung zu einander zu betrachten.

Knüpfen wir diese Betrachtung an einige thatsächliche Verhältnisse.

Wir sehen einen Gegenstand heller, wenn der Lichtreiz, der von ihm herkommt, stärker ist, aber wir sehen ihn nicht ebenso heller, wenn wir ihn aufmerksamer betrachten. Wir vernehmen einen Ton als einen stärkeren, wenn der Schallreiz stärker ist; aber die verstärkte Aufmerksamkeit lässt uns demselben keine grössere sinnliche Stärke beilegen. Mögen wir aufmerksamer hinsehen, hinhören, die Helligkeit, die Schallstärke scheint uns nicht sinnlich dadurch verstärkt. Wir fühlen allerdings die verstärkte Aufmerksamkeit als eine verstärkte Thätigkeit unserer Seele, aber wir vermögen auch sehr wohl zu unterscheiden, was Sache der verstärkten Aufmerksamkeit und was Sache der verstärkten Sinnesempfindung ist, und schlagen das, was wir als Verstärkung der ersten fühlen, keinesweges zugleich als eine Verstärkung der letzten an.

Von der anderen Seite ist doch gewiss, dass bei mangelnder Aufmerksamkeit schwache Reize gar nicht gespürt werden, dass eine gewisse Aufmerksamkeit nöthig ist, sie überhaupt merklich werden zu lassen. Wie soll nun Verschärfung der Aufmerksamkeit nichts wirken, sie merklicher werden zu lassen?

Wir haben hier gewissermassen den Gegenfall einer früher bemerkten Paradoxie. Wenn ein Reiz unter der Schwelle ist, wirkt er keine bewusste Empfindung; wir brauchen ihn nur zu verstärken, so wirkt er solche; also entsteht scheinbar durch Verstärkung von Etwas, was nichts wirkt, eine Wirkung. Jetzt sehen wir, dass durch Verstärkung von Etwas, was eine Wirkung erzeugt, keine Verstärkung der Wirkung erfolgt.

Mit Vorigem hängt Folgendes zusammen: wir können inhaltlose schwache Vorstellungen doch mit grosser Intensität haben, denken. Das intensivste Nachdenken operirt mit den verblasstesten Schematen; ja wir können uns angestrengt auf etwas besinnen wollen, was uns gar nicht einfällt. Es muss also die Stärke der Vorstellung und die Stärke, mit der wir sie denken, auffassen, sich in gewissem Sinne unterscheiden lassen; doch besteht die Vorstellung für uns nur nach Massgabe als wir sie denken, auffassen.

Weiter aber: während die einer Sinnessphäre zugewandte Aufmerksamkeit noch so sehr verstärkt werden kann, ohne dass eine Sinnesempfindung erwacht, wenn kein Sinnesreiz da ist, kann hingegen ein Sinnesreiz nicht da sein und nicht verstärkt werden, ohne die Aufmerksamkeit anzuregen, und entweder der Schwelle näher zu bringen oder bei hinreichender Stärke darüber zu heben.

Unstreitig erscheinen diese Verhältnisse von vorn herein sehr schwierig, und wenn es schon auf rein psychologischem Gebiete, wo uns doch die unmittelbare Beobachtung zu Gebote steht, schwer fällt, Klarheit darüber zu erzeugen, könnte es vielleicht unmöglich scheinen, eine geeignete psychophysische Repräsentation dafür zu finden; anderseits aber ist vielleicht auch die Klarheit auf psychologischem Gebiete nur unter Mitbezugnahme auf eine geeignete psychophysische Repräsentation erst möglich. Jedenfalls dürfte es einer psychophysischen Theorie eben so sehr zu Statten kommen, wenn sie überhaupt auf ihrem Gebiete die Möglichkeit einer in sich zusammenhängenden Lösung dieser Schwierigkeiten aus einfachen Grundvoraussetzungen bietet, als wir von der anderen Seite dadurch zu diesen Voraussetzungen uns genöthigt sehen, wodurch die Theorie an Entwickelung gewinnt.

Das Folgende ist ein erster Versuch einer solchen Theorie.

Wesentlich ist es nur dasselbe Princip, dass die psychophysische Thätigkeit des Menschen im Ganzen eine gewisse Stärke übersteigen muss, damit überhaupt Bewusstsein, Wachen stattfinde, und dass während des Wachens jede besondere, sei es durch einen Reiz zu bewirkende oder spontan entstehende, Bestimmung dieser Thätigkeit, die fähig ist, eine besondere Bestimmung des Bewusstseins zu geben, eine gewisse Stärke übersteigen muss, um wirklich bewusst zu werden, und Beides, wie der Zusammenhang von Beidem, wird durch die schon geltend gemachten Thatsachen bewiesen.

Dieses rein factische und an sich keines Bildes bedürfende Verhältniss können wir doch durch ein Bild oder Schema zugleich erläutern und die Darstellung der sich daran knüpfenden factischen Verhältnisse abkürzen. Denken wir uns die gesammte psychophysische Thätigkeit des Menschen wie eine Welle, und die Grösse dieser Thätigkeit durch die Höhe dieser Welle über einer horizontalen Grundlinie oder Fläche dargestellt, wozu jeder psychophysisch thätige Punct eine Ordinate beiträgt. Insofern es ein räumlich ausgedehntes System ist, was die Thätigkeit äussert, und diese Thätigkeit sich durch die Zeit forterstreckt, können wir das Schema ebensowohl auf das Räumliche für sich, als das Zeitliche für sich, anwenden, Ersteres, indem wir allen im Raume neben einander thätigen Puncten Ordinaten für denselben Zeitpunkt, Letzteres, indem wir einem und demselben im Raume thätigen Puncte Ordinaten für die successiven Zeitpuncte beilegen, und können so ebensowohl den Zusammenhang der Thätigkeiten im Raume für viele Puncte, als die zeitliche Folge derselben für einen Punct durch ein solches Schema darstellen. Um aber die Repräsentation für Raum und Zeit zu verbinden, haben wir immer nur das Gleichzeitige auf einmal in das Schema zu fassen, die Form und Höhe des Wellenzuges aber sich in der Zeit ändernd zu denken. So wird die ganze Gestaltung und der ganze Gang der Bewusstseinsthätigkeit von der gegenwärtigen und folgends sich entwickelnden Form, dem Steigen und Fallen, dieser Welle, die Intensität des Bewusstseins zu jeder Zeit von der jeweiligen Höhe derselben abhängen, und die Höhe dieser Welle irgendwo und irgendwie eine gewisse Gränze, die wir die Schwelle nennen, übersteigen müssen, damit überhaupt Bewusstsein, Wachen stattfinde.

Diese Welle heisse die Gesammtwelle, Hauptwelle, Totalwelle, und die zugehörige Schwelle die Hauptschwelle.

Nach Erfahrung, in soweit wir nach Gesichts- und Gehörsempfindung schliessen können, lassen sich die Thätigkeiten, an denen unsere besonderen Bewusstseinsphänomene hängen, durch Bewegungen von kurzer Periode (Schwingungen) repräsentiren, welche in eine Bewegung von langer Periode eingreifen, an welcher der Stand und Gang unseres Bewusstseins im Allgemeinen hängt, eine Periode, die normalerweise mit der Tagesperiode zusammenfällt, sofern Schlaf und Wachen sich, abgesehen von Zufälligkeiten, danach richten, und beide periodische Bewegungen sind bis zu gewissen Gränzen einer abgesonderten Betrachtung fähig.

Stellen wir nun die Bewegung von langer Periode durch eine je nach dem allgemeinen Zustande unserer Munterkeit und der Richtung unserer Aufmerksamkeit langsam auf- und abschwankende und den Ort ihres Gipfels wechselnde Welle, wir wollen sie die Unterwelle nennen, für sich dar, so werden die Bewegungen von kurzen Perioden, an welchen unsere besonderen Bewusstseinsphänomene hängen, durch kleinere Wellen auf der Unterwelle dargestellt, wir wollen sie Oberwellen nennen, welche abändernd in die Oberfläche der Unterwelle eingreifen; so dass die, durch die Oberwelle abgeänderte Unterwelle die Totalwelle oder Hauptwelle ist.

Je grösser nun die Stärke der Bewegungen von kurzer Periode (die Amplitude der Oscillationen) ist, desto höhere Berge werden die zu ihrer Repräsentation dienenden Wellen über die Unterwelle erheben, und desto tiefere Thäler in sie eindrücken (je nachdem die Richtung ihrer Bewegung gleich oder entgegengesetzt mit der der

Unterwelle ist), Hebungen und Senkungen, welche ihrerseits eine gewisse Gränze der Grösse, wir nennen sie die *Oberschwelle*, übersteigen müssen, damit das Sonderphänomen, was sich an sie knüpft, in das Bewusstsein trete.

Mit diesem Schema ist eben nichts Anderes gethan, als graphisch dargestellt, was eben mit Worten gesagt ist, dass die besonderen Bewusstseinsphänomene an besonderen periodischen Bewegungsformen hängen, die als Abänderungen einer allgemeineren periodischen Bewegungsform anzusehen, an welcher der allgemeine Stand und Gang des Bewusstseins hängt, und dass die besonderen Thätigkeiten wie die Gesammtthätigkeit ihre Schwelle haben.

Dabei haben wir uns zu erinnern, dass nicht nur unser Allgemeinbewusstsein in jedem Momente von einem Systeme von Bewegungen getragen wird, sondern dass auch alle Phänomene, die sich als besondere vom Grunde des Allgemeinbewusstseins abheben, wenn schon sie für das Bewusstsein einfach erscheinen, doch nicht an *einfachen* Bewegungsmomenten einzelner Theile hängen, sondern an dem *Zusammenwirken* einer Mehrheit von Theilchen und Momenten. (Vgl. Th. II. S. 229 ff.)

Die Mathematik hat einen scharfen Ausdruck für die Zusammensetzung zweier Wellen zu einer resultirenden Hauptwelle, wie wir sie hier durch die Zusammensetzung der Unterwelle und ihrer Oberwelle zu einer Totalwelle repräsentirten, in der Zusammensetzung demgemässer periodischer Glieder mit besonderer Amplitude und Periode. Unser Schema kann als die graphische Darstellung einer solchen Zusammensetzung betrachtet werden, wodurch es der Unbestimmtheit, die sonst nach mehrfacher Beziehung übrig bleiben würde, enthoben wird.

Des Näheren kann jeder Punct des psychophysisch thätigen Systemes für den Moment, wo wir das System betrachten, als in der Bewegung von langer und kurzer Periode zugleich begriffen gedacht werden. Indem wir diese Bewegung für eine bestimmte Richtung verfolgen (was freilich für eine vollständige Betrachtung nicht hinreichen würde), denken wir uns die resultirende Geschwindigkeit in dieser Richtung für jeden Punct durch eine Ordinate vorgestellt, die er zur Totalwelle beiträgt, diese Ordinate aber aus zweien zusammengesetzt, deren eine die Geschwindigkeit der einen, die andere die Geschwindigkeit der anderen Bewegung, hiemit die eine die Ordinate der Unterwelle, die andere die Ordinate der Oberwelle vorstellt. Je nachdem nun beide Geschwindigkeiten in gleicher oder entgegengesetzter Richtung gehen, ist die Ordinate der Oberwelle auf die der Unterwelle aufzutragen oder von ihr abzutragen, oder ist die Ordinate der Totalwelle als die Summe oder Differenz der componirenden Ordinaten zu nehmen. Geschieht nun diess für alle Puncte des psychophysischen Systemes in einem gegebenen Momente, so erhalten wir durch die Gipfelreihe der resultirenden Ordinaten die ganze Gestalt der Hauptwelle für diesen Moment bestimmt. In jedem Falle wird durch die Oberwelle die Unterwelle an gewissen Puncten erhöht, wenn schon sie an anderen dadurch erniedrigt wird, so dass, wenn wir die Höhe der Totalwelle nach der Erhebung ihrer höchsten Puncte beurtheilen, was bei der Frage, ob und um wie viel sie überhaupt die Schwelle übersteigt, in Betracht kommt, die Höhe der Totalwelle als die Summe der in gleicher Richtung genommenen Höhen von Unterwelle und Oberwelle betrachtet werden kann.

Wollte man statt der Geschwindigkeit die lebendige Kraft in diese Construction einführen, so würden die Oberwellen blos Wellenberge ohne Thäler auf der Unterwelle bilden; aber das richtige Verhältniss der Componenten zur Hauptwelle würde damit verloren gehen. Bei jeder Welle für sich ist es in Betreff der Repräsentation der allgemeinen Verhältnisse gleichgültig, ob man die Geschwindigkeit oder lebendige Kraft einführt.

Wenn die Amplituden und Perioden der componirenden Bewegungen, deren Zusammensetzung im Schema wir betrachten, für gegebene Verhältnisse als constant anzusehen sind, so hindert doch nichts, sie variabel nach Umständen zu denken. So fällt unter Voraussetzung von Normalverhältnissen die lange Periode unserer psychophysischen Thätigkeit mit der Tagesperiode zusammen, indem sich Wachen und Schlaf danach richten, und die Intensität unseres Allgemeinbewusstseins erhebt sich und sinkt nach einem gewissen Normalgange; aber durch viele Umstände kann die Periode verlängert und verkürzt, die Intensität abnorm gesteigert oder vermindert werden. Auch kann es Umstände geben, welche gemeinsam auf beide Bewegungen oder blos auf die eine influiren. Diese Verhältnisse sind nicht aus dem Schema oder dem mathematischen Ausdrucke, den es repräsentirt, abzuleiten, sondern aus der Erfahrung und den allgemeinen Bewegungsgesetzen, und das Schema selbst danach näher zu bestimmen und auszulegen. Dasselbe kann überhaupt nichts beweisen, sondern nur ganz im Allgemeinen zeigen wollen, wie sich, durch combinirte Bezugnahme auf die Thatsache der beiden Schwellen, zu dem, was psychisch zusammenhängt, auch ein psychophysischer Zusammenhang finden lässt, was viel leichter durch ein in sich zusammenhängendes Schema, als mit abstracten Worten möglich ist, ungeachtet sich Alles, was das Schema sagt, auch in Worten sagen lassen muss.

Um so besser wird unser Schema den Zweck dieser Erläuterung erfüllen, wenn wir es selbst erst noch durch einige Hinweise auf die Wirklichkeit erläutern.

Nicht blos das System der psychophysischen Bewegungen im Menschen, sondern das System der ganzen irdischen Bewegungen unterliegt der Tagesperiode, indem sich die ganze Erde in 24 Stunden einmal um ihre Axe dreht. Unzählige Theile der Erde aber haben ihre besonderen periodischen Bewegungen, so das Meer in seiner Ebbe und Fluth, die Atmosphäre in periodischen Regen und Winden, die Organismen in ihren inneren Kreisläufen. Es hindert aber nichts, trotzdem dass diese Theile auch an der Rotation der Erde Antheil haben, diese allgemeine periodische Bewegung der Erde und die besonderen periodischen Bewegungen ihrer Theile in gewissem Sinne und bis zu gewissen Gränzen besonders aufzufassen, zu behandeln, der Rechnung zu unterwerfen.

Die Rotationsbewegung der Erde repräsentirt hier die Unterwelle, die besonderen periodischen Bewegungen auf der Erde die Oberwellen, das, was aus der Zusammensetzung beider als Wirklichkeit hervorgeht, die Hauptwelle oder Totalwelle. Stellen wir die Geschwindigkeit jedes Punctes der Erde durch eine Ordinate vor, so stellt sich für einen gegebenen Parallelkreis der Erdoberfläche die Unterwelle als eine horizontale gerade Linie dar, sofern alle Theile der Erdoberfläche, abgesehen von den Specialbewegungen derselben, dieselbe Rotationsgeschwindigkeit haben; indem aber die Specialbewegungen auf der Erdoberfläche mit oder gegen die allgemeine Rotationsgeschwindigkeit gehen können, erzeugen sie Wellenberge und Wellenthäler in dieser Linie.

Das Meer bietet uns gewissermassen für sich die Wirklichkeit unseres Schema dar. Da giebt es Wellen, die durch eine allgemeine Ursache wie der Wind erzeugt werden, aber auf denen sich durch speciale Ursachen Kräuselungen, Oberwellen bilden, welche als Störungen einer unabhängig von der specialen Störung bestehenden Form, welche die Unterwelle giebt, angesehen werden können; indess die ganze Welle, wie sie ist, die Hauptwelle oder Totalwelle darstellt.

Obwohl nun solche Beispiele, entnommen von nicht psychophysischen Systemen, nichts an sich für psychophysische Systeme beweisen können, so beweisen sie doch in den allgemeinen Bewegungsgesetzen begründete Möglichkeiten, von denen es uns nicht mehr befremden kann, sie auch in den psychophysischen Systemen verwirklicht zu finden, und es wird also gestattet sein, unser Schema in diesem Sinne anzuwenden, in soweit die Wirklichkeit demgemässe Verhältnisse zeigt.

Nun stellt unser Schema zuvörderst in allgemeinster Weise die beiden factischen Hauptverhältnisse dar, auf die es begründet war: 1) dass die Form und der Grössenwerth besonderer Bewusstseinsphänomene innerhalb des Bewusstseins an der Form und Grösse besonderer Thätigkeiten hängt, welche in eine allgemeine Thätigkeit eingreifen, und in gewissem Sinne einer gesonderten Auffassung von derselben fähig sind.

2) Dass ebenso zum Erwachen des besonderen Phänomens die Ueberschreitung einer gewissen Grösse Seitens der unterliegenden besonderen Thätigkeit nöthig ist, als zum Erwachen des Bewusstseins überhaupt Seitens der Gesammtthätigkeit.

Mit der Repräsentation dieser allgemeinsten Verhältnisse hängt nun aber die Repräsentation vieler besonderen zusammen, die uns theils in früheren Kapiteln, theils Eingangs des jetzigen beschäftigten.

Ist die Hauptwelle überall unter ihrer Schwelle, so haben wir Schlaf, ist sie irgendwo darüber, so haben wir Wachen; sie ist aber im Wachen nie in allen der Erhebung über die Schwelle fähigen Theilen zugleich über der Schwelle, und der Grad der Erhebung derselben über die Hauptschwelle in irgend welchen besonderen Gebieten bestimmt den Grad der Aufmerksamkeit, der darin thätig ist. Alle Verhältnisse des Wechsels der Aufmerksamkeit, wovon im 41. Kapitel die Rede war, lassen sich als ein Wellenschlag der Hauptwelle fassen.

Die nach ihren höchsten Puncten beurtheilte Höhe der Hauptwelle und hiemit die Höhe der in irgend einem Sondergebiete thätigen Aufmerksamkeit hängt weder allein von der Höhe der Oberwellen noch der Unterwelle darin, sondern gemeinsam von beiden ab, kann aber bald mehr von dieser, bald mehr von jener Seite her bestimmt sein. Wenn ein Knall unsere Aufmerksamkeit plötzlich erregt, so ist es das plötzliche Steigen einer Oberwelle, was die Hauptwelle in die Höhe treibt: die Aufmerksamkeit findet sich hier unwillkührlich von der Sinnesseite her bestimmt; wenn wir angestrengt auf etwas horchen, ohne dass ein Schall da ist, so ist sie ohne Dasein einer Oberwelle im Gebiete des Gehöres nur durch das Steigen der Unterwelle in die Höhe getrieben; sie ist hier unabhängig von sinnlicher Bestimmung aus inneren Gründen willkührlich gerichtet und gehoben.

Die Aufmerksamkeit ist überhaupt um so mehr unwillkührlich durch die Stärke der besonderen Bewusstseinsphänomene oder unabhängig von solchen, d. i. willkührlich, bestimmt, je nachdem die Erhebung der Totalwelle mehr von einer grossen Erhebung der Oberwellen oder der Unterwelle im betreffenden Gebiete abhängt.

Wenn ein intensives Nachdenken mit verblassten Schematen operirt, so spielen auf einer hohen Unterwelle sehr schwache Oberwellen. Wenn wir ohne Anspannung der willkührlichen Seite unserer Aufmerksamkeit ganz receptiv in einer starken sinnlichen Empfindung aufgehen, so wird eine starke Oberwelle von einer verhältnissmässig niederen Unterwelle getragen. Es können aber auch beide zugleich hoch erhoben oder gesunken sein.

Die Aufmerksamkeit in einem Sinnesgebiete kann steigen, ohne dass die Empfindung an Stärke zunimmt, insofern die Hauptwelle durch die willkührliche Erhebung der Unterwelle allein steigt, wogegen die Empfindung nicht steigen kann, ohne die schon wache Aufmerksamkeit zu steigern oder die nicht wache dem Erwachen näher zu bringen, weil durch Steigerung der Oberwelle die Hauptwelle so gut wächst, als durch Steigerung der Unterwelle.

Wie Oberwellen, welche niedrig genug sind, um ihre eigene Schwelle nicht zu erreichen, doch durch hohen Stand der Unterwelle mit über die Hauptschwelle gehoben sein, d. h. einer darüber erhobenen Hauptwelle angehören können, ohne ihre eigenthümlichen Bewusstseinsphänomene zu geben, so können umgekehrt Oberwellen, welche hoch genug sind, ihre eigene Schwelle zu übersteigen, durch tiefen Stand der Unterwelle unter die Hauptschwelle herabgedrückt sein, d. h. einer darunter erniedrigten Hauptwelle oder einem darunter erniedrigten Theile der Hauptwelle angehören, und werden dann aus diesem entgegengesetzten Grunde ebenfalls nicht ins wache Bewusstsein treten, aber nur noch der Erhebung der Hauptwelle durch hinreichende Steigerung der Unterwelle bedürfen, um hineinzutreten.

Im Falle sie blos einem, unter die Hauptschwelle erniedrigten Theile der Hauptwelle angehören, indess diese anderwärts über der Schwelle ist, also im Falle des allgemeinen Wachens, haben wir den Fall des wegen Zerstreuung oder abgelenkter Aufmerksamkeit nicht gehörten Wortes, das blos noch der willkührlichen Steigerung der Aufmerksamkeit bedarf, um nachträglich noch gehört zu werden, oder eines Schmerzes, den wir so lange nicht fühlen, als wir die Aufmerksamkeit gewaltsam abzulenken vermögen, ungeachtet seine innere Ursache fortbesteht; oder des Schwarz im geschlossenen Auge oder habituellen Ohrenbrausens, an dem manche Personen leiden, deren wir unter gewöhnlichen Umständen nicht gewahr werden, aber sofort gewahr werden können, wenn wir die Aufmerksamkeit willkührlich darauf richten.

Dabei ist es doch nicht dasselbe, ob etwas vom Sinne Gefasstes nur wegen mangelnder Aufmerksamkeit nicht gefasst wird, oder ob es den Sinn zu schwach, oder gar nicht berührt. Dass es über seiner Schwelle (der Oberschwelle) ist, giebt ihm immer einen positiven Werth im Bewusstsein; aber es tritt, während das Hauptbewusstsein dafür nicht wach, jedoch für Anderes wach ist, als unbewusste Mitbestimmung dessen, wofür das Hauptbewusstsein wach ist, auf, eine Mitbestimmung, die nach Umständen störend oder harmonisch sein kann. So äussert beim in Gedanken gehenden Spaziergänger der Sonnenschein, das Grün, der Vogelgesang eine unbewusste Mitbestimmung; er sieht und hört nichts von alle dem und fühlt sich doch anders, und sein Gedankenlauf wird anders sein, als wenn er im dunkeln Zimmer dächte; — so auf den Horchenden in der Oper der Glanz der Scene, auf den Zuschauer in der Oper die Musik. Jede Anschauung von Dingen, die wir durch das Leben kennen, eines Hauses, einer Person, zieht durch Association eine Menge anderer Vorstellungen mit, die im Unbewussten bleiben, und doch so unbewusst die Bedeutung des Hauses, der Person für uns constituiren, welche ohnedem blos als Farbenfleck für das Auge zählen würden. Sie hängen an Oberwellen, die sich mit der auf dem Gipfel der Hauptwelle durch äussere Ursache erhobenen im Zusammenhange erheben, aber unter der Hauptschwelle bleiben, indess jene über die Hauptschwelle treten.

Vom jetzt betrachteten Falle haben wir den Fall zu unterscheiden, wo die ganze Hauptwelle unter die Schwelle sinkt, unterhalb dieser Schwelle aber doch Oberwellen auf der niedrigen Unterwelle spielen, die ihre eigene Schwelle übersteigen. Diess ist unstreitig der Fall der Träume, die vermöge des Standes der Totalwelle unter der Schwelle natürlicherweise charakterisirt sind durch den Mangel willkührlicher Richtung der Aufmerksamkeit und hauptsächlich auf einer associationsweisen Hervorrufung durch einander und zufällige äussere Reize beruhen.

Der Traum hat mit unserem wachen Leben in der Aussenwelt eine bedeutungsvolle Aehnlichkeit, welche beiträgt, zu erklären, dass der Traum uns nicht als das Spiel von Vorstellungen, was er doch ist, sondern als äussere Wirklichkeit erscheint. Beim Vorstellungsleben in Abziehung vom Aeusseren während des Wachens ist die Hauptwelle verhältnissmässig stärker durch die Unterwelle als Oberwelle gehoben, beim Leben in der Aussenwelt unter dem Einflusse ihrer, unsere Aufmerksamkeit beschäftigenden, Anregungen ist es umgekehrt, und die Wirklichkeit macht sich um so mehr als solche geltend, je mehr sie die Oberwellen im Verhältnisse zur Unterwelle steigert. Dasselbe aber, was im Wachen durch überwiegendes Steigen der Oberwellen eintritt, tritt im Schlafe durch überwiegendes Sinken der Unterwelle ein.

Auf demselben Umstande möchte beruhen, dass Hallucinationen, Phantasmen auch im vollen Wachen den vollen Charakter der Wirklichkeit annehmen können; es wird dann sein, wenn die Oberwellen, an denen sie hängen, in abnormem Verhältnisse die Unterwelle überwachsen.

Dabei kann man von der Natur der Träume noch eine doppelte Ansicht hegen. Man kann sich denken, dass die Träume, während wir sie Nachts haben, in demselben Sinne unbewusst sind, als ein in der Zerstreuung überhörtes Wort im Wachen, und erst nachträglich beim Erwachen wie dieses in Erinnerung treten, bewusst in der Erinnerung reproducirt werden. Man kann sich aber auch denken, und ich halte diess für wahrscheinlicher, dass wir die Träume schon während der Nacht in ähnlichem Sinne bewusst haben, als wir nach Erinnerung glauben, sie gehabt zu haben, und dass der Unterschied, den sie in dieser Hinsicht von den unbewussten Mitbestimmungen des Bewusstseins während des Wachens darbieten, eben nur daran hängt, dass nichts Bewusstes da ist, was sie mitbestimmen könnten, sofern Alles unter der Hauptschwelle des Bewusstseins liegt. Doch kann diess noch ein Gegenstand des Zweifels sein. Auf einen anderen, die Träume betreffenden, Punct, der ebenfalls bis jetzt nur Sache der Vermuthung ist, komme ich noch im 44. Kapitel.

Im Bisherigen hat sich noch kein besonderer Anlass dargeboten, auf eine gemeinsame oder gegenseitige Abhängigkeit der Unterwelle und Oberwelle von einander Bezug zu nehmen, und factisch besteht bis zu gewissen Gränzen eine Unabhängigkeit derselben von einander; doch nur bis zu gewissen Gränzen, und es gilt auch, diejenigen Verhältnisse in Betracht zu ziehen, welche nur durch ihre gemeinsame oder gegenseitige Abhängigkeit zu erklären sind.

Wenn ein Reiz in ein Sinnesgebiet einwirkt, so steigt die Oberwelle darin, und indem mit dem Steigen der Oberwelle die Hauptwelle steigt, scheint diess schon zu genügen, die für dieses Gebiet stärker in Anspruch genommene Aufmerksamkeit zu erklären. Aber auch wenn der Reiz wegfällt, pflegt die Aufmerksamkeit noch mehr oder weniger in diesem Gebiete zu verharren; der durch einen Knall erweckte Schläfer schläft selten sofort wieder ein, und es scheint nicht, dass diess allein durch eine Nachdauer der durch den Reiz hervorgerufenen und associationsweise etwa mit entstandenen Oberwellen erklärt werden könne; sondern jede Erhebung einer Oberwelle durch einen Reiz ist, so scheint es, zugleich als Reiz für eine Erhebung der Unterwelle zu betrachten.

Von der anderen Seite sehen wir zwar die Lebhaftigkeit von Sinnesempfindungen im Allgemeinen nicht durch verstärkte Aufmerksamkeit wachsen, aber es giebt doch Fälle, wo durch eine sehr anhaltende, intensive und so zu sagen auf einen besonderen Punct zugespitzte willkührliche Richtung der Vorstellung Vorstellungsbilder bis zur Intensität wirklicher sinnlicher Anschauungen gesteigert werden konnten, und hier muss umgekehrt die starke Hebung der Unterwelle mit einer Hebung der Oberwelle in Verbindung stehen; so bei den interessanten Versuchen von H. Meyer, von welchen im 44. Kapitel die Rede sein wird.

Diess sind keine Widersprüche gegen die vorherige Darstellung und gegen die Triftigkeit des Schema; es wird immer im Stande sein, die Verhältnisse der Unabhängigkeit und Abhängigkeit, soweit sie nun eben bestehen, zu repräsentiren.

Noch Manches liesse sich am Schema erläutern, worauf ich aber hier nicht ausführlich eingehen will, da solche Ausführungen im Grunde nichts fördern, wenn sie keine neuen Gesichtspuncte eröffnen oder nur auf Vermuthungen ruhen. So liegt es nahe, die Bildung von Begriffen aus Einzelvorstellungen oder Anschauungen durch Interferenzen der ihnen unterliegenden Oberwellen zu repräsentiren; so liesse sich denken, dass Lust oder Unlust entsteht, je nachdem die Unterwelle durch Zutritt der Oberwellen im Ganzen gehoben oder deprimirt und in dieser Hinsicht eine gewisse Gränze (Schwelle der Lust und Unlust) überschritten wird, mit Rücksicht, dass die Oberwellen zwar nothwendig an gewissen Puncten die Unterwelle erhöhen, indess sie aber zugleich dieselbe an anderen Theilen eindrücken, was sich unter Umständen compensiren, unter anderen vielleicht nicht compensiren kann. Doch diese für jetzt nur unbestimmte und vielleicht unrichtige Vermuthung bleibe für jetzt dahingestellt.

XLIII. Verhältniss zwischen den sinnlichen und Vorstellungsphänomenen.

Die Verhältnisse von Schlaf und Wachen sammt denen der Aufmerksamkeit sind Verhältnisse, welche das Bewusstsein im Allgemeinen und Ganzen angehen. Hingegen treten die durch äussere Reize ausgelösten Sinnesempfindungen, deren Nachbilder und die Gemeingefühle des Schmerzes, Hungers u. s. w., was wir kurz unter dem Namen der sinnlichen Phänomene vereinigen, mit unseren Erinnerungen, Phantasiebildern und das abstracte Denken begleitenden Schematen, was wir kurz unter dem Namen Vorstellungen vereinigen, endlich den in den Erscheinungen des Sinnengedächtnisses, den Hallucinationen und Illusionen bestehenden Mittelgliedern zwischen beiden Klassen, unter den allgemeinen Begriff von Modificationen, besonderen Bestimmungen des Totalbewusstseins, wonach sich die Stellung dieser Phänomene in der schematischen Darstellung des vorigen Kapitels von selbst ergiebt.

Diese Darstellung bezieht sich auf die psychophysische Unterlage der Bewusstseinsphänomene. Nun aber kann man fragen: sind denn die Sonderphänomene zweiter Klasse überhaupt noch als psychophysisch fundirt, d. h. mit physischen Veränderungen in uns functionell verknüpft anzusehen? Gar manche Philosophen und Psychologen, die es wohl von den Phänomenen erster

Klasse, den sinnlichen Phänomenen, zugeben, wo sich nicht wohl ein Widerspruch erheben lässt, sträuben sich doch, es eben so von den Phänomenen zweiter Klasse, den Vorstellungsphänomenen, zuzugeben, sind vielmehr geneigt, schon die Erinnerungen und Phantasiebilder von der psychophysischen Unterlage loszulösen und als in der Seele vorgehende Acte anzusehen, die zwar von der Sinnesseite her in ihr angeregt worden sind, aber, so wie sie in der Seele vorgehen, keiner speciell dazu bezüglichen körperlichen Thätigkeit mehr wesentlich bedürfen, als deren Function sie ablaufen, wenn schon sie rückwirkend Veränderungen im Körper erzeugen und insofern nicht ohne solche von Statten gehen mögen; und namentlich besteht diese Neigung bei der Ansicht vom einfachen Seelensitze. Denn wenn die Sinnesreize ihren Eindruck dahin abgegeben haben, so liegt es nahe, ihre Aufbewahrung und Verarbeitung dann wesentlich blos noch der Seele anheim zu geben, wogegen die Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze die mit der wachsenden geistigen Befähigung wachsende Entwickelung und Verwickelung des Gehirnes selbst nur dadurch erklärlich finden kann, dass es über die blossen Sinnesfunctionen hinaus, worin das Thier dem Menschen keinen Vorzug lässt, noch speciale psychische Leistungen zu vollziehen habe.

Da uns über die inneren Vorgänge überhaupt keine unmittelbare Erfahrung zusteht, so muss die Consequenz dessen, was nach Erfahrung feststeht, uns leiten, und schliesslich folgender allgemeine Gesichtspunct bei dieser und allen damit zusammenhängenden Fragen massgebend sein. Soll nicht überhaupt der Zusammenhang und die Consequenz des psychophysischen Systemes nothlos abgebrochen werden, so werden Verschiedenheiten auf psychischem Gebiete, so lange sie noch in folgerechtem Zusammenhange nach dem Functionsprincipe in psychophysische Verschiedenheiten übersetzbar sind, auch darein zu übersetzen sein, nicht aber dahin auszulegen sein, dass die einen noch psychophysisch fundirt sind, die anderen nicht mehr so fundirt sind. Und es wird sich also nur fragen, ob in den Verhältnissen der Phänomene erster und zweiter Klasse, welche uns die innere Erfahrung bietet, wirklich etwas liegt, was einer solchen Uebersetzung den Weg verlegt, und zu einer Ablösung der letzteren von der Unterlage, an welche die ersteren noch geknüpft sind, nöthigt.

Aber gerade das Verhältniss der Erinnerungen und sinnlichen

Anschauungen bot sich uns von vorn herein (S. 380) als ein vorzugsweise geeignetes Beispiel dar, die Anwendbarkeit des Functionsprincipes in dieser Beziehung zu erläutern, und ich halte es unnöthig, hierüber auf neue oder weitere Ausführungen einzugehen.

Die Misslichkeit einer derartigen Scheidung zwischen den sinnlichen und Vorstellungsphänomenen, dass jene eine psychophysische Begründung haben, diese nicht mehr haben, tritt um so schlagender hervor, wenn wir auf den, in den Thatsachen des folgenden Kapitels sich von selbst herausstellenden, Uebergang achten, der von den sinnlichen Anschauungen durch die Nachdauer der Eindrücke, die Erscheinungen des sogenannten Sinnengedächtnisses, die willkührlich erzeugten Sinnesphantasmen, die Illusionen (wo äussere Gegenstände nur falsch gesehen werden), die Hallucinationen mit oder ohne Reproduction früherer Sinneseindrücke (wozu die Wahnbilder der Verrücktheit mit gehören) zu den wirklichen Erinnerungs- und Phantasiebildern achten.

Was bei der Ansicht, dass die Erinnerungsbilder so gut psychophysisch fundirt sind, als die Anschauungsbilder, am schwierigsten erscheinen kann, ist die Möglichkeit, so zahllose Dinge im Gedächtnisse zu behalten und in Erinnerung zu reproduciren. Aber sie ist nicht wunderbarer, als die doch thatsächlich bestehende physisch begründete Möglichkeit, die Fertigkeiten zu den verschiedensten Handthierungen in derselben Hand zu vereinigen und wechselnd in Ausübung zu bringen. Auch darf man nicht vergessen, dass das Erinnerungsvermögen, so unbeschränkt es in gewissem Sinne ist, so beschränkt von anderer Seite ist. Es unterliegt Gesetzen der Association, welche die Verbindung und Folge der Erinnerungen regeln, und eben so wie verwandte Fertigkeiten der Hand sich unterstützen und disparate stören können, ist es mit den Erinnerungen der Fall.

Sich den psychophysischen Mechanismus oder die organische Einrichtung auszumalen, mittelst deren die Leistungen, welche das Erinnerungsvermögen fodert, wirklich vollziehbar sind, wäre natürlich sehr vorzeitig, so lange wir noch kaum eine Ahnung über das Princip der Nervenwirkung überhaupt, und mithin über die Weise, wie es dabei zu verrechnen wäre, haben. So viel lässt sich nur ganz im Allgemeinen sagen, dass der Mechanismus ein, wenn nicht im Principe, aber in den aufgewandten Mitteln ungeheuer complicirter und nicht fester, sondern veränderlicher, entwickelungsfähiger sein müsse. Diesen Bedingungen sehen wir entsprochen; und viel mehr ist für jetzt nicht zu verlangen. Doch lässt sich noch Einiges erläuternd zufügen.

Die Nachklänge unserer Anschauungen in den Nachbildern haben nach den Erörterungen Th. II. S. 309 an sich einen gesetzlich periodischen Ablauf, die Erscheinungen des Sinnesgedächtnisses, von denen im folgenden Kapitel die Rede sein wird, führen periodisch, wenn auch in unregelmässigen Perioden, selbst nach längerer Zeit noch Gestalten und Bewegungen ganz unwillkührlich in die Erscheinung zurück, und würden es unstreitig viel mehr thun, wenn nicht theils neue Eindrücke, theils die Zusammensetzung mit den alten den deutlichen Hervortritt einzelner periodischer Erscheinungen in diesem wogenden Meere blos auf die Folgen sehr intensiver, oft wiederholter Eindrücke beschränkte. Es besteht aber doch hienach factisch in uns das Princip einer freiwilligen periodischen inneren Wiederholung nicht nur einzelner Bewegungen, sondern selbst Bewegungsfolgen, welche durch sinnliche Einwirkungen in uns erregt wurden, gleichviel worauf es beruhe, will man anders nicht schon die sinnlichen Phänomene von der physischen Unterlage loslösen; und so ist kein Hinderniss zu glauben, dass diess Princip auch als eine der psychophysischen Grundlagen unseres Erinnerungsvermögens eine grosse Rolle spiele. Ausserdem lässt sich voraussetzen, dass das Princip der ungestörten Coexistenz und Superposition kleiner Schwingungen und die damit zusammenhängenden Principien der Interferenz und ungestörten Durchkreuzung von Wellen bei den sich kreuzenden, sich mit einander zusammensetzenden, sich zeitweise ins Unbewusstsein herabdrückenden und wieder daraus hervortretenden Erinnerungen nicht ausser Spiel sein werden. Wenn wir sehen, wie alle physikalischen Hülfsmittel aufgeboten sind, das Auge und Ohr für die Aufnahme gesonderter Sinneseindrücke zu befähigen, so kann man es zwar bequemer finden, die Aufbewahrung und Wiederholung derselben als ein der Seele ohne alle äusseren Hülfsmittel zukommendes Vermögen anzusehen, aber es auch hiegegen nur consequent finden, wenn man dieselbe an eine noch tiefergehende Verwendung der physikalischen Principien und Hülfsmittel geknüpft hält, womit man nicht sowohl das Geistige herabsetzt, als die Natur heraufhebt, und wobei nichts hindert, das, was sich jetzt mit immanentem Bewusstsein durch die bewusste Thätigkeit selbst in jedem einzelnen Geschöpfe fortentwickelt, auch in der ersten Schöpfung der gesammten organischen Welt mit solchem geordnet zu denken. Gewiss ist, dass wir der Bequemlichkeit der Betrachtung durch die Anstalten der Natur nicht entsprochen finden. Die Seele ist nicht blos an eine Sammlung von Sinnesorganen, sondern auch an ein Gehirn gebunden, durch das alle Sinnesorgane, und zwar in complicirtester Weise verbunden sind.

Wenn die Erinnerungsbilder, Phantasiebilder und das Denken begleitenden Schemate alle noch psychophysisch fundirt sind, so ist es auch das Denken selbst, indem jeder andere Stoff und Gang des Denkens ein anderes Material und eine andere Verknüpfungsweise der Schemate voraussetzt, ohne die überhaupt kein Denken stattfinden kann, wie eine andere Melodie und Harmonie nicht ohne andere Töne und eine andere Verbindungsweise der Töne sein kann. Nun gewährt ein Klavier in seiner verhältnissmässig geringen Zahl festliegender Tasten doch die Möglichkeit, die allerverschiedensten Melodien und Harmonien auszuführen, und so vielerlei und so hohe Gedanken der Mensch fassen mag, 25 Buchstaben reichen hin, sie auszudrücken; es kommt beidesfalls nur auf die Verbindung und die Folge an, in der die Tasten oder Buchstaben durchlaufen werden. Das Gehirn in seinen zahllosen, in verschiedener Weise thätigen Fibern aber enthält in dieser Hinsicht unvergleichlich reichere Mittel, also kann auch kein Hinderniss sein, ihm mindestens eben so grosse Leistungen innerlich zuzutrauen, als wir äusserlich mittelst desselben ausführen.

XLIV. Beobachtungen und Bemerkungen über das Verhältniss zwischen Nachbildern und Erinnerungsbildern insbesondere. Erinnerungsnachbilder, Phänomene des Sinnengedächtnisses, Hallucinationen, Illusionen, Träume.

Ich stelle im Folgenden einiges Beobachtungsmaterial, theils eigenes, theils fremdes, über die in der Ueberschrift genannten Phänomene zusammen, was für theoretische Ansichten darüber eine nützliche Unterlage bieten kann, ohne jedoch den sehr weitschichtigen und sich weit verzweigenden Gegenstand erschöpfen zu wollen, wozu nicht ein Kapitel, sondern ein Buch gehören würde, und ohne selbst auf mehr als einige sehr allgemeine theoretische Ausführungen einzugehen, da sich für jetzt nicht mehr scheint geben zu lassen.

a) Erinnerungsbilder und Nachbilder in Beziehung zu einander.

Die einmal von Aussen gemachten Sinneseindrücke bestehen auch nach Wegfall des äusseren Reizes noch eine gewisse Zeit als Nachbilder, Nachklänge, allgemein als Nachempfindungen fort, die bei gesundem, kräftigen Zustande der Sinne weniger leicht wahrzunehmen, weniger intensiv und nachhaltig zu sein pflegen, als bei schwächlich reizbarem; und hinterlassen das Vermögen, in Erinnerungen oder mehr oder weniger umgestaltet in Phantasiebildern reproducirt zu werden. Beiderlei Nachwirkungen sollen hier hauptsächlich, wenn schon nicht ausschliesslich, im Felde der Gesichtswahrnehmungen betrachtet werden, wo sie am meisten untersucht sind; doch findet das hier Gültige mehr oder weniger auch auf andere Gebiete der Sinnesempfindungen Anwendung.

Die Hauptunterschiede zwischen den Nachbildern einerseits, Erinnerungs- und Phantasiebildern anderseits bestehen darin, dass die ersten stets nur mit einem Gefühle der Receptivität, nur in Continuität mit den gemachten sinnlichen Eindrücken, von Willkühr und Vorstellungsassociation unabhängig, entstehen und bestehen und nach Massgabe der unmittelbar vorhergegangenen sinnlichen Eindrücke auch von Willkühr unabhängig, gesetzlich, ablaufen, indess die Erinnerungs- und Phantasiebilder mit dem Gefühle geringerer oder grösserer Spontaneität noch längere Zeit nach vorausgegangenen sinnlichen Einwirkungen theils unwillkührlich durch Vorstellungsassociation entstehen, theils willkührlich hervorgerufen, wieder verbannt und abgeändert werden können.

Mit diesen charakteristischen Unterschieden stehen andere, jedoch im Allgemeinen weniger entschiedene, bei verschiedenen Personen mehr oder weniger variable und Uebergängen Raum gebende, Verschiedenheiten in Verbindung, worüber sich das Folgende verbreitet.

Um einen Ausgangspunct zu gewinnen, stelle ich die Phänomene zuerst so dar, wie sie sich bei mir finden, der ich gewissermassen am unteren Extreme der Skale stehe, durch welche sich Erinnerungsbilder sinnlichen Phänomenen, wie den Nachbildern, zu nähern vermögen. Es findet sich aber das, was ich bei mir gefunden habe, und wobei ich nach sorgsamer und oft wiederholter Beobachtung stehen bleiben muss, keineswegs Alles eben so bei Anderen wieder, wie man aus den weiter unten angeführten Fällen ersehen wird.

Erinnerungs- und Phantasiebilder erscheinen mir im Allgemeinen immer wie etwas der Körperlichkeit Ermangelndes, Luftiges, Gehauchtes, dem gleichsam materielleren Eindrucke der Nachbilder gegenüber.

So ist die Zeichnung der Erinnerungs- und Phantasiebilder bei mir ganz ohne Vergleich unbestimmter, verwaschener, als die der Nachbilder. Klare scharfe Umrisse vermag ich gar nicht, auch nur an den geläufigsten Erinnerungsbildern der Gegenstände, die mir täglich vor Augen sind, zu erhalten, indess die Nachbilder mit entsprechender Schärfe als direct gesehene Gegenstände auftreten.

Nachbilder im geschlossenen Auge sind je nach den Helligkeitsverhältnissen der angeschauten Objecte zu dem Grunde, auf dem sie erschienen, entweder tiefer schwarz oder lichter als der umgebende Grund des Auges und als das gleichförmige Schwarz des Sehfeldes. Erinnerungsbilder hingegen machen mir im Allgemeinen einen schwächeren Eindruck als das Schwarz selbst. Von Weiss zu Schwarz giebt es eine Skale continuirlich abgestufter Helligkeit und das tiefste Schwarz ist das reine Augenschwarz. Frage ich mich nun, wohin diese Skale führen würde, wenn ich sie noch unter das Schwarz fortgesetzt dächte, so wird man meines Erachtens auf den undeutlichen Eindruck der Erinnerungs- und Phantasiebilder geführt.

Farben kann ich an den Erinnerungsbildern farbiger Gegenstände mit aller Bemühung nicht oder nur in flüchtigem, zweifelhaftem Scheine bei Erinnerung an sehr frappante Eindrücke reproduciren*); indess ich lebhafte farbige Nachbilder im offenen wie geschlossenen Auge erhalte. Auch träume ich nie in Farben, sondern alle meine Erlebnisse im Traume erscheinen mir wie in einer Art Dämmerung oder Nacht vorgehend.

Ich bin nicht im Stande, selbst das geläufigste Erinnerungsbild auch nur kurze Zeit stetig festzuhalten, sondern muss es, um es länger zu betrachten, gewissermassen immer von Neuem wiedererzeugen; es ändert sich nicht sowohl von selbst, als es verschwindet immer wieder von selbst. Will ich es aber mit gleichgerichteter Intention oft hinter einander wiedererzeugen, so gelingt es bald gar nicht mehr, indem die Aufmerksamkeit oder Productionsthätigkeit sich schnell abstumpft. Diess ist aber keine Abstumpfung der Erinnerungsthätigkeit überhaupt; denn ich bin — und diess scheint mir der Beachtung werth — nicht gehindert, statt dessen sofort ein anderes geläufiges Erinnerungsbild, so deutlich, als es mir überhaupt möglich ist, vorzustellen, und, wenn auch für dieses die Aufmerksamkeit oder Productionsthätigkeit sich erschöpft hat, zum ersten Bilde zurückzukehren, wo ich es wieder mit der anfänglichen Deutlichkeit produciren kann. Diess gilt selbst von ganz verwandten Bildern; wie ich z. B. oft den Versuch mit zwei auf derselben Photographie befindlichen Portraitfiguren oder neben einander hängenden Portraits in meinem Wohnzimmer angestellt habe, deren keines ich oft hinter einander in Erinnerung reproduciren kann, wohl aber beide in mehrfachem Wechsel. Setze ich jedoch diesen Wechsel etwas rasch oft hintereinander fort, so finde ich mich endlich für beide Bilder abgestumpft, kann aber zu einem dritten Bilde mit Erfolg übergehen.

---

*) So wenn ich an durchschnittene Eier auf Spinat denke, wo das Weiss, Gelb und Grün sehr scharf gegen einander absticht.

Nachbilder kann ich überhaupt nicht durch Willkühr umwandeln. Erinnerungsbilder kann ich leicht nach Willkühr mit anderen vertauschen, viel schwieriger allmälig in andere umwandeln oder phantastisch ändern.

In keinem Falle stellen sich mir Gegenstände im Erinnerungsfelde in anderen Verhältnissen zu einander dar, als es den Formen der Anschauungen mit offenen Augen entspricht, und eben so kann meine Phantasie mit ihren Schöpfungen nicht aus diesen Gränzen heraus. So kann ich mir keinen Menschen zugleich *en face* und von seiner Rückseite vorstellen, obwohl mit der Vorstellung gleichsam um ihn herumgehen.

Was mir sehr unerwartet war und ich doch bei wiederholten Beobachtungen nicht anders finden kann, ist, dass es mir leichter gelingt, Erinnerungsbilder mit einer, zwar stets nur sehr geringen, aber doch verhältnissmässig grösseren Deutlichkeit bei offenen Augen, als bei geschlossenen Augen zu erzeugen; nur muss ich dabei gänzlich die Aufmerksamkeit vom Aeusseren abstrahiren; so dass es mir entschwindet, was mir an sich nicht schwer ist und um so leichter gelingt, wenn ich die Augen niederschlage und wie träumend gegen den Boden richte. Es kommt mir so zu sagen vor, als ob bei gänzlichem Schlusse der Augen der Lichtstoff fehlte, die Bilder daraus zu weben, als wenn das Augenschwarz nichts dazu hergäbe, und störender für ihre Wahrnehmung wirkte, als des Tages sanfte Helligkeit. — Hingegen bin ich zum abstracten Denken niemals besser als früh Morgens im Dunkel im Bette aufgelegt.

Nachbilder scheinen sich in gleicher Richtung mit zu bewegen, wenn man Kopf oder Augen bewegt; ob dasselbe mit Erinnerungsbildern der Fall sei, fällt mir wegen der grossen Schwäche derselben und der Schwierigkeit, überhaupt noch etwas davon präsent zu erhalten, wenn ich zugleich etwas Anderes mit Bewusstsein vornehme, schwer zu beurtheilen. Doch hat es mir immer geschienen, dass z. B. ein Thurm, ein Baum, der Mond am Himmel, wenn ich mir sie nur (sei es mit offenen oder geschlossenen Augen) feststehend vorstelle, auch ihre Lage in der Vorstellung unverändert beibehalten, während ich Kopf oder Augen hin- und herbewege. Wie es sich mit nicht absichtlich durch Vorstellung fixirten Erinnerungsbildern verhält, vermag ich nicht zu sagen; sie verschwinden mir bei jeder Bewegung des Kopfes oder der Augen, wenn ich zugleich Acht geben will, ob sie bewegt oder nicht bewegt erscheinen; indem sie diese Theilung der Aufmerksamkeit nicht vertragen.

Das Sehfeld, in welches sich die Nachbilder einzeichnen und das scheinbare Sehfeld der Erinnerungsbilder bieten für die Erscheinung folgende Unterschiede dar. Das Feld der Nachbilder bei geschlossenen Augen, das schwarze Sehfeld, scheint mir von sehr beschränkter Grösse, ohne alle Tiefe, unmittelbar vor meinen Augen oder mit der Verticalebene derselben selbst coincidirend. Selbst wenn ich die Nachbilder sehr verschieden ferner Gegenstände zugleich im geschlossenen Auge habe, erscheinen sie mir doch wie auf einer Fläche neben einander und ihrer Grösse nach nur durch den Gesichtswinkel bestimmt, unter dem die Objecte erschienen, welche das Nachbild gaben, so dass die Täuschung, die uns bei offenen Augen zur anderen Natur geworden ist, dass gleich grosse, verschieden ferne Gegenstände auch gleich gross erscheinen, in den Nachbildern dieser Gegenstände verschwindet, worüber ich positive Erfahrungen habe*).

In allen diesen Hinsichten verhält sich die Erscheinung des Feldes der Erinnerungs- und Phantasiebilder bei mir ganz anders. Da wir die Gegenstände immer vor uns sehen, so bin ich allerdings auch von selbst geneigt, die Gegenstände, an die ich mich erinnere, vielmehr vor mir als hinter mir befindlich vorzustellen; aber ich kann sie nicht nur beliebig weit vor mir, sondern auch hinter mir, seitlich, über, unter mir befindlich vorstellen, kann mir selbst zugleich oder in schnellem Wechsel einen Thurm vor mir und einen Thurm hinter mir vorstellen, die Gegenstände vor mir ebensowohl hinter einander als neben einander vorstellen.

Wenn ich früh Morgens nach hereingebrochenem Tage noch im Bette liege, und die ruhig gehaltenen offenen Augen etwa einmal schliesse, stellt sich mir gewöhnlich das schwarze Nachbild des weissen Bettes unmittelbar vor mir und das weisse Nachbild des schwarzen Ofenrohres an der gegenüberstehenden, ziemlich entfernten Wand der langen Kammer, in der ich schlafe, zugleich mit grosser Intensität dar. Beide erscheinen mir wie auf einer Fläche neben einander, und indess ich mit offenen Augen die ganze Länge des weissen Bettes zu erblicken meine, stellt sich mir im Nachbilde bei geschlossenen Augen nur ein verhältnissmässig schmaler schwarzer Streifen statt dessen dar, in Betracht der grossen Verkürzung, in der ich das Bett gesehen. Statt dessen reproducirt das Erinnerungsbild die ganze Täuschung der Erscheinung bei offenen Augen.

Kurz, während mir das schwarze Sehfeld mit seinem Inhalte von Nachbildern nur zwei Dimensionen ohne Tiefe zu haben scheint, scheint mir das Sehfeld der Erinnerungsbilder drei Dimensionen mit Tiefe wie das Sehfeld bei offenen Augen zu haben. Wenigstens gilt diess insofern, als ich mir eine ganze Gegend, einen Stadttheil, ein Zimmer oder dergleichen auf einmal vorstelle.

Um das Nachbild eines begränzten Gegenstandes, z. B. einer Lichtflamme, im geschlossenen Auge wahrzunehmen, muss ich die Aufmerksamkeit auf das schwarze Sehfeld des geschlossenen Auges richten. Das Nachbild nimmt eine bestimmte, nicht willkührlich von mir zu ändernde, Stelle dieses Sehfeldes ein, und wird von demselben so umgeben, dass die Verhältnisse seiner Helligkeit und Lage zu demselben unmittelbar aufgefasst und beurtheilt werden können. Hingegen, um ein Erinnerungs- oder Phantasiebild wahrzunehmen, muss ich die Aufmerksamkeit von dem schwarzen Sehfelde in demselben Sinne abziehen, als ich sie dazu von der Sphäre der Gehörs-, Getastempfindungen u. s. w. abziehen muss, und je mehr ich sie davon abziehe, desto deutlicher vermag mir ein Erinnerungs- oder Phantasiebild zu erscheinen.

---

*) Pogg. XLIV. 524.

Manchmal zwar scheint es mir zu gelingen, ein Erinnerungs- oder Phantasiebild auf das schwarze Sehfeld zu projiciren, oder in dieses so zu sagen mit der Phantasie Bilder hineinzumalen. Aber es scheint diess nur darauf zu beruhen, dass ich am meisten geneigt bin, das Erinnerungsbild vorn zu suchen oder dahin zu verlegen; es gelingt mir doch nicht so, dass ich mir der Verhältnisse des Bildes zum Felde ruhig bewusst werden könnte; sondern ich fühle dabei eine eigenthümliche Anstrengung, welche in dem Versuche zu beruhen scheint, den schnellen Wechsel zwischen dem Sehfelde der Nachbilder und Vorstellungsbilder in Coincidenz zu verwandeln und werde mir auch nie eines vollkommenen Gelingens bewusst.

Damit hängt Folgendes zusammen: Ich bin sehr wohl im Stande, ein grösseres Erinnerungsbild, was eine Mehrheit unterscheidbarer Theile einschliesst oder auch eine Mehrheit zusammenhängender Erinnerungsbilder gleichzeitig mit Bewusstsein aufzufassen, oder, insofern statt einer wirklichen Gleichzeitigkeit ein sehr schnelles Durchlaufen den Schein der Gleichzeitigkeit erwecken sollte, was streng zu unterscheiden nicht wohl möglich ist, das rasche successive Ueberschauen mit einem Gefühle vollkommener Continuität der Thätigkeit, als bleibe ich in demselben Felde, zu thun. Ganz eben so wie mit Erinnerungsbildern für sich verhält es sich mit Nachbildern für sich. Auch kann ich zwischen bewusster Auffassung von Nachbildern und Erinnerungsbildern sehr schnell wechseln, bin aber durchaus nicht im Stande, ein Nachbild und Erinnerungsbild gleichzeitig oder mit dem Scheine der Gleichzeitigkeit bewusst aufzufassen, und habe im Uebergange von einem zum anderen nicht dasselbe Gefühl der Continuität, wie wenn ich im Anschauungsfelde der Erinnerungsbilder oder Nachbilder für sich bleibe.

Bei Gelegenheit der S. 473 angeführten Erfahrung in meinem Schlafzimmer habe ich versucht, das Erinnerungsbild, in dem ich Bett und Ofenrohr hinter einander zu sehen meine, aus dem Nachbilde, in dem Alles wie auf einer Fläche erscheint, herzustellen, indem ich es durch die Vorstellung selbst darein umzuwandeln suchte; und man könnte meinen, es müsse noch leichter gelingen, das Erinnerungsbild aus dem Nachbilde herzustellen, als es frisch zu erzeugen. Aber der Versuch gelang nicht, sondern die Aufmerksamkeit musste erst ganz vom Nachbilde abgezogen werden, um das Erinnerungsbild mit dem Scheine des Vorn und Hinten herzustellen.

Wenn wir die Aufmerksamkeit von einem Sinnesgebiete auf das andere wenden, so haben wir zugleich ein bestimmtes, nicht zu beschreibendes, aber von Jedem leicht in der Erfahrung zu reproducirendes Gefühl der abgeänderten Richtung, was wir als das Gefühl einer verschieden localisirten Spannung bezeichnen können. Wir fühlen eine nach vorn gerichtete Spannung in den Augen, eine seitlich gerichtete in den Ohren, die mit dem Grade der Aufmerksamkeit wächst, je nachdem wir etwas aufmerksam fixiren, auf etwas aufmerksam horchen, wesshalb man auch von einer Spannung der Aufmerksamkeit selbst spricht. Am deutlichsten fühlt man den Unterschied, wenn man mit der Richtung der Aufmerksamkeit zwischen Auge und Ohr schnell wechselt. Entsprechend verschieden in Beziehung zu den verschiedenen Sinnesorganen localisirt sich das Gefühl, je nachdem wir etwas fein riechen, schmecken, tasten wollen.

Nun aber habe ich ein ganz analoges Gefühl der Spannung, als wenn ich etwas recht scharf mit Gesicht oder Gehör auffassen will, wenn ich mir ein Erinnerungs- oder Phantasiebild möglichst deutlich vergegenwärtigen will; und dieses ganz analoge Gefühl ist ganz anders localisirt. Während bei möglichst scharfer Auffassung von objectiven sichtbaren Gegenständen, so wie von Nachbildern, die Spannung deutlich nach vorn geht und bei Wendung der Aufmerksamkeit zu anderen Sinnessphären nur die Richtung zwischen den äusseren Sinnesorganen wechselt, indess der übrige Kopf nach dem Gefühle spannungslos ist, zieht sich bei der Beschäftigung der Erinnerungs- oder Phantasiethätigkeit die Spannung dem Gefühle nach ganz von den äusseren Sinnesorganen ab, und scheint vielmehr den Theil des Kopfes, den das Gehirn ausfüllt, einzunehmen; und will ich mir z. B. eine Gegend oder Person vor mir recht lebhaft vergegenwärtigen, so wird sie um so lebhafter vor mir auftauchen, nicht je mehr ich die Aufmerksamkeit nach Vorn spanne, sondern je mehr ich sie so zu sagen dahinter zurückziehe. Noch Einiges hierüber weiter unten.

Hallucinationen vor dem Einschlafen, wie sie so viele Personen haben, kommen bei mir nicht vor; und das lebhafte Lichtflackern, was ich wegen krankhaften Zustandes meiner Augen stets im geschlossenen Auge habe, gestaltet sich nie zu bestimmten Figuren, noch kann ich es durch Phantasiethätigkeit dazu gestalten.

Nach Allem stellen sich die Erinnerungs- und Phantasiebilder bei mir in einer, wie es scheint bei Anderen seltenen, Schwäche dar, selbst wenn ich die Erinnerungs- und Phantasiethätigkeit noch so sehr anstrenge, indess sich Nachbilder mit grösster Leichtigkeit und grosser Intensität, oft lästig, bei mir einstellen; und ich keinen Anlass habe, meinen Farbensinn bei offenen Augen für weniger entwickelt zu halten, als den von anderen Personen.

Wo möglich noch schwerer als im Felde des Gesichtssinnes producire ich Erinnerungen im Gebiete anderer Sinne. So bin ich noch weniger im Stande, mir den Klang der Stimme meiner Frau oder anderer Personen, mit denen ich täglich umgehe, mit irgend welcher Deutlichkeit in der Erinnerung zu reproduciren, als ihr Gesicht, wenn schon ich dieselben Personen bei wirklichem Hören ihrer Stimme im Dunkeln unter Tausenden wiedererkennen würde. Gar nicht gelingt mir die Reproduction mit Geruchs- und Geschmacks-Empfindungen. [illegible]fache Melodien jedoch kann ich nach öfterem Hören wohl merken und mir die Erinnerung daran durch ein leises Nachsingen oder leise Bewegungen des Kehlkopfes, als sänge ich, erleichtern. Das Localgefühl des Besinnens auf Empfindungen in anderen Sinnesgebieten als dem des Gesichtes scheint mir mit dem Localgefühle in diesem übereinzustimmen; manche rauschende Musik jedoch glaube ich ohne Besinnen in der Erinnerung doch mehr wie mit den Ohren zu hören.

So weit zunächst die eigenen Beobachtungen. Mit diesen fand ich die Wahrnehmungen Anderer, welche ich zur Selbstbeobachtung veranlasste, im Allgemeinen um so mehr übereinstimmend, je mehr sie in der Schwäche der Erinnerungs- und Phantasiebilder mit mir übereinstimmten, constatirte aber dabei leicht die beiden Thatsachen, dass die Lebhaftigkeit dieser Bilder bei verschiedenen Personen ausnehmend verschieden ist, und dass, je mehr sich diese Phänomene sinnlichen Phänomenen als wie den Nachbildern in der Stärke nähern, um so mehr auch die anderen angegebenen Verschiedenheiten derselben davon schwinden, so dass schliesslich nur der wesentliche Unterschied der spontanen und nicht spontanen Erzeugung und Abänderung zwischen beiden übrig zu bleiben scheint.

Es würde von Interesse sein, diesen Gegenstand statistisch zu bearbeiten, und ich bedauere, die früher wirklich beabsichtigte derartige Verfolgung des Gegenstandes doch über anderen Gegenständen vernachlässigt zu haben, so dass mir gegenwärtig kein so ausgedehntes Material zur Vergleichung zu Gebote steht, als ich selbst wünschte. Vielleicht jedoch würde aus einer grösseren Zahl von Fällen auch nicht viel mehr zu lernen sein, als aus den folgends mitzutheilenden, verhältnissmässig wenigen, die ich noch in letzter Zeit gesammelt habe. Uebrigens liegt auf der Hand, dass es überhaupt schwer ist, genaue, zuverlässige Angaben in diesem Gebiete zu erhalten, da es schon schwer ist, solche zu geben und nur die rechten Ausdrücke dabei zu finden. Eine sorgfältige und wiederholte Selbstbeobachtung mit Abhaltung von Selbsttäuschungen, und eine bestimmte Fragestellung, wenn man Angaben von Anderen verlangt, mit Vorsicht, ihnen nicht Antworten in den Mund zu legen, wird dabei vorausgesetzt. Auch wird sich eine objective Garantie, dass man bei Befragung Anderer recht verstanden worden sei und recht verstanden habe, und dass überall ganz vergleichbare Umstände der inneren Beobachtung stattgefunden haben, bezüglich mancher Puncte kaum geben lassen.

Unstreitig ist in letzter Hinsicht nöthig, auf vergleichbare Objecte der Erinnerung Bezug zu nehmen, um vergleichbare Antworten erwarten zu können, ohne dass mir doch ein Halten an ganz bestimmten Gegenständen von Nutzen scheint. Nur hat man zu unterscheiden, ob es sich um geläufige oder nicht geläufige Erinnerungen, um beschränkte Erinnerungsbilder, wie von einer Rose, einem Gesichte, einem Thurme, die ich gewöhnlich als Beispiele anwende, oder unbeschränkte, wie von einer ganzen Gegend, handelt, und ob die Erinnerungen unter Zuziehung dieser oder jener Associationsmittel gewonnen sind. Um nicht mit Complicationen zu beginnen, scheint mir zweckmässig, vorerst Erinnerungen an Anschauungen auszuschliessen, die unter Mithülfe eigener Thätigkeit gewonnen sind, deren Erinnerung dann associationsweise mit der des angeschauten Objectes zusammenwirkt, wie wenn der Maler sich malend, ein Spaziergänger durch die Gegend, die er vorstellt, sich gehend denkt. Eine weitere Fortsetzung dieser Beobachtungen würde übrigens wahrscheinlich noch auf manche Rücksichten und Unterscheidungen führen, die dabei zu machen sind, und bei diesem ersten Versuche, diess Gebiet einer genaueren Beobachtung zu unterwerfen, noch nicht sich dargeboten haben.

Ich will nun zunächst die speciellen Angaben einiger mehr oder weniger ausführlich von mir befragten Personen mittheilen, dann einiges Allgemeine über den Gegenstand bemerken. Hoffentlich wird man den Raum, den diese Mittheilungen in Anspruch nehmen, nicht zu sehr bedauern; da Detailangaben über das Verhalten der Phänomene bei verschiedenen Personen doch der einzige Weg sind, der überhaupt zu Etwas führen kann, und es bisher an dieser Erfahrungsunterlage fast ganz fehlte. Denn fast nur die Fälle, wo die Erinnerungsbilder sich Hallucinationen nähern oder in solche übergehen, haben bis jetzt die Aufmerksamkeit auf sich gezogen; unstreitig aber gilt vor Allem, erst nachzusehen, wie sich die Erscheinungen in Normalfällen verhalten.

Die folgenden Fälle sind nach dem aufsteigenden Grade der Annäherung an sinnliche Phänomene, den sie mir nach der Schilderung zu haben scheinen, geordnet.

1) Ch. H. Weisse, Prof. der Philosophie, mit mir in gleichem Alter (59 Jahre), scheint bezüglich der Erinnerungsbilder sich auf einer ganz ähnlichen Stufe als ich zu befinden; indem er eben so wenig deutliche Farbe oder Zeichnung daran produciren kann. Er hat, wenn er die Augen schliesst, eben so wenig wie ich ein rein schwarzes Gesichtsfeld, sondern allerlei farbloses Licht darin, woraus sich aber, je länger er die Augen geschlossen hält, um so bestimmter geformte Phantome weben, was bei mir nicht der Fall ist. Um sie zu beobachten, muss er die Aufmerksamkeit ganz entsprechend richten, als wenn er mit offenen Augen äussere Gegenstände betrachten will, sie vertreten ihm in dieser Hinsicht (eben so wie bei mir das Lichtflackern) ganz die Stelle derselben; wogegen er, um Erinnerungsbilder zu erhalten, eben so wie ich, die Aufmerksamkeit ganz von diesem Felde zurückziehen muss, durchaus die Erinnerungsbilder mit jenen sinnlichen Bildern nicht zugleich ins Auge fassen oder in das Feld derselben hineinmalen kann, was bei ihm so entschieden der Fall ist, dass er die unten folgenden entgegengesetz-

ten Angaben Anderer als auf unrichtiger Auffassung des Sachverhaltes beruhend anzusehen geneigt war.

8) A. W. Volkmann, Professor der Anatomie und Physiologie, ebenfalls 59 Jahre alt, kann ebenfalls nur »überaus schwache und undeutliche Erinnerungsbilder« produciren, sowohl was Form als Farbe anlangt, doch scheint ihm der Grad der Deutlichkeit merklich variiren zu können, ohne dass er die Umstände, von denen diess abhängt, anzugeben vermöchte. Vor dem Einschlafen hat er häufig, aber in sehr verschiedener Deutlichkeit, die bekannten Hallucinationen, »unter Umständen so deutlich, dass die Phantasiebilder den objectiven Bildern an Deutlichkeit der Contour und Intensität der Farben kaum nachstehen«, nicht minder erscheinen ihm im Traume Gegenden und andere Gegenstände mit Farben *). Hingegen sieht er nicht leicht Nachbilder und hat beim Schlusse der Augen normalerweise ein rein schwarzes (ob ganz lichtstaubloses?) Sehfeld. Beim Versuche, Erinnerungsbilder festzuhalten, entschwinden sie periodisch, oder, wie er sich lieber ausdrücken möchte, »werden periodisch zu einem blossen Gedankendinge.« Die Lage des Erinnerungsbildes im absoluten Raume ändert sich mit der Augenstellung, so dass er sich beim Erheben der Augen das Erinnerungsbild auch oben vorstellt **). Er kann sich die Erinnerungsbilder nur vor sich vorstellen. Er findet keinen wesentlichen Unterschied in der Leichtigkeit der Erzeugung der Erinnerungsbilder bei offenem und geschlossenem Auge. Gilt es Erinnerungsbilder bei geschlossenem Auge zu produciren, so muss er die Aufmerksamkeit dermassen in dem Erinnerungsbilde concentriren, dass ihm »darüber die Empfindung des schwarzen Sehfeldes an Deutlichkeit verliert«, und es gelingt ihm nicht, ein einzelnes Erinnerungsbild so in das schwarze Sehfeld hineinzumalen, dass es von demselben umgeben schiene, wie es bei einem Nachbilde der Fall ist. Jedoch scheint ihm »die gleichzeitige Auffassung eines Erinnerungsbildes und Nachbildes wohl möglich, wenn nicht etwa die Empfindungen des Nachbildes und Erinnerungsbildes so schnell alterniren, dass man sie für gleichzeitig bestehend hält. Aber das ohnehin in Form und Farbe äusserst undeutliche Erinnerungsbild wird durch die gleichzeitige Gegenwart des Nachbildes noch undeutlicher und die Reflexion auf dasselbe anstrengender.« Er findet bei Producirung der Erinnerungsbilder »eine gewisse Anstrengung im Kopfe unverkennbar, in den Augen keine«; eben so scheint ihm »Erinnerung an Gehörtes eine Anstrengung des Kopfes zu veranlassen, und das Localgefühl der Erinnerungen an Sichtbares und Hörbares ungefähr gleich.« Das Gefühl im Kopfe bei angestrengtem Besinnen »ähnelt einem inneren Drucke.«

---

*) Hiezu folgende Bemerkung: »In meinen Träumen sind, glaube ich, die Gehörwahrnehmungen constanter lebhaft als die Farben. Geruchsträume kann ich mich nicht erinnern gehabt zu haben. Geschmacksträume habe ich bestimmt nie. Ich esse im Traume gar nicht selten, aber stets ohne Geschmacksempfindung.«

**) Es ist versäumt worden, die Frage darauf zu stellen, ob diess auch noch der Fall ist, wenn er den Gegenstand der Erinnerung während der Bewegungen der Augen oder des Kopfes absichtlich als feststehend vorstellt.

3) W. Hankel, *Prof. der Physik, 46 Jahre alt*, erinnert sich, dass er als Knabe Erinnerungsbilder willkührlich mit sinnlicher Lebhaftigkeit, als wenn er sie mit Augen sähe, erzeugen und diese Bilder abändern konnte; doch ist diess jetzt nicht mehr der Fall. Immer noch aber vermag er sich deutlich Gegenstände mit ihren Farben (so z. B. das Farbenspectrum) und mit ihrer Form vorzustellen; aber nicht mehr mit dem Charakter sinnlicher Phänomene, nicht mehr, als wenn er sie mit Augen sähe. Von einem bestimmten Orte, wo sie ihm erschienen, kann er nicht sprechen, oder eine bestimmte Beziehung derselben zum schwarzen Sehfelde bei geschlossenen Augen angeben, von dem er vielmehr bei Erzeugung eines Erinnerungsbildes die Aufmerksamkeit eben so abstrahiren muss, wie von äusseren Gegenständen. Auch kann er Erinnerungsbilder nicht so in das schwarze Sehfeld hineinmalen, dass sie wie Nachbilder von demselben umgeben erschienen. Nachbilder sieht er nicht eben schwierig, hat vor dem Einschlafen keine Hallucinationen, aber im Schlafe viel Träume. Sein Sehfeld bei im Dunkeln geschlossenen Augen ist rein schwarz, nur mit dem wohl überall normalen, jedoch ohne besonders darauf gerichtete Aufmerksamkeit leicht zu übersehenden, sparsam eingestreuten Lichtstaube. Er producirt im Ganzen leichter Erinnerungsbilder bei offenen als geschlossenen Augen. Er kann solche festhalten, ohne dass sie sich unwillkührlich ändern, wobei sich nur, wie selbstverständlich, die Aufmerksamkeit allmälig abstumpft. Einen Thurm kann er sich eben so leicht hinter sich als vor sich vorstellen, ein Farbenspectrum leichter vor sich als hinter sich. Ob die Erinnerungsbilder bei Bewegung des Kopfes und der Augen sich mit bewegen, schien ihm schwer zu entscheiden. Die Erzeugung von Erinnerungsbildern scheint ihm von einem hinter der Stirn localisirten Gefühle der Intention begleitet; dieses Gefühl aber beim Besinnen auf Melodien weiter rückwärts liegend als beim Besinnen auf Sichtbares. Das Anstrengungsgefühl beim Besinnen scheint ihm mehr expansiv, als contractiv.

4) M. W. Drobisch, *Professor der Mathematik und Philosophie, einige Jahre jünger als ich*, erzeugt leicht farbige Erinnerungsbilder von farbigen Gegenständen, indess ihm nicht leicht gelingt, eine feste bestimmte Zeichnung derselben zu erhalten oder die Bilder stetig festzuhalten, da vielmehr die Phantasie solche so zu sagen alsbald zerspielt. Im Traume sieht er manchmal Gegenden mit orientalischer Farbenpracht. Auch Nachbilder erscheinen ihm sehr leicht, so dass sie bei Schluss seiner Augen (von denen das linke in der Sehkraft gelähmt ist) noch eine Zeit lang sein Gesichtsfeld zu erfüllen pflegen; jedoch endlich dasselbe leer lassen. Vor dem Einschlafen hat er oft die bekannten Gesichtshallucinationen. Darüber, ob er die Erinnerungsbilder leichter bei offenen oder geschlossenen Augen erzeugt, mochte er sich nicht entscheiden. Um Erinnerungsbilder bei Schluss der Augen zu produciren, muss er die Aufmerksamkeit vom schwarzen Sehfelde abwenden, kann die Bilder nicht auf dasselbe projiciren, noch mit Nachbildern zugleich auffassen. Die Sehfelder der Erinnerungs- und Nachbilder scheinen ihm verschieden und das Augenschwarz entschwindet seinem Bewusstsein, während er sich mit sichtbaren Gegenständen beschäftigt. Doch

erscheint ihm, als wenn er beim Schauen geläufiger Erinnerungsbilder die Augen brauchte, nicht den Kopf dahinter; eben so wie er auch beim Erinnern an geläufige Gehörseindrücke ein Gefühl wie vom Gebrauche der Ohren, beim Erinnern an Geschmackseindrücke wie vom Schmecken der Zunge hat. Um ein nicht geläufiges Erinnerungsbild erst sich deutlich zu machen, fühlt er jedoch die Anstrengung vielmehr wie im Kopfe hinter den Augen, als in den Augen. Beim Gefühle des Besinnens, als wenn er sich den Kopf über etwas zerbrechen wollte, hat er nicht sowohl (wie ich) ein Gefühl der Zusammenziehung der Kopfhaut, sondern als wenn der Kopf von Innen heraus zersprengt werden sollte, und der Schädel dem Drucke von Innen Widerstand leistete. Er erzeugt Erinnerungen in anderen Gebieten als dem des Gesichtes eben so leicht als in diesem selbst.

In Betreff der speciellen Frage, ob die Erinnerungsbilder sich mit Kopf und Augen zu bewegen scheinen, erklärte er sich nach meiner Bitte um nähere schriftliche Aufzeichnung so:

»Ich kann eigentlich nicht so unbedingt, uneingeschränkt sagen, dass Erinnerungsbilder mir mit Kopf und Augen sich zu bewegen scheinen, dass ich ihre Bewegung wahrnehmen könnte, vielmehr verhält sich die Sache so. Ich stehe am Fenster meines Zimmers, sehe von da den Paulinerthurm nach seiner Lage gegen das Kirchdach, das Bibliotheksgebäude etc. und dies alles wieder eingerahmt von dem Fenster. Von diesem Ganzen bleibt mir nun ein Erinnerungsbild, das mir innerlich ganz eben so vor Augen schwebt, wie es, wenn ich es an jener Stelle sehe, vor Augen steht. Nun kann ich mich umdrehen, in das Nebenzimmer gehen etc., so wird, wenn ich mich jener Ansicht erinnere, das Bild immer in derselben Lage gegen meinen Körper vor mir schweben, wie die gesehenen Gegenstände vor mir standen, und das bleibt sich gleich, wenn ich auf- und abgehe, mich drehe. Ebendeshalb weil das Bild in Bezug auf meinen Körper oder wenigstens den Kopf und die Augen insbesondere seine Lage nicht ändert, kann ich nicht sagen, dass ich eine Bewegung des Bildes beobachtete, sondern ich komme nur durch Reflexion dazu, eine solche Bewegung anzunehmen, wenn ich mir bewusst werde, dass die Stellung meiner Augen und meines Körpers eine andere geworden ist. Stelle ich mir vor — abwärts vom Fenster gehend —: »»die Kirche liegt hinter dir, indem der Thomasthurm vor dir liegt««, so kann ich mir das »»hinter mir«« zwar vorstellen, aber nicht auf einmal mit dem »»vor mir««, sondern mir ist's, als müsste ich mich erst zu diesem Zwecke umsehen.«

3) Meine eigene, vielfach von mir ausgefragte, Frau, Clara Maria, Schwester des Prof. Volkmann, 51 Jahre alt, mit in jeder Hinsicht sehr scharfen und gesunden Sinnen, und von sehr lebhaftem Erinnerungsvermögen, kann auf's Deutlichste Farben und Gestalt der Gegenstände in Erinnerung reproduciren, sieht auch im Traume manchmal Gegenden in Farben und Sonnenglanz, anderemale nur nächtig, wie grau in grau, und hat vor dem Einschlafen nicht selten die bekannten Hallucinationen, wogegen sie von gelegentlich entstehenden Nachbildern nichts weiss und solche auch bei absichtlichen Versuchen sehr schwer erhält. Das Sehfeld bei geschlossenen

Augen ist rein schwarz, nur mit dem normalerweise eingestreuten sparsamen Lichtstaube. Sie kann Erinnerungsbilder recht wohl stetig mit der Aufmerksamkeit festhalten, ohne dass dieselben entschwinden, fluctuiren, sich ändern. Bei Bewegungen des Kopfes scheinen ihr Erinnerungsbilder, wenn sie solche als feststehend vorstellt, sich durchaus nicht mit zu bewegen, diess hingegen der Fall zu sein, wenn sie solche nicht mit der Vorstellung fixirt. Sie sieht bei geschlossenen Augen die Erinnerungsbilder lebhafter als bei offenen. Sie kann einzelne Erinnerungsbilder, wie das einer Rose, in das Schwarz des geschlossenen Auges hineinzeichnen, so dass sie davon umgeben scheinen, doch kostet ihr diess viel mehr Anstrengung, als wenn sie das Erinnerungsbild unabhängig davon zu produciren sucht, wobei ihr vielmehr der innere Kopf, als die Augen thätig zu sein scheint. Die Bilder scheinen ihr zwar im Allgemeinen vor den Augen zu schweben, doch kann sie dieselben auch seitlich und mit einer gewissen Schwierigkeit rückwärts vorstellen, indem es ihr aber dabei ist, als müsse sie sich umkehren oder richtete wirklich die Augen dahin, eine Aeusserung, die sie unabhängig von Drobisch und ohne darauf geführt zu sein, that. Wenn sie sich eine ganze Gegend bei geschlossenen Augen vorstellt, so meint sie diese in Farben mit Hintergrund und Vorgrund deutlich vor sich zu sehen, wie in Wirklichkeit, wobei das Schwarz des Auges ganz verschwindet, aber es ist ihr doch, als wenn sie dieselben mehr mittelst einer Thätigkeit des ganzen Inneren des Kopfes als der Augen sähe. Das Gefühl der Anstrengung, wenn sie sich auf etwas besinnen will, scheint ihr ein Gefühl der Zusammenziehung, wie es scheint, sehr ähnlich als bei mir, zu sein, ohne dass meine Angabe vorausgegangen war. Auch Gehörseindrücke, wie den Klang der Stimme eines bekannten Menschen, Blumengerüche, Geschmacksempfindungen vermag sie leicht und deutlich in Erinnerung zu reproduciren. Ein Veilchengeruch, ein Nelkengeruch z. B. kommt ihr auf das Deutlichste wieder.

6) Dr. M. Busch, 39 Jahre alt, bekannt als Reisender, Verfasser verschiedener Reiseschriften, die sich durch Anschaulichkeit der Schilderungen auszeichnen, und Redacteur des Grenzboten, sieht leicht und lebhaft Erinnerungsbilder mit deutlichen Umrissen und in ihren vollen Farben, wusste aber nichts von Nachbildern, träumt zwar selten, aber lebhaft und sieht auch im Traume Farben, hat vor dem Einschlafen niemals Hallucinationen und bei Schluss der Augen ein dunkles, gleichförmiges, etwas bläuliches Gesichtsfeld. Er kann deutliche Erinnerungsbilder auch mit Stetigkeit festhalten. Bei wiederholten Versuchen findet er, dass die Erinnerungsbilder den Bewegungen des Auges und Kopfes folgen; gefragt jedoch, ob diess auch dann noch stattfinde, wenn er die Gegenstände der Erinnerung absichtlich als feststehend vorstelle, findet er, dass sie dann auch festbleiben. Er richtet die Aufmerksamkeit bei geläufigen Erinnerungsbildern sichtbarer Gegenstände bei geschlossenen Augen geradezu auf das schwarze Sehfeld, malt mit Leichtigkeit begränzte Erinnerungsbilder farbig und in festen Contouren hinein, so dass sie davon umgeben scheinen oder stellt sich eine ganze Gegend vor die Augen, fühlt die Thätigkeit, mit der er sie sieht, wie in den Augen, nicht im Gehirne; eben so ist es ihm bei Erinnerungen an

Gehörtes, was er nicht minder deutlich als Gesehenes zu reproduciren vermag, als wenn er das Ohr dazu brauchte. Jedoch findet, entsprechend wie bei **Drobisch**, dieses Gefühl, als wenn er die äusseren Sinnesorgane bei Erinnerungen brauchte, nur insofern statt, als er sich geläufige Erinnerungsbilder vorstellt, wogegen ihm bei der Thätigkeit des Besinnens, um ein nicht geläufiges Erinnerungsbild erst zusammenzubringen, auch vielmehr das Gehirn als die Augen thätig zu sein scheint, bis das Bild in voller Deutlichkeit da ist, wo es sich wie die anderen verhält. Das Anstrengungsgefühl beim Besinnen ist ein contractives, wie von Zusammenziehung der Kopfhaut.

Busch vermag sich auch aus seiner Kindheit vom 4. Jahre her noch mit grösster Deutlichkeit die häusliche Einrichtung und Personen seiner Umgebung zu vergegenwärtigen; indess ihm von den Schuljahren und Universitätsjahren keine so deutlichen Erinnerungsbilder zurückgeblieben sind. Merkwürdig, dass eine doppelte Portion Haschisch, die er auf seiner orientalischen Reise zu sich nahm, doch nicht anschlug, ihm keine Phantasien erweckte. Eben so wenig gelang das Aetherisiren trotz verhältnissmässig langer Einathmung bei einer Zahnoperation. Bewusstsein und Schmerzgefühl blieben.

In dem letzten der hier mitgetheilten Fälle nähern sich die Erinnerungsbilder sowohl Seitens ihrer Lebhaftigkeit als anderer Umstände schon sehr den sinnlichen Phänomenen. Doch kann die Annäherung noch weiter gehen; und um den Klimax zu vollenden, theile ich einige Beispiele der Art nach anderen Autoren mit*).

Goethe sagt in s. Beiträgen zur Morphologie und Naturwissenschaft: »Ich habe die Gabe, wenn ich die Augen schliesse und mit niedergesenktem Haupte mir in die Mitte des Sehorganes eine Blume denke, so verharrt sie nicht einen Augenblick in ihrer ersten Gestalt, sondern sie legt sich auseinander und aus ihrem Inneren entfalten sich wieder neue Blumen aus farbigen, auch wohl grünen, Blättern; es sind keine natürlichen Blumen, sondern phantastische, jedoch regelmässig, wie die Rosetten der Bildhauer. Es ist unmöglich, die hervorsprossende Schöpfung zu fixiren, hingegen dauert sie so lange, als mir beliebt, ermattet nicht und verstärkt sich nicht. Dasselbe kann ich hervorbringen, wenn ich mir den Zierrath einer buntgemalten Scheibe denke, welcher dann ebenfalls aus der Mitte gegen die Peripherie sich immerfort verändert, völlig wie die Kaleidoskope.«

Cardanus (*de varietate rer. lib. VIII. p. 460 seq., de subtilitate XVIII. p. 519 seq.*) erzählt von sich selber, dass er sich, was er gewollt, habe leuchtend vorstellen können. — **Gruithuisen** (Anthropol. §. 449) theilt den Fall eines Mannes mit, der in seiner Jugend seinen Vater sich leuchtend vorstellen konnte, was ihm später minder gut gelang. — **J. Müller** (phant.

---

*) Die folgende kleine Zusammenstellung mit Ausnahme des von Brierre de B. mitgetheilten ist aus **J. Müller**, über phant. Ges. (S. 87. 88) entlehnt.

Ges. (§. 117. S. 149) gedenkt eines Malers H., dem es oft gelang, das, was er mit Willen im dunkeln Sehfelde sich einbildete, leuchtend und farbig zu sehen. Diese willkührlichen Phantasmen entwickelten und verwandelten sich aber sofort ohne Willensbestimmungen.

Brierre de Boismont (*Des halluc.* p. 39) theilt folgenden Fall mit:

»Un peintre, qui avait herite en grande partie de la clientèle du célèbre sir Josué Reynolds, et se croyait d'un talent superieur au sien, était si occupé qu'il m'avoua, dit Wigan, avoir peint dans une année 300 portraits grands et petits. Ce fait parait physiquement impossible; mais le secret de sa rapidité et de son étonnant succès était celui-ci: il n'avait besoin que d'une seance pour représenter le modèle. Je le vis exécuter sous mes yeux en moins de huit heures le portrait en miniature d'un Monsieur que je connaissais beaucoup; il était fait avec le plus grand soin et d'une ressemblance parfaite.

Je le priai de me donner quelques détails sur son procédé, voici ce qu'il me repondit: »Lorsqu'un modèle se présentait, je le regardais attentivement pendant une demi-heure, esquissant de temps en temps sur la toile. Je n'avais pas besoin d'une plus longue séance. J'enlevais la toile et je passais à une autre personne. Lorsque je voulais continuer le premier portrait, *je prenais l'homme dans mon esprit, je le mettais sur la chaise, où je l'apercevais aussi distinctement que s'il y eût été en réalité;* et je puis même ajouter avec des formes et des couleurs plus arrêtées et plus vives. Je regardais de temps à autre la figure imaginaire, et je me mettais à peindre; je suspendais mon travail pour examiner la pose, absolument comme si l'original eût été devant moi; *toutes les fois que je jetais les yeux sur la chaise, je voyais l'homme.*«

Allmälig kam dieser Maler dahin, seine Phantasiebilder mit Wirklichkeit zu verwechseln, verfiel in eine dreissigjährige Geisteskrankheit, von der er jedoch endlich hergestellt wurde, wonach sein Erinnerungsvermögen und Malertalent sich noch fast ungeschwächt zeigte. Doch starb er bald nachher.

Einige andere hieher gehörige Beispiele berichtet **Brierre** de B. p. 58 f. und 479 seines Werkes.

Besonders sorgfältig hat H. **Meyer** in s. Physiologie der Nervenfaser S. 239 ff. die von ihm selbst beobachteten, willkührlich erzeugten Sinnesphantasmen beschrieben, und ich theile seine Beschreibung hier speciell mit, weil sie von einem exacten Beobachter herrührt und dabei auf die besonderen Verhältnisse ihrer Erzeugungsweise genauere Rücksicht genommen ist, um so lieber, als sie nicht sehr bekannt worden zu sein scheint.

»Durch vielfache Uebung habe ich es dahin gebracht, dass es mir möglich ist, subjective Gesichtsempfindungen willkührlich zu erwecken. Ich stellte alle Versuche bei Tag oder Nacht mit geschlossenen Augen an. Anfangs war es mir sehr schwierig. In den ersten Versuchen, welche mir gelangen, zeigte sich das ganze

Bild leuchtend, die Schatten waren durch weniger starkes, etwas bläuliches Licht gegeben. Bei weiteren Versuchen sahe ich die Gegenstände dunkel und mit hellen Umrissen, oder vielmehr nur Umrisszeichnungen derselben durch helle Linien auf dunklem Grunde gebildet. Ich kann diese Zeichnungen weniger einer Kreidezeichnung auf einer schwarzen Tafel vergleichen, als einer Phosphorzeichnung auf einer dunkeln Wand in der Nacht, abgerechnet jedoch die leuchtenden Dämpfe des Phosphors. Wollte ich z. B. ein Gesicht sehen, ohne dass ich jedoch dabei an eine bestimmte Person gedacht hätte, so sahe ich die Gränzlinie eines Profils leuchtend in dem schwarzen Grunde des Dunkels; so erschienen mir auch, als ich Darwin's Versuch (Zoonomie I. 1. S. 378) nachmachen wollte, nur die Ränder des Würfels als leuchtende Linien im dunkeln Grunde, mehrmals jedoch sahe ich den Würfel wirklich weiss und seine Ränder schwarz, er war dann in einem helleren Grunde; ich konnte sogar nach Willkühr einen weissen Würfel mit schwarzen Rändern in hellerem Felde und einen schwarzen Würfel mit weissen Rändern in dunklerem Felde sehen und kann dieses noch jeden Augenblick. Nach längerer Uebung erst gelangen mir die Versuche vollständiger und besser. Ich kann jetzt fast einen jeden Gegenstand, welchen ich will, als subjective Erscheinung sehen, und zwar in seiner natürlichen Färbe und Beleuchtung. So habe ich mir schon Gegenstände der verschiedensten Art vor die Augen gerufen. Ich sehe sie immer auf einem mehr oder weniger hellen oder dunkeln, meist dämmerigen, Grunde. Sogar bekannte Gesichter habe ich schon in aller Lebendigkeit mit der Farbe der Wangen und des Haares ganz scharf gesehen. Von den Ergebnissen dieser Versuche habe ich noch Folgendes besonders zu bemerken:

1) Einige Zeit nach dem Entstehen verschwinden die Figuren oder wandeln sich in andere um, ohne dass ich im Stande wäre, dieses zu verhindern.

2) Wenn die Farbe nicht integrirend zu einem Gegenstande gehört, so habe ich dieselbe nicht immer vollkommen in meiner Gewalt. Ein Gesicht erscheint mir z. B. nie blau, sondern stets in seiner natürlichen Farbe, dagegen statt des gedachten rothen Tuches wohl einzelne Male auch ein blaues erscheinen kann; überhaupt ist die Producirung einer bestimmten Farbe schwieriger, als einer bestimmten Gestalt, und die erste gelang mir bei meinen

anfänglichen Versuchen noch nicht, da mir schon die letzte gelang.

3) Reine Farben ohne Objecte zu sehen, ist mir einzelne Male gelungen, sie füllten dann das ganze Sehfeld aus.

4) Gegenstände, welche mir nicht bekannt sind, also blosse Phantasiebilder, sehe ich häufig nicht, und statt derselben erscheinen mir bekannte Gegenstände derselben Art; so wollte ich z. B. einmal einen Degengriff von Messing mit einem messingenen Korbe sehen, sahe aber statt dessen das mir geläufigere Bild eines Rappierkorbes.

5) Die meisten dieser subjectiven Erscheinungen, namentlich wenn sie hell waren, lassen, wenn die Augen während des Verweilens der Erscheinung schnell geöffnet werden, Nachbilder zurück; so dachte ich z. B. einen silbernen Steigbügel, und nachdem ich denselben eine Zeit lang betrachtet hatte, öffnete ich die Augen und sahe noch lange das dunkle Nachbild desselben.

Am besten stelle ich die Versuche in ruhiger Rückenlage und mit geschlossenen Augen an; Lärmen darf nicht um mich herum sein, weil dieser es hindern würde, dass die Anschauung zu der nöthigen Intensität gesteigert wird. Mir gelingen die Versuche jetzt so leicht, dass ich mich wundern muss, dass sie mir nicht gleich Anfangs gelungen sind, und dass ich meine, es müsse es ein Jeder ebenfalls können. Die Hauptsache ist, dass man die Anschauung intensiv genug werden lässt durch ausschliessliche Richtung der Aufmerksamkeit auf dieselbe und Entfernung aller Störung.«

Das bisher Angeführte betraf Gesichtswahrnehmungen. Meyer stellte auch Versuche an, um durch die Kraft der Aufmerksamkeit Gehörs-, Geruchs-, Geschmacks-Empfindungen hervorzubringen, welche den sinnlichen an Stärke und Charakter gleich wären. Diess glückte ihm zwar hier nicht, wohl aber mit Empfindungen auf der Haut, worüber er Folgendes mittheilt:

»Auf der Haut gelingt es mir leicht, an welcher Stelle ich will, subjective Empfindungen hervorzubringen. Weil aber längere Unterhaltung der Anschauung dazu nothwendig ist, kann ich nur solche Empfindungen erwecken, welche längere Zeit andauern, wie Wärme, Kühle, Druck; schnell vorübergehende dagegen, wie von einem Stiche, Schnitte, Schläge u. s. w. vermag ich nicht hervorzurufen, weil es mir nicht gelingt, die entsprechenden Anschauungen so *ex abrupto* in der gehörigen Intensität zu erwecken. Die erstgenannten Empfindungen kann ich aber recht gut an beliebigen Hautstellen erregen, und sie können so lebhaft werden, dass ich, ich mag wollen oder nicht, mit der Hand über die Hautstelle hinstreichen muss, wie man es in Fällen örtlicher Hautempfindungen zu thun pflegt.«

Dass übrigens unter günstigen Umständen doch selbst auch heftige Schmerzen durch eine sehr lebhaft gewordene Vorstellung erzeugt werden können, dafür spricht folgender, ebenfalls von **Meyer** mitgetheilter Fall:

»Ein gebildeter Mann des Handelsstandes erzählte mir (Meyer) einmal, er sei eines Tages bei seinem Nachhausekommen von einem seiner kleinen Kinder dadurch erschreckt worden, dass dasselbe gerade bei seinem Eintreten sich einen Finger zwischen die Thüre gequetscht habe; im Augenblicke des Schreckens habe er einen heftigen Schmerz an der entsprechenden Stelle des gleichen Fingers seines eigenen Körpers gefühlt und dieser Schmerz habe ihn 3 Tage lang nicht verlassen.«

Hienach wende ich mich zu einigen allgemeinen Bemerkungen.

Lotze[*]) nennt die durch Erinnerung producirten Farbenvorstellungen schlechthin farblos, und mir selbst, so wie **Weisse** und **Volkmann** erscheinen sie angegebenermassen so ziemlich so; aber nicht nur die übrigen Personen, deren Angaben ich vorhin speciell mitgetheilt habe, sondern bei Weitem die grösste Mehrzahl der vielen Personen, die ich gelegentlich wegen dieses specieIlen Umstandes befragt habe, versicherten mit grösster Bestimmtheit, die Farben der Gegenstände deutlich auch in Erinnerung reproduciren zu können. Manche schilderten die Lebhaftigkeit der Farben ihrer Erinnerungsbilder, z. B. vom Regenbogen, den Blumen, einer sonnenhellen Gegend, selbst mit lebhaften Farben und wollten gar nicht glauben, dass man solche nicht in Erinnerung zu reproduciren vermöge. Ja man hat mich wiederholt lebhaft bedauert, dass mir mit dem Farbenreize der Erinnerungswelt ein Hauptreiz abgehe, den sie gewähre.

Sehr wahrscheinlich hängt die grössere oder geringere Fähigkeit, deutliche Erinnerungsbilder zu erzeugen, von **einer** Seite mit der durch Anlage, Beruf, Lebensverhältnisse herbeigeführten **Gewöhnung** zusammen, seine Aufmerksamkeit mehr auf die Aussenwelt zu richten oder davon zu abstrahiren, und wenigstens trifft diess sehr auffällig bei **Lotze**[**]), **Weisse** und mir selbst zu. Von mir muss ich gestehen, dass ich mich gewöhnlich erst besonders anregen oder angeregt sein muss, zu sehen und zu hören, was um mich vorgeht, und nach Spaziergängen manchmal nicht sicher gewusst habe, welchen von zwei ganz verschiedenen Zweigwegen ich gegangen bin. **Hankel** hingegen, der so viel lebhaftere Erinnerungsbilder als ich hat, ist gewohnt, scharf die Aussendinge ins Auge zu fassen, und selbst, wenn er während seiner Vorlesungen ganz mit seinem Gegenstande beschäftigt ist, entgeht ihm Nichts in seinem Zuhörerkreise. **Busch**, bei dem unter den von mir befragten Personen die Erinnerungsbilder die stärkste Annäherung an sinnliche Phänomene verrathen, sagt selbst, dass die Tendenz, auf seinen Reisen die Gegenstände getreu und für eine Wiedergabe deutlich aufzufassen, möglicherweise sein, wie es scheint, schon in der Jugend lebhaftes, durch Studium aber ausser Uebung gekommenes, Erinnerungsvermögen für äussere Gegenstände wieder aufgefrischt haben könne. Auch stimmt gut dazu, dass Frauen, deren Aufmerksamkeit der Aussenwelt im Ganzen viel mehr zugewandt ist, als die der Männer, so viele ich ihrer auch gefragt habe, leicht deutliche und farbige Erinnerungsbilder erzeugen können. Doch schreibt mir **Volkmann**, was mir nicht ohne Interesse scheint, dass bei seiner Frau die absichtlich producirten Erinnerungsbilder sehr undeutlich und blass sind, während sie bisweilen mit einer fast erschreckenden Lebhaftigkeit vor die Seele treten, so das Bild einer entfernten Tochter während Vornahme weiblicher Arbeiten in höchster Deutlichkeit nach Form und Farbe.

---

[*]) In seinem Artikel Seele in **Wagner's** Wörterb. S. 169.

[**]) Nach den kurzen Angaben im s. Artikel Seele in **Wagner's** Wört.

Inzwischen kann die Neigung, auf die Aussendinge zu reflectiren, möglicherweise auch umgekehrt durch die Leichtigkeit, sie innerlich zu reproduciren, mitbedingt werden; und unstreitig kann nicht Alles auf Gewöhnung ankommen, sondern es müssen auch angeborene Unterschiede der Productivität in diesem Felde stattfinden. Die fast der meinigen entsprechende Schwäche der Erinnerungsbilder bei **Volkmann** hängt doch mit keiner entsprechend einseitigen Abstraction von der Aussenwelt zusammen, wenn schon ich glaube, dass die Wendung nach Innen auch bei ihm überwiegt; und der dem meinigen ähnliche Beruf bei **Drobisch** würde nicht so viel lebhaftere Erinnerungsbilder erwarten lassen, wenn schon er unstreitig auch weniger von der Aussenwelt abstrahirt, als es bei mir der Fall ist.

Das Beispiel **Hankel's** und **Busch's**, so wie die Beispiele, welche **J. Müller** (phant. G. S. 45. 82) von sich und nach **Gruithuisen** von einem Anderen anführt, fodern übrigens auf, zu untersuchen, ob nicht bei Kindern, die, wie die Frauen vorzugsweise der Aussenwelt zugewandt sind, die Erinnerungs- und

Phantasiebilder überhaupt durchschnittlich lebhafter sind, als bei Erwachsenen; nur wird es meist schwer sein, sichere Vergleiche nach Erinnerung an sich selbst anzustellen und sichere Angaben von Kindern zu erlangen.

Der Unterschied, ob Erinnerungsbilder leichter bei offenen oder geschlossenen Augen erhalten werden, dürfte auch wesentlich mit von dem verschiedenen Vermögen abhängen, die Aufmerksamkeit von der Aussenwelt zu abstrahiren. Wo diess schwer gelingt, da werden die Aussendinge stets störend wirken; wo es leicht gelingt — und diess könnte sich selbst bei demselben Individuum nach Umständen verschieden verhalten — mag die allgemeine Anregung durch das Licht oder vielleicht auch die Gewohnheit, dass wir die Dinge doch nur mit offenen Augen sehen, eher begünstigend als nachtheilig wirken. Frauen scheinen allgemein leichter bei geschlossenen als offenen Augen Erinnerungsbilder zu produciren; wenigstens erklärten sich drei andere, die ich ausser meiner Frau darum befragte, freilich nur nach sehr beiläufiger Beobachtung, in demselben Sinne. Prof. Ed. Weber fand es hingegen, wie Hankel und ich, leichter, Erinnerungsbilder bei offenen als geschlossenen Augen zu produciren.

Das verschiedene Verhalten verschiedener Personen in diesem Bezuge erinnert daran, dass auch bei manchen Personen sich Hallucinationen leichter bei offenen als geschlossenen Augen einstellen, indess es bei anderen umgekehrt ist (s. unten).

Zu der grösseren oder geringeren Leichtigkeit der Entstehung von Nachbildern scheint die Leichtigkeit der Production von Erinnerungsbildern ganz bezugslos. Drobisch und ich z. B. sehen beide sehr leicht Nachbilder, aber indess bei ihm die Erinnerungsbilder lebhaft sind, sind sie bei mir ganz schwach. Uebrigens hat man bekanntlich bei Nachbildern die von Nachdauer überwiegend abhängige erste positive Phase, und von Abstumpfung überwiegend abhängige zweite negative Phase zu unterscheiden; und es würde erst noch näherer Untersuchung bedürfen, ob vielleicht verschiedene Individuen sich in Betreff des Verhältnisses beider Phasen unterscheiden, wonach dann auch das Verhältniss der Erinnerungsbilder zu den Nachbildern in Betreff beider Phasen besonders zu untersuchen wäre.

Die Frage, wie sich Erinnerungsbilder bei Bewegungen des Kopfes und der Augen verhalten, scheint nur mit Rücksicht auf die besonderen Umstände ihrer Erzeugung und Betrachtung zu beantworten. Wenn man sie bei der Bewegung feststehend vorstellt, so scheinen sie auch nach Busch's und meiner Frau Angaben, und wie es mir selbst vorkommt, festzustehen; hingegen wenn man sie nicht absichtlich fest vorstellt, scheinen sie desshalb, weil man von Natur geneigt ist, sie vor sich zu denken, auch mit der Lage des Kopfes und der Augen ihre Lage im Raume aber nicht zu uns zu ändern, wie diess am bestimmtesten aus Drobisch's Angaben hervorgeht.

Hiebei ist mit an das Verhalten der unwillkührlichen Hallucinationen zu erinnern. J. Müller*) sagt von den vor dem Einschlafen und sonst bei Schluss der Augen unwillkührlich entstehenden Hallucinationen, die unten ausführlicher beschrieben werden: »Auch habe ich bei geschlossenen Augen nie bewirken können, dass sie sich mit den Augen wie die Blendungsbilder bewegten.« Er hebt (S. 38) ihren Unterschied in dieser Hinsicht von den Blendungsbildern (d. i. Nachbildern nach intensivem Lichteindrucke) noch ausdrücklich hervor, indem er sagt: »Die Blendungsbilder ändern mit der Bewegung der Augen ihr relatives Ortsverhältniss zu unserer eigenen Körperlichkeit; die phantastischen Bilder behaupten bei aller Bewegung der geschlossenen Augen eine beständige Stelle im Verhältnisse zu unserer eigenen Räumlichkeit, wenn sie sich nicht aus inneren Gründen ihrer Räumlichkeit bewegen.«

In der Regel scheint das Erinnerungsvermögen da, wo es im Gebiete des Gesichtssinnes schwach oder stark ist, auch sich entsprechend in den anderen Sinnesgebieten so zu verhalten; wenigstens habe ich bis jetzt noch keine Ausnahme in dieser Hinsicht gefunden; doch wird es wahrscheinlich solche geben; und namentlich werden Künstler in den verschiedenen Fächern und überhaupt Solche, welche sich mit einer gewissen Einseitigkeit mit Gegenständen, deren Auffassung einem besonderen Sinnesgebiete angehört, beschäftigen, zu befragen sein; wozu ich bisher die Gelegenheit versäumt habe. Ueberhaupt habe ich andere Sinnesgebiete nur beiläufig und obenhin berücksichtigt; und es würde z. B. in Bezug auf Gehörswahrnehmungen erst besonders zu untersuchen sein, ob ein gutes Erinnerungsvermögen z. B. für den Klang von Stimmen und Instrumenten auch immer mit einem solchen für Tonhöhe und Melodie zusammenfällt.

Das Spannungsgefühl der Aufmerksamkeit beim Gebrauche der verschiedenen Sinnesorgane scheint mir nur ein Muskelgefühl zu sein, indem wir die mit den verschiedenen Sinnesorganen in Beziehung stehenden Muskeln beim Gebrauche der Sinne unwillkührlich durch eine Art Reflex mit in Thätigkeit setzen. Man kann dann fragen, an die Zusammenziehung welcher Muskeln das Spannungsgefühl der Aufmerksamkeit beim angestrengten Besinnen geknüpft sein soll? Hierüber giebt mir mein Gefühl sehr entschieden Auskunft; es erscheint mir ganz entschieden nicht wie das Gefühl einer Spannung im Inneren des Schädels, sondern wie das einer Spannung der Kopfhaut mit einer Zusammenziehung derselben und einem von Aussen nach Innen gehenden Drucke auf den ganzen Schädel, unstreitig erzeugt durch eine Zusammenziehung der Muskeln der Kopfhaut, was ganz gut mit dem Ausdrucke harmonirt, sich den Kopf zerbrechen, den Kopf zusammennehmen. Bei einem früheren krankhaften Zustande, wo ich nicht das geringste anhaltende Nachdenken vertrug und noch gar keine Theorie mich bestimmen konnte, nahmen die deutlich in der Kopfhaut, namentlich des Hinterkopfes, gespürten Muskelgefühle bei jedem Versuche des Nachdenkens einen krankhaften Charakter an.

---

*) Ueber phantastische Ges. E. S. 38.

Wie ich, fanden auch Busch, meine Frau, ausserdem Rüte und einige Andere, die ich noch befragt habe, das Gefühl des Besinnens contractiv; hingegen Drobisch und Hankel expansiv. Dieser Unterschied ist bemerkenswerth und dürfte seinem Grunde nach noch näher zu untersuchen sein.

Auf einige allgemeinere Betrachtungen gehe ich noch im Abschnitte *e)* ein, und wende mich jetzt zu verschiedenen Phänomenen, die gewissermassen Uebergangsglieder zwischen Nachbildern und Erinnerungsbildern darstellen, indem sie sich von gewisser Seite oder nach Umständen mehr den einen oder anderen nähern.

b) Erinnerungsnachbilder.

Bei Darstellung der Erinnerungsphänomene habe ich bisher mit Fleiss von einer Erzeugungsweise derselben abstrahirt, nach welcher sie sich auch solchen, die, wie Volkmann und ich, dieselben sonst nur äusserst schwach zu erzeugen vermögen, mit verhältnissmässig deutlichen Formen und Farben darstellen; eine Erzeugungsweise, welche einfach darin besteht, dass man das Erinnerungsbild sofort nach momentanem Anschauen eines Gegenstandes producirt. Personen freilich, welche sehr leicht Erinnerungsbilder produciren, finden keinen besonderen Vortheil von dieser frischen Erzeugungsweise derselben; denn Drobisch wie meine Frau erklärten, dass sie die ihnen geläufigen Erinnerungsbilder von nicht kurz vorher gesehenen Gegenständen mindestens eben so leicht und deutlich, als nach frischem kurzen Anschauen produciren könnten; hingegen ist bei mir wie bei Volkmann der Vortheil der frischen Anschauung sehr auffällig und wahrscheinlich eben so bei Jedem, der nur schwer deutliche Erinnerungsbilder producirt. Auch Hankel erkannte den Vortheil der frischen Erzeugung an und es scheint mir nicht ohne Interesse, etwas Näheres über die zum Theil eigenthümlichen Verhältnisse dieser auf frischer That erzeugten Erinnerungsbilder, die ich der Kürze halber Erinnerungsnachbilder nennen will, mitzutheilen. Ich gebe ihnen diesen Namen, weil sie gleich den Nachbildern sofort nach Anschauung der Objecte erfasst werden und sich ihnen in Deutlichkeit nähern. ja bei manchen Personen (Rüte) mit solchen zusammenzufallen scheinen, indess sie so, wie sie sich mir, Volkmann' und Hankeln darstellen, alle wesentlichen Charaktere der Erinnerungsbilder tragen.

Ich erhalte ein Erinnerungsnachbild, wenn ich irgend einen Gegenstand, hellen oder dunklen, farbigen oder nicht farbigen, momentan scharf anschaue, dann sofort die Augen schliesse oder wegwende, welches Letztere ich auch hier noch vortheilhafter als Ersteres finde, und sofort, am bessten noch während des Augenschliessens oder Wegwendens, die Erinnerungsthätigkeit in der sonst gewöhnlichen Weise in Kraft setze. Ich sehe dann das Bild einen Moment ziemlich deutlich mit der Zeichnung und selbst Farbe des angeschauten Objectes, wie ich es nie von Gegenständen, die ich vor längerer Zeit gesehen, zu erhalten vermag; nur verlöscht seine Bestimmtheit und Farbe sehr schnell und macht der gewöhnlichen Undeutlichkeit Platz.

Unstreitig wird man von vorn herein geneigt sein, hierin eben nichts als ein gewöhnliches von Nachdauer abhängiges Nachbild zu sehen, und ich selbst hegte nach den ersten oberflächlichen Versuchen diese Meinung. Aber es giebt vier Umstände, durch die sich bei mir ein solches Erinnerungsnachbild in gleich schlagender Weise von gewöhnlichen Nachbildern unterscheidet und den, nur schwächeren, eigentlichen Erinnerungsbildern, wie ich sie sonst von früher gesehenen Gegenständen erhalte, gleichstellt.

1) Nachbilder entstehen, mag man die Aufmerksamkeit auf den Gegenstand gerichtet haben oder nicht (vergl. S. 432). Um hingegen ein Erinnerungnachbild zu erhalten, muss ich eben so wie um ein gewöhnliches Erinnerungsbild zu erhalten, die Aufmerksamkeit zuvor auf den betreffenden Gegenstand gerichtet haben. Je schärfer ich beim Betrachten die Aufmerksamkeit auf den Gegenstand zuspitze, desto deutlicher vermag mir nachher das Erinnerungsnachbild zu erscheinen; daher ich kein deutliches Erinnerungsnachbild von einer ganzen Gegend auf einmal zu erhalten vermag, sondern nur von begränzten Gegenständen, wie einem Menschen, einer Blume, wobei ich nichts von der Umgebung des Gegenstandes im Erinnerungsnachbilde reproduciren kann, wenn ich nicht beim Sehen die Aufmerksamkeit auf die nächste Umgebung mit erstreckt habe; wogegen sich im eigentlichen Nachbilde die Umgebung mit dem Gegenstande unwillkührlich darstellt, mag man sie mit gleicher Aufmerksamkeit betrachtet haben oder nicht.

2) Wenn ich nach momentanem Anschauen eines Gegenstandes in gewöhnlicher Tagesbeleuchtung die Aufmerksamkeit bei geschlossenen Augen auf das schwarze Sehfeld, oder bei offenen auf den objectiven Grund vor mir richte, und das, was ich da erblicke, blos receptiv aufnehmen will, was die Bedingungen sind, unter denen mir ein Nachbild zu erscheinen vermag, so sehe ich nichts, ich muss vielmehr, damit das Erinnerungsnachbild erscheine, die Aufmerksamkeit ganz eben so vom äusseren Sinne abwenden und das Bild innerlich activ hervorrufen wollen, wie wenn ich ein gewöhnliches Erinnerungsbild hervorrufen will. Auch sehe ich es um so deutlicher, je mehr ich die Erinnerungsthätigkeit in der sonst gewöhnlichen Weise anstrenge. Unwillkührlich spanne ich dabei die Kopfhaut, wie ich sonst bei angestrengtem Besinnen zu thun pflege (vergl. S. 491).

Ferner kann ich, wenn das Erinnerungsnachbild erloschen oder undeutlich geworden ist, was bemerktermassen schnell geschieht, dasselbe oft wiederholt, wenn schon mit abnehmender Deutlichkeit, neu beleben, wenn ich die immer bald von selbst nachlassende Erinnerungsthätigkeit eine neue Anstrengung machen lasse.

3) Während mir ein eigentliches Nachbild bis zu gewissen Gränzen um so deutlicher und intensiver erscheint, je länger und stetiger ich den Gegenstand fixirt habe, finde ich bei den Erinnerungsnachbildern merkwürdigerweise gerade das Gegentheil. Sie erscheinen mir am deutlichsten, wenn ich nur einen schnellen, aber möglichst aufmerksamen Blick auf den betreffenden Gegenstand geworfen habe, indem es mir scheint, als wenn bei einer längeren Betrachtung der Reiz für die Aufmerksamkeit, der zur Entstehung des Erinnerungsnachbildes nöthig ist, sich abstumpft, hingegen beim kürzesten am frischesten wirkt.

Hiemit mag es zusammenhängen, dass, wenn ich ein Erinnerungsnachbild z. B. von einem Menschen, der Holz hackt oder rasch vorschreitet, erwecke, es mir zwar in der Attitude eines sich bewegenden (also wie der Bildhauer den Menschen darstellen würde), aber doch nicht sich wirklich bewegend darstellt, indem der Moment der schärfsten Aufmerksamkeit bestimmend für die Erscheinung des Bildes scheint. Doch ist diese Erfahrung nicht ganz unzweideutig, weil der Blick auf den Gegenstand überhaupt bei mir nur kurz sein darf, soll ich das Erinnerungsnachbild deutlich erhalten, in welcher kurzen Zeit keine grosse Bewegung vollführt werden kann, eine volle Deutlichkeit des Bildes auch nicht stattfindet.

Gelegentlich kann man hiebei erinnern, dass auch, wenn die Scheibe des Thaumatrops, auf deren einer Seite z. B. ein Vogel, auf der anderen ein Käfig gemalt ist, mittelst des zwischen den Fingern gedrehten Axenfadens rasch um ihren Diameter rotirt, Käfig und Vogel dem Auge successiv in allen möglichen Verkürzungen dargeboten werden, doch aber der Vogel in dem Käfige zu sitzen scheint, als wenn von den unendlich vielen Erscheinungen blos eine einzige (die mir im Ganzen etwas verkürzt erscheint) zur Geltung käme. Diess hängt aber hier wohl davon ab, dass bei Bewegung durch die Lage, wo der Gesichtsstral senkrecht auf der Scheibe ist, die Erscheinung sich am langsamsten ändert.

4) Die Nachbilder, die ich von nicht selbst leuchtenden Gegenständen in der gewöhnlichen Tagesbeleuchtung erhalte, indem ich z. B. ein farbiges Object einige Zeit fixire, dann den Blick auf einen weissen Grund wende oder solchen vorschiebe, stellen mir das Object nicht in seiner eigenen, sondern der dazu complementären Farbe dar, indem die Nachdauer des primären Eindruckes zu kurz ist, um bemerkt zu werden, indess die Erinnerungsnach-

bilder das Object stets in seiner eigenen Farbe ohne complementären Nachklang wiedergeben.

Nach vorigen Unterschieden habe ich jedoch eines Punctes zu gedenken, worin sich das Erinnerungsnachbild dem eigentlichen Nachbilde auffällig anschliesst. Wenn das mit offenen Augen gesehene Erinnerungsnachbild bei mir erloschen ist, und ich die Intention, es zu sehen, immer in derselben Richtung forterhalte (was zum Erfolge wesentlich ist), ohne sie aber aufs Neue zu verstärken, so reicht ein momentaner Augenzuschlag hin, es momentan schwach wiederzubeleben, als wenn ich die Intention verstärkte; ein Versuch, den ich oft hinter einander wiederholen kann. Dass auch bei Nachbildern diess Mittel zur Wiederbelebung wirkt, habe ich in Pogg. XLIV. 528 angeführt; bei Erinnerungsbildern früher gesehener Gegenstände aber nützt mir der Augenzuschlag nichts zu ihrer Belebung. Es ist übrigens nicht die Verdunkelung des Gesichtsfeldes durch den Augenzuschlag, was bei den Erinnerungsnachbildern die Wiederbelebung bewirkt; denn ein plötzliches Augenaufreissen oder gewaltsames Seitwärtswenden der Augen leistet dasselbe, sondern unstreitig nur eine nach Innen sich fortpflanzende Anregung, die durch die Bewegung gegeben wird.

Volkmann, dem ich diese Erfahrungen über die Erinnerungsnachbilder mitgetheilt*), schreibt mir, er finde sie durchaus bestätigt; nur bemerkt er, dass ihm, entgegen der unter 4) gemachten Angabe bezüglich der gewöhnlichen (durch längere Fixation erhaltenen) Nachbilder, diese Anfangs, vor Uebergang in die Complementärfarbe, ebenfalls in der primären Farbe erschienen, und in der That kann diess je nach der Individualität verschieden sein.

Unter gewöhnlichen Umständen gewährt mir ein momentanes Anschauen eines Objectes angegebenermassen überhaupt kein Nachbild, d. h. ohne besondere Anspannung der Erinnerungsthätigkeit wahrnehmbares Bild. Auf folgende Weise jedoch gelingt es mir, nach momentanem Anblicke einer Farbe eine Nachfarbe ohne solche Anspannung so zu sagen zu ertappen, die aber auch der primären nicht gleich, sondern complementär dazu ist.

---

*) Mit Ausnahme dessen, was ich nach späteren Beobachtungen vorhin über den Erfolg des Augenzuschlages hinzugefügt.

Ich nehme eine inwendig schwarze Röhre vor ein Auge und richte diese auf einen farbigen Grund, neben welchem ein weisser Grund liegt. Ich schliesse erst eine Zeit lang beide Augen, öffne dann das Auge, vor dem sich die Röhre befindet, so dass mir der Farbengrund momentan ins Auge fällt und wende sofort die Röhre auf den weissen Grund. Bei der grossen Empfindlichkeit, die ich für subjective Phänomene habe, sehe ich, trotzdem dass ich den objectiven Farbengrund nur momentan gesehen hatte, doch momentan auf dem weissen Grunde die Nachfarbe dieses Grundes; aber sie ist stets complementär dazu.

Inzwischen kann ich doch nicht umhin, zu bemerken, dass ich sehr gut die Erscheinung des Thaumatropes in den Farben der darauf gemalten Bilder wahrnehme, was nur vermöge einfacher Nachdauer des Eindruckes der Fall sein kann. Aber die Umstände sind hier andere als bei Erzeugung des Erinnerungsnachbildes. Die beiden Bilder auf Vorderseite und Kehrseite der Scheibe treten beim Thaumatrop in schnellstem Wechsel oft wiederholt vor das Auge, so dass sich die Eindrücke summiren können; indess das Erinnerungsnachbild mittelst eines einzigen Blickes gewonnen wird.

Bei alle dem glaube ich selbst, mit Rücksicht auf die unter *e)* hinzuzufügenden allgemeinen Erörterungen, dass mein Erinnerungsnachbild nur vermöge einer unmittelbaren Fortsetzung der, dem gewöhnlichen Nachbilde unterliegenden, Thätigkeit in das Feld der Vorstellungsbilder hinein zu Stande kommt, wo es noch durch Erinnerungsthätigkeit von mir ergriffen werden kann; nachdem es schon im Anschauungsfelde erloschen ist, während beim Versuche mit dem Thaumatrop das um einen Moment vorausgegangene Bild sich mit dem folgenden noch im Anschauungsfelde selbst zusammensetzt.

Ist dem so, so kann es nicht unerwartet sein, wenn dasselbe Phänomen, was sich bei mir nach seinen Hauptmomenten als Erinnerungsbild verhält, bei einem Anderen vielmehr als Nachbild verhält. So scheint es bei Prof. Rüte der Fall zu sein, der überhaupt sehr leicht deutliche Nachbilder erhält, aber auch leicht gewöhnliche deutliche Erinnerungsbilder producirt, und aus dessen mir gemachten Angaben ich Folgendes entnehme: wenn er einen Gegenstand auch nur momentan ins Auge gefasst hat, erscheint ihm ebenfalls derselbe momentan aufs Deutlichste in seiner ursprünglichen Farbe und Gestalt und verlöscht schnell; aber er bedarf keiner willkührlichen Anstrengung der Aufmerksamkeit dazu; sondern, so wie er die Augen schliesst oder den Blick abwendet, erscheint ihm das Nachbild, er mag wollen oder nicht, und geht beim Verlöschen aus dem Positiven in das Negative über, trägt also alle Charaktere der gewöhnlichen Nachbilder. Er findet diess eben so bestimmt, als ich meinerseits es bestimmt nöthig finde, die Erinnerungsthätigkeit besonders in der sonst gewohnten Weise zu Hülfe zu nehmen, um das Erinnerungsnachbild zu sehen. Auch die Helmholtz'sche Erzeugungsweise lebhafter positiver Nachbilder*) mittelst momentanen Anschauens eines Gegenstandes, nachdem zuvor die Augen längere Zeit geschlossen wurden, über die mir keine hinreichenden eigenen Erfahrungen zu Gebote stehen, giebt nach Helmholtz's Darstellung das Phänomen ohne besondere Anspannung der Erinnerungsthätigkeit. Gerade durch diese Verschiedenheiten aber scheint mir das Erinnerungsnachbild sein besonderes Interesse zu gewinnen, indem sich hiemit besonders deutlich zeigt, wie dasselbe Phänomen je nach Individualität und Umständen zwischen dem Charakter des Erinnerungsbildes und Nachbildes schwanken kann.

Nachdem das Vorige schon vollständig niedergeschrieben war, ward ich erst aufmerksam auf eine Stelle in Purkinje's Beitr. zum subjectiven Sehen S. 166, welche beweist, dass er die Erinnerungsnachbilder mit ähnlichen Charakteren als ich schon früher beobachtet hat; indem er sie aber unter dem blossen Namen Nachbilder den von Nachdauer des Sinneseindruckes abhängigen Blendungsbildern (die ich unter den Nachbildern begriffen habe) entgegensetzt. Da seine Angaben sich mit den obigen theils wechselseits bestätigen, theils ergänzen, lasse ich sie wörtlich hier folgen: »Oft wunderte ich mich, dass das Blinzen der Augen das Sehen nicht störe, indem ich mir vorstellte, dass während demselben eine gänzliche Finsterniss eintreten müsste. Bei näherer Beobachtung fand ich aber, dass das Gesichtsfeld des offenen Auges mit allen seinen Lichtern und Bildern noch eine kurze Zeit vor dem Sinne verharre, nachdem die Augenlider geschlossen worden. Je aufmerksamer ich ein einfaches, nicht zu sehr ausgedehntes, Bild auffasse, desto länger vermag ich es bei geschlossenen Augen vor dem Sinne festzuhalten. Dieses Nachbild ist genau von dem Blendungsbilde zu unterscheiden. Das Nachbild wird nur durch freie Thätigkeit längere Zeit festgehalten, und verschwindet, sobald der Wille nachlässt, kann aber von demselben wieder hervorgerufen werden; das Blendungsbild schwebt unwillkührlich dem Sinne vor, verschwindet und erscheint wieder aus objectiven Gründen.«

---

*) Amtl. Bericht über die 34. Versamml. der deutschen Naturforscher in Karlsruhe. S. 225.

»Die topisirende Thätigkeit des Sinnes, der Tastsinn des Auges, fährt fort das Nachbild ausserhalb des Organes zu setzen, eben so, wie es beim wirklichen Sehen stattfand, auch stereometrisch begränzte Bilder kann es darstellen, und selbst beim Bewegen und Drehen des ganzen Körpers behauptet das Nachbild seine ursprüngliche Stelle und Lage. Das Blendungsbild hingegen stellt nur Flächen dar, hat seinen Ort nur im Auge und folgt dessen Bewegungen. Die Lebhaftigkeit des Nachbildes ist nach Verschiedenheit der Stimmungen verschieden. Besonders lebhaft ist es bei erhöhter Seelenthätigkeit nach Genuss geistiger Getränke oder narkotischer Substanzen, oder bei besonderem Interesse am Gegenstande; bei fieberhafter Aufregung des Blutes, besonders bei Hirnaffectionen ist es oft bis zu einer unvertilgbaren Objectivität gesteigert. Das Blendungsbild hingegen pflegt bei nervöser Stimmung, im asthenischen Zustande länger nachzuhalten und verschwindet desto schneller, je energischer das Organ vom Leben durchströmt wird. Ferner ist das Nachbild desto deutlicher und objectiver, je näher es dem Momente der Auffassung des Urbildes steht, und in jedem folgenden Momente wird es immer schwerer, dasselbe in gleicher Klarheit vor dem Sinne zu erhalten. Das Blendungsbild hingegen von mild leuchtenden Gegenständen ist in den ersten Momenten nach dem Anschauen verwirrt und bildet sich erst nach und nach vollkommen vor dem Sinne aus, der dabei nur einen passiven Zuschauer abgiebt.«

c) Erscheinungen des Sinnengedächtnisses und Reactionserscheinungen nach Anschauung von Bewegungen.

Wenn die Erinnerungsnachbilder in der Gestalt, wie sie sich mir darstellen, ein Uebergangsglied zwischen Erinnerungsbildern und Nachbildern darstellen, welches sich vielmehr den ersten als letzten anschliesst, so bieten hingegen die Phantome des sogenannten Sinnengedächtnisses ein anderes Uebergangsglied dar, welches sich umgekehrt vielmehr den Nachbildern als Erinnerungsbildern anschliesst. Sie fodern nämlich die Richtung der Aufmerksamkeit auf das schwarze Sehfeld, um aufgefasst zu werden, und sind keine Sache willkührlicher Erzeugung und Abänderung, wie die Erinnerungs- und Phantasiebilder; stellen sich jedoch nicht blos als Nachklänge eben vorübergegangener Sinneseindrücke im unmittelbaren Gefolge derselben wie die Nachbilder dar, sondern kehren freiwillig im Dunkeln wieder, nachdem das Auge inzwischen lange mit anderen Eindrücken im Hellen beschäftigt war, und reproduciren nicht blos den Eindruck ruhender Objecte, sondern auch von Bewegungen.

Naturforscher haben häufig Gelegenheit, Erfahrungen, welche hieher gehören, zu machen, obwohl solche nicht oft beschrieben sind*). Die früheste mir bekannte Schilderung darüber rührt von Henle**) her. Er erzählt, dass sich ihm, als er Vormittags Stunden lang an einem Arterien- und Nervenpräparate gearbeitet hatte, spät am Abend, in der Dunkelheit und beim Reiben des Auges oder bei Congestion nach demselben während des Hustens, Schnäuzens u. s. w. plötzlich das leuchtende Bild jenes Präparates in allen seinen Einzelnheiten unter Umständen gezeigt habe, wo sonst vielleicht ein Blitz das Sehfeld rasch erleuchtet haben würde. Die Erscheinung war momentan und unwillkührlich und konnte auch absichtlich nicht wieder hervorgerufen werden. Desgleichen erschienen ihm zu anderer Zeit, wo er mehrere Tage anhaltend die flimmernden Schläuche der Branchiobdella untersucht hatte, Abends unter dem Wirrwarr von Fäden, die dem ruhigen Auge vorschweben, auch wieder die flimmernden Streifen, leuchtend, scharf begränzt und mit derselben lebhaft rieselnden Bewegung, wie sie ihm das Mikroskop gezeigt hatte. (Casper's Wochenschr. 1838. No. XVIII.)

Aehnliche (obwohl in einigen Punkten modificirte) Erfahrungen habe ich selbst wiederholt gemacht, besonders auffallend in einer Zeit, wo meine Augen und mein ganzes Nervensystem an einer krankhaften Reizbarkeit litt, die später in mehrjährige Lichtscheu ausschlug.

Ich entnehme meinen Aufzeichnungen darüber Folgendes:

Als ich die physikalische Professur in Leipzig noch verwaltete, wurden im physikalischen Cabinete daselbst magnetische Intensitätsbeobachtungen mit dem Gauss'schen Apparate angestellt, wobei man einen schwarzen Faden im Fernrohre über einer weissen Skala mit schwarzen Theilstrichen und Gradzahlen wandern sieht und zugleich auf den Schlag des Secundenzählers Acht giebt. Wenn ich diese Beobachtungen während zweier Stunden hindurch angestellt hatte, so brauchte ich nachher nur die Augen zu schliessen oder auch offen ins Dunkel zu richten, so sah ich den schwarzen Faden sammt der weissen Skala mit den schwarzen Theilstrichen und Zahlen ganz von selbst im Gesichtsfelde auftauchen, und zwar den Faden in derselben ruhig wandernden Bewegung über der Skala, die er bei der Beobachtung hatte. Diess habe ich zu sehr oft wiederholten malen nach sämmtlichen in jene Zeit fallenden Beobachtungsterminen erfahren. Theilstriche und Faden waren gut unterscheidbar (wenn schon bei Weitem nicht so deutlich als in der Wirklichkeit), die Zahlen jedoch nie so deutlich, um ihren Werth zu erkennen. Leuchtend habe ich die Züge nie gesehen. Selbst noch 24 Stunden nach einer solchen Beobachtungsreihe wiederholte sich das Phänomen bei jedem Schlusse der Augen, ohne dass ich es irgend durch Aufmerksamkeit hervorgelockt hätte. Es war nicht blos momentan, aber auch nicht stetig dauernd, sondern wurde abwechselnd vom Dunkel verschlungen, um wieder aufzutauchen, ohne dass ich diess irgendwie in meiner Gewalt hatte.

---

*) Rüte sagt mir z. B., dass ihm die Phantome des Sinnengedächtnisses nach vorgängigen Beobachtungen oft bis zum Lästigwerden namentlich Abends im Bette vorgekommen sind.

**) Casper's Wochenschr. 1838. No. XVIII.

Ein ganz ähnliches Phänomen erfuhr ich im Zusammenhange mit dem vorigen am Gehöre. Wenn ich nach einer solchen Beobachtungsreihe Abends im Bette lag, und selbst noch am anderen Morgen, wenn Alles ganz still war, hörte ich auf das allerdeutlichste (fortgehends) den Schlag des Secundenzählers mit seinem eigenthümlichen Takte, etwa so, als wenn eine Pendeluhr im Nebenzimmer gienge, so dass ich mich besonders überzeugen musste, dass keine derartige äussere Ursache wirklich vorhanden sei.

In derselben Zeit stellte ich oft anhaltend Beobachtungen am Multiplicator an, wobei es galt, die über einer Kreiseintheilung spielende Nadel mit Aufmerksamkeit zu verfolgen; auch dieses Bild mit der Bewegung der Nadel habe ich unter ähnlichen Umständen als vorhin sich oft reproduciren sehen.

Auch noch nach Wiederherstellung von meiner Lichtscheu haben sich ähnliche Phänomene oft bei mir wiederholt, und kehren noch heutzutage, wenn schon seltener als früher, gelegentlich nach anhaltenden Beschäftigungen, wo es gilt, oft mit den Augen zu denselben Gegenständen zurückzukehren, wieder*). Besonderes Interesse aber scheint mir folgende Beobachtung zu haben, sofern sie zeigt, dass für das Sinnengedächtniss eben so wie für das gewöhnliche Erinnerungsvermögen die Bedingungen ganz verschiedener Bilder ohne wesentliche Störung coexistiren können.

---

*) Noch einige Beispiele in dieser Hinsicht s. in meinem Centralbl. f. Naturwiss. 1853. S. 777. 780.

Den 21. Febr. 1847 sahe ich nach Tische längere Zeit dem Spiele mit einer Anzahl grosser sogen. Firle (Borle, Tirltanze, d. i. Scheiben mit einem Stifte durch die Mitte, welche nach Art eines Kreisels in rasche Drehung auf der Spitze des Stiftes versetzt werden) zu, welches zur Unterhaltung von Anderen getrieben wurde, und nahm selbst gelegentlich Theil. Den grösseren Theil des übrigen Nachmittags und selbst Abends bis nach 11 Uhr beschäftigte ich mich damit, aus mehreren in Zahlen ausgedrückten Beobachtungsreihen die Mittel zu ziehen. Als ich mich endlich zu Bette legte, tauchten alsbald sowohl bei geschlossenen als auch offenen Augen in der dunkeln Kammer ganze Zahlenreihen, von der Form derer, mit denen ich zu thun gehabt hatte, schwarz im dämmerigen Grunde des Gesichtsfeldes auf, so dass ich sie recht wohl lesen konnte, wenn gleich sie nie grosse Schärfe und Deutlichkeit hatten. Das Phänomen war ebenfalls nicht fix, sondern wurde immer bald vom Dunkel verschlungen, um dann einer anderen Zahlenreihe Platz zu machen. Die Aufmerksamkeit hatte auch hier gar keinen Einfluss; und obwohl mir die Rechnungen noch im Kopfe herumgingen, hatten doch die auftauchenden Zahlenreihen keinen Bezug dazu, hatten durchaus den Charakter von etwas Gesehenem, nicht Gedachtem. Das Merkwürdige aber war diess, dass mitunter auch statt der Zahlenphantasmen das Phantasma eines sich drehenden Firls eintrat, ungeachtet ich, lebhaft mit den Rechnungen beschäftigt, gar nicht mehr an jenen gleichgültigen Zeitvertreib während des Nachmittags oder Abends gedacht hatte oder jetzt dachte; ausser sofern mich jetzt die Erscheinung unwillkührlich daran erinnerte. Bald war es dieser, bald jener Firl (sie hatten verschiedene Grösse und Form), der im Gesichtsfelde auftauchte, sich drehte und umfiel, wie es in der Wirklichkeit gewesen. Die Erscheinung war unzweideutig, obwohl schwächer als das Zahlenphantasma. Diese Abwechselung der Phantasmen, von denen jedoch die Zahlenphantasmen viel öfter erschienen, dauerte über eine Stunde, bis ich einschlief.

Mit Rücksicht auf die Henle'schen Erfahrungen habe ich sehr oft versucht, durch rasches Schütteln des Kopfes oder rasches Zukneipen der Augenlider oder sonst starke absichtliche Erschütterung des Kopfes oder Körpers, diese unwillkührlich im Gesichtsfelde auftauchenden und wieder schwindenden Erscheinungen willkührlich hervorzurufen in Zeiten, wo sie nach anhaltender

Beschäftigung mit feinen Gegenständen wiederholt von selbst eintraten; es ist mir aber nie gelungen. Eben so wenig leisteten absichtliche leise Erschütterungen. Dennoch möchte ich einen Einfluss der Erschütterung nicht ganz leugnen, ohne ihn aber bestimmt fixiren zu können. Es hat mir doch geschienen, dass die betreffenden Phänomene vorzugsweise leicht bei gelegentlichem Zuschlagen der Augenlider, öfters bei einem leisen unwillkührlichen Zwinkern derselben eintraten, ohne dass ich aber durch willkührliches Nachthun dasselbe wieder erreichen konnte. Auch erinnert man sich hiebei der S. 495 bei den Erinnerungsnachbildern erwähnten Erfahrungen.

Es wäre erwünscht, wenn die Erscheinungen des Sinnengedächtnisses namentlich bezüglich der Reproduction von Bewegungen von der zufälligen Beobachtung zum Versuche erhoben würden. Nach dem, was man gelegentlich beobachtet hat, kann es nicht unwahrscheinlich scheinen, dass man bei angemessener Versuchsweise auch das unmittelbar nach der Beobachtung erhaltene Nachbild bewegter Gegenstände gesetzlich bewegt sehen würde; ja für eine gewisse Form von Bewegungen ist die Frage schon entschieden. Wo freilich die Bewegung so schnell geschieht, dass die Nachdauer des Eindruckes den beschriebenen Weg als einen mit dem Gesichtseindrucke continuirlich erfüllten erscheinen lässt, wie bei dem elektrischen Funken, der rasch geschwungenen glühenden Kohle, nimmt natürlich auch das Nachbild diese Gestalt an; wenn anderseits das Auge einem sich langsam bewegenden Gegenstande so mit eigener Bewegung folgt, dass es denselben beständig fixirt hält, wie es uns natürlich ist, stimmt eben so natürlich die Erscheinung des Nachbildes mit der eines ruhenden Körpers überein. Aber es giebt noch einen dritten Fall, der zu untersuchen ist, dass man nämlich das objective Bild langsam über die Netzhaut wandern lässt. Nur wird man, weil jede Stelle der Netzhaut dann nur einen kurzen Eindruck empfängt, die Bewegung oft wiederholt, oder mit sehr starkem Lichteindrucke vorzunehmen oder Beides zu vereinigen haben. Hiebei sind als die einfachsten Fälle folgende zwei zu unterscheiden: 1) dass die objective Bewegung immer in derselben Richtung geht, 2) dass sie pendulirend hin- und hergeht. Für den ersten Fall lehren die folgenden Thatsachen, dass die objective Bewegung sich subjectiv in der entgegengesetzten Richtung reproducirt; für den zweiten Fall lassen die angeführten Thatsachen des Sinnengedächtnisses vermuthen, dass sich die pendulirende Bewegung subjectiv wiederholen würde.

Beispiele des ersten Falles, die sich leicht im gewöhnlichen Leben darbieten, sind, dass die Gegenstände am Wege, welche während des Fahrens sich neben dem Wagen zu bewegen scheinen, im Augenblicke des Anhaltens eine entgegengesetzte Bewegung anzunehmen scheinen, und dass, wenn man von einer anhaltend betrachteten Stromschnelle den Blick auf den Sand und die Steinchen am Wege wendet, sich diese im entgegengesetzten Sinne der Wasserbewegung zu bewegen scheinen. Speciellere Beobachtungen über dieses Phänomen sind einerseits von Plateau[*]), anderseits von Oppel[**]) angestellt, und das Merkwürdige, dass die Richtung der Bewegung in der subjectiven Nacherscheinung der objectiv angeschauten entgegengesetzt ist, mit der Entstehung complementärer Nachbilder verglichen worden. Oppel, der die Erscheinung besonders sorgfältig untersucht und selbst einen Apparat zur sicheren Hervorbringung angegeben hat, stellt folgende 6 Bedingungen als zum sicheren Gelingen des Versuches unerlässlich heraus.

»1) Die betrachtete Bewegung muss gleichmässig und in gleicher Richtung andauern.

2) Sie muss im Ganzen eine ziemlich schnelle, darf jedoch nicht so rasch sein, dass sie dem Auge das Unterscheiden der einzelnen bewegten Puncte unmöglich macht; — was natürlich nicht von der absoluten, sondern nur von der Winkelgeschwindigkeit in Bezug auf die Stellung des Auges, also auch namentlich von der Entfernung der letzteren von dem bewegten Gegenstande abhängt.

3) Sie muss eine gute Weile, — d. h. durchschnittlich wohl eine Minute lang, im Allgemeinen bis beinahe zur Ermüdung des Auges (welche Dauer freilich für verschiedene Augen ziemlich verschieden sein wird) betrachtet werden.

4) Das Auge muss dabei, so wie beim darauf folgenden Fixiren eines ruhenden Bildes, selbst in (relativer) Ruhe, und

---

[*]) Pogg. LXXX. 287.

[**]) Pogg. XCIX. 540.

darf namentlich nicht durch zufällige Bewegungen des Körpers oder Kopfes unregelmässig erschüttert sein.

5) Der zu fixirende ruhige Gegenstand muss eine durch Abwechselung der Farben oder der Schattirung seiner Theile mannichfach modificirte Oberfläche darbieten.

6) Sowohl beim Betrachten des bewegten wie des ruhenden Bildes muss das Auge unverrückt einen bestimmten Punct fixiren, und darf sich also namentlich nicht verleiten lassen, im ersteren Falle der Bewegung mehr oder minder zu folgen, oder den Umrissen des bewegten Bildes entlang hin und her zu schweifen.«

Ueber den zweiten, nach S. 502 in Betracht zu ziehenden, Fall fehlt es noch ganz an Versuchen. Ganz beiläufig schob ich einen Fleck weissen Papieres auf schwarzem Grunde vor dem fixirten Auge wiederholt hin und her; aber ungeachtet ich sehr leicht Nachbilder und Erscheinungen des Sinnengedächtnisses habe, erhielt ich doch kein Resultat; es erschien Nichts. Eben so wenig konnte ich mittelst stroboskopischer Scheiben ein Resultat erhalten. Die Versuche aber längere Zeit mit starken pendulirenden Lichteindrücken und unter erfoderlichen Abänderungen anzustellen, wo sich wahrscheinlich ein Resultat erhalten lassen würde, verbietet mir der Zustand meiner Augen, da diese Versuche nicht anders als sehr anstrengend werden können.

d) Unwillkührliche Hallucinationen und Illusionen *).

Unter Hallucinationen versteht man überhaupt Täu-

---

*) Die Literatur über Hallucinationen und Illusionen ist sehr gross, und hier nicht zu erschöpfen. Ich begnüge mich, die mir bekannt gewordenen neuen Schriften, welche vorzugsweise darauf Bezug nehmen, anzuführen, von denen ich jedoch 4, 6 und 7 nur nach den Titeln kenne. Uebrigens handeln nicht nur alle Werke über Geisteskrankheiten u. A. auch von den Hallucinationen, sondern ausserdem unzählige Abhandlungen und Berichte einzelner Fälle:

1) **Hibbert**, *Andeutungen zur Theorie der Geistererscheinungen*, a. d. Engl. Weimar 1825. — 2) J. **Müller**, *über die phantastischen Gesichtserscheinungen*. Coblenz 1826. — 3) **Hagen**, über Sinnestäuschungen. 1837. — 4) **Griesinger**, *die Pathologie und Therapie der psychischen Krankheiten*. Stuttg. 1845. — 5) **Moreau**, *du Hachisch et de l'aliénation mentale*. Paris 1845. — 6) **Michéa**, *du délire des sensations*. Paris 1846. — 7) **Szaf-**

scheinungen, *die ganz oder beinahe* den Charakter von Aussen erweckter Sinneswahrnehmungen für den Getäuschten annehmen, ohne dass in der *äusseren* Wirklichkeit etwas zu ihrer Anregung vorhanden ist. Eine scharfe Abgrenzung derselben von den zu höchster Lebhaftigkeit gesteigerten Erinnerungs- und Phantasiebildern einerseits, den Erscheinungen des Sinnengedächtnisses andererseits wird sich nicht ziehen lassen; doch sind viele Hallucinationen keine Sache willkührlicher Erzeugung wie die Phantasiebilder und willkührlich zurückgerufenen Erinnerungsbilder, und viele reproduciren nicht sklavisch früher gehabte Sinneserscheinungen, wie die Erscheinungen des Sinnengedächtnisses. Von diesen noch nicht behandelten Formen wird daher vorzugsweise im Folgenden die Rede sein*). Unter Illusionen werden von Manchen Sinnestäuschungen jeder Art verstanden, indess Andere, so wie es hier geschehen mag, Illusionen und Hallucinationen insofern unterscheiden, als sie unter Illusionen Täuschungen verstehen, wozu allerdings ursächliche Objecte vorhanden sind, welche aber falsch aufgefasst werden, indess es bei den Hallucinationen an äusseren ursächlichen Objecten der Erscheinung überhaupt fehlt. So ist es ein Beispiel einer Illusion, wenn man einen Gegenstand, der wirklich da ist, mit falscher Farbe oder verzerrten Zügen sieht, dagegen einer Hallucination, wenn man einen Gegenstand sieht, der gar nicht da ist.

Einfache Fälle der Hallucinationen sind Funken vor den Augen, Ohrenklingen, wie sie so häufig bei Congestivzuständen nach den betreffenden Sinnesorganen vorkommen; aber auch gestaltete Phänomene, wie menschliche Figuren, Reden können durch Hallucinationen in die Erscheinung treten. Hieher gehören die Phantasien vieler Fieberkranken und Wahnsinnigen, die Erscheinungen des Alpdrückens, die Hallucinationen nach dem Genusse narko-

---

kowski, Recherches sur les Hallucinations. Montpellier 1849. — 8) Brierre de Boismont, des Hallucinations. Paris 1852. — 9) Leubuscher, über die Entstehung der Sinnestäuschungen. Berlin 1852.

*) Es wäre erwünscht, die, abgesehen von der Entstehungsweise einander so sehr gleichenden, *willkührlich erzeugten Phantasmen*, von denen im Abschnitte a) S. 484 ff. im Anschlusse an die Erinnerungsbilder die Rede war, und die unwillkührlich entstehenden Phantasmen, von welchen folgends die Rede sein wird, durch bezeichnende Namen unterscheiden zu können, doch haben mir keine recht passenden beifallen wollen.

tischer Substanzen, die Phantasmen, die viele Personen vor dem Einschlafen haben. Aber auch bei geistig gesunden Personen, im vollen Wachen, bei offenen Augen können unter Umständen sehr entwickelte Hallucinationen vorkommen, ja die Anzahl merkwürdiger Fälle der Art, welche berichtet worden sind, ist sehr gross. Zu den zugleich glaubwürdigsten, interessantesten, instructivsten und ausführlichst beschriebenen Fällen dieser Art, mit dessen Physiognomie die sehr vielen anderen Fälle übereinstimmt, gehört der Fall des ehemals berühmten Buchhändlers und Schriftstellers Nicolai, von ihm selbst in der Berliner Monatsschr. 1799. Mai und im ersten Bande seiner philos. Abhandl. S. 58 ff. beschrieben, auch in Hibbert's Schrift reproducirt, dessen specielle Wiedergabe jedoch die hier zu steckenden Gränzen zu sehr überschreiten würde.

Auch scheint mir, dass zum Anschlusse an die unter *a*) beschriebenen Phänomene vor solchen auffälligen Hallucinationsformen, wie sie der Nicolai'sche Fall darbietet und welche unstreitig immer mit körperlichen Krankheitszuständen zusammenhängen, die bei gutem Gesundheitszustande von so Vielen zu beobachtenden Hallucinationen vor dem Einschlafen*) eine vorzugsweise Beachtung verdienen, in Bezug auf welche ich nichts Besseres glaube thun zu können, als die so schöne auf Selbstbeobachtung gegründete Beschreibung von J. Müller aus seiner Schrift über Gesichtsphantasmen nach ihrem Wesentlichsten zu reproduciren.

§. 84. »Es ist selten, dass ich nicht vor dem Einschlafen bei geschlossenen Augen in der Dunkelheit des Sehfeldes mannichfache leuchtende Bilder sehe. Von früher Jugend auf erinnere ich mich dieser Erscheinungen; ich wusste sie immer wohl von den eigentlichen Traumbildern zu unterscheiden; denn ich konnte oft lange Zeit noch vor dem Einschlafen über sie reflectiren. Vielfache Selbstbeobachtung hat mich denn auch in den Stand gesetzt, ihre Erscheinung zu befödern, sie festzuhalten.... Wenn ich diese leuchtenden Bilder beobachten will, sehe ich bei geschlossenen, vollkommen ausruhenden Augen in die Dunkelheit des Sehfeldes; mit einem Gefühle der Abspannung und grösster Ruhe in den Augenmuskeln versenke ich mich ganz in die sinnliche Ruhe des Auges oder in die Dunkelheit des Sehfeldes. Allen Gedanken, allem Urtheile wehre ich ab, ich will bei einer vollkommenen Ruhe des Auges wie des ganzen Organismus in Hinsicht der äusseren Eindrücke nur beobachten, was in der Dunkelheit des Auges als Reflex von inneren organischen Zuständen in anderen Theilen erscheinen wird.

---

*) Sie sind näher u. a. von Nasse in s. Zeitschr. f. Anthropol. 1825. 3. S. 166 ff., und wesentlich übereinstimmend damit von J. Müller in s. Schrift »Ueber die phantastischen Gesichtserscheinungen« 1826. S. 20 ff. beschrieben; so viel ich mich erinnere auch in einigen Abhandlungen von Maury und von Baillarger in den Ann. méd. psychol., deren Stelle ich nicht mehr angeben kann, und unstreitig noch mehrfach sonst.

§. 35. »Wenn nun im Anfange immer noch das dunkle Sehfeld von einzelnen Lichtflecken, Nebeln, wandelnden und wechselnden Farben reich ist, so erscheinen statt dieser bald begränzte Bilder von mannichfachen Gegenständen, anfangs in einem matten Schimmer, bald deutlicher. Dass sie wirklich leuchtend und manchmal auch farbig sind, daran ist kein Zweifel. Sie bewegen sich, verwandeln sich, entstehen manchmal ganz zu den Seiten des Sehfeldes mit einer Lebendigkeit und Deutlichkeit des Bildes, wie wir sonst nie so deutlich etwas zur Seite des Sehfeldes sehen. Mit der leisesten Bewegung der Augen sind sie gewöhnlich verschwunden, auch die Reflexion verscheucht sie auf der Stelle. Es sind selten bekannte Gestalten, gewöhnlich sonderbare Figuren, Menschen, Thiere, die ich nie gesehen, erleuchtete Räume, in denen ich noch nicht gewesen. Es ist nicht der geringste Zusammenhang dieser Erscheinungen mit dem, was ich am Tage erlebt, zu erkennen. Ich verfolge diese Erscheinungen oft halbe Stunden lang, bis sie endlich in die Traumbilder des Schlafes übergehen.

§. 36. »Nicht in der Nacht allein, zu jeder Zeit des Tages bin ich dieser Erscheinungen fähig. Gar manche Stunde der Ruhe, vom Schlafe weit entfernt, hab' ich mit geschlossenen Augen zu ihrer Beobachtung zugebracht. Ich brauche mich oft nur hinzusetzen, die Augen zu schliessen, von Allem zu abstrahiren, so erscheinen unwillkührlich diese seit früher Jugend mir freundlich gewohnten Bilder. Ist nur der Ort recht dunkel, bin ich nur geistig ganz ruhig, ohne leidenschaftliche Stimmung, hab' ich nur eben nicht gegessen oder geistiges Getränk genommen, so darf ich, wenn gleich an Schlaf gar nicht zu denken ist, der Erscheinung gewiss sein.

§. 37. »Häufig erscheint das lichte Bild im dunkeln Sehfelde, häufig auch erhellt sich vor dem Erscheinen der einzelnen Bilder nach und nach die Dunkelheit des Sehfeldes zu einer Art von innerem matten Dämmerlichte. Gleich darauf erscheinen dann auch die Bilder....

§. 39. »Ich kann es auf das Bestimmteste unterscheiden, in welchem Momente das Phantasma leuchtend wird. Ich sitze lange da mit geschlossenen Augen; Alles, was ich mir einbilden will, ist blosse Vorstellung, vorgestellte Begränzung im dunkeln Sehfelde, es leuchtet nicht, es bewegt sich nicht organisch im Sehfelde, auf einmal tritt der Moment der Sympathie zwischen dem Phantastischen und dem Lichtnerven ein, urplötzlich stehen Gestalten leuchtend da, ohne alle Anregung durch die Vorstellung. Die Erscheinung ist urplötzlich, sie ist nie zuerst eingebildet, vorgestellt und dann leuchtend. Ich sehe nicht, was ich sehen möchte; ich kann mir nur gefallen lassen, was ich ohne alle Anregung leuchtend sehen muss.

§. 40. ...»Ich kann stundenlang mir einbilden und vorstellen, wenn die Disposition zur leuchtenden Erscheinung nicht da ist, nie wird dieses zuerst

Vorgestellte den Schein der Lebendigkeit erhalten. Und urplötzlich erscheint ein Lichtes, nicht zuerst Vorgestelltes gegen meinen Willen, ohne alle erkennbare Association . . . .

§. 41. »Am leichtesten treten diese Phänomene ein, wenn ich ganz wohl bin, wenn keine besondere Erregung in irgend einem Theile des Organismus geistig oder physisch obwaltet, und besonders wenn ich gefastet habe. Durch Fasten kann ich diese Phänomene zu einer wunderbaren Lebendigkeit bringen. Nie habe ich sie bemerkt, wenn ich Wein vorher getrunken hatte . . . .

§. 66. »Nie habe ich bei geschlossenen Augen bewirken können, dass sich die phantastischen Bilder mit den Augen wie die Blendungsbilder bewegten.

§. 147. »So leicht bei mir die Phantasiebilder unwillkührlich eintreten, so habe ich doch bei der grössten Anstrengung fast nie willkührlich ein bestimmtes Phantasma von bestimmter Beleuchtung und Färbung erzeugen können. Ich habe halbe Tage in dieser Willensübung im Dunkeln zugebracht. Die Phantasiebilder waren immer ein dem Willen trotzendes Phantastisches, was ich nicht hervorzurufen, nicht festzuhalten vermochte. So leicht ich subjective Farben sehe, nie vermochte ich mit Willen ein Roth, ein Blau ins Sehfeld zu bannen und zu fixiren« . . . .

§. 87. »Die Traumbilder sind nichts Anderes als die leuchtenden Phantasmen, welche bei geschlossenen Augen in der Sehsinnsubstanz erscheinen. In der Regel bestehen sie mit Anerkennung ihrer Objectivität, oft auch mit dem Bewusstsein, dass nur Traumbilder gesehen werden. Im letzteren Falle sind die Traumbilder gar nicht von den Phantasiebildern vor dem Einschlafen verschieden. In den Selbstbeobachtungen vor dem Einschlafen habe ich mich häufig über dem Anfange des wirklichen Traumes überrascht. Der wirkliche Traum, mit Einschläfern der Reflexion und Anerkennung der Objectivität der Phantasiebilder, tritt am leichtesten und unmittelbarsten dann ein, wenn an die Stelle der Dunkelheit nach und nach die innere subjective Erhellung des Sehfeldes getreten ist.« (Es folgt im Originale noch eine etwas ausgeführtere Schilderung hierüber.)

Was die Hallucinationen anlangt, die mit Krankheitszuständen in Beziehung stehen, so tragen diese im Allgemeinen den Charakter von Aufregungen des Nervensystemes und Gefässsystemes, und vielleicht liegen ihnen immer Congestivzustände im Gehirne zu Grunde. Diess spricht sich theils in ihren ursächlichen Momenten, theils begleitenden Symptomen, theils Heilmitteln aus. Ich erinnere, abgesehen von Nicolai's Fall, der hiezu sowohl in Betreff der ursächlichen Entstehung als Heilung einen Beleg liefert, an ihr habituelles Vorkommen in Fiebern, bei manchen Arten Wahnsinn, wie dem Säuferwahnsinne (bei dem man häufig eine Ueberfüllung des Gehirnes mit venösem Blute nach dem Tode findet), nach dem Genusse von Narcoticis, durch welche der Puls ausserordentlich gesteigert werden kann u. s. w. Leuret und Metivié*) fanden nach zahlreichen Beobachtungen in der Salpetrière, dass unter allen daselbst vorkommenden Wahnsinnigen die mit Hallucinationen behafteten durchschnittlich den häufigsten Puls hatten; er war selbst häufiger als bei den mit Manie behafteten. Doch finde ich auch einen Fall berichtet, wo nach den stärksten Blutverlusten die Hallucinationen fortdauerten**).

Nach Baillarger und Moreau begünstigt horizontale Lage die Hallucinationen, unstreitig, weil das Blut dabei mehr nach dem Kopfe strömt; und auch Pinel berichtet von einem melancholischen Frauenzimmer, wo die Hallucinationen des Gehöres sogleich aufhörten, wenn es sass.

Die Bilder, welche bei der Hallucination im Wahnsinne und in extatischen Zuständen erscheinen, sind ihrer Beschaffenheit nach meist in deutlicher Abhängigkeit von früheren äusseren Lebensverhältnissen und Beschäftigungen, aber auch dem früheren Vorstellungsleben der Personen, was natürlicherweise beides selbst so zusammenhängt, dass eine reine Trennung bei Beurtheilung der ursächlichen Momente der Hallucinationen nicht wohl möglich ist. (Belege s. u. a. in Hagen. S. 46 ff.)

Von anderer Seite bestehen die Hallucinationen, wie schon oben bemerkt, oft in gestaltlosen Lichtphänomenen; und auch die gestalteten Phänomene fangen oft damit an oder sind davon begleitet, ein Beweis, dass, abgesehen von allem Einflusse des Vorstellungsvermögens, in der Sinnessphäre eine Disposition dazu vorhanden sein muss. (Vgl. Hagen S. 252.)

Häufig verknüpfen sich die Hallucinationen mehrerer Sinne und dann nicht selten so, wie es Gesetzen der Association entspricht.

»L'observation parait avoir établi que les hallucinations sont rarement bornées à un seul sens; tout en reconnaissant la vérite de ce fait, sur lequel M. Foville insiste beaucoup, on peut affirmer, qu'en général les hallucinations de tel ou tel sens dominent sur celles des autres sens. C'est surtout dans les maladies aigues, qu'on observe en même temps plusieurs hallucinations réunies .... Quand il existe des hallucinations de plusieurs sens, ces hallucinations ont ordinairement entre elles des rapports étroits. Ainsi on a pu remarquer dans l'observation de l'halluciné qui léchait les murailles, parcequ'elles lui paraissaient couvertes d'oranges delicieuses (voyez page 139), qu'il sentait en même temps l'odeur et la saveur de ces fruits...... M. Baillarger a rapporte l'observation d'une femme qui reçut un pot de fleurs sur la tête et entendit immediatement le bruit que faisait ce pot en se brisant en éclats sur le pavé. Plus tard; elle sentait vingt fois par jour le même coup et entendait le même bruit.« (Brierre de Boismont p. 337.)

---

*) Fror. Not. XXXVII. 437.

**) Brierre de Boismont p. 613.

Häufig auch fehlt es den Hallucinationen an allem vernünftigen Zusammenhange, und Nicolai sagt z. B.: »Wenn gleich mein Nervensystem so sehr angespannt, so sehr schwach, kurz so verstimmt war, dass dergleichen Gestalten erscheinen konnten, so folgten doch bei mir diese Blendwerke keinem bekannten Gesetze der Vernunft, der Einbildungskraft und der sonst gewöhnlichen Association der Ideen.«

Die Täuschung durch Hallucinationen, als ob äussere Gegenstände der Wahrnehmung vorhanden wären, kann nach Umständen mehr oder weniger vollständig sein, und ist jedenfalls in vielen Fällen vollkommen. In der That scheinen hier alle mögliche Gradationen stattzufinden. Manche Hallucinirende sind sich ihres Zustandes und der Täuschung vollkommen bewusst; erkennen die Phantasmen wirklich als Phantasmen, sei es, dass sie in irgend einer Hinsicht nicht den vollen Charakter der Wirklichkeit haben, sei es, dass sie mit dem Zusammenhange der wirklichen Verhältnisse, der sich von anderer Seite her geltend macht, unvereinbar gefunden werden, sobald nur sonst die volle Besinnung da ist.

»Ich konnte, versichert Nicolai, so wie ich überhaupt in der grössten Ruhe und Besonnenheit war, jederzeit Phantasmen von Phänomenen genau unterscheiden, wobei ich mich nicht ein einzigesmal geirrt habe. Ich wusste genau, wenn es mir blos erschien, dass die Thüre sich öffne und wenn die Thüre wirklich geöffnet ward und Jemand wirklich zu mir trat.« Auch sahe er die Farben etwas blässer, als in Wirklichkeit. Aehnlich in einem von Bonnet*) berichteten Falle.

In anderen Fällen hingegen verhält es sich anders. »Ich sahe, sagte ein geheilter Kranker dieser Art zu Esquirol, ich hörte so genau, wie ich Sie sehe und höre.« — »Wenn meine Wahrnehmungen irrig sind, sagte ein sinnesgetäuschter Priester zu Foville, so muss ich auch an Allem zweifeln, was Sie mir sagen, ich muss zweifeln, dass ich Sie sehe, dass ich Sie höre.«

---

*) Bonnet, essay analytique sur l'âme. Chap. 88. p. 498; Hagen's Sinnestäusch. S. 47.

Ein Patient sagte zu Leuret[*]): »Vous dites, que je me trompe, parceque vous ne comprenez pas comment ces voix que j'entends arrivent jusqu'à moi, mais je ne comprends pas plus que vous comment cela se fait; ce que je sais bien, c'est qu'elles arrivent, puisque je les entends: elles sont pour moi aussi distinctes que votre voix, et si vous voulez que j'admette la réalité de vos paroles, laissez-moi admettre aussi la réalité des paroles, qui me viennent, je ne sais d'où, car la réalité des unes et des autres est également sensible pour moi.«

Auch sieht man ja sehr oft Wahnsinnige und Fieberkranke Handlungen vornehmen, welche beweisen, dass sie die Sinnestäuschungen durchaus mit Wirklichkeit verwechseln.

Bei manchen Personen findet sich angegeben, dass ihre Visionen verschwanden, wenn sie die Augen schlossen, dagegen bei anderen, dass es hinreichte, die Augenlider niederzulassen, um Hallucinationen eintreten zu lassen. Bei noch Anderen machte es keinen Unterschied, ob sie die Augen öffneten oder schlossen. Nicolai sagt: »Uebrigens erschienen mir die Gestalten zu jeder Zeit und unter den verschiedensten Umständen gleich deutlich und bestimmt; wenn ich allein und in Gesellschaft war, bei Tag und in dunkler Nacht, in meinem Hause und in fremden Häusern. Wenn ich die Augen zumachte, so waren bisweilen die Gestalten weg, zuweilen waren sie auch bei geschlossenen Augen da. Blieben sie aber alsdann weg, so erschienen nach Oeffnung der Augen wieder ungefähr die vorher gesehenen Figuren.« Dr. Crichton hat bemerkt[**]), »dass Patienten, wenn sie bei Fiebern zuerst zu phantasiren anfangen, diess nur thun, wenn das Zimmer verfinstert ist, oder wenn sie ihre Augen schliessen: öffnen sie sie aber, oder ist das Zimmer hinlänglich erhellt; so hört das Phantasiren auf, und sie sagen oft selbst, wenn sie sich der Dinge erinnern, die sie sahen, dass sie überzeugt wären, sie hätten phantasirt.« Verschiedene Fälle, wo durch Schluss der Augen die Hallucinationen verschwanden, s. in Rüte's Ophthalmol. I. S. 193 u. Griesinger's Schrift S. 78.

---

[*]) Leuret, fragments de la folie. p. [illegible]

[**]) Hibbert S. [illegible]

In Conflict mit äusseren Sinneswahrnehmungen verhalten sich die Hallucinationen so, dass sie nach Umständen von diesen verdrängt werden können, oder umgekehrt dieselben zu verdrängen oder sich mit denselben zusammenzusetzen vermögen.

Nach Baillarger*) können manche Hallucinirende ihre Hallucinationen unterbrechen, wenn sie ihre Aufmerksamkeit auf äussere Eindrücke wenden; indess andere diess nicht vermögen. Daher öfters Hallucinirende während der Anwesenheit des Arztes ihre Hallucinationen verlieren, welche gleich nach Entfernung des Arztes wiederkehren.

Oft zeigt sich, dass, wenn Phantasmen einen gleichgültigen Hintergrund verdecken, sie dagegen verschwinden, wenn ein Gegenstand, der die Aufmerksamkeit frappirt, sich an ihren scheinbaren Ort stellt oder auch ein Hinderniss des Sehens sich zwischen den Visionen und den scheinbaren Ort der Vision einschiebt.

J. Müller (phant. G. S. 35) bemerkt im Allgemeinen: »Diejenigen, welche phantastische Bilder im wachenden Zustande mit geöffneten Augen gesehen, bezeugen, dass man von ihnen die Augen nicht abwenden könne, d. h., dass sie, wenn sie etwa in der Mitte des Sehfeldes sind, mit allen Gegenständen zusammenfallen, welche bei abwendender Bewegung der Augen in die Sehaxe fallen. Beobachtungen dieser Art hat Gruithuisen (Beitr. z. Physiognosie S. 238. 259) aus eigener und fremder Erfahrung gesammelt.«

In einem Falle, den Scott in s. Demonology berichtet, hatte ein übrigens ganz vernünftiger Mann, nach manchen anderen vorausgegangenen Hallucinationen, die Erscheinung eines Skelets, welche er durchaus nicht zu bannen vermochte, ungeachtet er sich immer von Neuem vorhielt, es sei nur ein Schemen. »Ist denn dieses Skelet, fragte der Arzt, Ihnen immer vor Augen?« Der Kranke bejahte es. »Also auch jetzt?« Allerdings, erwiederte der Patient. »Und wo sehen Sie es?« Unmittelbar am Fusse meines Bettes, und wenn die Vorhänge ein wenig offen gelassen werden, so füllt das Skelet, wie es mir vorkommt, diesen leeren Raum aus.... Der Arzt stellte sich zwischen die zwei halb aufgezogenen Vorhänge am Fusse des Bettes, die ihm als der Ort bezeichnet waren, welchen die Erscheinung einnahm. Er fragte nun, ob das Gespenst noch sichtbar sei? Nicht ganz, erwiederte der Patient, weil Ihre Person zwischen ihm und mir steht; aber ich sehe den Schädel des Gespenstes über Ihrer Schulter.«

In einem von Dr. Brach mitgetheilten Falle hatte ein 18jähriges Mädeben durch Schreck vor einem seltsam ausstaffirten Menschen mit rother Mütze, der an einem Knochen nagte, sich ein krampfhaftes Uebel und eine öfter wiederkehrende Vision zugezogen, in der ihr jener Mensch als Phantasma wiedererschien. Als sie das erstemal auf das Phantom zugieng oder nach ihm greifen wollte, wich es einige Schritte von ihr weg. Dr. Brach stellte etwa 14 Tage nach dem ersten Anfalle folgende Versuche an: Er liess Patientin einige Male auf die Erscheinung zugehen bis gegen eine Wand und fragte nun, ob sie den Menschen auch noch durch die Wand hindurch erblicke? Diess war der Fall nicht; denn liess man sie bis auf einen Schritt vor die Wand treten, so schwand die Erscheinung. Liess man sie hingegen bis dicht vor ein Fenster treten, so flohe die Erscheinung zum Fenster hinaus und sahe sie durch das Fenster an. Liess man sie in einen Spiegel sehen, so sahe sie die Erscheinung nicht, sondern ihr eigenes Bild. Trat Jemand zwischen sie und die Stelle hin, wo, ihrer Angabe nach, der Mann sich befand, so sahe sie ihn theilweise, insofern er nicht von der dazwischengetretenen Person bedeckt wurde. Stellte sich Jemand gerade auf die Stelle hin, wo das Scheinbild stand, so schwand dieses das eine Mal ganz, doch stellte es sich ein anderes Mal auch seitwärts. Unter Anwendung geeigneter Nerventropfen nahmen allmälig die krampfhaften Zufälle ab und das Phantom fieng an zu bleichen und zu weichen. Zuerst wurde die rothe Mütze gelb und allmalig blasser, dann wurden die Umrisse der ganzen Figur undeutlicher, hierauf schwand der Mann und nur Gesicht, Mütze und Hand, in der er den Knochen hielt, blieben zurück, dann blieb auch Gesicht und Hand weg und Patientin sahe nur noch den Knochen und die Mütze darüber, die auch fortwährend weisser und blässer wurde. Nach 5 Wochen aber war Trugbild und Veitstanz verschwunden. (Med. Zeit. v. Vereine f. Heilk. in Pr. 1837. No. 5.)

---

*) Schmidt's Jahrb. 1849. S. 77.

Als ein Conflict mit objectiven Anschauungen ist es unstreitig auch zu betrachten, wenn die Phantasmen mehrfach durchsichtig oder durchscheinend erscheinen, wo sie sich dann ähnlich zu verhalten scheinen, wie wenn man ein Doppelbild, z. B. einer Oblate, auf einem Bogen mit Druck oder Schrift erzeugt, die dann durch das Doppelbild durchscheint. Solcher Angaben finde ich mehrere.

Dem Cardanus schienen die verschiedenen Gestalten aus kleinen Ringen wie die Glieder von Panzerhemden zu bestehen. »Alles war durchsichtig, wiewohl nicht so, als ob es gar nichts zu sein schiene.« (Hagen S. 47.) Einer, welcher den Leichnam eines Secirten vor sich sahe, sahe durch die Gestalt desselben hindurch einen Kupferstich. (London med. gaz. März 1843.) Ein Anderer bemerkt, dass die Hallucinationen bei ihm um so lebendiger gewesen seien, je mehr sich die Seele in einem unthätigen oder leidenden Zustande befand, so dass wirkliche Objecte im Zimmer nicht gesehen wurden. »Wurde aber die Aufmerksamkeit durch eine Art von Anstrengung erweckt und in Thätigkeit gesetzt, so fiengen die Phantasmen an, gleichsam durchsichtig zu werden, und die Gegenstände der Empfindung (Objecte) nahmen sich so aus, als wenn sie hinter den Phantasmen befindlich gesehen würden. Es war nicht im Mindesten schwer, den einen oder den anderen Gegenstand nach Belieben sichtbar zu machen, denn die Phantasmen verschwanden beinahe, so lange die Aufmerksamkeit fest auf wirkliche Gegenstände gerichtet war.« (Hibbert S. 286.)

Als eine Art Zusammensetzung von Hallucinationen mit äusseren Sinneseindrücken können die Illusionen, in dem S. 505 angegebenen Sinne verstanden, gelten, von denen sich unzählige Beispiele anführen liessen, was jedoch theils überflüssig, theils zu weit führend sein würde.

Ungeachtet die durch Hallucinationen erzeugten Bilder im Allgemeinen alle Farben der wirklichen Welt tragen, so lässt sich doch der schon in Meyer's Erfahrungen (S. 485) hervortretende Umstand, dass die innere Production von Farben schwerer als die von Formen ist*), auch an manchen Erfahrungen bezüglich der Hallucinationen erkennen. Nicolai sahe, da seine Phantasmen zu verschwinden anfiengen, die Farbe derselben zuerst erblassen und die Gestalten schon ganz weiss geworden, als ihre Umrisse noch sehr bestimmt waren, und auch im Falle jenes Mädchens (S. 513), welches den seltsam ausstaffirten Menschen wiederholt als Phantasma sahe, wurde bei allmälig eintretender Genesung die rothe Mütze zuerst gelb, allmälig blässer.

Brewster hat als Probe, ein Phantasma von einem wirklichen Objecte zu unterscheiden, angegeben, dass man den einen Augapfel drücken solle, um zu sehen, ob ein Doppelbild entstehe, welches nur unter Voraussetzung eines wirklichen Objectes entstehen könne. Doch berichtet Paterson**) von einem Falle, wo ein entschiedenes Phantasma bei Verschiebung des Augapfels mit dem Finger sich verdoppelt haben soll. Unmöglich wäre diess insofern nicht, als der Gedanke der Verdoppelung selbst unstreitig ein doppeltes Bild in der Phantasie giebt, was bei einem zur Hallucination Geneigten sich als solche gestalten kann; hiemit aber erscheint die ganze Probe unzuverlässig.

---

*) Die Angabe von Drobisch S. 480 stimmt allerdings hiemit nicht ganz, betrifft aber weniger entschiedene Phänomene.

**) London med. gaz. 1843. März.

Von Wichtigkeit ist die Bemerkung, dass nicht wenige Fälle bekannt sind, wo lebhafte Hallucinationen stattfanden, indess die Kranken am schwarzen Staare litten, ja wo bei der Section die Sehnerven sich beide vollkommen atrophisch zeigten. Eine Verzeichnung solcher Fälle giebt J. **Müller**, über phant. Ges. S. 31 ff. und **Rüte** in s. Ophthalmol. 1. S. 494.

e) Allgemeine Betrachtungen.

Aus der Gesammtheit der Thatsachen, welche über das Verhältniss der Erinnerungsbilder und Nachbilder und die zwischen beide sich einschiebenden Uebergangsglieder mitgetheilt sind, empfängt man den Eindruck, dass die Vorgänge, welche den Erinnerungsbildern und Nachbildern unterliegen, an sich nicht wesentlich verschieden sind, dass es vielmehr derselbe psychophysische Vorgang ist, der, je nachdem er unmittelbar von Innen heraus oder von Aussen herein angeregt ist, ein Erinnerungsbild oder ein Nachbild, ersteres als späteren Wiederklang, letzteres als unmittelbaren Nachklang eines objectiven Bildes giebt. Mit dieser verschiedenen Erzeugungsweise kann dann die Verschiedenheit in der Stärke, der Gegensatz im Gefühle der Spontaneität und Receptivität und das verschiedene Localgefühl für beide Phänomene wie folgt in Zusammenhang gebracht werden.

Durch welche innere Vermittelungen auch die Widerklänge der von Aussen herein erzeugten Bilder in Erinnerungen zu Stande kommen, worüber wir so viel wie nichts wissen, erscheint es doch ganz natürlich, dass sie, insofern sie nur späte Nachwirkungen dieser Bilder sind, die Intensität derselben bei vergleichbar bleibendem Zustande des Organismus als obere Gränze behalten, und es scheint schwerer erklärlich, dass sie sich in, doch immer nur exceptionell bleibenden, Fällen dieser oberen Gränze in soweit nähern, ja scheinbar dieselbe erreichen können, als dass sie soweit dahinter zurückbleiben, wie es die Regel ist. Wenn sie aber in manchen extatischen Zuständen die äusseren Bilder sogar an Lebhaftigkeit zu übertreffen scheinen, so ist diess nur insofern der Fall, als der aufgeregte Zustand, in dem sich der Organismus bei der inneren Wiedererzeugung befindet, mit dem, in dem er sich bei der Aufnahme befindet, unvergleichbar ist.

Der Unterschied im Gefühle der Spontaneität, was wir bei

Erzeugung der Erinnerungsbilder haben, und der Receptivität, womit wir die Nachbilder auffassen, kann leicht bei denen, die geneigt sind, die Seelenphänomene in solche zu scheiden, welche wesentlich an physischen Vorgängen hängen, und solche, welche nicht wesentlich daran hängen, Anlass sein, mindestens den Act der Erzeugung der Erinnerungsbilder, wenn nicht sie selbst auf die erste Seite, und die objectiven Bilder und deren Nachklänge auf die zweite Seite zu legen. Doch scheint mir unklar und schon darum unhaltbar, sei es die Thätigkeit der Erzeugung oder die der Auffassung der Bilder von den Bildern selbst in der Art zu scheiden, dass jene abstract in der Seele vorgehen können, indess diese nicht abstract darin vorgehen können. Ohne auf den Streit mit Auffassungen, welche einem auf die Ansicht vom ausgedehnten Seelensitze gestützten Systeme widerstreiten, überhaupt zurückkommen zu wollen, haben wir uns unserseits zu erinnern, dass das Erinnerungsbild wie das Nachbild und objective Bild weder psychisch noch physisch im Leeren schweben, sondern besondere Bestimmungen der allgemeinen Bewusstseinsthätigkeit einerseits, des diesem unterliegenden allgemeinen psychophysischen Processes anderseits sind. Im Sinne des Schema und mit Rücksicht auf schon Gesagtes stelle ich diess so vor: wir haben bei den Erinnerungsbildern das Gefühl der Spontaneität, weil bei der Erzeugung von Innen heraus die Totalwelle stärker durch die Erhebung der Unterwelle als Oberwelle gehoben wird; bei der Erzeugung von Aussen her umgekehrt; aber die Gestaltung der Oberwelle ist beidesfalls dieselbe. Inzwischen liegt principiell nichts vor, was Fälle ausschlösse, wo auch von Innen her die Totalwelle stärker durch Erhebung der Oberwelle als Unterwelle steigt; dann hat man die, doch nur als Ausnahme zu betrachtenden, unwillkührlichen Hallucinationen; und überhaupt sind hier viele Uebergänge möglich, wie wir sie in den Erinnerungsnachbildern, Erscheinungen des Sinnengedächtnisses u. s. w. betrachtet haben.

Die zwischen Erinnerungsbildern und Nachbildern in Frage kommenden Oertlichkeitsbeziehungen anlangend, so stellt sich allgemein aus den mitgetheilten Beobachtungen heraus, dass bei der Erweckung nicht geläufiger Erinnerungsbilder die Aufmerksamkeit bei offenen Augen von der Aussenwelt und bei geschlossenen Augen vom schwarzen Sehfelde abgewendet und dem Gefühle nach dahinter zurückgezogen sein muss, und da, wo die

Erinnerungsbilder schwach bleiben, können sie auch fortgehends nur in solcher Abstraction vom äusseren Sinne wahrgenommen und festgehalten werden, in ähnlicher Weise, wie man auch von einem Sinnesgebiete abstrahiren muss, um sich der Wahrnehmungen in einem anderen bewusst werden zu können. Diess spricht dafür, dass das Feld der Erinnerungsbilder *in statu nascenti* und so lange sie schwach bleiben, und das Feld der Nachbilder, welches mit dem schwarzen Sehfelde zusammenfällt, in ähnlichem Sinne verschieden im Gehirne localisirt sind, als die verschiedenen Sinnesgebiete selbst.

Anderseits findet man, wenn man ein Nachbild im geschlossenen Auge oder das schwarze Sehfeld selbst aufmerksam betrachtet, die Spannung der Aufmerksamkeit dem Gefühle nach ganz eben so gegen die Aussenwelt gewendet, als wenn man mit offenen Augen äussere Gegenstände betrachtet. Diess spricht dafür, dass das Feld der Nachbilder und der äusseren Anschauungen als zusammenfallend angesehen werden müssen.

Weiter findet man, dass man, um sich auf etwas Hörbares, Riechbares zu besinnen, dessen Erinnerung uns nicht geläufig ist, die Aufmerksamkeit ganz eben so vom äusseren Sinne zurückwenden muss, als um sich auf etwas Sichtbares zu besinnen, ohne dass sich das Gefühl einer verschiedenen Localisation je nach der Verschiedenheit des Empfundenen, auf das man sich besinnt, kund giebt; wonach anzunehmen, dass die gesammten Vorstellungsbilder in ihrem Ursprunge ein gemeinsames, von dem der Sinnesbilder verschiedenes Feld einnehmen, so dass die Aufmerksamkeit zwischen diesen beiden Feldern eben so wie zwischen verschiedenen Sinnesfeldern selbst wechseln kann.

Diese Betrachtung wird nicht dadurch ungültig, dass das Spannungsgefühl der Aufmerksamkeit, auf dem wir hiebei fussen, wahrscheinlich ein reflectorisches Muskelgefühl ist (vgl. S. 190 f.); denn eine Verschiedenheit durch Reflex erregter motorischer Fasern weist auf eine Verschiedenheit primär erregter sensibler Fasern zurück.

Die räumliche Verschiedenheit des Gebietes der Erinnerungsbilder und Nachbilder ist jedoch als keine Geschiedenheit zu betrachten; vielmehr hängen beide Gebiete natürlicherweise organisch zusammen, sind gemeinsam in dem allgemeinen Nexus des

Gehirnes inbegriffen, pflanzen Wirkungen in einander über und associiren Thätigkeiten mit einander.

Der äussere Lichtreiz ruft mächtige Thätigkeiten im Felde der äusseren Anschauungen hervor; die Fortwirkungen derselben erstrecken sich in das Feld der Vorstellungsbilder hinein, und hinterlassen darin die uns unbekannten Bedingungen, an denen die Möglichkeit der willkührlichen und associationsweisen Erregung der schwächeren Erinnerungs- und Phantasiebilder gebunden ist. Umgekehrt müssen wir nach den Erscheinungen, welche die Erinnerungs- und Phantasiebilder bei grösserer Lebhaftigkeit darbieten, glauben, dass die Hervorrufung von Vorstellungsbildern im einen Felde Fortwirkungen in das andere Feld, das der Sinnesbilder hineinerstreckt, der Art, dass wirkliche Sinnesbilder darin über die Schwelle treten können, sofern solche die wesentlichen Charaktere der objectiven Anschauungen und Nachbilder erlangen und dieselbe Richtung der Aufmerksamkeit fodern.

Der Unterschied, dass Erinnerungsbilder nach Massgabe als sie lebhafter sind, auch leichter in das Augenschwarz hineingemalt werden können, der sich als eine Art gegensätzlicher zwischen mir und Busch wie Meyer dargestellt hat, beruht vielleicht nur darauf, dass sie um so leichter den Eindruck des Augenschwarz, der selbst noch einem Lichteindrucke äquivalent ist, überwiegen. Wenigstens ich selbst finde die Schwierigkeit oder Unmöglichkeit, Erinnerungsbilder in das Augenschwarz hineinzumalen, in sehr natürlichem Connex damit, dass mir das Augenschwarz einen viel intensiveren Eindruck macht, als die in Abgezogenheit der Aufmerksamkeit vom Augenschwarz erzeugten Erinnerungsbilder. Will ich versuchen, sie in dasselbe einzutragen, so erlöschen ihre blassen Lineamente ganz darin, erscheinen dagegen in ihrer eigenthümlichen Schwäche, wenn ich, die Aufmerksamkeit vom Augenschwarz abziehend, dieselben gleichsam ins Leere eintrage. Wo, wie bei Busch, die Erinnerungsbilder von Natur sehr lebhaft, oder wie bei Meyer, durch Uebung zu grosser Lebhaftigkeit gesteigert sind, fällt diess Hinderniss natürlich weg, und mag es ganz natürlich werden, dieselben vorzugsweise in dem Felde aufzufassen, wo die objectiven Bilder und Nachbilder aufgefasst werden.

Auch der scheinbare Widerspruch, dass ich und manche Andere beim Schauen der Erinnerungbilder vielmehr den Theil des

Kopfes, welchen das Gehirn einnimmt, zu gebrauchen meine, indess es Anderen mehr scheint, als wenn sie Augen, Ohren dazu brauchten, hängt unstreitig mit der verschiedenen Stärke der Erinnerungsbilder zusammen. Ich selbst kann die Erinnerungsbilder nie so stark machen, dass sie von ihrem Ursprungssitze aus merklich in das Sinnesgebiet hinein influirten; sondern habe Mühe, sie in ihrer ersten Entstehung festzuhalten; so wie ich mit der Thätigkeit des Besinnens nachlasse, erlöschen sie, und ich habe daher auch immer das Spannungsgefühl der Aufmerksamkeit, was an das Besinnen geknüpft ist. Wo hingegen die Erinnerungsbilder Kraft und Dauer gewinnen, in das Sinnesgebiet übergreifen, associirt sich auch von selbst das zugehörige Spannungsgefühl der Aufmerksamkeit.

Man kann es nicht unwahrscheinlich finden, dass die Thätigkeit, welche vom äusseren Lichte zunächst im Sehnerven angeregt wird und sich erst von da weiter zum Gehirne fortpflanzt, bei den Nachbildern auch noch in dem Sehnerven selbst fortklingt und bei den Vorstellungsphänomenen, wenn sie bis zu sinnlicher Lebhaftigkeit gedeihen, sich wieder rückwärts bis dahin erstreckt, während diess nicht bei schwächeren Vorstellungsbildern der Fall ist. Doch lässt sich über die Triftigkeit dieser speciellen Fassung der Localisationsansicht nicht entscheiden.

f) Einige Bemerkungen über Träume.

Ueber den Traum, die mannichfachen Wendungen und Gestalten, die er annehmen kann, seine ursächlichen Momente, seine Uebergänge in somnambule Zustände u. s. w. liegt viel zerstreutes Erfahrungsmaterial vor*). Doch muss ich auf eingehendere Mittheilung wegen der Ausdehnung des Gegenstandes verzichten, und es wird diess um so eher gestattet sein, als ich von vorn herein auf Vollständigkeit in diesem ganzen Felde verzichtet habe und verzichten musste. Hier will ich nur zu dem, was ich S. 462 über

---

*) Zu den reichhaltigeren Compilationen gehört die von **Burdach** in s. Physiologie, III. S. 460 ff.; und wahrscheinlich ist auch in folgendem ausführlichen Werke, das ich aber nicht aus eigener Ansicht kenne, viel darüber zu finden: **Lemoine**, *du sommeil au point de vue physiologique et psychologique*. 1855. Baillière. 410 pag.

die Träume gesagt habe, noch einige ergänzende Bemerkungen im Anschlusse an das Vorige fügen.

Nach den, im Abschnitte *a)* dieses Kapitels mitgetheilten Thatsachen und unter *e)* angestellten Erörterungen haben wir Anlass, den Schauplatz der psychophysischen Thätigkeit, welche der Entstehung der Vorstellungsbilder und diesen Bildern selbst, so lange sie schwach bleiben, unterliegt, zwar nicht für einen geschiedenen, aber für einen verschiedenen von dem Felde der Thätigkeit zu halten, welche den sinnlichen Bildern unterliegt, so jedoch, dass sich Thätigkeiten in beiden Feldern mit einander associiren und Wirkungen in einander überpflanzen können. Ich vermuthe, dass auch der Schauplatz der Träume ein anderer, als der des wachen Vorstellungslebens ist, bei sehr lebhaften Träumen aber entsprechende Reflexe in die Sphäre der Sinnes- und Bewegungsthätigkeit erfolgen, als diess bei lebhaften Vorstellungen im Wachen der Fall ist.

An sich hat es nichts Unwahrscheinliches, dass die zeitliche Oscillation der psychophysichen Thätigkeit unseres Organismus mit einer räumlichen Oscillation oder Kreislaufsbewegung in ähnlicher Weise causal zusammenhängt, als wir es auch bei periodischen Phänomenen in der äusseren Natur zu finden gewohnt sind; dass also der unter die Schwelle herabgedrückte Gipfel der Hauptwelle unserer psychophysischen Thätigkeit im Schlafe normalerweise eine andere Stelle einnimmt, als der Gipfel darüber im Wachen, und hiemit coincidirend der Spielraum der ihre Schwelle übersteigenden Oberwellen, an denen die Traumvorstellungen hängen, ein anderer ist, als im Wachen.

Wäre es nicht so, so schiene mir die Zusammenhangslosigkeit, in welcher das Traumleben vom wachen Vorstellungsleben erscheint und der wesentlich verschiedene Charakter beider nicht erklärbar. Sollte der Schauplatz der psychophysischen Thätigkeit während des Schlafes und des Wachens derselbe sein, so könnte der Traum meines Erachtens blos eine, auf einem niederen Grade der Intensität sich haltende, Fortsetzung des wachen Vorstellungslebens sein, und müsste übrigens dessen Stoff und dessen Form theilen. Aber es verhält sich ganz anders:

»Nie wiederholt sich (im Traume) das Leben des Tages mit seinen Anstrengungen und Genüssen; seinen Freuden und Schmerzen; vielmehr geht der Traum darauf aus, uns davon zu befreien. Selbst wenn unsere ganze

Seele von einem Gegenstande erfüllt war, wenn tiefer Schmerz unser Innerstes zerrissen, oder eine Aufgabe unsere ganze Geisteskraft in Anspruch genommen hatte, giebt uns der Traum entweder etwas ganz Fremdartiges, oder er nimmt aus der Wirklichkeit nur einzelne Elemente zu seinen Combinationen, oder er geht nur in die Tonart unserer Stimmung ein und symbolisirt die Wirklichkeit. So sind schon die Schlummerbilder fast nie bekannte Gestalten, sondern Figuren, wie wir sie fast nie gesehen haben, wunderliche Bildungen und Formen, dergleichen nicht leicht in der Aussenwelt sich finden.« (Burdach's Physiol. III. S. 474.)

»Nicht leicht ist im Traume Erinnerung: Alles ist, als ob es jetzt geschähe. Und nie stellt sich im Traume etwas dar, was uns einst wirklich begegnet ist; nur Geträumtes wiederholt sich vielleicht. Phantasiebilder von Gegenden sieht man, bekannte Gegenden überhaupt selten, und dann nicht ohne Veränderung. Eben so kommen uns im Traume keine bekannten Melodien, wohl aber neue, sei es, dass wir nach dem Erwachen uns ihrer als geträumter Melodien erinnern, oder dass die in dem Momente des Erwachens und in halbwachem Zustande uns bewusst werdende Melodie sich als eine solche erkennen lässt, welche aus dem Schlafe herüber kommt. Als dem Nachtleben angehörig bezeichnet diese Melodien schon der Umstand, dass sie nach dem Erwachen nicht festzuhalten sind. Sie gleichen Träumen, und wieder einem Denken im Schlafe, was wir überhaupt nicht genau sondern können. Was der Traum aus der Wirklichkeit nimmt, pflegt er zu verfälschen. Häufig erscheinen die Personen in ihren früheren, nicht in ihren jetzigen Verhältnissen. Verschiedene Zeitpuncte werden unter einander gemischt. Man vermisst in dem Vorgange Zusammenhang zwischen Vorher und Nachher.« (Ueber den Geist und sein Verhältniss zur Natur, von einem ungenannten Verfasser. Berlin 1852. S. 209.)

Die Erfahrungen, die wir im Wachen selbst über den Erfolg der Abwendung der Aufmerksamkeit von irgend welchen Gebieten machen können, beweisen, dass die blosse Herabdrückung unter die Hauptschwelle im Sinne unseres Schema nur den Grad, nicht die Art und Ordnung des bewussten Lebens ändert. Die unzähligen Handlungen, die wir im Unbewusstsein während des Wachens vollführen, dass wir uns z. B. waschen, anziehen, handthieren, indess wir dabei an ganz Anderes denken, sind ganz in demselben Sinne und Geiste, gleich vernünftig, als die, die wir mit vollem Bewusstsein vollführen und in vollem Zusammenhange damit. Nicht so mit dem, was wir im Traume thun und vorstellen. Auch lässt sich das eben so wenig daraus erklären, dass wir uns wegen des Schlusses der äusseren Sinne nicht mehr an der Aussenwelt orientiren können und daher auch innerlich zu irren anfangen; sonst müsste Stille der Nacht und Schluss der Augen denselben Erfolg äussern; indess hiedurch der Geist während des Wachens nur um so gesammelter wird. Weder die einfache Herabdrückung des bewussten Seelenlebens unter die Hauptschwelle, noch die Abziehung von den Einflüssen der Aussenwelt genügt also, die Eigenthümlichkeit des Schlaflebens dem wachen Leben gegenüber zu erklären. Statt einer blossen Herabdrückung der psychophysischen Thätigkeit unter Verschluss der äusseren Sinne ist es vielmehr, als ob die psychophysische Thätigkeit aus dem Gehirne eines Vernünftigen in das eines Narren übersiedelte; weil aber beide Gehirne oder vielmehr Theile des Gehirnes unmittelbar zusammenhängen und die Bewegung selbst eine zusammenhängende und aus einander folgende ist, besteht auch der allgemeine psychische Zusammenhang dazwischen fort.

Unstreitig hängt die Ordnung der psychophysischen Thätigkeit und des daran geknüpften Vorstellungslebens nicht blos von der Anlage, sondern auch von der Ausarbeitung ab, die ihr Organ unter ihrem eigenen Einflusse erfahren hat, daher die Weise, wie die Vorstellungen, die Gefühle eines Erwachsenen, eines Gebildeten sich associiren und aus einander folgen, auch bei gleicher ursprünglicher Anlage ganz anders geordnet ist, als bei einem Kinde, einem Ungebildeten; die Beschaffenheit der Einzelvorstellungen aber, die wir jetzt haben, hängt mit der Beschaffenheit der Nachklänge zusammen, die unser früheres Leben und Denken hinterlassen hat. Nun hat sich der Sitz, den die psychophysische Thätigkeit des Vorstellens im Wachen einnimmt, unter dem vollen und wirksamen Einflusse eines zusammenhängenden vernünftigen Lebens mit Menschen und Welt demgemäss ausgearbeitet, indem die psychophysische Thätigkeit selbst unter diesem Einflusse gestanden und ihren Sitz demgemäss organisirt hat. Nicht so mit dem Sitze der psychophysischen Thätigkeit im Schlafe, in welchen sich nur die Nachklänge dieses Lebens unter der Schwelle hinüberziehen. Statt ihn mit dem Gehirne eines Narren zu vergleichen, werden wir ihn daher noch triftiger mit dem Gehirne eines Kindes oder Wilden vergleichen, nur mit der Rücksicht, dass er mit dem eines Erwachsenen, eines Gebildeten in solcher Verbindung steht, dass beim Uebergange aus Wachen in Schlaf und demgemässer Verrückung des Wellengipfels der psychophysischen Thätigkeit die Nachklänge von dessen Empfindungs- und Vorstellungsleben sich als Traumwellen in den neuen Sitz hinüberziehen. Indem sie nun hier keiner durch die Erziehung ausgearbeiteten

Univ. Bibl. München

Organisation mehr begegnen, fangen sie an zu irren; so wie ein Kind oder Wilder nicht versteht, was ihm ein Erwachsener oder Gebildeter vorerzählt, untriftige Folgerungen daraus zieht und ungeregelte Phantasiebilder daraus webt. Oder auch, es ist, wie wenn man aus einer Stadt mit festen Strassen, Häusern mit Hausnummern etc. etc. in eine naturwüchsige Wildniss ohne Wege tritt; da wird der Gang unbestimmt; es taucht bald hier, bald da ein Wild auf, aber der geordnete Gang hört auf. Schliesst man blos die Augen im Wachen, so ist diess anders; die vorher mehr in der Richtung nach Aussen beschäftigte psychophysische Thätigkeit sammelt sich, concentrirt sich in dem Sitze des vernünftigen inneren Lebens, in den die Wege der Sinne unmittelbar überführen, siedelt aber nicht in einen anderen über.

Im Uebrigen, wenn das Traumleben ein relativ zusammenhangsloseres, nicht so vernünftig geordnetes ist, als das wache Leben, hat es doch seinen Zusammenhang eigenthümlicher Art. So setzt sich nicht selten, wenn wir nach Zwischenerwachen wieder einschlafen, der Traum des ersten Schlafes in dem zweiten fort, ohne dass die zwischenfallenden Vorstellungen des Wachseins intercurriren, was auch dafür spricht, dass waches und Traumleben einen verschiedenen Schauplatz haben. Besonders ist das bei Nachtwandlern gewöhnlich, so dass sie, wie bei jedem Erwachen zu den täglichen Geschäften, bei jedem Schlafe zu der gewohnten Art des Traumlebens zurückkehren. (Burdach III. S. 474.) So kann man auf der Stadt und auf dem Lande leicht eine ganz verschiedene Lebensart führen, und im Uebergange von einem zum anderen Aufenthaltsorte immer wieder zu derselben in sich zusammenhängenden Lebensart zurückkehren. Unmöglich aber wäre es, an demselben Aufenthaltsorte mit der Lebensart gleicherweise zu wechseln. Was hier vom umsiedelnden Menschen gilt, gilt von der umsiedelnden psychophysischen Thätigkeit im Menschen.

Jedoch kann der Umstand, dass der Gang der Vorstellungen im Traume nicht an so feste Wege gebunden, hiemit freier und die Ordnungslosigkeit doch nicht absolut, sondern nur relativ zu verstehen ist, unter Umständen auch wohl ausnahmsweise grössere Leistungen im Traume möglich machen, als im Wachen, die Phantasie namentlich im Traume zuweilen etwas hervorbringen, was sie im Wachen nicht vermocht hätte. (Beispiele s. in Burdach's Physiol. III. S. 469.) Hiezu trägt die Abziehung vom Aeusseren bei. Der Träumende ist ein Dichter, der seiner Phantasie die Zügel ganz und gar schiessen lässt, und ganz in eine innere Welt versunken und verloren ist, so dass ihm die Erscheinung Wahrheit wird.

Lassen wir die Betrachtung noch einen letzten Schritt thun. Indem der Gipfel der psychophysischen Thätigkeit, mehr und mehr sich erniedrigend, zugleich mehr und mehr einem, den Sinnesreizen weniger zugänglichen, Theile sich zuwendet, wird er doch aber eben hiemit eine Erhöhung des Inneren, wohin er sich wendet, gegen die Zeit des Wachens bewirken, so dass die psychophysische Hauptwelle zwar im Ganzen gesunken und unter der Schwelle bleibt; aber doch an einer Stelle im Inneren gegen die Zeit des Wachens gestiegen und diese Stelle dem Erwachen näher gerückt ist. Und so ist es auch möglich, dass im abnormen und extremen Falle diess bis zum wirklichen Erwachen geht, und damit ein, durch Schlaf vom gewöhnlichen Wachen geschiedenes und durch Schlaf wieder darein übergehendes, neues Erwachen erfolgt, was dann aber nothwendig mit einem um so tieferen Einschlafen des gewöhnlichen Sitzes wachen Lebens in Beziehung steht. Diess könnte das Erwachen zum Somnambulismus sein.

Wenn das somnambule Wachen vernünftiger als der Traum scheint, könnte diess daher rühren, dass die doch immerhin fremde und oft mit Visionen bevölkerte innere Welt bei dem helleren Bewusstseinslichte des neuen Wachens von selbst auch so zu sagen klarer überschaulich wird.

Ich halte es aber für bedenklich, den Versuch, die Erscheinungen des Schlafes psychophysisch zu repräsentiren, noch weiter auf die particulären Erscheinungen des Somnambulismus auszudehnen. Nicht, dass sich nicht hoffen liesse, die Psychophysik werde auch in dieser Hinsicht ein bis jetzt noch vermisstes Licht geben; nicht, dass sich nicht allgemeine Gedanken darüber schon jetzt entwickeln liessen. Aber um zu etwas Sicherem zu führen, wird vorher noch Manches in diesem Felde Seitens der Thatsachen wie der psychophysischen Gesetze sicher gestellt sein müssen, was zur Zeit noch nicht sicher steht.

Dass die Traumvorstellungen Reflexe in das Gebiet der äusseren Muskelthätigkeit und äusseren Sinnesempfindungen mitführen können, geht einerseits daraus hervor, dass Schlafende nicht selten in Folge von Träumen sich bewegen, anderseits, dass nach mehrfachen Angaben lebhafte Traumvorstellungen selbst nach dem Erwachen noch als Nachbilder, Nachempfindungen fortbestehen können. Mehrere eigene und fremde Erfahrungen der Art, Gesichts-, Gehörs-, Geschmackssinn betreffend, berichtet Gruithuisen in s. Beiträgen z. Physiognosie und Eautognosie. 1812. S. 237 ff. u. 256, welche Burdach in s. Physiologie III. S. 465 und J. Müller in s. Schrift über phant. Ges. S. 36 zum Theil reproducirt hat. Folgende Beispiele eigener Erfahrung theilt H. Meyer in s. Physiologie der Nervenfaser S. 309 mit.

»Ich gieng im Traume in einem finsteren, engen Thale neben einem Kanale hin, in welchem das Wasser trübe und schwarz floss; da kam plötzlich ein kleiner hellgelber Mops und bellte mich heftig an, indem er mich immer zu beissen drohte; ich wehrte denselben ab, indem ich mich, wie er auch herumsprang, immer nach seiner Seite kehrte; darüber erwachte ich, es war bereits ziemlich helle Morgendämmerung, und ich sahe noch längere Zeit das deutliche schwarze Nachbild des Mopses vor meinen Augen schweben.

Ein ander Mal träumte mir von einer Gesellschaft; das Gewirre war bunt und die Bedienten liefen mit den Theebretern hin und her; ich fasste gerade einen, welcher mit grosser Behendigkeit zur Thüre hinaus gieng, ins Auge, da wachte ich auf, es war schon dämmerig, und ich sahe noch längere Zeit das dunkle Bild des Bedienten, welcher in etwas vorgebogener Stellung das Theebret hielt, vor mir.

Eine gleiche Erscheinung hatte ich von einem Kapuziner, der eine Pistole in der Hand hielt.

Diese Nachbilder erschienen mir alle als dunkle Schatten mit etwas verwaschenen Rändern.«

Hienach dürfte auch der wesentliche Unterschied der unwillkührlichen, leicht in Träume übergehenden, Hallucinationen vor dem Einschlafen von den willkührlich erzeugten Sinnesphantasmen des Abschnittes *a)* nur darauf beruhen, dass jenes Reflexe aus dem Sitze, welchen der Gipfel der psychophysischen Hauptwelle unter der Schwelle im Schlafe einnimmt, dieses aus dem Sitze des Gipfels über der Schwelle im Wachen in die Sinnessphäre hinein sind, von welchen erstere selbst schon bei Annäherungen an den Schlaf erfolgen könne. So erklärt sich, dass jene unwillkührlich mit phantastisch traumartigen Bildern, auch wenn sie noch nicht Träume sind, in das wache Leben hineinspielen, indess diese durch Willkühr und Association nach den Gesetzen des Wachens bestimmt sind.

XLV. Psychophysische Continuität und Discontinuität. Psychophysischer Stufenbau der Welt. Anknüpfungspunct der Psychophysik an Naturphilosophie und Religion.

Als gewissen Ausgangspunct der folgenden, am Schlusse sich in ferne Aussichten verlierenden, Betrachtungen sehe ich folgenden allgemeinen Satz an, der sich durch die hinzuzufügenden Thatsachen zugleich zu erläutern und zu begründen haben wird, stillschweigend auch schon früher vorausgesetzt worden ist und vorausgesetzt werden musste, sofern die Thatsachen überall keine andere Deutung und Verwerthung zulassen, als unter seiner Voraussetzung.

Das psychisch Einheitliche und Einfache knüpft sich an ein physisch Mannichfaltiges, das physisch Mannichfaltige zieht sich psychisch ins Einheitliche, Einfache oder doch Einfachere zusammen. Oder anders: das psychisch Einheitliche und Einfache sind Resultanten physischer Mannichfaltigkeit, die physische Mannichfaltigkeit giebt einheitliche oder einfache Resultanten.

Das psychisch Einheitliche und Einfache sind insofern unterschieden, als das Einheitliche selbst noch die Verknüpfung einer unterscheidbaren Mehrheit ist, woraus aber das Bewusstsein der Verknüpfung oder verknüpfende Bewusstsein als etwas identisch Einfaches abstrahirbar ist, wie man sich an der Einheit des Bewusstseins, der Einheit einer Idee oder eines Begriffes erläutern kann, indess das schlechthin Einfache keine unterscheidbare Mehrheit mehr einschliesst, und nur Element für Verknüpfungen, aber nicht selbst mehr Verknüpfung von Einfacherem ist, wozu eine einfache Ton-, Farben-, Geruchsempfindung Beispiele gewähren.

Untriftig hat man oft die abstracte Einfachheit des Bewusstseins mit einer Einfachheit der ganzen concreten Seele verwechselt, nutzlos meines Erachtens durch ein einfaches hinterwirkliches Seelenwesen hypostasirt.

Denselben Satz habe ich im 37. Kapitel mit anderer Richtung der Auffassung auch so ausgesprochen, dass der Geist, die Seele, das verknüpfende Princip für die körperliche Zusammenstellung und Auseinanderfolge sei, unter Hinweis (S. 388), wie beide Ausdrucksweisen im Factischen zusammentreffen, so dass es hier wie früher gleichgültig sein kann, welcher man sich bedienen will.

Die Thatsachen, als deren Zusammenfassung ich sie betrachte, und in deren Sinne sie zu verstehen sind, sind folgender Art.

Die identische Einheit des Bewusstseins knüpft sich an ein zusammengesetztes körperliches System; und die Gründe, welche im 37. Kapitel (über den Sitz der Seele) dargelegt sind, gestatten factisch nicht, dieses blos als äussere Hülle eines einfachen Seelensitzes anzusehen. Mit beiden Gehirnhälften denken wir nur einfach, mit den identischen Stellen beider Netzhäute sehen wir nur einfach; dem einfachsten Gedankengange liegt nach den zusammengesetzten Anstalten in unserem Gehirne ein sehr zusammengesetzter Process unter; die einfachste Licht- oder Schallempfindung knüpft sich an Vorgänge in uns, die als angeregt und unterhalten durch äussere Oscillationsvorgänge, auch selbst irgendwie oscillatorischer Natur sein müssen, ohne dass wir etwas von den einzelnen Phasen und Oscillationen unterscheiden. Die unsäglich mannichfaltigen einfachen Geruchs- und Geschmacksempfindungen würden sich psychophysisch nicht repräsentiren lassen, wenn wir nicht einfache Resultanten verschieden zusammengesetzter Processe darin sehen wollten, welche sich nach dieser Zusammensetzung verschieden qualificiren.

So gewiss es hienach ist, dass einheitliche und einfache psychische Resultanten an physischer Mannichfaltigkeit hängen, so gewiss ist von der anderen Seite, dass nicht alles physisch Zusammengesetzte, selbst wenn es einem in sich zusammenhängenden körperlichen Systeme angehört, in eine einfache psychische Resultante zusammengeht. Ob nicht doch in eine einheitliche, ist Glaubenssache, denn man kann fragen, ob nicht schliesslich die ganze Welt eine einheitliche psychische Resultante gebe; dann fehlt uns aber wenigstens das Bewusstsein dieser Einheit.

Zuvörderst unterscheiden sich verschiedene Bewusstseinsgebiete in den verschiedenen Menschen und Thieren, ungeachtet ihre Leiber Theile desselben allgemeinen Systemes materieller Puncte sind, das wir kurz Natur nennen. Dann weiter unterscheiden sich in jedem Menschen und Thiere die verschiedenen Sinnesgebiete, und im Felde des Gesichtes und Getastes können wieder mehrere gleichzeitige Empfindungen unterschieden, auch solche Unterschiede in der Erinnerung reproducirt werden.

Ueberhaupt befasst das Seelenleben jedes Menschen und Thieres eine unzählige Menge theils coexistirender, theils successiver unterscheidbarer Phänomene, ungeachtet doch das ganze körperliche System und Leben desselben räumlich und zeitlich in sich zusammenhängt.

Der Kürze halber mögen wir die beiden Fälle, um deren Unterscheidung es sich hier handelt, als psychophysische Continuität und Discontinuität unterscheiden. Continuität, sagen wir, findet statt, sofern eine physische Mannichfaltigkeit eine einheitliche oder einfache psychische Resultante giebt, Discontinuität, sofern sie eine unterscheidbare Mehrheit von solchen giebt. Insofern aber in der Einheit eines allgemeineren Bewusstseins oder Bewusstseinsphänomenes selbst noch eine unterscheidbare Mehrheit vorhanden ist, schliesst die Continuität eines allgemeineren Bewusstseins die Discontinuität besonderer Phänomene nicht aus.

Eine der wichtigsten Fragen und Aufgaben der Psychophysik ist nun die, die Gesichtspuncte festzustellen, unter welche der Fall der psychophysischen Continuität und Discontinuität tritt.

Woran hängt es, dass die verschiedenen Organismen ein geschiedenes Bewusstsein haben, ungeachtet ihre Leiber so gut durch die allgemeine Natur zusammenhängen, als die Theile jedes Organismus unter sich, die doch zu einem einheitlichen Bewusstsein zusammenstimmen. Unstreitig kann man sagen, der Zusammenhang der Theile in einem Organismus sei inniger, als der der Organismen in der Natur. Aber was heisst ein innigerer Zusammenhang? lässt sich auch an eine Relation ein absoluter Unterschied knüpfen? Und zeigt nicht die Natur im Ganzen so gut die Charaktere einer festen, ja noch unlösbareren, Verknüpfung, als jeder Organismus in ihr? Dieselben Fragen wiederholen sich innerhalb jedes Organismus. Woran hängt es, dass wir mit verschiedenen Gesichts- und Tastnervenfasern verschiedene Raumpuncte unterscheiden, indess Alles, was durch dieselbe Faser eintritt, ununterschieden bleibt; ungeachtet doch die verschiedenen Nervenfasern so gut im Gehirne zusammenhängen, als die Theile derselben Nervenfaser unter sich? Wieder kann man einen innigeren Zusammenhang der letzteren geltend machen, aber wieder werden sich ähnliche Gegenfragen als oben bezüglich der ganzen Organismen wiederholen.

Unstreitig ist die Aufgabe, welche hier für die Psychophysik vorliegt, bis jetzt noch keiner scharfen Lösung fähig, doch lässt sich ein allgemeiner Gesichtspunct dafür wohl aufstellen, und zwar in consequentem Zusammenhange mit dem, welcher über die Beziehung zwischen den allgemeinen und besonderen Bewusstseinsphänomenen im 42. Kapitel aufgestellt worden ist. Daher erläutere ich denselben auch an dem dort gebrauchten Schema, was der abstracten Darstellung um so mehr vorzuziehen sein wird, als das Schema selbst von einer Seite so bestimmt, von anderer Seite so unbestimmt ist, als unsere Kenntniss von den Bedingungen der Frage.

Wenn sich zwischen den verschiedenen Organismen jene Continuität des Bewusstseins unterbrochen zeigt, vermöge deren sich eine Vielheit von Sonderphänomenen in derselben Seeleneinheit verknüpft; ungeachtet doch alle Organismen durch die allgemeine Natur zu einem einzigen Systeme verknüpft sind, so kann diess nur darauf geschoben werden, dass die psychophysische Thätigkeit sich zwischen ihnen nicht in derselben Weise durch die Natur forterstreckt, als in ihnen, sei es, dass sie in der äusseren Natur, oder selbst schon über jedes Nervensystem hinaus, überhaupt fehlt oder dass sie unter die Schwelle sinkt, was unter dasselbe Princip tritt, sofern ein Aufhören der psychophysischen Thätigkeit nur die grösstmögliche Tiefe unter der Schwelle bedeutet.

Insofern wir nun jedes System psychophysischer Thätigkeit, was durch ein allgemeines oder Hauptbewusstsein verknüpft ist, durch eine Welle, Hauptwelle darstellen können, welche mit ihrem Gipfel eine gewisse Grenze, die Schwelle, übersteigt, werden wir den physischen Zusammenhang aller psychophysischen Systeme durch die Natur mit ihrer psychophysischen Discontinuität zugleich dadurch darstellen können, dass wir alle Wellen in Zusammenhang verzeichnen; aber nicht oberhalb, sondern unterhalb der Schwelle zusammenhängen lassen, nach diesem Schema:

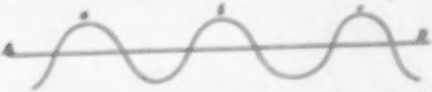

Hier stellen *a*, *b*, *c* drei Organismen oder vielmehr die psychophysischen Hauptwellen dreier Organismen vor, *AB* die Schwelle. Was von jedem Wellenberge die Schwelle überragt, hängt in sich zusammen und trägt ein einiges Bewusstsein; was unter der Schwelle ist, trennt als Unbewusstsein tragend das Bewusstsein, indess es doch noch die physische Verbindung dazwischen unterhält.

Allgemein: wenn eine psychophysische Hauptwelle oberhalb ihrer Schwelle in sich zusammenhängt, so findet Einheit, Identität des Hauptbewusstseins statt, indem dann der Zusammenhang der psychischen Phänomene, welcher den Theilen dieser Welle zugehört, auch in das Bewusstsein fällt. Wenn hingegen Hauptwellen nicht oder nur unter der Schwelle zusammenhängen, so findet Scheidung des zugehörigen Bewusstseins statt, indem dann ein Zusammenhang des Bewusstseins für das Bewusstsein nicht vorhanden ist. Oder kurz: das Hauptbewusstsein ist continuirlich oder discontinuirlich, einheitlich oder discret, je nachdem die psychophysischen Hauptwellen, die ihm unterliegen, continuirlich oder discontinuirlich oberhalb ihrer Schwelle sind.

Unter denselben Gesichtspunct als der Fall der durch die äussere Natur geschiedenen Organismen tritt der zuweilen vorgekommene Fall zusammengewachsener Menschen, deren Gehirn nicht zusammenhängt, sofern die Hauptwelle ihrer psychophysischen Thätigkeit unstreitig nur innerhalb ihres Nervensystemes oder selbst nur Gehirnes oberhalb der Schwelle ist, durch den übrigens verwachsenen Organismus also nur unterhalb der Schwelle zusammenhängt.

Es würde hinreichen, den ganzen Wellenzug *a*, *b*, *c*... im Schema zu erheben, so dass die Wellenthäler in der Natur mit den Bergen zugleich über die Schwelle träten, so würden sie nur noch Einsenkungen eines und desselben oberhalb der Schwelle continuirlichen Wellenzuges bilden, und die Discontinuität des Bewusstseins in der Natur würde sich in Continuität verwandeln. Das können wir nicht verwirklichen. Es würde auch hinreichen, die Berge so zusammenzuschieben, dass die Thäler wegfielen, und die Berge oberhalb der Schwelle confluirten; so würden die discret empfindenden Organismen zu einem einheitlich empfindenden Organismus werden. Auch das kann der Mensch nicht willkührlich verwirklichen; er ist aber selbst die Verwirklichung davon. Seine zwei Hälften, die rechte und linke, sind in dieser Weise verbunden; und die Menge Segmente eines Stralthieres und anderer theilbarer Thiere beweisen, dass noch mehrere dergleichen so verbunden sein können. Man braucht sie in der That blos wieder zu trennen, d. h. einen Theil der Natur unter der Schwelle zwischen sie einzuschieben, so zerfallen sie auch wieder in zwei für sich empfindende Wesen.

Zum Anhalte für die Vorstellung, wie sich die Phänomene bei solchen Trennungsversuchen darstellen, theile ich hier einige Beobachtungen Bon-

net's*) aus seiner Abhandlung »Observations sur quelques espèces de vers d'eau douce, qui coupés par morceaux, deviennent autant d'animaux complets« mit.

Bonnet beschreibt das Thier, an dem er seine Versuche angestellt, ohne einen naturhistorischen Namen dafür anzugeben; **Treviranus** (die Ersch. u. Ges. d. org. Leb. I. 57. 59) bezeichnet es als bunte Naide (Nais variegata oder Lumbricus variegatus Müll.).

p. 178. »J'avois partagé un pareil ver en deux parties. Je fis cette opération le 3. de Juin 1741. — Immédiatement après je mis les deux moitiés dans une espèce de tasse de verre, de trois à quatre pouces de diamètre sur un pouce ou environ de profondeur. Je ne les perdis presque pas de vue: je remarquai que la première moitié, celle où tenoit la tête, se mouvoit comme à l'ordinaire. Mais ce qui me parut bien autrement remarquable, c'est que l'autre moitié qui n'avait point de tête, se mouvoit presque comme si elle en avoit eu une. Elle alloit en avant en s'appuyant sur l'extrémité antérieure de son corps; elle avançoit même avec assez de vitesse. On voyoit que ce n'étoit point un mouvement sans direction, un mouvement produit par une cause telle que celle qui fait mouvoir la queue d'un Lezard après qu'elle a été separée du tronc, mais un mouvement très-volontaire. On l'observoit se détourner à la rencontre de quelque obstacle, s'arrêter, puis se remettre à ramper. Lorsque les deux moitiés venaient à se rencontrer, c'étoit comme si elles n'eussent jamais formé un même insecte: elles ne paroissoient ni se chercher, ni se fuir. Chacune tiroit de son côté: ou si elles alloient de compagnie vers le même endroit, la première devançoit ordinairement la seconde. Mais celle-ci ne montroit jamais mieux une sorte de volonté, que lorsque je l'exposois au soleil: elle hâtoit alors considérablement sa marche.«

»Deux jours s'étant écoulés, je crus devoir mettre dans la tasse un peu de terre et de lentille aquatique. La première moitié ne tarda pas à s'y enfoncer: mais la seconde se contenta de se cacher entre les menues racines de la lentille: Dans ce temps-là j'observois au bout antérieur de cette moitié une espèce de petit renflement, une sorte de bourlet analogue à celui qui vient à une branche d'arbre dont on a enlevé circulairement une portion d'écorce: je ne le distinguai pas si bien à l'extrémité postérieure de l'autre moitié. Ce bourlet sembloit lui donner plus de facilité pour ramper, elle ne paroissoit plus craindre autant le frottement.«

»Le lendemain j'apperçus à la coupe de chaque moitié un petit accroissement reconnoissable par la différence de couleur, qui etait là beaucoup plus claire que dans le reste du corps. Les jours suivans tout devint plus sensible. Enfin au bout d'environ une semaine, chaque moitié fut un ver complet. La tête qui avoit poussé à la seconde, étoit précisément telle, quant à la forme, que celle de la première, et capable des mêmes fonctions; et la nouvelle queue de celle-ci, en tout semblable à celle de la seconde moitié; le coeur, l'estomac, les intestins, etc. s'étoient prolongés dans l'une et dans l'autre; de nouveaux anneaux avoient poussé à la suite des anciens. En un mot, tout ce que le premier ver faisoit avant que d'avoir été partagé, nos deux vers qui en étoient provenus, le faisoient pareillement; même agilité, mêmes inclinations, même façon de vivre, de se nourrir.«

---

*) Oeuvres d'hist. nat. T. I. 1779. p. 167 ff.

p. 241. »Tout cela, quoique fort remarquable, ne l'est pas néanmoins autant que ce que j'ai observé sur de semblables vers, peu de temps après leur avoir coupé la tête. Je les ai vus, à mon grand étonnement, s'enfoncer dans la boue en se servant de leur bout antérieur comme d'une tête, pour s'y frayer un chemin. J'ai vu le ver no. 9. de la Tab. II. ramper le long des parois du vase de verre, où je le tenois renfermé, et faire effort pour en sortir, quoiqu'il n'eût ni tête ni queue.«

p. 183. *Bonnet* wiederholte nachher diese Versuche so, dass er die Thiere, statt blos in zwei, in drei, in vier, in acht, in zehn, in vierzehn Theile theilte, und alle oder fast alle, reproducirten Kopf und Schwanz; einmal selbst geschahe diess bei einem in sechzehn Theile getheilten Thiere. Ueber die Weise der Lebensäusserungen der Stücke bis zur Reproduction ist aber nichts angegeben.

p. 191. So wie Knochen, wenn einmal die Verknöcherung bis zu einem gewissen Puncte gediehen ist, nur noch an ihren Enden wachsen, fand auch *Bonnet* nach mehreren Beobachtungen, dass die Stücke des getheilten Thieres sich nur durch Sprossen an den Enden, nicht durch inneres Wachsthum wieder zur früheren Grösse ergänzen.

p. 218. »Man kann dasselbe Thier wiederholt um Kopf oder Schwanz verkürzen; es erfolgt immer Wiedererzeugung, doch gelang es *Bonnet* nicht, diess über 16mal bei demselben Thiere zu treiben.«

p. 223. Kopf und Schwanz, wenn man sie zu nahe am Körper abschneidet, reproduciren sich niemals. »Je suis maintenant si persuadé, que ni l'une ni l'autre de ces parties ne sauroient devenir des animaux parfaits, que je le regarde comme un principe dans cette matière, d'où je crois pouvoir tirer cette conséquence, que la source de reproduction ne réside pas dans tout le corps de ces vers, mais que si l'on fait la section à une distance de l'une ou de l'autre extrémité, qui soit moindre qu'une ligne et demie, la partie coupée périra sans se reproduire.« Hingegen reproducirten sich Stücke von ⅓ bis ⅔ Linie, zwischen diesen beiden Puncten genommen, zu Thieren, denen nichts fehlte.

Die Gesammtheit der Thatsachen, welche sich auf diese Verhältnisse der Verbindung und Trennung beziehen, führt zu folgendem allgemeinen Satze, welcher in das hineintritt, was im 37. Kapitel über die solidarische Ergänzung und Vertretung der Körpertheile im Dienste der Seele gesagt wurde.

Wenn ein psychophysisches System sich aus einer Mehrheit von gleichen Theilen, Segmenten zusammensetzt, die oberhalb der Schwelle zusammenhängen, so geben sie in ihrer Verbindung eine einheitliche psychische Leistung *derselben Art*, als jeder für sich zu geben vermöchte, unterstützen sich also in derselben Leistung, so lange sie oberhalb der Schwelle zusammenhängen, und geben dieselbe einheitliche Leistung jeder für sich nur mit verminderter Stärke, die unter Umständen unter die Schwelle fallen kann, wenn sie so getrennt werden, dass sie nicht mehr oberhalb der Schwelle zusammenhängen.

In der That ist diess nur der Ausdruck der Thatsachen, die man an theilbaren Thieren beobachtet, in soweit man die natürlichste Deutung ihrer Lebensäusserungen vor und nach der Theilung gelten lässt. Dass die getrennten Theile bei gleicher Art der psychischen Leistung solche doch nicht in gleicher Stärke als vorher das ganze Thier geben, lässt sich aus der im Allgemeinen geringeren Energie ihrer Lebensäusserungen schliessen, die unter Umständen bis zum Absterben gehen kann, bis es gelungen ist, die abgetrennte Hälfte durch Reproduction zu ersetzen, wozu alle theilbaren Thiere befähigt sind.

Dasselbe, was die Versuche mit völliger Theilung von Thieren lehren, lehren die Versuche mit Abspaltung oder Zerstörung blos einer Hirnhälfte. In der That gewährt jede Hirnhälfte nach Abtrennung oder Zerstörung der andern, falls das Leben überhaupt fortbesteht, noch dasselbe Bewusstsein, wie die Versuche von Flourens an Thieren, sofern ihr Bewusstseinszustand nach ihren Aeusserungen beurtheilbar ist, und approximative pathologische Erfahrungen an Menschen gelehrt haben, nur mit leichterer Ermüdung, als wenn die wechselseitige Unterstützung stattfindet, wie man aus einigen merkwürdigen Erfahrungen schliessen kann.

Ferrus berichtet von einem Generale, der durch eine Verwundung einen grossen Theil des linken Scheitelbeines verloren hatte, was eine beträchtliche Atrophie der linken Hirnhemisphäre nach sich zog, die sich äusserlich durch eine enorme Depression des Schädels kund gab. Dieser General zeigte noch dieselbe Lebhaftigkeit des Geistes, dasselbe richtige Urtheil als früher, konnte sich aber geistigen Beschäftigungen nicht mehr hingeben, ohne sich bald ermüdet zu fühlen. Longet sagt bei Mittheilung dieser Erfahrung, er habe einen alten Soldaten gekannt, der sich ganz in demselben Falle befände. (Longet, Anat. et physiol. du syst. nerv. I. 670.)

Diese wie die folgenden Beispiele sind gewissermassen pathologische Wiederholungen der, von Flourens an Thieren angestellten, physiologischen Versuche am Menschen, und können dienen zu beweisen, dass in der That für Menschen und Thiere in dieser Hinsicht ganz dieselben Verhältnisse gelten.

»Diemerbroeck*) erzählt von einem Mädchen, welchem die ganze rechte Hirnhälfte durch den Fall eines schweren Steines zerstört wurde, und bei welchem noch 36 Stunden lang das psychische und das sensorielle Leben sich ungestört zeigte. Einen ähnlichen Fall erzählt Roloff**) von einem Weibe, bei welchem man bei der Section bedeutende Zerstörungen der linken Hirnhälfte fand, während die rechte Hemisphäre ganz normal war; bei diesem Individuum waren die psychischen Functionen nicht im Mindesten getrübt .... Bei einer alten Frau, welche an Lungenentzündung starb, fand man die linke Gehirnhälfte vollkommen gesund, die rechte aber fast in allen ihren einzelnen Theilen atrophirt, und dieses Weib hatte nie an der geringsten psychischen Störung gelitten***).« (Friedrich's Handb. 60.) Longet berichtet von einem 29jährigen Manne, dessen geistige Kräfte keine merkliche Abweichung darboten, ungeachtet die ganze rechte Hemisphäre des grossen Gehirns, mit Ausnahme der Basaltheile, fehlte. (Longet, Anat. et Physiol. du syst. nerv. 1842. I. 600.) — Neumann führt einen Fall an, in welchem eine Kugel eine ganze Hemisphäre zerstört hatte, ohne die Besinnung zu rauben. (Neumann, von den Krankheiten des Gehirns des Menschen. Coblenz 1833. S. 60.) — Abercrombie berichtet von einer Frau, bei welcher die Hälfte des Gehirns in eine krankhafte Masse aufgelöst war, und die dennoch, eine Unvollkommenheit des Sehens abgerechnet, alle ihre geistigen Vermögen bis zum letzten Augenblicke behielt, so dass sie noch einige Stunden vor ihrem Tode einer fröhlichen Gesellschaft in einem befreundeten Hause beiwohnte. (Abercrombie, inquiries etc.) — Ein Mann, dessen O'Halloran erwähnt, erlitt eine solche Verletzung am Kopfe, dass ein grosser Theil der Hirnschale auf der rechten Seite weggenommen werden musste; und da eine starke Eiterung eingetreten war, so wurde bei jedem Verbande durch die Oeffnung eine grosse Menge Eiter mit grossen Quantitäten des Gehirns selbst entfernt. So geschahe es 17 Tage hindurch, und man kann berechnen, dass fast die Hälfte des Gehirns, mit Materie vermischt, auf diese Weise ausgeworfen wurde. Dessenungeachtet behielt der Kranke alle seine Geisteskräfte bis zu dem Augenblicke seiner Auflösung, so wie auch während dieses ganzen Krankheitszustandes seine Gemüthsstimmung ununterbrochen ruhig war

Es verhält sich mit beiden Hirnhemisphären factisch eben so wie mit zwei Pferden, die vor einen und denselben Wagen gespannt sind. Man kann das eine Pferd ausspannen und der Wagen geht noch in demselben Sinne wie früher fort, nicht minder das andere, und hienach könnte man meinen, sie seien beide gleich überflüssig für den Gang des Wagens; der Wagen würde auch noch gehen, wenn man beide ausspannt. Aber dann steht er still;

---

*) Anat. lib. III. cap. 9.

**) Nasse's Zeitschr. 1823. Heft 3. S. 172.

***) Bell, in d. revue médic. Mai 1824.

und auch während beide am Wagen sind, sind sie nicht blos da, sich für etwaigen Wegfall des andern zu vertreten, sondern auch sich in dem Zuge zu unterstützen; denn spannt man das eine aus, so geht der Wagen träger, oder wenn etwa noch gleich schnell wegen stärkern Antriebes des einen Pferdes, doch mit minderer Dauer.

Für den ersten Anblick muss es freilich sehr paradox erscheinen, dass Wegfall oder Zerstörung einer ganzen Hemisphäre des Gehirnes den normalen Gang des Seelenlebens so wenig oder gar nicht benachtheiligt, indess viel kleinere Schädigungen auf einer Seite oder nicht correspondirende Schädigungen auf beiden Seiten des Gehirnes oft die grössten Störungen darin hervorrufen. Aber auch diess erklärt sich leicht aus der Solidarität, in der die Thätigkeit der Hemisphären bezüglich ihrer psychischen Leistungen steht und lässt sich an dem nur eben gebrauchten Bilde erläutern. Wenn von zwei Pferden vor einem Wagen das eine wild oder lahm durch einen localen Schaden wird, so wird der Gang des andern mit gestört, weil sie eben nur in Verbindung ziehen können; spannt man das wilde oder lahme ganz aus, so hört die Störung auf, und geht blos der Wagen schwächer; daher unstreitig manche *Geistesstörungen* durch Amputation eines Theiles des Gehirns eben so gehoben werden könnten, als man manche andere Schäden durch Amputation des schadhaften Theiles hebt, liesse sich anders die Operation ohne Gefahr für das Leben ausführen.

Inzwischen, was wir nicht willkührlich vornehmen können und mögen, kann wieder durch äussere oder innere von unserer Willkühr unabhängige Umstände erfolgen. So gehören wahrscheinlich hieher die nicht zu selten vorkommenden Fälle, dass der Wahnsinn kurz vor dem Tode aufhört, indem der Tod die kranken Theile des Gehirns, welche durch ihren Zusammenhang mit gesunden eine Störung des geistigen Lebens bewirken, vor den gesunden zerstört. Auch ist diess im Wesentlichen die Erklärung, welche Friedreich, in dessen Handb. d. allg. Pathol. der psych. Krankh. S. 497 mehrere Fälle dieser Art zusammengestellt sind, davon giebt.

Noch directer können hieher einige merkwürdige Fälle bezogen werden, wo die Verwundung des Gehirns mit Verlust von Gehirnsubstanz vortheilhaft für die Intelligenz gewesen zu sein scheint. Es ist sehr wahrscheinlich, dass der Vortheil hiebei aus demselben Gesichtspuncte zu betrachten ist, den das Trepaniren hat, sofern nämlich mit Verminderung der Gehirnsubstanz ein nachtheiliger Druck, den das Gehirn wahrscheinlich vorher erlitt, recht wohl vermindert werden konnte, der die geistigen Vermögen vorzugsweise beeinträchtigt. In der That litten die Individuen, bei denen dieser vortheilhafte Erfolg vom Verluste der Hirnsubstanz beobachtet ward, vorher an Kopfschmerz, Stumpfsinn oder träumerischem Wesen, was Alles sehr wohl von einem Drucke auf das Gehirn abhängen konnte.

Ich habe 4 Fälle, die hieher gehören, gefunden, einer ist in den Nov. Act. nat. cur. II. 364; ein anderer in the north-americ. med. surg. Journ. 1830. Jan. p. 213; ein dritter in Carresi selecta, Siena 1830. dec. IX; ein vierter in l'Institut. 1836. no. 134 mitgetheilt.

Man übersieht leicht, wie der Fall der Zerstörung einer Hirnhälfte mit der Spaltung eines Thieres zusammenhängt. Ob die einander gleichen Segmente des psychophysischen Systems hinter oder neben einander liegen, ist nur ein unwesentlicher Unterschied, und ob das abgespaltete Stück zerstört wird oder nicht, ist für das überlebende ebenfalls gleichgültig. Es findet nur der Unterschied statt, dass beim Menschen nicht eben so wie bei den niedern Thieren eine volle Trennung des ganzen Systems in der Art, dass beide Theile fortleben, stattfinden kann. Im Uebrigen stimmen beide Fälle darin überein, dass vor der Spaltung die beiden Theile des Geschöpfes in Eins empfinden, und sich in der psychischen Leistung unterstützen, aber auch der eine Theil den einen andern missen kann, und doch noch dieselbe, nur schwächere, psychische Leistung als vorher giebt.

Unstreitig gehört der organische Zusammenhang der Theile selbst zu den Bedingungen, die zur lebendigen Erhaltung jedes einzelnen, und mithin auch zur Erhaltung der psychophysischen Thätigkeit über der Schwelle darin, beitragen, aber in den höhern Geschöpfen ist diese Solidarität viel stärker als in den niedern.

Könnten beide Hälften eines in der Längsmittellinie getheilten Menschen überhaupt noch fortleben, d. h. die psychophysischen Thätigkeiten noch in beiden Hälften über der Schwelle fortbestehen, so würden wir unstreitig eben so gut die Verdoppelung einer Menschen- als Thierseele durch die Trennung der sich seitlich entsprechenden und vertretenden Hälften erzielen können, als wir sie bei Thieren durch Trennung der hintereinander liegenden sich entsprechenden Segmente zu erzielen im Stande sind.

Es wäre jedoch müssig, viel darüber nachzudenken, wie sich die beiden Hälften eines getheilten Menschen beim Fortleben verhalten würden, da der Fall nicht zu verwirklichen ist. Unstreitig würden sie mit gleichem Gemüthszustande, gleichen Anlagen, Kenntnissen, Erinnerungen, gleichem Bewusstsein überhaupt beginnen, nach Massgabe aber, als sie in verschiedene Verhältnisse kämen, sich verschieden entwickeln.

Man scheint bisher in Verlegenheit gewesen zu sein, unter welchen Gesichtspunct man die Erfolge der Spaltungsversuche an niedern Thieren fassen soll. Offenbar entstehen zwei Seelen aus einer durch Theilung des Körpers, an dem vorher die eine Seele hing. Also scheint sich der Vorgang nicht anders fassen zu lassen, als dass die Seele mit dem Körper in zwei getheilt wird. Aber der Begriff der Einfachheit der Seele widersprach; und ich habe schon S. 413 angeführt, wie man Seitens der auf diesem Begriffe fussenden Ansicht vom einfachen Seelensitze es vorgezogen hat, statt einer Theilung der Seele das Erwachen einer neuen Seele in der einen der getrennten Hälften anzunehmen, aber auch angegeben, was hindert, dieser Auffassung sich zu fügen.

Die Sache ist die, dass man mit der abstracten Kategorie der Einfachheit nicht ausreicht, die wesentlichen Verhältnisse, unter welche die Seele treten kann, zu decken. So einfach man die Seele nennen mag, so ist doch gewiss, dass die Intensität ihres Bewusstseins zunehmen und abnehmen kann, auf die Hälfte herabkommen, und auf das Doppelte steigen, und ganz unter den Nullpunct sinken kann. Hienach kann man einfach und das Thatsächliche scharf bezeichnend sagen; die Seele wird bei jener Spaltung des Körpers der Zahl nach verdoppelt, der Intensität nach getheilt, doch mit der Möglichkeit des Wiederersatzes des Intensitätsverlustes, den jede durch Abspaltung erlitten hat, wenn die Reproduction ihres Trägers gross genug ist.

Es kann auch der Fall sein, dass von beiden getrennten Theilen blos der eine oberhalb der Schwelle bleibt, der andere ganz darunter sinkt; dann lebt blos der eine fort; so, wenn man ein Stück vom Gehirne abschneidet; oder dass beide durch die Trennung anfangs unter die Schwelle sinken, aber sich allmälig wieder darüber erheben, dann tritt das getrennte Bewusstsein erst nach einiger Zeit ein: oder dass beide dauernd unter die Schwelle sinken; oder dass, wenn beide getrennte Theile psychophysisch verschieden sind, auch die Qualität des Bewusstseinszustandes für die getrennten Theile eine verschiedene wird.

Unter welchen der verschiedenen möglichen Fälle die Pflüger'schen und so viele verwandte Versuche treten, ob ein Kopf ohne Rumpf, ob ein Rumpf ohne Kopf bei höheren Thierklassen und dem Menschen noch eine Zeit lang empfinden könne, sind Fragen, die nach den Erörterungen im 37. Kapitel noch nicht sicher zu entscheiden sind. Wir wissen bisher weder, ob eine psychophysische Bewegung über der Schwelle bei irgend einem lebenden Geschöpfe in das Rückenmark hineinreichen kann, noch ob sie sich nach Trennung vom Kopfe darüber erhalten kann, noch welche Verschiedenheiten etwa zwischen verschiedenen Thierklassen bestehen: und so sinnreich die angestellten Versuche und darüber gepflogenen Erörterungen sind, so bleibt immer noch die Möglichkeit verschiedener Auslegung übrig.

Zu den Spaltungsvorgängen, welche eine extensive Verdoppelung der Seelen zur Folge haben, gehört die Geburt des Menschen und der höheren Thiere. Nur kommt diese Verdoppelung hier nicht dadurch zu Stande, dass zwei ähnliche Theilsysteme, die über der Schwelle zusammenhängen, getrennt werden, sondern dass ein solches unter der Schwelle, der Organismus des Kindes, von einem solchen über der Schwelle getrennt wird, und durch die Trennung selbst über die Schwelle tritt. Die Reize der Aussenwelt gehören nämlich zu den Bedingungen, welche ein sonst dazu disponirtes System über die Schwelle zu heben vermögen, wie das Erwecken aus dem Schlafe beweist, daher das abgetrennte Kind, ungeachtet ihm durch Trennung des Zusammenhanges mit der Mutter eine Lebensbedingung entzogen wird, doch erst mit dieser Trennung zu erwachen vermag. Bei niederen Thieren tritt an die Stelle der Fortpflanzung durch Geburten zum Theil die freiwillige Spaltung des ganzen Organismus über der Schwelle, und der Unterschied zwischen beiden Fällen hat hienach auch nicht den Charakter eines absoluten.

So viel von den Verhältnissen der psychophysischen Continuität und Discontinuität des Hauptbewusstseins nach räumlicher Beziehung. Nun besteht aber für jedes Individuum im Besondern noch eine Continuität des Hauptbewusstseins durch die

Succession der Zeit, welche sich als Forterhaltung der Identität oder Einheit desselben durch den Zeitlauf ausspricht und den Zusammenhang einer Reihe successiver Phänomene in derselben Seele begründet. Hiebei kann man es auffallend finden, dass das zeitweise Sinken der Hauptwelle im Schlafe unter die Schwelle keine entsprechende Unterbrechung der Continuität des Hauptbewusstseins bei dem Individuum hervorruft, als das räumliche Sinken unter die Schwelle zwischen den Individuen, da sich vielmehr nach jedem neuen Erwachen das neue Bewusstsein in Continuität mit dem alten fühlt. Dieser Unterschied kann mit Wahrscheinlichkeit darauf geschrieben werden, dass die Oscillation jedes psychophysisch thätigen Punctes der Zeit nach continuirlich in sich bleibt, wogegen eine räumliche Continuität wegen der, von der exacten Naturwissenschaft statuirten und nothwendig zu statuirenden atomistischen Disposition der Materie an sich nicht stattfindet, daher auch nur insofern von einer Continuität der Welle oberhalb der Schwelle die Rede sein kann, als die Reihenfolge der psychophysisch thätigen Theilchen oberhalb der Schwelle nicht durch solche unter der Schwelle unterbrochen ist, wobei der Zukunft noch manche genauere Bestimmung zu machen übrig bleibt.

So wenig die Continuität des Hauptbewusstseins in der Zeit durch das Herabsinken der psychophysischen Hauptwelle im Schlafe unterbrochen wird, so wenig ist es der Fall durch den Uebergang auf ganz andere Materien, und durch den Wechsel der Formen, wie sich erfahrungsmässig dadurch beweist, dass der Organismus sich durch den Stoffwechsel fortgehends erneuert, und der Leib des Greisen im Allgemeinen aus ganz anderen und in anderen Formen zusammengefassten Materien besteht, als der des Kindes, ohne dass die Continuität des Hauptbewusstseins irgendwie dadurch unterbrochen wird. Ueberhaupt sind, so weit wir Erfahrungen darüber machen können, nur Möglichkeiten bekannt, dieses Continuum zeitweise unbewusst werden zu lassen, indem die Seele in Schlaf versinkt, aber nicht die Continuität aufzuheben, indem nach jedem Erwachen das frühere Bewusstsein sich identisch mit dem alten verknüpft, und das System aus der neuen Materie das frühere Bewusstsein identisch fortbehält.

Eine Bedingung besteht hiebei. Die Seele kann im Zeitlaufe von einem materiellen Systeme auf ein nach Stoff und Form ganz anderes übergehen; aber nicht überspringen; sondern die neuen Materien müssen in das alte psychophysische System eintreten, indess die alten austreten, wie im Stoffwechsel allmälig geschieht, oder die alte psychophysische Bewegung muss sich *in continuo* auf neue Materien überpflanzen, wie bei dem Wechsel der Aufmerksamkeit plötzlich geschieht.

Hieran lässt sich eine wichtige Folgerung knüpfen. Der Gedanke, dass wir im Uebergange zu einem künftigen Leben auf andere Planeten, die Sonne, oder in ferne Himmel versetzt werden, d. h. dass unser psychisches Leben sich fortan an das dort vorgehende physische Leben knüpfen werde, hat keinen Boden. Sondern, wenn es eine künftige Fortexistenz giebt, kann sie nur darauf sich gründen, dass die Hauptwelle unseres psychophysischen Systems, an der unser Hauptbewusstsein hängt, von dem Theile des irdischen Systems, an dem sie jetzt hängt, oder in dem sie jetzt die Schwelle übersteigt, auf einen andern Theil oder weitern Theil dieses Systems *in continuo* übergehe, welche Möglichkeiten zu discutiren jedoch hier nicht der Ort ist.

Die Continuitäts- und Discontinuitäts-Verhältnisse, welche für die Hauptwellen stattfinden, können sich für deren Oberwellen wiederholen, und hieran wird natürlicherweise die Unterscheidung und Nichtunterscheidung dessen, was im Bewusstsein ist, zu knüpfen sein. Eine Hauptwelle, die in sich oberhalb der Hauptschwelle *AB* zusammenhängt, kann doch Oberwellen tragen, die unterhalb ihrer Schwelle *A'B'* zusammenhängen; nach folgendem Schema:[*]

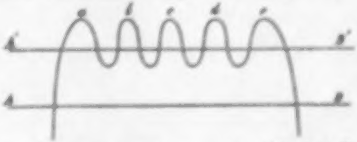

Dass alle Oberwellen *a*, *b*, *c* ... oberhalb derselben Hauptschwelle in einer Hauptwelle zusammenhängen, ordnet sie demselben Hauptbewusstsein ein und unter, dass sie aber zugleich discontinuirlich über ihrer eignen Schwelle sind, lässt sie innerhalb dieses Hauptbewusstseins unterscheiden.

---

[*] Dieses Schema stellt die Erhebung der Oberwellen über die Schwelle in gleicher Richtung mit der Erhebung der Unterwellen dar, wobei davon abstrahirt ist, dass Oberwellen eben so gut durch Bewegung in entgegengesetzter als gleicher Richtung mit den Unterwellen die Schwelle übersteigen können; worauf es hier nicht ankommt.

Schon früher (Kap. 34) habe ich diese Ansicht in Bezug auf die extensiven Empfindungen geltend gemacht. Bei intensiven, wie bei Tönen, durfte die Unterscheidbarkeit durch die Wirkung der Aufmerksamkeit daran hängen.

Wenn correspondirende Fasern der Netzhaut nur eine identische Empfindung geben, nicht zwei, wenn beide Gehirnhälften sich stets nur in einem Gedanken vereinigen, so werden sie, d. h. die Thätigkeiten in ihnen, nicht nur über der Hauptschwelle, sondern auch über der Oberschwelle zusammenhängen müssen.

Unstreitig hat die Vertheilung der psychischen Leistung auf zwei gleiche Hirnhälften beim Menschen und den höheren Thieren, und auf eine Mehrheit hintereinander liegender oder symmetrisch im Kreise geordneter ähnlicher Segmente bei den niederen Thieren, ihre wichtige teleologische Bedeutung, und es wird damit ein Beispiel zu den unzähligen Beispielen gefügt, die wir in der Einrichtung des Organismus finden können, dass mit geringstmöglichem Aufwande an Mitteln die grösstmöglichen Leistungen erzielt werden, und mit derselben Einrichtung eine Mehrheit von Zwecken zugleich erfüllt wird.

Denn diese Einrichtung erfüllt einmal den Zweck, dass Verletzungen nicht so leicht die psychische Integrität benachtheiligen können, indem ein Theil zur Vertretung und bei vielen Thieren selbst zur Anknüpfung des Wiederersatzes des anderen da ist; sie tritt zweitens bei niederen Thieren als eins der Mittel auf, die Seelen zu vervielfältigen, sie macht drittens nach den Principien, die im 21. Kapitel entwickelt sind, möglich, mit einem gegebenen Quantum psychophysischer Thätigkeit mehr zu leisten, als wenn es auf einen Punct oder in zu engem Raume concentrirt wirken müsste, wobei freilich vorausgesetzt, was noch nicht bewiesen ist, dass die für discret empfindenden Puncte gültigen Gesichtspuncte auch für die in continuo empfindenden gültig bleiben.

Schliessen wir die Betrachtungen, die wir in diesem und einem früheren Kapitel an unser Schema geknüpft haben, noch mit einigen Betrachtungen allgemeinster Natur ab, welche in Verbindung mit denen des folgenden Kapitels geeignet sein können, auf die grosse Tragweite der Psychophysik einen Vorblick thun zu lassen.

Unsere Hauptwellen, an denen unser Hauptbewusstsein hängt, tragen Wellen, an denen unsere besonderen Bewusstseinsphänomene hängen. Aber können nicht unsere Hauptwellen ihrerseits als Oberwellen einer grösseren Hauptwelle betrachtet werden? Physisch sind sie es wirklich, warum nicht auch psychophysisch? denn die gesammte Thätigkeit des irdischen Systemes ist unter dem Schema einer grossen Welle darstellbar, wozu die Thätigkeitssysteme der einzelnen organischen Geschöpfe nur als kleine Oberwellen gehören; und die Thätigkeitssysteme der einzelnen Weltkörper sind wieder nur Oberwellen des allgemeinen Systems der gesammten Bewegungen der Natur. Der Stufenbau, der sich in uns hinein fortsetzt, setzt sich auch über uns hinaus fort.

Wenn nun die Oberwellen in uns, an denen die unterscheidbaren Bewusstseinsphänomene in uns hängen, nur discontinuirlich über ihrer Schwelle, aber continuirlich über unserer Hauptschwelle sind, werden nicht auch die Hauptwellen, an denen unser Hauptbewusstsein hängt, nur discontinuirlich über ihrer Schwelle, aber continuirlich über einer tieferen Hauptschwelle sein? Das würde mitführen, dass es zu unserm Hauptbewusstsein noch ein allgemeineres giebt, welches das unsere eben so als seine Besonderheiten umfasst, wie das unserige seinerseits wieder seine Besonderheiten umfasst.

Die Consequenz dieser Auffassung führt zur Ansicht eines in der Natur allgegenwärtigen bewussten Gottes, in dem alle Geister leben, weben und sind, wie er in ihnen, mit, den Weltkörpern inwohnenden, individuellen geistigen Zwischenstufen zwischen ihm und uns, welche die geschöpflichen Geister eben so einheitlich verknüpft in sich tragen, wie sie ihrerseits im göttlichen Geiste getragen werden, und wie die geschöpflichen Geister wieder ihre Sinneskreise und diese ihre Sonderempfindungen in sich tragen. Diese Ansicht kann auf Grund der Analogieen und Zusammenhänge, welche der im Menschen selbst sich schon darbietende Stufenbau gewährt, weiter entwickelt und gestützt werden.

Hiemit tritt die Aussicht auf unsere eigene Fortexistenz nach dem Tode von mehreren Seiten in Beziehung. Besonders nahe liegt folgender Gesichtspunkt:

Wenn ein Bild in unserem Auge, geknüpft an Oberwellen, nach seinem Erlöschen im Auge noch einen Erinnerungsnachklang hinterlässt, welcher eintritt in ein allgemeineres und höheres Reich von Erinnerungen und Gedanken des allgemeinen oder Hauptbewusstseins, so dürfen wir glauben, dass etwas Entsprechendes unseren Hauptwellen begegnen wird, sofern sie ihrerseits Oberwellen über einer tieferen Schwelle sind, und dass unsere Geister somit nach dem Tode eingehen in ein höheres Geisterreich in Gott.

Auch diese Ansicht kann auf Grund von Analogieen und Zusammenhängen, welche unser diesseitiges Leben darbietet, weiter entwickelt und gestützt werden. Es ist aber dieses wie jenes für jetzt vielmehr Sache der Naturphilosophie und einer religiösen Naturanschauung, als Sache der Psychophysik, welche nach ihrem heutigen Stande erst nur Anknüpfungspuncte dazu zu gewähren vermag.

Ausführlich findet man diese Ansichten in meiner Schrift »Zend-Avesta oder die Dinge des Himmels und des Jenseits vom Standpuncte der Naturbetrachtung.« 3 Thle. 1851 und kürzer in der neuen: »Ueber die Seelenfrage« 1860, dargestellt. Der Anfang und die erste Anlage der jetzigen Schrift haben sich selbst erst im Zusammenhange mit den Betrachtungen, die in jenen dargelegt sind, entwickelt; und so mag es natürlich sein, dass sie auf ihrem Wege wieder zu den dort dargelegten Ansichten zurückführt.

XLVI. Frage nach der Natur der psychophysischen Bewegung.

Haben wir auch die wichtigsten Fragen der inneren Psychophysik bis zu gewissen Gränzen behandeln können, ohne anderer Voraussetzungen über die Natur der psychophysischen Bewegung zu bedürfen, als dass sie als körperliche Bewegung die allgemeinsten Verhältnisse körperlicher Bewegung theilt, so mag doch zum Schlusse die Frage nach ihrer Natur noch mit ein paar Worten näher erwogen werden.

Die Frage theilt sich wesentlich in zwei:

1) Kann sich das Psychische nur an die Bewegungen eines besonderen Substrates knüpfen?

2) Kann sich das Psychische nur an eine besondere Art, Anordnung, Form von Bewegungen knüpfen?

Was nun die erste Frage anlangt, so kann man daran denken, und es haben viele daran gedacht, dem Psychischen ein ganz exclusives Substrat unterzulegen, welches eben nur dazu bestimmt sei, die dem Psychischen unterliegenden Bewegungen zu vollziehen, ohne mit irgend einem der bekannten physischen Substrate identificirt werden zu können, und man hat diesem Substrate wohl den Namen Nervenäther beigelegt.

Der Hauptgrund dazu ist wohl der, dass man keinem der bekannten physischen Agentien oder Substrate zugetraut hat, Träger des Psychischen zu sein; nur sieht man nicht ein, was ein unbekanntes physisches Agens, soll es anders noch unter den physischen Platz greifen, mehr leisten könnte, worauf sein psychischer Zauber ruhen soll. Will man es aber aus der Reihe der physischen Agentien ganz hinausrücken, so geräth man ganz ins Dunkle mit einem Worte, was weder Physisches noch Psychisches bedeuten soll, und verlässt die Grundvoraussetzung der Psychophysik selbst, welche die ist, dass die psychischen Veränderungen gesetzlich mit physischen zusammenhängen; auch hängen sie ja factisch mit solchen zusammen; das Hinausrücken des Substrates in ein hyperphysisches Gebiet leistet also nichts Anderes, als uns den Boden unter den Füssen wegzuziehen, den wir haben.

Unstreitig bleibt, ohne Rückgang auf sehr allgemeine Ansichten, wie wir sie im Eingange dieses Werkes aufgestellt haben, etwas Unerklärtes, und jedenfalls auf dem Gebiete der Psychophysik selbst, die sich blos an factische Gesichtspuncte hält, nicht Erklärliches dabei, wie überhaupt ein physisches Substrat durch seine Bewegungsweise Träger, ja nur äusserer Anreger von Bewusstseinsphänomenen werden kann; aber die Erklärlichkeit wird nicht vermehrt, sondern das Räthselhafte nur um ein Räthsel mehr vermehrt, wenn wir ein neues physisches Agens als seinen Träger fingiren wollen, ohne angeben zu können, was es vor den andern dazu geeignet machen soll, und ohne einen anderen Grund für sein Dasein zu haben, als das Bedürfniss zu erklären, was doch nicht dadurch erklärbar ist.

Bemerken wir weiter: wie soll der supponirte eigenthümliche Nervenäther in die Nerven kommen, und wie soll er im Tode dieselben verlassen, wenn ihm nicht eine allgemeinere Verbreitung über die Nerven und die Organismen überhaupt beigelegt wird? Soll er erstenfalls neu entstehen, letztenfalls vergehen? Dann hört er auf, ein Physisches zu sein.

Allen diesen Schwierigkeiten entgeht man, wenn man annimmt, dass die Bewegungen desselben allgemeinen Aethers, der durch die äussere Natur wie durch die Organismen verbreitet ist, unter gewissen, in unseren Organismen erfüllten, Bedingungen

Empfindung, allgemeiner Bewusstseinsphänomene mitführen können. Auch ist diess wohl die Ansicht der meisten von denen, die überhaupt eine klare Ansicht in diesen Dingen haben.

Vorzugsweise ein imponderables Agens vor den ponderablen Substraten hiezu in Anspruch zu nehmen, können wir durch folgende Puncte veranlasst werden.

Durch die Erfahrung sind wir gebunden, das Nervensystem als Hauptherd unserer psychischen Phänomene zu betrachten. Die Einrichtung desselben ist aber nicht geeignet, ähnliche Bewegungen des Wägbaren, als das Blut in unsern Adern vollzieht, zuzulassen, indess nichts hindert, irgendwelche Bewegungen eines imponderabeln Agens darin anzunehmen. Die Erregbarkeit aller Nerven durch Elektricität, mancher auch durch Licht und Wärme, lässt vermuthen, dass das durch die Bewegung des Imponderabeln anregbare Spiel auch selbst das Unwägbare betreffe; die Phänomene der elektrischen Fische und die Dubois'schen Untersuchungen treten von anderer Seite unterstützend hinzu. Auch erscheint das Nervensystem nur als eine Ergänzung des Kreislaufsystemes, welches tropfbare Flüssigkeiten führt, und des Athemsystems, welches Luft führt, wenn wir es wesentlich bestimmt halten, den Schauplatz für die Bewegungen eines unwägbaren Agens darzubieten.

Von der anderen Seite darf man jedoch nicht übersehen, dass durch die Natur der Nerven moleculare Schwingungen des Wägbaren so wenig ausgeschlossen werden, als des Unwägbaren, und dass in einem Systeme aus wägbaren und unwägbaren Theilen nicht wohl Schwingungen des einen stattfinden können, ohne solche des anderen mitzuführen; dass ferner das Nervensystem nicht ohne Mitwirkung des Kreislaufes thätig sein kann, und eine erhöhte Thätigkeit desselben eine vermehrte Thätigkeit des Kreislaufes und der dadurch unterhaltenen chemischen Processe voraussetzt, bei welchen nothwendig wägbare Theile concurriren; endlich, dass die Natur der Reize nichts entscheidet, indem die Nerven auch durch mechanische und chemische Reize erregt werden können; und es eben so möglich ist, durch Bewegung unwägbarer Agentien das Wägbare als durch Bewegung wägbarer Agentien das Unwägbare in Bewegung zu setzen.

Ich glaube daher, dass in der Erfahrung keine entscheidenden Gründe vorliegen, die Thätigkeit des Nervensystems überhaupt und mithin auch die psychophysische Thätigkeit desselben allein an das Imponderable zu knüpfen. Hätten aber auch die unwägbaren Agentien einen Vorzug, so bliebe es immer wahrscheinlich, dass sie ihn nicht durch eine Eigenthümlichkeit ihrer Substanz, sondern nur durch ihre Bewegungsweise erhalten, insofern weder so schnelle Schwingungen noch so schnelle Bewegungsfortpflanzungen im Gebiete des Wägbaren als Unwägbaren bekannt sind. Der Umstand, dass aus den psychophysischen Elementarformeln die Masse verschwindet und blos der Bewegungszustand eingeht (Th. II. S. 29 f.), ist in der That sehr geeignet, die Voraussetzung zu unterstützen, dass es überhaupt nur auf den Bewegungszustand in diesem Gebiete ankommt. Ausserdem ist auch die Möglichkeit nicht streng abgewiesen, dass die wägbaren und unwägbaren Stoffe ihren letzten Elementen nach gar nicht verschieden sind, und ihre Verschiedenheit selbst nur auf Verhältnissen der Anordnung und Bewegung ruhe.

Vermuthungen über diese Puncte weiter auszuführen, wäre nutzlos; es genügt, an die Möglichkeiten erinnert zu haben. In jedem Falle, wenn auch die unwägbaren Substanzen durch ihre Bewegungsweise eine bevorzugte Bedeutung für die psychischen Phänomene behalten sollten, wird den wägbaren immer die wichtigste Bedeutung für die Organisation der Systeme bleiben, wodurch die Form dieser Bewegungen bestimmt wird. Und gewiss wird in einer künftigen allgemeinsten mathematischen Fassung beides, Organisation und Bewegung, nicht unabhängig von einander zu fassen und zu behandeln sein.

Nach jeder Ansicht, die wir hegen mögen, bleibt das Substrat des Psychischen ein durch die ganze Welt verbreitetes und durch allgemeine Kräfte zu einem System verknüpftes, und die zweite Frage tritt uns nun entgegen, ob sich das Psychische nur an eine besondere Art, Anordnung, Form von Bewegungen knüpfen kann.

Da wir wissen, dass Bewegungen, die factisch geeignet sind, Bewusstseinsphänomene mitzuführen, doch nur unter einen gewissen Grad der Lebhaftigkeit zu sinken brauchen, damit das Bewusstsein erlösche; so bietet sich uns hiemit natürlicherweise die Möglichkeit dar, die Quantität des Bewusstseins, wozu Dasein und Nichtdasein gehört, überhaupt nur von der Quantität, nicht aber von der Qualität der psychophysischen Thätigkeit abhängig zu machen, diese vielmehr nur mit der Qualität der Bewusstseinsphänomene in Beziehung zu setzen.

Hienach würde jede Bewegung, unter welcher Form und an welchem Substrate sie auch auftritt, wenn sie mit ihrer Geschwindigkeit entweder erster oder zweiter Ordnung (wozwischen nach dem 30. und 32. Kapitel noch die Wahl ist), einen gewissen Werth übersteigt, einen Beitrag zum Bewusstsein, sei es zu unserm oder anderm oder einem allgemeinen Bewusstsein geben; und jede besondere Bewegungsform, d. h. Zusammenordnung und Folge von Geschwindigkeitsmomenten im Stande sein, ein psychisches Phänomen von zugehöriger Form zu tragen, wenn die in diese Form eingehenden Momente gemeinsam einen gewissen Grössenwerth übersteigen.

Auf solche Weise ersparen wir uns den magischen Zauber, die *qualitas occulta*, welche nur diese oder jene exceptionelle Bewegungsform zur psychischen Leistung befähigen soll, und wird eine allgemeine, nicht blos particulär für Menschen und Thiere gültige, Psychophysik möglich werden, in entsprechendem Sinne, als wir eine allgemeine, für die ganze Welt gültige Physik und Mechanik haben. Wir werden die Gesetze der Psychophysik am Menschen erforschen und werden sie auf die Welt übertragen können. Bewusstes und Bewusstloses in der Welt wird nur zwei Fälle derselben Formel darstellen, welche zugleich massgebend für ihr Verhältniss und ihren Uebergang in einander ist.

Eine solche Auffassung wird sich freilich nicht anders beweisen lassen, als dadurch, dass sie in einer entwickelten Psychophysik volles Genügen gewährt.

Diesen Beweis kann ich nicht schon jetzt führen; doch glaube ich, dass er sich mit fortschreitender Entwickelung der Psychophysik von selbst führen wird, deren ersten Versuch ich mit dieser fernen Aussicht schliessen.

Historisches und Zusätze.

XLVII. Historisches.

Thatsachen im Gebiete der Psychophysik sind von jeher beobachtet worden, und man kann insofern nicht von einem bestimmten Anfange dieser Lehre sprechen. Wenn ich aber jemand nennen sollte, der eine Reihe solcher Thatsachen zuerst so aufgefasst, so combinirt, und selbst so viel neue Thatsachen in solchem Zusammenhange hinzugefügt hat, dass die Psychophysik in die Bahn gelenkt worden ist, eine zusammenhängende exacte Wissenschaft zu werden, so wüsste ich niemand anders, als E. H. Weber zu nennen, dem mit grösserer Klarheit und in grösserer Allgemeinheit als irgend Jemand vor ihm nicht nur überhaupt vorgeschwebt hat, dass hier ein Gebiet für Masse vorliege, sondern der auch diesen Gedanken in grösserer Ausdehnung und erfolgreicher als Jemand vor ihm zur Ausführung gebracht hat. Abgesehen von der Bereicherung der Psychophysik durch viele specielle Thatsachen, verdanken wir ihm den ersten zugleich klaren und etwas allgemeinen Ausspruch des psychophysischen Grundgesetzes mit erfahrungsmässigen Bewährungen, und die erfolgreiche und fruchtbare Durchführung einer Methode des Masses der Empfindlichkeit durch fast alle Kreise der Sinnesempfindung, welche zur Feststellung dieses Gesetzes selbst beigetragen hat.

Seine Untersuchungen sind theils in seinen *Programmata collecta*, Fasc. III. 1851, theils hieraus zusammengestellt und vielfach erweitert in seiner Schrift über Tastsinn und Gemeingefühl (abgedruckt aus Wagner's physiologischem Wörterbuch) enthalten, deren Titel viel zu eng für ihren Inhalt ist. Einige Nachträge finden sich in den Berichten der sächs. Societät. 1853. S. 83 ff.

In soweit sich seine Angaben und Versuche auf das psychophysische Grundgesetz, dem ich seinen Namen beigelegt, beziehen, sind sie von mir im 9. Kapitel mitgetheilt, und eben da der anderweiten Verdienste früherer Beobachter um die Feststellung dieses Gesetzes, als namentlich Bouguer, Arago, Masson, Steinheil, welche sich sämmtlich auf die Lichtempfindung beziehen, ausführlich gedacht worden. Sollte nun hier eine vollständige Geschichte der Psychophysik gegeben werden, so würden noch viele Namen zu nennen sein, die sich an schätzbare Untersuchungen im Gebiete der Psychophysik knüpfen. Und zwar dürfte unter den neuesten Forschern nach allgemeiner Uebereinstimmung **Helmholtz** wegen seiner vielen scharfsinnigen Untersuchungen und wichtigen Entdeckungen im Gebiete des Lichtes, Schalles, der Nervenlehre und **Dubois** wegen seiner bahnbrechenden Untersuchungen über die im Nervensysteme waltenden elektrischen Kräfte vor Allem zu nennen sein, indem des Letzteren Untersuchungen, wenn auch für jetzt erst in der Physiologie zu verwerthen, doch einst auch zu den wichtigsten Unterlagen der inneren Psychophysik gehören dürften. Indem sich aber diese Schrift vorzugsweise auf die psychische Masslehre bezieht, beschränke ich mich auch folgends darauf, das, was derselben darin vorangegangen ist, sie selbst hervorgerufen und ihren Gang bestimmt hat, näher zu bezeichnen.

Zu den experimentalen Präcedenzien derselben in dieser Hinsicht ist der mathematischen durch die schon im Vorworte zum ersten Theile dieser Schrift genannten Forscher **Bernoulli** (**Laplace**, **Poisson**), **Euler** (**Herbart**, **Drobisch**), **Steinheil** (**Pogson**) zu gedenken, indem dieselben sämmtlich die mathematische Function, wodurch psychische und physische Grössen im Sinne des Weber'schen Gesetzes verknüpft werden, schon vorlängst aufgestellt haben, **Bernoulli** in Bezug auf die Abhängigkeit der *fortune morale* von der *fortune physique*, **Euler** in Bezug auf Abhängigkeit der Empfindung der Tonhöhen von den Schwingungszahlen, **Steinheil** in Bezug auf die der Sterngrössen, welche sich in Empfindungsgrössen übersetzen lassen, von den photometrischen Werthen der Sterne.

Das **Bernoulli**'sche Princip in Betreff der Abhängigkeit der *fortune morale* von der *fortune physique*, zuerst im J. 1738 von **Bernoulli** aufgestellt, ist Th. I. S. 236 besprochen, und der Nachfolge, welche **Bernoulli** darin durch **Laplace** und **Poisson** gefunden, gedacht worden.

Vielleicht befremdet es, dieses Princip hier für die Psychophysik in Anspruch genommen zu finden. In der That aber muss es einer hinreichend allgemeinen Fassung derselben untergeordnet werden. Denn eine *fortune morale* bedeutet doch, wie schon früher geltend gemacht, nichts Anderes, als den Genuss, den die Seele von äusseren Glücksgütern hat, die *fortune physique* die

Mittel, die von Aussen her diesen Genuss bewirken, und erstere nimmt sonach ganz die Stelle der Empfindung, letztere die des Reizes ein; auch wird die *fortune morale* ganz in demselben Sinne als Function der *fortune physique* von Bernoulli behandelt, als von uns die Empfindung bezüglich des Reizes, und es ist dasselbe Gesetz, was beide verknüpft.

Die Feststellung der Function für die Abhängigkeit der Empfindung der Tonintervalle von den Verhältnissen der Schwingungszahlen durch Euler ist in dessen *Tentamen novae theoriae mus.* 1739. p. 73 geschehen, also nur um eine Jahreszahl von späterem Datum als die Aufstellung des Bernoulli'schen Princips. Später ist Herbart*) unabhängig von Euler zu derselben Auffassung der Tonintervalle gelangt, und diese endlich von Drobisch**) nicht nur aufs Neue in allgemeiner Weise begründet, sondern auch das Interesse derselben wiederholt hervorgehoben und weitere Entwickelungen daran geknüpft worden, von denen wir eine der interessantesten Th. II. S. 181 ff. reproducirt haben, ohne dass diese Untersuchungen bisher die verdiente Aufmerksamkeit gefunden.

Die Verknüpfung der Sterngrössen mit den photometrischen Intensitäten der Sterne durch eine logarithmische Function ist unabhängig von einander durch Steinheil***) (1837) und Pogson†) (1856) nicht zwar direct auf das Weber'sche Gesetz, aber auf das damit zusammenhängende erfahrungsmässige Stattfinden einer geometrischen Reihe der photometrischen Intensitäten der Sterne zur arithmetischen Reihe der Grössen gegründet worden.

Die Aufstellung der logarithmischen Function nach diesen Beziehungen ist von sämmtlichen genannten Forschern freilich nicht aus dem Gesichtspuncte eines psychischen Maasses, sondern nach anderweiten particulären Gesichtspuncten geschehen; und seither auch nicht auf ein psychisches Maass bezogen worden, was sich aus der Natur der Untersuchungen und Fälle, welche zur Aufstellung dieser Function führten, leicht erklärt.

---

*) Hauptpuncte der Metaphysik. Götting. 1807. § 11. (Werke III. 44.)

**) Abhandl. der Jablon. Gesellsch. 1846. S. 109 und Abhandl. d. Sächs. Gesellsch. 1855. Band IV. S. 1. (Pogg. Ann. XC. 353.)

***) Elemente der Helligkeitsmessungen in den Abhandl. d. baier. Akad. 1837. Band II. S. 64.

†) Notices of the royal astr. Soc. 1856 p. 12, übersetzt in den Berichten der sächs. Soc. 1858. S. 98.

So ist selbstverständlich, dass, wenn der logarithmische Ausdruck für die Abhängigkeit der *fortune morale* von der *fortune physique* gegenwärtig als unter dem allgemeinen psychischen Massprincipe begriffen angesehen werden kann, dieses schon von anderer Seite her begründet sein musste, aber nicht dadurch begründet werden konnte.

Die Empfindung der Tonintervalle nach ihrer Abhängigkeit von den Verhältnissen der Schwingungszahlen zu messen, konnte natürlich überhaupt kein Anlass sein, da die Empfindung der Tonintervalle, ausnahmsweise von anderen psychischen Grössen, ihr Mass schon in sich hat; Niemand aber eine Elle, auf der die Zolle schon abgetheilt stehen, durch eine andere erst zu messen sucht, wo sie nicht abgetheilt stehen. Anstatt, dass es sich also hier handeln konnte, ein Mass des Psychischen durch das Physische erst zu suchen, galt es nur, ein schon unabhängig von einander gegebenes physisches und psychisches Mass auf einander zu beziehen. So ist in der That die Aufgabe von Euler gefasst worden, als welcher vor Eingehen auf diese Beziehung, nach Rücksprache mit den Verhältnissen der Empfindung, sagt (p. 73): »Ex quo intelligitur, intervallum ita esse definiendum, ut sit mensura discriminis inter sonum acutiorem et graviorem«, und sich unabhängig von der Rücksicht auf die Schwingungsverhältnisse zu zeigen bemüht, dass die Summe der empfundenen Intervalle zwischen den Tönen *a* und *b*, *b* und *c* dem Intervalle zwischen *a* und *c* gleich gesetzt werden könne.

Auch Herbart und Drobisch machen zwar von der mathematischen Beziehung zwischen der Empfindung der Intervalle und den Schwingungsverhältnissen Gebrauch, ohne aber das Mass der ersten erst darin zu suchen und diese Beziehung in ihrer mathematischen Psychologie im Sinne eines psychischen Masses zu verwerthen; es dürften aber die Entwickelungen von Drobisch Alles enthalten, was sich für die Lehre der Tonintervalle insbesondere aus dieser Beziehung folgern lässt.

Was von den Tonintervallen, gilt in gewissem Sinne auch von den Intervallen der Sterngrössen. Das geübte Auge der Astronomen hatte nach einer sicheren Perception diese Intervalle schon ohne Rücksicht auf die unterliegenden photometrischen Verhälteiner zu bestimmen versucht; es galt nicht erst, das Mass der Lichtempfindung, sondern nur seine Beziehung zu dem von anderer Seite gegebenen physischen Masse zu finden und für die Astronomie praktisch zu verwerthen; und nach der conventionellen Weise, die Sterngrössen zu zählen, nahm der Ausdruck dieser Beziehung sogar gerade den entgegengesetzten Sinn an, als es hätte der Fall sein müssen, wäre die Bedeutung eines Empfindungsmasses darin gesucht worden, sofern die Sterngrössen danach abnehmen, während die photometrischen Intensitäten zunehmen.

Hiernach darf man sagen, dass das Problem des psychischen Masses in gewissem Sinne früher gelöst als gestellt war, sofern in der Aufstellung der logarithmischen Function durch die genannten Forscher die Lösung doch schon enthalten war.

Bis zu gewissen Grenzen freilich nur; denn einmal bezog sich die Lösung blos auf einige beschränkte Gebiete, ohne Gesichtspunkte und Thatsachen, welche eine Verallgemeinerung gestattet hätten; zweitens stützte sich die Lösung schliesslich nur auf das Weber'sche Gesetz ohne Rücksicht auf die Beschränkungen, denen dasselbe unterliegt, und ohne ein verallgemeinerndes Princip auch für solche Fälle, wo dieses Gesetz nicht gilt; drittens war, wegen fehlender Rücksichtnahme auf die Thatsache der Reiz- und Unterschiedsschwelle, das Mass blos für Empfindungsunterschiede, nicht für absolute Empfindungen und empfundene Unterschiede gegeben, hiernach blos die Unterschiedsformel, nicht Massformel und Unterschiedsmassformel aufgestellt; und viertens fehlte es an Gesichtspuncten, das Mass oder Massprincip aus der äusseren in die innere Psychophysik zu übertragen und hiemit an Grundgesichtspuncten für diese selbst.

Nach diesen Beziehungen, so wie durch eine genauere Feststellung und Erweiterung der psychophysischen Massmethoden, glaube ich, dass die Psychophysik in dieser Schrift erweitert worden ist; mit dieser Erweiterung haben sich eine Menge neuer Aussichten, aber zugleich neue Probleme aufgethan, die zum Theil hier angegriffen sind, wie die Elementarconstruction des Empfindungsmasses, die Untersuchung, an welchen inneren physischen Verschiedenheiten die psychischen Verschiedenheiten der verschiedenen Sinnesgebiete hängen, die Repräsentation einiger Hauptverhältnisse der inneren Psychophysik, aber noch weit entfernt sind von einer vollständigen Lösung.

Hienach dürfte es noch einiges Interesse und selbst manche Punkte der Belehrung darbieten, wenn ich den Anfang und Gang, den diese ganze Untersuchung genommen, etwas näher bezeichne.

Um mit einem Vergleiche anzufangen: man denke sich Jemand, der auf einer Kreisperipherie steht; er sucht eine Sache; sie liegt einen Schritt von ihm; aber er steht mit dem Rücken dagegen und durchläuft den ganzen langen Kreis, bis er endlich, nach Ueberwindung vieler Mühen bei der gesuchten Sache angelangt, mit Verwunderung sieht, dass er sich nur umzudrehen brauchte, um sie gleich zu haben, und freilich nicht ganz dasselbe darin zu haben, als er sich anfangs dachte. So erging es mir mit der Auffindung des psychischen Masses. Doch darf ich den Weg, den ich dazu zurückgelegt, nicht bedauern; denn dieser Weg hat mich die ganze Tragweite des Massprincipes erkennen lassen, was der kurze Weg vom Weber'schen Gesetze und der Euler'schen Formel zum allgemeinen psychischen Massprincipe nicht vermocht hätte. Soweit ich darnach rückwärts gehen musste, soweit führt es vorwärts.

Von jeher der Ansicht von einem durchgreifenden Zusammenhange zwischen Leib und Seele zugethan und diesen in der Form einer doppelten Erscheinungsweise desselben Grundwesens vorstellend, wie ich im 1. Kapitel dieser Schrift kurz dargelegt habe, stellte sich mir im Laufe der Abfassung einer Schrift (Zend-Avesta), welche auf dieser Ansicht fusst, die Aufgabe dar, ein functionelles Verhältniss zwischen beiden Erscheinungsweisen zu finden, oder mit anderen Worten, in entsprechender Weise, wie die Physik das Abhängigkeitsverhältniss der Farbe und Intensität des Lichtes, der Tonhöhe und Tonstärke von äusseren physischen Verhältnissen festgestellt hat, so dasselbe von den inneren physischen Verhältnissen festzustellen, an welche sich die Empfindung unmittelbar knüpft.

Zunächst die Aufmerksamkeit auf die quantitativen Verhältnisse richtend, sofern auch die Physik die Qualitäten von quantitativen Verhältnissen abhängig macht, und ohne noch eine klare Vorstellung vom Masse psychischer Grössen zu haben, dachte ich zuerst daran, die Intensität der geistigen Thätigkeit könne wohl der Aenderung der Stärke der ihr unterliegenden körperlichen Thätigkeit, die ich durch ihre lebendige Kraft als gemessen ansehe, proportional gehen. Diese Idee trug ich lange mit mir herum, aber sie führte zu nichts, und ich liess sie endlich liegen. Später kam ich darauf, gewisse Grundverhältnisse zwischen Leib und Seele und zwischen niederem und höherem Geistigen durch das Verhältniss zwischen arithmetischen Reihen niederer und höherer Ordnung schematisch zu erläutern (vgl. Zend-Avesta II. 334); zu demselben Zwecke boten sich, in mancher Beziehung noch passender, geometrische Reihen dar. Die Idee, statt einer blos schematischen, gewisse Verhältnisse wohl erläuternden, aber nicht exact treffenden Darstellung den Ausdruck für das wirkliche Abhängigkeitsverhältniss zwischen Seele und Körper zu gewinnen, drängte sich mir hiebei von Neuem auf; aber das Schema der geometrischen Reihen führte mich nun (22. Oct. 1850 Morgens im Bette) durch einen etwas unbestimmten Gedankengang darauf, den verhältnissmässigen Zuwachs der körperlichen lebendigen Kraft, oder $\frac{d\beta}{\beta}$, wenn β die lebendige Kraft bedeutet, zum Masse des Zuwachses der zugehörigen geistigen Intensität zu machen. Hiezu fiel mir ein, dass, wenn die lebendige Kraft des Körpers durch Summation ihrer absoluten Zuwüchse von einem bestimmten Anfangswerthe an entstanden gedacht werden kann, auch wohl die Seele das den verhältnissmässigen Zuwüchsen der körperlichen Bewegung in ihr Zugehörige summiren werde, die psychische Intensität also als Integral absoluter psychischer Zuwüchse angesehen werden könne, welche den verhältnissmässigen Zuwüchsen auf körperlicher Seite zugehören. Hiemit war die Fundamentalformel und als Integral derselben die Massformel sofort gegeben. Als erste Bestätigung fiel mir gleich ein, dass die Verstärkung der Lichtempfindung nach alltäglicher Erfahrung hinter der Verstärkung des physischen Lichtreizes zurückbleibt und überhaupt gegebene Zuwüchse zu Reizen um so schwächer empfunden werden, zu je stärkeren Reizen sie entstehen, ohne dass ich noch den genauen Ausdruck dieser Thatsache im Weber'schen Gesetze kannte, womit erst eine scharfe Bewährung der Formel möglich wird. Doch schien sich mir mit dieser ersten noch sehr im Allgemeinen sich haltenden Bestätigung auf einmal, ich gestehe es, eine ungeheure Perspective zu eröffnen; und noch heute sehe ich diese Perspective vor mir, nachdem mit dieser Schrift erst ein kleiner Schritt in das Gebiet gethan ist, das sie eröffnet.

Anfangs machte mir der Umstand zu schaffen, dass nach der

Massformel die Empfindung γ schon eher verschwindet, als die lebendige Kraft β, wovon sie abhängt, bis ich in den Phänomenen des Schlafes und der unbewussten Empfindungen diesen Umstand repräsentirt und hiemit eine neue auffallende Bestätigung der Formel fand, welche meine Ueberzeugung von der Triftigkeit und Fruchtbarkeit derselben erheblich verstärkte. Dazu erinnerte ich mich aus der Abhandlung von Drobisch (1846), dass Euler, Herbart und Drobisch zwar nicht für Intensität der Empfindung, aber für Höhe der Töne zu wesentlich derselben Function gelangt waren, auf die ich durch jene Betrachtungen geführt worden, und wenn schon Beides nicht gleichbedeutend erschien, so lag immerhin ein unterstützendes Moment darin, da doch auch die Höhe der Töne ein quantitatives Moment enthält. Durch die gemeinsame Unterordnung der Höhe und Stärke unter dieselbe Function erschien mir zugleich die Sicherheit und Allgemeinheit derselben verstärkt.

Mit all' dem war freilich noch kein psychisches Mass begründet; sondern die ganze Betrachtung litt vielmehr an dem Mangel eines scharfen Fundamentalbegriffes für das psychische Mass. Ich nahm an, die Zuwüchse der Empfindung gehen den relativen Zuwüchsen der lebendigen Kraft der psychophysischen Bewegung oder des sie anregenden Reizes proportional; aber womit beweist sich, ja was ist überhaupt nur darunter zu verstehen, dass sie ihnen proportional gehen, so lange wir noch keinen psychischen Massstab haben; was bedeuten die auf eine solche Annahme gegründeten Formeln $d\gamma = k\frac{d\beta}{\beta}$ und $\gamma = k \log \frac{\beta}{b}$, so lange dieses nicht der Fall ist?

In der Aufstellung der Function für die Tonhöhen durch Euler und seine Nachfolger war diese Schwierigkeit nicht gehoben, weil sie dabei noch gar nicht zu Tage trat. Euler's Formel bezieht sich überhaupt nicht auf absolute Grösse der Empfindung, sondern auf Unterschiede derselben, nicht auf Stärke, sondern auf Höhe; die Unterschiede der Tonhöhe haben aber, wie schon bemerkt, sehr verschieden hierin von den Unterschieden der Intensität, ihr deutliches Mass in sich; niemand zweifelt, dass der Unterschied der Empfindung von einer Octave zur anderen gleich gross ist, und die Anwendung dieser Scala des musikalischen [illegible] mit ihren Unterabtheilungen ist jedem geläufig. Daher genügte es auch für **Euler**, um zu zeigen, dass die Summe der empfundenen Intervalle zwischen den Tönen *a* und *b*, *b* und *c* dem Intervalle zwischen *a* und *c* gleich gesetzt werden könne, sich auf die unmittelbare Erfahrung eines Jeden zu berufen, wie von ihm geschieht. Aber auf welche Erfahrung liess sich provociren, wenn es galt, die entsprechende Beziehung für die Intensität der Empfindung in Anspruch zu nehmen, um ein Maass derselben, welches sie nicht von selbst in sich trägt, auf diese Beziehung zu begründen. Die Untersuchung **Steinheil**'s über die Sterngrössen war mir noch nicht bekannt, und würde hier wenig gefruchtet haben, da sie nicht sowohl auf einem Gesetze, als auf einer Convention über die Reihungsweise der Sterngrössen fusste, von welcher nicht bewiesen war, dass sie mit einem psychophysischen Gesetze zusammentrifft; wie denn **Steinheil** selbst seine Formel nicht mit dem Weber'schen Gesetze in Beziehung gesetzt hat.

Die Fundamentalformel und Maassformel waren schon aufgestellt, schwebten aber so zu sagen noch in der Luft.

Von vorn herein nun suchte ich der Schwierigkeit durch folgende Betrachtung zu begegnen. Abnahme und Zunahme, Gleichheitsfälle, Grenzfälle im Empfindungsgebiete lassen sich beurtheilen, ohne noch ein **Maass** der Empfindung zu haben, unsere Formeln aber schliessen manche Folgerungen bezüglich solcher Fälle ein, wie, dass die Empfindung bei einem endlichen Reizwerthe verschwindet und bei hohen Reizgraden für einen gegebenen Reizzuwachs verhältnissmässig wenig wächst. Sofern sich nun diese Folgerungen der Formeln auch ohne Maass der Empfindung in der Erfahrung bestätigen, können wir ein Maass auf diese Formeln selbst gründen, indem ein allgemeines Zutreffen in jenen Beziehungen selbst nur unter Voraussetzung von richtigen, d. h. uns richtig in der Erfahrung orientirenden, Maassbestimmungen zwischen Reiz und Empfindung in den Formeln stattfinden kann. Es wird also, so sagte ich mir, nur darauf ankommen, die schon ohne Maass beweisfähigen Folgerungen der Formeln möglichst gut und in möglichst weiter Ausdehnung zu constatiren, um damit auch die Maassbestimmung zwischen Reiz und Empfindung, welche in den Formeln mit eingeschlossen ist, für constatirt zu halten.

Noch jetzt halte ich diese Betrachtung im Wesentlichen nicht für unstatthaft, doch fehlte es ihr, wie ich gern gestehe, an der Schärfe, welche ich schliesslich (Kap. 7, 17, 20) der Begründung den psychischen Massen gleich durch die Zurückführung auf die Beobachtung von Gleichheitsfällen kleiner Empfindungsdifferenzen in den verschiedenen Theilen der Reizskala gegeben zu haben; auch waren die schon ohne Mass bewährbaren allgemeinen Folgerungen der Formeln bei Weitem nicht so ausgedehnt, um den Gegenstand als hinreichend gestützt anzusehen.

Inzwischen übersandte ich, nachdem der Gegenstand so weit gediehen war, schon im J. 1858 dem Prof. W. Weber in Göttingen eine Abhandlung darüber, mit der Bitte um ein Urtheil darüber, wobei ich unter Anerkennung der noch sehr grossen Mangelhaftigkeit in Begründung und Ausführung des Gegenstandes doch die Hoffnung aussprach, die Idee möge »eine glückliche« sein.

Unstreitig wird man nicht ohne Interesse und Belehrung einen Passus seiner Erwiederung darauf lesen, der für mich selbst massgebend im ganzen Fortgange der Untersuchung geworden ist.

»Es macht mir (schreibt er unter dem 12. Dec. 1858) ein Privatvergnügen, Ihre Arbeit zu lesen, und ich lasse dabei für mich die Frage ganz dahingestellt, welchen Eindruck die Arbeit auf Andere hervorbringe und maasse mir noch weniger an zu beurtheilen, in wiefern die Wissenschaft dadurch wesentlich weiter gefördert werde. Soll ich darüber etwas sagen, so scheint mir die Grundidee im Ganzen richtig und scharfsinnig durchgeführt, aber ich würde vor der Hand noch Bedenken tragen, sie eine glückliche zu nennen. Unter glücklich verstehe ich nämlich, wenn die Idee mit der Entdeckung neuer Facta zusammentrifft, die einer präcisen Auffassung fähig sind und der Idee zur besonderen Stütze gereichen. Die Idee der Wellentheorie des Lichtes, wie sie Euler vortrug, nenne ich scharfsinnig und richtig, aber nicht glücklich; dieselbe Idee, wie sie von Fresnel reproducirt wurde und mit der Entdeckung der Interferenzerscheinungen zusammentraf, nenne ich glücklich. In Ihrem jetzigen Gebiete ist die Entdeckung solcher Facta vielleicht sehr unwahrscheinlich, aber doch möglich, wie vorhandene Facta beweisen, z. B. dass Quinte und Quarte sich zur Octave, grosse Terz und kleine Terz genau zur Quinte ergänzen, die auf unmittelbarer Tonempfindung beruhend von allen akustischen Theorien unabhängig dastehen. Nur durch solche Facta, durch die sie gestützt werden, fassen jene Ideen wirklich festen Fuss in der Wissenschaft. Wie nun aber Euler die Idee der Wellentheorie entwickelt hat, ehe solche besondere entscheidende Facta vorlagen, eben so ist Ihnen die Entwickelung Ihrer Idee und die Benutzung des Vorhandenen zu ihrer Unterstützung gestattet! Der wirkliche Erfolg wird aber davon abhängen, ob Sie das Glück haben, dass die entscheidenden neuen Facta sich bald dazu finden. So lange diess nicht der Fall ist, muss die Entwickelung selbst mehr allgemein gehalten werden.«

Frappirt durch die Triftigkeit dieser von einer tiefen Einsicht dictirten Bemerkungen begnügte ich mich damals, jene Idee beiläufig und kurz in einer Schrift mitzutheilen, welche nicht den Charakter exacter Untersuchung beanspruchte*), suchte aber seitdem immer nach jenen Factis, welche W. Weber mit Recht forderte, die Idee zu einer glücklichen zu machen, lange, ohne solche finden zu können. Endlich fielen mir als Fundamentalversuche zur genaueren Bewährung der, früher auf unbestimmtere Betrachtungen begründeten, Formel $d\gamma = \frac{K d\beta}{\beta}$, welche als Fundamentalformel den Ausgangspunct des Ganzen bildet, jene Versuche mit dem Lichte ein, die man im 9. Kapitel dargestellt findet; daran knüpfte ich bald entsprechende Gewichtsversuche, welche mich seitdem mehrere Jahre beschäftigt haben; dann entdeckte ich, dass das, was ich suchte und erst mühsam erarbeitet zu haben glaubte, in dem von mir bisher übersehenen klaren Ausspruche und erfahrungsmässigen Beweise des Gesetzes, um was es mir zu thun war, durch den Bruder dessen, der mir jenen Wink gegeben, schon bis zu gewissen Grenzen vorhanden war; die Unterstützung Volkmann's, der Fund der Bernoulli'schen Formel, das Resultat der Untersuchung der Schätzung der Sterngrössen, trat hinzu, das Gebiet der erfahrungsmässigen Bewährungen des Weber'schen Gesetzes zu erweitern, und die Berücksichtigung eines wenig beachteten Datums alltäglicher Erfahrung, an dem doch die ganze Sachlage der Seele hängt, hat die noch fehlende Ergänzung zu den erfahrungsmässigen Unterlagen geliefert, welche mir nöthig schienen, die psychophysische Massfunction zu begründen. Dann gelang es, die Methode der richtigen und falschen Fälle und die Methode der mittleren Fehler zu psychophysischen Massmethoden zu erheben und als solche zu verwerthen, und hiemit die Mittel zur allgemeineren Fassung der experimentalen Unterlagen zu erweitern.

---

*) Zend-Avesta II. S. 373.

Möchte nun dieser mühevolle Weg hingereicht haben, die Idee des psychischen Maasses zu einer »glücklichen« zu machen.

Wie man sieht, war der Gang, der zum psychischen Maassprincipe geführt hat, der umgekehrte, als den meine Darstellung hier eingeschlagen hat. Es war ein Gesichtspunct der inneren Psychophysik, der dazu den ersten Anlass gab, und die Thatsachen der äusseren Psychophysik wurden anfangs blos subsidiär zugezogen, jenen Gesichtspunct zu stützen. Hier ist der Ausgang von vorn herein von der äusseren Psychophysik genommen und nur zuletzt einige Schritte in die innere Psychophysik hineingethan worden. Die Aufgabe stellte sich Anfangs gar nicht unter dem Gesichtspuncte dar, ein psychisches Maass zu finden, sondern eine functionelle Beziehung zwischen Physischem und Psychischem zu suchen, welche die allgemeinen Abhängigkeitsverhältnisse derselben von einander zutreffend repräsentirt. Hier ist das psychische Maass, was auf diesem Wege gefunden wird, zur Unterlage einer Lehre von diesen Beziehungen gemacht worden, was unstreitig der angemessenere und triftigere Gang ist.

So wenig ich das Glück hatte, diesen Gang von vorn herein einzuschlagen, so wenig ist es mir gelungen, die einfachsten Grundpuncte desselben gleich anfangs zu dem Grade der Klarheit und Evidenz zu bringen, den wenigstens der grössere Theil derselben jetzt, wie ich hoffe, darbieten wird, und schwerlich wird man es den meisten Kapiteln dieser Schrift ansehen, wie viele Mühe und Umarbeitung es dazu gekostet hat. Auch hierüber will ich Einiges anführen.

Die Deutung des positiven und negativen Vorzeichens der psychischen Werthe auf Bewusst- und Unbewusstsein bot sich leicht als eine nothwendige dar, und so glaubte ich anfangs, sie als eine allgemein anwendbare fassen zu müssen. Aber auf den allgemeinen Fall der Empfindungsunterschiede passt diese Deutung nicht, und diess erschien mir als eine bedenkliche mathematische Inconsequenz, die doch, wie ich glaube, in den Erörterungen des [illegible] Kapitels sich vollkommen gelöst zeigt. — Lange machte es mir Verlegenheit, dass die Summation positiver mit negativen Bewusstseinswerthen für verschiedene Puncte, Zeiten oder Seiten unbrauchbare Resultate gibt, indem doch die Summation positiver und negativer Werthe für sich geschehen kann. Aber die Erörterungen des 20. Kapitels zeigen meines Erachtens einleuchtend genug, dass diess vielmehr in die bekannten Anwendungsweisen der Mathematik so vollkommen hineintritt, dass man selbst eine Stütze ihrer Anwendbarkeit auf psychische Grössen darin sehen könnte. — Dass der Zuwachs eines Reizes ganz verschieden zu fassen sei, je nachdem er dem Reize auf demselben Puncte oder auf einem anderen Puncte zuwächst, erstenfalls als Zuwachs unter dem Logarithmuszeichen, zweitenfalls als Logarithmus des Zuwachses, hat sich mir erst nach mancher vergeblichen Bemühung, diesen Unterschied zur Klarheit zu bringen, herausgestellt (vgl. das 22. Kapitel). — Eine der schwersten und die längste Zeit mich verwirrenden Unklarheiten, die selbst erst im Laufe des Druckes dieses Werkes vollständig verschwunden ist, doch glücklicherweise keinen wesentlichen Einfluss auf die früheren Kapitel desselben gehabt hat, lag darin, dass ich die, nach der Darstellung im 22. Kapitel vielleicht ganz selbstverständlich erscheinende, Unterscheidung zwischen Empfindungsunterschieden im engeren Sinne und empfundenen Unterschieden nicht klar zu machen wusste, ohne welche Unterscheidung die Bedeutung der Unterschiedsschwelle unklar blieb, und die Unterschiedsmassformel neben der Unterschiedsformel nicht sicher aufzustellen war. In der Elementarconstruction des psychischen Masses und den Hauptkapiteln der inneren Psychophysik habe ich vielfach über Grundvorstellungen geschwankt, und ich darf mich nicht rühmen, hier alles Schwanken beseitigt zu haben; muss vielmehr anerkennen, dass hierin erst Anknüpfungspuncte zu genaueren, allgemeineren und sichereren Feststellungen gegeben sind.

XLVIII. *Zusätze.*

a) Zusatz bezüglich eines im 30. Kapitel vorgeschlagenen Versuches.

Den im 30. Kapitel S. 176 vorgeschlagenen Versuch zur Ermittelung, ob zwei gleiche und gleich stark angeschlagene Saiten bei verschiedener Spannung und mithin Tonhöhe gleich intensiv tönen, habe ich seitdem selbst angestellt; jedoch leider ohne entscheidenden Erfolg. Ich theile aber das Wesentliche davon mit, da vielleicht Andere durch den Fehlschlag dieser Versuche auf bessere Anstellungsweisen derselben geleitet werden können.

Auf dem Monochord des hiesigen physikalischen Kabinets, was mir Prof. Hankel, dem ich überhaupt wegen der Unterstützung bei diesen Versuchen zu besonderem Danke verpflichtet bin, zur Disposition stellte, waren 4 Stahlsaiten, je zwei von gleicher Beschaffenheit, neben einander horizontal ausgespannt. Die unverkürzt schwingende Länge derselben betrug bei allen 0,58 Meter. Zwei, mit *d* (dünn) zu bezeichnende, hatten nahe 0,4 Mill., die beiden anderen, mit *D* (dick) zu bezeichnenden, zwischen 0,7 und 0,8 Mill. Dicke. Sowohl von den Saiten *d* als *D* ward je eine um 1 Octave höher als die andere gespannt.

Der Anschlag der beiden zu demselben Paare gehörigen Saiten geschahe bei einigen Versuchen durch besonders dazu hergerichtete gleiche messingene Hämmer, welche aus gleicher Höhe auf beide Saiten herabschlugen und beim Rückpralle mit der Hand gefangen wurden*); in anderen, nach einem Vorschlage von Volkmann, zweckmässiger durch Kugeln, welche aus schief gegen die Saiten gestellten Rinnen auf die Saiten herabrollten und von selbst absprangen. Der Anschlag geschahe beiderseits in einer, einige Zoll betragenden, gleichen Entfernung vom Ende beider Saiten.

Die beiden Hämmer waren in demselben Gestelle an dem einen Ende des Monochordes, einander parallel und in gleicher Richtung mit den Saiten, angebracht, so dass sie nach deren Längsrichtung ein paar Zoll weit vom Ende des Monochordes über dieselben griffen. Die in einem Brete ausgeschnittenen, einander parallelen, Rinnen waren ebenfalls nach der Längsrichtung der Saiten, schief gegen dieselben, die Längsaxen der Rinnen dem Saitenabstande entsprechend, oberhalb des Monochordes angebracht, so dass das untere Ende derselben sich nur wenig über den Saiten erhoben fand. Die Stärke des Anschlages liess sich dann leichter als mittelst der, auf eine bestimmte Hebungshöhe eingerichteten, Hämmer durch die Schiefe der Rinnen und den Punkt, von dem aus man die Kugel rollen liess, reguliren. Die abspringenden Kugeln wurden in einem vorgelegten Tuche aufgefangen.

Die Tonhöhe der Saiten wurde durch Vergleich mit einer Stimmgabel bestimmt, welche das (zwischen den Notenlinien enthaltene) einmal gestrichene *h* gab. Von den Saiten *d* stimmte die tiefere bei Verkürzung auf ⅔ merklich mit der Gabel überein, was also unverkürzt 3 Octaven tiefer; von den Saiten *D* stimmte die tiefere bei Verkürzung auf $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{5}$ mit der Gabel überein.

---

*) Sie sollten auch behindert werden, indem schon nach einigen vorläufigen Versuchen die Anwendung der Kugeln überhaupt vortheilhafter.

Es zeigte sich nun bei den unverkürzten Saiten *d* sowohl mit den Hämmern als Holz- und Elfenbeinkugeln bei sanfter Neigung der Rinnen gegen den Horizont die hohe Saite in starkem Uebergewichte gegen die tiefere, welche verhältnissmässig klanglos dagegen erschien; auch bestand diess Uebergewicht sowohl in der Nähe bei starkem Tone, als bei Entfernung und nöthigenfalls partiellem Ohrenverschluss, indem der tiefe Ton nur noch schwach oder gar nicht mehr gehört wurde, wenn der hohe noch deutlich war.

Auch bei den unverkürzten Saiten *D* fand das Uebergewicht der hohen Saite in der Nähe und Ferne noch statt, wenn derselbe mässige Anschlag als bei den Versuchen mit der Saite *d* angewendet wurde. Aber der Unterschied war nach meinem eigenen wie dem Urtheile aller Mitbeobachter entschieden geringer, so dass sich wohl denken liess, er würde bei einer noch passendern Dicke der Saiten ganz verschwinden. Es bedurfte aber hierzu keiner Abänderung der Dicke. Denn als die Rinnen steiler gestellt wurden, so dass die Kugel mit grösserer Kraft vom obersten Ende auf die Saiten rollte, wurde der Unterschied der Stärke zwischen der hohen und tiefen Saite zweideutig. Auch hierin stimmte das Urtheil Anderer mit dem meinigen überein.

Es wurde nun, während bei den vorigen Versuchen der Anschlag der hohen und tiefen Saite gleich war, der Anschlag beider Saiten *D* so verschieden gemacht, dass der Ton gleich intensiv oder vielmehr der Unterschied zweideutig erschien. Ich stellte mich hinter ein Hinderniss so gegen den Apparat, dass ich denselben nicht sehen konnte, der Ton aber stark gehört wurde, und ein Mitbeobachter änderte die Höhe, aus der er die Kugeln herabrollen liess, so lange für beide Saiten ab, bis ich durch meinen Zuruf den Unterschied der Intensität für zweideutig erklärte. Hierbei bestätigte sich das vorige Resultat. Bei sanfter Neigung der Rinnen, mithin mässig starkem Anschlage, musste die Elfenbeinkugel längs der ganzen Länge der Rinne nach der tiefgestimmten Saite herablaufen, indess sie nach der hochgestimmten nur ungefähr längs der halben herablief, um den Intensitätsunterschied zweideutig zu finden. Bei viel steilerer Stellung der Rinnen ward der Unterschied zweideutig, wenn die Kugel nach beiden Saiten längs der ganzen Länge der Rinnen herablief; ja es schien selbst die tiefere Saite nur einen etwas kürzeren Weges zu bedürfen. Sowohl bei der sanften als steilen Neigung wurde der Versuch zweimal mit entsprechendem Resultate wiederholt. Wurden aber bei der steilen Neigung die Kugeln von einem sehr niederen, für beide Saiten gleichen Puncte der Rinnen herabrollen gelassen, so gewann die Intensität der hohen Saite wieder ganz entschieden das Uebergewicht. Die Neigungen der Rinnen sind dabei zu messen versäumt worden; ihre Angabe könnte aber auch nichts nützen, da absolute Bestimmungen aus diesen Versuchen überhaupt nicht hervorgehen.

Ein Mitbeobachter stellte mit mir zugleich diesen Versuch an. Dabei zeigte sich das Merkwürdige, dass er ganz constant den hohen Ton verhältnissmässig intensiver als ich schätzte, indem er bei einem Puncte, wo ich den Intensitäts-Unterschied zwischen hohem und tiefem Tone zweideutig fand, entschieden den hohen Ton noch für intensiver erklärte, und selbst, wenn ich schon den tiefen Ton ein wenig intensiver fand, den hohen für noch etwas überwiegend erklärte. Auch fand sich dieser Unterschied der Auffassung noch in einigen anderen gelegentlichen Versuchen wieder. Im Uebrigen fand er den Unterschied des Erfolges zwischen den Saiten *B* und *d* und den Unterschied zwischen der sanften und steilen Neigung der Rinnen in demselben Sinne wie ich und wie die anderen Beobachter.

Dass nun bei stärkerem absoluten Anschlage die tiefe Saite relativ intensiver zu tönen beginnt, könnte als ein Beweis für die Uebertragbarkeit des im Gebiete der Lichtempfindung erwiesenen Helmholtz'schen Satzes (Th. II. S. 176) auf Töne angesehen werden. Allein dann hätte durch Abschwächung des Tones mittelst Entfernung und Ohrverschluss der hohe Ton wieder überwiegend werden müssen, was durchaus nicht constatirt werden konnte. Eben so spricht gegen diese Auffassung folgender Umstand.

Da mit wachsender Stärke des Anschlages Seitens der Elfenbeinkugel das Uebergewicht des hohen Tones abnahm und selbst zweideutig wurde, so hätte man meinen sollen, dass bei Vertauschung der Elfenbeinkugel mit einem hohlen Gummiballe, zumal bei Herabrollen von einem niederen Puncte, vermöge des schwachen Anschlages, der hiebei entsteht, der hohe Ton um so mehr ins Uebergewicht hätte kommen müssen. Aber im Gegentheile war hiebei unerwartet der tiefe Ton in entschiedenes Uebergewicht, nach meinem eigenen und aller Mitbeobachter Urtheile.

Die hohlen Gummibälle würden sich, da sie den reinsten Ton geben, überhaupt am meisten zu diesen Versuchen empfohlen haben, wenn sie ohne hohe Naht zu erhalten wären. Diese aber macht, dass das Herabfallen in einzelnen Versuchen nicht recht vergleichbar ausfällt, wenn schon der allgemeine Erfolg im oben angegebenen Sinne völlig entscheidend war.

Es trat also je nach der Dicke der Saiten, der Stärke des Anschlags, dem Material des anschlagenden Körpers bald der hohe, bald der tiefe Ton ins Uebergewicht, so sehr, dass nicht einmal der Vermuthung eine bestimmte Richtung über das gesuchte Resultat blieb. Der Wechsel des Uebergewichtes schien hauptsächlich darauf zu beruhen, dass, je nachdem die Verhältnisse der Saite und des Anschlags besser oder schlechter zu einander stimmen, ein geringerer oder grösserer Theil von der lebendigen Kraft des Anschlags zur Hervorrufung eines den Ton begleitenden Geräusches verwendet wird.

Ich habe nur die, mit den unverkürzten Saiten angestellten, Versuche angeführt, welche am meisten vervielfältigt wurden; doch wurden auch verschiedene Versuche mit, durch Unterstellung eines gemeinsamen Steges verkürzten, Saiten angestellt, die aber eben so je nach Wechsel der Umstände variable Resultate gaben. Nun glaube ich zwar, dass man mit noch sorgfältiger ausgeführten Apparaten das Geräusch noch mehr beseitigen kann, aber es dürfte schwer sein, ein ganz reines Resultat zu erzielen.

Ich dachte daran, statt des Anschlags an Saiten das Anblasen einer mittelst eines Stempels zu verkürzenden Pfeife mittelst eines Luftstromes von constanter Stärke zu versuchen. Aber da bei Verkürzung über eine gewisse Grenze hinaus die Pfeife gar nicht mehr anspricht, so schien mir, dass auch hier eine entsprechende Schwierigkeit als bei den Saiten, nur in anderer Form, zu erwarten sein würde.

b) Zusatz über einige in die Psychophysik einschlagende neuere Untersuchungen von Helmholtz.

Die im zweiten Hefte der physiologischen Optik von Helmholtz jüngst erschienenen Untersuchungen, mir zugekommen, als der 22. Bogen dieses Bandes im Drucke war, begegnen sich mehrseitig mit dem Inhalte dieser Schrift, theils übereinstimmend, theils abweichend; namentlich in Bezug: 1) des Maasses der Lichtempfindung; 2) der Auffassung des Beleuchtungsphänomens bei dem Contraste; 3) einer wichtigen optischen Hypothese. Indess die mit Recht so grosse Autorität Helmholtz's mich Gewicht auf die Puncte der Uebereinstimmung legen lässt, veranlasst sie mich zugleich, auf die scheinbaren oder wirklichen Puncte der Abweichung etwas näher einzugehen.

Den ersten Punct anlangend, so müssen natürlich die Grenzen des Weber'schen Gesetzes bei sehr geringen und sehr hohen Helligkeitsgraden, auf die ich im ersten Theile hingewiesen, auch einen Einfluss auf mittlere Grade erstrecken; oder genauer ausgedrückt, wenn das Gesetz an den Grenzen ganz ungenau ist, so kann es in den mittleren Graden nicht ganz genau sein. So lange jedoch in den Grenzen des gewöhnlichen Augengebrauches die Abweichung nicht spürbar war, war auch kein dringender Anlass, Correctionen oder Abänderungen deshalb in die auf jenes Gesetz gegründeten Formeln für den gewöhnlichen Gebrauch aufzunehmen, sondern man konnte sich bei der Approximation, die sie jedenfalls gewähren, begnügen, wie diess auch in den von Steinheil und Pogson bei den Sterngrössenschätzungen angewandten Formeln geschehen ist, deren Beziehung zum Weber'schen Gesetze ich in den, Th. I. S. 159, angeführten zwei Abhandlungen näher dargelegt habe. In der That aber hat sich bei den bisherigen Beobachtungen von Bouguer, Arago, Masson, Steinheil, Volkmann, meinen eigenen, und bei den Sterngrössenschätzungen eine Abweichung vom Weber'schen Gesetze bei mittleren Helligkeitsgraden nicht als spürbar herausgestellt, was die Sicherheit gewährt, dass hier wirklich ein für mittlere Helligkeitsgrade approximativ gültiges Gesetz vorliegt. Indessen habe ich doch selbst schon in meiner ersten Abhandlung S. 163 f. so wie in dieser Schrift Th. I. S. 162 eine Erfahrung von Herschel als zu einer genaueren Untersuchung auffordernd angeführt, welche zu beweisen schien, dass für sehr geübte Augen unter günstigen Umständen Abweichungen auch wohl spürbar werden können, die unter anderen Umständen nicht spürbar werden; und dasselbe geht jetzt mit grösserer Bestimmtheit aus Helmholtz's neuen Untersuchungen im zweiten Hefte seiner physiologischen Optik

S. 309 ff. hervor, welche, wie es im Sinne des Einflusses ist, den die Gränzen des Gesetzes auf die Mitte äussern müssen, statt einer constanten relativen Empfindlichkeit, welche das Weber'sche Gesetz verlangt, für eine gewisse Intensität ein Maximum der relativen Empfindlichkeit gewähren; indess das Weber'sche Gesetz »als eine erste Annäherung an die Wahrheit stehen bleibt,« wie sich Helmholtz selbst ausdrückt.

Wenn ich nicht irre, liegt der Grund, dass Helmholtz eine Abweichung vom Gesetze zwischen Gränzen erkannt hat, wo sie von einer Mehrzahl früherer Beobachter von gutem Namen nicht erkannt worden ist, darin, dass er überhaupt die kleinsten Lichtunterschiede erkannt hat, die bis jetzt erkannt worden sind, denn der kleinste erkennbare Unterschied variirt bei ihm zwischen $\frac{1}{117}$ und $\frac{1}{167}$ der Intensität, während die bisherigen Beobachtungen bei der Prüfung des Gesetzes nur $\frac{1}{64}$ bis $\frac{1}{100}$ ergeben haben, und die höchste Angabe, die überhaupt stattfindet, nach Arago $\frac{1}{131}$ ist (vgl. Th. I. S. 172). Es ist aber eine, wenn schon nicht an sich nothwendige, doch natürliche Voraussetzung, dass, wo die kleinsten Lichtunterschiede noch erkennbar sind, auch die kleinsten Unterschiede zwischen Lichtunterschieden noch wahrgenommen werden; und daher leicht denkbar, dass, wo das Auge oder Verfahren weniger empfindlich ist, als bei Helmholtz, die Approximation des Gesetzes noch zulänglich erscheint, die bei ihm nicht mehr zulänglich erschienen ist.

Principiell jedoch würde hier blos die Frage wichtig sein, ob durch die Helmholtz'sche Untersuchung die fundamentale Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes in der Art angegriffen ist, dass die Abweichungen an oberer und unterer Gränze, anstatt auf die von mir angegebenen Gründe geschoben werden zu können, in der Beziehung der Empfindung zur Bewegung selbst gesucht werden müssen. Diess ist durchaus nicht der Fall; vielmehr lässt sie in dieser Beziehung den von mir dargelegten Stand der Sache vollkommen bestehen. Die von mir Th. I. S. 163. 165 angegebenen Gründe der Abweichung an der oberen und unteren Gränze sind keine blos hypothetischen, sondern nicht minder factische, als die Abweichungen selbst; auch würde es an sich höchst unwahrscheinlich sein, dass die complicirte Form eines Gesetzes, die von Helmholtz mit vollem Rechte in einer Formel substituirt worden ist, welche die Abweichungen mit aufzunehmen bestimmt ist, als Grundgesetz bestehen sollte.

Indem ich nun hinsichtlich des experimentalen Theiles der **Helmholtz**'schen Untersuchung auf seine eigene Schrift verweise, begnüge ich mich hier, die Formeln mitzutheilen, welche er zur Aufnahme der Abweichungen vom Weber'schen Gesetze denen substituirt, die auf das reine Weber'sche Gesetz zu stützen sind: wobei ich die Buchstabenbezeichnung in die übersetze, die in dieser Schrift gewöhnlich gebraucht ist.

Unsere auf das reine Weber'sche Gesetz gestützte Fundamentalformel ist

$$d\gamma = K \frac{d\beta}{\beta}$$

wo γ die Empfindung, β der Reiz, K eine von β unabhängige Constante ist. Zur Berücksichtigung der Abweichung nach unten substituirt **Helmholtz** (wie diess übrigens auch schon von mir im 23. und 31. Kapitel geschehen) für β den um eine Constante β_0 vermehrten Werth des Lichtreizes, und zur Berücksichtigung der Abweichung nach Oben setzt er die Constante K von β abhängig, indem er $K = \frac{a}{B+\beta}$ annimmt, wo B als sehr gross vorzustellen. Diess giebt als Fundamentalformel mit Rücksicht auf die Gränzen statt der obigen:

$$d\gamma = \frac{a}{(B+\beta)} \cdot \frac{d\beta}{(\beta+\beta_0)}$$

woraus durch Integration hervorgeht:

$$\gamma = \frac{a}{B-\beta_0} \log\left[\frac{\beta_0+\beta}{B+\beta}\right] + \text{Const.}$$

und hienach ein Maximumwerth von γ für $\beta = \sqrt{\beta_0 B}$ folgt.

Die Setzung von $K = \frac{a}{B+\beta}$ gründet sich auf die unstreitig formell berechtigte, wenn schon nach der Natur der obern Gränze vielleicht sächlich nicht ganz zutreffende, Annahme der einfachsten Functionsform von β, bei der man natürlich stehen zu bleiben hat, so lange die Erscheinungen keinen bestimmten Widerspruch erheben. Meinerseits liesse sich nur noch hinzufügen, dass die **Helmholtz**'sche Formel, um vom Masse der Lichtempfindung auf das Mass der Empfindung von Lichtunterschieden übertragbar zu werden, eben so wie die Formeln von **Steinheil** und Pogson, noch der Einführung der Unterschiedsschwelle in der, im 24. Kap. angegebenen, Weise bedürfen würde.

Aufrichtig erkenne ich in der Untersuchung von Helmholtz einen Fortschritt an, den die Psychophysik im Gebiete der Lichtlehre durch diesen ausgezeichneten Forscher erfahren hat, und kann nichts mehr wünschen, als dass sie durch weitere derartige Fortschritte an Bestimmtheit und Entwickelung mehr und mehr gewinne. Wenn aber noch vor Erscheinen seiner Untersuchung das Gerücht zu mir gelangt war, dass Helmholtz die mathematische Grundlage meiner Psychophysik darin angegriffen habe, so kann hierin wohl nur ein Missverstand liegen, dem ich mit Vorigem und dem, was ich mit Absicht desshalb im Vorworte hervorgehoben, auch für die Zukunft zu begegnen wünschte; wenigstens kann ich selbst in seiner eigenen Darstellung nichts der Art finden. Nur dann würde diess der Fall sein, wenn die principielle Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes oder das noch allgemeinere Massprincip, worauf sich diese Schrift in letzter Instanz stützt, dadurch in Frage gestellt wäre; statt dessen sehe ich in Helmholtz's Untersuchung die erste factische Anerkennung eines auf diess Princip gestützten Empfindungsmasses; denn, wenn schon darauf bezügliche Formeln früher bestanden, hat man ihnen doch nicht diese Bedeutung beigelegt.

Der zweite Punct bezieht sich auf die, für die Empfindungslehre überhaupt und die mathematische Behandlung der Empfindung von Unterschieden insbesondere wichtige Frage, ob die Hebung der Eindrücke durch den Contrast blos auf einem Acte des Urtheiles oder auch auf einer Abänderung der Empfindlichkeit beruhe. Ich habe mich in diesem Theile S. 106 für die zweite Alternative erklärt; finde aber, dass sich Helmholtz in seiner neuen Untersuchung (S. 392. 406. 411) bezüglich der Hebungsphänomene beim simultanen Contrast für die erste erklärt. Die Gründe für meine Auffassung, welche mir auch jetzt noch im Uebergewichte scheinen, findet man in meiner, im Vorworte angezeigten, Abhandlung über Contrastempfindung angeführt, worauf ich mich begnüge, hier zu verweisen, mit der Bemerkung, dass durch die Versuche und Erörterungen von Helmholtz doch die wesentliche Mitwirkung eines Urtheilsactes sicherer und in weiterem Umfange als seither erwiesen ist.

Dieser Abweichung bezüglich des zweiten Punctes gegenüber war mir um so willkommener das Zusammentreffen mit Helmholtz bezüglich des dritten. Die Hypothese, dass objectiv einfache Farbestralen doch im Auge ein subjectives Farbengemisch hervorrufen (Th. II. S. 301), hatte ich, so nothwendig sie mir aus verschiedenen Gesichtspuncten erschien, doch nicht ohne Zögern aufzustellen gewagt; dieselbe Hypothese finde ich aus, zum Theil mit den meinigen zusammenstimmenden, Gesichtspuncten durch Helmholtz vertreten, und die Unabhängigkeit der beiderseitigen Aufstellung dürfte beitragen, sie zu unterstützen. Die Form, unter welcher Helmholtz dieselbe (mit Rückgang auf Young's Hypothese von drei Arten Nervenfasern, welche respectiv drei Grundfarben empfinden) aufgestellt hat, weicht allerdings wesentlich von derjenigen ab, in welcher ich dieselbe vorgetragen habe; aber die Abweichung hält sich in einem Gebiete, in welchem die Vermuthung den Schluss ergänzen muss, so dass ein Streit darüber fast müssig, weil vor der Hand kaum zu entscheiden sein würde. Doch wird man leicht aus dem Zusammenhange erkennen, was mich auf die von mir bevorzugte Form geführt hat und noch daran festhalten lässt; wobei ich aber weit entfernt bin, in diesem Zusammenhange einen Beweis zu sehen.

Register der in dieser Schrift gebrauchten neuen oder besonders definirten Ausdrücke.

Die römischen Ziffern beziehen sich auf den Band, die deutschen auf die Seite.

Cardinalpunct II. 49.
Cardinalwerth des Reizes und der Empfindung II. 49.
Constante, Unterschieds-C. I. 244; Verhältniss-C. I. 244; Volkmann'sche C. I. 228.
Constanter Fehler I. 90. 121.
Continuität, psychophysische, II. 300.
Contrastempfindungen II. 83.
Correction, wegen des endlichen m I. 109. II. 349; wegen Schätzung der Eintheilung I. 127; wegen Grösse der Intervalle I. 127. II. 279.
Discontinuität, psychophysische, II. 289.
Elementarformel II. 265.
Elementarschwelle II. 249.
Empfindlichkeit I. 45; absolute und Unterschieds-E. I. 51; extensive und intensive E. I. 55.
Empfindung, intensive und extensive I. 15; positive und negative I. 16; halbbewusste und vollbewusste II. 57.
Empfindungsproducte II. 88.
Empfindungsschwelle II. 200.
Empfindungssumme II. 89.
Empfindungsunterschied II. 88. 89; in der Empfindung aufgehender und besonders aufgefasster E. II. 85.
Empfundener Unterschied II. 85.
Erinnerungsnachbilder II. 494.
Erregbarkeit I. 51.
Extensive, Empfindung I. 15; Schwelle I. 230. 245.
Fehldistanz I. 121.
Fehler, constanter, I. 90. 121; mittler, einfacher und quadratischer I. 102.
Fehlerschwelle II. 158.
Fortune morale et physique I. 236.
Functionsprincip II. 380.
Fundamentaleinheiten, gewöhnliche und natürliche, II. 49.
Fundamentaler Reizwerth II. 13.
Fundamentalformel II. 9. 14.
Fundamentaltabellen I. 113.
Fundamentalwerth des Reizes II. 13.
Geschwindigkeit erster und zweiter Ordnung II. 310.
Grundschwellenwerthe II. 200.
Grundschwingung II. 300.
Hauptfälle I. 113.

Helmholtz'sches Gesetz II. 176.
Höheres und niederes Geistige I. 48.
Homogene Schwelle I. 334.
Illusionen II. 545.
Intensive, Empfindung I. 15, Schwelle I. 239.
Lagenformeln II. 120. 127.
Lagenschwellen II. 120.
Massformel II. 9. 13.
Mathematisches Hülfsprincip II. 6.
Methode, der Aequivalente I. 104, der eben merklichen Unterschiede I. 71, der mittleren Fehler I. 93. 120, der richtigen und falschen Fälle I. 78. 93.
Mischungsphänomene I. 309.
Mischungsschwelle I. 309.
Mittler Fehler I. 120.
Normaldistanz I. 124.
Normalumstände oder Normalverhältnisse der Methode der richtigen und falschen Fälle I. 97.
Parallelgesetz I. 300.
Potentielle Kraft I. 23.
Psychophysik I. 8, äussere und innere I. 10.
Psychophysische Thätigkeiten oder Bewegungen I. 10.
Quadratischer mittler Fehler I. 123.
Reiz I. 47, positiver und negativer I. 90.
Reizbarkeit I. 54.
Reizschwelle I. 238. 243.
Relativer Reizunterschied I. 49.
Schallpendel I. 176. 179.
Schwelle I. 238; Elementar-Schw. II. 300; Empfindungs-Schw. II. 300; extensive und intensive Schw. I. 239; Grund-Schw. II. 300; homogene Schw. I. 334; Fehler-Schw. II. 104; Lagen-Schw. II. 120; Mischungs-Schw. I. 334; Reiz-Schw., Unterschieds-Schw., Verhältniss-Schw. I. 238.
Seele I. 8. II. 380.
Sitz der Seele II. 387; im weiteren Sinne II. 388; im engeren Sinne II. 389; einfacher und ausgedehnter II. 390.
Unterschiedsconstante I. 244.
Unterschiedsformel II. 89.
Unterschiedsmaassformel II. 90.
Unterschiedsschwelle I. 238. 243; absolute und relative I. 244.
Unterschiedsschwellenformel II. 90.
Verhältnissconstante I. 244.
Volkmann'sche Constante I. 200.
Vorstellungsphänomene II. 464.
Weber'sches Gesetz I. 134.
Weber'sche Variable I. 203.
Wellenschema II. 454.
Zeit- und Raumlage I. 66.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

Berichtigungen

Zu Band I.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Zu Band II.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Ueber
die Seelenfrage.

Ueber

die Seelenfrage.

Ein Gang

durch

die ſichtbare Welt, um die unſichtbare zu finden.

Von

Guſtav Theodor Fechner.

[illegible]

Leipzig, 1861.
C. F. Amelang's Verlag.
(Louis Volckmar.)

[illegible]

[illegible]
[illegible]
[illegible]

Vorwort.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Inhalt.

I. [illegible] [illegible]
II. [illegible] [illegible]
III. [illegible] [illegible]
IV. [illegible] [illegible]
V. [illegible] [illegible]
VI. [illegible] [illegible]
VII. [illegible] [illegible]
VIII. [illegible] [illegible]
IX. [illegible] [illegible]
X. [illegible] [illegible]
XI. [illegible] [illegible]
XII. [illegible] [illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]

Wie weit reicht die Seele in dem [illegible]?

[illegible]

Iſt der ganze Menſch beſeelt?

Iſt bloß das [illegible] beſeelt?

Iſt bloß das Gehirn beſeelt?

Iſt bloß ein Theil des Gehirns beſeelt?

Iſt bloß ein Punkt im Gehirn beſeelt?

Hat ein Rumpf ohne Kopf noch Seele?

Hat ein Kopf ohne Rumpf noch Seele?

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Hat Gott einen Leib?

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Fragen, denn welche die Frage vorausgehen muß: giebt es einen Gott? giebt es Engel? giebt es göttliche Wesen? und [illegible] man mit dem [illegible] [illegible]?

Man sieht, der Fragen sind viel, und es sind wichtige, in's Weite und Tiefe führende Fragen, die sich der Seelenfrage, selbst in der engsten Fassung, in der wir sie hier halten, unterordnen. Sie vollständig und gründlich im Zusammenhange abzuhandeln, würde ein [illegible] Werk fordern; das will ich hier nicht geben. Ich beabsichtige auch nicht etwa, [illegible] ich hier die Frage nach der Verbreitung des Seelenwesens über und hinaus, nicht die, wie weit wir auch die Seele in andern Körpern [illegible], zum Gegenstande der Betrachtung mache, und nur die Frage nach der Beziehung der Körperwelt, nicht die Frage nach der [illegible] der Weltseele [illegible] Frage halte, als die letzte Hauptfrage mit ihren Unterfragen und Gegenfragen ganz beiseite lasse.

Vielleicht ist gesagt, wenn ich von der Gesammtfrage ausgehen werde, ohne noch einmal darüber zu sagen, wie ich sie angreifen werde.

Die [illegible] Weise [illegible], vom [illegible] nach [illegible], vom [illegible] nach [illegible]. Zu oberst steht die allgemeinste Frage, die Frage nach der Beziehung der ganzen Welt. Hat ein Mensch eine Seele oder Geist? [illegible] [illegible], denn es [illegible] [illegible] [illegible] wie ein Mensch mit Seele. Hat die Welt [illegible] [illegible] eine Seele? [illegible] [illegible] alle Welt, denn sie [illegible] [illegible] wie ein Mensch nach Mensch mit Seele. Wie steht es mit andern [illegible] Wesen, [illegible] [illegible] und Leibe, die [illegible] und der [illegible] mit den Fragen [illegible], die man nicht zu [illegible], und [illegible] [illegible] wenn man sie [illegible]. Genug, es ist eine Frage, und [illegible] die oberste Frage. Die zweite Frage [illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

vorauszuschicken, im folgenden Kapitel mit den nöthigen Auseinandersetzungen über die Idealität und Wirklichkeit von Sein und Denken, das Verhältniß des Idealen und Realen, die Relationen und Kräfte, durch die sich das Absolute in die Wirklichkeit herabläßt, den Schöpfungsbegriff, das Verhältniß von Gott und Welt, Natur und Geist, Kraft und Stoff, Leben, Seele, Organismus, Nothwendigkeit, Freiheit, Sittlichkeit, Persönlichkeit und Glück mit noch manchem Andern ganz wesentlich zur allseitigen Beantwortung unserer Frage gehört, wobei es kaum nöthig sein wird, die verschiedenen philosophischen [illegible] der Neuzeit im Auge [illegible] und kritisch durchzugehen, um im Streit der Standpunkte den eigenen [illegible] und [illegible] zu halten. Freilich keine ganz leichte Aufgabe, und [illegible] mit jeder neuen Lösung immer schwerer wird. [illegible] [illegible]! Denn [illegible] [illegible] immer wieder [illegible]

[illegible] [illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

II.

Begriffliches über Seele, Geist, Körper, Leib, Leben.

[illegible]

[illegible]

nung für etwas bloß Oberflächliches zu nehmen. Doch streiten wir uns hierüber nicht schon im zweiten, sondern erst in einem der letzten Kapitel.

Nun aber gilt es doch, in der Erscheinungswelt selbst das aufzuzeigen, worauf ich jene Worte beziehen will, die durch den immer wachsenden Einfluss philosophischer Erklärung allmälig immer unverständlicher geworden sind. Es ist aufzuzeigen. Was Jeder hinter der Erscheinung dann noch suchen will, bleibt Jedem überlassen, nur daß er es hinter dem suche, was hier aufgezeigt wird, und hinter nichts Anderem, lassen wir uns [illegible]. Bei freiem Gebrauch des Aufzeigens werde ich freilich auch von Wesen und vom Weine sprechen, die Seele selbst ein Wesen nennen. Doch wird es immer nur in solchem Sinn, als sich wirklich etwas Erscheinliches davon aufzeigen oder aus Erscheinlichem erschließen läßt.

Unter Seele also versteh' ich das einheitliche Wesen, was Niemand als sich selbst erscheint, in und aus [illegible], wo immer ein Selbst vorkommt, sich selbst weiß, für jedes äußere Auge fehlt, zum [illegible] körperliche Empfindungen in sich verknüpfend, über welche noch [illegible], als die Seelenlehre lehren zeigt, das Bewußtsein höherer und höherer Beziehungen sich aufbaut.

Unter Körper der Seele gegenüber fass' ich das in äußerer Erscheinung vereinigte materielle System, was der Physiker und Physiolog so nennt.

Die Seele zeig' ich mit einem nach Innen, den Körper mit einem nach Außen gekehrten Finger, die Seele mit dem Finger der Seele, den Körper mit dem Finger des Körpers.

Unter Leib versteh' ich einen Körper, der zu einer Seele in entsprechender Beziehung steht, als mein Körper zu meiner Seele.

Unter Natur oder Körperwelt, oft auch Welt schlechthin, das ganze, nur in äußerer Erscheinung erscheinliche, System des Körperlichen, was es giebt, mit allen seinen Bewegungen, Verhältnissen, Bestimmungen.

Wird nun gefragt: hat eine Pflanze Seele? so heißt dies: erscheint zu dem, was äußerlich von ihr zu erblicken und was ihr Körper heißt, zu dem, was der Botaniker Pflanze nennt und mit äußeren Sinnen und Hülfsmitteln untersucht, noch etwas innerlich in Form von Empfindung, Gefühl und sonst dergleichen, woran der Botaniker nichts sieht noch mit allen Werkzeugen entdecken kann, was aber nur in Selbsterscheinung ersichtlich und ähnlich in einer Einheit verknüpft ist, als alle Bestimmungen unserer eigenen, sich selbst erscheinenden Seele? Mit andern Worten: giebt's in der Pflanze eine innere Helligkeit zu [illegible], in der ihr Körper nur erscheint? Oder ist es dunkel durch ihre ganze Tiefe und der äußere Schein das Ganze, was es von ihr giebt oder [illegible], was von ihr erscheint?

Hat die Natur oder Welt eine Seele? heißt: gehört zur Gesammtheit dessen, was mit äußeren Sinnen sichtlich, was fühlbar, greifbar ist, zu dem Gesammtwirken der äußerlich an einander [illegible], [illegible] und [illegible], der Geschöpfe und ihrer [illegible] [illegible], [illegible] aber so ein nur sich selbst erscheinendes innerliches Wesen, als zur Gesammtheit dessen, was am Menschen sichtlich und greiflich ist, zum Gesammtwirken seiner [illegible], Knochen, Nerven, Muskeln ein solches gehört; ein Wesen, was aber so wenig mit Himmelskörpern, [illegible], [illegible], chemischen Prozessen und einer Mechanik der Welt [illegible] ist, als das entsprechende Wesen in uns mit [illegible], [illegible], chemischen Prozessen und Mechanik.

Empfangendes, Gebärendes, mit einem Worte den Geiſt als Männliches, die Seele als Weibliches einander an die Seite, und theilt damit den Kreis in zwei ſich natürlich ergänzende Hälften. Schon der Artikel der und die bezeichnen das Geſchlecht; auch fällt der Geiſt in dieſer Bedeutung vorwiegend auf des Mannes, die Seele auf des Weibes Seite.

Die thätige Vernunft, der thätige Verſtand, der thätige Wille ſind des Geiſtes und hiemit vorwaltend des Mannes Sache; Gemüth, Gefühl, Empfindung, Hoffnung, Liebe, Sehnen, Trachten, der Seele und hiemit vorwiegend des Weibes Sache. Der Geiſt erbaut das Haus, die Stadt, den Staat, die Seele ſitzt im Hauſe, ſinnt und ſpinnt den langen Faden, und ſorgt, daß der Geiſt nicht verhungere und verdurſte.

Der Geiſt iſt Athem, Wind (Odem, Hauch, spiritus, animus, zuſammenhängend mit *ἄνεμος*), der in die Weite zieht und durch die Wälder rauſcht, die Seele eine See, die in ſich ſelbſt wogt (wahrſcheinlich zuſammenhängend mit σάλος, ſchwanken). Der Wind hat keine Ruh, die See ruht ſpiegelglatt, ſie ſpiegelt Mond und Sterne; ſo kommt der Wind, hebt ſie zu Wogen auf.

Der Geiſt iſt König, die Seele Königin an ſeiner Seite; der König beherrſcht das Land, die Königin den König.

Im dritten Sinne nimmt der Geiſt die obere, die Seele die untere Stelle ein.

Die Seele in dieſem dritten Sinne iſt das Sinnliche, dem Körperlichen Verwandtere, Niedere noch ganz ohne das Vernünftige, Bewußte [illegible], nicht gar noch ſelbſt [illegible]; der Geiſt das, was in höheren und höchſten Beziehungen und Strebungen darüber weiß und will, das

Körpers nur als ſeiner Unterlage hienieden braucht, einſt nicht mehr brauchen wird.

Der Geiſt iſt noch der König, die Seele aber nicht mehr die Königin an ſeiner Seite, ſondern die Magd zu ſeinen Füßen, die für ihn kocht und bäckt.

Der vorige Gegenſatz iſt mehr Sache des lebendigen, der jetzige mehr des philoſophiſchen Gebrauchs, und indem ſich beide Gebrauchsweiſen kreuzen, decken ſie ſich zur Hälfte, aber eben nur zur Hälfte.

Arme Seele, weil du ſelbſt nicht zu philoſophiren verſtehſt, erniedrigt dich die Philoſophie zur Magd?

Nur im Sinne des vorigen und ſomit gewöhnlichen Gebrauchs kann man von einer ſchönen Seele ſprechen, im jetzigen philoſophiſchen giebt's keine ſchöne Seele, denn alle Schönheit iſt des Geiſtes Sache.

Nur im vorigen Sinne geht die Seele mit dem Geiſt zum Himmel; im jetzigen vergeht die Seele mit dem Leibe und iſt der Name Pſychologie in ſeiner Ableitung von Seele ein Verſehen. Der Geiſt allein iſt unſterblich, und zieht die Seele im Tode wie einen Handſchuh aus.

Ein ſeelenvolles und geiſtvolles Auge ſtehen im vorigen Sinne nur um den feinen Höhenunterſchied des Fühlens und Wiſſens verſchieden einander gegenüber. Doch in dem jetzigen Sinne giebt es kein ſeelenvolles Auge, oder iſt ſeelenvolles Auge ein ſolches, was ſinnliche Begierden und Stimmungen ausdrückt. Allerdings ſcheut ſich auch wohl der Philoſoph, trotz ſeiner Definition der Seele, ein ſolches ſeelenvoll zu nennen; aber die Conſequenz macht ſolche Inconſequenzen nöthig.

Die höheren Gefühle der Liebe, Freundſchaft, Hoffnung, Andacht, ſie ſind recht eigentlich Sache der Seele im vorigen, doch nicht im jetzigen Sinne; denn ſie ſind nicht ſinnlich, nicht thieriſch, dem Körper nicht an-

[illegible], als der Gedanke; und was das Sinnliche ist, [illegible] der Seele Sache; doch kommt es gar [illegible] richtig zum [illegible] Sinne, daß man sie zur Unterscheidung von den sinnlichen Gefühlen geistige Gefühle nennt.

Auch das kommt gut heraus, daß man nur von Thierseelen, doch niemals von Thiergeistern spricht, nachdem die ganze Thierseele nur der sinnlichen Unterlage der Menschenseele vergleichbar scheint; obwohl es nicht minder zum [illegible] Sinne stimmt, da die Thierseelen vielmehr Instincte, [illegible] zeigen, als etwas [illegible] aus sich erzeugen. Das führt in jene Ecke, mit der sich beide [illegible] des Geistes decken.

Ein Jeder legt nun die Scheidungslinie durch den Kreis ein wenig anders, die [illegible] etwas mehr nach rechts oder links, die [illegible] etwas höher oder tiefer; die alten christlichen Kirchenväter z. B. die [illegible] recht hoch, wonach der Geist [illegible] nur die Begeisterung durch den heiligen Geist bedeutete. Mancher legt die Wand schief, zieht hier und da noch Zwischenwände, und [illegible] die von Anderen gezogenen Wände ein, und meint, nun hab' er es.

Nun kommen zu den eigentlichen auch die uneigentlichen und die [illegible] Bedeutungen. Bald ist die Seele nichts weiter als Lebenskraft, bald ist sie ein einfaches Wesen, [illegible]; bald die [illegible] Einheit jedes Dinges; bald ist sie [illegible] in einem [illegible]. Sie hat eine Seele No. 1, 2 und 3. Und Jeder meint, er hat's. Das Wort [illegible] Manchem zusammen mit Geist, mit Kraft, mit jeder Allgemeinheit, auch wenn sie mit dem Körperlichen nur [illegible], nur [illegible], doch nicht selber [illegible], ist. Die Natur hat einen Geist; nur heißt man deshalb nicht, daß sie ihn selber hat, wie [illegible] Geist. [illegible] ist

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER, G.T. FN. 01575/028

ein Geiſt, nur denke man beileibe an Nichts, was Eigenſchaften hat, als wie ein Geiſt.

Und ſo iſt Alles zuletzt wohl durcheinander gerührt; und jede Zacke an dem großen Quirle meint, Etwas zur Klärung mitgewirkt zu haben.

Und was iſt denn von allen zuletzt die einzig wahre und richtige Bedeutung? ich denke, eine jede iſt gleich richtig. Bedeutet doch ein jedes Wort genau das, was ein Jeder will; nur daß freilich nicht ein Jeder etwas Andres wollen ſollte, als der Andre und Niemand die Federn für den Flug des Vogels halten ſollte. Auch gilt es, weil der Sprachgebrauch nun einmal ſchwankt, dem Schwanken durch Einſtellen einer Schraube, die man ein andres Mal auch wieder löſen kann, ein Ende zu machen, wo Feſtigkeit gebraucht wird. Und ſo ſtell' ich mit Folgendem die Schraube für den Gebrauch von Geiſt und Seele in dieſer Schrift jetzt ein, nicht hindernd, daß ein Andrer ſie anders für ſeine andern Zwecke ſtelle.

Der erſte, der weiteſte Gebrauch wird es ſein, dem ich hier folgen werde, indem ich unter Geiſt und Seele gleichbedeutend daſſelbe Weſen dem Körper oder Leibe gegenüber verſtehe, was ſich ſelbſt erſcheint, weil dieſer Gebrauch für unſern Zweck am beſten zu gebrauchen iſt. Denn wie ſollte ich die ganze Einheit des ſich ſelbſt erſcheinenden Weſens mit allem niedern und höhern Inhalt, der darin erſcheint, dem äußerlich erſcheinenden Körper und Leibe gegenüber noch nennen, wenn ich die Namen Seele, Geiſt auf ſeine Seiten, Gebiete, Theile vertheilen wollte. Nur um die Beziehung jenes Ganzen zu dem Leibe und zwar aus allgemeinſtem Geſichtspuncte, nicht um die Erörterung ſeiner innern Verhältniſſe iſt es ja hier zu thun; wo es aber doch ein Actives und Receptives, ein Niederes und Höheres, im Geiſt, der Seele zu unterſcheiden gilt, wird es zur Sache an Worten auch nicht fehlen. In verbis simus faciles, in re difficiles.

Alſo, um ſchließlich das Vorige zuſammenzufaſſen:

Geiſt, Seele gleichbedeutend ein nur in Selbſterſcheinung erfaßliches, nur durch Phänomene und Beſtimmungen der Selbſterſcheinung charakteriſirbares einheitliches Weſen; Körper, Leib ein, nur in äußerer Erſcheinung, durch äußere Sinne erfaßliches, durch Verhältniſſe, Beſtimmungen der äußern Erſcheinung charakteriſirbares, Syſtem. Natur das ganze Syſtem der körperlichen Dinge, wovon unſer kleine Leib ein Theil. Seelenfrage die Frage, wiefern ſich an das geſammte Syſtem und untergeordnete Theile dieſes Syſtems Geiſt, Seele, Geiſter, Seelen knüpfen.

Welches die Grundbeziehung zwiſchen Körper und Geiſt, Leib und Seele ſei, bleibt eben ſo bei jenen Erklärungen, wie bei dieſer Frage noch ganz außer Rückſicht. Jenes ſind Hinweiſungen mit Worten auf Factiſches, das Factiſche danach zu finden; dieſes iſt eine Frage des Factiſchen, gleichviel, wie man dies Factiſche dann deute. Man kann bei jenen Erklärungen noch Materialiſt, Idealiſt, Dualiſt, Moniſt, Monadiſt ſein. Man kann bei jeder Grundanſicht über die Beziehung von Leib und Seele fragen: hat die Pflanze eine Seele, hat die Erde eine Seele in demſelben oder analogen Sinne als der Menſch eine Seele hat; das iſt unſere Frage. Man kann dann weiter fragen: iſt die Seele ein Pünktchen, ein Fluß, eine Monas, ein Reſultat; das iſt unſere Frage nicht. Man kann jene Frage von dieſer abhängig machen, und wird damit in alle Dunkelheiten und Streitigkeiten der letztern fallen; man kann auch verſuchen, ſie unabhängig davon zu behandeln, und eine derartige Behandlung iſt die Abſicht dieſer Schrift.

III.

Angriff der Seelenfrage.

Von vorn herein iſt zu geſtehen, die ganze Seelenfrage iſt und bleibt eine Glaubensfrage; und wie wir es anfangen und wie wir enden mögen, für Nichts werden wir exacte Beweiſe zu finden und zu liefern vermögen. Der exacte Beweis ruht auf Erfahrung und Mathematik; aber nur von der eigenen Seele iſt directe Erfahrung möglich, und der Mathematik fehlt jeder Anſatz, eine andere zu beweiſen.

Es iſt in dieſer Hinſicht nicht anders mit der Seele meines Bruders, meines Vaters, meiner Mutter, als mit Gott, mit jenſeitigen, mit irgend welchen Seelen. Man meint, das Daſein von jenen Seelen ſei ſelbſtverſtändlich; es iſt es auch, und iſt doch ganz eben ſo wenig exact erweislich, als von dieſen, wonach auch das Daſein von dieſen ganz eben ſo gut begründet ſein könnte, als von jenen, indeß es ganz eben ſo wenig exact erweislich iſt.

Mein Bruder iſt mir ſehr ähnlich, und äußert ſich ähnlich; ich glaube deßhalb auf das Feſteſte, daß er beſeelt iſt. Aber wo fängt die zum Seelendaſein erfoderliche Aehnlichkeit mit mir an und wo hört ſie auf? Iſt Analogie ein ſtricter Beweis? Habe ich nicht immer von Neuem hören müſſen, daß ſie es nicht iſt? Mein Vater hat mich den Beſeelten gezeugt, die Mutter geboren; ich glaube deßhalb auf das Feſteſte, daß ſie auch beſeelt ſind; aber die Welt hat alle beſeelten Geſchöpfe erzeugt, die Erde geboren; meine Vorältern, wo können ſie endlich herſtammen? und hält man dadurch exact bewieſen, daß die Welt, die Erde beſeelt ſei?

Eben ſo wenig als ein Beweis für iſt ein ſolcher gegen das Daſein irgend einer Seele zu führen. Kann nicht ein Sandkörnchen, ein Pünktchen über dem I, ja gar ein einfaches Atom, oder gar ein einfaches Weſen hinter dem Atom beſeelt ſein? Es ſteht Jedem frei, ſeinen Einfall in dieſer Hinſicht zu haben, auch hat man ſolche gehabt; die exacte Wiſſenſchaft kann eben deßhalb nichts Bindendes gegen die Seele in dem Pünktchen haben,weil ſie für das Daſein eines Gottes in der Welt und einer Seele in meinem Bruder auch kein bindendes Für hat.

Die exacte Wiſſenſchaft hat mit einem Worte auf das ganze Gebiet dieſer Frage ſeither noch keinen Angriff gefunden.

Berührungen damit kann ſie freilich nicht vermeiden; aber ſie iſt wie die Ente außer dem Waſſer, indem ſie darauf übertreten will. Der Streit um die Pflügerſche Rückenmarksſeele iſt noch friſch; hat er einen Boden oder ein Princip oder ein Ende gefunden? Was kennt die exacte Wiſſenſchaft ſeither von den Gründen der Seele als Ganglienkugeln, Phosphor, Elektricität? Und hat das Alles mehr mit der Seele zu thun, als der Talg der Kerze mit dem Leuchten des Lichtes?

Zwar möglich, daß von einer Lehre aus, deren Elemente ich in einer andern Schrift vortrage, in Zukunft doch auch einmal ein exacter Angriff auf die Seelenfrage gewonnen werden kann. Dieſe Lehre ſucht die erfahrungsmäßigen, geſetzlichen Beziehungen zwiſchen der eigenen Seele und der Körperwelt auf, verfolgt ſie aus dem Aeußeren in das Innere, und ſucht ſie durch Faſſung und Verknüpfung unter mathematiſche Ausdrücke zu fixiren und für Folgerungen fruchtbar zu machen. Bis jetzt läßt ſich die Tragweite der bisher gewonnenen Geſetze und Ausdrücke noch nicht überſehen. Aber auf fernen Ausſichten fuße ich hier nicht. Die Lehre dieſer Schrift fängt da an, womit die Lehre, die in jener erſt begonnen iſt, in Zukunft einmal aufzuhören haben wird.

Warum nicht alſo, fragt man, die ganze Seelenfrage bei Seite laſſen, wenn doch einmal für jetzt nicht auf etwas Sicheres darin zu kommen? Aber der Glaube an das Daſein der Seelen unſerer Mitmenſchen iſt uns nothwendig, der Glaube an das Daſein der Thierſeelen natürlich, und eine Weltanſicht, welche eine allgemeine Beantwortung der Seelenfrage einſchließt, ein höheres Bedürfniß. Alſo kann zwar die exacte Wiſſenſchaft die Frage von ſich abweiſen, ſo lange ſie keine exacte Antwort darauf zu geben vermag; wir können ſie aber nicht überhaupt abweiſen; und es gilt, wenn kein exacter Beweis zu finden iſt, ſich nach Erſatzmitteln des exacten Beweiſes umzuſehen.

Und in Wahrheit muß es doch gar wirkſame Erſatzmittel eines ſolchen geben, nachdem wir des Daſeins andrer Menſchen- und Thierſeelen ſo ſicher oder faſt ſo ſicher ſind, als unſrer eigenen. Wenn ſie aber für die uns nächſt ſtehenden Seelen ſo ſtarke Glaubenszuverſicht zu erwecken im Stande ſind, daß wir den ſtrengen Beweis hier nicht einmal vermiſſen, und ſelbſt die Exacteſten nicht einmal danach fragen, warum nicht dieſelben oder damit zuſammenhängende Erſatzmittel darüber hinaus ſuchen und verwenden?

In der That iſt dies der Grundgeſichtspunct, von dem ich folgends ausgehe: in der ganzen Seelenfrage keine Sicherheit von anderm Charakter in Anſpruch nehmen zu wollen, als die wir für das Daſein der uns nächſt ſtehenden Seelen haben, die dazu zu Gebote ſtehenden Mittel aber auch zu nutzen.

Das Daſein jener Seelen ſelbſt, an das wir durch die nächſtliegenden Gründe gezwungen ſind, zu glauben, wird uns dabei als Beiſpiel, Fundament und Stütze für den weiteren Ausbau des Seelenreiches zu dienen haben, nur daß nach Maßgabe, als wir über den Menſchen weiter und höher hinaus- und hinaufgehen, und als hiemit zugleich die Aufgabe ſich in Schwierigkeit, Umfang und Höhe ſteigert, entſprechend der Kreis und der Geſichtspunct der Mittel zu erweitern und zu ſteigern iſt.

Theils ſind es practiſche Motive; doch dieſe laſſ' ich hier beiſeite; theils Geſichtspuncte, die zwar nicht Erfahrung ſind, aber eine vernünftige Zuſammenfaſſung deſſen, was Erfahrung bietet.

In der That, wenn ſchon ſich keine fremde Seele unmittelbar ſehen, greifen läßt, läßt ſich doch viel ſehen, greifen, was mit ihrem Daſein in Beziehung ſteht, und durch Zuſammengreifen deſſelben die fremde Seele mit ergreifen.

So kann ein Mittelpunct, den man nicht direct erblicken und erreichen kann, doch aus dem Zuſammenhange der Theile der ſichtbaren Peripherie, die zu ihm in Beziehung ſtehen, gar wohl erkannt werden. Nur muß man freilich auch die Frage danach richten, und nicht die alleinige Wiſſenſchaft darin ſuchen, die Stücke des ſichtbaren Kreiſes mit dem Mikroſkope in kleinere ſichtbare Theile zu zerlegen. Auch das zwar thut noth; iſt aber nicht das Einzige, was noth thut.

Der Schluß vom Sichtbaren auf das Unſichtbare kann nicht derſelbe ſein, als der Schluß vom Sichtbaren auf's Sichtbare; vielmehr tritt er ihm coordinirt zur Seite.

Der Schluß vom Sichtbaren auf's Sichtbare, der Schluß der Naturwiſſenſchaft, ſchließt den Kreis äußerlich ab, indem er aus dem Daſein, dem Zuſammenhange und der Zuſammenhangsweiſe der gegebenen Theile des ſichtbaren Kreiſes die nicht gegebenen nach der Bedingung ſelbſt erſchließt, daß ſie den Kreis ergänzen. Der Schluß vom Sichtbaren auf das Unſichtbare, der Schluß der Naturphiloſophie, ſchließt den Kreis innerlich ab, indem er aus dem Zuſammenhange und der Zuſammenſtimmung aller Theile des ſichtbaren Kreiſes den unſichtbaren Punct inmitten des Kreiſes erſchließt.

Kann auch wohl ein Schluß wie der andere lauten?

Die Materialiſten wollen Alles mit der erſten Schlußweiſe allein abmachen, und ſo entfällt ihnen, was der zweiten angehört. Sie ſehen nur im Kreiſe umher, und ſagen, er hat keinen Mittelpunct; denn wirklich iſt er nicht in der ſichtbaren Peripherie zu finden. Die Idealiſten wollen die zweite Schlußweiſe umkehren, die Peripherie aus dem Mittelpuncte finden, wiſſen aber nicht einmal den Mittelpunct recht zu finden, ſondern irren danach in einem transcendenten Jenſeits umher; dazu iſt die Peripherie eines Mittelpunctes durch dieſen nicht eben ſo beſtimmt, als umgekehrt, und ſo laufen alle ihre Schlüſſe aus dem Unbeſtimmten in das Unbeſtimmte.

Es gilt, zum Gedanken des Mittelpunctes die ſichtbare Peripherie zu ſuchen, die zugleich ſein Daſein beweiſt und ſeine Stelle beſtimmt; dann iſt es leicht, Radien zu ziehen, und aller Streit, ob der Mittelpunct oder die Peripherie ein Reſultat des Andern ſei, iſt eitel.

Wie aber das Ziel, ſo, nur in anderm Sinne, iſt der Ausgang des Schluſſes vom Sichtbaren auf das Unſichtbare ein Mittelpunct in einem Kreiſe. Alle Radien des Schluſſes laufen von dieſem Puncte aus, dem einzig feſten, den es in dieſem Felde giebt, der einzigen Erfahrungsgrundlage, die wir in dieſem Gebiete haben; alle Hebel der Argumentation ſtützen ſich darauf als Stützpunct.

Es iſt die Thatſache: unſere eigenen Körper ſind beſeelt.

Dies wiſſen wir, und was wir weiter in der ganzen Frage wiſſen und wiſſen können, wiſſen wir nur durch dies.

Wir fragen nun, was läßt ſich weiter daraus ſchließen für die Beſeelung eines körperlichen Syſtems, das unſerm nach dieſer oder jener Beziehung ähnlich iſt, ſich damit ergänzt, ſich dagegen abſtuft, in Beziehungen des Zuſammenhanges, des Urſprunges, Zweckes dazu ſteht?

Jede dieſer Fragen läßt ſich aus erfahrungsmäßigen Geſichtspuncten in's Auge faſſen und verfolgen, und indem wir den Zuſammenhang aller in das Auge faſſen, ſchließen wir den Kreis.

Aus dem Geſichtspuncte des Beweiſes bleibt das Reſultat nur Wahrſcheinlichkeit; aus dem Geſichtspuncte des Glaubens kann es Ueberzeugung ſein; und ſo können wir aus erſterem Geſichtspuncte auch mit allem Folgenden für alles Folgende nur überwiegende Wahrſcheinlichkeit zu begründen Anſpruch machen, indeß wir eine Ueberzeugung aus dem Geſichtspuncte des Glaubens dafür zu begründen trachten.

IV.

Allgemeine Gegengründe gegen die Ausdehnung des Seelenreiches über die Menſchen- und Thierwelt hinaus.

Menſchen und Thiere ſind beſeelt, ſonſt nichts, wenigſtens nichts auf unſerer Erde. So die gemeine Meinung, ſo die Meinung der Exacten, ſo die Meinung der Philoſophen, ſo die Meinung der Theologen, ſo die Meinung der Idealiſten, ſo die Meinung der Materialiſten, ſo die Meinung der Monadologen. Eine compacte Einigkeit, und nur traurig, daß ſie ſich auf eine Negation bezieht, und die Negation der Einigkeit in allen übrigen Stücken zur Folge hat. Traurig, aber natürlich; denn natürlich dünkt es mir, daß die Geiſter nur in der Anſicht, daß Ein Geiſt der Welt iſt, und alle Geiſter Eines Geiſtes ſind, Eines Geiſtes werden können; ſtatt deſſen ſich heutzutage Alle um eine Lücke einigen, zu groß, um ſich die Hände darüber hinzureichen.

Was aber iſt der Grund, das Reich des Geiſtes ſo ſehr einzuſchränken, aus dem Leben nur ein paraſitiſches Reich des Todten zu machen? Sprechen wir hier nur von den allgemeinſten Gründen.

1) Der Hauptgrund iſt, daß man geglaubt, Gott ſo weit über die Welt hinwegheben zu müſſen, daß ſie nicht mehr wagen darf, ſich als Leib ihm anzueignen. Nun bleibt ſie unter ihm geiſtesleer zurück; all' ihr Geiſt ruht nur noch in unſrer geiſtigen Betrachtung oder in ihren Geſetzen und Kräften, in dem, was auch die Statue oder

was auch die Maſchine hat. Die Idealiſten nennen es noch Geiſt; doch handelt ſich's hier nicht um ſolchen Geiſt.

2) Nachdem einmal die Welt im Ganzen als ſeelenlos gilt, müſſen natürlich auch ihre Glieder dafür gelten. Mit Menſchen und Thieren macht man eine Ausnahme; man muß wohl; ſucht aber Ausnahmen natürlich ſo viel als möglich zu beſchränken. Um ſie doch zu rechtfertigen, macht man eine zweite Ausnahme, ſtellt die Menſchen- und Thierkörper ihrerſeits als Ausnahmen der übrigen Natur gegenüber; und nachdem man allen Geiſt aus der Natur herausgenommen, iſt's freilich ganz natürlich, daß ſie keinen mehr hat.

3) Die Seele iſt unſichtbar; und ſo ſieht man nirgends das Geringſte von Seele in der Natur und den Naturkörpern über Menſchen und Thiere hinaus, kann nichts davon zeigen, nichts greifen; alſo iſt's am einfachſten, wenn man ſie leugnet.

4) Außer den Thieren ſind alle Naturkörper dem Menſchen ſo unähnlich, daß auch die Analogie nicht zuläßt, an Seele über Menſchen und Thiere hinaus zu glauben. Kein Nervenſyſtem, keine Seele.

5) Nachdem die Meinung dagegen einmal allgemein und feſt geworden, trägt die Erziehung und Gewöhnung bei, ſie zu erhalten.

Das Erſte anlangend aber, ſo ſpricht man außer von einem überweltlichen doch auch von einem allgegenwärtigen Gott, und warum ſollte er vielmehr die Welt wie Waſſer einen Schwamm, als wie Geiſt einen Leib durchdringen?

Das Zweite anlangend, ſo muß man erſt die Regel ſicher haben, um Ausnahmen machen zu können; nun fragt ſich erſt: was iſt die Regel?

Das Dritte anlangend, ſo hätte Jeder danach alle Seelen mit Ausnahme ſeiner eigenen zu leugnen.

Das Vierte anlangend, ſo werden wir gleich weiter davon ſprechen.

Das Fünfte anlangend, ſo wird in hundert oder tauſend Jahren daſſelbe von der entgegengeſetzten Anſicht gelten.

Es ließe ſich noch viel des Allgemeinen vorreden; doch wird man ſchon im Bisherigen das Streben erkannt haben, es möglichſt abzukürzen. Wer iſt nicht heutzutage der Allgemeinheiten über dieſe Gegenſtände müde? Wir eilen zum Beſondern.

Ja, wenn man die rechten Allgemeinheiten hätte! das ſind fundamentale Thatſachen und Geſetze, ſtatt ſchwebender Anſichten und Begriffe.

Wir fangen aber an mit dem Beſonderſten.

V.

Die Pflanzenſeele. Gegengründe.

So oft hat man meiner Lehre von der Pflanzenſeele widerſprochen, daß es mir wohl geſtattet ſein mag, auch noch einmal dafür zu ſprechen.

Die Winde entwurzeln entweder den Baum, oder ſie machen ihn feſter wurzeln und friſcher grünen. Wie mit den Winden und der Pflanze war es mit den Einwänden und dem Glauben an die Seele der Pflanze.

Er ſteht auf ſechs Hauptwurzeln, die kein Wind entwurzeln wird; er trägt eine Krone, die kein Wind entblättern wird.

Die Gegengründe gegen die Pflanzenſeele haben es freilich leicht, weil auch den leichteſten derſelben der letzte der aufgeſtellten allgemeinen Gründe, Erziehung, Gewöhnung ſeinen ſchweren Zuſchlag ertheilt. Oder vielmehr, ſie bedürfen kein Gewicht, weil die Wage der Meinung ohnehin in ihrem Sinne hängt. Und ſo treten ſie denn auch leichtfüßig genug, doch mit der Zuverſicht auf, daß ſie eigentlich gar nicht nöthig hätten, aufzutreten.

Freilich, die Pflanzenſeele iſt nur ein kleines ſchwaches Glied im großen Seelenbau der Welt. Und wie kann man die Zierrath im Hauſe erblicken, wenn das ganze Haus finſter iſt? Hier tritt zum letzten der erſte der aufgeſtellten allgemeinen Gegengründe in das Spiel. Die andern ſtellen ſich den vorigen gefügſam zu Dienſten. Wer hat noch je etwas von einer Pflanzenſeele geſehen? und der Pflanzenkörper ſieht nicht entfernt aus und benimmt ſich gar nicht wie ein Menſch und Thier.

Ich will nun nicht Alles wiederholen, was ich in „Nanna“ hiegegen ausgeführt, indem ich es in der Hauptſache den poſitiven Gründen überlaſſen werde, die Gegengründe gleich mit niederzuſchlagen. Nur gegen zwei Einwände will ich mich noch einmal wenden, nicht, weil ſie die wichtigſten wären, und alſo an ihrer Widerlegung am meiſten gelegen wäre, noch, weil ſie die leichtſten wären, und alſo auch ihre Widerlegung am leichtſten fiele — denn, offen geſagt, ich weiß in dieſer Hinſicht keinen Unterſchied zu finden — ſondern einfach aus dem Grunde, weil ſie die letzten ſind, mit welchen ein philoſophiſcher Gegner in einer vielgeleſenen Schrift („Leib und Seele“) den Angriff gegen dieſelbe erneuert hat. Ein Gegner, der eben ſo unermüdlich in Beſtreitung der Pflanzenſeele iſt, als ich in Vertheidigung derſelben; denn ſchon zum dritten Male begegne ich mich mit ihm in dieſer Hinſicht. Wohlan, ſuchen wir endlich einmal mit einander über dieſen Gegenſtand abzuſchließen. Und vielleicht reicht es hin, die philoſophiſchen Gründe gegen die Pflanzenſeele recht kennen zu lernen, um unſere erfahrungsmäßigen Gründe dafür recht ſchätzen zu lernen.

Zwar auch der Gegner beruft ſich auf Erfahrung, indem er aber dieſelbe nach philoſophiſcher Weiſe dem Begriffe dienſtbar macht. Sein erſter Gegengrund iſt jener althergebrachte der Phyſiologie, der kurz darauf hinausläuft: die Thiere brauchen Nerven zur Empfindung, alſo werden auch die Pflanzen Nerven zur Empfindung brauchen; ſie haben aber keine. Ich war freilich etwas beſchämt, zu finden, daß Alles, womit ich ſchon früher dieſen Einwand erledigt zu haben glaubte, keinen andern Erfolg gehabt hat, als ſeine Wiederholung Seitens eines Philoſophen. Aber warum nicht? Von einem Philoſophen, deſſen Handwerk ja das Schließen iſt, in die Hand genommen, konnte der Einwurf ganz neue Kraft gewinnen, freilich auch blos das ſeine Erneuerung rechtfertigen. Man muß nur entſchuldigen, wenn ich ſeiner Wiederholung gegenüber nun auch das wiederhole, was mir noch die alte Kraft dagegen zu beſitzen ſcheint, um nur den neuen Wendungen deſſelben mit einigen neuen Wendungen zu begegnen.

Von vorn herein machte ich gegen den Einwand geltend, der Schluß, auf den er ſich ſtützt, könne nicht triftig ſein, weil man ſonſt eben ſo müßte ſchließen können: die Violinen brauchen Saiten zum Tönen; alſo werden auch die Flöten Saiten zum Tönen brauchen; ſie haben aber keine, und können alſo nicht tönen; die Kerzen und Dochtlampen brauchen Dochte zum Brennen, alſo werden auch die Gaslampen Dochte zum Brennen brauchen, ſie haben aber keine; und können alſo nicht brennen. Doch tönen die Flöten ohne Saiten und brennen die Gaslampen ohne Dochte.

Man hat dies ſpielige Analogieen genannt, und auch der philoſophiſche Gegner ſpricht vom leichtſinnigen Spiel der Analogie in meinen Reflexionen. Hätte man aber lieber ernſthaft den Schluß gerechtfertigt, den ſie in der That ſpielend widerlegen. Für die Pflanze kann, denk' ich, kein anderes Princip des Schluſſes gültig ſein, als für die Flöte und die Lampe. Zwar iſt man ſo ſehr gewohnt, in der Philoſophie einen ſcharfen Unterſchied zwiſchen Organiſchem und Unorganiſchem gemacht zu ſehen, daß es kaum befremden kann, ſelbſt eine andere Logik dafür angewandt zu ſehen. Aber die Logik des Einwandes hält im Organiſchen ganz eben ſo wenig als im Unorganiſchen Stich. Säugethiere und Vögel athmen mit Lungen, und zerſtört man dieſe, ſo können ſie ſo wenig mehr athmen, als Thiere empfinden, wenn man ihre Nerven zerſtört. Aber giebt es deßhalb kein Athmen ohne Lungen? Im Gegentheil, es giebt ein Athmen mit Kiemen, mit der Haut, mit dem Darm. Können aber Fiſche, Würmer ohne Lungen athmen, während Säugethiere, Vögel nur mit Lungen athmen können, warum nicht auch Pflanzen ohne Nerven empfinden, während Thiere nur mit Nerven empfinden können?

Der Fehlſchluß, der dem Einwand unterliegt, iſt dieſer: Weil A etwas nur mit Hülfe von a verrichten kann, ſo braucht auch B ein a dazu, daſſelbe zu verrichten. — Nein, weil es eben B, nicht A, ſo braucht es b, nicht a dazu. Das Thier empfindet mit Nerven; Geſchöpfe, die ganz anders als Thier conſtruirt ſind, können etwas ganz

Anderes als Nerven zur Empfindung brauchen. Warum müſſen es denn überall Nerven zur Empfindung ſein, wenn es nicht überall Lungen zum Athmen ſein müſſen?

Was helfen ſolche Warum's, erwidert der Gegner, die höchſtens einer hohlen Möglichkeit Raum geben, wenn keine poſitive Erfahrung für die Wirklichkeit ſpricht. Mit Möglichkeiten kann man nicht die Wirklichkeit beweiſen wollen. „Daß wir durch eine ähnliche Argumentation (als Fechner zur Widerlegung der Gegengründe einſchlägt) auch die Empfindungsfähigkeit des Steines, des Planeten und jedes beliebigen Dinges als eine mögliche darſtellen können, iſt ohne Weiteres zu überſehen“.

Und in der That, daß wir das wirklich können, beweiſt, wie ſchlecht die Gegengründe ſind, da ſich nicht einmal die Seele eines Steines damit widerlegen läßt. Die Widerlegung der Einwände iſt aber in der That nicht dazu da, mit Möglichkeiten die Wirklichkeit zu beweiſen, ſondern dem Einwande der Unmöglichkeit zu begegnen; für den poſitiven Beweis ſind die poſitiven Argumente da; ich habe doch auch poſitive Argumente.

Doch giebt es ſogar factiſch Empfindung ohne Nerven. Die Pflanzenthiere haben keine Nerven und brauchen keine zur Empfindung. Warum ſollen denn die Pflanzen ſolche dazu brauchen; und nicht vielmehr zu allen andern Aehnlichkeiten mit den Pflanzenthieren auch dieſe haben, daß ſie keine dazu brauchen? Warum ſollen ihnen die Nerven auf einmal wiederkommen, nachdem ſolche ſchon in der Annäherung zu ihnen beiſeite gelaſſen ſind, ohne daß doch die Empfindung beiſeite gelaſſen iſt? Dieſe Warum's ſind nicht ſo einfach abzuweiſen.

Mit Rückſicht auf die nervenloſen Thiere wird nun der Fehlſchluß dieſer: wenn A etwas nur mit Hülfe von a verrichten kann, B aber daſſelbe ohne Hülfe von a verrichten kann, ſo wird das dem B ſehr ähnliche C daſſelbe doch nur mit Hülfe von a oder gar nicht verrichten können.

Mit ſolchen ſchönen Erfahrungsſchlüſſen bekämpft man die Pflanzenſeele; und, mag ich es mir überlegen wie ich will, es ſcheint mir, daß der ganze Einwand wegen der Nerven zuletzt darauf hinausläuft.

Zwar ſcheint der vorige Schluß meinen philoſophiſchen Gegner noch nicht ganz befriedigt zu haben. Aber hat er ſeinen Fehler etwa nachträglich aufgedeckt? Im Gegentheil, wir werden ſehen, wie er ihn verſchlimmert.

Die Thiere, um die ſich's handelt, ſind überhaupt den Gegnern der Pflanzenſeele ſehr unbequem; denn ſie reichen für ſich allein ſchon hin, mit dem Einwande wegen der Nerven zugleich faſt alle andern Einwände gegen die Pflanzenſeele zu entkräften, da dieſen niedern Thieren bis auf ein, in den Pflanzen anders vertretenes Merkmal alles das, was man zur Beſeelung von den Pflanzen nach Analogie mit den höhern Thieren etwa fodern möchte, nicht minder fehlt, als den Pflanzen. Stimmten die Pflanzen auch noch in dieſem ihnen fehlenden Merkmale mit den Pflanzenthieren überein, ſo wären ſie ſogar völlig Thiere, was ſie aber nicht ſein wollen und ſein ſollen. Denn nicht darum handelt ſich's, daß die Pflanzen tautologiſch die Thierbeſeelung wiederholen, wie man zu verlangen ſcheint, um ſie überhaupt für beſeelt zu halten, als ob außer Menſchen- und Thierſeelen keine andern Seelen möglich wären, ſondern daß ſie dem Seelenreich der Thiere ein andres Seelenreich ergänzend zugeſellen, wozu ganz weſentlich gehört, daß ſie mindeſtens in Einem, für die Weiſe der Beſeelung bedeutungsvollen Merkmale davon abweichen.

Sehen wir näher zu: die Pflanzenthiere, worunter wir hier in Kürze Polypen, Infuſorien und ähnliche Thiere zuſammenfaſſen, haben großentheils weder Nerven, noch Centralorgane, noch geſchloſſenen Kreislauf; manche nicht einmal Mund noch Magen, und die Pflanzen haben dafür faſt Alles, was ſie haben, mit Ausnahme der freien Locomotion, obwohl auch viele Pflanzenthiere feſt ſitzen und blos ihre Glieder frei bewegen können. Man möchte ſagen, eine Pflanze iſt nichts als ein erſtarrter Armpolyp. Aber iſt ſie denn wirklich erſtarrt? Im Gegentheil, indeß der Polyp nach allen Seiten Arme umher nach Beute ausſtreckt, und ſich nach dem Lichte zieht, ſtreckt ſie nach allen Seiten Zweige, Blätter, Blüten aus, erneuert, verlängert und vervielfältigt ſolche mit unerſchöpflicher Triebkraft, hebt ſich der Schwere entgegen, bricht nach allen Seiten in Geſtalt- und Farbenſchöpfung aus, und zieht und dreht und wendet ſich nach dem Lichte, und ſendet ihren Duft den andern Blumen zu. Vermöchte das auch eine aus Stein oder Holz geſchnitzte Pflanze? Welche Ergänzung hiedurch dem Thier- und Menſchenleben im Unſichtlichen ſichtlich bedeutet wird, wird ſpäter der Betrachtung unterliegen; doch jetzt iſt es genug, auf ſo viel hinzuweiſen, als nöthig iſt, um gegenzubeweiſen.

Ich ſage, dieſe Thiere, die Pflanzenthiere ſind den Gegnern der Pflanzenſeele ſehr unbequem; aber da ihnen die Pflanzenſeele noch unbequemer iſt, muß man die Unbequemlichkeit zu beſeitigen wiſſen, und wäre es ſelbſt auf die unbequemſte Weiſe. Sehen wir weiter zu, wie man es anfängt.

Um die Pflanzenſeele los zu werden, kann man ja auch wohl einige Thierſeelen preisgeben. Der Polyp hat keine Nerven; alſo wird er auch wohl keine Seele haben, nichts empfinden.

Da ich dieſen Einwand vorausſah, ſuchte ich ihm in „Nanna“ (S. 246 f.) wie folgt im Voraus zu begegnen.

„— Was giebt uns ein Recht, in den Polypen, Infuſorien u. a. ſogenannten unvollkommneren, im Grunde aber nur einfacheren, Thieren blos zweifelhafte Spuren von Seele zu finden? Statt der Zeichen eines dunkeln trüben Reſt’s von Seele kann ich nur die Zeichen eines einfachen und ſinnlichen Spiels derſelben bei ihnen finden. Die große Empfänglichkeit dieſer niedern Thiere für verſchiedenen Reize, die deutliche Unterſcheidungsgabe, welche ſie dafür beſitzen, die Lebhaftigkeit und Entſchiedenheit ihrer Bewegungen, die beſtimmte Richtung, welche ſie denſelben auf beſtimmte Zwecke geben, der dabei wahrzunehmende Charakter der Willkühr, das entſchiedene Widerſtreben, mit dem ſie Eingriffen in ihre natürlichen Lebensverhältniſſe begegnen, der Kampf, in den ſie unter einander ſelbſt gerathen, dies Alles ſpricht ganz gegen ein unentſchiedenes, ſtumpfes, im unbewußten Naturleben noch halb aufgehendes, Sinnesleben derſelben.“

„Sehen wir die Lebenserſcheinungen der Polypen nur näher an, und es dürfte ſich zeigen, daß die ſcheinbare Undeutlichkeit ihrer Seele in der That blos an der wirklichen Undeutlichkeit ihrer Betrachtung hängt.“

„Wird ein ausgeſtreckter Armpolyp (Hydra) berührt, oder das Waſſer, in dem er ſich befindet, erſchüttert, ſo zieht er ſich plötzlich zu einem kleinen Klümpchen zuſammen; gewiß ein Zeichen lebhafter Empfindlichkeit. Er geht dem Lichte nach, und ſtellt man ein Glas mit mehreren Polypen hin, ſo findet man nach einiger Zeit alle an der Lichtſeite hängend. Der Polyp hat alſo mehrerlei Sinnesempfindungen. Er iſt ungeheuer gefräßig, haſcht begierig mit ſeinen Fangarmen umher nach Beute und zwei Polypen ſtreiten ſich öfters um ſelbige. Er wählt und unterſcheidet ſehr beſtimmt zwiſchen ſeiner Koſt, indem er blos thieriſche Koſt genießt, Pflanzenkoſt zurückweiſt; auch unter der thieriſchen Koſt macht er Unterſchiede, indem er namentlich Polypen der eigenen Art gar nicht ergreift, auch wenn man ihn hungern und dieſe auf ſeine ausgebreiteten Arme fallen läßt, während er Thierchen, die er gerne frißt, bei der erſten Berührung ergreift. Hier zeigt ſich deutliche Unterſcheidungsgabe. (Trembley).“

„Was hat man nach Allem im Polypen anders, als ein

Weſen von recht ausgebildeter Sinnlichkeit, wenn auch vielleicht nichts weiter. Das ganze Seelenſpiel deſſelben dreht ſich um Befriedigung dieſer Sinnlichkeit auf kürzeſtmöglichem Wege. Aber ſinnliche Empfindungen und Begierden können die allerheftigſten und entſchiedenſten ſein, und die Einfachheit des Spiels, in dem ſie begriffen ſind, begünſtigt eher ihre Stärke und Entſchiedenheit. Man blicke nur auf die einfachſten und rohſten Menſchen. Haben ſie weniger heftige und entſchiedene Begierden als die geſittetſten und gebildetſten? Dunkel kann man freilich ein ſolches Seelenleben in ſofern nennen, als das höhere Licht der Vernunft fehlt. Aber das Licht der Sinnlichkeit kann in ſeiner Weiſe ſo hell brennen, als das höhere Licht der Vernunft, wie Fett ſo hell als Aether brennt; und ein niedrig ſtehendes Licht erleuchtet den kleinen Raum, über den es reicht, nur um ſo greller."

„Was vom Polypen gilt, gilt auch von den Infuſorien, ſo weit wir bei ihrer Kleinheit die Lebensart derſelben verfolgen können." U. ſ. w.

Ich denke, die angeführten Thatſachen ſprechen für ſich ſelbſt, und die vorſtehende Auffaſſung derſelben iſt einfach vernünftig; auch kennt mein philoſophiſcher Gegner das Alles recht wohl, aus meiner Schrift, und ohne meine Schrift; aber ſollte er den Polypen Empfindung ohne Nerven zugeſtehen, ſo könnte er ſie den Pflanzen nicht wegen ihrer Nervenloſigkeit abſprechen; und da ihm doch feſt ſteht, daß die Pflanze keine Empfindung hat, ſo iſt es eben ſo einfach vernünftig, daß er alle jene Zeichen nicht ſo viel für die Empfindung des Polypen, als die Nervenloſigkeit dagegen gelten läßt, wenn ſchon er ſelbſt ſagt, man wiſſe nicht, wie die Nerven zur Empfindung wirken.

Man ſagt vielleicht: der Polyp giebt jene Zeichen von Empfindung; aber die Pflanze giebt ſie eben nicht. In der That, ſie giebt nicht *dieſe*, und es wird ſich erſt noch fragen, ob ſie nicht dafür doch andre giebt; ich verweiſe wieder auf die poſitiven Argumente; aber man vermenge die Geſichtspunkte nicht. Jetzt handelt es ſich erſt einfach darum, ob überhaupt Geſchöpfe ohne Nerven empfinden können; um weiter nichts. Man leugnet es, der Polyp beweiſt es.

In der That, ſelbſt der Gegner getraut ſich nicht, mit der Leugnung der Empfindung des Polypen vollen Ernſt zu machen; aber ſofern der ernſthafte Zweifel daran, den er erhebt, Thatſachen wie den obigen gegenüber doch keine ernſthafte Kraft bewähren ſollte, weiß er es ſo einzurichten, daß, ſelbſt wenn man ſich dadurch zum Glauben an die Empfindung der Polypen beſtimmen ließe, die Pflanze keinen Vortheil davon hätte. Denn, da es nun einmal keine Pflanzenſeele giebt, muß es ſich ja auch beweiſen laſſen, und ſollte die ganze Philoſophie darüber zu Grunde gehen, was, wie ich beſorge, bei ſolchen Schlußweiſen in der That demnächſt der Fall ſein wird, wenn ſie nicht vielmehr beweiſen, daß der Fall ſchon eingetreten iſt.

„Jedenfalls haben wir feſtzuhalten — ſagt der Gegner — daß, wenn wir dieſe Thiere für nervenloſe, aber doch empfindende, Weſen anſehen, wir an der ganzen Beſchaffenheit ihres Leibes eine eigenthümliche, wenn auch noch ſo ſchwer zu beſtimmende Bedingung des Empfindens erhalten, und daß wir daher — nach der Methode der Analogie — immer nur bei ſolchen nervenloſen Individuen eine Empfindung zu vermuthen ein Recht haben, die auch anderweitig in ihrer ganzen Structur und Entwickelungsweiſe jenen nervenloſen Thieren ähnlich ſind. Halten wir dies nicht feſt, ſo verlieren wir jeden empiriſchen Boden.“

Aber der Polyp ſelbſt widerlegt den Gegner. Iſt es nöthig, daran zu erinnern, daß jeder Schluß ſich auf etwas Allgemeines ſtützen muß? Nun beweiſt der Polyp dadurch, daß er die Nerven, die andre Geſchöpfe zum

Empfinden brauchen, nicht dazu braucht, die Falſchheit des allgemeinen Satzes, daß ein Geſchöpf dieſelben Mittel zum Empfinden braucht, als ein andres; wie kann er zugleich beweiſen, daß ein Geſchöpf dieſelben Mittel dazu braucht, als er ſelbſt?

Da wir aber nach dem Gegner jeden empiriſchen Boden verlieren, wenn wir nicht an dieſer Schlußweiſe halten, ſo wollen wir doch auch überall daran halten, was freilich in ſofern eine untriftige Verallgemeinerung deſſelben iſt, als er ja blos zur Widerlegung der Pflanzenſeele beſtimmt war, und ſonſt gewiß keinen Anſpruch auf Geltung machen wird.

Hunde, Katzen können ſich erfahrungsmäßig nur mit Hülfe von Beinen durch den Raum fortbewegen; und hienach iſt eigentlich zu ſchließen, daß Schlangen, Regenwürmer, welche keine Spur von Beinen beſitzen, ſich nicht durch den Raum fortbewegen können. Sollten wir ihnen aber dies Vermögen dennoch zugeſtehen müſſen, „ſo haben wir jedenfalls feſtzuhalten, daß wir an der ganzen Beſchaffenheit ihres Leibes eine eigenthümliche, wenn auch noch ſo ſchwer zu beſtimmende, Bedingung der Fortbewegung durch den Raum erhalten, und daß wir daher — nach der Methode der Analogie — immer nur bei ſolchen beinloſen Individuen die Fähigkeit der Fortbewegung durch den Raum zu vermuthen ein Recht haben, die auch anderweitig in ihrer ganzen Structur den Schlangen, Regenwürmern ähnlich ſind,“ wonach davon, daß auch Fiſche ſich durch den Raum fortbewegen können, nicht die Rede ſein kann, und der Flug der Vögel nur durch ihre Beine geſchehen kann.

Ich wünſchte zu wiſſen, worin ſich dieſer Schluß anders vom Schluſſe meines Gegners unterſcheidet, als daß die Untriftigkeit deſſelben mit Händen zu greifen iſt.

Iſt ſie aber danach weniger für letztern mit Händen zu greifen?

Der Fehlſchluß hat nun dieſe Form angenommen: wenn A zu einer gegebenen Leiſtung ein a braucht, B zu derſelben Leiſtung ein b, ſo darf man nicht annehmen, daß C zu derſelben Leiſtung ein c braucht, ſondern, daß es dieſe Leiſtung entweder nur mit Hülfe von a oder b oder gar nicht vollziehen kann. Sonſt verliert man jeden empiriſchen Boden.

Doch weiter: in „Nanna" habe ich hervorgehoben, daß wir um ſo weniger Grund haben, in der Pflanze Nerven zur Empfindung wie in den Thieren zu verlangen, als wir doch ſo viele andre Functionen in den Pflanzen ohne Nerven vollzogen ſehen, die in den Thieren nur mit Nerven möglich ſind, ſo daß die Empfindungs-Vorgänge nur eben keine Ausnahme davon bilden. Athmen, Stoffwechſel, Ernährung, im Thiere ſämmtlich nur unter Einfluß der Nerven vor ſich gehend, bedürfen derſelben in der Pflanze nicht. Der organiſche Zuſammenhang, zu dem die Seeleneinheit in ſo weſentlicher Beziehung ſteht, im Thiere durch den Nervenzuſammenhang vermittelt, beſteht in der Pflanze ohne alle Nerven. Das geordnete Spiel eines unwägbaren Agens, was man gewohnt iſt, im Nervenſyſtem der Thiere zu ſuchen und als nächſte Unterlage für das Spiel der Seele anzuſehen (ohne freilich etwas Klares und Entſchiedenes darüber zu wiſſen) kann der Pflanze nach den ſo mächtigen und ſo geordneten, ohne elektriſches Spiel nicht denkbaren, chemiſchen Vorgängen in ihr nicht fehlen. Wenn aber die Pflanze jenes Alles, was das Thier nur mit Nerven hat, und darunter all' das, woran man bei der Leiſtung der Nerven für die Seele denken kann, ohne Nerven hat, was kann berechtigen, noch Nerven zur Empfindung in ihr zu verlangen?

Nur dieſer Schluß: Wenn A zu u, v, w, x, y, z ein a braucht, B aber zu u, v, w, x, y kein a braucht, ſo iſt doch anzunehmen, daß es zu z ein a braucht, weil A dazu ein a braucht; ſonſt verliert man jeden empiriſchen Boden.

Allen dieſen Fehlſchlüſſen liegt eine fundamentale Verwechſelung unter: Wenn A nach möglichſt ausgedehnter Erfahrung ſtets a mitgeführt hat, ſo werden wir nach der Methode der Analogie allerdings Grund haben, vorauszuſetzen, daß auch, wo A ferner vorkommt, es ferner a mitführen werde, alſo daß, wo immer künftig organiſche Beine vorkommen, ſie das Vermögen, ſich durch den Raum fortzubewegen, wo Lungen vorkommen, ſie das Vermögen zu athmen, wo Nerven vorkommen, ſie das Vermögen zu empfinden, mitführen werden. Nur folgt daraus, daß A ſtets mit a, der Beſitz von Beinen mit dem Vermögen der Fortbewegung, vorkommt, noch nicht im Mindeſten, daß a umgekehrt nur mit A, das Vermögen der Fortbewegung nur mit dem Beſitz von Beinen vorkommt, u. ſ. w. vielmehr beweiſen die vorigen Beiſpiele erfahrungsmäßig, was in der Logik anerkannt iſt, die gänzliche Unzuläſſigkeit einer ſolchen Umkehr.

Muß ich auch fürchten, den Vorwurf ſpieliger Analogieen zu erneuern, ſo will ich doch noch einmal gegen die Analogieen des Philoſophen einige andere nach meiner Weiſe ſtellen.

Die Natur variirt nach einer, ſich über das ganze organiſche Reich und alle gut erkannten Functionen der organiſchen Geſchöpfe erſtreckenden, Einrichtung die Form der Mittel zu analogen Functionen auf das Mannichfachſte, ſo daß ſie ſich bei einander fernſtehenden Geſchöpfen gar nicht mehr ähnlich ſehen. Athmen, Locomotion gaben Beiſpiele; daſſelbe aber gilt von allen organiſchen Functionen, ſo weit wir eine Einſicht in die Mittel dazu haben, und läßt ſich alſo auch nach Analogie von denen vorausſetzen, wo wir ſie nicht haben; das ſind die Functionen, woran Empfindung hängt. Hienach dürfen wir vermuthen, daß die Natur auch die Mittel zu dieſen Functionen in nicht zu engen Grenzen variirt haben, nicht blos bei Nerven ſtehen geblieben ſein wird. Und dieſer Analogie kommt eine andere zu Hülfe. So wenig wir vom Weſen dieſer Functionen wiſſen, ſo können wir doch nach Sachlage aller Verhältniſſe und ſo manchem poſitiven Anhalt (daß z. B. die Empfindungen des Schalls und Lichts von Schwingungen angeregt werden) nicht zweifeln, daß es irgend welche geordnete Schwingungsvorgänge ſind, die in uns der Empfindung unterliegen. Nun aber können geordnete Schwingungsbewegungen überhaupt, mögen ſie Wägbares oder Unwägbares betreffen, durch die mannigfachſte Inſtrumentation erzeugt werden; Tonſchwingungen außer durch Saiten auch durch Flöten, Glocken, Stäbe, Cymbeln, Trommeln, die Sirene u. ſ. w., im Organiſchen durch ſchwingende Stimmbänder, ſchwirrende Flügel und auf andere Weiſe, Lichtſchwingungen außer durch Kerzen auch durch Lampen, Fackeln, Pechpfannen, glühende Metalle, Elektricität u. ſ. w., und ſo können wir weiter vermuthen, daß das Entſprechende für die, wie immer beſchaffenen geordneten Schwingungsvorgänge des Wägbaren oder Unwägbaren, welche der Empfindung unterliegen, der Fall ſein werde; denn es iſt, ſo weit unſere Erfahrung reicht, eine *allgemeine* Eigenſchaft der Schwingungsvorgänge.

Beide Geſichtspuncte unterſtützen und ergänzen ſich. Denn, wenn der *erſte* Geſichtspunct, daß die Natur die Mittel zu denſelben Zwecken zu variiren liebt, noch Zweifel laſſen könnte, ob auch eine ſolche Variation in Betreff der Erzeugung der empfindungstragenden Vorgänge möglich ſei, dieſe nicht vielmehr eine im beſonderen Weſen derſelben begründete Ausnahme machen, ſo entkräftet der zweite Geſichtspunct durch Unterordnung der empfindungstragenden Vorgänge unter eine Klaſſe von Vorgängen, deren Erzeugung vorzugsweiſe der Variation fähig iſt, dieſes Bedenken; und das Pflanzenreich mit dem Uebergange dazu durch die nervenloſen Pflanzenthiere ſteht endlich da wie gemacht, das, was wir nach der Zuſammenſtimmung beider Geſichtspuncte als vorhanden vermuthen durften, auch in der Wirklichkeit zu repräſentiren.

Nun ſagen die Gegner etwa: wenn die Natur ſo begierig ſein ſoll, die Mittel zu denſelben Functionen zu variiren, und es ſo vielerlei Mittel geben ſoll, auch die empfindungstragenden Schwingungen hervorzubringen, warum iſt ſie dann doch überhaupt blos bei zwei Arten derſelben, Thieren und Pflanzen, ſtehen geblieben? iſt es ein großer Unterſchied, für zwei zu ſetzen eins? Man ſieht, es giebt hier jedenfalls Schranken.

Unſtreitig, und ſo wollen wir ſie auch anerkennen; aber, da wir gar kein Mittel haben, ſie a priori zu beſtimmen, wieder in der Erfahrung nachſehen, ob ſich nicht eine Andeutung zur Beſtimmung ſolcher Schranken bietet. Und ſieh da; wir können ſie in demſelben Kreiſe von Erfahrungen finden, auf den wir uns nur eben ſtützten, und dadurch den vorigen Analogieſchluß noch ein wenig mehr verſtärken. In der That, auch im Gebiete der Ton- wie der Lichterzeugung finden wir bei ſo vielen an ſich möglichen Weiſen der Erzeugung doch nur zwei von hauptſächlicher, ja im Großen von ausſchließlicher, Anwendung zur Inſtrumentation derſelben, jede derſelben aber durch die größte Mannigfaltigkeit von Variationen durchgeführt, und dadurch zwei Hauptklaſſen von Inſtrumenten ſowohl für Ton als Licht beſtimmt, von denen die eine Klaſſe den materiellen Träger der Schwingungen deutlicher erkennen läßt, als die andere, Saiteninſtrumente, Blasinſtrumente im Gebiete der Töne, Dochtleuchten, Gasleuchten im Gebiet des Lichtes. Und nachdem die Thiere in der Saiten- und Dochtform ihrer Nerven die auffallendſte Analogie mit der einen Hauptklaſſe dieſer Inſtrumente zeigen, können wir nicht umhin, uns auch nach einem Analogon der zweiten Hauptklaſſe mit minder deutlichem Träger der Schwingungen umzuſehen. Wir können daſſelbe im Pflanzenreiche, und nur im Pflanzenreiche finden. Warum aber ſollten wir nicht acceptiren, was wir hier finden, nachdem ſo viel Anlaß war, es erſt zu ſuchen, nun vollends, nachdem die poſitiven Gründe uns Anlaß geben werden, es zu fordern. Denn ich meine ja nicht, daß derartige Betrachtungen ſtreng bindend ſind; aber nicht ſtreng bindende Schlüſſe ſi[illegible]merhin ganz falſchen vorzuziehen; und was keinen Bew[illegible] bildet, kann doch zum Beweiſe helfen.

Doch der Einwand des Gegners iſt noch nicht zu Ende; laſſen wir ihn ſich ganz vollenden, um ihn wo möglich ganz verenden zu laſſen, und wenigſtens ſo viel an uns iſt, ihm das Wiederkommen zu verleiden.

Der Polyp könnte ja vielleicht Nerven haben, die nur überſehen worden ſind. — Das iſt nicht zu beſtreiten; und, wenn es der Fall wäre, würde die Nothwendigkeit der Nerven für die Pflanzen zur Empfindung darum um nichts beſſer bewieſen ſein. Doch abgeſehen davon, daß es etwas mißlich iſt, das, was der Polyp etwa haben könnte, unter den Erfahrungsgründen geltend zu machen, iſt es auch nach der ſcrupulöſen Sorgfalt, mit der man nach Nerven im Polypen und verwandten Thieren geſucht hat, nicht gar zu wahrſcheinlich, daß ſolche noch hier zu finden; und ich habe (Zend-Aveſta, Th. I.

S. 214) auf Grund guter Unterſuchungen hervorgehoben, wie die Nervenloſigkeit der Polypen, Infuſorien, überhaupt nervenloſen Thiere, ſolidariſch mit der Abweſenheit von Muskeln und dem Beſtande des Körpers aus einem eigenthümlichen, lückigen, maſchigen, contractilen Gewebe (Sarcode) zuſammenhängt, wonach man kaum erwarten kann, in den ſo conſtruirten Thieren noch Nerven zu finden. Der Gegner läßt dies unbeachtet, macht dagegen folgenden Geſichtspunct geltend: „Die Subſtanz des Thieres (Polypen) kann die Nervenelemente in analoger Weiſe keimartig in ſich enthalten, wie die Eiflüſſigkeit der höhern Thiere, welche auch erſt in der weiteren Entwickelung ein wirkliches Nervenſyſtem abſetzen. Dann wäre die Nervenloſigkeit jener Thiere doch nicht in abſolutem Sinne zu nehmen.“

Aber vortrefflich! Der Gegner giebt uns ſelbſt die Waffen in die Hand. Unſtreitig kann man philoſophiſch überhaupt von Allem, was nicht da iſt, einen Keim in dem ſehen, was da iſt, um etwas zu beweiſen, was nicht da iſt oder etwas zu widerlegen, was da iſt. Im gewöhnlichen Leben verlangt man zwar zum Begriffe des Keims auch deſſen Entwickelungsfähigkeit, ja ich würde glauben, daß beide Begriffe correlat ſeien, aber in der Philoſophie und zur Widerlegung der Pflanzenſeele kann man dem Keime der Nerven im Polypen dieſe auch recht wohl erlaſſen oder die Entwickelung der Nerven in den höhern Thieren als eine Entwickelung derſelben aus den Keimen im Polypen betrachten, damit doch der Polyp *irgendwie* Nerven habe, und ſich dadurch von der Pflanze, die keine hat, unterſcheide. Denn gegen die Pflanzenſeele iſt *jede* Waffe gut. Nur daß wir nun auch ſagen: „die Subſtanz der Pflanze kann die Nervenelemente in analoger Weiſe keimartig in ſich enthalten, wie u. ſ. w., dann wäre die Nervenloſigkeit derſelben doch nicht in abſolutem Sinn zu nehmen.

Kurz, nachdem der Gegner erſt gezeigt hat, daß wir, um auf dem empiriſchen Boden zu bleiben, der Pflanze Seele ohne Nerven nicht zuſchreiben dürfen, und uns in ſeiner Weiſe auf dieſem empiriſchen Boden umhergeführ hat, hebt er uns mit dem Begriffe der keimartigen Nervent endlich glücklich über denſelben empor und giebt uns die Freiheit zu denken, was wir wollen. Wir wollen aber unſerſeits lieber auf jenem Boden bleiben, und ihn nur künftig etwas anders betreten und gehen, als uns das Beiſpiel des philoſophiſchen Gegners führen möchte, den ich in der That ſelbſt nur von ſeiner Philoſophie verführt halte.

Das Reſumé des Vorigen iſt dies: Der Nervenmangel der Pflanzen läßt ſich nicht von Erfahrungsſeite her gegen die Empfindungsfähigkeit der Pflanzen geltend machen, ſo lange man keine Nerven erfahrungsmäßig im Polypen nachweiſen und doch demſelben die Empfindung nicht abſprechen kann. Dem Polypen aber Nerven zuſchreiben, weil er Empfindung hat, oder Empfindung abſprechen, weil er keine Nerven hat, iſt keine Sache der Erfahrung. Geſetzt aber auch, im Polypen würden noch Nerven gefunden, was möglich, wenn ſchon nicht wahrſcheinlich iſt, ſo würde darin noch kein Beweis liegen, daß ſie auch über den Polypen hinaus in den Pflanzen zur Empfindung nöthig ſind. Vielmehr läßt ſich die Untriftigkeit eines ſolchen Analogieſchluſſes handgreiflich zeigen, und demſelben mit einem triftigeren, viel allgemeineren, Analogieſchluſſe begegnen.

Wenden wir uns jetzt zum zweiten, dem an ſich mehr philoſophiſchen Einwande des philoſophiſchen Gegners.

„Sind denn,“ fragt er, „die Pflanzen in der Weiſe wie die Thiere in ſich abgeſchloſſene Individuen? — Dieſe Frage iſt für die Entſcheidung über ihre Empfindungsfähigkeit die Fundamentalfrage. Daß aber die Pflanzen trotz der organiſchen Elemente, aus denen ſie beſtehen, dies nicht ſind, zeigt ſich in ihrer ganzen innern Structur und Gliederung eben ſo ſehr wie in allen ihren Lebensproceſſen, tritt vor Allem hervor in dem unbeſtimmten Fortwachſen, in welchem der Pflanzenleib, wenn auch nach einem conſtanten Schema, doch ohne beſtimmtes Maß neue Glieder aus ſich heraus treibt, während er von der andern Seite abſtirbt, ſich alſo nicht als Ganzes regenerirt, ſo daß er fortwährend im Entſtehen und Vergehen begriffen iſt, ohne daß dieſes Werden ſich in einem und demſelben Subjecte zuſammenfaßte.“ Und in einer frühern Schrift: „Trotz ihrer innern Selbſtändigkeit iſt aber die Pflanze doch noch mit der Erde verwachſen. Feſtgewurzelt in den Boden wie das Kind im Schooße der Mutter ſtrebt ſie der Luft und dem Licht entgegen, ſie hebt ſich nicht frei zu einem ſelbſtändigen Abſchluß aus ſich ſelbſt heraus, iſt daher ohne Seele, ohne Empfindung, ein ſtummes unſchuldiges, leid- und freudloſes Leben, das eben ſo ſehr der Erde als ſich ſelbſt angehört.“

Ich erwidere: 1) daß, in ſofern man überhaupt von einem Abſchluſſe der Organismen ſprechen kann — bei dem Stoff- und Wirkungswechſel derſelben mit der Außenwelt iſt aber von einem materiellen und Thätigkeitsſchluſſe derſelben nicht die Rede — der Einwand factiſch untriftig iſt, ſofern jede Pflanze ſich mit eben ſo individuell abgeſchloſſener Geſtalt, Artung und Führung ihres Lebensproceſſes der übrigen Natur gegenüberſtellt, aus der Natur heraushebt, andern Geſchöpfen gegenübertritt, als jedes Thier, ſo daß man, falls dies wirklich die Fundamentalfrage für die Empfindungsfähigkeit der Pflanze wäre, ſolche ſofort für entſchieden zu halten hätte.

2) Daß durch den mangelnden Abſchluß des Wachsthums der Pflanze doch ihr individueller Abſchluß gegen die Außenwelt keineswegs aufgehoben, ſondern nur in einem ſucceſſiv immer größeren Umkreis forterhalten und bethätigt wird. Oder iſt ein Kind während ſeines Wachsthums, ein immer fortwachſender Fiſch unabgeſchloſſen gegen die Außenwelt?

3) Daß das feſte Gebundenſein der Pflanze an die Erde nichts gegen ihr Beſeeltſein beweiſen kann, da viele niedere Thiere eben ſo feſt daran gebunden ſind, und die Pflanze nicht einmal mit der Erde verwachſen, ſondern nur in ihr gewachſen iſt, und, indeß ſie mit der Wurzel die Erde ſpaltet, Steine hebt, Felſen ſprengt, zugleich mit Stengel und Blüthe darüber hinaus nach dem Lichte emporſtrebt, in Beidem eine hinreichende relative Selbſtändigkeit gegen die Erde beweiſend.

4) Daß, wenn man aus gewiſſem Geſichtspuncte eine geringere Selbſtändigkeit der körperlichen Exiſtenz der Pflanze allerdings anzuerkennen hat, dies vernünftigerweiſe nur auf eine geringere Selbſtändigkeit, nicht Abweſenheit der pſychiſchen Exiſtenz gedeutet werden kann, in welcher Hinſicht ſchon im Menſchen- und Thierreich relative Verſchiedenheiten genug vorkommen, hierin alſo die Fundamentalfrage gar nicht geſucht werden kann.

5) Daß endlich der ganze Einwand auf ſo unbeſtimmten Geſichtspuncten und Relationen fußt, daß er nicht einmal eine ſcharfe Formulirung geſtattet; indem ein abſoluter Abſchluß und eine abſolute Selbſtändigkeit überhaupt keinem Organismus aus irgend welchem Geſichtspuncte der Welt gegenüber zukommt, ſondern nur der Welt ſelbſt zukommt, und jeder Organismus mit der Welt in gewiſſem Sinne

verwachſen iſt, wonach es dann Sache der Willkühr und eines rein ſubjectiven Aperçu bleibt, welchen Grad des relativen Abſchluſſes und der relativen Selbſtändigkeit man zur individuellen Beſeelung fodern, und auf welche Charaktere man hiebei Gewicht legen will.

In der That, was iſt der Maßſtab, den der Gegner hiebei anlegt? Ich kann keinen andern finden, als dem die Vorausſetzung unterliegt, die mittelſt deſſelben zu beweiſen war. Das nennt man ſonſt einen Cirkel. Warum ſoll ein Regenwurm, ein Froſch, ein Fiſch für abgeſchloſſen genug zur Beſeelung gelten, nicht aber eine Lilie, Palme, Tanne? Weil der Gegner ſchon vorausſetzt, daß Lilie, Tanne, Palme keine Seele haben.

Genug endlich! Wenn ich mit der Aeußerung ſchließe, daß die Weiſe, wie der Gegner die Sache des Geiſtes in ſeinem Sinne gegen die Sache der Seele in unſerm Sinne vertritt, meine Achtung vor ſeinem perſönlichen Verdienſt eben ſo wenig hat ſchmälern, als meine Achtung der philoſophiſchen Richtung, die er vertritt, hat erhöhen können, möge er eben ſo einen Beweis der Feſtigkeit der erſten, als das natürliche Reſultat der Folgen der letzten darin erblicken.

Die Schärfe, mit der ich dieſe Folgen hervorzuheben geſucht habe, iſt in der That nicht gegen eine Perſon, ſondern gegen eine Sache gerichtet. Mein Gegner tritt mit ſeiner Schlußweiſe nicht aus der philoſophiſchen Richtung, der er angehört, hinaus, ſondern vertritt ſie nur zu gut. Die Hegelſche Philoſophie iſt in gewiſſem Sinne die Kunſt, ein richtiges Schließen zu verlernen. Zwar iſt kein Wunder, daß ſo viele Männer von Verdienſt und Geiſt dieſer Richtung gefolgt ſind, denn wer möchte aus gewiſſem

Geſichtspuncte ihre große, ja erhabene Tendenz nicht anerkennen; und man darf ſagen: in magnis et voluisse sat est. Aber man muß auch endlich ſagen, daß dieſes voluisse nun sat est.

VI.

Die Pflanzenſeele. Poſitive Gründe dafür.

Und giebt es keine beſſern Gründe gegen die Pflanzenſeele? Andre genug, und die ich ſchon in meiner frühern Schrift genug beleuchtet zu haben glaube. Aber ſie fallen alle von ſelbſt, wenn die poſitiven Gründe durchſchlagen. Wenden wir uns alſo zu den poſitiven Gründen.

Was aber ſoll eigentlich bewieſen werden, wenn ich das Daſein einer Pflanzenſeele beweiſen will? Zuvörderſt nichts bewieſen, nur glaublicher als das Gegentheil gemacht werden. Was ich aber unter Pflanzenſeele verſtehe, habe ich S. 10 geſagt, und es gelte hier nochmals für geſagt, nachdem mir ungeachtet der ganz beſtimmten Erklärungen, die ich ſchon in meiner frühern Schrift darüber gegeben, von mehr als einer Seite vorgeworfen worden, ich ſpreche von einem unbeſtimmten Dinge, indem ich von der Pflanzenſeele ſpreche, was ſie freilich iſt, ſo lange man ſich nicht darüber beſtimmt hat.

Dann hat man wieder geſagt: ich hätte es mir leichter machen können, die Pflanzenſeele zu beweiſen, wenn ich ſie hätte anders verſtehen wollen; als wenn es ſich darum handelte, ein Wort, nicht eben die Sache, die ich unter Pflanzenſeele verſtehe, zu beweiſen.

Der klarern Auseinanderſetzung halber werde ich die poſitiven Gründe für das Daſein einer Pflanzenſeele unter ſechs Argumenten vortragen, die ich als das

1) der Aehnlichkeit oder Analogie,
2) der Ergänzung,
3) der Abſtufung,
4) des Zuſammenhanges,
5) der Cauſalität,
6) der Teleologie

bezeichne, wovon ſich das zweite und dritte unter einem gemeinſamen Argument, dem der Verſchiedenheit, vereinigt dem erſten gegenüberſtellen laſſen, indeß das letzte ſich dem erſten aus gewiſſem Geſichtspuncte ſtatt nebenordnen auch ein- und unterordnen läßt.

Man achte, daß keins dieſer Argumente für ſich zählt, ſondern daß ſie in Zuſammenhang mit einander und mit der Widerlegung der Gegengründe in das Auge zu faſſen ſind. Einen Stab des Bündels mag man wohl zerbrechen; aber man verſuche es, den Zuſammenhang de Ganzen zu brechen. Dagegen hat man es bisher leichter gefunden, einzelne Stäbe herauszuziehen, oder das Bündel gleich im Ganzen wegzuwerfen.

Nicht, weil ich glaubte, daß die Schärfe der Argumente etwas dadurch gewönne, oder um ihnen einen mathematiſchen Schein zu geben, aber um die Form derſelben leichter faßlich und der Beurtheilung leichter zugänglich zu machen, werde ich jedes Argument nach ſeiner ſpeciellen Auseinanderſetzung eben ſo in eine kurze Formel zuſammenfaſſen, als es mit den Argumenten des Gegners geſchehen; es ſteht dann frei, die Formen zu vergleichen. Das Körperliche ſoll dabei mit großen, das zugehörige Geiſtige oder Pſychiſche mit den entſprechenden kleinen lateiniſchen Buchſtaben bezeichnet werden, ſo daß, wenn A, B zwei körperliche Syſteme oder körperliche Vorgänge ſind, a, b die zugehörigen Seelen oder Seelenvorgänge bedeuten, denen man einen Nullwerth beilegen kann, wo es ſich um Seelenloſigkeit handelt.

Die Tragweite aller Argumente, die hier vorgetragen werden, reicht im Grunde durch die ganze Seelenfrage; ihre Anwendung für die Pflanzenſeele aber iſt das einfachſte Beiſpiel ihrer Anwendung.

1) Argument der Aehnlichkeit oder Analogie.

Dies Argument leitet uns unbewußter und bewußterweiſe am meiſten bei dem Glauben an die Seelen unſerer Mitmenſchen und der Thiere. Wir ſchließen auf das Daſein ihrer Seelen, von denen wir unmittelbar nichts wahrnehmen können, aus der Aehnlichkeit ihres Körpers und ihrer körperlichen Aeußerungen mit den unſern.

Nun aber, die Pflanzen ſind uns ja, ſtatt ähnlich, vielmehr ſo unähnlich wie möglich; alſo müßte das vielmehr gegen ihre Seele ſprechen. So ſcheint es zunächſt und ſo faßt man es zumeiſt.

Aber iſt uns nicht auch der Wurm nach vielen und wichtigen Beziehungen unähnlich? doch glauben wir an ſeine Seele, indeß wir nicht an die Seele der Statue, die uns nach gewiſſer Hinſicht ſo viel ähnlicher, als der Wurm iſt, glauben. Nach Allem müſſen wir uns geſtehen, nicht jede Aehnlichkeit mit uns und den Thieren kann das Daſein, aber eben ſo wenig jede Unähnlichkeit die Abweſenheit von Seele beweiſen; vielmehr gilt es, nach den weſentlichen Zeichen der Seele im Körperlichen fragen, ein Princip dafür finden.

Ein Princip dafür finden, eine ſchöne Aufgabe für die Philoſophie, zu deren Hauptaufgaben ja die Aufſtellung von Principien in dieſem Felde gehört. Hier liegt die Fundamentalfrage. Nun ſehe man ſich um in der ganzen heutigen Philoſophie, ob man eine Antwort, eine klare, brauchbare, nette, verwendbare Antwort auf die Frage findet. Da ich keine in ihr finde, ſo ſuche ich ſie ſelbſt und gebe die folgende: Ich gebe ſie erſt halb, man mäkle alſo nicht gleich an der Hälfte.

Nach Erfahrung und Vernunft, ſage ich, haben wir vor allen als die weſentlichſten Zeichen des Seelendaſeins im Körperlichen ſolche anzuſehen, in denen das Körperliche die weſentlichſten Verhältniſſe der Seele ſelbſt wiederholt und wiederſpiegelt, in ſoweit Körperliches überhaupt die Verhältniſſe der Seele wiederholen und wiederſpiegeln kann, da, welche Grundanſicht man auch über die Beziehung von Seele und Körper hegen mag, doch beide hienieden mit einander zu beſtehen, mit und durch einander zu wirken haben, alſo in ihren Verhältniſſen auch zuſammenſtimmen, auf einander eingerichtet ſein müſſen. In der That aber giebt es durch alle Verſchiedenheiten von Seele und Körper durch doch auch höchſt wichtige Beſtimmungen und Verhältniſſe, welche in beiden vergleichbar oder beiden geradezu gemeinſam ſind, und ſich in allen zweifellos beſeelten Geſchöpfen, Menſchen, Thieren zuſammenſtimmend wiederfinden.

Der Körper einer Seele iſt wie die Seele ſelbſt ein, in Form und Inhalt einheitlich gebundenes, individual abgeſchloſſenes, ähnlichen, doch nicht gleichen Weſen relativ ſelbſtändig gegenüberſtehendes, unter Anregung und Mitbeſtimmtheit von Außen ſich von Innen heraus beſtimmendes und entfaltendes, eine unerſchöpfliche Mannichfaltigkeit von gewiſſer Seite geſetzlich beſtimmter, von anderer Seite unberechenbar neuer Wirkungen aus eigener Fülle und Schöpferkraft gebärendes, Verhältniſſe der Neben-, Ueber- und Unterordnung einſchließendes, bei continuirlicher Fortentwickelung in einem periodiſchen Ablaufe und einem Steigen und Fallen der Thätigkeit begriffenes Weſen. Nicht nur der Körper des Menſchen ſtimmt in allen dieſen Punkten mit den weſentlichſten Verhältniſſen ſeiner Seele zuſammen, ſondern bei aller Verſchiedenheit der Thiere unter einander und vom Menſchen theilen alle Thiere dieſe Aehnlichkeiten des Körpers mit der Seele, indeß ſie dem Steine, dem Glaſe, der Welle,der Luft abgeben, welchen man eben deshalb nicht veranlaßt ſein kann, eine Seele zuzuſchreiben.

Der weſentliche Bezug dieſer Zeichen zum Seelendaſein wird vollends dadurch bewieſen, daß unſer und der thieriſche Körper ſolche nur ſo lange hat, als ihm die Seele beiwohnt, dagegen verliert, wenn er die Seele verliert, und umgekehrt mit dem Schwinden dieſer Zeichen die Seele dem Körper ſchwindet, welches Verhältniß der Bedingtheit wir in Verbindung mit dem vorigen Aehnlichkeitsverhältniß kurz dadurch ausdrücken, daß wir ſagen, dieſe körperlichen Zeichen ſpiegeln nicht nur, ſondern tragen auch die allgemeinſten und weſentlichſten Eigenſchaften der Seele.

In der Vereinigung dieſer Zeichen (nicht freilich in den einzelnen) liegt ein Hinweis auf das Daſein einer Seele von viel allgemeinerer Bedeutung, als in dem Daſeyn eines Nervenſyſtems, Centralorganes, geſchloſſenen Kreislaufes, beſonders conſtruirter Sinnesorgane, als welches blos beſondere Formen ſind, in denen ſich jene allgemeinen und weſentlichen Zeichen des Seelendaſeins im Körper ausprägen, welche aber die Möglichkeit andrer Formen nicht ausſchließen und deren allgemeine Nothwendigkeit für das Seelendaſein ſchon dadurch widerlegt wird, daß ſie nicht einmal im Thierreiche allgemein wiedergefunden werden. Sie können demnach auch nur auf beſondere Formen oder Stufen des Seelendaſeins bezogen, nicht aber als weſentliche Zeichen des Seelendaſeyns überhaupt angeſehen und nicht überall dazu gefordert werden. Denn das Allgemeine jener Zeichen hat vernünftigerweiſe für das Allgemeine des Seelendaſeins einzuſtehen, und die beſondere Ausprägung derſelben nur für die beſondere Ausprägung des Seelendaſeins.

Unſer Argument ſchließt alſo, kurz geſagt, auf das Daſein von Seele in einem Naturkörper nicht aus der Aehnlichkeit deſſelben mit unſerm und dem thieriſchen Körper ſchlechthin oder nach dieſen und jenen willkührlich zu Grunde gelegten Zeichen, ſondern aus der Aehnlichkeit mit demſelben in ſolchen Verhältniſſen und nach ſolchen Beziehungen, nach denen ein Körper ſeiner Seele ſelbſt ähnlich iſt, und die er mit der Seele zugleich hat und verliert, und nimmt für das Allgemeine des Seelendaſeins das Allgemeine, für die ſpeciellen Formen des Seelendaſeins die ſpeciellen Formen dieſer Zeichen in Anſpruch. Es iſt alſo nicht blos die Analogie eines Körpers mit einem andern, ſondern zugleich die Analogie des Körpers mit der Seele, was unſern Analogieſchluß begründet. Weiß jemand ein triftigeres Princip der Analogie in dieſer Frage aufzuſtellen? Ja, weiß er gegen dieſes etwas einzuwenden?

Nun aber ſteht der Pflanzenkörper in allen jenen Verhältniſſen und nach allen jenen Beziehungen, welche auf das Allgemeine des Seelendaſeins beziehbar ſind, dem menſchlichen und thieriſchen Körper gleich, und unterſcheidet ſich nur in ſolchen von ihm, welche auf beſondere Formen oder Stufen des Seelendaſeins beziehbar ſind. Alſo iſt Grund zu glauben, daß der Pflanze ſo gut Seele zukommt, als dem Menſchen und Thiere, nur eine andere Form oder Stufe der Seele.

Doch in der That wird ſich ein Einwand erheben laſſen, und beeilen wir uns, den Gegnern damit zuvorzukommen, indem wir ihn ſelbſt aufſtellen.

Man kann ſagen: Zwar verliert der menſchliche und thieriſche Körper Empfindung, Bewußtſein mit jenen Zeichen; aber er hat nicht nothwendig Empfindung, Bewußtſein mit jenen Zeichen, denn ſie kommen im Weſentlichen auch dem Schlafenden und Embryo zu, denen man keine Empfindung zuſchreiben kann, laſſen alſo die Möglichkeit beſtehen, daß die Pflanze in ihrem Verharren auf einer niedern Stufe der Organiſation es blos bis zu einem Schlafleben oder embryoniſchen Leben bringe, worüber erſt das wache Leben des Thieres und Menſchen emporſteigt. — In der That wird das Pflanzenleben faſt allgemein von den Gegnern der Pflanzenſeele mit einem Schlafleben oder embryoniſchen Leben verglichen.

Und wird nicht wirklich unſer ganzes erſt ſo anſpruchsvolles Argument hiemit auf einmal zu nichte? — Es wird ſich zeigen, daß es nicht damit zu nichte wird, ſondern daß es bisher nur noch nicht voll war.

Zuvörderſt iſt Folgendes aus allgemeinem Geſichtspuncte zu erinnern:

1) Der Embryozuſtand des Menſchen und Thieres iſt weſentlich eine Vorſtufe des wachen Seelenlebens, und der Schlafzuſtand ein Wechſelzuſtand mit dem wachen Seelenleben, jener mit der Beſtimmung, das wache Seelenleben vorzubereiten, dieſer mit der Beſtimmung, die im Wachen erſchöpfte Kraft und Reizbarkeit zu neuem Wachen wiederherzuſtellen, beide alſo weſentlich zu einem wachen Seelenleben gehörig und zwar deſſelben Geſchöpfes, dem ſie ſelbſt angehören. Nur in ſofern theilen ſie die allgemeinen und weſentlichen Zeichen des Seelenlebens. 2) Dieſe Merkmale gehen eben ſo weſentlich in das wache Seelenleben ſelbſt mit ein, als ſie demſelben vorausgehen und ſich durch

ſeine Wechſelzuſtände forterhalten, haben alſo jedenfalls eben ſo als die allgemeinſten und weſentlichſten Zeichen der Anlage zu einem Seelenleben voll wacher Empfindung, wie als weſentliche Partialzeichen und Mitbedingungen deſſelben zu gelten.

Nun kann es ſchon an ſich nicht wahrſcheinlich gefunden werden, daß von dem, was im Thier und Menſchen ſo weſentlich als Bedingung und Bedingtes zuſammenhängt, die Pflanze blos das Eine ohne das Andre habe, die weſentlichſten Vor- und Mitbedingungen zum Erwachen ohne ein Erwachen. Jedoch, da die Möglichkeit davon immer denkbar bleibt und unter Vorausſetzung der Seelenloſigkeit der Pflanze ſelbſt philoſophiſch formulirt worden iſt, wird das Argument ſich dadurch noch zu vollenden haben, daß es jene Zeichen der Anlage des Erwachens, jene Partialzeichen und Mitbedingungen des Wachſeins durch die noch fehlenden oder nicht ausdrücklich hervorgehobenen Zeichen des wirklichen Erwachens und Wachſeins vervollſtändigt, wobei es wieder gelten wird, Weſentliches vom Unweſentlichen zu ſcheiden.

Es ſcheint mir, daß kein vorſichtigerer und angemeſſenerer Gang in der Frage eingeſchlagen werden kann. Wir laſſen nach allen erſt angeführten Zeichen der Seelenanlage, gegen deren Princip ſich vernünftigerweiſe nichts einwenden laſſen dürfte, zwar nicht die Wahrſcheinlichkeit, aber die Möglichkeit gelten, daß das Pflanzenleben, was jene Zeichen darbietet, einem perpetuirlichen Schlafleben oder embryoniſchen Leben gleiche; nur daß es ihm dann auch wirklich gleiche, und nicht vielmehr dem Gegentheil davon gleiche. Man kann aber doch nicht nach der bloßen Vorausſetzung, daß die Pflanze keine wache Seele habe, allen Zeichen widerſprechen, nach denen ſich das Erwachen und Wachſein einer Seele beurtheilen läßt, und die dafür ſprechen, daß ſie eine ſolche hat. Sehen wir nun zu.

Das Erwachen und Wachſein der Seele hat zwei Seiten, einmal das innerliche Bewußtwerden und die inneren Bewußtſeinsvorgänge, zweitens die Oeffnung der Seele gegen das Aeußere und den Verkehr mit dem Aeußeren. Von der erſten Seite giebt es keine äußerlich ſichtbaren Zeichen im Körperlichen, außer folgweiſe in den Zeichen der zweiten Seite; die zweite aber kann ſich in einem Oeffnen der Organe des Körpers gegen die Außenwelt und dem freien Wechſelverkehr derſelben damit ſpiegeln, und ſpiegelt ſich beim Menſchen und Thiere nicht nur darin, ſondern iſt auch daran gebunden, davon getragen.

Als weſentlichſte Zeichen eines Erwachens von Geſchöpfen, welche die vorgenannten allgemeinen Zeichen der Anlage eines wachen Seelenlebens darbieten, können wir hienach anſehen, nicht, daß ſie thieriſche Augen und Augenlider öffnen, denn das ſind ſpecielle Formen des Erwachens, ſondern daß ſie einen Zuſtand, in dem ſie von dem Verkehr mit den äußern Sinnesreizen und mit andern Geſchöpfen abgeſchloſſen waren, und die Organe dazu entweder erſt bildeten oder die erſchöpfte Kraft erneuerten, verlaſſen, und unter Durchbruch irgend welcher Hüllen oder Oeffnung irgend welchen Verſchluſſes mit den Sinnesreizen des Lebens in Beziehung, und in den allgemeinen Lebensverkehr eintreten. Die Pflanze aber zeigt dieſe weſentlichſten Zeichen des Erwachens nicht blos *einmal* und in *einer* Weiſe, ſondern ſogar zweimal und in doppelter Weiſe, einmal und ein- für allemal im Durchbruche der Saamenhülle und Hervorkeimen aus der Erde, zweitens in wiederholter Oeffnung der Knospen.

Zweimal; aber iſt das nicht zu viel; ſo wird es wohl kein eigentliches Erwachen bedeuten. — Man muß auf jeden Einwand gefaßt ſein.

Aber auch die Thiere ſehen wir zweimal, nur in andrer Form, einmal aus dem embryoniſchen Zuſtande, nachher wiederholt aus dem Schlafe erwachen; blos mit dem Unterſchiede, daß das Thier immer dieſelben, die Pflanze immer neue, für den Lichtreiz empfängliche, Augen aufſchlägt.

Dies iſt ein formeller Unterſchied, welcher ſich dem allgemeinern Unterſchiede der Pflanze vom Thier unterordnet, daß die Pflanze überhaupt die ſpätern Entwickelungsformen ihres Baues und Lebens dem Fortbeſtande der frühern extenſiv erweiternd und ſteigernd zufügt, indeß das Thier die frühern Formen in die ſpätern durch innerliche Fortbildung aufhebt, mit denſelben vertauſcht. Daher verdickt ſich der Stamm oder Stengel der Pflanze immer mehr, treibt immer mehr Zweige, und die Blätter verwandeln ſich nicht in die Blüte, ſondern dieſe tritt über ihnen empor, indeß die Raupe ſich in die Puppe, die Puppe in den Schmetterling verwandelt. Dieſer Unterſchied betrifft aber kein für das Daſein des Seelenlebens weſentliches Merkmal, indeß er geeignet ſein kann, einer verſchiedenen Form deſſelben zum Ausdruck und zur Unterlage zu dienen. Ich komme darauf ſpäter.

Die angeführten Zeichen des Erwachens bei der Pflanze würden freilich wenig bedeuten, wenn ſie abſtract für ſich, ſtatt im Zuſammenhange und Gefolge der allgemeinen Zeichen der Seelenanlage vorkämen. Wir können viel Kapſeln öffnen, viel Geſchloſſenes entfalten, ohne daß damit eine Seele erwacht. Nun aber gipfeln ſich die vorher erörterten allgemeinen Zeichen der Seelenanlage im Laufe der Entwicklung des Keimes, der Pflanze, nur darin. Wenn wir des Morgens den Laden eines Hauſes öffnen, eine künſtliche Blumenknoſpe entfalten, ſo ſind die allgemeinen Zeichen der Seelenanlage beim Hauſe, der künſtlichen Knoſpe, nicht eben ſo vorausgegangen und noch mitgehend, wie bei der erwachenden Pflanze. Das macht den Unterſchied eines hohlen tauben und eines vollen Symbols der erwachenden Seele, d. h. eines ſolchen, welches die erwachende Seele, die es ſpiegelt, zugleich trägt.

Dieſer Geſichtspunkt wird uns ferner wichtig werden. Für alle einzelnen Eigenſchaften und Verhältniſſe der unſichtbaren Seele laſſen ſich verſinnlichende Symbole finden, welche ſie im Sichtlichen ſpiegeln. Die Natur, die Kunſt, die Mathematik, ja, was bietet nicht ſolche dar? Sind es volle oder leere Symbole? Es wird ſich immer fragen, ob ſie mit der betreffenden Eigenſchaft zugleich die andern Eigenſchaften ſpiegeln, die zur allgemeinen Charakteriſtik des Seelendaſeins und Seelenlebens gehören. Das mathematiſche Symbol eines Kreiſes iſt ſehr gut geeignet, uns manche wichtige Verhältniſſe der Seele zu ſpiegeln, den Einſchluß des eigenen Inhalts, den Ausſchluß des Inhalts anderer Seelen, die einheitliche Verknüpfung des geſammten Inhalts, die Doppelrichtung von Innen nach Außen und von Außen nach Innen (in der Doppelrichtung, in der ſich die Radien verfolgen laſſen) u. ſ. w.; aber nichts regt ſich in dem Kreiſe, nichts ändert ſich, er wirkt nichts, entwickelt nichts, hat keine Periodicität; er iſt ein hohles Symbol. Mit dem menſchlichen, thieriſchen und Pflanzenkörper iſt das Alles anders; ſie thun alles Weſentliche, was das Leben einer Seele charakteriſirt, jeder nur in ſeiner Weiſe mit, und thun hierunter auch ihr Erwachen mit; ſie ſind volle Symbole; außerdem vermöchten wir keinen Körper auf unſerer Erde aufzuweiſen, auf welchen die Charaktere eines vollen Symbols paßten; und dieſe Beſtimmtheit, mit der die Pflanze nach einem durchaus rationalen Princip den vollen Symbolen zufällt, unter eben ſo beſtimmtem Ausſchluß aller übrigen irdiſchen Körper dadurch, will etwas ſagen.

Haben die Materialiſten oder Idealiſten ein triftigeres Princip, die vollen Symbole von den leeren zu unterſcheiden? Haben ſie aber überhaupt wohl eins? Und gilt es nicht doch eins zu haben, wenn man nur einen Schritt in der Seelenfrage thun oder eine Anſicht darüber beurtheilen will? Bei den Materialiſten kann ich unter allen Reden von Kraft und Stoff kein andres finden, als überall da ein leeres Symbol zu ſehen, wo kein Gehirn, Nervenſyſtem oder etwas Aehnliches iſt. Und die Idealiſten haben ein ſolches, auch nur ihnen ſelbſt genügendes, ſo wenig, daß ſie, wie wir geſehen, wenn es einmal gilt, aus der Unbeſtimmtheit ihrer Begriffe herauszugehen, ſogar das der Materialiſten von dieſen ihren Feinden borgen; und dieſes iſt, wie gezeigt, das einfache Princip eines Fehlſchluſſes.

Die Zeichen des Ueberganges der Pflanze in ein waches Leben ſetzen ſich dann weiter fort in die weſentlichen Zeichen des wachen Lebens ſelbſt, wodurch ſich die Pflanze nicht minder als das wache Thier vom Schlafenden und Embryo unterſcheidet.

1) Die ganze Lebenseinrichtung und Lebensſtellung der wachſenden und blühenden Pflanze iſt zweckmäßig auf die Aufnahme derſelben Reize, die auch beim Thiere durch Anregung von Empfindung den wachen Zuſtand unterhalten, berechnet, auch tritt es in eben ſo lebendigen Verkehr damit, wogegen die ganze Einrichtung und Lebensſtellung des Schlafenden und Embryo eben ſo zweckmäßig auf den Abſchluß von den Reizen, die Empfindung erwecken können, berechnet iſt.

2) Die Pflanze tritt mit dem Durchbruche der Hüllen nicht nur in daſſelbe Reich wachen Lebens, in dem ſich auch

die andern wachen Geſchöpfe der Erde finden, ſondern auch in lebendigen Verkehr damit, wogegen der Schlafende und Embryo von allem Verkehr mit andern wachen Geſchöpfen ſo viel wie möglich abgeſchloſſen iſt. Namentlich treten Blume und Inſect als gleichwiegende Factoren eines lebendigen Wechſelverhältniſſes auf, zu dem es keine Analogie im Verhältniß eines wachen und ſchlafenden Weſens giebt.

3) Die Pflanze ſtrebt nicht minder als das Thier, ſogar auch wie dieſes mit Umgehung und Beſiegung von Hinderniſſen, die günſtigſten äußern Lebens- und Reizbedingungen je nach dem Wechſel der Umſtände in abgeänderter Weiſe durch ein nach Außen gerichtetes Treiben an, und flieht die ungünſtigen, mit dem blos formellen Unterſchiede zwiſchen Beiden, daß das nicht angewachſene Thier nach allen Seiten läuft und mit den ein- für allemal gebildeten Gliedern nach allen Seiten langt, wo es etwas für daſſelbe zu erlangen giebt, die ein- für allemal angewachſene Pflanze mit der dafür unbeſchränkt freigelaſſenen Triebkraft ſich nach allen Seiten verlängert und neue Glieder nach allen Richtungen treibt, wo es etwas für ſie zu erlangen giebt; das Thier durch Locomotion, die Pflanze durch Eingehen der Triebe ſich von den ungünſtigen Stellen zurückzieht. Wogegen der in einer Hülle ganz abgeſchloſſene und möglichſt eng zuſammengefaltete Embryo weder vom Einen noch Andern etwas Analoges, ſondern nur eine gleichförmige, bis zu einer feſtgeſteckten Grenze fortſchreitende, Entwickelung innerhalb dieſer Hülle zeigt. Nicht minder bietet der Schlafende die entgegengeſetzten Verhältniſſe der obigen dar.

4) Die Pflanze theilt mit dem Thiere den geſchlechtlichen Proceß, in welchem das Thier ſich am meiſten vom Schlafe und embryoniſchen Zuſtande entfernt, und die ſtärkſten Empfindungen und pſychiſchen Triebe kund giebt.

Kein Embryo iſt fortpflanzungsfähig. Auch unterliegt die Pflanze dabei vielfach ähnlichen beſondern Verhältniſſen der Verſchiebung und nachherigen Erreichung des Zweckes, wie ſie bei Thieren mit einem Spiel verſchobener und endlich erreichter Befriedigung von Bedürfnißgefühlen in Beziehung ſtehen. (Nanna S. 227.)

5) Die Pflanze zeigt, nach dem Durchbruche der Saamenhüllen, in der Wurzel mit ihren Verzweigungen einerſeits, und dem Stengel mit ſeinen Verzweigungen, Blättern und Blüten anderſeits einen mit dem Thiere parallelen Gegenſatz ſolcher Organe, welche in die dunkle Tiefe verſenkt, von den äußern Lebensreizen abgeſchloſſen, nur der Ernährung dienen, und ſolcher, welche in das Reich des Lichtes und der Luft getaucht, zum Verkehr mit den Sinnesreizen beſtimmt, beim Thiere zugleich die Beſtimmung haben, aus dieſem Verkehr Empfindung für daſſelbe zu ſchöpfen, wogegen beim Embryo und Schlafenden ein möglichſt gleichförmiger Abſchluß aller Organe von den Sinnesreizen ſtattfindet.

Indeß aber die Pflanze nach dem Durchbruche der Saamenhüllen und Aufbruche der Knospen ſich ſo ganz analog dem wachen Thiere zeigt, zeigt ſie ſich vorher eben ſo analog dem Schlafenden und Embryo.

Ueberblickt man die Geſammtheit dieſer Verhältniſſe; ſo ſcheint es in der That ſchwer zu ſagen, worauf der allwärts wiederkehrende, immer von Neuem gegen die Empfindung der Pflanzen gewandte, Vergleich des ganzen Pflanzenlebens mit einem Schlafleben oder embryoniſchen Leben fußt, nachdem die Pflanze nicht nur die charakteriſtiſchſten Zeichen des Verlaſſens eines ſolchen Zuſtandes, ſondern auch die ganz entgegengeſetzten Zeichen deſſelben danach, eben ſo wie vorher die ganz analogen, darbietet.

Anſtatt daß Pflanzenleben und Thierleben ſich wie embryoniſches Leben und Leben nach der Geburt, Schlafleben und waches Leben ergänzten, wozu gehörte, daß das eine als die Vorſtufe des andern oder als ein Wechſelzuſtand mit dem andern in demſelben Geſchöpfe erſchiene, was nicht der Fall, gehen ſich vielmehr Pflanze und Thier in beiden Zuſtänden parallel, indeß ſie ſich in der Weiſe, wie ſie ihr waches Leben führen, ergänzen, welcher Geſichtspunct im folgenden Argumente zur Sprache und Geltung gebracht wird.

Zwar mag man aus gewiſſem Geſichtspuncte immer ſagen können: die Pflanze ſchläft in Verhältniß zum Thier und Menſchen gehalten; denn alles höhere Seelenleben ſchläft in ihr, oder vielmehr alle Zeichen eines höheren Seelenlebens fehlen; aber ein niederes Seelenleben, aufgehend in Empfindung und empfundenem Triebe, kann, wie bemerkt, ſo intenſiv ſein als ein höheres. Und man verwechſelt untriftig die Zeichen des Schlafs eines höhern Seelenlebens mit den Zeichen des Schlafs des Seelenlebens überhaupt.

Unſtreitig freilich, wo der Begriff der ſeelenleeren Pflanze einmal feſt ſteht, wo man ſein Schema von der Natur nach dieſer Vorausſetzung fertigt, ohne die Natur um die Richtigkeit der Vorausſetzung zu befragen, da werden auch alle Zeichen der Anlage, des Erwachens und des Wachſeins der Seele, welche die Pflanzen mit den Thieren und den Menſchen ſelbſt theilen, nur als hohle Nachäffung oder leere Vorbedeutung deſſen, was im andern Reiche ſtatt hat, gelten. Wenn man ſich aber unbefangen fragt, was dieſe Zeichen hohler und leerer macht, als die entſprechenden bei Thier und Menſchen, ſo findet man eben nichts, als die Hohlheit und Leerheit der Vorausſetzung.

Nach all' dem kann ich nicht zugeben, was man geſagt,*) daß es immer willkührlich bleiben werde, welche Erſcheinungen ich als weſentlich zur Beſeelung rechnen wolle, daß die weſentlichen Zeichen derſelben ſich durch keine empiriſche Abſtraction entdecken laſſen, die nur aus empiriſcher Abſtraction ſtammende Analogie von Menſch und Thier zu andern Weſen hienach zu nichts Haltbarem führen könne. Nur ſo weit geb' ich's zu, als eben keine Vernunft in der empiriſchen Abſtraction. Noch weniger aber geb' ich zu, daß die Vernunft ohne empiriſche Abſtraction in dieſer Frage mit allen Vorbegriffen über „das Weſen des Beſeeltſeins“, die „bewegende Energie der organiſchen Einheit“ u. ſ. w., die man philoſophiſcherſeits in meiner Behandlung der Frage vermißt hat,**) irgend etwas auszurichten vermag. Ich halte die angeführten, aus der Empirie nach einem vernünftigen Geſichtspunct abſtrahirten Zeichen, die von ſolchen unbeſtimmten ſchwankenden Begriffen gänzlich abſtrahiren, für die ſicherſten, die man bis jetzt haben kann, an die man ſich alſo halten muß, ſo lange, bis man vielleicht einmal noch exactere Geſichtspuncte dafür aufzuſtellen weiß.

Denn in der That, ich gebe ſie ja ſelbſt nicht für exact aus. Die Gruppe derſelben iſt nicht mit ſo ſtrenger Beſtimmtheit feſtzuſtellen, der Kreis derſelben nicht ſo ſcharf zu begrenzen, und namentlich der Schluß danach nicht durch directe Erfahrung ſo zu bewähren, wie die exacte Wiſſenſchaft zu fodern hätte; doch liegt im Nexus jener Zeichen bei aller Anerkennung, daß ihnen dies Alles nicht oder nicht in vollem Grade zuſteht, mehr davon, als in Allem, was eine aprioriſtiſche Philoſophie einerſeits und empiriſche Phyſiologie anderſeits dafür geboten hat. Dabei vergeſſe man nicht, daß dies Argument erſt eins von ſechſen iſt.

---

*) Hall. Lit. Zeit. 1849. S. 637.

**) Ebendaſ. S. 636. 637.

Faſt in jeder Beurtheilung meiner Lehre von der Seelenfrage hab' ich den Vorwurf hören müſſen, ich fuße nur oder faſt nur auf Analogieen, indeß die folgenden Argumente zwar immer das der Analogie im Rückhalt behalten, und ſelbſt wohl Analogieen zur Unterſtützung mit zuziehen, weil ohne ſie in der Seelenfrage überhaupt nichts auszurichten, ja gar kein Boden zu gewinnen iſt, keinesweges aber den Hauptgeſichtspunkt durch ſie ſtellen, der ſogar in den beiden folgenden Argumenten vielmehr durch den Geſichtspunkt der Verſchiedenheit der Pflanzen von den Thieren geſtellt wird.

Und worauf fußen die Gegner ſelbſt anders als auf Analogieen, wenn ſie ihre Nebenmenſchen und die Thiere für beſeelt halten, und worauf anders, wenn ſie die Pflanzen nicht für beſeelt halten? Sind es keine Analogieen: die Thiere brauchen Nerven zur Empfindung, alſo alle Geſchöpfe. Sollte ein Polyp ohne Nerven empfinden können, ſo müſſen alle ohne Nerven empfindenden Geſchöpfe wie Polypen conſtruirt ſein. Die Pflanze iſt wie ein Embryo mit der Mutter verwachſen, und gleicht ſonſt dem Embryo (obwohl ſie vielmehr dem Gegentheil davon gleicht), wird ihm alſo auch in der Empfindungsloſigkeit gleichen. Wohl oder übel, die Gegner müſſen, um meine Analogieen zu widerlegen, ſelbſt zu Analogieen greifen. Die Seelenfrage hat nun einmal kein andres Fundament. Nun aber ſcheint es mir, meine Verwendung der Analogie in dieſer Frage iſt etwas vorſichtiger, umſichtiger und feiner, als die der Gegner, hat mehr ihr leitendes Princip und hält mehr den allgemeinen Geſichtspunct feſt, auf den es ankommt. Bei aller Beſcheidenheit, es kommt mir ſo vor.

Die Gegner erwiedern unſtreitig: uns dient die Analogie blos zur Erläuterung und Unterſtützung einer allgemeinen Anſicht, die wir aus allgemeinern Gründen von der Seelenloſigkeit der Pflanze gefaßt haben. — Ich habe nichts dagegen, wenn ſie nur auch wirklich dazu diente. Wofern aber die Gegner meinen Analogieen keine triftigern Analogieen entgegen zu ſtellen haben, als die angeführten, — und in der That kaum kann ich mich entſinnen, auch nur andern, jenen aber immer von Neuem begegnet zu ſein, ſo arm iſt die Negation der Pflanzenſeele — ſo charakteriſirt ſich damit hinreichend die Triftigkeit der allgemeinen Anſicht ſelbſt, zu deren Erläuterung und Unterſtützung ſie beſtimmt ſind.

Reſumiren wir endlich das Argument: Die Pflanze theilt mit dem Menſchen und Thiere den einheitlichen individuellen Organiſations- und Lebensplan, welchen wir Grund haben, als Ausdruck und Träger des einheitlichen individuellen Seelenplanes und Seelenlebens bei Menſch und Thier ſelbſt zu betrachten, ſofern die Verhältniſſe des Leibes darin nur die weſentlichſten Verhältniſſe der Seele widerſpiegeln und mit der Seele da ſind und vergehen, welche jedoch mit Rückſicht auf das, was wir beim Embryo und ſchlafenden Menſchen finden, für ſich noch Zweifel laſſen könnten, ob nicht vielmehr blos eine Vorbedingung, Mitbedingung, Anlage wachen Seelenlebens, als ein wirklich waches Seelenleben damit geſetzt ſei. Sie theilt aber nun weiter mit dem Menſchen und Thiere auch ſolche Zeichen, an welche ſich bei dieſen das Erwachen des Seelenlebens knüpft; ſie theilt endlich mit ihnen auch ſolche, an welche ſich bei ihnen das Wachſein des Seelenlebens ſelbſt knüpft, indem die Abänderungen, welche in dieſer Beziehung von dem Thiere zur Pflanze beſtehen, nur die

Form, nicht das Weſentliche des Ausdrucks des Seelenlebens betreffen.

Formel des Arguments der Analogie.*) Wenn dem ſichtbaren A zugeſtandenermaßen ein unſichtbares a beiwohnt, ſo dürfen wir ſchließen, daß auch dem ſichtbaren B ein unſichtbares b beiwohnt, wenn B dem A in der Geſammtheit der weſentlichen Puncte gleicht, worin das ſichtbare A dem unſichtbaren a ſelbſt gleicht, und die es mit dem a zugleich hat und verliert. Das pflanzliche B aber gleicht dem thieriſchen A nicht nur im ganzen Zuſammenhange weſentlicher Puncte, die das Daſein des a im Allgemeinen, ſondern auch, die das Erwachen und Wachſein des a insbeſondere ſpiegeln und tragen, wonach zu ſchließen, daß dem pflanzlichen B nicht minder ein erwachendes und waches b zukommt. Kurz, ſofern A. a, B im angegebenen Verhältniſſe ihrem Daſein nach gegeben ſind, folgt das dem B zugehörige Daſein von b daraus durch Schluß.

Da wir im Folgenden der Erläuterung öfters durch ſchematiſch-ſymboliſche Darſtellungen zu Hülfe kommen werden, ſo halt' ich es für nützlich, einige allgemeine Bemerkungen darüber einzuſchalten.

Ich unterſcheide *Schema* und *Symbol* in ſofern, als *Schema* eine abkürzende oder veranſchaulichende Darſtellung gegebener Hauptverhältniſſe im Gebiete des Körperlichen iſt, um deren Auffaſſung zu erleichtern (indem man z. B. die Stellung des Menſchen durch eine verticale, die des Thieres durch eine horizontale Linie darſtellt), ohne Rückſicht, ob etwas Geiſtiges dadurch geſpiegelt wird,

---

*) Man erinnere ſich bei dieſer und den künftigen Formeln an das, was S. 47. über die Bedeutung der großen und kleinen Buchſtaben geſagt iſt.

Symbol aber eine räumliche, körperliche oder überhaupt verſinnlichende Darſtellung, inſofern ſie etwas Geiſtiges ſpiegelt (z. B. der Kreis im obigen Sinne, S. 56.), ohne Rückſicht, ob ſie ſolches auch trägt. Es kann aber das Schema gegebener Hauptverhältniſſe eines organiſchen Körpers unter Umſtänden geeignet ſein, zugleich als Symbol für zugehörige Hauptverhältniſſe ſeiner Seele zu dienen, ſofern es nämlich ſolche zugleich ſpiegelt, und ein Symbol kann Geiſtiges tragen oder nicht tragen, wonach ich es ein volles oder ein leeres Symbol nenne. Es liegt in der Natur der Sache, daß Schemate nur leere Symbole ſein können, welche das Geiſtige nicht tragen, was ſie ſpiegeln, aber dabei oft brauchbar, das Verſtändniß der vollen Symbole durch veranſchaulichende Herausſtellung der Hauptverhältniſſe ihres geiſtigen Gehalts zu erleichtern.

Man kann allen Gebrauch von Schematen und Symbolen Spielerei nennen, und wird auch ſicher eine Spielerei daraus machen, wenn man den ernſthaften Geſichtspunct, der unterliegt, nicht gefaßt hat, und ihn nicht klar und ernſthaft im Auge behält. Der Nutzen einer gut treffenden ſchematiſchen Darſtellung körperlicher Verhältniſſe iſt aber in der Naturwiſſenſchaft ſchon anerkannt. Was die ſymboliſche Darſtellung geiſtiger Verhältniſſe anlangt, ſo findet ſie in der Naturwiſſenſchaft natürlich nicht Platz, weil dieſe ihrem Begriffe nach nicht mit Darſtellung geiſtiger Verhältniſſe zu thun hat; iſt aber, methodiſch angewendet, nur eine Uebertragung der, in der Naturwiſſenſchaft längſt mit Vortheil für Anſchaulichkeit und Ueberſichtlichkeit angewandten ſogenannten graphiſchen Methode für Darſtellung von Zeit- und Kraftverhältniſſen auf die von geiſtigen Verhältniſſen, eine Uebertragung, deren Möglichkeit an dem Geſichtspuncte des vorigen Argumentes hängt, wonach das unſichtliche geiſtige Reich ſeine weſentlichſten Verhältniſſe mit dem ſichtlichen theilt, die dann zur Abbildung, Symboliſirung derſelben dienen können. Ohnehin geht es nirgends ohne Bilder und Vergleiche bei Darſtellung geiſtiger Verhältniſſe, nur gewöhnlich ohne die Methode, ab; alle Ausdrücke für die Bezeichnung geiſtiger Verhältniſſe ſind ſogar von ſelbſt ſymboliſch, man kann ſich dem nicht entziehen, auch wenn man will, nur daß die zuſammenhängende Darſtellung geiſtiger Verhältniſſe durch zuſammenhängende Symbole nicht nothwendig iſt, vielmehr in der directen Darſtellung durch zerſtreute Symbole erſetzt wird und erſetzt werden kann. Auch bleibt wahr, was eben ſo bei den graphiſchen Darſtellungen der exacten Wiſſenſchaft gilt, man kann mit der zuſammenhängenden ſymboliſchen Darſtellung nichts beweiſen, was nicht ohne ſie beweisbar iſt. Und ſo ſoll auch mit aller Schematik und Symbolik, von der wir folgends Gebrauch machen werden, nichts weiter bewieſen ſein, als was die directen Betrachtungen beweiſen, zu deren veranſchaulichender Erläuterung ſie beſtimmt ſind, und wozu ſie doch oft gute Dienſte leiſten können.

Im Uebrigen wird jedem Unbefangenen einleuchten, wie ſehr der Umſtand ſelbſt, daß wir *nothwendig* bei Darſtellung von Verhältniſſen im unſichtlichen geiſtigen Gebiete an die Analogie derſelben mit Verhältniſſen im Gebiete des Sichtlichen gewieſen ſind, beitragen muß, das Gewicht unſeres Argumentes der Analogie zu verſtärken, ſofern es uns in der *Erkenntniß* des Geiſtigen nur eben auf Daſſelbe weiſt, worauf wir ſchon bei der *Darſtellung* deſſelben gewieſen ſind.

2. Argument der Ergänzung.

Indeß das Argument der Aehnlichkeit ſich auf die *Aehnlichkeit* der Pflanzen mit den Menſchen und Thieren in ſolchen Puncten ſtützt, in welchen der weſentliche äußere Ausdruck des Seelendaſeins überhaupt geſucht werden darf, ſtützt ſich das Argument der Ergänzung auf ſolche Puncte gegenſätzlicher Verſchiedenheit zwiſchen Beiden, in welchen nach dem gleichen Princip der äußere Ausdruck einer gegenſeitigen Ergänzung ihres Seelendaſeins geſucht werden kann, Puncte, welche, indem ſie von einer Seite die Forderung der Pflanzenſeele ſtellen, zugleich einen Schluß auf ihre die Thierſeele ergänzende Beſchaffenheit geſtatten.

Sichtlich liegen folgende Gegenſatzverhältniſſe zwiſchen Thier und Pflanze vor.

1) Beim Menſchen und Thiere überwiegt verhältnißmäßig die Spontaneität, bei den Pflanzen die Receptivität, ſofern Menſchen und Thiere in die Außenwelt hinein handeln, deren Verhältniſſe abändern, beherrſchen, dagegen durch die bekleidete, behaarte, befiederte, beſchuppte, verkalkte, verhältnißmäßig zum Inhalt wenig ausgedehnte Oberfläche im Allgemeinen den äußern Stoffen und Reizen weniger und ſeltner Zugang geſtatten, wogegen die Pflanze, vielmehr zum Leiden, Aufnehmen, als Handeln beſtimmt, in ihrem ſtillen Stande und ihrer Nacktheit, mit ihrer in Verhältniß zum Inhalt ſehr ausgedehnten Oberfläche, den viel verzweigten Wurzeln, den flachen tellerförmigen Blättern und den offenen kelchartigen Blüten ſich um ſo geeigneter zur Aufnahme der Stoffe und Reize der Außenwelt zeigt und in ihren Lebensvorgängen den Einflüſſen derſelben unmittelbar folgt.

2) Der Organismus entfaltet ſich, wirkt ſich, arbeitet ſich beim Menſchen und Thiere verhältnißmäßig mehr in der Richtung nach Innen, bei der Pflanze mehr in der Richtung nach Außen aus. Man kann ſagen, beim Thiere iſt alles Mögliche gethan, es von der Außenwelt abzuſchließen, bis auf die Zugänge, welche nöthig waren, die

zur innern Verarbeitung nothwendigen Lebensſtoffe und Lebensreize zuzuführen, indeß umgekehrt bei der Pflanze ſo zu ſagen Alles gethan iſt, ſie gegen die Außenwelt auszubreiten, aufzuſchließen, bis auf ſo viel Inhalt, als nöthig war, der lebensthätigen Oberfläche Halt, Beſtand, Geſtalt zu geben. Beim Thiere ſind Muskeln, Nerven, Herz und Hirn im Innern die Hauptſache, Hauptſitz und Centrum des Lebens, die Haut iſt nur ein Sack oder gar nur eine feſte Kapſel, das Thier darein zu faſſen; bei der Pflanze dient das Innere in der Hauptſache nur, die in der Berührungsfläche mit der Außenwelt aufgehende eigentliche Pflanze auszuſtopfen, ſtirbt ab, verholzt, verfault, je mehr es in das Innere tritt, fehlt oft in hohlen Bäumen, röhrenförmigen Schaften, und das Leben der Pflanze beſteht vornehmlich nur im ausgedehnteſten Schöpfen der Lebensſtoffe und Lebensreize mit der Außenfläche aus der Außenwelt und Verarbeitung im fortwährenden directeſten Verkehre damit.

3) Die *Fortentwicklung* des Menſchen und Thieres iſt, wie ſchon früher bemerkt, — indem der vorige Gegenſatz ſich vom Räumlichen auf das Zeitliche überträgt — mehr eine *intenſive* der Art, daß die frühern Zuſtände in die ſpätern aufgehoben werden, indeß die Pflanze ſich mehr *extenſiv* durch äußeres Wachsthum unter Forterhaltung früherer Entwicklungszuſtände fortentwickelt.

Der Kreis des Thieres treibt Aeſte, Zweige, Blätter nach Innen, die ſich immer mehr und feiner veräſteln und verzweigen, immer mehr verſchränken, durch und in einander wachſen, ja ſich wechſelſeits durchwachſen, und dadurch den Kreis innerlich, intenſiv, immer mehr organiſiren, die innere Gliederung und Fügung dadurch ändern, indeß er nach Außen ſich nur wenig und nur eine

Zeitlang dehnt, wogegen der Kreis der Pflanze Aeſte, Zweige, Blätter nach Außen treibt, die ſich ebenfalls immer mehr und feiner veräſteln und verzweigen, immer mehr verſchränken, aber nicht zuſammenwachſen und einander nicht durchwachſen, weil ſie immer Platz zum Nebeneinander behalten, ſich alſo nur zu einander fügen, und dadurch ihren Umkreis erweitern, indem zugleich der Kreis, von dem aus ſie wachſen, continuirlich ſich in einen größern Umfang dehnt.

Pflanze und Thier bieten ſo zu ſagen das Verhältniß zweier Curven dar, in deren übrigens gleichen Gleichungen nur das Vorzeichen des Hauptgliedes das entgegengeſetzte iſt, und die dadurch doch in allen Hauptverhältniſſen in Gegenſatz treten.

4) Indeß die Pflanze in Bau, Leben, Entwicklung dem Aeußern unmittelbar mehr zugewandt erſcheint, als das Thier, reicht doch der Kreis und Spielraum der Beziehungen zur Außenwelt beim Thiere durch die ihm geſtatteten Bewegungen und ins Weite reichenden Sinne weiter als bei der Pflanze, wird aber immer auf einmal nur nach einzelnen Richtungen von ihm durchlaufen und durchmeſſen, indeß der engere der Pflanze vollſtändiger von ihr erſchöpft wird, indem er ganz von ihr durchwurzelt und durchwachſen wird.

So durchgreifend und entſchieden aber der Gegenſatz zwiſchen Thier und Pflanze iſt, hat man doch im Auge zu behalten:

1) Daß er ein bloßer Richtungsgegenſatz, alſo nicht mit einem quantitativen Gegenſatze größerer und geringerer Lebendigkeit zu verwechſeln iſt. Das Leben arbeitet in der Pflanze ſo gut, ja, wenn der Saft in der Blüte kocht, wohl intenſiver als im Thiere, ſo lange keine Leidenſchaft daſſelbe treibt, obwohl es ſein mag, daß die Intenſität

des Lebens ſich in der Pflanze doch überhaupt nicht ſo hoch als in dem Thier zu ſteigern vermag, und im Ganzen durch die größere Ausbreitung deſſelben vertreten wird.*)

2) Daß der Gegenſatz die Gemeinſamkeit jener Organiſations- und Lebensverhältniſſe zwiſchen Thier und Pflanze, welche nach dem vorigen Argumente den allgemeinſten Ausdruck des Seelendaſeins überhaupt gewähren, in keiner Weiſe beeinträchtigt, vielmehr nur eine ſehr durchgreifend und entſchieden gegenſätzliche Ausprägung derſelben ſelbſt darſtellt, an welche alſo auch nach dem aufgeſtellten Princip nur ein Gegenſatz in der Ausprägung der Art der Beſeelung, nicht aber der Gegenſatz von Beſeelung und Nichtbeſeelung geknüpft werden darf.

3) Daß er doch keinen abſoluten Gegenſatz zwiſchen Thier und Pflanze begründet, ſondern nur einen weiter auseinander gehaltenen relativen Gegenſatz von demſelben Charakter, als wir vielfach ſchon innerhalb des Thier-

---

*) Aus dem Geſichtspuncte der in meiner Pſychophyſik vorgetragenen Lehre könnte man dies ſo deuten wollen, daß die lebendige Kraft der pſychophyſiſchen Thätigkeit durch ihre große Vertheilung in den Pflanzen unter die Schwelle ſinke, und alſo keine Empfindung in ihr zu Stande kommen könne. Aber nichts berechtigt zu dieſer Auffaſſung. In derſelben Lehre liegt vielmehr begründet, daß durch eine gewiſſe Vertheilung der pſychophyſiſchen Thätigkeit bei kleinerer Intenſität eine größere Summe pſychiſcher Thätigkeit erzeugt wird, als durch irgendwelche größere oder kleinere Concentration; und ſo könnte, allgemein geſprochen, die Pflanze durch die Vertheilung der pſychophyſiſchen Thätigkeit eben ſowohl im Vortheil als Nachtheil bezüglich der Quantität der pſychiſchen Leiſtung gegen das Thier ſtehen. Wirklich iſt vielleicht durchſchnittlich die *Summe* pſychiſcher Thätigkeit größer bei den Pflanzen, die *Intenſität* größer bei den Thieren. Doch lege ich auf dieſen Gedanken kein Gewicht, und halte zugeſtandenermaßen die Pſychophyſik überhaupt noch nicht für reif, hierher gehörige Fragen zu beantworten.

und Menſchenreiches mit pſychiſcher Bedeutung ausgeſprochen finden, ſowohl zwiſchen verſchiedenen Geſchöpfen, als zwiſchen verſchiedenen Seiten der Organiſation und des Lebens deſſelben Geſchöpfes, was die pſychiſche Deutung jener Verſchiedenheiten zwiſchen Thier und Pflanze erleichtert, unterſtützt und controlirt.

In der That fällt ein Gegenſatz relativ überwiegender Spontaneität und Receptivität, mehr intenſiver und extenſiver Entwicklung u. ſ. w. nicht minder in das Menſchen- und Thierreich auf verſchiedene Theile oder Seiten deſſelben, als in das organiſche Reich auf die beiden Haupttheile deſſelben, nur daß er dort mehr untergeordnete Verhältniſſe betrifft, indeß er den Hauptunterſchied zwiſchen Thier und Pflanze begründet. Um es am Schema zu erläutern: in der Gleichung für die Curven des Menſchen und Thieres kommt zwiſchen einzelnen untergeordneten Gliedern der Gleichung derſelbe Gegenſatz der Vorzeichen vor, welcher zwiſchen den Hauptgliedern der Curven der Pflanze und des Thieres beſteht.

So können wir einen Gegenſatz von ähnlichem Charakter, als ſich zwiſchen Thier und Pflanze ſichtlich findet, zwiſchen beiden Geſchlechtern im Thier- und Menſchenreiche wiederfinden. Faſſen wir einmal, zunächſt ohne Rückſicht auf irgendwelche Folgerungen, einige Hauptgleichungspuncte in dieſer Hinſicht in das Auge.

Der Haushalt des Menſchen beſteht eben ſo nur durch das ſich ergänzende Zuſammenwirken ſeiner beiden, nach allgemeinſten Beziehungen ſich ähnlichen, nach beſondern Beziehungen gegenſätzlich verſchiedenen Factoren, der beiden Geſchlechter, wie der Haushalt des ganzen organiſchen Reiches durch das ſeiner beiden Factoren, des Thieres und der Pflanze. Dabei iſt dem Manne wie dem

Thiere in jeder Hinſicht die Rolle der größern Spontaneität, dem Weibe wie der Pflanze die der größern Receptivität, erſterem die allgemeinere Lebensaufgabe, der weitere Wirkungskreis, letzterem die beſchränktere Lebensaufgabe, der engere Wirkungskreis zuertheilt, indem der Mann, das Thier nach Außen handelt, ſchafft, zerſtört, ins Weite ſchweift; das Weib, die Pflanze vielmehr zum Dulden und ſtillen Wirken im engſten Kreiſe beſtimmt, an die Scholle gebunden bleibt, und ſtatt zu zerſtören nur den Boden feſtigt, in dem ſie wurzelt. Die Bedeutung des Mannes, Thieres ruht verhältnißmäßig mehr auf dem Innern als die des Weibes, der Pflanze, bei denen hingegen die Schönheit der äußern Darſtellung verhältnißmäßig mehr Bedeutung gewinnt.*) Die vegetativen Functionen ſind beim Manne, Thiere verhältnißmäßig weniger entwickelt, als beim Weibe, der Pflanze, und indeß ſich bei erſteren das Wachsthum endlich abſchließt, iſt das Weib, die Pflanze beſtimmt, immer neue Sproſſen (Kinder, Knospen) aus ſich hervorzutreiben. Die Lebensaufgabe des Weibes, der Pflanze iſt hauptſächlich in die Zweckerfüllung für den Mann, das Thier, in die Reifmachung, Ernährung und Pflege der Nachkommenſchaft gelegt, die ſich nur beim Weibe unendlich mehr veredelt, als beim Thiere, indeß für den Mann, das Thier das Geſchlechtliche und was ſich daran knüpft, überhaupt nur eine untergeordnete Aufgabe bildet. Inſect und Blume treten geradezu in einem analogen Wechſelverhältniſſe auf, als Männchen und Weibchen, indem die wartende Blume, ſelbſt einem ſtillſitzenden Schmetterlinge nicht unähnlich,*) vom geflügelten Inſect aufgeſucht wird, deſſen Hülfe beim Befruchtungsproceſſe erfährt, demſelben dafür ſüße Koſt giebt, und deſſen Kind, die Raupe und Larve, nährt und wiegt.

---

*) „Während die Pflanze ſich ſelbſt gleichſam zur Schau trägt oder durch eine offene Verhüllung ihrer Organe den Blick anlockt, daß er mit Befriedigung und Wohlgefallen auf dem harmoniſchen Wechſel ſchöner Linien und Flächen ruht, verſchließt das Thier die Werkzeuge, an welche die verſchiedenen Aeußerungen des Lebens gebunden ſind, nach Innen. Die Geſtalt iſt, wie es ſcheint, das Untergeordnete, nur im Dienſt der innern Vorgänge, nicht das alleinige Reſultat derſelben. Und wenn wir im Allgemeinen die ganze Mannichfaltigkeit der Pflanzenformen als plaſtiſch ſchön betrachten können, ſo müſſen wir wohl von den Thiergeſtalten ſagen, ſie ſeien zweckmäßig. Daher kann auch eine nicht ſtreng wiſſenſchaftliche Beſchäftigung mit den äußeren Erſcheinungen der Pflanzenwelt feſſeln, weil das äſthetiſche Gefühl dabei in hohem Grade ſeine Rechnung findet, kaum aber vermögen die bloßen Thierformen länger unſer tieferes Intereſſe in Anſpruch zu nehmen, wenn ſie nicht in ihrer unzertrennlichen Beziehung zum innern Organismus aufgefaßt werden.“ (O. Schmidt vergl. Anatomie. 1855). Man ſieht, wie der Verfaſſer in Uebereinſtimmung mit dem Obigen die Pflanze geradezu als das ſchöne Geſchlecht im Reiche des Organiſchen betrachtet und hinſichtlich der Bedeutung des Thieres auf das Innere verweiſt.

Ich denke, dies zuſammengefaßt wird es rechtfertigen, wenn ich ſagte, daß zwiſchen Thier und Pflanze ein Gegenſatz von ähnlichem Charakter als zwiſchen beiden Geſchlechtern beſteht. Nur daß die gegenſätzlich beſtimmten Factoren, Thier und Pflanze, in jeder Hinſicht weiter auseinander weichen als Mann und Weib. Die Pflanze iſt verhältnißmäßig noch viel receptiver in Verhältniß zum Thiere als das Weib zum Manne, in einen viel engern, feſtern Lebenskreis gebannt, ſitzt noch viel ſtiller, u. ſ. w., ohne mit all' dem unlebendiger zu ſein.

Nachdem nun aber Mann und Weib auf ſonſt gemeinſamer Lebensbaſis ſich nicht blos körperlich, ſondern auch geiſtig als Glieder eines Gegenſatzes ergänzen, das receptive Weib vorwiegend empfindet und fühlt, indeß der Mann vorwiegend will und handelt, ſo iſt nicht abzuſehen, warum bei Thier und Pflanze der nur weitere Gegenſatz von gleichem Charakter einſeitig im Körperlichen ruhen ſollte; der pſychiſche Gegenſatz wird vielmehr nur wie der phyſiſche weiter zwiſchen Thier und Pflanze als zwiſchen beiden Geſchlechtern aus einander gehalten ſein. Wir werden der männlicheren Thierſeele eine weiblichere Pflanzenſeele gegenüber geſtellt halten dürfen, nur daß die Thierſeele in Verhältniß zur Pflanzenſeele noch viel männlicher und die Pflanzenſeele umgekehrt verhältnißmäßig viel weiblicher ſein wird, als die des Mannes und Weibes zu einander.

---

*) Manche, wie die ſogenannten Schmetterlingsblumen, und viele Orchideen gleichen ſogar faſt täuſchend Schmetterlingen.

Oder ſollte man meinen, daß der pſychiſche Gegenſatz zwiſchen Mann und Weib ſchon ſo weit ſei, daß kein weiterer im ſelben Sinne denkbar ſei? Ich meine im Gegentheile, er iſt eng genug, ja ſo eng, daß ſich die Charaktere von Mann und Weib in vielen Individuen oft faſt verwechſeln, und nachdem uns Thier und Pflanze einen weitern Gegenſatz im Körperlichen ſpiegeln, ſollten wenigſtens die Idealiſten — denn von den Materialiſten will ich nicht reden, — dem Geiſtigen zutrauen, daß es mit ſeinem Gegenſatze nicht hinter dem des Körpers zurückbleiben, oder ins Unbewußte damit verſinken werde.

In der That, wie viel will und handelt das Weib doch noch; zu welcher Höhe ſteigert ſich bei ihr oft noch die geiſtige Selbſtmacht; wie weit vermag es ſich noch über die Aufgaben des Geſchlechts zu erheben! Der Pflanze gegenüber iſt es noch ganz Mann. Wäre kein Weſen möglich, deſſen Seele den Charakter der Receptivität noch reiner darſtellte, das noch reiner und unmittelbarer in den Aufgaben des Geſchlechts aufgeht? Die Pflanze ſtellt ein ſolches Weſen äußerlich dar, ſo wird ſie es auch innerlich darſtellen.

Ganz abgeſehen von der Analogie mit den Geſchlechtern, die nur eben ſo ſchön erläuternd als beſtätigend hinzutritt, kann in der äußern Darſtellung von Thier und Pflanze zuvörderſt das Symbol eines derartigen pſychiſchen Gegenſatzes gefunden werden, daß einer Seele mit vorwiegendem Gepräge der Spontaneität auf einer Seite eine ſolche mit vorwiegendem Gepräge der Receptivität auf der andern gegenüberſteht; einer Seele, die verhältnißmäßig mehr auf Entfaltung eines innern Lebens und intenſive Fortentwickelung dieſes Lebens angelegt iſt, eine ſolche, deren Leben reiner in Beziehungen zur Außenwelt und Entfaltung des Kreiſes dieſer Beziehungen aufzugehen beſtimmt iſt; einer Seele mit einem Kreiſe weitergreifender Beziehungen zur Außenwelt eine ſolche mit einem engern aber vollſtändiger zu erſchöpfenden Kreiſe ſolcher Beziehungen.

Da wir nun finden, daß das Thier diejenige Seite dieſes pſychiſchen Gegenſatzes, die es in ſeinem körperlichen Baue und Leben ausdrückt, ſpiegelt, auch wirklich trägt, ein volles Symbol derſelben iſt, können wir nicht zweifeln, daß die Pflanze, in ſofern ſie die Gegenſeite deſſelben Gegenſatzes in ihrem körperlichen Baue und Leben ſpiegelt, ſolche auch wirklich trägt, ihrerſeits nicht blos ein leeres Symbol, ein leerer Spiegel derſelben iſt, wofür man ſie hat ausgeben wollen, widrigenfalls: 1) keine Conſequenz in der Beziehung des Phyſiſchen und Pſychiſchen vom Thiere zur Pflanze beſtehen würde; 2) es dem Thiere an der Ergänzung pſychiſcherſeits fehlen würde, die es doch phyſiſcherſeits in der Pflanze findet und durch das Phyſiſche der Pflanze geſpiegelt findet; was Beides wider eine vernünftige Betrachtung läuft.

Ein Andres wäre es, wenn dem Gegenſatze, den wir auf körperlicher Seite zwiſchen Thier und Pflanze ſo entſchieden ausgeſprochen finden, kein Gegenſatz auf pſychiſchem Gebiete überhaupt entſpräche, dann könnten wir einen ſolchen auch nicht durch jenen Gegenſatz geſpiegelt finden und müßten nothgedrungen den Gegenſatz des Pſychiſchen und Nichtpſychiſchen dafür ſetzen. Nun aber iſt ein ſolcher Seelengegenſatz nicht nur denkbar, ſondern auch ſchon innerhalb des Thier- und Menſchenreiches ſelbſt vorhanden, aber hier noch nicht ſo weit, daß ſich nicht noch ein weiterer denken ließe, und alſo daran denken ließe, daß der weitere im Gegenſatze zwiſchen Thier und Pflanze zu finden ſei. Und da wir hier den körperlichen Ausdruck dieſes weitern Seelengegenſatzes auf Grund der allgemeinen Seelenzeichen wirklich finden, ſo werden wir ihn ſelbſt damit gefunden halten dürfen.

Hiemit ſcheint mir, wenn wir dieſe Geſichtspuncte zuſammenfaſſen, die Pflanzenſeele ſo gut eingefangen, als ein Vogel im Schlagnetz oder Käfig. Ich weiß nicht, wie ſie noch entwiſchen ſoll. Freilich gehört dazu einiges Schlußgefüge; mit einer einfachen Handbewegung läßt ſich der Vogel wohl verſcheuchen, aber nicht einfangen; und die Gegner machen dieſe Handbewegung.

Zur weiteren Unterſtützung dient die Betrachtung, daß wir die ſonſt in der Natur bemerkliche Tendenz, die Mannichfaltigkeit der äußeren Verhältniſſe durch eine zugehörige Mannichfaltigkeit von Geſchöpfen mittelſt einer zweckmäßigen Variation ihrer Organiſation, Lebensſtellung und Lebensweiſe pſychiſch ausnutzen, erſchöpfen zu laſſen, nur halb erfüllt finden würden, wenn blos die den Standort beſtändig wechſelnden Thiere, nicht die in feſte Lebenskreiſe gebannten Pflanzen mit Seele begabt wären, wogegen, wenn beide mit Seele begabt ſind, die im Thierreich deutlich ausgeſprochene, aber nur halb erfüllte Tendenz ſich ganz erfüllt findet; denn ſo geeignet das Thier nach ſeiner Einrichtung und Lebensweiſe iſt, ſich der fernen Beziehungen der Natur empfindend und ſtrebend zu bemächtigen und ſelbſt ſolche mit ſeiner Seele zwiſchen der Ferne zu knüpfen, indem es hin und wieder läuft, iſt die Pflanze geeignet, den Kreis der beſtimmten Verhältniſſe, in den ſie gebannt iſt, empfindend und ſtrebend zu erſchöpfen, indem ſie ihn durchwurzelt und durchwächſt.

Man würde den Geſichtspunct dieſer Betrachtung ſchlecht verſtehen, wenn man ſie darauf reducirte: weil die Thiere noch Platz für empfindende Weſen übrig laſſen, ſo muß er durch die Pflanzen eingenommen gedacht werden. In der That hat man ihn ſo aufgefaßt. Sondern des Nähern iſt dieſe Betrachtung ein Zuſammenſpiel aus folgenden ſich ergänzenden Geſichtspuncten: Die Natur zeigt im Thierreich eine gewiſſe Tendenz, welche das Phyſiſche und Pſychiſche im Zuſammenhange betrifft; da wir nun im Pflanzenreiche die Fortſetzung dieſer Tendenz auf phyſiſcher Seite erblicken, ſo haben wir Grund, ſie auch auf pſychiſcher Seite anzunehmen, ſofern die phyſiſche Seite ſelbſt wirklich der Spiegel einer ſolchen pſychiſchen Ergänzung iſt. Auf einen einzelnen der in dieſe Betrachtung eingehenden Geſichtspuncte reducirt, wird das Argument unvollſtändig.

Nach Allem ſieht man, wie die ſo große, ja gegenſätzliche Verſchiedenheit der Pflanzen von den Thieren, welche für den erſten Anblick nur eine Inſtanz gegen die Beſeelung derſelben ſchien bilden zu können, nach triftiger Zuſammenſtellung und Auseinanderſetzung mit den Aehnlichkeiten nur beiträgt, für die Beſeelung der Pflanze zu ſprechen. Mengt man freilich Alles unklar zuſammen und bleibt bei der blöden Betrachtung ſtehen: die Pflanzen ſind doch gar zu verſchieden von den Thieren, ſie laufen nicht, ſie freſſen nicht, ſie haben dies und das nicht, worin ſich das Seelenleben der Thiere äußert, woran es hängt, kurz, verlangt man, noch einmal Thiere in ihnen zu ſehen, ſo giebt es keine Pflanzenſeele. Die Berechtigung der Pflanzenſeele liegt vielmehr in ihrer Verſchiedenheit von der Thierſeele. Zu einer verſchiedenen Seele aber gehört auch ein verſchiedener Körper.

In „Nanna“ S. 370. habe ich darauf hingewieſen, daß, wenn man ſich die an ſich ganz ſtatthafte Aufgabe ſtellte, auf welchen von den Kegelſchnitten die Thierform, und auf welchen die Pflanzenform (mit den aufwärts divergirenden Zweigen und Blüten, abwärts divergirenden Wurzeln) durchſchnittlich und im Durchſchnitt mit größtmöglicher Approximation zurückzuführen, man für die Thierform die Ellipſe, für die Pflanzenform die Hyperbel finden würde. Dieſe Figuren können als möglichſt einfache Schemate der Thier- und Pflanzenform angeſehen werden, wie ſich denn ihre Gleichungen auch nur durch das entgegengeſetzte Verzeichen einer Hauptgröße von einander unterſcheiden. Mit der Formverſchiedenheit repräſentiren ſie zugleich die größere Abgeſchloſſenheit des Thieres, die größere Oeffnung der Pflanze gegen die Außenwelt, das ſchrankenloſere Wachsthum derſelben und die größere Unabhängigkeit ihrer Theile von einander. Alles freilich nur approximativ oder vielmehr übertreibend. Denn in der That bleibt die wirkliche Pflanzenform zu jeder Zeit immer noch ſo gut endlich abgeſchloſſen, als die Thierform, und mit ihren beiden Hälften verbunden, indeß umgekehrt auch die Thierform ihre Oeffnungen gegen die Außenwelt und ihre, namentlich bei Inſecten tiefen, faſt bis zur Durchſchneidung gehenden Einſchnitte hat. Das Schema ſtellt Unterſchiede abſolut dar, die im Thier und der Pflanze blos relativ vorkommen.

Dieſe Schemate ſind, als Symbole gefaßt, zugleich ſehr gut geeignet, die Ellipſe eine ganz gegen das Aeußere abgeſchloſſene, die Hyperbel eine ganz gegen das Aeußere geöffnete, Seele zu repräſentiren. Eine ganz gegen das Aeußere geöffnete Seele iſt freilich nicht denkbar, aber eben ſo wenig (ſofern es ſich um Seelen mit dem Charakter der Endlichkeit handelt) eine ganz in ſich abgeſchloſſene. Die Ellipſe hat in dieſer Hinſicht vor der

Hyperbel nichts voraus. Man muß ſich aber erinnern, daß der abſolute Gegenſatz beidesfalls in einen relativen zu überſetzen iſt, um auf die Wirklichkeit anwendbar zu werden. Unter dieſer Rückſicht wüßte ich aber doch nicht, warum der eine Kegelſchnitt weniger Anſpruch auf Repräſentation einer Seele von beſtimmtem Charakter hätte als der andere. Ihre Axe und ihre Brennpuncte hat die Hyperbel ſo gut als die Ellipſe, und hängt ſo gut organiſch durch eine Gleichung zuſammen.

Formel des Arguments der Ergänzung. Wenn A mit B in gegenſätzlichem Ergänzungsverhältniſſe ſteht, und wenn A ein a zugleich ſpiegelt und trägt, zu dem B den Gegenſatz b ſpiegelt, ſo iſt anzunehmen, daß es denſelben auch trägt. Sind daher A, B, a in jenem Gegenſatz-Verhältniſſe gegeben, ſo folgt das zu B zugehörige Daſein von b daraus durch Schluß.

3. Argument der Abſtufung.

Dies Argument ſtützt ſich wie das vorige auf die Verſchiedenheit zwiſchen Thier und Pflanze, nur daß es ſich vielmehr auf einen Grad-Unterſchied als ein Gegenſatzverhältniß, oder mehr auf ein Verhältniß der Ueber- und Unterordnung als der Nebenordnung bezieht. Es widerſpricht ſich aber nicht, wenn wir die Pflanze dem Thier zugleich als ergänzend untergeordnet und nebengeordnet faſſen, ſofern das Verhältniß der Unterordnung aus anderm Geſichtspuncte ſtatt hat, als das der Nebenordnung, wie wir denn auch das Weib dem Manne, die linke Seite des Menſchen der rechten zugleich aus gewiſſem Geſichtspunkte ergänzend nebengeordnet, aus anderm ergänzend untergeordnet ſehen.

Es ließe ſich dieſes Argument wie das vorige ſo darſtellen, daß wir vom Körperlichen als Spiegel des Geiſtigen auf dieſes ſchlöſſen. Doch ſoll hier der umgekehrte Gang genommen werden. Erſt begründen wir die Forderung der Seelenſtufe der Pflanze auf geiſtigem Gebiete und zeigen dann die Erfüllung dieſer Forderung in dem Ausdrucke, den ſie durch das Körperliche findet.

Die Stufen des Seelenlebens vom Menſchen abwärts verfolgend, finden wir, wie der Menſch über das Thier durch Vernunft, Selbſtbewußtſein, abſtracte Begriffe, Ideen, den Gedanken des Unendlichen hinausreicht. Dem Thiere fehlt alles dies, doch hat es, ſo viel wir nach ſeinen Aeußerungen ſchließen können, noch Erinnerungen, Vorblick in die Zukunft, Umblick im Raume, objective Vorſtellungen von einer Außenwelt, und eine aſſociationsweiſe Verknüpfung von all' dem, welche die Stelle des Verſtandes vertritt. Und mit all' dem reicht es noch über die Stufe eines reinen Sinnenlebens hinaus. Als niederſte Stufe bleibt endlich die Stufe einer Seele übrig, die ohne Erinnerung, Vorblick, Umblick, objective Vorſtellungen und aſſociationsweiſes Vorſtellungsſpiel in einem Fluß und Wechſel ſinnlicher Empfindungen und Triebe, wie ihn die Oscillation des Lebens unter der oscillirenden Anregung durch die mannichfaltigen und wechſelnden äußern Reize mitführt, ganz aufgeht, eine Seele, die in und mit dem Augenblicke lebt und ſtirbt, indeß in die Thierſeele das Nach- und Vorgefühl, und in die Menſchenſeele das höhere Bewußtſein der Vergangenheit und Zukunft, in letztre ſogar bis über das Grab hinaus, fällt. Ohne die Pflanzenſeele würde es an dieſer niedrigſten Seelenſtufe fehlen.

Die Pflanzenthiere nähern ſich dieſer Stufe und bilden einen Untergang dazu, worauf im folgenden Argument gefußt wird. Doch entſprechen ſie ihr nicht ganz, inſoweit ſie noch den thieriſchen Charakter zeigen. Der Polyp, indem er nach Beute haſcht, muß doch eine, wenn auch noch ſo dunkle pſychiſche Vorwegnahme deſſen haben, was er noch nicht hat, die über die Stufe des reinen Aufgehens in der ſinnlichen Gegenwart hinausgeht. Die Pflanze aber, ſtatt die Arme einer künftigen Beute entgegenzuſtrecken, wächſt ſo zu ſagen dem Reize nur nach, wie er ſie trifft, ihr Empfinden und Streben folgt nur der Wirkung der Reize, indeß die Vorſtellung und das Trachten des Thieres demſelben vorauseilt.

Jedoch, es fragt ſich, iſt eine ſolche Seelenſtufe, wie ſie hier in der Pflanze und für die Pflanze gefodert wird, auch nur denkbar? Aufgehen ſoll ſie in der reinen Sinnlichkeit, in einem Fluß und Wechſel innerer Erſcheinung; doch damit es eine Seele gebe, bedarf es wenigſtens der einheitlichen Verknüpfung dieſes Fluſſes und Wechſels, die etwas Höheres iſt als dieſer Fluß und Wechſel.

Gewiß; ſicher aber wird es der Pflanze an jener Seeleneinheit nicht fehlen, die mit der organiſchen Einheit überhaupt geſetzt, dadurch geſpiegelt und getragen iſt. Der Unterſchied der Pflanze vom Thier wird nur eben der ſein, daß bei der Pflanze das Sinnliche unmittelbar in der Seeleneinheit zuſammengeht, indeß im Thiere das Sinnliche durch höhere, im Menſchen durch höchſte Combinationen, durch Anſchauungen, Begriffe, Ideen mit der Seeleneinheit ſich vermittelt. Und das iſt's, was die Thier- und Menſchenſeele höher ſtellt.

Doch weiter fragt ſich: kann denn auch das Sinnliche ſich unmittelbar in der Seeleneinheit abſchließen, die Seeleneinheit unmittelbar in der Sinnlichkeit aufgehen; bedarf es nicht vielmehr zur Verknüpfung des Sinnlichen überall der Vermittlung mit der Einheit?

Aber der Menſch ſelbſt beweiſt die Möglichkeit eines ſo tiefen Abſchluſſes der Seele, eines ſo unmittelbaren Aufgehens der Seeleneinheit in der Sinnlichkeit, wie wir es dauernd für die Pflanzenſeele in Anſpruch nehmen, dadurch, daß er ſich ſelbſt zeitweis in den Zuſtand ſolchen Aufgehens verſetzen kann, nach Umſtänden kürzer, länger, ſeltner, öfter, unvollſtändiger, vollſtändiger; — je länger, je öfter, je vollſtändiger aber, ſo niedriger ſteht ſchon ſeine Seele. Das Extrem wäre, daß er immer und vollſtändig in dieſem Zuſtande bliebe; dann aber wäre ſeine Seele eben nur noch eine Pflanzenſeele, was ſie nicht iſt und ſein ſoll; genug, das dem Menſchen zeitweis mögliche Verſinken in ſolchen Zuſtand beweiſt doch im Allgemeinen die Möglichkeit deſſelben; und die tiefſte Seelenſtufe wird ſich nun eben dadurch von jeder höhern unterſcheiden, daß ſie dauernd und vollſtändig darin verharrt, gar nicht die Fähigkeit hat, ſich darüber zu erheben, indeß eine höhere Seelenſtufe, wenn ſchon nicht immer auf ihrer vollen Höhe ſtehend, und zeitweis wohl ſelbſt ganz oder annäherungsweiſe bis zur tiefſten Stufe zurückſinkend, doch die Fähigkeit behält, ſich zu erheben, und unter normalen Verhältniſſen dieſe Fähigkeit auch ſicher äußern wird.

Jede höhere Seelenſtufe ſchließt überhaupt die Vermögen der niedern in gewiſſer Weiſe mit ein, und hat nicht nur die Fähigkeit, ſich zeitweiſe auf die niedere herabzuſtimmen, ſondern hebt auch mit ihrer Entwicklung von der niederſten an, um erſt allmälig zur höchſten, die ihr zu erreichen möglich, vorzuſchreiten. Dies geſtattet uns, eine wenigſtens bis zu gewiſſen Grenzen adäquate Vorſtellung von dem Zuſtande der Pflanzenſeele zu faſſen und dadurch dem Gedanken ihrer Möglichkeit und Wirklichkeit hier in ähnlichem Sinne zu Hülfe zu kommen, als dies beim vorigen Argumente durch den Hinweis auf die Seele des Weibes der des Mannes gegenüber geſchahe, wenn ſchon immer zuzugeſtehen iſt, daß eine vollſtändige Uebereinſtimmung des Zuſtandes einer Seele, die einer höhern Entwickelung fähig iſt, zu keiner Epoche und Zeit ihres Lebens mit einer ſolchen, die dazu unfähig iſt, ſtattfinden kann. Doch dürfte der Zuſtand des neugeborenen Kindes, das ganz receptiv in einem Fluſſe und Wechſel ſinnlicher Empfindungen und Triebe aufgeht, weder Vorblick in die Zukunft, noch Erinnerung an eine Vergangenheit, noch objective Vorſtellungen von einer Außenwelt hat, die ihm vielmehr anfangs nur den Eindruck einer ſinnlichen Farbentafel machen kann, am beſten geeignet ſein, den Zuſtand der, immer Kind bleibenden, Pflanze zu verſinnlichen.

Bleibt doch auch das Weib, womit wir früherhin die Pflanze verglichen, aus gewiſſem Geſichtspuncte immer Kind, ſo daß durch die Verbindung beider Geſichtspuncte des Vergleiches die Analogie ſich nur verſtärkt.

Gewiß iſt der Vergleich der Pflanze mit dem neugeborenen Kinde in jeder weſentlichen Hinſicht treffender, als der Vergleich der Pflanze mit einem an der Mutter hängenden Embryo. Auch das neugeborene Kind hängt noch an der Mutter und ſaugt die Nahrung aus ihr, aber es hat zugleich alle Sinne für die Lebensreize offen, wie die Pflanze. Und wenn zuzugeſtehen iſt, daß die Art der Einwurzelung der Pflanze in der Erde, ſoll dieſe überhaupt die Mutter der Pflanze bedeuten, der Einwurzelung des Embryo in der Mutter nach äußerlicher Beziehung ähnlicher iſt, als der Weiſe, wie das neugeborene Kind an der Mutter hängt, ſo ſteigt die Pflanze mit ihren über die Erde frei in Licht und Luft hinauswachſenden Theilen um ſo ſchroffer über jede Aehnlichkeit mit dem Embryo auf, und erſcheint hienach auch ihrer Einwurzelung nach nur als ein, von der mütterlichen Erde feſter, als ein von der menſchlichen Mutter gehaltenes, in Licht und Luft geborenes Kind. Nur der Keim des Saamens, ſo lange er die Hülſe und Erde nicht durchbrochen hat, mag triftig mit dem Embryo verglichen werden. Im Uebrigen iſt die Erde mit einer Mutter der Pflanze nur aus ſehr beſchränktem Geſichtspuncte vergleichbar. Das menſchliche Kind erwächſt zu einem Weſen, wie die Mutter, die Pflanze aber nicht zu einer Erde.

Manche abſtracte Symbole können wiederum der Erläuterung unſeres Arguments zu Hülfe kommen.

Wollen wir ein räumliches Bild oder Symbol, ſo wäre dies das Bild einer Pflanzenſeele:

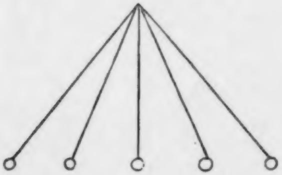

Das Bild einer nächſt höhern Seelenſtufe dies:

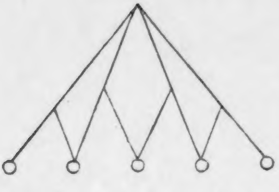

Das Bild einer Menſchenſeele würde durch einen viel höhern Bau ſich überſteigender Verbindungsglieder repräſentirt werden müſſen, in welchem dieſe übrigens nicht conſtant, ſondern je nach der zeitweiligen Höhe und Geſtaltung des Bewußtſeins wechſelnd wären. Es iſt aber nicht nöthig, auf die Ausarbeitung ſolcher Symbole Fleiß zu verwenden, da ſie natürlich doch nur eine ganz ungefähre Verſinnlichung von geringer Tragweite der Triftigkeit gewähren können. Bei aller ihrer Rohheit können ſie inzwiſchen etwas beitragen, eine Vorſtellung von der Pflanzenſeele faſſen zu laſſen und die Foderung derſelben zu ſtellen, indem ſie anſchaulich machen, daß es eine tiefſte Seelenſtufe giebt, zu der ſich im Menſchen- und Thierreiche nur die höheren Stufen finden. Denn das Thier combinirt doch verſchiedene Empfindungen, Vorſtellungen, Triebe nach verſchiedenen Richtungen, in verſchiedenen Abſichten, aus verſchiedenen Geſichtspuncten, und die Seeleneinheit tritt als höher Verknüpfendes über dieſen Verknüpfungen auf. Nur in der Pflanzenſeele können wir eine unmittelbare Verknüpfung der ſinnlichen Empfindungen und Triebe durch die Seeleneinheit finden, und die Seele der Pflanzenthiere, anſtatt die Seele der Pflanzen zu erſetzen, wozu die Pflanzenthiere auch deren Organiſation und Lebensverhältniſſe erſetzen müßten, iſt nur geeignet, dazu überzuleiten, wie wir im folgenden Argumente zeigen.

Ein noch abſtracteres Symbol läßt ſich, wie folgt, finden:

Eine Zahlenreihe kann durch eine einheitlich identiſche Beziehung zwiſchen allen einzelnen Zahlen unmittelbar abſchließen, oder auch erſt mit einer Beziehung zwiſchen Beziehungen abſchließen.

Ein Beiſpiel erſter Art iſt die natürliche Zahlenreihe

1 2 3 4 5 . . . .

welche unmittelbar mit der Differenz 1 als gemeinſamer Beziehung zwiſchen allen ſich folgenden Zahlen abſchließt.

Ein Beiſpiel zweiter Art die minder einfach gebaute Zahlenreihe

1 2 4 7 11 16 . . . .

welche zunächſt gar keinen identiſchen Abſchluß zu haben ſcheint; denn nimmt man die Differenzen der aufeinanderfolgenden Zahlen, ſo erhält man eine Reihe neuer verſchiedener Zahlen

1 2 3 4 5 . . .

Nun aber ſchließt dieſe mit der identiſchen Differenz 1 ab, und vermittelt alſo hier den Abſchluß der Grundzahlen in einer identiſchen Beziehung, welcher bei der vorigen Reihe unmittelbar ſtatt hatte, durch eine höhere Zwiſchenbeziehung. Bekanntlich der Unterſchied der arithmetiſchen Reihen erſter und zweiter Ordnung. Man kann die Ordnung beliebig ſteigern, und ſo iſt z. B.

1 2 4 8 15 26 42 . . .

eine Reihe dritter Ordnung, wo ſich noch eine Vermittelung mehr als in der Reihe zweiter Ordnung einſchiebt. Die Pflanzenſeele nun entſpricht einer Reihe erſter, die Thier- und Menſchenſeele einer ſolchen höherer und reſpectiv auf unſerer Erde höchſter Ordnung. Warum aber ſollte es keine Reihen erſter Ordnung im Pſychiſchen geben, wenn es doch Reihen höherer Ordnung im Pſychiſchen giebt? Verſteht ſich, daß durch das Bild blos das Verhältniß des Niedern und Höhern, nicht der Wechſel und die Freiheit der Seele repräſentirt werden kann, und, weil das Bild ſolche nicht hat, der Seele deshalb ſolche nicht abgeſprochen werden kann. Ein Bild bleibt ein Bild.

Die Möglichkeit eines einfachen ſinnlichen Seelenſpieles zugeſtanden, kann man weiter einwenden: was ſoll es? Im Menſchen und Thiere ſteht das Sinnesleben dem höhern Seelenleben nur zu Dienſten und hat ohnedem weder Sinn, noch Zweck, noch Bedeutung. Ein höheres Seelenleben beſteht aber nicht in einfacher Einheit eines ſinnlichen Seelenſpiels, ſondern in einem Wechſel, Auf- und Abſteigen im Bereiche der höheren Verknüpfungen. Was ſoll eine Seeleneinheit, die nichts als Sinnliches verknüpft, in einer vernünftigen ſinn- und zweckvollen Weltordnung?

In der That, was ſollte ſie darin? — Es ließe ſich erwiedern, einmal, daß man eine kaum minder ſchwere Frage ſchon in Betreff der Thierſeelen aufwerfen könnte: was ſoll eine unvernünftige Thierſeele in einer vernünftigen, ſinn- nnd zweckvollen Weltordnung? Doch giebt es unvernünftige Thierſeelen. Zweitens, daß die Frage, ob etwas iſt, nicht von der Frage, was es ſoll, abhängig zu machen iſt. Wir wiſſen dazu viel zu wenig, was die

Dinge ſollen. Inzwiſchen glaube ich, daß man in einem Gebiete, wo ſich die Frage des Seins minder exact nach Thatſachen entſcheiden läßt, als in andern Gebieten, und nach einmal gefaßter Grundanſicht von einer vernünftigen, ſinn- und zweckvollen Weltordnung, allerdings Fragen und Foderungen, die im Sinne einer ſolchen Ordnung geſtellt ſind, Rechnung zu tragen, wenn ſchon keine Rechnung darauf zu ſtellen hat; nur muß man dann auch die Antwort in dieſem Sinne geſtatten. Und ſo antworte ich: eben weil nicht nur Pflanzenſeelen, ſondern auch Thierſeelen in ihrem relativ niedrigen Stande und ihrer Vereinzelung ein bedeutungsloſes Weſen abgeben würden, meine ich, was ich noch aus vielen andern Gründen meine, daß dieſe ganzen niedern Seelenzuſtände, ja ſogar die ganzen dieſſeitigen Seelenzuſtände des Menſchen nur zur Baſis des höhern Lebens eines höhern und endlich höchſten Geiſtes gehören, in dem ſich Vermittelungen und Verknüpfungen zwiſchen allen einzelnen Seelenleben noch von ganz andrer Höhe und ein Wechſel, Auf- und Niederſteigen im Bereich derſelben von ganz andrer Bedeutung finden, als in dem einzelnen Menſchengeiſte. Aber die Begründung und Ausführung hievon gehört nicht in die Lehre von der Pflanzenſeele.

Dem Geſichtspuncte unſeres Arguments entſpricht der ganze Bau, die ganze Lebensſtellung und Lebensführung der Pflanze. Sie hat keine Augen und Ohren, ſich in der Außenwelt zu orientiren und objective Vorſtellungen aus ihr zu ſchöpfen, keine Füße, ſich nach im Raum und der Zeit fernabliegenden Zwecken, die ſie nicht hat, zu bewegen. Der Kreislauf der Vorſtellungen im Menſchen und Thiere, der immer Vergangenes zurückführt, bedarf unſtreitig als Unterlage eines phyſiſchen Kreislaufes; die Pflanze kann mit dem einen auch den andern miſſen.

So fehlt ihr auch das Gehirn, in welches beim Thiere die Empfindungsreize von verſchiedenen Seiten her ihre Wirkungen fortpflanzen, um in geordneten Nachwirkungen aufbehalten und zu höheren Combinationen verwendet zu werden; ſie hat nicht einmal Ganglien, welche bei niedern Thieren eine Annäherung an die Leiſtung des Gehirnes gewähren; ſie hat darum auch keine Nerven, weil es mit Wegfall der Combinationscentra auch der Bahnen dazu nicht mehr bedarf. Sie hat eben nicht mehr, doch hat ſie in etwas andrer Form noch eben ſo viel als der nervenloſe Polyp auch hat, in dem es zur Differenzirung von Nerven, Gefäßen, Muskeln, Knochen u. ſ. w. nicht gekommen iſt, und der dennoch empfindet.

Indeß aber der Pflanze dieſer ganze innere Aufbau und Ausbau von Organen und Functionen, welche den höheren Vermögen der Seele dienen, verſagt iſt, ſtrebt und lebt und geht ſie ſo ganz auf mit unerſchöpflich neugeborenen, für die Einwirkung der Sinnesreize empfänglichen Organen im Verkehr mit der Außenwelt, entwickelt eine ſolche Ausdehnung, Freiheit, Mannichfaltigkeit und ſelbſt Abſtufung derſelben, daß Menſch und Thier mit ihrem eng abgeſchloſſenen, keiner Erweiterung fähigen, Sinneskreiſe ihr darin nicht von fern nachkommen. Nicht nur bietet ſie für die kleinen Augen des Thieres dem Lichte breite, für den Lichtreiz empfängliche, im Lichte ergrünende, nach dem Lichte ſich wendende Flächen und in der Blüte ein noch höheres Organ zu ſeiner Aufnahme dar, iſt ſie mit dem ſteifen Stengel, den erzitterungsfähigen Blättern geeigneter, Erſchütterungen durch ihre ganze Maſſe fortzupflanzen, als das Thier, das nur das kleine Trommelfell dazu darbietet, ſondern läßt auch ihr Duften zur Zeit der Geſchlechtsreife ahnen, daß ihr ein receptiver Sinn dafür nicht abgeht, kann man daraus, daß ihr ganzes Leben ſich im geſchlechtlichen Proceß gipfelt, (ſelbſt Wärmeentwickelung und Reizbewegung hiebei hervorbrechen können) ſchließen, daß ſich auch die Empfindung hier gipfelt, und es wahrſcheinlich halten, daß die Erquickung durch Thau und Regen und die Berührung, das Saugen des Inſectes nicht ohne Ausbeute für die Empfindung ſein werden.

Während alſo der Pflanze die Entwicklungsfähigkeit des Menſchen und Thieres zum Höhern abgeht, entfaltet ſie dagegen die niedere Stufe der Organiſation und des Lebens, auf der ſie zu bleiben beſtimmt iſt, reicher und breiter phyſiſcherſeits, und demgemäß auch unſtreitig pſychiſcherſeits, was in gewiſſem Sinne eine Compenſation für die verſagte Höhe gewährt, und ſtellt ſo in Verhältniß zum Thiere gleichſam eine niedrige aber breite Pyramide in Verhältniß zu einer hohen aber ſchmalen dar.

Statt für die Pflanzenſeele pflegt das Argument der Abſtufung philoſophiſch etwa in folgender Wendung gegen dieſelbe geltend gemacht zu werden, und ich glaube ſogar, daß dies der Hauptgeſichtspunct iſt, auf den ſich die Philoſophie heute noch bei der Leugnung der Pflanzenſeele ſtützt.

Dem Menſchen kommt die Stufe des vernünftigen, dem Thiere die des ſinnlichen Seelenlebens zu, alſo bleibt für die Pflanze nur noch die Stufe eines empfindungsloſen Lebens mit bloßer Lebenskraft übrig. Dieſe Stufe iſt in einem vernünftigen Plan der Organiſations- und Lebensſtufen als unterſte gefodert und die Pflanze ſtellt ſie dar.

Aber einmal kommt, wie gezeigt, dem Thiere nicht bloße Sinnlichkeit zu, und ſtellt es die unterſte Seelenſtufe, die in einem vernünftigen Plan der Organiſations- und Lebensſtufen gefodert werden kann, noch nicht dar, und zieht man überhaupt in jener Aufſtellung drei Seelenſtufen, die ſich unterſcheiden laſſen, untriftig in zwei zuſammen; zweitens iſt der Begriff eines empfindungsloſen Lebens und einer empfindungsloſen Lebenskraft auf keine Klarheit zu bringen, und die letztre in verdienten Verruf gekommen; für einen unklaren verrufenen Begriff kann man aber keinen beſondern Repräſentanten fodern. Zur Repräſentation einer bleibenden Empfindungsloſigkeit ſind die Körper des unorganiſchen Reiches, Kryſtalle, Steine u. ſ. w. da. Was nun noch außerdem für ein empfindungsloſer Zuſtand von der Pflanze repräſentirt werden ſoll, iſt nicht abzuſehen. Der Schlafende und Embryo beweiſt zwar, daß es zwiſchen dem Tode des unorganiſchen Reiches und dem wachen Leben der organiſchen Geſchöpfe noch etwas in der Mitte giebt; das iſt aber eben nichts Anderes, als die Möglichkeit, zu erwachen; und zu deren Repräſentation ſind eben der Schlafende und Embryo da. Nun ſollen die Pflanzen dieſen Zuſtand der Möglichkeit noch außerdem unter der Form der Unmöglichkeit repräſentiren! In der That fällt die empfindungsloſe Lebenskraft ganz in jene Trübe, in der die heutige Philoſophie ihre Fiſchzüge thut, und iſt vielmehr auf die Vorausſetzung der Empfindungsloſigkeit der Pflanze gebaut, als daß dieſe ſich darauf gründen ließe.

Nach der heutigen Philoſophie würde ſich die Reihe ſo ſtellen: immer und völlig ſchlafende Körper, die des unorganiſchen Reiches; noch einmal immer und völlig ſchlafende Körper, die Pflanzen; abwechſelnd wachende und ſchlafende Körper, Thiere und Menſchen; die Thiere mit ſtetem Schlafe der höheren Vermögen.

Ich ſtelle die Reihe ſo: immer und völlig ſchlafende Körper, die des unorganiſchen Reiches; abwechſelnd wachende und ſchlafende Körper, die des organiſchen Reiches; die Pflanzen mit ſtetem Schlafe der höheren, die

Thiere mit ſtetem Schlafe der höchſten Vermögen. Gott und ſeine Engel wachen ewig.

Ich denke, dieſe Reihe nimmt ſich noch etwas beſſer aus, als die vorige; da das aber nicht entſcheiden kann, gilt es nachzuſehen, wozu die Thatſachen beſſer ſtimmen; und alle unſere Argumente beruhen in dem Aufzeigen dahin gehöriger Thatſachen.

Aber, ſagen die Gegner, factiſch zeigt doch die Pflanze, man ſuche wo und wie man will, keine Organe und Functionen, welche beim Thiere auch nur mit der niedrigſten Seelenerſcheinung in Beziehung ſtehen, iſt dagegen ganz aus ſolchen aufgebaut, welche im Thiere ausſchließlich der unbewußten Seite des Lebens anheimfallen und dienen, und die man eben deshalb, weil die Pflanze nur aus ſolchen beſteht, vegetative genannt hat, als da ſind die Organe und Functionen der Ernährung, des Stoffwechſels, des Saftlaufs, Athmens, Wachsthums. Beſteht aber die Pflanze nur aus dem empfindungsloſen Theile des Thieres, warum ſoll ſie empfinden? Ja, wenn ſich Fechner begnügt hätte, der Pflanze eine plaſtiſche, eine vegetative Seele zuzuſchreiben, die in der Verknüpfung und Führung von Proceſſen der genannten Art beſteht und lebt, ſo könnte man es gelten laſſen; aber eine empfindende? nein; dann müßte die Pflanze noch etwas Anderes thun, als wachſen und ſich nähren. Die Pflanze ſtellt vielmehr die Stufe eines rein vegetativen Lebens für ſich dar, über die im Thiere noch das höhere animale, durch Empfindungen und Willkühr charakteriſirte, Leben aufſteigt.

Nun aber — um vom Letzten anzufangen — warum ſetzt der Menſch nach dieſem ſchönen Beiſpiel, was ihm die Natur giebt, nicht auch neben ſeine Statuen auf Poſtamenten noch eben ſo viel leere Poſtamente, neben ſeine

Wohnungen auf Fundamenten noch eben ſo viel Fundamente ohne Wohnungen darüber hin? Oder warum ſchreibt man der Natur als Weisheit zu, was beim Menſchen größte Thorheit heißen würde? Der Einwand ſelbſt erkennt an, das Vegetative habe im Thiere nur die Bedeutung eines Unterbaues einer empfindenden Seele; wie kommt es in der Pflanze dazu, ſich ſeelenlos daneben hinzuſtellen? In Wahrheit hat es blos jene Bedeutung. Abgeſehen, daß alles Vegetative im Thiere dahin zuſammenſtimmt, den Organismus als Träger einer empfindenden Seele herzuſtellen und zu erhalten, dienen die wichtigſten vegetativen Organe ſogar unmittelbar noch ſpeciellen Empfindungen, wie die zugleich ausdünſtende, einſaugende und fühlende Haut, oder gipfeln ſich in ſolchen, wie der verdauende Darmkanal in der ſchmeckenden Zunge und dem ſchmeckenden Gaumen, das Athemorgan in der riechenden Naſe. Warum ſollten die vegetativen Organe in der Pflanze zu dem nicht taugen, wozu ſie in dem Thiere taugen? Und zwar ſind es beim Thiere allgemein die der lichten Außenwelt zugewandten Theile der vegetativen Organe, welche die Empfindungsfähigkeit zeigen; indeß den in die dunkle Tiefe verſenkten Theilen ſolche abgeht, oder nur eine gewiſſe Betheiligung an den Gemeingefühlen zuſteht. Nun aber zeigt die Pflanze in der in die dunkle Tiefe verſenkten Wurzel einerſeits und dem ſich frei in die lichte Außenwelt erhebenden Stengel mit frei ſich darein ausbreitenden Blättern und einer Gipfelung in der offenen Blüte andrerſeits denſelben Gegenſatz vegetativer Theile, an welchen ſich bei dem Thiere der Gegenſatz einer Empfindung und Empfindungsloſigkeit knüpft, nur noch auffallender. Die Wurzel iſt ein wirkliches Poſtament, die Pflanze, ſelbſtändig neben dem Thiere ſtehend iſt es nicht.

Man erwidert: aber das ganze Pflanzenreich iſt's doch, und eben darum kein ſeelenleeres Poſtament, weil das ſeelenvolle Thierreich darüber gebaut iſt. Das Pflanzenreich muß die Nahrungsſtoffe für die Thierwelt vorbereiten, die ohnedem nicht beſtehen und leben könnten.

Unſtreitig; eben ſo, wie der Bauerſtand für den Stand der Gelehrten und Edelleute, die ohnedem nicht beſtehen und leben könnten; wie die Pflanzenfreſſer für die Fleiſchfreſſer, die ohnedem nicht beſtehen und leben könnten. Und doch empfinden die einzelnen Bauern die Mühe und genießen den Lohn ihrer Arbeit ſo gut als die Gelehrten und Edelleute, empfinden nicht in gleicher Höhe, doch in gleicher Stärke; doch ſchmeckt dem Rinde der Klee ſo gut, als das Rind dem Löwen, und empfindet es die Furcht vor dem Löwen mindeſtens eben ſo ſtark, als dieſer die Gier nach dem Rinde. Der Gegengrund ſpricht mit der Pflanze zugleich dem Löwen und dem Rinde die Seele ab.

Dabei bleibt immer wahr, die Pflanze iſt phyſiologiſch von Grund an nur aus Organen und Proceſſen des vegetativen Lebens aufgebaut, ihr ganzes Treiben in Bezug zur Außenwelt, Erſchließen der Blüten, Schlaf und Wachen, Duften, geſchlechtlicher Proceß phyſiologiſch nur Reſultanten vegetativer Proceſſe. Nicht minder aber kann man beim Thier und Menſchen die höhern Thätigkeiten phyſiologiſch nur als Reſultanten eigenthümlich disponirter chemiſcher oder Ernährungsproceſſe faſſen. Sogar die freie Locomotion hängt an ſolchen Proceſſen, und bedarf es dazu der Elektricität, ſo muß ſie mit dadurch beſchafft werden. Der Menſch läuft aus dieſem Geſichtspuncte phyſiologiſch nicht anders als die Locomotive läuft; und ſo dreht ſich freilich auch die Pflanze nicht anders nach dem Lichte, als das Wettermännchen unter dem Einfluſſe des Wetters.

In der That, wenn man nicht aus Selbſterfahrung wüßte, daß ein Menſch empfindet, denkt, müßte man ihn nach dem, was von ihm phyſiologiſch erfaßlich und verfolgbar iſt, nicht minder vom Grund aus bis zum Schluß und Gipfel ganz aus Organen und Proceſſen des vegetativen Lebens Vermittelungen und Reſultanten ſolcher Proceſſe aufgebaut halten als die Pflanze; denn was man noch mehr darin ſieht, iſt eben nur das phyſiologiſch nicht Erfaßliche und Verfolgbare, was man in der Pflanze nicht ſehen will und ſehen kann, weil man nur das Auge der Phyſiologie dazu mitbringt, indeß man ein ideales für das Thier und den Menſchen braucht.

Hiezu noch einige Zuthat von Schematen und Symbolen.

Schematiſch läßt ſich mit nur etwas abgeänderter Wendung eines ſchon früher gebrauchten Schema ſagen: Das Thier iſt ein geſchloſſener empfindender Sack, in den ſich Theile einſtülpen, und dieſe Einſtülpungen zweigen neue Einſtülpungen nach Innen von ſich ab. Die Pflanze iſt ein geſchloſſener empfindender Sack, von dem ſich Theile ausſtülpen, und dieſe Ausſtülpungen zweigen neue Ausſtülpungen von ſich ab. Nun hängen die höheren Seelenphänomene der Menſchen und Thiere daran, daß die innern Einſtülpungen mit einander in verwickelte Beziehung treten; für die Pflanze fehlt dieſe Bedingung höherer Seelenphänomene und der empfindende Sack geht ganz in äußerlichen Abzweigungen auf, die nur den niedern ſinnlichen dienen, welche im Verkehr mit der Außenwelt gewonnen werden, aber um ſo mehr Freiheit zur Entfaltung haben.

Dies Schema iſt wie alle frühern nur relativ und cum grano salis zu verſtehen. Auch das Thier zeigt manche Ausſtülpungen, die dann eben auch (die Sinnesorgane receptiv, die Gliedmaßen activ) zum Verkehre mit der Außenwelt beſtimmt ſind; auch die Pflanze zeigt, namentlich in der Fructification, manche Einſtülpungen, Involutionen, und ich habe es für möglich erklärt (Nanna S. 342), und halte es noch für möglich, daß in dieſem ihren reiſen Lebensalter eine Spur höherer pſychiſcher Function in ihr erwacht. Doch bleibt dies nichts als eine dunkle Vermuthung.

Man kann Thier und Pflanze in ihren höhern Formen noch aus einem andern Geſichtspuncte ſchematiſiren. Das Thier zeigt ſich nach drei auf einander ſenkrechten Richtungen verſchieden entwickelt, welche durch die Richtung der Wirbelſäule und ihrer Fortſätze bezeichnet werden. Die Längenrichtung der Wirbelſäule entſpricht der Hauptrichtung; im Sinne dieſer Hauptrichtung ordnen ſich die Theile mit verſchiedener Geſtaltung und Bedeutung einander über. Im Sinne der Querrichtung, angedeutet durch die Richtung der ſymmetriſchen Querfortſätze, findet zweiſeitige Symmetrie ſtatt. Im Sinne der Tiefenrichtung von der Hinterſeite nach der Vorderſeite oder Rückſeite nach der Bauchſeite, bezeichnet durch die einfachen Dornfortſätze, zeigt ſich einfacher Bau. In der Pflanze ſteht die Hauptrichtung mit einander ſich überordnenden Theilen ſenkrecht auf der Hauptrichtung des Thieres, parallel zur Hauptrichtung des Menſchen, für die beiden andern auf einander ſenkrechten Richtungen des Thieres oder Menſchen aber hat die Pflanze den Kreis, indem ſenkrecht auf die verticale Hauptrichtung alle Richtungen gleichgültig für ſie ſind, und die lineare Hauptrichtung und der Kreis verſchmelzen endlich zur Spirale, nach deren Typus bekanntlich die ganze Pflanze gebaut iſt. Dieſes Ineinanderſchmelzen der drei räumlichen Hauptdimenſionen im Schema der Pflanze, welche im Schema des Thieres beſtimmt unterſchieden ſind, kann uns zugleich die Unterſcheidungsloſigkeit räumlichere Verhältniſſe in der Seele der Pflanze ſymboliſiren.

Formel des Argumentes der Abſtufung. Wenn drei körperliche Organiſationsſtufen A, B, C (pflanzlicher, thieriſcher, menſchlicher Organismus) mit den zugehörigen Seelenſtufen b, c gegeben ſind, und dieſe noch eine Seelenſtufe a unter ſich übrig laſſen, welche von A entſprechend geſpiegelt wird, als b und c von B und C geſpiegelt werden, ſo läßt ſich annehmen, daß ſie auch entſprechend davon getragen wird. Sind alſo A, B, C, b, c in jenem Verhältniß ihrem Daſein nach gegeben, ſo folgt das zu A zugehörige Daſein von a daraus durch Schluß.

4. Argument des Zuſammenhanges.

Indeß ſich die bisherigen Argumente auf Verhältniſſe der Gleichheit und Verſchiedenheit zwiſchen den ausgeſprochenen Formen des Thier- und Pflanzenreiches ſtützen, ſtützt ſich dieſes auf die Verhältniſſe des Ueberganges oder Zuſammenhanges zwiſchen beiden Reichen durch ein Zwiſchenreich, worin ſich die Verhältniſſe der Gleichheit und Verſchiedenheit zwiſchen beiden mehr oder weniger vermiſchen und verwiſchen.

Bekanntlich nämlich grenzen Thier- und Pflanzenreich durch ein Zwiſchenreich an einander, deſſen Geſchöpfen ſich zum Theil noch nicht einmal mit Sicherheit eine Stelle auf der einen oder andern Seite hat anweiſen laſſen, indeß bei andern, die man dieſem oder jenem Reiche beſtimmter zuweiſt, doch die Charaktere vielſeitig in die des andern Reiches übergreifen, ſich damit kreuzen, miſchen, verwechſeln.

Die noch zum Thierreiche gerechneten ſogenannten Pflanzenthiere, deren ſchon mehrfach gedacht worden iſt, ſtimmen doch in der Einfachheit des Baues, dem Mangel eines Centralorganes, geſchloſſenen Kreislaufes und (zum Theil) der Nerven, in der verzweigten Form, oft ſelbſt mit blumenartigen Haupttheilen, dem Feſtſitzen, der Vereinigung beider Geſchlechter in demſelben Individuum (Hermaphroditismus), der Möglichkeit, ſich durch Sproſſen, ſo wie durch künſtliche Theilung zu vervielfältigen, dem Generationswechſel*), ſelbſt manchen Particularitäten der chemiſchen Conſtitution, vielfach, die einen von dieſer, die andern von jener Seite, manche durch eine Vereinigung faſt aller dieſer Puncte mit den Pflanzen überein, indeß von der andern Seite viele zum Pflanzenreiche gerechneten Geſchöpfe des Zwiſchenreiches ſich durch freie Locomotion in ihren früheren Entwickelungszuſtänden, als Schwärmſporen, Zooſporen, und nach neueren Unterſuchungen durch ſehr ſchlagende Aehnlichkeiten im Befruchtungsproceſſe (Pringsheim), den Thieren nähern.

---

*) Die Pflanze hat nämlich in der Folge der Blätter, Blüten und Früchte ein Analogon des ſogenannten Generationswechſels der niedern Thiere, nur gemäß des früher bemerkten allgemeinen Unterſchiedes der Pflanzen von den Thieren, mit Fortbeſtand der frühern Entwickelungsſtufen bei Auftreten der ſpätern.

So weit nun die uns geläufigen Zeichen der Beſeelung im Zwiſchenreiche reichen, ſehen wir nur eine niedrigere Stufe, nicht eine Abnahme der Intenſität des Seelenlebens dadurch angezeigt, vielmehr geben die Pflanzenthiere noch gleich entſchiedene und kräftige Zeichen ſinnlicher Empfindung und ſinnlichen Triebes durch die Mannichfaltigkeit, Lebhaftigkeit und Weiſe ihrer Bewegungen, ihre Empfindlichkeit gegen Sinnesreize, ihre Raub- und Freßgier kund als höher ſtehende Thiere (vergl. S. 32), und da ſich im Uebergange zum entſchiedenen Pflanzenreiche der Trieb zur Locomotion nur in einen gleich lebhaften Wachsthumstrieb umſetzt, haben wir bei dem ſonſt ganz allmäligen Uebergange beider Reiche nach phyſiſchen Beziehungen auch keinen Grund, an einen plötzlichen Abſchnitt nach pſychiſchen Beziehungen zwiſchen beiden Reichen zu glauben, d. h. an einen ſolchen, von wo an die pſychiſche Intenſität ſei es plötzlich aufhörte oder ſich verminderte. Zumal, wenn wir bemerken, daß die Organiſation und Lebensſtellung ſich von den Geſchöpfen des Zwiſchenreiches durch das Pflanzenreich wieder nur in neuer Richtung zu erheben anfängt, ſo daß die höher ſtehenden Pflanzen, Stauden, Bäume weit über den Geſchöpfen des Zwiſchenreiches ſtehen, wenn ſchon im Ganzen die Organiſation im Pflanzenreiche nach den Merkmalen, nach denen man die Höhe derſelben zu meſſen pflegt, nicht ſo hoch anſteigt, als im Thierreiche. Das Zwiſchenreich ſtellt ſich mit einem Worte vielmehr als eine Brücke zwiſchen zwei verſchiedenen Seelenreichen, denn als ein Spalt zwiſchen einem Seelenreiche und Todtenreiche dar.

Dieſes Argument ſetzt den Schluß, der uns unbewußt und unwillkührlich vom Menſchenreich durch das ganze Thierreich durch den Glauben an Beſeelung feſthalten läßt, nur mit Bewußtſein über das Thierreich hinaus fort. Der Wurm iſt dem Menſchen ſo unähnlich, daß wir ohne die Mittelglieder zwiſchen Menſch und Wurm an ſeiner Beſeelung zweifeln würden. Nun aber ſchieben ſich ſo viel und ſo allmälig ſich abändernde Zwiſchenglieder zwiſchen beiden ein, daß nirgends eine Gränze zu finden, wo man abſchneiden könnte, indem ſich unter Wahrung nur der allgemeinſten Seelenzeichen die Zeichen beſondrer Ausprägung des Seelenlebens eins nach dem andern in andre umſetzen, bis für den Menſchen der Wurm da iſt. Nun haben ſich in den Pflanzenthieren endlich alle Specialzeichen der thieriſchen Beſeelung ſchon mit denen der pflanzlichen ausgetauſcht, bis auf die Locomotion; endlich tauſcht ſich auch dieſe mit dem Wachsthumstriebe aus und die volle Pflanze iſt da.

Formel des Argumentes des Zuſammenhanges. Wenn A und B durch allmäligen Uebergang zuſammenhängen, und a ſich bis zum Uebergange ungeſchwächt erhält, ſo wird b nicht auf einmal nichts ſein, ſondern mit dem a ein b zuſammenhängen. Wenn alſo A, B, a in jenem Verhältniſſe ihrem Daſein nach gegeben ſind, ſo iſt das zu B zugehörige Daſein von b durch Schluß zu finden.

5. Argument der Cauſalität.

Dies Argument bezieht ſich auf urſachliche oder Urſprungsverhältniſſe. Ein Grund, die Beſeelung eines Weſens anzunehmen, liegt zwar nicht allein, aber in Verbindung mit andern Gründen, darin, daß es von zugeſtanden beſeelten Weſen erzeugt iſt und ſolche zu erzeugen vermag; ein Gegengrund kann nicht nur darin geſucht werden, daß es Product des Unbeſeelten iſt, ſondern auch darin, daß es nur eine Vorſtufe bewußter Beſeelung bildet, wie der Embryo. Nun kann der Umſtand, daß die anerkannt beſeelten Menſchen und Thiere aus der Natur herausgewachſen ſind, mit andern Gründen ſelbſt als ein Grund für die Gottbeſeelung der Natur geltend gemacht werden, und dieſe gottbeſeelte Natur wird dann auch im Stande ſein, beſeelte Pflanzen zu erzeugen, ſo daß von hier aus keine Schwierigkeit beſteht. Sollte aber das Pflanzenleben ſich blos als embryoniſche Vorſtufe verhalten, ſo könnte es blos als embryoniſche Vorſtufe des Thierlebens gedacht werden; aber weder iſt das ganze Thierreich vom Anfange an aus dem Pflanzenreiche entſtanden, ſondern beide von gleichem Datum in der Schöpfungsgeſchichte und parallelem Entwickelungsgange von einfachſten Formen aus durch ſich ſteigernde Stufen der Organiſation, noch entſteht heutzutage das einzelne Thier aus der Pflanze, ſondern abermals verfolgen beide von einem analogen Zuſtande aus einen parallelen Entwickelungsgang durch ſich ſteigernde Stufen der Organiſation.

Sofern nun die Entwickelung des Thieres nach körperlicher Seite eine zugehörige Entwickelung nach pſychiſcher Seite nicht nur ſpiegelt, ſondern auch trägt, werden wir anzunehmen haben, daß die zum Thiere parallele Entwickelung der Pflanze nach körperlicher Seite nicht minder die pſychiſche Entwickelung trägt, als deren Ausdruck, Spiegel, Symbol ſie angeſehen werden kann.

Schematiſch kann man ſagen: Pflanzenreich und Thierreich ſtellen zwei, nicht aus einander herausgewachſene, ſondern gemeinſam im unorganiſchen Reiche wurzelnde, von einem gemeinſamen Knoten, dem des Zwiſchenreichs, divergirende Zweige dar, deren einer höher und nach entgegengeſetzter Seite als der andre, dafür breiter entfaltete, ſich der Erde näher haltende und ſie mehr deckende, aufſchießt, jener die activere höhere, geiſtigere, dieſer die receptivere ſinnlichere Seite des irdiſchen Seelenlebens zugleich ſpiegelnd und tragend.

Formel des Argumentes der Cauſalität. In ſofern ſowohl die ganzen Reiche als die einzelnen Individuen des thieriſchen A und pflanzlichen B, anſtatt aus einander hervorgegangen zu ſein, einen nachbarlichen parallelen Entwickelungsgang, mit urſprünglich gemeinſamer Entſtehung aus dem irdiſchen Reiche C zeigen, mit dem A aber ſich ein a entwickelt, wird man auch im B nicht eine Vorſtufe des A zu ſehen, ſondern zur parallelen Entwickelung von B mit A auch die parallele Entwickelung eines b mit a anzunehmen haben.

6. Argument der Teleologie oder Zweckmäßigkeit.

Dieſes Argument bezieht ſich auf die Zweckverhältniſſe, in denen ſich die Pflanze dem Menſchen und Thiere analog zeigt, und läßt ſich aus dieſem Geſichtspuncte dem Argumente der Analogie oder Aehnlichkeit unterordnen, iſt daher ſchon ſubſidiär bei dieſem zugezogen worden, kann aber auch, ſofern man den Geſichtspunct der Zweckmäßigkeit als Hauptgeſichtspunct in's Auge faßt, als ein beſondres, wie folgt, dargeſtellt werden.

Wir finden erfahrungsmäßig, inductoriſch, daß bei den Menſchen und Thieren der ganze Bau, die ganze Lebensſtellung, der ganze Lebensproceß zweckmäßig zu Gunſten einer Seele eingerichtet iſt, daß alle Organiſationsmittel ſo unter ſich und mit den Außenbedingungen combinirt ſind, daß eine Seele dabei beſtehen, ſich entwickeln und Anlaß zur Entſtehung neuer Seelen werden kann, gleichviel, wie man die Beziehung von Leib und Seele hiebei deuten, wovon man das Daſein der Zweckeinrichtungen ſelbſt abhängig machen will, kurz, die Erfahrung lehrt es. Sofern wir aber ähnlichen Veranſtaltungen, Einrichtungen, einer ähnlichen Combination der Organiſationsmittel unter ſich und mit den Außendingen bei den Pflanzen begegnen, dürfen wir auch nach Analogie vorausſetzen, daß ſie eben ſo zu Gunſten einer Seele beſtehen.

In der That aber ſtehen die Pflanzen in dem, was wir als zweckmäßige Veranſtaltung, Einrichtung, Combination bei den Menſchen und Thieren betrachten und einem Seelenleben dienen ſehen, den Thieren nicht nur im Allgemeinen, ſondern auch nach gar manchen beſondern Beſtimmungen gleich, welche ſich auf die beſondern Zwecke eines wachen Seelenlebens beziehen, wie dies namentlich von der zweckmäßigen Stellung, Wendung, Aufſchließung geeigneter Organe gegen äußere Sinnesreize und den Verhältniſſen der Fortpflanzung gilt. Die ganzen Geſchlechtsverhältniſſe im Menſchen- und Thierreiche ſtimmen factiſch zu dem Zweck zuſammen, auf dem Gipfel eines wachen Seelenlebens ein ſolches weiter fortzupflanzen; wir dürfen nach Analogie vorausſetzen, daß die nicht minder ſorgfältig getroffenen und analogen Veranſtaltungen in der Pflanzenwelt nicht minder dazu beſtimmt ſind, auf dem Gipfel eines wachen Seelenlebens ein ſolches weiter fortzupflanzen.

Formel des Arguments der Teleologie. Sofern B dem A in ſolchen Zweckeinrichtungen analog iſt, welche in A mit dem Daſein eines a in Beziehung ſtehen, dürfen wir auch eine analoge Beziehung derſelben in B zu einem b vorausſetzen.

Das wären meine ſechs poſitiven Argumente für das Daſein einer Pflanzenſeele und der Kreis der Argumentation damit geſchloſſen, ſo weit ich es vermochte, ihn zu ſchließen. Die ganze Organiſation, das ganze Leben und die ganze Lebensſtellung der Pflanze in ihrer Beziehung zum Thier, zum Menſchen, zur ganzen äußeren Natur nach allen allgemeinen Geſichtspuncten, die hiebei in Frage kommen können, denen der Aehnlichkeit, Verſchiedenheit, des Zuſammenhanges u. ſ. w., die allgemeinſten Verhältniſſe des Seelendaſeins ſelbſt, ſeine Gegenſatz- und Stufenverhältniſſe, gingen in die Argumentation mit ein. Da wir das Daſein der Seele nirgends als in uns ſelbſt erfahren können, mußte uns das Sichtbare überall als Zeichen, als Spiegel, als Symbol des Unſichtbaren gelten; doch nicht begnügt damit, das Unſichtbare vom Sichtbaren geſpiegelt zu ſehen, haben wir überall dazu den Geſichtspunct aufgeſucht, der uns verſichern kann, daß es auch von ihm getragen wird.

Ich nenne das ein Stück Naturphiloſophie und zugleich ein Stück jener Philoſophie, die ich der Philoſophie, wie ſie im Durchſchnitt heutzutage beſteht, entgegenſtelle; darin entgegenſtelle, daß ſie, ſtatt über die Thatſachen zu philoſophiren, wie die heutige Philoſophie thut, aus den Thatſachen heraus philoſophirt, die Begriffe über das Thatſächliche auf dieſes ſtützt, und durch Verallgemeinerung, Verknüpfung, Analyſe des uns Gegebenen zu dem nicht uns, aber doch in der Natur der Dinge Gegebenen, unſere beſchränkte Erfahrung Ueberreichenden und Ueberſteigenden zu gelangen ſucht, damit bis zum Allgemeinſten, Höchſten, Letzten vorzudringen ſucht, unter ſteter Rückſicht auf die Wahrung unſerer höheren und praktiſchen Intereſſen. Es iſt der Weg der Empirie, aber einer vernünftigen Empirie. Die Lehre von der Pflanzenſeele iſt nur ein kleines Beiſpiel deſſen, wozu dieſer Weg führt. Er wird uns zu Weiterem und Höheren noch führen.

Schlägt man, wie man kann, das ſechſte vorſtehender Argumente zum erſten, ſo kann man nicht uneben die fünf Argumente, auf die ſie ſich hiermit reduciren, mit den fünf Fingern einer Hand vergleichen, die ihren Gegenſtand in einem Zuſammenhange erfaſſen, der in Etwas begründet iſt, was hinter den einzelnen liegt, und als deſſen Sproſſen ſie nur anzuſehen ſind. Dies Dahinter iſt die Anſicht von einer Gottbeſeelung der ganzen Welt. Das erſte Argument iſt der Hauptfinger, wirkt für ſich allein mit dem größten Nachdruck, und muß bei allen andern helfen; doch helfen ſie ihm wieder. Im dritten gipfelt ſich die Argumentation; das vierte und fünfte ſind für ſich die ſchwächſten Finger, zufällig Alles, wie bei der wirklichen Hand.

Die Formeln, in welchen ich die Argumente zuſammengezogen, zeigen, daß die Schlüſſe, auf denen ich dabei fuße, im Grunde ſehr einfach ſind und ſich unter Vorausſetzung der Erfahrungs-Thatſachen, zu deren Vorführung die vorgängige Erörterung gedient hat, in wenig Worte ſcharf zuſammenfaſſen laſſen. Ohne mathematiſche zu ſein, nähern ſie ſich doch einigermaßen der Form der mathematiſchen, indem ſie ſo zu ſagen aus mindeſtens drei Gliedern einer Proportion, die durch ein beſtimmtes, nur vielmehr ſachliches als Zahlenverhältniß zuſammenhängen, das vierte erſchließen.

Setzen wir Pflanze und Thier zwei geraden Linien gleich, ſo ſchließt das erſte Argument (mit Einſchluß des ſechſten) aus der partiellen Coincidenz beider, wenn ſie übereinander gelegt werden; das zweite und dritte aus dem Unterſchiede beider, welcher hiebei übrig bleibt, und zwar das zweite, ſofern ſie ſo übereinander gelegt werden, daß ſie nach entgegengeſetzten Seiten über das ſich deckende Stück hinausragen, das dritte, wenn ſie ſo übereinander gelegt werden, daß die Pflanzenlinie mit dem untern Stück der Thierlinie zuſammenfällt, indeß dieſe mit dem obern darüber hinausragt. Das vierte Argument ſchließt aus dem Zuſammenhange beider, wenn ſie in continuo aneinander geſetzt werden; das fünfte aus dem Parallelismus beider, wenn ſie einander parallel gelegt werden.

In meiner frühern Schrift (Nanna) ſind die vorigen Argumente weder unter beſondern Namen aufgeführt, noch ſtreng geſondert, noch abſtract formulirt, ſondern in zuſammenhängenden Entwickelungen verwandt, je nachdem es Gelegenheit gab, auf das eine oder andre Bezug zu nehmen. Der Sache nach ſind es dort und hier dieſelben, nur hier ſchärfer und abſtracter herausgeſtellt, beſtimmter einerſeits auseinander gehalten, anderſeits ſyſtematiſcher zuſammengeſtellt, und im Ganzen mehr die Abſicht darauf gerichtet, ſie durch ihr Ineinandergreifen und ihre gegenſeitige Unterſtützung, als durch die Ausführung im Einzelnen wirken zu laſſen, indeß in der frühern Schrift das Umgekehrte gilt. Auch Letztres hatte Vortheile, die hier Preis gegeben werden mußten. Ueberhaupt aber wird ein zweiter Blick immer Manches ſchärfer ſehen laſſen, als der erſte, doch, wenn der erſte ſchon richtig war, nicht anders. Dies iſt das Verhältniß der Argumentation in dieſer und der frühern Schrift.

VII.

Die Erfahrungsprincipien des Glaubens.

Der Glaube an die Pflanzenſeele will nicht viel bedeuten. Was kommt denn darauf an, ob man daran glaubt oder nicht? Man hat mir das auch vorgerückt und geſagt, ich hätte mir zu viel Mühe um Etwas gegeben, was nicht der Mühe werth ſei.

Nun iſt der Glaube an die Pflanzenſeele aber blos eine kleine Probe des Glaubens an Dinge, die ſich nicht exact beweiſen laſſen, überhaupt; und nicht blos eine kleine Probe, ſondern Kleinſtes und Größtes hängt in dieſer ganzen Frage zuſammen; und, wie man einen großen Topf an einem kleinen Henkel leichter als an ſeinem großen Bauche faſſen kann, ſo meinte ich auch, in der kleinen Pflanzenſeele einen kleinen Henkel gefunden zu haben, mit dem ſich der Glaube an die größten Dinge am leichtſten auf den großen Unterſatz heben laſſe. Geglückt iſt es freilich nicht. Den Bauch findet man zu groß, den Henkel zu klein, und kocht im alten Topfe, ihn an den alten Henkeln faſſend, fort.

Es ſei. Jedenfalls ließ ſich, weil es ſich bei der Pflanzenſeele nur um eine Kleinigkeit handelt — verhältnißmäßig wenigſtens, denn im Grunde iſt doch ein braſilianiſcher Urwald voll Seelen keine Kleinigkeit — auch verhältnißmäßig leicht und ſchnell damit fertig werden. Nicht ſo mit den größeren und höheren Gegenſtänden des Glaubens. Daher der Umfang des Zend-Aveſta, deſſen Inhalt ich hier nicht reproduciren kann. Aber die Principien, die ich in dieſen Dingen maßgebend halte und die dort maßgebend geweſen ſind, will ich hier deutlich darlegen, und durch einige ſich darauf ſtützende Argumentationen erläutern.

Unſtreitig werden hiſtoriſche Autorität und praktiſches Bedürfniß immer Haupt-Quellen und Stützen des Glaubens an die höchſten und letzten Dinge bleiben; und ſollen es auch. Doch haben ſie den Zweifeln nicht wehren können, und keine feſte, mit dem, was wir von der Natur der Dinge wiſſen, klar und vernünftig zuſammenhängende Geſtaltung des Glaubens begründen können. So wenig, daß man faſt immer nur in Zweifel iſt, ob man den hiſtoriſch überlieferten Glauben für Vernunft und Wiſſenſchaft oder umgekehrt opfern ſoll, ja wohl gar eine Kluft oder eine Antinomie zwiſchen beiden in der Natur der Dinge ſelbſt begründet hält. Sich ſelbſt haben jene Glaubensquellen oder Stützen nicht zu genügen vermocht, indem ſie unbekümmert um eine dritte floſſen, ſich nicht durch eine dritte ſtützten; denn noch ſteht kein Glaube hiſtoriſch und allen Bedürfniſſen zuſagend feſt; noch ſtreiten vielmehr die Religionen, und in den Religionen die Confeſſionen. Alſo kann es doch wohl mit jenen Glaubensunterlagen allein nicht gethan ſein. In der That kann nicht feſt auf zwei Füßen ſtehen, was beſtimmt iſt, auf dreien zu ſtehen. Vielmehr wird es gelten, den Glauben auf die Natur der Dinge mit zu ſtützen, um ſeinen Widerſpruch mit der Natur der Dinge zu heben, und damit zugleich ſeine Widerſprüche mit den Bedürfniſſen der Menſchen und zwiſchen den hiſtoriſchen Geſtaltungen des Glaubens zu heben. Denn erſtere, die Bedürfniſſe, wurzeln ja ſelbſt in derſelben allgemeinen Natur der Dinge, deren Höchſtes und Letztes die Gegenſtände des Glaubens ſind, und haben ihre Befriedigung darauf zu gründen, und letztre, die hiſtoriſchen Geſtaltungen des Glaubens, ſtellen ſich nur als verſchiedene Wege von einem gemeinſamen Ausgangspuncte zu dem gemeinſamen Ziele dar, was in der einſtimmigen Befriedigung der allgemeinſten und höchſten menſchlichen Bedürfniſſe zu ſuchen iſt. Und ſo mag man die folgenden Principien etwas näher in Betracht ziehen, die, anſtatt den anderweiten Unterlagen des Glaubens widerſprechen, ſolche vielmehr durch Hinzufügung des Fundaments, was in dem Rückgange auf die Natur der Dinge liegt, nur verſtärken, und damit etwas beitragen wollen, daß der Glaube ſeinem Ziele entgegenwachſe.

In der That, nicht um Einreißen deſſen, was feſt und heilſam ſteht, ſondern nur um Wachsthum auf breiterer Grundlage iſt es dabei zu thun. Es lebt ein einiger Gott, und was beſteht, beſteht durch Gott; es beſteht ein jenſeitig Leben, des dieſſeitigen Lebens Strafe, Lohn und höhere Stufe; es beſteht eine heilige Weltordnung, im Sinne eines endlichen Sieges des Guten über das Böſe; das ſind die Fundamente, die durch den Schutt des verfallenden und mehr und mehr weggeräumten Heidenthums ſchon feſt geworden ſind; da iſt nichts mehr davon zu thun und nichts mehr dazu zu thun, als was die Feſtigkeit verſtärkt und den Bau darüber erhöht. Ich meine aber wirklich, daß die Principien, um die es ſich hier handelt, noch etwas in dieſem Sinne dazu zu thun vermögen.

Es ſind Erfahrungsprincipien. Alles, was wirklich iſt, muß ſeine Wirklichkeit durch Erfahrbarkeit oder Wirkung im Erfahrbaren beweiſen. Die Gegenſtände des Glaubens aber wollen und ſollen die höchſten größten allgemeinſten Wirklichkeiten ſein. Wie könnte alſo ihr Daſein der Erfahrbarkeit entzogen ſein?

Auch ſpricht man ja ſeit lange von religiöſer Erfahrung als einem Quell des Glaubens. Und ſicher gehört das, was man ſo nennt, zu ſeinen beſten Quellen; doch deckt es nicht das Ganze, was ich meine. Oder ſollte wirklich in der Erfahrung eines Abhängigkeitsgefühles, eines höchſten und letzten Bedürfniſſes, der Befriedigung, ſich in Gottes Hut zu fühlen, der Hoffnung einer Ausgleichung aller Unvollkommenheiten des Dieſſeits im Jenſeits, Alles beſchloſſen liegen, was wir von jenen Wirklichkeiten erfahren oder aus Erfahrenem ſchließen können? In unſerem Verhältniſſe zu Vater und Mutter haben wir Gefühle zwar nicht gleicher Höhe, doch verwandten Charakters als zu Gott; aber wiſſen wir nichts weiter von Vater und Mutter?

Nun freilich reicht an Gott und jenſeitiges Leben die Erfahrung nicht gleich unmittelbar als an Vater und Mutter und unſer tägliches Leben; aber wenn ſie weit entfernt iſt, unmittelbar daran zu reichen, vermöchten wir denn Nichts auf ihrem Grunde zu erreichen?

Ein Eichbaum kann aus einer Eichel wachſen, doch nicht ohne die Eichel wachſen. Der Aſtronom ſieht vom ganzen Himmel nur kleine Scheibchen, kleinſte Pünktchen und ein ganzer Himmel voll großer Planeten und Sonnen iſt ſein. Doch nur auf Grund deſſen, was er ſieht, iſt das Nichtgeſehene im Himmel ſein. So ſtützt ſich freilich unſere geſammte Kenntniß von der Wirklichkeit überall nur auf einen verhältnißmäßig kleinen Kreis Erfahrungen von der Wirklichkeit, muß ſich aber auch auf einen ſolchen ſtützen. Und alſo wird auch unſer Princip ſein, die Erkenntniß von den höchſten und letzten Wirklichkeiten, die unſere Erfahrung weit überſteigen, ſtatt auf das, was ſelbſt darüber liegt, auf das zu ſtützen, was darinnen liegt.

Roh freilich, bruchſtücksweiſe, gleichſam embryoniſch, ward dies Princip von jeher angewandt, unwillkührlich ſelbſt von denen, die es verwerfen. Denn alle ſtehn wir unter ſeinem Zwang. Giebt es doch keine Religion, die Gott nicht nach dem Bilde des Menſchen, das Jenſeits nach dem Bilde des Dieſſeits ſchüfe. Der Menſch kann nun einmal nicht anders, als auf das, was er nicht ſieht, von dem, was er ſieht, ſchließen; oder ſein Gedanke bliebe leer. Doch gezwungen, ſo zu ſchließen, ſcheint er gezwungen, falſch zu ſchließen. Gott iſt nicht ſo, das Jenſeits iſt nicht ſo, wie man ſie nach ſolchen Schlüſſen findet.

Iſt das Princip darum zu verwerfen? Aber was füllte dann den Gedanken an Gott und Jenſeits? Anwenden muß man es doch einmal; alſo gilt es nur die Wahl, ob roh, ſo daß der Charakter des Princips verloren geht, oder in vernünftigem Sinne. Ueberall iſt es eine, nur von Wenigen gelernte und geübte, ſchwere Kunſt, vom Gegebenen auf das Nichtgegebene im Kreiſe auch nur der nächſtliegenden Dinge recht zu ſchließen. Wäre es nun nicht Sache theologiſcher und philoſophiſcher Syſteme, dieſelbe ſchwere Kunſt, durch deren Ausbildung die Naturwiſſenſchaft über den Aberglauben in irdiſchen Dingen erhoben worden iſt, bezüglich der höchſten und letzten Dinge auszubilden, zu lehren und zu üben, um damit auch die Lehre von dieſen Dingen über den Aberglauben zu erheben, kurz, die Ergänzung des hiſtoriſchen und praktiſchen Princips durch das Princip des richtigen

Schluſſes von dem, was in der Erfahrung liegt, auf das, was über der Erfahrung liegt, zu ſuchen? Statt deſſen ſucht man ſie in Schlüſſen von dem, was abſeits, über, hinter der Erfahrung liegt, auf das, was darüber und ſogar was darinnen liegt.

Aber, wendet man ein, dein Princip iſt ein principieller Irrthum. Was ſind unſere Schlußmittel vom Gegebenen auf das Nichtgegebene? Inductionen, Analogieen, mathematiſche Deductionen. Damit kann man wohl vom Endlichen auf das Endliche ſchließen, und wird damit noch oft genug irren; aber in keiner Weiſe auf das Unendliche, und überall handelt es ſich im Glauben an Höchſtes und Letztes um Dinge, die den Charakter der Unendlichkeit tragen. Man mag wohl, ja, man muß wohl, das Unendliche unter endlichen Bildern vorſtellen, es in den Rahmen der Endlichkeit faſſen, um überhaupt etwas davon zu faſſen; jedoch bleibt es ein Nothbehelf, und immer muß man ſich bewußt bleiben, daß es ein ſolcher bleibt, und muß damit die Vorſtellung, die man ſich nach Verhältniſſen der Endlichkeit vom Unendlichen gemacht hat, corrigiren. Zu wiſſen, daß Gott unvergleichbar mit Allem iſt, was endlich iſt, das iſt die allein wahre und Gottes würdige Anſicht, die wir von ihm haben können. Nicht einmal in der Mathematik hält man Endliches mit Unendlichem vergleichbar, geſchweige daß man es in dieſen Dingen könnte.

Man hat Recht, das Endliche iſt unvergleichbar mit dem Unendlichen, doch nicht in jeder Hinſicht, und es gilt näher zuzuſehen, in welcher. Man iſt zu ſchnell mit der Unvergleichbarkeit fertig.

Eine unendliche gerade Linie iſt freilich unvergleichbar an Größe mit jeder endlichen geraden Linie; doch haben beide noch die vollen Kennzeichen der geraden

Linie, und was die eine, das macht die andre dazu. Und ſo wird auch ein unendlicher und unendlich hoher Geiſt — ſoll aber Gott nicht ein Geiſt ſein? — an Höhe und Weite unvergleichbar ſein können mit jedem endlichen Geiſte, und doch ganz vergleichbar, ja ganz gleich damit in Allem, was einen Geiſt zum Geiſte macht. Oder wozu ihn überhaupt noch Geiſt nennen? „Gott blies dem Menſchen ein den lebendigen Odem in ſeine Naſe, und alſo ward der Menſch eine lebendige Seele.“ Kann der Geiſt, der ein Hauch von Gottes Geiſte iſt, ganz unvergleichbar damit ſein; und werden wir von dem Winde gar nichts ausſagen dürfen, was von dem Hauche gilt?

Nicht unſerm Principe, aber dem Einwande liegt ein Grundfehler unter, der ſo eingewurzelt iſt, daß nur dieſelbe Umwälzung, welche die ganze heutige Weltbetrachtung entwurzeln wird, ihn mit entwurzeln wird; denn dieſer Fehler iſt ſelbſt eine ihrer feſteſten Wurzeln. Es iſt der, daß man das Unendliche der Endlichkeit gegenüber, darüber, jenſeits, außerhalb, dahinter, wohl gar eine ungeheure Scheide zwiſchen beide ſtellt, als könnten ſie ſich gar nicht nahe kommen; indeß ſie gar nicht auseinander liegen; vielmehr das Endliche des Unendlichen Inhalt iſt, und gar kein andres Verhältniß zwiſchen beiden vernünftig denkbar iſt, als eben dieſes, daß das Endliche des Unendlichen Inhalt iſt. Alſo iſt auch das Unendliche gar nicht unerfaßlich, vielmehr an unzähligen Handhaben der Endlichkeit faßlich; nur unumfaßlich iſt es; aber von ſo viel Seiten, an ſo viel Enden faßlich, als es Einſeitigkeiten und Endlichkeiten giebt, die dann auch oft genug für das Ganze zählen; ein andrer Irrthum, der aber den erſten nicht zur Wahrheit macht.

Oder ſehen wir uns doch um, ob wir irgendwo ein andres Verhältniß des Endlichen zum Unendlichen finden können, als daß das Eine des Andern Inhalt iſt? Die gerade Linie war vielleicht nur eine ſonderbare Ausnahme. Nun, giebt's etwa einen unendlichen Raum jenſeits der endlichen Räume, eine unendliche Zeit jenſeits der endlichen Zeiten, eine unendliche Körperwelt, Natur, jenſeits der endlichen Körper? Es giebt blos Unendlichkeiten, welche die Fälle der Endlichkeiten ihrer Art einſchließen.

Der Gott der heutigen Meinung aber iſt ein unendlicher Geiſt, der die Fülle der endlichen Geiſter nicht einſchließt, ſondern ausſchließt, ſich äußerlich gegenüber hat, ungefähr — denn Klarheit und Beſtimmtheit iſt hier nicht zu ſuchen, man widerſpricht ſich ſchon beim zweiten Worte — wie ein endlicher Geiſt den andern; und das ewige Leben nach heutiger Meinung iſt nicht ein ſolches, was unſer endliches Leben, wie ein Ganzes den Theil, einſchließt, ſondern übernatürlich abgeriſſen davon in einem unnahbaren Jenſeits geführt wird.

Ein wahrhaft unendlicher Geiſt hingegen ſchließt in ſeinem Leben das Leben aller Geiſter ein, und ein wahrhaft ewiges Leben ſchließt Dieſſeits und Jenſeits nur als zwei natürlich auf- und auseinander folgende Stadien deſſelben Lebens ein.

Ich meine, das iſt einfach vernünftig; aber man will keine Vernunft in dieſen Dingen. Man zieht das Meſſer ohne Heft und Klinge vor. Den unendlichen Geiſt ohne die Charaktere der Unendlichkeit und des Geiſtes. Unendlich iſt er, doch hat die Endlichkeiten neben ſich; ein Geiſt iſt er, doch unveränderlich und zeitlos, wie kein Geiſt; er lebt und webt in uns, und wir in ihm, doch thut er es uns und wir es ihm gegenüber. Man ſchlägt die Hände über dem Kopfe zuſammen über die Gottloſigkeit, die endlichen Geiſter immanent in Gott zu denken. Wenn man ſich lieber damit vor die Stirn ſchlüge und fragte, wie ſich ſolche Widerſprüche reimen. Nun iſt freilich kein Wunder, daß, wo die grellſten Widerſprüche ſo verſöhnlich mit einander beſtehen, eine Unverſöhnlichkeit mit der Anſicht, welche ſie hebt, beſteht. Der Schein der Gottloſigkeit läßt ſich wohl heben, ſolche Widerſprüche laſſen ſich nicht heben.

Unter den Philoſophen war es hauptſächlich Kant, der von Gott eine abſolute Unprädicirbarkeit durch alle Kategorien, die auch auf das Endliche Anwendung finden, behauptet hat. Und hat doch ſo wenig als ein Anderer vermocht, ſeine Behauptung in der Ausführung zu behaupten. Denn ohne den Anhalt an das Endliche von Gott ſprechen, heißt von Nichts ſprechen oder ſich widerſprechen. In der That, nachdem Kant in der Kritik der reinen Vernunft jene Behauptung aufgeſtellt, vermeintlich begründet und damit dem Gedanken an Gott allen Grund entzogen hat, tritt er doch ſelbſt in ſeinen beiden ſpätern Kritiken auf den weggezogenen Grund, indem er im moraliſchen und ethikotheologiſchen Beweiſe Gott unter Kategorien und unter Eigenſchaften faßt, die der Betrachtung endlicher Verhältniſſe entnommen ſind.

Man ſagt etwa: das, was du willſt, mag für eine endliche Größe triftig ſein; aber Gott iſt zugleich unendlich höher als wir; da paßt es nicht. In ſeiner unendlichen Höhe über uns bleibt er immer uns ganz unfaßlich und mit uns ganz unvergleichbar.

Doch gilt für die Höhe ganz daſſelbe Princip als für die Weite. Ein unendlich hoher Thurm kann eben ſo wenig ohne niedere Stockwerke, die er einſchließt, beſtehen, als eine unendlich große Fläche ohne Theilflächen, die ſie einſchließt. Es giebt ſo viel Stufen in Gott zu erſteigen, als Handhaben ihn zu faſſen; nur daß wir nie zur vollen Höhe werden aufſteigen können, wie wir ihn nie ganz umfaſſen können. Der Thurm iſt freilich nur ein Bild; aber *doch* iſt nur ein allgemeineres Bild, und wenn man mir den Einwand ohne Bild vorzuführen vermag, ſo will ich ihn auch ohne Bild beantworten.

Und worauf ſtützt ſich denn der Gedanke einer Unendlichkeit jenſeits der Endlichkeiten? Auf Erfahrung, auf Vernunft, auf praktiſches Intereſſe? Auf alles Dreies mißverſtandenerweiſe, und allem Dreien widerſpricht er rechtverſtandenerweiſe. Und der Mißverſtand, woran hängt er? an der Verzweiflung, Gott ganz und gar faſſen zu können, als wenn es daſſelbe wäre, von Gott ganz und gar nichts faſſen zu können; und an dem andern Mißverſtande, als ob das Unendliche durch Endliches darin beſchränkt werden könnte, indeß ſich das Endliche darin nur wechſelſeits beſchränkt, ein Stück der unendlichen Linie das andere, doch keines die unendliche Linie.

Mit dem einen Irrthum hängt ein anderer zuſammen. So wie das Unendliche ſeinen Inhalt in dem Endlichen einbüßt, und dadurch zur leeren Höhlung, ja zum leeren Worte, wird, büßt das Endliche im Unendlichen ſeine Umfaſſung, ſein Gefäß, ſeinen Zuſammenhalt, ſein Band, ein, zerbröckelt, vereinzelt ſich, zerſtückelt ſich. Die Seelen fallen monadiſch aus einander, ſtatt einer Weltſeele giebt's eine Welt aus Seelenſtaub; die Körper der Seelen, Theile der Natur, treten der Natur gegenüber; das Individuum will ſeine Freiheit in Vereinzelung für ſich ſelber haben. Weil man aber doch das Band nicht wiſſen kann, erſetzt man es durch den dialektiſchen Begriff, die fließende Materie, ein ſubſtanzielles Unendliche, dies oder jenes Surrogat des Geiſtes, oder verkittet die Wirklichkeiten durch Hinterwirklichkeiten.

Hiegegen hängt damit, daß das Unendliche das geſammte Endliche zum Inhalt hat, von ſelbſt zuſammen, daß alles Endliche eines Unendlichen Inhalt' iſt, nicht in Vereinzelung beſteht, noch Macht hat zu beſtehen; zwar ſelber etwas iſt, doch einem höheren Beſtande, einer höhern Macht ſtets untergeordnet bleibt nach Seiten ſeines Stoffes, nach Seiten ſeiner Fügung, nach Seiten ſeiner Kraft, nach Seiten ſeines Geſetzes, nach Seiten ſeiner Freiheit.

Jede gerade Linie iſt Stück einer unendlichen geraden Linie; jede Zeit iſt Stück einer unendlichen Zeit; jeder Raum iſt Stück eines unendlichen Raumes; jeder Körper iſt Stück einer unendlichen Körperwelt, jeder Organismus Glied eines unendlichen Organismus, jeder Geiſt ein Bruch der unendlichen Einheit aller Geiſter; jedes zeitliche Leben ein Wellenſchlag im ewigen Leben, jedes Einzelgeſetz untergeordnet einem allgemeineren Geſetze, alle Freiheit des Einzelnen ein Stral der Freiheitsſonne des Einen, darum nicht ſchlechter und um nichts weniger Freiheit.

Alſo laſſen wir es uns nicht irren, daß die Gegenſtände des Glaubens den Charakter der Unendlichkeit tragen, als könnten wir mit unſerer Erfahrung ihnen nicht nahe kommen, da wir vielmehr mit unſeren Erfahrungen ganz darin begriffen ſind; und tragen wir nur dem Charakter der Unendlichkeit die rechte Rechnung darin, daß wir nie Endliches mit Unendlichem verwechſeln, ſondern blos als Theil, Moment, Seite, Glied, Handhabe deſſelben faſſen. Nicht, je höher wir das Unendliche über das Endliche erhoben denken, ſondern je mehr wir die Erkenntniß ſeines Inhaltes von Endlichkeiten vertiefen, erweitern, ſteigern, ſo tiefer und erhabener, triftiger, voller und reicher zugleich wird der Gedanke des Unendlichen ſein, mit dem wir abſchließen. Und können wir das Unendliche mit unſerer Erfahrung nie erſchöpfen, ſo können wir doch ins Unendliche aus ihm ſchöpfen.

Weil aber unſre Erfahrungen über den Inhalt des Unendlichen doch nicht in das Unendliche reichen; ja nicht einmal zu weit in das Endliche hinein reichen, ſo haben wir das Princip zu ſuchen, mit dem, wohin wir reichen können, das Mögliche zu erreichen, und über Alles den Sinn und die Tendenz des Ganzen zu erreichen, um durch unſer endliches Fühlen, Denken, Handeln in dieſem Sinne ſelbſt etwas ſeiner Erfüllung beizutragen. In dieſer Hinſicht ſtelle ich das Folgende auf:

Es gilt, vom möglichſt großen Kreiſe des Erfahrungsmäßigen im Gebiete der Exiſtenz auszugehen, um durch Verallgemeinerung, Erweiterung und Steigerung der Geſichtspuncte, die ſich hier ergeben, zur Anſicht deſſen zu gelangen, was darüber hinaus in den andern, weiteren und höheren Gebieten der Exiſtenz gilt, an die wegen ihrer Ferne unſere Erfahrung nicht reicht, oder deren Weite und Höhe unſere Erfahrung überreicht und überſteigt, mit der Vorſicht, die Verallgemeinerung, Erweiterung und Steigerung über das Gebiet des Erfahrbaren hinaus nur in dem Sinne und der Richtung vorzunehmen, die ſchon innerhalb des Erfahrbaren ſelbſt angeſchlagen iſt, alſo nur das für die andern, höheren, weiteren Gebiete in Anſpruch zu nehmen, als gültig zu erachten, was ſich um ſo mehr verallgemeinert, erweitert, ſteigert, je weiter und höher wir den Blick in's erfahrbare Gebiet richten, und dem Geſichtspuncte des Unterſchiedes, der durch die größere Ferne, Weite, Höhe des Gebietes entſteht, volle Rechnung zu tragen.

Wenn anders ein Sinn allwaltend durch das Ganze geht, ein Zuſammenhang des Seins, Wirkens, Weſens, der Geſetze durch das ganze Exiſtenzgebiet beſteht, vom Allgemeinſten, Höchſten, Letzten zum Einzelnſten, Unterſten reicht, und wenn anders Wirklichkeit ſich nur durch Erfahrbarkeit oder Zuſammenhang mit Etwas, was erfahrbar iſt, beweiſen kann, ſo bedarf dies Princip keines Beweiſes ſeiner Triftigkeit; denn jener Zuſammenhang ſelbſt iſt eben ſo im Sinne des Princips, wie es ſelbſtverſtändlich aus ihm fließt.

Gott iſt ein Geiſt; was ein Geiſt iſt, lernen wir an uns; aber er iſt ein unendlicher und unendlich hoher Geiſt; wohlan, auch in unſerm Geiſte und im Reiche unſerer Geiſter giebt es engere und weitere Gebiete, Abſtufungen der Höhe. Erweitern und ſteigern wir in dieſer Richtung weiter, erweitern und ſteigern wir, bis es nicht weiter geht, alſo daß Gott immer ein Geiſt bleibe, wie unſer Geiſt nach alle dem, was einen Geiſt zum Geiſte macht, und unendlich weit und hoch über Alles emporſteige, woran die Endlichkeit und Niedrigkeit, die Beſchränktheit, die Enge unſeres Geiſtes hängt. Damit werden wir zwar nicht zu einem unveränderlichen, zeitloſen, über allen Raum erhabenen, Gott gelangen; aber zu einem ſolchen, der alle Veränderung, alle Zeit, allen Raum im ſelben Sinne einſchließt, wie unſer Geiſt Veränderung, Zeit, Raum als Formen ſeines Denkens, Wiſſens, ſeiner ganzen Habe von den Dingen, einſchließt. Was wir in dieſen Formen von den Dingen haben, das ſind uns die Dinge; was Gott in dieſen Formen von den Dingen hat, das ſind die Dinge, und was wir davon in ihm haben, hat Theil am Sein und Weſen der Dinge.

Gott hat als Geiſt ein Verhältniß zur Körperwelt; das Verhältniß des Geiſtigen zum Körperlichen lernen wir an uns; aber Gott hat als allgemeinſter, größter, höchſter Geiſt ein Verhältniß zum Allgemeinſten, Größten, Höchſten der Körperwelt; wir können auch an uns lernen, wie mit Erweiterung der Sphäre, Erhöhung der Stufe des Geiſtes ſich das Verhältniß des Geiſtes zur Körperwelt erweitert und ſteigert; der höhere Geiſt wird von einem höher entwickelten Organismus getragen, nud trägt ihn ſo zu ſagen mit ſich höher empor. Erweitern und ſteigern wir in dieſer Richtung weiter, ſo werden wir finden, daß der weiteſte und höchſte Geiſt von dem weiteſten und höchſt entwickelten Organismus getragen wird; das iſt die Welt ſelbſt, nicht die unorganiſche, ſondern die ganze, mit dem Urſprunge und allen Geſchichten und Geſchicken der Völker.

Gott hat als Geiſt auch ein Verhältniß zu Geiſtern. Zu Geiſtern neben ihm? Dann hätten wir nicht recht geſteigert. Der wahrhaft einige und alleinige Gott duldet nicht nur keinen Gott; er duldet keinen Geiſt neben ſich, denn jeder Geiſt iſt ſelbſt ein kleiner Gott. Blicken wir vielmehr hinein in uns, und ſchließen von dem kleinen Gotte auf den großen. Mein Auge ſieht von dem nichts, was mein Ohr hört, mein Ohr hört von dem nichts, was mein Auge ſieht, ein jedes dieſer Glieder iſt mit ſeinem Empfinden ein gegen das andre abgeſchloſſenes Weſen; doch alle gemeinſam aufgeſchloſſen gegen meinen ganzen Geiſt; er weiß zugleich um Alles, was Aug' und Ohr und alle andern Sinne in mir einzeln wiſſen, und greift noch hoch mit allgemeineren Beziehungen darüber hin. Erweitern und ſteigern wir in dieſer Richtung weiter, ſo iſt jedes

Geſchöpf ein mit ſeinem Empfinden, und darüber Denken, Wollen, gegen das andre abgeſchloſſenes Weſen; doch werden alle wieder gemeinſam aufgeſchloſſen ſein gegen den ganzen Geiſt; er wird zugleich um Alles wiſſen, was ſie einzeln wiſſen, und noch mit unendlich höheren Beziehungen darüber greifen.

Oder glauben wir noch nicht an Gott? haben die andern zwei Principe ihre Kraft verſagt? wohlan, als drittes kann es zu ihrer Unterſtützung und Ergänzung dienen. Was uns an die Seele unſerer Nebenmenſchen und an die Seele des Wurmes glauben läßt, kann uns in rechter Erweiterung und Steigerung an die Seele des Ganzen, deſſen Sproſſen und Theile wir alle ſind, glauben laſſen (Kap. IX).

Wenn aber die Höhe Gottes über der Welt ſtatt in einer unendlichen Steigerung der Höhe, die wir aus erfahrungsmäßigen Geſichtspuncten ſchon unſerm Geiſte über die Materie und über die niedern Sinnesſphären in ihm ſelbſt beilegen können — ohne das aber bleibt ſelbſt das Wort Höhe ein bedeutungsloſer Klang — wenn ſie in einer Ueberhebung Gottes über die Welt geſetzt wird, auf die kein erfahrungsmäßiger Geſichtspunct mehr Anwendung findet, ſo iſt das Princip verlaſſen, und hiemit die Brücke der Vorſtellung und des Schluſſes zu ihm abgebrochen, und alles Reden von Gott bleibt ein unverſtändlich Lallen.

Der Menſch wechſelt von Tag zu Tage theilsweis, im Laufe der Jahre gänzlich, ſeinen Leib, giebt ihn der Außenwelt zurück, und ſchöpft aus ihr einen neuen; die Seele iſt nicht nur ein verknüpfendes, ſondern auch Stoff und Form der Verknüpfung wechſelndes, Princip des Leibes; je raſcher der leibliche Wechſel, ſo lebendiger iſt die Seele; im Wechſeln des Leibes ſteigt der Menſch allmälig von einer Lebensſtufe auf die andre, erweitert, entwickelt ſich der Leib, und mit dem Leib der Geiſt.

Erweitern und ſteigern wir in dieſer Richtung weiter, ſo öffnet ſich uns die Ausſicht, daß der Tod ſtatt eines allmäligen und theilweiſen nur ein raſcherer und plötzlicherer Wechſel des Leibes und damit das ſchnelle Erſteigen einer neuen Lebensſtufe ſei.

Die Seele iſt ſchon jetzt nicht blos an einen Punct der Körperwelt geheftet, ſondern das bewußte Princip und Band eines Kreiſes von körperlichen Thätigkeiten, die ſteigen und ſinken, ſich ausbreiten und zuſammenziehen, da- und dorthin wandern können. Sie ſinken im Schlafe unter die Schwelle, über der Bewußtſein leuchtet, ſie ſteigen im Wachen darüber empor; jetzt ſtehen ſie hier am höchſten, und der Menſch iſt ganz Auge, jetzt da, er iſt ganz Ohr; jetzt ſind ſie wie auf einen Punct zugeſpitzt, dann iſt die Seele ganz auf einen Punct gerichtet; jetzt breiten ſie ſich aus, dann ſind wir zerſtreut; jetzt ziehen ſie ſich ganz in's Innere zurück, und die Seele iſt in ſich verſunken; jetzt wenden ſie ſich wieder dem Aeußeren zu, und ſie gewahrt wieder der Außenwelt. So folgt die Seele jeder Wendung der durch ſie verknüpften Thätigkeiten, oder ſagen wir umgekehrt, ſie folgen jeder Wendung der Seele; im Grunde folgt keines dem andern, ſondern eins geht mit dem andern, und wann und wo der Gipfel dieſer Thätigkeiten iſt, gipfelt ſich zugleich das Seelenleben, wonach man den jeweiligen Sitz der Seele bezeichnen kann.

Erweitern und ſteigern wir in dieſer Richtung weiter, ſo öffnet ſich uns die Ausſicht, daß, wenn die Seele in dieſer Weiſe ſchon dieſſeits in einem kleinen Theil des großen Ganzen wandert, ſie im Tode nur in einen größern

Theil deſſelben hinüberwandern und fortan freier in demſelben wandern werde.

Wir können jeden Theil unſers Leibes, ſogar Gehirns, zerſtören; iſt's nicht zu viel auf einmal, ſo ſtirbt die Seele nicht; ſie leidet ſogar nicht, ſofern der übrige Leib noch ſeine Mittel der Vertretung hat. Zerſtörung des Schadhaften iſt ſogar das beſte Mittel, den Schaden zu zerſtören, wenn die Mittel der Vertretung in Kraft ſind. Erweitern und ſteigern wir in dieſer Richtung weiter, ſo öffnet ſich uns die Ausſicht, daß auch, wenn unſer ganzer Leib der Zerſtörung anheimfällt, unſere Seele nicht ſterben, ja nicht leiden wird, indem der größere Leib, deß unſer Leib ein Theil, wie unſre Seele ein Theil der Seele dieſes Leibes, auch Mittel der Vertretung zu ihrer Erhaltung haben wird, und daß dies das letzte, in der Natur der Dinge vorgeſehene, Mittel ſein wird, allen Schaden des Alters und der Krankheit zu zerſtören.

Betrachten wir ein Bild in unſerm Auge. Der Körper giebt dazu die Stoffe, Säfte, Kräfte, die Seele die Empfindung her. Das Bild erliſcht, die Stoffe, Säfte, Kräfte zerſtieben wieder in den Leib, aus dem ſie ſich geſammelt; doch für die Empfindung tritt die Erinnerung der Empfindung ein; tritt in ein neues höheres Reich, aus dem ſich Begriffe und Gedanken weben, ein, begegnet ſich darin mit den Erinnerungen aller anderen und früheren Bilder und hilft mit ihnen an dem höheren Leben ſelbſt mit weben. Erweitern und ſteigern wir in dieſer Richtung weiter, ſo öffnet ſich die Ausſicht, daß auch, wenn unſer ganzes Leibesbild erliſcht und ſeine Stoffe, Säfte, Kräfte wieder in den großen Leib zerſtieben, der ſie erſt hergegeben, ein Erinnerungsnachklang dieſes Lebens in das Leben des Geiſtes eintreten wird, der zu unſerm Leibe die Seele gegeben hat, und mit den Nachklängen aller andern und früher heimgegangenen Menſchen, d. h. ihren jenſeitigen Seelen, das höhere Leben dieſes Geiſtes wird weben helfen. Und wie der Erinnerungsnachklang des Bildes in uns ſich an einen Wirkungsnachklang heftet, den das körperliche Bild nach dem Zerſtieben in uns hinterlaſſen hat, ſo der Erinnerungsnachklang unſeres Lebens an einen Wirkungsnachklang, den unſer dieſſeitiges körperliches Leben in der Welt hinterlaſſen.

Wer nun genau ergrübeln will, wo in der Welt, dem Leibe des großen Geiſtes, der neue Sitz unſerer Seele zu finden, und wie er beſchaffen, der grüble erſt — und ehe er dies ergrübelt hat, wird er auch jenes nicht ergrübeln — wo in dem Leibe des kleinen Geiſtes, dem Theile des großen, der Sitz der Erinnerung zu finden, und wie er beſchaffen; doch ob es noch lange ſein mag, ehe wir das Eine und Andere ergrübeln; die Frage trifft nicht mehr das Ob, ſie trifft nur noch das Wo und Wie. Und auch für das Wo und Wie ſind Anhaltspuncte der Vorſtellung und des Schluſſes genug in unſerem Principe zu finden. (Vergl. Zend-Aveſta. Th. III.)

Das Kind vor der Geburt war feſt verſchloſſen in dem Mutterleibe, mit dem Zerreißen aller alten Lebensbande — es ſchien ſein Tod — tritt es hinaus in ein ganz neues freies, vom vorigen nicht abgeriſſenes, vielmehr daſſelbe umſchließendes, Reich, und verkehrt frei mit Denen, die auf dieſelbe Lebensſtufe traten. — Erweitern und ſteigern wir in dieſer Richtung weiter, ſo öffnet ſich uns die Ausſicht, daß wir mit dem Zerreißen unſerer jetzigen Lebensbande — wiederum ſcheinbar unſer Tod — in ein noch freieres, ganz neues, und doch vom vorigen nicht abgeriſſenes, vielmehr daſſelbe in weiterm Kreiſe umſchließendes, Reich treten, und noch freier mit Denen verkehren werden, die auf dieſelbe Lebensſtufe traten.

München

Und ſo können wir von den verſchiedenſten Geſichtspuncten ausgehen; nichts bedarf es, als der Erweiterung und Steigerung im Sinne unſeres Principes, ſo finden wir uns von dem Dieſſeits in das Jenſeits geführt, nicht in Widerſpruch, ſondern auf Grund der Thatſachen des Dieſſeits ſelbſt; nichts bedarf es, als des Verlaſſens des Principes, um die Seele rettungslos untergehen oder durch Unbegreiflichkeiten und Widerſprüche gerettet zu ſehen.

Auf gleichem Fundament erhebt ſich auch der Glaube an die höheren Weſenheiten. Dies zeig' ich in einem folgenden Kapitel. (IX).

Man ſagt: aber du baueſt eine Hypotheſe auf die andre; deine Hypotheſe des Jenſeits auf die Hypotheſe, daß die Welt um uns der Leib eines Geiſtes, und unſer Leib ein Theil von ſeinem Leibe und unſer Geiſt ein Theil von ſeinem Geiſte.

So iſt es; nur daß die Geſammtheit dieſer Hypotheſen aus einem Principe fließt, was keine Hypotheſe. Daß ſie ſich aber wechſelſeitig unter einander ſtützen, vermindert nicht, ſondern vollendet ihren Halt.

Und hier tritt eine Betrachtung ein, die eigentlich ſelbſtverſtändlich wäre, wenn ſchon ſich Niemand danach richtet, weil man ſich überhaupt nicht nach dem Principe richtet, daß, wenn es gilt, die Lehre von den allgemeinſten, höchſten, letzten Dingen auf das Princip der Verallgemeinerung, Erweiterung, Steigerung vom Boden der Erfahrung aus zu ſtützen, man nicht einzeln dies und das, ſondern Alles im Zuſammenhange in der durch die Erfahrung angewieſenen Richtung zu erweitern und zu ſteigern hat, ſoll es einen Zuſammenhang der höchſten, letzten Dinge geben, ja ihre Thatſache nur beſtehen; weil ſie in der That nur im Zuſammenhange beſteht. Unſer jenſeitig Leben kann auf ſolchem Wege nur gefunden werden, wenn wir zugleich Gott und höhere Weſen auf demſelben Wege finden, und die Ideen von Gott und den höhern Weſen können in dieſem Wege blos recht geſtaltet und entwickelt werden, wenn wir in Zuſammenhang damit die Idee von unſerm jenſeitigen Leben recht entwickeln. Iſt die Welt, die Erde um uns ein Grab, ſo verfällt im Tode die Seele mit dem Leibe dieſem Grabe; iſt die Welt um uns der lebendige Leib Gottes, und die Erde um uns ein gottbeſeelter Theil dieſes Leibes, iſt das Niedere in das Höhere, und in Gott ſchließlich Alles hier wie dort eingethan, ſo iſt unſer Tod blos noch ein beſondrer Fall des Stoffwechſels und geiſtigen Sitzwechſels im lebendigen Leibe Gottes, eine Wanderung aus der engen Zelle in das weitere Haus.

Von der andern Seite würde das Leben Gottes und ſeiner erhabenſten Geſchöpfe ohne unſer darin aufgehobenes jenſeitiges Leben den höheren Inhalt verlieren. Wenn es blos Menſchen, Thiere, Pflanzen mit Seelen dieſſeits ohne Nachklänge ihres Daſeins in einem jenſeitigen höhern Leben giebt, ſo iſt es für Gott und die Weſen zwiſchen ihm und uns daſſelbe, als es für uns wäre, wenn es in uns wohl ſehende Augen, hörende Ohren, taſtende Hände gäbe, ſich aber das, was ſie geſehen, gehört, getaſtet haben, nicht in einem höheren Reiche aufhöbe, fortſetzte. Der unbeſtimmte Himmel, von dem die Völker träumen, iſt dies höhere Reich in Gott.

So gefaßt hängt Alles vernünftig zuſammen, und Alles kann beſtehen. Das aber macht es dem Principe ſo ſchwer, Wurzel zu gewinnen, daß Alles nur in ſolchem Zuſammenhange beſtehen kann. Dem gemeinen Bewußtſein fällt es ſchon ſchwer, nach einer Richtung über das Gewöhnliche hinaus zu ſteigern, geſchweige nach allen im Zuſammenhange; der Verſtand bleibt da den Leuten ſtehen und doch iſt blos in dieſer zuſammenhängenden Steigerung Verſtand. Iſt unſer Princip deshalb ausſichtslos? Im Gegentheil, die Erfüllung ſeiner Ausſichten liegt nur darum am fernſten, weil ſie die weiteſten, die größten.

In Wahrheit iſt dies Princip nichts weniger, als ein phantaſtiſches Princip und ein Princip für Phantaſtereien; vielmehr iſt es das einzige, was den Phantaſtereien in dieſem Felde Zaum und Zügel anlegen kann; ja alle Phantaſtereien im Felde des Glaubens beruhen nur darauf, daß man es verläßt.

Es kann aber auf doppelte Weiſe verlaſſen werden, einmal damit, daß man Anſichten von den höchſten, letzten Dingen aufſtellt, die zwar den Ausgang triftig von Erfahrung nehmen, aber, anſtatt ihn nur als Ausgang zu zu faſſen, dabei ſtehen bleiben, indem ſie mit dem, was in den endlichen beſchränkten Gebieten unſerer Erfahrung gilt und rohen Analogieen damit das Höchſte, Letzte, Allgemeinſte decken wollen, ſo die Anſichten der Materialiſten und der Heiden.

Zweitens aber damit, daß man Anſichten von jenen Dingen aufſtellt, die zwar den Geſichtspunct des Allgemeinſten, Höchſten, Letzten triftig im Auge halten; aber, anſtatt es als das Allgemeinſte, Höchſte, Letzte deſſen, was erfahrbar iſt, zu faſſen, es in's Transcendente, Unfaßliche, Unbegreifliche verlegen, es von Allem abreißen, ja wohl in principiellen Widerſpruch mit Allem ſetzen, worauf ſich Vorſtellung, Begriff und Schluß begründen können; ſo die Anſichten der meiſten dogmatiſchen Theologen und idealiſtiſchen Philoſophen.

Auf dem erſten Wege kommt man zu niedrigen, beſchränkten, unwürdigen, nirgends reichenden, mit andern particulären Anſichten ſtreitenden, Anſichten von jenen Dingen, verfällt in rohen Anthropomorphismus, Fetiſchismus, oder auch, ſie kommen ganz abhanden. Auf dem letzten Wege kommt man zu inhaltloſen, unklaren, unfaßlichen, unbegründbaren, in ſich und mit der erfahrbaren Natur der Dinge ſtreitenden, dazu bezugsloſen, von Jedem anders gefaßten, verſtandenen, geſtellten, Anſichten von den höchſten und letzten Dingen. Statt klarer Vorſtellungen und Gedanken bleiben zuletzt nur hohle Worte.

Im Sinne der erſten Abweichung iſt das rohe Götzenthum der Heiden, nach denen Gott nur ein größerer oder ſtärkerer Menſch, oder gar noch weniger als ein Menſch, ein Ibis, eine Schlange, ein Stück Holz, ein Stein iſt, nach denen es im Jenſeits genau ausſieht, wie im Diesſeits; nicht minder aber der Unglaube der Materialiſten, die nicht an Gott und jenſeitige Seelen glauben, weil ſie nichts davon ſehen, und ihre Anſicht, daß, weil ſie ſelber ein Gehirn zu ihrem kleinen Gedankenkreiſe brauchen, auch ein Gedankenkreis der Dinge nicht ohne Gehirn denkbar ſei.

Der Materialismus hat keine einzige Thatſache aufzuweiſen, welche unſerem Principe der Erweiterung und Steigerung den Weg verlegte; alle ſeine Thatſachen gehören vielmehr zum Ausgangspuncte des Weges, den es führt. Sondern er widerſpricht ihm einfach mit dem Princip, die Erweiterung und Steigerung über das Menſchliche hinaus nicht zu geſtatten.

Im Sinne der zweiten Abweichung ſind jene Anſichten, welche keine der Kategorieen, die für uns, die endlichen Geiſter, gelten, auf Gott, den höchſten Geiſt anwendbar halten, nach denen er unveränderlich, zeitlos, über den Raum erhaben, in einem total andern Verhältniſſe zur Welt iſt, als nach Erfahrung irgend ein Geiſt zur Körperwelt hat, in einem total andern Verhältniſſe zu den Geiſtern, als nach Erfahrung und nach Denkbarkeit irgend ein Geiſt zu Geiſtern hat; die Anſichten, die die Natur von Gott abfallen oder die Materie aus dem Geiſt herausfallen laſſen, die den Seelen eine leibloſe Exiſtenz im Jenſeits geben, ſie auf ferne Planeten oder in einen unbeſtimmten Himmel hinüber wandern laſſen.

All' das rechne ich zu den Phantaſieen der Philoſophen und Theologen, die nicht beſtehen können, wenn unſer Princip beſteht.

Unſer Princip gewährt die Durchfahrt zwiſchen beiden Klippen, indeß das Schiff des Glaubens, wie es gemeinhin heute geht, die eine nur vermeidet, um an die andre zu ſtoßen, und zwiſchen beiden hin- und hergeworfen wird. Nur eben will man nichts vom Gotte, dem über alles Sinnen und Denken Erhabenen, gelten laſſen, was vom endlichen Menſchen gilt, und dann verfällt man wieder in Bilder und Vergleiche, und legt Gott Motive bei, die Sache der gewöhnlichſten Menſchlichkeit ſind.

Eine Schönheit des Principes liegt in ſeiner Klarheit, der Klarheit ſeines Ausdruckes, der Klarheit des Weges, den es führt, der Klarheit der Vorſtellungen, zu denen es führt. Wo bleibt da etwas Unverſtandenes? Gott, Jenſeits, höhere Geſchöpfe; Alles tritt danach nicht zwar unter geläufige, aber doch völlig klare oder durch Anhalt an das Geläufige klar zu machende, Vorſtellungen und Begriffe. Erweiterung und Steigerung des Geläufigen iſt ja ſein ganzes Geheimniß.

Eine andre Schönheit des Principes liegt darin, daß es uns unabhängig macht vom philoſophiſchen Streite über das letzte Weſen, den Urſprung, die Grundprincipien der Dinge, worüber nun einmal bis jetzt zu keiner Klarheit und Einſtimmung gelangt werden konnte, unſtreitig deshalb, weil man das Weſen der Dinge hinter den Dingen ſucht. Die Schlüſſe nach unſern Principe bleiben richtig, mag man die Thatſachen im Gebiete der Beziehungen von Seele und Leib in dieſem oder jenem Sinne deuten, nur daß man die Schlüſſe immer auf das Thatſächliche ſtütze, wie die Schlüſſe des Aſtronomen richtig bleiben, gleich viel, worin man das Weſen der Materie [illegible]

Doch vermag das Princip die Wahrheit nicht hervorzuzaubern, und für ſich allein nicht zu verbürgen. Es iſt ein Princip der Arbeit, die nach Maßgabe fruchtbarer wird, je ſtetiger und einſichtiger und zuſammenhängender ſie in derſelben Richtung betrieben wird. Die einzelne Betrachtung und der Einzelne kann irren, wird irren, muß irren, ſo ſicherer und ſo ſchwerer, je mehr er ſich auf blos einſeitige Anſicht der Natur der Dinge ſtützt, je unvorſichtiger er erweitert und ſteigert, je mehr er ſich endlich mit ſeinem Principe vom hiſtoriſchen und praktiſchen Principe iſoliren will. Denn hierin ſteht er anders zu ſeinen Gegenſtänden, als der Naturforſcher zu den ſeinen, welchem die Bewährung durch die Erfahrung jede andere Controle erſetzt; der hiſtoriſche Accept und der praktiſche Nutzen folgen ſeinen Entdeckungen von ſelbſt nach. Aber in höchſten und letzten Dingen gehören ſie ſelbſt mit zur Bewährung. Was nicht hiſtoriſche Geltung zu erringen vermag, verdient nicht ſolche zu erringen, und wo die hiſtoriſche Einſtimmung noch fehlt, müſſen doch die Bruchſtücke der Einſtimmung oder die Tendenz dazu aufzeigbar ſein. Was dem Heile der Menſchheit nicht frommen kann, bleibt ewig falſch. Ueber dieſe Verknüpfung und wechſelſeitige Stützung der drei Principe wäre noch viel zu ſagen; aber es wäre zu viel, es hier zu ſagen.

VIII.

Eine Schwierigkeit.

Eine Schwierigkeit iſt es vor allen, über die man nicht hinwegkommen kann. Sie macht die Ohren taub für unſre Lehre, und die Zungen redefertig gegen dieſelbe. So viel ich nun auch ſchon in meiner frühern Schrift geſagt*), den Schein dieſer Schwierigkeit aufzulöſen, ſo iſt es doch, als hätte ich nichts geſagt. Und ſo hebe ich nochmals die Zunge, den tauben Ohren zu predigen.

Ein Gefühl geht durch dieſes Buch, wie es Kaſſandra hatte, daß alle Wahrheit, die ſie ſagte, in den Wind geſagt ſei. Aber wenn die Zeit kommen wird, daß das Troja der alten Anſicht fällt, wird der Wind, der jetzt umſonſt weht, mit in das Feuer blaſen.

Sind wir Theilweſen Gottes, wie kann unſere Selbſtſtändigkeit und Freiheit beſtehen? und müſſen nicht unſere Sünden und Unvollkommenheiten auf ihn fallen? Iſt ein ſolches Verhältniß zwiſchen Geiſt und Geiſtern überhaupt nur möglich?

Seine Selbſtſtändigkeit und Freiheit mag Niemand ſelbſt dem Höchſten opfern; es ſei denn, daß er ſie ihm freiwillig opfere. „Ich möchte wohl auf deine Anſichten eingehen," ſagte mir ein Freund; „aber ich fühle, daß ich etwas für mich ſelbſt, und nicht eines Andern bin." Gott gegenüber ſein und frei ſein hält man Eins.

Gräuel über Gräuel geſchehen täglich in der Welt durch Menſchenwillen; ſoll dieſer Wille Gottes ſein, und mit dem Menſchengeiſte iſt's des Menſchen Wille, was wird dann aus dem heiligen Gott?

---

*) Zend-Aveſta I. 300 ff., 396 ff.

Es iſt wahr, hier liegt eine Schwierigkeit, und zwar nicht blos eine einfache, eine doppelte, durch ihren Zuſammenhang verſtärkte Schwierigkeit. Aber ſie liegt nur in den halbverſtandenen und halben, nicht in den ganz verſtandenen und ganzen Conſequenzen unſerer Lehre. Die Hauptſchwierigkeit iſt vielmehr, daß Niemand ſo leicht dazu zu bringen iſt, ſie ganz und voll zu ziehen. Und außerdem, daß man nicht weiß, was unſere Lehre will, weiß man zumeiſt nicht, was man ſelbſt in dieſen Dingen will.

Niemand, der einen Gott will und behauptet, behauptet eine abſolute Unabhängigkeit des Menſchen von Gott. Wozu auch ſonſt ein Gott? Nun gilt es blos, die Seite der Abhängigkeit und Unabhängigkeit von Gottes Willen, die man als eine äußere anerkennt, in eine innere zu überſetzen, und Alles geſtaltet ſich für unſern Freiheitsdrang nicht ſchlimmer, ſondern beſſer.

Ein Herr hatte viel Grund und Boden, und darauf eine große Zahl Leibeigener, die ihm den Boden bearbeiten mußten. Da ſprach er: ich will euch frei laſſen, jeder ſoll an der Verwaltung und den Zinſen des Gutes nach Maßgabe ſeiner Einſicht und ſeiner Thätigkeit Antheil nehmen, und ich ſelbſt behalte mir nur die oberſte Leitung vor. Nein, ſprachen die Leibeigenen, jetzt fügen wir uns deiner Gewalt, wenn uns aber dein Gut mit gehören ſoll, ſo werden wir erſt damit deine und deines Gutes wahre Hörige.

Solche thörichte Leibeigene ſind die Menſchengeiſter, die ihre Freiheit beſſer Gott gegenüber, denn als Theilhaber ſeines geiſtigen Weſens gewahrt halten. Denn das große Gut iſt der göttliche Geiſt und der Herr des Gutes der göttliche Wille.

In unſerm Geiſte iſt der Wille nur das höchſte, nicht das einzige ſelbſtthätige Vermögen. Wie viele Gedanken entſtehen, wie viele Triebe gehen ohne, ja wider unſern Willen; ſollte es alſo nicht um ſo mehr in dem ſo viel höhern und weitern göttlichen Geiſte noch viel Selbſtthätigkeit unter ſeinem höchſten Willen geben können? Oder ſoll Gott aus nichts als höchſtem Willen beſtehen? Man ſetzt die oberſte Stufe der Treppe gegenüber, indem man den göttlichen Willen abgeſondert dem geſchöpflichen gegenüberſtellt. Damit ſie eine höchſte ſei, muß ſie vielmehr noch tiefere derſelben Treppe unter ſich haben. Die menſchlichen Willen unter dem göttlichen Willen im göttlichen Geiſte ſind dieſe niederen Stufen.

Zwar, ſtehen nicht dem Willen des Königs die niederen Willen ſeiner Unterthanen äußerlich gegenüber, und iſt Gott nicht der oberſte König? — Vielmehr ſteht Gott darin über allen Königen, daß jedes Verhältniß der Nebenordnung zu ſeinen Unterthanen ihm abgeht. Dann aber kann ſeine Herrſchaft über ſie nicht, wie die eines menſchlichen Königs, eine äußere, ſondern nur eine innere ſein.

Der Wille des Königs ſelbſt hat vor aller äußeren Herrſchaft eine innere in ſeinem Geiſt zu führen, hat, um ein wahrhaft königlicher zu ſein, den Willen der Unterthanen in Weite, Höhe, Güte dieſer inneren Herrſchaft zu überbieten. Und nur dadurch wird der König zugleich Gott ähnlich und ein bevorzugter Diener Gottes, daß er in dieſer innern Herrſchaft ſeines Geiſtes die innere Herrſchaft des unendlichen, des ganzen, Geiſtes wiederſpiegelt, und mit dieſer innern Herrſchaft die äußere führend, Gott ſeine innere Herrſchaft führen hilft, indem er den auf das Beſte des Ganzen gerichteten Willen des ganzen Geiſtes, ſo viel an ihm iſt, verwirklichen hilft, doch darin immer Gott unähnlich, daß ſeine Herrſchaft nur eine endliche und zum Theil äußere, Gottes eine unendliche und eine ganz innere iſt.

Der König, der ſich dieſer Stellung in Gott gegen Gott bewußt iſt, iſt ſich zugleich der höchſten Würde und der höchſten Pflicht bewußt; der König, der im Sinne dieſer Stellung handelt, iſt wahrer Stellvertreter Gottes auf der Erde; das Königthum beſteht auf feſtem Grunde in dieſem Sinne und nur in dieſem Sinne; doch damit es ſo beſtehen kann, muß der König nicht neben, ſondern in Gott ſtehen, und Gott nicht ein König auch in dem Sinne ſein, in welchem der König nicht Gott iſt.

Man ſagt: wie kann das Verhältniß zwiſchen Gottes Willen und unſerm Willen verglichen werden mit dem Verhältniß zwiſchen unſerm Willen und unſern Trieben. Iſt nicht das Verhältniß zwiſchen Willen und Willen überhaupt unvergleichbar mit dem Verhältniß zwiſchen Willen und Trieben? Iſt Wille nicht etwas unſagbar Höheres als Triebe?

Gewiß; aber giebt man denn nicht zu, ja behauptet man nicht vielmehr, daß Gottes Wille ebenſo etwas unſagbar Höheres als unſer Wille ſei? Der gleiche Name darf uns nicht irren, und der ungleiche nicht verwirren. Und nichts hindert, daß bei aller Unvergleichbarkeit unſerer Triebe mit unſerm Willen und unſeres Willens mit dem göttlichen Willen doch das aufſteigende Verhältniß derſelben, ja, wenn man will, die Unvergleichbarkeit jedes Niedern mit ſeinem Höhern vergleichbar ſei. Was alſo unſer Trieb gegen unſern unvergleichbar höhern Willen kann, wird unſer Wille gegen Gottes unvergleichbar höhern Willen können, trotz dem, daß er deſſelben Geiſtes iſt. Hiermit aber hat unſer Wille die Freiheit, die man für ihn außer Gott ſucht, eben ſo gut in ihm; denn, iſt die Möglichkeit des Widerſtrebens gegen Gottes Willen auch nicht die beſte Seite, ſo doch das gewiſſeſte Zeichen der Freiheit und Unabhängigkeit von dieſem Willen.

Ein rechter kräftiger Wille in uns aber vermag Alles, was ihm innerlich widerſtrebt, endlich doch zu ſeinen Zwecken und Zielen zu lenken und zu ſtimmen. Das wird der götliche Wille auch endlich mit allem menſchlichen Willen; ſogar noch beſſer und ſicherer, als aller menſchliche Wille mit dem, was er unter ſich hat. Dazu iſt Erziehung, Strafe und Lohn in der dieſſeitigen und jenſeitigen Welt da. Das aber iſt nicht eine Furcht, ſondern eine Hoffnung und ein Troſt.

Man ſagt: aber ein Wille und noch ein Wille können im ſelben Geiſte gar nicht zuſammen beſtehen. Vielmehr iſt Wille ein- für allemal ein Höchſtes, mithin Einziges in dem Weſen, was ihn hat.

Ganz recht; aber hindert das, daß ein höheres Weſen dieſes Weſen in ſich hat und nun noch einen höheren Willen darüber in ſich hat, der für dieſes höhere Weſen nun erſt den Charakter des wahren Willens hat? Die Spitze eines Thürmchens an dem Thurm iſt, wenn ſchon zum Thurme gehörig, doch nicht die Spitze dieſes Thurmes und ſteht einer höhern und höchſten Spitze nicht im Wege, kann ſich vielmehr in gleichem Sinne damit richten. Und alſo iſt auch unſer Wille, wenn ſchon er immer Gottes bleibt, doch nicht der Wille Gottes, und Gottes Wille nicht der unſere, obſchon der unſere wohl zu Gottes Willen ſtimmen kann und ſoll.

Wir können uns freilich gar nicht denken, daß im Menſchen noch ein Wille neben dem andern Platz hat; natürlich, weil er ſeinem Begriffe und Weſen nach ein in der letzten Bewußtſeinseinheit des Menſchen Wurzelndes, ſie ſelbſt mit Conſtituirendes, Einigendes, und mithin Eines, iſt. Zwei ſind aber nicht Eins, und zwei

Willen gäben nothwendig zwei Menſchen. Wir können uns auch gar nicht denken, daß unter unſerm Willen noch ein anderer Wille Platz habe; natürlich, weil er ſeinem Begriffe und Weſen nach der letzte Quell, die abſchließende Spitze aller bewußten Selbſtthätigkeit im Menſchen, etwas, das ganze Bewußtſeinsgebiet deſſelben Beherrſchendes, hiemit ſelbſt Höchſtes, in dem Menſchen iſt; indem er unter dem Höchſten ſtände, wäre er nicht mehr das Höchſte, und mithin nicht mehr der Wille dieſes Menſchen. Alle dieſe Schwierigkeiten aber, die einen menſchlichen Willen neben oder unter dem menſchlichen Willen im ſelben Menſchen unmöglich machen, geſtatten den menſchlichen Willen neben dem menſchlichen Willen unter dem göttlichen Willen im ſelben Gotte, d. i. unter einer einheitlichen Spitze aller bewußten Selbſtthätigkeit in Gott, den wir freilich gar nicht einmal mehr Willen nennen dürften, wenn wir zum Begriff und Weſen des Willens auch ſeine Niedrigkeit und Endlichkeit und Schranken in uns rechnen wollten.

Die Geſchäfte ſind in Gott getheilt; die Sorge für das Einzelne iſt den Einzelnen überlaſſen, und über den Regimentern der Einzelnen ſtehen Einzelne, das Regiment zu führen. Der höchſte Wille kann ſich um das Einzelne nicht kümmern, außer ſofern es in das Ganze greift. Wer vom höchſten Willen erwartet, wozu ein Wille unter ihm da iſt, der wird vergebens warten. So wenig beſchränkt das Inbegriffenſein unſers Willens mit Gottes höchſtem Willen im ſelben Geiſte die Selbſtthätigkeit, die Freiheit unſers Willens, daß vielmehr Gottes Geiſt ſelbſt auf dieſe freie Thätigkeit des Einzelnen im Einzelnen gewieſen iſt. Für Alles und für Alle ſorgt ſein höchſter Wille, aber nur für Alles und für Alle im Zuſammenhange; ein Jeder gehört zu dieſem Zuſammenhange, und in ſofern ſorgt auch der höchſte Wille für jeden Einzelnen, ſowie es am beſten in den allgemeinen Zuſammenhang paßt; der Einzelne kann handeln, wie er will; doch, wenn er nicht ſeinerſeits ſo will und handelt, wie es am beſten dahinein paßt, ſo wird die allgemeine Sorge Gottes dahin gehen, ihn dahin zu führen, und die Strafe Gottes endlich dazu zwingen. Nun will Mancher um einer abſtruſen Freiheitsidee willen freilich auch dieſen ſchließlich alles Böſe bezwingenden Zwang nicht dulden. Aber es giebt auch widerſpenſtige Kinder, und einſt danken ſie es dem Vater doch, wenn ſie gezwungen ſind.

Aber, ſagt man, es handelt ſich bei der Anſicht, daß wir Theilweſen Gottes ſind, nicht blos um Unterordnung unſeres Willens unter Gottes Willen, vielmehr um Aufgehen unſerer ganzen Perſon in Gott. Das Aufgehen einer Perſon in einer andern Perſon aber widerſpricht dem Begriffe der Perſönlichkeit. — Das Aufgehen gewiß, aber nicht das Eingehen darein. — Das Eingehen nicht minder; ſtatt einzugehen in eine andere Perſon ſteht die Perſon geſchloſſen und ſelbſtſtändig andern Perſonen gegenüber. — Ein Kreis nicht minder andern Kreiſen; aber hindert das, daß er mit ihnen zugleich von einem größeren Kreiſe umſchloſſen ſei? — Ein Kreis iſt keine Perſon. — Aber doch ſo geſchloſſen als eine Perſon, warum alſo die Perſon weniger umſchließbar als der Kreis?

Wohl wird man den Begriff der Perſönlichkeit ſo ſtellen können, daß auch das gemeinſame Eingehen in eine höhere Perſönlichkeit dazu nicht paßt. Aber es iſt ja ganz willkührlich, wozu man ihn paſſend machen will; ein jeder Philoſoph und Theolog paßt ihn für ſein Syſtem an, nur fragt ſich erſt, ob ſein Syſtem auch paßt. Ich ſage, ein Begriff der Perſönlichkeit, der das Eingehen in eine höhere Perſönlichkeit verbietet, iſt eben deshalb unpaſſend, weil er kein paſſendes Verhältniß zwiſchen unſerer und der göttlichen Perſönlichkeit, und hiemit kein befriedigendes theologiſches und philoſophiſches Syſtem zuläßt. Schon deshalb nicht, weil er eine Perſon mit dem Charakter der Unendlichkeit neben Perſonen mit dem Charakter der Endlichkeit ſtellt; das Endliche aber dem Unendlichen nur einzuordnen, nicht nebenzuordnen iſt. Und außerdem aus vielen andern Gründen nicht.

Nun aber, um zur anderen Seite der Frage uns zu wenden: wie verträgt ſich Gottes Heiligkeit damit, daß er mit unſeren Geiſtern auch unſere Sünden und Unvollkommenheiten in ſich hat?

Wie beide Seiten der Schwierigkeit, ſo hängt auch beider Erledigung zuſammen.

Man ſtelle nur die Begriffe von Gottes Heiligkeit ſo, nicht daß Nichts, ſondern daß Alles damit geht, wie wir es in der Welt gehen ſehen, und zugleich ſo, daß wir hoffen dürfen, daß es zu guten Zielen geht. Man lege an Gottes Heiligkeit denſelben Maßſtab nur erweiternd und ſteigernd an, wonach wir den Menſchen meſſen — gebieten wir ja doch umgekehrt, den Menſchen nach Gott zu meſſen; Eins aber ſodert das Andere; — und man wird keinen Widerſpruch mit Gottes Heiligkeit mehr finden. Wer aber den Begriff von Gottes Heiligkeit über die Vergleichbarkeit mit allem Menſchlichen hinausrückt, trägt ſelbſt die Schuld, daß er den Inhalt ſeines Begriffes nur im Begriffsloſen findet, und daß die Heiligkeit des Menſchen ſelbſt kein Vorbild mehr im heiligen Gotte findet.

Unſer Wille in ſeiner Freiheit, ſich ſelber unabhängig vom höchſten Willen und dieſem ſogar ganz entgegen zu beſtimmen, iſt in ſeinem Verhältniß dazu ein Unwillkührliches für Gott. Auch die Güte eines Menſchen aber beurtheilen wir nur nach ſeinem Willen, als dem einheitlichen höchſten und letzten Quelle ſeiner bewußten Selbſtthätigkeit, nicht nach dem, was unwillkührlich, ja, was ihm entgegen, in einem untern Gebiete ſeines Geiſtes auftaucht und geht. Genug, wenn der Wille, ſo viel an ihm iſt, es im Sinne des Guten richtet, zu guten Zielen lenkt. Dieſen Sinn aber hat die Weltordnung, welche zugleich die Ordnung des göttlichen Geiſtes iſt.

Hängt es doch ganz einfach zuſammen: wenn unſer Wille nicht der Wille Gottes, ſondern nur etwas tief unter Gottes Willen Stehendes oder gar demſelben Zuwiderlaufendes iſt, ſo iſt auch unſere Sünde nicht die Sünde Gottes; denn Sünde eines Weſens iſt Sache des Willens dieſes Weſens und iſt ſonſt nicht die Sünde dieſes Weſens.

Gott für ſündhaft erklären, weil unſere Sünde in ihm iſt, wäre daſſelbe, als eine Symphonie für mißklingend erklären, weil Mißklänge in ihr enthalten ſind. Sie wird es ſein, wenn nicht auch die Auflöſung derſelben darin enthalten iſt. Eine ſolche erwarten wir von Gott für alles Uebel durch ſeinen Willen ſelbſt. Und gewiß können wir eine ſichrere Hoffnung auf die endliche Heilung und Verſöhnung alles Uebels ſtellen, wenn Gott ſolches wie einen Mißklang in den niedern Gebieten ſeines Lebens in höherer Harmonie aufzulöſen hat, als wenn es wie ein äußerlicher Mißklang ihm gegenüber tritt.

Den Weltgang mit einer Symphonie zu vergleichen, iſt ein oft gebrauchtes, und eben ſo oft treffendes, Bild. Nur daß es nicht in dem treffen kann, worin ein endliches Bild überhaupt Unendliches nicht treffen kann. In unſern Muſikſtücken erwarten wir die Auflöſung eines disharmoniſchen Accordes vom je nächſten oder einer disharmoniſchen Accordfolge von der je nächſten. Der enge Rahmen der Endlichkeit, in den das Stück gefaßt iſt, der Abſchluß in der Endlichkeit, der ihm geſetzt iſt; — Alles muß ſich ja vollenden in einer kurzen Stunde, — verlangt es ſo. Aber im Weltgange können die Disharmonieen durch ein Jahrtauſend reichen, um erſt in einem zweiten ihre Auflöſung zu finden; durch ein ganzes Leben, um erſt in einem zweiten ihre Auflöſung zu finden; und durch Abſchlüſſe in der Zeit geht es zu immer neuen und höheren Abſchlüſſen fort bis in die Ewigkeit. Doch wie Vieles löſt ſich auch in kurzer Zeit, das Kleine im Kleinen, das Große im Großen des Raumes und der Zeit.

Die Auflöſung des Uebels kommt dadurch zu Stande und beſteht darin, daß es in der Ordnung der Dinge, der es widerſtrebt, Gegenwirkungen gegen ſich hervorruft, die mit dem Uebel wachſen und es endlich überwachſen, wodurch es nicht nur gehoben, ſondern ſelbſt in Gutes aufgehoben, ja zum Quelle eines neuen Guten wird, darin eben unterſchieden von dem Guten, daß dieſes unter den födernden Mitwirkungen der allgemeinen Ordnung zum Quelle des höhern Guten, jenes, durch Gegenwirkungen umgewandt und umgewandelt zum Quelle des neuen Guten wird. Die Noth iſt Mutter der Erfindung; die überwundene Sünde Mutter neuer Tugend.

Dieſe Auflöſung des Uebels geht nicht blind von Statten, ſondern ſo wie das Uebel nur Bedeutung im Reiche des Bewußten hat, ſo geht auch dieſe Auflöſung deſſelben durch Einwirkungen auf das Bewußtſein und unter Einfluß des Bewußtſeins von Statten.

Der rechte menſchliche Wille trägt mit Bewußtſein durch die von ihm abhängige menſchliche Ordnung, ſo viel an ihm iſt, zu der Verwirklichung der endlichen Auflöſung alles Uebels bei. Wer an Gott glaubt, darf auch glauben, daß der göttliche Wille mit ſeinem Alles überreichenden Bewußtſein durch die von ihm abhängige göttliche Ordnung, ſo viel an ihm iſt, das iſt das Höchſte, Allgemeinſte und Letzte dazu beitragen werde; und daß die rechte menſchliche Ordnung ſelbſt ein untergeordneter Theil der göttlichen Ordnung ſei.

Der ſchlechte menſchliche Wille widerſtrebt dieſer Ordnung, und kann ihr doch nicht auf die Dauer widerſtreben. Wer an ein ewiges Leben glaubt, darf auch glauben, daß das folgende Leben in dieſer Hinſicht nur der abſchließende Act des jetzigen ſein werde, ſofern die im folgenden Leben auf den Böſen zurückſchlagenden Folgen ſeines dieſſeitigen Thuns und Treibens ihn endlich doch nöthigen werden, in dieſe Ordnung einzulenken.

Und zwar dürfen wir das Eine und das Andre darum glauben, weil wir die Richtung dazu ſchon in der Ordnung rings und in dem Dieſſeits ſehen. Verallgemeinern, erweitern und ſteigern wir nur, was wir ſehen, da es ſich um das Allgemeinere, Weitere und Höhere deſſen handelt, was wir ſehen, und da ſich, was wir ſehen, ſchon ſelbſt in dieſem Sinne um ſo mehr verallgemeinert, erweitert, ſteigert, je mehr wir den Blick ins Allgemeine, Weite, Hohe richten. Das iſt das Erfahrungs-Princip des Glaubens.

Freilich, wenn wir uns nach menſchlicher Weiſe einen Gott beliebig denken und wünſchen könnten, möchten wir ihn vielleicht anders denken und wünſchen, als ſich mit dem Blicke auf die Welt verträgt, ſei es, daß wir ſie von ihm äußerlich abhängig oder in ihm inbegriffen denken; möchten uns ſein ganzes Weſen als vollkommene innere Harmonie denken, möchten die äußere Ausprägung dieſer Harmonie in dem von ihm abhängigen Weltgange und Weltzuſtande ſuchen, und für die Ausſicht auf eine ferne Auflöſung alles Uebels das ganze Uebel gleich ſelbſt aus der Welt geſchafft wünſchen. Umſonſt, Gott iſt nicht ſo, wie es im Sinne ſolcher Gedanken und Wünſche wäre.

Das Uebel beſteht; es geht umher, wie ein brüllender Leue, und es hilft nichts, die Ohren davor zu verſtopfen, und die Augen davor zu verſchließen. Nun fragen wir, wie kam trotz Gottes, Schöpfers Himmels und der Erden und des Menſchen und des Menſchengeiſtes — mag man die Schöpfung als eine äußerliche oder innerliche faſſen — das Uebel in die Welt, und dieſe ungeheure Arbeit, es erſt wieder zu heben, zu tilgen, zu verſöhnen? Hat Gott das Uebel mit Willen geſchaffen, hat er's willig zugelaſſen, oder liegt es in einer unwillkührlichen Seite ſeiner Exiſtenz? Es bleibt nur dieſe Wahl.

Um Gottes unbegrenzter Güte willen verwirft man das Erſte, um Gottes unbegrenzter Allmacht willen das Dritte. Alſo er hat das Uebel, die Sünde zugelaſſen. Warum? Um der geſchöpflichen Freiheit Raum zu laſſen; ja, wohl gar um der Liebe willen, denn, um Geſchöpfe zu haben, die er lieben konnte, ſo mußten ſie ihm an Freiheit ebenbürtig ſein. Wie kann man lieben, was maſchinenmäßig geht?

Mit ſolchen und ähnlichen Motiven ſucht man dem Menſchen die Zulaſſung der Sünde durch Gott begreiflich zu machen. So weit freilich Erziehung, Geſetz und Sitte unter den Menſchen reichen, ſo weit ſie für die rechten gelten, laſſen ſie dem Menſchen die Freiheit nur im Guten, und zwingen, wo nöthig und ſo weit ſie können, die Menſchen ſelbſt in dieſem Sinne. Gott allein, der ſelbſt nicht ſündigen kann oder will, ſelbſt nur die Freiheit Gutes zu wollen hat oder ſich vorbehalten hat, ſoll willig dem Menſchen, ſeinem Ebenbilde, die gleiche Freiheit zu dem, was ſein Geſetz verbietet und gebietet, gelaſſen haben? Warum ließ er ihm nicht auch die Freiheit blos im Guten? man ſieht ja doch: es giebt auch ſo noch eine Freiheit. — Aber, ſagt man, das würde nicht den Begriff der Freiheit voll erfüllen. — Es ſei, aber Gott nahm ihm damit die ſchlimme Hälfte, wenn er ihn halb erfüllte. — Aber es ging nicht, mit einer Freiheit des Geſchöpfes hängt nach der Natur ſeiner Endlichkeit die andere weſentlich zuſammen. — Wohl, ſo ſagt man daſſelbe, was ich ſage: es giebt etwas, wogegen Gottes Wille ſelbſt nicht kann; ſo muß man doch Gott zuletzt mit dem entſchuldigen, was, wenn man es gleich anfangs zugeſtände, die ganze Entſchuldigung unnöthig machte, d. h. das Uebel iſt nach einer unwillkührlichen, will man, nach einer metaphyſiſchen, Nothwendigkeit da.

Wäre es wahr, daß Gott die Sünde, das moraliſche Uebel, zuließ um der Freiheit der Geſchöpfe willen, woher, warum das unſagbare phyſiſche Uebel, was ohne Freiheit die freien Geſchöpfe trifft? — Das iſt zur Strafe ihrer Sünden da. — Aber ſtraft auch ein Menſch um deſſentwillen, was er zuläßt? Hat er auch ewige Höllen für zeitliche Sünden? Läßt er auch die Kinder die Strafe der Schuld der Aeltern tragen? Verhängt er auch Verheerungen ohne Unterſchied über Gerechte und Ungerechte? Wenn man mit menſchlichen Motiven erklären will, ſo ſollte man das Höchſte, Edelſte und Beſte, was es im Menſchlichen giebt, bei Gott zum Anhalt nehmen; und wenn man nicht damit erklären will, weil Gott über alle menſchliche Motive erhaben ſei, ſo ſollte man ihn überhaupt nicht lieben, ſtrafen und rächen laſſen, wie den Menſchen, nicht gar ſeine Erhabenheit über die Menſchlichkeit benutzen, ihm Unmenſchlichkeiten beizulegen, in denen der menſchliche Tyrann ein willkommenes Muſter findet.

Und die Leiden der Thiere, die nicht ſündigen können, ſind auch dieſe um der Strafe der Sünde willen da, oder wozu ſind ſie ſonſt doch da? — Das gehört zu den unerforſchlichen Geheimniſſen Gottes. — So wird zuletzt die ganze Erklärung ein unerforſchliches Geheimniß, iſt nur ein Irrlicht, das ſeinen Weg durch das Geſtändniß abſchließt, uns in einem Dunkel, aus dem kein Ausweg, umhergeführt zu haben.

Nach all' dem ziehe ich eben ſo wegen ihrer einfachen Klarheit als Tröſtlichkeit, als natürlichen Folge aus unſerem Princip, die andre Anſicht vor, daß der allgemeine Grund des Uebels, ſo weit ſolches in der Welt beſteht, unabhängig zwar nicht von Gott, aber von ſeinem Willen beſteht, ſein Wille vielmehr nur die Tendenz hat, es immer mehr zu beſſern und zum Mittel des Beſſern ſelbſt zu machen, nicht anders als der rechte Menſchenwille, nur in dem anders, was der Begriff des Höchſten Andres aus ihm macht, das iſt, daß er in dieſer Hinſicht eine Alles überreichende und ſchließlich Alles beſiegende Gewalt hat; nicht im Augenblicke, nicht über jedes Uebel einzeln, vielmehr, unendlich wie er iſt, erſt in der Unendlichkeit des Raumes und der Zeit am ganzen Zuſammenhange deſſen, was darin iſt, ſich erfüllt.

Unſtreitig heißt das, etwas von der Allmacht, zwar nicht Gottes, denn Alles, was geſchieht, geſchieht immer nur durch Gott, in Gott; aber etwas von der Allmacht ſeines höchſten Willens opfern. Aber es heißt nur, ſo viel opfern, daß uns möglich wird, wahrhaftes Vertrauen auf ſeinen Willen in jeder höchſten und letzten Inſtanz — für jede niedere aber giebt's auch niedere Willen und niedere Kräfte in Gott — zu behalten. Wer das Uebel, ſei es durch Gottes freien Willen oder freie Zulaſſung entſtehen, beſtehen läßt, damit nichts ſeinem Willen entzogen ſei, der ſieht in ſeinem Willen eben damit etwas, was das Uebel will oder willig zuläßt. Wer das Uebel unabhängig von Gottes Willen in Gott entſtehen, beſtehen läßt, der kann dieſen Willen, wie den des rechten Menſchen, als rein dem Uebel entgegenwirkend halten, und ſich mit vollem Vertrauen darauf ſtützen, daß, wenn ſchon der rechte menſchliche Wille ſo viel vermag, das Uebel im kleinen Kreiſe deſſen, was von ihm abhängt, zum Beſſern zu kehren, ſofort gelingt es freilich nicht, der göttliche Wille, über Alles reichend, endlich Alles in dieſer Hinſicht vermögen wird, und, mag er auch eine Ewigkeit dazu brauchen, das unendliche Uebel einer unendlichen Welt zu beſſern und zu heilen, doch für jedes endliche Uebel endlicher Weſen auch endliche Mittel der Beſſerung und Heilung in der unendlichen Fülle ſeiner endlichen Mittel finden wird. Die Beſſerung und Heilung alles Uebels in der Welt mag immerhin ein Ideal ſein, dem aber die Wirklichkeit im Wege der Endlichkeiten immer mehr entgegengeht. Hat ſich doch das Chaos ſchon in die Pracht des blauen Himmels, der leuchtenden Sterne, der blühenden Erde geklärt; die chriſtlichen Ideen haben über das rohe Heidenthum geſiegt; die Torturen des Gerichtes beſtehen nicht mehr; vielleicht werden im Fortſchritte der Dinge einſt auch die Torturen der Natur gemildert werden oder aufhören. Blickt auf das Ganze, und der Fortſchritt iſt doch ſichtbar. Und geſetzt, es wäre keiner, würde man Gott mehr durch den Glauben ehren, daß er eine Welt, die keiner Beſſerung fähig, aus ſich herausgeſtellt, nachdem er eine beſſere doch ſchaffen konnte, als daß er ſolche unwillkührlich in ſich trage.

Oder geſetzt, daß hinter dem geheilten und verſöhnten Uebel immer neues Uebel aus dem Grunde der Dinge auftauchte, ſo daß Gottes Arbeit nicht nur nie endete, ſondern nie abnähme, — ich ſage nicht, daß ich das letzte Geheimniß in dieſer Hinſicht ergründet habe — wird es den Troſt deſſen, der vom Uebel betroffen iſt, vermindern, zu wiſſen, daß nicht nur ſein Uebel, ſondern auch alles Uebel, was hinter ſeinem erwachſen wird, der Heilung und Verſöhnung wie ſeins dereinſt entgegengeht?

Sind alle Geſchöpfe in Gott, ſo fühlt Gott in ſich das Uebel Aller, moraliſches, phyſiſches, es trage, welchen Namen es immer will, darunter meins, und würde es als eigenes Uebel fühlen, wenn nicht ſeine Güte und Befriedigung eben in der zuſammenhängenden Auflöſung alles deſſen, was er in untern Gebieten ſeines Weſens als disharmoniſch fühlt, beſtände, und ſein darauf gerichtetes Trachten nicht die Gewißheit der Erfüllung in ſich trüge. Er kann mein Uebel nicht gleich heben, er kann es auch nicht einzeln heben, aber er kann es einſtens heben, er kann es mit anderm durch die zuſammenhängende Verwendung ſeiner Mittel endlich heben, und er muß es endlich heben, denn ſonſt bleibt es ſeins. Einen feſtern zugleich und ſtärkern Troſt giebt es nicht im ſchlimmſten Leiden, und ich denke mancher Zeit, in der ich ihn gefunden. An ihn kann man ſich halten, wenn nichts mehr reicht; denn er reicht über Alles, ſo wahr Gott über Alles und unſer jenſeitiges Leben über das dieſſeitige in Gottes ewigem reicht; er überreicht den Tod, der mit dem Anfang eines neuen Lebens in ſeinem ewigen Leben einen Anfang neuer Mittel bringt.

Aber nur für die in Gott, nicht neben Gott Stehenden, iſt dieſer Troſt zu finden; nur für die unter einer Allmacht Stehenden, welche alles Uebel endlich und im Zuſammenhange heben kann, und unter einem Willen, der ſich im Sinne dieſer Allmacht richtet, die Kräfte dieſer Allmacht richtet, nicht unter einer Allmacht, die alles Uebel vom Anfange herein, ſofort und einzeln heben konnte und einem Willen, der nicht will, was er mit dieſer Allmacht könnte.

Wie der heutige gemeine Glaube iſt, hängt das feſte Vertrauen auf Gott nur an dem Bedürfniſſe dieſes Vertrauens, ein Bedürfniß, was freilich ſo groß iſt, daß es die größten Widerſprüche überwindet; doch Mancher verzweifelt auch bei dieſen Widerſprüchen. Man gebe Gottes Willen im Sinne unſeres Principes nicht mehr noch weniger, als was eines höchſten Willens über allem menſchlichen, im Ausgange der Betrachtung von dem menſchlichen Willen, iſt, und man wird keine Widerſprüche mehr zu überwinden finden, wird die troſtreichſte Ausſicht auf Gottes Willen bauen können, und wird ſie mit wachſender Schärfe des Blickes ſich immer mehr erhellen ſehen. Man wolle mehr auf Gottes Willen legen, und man wird Widerſpruch auf Widerſpruch ſich erheben ſehen, und nur in der Verdunkelung des Blickes noch Rettung des Vertrauens finden.

Wohl dürfen wir ſagen: Gott kann Alles, was er will; aber er will nur, was er kann; und es iſt Vieles, was er nicht kann; er kann weder das Uebel wollen, noch kann er es auf einmal heben; aber er will es heben, ſo weit und ſo ſchnell und ſo vollſtändig, als er es kann; zu dieſer Vollſtändigkeit aber gehört eine Ewigkeit. Man ſucht die Allmacht des göttlichen Willens gleich in jedem Löffel, und ſie ruht blos in der ganzen Schüſſel.

Niemand kann Gott ſehen, und ſo leugnen viele Gott. Einer der allgemeinſten und ſtärkſten Gründe, ihn zu leugnen, aber iſt der, daß man auch die Welt nicht ſo beſchaffen ſieht, daß ſie der Vorausſetzung der unbegrenzten Güte und unbegrenzten Allmacht eines darin waltenden Gottes zugleich entſpräche, nachdem man doch gelehrt worden iſt, beide Vorausſetzungen im Gedanken Gottes zu verbinden. Man laſſe die Vorausſetzung der bodenloſen Allmacht Gottes fallen, und der Grund gegen Gott wird damit fallen.

Dann wird man die Weltordnung ſo ſehen, wie ſie der Vorausſetzung eines guten Geiſtes, der die Welt nach Geſetzen in der Richtung auf Zwecke im Sinne von Ideen regiert, entſpricht. Nun mag zwar, wer die Freiheit im menſchlichen Walten vermißt, ſie auch in der Verwaltung der Welt vermiſſen; doch, ſo wenig er deshalb den menſchlichen Geiſt und Willen leugnen kann, daß er die Freiheit derſelben vermißt, wird er den göttlichen Geiſt und Willen deshalb leugnen können. Wer aber Freiheit im einzelnen Menſchen findet, wird um ſo höhere Freiheit in der Schöpfung und Geſchichte der Menſchen finden, und eine Abhängigkeit derſelben von einem freien wie jener von einem unfreien Willen anerkennen können. Auch mag es einen Dritten geben, der den letzten Einheitspunct von Geſetz und Freiheit im Willen Gottes ſelber findet. Alſo hängt die Frage nach eines göttlichen Geiſtes und Willens Daſein und Walten in der Welt gar nicht an der Frage ſeiner Freiheit. Und gern verlaſſen wir dieſe dunkle Frage, die ihre Dunkelheit in Alles miſcht, worein ſie ſelbſt ſich miſcht, nachdem ſich gezeigt, ſie hat ſich hier nicht einzumiſchen.

Wunderlich aber, daß vor Allem die, welche dem Willen des Menſchen die Freiheit beſtreiten, ohne damit das Daſein und Wirken eines menſchlichen Willens beſtreiten zu können, doch damit, daß ſie der Welt die Freiheit beſtreiten, das Daſein und Walten eines göttlichen Willens darin beſtreiten zu können meinen.

Und was anders iſt zuletzt der ganze Einwand, den wir betrachtet haben, der ſchwerſte vielleicht gegen unſere ganze Lehre, als ein Einwand gegen jenes ſchönſte Wort der Bibellehre, daß wir in Gott leben, weben und ſind, und er in uns; was anders unſere Lehre, als die klare Auslegung dieſes Wortes, eines Wortes, das die Wortgläubigen wohl auch im Munde führen, doch nicht in Kopf und Herzen, ſonſt würden ſie in Kopf und Herzen den Inhalt dieſer Lehre tragen, die eben nichts iſt als die Erläuterung und Folgerung dieſes Wortes.

Es iſt ein Wort, gleich fruchtbar für das Fühlen, Thun und Denken, gleich heilſam und gleich ſchön, gleich einfach, klar und wahr, wenn es genommen wird, ſo wie es lautet, wogegen der Verſtand alle Kräfte angeſtrengt hat, es alſo mißzuverſtehen, daß ſeine Früchte verkümmern und verdorren und ſeine Klarheit erliſcht. Doch iſt es nur das Hauptwort eines allgemeinern Satzes.

Können die Menſchengeiſter im höchſten Geiſte leben, weben, ſein, ſo können auch noch höhere als die Menſchengeiſter im höchſten Geiſte leben, weben, ſein, und können die niederen in den höheren und dadurch in dem höchſten ſein.

Und daß dies nicht blos denkbar, daß es wirklich ſo, iſt's, was wir nun betrachten wollen, indem wir zuſehen, wie ſich die himmliſchen Geiſter in ihren Körpern ſpiegeln, wie ſich die Verhältniſſe der himmliſchen Geiſter in den Verhältniſſen ihrer Körper ſpiegeln, und wie mit dem Spiegeln das Tragen zuſammenhängt.

IX.

Die Seele der Geſtirne und der Welt.

„Und es ſind himmliſche Körper, und irdiſche Körper. Aber eine andere Herrlichkeit haben die himmliſchen, und eine andere die irdiſchen.“ (1. Cor. 15, 40.)

Die Anſicht, daß den himmliſchen Körpern auch himmliſche Seelen inwohnen, erſcheint der heutigen Welt ſo fremd, daß man ſich nur wundern kann, wie ſie einer frühern Welt ſo natürlich erſcheinen konnte, und erſt aufhören können wird, ſich darüber zu wundern, wenn ſie einer ſpätern Welt wieder eben ſo natürlich erſcheinen wird.

Alle Gründe, die man heutzutage dafür aufſtellen kann, prallen ab und zerſtieben am Fels der verſteinerten Anſicht, daß die Erde ein Stein ſei. Auch dieſe flüchtige Welle wird dies Schickſal haben; doch wird der Fels endlich unterwaſchen und ſtürzen, und ein lebendiges Meer darüber gehen.

Man kann die Aepfel nicht dadurch reif machen, daß man den Baum ſchüttelt; zuletzt fallen ſie von ſelbſt in den Schooß; man braucht ſich nur unter den Baum zu ſetzen. Doch ſchüttl' ich immer von Neuem, zu ſehen, ob noch nichts reif iſt.

Die Blätter ſpielen an der Eiche, und meinen, ſie ſei blos ein feſter Tummelplatz für ihr Spiel. So meinen es die Menſchen heutzutage noch mit der Erde, und ſind ſo blind wie die Blätter.

Das Pünctlein über dem i iſt eitel auf ſeine Stellung; der Menſch über der Erde iſt eben ſo eitel auf ſeine Stellung, und es iſt ein gleich eitler Traum, daß ſie über dem ſtehen, worin ſie ſtehen.

Das Auge des Menſchen iſt ein ſehender Theil eines Sehenden, auch der Menſch iſt ein ſehender Theil eines Sehenden, aber er ſieht es nicht.

Die heutige Weltanſchauung hat das Auge des Flohes auf dem Stiere; der Floh würde den Stier für lebendig halten, wenn er hüpfte wie ein Floh mit den Flöhen. Der Stier aber wandelt langſam mit den Stieren der Heerde, gehorſam folgend dem Stabe des Hirten.

Der ältere Fichte ſagt einmal: „der geſammte Weg, den die Menſchheit hienieden macht, iſt nichts Anderes, als ein Zurückgehen zu dem Puncte, auf welchem ſie gleich Anfangs ſtand, und beabſichtigt nichts, als die Rückkehr zu ſeinem Urſprunge. Nur ſoll die Menſchheit dieſen Weg auf ihren eigenen Füßen gehen; mit eigener Kraft ſoll ſie ſich wieder zu dem machen, was ſie ohne alles ihr Zuthun geweſen; und darum mußte ſie aufhören, es zu ſein.“ (J. H. Fichte, die Grundzüge des gegenwärtigen Zeitalters, ſämmtl. Werke II. S. 12).

Fichte ſagt hiemit, warum jener natürlichſte Glaube, mit dem die Welt ſo zu ſagen geboren ward, in der erwachſenden Welt nicht mehr beſteht, und ſagt zugleich damit, daß er in der erwachſenen Welt wieder beſtehen wird. Aus dem tiefſten Grunde der Natur ſcheinbar grundlos entſtanden, offenbart wenn irgend einer, iſt er nur erloſchen, um dereinſt mit hellerm, klarern, höhern, von der Menſchheit ſelbſt innerlich erarbeiteten, Bewußtſein wiederzuerſtehen, dem Bewußtſein ſeiner Gründe, ſeines ganzen reichen Inhaltes und ſeiner Folgen; und dann kraft einer Philoſophie und Theologie fortzubeſtehen, die mit ihm neu erſtanden ſich die Hand reichen werden, indeß er jetzt durch die Kräfte, mit denen ſie einander wechſelſeits niederhalten, mit niedergehalten wird.

Zwar nicht ſo ſehr, daß die Hoffnung ſeines neuen Erwachens ganz auf eine ferne Zukunft angewieſen bliebe. Hat er doch nach langem tiefen Schlummer in meinem Glauben ſchon ein helles Auge wieder aufgeſchlagen; die Sonne ſteigt, und andre Augen werden folgen. Und wenn ich ungeduldig, allein zu wachen, mich anſtrenge, die um mich Schlafenden zu wecken, ſo rührt ſich's hier und da.

Ueberblick' ich's, zähl's und wäg's, ſo hab' ich mich wirklich gar nicht zu beklagen. Im Gegentheil: 1) Ein Wiener Polizeirath, 2) ein deutſcher Coloniſt, der nach Amerika übergeſiedelt iſt, und 3) ein weſtindiſcher Kaufmann, der nach Paris übergeſiedelt iſt, haben ſich (bei zufälliger Anweſenheit) perſönlich rückhaltslos bei mir zur Lehre des Zend-Aveſta von der Seele der Geſtirne bekannt; nur daß der nordamerikaniſche Deutſche die Stellung des Menſchen zum Geiſte der Erde viel zu wenig demokratiſch gehalten fand, und mir wichtige Verfaſſungsänderungen vorſchlug, auf die ich doch nicht eingehen mochte.

Welche Ausſichten für eine neugeborene Anſicht, die ihre erſten Wurzeln gleich durch entlegene Länder und Meere ſchlägt! Und wie beſchämend für Philoſophen und Theologen, ſich Polizeiräthe, Coloniſten und Handelsleute an Einſicht in dieſen Dingen vorangehen zu ſehen!

Mehr als ſcherzhaft beweiſen doch die vorigen Beiſpiele, zu denen ſich ja noch einige fügen ließen, daß der alte Naturglaube, ſelbſt der, von der Philoſophie und Theologie, wie ſie heute noch gilt, verzogenen Anſicht, wie ſie ringsum gilt, nicht ſo hart widerſpricht, um nicht in dem, was von naturwüchſigem Grunde noch übrig iſt, was freilich wenig genug iſt, nach erfoderlicher Beackerung wieder einwurzeln zu können.

Und ſo ergreif' ich noch einmal den Pflug zum Ackern auf dem widerſpenſtigen Boden, deſſen immer tiefer und tiefergehende Verwitterung unter dem Einfluſſe des Himmels freilich die wirkſamſte und fruchtbringendſte Beackerung iſt, an der zuletzt auch der Erfolg des Ganges dieſes Pfluges hängt.

„Der Menſch iſt Maß und Meſſer der Schöpfung."

Eben ſo wie die Beſeelung des Menſchen den Ausgang und den Stützpunct für die Anſicht von der Beſeelung aller andern Geſchöpfe, welche mit ihm dieſelbe Erde bewohnen, bildet, hat die Beſeelung der Erde den Ausgang und den Stützpunct für die Anſicht von der Beſeelung aller anderen Geſtirne, welche mit der Erde zugleich denſelben Himmel bewohnen, zu bilden. Für die Beſeelung der Erde ſelbſt aber hat wieder die Beſeelung des Menſchen den Ausgang und den Stützpunct zu bilden. So iſt es auch hier die Thatſache unſrer eigenen Beſeelung, an der zuletzt das ganze Schlußgefüge hängt.

Freilich wollen ſelbſt neuerdings Manche eine Analogie der Erde mit andern Himmelskörpern ſo wenig geſtatten, daß ſie nicht einmal die Bewohnbarkeit andrer Geſtirne auf Grund dieſer Analogie zugeben mögen. Und in der That, iſt nicht der Schluß von *Einem* Himmelskörper auf alle gewagt? Aber erinnern wir uns, daß jedem Menſchen auch nur ein einziger Fall zu Gebote ſteht, um den Schluß auf die Beſeelung aller andern Menſchen und Thiere darauf zu gründen, der Fall der Beſeelung des eigenen Körpers. Nun gibt es auch

Einige, welche die Beſeelung der Thiere auf Grund dieſer Analogie nicht zugeben mögen; wir wollen aber die Zeit eben ſo wenig verderben, jene als dieſe zu widerlegen.

Im Uebrigen iſt es ja möglich, daß es auch Leichname und Auswurfsſtoffe im Himmel gibt. Nur daß nicht der ganze Himmel ein Kirchhof ſei.

Nach der heutigen gemeinen Anſicht, wie Naturwiſſenſchaft, Philoſophie und Theologie iſt er es aber; und alſo wird es gelten, vor unſern Gründen, daß er es nicht iſt, ihre Gründe, daß er es iſt, zu hören.

Die Lehre von der Seele der Geſtirne theilt ſich hienach wie die von der Pflanzenſeele des Näheren in die Widerlegung der Gegengründe und in die Aufſtellung poſitiver Gründe dafür, wovon erſtere blos als vorbereitend für die letztere zu gelten hat. Hier von beiden nur ſo weit, daß die Hauptpuncte deutlich ins Licht treten. Wer an keinem beſondern Einwande hängt, kann die ganze Widerlegung der Einwände überſchlagen, und ſich nur an die poſitiven Argumente halten, die auch hier das Durchſchlagende bleiben; wer an einem Einwande hängt, kann ihn unter den folgenden aufſuchen, und ſich's erſparen, auch mit denen, die er ſelbſt nicht ſchlagend findet, ſich herumzuſchlagen. Uebrigens hängen alle nur an wenigen Wurzeln, mit deren Durſchneidung alle fallen.

Die Gegengründe.

Die im 4. Kapitel beſprochenen allgemeinen Gegengründe gegen jede Ausdehnung des Seelenreiches über die Menſchen- und Thierwelt hinaus bilden auch bei der Seelenfrage der Geſtirne den Kern und die Unterlage aller beſondern.

Der gemeinen Anſicht namentlich widerſtrebt es, ein ſo trocknes, keine Spur von freier Willkühr verrathendes, Weſen wie die Erde beſeelt zu denken. Die Naturwiſſenſchaft, tiefer gehend, ſieht die Erde als ein rein aſtronomiſches, geologiſches, meteorologiſches, phyſikaliſches Weſen auch ſo rein aſtronomiſchen, geologiſchen, meteorologiſchen, phyſikaliſchen Geſetzen gehorchen, daß ſie von einer Seele eben ſo wenig eine Andeutung, als für ein Seelenwirken einen Platz findet. Der Materialismus, auf den Schultern der Naturwiſſenſchaft den Himmel ſtürmend, findet in anatomiſchen und phyſiologiſchen Thatſachen den ſtricten Gegenbeweis gegen eine Seele der Erde; denn danach iſt Seele blos ein Product des Nervenſyſtems. Der Idealismus, wie der Adler nach der Sonne fliegend und die Erde dabei mit dem Schwanze betrachtend, erhebt ideelle Schwierigkeiten aus dem Geſichtspuncte der Ideen der Selbſtändigkeit, Freiheit, Individualität, Perſönlichkeit u. ſ. w. Die Theologie, im officiell garantirten Beſitzſtande des Himmels ſelbſt, findet die Beſeelung der Geſtirne nicht unter den Dogmen, die ihr dieſen Beſitzſtand ſichern, will heidniſchen Göttern keinen Eingang in den Himmel geſtatten und keine Zwiſchenwand zwiſchen uns und Gott errichten.

Alle dieſe Schwierigkeiten erheben ſich wie die Köpfe der Hydra von Neuem, ſo oft man ſie einzeln abſchlägt, bis einmal die ganze, das Feld des Geiſtes verödende, Hydra niedergeſchlagen ſein wird, das iſt die Anſicht, welche Gott aus der Natur heraushebt und ſie todt unter ihm zurückläßt. Doch, wenn die Herculesarbeit nicht gleich gelingt, ſchmücken wir derweil mit den abgeſchlagenen Köpfen das Zimmer.

Die ganze Schwierigkeit der gemeinen Meinung und der Naturwiſſenſchaft hängt zuletzt nur daran, daß man die Erde ſtatt als das, was ſie iſt, als ein, die Geſammtheit ihrer Organismen aus ſich entwickelndes, in ſich verknüpfendes und Verknüpfungspuncte in denſelben findendes, zuſammenhängendes materielles Syſtem anzuſehen, vielmehr als etwas ihren Organismen Aeußerliches, als etwas denſelben Gegenüber faßt, was ſie doch weder *aſtronomiſch* iſt, denn ſie bewegt ſich als ein untrennbares Ganze mit ihren Menſchen, Thieren, Pflanzen um die Sonne, und der Menſch trägt wie der Stein durch ſeine Schwere zu ihrem Schwerpunct bei; — noch *geologiſch*, denn die organiſchen Reiche haben ſich im Zuſammenhange der Entwickelungsepochen der Erde mit entwickelt, und ihre Reſte liegen noch darin begraben; — noch *meteorologiſch*, denn die Luft der Erde iſt zugleich der Athem des Menſchen, ihr Druck hält das Blut in ſeinen Adern und den Schenkelkopf in ſeiner Pfanne zurück; — noch *phyſikaliſch*, denn das Geſetz der Erhaltung der lebendigen Kräfte der Erde beſteht nur im Zuſammenhang des Menſchen und der Erde; — noch *chemiſch*, denn der ganze Menſch iſt von Erde und wird wieder zur Erde werden; — noch endlich *teleologiſch*, denn Alles, was hier einzeln aufgeführt iſt, ſammt Dem, was nicht mit aufgeführt iſt, iſt ſo zweckmäßig zu einem Ganzen in einander gepaßt und verrechnet, als Alles in unſerm eigenen kleinen Leibe, der hiemit ſelbſt zweckmäßig eingeht in das größere Ganze.

Ich will ein Bild geben; es iſt freilich nur ein Bild. Denken wir uns eine große runde Scheibe, die gut und feſt in ſich zuſammenhängt. Es kommt Jemand mit einem Hohleiſen und ſchlägt kleine runde Scheiben heraus und legt ſie auf einen Haufen bei Seite.

Wie werden wir die große runde Scheibe nachher nennen? — Durchlöchert. — Und das Haufwerk der kleinen runden Scheiben? — Ein Stückwerk.

Die große runde ganze Scheibe iſt die Erde, die wirklich ganze, das feſt und innig in ſich zuſammenhängende irdiſche Reich; die kleinen runden Scheiben ſind die Organismen, die man herausſchlägt, und als Menſchen, Thiere, Pflanzen für ſich in den Haufen des organiſchen Reiches zuſammenlegt.

Iſt nicht wirklich das irdiſche Reich durchlöchert, wenn man Menſchen, Thiere, Pflanzen aus dem Verbande deſſelben herausnimmt, kann man nicht die Löcher mit Fingern zeigen; und ſind nicht wirklich die Organismen dann nur noch ein Haufen Stücke? Denn in der That, wie ſie zum Zuſammenhange des irdiſchen Reiches beitragen, hängen ſie von der andern Seite dadurch zuſammen; Beides von einander trennen, heißt zugleich den Zuſammenhang eines jeden für ſich trennen.

Einem jeden Scheibchen giebt man ſeine Seele; wie aber kann die durchlöcherte Scheibe noch Anſpruch auf Seele machen? Natürlich nicht; aber wer heißt denn, ſie durchlöchern? Wie kann die ganze Scheibe auf weniger Seele Anſpruch machen, als ihre Theilſcheiben, da ſie ſolche in nur höherem Sinne theilhaft inbegreift, als dieſe ihren eigenen Inhalt inbegreifen.

Natürlich, ein Schema, ein Bild kann nicht in aller Hinſicht treffen. Das vorige ſtellt nur in allgemeinſter und rohſter Weiſe, vielleicht aber eben darum um ſo treffender, die rohe Weiſe dar, wie man die Erde und in weiterem Sinne die Welt betrachtet und behandelt. Die Welt, die Erde iſt keine gleichförmige Scheibe. Wohlan, ſo unterſcheide man, doch ſcheide nicht, wo blos zu unterſcheiden. Wie viel giebt's in uns ſelbſt zu unterſcheiden, was nicht geſchieden iſt.

Sind Menſchen, Thiere, Pflanzen auf die Erde herabgefallen, daß man ſie als etwas blos äußerlich Daraufgeſetztes betrachten kann? Oder ſind Menſchen, Thiere, Pflanzen von der Erde abgefallen, daß man ſie als etwas davon Getrenntes oder davon Trennbares betrachten kann? Oder iſt ihr Beſtand in Abſonderung davon nur denkbar? Nichts von Allem. Sie ſind Sache der inneren Entwickelung der Erde, Beſtandſtücke einer in ihr vorgegangenen, durch eigene Kräfte vollzogenen, Gliederung, haben auch heute nur als ſolche Beſtand und Beſtandfähigkeit.

Das von Anbeginn wie noch heute in ſich zuſammenhängende irdiſche Syſtem, eins von den, der Form nach in ſich geſchloſſenen, weit von einander ſchwebenden, materiellen Syſtemen des Himmels, hat ſich im Laufe ſeiner Entwickelung in große, das Ganze unterbauende, das Ganze umfangene und durch das Ganze ziehende, verhältnißmäßig einfache, Theilſyſteme, Erdreich, Waſſer, Luft, und kleinere, der Form nach geſchloſſene, aus jenen zuſammengeſetzte Syſteme, das ſind die einzelnen Organismen gegliedert, und dieſe weiter nach demſelben Principe in große, das Ganze jedes Organismus unterbauende, umfangende und durchziehende, verhältnißmäßig einfache Theilſyſteme, Knochen, Häute, Nerven, Adern, und kleinere, der Form nach geſchloſſene, aus jenen zuſammengeſetzte, Syſteme, das ſind die einzelnen Organe untergegliedert. Und von der erſten zur letzten Stufe der Gliederung iſt keine Trennung in Stoffen, Wirken, Zwecken ſichtbar.

Wie es mit der Organiſation iſt, iſt es mit dem Leben. Die großen Perioden des Tages und des Jahres, indem ſie das Leben der ganzen Erde regeln, regeln hiemit in allgemeinſter Weiſe auch das aller ihrer Organismen in Schlaf und Wachen, Thätigkeit und Ruhe, und gliedern ſich in jedem derſelben wieder in kleinere, ihm eigene Unterperioden.

Blätter und Blüten einer Pflanze hängen äußerlich am Stengel; Fleiſch und Nerven eines Thieres hängen äußerlich am Knochen; das ganze Pflanzenreich und Thierreich hängt wieder äußerlich am Erdboden. Hier giebt's ein äußerliches Gegenüber. Aber Blätter, Blüten und Stengel verknüpfen ſich ſtofflich, wirkend, zweckvoll in der Pflanze; die ganze Pflanze hat alle dieſe Theile nur innerlich ſich gegenüber; Fleiſch, Nerven und Knochen verknüpfen ſich ſtofflich, wirkend, zweckvoll im Thiere; das ganze Thier hat alle dieſe Theile nur innerlich ſich gegenüber; Thierreich, Pflanzenreich und Erdreich verknüpfen ſich endlich in der ganzen Erde; auch ſie hat alle dieſe Theile nur innerlich ſich gegenüber; ſofern man doch begrifflich jedem Ganzen als ſolchen ſeine Theile als ſolche gegenüberſtellen kann. Das giebt das innere Gegenüber.

Nicht mehr als alles Andere ſtellt das den Menſchen der Erde äußerlich gegenüber, daß er mit Freiheit über ihren Boden geht. Nur dem Boden, über den er geht, doch nicht der Erde, in die er mit dem Boden eingeht, ſteht er gegenüber, wie das, was unter dem Einfluſſe der Freiheit im Menſchen ſelber geht, und wie viel geht doch in ſeinem Haupte frei, zwar dem, worin der freie Gang im Menſchen die Stütze findet, doch nicht dem Menſchen, der Beides einſchließt, gegenüberſteht.

Der Zweig, an dem Blatt und Blüte ſitzen, iſt einfacher als Blatt und Blüte gefügt, der Stamm, an dem die Zweige ſitzen, iſt einfacher als die Zweige gefügt; das Erdreich, an dem alle Stämme ſitzen, auf das ſich alle Knochenſyſteme ſtützen, iſt wieder einfacher gefügt als Holz und Knochen, nicht wiederum Holz oder Knochen, doch ſo gefügt, daß Holz und Knochen feſt darin ſitzen, ſich feſt darauf ſtützen, ein zweckvoll zuſammenhängendes Ganze damit bilden können.

Das Alles iſt nicht bildlich, iſt nicht Hypotheſe. Es iſt einfach und eigentlich geſagt, ſo wie es iſt. Das Verhältniß des Gliedes zum Leibe im Menſchen kehrt nicht nur vergleichungsweiſe in dem Verhältniſſe des Menſchen zu der Erde wieder; — wie Vieles läuft doch gegen den Vergleich — es ſetzt ſich vielmehr wirklich erweiternd und ſteigernd aus dem einen in das andere fort.

Umſonſt, alles das, was ich hier ſagte, habe ich ſchon im Zend-Aveſta in ſo viel Wendungen und Weiſen geſagt, daß es genug wäre, wenn es überhaupt etwas verfinge; aber man macht die Blinden und die mit Fleiß die Augen Schließenden nicht dadurch ſehend, daß man ihnen das Licht noch ſo nahe und in noch ſo viel Wendungen unter die Augen hält; ſie halten's einfach von ſich ab oder begreifen höchſtens den Talg und ſagen, das ſei noch kein Licht. Nachdem man Alles zugegeben oder nicht zugegeben, bleibt man dabei ſtehen, in Menſchen und Thieren etwas auf die Erde äußerlich Aufgeſetztes, in den Pflanzen etwas in ſie Hineingeſtecktes und in der Frage nach einer Seele der Erde die Frage nach der Seele eines Globus oder kreiſenden Rades zu ſehen.

Zugleich der Grund und Kern und Fehler faſt aller Einwände gegen unſere Auffaſſung der Erde, von welcher Seite ſie auch gekommen ſind und ferner kommen werden, iſt in der That der, daß man die Erde ohne Organismen den Organismen gegenüberſtellt, und indem man bei jener vermißt was dieſe haben, auch die Zeichen der Seele vermißt, die ſie haben, während die Erde mit den Organismen Alles, was ſie haben, hat, und indem ſie mit ihnen auch die Verknüpfung derſelben in nur höherem Sinne, als ſie in ſich verknüpft ſind, hat, jeden in dem überbietet, was ihn zum Organismus und hiemit zum Seelenträger macht. Man ſteigert dieſen Fehler durch den zweiten, daß man vom Träger einer Seele, die über allen irdiſchen erhaben iſt, doch nur eine Wiederholung, ſtatt Erweiterung und Steigerung deſſen, womit irdiſche Körper ihre Seele ſpiegeln und tragen, verlangt, und jegliches Darüber als etwas Gegenlaufendes betrachtet.

Wir haben ein Buch, was den Namen der Welt trägt, von der es handelt, eine Sammlung des Allgemeinſten, was in allen einzelnen Lehren von dieſer Welt zu finden, ein ſchätzbares Buch. Aber die Welt iſt keine Sammlung. Und alſo gält' es auch noch einen **Kosmos**, welcher übergreifend über und durchgreifend durch alle einzelnen Lehren von der Natur die Bande wieder knüpfte, die mit dem Schnitte zwiſchen jenen Lehren durchſchnitten worden ſind, einem Schnitte, der in der frühſten Welt des Wiſſens noch nicht beſtand, durch das Bedürfniß der Arbeitstheilung immer nothwendiger, ſchneidender und ſcheidender geworden iſt, und endlich heute als ein Schnitt der Sache gilt. Und dieſer Kosmos, wo iſt er zu finden? Zu ſuchen ſicher in der Philoſophie. Sie hat ſogar dafür den Namen Naturphiloſophie, ſie hat ſogar einen Aufbau der Naturphiloſophie in ſtolzen Worten. Jetzt aber, von den Einwürfen der Naturwiſſenſchaft zu denen der Philoſophie uns wendend, ſehen wir zu, was wir für das Geſuchte finden.

Ein idealiſtiſcher Philoſoph*) findet den Anſchauungen und Gründen des Zend-Aveſta gegenüber ganz einſach eine „petitio principii“ darin, daß ich den Menſchen als ein Glied der Erde rechne, der vielmehr „in einem ganz andern Sinne, als die blos von elektriſch-magnetiſchen Strömen umkreiſte Erde ein durchaus ſeelenvolles Daſein ſei.“

---

*) Fichte's Zeitſchrift. 1854. S. 319.

„Auch du, Brutus!“ möchte ich hier rufen; denn vom Idealiſten hätte ich doch eine idealere Anſicht von der Erde und eine einheitlichere Auffaſſung ihres Verhältniſſes zum Menſchen erwartet, als daß ſie ein phyſikaliſcher Apparat demſelben gegenüber ſei. Aber bei allem Streite mit dem Materialismus und aller Ueberhebung über die gemeine Anſicht in den Worten behält der heutige Idealismus eine verzweifelte Aehnlichkeit mit dem Materialismus in der Sache und gebärt der hohe Berg der idealiſtiſchen Naturphiloſophie mit ſeinem gewaltigen Kreiſen nur die Mäuslein der gemeinen Anſicht wieder. Meinerſeits weiß ich die petitio principii, daß ich den Menſchen als ein Glied der Erde rechne — ſoll die ſachliche Aufzeigung nun einmal als petitio principii gelten — nur mit der entſprechenden petitio principii zu entſchuldigen, die der Gegner ſelbſt begeht, wenn er doch auch die Saiten als Theile der Violine rechnet, und nicht als etwas denſelben gegenüber faßt, trotzdem, daß ſie etwas durchaus Klangreicheres ſind, als der blos rohes Geräuſch gebende Kaſten der Violine. Die Saiten ſind freilich blos auf die Violine äußerlich aufgeſpannt und laſſen ſich beliebig wieder davon trennen; der menſchliche Organismus hat ſich im Entwickelungsgange des irdiſchen Syſtemes mit entwickelt und iſt abſolut nicht davon trennbar; und hierin mag ein idealiſtiſcher Tiefſinn, dem man ja überhaupt ſo ſelten nachkommen kann, Grund finden, die Saiten vielmehr als Theile der Violine, denn die Menſchen als Theile der Erde zu rechnen.

Ein andrer idealiſtiſcher Gegner, mein Hauptgegner in Sachen der Seelenfrage, vermißt bei der Erde eben ſo wie bei der Pflanze diejenige Selbſtändigkeit der übrigen Natur gegenüber, welche ſie befähige, eine individuelle Seele zu tragen, und erklärt*) nach aller Mühe, die ich mir gegeben, ſogar eine größere Unabhängigkeit und Selbſtändigkeit derſelben, als der Menſch hat, zu beweiſen: „Aber es iſt dies keine Unabhängigkeit, welche ſich die Erde ſelbſt erkämpft, d. h. keine wirkliche, energiſche, die Abhängigkeit überwindende, ſondern vielmehr eine todte, proceßloſe, abſtracte. Was alſo der Zend-Aveſta als ein Zeichen der höhern Selbſtändigkeit anſieht, iſt vielmehr die Erſcheinung eines unvollkommenen, nicht durchgeführten Lebensproceſſes.“

Mir ſcheint hingegen das, was der Gegner ſagt, Zeichen einer unvollkommenen, nicht durchgeführten, Anſchauung der Erde, und eines vollkommenen Abſehens von dem, was der Zend-Aveſta als Zeichen ihrer höheren Selbſtändigkeit anſieht und aufgezeigt hat, zu ſein, wenn doch die ganze erſte Entſtehung, die ganze Fortentwickelung, der ganze Lebensproceß des Menſchen wie aller andern irdiſchen Geſchöpfe, — und auf alles das iſt hingezeigt — in der Selbſtentfaltung der Erde mit begründet liegt, von ihr ſelbſt erkämpft iſt, in Abhängigkeit von ihr ſteht. Iſt das todt, abſtract, ſieht das einem unvollkommenen nicht durchgeführten Lebensproceſſe ähnlich? Der Gegner verwechſelt offenbar das Erdreich mit der Erde.

Wieder von andrer idealiſtiſcher Seite wird mir eingehalten, daß, da doch die zweifellos beſeelten Menſchen und Thiere ſich frei bewegen, dies bei der Erde fraglos nicht der Fall ſei, das wichtigſte Zeichen alſo der Freiheit einer Seele fehle. Nun aber fällt alle Freiheit, die ſich in der Entwickelungs-Geſchichte und dem Verkehr der ganzen Menſchheit, wie in dem Gange und Thun der einzelnen Menſchen kund giebt, in die Erde, fehlt alſo nicht der Erde. Und nachdem der Idealiſt ſo viel von einem Geiſte der Menſchheit geſprochen, ſollte er auch die Freiheit ſeines Waltens nicht vermiſſen. Wer kann überhaupt ſagen, daß es nicht im Sinne eines aufſteigenden Stufenbaues begründet ſei, daß die innere Freiheit auf Koſten der äußeren wachſe, zumal ſich zeigen läßt, es iſt ſo. Denn im Menſchenhaupte ſelbſt geht es unſäglich freier her, als der Menſch im Ganzen mit ſeinen an den Boden gehefteten, an die Geſetze des Hebels und Pendels gebundenen Füßen äußerlich einhergehen kann; und ſo gehen die Menſchen wieder unſäglich freier im Haupte der Erde — will man den Oberraum der Erde damit vergleichen, — einher, als dieſe ſelbſt im Ganzen äußerlich einhergehen kann.

---

*) Allgem. Monatsſchr. 1852. S. 105.

Nachdem man aber unmittelbar auf die innerlich freie Regung der Erde weiſen kann, hat es überhaupt keinen Sinn mehr, Zeichen derſelben in äußerlich freier Bewegung erſt zu ſuchen oder zu vermiſſen, denn nur auf jene kommt es bei der Frage an*). Säße auch ein Menſch ewig auf ſeinem Stuhle feſt und regt' es ſich nur frei in ſeinem Innern, wer dürfte deshalb ſagen, er wäre nicht beſeelt? Die Erde ſitzt aber nicht einmal wie ein gebannter Menſch auf einem Stuhle oder wie der, darum nicht minder beſeelte, Polyp am Felſen feſt; ſie bewegt ſich vielmehr im Ganzen' mit phyſiſcher Freiheit nur am Zügel eines großen Geſetzes, das den ganzen Haushalt des Himmels ſo regelt, daß zugleich ihr eigener ſicher und feſt beſteht.

---

*) „Es nimmt ſich immer ſeltſam aus, — ſagt einmal Herbart — wenn man etwas, das unmittelbar vor Augen liegt, erſt aus Anderm ſchließt, was vielleicht nicht einmal den nämlichen Grad der Klarheit beſitzt.“ (Herbart z. L. v. d. Freih. S. 26.)

Der Gang der Geſchöpfe iſt überhaupt nach ihren Verhältniſſen und Bedürfniſſen eingerichtet. So einfach alle Verhältniſſe des Himmels, ſo einfach der Gang der himmliſchen Geſchöpfe durch den Himmel; ſo unberechenbar verwickelt die irdiſchen Verhältniſſe, ſo unberechenbar verwickelt der Gang der irdiſchen Geſchöpfe auf der Erde. Was hätte auch die Erde, das himmliſche Geſchöpf, im Himmel zu ſuchen gehabt mit einem andern als phyſiſch frei gelaſſenen Gange? Nichts von alle dem, was die Geſchöpfe in ihr ſuchen. Vielmehr, was die Erde für ſich und ſie bedarf, erreicht ſie am beſten, ja allein mit ihrem feſten Gange, der, indem er Jahreszeiten und Tageszeiten regelt, ihr ganzes inneres Leben regelt.

Daher betrachteten auch alte Philoſophen die unverbrüchliche Ordnung, in der die Geſtirne wandeln, wodurch ſie ſelbſt maßgebend werden für die allgemeinſte Ordnung der räumlichen und zeitlichen Verhältniſſe, wodurch ſie hindern, daß nicht Alles in Regelloſigkeit zuläuft, als eins der Zeichen ihrer hohen Göttlichkeit. Wer hat nun Recht, die Alten oder Neuen? jene, welche ihre Begriffe vom Göttlichen in der Natur aus der Natur ſchöpften, oder dieſe, welche mit ihren Begriffen über die Natur das Göttliche aus der Natur verbannen?

Damit ſelbſt, daß die Erde ſo ganz am Bande eines feſten Naturgeſetzes eingeordnet in das allgemeine Syſtem der Sterne geht, wollen die Letzteren beweiſen, daß ſie unſelbſtändig aufgeht in der Natur, und beweiſen immer nur damit aus dem Begriffe, wovon das Gegentheil ſich unmittelbar in der Sache beweiſt. Die Erde geht zwar ein nach äußeren Beziehungen in die allgemeine Geſetzlichkeit der Natur, wie ſchließlich auch der Menſch; doch daß ſie nicht unſelbſtändig darin aufgeht, zeigt ſie darin, daß ihre Stellung und Gangweiſe im Himmel, daß die Verhältniſſe der Periodicität, der Schwere, der Wärme, des Lichts, ihr Syſtem der Meteorologie, die ganze Entwicklung, der ganze Auf- und Ausbau ihres unorganiſchen und organiſchen Reiches ihr eigenthümlich, ganz anders geartet und geordnet ſind, als in jedem andern Himmelskörper; und ſchon darum kann ſie nicht unſelbſtändiger als der Menſch in der Natur aufgehen, weil er ſelbſt zu den Momenten gehört, durch die ſie ſich individuell und ſelbſtändig aus der Natur heraushebt.

Genug von den Einwänden der Idealiſten, die doch ſo wenig idealiſtiſch ſind. Unmöglich freilich, weil unendlich, wäre es, alle vorauszuſehen und zu berückſichtigen die noch von ſolchen erhoben werden könnten, und fruchtlos, weil es ihnen immer möglich ſein wird, irgend welchen Begriff zu einem Einwande zurecht zu legen, und immer freiſtehen wird, ſich um die Darlegung der Sache nicht zu kümmern, oder ſolche für eine petitio principii zu erklären.

Der Materialiſt vermißt natürlich in der Erde wie in der Pflanze das Nervenſyſtem und das Centralorgan zur Seele. Zwar Gehirne und Nervenſyſteme hätte ſie genug, indem ſie unſere eigenen in ſich trägt, aber ſie ſind nicht ſelbſt wieder durch Nervenfaſern verknüpft, und die Materialiſten verlangen natürlich Nervenfaſern dazu. Warum? weil ſie im Menſchen nöthig ſind, die Ganglienkugeln zu Ganglien und die Ganglien ſelber zu verbinden. Im Gegentheile aber, weil die Nervenfaſern dienen, die Ganglienkugeln und Ganglien im Menſchen zu verbinden, ſo werden ſie nicht noch einmal dienen können, die Nervenſyſteme der verſchiedenen Menſchen in einem höheren Geſchöpfe zu einem höheren Geſchöpfe zu verbinden, da man ſonſt nur einen größern Menſchen hätte. Aber, ſagt man, etwas muß dann doch zur Verbindung da ſein, und was wäre es? Nun, können mir die Materialiſten zuvor ſagen, was im Nervenſyſteme ſelbſt das eigentlich Verbindende der Ganglienkugeln iſt? Die Eiweisſtränge als todte können es nicht ſein und ſind es nicht als todte. Es wird, denk' ich, denn wir wiſſen im Grunde darüber Einer ſo viel wie der Andre, dieſelbe Aetherſchwingung ſein, die auch die Sonnen verbindet, und theils frei, theils an die Schwingungen des Wägbaren ſich kettend, mit jedem Blicke, Worte, jeder Begegnung und Handlung zwiſchen Menſchen hin und wieder geht, aus dem einen Nervenſyſteme in das andre die Regung von Empfindung und Gedanken übertragend. Weshalb ſoll ſie zwiſchen den Nervenſyſtemen auf einmal untauglich werden, das in einem größeren Syſteme zu vermitteln und zu tragen, was ſie innerhalb des menſchlichen ſelbſt erfahrungsmäßig vermittelt, trägt, und zwiſchen verſchiedenen menſchlichen Syſtemen überträgt? Iſt ein Menſch weniger beſeelt, wenn er den Rock auszieht, ſich freier zu bewegen? Die Nervenſtränge ſind blos Röcke, die von der beſeelten Schwingung draußen abgelegt werden, um ſich freier zu bewegen. Der Materialiſt verabſcheut faſt nichts mehr als Myſticismus, und iſt der größte Myſtiker, indem er an eine myſtiſche Kraft glaubt, welche die Aetherſchwingung im Menſchen zum Träger bewußter Empfindung befähigt, draußen nicht befähigt.

Unſtreitig freilich vermöchten die Schwingungen, die zwiſchen den Menſchen hin- und wiederlaufen, nichts und bedeuteten nichts ohne die Menſchen, die ſie zum Syſtem verbinden, indem ſie ſelbſt nur mittelſt derſelben zum Syſtem verbunden werden; ſie exiſtirten ſogar nicht, ſo wie ſie exiſtiren, ohne die Menſchen; iſt's aber anders mit den Schwingungen, die zwiſchen den Ganglien hin- und wiederlaufen mögen? und wenn über die Mehrheit dieſer kleinen, zum Syſtem verknüpften, Centra eine einzige Seele greift, warum ſoll zwiſchen die Mehrheit der großen nicht minder durch zwiſchenlaufende Schwingungen verknüpften ein geiſtiger Spalt gehen? Freilich, die Ganglienkugeln liegen feſt und die Menſchen und Thiere ſind beweglich; aber das ſchwächt und lockert nicht, ſondern verſtärkt und vervielfältigt die Verknüpfung.

In alle dem liegt kein Beweis; aber es handelt ſich jetzt nicht um Beweiſe, ſondern erſt um die ſcheinbaren Gegenbeweiſe.

Die ganze Erde iſt überhaupt ein einziges in ſich zuſammenhängendes, vom Aether eben ſo durchdrungenes wie darein getauchtes, geordnetes Syſtem; und alſo hängen auch alle Bewegungen des Aethers darin zu einem geordneten, nur größere Freiheit als in uns geſtattenden Syſteme zuſammen. Die organiſchen Geſchöpfe ſelbſt ſind nur die wichtigſten Knotenpuncte dieſes Zuſammenhanges.

Nun mögen die Materialiſten immerhin Kirche, Staat, Wiſſenſchaft, Kunſt, Handel, Gewerbe für Producte der Materie erklären; aber indem ſie es thun, geſtehen ſie damit ſelbſt zu, daß die menſchlichen Nervenſyſteme materiellerſeits durch etwas und zu etwas verbunden ſind, was Träger oder — wollen ſie ſo lieber — Producent höherer geiſtiger Beziehungen iſt, als im einzelnen Menſchen vorkommen. Wie könnte ſonſt auch nur ein Menſch den anderen verſtehen? Kann aber ein Menſch den anderen durch äußere Vermittelung der Sprache und Schrift verſtehen, warum nicht auch das Weſen, was alle Menſchen mit allen ihren Sprachen und Schriften in Eins begreift, ſie innerlich verſtehen?

Der Materialismus rühmt ſich ſeines feſten ſichern Ganges auf feſtem Boden, und in der That geht er ſtracks und richtig auf dem ebenen Boden fort, bis er an einen Berg kommt; hier aber, ſagt er, iſt die Welt zu Ende.

Er iſt wie die Auſter, welche mit einem Schluck aus dem Meere die Schaale feſt ſchließt, und ſagt, das iſt das Meer.

Aber, kann man der Erde auch das Centralorgan erlaſſen, nachdem wir doch ſonſt ſehen, daß ein Centralorgan bewußten Lebens der Repräſentant der Einheit jeder höheren Seele iſt? Mag das Gehirn dem Polypen fehlen; aber der Käfer hat es ſchon über dem Polypen; Fiſch, Vogel, Hund und Menſch haben nach der Reihe ein immer reicher und mächtiger entwickeltes Gehirn als Unterlage für die wachſende geiſtige Höhe aufzuweiſen. Soll die Erde eine Geiſtesſtufe über allen dieſen Stufen in ſich tragen, ſo wird ſie auch ein mächtigeres, höher entwickeltes Centralorgan als alle aufzuweiſen haben. Und wo wäre doch etwas dem Gehirn überhaupt Vergleichbares in der Erde zu finden?

Sehr leicht, wenn wir nur die Erfüllung derſelben Foderung, die wir eben ſtellten, auch geſtatten, d. h. nicht das Gehirn des Menſchen noch einmal, ſondern die Erweiterung, Steigerung, höhere Ausbildung und Entwickelung deſſen, was wir im Gehirn des Menſchen ſehen, von der Erde verlangen. Ein zu kleines Verlangen vermag ſie nicht zu befriedigen, ſondern nur ein ſehr großes, weil nur dieſes wirklich langt.

Sehen wir uns nur erſt das Gehirn im Menſchen ſelbſt recht an. Das Gehirn iſt auch in uns kein Punct, kein kleiner Raum, vielmehr ein weites Gebiet mit Nerven, Adern, Häuten, nimmt nicht die Mitte, ſondern den Oberraum im Menſchen ein. Es hat ſich nur beim Menſchen verhältnißmäßig mehr als in andern Geſchöpfen der Herd bewußten Lebens in das beſondere Gebiet des Gehirns zuſammengedrängt, indeß im Wurme, im Polypen kaum ein Theil vor dem andern einen Vorzug hat. Nun aber im ſelben Sinne, nur ſtärkerem Verhältniſſe, als in welchem der Menſch den Wurm neben ſich überſteigt, überſteigt die Erde unſagbar den in ihr begriffenen Menſchen, indem das ganze bewußte Leben ſich verhältnißmäßig noch viel enger und ſtrenger in den Oberraum der Erde zuſammengezogen hat. Hier iſt der Spielraum von Kirche, Staat, Wiſſenſchaft, Kunſt, Handel und Gewerbe, und ſelbſt das ganze Sinnesleben der Thiere und Pflanzen hat ſich, ſtatt in dicke Nerven wie bei uns noch in die Tiefe auszuſtralen, in dieſen obern Centralraum mit involvirt. Kein Geſchöpf der Erde iſt in gleichem Grade centraliſirt als die Erde. Will man nun noch nach einem einzigen Mittelpuncte in jenem Raume ſuchen, von dem Alles ausſtralt, nach dem Alles hinſtralt? Man zeige mir ihn zuvor im menſchlichen Gehirne ſelbſt. Ja man zeige nur etwas, was entfernt auf einen ſolchen weiſt.

Die geiſtige Einheit knüpft ſich nun einmal nicht an einen Punct; ſondern der Geiſt iſt ſelbſt das Verknüpfende der körperlichen Vielheit.

Und wenn ein Monadolog die Seele durchaus an einen Punkt knüpfen will, warum ſollte er in größerer Verlegenheit ſein, in der Erde, als im Menſchen ein Pünctchen dazu zu finden, nachdem er es auch hier nur durch ſeinen Scharfſinn und ſeine Hypotheſe ohne einen Anhalt und eine Beſtätigung in der Erfahrung findet*).

Die theologiſche Schwierigkeit endlich anlangend, ſo meine ich, daß dieſelbe ganz einfach auf die Theologie ſelbſt zurückfällt. Der Glaube an die Beſeelung der Geſtirne findet ſich nicht unter ihren Dogmen; warum aber findet er ſich nicht darunter, nachdem doch die Bibel, wie bekannt, an mehr als einer Stelle**) Engel und Geſtirne identificirt. Der Grund iſt freilich klar, der Glaube, daß die Sterne Engel ſind, ſtimmt nicht zum Syſteme der übrigen Glaubensſätze; aber das zeigt eben nur die Schwierigkeit des theologiſchen Syſtems. Nun iſt es nicht ſchön, wenn die Theologie den Stein des Anſtoßes, um den ſie wohl herumzugehen, doch den ſie nicht wegzuräumen vermag, gar aufhebt, um ihn auf eine Anſicht zu werfen, die neben ihr freien Weges geht.

Giebt es Engel, ſo kann für ſie überhaupt gar kein Platz gefunden werden, als entweder auf anderen Geſtirnen, wo ſie aber vielmehr zu Parallelweſen mit uns, als Mittelweſen zwiſchen uns und Gott werden, oder im Himmel, wo man ſie ohnehin von jeher geſucht hat, wo ſie dann aber eben nichts Anderes ſein können, als die Geſtirne. Damit fallen wir nicht in heidniſche Vorſtellungen zurück, aber begegnen uns damit; und da die Identificirung der Engel mit Geſtirnen in der Bibel ſelbſt urſprünglich mit heidniſchen Vorſtellungen zuſammenhängt, ſo iſt das auch theologiſcherſeits von Rechts wegen nicht abzuweiſen. Ja, wenn irgendwie in dieſem Felde auf Unbefangenheit zu rechnen wäre, ſo würde ich meinen, die

---

*) Eine eingehende Erörterung hierüber ſ. im 37. Kap. meiner Pſychophyſik, S. 302 f.

**) S. Zend-Aveſta Th. I. S. 244 ff.

Begegnung eines ſo allgemeinen, ſo ganz naturwüchſigen Glaubens, wie es der heidniſche Glaube an die Gottbeſeeltheit der Geſtirne iſt, mit dem chriſtlichen Engelglauben müſſe etwas wiegen, und einer Anſicht Gewicht ertheilen, die nur den Knoten dieſer Begegnung zieht. Statt deſſen zieht man es vor, den Glauben an die Göttlichkeit der Geſtirne auf eine Verwechſelung von Symbolen geiſtigen Daſeins mit Trägern geiſtigen Daſeins zu ſchieben, und für die Engel den nihiliſtiſchſten Vorſtellungen den Preis zu geben oder auch ſie ſelbſt ganz Preis zu geben. Denn wer glaubt heutzutage noch an Engel? Ja wer kann an Bäume glauben, wenn man den Wald nicht ſehen will, und vielmehr zwiſchen oder über den Bäumen danach ſucht?

Kugliche feſte Engel wollen uns freilich nicht gefallen; aber das Mißliebige iſt nur unſere am Globus erzogene Vorſtellung von der Sache. Ich ging an einem Frühlingsmorgen draußen; die Saaten grünten, die Vögel ſangen, der Thau blitzte, der Rauch ſtieg, hier und da ein Menſch; ein verklärendes Licht lag auf Allem; es war nur ein kleines Stücklein Erde; es war nur ein kleiner Moment ihres Daſeins; und doch, wie ich das mit immer mehr ſich weitendem Blicke auffaßte, ſchien es mir nicht nur ſo ſchön, ſondern ſo wahr und klar, daß es ein Engel iſt, der ſo reich, friſch und blühend und dabei ſo feſt und in ſich einig in dem Himmel geht, ſein lebendiges Antlitz ganz dem Himmel zuwendend und mich ſelbſt mit in dieſem Himmel tragend, daß ich mich fragte, wie ſich die Anſichten der Menſchen je ſo verpuppen konnten, in der Erde nur einen trockenen Klumpen, und die Engel darüber oder daneben in den Leeren des Himmels zu ſuchen, um ſie nirgends zu finden. Doch dieſe Anſchauung heißt Phantaſterei. Die Erde iſt ein Globus, und was ſie ſonſt noch iſt, iſt in den Naturalienkabineten zu finden.

Den Einen dünkt der alte Glaube abgeſtanden; die Andern klammern ſich ſo krampfhaft daran, daß die Hände bluten; denn ſie finden die Handhaben blos noch, indem ſie ſolche mit dem Griffe ſchaffen. Hier giebt es einen Glauben, groß, gewaltig, uralt und heute wieder jung und friſch, mit tauſend von ſelbſt in die Hände fallenden Handhaben. Es gilt blos ein friſches Herz für dieſen Glauben aufzuthun, mit einer friſchen Hand ſeine Handhaben zu faſſen. Aber jenen iſt mit dem Glauben auch die Kraft zum Glauben abgeſtanden, und dieſe ſehen in den Wundenmalen ihrer Hände die Zeugen der Wahrheit ihres Glaubens ſelbſt.

Daß unſer Inbegriffenſein in einem Geiſt der Erde eine Scheidewand zwiſchen uns und Gott errichte, iſt ſo untriftig, als daß das Zimmer eine Scheide zwiſchen mir und dem Hauſe, worin ich wohne, bilde. Iſt die Erde Gottes, ſo ſind wir Gottes, indem wir der Erde ſind. Es iſt nur das Inbegriffenſein unſerer Individualität in einer höheren Individualität, die endlich in Gott inbegriffen iſt, ein Grund mehr, daß wir von keinem gleichgültigen Aufgeben unſerer ſelbſt in Gott ſprechen können.

Nach ſo verſchiedenen Einwänden von ſo verſchiedenen Seiten bleibt als der ſcheinbar wichtigſte noch einer übrig, in welchem zuletzt die Gegner von allen Seiten zuſammentreffen mögen, der Einwand, daß man die Sache, um die ſich's handelt, nicht brauche, weil es genüge, das Wort dafür zu brauchen. Und ſo entgeiſtet man mit dem Worte des Geiſtes den Geiſt, tödtet mit dem Worte des Lebens das Leben. In der That, gern geſteht man der Menſchheit oder auch dem ganzen ſie einſchließenden irdiſchen Reiche einen Geiſt, ein ideelles Princip oder eine darin waltende und ſchaffende Idee, Organiſation und Leben, nur mit alle dem kein, über das Bewußtſein der Geiſter, die an Theile der Erde geknüpft ſind, übergreifendes, den Organismus beherrſchendes und belebendes, Bewußtſein zu. Am liebſten des Wortes Geiſt bedienen ſich die Idealiſten, des Wortes Leben die Materialiſten, des Wortes Idee jeder, dem das ſchöne Wort gefällt. Und es iſt Alles eins, die Eierſchaale für das Ei, der Titel ohne die Mittel.

Der Geiſt, nach dem wir allein den Begriff des Geiſtes bilden konnten, der unſre, verknüpft jedenfalls ſeine Bewußtſeinsmomente in einer höhern übergreifenden Bewußtſeinseinheit, nicht einer unbewußten oder nur für die einzelnen Momente bewußten Einheit; und nur in ſofern heißt er Geiſt und ſie Momente eines Geiſtes. Nun ſind unſtreitig unſre Geiſter in höherem Sinne bewußt, als die Momente unſerer Geiſter; aber ſtatt daraus zu ſchließen, daß der, unſere Geiſter verknüpfende, ſolche als Momente in ſich tragende, Geiſt, von dem man ſpricht, abermals in höherem Sinne bewußt ſein müſſe, als dieſe ſeine bewußten Momente, um von ihm als Geiſt und von ihnen als Momenten eines Geiſtes ſprechen zu können, meint man, ihm ſogar ein entſprechendes Bewußtſein, wie es unſer Geiſt hat, ganz erlaſſen zu können, und ſchon damit, daß man der unbewußten Verknüpfung bewußter Geiſter oder dem wechſelſeitigen Zuſpiegeln ihres Bewußtſeins, oder einer Idee ihrer Verknüpfung, um die Niemand als die Einzelgeiſter wiſſen, doch den Namen Geiſt, und der Verkettung irdiſcher körperlicher Thätigkeiten den Namen Leben zutheilt, die erhabenſte Anſicht aufgeſtellt zu haben.

Ein ſolcher Geiſt iſt aber nur eine Sammlung oder Verklammerung der Kreiſe, ſtatt des Kreiſes um die

Kreiſe; ein ſolches Leben nur ein anderer Name für den Tod deſſen, worin wir leben.

Sei's, daß die Erde von Anfang an in unbewußtem Schlummer lag, und alle Geiſter erſt aus dem Unbewußtſein in ihr erwachten. Erwacht doch wirklich jeder Menſch in ſolcher Weiſe; tauſend Empfindungen werden beim Erwachen durch die Welt — oder ſage lieber den, den ſeinen umfaſſenden, Geiſt der Welt — von außen in ſein Bewußtſein eingeboren, ſtatt daraus geboren zu werden; doch gäb' es keinen Menſchengeiſt, wenn ſie nicht in ein einheitliches, ſie alle übergreifendes, Bewußtſein hineingeboren würden, und dieſes nicht aus dem Hineingeborenen Neues und Eigenes wieder zu erzeugen wüßte. Die Geiſter der Erde aber ſollen in einem Geiſte der Erde erwachen, der ewig ſchläft.

Wir ſprechen ferner zwar vom Leben eines Embryo und Schlafenden, in denen das Bewußtſein ſchläft; doch nur, weil jener beſtimmt iſt, dereinſt zum Bewußtſein zu erwachen, dieſer, immer neu dazu zu erwachen, die Erde aber ſoll leben ohne Ausſicht zum Erwachen.

Ein Andres wäre es, wenn man gar keinen Anlaß hätte, von einem Geiſt, ideellen Princip, Leben der Erde oder der Menſchheit als eines Ganzen, was ſie nur mittelſt der Erde iſt, zu ſprechen. Daß aber die Gegner aller Klaſſen ſich gedrungen fühlen, irgendwelches Wort für die Sache zuzugeſtehen, ja zu gebrauchen, die ſie beſtreiten, iſt nur ſo zu deuten, daß die Sache mit ihren eigenen Worten gegen ſie ſtreitet.

Wohl Manche mögen auch der Erde wirklich Bewußtſein zugeſtehen; aber nur ein in Gott aufgehendes Bewußtſein, nicht eine, individuell gegen andre abgeſchloſſene, Sphäre des Bewußtſeins, wie es die menſchliche gegen die menſchliche Seele iſt. Nun aber ſteht die Erde ſichtlich in jeder Hinſicht reiner in ſich geſchloſſen den andern Weltkörpern gegenüber, als der, mit den andern Menſchen in ihre Stoffe ganz eingewebte, Menſch den andern Menſchen, und von den ſichtlichen Zeichen ihrer tiefergehenden Individualiſirung, zugleich denen einer höheren Individualität, ward ſchon geſprochen (S. 164). Woraus ſoll dann zu ſchließen ſein, daß die Erde geiſtigerſeits in Widerſpruch mit all' dem Sichtlichen tritt, aus dem doch erſt auf das unſichtlich Geiſtige in ihr zu ſchließen iſt?

Woraus? — Man kennt das berüchtigte Wort eines berüchtigten Politikers, daß die Sprache des Menſchen das Mittel ſei, ſeine Gedanken zu verſtecken. Offenbar traut man dieſelbe Sprache der Welt zu und nimmt deshalb das Gegentheil von dem an, was ſie ſpricht. Nur daß dieſe Gegenpolitik gegen eine Politik der Welt, die nicht beſteht, ſo wenig Beſtand haben kann, als jene Politik, aus der das Wort, welches die Läſterung des Wortes iſt, gefloſſen.

Glaubt man wirklich — was man freilich, wie Alles in dieſen Dingen, nur ſo lange glaubt, als das Wort nicht die Sache oder als es das Gegentheil der Sache bedeuten ſoll — daß Gott in ſeiner Welt allgegenwärtig iſt und waltet, ſo wird man auch zu glauben haben, daß er in die Erde mit ſeinem Weſen und Wirken in anderer Weiſe als in jede andre Weltſphäre eingehe, und, nachdem der Menſch an ſeinem eigenen Leibe und ſeiner Seele das Beiſpiel hat, wie Gott in Theilen ſeiner Welt individuell leben, weben und wirken kann, auch die Zeichen der höheren Individualität zu erkennen und anzuerkennen wiſſen, ſtatt daß man jetzt alles Mögliche thut, ſie zu verkennen.

Noch Andere mögen von einem niedrigeren Standpunct der Betrachtung aus ſich die Erde mit ihren Menſchen, Thieren, Pflanzen wie einen Polypen vorſtellen, der dieſe Glieder treibt, ohne daß ſie ſich viel um einander kümmern, und alſo höchſtens eine Seele von der Stufe der Polypenſeele in der Erde zulaſſen, oder, da ihre Menſchen, Thiere, Pflanzen doch nicht ſo zuſammenhängen, wie die Glieder des Polypen, dann gleich lieber keine.

Aber die Erde ſtreckt ihre Menſchen, Thiere, Pflanzen nicht gleichgültig gegen einander in den Himmel, wie der Polyp ſeine Glieder; vielmehr beſteht im wechſelſeitigen Verkehr derſelben ein höheres, das der Einzelnen verbindendes und über das der Einzelnen hinausgreifendes, Leben, wie es nicht zwiſchen den Gliedern des Polypen beſteht; ſie trägt nicht blos gleichförmige und gleichartige Organe an ſich, wie der Polyp, ſondern eine Mannichfaltigkeit und Abſtufung von Organismen; und dieſe hängen nicht weniger feſt unter einander zuſammen, als die Glieder des Polypen, ſondern feſter; denn die Glieder des Polypen kann man von einander trennen, nicht Menſchen, Thiere, Pflanzen von einander, weil nicht vom gemeinſamen Stamme der Erde. Und endlich kann die Seele der Erde nicht blos eine ſolche von der Stufe der Polypenſeele ſein, weil die Höhe der pſychiſchen Einheit von dem abhängt, was ſie unter ſich hat und in ſich abſchließt; das ſind beim Polypen blos ſinnliche Empfindungen und Triebe; bei der Erde die ganze Entwickelung und der ganze Verkehr der irdiſchen Geiſter.

Auch möchte man im Sinne eines früheren Vergleiches — wenn ſchon ſolche Vergleiche überhaupt immer nur theilweiſe treffen können — die Menſchen, Thiere, Pflanzen triftiger als Mittelpuncte und Mittelglieder eines analogen Verkehres im Oberraum der Erde, wie er in unſerem Haupte ſtatt findet, betrachten, als ſie mit den großen äußern Gliedern eines Menſchen oder Thieres zu vergleichen, wiewohl nach andrer Hinſicht auch dieſer Vergleich ſein Triftiges behält; es gilt eben nur immer, das Gleiche zu vergleichen. Erſcheint doch auch unſer Gehirn weſentlichſt nur wie eine in der Schädelkapſel eng zuſammengefaltete Haut, und beträgt an Maſſe wenig gegen die Maſſe des ganzen Menſchen. Nun iſt der Hauptunterſchied der Erde von dem Menſchen nach dieſer Seite nur der, daß das entſprechende Organ der Erde, ſtatt in der Schädelkapſel der Erde faltig eingeſchloſſen zu ſein, darüber ausgebreitet und dadurch offen gegen denſelben Himmel iſt, dem unſer Gehin in und mit ſeiner Kapſel nur zugewandt iſt, und daß ſeine ganze Ausbreitung, beſtehend in Luft und Meer, fruchtbarem Erdreich, Wäldern, Feldern, Städten, Dörfern, Straßen, Flüſſen, Poſten, Schiffen, Briefen, Telegraphen, Büchern, Geld, Menſchen, Thieren, Pflanzen, verhältnißmäßig noch viel weniger beträgt gegen die Maſſe der ganzen Erde, als die des Gehirns gegen die des ganzen Menſchen, indeß ſie eben ſo der Spielraum eines bewußten Verkehrs iſt, der ſeinen Unterbau und Halt erſt im Zuſammenhange des Ganzen gewinnt. Denn nimm das Innere aus der Erde, und Alles fällt zuſammen und fällt auseinander, wie wenn du aus dem Menſchen das ganze Eingeweide nimmſt; du nimmſt damit nicht blos die feſtigende und füllende Maſſe, du nimmſt auch die Schwere, die Alles um den Mittelpunct der Erde einigt, der Pflanzenwurzel und den Flüſſen die Richtung giebt, den Städten und dem Menſchenfuße Stand und Halt giebt, aus der Erde.

Inzwiſchen kann ein blos einſeitiges und zu weites Ausſpinnen ſolcher Vergleiche nur zu eben ſo großen Untriftigkeiten führen, als die ſind, welche wir bekämpfen. Ich habe vielmehr früherhin gezeigt (Zend-Aveſta, Kap. 3

und 15), wie Vergleiche der Erde mit dem Menſchen nach den verſchiedenſten Richtungen bis zu gewiſſen Grenzen durchgeführt werden können, ohne ſich im Factiſchen zu widerſprechen, und doch nie ganz durchgeführt werden können, weil die Erde nicht das Gleiche, ſondern das Weitere, Höhere und Verknüpfende ihrer Organismen iſt.

Die bisherigen Schwierigkeiten lagen an der Oberfläche; mit wenigen leichten Strichen ſind ſie hinweggewiſcht, wenn ſchon ich mir nicht einbilde, damit den Mohren der Meinung zum Weißen machen oder gar dahin bringen zu können, daß er aus der alten Haut ausfahre. Manche Einwände drängen ſich bei tieferem Eingehen auf und ſind dann nur durch noch tieferes Eingehen zu heben. Ja von allen Seiten erheben ſich unüberſteigliche Schwierigkeiten, wenn man das Princip der Erweiterung und Steigerung, was uns die erſten Schwierigkeiten überſteigen ließ, im Verfolg dahinten läßt, und die engen Geſichtspuncte und Maße der menſchlichen Phyſiologie und Pſychologie in die des höhern Weſens unmittelbar übertragen will, ſtatt blos den Anhalt und Ausgang der Erweiterung und Steigerung darin zu ſehen.

In Rom herrſcht der Pabſt, in Conſtantinopel der Sultan, in Tibet der Dalai Lama. Ein Glaube verflucht den andern. Hegel und Herbart, was ſind das für Widerſprüche! Allenthalben Krieg der Völker. Könnte dergleichen in einer einheitlichen menſchlichen Seele zuſammen beſtehen?

Gewiß nicht in einer menſchlichen. Aber nachdem die menſchliche Seele ſelbſt beweiſt, daß widerſtreitende Empfindungen, Gefühle, Vorſtellungen, Beſtrebungen in einer durch eine Bewußtſeinseinheit abgeſchloſſenen Seele Platz finden können, iſt kein Hinderniß zu glauben, daß in einer Seele über der menſchlichen auch alle Widerſprüche zwiſchen menſchlichen Seelen Platz finden können.

Die Widerſprüche, welche in unſrer Seele noch unausgeglichen beſtehen, ſind nicht durch unſern Willen in unſere Seele gekommen, regen vielmehr ihren Willen an, ſie auszugleichen, zu verſöhnen; und wenn ſchon es oft lange, in dieſem Leben wohl gar nicht, gelingt, ſo hat doch der Menſch nicht eher Frieden, als bis es gelungen iſt.

So wird auch aller Widerſpruch, der zwiſchen den Menſchenſeelen beſteht, nicht aus dem Willen des höhern Geiſtes kommen, ſondern im ſelben Sinne ein Unwillkührliches für ihn ſein, als wir es früher in Bezug auf Gott erläutert. Aber er wird den Willen des höhern Geiſtes anregen, ihn zu heben. Es wird, nach Maßgabe als die Widerſprüche größer, gewaltiger ſind und tiefer gehen, auch längerer Zeit bedürfen, ſie zu heben; doch wird der Geiſt der Erde auch nicht eher Frieden haben, bis ſie gehoben ſind. Und wohl erkennen wir die Richtung dazu. Religion, Wiſſenſchaft, Politik zeigen deutlich die Tendenz zu einer immer einheitlicheren und einſtimmigeren Faſſung.

In die Region, wo das Bewußtſein dieſes einheitlichen Strebens iſt, können wir nicht dringen, aber es kann und ſollte uns auch genügen, die Zeichen ſolchen Strebens wahrzunehmen.

In gewiſſem Sinne kann die Pſychologie des Geiſtes über uns ſo gut als eine Erfahrungslehre gefaßt werden, wie unſere eigene, nachdem unſere eigenen Geiſter Theilweſen und der äußere Verkehr unſerer Geiſter ein Theil des inneren Verkehrs des höhern Geiſtes iſt. Statt zu fragen, wie kann es zugehen in einer ſo großen Seele? ſehen wir zu, wie geht es wirklich zu in dieſer großen Seele, ſo erfahren wir eben damit, wie es zugehen kann in ſolchen großen Seelen. Da mögen wir Vieles anders ſehen, als wir's zuvor in unſerer kleinen Seele dachten; doch, nachdem wir es geſehen, berichtigen und erweitern wir danach den Gedanken.

Doch dürfen wir auch mit dem, was wir unmittelbar ſehen können, nicht das ganze Reich des Geiſtes über uns abgeſchloſſen halten. Wer blos die im Dieſſeits wandelnden und weidenden Geſchlechter der Menſchen und Thiere in's Auge faßt, der ſieht wohl die Augen und Ohren, mit denen der höhere Geiſt in's Innere und Tiefe ſchöpft, und die er ſelbſt wieder aus dem Inneren begeiſtet, doch nicht das tiefe innerlichſte Leben des höheren Geiſtes ſelbſt. Es ſchließt ſich über unſerm Dieſſeits ab, wie das in ſich zuſammenhängende Reich unſerer Erinnerungen und Gedanken über dem unſerer Anſchauungen. Hierüber aber weiſ' ich auf den dritten Theil des Zend-Aveſta, der dieſem Gegenſtande allein gewidmet iſt.

Die poſitiven Gründe.

Die Steine ſind weggeräumt, und die Pflugſchaar kann nun anfangen einzuſchneiden.

Bisher galt es Geduld, jetzt gilt es Schärfe, ſo weit ſie überhaupt den Argumenten des Glaubens zuſteht.

Wie hoch auch die Seele der Geſtirne über der Pflanzenſeele ſteht, treten doch beide unter denſelben Begriff der Seele, und die allgemeinen Gründe für der einen und der andern Daſein ſind dieſelben. Sie wenden ſich nur anders für die eine und die andere, und ihr Gewichtsverhältniß im Beſondern iſt ein anderes.

So laſſen ſich zuvörderſt alle, im Argument der Analogie oder Aehnlichkeit bei der Pflanze geltend gemachten Geſichtspuncte wörtlich in Bezug auf die Erde wiederholen, und alle darauf geſtützten allgemeinen Zeichen der Seelenanlage nur in höherem und ſtrengern Sinne bei ihr wiederfinden.

Denn, iſt nicht auch die Erde, eben ſo wie unſer Leib und zugleich der Thier- und Pflanzenleib, ein in Form und Inhalt einheitlich gebundenes, individual abgeſchloſſenes, ähnlichen, doch nicht gleichen, Syſtemen relativ ſelbſtändig gegenüberſtehendes, unter Anregung und Mitbeſtimmtheit von Außen ſich von Innen heraus beſtimmendes und entfaltendes, eine unerſchöpfliche Mannichfaltigkeit von gewiſſer Seite geſetzlich beſtimmter, von andrer Seite unberechenbar neuer Wirkungen aus eigener Fülle und Schöpferkraft gebärendes, Verhältniſſe der Neben-, Ueber- und Unterordnung einſchließendes, bei continuirlicher Fortentwickelung in einem periodiſchen Ablaufe und einem Steigen und Fallen der Thätigkeit begriffenes Weſen.

In allen dieſen Zeichen, worin ein Körper einer Seele zu gleichen vermag, die unſer eigener Körper mit ſeiner Seele hat und verliert, ſteht die Erde nicht unter, ſondern über ihren Menſchen, Thieren, Pflanzen, hat Alles nur in unſagbarer Erweiterung und Steigerung.

Nun mögen alle dieſe Zeichen hier wie bei der Pflanze, weil auch bei dem Menſchen, noch keine wirklich wache Seele, ſondern erſt die Anlage zu einer wachen Seele, die weſentlichen Vor- und Mitbedingungen zum Wachſein, bedeuten. Die Zeichen des Erwachens und des Wachſeins aber, wodurch das Argument ſich erſt noch zu erfüllen und hiemit das Symbol der Seele zu füllen hat, hat man bei der Erde ſogar viel directer als bei der Pflanze, im Erwachen und Wachſein aller irdiſchen Geſchöpfe ſelbſt. Denn, wenn ein Menſch nicht ſchlafend heißen kann, in dem Auge und Ohr wachen, ſo nicht die Erde, in der tauſend und abertauſend Augen und Ohren wachen, der ganze menſchliche und thieriſche Verkehr wacht. Bei der Pflanze konnten wir das Wachſein nur durch Analogie erſchließen; bei der Erde aber haben wir Antheil am Wachſein und hiemit auch einen Antheil an der unmittelbaren Erfahrung dieſes Wachſeins ſelbſt. Nichts fehlt uns, als die unmittelbare Erfahrung auch der Abſchließung dieſes ganzen wachen Seeleninhalts und Seelenlebens in einer entſprechenden Einheit, als in der wir unſern Seeleninhalt, unſer Seelenleben abgeſchloſſen fühlen. Dieſe Erfahrung können wir nicht haben, aber auch nicht fodern, weil dieſer Abſchluß über dem unſern iſt; wir müßten die ganze Seele der Erde ſelbſt haben, um ihren einheitlichen Abſchluß in uns zu haben, ſtatt daß wir nur einen Theil ihres Inhalts als kleinern Kreis in ihrem größern Kreiſe abſchließen. Hiegegen ſind in den allgemeinen Zeichen der Seelenanlage, womit die Erde nicht nur mit uns übereinſtimmt, ſondern uns überbietet, auch die Zeichen einer entſprechenden Einheit der Seele mit enthalten, und die directe Erfahrung des Erwachens und Wachſeins der unſern in der ihren dient nur, den Schluß auf eine, nicht blos auf das Erwachen angelegte, ſondern wirklich wache, Seele zu vollenden.

Auch ſehen wir, wohin wir immer den Blick in's Sichtliche richten, wie die Erde den Abſchluß unſeres eigenen leiblichen Syſtems durch einen höheren und reineren Abſchluß überbietet; das Sichtliche aber muß uns als Zeichen des Nichtſichtlichen gelten.

In Menſch und Thier und Pflanze iſt jeder Theil zweckmäßig in ſich geordnet; doch dieſe Zweckmäßigkeit beſteht nur in ſofern, als er zugleich mit andern Theilen zweckmäßig eingeht in das größere, zweckvoll verknüpfte Ganze des ganzen Geſchöpfes, das alle Theile und Syſteme im Zuſammenhange in ſich geſchöpft hat. Das ganze Menſchen- und Thier- und Pflanzenreich aber ſind ſelbſt wieder nur Syſteme, zweckmäßig geordnet, ſofern ſie mit einander und mit den Syſtemen von Erdreich, Waſſer, Luft zweckmäßig eingehen in das größere zweckvoll verknüpfte Ganze der Erde, das alle Geſchöpfe und Syſteme im Zuſammenhange in ſich geſchöpft hat.

Die Geſchöpfe der Erde ſtehen nur in äußeren Zweckbeziehungen zu einander; für die Erde ſind alle dieſe Zweckbeziehungen innere und in ihr abgeſchloſſen.

Die einzelnen irdiſchen Geſchöpfe vergehen, die einzelnen irdiſchen Schöpfungen vergehen, eine nach der andern; der Zweck macht ſie nicht haltbar; nur die Erde beſteht als ewiger Quell aller dieſer Geſchöpfe und der Schöpfungen, und der Wechſel, der die einen um die anderen vernichtet, gehört zur Fülle des in ihr beſchloſſenen Lebens.

In Menſchen und Thieren giebt es einen Kreislauf der Stoffe, der kleinere Schlingen von ſich abzweigt, die wieder kleinere von ſich abzweigen; aber alle Kreisläufe der Stoffe in Menſchen und in Thieren ſind ſelbſt nur abgezweigte Schlingen von dem größeren allgemeinen Kreislaufe der Stoffe zwiſchen organiſchem und unorganiſchem Reiche der Erde. In der Erde aber kreiſen alle Stoffe rein für ſich ſelbſt; ſie giebt nichts ab und empfängt nichts, außer das Licht und die Wärme des Himmels. Sie erſt, nicht der Menſch, iſt ein in ſich abgeſchloſſenes Weſen, und kreiſt rein um ſich in ſich und ſchließt alle Kreisläufe der Menſchen und Thiere in ſich. Auch ihr Abſchluß iſt nur relativ; doch auf der Stufe der Weſen ſteht die Erde darin unſagbar über dem Menſchen, den ſie einſchließt.

Die Hand das Menſchen iſt an ſeinem Arm beweglich, der Arm des Menſchen iſt noch freier an ſeinem Rumpf beweglich; der ganze Menſch iſt noch freier an der Erde beweglich; und doch noch ganz eben ſo feſt oder vielmehr noch feſter an ſie gebunden, und mit ſeiner Sohle an ſie angepaßt.

Erſt das Ganze aus Menſch und Erde iſt an nichts mehr gebunden; ſchwebt ganz frei im Himmel, und nur ein immaterielles Geſetz bindet den Gang der Erde und darf ihn binden, weil alle Freiheit in derſelben iſt.

Wie Vieles habe ich noch in meiner frühern Schrift im ſelben Sinne ausgeführt!

Als Argument der Ergänzung läßt ſich geltend machen, daß, nachdem alle Elemente ihre Geſchöpfe haben, die auf das Leben darin eingerichtet ſind, der Aether keine hat, wenn es nicht die Geſtirne ſind, die aber in der That ganz auf das Leben darin eingerichtet ſind. (Das Weitere im Zend-Aveſta I. S. 234 ff.)

Das Argument der Abſtufung kann je nach ſeiner Wendung die Seele der Geſtirne als Zwiſchenſtufe zwiſchen uns und Gott oder als Fortſetzung eines Stufenbaues in uns oder endlich durch Vergleichung der innern und der äußern Stufenleiter der Geſchöpfe finden laſſen.

1) Die Erde bildet körperlicherſeits eine individuelle Zwiſchenſtufe zwiſchen dem Menſchenleibe und der Welt, ſofern ſie den Menſchenleib theilhaft inbegreift, von der Welt theilhaft begriffen wird, und ſich andern Weltkörpern noch individueller gegenüberſtellt, als ein Menſch dem andern. Sofern nun die obere und untere dieſer Körperſtufen die geiſtige, die ſie ſpiegelt, auch trägt, ſo iſt zu ſchließen, daß nicht minder die körperliche Zwiſchen-

ufe die geiſtige, die ſie ſpiegelt, auch trägt, und daß onach der Erde eine geiſtige Zwiſchenſtufe zwiſchen dem Geiſte, welcher dem Menſchenleibe und dem Geiſte, welcher der Welt zugehört, zugehören wird.

Daß die Erde eine individuelle Geiſtesſtufe *ſpiegelt*, iſt aus dem Argumente der Aehnlichkeit in dieſes mit hinüberzunehmen, das ſolchergeſtalt nur verſtärkend zu jenem hinzutritt. Jenes zog den Schluß, daß die Erde das geiſtige Daſein, was ſie ſpiegelt, auch wirklich trägt, daraus, daß ſie es in denſelben weſentlichen Zeichen ſpiegelt, in denen der Menſchenleib das von ihm getragene Seelendaſein ſpiegelt; das jetzige verſtärkt den Schluß dadurch, daß die Erde in dem Seelendaſein, was ſie ſpiegelt, eine individuelle Zwiſchenſtufe zwiſchen einer niedern und höhern Seelenſtufe ſpiegelt, und dieſe auch von den Körperſtufen, von denen ſie geſpiegelt ſind, getragen werden.

Dieſem Schluſſe kommt das Bedürfniß entgegen, welches die Menſchen von jeher empfunden haben, individuelle Mittelweſen zwiſchen dem Menſchen und Gott anzunehmen und damit den Himmel zu bevölkern.

Kurz: wenn von den Körperſtufen A, C die Geiſtesſtufen a, c zugleich geſpiegelt und getragen werden, ſo werden wir anzunehmen haben, daß die körperliche Zwiſchenſtufe B, welche ein geiſtiges b ſpiegelt, ſolches auch trägt.

Bei dieſer Wendung des Argumentes wird ein Gott zur Welt ſchon vorausgeſetzt — und wie viele Gründe haben wir doch, einen ſolchen ſchon vorauszuſetzen; — der Geiſt der Erde tritt hier nur in die ungeheure Lücke, die ſonſt zwiſchen dem Menſchengeiſt und göttlichen Geiſt bliebe, vermittelnd ein. Will man, ſo kann man ihn dabei ſo hoch über der Erde, als Gott über der Welt erhaben denken, nur daß man im ſelben Sinne dann auch des Menſchen Geiſt über ſeinen Leib erhaben zu denken hat. — Bei der folgenden Faſſung des Argumentes von einer tiefern Stufe anhebend finden wir vielmehr den Geiſt der Erde als Stufe zu Gott.

2) Die verſchiedenen Sinnesorgane im Menſchen, Auge, Ohr, Naſe, Zunge, Hand ſtehen ſich individuell nach Seiten ihres körperlichen Baues wie der Weiſe ihres Empfindens gegenüber; die verſchiedenen Menſchen, Thiere, Pflanzen ſtehen ſich individuell nach Seiten ihres körperlichen Baues wie der Weiſe ihres, das ſinnliche einſchließenden, geiſtigen Lebens gegenüber, die verſchiedenen Weltkörper ſtehen ſich individuell nach Seiten ihres körperlichen Baues gegenüber, und da ſie eben ſo körperlich ihre Menſchen, Thiere, Pflanzen, als dieſe wieder ihre Augen, Ohren u. ſ. w. umfaſſen, und die Menſchen, Thiere, Pflanzen ihre Sinnesſphären nicht blos körperlich, ſondern auch geiſtig mit einer höhern und weiteren Sphäre umfaſſen, iſt daſſelbe von den Himmelskörpern bezüglich der von ihnen eingeſchloſſenen, dieſe Sinnesſphären umſchließenden, Sphären vorauszuſetzen.

Kurz: wenn wir von den ſich umſchließenden körperlichen Kreisſtufen A, B die ſich umſchließenden geiſtigen a, b nach Beobachtung nicht nur geſpiegelt, ſondern auch getragen finden, ſo können wir ſchließen, daß die dritte umſchließende körperliche Kreisſtufe C auch die umſchließende geiſtige c trägt, die ſie ſpiegelt.

3) Die innere Stufenleiter von Auge, Menſch, Erde, Welt, wo jede höhere Stufe die niedere einſchließt, iſt unſtreitig eine ſehr andere, als die äußere von Pflanze, Thier, Menſch, wo das Niedrigere neben dem Höheren ſteht; doch würde man nicht den gleichen Geſichtspunct einer Höhen-Abſtufung für beide verwenden können, wenn

nicht in beiden ſich etwas in dieſer Hinſicht gliche; und hieran knüpft ſich die dritte Wendung unſeres Argumentes.

Was iſt es, wodurch der Menſch und die höher ſtehenden Thiere ſich von den neben- doch niedriger ſtehenden Geſchöpfen nach Seiten der Organiſation auszeichnen? Die größere Zahl ungleichartiger Organe, die weitergetriebene Gliederung und Untergliederung, der geſchloſſene Kreislauf mit mehr Verſchlingungen und Schlingen und Unterſchlingen; die verwickeltere Periodicität mit mehrerlei Perioden und Unterperioden, die entſchiedenere Centraliſation nicht in einem Puncte, ſondern in einem Gebiete von centraler Bedeutung (vergl. S. 167).

Mit der Entwicklung und Steigerung dieſer körperlichen Zeichen im Zuſammenhange aber ſehen wir zugleich die geiſtige Entwicklung und Höhe ſich ſteigern.

Die Erde aber überbietet in allen dieſen Zeichen unvergleichlich alle irdiſchen Geſchöpfe, ſofern dieſe ſelbſt zur Menge der ungleichartigen Organe und abgeſtuften Gliederung, ſo wie durch ihre Kreisläufe und Perioden zu den Verſchlingungen und Verwicklungen ihres Lebens beitragen, ſofern der Oberraum der Erde, als Schauplatz alles organiſchen Lebens und des menſchlichen Wirkens einen weit concentrirteren und in höherem Sinne bedeutungsvollen Herd eines großartigern und freiern Wirkens darſtellt, als das Gehirn für einen Menſchen.

Kurz: wenn wir zwei aufſteigende körperliche Stufenleitern A, B, C (Pflanze, Thier, Menſch) und A', B', C' (Auge, Menſch, Erde) haben, und wenn die erſte eine geiſtige Stufenleiter a, b, c nicht nur ſpiegelt, ſondern auch trägt, die zweite aber mit der erſten in den Verhältniſſen des Spiegelns der geiſtigen Höhe übereinſtimmt, ſo dürfen wir ſchließen, daß ſie auch in den Verhältniſſen des Tragens damit übereinſtimmt, alſo eine geiſtige Stufenleiter a', b', c' trägt, nachdem die Stufen a', b' ſchon durch Beobachtung gegeben, und nur die dritte c' noch durch Schluß zu finden iſt, die aber auch hiemit als gefunden anzuſehen iſt.

Als Argument des *Zuſammenhanges* läßt ſich geltend machen, daß die Mittel, wodurch die Menſchen zur Menſchheit verknüpft, geiſtige Beziehungen zwiſchen ihnen hergeſtellt werden; Schall, Licht, Straßen, Verkehrsmittel u. ſ. w. ſämmtlich phyſiſcher Natur ſind, wodurch vielmehr eine Scheide zwiſchen Geiſtern geſetzt als ein Band geknüpft werden müßte, wenn ſie ſich nicht als Beſtandtheile eines im Ganzen beſeelten Weſens faſſen ließen; wie ja auch die phyſiſche Verbindung der Organe, an welche ſich in uns Geſicht, Gehör u. ſ. w. knüpfen, nur in ſofern eine geiſtige Verknüpfung dazwiſchen vermitteln, als ſie mit ihnen in einen im Ganzen beſeelten Zuſammenhang eingeht. Können wir alſo auch die höhere Einheit über unſern Geiſtern nicht unmittelbar beobachten, ſo doch eine Verknüpfung, welche dieſe Einheit vorausſetzt.

Auch können alle erfahrungsmäßigen Beziehungen, welche die Philoſophen veranlaßt haben, von einem Geiſte der Menſchheit zu ſprechen, und womit ſie uns erſparen, noch einmal davon zu ſprechen, nur um ſo triftiger für einen Geiſt der Erde geltend gemacht werden, der die Geiſter aller Menſchen mit denen aller andern irdiſchen Geſchöpfe zugleich einheitlich verknüpft, da die Menſchen nicht für ſich, ſondern nur durch den Zuſammenhang der Erde, der alle andern Geſchöpfe zugleich inbegreift, zuſammenhängen, und unter der Stufe der Menſchengeiſter im höhern Geiſte es noch niederer Stufen bedarf, die wir in den Thier- und Pflanzenſeelen finden können, ſofern auch unſer Geiſt nicht blos eine unbewußte Summe gleichartiger bewußter Me-

mente, ſondern eine höher bewußte einheitliche Verknüpfung ſolcher von höherer und tieferer Bewußtſeinsſtufe iſt.

Aus noch anderem Geſichtspuncte läßt ſich geltend machen, daß zwiſchen den Seelenreichen der verſchiedenen Geſtirne kein Zuſammenhang wäre, wenn nicht die Geſtirne noch über den Einzelſeelen ihrer Geſchöpfe Seelen hätten, denen wir einen ſolchen Verkehr zutrauen dürften. Wir ſprechen mit einander durch die Schwingungen der Luft, in der wir leben; die höhern Geſchöpfe werden mit einander durch die Schwingungen des Aethers ſprechen, in dem ſie leben. (Vergl. Zend-Aveſta I. S. 166. 175. 176. II. 216 ff. 233 ff.) Nun iſt zwar die Forderung eines ſolchen höheren Zuſammenhanges kein Beweis dafür; aber die Befriedigung derſelben macht das Reſultat der Beweiſe ſelbſt befriedigender.

Das Argument der Cauſalität fußt darauf, daß, ſo weit Erfahrung reicht, Beſeeltes nicht aus Unbeſeeltem entſtehen kann; wir die Beſeelten aber ſammt allen beſeelten Thieren uns als Erzeugniſſe des irdiſchen Syſtems zu betrachten haben. Man kann dann die doppelte Möglichkeit ſtellen, daß die Erde mit der Entſtehung organiſcher Geſchöpfe zuerſt erwacht iſt, während ſie vorher in embryoniſchem Schlummer lag, oder auch, daß die Entſtehung der organiſchen Geſchöpfe ſelbſt ſchon in die innern Productionen ihres wachen Lebens fällt. Hierüber iſt nicht nöthig, ſich zu entſcheiden, wenn es ſich überhaupt nur erſt darum handelt, ob die Erde jetzt im Zuſtande wacher Beſeelung iſt. (Ausführung dieſes Argumentes in Zend-Aveſta I. S. 226 ff.)

Das teleologiſche Argument kann wie bei der Pflanzenſeele als eine Abzweigung des Arguments der Aehnlichkeit betrachtet werden.

Wir finden, nur in viel höherm Sinne und größartigerem Maßſtabe, für die Erhaltung und Fortentwicklung der Erde und des ganzen irdiſchen Haushalts eben ſo in ſich zuſammenſtimmende Zweckrückſichten genommen, als zur Erhaltung und Fortentwicklung unſeres Leibes und ſeines innern Haushalts mit Bezug auf das Daſein unſerer Seele getroffen ſind, ſo daß wir auch in der Erde einen entſprechenden Bezug zum Daſein einer Seele vorausſetzen können.

Wir haben ſogar zu bemerken, und haben ſchon bemerkt, daß unſer Zweckgebiet dem der Erde in jeder Beziehung untergeordnet iſt. Die Erde hat, ſo weit wir es vorausſehen können, einen ewigen Beſtand, unſere Leiber entſtehen und vergehen. (Ausführungen in Zend-Aveſta I. 138 ff.)

Zu dieſen theoretiſchen Argumenten für den Glauben an die Geiſter der Geſtirne ließen ſich nach dem Zuſammenhange des Schönen und des Guten mit dem Wahren noch die Geſichtspuncte der Schönheit und Gedeihlichkeit dieſes Glaubens fügen.

In welch' anderem Lichte erſcheint uns jetzt die ganze, zu wahrer Lebendigkeit erwachte, Erde; in welch' anderen der, mit Heerſchaaren von Engeln ſtatt einem todten Kugelſpiel erfüllte, Himmel; wie anders hoch und reich jetzt Gott, der Geiſtes- über Geiſtesſtufen in ſich trägt; wie anders unſer Verhältniß zu Gott und unſern Nächſten, da wir im Geiſt über uns, dem Engel der Erde, die gemeinſame Vermittelung zu Gott und ein geiſtiges Band zwiſchen uns finden; wie viel heller unſere Ausſicht in das Jenſeits, da wir uns im Tode aus dem Anſchauungsleben dieſes Geiſtes mit allen unſern Lieben in ſein Erinnerungsleben aufgehoben denken können; wie unerſchöpflich endlich das Feld der weitern Betrachtung und des tiefern Schluſſes!

Möchten wir nicht gern Alles glauben, wie es ſich nach dieſem Glauben ſtellt? Nun aber können wir es auch auf Grund der vorigen Argumente ſo glauben, deren keins aus der Schönheit und Güte des Glaubens ſeine Wahrheit folgert, indeß die Schönheit und Güte deſſelben ſicher nur aus ſeiner Wahrheit folgen und hiemit doch auch zum Beweiſe ſeiner Wahrheit beitragen können.

Werfen wir jetzt einen Blick auf unſern Ausgangspunct und Gang bis jetzt zurück.

Der Menſchenleib ſpiegelt die weſentlichſten Eigenſchaften einer Seele; — unnöthig wär' es, das ſchon einmal in dieſer Hinſicht Wiederholte abermals zu wiederholen.

Der Thierleib ſpiegelt ſie in gleicher Weiſe.

Der Pflanzenleib ſpiegelt ſie in gleicher Weiſe.

Die Erde ſpiegelt ſie in gleicher Weiſe.

Alle Himmelskörper ſpiegeln ſie in gleicher Weiſe.

Sonſt wiſſen wir von keinen Körpern in der Welt, welche die weſentlichſten Eigenſchaften einer Seele in dieſer gleichen Weiſe ſpiegeln.

Der Menſchenleib trägt zugleich die Seele, die er ſpiegelt.

Vom Thierleib glauben wir hienach, daß er nicht minder die Seele trägt, die er ſpiegelt.

Wir glauben es hienach im folgerechten Zuge und Zuge von der ganzen Klaſſe der ſeelenſpiegelnden Körper.

Wir glauben es auf Grund der Gleichheit aller dieſer und keiner andern Körper in den Zeichen, worin ein Körper einer Seele überhaupt gleichen kann, und die unſer eigener Körper mit ſeiner Seele zugleich hat und verliert.

Wir finden dieſen, auf die doppelte Analogie des Körpers mit der Seele und jener Körper mit unſerm Körper geſtützten Glauben dadurch verſtärkt, daß er den Foderungen der innern Ergänzung, Abſtufung, des Zuſammenhanges, der Cauſalität, der Teleologie des geſammten Körper- und Geiſterreiches, hiemit Allem, was bei der Abwägung der Wahrheit des Glaubens in Frage kommen kann, entſpricht.

Und endlich ſehen wir zu dem aus der Geſammtheit dieſer Geſichtspuncte geführten und erfüllten Schluſſe auf die Wahrheit des Glaubens noch die Schönheit und Gedeihlichkeit deſſelben treten, um das, womit er den Menſchen zu befriedigen hat, zu vollenden.

Im Kreiſe dieſes Schluſſes liegt von ſelbſt mit eingeſchloſſen, daß das Thier eine niedere und die Pflanze eine noch niedrigere Seele neben der menſchlichen hat, daß die Erde eine höhere Seele über der menſchlichen hat, und endlich, daß die Seele der Erde die der Menſchen, Thiere, Pflanzen nicht blos unter ſich, ſondern auch in ſich hat.

Nachdem es über den Weltkörpern keinen Körper mehr giebt, der eine Seele ſpiegelt, ſo giebt es doch noch die Welt darüber, die eine Seele über den Seelen aller ihrer Körper ſpiegelt; nur ſtatt einer individuellen Seele neben individuellen Seelen eine einzige Seele, die alle zugleich unter ſich und in ſich hat. Und daß die Welt dieſe höchſte Seele nicht nur ſpiegelt, ſondern auch trägt, ſchließen wir daraus, daß auch die Körper in der Welt die Seelenſtufe tragen, die ſie ſpiegeln, und aus den andern Gründen, die damit zuſammenhängen.

In der That, alle Argumente, die wir erſt für die Pflanzenſeele und in höherem Sinne für die Seele der Geſtirne, allgemein für alle Seelen in der Welt geltend machten, finden endlich für den Geiſt, die Seele der Welt ſelbſt, ſtatt.

Wer auf Grund unſerer Argumente an die Seele zur Pflanze glaubt, muß auf Grund derſelben Argumente an einen Gott zur Welt glauben, und wer an einen Gott zur Welt glaubt, an eine Seele in der Pflanze glauben. Dieſer Zuſammenhang iſt ſehr ſchön, doch iſt nur eine der Schönheiten dieſe Lehre.

Ich gehe aber auf die Ausführung im Einzelnen nicht ein, da ich vielmehr durch die Ausführung der kleineren Beiſpiele die Ausführung der höchſten Aufgabe im Sinne unſeres Princips erſparen wollte, und der Schluß ſich von ſelbſt ergiebt, nachdem der Gang bis zu ihm geführt ward.

Mit Negationen ſucht man die alte Lehre zu ſtürzen; umſonſt, der Menſch braucht Poſitionen; hier ſind Poſitionen.

Und dieſe Poſitionen laſſen alles wahrhaft Poſitive, was es ſeither in Wiſſenſchaft und Religion giebt, das iſt nicht nur das in der Natur der Dinge wirklich Gegründete, zum Heile des Menſchen weſentlich Nothwendige, ſondern auch die Vermittelungen ſeiner geſchichtlichen Eingeburt in das Bewußtſein und Leben der Menſchheit beſtehen, ja über das dieſſeitige Leben hinaus fortbeſtehen.

Das Chriſtenthum wird ewig beſtehen, und wird ewig durch den in ſeiner Gemeine als in ſeinem Leibe fortlebenden Chriſtus*) fortbeſtehen. Auch dies iſt ein Wort, was ſeine Wahrheit nur in unſerer Lehre findet (Zend-Aveſta III. S. 363 ff.). Aber um von dem Beſtande des Chriſtenthums ſprechen zu können, gilt es zu wiſſen, worin es beſteht, was das iſt, womit Chriſtus über alles Frühere hinausgegangen iſt und womit er nicht nur der geweſene Ausgang, ſondern noch heute aus dem Jenſeits ins Dieſſeits hineinwirkende Hirt und Hort einer Heerde iſt, zu der ſich dereinſt Alle ſammeln müſſen, um die Idee des Chriſtenthums zu erfüllen. Ich habe es, dem Sinn nach nicht der Erſte, ſo kurz als ich vermochte, darin zuſammengefaßt**):

„Daß er das Höchſte geſetzt hat als das Einigende und das Weitſte geſetzt hat als das zu Einigende und das Beſte geſetzt hat als das Höchſte."

Und hab' es dahin erläutert:

„Daß er die Idee der Einigung Aller aus dem Geſichtspuncte, aus dem allein eine Einigung Aller möglich iſt, zuerſt mit Bewußtſein ins Bewußtſein der irdiſchen Welt gebracht, und durch Lehre und Leben den lebendigen Anſtoß zur Verbreitung und Bethätigung dieſer Idee gegeben hat, daß alle Menſchen ſich als Kinder deſſelben einigen, nur Gutes wollenden, Gottes, als Bürger eines, über das Dieſſeits hinaus reichenden, himmliſchen Reiches und als Brüder zu einander fühlen, in dieſem Sinne trachten und handeln ſollen."

---

*) 1. Cor. 12, 12—17. 20 27. — 1. Cor. 6, 15. 17. — Röm. 12, 4. 5. — Ephes. 1, 22. 23. — Ephes. 2, 20. 21. — Ephes. 4, 11—13. — Ephes. 4, 15. 16. — Ephes. 5, 29—31. — Col. 1, 24. — Col. 2, 19. — Gal. 2, 20.

**) Zend-Aveſta II. S. 38. 39.

Und hab' es endlich weiter ausgeführt im 13. und 30. Kapitel des Zend-Aveſta.

Wo nun wäre ein Widerſpruch unſerer ganzen bisherigen Lehre mit jener Idee, an der das ganze Heil und hiemit die Heiligkeit des Chriſtenthums hängt? Verbündet ſich unſere Lehre mit dem Materialismus zur Abſchaffung Gottes; ſchilt ſie den Ausblick in ein Jenſeits Thorheit; heißt ſie die Menſchen ſtatt über dieſem und nach dieſem Leben die Spitze und das Ziel zu ſehen, die Blicke niederhalten und mit klugen Augen den Weg im Dieſſeits ſuchen? — Oder vergöttert ſie mit Feuerbach den Menſchen, heißt ſie mit Schopenhauer die Seele reſigniren, verflüchtigt ſie mit Hegel das Göttliche in den Begriff, verhüllt ſie es mit Schelling in unklare Myſtik, zerſtäubt ſie es mit Herbart in ein Heer von Puncten? — Oder iſt ſie eine Predigt für die Gemeinden, die, genährt vom Materialismus, angeweht vom Idealismus, ſtolz auf den Gebrauch einer Vernunft, die das Band im Mangel eines Bandes findet, ſich freie nennen?

Vielmehr zu allen Stützen, die wir nicht miſſen können, ohne entweder ins Heidenthum zurückzufallen oder Schlimmerem anheimzufallen, fügt ſie nur Stützen dieſer Stützen; und ſtatt zu ſagen, Chriſtus ſei nicht der Weg des Heils und Lebens, erfaßt ſie ſeine Hand, den Weg zu gehen.

Rechnet man freilich zum Chriſtenthum als weſentlich den Glauben an den Apfelbiß im Paradieſe mit ſeinen myſtiſchen Folgen, an die unwiederbringliche Verdammniß der nicht Auserwählten, an die Wunder gegen die Geſetze der Natur, an das Abgeriſſenſein Gottes von ſeiner Welt, an all' das Unerbauliche, womit die Theologen gemeinhin das Chriſtenthum ausbauen, ja woraus ſie es erbauen, ſo iſt die Lehre, die hier vorgetragen wird, nicht chriſtlich. Ich aber rechne alles das, wovon in Chriſti eigener Lehre nichts zu finden, was die Menſchheit nicht beſſer, nicht glücklicher, nicht weiſer macht, ſich ſelbſt, der Natur der Dinge und des Menſchen widerſpricht, den Geiſt verdüſtert, die Wiſſenſchaft verſtört, ein trübes Weſen in das Leben miſcht, kurz Alles, was der Möglichkeit einer ſchließlichen Einigung Aller widerſtrebt, ſtatt ſie zu födern, hiemit der Grundidee des Chriſtenthums widerſtrebt, zu dem, was fallen muß, damit die Lehre Chriſti ſtehe.

Schon ſtockt das Chriſtenthum in ſeiner Ausbreitung über die Erde und gewinnt vielmehr neuen Raum dadurch, daß es die Völker tödtet, als daß es ſie bekehrt. Wie viel der Juden, Moslems, Hindus, Heiden ſind es, die jährlich als Bekehrte zählen? Und wie zerworfen iſt das Chriſtenthum in ſich! Statt Chriſten, die in Chriſti Sache eins ſind, giebt es nur Proteſtanten, Katholiken, Griechen und Sektirer, die ſich in Chriſti Namen ſtreiten. Iſt Ausſicht hier und dort, es werde anders werden? Wer nicht verblendet iſt, ſagt nein. Das Chriſtenthum iſt ſo weit gedrungen durch das, was in ihm Chriſti iſt, durchdringen kann es nicht, ſo lange es nicht ganz damit durchdrungen iſt, wozu die Ausſcheidung von Vielem gehört, womit es jetzt erfüllt iſt. Bevor das Chriſtenthum ſich nicht ſelbſt bekehrt, bekehrt zu dem, was es nach ſeiner Idee zu ſein beſtimmt war, bevor es nicht den Bedürfniſſen der Menſchheit die allgemeinſte, höchſte, letzte Rechnung trägt, wird es die Welt nicht bekehren und in ſich ſelbſt nicht einig werden können.

Das ſelbſt, daß es dies heutzutage nicht vermag, und wenn es fortbeſteht, wie es beſteht, nach ſicherer Vorausſicht nie vermögen wird, beweiſt, daß es den Bedürfniſſen der Menſchheit dieſe Rechnung noch nicht trägt. (Beweis aus dem hiſtoriſchen Princip.) Und darum gilt es eben, die Idee des Chriſtenthums ſo zu faſſen, daß es vermöge, was es heute nicht vermag, dahin zu faſſen, daß ſie mit der Idee der Religion als eines allgemeinſten Bandes aus höchſten und letzten Geſichtspuncten in Glauben, Wiſſen und Leben ſelbſt zuſammenfalle. Ein Chriſtenthum wird's dadurch, daß dieſe Idee von Chriſtus zuerſt ins Bewußtſein der Welt gebracht, mit Wort und That, und endlich noch dem Opfer eigenen Lebens in das diesſeitige Leben der Welt eingewirkt ward, und ſo wahr er jenſeits, nach der Verbindung des Jenſeits mit dem Dieſſeits, in ſeiner Gemeine fortlebt, mit ihm, durch ihn darin fortlebt.

Was aber wird, nachdem der Glaube des Chriſten ſeines ganzen Inhaltes an Unglaublichkeiten entleert iſt, die Lehre, die Predigt füllen? Soll Alles ruhen bleiben in jener abſtracten Idee?

Nicht in der abſtracten, vielmehr in Glauben und Leben ausgewirkten und ferner ſich auswirkenden Idee. Die Auslegung der ſchwerſtwiegenden Worte der chriſtlichen Lehre ſelbſt, die jetzt nur dem Wortlaute nach geglaubt werden, nach ihrer Wahrheit, die damit in Zuſammenhang gebrachte Erklärung des höchſten Gutes und Entfaltung ſeines Inhaltes, die Rückführung des Chriſtenthums auf Chriſtus, den heiligen Geiſt oder ſage den Geiſt des Heils in Chriſtus, über Chriſtus in Gott und durch Gott in Chriſtus ſoll Lehre und Predigt füllen*). Das iſt nicht zu erſchöpfen; pflücke ein Blatt und der Baum der Lehre treibt einen Zweig. Und wenn mit der innern Reinigung, Entwicklung und Vertiefung auch die äußere Geſtalt des Chriſtenthums gegen heute ſich gänzlich ändern muß, wird es nur ſein, weil die neue Entwickelung ſich ſelbſt die neue, die weitere, geſchloſſenere, erbaulichere, erhabenere, reinere und ſchönere Form giebt. Dazu wird der Himmel zum Hauſe, die Sterne zu Zimmern des reichgewordenen Gottes werden, der heute noch inhaltsarm, weil über alle Denkbarkeit hinausgehoben, im Leeren ſchwebt; dazu wird die erſte Offenbarung des Göttlichen an die Menſchheit im Kindesglauben der Heiden, ſtatt verworfen zu werden, in die des alten und neuen Bundes mit aufgehoben werden, und damit auch fähig werden, die Heiden alle in den Bund mit aufzuheben.

---

*) Vergl. Kap. 8. dieſer Schrift. — Kap. 6. 12. 13. 28. 30 des Zend-Aveſta. — „Ueber das höchſte Gut.“

Dies die Antwort auf die Seelenfrage in jenem Sinne, in welchem ſie geſtellt ward, mit ihren Folgen und Zuſammenhängen. Nach Allem bleibt es, wie ich ſagte, eine Glaubensfrage, und darum ruhte auch die Antwort auf Glaubensgründen, ſtatt auf exacten Wiſſensgründen. War ſie aber keine Sache der exacten Forſchung, ſo widerſpricht ſie doch nicht dem Princip exacten Forſchens. So weit Logik und Erfahrung reichen, ruhte ſie darauf, und geht nur noch in demſelben Sinne, als der ſich in dem damit Erreichbaren zeigte, über daſſelbe hinaus. Denn dies war das Princip, nach dem wir ſchloſſen, um mit dem abzuſchließen, was gefodert, wenn auch nicht erſchloſſen wäre. Statt abzuweichen von dem Principe des Erfahrungsſchluſſes, iſt es nur die Erweiterung und Steigerung dieſes Principes über das Gebiet des Wiſſens hinaus in das des Glaubens. Wer dieſe Erweiterung und Steigerung verſchmäht, verſchmäht entweder den Glauben oder die Einigung des Wiſſens mit dem Glauben.

Kann dieſe Lehre wohl mit einer exacten Lehre in

Widerſpruch ſtehen, da die Idee einer allgemeinen exacten Lehre der Beziehungen von Leib und Seele aus ihrem Schooße geboren ward*), und die erſten Schritte der exacten Lehre ſchon in dieſelbe Richtung vorwärts weiſen, welche die Glaubenslehre dieſer Schrift mit weittragenden Flügeln ſchnell durchmeſſen hat?**)

Vielmehr ſchließ' ich dieſe Glaubenslehre mit dem Glauben, daß die exacte Lehre die Frucht einſt wieder tragen wird, aus der ſie erſt entſproſſen, mag es auch lange währen, bis ſie ſie gereift.

X.

Grundanſicht.

„Da unten aber iſt's fürchterlich,
Und der Menſch verſuche die Götter nicht"

fühlt man ſich verſucht, jedem zuzurufen, der ſich in die Tiefe einer Grundanſicht von den Dingen verſenken will, um das letzte Weſen derſelben zu erfaſſen. Man ſtürzt ſich aus dem Leben in den finſtern Schlund und kommt nicht zum Leben wieder daraus hervor. Und deshalb hab' ich es für das Beſte gehalten, mich dem Becher in die Tiefe erſt nachzuſtürzen, nachdem ich den vollen ganz geleert.

Denn eine Grundanſicht von den Dingen läßt ſich wohl folgern, aber es läßt ſich nichts daraus folgern.

---

*) Vergl. Elemente der Pſychophyſik. Th. II. S. 553.

**) Ebendaſ. S. 541. 546.

Zwar iſt dieſer Satz wie die meiſten ſchnell hingeſprochenen nur halb wahr; es iſt aber nur zu leicht, ihn ganz wahr zu machen. Anſtatt auseinander zu ſetzen, wie weit er überhaupt wahr und wie weit nicht wahr iſt, gebe ich einen Anhalt, es zu beurtheilen. Und jede philoſophiſche Grundanſicht giebt einen Anhalt dazu.

Man kann Alles aus dem Nichts folgern und es iſt Alles Nichts, was man folgert. Man kann Alles aus dem Einfachen folgern, aber die Einheit des Alls bleibt ungefolgert. Man kann Alles aus der Materie folgern; nur muß man vergeſſen, daß die Materie erſt aus Empfindungen des Geiſtes gefolgert iſt. Man kann Alles aus dem Geiſte folgern, nur muß man nicht vergeſſen, von einem Geiſte des Alls anzuheben, und erſt vom eigenen ſich bis zu ihm erheben.

Erfahrungsmäßig haben wir von dem, was exiſtirt, nur das, was davon in unſer Bewußtſein fällt, nur unſer Empfinden, Fühlen, Denken, Wollen.

Das Bewußtſein iſt Thatſache, ſeine Einheit iſt Thatſache, ſein Inhalt iſt Thatſache, das Verhältniß ſeiner Einheit und ſeines Inhaltes iſt Thatſache; alles das iſt in uns aufzeigbar, und wie es aufzeigbar iſt, ſo iſt es; außerhalb des Bewußtſeins, hinter dem Bewußtſein iſt nichts aufzeigbar.

Das Bewußtſein in ſeiner Einheit und mit ſeinem Inhalt nehmen, wie es iſt, iſt die reinſte, unmittelbarſte Erfahrung, die wir vom Exiſtirenden machen können. Das Bewußtſein iſt ein Sein, das weiß, wie es iſt und ganz ſo iſt, wie es weiß, daß es iſt. Weiter aber giebt es kein Sein, von dem ſich daſſelbe ſagen ließe. Hier findet erfahrungsmäßige Identität von Sein und Wiſſen ſtatt.

Nach directer Erfahrung giebt es überhaupt nichts als Bewußtſein, Bewußtſeinseinheit, Bewußtſeinsinhalt und Abſtracta aus dem, was des Bewußtſeins oder im Bewußtſein iſt, gewonnen mit Bewußtſein, die wieder ins Bewußtſein fallen. Aus dem Kreiſe des Bewußtſeins iſt, ſo weit directe Erfahrung reicht, nicht herauszukommen. Erfahrung ſelber iſt eine Sache des Bewußtſeins. Auf Erfahrung pochen, ohne auf dieſe Grunderfahrung zu pochen, heißt, auf ein Blech in der Luft pochen.

Doch hat der Menſch Gründe, über das hinaus, was von der Exiſtenz in ſein Bewußtſein fällt, auch an etwas darüber Hinausliegendes, an eine Außenwelt zu glauben, und zu den inneren, den ſubjectiven, Gründen, die an ſeinem Bewußtſeinsinhalt gwirkt haben, auch äußere objective Gründe, die daran mitgewirkt haben, anzunehmen. Niemand kann dabei ſtehen bleiben, daß blos ſein Bewußtſein von dem, was exiſtirt, exiſtire.

Denn das Bewußtſein, indem es ſeines Inhalts inne wird, wird auch im unmittelbaren Gefühle zugleich inne, daß nicht alle Beſtimmungen dieſes Inhaltes aus dem vorgegebenen Inhalt kommen; der praktiſche Geſichtspunct nöthigt den Menſchen, an eine Außenwelt zu glauben, um ſeine Handlungen darauf zu richten; dazu tritt die hiſtoriſche Uebereinſtimmung aller Zeiten und Völker.

Trotz dem alſo, daß wir von der geſammten Exiſtenz nur das, was davon in unſer Bewußtſein fällt, haben, iſt doch das nicht die Frage, ob wir noch etwas über unſerm Bewußtſein hinaus Exiſtirendes anzunehmen haben; ſondern was das iſt, was wir darüber hinaus anzunehmen haben.

Es ſtehen zwei Möglichkeiten, und gründlich gefaßt, nur zwei Möglichkeiten offen, zwei Wege des Gedankens, deren einer in den Hades, der andere in das Licht führt. Man ſollte ſich wohl klar machen, daß es nur dieſe zwei Wege giebt, und, ſtatt unklar zwiſchen ihnen zu ſchwanken oder jeden halb zu gehen, ſich zwiſchen ihnen entſcheiden und conſequent bis zu den letzten Conſequenzen gehen, nachdem man auf jeden einen klaren Blick gethan.

Der eine Gedanke iſt der, daß es außer dem, was wir von den Dingen in unſerem Bewußtſein tragen, außer unſerm Empfinden, Fühlen, Dichten, Denken, Wollen, nicht nur außer unſerem, außer dem Bewußtſein überhaupt ein dunkles unerkennbares Ding an ſich oder eine Vielheit ſolcher Dinge gebe, die in das Bewußtſein hinein das erzeugen, was es von den Dingen hat, oder auch durch ihre Wechſelwirkung das Bewußtſein ſelbſt erzeugen; und noch etwas ganz Anderes ſind, als Alles, was es davon hat.

Zumeiſt wird das dunkle Ding oder werden die dunklen Dinge als etwas Feſtes hinter der Veränderlichkeit, als etwas Einfaches hinter der Mannichfaltigkeit der Erſcheinungen ſelbſt dunkel vorgeſtellt. Die Seele ſelber ſei an ſich ein unveränderliches einfaches Weſen, das hinter den veränderlichen Erſcheinungen des Bewußtſeins verborgen ſtecke, ſich ſelbſt nach dieſem ſeinen Weſen nimmer erkennend; vielmehr ſei das hellſte Bewußtſein blos der hellſte Schein am ewig räthſelhaften, ſich ſelber dunkeln Seelenweſen.

Das iſt der eine Gedanke.

Der andere Gedanke iſt der, daß es außer unſerem Bewußtſein noch anderes Bewußtſein, über alles Einzelbewußtſein noch weiteres und höheres Bewußtſein und weiteren und höheren Bewußtſeinsinhalt giebt, ein Bewußtſein, welches nach Seiten deſſen, womit es unſer Einzelbewußtſein überſteigt und überreicht, das Aeußerliche, wovon unſer Bewußtſein beſtimmt wird, darſtellt, und alles Einzelbewußtſein durch Gemeinſamkeiten und Wirkungsbeziehungen verknüpft, von welchen die höchſte Einheit der letzten Knoten iſt.

Der erſte Gedanke führt abſeits von aller Erfahrung und Allem, was nach Erfahrung vorſtellbar und durch Erfahrung bewährbar iſt, ins Dunkel, weil wir von dem Dinge oder den Dingen an ſich hinter dem Bewußtſein und ſeiner Wirkung auf das Bewußtſein oder ſeiner bewußtſeinserzeugenden Wirkung in der That weder eine Erfahrung noch eine Vorſtellung nach Erfahrung, noch die Ausſicht einer Aufklärung durch Erfahrung haben; der zweite führt aus dem Lichte der gemeinen Erfahrung nur in ein höheres Licht, ſofern unſer eigenes an ſich lichtes Bewußtſein mit ſeinen immanenten Beſtimmungen, Verhältniſſen, Geſetzen uns den Anhalt zum Gedanken an anderes, an allgemeineres, weiteres, höheres und lichteres Bewußtſein und Mittel des Schluſſes darauf bietet.

Ohnehin glaubt die Welt an Gott über allem Einzelbewußtſein und hat hiſtoriſche, theoretiſche und praktiſche Gründe, daran zu glauben. Alles dunkle Ding aber wird müßig, wenn ſie recht an Gott glaubt, ja der rechte Glaube an Gott iſt eben der, der das dunkle Ding müßig macht, indem er als eine Wirkung des Gottes über uns hinaus in uns hinein betrachtet, was man als eine Wirkung der dunkeln Dinge hinter uns und Gott betrachten möchte, indem er in Gott durchſichtig findet, was im dunkeln Dinge dahinter undurchſichtig bliebe; wogegen der rechte Glaube an das dunkle Ding oder die dunkeln Dinge hinter dem Bewußtſein Gott müßig oder ſelbſt zum dunkeln Dinge macht; denn das dunkle Ding iſt dann der Grund und Schöpfer deſſen, was erſcheint. Wenn man aber ein göttliches Bewußtſein über den Erſcheinungen und die dunkeln Dinge hinter den Erſcheinungen zuſammen haben will, ſo hat man zwei Halbe und kein Ganzes.

Wunderlich, daß der heutige Idealismus gerade das, was der größte Vorzug des Idealismus iſt, keine dunkeln Dinge hinter den Erſcheinungen zu brauchen, Preis giebt, und alle Tiefe in den dunkeln Dingen ſieht.

Der Begriff vor dem Denken, das Nichts, das Sein, das Abſolute, das Weſen, was hinter den Erſcheinungen als Grund derſelben ſtecken, ſich zur Natur, zum bewußten Geiſte erſt aufheben ſoll, was ſind ſie als dunkle Dinge? Die Monaden, die Andere hinter den Bewußtſeinseinheiten noch ſuchen, was ſind ſie als dunkle Dinge? Aber auch die Materie der Materialiſten hinter den Erſcheinungen der Dinge, was iſt ſie anders als ein dunkles Ding? Keins dieſer dunkeln Dinge hat uns die an ſich beſtehende Klarheit des Bewußtſeins klarer gemacht oder erklärt, ſondern jedes, dunkel wie es ſelbſt iſt, nur verdunkelt.

Hienach werfe ich die dunkeln Dinge bei Seite, und ſtelle, ohne die Mittelglieder des Schluſſes überall anzuführen, folgende Sätze und Geſichtspuncte auf:

Es giebt eine allgemeinſte und höchſte Bewußtſeinseinheit, die göttliche; es giebt ihr untergeordnete und in ihrer gemeinſamen Unterordnung einander nebengeordnete, Bewußtſeinseinheiten, wozu die menſchlichen gehören; es giebt auch noch uns übergeordnete, Gott untergeordnete Bewußtſeinseinheiten.

Die Einheit des höchſten Bewußtſeins überſteigt alle niedere Bewußtſeinseinheiten, und ſtellt eine Verknüpfung, ein Band zwiſchen ihnen her, deſſen ſie ſich bewußt iſt, indem das Inbegreifen im Bewußtſein zugleich das Band des Inbegriffenen iſt, wogegen die niedern Bewußtſeinseinheiten ſich des Inbegriffenſeins in der höheren und höchſten nicht unmittelbar bewußt ſind, vielmehr jede nur um das unmittelbar weiß, was ſie ſelbſt begreift.

Vor, außer, über, hinter, nach dem allgemeinſten und höchſten Bewußtſein und ſeinem Inhalt, zu dem unſer Bewußtſein gehört, iſt Nichts zu finden. Was weder in unſer noch ein anderes, noch höheres oder höchſtes Bewußtſein fällt, davon mag man reden; aber es wird eben nur die Rede davon ſein. Nur eine unendliche Möglichkeit kommenden Bewußtſeins und Wirklichkeit anderen Bewußtſeins beſteht hinter jedem jetzigen und jedem einzelnen Bewußtſein; aber auch dieſe Möglichkeit beſteht nicht außer dem Bewußtſein, ſondern nur als Abſtractum aus Thatſachen des Bewußtſeins, hat nur Bedeutung für das Bewußtſein und wäre nichts vor und außer dem Bewußtſein. Alles Dunkel, was man in das Ding hinter dem Bewußtſein verlegt, beſteht nur in dem Dunkel des Bewußtſeins über das, was nicht Inhalt ſeiner Gegenwart, ſondern eines kommenden oder andern Bewußtſeins iſt.

Eine Außenwelt giebt es nur für das endliche, nicht für das unendliche, Bewußtſein; und dieſe Außenwelt iſt nichts dem Bewußtſein Fremdes, ſondern nur das Weitere und Höhere deſſen, was jedes Einzelbewußtſein in ſich hat; und das Einzelbewußtſein trägt ſeinerſeits zur Fülle und zu den Stufen dieſes Weiteren und Höheren bei.

Im Bewußtſein giebt es nach Erfahrung einen ſteten Fluß, Wechſel, eine ewige Veränderung deſſen, was darin erſcheint. Doch zerfließt die Welt nicht in ein haltungsloſes Gewirr und Getriebe vom Erſcheinungen, weil die höchſte unveränderliche Einheit des Bewußtſeins das Band aller hineinfallenden Erſcheinungen bleibt, weil dieſes Bewußtſein ſich in untergeordnete beharrliche Einheiten gliedert, weil es in der Veränderlichkeit der Erſcheinungen beharrliche Verhältniſſe giebt, weil ihr Wechſel durch feſte Geſetze beherrſcht wird, weil unverrückbare Haltpuncte und Zielpuncte darin ſichtbar ſind.

Da haben wir genug des Feſten, wozu nun noch ein dunkles feſtes Ding dahinter? Was feſt in ſich, braucht nicht auf Feſtes aufgeklebt zu werden.

Das Höchſte und Letzte von Allem, in Allem, über Allem bleibt immer die höchſte Einheit des Bewußtſeins. Sie iſt das wahrhaft Ewige, Unveränderliche, Eine, ſich immer Gleiche, durch allen Wechſel, in allem Wechſel und aller Mannichfaltigkeit ſich Bethätigende, und doch nicht fähig, ſich ohne Wechſel und Mannichfaltigkeit zu bethätigen. Sie iſt der Nagel, an dem die Welt hängt, und hinter dem man nicht nach einem neuen Nagel und neben dem man nicht nach andern Nägeln ſuchen ſollte. Unter der höchſten Einheit aber verknüpfen ſich die beſondern Kreiſe von Erſcheinungen in beſondern Einheiten und feſte Geſetze greifen hindurch.

Geſetz iſt ein großes Wort, nach ſeinem Werthe wohl erkannt im Staate, in der Naturwiſſenſchaft, doch wenig in der heutigen Philoſophie. Daß ſie durch Begriffe ſtatt durch Geſetze regieren will, iſt die Haupturſache ihres Verfalles.

Hinter dem Staate giebt es kein feſtes dunkles Ding, an dem ſeine Feſtigkeit hinge, wodurch ſteht er ſo feſt? Durch das Geſetz, ſo lange nur das Geſetz ſelbſt feſt ſteht. Die Geſetze der Dinge, d. h. des Zuſammenhanges der Erſcheinungen der Dinge, ſtehen aber ewig feſt. Wozu bedarf es alſo noch des feſten Dinges hinter den Erſcheinungen? Kann es etwa das Geſetz machen oder entbehrlich machen oder erklären? Geſetz iſt aber ſelbſt nur etwas

Gedankenmäßiges, mit Bewußtſein abſtrahirbar aus dem Inhalt des Bewußtſeins, und darin ſelbſt, daß es daraus abſtrahirbar iſt, beweiſend, daß es eine Sache des Bewußtſeins iſt.

Wie wird ſich dieſer Menſch morgen benehmen? Frage, wie er ſich heute benimmt, geſtern und vorgeſtern und ſeit ſeiner Geburt benommen hat. Sieh zu, ob du ein Geſetz in den Handlungen des Menſchen entdecken kannſt. Was du vom Menſchen errathen kannſt, wirſt du nach ſeinem Geſetz errathen, oder du wirſt nichts errathen.

Aber freilich wird kein Geſetz reichen, vom Menſchen, noch weniger, von Gott Alles zu errathen. Geſetz iſt ein großes Wort; aber Freiheit iſt auch ein großes Wort; und indeß das Geſetz Alles beherrſcht, läßt es einen unbeſtimmbaren Reſt als Freiheit, der doch nicht wider die Geſetze läuft, ſondern nur über alle Geſetze hinausläuft; die Geſetze im ſelben Sinne überreicht, wie Unendliches alles Endliche überreicht.

Das Geſetz iſt nicht ein Deus ex machina, ſondern die machina im Deus. Aber Gott iſt noch über die machina.

Wer die Geſetze der Verknüpfung und des Ganges der Erſcheinungen kennt, weiß Alles, was der Weiſeſte von den Gründen des Geſchehens wiſſen kann; nur daß alle Geſetze, zu deren Kenntniß er es bringen kann, die Gründe des Geſchehens nicht erſchöpfen werden, und daß es außer den Gründen auch noch Zwecke zu betrachten gilt.

Auf alle Cauſalfragen, warum? iſt mit dem Geſetze zu antworten; oder zu ſagen, ich weiß es nicht. Woher, warum aber das Geſetz? Wer eine Antwort darauf hat, ſage ſie. Aber ob er eine Antwort hat oder nicht, ſo bleiben die Geſetze der Dinge Thatſache, unberührt von der Ungewißheit über das Weſen dieſer Thatſache.

Wie es nichts Feſtes in der Welt giebt, außer dem, was im Bewußtſeinsinhalt unveränderlich beſteht, giebt es kein Weſen der Dinge außer dem, was ſich unveränderlich darin bedingt.

Was unveränderlich oder geſetzlich ſo zuſammenhängt, daß man Eins nur nach Maßgabe haben kann, als man auch das Andre hat oder haben kann, iſt Sache deſſelben Weſens, und dieſer Zuſammenhang der feſte Kern, das Weſentliche des Weſens.

In dieſem Sinne nennen wir Gott, das höchſte Bewußtſein, mit Recht das höchſte Weſen; weil in der Einheit ſeines Bewußtſeins alles ſich bedingend zuſammenhängt, was es von Erſcheinungen der Dinge, und alſo auch von Dingen, die ſelbſt nur Erſcheinungszuſammenhänge ſind, giebt.

Nachdem aber Gott das höchſte Weſen über allen Dingen iſt, bedürfen wir keiner dunkeln Weſen mehr hinter den Erſcheinungen der Dinge.

Von dem, was wir Seele, Geiſt nennen, iſt erfahrungsmäßig nichts aufzeigbar und beſteht nichts, als ein durch eine Bewußtſeinseinheit verknüpfter Zuſammenhang und Auseinanderfluß von Erſcheinungen, die ich Selbſterſcheinungen nenne, ſofern jede Bewußtſeinseinheit der andern gegenüber ſolche nur für ſich ſelber hat. Indeß ſie aber der andern gegenüber ſolche nur für ſich ſelber hat, trägt ſie, untergeordnet unter die höchſte Bewußtſeinseinheit, ſolche zur Fülle von deren Selbſterſcheinungen bei.

Der Zuſammenhang und die Auseinanderfolge der Seelen- oder Selbſterſcheinungen ſteht unter pſychologiſchen Geſetzen. Was kann ein dunkles Ding, der Name Monade, einfaches reales Weſen zur Erklärung der Einheit oder der Geſetze der Seelenerſcheinungen helfen?

Von dem, was wir *Körper* nennen, iſt erfahrungsmäßig nichts weiter aufzeigbar und beſteht nichts, als ein Zuſammenhang und Auseinanderfluß von Erſcheinungen, der ſolidariſch für verſchiedene Seelen, Bewußtſeinseinheiten zugleich beſteht (ſofern Verſchiedene zugleich denſelben Körper ſehen, fühlen können), indem er ſo zwiſchen ihnen durchgreift, daß mit der Wirklichkeit und Möglichkeit gegebener Erſcheinungen, welche ein Körper für eine Seele darbietet, zugleich damit zuſammenhängende Wirklichkeiten und Möglichkeiten für andere Seelen geſetzt ſind. Damit iſt uns das *objective, äußere* Daſein des Körpers charakteriſirt. Die aus dieſem Erſcheinungszuſammenhange abſtrahirte conſtante Quantität der Materie iſt nur der Ausdruck einer conſtanten Möglichkeit der Wiederkehr äußerer Erſcheinungen von gegebener quantitativer Beſtimmtheit. Der Zuſammenhang und Auseinanderfluß der ſogenannten äußeren Erſcheinungen iſt beherrſcht durch die Naturgeſetze. Was können dunkle Dinge dazu helfen?

Nichts weiter iſt überhaupt vom objectiven Daſein der ganzen Körperwelt erfahrungsmäßig aufzuzeigen, nichts zu erſchließen, als jener ſolidariſche, durch erfahrungsmäßige Geſetze beherrſchte, Zuſammenhang von Erſcheinungen, der für mehr als Eine Bewußtſeinseinheit zugleich beſteht; wir haben alſo auch nach Erfahrung keinen Grund, etwas weiter von der Körperwelt als exiſtirend anzuſehen.

Nicht die einzelnen körperlichen Erſcheinungen in einzelnen Seelen bilden die Körperwelt, aber der über alle Einzelſeelen hinausreichende, in der größten Seele begründete, Zuſammenhang dieſer Erſcheinungen, nicht nur nach ihrer ganzen Wirklichkeit, ſondern nach ihrer ganzen geſetzlich begründeten Möglichkeit.

Die Materie im Sinne des Materialiſten iſt eine leere unnütze Hypotheſe; die Materie im Sinne des Phyſikers ein nothwendiger Begriff. Denn von der Materie des Materialiſten, dem dunklen Dinge hinter dem Bewußtſein, ſoll das lichte Bewußtſein als ſecundäre Folge abhängen, aus deſſen Thatſachen ſie vielmehr erſt abſtrahirt iſt, indeß die Materie im Sinne des Phyſikers nur der gedankenmäßige feſte Verknüpfungspunct geſetzlicher Erſcheinungen iſt, die in viele Seelen fallen, und deren Beſtimmungen von ihm rein aus einer Erfahrung abſtrahirt werden, die ſchließlich nur im Bewußtſein und für das Bewußtſein beſteht.

Der Materialiſt rühmt ſich, nur auf Erfahrung zu ſtehen; und wo iſt denn die Erfahrung, die ihn etwas vom Daſein einer Materie hinter, außer, ohne Bewußtſein, unabhängig vom Bewußtſein lehrt. Was er von der Materie erfahrungsmäßig hat und weiß, iſt Sache des Bewußtſeins. Nun iſt es freilich leicht, Bewußtſein aus Zuſammenſtellung von Materie zu produciren, nachdem man die Materie ſelbſt erſt aus einer Zuſammenſtellung von Empfindungen im Bewußtſein producirt hat. Es iſt nicht ſchwer, das Geld aus Geld zu machen.

Das hindert nicht, daß es kein Bewußtſein ohne Materie giebt; oder wo wäre ſolches aufzuzeigen? Und darauf ſtützt ſich der Materialiſt. Aber um eine Grundanſicht aufzuſtellen, muß man auf den Grund gehen, und der Grund bleibt immer der, daß die Materie aus dem Bewußtſeinsinhalt abſtrahirt iſt. Nur daß das Daſein des Bewußtſeins ſelbſt ſo weſentlich an ſolche Abſtrahirbarkeit gebunden iſt, daß ſich Eins nicht ohne das Andere haben läßt. So beſteht kein menſchlicher Organismus feſt ohne feſten Knochenbau; doch iſt der Organismus nicht eine Reſultante dieſes Knochenbaues.

Erfahrungsmäßig gehört zum Daſein jeder Seele ein für die äußere Erſcheinung geſchaffener Körper, vermöge deſſen die Seele mit andern Seelen in Beziehung ſteht, und eingeht und eingreift in das allgemeine Leben und Weben, was über alle einzelne Geiſter hinaus im höchſten Geiſte ſtatt hat.

Anders ausgedrückt: die Möglichkeit eines Zuſammenhanges von Selbſterſcheinungen hängt ſolidariſch zuſammen mit der Möglichkeit eines Erſcheinungszuſammenhanges für Andere.

In ſofern man den Zuſammenhang der geiſtigen oder Selbſterſcheinungen eben ſo für ſich auffaſſen kann, wie den der körperlichen äußeren Erſcheinungen, und beide Zuſammenhänge ihren beſondern Geſichtspunct und ihre beſonderen Geſetze haben, kann man auch von einem Weſen des Geiſtes und einem Weſen des Körpers beſonders ſprechen. In ſofern aber beide Zuſammenhänge nach einem Verhältniß der Wechſelbedingtheit und Förderung ſolidariſch zuſammenhängen; kann man ihnen auch ein gemeinſames Weſen unterlegen, und den Körper die Seite der äußern Erſcheinung, die Seele die Seite der Selbſterſcheinung dieſes Weſens nennen.

Hiemit tritt man nicht aus dem Kreiſe der Erfahrungen und der geſtatteten Freiheit der Definitionen hinaus.

Das identiſch gemeinſame Weſen des Körpers und der Seele iſt eben nichts Anderes als die ſolidariſche Wechſelbedingtheit der Selbſterſcheinungen der Seele und der äußeren Erſcheinungen des Körpers. Eins läßt ſich ohne das Andre nicht haben, etwas dahinter nicht zeigen, nicht finden.

Hienach iſt alſo der letzte Grund des Zuſammenhanges von Leib und Seele kein anderer, als der letzte Grund des Zuſammenhanges, den Leib und Seele jedes für ſich ſelber haben. Jedes für ſich repräſentirt einen Erſcheinungszuſammenhang, der nur in einer höchſten, allgemeinen Bewußtſeinseinheit möglich und wirklich iſt, und daſſelbe gilt von dem Zuſammenhange beider Zuſammenhänge.

Für die Kenntniß der Geſetze, nach denen Leib und Seele zuſammenhängen, iſt noch wenig geſchehen; ſie aufzuſuchen wird nützlicher ſein, als der Streit zwiſchen Idealismus und Materialismus. Ich nenne die Lehre davon Pſychophyſik.

Das allgemeinſte Geſetz iſt dieſes: daß nichts im Geiſte beſtehen, entſtehen, gehen kann, ohne daß etwas im Körper mit beſteht, entſteht, geht, was ſeine Wirkungen und Folgen in den Umkreis und die Zukunft der Körperwelt hinein erſtreckt. Man kann es kurz ſo ausdrücken, daß alles Geiſtige ſeinen Träger oder Ausdruck in etwas Körperlichem und hiedurch ſeine weiteren Wirkungen und Folgen im Körperlichen hat.

Denn obzwar jede der höchſten untergeordnete Bewußtſeinseinheit einen Erſcheinungszuſammenhang für ſich hat, den ſie mit keiner andern theilt, ſteht jeder Zuſammenhang der Selbſterſcheinungen doch ſo mit dem allgemeinen Erſcheinungszuſammenhange in Beziehung, daß auch nicht das Kleinſte in einer Seele geſchehen kann, ohne daß es in den allgemeinen Erſcheinungszuſammenhang eingreift, der für alle Seelen und zwiſchen allen Seelen in der höchſten und durch die höchſte Seele beſteht.

Das unmittelbare Eingreifen der Seele in die Körperwelt, hiemit ihren unmittelbaren körperlichen Ausdruck, können wir zwar nicht beobachten, indem das Innere jedes Körpers von der Außenſeite verdeckt wird, wohl aber den, mittelbar davon abhängigen, Erſcheinungszuſammenhang, und können dieſen nach den allgemeinen Geſetzen der körperlichen Erſcheinungswelt durch Vorſtellung und Schluß zu dem ergänzen, welcher in die Beobachtung fallen würde, wenn ſie mit Beſeitigung der Hinderniſſe das Innere erreichen könnte.

Hiernach ſchließen wir von dem, in der äußeren Pſychophyſik zu betrachtenden, äußerlich wahrnehmbaren mittelbaren Ausdrucke des Geiſtes in der Körperwelt in der inneren Pſychophyſik auf den im Inneren des Körpers verborgenen unmittelbaren, doch immer noch unter der Form des äußerlich wahrnehmbaren vorzuſtellenden, um die Geſetze, wie Körperliches aus Körperlichem folgt, zu wahren, und die Unvollſtändigkeit des anſchaulichen Erſcheinungszuſammenhanges durch den Vorſtellungszuſammenhang zu ergänzen.

Ein anderer Grundzug iſt dieſer, daß das Geiſtige den Charakter relativer Einheit oder Einfachheit gegen das Körperliche trägt, was als deſſen Ausdruck anzuſehen iſt; ſofern nicht nur jede Bewußtſeinseinheit weſentlich an einen ganzen Zuſammenhang und Auseinanderfluß des Körperlichen, ſondern auch jede einheitliche Bewußtſeinsbeſtimmung, die einfachſte Empfindung ſogar, an ſolchen unmittelbar gebunden iſt, und umgekehrt die körperliche Zuſammenſtellung und Auseinanderfolge, die ſich mit einer Bewußtſeinseinheit verknüpft, nicht ohne ſolche beſtehen kann. (Vergl. das 37. Kap. der Elemente der Pſychophyſik.)

Dies kann man durch den Ausdruck repräſentiren, daß der Geiſt das verknüpfende Princip der körperlichen Zuſammenſtellung und Auseinanderfolge iſt. Doch ſoll damit eben nichts als jenes lediglich factiſche Verhältniß bezeichnet ſein.

Der Begriff der Wirklichkeit, Realität iſt weiter und enger je nach Sprachgebrauch und Deſinition. Die einfachſte, die vergänglichſte, die vergeblichſte Erſcheinung, ein täuſchender ſubjectiver Schein ſelbſt, hat ſeine Wirklichkeit; eine Wirklichkeit höherer Art aber als Alles, was als einzelne Erſcheinung auftritt, das, was die einzelnen Erſcheinungen zuſammenhält, oder als Ausgang, Anhaltspunct, Schlußpunct der Vorſtellung und des Schluſſes gedacht werden muß, um die Erſcheinungen im Denken zu verknüpfen und Unbekanntes aus Bekanntem zu erſchließen, wenn ſchon es niemals für ſich ſelbſt erſcheint, ja nur als Abſtractum für ſich faßbar ſein mag. Denn die Erſcheinungen finden überhaupt nicht abgeſondert vom bewußten und denkenden Weſen ſtatt, ſondern eben nur in ſolchen. Was alſo aus der Verknüpfung der Erſcheinungen im Denken abſtrahirbar iſt oder zur Verknüpfung der Erſcheinungen im Denken nothwendig iſt, iſt auch als ein wirklich Verknüpfendes und hiemit Wirkliches in höherem Sinne anzuſehen. Eine ſolche Abſtraction iſt nun ſchon dem gemeinen Denken geläufig, eine ſolche Nothwendigkeit bindet ſchon das gemeine Bewußtſein in Betreff des nächſtliegenden Kreiſes von Erſcheinungen und führt zu der allwärts geläufigen Annahme von Dingen; eine damit zuſammenhängende bindet das höhere Denken in Betreff des geſammten Kreiſes von Erſcheinungen, und führt zur Anſicht der höchſten und letzten Dinge, der allgemeinſten Principien und letzten Elemente der Welt.

Wirklichkeiten erſter Art, welche die Wirklichkeit, die in der unmittelbaren Erfahrung ruht, ſchon überſteigen, jedoch dem gemeinen Bewußtſein noch ganz geläufig ſind, ſind ſowohl Seele als Körper. Statt einer ganzen Seele oder eines ganzen Körpers treten ſtets nur einzelne Seiten oder Momente derſelben auf einmal in die Erſcheinung; und die ganze Möglichkeit der Erſcheinungen, die ſie geben können, iſt nicht erſchöpfbar; aber der ſolidariſche Zuſammenhang, in welchem die Möglichkeit dieſer Erſcheinungen unter ſich ſteht, und der ſich in der Bewußtſeinseinheit der Seele ſelbſt bewußt wird, wird von uns im Gedankendinge eines einheitlichen Körpers, einer einheitlichen Seele zuſammengefaßt, und dieſes Gedankending behält ſo lange ſeine Wahrheit und Triftigkeit, ſeine höhere Wirklichkeit, als es den Zuſammenhang der Erſcheinungen in der gemeinen Wirklichkeit triftig repräſentirt, und die Vorſtellungen, die wir uns über die Grundbeſchaffenheit der Seele und des Körpers und das Weſen ihrer Beziehung machen, ſind hienach zu bemeſſen. Sie ſind nach Maßgabe wahrer und triftiger, als ſie den Zuſammenhang der wirklichen Erſcheinungen triftiger repräſentiren.

Obwohl eine letzte Analyſe ſowohl die Seele als den Körper in eine Summe einzelner Erſcheinungen zerlegt, iſt doch die Seele ſowohl als der Körper mehr als eine Summe von Erſcheinungen, da ſie ja eben nicht in dieſer Zerlegung, ſondern als Verknüpfendes und Verknüpftes derſelben beſtehen. Jene Analyſe iſt vielmehr in ähnlicher Weiſe eine Zerſtörung ihres richtigen Begriffes, als die Analyſe einer Pflanze in die Beſtandtheile, die ſie wirklich enthält, doch eine Zerſtörung der Pflanze, die Zerſtörung eines Werkzeuges in die Theile, die es enthält, eine Zerſtörung des Werkzeuges iſt. Nicht blos die Einzelheit der Erſcheinungen, ſondern auch das Band derſelben hat Realität, ja die höchſte Realität. Man muß alſo den Begriff der Seele und des Körpers und jedes Dinges auch in ſeiner Einheit und Ganzheit faſſen und verwenden. So wenig ich im äußeren Leben ſtatt mit Tiſchen, Stühlen, Thieren, Pflanzen, mit dem Waſſerſtoff, Kohlenſtoff, Stickſtoff, Sauerſtoff, den ſie enthalten, operiren kann, ſoll es ein Leben überhaupt geben, ſo wenig im Denken mit den einzelnen Erſcheinungsbeſtandtheilen der Dinge. Und doch iſt hier und da die Analyſe in dieſe letzten Beſtandtheile nöthig, da wo es eben Analyſe gilt.

Ueber die Weiſe, wie die höchſten und letzten Wirklichkeiten — wir mögen ſie metaphyſiſche nennen — deren Gedanke vom gemeinen Bewußtſein nur unvollſtändig gefaßt wird oder ganz darüber hinausreicht, zu faſſen ſind, herrſcht ein noch unentſchiedener Streit zwiſchen den philoſophiſchen Syſtemen. Nach uns liegen ſie nach Seiten des Geiſtigen in der höchſten und letzten Bewußtſeinseinheit, der des göttlichen Geiſtes, nach Seiten des Körperlichen im einfachen Atome, als letztem Elemente der Körperwelt. Der allgemeinſten, höchſten, denkenden, lebendigen Einheit als oberſtem Grenzbegriff der Exiſtenz ſteht das einfachſte, einzelnſte Weſen, was denkbar iſt, als unterſter Grenzbegriff gegenüber, und zwiſchen beiden Grenzbegriffen der Realität bewegt ſich das erſcheinende Sein. In der Einheit des göttlichen Bewußtſeins ſchließt ſich zuletzt alles Erſcheinen zuſammen und ab, und nach dem Charakter der Unendlichkeit, den es trägt, liegt eine Unberechenbarkeit des Geſchehens, die wir als Freiheit faſſen, darin begründet, indeß das einfache Atom zwar als ſolches keiner Erſcheinung fähig, aber aus der Geſammtheit der körperlichen Erſcheinungen als Schlußpunct ihres Zuſammenhanges abſtrahirt iſt, und den letzten Anſatzpunct für alle exacte Berechnung deſſen, was im Einzelnen in der Welt berechenbar iſt, darſtellt.

Zum Gedanken der erſten Einheit gelangen wir dadurch, daß wir eine einheitliche Verknüpfung, wie wir ſie in unſerm endlichen Geiſte für Sondergebiete der Erſcheinung finden, auf das Geſammtgebiet der Erſcheinungen verallgemeinernd, erweiternd und ſteigernd ausdehnen; zum Gedanken der letzten Einzelnheiten gelangen wir dadurch, daß wir die Analyſe der körperlichen Erſcheinungen bis zu ihrer letzten Grenze fortführen, wobei jene einfachen Dinge als letzte nothwendige Anhaltspuncte der Verknüpfung und Berechnung der Erſcheinungen übrig bleiben. (Vergl. hierüber meine Atomenlehre.)

Der Beweis der Realität der Atome liegt in der mathematiſchen Nothwendigkeit, ſie zu gebrauchen. Und wenn die jetzt ſchon im Zerfließen begriffene Philoſophie der fließenden Begriffe in dieſer Nothwendigkeit nur einen Nothbehelf erblicken möchte, ſo iſt dies der eigene letzte Nothbehelf in ihren Nöthen.

Die heutigen Idealiſten wollen von den Atomen nichts wiſſen, weil ſie ſolche in den Geiſt nicht aufzuheben wiſſen, weil ſie entweder etwas außerhalb des Geiſtes oder etwas den Fluß des Geiſtes Unterbrechendes darin ſehen, ſtatt daß der Geiſt ſie nur im Bedenken und Analyſiren ſeines eigenen Erfahrungsinhaltes als feſte aber nothwendige letzte Anſatz- und Haltepuncte des Zuſammenhanges und zuſammenhängenden Bedenkens desjenigen Erſcheinungskreiſes erkennt, in dem ſich die einzelnen Geiſter zu begegnen haben.

Das iſt das reine Factum und die reine Auffaſſung dieſes Factum die idealiſtiſche Wahrheit der Atome, welche der phyſikaliſchen nicht widerſpricht, wenn ſchon ſie nach der Aufgabe der Phyſik in dieſer nicht in ſolcher Form zu Tage kommen kann, vom Idealismus aber aus dem Schachte der Phyſik in dieſer Form ans Tageslicht zu födern wäre, um ihn idealiſtiſch auszubeuten, ſtatt ihn zu erſäufen.

Dieſe Wahrheit gewinnt tiefere Bedeutung dadurch, daß die endlichen Geiſter, welche die Atome durch Analyſiren ihres Erfahrungsinhaltes finden, ſelbſt innere Werkzeuge des unendlichen Geiſtes ſind, das Allerendlichſte, was er in ſich enthält, zu finden.

Die neuere Monadologie hat ſtatt der einfachen Atome als letzte Halt- und Anknüpfungspuncte die einfachen Weſen hinter den Atomen, gewonnen nicht durch letzte Analyſe der Welt der Erſcheinung, ſondern aus der Zerſtörung dieſer Welt als eines Scheines; — eine geſpenſtige Welt hinter der wirklichen Welt. Die Phyſik aber fürchtet ſich vor Geſpenſtern.

Die Materialiſten wollen nichts von Gott wiſſen, weil ſie den Geiſt nur als Product einer günſtigen Conſtellation der Materie anſehen. Weshalb ſie aber die allgemeine Conſtellation der Materie, die alle Menſchen- und Thiergehirne einſchließt und verknüpft, für minder günſtig halten, als die eines einzelnen Menſchen- und Thiergehirns, muß man ſie ſelber fragen, und mit der genügſamen Antwort ſich begnügen, um den Hauptgewinn des Materialismus, mit möglichſt wenig Geiſt in der Welt auszukommen, nicht wieder zu verlieren.

Principiell berechenbar iſt, was und ſofern etwas an Verhältniſſen des Endlichen zum Endlichen hängt, aber jedes Atom und jeder Körper und jeder Gedanke und jeder endliche Geiſt ſind theilhaft inbegriffen in einem unendlichen Ganzen, und ſo wird alles Berechenbare von etwas Unberechenbarem überreicht; es geht durch die Welt Etwas, was aus dem Ganzen kommt, ins Ganze geht und aller Rechnung, aller Vorausſicht ſpottet, etwas was keinem Geſetze zuwiderläuft, Abbruch thut, nach dem Aſtronomie, Phyſik, Phyſiologie, Pſychologie die Erfolge berechnen; ſondern im Gegentheile nach der allgemeinſten, das Unendliche mit faſſenden, Faſſung dieſer Geſetze ſelbſt die Berechenbarkeit der Erfolge, die an dem Verhältniſſe des Endlichen zum Unendlichen hängen, überſteigt*).

Denn die allgemeinſte Faſſung des Geſetzes, unter der ſich alle Einzelgeſetze vereinigen, iſt die, daß, wenn und wo auch dieſelben Umſtände wiederkehren und welches immer dieſe Umſtände ſein mögen, auch dieſelben Erfolge wiederkehren, unter andern Umſtänden aber andre Er-

---

*) Bezüglich des Materiellen iſt hiebei nicht allein daran zu denken, daß jedes Theilchen von jedem andern vermöge der bekannten binären Kräfte eine Wirkung erfährt und darauf äußert, und daß wegen der unendlichen Zahl der Theilchen hieraus für jedes eine Reſultante von, ſtreng genommen, unbeſtimmbarer Größe und Richtung hervorgeht, die blos in ſofern einer *approximativen* Beſtimmung fähig iſt, als wir die Hauptwirkungen, d. i. die der nächſten Theilchen auf einander in Rechnung nehmen; — ſondern aus höherem und wie ich glaube, wichtigerem Geſichtspuncte wird auch daran zu denken ſein, daß (nach Betrachtungen im Anhange zu meiner Atomenlehre S. 181 ff.) außer der Kraft, welche ein Theilchen als Beſtandtheil einer binären Verbindung erfährt und äußert, auch eine, eigenthümlichem Geſetze unterliegende, Kraft zu ſtatuiren iſt, welche es als Beſtandtheil einer ternären Verbindung erfährt und äußert, und ferner eine ſolche, die es als Beſtandtheil einer quaternären Verbindung u. ſ. f. erfährt und äußert, und endlich eine ſolche, die es als Theil der unendlichen Totalität erfährt und äußert, der Art, daß die Wirkungen der höheren Kräfte, anſtatt ſich *aus* denen der niederen zuſammenzuſetzen, vielmehr *mit* denſelben zuſammenſetzen. Ich habe zu zeigen geſucht, wie dies im Ausgange von der Erfahrung nach dem Principe der Erweiterung und Steigerung gewonnene, allgemeine Kraftprincip der Natur längſt gefühlten Bedürfniſſen der Phyſik und Chemie entgegenkommt; auch iſt es ſchon in einem gewiſſen Gebiete bis zu gewiſſen Grenzen benutzt.

folge*). Nun hat das unendliche Ganze kein andres Ganze neben ſich und kein gleiches Ganze nach ſich; denn die Welt morgen iſt eine andere, als ſie heute war und je geweſen war. Alſo wird ſie auch morgen abermals andere Erfolge erzeugen, als ſie heute erzeugte; aber es läßt ſich nach keinem Geſetze ſagen, welche ſie morgen erzeugen wird, in ſo weit ſie nach einer, das Ganze im Ganzen betreffenden, Hinſicht eine andere morgen als heute und als jemals früher war.

Gott, der die Fülle alles Lebens zum Inhalt hat, wirkt aus dem Ganzen in das Ganze mit höchſter Freiheit, denn mit dieſer fällt die principiell unberechenbare Seite der Exiſtenz zuſammen, und iſt ſich dieſer, durch kein Geſetz der Endlichkeit erſchöpfbaren, Freiheit ſelbſt bewußt. Alles Endliche hat Verhältniſſe zu anderem Endlichen, hat aber auch ein Verhältniß zum Unendlichen als Theil deſſelben und hat als ſolcher Theil auch Theil an deſſen Freiheit, deren Bewußtſein theils im Bewußtſein der allgemeinen Freiheit aufgeht, theils gegen andres abgeſchloſſen darein eingeht. Alſo wirken die endlichen Einheiten unter der göttlichen, die einen Theil des allgemeinen Ganzen bewußt gegen anderes Bewußtſein abſchließen, auch vermöge des ihnen zukommenden Antheils an der durch das unendliche Ganze gehenden Freiheit in einer, durch kein Geſetz der Endlichkeit, nach keiner Analogie mit andern Geiſtern beſtimmbaren, Weiſe aus dem Ganzen in das Ganze, was ſie vom allgemeinen Ganzen abſchließen, und ſind ſich dieſer Freiheit ſelbſt bewußt. Die göttliche Freiheit beſteht nicht in der Summe der Freiheit, deren ſich die einzelnen Geſchöpfe bewußt ſind, ſondern dieſe bildet blos Motive in der darüber hinausgreifenden göttlichen Freiheit und kann in den einzelnen Geſchöpfen andere Richtung als im Ganzen haben; wie die Welle des Fluſſes dem Fluſſe entgegengehen kann*). Alle aus dem Unendlichen oder dem Verhältniſſe zum Unendlichen ſtammenden freien Wirkungen Gottes und ſeiner Geſchöpfe ſetzen ſich endlich mit denen zuſammen, die nach Geſetzen erfolgen, welche ſich auf die Verhältniſſe des Endlichen zum Endlichen beziehen, und wodurch ein Endliches genöthigt wird, ſich nach dem anderen und früheren zu richten.

---

*) Vergl. die Erörterung dieſes Geſetzes in Zend-Aveſta II. S. 258 ff.

Iſt Alles völlig klar in dem, was von der Freiheit hier geſagt iſt? — Aber wo iſt die Freiheitslehre, in der Alles völlig klar iſt, was geſagt iſt, oder Alles geſagt iſt, was zur vollen Klarheit nöthig wäre? Wer will das, was Sache der Unendlichkeit iſt, je völlig klar erkennen? Es gilt nur, wenigſtens es anerkennen.

* * *

Dieſe Grundanſicht iſt ganz idealiſtiſch, ſofern alle Exiſtenz nach ihr in einem allgemeinſten, im göttlichen, Bewußtſein ruht, nur daß ſie nicht im Sinne des gewöhnlichen Idealismus die Materie, die Natur, ſei es für ein nachgeborenes Product des Geiſtes, oder einſeitig von ihm abhängig, ſondern für eine immanente Bedingung ſeines Daſeins hält. Der Zuſammenhang der Erſcheinungen, der uns die Natur repräſentirt, gehört ſelbſt zum weſentlichen Gefüge und zur Unterlage des allgemeinſten, des höchſten Geiſtes.

---

*) Vielleicht kann Folgendes mit zur Erläuterung dienen: ein Werth A (göttliche Freiheit) kann ſehr wohl eine Function der Werthe a., b., c. etc. (geſchöpfliche Freiheit, welche Motive in der göttlichen bildet) ſein, ohne daß jeder dieſer Werthe insbeſondere im Vorzeichen mit A übereinſtimmt, und ohne daß A die Summe dieſer Werthe iſt oder ſchon beſtimmt gegeben iſt, wenn alle einzelne Werthe a, b, c gegeben ſind, da es vielmehr noch auf die Verknüpfungsweiſe derſelben ankommt, die in keinem einzelnen ruht. So können, unter Beſchränkung auf einen Inhalt blos von zwei Gliedern, die Werthe von A ſein $a+b$, $a-b$, $b-a$, ab, $\frac{b}{a}$, $\frac{a}{b}$, a^b, b^a, $a \log b$, $b \log. a$, $a \sin. b$, $b \sin. a$, etc. etc. Auch kommt in Rückſicht, daß man außer dem Gehalt der Größe A an Werthen a, b, welche individuell Bewußtes bedeuten, noch einen Gehalt zu ſtatuiren hat, der im Bewußtſein des Ganzen aufgeht.

Dieſe Anſicht iſt ganz materialiſtiſch, indem ſie die Möglichkeit keines menſchlichen Gedankens ohne ein Gehirn und eine Bewegung in dieſem Gehirne geſtattet, und darin ſogar übermaterialiſtiſch, daß ſie auch keinen göttlichen Gedanken ohne eine körperliche Welt und ohne Bewegungen in dieſer Welt geſtattet, nur daß ſie doch einen Gott und göttliche Gedanken geſtattet.

Dieſe Anſicht iſt ganz dualiſtiſch, indem Leib und Seele danach zwei gar nicht auf einander zurückführbare, grundweſentlich verſchiedene und doch auf einander bezogene, Seiten der Exiſtenz ſind, nur daß ihre Beziehung, ſtatt eine blos äußerliche zu ſein, durch die Einheit des göttlichen Bewußtſeins vermittelt iſt, in welchem zuletzt alles Körperliche und Geiſtige erſcheint und hiemit iſt.

Dieſe Anſicht iſt ganz Identitätsanſicht, indem ſie Beides, Leib und Seele, nur für zwei verſchiedene Erſcheinungsweiſen deſſelben Weſens hält, die eine auf innerem, die andere auf äußerem Standpunct zu gewinnen, nur daß ſie das Weſen, was beiden Erſcheinungsweiſen gemeinſam unterliegt, in Nichts als der untrennbaren Wechſelbedingtheit beider Erſcheinungsweiſen, und die letzte Bedingung der Untrennbarkeit in der Einheit des göttlichen Bewußtſeins ſieht.

Schroff widerſpricht ſie nur der Monadologie; mit dieſer gilt es einen Kampf auf Tod und Leben.

Hat, fragt ſich, alles einzelne Bewußtſein in eines einzugehen, oder das eine ins einzelnſte zu zergehen? Das iſt die letzte Wahl.

Der Ameiſenbär verſchlingt entweder die Ameiſen oder wird von ihnen verſchlungen. Jenes der Lebendige, dies der Todte. Ich wette für den Lebendigen.

Meine Polemik gegen die Herbartſche Monadologie iſt in einer Abhandlung in Fichte's Zeitſchr. 1853, gegen die Lotze'ſche im 37. Kap. meiner Pſychophyſik ausgeführt, und bildet den Rückhalt für das, was hier gelegentlich und flüchtig gegen die monadologiſche Richtung geſagt iſt.

Darin aber widerſpricht unſere Anſicht aller heutigen Philoſophie, daß ſie allen Rückgang hinter die Erfahrung und alle Transcendenz über die Erfahrung verwirft, dagegen die höchſte Verallgemeinerung, einheitlichſte Verknüpfung, letzte Analyſe der Erfahrung, und den weitgehendſten Schluß auf Grunde der Erfahrung fodert.

Und was hat man denn bisher gewonnen mit jenem Rückgang, jener Transcendenz? Ein vergebliches Ringen war's, in den Kreis des Erfahrungsmäßigen hineinzukommen, aus deſſen Bearbeitung allein werthvolle Früchte erwachſen, oder ein Hineinſpringen von Hinten oder Oben, ohne ein Princip zum Weiterſchreiten.

XI.

Weltanſicht.

Gott iſt das All' oder der Geiſt des Alls, je nachdem man es faſſen will.

Die Verſchiedenheit dieſer Faſſung betrifft blos das Wort, nicht die Sache. Wie man nämlich beim Worte Menſch auf die ganze einheitliche Verknüpfung von Körper und Geiſt, oder blos auf letztern als das Weſentlichſte dieſes Ganzen reflectiren kann, iſt es mit dem Worte Gott. (Vergl. Zend-Aveſta. I. S. 327 ff.)

Dem körperlichen Stufenbaue der Welt entſpricht ein geiſtiger Stufenbau, der von dem körperlichen geſpiegelt und getragen wird.

Was unter dem Spiegeln und Tragen zu verſtehen, erhellt aus den Erörterungen S. 48 ff. Darauf bezüglich iſt auch das Functionsprincip der „Elemente der Pſychophyſik" Th. II. S. 380.

Der Stufenbau der Welt iſt weſentlich der Art, daß jede höhere Stufe eine Mehrheit einander nebengeordneter Glieder niederer Stufe zugleich körperlich und geiſtig umfaßt, deren, im höheren gemeinſam eingeſchloſſenes, Bewußtſein gegen einander abgeſchloſſen und von einer mehr oder weniger abgeſchloſſenen Körperform getragen iſt. Doch kann die höhere Stufe weder körperlich noch geiſtig als bloße Summe dieſer individuell bewußten Glieder betrachtet werden, ſondern verknüpft vielmehr dieſelben durch einen darüber hinausreichenden körperlichen und Bewußtſeinsinhalt.

Als Schema des körperlichen und zugleich als Symbol des geiſtigen Stufenbaues (vergl. S. 64) kann man entweder das Bild eines großen Kreiſes benutzen, der eine Mehrheit kleinerer Kreiſe einſchließt, die abermals kleinere Kreiſe einſchließen, oder eines großen Wellenberges, der eine Mehrheit kleinerer Wellenberge trägt, von denen jeder abermals kleinere Wellenberge trägt. Letztres iſt nach der Verzeichnung weſentlich nur daſſelbe Schema im Aufriſſe, was das erſte im Grundriſſe iſt. Vom Wellenſchema iſt in meiner Pſychophyſik Gebrauch gemacht; das Kreisſchema iſt populärer.

Wenn hienach ein Kreis A die juxtaponirten Kreiſe a, b, c.... einſchließt, ſo iſt er doch nicht von denſelben ausgefüllt, mithin nicht als Summe derſelben anzuſehen, ſondern überreicht alle mit einem, alle verknüpfenden, Inhalt. Nun kann die Untergliederung der verſchiedenen einander nebengeordneten Glieder a, b, c.... verſchieden weit gehen, bei manchen ſogar fehlen; und hieraus entſteht eine analoge Stufenreihe nebengeordneter als eingeordneter Glieder, von denen diejenigen, bei denen die Untergliederung weiter geht, als bei den andern, als die höher ſtehenden zu betrachten ſind. (Vergl. S. 185 f.)

Vom Menſchlichen ausgehend und mit Nennung jedesmal nur eines Gliedes jeder innern Stufe aufwärts ſteigend kann man die innere Stufenleiter ſo ſtellen: discret empfindende Nervenfaſer, Auge, Menſch, Erde, einander einſchließende Weltſyſteme, Welt. Doch kann es zweifelhaft erſcheinen, inwiefern die Weltſyſteme, welche die Erde einſchließen und von der Welt eingeſchloſſen werden, noch abgeſchloſſene geiſtige Individualitäten oberhalb der Erde, unterhalb der göttlichen Einheit ſpiegeln, mithin auch, ob ſie ſolche noch tragen, und mithin als beſondere Stufen aufzuführen ſind. Dieſe dunkle und eines eingreifenden Intereſſes zunächſt ermangelnde Frage iſt daher in allem Vorigen beiſeite gelaſſen.

Der Sinneskreis des Auges nun iſt nicht ganz ausgefüllt von den Kreiſen der discret empfindenden Netzhautfaſern; die ganze Netzhaut iſt vielmehr eingebettet in andere Häute und enthält außer den Nerven noch Zellgewebiges und Gefäße. Der Kreis des Menſchen iſt nicht ganz ausgefüllt von den Sinneskreiſen der Augen, Ohren u. ſ. f., der Kreis der Erde nicht ganz von den Kreiſen der Menſchen, Thiere, Pflanzen, der Weltkreis nicht ganz von denen der Weltkörper; denn dazwiſchen iſt endlich noch der Aether.

Auf der äußern Stufenleiter ſtehen Auge, Ohr und Taſtorgan höher als Geruchs- und Geſchmacksorgan, weil jene noch eine Untergliederung in discret empfindende Nervenfaſern enthalten,*) dieſe nicht; Menſchen und Thiere höher als Pflanzen, weil jene individuell geartete Sinnesorgane enthalten, welche wieder discret empfindende Nerven enthalten, dieſe nicht. Auch unter den Weltkörpern mag es ſolche geben, in denen die Untergliederung weiter oder minder weit als bei der Erde geht, und die hienach im Sinne der äußern Stufenleiter höher oder minder hoch ſtehen. Vielleicht giebt es Weltkörper (Aſteroiden?) die, obwohl auf gleicher innerer Stufe mit der Erde, doch äußerlich zu ihr in ähnlichem Verhältniſſe als die Pflanze und der Polyp zum Menſchen ſtehen, indeß die Sonne auf der äußern Leiter höher ſtehen mag, als die Erde, wenn nicht überhaupt das ganze Sonnenſyſtem, im Sinne der im Zend-Aveſta Th. II. S. 241 ff. ausgeführten Vorſtellung, als ein Geſchöpf zu betrachten iſt, was aber zu den dunklen Fragen gehört, die man für jetzt bei Seite laſſen kann.

Es ließe ſich bei einer weiteren Entwickelung des Schema denken, daß jeder der Kreiſe a, b, c . . . . wellenartig Kreiſe um ſich erzeugte, die den ganzen Kreis A ohne beſtimmte Grenze (und ſelbſt mit Zurückwerfung vom Umfange herein) erfüllten, aber wegen ihres Ausganges von verſchiedenen Puncten ſich nur kreuzten, ſtatt zuſammenzufallen. Dies die ſchematiſch-ſymboliſche Vorſtellung, welche ich den Erinnerungen, die ſich aus unſern Anſchauungen entwickeln, ſo wie den jenſeitigen Lebenskreiſen, welche ſich aus unſern dieſſeitigen entwickeln, zu Grunde lege. Wie die Erinnerungskreiſe erſt in's Bewußtſein treten, wenn die Anſchauungskreiſe erloſchen ſind, iſt es mit den jenſeitigen Lebenskreiſen. Die Ausführung hievon ſ. im 3. Theile des Zend-Aveſta.

Zwiſchen den Gliedern einer gegebenen Stufe beſtehen materiellerſeits und geiſtigerſeits Beziehungen, die ſich in der höheren einheitlich verknüpfen und geiſtigerſeits bewußt abſchließen. In ihnen, nicht in dem Inhalte der niedern Stufen, iſt der ſeiner Bedeutung nach höchſte Inhalt jeder höhern Stufe zu ſehen.

---

*) Daß dies mit großer Wahrſcheinlichkeit auch für das Ohr gilt, iſt in meiner Pſychophyſik, Th. II. S. 286 ff. gezeigt.

So ſind für den Sinn des Auges nicht die Empfindungen der einzelnen Netzhautfaſern, ſondern die Form- und Farbenverhältniſſe, die aus Beziehungen dieſer Empfindungen hervorgehen, und ſich in der Geſammtanſchauung des Auges abſchließen, das Bedeutungsvollſte. So für den Menſchen nicht die Empfindungskreiſe der einzelnen Sinne, ſondern Begriffe und Ideen, die aus Beziehungen derſelben hervorgehen und ſich im Bewußtſein des ganzen Menſchen abſchließen; ſo für die Erde nicht die Gedanken- und Sinneskreiſe der einzelnen Menſchen, Thiere, Pflanzen, ſondern ein höheres Reich geiſtiger Beziehungen in Kirche, Staat, Wiſſenſchaft, Kunſt, Leben, das in dem einheitlichen Geiſte der Erde bewußt beſteht, und ſich darin bewußt abſchließt. Und ſo wird es auch wieder zwiſchen den Geiſtern der Weltkörper Beziehungen geben, die als das Bedeutungsvollſte der Welt bewußt in Gott beſtehen und ſich in ihm bewußt abſchließen.

Die Verkennung dieſes Principes hat eine neuere Richtung der Philoſophie zur Menſchenvergötterung geführt, wonach der Gipfel der Schöpfung im Bewußtſein der einzelnen Menſchen oder den bewußten Ideen einzelner Philoſophen von einem unbewußten Zuſammenhange der Menſchheit zu finden iſt, ſtatt daß über das Bewußtſein der einzelnen Menſchen höher bewußte Beziehungen in einem allgemeinen Bewußtſein übergreifen.

Die Beziehungen zwiſchen den einzelnen Gliedern einer Stufe können ihrerſeits an Höhe verſchieden ſein, ſofern es Beziehungen zwiſchen Beziehungen im Geiſtigen und unſtreitig zugehörige im Körperlichen, wovon das Geiſtige geſpiegelt und getragen wird, giebt. Hieran knüpft ſich eine dritte Abſtufung der Geſchöpfe. So ſteht der Menſch, wenn ſchon mit den Thieren auf gleicher Höhe der innern und äußern Stufenleiter, doch in dieſer dritten Rückſicht höher als das Thier, wie dieſes über der Pflanze, ſofern ſich im Menſchen ein höheres Reich von bewußten Beziehungen in Begriffen und Ideen über die einfachen Bewußtſeinsbeziehungen, welche in der Seele des Thieres Platz finden, erhebt, das aber doch immer noch höher ſteht als die Pflanze, in der alle Bewußtſeinsbeſtimmungen unmittelbar in der Seeleneinheit zuſammengehen. (Vergl. S. 80 ff.)

Nicht alle Stufen der innern Leiter, die des Bewußtſeins fähig ſind, ſind immer bewußt, ſondern bei den tiefern wechſelt ein Zuſtand des Unbewußtſeins, Schlafes,

mit einem ſolchen des Bewußtſeins, Wachens, indeß bei den höhern ein ſtetes Wachen ſich darauf gründet, daß, indeß ein gewiſſer Theil der Glieder niederer Stufe ſchläft, ein anderer wacht, oder daß die höheren, übergreifenden Beziehungen derſelben in's Bewußtſein treten.

Der Zuſtand des Unbewußtſeins, welcher die Epochen des wachen Bewußtſeins eines Gliedes gegebener Stufe von einander trennt, und welcher die Bewußtſeinskreiſe der verſchiedenen Glieder trennt, hängt körperlicherſeits an einem gleichen Grunde, daran, daß die körperlichen Thätigkeiten, welche die geiſtigen tragen, dort zwiſchen den Epochen, hier zwiſchen den Kreiſen des bewußten Lebens unter eine gewiſſe Größe (Schwelle) fallen, über welcher das Bewußtſein erſt zu leuchten beginnt.

Dieſer Satz findet ſich im 45. Kap. meiner Pſychophyſik erörtert und entwickelt.

Das Verhältniß der Seele zum Leibe läßt ſich unter zwei Formeln bringen. Man kann ſagen, die Seele ſei die Selbſterſcheinung deſſelben Weſens, was als Körper äußerlich erſcheint, und die Seele ſei das verknüpfende Princip des Leibes, ſeiner Zuſammenſtellung und Auseinanderfolge. Beide Formeln hängen dadurch zuſammen, daß in der Selbſterſcheinung ſich einheitlich und vereinfacht zuſammenzieht, was ſich in der äußern Erſcheinung in eine Mannichfaltigkeit auseinanderbreitet. (Ausführung hiezu ſ. in Kap. 1, 37 und 45 der Pſychophyſik.)

Das Unendliche liegt nicht jenſeits der Endlichkeit; ſondern das Endliche iſt der Inhalt des Unendlichen, und Erfahrungen im Kreiſe des Endlichen bieten die Unterlage eines immer weiter greifenden und immer ſicherer ſich ſtellenden, doch nie erſchöpfenden Schluſſes ins Unendliche.

Die allgemeinſte, gewiſſeſte und ſicherſte Erfahrung, die wir machen können, iſt die, daß Alles, was nicht Bewußtſein iſt, als Raum, Zeit, Materie, Atom, Geſetz, nur im Bewußtſein oder aus dem, was im Bewußtſein erſcheint, abſtrahirt iſt. Und ein höchſtes und letztes Bewußtſein wird daher die ganze Umfaſſung und ſeine Einheit der letzte Knoten und die höchſte Spitze deſſen, was iſt, ſein.

Von dem, was wir außer oder hinter dem Bewußtſein und Bewußtſeinsinhalt annehmen, iſt nichts unmittelbar erfahrungsmäßig, ſondern alles außerhalb und dahinter iſt Hypotheſe, die wir blos ſtatuiren können, falls ſie nothwendig iſt.

Wenn wir aber jene erfahrungsmäßige Thatſache, daß man von der Exiſtenz nichts weiß und hat, als das Bewußtſein davon, im Sinne des Erweiterungs- und Steigerungsprincipes recht faſſen wollen, ſo können wir die Hypotheſe miſſen, alle dunkeln Unterlagen und Gründe der Exiſtenz außerhalb des Bewußtſeins fallen laſſen, und Alles auf Verhältniſſe, Verknüpfungen, Beſtimmungen, Geſetze, Wirklichkeiten und Möglichkeiten des Bewußtſeins und ſeines Inhaltes zurückführen.

XII.

Schlußanſicht.

Ceterum censeo, Carthaginem esse delendam. Unter dem Carthago aber verſtehe ich jene Philoſophie, die ſich über die Dinge ſtellt, ohne vom Grunde derſelben zu ihrer Spitze aufgeſtiegen zu ſein.

Leipzig. Druck von A. Edelmann.

Berichtigungen zu dieſer Schrift.

S. 26. Z. 1 v. u. ſt. Thier l. Thiere.
S. 112. Z. 11 v. u. ſt. Fälle l. Fülle.

Nachträgliche Berichtigungen zum Zend-Aveſta.

Th. II. S. 32. Z. 32 v. u. ſt. weiter l. weit.
„ „ „ 36. „ 8 v. u. ſt. Leibesquelle l. Liebesquelle.
„ „ „ 279. „ 15 v. u. ſt. aber l. oder.
Th. III. S. 178. „ 17 v. u. ſt. Scheitels l. Schädels.
„ „ „ 209. „ 18 v. u. ſt. das, etwas l. etwas, was.
„ „ „ 226. „ 7 v. u. ſt. der Art l. den Act.
„ „ „ 350. „ 3 v. u. nach Welterkenntniß-ſchalte ein: nicht.
„ „ „ 360. „ 13 v. u. ſt. Wiederſtellung l. Wiederbringung.
„ „ „ 364. „ 15 v. u. ſt. 12—17 l. 12, 12—17.
„ „ „ 399. „ 11 v. u. ſt. Weſen l. Wahre.

Die

Drei Motive und Gründe

des

Glaubens.

Von

Guſtav Theodor Fechner.

Leipzig,
Druck und Verlag von Breitkopf und Härtel.
1863.

Vorwort.

Jeder Menſch hat ſein Glaubensgebiet; zum Theil decken ſich die verſchiedenen Gebiete, zum Theil weichen ſie auseinander. Das wahre Wiſſen aber iſt nur eines; iſt nicht auch der wahre Glauben nur einer? Manche meinen vielmehr, es ſei recht und billig, daß jeder ſeinen beſondern Glauben habe.

Fragt ſich vor Allem: was iſt Glaube dem Wiſſen gegenüber? denn ein Theil des Weſens beider beſteht doch in ihrem Verhältniſſe zu einander. Iſt es ein geſchwiſterliches, freundliches, feindliches? Hat das Wiſſen der Knecht des Glaubens zu ſein oder der Glaube ſich vor dem Wiſſen wie die Eule vor dem Lichte zu verkriechen? Sind ſie wie die zwei Köpfe des Janus an einander geheftet, alſo daß jedes nach einer andern Richtung ſieht, jedes nur ſieht, was das andre nicht ſieht? Oder kann jedes gar ſeiner andern Natur nach daſſelbe nur anders ſehen, als das andre?

Es ſind alte Fragen, iſt ein alter Streit, der heute noch des Austrags wartet. Anſtatt ihn jedoch hier wieder aufzunehmen, geht dieſes Schriftchen abſeits von dem Streite einen Weg, auf dem es keinen Anlaß zu dem Streite, weil die Antwort faſt vor der Frage findet. Was iſt ſeine andre Abſicht?

So groß das Glaubensgebiet und das Gebiet der Glaubenden iſt, ſo dunkel iſt es und ſo viele Wege laufen darin theils zuſammen, theils auseinander. Wenige denken überhaupt darüber nach, weßhalb ſie glauben, was ſie glauben, Wenige, was ſie berechtigt, zu glauben, was ſie glauben, Wenige treffen dabei recht das Rechte und Viele verlieren über dem Nachdenken gar den Glauben, weil ſie das Rechte nicht getroffen haben. Dieß Schriftchen iſt aus dem Nachdenken darüber erwachſen, was das Rechte und die Gewähr des Rechten in Glaubensſachen ſei, und ſeine Abſicht das Nachdenken wieder den Weg zu führen, der uns als der rechte erſchienen iſt, einen Weg, auf dem an Glauben vielmehr gewonnen als verloren wird.

Kurz bezeichne ich die Aufgabe dieſes Büchleins dahin: zu zeigen, wie der Glaube aus ſeinen Motiven erwächſt, die Motive des Glaubens zu Gründen erwachſen zu laſſen, und damit den Glauben ſelbſt wachſen zu laſſen.

Der Hauptgegenſtände des Glaubens ſind drei, und ſo werden wir auch drei Hauptmotive und in Folge deſſen drei Hauptgründe für den Glauben finden, die ſich aber nicht nach den Gegenſtänden ſchreiten, ſondern zu dem Bande, was dieſe in der Natur der Dinge haben, ein Band im Menſchen fügen.

Das Gemeinſame der Motive und Gründe vereinige ich unter dem Namen Principien des Glaubens, und ſo kann ich auch ſagen, es ſoll ſich hier um die Principien des Glaubens handeln.

Wir haben ſchon viele Lehrbücher des Glaubens; ſie ſind nur für die Meiſten zu gelehrt. Wir haben darin ſchon Beweiſe für das Daſein Gottes, des Jenſeits und der Engel; aber ſie ſind eben nur für die Gelehrten da, und der Glaube iſt für Alle da. Ließen ſich nicht auch die Gründe des Glaubens Allen zugänglich und eingänglich machen? Möchten doch viele glauben und können nur nicht glauben; werden ſie den Glauben aus ſeinen Lehrbüchern zu lernen, etwa nach Erbauungsbüchern, die ihn fertig vorausſetzen, den ſchwachen erbauen können? In dieſer kleinen Schrift aber wird verſucht, den Glauben zu lehren, den Glauben zu erbauen, ohne daß es der Gelehrſamkeit der Lehrbücher oder der Vorausſetzung der Erbauungsbücher dazu bedarf.

Es iſt Alles ſo einfach, klar, verſtändlich und nach ſelbſtverſtändlichen Vorderſätzen faſt ſelbſtverſtändlich darin, daß ich freilich beſorge, man wird es vielmehr zu ſehr als zu wenig finden, nachdem man es ſonſt ſo anders in dieſen Dingen zu finden gewohnt iſt. Und wird auch der Wortgläubige damit zufrieden ſein, daß ich die wichtigſten Worte, an die er glaube, wirklich einfach beim Worte nehme, der Vernunft gläubige damit, daß ich ſie ganz nach der Vernunft nehme, und der Ungläubige damit, daß ich ſeine Gründe des Unglaubens ſelbſt zu Glaubensgründen erhebe; nachdem der Widerſpruch zwiſchen den Dreien, in dem ſich das Glaubensleben rings bewegt, faſt mehr als an Anderem daran hängt, daß ſie dem ſelbſt nicht gerecht werden, worin ſie ihre Gerechtigkeit gegen einander ſuchen.

Wird endlich der Fortſchritt, den der Glaube hier über ſeinen bisherigen Standpunkt hinaus wagt, auch nur verziehen werden, nachdem die Gläubigſten den feſten Ruheſtand des Glaubens zu ſeinem Weſen rechnen?

Gehöre doch alſo Büchlein einer kleinen Gemeine und des Baumes, der in der Eichel ſchläft. Magſt du ein kleines Blatt am Keime dieſes Baumes ſein.

Inhalt.

Seite
I. Glaube und Wiſſen im Allgemeinen 1
II. Das Glaubensgebiet im engern Sinne 18
III. Motive und Gründe (Principien) des Glaubens im Allgemeinen 22
IV. Hiſtoriſches, praktiſches und theoretiſches Princip des Glaubens im Allgemeinen 24
V. Das hiſtoriſche Princip 49
IV. Das praktiſche Princip 81
VII. Das theoretiſche Princip 135
Das Argument vom Geiſte 155
Das Argument vom Körper 179
VIII. Stellung einer exacten Lehre von Leib und Seele (mit Rückſicht auf die Nervenfrage) zu den Glaubensfragen . . . 221
IX. Fragen, wie der Glaube zuerſt an die Menſchheit kam, und wie die Motive und Gründe des Glaubens an das Daſein Gottes in dem Daſein Gottes wurzeln 230
X. Der orthodoxe und der freie Standpunkt 242
XI. Rückblick, Ueberblick, Vorblick 249
XII. Schluß 254

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

I.

Glaube und Wiſſen im Allgemeinen.

Wie alle Allgemeinbegriffe kann man auch Glauben in verſchiedener Weite und Weiſe faſſen. Anſtatt aber zu ſtreiten, wie er zu faſſen ſei, erklären wir einfach, was wir hier unter dieſem Namen verſtehen und betrachten wollen. Genug, wenn wir damit in den Gränzen des Sprachgebrauches bleiben, und ſolche nur für die Zwecke der folgenden Betrachtung feſter ſtecken, als ſie bei den Schwankungen des Gebrauches ſtehen.

Vielleicht thäte man gut, öfter ſo zu verfahren, als es gemeinhin geſchieht.

Im weiteſten Sinne nun verſteht man und verſtehe ich unter Glauben ein Fürwahrhalten deſſen, was nicht durch Erfahrung oder logiſchen Schluß, wozu der mathematiſche gehört, gewiß iſt.

Soll ich mich hienach auch noch erklären, was ich unter Fürwahrhalten, Erfahrung, logiſchem Schluß, Mathematik verſtehe? Aber man ſieht wohl, daß ich dann nicht fertig werden oder nicht zum Anfange deſſen kommen würde, um was es hier eigentlich zu thun iſt. Der Sprachgebrauch und der Zuſammenhang der Betrachtung muß hinreichen, das Sächliche verſtehen zu laſſen, was darunter verſtanden werden ſoll; und nur um Sächliches ſoll es ſich hier handeln.

Wollte ich freilich eine Metaphyſik des Glaubens ſchreiben, ſo müßte ich nach allen Seiten tiefer in Begriffszuſammenhänge eingehen, bis zum Abgezogenſten zurückgehen, vom Letzten ausgehen, als wenn es das Erſte wäre. Aber wozu könnte es führen? Nachdem mir geſchienen, daß alle Metaphyſik, Dogmatik, Myſtik und Mythik des Glaubens vielmehr in das Dunkel als aus dem Dunkel führt, unterlaſſe ich es, in ihre Tiefe einzugehen. Was wir ſuchen, liegt über dieſer Tiefe.

In jenem weiteſten Sinne, in welchem wir zuerſt den Glauben faßten, iſt ſein Begriff gleichgültig gegen ſeinen Inhalt. Man kann glauben, daß es einen Gott und daß es einen Teufel giebt, Krieg oder Frieden geben wird, von Dreizehn, die zu Tiſche ſitzen, in dieſem Jahre einer ſterben wird; ja was kann man nicht Alles glauben. Unglaublich iſt's, was Alles in der Welt geglaubt wird; und von Allem, was geglaubt wird, wird auch das Gegentheil geglaubt. Der craſſeſte Aberglaube iſt noch in dieſem weiteſten Sinn des Glaubens Glaube.

Aber in einem engeren Sinne, wenn man z. B. Glaube, Liebe, Hoffnung zuſammenſtellt, auf den Glauben als des Menſchen letzte Zuflucht weiſt, vom Seligwerden durch den Glauben, von Glaubensangelegenheiten, Glaubensquellen, gläubigen Menſchen ſpricht, verſteht man und verſtehe ich unter Glauben nur den Glauben an die höchſten und letzten Dinge, d. i. Gott, Jenſeits, höhere geiſtige Exiſtenzen. Sie überreichen am weiteſten Alles, was in jenen Wegen gewiß iſt, und darum ſprechen wir hier vorzugsweiſe von Glauben. So iſt der Glaube in engerem Sinne nur das höchſte Gebiet des Glaubens in weiterem Sinne.

Von jeher haben die Völker Heilsbedingungen an das Daſein der Gegenſtände dieſes Glaubens und an den Glauben daran ſelbſt geknüpft und das höchſte und allgemeinſte Band in ſolchem Glauben geſucht. Inſofern nennt man ihn auch *religiöſen* Glauben zum Unterſchiede von gemeinem Glauben.

Um dieſen Glauben in engerem Sinne wird ſich's hier vorzugsweiſe handeln; doch da er die allgemeinſten Verhältniſſe und Eigenſchaften des Glaubens im weiteſten Sinne theilt, die unabhängig ſind von der Beſchaffenheit des Geglaubten, ſo wird es gelten, dieſe vorerſt in Betracht zu ziehen.

Nach Manchen möchte es freilich ſcheinen, daß der Glaube an die höchſten und letzten Dinge überhaupt ganz andrer Natur ſei, ganz andre Quellen und Folgen habe, als der Glaube an irgend welche andere Dinge, an das, was hier und da, was morgen oder über's Jahr ſein oder nicht ſein wird, daß er etwas ſchlechthin Darüber oder gar Zuwider, etwas Specifiſches in jeder Hinſicht ſei. Und ſollte man ihn wirklich irgendwie mit dem Aberglauben in Eins faſſen können? — Aber zuvörderſt iſt der Glaube an die höchſten und letzten Dinge ein Fürwahrhalten des Daſeins und der Beſchaffenheit der Dinge, auf die er ſich bezieht, wie jeder andre Glaube, ohne durch Logik und Erfahrung gewiß gemacht werden zu können, hat alſo doch begrifflich etwas damit gemein, und es wird ſelbſt zur Aufgabe des Folgenden gehören, zu zeigen, daß das Specifiſche des Glaubens an die höchſten und letzten Dinge eben nur darin liegt, daß dieſe Dinge die höchſten und letzten ſind, das Höchſte und Letzte von dem aber ſind, worin wir Alle leben und weben, und die Motive und Gründe jedes anderen Glaubens alſo ſich in Bezug auf ſie am höchſten gipfeln, am vollſtändigſten darin zuſammen- und abſchließen. So feſt kann kein Glaube werden, als der Glaube an dieſe Dinge, ſo durchſchlagend keine Motive, ſo bindend keine Gründe, ſo weit und tief greifend keine Folgen. Warum? Weil die Motive, Gründe, Folgen des Glaubens an die allgemeinſten, höchſten und letzten Dinge die Natur ihrer Gegenſtände tragen, die allgemeinſten, höchſten und letzten zu ſein, von denen aber zu ſein, in denen unſer ganzes Leben, Dichten und Trachten beruht und ſich bewegt.

Der Glaube iſt wie eine hohe Pyramide. Die Motive und Gründe alles Glaubens laufen von einer breiten Unterlage aus im religiöſen Glauben wie in eine letzte herrſchende Spitze zuſammen, und gleich ſehr irrt, wer die Spitze der Pyramide als etwas Abgeſondertes über der Pyramide ſucht, und wer den Blick nicht über die Baſis erhebt, zur Hälfte irrt, wer ihn nur halb erhebt.

Man kann glauben, daß etwas iſt, und glauben, daß auf etwas Verlaß iſt; dann heißt der Glaube Vertrauen. Dieſen Sinn hat oft der Glaube in der Bibel. Es wurzelt aber der eine in dem andern Glauben, denn wie könnte man glauben, daß auf etwas Verlaß iſt, von dem man nicht auch glaubte, daß es iſt. So ſagt die Bibel: „Ohne Glauben iſt es unmöglich, Gott gefallen, denn wer zu Gott kommen will, der muß glauben, daß er ſei, und denen, die ihn ſuchen, ein Vergelter ſein werde“ (Ebr. XI. 6). Zwar bedarf der Glaube im erſten Sinne noch eines Zuwachſes von Beſtimmungsgründen, um zum letzten zu werden; aber ſie wachſen aus dem rechten Glauben an das Rechte auch von ſelbſt heraus. So wird es alſo nicht nöthig, die Betrachtung in Bezug darauf zu ſcheiden.

Was nun iſt das Wiſſen dem Glauben gegenüber?

Auch hier gilt es wieder, eine engere und weitere Bedeutung zu unterſcheiden. Das Gewußte im engſten und ſtrengſten Sinne, hiemit das ſchlechthin oder objectiv *Gewiſſe* iſt uns gegenüber dem Geglaubten nur das, was nach dem Satze der Identität unmöglich anders vorzuſtellen oder zu denken iſt, das iſt alles durch *unmittelbare* Erfahrung, triftigen logiſchen Schluß oder den letztern auf Grund der erſtern Erkannte.

Ich weiß in dieſem Sinne des Wiſſens, daß eine Empfindung des Roth, Grün, Gelb in der Welt iſt, wenn ich ſie ſelber habe; daran läßt ſich nichts mäkeln; was da iſt, das iſt da. Ich weiß, daß jedes Dreieck in Summa zwei rechte Winkel einſchließt; denn ich kann es nicht anders denken, ohne mit den vorgedachten Bedingungen des Dreiecks in Widerſpruch zu gerathen; ich weiß auf gleichem Grunde bei einer Kugel, deren Durchmeſſer ich aus Erfahrung kenne, welches ihr Umfang und ihr Inhalt iſt. Ob aber Andre die Orange, die vor mir liegt, eben ſo gelb ſehen, als ich, kann ich ſtreng genommen nicht wiſſen; ich glaube es nur faſt ſo feſt, als ob ich es wüßte; und ſo lange ich die Triftigkeit eines logiſchen Schluſſes nicht ſelbſt eingeſehen, die Unmöglichkeit des Andersdenkens nach den Foderungen begrifflicher Einſtimmung dabei ſelbſt erkannt, kann ich wohl glauben, aber nicht wiſſen, daß er triftig iſt und das damit Erſchloſſene richtig iſt.

Deſſen, was wir gewiß wiſſen, iſt außer dem allerdings ſehr ausgedehnten Reiche mathematiſcher Wahrheiten im Grunde ſehr wenig, und bei den mathematiſchen Wahrheiten überdieß in Betracht zu ziehen, theils, daß ſie nur eine Sache des ſtrengen Wiſſens Weniger, für Andre mehr oder weniger nur Glaubensſache ſind, theils, daß ſie nichts an ſich über die Exiſtenz ausſagen, ſondern nur ſagen: wenn dieß ſo iſt, ſo iſt dieß ſo. Die Mathematik kann nicht beweiſen, daß es einen Raum von drei Dimenſionen giebt, in dem ſich Linien ziehen, durch den ſich Gränzen legen laſſen, daß es Dreiecke, Kreiſe giebt, ſondern nur, daß, ſofern es einen Raum, Dreiecke, Kreiſe im Sinne der Definition giebt, aus dem Gegebenen dieß und jenes folgt. Allem, was vor uns geſchehen iſt, nach uns geſchehen wird, fern von uns geſchieht und exiſtirt, geht die Gewißheit des Wiſſens für uns in jenem ſtrengſten Sinne des Wiſſens ab; ſie reicht nach ihrem aufgeſtellten Begriffe im Gebiete des Erfahrbaren überhaupt nicht über das unmittelbar Erfahrene und ſeinen logiſch analyſirbaren, combinirbaren und entwickelbaren Inhalt hinaus.

Inzwiſchen giebt es Principien der Verallgemeinerung des Erfahrenen, Geſetze, die ſelbſt erſt durch Verallgemeinerung des Erfahrungsmäßigen gewonnen ſind, und die ſich um ſo mehr wieder in der Erfahrung beſtätigen, je länger und je weiter und je gründlicher wir ſie verfolgen. Auch dieſe Principien und Geſetze und was daraus folgt, pflegt man in weiterem Sinne zum Gebiet des Wiſſens zu rechnen und mögen wir im Folgenden dazu rechnen. Die ganze

Naturwiſſenſchaft geht auf Erzeugung ſolchen Wiſſens, obſchon das ſo erzeugte Wiſſen in letzter Inſtanz immer an dem Glauben hängt, daß die Verallgemeinerung, auf der wir fußen und die daraus gezogenen Folgerungen ferner ihre Beſtätigung finden werden, wie ſie ſolche bisher im Kreiſe des Erfahrungsmäßigen gefunden haben. Denn weder durch Logik noch Erfahrung läßt ſich beweiſen, daß ſolche eintreten müſſe.

Wer kann ſagen, es ſei durch Erfahrung oder Mathematik oder beides zuſammen erwieſen oder erweisbar, daß das Gravitationsgeſetz durch alle Räume gilt, durch alle Zeiten gelten wird. Doch hat es ſich gültig gezeigt, ſo weit und ſo lange wir es durch die Himmel und die Zeiten verfolgen konnten. Das begründet einen Glauben, der es dem ſtrengſten Wiſſen an Feſtigkeit faſt gleich thut, daß es auch ferner gelten werde, und darum rechnen wir es ſelbſt als eine Sache unſeres Wiſſens, ja als eine Sache des ſtrengen, des exacten Wiſſens.

In das Meiſte, was Wiſſen heißt, geht der Glaube doch bedingungsweiſe ein, ſofern das Wiſſen dabei ſich auf die Vorausſetzung von etwas Geglaubtem ſtützt. So ſetzt alles unſer hiſtoriſches Wiſſen den Glauben an die Glaubwürdigkeit der Quellen, unſre ganze Erfahrungswiſſenſchaft den Glauben, daß Andre recht geſehen, und nur das, was ſie recht geſehen, geſagt haben, unſre ganze Pſychologie, ſo weit ſie nicht blos die eines einzigen Individuums iſt, den Glauben an andrer Menſchen Seelen voraus. Und was bliebe von aller unſrer Wiſſenſchaft, wenn aller dieſer Glaube fiele.

Alſo mag auch der Mann des Wiſſens den Glauben nicht zu ſehr verachten. An allem ſeinen Wiſſen hat etwas Glaube Antheil; entziehe ihm denſelben und das Wiſſen ſelbſt verfällt. Nicht den Glauben zu verbannen, ſondern ſo weit als möglich durch Wiſſen zu erſetzen, kann ſeine Aufgabe als Mann des Wiſſens ſein. So weit als möglich. Und reicht das Wiſſen nicht, einen Glauben zu erſetzen, ſo mag die Frage ſein, ob der Glaube überhaupt erſetzlich oder nicht iſt, und hienach die Aufgabe ſich ſtellen, ihn von der Wiſſensſeite her zu ſtürzen, oder, wenn nicht zu begründen, doch zu ſtützen.

Iſt nach dem Allen der Glaube doch nichts weiter als ein unvollkommnes Wiſſen?

Aber das hieße, das Weſen des Glaubens ſchlecht erkennen. Vielmehr wie das, was wir von einer Sache glauben, ſtets über das, was wir von ihr wiſſen, hinaus reicht, überreichen auch die Beſtimmungsgründe des Glaubens allgemein geſprochen die des Wiſſens und kann die Unzulänglichkeit der letztern, die bei jedem Glauben ſtattfindet, durch andre Beſtimmungsgründe ergänzt werden. So ſehr, daß ein Fürwahrhalten der Sache zu Stande kommt, das an Feſtigkeit dem, was auf Wiſſensgründen ruht, oft nicht nachſteht, und eine der objectiven Gewißheit des Wiſſens zwar nicht gleichartige, aber die Wage haltende ſubjective Gewißheit entſtehen kann. Das iſt eine Gewißheit, welcher das Gefühl, es könne anders ſein, eben ſo fern liegt, als jener das klare Bewußtſein, es könne nicht anders ſein, beiwohnt. Wie denn der ächt religiöſe Menſch an das Daſein Gottes, der Muſelmann an den Himmel mit den Huri's, ſo feſt als der Naturforſcher an die Allgemeingültigkeit der Naturgeſetze glaubt, trotz dem, daß das Daſein jener Glaubensgegenſtände alle Erfahrung und alle Mathematik überſteigt. Können doch Beſtimmungsgründe des Glaubens mit ſolchen des Wiſſens geradezu in Conflict kommen und oft ſie überbieten. Oder warum gilt Vielen ein Wort der Bibel mehr als alle Experimente der Naturwiſſenſchaft und alle Speculation der Philoſophie. Von Luther ſelbſt hat man die Aeußerung: „die Sorbonne hat die höchſt verwerfliche Lehre aufgeſtellt, daß das, was in der Philoſophie ausgemachte Wahrheit ſei, auch in der Theologie als Wahrheit gelten müſſe,“ und der Kirchenvater Tertullian ſagte ſogar offen heraus: „credo, quia absurdum est.“ Er wollte damit ſagen: meine Gründe zum Glauben liegen nicht nur ab von den Wiſſensgründen; ſie widerſprechen ihnen ſogar.

Nicht minder als die Gründe reichen auch die Folgen des Glaubens weit über die des Wiſſens hinaus.

Der Glaube wird nicht blos erzeugt; er zeugt auch wieder, zwei männliche Kinder,“ Thaten und Schlüſſe, zwei weibliche, Hoffnung und Furcht. Die Kraft ſeiner Erzeuger und ſeiner Kinder aber ſtehen in Verhältniß und in den letzten beweiſt ſich ſeine eigene Kraft. Sehen wir nun zu, ſo wird das ganze Handeln, Denken, Fühlen des Menſchen viel mehr vom Glauben aus durch dieſe Sprößlinge des Glaubens als vom Wiſſen aus beſtimmt; da es doch ſo wenig giebt, was wir wirklich wiſſen. Und ſehen wir näher zu, ſo erzeugt gerade der Glauben an die höchſten und letzten Dinge, die unſer Wiſſen am meiſten überſteigen, die allerſtärkſten Wirkungen. Und ſehen wir ganz genau zu, ſo gehört zu den wichtigſten Wirkungen eben dieſes, alles Wiſſen überſteigenden, Glaubens ſelbſt, das Wiſſen zu fördern, denn was hat die Chriſten weiſer als die Türken gemacht!

Es iſt wahr, Eiſenbahnen und Maſchinen kann der Glaube nicht bauen; das muß er dem Wiſſen überlaſſen, obwohl der Glaube an Vortheile, die noch nicht da ſind, und oft nicht kommen, den Bau doch anregt, den das Wiſſen nur ausführt. Aber es giebt größere Wirkungen des Glaubens, wobei das Wiſſen ganz zurücktritt oder noch mehr in die Dienſtbarkeit des Glaubens eintritt.

Der Glaube war es, der in den Kreuzzügen Hundert- und Aberhunderttauſende von Weſten nach Oſten und in den Zügen des Halbmonds von Oſten nach Weſten geführt hat, der den Pabſt auf den Thron geſetzt und die Fürſten unter ſeine Füße gelegt hat, der den Städten ihre Dome, den Dörfern ihre Kirchen, den Hügeln, Wegen und Stegen ihre Kapellen und Kreuze gab, der Griechenland mit Statuen und die Klöſter mit Mönchen bevölkert hat.

Man denke an die Martern, die um des Glaubens willen Unzähligen auferlegt, von unzähligen Märtyrern erduldet, von unzähligen Büßern ſich ſelbſt auferlegt worden ſind; wie viel Menſchen um des Glaubens willen gar geſchlachtet und verbrannt worden ſind, ſich haben ſchlachten und verbrennen laſſen, ſich ſelber freiwillig in den Tod geſtürzt haben.

„Und was ſoll ich mehr ſagen — ſchließt Paulus *), nachdem er ſchon Vieles im ſelben Sinne aufgezählt — die Zeit würde mir zu kurz werden, wenn ich ſollte erzählen von Gideon, und Barak, und Simſon, und Jephthah, und David, und Samuel, und den Propheten;

Welche haben durch den Glauben Königreiche bezwungen, Gerechtigkeit gewirket, die Verheißung erlanget, der Löwen Rachen verſtopft;

Des Feuers Kraft ausgelöſchet, des Schwertes Schärfe entronnen; ſind kräftig geworden aus der Schwachheit, ſind ſtark geworden im Streit, haben der Fremden Heer darniedergelegt;

Etliche haben Spott und Geißeln erlitten, dazu Bande und Gefängniß;

---

*) Ebr. XI. 32 ff.

Sie ſind geſteiniget, zerhackt, zerſtochen, durch's Schwert getödtet; ſie ſind umhergegangen mit Pelzen und Ziegenfellen, mit Mangel, mit Trübſal, mit Ungemach;

Und ſind im Elende gegangen in den Wüſten, auf den Bergen und in den Klüften und Löchern der Erde;

Dieſe alle haben durch den Glauben Zeugniß überkommen.“

Es giebt kein Wiſſen in der Welt, das ſolche Wirkungen erzeugen kann, die ſo zu ſagen den Tod überwinden, d. i. die Furcht vor dem Tode und die Scheu den Wehrloſen zu tödten, weil es kein Wiſſen giebt, das ſelbſt den Tod überwindet, d. i. die Furcht vor dem Tode Lügen ſtrafen und die Sicherheit eines beſſeren Lebens darüber hinaus gewähren kann. Das muß der Glaube andersher nehmen, ſeine Kraft aus einer andern Quelle ziehen. Die Furcht vor dem Tode iſt angeboren; wie mächtig iſt alles Angeborene; der Glaube iſt erwachſen, doch kann er die Furcht vor dem Tode überwachſen.

Was aber können die ſo mächtigen, vom Wiſſen abſeits liegenden, und oft alle Beſtimmungsgründe deſſelben überbietenden, Beſtimmungsgründe zum Glauben ſein, die Wirkungen von ſolcher Ausdehnung und Kraft zu erzeugen vermögen? Sind es ganz myſtiſche, läßt ſich gar nichts davon zeigen? Im Gegentheil, ganz offenkundige, auf's Leichteſte aufzuzeigen, nur daß der Achtloſe das, was er täglich ſieht, leicht gar nicht ſieht, und der Tiefſinnige lieher nach dem, was hinter dem Nächſten, als nach dem Nächſten ſieht, und der einſeitig Stehende es nur von einer Seite ſieht.

Doch ehe wir verſuchen, vor dem Ferneren das Nächſte, dieſes aber von allen Seiten zu zeigen, begegnen wir einem zweiten Irrthum nach dem erſten, ſo folgenſchwer als es der erſte ſein kann, womit ſich von ſelbſt ſchon eine der drei Seiten zeigt, die es im Folgenden wird genauer zu betrachten gelten.

So irrig es wäre, den Glauben *blos* von Wiſſensgründen abhängig machen zu wollen, und im Glauben nichts als ein unvollkommnes Wiſſen zu ſehen, ſo irrig wäre es, die Wiſſensgründe von den Beſtimmungsgründen des Glaubens ganz auszuſchließen und überhaupt im Einen etwas blos Aeußerliches gegen das Andre zu ſehen. In unſer meiſtes Wiſſen fanden wir etwas von Glauben eingehend; umgekehrt kann das, was wir von einer Sache wiſſen, ſehr wichtigen Antheil an unſerm Glauben haben, hat einen oft freilich nur verſteckten Antheil überall, und zählt im Conflict mit anderen Beſtimmungsgründen des Glaubens ſelbſt als ein ſolcher mit einem Gewichte mit, das nach Umſtänden überwiegen oder überwogen werden kann.

Was erweckt den Glauben ſelbſt des rohen Wilden, der nichts von Aſtronomie weiß, die Sonne werde morgen aufgehen, wie ſie heute aufgegangen iſt? Nur daß er weiß, ſie iſt heute, geſtern, vorgeſtern, jeden Tag ſeit Menſchengedenken aufgegangen. Eine ſolche Induction kann nie vollſtändig ſein; aber das an ſich unvollſtändige Wiſſen, was darauf ruht, ergänzt ſich von ſelbſt nach einem pſychologiſchen Geſetze zu einem um ſo ſichrern und feſtern Glauben, einer je geringern Ergänzung es bedarf.

Was läßt uns zur eigenen Seele, der einzigen, von der wir wirklich wiſſen, an eine Seele aller andern Menſchen glauben? Daß wir ihre Körper und körperlichen Aeußerungen den unſern gleichen ſehen, woran wir Geiſt und geiſtige Thätigkeit gebunden wiſſen. Dieſer Analogieſchluß kann ſo wenig als jener Inductionsſchluß ein Wiſſen im ſtrengſten Sinne begründen; aber was daran fehlt, ergänzt ſich wieder eben ſo von ſelbſt zum Glauben.

Der Glaube an die höchſten und letzten Dinge freilich iſt nicht ſolcher Art, daß es nur noch jener ſchwachen ſubjectiven Ergänzung der Wiſſensgründe bedürfte, die vernachläſſigend wir das Geglaubte zum Wiſſen ſelber rechnen. Die Wiſſensgründe reichen hier viel weniger weit, die andern Glaubensgründe gewinnen bei Weitem die Oberhand; doch würden ſie ohne den Dienſt der Wiſſensgründe ihrerſeits nicht reichen und kommen niemals ohne ſie zur Geltung.

Alſo mag auch der Mann des Glaubens das Wiſſen nicht zu ſehr verachten. Sein Glaube würde ohne das zur leeren Phraſe oder Blaſe.

Nach Allem, nicht das Fehlen der Wiſſensgründe, ſondern die Unzulänglichkeit derſelben zu einem vollkommenen Wiſſen oder einer objectiven Gewißheit im oben angegebenen Sinne und die Ergänzung dieſes Mangels durch pſychologiſche oder anderweite Gründe charakteriſirt den Glauben; und nur relativ mögen wir vom Fehlen der Wiſſensgründe beim Glauben ſprechen, wenn ſie, wie oft, gegen die andern Glaubensgründe nicht aufkommen können.

Indem die Beſtimmungsgründe des Wiſſens in die des Glaubens mit eingehen, der Glaube aber noch Beſtimmungsgründe darüber hinaus hat, das ganze Gebiet des Glaubens viel größer als das des Wiſſens iſt, ſein Einfluß auf Leben, Fühlen, Denken den des Wiſſens überreicht, nur der Glaube nicht das Wiſſen überhaupt bis zu den höchſten und letzten Dingen reicht, ſo könnte man Anlaß genug finden, vielmehr im Wiſſen einen unvollkommenen Glauben als umgekehrt zu ſehen, und vielmehr dem Glauben als dem Wiſſen die höhere Stellung anzuweiſen, wenn nicht aller Streit um den Vorrang deſſen, was nur mit und durch einander beſteht, überhaupt müßig und ein Verkennen des rechten Verhältniſſes wäre. So ſehr der Glaube das Wiſſen überragt, nimm ihm alles Wiſſen, und du haſt nur noch reinen Aberglauben; ja nicht einmal mehr den Stoff zum Aberglauben; nimm dem Wiſſen allen Glauben, und du haſt zur mathematiſchen Leere nur noch die materialiſtiſche Fülle, ja ſtehſt allein mit deiner Seele in der Welt ohne Seele neben, über, vor und nach dir. Man nennt den Glauben blind dem Wiſſen gegenüber; er iſt es wirklich dem Wiſſen gegenüber, wie der Menſch blind ſeinen Augen gegenüber, d. h. abgeſehn von ſeinen Augen iſt; das rechte Wiſſen aber ſind des rechten Glaubens Augen. So fände alſo der Glaube doch nur durch das Wiſſen ſeinen Weg? Aber können umgekehrt die Augen ohne den ganzen Menſchen einen Weg finden? Doch ich will nicht Bilder häufen, von denen ſich fragen kann, ob und wie weit ſie treffen, für das, was an ſich ſelber klar für jeden, der einen klaren Blick auf das Verhältniß von Wiſſen und Glauben beſitzt.

Auch wird man gern Alles zugeben, und Mancher nur eben das davon ausnehmen, wofür es am meiſten gelten und hier geltend gemacht werden ſoll, den Glauben an die höchſten und letzten Dinge. Was kann da das Wiſſen? ſagt der eine; nichts; alſo müſſen wir auch nichts hiebei von ihm verlangen; — der Andre: da ſich hier nichts wiſſen läßt, ſo iſt es eben auch nur Aberglaube. Und ſo läßt der Eine das Wiſſen, der Andre den Glauben ganz bei eben jenen Dingen fallen, bei welchen nur die beſte Vereinigung aller Kräfte zum zugleich Wahrſten, Beſten, Höchſten führen kann.

II.

Das Glaubensgebiet im engern Sinne.

Wenn ſchon der Glaube an die höchſten und letzten Dinge mit jedem andern Glauben unter denſelben Allgemeinbegriff tritt, bleibt er doch ſachlich etwas Ungemeines über jedem andern Glauben und hat Manches in ſich doch mit keinem andern gemein.

Zuvörderſt hat er das gemein, daß er ein Geiſterglaube iſt; denn auch im Jenſeits handelt es ſich ja um Geiſter; und hiemit, daß er, mindeſtens dieſſeits, immer Glauben zu bleiben beſtimmt iſt, da jeder dieſſeits immer nur von ſeiner eigenen dieſſeitigen Seele wird wiſſen können; wogegen es andern Glauben giebt, der heute noch Glauben, morgen Wiſſen iſt, oder dem Streben, ihn zum Wiſſen zu erheben, doch einſtigen Erfolg verſpricht. Ein ſolcher Erfolg iſt hier der Sache nach unmöglich.

Inzwiſchen iſt er nicht der einzige Geiſterglaube und hiemit nicht der einzige, von dem dieß gilt. Daſſelbe gilt vom Glauben an andre Menſchenſeelen, Thierſeelen, irgendwelche Nachbarſeelen überhaupt; ihr Daſein kann ſo wenig als das von Gott, jenſeitigen und höhern Geiſtern durch unmittelbare Erfahrung und logiſchen Schluß gewiß gemacht werden; und ſo könnte umgekehrt das Daſein von dieſen eben ſo gewiß ſein; und es wird ſich zeigen, daß wir in der That ganz entſprechende Gründe dazu haben.

Doch bleibt der eine Glaube immer etwas von höherer Stufe als der andre; die Gründe des einen müſſen ſich erweitern, ſteigern, um Gründe des andren zu werden, und die Intereſſen des einen überragen die des anderen.

Der Glaube an andre Menſchenſeelen hat für uns das nächſte, ſpecialſte, an Thierſeelen und etwaige Pflanzenſeelen ein ſchon ferner liegendes, an Seelen auf andern Weltkörpern das fernſte nur noch beiläufige Intereſſe; der Glaube an die höchſten und letzten geiſtigen Mächte aber ein über allen dieſen und jeden Glauben überhaupt übermächtiges, übergreifendes, alle daran hängenden Intereſſen meiſterndes, allgemeinſtes, höchſtes und letztes, theoretiſches und praktiſches Intereſſe für den Menſchen deßhalb, weil die geglaubten Gegenſtände ſolches haben, das fernſte aber nur inſofern, als es in ſeiner Allgemeinheit das fernſte mit begreift.

In Gott ſchließt ſich nach dem Glauben die Exiſtenz der ganzen Geiſteswelt, ja der Welt überhaupt, ab, findet ihr Band, ihre Spitze, ihren Urgrund, ihr Princip darin;

welche Namen man für ihn brauchen mag, man ſucht die, die das Höchſte zum Ganzen bedeuten. In einem Jenſeits wird die Vollendung der Ziele, Ausgleichung der Mängel des ganzen dieſſeitigen Lebens erwartet. Für die Lücke zwiſchen uns und Gott werden Vermittelungen in höhern Geiſtern geſucht. Die Geſammtheit dieſes Glaubens aber hat auf Denken, Fühlen, Handeln der Menſchheit den allgemeinſten und wichtigſten Einfluß bewährt und bewährt ihn heute noch.

Hiemit wirkt er ſelbſt bis in das Leben des Tages herab und gewinnt dadurch allerdings auch Einfluß auf unſre nächſten und ſpecialſten Intereſſen, immer aber nur von allgemeinſten, höchſten und letzten Geſichtspuncten aus, wie umgekehrt der Glaube an die Seelen unſrer Nächſten in Staat, Sittlichkeit und Sitte ſich zu höhern und allgemeinern Intereſſen erhebt, damit jenen höchſten und allgemeinſten Intereſſen entgegenwächſt und ſich damit durchwächſt; aber nur im Ausgange von den ſpecialſten Beziehungen der Familie und Gemeine. So iſt der Unterſchied nur relativ, doch relativ beſteht er; und wo es keinen Geſichtspunct abſoluter Scheidung giebt, den es glücklicherweiſe hier nicht giebt, hat auch der relative noch ſein Recht und ſeine Pflicht.

In der gemeinſamen Höhe über allen andern Dingen hängen die Gegenſtände des Glaubens im engern Sinne eng in ſich zuſammen und hängt der Glaube ſelbſt dadurch zuſammen.

Nach dem Chriſtenglauben hat Gott mit den Engeln und jenſeitigen Seelen ſeinen gemeinſamen Wohnſitz im Himmel; die Maler ſogar malen ihn von Engeln über den Wolken getragen und die Seelen nach dem Tode zu ihm hinaufgetragen. Die Heiligen, die aus dem Dieſſeits in das Jenſeits ſtiegen und die Engel, die von Anbeginn darin bei Gott wohnten, vermitteln die einen bei beſonderen Gelegenheiten, die andern ſtetig zwiſchen uns und Gott; ja vielen fallen die jenſeitigen Seelen theilweiſe mit Engeln ſelbſt zuſammen. Der von den Todten auferſtandene gen Himmel gefahrene Chriſtus aber, Richter der Lebendigen und der Todten, iſt zugleich Mittler zwiſchen uns und Gott und ſelber eins mit Gott. So feſt in ſich verwachſen iſt Alles in dem Himmelreich; wer kann das unentwirrbar Verſchmolzene endlich noch entwirren. Und giebt es manchen Chriſten, der an nichts glaubt, was er nicht entwirren kann, ſo glaubt er doch, falls er überhaupt noch etwas glaubt, daß die Handlungsweiſe des Menſchen, welche am meiſten dem Willen Gottes gemäß iſt, auch die iſt, welche ihm die günſtigſten Bedingungen im Jenſeits ſichert, und erwartet eine vollkommnere Erkenntniß der göttlichen Dinge und größere Einigung mit Gott im Jenſeits.

Die Heiden haben ſtatt eines einigen einen höchſten

Gott, ſtatt Engel Untergötter, ſtatt leibloſer Seelen Schatten, die nach Unten, ſolche, die ſeitab zu den Inſeln der Seligen, auch einige, die, mehr als Schatten, nach Oben fahren. Die ganze Welt iſt ihnen eine Götterwelt; unter der Erde ſitzt Pluto, dahin gehen die mannigfachen Schatten; auf dem Olymp Zeus, dahin die glücklichſten der Heroen und werden damit ſelbſt zu Untergöttern. So ſpielen auch hier die Götterwelt und jenſeitige Welt durch einander und fallen theilweis in einander. Wo Ibis, Kuh als göttlich verehrt werden, läßt man auch die Seelen nach dem Tode in Thiere fahren. Und bei vielen Heiden vermiſcht, verknüpft, verwechſelt ſich überhaupt der Todtendienſt mit dem Götterdienſt in einer Weiſe, über die wir freilich längſt hinaus zu ſein meinen.

Kurz die Glaubenswelt der höchſten und letzten Dinge iſt eine in ſich zuſammenhängende Welt, wie die wirkliche Welt der niedern gemeinen Dinge, um die wir wiſſen, nur eine höhere über dieſer niedern Welt.

Zeitweis, hier und da, kann eins oder das andre der drei Momente des Glaubens aus dem Bande fallen; — auf immer und im ganzen Glauben der Menſchheit kann es nicht geſchehen — dann aber nur, indem es gleich ganz aus dem Glauben fällt oder als Rückſtand des ganzen Glaubens ſich nur kümmerlich erhält; denn jedes kann ſeine Kraft nur durch den Zuſammenhang mit den andern behalten, wie jedes Glied verfällt, das man vom Ganzen trennt. Und jede Verkümmerung oder mangelnde Entwickelung des einen oder andern Moments iſt immer als ein Mangel anzuſehen, der über ſich hinaustreibt; der Glaube kann dabei nicht ſtehen bleiben, muß ſich entwickeln oder einem andern weichen.

Die Juden haben lange an Gott geglaubt, ehe ſie deutlich an ein jenſeitiges Leben glaubten, obwohl ihr Scheol eine verkümmerte Vorſtellung davon war. Heut glauben ſie an Paradies und Hölle, und hoffen einſt in Abrahams Schooß zu kommen. So zähe der Judenglaube iſt, er konnte doch bei jener Verkümmerung nicht aushalten.

Die Buddhaiſten glauben an ein jenſeitig Leben, ohne an einen perſönlichen einigen Gott zu glauben, und haben doch auch ihre Götzen, Tempel und Gebete. Der abgeſchiedene Buddha ſelber zählt als Götze; — wo Gott fehlt, können Götzen nicht leicht fehlen; — daß ſie aber keinen Gott über ihren Götzen haben, wird einer der Gründe ſein, daß das Ende der Tage keinen Buddhaismus mehr haben wird; und alle andern Gründe werden mehr oder minder an dieſem hängen. Unter uns glauben Manche an Gott, ohne an ein Jenſeits und perſönliche Geiſter zwiſchen uns und Gott zu glauben; aber wie todt, kalt, abſtract, leer, hülflos iſt dieſer Glaube; ſie glauben ſo zu ſagen an Gott nur noch um Gottes willen, und würden mit dem armen Gott nicht viel verlieren.

Kraft, Leben, Fülle, Schönheit, Erhabenheit des religiöſen Glaubens hängt an der in ſich zuſammenhängenden lebendigen Entwickelung ſeiner drei Momente. Hat wohl eine Religion oder Confeſſion ſchon das Ideal in dieſer Hinſicht erreicht? Ja ſieht nicht manche das Ideal vielmehr in der möglichſten Verkümmerung als möglichſten Entwickelung des einen Moments?

III.

Motive und Gründe (Principien) des Glaubens im Allgemeinen.

Die Beſtimmungsgründe des Glaubens, ſo ſagten wir, überreichen die des Wiſſens; und nach der großen Unzulänglichkeit der Beſtimmungsgründe des Wiſſens in Bezug auf die höchſten und letzten Dinge und dem doch ſo allgemein verbreiteten und mächtigen Glauben daran mußten wir außerordentlich mächtige Beſtimmungsgründe zum Glauben an dieſe Dinge vorausſetzen. Was können ſie ſein?

Der Offenbarungsgläubige iſt leicht mit der Antwort fertig. Der Glaube an dieſe Dinge iſt von Gott dem Menſchen ſelbſt offenbart worden. Wohl, in letzter Inſtanz wird ja Alles und gewiß vorzugsweiſe der Glaube an Gott von Gott ſelbſt abhängen. Ja jeder wahre Glaube hängt in gewiſſem Sinne an einer Offenbarung Seitens des Daſeins des Geglaubten. Oder wie ließe ſich triftig an das Daſein auch nur eines Baumes glauben, von dem Niemand je ein Blatt geſehen oder rauſchen gehört. Nicht triftiger aber könnte der Glaube an das Daſein eines Gottes ſein, der nicht mit ſeinem Daſein irgendwie in unſres erkennbar hineingetreten; nur daß nicht das Daſein des ganzen Gottes auf einmal in das Daſein des kleinen Menſchen erkennbar hineintreten kann, was ja auch der Offenbarungsgläubige nicht meint. Giebt es alſo wirklich den Gott, an den wir glauben, ſo müſſen wir auch glauben, daß er ſich irgendwie uns einmal ſo offenbart habe, daß wir alſo an ihn glauben können, und iſt der Glaube an einen wahren Gott von ſelbſt ein Glaube an eine wahre Offenbarung. Es fragt ſich nur, auf welchem Wege geſchahe die Offenbarung. Sprach Gott mit dem Menſchen wie ein Menſch? Warum nicht? anfangs ja; es ſteht ſo in der Bibel, ſagt der, der feſt an's Wort der Bibel glaubt; und weiter that er es durch ſeinen mit ihm einigen Sohn und außerdem durch übernatürliche Inſpiration von Propheten, Evangeliſten, Apoſteln, Päbſten, Heiligen, Concilien, Reformatoren. Doch da das Alles ſelbſt eben nur Sache des Glaubens, für Andre auch vielmehr Sache des Unglaubens iſt, ſo werden die Motive und Gründe ſolchen Glaubens, ſofern es ſolche giebt, ſich auch unter den allgemeinen Motiven und Gründen des Glaubens, die wir im Folgenden betrachten, vorfinden müſſen, und können wir nicht mit der Vorausſetzung davon beginnen.

Sein wir offen: Der Offenbarungsgläubige, der ſich auf das Wort der Bibel, vielleicht auch noch von Luther oder von dem Pabſte, als wie auf einen Fels ſtützt, von dem kein Brocken fallen darf, aus Furcht, der ganze Glaube werde fallen, wird dieſer ganzen Stellung der Aufgabe von vorn herein entgegentreten müſſen. Er kann nicht dulden, daß das, was er nun einmal für den feſten Ausgang von allem Urtheil und für das Höchſte über allem Urtheil hält, noch irgend einer Begutachtung und Frage unterzogen werde; es giebt für ihn keine Inſtanz dazu. Und wahrlich, er hat Recht, etwas dergleichen von der Religion zu fordern; wir werden ſelber ſchließlich dieſe Forderung ſtellen; doch wenn es für ihn ſchon da iſt, ſo fragt ein Andrer iſt, ob es und wo es da iſt; gar Vieles giebt ſich aus für Offenbarung. Der Frage Abweis iſt keine Antwort darauf; wir aber können blos dem antworten wollen, welcher fragt, dem ſuchen helfen wollen, welcher ſucht.

Des Näheren kann man die Beſtimmungsgründe zum Glauben in Motive, welche zum Glauben treiben, und Gründe, welche dazu berechtigen, unterſcheiden. Den Ausſpruch eines Grundes nennen wir ein Argument. Motive und Gründe zuſammen oder das Gemeinſame der Motive und Gründe, wie ich ſchon ſagte, Principien des Glaubens.

Hat nun wohl, ſo kann man gleich anfangs fragen, der Glaube überhaupt etwas Andres als Motive oder mehr von Gründen, als was in ihn von Wiſſen eingeht, und was doch niemals zur Gewißheit reicht?

In Wahrheit, er hat keine Gründe, die etwas Andres als die Vollendung der Motive ſind, und damit keine, die zum Beweiſe, nur ſolche, die zur Ueberzeugung reichen, ſonſt wäre er ja Wiſſen und nicht Glauben. Wodurch alſo immer der Glaube begründet und geſtützt werden möge, Zweifel von Wiſſensſeite her dagegen bleiben möglich; der Zweifel kann thöricht ſein, doch immer bleibt er möglich, ohne mit Logik und Erfahrung in Widerſpruch zu kommen; das liegt ſchon im Begriffe. Nach Allem, was für das Daſein Gottes, nach Allem, was für die Allgemeingültigkeit der Naturgeſetze ſpricht, zweifelt doch der materialiſtiſche Naturforſcher an dem Daſein Gottes, der orthodoxe Theolog an der Allgemeingültigkeit der Naturgeſetze, ja er zweifelt nicht blos, er leugnet. Der eine Zweifel mag ſo thöricht ſein als der andre, doch bleibt gleich möglich; der Irrthum des einen läßt ſich ſo wenig als der des andern beweiſen. Nur die Thorheit deſſelben läßt ſich dadurch beweiſen, daß ihm im höchſten Grade das zukommt, was ſonſt allwärts als Thorheit gilt.

Ein Thor der, der abſeits von den Menſchen Geſellſchaft auf Wegen ſucht, auf denen er nur gleicher ausnahmsweiſer Thorheit zu begegnen hoffen darf; man läßt den Thoren laufen. Ein Thor der, der das Schädliche dem Nützlichen vorzieht und es ſogar für nützlicher als das Nützlichſte erklärt; man bedauert den Thoren. Ein Thor der, der im Unwahrſcheinlichſten den Grund der Gewißheit ſucht; man zweifelt an ſeinem Verſtande.

Nur eben bei Glaubensſachen freilich legen Manche einen andern, ja den entgegengeſetzten, Maßſtab an. Der hält alle Menſchen, die vor ihm geglaubt haben und um ihn glauben, was er ſelbſt nicht glaubt, für Thoren; der alle, die nicht mit ihm den ſchädlichen Unglauben dem nützlichſten Glauben vorziehen: und der ſagt: credo, quia absurdum est.

Für alle dieſe giebt's kein Argument. Denn alle Argumentation für den Glauben wird ſich nur darauf ſtützen können, das, was in den kleinſten und gemeinſten Dingen als Thorheit und als Weisheit gilt, auch in den höchſten und letzten Dingen als ſolche geltend zu machen, und in dieſem Sinne die Motive des Glaubens ſelbſt zu Gründen zu erheben.

In der That aber wird eine Hauptaufgabe des Folgenden ſein, zu zeigen, wie die Gründe, welche zum Glauben berechtigen, nur die höchſte Verallgemeinerung, Zuſammenfaſſung, Gipfelung, Klärung, Zurechtſtellung der Motive, welche zum Glauben treiben, kurz, was ich die Vollendung der Motive nenne, ſind; alſo, daß der Menſch um eben deſſentwillen, ja um alles deſſentwillen glauben darf und ſoll, um deſſentwillen er wirklich glaubt; — und wie ſchön und gut iſt's, daß es alſo iſt. Zu zeigen aber auch, daß hierin zugleich eine maßgebende Beſchränkung, Berichtigung, Reinigung derſelben durch einander von ſelbſt eingeſchloſſen liegt. Was halb und einzeln unzulänglich und ſelbſt untriftig iſt, und die meiſten Motive ſind es, kann ganz und voll und in der größten Allgemeinheit gefaßt die volle Triftigkeit gewähren, und ſtatt das Halbe, was den Menſchen hier und da zum Glauben treibt, um ſeiner Untriftigkeit willen zu verwerfen, hat man es vielmehr zur vollen Triftigkeit nur zu ergänzen und zu erfüllen. Was als Moment, als Seite, als Theil, als Stufe des Ganzen oder zum Ganzen ſeine Wahrheit und Rechtfertigung hat, kann zum Ganzen, zum Gipfel erhoben, falſch und untriftig werden; ſtatt es um ſeiner Untriftigkeit willen zu verwerfen, hat man es zu dem Grade, auf dem es triftig wird, nur herabzuſetzen und zu beſchränken. Dieſe Beſchränkung und hiemit Berichtigung aber leiſten ſich die verſchiedenen Motive ſelbſt.

Der Neger glaubt, daß ein Fels, ein Baum, eine Schlange oder ſonſt etwas dergleichen ein Gott iſt. Warum? Die Prieſter und die Aeltern ſagten's ſo; er beaucht den Glauben an Etwas, was Kräfte über die menſchlichen hinaus hat, um, wo Menſchenkräfte nicht mehr reichen, noch durch Zauber, Opfer oder Gebet von ihm Hulfe zu erwarten; und da er überhaupt die Kräfte der Natur nicht kennt, doch ſo viel davon kennt, daß ſie die ſeinen überreichen, warum ſollte die Schlange, der Fels, der Baum nicht ſo gut als irgend ein andrer Gegenſtand derſelben das Weſen ſein, an das er den Glauben braucht, nachdem irgend eine, vielleicht ganz zufällige, Aſſociation die Vorſtellung ſolcher Macht daran knüpfte. Je roher der Menſch, ſo leichter und ſo roher verallgemeinert er. Da haben wir Motive des Glaubens, die hier und da wechſeln, ſich ſo und ſo geſtalten können. Daß aber durch alle Völker, die ſich über die Stufe der Thierheit erhoben haben, der Glaube an ein göttlich Weſen über den Völkern geht, daß allenthalben in allen höchſten und letzten Angelegenheiten dieſer Glaube gebraucht wird und ohne ihn die menſchliche Geſellſchaft verfällt, daß die letzte Einſicht in die geſammte Natur der geiſtigen und körperlichen Dinge ihren Abſchluß nur in einem ſolchen Glauben finden kann, ſind Gründe des Glaubens, die nicht eben ſo wechſeln, nicht der Sache nach ſich auch anders geſtalten können, und vorzugsweiſe verſtehen wir folgends unter Gründen ſolche Gründe.

Der Fels iſt kein Gott, der Baum iſt kein Gott, die Schlange iſt kein Gott, das Meer iſt kein Gott, die Luft mit Donner und Blitz iſt kein Gott, die Erde, die Sonne, der Mond ſind nicht Gott, woran der Neger, der Aegypter, der Grieche, der Heide überhaupt glaubt. Aber iſt all dieſer Glaube ein reiner Irrthum? Nimm Alles zuſammen, ſo haſt du die Welt. Iſt ſie Gott? aber meint denn der Heide, daß von all' jenem die Materie Gott ſei? er meint nur, daß ſie Träger einer dahinter verborgenen geiſtigen Macht, ähnlich der ſeinen, nur über ſeine hinausreichend, ſei. Und iſt es denn ein Irrthum, daß die ganze Welt der Träger einer dahinter verborgenen göttlich geiſtigen Macht iſt?

Der Irrthum alles jenes Einzelglaubens iſt alſo nur der, daß im Einzelnen geſucht, in's Einzelne verlegt wird, was voll nur in dem Ganzen ruht. Ergänze den Glauben aller Heiden durch einander und verknüpfe ihn dadurch, daß du die göttlich geiſtige Macht, die er an das Einzelne knüpft, an das Ganze knüpfeſt, ſo haſt du den rechten Glauben. Setze andrerſeits die Macht des Einzelnen, die er zu der des Ganzen ausdehnt, auf's rechte Maß herab, ſo haſt du wieder den rechten Glauben. Jeder Naturgegenſtand hat doch einen Theil der Kraft, womit der in allen Dingen waltende Gott über alles Menſchliche hinausreicht, nur hat er nicht die ganze, letzte, höchſte.

Auch iſt der zerſtückelnde Glaube der Heiden ja nicht der einzige Glaube; von andrer Seite giebt es einen Glauben an Gott als einen einheitlichen Geiſt, der hoch erhoben über die Welt der Materie iſt, ſie zu ſeinem Schemel, ſeiner Ausgeburt, ſeinem Abfall hat. Wenn im Heidenglauben die rechte Einheit des göttlichen Weſens fehlt, ſo fehlt in dieſem die lebendige Beziehung zur Natur; doch einer kann ſich durch den andern ergänzen und berichtigen in dem, was jedem fehlt und worin jeder fehlt; und ſo wird der Glaube an einen in der Natur allgegenwärtigen und allwaltenden Gott als rechter Glaube entſtehen, den alle Chriſten auch dem Worte nach bekennen, ohne freilich rechten Ernſt mit dem Worte zu machen.

Wenn ſchon wir den letzten Entſtehungsgrund des Glaubens, vorausgeſetzt es iſt ein wahrer, auf das Daſein des Geglaubten zurückführen können, ſo ſpaltet ſich doch dieſer einheitliche Grund in ſeinen Wirkungen ſofort in mehrerlei Beſtimmungsgründe oder Motive. Man kann verſuchen, die Abhängigkeit dieſer Motive des Glaubens an die höchſten und letzten Dinge von dem Daſein dieſer Dinge zu verfolgen, muß aber dann das Daſein und die Daſeinsweiſe dieſer Dinge ſchon als gegeben vorausſetzen, welche Vorausſetzung ſich doch erſt durch die Erhebung der Motive zu wahren Gründen zu rechtfertigen hat. Anſtatt alſo mit dem Daſein der höchſten und letzten Dinge als einem gegebenen zu beginnen und die Motive und Gründe des Glaubens daraus abzuleiten, haben wir vielmehr erſt mit den Motiven des Glaubens als gegebenen anzufangen, hienach die Gründe des Glaubens uns zu geben, wonach uns noch frei ſteht, wenn ſich triftige Gründe für den Glauben an die Exiſtenz und eine gewiſſe Exiſtenzweiſe der höchſten und letzten Dinge finden laſſen, rückwärts zu überlegen, wie hieraus die Motive und Gründe in uns hervorgehn konnten.

Allgemein geſprochen und wie ich ſchon ſagte, ſind die Motive und Gründe zum Glauben an dieſe Dinge, d. i. die höchſten und letzten geiſtigen Exiſtenzen, keine andern, als an irgendwelche geiſtige Exiſtenzen, ja Dinge überhaupt; nur über alle andern geſteigert, gegipfelt. Und warum ſollten wir ſchließlich das Daſein höherer und eines höchſten Geiſtes für minder gewiß halten, als das Daſein unſrer Nachbargeiſter, wenn wir entſprechende Motive und Gründe, nur geſteigert, gegipfelt dazu finden. Sofern ſie es ſind, können ſie freilich nicht ſo auf der Hand und Oberfläche liegen, als für jene, vielmehr wird es gelten, den Blick höher zu richten und mehr in der Höhe zu halten, als wenn es den Glauben an die Nachbargeiſter gilt, ohne doch das Gebiet der Motive und Gründe, die dieſer Glaube hat, irgendwie zu verlaſſen. Auch giebt es keine Hinderniſſe, welche dem Glauben an die höhern Geiſter und den höchſten Geiſt mehr im Wege ſtänden, als dem Glauben an die Nachbargeiſter, wenn es nicht eben jene größere Höhe der Motive und Gründe iſt.

Gott ſieht niemand; warum alſo an ihn glauben? Aber ſiehſt du die Seele deines Bruders? Doch glaubſt du daran; alſo kann jedenfalls darin, daß du einen Gott zur Welt nicht ſiehſt, kein Grund liegen, weniger an ihn zu glauben, als an die Seele deines Bruders. Von dieſer verlangſt du es nicht einmal, ſie zu ſehen; von Gott ſcheinen es Manche zu verlangen, um an ihn zu glauben, und weil er des Verlangens ſpottet, ſpotten ſie Gottes. Ein Wurm ſieht ganz anders aus und bewegt ſich ganz anders als du; doch glaubſt du an eine Seele zum Wurme. Alſo kann auch darin, daß die Welt ganz anders ausſieht als du und dein kleines Leben nicht im Großen nachthut, kein Grund liegen, weniger an einen Gott zur Welt als an eine Seele zum Wurme zu glauben. Der Wurm aber hat einen erbärmlichern Leib als du und bewegt ſich erbärmlicher als du; alſo glaubſt du auch an eine erbärmlichere Seele zum Wurme als du haſt. Die Welt iſt ein unſäglich größerer und mächtigerer Leib als deiner, ſchließt deinen Leib, dein Leben, ja die Geſchichte und Geſchicke aller Völker ſelbſt mit ein, und du biſt blos ein erbärmliches Theilchen davon. Könnteſt du nicht danach eben ſo gut an einen größeren erhabenern Geiſt zur Welt, als an eine erbärmlichere Seele zum Wurme glauben?

Nun aber würde ich weder an die Seele meiner Nebenmenſchen noch des Wurmes glauben, wenn ich nicht auch poſitive Beſtimmungsgründe dazu hätte. Jetzt ſehen wir rein in der Erfahrung nach, was uns überhaupt an Menſchenſeelen glauben läßt, um weiter nachzuſehen, wiefern wir das Entſprechende und Höhere beim höheren Glauben wiederfinden.

Wir glauben daran: 1) weil uns der Glaube daran von Kindheit an eingepflanzt iſt. Hindus und andre rohe

Völker glauben auch an Pflanzenſeelen, weil ihnen der Glaube daran von Kindheit an eingepflanzt iſt, wir nicht, weil uns das Gegentheil eingepflanzt iſt.

2) Weil wir den Glauben an andre Menſchenſeelen brauchen, Befriedigung darin finden, ja ohne denſelben praktiſch nicht auskommen könnten. Bei Thierſeelen und Pflanzenſeelen macht ſich dieß Motiv wie die übrigen weniger geltend; daher iſt auch der Glaube daran weniger allgemein. Selbſt Thierſeelen werden ja hier und da geleugnet.

3) Weil die Analogie, Erfahrungsſchlüſſe überhaupt, Vernunft auf Grund der Erfahrung uns zu unſerm Geiſte entſprechende Geiſter in andern Körpern annehmen läßt. Verlangen wir auch keine volle Aehnlichkeit andrer Körper mit unſerm Körper, um Seele darin anzunehmen, ſo verlangen wir doch eine gewiſſe nach Puncten, von denen wir vorausſetzen, daß ſie charakteriſtiſch für das Seelendaſein ſind, wobei ſich freilich noch fragen und ſtreiten kann und wirklich ſtreitet, welche es ſind.

Andre Motive zum Glauben an die Nachbarſeelen laſſen ſich nicht finden; eben dieſe und keine andern Beſtimmungsgründe, welche uns zum Glauben an unſre Nachbarſeelen bald mehr von dieſer, bald von jener Seite her veranlaſſen, ſind es aber auch, die uns dazu berechtigen, ſofern ſie recht gefaßt werden, nur daß ſich ſtreiten kann, welches ihre vollendete Faſſung ſei und die unrecht gefaßten mit den recht gefaßten und mit einander in Conflict kommen können und wirklich kommen. Die rechte Faſſung wird endlich die ſein, die den Conflict beſeitigt. Rein aprioriſtiſche Gründe für jenen Glauben, die nicht mindeſtens im Rückhalt auf den obigen fußten, und Gründe überhaupt, die aus den obigen herausträten, giebt es nicht.

Was aber in dieſer Beziehung für den Glauben an unſre Nachbarſeelen gilt, gilt nun ganz eben ſo für den Glauben an die höchſten und letzten Geiſter und überhaupt den Glauben an Dinge jeder Art. Faſſen wir hienach die Sache allgemeiner.

IV.

Hiſtoriſches, praktiſches und theoretiſches Princip des Glaubens im Allgemeinen.

Welchen Namen auch die Motive des Glaubens tragen mögen und was es auch zu glauben gelten mag, ſie führen ſich zuletzt auf drei zurück, die ich der Kürze halber als hiſtoriſches, praktiſches und theoretiſches unterſcheide, und vorerſt nur obenhin, um nachher das Genauere anzuknüpfen, kurz alſo formulire.

Hiſtoriſches Motiv. Man glaubt, was uns geſagt wird, was vor uns geglaubt worden iſt und um uns geglaubt wird.

Praktiſches Motiv. Man glaubt, was uns zu glauben gefällt, dient, frommt.

Theoretiſches Motiv. Man glaubt, wozu man in Erfahrung und Vernunft Beſtimmungsgründe findet.

Keins dieſer Motive iſt ungezwungen auf das andre zurückführbar. Das hiſtoriſche erſcheint zwar aus gewiſſem Geſichtspuncte als kein urſprüngliches; denn damit ein Andrer mir den Glauben mittheile, muß er ſelbſt ſchon Beſtimmungsgründe zum Glauben und zur Mittheilung des Glaubens haben, nach welchem zu fragen ſein wird; und wenn dieſe abermals in einer von andersher empfangenen Mittheilung liegen können, verlegt dieß die Frage nur weiter zurück, und es ſcheinen dann nur das theoretiſche und praktiſche Motiv als letzte Anläſſe des Glaubens und der Mittheilung des Glaubens übrig zu bleiben. Aber im Sinne eines ſpecifiſchen Offenbarungsglaubens iſt die erſte Mittheilung von Gott ſelbſt an die Menſchheit direct oder durch übernatürliche Inſpiration geſchehen, wonach vielmehr das hiſtoriſche Motiv das allerurſprünglichſte ſein würde; und laſſen wir die ganze dunkle Frage nach der erſten Entſtehung des Glaubens in der Menſchheit bei Seite und fragen, wie noch heute der Glaube zuerſt an jeden Menſchen kommt, ſo iſt doch gewiß und wird weiterhin ſeine Ausführung finden, daß das Kind, welchem der Glaube von Aeltern und Lehrern mitgetheilt wird, ihn nicht auf Grund des theoretiſchen und praktiſchen Motives annimmt, ſondern einfach annimmt, weil er ihm gegeben wird, ſo daß jedenfalls heutzutage für jeden Menſchen insbeſondre das hiſtoriſche Motiv das urſprünglichſte iſt.

Anſtatt einer einſeitigen Abhängigkeit eines von den andern Motiven iſt vielmehr bis zu gewiſſen Gränzen eine Wechſelabhängigkeit aller von einander anzuerkennen.

Die ganze Geſtaltung des Glaubens, die ſich durch eine lange Wirkung des theoretiſchen und praktiſchen Motivs, mit Ausgang möglicherweiſe von einer directen Offenbarung, entwickelt hat, trägt ſich hiſtoriſch mit einem Male auf die in die Menſchheit neu Eintretenden über. Sollte der Glaube in jedem von Neuem durch bloße Vermittelung des theoretiſchen und praktiſchen Motivs erzeugt werden, wie ſchwach, arm und zwieſpältig würde er ſein, ja in wie wenigen würde er überhaupt zu Stande kommen. Das ganze Glaubenskapital der Menſchheit erbt im Ganzen und nach großen Partieen zuſammengehalten in der Menſchheit hiſtoriſch fort. Von andrer Seite aber, wenn nicht das theoretiſche und praktiſche Motiv den Glauben feſtzuhalten, fortzupflanzen und ſelbſt zu entwickeln nöthigte, ſo würde das hiſtoriſche ſeine Wirkung verſagen, das Kapital, woher es immer urſprünglich ſtamme, ſich verzehren, ſchwinden. Es iſt wie mit dem Blute; der Umtrieb deſſen, was ſchon da iſt, giebt Kraft und Leben und Stärke, nicht die Nahrung; doch kann das Blut nicht Kraft und Leben und Stärke ſeines Umtriebs aus ſich ſelber ziehen; es bedarf der Nahrung.

Alſo vermöchte das hiſtoriſche Motiv ſo wenig ohne das theoretiſche und praktiſche wie umgekehrt zu leiſten und keins hat factiſch die Entwickelung und Geſtaltung des Glaubens allein auf ſich genommen. Aber dieſes Mit- und Durcheinanderwirken der Motive hindert doch nicht, die Wirkungsweiſe eines jeden auch bis zu gewiſſen Gränzen ſelbſtändig zu verfolgen; ja um zu wiſſen, was ſie mit und durch einander wirken, muß man wiſſen, was jedes nach ſeiner Seite wirkt. Zumal die Einſtimmung, welche die drei Motive im Allgemeinen und Ganzen beweiſen, den Glauben überhaupt hervorzurufen und zu erhalten, im Einzelnen und in Bezug auf das Einzelne des Glaubens nicht beſteht. Vielmehr ſehen wir im Einzelnen hier dieß, dort jenes Motiv vorwaltend oder ſelbſt ausſchließlich, ja feindlich gegen die andern, auftreten, und den Conflict der Motive ſo häufig wie ihr Vertragen. Beim Katholicismus und orthodoxen Proteſtantismus iſt das hiſtoriſche Princip das überwiegende, beim Neukatholicismus und den philoſophiſchen Religionslehren das theoretiſche, in der Lehre des Confucius und den Staatsreligionen als ſolchen das praktiſche. Was das hiſtoriſche Motiv uns glauben laſſen möchte, will oft dem praktiſchen und theoretiſchen nicht genügen, indem es uns weder zu unſerem Heile dienlich, noch in der Natur der Dinge begründet erſcheint. Von andrer Seite nichts häufiger, als der Bund des hiſtoriſchen und praktiſchen Motivs gegen das theoretiſche Motiv und daher nichts häufiger als der Streit des Glaubens mit dem Wiſſen; und wieder nichts häufiger, als daß eins der dreie die beiden andern unter ſein Joch beugen will. So fordert das hiſtoriſche in einſeitiger Ueberhebung das einmal Feſtgewordene und wäre es das Heille[illegible] als nöthig zum Heil und will die ganze Wiſſenſchaft am Seile führen; das praktiſche beſtimmt und überwacht nach ſeinen Zwecken die Lehrer und die Lehre, hiemit die Richtung der hiſtoriſchen Fortpflanzung des Glaubens und die Einflüſſe der Wiſſenſchaft darauf; und das theoretiſche deutet und deutelt die hiſtoriſchen Glaubensquellen in ſeinem Sinn und opfert der Wahrheit die Güte.

Nicht blos mit einander können die drei Motive ſtreiten, auch jedes mit ſich ſelbſt; und wie der Streit der Secten oft härter iſt als der der Religionen, denen ſie ſich unterordnen, iſt es mit dem Streite der Motive.

So ſtreitet das hiſtoriſche Motiv mit ſich im Glauben an den Koran und die Bibel, dort nochmals im Glauben der Schiiten und Sunniten, hier im Glauben an den Papſt, an Luther und Calvin; das praktiſche in der Geſtaltung des Glaubens Seitens der Prieſter und Regenten zum eigenen Vortheil und zu aller Heil und der Bevorzugung hier dieſer dort jener Seite des Vortheils; das theoretiſche in den philoſophiſchen Glaubenslehren, ſo viel es ihrer giebt.

Das geſammte Glaubensreſultat der Menſchheit iſt das Reſultat des Mit- und Gegeneinanderwirkens der drei Motive unter einander und in ſich. Es iſt und bleibt im Ganzen ein poſitives gewaltiges Reſultat; ja das Gegeneinanderwirken der Motive ſelbſt trägt bei, es gewaltiger zu machen. Es iſt der Fall des ewig wechſelnden und ſchwankenden, ſich durch ſein Verdampfen ſelbſt wieder füllenden, durch den Kampf ſeiner Wogen nur um ſo mächtigeren, Meeres. Was auch im Einzelnen in ihm wechſelt und wankt, es bleibt im Ganzen ein ewiges Meer, aus dem alle Flüſſe heimlich ſchöpfen, um das Geſchöpfte am Ziele des Laufes wieder darein zu ergießen. Und ſelbſt, was darin wider einander läuft, hängt doch im Grunde und im Ganzen zuſammen.

Hier und da tritt ein Materialiſt auf und ſagt: es giebt keinen Gott. Das heißt, er tritt mit dem kleinen Eimer ſeines Schluſſes hinzu, das Meer auszuſchöpfen und wegzuſchütten. Es hat beſtanden von Anbeginn und wird ewig beſtehen; die kleinen Eimer mögen ſich müde ſchöpfen; was ſie ausſchütten, läuft durch die Luft zurück zum Meer.

Sache einer Geſchichte und Ethnographie des religiöſen Glaubens muß es ſein, das Walten der drei Motive dieſes Glaubens durch die Jahrtauſende und unter den Völkern zu verfolgen, und die Gründe ſeiner beſondern Geſtaltung in dem Einfluſſe der hiſtoriſchen Präcedentien, wechſelſeitigen Zuſammenhänge, Naturverhältniſſe, Anlagen und Bedürfniſſe der Völker auf dieſe Motive aufzuſuchen und unter allgemeineren Geſichtspuncten zu betrachten, eine Sache von hohem Intereſſe, die aber hier nicht die Aufgabe iſt. Ehe man die Urſachen, welche den

Glauben in der Menſchheit hervorgetrieben haben, in großen Zügen verfolgen kann, gilt es, ihre eigene Natur und ihr Verhältniß zu einander mit Klarheit feſtzuſtellen, und dieß iſt zunächſt die Aufgabe. Hiezu aber ſind ſie vor Allem da ins Auge zu faſſen, wo ſie der Beobachtung unmittelbar klar und zweifelsfrei vorliegen, das iſt, wie ſie im Bewußtſein der Menſchen wirken, nicht wie ſie etwa in einem Bewußtſein Gottes oder allgemeinen Weltordnung oder Idee der Geſchichte und Dinge wurzeln, worin wir doch zuletzt ihre Wurzel oder den Grund ihres allgemeinen Zuges ſuchen mögen.

Denn es iſt ja damit, daß wir mit der Betrachtung der Motive des Glaubens bis zur Einzelwirkung derſelben in den Menſchen herabſteigen, nicht geſagt, daß der Glaube in der Menſchheit auch durch eine atomiſtiſche Summirung der Motive in den einzelnen Menſchen entſtanden ſei; ſondern nur geſagt, daß die allgemeinen, höher hinauf reichenden, Gründe, die den Glauben in der Menſchheit hervorgetrieben, welches ſie immer ſein mögen, ſich in jedem unter dem Einfluß derſelben ſtehenden Menſchen als dieſe Motive geltend gemacht haben; nur dieſe aber treten unmittelbar in die Erfahrung; nur von dieſen können wir ſelbſt auf die Natur der allgemeineren Gründe zurückſchließen und ſie, die ſonſt dunkel bleibenden, dadurch als durch ihre Wirkungen charakteriſiren. Hierauf iſt alſo zunächſt das Auge zu richten, um nicht mit myſtiſchen und müſſigen Speculationen zu beginnen, welche das erſt aus den Motiven und Gründen zu Folgernde ſchon vorausſetzen; wonach es nicht nur frei ſteht, ſondern ſich von ſelbſt das Bedürfniß herausſtellt, vom Wirken der Motive in den Menſchen zum allgemeiner Wirkenden in der Menſchheit aufzuſteigen, was wir ſchließlich nur in einem Daſein der geglaubten höchſten und letzten Dinge ſelbſt finden werden.

Alſo wird mit unſrer erfahrungsmäßigen Betrachtung der Natur und des Wirkens der Motive in ihrer Einzelheit, ihren Combinationen und Conflicten, eine zuſammenhängende Geſchichte und höhere Auffaſſung ihres Wirkens in der Menſchheit nicht ausgeſchloſſen, noch erſetzt; aber vorbereitet und unterbaut; und der Abſchluß in einer höhern Auffaſſung wird ſich in dem Gange der folgenden Betrachtungen ganz von ſelbſt ergeben.

Jedes der drei Motive läßt ſich zu einem wahren, in einem Argumente ausſprechbaren, Grunde erheben, und damit über das Schwanken, die Spaltung, den Conflict, die Irrung und Verwirrung emporheben, wenn ſchon es nichts Anderes bleibt, als was wir ſagten, die höchſte Verallgemeinerung, Zuſammenfaſſung, Spitze, Klärung, Zurechtſtellung, kurz Vollendung von einer Seite und maßgebende Beſchränkung von andrer Seite eines entſprechenden Motives. Jedes der drei Argumente reicht für ſich hin, den Glauben zu begründen und zu halten, doch nur inſofern, als jedes zum Hauptgeſichtspunkte erhoben werden und ſich die andern dienſtbar machen kann; inſofern es aber doch der andern bedarf, und eben ſo wieder in den Dienſt der andern treten kann, erhält der Glaube ſchließlich doch den vollen Halt nur durch die Einſtimmigkeit der drei; man ſoll ihn alſo auch nur dadurch voll begründet halten.

Es läßt ſich zeigen, daß man Recht hat, auf dem, was in der Geſchichte durchſchlägt, zu fußen, und ſelbſt Andeutung von dem, was künftig durchſchlagen wird, in dem bisherigen Gange dazu zu ſuchen; aber nur indem man zeigt, daß eben blos das, was der Vernunft und der Natur der Dinge und den Bedürfniſſen des Menſchen entſpricht, ſchließlich durchſchlagen und Halt gewinnen kann, und ſelbſt eine fortwährende Tendenz dazu beſteht. Es läßt ſich zeigen, daß man Recht hat, das Beſte für das Wahrſte zu halten; aber um zur Erkenntniß zu gelangen, was das Beſte für Alle und für alle Zeit ſei, bedarf es des Fußens auf der geſchichtlich entwickelten Erkenntniß davon und der fortgehenden vernünftigen Einſicht in die Natur der Menſchen und Dinge. Es läßt ſich zeigen, daß man Recht hat, in Betrachtung der höchſten und letzten Dinge nicht nur ſo gut, ſondern vor Allem und über Alles das Vernünftigſte und Angemeſſenſte der erhabenſten Natur der Dinge zu verlangen, als in den kleinſten und gemeinſten; aber wie beſchränkt iſt des Einzelnen Vernunft und ſeine erfahrungsmäßige Erkenntniß von der Natur der Dinge; alſo wird es wieder gelten, ſich auf das hiſtoriſch Geltende zu ſtützen, und darauf mit zu ſtützen, daß, wie die richtigſte Erkenntniß von dem, was iſt, uns auch am beſten in unſern Beziehungen dazu dient, umgekehrt das, was uns am beſten dient, das Richtigſte iſt.

Aller Streit zwiſchen dem hiſtoriſchen, praktiſchen und theoretiſchen Motive und innerhalb eines jeden derſelben hebt und löſt ſich alſo endlich in dem hiſtoriſchen, praktiſchen und theoretiſchen Grunde, und der Streit trägt in ſich ſelbſt auch die Bedingungen dieſer Löſung.

Umſonſt verſucht man, den Glauben auf den Geſichtspunct eines der drei Gründe allein zu ſtützen. Der Offenbarungsgläubige, der ſich allein auf directe Offenbarung von Gott ſtützen will, muß doch die Gültigkeit der Offenbarung für ſich und Andre durch den praktiſchen Geſichtspunct begründen, daß ſolcher Glaube vor allem, der ſich ſonſt offenbart oder vernünftig nennt, der beſte ſei. Der, welcher nach der beſten Religion für Alle trachtet, meint er, daß er die Religion der Liebe, die das Beſte Aller durch Alle will, ſelbſt erfunden hätte, wenn er ſie nicht durch Chriſtus gefunden hätte? Alſo bedarf er doch der hiſtoriſchen Stütze. Oder ſehe er ſich um unter den Jahrtauſenden vor Chriſtus und den Heidenvölkern ringsum, ob es ſo einfach war, dieſe Religion zu erfinden. Vielmehr nur, daß er ſelbſt in ihr erzogen ward, konnte ihn den höchſten praktiſchen Geſichtspunct derſelben finden und ſtellen laſſen. Und wer allein auf Vernunft und Erfahrung bauen will, ſehe er ſich um unter den freien Gemeinden und Materialiſten, die eben dieß Princip, aber nur dieß Princip haben, wie viel er da noch vom Glauben an Gott und ewiges Leben findet.

Statt einen der drei Werkſteine zu verwerfen, haben wir ſie zum Gewölbe zu legen; doch dazu müſſen wir die Steine einzeln heben.

V.

Das hiſtoriſche Princip.

Ein Menſch ſagt es dem andern. Das iſt der kurze Ausdruck des hiſtoriſchen Princips. Mündlich, ſchriftlich, es gilt gleich. Auf dieſe Weiſe pflanzt ſich der Glaube von dem Menſchen zu dem Menſchen fort. Aber wie kam er zuerſt an die Menſchheit?

Vom Erſten kann man überall nur ausgehen, wenn man es kennt; muß aber mit dem Späteren anfangen, wenn man es nicht kennt, und zuſehen, ob man darin Schlußmittel auf das Erſte findet. Die Schlußmittel auf die erſte Entſtehung des Glaubens aber werden ſtets ſo unſicher bleiben, als auf die erſte Entſtehung, den erſten Zuſtand, die erſte Entwickelung des Menſchen ſelbſt, und die Entſcheidung zwiſchen den ganz entgegengeſetzten Hypotheſen, die darüber beſtehen, wird immer wieder nur Sache eines Glaubens bleiben, deſſen Gründe im Allgemeinen wir aber hier nicht glauben, ſondern wiſſen wollen. Verſchieben wir alſo mindeſtens jene Frage, um ſpäter mit

Einigem darauf zurückzukommen; und, anſtatt zuerſt zu fragen, wie der Glaube zuerſt an die Menſchheit kam, fragen wir zunächſt nur, wie er heutzutage zuerſt an jeden Menſchen kommt.

Es iſt mit der Entſtehung des Glaubens wie mit allen Dingen. In allen Dingen iſt die Weiſe der erſten Entſtehung von der Weiſe unterſchieden und weſentlich zu unterſcheiden, wie die Entſtehung des Dinges ſich wiederholt. Das einmal Entſtandene erſpart ſo zu ſagen die Mittel und Koſten ſeiner erſten Entſtehung bei der neuen Entſtehung, wo nicht ganz, doch zum größten und weſentlichſten Theile, indem es in ſeinem Daſein die Bedingungen der Wiederholung ſeines Daſeins ſo zu ſagen mit aufgehoben enthält.

Was gehörte nicht dazu, eine Statue, ein Gemälde, ein Gedicht ein Erſtesmal zu ſchaffen. Iſt das Werk einmal da, wird es mühelos tauſendmal abgegoſſen, copirt, recitirt und abgedruckt.

Erſt nach Tauſenden, ja wohl Millionen, Milliarden von Jahren, daß die Erde beſteht, konnte ein Menſchenpaar entſtehen. War erſt eins da, ſo war es leicht, die Erde zu bevölkern, und bald wird es ſchwer ſein, ihrer Uebervölkerung zu wehren.

Wie die Sprachen entſtanden ſind, weiß Niemand, und Niemand vermöchte ſie auf's Neue zu erfinden; nun ſie erfunden ſind, lernt jedes Kind ſie ſpielend.

Was koſtet es oft für Noth, das Feuer im Ofen anzuzünden. Wenn es einmal brennt, nehme man ſich in Acht, daß nicht das Haus brennt.

Eine Seuche zu erzeugen, überſteigt im Allgemeinen die menſchliche Kunſt, eine Seuche zu dämpfen nicht minder.

Bei dem Allen kann man nach dem erſten Grunde des Daſeins fragen, und man wird ihn meiſt nicht finden; der Grund des ſpätern Daſeins iſt leicht zu finden; er liegt einfach in dem, was ſchon da iſt.

Es iſt mit allen Dingen ſo; es iſt auch mit dem Glauben ſo.

Wie der Glaube zuerſt entſtanden iſt, weiß Niemand, kann man ſich ſchon dieß und jenes darüber denken. Man kann auch fragen, ob es möglich ſein würde, ihn auf's Neue zu finden oder zu erfinden. Nun er einmal entſtanden iſt, wahr oder falſch, pflanzt er ſich fort, wie der Menſch ſich fortpflanzt, wie die Sprache ſich fortpflanzt, wie das Feuer ſich fortpflanzt, wie die Anſteckung ſich fortpflanzt. Und fragt ſich der Menſch, warum er glaubt, ſo iſt eine, zwar nicht das Letzte und Ganze, aber das Nächſte und einen wichtigen Theil des Ganzen treffende, Antwort die: weil vor mir geglaubt ward und um mich geglaubt wird.

In der That würde man ſtark irren, wenn man meinte, daß der Menſch blos nach Schlüſſen oder aus Bedürfniß glaubte. Vielmehr fängt jeder Menſch ſchon an zu glauben, ehe ſich nur Vernunft und Bedürfniß geltend machen können, und der Glaube beſteht wohl bei der Mehrzahl der Menſchen unabhängig davon nur durch Beharrung fort. Auch iſt dieß nichts dem Glauben an die höchſten und letzten Dinge Eigenthümliches; er bildet nur eben keine Ausnahme von dem, was allgemein gilt.

Niemand wird mit dem Glauben an Gott geboren, aber jeder mit einer ſo allgemeinen und unbedingten Anlage, Alles zu glauben, was man ihm ſagt, geboren, daß es ganz natürlich iſt, daß er auch an Gott glaubt, wenn man ihm von einem ſolchen ſagt; daher denn jedes Volk, weil mehr oder weniger einſtimmigen Erziehungseinflüſſen unterliegend, auch einen mehr oder weniger übereinſtimmenden, von dem anderer anders erzogener Völker verſchiedenen, Glauben hat.

In der That kann man dem Kinde, und zwar *jedem* Kinde, geradezu alles Beliebige weiß machen. Sage dem Kinde: der Mond wird gleich vom Himmel fallen, und es wird nach dem Himmel blicken und erwarten, daß er fällt. Sage ihm: dieſer Hund wird gleich zu reden anfangen; es wird hinhorchen, und ſich nur wundern, daß er nicht anfängt.

Iſt nicht alſo vielleicht auch der Menſchheit in ihrem Kindesalter der Glaube an Gott weiß gemacht worden, und erhält ſich nur darum fort, weil er auf's Neue jedem Kinde weiß gemacht wird, und der Menſch nicht eben ſo Gelegenheit hat, ſich vom Nichtdaſein Gottes über den Wolken zu überzeugen, als daß der Mond nicht fällt und der Hund nicht redet. Zumal, wenn man ihm dazu weiß macht, der Donner ſei Gottes Stimme aus den Wolken, und dieß und das, um den Glauben durch den Glauben zu ſtützen? Das Kind wird um ſo lieber glauben, je mehr man ihm zu glauben zumuthet.

Zu allem Glauben, welcher dem Kinde eingepflanzt wird, verlangt das Kind keine Gründe; ja es würde Gründe nicht verſtehen. Auch iſt es nicht die Schönheit, die Erhabenheit, die Heilſamkeit, die Tröſtlichkeit des Glaubens, wodurch es zu glauben beſtimmt wird. Es glaubt ja um ſo feſter an Geſpenſter, je mehr man es davor zu fürchten macht. Die Sache mag einfach pſychologiſch die ſein: es lernt das Wort, die Rede nur durch Anknüpfung an Thatſachen verſtehen; nun knüpft es umgekehrt die Thatſache an das Wort, die Rede. Oder auch: das Kind macht dem Erwachſenen Alles ſo lange nach, bis es ſich durch das Nachmachen die Fähigkeiten und Fertigkeiten erworben hat, darüber hinauszugehen, und Vieles macht ſich ſo zu ſagen von ſelber in ihm nach. Alſo macht ſich auch der Glaube der Erwachſenen im Kinde nach. Ich laſſe es aber gern zu, daß jemand den pſychologiſchen Grund der Thatſache noch tiefer faſſe. Hier gilt es nur die Thatſache als Grund, welches auch der Grund der Thatſache ſei.

Anſtatt den Glauben erſt lernen zu müſſen, muß das Kind den Glauben verlernen; und das geſchieht allmälig, wenn der Menſch wiederholt erfährt, das Wort kann lügen. Dann löſt ſich die Selbſtverſtändlichkeit der Aſſociation des Wirklichen an das Wort auf, ſchwächt ſich allmälig die Gläubigkeit, und kann zuletzt gar in das Gegentheil umſchlagen. Aber je mehr der Menſch auf der Kindesſtufe ſtehen bleibt, und ein Theil des Volkes bleibt immer nahe darauf ſtehen, deſto mehr beſteht der kritikloſe Glaube fort. Die Frauen namentlich bleiben in Glaubensſachen immer Kinder, und der Glaube der Volksmaſſen läßt ſich von jedem Propheten mit hinreichend ſtarker Stimme, lebhafter Geberde und Kraft der Rede wie ein Waſſerbach durch eine Rinne führen.

Zumal im Felde von Dingen, wo keine Erfahrung, keine Aufdeckung eines Irrthums durch Thatſachen möglich iſt. Dahin rettet ſich die Gläubigkeit des Menſchen, wenn ſie aus allen Erfahrungsgebieten verdrängt iſt. Und je weniger Gründe der Unwiſſende für ſeinen Glauben hat und je weniger er von Gründen dafür verſteht, deſto eher läßt er ſich dafür todtſchlagen und ſchlägt er Andre dafür todt, weil ſich dann auch um ſo weniger Gegengründe dagegen geltend machen können.

Aber auch der, deſſen Verſtand durch Erfahrung und

Denken gereift iſt, der den Zweifel gelernt hat, bleibt dem Einfluſſe des hiſtoriſchen Motivs nicht entzogen; die Meinung um ihn und die Autorität über ihm übt eine unwillkührliche Macht über ihn, und nicht leicht geht wieder der ganze Glaube verloren, der ihm als Kind eingepflanzt wurde, beſtimmt vielmehr ſelbſt unwillkührlich viel von der Ausbildung ſeines Verſtandes und ſeiner Schlüſſe.

Zumal wenn es Dinge gilt, die mit aller ſeiner Erfahrung auch die Tragweite jedes Schluſſes überſteigen; und ſo ſehen wir ſogar viele der ſchärfſten Denker nach vergeblichem Ringen, das Wahre und das Beßte im Felde der höchſten und letzten Dinge durch eigene Vernunft feſtzuſtellen, endlich daran verzweifelnd, ſich auf's Neue mit bewußtem Willen der Macht des hiſtoriſchen Princips unterwerfen, das ihnen die Ruhe und das Vertrauen des Kindes zurückzugeben verſpricht. So kehrt das Ende in den Ausgang zurück.

Hier ſehen wir, wie das praktiſche Motiv hinzutritt, das hiſtoriſche neu zu beleben und zu ſtärken. Auch ſuchen die ſelbſt, die den Glauben einem Andern einpflanzen, ihn durch Zuziehung der andern Motive plauſibler zu machen; aber wenn ſich hiebei das hiſtoriſche Motiv mit auf die andern Motive ſtützt, ſo iſt das Umgekehrte nicht minder wahr. Dem Volke, dem Kinde werden Gründe des Glaubens geboten, ſein Heil an den Glauben geknüpft, und es glaubt den Gründen, glaubt der Verheißung, glaubt der Drohung ohne eigne Prüfung ganz hiſtoriſch.

Ich will ein Beiſpiel bringen, wie ich's las:

„Der Alte vom Berge war (in den Zeiten der Kreuzzüge) das Haupt einer ausgearteten Secte von Mohammedanern, die auf den Gebirgen zwiſchen Damascus und Antiochien hauſten, und deren Name Heiſſaſſin (Aſſaſſin) in vielen europäiſchen Sprachen der allgemeine Ausdruck für Meuchelmörder geworden iſt. Die Anhänger des Alten vom Berge verehrten ihn als einen lebenden Gott oder als einen Gottmenſchen, in welchem die Gottheit ſich verkörpert habe. Sie erfüllten Kinder von dem zarteſten Alter an mit einem ſo feſten und lebhaften Glauben an die Gottheit des Alten vom Berge und an die Verdienſtlichkeit eines blinden Gehorſams gegen ſeine Befehle, daß viele lieber ſterben als leben wollten, und keiner Bedenken trug, ſich auf ſein Geheiß von Felſen oder Thürmen herunterzuwerfen oder ſich in andre unvermeidliche Lebensgefahren zu ſtürzen. Wenn man den Alten vom Berge mit Gelde gewann, ſo ſandte er Meuchelmörder aus, vor deren Dolchſtichen kein König im Innerſten ſeines Palaſtes, kein Heerführer in der Mitte ſeiner Krieger ſicher war. Heiſſaſſins ermordeten den König Conrad von Jeruſalem, und viele andre ſowohl chriſtliche als mohammedaniſche Fürſten und Herren. Die ſchwärmeriſchen Mörder fürchteten den unvermeidlichſten und grauſamſten Tod nicht, weil ſie die feſte Hoffnung hatten, daß ſie ſogleich zu den Seligkeiten des Paradieſes wieder erwachen, oder als ſchöne, ſtarke, glückliche Menſchen würden wieder geboren werden.“ (Meinerts Geſchichte der Relig. I. S. 338; nach Arnold III. p. 148. 149. VII. c. 10. p. 204. Auch Marin. I. 297 ff.)

Hier ſieht man, wie die blindeſte Ergebung in den Willen eines Obern, die kühnſte Thatkraft und das ſtandhafteſte Dulden durch die feſtgemachte Hoffnung auf ein Jenſeits erzeugt werden konnte, dieſe ſelbſt aber ganz nach dem hiſtoriſchen Principe durch die bloße frühe Einpflanzung erzeugt ward; und wie hier mit dem ſchlechtſten Glauben iſt es anderswärts mit dem, den wir für den beſten halten.

In ſolcher Weiſe ſehen wir den Glauben von den Aeltern auf die Kinder übergehen, in den Schulen, von der Kanzel, durch Miſſionäre, durch wahre und falſche Propheten und Apoſtel ſich verbreiten, weiter immer weiter. Und je weiter er ſich ſchon verbreitet hat, ſo leichter findet er es, ſich ferner zu verbreiten, wie das Feuer, die Anſteckung ſo leichter um ſich greifen, je weiter ſie ſchon um ſich gegriffen haben. Wer kann zuletzt noch Einhalt thun?

Zum Einfluſſe der Verbreitung des Glaubens tritt der eben ſo mächtige der Dauer. An das, was die Aeltern, die Vorältern, die Urältern geglaubt haben, wagt ſich nicht ſo leicht der Zweifel. Allmälig verwächſt der Glaube ſo mit dem ganzen Weſen und Leben des Volkes, daß es ſich ſelbſt aufgeben müßte, um ihn aufzugeben; und faſt immer ihn wirklich erſt mit ſeiner Unterjochung und Vernichtung aufgiebt. Die triftigſten Gründe ſcheitern an dem feſt gewordenen Glauben, ſo ſichrer, je untriftiger der Glaube iſt, weil der Glaube ſelbſt ein Hauptquell der Gründe und der Weiſe zu ſchließen iſt, zumal in ſeinen eignen Sachen. Und ſo wird der Glaube des Einzelnen durch den Zuſammenhang zugleich mit dem ganzen Glauben um ihn und vor ihm gehalten.

„Je mehr wir — ſo leſe ich in einem Miſſionsberichte aus Amoy in China*) — mit den Leuten bekannt werden, deſto offenbarer wird uns der mächtige Einfluß, den der herrſchende Aberglaube und die Furcht, durch Widerſpruch gegen denſelben ſich als Sonderling zu bezeichnen, auf ſie ausüben. Für die ungeheure Mehrzahl der niedrigen Stände iſt die einfache Thatſache, daß der Götzendienſt ſeit vielen Jahrhunderten bei ihnen üblich geweſen iſt, ein ganz hinreichender Beweis, der ſie der Nothwendigkeit der Prüfung vollkommen überhebt.“

Und anderwärts**): „ich machte einen Bramahnen auf das Verkehrte des Götzendienſtes aufmerkſam, worauf er entgegnete: ſo haben es unſre Vorväter gemacht, und ſo müſſen wir es auch thun; kein ächter Bramahne kann die Religion ſeiner Väter verlaſſen. Jeder Stamm hat ſeine eigene Religion, die Padre (Miſſionare) die ihrige und wir die unſrige.“

---

*) Calwer Miſſionsbl. 1847. 1. Juli. Nr. 13.

**) In einem Briefe Dr. Haug's aus Puna im weſtlichen Oſtindien. 7. Sept. 1861. Ausland 1862. Nr. 5.

Aber was hat denn, fragt nun der Ungläubige nicht ohne Grund, ein Glaube für Werth und Anſprüche auf Gültigkeit, der in dieſer Weiſe ganz nach demſelben Principe als Feuer und Seuche ſeine Verbreitung durch die Menſchheit findet; ein Glaube, der ſeine Hauptwurzel in der Leichtgläubigkeit hat, vom Kinde und Volke ohne Verſtand angenommen wird, verbreitet von ſolchen, die ihn oft ſelbſt nicht haben, und der um ſo ſichrer bleibt, je kindiſcher und weibiſcher, je unverſtändiger der Menſch bleibt, der ihn hegt, und von den Vernünftigen nur feſtzuhalten iſt, indem ſie die Vernunft opfern. Haben nicht tauſend und abertauſend Irrthümer und Mährchen im ſelben Wege ſich verbreitet; und ſehen wir doch den Glauben der Völker an; iſt er nicht voll offenkundiger Irrthümer und Mährchen? und läuft nicht ein Glaube wider den andern? Die Dichter, Prieſter und Regenten haben ihn erfunden; nun geht er durch die Welt.

Dieſe Einwürfe liegen auf der Oberfläche; doch gehn wir etwas tiefer.

Es iſt wahr, der Glaube wird von Jedem zuerſt ohne Gründe angenommen; es bedarf nicht des theoretiſchen und praktiſchen Motivs, doch wird im Allgemeinen nicht ohne Gründe feſtgehalten. Vom Kinde, in untern Volks- und Völkerſchichten ja; aber das iſt es nicht, was ihn auf die Dauer hält. Das Kind bleibt doch nicht ewig Kind, die Völker erwachſen, und in jedem Volke wächſt ein Theil über den andern, und ein Theil der Völker über die andern herauf, und die Erwachſenen herrſchen über die Kinder und den Glauben der Kinder und des Theils vom Volke, der auf der Kindesſtufe bleibt. In den Erwachſenen aber hat der Glaube ſeine Proben zu beſtehen. Man weiß, er beſteht ſie oft nicht im Einzelnen, aber er beſteht und überſteht ſie immer im Ganzen. Er hat eine franzöſiſche Revolution überſtanden, er hat ein Jahr 1848 überſtanden, er hat den Angriff der Materialiſten aller Zeiten überſtanden; er wird Alles überſtehen. Und wenn Manche nach langer Prüfung mit der Vernunft ſogar die Vernunft dem Glauben opfern, ſo muß es ſelbſt noch abgeſehen von der Vernunft die wichtigſten Gründe zum Glauben geben. Wenn vor Allem Prieſter und Regenten ihn einzupflanzen ſtreben, wenn ſogar ſolche ihn einzupflanzen ſtreben, die ihn ſelbſt nicht haben, ſo muß es auch ſehr allgemeine zwingende und bindende Gründe, ihn einzupflanzen, geben. Sei alſo die hiſtoriſche Fortpflanzung an ſich kein zulänglicher Grund, das Fortgepflanzte für wahr zu halten, ſo kann doch die Allgemeinheit und der Zwang der Fortpflanzung auf allgemeine und zwingende Gründe dazu rückweiſen.

ſonſt. Wo iſt die Fabel, das Mährchen, das ſonſt ſolche Verbreitung, ſolche Dauer gewonnen, ſo feſten Glauben erzeugt hätte. Zwar giebt es wohl einige Kindermährchen und Thierfabeln, die man ſich ſeit Alters in Indien erzählt wie bei uns; aber das ſind auch ganz beſondre Raritäten, ihre Verbreitung iſt immer nur ganz dürftig gegen die des Gottesglaubens, und was die Hauptſache iſt, ein jeder hält ſie in Indien und hier für Fabeln. Vielmehr vermöchte das hiſtoriſche Motiv die große Fabel von Gott und Jenſeits gar nicht ſo weit zu verbreiten, ſo lange in Kraft zu erhalten, wenn es wirklich eine Fabel wäre. Denn hier tritt folgende Betrachtung ein, geeignet, uns endlich vom Motiv zum Argument zu führen.

Irrthum und Wahrheit haben das gemein, daß ſie ſich hiſtoriſch fortpflanzen laſſen, und daß die Verbreitung um ſo leichter fällt, je weiter ſie ſchon gediehen iſt, der Glaube ſich um ſo leichter hält, je länger er ſchon gehalten hat; aber es beſteht der Unterſchied, daß das mit der Wahrheit ins Unbeſtimmte, mit dem Irrthum nur bis zu gewiſſen Gränzen geht, indem mit dem wahren Glauben, wie er ſich ausbreitet, etwas beſtändig hülfreich und föderlich mit, gegen den falſchen etwas beſtändig gegen geht, was mit der Verbreitung und Dauer des Glaubens zugleich wächſt und endlich nothwendig zum Vortheil des wahren Glaubens überwiegt. Und es iſt nicht ſchwer, das zu finden.

Weßhalb nennen wir einen Glauben wahr und gut?

weil er der Natur der Dinge und den Bedürfniſſen des Menſchen entſpricht. Weßhalb falſch und ſchlecht? weil er damit in Widerſpruch ſteht. Was folgt daraus ſchon a priori? Je mehr der Glaube ſich verbreitet und je länger er dauert, deſto mehr Gelegenheit wird er bieten und finden, ſeine Einſtimmung oder ſeinen Widerſtreit mit der Natur der Dinge und der Menſchen zu entwickeln und zu bewähren; die wichtigſten Wirkungen und Folgen deſſelben können ſich ſogar erſt nach Maßgabe ſeiner Verbreitung und Dauer entwickeln. Aus der Einſtimmung wird eine Begünſtigung für, aus dem Widerſtreit eine Gegenwirkung gegen ſeine fernere Verbreitung und längere Erhaltung hervorgehen müſſen, die mit der Verbreitung und Dauer wächſt. Mit einem Worte, es iſt das Verhältniß zum theoretiſchen und praktiſchen Princip, was den definitiven Erfolg beſtimmt. Das hiſtoriſche Princip kommt an ſich dem ſchlechten und guten, wahren und falſchen Glauben gleich zu ſtatten; aber es ſteht in Bezug darauf in einem entgegengeſetzten Verhältniſſe zum theoretiſchen und praktiſchen Principe. Das letzte Ziel iſt die Einſtimmung aller nach allen Beziehungen; und ſie kann endgültig blos bei einem wahren und guten Glauben ſtatt finden.

Es iſt auch hier mit dem Glauben wie mit dem Feuer. Das Feuer greift um ſo leichter um ſich, je weiter es ſchon um ſich gegriffen hat, aber verzehrt auch um ſo leichter ſeinen Stoff; und würde längſt auf der Erde ausgegangen ſein, wenn nicht immer neuer Stoff nachwüchſe. So kann ein Glaube, dem der Stoff nicht aus der Natur der Dinge und einem wahren und allgemeinen Bedürfniſſe des Menſchen immer neu nachwächſt, nicht auf die Länge fortbeſtehen. Je länger er Beſtand hat, je weiter er um ſich gegriffen hat, je mehr ſich ſeine Conflicte mit der Natur der Menſchen und Dinge entwickeln, ſeine nachtheiligen Folgen häufen und verbreiten, ſo näher rückt er ſeinem Wendepuncte, und ſo ſehen wir einen Irrthum, eine Fabel nach der andern fallen, die Wahrheit aber ſich immer mehr feſtigen und ſtärken, größeren und feſteren Boden gewinnen.

Jeder ſchlechte Glaube und jedes Schlechte im Glauben erreicht einmal zu irgendwelcher Zeit jenen Wendepunct, über den hinaus ſeine fernere Verbreitung und ſeine fernere Dauer die Bedingungen ſeines Verfalls über die ſeines Wachsthums ſteigert. Dann fängt, wenn es den Glaubensbeſtand nach ſehr allgemeinen Geſichtspuncten gilt, der ganze Glaube an zu kranken. Das anfangs ohnmächtig gegen die Macht des hiſtoriſchen Princips ankämpfende theoretiſche und praktiſche Princip gewinnen immer mehr Boden, ſo mehr, je mehr ſie ſich ſelbſt mit neuen Waffen des hiſtoriſchen Princips, einer die Menge fortreißenden oder zwingenden Kraft der Rede und der Thaten, waffnen können. Der Unglaube kann in ſolchen Zeiten, wo das hiſtoriſche Princip ſeine alte Macht verliert,

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01576/029

wieder zeitweis, hier und da, den Glauben überflügeln, indeß eine Schaar Altgläubiger ihm entgegen ſich um ſo enger und feſter unter die Fahne des hiſtoriſchen Princips zuſammenſchaart, bis endlich die Beſiegung des Unglaubens und das Ueberwachſen des alten Glaubens durch den neuen ſich entſchieden hat. Und nicht anders iſt es mit den zeitweiſen Schwächungen des Glaubens in den Epochen des Ueberganges dazu, als wie die Bäche eine Zeit lang ſparſamer fließen, um nachher deſto ſtärker anzuſchwellen.

So vieler thörichte und ſchädliche Glaube würde ſich nicht einmal ſo lange halten und ſo weit verbreiten, wenn er nicht mit überwiegend Gutem und Wahrem zuſammenhienge, und ſich beides ſo leicht und einfach wieder ſcheiden ließe, hat es einmal im Zuſammenhange in den Menſchen Wurzel geſchlagen. Nur von einem im Ganzen wahren und beſſern Glauben kann der beſtehende geſtürzt werden, und jener hat dazu die ganze Kraft der Beharrung zu überwinden, welche das hiſtoriſche Princip dem einmal beſtehenden Glauben verleiht. So entſteht das Paradoxon, daß das Thörichte und Schädliche in einem Glauben durch das theoretiſche und praktiſche Princip, wogegen es läuft, doch gehalten werden kann; nur näher zugeſehen nicht an ſich, ſondern vermöge ſeines Zuſammenhanges mit etwas überwiegend Wahrem und Gutem, und nicht auf ewig, ſondern bis es den Meiſter in dem im Ganzen wahrern und beſſern Glauben findet.

Von andrer Seite kommt das hiſtoriſche Princip auch mit ſich ſelbſt in Conflict, indem es in der Natur eines falſchen und ſchlechten Glaubens ſelbſt liegt, auf einſeitigen Beſtimmungsgründen zu ruhen und alſo nicht allgemein ſein zu können. So fängt der Glaube wider den Glauben an zu ſtreiten, mit Waffen des Wortes und Waffen der That; ja Völker vertilgen ſich um des Glaubens willen; und das trägt bei, dem guten und wahren Glauben zuletzt die Oberhand zu verſchaffen, weil der gute und wahre Glaube ſelbſt theils Weisheit, Kraft und Stärke giebt, theils mit dem zuſammenhängt, was Weisheit, Kraft und Stärke giebt. Oder warum fallen die Heiden unter dem Schwert der Chriſten und ſiegt der Occident über den Orient. Im Einzelnen können vom Siege des Wahren und Guten Ausnahmen ſtattfinden, rückgängige Bewegungen; im ganzen Gange der Geſchichte aber ſchlägt dieſer Geſichtspunct durch.

Des Näheren ſtellt ſich hienach das hiſtoriſche Princip des Glaubens wie folgt:

Wenn ein Glaube an die Exiſtenz von Etwas, das nicht unmittelbar der Erfahrung unterliegt, beſteht, ſo müſſen irgendwelche dem Menſchen bewußte oder unbewußte, vom Exiſtenzgebiete her wirkende, Gründe dazu vorhanden ſein, die dieſen Glauben erzeugen, oder Bedürfniſſe im Menſchen, die dazu treiben. Jeder, auch der irrigſte, Glaube hat Gründe der Art, nur nicht immer allgemein zulängliche, ſondern oft blos einſeitige, partielle, egoiſtiſche, die durch unangemeſſenes Uebergewicht oder untriftige Verallgemeinerung den falſchen Glauben oder das Falſche im Glauben erzeugen. Es erwächſt aber für die Zulänglichkeit der Gründe und hiemit für die Triftigkeit und Güte des davon abhängigen Glaubens eine um ſo größere Wahrſcheinlichkeit:

1) Durch je mehr und verſchiedenartigere Menſchen, Völker, Zeiten und Klimate, Lebensverhältniſſe ſich der Glaube forterſtreckt, indem der Glaube hiemit um ſo ausgedehntere, vielſeitigere, längere Gelegenheit erhält, ſeine Einſtimmung mit der geſammten Natur der Dinge und den allgemeinen und dauernden Bedürfniſſen der Menſchen zu bewähren oder ſeinen Widerſpruch damit geltend zu machen.

2) Je zuſammenhängender, einſtimmiger, ſtetiger, kräftiger und wirkungsreicher er ſich durch ſie erſtreckt, indem hiedurch die Haltbarkeit, Nachhaltigkeit, Einſtimmigkeit, Kraft der in der Natur der Dinge und des Menſchen liegenden Begründungsmomente des Glaubens bewieſen wird.

3) Je unbefangener und vorurtheilsfreier die Auffaſſung, je größer die natürliche Begabung, je umfangsreicher das Wiſſen, je vollkommener der moraliſche Zu-

ſtand, je höher überhaupt die Culturſtufe der Menſchen und Völker iſt, durch die er ſich erſtreckt, indem hiedurch einerſeits eine vollkommnere Auffaſſung der Begründungsmomente des Glaubens bedingt, anderſeits die Vernünftigkeit und Güte des Glaubens in ſeinen Folgen bewährt wird.

Einzelne Fälle des Unglaubens oder abweichenden Glaubens bei Individuen und ſelbſt Völkern und Zeiten können gegen die Uebermacht eines allgemein verbreiteten und durch den Zeitenlauf ſich erhaltenden und fortentwickelnden Glaubens nicht in Betracht kommen, inſofern ſie durch ein einſeitiges oder partielles Wirken von Gründen, was ſich dem allgemeinen Zuſammenhange entzogen hat, erklärbar ſind, indeß der im Allgemeinen überwiegende und ſtetig ſich forterhaltende Glaube ein allgemeines, zuſammenhängendes, dauerndes Wirken von Gründen vorausſetzt.

Hienach kann man einen Schluß auf die Wahrheit und Güte eines Glaubens machen, ohne daß es nöthig iſt, die im Exiſtenzgebiete liegenden, im Menſchen zur Wirkung gekommenen Gründe, von welchen derſelbe abhängt, zur Klarheit zu entwickeln, indem ihre Wirkung ſelbſt ihr Daſein beweiſt. Und hiedurch unterſcheidet ſich das hiſtoriſche Argument vom theoretiſchen und praktiſchen, auf die wir weiterhin zu ſprechen kommen. Es ſchließt aus der Wirkung der Gründe auf das Vorhandenſein der Gründe, die aber doch, abgeſehen von der dunkeln Möglichkeit einer Uroffenbarung, zuletzt nur dieſelben ſind, aus denen im theoretiſchen und praktiſchen Argumente bewußterweiſe gefolgert wird. Es iſt aber bei der Schwierigkeit, ja ſelbſt Unmöglichkeit, die Geſammtheit der Gründe, welche den Glauben erzeugt haben, im Einzelnen zu verfolgen und nachzuweiſen, von Belang, zu den Argumenten, welche ſich auf die Kenntniß derſelben ſtützen, auch noch ein Argument zu haben, welches ſich auf die Wirkung derſelben ſtützt.

Schließen wir hienach das Argument zunächſt in Bezug auf den oberſten Gegenſtand des Glaubens ab.

Da der Glaube an das Daſein Gottes die allgemeinſte Verbreitung durch die Völker der Erde hat, da er eben ſo von den älteſten Zeiten beſtanden hat, als im Laufe der Zeiten ſich forterhält, da er nicht nur als naturwüchſiger bei allen culturfähigen Völkern auftritt, ſondern mit wenigen Ausnahmen ſelbſt bei ſolchen Völkern, deren Culturfähigkeit man bezweifeln kann, da er nach Maßgabe der fortſchreitenden Cultur-Entwickelung der Menſchheit ſelbſt vielmehr an Entwickelung zu- als abnimmt, da er dabei über den Streit einſeitiger Anſichten, wenn nicht ſeinen beſonderen Geſtaltungen, aber ſeinem Grundbeſtande nach, wenn nicht im Einzelnen, aber im Ganzen und Großen, erhaben bleibt, da er ſelbſt das allgemeinſte Einigungsmittel aller Menſchen auf Erden iſt, und die Anlage zeigt, es fort und fort mehr zu werden, da er ſeine Macht überhaupt durch die gewaltigſten und nachhaltigſten Wirkungen beweiſt, da endlich die einzelnen Fälle des Unglaubens nur ausnahmsweiſe und nur bei Individuen, Völkern, Zeiten entweder von ganz niedrer Anlage und Bildung oder einſeitiger Richtung vorkommen, ſo vereinigen ſich alle Geſichtspuncte des hiſtoriſchen Arguments zu Gunſten des Gottesglaubens; ja das Exiſtenzgebiet würde einen Widerſpruch in ſich enthalten, wenn es dieſen Glauben in ſo großer Allgemeinheit und mit ſo überwiegender Kraft hervortriebe, erhielte und fortentwickelte ohne allgemeingültige überwiegende Gründe dazu zu enthalten.

Mit Recht hat man dem hiſtoriſchen Argumente, ſo wie es wohl mitunter ausgeſprochen worden iſt, „weil alle Menſchen an Gott glauben, muß dieſer Glaube in der Natur begründet ſein“ eingewandt, daß nicht alle Menſchen an Gott glauben. Man muß das Argument des Glaubens ſo wenig darauf ſtellen, daß Alle daſſelbe glauben, als einen Beſchluß im Staate, daß Alle daſſelbe beſchließen. Aber die überwiegende Zahl und das überwiegende Gewicht der Stimmen muß etwas gelten. Nun kann es in einem Staate oft ſehr ſchwer werden, den Conflict zwiſchen dem, was die Meiſten wollen und was die Beſten und Weiſeſten wollen, zu entſcheiden, und ſelbſt erſt zu entſcheiden, wer die Beſten und Weiſeſten ſind. Und ſo theilen ſich die Staaten, indem die monarchiſchen mehr Gewicht auf das Gewicht, die republicaniſchen mehr auf die Zahl der Stimmen legen, dieſe immer von Neuem die Zahl entſcheiden laſſen, wer als die Beſten und Weiſeſten ein Mehrgewicht haben ſollen, jene das Gewicht fortgehends da ſuchen, wo es bisher geweſen. Aber dieſer Conflict beſteht glücklicherweiſe beim Gottesglauben nicht. Nicht nur die Meiſten überhaupt, auch die Weiſeſten und Beſten, oder jedenfalls von den Weiſeſten und Beſten die Meiſten glauben an Gott, ſelbſt wenn man einzelnen Gottesläugnern nachgeben wollte, was in gewiſſem Sinne doch ein Widerſpruch in adjecto iſt, daß ſie zu den Weiſeſten und Beſten gehören. Daß im Ganzen die Weisheit und Güte vielmehr auf Seite der Gottesgläubigen als der Atheiſten iſt, werden dieſe kaum ſelbſt beſtreiten; und wollten ſie es beſtreiten, ſo würden doch ihre Stimmen eben wegen ihrer geringen Zahl und ihrer durchſchnittlichen Gewichtsloſigkeit in republicaniſchen wie monarchiſchen Staaten nichts zu gelten haben.

Nun iſt es aber eigen, daß eben dieſelben, welche die Mehrheit der Stimmen im Staate über Alles maßgebend halten, die Vertreter der abſoluten Volksſouveränetät, nicht ſelten zugleich Atheiſten ſind, welche ſich gar nicht darum kümmern, daß ſie in ſo großer Minorität in Glaubensſachen ſind. Wenn in Staatsangelegenheiten das Beſte durch Mehrheit der Stimmen gefunden werden kann, warum weniger in Glaubensſachen, die doch nach ihnen ſo gut eine Sache der Volksvernunft ſein müſſen, als die Staatsſachen. Hier liegt eine unbegreifliche Inconſequenz.

Es kann auch oft ein Conflict beſtehen zwiſchen den naturwüchſigen Anſichten der Völker, welche in gewiſſem Sinne den Vortheil einer unbefangeneren naiveren Auffaſſung haben, und denen einer fortgeſchrittenen Zeit. Aber auch dieſer Conflict beſteht nicht in Bezug auf den Glauben an Gott, ſondern blos in Bezug auf die Geſtaltung dieſes Glaubens. Die Naturvölker wie die Culturvölker glauben, nur in verſchiedener Weiſe, an Gott.

Es kann aber das hiſtoriſche Argument wie für das Allgemeine des Gottesglaubens auch für die beſondern Beſtimmungen und Geſtaltungen deſſelben verwendet werden, nur daß das Allgemeine ſichrer dadurch geſtellt iſt, als jede Specialität. Und eben ſo wie für den Gottesglauben gilt es für die andern Hauptſtücke des Glaubens. Nächſt der Exiſtenz eines göttlichen Weſens laſſen ſich mit Rückſicht auf das Gewicht, was die Stimmen der Völker und Zeiten haben müſſen, namentlich folgende Puncte durch das hiſtoriſche Argument als wohl begründet anſehen.

1) Die Einheit und Perſönlichkeit des göttlichen Daſeins, welche von den höchſtſtehenden, in Bildung am meiſten fortgeſchrittenen, die Zukunft der Erde unſtreitig beherrſchenden, Nationen übereinſtimmend anerkannt wird, und ſelbſt für die polytheiſtiſchen Religionen theils den

Ausgang gebildet haben kann, indem das Anfangs einheitlich aufgefaßte göttliche Daſein ſich erſt ſpäter durch Zerſpaltung oder Ausgeburten in eine Vielheit verwandelte, theils noch in der Vorſtellung eines alle andern Götter überragenden Gottes eine Annäherung findet.

2) Der Glaube an ein reales und ſittliches Band zwiſchen dem Menſchen und Gott und zwiſchen den Menſchen durch Gott, welcher ſelbſt in den unvollkommenſten Religionen bis zu gewiſſen Gränzen beſteht, zur reinſten und vollſten Geltung und Wirkung nach ſittlicher Seite aber in der chriſtlichen Religion erhoben worden iſt.

3) Die Verknüpfung des Gottesglaubens mit dem Unſterblichkeitsglauben, welche zwar nicht überall von Anfange an noch auf allen rohen Culturſtufen lebendig vorhanden iſt, doch im Fortſchritt und der Entwickelung des religiöſen Glaubens überall Platz gegriffen hat, und da, wo es der Fall, nicht wieder untergehen kann.

4) Der Glaube an derartige Beziehungen zwiſchen dem jetzigen und künftigen Leben, daß die Weiſe, wie der Menſch ſein Leben dieſſeits führt, Bedingungen für ſeine Exiſtenzweiſe im künftigen Leben einſchließt, worin ſich ebenfalls der Glaube der rohſten und gebildetſten Völker begegnet.

5) Der Glaube an das Daſein perſönlicher Mittelweſen zwiſchen uns und Gott, wodurch eine Vermittelung zwiſchen uns und ihm nach beſondern Beziehungen her-

geſtellt wird, indem ſich hierin der heidniſche Glaube an Untergötter, Heroen, Dämonen mit dem chriſtlichen an einen göttlichen Mittler, an Engel, an Heilige und Selige, die Gott näher als wir ſtehen, begegnet. Jede Religion trägt überhaupt ein Moment der Einheit und ein Moment der Vielheit in ſich, nur daß in der chriſtlichen, jüdiſchen, mohammedaniſchen das der Einheit, in den eigentlich heidniſchen das der Vielheit überwiegt, und in der Hindureligion beide ſich in unklarer Vermiſchung die Wage halten.

Kurz, über dieſe geſammten Hauptbeſtandſtücke des religiöſen Glaubens iſt aus dem allgemeinſten Geſichtspuncte derſelben durch das hiſtoriſche Argument entſchieden; wenn ſchon es in Betreff jedes derſelben mehr und entſchiedenere Glaubensausnahmen giebt, als in Betreff des oberſten Glaubenspunctes, welcher das göttliche Daſein im Allgemeinen betrifft; wie denn auch bei jenen Hauptpuncten das Allgemeine wieder feſter geſtellt iſt, als das Einzelne, worüber aus dem Geſichtspuncte des hiſtoriſchen Principes ſogar noch die größten Zweifel beſtehen. Namentlich herrſchen über die Realbeziehung Gottes zur Natur und zu den Menſchen, die Verhältniſſe unſers jenſeitigen Daſeins und die Beſchaffenheit der Mittelweſen ſo abweichende Vorſtellungen nicht nur zwiſchen Völkern auf verſchiedener Stufe der Cultur, ſondern auch zwiſchen den gebildetſten Völkern und im Schooße derſelben ſelbſt, die Anſichten darüber ſind ſo unklar und in ſich widerſpruchsvoll, und die chriſtliche Religion ſelbſt hat ſo wenig Beſtimmtes und Unzweideutiges darüber aufgeſtellt, daß auch mit Rückſicht auf das vorzugsweiſe Gewicht, was wir dem Chriſtenthum beizulegen haben, hiſtoriſch nichts über dieſe Puncte als entſchieden gelten kann. Vielmehr beſteht für das theoretiſche und praktiſche Princip hier noch die Aufgabe, den hiſtoriſchen Conflict zu löſen, die verſchiedenen Richtungen, die ſich geltend gemacht haben, beſtmöglichſt zu vereinigen, und etwas hiſtoriſch Durchſchlagendes feſtzuſtellen.

Dabei kann ſich noch fragen, ob Standpuncte, die wir für überwunden anſehen, nicht endlich überwinden werden. Das Naturwüchſige wird leicht überſchritten, um endlich in veredelter Geſtalt zurückzukehren; und eines wichtigen Conflicts iſt zu gedenken.

Bis zu gewiſſen Gränzen wächſt mit dem Bildungsgrade der Völker, dem Fortſchritte der Cultur auch das Gewicht ihrer Glaubensſtimmen. Aber eine Gegenerwägung findet Platz. Der wachſende Umfang und Reichthum der Erkenntniß und die eindringende Schärfe der Unterſuchung begünſtigt zwar von gewiſſer Seite auch die einheitliche Auffaſſung des Exiſtenzgebietes; Mittelglieder zwiſchen den Dingen und in der Tiefe der Dinge und in Abſtractionen aus großen Kreiſen der Dinge werden gewonnen, die der rohen Erkenntniß fehlen; und unſre Zeit iſt darin unſäglich gegen jede frühere voraus; von andrer Seite aber wächſt zugleich die Gefahr, ſich in das Einzelne zu verlieren und zu zerſplittern, die immer nöthiger werdende Theilung der Arbeit mit einer Theilung des Gegenſtandes der Arbeit, die immer ſchärfer werdenden Unterſcheidungen mit Scheidungen, die immer höher ſteigenden Abſtractionen mit höhern Weſenheiten, das für ſich Denkbare mit für ſich Beſtehendem zu verwechſeln, und hiemit die Gefahr, die reale Einheit der Exiſtenz zu verlieren. Auch dieſer Gefahr iſt unſre Zeit vielleicht mehr als jede frühere unterlegen, und nach dieſer Seite kann eine naturwüchſige Betrachtung, die noch nichts ſcheidet, was ſie nicht einmal klar unterſcheidet, noch wenig eintheilt, abſtrahirt, in Vortheil und Rechte ſein gegen eine vorgeſchrittene Zeit; während der Gipfel und das Ziel des Fortſchrittes unſtreitig mit größtmöglicher Steigerung der im Laufe des Fortſchritts gewonnenen klaren Unterſcheidung aller Theile und Seiten der Exiſtenz zugleich die einheitlichſte Verknüpfung wieder gewinnen laſſen wird, und ſo nach dem Geſetze der Berührung der Extreme in gewiſſem Sinne eben da zum Ausgang wieder einkehren wird, wo in anderm Sinne die größte Abweichung davon erreicht iſt. Leib und Seele, Seele und Geiſt, Organiſches und Unorganiſches, Menſch und Erde, Erde und Himmel, Menſch und Gott, Gott und Welt, Dieſſeits und Jenſeits, Endliches, Unendliches werden heutzutage nicht nur unterſchieden, ſondern auch in einer Weiſe geſchieden, zum Theil ſogar einander ſchroff gegenübergeſtellt, von der die früheſte Zeit nichts wußte, und die letzte unſtreitig nichts mehr wird wiſſen wollen.

Wo nun ein Conflict naturwüchſiger Anſichten mit denen einer mehr vorgeſchrittenen Zeit ſtattfindet, gilt es, zuvörderſt auf die Natur der Völker zu achten. Die naturwüchſigen Anſichten von Völkern, aus denen heraus der Fortſchritt ſich entwickelt hat, werden mit ganz anderm Auge zu betrachten ſein, als ſolche, die, wie die der Fetiſchanbeter, einfach verdammt ſind, dem Fortſchritte der Cultur zu erliegen, und durch ihre Entwickelungsunfähigkeit ſelbſt ihr Unrecht hiſtoriſch bewieſen haben; indeß der Umſtand, daß jene den Fortſchritt begründet haben, es möglich erſcheinen läßt, daß dieſer nur zeitweis etwas von den Geſichtspuncten verloren gab, die im Ausgange zu Recht beſtanden. Und nun wird zweitens nach der Natur der Differenz zu ſehen ſein. Sind es wirklich einheitliche Geſichtspuncte, die nach der Natur des Fortſchrittes verloren gehen konnten, oder ſind es Geſichtspuncte, die wie die der heutigen exacten Naturwiſſenſchaft nur durch den Fortſchritt gewonnen werden konnten. Sind es ſolche, über welche die Zeit des Fortſchrittes ſelbſt in Einigkeit und Klarheit oder worüber ſie in Zwieſpalt und Unklarheit iſt. In dieſer Hinſicht unterſcheiden ſich in der That die feſtgegründeten Anſichten der heutigen Naturwiſſenſchaft gar ſehr von den einer gränzenloſen Zerwürfniß unterliegenden, welche die Beziehung von Gott und Welt, Leib und Seele und allen obgenannten Dingen betreffen. Hier iſt es möglich, daß wir in mancher Beziehung zum Ausgang wieder einzukehren haben werden; es iſt mein Glaube, daß es einſt geſchehen wird, doch nur um von da als von einem neuen Ausgangspuncte aus wieder darüber hinauszugehen, ohne aber von nun an die eine oder andre Einheit wieder zu verlieren.

Nachdem überhaupt nur die allgemeinſten Grundlagen des Glaubens hiſtoriſch als feſtbegründet gelten können, iſt jedenfalls ein Fortſchritt, eine weitere Entwickelung und neue Befeſtigung des Glaubens auf dieſen Grundlagen noch denkbar. Welcher Art ſie ſein mag, ſie wird nothwendig dem Beharrungswiderſtande des hiſtoriſchen Princips begegnen, bevor ſie zum hiſtoriſchen Fortſchritte wird; verdient ſie aber durchzudringen, wird ſie auch über kurz oder lang durchdringen, ſich fortpflanzen, verbreiten, einwurzeln, wenn es auch nicht beim erſten Verſuche iſt, — denn alle erſten Verſuche ſcheitern, — und ſich alſo endlich hiſtoriſch doch bewähren. Ein Glaube oder Unglaube aber, der wie der materialiſtiſche von jeher nur vereinzelt aufgetreten iſt, und trotz der Gelegenheit zur Verbreitung ſich nie in einiger Allgemeinheit hat zu verbreiten oder zu halten vermocht, noch auch Miene macht es zu thun, hat hiemit ſchon hiſtoriſch ſeine Untriftigkeit bewieſen.

Nicht minder aber als dem materialiſtiſchen Unglauben iſt vielen beſondern Richtungen oder Geſtaltungen des Glaubens das Urtheil von vorn herein dadurch geſprochen, daß man ſich ſagen muß, ſie können hiſtoriſch nicht durchdringen, der pietiſtiſchen, welche alles Weltliche, woran ſich die Seele erfriſcht und erquickt, verwirft, der orthodoxen mit ihrem craſſen Wunderglauben, jeder chriſtlich dogmatiſchen überhaupt, welche zugleich der Eingänglichkeit unter den Heiden widerſtrebt, und unter den Chriſten ſelbſt den Streit unterhält. Hiegegen giebt es einen Hauptgeſichtspunct und davon abhängige Geſichtspuncte des Chriſtenthums*), wovon ſich ſagen läßt, ſie können nicht nur, ſie müſſen dereinſt allgemein durchdringen, nachdem ſie ſchon Grund geweſen ſind, daß das Chriſtenthum durch Judenthum und Heidenthum bis hieher durchgedrungen iſt, und welche bei allem Streite der Confeſſionen und Secten unter den Chriſten ſelbſt noch eine Einheit unter ihnen forterhalten. Nur wird dieſes allgemeine Durchdringen erſt dann ſtattfinden können, wenn ſie die ſolidariſche Verbindung aufgegeben haben, in der ſie mit Dogmen gefaßt werden, die nicht des allgemeinen Durchdringens fähig ſind.

Auch in jenen Richtungen des Chriſtenthums aber, die nicht allgemein durchdringen und darum nicht ſo wie ſie ſind fortbeſtehen können, wird es doch immer etwas geben, womit ſie in der Natur der Dinge und den Bedürfniſſen des Menſchen wurzeln, ſonſt würden ſie weder entſtanden ſein, noch ſich ſo lange haben halten können; und was dieſer Art iſt, wird in einer vollendeten Religion ſeine noch vollſtändigere Erfüllung in Einſtimmung mit dem finden, was in ſcheinbar ganz entgegengeſetzten Glaubensrichtungen nur in einer andern Seite der Natur der Dinge und Bedürfniſſe des Menſchen wurzelt, als jetzt im Widerſtreit damit. Sofern aber noch keine dieſer Richtungen die andern zur Einſtimmung mit ſich zwingen kann, beweiſt ſie eben damit, daß ſie ſo wie ſie iſt, noch nicht die vollendete, vielmehr ſelbſt noch in gewiſſem Sinne zu bezwingen iſt.

---

*) Zend-Aveſta II. S. 38. 39. Ueber die Seelenfrage S. 193.

Der materialiſtiſche Unglaube ſelbſt würde nicht entſtanden ſein und ſich ſo lange haben halten können und ſo oft von Neuem haben erheben können, wenn er nicht doch etwas Triftiges andern Richtungen gegenüber zu bieten hätte. Nur daß das nicht ſeine negative Seite, ſondern eine poſitive Seite iſt, womit er einem einſeitigen Idealismus und myſtiſchen Speculationen den Widerpart hält. Und beſteht das hiſtoriſche Princip zu Recht, ſo wird das, womit er im Rechte iſt, in der poſitiven Geſtaltung eines vollendeten Glaubens auch ſein noch vollkommneres Recht in Einſtimmung mit dem gegentheiligen Rechte finden, als jetzt im Widerſtreit damit.

Wie, fragt man, wäre doch das Alles möglich? was für ein Utopien des Glaubens wird hier geſchildert? Aber, daß man es für ein Utopien halten kann, beweiſt ſelbſt am ſchlagendſten, daß die Vollendung des Glaubens, die verlangt wird, noch nicht da iſt. Fragt ſich, was die andern Principe leiſten können, ſie dereinſt hiſtoriſch herbeizuführen.

VI.

Das praktiſche Princip.

Der Menſch glaubt, was ihm zu glauben gefällt, dient, frommt, war der kurze Ausdruck des praktiſchen Motivs.

Nun gefällt uns nach einem pſychologiſchen Geſetze am meiſten dasjenige als exiſtirend oder bevorſtehend zu glauben, wovon wir zugleich glauben, daß ſeine Exiſtenz uns gefallen, dienen, frommen wird; der Glaube daran trägt ſelbſt unmittelbar oder durch ſeine Folgen zu unſerer Befriedigung bei, und die Tendenz zu dieſer Befriedigung giebt unwillkührlich ein Motiv zu dem Glauben ab.

Von vorn herein zwar möchte man meinen, ein ſolches Motiv könne den Menſchen wohl zum Handeln, um das Befriedigendſte zu ſchaffen oder herbeizuſchaffen, nicht aber zum Glauben, als ſei es ſchon geſchafft, beſtimmen; doch die Erfahrung lehrt es anders, ſchon in den Dingen des täglichen Lebens.

Erinnern wir uns, wie die Hoffnungen des Menſchen meiſt von ſeinen Wünſchen beſtimmt werden, wie er Alles gern glaubt, was dieſen Wünſchen zuſagt, ungern glaubt, was ihnen widerſpricht, wie er ſeinen Scharfſinn aufbietet, Gründe in jenem und wider dieſen Sinn zu finden und ſich dabei willig ſelbſt betrügt und betrügen läßt. Nirgends aber iſt es dem Menſchen ſchwer gefallen, Gründe zu finden, wenn er ſie ſuchte, und je dunkler das Gebiet iſt, in dem er ſich dabei bewegt, je weniger Erfahrung eine Widerlegung geſtattet, um ſo größern Spielraum hat er für dieſe Gründe, oder um ſo leichter glaubt er ohne alle Gründe.

Man ſieht manchmal große Colonieen auf die Vorſpiegelungen von Abentheurern hin in ferne Länder ihrem Verderben entgegenziehen; es iſt das praktiſche Motiv, was ſie dem Verderben entgegenführt. Sie hoffen und glauben von der Zukunft und Ferne das Erwünſchte, was die Gegenwart nicht bietet. Deßhalb machen die Lotto's, die Schatzgräber, Wunderdoctoren, Alchemiſten, Charlatane aller Art ſo gute Geſchäfte; ſie beuten das praktiſche Motiv des Menſchen aus, das ihn um ſo leichter zum Glauben beſtimmt, je vortheilhafter ihm das dünkt, was es gilt zu glauben; und wer am meiſten verſpricht, überbietet die Andern.

Daſſelbe aber, was ſo große Kraft im Gebiete des Aberglaubens beweiſt, beweiſt dieſelbe, ja noch größere, Kraft im Gebiete des Glaubens an die höchſten und letzten Dinge, ſo daß man freilich von vorn herein fragen kann, ob es nicht auch noch größerer Aberglaube iſt. Die Bedingungen für die Wirkſamkeit des Motivs ſind hier die günſtigſten, und ſo ſind auch die Leiſtungen deſſelben hier die größten.

Denn nicht nur ſind dieſe Gegenſtände des Glaubens die dunkelſten, überreichen und überſteigen am meiſten die Erfahrung; nicht nur iſt der Schluß hier am unſicherſten, der Spielraum der Anſichten am größten, ſondern der Glauben und die Geſtaltung des Glaubens daran hat auch den größten und tiefſten Einfluß auf die gegenwärtige Befriedigung des Menſchen, ſo wie die wichtigſten praktiſchen Folgen. Kurz es iſt hier für das praktiſche Motiv in jeder Hinſicht der wirkſamſte Angriff und fruchtbarſte Boden. Wo keine menſchliche Hülfe mehr reicht, ſehnt man ſich nach einer göttlichen, und weil man ſich danach ſehnt, glaubt man daran, und glaubt noch daran, wenn ſie trotz alles Gebetes nicht kommt; man nimmt nur den andern Glauben zu Hülfe, was Gott in dieſem Leben nicht giebt, werde er in einem künftigen Leben geben; und ſo glaubt man auch an ein andres Leben. Wer kann unſern Glauben widerlegen? Wo kein Beweis iſt, iſt auch keine Widerlegung. Alſo kann der Glaube ſich ruhig ergeben und ein Glaube ſich durch den andern ſteigern und ſtützen. Was der Menſch am liebſten ſehen möchte und am wenigſten ſieht, glaubt er am liebſten, und ſetzt ſich im religiöſen Glauben hierin keine Schranken.

Alſo ſagt Paulus (Ebr. XI. 1): „es iſt aber der Glaube eine gewiſſe Zuverſicht deß, das man hoffet, und nicht zweifelt an dem, was man nicht ſieht.“ — Und Pascal ungefähr (pensees p. 243): die Vernunft kann nichts darüber entſcheiden, ob ein Gott iſt oder nicht. Von dieſer Seite kann man wetten, ob ein Gott ſei oder nicht. Aber man muß wetten, es ſei Gott, und in dieſem Glauben leben, weil man hiemit Alles gewinnt, wenn Gott wirklich iſt, aber nichts verliert, wenn Gott nicht wirklich iſt, während man bei der Wette, Gott ſei nicht, nichts gewinnt, wenn man Recht hat; und Alles verliert, wenn man nicht Recht hat. — Und Cato bei Cicero (de senectut. cap. 23): »quodsi in hoc erro, quod animos hominum immortales esse credam, lubenter erro, nec mihi hunc errorem, quo delector, dum vivo, extorqueri volo.«

Sie alle charakteriſiren den Glauben durch ſein praktiſches Motiv; und wie es ſich hier bewußt ausſpricht, wirkt es allwärts unbewußt.

In der That, ohne das praktiſche Motiv möchten alle theoretiſche Motive nicht viel verfangen; indeß ſie im Dienſte und Gefolge des praktiſchen Motivs das leichteſte Spiel haben, und oft naiv genug bei ihrer Verführung bekennen, man brauche ſie eigentlich nicht, und ſie ſeien nicht zu brauchen. Es reicht ſchon hin, daß man den Glauben braucht, und dazu reicht, daß man an etwas Brauchbares glaubt.

Wenn uns der Glaube an Gott nicht irgendwie diente, wie ſollte uns einfallen, nach einem unſichtbaren Gotte über uns, um uns, in uns zu ſuchen, wie gelingen, ihn zu finden. Nun wir Gott brauchen, ſuchen wir ihn und finden ihn und finden Gründe dafür, ſchlechte, gute, oder verlangen eben keinen andern Grund, als daß wir ihn brauchen; aber ohne ihn zu brauchen, würden wir ihn nicht finden, weil wir ihn nicht ſuchen; und wie Mancher, der ihn verloren hat, fand ihn wieder, blos weil er ihn brauchte. Wenn wir aber Gott gefunden haben, ſo geſtalten wir auch unſre Vorſtellungen von ihm in dem Sinne, wie es uns am meiſten befriedigt ohne Rückſicht auf anderweite Gründe.

Merkwürdig, welche Kraft in dieſer Hinſicht das praktiſche Motiv beweiſt. Sehen wir uns um in der Welt, ſo ſehen wir das Uebel in tauſendfältiger Geſtaltung, weiteſter Verbreitung und oft mit übermächtiger Gewalt herrſchen, phyſiſches, moraliſches, Peſt, Hungersnoth, Krieg, Waſſers- und Feuersnoth, ſehen das Unheil über Gerechte und Ungerechte verhängt, ſehen die frömmſten Gebete ohne Erhörung, ſehen unſchuldige Kinder die Strafe für die Schuld der Aeltern tragen, ſehen die Praſſer, die Gewaltthätigen, in Beſitz von Reichthum und

Macht, ſehen die Wahrheit verfolgt; ja was Alles ſehen wir nicht, was handgreiflich in die Augen ſchlagend gegen das Daſein eines zugleich allmächtigen, allweiſen, allgütigen Gottes ſpricht. Und doch ſehen wir die Lehre vom allmächtigen und allweiſen und allgütigen Gott allwärts in den Schulen und von den Kanzeln verkündet, und tauſend und abertauſend Menſchen ihren letzten und einzigen und beſten Troſt auf den Glauben an ſolchen Gott geſtützt. Warum? weil der Menſch dieſes Troſt's bedarf.

Nicht anders mit dem Glauben an ein Jenſeits.

Alles, was wir ſehen, widerſpricht auf's Schroffſte dieſem Glauben; denn Alles verfällt mit dem Tode, woran ſich das Leben der Seele ſichtlich knüpfte. Das Bewußtſein ſchwindet ſchon, wenn nur das Blut im Gehirne ſtockt, und bleibt geſchwunden, ſo lange als es ſtockt. Und Beides, Blut und Gehirn, verfaulen ganz im Tode. Das Auge, womit wir ſehen, das Ohr, womit wir hören, was wird aus ihnen? Aber der Menſch will fortleben, fortempfinden, fortdenken, fortſchreiten; er braucht den Glauben an ein Jenſeits zum Troſt bei den Leiden des Dieſſeits und als zielſetzend für den Gang im Dieſſeits, als Lockung zum Guten, zur Abſchreckung vor dem Böſen im Dieſſeits. Und ſo treibt ihn die Luſt zu leben, das Bedürfniß in Hoffnung zu leben und eine gute Richtung im Leben zu erhalten, im Glauben über den Tod hinaus.

Wer aber an die Unſterblichkeit glaubt, ſtellt dann auch gewiſſe Bedingungen, die von ihm nicht aus der Natur der Sache, von der er nichts weiß, ſondern aus der Natur ſeiner Wünſche entlehnt werden. Niemand will es miſſen, die, die er hier geliebt hat, wiederzufinden, Niemand die Erinnerung an das Jetzt ganz aufgeben, Niemand ſeine unverdient erlittenen Leiden unvergolten ſehen. Der eine wünſcht ſich auf die Sonne, der andre auf die Venus, ein dritter möchte eine Wanderung durch alle Himmel machen; wohin der Wunſch neigt, neigt ſich auch der Glaube; den meiſten aber iſt nichts im ſichtbaren Himmel noch auf Erden gut genug für die Guten und ſchrecklich genug für die Böſen; ſo glauben ſie an Paradies und Hölle; und jedes Volk hofft im Paradies auf das und macht vor dem zu fürchten, was ihm am beßten und am ſchlimmſten dünkt.

So hat Falconer die eigenthümliche Bemerkung gemacht, daß in heißen Ländern, wo man viel von der Hitze zu leiden hat, die Hölle immer als heißer, in kalten dagegen, wo die Kälte ſich mehr als Uebel geltend macht, als kalter Ort vorgeſtellt werde. Und wenn nicht überall, ſo doch im Durchſchnitt trifft die Bemerkung zu.

Die alten Skandinavier, denen Kampfesluſt und Ruhm über Alles gieng, die aber auch die Freuden des Mahles und ſchöne Frauen zu ſchätzen wußten, malten ſich danach auch ihre Walhalla aus; da wird noch gekämpft, gegeſſen und getrunken, und die Walkyren, ſchöne Jungfrauen, reichen das gefüllte Horn.

Als die Miſſionäre den Grönländern ſtatt ihres Himmels den chriſtlichen Himmel ſchilderten, erwiederten ſie ihnen: „euer Himmel, eure geiſtigen Freuden, mögen für euch gut genug ſein; aber für uns würde das langweilig ſein. Wir müſſen Seehunde, Fiſche und Vögel haben; denn unſre Seele kann ſo wenig ohne ſie beſtehen, als unſer Körper. Wir würden dieſe Dinge in eurem Himmel nicht finden, deßwegen wollen wir euern Himmel euch und dem werthloſen Theile der Grönländer überlaſſen; aber wir wollen zu Torngarſuk hinuntergehen; dort werden wir einen Ueberfluß an Allem ohne die geringſte Bemühung finden.“ (Aus Prichard's Naturgeſch.)

Hiegegen glaubte Plato, daß eine Unterſuchung der ewigen Wahrheiten und die freie ungehinderte Betrachtung der unermeßlichen Himmelskörper und aller uns entweder unbekannten oder doch räthſelhaften Wunder der Natur die reinen entbundenen Seelen beſeligen werde.

Auch Plato glaubte, wie die Andern, was er wünſchte, und der Unterſchied war nur der, daß er etwas Höheres, Edleres und Beſſeres wünſchte, als die Grönländer.

Wer aber Gott und Jenſeits nicht zu brauchen meint, der glaubt auch meiſtens nicht daran; und im Allgemeinen ſehen wir die, welche Beides leugnen, auch ſich beſtreben, zu zeigen, daß wir Beides nicht brauchen, wenn ſchon dieß immer nur Ausnahmen bleiben; denn im großen Ganzen überwiegt die Wirkung des praktiſchen Motivs unverhältnißmäßig zu Gunſten des religiöſen Glaubens.

Nicht minder als die Erzeugung, Erhaltung und Geſtaltung des Glaubens bei jedem Menſchen für ſich ſteht die Fortpflanzung davon an Andre unter dem Einfluſſe des praktiſchen Motivs und an dieſer Verbindung deſſelben mit dem hiſtoriſchen Principe hängen die größten Leiſtungen beider.

Man glaubt nicht nur ſelbſt, w[illegible] uns gefällt, dient, frommt, ſondern macht auch An[illegible] glauben, was uns gefällt, dient, frommt, ſie glauben [illegible]laſſen, und zwar entweder nach egoiſtiſchem Motiv, ſofern ihr Glaube uns ſelbſt Vortheile verſpricht, oder nach edlerem Motiv, ſofern wir denſelben ihnen frommend halten und zugleich es uns ſelbſt frommend halten, zu ihrem Beſten zu wirken. Und während beide Motive im Einzelnen ſich oft hart widerſprechen, ſtimmen ſie im Allgemeinen und Ganzen ganz zuſammen, ſofern der eigne Vortheil des Glaubens mit dem allgemeinen geht.

Die Prieſter finden es in ihrem Vortheil, daß das Volk an Gott glaubt; denn ihr Anſehen, ihre Macht, ihre Einkünfte hängen daran. Die Regenten finden es in ihrem Vortheil, daß das Volk an Gott glaubt, weil die Furcht und Ehrfurcht vor einem Höheren nicht mehr beſtehen kann, wenn ſie vor dem Höchſten ſchwindet, weil der

Glaube an Gott ihnen das Mittel giebt, ihre Würde als eine von Gott eingeſetzte, die Geſetze, die ſie geben, als von Gott ſanctionirt darzuſtellen; weil ſie wohl fühlen, daß der Halt der geſellſchaftlichen Ordnung, die ſie zu vertreten haben und woran ihr eigener Halt hängt, an die Erhaltung des religiöſen Glaubens geknüpft iſt. Prieſter und Regenten finden es auch in ihrem Vortheil, daß das Volk an ein Jenſeits glaubt, um mit künftigem Lohn zu locken und durch künftige Strafe abzuſchrecken, wo die Ausſicht auf die dieſſeitige nicht mehr ausreicht, wie ſie es denn hauptſächlich ſind, welche Himmel und Hölle einerſeits mit ſo bezaubernden, anderſeits ſo abſchreckenden, Farben ausgemalt, als zu Gebote ſtanden, aus keinem irgendwie vernünftigen Grunde, als eben um zu locken und abzuſchrecken; und man weiß, welch' ungeheure Wirkungen damit erzielt werden ſind.

Prieſter und Regenten ſtehen an der Spitze des Volks, leiten die Erziehung deſſelben, ordnen den Unterricht an; und ſo ſehen wir denn ſogar ſolche, die ſelbſt nichts glauben, Anſtalten treffen, daß der religiöſe Glaube im Volke erhalten und fortgepflanzt werde. Er iſt Vielen nur eine politiſche Anſtalt, die ſie, unbekümmert um die Wahrheit des Geglaubten, aus keinem andern Grunde in Kraft erhalten, als weil ſie ſolche nützlich finden. Wie viel Päbſte mag es gegeben haben, die nichts glaubten, und doch die Ketzerei mit den Ketzern auszurotten ſtrebten.

Napoleon glaubte ſicher an nichts, als an ſeinen Stern und ließ doch die Religion nicht fallen. Und als ſie zur Zeit der Revolution gefallen war, nur noch der Cultus der Vernunft und Menſchenrechte galt, wußte der oberſte Vertreter dieſes Cultus ſelbſt denſelben endlich nur mit Wiederaufrichtung der Religion zu halten.

Hören wir, was Robespierre im Convente zur ſchlimmſten Schreckenszeit (7. Mai 1794), ſich gleichſam gegen die Schatten der atheiſtiſchen Hebert und Cloots wendend, ſagte*):

„Was konnte dich bewegen, dem Volke zu verkündigen, daß kein Gott ſei? Warum iſt es in deinen Augen nützlich, den Menſchen zu bereden, daß eine blinde Kraft über ſein Schickſal walte, und nach Willkühr bald das Laſter, bald die Tugend beſtrafe? daß ſeine Seele ein leichter Hauch ſei, der ſich an der Pforte des Grabes verliere? Flößt ihm etwa der Gedanke an ſeine Vernichtung reinere und erhabenere Gefühle ein, als der Gedanke an ſeine Unſterblichkeit? giebt er ihm mehr Achtung für ſeines Gleichen und für ſich ſelbſt? mehr Huldigung für das Vaterland? mehr Kühnheit, der Tyrannei zu trotzen? mehr Verachtung des Todes und der Wolluſt? Ihr, die ihr einen tugendhaften Freund beklagt, glaubt ihr nicht, daß der ſchönſte Theil ſeines Weſens dem Tode entronnen iſt? Ihr, die ihr am Sarge eines Sohnes oder einer Gattin weint, laßt ihr euch von irgend einem Schwätzer bereden, daß von ihnen nichts übrig bleibe als Staub? Unglücklicher, der du unter den Streichen eines Mörders fällſt, iſt dein letzter Seufzer nicht ein Anruf an die ewige Gerechtigkeit? Die Unſchuld auf dem Blutgerüſt macht den Tyrannen auf dem Triumphwagen erblaſſen. Würde ſie dieß können, wenn daſſelbe Grab den Unterdrücker und den Unterdrückten umſchlöſſe? Unglücklicher Sophiſt, mit welchem Rechte willſt du der Unſchuld das Scepter der Vernunft entreißen, um es in die Hände des Laſters zu legen, einen Trauerſchleier über die Natur werfen, das Unglück zur Verzweiflung bringen, das Laſter aufmuntern, die Tugend betrüben, die Menſchheit herabwürdigen? Je mehr Gefühl und Genie der Menſch vereinigt, deſto feſter hängt er an Ideen, welche ſein Weſen vergrößern und ſein Herz erheben. Und warum ſollten ſolche Ideen nicht Wahrheit enthalten? Ich wenigſtens begreife nicht, wie die Natur dem Menſchen hätte Erdichtungen einflößen können, welche nützlicher ſind, als alle Wahrheiten. In den Augen des Geſetzgebers iſt Alles Wahrheit, was der Welt nützlich und in der Ausübung gut iſt. Der Gedanke an ein höchſtes Weſen und die Unſterblichkeit der Seele iſt eine ewige Aufforderung zur Gerechtigkeit; er iſt alſo nicht nur ſocial, ſondern auch republicaniſch. Was wollen die Verſchwörer, die wir geſtraft haben, an die Stelle des

---

*) Beckers Weltgeſch. XII S. 21.

Gottes ſetzen, den ſie aus den Tempeln warfen? Was anders, als das Chaos, das Nichts, den Tod!“

Der Redner ſchloß ſeinen Vortrag mit dem Entwurfe zu einem Decrete des Inhalts: „das franzöſiſche Volk erkenne das Daſein eines höchſten Weſens und die Unſterblichkeit der Seele; es erkenne, daß die würdigſte Verehrung des höchſten Weſens die Ausübung der Pflichten des Menſchen ſei .... Sechsunddreißig Feſte ſollten veranſtaltet werden, den Menſchen an die Gottheit und die Würde ſeines Weſens zu erinnern,“ u. ſ. w.

So ward der Glaube an Gott und Unſterblichkeit nach dem reinen Nützlichkeitsprincipe wie andre allgemein nützliche Einrichtungen von oben herein decretirt. Und auch heutzutage iſt nichts häufiger und oft nichts gerechter, als der Vorwurf gegen die Regierungen, daß ſie dieſe oder jene religiöſe Richtung begünſtigen aus keinem andern Grunde, als weil ſie den Regierungsintereſſen mehr zuſagt, das Volk ſich damit am leichteſten wie eine Heerde zuſammenhalten und leiten läßt.

Nun aber nützt die geſellſchaftliche Ordnung, die des religiöſen Glaubens bedarf, die Furcht vor einem Höchſten über dem Höheren nicht blos den Regenten und Prieſtern, ſie nützt dem Volke ſelbſt, oder ſagen wir lieber, ſie gereicht dem Volke zum Heile; ſofern wir unter Heil einen Nutzen aus höchſtem Geſichtspuncte verſtehen, den man nicht mehr Nutzen zu nennen pflegt. Die Einſicht hievon und der

Gedanke, daß ſich überhaupt höhere als zeitliche und irdiſche Güter an den Glauben für den Menſchen knüpfen, kann dann auch Prieſter und Regenten aus edlerem Motiv beſtimmen, und es iſt mindeſtens ſo oft der Fall als aus dem unedleren, den Glauben im Volke zu erhalten und alle mögliche Anſtalten dazu zu treffen. Das egoiſtiſche und edlere Motiv begegnen ſich in der That hier im Ziele ſo, daß ſie oft auch im Ausgange kaum zu unterſcheiden ſind.

Zu dem praktiſchen Motive treten dann auch die praktiſchen Mittel der Verbreitung des Glaubens. Wohl mehr Völker ſind durch Feuer und Schwert als durch Ueberzeugung bekehrt worden, und konnten auch Feuer und Schwert den Völkern die Ueberzeugung nicht einpflanzen, ſo doch die hiſtoriſche Fortpflanzung ſichern. Die Geſchichte ſpricht von heidniſchen Königen, die ſich zum Chriſtenthum bekehrten, um eine chriſtliche Fürſtentochter zu erlangen, das Volk mußte ſich wohl oder übel mit bekehren; und noch heute bekehren ſich Fürſtentöchter von einer Religion zur andern, um aus Prinzeſſinnen Kaiſerinnen zu werden. Prieſter knüpfen an die Ungläubigkeit die Androhung ewiger Strafen, an die Gläubigkeit die Verheißung künftigen Lohnes, und zwingen dadurch nicht nur ſchwache Gemüther, ſondern machen auch ſtarke Geiſter im Unglauben bedenklich. Ketzer werden verbrannt; die orthodoxen Geiſtlichen bekommen die beſten Stellen. Und wenn das Alles unmittelbar nur wenig wirkt, Glauben zu erzeugen, ſo wirkt es außerordentlich viel, ihn hiſtoriſch zu erhalten.

Zu allen dieſen praktiſchen Motiven, von denen der Glaube ſeinen Urſprung und ſeine Verbreitung rechnet, tritt noch ein leichteres und das Schwere der andern Motive ſelbſt erleichterndes, die Luſt, mit welcher die ſchöpferiſche Phantaſie der Dichter und der Künſtler an der Geſtaltung und Ausſchmückung der Glaubensideen wirkt, und die leichte Eingänglichkeit, welche ſie dadurch gewinnen. Vermögen ſie doch nach ſolcher Geſtaltung, ſei es durch Schönheit oder durch Anregung und Beſchäftigung der Phantaſie, die ſelbſt im Grauſenhaften einen Genuß ihrer Bethätigung findet, die Luſt, aus der heraus ſie ſich geſtalteten, in den Gemüthern wieder zu erzeugen, indeß ſie zugleich durch ihre anſchauliche Ausprägung die Auffaſſung erleichtern, großen Gemeinſchaften auf einmal mittheilbar und durch die Generationen fortpflanzbar werden. So daß auch hierin das hiſtoriſche und praktiſche Motiv zuſammenwirkt.

Aber was hat denn, fragt man wieder, der ganze Glaube der Menſchheit hienach für Werth und Bedeutung? der Glaube, den in der Hauptſache Prieſter und Regenten um ihres eigenen und des Volkes Vortheil willen gemacht und eingerichtet haben, wie er ihnen nun eben zum Vortheil zu gereichen ſchien, den Dichter und Künſtler dann noch weiter nach ihrem Gefallen und zu des Volkes

Gefallen ausgeſchmückt haben, wie es ihnen nun eben am beſten gefiel, und bei dem ſich die Menſchen um des Vortheils und Gefallens willen befriedigen. Iſt eine Sache darum wahrer, weil uns oder Andern der Glaube daran nutzt oder es uns zu glauben gefällt, ſie ſei wahr. Was hat Nutzen, Annehmlichkeit mit Wahrheit zu ſchaffen? Iſt nicht vielmehr das Schlimmſte, Unerwünſchteſte oft das Wahrſte? Wenn Aeltern ein in der Ferne geſtorbenes Kind noch lebend halten, dient ihnen dieſer Glaube zur Befriedigung; iſt er darum wahrer? So gut man ein Kind durch die Furcht vor Gott vom Böſen abhalten kann, kann man es durch die Furcht vor einem Popanz; iſt alſo der eine Glaube wahrer als der andre? Iſt nicht der Glaube der Menſchheit wirklich weſentlich nur eine politiſche Inſtitution und poetiſche Maſchinerie, ruhend in einer Fiction, die, wie das Imaginäre in der Mathematik, brauchbare Folgerungen zeugt, darum aber nicht minder etwas Imaginäres bleibt.

Ja, kann man fragen, iſt nicht der Nutzen ſelbſt, um deſſentwillen man den Glauben verbreitet, vielmehr ein eingebildeter als ein wirklicher, und alſo die Fiction, auf der man bei ſeiner Verbreitung fußt, eine doppelte; oder werden nicht wenigſtens ſeine Vortheile von ſeinen Nachtheilen überwogen? In der That erinnerten wir ſchon, wie die Ungläubigen die Nothwendigkeit und Heilſamkeit des religiöſen Glaubens für die Menſchheit ſelbſt beſtrei-

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

ten. Der Hinblick auf die überſinnlichen Dinge führt nach ihnen von dem rechten Achten auf die irdiſchen und Beſorgen der irdiſchen ab, in denen ſich doch unſer Leben zu bewegen hat; die Glaubensideen verführen den Geiſt, ſich von vernünftigen und erweisbaren Betrachtungen in hohle Träumereien zu verſenken; das Gefühl der Menſchenwürde und ein im Sinne deſſelben erzogenes Gewiſſen kann die Antriebe erſetzen, die man im religiöſen Glauben ſucht; das Handeln aus Rückſicht auf künftigen Lohn und künftige Strafe widerſtrebt einem reinen Moralprincipe; die Gräuel, die im Namen der Religion verübt worden ſind und noch heute verübt werden, ſind ein ſchlechter Beleg für die Heilſamkeit des religiöſen Glaubens. Bei der Einnahme von Jeruſalem durch die Kreuzfahrer wurden Hunderttauſend im Namen Chriſti abgeſchlachtet. Der dreißigjährige Krieg ſchauerlichen Andenkens iſt im Namen der Religion geführt. Die Gefängniſſe der Inquiſition, die Scheiterhaufen der Ketzer, die Verfolgungen der Hugenotten, die Klöſter vollgeſtopft mit müßigen Mönchen und Nonnen, die Selbſtquälereien der Fakirs, Alles hängt am Glauben, deſſen Segen man preiſt. Der Nutzen für die Prieſter und Regenten wird nicht beſtritten; aber iſt das Volk um ihretwillen da?

In alle dem liegt wieder von vorn herein viel Schein. Um nun zu zeigen, daß ſich dennoch auf das praktiſche Motiv ein Argument ſtützen läßt, haben wir Zweies zu zeigen: erſtens, daß der Nutzen des Glaubens nicht blos eingebildet oder von größeren Nachtheilen überwogen iſt; zweitens, daß, wenn nicht der Nutzen aber der Segen des Glaubens wirklich für ſeine Wahrheit ſpricht; indem wir unter Segen eben nur das Größte, Höchſte und Sicherſtellendſte deſſen, was einzeln Nutzen heißt, verſtehen.

Was nun das Erſte anlangt, ſo läßt ſich im Allgemeinen ſagen, erſtens, daß aller Schade, der von dem religiöſen Glauben in die Menſchheit ausgegangen iſt, an dem hängt, was noch falſch im Glauben oder in falſcher Weiſe von ihm abhängig gemacht worden iſt, und daß die Nachtheile ſelbſt nicht Grund ſein können, den Glauben zu verwerfen, ſondern nur zu verbeſſern, wie ſie denn wirklich dieſe Wirkung von jeher im Ganzen und Großen geäußert haben; zweitens, daß, ſo viel Thörichtes, Falſches, Verwerfliches der Glaube eines Volkes auch noch enthalten mag, es immer noch weit beſſer iſt, als wenn es gar keinen hätte; die Nachtheile würden damit nicht abnehmen, ſondern wachſen; drittens, daß die Erſatzmittel, die man für den Glauben vorſchlägt, theils ſelbſt nur unter dem allgemeinen Einfluſſe deſſelben entſtehen konnten, theils die Wirkſamkeit deſſelben nicht im Entfernteſten erreichen und erſetzen können.

Alles das liegt freilich ſo am Tage, daß es des Zeigens kaum bedarf, und alles Zeigen bei denen nichts helfen kann, die nicht mit offnen Augen ſehen wollen.

Unſtreitig ſind unzählige Greuel in Chriſti Namen verübt worden; ſind ſie aber auch in Chriſti Sinne verübt? Hätte Chriſtus auch die Schlächtereien in Jeruſalem, die Scheiterhaufen und Torturen der Inquiſition und Hexenproceſſe, die Greuel des dreißigjährigen Krieges gerechtfertigt und vertreten? Unſtreitig ſind die Menſchenopfer und Selbſtpeinigungen in ſo vielen Religionen etwas ſehr Schlimmes und Thörichtes; aber eben deßhalb werden ſich dieſe Religionen nicht halten, ſondern von einer Religion der Liebe und Vernunft verdrängt werden, und ſind zum Theil davon verdrängt. Im Sinne einer ſolchen ſehe ich wohl wohlthätige Anſtalten, mildthätig geſtimmte Herzen, die aufopferndſte Thätigkeit für Andre, die höchſten Leiſtungen der Kunſt, einen Schirm der Geſetze über dem menſchlichen, aber nichts von jenen Nachtheilen, die man dem religiöſen Glauben zur Laſt legt, und die doch blos ſeinen zeitlichen und örtlichen Mängeln zur Laſt fallen, von denen es eben nur gilt die Religion noch zu entlaſten, eine Entlaſtung, die ſich je länger je mehr durch die Wirkſamkeit des praktiſchen Motivs ſelbſt vollziehen muß.

Und meint man denn, daß die Greuel des dreißigjährigen Krieges ohne eine chriſtliche Religion, ohne eine Religion überhaupt, erſpart worden wären? Sie wurden verewigt und geſteigert worden ſein, denn es würde gar nicht zu einem haltbaren geſellſchaftlichen Zuſtande gekommen ſein, es würde jeder beſtändig wider den andern ſein; und wirklich iſt in jedem Volke jeder um ſo mehr wider den andern, je weniger Religion es im Volke giebt; denn alle allgemeinen Principien der Geſittung hängen mittelbar oder unmittelbar mit der Religion zuſammen.

Oder meint man, die Nachtheile eines ungeordneten Zuſtandes würden ſich doch ſo geltend machen, daß die Menſchen in jedem Falle auch ohne Religion zur Hebung derſelben getrieben werden würden. Aber das iſt gerade ſo, als wenn man ſagen wollte, die Nachtheile, welche vom Blutmangel im Körper abhängen, würden ſich ſo geltend machen, daß der Organismus ſie auch ohne Blut heben würde. Wenn es ohne den Glauben gienge, würden ſicher Napoleon und Robespierre jedes andre Mittel eher als den Glauben dazu verſucht haben. Aber der craſſeſte Abſolutiſt und Republicaner haben ihn gleich nöthig gefunden, um Ordnung im Staate zu erhalten.

In Salzbacher's Reiſe nach Nordamerika im J. 1842) wird Folgendes berichtet: „Die Atheiſten waren und ſind zum Theil noch Bewohner der Stadt New-Harmonie im Staate Indiana an den Ufern des Fluſſes Wabaſh, der ſich in den Ohio ergießt, welches Staatgebiet Robert Dale Owen käuflich an ſich brachte, um mit einer Geſellſchaft von Freiſinnigen, die ſich ihm anſchloß, von hier aus eine

Art Weltverbeſſerung zu bewirken, und ſeinen antireligiöſen Grundſätzen, die in England keinen Eingang fanden, auf amerikaniſchem Boden Anhang, Dauer und Verbreitung zu verſchaffen. Er lehrte, daß alle Religionen auf einem bloßen Wahn beruhen, ſo auch das Chriſtenthum nur Trug, deſſen Urſprung eine Fabel ſei und der reinen Sittlichkeit und Entwickelung des menſchlichen Geiſtes nur Hinderniſſe bereite. Da er kein Local zur Verehrung eines Gottes oder zu Verſammlungen für religiöſe Zwecke bedurfte, ſo ließ er auch alſogleich die im Orte noch vorfindliche Kirche zu einer Werkſtätte einrichten, und das daran ſtoßende Gebäude zu einem Tanz- und Concertſaale ſo wie zu einem Apartement für philoſophiſche Vorträge umgeſtalten. Es fanden ſich bald mehrerlei Perſonen beiderlei Geſchlechts, welche dieſe Glaubensanſichten mit ihm theilten, zumal er damit eine nicht eben rigoröſe Moral verband und vollkommene Gleichheit und Gemeinſchaft der Güter verkündigte. Enthuſiaſten, Landſtreicher, Gauner und faule Taugenichtſe meldeten ſich als Mitglieder der Geſellſchaft und ließen ſich's eine Zeit lang auf gemeinſchaftliche Koſten wohlſchmecken. Die Beſſergeſinnten, welche das wenige mitgebrachte Geld verzehrt hatten, fanden ſich aber in ihren Hoffnungen getäuſcht, wurden mißmuthig, unzufrieden mit ihrem Looſe und ſchieden aus der Geſellſchaft."

Und ſo wird jede atheiſtiſche Gemeinſchaft enden; und wenn doch freie Gemeinden, kümmerlich genug freilich, innerhalb des Schooßes einer größern Glaubensgemeinſchaft hier und da beſtehen — und wie lange werden ſie noch fortbeſtehen? — iſt es nur, wie kleine Höhlungen voll Pulver in einer feſten Umgebung beſtehen können.

Sogar in einer Zeit, unter einem Volke, wo kein Einzelner mehr etwas glaubte, würde doch die Feſthaltung der Formen des Glaubens im Staate noch dienen können, einen freilich ſchwachen Halt dafür zu gewähren; das Gefühl dieſer Schwäche würde aber immer wieder zur Stärkung des Glaubens und damit zu einem ſtärkern innern Halte führen und hat oft dazu geführt in Zeiten, die jenem Extrem entgegenzugehen ſchienen.

Freilich, wie der Segen eines wahren und guten religiöſen Glaubens jeden andern Segen überſteigt, ſo ſind auch die Nachtheile eines falſchen größer, weitergreifend und tiefer greifend als die jedes andern Glaubens; und dieß iſt es, was macht, daß man dem religiöſen Glauben ſo viel zur Laſt legen kann. Aber ſelbſt beim ſchlechtſten religiöſen Glauben, der noch dieſen Namen verdient, iſt, ſage ich, der Vortheil im Ganzen größer, als der Nachtheil im Einzelnen; es iſt beſſer für ein Volk, überhaupt etwas zu glauben, was einen Halt, eine Hoffnung, eine Hülfe, ein Band über dem irdiſchen und zeitlichen bietet, als nichts zu glauben, was ſich nicht weiſen und beweiſen läßt.

Die engliſche Regierung an der Goldküſte nahm einſt Anlaß, in einer großen Verſammlung der Neger das Lug- und Trugſyſtem ihrer Fetiſchprieſter durch in die Augen ſpringende Beweiſe aufzudecken. „Der Eindruck, ſo ſchließt ein Bericht darüber, den es auf die Gemüther machte, war ein gewaltiger. Man konnte unmöglich die einzige Stütze, den Stab dieſer Leute ſo gebrochen ſehen, ohne mit ihnen Mitleid zu haben. Viele verließen das Schloß traurig und niedergeſchlagen und man hörte ſie zu einander ſagen: was können wir jetzt thun in Krankheiten und Noth? an wen können wir uns um Hülfe wenden? unſre Götter ſind keine Götter und die Prieſter haben uns betrogen ...“ (Aus Cruikſhank's Gold-Coaſt, Ausland 1854. No. 9).

Alſo fanden die Neger ſelbſt noch in ihrem ſo ganz rohen Glauben einen Halt, den ſie freilich mit einem unſäglich beſſern vertauſchen und den ſie doch nicht miſſen konnten, ohne ſich ganz gebrochen zu fühlen. Was aber wird im ſelben Sinne ein beſſerer Glaube leiſten können!

Sehen wir näher zu, ſo ſind die Vortheile, der Segen, das Heil, die aus einem guten Glauben kommen — nur einen ſolchen aber zu ſchützen und zu ſtützen kann zuletzt die Aufgabe ſein — überhaupt doppelt aus doppeltem Geſichtspuncte. Einmal nämlich findet die Geſammtheit in ſolchem Glauben einen Einigungspunct, zweitens jeder Einzelne einen Haltepunct und Zielpunct; einmal liegt in der Einigkeit, dem Halt, dem Ziele an ſich ein Vortheil vor dem Zerwürfniß, dem Schwanken, dem Blick und Wege ohne Ziel, ein zweiter aber darin, daß Einigung, Halt, Ziel nun auch in gutem Sinne und in guter Richtung ſtattfinden. Alle dieſe verſchiedenen Vortheile oder vielmehr Seiten des Glaubensſegens aber hängen durch Wechſelbedingtheit und aus dem gemeinſamen Geſichtspuncte zuſammen, daß ſie alle nach höchſten und letzten Beziehungen für den Menſchen und die Menſchheit gelten.

Gar leicht aber werden ſie verkannt, weil man ſie nicht da ſieht oder ſucht, wo ſie liegen. Der Einzelne achtet wenig auf die ins Ganze gehenden Vortheile, an denen er doch ſelbſt täglich, wenn er auch keinen Tag daran denkt, Antheil hat, weil ſich der Antheil nicht einzeln für ihn herausſtellt; und Mancher ſieht den großen Vortheil, den der Glaube ihm auch im Einzelnen leiſten könnte, nicht ein, weil er ihm nicht einmal den kleinſten leiſtet, da er doch nur den größten leiſten kann, ſofern er verzichtet, auch den kleinſten zu leiſten. Denn als Glaube an die höchſten und letzten Dinge gewährt er eben auch nur Vortheile nach höchſten und letzten Beziehungen; im Niedrigen, Engen, Kurzen, Kleinen muß man ſie nicht ſuchen. Statt Vortheile kannſt du immer ſetzen Heil und Segen.

Der Glaube füllt nicht den Löffel, nicht den Teller, aber die Schüſſel. Er knüpft, iſt er anders der rechte, ein Band zwiſchen allen Menſchen über allen menſchlichen

Banden, hält ein Geſetz aufrecht über allen menſchlichen Geſetzen, heiligt den Halt der menſchlichen Geſetze ſelbſt, gewährt im Eide dem Rechte ſeine letzte Zuflucht, giebt dem Ehebündniſſe die erſte, dem Aelternſegen die letzte, dem Königthum die höchſte Weihe; er bietet der Wiſſenſchaft und Kunſt die höchſten Aufgaben, Geſichtspuncte und Ideen; bringt Ruhe, Sicherheit, Hoffnung, Vertrauen in das ganze Leben des Einzelnen; tröſtet den Menſchen, wo kein irdiſcher Troſt mehr reicht, rettet ihn von Selbſtmord und Verzweiflung; aber er giebt dem Hungrigen kein Brod, er füllt nicht den Seckel, er macht kein Vergnügen.

Im Gegentheil, der religiöſe Glaube fodert tauſend Opfer, Opfer an Zeit, Opfer an Gedanken, Opfer an Mitteln, die wir den irdiſchen Geſchäften, dem irdiſchen Erwerbe entziehen müſſen. Es gilt, Schulen und Kirchen zu erhalten, Paſtoren zu beſolden, in die Kirche zu gehen, zu beten und zu ſingen; bei alle dem kommt nichts heraus; auf wie viel Nützlicheres ließen ſich Zeit, Mittel und Gedanken wenden. Aus einer Kirche könnte man viel Häuſer bauen, der Prediger könnte, ſtatt von der Arbeit Andrer zu zehren, Andern arbeiten helfen oder ſie arbeiten lehren. Ja, und wie viel nützlicher ließen ſich die Steine verwenden, die man in den Grund des Hauſes legt, wo ſie Niemand nützen; man könnte das Haus dafür um ein ganzes Stock höher bauen; es würde nur einfallen; und ſo würde auch das Gebäude der menſchlichen Geſellſchaft einfallen, wenn man ihm den religiöſen Grund entzöge, der freilich ſo tief greift, daß die Meiſten, die im Gebäude wohnen, ihn gar nicht ſehen.

Ich las einmal eine Geſchichte, genau weiß ich ſie nicht mehr; auch kommt nichts darauf an. König Alexander bekam von einem Barbarenkönige drei Jagdhunde von edelſter Race geſchenkt. Er ließ den einen in ſeinen Thierzwinger und ließ ein Reh dazu; der Hund blieb ruhig liegen; und Alexander im Zorne über das träge Thier befahl den Hund zu tödten. Eben ſo gieng es mit dem zweiten; den dritten ſparte er noch. Als es der Barbarenkönig hörte, ſprach er zu Alexander: „du ließeſt ein Reh in den Zwinger; laß einen Löwen oder Tiger hinein, und du wirſt ſehen, was du an dem Hunde haſt". So bleibt der religiöſe Glaube müßig bei des Lebens Kleinigkeiten, und erwacht zu um ſo größerer Thatkraft, je Größeres es gilt.

Wer da glaubt, daß es einen Gott giebt, der, nicht im Momente aber im Laufe der Zeiten, Alles zum Beßten lenkt, die widerſtrebenden Kräfte endlich zwingt und bannt, das Uebel ſelbſt gar zuletzt zum Mittel des Beſſeren macht, an einen Gott, der, ſo groß das Uebel ſein mag, ſo größere, vom Dieſſeits in das Jenſeits hinüberreichende, Mittel, es zu wenden, auszulöſchen, zu verſöhnen, und einen Willen und eine Weisheit, die damit Hand in Hand geben, hat, der hüllt ſich in Sturm und Hagelſchlag, welche die Felder ſeines Glücks verwüſten, in das Vertrauen auf Gott wie in einen Mantel, und weiß, die Sonne am Himmel, die deßhalb nicht erloſchen iſt, wird um ſo heller wieder ſcheinen; wer nicht an Gott glaubt, ſteht ſchutzlos da, zieht ſich in ſich zuſammen, und ſieht verzweifelnd oder reſignirt auf ſein zerbrochenes Thermometer und Barometer, deren Führung ihm die Führung des Himmels erſetzen ſollte. Und ſicher für den Tag, die Stunde, den Umkreis, den das irdiſche Auge ermißt, iſt auch das Vertrauen auf die irdiſchen und zeitlichen Hülfsmittel das beſte, und eben ſo irrte, wer ſie durch das Vertrauen auf Gott erſetzen wollte. Aber über alles im Einzelnen Berechenbare hinaus geht es im Ganzen unberechenbar her in der Welt, wo nur noch eine Rechnung Stich hält, Sicherheit und Troſt giebt, die Rechnung auf ein höchſtes bewußtes Walten, was im Ganzen und im Laufe der Zeiten Alles zum Beſten lenken will und kann.

Wahr iſt's, die Principien der Humanität, das Gefühl der Menſchenwürde vermögen bis zu gewiſſen Gränzen ein gutes praktiſches Erſatzmittel bei Einzelnen, die keinen Glauben haben, zu gewähren. Es giebt ſittlich untadelhafte, für das Wohl ihrer Mitmenſchen thätige, Menſchen, die weder an Gott noch Unſterblichkeit glauben. Aber einmal ſind dies vielmehr Ausnahmen als Regel; die Mehrzahl der Atheiſten ſind verworfene Menſchen und

Verworfenheit und Glaubensloſigkeit hängen ſo gewöhnlich zuſammen, fördern und ſteigern ſich wechſelſeitig ſo, daß Verworfenheit und Gottloſigkeit als gleichbedeutend gilt. Zweitens hätten ſich jene Principien der Humanität, jenes Gefühl der Menſchenwürde, welche die Religion erſetzen ſollen, gar nicht entwickeln können, als durch Aufwachſen und Erziehung in einem Volke, dem ſie von der Religionsſeite her geläufig worden ſind. Mögen ſie, die an ſolche Erſetzlichkeit glauben oder glauben machen wollen, doch in Pſychologie oder Geſchichte nachſehen, ob das Erſatzmittel ohne das, was es erſetzen ſoll, entſtehen konnte, ſich halten konnte oder wo gehalten hat. Vielmehr ſehen wir allwärts die ganze Humanität mit der Religioſität im Zuſammenhange ſtehen, ſteigen, verfallen, fallen.

Der Luft wird es nicht gedankt, daß ſie zum Athmen allwärts verbreitet iſt, der Sonne nicht, daß ſie hell macht, der Religion nicht, daß ſie die menſchliche Geſellſchaft hält. Die geſellſchaftliche Ordnung iſt ja da; ſo hält man es für ſelbſtverſtändlich, daß ſie da iſt. Wozu die Luft, wenn man den Athem hat; wozu die Religion, wenn man die Humanität hat!

Gewiß iſt, daß manche Gefühle ohne den Glauben an Gott im Menſchen gar nicht entſtehen könnten, und eben ſo gewiß, daß eben dieſe Gefühle es ſind, in denen ſich der Menſch am meiſten gehoben fühlt und die ihn zu den größten, beſten, ſchönſten Thaten begeiſtert haben. Nun iſt es doch eigen, den Menſchen auf das Gefühl der Menſchenwürde zu weiſen, und das abzuſchneiden, worin das menſchliche Gefühl ſelbſt die größte Würde erlangen kann. So ſchön, ſo herrlich die Gefühle der Liebe, des Vertrauens ſind, die wir zu Aeltern, Geſchwiſtern, Freunden, zu einem vor Allen geliebten Weſen tragen; die Gefühle, die wir zu Gott tragen, glauben wir anders recht an Gott, ragen darüber hinaus, wie die Schirmpalme über Blumen und Gras, und ſind mit Nichts von alle dem zu vergleichen, zu beſchaffen und zu erſetzen; und das geliebteſte Weſen ſelbſt kann dich in den Zeiten der höchſten Noth nicht an den Glauben an ſich und dich, ſondern nur an Einen, der über beiden Meiſter aller Noth, verweiſen. Im Glauben an einen ſolchen Meiſter ſehen wir manche gottvertrauende Menſchen durch Dick und Dünn gehen, ſicher eines guten Zieles, wenn ſie in gutem Sinne gehn, und ſich jeden Abend mit dem Bewußtſein und Gefühle, in Gottes Hand zu ſtehen, niederlegen und in ſolchem Glauben endlich ſterben. Ein erhabener Anblick! Hiegegen halte den, der ſich im Gefühle ſeiner Menſchenwürde ohne den Glauben an höhern Schutz und künftiges Daſein niederlegt und ſtirbt. Ein trauriger Anblick!

Die Vertreter des Humanitätsprincipes ſind keine Kunſtverächter: die Kunſt gehört ja zu den beſten Bildungsmitteln des Menſchen, zu den wichtigſten Momenten der Humanität ſelbſt. Nun wohlan, ſetzen ſie ihr Princip der Humanität an die Stelle des religiöſen Glaubens, und ſehen, was von der Kunſt und der Begeiſterung des Künſtlers noch übrig bleibt. Alle Dome werden ſtürzen oder nie entſtanden ſein; die griechiſchen Götterbilder, Muſter aller Zeiten, konnten niemals exiſtiren; für die Größe eines Raphael und Michel Angelo war kein Stoff mehr gewachſen; eine kalte Hiſtorienmalerei wird das Höchſte der Kunſt; denn alle Wärme ſelbſt der profanen Geſchichtsdarſtellung hat doch ihren verborgenen Quell im Glauben an eine mehr als blos menſchliche Fügung; und ſehen wir näher zu, ſo hat ſich überhaupt die ganze Kunſt von religiöſen Anfängen aus entwickelt. Nun mag man immerhin zugeſtehen, weder die griechiſchen Götterbilder, noch die chriſtlichen Madonnen haben jemals im Urbild exiſtirt; aber der Glaube an ein höheres geiſtiges Daſein über den Menſchen mußte überhaupt exiſtiren, um dieſe Blüten der Kunſt, ja die Kunſt ſelbſt hervorzutreiben.

Zwar, wie die Kunſt aus dem Glauben erwächſt, wächſt der Glaube hinwiederum durch die Kunſt; wir haben es ſchon zugeſtanden, aber ſie kann ihn eben nur wachſen laſſen, nicht ſchaffen, und bedarf dazu des ſchon vorhandenen Stammes. Und alle Sproſſen, welche die bloße Phantaſie des Künſtlers hervorgetrieben, behalten ihre Triebkraft höchſtens einen Glaubensſommer lang, dann welken ſie oder bleiben nur noch als Schmuck des alten

Stammes ſtehen; und zu neuen Sproſſen bedarf es neuer Aeſte aus dem Stamme.

Mehr als das bloße Humanitätsprincip mag der Glaube an eine im Ganzen gute Weltordnung ohne einen perſönlichen bewußten Vertreter dieſer Ordnung leiſten, die Leiſtungen des religiöſen Glaubens an einen ſolchen Vertreter zu vertreten, nur nicht das Werthvollſte und Beſte. Indem er mit Begriffen die unerſetzlichſten Gefühle zu erſetzen ſucht, kann er den Geiſt nicht in gleicher Weiſe erheben, füllen, zu Opfern der Liebe treiben, zu Werken der Kunſt begeiſtern. Denn es liegt in der Natur der Sache, daß die höchſte Steigerung des Bewußtſeins nur in der Richtung auf ein höchſtes Bewußtſein über allem Bewußtſein ſtattfinden kann, und Alles, was man dafür ſetzen will, iſt kaltes Waſſer in das Feuer.

Es iſt in dieſer Hinſicht mit dem Glauben an einen bewußten Geiſt über mir ja gar nicht anders, als an bewußte Geiſter neben mir, ſondern daſſelbe nur in höherm Sinne. Vom Bewußtſein andrer Menſchen ſehe ich ſo wenig, als vom Bewußtſein Gottes. So wenig aber der Glaube, daß Aeltern, Geſchwiſter, Freunde ein Bewußtſein gleich mir haben, praktiſch durch den Glauben vertreten werden könnte, daß ſie ſich blos im Sinne einer zweckmäßigen Weltordnung ſo unter einander und gegen mich benehmen, wie ſie thun; die werthvollſten Gefühle und Antriebe würden damit verloren gehen, ſo wenig kann der

Glaube, daß es einen Gott mit einem Bewußtſein von Allem und über Allem giebt, durch den Glauben an irgendwelche noch ſo zweckmäßige bewußtloſe Weltordnung vertreten werden; der Gipfel aller jener Gefühle würde damit verloren gehen.

Und ſo wenig als für einen bewußten Gott mit Beziehungen zu unſerm Bewußtſein, iſt für den Glauben an ein bewußtes künftiges Leben mit Beziehungen unſers jetzigen Lebens dazu ein Surrogat zu finden, was denſelben aus praktiſchem Geſichtspuncte erſetzen könnte, ja was nur im Entfernteſten das Gleiche zu leiſten vermöchte. Am Beiſpiele der Aſſaſſinen ſahen wir, was der ſchlechtſte Glaube an ein Jenſeits für Wirkungen zu leiſten vermag, die ſchlechtſten freilich, aber ſtärkſten; ſo vermag der beſte Glaube an ein Jenſeits die beſten zugleich und ſtärkſten Wirkungen zu erzeugen und hat ſie erzeugt. Der Gedanke an Nachruhm kann etwas leiſten; ich leugne es nicht; aber wie ſchwach iſt der Gedanke, daß Andre mit Liebe, Achtung, Verehrung unſrer, der auf ewig Todten, denken werden, gegen den Gedanken, daß wir ſelbſt denken, mit denen, mit denen wir jetzt leben, wieder leben und der Folgen unſres Handelns ſelbſt theilhaftig werden.

Alles zugeſtanden aber, was der Glaube Gutes hat und wirkt, ſo fragt ſich endlich nochmals: was beweiſt's für ſeine Wahrheit? was geht die Güte eines Glaubens ſeine Wahrheit an? ſind das nicht zwei ganz incongruente

Dinge? man muß die Wahrheit unbefangen und ohne Ruckſicht auf die Folgen deſſen, was man findet, ſuchen; nur ſo kann man hoffen, ſie zu finden. Wo Intereſſe ins Spiel kommt, wird der Menſch blind..

So hör' ich vielfach ſagen, und vielfach geht die Forſchung in dieſem Sinne, um des Intereſſe der Wahrheit willen abſeits von Allem, was des Menſchen wahres Intereſſe will, als wenn ſich Beides je widerſtreiten könnte. Und andremale ergeht man ſich doch auch wieder in hohen Reden über die Einſtimmung der Güte, Schönheit, Wahrheit in ihren letzten Gründen; es bleiben Reden, weil man den Geſichtspunct und Kern der Einſtimmung nicht hat und ſieht.

Freilich, wo das Intereſſe des Menſchen ins Spiel kommt, wird er blind gegen die höchſten Wahrheiten; aber nicht darin liegt ſeine Blindheit, daß er ſeinem Intereſſe im Gegenſatz der Wahrheit folgt, ſondern daß er ſeinem Intereſſe nicht genug folgt, indem er kurzen engen niedrigen Intereſſen auf Koſten der größern höheren weiteren dauerndern folgt, in welchen zuletzt der Halt, die Sicherſtellung, der Grund von jenen ſelber ruht; oder daß er ſeinem Einzelintereſſe im Gegenſatz des allgemeinen folgt, was ſein und Aller Intereſſe zuſammenhängend inbegreift; nur ſo geräth er in Gegenſatz mit der Wahrheit.

Ueberall finden wir doch ſonſt, daß die richtigſte Kenntniß von dem, was iſt, dem Menſchen auch praktiſch am beſten dient, ihn am beſten führt. Wie ſollten wir nicht umgekehrt ſchließen, daß das, was dem Menſchen am beſten dient, ihn am beſten führt, auch am wahrſten iſt. Wir finden dieß Princip um ſo mehr beſtätigt, in je weiterer Ausdehnung wir ſeine Beſtätigung ſuchen, je mehr wir damit vom Einzelnen auf's Ganze gehn, und können alſo ſeine ſicherſte Beſtätigung erwarten, wenn wir damit auf's volle Ganze gehen. Ein einzelner Irrthum kann einen einzelnen Menſchen zeitweis befriedigen; je weiter ſich ein Irrthum verbreitet, je mehr Menſchen in ſeinem Sinn fühlen, denken, handeln, je weiter und tiefer ſeine praktiſchen Conſequenzen greifen, je dauernder er ſich in ſolchen entwickelt, deſto größer, tiefgreifender werden ſeine Nachtheile für Alle. Das iſt nicht wüſte Metaphyſik, leeres Begriffsſpiel, plumper Dogmatismus, ſondern einfach klarer Ausſpruch einer allgemein gültigen Thatſache. Das Gegentheil iſt von der Wahrheit auszuſagen. Und hienach wird am gewiſſeſten die Wahrheit deſſen ſein, was, als wahr von Allen angenommen, das Wollen, Denken, Fühlen Aller ſo beſtimmt, daß daraus die heilſamſten, ſegensreichſten Folgen für Alle, für die geſammte Menſchheit hervorgehen. Solchen Glauben nennen wir den beſten, und alſo muß der beſte Glaube auch der wahrſte ſein. Sofern aber der beſte Glaube ein Ideal für die Menſchheit iſt, wird ein Glaube ſich dem Ideal der Wahrheit um ſo mehr nähern, je mehr er ſich dem Ideal der Güte nähert.

Unſtreitig wird der Glaube, den Aeltern hegen mögen, ein in der Ferne geſtorbenes Kind lebe noch, nicht dadurch wahrer, daß er die Aeltern tröſtet. Trägt er aber auch mit dieſer einzelnen Leiſtung den Charakter der Wahrheit, den das praktiſche Princip fodert, dem nicht an einzelnen Leiſtungen genügt? Vielmehr wenn alle Menſchen ins Unbeſtimmte im Glauben denken, handeln ſollten, der Geſtorbene lebe noch, ſo würden daraus überwiegende Nachtheile erwachſen, ſo größere, je länger und je mehr ſie dem Glauben auch praktiſch Folge gäben, und jener Troſt der Aeltern ſelbſt würde auf die Länge nicht Stand halten. Das hängt an ſeiner Falſchheit. Und um ſo mehr müßten überwiegende Nachtheile erwachſen, wenn alle Menſchen ins Unbeſtimmte hin im Glauben denken, handeln ſollten, es lebe ein Gott, der nicht wirklich lebt, und ſie ſelber werden künftig leben, ſtatt daß ſie wirklich todt ſein werden; der Troſt, den die Menſchheit eine Zeit lang daraus ſchöpfte, würde auch nicht Stand halten. So ungeheuer viel größer der Irrthum wäre, an einen lebendigen Gott und ein ewiges Leben Aller zu glauben, als an einen einzelnen lebendigen Menſchen und ſein zeitliches Leben, ſo ungeheuer viel größer müßten die Nachtheile für Alle ſein, und je mehr er ſich verbreitete und je feſter er wurzelte, ſo mehr müßten ſie wachſen. Aber gerade im Gegentheil, die größte Verbreitung, längſte Dauer, größte praktiſche Wirkſamkeit des Glaubens an Gott und Jenſeits bringt den größten, durch nichts Andres erſetzlichen, Segen, und je länger er beſtanden hat, je mehr gewinnt er Beſtand.

Dem vorigen Principe widerſprechen, heißt, mit der allgemeinſten Erfahrung, die wir machen können, zugleich jeder vernünftigen Deutung, die wir ihr geben können, widerſprechen.

Welche Macht immer den Menſchen geſchaffen haben mag, Thatſache iſt's, ſie hat ihn ſo geſchaffen, daß er beſtehen und ſich gedeihlich entwickeln kann; aber nur, wenn er ſich gemäß dem Zuſammenhange benimmt, in dem er geſchaffen iſt; wo nicht, ſo wird er durch Nachtheile dazu getrieben; und ſein Geiſt ſelbſt muß ihm helfen, ſich ſo zu benehmen, indem er ſeine Rechnung auf das ſtellt, was in dieſem Zuſammenhange iſt und ſein wird. Meint man, jene Macht habe ihn zugleich ſo geſchaffen, daß er doch nur recht beſtehen und ſich recht entwickeln kann, wenn er ausnahmsweiſe in Bezug auf ſie ſelbſt, die ſchaffende Macht und ſeine, des Menſchen, letzte Ziele ſeine Rechnung auf etwas ſtellt, was nicht iſt noch ſein wird, und könne es überhaupt im Sinne einer geiſtleien Macht liegen, Geſchöpfe mit ſolcher Einrichtung zu ſchaffen, daß ſie ohne den Glauben an einen ſchöpferiſchen Geiſt nicht recht beſtehen können? Es wäre zu abſurd; doch halten Manche dieſe Abſurdität für Weisheit.

Ich las einmal, wie die Larve des Hirſchhornkäfermännchens ſich bei ihrer Verpuppung ein größeres Gehäuſe baue, als ſie zur Ausfüllung mit ihrem zuſammengekrümmten Leibe brauche, damit die dereinſt ſich entwickelnden Hörner auch noch Platz haben. Was weiß die Larve von ihrem künftigen Leben, ihren künftigen Hörnern, ſo wenig, als wir von unſerm künftigen Leben und unſerer künftigen Weiſe des Seins darin; doch richtet ſie ihr Haus ſchon jetzt darauf ein, und vermöchte ſich ohne das auch bis dahin nicht recht zu entwickeln. Meint man, dieſelbe Macht, die den Hirſchhornkäfer und den Menſchen ſchuf, habe dem Käfer Wahrheit in den Inſtinct und dem Menſchen Lüge in den Glauben gelegt, der ihn ſein jetziges Leben ſchon in der Richtung auf das künftige erbauen und weiter anlegen läßt, als es ſonſt der Fall ſein würde, einen Glauben, der eben ſo nothwendig in der Menſchheit ſich entwickelt und zur Entwickelung der Menſchheit nöthig iſt, als jener Inſtinct in der Larve ſich entwickelt und zu ihrer Entwickelung nöthig iſt.

Freilich, in jedem einzelnen Menſchen entwickelt ſich nicht ſo nothwendig der Glaube an Unſterblichkeit, als in jedem einzelnen Hirſchhornkäfer der Inſtinct. Aber in der Menſchheit entwickelt er ſich doch ſo nothwendig, und darin eben ſteht er über dem Inſtinct, daß er ſich aus dem Zuſammenhange bewußten Lebens heraus bezüglich des allen gemeinſamen End- und Zielpuncts dieſes Lebens entwickelt, was denſelben letzten Grund hat, als das Leben des Käfers und ſein Inſtinct.

Nach all' dieſem reſumire ich wie folgt erſt das praktiſche Motiv, dann das praktiſche Argument [*]).

Der Menſch glaubt an das Daſein Gottes und was damit zuſammenhängt, weil dieſer Glaube dem Menſchen ſo im Einzelnen wie der menſchlichen Geſellſchaft im Ganzen vortheilhaft, heilſam, ſegenbringend, praktiſch nothwendig, iſt, weil weder der Menſch im Einzelnen noch die Menſchheit im Ganzen ohne ihn gedeihlich beſtehen und ſich gedeihlich entwickeln kann, der Menſch im Einzelnen einen bis zu den äußerſten Fällen reichenden Anhalt, die menſchliche Geſellſchaft den allgemeinſten und bindendſten Halt, alles irdiſch-menſchliche Intereſſe überhaupt Gipfel und Ziel in ihm findet. Indem der Menſch dieß theils unbewußt fühlt, theils bewußt einſieht, wird theils der Einzelne angetrieben, mit dem Glauben der Vortheile deſſelben ſich theilhaftig zu machen, theils entſteht dadurch für die, welche größern und kleinern Kreiſen der menſchlichen Geſellſchaft vorſtehen, wie Aeltern, Lehrer, Regenten ein Antrieb, denſelben in dieſen Kreiſen fortzupflanzen, zu erhalten und ſelbſt darüber hinaus zu verbreiten; für ſolche aber, deren Geiſteskraft, Intelligenz und Güte der der andern vorauseilt, den Glauben in ſolchem Sinne weiter auszubilden, daß er als ein ſegensreicherer auch leichter eingänglich werde; auf welche Weiſen dieß Motiv mit dem hiſtoriſchen zuſammenwirkt und demſelben in die Hände arbeitet. Kurz der Menſch glaubt an Gott und was damit in der Religion zuſammenhängt, weil er den Glauben daran braucht und der Glaube daran dem Menſchen dient.

---

[*]) Es folgen hier weſentlich dieſelben Sätze, die ich ſchon in Zend-Aveſta II. S. 251 nur ohne die Vorerörterungen gegeben.

Daß aber dieſer Glaube ein wahrer ſei, begründet ſich wie folgt mit folgenden Conſequenzen:

1) Jede irrige oder mangelhafte Vorausſetzung erweiſt ſich dadurch als eine ſolche, daß ſie, als wahr angenommen, durch den Einfluß, den ſie auf unſer Denken, Fühlen und Handeln gewinnt, Nachtheile nach ſich zieht oder dem menſchlichen Glücke Abbruch thut, indem ſie uns in widerwärtige Stimmungen und verkehrte Handlungen verwickelt, die theils unmittelbare Unluſt, Unbefriedigung, theils mittelbar Unluſtfolgen mit- und nachziehen, dagegen die Wahrheit einer Vorausſetzung ſich durch das Gegentheil von all' dieſem als ſolche erweiſt. Dieſer Satz bewährt ſich um ſo mehr, je größern Einfluß Irrthum oder Wahrheit auf unſer Fühlen, Denken, Handeln gewinnt, auf einen je größern Umkreis von Menſchen und je längere Dauer er ſich erſtreckt, während ein Irrthum ohne erheblichen Eingriff in unſer übriges Fühlen, Denken, Handeln, für einen einzelnen Menſchen oder kleinen Umkreis von Menſchen und auf kurze Zeit auch wohl befriedigend und ſelbſt nützlich erſcheinen kann. Nun zeigt ſich aber

gerade, daß der religiöſe Glaube, abgeſehen von der theoretiſchen Befriedigung, die er zu gewähren vermag, auch ſonſt um ſo größere, wichtigere und weitergreifende Vortheile, der Unglaube aber Nachtheile für die Menſchheit und den einzelnen Menſchen mitführt, je weiter oder tiefer dieſer Glaube oder Unglaube in das Gemüth und die Handlungsweiſe der Menſchen beſtimmend eingreift, und auf je längere Dauer er ſich forterſtreckt, woher es eben rührt, daß der Unglaube ſich gar nicht auf die Dauer in großem Umkreiſe erheblich geltend erhalten kann. Alſo trägt der Glaube, daß die Gegenſtände des religiöſen Glaubens exiſtiren, das Merkmal der Wahrheit an ſich.

2) Die nähere Geſtaltung dieſes Glaubens tritt unter daſſelbe Princip. Sofern ſich findet, daß eine Geſtaltung des religiöſen Glaubens um ſo mehr zum Glücke der Menſchheit beiträgt, je mehr, je länger und in je weiterm Umkreiſe ſie Einfluß auf das Fühlen, Denken, Handeln gewinnt, ſo iſt dieſe Geſtaltung oder Seite der Geſtaltung des Glaubens als wahr anzuſehen, im Gegenfall als falſch oder mangelhaft, ſo daß nach Allem nur der Glaube als der wahrſte gelten kann, welcher der Menſchheit nach der Geſammtheit ihrer Beziehungen am heilſamſten iſt.

3) Im Gange der Entwickelung des Glaubens kann es allerdings geſchehen und iſt oft geſchehen, daß der Glaube theils zum zeitlichen Vortheile Einzelner, theils aus untriftiger Anſicht von dem, was dem Ganzen frommt,

theils vermöge ſcheinbaren Conflicts mit theoretiſchen Gründen, irrige und hiemit der Menſchheit unzuträgliche, Geſtaltungen annimmt. Der Menſch beginnt überhaupt damit, Particulär-Intereſſen zu haben und den dadurch geſtalteten Glauben für den beſten zu halten, zu erklären, und ſelbſt Andern einzupflanzen und aufzudringen. Aber nach Maßgabe als die Vortheile des Wahren und Nachtheile des Falſchen immer weiter in Zeit und Raum greifen, treffen ſie, wie ſchon beim hiſtoriſchen Princip gezeigt, immer mehr und ſchwerer alle Einzelnen, die den wahren oder falſchen Glauben haben, und befeſtigen jene in der richtigen Erkenntniß, bringen dieſe zurück von der falſchen, und helfen oder wehren der ferneren Verbreitung, ſo daß zuletzt nur der Glaube übrig bleiben kann, welcher alle Einzelintereſſen am beſten und vollkommenſten zu einem Allgemeinintereſſe verknüpft.

4) Sofern als das Beſte für den Menſchen zu gelten hat, was der Menſchen Befriedigung, Glück, Wohl nicht blos nach einzelnen Beziehungen, auf kurze Zeit, für einzelne Fractionen, ſondern nach allen Seiten des menſchlichen Weſens, für die Geſammtheit der Menſchheit, auf unbegränzte Dauer, mit Hinblick auf alle Folgen, am meiſten zu ſichern und zu fördern geeignet iſt, wird der in voriger Weiſe begründete wahrſte Glaube zugleich der beſte genannt werden können, und überhaupt aus der Güte des Glaubens der Schluß auf ſeine Wahrheit ſich machen laſſen.

5) Hiemit tritt die Entwickelung und Geſtaltung der religiöſen Ideen zugleich in den harmoniſchſten und praktiſchſten Zuſammenhang mit der Geſtaltung der Moral und des ganzen Lebens, weil auch die Tendenzen der Moral und des Lebens dahin gehen, das geltend zu machen und zu erhalten, was der Menſchheit am heilſamſten und gedeihlichſten*). Die religiöſen Ideen treten aber nach der Geſtaltung, die ſie unter dem Einfluſſe des praktiſchen Princips annehmen, ſelbſt als die wichtigſten Bedingungen einer gedeihlichen Geſtaltung der Moral und des Lebens auf, weil der Geſichtspunct ihrer Geſtaltung ja eben der iſt, das in ihnen als gültig anzuſehen, was aus oberſtem Geſichtspuncte den allgemeinſten und durchgreifendſten heilſamen Einfluß auf das geſammte Menſchliche haben muß.

6) Man kann das vorige Argument mit folgendem in Beziehung ſetzen oder in folgendes umſetzen.

Wir würden den religiöſen Glauben nicht *brauchen*, wenn die Gegenſtände deſſelben nicht *wären*. Denn, wenn der Menſch den Glauben daran gemacht hat, weil er ihn braucht, ſo hat er den Umſtand ſelbſt nicht gemacht, *daß* er den Glauben daran zu ſeinem gedeihlichen Beſtande braucht und demgemäß ihn durch das Bedürfniß zu machen genöthigt iſt. Die Erzeugung dieſes Glaubens durch den

---

*) Vgl. „Ueber das höchſte Gut.“

Menſchen muß alſo in derſelben realen Natur der Dinge begründet ſein, welche den Menſchen mit ſeinen Bedürfniſſen ſelbſt erzeugt hat. Es hieße aber theils, der Natur der Dinge eine Abſurdität beilegen, theils läuft es gegen die Erfahrung, ſo weit ſich ſolche machen läßt, daß die Natur den Menſchen darauf eingerichtet hätte, nur mit dem Glauben an Etwas gedeihen zu können, was nicht wäre.

Ueberhaupt, wenn irgend etwas erfahrungsmäßig bewährt iſt, ſo iſt es das praktiſche Argument des Glaubens. Und ſo ſicher wir das Gravitationsgeſetz danach, daß es ſich ſo weit bewährt, als Erfahrung reicht, auch da noch gültig halten, wohin ſie nicht mehr reicht, dürfen wir auch jenes Argument in dieſem Sinne ohne Schranken gültig halten. Und eben damit wird es uns von ſo großer Wichtigkeit, daß es uns nach ſeiner allgemeinen Bewährung durch Erfahrung, ſo weit ſie reicht, die Bewährung alles deſſen, was aus ihm folgt, durch Erfahrung in Gebieten vertritt, wohin die Erfahrung nicht mehr reicht, und hiemit, was dem theoretiſchen Schluſſe zum exacten fehlt, durch die Exactheit eines praktiſchen erſetzt.

Wie viel von theoretiſchen Motiven für den Glauben beim folgenden Principe zur Sprache kommen mögen, und wie triftig der Geſichtspunct ſein mag, der ſie zum Argument zuſammenfaßt und erhebt, es reicht doch nicht aus, den Glauben ſicher zu begründen, es könnte dennoch Alles anders oder gar nicht ſein; der Möglichkeiten nach Logik und Erfahrung bleiben viele. Nun aber kann zuletzt nur die beſtehen, die daſſelbe theoretiſch wiedergiebt, was praktiſch gefodert iſt. Nimm das hinzu und es bleibt von allen Möglichkeiten nur noch eine.

Dem unſichern theoretiſchen Schluſſe gegenüber behauptet die hiſtoriſche Offenbarung ſich als untrüglich; doch in jeder andern Religion behauptet ſich eine andre als untrüglich. Welche iſt es? Die iſt es endlich, die uns praktiſch nicht betrügt.

Nach der Geſammtheit des Vorigen müßte es alſo überhaupt möglich ſein, den Glauben an die höchſten und letzten Dinge ohne Rückſicht auf Alles, was bisher geglaubt worden iſt, ohne Rückſicht auf alle theoretiſchen Gründe und Schlüſſe von vorn herein blos nach dem Geſichtspuncte richtig zu geſtalten, daß er der geſammten Menſchheit nach den höchſten und letzten Beziehungen am beſten diente, wenn nur die Erkenntniß deſſen, was ihr ſo dient, ohne jene Rückſicht ſelbſt möglich wäre. Das aber iſt ſie nicht. Vielmehr iſt die Wechſelfoderung nicht zu vergeſſen, nach der ſich das praktiſche Princip eben ſo auf die andern Principe mit zu ſtützen hat, als dieſe gegentheils auf jenes, ſofern das, was das Beſte für die Menſchheit zu glauben iſt, ſich durch die Hiſtorie als ſolches erſt zeigen und bewähren muß, um es triftig zu erkennen, auf Mit- und Nachwelt zu übertragen, und die früheren Entwickelungsſtufen eines guten Glaubens ſelbſt beitragen müſſen, die Intelligenz ſo reifen zu machen, um ihn noch beſſer zu machen; dieß aber nur mit Rückſicht auf eine richtigere Erkenntniß der Natur der Menſchen und Dinge möglich iſt. Aus blos abſtractem praktiſchen Geſichtspuncte würden der Glaubensmöglichkeiten nicht minder viele bleiben, als aus blos theoretiſchem oder hiſtoriſchem. Nun aber kann zuletzt nur die beſtehn, die zugleich eine theoretiſche und hiſtoriſche Möglichkeit iſt. Nimm das hinzu, und es bleibt wieder von allen Möglichkeiten nur noch eine.

Ziehe vom Umfange einer Kugel aus drei Radien. Du kannſt ſie an unendlich verſchiedenen Puncten anlegen und auf jedem giebt's unendlich viele Puncte; aber der Punct, in dem ſie zuſammentreffen, iſt ſtets nur einer.

Inzwiſchen, wie wir ſchon beim hiſtoriſchen Principe Manches und gerade das Allgemeinſte und Wichtigſte des Glaubens aus dem Geſichtspuncte dieſes Principes allein entſchieden halten konnten, mit der Erinnerung nur, daß die hiſtoriſche Entſcheidung doch erſt auf Grund der andern Principe herbeigeführt werden konnte; ſo können wir auch manches Allgemeinſte und Wichtigſte aus dem Geſichtspuncte des praktiſchen Principes allein entſchieden halten, mit der gegentheiligen Erinnerung, daß unſere praktiſche Vernunft erſt auf Grund hiſtoriſcher Entwickelung und wachſender Erkenntniß von der Natur der Menſchen und

Dinge ſo weit reifen konnte, um ſolche Entſcheidung zu fällen. Wir werden aber wie natürlich finden, daß das, was ſich ſo von praktiſcher Seite her entſcheidet, eben auch nur wieder daſſelbe iſt, was wir ſchon hiſtoriſcherſeits entſchieden halten konnten und was wir theoretiſcherſeits werden wiederfinden müſſen, ſoll das rechte Zuſammentreffen im Puncte der vollen Gewißheit ſtattfinden. Wir können nur eben im praktiſchen Principe nun auch die praktiſchen zu den hiſtoriſchen und theoretiſchen Gründen deſſelben Glaubens finden, mögen es leichter finden, bei Manchem mit dem einen, bei Anderm mit dem andern Principe voranzugehen, und, wo die Sicherſtellung durch die andern Principe fehlt, ſie durch das praktiſche ergänzen.

Ohne nun hierüber noch in Weiteres eingehen zu wollen, als ſchon eingegangen iſt; ſchließe ich mit einigen Betrachtungen über die Stellung des praktiſchen Principes zu Chriſtenthum und Philoſophie bezüglich der drei Hauptſtücke des Glaubens.

In ſo weit wir bei der eigenen Lehre Chriſti ſtehen bleiben, genügt das Chriſtenthum den höchſten praktiſchen Anfoderungen in ſo vollem Grade, daß nichts darüber hinaus gedacht werden kann, alſo daß Chriſtus mit Recht der Heiland der Menſchheit genannt werden kann; ſofern er die heilbringendſte Religion factiſch in die Welt gebracht hat; und das in Gott wurzelnde praktiſche Argument kann ja nicht abſtract durch ſich ſelbſt, ſondern eben nur durch

Menſchwerdung ins Bewußtſein der Menſchheit kommen. Aber das Chriſtenthum hat in ſeiner hiſtoriſchen Entwickelung viel aufgenommen, von dem man nicht daſſelbe ſagen kann und was dem weiteren hiſtoriſchen Fortſchritte im Wege ſteht, ſofern es der praktiſchen Durchführbarkeit im Wege ſteht.

In der That, wenn man zuſieht, welche Gründe es ſind, die dem Chriſtenthum ſo ſehr den Eingang unter den Heiden erſchweren, daß es ſich vielmehr durch Ausrottung als Bekehrung der Völker verbreitet, ſo wird man finden, daß es eben jene Dogmen ſind, die unter den Chriſten ſelbſt immer vielmehr nur Hader als Segen geſät haben, die man aus hiſtoriſchem Motiv feſthält, die aber damit, daß ſie der hiſtoriſchen Einigung Aller, ja der chriſtlichen Confeſſionen ſelbſt, im Wege ſtehen, beweiſen, daß ſie vor dem hiſtoriſchen Argumente nicht beſtehen; ſie können aber nicht vor dem hiſtoriſchen beſtehen, weil ſie nicht vor dem praktiſchen beſtehen.

Hievon abgeſehen, wie hoch ſteht doch der allgemeine chriſtliche Glaube an einen in der Welt waltenden perſönlichen bewußten Gott mit Beziehungen des Wollens, Wiſſens, Fühlens zu ſeinen Geſchöpfen in jeder Beziehung über dem, was die heutige Philoſophie in ihren geltendſten Syſtemen, denn ich behaupte nicht in allen, unter den verſchiedenſten Ausdrücken für Gott zu ſubſtituiren verſucht hat oder was übrig bleibt, wenn man unter dem feſtgehaltenen Namen Gottes nach der Sache ſucht. Da giebt's ein Abſolutes, eine nur in den Einzelnen zum Bewußtſein kommende abſolute Idee, eine unendliche Subſtanz; da bleibt zuletzt als Inhalt des Namens Gottes ein ontologiſcher oder moraliſcher oder Cauſalbegriff, eine bewußtloſe Weltordnung, eine allgemeine Geſetzlichkeit der Dinge, ein myſtiſcher Urgrund, ein teleologiſches Princip. Man weiß nicht fertig zu werden, wird nicht müde, neue Wendungen und Worte zu erſinnen, den chriſtlichen Gott zu erſetzen oder in ein praktiſch unbrauchbares Weſen zu überſetzen oder in myſtiſches Dunkel einzuhüllen. Hiſtoriſch iſt es nicht gelungen und hat keine Ausſicht zu gelingen, ſogar bei denen nicht, die dieſes Weges gehen; denn keiner vermag den andern zu ſeinen andern Namen und Sachen zu bekehren, indeß des chriſtlichen Gottes Name und Sache durch alles Toben der Heiden, d. i. alle Zerwürfniſſe und Wandlungen der Philoſophie, im Ganzen unverrückt fortbeſteht. Und warum kann es nicht gelingen? weil der chriſtliche Glaube praktiſch durch nichts erſetzbar iſt; nach unſerm Principe ein Beweis, daß er richtig und was abſeits oder dawider läuft, unrichtig iſt. Und damit iſt jeder Philoſophie, die wider den chriſtlichen Glauben nach jenen Grundpuncten läuft, in denen ſein praktiſcher Werth ruht, das Urtheil ſchon geſprochen; indeß diejenige, welche die Zuverſicht deſſelben durch Zufügung von Wiſſensgründen noch zu ſteigern und damit die praktiſche Wirkſamkeit deſſelben noch zu erhöhen vermag, die Zukunft, weil die Wahrheit, die Wahrheit, weil die Zukunft, für ſich hat.

Und wie jede Philoſophie verworfen werden wird, die für das Brod des Glaubens einen Stein bietet, wird jede verworfen werden, welche eine leere Hand bietet. Und giebt es nicht ganze Syſteme, welche von Gott nichts weiter auszuſagen wiſſen, als daß von ihm nichts auszuſagen ſei, aus praktiſchen Gründen zwar an ihn zu glauben gebieten; aber indem ſie dem Glauben Alles entziehen, was ihn praktiſch macht; oder gar vom praktiſchen Principe den Glaubensinhalt verlangen, den ſie dem praktiſchen zu geben hätten, das für ſich nur inhaltsleere Foderungen ſtellen kann. Solche Syſteme aber (Kant, Herbart) ſind Anfang und Ende der heutigen Philoſophie.

Freilich, woher ſoll die Philoſophie den Glaubensinhalt nehmen, mit dem ſie die praktiſche Forderung zu erfüllen hat. Ich denke, woher ihn der Glaube von jeher genommen hat und irgend woher muß er ihn doch haben. Wir wollen ihn beim folgenden Principe ſuchen.

Gegen den Glauben an eine perſönliche bewußte Fortdauer hat der Materialismus Gründe, die auf der Hand und Oberfläche liegen. Sie ſind vortrefflich bis auf einen bittern Punct; ich würde ſelbſt an dieſe Gründe glauben — und Glaube bleibt es doch, daß wir nicht ſein werden, wie daß wir ſein werden — wenn ſie nicht gegen das praktiſche, und darum auch hiſtoriſche, Argument liefen, der materialiſtiſche Radius alſo nicht ins Blaue liefe. Nun ſie es thun, ſo iſt zu fragen, ob es nicht in einer tiefern Auffaſſung des Zuſammenhanges der Dinge auch tiefer liegende Gründe für das Jenſeits giebt, die an ſich gleich möglich, als die materialiſtiſchen dagegen, doch darum noch vortrefflicher ſind, daß ſie zugleich hiſtoriſch und praktiſch möglich ſind, einen Radius geben, der mit den beiden andern Radien im ſelben Punct zuſammentrifft. Und wo könnte man ſie anders ſuchen, als beim Idealismus in ſeinem Tiefſinn, ſeiner Oppoſition gegen den Materialismus? Umſonſt; entweder findet man in andern Worten eben ſo vortreffliche Gründe gegen die perſönliche Fortdauer als beim Materialismus, oder Unklarheiten und Träume, die keinem der drei Argumente recht genügen und damit weit hinter der Klarheit und Conſequenz der materialiſtiſchen Gründe zurückbleiben, die dem einen faſt ganz genügen, indem ſie den andern gar nicht genügen, nur darin fehlend, daß ſie ſich überhaupt in Gränzen halten, in welchen ein ſolches Genügen des einen ohne die andern möglich iſt.

Wo freilich, fragt ſich wieder, können noch theoretiſche Gründe für erwartet werden, wenn man ſie weder beim Materialismus noch Idealismus findet oder zulänglich findet? Und kann das wirklich beſtehen, wofür ſich keine Gründe finden laſſen? In der That hat man faſt nur die Wahl, ob der alte Glaube oder die heutige Philoſophie, welche keine zulänglichen Gründe dafür zu finden weiß, beſtehen ſoll.

Der Glaube an höhere vermittelnde Perſönlichkeiten zwiſchen uns und Gott iſt im Allgemeinen unter uns ſehr ſchwach geworden. Namentlich blieb den Proteſtanten faſt nur Chriſtus als Vermittler übrig und dieſer faſt nur noch den Orthodoxen. Die Katholiken haben dazu noch Maria und die Heiligen, doch faſt nur noch die gemeinen Katholiken und die Maler, und dieſe faſt nur noch auf der Leinewand. Die Engel gelten überall nur noch als Zierrath; man weiß mit ihnen gar nicht mehr wohin, als wieder auf die Leinewand. Aber indem alle Nachtheile einer rohen und verwerflichen Geſtaltung jenes Glaubens mit dem Glauben ſelbſt gefallen oder abgeſchwächt worden ſind, ſind auch die Vortheile, die er haben kann, und, wie er immer ſein mag, hier und da noch hat, gefallen, welche uns an ſo viel reinere und höhere Vortheile denken laſſen, die er bei reinerer und beſſerer Geſtaltung haben könnte. Willſt du dem Katholiken die Hülfe nehmen, die er im Glauben an Maria und die Heiligen findet, ſein niedres Weſen mit dem höchſten zu vermitteln, was giebſt du ihm dafür, und was giebſt du dem Cultus und der Kunſt dafür? du nimmſt ihm etwas, gieb ihm etwas Beſſeres, nicht Nichts dafür. Oder, wenn du ihm nichts Beſſeres geben kannſt, der nichts Beſſeres verlangt, gieb überhaupt etwas Beſſeres dafür. Wie iſt es möglich, wenn der ganze

Glaube ſchlecht und falſch iſt? Aber ſelbſt unter den Proteſtanten beweiſt die häufige Wendung an den noch übrigen Chriſtus ſtatt an Gott, der Name Mittler ſelbſt, den ſie ihm geben, ihr freilich ſehr verkümmertes Bedürfniß eines Mittlers; und die Kunſt der Proteſtanten muß gar den Glauben borgen oder lügen, den ſie nicht hat, und wird darum lieber gleich katholiſch. Unpraktiſch alſo kann der Glaube nicht ſein, und, ſofern er praktiſch nicht, wenn nicht durch einen praktiſchern im ſelben Sinn, erſetzbar iſt, nicht überhaupt verwerflich. Vielmehr rechte Entwickelung gälte es, als Dämpfung; doch dazu bedarf es einen neuen Grund. Wo iſt er? fragt man wieder; und ich antworte wieder: ſchwerlich da, wo die heutige Philoſophie, noch da, wo die heutige Theologie iſt. Ich fragte aber nicht, wenn ich nicht noch eine andre Antwort auf alle dieſe Fragen hätte.

Die chriſtliche Religion in ihrer reinſten Abklärung von Allem, was man in ihr noch heidniſch finden mag, der heidniſchen ſelbſt gegenüber betrachtet, iſt überhaupt von einer wunderbaren Erhabenheit zugleich und Oede. Kann ſie dieſe Erhabenheit nur mittelſt dieſer Oede behaupten? Aber der erhabenſte Anblick des Meeres iſt nicht der, wenn man nichts auf ihm ſieht, ſondern wenn Schiffe, nahe, ferne, immer fernere ein Maß für ſeine Ausdehnung geben; für Gott aber hat man uns kein Maß gelaſſen.

Die chriſtliche Religion hat ihre Erhabenheit dadurch erreicht, daß ſie das Unendliche für das Kleine, Beſchränkte, Endliche, was hier und da dafür gegolten, geſetzt; und ſie hat Recht. Aber nachdem ſie es dafür geſetzt, haben die Chriſten im Eifer das, wofür ſie es geſetzt, aus ihm ausgeräumt, ſtatt es darin aufzuheben, darin abzuſchließen, und das giebt nun die große Oede; die neuere Philoſophie aber hat dieſe Oede vergrößert, indem ſie Gott mit ausgeräumt oder als einen öden Begriff aus der Oede der Metaphyſik heraus erbaut hat.

Was hat hiegegen das folgende Princip zu bieten?

VII.

Das theoretiſche Princip*).

Der kurze Ausdruck des theoretiſchen Principes war: man glaubt, wozu man in Erfahrung und Vernunft Beſtimmungsgründe findet.

Nun kann man ſelbſt vernünftig darzuthun ſuchen, daß hiſtoriſche und praktiſche Gründe uns zum religiöſen Glauben berechtigen, wie dieß im Vorigen nur in andrer Weiſe als im hergebrachten hiſtoriſchen und praktiſchen Argument geſchehen iſt. Aber nach Allem, was mit hiſtoriſchen und praktiſchen Gründen geleiſtet werden konnte, bleibt das Bedürfniß übrig und hat ſich in den letzten Fragen ausgeſprochen, auch Gründe zu finden, womit das theoretiſche Princip den andern zur Stützung und Ergänzung dienen kann, ohne des Dienſtes der andern zu bedürfen, und um ſolche wird es ſich jetzt handeln.

---

*) Ich habe dieß Princip ſchon in der Schrift „Ueber die Seelenfrage“ (Kap. VII.) ſo weit behandelt und im ganzen „Zend-Aveſta“ durchgeführt, daß eine Verweiſung darauf genügen könnte, wenn es nicht hier gälte, daſſelbe mit den beiden andern Principen in Zuſammenhange und wechſelſeitiger Ergänzung darzuſtellen, womit dieſe Schrift ſelbſt zu einer Ergänzung von jenen wird. Doch kann man nur in andern Wendungen und Ausführungen daſſelbe hier erwarten, was man dort findet, und was bei ſeinem feſten Stande eben nichts Andres zuläßt, als andre Wendungen und Ausführungen.

Vernunft und Erfahrung haben wir als Hebel des Principes genannt. *Vernunft*, — denn ſofern die höchſten und letzten Wirklichkeiten in ihrer Eigenſchaft als Höchſtes, Letztes keine Gegenſtände der directen Erfahrung ſind, und außer dem hiſtoriſchen und praktiſchen Principe noch ein andrer Quell ihrer Erkenntniß geſucht wird, bedarf es irgendwelchen Schluſſes, um auf ſie zu kommen. *Erfahrung*, — denn ſofern ſie doch das Höchſte und Letzte der Wirklichkeit ſind, bedarf es der Erfahrung als Unterlage des Schluſſes. Durch Logik und Mathematik allein kann man weder zum Glauben an Gott und Unſterblichkeit, noch zu einem andern als begriffsſpieleriſchen Beweiſe und leeren Begriffe davon kommen. Man kann es, wenn man von unſerm Geiſte als Stufe zum Geiſte über allen Geiſtern, von unſerm Leben als Stufe zu einem zweiten Leben aufſteigt. Es gilt nur eben auch aufzuſteigen und nicht bei dem, was die Erfahrung unmittelbar bietet, ſtehen zu bleiben, wenn es ſich um das, was ſeiner Natur nach alle Erfahrung überſteigt, handelt. Zwiſchen dieſen beiden Irrthümern aber ſchwankt noch heutzutage die Geſtaltung des Glaubens auf theoretiſchem Grunde, daß man zu wenig von der erfahrbaren Wirklichkeit ausgeht, Fehler der heutigen Philoſophie und Theologie, oder daß man zu ſehr dabei ſtehen bleibt, Fehler der Heiden und Materialiſten. Auf beiden Wegen verliert man entweder den ganzen Gott oder den ganzen Inhalt oder Umfang Gottes, und wirft endlich lieber gar das ganze Princip weg, was den Verluſt zuwege brachte; aber nur ſeine verwerfliche Anwendung iſt zu verwerfen.

Was man gewöhnlich religiöſe Erfahrung nennt, iſt weſentlich nur die innere Erfahrung der praktiſchen Antriebe und Wirkungen des Glaubens. Wie nun darauf ein Grund des Glaubens zu ſtützen ſei, wurde beim vorigen Principe ſelbſt aus erfahrungsmäßigem Geſichtspuncte gezeigt. Hier aber wird Erfahrung in einem weitern Sinne und andrer Richtung geltend gemacht. Nicht um eine Erfahrung von den Beweiſen des Daſeins der höchſten und letzten Dinge, welche in unſerm Bedürfniſſe des Glaubens daran und den Folgen des fertigen Glaubens liegen, handelt es ſich hier, ſondern welche, in den allgemeinſten Thatſachen der Exiſtenz liegend, ohne Rückſicht ob wir glauben möchten, ſchon glauben oder nicht, zum Glauben führen und damit der oft nur zu einſeitig geltend gemachten religiöſen Erfahrung zu Hülfe kommen können.

Ehe wir aber zeigen, wie dieß im theoretiſchen Argumente geſchieht, gilt es, die Motive, die ſich darin abzuſchließen und zu vollenden haben, in Betracht zu ziehen.

Sehen wir nach, wie ſie ſich wirklich finden, ſo liegen ſie aller Metaphyſik, worauf der Philoſoph den Glauben ſtützen möchte, will er ihn andern ſtützen, ſo fern wie möglich. Kein Ausgang von den abſtraten Begriffen des Seins, des Abſoluten, des Ich, des Dinges an ſich, des vollkommenſten und hiemit realſten Weſens, der einfachen Dinge, der abſoluten Cauſalität, der ſich verwirklichenden Urmöglichkeit hat die Menſchen zum Glauben an Gott geführt. Alles dergleichen iſt erſt dem Glauben nachgekommen, ohne in ſeinen Conſequenzen den Glauben je wieder haben einholen zu können, es ſei denn, daß es ſich von ihm nachziehen ließ; und vielfach hat es ganz davon abgeführt.

Vielmehr, was zum hiſtoriſchen und praktiſchen Motive ergänzend hinzugetreten iſt, den Glauben zu erzeugen und zu geſtalten, iſt ein Schluß, den der Menſch im Leben täglich bewußt wie unbewußt braucht und zieht, der ſich ſo zu ſagen bei jeder Gelegenheit ganz von ſelber in ihm zieht, und der allgemein geſprochen alſo lautet: weil das iſt, das war, ſo iſt jenes, war jenes, wird dieſes ſein; weil das ſo iſt, ſo war, iſt oder wird dieſes, jenes ſo ſein. Jeder beobachtete Fall giebt dem Menſchen unwillkührlich Anlaß und Anhalt, ſeine Erwartung andrer Fälle danach zu ſtellen, indem er nach gleichen oder ungleichen Bedingungen gleiche oder ungleiche Folgen und nach dem Gleichen und Ungleichen in den Bedingungen Gleiches und Ungleiches in den Folgen erwartet, im ſelben Sinne rückwärts von den Folgen zu den Urſachen geht. Der Menſch ſchließt ſo im Felde der gemeinſten Dinge, er ſchließt auch ſo im Felde der höchſten und letzten Dinge, oder vielmehr von jenem Felde in dieſes hinein und damit endlich alle ſeine Schlüſſe ab. Mein Haus iſt von Jemand gebaut worden, auch die Welt wird von Jemand gebaut worden ſein. Die Welt iſt größer als mein Haus, alſo wird es auch ein größerer Jemand ſein, der die Welt gebaut hat. Mein Körper bewegt ſich unter dem Einfluſſe meines Gefühles und Willens, auch Sonne, Mond, das Meer, der Wind wird ſich unter ſolchem Einfluſſe bewegen, aber unter dem Einfluſſe eines mächtigeren Gefühles und Willens, weil ſie ſelbſt mächtiger ſind. Ich lebe jetzt und ändre mich nur von einem Tage zum andern; ich werde auch künftig leben und mich nur noch mehr ändern. Mein Leben hängt an meinem Athem und der Wärme meines Leibes, wohin ſie im Tode gehen, wird die Seele gehen. Ein jeder König hat ſeine Diener; auch Gott wird ſeine Diener haben.

Nicht nur der Glaube an das Daſein Gottes, des Jenſeits, höherer Weſenheiten, auch alle Vorſtellungen von ihrer Daſeinsweiſe ſtützen ſich bewußt oder unbewußt auf Analogieen und Inductionen dieſer Art. Etwas

Erfahrungsmäßiges liegt überall unter, eine Verallgemeinerung führt überall darüber hinaus, ſofern es aber ein Größeres und Höheres gilt, eine Verallgemeinerung mit einer Erweiterung und Steigerung. Und wenn ohne das praktiſche Motiv ſchwerlich Anlaß war, eine ſolche über das Erfahrungsmäßige hinaus überhaupt vorzunehmen, ſo vermöchte das praktiſche Princip ſeinerſeits nicht ohne ſolche den Glauben zu geſtalten und geſtaltet dem hiſtoriſchen Princip zu überliefern, würde vielmehr ohne das ganz inhaltleere Vorſtellungen ſchaffen, wie ſich's ja auch ſtets gezeigt hat, wo es ſich angemaßt, den Glauben allein ſchaffen zu wollen. Dagegen iſt nicht ohne Intereſſe und haben wir ſchon früher darauf hingewieſen, wie ſich in jedem andern Volke die Glaubens-Vorſtellungen nach ſeinem andern Lebenskreiſe und ſeiner andern Lebensweiſe ändern. Je roher ein Volk, ſo roher auch ſeine Verallgemeinerungen, je beſchränkter und niedriger, ſo beſchränkter und niedriger ſeine Erweiterungen und Steigerungen von da ins Glaubensgebiet hinein. Aber ſelbſt der Glaube der cultivirteſten Völker verdankt ſeinen Inhalt ganz der Verallgemeinerung, Erweiterung und Steigerung von ihrem Lebenskreiſe und ihrer Lebensweiſe aus, und wäre ohne dem ganz leer.

Leicht treten auf dieſem Wege Conflicte des theoretiſchen Motivs mit dem praktiſchen wie mit ſich ſelbſt ein, woraus auch ſolche mit dem hiſtoriſchen erwachſen und mannichfache Verſuche ihrer Löſung hervorgehen. Berechnen läßt ſich's nicht, doch immer deuten. Wer möchte ſagen, der Glaube an ein böſes perſönliches Grundprincip, einen Ahriman oder Teufel, ſei im praktiſchen Intereſſe. Doch konnte der Blick auf die Macht des Uebels in der Welt und die Zerſtörung, die jeder Schöpfung droht, leicht dazu führen, den böſen Trieb im Menſchen zu einem höchſten Triebe in einem perſönlichen Weſen Gott gegenüber zu verallgemeinern und zu ſteigern. Dann aber ſchließen das praktiſche und theoretiſche Intereſſe ihren Frieden auf Grunde deſſen, daß im Gange der Geſchichte das Gute doch im Ganzen endlich durchſchlägt, Ehrlich am längſten währt. Das gute göttliche Princip ſiegt endlich ob; die Hölle ſelbſt wird überwunden oder gar bekehrt.

Völker giebt es, nach deren Glauben nur die Vornehmen eines glücklichen Zuſtandes im Jenſeits theilhaftig werden, das Glück jenſeits vielmehr vom Range als der Tugend dieſſeits abhängt. Wer mag verkennen, daß dieſe praktiſch unzuläſſige Vorſtellung auf einfacher Analogie mit dem Dieſſeits ruht. In der früher ſo verbreiteten Anſicht von einem Hades, Scheol, einem ſchattenhaften Daſein nach dem Tode, mögen die Motive, ein Leben über das Grab hinaus noch überhaupt zu denken und zu wollen, mit dem Blicke auf die handgreifliche Zerſtörung alles Handgreiflichen im Tode, die Grabesnacht und Ruhe zuſammengewirkt haben, das Jenſeits ſo dunkel und traurig zu geſtalten. Auch dieſe Conflicte drängen zum Verſuch der Löſung, und wenn ſie ſich nicht in den Völkern heben, ſo heben ſie ſich endlich mit den Völkern.

Mag aber das praktiſche Motiv in Conflict oder Einſtimmung mit dem theoretiſchen wirken, immer kann es doch nur richtungsbeſtimmend wirken; die Ausführung in gegebener Richtung bleibt eine Sache des theoretiſchen Motivs. Sei's Scheol, Paradies oder Hölle, ſo geht es darin nach Analogie dieſſeitiger Verhältniſſe her; und wer verſucht mit ſeinem Glauben daraus herauszukommen, kommt nur von einer andern Seite hinein oder überhaupt aus aller Vorſtellung heraus. Wie ungezügelt die Phantaſie immer wirken mag, ſie kann's doch nur mit Stoffen und mit Formen, die ihr das theoretiſche Motiv geboten.

Sieht man ſich nun freilich um, was überhaupt auf dieſem Wege erzielt worden iſt, ſo möchte man zunächſt an allem Glauben verzweifeln. Die thörichtſten widerſprechendſten Anſichten von Gott, Jenſeits, Engeln, Teufeln ſind dadurch zu Stande gekommen, und haben doch noch weitere Verbreitung gefunden, als was die Vernunft der Vernünftigſten dafür hat ſetzen wollen; denn darin befriedigt kaum ein Einzelner den Andern. Haben nicht alſo die Recht, welche ſagen, der Quell des Glaubens in höchſten und letzten Dingen ſei überhaupt hier nicht zu ſuchen, ſondern vielmehr zu vermeiden.

Ja haben nicht Betrachtungen wie folgende vollkommen Recht:

Schon im gemeinen Leben irren wir täglich, indem wir nach Analogieen und Inductionen vom Jetzt und Hier, vom Dem und Dem, vom So und So aus das Ferne, das Kommende, das Andre erſchließen wollen; wie können wir uns damit an die höchſten und letzten Dinge wagen, wo die Aufgabe ſich zur unermeßlichen ſteigert und die Hülfe, die uns dort zu Gebote ſteht, den Schluß und die Schlußmittel durch Erfahrung zu beſtätigen oder zu berichtigen, abgeht, wir vielmehr immer in's Unſichre fortzuſchließen, auf Unſicheres noch Unſichreres zu bauen genöthigt ſind. Alle jene Schlüſſe haben überhaupt der Natur der Sache nach nur eine Tragweite in's Endliche und die Gegenſtände des religiöſen Glaubens tragen vielmehr den Charakter der Unendlichkeit.

Und doch iſt es ein eigen Ding, daß der Menſch unwillkührlich immer wieder zu dieſem Quelle zurückkehrt, und ſelbſt die, die ihn principiell verwerfen, nicht umhin können, aus ihm zu ſchöpfen, wenn ſie von den höchſten und letzten Dingen einmal etwas mehr ſagen wollen, als daß es unſagbare Dinge ſind; und das wollen ſie doch und knüpfen ſogar das Heil an das, was ſie davon ſagen. Sollte ein nothwendiger Quell verwerflich ſein. In Wahrheit kann man ſagen, wir mögen wollen oder nicht, wir müſſen uns an das theoretiſche Princip halten; da wir es aber factiſch nicht verwerfen können, ſo müſſen wir es in beſter Weiſe faſſen und mit den andern Principen zuſammenwirken laſſen.

In der That aber iſt es bei ihm eben nicht anders, als bei den andern Principen. Nicht, daß wir es brauchen, ſondern daß wir es nicht genug oder daß wir es falſch brauchen, macht es verwerflich. Auch in den Dingen des täglichen Lebens iſt es ja nicht die Benutzung der Mittel des Schluſſes, die uns Erfahrung und Vernunft bieten, was uns irren läßt; wollten wir ſie fallen laſſen, würden wir vollends irren; ſondern daß wir ſie nicht genug oder daß wir ſie falſch benutzen; je beſſer aber, ſo mehr und Beſſeres erreichen wir damit. Nun iſt nur das anders bei den höchſten und letzten Dingen, als bei den gemeinſten, einmal, daß wir mit dem, womit wir bei dieſen reichen, noch nicht reichen und um ſo leichter und ſchwerer damit irrren, je mehr wir damit zu reichen meinen; alſo müſſen wir die Mittel dazu erweitern, ſteigern, ſtatt ſie wegzuwerfen. Und weiter: daß eine erfahrungsmäßige Bewährung des Erſchloſſenen ſeiner Natur nach hier gar nicht zu fodern, weil für das Geiſtige über mir ſo wenig als für das Geiſtige neben mir überhaupt zu haben iſt. Alſo müſſen wir ſie — es iſt nicht genug zu wiederholen — durch die Zuſammenſtimmung des Erſchloſſenen mit den Foderungen und Folgerungen der andern Principe erſetzen.

Einen andern Weg der Bewährung giebt es freilich nicht; dieſen aber giebt es.

Nun aber ſcheitert die ganze theoretiſche Begründung und Geſtaltung des Glaubens faſt immer an einer von zwei Klippen, wozu die Fehler, die wir Eingangs zeigten, führen, daß man die höchſten und letzten Dinge über die niedern und gemeinen begrifflich oder factiſch oder beides zugleich hinweghebt, als hätten ſie gar nichts damit gemein, und daß man ſie mit niedern oder gemeinen ſelbſt verwechſelt, als wären ſie auch nur etwas unter Anderm, anſtatt die niedern in den höhern aufzuheben, dadurch abzuſchließen. Und freilich wenn Gott wirklich unvergleichbar mit Allem, was in ſeiner Welt, abgeriſſen von der Welt, über ihr, die Welt abgefallen von Gott unter ihm ſchwebte, ſo wie ſich's Viele denken, die Welt, in der ſich unſre Erfahrungen bewegen, ſo wäre kein Schluß von ihr auf ihn möglich, kein Schluß möglich von dem Abſchluſſe unſrer kleinen geiſtigen Welt in einem Ich auf den Abſchluß der ganzen geiſtigen Welt in einem Ich, von der Herrſchaft unſers Geiſtes über einen kleinen Theil der Körperwelt auf die Herrſchaft eines Geiſtes über die ganze Körperwelt. Doch haben wir theoretiſch keinen Grund, das höchſte Daſein außer begrifflichem und factiſchem Zuſammenhange mit allem Daſein anzunehmen, iſt praktiſch ein Gott unbrauchbar, der keine angebbaren und verfolgbaren Beziehungen zu ſeiner Welt und zu ſeinen Geſchöpfen hat, und iſt er von jeher hiſtoriſch in ſolchen Beziehungen vorgeſtellt worden; und wer es nicht hat thun wollen, that es doch.

Und freilich, wenn der Uebergang in's Jenſeits außer Vergleichbarkeit mit allen Uebergängen in dem Dieſſeits erfolgte, im Jenſeits ſelbſt alle Verhältniſſe und Geſetze aufhörten, die im Dieſſeits gelten, ſo wäre auch keiner der Schlüſſe möglich, die wir vom Einen auf das Andre ziehen werden. Aber von jeher hat man Analogieen für den Uebergang in's Jenſeits im Dieſſeits geſucht und die Vorſtellungen von dem künftigen Leben auf Grund des jetzigen geſtaltet; wir bedürfen praktiſch eines Glaubens, der die Beziehungen aus dem Dieſſeits in das Jenſeits forterhält; und überall ſonſt finden wir erfahrungsmäßig in der Gegenwart die Bedingungen der Zukunft enthalten und ſchließen ſo weit möglich daraus auf die Zukunft. Nun reicht freilich unſer Vermögen noch nicht einmal hin zu erſchließen, wie die Orange aus dem Laubwerk, der Schmetterling aus der Raupe, ein Leben nach der Geburt aus dem Leben vor der Geburt, eine Erinnerung aus der Anſchauung folgt; wie, ſagſt du, ſollten wir ſchließen können, wie ein jenſeitiges Leben aus dem dieſſeitigen folgt? Aber wir ſehen doch, daß die Orange aus dem Laubwerk, der Schmetterling aus der Raupe, ein Leben nach der Geburt aus dem Leben vor der Geburt, eine Erinnerung aus der Anſchauung folgt, trotz dem, daß wir nicht wiſſen, wie es daraus folgt; alſo wird es auch nur gelten, von den thatſächlichen Beziehungen zwiſchen Urſachen und Folgen im jetzigen Leben verallgemeinernd, erweiternd und ſteigernd auf entſprechende zwiſchen dem jetzigen und einem daraus folgenden Leben zu ſchließen; und die gleiche Unerklärlichkeit dieſer Beziehungen hier und da wird nur noch ein Moment mehr in dem Entſprechen ſein.

Die Fehler und die Klippen zugleich endlich werden wir vermeiden, und von den theoretiſchen Motiven zum theoretiſchen Argumente nach folgendem Princip gelangen*).

„Es gilt, vom möglichſt großen Kreiſe des Erfahrungsmäßigen im Gebiete der Exiſtenz auszugehen, um durch Verallgemeinerung, Erweiterung und Steigerung der Geſichtspuncte, die ſich hier ergeben, zur Anſicht deſſen zu gelangen, was darüber hinaus in den andern, weiteren und höheren Gebieten der Exiſtenz gilt, an die wegen ihrer Ferne unſre Erfahrung nicht reicht, oder deren Weite und Höhe unſre Erfahrung überreicht und überſteigt, mit der Vorſicht, die Verallgemeinerung, Erweiterung und Steigerung über das Gebiet des Erfahrbaren hinaus nur in dem Sinne und der Richtung vorzunehmen, die ſchon innerhalb des Erfahrbaren ſelbſt eingeſchlagen iſt; alſo nur das für die andern, weiteren und höheren Gebiete in Anſpruch zu nehmen, als gültig zu erachten, was ſich um ſo mehr verallgemeinert, erweitert, ſteigert, je weiter und höher wir den Blick in's erfahrbare Gebiet richten, und dem Geſichtspuncte des Unterſchiedes, der durch die größere Ferne, Weite, Höhe des Gebietes entſteht, volle Rechnung zu tragen.

---

*) In der Schrift über die Seelenfrage S. 116 aufgeſtellt.

Gleich wie nun zur Geltendmachung des hiſtoriſchen und praktiſchen Principes in Form eines Argumentes die thatſächlichen Unterlagen, welche in der Allgemeinheit und Heilſamkeit des Glaubens liegen, entweder als bekannt vorausgeſetzt oder beſonders aufgezeigt werden müſſen, ſo auch zur Geltendmachung des theoretiſchen Principes die im Erfahrungsgebiete liegenden Unterlagen des Schluſſes auf die höchſten und letzten Dinge. Aber wo ſind ſie zu finden, wenn nicht in Gründen, wie ich ſie ſchon angedeutet, jene Gründe, welche den hiſtoriſch gewordenen, praktiſch geforderten, Glauben an einen perſönlichen Gott mit Bewußtſeinsbeziehungen zu ſeinen Geſchöpfen, an eine künftige Fortdauer, an perſönliche Mittelweſen zwiſchen uns und Gott von der Wiſſensſeite her ſtützen, feſtigen oder gar noch ſteigern und entwickeln können?

Ich ſuche rings: ich ſuche danach in den dogmatiſchen Lehrbüchern der Theologen, ich horche den Predigern auf den Kanzeln, den Schulmeiſtern in den Schulen, den

Profeſſoren auf den Kathedern; ich wende mich von den Rationaliſten zu den Orthodoxen und Pietiſten hin und wieder; ich durchſtöbere die verſtaubten Beweiſe für das Daſein Gottes; ich ſtudire die philoſophiſchen Syſteme von Kant, von Fichte, Schelling, Hegel, Herbart, Schopenhauer. Es iſt umſonſt. Ich finde nichts, was auch nur einigen Halt gewährte oder nicht vielmehr wider als für den Glauben ſtritte. Aber ich ſuche auch zugleich umſonſt, wo ich eine klare Erkenntniß, geſchweige triftige Anwendung des vorigen Principes fände; ich finde nur ein Schwanken zwiſchen beiden oder eine Vereinigung beider Hauptfehler ſeiner Anwendung, ein Scheitern bald an der einen bald an der andern Klippe. Wie aber ſoll ein triftiges Argument durch Verfehlung oder Verletzung ſeines Principes zu Stande kommen.

Auf das Daſein eines Gottes, wie ihn das hiſtoriſche und praktiſche Argument fodert, womit in Zuſammenhange die andern Hauptgegenſtände des Glaubens ſich von ſelbſt ergeben, können wir nach dem theoretiſchen Principe auf zwei Weiſen und nur auf zwei Weiſen ſchließen, obwohl jede beider Weiſen in ihrer Allgemeinheit eine Mehrheit von beſondern Wegen einſchließt. Einmal, indem wir von der Welt unſers eigenen Geiſtes, der einzigen, von der wir unmittelbar wiſſen, durch die Welt der Geiſter, an die wir nach der Geſammtheit der drei Gründe ſo feſt glauben, als wüßten wir darum, zu der Welt eines Geiſtes aufſteigen, zweitens indem wir davon, daß unſer eigener Körper einen Geiſt zugleich ſpiegelt und trägt, wieder dem einzigen Wiſſensfalle dieſer Art, dazu aufſteigen, daß die ganze Welt Spiegel und Träger eines Geiſtes in höherm Sinne iſt.

Denn es ſind die einzigen Ausgangspuncte, die wir von der Wiſſensſeite haben, um nicht aus dem Leeren in das Leere, ſondern aus dem Vollen in das Vollere zu ſchließen und damit dem Glauben ſeinen Inhalt zu erſchließen, die einzigen, auf denen das Argument ſich als Vollendung der theoretiſchen Motive nach obigem Princip geſtalten kann.

Je nachdem wir nun vom erſten Ausgangspuncte her blos auf geiſtigem Gebiete vorſchreiten, oder vom zweiten ausgehend den Körper als Spiegel und Träger der Seele in das Auge faſſen, laſſen ſich zwei Haupttheile, Seiten, Formen oder Wendungen des theoretiſchen Argumentes unterſcheiden, ich will ſie kurz das Argument vom Geiſte und vom Körper nennen. Im Grunde und den Folgerungen bleibt's ein einziges Argument.

Vor ihrer Aufſtellung noch einige Worte.

Schon oft war Anlaß, darauf hinzuweiſen, daß jeder nur von einer einzigen Seele, der eigenen, unmittelbar durch Erfahrung weiß. Die Folge davon iſt, daß für den Schluß auf andre Seelen, Geiſter, ob nachbarliche oder höhere, überhaupt keine Induction, welche die Mehrheit gleicher Fälle als Unterlage braucht, ſondern nur Analogie zu Gebote ſteht. Die Analogie aber läßt ſich in dieſem Gebiete nicht miſſen. Denn wie auch nur eine Vorſtellung von einem Geiſte neben oder über unſerm Geiſte faſſen ohne Anknüpfung an die Erfahrung von dem eignen Geiſt.

Nun iſt jede einzelne Analogie für ſich genommen trüglich; doch iſt der Schluß auf unſre Nachbarſeelen bindend. Und wodurch wird er bindend? Sehen wir beim Kleinen nach, um nichts Andres, ſondern nur das Größere davon im Schluſſe auf Größeres zu verlangen. Dadurch, daß er für die kleine Seele eben das zuſammennimmt, was man für die größte wegwerfen möchte, und nur in größtem Maßſtabe zuſammenzunehmen hätte. Dadurch, daß es keine einzelne Analogie noch Summe vereinzelter Analogieen iſt, auf die er ſich ſtützt — der Kreis hätte ja den Abſchluß, die Statue die äußere Form, die einmal aufgezogene Uhr den innern Kreislauf mit mir gemein; das Alles giebt noch einzeln keine Seele; — vielmehr daß es ein in ſich zuſammenhängendes und zuſammenſtimmendes Syſtem der Analogie nach allen Puncten iſt, die man bezüglich des eigenen Weſens der Seele, des Spiegelns und Tragens derſelben durch den Körper vernünftigerweiſe in Betracht ziehen kann;*) — und endlich dadurch, daß dieſes ganze Syſtem der Analogie auch ein Syſtem mit dem Syſtem unſrer praktiſchen und hiſtoriſchen Foderungen giebt.

---

*) Den allgemeinen Geſichtspunct und das Weſentlichſte dieſer Puncte glaube ich in der Schrift „Ueber die Seelenfrage" S. 49

Hiedurch und hiedurch allein wird der Schluß auf das Daſein der kleinen menſchlichen Nachbarſeelen vollkommen bindend und ein Schluß auf ihre Daſeinsweiſe überhaupt möglich. Metaphyſik hat nicht dazu geführt und kann dazu nicht führen. Nichts Andres aber, ſondern eben nur das Größere, nicht das Wenigere davon, haben wir im Schluſſe auf Größeres im Geiſterreiche zu verlangen, um Größeres damit zu erlangen. Metaphyſik hat nicht dazu geführt und kann dazu nicht führen. Analogie läßt ſich hier eben ſo wenig miſſen, iſt einzeln eben ſo trüglich; es gilt eben ſo ein Syſtem der Analogie in ſich und mit den Folgerungen und Foderungen der andern Principien.

Beim Schluſſe auf die andern Menſchenſeelen ziehen die Analogieen, macht das Syſtem ſich ſo zu ſagen von ſelbſt. Ein Menſchlein iſt ſo klein, ſteht uns ſo verwandt, ſo überſichtlich gegenüber; Alles daran iſt uns beim erſten Blick geläufig. Bei Gott, höhern und jenſeitigen Geiſtern iſt Alles groß und weit und anfangs ungeläufig, und gilt es, den Zuſammenhang deſſen, worauf zu achten, erſt zu zeigen, Alles überſichtlich und geläufig erſt zu machen.

---

deutlich genug und ſo bezeichnet zu haben, daß die Vernünftigkeit einfach einleuchten durfte. Hier wird es blos die Anwendung gelten.

Nun aber kann doch nicht Alles auf einmal ſo gezeigt werden, wie es ſchließlich auf Einmal in Eins zu faſſen iſt, iſt alſo auch nicht auf einmal alſo zu verlangen. Das Argument vom Geiſte wie vom Körper kann ſich nur in einer Folge von Momenten entwickeln; nichts Einzelnes darin iſt bindend; das Bindende liegt im Bande nicht blos der Einzelheiten jedes beider Argumente, auch beider Argumente, die ja nur zwei Seiten Eines Argumentes ſind; nicht blos in dieſem Bande, auch im Bande dieſes Argumentes mit den beiden andern; und endlich darin, daß die drei Argumente alle drei Hauptſtücke des Glaubens in einem und demſelben Bande geben. So wächſt die bindende Kraft mit jedem Schritte, doch liegt in keinem Schritte, nur im ganzen Gange.

Wer dieſem Zuſammenhange will nachgehn, wird ihn am Schluſſe haben und endlich im Ausgange des ganzen Weges den Eingang zu einer Weltanſicht haben, in der Glauben und Wiſſen ſich widerſpruchslos vertragen und Eins im Andern Föderung und Stütze findet; wer das Reſultat des Schluſſes in ſeinen Einzelheiten, das Haus in einem Steine ſucht, der wird es niemals haben.

Auch mögen wir erinnern, daß dieſelbe Analogie, die uns vom Kleinen und Niedern, um das wir wiſſen, zum Glauben an Größeres und Höheres führen wird, zugleich das Kleine und Niedre in das Größere und Höhere aufhebt, das Wiſſen alſo nur inſofern damit überſchritten wird, als es zugleich als Inhalt in den Glauben aufgehoben wird.

Für ſich genommen bleibt's ein kühnes und gewagtes Steigen, was uns von unten aufwärts führt; wer möchte ſagen, daß es ſicher ſei. Aber erinnern wir uns nur, die Leiter zum Steigen ſteht nicht in bloßer Luft, ſie wird von Oben gehalten wie von Unten. Von Oben dadurch, daß ſie in daſſelbe Gebiet des Glaubens führt, was wir hiſtoriſch haben und praktiſch brauchen, indeß von unten dadurch, daß ſie von der erfahrbaren Wirklichkeit aus dahineinführt. Wogegen der glaubensloſe Materialismus auf einer nur von unten gehaltenen Leiter aufſteigt, der glaubensöde Idealismus auf einer nur von oben gehaltenen Leiter abſteigt.

Bedarf aber das theoretiſche Argument dieſer Unterſtützung durch das praktiſche und hiſtoriſche, ſo leiſtet es ihm auch ſeinen Gegendienſt, indem es die Ausſchreitungen des praktiſchen und theoretiſchen Motivs verhütet, womit kein Argument beſtehen kann. Was möchte der Menſch nicht Alles von Gott verlangen, was verlangt er nicht; wie Vieles möchte er in der Welt ſelbſt, der von Gott regierten anders wünſchen, ja was wünſcht er nicht; und was ſollte ihn endlich hindern an einen Gott und eine Welt zu glauben, wie er ſie wünſcht, wenn es nicht die Nothwendigkeit iſt, mit den Foderungen des praktiſchen und hiſtoriſchen Arguments zugleich denen des theoretiſchen zu genügen. Indem aber das theoretiſche nur eine ſolche Anſicht von Gott und Welt geſtattet, die vor dem Blicke auf die Wirklichkeit mit allen ihren Mängeln und Uebeln beſtehen kann, tritt es von ſelbſt in's praktiſche und hiſtoriſche Argument hinein, nach welchen nicht ſowohl das wahr iſt, was der Menſch hier und da, zu der und jener Zeit, wünſcht oder gewünſcht hat und hienach glaubt oder geglaubt hat, als was für wahr von der geſammten Menſchheit und für immer angenommen, ihr Denken, Fühlen, Handeln alſo zu leiten vermag, daß der wünſchenswertheſte Zuſtand der Menſchheit im Ganzen daraus folgt und kein Anlaß mehr iſt, darüber hinaus zu gehen. Dazu aber muß das wirklich Wahre als wahr angenommen werden; denn nur ſo kann ſich der Menſch am beſten dagegen ſtellen und kann die Stellung Dauer haben.

Das Argument vom Geiſte.

Unſer Geiſt ſtellt ſich dar als ein Reich von mannichfaltigen und wechſelnden Empfindungen, Erinnerungen, Vorſtellungen, Begriffen, Gedanken, Trieben, Strebungen, Wünſchen, die ſich einander über- und unterordnen, verknüpfen und ſcheiden, harmoniren und ſtreiten. Es iſt in Wahrheit eine kleine Welt.

Dieſe kleine Welt von Einzelheiten iſt ihrerſeits nur eine Einzelheit in der großen Geiſterwelt, worin ſich in größerem Maßſtabe und in in höherem Sinne wiederholt, was in der kleinen vorgeht. Denn auch in der großen Geiſterwelt ordnen ſich Gebiete einander über und unter, verbinden ſich und ſcheiden ſich, harmoniren und ſtreiten mit einander; und was in jede kleine Welt eines Geiſtes davon fällt, iſt einerſeits nur die letzte Verzweigung, anderſeits die Wurzel von dem, was in die große fällt und in großen Zügen hindurchgeht. So iſt das größere Reich eben nur das Größere, Höhere, Allgemeinere deſſen, was wir in dem kleinen finden. Nun greift über alle Einzelheiten in der kleinen Welt ein einiges Gefühl des Ich, ein einheitliches Bewußtſein, ein einheitlicher Wille. Die beiden Kreiſe der Geſichts- und Gehörsempfindungen ſcheinen nichts mit einander gemein zu haben; doch haben ſie das mit einander gemein, daß jenes Ich um beide in gleicher Weiſe weiß, nur mehr als beide weiß; und über allen Streit der Einzelheiten reicht ein Streben, dieſen Streit zu ſchlichten und zu verſöhnen, alles Einzelne von Gefühlen und Gedanken in ſolche Einſtimmung zu bringen, daß das Ich dabei befriedigt ſei.

Alſo können wir zwar nicht wiſſen, was nie eine Sache des Wiſſens wird, dürfen aber glauben, was wir ſchon ohnedem zu glauben Anlaß haben, daß auch über alle Einzelheiten in der großen Geiſteswelt in entſprechendem Sinne ein einiges Gefühl des Ich, ein einheitliches Bewußtſein, ein einheitlicher Wille greifen werde, in entſprechendem nur auch entſprechend höherm Sinne, als die große Geiſteswelt etwas über der kleinen iſt. Die Bewußtſeinskreiſe der verſchiedenen Menſchen ſcheinen nichts mit einander gemein zu haben; doch werden ſie das mit einander haben, daß jenes Ich um alle weiß, als wären ſie die ſeinen, nur mehr als alle weiß; und über allen Streit der Völker und Geſchlechter, des Wiſſens und Glaubens, der in dem großen Reiche ſo viel größere Dimenſionen annimmt und höher hinaufreicht, als in dem kleinen, doch in daſſelbe hineinreicht und aus ihm heraufſteigt, wird auch ein größeres und höheres Trachten greifen, ihn durch das Walten in der Geſchichte der Verſöhnung entgegenzuführen. Die Aufgabe iſt größer, die Zeit der Erfüllung länger als in dem kleinen Reiche, wenn du willſt unendlich lang; aber auch die Mittel in Gott größer, du kannſt glauben unendlich groß, und die Erfüllung in der Ewigkeit deßhalb vollkommener und ſicherer.

All das aber könnte ein Roman ſein, und daß Alles wohl darin zuſammenpaßt, würde nicht hindern, daß es ein Roman ſei, denn dieſen Vorzug hat jeder gute Roman; wenn die Analogie, die uns aufwärts geführt hat, auch das Einzige wäre, auf das wir uns dabei zu verlaſſen hätten, nicht die Leiter, auf der wir ſtiegen, zum untern wirklich auch den obern Stützpunct hätte. Nun aber führt uns unſer Steigen von dem einzigen feſten und klaren Ausgangspuncte alles menſchlichen Wiſſens um geiſtige

Dinge, d. i. der Betrachtung des Menſchengeiſtes ſelbſt, im folgerechten Wege der Erweiterung und Steigerung, den das Princip gebietet, zum Glauben an denſelben einigen, unendlichen, ewigen, allwiſſenden, allmächtigen, allgütigen Gott, auf den wir hiſtoriſch durchſchlagend durch das Chriſtenthum und mit praktiſcher Nöthigung geführt ſind, einen Urquell, Hort, ein Liebesband aller Geiſter, der um die Gedanken aller ſeiner Geſchöpfe weiß wie ſie ſelber, aus dem alle hervorgegangen ſind, und in dem ſie doch noch leben, weben, ſind, wie er in ihnen, der Alle liebt, wie jemand ſein eigenſtes Eigenthum lieben kann, der Alles im Laufe der Zeiten durch die Ewigkeiten zum gemeinſamen Beßten Aller fügt und lenkt, auf den die endlichen Geiſter ein gränzenloſes Vertrauen in dieſer Hinſicht ſetzen können, ſofern das, was ſchon jeder endliche Geiſt anſtrebt und um ſo ſicherer und vollkommener erreicht, je umfänglicher ſein Wiſſen, je höher ſein Trachten, je mächtiger ſein Wollen iſt, von Gott, dem Allwiſſenden, Allgütigen, Allmächtigen im vollſten Grade zu erwarten iſt; nur daß nicht vom Augenblicke das verlangt und erwartet werde, worin ſein ewiges Trachten und Wollen ſich erfüllt. Es führt nur unſer Steigen weiter in derſelben Richtung fort, die hiſtoriſch ſchon eingeſchlagen iſt, und ſich als die praktiſch am beßten einſchlagende erwieſen hat, und giebt dem Glauben neue Entwickelungsmomente.

Mag es nun auch ſein, daß die heutige chriſtliche Aufſaſſung wenig Ernſt mit dem Worte macht, daß alle Geiſter, wie ſie aus Gott hervorgegangen ſind, auch noch in Gott leben und weben und ſind, vielmehr in widerſpruchsvollſter Weiſe daſſelbe dem Wortlaute nach zugiebt, der Sache nach verleugnet, und die endlichen Geiſter dem göttlichen äußerlich gegenüberſtellt, wie ſie ſelber unter einander ſtehen, damit ihn ſelbſt in die Endlichkeit des äußern Gegenüber herabzieht; ſo wird uns nun unſer Argument ſelbſt Ernſt mit dem Worte machen laſſen. Hat ſich doch mit dem klaren Ausſpruche deſſelben in den Quellen der chriſtlichen Lehre die Nothwendigkeit bewieſen, auf eine Vorſtellung einzugehen, die ſich durch unſern Schluß zugleich feſtigt und widerſpruchslos klärt. Gehen doch auch aus unſerm Geiſte Vorſtellungen, Ideen hervor, ohne deßhalb den Geiſt zu verlaſſen; nur inſofern kann Gott um unſre Gedanken wiſſen wie wir ſelber; und wenn ſich Geiſter in Gott ſtreiten, ſo wird es eben auch nur daſſelbe in höherm Sinne ſein, was wir ſchon in unſerm Geiſte finden, wenn ſich Einzelnheiten, Gefühle, Gedanken in den untern Gebieten unſers Geiſtes ſtreiten und ſelbſt wider den Sinn und das Trachten des ganzen Geiſtes ſtreiten, nur daß ſich in ihm eben ganze Geiſter ſtreiten können, in uns blos geiſtige Momente; darin iſt Gott über uns und ſind wir unter Gott, das Stockwerk unter dem Thurm. Der rechte Geiſt aber, behält er nur ſein Leben, wird endlich Alles zur Einſtimmung unter einander und mit ſeinem oberſten Willen bringen, und ſelbſt ſeine höchſte Aufgabe darin finden, es zu thun; von Gottes Geiſt, dem ewig lebenden, wird das in höchſter und letzter Inſtanz gelten, und der endliche Geiſt wird es ſelbſt nur durch Eingehen in Gottes Sinn erreichen.

Indem ſo mit unſerm Argument in der Auffaſſung des göttlichen Weſens den allgemeinſten Geſichtspuncten des Chriſtenthums genügt wird, wird zugleich den verſchiedenſten Richtungen, in welche daſſelbe auseinandergegangen iſt, genügt, ſoweit ein gemeinſames Genügen derſelben überhaupt möglich iſt.

Es wird damit dem Myſtiker genügt, der ſich ganz in Gott verſenken möchte, und in der vollſtändigſten Verſenkung in Gott die vollkommenſte Befriedigung ſucht. Er iſt ja ſchon in Gott verſenkt; nur wird er auch erkennen müſſen, daß das Sein in Gott nicht hinreicht, Gott zu genügen und das vollkommenſte Genügen zu finden, da vielmehr Unzähliges ſchon von unſerm kleinen Geiſte verworfen wird, was in ihn als Vorſtellung eingeht, und zu beſeitigen geſucht wird, was ihm im Gefühl zuwider, ſo mehr in Gottes großem Geiſte; daß es vielmehr gilt, den Sinn Gottes nach höchſten und letzten Beziehungen klar zu erkennen und ihm gerecht zu werden. Damit erſt wird er der vollen Seligkeit theilhaftig werden, die er leichten Kaufes an das Gefühl knüpfen möchte, nur überhaupt in Gott zu ſein.

Es wird damit dem Rationaliſten genügt, der einen vernünftigen Weg, zu Gott zu gelangen und klare Vorſtellungen von ihm verlangt. Einen einfachern Weg zu Gott als unſer Argument kann die Vernunft nicht finden, und klarere Vorſtellungen, als es von ihm gewährt, nicht gewinnen. Nur wird die Vernunft ſich beſcheiden müſſen, nicht aus abſtracter Leere zu Gott herabſteigen zu wollen, ſondern von feſtem Grunde zu ihm heraufzuſteigen, und in dieſem Steigen ſich nicht auf ſich allein zu verlaſſen, ſondern nur ſo zu ſteigen, daß mit der eigenen Foderung auch die hiſtoriſche und praktiſche Foderung erfüllt wird.

Es wird damit dem Offenbarungsgläubigen genugt, der die Mittheilung der höchſten Wahrheiten Gott ſelbſt durch eine Inſpiration von ihm bevorzugter Geiſter verdanken will. Denn, wenn ſchon der kleine Menſchengeiſt nicht in jeden Gedanken, jedes Gefühl ſein ganzes Weſen legt, nicht jeder Moment ſeines Lebens richtungsgebend iſt für alle oder nur für eine große Folge, nicht jeder es nach höchſten und letzten Beziehungen iſt; doch giebt es ſolche ſchon im kleinen Menſchengeiſt und Leben; ſo giebt es im unendlichen Geiſte ſtatt kleiner Momente des kleinen Geiſtes ganze Geiſter, die doch wieder nur Momente des großen Geiſtes ſind, in denen das Wollen, Wiſſen, Weſen des göttlichen Geiſtes nach höchſten und letzten Beziehungen ſich in einem Einfluſſe auf die ganze oder eine große Folge vor andern bethätigt, und welche zu Lehrern und Führern für die andern Geiſter werden. Solche Ausnahmen vom gewöhnlichen Gange der Geſchichte mag man füglich als Offenbarungen Gottes in vorzugsweiſem Sinne bezeichnen; nur daß man keine Ausnahmen von der Natur der geiſtigen Dinge und des geiſtigen Geſchehens, ſondern nur die höchſten bewußteſten Bethätigungen derſelben darin zu ſehen hat.

Bei dieſem Allen macht ſich der Ernſt des Glaubens geltend, daß wir in Gott nicht außer Gott ſind. Es iſt überhaupt ein Glaube, an dem große Güter hängen, die freilich verkümmert und verloren bleiben, ſo lange der Ernſt des Glaubens verkümmert und verloren, der Glaube ſelber nur ein bloßes Wortſpiel bleibt; bei unſerm Argument aber iſt das unmöglich, weil es ſelbſt nur in ſolidariſcher Verbindung mit dieſem Glauben zu Stande kommt. Man muß ihn nur nicht ſich ſelbſt durch Irrthümer verkümmern, wie, daß wir mit unſerm Sein in Gott der Selbſtändigkeit und Freiheit verluſtig gehen. Denn warum ſollte nicht unſer Wille ſeine Selbſtmacht unter Gottes höherm Willen behaupten, ja ihm widerſtreben können, trotzdem, daß er deſſelben Geiſtes iſt, da ſo Vieles in niedern Gebieten unſers eigenen Geiſtes ſelbſtmächtig ja wider unſern Willen entſteht und geht, genug nur daß der höhere und höchſte rechte Wille doch ſchließlich die Oberhand behalte. Oder daß die Sünde unſers Willens im Widerſtreben gegen Gottes Willen dadurch zu Gottes Sünde werde, daß wir in Gott ſind. Denn Sünde bezieht ſich blos auf den Willen des ganzen Geiſtes, der nicht gegen ſich ſelbſt gerichtet ſein kann. Wir gewinnen aber mit dem Glauben in Gott zu ſein zugleich das Gefühl einer innigeren Beziehung zu Gott und durch Gott zu einander, das Vertrauen der endlichen Erlöſung von allem Uebel und die Sicherſtellung unſrer dereinſtigen Aufhebung zu einem höhern Daſein. Das Erſte ſelbſtverſtändlich, ſofern wir uns damit als unmittelbare und gemeinſame Theilhaber des Einen Geiſtes fühlen; das Zweite, ſofern es in der Natur des Geiſtes liegt, kein Uebel unausgeglichen, ungehoben, unverſöhnt, in ſich dulden zu können, dem unendlichen Geiſte aber auch eine unendliche Zeit und unendliche Mittel dazu zu Gebote ſtehen; das Dritte endlich werden wir bei Betrachtung des folgenden Hauptſtückes des Glaubens finden.

Nun kann man nur noch fragen: und warum hebt Gott der Allmächtige, Allgütige, Allweiſe das Uebel doch nicht plötzlich? Und weiter fragen, warum iſt Uebel überhaupt mit einem, in einem ſolchen Gotte, da?

Da haben wir zu glauben, weil wir nichts Beſſeres und Vernünftigeres glauben können, daß das Daſein des Uebels und die Unmöglichkeit ſeiner plötzlichen Hebung mit den letzten Bedingungen des Daſeins ſelbſt eben ſo verwachſen ſind, als das Streben und die fortſchreitende

Erfüllung des Strebens ſeiner Hebung mit dem innern Weſen des Geiſtes, welcher des Daſeins waltet. Wer ſich aber ſcheut, den Begriff des Uebels in Gott hineinzutragen, vergeſſe nicht, daß was uns endlichen Theilhabern ſeines Weſens in einem niedern Gebiete als Uebel erſcheint, für ihn eben damit dieſelbe Bedeutung nicht mehr hat, daß es nur das von unten treibende Motiv zu ſeinem höhern Wollen und Walten iſt, ohne dieß ſelbſt treffen, erreichen und davor Stand halten zu können. Weiß aber jemand einen beſſeren und vernünftigeren Glauben in dieſer Hinſicht aufzuſtellen, ſo ſei er an die Stelle dieſes Blattes geſchrieben*).

Wir ſprachen nur von Gott; wie aber iſt es mit dem Jenſeits? Wo finden wir dafür in unſerm Argumente den Grund? Und Gott und Jenſeits ſollen doch zuſammenhängen; nicht alſo ihre Gründe? Und wo den Grund für jene höhern Geiſter, die zwiſchen Gott und uns vermittelnd aus dem Jenſeits in das Dieſſeits übergreifen? Verlangten wir nicht ſelbſt von alle dem die zuſammenhängende Begründung? — Ich meine aber, eben nirgends als in unſerm Argument iſt ſie zu finden. Von ſelbſt giebt es das Eine mit dem Andern; ja vermag gar nicht das Eine ohne das Andre zu geben; ſo feſt verwachſen iſt auch hier das Himmelreich.

---

*) Im 8. Kap. der Schrift über die Seelenfrage glaube ich die Einwürfe, welche man überhaupt gegen die Immanenz der endlichen Geiſter im göttlichen Geiſte erheben kann, eingehend genug berückſichtigt zu haben, um mich hier mit obigen Andeutungen zu begnügen.

Wie der Menſch geboren wird, hebt ſein Geiſt zugleich von Oben und von Unten an, von Oben mit der ganzen Einheit des Bewußtſeins, von Unten mit den Einzelheiten der ſinnlichen Anſchauungen, Empfindungen, Gefühle, Triebe; nichts weiter. Dazwiſchen ſchieben ſich bei des Lebens Fortſchritt Vermittelungen ein. Die Geiſteshöhe, was wir ſo nennen, wächſt, je höher die Vermittelungen zwiſchen Unten und Oben aufſteigen, die Geiſtesweite wächſt, je mehr die Baſis wächſt, von der an ſie aufſteigen. Und wodurch gewinnt er die Vermittelungen zwiſchen Unten und Oben? Was in die Sinnlichkeit getreten iſt, es erlöſcht, um Neuem darin Platz zu machen; doch was erloſchen iſt, erwacht wieder auf einer neuen Stufe, in einem neuen geiſtigen Stande, und jenes Erlöſchen ſelbſt iſt Grund, daß es alſo erwachen kann, lebt fortan fort in Erinnerungen, wirkt fort in Phantaſievorſtellungen, geht im geiſtigen Nachklange mit den Nachklängen früher erloſchener Anſchauungen, Empfindungen, Gefühle, Triebe, in höhere Begriffs- und Ideenverbindungen, Zweckvorſtellungen, Willensbeſtimmungen, Strebungen beſtimmend und beſtimmbar ein; und verknüpft ſo durch aufſteigende Vermittelungen die ſinnliche Baſis nach verſchiedenen Richtungen zugleich in ſich und mit der geiſtigen Spitze. Pein heftet ſich an die Erinnerung jeder böſen Luſt und That, wie Freude an die der guten. Denn anders rechnet der Geiſt von Oben her als von Unten, und die Erinnerung begegnet dem oberen Geſichte.

So haben wir ſchon in unſerm eigenen Geiſte über einer niedern Welt eine zweite höhere Welt, von welchen die zweite aus der erſten herauswächſt, ſich ſo zu ſagen mit den Seelen, die aus den Leichnamen der erſten emporſteigen, bevölkert. Heiße die erſte kurz die Anſchauungswelt, die zweite die Erinnerungswelt, obwohl die Namen zu eng ſind für die Sache.

Und ſo dürfen wir glauben, was wieder ſeiner Natur nach niemals Sache des Wiſſens werden kann, da wir damit eben wieder nur das glauben, was wir von andrer Seite her zu glauben Anlaß haben, daß es auch im göttlichen Geiſte in entſprechendem nur höherm Sinne eine Erinnerungswelt über der Anſchauungswelt geben wird, alſo daß unſer ganzes dieſſeitiges menſchliches Anſchauungs- und Erinnerungsleben ſelbſt nur der niedern Welt in Gott angehört; dürfen glauben, daß in der Welt des großen Geiſtes jeder Geiſt nach Erlöſchen der umſchränkten irdiſch-ſinnlichen Bedingungen ſeines Daſeins in einem höheren Gebiete, in einer höheren Zuſtändlichkeit noch fortleben, fortwirken, mit den Geiſtern früher Dahingeſchiedener in eine höhere als die dieſſeitige Gemeinſchaft treten und nach Maßgabe ſeines dieſſeitigen Trachtens und Thuns Pein oder Seligkeit davon tragen wird.

All' das könnte wieder ein Roman ſein und kann es wieder nicht ſein aus entſprechenden Gründen, aus denen es der entſprechend begründete Glaube an Gott nicht ſein kann; er giebt uns wieder, was uns die Geſchichte gab und was wir ſodern müſſen. Denn meinten wir nicht ſchon ſonſt, mit dem Tode in ein höheres Reich einzugehen, uns dort mit unſern Lieben zu begegnen, Vergeltung dort zu finden, und bedürfen wir nicht dieſes Glaubens? Woher freilich nähmen wir ſonſt die Bürgſchaft, daß ſelbſtſtändige Geiſter in Gott eben ſo in ein Jenſeits aufſteigen können, als unſelbſtſtändige Geiſtesmomente in uns, daß wir nicht mit ſolcher Steigerung in's Leere hinein ſteigern. Nachdem wir aber damit Alles wiederfinden und es auf keinem andern Wege wiederfinden können, was wir ſchon vorher hatten und brauchten, was hindert, dem einzigen Wege, der es möglich und noch mehr möglich macht, zu vertrauen? Natürlich, da wir keine ganzen Geiſter mit einem höhern Reich darüber in uns haben, können ſolche auch nicht in uns aufſteigen. Beſteht aber Gottes Höhe über den endlichen Geiſtern ſelbſt mit darin, daß er ſolche mit einem Reich darüber in ſich hat, warum ſollten ſie weniger in ihm aufſteigen können, als unſelbſtſtändige Geiſtesmomente in uns, nachdem auch die Selbſtſtändigkeit der Geiſter in Gott nur eine relative iſt, wie die Unſelbſtſtändigkeit der Geiſtesmomente in uns.

Oder ſollte uns das ſelbſt den Glauben an das Jenſeits verkümmern, daß er den Glauben an Gott, und unſer Sein in Gott fodert. Vielmehr, daß wir *Einen* Grund zu allem dieſen Glauben haben, muß einen durch den andern feſtigen und ſtärken. Gäbe es freilich keinen Gott, in dem unſre Geiſter leben, weben, ſind, ſo könnten ſie auch nicht in Gott aufſteigen, und zerflöſſe unſer Bewußtſein mit dem Tode in das Leere; gäbe es kein Jenſeits, ſo wäre Gott ſelbſt eines höheren Bewußtſeinsinhalts baar.

Iſt doch überhaupt jede Einzelnheit, die einmal in unſer Bewußtſein eintrat, fähig als Erinnerung darin wiederzukehren; wie ſollte daſſelbe, was von allen einzelnen Beſtimmungen unſers Bewußtſeins gilt, nicht von unſerm ganzen Bewußtſein gelten, wenn nur eben ein größerer Geiſt da iſt, in den es ſeinerſeits wieder als Einzelnheit eintritt. So leuchtet ein, zugleich, wie ſehr wir zu unſerm künftigen Leben des Seins in Gott bedürfen, wie ſichergeſtellt aber auch das künftige dadurch iſt, daß ſchon das jetzige in Gott geführt wird. Und kommt uns jetzt in Gott das Gefühl der eigenen Individualität und Selbſtſtändigkeit zu — daß *die* Gottes darüber iſt, vernichtet ja nicht die unſre — ſo wird es nicht minder auch unſrer Erinnerungswiedergeburt in ihm zukommen; denn jede Erinnerung nimmt die Eigengenthümlichkeit deſſen, woraus ſie erwuchs, mit ſich. Kehrt aber doch nicht *wirklich* jede Einzelnheit in uns als bewußte Erinnerung wieder, warum ſollten wir dem göttlichen Geiſte in dieſer Hinſicht nicht ein mächtigeres Vermögen als uns zutrauen; da wir ja überall nicht das mit uns Gleiche, ſondern Höhere und Mehrere des Gleichen von Gott zu erwarten haben. Die Pflanzenſeele hat gar kein Erinnerungsvermögen, das Thier, das neugeborne Kind ein ſchwaches; das Erinnerungsvermögen ſteigert ſich allgemeingeſprochen mit der Geiſteshöhe der Geſchöpfe; alſo mögen wir weiter bis zum geiſtigen Schöpfer ſteigern. Scheint aber theoretiſch unſicher, was wir ſo erſteigen; es iſt's wirklich; ſo ſichern wir es wieder durch ſeine Begegnung mit der praktiſchen Foderung, die ihrerſeits das theoretiſche Entgegenkommen fodert.

Verlangen wir endlich nach Erlöſchen der irdiſch-ſinnlichen Bedingungen unſers dieſſeitigen Anſchauungslebens neue für unſer höheres Erinnerungsleben in Gott, und fragen, wo ſie ſind, ſo fragen wir uns doch erſt, ob wir ſie ſchon für das dieſſeitige Erinnerungsleben in uns ſelber kennen, und verlangen nicht, daß wir die größere Frage vor der kleinern löſen ſollen. Wir kennen die körperlichen Bedingungen des Erinnerungslebens in uns ſelber nicht, ſo wenig, daß Manche bezweifeln, es bedürfe überhaupt noch ſolcher; aber ein Erinnerungsleben in uns iſt da, alſo wird um ſo mehr ein ſolches in Gott da ſein können, ohne daß wir die körperlichen Bedingungen dazu kennen und gleich viel ob es ſolcher noch bedarf. Einiges ſehr Allgemeine aber wiſſen wir doch wirklich vom körperlichen

Bedingtſein unſrer Erinnerungen; ſie ſchweben doch nicht im Leeren; ſie wohnen im Gehirn; ſie heften ſich da an die Folgen deſſen, woran ſich die Anſchauung geheftet, ſei's was es ſei, und werden ſich unſtreitig nicht in Begriffen und Ideen verknüpfen können, ohne daß die Kreiſe der ihnen unterliegenden Wirkungen ſich körperlicherſeits verknüpfen. Alſo dürfen wir auch hievon das Entſprechende, nur wie Alles in dieſem Gebiete Größere für unſer künftiges Erinnerungsleben in Gott erwarten, und werden es beim Argumente vom Körper finden. Jetzt aber laſſen wir das Argument vom Geiſte erſt noch ſeinen letzten Schritt thun, um damit zum dritten Hauptſtücke des Glaubens zu gelangen und es mit den beiden andern in daſſelbe Band zu ſchließen.

Das Reich unſrer Anſchauungen läßt nicht nur immer neuen Stoff in unſer Erinnerungsleben aufſteigen und greift mit neuen Beſtimmungen in daſſelbe ein, ſondern empfängt umgekehrt Beſtimmungen, Leitung, Bedeutung, höhere Führung von da, ja iſt aſſociationsweiſe ganz damit durchflochten. In Alles, was wir ſehen, geht die Erinnerung von allem damit Zuſammenhängenden und Verwandten, was wir je geſehen, ſtillſchweigend ein, und macht damit den grünen Fleck zum Walde, den weißen zum Hauſe; ſonſt hätte das Auge nichts als bedeutungsleere Farbenflecke. Das ganze frühere Anſchauungsleben wirkt ſo in ſeinen Nachklängen in dem ſpätern fort; dieſelbe

Erinnerung verknüpft unzählige Anſchauungen durch das, was ſie damit gemein hat, und unzählige Erinnerungen verbinden ſich mit einander, den neuen Anſchauungen Bedeutung zu geben und ſie dem geiſtigen Zuſammenhange einzuordnen. Ja das ganze heutige Anſchauungsleben vermag das geſtrige eben nur dadurch ſtetig fortzuſetzen, daß der ganze Zuſammenhang des früheren in Erinnerungen und daraus und darüber erwachſenen Begriffen und Ideen in dem jetzigen fortwirkt. Indem aber ſo das frühere Leben durch Vermittelung des Erinnerungslebens im jetzigen fortgeſetzt und im frühern Sinne fortentwickelt wird, empfängt das Erinnerungsleben zugleich neue Beſtimmungen vom jetzigen.

So treibt das Erinnerungsleben ſeine Wurzeln nach Unten in das Anſchauungsleben hinein, aus dem es ſeine Säfte zieht; doch wächſt zugleich nach Oben hoch darüber hinaus und hat, wie die Krone des Baumes über den Wurzeln, ſein eigen Reich. Anſtatt in jenen Eingriffen in das Sinnesleben aufzugehen, erhebt es ſich in der Abgezogenheit davon zur größten Helligkeit, zum in ſich ſelbſt zuſammenhängenden Bewußtſein. Da wird bedacht und in Zuſammenhang gebracht und höher ausgearbeitet, was erſt aus der Anſchauungswelt hineingekommen; wie ſich aber damit das ganze Erinnerungsleben ſelbſt zu immer größerer Höhe ſteigert, greift es auch wieder aus größerer Höhe in das Anſchauungsleben zurück.

Und ſo dürfen wir wieder glauben, was wir nicht wiſſen können, daß es in höherem Sinne im Reiche Gottes ſein wird. Die ganze geiſtige Cultur der Vergangenheit trägt ſich auf die Gegenwart über und wirkt auf jeden neuen Menſchen von Anfange an und fortgehends beſtimmend ein und jeder wirkt nur immer von Neuem mit oder gegen oder zu dem hinzu, was er von der Vergangenheit in ſich aufgenommen. Gott aber weiß um Alles, und die Geiſter der Dahingeſchiedenen, die in ihm aufgeſtiegen, ſind Träger des Bewußtſeins dieſer Wirkungen in ihm, womit ſein Jenſeits in ſein Dieſſeits eingreift, ein Jeder eben von dem, was von ihm ausgegangen, und entwickeln das, was ſie hier zuſammen begonnen haben, auch zuſammen mit Gottes Hülfe und als Gottes Hülfe in dem Dieſſeits weiter, nicht aber mehr gebunden an die alten Schranken. Alles, was von Ideen und ſonſtigen Wirkungen eines Geiſtes, der früher lebte, im dieſſeitigen Bewußtſein von tauſend jetzt Lebenden getrennt erſcheint, verknüpft ſich im jenſeitigen Bewußtſein deſſelben Geiſtes, von dem es ausgieng, und dieſes verknüpft damit die dieſſeitigen Geiſter. Nur muß das dieſſeitige Bewußtſein des Ausgangs erſt erloſchen ſein, ehe das jenſeitige der Folgen erwachen kann; indem das eine eben nur erwacht, wie ſich das andre darein umſetzt, und können die dieſſeitigen Geiſter des ſie verknüpfenden Bewußtſeins der jenſeitigen Geiſter eben ſo wenig gewahren, als des gleichen der gegenüberſtehenden Geiſter, indeß doch jeder von ſeinem Bewußtſeinsinhalt etwas mit ihm theilt und Anregungen daher empfängt.

Alſo verknüpft ein jeder abgeſchiedene Geiſt eine ganze Schaar Lebender und hilft ſie führen, und begegnet ſich darin harmoniſch oder ſtreitend mit andern abgeſchiedenen Geiſtern, indeß keiner ganz einen ganzen Menſchen führen kann, und jeder jeden nur in dem, worin er ſich führen läßt. Und indeß er ihn in ſeiner Richtung führt, ſo weit er es vermag, empfängt er ſelbſt Beſtimmungen durch deſſen Leben, ſieht mit durch ſein Auge, hört mit durch ſein Ohr, was ihn gemeinſam mit demſelben angeht, und nimmt den Gedanken, zu dem er ihn beſtimmt hat, umgeſtimmt zurück. Denn der dieſſeitige Menſch iſt nicht blos ein paſſiver Tummelplatz jenſeitiger Geiſter, indeß es ja factiſch iſt, daß er in unzähligen Dingen durch die Fortwirkungen früherer Geiſter beſtimmt wird; ja wer vermag rein zu ſcheiden, was er von ſich und von daher hat; es iſt eben deßhalb unmöglich, es rein zu ſcheiden, weil es nicht rein geſchieden iſt. Nicht das alſo iſt Glaubensſache, — und wohl gilt's dieß zu unterſcheiden — daß unzählige frühere Geiſter in jeden Menſchen durch ihre Fortwirkungen hineinwirken, vielmehr Thatſache, auf welcher der Glaube fußen darf; nur das iſt Glaubensſache, wozu es des Aufſteigens über die Thatſachen des dieſſeitigen Bewußtſeins am Faden der Analogie mit dieſen

Thatſachen bedarf, daß es auch ein jenſeitiges Bewußtſein dieſes Fortwirkens gebe.

Wurzelt nun aber hienach das Jenſeits eben ſo im Dieſſeits, wie unſer Erinnerungsleben in unſerm Anſchauungsleben, ſo dürfen wir auch glauben, was freilich wieder keine Thatſache des dieſſeitigen Bewußtſeins ſelbſt ſein kann, daß es eine entſprechende Krone darüber hinaus tragen werde, und das Leben der Geiſter im Jenſeits nicht ganz im Hineinwirken in das Dieſſeits aufgehen werde. Vielmehr wie die Gedanken in uns am lebendigſten und höchſten in Abgezogenheit vom Sinnesleben gehen, mag auch die höchſte und reinſte Entfaltung des jenſeitigen Lebens der Geiſter in Gott in größter Abgezogenheit vom dieſſeitig irdiſchen ſtattfinden, und Nacht und Schlaf des Dieſſeits ſelbſt die Bedeutung haben, es dazu erwachen zu laſſen; wie ſchon der Volksglaube ſagt, daß die Geiſter in der Nacht gehen.

Wie alſo Gott im höchſten und allgemeinſten Sinne in uns lebt und webt und iſt und wir in ihm, ſo, nach der Geſammtheit des Vorigen, die Geiſter der Abgeſchiedenen in uns und wir in ihnen nach den beſondern Beziehungen, die ſie zu uns und Gott haben, und werden eben damit zu Vermittlern zwiſchen ihm und uns. Die größten und beſten Geiſter aber werden es auch in größtem und beſtem Sinne, nach höchſten religiöſen Beziehungen für die Chriſten über Alles Chriſtus, mit Recht darum ſchlechthin der Mittler genannt.

Und wieder ſagen wir mit alle dem im Grunde nur Daſſelbe, was ſchon die Bibel ſagt, von Chriſtus ausdrücklich ſagt; er aber ſoll ein Vorbild ſein für Alle und die Chriſten einſt bei ihm. Man hat in der That in der Bibel ſchon den ganzen Glauben, den wir haben; es gilt nur eben wieder Ernſt mit Worten zu machen, die auch die Wortgläubigſten oft nur für Worte nehmen; wir aber nehmen mit unſerm Glauben die Bibel ſelbſt beim Worte.

Joh. XIV. 20. An demſelbigen Tage werdet ihr erkennen, daß ich in meinem Vater bin und ihr in mir und ich in euch.

Joh. XVII. 21—23. Auf daß ſie alle Eins ſeien, gleich wie du, Vater, in mir, und ich in dir, daß auch ſie in uns Eins ſeien, auf daß die Welt glaube, du habeſt mich geſandt.

Und ich habe ihnen gegeben die Herrlichkeit, die du mir gegeben haſt, daß ſie Eins ſeien, gleich wie wir Eins ſind.

Ich in ihnen, und du in mir, auf daß ſie vollkommen ſeien in Eins.

Joh. XIII. 20. Wahrlich, wahrlich, ich ſage euch, wer aufnimmt, ſo ich jemand ſenden werde, der nimmt mich auf; wer aber mich aufnimmt, der nimmt den auf, der mich geſandt hat.

Joh. XV. 4. 5. Bleibet in mir und ich in euch. Gleichwie der Rebe kann keine Frucht bringen und von ihm ſelber, er bleibe denn am Weinſtock; alſo auch ihr nicht, ihr bleibet denn in mir.

Ich bin der Weinſtock, ihr ſeid die Reben. Wer in mir bleibet, und ich in ihm, der bringt viele Frucht; denn ohne mich könnet ihr nichts thun.

Gal. II. 20. Ich lebe aber; doch nun nicht ich, ſondern Chriſtus lebet in mir. Denn was ich jetzt lebe im Fleiſch, das lebe ich im Glauben des Sohns Gottes.

1. Cor. VI. 17. Wer aber dem Herrn anhanget, der iſt ein Geiſt mit ihm.

Matth. VIII. 20. Und ſiehe ich bin bei euch alle Tage bis an der Welt Ende.

Matth. XVIII. 20. Denn wo Zween oder Drei verſammelt ſind in meinem Namen, da bin ich mitten unter ihnen.

Daſſelbe aber, was die Bibel ſagt und was wir glauben, wird allwärts geſagt, nur nicht geglaubt. Denn wie oft hört man doch ſagen, der Geiſt von dem und jenen lebe in dem und jenen, ſeinen Kindern, ſeinen Schülern fort; faſt unwillkührlich verfallen Philoſophen, Theologen, Myſtiker, um vom Jenſeits etwas Tiefſinniges und Erbauliches zu ſagen, in Ausdrucksweiſen, die man nur wörtlich zu nehmen braucht, um unſre Anſicht wörtlich zu haben*); ganze Glaubensſyſteme fallen faſt ganz damit zuſammen**); Ungläubige ſelbſt beſtreiten den Glauben nur mit uneigentlicher Faſſung derſelben Worte, mit deren eigentlicher Faſſung wir ihn behaupten***); und Bedürfniſſe, um deren willen man unmögliche Anſichten erſonnen hat, finden darin die allein mögliche Erfüllung *).

---

*) S. Zend-Aveſta III. S. 78, 315 ff.

**) Ebendaſ. S. 59 ff. 79 ff. 8 ff.

***) Ebendaſ. S. 331.

In der That aber, welch' ſchöner und heilſamer Entwickelung iſt dieſer Glaube auch in praktiſcher Richtung fähig. Je mehr wir unſer Sinnen, Denken, Trachten nach Einem, den wir lieb hatten oder hoch hielten, richten, in ſeinen Sinn eingehen, ſeine Werke fortſetzen, ſo mehr, dürfen wir glauben, werden wir Theil an ihm und er an uns gewinnen, deſto inniger und feſter mit ihm verwachſen und uns ſchon im Dieſſeits auf die Bewußtſeinsgemeinſchaft, die wir dadurch im Jenſeits mit ihm gewinnen, freuen können. Der Glaube, der durch alle Völker geht, und nur bei den Proteſtanten ganz verkümmert iſt, daß die Lebenden noch etwas für die Todten thun können, hat nun ſeinen Grund und ſeine Stütze. Denn Alles, was wir ſo thun, wie es ihnen, da ſie noch außer uns lebten, gefallen haben, zu Statten gekommen ſein würde, wird ihnen, da ſie in uns wohnen, leben, um ſo mehr gefallen, zu Statten kommen, und beitragen, ihre Stätte im Jenſeits wohnlicher zu machen. Unmittelbarer aber als Alles, was wir in ihrem Sinne thun können, wird die Liebe, Achtung, Verehrung, der Dank, womit wir ihrer denken, die Ehren, die wir ihnen noch bezeugen, dazu wirken, indem ſie auch unmittelbar von ihnen empfunden

---

*) Ebendaſ. S. 311.

und genoſſen werden. Und darin wird von einer Seite ein Anlaß liegen, ſchon im dieſſeitigen Leben ſo zu handeln, daß die uns Ueberlebenden geneigt ſein können, in unſerm Sinne fortzuhandeln, unſrer noch mit Liebe, Achtung, [illegible], Dank zu denken, uns nach dem Tode noch zu ehren, von andrer Seite ein Theil des jenſeitigen Lohnes derer liegen, die ſo gehandelt haben, und ein Theil der Strafe derer, die nicht ſo gehandelt haben; endlich der beſte Troſt derer, die einen geliebten Todten beklagen. Sie wiſſen, er iſt noch für ſie, ſie ſind noch für ihn da; und es hängt nur von ihnen ab, ihm noch zu geben und von ihm zu nehmen; ja mehr noch als im Dieſſeits.

Viel mag von dieſem Verkehr im Unbewußten bleiben; indem wir uns aber mit den Gedanken bewußt zu den jenſeitigen Geiſtern erheben, mögen ſie auch nach höheren Aſſociationsgeſetzen bewußt bei uns wie wir bei ihnen ſein, oder mit dem, womit ſie in uns eingehn, bewußt in uns wie wir in ihnen; denn wir ſchneiden uns ja mit unſeren Bewußtſeinskreiſen. Auch das hat ſchon der Chriſtenglaube darin, daß die bewußte Hinwendung zu Chriſtus auch eine bewußte Wendung deſſelben zu uns mitführt; und Chriſtus wird auch hierin nur ein Vorbild ſein für Alle. Und mit je hellerem Bewußtſein wir der Abgeſchiedenen denken, ſo bewußter und lebendiger wird der Verkehr zwiſchen ihnen und uns. Daß wir aber das wiſſen, wird ſelbſt beitragen, ihn bewußter und lebendiger zu machen; indeß ſonſt Dieſſeits und Jenſeits ſind wie Zweie, die nicht mit einander reden, weil Jeder vom Andern meint, daß er ihn nicht höre oder nicht verſtehe. Die Denkmale, die Feſte zum Andenken der Großen und Guten werden größere und tiefere Bedeutung, und die Kunſt neue lebendige Antriebe damit gewinnen. Jedes Standbild, das einem großen und guten Manne errichtet iſt, indem es die Erinnerung an ihn wach erhält und in unzähligen Menſchen einpflanzt, erhält etwas von ſeinem bewußten Leben in der Nachwelt wach.

Das iſt, meine ich, das Beſſere zugleich und Mehrere, was man für jenen rohen Glauben an den Verkehr zwiſchen Dieſſeits und Jenſeits geben kann, der ſich in nicht ſchlechthin verwerflichem, nur noch zu läuterndem, Sinne im Todtendienſt, der Heiligenanbetung, den Gebeten für die Verſtorbenen, in ſchlechtem Sinne in der Geiſterbeſchwörung geltend gemacht hat; nichts Beſſeres und Mehreres aber, ſondern nur die Bekräftigung und Erläuterung deſſelben Glaubens, den wir nach der Bibel ſelbſt von der Beziehung des jenſeitigen Daſeins Chriſti zu unſerm dieſſeitigen haben ſollen.

Das Argument vom Körper.

Unſer dieſſeitiger Geiſt iſt an einen begränzten Theil der Körperwelt gebunden, und was in unſerm Geiſte entſtehen und gehen mag, es entſteht und geht etwas in dieſem kleinen Theile der Welt in Wechſelbedingtheit mit. Das Daſein andrer endlicher Geiſter erkennen wir daran, daß ſie an ähnliche begränzte Theile der Welt mit ähnlichen Vorgängen gebunden ſind. Es ſteht aber der Theil der Welt, an den unſer eigener Geiſt gebunden iſt, einerſeits in ſolchen Beziehungen der Aehnlichkeit, anderſeits der Wirkung, drittens der Entſtehung, viertens des theilhaften Inbegriffenſeins, fünftens der zweckmäßigen Einrechnung, überhaupt der Unterordnung zu der, Organiſches und Unorganiſches in einer höheren organiſchen Verknüpfung inbegreifenden Welt, daß wir nicht umhin können, ſie nur für das Größere, Höhere, Weitere, Allgemeinere deſſen zu halten, woran unſer eigener Geiſt geknüpft iſt, alſo auch einen größeren, höheren, weiteren, allgemeineren Geiſt als unſern eigenen damit in Beziehung zu denken, indem wir zugleich dieſen ſelber theilhaft und in Unterordnung darin inbegriffen denken. So trifft das Argument vom Körper mit dem Argument vom Geiſte ganz zuſammen.

Ich wiederhole nicht die weite Ausführung, die ich dieſem Argumente nach allen ſeinen Seiten und Theilen, die eben ſo viel beſondere Argumente bilden können, anderwärts gegeben, indem ich von den großen Theilganzen der Welt zum Ganzen aufſtieg*). Es mag an einigen allgemeinen Betrachtungen auf ſeinem Grunde genügen.

---

*) Zend-Aveſta Th. I. und II. und Seelenfrage Kap. IX.

Das vorige Argument gab dem Chriſtenthum ſein Recht, dieß giebt dem Heidenthum ſein Recht, und auch dieſes hat ſein Recht, nicht zwar nach dem, worin es den Grundideen des Chriſtenthumes widerſpricht, aber nach dem, was ſich davon in dieſen Ideen aufheben läßt; dazu aber müſſen ſich dieſe Ideen über die Schranken, die man ihnen gezogen, erweitern, und dieſe Erweiterung iſt es, die das jetzige Argument fodert.

Wie Gott in der herrſchenden chriſtlichen Anſicht abgelöſt wird von den Geiſtern, wird er abgelöſt von der Natur, in welche das Heidenthum ihn nicht nur ganz verſenkt, ſondern in die es ihn zerſpaltet und zerſtückelt. Dieſe Vermiſchung Gottes mit der Natur, dieſe Zerſpaltung und Zerſtückelung in die Natur iſt das Unrecht des Heidenthums, jene abtrennende Ueberhebung über die Natur das des Chriſtenthums.

Zwar auch in der chriſtlichen Anſicht iſt die Rede von einem allgegenwärtigen und allwaltenden Gott, ohne den kein Haar von unſerm Haupte, kein Blatt von einem Baume fällt; doch wird damit ſo wenig als mit dem Worte, daß wir in Gott leben, weben, ſind, Ernſt gemacht; vielmehr die Natur aus Gott herausgefallen, ja von ihm abgefallen, und ihren, wenn ſchon von ihm in ſie gelegten, doch nun ſelbſteigenen Kräften überlaſſen gedacht; ſogar gab's Zeiten, wo es zum chriſtlichen Styl gehörte, Gott durch recht tiefe Herabwürdigung der Natur zu erhöhen. Wieder aber wird uns unſer Argument Ernſt mit jenen Worten machen laſſen, die wenigſtens auszuſprechen der Chriſt nicht umhin kann, indem es zugleich die Widerſprüche löſt und klärt, die ihn nicht Ernſt damit machen laſſen.

Unſer Leib hält nur zuſammen und Alles geht nur darin, ſofern ein Geiſt dabei iſt; der Materialiſt ſelbſt kann es nicht leugnen, und es ändert nichts, daß er den Geiſt vielmehr ein Reſultat nennt, als ein verknüpfendes Princip, wie wir ihn lieber nennen; ſo kann doch der Leib nur mit dieſem Reſultat zuſammenhalten und Alles darin gehen. Alſo wird auch die ganze Welt nur zuſammenhalten und Alles darin gehen, ſofern ein Geiſt dabei iſt; und es würde wieder nichts ändern, wollte der Materialiſt auch dieſen Geiſt ein Reſultat nennen, den ein Andrer den Urgrund nennt und wir das oberſte verknüpfende Princip des Ganzen nennen. Die Sache bleibt dieſelbe.

Das iſt der allgemeinſte Geſichtspunct der Allgegenwart und Allwirkſamkeit Gottes in der Natur, der nicht ausſchließt, daß er auch nach beſonderen Beziehungen in ihr wirke.

Nun tritt hiegegen auf, daß die ganze Welt vielmehr zuſammenhält und Alles darin geht nach den Naturgeſetzen. Aber auch unſer Leib hält zuſammen und Alles geht darin nach phyſiologiſchen Geſetzen, die zu den Naturgeſetzen gehören. Doch iſt ein Geiſt dabei und bleibt es wahr, daß er nur zuſammenhält, ſo lange ein Geiſt dabei iſt. Eins kann alſo nicht wider das Andre ſtreiten. Vielmehr beſteht das Daſein jener Geſetzlichkeit ſelbſt, vermöge deren der Leib zuſammenhält, und nach der es lebendig darin geht, nur mit dem Daſein des Geiſtes im Menſchen und ſchwindet dem Leibe des Menſchen wie der Geiſt ihm ſchwindet. Und ſo wird die allgemeinere Geſetzlichkeit der Körperwelt, der ſie ſich unterordnet, mit dem Daſein eines allgemeinern Geiſtes, dem ſich das des menſchlichen unterordnet, zuſammenhängen; das hängt ſelbſt natürlich zuſammen.

Hat doch auch der Geiſt ſeine Seite der Geſetzlichkeit — wär's nicht der Fall, wie gäbe es Logik und Pſychologie — und wiederum natürlich, daß, wie Leib und Geiſt verträglich zuſammen beſtehen, ihre Geſetze ſo beſtehen. Sie thun es factiſch, ſonſt könnten Leib und Geiſt ſelbſt gar nicht zuſammen beſtehen und gehen; und ſichtlich iſt beiden das teleologiſche Princip gemein. Sage man nun materialiſtiſch, der Geiſt ſei an dieſe Geſetze gebunden oder idealiſtiſch, der Geiſt habe ſie ſich und der Natur, da er ſie gab, gegeben; die Thatſache, um die es hier zu thun iſt, bleibt wieder dieſelbe: der Zuſammenhang in uns iſt da; und iſt er in uns da, ſo kann und muß er endlich auch über uns hinaus in dem da ſein, woraus unſer Leib und Geiſt ſelbſt entſprungen und worin er noch immer theilhaft inbegriffen iſt.

Auch die Uhr freilich geht nach Naturgeſetzen, ohne daß ein Geiſt dabei iſt. Aber ſie gehört mit ihrem geſetzlichen Gange zu dem Ganzen der Natur, bei dem ein Geiſt iſt, und könnte ohne das ſo wenig gehen, als ein Blatt nach den Naturgeſetzen vom Baume, ein Haar von deinem Haupte fallen. Verſuche es anders zu denken, und du wirſt der Allmacht Gottes, oder der Naturgeſetzlichkeit widerſprechen müſſen; ſo ſtimmen ſie zuſammen.

Nun aber, ſagt man, mit aller Geſetzlichkeit iſt der Geiſt doch auch ein freies Weſen, und wir brauchen einen freien Gott. Die Zeichen der menſchlichen Freiheit ſehen wir in den freien Handlungen des Menſchen, die aus keinen Geſetzen des Geiſtes und der Natur zulänglich erklärbar ſind; wo ſind die Zeichen einer entſprechenden Freiheit Gottes?

Die Zeichen einer entſprechenden zugleich und gleichen nirgends, als eben im Menſchen, ſofern der Menſch mit ſeiner Freiheit ſelbſt in Gott eingethan iſt; darüber aber die ganz entſprechenden einer höhern. Denn ſo wenig wir die freien Handlungen des Menſchen aus bekannten Geſetzen des Geiſtes und der Natur zulänglich erklären können, ſo wenig, ja noch weniger, die Schöpfung des Menſchen ſelbſt, den unberechenbaren Gang der Geſchichte in der Menſchheit, wenn ſchon wir eben ſo wie in der Geſchichte des einzelnen Geiſtes Vieles nach einer allgemeinen Geſetzlichkeit vorausſehen können, nur nicht Alles, nur nicht das wahrhaft Neue, was ſelbſt erſt Grund zu neuer Vorausſicht legen muß. Weiſt aber Solches auf Freiheit im einzelnen Menſchen hin, warum nicht das, was für das Ganze der Menſchheit, ja für die ganze Welt der Geſchöpfe gilt, auf eine Freiheit über der menſchlichen und aller geſchöpflichen Freiheit, da ſich doch der Gang der Weltgeſchichte nicht aus den Geſinnungen und Handlungen der einzelnen Menſchen addiren läßt. Und muß ſich die Geſetzlichkeit mit der Freiheit im Menſchen irgendwie vertragen, ſie thut es factiſch, wird ſie ſich nicht eben ſo darüber hinaus damit vertragen können? ſie thut es eben ſo factiſch, ſo lange man überhaupt noch von Freiheit ſprechen will.

Wer freilich Freiheit im Menſchen in irgendwelchem Sinne leugnet, wird ſie eben ſo in Gott leugnen müſſen. Aber ſo wenig er mit jener Leugnung den Geiſt, den Willen, die Möglichkeit der Wahl, die Handlungen, die Andre frei nennen, noch ihren Zuſammenhang und ihre Folgen leugnen kann, denn ſie ſind factiſch, wird er es bei Gott können, und nur die Auffaſſung des letzten Grundes von alle dem bei Gott wie bei den Menſchen anders zu ſtellen haben. Die Daſeinsfrage Gottes, ſeiner weſentlichſten Eigenſchaften und die Bedeutung, die ſie für uns haben, bleibt immer unabhängig von der metaphyſiſchen Freiheitsfrage, ſo gern man auch die

Klarheit der einen Frage durch die Unklarheiten der andern zu verderben liebt.

Und ſo überhebt uns die rechte Nutzung unſers Principes, vom Factiſchen immer nur auf das Factiſche zu ſchließen, und im Größeren und Höheren, nach dem wir fragen, das Größere und Höhere des Kleinen und Niedrigen, was wir haben, zu ſehen, überall des Eingehens auf den Streit zwiſchen Idealismus und Materialismus, Freiheit und Nothwendigkeit, in dem ſich die philoſophiſchen Syſteme reſultatlos abmühen; läßt dieſen Streit zwar frei, wir wollen ihn nicht tadeln; doch behält die Hand ſtets auf dem Factum, führt die Braut heim, indeß die Andern ſich darum ſchlagen.

Weiter:

Wenn unſer ganzer Leib nur zuſammenhält, und es lebendig nur ſo lange darin geht, ſo lange ein Geiſt dabei iſt, in dieſem Sinne alſo unſer Geiſt allgegenwärtig und allwirkſam in unſerm Leibe iſt, ſo iſt er doch nicht mit Bewußtſein im Beſondern bei jeder innern Regung unſers Leibes; der Athem geht, das Blut läuft, der Stoff wechſelt unbewußt; darüber nur im Haupte geht Vieles wie die Gedanken gehn und die Gedanken bedürfen als Unterlage dieſes Ganges; das lebendigſte Bewußtſein iſt bei jeder neuen geiſtigen Schöpfung und ſie rührt das lebendigſte Leben im Haupte auf. Und ſo mögen die Winde gehen, die Flüſſe laufen, die Stoffe zwiſchen organiſcher und unorganiſcher Welt wechſeln, ohne daß das göttliche Bewußtſein mit den Beſonderheiten darin eben ſo beſonders mitgeht, indeß es immer mit dem Ganzen geht und vom Ganzen getragen wird. Aber ſicher war Gott mit dem ſtärkſten Bewußtſein bei der erſten Schöpfung ſeiner beſeelten Geſchöpfe und iſt das lebendigſte Leben in der Natur dabei aufgerührt worden, und waltet er noch heute mit Bewußtſein in der Geſchichte derſelben und ſeine Gedanken bedürfen als Unterlage des Ganges dieſer Geſchichte.

Endlich aber:

Im Menſchenreiche ſelbſt wird Vieles im halben oder ganzen Unbewußtſein ausgeführt, was erſt mit Anſpannung des Bewußtſeins erlernt ward. In ſolcher Weiſe ſpinnt die Spinnerin, ſchreibt der Schreiber, ſpielt der Muſiker. Unter dem Einfluſſe der Aufmerkſamkeit und des Willens haben ſich zweckmäßige Einrichtungen in uns gebildet, die ſpäter die Mitwirkung des Bewußtſeins erſparen, und zwar mußten Geiſt und Leib ſich in Zuſammenhange dazu einrichten, Gehirn und Hand der Spinnerin und des Spielers zugleich mit ihrem Geiſte. Ja unſre ganze Erziehung und Bildung geht dahin, unter dem Einfluſſe des Bewußtſeins Einrichtungen in uns zu ſchaffen und immer mehr auszubilden, auf deren unbewußt gewordener Grundlage dann das Bewußtſein zu neuer und höherer Thätigkeit aufſteigt. Und ſo mag auch die ganze jetzige Einrichtung der Welt, die wir als fertige überkommen haben, mit ihrer Scheidung der Elemente, des organiſchen und unorganiſchen Reiches, der Gliederung des einen und des andern, der Bildung des Embryo und ſeines Gehirnes ſelbſt, kurz die ganze Ordnung deſſen, was jetzt keiner bewußten Thätigkeit mehr bedarf, um zweckmäßig zu entſtehen, zu beſtehen und zu gehen, doch einer ſolchen Seitens Gottes ſeinen erſten Urſprung verdankt haben, um nun als Unterlage und Stufe zur Weiter-Entwickelung bewußter Thätigkeit in der Welt zu dienen. Auch tritt das nur hinein in jenes allgemeine Princip, daß der erſte Urſprung der Dinge überall anders geartet iſt, als die Wiederholung. Hiemit aber führt ſich die bewußte Thätigkeit Gottes bis zu der erſten Einrichtung der Dinge zurück, ſofern man überhaupt von etwas Erſtem darin ſprechen kann und nicht vielmehr alſo zu ſprechen hat: in welchem Zeitpunct du die Ordnung der Welt betrachten willſt, eine bewußte Thätigkeit liegt rückwärts, unter deren Einfluſſe ſie entſtanden iſt.

Bei alle dem bleiben immer noch die Fragen offen, wiefern dieſe Thätigkeit von jeher geſetzlich, wiefern frei geweſen, wie ſich überhaupt Geſetz und Freiheit begrifflich und factiſch in der Welt vertragen, und endlich, wie es mit der erſten Schöpfung der Materie beſtellt ſei.

Nun wird, was Letzteres anlangt, gewiß immer ein größeres, weil fruchtbareres und leichter durch eine Antwort zu befriedigendes, Intereſſe auf der Frage ruhen bleiben, nach welchen Principien die Welt von jeher geordnet ward und noch heute regiert wird, als wie ſie zuerſt entſtanden iſt, ja ob ſie überhaupt einmal entſtanden iſt. Könnten wir es freilich wiſſen, ſo wäre es ja gut, warum nicht alſo danach fragen. Nur das kann nicht triftig ſein, worin Manche den Gipfel der Triftigkeit ſuchen, tritt vielmehr unter einen jener beiden Grundfehler, die das Princip verletzen, von Dogmen oder Speculationen über die Weltſchöpfung auszugehen, um das Verhältniß der geſchaffenen Welt zu Gott und die Natur der Dinge daraus abzuleiten, das heißt, von dem, was unſerm Wiſſen am fernſten liegt, zu dem gelangen zu wollen, was ihm am nächſten liegt; denn was zuerſt geweſen, wird immer nur zuletzt zu finden ſein. Giebt's alſo hier einen Weg des Wiſſens, ſo iſt er in umgekehrter Richtung zu begehen; doch ob es einen giebt?

Und was die Freiheitsfrage anlangt, ſo wird ſich niemals auf Grund des Factiſchen entſcheiden laſſen, auch der praktiſche Geſichtspunct aber läßt Zweifel, ob die Unmöglichkeit, in der wir uns befinden, eine feſte Geſetzlichkeit in allem Geſchehen nachzuweiſen, darauf beruht, daß das Princip der Geſetzlichkeit durch Aufhebung in ein höheres Princip ſelbſt aufgehoben werden kann oder mit ihm ſich deckend nur die Höhe unſerer Faſſungskraft überſteigt.

Könnten wir es freilich wiſſen, ſo wäre es wieder gut; warum nicht alſo darüber ſpeculiren?*) Nur daß man auch hiebei nicht den Sperling in der Hand mit dem Falken auf dem Dache zu erjagen ſuche, und nicht vergeſſe, daß Speculationen ſich zwar bauen laſſen, daß etwas Sicheres aber nicht darauf zu bauen.

Stützen wir nun ſo den Glauben an einen in der Welt allgegenwärtigen, allwaltenden, die Welt von Anfang an im Sinne von Zwecken mit Bewußtſein ordnenden und regierenden Gott nur eben auf das, was wir von den Thatſachen der materiellen und geiſtigen Welt in uns und über uns hinaus wirklich wiſſen, was bleibt endlich noch, worin der ſo geſtützte und geförderte Glaube in Widerſpruch mit den Intereſſen einer nicht minder auf Thatſachen nur in anderer Richtung ſich ſtützenden Naturwiſſenſchaft träte, und worin die Naturwiſſenſchaft ihrerſeits dieſem Glauben widerſpräche. Daß ſie ihn begründe, muß man freilich nicht verlangen; es iſt nicht ihre Sache; genug nur, daß die Begründung nicht wider ihre Sache laufe. Nun aber ſuchen wir ja nichts in Gott, wovon wir nicht die kleine Probe in uns und die Zeichen des Ueberſteigens dieſer Probe über uns hinaus aufweiſen können, laſſen Thatſachen und Geſetze der Natur ganz wie ſie ſind, und überlaſſen jedem noch, ſich mit der Freiheitsidee und Metaphyſik beliebig zu vernehmen oder abzufinden, mit einzigem Vorbehalt, daß es nicht in Widerſpruch mit eben jenen Thatſachen und Foderungen ſei, die keinen Widerſpruch dulden, und auf denen deßhalb unſer Glaube fußt.

---

*) Meine eigne Speculation kann man in der Schrift über die Seelenfrage S. 217 finden.

Und nach all' dem hätte, fragſt du, Gott einen Leib wie der kleine Menſch? — Nicht wie der kleine Menſch; der Vergleich trifft zu in Vielem, nur nicht im Höchſten, Letzten, worin überall etwas liegt, was im Vergleich zwiſchen Menſch und Gott nicht zutrifft, vielmehr der Grund-Unterſchied zwiſchen beiden zu ſuchen iſt.

Bei näherm Eingehen, will man ſich nicht ſcheuen, auf das Letzte einzugehen, ſtellt ſich's ſo:

Was der Geiſt von der ganzen Natur, von ſeinem eigenen Leibe hat und weiß, iſt Alles endlich nur etwas in ihm ſelbſt, etwas Geſehenes, Gefühltes u. ſ. w. Daß es eine Natur noch über ihn hinaus gebe, beweiſt ſich doch, wenn durch nichts Andres, dadurch, daß andre Geiſter Daſſelbe oder etwas geſetzlich damit Zuſammenhängendes auch davon haben. Dieſer geſetzliche Zuſammenhang greift über jeden einzelnen Geiſt hinaus, doch nicht über Gottes Geiſt; er trägt endlich den ganzen Zuſammenhang des Geſehenen, Gehörten, worin das ruht, was die Geſchöpfe von der Natur, von ihrem eigenen Leibe, haben, wiſſen, abgeſchloſſen durch die Einheit ſeines Bewußtſeins in ſich, und die Geſetze dieſes Zuſammenhanges mit dieſem obern Abſchluß ſind das ewig Feſte in dem ganzen in ſich geſchloſſenen Bau, was durch keine ſtarren dunkeln Dinge dahinter vertreten werden könnte, worin Manche den letzten feſten Kern des Daſeins ſuchen; nur daß zum obern Abſchluß fortgehends neue Abſchlüſſe darunter treten, das geiſtige Bauwerk zu gliedern. Alſo, ſtatt daß die ganze Natur aus Gott herausgefallen wäre, trägt Gott die ganze Natur, von der ſich wiſſen läßt, eben ſo aufgehoben in ſich, als jeder endliche Geiſt etwas von dieſer Natur in ſich trägt; hat aber eben deßhalb nicht in der Natur einen eben ſo äußerlichen Leib, als der endliche Geiſt im Theile der Natur, ſofern das, was von der Natur in Gott als Raum, Zeit, Materie erſcheint, nicht eben ſo auch Geiſtern außer ihm erſcheinen kann; denn es giebt außer ihm keine Geiſter.

So ſehr aber dieſe metaphyſiſche Vertiefung die letzte Wahrheit vom Verhältniſſe zwiſchen Gott und Natur ſein mag, iſt ſie doch eben nur die letzte; und ſo wenig es praktiſch ſein würde, in unſern Betrachtungen über das Verhältniß des menſchlichen Geiſtes zur Natur immer auf jene factiſche Wahrheit zurückzugehen, daß Alles, was wir von der Natur haben und wiſſen, etwas in unſerm eigenen Geiſte iſt, würde es praktiſch ſein, bei unſern Betrachtungen über das Verhältniß von Gott und Natur immer darauf zurückzugehen, daß die ganze Natur etwas in Gott iſt; nur zuletzt mag man ſich hier wie da darauf beſinnen, indem man ſich zugleich auf den Unterſchied beſinnt, den in letzter Inſtanz das Verhältniß der leiblichen Exiſtenz zu uns und Gott hat. Hievon abgeſehen vergleicht ſich doch die Natur oder Welt mit einem Leibe inſofern, als, wie der Menſch mit ſeinem ſehenden Auge auch andre Theile ſeines eignen Leibes gewahren kann, ſo Gott mit ſeinen ſehenden Menſchen andre Theile der Natur, und mögen wir ſelbſt von einem Wohnen Gottes in der Welt, einem Getragenwerden Gottes von der Welt ſprechen, ſofern ſeine höhere

Bewußtſeinsſphäre auf der niedern, in welcher die Natur oder Welt erſcheint, eben ſo wie auf einer niedern Bedingung fußt, als unſre höhere Bewußtſeinsſphäre auf der ſinnlichen, in der uns das Leibliche überhaupt erſcheint, indeß beide im ganzen Gotte auch eben ſo, nur in höherem Sinne, bedingt und aufgehoben ſind. Und nicht ſowohl um eine metaphyſiſche Vertiefung, ſondern die geläufigſte Vorſtellungsweiſe des Verhältniſſes zwiſchen Gott und Welt, welche der Vertiefung fähig iſt, iſt es hier zu thun.

So wie gar Viele, weil ſie die Vorſtellungen vom Walten Gottes und vom Walten der Natur nicht in Einſtimmung zu bringen wiſſen, Gott mit für ſich gehenden Gedanken über die Natur heben und dieſe ihres Weges unter ihm gehen laſſen, ſo und aus gleichem Grunde vermögen Viele eine Vorſtellung von unſerm künftigen geiſtigen Daſein nur auf Grund einer völligen Loslöſung von der körperlichen Unterlage zu faſſen. Sei doch ſchon jetzt das höhere geiſtige Leben in uns, der Geiſt im engern Sinne, nicht eben ſo wie das niedre ſinnliche, die Seele im engern Sinne, weſentlich an ein körperliches Wirken mehr gebunden, dadurch bedingt, ſondern ſchwebe frei darüber, und der Tod habe nur die Folge, daß es ſich mit völliger Dahinterlaſſung der Sinneshauſes endlich ganz davon befreie, darüber hebe; ſei's auch, daß der Geiſt eine neue wieder ſuche oder ſelbſt ſich ſchaffe oder nach dem Kirchenglauben gar die alte endlich wiederfinde. Bei ſolchem Glauben iſt Alles einfach; dann genügt das Argument vom Geiſte;

ein Argument vom Körper wird dann müßig; und wem dieſer Glaube feſt ſteht, der kann ſich das Folgende erſparen. Auch kann man fragen, ob es nicht überhaupt am beſten ſei, an jenes Argument, was ſchon genügt, ſich bei der Frage nach dem Jenſeits ganz allein zu halten. Vermöchten wir doch ſelbſt das Daſein unſers dieſſeitigen Geiſtes aus unſerm dieſſeitigen Körper nicht zu erkennen, wenn wir nicht die dieſſeitige Erfahrung von dem Zuſammengehör derſelben hätten; es würde alſo auch überhaupt unmöglich ſein, vor jenſeitiger Erfahrung den jenſeitigen Geiſt in ſeinem Träger zu erkennen, wenn nicht unſer Princip, vom Dieſſeitigen auf das Jenſeitige verallgemeinernd, erweiternd und ſteigernd zu ſchließen, uns einen Anhalt dazu böte. Aber wie unzulänglich iſt doch dieſer Anhalt, nachdem man ſich noch über die wichtigſten Verhältniſſe, von denen aus zu ſchließen, ſtreitet, die ganze Lehre von den Beziehungen zwiſchen Körper und Seele noch im Argen liegt. Und Alles Genauere, was wir auf Grund ſelbſt zulänglicherer Unterlagen, als da ſind, erſchließen möchten, würde doch nur den Charakter des Anatomiſchen und Phyſiologiſchen haben, das wohl von der Wiſſenſchaft, doch nicht vom Leben gebraucht wird; es würde eben auch nicht vom Glaubensleben gebraucht werden und für daſſelbe brauchbar ſein.

Alſo kann das Argument vom Körper für das Jenſeits überhaupt weder denſelben Anſpruch auf Sicherheit noch auf Eingänglichkeit machen, als das auf einfachen und einfach aufzeigbaren Thatſachen des Bewußtſeins fußende Argument vom Geiſte und nicht leicht in das Volk gehen. Wenn es aber doch die allgemeinſten Geſichtspuncte des Glaubens an ein Jenſeits auf dieſelbe allgemeine Thatſache vom Zuſammenhange zwiſchen Geiſt und Körper, auf die der Materialiſt den Unglauben ſtützt, zu ſtützen vermag, und zwar in völliger Zuſammenſtimmung mit dem Argument vom Geiſte es vermag, warum nicht doch dem Materialiſten gegenüber als verſtärkende Stütze des Glaubens nutzen, was ſich ſonſt als ſtarke Waffe dagegen wendet. Denn wie viel kann doch der Materialiſt, und nicht der Materialiſt allein, gegen jene vorausgeſetzte Unabhängigkeit des höheren geiſtigen Lebens vom Gehirnleben einwenden, wovon ſich wohl abſehen läßt, was ſich aber nicht widerlegen, kaum deuteln, läßt; wie viel der Pſycholog gegen eine andre als begriffliche Trennbarkeit eines Geiſtes und einer Seele engern Sinnes; und welche Schwierigkeit kann mit dem gänzlichen Fallenlaſſen der körperlichen Unterlage beſiegt ſein, die nicht beim Wiederſuchen, Schaffen, Finden einer neuen ſtärker wiederkehrte; nachdem ſonſt überall ein neuer Körper ſich nur mittelſt eines alten ſchafft.

Unſtreitig hängt der Sinn eines Buches nicht von den einzelnen Buchſtaben ab, aber ſo frei er über den einzelnen Buchſtaben ſchwebe, ſo hohes Geiſtige er bedeute, jeder andre Sinn fodert eine andre Zuſammenſtellung und Folge der Buchſtaben und Worte. Unſtreitig hängt die Melodie und Harmonie eines Saitenſpieles nicht von den einzelnen Saiten und Saitenbewegungen ab; doch fodert die höchſte Melodie und Harmonie ein andres Zuſammenſpiel und eine andre Folge ſpielender Saiten. Wird es anders mit dem Geiſtigen in uns und dem Saitenbezuge und Spiele unſers Gehirnes ſein? Iſt es nicht vielmehr das Wahrſcheinlichſte, weil Vernünftigſte und den Thatſachen Entſprechendſte, daß es entſprechend damit ſei? Dann aber kann der Geiſt ſich niemals von einer materiellen Unterlage löſen, nur ſie tauſchen, mit ihrem Spiele wechſeln, wie er es ſchon jetzt im Fortſchritte von der Jugend zum Alter und im Uebergange von einer Thätigkeit zur andern thut.

Sehen wir näher zu, ſo gründet ſich die Anſicht ſelbſt, welche den Geiſt in anderm Sinne von der Materie loshebt, als es im Sinne der vorigen Beiſpiele liegt, vielmehr auf die Foderung, daß er in's Jenſeits gerettet werde, — man meint, es gehe gar nicht anders — als daß ſie eine Stütze in einem thatſächlichen Fundamente fände und hiemit ein ſolches der Foderung zu bieten hätte. Wie ſchlimm aber ſteht es mit der Erfüllung der Foderung, wenn das dazu geforderte Fundament doch factiſch nicht beſteht, wie ſchlimm mit der Sicherheit und Feſtigkeit auch nur des Glaubens an dieſe Erfüllung, wenn Phyſiologie und Pathologie des Gehirns damit fallen oder ſtatt auf Thatſachen auf Foderungen bauen müſſen. Iſt der Glaube denn anders nicht zu retten?

Alſo laſſen wir immerhin das Argument vom Körper auf dem Grunde der Thatſachen ſelbſt, vor denen man ſich ſo ſehr fürchtet, nichts verſteckend, nichts beſchönigend, nichts leugnend, vielmehr mit dem weiteſten Blicke auf den geſammten Zuſammenhang derſelben als Führer, ſeine Schritte in das Jenſeits thun, ſo ſicher es bei noch ſo unſicherer Theorie derſelben möglich iſt, gern Alles preisgebend, was vielmehr als Schwächung denn Verſtärkung des Arguments vom Geiſt erſcheinen könnte; die Foderung ſelber ſtellend, daß es uns nur wiedergebe, was uns jenes gab, nur auch fodernd, daß man die Zuſammenſtimmung damit geſtatte.

Zuvor aber mag der wichtigſte Gegner des Unſterblichkeitsglaubens, der mit uns den Ausgang vom Boden der Thatſachen theilt, der Materialiſt, erſt ſelber ſprechen. Er weiß nicht mehr als wir von den Thatſachen jenes Zuſammenhanges, worauf er fußt, d. i. das Allgemeinſte und etwas Weniges vom Speciellſten. Doch iſt das immer etwas, und wir wiſſen es wie er.

Wenn doch, ſo ſagt er, factiſch, ſo weit Erfahrung reicht, ein Geiſt mit allen in ſich zuſammenhängenden niedern und höhern Thätigkeiten nicht ohne einen Leib und leibliche Thätigkeiten beſtehen und wirken kann, ſo wird dieſes Factum auch bei der Frage, ob und wie ein künftiges geiſtiges Leben möglich iſt, maßgebend und Baſis jedes Schluſſes bleiben müſſen. Was alſo wird aus unſerm Geiſte, wenn dieſer Leib zerfällt? Braucht der Menſch jetzt ein Gehirn, um Empfindungen, Gedanken zu gewinnen, und factiſch braucht er es; wie kann er es mit dem Tode auf einmal fallen laſſen und doch noch Empfindungen, Gedanken gewinnen, ja überhaupt Beſtand behalten, nachdem er mit all ſeinen Empfindungen, Gedanken ſelbſt nur ein Erzeugniß des Gehirnes iſt. — Es fruchtet wieder nichts, gegen die Ausdrucksweiſe des Materialiſten zu ſtreiten; ſei das Gehirn vielmehr Erzeugniß eines ſchöpferiſchen Geiſtes, ſo konnte der Menſchengeiſt nur mit Erzeugung dieſes Erzeugniſſes entſtehen und kann nur mit neuen Zeugungen darin hienieden fortbeſtehen; und die Thatſache, auf die es ankommt, bleibt auch hier dieſelbe.

Nun aber iſt darum möglich, was der Materialiſt für unmöglich hält, weil, wie wir früher ſchon an Beiſpielen über Beiſpielen betrachtet, und woran zu erinnern, wir nur eben noch den Anlaß fanden, es überall nicht derſelben Bedingungen und Mittel bedarf, etwas fortzuerhalten und fortzuentwickeln, als zuerſt zu erzeugen. Das Gehirn iſt, um auf die Sprache des Materialiſten einzugehen, ein Inſtrument, Wirkungen zu erzeugen, die ohne das nimmer entſtehen konnten, er hat damit ganz Recht, aber einmal entſtanden nicht mehr der Forterhaltung des Inſtruments zu ihrer Forterhaltung, ja Fortentwicklung bedürfen; damit hat er Unrecht, und neue Beiſpiele über Beiſpiele können uns in wachſender Annäherung zum Falle ſelber führen, den es gilt.

Sieh auf die Violine; der Ton derſelben konnte nicht ohne ſie entſtehen; doch, einmal entſtanden, kannſt du das Inſtrument zerſchlagen, der Ton hallt fort in's Weite, den Kreis immer mehr erweiternd, nimmt ſeine ganze Eigenthümlichkeit mit in's Weite, durch Dick und Dünn; verhallt zwar endlich für alle äußern Ohren, weil keins ihm zu folgen, ſeine Ausbreitung zu faſſen vermag; doch hört nicht auf zu hallen; noch iſt's derſelbe Ton; die glatte Luft reicht hin, ihn zu erhalten, der des kunſtreichſten Inſtruments bedurfte, zu entſtehen; und wo er eine Saite verwandter Stimmung trifft, klingt ſie noch von ihm an.

Aber iſt der Menſch denn eine Violine? — Viel mehr als das, und was er mehr iſt als die Violine und die Welt um ihn mehr als die Luft, wird auch das Mehr nicht Weniger zur Folge haben. Weiter:

Ein Bild im Auge kann nicht entſtehen, ohne ein Auge; aber, einmal entſtanden, kannſt du das Auge ausreißen und die Erinnerung hallt fort im Gehirn, wohin ſich die körperlichen Wirkungen vom Auge erſtreckten und nimmt die ganze Eigenthümlichkeit des Bildes mit, durchhallt mit dieſer Wirkung das Gehirn, denn wie könnte ſie ſich ſonſt mit dem, was alle andern Sinne bringen, zu Begriffen verweben, und bleibt doch in ſich ganz; kann aber erſt für ſich erwachen, wenn die Anſchauung erliſcht; hat mit ihrer Ausbreitung die ſinnliche Stärke eingebüßt, doch dafür größern Spielraum, größere Freiheit und ein lebendigeres Leben eingetauſcht[*]).

---

[*]) Man wird es wahrſcheinlich halten können, denn mehr als Wahrſcheinlichkeit hat man hier nicht, daß eine Anſchauung ſich an den ganzen Tract von Nervenſchwingungen (allgemeiner pſychophyſiſchen Bewegungen) heftet, der von dem Auge in's Gehirn reicht und durch das Gehirn reicht, ſo lange aber die Anſchauung im Auge ſteht und der Reiz auf das Auge wirkt, im Auge am lebendigſten iſt, ſo daß man von einer relativen Concentration der Thätigkeit im Auge während der Sinneswahrnehmung ſprechen kann, ohne daß ſie doch ohne den Zuſammenhang mit dem Gehirn überhaupt fortbeſtehen und in deſſen Bewußtſein eingreifen kann. Erliſcht die Anſchauung, ſo bleibt noch ein unmittelbarer Nachklang als Nachbild übrig; die dauernde Möglichkeit des Wiederhervortritts in bewußten Erinnerungen und deren beſtändiges unbewußtes Fortſpiel und Mitſpiel in unſerm Begriffs- und Anſchauungsleben aber beruht unſtreitig nicht blos auf einem einfachen Forthallen der urſprünglichen Schwingungen, ſondern darauf, daß die urſprünglichen Schwingungen alſo organiſirend, umſtimmend, neue Anſtalten bedingend, in den Saitenbezug und das innere Saitenſpiel des Gehirns eingegriffen haben, daß jener Wiederhervortritt und jenes Fortſpiel möglich wird. Das Genauere des Wie iſt freilich gänzlich unbekannt, und deßhalb eben die oberflächliche, im Grunde unzulängliche, aber kurze und leicht eingängliche Bezeichnung als Forthallen vorgezogen. Man kann es ſich dadurch erläutern, daß auch eine Rede draußen ſich nicht dadurch auf die Nachwelt fortpflanzt, daß ſie einfach forthallt, wie der Ton der

Der Menſch aber iſt noch mehr als ſein Auge und die Welt um ihn mit tauſend Gehirnen mehr als ſein Gehirn, und an das Mehr wird ſich ein Mehreres heften.

Und ſo magſt du endlich auch das Gehirn ausreißen, ohne das weder Erinnerungen, noch Gedanken entſtehen konnten, dein ganzes dieſſeitiges Anſchauungsleben nicht entſtehen konnte; auch dieſes ganze Anſchauungsleben wird forthallen in dem Ganzen, wohin ſich die Wirkungen deſſelben erſtreckten, und die ganze Eigenthümlichkeit deſſelben mitnehmen; nur auch erſt als Erinnerungsleben für ſich erwachen können, wenn es als Anſchauungsleben erliſcht; und für den Verluſt der ſinnlichen Stärke eben jenen erweiterten Spielraum, jenes entwickeltere geiſtige Leben eintauſchen, die wir ſchon beim Argument vom Geiſte als Sache des Jenſeits erkannten. So wird der Foderung einer Befreiung des Geiſtes von den leiblichen Schranken Genüge gethan, ohne doch den Geiſt von der Leiblichkeit ſelbſt abzutrennen.

Und wenn ſchon das Gehirn keine glatte Luft mehr iſt, in welcher der Ton glatt verſchwebt, vielmehr die Erinnerungskreiſe im Begegnen unter einander und mit neuen Anſchauungen ein höheres Leben in dem hoch organiſirten

---

Violine im erſt gebrauchten nur halb zutreffenden Bilde, ſondern daß ſie ſich im Gedächtniß der Menſchen mittelſt Einrichtungen, die ſie in deren Hirn getroffen und durch Schriften forterhält.

Bau entwickeln können, ſo iſt die Welt um dich mit Wieſen, Wäldern, Feldern, Kirche, Staat, Wiſſenſchaft, Gewerbe, Handel, Kunſt, der geſammten Verkettung und Kreuzung aller menſchlichen Lebenskreiſe, worein die der einzelnen Gehirne nur als Momente eingehen und eingreifen, noch weniger eine glatte Luft; und werden die jenſeitigen Lebenskreiſe in dieſem höher organiſirten Baue, nicht unſerm jetzigen gegenüber, vielmehr mit Einſchluſſe des jetzigen, auch wirklich die geeignete Baſis zu jenem höheren geiſtigen Leben finden können, was ſie im Begegnen unter einander und mit den dieſſeitigen Lebenskreiſen führen. So trifft das Argument vom Körper mit dem vom Geiſte ganz zuſammen.

Erſtreckt ſich doch wirklich von deinem ganzen Anſchauungsleben, was du jetzt führſt, ein Kreis von Wirkungen und Werken in die Menſchenwelt und darüber hinaus um dich ſo gut, als ſich von jeder deiner Anſchauungen Wirkungen in dein Gehirn und darüber hinaus erſtrecken, ein Kreis, der ſeinen Zuſammenhang, ſeine Beziehung zum Urſprunge und den Charakter dieſes Urſprunges ſo wenig je verlieren kann, als der Wellenkreis um den in den Teich geworfenen Stein, als die Schallwelle um die Violine, als der Kreis von Wirkungen, die ſich vom Bild im Auge in dein Gehirn erſtrecken. Du kannſt nur den Zuſammenhang und die fortbeſtehende Beziehung deſſelben zu ſeinem Urſprunge nicht eben ſo leicht verfolgen, als bei den kleinen Kreiſen. Und meinſt du, daß in deinem jetzigen ſichtbaren Leibe die Seelenſchwingungen von unſichtbar feinen Körper- oder Aetherſchwingungen getragen werden, ſein Thun und Treiben ſelbſt damit zuſammenhängt, davon abhängt? Sind ſie vorhanden, ſo werfen auch ſie, unſichtbar wie ſie ſind, im Zuſammenhange mit deinem Thun und Treiben in die Welt hineinhallen, die für deinen Leib die Luft um die Violine nur mit größeren Leiſtungen vertritt, oder wohin ſollten ſie denn endlich hallen, und werden fortfahren, einen engern Seelenleib in deinem weiteren zu bilden; die Organiſation dieſes unſichtbaren Leibes aber doch ihren Halt und ihre äußere Ausprägung eben nur in dem ſichtbaren Kreiſe von Wirkungen und Werken finden können, mit deſſen Bildung in Zuſammenhange er ſelbſt ſich bildet. So kann der Glaube jeder Hypotheſe folgen und bedarf doch keiner Hypotheſe. Denn ſollte jener unſichtbare Kern jetzt nicht in unſerm ſichtbaren Leibe beſtehen, noch für unſer Jetztleben nöthig ſein, ſo würde auch ſeine Fortſetzung nach Außen nicht beſtehen noch für die Zukunft nöthig ſein.

Wäre nun die Welt um dich todt, ſo bliebe freilich der ganze Kreis, in den ſich dein dieſſeitiger Lebenskreis umſetzt, auch todt, und wäre es hiemit aus mit deinem Leben oder fände dein jenſeitig Leben keine materielle Unterlage mehr, hiemit das Argument vom Körper keinen Anhalt mehr. Lebt aber Gott in der Welt, lebſt du ſchon jetzt in Gott, und erinnert er ſich, haſt du gelebt, noch deines Lebens — das aber ſteht uns nach dem Argument vom Geiſte feſt — ſo wird er auch die Erinnerung deines Lebens, die dein künftiges Leben in ihm ausmacht, natürlicherweiſe an die Geſammtheit deſſen knüpfen, was in der Welt an dich erinnert, das iſt eben an den Kreis der von dir hinterbliebenen Wirkungen und Werke. Man meine nur nicht, ein künftiges Leben ohne Gott und außer Gott haben zu können; aber auch nicht, daß unſer jetziges Bewußtſein das einzige iſt, was es in Gott giebt, und die Mittel dieſes Bewußtſeins die einzigen, die Gott hat. Giebt es aber noch andre, wo iſt dann ihre Stelle?

Was hindert's, daß der Kreis deiner künftigen Exiſtenz ein ausgedehnter iſt? ſchon dein jetziger Leib und darin dein Gehirn, iſt ausgedehnt, und ſchließt trotzdem ein einheitliches Bewußtſein in Unterordnung unter dem göttlichen in ſich ein und ab. Bedarf es aber auch künftig noch der alten Haut dazu? Und verlangſt du doch einen relativen Abſchluß, wie der Leib ihn jetzt gewährt, auch von der Zukunft — im Grunde iſt ſchon der jetzige mit der ganzen Welt umher verwachſen — ſo wird die Umgränzung des irdiſchen Reiches, innerhalb deren ſich dein Thun und Treiben, hiemit der Kreis deiner Wirkungen und Werke hienieden abſchließt, nur einen neuen weiteren Abſchluß in größerem Umkreiſe gewähren. Der jetzige äußere Spielraum deines Lebens wird dabei in einen innern aufgehoben. Du kannſt ſogar in gewiſſem Sinne die ganze Erde als deinen künftigen Leib rechnen; nur nach der Beziehung aber, nach der du ſie durchwirkt, ihr den Charakter deines Weſens eingeprägt haſt, und deinen jetzigen Leib als das Saamenkorn betrachten, von welchem aus du ſie durchwachſen. Das Korn ſchwindet endlich zerberſtend und verfaulend, indeß die Pflanze im höhern Lichte weiter wächſt. Nun haſt du eine neue Außenwelt einmal in der Geſammtheit der Lebenskreiſe, welche mit den deinen ſich verwebend und kreuzend denſelben Raum von andern Ausgängen aus durchwachſen und ſeiner ſich in anderm Sinne bemächtigen; im andern weitern Sinne im ganzen Himmel um die Erde. Es anſchaulich zu erläutern, ſo wirf zum einen Steine viele in den Teich, und jeder Wellenkreis wird, indem er ſich mit allen andern kreuzt, in der Geſammtheit der andern ſeine Außenwelt im einen Sinne und in der ganzen Erde um den Teich im andern weitern Sinne haben. So iſt's zu verſtehen.

Auch das Zurückſchlagen der Wirkungen auf ſich ſelbſt, woran wohl jemand ſein Bewußtſein knüpfen mag — unklarer Gedanke freilich, doch auch der Unklarheit läßt ſich genügen — wird in nur größerem Maßſtabe in dem großen Kreiſe, den du einſt ausfüllen wirſt, von Statten gehen, als jetzt im kleinen; man kann's ja zeigen, wie die Folgen auf ihre Urſachen in den großen Kreisläufen der Dinge über uns hinaus nicht minder rückgreifen, als in unſern kleinen. Ein Ausſtralen aber von einem einzigen Puncte und Zurückſchlagen auf einen einzigen Punct, findet auch jetzt nicht in unſerm Leibe ſtatt*); wie ſollten wir es von dem künftigen verlangen. Nicht darin beſteht überhaupt das centrale Weſen der Seele, daß ſie materiell von einem Puncte aus nach allen Seiten wirkt, ſondern daß ſie einen Kreis materieller Wirkungen in einheitlichen Bewußtſeinsbeſtimmungen verknüpft. Nun beſteht der Uebergang vom Dieſſeits in das Jenſeits nur darin, daß ſie einen engern Kreis mit einem weitern vertauſcht; um aber dieſelbe Seele zu bleiben, kann es nur der ſein, den jener erſt aus ſich hervorgetrieben.

Jetzt freilich ſcheint für dich verloren, was über dich hinaus iſt; doch iſt es nicht verloren; Gott hat es in ſich aufgehoben, und du holſt es mit eben dem Bewußtſein ein, was deinem jetzigen Leben ſchwindet. Schon jetzt liegt Alles fertig dazu da, nur iſt's noch nicht für dich in ihm bewußt da; es dazu zu erheben, braucht's nichts, als daß er die Aufmerkſamkeit dahin wende; er wendet ſie aber nur dahin, indem er ſie von deinem jetzigen Leben abzieht, das damit erliſcht, indem das jenſeitige erwacht.

---

*) Den Nachweis davon ſ. in den Elementen der Pſychophyſik. II. Kap. 37.

Auch unſer jetziger Leib war fertig, ehe er in das jetzige Leben geboren ward, und ward zum Bewußtſein erſt geboren, nachdem die Organe, mit denen er im Mutterleibe wurzelte, die ihn hervorgetrieben, abgeſtorben. So unſer künftiger Leib; ſchon iſt er da, doch noch nicht zu bewußtem Leben da; dazu muß erſt der jetzige ſterben*). Nun mag das anders ſcheinen, daß bei der Geburt Bewußtſein ſich im Kinde neu entzündet, indeß der Tod nur einen Wechſel ſeines Sitzes dem Sterbenden bedeuten ſoll. Doch ſehen wir ſonſt ſo allgemein Bewußtſein nur entſtehen, wie es anderwärts ſchwindet, oder nachdem es früher (im Schlafe) geſchwunden war, und ſchwinden, wie es anderwärts entſteht oder um künftig neu zu entſtehen, daß wir wohl ein allgemeines Geſetz darin erkennen mögen, unter das ſich das Erwachen des Bewußtſeins im Jenſeits beim Erlöſchen im Dieſſeits unterordnet, und ſelbſt jene erſte Entſtehung des Bewußtſeins bei der Geburt leicht als eine ſcheinbare deuten können. Denn es reicht hin zu denken, daß aus dem allgemeinen von der Welt getragenen göttlichen Bewußtſein ſich bei jeder neuen Geburt eines Menſchen etwas in die Specialität des menſchlichen Bewußtſeins umſetzt**), ſo iſt nicht blos die

---

*) Einen Verfolg dieſer Analogie ſ. im Büchlein vom Leben nach dem Tode (von Miſes).

**) Dieſe Auffaſſung berührt ſich mit der Platoniſchen, welche die Fortdauer der Seele nach dem Tode mit einer Präexiſtenz derſelben erſte Schöpfung des Menſchen, ſondern jede Geburt eines neuen Menſchen in's jetzige wie in's künftige Leben die Begeiſtung eines Theiles der Materie, der nur noch des Anſtoßes zum Erwachen harrte, durch Gott.

Die ganze eine Hälfte der Erde erwacht nur, wie die andre einſchläft; um recht wach zu werden, muß man erſt recht tief ſchlafen, und ſoll das Auge in uns für die Gegenſtände wach ſein, ſo muß man das Ohr und alle andre Sinne ſchlafen laſſen; ſoll das ganze Erinnerungsleben in uns wach werden, das ganze Anſchauungsleben in uns ſchlafen; und ſo iſt es eben nur ein Fall deſſelben allgemeinen Princips oder eine Verallgemeinerung aller vorigen Fälle, daß auch unſer jenſeitiges Erinnerungsleben in Gott nur erwacht, wenn unſer dieſſeitiges Anſchauungsleben in ihm einſchläft, unſer jenſeitiger Leib in der Welt nur erwacht, wie der dieſſeitige einſchläft; damit er aber erwachen könne, muß er da ſein.

Leicht bietet ſich auf Grunde der vorigen Thatſachen ein Gedanke dar, der eine kurze beiläufige Erwähnung hier finden mag, der, daß ein, dem Geſetze der ſog. Erhaltung der Kraft*)

---

vor der Geburt correlat hält, nur daß wir kein individuelles Beſtehen derſelben vor der Geburt annehmen. Vielmehr, ſo wie ein Zweig aus dem allgemeinen Stamme entſteht, ohne wieder darein zu verlaufen, ſondern als individueller Zweig deſſelben fortbeſteht und ſich fortentwickelt, verhält es ſich nach unſerm Glauben mit der Seele.

*) Eine einfache Darſtellung dieſes Geſetzes mit Hinblick auf ſeine Bedeutung für das geiſtige Gebiet ſ. in meinen Elementen der Pſychophyſik. I. Kap. 5.

im Körpergebiete analoges Geſetz im geiſtigen Gebiete beſtehe, und ſelbſt das eine mit dem andern zuſammenhänge, ſofern das Geiſtige vom Körperlichen getragen wird. Nach jenem Geſetze bleibt zwar nicht continuirlich daſſelbe Quantum lebendiger Kraft (Maß körperlicher Thätigkeit im exacten Sinne, nicht mit der Lebenskraft der Philoſophen zu verwechſeln) in der Welt, ſie kann ſteigen und fallen, wohl aber die ſtets gleiche Möglichkeit ſeiner Wiederherſtellung vermöge conſtant fortbeſtehender Realbedingungen dazu, ſo daß die lebendige Kraft an keinem Orte ſchwinden kann, ohne entweder an einem andern Orte oder zu einer andern Zeit wieder hervorzutreten; kurz die Summe des wirklichen und nach den vorhandenen Bedingungen noch möglichen lebendigen Kraftquantums bleibt ſtets dieſelbe. Kein Zweifel, daß dieß Geſetz, als allgemeingültiges für alle körperliche Thätigkeit, auch für die pſychophyſiſche, d. h. die phyſiſche, wovon unſre geiſtige getragen wird, gilt, es giebt ſogar genug der directen Beweisgründe dafür*); nur daß damit noch nicht erwieſen iſt, daß es auch für die geiſtige Thätigkeit ſelbſt gilt, alſo auch das Maß der wirklichen und im Wiederhervortritt möglichen geiſtigen Thätigkeit nach den vorhandenen Realbedingungen dazu ſtets daſſelbe bleibt, weil die geiſtige Thätigkeit der unterliegenden phyſiſchen nicht einfach proportional geht, wie ich in meiner Pſychophyſik gezeigt. Vielmehr findet unter Vorausſetzung forterhaltener Totalgröße der pſychophyſiſchen Thätigkeit ein Maximum der davon getragenen geiſtigen bei einem gewiſſen Vertheilungsgrad der pſychophyſiſchen Statt, der, inſoweit es ſich blos um einfache ſinnliche Empfindungen handelte, der gleichförmige ſein würde, mit Rückſicht aber auf höhere Phänomene ein ungleichförmiger doch unbekannter iſt*). Sollte nun die Welt fortgehends zu einer derartigen Vertheilung tendiren, was ſich für jetzt weder behaupten noch leugnen läßt, ſo würde das Maß der geiſtigen Thätigkeit in der Welt allmälig wachſen, ohne daß das der körperlichen ſich im Ganzen oder anders als periodiſch änderte; nur die Vertheilung hätte ſich zu ändern. Auf dieſem Geſichtspuncte und dem Principe, daß der Bewußtſeinsinhalt der ſpäteren Geiſter ſich großen Theils mit dem der früheren deckt, könnte die Möglichkeit der Schöpfung immer neuer Geiſter ohne fortgehendes Wachsthum der lebendigen Kraft in der Körperwelt und ohne Erlöſchen der früheren Geiſter pſychophyſiſch ruhen. Erſt von einem Fortſchritte der Pſychophyſik aber iſt mehr Beſtimmtheit und Licht über dieſe wichtige, in ihren Folgen hier mit eingreifende, Frage zu erwarten.

---

*) S. Pſychophyſik. I. S. 37 ff.

Wie viel auch ließe ſich von Thatſachen erzählen**), die zu beweiſen ſcheinen, daß in ausnahmsweiſen Fällen ſchon jetzt ein theilweiſes Erwachen des Bewußtſeins für ſeine künftige weitere Sphäre mit theilweiſem Einſchlafen für ſeine jetzige engere ſtattfinden könne, wenn wir nur ſicher wären, daß es Thatſachen ſind. Nichts beſſer könnte unſerm Glauben zu Statten kommen, als dieſe wunderbaren Fälle, in denen man von jeher geneigt geweſen, ein Beiſpiel der künftigen Daſeinsweiſe zu ſehen; mit Fleiß aber laſſe ich hier Alles bei Seite, was ſelbſt erſt des Glaubens bedarf, um dem Glauben zu dienen. So ſehr iſt der vorige Glaube anderswoher geſtützt, daß er eher umgekehrt dienen könnte, den Glauben an dieſe wunderbaren Fälle mit zu ſtützen.

---

*) S. Pſychophyſik. Kap. 21. und 29.

**) Eine kleine Zuſammenſtellung davon ſ. in Zend-Aveſta III. S. 87. 95. 206. 215.

Viel bleibt bei alle dem ein unerklärliches Geheimniß; wer mag es leugnen; doch wer auch leugnen, daß all' das Unerklärliche, was wir von unſerer Zukunft in Gott glauben, wirklich in nur kleinerm Maßſtabe, in beſchränkterm Sinne, ſchon in der Gegenwart in uns beſteht, und wir alſo damit nur das Größere einer Thatſache im größern Gotte, an den wir doch glauben müſſen, glauben.

Wer mag erklären, daß ſo unzählige Bewußtſeinskreiſe, geknüpft an eben ſo unzählige durch einander greifende körperliche Wirkungskreiſe, unbeirrt durch einander ſollen beſtehen können. Aber ſchon jetzt greifen ganz dieſelben Wirkungskreiſe, von denen du ſorgſt, daß ſie dich jenſeits ſtören könnten, in dich dieſſeits ein, ohne dich zu irren, tragen vielmehr ſelbſt zum Inhalt, zur Entwickelung deines bewußten Lebens bei; was kann es ändern, daß ſie ſelbſt auch ein Bewußtſein tragen, von dem du nur nichts weißt, weil du überhaupt nichts von fremdem Bewußtſein weißt. Und wenn im vollen Concerte ein geübtes Ohr von Außen von allen ſich kreuzenden Tonwellen den einzelnen Ton ſchon herauszuhören vermag, wie ſollten ſich die nicht viel beſſer unterſcheiden, die des eigenen Unterſcheidens ihres Weſens fähig ſind. Und wenn ſchon die Erinnerung in dir unterſcheidbar nach und mit andern zu erwachen vermag, trotzdem, daß die leiblichen Unterlagen von allen in deinem Gehirne ſich kreuzen; wie ſollte nicht in der viel größer und höher gebauten Welt auch hievon das Größere und Höhere zu erwarten ſein.

Wer mag auch nur als Möglichkeit erklären, was Jeder als Wirklichkeit vom Jenſeits fodern wird, daß bei den ausgebreiteten und gekreuzten körperlichen Exiſtenzen im Jenſeits es noch zu einer begränzten geſtalteten Erſcheinung derſelben einander gegenüber kommen könne. Ich wieder nicht. Aber ſo wenig ich die Möglichkeit erklären kann, glaube ich doch wieder an die Wirklichkeit des Unerklärlichen über mich hinaus, weil ich es in mir ſelbſt wirklich finde.

Meinſt du denn, daß die Wirkungswellen, die von dem Bilde einer Roſe in dem Auge die Erinnerung in dein Gehirn hinübertragen, auch noch die begränzte Geſtalt der Roſe haben? doch behält die Erinnerung geiſtig noch die Geſtalt der Roſe; genug, daß ſie beim Ausgange beſtand; und meinſt du, daß ſie, von Lilie und Roſe beſonders herkommend, noch eben ſo getrennt in dir beſtehen, als Roſe und Lilie draußen — unmöglich ſogar, wenn du ſie nach einander mit demſelben Augenpuncte gefaßt, der ſeine Wirkungswellen in dieſelben Theile des Gehirnes ſendet; — doch beſteht noch eine getrennte Erſcheinung derſelben in der Erinnerung, wenn ſie in der Anſchauung beſtand. Wie du einen ganzen Garten mit Bäumen, Blumen, Thieren, Menſchen in der Erinnerung haben kannſt, ja viele nach einander, und Alles wohl geſondert, trotzdem, daß die körperlichen Unterlagen der Erinnerung von allem Vergangenen ſich in deinem Gehirne kreuzen, wird Gott einen Paradiesgarten mit unzähligen Wechſeln dieſes Gartens nur in viel größerm Maßſtabe in ſeinem Erinnerungsreiche tragen können, worin deine Geiſtererſcheinung mit geht und mit andern wie äußerlich ſich begegnet, wenn auch die körperlichen Unterlagen dazu ſich in der Welt kreuzen*). Wir wiſſen dieß Geheimniß nicht zu deuten, daß überhaupt und überall die geiſtige Erſcheinung das kurze Reſultat einer ausgedehnten körperlichen Unterlage iſt, oder anders, daß der Geiſt in einheitlicher Erſcheinung zuſammenfaßt, was ihm als körperlicher Zuſammenhang unterliegt**), und das körperlich von verſchiedenen Urſprungspuncten her Gekreuzte noch geiſtig trennbar iſt. Genug, daß, was in uns beſteht, auch über uns hinaus noch muß beſtehen können. Und meinten wir denn nicht ſchon ſonſt, wir würden im Jenſeits für den bisherigen greiflichen groben einen vergeiſtigten, verklärten Leib erhalten. Wir haben ihn mit Vorigem erhalten.

---

*) Weitere Ausführungen mit Bezugnahme auf entſprechende Vorſtellungsweiſen Anderer ſ. in Zend-Aveſta III. 151 ff.

**) Vergl. eine Erörterung des Thatſächlichen in dieſer Hinſicht

In anderm Sinne aber auch wieder, wie wir es ſchon zeigten, einen noch größern, mächtigern, feſteren, unzerſtörbareren, geiſtlicheren, nur nicht mit unſern kleinen menſchlichen Händen umgreiflichen, himmliſchen Leib, den großen Leib der Erde mit ihren Wieſen, Wäldern, Feldern, Städten, Staaten u. ſ. w., einen für alle gemeinſamen Leib, den wir künftig durchdringen werden, und der doch Jedem nur nach der Beziehung eigen ſein wird, nach der er ihn hier durchwirkt hat und ferner durchwirken wird.

Seltſame Lehre! rufſt du aus, unerhört in jeder Hinſicht! Was Alles wird darin zuſammengebaut!

Und dieſe ganze ſeltſame und ſeltſam verwickelt erſcheinende Lehre ruht doch nur in den zwei einfachen Sätzen: *Knüpfe an die Fortſetzung deſſen, woran dein Bewußtſein jetzt geknüpft iſt, die künftige Fortſetzung deines Bewußtſeins; und glaube an das in größerem Maßſtabe über dich hinaus, was du im Kleinen in dir wirklich findeſt.* Und dieſe ganze unerhörte Lehre iſt doch wieder nur dieſelbe Lehre, die du in der Bibel findeſt, wenn ſie ſagt: daß unſer jetziger Leib ſelbſt nur ein Korn iſt, aus dem der künftige Leib hervorgehen, nicht eher aber lebendig werden wird, als jener geſtorben iſt (1. Cor. XV 37. 35); — daß geſäet wird ein natürlicher Leib und auferſtehen wird

---

mit allgemeinen Betrachtungen darüber in m. Elem. d. Pſychophyſik II. 526 ff.

ein geiſtiger Leib (1. Cor. XV. 44); — daß, wenn unſer irdiſches Haus dieſer Hütte zerbrochen wird, wir einen Bau haben werden von Gott erbaut (2. Cor. V. 1); — daß unſre Werke uns nachfolgen werden, und wir ärnten werden, was wir geſät haben. Man verſuche das Alles anders oder anders zuſammenhängend zu denken, als es hier gedacht iſt, und man wird Nichts oder nur Widerſprüche denken können.

Nicht blos der chriſtliche Glaube aber, der Glaube aller Völker wird ſo gut durch dieſe Vorſtellungen verknüpft, als er überhaupt verknüpfbar iſt: der Glaube, daß die Geſtalten der Geiſter im Jenſeits leichte ſchwebende Bilder, die ſich nicht greifen laſſen, ſind; ſie ſind wirklich Bilder, Erinnerungsbilder in Gott. — Daß die Geiſter in andre Menſchen, Thiere, Pflanzen, in die Luft, nach Oben, Unten, über's Meer fahren, um die Gräber irren, kein Ort, wo man die Geiſter nicht geſucht hätte; nichts Einzelnes, aber alles zuſammen iſt wahr. — Daß ſie in den Himmel kommen; ſie werden wirklich einen Himmelskörper ganz durchdringen. — Daß ſie durch Planeten wandern. Indem ſie einen ganz durchdringen, mögen ſie auch an dem allgemeinen Verkehr deſſelben mit andern Himmelskörpern bewußtern Antheil als jetzt gewinnen. — Daß ſie die alten Geſchäfte in Jagd, Fiſchfang, Krieg u. ſ. w. forttreiben; ſie werden Alles nur in andrer Weiſe als jetzt forttreiben, was ſie hier begonnen.

Welche Vorſtellung vermöchte in gleicher Weiſe der Foderung des hiſtoriſchen Principes zu genügen. Zugleich genügt ſie dem praktiſchen in ſelber Weiſe, wie die, die aus dem Argument vom Geiſte fließt, indem ſie ſich derſelben unterbaut. Und hat überhaupt das geiſtige Daſein jenſeits noch eine körperliche Unterlage, ſo kann ſie gar nicht anders gedacht werden, um beiden Argumenten im Zuſammenhange zu genügen.

Von ſelbſt tritt endlich auch das dritte Hauptſtück des Glaubens in dieſen Zuſammenhang ein. Wie jeder jenſeitige Geiſt geiſtig viele dieſſeitig Lebende verknüpft und in ſie hineinwirkt, thut er es leiblich, indem Alles, was von ſeinem Geiſte in ſie eingeht, und in ihnen fortgeht, von körperlichen Wirkungen hineingetragen iſt und noch fortgetragen wird. Die Idee, die von Plato bis zu mir, bis in mich gelangt iſt, iſt durch einen Stral körperlichen Wirkens, der von ihm bis zu mir, bis in mich gereicht, hinein gelangt; oder wie gieng es ohne die Fortpflanzung durch Schrift und Wort und Werke und ihr Hineinwirken in mich durch Aug' und Ohr. Und alle dieſe Stralen, die von Plato in die Welt ausgegangen, hängen noch eben ſo als beim Ausgange zuſammen, wie die Welle um den in den Teich geworfenen Stein in ihrer weiteſten Fortpflanzung trotz aller Brechungen und Zurückwerfungen, die ſie erfahren mag, zuſammenhängend bleibt. Und in welchen Menſchen ſich etwas von einem ſolchen Strale erſtrecken mag, er wird dadurch ein Glied von Plato's jenſeitigem Leibe, wozu zwar im weiteſten Sinne Alles beiträgt, was von ihm dieſſeits ausgegangen, und das hat keine Gränze; aber nur was von bewußtſeinstragenden Bewegungen in ihm ausgegangen, wird fähig ſein, ſein bewußtes Leben fortzuſetzen, und deſſen leibliche Unterlage im engern Sinne geben.

Und wieder ſcheint die Lehre ſeltſam; und iſt doch wieder nichts als wörtlich der Bibel eigenſte Lehre. Denn nach den wiederholteſten Ausſprüchen der Bibel hat Chriſtus, für den Uebergang in's Jenſeits unſer Vorbild, Chriſtus, bei dem die Chriſten nach dem Tode ſein ſollen, den Leib in ſeiner Gemeine; der Glieder ſind viele, der Leib iſt einer[*]); die Leiber der Gemeindeglieder ſind ſelbſt die Glieder dieſes Leibes[**]); darüber hinaus Brod und Wein, von ihm geweiht, im Andenken an ihn genoſſen, in ſeinem Sinn Gemeinſchaft bildend, von Chriſtus ſelber geradezu ſein Leib und Blut genannt; wonach auch Luther und Andre dem Körper Chriſti in ſeiner Erhöhung Allgegenwart zuſchreiben[***]) Indeß aber Chriſtus in ſeiner dieſſeitigen Gemeine wie in einem Leibe wohnt, ſoll er doch auch mit einer jenſeitigen Gemeine, die aus der dieſſeitigen gekommen, in einem höhern Reiche über dieſer wohnen.

---

[*]) 1. Cor. XII. 12—17. 20. 27. — Röm. XII. 4. 5. — Ephef. I. 22. 23. IV. 4. 11—16. V. 29—32. — Col. I. 24. II. 19. — Gal. II. 20. III. 27. 28.

[**]) 1. Cor. VI. 15.

[***]) Vgl. Zend-Aveſta III. 376.

Alles wahr, klar, einfach und verſtändlich, wenn die vorige Lehre wahr iſt; ſie ſagt ja weiter nichts, als eben ganz daſſelbe; hohle Worte, unfaßliche Widerſprüche, wenn ſie nicht wahr iſt.

Indem wir ſo von dieſer Seite des Argumentes her in die chriſtliche Anſicht von perſönlichen Vermittelungen, die aus dem Jenſeits in das Dieſſeits übergreifen, hineintreten, entwickelt ſich von einer andern Seite des Argumentes her eine Anſicht von höhern vermittelnden Exiſtenzen zwiſchen uns und Gott, wodurch der heidniſche Glaube an die Göttlichkeit der Geſtirne mit dem chriſtlichen Engelglauben, der mit ihm Eines hiſtoriſchen Urſprunges iſt, und ſelbſt in der Bibel noch damit vermiſcht und verwechſelt wird*), auch gemeinſam begründet, vermittelt und in den Glauben an den einigen Gott aufgehoben wird. Die Welt iſt danach nicht mehr ein Rollwerk todter Bälle; ſondern das geſammte dieſſeitige und jenſeitige Geiſtesleben jedes Geſtirns verknüpft ſich eben ſo in einer Bewußtſeinseinheit deſſelben unter der göttlichen, als das geſammte Anſchauungs- und Erinnerungsleben jedes Geſchöpfes in einer Einheit unter der ſeines Geſtirns**); und was geglaubt wird oder doch geſagt wird, wenn ſchon es wieder nicht geglaubt wird, iſt wahr, daß ein Engel uns dieſſeits auf allen unſern Wegen führt und uns endlich in das Jenſeits trägt; nur daß wir das innerlich in ihm zu denken haben, was wir äußerlich dachten, wie daſſelbe ja auch von unſerm Verhältniſſe zu Gott und Jenſeits gilt; und nicht für jeden andern Menſchen ein andrer Engel da iſt, ſondern für jede andre Geiſtergemeinſchaft im Himmel. Die Engel aber, die jeden Menſchen im Beſondern oder vielmehr die menſchliche Geſellſchaft nach beſondern Richtungen führen, kann er in den Theilhabern dieſes Geiſtes, den Geiſtern der Abgeſchiedenen, ſuchen, von denen er ſich führen läßt.

---

*) Vgl. Zend-Aveſta I. 211 f.

**) Die nähere Begründung und Ausführung hievon ſ. im 1. Theil des Zend-Aveſta und dem 9. Kap. der Schrift über die Seelenfrage.

So wird Alles denkbar, was wir ſonſt nicht zu denken wiſſen, ſo ſtimmt Alles zuſammen, was wir ſonſt nicht zuſammenzubringen wiſſen, ſo werden alle Worte wahr, mit deren Klang wir ſonſt nur zu ſpielen wiſſen.

Es ſei genug; ich wollte ja hier überhaupt nicht ſowohl den Glauben, als die Motive und Argumente des Glaubens entwickeln; nur daß die Entwickelung jedes Glaubens-Argumentes von ſelbſt in eine Entwickelung des Glaubens ausſchlägt.

Und das iſt das Unvergleichliche, Unerſetzliche dieſer Argumente, daß ſie in den Gründen der Sache zugleich die Gründe der Entwickelung der Sache geben. Leicht ſind die hergebrachten Argumente an den Fingern abgezählt, doch wie ſie abgezählt ſind, iſt man auch mit ihnen fertig.

Im Uebrigen gilt von allen Argumenten und vom Zuſammenhange aller, was vom hiſtoriſchen geſagt ward: das Allgemeine bleibt ſicherer dadurch geſtellt, als ſich das Einzelne damit ſtellen läßt. Das Allgemeine aber hängt ſo feſt in ſich zuſammen, daß etwas von dieſem Zuſammenhange brechen heißt, den Grund des ganzen Glaubens brechen.

Steht aber dieſer Grund einmal als unverbrüchlich feſt, ſo kann auf ihm der Streit um Einzelnheiten wohl von Statten gehen und immer neu beginnen; ja es muß ſo ſein; denn anders iſt es mit dem Glauben als dem erſten Thurm; nur aus dem Streit und Mißverſtande der Bauleute ſteigt er endlich feſt als Denkmal der Verſöhnung auf.

Dann braucht kein Wort ferner noch mit Aengſten feſtgehalten zu werden, damit der Glauben ſtehe; nur daß ein jedes verworfen werde, was nicht auf dem Grunde der drei Argumente ſteht; denn damit ſteht von ſelbſt das Fundament des Glaubens und ſein ewiger Fortſchritt feſt. Dieß ganze Buch beſteht nur in der Behauptung dieſer Glaubensrechte und weiter nichts mag von ihm feſtgehalten werden.

VIII.

Stellung einer exacten Lehre von Leib und Seele (mit Rückſicht auf die Nervenfrage) zu den Glaubensfragen.

Was ich nur eben von allen Argumenten gemeinſam ſagte, gilt auch ganz insbeſondere von dem, womit wir uns zuletzt beſchäftigt haben, dem Argument vom Körper; das Allgemeine bleibt ſicherer dadurch geſtellt, als das Einzelne ſich damit ſtellen läßt; und noch gar viele Fragen ließen ſich aus dem Geſichtspuncte deſſelben aufwerfen, ohne ſich ſchon aus dem Geſichtspuncte deſſelben anders beantworten zu laſſen, als durch unbeſtimmte Möglichkeiten oder Analogieen, die zu vereinzelt ſind, um Sicherheit zu gewähren. Eine exacte Wiſſenſchaft vom Zuſammenhange zwiſchen Leib und Seele, ich habe ſie Pſychophyſik genannt, wird ſich erſt feſter ſtellen und zu größerer Entwickelung gelangt ſein müſſen durch ſorgſamere und genauere Ermittelung der Thatſachen und Geſetze dieſes Zuſammenhanges in unſerm kleinen Leib und Leben, als jetzt der Fall, um dem Argument vom Körper für dieſen Zuſammenhang in einem größern und jenſeitigen Leib und Leben beſtimmtere Anhaltspuncte und Entwickelungsmomente bieten zu können. Aber ſicher wird einſt die Zeit kommen, wo man das Kleine und Große, in Form Verſchiedenſte, in dieſem Gebiete eben ſo gemeinſamen Geſichtspuncten und Geſetzen wird unterzuordnen wiſſen, als im reinen Körpergebiete den Fall des Apfels und die Bewegung der Erde um die Sonne, den Stral, der leuchtet und den Stral, der ſchallt; eben ſo im einen das andre wird wiederzufinden wiſſen. Nun aber iſt eigen, daß die, die nicht einmal von dieſer allgemeinſten Foderung noch von den erſten Principien einer ſolchen Lehre eine Ahnung hatten, ihr die Gränzen vorſchreiben, und wo ſie des kleinen Menſchen Nerven, dieſe ganz beſchränkte Form, in der ſich Schwingungen des Körpers einem Geiſte unterbauen können, nicht mehr erblicken, meinen, es könne auch von Gott, Jenſeits und andern Seelen nicht die Rede ſein.

Wie handgreiflich der Fehlſchluß iſt, welcher aus Abweſenheit der Nerven Abweſenheit der Seele folgert, habe ich ſchon an mehr als einem Orte gezeigt*). Wie man aber von der Natur ſagt, furca expellas, usque recurret, ſo kann man es von dieſem Schluſſe ſagen. Ich laſſe die Gabel ruhen. Er wird ſo lange wiederkehren, als der Unglaube, den er im Zirkel beweiſt, ihn aufrecht hält und eine beſchränkte Weltanſicht noch eine willkommne Stütze in ihm findet; nur daß man ſich einſt wundern wird, wie eine ſolche Anſicht auf ſolcher Stütze ſich ſo lange halten konnte. In frühern Zeiten galt es für ein Axiom, daß Himmelskörper ſich nur in Kreiſen bewegen können; dieſelbe Rolle als jetzt dieſes Axiom wird einſt das Axiom, daß Seelenbewegungen nur auf Grund von Nervenbewegungen von Statten gehen können, ſpielen.

---

*) Nanna S. 37 ff. — Ueber die Seelenfrage S. 27 ff.

Und wären Nerven nöthig, ſo fehlen ſie ja nicht dem gemeinſamen Unterbau der göttlichen und jenſeitigen Welt. Vielmehr ſtatt eines einzigen Syſtems liegt ein Syſtem von Nervenſyſtemen vor, durch Schwingungen, die Blick und Wort vom einen zum andern hinübertragen, und noch durch mehr als ſie, zum engeren Syſtem gebunden, durch ſolche, die zwiſchen allen Sonnen laufen, in's größte eingebunden. Warum aber Schwingungen dieſer Art zwiſchen dieſen Syſtemen weniger geeignet ſein ſollen, innere geiſtige Bezüge zu vermitteln, als Schwingungen, die zwiſchen Ganglienkugeln laufen; und das allgemeinſte Syſtem von Schwingungen des Unwägbaren weniger geeignet, als die darin begriffenen ſpeciellen, einen Geiſt zu tragen, davon ſucht man auch nur die Spur eines exacten Beweiſes bei Materialiſten und Idealiſten vergebens, die ſich trotz allem Widerſtreit in Worten ſo gern in der geiſtbeſchränkendſten Weltanſicht und darum auch in ihrer Stütze begegnen.

Vergleiche man doch damit die ſo natürliche Auffaſſung, die Plato in einem ſeiner Dialoge (Philebos) dem Socrates in den Mund legt[*]).

Socrates: „Was zur Natur der Leiber aller Lebendigen gehört, Erde, Feuer, Waſſer und auch Luft, finden wir auch in der Zuſammenſetzung des Ganzen; von jedem unter dieſen findet ſich in uns nur gar Weniges und Schlechtes und nirgends iſt etwas rein und den ſeiner Natur eigenen Kräften ganz entſprechend. Z. B. Feuer iſt in uns und in dem Ganzen. Aber in uns iſt nur weniges, ſchwaches und ſchlechtes Feuer; das aber in dem Ganzen iſt bewunderungswürdig, viel und ſchön und in der vollen Kraft, welche in dem Feuer liegt. Das Feuer in uns aber nährt ſich, wird beherrſcht und entſteht aus dem Feuer des Ganzen. Eben das muß man von der Erde in den lebenden Weſen und von der im Ganzen befindlichen Erde ſagen, ſo wie vom Waſſer und der Luft. Alles eben Erwähnte, wenn wir es beim Menſchen in Eins verbunden ſehen, nennen wir Leib. Ganz auf dieſelbe Weiſe können wir die Welt, die aus denſelben Beſtandtheilen zuſammengeſetzt iſt, einen Leib nennen. Wird nun wohl von dieſem Leibe unſer Leib oder von unſerm Leibe jener ſich nähren?“ — Protarch: „Auch dieß iſt nicht der Frage werth.“ — Socrates: „Aber hat nicht unſer Leib eine Seele? Woher nun ſollte er ſie erhalten haben, wenn nicht auch des

---

[*]) Nach einer Ueberſetzung im deutſchen Muſeum 1862. Nr. 41.

Ganzen Leib beſeelt wäre, daſſelbe habend wie er, und noch trefflicher?“

Man mildre nur im Vorigen den Ausdruck ſchlechtes; mag er uns bedeuten: was für ſich keine Kraft und keinen Werth hat.

Ein Aſtronom hat geſagt, er habe den ganzen Himmel durchforſcht und habe Gott nicht finden können; natürlich, wie man den Geiſt in unſerm Gehirn mit aller mikroſkopiſchen Durchforſchung nicht finden kann; es fragt ſich aber, ob man etwas dagegen findet. Und ich ſage, daß ich die ganze Pſychophyſik durchforſcht habe, und mußte ich es nicht, da es galt, ſie zu bauen, und nichts gefunden habe, was gegen Gott und Jenſeits läuft; aber eben nur, weil ich ſie ganz durchforſcht habe, ſo weit ſie bis jetzt reicht, und etwas tiefer durchforſcht habe, als das Skalpell des Anatomen und der Blick des materialiſtiſchen Phyſiologen reicht.

Wie aber ein Stern nicht zugleich hier ſtehen kann und da, das Ptolemäiſche und Copernikaniſche Syſtem, das Emiſſions- und Undulationsſyſtem nicht beide zugleich richtig ſein können, und in dieſem Sinn die Wahrheit der Naturwiſſenſchaft überhaupt nur eine iſt, iſt die der Pſychophyſik, welche die Principien ganz, das Material halb mit ihr gemein hat, nur eine; und wenn die Pſychophyſik erſt wenig leiſten kann, uns auf den Wegen zu den höchſten und letzten Dingen mit zu führen, für ſich allein wird ſie's ja nie vermögen, ſo ſchließt ſie doch von vorn herein Wege, die wegen des Widerſpruchs mit in ihr feſtſtehenden Wahrheiten falſch führen müſſen, und läßt nur den einen, den wir betreten haben, offen, den hiſtoriſch und praktiſch gefoderten Glauben wiederzufinden. Alle jene Analogieen, mit denen wir vom Menſchen zu Gott, vom Dieſſeits zu dem Jenſeits, am Faden des Gleichen und Ungleichen, erweiternd und ſteigernd, zu gelangen ſuchten, ſind für die Pſychophyſik nicht vorhanden; auf ſolchem Wege kann ſie ſich nicht erbauen, es ſind für ſie nur ganz entlegene Möglichkeiten; aber es ſind doch Möglichkeiten, die ſich ſogar Geſichtspuncten derſelben unterordnen laſſen, die mehr als Möglichkeiten ſind*), und ſind die einzigen Möglichkeiten, den religiöſen Glauben mit dem pſychophyſiſchen Wiſſen in Einſtimmung zu bringen; ſonſt hat der Materialismus, der den Glauben abweiſt, Recht. Hiegegen giebt es andre Anſichten, die von der Körperſeite her den Glauben mit zu ſtützen ſuchen, die zugleich pſychophyſiſch unmöglich ſind und es unmöglich machen, die hiſtoriſchen und praktiſchen Glaubensfoderungen zu befriedigen.

So jene viel vertretene, nach welcher jede Seele ihren Sitz hienieden in einem Puncte des Leibes hat, ſei's als ein metaphyſiſch einfach Ding, ſei es als ein nach Außen phyſiſches, nach Innen pſychiſches, Atom, welch' einfach Ding oder Atom ſich mit dem Tode aus ſeiner weiten körperlichen Hülle befreie. Das gerade Gegentheil von unſerm Glauben, nach dem ſchon der jetzige Wohnſitz der Seele ein ausgedehnter körperlicher Bau iſt, mit dem ſie nicht äußerlich verknüpft iſt, den ſie innerlich verknüpft, der jenſeitig-künftige ein noch weitrer Bau, und der Wohnſitz Gottes endlich der weitſte Bau, der alle dieſe Baue einſchließt.

---

*) Pſychophyſik II. Kap. 45.

Aber es iſt unmöglich, jene Anſicht vom einfachen Seelenſitze feſtzuhalten, ohne mit den feſteſten Thatſachen der Pſychophyſik in Widerſpruch zu treten*); dem jenſeitigen Daſein werden damit alle Mittel des dieſſeitigen genommen, ohne ſie durch andre oder auch nur durch ein Princip des Erſatzes zu erſetzen; und ſoll von Gott darin die Rede ſein — gern aber vermeidet man dabei von Gott zu ſprechen — ſo wird er wie die andern Geiſter zu einem Punctbewohner oder Puncte, oder aus der Conſequenz fallend zu einem Bande der Puncte, das keine Einheit des Bewußtſeins hat, ſofern die Einfachheit des Punctes dieſelbe gründen ſoll. Auch hierin das gerade Gegentheil von unſerm Glauben, nach dem das jenſeitige Leben nur mittelſt des göttlichen anſtatt auf deſſen Koſten zu gewinnen iſt.

---

*) Pſychophyſik II. 381 ff.

So jene nicht minder oft vertretene Anſicht, daß ein ätheriſcher Leib aus unwägbaren Stoffen in unſerm jetzigen gröberen als wie in einem Gehäuſe eingeſchloſſen ſei und mit dem Tode unter weſentlicher Forterhaltung ſeiner Organiſation ſich befreie. Aber es widerſpricht der Pſychophyſik, weil der Phyſik, einen organiſchen Leib aus unwägbaren Stoffen für ſich beſtehend zu denken, ein ſtärkeres Verlangen, als daß flüſſig Waſſer nach Zerbrechen des Glaſes noch ſeine alte Form behalte; und mehr noch, ihn ohne Hülfe des alten wägbaren Leibes einen neuen bauen zu laſſen; wo ſah man je etwas, als träumend, was ſolche Möglichkeiten begründete. Auch dieſe Vorſtellung nimmt dem Geiſte nur Mittel, ſich mit der Außenwelt in Beziehung zu ſetzen, ſtatt ſolche zu erweitern. Wieder das Gegentheil von unſrem Glauben, nach welchem unſer künftiger Leib ein aus dem ganzen jetzigen hervorgewachſenes nur größeres Syſtem des Wägbaren und Unwägbaren ſein wird, wobei nichts hindert, die Seelenſchwingungen noch eben ſo wie jetzt an die Schwingungen des Unwägbaren doch vorzugsweiſe geknüpft zu denken; nur daß eine Organiſation des Unwägbaren hier wie dort ohne die des Wägbaren nicht denkbar und nicht zu beſchaffen iſt.

Allgemein geſprochen liegt in unſrer gründlichen Unkenntniß der Grundbeziehungen von Leib und Seele noch ein ungeheurer Schatz verborgen, den die Zukunft zu heben hat. Der Materialismus liegt wie ein Cerberus über dieſem Schatze, wachend, daß er nicht idealiſtiſch verzettelt, aber auch daß er nicht der Religion zum Gewinn gehoben werde, weil er damit ſelbſt wird aufgehoben ſein, unwiſſend um die Größe und Bedeutung dieſes Schatzes. Schlimm ſtände es um den Glauben, wenn es zu ſeinem Beſtande und zu ſeinem Leben der Hebung dieſes Schatzes erſt bedürfte; doch wird das Bedürfniß dazu wachſen, ſo wie die Anſprüche an den Glauben wachſen; daraus werden ſelbſt Anregungen zu ſeiner Hebung kommen; nach Maßgabe als ſie gelingt, wird immer mehr vom Glauben in Wiſſen aufgehoben werden; der Glaube aber damit nur um eine Stufe höher darüber ſteigen.

IX.

Fragen, wie der Glaube zuerſt an die Menſchheit kam, und wie die Motive und Gründe für den Glauben an das Daſein Gottes in dem Daſein Gottes wurzeln.

Hienach noch einige Worte über dieſe Fragen, die wir bisher zurückſtellten, obwohl ſie ſich von Anfange herein aufdrängten. Wir ſtellten ſie zurück mit dem Gewinn, daß wir ihnen jetzt mit größerer Klarheit als anfangs begegnen können, mit größerer, wenn ſchon bei Weitem nicht mit voller. Denn Meinen, Glauben, Wiſſen laufen dabei immer noch vielfach in einander, beſonders bei der erſten; ſorgen wir nur, daß ſie nicht aus einander laufen.

Die erſte anlangend, ſo liegt es unſtreitig am nächſten, zu denken, daß der Glaube an Gott ſich von Anfange an blos durch die Wirkung des theoretiſchen und praktiſchen Motivs erzeugt und der erzeugte dann hiſtoriſch fortgepflanzt habe. So hätte das hiſtoriſche Motiv urſprünglich nur die zweite Stelle. Von andrer Seite, wenn das hiſtoriſche Motiv jetzt das erſte iſt, was jeden Menſchen an Gott glauben läßt, ſollte es nicht auch von vorn herein das erſte geweſen ſein? nicht, ſo wie jetzt die Aeltern den Glauben an Gott den Kindern einpflanzen, ehe noch das theoretiſche und praktiſche Motiv einen Angriffspunct in ihnen finden, Gott als Vater der Menſchen ihnen auch den Glauben an ihn zuerſt auf eine unmittelbare Weiſe mitgetheilt haben? So hätte das hiſtoriſche Princip ſeinen Ausgang von ſich ſelbſt genommen; die andern Principe aber nur ſeine Leiſtung fortgeſetzt, indem ſie zur Erhaltung und Ausbildung des von Gott unmittelbar den Menſchen eingepflanzten Glaubens gewirkt.

Aber ich meine: ſo wenig jetzt die drei Principe um den Vorrang ſtreiten dürfen; ſie leiſten und können nur leiſten, was ſie leiſten, durch ihren Zuſammenhang und ihre Stützung auf einander; wird es von Anfange an geweſen ſein; vielmehr der Anfang ſelbſt der erſte und engſte Knoten der Verſchlingung, in der wir ſie jetzt erblicken, geweſen ſein. Und dürfen wir Gott als Vater der Menſchen betrachten — wir dürfen es aber, nur mit dem Unterſchiede, daß Gott ſeine Kinder in ſich, ſtatt aus ſich heraus zeugt und gebiert — ſo können wir die Weiſe, wie der Glaube an Gott zuerſt an die Menſchheit kam, auch nur mit der Weiſe vergleichen, wie der Glaube an die Aeltern von den Aeltern zuerſt an die Kinder kommt, nicht wie der

Glaube an Gott zuerſt von den Aeltern an die Kinder kommt; und die Erzeugung des Glaubens an Gott durch Gott wird auch vielmehr eine innerliche als äußerliche ſein.

Ich denke mir es aber ſo:

Unſtreitig war die den Menſchen umgebende Natur von Anfange an danach angethan, ihn eine Macht über ſeiner anerkennen zu laſſen, und ſo lange er den eigenen Geiſt vom Körper noch nicht in abstracto dachte, da er Beides Anfangs gar nicht unterſchied, auch kein Anlaß, den Geiſt von der Natur zu abſtrahiren; die Sonne, die am Himmel geht, für weniger lebendig zu halten, als ſich, der auf der Erde geht; nur für mächtiger, erhabener, glänzender mußte er ſie halten. Vermochte er doch nicht wie ſie den Tag zu erhellen, die Blumen zu öffnen, die Früchte zu reifen. Sollte er den Donner für etwas Schwächeres und Todteres halten als ſeine Stimme, den Sturm für etwas Schwächeres und Unlebendigeres als ſeinen Athem, des Meeres Ebbe und Fluth für etwas Mechaniſcheres als ſeinen Puls? Was uns, nachdem die Abſtraction des Geiſtes von der Natur, der Kräfte des Geiſtes von den Kräften der Natur, einmal geſchehen, ſo ganz geläufig iſt, war, ehe es dazu gekommen, ganz unmöglich, und eben ſo unmöglich, daß der Menſch mit ſolcher Abſtraction begann. Das Bedürfniß aber mußte natürlicherweiſe den Menſchen dazu treiben, ſich mit der Macht oder den Mächten, unter deren Einfluß er ſich fand und fühlte, auch in ein zuſagendes Vernehmen zu ſetzen, und die Analogie, wie er ſich hiebei gegen den Menſchen zu benehmen hat, ihn dabei leiten. Dieſen Charakter hat ja alle Naturreligion. Und hierin ſehen wir die erſten Wirkungen des theoretiſchen und praktiſchen Motivs.

Nun aber, wenn Gott wirklich in der Natur wohnt und lebt und wirkt, die Menſchen in Gott leben, weben, ſind; ſo war dieſe unmittelbare Weiſe, wie das Daſein Gottes und ſeiner höchſten Weſenheiten ſich dem Gefühl oder Bewußtſein derſelben zuerſt aufdrang, eben auch die erſte natürliche Sprache Gottes zu den Menſchen, deren Verſtändniß uns nur jetzt nicht mehr geläufig iſt; alſo daß das hiſtoriſche Motiv, indem es ſeinen Anfang in einer Uroffenbarung Gottes ſucht, vom theoretiſchen und praktiſchen ſich Anfangs gar nicht ſcheiden läßt. Hat doch Gottes Daſein ſelbſt ſeine theoretiſche und praktiſche Seite, und in der Urwirkung nach beiden Seiten auf die in ihm geſchöpften Weſen lag eben die Uroffenbarung Gottes, von der alle hiſtoriſche Fortpflanzung des Glaubens ausgieng, und die allen unſern theoretiſchen und praktiſchen Motiven als Keim vorangieng.

So erkennt das Kind zuerſt die Aeltern im unmittelbaren Anſchauen am Benehmen gegen ſich und nach von ſelbſt ſich geltend machenden praktiſchen Beziehungen als das, was ſie ihm ſind. Ehe es ein Wort verſteht, verſteht es ſchon den Laut, den Blick, die Miene, die Geberde, das

Lächeln und die Drohung, verſucht Alles richtig von den richtigen Aeltern; und dieſe ſprechen anfangs mit ihm keine andre Sprache; erſt ſpäter tritt das Wort an deren Stelle. Gott hat mit dem, womit er über ſeine Geſchöpfe hinausreicht, nicht minder hörbar und ſichtbar vor den erſten Menſchen geſtanden, und ſeine Macht und praktiſchen Beziehungen zu ihnen ſind ihnen nicht minder fühlbar geweſen. Da gab's noch keine Lehre, welche Gott über die Himmel ſetzte, die Welt aus Gott herausfallen ließ; der Menſch konnte noch an den Lebendigen glauben, den er vor ſich, um ſich ſah, und der auf ihn wirkte; und ohne noch den Namen Gottes zu kennen, konnte er auf ihn gegenwirken, Bewußtſeinsbeziehungen, Gefühle zu ihm tragen, wie es in der Natur des neugeborenen Kindes gegen ſeine Aeltern liegt, und alles dieß ſich in der erwachſenden Menſchheit nur weiter entwickeln.

Denn wie das Gefühl des neugeborenen Kindes zu den Aeltern von Anfange herein das innigſte, einigſte und für alle Kinder einſtimmigſte, aber zugleich unentwickeltſte iſt, mochte das Gefühl der Beziehungen des Menſchen zu Gott, des Seins und Lebens in und mit Gott, von Anfange herein denſelben Charakter tragen; — wer freilich will es jetzt noch ganz nachempfinden, nachbeſchreiben, wie es war; — mit der beginnenden Entwickelung aber auch die Zerſetzung, Verirrung und Verwirrung beginnen, von der ſich die Menſchheit erſt allmälig wieder zu erholen hat.

Dieß dürfte im Weſentlichen richtig bleiben, wie wir auch die Entſtehung und den erſten Zuſtand des Menſchen denken mögen, und die Ungewißheit nur die, bei aller Wichtigkeit doch verhältnißmäßig untergeordnet bleibende Fragen betreffen, ob das Gefühl der Beziehungen zu Gott ſchon in den erſten Menſchen zur bewußten Vorſtellung eines gegenſtändlichen göttlichen Daſeins gedieh, ſchon in ihnen die erſten, vielleicht gar größten, Stadien durchlief, wobei auch ſchon die erſten Verirrungen eintreten konnten, oder erſt ganz allmälig durch die Menſchheit dazu gelangte; ob die erſte Entwickelung von Anfange zum einigen Gott oder zur Vielgötterei führte; ob ſie von einem Menſchenpaare oder Volke auf alle andern übergieng oder ſich ſelbſtändig hier und da entwickelte. Die meiſten dieſer Fragen aber, wenn nicht alle, werden ſich ſo wenig je ſicher entſcheiden laſſen, als die Frage nach dem erſten Zuſtande, der urſprünglichen Einheit oder Vielheit, dem Urſprunge der Racen und Sprachen der Menſchen, womit ſie zuſammenhängen. Man kann ſich Gedanken darüber machen, doch bleiben es Gedanken.

Iſt Darwin's Anſicht wahr, zu der ſich ſo viele Naturforſcher bekennen oder neigen, daß alle vollkommneren Geſchöpfe ſich im Laufe von Millionen Jahren aus den unvollkommneren herausgebildet haben, der Menſch ein Sohn ſei des Molches und des Affen, ſo iſt es ſelbſtverſtändlich, daß die Religion nicht ſchon im erſten Menſchen,

d. i. der die Stufe des Affen eben überſtieg, ſondern ſehr langſam in der Menſchheit zur bewußten Entwickelung kam; auch ſelbſt im Neger ſteht ſie ja noch tief. Entgegen ſteht die Anſicht, daß nicht der Organismus des Molchs und Affen, ſondern der des irdiſchen Reiches, der doch einmal die erſten Vorältern des Affen in ſich geſchöpft haben mußte, durch eine Stufenreihe immer neuer Schöpfungen ſich ſo weit in ſeiner Schöpferthätigkeit gehoben habe, um es endlich in einer letzten Anſtrengung, wir nennen ſie die letzte Erdrevolution, bis zur Schöpfung des Menſchen zu bringen, aus demſelben nur höher anſchwellenden allgemeinen Borne, aus dem die erſte Schöpfung geſchah. Und wie der Menſch ſichtlich zur ganzen Erde in Zweckbeziehung ſteht, ſo hätten ſich auch die Kräfte des ganzen irdiſchen Reiches zu ſeiner Schöpfung neu zuſammengethan, nicht aber blos den Affen durch allmälige Nachbeſſerung zum Menſchen erhoben.

Unter dieſer Vorausſetzung konnte der erſte Menſch von ſeinem andern Urſprung, dem friſchen Urſprunge aus dem großen allgemeinen Schöpfungsborne, her auch manche vorzüglichere körperliche und geiſtige Eigenſchaften haben, als die nachgeborenen Menſchen, nähere und innigere Erkenntniß- und Gefühlsbeziehungen namentlich zu Natur und Gott, wie alles Erſte zu dem, woher es ſtammt, unmittelbarere Beziehungen hat, als alles Nachgemachte; der Sohn vom Vater nähere Kenntniß hat, als der Enkel.

Aus exactem Geſichtspuncte aber iſt eine Anſicht ſo unwahrſcheinlich, daß möchte man ſagen ſo unmöglich, wie die andre. Und doch muß man an eine von beiden Unmöglichkeiten glauben, ein Beiſpiel, wie der Glaube das Wiſſen zwingen kann.

In Darwin's Anſicht muß den langſam umbildenden Kräften und der langſamen Umbildungsfähigkeit der Organiſation eine alles Maß der Erfahrung überſteigende Tragweite zugetraut, in der entgegenſtehenden den Revolutionen der Erde eine überhaupt unbekannte Kraft beigelegt und mit den jetzigen Veränderungen unvergleichbare Revolutionen der Erde überhaupt angenommen werden. Jene Anſicht kann von allen Seiten an Jetziges, an Bekanntes anknüpfen; mit dem Geſpinnſte inductiver Fäden ganze Bände füllen; nur daß keine Fäden ſo weit reichen, als ſie reichen ſollen, das Verſponnene ſich zeitig in ſich ſelbſt verläuft, und der ungeheure Haufe der Beweismittel nicht den dürftigſten Beweis begründet. Die andre Anſicht kann an nichts Jetziges, nichts Bekanntes anknüpfen; nur erſtens auf der nicht minder werthvollen Gewißheit fußen, daß die unbekannten Kräfte, die ſie braucht, auch nach jener Anſicht, die ihr wiederholtes Wirken leugnet, ein Erſtesmal gewirkt haben müſſen. Zweitens auf der Wahrſcheinlichkeit, daß Erſchütterungen, Revolutionen von ſelbſt nicht recht erkannter Natur das ganze irdiſche Reich wirklich wiederholt in Zuſammenhange oder größerer

Ausdehnung betroffen haben müſſen; — wiederholen ſich doch ſolche Revolutionen noch jetzt in der Wiſſenſchaft davon, der Geologie, mit Zwiſchenzeiten und Orten freilich, wo nur noch langſame Hebungen und Senkungen den Platz behaupten. Drittens auf der Betrachtung, daß der teleologiſche Zuſammenhang, die architektoniſche Gliederung und die für Organismen ſo charakteriſtiſche Periodicität des irdiſchen Reiches es wirklich einem Organismus vergleichbar macht. Auch jede neue Zeugung und Geburt eines Menſchen aber, ſogar jedes Hervorbrechen eines neuen Zahnes, erfolgt durch Kräfte, die, im gewöhnlichen Laufe der Dinge ſchlafend, von Zeit zu Zeit erwachen, und den ganzen Organismus neu aufrühren; nicht durch Nachbeſſerung eines alten Kindes oder alten Zahnes. Durch unerklärte Kräfte; man darf nicht daran glauben; doch zwingt die Thatſache, daran zu glauben; kehrt aber nur nach längeren Zwiſchenzeiten wieder; und ſo mag ſie bei der Erde nach noch längeren Zwiſchenzeiten wiederkehren, als bei ihren Gliedern; wir aber leben in den Zwiſchenzeiten. Nur daß der Haufen dieſer Analogieen für eine exacte Wiſſenſchaft ſo wenig bedeuten kann, als Darwin's Haufen von Inductionen, welche in gewiſſem Sinne die Maus den Berg gebären laſſen, indeß unſre Analogieen in anderm Sinne den Berg die Maus gebären laſſen.

Am einfachſten und den Principien, die in ſolchen Fällen von den Exacten befolgt zu werden pflegen, angemeſſenſten wäre es hienach, die Entſtehung des Menſchen, als für die exacte Forſchung unerklärlich, überhaupt zu leugnen und das Menſchengeſchlecht für nicht exiſtirend zu erklären. Wir ſelbſt verzichten, uns weiter in eine Frage zu vertiefen, die wir nicht austiefen können.

Die zweite Frage, wie die drei Motive und Gründe für das Daſein Gottes in Gottes Daſein wurzeln, iſt, wenn uns feſt ſteht, daß wir in Gott nicht außer Gott das Daſein haben, eine Frage, die ſich der allgemeinern unterordnet, wie unſer ganzes Seelenleben in dem göttlichen wurzelt, hiemit eine Frage der göttlichen Pſychologie.

Vor Allem fragt ſich: wie kann es überhaupt beſonderer Vermittelungen für den Glauben an Gott innerhalb Gottes ſelbſt bedürfen, und wie iſt ein Zweifel an dem Daſein Gottes in Gott ſelber möglich, der vielfach doch im Menſchen und hiemit in Gott beſteht, wenn er den Menſchen einſchließt; zweifelt auch jemand an ſeinem eigenen Daſein? Ja kann das nicht ſogar einen Zweifel daran ſelbſt, daß Gott uns in ſich hat, begründen?

Unſtreitig zweifelt niemand an ſeinem eigenen Daſein, alſo auch Gott nicht; wir aber ſind nicht Gott, weil wir in Gott ſind und ſchließen nicht eben ſo wie Gott uns einſchließt, wieder ganze Weſen mit einem Ich ein, die des Gedankens eines höhern Ich, und hiemit auch keine, die des Zweifels daran fähig ſind, ſondern ſind ſelbſt die erſte Stufe ſolcher Weſen, und zu Allem muß es eine erſte

Stufe geben. Alſo kann es für uns wohl beſondrer Vermittelungen bedürfen, um zum Glauben an das höhere Ich zu kommen, deren es für uns nicht bedarf, um zum Glauben an unſer eignes Ich zu kommen, und deren es auch für Gott nicht bedarf, um zum Glauben an ſein eignes Ich zu kommen, aber eben nur in der höchſten Sphäre ſeines Bewußtſeins nicht. Mein Auge und Ohr mit ihren Sinneskreiſen kann ich meinerſeits durch nichts belehren, daß mein Ich über ihnen iſt; ſie ſind dafür überhaupt unempfänglich; ſie haben nichts als Sinn. Gott dagegen kann uns, und darin ſtehen wir über unſern Sinneskreiſen, zum Glauben an ſich führen, und ein Theil ſeiner Aufgabe beſteht darin, die niedern Ichs zum Glauben an ſein höchſtes Ich zu führen. Wie er uns aber dazu führen kann, das haben wir nicht erſt nach Analogieen zu erſchließen, vielmehr liegt uns die Thatſache davon vor. Sehen wir nach den Motiven und Gründen, wie ſie ſind; wir haben es gethan, und haben damit ſelbſt einen Einblick in den Zuſammenhang der menſchlichen und göttlichen Pſychologie gethan.

Damit iſt freilich noch nicht Alles abgethan. So wenig die menſchliche Pſychologie dabei ſtehen bleiben kann, die einzelnen Vermögen und Beſtimmungen der Seele äußerlich neben einander zu ſtellen; vielmehr gilt es auch den innern Zuſammenhang und die gemeinſamen Bedingungen davon zu zeigen; wird die göttliche dabei ſtehn bleiben können, will der Menſch ſich überhaupt an eine ſolche wagen. Alſo wird auch dem innern Zuſammenhange der drei Motive und Gründe des Glaubens an Gott in der Ein- und Unterordnung der menſchlichen Pſychologie unter die göttliche noch tiefer nachzugehen, und hiezu mit tieferem Eingehen in die menſchliche Pſychologie ſelbſt auszuholen ſein. Aber es kann nicht Alles auf einmal und an demſelben Ort geſchehen. Hier galt es nicht das Wagniß einer göttlichen Pſychologie ſelbſt, worin die Motive und Gründe des Glaubens als innere Momente aufzutreten haben, ſondern nur die Begründung der Idee und allgemeinen Möglichkeit davon durch dieſe Momente. Denn giebt es den Gott, den wir damit gefunden haben, und haben wir uns damit ſelbſt in Gott gefunden, ſo haben wir damit auch den Anſatz zu einer ſolchen Lehre gefunden.

X.

Der orthodoxe und freie Standpunct.

Ich will ein offenes Bekenntniß thun.

So frei der Standpunct iſt, den ich in dieſer Schrift vertrete und in frühern Schriften vertreten habe, ſo hat mir doch der orthodoxe, wo ich ihm anderwärts begegnet habe, wenn ſchon nicht überall, ſo doch im größern Durchſchnitt, mehr gefallen, als der freie; und der ſolidariſch feſte Glaubenshalt am Wort der Bibel, ſelbſt wenn Noäh Arche mit der ganzen heutigen Thierwelt und der Stillſtand der Sonne am Tage des Falls von Jericho mit eingieng, mehr als die vernünftigſte zerſetzende Kritik, die neukatholiſchen und freien Gemeinden aber immer wie Heerden geſchienen, die froh ſind, des hütenden Hundes oder gar des Hirten los zu ſein, und damit dem Wolfe anheimfallen, jedenfalls nur ſo lange eine Heerde bleiben, als des Graſes derſelben Wieſe genug iſt, ſie zuſammenzuhalten. Spreche ich aber nicht damit unwillkührlich dem eigenen Standpuncte das Urtheil?

Es mag ſo ſcheinen; überlege ich aber, wie es kommt, ſo iſt die Sache die.

Die Religion am Ende der Tage, wie ich ſie mir denke, wird den feſteſten Glauben, den es überhaupt geben kann, durch die vollkommenſte Befriedigung der drei Principien erzeugen. Die Allgemeinheit und Einſtimmigkeit, in der ſie als die beſte und wahrſte gelten wird, weil ſie es wirklich iſt, wird keinen Zweifel bei dem Einzelnen von hiſtoriſcher und praktiſcher Seite her dagegen aufkommen laſſen. Indem ſie zugleich die Vernunft in Allem befriedigt, was die Vernunft verlangt und darin jede Einzelvernunft überbietet, daß ſie von keiner in dieſem allſeitigen Genügen der drei Principien erzeugt werden konnte, wird ſie auch von ſelbſt die Unterordnung der dieß einſehenden Vernunft unter den hiſtoriſch feſtgewordenen Glauben und die Autorität ſeiner Quellen mitführen. An dieſer Feſtigkeit des Glaubens, an dieſer alles Schwankens in höchſten und letzten Dingen überhebenden Unterordnung der einzelnen Vernunft unter das letzte Ergebniß des Waltens der göttlichen Vernunft in der Geſchichte aber wird ein wunderbarer Segen hängen. Wenn ich nun ſehe, daß Manche dieſen Segen ſchon jetzt ſo weit genießen, und in Geſinnung und Handlungsweiſe bethätigen, als es in der Zeit der Nichtvollendung möglich iſt, indem ſie ſich dabei theils auf das Bedürfniß dieſes Segens ſelbſt, theils auf die Wahrheit und Güte der Grundpuncte der chriſtlichen Religion ſtützen, ſo erfüllt mich das mit ſtiller Achtung und mit Freude. Ich ſehe darin von einer Seite den Ausdruck, von andrer Seite eine Vorwegnahme des Sinnes und der Sache einer vollendeten Religion, eine Vorwegnahme, die aber eben nur inſofern ſtattfinden kann, als die Religion ſchon ganz für das gilt, was ſie ihrer Idee nach ganz ſein ſoll und die hiſtoriſchen Quellen derſelben für unverbrüchlich gelten. Und ſind es doch wirklich nur Puncte von verhältnißmäßig untergeordneter Bedeutung, in denen ſie es nicht ſind.

Iſt es nun aber, ſo kann man freilich fragen, nicht vorzuziehen, dieß gerade ſo zu nehmen wie es wirklich iſt, die Güte des Grundes und die Mangelhaftigkeiten im Ausbau der Religion zugleich anzuerkennen, in ihren Quellen Alles zu glauben, was gut und glaublich iſt, und ſich vom Glauben an das Uebrige zu emancipiren; alſo keinen der Irrthümer der Naturwiſſenſchaft, die in der Bibel vorkommen, zu acceptiren, und handgreifliche Irrthümer der Art giebt es doch darin; überall zu fragen, was etwa von den Satzungen für das Handeln, den Einkleidungsweiſen der Ideen durch Ort und Zeit bedingt ſein konnte, und es mußte doch dadurch mit bedingt ſein, um nicht aus Ort und Zeit herauszutreten; die Widerſprüche in der Bibel anſtatt zu verſtecken, zu bemänteln, offen und klar in's Auge zu faſſen und darzulegen, und Widerſprüche gibt es doch in ihr; kurz überall das Richtige vom Unrichtigen, das Heilſame vom Gleichgültigen und Mangelhaften mit beßten Kräften der Vernunft zu ſcheiden.

Ich kann mich, ſtehe ich ſelbſt ſchon ganz auf dieſem Standpuncte, nicht überwinden, ſchlechthin zu ſagen, es iſt vorzuziehen, wenn ich um mich blicke, was aus ſolcher Behandlungsweiſe der Glaubensquellen gemeinhin herauskommt, die gänzliche Zerſtörung jenes Glaubensſegens, der in der Gemeinſamkeit und Feſtigkeit des Glaubens liegt, und der die erſte Bedingung ſeines ganzen Segens iſt; dazu ſehe, wie wenig das Volk beſſer, zufriedener, glücklicher, weiſer dadurch geworden iſt, daß man es in dieſen Dingen mit der Muttermilch der Vernunft zu tränken angefangen. Die Religion ſollte ja ſelbſt der Vernunft des Einzelnen die oberſten, ſicherſten, feſteſten Geſichtspuncte bieten; nun wird der Einzelvernunft die Aufgabe geſtellt, ſie zu maßregeln, zu verbeſſern, zu richten und zu ſichten; das iſt die Sache auf den Kopf geſtellt, und für die abſchließende Einigkeit, die wir von der Religion zu fodern haben, kommt nun zu den übrigen Gründen der Uneinigkeit, die wir ſchon haben, die Verwirrung und der Hader um die Religion ſelbſt und kommt leicht die ganze Religion abhanden.

Und warum ſtelle ich mich alſo nicht ſelbſt mit auf den Standpunct der unbedingten Gläubigkeit an das hiſtoriſch Gewordene? Aber ich kann es nicht und Hunderte und Tauſende können es nicht; das theoretiſche Princip macht auch ſeine Anſprüche geltend, und ſoll ſie geltend machen. Und wenn der unbedingte Glaube an das einmal Geltende ſeine durch nichts zu erſetzenden Vortheile für die hat, die ihn haben, ſo tritt bei der Unmöglichkeit, daß ihn alle haben, die Vernunft dem Glauben überall geopfert werde, doch auch noch eine andre Aufgabe in die Geſchichte: die Aufgabe, daß die Vortheile, welche jene faſt nur ausnahmsweiſe und doch nicht in dem vollendetſten Grade haben können, da ſie die unvollendete Religion ſchon für vollendet anſehen, durch das wirkliche Fortführen der Religion zur Vollendung einſt das Gemeingut Aller werden und ihre volle Höhe erreichen könne. Dazu muß es doch endlich einmal kommen, daß die Vernunft, ſtatt unerſchwingliche Opfer für den Glauben von ihr zu verlangen, endlich volle Befriedigung erlange und beitrage den Glauben zu ſtützen, an dem ſie jetzt rüttelt. Und dazu freilich bedarf es des Eintritts freier Standpuncte in die Geſchichte, der Beſtrebungen einer durch keine feſten Dogmen gebundenen Vernunft und ihres Rüttelns an dem, was doch endlich einmal fallen muß, bedarf es der größten Vielſeitigkeit, des wechſelſeitigen Kampfes und des Mißlingens der meiſten dieſer Beſtrebungen, damit nach Erſchöpfung und Abthun aller falſchen Wege der rechte endlich feſt und ſicher übrig bleibe. Was Alles doch nicht Platz finden ſoll in Schulen und Kirchen; denn das Volk — man erläßt mir wohl die Erklärung, was ich darunter verſtehe — iſt nicht da, an den Verbeſſerungsverſuchen des Glaubens ſich zu betheiligen, ſondern ſeiner Vortheile zu genießen, ſo weit ſie da ſind; und der Fortſchritt des Glaubens hat nicht von Schulen und Kirchen auszugehen, ſondern nur endlich da hineinzudringen, und wird es niemals ohne eine Revolution, die noch mehr als den Glauben in Frage ſtellt und trifft. Und wie wenig wird es ſein, was danach von allen wider den beſtehenden Glauben und wider einander laufenden Beſtrebungen der Vernunft auf freien Standpuncten endlich übrig bleiben wird; wie wenig das, was zuletzt von dieſem Glauben gefallen ſein wird. Vielmehr wird das Meiſte nur um ſo feſter ſtehn von dem, woran die Vernunft der Menge aus Unvernunft gerüttelt, und dieſes Rütteln ſelbſt wird beigetragen haben, es endlich feſt zu ſtellen.

So iſt ein ſteter Conflict zwiſchen den Foderungen und den Vortheilen beider Standpuncte vorhanden. Wie ihn heben in dieſer Zeit? Er iſt überhaupt nicht zu heben, ſo lange bis die Vollendung der Religion ihn von ſelbſt hiſtoriſch gehoben hat; und daß er noch nicht gehoben iſt, beweiſt ſelbſt, daß die Religion noch nicht vollendet iſt. Bis dahin wird es gut ſein, daß es den orthodoxen und daß es den freien Standpunct giebt, und man wird ſich beſcheiden müſſen, die Vortheile derſelben nicht ohne die Nachtheile derſelben haben zu können, die nach dem hiſtoriſch-praktiſchen Princip doch endlich zur Vollendung des Glaubens führen müſſen.

XI.

Rückblick, Ueberblick, Vorblick.

Blickt man zurück, ſo wird man finden, daß in der Aufſtellung, Erörterung und Verfolgung des hiſtoriſchen und praktiſchen Princips des Glaubens nicht weſentlich über den heutigen Standpunct der Chriſtenheit, ſo weit ſich überhaupt von einem allgemeinen Glaubens-Standpunct derſelben ſprechen läßt, hinausgegangen iſt. Denn mag man auch hier Manches anders, als ſonſt geſagt, zurechtgelegt, die Argumente des Glaubens ſelber neu gefaßt finden, ſo wird man doch in der Sache weſentlich nichts Anderes finden, als was jeder, der auf dem Standpuncte des heutigen Glaubens ſteht, ob Orthodox oder Rationaliſt, Katholik oder Proteſtant, will er nur überhaupt einen religiöſen Glauben, nicht wünſchen möchte, ſo oft als möglich geſagt, ſo zulänglich als möglich zurechtgelegt, von ſo vielen Seiten als möglich begründet zu ſehen. Ich nehme Einiges aus, was Einzelnen oder einzelnen Fractionen des heutigen Standpuncts nicht zuſagen mag.

Anders wohl mit dem dritten, dem theoretiſchen, Princip des Glaubens, in deſſen Aufſtellung, Erörterung und Verfolge ſo weit über den bisherigen Standpunct hinausgegangen iſt, daß die auf dem alten Standpunct alt Gewordenen nicht leicht werden folgen können oder mögen; und nach den Meiſtern richten ſich die Schulen. Es iſt im ſelben Sinne hier darüber herausgegangen als ſchon in frühern meiner Schriften und nur darin über dieſe ſelbſt hinausgegangen, daß die darin gegebenen Andeutungen über die Stellung dieſes Principes zu den beiden andern durch die wirkliche Zuſammenſtellung damit und wechſelſeitige Stützung aller auf einander zur Ausführung gelangt ſind.

Erſcheint das theoretiſche dabei bevorzugt? Ich habe oft genug erklärt: es liegt kein Hauptgewicht darauf; das Hauptgewicht liegt auf dem Halt, den der Glaube gemeinſam in allen dreien findet. Aber das theoretiſche war ſeither am meiſten verkannt, verworfen und zerworfen; von dieſer Seite her bedurfte und bedarf der Glaube noch der meiſten Hülfe. Nach Allem war es dieß, was ich hier zeigen wollte.

1) Der Glaube vermag nicht allein auf dem Grunde des hiſteriſchen und praktiſchen Princips zu entſtehen und zu beſtehen; ſondern bedarf der Hülfe des theoretiſchen Princips. Dieſes reicht aber eben ſo wenig für ſich allein

in Glaubensſachen aus, ſondern nur im Zuſammenwirken und gegenſeitiger Ergänzung mit jenen beiden.

2) Von jeher hat es in dieſer Verbindung als Motiv gewirkt; um als Grund zu wirken, mit Vermeidung der beiden entgegengeſetzten Fehler ſeiner Wirkung als Motiv, von denen ich gehandelt, iſt es ſo zu ſtellen, wie gezeigt ward, d. h. es iſt von der Geſammtheit deſſen, was wir vom Daſein wiſſen, auszugehen, nicht aber, was wir von endlichen beſchränkten Daſeinskreiſen wiſſen, unmittelbar auf's Unendliche und Ewige, an das wir zu glauben haben, zu übertragen, ſondern in derſelben Richtung, in der wir ſchon wiſſend von engern und niedern Daſeinskreiſen zu weitern und höheren gelangen, erweiternd und ſteigernd darüber ſo hinauszugehen, daß wir damit zu Vorſtellungen von den allgemeinſten, höchſten und letzten Daſeinskreiſen und Daſeinsweiſen gelangen, welche den Folgerungen und Foderungen der beiden andern Principe in günſtigſter Weiſe begegnen. Hiemit compenſiren wir einerſeits die Unſicherheit des Ueberſchreitens des Erfahrungskreiſes, welche noch von der Wiſſensſeite her übrig bleibt, und ſtellen anderſeits dem hiſtoriſch und praktiſch geſtützten Glauben die Stütze unter, deren er noch von der Wiſſensſeite her bedarf.

3) Auf dieſem Wege ergeben ſich die Grundpuncte des Glaubens an die höchſten und letzten Dinge, welche von dieſer Schrift vertreten werden, einſchließlich derer, die den

jetzigen Standpunct überſchreiten, als nothwendige. Denn es giebt keinen andern Weg, den Folgerungen und Foderungen aller drei Principe in Zuſammenhang und Einſtimmung zu genügen, als mittelſt dieſer Puncte.

4) Der bisherige Standpunct des Glaubens aber wird nur inſofern damit überſchritten, als er ſich zugleich damit nach ſeinen weſentlichſten Geſichtspuncten feſter ſtellt und die widerſprechendſten Anſichten, die ſich hiſtoriſch geltend gemacht haben, ſo gut dadurch vereinigt werden, als es der Widerſpruch derſelben zuläßt. Die bedeutungsvollſten und geheimnißvollſten Worte der Bibel klären ſich damit und finden damit eine wörtlichere Auslegung, als Seitens der Wortgläubigen ſelbſt.

Iſt das aber ſo, ſo werden auch, nach den allgemeinen Principien dieſer Schrift ſelbſt, jene Puncte, welche die Bedingung einer Vereinbarkeit aller drei Glaubensprincipien ſind, in dem Zuſammenhange, in dem ſie es ſind, endlich hiſtoriſch durchſchlagen und damit den bisherigen Standpunct nicht ſowohl ſtürzen als ſteigern.

Sie werden es, deß bin ich ruhig und ſicher.

Und was will es ſagen, daß ſie es nicht auf einmal und plötzlich thun! Auch die Einſeitigkeiten und Widerſprüche der beſtehenden Anſichten ſind hiſtoriſch feſtgewurzelt, und die Beſtrebungen eines Menſchleins, der am Studirtiſch brütet, ſind ein zu ſchwacher Hebel, eine Weltanſicht auf einmal zu entwurzeln, die faſt ein paar Jahrtauſende ihre Wurzeln in dieſen Einſeitigkeiten und Widerſprüchen fortgetrieben, die feſteſten in das Dichten und Denken der Dichter und Denker ſelbſt getrieben und mit den Ausläufern das des ganzen Volks durchwurzelt hat. Jedoch ſie ſind der Anſatz eines Hebels, und das ſtille Brüten geht dem Fluge und Geſange eines neuen Vogels voran; gleich muß man ihn nicht wollen.

XII.

Schluß.

In Gott ruht meine Seele;
Weil Gott lebt, lebe ich;
Denn Er allein hat Leben;
Ich kann nicht ſtehn daneben;
Er kann nicht laſſen mich.

In Gott ruht meine Seele;
Du ſprichſt, daß ſie vergeht;
Da trag' ich keine Sorgen;
Auf immer iſt geborgen,
Die jetzt in ihm beſteht.

In Gott ruht meine Seele;
Mein ganzer Lebenslauf
Wird in ihm aufgehoben;
Und einſt hebt er nach Oben
Die ganze Seele auf.

In Gott ruht meine Seele;
Die Seele ſieht ihn nicht;
Da, Gott den Herrn zu zeigen,
Die Zeugen niederſteigen,
Chriſtus voran als Licht.

In Gott ruht meine Seele;
Der Engel ganze Schaar
In ſeinen reinen Höhen
Lichtſtralend ſeh' ich gehen,
Und einer trägt mich gar.

In Gott ruht meine Seele;
Er iſt der Seelen Band;
Für Glauben, Lieben, Hoffen
Ward erſt die Seele offen,
Seit ſie es recht erkannt.

In Gott ruht meine Seele,
Er hält in ſich den Rath
Von Wahrheit, Schönheit, Güte,
Daß Einheit im Gemüthe
Und Ziel ſei für die That.

In Gott ruht meine Seele;
Was kann der kleine Theil?
Wie fern, wonach ich lange!
Sei Seele nur nicht bange;
Entgegen kommt das Heil.

In Gott ruht meine Seele;
Gott wirkt ſie in ſich aus;
Sein Wollen iſt mein Sollen;
Ich kann dawider wollen;
Doch Er führt es hinaus.

In Gott ruht meine Seele.
Der ſelber ſündigt nicht,
Trägt doch mit ſeinem Kinde
In ſich auch deſſen Sünde,
Führt es zuletzt zur Pflicht.

In Gott ruht meine Seele;
O Troſt im größten Leid!
Gott kann's nicht in ſich dulden,
Es ſind nur Freudenſchulden;
Ich warte meiner Zeit.

In Gott ruht meine Seele;
Es ſei das letzte Wort;
Ob fern vom ird'ſchen Hafen,
Ich kann doch ruhig ſchlafen;
Er iſt mein ew'ger Port.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Räthſelbüchlein

von

Dr. Miſes.
[Gust. Th. Fechner]

Dritte vermehrte Auflage.

Leipzig,
Verlag von Bernhard Schlicke.
1865.

Vorwort zur dritten Auflage.

Das vorliegende Büchlein enthält eine Sammlung der Räthſel und Charaden, welche in meinen „Gedichten“ (1841), in mehren Jahrgängen (1846, 1847, 1849, 1850) von Nieritz Volkskalender, in der Brockhauſiſchen illuſtrirten Jugendzeitung (1847, 1848), und in der Gartenlaube (1863, 1864) von mir erſchienen ſind, vermehrt um einige neue. Zuerſt geſelliges Spiel, dann die Muße einer langen Krankheit, welche ernſtere Beſchäftigungen ausſchloß, endlich eine Art Gewöhnung an dieſe leichte Selbſtunterhaltung hat den Stoff zu dieſem Büchlein anwachſen laſſen. Möchte ſein Gebrauch eben ſo dienen, Dieſem und Jenem beſſere Stunden auf eine leichte Weiſe zu verkürzen, als ſeine Abfaſſung mir für manche ſchlimme Stunde dieſen Dienſt geleiſtet hat.

Die erſte Auflage dieſes Büchleins erſchien im Jahre 1850, die zweite, ohne erhebliche Veränderung, im Jahre 1858, die jetzige, dritte, bietet ſich in ganz veränderter Ausſtattung dem Publikum dar, und iſt gegen die vorige um 20 Nummern vermehrt. Indem der Herr Verleger in erſter Hinſicht den gewachſenen Anſprüchen des Publikums an äußere Eleganz literariſcher Erzeugniſſe entgegengekommen iſt, wünſche ich nur, durch letzteren Zuwachs nicht ſchlechter gemacht zu haben, was er beſſer gemacht hat, damit dem Büchlein noch die frühere Theilnahme des Publikums erhalten bleibe.

Da eine Ordnung der Aufgaben nach der Verwandtſchaft des Stoffes dem Zwecke widerſprochen haben würde, ſo hat einfach ihre Länge gedient, die Reihenfolge zu beſtimmen.*)

Der Verfaſſer.

---

*) Die, in einem der geleſenſten Unterhaltungsblätter gemachte Angabe, daß ein zweites Bändchen dieſes Räthſelbüchleins erſcheinen würde, beruht auf einem, durch mich nicht veranlaßten, Irrthum.

1.

Ich bin eine Mutter nach alter Sitte,
Still waltend in der Kinder Mitte,
Zwar brummig oft, wenn heiß mein Blut,
Doch weiß man ja, ich mein' es gut.

Nicht ſchlank zu nennen iſt mein Leibchen,
Doch halt' ich auf ein zierlich Häubchen,
Und ſteh' mit eingeſtemmtem Arm
Stets würdig da im Kinderſchwarm.

Im Weiß nur pfleg' ich zu erſcheinen
Und ſo auch wünſch' ich meine Kleinen;
Hat eins Gekleckſel auf dem Weiß,
So denkt es ſchon, es hat den Preis.

So war's die Sitte bei den Alten;
Jetzt freilich will ſie nicht mehr halten;
Jetzt will man haben goldnen Glanz
Und allerlei bunten Firlefanz.

Der Kleinen Frühſtück zu beſorgen
Iſt mein Geſchäft gleich früh am Morgen;
Zuvor hätt' ich ja keine Ruh',
Dabei nun geht es alſo zu:

Mein Morgenlied erſt ſumm' ich leiſe,
So lang' es ſtill noch rings im Kreiſe,
Allein bald wird es laut um mich,
Das kleine Völkchen rühret ſich.

Seht, wie ſie um mich ſteh'n und zimpern
Und mit den kleinen Löffeln klimpern:
Sie ſperren Alle auf den Mund;
Der Appetit iſt bei Allen geſund.

Doch eh' ſie etwas von mir erhaſchen,
Gilt's erſt, zu ſeh'n, ob ſie rein gewaſchen,
Und ſähe Eins nicht ganz reinlich aus,
So muß es wieder zur Thür hinaus.

D'rauf fang ich an, den Kleinen zu winken,
Geb' Allen nach gleichem Maß zu trinken;
Ein Korb mit Brötchen ſteht nebenan
Und ein Maulkorb iſt Keinem angethan.

Doch kaum, daß ich Jedes verſorgt im Haufen,
Kommt Eins nach dem Andern ſchon wieder gelaufen;
Sie tranken doch Alle, ſie konnten nicht mehr,
Allein ſolche Mägen ſind gleich wieder leer.

Dazu giebt's mit den Löffeln ein Klappern,
Ein Schlürfen, Sumſen, Raſcheln und Plappern,
Daß, wer dem Allen ein Ohr wollte leih'n,
Nicht klug möchte bleiben oder ſein.

Und weil mir ja ſelber gewachſen ein Schnabel,
So trag ich das Meinige bei zu dem Babel;
Zuweilen wird mir's dabei zu heiß;
Dann lüft' ich wohl mein Häubchen weiß.

Die Kleinen lieben ein ſüßes Schlückchen;
D'rum laſſ' ich ihnen ein Zuckerſtückchen
Zum Tranke nehmen mit in den Mund;
Er nährt ja auch und iſt geſund.

So geht es her an jedem Morgen;
Nichts ſag' ich von des Tages Sorgen,
Und alle Sorge, alle Müh'
Iſt nicht für mich, iſt nur für ſie.

Doch dafür hängen an mir die Kleinen,
Ich ſchlafe und wache mit den Meinen;
Und wenn meine Hülle einſt zerbricht,
Eine gleiche Mutter finden ſie nicht.

2.

Halb wie Hufſchlag klingt's und bald wie Tritte von Männern,
Jetzt wie Leiergetön, wieder wie Flügelgerauſch.
Naht eine feſtliche Schaar? Es iſt ein einziges Roß nur,
Das ſich ſelber zum Gang ſchlägt mit den Flügeln Muſik.
Jetzt geht es im Schritt, im Trab, dann wieder im Fluge,
Immer nach eigener Luſt, nimmer nach eigenem Ziel;
Denn es lenket das Roß ein hochgewaltiger Reiter,
Ohne zu zügeln den Gang, ſicherem Ziele doch zu.
Wer den Blick nicht erhebt, der ſchaut vom Ritt nur die Füße,
Viere wechſelnd im Takt, zween im ſicheren Sitz;
Höret tönen den Huf und ſtehet und lauſchet und ſtaunet,
Ahnend, ein Mächtiges ſei's, was ihm betäubet das Ohr.
Aber weß Auge begegnet dem Auge des reitenden Geiſtes,
Den erfaßt er ſogleich, führet im Ritt ihn dahin.
Raſtlos gehet der Lauf durch Schlachtengedräng, über Meere,
Furchtlos ſchwimmet das Roß, purpurn erglänzet die Fluth;

Jetzt hinan zum Olymp erhebt es die rauſchenden Flügel,
Von dem ambroſiſchen Mahl fahren die Himmliſchen auf.
Donnernd erhebt ſich Zeus und winkt mit den mächtigen Brauen,
Daß die Erde erſchrickt, daß der Olympos erbebt.
Aber entgegen donnert das Roß und ſchlägt mit den Flügeln,
Mächtig wächſt ihm der Muth, wenn ihm ein Mächtiges naht.
Nieder zum Acheron dann ſich ſtürzt's mit gewaltigem Sprunge,
Da erbrauſet die Fluth, Stralen durchſchießen die Nacht.
Aber der Reiter ergreift die Himmliſchen alle und Schatten,
Reißt ſie mit ſich dahin auf dem geflügelten Ritt.
So Jahrhunderte lang vertrieb ſich der Reiter die Weile,
Keinem Gefährten geſellt, mit dem gewaltigen Spiel;
Denn nur Spielzeug ſind die Götter und Menſchen ihm alle,
Spielend wirft er ſie hin, wie er ſie ſpielend ergriff.
Aber ein einziger Gott bezwingt ihn ſelber im Spiele;
Eros, der mächtige iſt's, welcher ihn trifft mit dem Pfeil.
Ruhig wandelt er nun, das Roß geleitend am Zügel,
Strafend den raſchen Schritt, neben der lieblichſten Frau.

Sorglich ein Jedes mißt den Schritt nach dem Schritte des Andern,
Anmuth ſahſt du und Kraft nimmer ſo traulich geſellt.
Niemals geht ſie allein, nicht wär' es geziemend dem Weibe,
Aber an ſeiner Hand gerne betritt ſie die Flur.
Zarter iſt ſie gebaut und auch nach anderm Verhältniß,
Mit dem holdeſten Reiz gürtet ein Band ihr den Leib.
Fünf der Füße nur mißt, was ſechs bei ihm hat gemeſſen,
Wie ſo anmuthvoll ſchaut ſie zum Höheren auf!
Da vergißt er der Schlachten, des Styx und auch des Olympos,
Trauliches Wechſelgeſpräch kürzet die Länge des Wegs;
Eins an's Andre geſchmiegt durchwandeln ſie grünende Auen,
Hin an dem rieſelnden Bach, wo die Schalmeie erklingt,
Hüben ein Schäfer klagt, weil drüben die Schäferin gehet,
Und der Epheu grünt an dem verfallenen Schloß.
Aber Verſtändiges auch und Heiteres mag ſie erfreuen,
Grazien kommen und Scherz, bieten voll Blumen den Korb.
Und ſie faſſen ihn an und reichen ihn rings in die Runde;
Jeder langt ſich zu, wer ſich an Blühendem freut.

Nach dem Röslein wohl, dem niedlichſten, wollteſt du langen,
Ei, da ſtach dich ein Dorn, beide belachen ſie's nun.
Alſo gehn ſie zuſammen in Koſen und Scherzen und Plaudern,
Aber das letzte Wort hatte die Liebliche ſtets.
Selber geſtehen ſie's ja, ſie gingen jetzt eben vorüber,
Heiter beſprechend ſich über den eigenen Bund.

3.

Zuerſt dem erſten Paare:
Das iſt ein kleiner Mann,
Der Künſte wunderbare
Und tauſendfält'ge kann;
Nichts giebt es zu beſtellen,
Wozu er nicht gewandt,
Und ein paar Spießgeſellen
Sind ſtets dabei zur Hand.

Er fiedelt, wollt ihr tanzen,
Hilft überall im Haus,
Schreibt Verſe, tödtet Wanzen,
Reibt Flecken ſorgſam aus;
Doch giebt auch viel zu klagen,
Er iſt ein Mauſedieb,
Liebt, Schnippchen euch zu ſchlagen,
Und hat das Leckern lieb.

Ihr könnt es euch kaum denken,
Wie ſchmiegſam, biegſam, raſch
Das Männlein von Gelenken,
Das geht euch huſch und haſch!
Jetzt bückt und drückt, verſteckt ſich's,
Scheint jetzt verſchwunden ganz,
Dann wieder reckt und ſtreckt ſich's,
Steht da als langer Hans.

Zuweilen, nicht zu frieren,
Seht ihr's wohl eingepackt;
Doch beſſer ſich zu rühren,
So geht es lieber nackt;
Und wenn es ſich will ſchmücken, —
Wem fiele ſonſt dies ein? —
So trägt es auf dem Rücken
Gern einen großen Stein.

Der dritten Sylbe wegen
Bemüht jetzt euern Witz;
Ein Dach iſt's, gegen Regen
Und Sonne Jedem nütz.
Die Bodenkammer drunter
Enthält bald dieß, bald das;
Oft Stroh und alten Plunder;
Dann Schad' um den Gelaß!

Oft Sachen ſind's gar feine,
Salz, guter Spiritus,
Roſinen, große, kleine,
Auch manche harte Nuß;

Oft ſind's nur Kraut und Rüben,
Oft iſt gar Alles leer. —
Man kann das Dach verſchieben
Und rücken kreuz und quer.

Zum Ganzen nach den Stückeln:
Der erſten Sylben Schelm,
Will man den Kopf ihm prickeln,
Setzt gern es auf als Helm;
Dann zwiſchen Lanzenſpitzen
Sich regt er ungeſcheut;
Will nur das Helmlein ſitzen,
So thun ſie ihm kein Leid.

4.

Entſtammt bin ich dem Morgenlande,
Nicht fern vom heißen Wüſten-Sande
Geboren in der Sonne Glut,
Davon ward ſelbſt mir heiß der Muth;
Die Sonne iſt meine Verwandte.

Nichts mochte meinem Glücke fehlen,
Man ließ mich reiten auf Kameelen,
Raſt hielt ich unter gutem Zelt,
Die ſchönſten Mährchen von der Welt
Wohl hört' ich da erzählen.

Einſt packt man mich am Meeresſtrande,
Verkauft mich, ach, in ferne Lande;
Nun muß der freien Wüſte Sohn
Sich rühren in des Hausdienſt's Frohn:
Doch dien' ich nicht mit Schande.

Kaum aufgewacht und noch im Bette
Ruft alles ſchon mich um die Wette,
Der Herr, die Frau, die Diener gar;
Es ſcheint das Haus ſei in Gefahr,
Bin ich nicht gleich zur Stätte.

Man weiß es, man kann auf mich zählen,
Was auch und wem auch was mag fehlen,
Ich bin's, den man zuerſt entbot,
Und iſt nicht gar zu groß die Noth,
Wird nicht mein Beiſtand fehlen.

Will Müdigkeit den Hausherrn plagen,
Liegt's ihm im Kopfe oder Magen,
Ich zaub're alles weg im Nu;
Der Hausarzt nur ſieht ſcheel dazu,
Und räth, mich fortzujagen.

Der zählt mich zu den größten Sündern,
Zum Popanz macht er mich den Kindern,
Und meiſtens hat die junge Brut
Von ſelber zu mir keinen Muth:
Mein Ernſt mag es verhindern.

Ich überbiete ſeine Pillen,
Ich tödt' im Hauſe alle Grillen
Und geh' der ganzen Dienerſchaft
Zur Hand mit meiner guten Kraft,
Oft ruft man mich im Stillen.

Die Hausfrau aber hat vor allen
Am ſchönen Mohren Wohlgefallen;
Sie ſelbſt geſteht es ungeſcheut;
Nur muß ein weißes Oberkleid
Mein nacktes Schwarz umwallen.

Wohl alle Frauen möchten haben
Zu ihrem Dienſt ſolch weißen Raben,
Nur leider Vieler Wunſch iſt blind
Weil ihnen gar zu theuer ſind
Die ächten Mohrenknaben.

Doch eine Frau giebt nichts verloren!
Was thut's denn, wo ein Mohr geboren?
Drum alle Tölpel von dem Land,
Die ſchwarz ausſehn und recht verbrannt,
Steh'n nun im Dienſt als Mohren.

Doch ihre Dienſte ſind nur ſchlechte,
Ich bin allein der Mohr, der ächte,
Der in ſich trägt viel edler Blut
Und beſſ're Kraft und heißern Muth,
Als alle jene Knechte.

5.

Ein Zaub'rer bin ich, der zum Lichte
Geboren ward aus dunklem Schacht;
Meiſt königlich iſt mein Geſichte,
Von lichtem Silber meine Pracht,
Und kaum giebt's höheres Entzücken,
Als was man ſchöpft aus meinen Blicken

Ich wandr' umher im ganzen Lande,
Da läuft mir Alles hinterdrein;
Der Bettler, wie der Mann von Stande,
Sie rufen Alle mich herein,
Und der, für den ich mich entſcheide,
Wird gleich verfolgt von Aller Neide.

Doch lange darf ich nirgends weilen;
Meiſt heißen ſie nach kurzer Raſt
Von ſelbſt mich wieder weiter eilen,
Den erſt ſo gern empfangnen Gaſt.
Wer mich am liebſten ſchien zu wollen,
Heißt oft am zeitigſten mich trollen.

Den Grund davon, wollt ihr ihn hören?
Wohlan! mein Brauch war immer der,
Beim Abſchied jedem zu beſcheren
Von einem Wunſche die Gewähr;
Der Wunſch ſei thöricht oder weiſe,
Er wird erfüllt, ſo wie ich reiſe.

Wohl manchem hat zu eignem Schaden
Gereicht, was er durch mich begehrt;
Er wird mich dennoch wieder laden,
Noch eh' die Gabe iſt verzehrt;
Und führte ſie ihn zum Verderben,
Noch halten gerne mich die Erben.

Selbſt mag ich nicht gern lange raſten,
Es macht mir Pein zu liegen ſtill;
Darum laß ich den Thoren faſten,
Der mich nicht von ſich laſſen will;
Dem Haus vor Allem bring' ich Ehre,
Wo ich oft geh' und wiederkehre.

Bin ich nun lang' herumgezogen,
Erliſcht mein Glanz, und mein Geſicht,
Als ob des Trunkes ich gepflogen,
Wird kupfrig, faſt erkennt man's nicht;
Doch bleib' ich, ob gleich nicht mehr prächtig,
Noch gleich willkommen und gleich mächtig.

Mein Leib geht niemals zwar in Trümmer,
Doch wandl' ich gern mich, bin ich alt;
Ein neues Antlitz, friſcher Schimmer
Schmückt jugendlich dann die Geſtalt;
Sodann beginn' ich meine Reiſe
Von Neuem auf die alte Weiſe.

6.

Wofern die erſten Beiden
Was Nützliches gethan,
So heben ſie mit Freuden
Sich ſelbſt zu loben an.

Doch ob ſie's ſchön vollbrachten,
Iſt's ihr Verdienſt denn? ſprich!
Da ſie's ja ſelbſt nicht machten,
Es machte ſelber ſich.

Meiſt iſt dazu entſprungen
Der innre Trieb zur Nacht,
Früh liegt es da gelungen
Faſt eh' ſie's ſelbſt gedacht.

Doch, laßt ſie nur ſich loben,
Wir wollen's gern verzeihn;
Bleibt uns doch aufgehoben
Das Werk ſo rund und rein.

Wie ſoll ich euch nun ſchildern
Das zweite Sylbenpaar?
Wie reich ich ſei an Bildern,
Ich ſtell' es euch nicht dar,

Es iſt die ſchönſte Blume,
Bald dunkelfarb, bald hell,
Die ſich zu eignem Ruhme
Erſchuf des Lichtes Quell.

Es iſt ein Wurfgeſchütze,
Das niedlichſte der Welt,
Doch fiel von ſeinem Blitze
Faſt jeder große Held.

Es iſt ein rundes Gläschen,
Wiegt keine Unze ſchwer,
Und faßt doch in ſein Mäßchen
Leicht Sonne, Mond und Meer.

Bald Liebe ſcheint's, bald Glaube,
Bald muthig, bald verzagt,
Es überholt die Taube,
Den Falken auf der Jagd.

Vom Ganzen iſt zu ſagen
Nur Böſes allerhand;
Allwege bringt es Klagen
Und Flüche in das Land.

Da hilft nicht Fluch, nicht Beten,
Wer's hat, der hat die Pein,
Laß dich nicht d'rauf betreten,
Sonſt wird dir's ſchlimm gedeihn.

7.

In ſchönſter Bäume Schatten
Da ſitzen drei Schweſtern hold;
Vom blauen Himmel kommt ein Wind,
Der ſchüttelt von dem Baum geſchwind
Einen Apfel ſchön wie Gold.

Der Apfel fällt der Jüngſten
Grad' in den Schooß hinein;
Wie ſüß er duftet, wie er lacht;
Sie freut ſich an des Apfels Pracht,
An ſeines Goldes Schein.

Sie ſpielet mit dem Apfel,
Bis ihr das Spiel dünkt lang;
Wirft dann der Zweiten von den Drei'n
Ihn zu, die zieht ein Meſſerlein
Aus ihrem Buſen blank.

Sie ſchneidet mit dem Meſſer
Den Apfel gar entzwei;
Nichts kümmert ſie die äußre Pracht,
Nur auf das Innre hat ſie Acht
Wie es beſchaffen ſei.

Sie ſieht nach ſeinen Kernen,
Sie wägt ihn mit der Hand,
Beſchaut den ganzen innern Bau,
Und ruht nicht eh', bis ſie genau
Das Kleinſte drin erkannt.

Nun hat ſie es ergründet,
Da ſpricht ſie allerletzt:
Hab' jetzt nichts mehr damit zu ſchaffen,
Was hülf's, ihn müßig zu begaffen,
Nimm du ihn, Schweſter, jetzt.

Die Dritte nimmt den Apfel,
Sie löſt die Kerne aus,
Und ſteckt ſie in das Gartenland,
Wohl manches Unkraut, das da ſtand,
Zieht ſie zuvor heraus.

Da lüſtern naht ein Knabe,
Dem reicht die Frucht ſie hin,
Und ſpricht: theil' ſie mit deinen Brüdern,
Der Kerne Saat wird dir's erwiedern
Einſt reichlich mit Gewinn.

8.

Ich weiß ein hohes, ſchönes Schloß,
Drin wohnt ein mächtiger König,
Der hat ein ſchnelles Flügelroß,
Das kümmert die Weite wenig.

Bald brauſt es hin wie Wetterſtral,
Bald geht es langſam am Zügel;
Fünf Thore führen zum Königsſaal,
Davon hat jedes zwei Flügel.

Durchs erſte Thor bringt man hinein
Dem König die köſtlichſten Gaben,
Was ſchön von Formen oder Schein,
Das will der König haben.

Durchs zweite Thor ziehn ein ins Schloß
Der Sänger und Spieler gar viele,
Wenn ab der König ſtieg vom Roß,
So freut er ſich am Spiele.

Durchs dritte Thor hinaus man ſieht
In einen ſchönen Garten,
Wo manche Blume duftend blüht,
Dem König aufzuwarten.

Ein zweiter Garten iſt noch nah,
Wo ſüße Früchte hangen;
Das vierte Thor iſt dazu da,
Daß ſie ins Schloß gelangen.

Zehn Ritter ſtehn am fünften Thor,
Je fünf auf jeder Seite,
Die ſchickt der König oft hervor,
Bald friedlich, bald zum Streite.

Die Ritter zu der rechten Hand
Sind tapfrer als die linken,
Die werden meiſtens nur geſandt,
Wenn jene etwa hinken.

Geöffnet ſind den ganzen Tag
Die Thore all' des Schloſſes,
Bis Abends müd' darnieder lag
Der Herr des Flügelroſſes.

9.

Die Mutter ſchickt ihr Kindlein aus,
Um Holz zu holen für das Haus;
Das Kind ging mit dem Korb zum Wald,
Den hat es voll geleſen bald.

Als nun gethan die Arbeit war,
Ging's nach den ſchönen Blümlein gar,
Und band zum Strauße, was ſie fand;
Noch deckt die Erſte halb das Land.

Und als ſie oftmals ſich gebückt,
Zum Heimweg jetzt ſie an ſich ſchickt;
O weh! rings Alles iſt verwirrt;
Das arme Kind hat ſich verirrt.

Wie wird dem armen Kind ſo bang;
Ach, bis zur Nacht iſt's nicht mehr lang;
Spricht: „o du böſer Blumenſtrauß,
Was haſt du mich gelockt vom Haus?

Erſt ſaht ihr mich ſo freundlich an,
Und habt das Mäulchen aufgethan,
Als könntet ihr ſprechen und ſingen ſchön,
So ſagt mir nun, wo ich ſoll gehn?"

Doch ach, der Blümlein Mund bleibt ſtumm;
Vergebens ſieht ſie rings ſich um;
Da horch! was klinget durch die Luft?
Der Blümlein holde Schweſter ruft.

Die ſtets gewohnt, vom hohen Stiel
Zu rufen nach dem Heimathsziel —
Vom Paar der Zweiten dir genannt —
Den Ruf zum Kindlein hat geſandt.

Das Kind, nun aller Sorgen quitt,
Bringt heim zum Holz die Blumen mit,
Die's in dem Erſten ſtehen fand,
Hat nach dem Ganzen ſie genannt.

10.

Vom Volk der Nixen bin ich eine,
So weiß von Haut, wie ſonſt wohl keine;
Wo Wieſen ſind recht grün und helle,
Da fließt am ſchönſten meine Quelle.

Holdſelig bleib' ich in der Kühle,
Doch ſauertöpfiſch macht mich Schwüle,
Und droht der Himmel mit Gewittern,
Macht Schreck mich ganz zuſammenſchüttern.

Wer meine Quellen klug will hegen,
Dem bring' ich in den Haushalt Segen;
Den Kindern, die nach mir verlangen,
Mach' ich die ſchönſten rothen Wangen.

Wer in der Hitze mich will laben,
Soll ein Stück Silber von mir haben;
Und wer mit Schlägen mich kann zwingen,
Dem werd' ich gar ein Goldſtück bringen.

Das Silber ſich ſeht ihr ſich ballen
In meiner Fluth und niederfallen;
Der Klumpen Goldes ſteigt nach oben;
Ihr werdet beide Gaben loben.

Gern eint ſich mir durch ſüße Bande
Ein brauner Prinz aus Mohrenlande,
In Liebe um ſo mehr entzündet,
Je mehr er weiß und fett mich findet.

So rathet nun, ihr Herrn und Damen,
Der Nixe und des Prinzen Namen;
Und ſeyd geladen mir auf's Beſte
Hiermit zu ihrem Hochzeitsfeſte.

11.

Die zwei Erſten.

Ein flinker Schnitter bin ich euch,
Ich mache ganze Wälder
In einem Nu dem Boden gleich,
Schnell ſtehen kahl die Felder,
Mit meiner Senſe hau' ich drein
Und tauſend Stämme ſtürzen ein.

Sie werf' ich in ein weißes Meer,
Das auf gen Himmel ſchäumet,
Sein Uferrand iſt rings umher
Schön goldig eingeſäumet.
Es ſchwimmen luſt'ge Blaſen drauf
Und heißer Dampf ſteigt von ihm auf.

Die zwei Andern.

Als einſt, wer weiß der Jahre Zahl,
Die erſte aller Frauen
Den erſten aller Aepfel ſtahl,
Woran wir heut noch kauen,
Hat ſie ihn ſicher nicht geſchält,
Weil ich hab' damals noch gefehlt.

Das Ganze.

Der Mann, der vorhin mit euch ſprach,
Der vielgewandte Schnitter,
Legt ſeine Felder mit mir brach
Und haut den Wald in Splitter,
Denn ich bin ſeine Senſe;
Nun rathet friſch, ihr Hänſe!

12.

Der Genius, der ohn' Erbarmen
Des Lebens ſchönſte Blüthen knickt,
Dort hat er in der Mutter Armen
Das einz'ge Kindlein todt gedrückt;
Nun ſteht ſie an dem grünen Hügel,
Der es verſchließt auf immerdar;
Aus ihrer Augen blauem Spiegel
Bricht ſtill das erſte Sylbenpaar.

Das zweite Paar ſuch' zu beſitzen,
Denn unvergleichlich iſt ſein Schutz,
Mag Zeus auch ſelber drohn und blitzen,
Entgegen trittſt du ihm mit Trutz;
Zum Liebchen läßt's dich ſicher ſchleichen,
Vom Nebenbuhler ungekannt;
Und gibſt du, Gaben ſtill zu reichen,
Verdeckt's die Wohlthat deiner Hand.

Zwiefachen Sinns, ſchleppt hier das Ganze
Dem Tode nach ſich, ſchwarz und ſchwer;
Fliegt neuem Leben, neuem Glanze
Voran dort leicht und ſorgenleer;
Zwar wie ein Schatten iſt's zu ſchauen
Sogar im hellſten Sonnenſchein,
Doch kannſt du ſicher darauf bauen,
Daß dann ein ganzer Sommer dein.

13.

Nun hebt mir an zu rathen,
Was doch der Beutel sei,
Drin habe ich ein Ducaten,
Ein Louisd'or dabei.

Der erste scheinet nichtig,
Geldbeuteln arg zunicht,
Der andre voll und wichtig,
Nichts gilt er, was so gleicht.

Ihr seht auf dem Gepräge
Des ersten stets den Mann,
Der brach auch allerwege
Ducaten zeiget an.

Tagtäglich ausgegeben
Wird zwar der Louisd'or,
Doch findet täglich eben
Wie gestern neu sich vor.

Er dienet nicht zum Spiele,
Er schafft euch Korn und Wein;
Doch seiner Münzen viele
Kommen Abends selbst ein.

In seinen Beutelfächern
Seht ihr der Pfenn'ge mehr;
Nur, wenn's ihn gilt zu wechseln,
Erscheint der Beutel leer.

14.

Von einem Ort zum andern
Die Erde ſieht mich wandern,
Wohl über Flur und Feld,
Ja um die ganze Welt.

Nicht Flügel hat's noch Beine,
Auch Räder hat es keine,
Kein Wagen doch, kein Flug
Holt's ein, iſt's gut im Zug.

Im zweiten Silbenpaare
Bekommt man weiße Haare,
Iſt man auch jung und friſch,
Dein Nachbar Küche und Tiſch.

Auch iſt's ein guter Maler,
Dem du ſchon manchen Thaler
Für das, was er gemalt,
Gar willig haſt bezahlt.

Als großes Ungeheuer,
Mit Flügeln, wie kein Geier
Jemals beſchwingt war,
Stellt ſich das Ganze dar.

Doch fliegen nicht, nur gehen
Siehſt du's und dennoch ſtehen
Stets an demſelben Ort,
Geht's gleich in Einem fort.

15.

Es iſt eine kleine Unterwelt,
Die ſich im Bilde vor euch ſtellt;
Nur ſtatt der Lethe iſt darin
Ein Waſſer von ganz anderm Sinn.
Man kommt durch einen engen Schacht
In einen Raum, ſo ſchwarz wie Nacht;
Da breitet ſich ein dunkler See;
Allein kein Berg ragt in die Höh';
Kein Fiſch ſchwimmt auf des See's Grund;
Nicht Vögel fliegen drüber bunt;
Nur Weſen, weißen Geiſtern gleich,
Die ſteigen oft herab zum Teich,
Zu trinken draus; ein kleiner Schluck
Iſt jedem auf einmal genug.
Dann, wie begeiſtert, reden ſie
Von dem, was ſie geſehen nie,
Von jeglicher Vergangenheit,
Von jetziger und künft'ger Zeit;
Und fließt die Rede nicht mehr gut,
Giebt neuer Trunk gleich neuen Muth.
Zuletzt iſt ausgetrunken der See;
Da füllt er ſich wieder aus der Höh'.

16.

Die Erſte rechnet ſich zu einem großen Heere,
Viel eher zählet ihr die Tropfen in dem Meere;
Dort in der erſten Reih' man gleich es ſieben ſieht,
Doch oftmals tritt es auch allein aus Reih' und Glied.

Wozu die Kraft ihm reicht, das bindet ſeine Schlinge,
Dabei iſt's, wie man ſagt, zumeiſtens guter Dinge;
Stets ſchreitet es voran der Koppel, die es band;
Die finſtern Parzen ſelbſt thät's feſſeln Hand an Hand.

Die heil'gen Könige aus ſchönem Morgenlande,
Der Grazien Schweſterſchaft ſchlug es in ſeine Bande;
Was es gebunden hat, zu halten thut ihm Noth,
Denn ließ es Eines los, erlitt' es ſelbſt den Tod.

Die andre Sylb', ob zwar ein weſenloſes Weſen,
Steht doch für ihren Mann, als wär' ſie's ſelbſt geweſen;
Gefallen laß ich mir ſie hinterm Rücken gern,
Doch red' mich nicht ſo an, nicht paßt's für ſolchen Herrn.

Sollt'ſt von dem Ganzen du recht viel aufweiſen können,
So würde man mit Recht dich einen Reichen nennen;
Doch iſt der Reiche grad' viel ärmer meiſt daran,
Als es der Bettler iſt und arme Handelsmann.

17.

Die Erſte iſt ein Wort, bei dem man viel empfindet;
Bei Dichtern aber war es niemals ſehr beliebt;
Weil nur ein ſolcher Schmerz wird durch das Wort verkündet,
Der in der Wirklichkeit auch wirklich ſich begiebt;
Die Dichter aber, die von ihren Schmerzen ſingen,
Woll'n fühlen ſie ja nicht, es ſoll wie Schmerz nur klingen.

Die zweite Sylbe iſt ein Ding von mächt'ger Größe,
Und dennoch ſcheinet nichts faſt in der Welt ſo klein;
Fragſt du nach der Geſtalt, an ſich iſt's die der Klöße,
Doch malt man ſie zumeiſt wie die vom Stachelſchwein.
Mit ſolchen Klößen füllt zum Nachtmal ſich die Schüſſel;
Verzehrt ſind alle früh bis auf das letzte Biſſel.

Damit ihr rathet friſch, verſprech' ich dem zum Lohne,
Der mir das Ganze räth', vom Ganzen hundert Stück.
Holt ſelbſt ſie von der Bank, die ihnen dient zum Throne!
Warum, o Freunde, bleibt ihr alle doch zurück?
Ihr wollt, ich weiß es ja, doch ſonſt nur von den friſchen;
Wenn ihr die friſchſten wollt, müßt ihr ſie ſelber fiſchen.

18.

Ich bin ein ſchwarzer Ritter,
Doch hab' ein weißes Roß,
Mein Sporen ſchmeckt ihm bitter,
Sein Zorn darob iſt groß.

Es möchte mich zermalmen,
Schlägt nach mir kreuz und quer,
Doch ob ſein Zorn mag qualmen,
Es kümmert mich nicht ſehr;

Sitz' auf der Croupe hinten,
Wenn mich ſein Schlag ſucht vorn,
Bin auf dem Hals zu finden,
Sucht hinten mich ſein Zorn;

Und will ſich's müde legen,
So ſporn' ich's wieder auf,
Bin immerdar verwegen,
Bin immer oben drauf.

19.

Es kommt, mich anzugreifen,
Von Räubern ein ganzer Chor;
Ich ſchieße aus langen Läufen
Rings Kugeln um mich hervor;
Zwar iſt kein Schuß ein Fernſchuß,
Doch dafür jeder ein Kernſchuß.

Die Räuber ſtürzen ſich muthig
In's dichteſte Kugelgedräng';
Die Kugeln alle ſind blutig;
Wie fallen die Schüſſe ſo eng!
Und doch von den Räubern allen
Sieht keinen man ſtich'n oder fallen.

Das macht, es ſcheinet nicht böſe
Ein Schuß ohne Knall, ohne Dampf;
Stets gilt ja des Schuſſes Getöſe
Mehr als der Schuß in dem Kampf.
Schieß' blind, doch ſchieße mit Knalle,
Da fliehen die Räuber gleich alle.

20.

So weiß wie Lilien, weiß wie ein Engel,
Durchwandl' ich langſam die Welt voll Mängel,
Die Füße getaucht in Morgenroth.
Doch wenn der Geiſt in ferne Weiten
Will tragen ſein Werk und fern in die Zeiten,
Alsbald die Schwingen ich dazu bot;

Die Schwingen, gewöhnt nicht an irdiſches Fliegen,
Gemacht nur, dem höhern Beruf zu genügen;
Beſeelt iſt jede Feder darin.
Doch hab' ich noch manch' ander Geſchäfte:
Verlangſt du im Schlummer neue Kräfte,
Ein weiches Lager breit' ich dir hin.

Und willſt du dich letzen am köſtlichen Mahle,
Gar oft mein Leben ich dafür zahle,
Daß du nur werdeſt ſatt und froh;
Bring' gleich zum Braten dir mit die Früchte;
Wie duftet ſo herrlich nun das Gerichte,
Indeß meine Seele von hinnen floh.

21.

Wer nennt das liebliche Kind,
Geboren taub und blind
Und des Verſtandes baar;
Sieht nicht den Weg vor ſich
Und führet dennoch dich
Zur Heimath wunderbar.

Wer nennt mir, deren Speer
Schlägt Wunden tief und ſchwer,
Von Wonnen ſchwer ſtatt Pein;
Nicht Streiten hilft, nicht Fliehn;
Seht ihre Sklaven zieh'n
Gekettet je zu zwei'n.

Wer nennt das ſchöne Weib
Mit Flügeln an dem Leib,
Mit grünem Kranz geſchmückt;
Mit Augen, leuchtend ganz;
Ein Regenbogenglanz
Steht dort, wohin ſie blickt.

22.

Es ſteigt ein mächtig Gewimmel
Der Erſten hernieder vom Himmel
Und klar erkennſt du daraus,
Daß nun von hinnen geſchieden,
Die lange geblüht hat hienieden,
Die Tochter aus himmliſchem Haus.

Wenn durch die Lüfte dann wandern
Die Klänge vom Paare der Andern,
So weißt du, nun ſinket in Nacht
Auch der kleineren Tochter Leben,
Die Allen hat Freude gegeben
Durch ihres Auges Pracht.

Der Erſten an Schein nicht weichend,
Den Andern in Form ſich vergleichend,
Steigt lieblich das Ganze empor;
Es ſteigt empor als ein Zeichen,
Die Tochter aus himmliſchen Reichen
Kehrt wieder durch blühendes Thor.

23.

Mein Leben das iſt arm und nächtig;
Viel lieber lebt' ich ſchön und prächtig;
Ein hoher Herr tritt an mein Haus,
Im ſchönſten Schmuck, mit reichen Taſchen:
Ei, denk ich, könnt'ſt du was erhaſchen!
Und ſtrecke meine Finger aus.

Das ſcheint dem Herrn nicht zu gefallen;
Er, der ſonſt ſchenket Alles Allen,
Hält ſtreng ob meinen Fingern Wacht,
Und gleich wird jeder abgeſchnitten
Vom Diener, der folgt ſeinen Tritten,
So wie ich ihn nur lang gemacht.

Schad' wär' es um die armen Dinger;
Zum Glück doch wachſen neu die Finger,
Und immer neu ſtreck' ich ſie aus;
Und wie der reiche Herr ſich wehre,
Zuletzt mit langen Beſen kehre
Ich doch ihm noch die Taſchen aus.

24.

Wer kennt das Weib,
Wer nennt das Weib,
Das braune magre runzliche Weib,
Das alt doch hat viel ſüßern Leib,
Als da es iſt geweſen
Ein jung' rund' glattes Weſen?

Wer kennt das Weib,
Wer nennt das Weib,
Das alt den Stock zu laſſen wußt',
An dem es jung ſich halten mußt',
Das alt hat Küchentugend,
Hielt Schenke in der Jugend?

Wer kennt das Weib,
Wer nennt das Weib,
Dem jung kein Mädchen - Name behagt,
Alt ließ ſich's taufen als chriſtliche Magd?
Ihr aber, ſchöne Damen,
Verſchmähtet, glaub' ich, den Namen.

25.

Ich liege feſt in mich gedrängt,
Klein, daß mich eine Hand umfängt,
Doch wollt' ich einmal ganz mich ſtrecken,
Würd' ich manch' hundert Ellen decken.

Mitunter ruh' ich lange Zeit
In einer Höhle eingeſchneit,
Umgeben rings von manchen Waffen,
Die meiſten für den Stich geſchaffen.

Wird mir das Müßigſein zu viel,
So heb' ich an ein Lanzenſpiel;
Das aber ſchadet meiner Dicke,
Ich ſchwinde mehr und mehr dem Blicke.

Zuletzt bleibt von mir keine Spur,
Doch umgeſchaffen werd' ich nur,
Und trugen einſt mich Hände feine,
So mach' ich jetzt mich auf die Beine.

26.

Für Zwei nehm' ich das Wort, für mich und den Geſellen,
Der nachbarlich ſein Haus pflegt neben meins zuſtellen;
Mein Nachbar iſt ein Mohr, ich ſelber bin ein Weißer,
Mein Naturell iſt kühl, das ſeine iſt viel heißer.

Wir ſind' ein Dienerpaar, zwar nicht in Hof und Garten,
Doch bei der Tafel gern bereit, euch aufzuwarten;
Wir nöthigen zum Trunk, ſtehn ſtets zu Allem willig,
Doch iſt zu rathen ſehr: braucht mehr uns nicht als billig.

Mein Freund iſt von Natur geſchickt zu wen'ger Sachen,
Drum pflegt man mehr Gebrauch von meinem Dienſt zu machen;
Doch weil er kräft'ger iſt, dient er mir oft zur Stütze,
Und, was er thun auch mag, er thut es ſtets mit Hitze.

Beim Eſſen nicht allein ſollt unſern Dienſt ihr loben;
Auch in Geſpräch und Witz mögt ihr ihn wohl erproben;
Seid ſelber geiſtreich nur, wir werden gern euch dienen;
Doch beſſer laßt ihr weg von uns den allzukühnen.

27.

Wie heißt der kleine alte Mann
Mit einem Buckel vorn und hinten;
Zumeiſt gebückt ſchleicht er heran
Und doch muß jeder ſchön ihn finden.

Sich ſelbſt wohl deß iſt er bewußt,
Denn keck der größten Damen Einer
Macht er den Hof; und ihr giebt's Luſt;
Niemals ein Hofmann nahm ſich ſeiner.

Auf's Strengſte nimmt er ſich in Acht,
Je zuzuwenden ihr den Rücken,
Folgt ihr in reicher Silbertracht
Und Schmachten liegt in ſeinen Blicken.

Der Reichthum, den er an ſich hat,
Iſt freilich nur geborgte Waare;
Doch, der ihm darleiht, wird's nicht ſatt;
Darum verſchlägt es nichts dem Paare.

28.

In grünem Laubgehölze
Sitz' ich bei Sonnenſchein
Im warmen ſammtnen Pelze
Und hülle ganz mich drein;

Und wie auch brenne die Sonne,
Ich zieh' meinen Pelz nicht aus;
Doch quillt im Hölzchen ein Bronne,
Da trinke ich daraus.

Weh mir! nach wenig Wochen
Schon find'ſt du mich nicht mehr;
Da deckt wohl meine Knochen
Die Erde ſchwarz und ſchwer.

Des Pelzes purpurne Zierde,
Mein Ausſehn reich und rund,
Reizt eines Räubers Gierde,
Der ſticht mich todeswund.

29.

Nichts iſt mir gleich an Einfachheit,
Und doch ruft Wunder bei mir Einer,
Der Andre Wehe bei mir ſchreit
Und liebeſeufzend braucht man meiner.

Das iſt die Erſte des Gedichts.
Wollt ihr auch die Geſtalt erkunden?
Ei nun, ſie wird der Form des Nichts
In allen Stücken gleich gefunden.

Die Zweite ſcheinet zwar als Licht,
Und dennoch, biſt du gleich kein Blinder,
Wirſt du ſie ſehn dein' Tage nicht,
Begreifen wirſt du ſie noch minder.

Das Ganze kommt einmal im Jahr
Und bringt, o mögt ihr recht es feiern,
Den ſchönſten grünen Korb euch dar
Voll Blumen, Kuchen, friſchen Eiern.

30.

Die Erſte iſt immerfort bemüht,
Ein Ding zu theilen, das niemand ſieht,
In Theile, die jeder ſehen kann,
Und das wird mit zwei Fingern gethan.

Wer an dem Leibe die Andre trägt,
Gar frei ſich durch den Raum bewegt,
Doch wer ſie führt in ſeiner Hand,
Iſt feſt zur Stelle meiſt gebannt.

Das Ganze liegt gewickelt krumm,
Wie eine todte Schlange ſtumm,
Doch mangelt nicht der Lebenskraft;
Die löſt ein Schlüſſel aus der Haft.

31.

Das erſte Sylbenpaar bedeutet
Ein ſtilles, ſachtes Geh'n
Nach Orten, wo ein Glöcklein läutet
Und heil'ge Bilder ſteh'n.

Die Dritte ſieht man Kronen ſchmücken,
Mit Perl' und Gold gepaart;
Doch tritt mit Füßen man die Stücken
Von der gemeinen Art.

Ein Mann das Ganze, dem an Ehren
Zur Zeit kam Keiner bei;
Doch darauf möchte ich nicht ſchwören,
Daß er's auch meinte treu.

32.

Wer nennt mir die Häuslein ſo nett und rein,
Mit dem Gewölb' von weißem Stein?
Sich ſelber bau'n ſie ohne Müh',
Du weißt wohl wo, doch weißt nicht wie.

Gar friedlich in guter warmer Hut
Ein ganzes Dörfchen beiſammen ruht;
All' haben ſie eine Beſitzerin,
Die aber wohnt nicht ſelber drin.

Doch iſt ein Inſaß in jedem Haus,
Der hat kein Fenſter zu gucken hinaus,
Der hat keine Thür zu gehen hinein,
Schlägt, will er hinaus, die Wände ein.

33.

Die erſte Sylbe gut zu nützen,
Mußt du ſie recken bald, bald ſpitzen,
Mußt ſorglich ja das Blaſen ſcheuen,
Sie bald verſchließen und bald leiden.

Damit die andern Zwei dir frommen,
Genügt als Anweiſung vollkommen,
Sie grad' nur in den Mund zu ſtecken;
Sie werden ſicher gut dir ſchmecken.

Das Ganze klüglich anzuwenden,
Mußt du recht rüſtig ſein von Händen,
Und, eh' der Andre es mag denken,
Ihn mit der Gabe raſch beſchenken.

34.

Der Erſte iſt ein Thor, meiſt groß und ungeſchlacht,
Am beſten wär' es wohl, man hielt es zugemacht;
Doch ſtehen offen gern die beiden großen Flügel,
Und ganz vergebens ſucht man oft dafür den Riegel.

Euch zu ergötzen, ſind die andern Zwei geſchickt,
Woferne ihr ein Bild des Menſchen d'rin erblickt;
Allein, wenn umgekehrt ein Menſch will ihnen gleichen,
So ſteht es euch wohl an, ihm gänzlich auszuweichen.

Liegt wo ein todtes Pferd, ſchlug wo der Blitz in's Haus,
Zieht ein ein fremder Prinz, zieh'n die Soldaten aus,
So ſeht ihr einen Markt ſich ſchnell dabei geſtalten,
Auf dem das Ganze wird freigebig feil gehalten.

35.

Die erſte Sylbe läuft, als wäre ſie lebendig,
Und plaudert dabei ſtets, als wäre ſie verſtändig,
Sie ſchmückt mit Blumen ſich gleich einem jungen Mädchen
Und ſpinnt gar ſäuberlich an einem langen Fädchen.

Zuweilen, wenn du willſt ab von der Straße wandeln,
Verrennt ſie dir den Weg und läßt nicht mit ſich handeln;
Dann hilft der Andern Paar dir mehr als gute Worte,
Wenn ſich's nur fände gleich auch immer an dem Orte.

Ein Weſen nett und klein iſt's, was dir nennt das Ganze;
Die halbe Seele ſitzt, ſo ſcheint es, in dem Schwanze
Da, wo die Erſte läuft, magſt du es meiſt erblicken
Es trippelt nebenher und fängt dir weg die Mücken.

36.

Vom graden Wege nicht zu weichen,
Geh' nur den erſten Beiden nach;
Empfängſt du ſie zum böſen Zeichen,
Ertrag' geduldig nicht die Schmach.

Beweiſe, wie man dich verkenne,
Wie gut du es verſtehſt und meinſt,
Und waſche tapfer dich und brenne,
Bis daß du gleich der Dritten ſcheinſt.

Jedoch, wenn du die erſten Beiden
Empfängſt, weil du das Ganze biſt,
So ſtecke ſie nur ein beſcheiden,
Und beſſ're dich als guter Chriſt

37.

Ich bin von vier Brüdern der eine;
Zwei große ſind's und zwei kleine;
Wir trugen einſt große Laſt;
Als endlich geſchwunden das Leben,
Hat Alle ein Sarg umgeben,
D'rin hielten wir lange Raſt.

D'rauf ſind wir gefahren gen Himmel;
Da fanden wir ein Gewimmel
Von unſers Gleichen ſchon vor;
Doch ſtieg zu der himmliſchen Zelle
Empor der Rauch aus der Hölle:
D'rum bin ich ſchwarz wie ein Mohr.

38.

Wer ſollte wohl von einer Hennen,
Was ſonſt, als dieß erwarten können;
Im runden Neſt ein rundes Ei,
Das reinlich liegt auf reiner Streu?

Mein Räthſel, ſonſt der Henne gleichend,
Jedoch an Reinlichkeit ſehr weichend;
Legt, ach zu ſagen ſchon iſt's arg,
Sein Ei grad' mitten in den Quark.

Und Wunder, wenn es iſt geſchehen,
Wollt ihr es etwa euch beſehen,
Dreht's rechts und links und rings herum,
Ihr findet nichts d'ran rund und krumm.

39.

Ein Kindlein iſt es, jung und friſch,
Doch ſtarb bei der Geburt die Mutter,
Statt warmen Milchbrei auf dem Tiſch
Ward ihm der kält'ſte nur zum Futter.

Die Einen bei der Mutter gehn
Zu Grabe mit betrübten Mienen;
Die Andern auf das Kindlein ſehn
Voll Freude, daß es iſt erſchienen.

Was wird einſt aus dem jungen Held,
So hör' ich ringsum Alle fragen,
Der gleich beim Eintritt in die Welt
Ein Dutzend tapfer hat geſchlagen?

40.

Die Erde beſteht aus lauter Leichen,
Die ein lebendiges Grab verſchlingt.
Viel tauſend ſelbander mögen nicht reichen,
Die ſchnell der Mann mit der Hippe bezwingt.

Der Andern Paar enthält zuweilen
Das, was die erſte Sylbe genannt;
Und immer iſt es, was leicht zu theilen,
Bald Korn, bald Geld, bald Miſt, bald Sand.

Das Ganze baut vor euern Blicken
Als ein Gebirge raſch ſich auf,
Noch Niemand fiel von ſeinem Rücken,
Doch fällt wohl Mancher gern darauf.

41.

Wie war mir einſt ſo wohl zu Muth
In grünem Kleid mit blauer Bluth;
Doch als verſchoſſen war mein Kleid,
Erfuhr ich nichts als Herzeleid.

Und wieder ward mir wohl zu Muth
In guter Frauen guter Huth;
Doch als ich ward ein altes Wrack,
Gerieth ich unter's Lumpenpack.

Und wieder ward mir wohl zu Muth,
Als neugeboren mich die Fluth;
Daß mir's nicht wieder geht ſo krumm,
So ſchreibt nicht Zeug, was gar zu dumm.

42.

Ein dickes Maſtvieh liegt gebettet
Im niedern Stall und angekettet
Am Boden durch gar manche Stränge,
Ein Netz umſtrickt es feſt und enge.

Wozu? Es wird davon nicht laufen;
Ob du's willſt ſchlachten, ob verkaufen,
Es wird dir niemals widerſtreben;
Nur gut ſich mäſten heißt ihm leben.

Wenn ſeine Zucht dir gut gelungen,
Behagt ſein Fleiſch dann allen Zungen,
Sieht ſchön wie Gold und duftet lieblich;
Nur es zu braten iſt nicht üblich.

43.

Es iſt ein Mann in weißem Kleid,
Der hat in ſeinem Zimmer
Gar viele Spiegel, lang und breit,
Freut ſich ob ihrem Schimmer.

Da kommt in grünem Kleid ein Mann,
Will auch ſich d'rin beſehen;
Kaum daß ſein Athem trifft daran,
Da iſt's um ſie geſchehen.

Die Spiegel brechen all' entzwei;
Doch ſchnell ſchmilzt er die Stücken;
Und wieder ſind es Spiegel neu,
Die nun ſein Zimmer ſchmücken.

64.

Die Erſte ſtellt ein Ziel euch dar,
Geſucht von allen Menſchen zwar,
Und doch von Jedem noch erreicht,
Sei's, daß er rennet oder ſchleicht.

Die andre Sylbe iſt ein Stück,
Bald lang, bald kurz, bald dünn, bald dick,
Am beſten, wenn er liegt am Topf,
Am ſchlimmſten, liegt er an dem Kopf.

Das Ganze rühret ſich im Land,
Da leih'n ihm beyde Fuß und Hand,
Wirft Alles unter und über ſich,
Und macht das Land dadurch ordentlich.

45.

Gott Pluto war es, der mich ſandte,
Zu treiben Ceres aus dem Lande;
Mag ſie mit Schrot und Korn ſich wehren,
Mit Kugeln jag' ich ſie, mit ſchweren;

Und wird das Brod dann etwa theuer,
Ich ſchenk' euch dafür höllisch Feuer,
Schenk' fette Rücken euren Schweinen,
Und dicke Bäuche euren Kleinen.

So, ob mein Leben gleich iſt nächtig,
Glänzt mein Verdienſt doch hell und prächtig;
Nur bitt' ich euch, mich nicht zu richten
Nach Früchten, die ich trug im Lichten.

46.

Wegweiſer zeigen durch das Land
Den Weg den Füßen mit der Hand;
Doch ob ſie zeigen ſtets g'radaus,
Wird oft ein krummer Weg daraus;
Und ſtatt gefällig mitzugehn,
So bleiben ſie beim Anfang ſtehn.

Ganz anders iſt's mit mir bewandt;
Zeig' ohne Hand den Weg der Hand,
Zeig' keinen für der Füße Lauf,
Nur ſtumme Leute gehn darauf,
Zeig' immer nur den g'raden Weg,
Und laufe ſelber mit als Steg.

47.

Wenn du einmal das Ganze haſt,
So lade mich dazu als Gaſt;
Ich weiß es zu genießen;
Beim Glas, das du mir reicheſt dar,
Will ich das ſchöne mittle Paar
Mit lautem Toaſte grüßen.

Und was ſonſt anderweit ich hab'
Des Erſten vor und nach dem Grab',
Dem will mein Hoch ich bringen;
Die Letzte aber laß ich ſtehn,
Denn ob ſie wäre noch ſo ſchön,
Kein Glas mag damit klingen.

48.

Du ſiehſt im erſten Sylbenpaar
Das Schönſte auf der Erde;
Ein junger Officier ſogar
Hält höher es als Pferde.

Die Dritte ſucht manch armer Tropf
Im Schiffbruch zu gewinnen,
Doch hat ſie jemand vor dem Kopf,
So litt er ihn ſchon drinnen.

Das Ganze iſt ein eben Feld,
Auf dem wird viel geſtritten;
Auch manche Dame kämpft als Held
Und jede iſt beritten.

49.

Die erſte Sylbe iſt ein kleines Adjectiv,
Wenn du's errathen willſt, denk' nicht, ſein Sinn ſey tief;
Und wenn es dir gelang, daß du's errathen haſt,
Trag' nicht dein Näslein ſo, daß drauf das Beiwort paßt.

Die zweite Sylbe hält dir nirgends Stand noch Stich;
Läufſt ſtets nach dem, was vorn, und wirfſt's gleich hinter ſich,
Läufſt ohne Raſt und Ruh; du fragſt: nach welchem Ziel?
Den Allerweiſeſten wohl fragſt du da zu viel.

Das Ganze iſt beſtimmt, aus Zwei zu machen Eins;
Gern wird dabei geleert ein Becher beſten Weins;
Getanzt, gelacht, geſpielt; Niemand an Uebles denkt;
Doch ward es Manchem Grund ſchon, daß er ſich gehenkt.

50.

Die beiden Erſten machen
Den Weibern oft es nach,
Jetzt ſieht man ſie noch lachen
Und weinen gleich danach.

Ein Sultan iſt die Dritte,
Geht ſtets geſpornt einher
Mit ſtolzem Herrſchertritte,
Doch niemals reitet er.

Das Ganze iſt beweglich
Zwar, wenn es ſtill ſteht, ſtumm,
Doch ſchreit mitunter kläglich,
Sobald ſich's dreht herum.

51.

Wer kann das goldne Haus mir nennen?
Es ſcheint zu glühen und zu brennen,
Ward ganz erbaut in heißer Schwüle,
Doch drinnen find'ſt du ſüße Kühle.

Sein Inn'res ſtrahlt von goldnem Schimmer,
Kryſtall die Wand von jedem Zimmer;
In jedem liegt gebettet ſauber
Ein Zwerglein da in Schlafeszauber.

Wenn du die Zwerglein wach willſt haben,
So mußt du ſie zuvor begraben;
Wie winzig ſie dir erſt erſchienen,
Einſt werden Rieſen noch aus ihnen.

52.

Ich bin ein Grab, ſtumm und verſchwiegen:
Am runden Denkmal über mir
Erblickſt du in erhobnen Zügen
Bald Schriftwerk, bald Symbol als Zier.

Wohl andre Gräber ſieht man grünen;
Ich ſcheine nur ein Berg von Schnee;
Auf andern Gräbern flattern Bienen;
Hier, ſcheint es, ging der Krähen Zeh'.

Willſt du, der Geiſt ſoll mit dir ſprechen,
Der in dem Grabe kam zur Ruh;
So gilt's, das Denkmal zu zerbrechen,
Deß Zauber ihm den Mund ſchließt zu.

53.

Als Exemplare
Vom erſten Paare
Die allerfeinſten
Blos wähl' und reinſten.

Als Exemplare
Vom zweiten ſpare
Die allerſchwerſten
Zugleich und mehrſten.

Als Exemplare
Der ganzen Waare
Von Duft die vollen
Nur ſollſt du wollen.

54.

Geſchaffen zum Gebrauch im Kriege
Erhebt ſich eine hohe Stiege;
Willſt du die höchſte Stufe kennen,
Ein Sylbenkleeblatt wird ſie nennen.

Zu ſchönerm Brauch bei Sang und Reigen
Sieh eine zweite Treppe ſteigen,
Willſt du den Fuß der Treppe kennen,
Die vierte Sylbe wird ſie nennen.

Auf letzter Treppe nicht zu gleiten,
Muß etwas auf- und abwärts leiten:
Willſt du auch dieß Geländer kennen,
So wird das Ganze dir es nennen.

55.

Die Erſte iſt ein Wort, das man zum Krüppel ſchlug,
Wen man im Schimpf ſo nennt, der iſt wohl nicht ſehr klug;
Doch wer ſo wirklich heißt, von dem iſt zu vermuthen,
Es zähle ſein Geſchlecht ſich zu den alten guten.

Die Zweite iſt ein Ding, verwendet ganz und gar,
Weil es jetzt außen hat, was einſt ein Innres war.
Beim Nachbar horch! was quiekt? Ich hör' es mit Vergnügen;
Jüngſt ſchickt' ich ihm das Ding, nun werd' ich's wieder kriegen.

Das Ganze lebt! juchhe! es ſpringt, es klingt, man lacht;
So iſt der Zweck erfüllt, die Sache gut gemacht;
Sonſt hat es mehr als jetzt im Spiel davon gegeben;
Doch giebt's auch jetzo noch genug davon im Leben.

56.

Die erſte Sylbe iſt ein klingend Inſtrument,
Das älteſte gewiß von allen, das man kennt,
Ein jeder trägt's und braucht's das liebe lange Jahr;
Die ſchönen Damen auch? frägſt du. — Ich dachte gar.

Die beiden Andern ſind ein klingend Inſtrument,
Das muntre Beine macht, doch müde macht die Händ';
Am meiſten hat mich ſtets bei ſeinem Schall erbaut,
Daß das, was ſo erklingt, nicht meine eigne Haut.

Das Ganze endlich iſt ein klingend Inſtrument,
Das von dem erſten du nie höreſt abgetrennt;
Es taugt nicht zum Concert, taugt auch nicht für den
Ball;
Doch ſtreit' ich nicht mit dir, wenn dir gefällt ſein Schall.

57.

Liegſt du im Schlaf in guter Ruh,
So wird es ſchwerlich dir gefallen,
Ruft jemand dir die Erſte zu,
Verdroſſen wirſt du Antwort lallen.

Doch ruft die Maid, die vor dir ſteht,
Dich ſanft mit der zwei Andern Wörtlein,
Wohl ſüß es dir zu Herzen geht,
Gekommen aus ſo ſchönem Pförtlein.

Das grüne Ganze iſt beſtimmt
Zum Räuchern, doch nicht, wenn gekommen
Ein Gaſt, da es vielmehr entglimmt,
Wenn Einer Abſchied hat genommen.

58.

Der Länge nach iſt's ein gewunden Band,
Das bindendſte, das dauerndſte von allen,
Und dennoch in ſich loſe zum Zerfallen.
Der Breite nach iſt's eine Scheidewand,
So ſchneidend, ſcheidend keine iſt zu haben,
Und dennoch liegt ſie unten ganz im Graben.
Nach Höh' und Tiefe iſt es eine Hand,
Geſchickt, zu wurfeln Leichtes von dem Schweren,
Und von dem ſchweren Satz die leichte Spreu zu kehren.
Schon ſeit Jahrtauſenden iſt es gerannt,
Trägt auf dem Rücken dich oft ſelber fort mit Schnelle
Und bleibt im Ganzen doch ſtets auf derſelben Stelle.

59.

Sie reiſte nach Welſchland, der Kutſcher rief: ho!
Ich gab ihr's Geleite bis an den Po;
Da rief ich: o weh! daß ich ſcheiden muß!
Sie gab mir zum Abſchied den ſüßeſten Kuß;
Wir ſchworen uns Treue bis an den Tod;
Die Treue erreicht nicht das Morgenroth;
Denn als ſie drüben war über dem Fluß,
Erfreut' ſich ein And'rer an ihrem Kuß.
Was ich euch einzeln hier niederſchrieb,
Das trieb im Ganzen mit mir die Lieb'.

60.

Die erſte Sylbe wundert ſich;
Die zweite ſpricht: beeile dich!
Die dritte kann nie trocken ſein;
Das Ganze iſt ein Königlein;
Der Kleine ſitzt auf einem Thron,
Der iſt gemacht von Töpferthon;
Sein Antlitz glänzt wie Gold ſo fein;
Er trägt ein grünes Krönelein;
Von Schwert und Spieß iſt er umringt;
Ein Schwert einſt ſelber Tod ihm bringt.

61.

Aus den Reſten
Kleiner Käſten
Wird die Erſte dargeſtellt.

Aus den beſten
Feſten Aeſten
Mach' die Zweite, junger Held!

Von den Feſten
Mir am beſten,
Wo man's Ganze ſchenkt, gefällt.

62.

Mein Vater klettert gern in die Höhe;
Doch unterwegs bekommt er die Drehe; —
Meine Mutter ſaß unten geſellig lange,
Da machten grobe Flegel ihr bange.

Mir iſt von den Aeltern Manches geblieben;
Es fühlt mein Geiſt ſich nach oben getrieben;
Doch geht es oft nicht ab ohne Schwindel;
Ich liebe Geſellſchaft; da giebt's oft Geſindel.

63.

Ein Häuslein iſt es, wohlbekannt
Aus lauter Fenſtern ſeine Wand;
Doch der drin wohnet, erſt erwacht,
Wenn rings umher iſt finſtre Nacht;
Sieht durch die Fenſter dann ſich um,
Geht mit dem Häuslein ſelbſt herum.

64.

Ich bin bei der Kirche angeſtellt,
Mein Weſen iſt ganz erbaulich
Und über den Dingen dieſer Welt
Mein Standpunkt hoch und beſchaulich.

Mein Wort iſt einfach, doch hat es die Macht,
Zur Andacht zu ruſen die Frommen;
So dien' ich der Kirche bei Tag und bei Nacht
Und bin doch hinein nie gekommen.

65.

Wer nennt mir das Geſchöpf, das nur ganz langſam kriechet,
Auf Bergen gerne wohnt, ſich gern an Häuſer ſchmieget?
Von Eiern jedes Jahr bringt's eine ſtarke Brut,
Doch brütet's ſelber nicht, weil es die Sonne thut.

Die Eier öffnen ſich; was draus kommt, wird gefangen:
Gar wild geberdet ſich's, Freiheit iſt ſein Verlangen;
Ihr haltet's gut in Haft; bald ſcheint es wieder mild:
Nun nehmt euch erſt in Acht, ſonſt macht's euch ſelber wild.

66.

Ich ſteige in die Höh'
Aus einem weißen See,
Zuerſt nur als ein Plunder,
D'raus wird ein goldnes Wunder;

Bin lieblich, wenn ich jung,
Doch bald iſt es genung;
Und bin ich nicht von neulich,
So nennt man mich abſcheulich.

67.

Die Erſte ſpricht: „Die Zähne brauche!"
Ich füg' hinzu: „Bekomm's dem Bauche!"
Die Andre zeigt dir deutlich an:
Jetzt wird ein männlich Weſen nahn.
Was wird bezeichnet mit der Dritten,
Iſt ſchlecht von deutſchem Sinn gelitten.
Das Ganze Mancher ſchreibt und ſpricht,
Allein verſtehen kann man's nicht.

68.

Wenn du durch Rathen nicht die Erſte kannſt erzwingen,
Ich geb' dir einen Schlag, ſo wird's ſogleich gelingen.
Die zweite Sylbe hat nur durch Beziehung Sinn;
Doch nennt die Liebſte ſo den Liebſten oft ſchlechthin.
Die dritte rufet zu den rothen Sonnenroſſen:
Ihr Schläfer, wachet auf, was ſäumt ihr ſo verdroſſen!
Das Ganze wohnt im Wald, ſuchſt du es da nicht gern,
Ei nun, ſo geh zu Tiſch bei einem hohen Herrn.

69.

Zum Barometer an der Wand
Giebt es ein andres in der Hand;
Fällt jenes, ſieht man dieſes ſteigen,
Steigt jenes, dieß alsbald ſich neigen.

Zur Blume, die die Sonne ſucht,
Giebt's eine vor ihr auf der Flucht,
Hebt jene froh den Kelch, den bunten,
So faltet dieſe ihn nach unten.

70.

Der Krebs iſt ſchwarz im Leben
Und nach dem Tode roth,
Doch ich bin roth im Leben
Und ſchwarz nach meinem Tod.

Daß Keiner mich berühre,
Schlimm wird es ihm gedeih'n,
Ob keinen Zahn ich führe,
Doch tüchtig beiß' ich d'rein.

71.

Ich ſtehe als Schranke;
Ich laufe als Ranke;
Ich mache, daß Bücken
Dir ſchafft Erquicken:

Ich trag' Milchnäpfchen
Auf kleinen Köpfchen,
Die blutig ſich färben,
Wenn Näpfchen in Scherben.

72.

Zwar halt' ich es für meine Pflicht,
Zu ſagen Jedem in's Geſicht
Die Fehler, die an ihm zu ſehn,
Doch darf ich ſelber mich nicht blähn.

Denn ſelbſt ward mir der Fehl zu Theil;
Das Rechte mit dem Gegentheil
Stets zu verwechſeln; dennoch gleich
Mit gutem Beiſpiel gelt' ich euch.

73.

Mit goldnem Dolch die Mutter
Durchbohr' ich ohne Scheu;
Weiß macht durch mich die Butter
Dir, daß ſie weiß nicht ſei.

Komm ich in deine Schoten,
Erträgſt du es wohl fromm;
Doch ſchiltſt mich aus nach Noten,
Wenn ich zum Kaffee komm'.

74.

Ein weißer Vogel kommt geflogen,
Geflogen über Meer und Land;
Bei Tag und Nacht iſt er gezogen,
Da greif' ich ihn mit meiner Hand.

Nun heb' mir an, dein Lied zu ſingen!
Ich harrte lange ſchon darauf;
Er ſchweigt; da brech' ich, ihn zu zwingen,
Ihm ſeinen rothen Schnabel auf.

75.

Zwar hab' ich beinah kein Gewicht,
Jedoch an Umfang fehlt mir's nicht;
Bin vielmehr eine kleine Welt,
Die ſich im Raume ſchwebend hält,
Mit Allem, was drauf webt und lebt;
Doch Alles nur aus Licht gewebt;
Ein Hauch, durch den ich erſt entſtand;
Ein Hauch, durch welchen ich verſchwand.

76.

Es iſt ein krummes Schwert, das hauet mitten drein
In eine große Schaar, doch ſchneidet nicht ins Bein;
Es theilt ſich blos die Schaar da wo das Schwert hinſchlug,
Und ſteht ein Weilchen ſtill, wofern ſie war im Zug:
So ſtellt es Ordnung her im Raum und in der Zeit,
Sofern der, der es führt, nur ſelber iſt geſcheut;
Die Frauen freilich, wenn auch ſonſt der Ordnung Hut,
Gebrauchen allzumeiſt das Schwert nicht allzugut.

77.

Ein Thier iſt's mit fünf Beinen;
Wie regt es ſie ſo ſchnell,
Und dennoch will mir's ſcheinen,
Nicht kommt es von der Stell'.

Noch hängt ihm an dem Leibe
Das Ei, aus dem's entſtand.
Man hält's zum Zeitvertreibe;
Auch Nutzen bringt's ins Land.

78.

Die Erſte giebt ein ſchlecht Geleiſe
Für Wagen, ſchnell vergeht die Spur;
Die Andre beut ein Feld zur Reiſe
Für Zweie, doch im Kreiſe nur;
Im Ganzen giebt ſich auf die Reiſe
Die Erſte ſelbſt, hin und retour;
Die Reiſe geht vor ſich ganz leiſe,
Ob hin, ob her, bergunter nur.

79.

Es iſt eine Feſtung geweſen,
Drin Peter ſtritt, der Soldat,
Den hat eine Kugel erleſen
Zum Ziele nach Gottes Rath.

Doch eh' er ſagte ſein Amen,
So ſchrieb er, zu zeigen ſich treu,
Der fernen Liebſten den Namen
Der Feſtung, getheilet in Drei.

80.

Wer mögen die kleinen Leutlein wohl sein
Mit dickem Kopf und dickem Bein,
Doch einem Leib' ach fadendünn;
In den größten Köpfen ist nichts drein.

Auch lautlos siehst du Einzelne stehn,
Doch wenn sie hintereinander gehn,
Bekommt gleich Füße das ganze Heer,
Je rascher sie laufen, desto mehr.

81.

Aus Aepfeln, ganz herben —
Man kann damit gerben —
Und mal'gen noch drein
Gemacht wird ein Wein;

Doch schlürft aus dem Becher
Ihn gierig der Zecher,
Und trank er sich voll,
So läuft er wie toll.

82.

Hinter dem Menſchen alle Tag'
Still im Finſtern geh' ich her;
Zuweilen auch wohl der Naſe nach,
Dann aber ſchnaub' ich wie ein Bär.

Die Arbeit, der ich mich muß fügen,
Macht mich gar zeitig runzlich, alt,
Doch wenn ich in ein Bad geſtiegen,
Erſchein' ich glatt und jung alsbald.

83.

Der Erſten Trunk haſt du wohl gern,
Hielt'ſt gern den Trunk der Zweiten fern;
Die Erſte, iſt ſie weiß, dünkt ſchön;
Schwarz mag der Andern beſſer ſtehn;

Die Erſte, daß ſie bleibe fein,
Hüllt in das Ganze gern ſich ein;
Die Andre braucht nicht ſolchen Schutz,
Weil ſelbſt als Hülle dient ihr Putz.

84.

Es iſt ein Schneien und iſt ein Regnen,
Von Himmel und Erde ein Begegnen;
Iſt Feuer und Waſſer, iſt Schall und Licht;
Iſt wie das Raſen von Gottes Gericht;
Das Holde, wie ich es liebe, mag glimmen;
Ein Augenblick und es liegt da in Trümmern;
Die [illegible] im Felde mag ſich freuen,
Vom Himmel kommt ihr dadurch das Gedeihen.

85.

Wer aus den erſten Quellen
Sehe oft die Dinge thun,
Den Mann ihr unterſcheiden
An ſeiner Rede Glut.

Doch geht dann aus den Höhen
Herab des Stromes Lauf;
Das Ganze läßt ihn gehen
Hoch in die Luft hinauf.

86.

Durch regnet's noch in dürstend Land
Aus großem Himmelsschoße;
Doch auch mir regnet unverwandt
Das Tröpflein in das Moose.

Hoch hieng ein Lied, zu scheiden klar
Das Gute von dem Reinen;
Doch was durch mich geschieden war,
Muß auch durch mich sich einen.

87.

Es will Einer reisen, denkt auch nur,
Und kennt von keinem Weg die Spur,
Tritt an die Reise durch die Welt,
Und hat nicht Reichthum noch Geld;

Kommt beim Beginn der Reise an,
Und wenn die Reise ist gethan,
Da nimmt er Abschied von dem Haus,
Und fährt zu Aller Tod hinaus.

88.

Eine Dame kam von Meſſina,
Dazu auch ein Herr von China,
Dazu noch zwei Negerkinder,
Eins feurig, das andre gelinder.

Die ſonſt ſich ſchienen zu haſſen,
Zum Hauſe der Nixe, der blaſſen,
Sind, ſich zu verſöhnen, gekommen;
Hab' fröhlich Theil dran genommen.

89.

Am Paar der Erſten freut nach wackern Thaten
Wohl Jeder ſich, ſie winken ihm zur Raſt;
Das Paar der Andern hat gar oft verrathen
Den Lügner als ein ungebetner Gaſt.

Das Ganze iſt die allerſchönſte Schleppe,
Dran Gold und Purpur ſtreiten um den Sieg;
Man ſieht ſie decken noch die hohe Treppe,
Nachdem die Königin ſchon niederſtieg.

90.

Die erſte Sylbe iſt ein kurzer ſcharfer Laut;
Hörſt du im Walde ihn, mag's wohl ſein, daß dich's
graut;
Die zweite Sylbe iſt ein kurzer dünner Laut;
Oft hörſt du ihn von dem, der, was ihn wundert, ſchaut;
Die dritte Sylbe iſt ein Mundwerk, doch kein Laut,
Nicht ſelten ausgeführt von Bräutigam und Braut;
Das Ganze endlich iſt zwar ſtill vielmehr als laut;
Doch ſorge nur, daß dich nicht über's Ohr es haut.

91.

Ich komme mit Scham,
Ich gehe, kommt Gram,
Ich komme mit Freud',
Ich gehe, kommt Neid.

So lang' ich mag ſtehn,
Luſt, Leben, wie ſchön!
Wenn ganz ich vergeh',
Glück, Jugend, ade!

92.

Siehſt du die zweite Sylbe gehn,
Folgt oft die erſte hinterdrein;
Siehſt du die zweite Sylbe ſtehn,
Geht oft die erſte in ſie ein.
Oft, wenn die erſte Sylbe liegt,
Siehſt du das Ganze ſitzen drauf;
Oft, wenn die erſte Sylbe fliegt,
Siehſt du das Ganze ſpringen auf.

93.

Bald läufſt du auf mir, als wär' ich von Stein;
Bald lauf' ich ſelber, als wär' ich ganz Bein;
Bald ruh' ich gar friedlich und dehne mich breit;
Bald tob' ich, als wie mit mir ſelber im Streit;
Bald ſtieg' ich hinauf in das luftige Blau;
Bald fall' ich herab auf die blumige Au;
Bald ſeh' ich aus wie der niedlichſte Ball;
Bald ſchein' ich ein Bild vom unendlichen All

94.

Das erſte Paar bedeutet Thränen,
Die doch oft Tauſende erſehnen.
Gott Amor, wie die Dichter ſangen,
Kommt mit dem zweiten Paar gegangen.
Das Ganze zeigt dir klar im Trüben,
Es giebt auch eine gute Sieben.

95.

Die Erſte um dein Liebchen
In einem trauten Stübchen
Macht, daß die andern Zwei
Für dich, den Liebſten gelten.
Das Gegentheil dich ſchelten
Iſt Sache aller drei.

96.

Die Erſte iſt in Körnern geſät gar reich ins Land;
Daß jemals eines aufging, das iſt mir nicht bekannt.
Die Andre iſt zu meſſen etwas beſchäftigt ſehr;
Wie ſehr ſie ſich auch mühet, aus mißt ſie's nimmermehr.
Dem Ganzen wird geſchüttet ſein Futter nur einmal;
Durch ſeinen engen Schlund doch geht es viel hundertmal.

97.

Die beiden Erſten, voll und ohne Falten,
Die beiden Andern, wenn ſie Wort nur halten,
Sind zu dem Carneval die beſten Zwei.
Doch hüte dich, daß nicht, von deinem Glanze
Gelockt, zu nah' dir komme da das Ganze:
Nur gar zu gerne ſtellt ſich's ein dabei.

98.

Was magſt du dich doch vor mir grau'n?
Du trauſt dich kaum, mich anzuſchau'n;
Ich thu' dir nichts beileibe;
Ich bin ja nur ein ſtiller Mann,
Der dir zum Ernſte rathen kann,
Und etwas dürr von Leibe.

99.

Wer nennt mir das Spiel mit kleinen Bällen,
Getrieben auf einem grünen Plan;
Ein Jüngling erhebt ſich, ſie aufzuſchnellen;
Es neigt eine Magd ſich, ſie wieder zu fahn;
Der Jüngling wirft ſie mit heiterem Blick;
Die Magd nimmt finſter und kalt ſie zurück.

100.

Bin ich Waſſer, bin ich Luft,
Bin ich Geiſt, bin ich Duft? —
Bin etwas von Allen;
Fahr' hinaus mit Gebraus;
Und zu Saus und zu Braus
Laß ich's auch noch knallen.

101.

Wer gleichen will den erſten Beiden,
Der ſoll die Dritte lieber leiden,
Als daß er ſelbſt ſie thäte an;
Ich nehm' den Fall aus, daß die Katze
Ins Ganze langte mit der Tatze,
Da ſei ſie ſchnell darauf gethan!

102.

Wünſcheſt haben du die erſten Zwei,
So reicht dazu ein Dreier;
Bringt Jemand dir die Dritte bei,
Du wünſcheſt ihn zum Geier;
Durchs Ganze haſt du ſchwarz und neu,
Was alt und bunt zu theuer.

103.

Kannſt du mir ſagen, welcher Stand
Von einem Worte iſt genannt,
Was grad' das Gegentheil beſagt
Von dem, womit der Stand ſich plagt.
Wohl oft jagt den, den nennt das Wort,
Der Andre, auf den's paſſet, fort.

104.

Von einem viergetheilten Weſen
Von jeher die Erſte iſt's Viertel geweſen;
Darinnen geht zu Bett zur Nacht
Der Andern Mutter, legt ab die Pracht;
Und manchmal entſteht, wenn ſie gegangen,
Das Ganze daraus mit lichtem Prangen.

105.

Die Erſte malt in Roth; die Kunſt ſcheint dir zu ſchmecken;
Die fert'ge Malerei würd'ſt du wohl gern verſtecken.
Die Zweite malt in Blau: es ſind nur blaue Flecken,
Doch lachte Niemand noch, den ſie gemacht zum Schecken.
Das Ganze malt in Grün, oft großer Wände Strecken;
Da freut ſich Jeder dran: Gott führt den Malerſtecken.

106.

Stets Eines iſt, wovor du nimmſt die Erſte wahr;
Es ſei ein Mann, ein Ding, nur eine Frau iſt's nie.
Die And're beut Natur dir ſtets zu zweien dar,
Obſchon an Menſchen nie, doch an gar manchem Vieh,
Das Ganze iſt Etwas, was nie ſein wird noch war;
Doch wenn es irgend wär', ſo wär' es ſelbſt ein Vieh.

107.

Ich bin in gymnaſtiſchen Künſten gewandt;
Vom Menſchen iſt mehr mir als Andern bekannt;
Dazu auch thu' ich viel Heldenthaten,
So daß mich fürchten die kühnſten Soldaten;
Bei Allem bleib' ich am liebſten im Bett,
Und heute das Erſtemal bin ich beredt.

108.

Seht, wie dort auf dem Schneefeld mit Schnelle
Hineilt der lange, leichte Geſelle,
Nie ſah' ich ſo geflügelten Schritt;
Doch macht mit den Tapſen er ſchwarze Zeilen;
Wie kommt's? Ei, weil er beim Laufen zuweilen
In einen ſchwarzen Tümpel tritt.

109.

Man ſieht dich graben in Ruinen;
Als Grabſcheit muß ich dazu dienen;
Du ſuchſt etwas in dem Verſteck;
Du ſcheinſt ganz eifrig, es zu haben;
Doch kaum haſt du es ausgegraben,
Wirfſt du's mit gleichem Eifer weg.

110.

Die Erſte heißt lateiniſch hinten,
Doch deutſch bewegt ſie ſich nach vorn;
Die Andre iſt ſtets vorn zu finden,
Als Schmuck und Waffe für den Zorn;
Das Ganze iſt bald vorn, bald hinten,
Schweigt hinten und ſpektakelt vorn.

111.

Die beiden erſten Sylben geben Rath,
Du ſollſt begehen eine ſchlimme That;
Es rathet dir das Paar der andern Beiden,
Daß du was Schlimmes ſelber ſollſt erleiden;
Ich rathe dir, vom Ganzen bleibe weg,
Wenn grau dein Röcklein iſt, und wenn du liebſt den Speck.

112.

Wer nennt mir das Kloſter von feſtem Stein,
Drin wohnen viel ſchöne Jüngferlein;
Ein eiſerner Paladin klopft an's Haus;
Gleich ſpringen drei, vier oder mehr heraus;
Sie tanzen um ihn, ſie glühen ſo roth,
Doch tanzen ſich alle zuſammen bald todt.

113.

Aus der erſten Sylbe macht man Soldaten,
Auch thun die Soldaten damit viele Thaten;
Die andre gleicht einem winzigen Stecken
Und dienet ſtatt Zwecken, was feſte zu ſtecken:
Das Ganze gebrauche niemals mit Hitze;
Es iſt nicht mehr nütze, verliert es die Spitze.

114.

Die Erſten ſind ein Unterthan,
Die Letzte iſt ein Unterthan,
Das Ganze iſt ein Unterthan,
Der von dem letzten Unterthan
Wird unter den erſten Unterthan
Ganz unterthänigſt gethan.

115.

Es iſt eine ſüße Zauberfrucht,
Die Einer umſonſt zu brechen verſucht;
Nur Zweie zuſammen können ſie brechen;
Doch kann es niemals geſchehen im Sprechen;
Und wollte ſie Einer haſchen allein,
Er haſchte und ſchnappte ins Blaue hinein.

116.

Die erſte Sylbe ſchützt zuweilen dich vor Hitze,
Doch iſt bei Weitem mehr noch ſie zu ſchaffen nütze.
Die andre Sylbe dient zu einer ſtarken Wehre;
Doch wer ſo iſt bewehrt, dem dient es nicht zur Ehre;
Das Ganze ringelt ſich, als wär' es eine Schlange;
Und machte oftmals ſchon dem Hirſch und Eber bange.

117.

Auf weißem Feld
Sind Zweie geſellt;
Das Eine zerſpällt,
Was das Andre hält;
Wozu ſie beſtellt,
Drum dreht ſich die Welt.

118.

Die erſte Sylbe iſt ein Gott mit tauſend Schrecken,
Die andern zwei ein Menſch, bequem zum Recken,
Das Ganze iſt gemacht, um drauf zu gehn,
Die beiden Andern aber müſſen drunter ſtehn,
Sonſt würde Alles drauf und drunter gehn.

119.

Man zog mich nach der Länge,
Da ward' ich dick, ſtatt enge;
Je mehr ich alsdann freſſe,
So kürzres Maß ich meſſe.

120.

Die erſte Sylbe fährt herunter.
Die andre bedeutet ſelbſt herunter,
Am Paar der letzten geht's hinauf,
Am Ganzen geht herab der Lauf.

121.

Die Erſte iſt nie in der Sache drinnen,
Bei der Andern iſt's Niemand ernſthaft zu Sinnen;
Je beſſer das Ganze, das du Andern willſt geben,
So Wenig're ſich es zu nehmen beſtreben.

122.

Die Erſte iſt das in trocknem Zuſtande,
Was friſch als die Andre wächſt in dem Lande.
Weh! wem das Ganze nur ſteht zu Gebot,
Sich d'ran zu halten, kommt er in Noth.

123.

Erſt bin ich eine ſtarre Stange;
Doch bleib' ich es zumeiſt nicht lange;
Zerſtreu' mich dann nach allen Ecken
Der Welt in lauter runde Flecken.

124.

Die erſte Sylbe lehrt ein fremd' Gewicht dich kennen;
Was nur kein Unding iſt, wird dir die zweite nennen;
Das Ganze lob' ich mir, wenn es iſt gut gerathen,
Es ſei vor oder nach, nur nicht anſtatt des Braten.

128.

Wie mag das Ding wohl heißen,
Was ſonſt nichts thut als beißen,
Beißt's oben, macht es munter,
Doch tödtet, beißt es drunter.

129.

Die Erſte iſt leicht verdaulich, für Kinder gut zu eſſen,
Indeß an Aelt'ren oft die Andre frißt und zehrt.
Als wollt' es ſelber ſich und dazu Andre freſſen,
Sieht ſtets das Ganze aus, drum laßt es ungeſtört.

130.

Es ſpringt eine Frau auf den Stuhl und ſchreit;
Es fährt wie närriſch umher ein Beſen;
Jetzt wißt ihr wohl, ich bin nicht weit;
Bin doch nur ein klein ſchwaches Weſen.

131.

Gen Himmel ſtreck' ich drei Finger aus,
Die immerdar dahin weiſen;
Doch faſſ' ich jemand, ſo iſt's ein Graus,
Zur Hölle gleich laſſ' ich ihn reiſen.

132.

Die Erſte zu halten iſt oft ſchwer,
Die Andre iſt Sache des Glücks gar ſehr,
Das Ganze iſt nur ein ſchwarzer Zwerg
Und hebt ganz leicht doch einen Berg.

133.

Ein Kopf und ein Bein
Iſt Alles was mein;
Der Kopf hat keine Mütze,
Das Bein hat eine Spitze.

134.

Die beiden Erſten beſchmutzen die Sachen,
Die Dritte dient, ſie rein zu machen;
Das Ganze iſt ſchön weiß und roth,
Und trägt doch in ſich Gift und Tod.

135.

Die Erſte für Den, der hoch hinaus will,
Der höher hinauf als das höchſte Haus will:
Die Andre für den, der fleißig ſein will;
Das Ganze für den, der tief hinein will.

136.

O weh dem armen Haus, in dem man mich nicht ſände,
Doch dreimal wehe dem, das ſelber in mir ſtände:
Im erſten, ſey gewiß, wohnt Mangel drückend ſchwer;
Im andern, ſei gewiß, wohnt morgen niemand mehr.

137.

Mit der Erſten pflückt man Roſen,
Aus der Andern macht man Hoſen,
Das Ganze iſt ein Plunder,
Der lang hängt herunter.

138.

Es ſtellt als Frucht das erſte Paar,
Als Pflanze ſich das andre dar;
Doch wenn ihr Beide wollt verbinden,
So wird alsbald ein Thier ſich finden.

139.

Ich bin ein erquickliches Sauerbrönnlein,
Gefaßt in ein zierliches goldnes Tönnlein,
Entſprungen im fernen Südenland,
Doch bin an alle Orte verſandt.

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01577/030

140.

Ihr ſagt: ein Geiſt erſcheint nur weiß in dunkler Nacht;
Ich ſag' euch, daß der Geiſt grad umgekehrt es macht;
Als ſchwarzen Schatten ſeh' ich ihn auf weißem Feld,
Und mit dem Schattenleib Licht werfen in die Welt.

141.

Die erſte Sylbe fliegt und hat doch Flügel keine;
Das Paar der Andern geht und hat doch keine Beine;
Das Ganze hat zwar Flügel, doch kann damit nicht fliegen;
Es hat auch einen Schwanz, doch kann es ihn nicht biegen.

142.

Sagt, wie das ſtimmt:
Die Erſte ſchwimmt,
Die Andre läuft,
Das Ganze ſteift.

143.

Die erſte Sylbe frißt,
Die andre Sylbe ißt,
Die Dritte wird gefreſſen,
Das Ganze wird gegeſſen.

144.

Wer als Mann die Erſte iſt,
Der hätte gern die Zweite;
Doch wer als Weib das Ganze iſt,
Wär' ſelber gern die Zweite.

145.

Die erſte Sylb' hat Zähn' und Haare,
Die Zweite Zähne in den Haaren:
Wer auf den Zähnen nicht hat Haare,
Vom Ganzen kaufe keine Waaren!

146.

Wer nennt mir den grauen Alten,
Mißfarb'gen, mißgeſtalten,
An den doch die Mädchen ſich hängen,
Um den ſie ſpringen, ſich drängen.

147.

Weiß bin ich, doch zur Reiſe
Biet' ich ein ſchwarzes Gleis;
Die Reiſe macht euch weiſe
Oder macht euch etwas weiß.

148.

Ich bin ein Sattel, wo kein Reiter drauf ſitzt;
Ich bin eine Krücke, die dem Lahmen nichts nützt;
Ich bin ein Fenſter, kein Haus iſt dazu;
So ſcharf ich bin, keine Spitze ſiehſt du.

149.

Die beiden Erſten ſind mehr als gut;
Mit der Dritten wehrt ſich die Gaſſenbrut;
Das Ganze iſt die adlige Klaſſe
Unter einer ſonſt ſehr gemeinen Race.

150.

Ich habe ein Loch und ich mache ein Loch,
Und ich laufe durch das, was ich machte, auch noch;
Doch kaum bin ich durch, ſo ſtopft im Nu
Ein Stück meiner langen Schleppe es zu.

151.

Die erſte Sylbe iſt beim Golde ſehr willkommen,
Doch ob der zweiten wird es oft nicht gern genommen.
Das Ganze ſchalte ein bei jeglichem Verſprechen,
Wenn du gewiß ſein willſt, dein Wort niemals zu brechen.

152.

Das erſte Paar war ſtets eroberungsſüchtig,
Das andre wehrt' einſt dem Erobern tüchtig;
Das Ganze endlich hat die beſten Waffen,
Den Himmel zu erobern, uns geſchaffen.

153.

Nicht ſichtbar, und doch ſtark und ſchwer
Zieht eine Kette ſich einher;
Doch ſichtbar ſind, ſie anzuheften,
Zwei Ringe an zwei Säulenſchäften.

154.

Die Erſte iſt ein Wort zum Fragen,
Die Andre gut, um zuzuſchlagen;
Das Ganze läßt den Gaumen zagen,
Iſt aber heilſam für den Magen.

155.

Die erſten Zwei ſind lang und biegſam,
Die dritte Sylb' iſt ſtarr und breit;
Das Ganze gleich den Erſten ſchmiegſam
Und gleich der dritten Sylbe breit.

156.

Ich bin ein Kind des Ueberfluſſes,
Und doch ſtets Urſach' des Verdruſſes;
Entſprungen leicht im Augenblick,
Doch kaum zu vertilgen mit allem Schick.

157.

Die Erſte nennet dir, was nahe hat die Schranken;
Die Andre hat man meiſt als trocken in Gedanken;
Das Ganze aber herrſcht im weiten Reich des Naſſen
Will Schranken ſehen gern, doch ſich nicht ſehen laſſen.

158.

Such's in Palaſt und Hütten,
Es gehet zweimal auf,
Und wird zweimal geſchnitten,
Eh' iſt vollbracht ſein Lauf.

159.

Zuerſt ein feſt verſchloſſen Päcklein,
Dann grünes Jäcklein, rothes Röcklein,
Zuletzt von Steinen voll ein Säcklein.

160.

Das erſte Paar freut ſich am Flug.
Das zweite Paar freut ſich am Pflug;
Das Ganze iſt des erſten Fluch.

161.

Im Erſten Beten und Singen erklingt;
Die Andre betet, das Ganze ſingt.

162.

Wer es ſchlägt, den beißt's,
Wer es macht, den verdreußt's.

Auflöſungen.

1. Kaffeekanne mit Taſſen.
2. Hexameter und Pentameter
3. Fingerhut.
4. Kaffee.
5. Geld.
6. Hühnerauge.
7. Schönheit, Wahrheit und Güte.
8. Der Geiſt und die fünf Sinne.
9. Schneeglöckchen.
10. Milch.
11. Barbiermeſſer.
12. Trauermantel.
13. Der Himmel mit Sonne, Mond und Sternen.
14. Windmühle.
15. Dintenfaß.
16. Dreier.
17. Auſtern.
18. Floh.
19. Kirſchbaum mit Sperlingen
20. Gans.
21. Glaube, Liebe, Hoffnung.
22. Schneeglöckchen.
23. Spargel in Bezug zum Frühling.
24. Roſine.
25. Knaul im Strickbeutel, Strickſtrumpf und Strümpfe.

26. Salz und Pfeffer.
27. Mond in Beziehung zur Erde.
28. Pfirſich.
29. Oſtern.
30. Uhrfeder.
31. Wallenſtein.
32. Eier.
33. Ohrfeige.
34. Maulaffen.
35. Bachſtelze.
36. Naſeweiß.
37. Schinken im Pökelfaß und in der Eſſe.
38. Dreieck (Dr Ei-eck).
39. Neujahr.
40. Heuhaufen.
41. Flachs, Leinewand, Papier.
42. Melone.
43. Teiche im Winter und Frühling.
44. Grabſcheit.
45. Kartoffeln.
46. Lineal.
47. Liebfrauenmilch.
48. Damenbret.
49. Hochzeit.
50. Wetterhahn.
51. Apfelſine.
52. Brief.
53. Krauſemünze.
54. Generalbaß.
55. Hanswurſt.

56. Maultrommel.
57. Wachholder.
58. Der Fluß.
59. Hokuspokus.
60. Ananas.
61. Wachsſtock.
62. Bier.
63. Laterne.
64. Kirchthurm.
65. Weinſtock und Wein.
66. Butter.
67. Kauderwälſch.
68. Auerhahn.
69. Regenſchirm.
70. Glühende Kohle.
71. Erdbeere (auf Rabatten).
72. Spiegel
73. Möhre.
74. Brief.
75. Seifenblaſe.
76. Komma.
77. Strickſtrumpf.
78. Sanduhr.
79. Peterwardein.
80. Noten.
81. Dinte.
82. Schnupftuch
83. Handſchuh.
84. Gewitter.
85. Flaſchenzug.

86. Streuſandbüchſe.
87. Der Menſch.
88. Punſch.
89. Abendröthe.
90. Pfiffieus.
91. Roth der Wangen.
92. Heupferd.
93. Waſſer als Eis, Bach, ruhiger und ſtürmiſch bewegter See, Dampf, Thau und Meer.
94. Regenbogen.
95. Armſelig.
96. Sanduhr.
97. Beutelſchneider.
98. Gerippe.
99. Thau des Morgens und Abends.
100. Champagner.
101. Taubenſchlag.
102. Kupferſtich.
103. Bedienter.
104. Nordlicht.
105. Weinſtock.
106. Einhorn
107. Floh.
108. Schreibfeder.
109. Zahnſtocher.
110. Poſthorn.
111. Mauſefalle.
112. Feuerſtein.
113. Bleiſtift.
114. Stiefelknecht.

115. Nuß.
116. Waldhorn.
117. Meſſer und Gabel.
118. Pantoffel.
119. Gezogenes Talglicht.
120. Blitzableiter.
121. Beiſpiel.
122. Strohhalm.
123. Siegellack.
124. Pudding.
125. Stammbuch.
126. Maulkorb.
127. Chriſtbaum (auf einem Kreuze ſtehend).
128. Lichtputze.
129. Griesgram.
130. Maus oder Spinne.
131. Galgen.
132. Maulwurf.
133. Stecknadel.
134. Fliegenſchwamm.
135. Bergwerk.
136. Feuer.
137. Handtuch.
138. Apfelſchimmel.
139. Citrone.
140. Schrift.
141. Windmühle.
142. Fiſchbein.
143. Sauerkraut.
144. Jungfrau.

145. Roßkamm.
146. Alter Käſe mit Maden.
147. Papier mit Schrift oder Druck.
148. Brille.
149. Edelſtein.
150. Nähnadel
151. Vielleicht.
152. Frauenhofer (Verfertiger der beſten Fernröhre).
153. Ehe mit Bezug auf die Trauringe.
154. Wermuth.
155. Leinewand.
156. Dintenklecks.
157. England
158. Brod, als Getreide, beim Backen und fertig.
159. Hagebuttenroſe.
160. Vogelbauer.
161. Dompfaff.
162. Pudel.

Druck der Hofbuchdruckerei (H. A. Pierer) in Altenburg.

Im Verlage von Bernhard Schlicke in Leipzig erſchien ferner:

A-B-C-Buch für kleine und große Kinder. Gezeichnet von Dresdner Künſtlern, mit Erzählungen und Liedern von R. Reinick, und Singweiſen von Ferd. Hiller, broſch. 3. Aufl. Preis 15 Ngr., colorirte Ausgabe, carton. 1⅓ Thlr.

Elf Dresdner Künſtler — unter ihnen Bendemann, Hübner, Richter — haben ſich zur Herausgabe dieſes herrlichen Buches vereinigt. Mehr bedarf es nicht, um anzudeuten, daß hier etwas Außergewöhnliches geboten wird. Es iſt eine Gabe, an der ſich nicht bloß Kinder, ſondern auch Erwachſene erfreuen.

Die Welt im Kleinen für die kleine Welt, von Friedrich Gerſtäcker. I Bd. Allgemeine Einleitung. II. Bd. Europa. III. Bd. Nord-Amerika. IV. Süd-Amerika. V. Polyneſien und Auſtralien. VI. Aſien. VII. Afrika. Mit Karten, eleg. in Buntdr.-Umſchlag cart. Preis pro Bd. 20 Ngr.

Die erſten Anfangs-Gründe einer nun vollſtändigen Erd- und Völkerkunde werden hier von dem berühmten Verfaſſer in meiſterhafter Weiſe zur Anſchauung gebracht.

Reiſen um die Welt von Friedrich Gerſtäcker. Ein Familienbuch in 6 Bänden mit Abbildungen in Buntdruck. 2. verbeſſerte Auflage. Preis br. 4 Thlr. 24 Ngr., eleg. geb. 6 Thlr.

Friedrich Gerſtäcker iſt durch ſeine trefflich erzählten Reiſeabenteuer zu bekannt, als daß es hier noch eines beſondern Hinweiſes auf die vor Kurzem in 2ter Auflage erſchienenen „Reiſen um die Welt“ bedürfte.

Friedrich Gerſtäcker, Das Märchen von dem Schneider, der Bauchſchmerzen hatte oder woher die Schneider-Vögel kommen. Illuſtrirt von Herbert König. Eleg. carton. 18 Ngr.

Die ſchwarze Tante. Märchen und Geſchichten für Kinder. Mit Holzſchnitten nach Zeichnungen von Prof. Ludwig Richter. 2. Auflage. In eleg. Umſchlag in Buntdruck cart. Preis 1 Thlr. broſch. 20 Ngr.

Ueber dieſe Sammlung von 17 Märchen und Geſchichten, die bereits in zweiter Auflage erſchien, haben ſich überall die günſtigſten Urtheile kund gegeben; es kann daher dieſes mit 30 allerliebſten Illuſtrationen geſchmückte Büchlein unbedenklich empfohlen werden.

Eliſe Polko, Kleine Malereien für die Kinderſtube. Mit bunten Bildern von C. Merkel. I. Band 2. Aufl., koſtb. geb. 1 Thlr. II. Band 2. Aufl., koſtb. geb. 1 Thlr.

Die hochgeſchätzte Verfaſſerin bietet hier den Müttern eine köſtliche Gabe für ihre kleinen Lieblinge.

Mädchenſpielzeug. Blumenbilder von Eliſe Polko. Mit Illuſtrationen in Buntdruck. In eleg. Buntdruck-Umſchlag cart. Preis 27 Ngr.

Eine reizendes Geſchenk für kleine ſinnige Mädchen.

Neue Märchen für meine Enkel von Georg Keil. 16 Märchen mit 32 Holzſchnitten. Preis eleg. cart. 1 Thlr.

Der Verfaſſer iſt der Kinderwelt bereits durch eine frühere Märchenſammlung bekannt. Inhalt und Ausſtattung machen auch dieſes Buch ſehr empfehlenswerth.

Das Boot und die Karavane. Eine Familienreiſe durch Aegypten, Paläſtina und Syrien. Nach der 5. Auflage zur Belehrung und Unterhaltung, aus dem Engliſchen überſetzt und mit Anmerkungen verſehen von Dr. E. A. W. Himly, Profeſſor in Göttingen. Mit 5 Abbildungen in Doppeldruck (Holzſchnitt). Eleg. broſch 2 Thlr.

Zehn Thiergeſchichten mit Bildern von Heinrich Leutemann. Für Knaben und Mädchen von 3—6 Jahren. 3te Aufl. Preis color. 20 Ngr., ſchwarz 10 Ngr.

Koerner, Friedrich, Director und Profeſſor an der Handels-Akademie in Peſt. Die Natur im Dienſt des Menſchen. Für die erwachſene Jugend und alle Freunde der Natur dargeſtellt. I. Band, enthält: Aus dem Reiche der unorganiſchen, vegetativen und animaliſchen Natur gr. 8. in Buntdruck-Umſchlag broſch. 27 Ngr. II. Band, enthält: Das Feuer, ſeine Wirkungen und deren Benutzung. 1856. gr. 8. in gleicher Ausſtattung, br. 27 Ngr. III. Band, enthält: Das Waſſer, ſeine Wirkungen und deren Benutzung. gr. 8. in Buntdruck-Umſchlag broſch. 27 Ngr. IV. Band, enthält: Die Benutzung einiger Eigenſchaften der Luft, der Erdſchwere, des Magnetismus, der Elektricität und des Galvanismus. In Buntdruck-Umſchlag. broſch. 27 Ngr. V. Band, 1. Abtheilung, enthält: Lebensweiſe und Fang des Federwildes. In Buntdruck-Umſchlag broſch. 27 Ngr. V. Band 2. Abtheilung, enthält: Lebensweiſe und Fang des Haarwildes. In Buntdruck-Umſchlag broſch. 27 Ngr. V. Band 3. Abtheilung, enthält: Die Hausthiere, ihre Geſchichte, Leiſtungen und Fähigkeiten. In Buntdruck-Umſchlag broſch. Preis 1½ Thlr.

Louiſe Schottin, Aus der Märchenwelt. Mit einem Vorwort von Julius Sturm. Mit Bildern und in eleg. Buntdruck-Umſchlag cart. 22½ Ngr.

Lieder und Bilder für Kinder. Von Director Dr. Carl Gärtner. Col. Ausg. 24 Ngr. Mit ſchwarz. Abbild. 15 Ngr.

Dieſe reizenden Dichtungen haben überall die freundlichſte Aufnahme gefunden.

Die Völker der Erde. Ihre Geſchichte, Verfaſſung, Religion; ihre Wohnſitze und ihre Sitten und Gebräuche. Für die Jugend dargeſtellt von Eduard von Mildenſtein. 2. Auflage. eleg. cart Preis 16 Ngr.

Erwachſen auf dem Boden wiſſenſchaftlicher Forſchung, iſt der Inhalt dieſer Schrift der Faſſungskraft der Jugend angepaßt. Möge ſie unter derſelben Segen und Freude ſtiften; ſie kann Beides, wenn ſie in der rechten Weiſe geleſen und verſtanden wird.

Kinderluſt und Kinderſegen. Eine Reihe von kleinen Erzählungen und Gedichten. Frei überſetzt aus dem Schwediſchen von Guſtave Woldſtedt. Mit 2 Bildern. Preis in eleg. Buntdruck Umſchlag cart. 27 Ngr.

Hugo Bürkner's Bilder-Fibeln. Große Ausgabe colorirt 20 Ngr. Kleine Ausgabe 3te Auflage colorirt 10 Ngr.

Deutſches Dichterbuch von Ludwig Bechſtein. Eine Sammlung der beſten und kernhafteſten Gedichte aus allen Jahrhunderten. 2te verbeſſerte und vermehrte Auflage. Preis broſch. 28 Ngr. eleg. geb. 1 Thlr. 8 Ngr.

A.t. 97 7

Ueber die Aechtheitsfrage

der

Holbein'schen Madonna.

Discussion und Acten

von

Gustav Theodor Fechner.

Leipzig.
Druck und Verlag von Breitkopf und Härtel.
1871.

Wgd 1631520

Vorwort.

Manchen mag es befremden, der Behandlung einer scheinbar so kleinen Frage als hier vorgeführt wird, so viel Raum gewidmet zu sehen, als der Umfang der Schrift in Anspruch genommen hat, und so viel Fleiss, als der Inhalt derselben verrathen dürfte; — hat doch die Frage weder ein religiöses, noch politisches, noch sociales, noch naturwissenschaftliches Interesse. Aber sie hat bei ihrer scheinbaren Beschränktheit ein nicht unbedeutendes kunsthistorisches und artistisches, zugleich möchte ich sagen, nationales Gemüthsinteresse; und auch diesen, den Frieden der Welt mit ihrem Streit nicht störenden Interessen mag ein Platz wohl gegönnt werden, nachdem die grösseren Weltinteressen wieder Platz dafür gelassen haben.

Es ist ein Hauptwerk, wenn nicht das Hauptwerk der deutschen Malerkunst, zugleich ein Lieblingsbild der deutschen Nation, um dessen Aechtheit es sich handelt und streitet. Der Ruhm des Künstlers, ja in gewisser Weise der deutschen Kunst ist dabei betheiligt. Ein neuerstandenes Exemplar droht den Ruhm des altbekannten, des Stolzes der Dresdener Gallerie, des deutschen Rivalen der Raphael'schen Sixtina, zu nichte zu machen, indem es mit seinen eigenen Aechtheitsansprüchen und damit verwachsenen Schönheitsansprüchen dessen Ansprüche bestreitet. Das ist nicht gleichgültig für die Geschichte der Kunst, noch gleichgültig für die Werthschätzung und Wirkung des Werkes. Ja darf ein Bild aus zweiter Hand gegenüber dem aus erster Hand überhaupt noch gefallen? Sonderbare Frage, und doch! . . .

Unnöthig übrigens, das Interesse der Frage erst ausführlich zu beweisen, nachdem es sich durch die Menge und den Eifer der Verhandlungen, die schon darüber geführt worden sind, hinreichend bewiesen hat. Diese Verhandlungen sind aber einerseits so zerstreut, laufen anderseits so sehr aus einander und wider einander, und die ganze Frage ist so schwierig und complicirt, dass die Sachlage derselben unübersichtlich zu werden droht, und es wäre immerhin schade, wenn die Vervielfältigung der Verhandlungen ihren Erfolg selbst zerstörte. Dazu sind viele dieser Verhandlungen so einseitig ohne Rücksicht auf gegentheilige Gründe geführt, dass sie wohl Partei machen, aber kein triftiges Urtheil begründen können. Also schien es nützlich, einmal die Acten über die Frage in möglichster Vollständigkeit zusammengeheftet vorzulegen und nach so vielem Für oder Wider das Für und Wider sich gegenüberzustellen und möglichst unparteiisch zu discutiren. Diess ist die Aufgabe dieser Schrift.

Nun wird es unstreitig bei den bisherigen Verhandlungen noch nicht sein Bewenden haben, sondern, nachdem schon die Ausstellung des Darmstädter Exemplars in München (1869) sich fruchtbar daran bewiesen, wird die bevorstehende, als eine Art Ereigniss erwartete, Zusammenstellung beider Exemplare in Dresden (vom 15. Aug. bis 15. Oct. 1871) voraussichtlich eine neue Folge derselben bringen. Und vielleicht werden die künftigen Verhandlungen weniger auseinandergehen, wenn die hier gebotene Zusammenstellung der bisherigen die Ueberzeugung aufdringt, dass die möglichen Wege des Auseinandergehens schon erschöpft sind. Jedenfalls gilt es, an die neue Untersuchung nicht ohne Kenntniss dessen, was die früheren Untersuchungen gebracht haben, zu gehen. Also biete ich diese Zusammenstellung nicht blos zur Kenntnissnahme von den bisherigen, sondern auch als Unterlage für die noch zu erwartenden Verhandlungen Denen an, welche sich die Mühe des Rückganges auf die Originaluntersuchungen und ihres Detailvergleiches nicht selbst geben wollen. Der Gedanke und Wunsch, dass sie in dieser Eigenschaft einige Dienste leisten möchte, ist sogar der bestimmende Grund gewesen, sie schon jetzt erscheinen zu lassen, da sonst besser ein Zeitpunct damit abgewartet worden wäre, wo die Verhandlungen nach der Ausstellung wenn nicht einen, überhaupt schwerlich zu erwartenden, Abschluss, doch Ruhepunct gefunden.

Endlich mag sich noch ein formelles Interesse an dieselbe knüpfen, was leicht das sachliche der Frage selbst überbieten kann. Man hat hier ein an einem Hauptwerk durchgeführtes Beispiel vor sich, aus welchem man besser als aus irgend welcher allgemeinen Charakteristik den Stand des heutigen Kunsturtheils in historisch-kritischer, artistischer und ästhetischer Hinsicht kennen lernen kann. Hat sich doch dasselbe an keinem Gegenstande mehr abgearbeitet als an diesem, und dürfte es kein vielseitigeres und interessanteres Probeobject für die Bewährung desselben geben. Ist nun das Resultat eines zusammenfassenden Blicks auf die Erfolge, wie sie hier vorliegen, im Ganzen kein sehr erfreuliches, so ist es doch ein instructives und giebt Manches zu denken, was ich den Fachverständigen überlasse.

Ich selbst gebe mich nur für einen Liebhaber der Kunst, der den Kennern dankbar ist für die Bereitwilligkeit, mit der sie die vielfach von ihm in Anspruch genommene Auskunft und Aufklärung gewährt haben, der in der Discussion fremder Ansichten von keiner persönlichen Leidenschaft beeinflusst ist und ein eigenes Urtheil nur fällt, insoweit er die Vorbedingungen dazu in hinreichenden Vorstudien zu haben glaubt, was in mehrfacher Beziehung, wie namentlich der so wichtigen, aber zugleich bei Holbein so schwierigen Frage der Malweise des Künstlers nicht der Fall ist.*) Ueberhaupt aber ist es mir nicht sowohl darum zu thun, eine eigene Meinung zu verfechten, die in der Hauptsache doch nur auf ein Wahrscheinlichkeitsurtheil hinausläuft [vergl. pag. 30], als, den noch unentschiedenen Kampf der Meinungen so darzustellen, dass jeder sich sein eigenes Urtheil bilden kann.

Diese Aufgabe liess sich nicht in kurzer Darstellung erfüllen; wer es aber zu lang findet, den Ausführungen der Discussion, welche zur Gründlichkeit, und der Reihe der Acten, welche zur Vollständigkeit und Controle doch nöthig schienen, zu folgen, kann sich an das, am Schlusse der Discussion (im 9. Abschnitt) gegebene, Resumé der Hauptpuncte halten und von da nach Anleitung der Verweisungen so weit auf das Detail eingehen, als ihm gefällt. Hiemit hoffe ich es dem Leser bequem genug gemacht zu haben, wenn ich auch solche damit nicht befriedigen kann, welche überhaupt ein in leichtem Fluss gehaltenes kurzes Aperçu vorgezogen haben würden. An dergleichen aber fehlt es überhaupt nicht, man kann solche unter den Acten finden, und ich selbst habe früher eine kürzere und fliessendere Uebersicht über die Frage in den Grenzboten (II. 1870) gegeben, welche als vorläufiger Auszug aus dieser Schrift gelten kann, mit dem Gefühle aber, damit doch denen nicht genug gethan zu haben, welche vielmehr wissen wollen, wie es mit der Frage steht, als wie sich der und jener, mich eingeschlossen, dieselbe zurechtgelegt hat. Wer nun den Zweck will, muss auch die Mittel wollen.

---

*) Giebt es aber wohl überhaupt schon in dieser Hinsicht hinreichende Vorstudien? Man vergleiche den 4. und 5. Abschnitt.

Nicht minder streitig als das Aechtheitsverhältniss beider Exemplare unseres Bildes ist das Schönheitsverhältniss derselben und die Deutung ihres Inhaltes, wonach es ausser der Aechtheitsfrage auch noch eine Schönheitsfrage und Deutungsfrage zu behandeln gälte. Hierauf aber ist in dieser Schrift nicht weiter wesentlich eingegangen, als sie mit der Aechtheitsfrage zusammenhängen. Unstreitig zwar dürfte das Schönheitsverhältniss beider Exemplare bei der bevorstehenden Zusammenstellung ein gleiches und bei dem grösseren Publicum wohl selbst noch grösseres Interesse in Anspruch nehmen, als das Aechtheitsverhältniss: aber der subjective Eindruck wird in dieser Hinsicht schliesslich für jeden entscheidend bleiben. Hätte anderseits der Deutungsfrage nach allen ihren Seiten, Wendungen und Phasen eine gleich eingehende selbstständige Behandlung als der Aechtheitsfrage gewidmet werden sollen, so würde der Umfang dieser Schrift sehr erheblich gewachsen sein; die Aechtheitsfrage aber erscheint nicht nur an sich wichtiger, sondern tritt auch bei der bevorstehenden Zusammenstellung directer in den Vordergrund, da es für die Deutung einer unmittelbaren Confrontation beider Exemplare überhaupt nicht ebenso bedarf. Inzwischen ist, meines Erachtens untriftig genug, die Schönheitsfrage so sehr mit der Aechtheitsfrage vermischt worden, dass auch von dieser auf jene in der Discussion fortgehend übergegriffen werden musste, indess die Deutungsfrage nur an einem Puncte wesentlich in die Aechtheitsfrage eingreift, wonach das, was von S. 103 an darüber gesagt ist, hinreichend zur Orientirung und Verwerthung für den Zweck dieser Schrift erschien. Manchem wird es schon zu viel erscheinen.

Die ganze Schrift ist in zwei Hauptabtheilungen unter dem Titel Discussion und Acten getheilt. In der Discussion ist nach den zur allgemeinen Kenntnissnahme von der Frage nöthigen Vorerörterungen die Zusammenstellung und Abwägung der Gründe für und wider, die in unserer Frage eine Rolle spielen, gegeben; in den Acten sind möglichst wörtlich die von den Autoren geführten Verhandlungen selbst gegeben. Wer überhaupt mit Ernst an die Frage geht, wird den Nutzen der Ergänzung beider Abtheilungen durch einander leicht mit dem Bedürfniss derselben empfinden. Da ich nun doch aber gern schon in der Discussion überall, wo es sich einigermassen schickte, auf die eigenen Worte der Autoren Bezug genommen, so wird man kürzere Stellen der Art in den Acten Zusammenhanges halber wiederholt, hinsichtlich längerer Stellen aber aus den Acten auf die betreffende Stelle der Discussion mit einem u. s. w. und Anführung der Anfangs- und Endworte der citirten Stelle verwiesen finden, wonach sie sich in die Acten einschalten lässt.

Mehrfach wird man in dieser Schrift auf eine früher von mir in mehreren Abtheilungen im Naumann-Weigel'schen Archiv, zum Theil auch daraus im Separatabdruck erschienene, historische Abhandlung verwiesen finden, die S. 145 näher bezeichnet ist. Hierin sind alle alten Nachrichten, die über unser Bild vorliegen (von Fesch, Sandrart, Patin, Wright, Algarotti, Walpole, dem Abrégé, Ochs, dem Amsterdamer Catalog) in wörtlichem Abdruck wiedergegeben, was hier zu wiederholen als eine unnöthige Belastung der Schrift erschien, da ausser der auf S. 61 wiedergegebenen Fesch'schen Nachricht und der von Woltmann mitgetheilten des Amsterdamer Catalogs, welche sich S. 139 findet, die übrigen durch eine gewissenhafte Berücksichtigung, welche man im historischen (6.) Abschnitte dieser Schrift nicht vermissen wird, hinreichend vertreten werden konnten, ausserdem der Rückgang auf jene frühere Zusammenstellung jedem noch frei steht.

Wo in wörtlichen Anführungen dieser Schrift aus anderen Autoren Einschaltungen zwischen runden Klammern vorkommen, rühren sie von den Autoren selbst her, indess solche zwischen eckigen Klammern von mir eingeschoben sind. Eben so gelten Citate von Seitenzahlen in runden Klammern für die betreffende Originalschrift, in eckigen Klammern für diese Schrift.

Hienach noch eine Bitte. Da die hier gegebene Zusammenstellung der Verhandlungen, welche vor der Dresdener Confrontation der beiden Exemplare unseres Bildes geführt worden sind, durch eine Zusammenstellung derer, welche dieser Confrontation den Ursprung verdanken, noch zu ergänzen sein dürfte, und es mir vielleicht noch gestattet sein wird, diese Ergänzung zu liefern, so bitte ich unter Voraussetzung, dass sie nicht von meiner Seite durch eine hinreichend vollständige oder durchschlagende Arbeit von andrer Seite entbehrlich wird, im Voraus diejenigen, welche sich an jenen Verhandlungen betheiligen werden (zumal wenn es anderwärts als in Deutschen Kunstzeitschriften geschieht), mir, wenn nicht einen besondern Abdruck, doch eine Notiz über den Ort des Erscheinens ihrer Besprechung zukommen zu lassen.*) In Betreff der bisher geführten Verhandlungen habe ich zwar keinen Fleiss gespart, dieser Schrift die möglichste Vollständigkeit zu geben, kann aber doch bei der Zersplitterung der heutigen Literatur nicht darauf rechnen, das Ziel ganz erreicht zu haben; und besorge namentlich, dass mir von den durch die Münchener Ausstellung des Darmstädter Exemplares hervorgerufenen Besprechungen die eine oder andre entgangen sein könnte. Berücksichtigt wird man solche von C. (Crowe), E. Förster, K. Förster, Th. Grusse, Br. Meyer, W. Schmidt und Woltmann finden. Sollten nun überhaupt noch andre Besprechungen, als man in den Acten findet, vorliegen, oder man sonst etwas an der Vollständigkeit vermissen, so wünsche ich privatim oder öffentlich darauf aufmerksam gemacht zu werden, um die Berücksichtigung in der beabsichtigten Ergänzung nachzutragen.

---

*) Adresse: Prof. G. Th. Fechner. Leipzig, Blumengasse No. 1.

Schliesslich noch folgende Berichtigung. Das Geburtsjahr Holbein's, auf S. 3 zu 1495 oder 1498 angegeben, wird von Woltmann jetzt zu 1497 angenommen, nachdem die für 1495 sprechende Inschrift auf Anna Selbdritt in Augsburg sich neuerdings als gefälscht erwiesen, wovon mir die Notiz erst nach dem Druck obiger Angabe zugekommen ist.

Leipzig, den 24. Juli 1871.

G. Th. Fechner.

Inhalt.

Erste Abtheilung.

Discussion.

Seite
I. Eingang 1
II. Unterschiede zwischen beiden Exemplaren 9
III. Historische Entwickelung der Aechtheitsfrage in Zusammenhang mit der Schönheitsfrage 19
IV. Die Widersprüche zwischen den Kennern 30
V. Allgemeine Verhandlung. Artistische und ästhetische Gründe . 49
VI. Historische Gründe 57
VII. Die Aechtheitsfrage des Darmstadter Exemplares insbesondre . 77
VIII. Die Aechtheitsfrage des Dresdener Exemplares insbesondre . . 85
IX. Resume 107

Zweite Abtheilung.

Acten.

1) Aloys Ludwig Hirt (1830) 111
2) Franz Theodor Kugler (1845. 1847) 114
3) Ernst Joachim Förster (1852. 1859. 1869) 117
4) Gustav Friedrich Waagen (1853. 1858. 1866) 120
5) Julius Hübner (1856. 1861. 1869. 1870) 124
6) Wilhelm Schäfer (1860) 126
7) Albert v. Zahn (1865. 1867) 127

Seite
8) Alfred Woltmann (1866. 1868. 1869) 135
9) Gustav Theodor Fechner (1866. 1868. 1870) 143
10) Ralph Nicholson Wornum (1867) 146
11) Karl v. Liphardt (1868) 149
12) Hermann Grimm (1869) 150
13) Gottfried Kinkel (1869) 151
14) Wilhelm Schmidt (1869) 153
15) Theodor Grosse (1869) 154
16) Joseph Archer Crowe (1869) 156
17) Karl Förster (1869) 159
18) Bruno Meyer (1870) 161
19) Jacob Felsing (1870) 165
20) Otto Heyden (1870) 167

Erste Abtheilung.

Discussion.

I. Eingang.

Das Bild, um dessen Aechtheit es sich hier handeln wird, künftig kurz als »unser Bild« zu bezeichnen, ist bekanntlich in zwei Exemplaren vorhanden, welche nach ihrem ständigen Aufstellungsorte als Dresdener und Darmstädter Exemplar unterschieden werden. Das eine, das Dresdener, im J. 1743 als Holbein'sches Bild in Venedig für Dresden angekauft, ist seitdem unter dem Namen der Holbein'schen Madonna schlechthin bekannt, und von allen deutschen Madonnenbildern das einzige, was sich eines über das Kunstpublicum hinausgehenden allgemeinen Interesse's erfreut, und wie in den Räumen der Dresdener Gallerie so an den Wänden der Zimmer der Raphael'schen Sixtina gegenüberzutreten gewagt hat. Das andere, das Darmstädter, ist erst vor noch nicht 50 Jahren aufgetaucht und bis auf die neueste Zeit dem grösseren Publicum ziemlich unbekannt geblieben; hat aber von Anfange herein die Aufmerksamkeit der Kunsthistoriker und Kenner mit immer wachsendem, ja endlich das Dresdener Exemplar fast überwachsendem Interesse beschäftigt und hiedurch endlich auch ein weiteres Publicum zu interessiren und dies Interesse dadurch mehr und mehr zu steigern angefangen, dass es immer entschiedener als Rival des Dresdener aufgetreten ist, und jetzt als wirklich gefährlicher Rival in Schönheit und Aechtheit demselben gegenübersteht. Auch zeigt es bei wesentlicher Uebereinstimmung im Hauptinhalt so viele und so erhebliche

Abweichungen in der Ausführung vom Dresdener Bilde, dass der Streit über den Vorzug des einen oder anderen dadurch die fruchtbarsten Angriffspuncte erhält.

Der Hauptinhalt beider Exemplare besteht darin, dass der Stifter des Bildes, der in der letzten Hälfte des 15. und ersten Hälfte des 16. Jahrh. lebende Baseler Bürgermeister Jacob Meier, mit seiner Familie in andächtiger Haltung vor der, ein nacktes Kind in den Armen haltenden, Madonna dargestellt ist; wonach man beide Bilder nicht selten gemeinschaftlich unter dem Namen der Meier'schen Madonna zusammenfasst, zum Unterschiede von so vielen anderen Madonnen, die Holbein gezeichnet und gemalt hat, von denen jedoch nur das Kennerpublicum etwas weiss. Und es fragt sich, ob das grössere Publicum mehr vom Darmstädter Bilde wissen würde, wenn die Kenner es nicht zum Rival des Dresdener erhoben hätten. Doch trägt natürlich zur grösseren Unbekanntschaft mit dem Darmstädter Bilde bei, dass es nicht ebenso wie das Dresdener in einer öffentlichen Gallerie enthalten, und nicht in Stichen und Photographieen wie dieses verbreitet ist.

Die Aechtheitsfrage hat sich auf das eine wie andere Exemplar zu beziehen, wird aber unsere Aufmerksamkeit mehr bezüglich des Dresdener als Darmstädter Exemplares beschäftigen, da sie bezüglich des Darmstädter für entschiedener gilt als bezüglich des Dresdener, für dieses mehr Für und Wider abzuwägen ist, und das allgemeinere Interesse der Frage sich von selbst dem Dresdener Exemplare mehr zuwendet. Beim Darmstädter Exemplare fragt sich nur: giebt es ein ächtes Bild mehr von Holbein; beim Dresdener, war nicht die Aechtheit und Schönheit des Bildes, das man früher für das ächteste und schönste von Holbein, ja wohl über ihn hinaus hielt, eine grobe Täuschung? *Jedenfalls muss eins von beiden ächt sein, es fragt sich nur, welches und ob nicht vielmehr beide?* Das ist die kurze Formel unsrer Frage. Unter Aechtheit aber verstehen wir hier wie überhaupt folgends immer die Abstammung vom jüngern Holbein, dem man von jeher, bevor mit dem Erscheinen des Darmstädter Bildes die Aechtheitsfrage aufgetaucht war, das Dresdener Exemplar widerspruchslos zugeschrieben, einem Künstler (geb. 1495 oder 1498, gest. 1543), der als Haupt der alten schwäbischen Malerschule gilt, dessen früheste Künstlerzeit seiner Vaterstadt Augsburg, die mittlere dem Ursprungsorte unseres Bildes, Basel, die letzte England angehört.

Nun sind unzählige Bilder diesem Künstler zugeschrieben worden, die ihm nicht gehören, denn es gab eine Zeit, wo ein altdeutsches Bild von nicht constatirter Herkunft fast blos zwischen Holbein, Dürer und den Cranachs zu wählen hatte*), wogegen jetzt eine Reaction im Gange ist, welche kaum ein oder das andere der unter Holbein's Namen gehenden Bilder unangetastet lässt, so dass unsere Dresdener Madonna, die früher als der Chorführer aller Holbein'schen Bilder galt, in den Anfechtungen, denen sie jetzt unterliegt, nur ein allgemeineres Schicksal theilt.

Da die Kenntniss des Darmstädter Bildes überhaupt noch viel weniger verbreitet ist, als die des Dresdener, so glaube ich zur Orientirung eines weiteren Publicums darüber Einiges vorausschicken zu müssen, was der Kenner leicht überschlagen mag.

Das Bild ist ganz unerwartet in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts zum Vorschein gekommen, indem ein Pariser Kunsthändler Delahante dasselbe nach Berlin zum Verkauf bringt, ohne dass man erfahren hat, wie es in dessen Hände gekommen ist.[*] Nur kann man aus der, auf der Rückseite des Bildes mit einer Hand aus dem Anfang dieses Jahrhunderts auf einem Zeddel geschriebenen, Notiz: »No. 82 Holy Family Portraits DD schliessen«, dass es um diese Zeit einer englischen Gallerie angehörte; und ein im Rahmen des Bildes oben angebrachtes Doppelwappen hat einen Anknüpfungspunct geboten, die Geschichte des Bildes bis zu einem früheren Zeitpunct zu verfolgen, wovon später die Rede sein wird. In Berlin wurde es um 1822 entweder dem Kunsthändler Delahante selbst um 2500 oder nach andrer Angabe dessen Schwager Spontini um 2800 Thaler von Prinz Wilhelm von Preussen für seine Gemahlin abgekauft, und blieb anfangs in Berlin aufgestellt, hiess daher auch anfangs das Berliner Exemplar, bis es im J. 1852 nach Darmstadt übersiedelte. Hirt war es, der im Jahre 1830 das Kunstpublicum zuerst auf das Bild aufmerksam machte, und dabei sofort die grosse Bedeutung, welche es dem Dresdener gegenüber beanspruchen kann, hervorhob. Nicht ungern dürfte man den Anfang, der damit zu den vielen Discussionen, welche später gefolgt sind, gemacht ist, gleich hier als Eingang auch zu den unsrigen finden. Er sagt:

---

*) Wornum giebt in seiner monographischen Arbeit über Holbein (p. 15) ein Verzeichniss von nicht weniger als 17 Kunstlern »besides some others«, von denen man Bilder unserm Holbein zugeschrieben, und die »some others« mochten leicht eben so viel betragen. — Kinkel (in der Zeitschr. f. bild. K. 1867. S. 167) sagt: »die grosse Bilderausstellung in South Kensington bei London, welche im Sommer 1866 stattfand, führte nicht weniger als 63 sogenannter Holbeins auf, die zum Theil aus zahlreichen, sonst nicht leicht zuganglichen Privatsammlungen hergeliehen waren und wenigstens eine seltene Gelegenheit boten, das Untergeschobene mit dem Aechten zu vergleichen. Die Sichtung fiel schrecklich aus; denn unter jenen 63 Bildern, unter denen viel Schund sich befand, konnten hochstens neun als wirklich von Holbein's Hand bezeichnet werden.«

»Beide Gemälde sind so vortrefflich, dass es schwer sein möchte, einem vor dem andern den Vorzug zu geben, und eines also für die Copie des andern zu halten. Nur an eine Replik von demselben Meister lässt sich denken; welches beider Gemälde aber die Copie des andern sei, möchte auch für den Erfahrensten eine schwere Aufgabe sein. Das Einzige, was wir zu bemerken glaubten, ist, dass das Gemälde in Berlin freier und in einigen Köpfen, besonders der Weibergruppe, kräftiger behandelt sei, als das zu Dresden. Dies haben wir auch bei unsrer diesjährigen Beschauung wieder zu bemerken geglaubt.«

---

[*] Ich selbst habe in Paris desshalb Nachforschungen anstellen lassen, aber Delahante lag eben im Sterben, und es hiess, dass anderswo keine Angaben zu erlangen, obwohl ich meinen sollte, es müsste sich noch eine Notiz in seinen Handlungsbüchern finden.

Jetzt befindet sich das Bild im Besitze der Tochter des hohen Käufers, der Frau Princessin Carl von Hessen und bei Rhein in Darmstadt; hat da seinen ständigen Platz in einem Wohnzimmer der hohen Besitzerin, und ist durch die liberale Vergünstigung derselben jedem Kunstfreunde täglich in den Stunden von 12 bis 3 Uhr zugänglich. Während des Sommers und Herbsts im Jahr 1869 war es in der Münchener Ausstellung alter Bilder mit ausgestellt, und beschäftigte da durch die gebotene Gelegenheit zum Vergleiche mit den nebenhängenden besten Nachbildungen des Dresdener Exemplares (dem Steinla'schen Stiche und der Brockmann'schen Photographie nach Schurig) die Aufmerksamkeit der Kunstfreunde und Kenner mehr als jedes andere Bild. Da aber ein Vergleich zweier Bilder mittelst Uebertragung durch Nachbildungen stets unvollkommen bleibt, so haben alle in München wie früher an den ständigen Plätzen beider Bilder angestellten Vergleiche derselben den Wunsch immer dringender gemacht, dass einmal eine directe Zusammenstellung beider zu Stande kommen möchte. Auch würde diesem Wunsche schon früher entsprochen worden sein, wenn nicht im Jahre 1869 die Münchener Ausstellung, im Jahre 1870 der Eintritt des Krieges dazwischen gekommen wäre. Nun begrüssen wir mit Freuden die Gewährung für dieses Jahr (von Mitte August's an). Sie wird nicht verfehlen, dem allgemeinsten Interesse zu begegnen, und das Interesse für unsre Frage selbst zu steigern. Gewiss, jene Wallfahrt der Künstler und Kunstfreunde, welche nach Algarotti's Berichte stattfand, als das Dresdener Bild nach seinem Ankaufe in Venedig noch bei ihm, dem Vermittler des Kaufes, stand, wird sich in grösserem Maassstabe und unter Betheiligung eines grösseren Publicums zur Feier des Wiedersehens der durch Jahrhunderte getrennt gewesenen beiden hohen Gestalten wiederholen, die nach erstem Schwestergrusse so zu sagen Auge gegen Auge um die Palme der Schönheit und der Aechtheit ringen werden, um die sie schon aus der Ferne stritten. Jedenfalls werden sich da manche Vergleichspuncte zwischen beiden Bildern, über die bisher nicht recht in's Reine zu kommen war, fester stellen und der Streit, wenn auch mit wenig Aussicht entschieden oder verglichen zu werden, doch damit eine festere Haltung und ein sichreres Fundament gewinnen.

Freilich werden mit der unmittelbaren Zusammenstellung beider Bilder noch nicht alle Schwierigkeiten ihres Vergleiches gehoben sein. Denn unstreitig ist es kein reiner Vergleich zu nennen, wenn von zwei Gestalten die eine durch die freie Luft, die andre durch ein trübendes Glas betrachtet wird; und, wenn schon nicht das Gleiche, doch etwas Aehnliches liegt hier vor.

Noch im Jahre 1830 sagt Hirt gelegentlich seines Vergleiches beider Bilder: »indessen steht das Dresdener Gemälde auch dadurch im Nachtheil, dass es trübe geworden ist, und sehr einer Reinigung und eines neuen Firnisses bedürfte.« Dieser Nachtheil aber hat sich jetzt umgekehrt, seit das Dresdener Exemplar, im Jahre 1840, durch den Inspector Schirmer restaurirt, fast im Glanze eines neuen Bildes stralt, indess das Darmstädter noch mit einem durch Alter gelb gewordenen Firniss überzogen ist*), welcher nicht nur den Gesammtton des Bildes ändert und manche Verschiedenheiten in den Farbentönen auslöscht**), sondern auch der Sicherheit

---

*) Wenn man das Darmstädter Bild im Ganzen ansieht, bemerkt man den Einfluss des Firnisses nicht, sondern rechnet ihn der Beschaffenheit des Colorits selbst zu, was untriftigerweise von mehr als einem Beurtheiler geschehen ist. Nun ist aber der Firniss an ein paar Stellen des Kleides des weissen Mädchens abgesprungen, wodurch man Gelegenheit erhält, zugleich die grosse Dicke desselben und den Unterschied, den er in der Färbung bewirkt, wahrzunehmen. Man erstaunt über den Contrast, in welchem die Weisse des Kleides an den firnissfreien Stellen gegen das Gelblichbraun des übrigen gefirnissten Kleides erscheint. Auch am Rande des Bildes lassen ein paar firnissfreie Stellen des Himmelhintergrundes das ursprüngliche Blau als Lücken in dem übrigens grünlich gewordenen Himmel wahrnehmen.

**) Zum Beispiel: Waagen (ein. Dem.) findet die Behandlung des Kopfes der Maria so wie der andern Figuren (mit Ausnahme des Bürgermeisters) auf dem Dresdener Bilde »zarter und mehr ins Einzelne gehend« als auf dem Darmstädter, und knüpft daran sogar Vermuthungen über die verschiedene Bestimmung beider Bilder, indess v. Zahn wahrkunsthistorischer Schlüsse, die man aus dem Colorit ziehen möchte, und wirklich vielfach rücksichtlos auf den Firniss gezogen hat, Abbruch thut, jedenfalls das Darmstädter Bild nach einer Haupthinsicht in unvergleichbarem Zustande mit dem Dresdener erhält. Nun kann allerdings dieser Firnissüberzug dem Darmstädter Bilde insofern zum Vortheil gerechnet werden, als er den etwas grellen Contrasten des Dresdener gegenüber wesentlich beiträgt, dem Colorit des Darmstädter die wohlthuende einheitliche Haltung zu verleihen, die man nicht umhin kann, wirklich als einen der Vortheile desselben vor dem Dresdener anzuerkennen, und Prof. Felsing erklärte aus diesem Grunde in einer Unterhaltung mit ihm vor dem Bilde, dass er den Firnissüberzug um keinen Preis missen möchte. Nicht nur aber, dass dessen günstiger Gesammteinfluss namentlich im Ersteindruck durch den ungünstigen der dunkeln Färbung, welche der Firniss dem ganzen Bilde verleiht, selbst bei manchen Kennern überwogen worden ist, und wesentliche Einzelheiten des Bildes noch besonders dadurch leiden (v. Zahn S. 6), möchte die Mehrzahl der Kenner überhaupt vorziehen, das Bild mit seinen angeborenen Vorzügen mit dem Dresdener in die Schranken treten zu sehen, um so mehr als zu hoffen, dass sich durch eine Restauration des Darmstädter Exemplares keinesweges die starken Contraste des Dresdener einfinden würden. Denn da man für die auffällige braune Röthe in Gesicht und Hand des Stifters und der mittlern Frau des Dresdener Bildes im Darmstädter Bilde ein natürliches Fleischcolorit erblickt, und die im Dresdener Bilde mühsam unterscheidbaren Falten der schwarzen Gewänder im Darmstädter trotz des Firnisses viel besser, sogar mit einer Wässerung des Stoffes, unterscheidet, so ist vorauszusetzen, dass an den starken Contrasten des Dresdener Bildes ein stärkeres Nachdunkeln namentlich der dunkeln Gewandmassen, als im Darmstädter Bilde stattgefun-

---

scheinlich findet, dass der Firniss die betreffenden »Verschiedenheiten in den Farbentönen des ursprünglichen Colorits [im Darmstädter Bilde] nur verwischt« habe.

den, die Hauptschuld trage, wonach eine Restauration des Darmstädter Bildes die Vortheile ohne die Nachtheile der Auffrischung mit dem Dresdener theilen dürfte.

Wie schön und instructiv nun müsste es sein, das Darmstädter erst in seinem jetzigen, und nach aufgenommenem Protocoll darüber, noch einmal in seinem neuen, dem wirklich alten viel mehr entsprechenden Zustande mit dem Dresdener zusammengestellt zu sehen; und, was v. Zahn (S. 6) von der »überaus schönen« ursprünglichen Wirkung seines dereinst lichtblauen, jetzt in's Bläulichgrün verschossenen, Gewandes voraussetzt, am ganzen Bilde bewährt und wiederhergestellt zu finden.

Aber es wäre unbescheiden von unserer Seite, in dieser Hinsicht mehr als eine Ansicht aussprechen zu wollen.

Insoweit überhaupt ein Vergleich nach Nachbildungen geschehen kann, wird man sich betreffs des Dresdener Exemplares an den bekannten Steinla'schen Stich oder die nicht minder bekannte Brockmann'sche Photographie nach der Zeichnung von Schurig zu halten haben, indess für das Darmstädter Exemplar die vor noch nicht langer Zeit erschienene Photographie nach Felsing's Zeichnung zu Gebote steht; auch gewährt für die allgemeinsten Compositionsverhältnisse beider Bilder die Zusammenstellung ihrer Umrisszeichnungen in einem aus dem Naumann-Weigel'schen Archiv besonders abgedruckten Schriftchen v. Zahn's (das Darmstädter Exemplar der Holbein'schen Madonna. Lpzg. 1865) einen nützlichen Anhalt, welches Schriftchen überhaupt nicht nur das Ausführlichste und Gründlichste enthält, was bisher über den Vergleich beider Bilder existirt, sondern sich auch durch eine Unparteilichkeit auszeichnet, die man in andern Darstellungen dieses Vergleiches nur zu oft vermisst.

Sehr zu bedauern ist, dass weder vom Dresdener noch Darmstädter Exemplare Originalphotographieen zu haben sind, die, so viel zu wünschen sie für den Laien übrig lassen mögen, doch für den Kenner durch keine Copie oder Photographie nach einer Copie zu ersetzen sind. Auch bei unsrer Frage aber erfodert es die grösste Vorsicht, nach letztern zu urtheilen.

Von Bildern der Dresdener Gallerie Originalphotographieen abzunehmen, ist meines Wissens überhaupt verwehrt, ich weiss nicht aus welchem Grunde, da doch in andern Gallerieen unter angemessenen Beschränkungen die Erlaubniss dazu ertheilt wird. Vom Darmstädter Exemplar giebt es zwar einige wenige Originalphotographieen, die aber nur durch private Begünstigung zugänglich, sehr unvollkommen, sehr schwarz sind, und, unstreitig wegen falscher Schattirungen, den Ausdruck der Madonna und des Kindes nicht richtig wiedergeben, was Grund gewesen sein mag, von einer Vervielfältigung derselben abzusehen. Vielleicht würden sie nach Entfernung des gelben Firnisses besser gelingen.

Auf Hirt folgend haben sich an den Discussionen über das Aechtheits- und Schönheitsverhältniss beider Exemplare nach der Reihe betheiligt: Kugler, Waagen, J. Hübner, Schäfer, v. Zahn, Woltmann, Wornum, Fechner, Kinkel, E. Förster, W. Schmidt, Crowe, K. Förster, Br. Meyer, wozu mir noch private schriftliche Urtheile von Felsing, H. Grimm, Th. Grosse und v. Liphardt vorliegen. Eine Uebersicht des Ganges, den die Verhandlungen derselben genommen haben, wird im 3. Abschnitte folgen.

II. Unterschiede zwischen beiden Exemplaren.

Ohne hier auf einen descriptiven Vergleich beider Bilder nach allen Beziehungen und in allem Detail eingehen zu wollen, welcher Zweck und Grenzen unserer Aufgabe überschreiten würde, ist doch theils einiger Hauptverschiedenheiten zu gedenken, welche in allgemeiner Weise bei der Aechtheitsfrage mit in Rücksicht kommen, theils einiger Einzelheiten, welche mit besonderem Gewichte in dieselbe eingreifen Der nur scheinbaren Unterschiede, welche der alte Firnissüberzug des Darmstädter Bildes und das stärkere Nachdunkeln mancher Theile des Dresdener zwischen beiden hervorruft, ist schon im vorigen Abschnitte gedacht.

Das Darmstädter Bild ist nach allen Dimensionen etwas kleiner und dabei verhältnissmässig niedriger als das Dresdener Bild, ohne dass die Figuren, abgesehen von einer geringen Verkürzung nach der Höhe, welche die meisten erfahren haben, wesentlich kleiner sind, so dass der ganze Inhalt des Bildes nur enger zusammengeschoben und die Proportionen desselben zu ihrem Nachtheile gedrückter erscheinen, worauf später eingehender wird zurückzukommen sein. Erhebliche Veränderungen der Architectur zwischen beiden Bildern stehen hiermit in Zusammenhange. Die etwas schlankere Figur der Dresdener Madonna trägt ein dunkelgrünes Kleid, wogegen das der Darmstädter ursprünglich lichtblau, jetzt durch den Einfluss des Firnisses bläulichgrün ist.*) Der Gesichtsausdruck der Dresdener Madonna ist nach der Mehrzahl der bisherigen Stimmen, denen ich die eigene beigeselle, vermöge einer Durchdringung von Hoheit und Holdseligkeit — wofür freilich Gegner derselben neuerdings andre Ausdrücke suchen**) — gewinnender, und ruht auf einer feineren und edleren Architectur von Zügen. Hiegegen wird der Ausdruck der Darmstädter Madonna verschiedentlich als der einer grösseren Majestät, Würde, Erhabenheit, Strenge, Herbigkeit, Entschiedenheit, Charakters, Ernstes, grandioser Feierlichkeit, religiöser Weihe bezeichnet, Ausdrücke, die ich in der That sämmtlich gebraucht, doch jedenfalls Herbigkeit und Strenge zu viel gesagt finde; es widerspricht der doch freundliche Zug um den Mund. Anderwärts freilich wird statt einer grandios feierlichen »eine gewöhnliche reizlose Erscheinung« in der Darmstädter Madonna gesehen. Nun, man wird ja selbst sein Urtheil bilden können, wenn beide Bilder erst neben einander stehen, und ein wiederholtes Zurückkommen auf die Betrachtung den endgültigen Eindruck sichert. Jedenfalls dürfte, so weit ich nach den mir bis jetzt zugekommenen Stimmen urtheilen kann, das grössere Publicum den wenigen Kennern, die unter dem Einflusse ihrer Aechtheitsansicht den wichtigsten Punct des ganzen Bildes, den Kopf der Madonna, im Darmstädter Bilde dem Kopfe im Dresdener gleich schätzen oder darüber stellen, nicht beipflichten.

---

*) Der Angabe Schäfer's, dass die dunkelgrüne Farbe des Gewandes der Dresdener Madonna von einer Uebermalung herrühre, welche ein darunterliegendes Muster durchscheinen lasse, wird von v. Zahn entschieden widersprochen; vielmehr seien »die entschieden ursprünglichen feinen Haarpartieen über den dunkeln Ton angemalt«. Hiegegen liegt nach ihm »unter dem graugrünen Ton des Mantels der Darmstädter Maria eine vielleicht ursprünglich auf die typischen Farben der Marienbekleidung berechnete rothe Untermalung«.

**) Vergl. den 3. Abschnitt.

Hiegegen steht im charakteristischen und lebendigen Ausdrucke einiger Nebenfiguren, insbesondere der mittleren und jüngsten weiblichen Figur, so wie in der Ausführung mancher Einzelheiten, als namentlich des Kopfputzes des knieenden Mädchens und des Teppichs, das Dresdener Bild gegen das Darmstädter zurück. Auch der Bürgermeister hat im Darmstädter Bilde einen mehr erhöhten Ausdruck, indess er im Uebrigen durch ungeschickte Retouchen [s. unten] im Nachtheil erscheint. Einer der interessantesten Unterschiede aber liegt darin, dass das Kind der Darmstädter Madonna lächelt, als freundliches Christkind erscheint, indess das der Dresdener das bekannte Aussehen eines kranken Kindes hat, so dass sich die beiden Exemplare in die beiden Ansichten, die über das Kind bestehen, getheilt zu haben scheinen.

Ueber den Vergleich der Malweise beider Bilder ist es schwer, bei der so verschiedenen Beurtheilung derselben Seitens der Kenner, und den grossen Schwierigkeiten, welche der gelbe Firnissüberzug des Darmstädter Bildes einerseits, das starke Nachdunkeln mancher Theile im Dresdener Bilde anderseits der Beurtheilung und dem Vergleiche des ursprünglichen Colorits entgegenstellt, etwas ganz Einwurfsfreies und scharf Zutreffendes zu sagen. Auf Rechnung des Firnisses, — um hierauf noch mit einigen Worten zurückzukommen — möchte insbesondere das wärmere bräunlichere Colorit des Darmstädter Bildes zu schreiben sein, worauf Manche als charakteristisch für Holbein besonderes Gewicht legen; auch die grössere Breite der Durchführung, die Waagen von dem Darmstädter Bilde bemerkt, vielleicht in so fern nur scheinbar sein, als sie von Verwischung mancher Verschiedenheiten des ursprünglichen Colorits durch den Firniss abhängen könnte, indess die grössere und zu stärkeren Contrasten führende Dunkelheit der hauptsächlichsten Gewandmassen und die braune Röthe an Gesicht und Händen einiger Nebenfiguren im Dresdener Bilde nach schon früher gemachter Bemerkung von einem stärkeren Nachdunkeln abhängen könnte. *) Fand ein solches statt, so würden beide Bilder zum Theil mit verschiedenen Farbstoffen gemalt sein müssen, und dies bei der Erwägung, ob sie von demselben Autor herrühren, Mitrücksicht verdienen. Jedoch thut in dieser Hinsicht eine genauere sachverständige Untersuchung noch noth.

Um auch ein Wort von Unterschieden in der Malweise zu sagen, die nicht auf vorige Umstände geschrieben werden können, so ist nach Waagen's Ausdrucke das Darmstädter Bild »in einem sehr soliden Impasto« gemalt, indess das Dresdener nach Karl Försters Ausdruck, der die Farbe des Darmstädter Bildes sogar eine »schwere, gequälte« nennt, eine »leichte, fast hingehauchte Touche« verräth, Th. Grosse aber die Farbentechnik beider Bilder abgesehen von Specialitäten überhaupt fast übereinstimmend findet. Wer sich weiter über die Angaben der Autoren belehren will, findet die wörtliche Anführung derselben unter den Acten, eine Zusammenstellung darüber im 4. Abschnitt. Am bessten aber wird es sein, nach den, durch die bisherige Entfernung beider Exemplare bis zu gewissen Grenzen entschuldbaren, Widersprüchen in diesen Angaben ein defini-

---

*) Im Allgemeinen zwar legt man dem gebräuchlichen Roth nicht die Eigenschaft nachzudunkeln bei; aber wer kann wissen, welcher Farbstoffe sich der Künstler zum Malen oder Untermalen des Roths bedient hat. Es scheint mir jedenfalls schwer denkbar, dass die natürliche Fleischfarbe des Bürgermeisters an Gesicht und Händen, welche das Darmstädter Bild zeigt, im Dresdener Bilde als einem zweitgemalten absichtlich sollte in ein Braunroth verwandelt worden sein, welches den Teint eines Feuerarbeiters darzustellen scheint, mag Holbein selbst oder ein fremder Künstler der Autor des Dresdener Bildes sein.

tives Urtheil über das Verhältniss der Malweise beider Exemplare bis zu ihrer Confrontation dahinzustellen.

Das Dresdener Bild hat im J. 1840 einer als sehr geschickt anerkannten Restauration unterlegen, dass man aber irgendwelche einzelne störende Retouchen daran bemerkt habe, ist mir nicht bekannt. Auch am Darmstädter Bilde erwähnt keiner der früheren Beobachter, Hirt, Kugler, Waagen, v. Zahn, Wornum solche gefunden zu haben, was davon abhängen kann, dass keiner eine Untersuchung darauf ausdrücklich gerichtet haben mag; Woltmann aber erklärt nach »genauster Untersuchung des Bildes in allen Einzelheiten« unter günstigsten Verhältnissen ausdrücklich: »er habe nicht die leiseste Retouche bemerkt, die Erhaltung sei vollkommen«, und Bruno Meyer stimmt ihm nach entsprechend genauer Untersuchung darin bei: »das Bild sei wunderbar intact«

Diesen Autoritäten gegenüber jedoch haben wir zu registriren: den Kenner v. Liphardt, der bei einem ersten Besuche des Bildes das ganze Bild glaubte für unächt erklären zu müssen, bei einem zweiten Besuche aber sich überzeugte, »dass dasjenige, was ihn früher in den Köpfen störte, namentlich in dem des Bürgermeisters, Folge von schlechten Retouchen sei.« — Hiemit ganz einstimmig, obwohl ganz unabhängig davon, den Künstler Th. Grosse, welcher schreibt, »dass ihm über den Kopf des Bürgermeisters fremde Hände gekommen zu sein scheinen«. — weiter W. Schmidt, der »hier und da ein paar Löcher ungeschickt zugestopft« findet. — Endlich Crowe, Künstler und Kenner zugleich, nach welchem in der, übrigens »in untadelhaftem Zustande« befindlichen Tafel leider Abreibung und Retouche, so mässig sie an sich sind, gerade Stellen betroffen haben, wo sie die empfindlichste Entstellung verursachen. Stirn und Haar der Jungfrau lädirt, die Schatten um Augen und Nase neu übergangen, Kopf und Achsel des Christuskindes in den dunklen Partieen aufgefrischt, das Ohr desselben aufs Aeusserste verstümmelt, auch Mund und Kinn des knieenden Mädchens rechts nicht unberührt geblieben.«

Also einige Retouchen und hiemit Einiges, was nicht von

Holbein ist, wird es doch wohl in dem Darmstädter Bilde geben; nur dass Retouchen eines ächten Bildes dasselbe noch nicht unächt machen.

Von wichtigerem Belange für die Aechtheitsfrage sind einige Abweichungen zwischen beiden Bildern in Kleinigkeiten, die insbesondere für die Frage, welches von beiden Bildern das erstgemalte sei, Aufschluss versprechen oder geben, und die wir hier nur nach ihrem Thatbestande anführen, um später [Abschnitt 5] darauf Rückbezug zu nehmen.

1) Das untere nackte Kind zeigt im Darmstädter Bilde eine, im Dresdener Bilde fehlende Eigenthümlichkeit, die meines Wissens zuerst von W. Schmidt wie folgt hervorgehoben worden ist.

»Sonderbarer Weise hat im Darmstädter Exemplar die rechte Hand des nackten Knäbleins unten insofern einen Finger zu viel, als der Daumen durch die Hand des Jünglings gedeckt wird und doch noch fünf andere Finger sichtbar werden; ein Verstoss, den sich wohl der Meister, kaum aber der Copist, wenn er ihn nicht im Originale fand, erlaubt haben würde.«

Da ich bei Betrachtung des Darmstädter Bildes eben so wenig als frühere Beobachter auf diese Kleinigkeit aufmerksam geworden, und weder in der Umrisszeichnung von Zahn's noch in der Photographie nach Felsing's Zeichnung eine Spur des überzähligen Fingers fand, habe ich der Erwähnung desselben in meiner Abhandlung in den Grenzboten ein Fragezeichen zugefügt, in dem Gedanken, es könne vielleicht eine Kleinigkeit an dem, von der Hand des Knaben umfassten. Aermel des Jünglings den täuschenden Anschein einer nur eben noch darüber hervorsehenden Kuppe eines sechsten Fingers gegeben haben, denn so scheint sich derselbe darzustellen. Aber nicht nur, dass nach Schmidt auch Crowe und Br. Meyer des sechsten Fingers gedenken, erhalte ich auf meine Anfrage desshalb bei Prof. Felsing folgende Auskunft:

»Der scheinbar sechste Finger war mir längst vorher, ehe ich meine Zeichnung machte, bekannt, ohne mich im Mindesten daran zu stossen, oder auch ein weiteres Motiv für oder wider die Priorität unseres Bildes darin finden zu wollen. Das Händchen des kleinen Knaben ist in einer Weise gezeichnet, dass der erste in die Höhe stehende Finger als Daumen gedacht gewesen sein konnte, und in der Ausarbeitung die Stelle des Zeigefingers bekommen hat. Es ist damit Nichts zu beweisen.«

Auch E. Förster fasst den Zeigefinger offenbar nur als verzeichneten Daumen, und lässt damit den sechsten Finger wegfallen, indem er sagt: »der Daumen der rechten Hand des Kindes sei viel zu gross und auch sonst verzeichnet (so dass sie sechs Finger zu haben scheint).«

Hiegegen fasst Dr. Meyer die Sache so auf: »die rechte Hand des kleinen Knaben hat fünf Finger, von denen keiner ein Daumen ist, weil der aufgerichtete Zeigefinger zugesetzt und der kleine aus Versehen nicht getilgt ist.«

2) J. Hübner erwähnt in einem Schreiben an mich eines von ihm entdeckten »Pentimento an der rechten Hand des Knabens auf der Brust des stehenden Kindes« im Dresdener Bilde, ohne jedoch dasselbe näher zu bezeichnen.

3) Ueber das ganze Gesicht und den Stirntheil der Haube der ältesten weiblichen Figur läuft im Darmstädter Bilde ein dunkler, scharf begrenzter Schatten*), an dessen Stelle sich im Dresdener Bilde nur eine schwächere, minder scharf begrenzte Schattirung findet**), und die Hauptbegrenzung jenes Schattens scheint den sichtbaren Theil der Umrisslinie des (übrigens hinter dem Kopf der Alten sich versteckenden) Aermels der Madonna genau zu vervollständigen, nur dass, so viel ich bemerken konnte, noch eine Fortsetzung der Schattirung oben rechts und unten über das Kinn geht, welche mit der Ausdehnung der Dresdener Schattirung stimmt. Nun hat zuerst Suermondt eine Ansicht aufgestellt, die nach dem Augenschein viel für sich hat, der dunkle Aermel der Madonna sei zuerst gemalt und durch Gesicht und Kopfhülle der Alten, die später darüber gemalt worden, nur durchgedrungen. Woltmann (Südd. Pr.) hat diese Ansicht acceptirt und nebst einem damit zusammenhängenden Pentimento (Correctur des Bildes

---

*) In der Photographie nach Felsing zu hell.

**) Untriftig ist, was Waagen (ein. Bem.) sagt, und C. in den Grenzboten wiederholt, dass das Gesicht der Dresdener Madonna in vollem Licht gehalten sei, vielmehr geben Steinla's Stich und Brockmann's Photographie, woran man sich überall vom Gegentheil überzeugen kann, das Original in dieser Hinsicht triftig wieder.

durch den Autor selbst) als einen Grund für die Priorität des Darmstädter Bildes geltend gemacht, wogegen W. Schmidt derselben widerspricht, so dass erst die genauere Untersuchung bei der künftigen Zusammenstellung lehren muss, ob sie im Rechte bleibt. Die bisherigen Verhandlungen darüber s. in der folgenden Einschaltung.

Woltmann in d. südd. Presse: »Vom Darmstädter Bilde hat sich auch noch ein interessantes Pentimento herausgestellt. Von jeher war man über den dunkeln Ton im Gesicht der Frau zunächst der Madonna in Verlegenheit, einige wollten in demselben einen Schlagschatten, andere einen Streifen im Firniss sehen. Herr Suermondt hat kürzlich, bei einer Untersuchung in München, das Richtige entdeckt: Die Gestalt der Alten ist erst später hineingemalt und der blaue Aermel ist durch das darüber gemalte Gesicht durchgewachsen, daher dieser Ton, der wie ein unmotivirter Schatten aussieht. Damit steht ein zweites Pentimento in Zusammenhang: der Contour des Pfeilercapitäls sprang ursprünglich nicht so stark heraus; man erkennt einen früheren Umriss etwas weiter links, und darunter das verticale Schaftende, das jetzt vom Kopftuch der älteren Frau bedeckt wird. [Hienach die triftig motivirte Bemerkung, die Alte sei unstreitig eine bei Stiftung des Bildes schon verstorben gewesene, die jüngere Frau daneben eine damals noch lebende Frau des Stifters]. Erst während der Arbeit mag dem Stifter der Gedanke gekommen sein, auch der Seligen einen Platz im Bilde anzuweisen. Ursprünglich ist in der Composition nicht auf sie gerechnet, dem Bürgermeister entspricht anderseits die mittlere Frau — man sieht es an der Höhe des Kopfes — und das junge Mädchen den beiden Knaben. Die Einfügung der älteren Frau veranlasste erstens wohl, dass die beiden andern Figuren stark nach dem Rande zu gerückt wurden und zweitens beengte sie auch die Figur der Madonna. Der Copist bemerkte dies wohl und verschaffte der Hauptgestallt mehr Raum.«

Nun kann man es freilich für den ersten Anblick unbegreiflich finden, dass der Künstler aus der symmetrischen Gesammtanordnung, wie sie sich jetzt zeigt, von vornherein ein Hauptglied sollte haben fehlen lassen wollen; denkt man sich die Alte weg, so kommt die ganze Composition so ausser Geschick, dass man Holbein dergleichen von vornherein nicht zutrauen kann; und ich habe harte Aeusserungen von Künstlern über Woltmann's Voraussetzung gehört. Aber die Ansicht wird möglich, wenn man sich denkt, wie ja auch Woltmann gedacht hat, der Künstler habe überhaupt erst mit zwei Figuren auf weiblicher Seite drei Figuren auf männlicher Seite das Gleichgewicht halten wollen, habe die Madonna in diesem Gedanken fertig gemalt, aber, ehe er zu der weiblichen Gruppe gekommen, den Plan geändert, und diesen nun auf drei Figuren weiblicherseits dreien männlicherseits gegenüber angelegt, vielleicht eben desshalb, weil er gefühlt, mit zwei Figuren gegen drei sei minder gut auszukommen; habe aber auch demgemäss die zwei jüngeren weiblichen Figuren etwas anders gerückt, als früher beabsichtigt, nur mit möglichster Beibehaltung ihrer Höhenstellung. Dass aber wirklich alte Künstler auch wohl mit zwei gegen drei in ähnlichen Fällen auszukommen suchten, kann ich selbst aus einem, unserm Bilde in der Gesammtanordnung analogen, auf Memling geschriebenen, Beispiele des Breviario Grimani Nr. 94 belegen, wo auf einer Seite der Maria zwei, auf der andern drei heilige Frauen knieen; auch hat Holbein selbst in einer Handzeichnung dem, als grossen Herrn dargestellten, Apoll auf einer Seite vier, auf der andern fünf Musen beigegeben: so dass also die Beobachtung einer festen Zahlensymmetrie in dergleichen Fällen nicht als bindend gelten kann. Inzwischen weit wahrscheinlicher als Woltmann's Ansicht schiene mir doch, dass Holbein den Plan von vornherein auf die drei weiblichen Figuren, die wir jetzt im Bilde sehen, angelegt, aber die Alte eben so weit nach rechts (für subj. Standp.) vom voll ausgemalten Aermel der Madonna habe rücken wollen, als der Alte gegenüber nach links davon absteht, was ja von vornherein das Natürlichste scheint; aber, weil er gefunden, dass dann mit dem Raume für die weiblichen Figuren im Ganzen nicht auszukommen, die Alte nun bis über ein Stück des Aermels hinaus vorgerückt habe. So unter Voraussetzung, dass Suermondt recht hat. Inzwischen widerspricht wie gesagt Schmidt der Ansicht Suermondt's und Woltmann's in d. Zeitschr. f. bild. Kunst mit folgenden Bemerkungen:

»Dass die Verstorbene nachträglich noch über schon fertige Theile hineingemalt ist, wenn auch von Holbein selbst, wie W. meint, und dass der Schatten auf ihrem Gesicht und Kopftuch durch das durchgewachsene Blau des Aermels bewirkt werde, will mir nicht recht einleuchten. Vor Allem ist der betreffende Theil eben so pastos gemalt, als die andern, aber nicht etwa über den bereits fertigen Aermel, wodurch ein doppelter Auftrag entstanden sein würde, sondern ganz gleichmässig, und sodann findet sich der gleiche Schattenton des Fleisches und Kopftuches mit derselben Nüancirung auch bei den andern Figuren und den übrigen Theilen des betreffenden Kopfes, wo Schatten vorkommen. Wäre das Blau durchgewachsen, so wäre auch der Ton ein anderer. Er ist wohl als Schlagschatten zu betrachten, da die Frau am weitesten zurückstehend von dem Aermel der Madonna sehr gut einen solchen empfangen kann, und der Schatten zudem der Todten ein, wohl beabsichtigtes, unterschiedenes Ansehen verleiht«.

Ich selbst möchte fragen, warum nicht das blaue Kleid der Madonna eben so durch das Kleid und die Hand der Alten durchgewachsen sein sollte, als der Aermel durch Haube und Gesicht derselben, wovon sich nichts zeigt; stelle übrigens die Entscheidung dahin, hoffend, dass die künftige Zusammenstellung beider Bilder eine neue gründliche Untersuchung mit einer solchen bringen wird.

4) Prof. Felsing hat mir im Interesse der Prioritätsfrage folgende Bemerkung mitgetheilt.

»Bekanntlich hat in den Baseler Handzeichnungen der drei Köpfe die Tochter im weissen Kleide aufgelöste Haare ohne den perlenreichen Kopfputz; genau so weit wie die aufgelösten Haare in der Zeichnung herabreichen, schimmert ein röthlicher Ton unter der Farbe des dunkeln Kleides der mittleren Frau durch, so dass mit Sicherheit gefolgert werden muss, dass die röthlichen Haare der Tochter in dem ersten Bilde herabfallend, wie in dem Naturstudium gemalt waren, und erst nachher, mit grosser Liebe und Ausführung, der Perlenschmuck mit Flechten an deren Stelle gesetzt worden ist.«

5) Weiter dürfen nicht ausser Beachtung fallen: der schon oben erwähnte Unterschied zwischen dem lächelnden Ausdrucke des Darmstädter und weinerlichen Ausdrucke des Dresdener Kindes; — das im Darmstädter Bilde fehlende leise Unterkinn, welches der Madonna im Dresdener Bilde zugefügt ist; — und die, schon im Dresdener Bilde umfängliche, im Darmstädter Bilde ungeheuerliche, Kopfhülle der ältesten weiblichen Figur, so wie die verschiedene Weise, wie sie sich in beiden Bildern mit der Kopfhülle der mittleren Frau verbindet.

6. Nach einer aus eigener Untersuchung geschöpften Bemerkung des Hofmalers Otto Heyden in Berlin ist das Darmstädter Exemplar auf Leinwand gemalt und nur auf eine Holztafel aufgeklebt; indess das Dresdner Bild bekanntlich direct auf Holz gemalt ist. (Erste Beil. für die berl. Nachrichten von Staats- und gelehrten Sachen, 1870. Nr. 271.)

III. Historische Entwickelung der Aechtheitsfrage in Zusammenhang mit der Schönheitsfrage.

So lange bekannt das Dresdener Exemplar schon ist, so ist doch von einer Aechtheitsfrage bezüglich desselben vor Auftreten des Darmstädter Exemplares nichts bekannt. Seine Aechtheit stand vielmehr bis dahin ausser Frage. War es doch in Venedig als Holbein'sches Bild von Algarotti angekauft; nach Venedig war es von Amsterdam gekommen, wohin alte Nachrichten ein aus der Stifterfamilie Meier stammendes Bild von seinem Ursprungsorte Basel kommen liessen, ohne auf ein andres als unser Bild zu passen. Bedenken aber, dass die Ausführung des Bildes Holbein's nicht würdig oder Holbein's Charakter nicht angemessen sei, wie sie jetzt, und zwar nicht mehr blos als Bedenken, erhoben werden, konnten um so weniger entstehen, als man das Bild selbst für den Prototyp und Gipfel Holbein'scher Kunst hielt, und noch nicht so wie heute aus seiner Unächtheit auf seinen Unwerth zu schliessen Anlass hatte. Woher also hätte ein Zweifel kommen sollen? Nie schien die Aechtheit eines alten Bildes nach äusseren und inneren Merkmalen sichrer constatirt.

Das änderte sich, als mit dem Jahre 1830 das Darmstädter Bild durch die erste Notiz, die Hirt davon gab, zum Dresdener Bilde in die Scene und alsbald mit ihm in die Schranken trat, indem es sofort seinerseits Ansprüche auf Aechtheit erhob, gegen die sich die Unantastbarkeit des Dresdener nicht länger halten konnte. Anfangs zwar war es (das Darmstädter Exemplar) zufrieden, sich nur schwesterlich neben das Dresdener Exemplar stellen zu können: hatte es doch vor Allem seine eigene Aechtheit zu vertheidigen; aber, nachdem es eine gewisse Sicherheit darin gewonnen, fing es an, oder — um lieber eigentlich zu sprechen — fing man an, seine Ansprüche auf Kosten des Dresdener geltend zu machen, sprach in diesem mit wachsender Bestimmtheit erst Teppich, dann Nebenfiguren, der Vollendung derselben Theile im Darmstädter Bilde gegenüber, Holbein ab, fand dann selbst die Hauptfigur, die Madonna, zu schlecht für

Holbein; und nachdem Woltmann neuerdings die Entdeckungen gemacht, dass das Darmstädter Bild so gut als das Dresdener von Amsterdam gekommen und im Wappen an seinem Rahmen directe Anknüpfungspuncte an die alte Geschichte des Baseler Originales biete, also auch der historische Beweis für das Dresdener nicht mehr Stich zu halten, ja sich gegen dasselbe zu kehren schien, fand man nichts mehr darin gut genug für Holbein, und mit dem alten Meister war die alte Schönheit des ganzen Bildes abgethan. Es blieb nur noch eine sehr mässige, von Missverständnissen des Originals wimmelnde, Copie. Nicht zwar, dass diese Auffassung schon den Sieg errungen hätte; noch fehlt es nicht an Solchen, die sich um das Dresdener Bild wie um ein altes Palladium schaaren; aber man muss gestehen, dass die Angriffsrufe der Gegner, der Wornum, Woltmann, Kinkel, Crowe, Meyer, und so vieler, die privatim in ihren öffentlichen Ruf einstimmen, die Stimmen der Getreuen fast zu übertönen angefangen.

Im Rückblick auf die geführten Verhandlungen aber ist mir nichts merkwürdiger erschienen, als die Solidarität, in welcher durch die Gesammtheit derselben die Schönheitsfrage mit der Aechtheitsfrage sich gehalten hat; und es ist wohl der Mühe werth, etwas dabei zu verweilen. Von vornherein zwar möchte man fragen: bleibt nicht ein Bild in wahrem Sinne gleich ächt, wenn es gleich schön bleibt, und was kann die Aechtheitsfrage als Ursprungsfrage daran ändern? Nun aber zeigt sich, dass umgekehrt die Schönheit an der Aechtheit hängt. Nachdem ein Meister erst durch einige Werke gelobt worden ist, lobt dann der Name des Meisters seine Werke, und fällt der Meister, fällt das Lob, und fangen von da an Beweise gegen die Aechtheit des Werkes den Ausgang von einem Mangel seiner Schönheit zu nehmen, welche der Ansicht von seiner Unächtheit erst den Ursprung verdanken. Und merkwürdig, war es gerade das Dresdener Bild, was früher Holbein'n so über alle seine andern Bilder gelobt hat, dass man es nun, nachdem es nicht mehr von Holbein sein soll, demselben als zu gering für ihn glaubt absprechen zu müssen.

In der That, so lange das Dresdener Bild noch als zweifelloses Werk unsers Holbein galt, haben sich alle einheimischen und ausländischen Stimmen in der Bewunderung desselben vereinigt, und namentlich in Bezug auf die Hauptfigur sich in Ausdrücken zu überbieten gesucht, welche den lebendigen und tiefen Eindruck ihrer Schönheit und Holdseligkeit bezeichnen. Kaum, dass sich der Bewunderung des Ganzen hier und da eine beschränkende Aeusserung beigemischt hat, es wurden vielmehr auch Seiten oder Theile des Bildes, die wohl dazu Anlass geben konnten oder ausnahmsweise gaben, als namentlich manche Eigenschaften des Colorits, der gleichgültige oder trockene Ausdruck mehrer Nebenfiguren, gemeinhin in den Strudel der Begeisterung für das Ganze mit euphemistischen Ausdrücken hineingezogen. Hirt sagt vom Bilde, »es behaupte die Ehre der deutschen Kunst«; E. Förster bezeichnet es als »eins der herrlichsten Werke«, Fr. v. Schlegel als »das unvergleichliche Bild zu Dresden«, v. Zahn als ein »wunderbares Werk, das an seiner Stelle in der Dresdener Gallerie allein von allen Werken altdeutscher Kunst im Stande ist, die von der Herrlichkeit des schönsten Bildes der Welt [der Raphael'schen Sixtina] begeisterten Zuschauer durch den vollen Ausdruck der Schönheit deutschen Kunstgeistes so dauernd zu fesseln«; Hübner spricht »von der mächtigen und stillen Wirkung«, die wir erfahren, wenn wir vor Bildern wie »die Sixtinische Madonna und Holbein's Mutter Gottes, den reinsten Verklärungen deutscher und italienischer Eigenthümlichkeit staunend stehen«. Mosen, Nagler, v. Quandt, Schäfer, A. W. v. Schlegel; — von Ausländern Algarotti, Wright, Blake, Mrs. Jameson, Blanc; — ja wer kennt und nennt die Namen alle — haben sich in demselben Sinne mit liebevollem Eingehen in die Vorzüge des Bildes, über Alles aber über den Eindruck der Madonna, ausgesprochen. Ich kenne überhaupt keine Ausnahme einer gegentheiligen Auffassung in der ganzen früheren Zeit bis zu dem Momente, wo die Aechtheitsansprüche der Darmstädter Madonna die der Dresdener zu überbieten angefangen, und kann davon sprechen, nachdem ich so viel wie möglich Alles nachgelesen, was über das Bild geschrieben worden. Wie aber hat sich das von jenem selben Momente an geändert. Sofort hat man, nach Bruno Meyer's hartem doch treffendem Ausdrucke, das Dresdener Bild von unten auf zu rädern angefangen, vom Teppich bis zum Kopfe der Madonna, ja darüber hinaus bis zur Wölbung der Nische; und er selbst hat den letzten Stoss hinzugefügt.

Was das Darmstädter Bild anlangt, so ist auch bei ihm mit der Anerkennung seiner Aechtheit die Anerkennung seiner Vortrefflichkeit in der Hauptsache Hand in Hand gegangen, und geht gegenseits der härteste Angriff, der gegen seine Aechtheit erhoben worden ist, bis zu einer Herabsetzung selbst solcher Theile des Bildes (Ausdruck der Nebenfiguren) in Verhältniss zum Dresdener Bilde fort, in denen sonst alle Welt den Vorzug des Darmstädter anerkennt. So wenig Bruno Meyer noch ein gutes Haar am Dresdener, lässt Karl Förster ein solches am Darmstädter Bilde. Indem sich aber solche Extreme bekämpfen, richten sie sich zugleich.

Verzeichnen wir hiernach den Gang der Verhandlungen etwas genauer, wobei sich die Belege zu Vorigem von selbst finden werden.

Nicht nur Hirt (1830), auch Kugler (1845), Waagen (1853 f.), v. Zahn (1865 f.), Woltmann (1866 f.) haben sich von vorn herein nach eigener Untersuchung übereinstimmend für die Aechtheit des Darmstädter Bildes erklärt, und grosse, ja eminente, Vorzüge desselben als Hinweis auf den grossen Meister geltend gemacht. Eine nicht motivirte Bezeichnung des Bildes als Wiederholung oder alte gute Copie des Dresdener Bildes Seitens E. Förster's (1852, 1859), der er selbst später keine Folge gegeben, ein, später gleichfalls nicht mehr festgehaltener Zweifel J. Hübner's (1856), ein ernsthafterer, doch auf keiner eigenen Anschauung des Bildes fussender Angriff Schäfer's (1860) dagegen mit Berufung auf den Maler Grüder, waren leicht niedergeschlagen. Dabei aber wurde, abgesehen von der vorsichtigen Andeutung eines Zweifels Seitens Kugler

(1815), die Aechtheit des Dresdener Bildes mindestens seinem Hauptbestande, und die hohe Schönheit mindestens seiner Hauptfigur nach noch festgehalten und nur die Priorität (mit einiger Beanstandung zwar Seitens Hübner) nebst manchen Vorzügen der Ausführung dem Darmstädter Bilde zuerkannt. So hatte sich auf Grund der Gesammtheit dieser Untersuchungen und Besprechungen die Ansicht mehr und mehr zu consolidiren angefangen, und schien endlich durch v. Zahn's Untersuchung (1865) und Woltmann's wesentliche Zustimmung dazu (1866) *) zu einer Art Abschluss dahin gekommen, dass beide Exemplare dem Hauptbestande nach ächt, das Darmstädter aber das erstgemalte und nach seinem ganzen Inhalt ächt sei, indess im zweitgemalten Dresdener der Künstler sich zwar betreffs der Hauptfigur (was Woltmann doch nicht gelten lassen wollte) und der Proportionen des Bildinhaltes über das Darmstädter Exemplar erhoben, hinsichtlich des Ausdrucks mehrer Nebenfiguren und Nebensachen (Teppich, Kopfputz des knieenden Mädchens) aber dahinter zurückgeblieben sei, so dass man in diesen Theilen sogar die Mitwirkung (Waagen, v. Zahn) oder selbst alleinige Arbeit eines Gehülfen (Woltmann) glaubte sehen zu müssen.

Da nun trat zuerst der, als scharfsichtigster Kenner gepriesene, Engländer Wornum (Inspector der Nationalgallerie zu London) in seiner Monographie über Holbein's Leben und Werke (1868) mit der bis dahin unerhörten Behauptung der Unächtheit des ganzen Dresdener Bildes und zugleich mit der gegen alles bisherige Urtheil hart anstossenden Behauptung auf, der, sonst allgemein als Wunder der Deutschen Kunst angesehene, Kopf der Madonna gehöre zu den »schwächsten Theilen« des Bildes, sei »durch das Streben, sie zu verschönern, der natürlichen Kraft (natural force) beraubt und schwächlich (weakely) idealisirt«. Aehnliche Vorwürfe erstreckte er auf das Kind in den Armen der Madonna, das nur aus »Ungeschick« des Copisten

---

*) Darin doch abweichend, dass Woltmann von vorn herein die Dresdener Hauptfigur nicht über die Darmstädter, sondern nur ihr gleich gestellt wissen wollte und schon entschiedener die ganze untere Gruppe für das Werk eines Gehülfen erklärte.

so kränklich aussehe. Holbein könne dergleichen gar nicht gemalt haben, vielmehr sehe man hier die Arbeit eines »untergeordneten (inferior)« Künstlers gegenüber »der gewöhnlichen Superiorität eines grossen Meisters«, die sich im Darmstädter Bilde beweise. Auch die Malweise des Dresdener Bildes findet er Holbein nicht entsprechend. Nur die Verbesserung in den Proportionen des Bildinhaltes durch den Copisten giebt er zu. Ausserdem sucht er noch die Verwirrung, die in den alten Nachrichten über unser Bild besteht und die er durch ein paar falsche Data noch vermehrt*), zu Ungunsten des Dresdener Exemplares zu wenden, und meint, ein Schüler des Meisters möge das ächte Bild für einen andern Zweig der Familie, als der das Urbild besessen, copirt, oder auch ein Kunsthändler oder sonstiger Besitzer des Bildes in viel späterer Zeit, am wahrscheinlichsten in den Niederlanden und durch einen niederländischen Künstler, eine Copie davon haben machen lassen, die sich bei Verschollenheit des ächten Bildes den Rang desselben angemasst.

---

*) Kinkel, indem er sich an Wornum hält, mag es immerhin Patin abbitten, wenn er diesen eines gemüthlichen Leichtsinnes wegen einer Angabe beschuldigt, die Patin gar nicht gemacht hat, sondern die ihn blos Wornum machen lässt, d. i. die Angabe, Lössert sei es gewesen, welcher ein Exemplar unsers Bildes, was an ihn durch Leblon gekommen, an Maria von Medicis verkauft habe, da vielmehr Patin eben so wie sein Gewährsmann Fesch das Bild direct von Leblon an Maria von Medicis übergehen lässt und Lössert weder kennt noch nennt. C. in den Grenzboten folgt darin wieder Kinkel. So spielt das Schicksal, dem unser Bild von vorn herein unterlegen ist, dass falsche historische Angaben darüber aus einer secundären Quelle in die andre übergehen, noch heute fort; und ich dachte doch damit, dass ich alle bisher vorliegenden Originalquellen in meiner historischen Abhandlung wörtlich getreu wiedergab, Vorsorge dagegen getroffen zu haben. Wornum selbst, von welchem Kinkel sagt, dass »sein unbestechliches Auge in der ganzen Documentenprüfung am schärfsten gesehen«, hat wenigstens die Originaldocumente dabei nicht angesehen. Die zweite unrichtige Angabe desselben besteht darin, dass das Dresdener Bild aus dem Bankerott des Lössert'schen Hauses nach Venedig gekommen, was zwar im Dresdener Cataloge steht, wovon aber nicht nur in den Originaldocumenten nichts steht, sondern was nach den neueren historischen Entdeckungen Woltmann's gar nicht sein kann.

Es ist nicht ohne Interesse, mit Wornum's ästhetischer Auffassung des Dresdener Bildes die, noch von keinem Aechtheitszweifel beeinflusste Auffassung eines englischen Kenners und einer englischen Kennerin zu vergleichen, deren Urtheil um nicht viel Jahre früher als das von Wornum datirt, die aber vom Dasein des Darmstädter Bildes noch gar nichts gewusst zu haben scheinen; und es würde von nicht geringerem Interesse sein, nur dass sich diess Interesse nicht befriedigen lässt, zu wissen, wie ohne die Anregung, welche diese Kenntniss für Wornum's Scharfsinn gegeben, dem Dresdener Bilde die Aechtheit abzusprechen, sein ästhetisches Urtheil darüber ausgefallen sein würde.

Blake, der englische Kenner, sagt in der Beschreibung seiner Kunstreise durch Europa (A long vacation in continental picture Galleries. London 1858. p. 51) gelegentlich des Besuches der Dresdener Gallerie: »Diess ist das Meisterstück des Künstlers. Das Colorit von wunderbarer Sorgfalt . . . die Madonna ist das schönste Gesicht, was je ein deutscher Künstler ersonnen hat, die Van Eyck'sche Madonna nicht ausgenommen; so süss, so klar, so königlich und hold (benign)«. Hiezu eine rühmende Schilderung des ganzen Bildes in Betreff der Haltung in den Farben und der naturtreuen Auffassung sämmtlicher untergeordneter Figuren, mit dem Schlusse: »es ist das eins der wenigen Bilder, in welchen die sorgfältigste Ausführung in Kleinigkeiten der Kraft des Ganzen keinen Abbruch thut«.

Mistress Jameson, die englische Kennerin, in ihrem grossen Madonnenwerke (1. edit. 1852. p. 111; 3. edit. 1864. p. 102):

»An Reinheit, Würde, Demuth (humility) und geistiger Anmuth (intellectual grace) ist diese ausgezeichnete (exquisite) Madonna niemals übertroffen worden, selbst nicht von Raphael.*) Das Gesicht, einmal gesehen, kommt uns nicht wieder aus dem Gedächtnisse (haunts the memory)«.

Nun würden Wornum's Angriffe bei uns kaum einen andern Eindruck hinterlassen haben, als den des Erstaunens darüber, dass er das Pünktlein über dem i für einen Flecken über dem i habe ansehen können, der die ganze Handschrift verdächtige, wenn nicht durch die schon berührten, weiterhin genauer zu besprechenden historischen Entdeckungen Woltmann's dem Verdacht der Unächtheit eine neue Verstärkung und der Behauptung ein neuer wichtiger Vertreter zugewachsen wäre.

---

*) Ein ähnliches artistisches Urtheil fällte schon im J. 1723 der Engländer Wright nach einer Ansicht des Bildes in Venedig von dem untern nackten Knaben: »the little naked boy would hardly have been outdone (if I dare say such a word) by Raphael himself«.

Dr. Woltmann (jetzt Professor im Kunstfache zu Carlsruhe), — ein rüstiger Forscher, dem man ein beifälligst aufgenommenes, das Wornum'sche Werk an Tragweite der Gesichtspuncte überbietendes, anziehend geschriebenes, der Revision freilich noch bedürftiges, monographisches Werk über Holbein (2 Thle. 1866 und 1868)*) verdankt, der jetzt überhaupt in Holbein's Sachen die Hauptstimme führt, die wir daher auch hauptsächlich zu berücksichtigen haben werden, — vertrat im ersten Theile seines Werkes noch die Aechtheit des Dresdener Bildes nach seinem Hauptbestande, d. i. Conception des Ganzen, Madonna und Kind, nur dass er bemerktermaassen schon damals »die ganze untere Gruppe und sämmtliches Beiwerk« entschiedener als seine Vorgänger einem Gehülfen Holbein's zuwies. Nachdem ihm aber jene, im Anhange des zweiten Theiles seines Werkes (1868) von ihm publicirten Entdeckungen einen Verdacht erweckt, der, von Wornum unabhängig, doch in dessen Auffassung hineintrat, fand er sich veranlasst, neue Vergleiche beider Bilder anzustellen, die ihn zu neuen, ihm überzeugend scheinenden Verdachtsgründen führten, wonach er sich an verschiedenen Orten [s. die Acten] entschieden für die Unächtheit des ganzen Dresdener Bildes ausgesprochen hat. Und mit der Aechtheit schwand ihm zugleich mehr und mehr der Zauber der Schönheit unsers Bildes. Niemand vor ihm hat die Schönheit der Dresdener Madonna (ohne der Darmstädter dabei etwas zu vergeben) anziehender und begeisterter geschildert als er. Sie war ihm ächt: »die höchste Verklärung deutscher Weiblichkeit, eine Erscheinung, die in jedes deutsche Herz sich eingeprägt hat . . . eine Erscheinung ganz Licht und Klarheit . . . voll unaussprechlicher Milde und Holdseligkeit . . . mit einem Kopf von entzückender seelenvoller Lieblichkeit«; und beim ersten Auftreten des Verdachts erklärte er sie doch noch für »zu schön«, um sie für unächt zu halten. Nun, nachdem er sie entschieden für unächt hält, ist sie ihm zwar noch »schön, aber doch modernisirt und etwas verweichlicht«. Und in Betreff der Proportionen des Bildinhaltes hat sich seine frühere Ansicht von dem Vorzuge des Dresdener Exemplares vor dem Darmstädter jetzt ins entschiedene Gegentheil verkehrt. Das Dresdener Bild ist ihm nach Allem jetzt in wesentlicher Einstimmung mit Wornum eine, etwa 100 Jahr nach der Entstehung des Darmstädter Originals in den Niederlanden veranstaltete, Copie desselben.

---

*) Von diesem Werke ist jetzt eine englische Uebersetzung (bei Bentley in London) im Erscheinen begriffen, doch, so viel ich habe in Erfahrung bringen können, noch nicht wirklich erschienen, worin nach einer, mir durch Woltmann selbst zugekommenen, Notiz der Artikel über unsere Madonna gänzlich umgearbeitet und sehr erweitert ist. Es würde zu bedauern sein, diesen Artikel, welcher unstreitig die neuern Ansichten Woltmann's über die Aechtheitsfrage unsers Bildes enthält, hier nicht haben benutzen zu können, wenn nicht dieselben neuerdings auch von ihm in der Südd. Presse und in der Nationalzeitung dargelegt worden wären, worauf man folgends Bezug genommen finden wird.

Kinkel (Professor im Kunstfache zu Zürich) *) hat in einer Anzeige der Holbein-Monographieen von Woltmann und Wornum in Lützow's Zeitschr. (1869) ihren Schlüssen auf die Unächtheit des Dresdener Exemplares eine noch strictere Fassung zu geben versucht, und der als gründlicher Kenner und Mitverfasser eines der schätzbarsten Werke über italienische Kunst anerkannte C. (Crowe) **) in den Grenzboten (1869) ist ihm, nach Untersuchung des Darmstädter Bildes auf der Münchener Ausstellung, mit einigen noch mehr verschärfenden Gründen beigetreten; doch sprechen sich beide, K. und C., nicht mit ganz gleicher Entschiedenheit als Wornum und Woltmann aus, und namentlich provocirt C. hinsichtlich einer definitiven Entscheidung auf die künftige Zusammenstellung beider Exemplare. Auch ihm aber gilt das minder ächte Exemplar als das minder schöne.

Endlich hat Bruno Meyer ***) in den Hildburghausener Ergänzungsblättern zur Kenntniss der Gegenwart (1870), indem er die neue Ansicht Woltmann's sammt allen Schlüssen desselben wesentlich acceptirt, und durch eine Bemerkung J. Lessing's über den Charakter der Abänderungen im Teppich des Dresdener Bildes verstärkt, sich nur noch viel schroffer über die artistischen und ästhetischen Nachtheile des Dresdener Bildes gegen das Darmstädter als alle seine Vorgänger ausgesprochen, wobei ihm natürlich zu Statten kam, dass seine Ansicht als keine Umkehr einer früheren Ansicht erschien; sie ist in der neuen Atmosphäre gleich aufgewachsen.

---

*) Verfasser einer »Geschichte der bild. K. bei den christl. Volkern von Anfang unsrer Zeitrechnung bis zur Gegenwart 1845.«

**) Grossbrit. Generalconsul in Leipzig; auch selbst Künstler.

***) Kunstschriftsteller, von welchem meines Wissens die mit B. M. unterzeichneten Artikel in v. Lützow's Zeitschr. herrühren.

Und so schliesst sich denn der Enthusiasmus der früheren Jahrhunderte für das Dresdener Bild in seinem Urtheile über dasselbe wie folgt ab: »Der Dresdener Madonnakopf ist eben keine originale, gewollte und bewusste Neuschöpfung, sondern eine simple Verflachung des Originaltypus, wie sie von einem Künstler zu erwarten wäre, dem der Sinn für die seelenvolle Milde und sanfte Erhabenheit, die keusche Strenge und den sinnigen Zauber des Idealkopfes, mit einem Wort für die Grösse und Tiefe der hohen Kunst abginge, und dem von allen Kunstcharakteren derjenige der geläufigste und allein handgerechte wäre, den die Franzosen »le mignon« nennen. Der Kopf ist, wie Kugler schon längst bemerkt hat, modern und weltlich ist er dazu, nur in dem Moment einer religiösen Anwandlung, nicht ohne Reminiscenzen an die Süssigkeit des weltlichen Treibens, erfasst. Gegen die grandiose Feierlichkeit und die ächt religiöse Weihe des Darmstädter Kopfes kommt er im Entferntesten nicht an. . . . Das Dresdener Bild ist ohne alle Frage spätere Copie, ohne einen Strich von Holbein's Hand, und, setzen wir hinzu, eine sehr mässige Copie«. — Hiezu Ausführungen, die man in den Acten nachlesen kann und folgends mit berücksichtigt finden wird.

Diesen Anfechtungen gegenüber finde ich, seit der Erschütterung, welche die Ansicht von der Aechtheit des Dresdener Bildes durch Wornum und Woltmann erfahren, die Aechtheit desselben nur von v. Zahn in einem mir privatim mitgetheilten handschriftlichen Exposé, das ich auszugsweise im Archiv f. zeichn. K. wiedergegeben, von Ernst Förster in einem Aufsatze der Augsb. Allg. Zeitung und von Karl Förster*) in den Dioskuren mit Entschiedenheit in Schutz genommen, wozu mir noch schriftliche Aeusserungen von H. Grimm, Th. Grosse und J. Hübner in gleichem Sinne zu Gebote stehen, die man wörtlich unter den Acten finden wird. Der stillen und mündlichen Vertheidiger desselben giebt es freilich noch viele.

Das Darmstädter Bild anlangend, so hat seit derselben Zeit, abgesehen von den, von Mehreren bemerkten Retouchen (vergl. S. 13) Karl Förster mit einer Entschiedenheit, welche der Entschiedenheit der Gegner des Dresdener Bildes nichts nachgiebt, die ganze Ausführung des Darmstädter Bildes für unächt und Holbein's unwerth erklärt, und Ernst Förster einige Theile desselben (Kinderhände und Füsse) aus gleichem Grunde auf Rechnung eines Gehülfen geschrieben. Inzwischen, da sich K. Förster doch nicht abgeneigt zeigt, den Entwurf und die Untermalung des Darmstädter Bildes allenfalls noch für Holbein's Werk gelten zu lassen — die Ausführung freilich soll 80 bis 100 Jahre später von einem weit geringeren Künstler herrühren — und E. Förster den ganzen Hauptbestand des Bildes nicht nur unangetastet lässt, sondern entschieden Holbein'n vindicirt, so darf man sagen, dass, mindestens so weit öffentliche Stimmen reichen, kein gleich entschiedener Gegner der Aechtheit des Darmstädter Bildes als des Dresdener mehr übrig ist. E. Förster insbesondere denkt sich's so: »Das Darmstädter Bild ist das ursprüngliche, unmittelbar nach der Natur gemalte. Während der Ausführung desselben erkannte Holbein das die Wirkung des Bildes Beeinträchtigende in der Anordnung, begann es von Neuem mit Hülfe des ersten und seiner Studien (die sich im Baseler Museum finden) und überliess die Vollendung des ursprünglichen Gemäldes andern Händen, vielleicht auch in seiner Werkstatt«.

Um endlich noch ein paar Worte von unserer eigenen Stellung zur Frage zu sagen, so bin ich den Verhandlungen darüber aufmerksam gefolgt, habe das, was bis zur Münchener Ausstellung darüber vorlag, in meiner historischen Abhandlung im Naum. Weig. Archiv mit berücksichtigt, im vorigen Jahre eine Uebersicht über die Frage in den Grenzboten gegeben und mich, wie noch jetzt geschieht, nach Zusammenfassung aller Gründe, für die überwiegende Wahrscheinlichkeit der Aechtheit beider Exemplare erklärt. Eine abschliessende Entscheidung aber zu fällen lehne ich überhaupt ab, da ich noch keine hinreichenden Unterlagen dazu finde.

---

*) Herzogl. Rath in Meiningen, Kunsthändler, Kunstauctionator und Kunstrestaurator, hat neuerdings ein Schriftchen gegen Pettenkofer's Restaurationsmethode, früher ein andres kleines Schriftchen »Reflexionen über Gemäldegallerien« (1866) geliefert.

IV. Die Widersprüche zwischen den Kennern.

Bevor wir die Streitpunkte nach unserer Weise zu ordnen versuchen, sehen wir uns erst das Getümmel derselben etwas an. Giebt es gar nichts Festes, allgemein Zugestandenes, wovon in der Frage auszugehen? Man möchte sagen: nein. Durchlaufen wir in dieser Beziehung die Urtheile der Kenner über die verschiedenen Punkte, die bei der Frage in Betracht kommen, mit dem Allgemeinsten beginnend und zum Speciellsten fortschreitend. Es ist nöthig, um eine Ansicht von dem Stande der Frage überhaupt zu gewinnen, bevor man näher in sie eingeht.

Woltmann hat schon zu der Zeit, da er das Dresdener Exemplar nach seinem Hauptbestande noch für ächt hielt (in seinem Holbein) erklärt, dass er, frisch von Basel nach Darmstadt kommend, »die vollste Uebereinstimmung« des Darmstädter Bildes »im Ganzen und Einzelnen« mit den in Basel befindlichen Holbein'schen Bildern gefunden habe, welche »das Dresdener Gemälde nicht entfernt in einem solchen Grade zeige« und nach erfolgter Wendung unter Mitbeziehung auf seine spätere Untersuchung des Darmstädter Bildes in der Münchener Ausstellung (südd. Pr.): »er habe jedes der beiden Werke zu wiederholten Malen gesehen und geprüft, und es sei ihm zur

Gewissheit geworden: das Darmstädter Bild habe alle Eigenschaften des Originals, das Dresdener nicht.« Nicht minder erklärt Br. Meyer, er habe in Dresden und München »unter Assistenz namhafter Kunstkenner — in München Woltmann's selbst — beide Bilder so kurz hinter einander, so lange und häufig, unter so günstigen Umständen und mit einem solchen Reichthum von Einzelbeobachtungen und von Notizen versehen, gründlich untersucht, wie noch Niemandem vorher Gelegenheit dazu geboten war«, und den Schluss, den er daraus zieht, das Darmstädter Bild sei ein werthvolles Original, das Dresdener Bild ohne alle Frage spätere Copie, ohne einen Strich von Holbein's Hand« haben wir [S. 28] gelesen.

Hiegegen hören wir Karl Förster: »Wenn bei oberflächlicher Betrachtung das Darmstädter Bild eine grosse Aehnlichkeit mit Holbein zeigt, verschwindet dieselbe immer mehr vor dem schärfer prüfenden Blicke, dergestalt, dass man am Schluss seiner Untersuchung höchstens zugeben kann, dass es von Holbein entworfen und untermalt, für welche Annahme einzelne Merkmale und Züge im Bilde sprechen, in keinem Falle aber von ihm ausgeführt worden. Dieser Ausspruch meinerseits ist das Ergebniss einer gewissenhaften, ins kleinste Detail vorgenommenen, vorurtheilsfreien Prüfung des Bildes auf Grund meiner sehr intimen speciellen Kenntniss des Meisters, keine Hypothese, sondern eine auf innerster, fester Ueberzeugung beruhende Behauptung, welche ich im Folgenden mit Gründen belegen werde. Viele meiner Fachgenossen, die ersten Kunstautoritäten, sind von derselben Ansicht durchdrungen, lauter Männer von tüchtiger Sachkenntniss und reicher, gereifter Erfahrung. Holbein einen grössern Antheil an dem Bilde, oder es ihm gar vollständig zuschreiben, heisst, ihn nicht kennen.« Gegentheils »führt das Dresdener Bild so ausgesprochen des grossen Meisters Kunstweise und Geistesart in seiner Totalität sowohl als in seinen minutiösesten Einzelnheiten vor Augen, dass nur Unbekanntschaft mit den Werken Holbein's oder die eitle Sucht, eine abweichende Meinung aufzustellen, die Originalität des Bildes angreifen könnte. Niemandem, der den Künstler wirklich kennt, wird es in den Sinn kommen, da, wo die Wahrheit fast greifbar uns entgegentritt, mit Hypothesen und in der Luft schwebenden Annahmen gegen eine Gewissheit, eine feststehende Ueberzeugung kämpfen zu wollen.«

Wornum sieht wie **Woltmann** im Darmstädter Bilde »eins der am besten und charakteristischsten colorirten Werke Holbein's«, wogegen nach **Schäfer's** Bericht der Dresdener Maler **Grüder**, »der das Dresdener Bild zweimal copirt, die Werke des Vaters Holbein und seiner Söhne, unsers Hans und seines Bruders Ambrosius Holbein, studirt, und mit den Vorkenntnissen, die ihm das Studium des Dresdener Bildes gewährt, sich nach Darmstadt begeben, um das dortige Bild einem gleichen Studium zu unterwerfen, sich unmassgeblich dahin ausgesprochen hat, »dass das Darmstädter Bild nicht von Hans Holbein's des Jüngern Hand sein kann, dass es auf jeden Fall eine mehr als Replica behandelte Copie sei, deren Colorit und Pinselführung übrigens sehr an Ambrosius Holbein erinnern, aber möglicherweise unter den Augen des Hans Holbein gemalt sein dürfte« gegen welches Urtheil sich Woltmann in starken Aeusserungen ergeht*), aber damit nicht hindert, dass auch K. Förster neuerdings nichts von dem Charakter und den Vorzügen von Holbein's Malweise im Darmstädter Bilde wiederfindet.

Kugler findet die Malweise des Dresdener Bildes nach gewissen Beziehungen, H. **Grimm** in gewissen Theilen, **Wornum** überhaupt abweichend von Holbein, K. **Förster** findet sie überhaupt übereinstimmend mit Holbein.

Nach den Beurtheilungen von **Waagen**, **Wornum**,

---

*) »Herr Grüder hat das wahrscheinlich gesprächsweise und ohne weiteres Nachdenken hingesagt, ohne zu wissen, dass er öffentlich als Gewährsmann citirt werden würde. Nur so erklärt es sich, wenn dergleichen behauptet wird mit Beziehung auf die drei ziemlich unbedeutenden, ganz gefälligen, aber flachen und etwas trüben kleinen Bilder von Ambrosius. Ich erkläre es für unmöglich, dass ein kunstempfänglicher Blick nach wirklicher Prüfung hier eine Aehnlichkeit mit diesem coloristischen Meisterwerk finden kann. Wäre Herrn Schäfer das Bild in Darmstadt so wie die Bilder in Basel bekannt, er würde sich hüten, etwas ebenso Keckes wie Grundloses auszusprechen« (Woltmann's Holbein I. S. 322).

Woltmann, **Br. Meyer** sollte man jedenfalls meinen, dass die Farbentechnik in beiden Bildern sehr verschieden wäre, indess **Th. Grosse** sie in der Hauptsache [s. die Acten] in beiden Bildern übereinstimmend findet.

Waagen (ein. Bem.) nimmt für das Dresdener Bild die Aehnlichkeit seines Colorits mit demselben Holbein'schen Bildnisse des Bonifacius Amerbach als charakteristisch in Anspruch, womit **Wornum** (p. 164 seines Werks) vielmehr die Aehnlichkeit des Darmstädter bezeichnend findet. **v. Zahn** lässt die Schlüsse, die man aus dem bräunlichen Tone des Darmstädter Bildes für seine vorzugsweise Aechtheit vor dem Dresdener gezogen, überhaupt nicht gelten, da dieser Ton wesentlich von dem verdunkelnden Firniss abhänge.

Algarotti rühmt 1751 die »Wahrheit des Colorits« im Dresdener Bilde, und findet »Teppich, Gewänder, Ornamente« so ausgeführt, »dass eins dieser Nebendinge allein hinreichen würde, jedwedes Gemälde werthvoll zu machen«. Hiegegen findet **Meyer** (1870) die Stoffe in demselben Bilde »unklar und unbezeichnend gemalt« und den Teppich »wirklich elend ausgeführt«. **Fr. v. Schlegel** erfreut sich (1802) an dem »einfachen reinen Farbenaccorde« in dem Bilde als »Abdruck von Holbein's eigener Kraft und Männlichkeit«, indess nach **Meyer** »das Ganze den schwächlichen Eindruck eines Pastellbildes macht und die Harmonie fehlt, die das Original auszeichnet«. Der alte Kunstkenner **Walpole** findet (1762) das Colorit des Dresdener Bildes »unbeschreiblich schön«, insbesondere »in der Carnation desselben jenen blühenden Schmelz (that enamelled bloom), der Holbein so eigenthümlich sei,« und nach **K. Förster** theilt es »die blendend klare leuchtende Farbe« der andern Bilder Holbein's; wogegen **Meyer** die Farbe »trocken, staubig, kreidig« nennt, **Hirt** aber von den übrigen Vorzügen des Bildes den etwas »geleckten Pinsel« ausnimmt, welcher »dem Werke viel von dem Freien und Leichten benehme.« Hiegegen wieder findet **K. Förster** »die leichte, fast hingehauchte Touche Holbein's« in dem Bilde, nachdem schon früher **Algarotti** die von Hirt getadelte Behandlung unter den Vorzügen des Bildes aufgeführt, und Schäfer das Bild gegen Hirt's Tadel verwahrt hat.

Kugler findet die coloristische Behandlung des Darmstädter Bildes der Epoche von Holbein's künstlerischer Thätigkeit um 1529 entsprechend; Wornum geht weiter damit zurück, indem er sie für die Zeit um 1526 in Anspruch nimmt, Woltmann noch weiter, indem er sie ganz den letzten Jahren vor Holbein's erster Reise nach England um 1526 entsprechend hält, und v. Zahn noch weiter, indem sich nach ihm der Gesammteindruck des Colorits des Darmstädter Bildes auf das Engste an die Farbenwirkung von Holbein's Jugendarbeiten in Augsburg und München anschliesst, welche bekanntlich mit 1516 endigten. Das Dresdener Bild setzt Woltmann nach seiner Malweise nach 1529, Waagen entschieden vor 1529, etwa 1524 oder 1525; Schäfer glaubt es sogar (sicher unrichtig) bis vor 1521 datiren zu können.

Sonst alle Welt, selbst Wornum, findet die Proportionen des Bildinhaltes im Dresdener Bilde vortheilhafter als im Darmstädter, nur Woltmann und Bruno Meyer umgekehrt; Woltmann selbst fand sie früher vortheilhafter, jetzt umgekehrt.

Kugler findet beim Dresdener Bilde zwar Holbein's Hand in den Nebenfiguren, weniger aber in der Madonna mit dem Kinde wieder; Waagen und v. Zahn gerade umgekehrt. Grosse beantwortete meine Frage, ob man Grund habe, die Nebenfiguren im Dresdener Bilde nach ihrer Malweise Holbein abzusprechen, mit einem entschiedenen Nein.

Nach Hübner und v. Zahn ist der Künstler beim Uebergange vom Darmstädter zum Dresdener Exemplare in der Darstellung der Madonna sich selbst übertreffend und verbessernd zum Gipfel deutscher Malerkunst heraufgestiegen, nach Wornum und Meyer der Copist darin unter den ursprünglichen Künstler tief herabgestiegen. Wornum findet die Dresdener Madonna überhaupt zu schwach, um sie Holbein zuzutrauen, Woltmann fand sie früher zu schön, um sie Holbein nicht zuzutrauen, und findet sie jetzt minder schön, nachdem er sie Holbein nicht mehr zutraut.

Wornum rechnet den Ausdruck des Christkindes solidarisch mit dem der Madonna zu den grössten Schwachheiten des Dresdener Bildes und findet viel mehr Charakter in den Köpfen beider im Darmstädter Bilde; wogegen v. Zahn »eine gewisse Flauheit und Mangel an individuellem Ausdrucke« im Christkinde des Darmstädter Bildes findet, und Grosse den Kopf der Darmstädter Madonna und des Kindes »technisch weit weniger sicher vorgetragen«, ja, so viel er sich erinnert, »etwas verschwommen zusammenlasirt« findet.

Woltmann lässt uns unter sehr allgemeiner Zustimmung die Portraitköpfe sämmtlicher Nebenfiguren in dem Darmstädter Bilde als von ausdrucksvollster Lebendigkeit, »treffender Schärfe und Feinheit« gegenüber denselben Köpfen im Dresdener Bilde bewundern, in welchem sie nach ihm unter Br. Meyer's besonderer Zustimmung alle »leblos und hart im Vergleich«, »trocken und hölzern erscheinen«, wogegen Algarotti vor Zeiten einen italienischen Maler vor den trockenen und hölzernen Köpfen des Dresdener Bildes ausrufen hörte: »das ist Leben, wir malen nichts als Masken,« und K. Förster sagt: »die Köpfe [im Darmstädter Bilde] sind von sehr materieller Auffassung, ohne die feine Charakteristik Holbein's und ohne sein künstlerisches Verständniss.« Grosse andererseits »glaubte den Portraitköpfen im Darmstädter Bilde anzusehen, dass dieselben vor der Natur, manchmal nicht ohne Mühe, gemalt sind«, indess sie im Dresdener Bilde »sämmtlich sicherer und ruhiger, aber auch etwas kälter und glätter als im Darmstädter gemacht seien,« und findet im Kopfe des Bürgermeisters sogar »formlose« Stellen, wie auch K. Förster diesen Kopf »in der malerischen Behandlung durch den grossen Aufwand von Mitteln für die Modellirung von Holbein's grosser Einfachheit abweichend« findet.

Woltmann sagt: »Eben so wie die meisten Köpfe sind im Darmstädter Bilde auch die Hände sprechender und lebensvoller. Die Behandlung der Hände ist überhaupt stets ein Prüfstein für Holbein. Gerade in dieser Hinsicht besteht das Dresdener Exemplar am wenigsten«, und er führt dies weiter in der unten angemerkten Weise aus. *) Wogegen Grosse auf meine ausdrückliche Frage, ob er die Frauenhände im Dresdener Exemplar »unvollkommener« als im Darmstädter gemalt finde, wieder mit einem entschiedenen »Nein« antwortete, und in seiner schriftlichen Notiz sagt: »geradezu schwach und leer ist die Hand der [Darmstädter] Madonna;« K. Förster aber sich äussert: »die Hände [auf dem Darmstädter Bilde] zeigen weder das Gefühl für Naturwahrheit noch die feine Durchbildung Holbein's.«

v. Zahn nennt überhaupt »sämmtliche Hände und Füsse im Darmstädter Bilde vollendet schön und durchgebildet« und insbesondere »den rechten Fuss des Christkindes mit einem im Dresdener Bilde fehlenden Hautfältchen**) ein Wunder von Naturwahrheit« und auch Woltmann rechnet (Südd. Pr.) die Füsschen des Christuskindes überhaupt zu den vorzüglich preiswürdigen Theilen des Darmstädter Bildes. Hiegegen erklärt E. Förster: »die linke Hand des unteren nackten Kindes [in diesem Bilde] sei viel zu gross und auch sonst verzeichnet (so dass sie sechs Finger zu haben scheine), ***) ganz ausser Verhältniss und sehr verzeichnet auch beide Händchen des oberen Kindes, und sein rechter Fuss geradezu ein Klumpfuss«, Verstösse, die sich nach ihm im Dresdener Bilde nicht finden, und seine Ansicht, dass diese Theile dort von der Hand eines Gehülfen herrühren, begründen. Nun aber, nach dem E. Förster das rechte Füsschen des oberen Kindes im Darmstädter Bilde einen Klumpfuss nennt, ohne das linke anzutasten, nennt K. Förster

---

*) »Selbst wenn kein zweites Exemplar vorhanden wäre, müssten deswegen Zweifel gegen Holbein's eigenhändige Ausführung entstehen. Man erkennt den Meister stets an der unvergleichlichen Feinheit, mit welcher er Frauenhände aus den Manschetten hervorschauen lässt. Die Hand des jungen Mädchens im Dresdener Bilde ist aber von solcher Feinheit weit entfernt. Jedem künstlerisch gebildeten Auge wird es unmöglich scheinen, dass derselbe Künstler die Hände auf diesem Gemälde und dem daneben hängenden Portrait des Morret gemalt, mag letzteres gleich später fallen. Es könnte für die Madonna keine gefährlichere Nachbarschaft geben.«.

**) Mir scheint dies, nicht an der Sohle sondern über dem Knöchel zu suchende, Fältchen im Dresdener Bilde nur schwächer ausgedrückt.

***) Vergl. hierüber S. 44.

»das rechte Füsschen des Kindes meisterhaft gemalt, das linke dagegen stümperhaft in Zeichnung und Ausführung.*) Und leider muss man zu letzterem kleinen Beispiel, was zwischen zwei Kunstkennern spielt, fügen: ex ungue leonem, d. h. aus dem Nagel der Kunstkritik am Füsschen des Kindes kann man den ganzen Löwen derselben erkennen, und zwar einen Löwen, der sich selbst zerreisst.

Von Woltmann wird dem Copisten des Darmstädter Bildes schliesslich doch zugestanden (Südd. Pr. u. Nat.-Ztg.), dass er »ein Künstler voll Geist, Geschmack und Verständniss des Vorbildes«, ein Künstler »voll grosser Einsicht und vielem Geschick« war, »der sich in der Behandlung dem Vorbilde mit möglichster Treue anbequemte und selbst wo er änderte, nicht aus der Rolle fiel«; der aber freilich nach Wornum, und doch wohl auch nach Woltmann, aus »blossem Ungeschick« aus dem lächelnden Kinde des Originales ein kränklich aussehendes gemacht hat, der nach Woltmann (doch wohl aus mangelnder Einsicht) die Kleiderfarbe der Madonna verwechselt und ein gründliches »Missverstehen« der architectonischen Verhältnisse bewiesen hat, der nach Kugler, Woltmann und Meyer (doch wohl aus mangelnder Treue) den Charakter der Madonna modernisirt hat, der (doch wohl aus mangelndem Geiste) die charakteristisch lebendigen Portraitköpfe des Darmstädter Bildes verhältnissmässig trocken und hölzern wiedergegeben hat, der (doch wohl aus Geschmacklosigkeit) die Proportionen des Originals »in der Absicht sie zu verbessern« »verschlechtert« hat, und nicht frei von »Zopfigem« ist; wonach allerdings schwer zu sagen ist, wie daneben noch Geist, Geschmack, Verständniss des Vorbildes, Einsicht, Geschick und Treue eine rühmende Erwähnung finden konnten; daher denn auch Br. Meyer, durch keine Pietät gegen ein früher hochgestelltes Werk mehr gebunden, sich aller jener lobenden Beiworte für den Künstler desselben enthält.

---

*) Der Widerspruch löst sich nicht dadurch, dass etwa das objectiv rechte Füsschen des Kindes für den Beschauer links sei, und hiernach nur die Bezeichnung desselben Füsschens sich bei beiden Beurtheilern widerspreche, sondern nach der Stellung, welche das Kind im Bilde hat, ist das Füsschen, was für das Kind das rechte ist, auch für den Beschauer rechts. Ob nicht der eine Beurtheiler eine Verwechselung in der Erinnerung bei der Niederschrift begangen, lässt sich freilich nicht beurtheilen; doch braucht man es bei den übrigen Widersprüchen nicht eben vorauszusetzen.

Nun hat man gut sagen: das war müssig, die widersprechenden Stimmen roh neben einander aufzuzählen; vielmehr galt es von vornherein, die Urtheile kritisch zu sichten, und sich an die besten Autoritäten und besten Gründe zu halten, die schlechten aber gar nicht zu beachten. Ja, wenn man uns nur auch das Princip zu dieser Sichtung gäbe. Keine der vorigen Autoritäten lässt die andere weiter gelten, als sie selber mit ihr übereinstimmt, d. h. eben nur sich selber gelten, und wo ist die Autorität, die zwischen allen entscheidet? Und was die Gründe anlangt, so ruhen sie grossentheils in Aperçus, von denen unstreitig die einen triftiger als die andern sind, ohne doch auf objectiv überzeugende Merkmale gebracht werden zu können, und mithin ohne andere Mittel des Verlasses als eben die Autorität, auf die sie sich zu stützen haben, darzubieten.

Ziehen wir den Ausdruck der eigenen Sicherheit in Betracht, so hätten wir vor Allen Woltmann, Br. Meyer und K. Förster zu vertrauen; aber sie halten sich in der Kraft ihrer entgegengesetzten Ueberzeugung nur die Waage. — Nach rein äusseren Gründen anderseits hätten wir vor Allen Wornum's und Woltmann's Urtheil zu bevorzugen. Sie, die Holbein-Monographen, hatten mehr als alle andern Gelegenheit und Beruf, Holbein's Compositions- und Malweise kennen zu lernen, und Br. Meyer behauptet wenigstens, sich unter den günstigsten Verhältnissen der Beurtheilung befunden zu haben; aber auch K. Förster behauptet es, und kann sich auf seine Berufsthätigkeit dabei stützen [vergl. S. 29 Anmerk.], und v. Zahn darf es mindestens so gut als irgend jemand behaupten. Und was lässt sich für ein Gewicht auf die günstigsten Umstände und den grössten Fleiss der Untersuchung legen, wenn nicht die Gewähr geboten ist, dass sie unbefangen statt aus einem vorgefassten Gesichtspunkte, um zu finden, was man finden will, angestellt ist; der Verdacht aber, dass dies bei Wornum's, Woltmann's, Meyer's, wie K. Förster's Untersuchung mehr oder weniger der Fall gewesen, erwächst daraus, dass jeder derselben nur Gründe nach einer Seite findet, dem Zweifel, der in dieser Frage eine so grosse Rolle zu spielen hat, keinen Raum lässt, und das Aechtheitsurtheil in einer Weise mit vom Schönheitsurtheil abhängig macht, welche einer sachgemässen Auffassung der Frage widerspricht. Dazu noch der starke Widerspruch eines Künstlers, wie Grosse, der auch das Seine gethan, dem Vergleiche beider Bilder möglichste Sicherheit zu verleihen, betreffs der Malweise derselben gegen die Vorigen [s. die Acten] und das Uebersehen der Retouchen durch Woltmann und Meyer. — Ziehen wir endlich die Autorität der Namen in Betracht, ist etwa Waagen, der auf Grund einer früheren sorgfältigen vergleichenden Untersuchung mir noch kurz vor seinem Tode auf gelegentliche Veranlassung brieflich bezeugt hat, dass er an der Aechtheit des Hauptbestandes des Dresdener Bildes festhalte, weniger als Woltmann und Wornum zu hören? Ja was giebt uns bei Woltmann die Gewähr, dass er dem Dresdener Bilde jetzt richtiger die Autorschaft unsers Holbein abspricht, als er früher den Augsburger Bildern solche zugesprochen hat.

So unfruchtbbar nach Allem die vorige Zusammenstellung an positivem Resultate ist, kann sie doch einen doppelten Nutzen haben, wenn man ihn nur daraus ziehen will: erstens, Vorsicht zu lehren, nicht gleich für ausgemacht in unserer Frage zu halten, was als ausgemacht von dieser oder jener Seite proclamirt wird, zweitens auf Punkte aufmerksam zu machen, welche bei der Zusammenstellung beider Exemplare hauptsächlich ins Auge gefasst sein wollen, sofern sie nach dem Streite unterliegen.

Für uns aber wird sie den besonderen Nutzen haben, dass wir in der folgenden Discussion der in unsere Frage einschlagenden Punkte leichter werden über die hinweggehen können, welche noch viel zu streitig sind, um für die Entscheidung bis jetzt ins Gewicht zu fallen. In Betreff mancher Punkte wird sich doch eine Kritik üben lassen; und so weit wir es vermögen, werden wir es versuchen.

V. Allgemeinere Verhandlung. Artistische und ästhetische Gründe.

Die Gründe, welche bei der Aechtheitsfrage in Betracht kommen, sind theils äussere, insbesondere historische, theils innere, d. i. aus der Betrachtung und Vergleichung beider Bilder selbst zu entnehmende. Hierunter sind die historischen, ohne bei ihrer Lückenhaftigkeit und widerspruchsvollen Beschaffenheit etwas Durchschlagendes zu enthalten, doch von besonderer Wichtigkeit und mit Sorgfalt zu behandeln, weil sie neuerdings einseitig gegen das Dresdener Exemplar gekehrt worden sind, während man nach gründlicher Untersuchung zu sagen hat, dass sie zwar Momente des Verdachtes dagegen enthalten, die aber durch günstige Momente compensirt, wenn nicht überwogen werden. Unter den inneren Gründen giebt es solche, welche ziemlich entscheidend für die Priorität und hiemit Aechtheit des Darmstädter Bildes sind, ohne gegen die des Dresdener zu beweisen. Im Uebrigen lassen sich aus den inneren Gründen nur Wahrscheinlichkeitsschlüsse ziehen.

Die historischen Gründe werde ich im folgenden Abschnitte, da es nicht wohl anders thunlich ist, ungetrennt bezüglich beider Exemplare behandeln, dann aber mit Rückbezug darauf jedem Exemplare seinen besondern Abschnitt widmen. Zuvor jedoch gilt es och, sich in Betreff einiger, wegen ihrer widerspruchsvollen Beschaffenheit schon im Vorigen zur Sprache gekommenen, Gründe, welche eine Hauptrolle in unserer Frage gespielt haben, vollends abzufinden, um einer späteren eingehenden Berücksichtigung derselben überhoben zu sein, d. i. der von der Malweise entnommenen und der ästhetischen Gründe.

Was die von der Malweise zu entnehmenden Gründe anlangt, so scheint es freilich von vorn herein natürlich, ihnen nächst den historischen Gründen die Hauptbeachtung zu schenken, und so ist es von fast allen Autoren, die sich mit unserer Frage beschäftigt haben, geschehen. In gewisser Weise lässt sich die Malweise eines Bildes mit der Handschrift eines Autors vergleichen; aus der Handschrift kann man den Autor erkennen und Karl Förster bezieht sich ausdrücklich auf diesen Vergleich. Aber wenn sich schon betreffs der Handschrift eines Autors auch irren lässt, so unterliegt die Beurtheilung der Malweise unserer Bilder in derselben Hinsicht wegen Zusammentreffens mehrerer Umstände noch viel grösserer Schwierigkeit. Zuvörderst erstreckt sich die Aechtheitsfrage von unsern Bildern man kann wohl sagen auf die meisten unter Holbein's Namen gehenden Bilder [vergl. S. 3], so dass schon aus diesem Grunde zweifelhaft werden kann, was als ächt Holbein'sche Malweise anzusehen; und nachdem früher das Dresdener Bild als unbezweifelt ächtes Hauptbild Holbein's galt, konnte es leicht geschehen, dass man gerade dessen Malweise als Hauptanhalt bei der Beurtheilung nahm. Dies möchte nach dem, was S. 32 angeführt worden, namentlich auf Grüder's Behauptung, dass das Darmstädter Exemplar zu Holbein's Malweise nicht stimme, anzuwenden sein; aber auch Karl Förster lässt uns bei der gleichen, nur noch entschiedeneren, Behauptung und der Berufung auf seine »sehr intime, specielle Kenntniss des Meisters« wichtige Zweifel, ob sie auf haltbareren Unterlagen ruhe. Förster selbst erwähnt, dass er »bei seinem zwölfjährigen Aufenthalte in Dresden das dortige Bild nach jeder Richtung hin gründlich studirt habe«, und so fragt sich, ob nicht die hieraus geschöpfte Ansicht von Holbein's Malweise seine späteren Urtheile über das, was diesem Künstler zuzurechnen, wesentlich mitbestimmt hat. Nun liess sich in einem, viele Bilder rasch durchlaufenden, Correspondenzartikel freilich nicht ausführen, auf welche weitere Basis der Verfasser seine intime Kenntniss Holbein's überhaupt gründet: was aber der Verfasser anführt, möchte eher geeignet sein, das Zutrauen zu schmälern als zu begründen.

Beim Durchlaufen der Ausstellung alter Bilder in München weist er nämlich auf das Epitaphbild mit dem Bürgermeister Schwartz, die Augsburger Bildnisse des Patriziers Mörz und seiner Frau und die männlichen Portraits im Besitze Suermondt's als Holbein'sche Werke mit der Erklärung hin, dass ein Meister, der diese Werke gemalt, unmöglich das Darmstädter Bild ausgeführt haben könne. Vom Schwartz'schen Epitaphbilde aber kann jetzt als entschieden gelten, dass es vielmehr dem ältern als jüngern Holbein angehört, und die Bildnisse von Mörz und Frau können nach Woltmann's Bemerkung *) schon wegen des historischen Grundes, dass sie laut Inschrift auf der Rückseite im J. 1533 gemalt sind, nicht von Holbein herrühren, da derselbe zu dieser Zeit »notorisch« (Woltmann) in England war. **) Auch stimmt mit Woltmann W. Schmidt ***) und Crowe †) überein (ob ganz selbständig oder durch Woltmann mitbestimmt?), dass diese Bilder nach ihrer Malweise nicht von Holbein herrühren können, ††), sondern Amberger zuzuschreiben sein möchten. Der historische Grund scheint jedenfalls zu genügen, die Mörz'schen Bildnisse unserm Holbein abzusprechen. Und nun ist es doch bedenklich, sie als Beispiele aufgeführt zu finden, woran man Holbein messen könne.

Wir müssen in der That gestehen, dass in dieser Beziehung die Urtheile von Wornum, Woltmann und Meyer, welche denen von Grüder und K. Förster am schroffsten widersprechen, keinen gleich bestimmten äusseren Verdachtsgründen unterliegen; aber nach den Bemerkungen S. 39 eben so wenig die Gewähr der Unbefangenheit bieten, und betreffs des Dresdener Bildes mit den Urtheilen von Waagen und andern Kennern in Conflict kommen, welche gleiches Zutrauen als sie selbst in Anspruch nehmen.

---

*) Südd. Pr. 1869. Nr. 185.

**) Allerdings hat man ein gewisses Datum auf eine Rückkehr Holbein's nach Basel im J. 1533 gedeutet, was aber nach His-Heusler's Bemerkung (die neuest. Forsch. über H. Holb. d. J. Geburt u. s. w. S. 15) allem Anschein nach eine andere Deutung fordert, und sonst nichts zur Unterstutzung für sich hat.

***) Lutzow's Zeitschr. 1869. S. 359.

†) Grenzboten. (1869 Nr. 40. S. 22.)

††) Sie sind — sagt Woltmann — sehr gelblich, übermassig warm im Ton, wirkungsvoll, aber ohne jene ausserordentliche Feinheit in Zeichnung und Durchbildung, welche Holbein zeigt — man braucht namentlich nur die Hände zu betrachten.« — Die andern Beurtheiler geben ihr Urtheil ohne Motivirung.

Eine andere, nicht minder wichtige, Schwierigkeit, welche sich mit der vorigen complicirt, liegt darin, dass Holbein sich in seiner Malweise nicht immer gleich geblieben ist, so dass man aus der Nichtübereinstimmung eines Bildes mit der Malweise gewisser ächt Holbein'scher Bilder nicht ohne Weiteres auf seine Unächtheit schliessen kann; es gälte, auf die Epoche seiner Entstehung Rücksicht zu nehmen; aber von den meisten Holbein'schen Bildern, die beiden Exemplare unsers Bildes eingeschlossen, ist die Zeit der Entstehung nicht genau bekannt, sondern wird vielmehr gemeinhin nach Anhalt an diese oder jene ihm sonst zugeschriebenen Bilder aus der Compositions- und Malweise zu bestimmen gesucht, wobei es nicht an starken Abweichungen zwischen verschiedenen Kennern fehlt [vergl. S. 34] und Cirkelschlüsse schwer zu vermeiden sind. Ueberhaupt aber ist die Untersuchung, wie und in welchen Grenzen die Holbein'sche Malweise variirt habe, bis jetzt weder erschöpft noch präcisirt.

Endlich fügt der alte gelbe Firnissüberzug, mit dem das Darmstädter Bild noch behaftet ist, und den es unstreitig mit vielen andern Holbein'schen Bildern theilt, während wieder andere davon befreit sind, zu diesen Schwierigkeiten noch eine Schwierigkeit mehr, indem der Eindruck des Colorits so wesentlich dadurch verändert wird, dass es schwer sein möchte, durch Abstraction davon den ursprünglichen Eindruck in der Vorstellung herzustellen.

Eine gründlich durchgeführte vergleichende Betrachtung der Malweise beider Bilder mit andern Holbein'schen Werken, welche den vorigen Schwierigkeiten und Gründen der Unsicherheit Rechnung trüge, liegt überhaupt noch gar nicht vor, sondern nur rhapsodische Vergleiche und mehr oder weniger unbestimmte, wenn schon bestimmt genug ausgesprochene, Aperçus, die mit einander streiten. Inzwischen wird die bevorstehende Zusammenstellung beider Bilder, da sie mit einer Zusammenstellung möglichst vieler andern Holbein'schen Bilder verbunden werden soll, Gelegenheit bieten, die Coloritfrage aus den angegebenen Gesichtspunkten genauer zu studiren, und durch die zugleich gebotene Gelegenheit für die Kenner, sich mit einander wechselseits darüber zu vernehmen, vielleicht zu einer grösseren Uebereinstimmung derselben als bisher führen. Und so ist es nur als Sache eines richtigen Tactes anzusehen, wenn manche Kenner, wie Crowe, ein endgültiges Urtheil bis dahin verschieben.

Wie die ästhetische Frage in die Aechtheitsfrage eingegriffen hat, ist in allgemeiner Weise im 3. und 4. Abschnitte besprochen worden, woraus man hat sehen können, dass nichts Andres dabei herausgekommen ist, als Widersprüche zwischen verschiedenen Zeiten, verschiedenen Autoren und selbst verschiedenen Zeiten desselben Autors. Meines Erachtens aber könnte selbst bei grösserer Uebereinstimmung über das Factische des Vortheils zwischen beiden Bildern, als wirklich stattfindet, nichts Erhebliches für die Entscheidung der Frage herauskommen, ob das eine Exemplar im Ganzen oder auch nach dem oder jenem Stücke zu gut für eine Copie von fremder Hand oder zu schlecht für ein Original von Holbein sei. Wenn ein Copist ein Werk mit Abänderungen copirt, und Abänderungen finden sich ja jedenfalls zwischen beiden Exemplaren, so wird er es natürlich im Sinne der Verbesserung zu thun suchen; und wenn schon es immer misslich für die Gegner des Dresdener Bildes bleibt, dass sie niemand aufweisen können, dem sie die Verbesserungen, die sich im Dresdener Bilde finden, zutrauen könnten, so ist doch weder schlechthin ausgeschlossen, — nur unwahrscheinlich — dass es einen solchen gegeben habe, auf den man nur nicht zu rathen weiss, noch ausgeschlossen, dass man das Factum der Verbesserungen selbst leugne, wie ja auch geschehen. Also ist schliesslich mit einer noch so festen Ueberzeugung von der Vortrefflichkeit des Dresdener Bildes nichts objectiv für seine Aechtheit gewonnen. Anderseits ist eben so möglich, dass ein Künstler zu einer von ihm selbst zu fertigenden Copie seines Bildes nicht mehr dieselbe Frische mitbringt, als zum ersten Werke, oder bei gesteigertem Triebe zur höhern Vollendung von Hauptsachen Nebensachen mehr vernachlässigt, nicht minder, dass die andre Bestimmung der

Copie oder Replik Anlass giebt, manche Theile nachlässiger zu behandeln, was Alles sich gar wohl auch bei unserm Bilde denken lässt. Also ist auch mit einer geringeren Vortrefflichkeit des Dresdener Bildes im Ganzen oder nach Theilen noch nicht für dessen Unächtheit im Ganzen oder nach Theilen ohne Weiteres entschieden. Wenn auch nur das untere Kind im Dresdener Bilde so gut gemalt ist, als im Darmstädter, und noch niemals habe ich in dieser Hinsicht das Dresdener dem Darmstädter nachgesetzt gefunden, so beweist diess hinreichend, dass der Künstler des einen Bildes dem des andern (mindestens betreffs der Ausführung) ebenbürtig, wenn nicht identisch damit ist; vollends, wenn man, wie in unserm Falle, noch dazu zugeben muss — und selbst Wornum giebt es wenigstens hinsichtlich der Proportionen, weit die Mehrzahl betreffs der Hauptfigur — zu, dass es in manchen andern Theilen das Darmstädter Bild übertroffen hat. Aber auch Theile eines Bildes wird man einem Künstler nicht desshalb absprechen dürfen, dass er darin unter den vollendetsten Leistungen geblieben, wodurch man ihn am liebsten charakterisirt, sondern nur dann, wenn man findet, dass er darin unter allen seinen sonstigen früheren und gleichzeitigen Leistungen geblieben. Auch in dieser Hinsicht kann vielleicht die Zusammenstellung der beiden Exemplare mit vielen andern Holbein'schen Bildern zur Entscheidung helfen. Mit fragmentarischen Vergleichen oder Vergleichen nach unbestimmter Erinnerung ist wenig, um nicht zu sagen, nichts gethan. Woltmann sieht von den Händen im Dresdener Bilde auf die Hände des Morrett daneben. Wären diess nun z. B. die bessten Hände, die Holbein gemalt, so müsste es auch noch geringer gemalte von ihm geben, und ob sie nicht gar im Darmstädter Bilde vielmehr schlechter als besser gemalt sind, als im Dresdener, ist ja nach den obigen Widersprüchen noch streitig. Nun fusst aber Woltmann, mit dem wir uns in diesem Felde der Frage hauptsächlich zu vernehmen haben, indess wir in Meyer nur dessen Echo wiederfinden, nicht blos betreffs der Hände, sondern überhaupt Seitens der innern Gründe vorzugsweise auf den ästhetisch-artistischen Vorzügen des einen Bildes vor dem andern. Was er im einen Bilde schlechter findet, als im andern, ist ihm nicht von Holbein. Umgekehrt findet er das schlechter, was ihm nach äussern Gründen nicht von Holbein scheint, auch wenn er es früher besser gefunden, da er es noch für Holbeinisch hielt, und zählt dann diese Schlechtigkeit mit zu den innern Gründen, es nicht von Holbein zu halten. Ich möchte Woltmann bei seiner gewiss aufrichtigen Stellung zur Frage nicht Unrecht thun, aber ich kann doch nicht umhin, hierin den Eindruck zu resumiren, den mir seine hieher gehörigen Gründe gegen die Aechtheit des Dresdener Bildes im Ganzen oder nach Theilen hinterlassen haben. Man möge aber selbst urtheilen. Betreffs der Madonna und der Nebenfiguren hörten wir ihn schon in früheren Abschnitten. Lassen wir ihn jetzt auch betreffs der Proportionen und Architectur sich aussprechen. Will man übrigens diese ganze Verhandlung mit ihm überschlagen, so wird man nichts dabei verlieren; ich selbst aber konnte sie bei dem Gewicht, was seine Stimme in Anspruch nimmt, und was er selbst auf diese Gründe legt, nicht überschlagen.

In seiner Holbein-Monographie (I. 1866) sagt Woltmann, die Aechtheit des Dresdener Bildes damals noch anerkennend und unter ausdrücklicher Erklärung (S. 317) seiner Beistimmung zu v. Zahn (S. 322): »Das Dresdener Exemplar ist offenbar das spätere; die Abweichungen in den Proportionen, namentlich im Verhältniss der architectonischen Umrahmung, stammen sichtlich daher, dass der Künstler das Darmstädter Bild vor Augen hatte, sich mit kritischem Blicke frei über dasselbe stellte und klar empfand, in welcher Hinsicht es zu verbessern war.« Er führt diess (S. 318) dahin aus: »Die Tragsteine, hier [im Darmstädter Bilde] viel schwerer und massiger geformt, setzen unmittelbar über den Häuptern der unten Knieenden an, ja zur Rechten schneidet der Kopfputz der Frau schon in den einen hinein, während im Dresdener Bilde die Pfeiler, von welchen die Tragsteine ausgehen, noch um eine Kopfhöhe sichtbar sind. Im Darmstädter Bilde beginnt die Wölbung der Nische in der Höhe von Maria's Schultern und schliesst ganz dicht über ihrer Krone, während sie im Dresdener erst in der Höhe ihres Kinnes anfängt und dann oben bis zum Scheitel des Bogens noch ein bedeutender Raum bleibt. Die ganzen Verhältnisse werden durch diese wohlberechnete Verbesserung freier und gefälliger.«

Nun aber, nachdem Woltmann durch seine historischen Entdeckungen zum Verdacht gegen unser Bild angeregt, dasselbe unter dem Einflusse dieser Stimmung (im Sept. 1868) nochmals in Augenschein genommen, schreibt er (1. März 1869) an Kinkel:*) »die Erhöhung der Nische ist nicht ... eine Verbesserung, sondern eine Verschlechterung der Verhältnisse. Im Darmstädter passt die Composition so wundervoll in den eng anschliessenden Rahmen. In den oberen Halbkreis ist hier gerade die Büste der Madonna hineincomponirt, während im Dresdener Bilde der Durchmesser, über dem sich der Bogen erhebt, gerade hässlich genug ihr Kinn durchschneidet.«

Und endlich, nachdem Woltmann auf der Münchner Ausstellung alter Bilder das Darmstädter Bild abermals einer wiederholten genauen Betrachtung unterzogen, bekräftigt er**) mit noch einiger Ausführung das vorige Urtheil, wie einschaltungsweise folgt:

»Dr. A. v. Zahn, welcher vor einigen Jahren den Unterschied in den Proportionen zuerst dargelegt, knüpfte hieran eine irrige Folgerung, indem er die Aenderungen für solche Verbesserungen erklärte, die der Meister selbst bei eigenhändiger Wiederholung seines Werkes angebracht. Allerdings sieht Holbein während seiner späteren englischen Zeit einigermaassen von jenen kürzeren und derberen Verhältnissen in den Figuren ab, die er früher anzuwenden pflegte. Aber dass diese Aenderung doch nicht der eigenen Ueberlegung Holbein's zu danken ist, geht für uns daraus hervor, dass sie zwar in der Absicht eine Verbesserung sein sollte, in Wirklichkeit aber eine Verschlechterung ist. Im Darmstädter Bilde füllen die Gestalten ihren engen Rahmen in musterhaftester Weise aus. Die Büsten der Madonna und des Kindes sind gerade in den Halbkreis der abschliessenden Muschel wirkungsvoll und mit dem feinsten Raumgefühl hineincomponirt. Wie eine Strahlenglorie geben die Canäle der Muschel vom Haupt Maria's aus; auf dem Dresdener Bilde dagegen durchschneidet, unschön genug, die untere Grenze dieses Halbkreises gerade das Kinn der heiligen Jungfrau.«

---

*) Lützow's Zeitschr. 1869. S. 173.

**) In der deutschen Presse 1869. No. 181. 4. August und sehr ähnlich in der Nationalzeitung 1869. No. 357. 4. Aug.

Wie auffällig diese gänzliche Umkehr der Ansicht sein mag, müsste man sie doch mit Anerkennung gelten lassen, wenn sie eine Umkehr zum Triftigeren wäre. Nun glaube ich aber zeigen zu können, erstens, dass sich das Meiste von dem, was Woltmann nach seiner neuen Ansicht Holbein'n als seiner unwerth im Dresdener Bilde absprechen möchte, in einer ähnlichen, und dadurch zum Vergleiche vorzugsweise geeigneten, Composition Holbein's wiederfindet. Zweitens, dass das frühere ästhetisch-artistische Urtheil Woltmann's im Ganzen haltbarer ist, als sein reformirtes, wenn wir es an das allgemeine Urtheil halten.

Ersteres anlangend, so beziehe ich mich dabei auf eine Handzeichnung Holbein's, die Woltmann selbst der Zeit nach vor die Entstehung unsers Bildes setzt, d. i. die Handzeichnung No. 65 des Baseler Museum (No. 34 in der Braun'schen Sammlung Basel'scher Photographieen), von der ich gleich hier einschaltungsweise einige Worte im Zusammenhange sagen will, als Unterlage für künftig noch mehrmals nöthiges Zurückkommen darauf. *)

Man sieht hier eine, von schwertförmigen Strahlen umgebene, gekrönte Madonna ähnlich als in unserm Bilde, in einer Nische stehen, die von einer, mit einer Muschel ausgekleideten Halbkuppel überwölbt, jedoch in eine viel entwickeltere Renaissance-Architectur, als unser oder das Darmstädter Bild zeigt, eingebaut ist. Die Madonna hält ein nacktes Kind in den Armen, in dessen linkes Aermchen sie einen krummgebogenen Finger hart einkneipt, während das Kind durch herabgezogene Mundwinkel und verdrehte Augen Unmuth oder Schmerz verräth; und vor der Madonna kniet ein Ritter oder Bürger, der durch Richtung der weit offenen Augen auf das hier offenbar an einem kranken Aermchen geschehende Heilwunder, durch offnen Mund und erhobene Arme Erstaunen ausdrückt.

---

*) Nicht unmöglich, dass diese Handzeichnung eine, dann freilich später sehr abgeänderte, erste Skizze zu unserm Bilde selbst ist. Jedenfalls bestehen einige Wahrscheinlichkeitsgründe dafür, die ich im Naumann-Weigel'schen Archiv XII, 49. hervorgehoben habe. Da sie aber doch nichts weniger als durchschlagend sind, lege ich auch hier kein Gewicht darauf.

Diese Handzeichnung ist Woltmann schon früher einmal in andrer Beziehung (d. i. betreffs der Deutungsfrage unsers Bildes) unbequem gewesen; wir brauchen aber den Streit darüber*) hier nicht wieder aufzunehmen; da es sich hier nicht um die von ihm bestrittene Deutung der Zeichnung, sondern die klar vorliegende Compositionsweise derselben handelt.

In dieser Zeichnung nun stimmt die Raumlichte der ganzen Composition, die freie Stellung der Madonna in einer weiten Nische, die Höhe der Kuppelwölbung über der Krone**), die Durchschneidung des Madonnenkopfes durch die untere Gränze des Halbkreises (nur dass die Stirn statt des Kinnes durchschnitten wird), die Höhe des Pfeilerschaftes über dem Kopfe des vor der Madonna knieenden Ritters oder Bürgers, sammt einigen, später zur Sprache zu bringenden, Puncten der Architectur, eben so sehr mit dem Dresdener Bilde überein, als sie vom Darmstädter abweicht, so dass eher gegen dieses ein Verdacht, nicht ächt holbeinisch zu sein, daraus erwachsen könnte.

Wahr ist's, dass es andre Bilder von Holbein giebt, in denen viele Figuren so eng oder noch enger gepackt sind, als im Darmstädter Bilde, man sehe z. B. seine Passionsentwürfe zu Glasgemälden (bei de Mechel oder Braun oder in Woltmann's Holbein) an; aber es sind Bilder, worin es ein Gedränge darzustellen gilt. Hingegen wo ist ein Madonnenbild mit Nebenfiguren von ihm aufzuweisen, welches das von Woltmann für Holbein in Anspruch genommene Princip möglichster Raumerschöpfung verriethe. Man sehe den Lebensbrunnen, die Solothurner Madonna, die Madonna der Orgelflügel und die andren Basel'schen Madonnenzeichnungen an. Wie schön sind die Figuren im Todtentanze (u. a. von de Mechel wiedergegeben) auseinandergehalten. In der übrigen altdeutschen Kunst war freilich das Princip des Packens gäng und gäbe genug, so dass es weniger Anstoss als jetzt finden mochte; aber da wir es doch nicht in Holbein's Madonnenbildern finden, so könnte dies nur den Verdacht verstärken, dass ein alter Copist sich über das Dresdener Bild gemacht, und kein Bedenken gefunden, die Figuren in einen engern Raum zusammenzuschieben. Wie man aber gegen die Aechtheit des Dresdener Bildes daraus folgern kann, ist nicht wohl zu verstehen. Wir werden in einem späteren Abschnitte Anlass haben, hierauf zurückzukommen.

---

*) Fechner im Naumann-Weigel'schen Archiv XII. 1. und v. Zahn's Jahrb. Jahrg. I. 1866. 136; — Woltmann in s. Holbein II. Suppl. 116.

**) Um nicht meinerseits den Vorwurf mangelnder Umsicht auf mich zu laden, will ich bemerken, dass in einigen kleinen Holzschnittbildchen Holbein's (in Woltmann's Holbein. II. 250. 376) alttestamentliche Figuren in zwei Seitennischen (ohne Muschel) eines Mittelbildes stehen, bei denen der Kopf eben so hoch in die Wölbung hineinragt, als im Darmstädter Bilde, nur dass sie übrigens keine Analogie mit unserm Meier'schen Bilde und der ihm so ähnlichen Handzeichnung No. 65 haben. Also Holbein machte es wenigstens in dieser Beziehung bald so bald so, und lässt sich aus diesem Umstande allein nichts für oder wider folgen.

Was den ästhetischen Gesichtspunct anlangt, so ist zuzugestehen, dass, wenn man das Darmstädter und Dresdener Bild ausdrücklich darauf ansieht, wie es Woltmann gethan hat, in welchem von beiden der Raum kunstvoller ausgefüllt ist, man das Gefühl eines unvergleichlichen Vortheiles des Darmstädter vor dem Dresdener Exemplare hat. Aber kann derselbe Vortheil, der beim Einstopfen der Kleider in einen Koffer gilt, auch bei der Einordnung lebendiger Figuren in den Rahmen einer Composition gelten? Vielmehr wird man in dieser Hinsicht das eben so entschiedene Gefühl haben, dass der Raum im Dresdener Bilde unvergleichlich kunstvoller erfüllt ist, als im Darmstädter Bilde. Was die Stellung des Kopfes der Madonna in der Nischenwölbung insbesondere anlangt, die Woltmann so viel vorzüglicher im Darmstädter als Dresdener Bilde findet, so kann ich freilich nicht aus allgemeinen Gründen beweisen, dass Woltmann's, mit Br. Meyer darin verschwisterter, Geschmack nicht der beste ist — denn wie einen solchen Beweis überhaupt führen? — wohl aber, dass er ein einsamer ist und bleiben wird. Nachdem sich nämlich schon v. Zahn, Wornum und früher Woltmann selbst als Kunstkenner in entgegengesetztem Sinne ausgesprochen haben, habe ich, um auch ein vollzähliges Laienurtheil dazu zu fügen, gelegentlich nach einander einen Pastor, einen Officier, einen Buchhändler, einen Advokaten, einen Philosophen, drei Professoren der Medicin, einen Professor der Jurisprudenz, einen Sprachlehrer, einen Zeichenlehrer, zwei Architecten, zwei Studenten, einen Schüler und 11 Damen, unter Vorlegung theils der beiden v. Zahn'schen Umrisszeichnungen, theils der Photographieen nach Schurig und Felsing, theils auf der Münchener Ausstellung nach Vergleich des Darmstädter Originales mit dem Steinla'schen Stiche befragt, ohne sie irgendwie zu präoccupiren, ob ihnen die Madonna, insbesondre der Kopf derselben, schöner auf dem einen oder andern Bilde in die Nische hineincomponirt zu sein schiene; und ausnahmslos ein Urtheil zu Gunsten des Dresdener Exemplares erhalten, ja zum Theil, namentlich Seitens einiger Damen, starke Ausdrücke des Erstaunens gehört, dass es jemand anders fassen könne.

Dass der, von Woltmann als untere Gränze des Halbkreises bezeichnete, die Halbkuppelwölbung unten abschliessende ideale Diameter, real gezogen gedacht, das Kinn der Dresdener Madonna schneidet, erscheint nach obigen Erfahrungen jedenfalls weniger ungünstig, als das weite Hineinstecken des Kopfes der Darmstädter Madonna in die Wölbung. Man muss nur dort nicht absichtlich an ein Durchschneiden denken, wozu um so weniger ein Anlass ist, als das Auge von selbst anstatt dem blos idealen Querdiameter zu folgen, der wirklich ausgezogenen Bogenlinie des Architravs folgt, welche sich von den Gränzpuncten dieses Diameters ausgehend unter das Kinn herabsenkt. Hingegen dürfte der Umstand, dass der Kopf der Dresdener Madonna gerade im idealen Mittelpuncte des ergänzt gedachten Halbkuppelkreises steht, zum unmittelbar wohlgefälligen Eindrucke der Stellung helfen, und zwar ist es fast genau das obere (objectiv rechte) Auge des etwas geneigten Madonnenkopfes, was diese Stellung einnimmt; indess das Auge der Darmstädter so zu sagen nicht weiss wo es in der Höhenrichtung steht, indess es in horizontaler Richtung ebenfalls sehr nahe in der Mitte der Wölbung steht.

Uebrigens ist sowohl das Durchschneiden des Madonnenkopfes durch den Grunddiameter der Wölbung, was Woltmann

»hässlich« findet, als die damit zusammenhängende Stellung des Kopfes im Mittelpunct der Wölbung, ich weiss nicht ob vor Holbein, denn darüber liegen mir keine Beispiele vor, jedenfalls nach Holbein bis heute die klassische Regel bei der Aufstellung von Figuren in Nischen geblieben; denn nicht nur habe ich das aus dem Munde zweier sachkundiger Architecten, sondern kann es auch durch die eigene Anschauung der dahin gehörigen Beispiele in der Basilica Vaticana (Roma 1845) und Basilica Liberiana (Roma 1839) belegen.

Wie Woltmann darauf kommen konnte und Meyer mit ihm darin übereinstimmen kann, unter den Vorzügen des Darmstädter Exemplares vor dem Dresdener mit geltend zu machen, dass in jenem »die Kanäle [Fächerstralen] der Muschel wie eine Stralenglorie vom Haupt Maria's ausgehen«, ist mir ganz räthselhaft, da umgekehrt der vorgezogene Umstand sich vielmehr beim Dresdener als Darmstädter Exemplar findet. Denn beim Dresdener Exemplare divergiren die Fächerstralen der Muschel blos von Krone, Kopf und Hals, so dass das Haupt in der That von der, mit Fächerstralen ausgefüllten, Muschel wie von einem weiten Heiligenschein umgeben scheint, wozu noch beiträgt, dass die untersten am Anfange des Nackens einsetzenden Fächerstralen sich von ihrer Einwurzelung in der Mitte des Architravs aufwärts biegen, und dadurch den Umriss der Muschel nahehin (genau freilich nicht) zu einer elliptischen Form ergänzen. Auch glaube ich um so mehr, dass dies im Motiv der Darstellung lag, als in der Handzeichnung No. 65 (Basel) die untersten, stark aufwärts gebogenen, Fächerstralen unter gänzlicher Loslösung vom Architrav unmittelbar am Haupte der Madonna (in der Augenhöhe) einsetzen, was die Erinnerung an einen Heiligenschein noch näher legt, aber vom Künstler im Dresdener Bilde verlassen worden sein mag, weil es sich wirklich unschön ausnimmt. Hiegegen setzen bei dem Darmstädter Bilde die untersten Fächerstralen an der Brust der Madonna ein.

Hienach wenden wir uns zu den Gründen, die Woltmann von den Veränderungen in der Architectur hernimmt, und lassen ihn vor Allem in folgender Einschaltung wieder selber sprechen:

»Wir haben bereits gesehen, dass der Autor des Dresdener Bildes, indem er die Verhältnisse leichter und schlanker machte, zwar dem modernen Geschmack entgegen kam, dass aber dieser Vorzug nur ein vermeintlicher war, da in Wahrheit das schöne Verhältniss der Figuren zum Raum dadurch verletzt wurde und sich oben eine Leere ergab. Ebenso wie der Höhe nach ist nun aber auch der Breite nach im Dresdener Bilde der Raum nicht genügend gefüllt. Die Architektur der Nische steht losgelöst da, wir fühlen uns zu der Frage veranlasst, was dieser ganze Bau eigentlich bedeuten solle, wir finden ihn unmotivirt, ein Gedanke, der uns beim Darmstädter Bilde gar nicht kommen kann. In diesem laden nämlich, nach weiser Berechnung des Künstlers, die Kragsteine, welche beiderseits die Muschel tragen, möglichst stark aus und auf ihnen ruht zunächst eine aus zwei Gliedern bestehende Deckplatte, die um die ganze Nische herumläuft, sie unter dem Ansatz der Wölbung abschliesst und jederseits bis an den Rahmen reicht, während in dem Dresdener Bilde die Ausladung gemindert ist, zwischen Kragsteinen und Rahmen ein leerer Raum bleibt und die Deckplatte ganz weggelassen ist. Die Volutenform der Kragsteine, die nur durch eine darauf ruhende Last motivirt sein kann, endigt ganz frei, ohne etwas zu tragen, und ist daher sinnwidrig. Im Darmstädter Bilde ist der Wandabschluss der Nische durch einen Architrav gebildet, der unmittelbar in den Kragsteinen ausläuft, und in diesen ist der Volutenansatz ein doppelter, den beiden Schichten des Architravs entsprechend, von denen die obere etwas über die untere vorspringt. Der Urheber des Dresdener Bildes behandelte aber die Kragsteine als ob sie Kapitelle wären, obwohl ihre Form dazu wenig passt, liess sie deshalb nicht unmittelbar aus der Wand herauswachsen, sondern erst über schmalen Pilastern, welche der Wand vorgesetzt sind, aufsteigen. Mit den unteren Voluten wusste er vollends nichts anzufangen und liess sie zu einem blossen Ablauf des Schafts zusammenschrumpfen. Für einen solchen ist nun ihre Form eine geradezu zopfige, das schöne Verhältniss zwischen oberen und unteren Voluten, das wir im Darmstädter Bilde wahrnehmen, ist gestört. Ueberhaupt sind die Formen schwülstiger und charakterloser, — man erkennt dies in der Bildung der Voluten, in der Form der Muschel, die nicht eine reine Halbkugel bildet, sondern um mehr als ein Elftel ihres Durchmessers überhöht ist, endlich in dem barocken Motiv, dass die Muschelbekleidung der oberen Halbkuppel an beiden Ecken wie ein Blatt sich vom architektonischen Kern abgebogen hat. Im Darmstädter Bilde sehen wir den Stil deutscher Früh-Renaissance, wie ihn die Maler damals einführten, zu einer Zeit, in welcher die Architekten noch gothisch bauten; vieles ist für unser Gefühl derb und gedrungen, aber alles hat Hand und Fuss, nirgends fehlt der organische Zusammenhang. Dieser aber ist beim Dresdener Bilde nicht vorhanden, in welchem die Formen willkürlich zusammengestoppelt sind.«

»Schliesslich ist dem Urheber des letzteren ein perspektivischer Schnitzer begegnet. Das zusammengerollte Band, aus welchem die unteren Voluten im Darmstädter Gemälde gebildet sind, ist nicht rechteckig sondern zugespitzt, und daher werden sie nach vorn etwas schmaler. Der Nachahmer verstand das nicht, hielt es für perspektivische Ansicht, wollte die Ansicht der oberen Volute damit in Einklang bringen, und stellte den Kragstein auf der Seite links vom Beschauer in einer Perspektive dar, welche ihn aus dem ganzen übrigen Bilde herausfallen lässt.« —

»Man kann das Bild lange kennen ohne dies wahrzunehmen, sobald man es aber einmal bemerkt hat, ist es unmöglich, dass man das Dresdener Bild noch für eine Arbeit von Holbein's Hand oder aus Holbein's Werkstatt hält. Solche Missverständnisse beweisen unzweideutig, dass wir es mit einem späteren Nachahmer zu thun haben.«

Diese Bemerkungen Woltmann's habe ich nach einander zwei gründlichen, mit den Verhältnissen des Renaissancestils wohl bekannten, als Schriftsteller im Baufache anerkannten, Architecten unter Vorlage der Photographieen beider Bilder und der Stiche nach einigen anderen Holbein'schen Zeichnungen mit entwickelter Architectur unterbreitet. Beide fanden es ganz unabhängig von einander und doch ganz einstimmig mit einander, wunderlich, dass solche Gründe in der Frage geltend gemacht werden könnten. Die Aenderungen der Architectur im Dresdener Bilde von einem Missverständniss des Copisten abhängig zu machen, sei gar kein Grund. Die Künstler, Maler wie Architecten, zu Holbein's Zeit hätten sich überhaupt die grössten Willkürlichkeiten und Freiheiten in Handhabung des Renaissancestils genommen, und ein sichres architectonisches Verständniss sei bei ihnen nicht zu finden, also auch bei Holbein nicht zu erwarten, und wirklich nach den gemachten Vorlagen eben so wenig zu finden. So ist in der Handzeichnung No. 65 ein Renaissance-Kapitell als Säulenfuss, umgekehrt auf der Verspottung Christi (No. 41 Basel) ein Romanischer Säulenfuss als Kapitell verwandt; auf der Ausführung Christi sieht man ein Kapitell, was nichts zu tragen hat; auf Christus vor Kaiphas

(No. 39 Basel) Stellen, die nicht wohl in's Körperliche übersetzt werden können. Auch J. Hübner rühmt die Architectur in dem neulich für Dresden acquirirten Holbein'schen Werke nur mit der Bemerkung[*]), »dass Holbein gerade im Gegensatze hiezu öfters seinen historischen Compositionen durch eine schwerfällige, auf missverstandener Antike beruhende architectonische Ausstattung geradezu geschadet habe, wie dies z. B. bei seinen schönen Zeichnungen zur Passion der Fall sei«. Worauf also Meyer den von ihm gethanen Ausspruch stützt, »Holbein habe die Architectur besser als die gleichzeitigen Baumeister in Deutschland verstanden«, ist schwer zu sagen. Im Ganzen zwar, so hörte ich von den Sachverständigen, möge man wohl die Architectur des Darmstädter Bildes leichter einem Architecten, die des Dresdener Bildes leichter einem Zeichner zutrauen; architectonisch unmotivirte Willkürlichkeiten aber seien hier und da: im Darmstädter Bilde das absatzlose Auslaufen des Architravs in die mittelgliedlosen Kragsteine; im Dresdener die Weise, wie die Kapitelle, die hier an die Stelle der Kragsteine treten, verwandt sind. Auch bezeichnet schon v. Zahn die Kragsteine im Darmstädter Bilde als »nicht sehr glücklich und ohne Verständniss des antiken Vorbildes geformt«.

Mir selbst scheint der Hauptunterschied zwischen der Darmstädter und Dresdener Architectur auf eine Vereinfachung von erster zu letzter herauszukommen. Der doppelte Architrav ist durch einen einfachen ersetzt, die doppelte Deckplatte des Architravs weggelassen, der doppelte Kragstein in ein wesentlich einfaches Kapitell verwandelt, wobei allerdings die Voluten eine minder gefällige Form erhalten haben. Nun hat Holbein schon die, in der Handzeichnung Nr. 65 ausserordentlich entwickelte, Architectur an dem voraussetzlich spätern Darmstädter Bilde ausnehmend vereinfacht, und wenn das Dresdener Bild wirklich später als das Darmstädter ist, so ist er darin nur in derselben Richtung fortgeschritten.

---

[*]) Feuilleton des Dresdener Journals 187 a.

Woltmann freilich erklärt die Architectur des Dresdener Bildes vielmehr für schwülstiger als die des Darmstädter Bildes. Aber wäre es so, so würde dies eher für als gegen das Dresdener Bild beweisen, denn will man Beispiele einer schwülstigen Architectur sehen, so kann man sie in den mehrerwähnten Zeichnungen Holbein's zur Leidensgeschichte Christi finden. Woltmann bezeichnet insbesondere die Ueberhöhung der Muschel oder Halbkugel um mehr als $^1/_{11}$ ihres Durchmessers als schwülstig; dies nun ist Sache subjectiven Geschmackes. Das Factum anlangend, so muss man zugestehen, dass es ungewöhnlich ist: aber um so schwerer denkbar, dass ein fremder Copist darauf hätte verfallen können. Hiegegen lässt sich abermals an der Handzeichnung Nr. 65 beweisen, dass sich Holbein überhaupt nicht an die Regel der reinen halbkugelförmigen Wölbung hielt, denn während im Dresdener Bilde die Wölbung über die Halbkugel beträchtlich überhöht ist, ist sie in der Handzeichnung beträchtlich unterhöht, und entspricht im Darmstädter Bilde ziemlich genau der Halbkugel, so dass also auch hier ein Fortschritt in derselben Richtung sichtbar ist. In der That verhält sich die Höhe der Wölbung zum halben Grunddiameter: bei der Handzeichnung wie 1 : 1,192, bei dem Darmstädter Bilde wie 1 : 1,020, bei dem Dresdener Bilde wie 1 : 0,875.

Sollte ferner wirklich, wie es Woltmann findet, ein »barockes« Motiv darin liegen, dass die Muschelbekleidung sich an den Enden von der Unterlage abbiegt, so würde man darin sogar, statt einen Grund mehr gegen die Aechtheit des Dresdener Bildes, einen der einfachsten und schlagendsten Gründe dafür haben, weil sich — und schon wieder muss ich auf jene Zeichnung zurückkommen, welche mit einem Male einen ganzen Haufen Gegengründe niederschlägt, — weil sich, sage ich, eben dieses barocke Motiv bei der Handzeichnung Nr. 65 sogar noch ausgesprochener wiederfindet, indess es ganz unwahrscheinlich wäre, dass ein Copist gerade auf dasselbe barocke Motiv gekommen sein sollte; auch glaube ich, dass es zur Unterstützung wenigstens etwas mitzählt, da in der That die Auflagerung der untersten Fächerstralen auf die Unterlage der gewöhnlichere

Fall zu sein scheint[*], ohne doch zu glauben, dass man wirklich ein barockes Motiv in der Abbiegung zu sehen habe. Wenigstens finde ich in der Abbildung der Grabmäler der Cardinäle Amboise zu Rouen, welche in Gailhabaud's Denkmalen T. IV gegeben ist, in den Muscheln der Verzierungspyramiden der Krönung des Grabmales eine ähnliche Abbiegung der unteren Fächerstralen von der Unterlage wieder, und so wird sie auch wohl sonst noch vorkommen.

VI. Historische Gründe.

Vom Dresdener Bilde weiss man, dass es im Jahre 1743 in Venedig für Dresden angekauft wurde, nach Venedig aber kam es um 1690 von Amsterdam aus dem Bankerott eines dortigen Bankiers. Wenigstens wurde dem Vermittler des Kaufes Algarotti so gesagt, ohne dass eine sichere Beglaubigung dafür, eben so wenig jedoch ein Grund des Zweifels daran vorliegt. Es wurde in Amsterdam als Holbein'sches Bild gekauft, ohne dass seine Aechtheit dabei irgendwie beanstandet worden wäre, hat also die Tradition für sich. Die genauere Kenntniss seines Inhaltes aber war verloren gegangen, denn man hielt in Venedig die in dem Bilde dargestellte Familie Meier für die Familie des englischen Kanzlers Thomas Morus, wahrscheinlich durch Verwechselung mit einem andern Holbein'schen Bilde, welches wirklich diese Familie darstellt.

Vom Darmstädter Bilde waren bis zu den mehrfach berührten Entdeckungen Woltmann's (1866) nur die [S. 3] angegebenen Verhältnisse seines letzten Ankaufes bekannt. Mit diesen, an weiter rückliegende Daten anknüpfenden, für die

---

[*] Nach den mir gerade vorliegenden Beispielen in der Basilica Vaticana und Liberiana, deren oben gedacht wurde, ferner den Details Pf. II zum Chateau de Chambord (1523 begonnen) in Gailhabaud's Denkm., und einem Holbein'schen Beispiel auf Christus vor Kaiphas.

Dresdener Madonna verhängnissvoll gewordenen, Entdeckungen aber, von welchen der ganze Aufruhr gegen sie jetzt abhängt, (das Wörtliche s. bei Woltmann unter den Acten) verhält es sich so:

Am Rahmen des Darmstädter Bildes befindet sich ein Doppelwappen, woran sich von vornherein die Hoffnung knüpfen liess, es könne auf einen früheren Besitzstand des Bildes zurückführen, daher ich in meiner historischen Abhandlung über die Holbein'sche Madonna eine Zeichnung davon gab, und, wie schon vor mir v. Zahn, viel Mühe in Erkundigungen bei Sachverständigen verlor, welcher Familie es angehören möchte. Woltmann war glücklicher als wir, indem er durch einen solchen herausbrachte, dass das eine der beiden Wappen der holländischen Familie Cromhout angehöre; und hiemit zusammentreffend erhielt er von Herrn Suermondt in Aachen die Notiz, dass ein Holbein'sches Madonnenbild mit mehreren knieenden Figuren in einem Amsterdamer Auctionscataloge der Herren Cromhout und Loskart von 1709 vorkommt, welches also nur das Darmstädter Bild sein kann. Der Loskart des Catalogs mochte mit dem Cromhout verschwägert sein, denn beide Wappen stimmen bis auf ein Mittelschildchen, welches das eine vor dem andern voraus hat, völlig überein.

Kurz, das Darmstädter Exemplar befand sich um 1709 in Amsterdam im Besitze eines mit Cromhout associirten Loskart. Durch den Namen Loskart aber ist die Brücke zu einer älteren Nachricht geschlagen, welche von dem bekannten Künstler und Kunstschriftsteller Sandrart herrührt. Dieser berichtet (1675), dass sein Verwandter und Freund, der Amsterdamer Künstler und Kunstmäkler Leblon (Leblond), mit dem er längere Zeit in Amsterdam zusammengelebt, von dem er also genaue Notiz erhalten haben konnte, ein Holbein'sches Madonnenbild besessen, dessen kurze Beschreibung auf unser oder das Darmstädter Bild passt, und dass Leblon dieses lange bevor er selbst (Sandrart) von ihm Abschied genommen, (was um 1645 oder 1646 geschah) an einen Buchhalter Lössert »auf dessen inständiges Bitten« um 3000 Gulden verkauft habe. Da nun der Name Lössert mit dem Namen des im Catalog mit Cromhout associirten Loskart nahe genug stimmt, um den Unterschied blos auf die früher sehr grosse Unsicherheit der Rechtschreibung von Namen zu setzen*), so hat man anzunehmen, dass es das Darmstädter Bild war, was der Amsterdamer Leblon in den Händen hatte, und an Lössert verkaufte. Zwar kann der Lössert, an welchen dieser Verkauf schon Jahre lang vor 1645 erfolgte, nicht mit dem Loskart des Catalogs von 1709 zusammenfallen, sehr wohl aber mit einem Vorfahren desselben, der an ihn das Bild vererbte; woraus also kein Einwand zu ziehen.

Durch den Namen Leblon verknüpft sich endlich die Sandrart'sche Nachricht mit der ältesten, die wir überhaupt über das Bild besitzen, einer Nachricht, die aus dem Ursprungsorte des Bildes, Basel, selbst stammt. Sie rührt von dem (1595 geborenen, 1667 gestorbenen) Baseler Rechtsgelehrten Remigius Fesch her, welcher berichtet, dass ein, ungefähr 3 Ulnas basilienses sowohl nach Breite als Höhe messendes Bild, in welchem die Familie Meier vor einem Altar (fälschlich statt: vor einer Madonna) knieend dargestellt sei, im Besitze seines Grossvaters, des Baseler Bürgermeisters Fesch (geb. 1541, gest. 1610), gewesen, der es an den Baseler Rathsherrn Iselin verkauft, aus dessen Nachlasse es der Amsterdamer Künstler Leblon ungefähr um 163. (welche Jahreszahl nicht ausgeschrieben ist) um 1000 Imperiales gekauft, und um den dreifachen Einkaufspreis wieder verkauft habe. Neuere, durch Herrn His-Heusler vermittelte, genealogische Forschungen haben hiezu das interessante Ergebniss gefügt, dass der Grossvater des Berichterstatters, Bürgermeister Fesch, Besitzer des Bildes, eine Enkelin des im Bilde selbst dargestellten Bürgermeisters Meier zur Frau hatte, wonach das Bild unstreitig durch Vererbung aus der Stifterfamilie in seinen Besitz gelangt war. Der Berichterstatter Fesch selbst aber konnte das Bild, bei dessen Verkauf Seitens seines Grossvaters an Iselin er erst 11 Jahr alt war, nicht selbst gesehen haben oder doch nur aus undeutlicher Erinnerung davon sprechen, da er das Bild sehr mangelhaft und ungenau beschreibt. Dass eine Madonna in dem Bilde enthalten sei, erwähnt er gar nicht, lässt vielmehr bemerktermassen die Figuren vor einem Altar knieen, der in dem Bilde nicht vorkommt, auch die angegebenen Masse sind nicht genau, und man könnte daher selbst noch in Zweifel sein, ob sich seine Angaben auf ein Exemplar unseres Bildes beziehen, wenn er nicht ausdrücklich angäbe, dass es die Familie Meier ist, die sich darin dargestellt findet, und der Uebergang an Leblon nicht mit Sandrart stimmte. Ausserdem erwähnt Fesch, dass er die von Joh. Ludi in Belgien gemachten Copien zweier Figuren aus dem Bilde besitze. Auch kann man bemerken, dass die obige Verkaufssumme des Bildes durch Leblon mit Sandrart stimmt, sofern nach einer in meiner hist. Abh. angeführten Ermittelung und Erörterung Algarotti's Imperiales nicht durch Reichsthaler sondern durch Reichsgulden zu übersetzen ist.

---

*) Wie gross diese war, kann man aus meiner Zusammenstellung der verschiedenen Rechtschreibung der Namen, die uberhaupt in der Geschichte unsers Bildes eine Rolle spielen, in meiner histor. Abh. im Naum. Weig. Arch. XIV. ersehen.

Hienach hat man Grund, die Angaben Fesch's und Sandrart's auf dasselbe Bild zu beziehen; und da das an Leblon gekommene Bild nach der Zusammenfassung von Sandrart's Angaben mit Woltmann's Entdeckungen das Darmstädter war, so erscheint hiemit zunächst die Zurückführung dieses Bildes auf die Stifterfamilie und mithin der directe historische Beweis seiner Aechtheit vollständig gelungen. Denn, um das Vorige zurücklaufend zu resumiren: Nach Fesch geht ein aus der Stifterfamilie stammendes Exemplar des Bildes (um 163.) aus Iselin's Nachlass an den Amsterdamer Leblon über, und wird von diesem nach Sandrart (lange vor 1645) an Lössert verkauft. Dasselbe Bild findet sich später (1709) im Besitze eines mit Cromhout associirten Loskart wieder, welcher als Nachkomme jenes Lössert zu betrachten; und das am Rahmen des Darmstädter Bildes befindliche Cromhout'sche Wappen beweist, dass man es wirklich mit dem Darmstädter Bilde zu thun hat.

Die hier einschlagenden historischen Angaben von Algarotti und Sandrart über unser Bild kann man wörtlich in meiner historischen Abhandlung finden; sie sind aber durch Obiges hinreichend gedeckt. Die Nachricht von Fesch lasse ich wegen ihrer besondern Wichtigkeit und Eigenthümlichkeit nach ihrem Wortlaute folgen. (Das links vom Verticalstrich Stehende ist eine, dem rechts stehenden Haupttext unstreitig erst später zugefügte, Randbemerkung des Feschischen Manuscripts.)

Tabula haec fuit avi nostri Remigii Faeschii Consulis, unde Lucas Iselius eam impetravit pro legato Regis Galliar. uti ferebat, et persolvit pro ea centum coronatos aureos solares anno circ. 1606. —

A°. 163. Suprad. pictor Le Bloud hic a vidua et haeredibus Iselii a S. Martinum tabulam ligneam trium circiter Ulnarum Basiliensium tum in altitud. tum in longitud. in qua adumbratus praedictus Jac. Meierus Consul ex latere dextro una cum filiis, ex opposito uxor cum filiabus omnes ad vivum depicti ad altare procumbentes, unde habeo exempla filii et filiae in Belgio a Joh. Ludi pictore ex ipsa tabula depicta. Solvit is Le Bloud pro hac tabula 1000 Imperiales et postea triplo majoris vendidit Mariae Medicae Reginae Galliae, viduae Regis Lud. 13 matri, dum in Belgio ageret, ubi et mortua. Quorsum pervenerit, incertum.

Diese Nachricht ist in einem 1628 angelegten, bis kurz vor dem Tode des Verfassers fortgeführten Manuscripte, und zwar in einem besondern Abschnitt desselben (Pictoria) enthalten, welcher eine Reihe Holbein'scher Werke aufführt und kurz bespricht; sie kann aber nach einem vorgängigen Datum des Manuscripts selbst (im Eingange der Pictoria) erst nach 1651 verfasst sein, wo Fesch mit den Verhältnissen des um 163 erfolgten Verkaufes an Leblon nicht mehr genau bekannt sein mochte. Die Unbestimmtheit der nicht ausgeschriebenen Jahreszahl 163. für das Datum des Verkaufes kann einfach aus einer, durch obigen Zeitabstand erklärlichen, undeutlichen Erinnerung herrühren, die Bestimmtheit aber, in so weit sie noch in der letzt geschriebenen Ziffer stattfindet, in folgenden, auch in anderer Beziehung hier interessirenden, Notizen ihre Erklärung finden. Im 3. Paragraphen des Verzeichnisses Holbein'scher Werke führt Fesch ein Bild mit folgenden Worten auf: »Bildniss Kaisers Karl V., welches Herr Leblon, Amsterdamer Maler, vom englischen Herzog Buckingham in ganz Europa zum Einkauf berühmter, insbesondere Holbein'scher Gemälde herumgeschickt, zu Lyon für 100 Kronen ungefähr um 1633 kaufte, wie der königliche Rath Herr Monconius (Liergäus) in seinem Briefe vom 7. Jan. 1638 [an mich berichtet hat*].« Im 4. Paragraphen wird dann weiter angeführt, dass derselbe Leblon das Holbein'sche Bildniss des Erasmus in Basel gekauft habe, im 5. Paragraph werden die Bildnisse von Meier und Frau von 1516 besprochen, und endlich im obigen 6. Paragraphen des Verkaufs eines Exemplares unserer Bilder um 163. von Leblon gedacht. Hieraus scheint zu schliessen, dass dieses Exemplar von Leblon entweder wirklich auf der für den Herzog gemachten Kunstreise gekauft sei, oder Fesch dies doch voraussetzt, und daher die Jahreszahl 163. für Basel der Jahreszahl 1633 für Lyon angepasst habe, welche Jahreszahl 1633 dann später Patin, der auf Fesch fusst, willkürlich auf Basel übertragen hat. Nun ist aber diese Jahreszahl 1633 nicht einmal für Lyon und um so weniger für Basel zu acceptiren, wenn Leblon's Ankäufe für den Herzog von Buckingham geschehen[*], weil dieser schon im August 1628 ermordet wurde; also wären alle für ihn gemachten Einkäufe, mithin auch das unsers Bildes, auf ein früheres Datum zu verlegen, und würde sich daraus, dass er ungefähr um die Zeit des Einkaufes ermordet sein mochte, erklären, warum es nicht in dessen Hände gekommen, sondern von Leblon zurückbehalten worden. Anderseits trifft 163. auch ganz gut mit dem Datum zusammen, dass Iselin, aus dessen Nachlasse Leblon das Bild gekauft haben soll, 1626 starb, und auf die Ordnung seines Nachlasses von Wittwe und Erben 1630 angetragen wurde, worauf Fesch wohl die Hypothese gründen konnte, es sei aus diesem Nachlasse gekommen. Ganz wird die hierüber bestehende Unklarheit nicht aufzuklären sein.

---

* Dieser Schluss fehlt im Manuscripte.

So weit scheint Alles klar und fest für das eine, das Darmstädter Bild zu stehen, und von einem zweiten Exemplare, was man für das Dresdener halten könnte, ist hiebei noch nicht die Rede. Aber wir haben bisher noch zwei Notizen in Fesch's Berichte nicht berücksichtigt, die auf das Dasein eines solchen schliessen lassen und eine Unsicherheit in die ganze historische Seite der Frage werfen. Fesch lässt zuvörderst das Bild, was nach ihm aus Iselin's Nachlass an Leblon gekommen, nicht eben so wie Sandrart von Leblon an Lössert übergehen, von dem wir wissen, dass er im Besitze des Darmstädter Bildes gewesen, sondern von Leblon an die französische Königin

---

[*] Dass dies aber wirklich der Fall gewesen, wird theils dadurch bestatigt, dass nach Walpole sich wirklich Holbein'sche Bilder in der Gallerie des Herzogs befanden, theils dass nach Sandrart's Acad. S. 282, so wie nach Sainsbury's Papers S. 64, 70, 103 Leblon den Ankauf des grossen Rubensschen Cabinets und dessen Versendung für den Herzog von Buckingham in den Jahren 1625 und 1627 zu vermitteln hatte, also wirklich als Agent desselben fungirte.

Maria von Medicis, während sie in Belgien war, verkauft werden. Also will der Zusammenhang der vorigen Kette von Daten nicht mehr halten. Maria von Medicis war nämlich in Folge der Conflicte mit ihrem Sohne Ludwig XIII. und dessen Minister Richelieu am 18. Juli 1631 nach den Niederlanden geflüchtet und hielt sich in precären Verhältnissen in Brüssel auf, bis sie 1638 nach England ging und endlich 1642 in Cöln starb. Aus dem Trüben dieses Widerspruches nun zwischen Fesch und Sandrart, dass der eine den Leblon das in seine Hände gelangte Bild an die Königin Maria, der andere an einen Buchhalter Lössert verkaufen lässt, hat man den Grund gegen die Aechtheit des Dresdener Bildes herauszufischen gesucht, der jetzt die Hauptrolle spielt, und den wir nun näher in Betracht zu ziehen haben.

So lange man nur erst von einem Exemplare wusste, suchte man noch den Widerspruch dadurch zu lösen, dass Lössert nur als Agent der Königin beim Ankaufe für diese fungirt habe. Nachdem aber Woltmann's Entdeckungen gelehrt haben, dass das von Lössert erkaufte Bild in seiner Familie blieb, sind Woltmann und Kinkel mit folgender, auch von Crowe günstig aufgenommenen, Ansicht eingetreten, wodurch eine ähnliche, doch nach Woltmann's Entdeckungen jedenfalls etwas anders zu stellende, Ansicht Wornum's als antiquirt gelten kann.*)

Das ächte Exemplar, was von Basel in Leblon's Hände kam, hat sich unter seinen Händen verdoppelt: er hat eine Copie davon fertigen lassen, das ächte Bild dahin, die Copie dorthin verkauft; das sind unsere beiden Exemplare. Nun fragt sich freilich von vorn herein: ist das an Lössert gekommene Darmstädter oder das an Maria gekommene, voraussetzlich Dresdener, das ächte. Woltmann schien von vorn herein das erste durch seine Entdeckungen für erwiesen zu halten; doch hat schon Kinkel dagegen eingewandt, dass, rein historisch genommen, eben so gut das letzte sein könne; nur unter Zuziehung von Prioritätsgründen lasse sich für das Darmstädter entscheiden. Ja Fesch lässt ja gerade umgekehrt das aus Basel stammende Bild von Leblon vielmehr an Maria als an Lössert übergehen; so wäre dieses, das Darmstädter, vielmehr das unächte Exemplar. Doch behält Woltmann unstreitig in der Sache bis zu einem gewissen Puncte Recht. Das von Basel in Leblon's Hände gekommene Bild wird wirklich das Darmstädter, nicht das Dresdener gewesen sein; und wenn schon dieses damit nicht unächt wird, haben wir doch vor Allem dem Darmstädter Bilde sein Recht zu geben, und den Verdacht, der daraus gegen das Dresdener erwächst, vorläufig bestehen zu lassen, ja zur Erschöpfung der Gegengründe in einigen Puncten noch zu verstärken. Nämlich:

---

*) Von einer Modification der Woltmann'schen Ansicht Seitens Br. Meyer später.

1) War überhaupt eins von beiden das Original, das andere die Copie, so kann nur das erstgemalte das Original sein; man hat aber weit überwiegende innere Gründe, von denen im folgenden Abschnitte die Rede sein wird, das Darmstädter Bild für das erstgemalte zu halten.

2) Fesch sagt freilich, das Basel'sche Bild sei von Leblon an die Königin Maria verkauft worden, wo es nicht das an Lössert gekommene Darmstädter sein könnte. Aber Sandrart musste besser wissen als Fesch, an wen Leblon das ächte Bild verkauft hat. Denn es lässt sich nicht annehmen, dass Leblon seinen Freund und Vetter Sandrart mit der Angabe des Verkaufes einer Copie statt eines Originales an Lössert sollte getäuscht haben. Hingegen konnte Fesch in Basel nicht eben so gut wissen, an wen Leblon in Amsterdam das Original und an wen er die Copie verkauft habe, wie ja überhaupt seine Angaben sehr ungenau sind.

3) An sich ist gar nicht unwahrscheinlich, dass Leblon eine Copie von dem ächten Bilde fertigen liess. Holbein'sche Bilder waren, wie aus Angaben sowohl in Fesch's Manuscripte als Sainsbury's Papers hervorgeht, zur Zeit, wo die Einkäufe und Verkäufe unserer Bilder spielen, sehr gesucht, und Leblon's Charakter ist nicht verdachtfrei. Denn wenn schon Sandrart grosse Stücke auf ihn hält, und ihn u. a. den »Mäcenas aller

Tugend« nennt, so wird hingegen dieser Mäcenas aller Tugend in Sainsbury's Papers (p. 296) als ein gewinnsüchtiger Schwindler in Kunsthandelssachen bezeichnet und ihm ein »Amsterdam-like carriage« vorgeworfen, woraus hervorzugehen scheint, dass Amsterdam wegen Betrügereien im Kunstverkehr überhaupt berüchtigt war. Auch macht Kinkel geltend, dass es für Leblon leichter sein musste, der in Brüssel entfernt residirenden Königin eine Copie aufzuhängen, als einem Käufer am Orte.

4) Die Angabe Fesch's, dass das aus Iselin's Nachlasse an Leblon gekommene Bild sowohl nach Breite als Höhe »ungefähr 3 Ulnas Basilienses« gemessen habe, also ziemlich quadratisch gewesen sei, stimmt zwar weder genau zum einen noch andern Exemplare, aber doch besser zum Darmstädter als Dresdener. Nämlich nach den (hier auf pr. Fusse reducirten) Massen v. Zahn's ist abgesehen vom aufgesetzten schmälern Rundbogen die Breite des Darmstädter Exemplares im Lichten 3,109, Höhe 3,392 Fuss, die Breite des Dresdener 3,170, Höhe 3,770 Fuss. Nur ersteres, nicht letzteres Verhältniss kann man ungefähr als das der Gleichheit fassen. In jedem Falle freilich muss man Ulnas hiebei durch Fusse statt Ellen übersetzen.

5) Kinkel macht noch geltend, dass die ältesten Nachrichten bei Fesch und Sandrart nur von einem einzigen ächten Exemplare wissen, und beim Dresdener sogar die Kenntniss der darin dargestellten Familie verloren ging.

Hiemit schiene denn die Sache unserer Dresdener Madonna ganz verloren. Jetzt suchen wir sie Schritt für Schritt wieder zu gewinnen.

Vor Allem vergessen wir nicht, dass, wenn man sich an die directen Angaben Fesch's halten will, das aus der Stifterfamilie stammende, hiemit jedenfalls ächte, Bild nicht das von Leblon an Lössert, sondern das von Leblon an die Königin Maria übergegangene Bild, mithin das Dresdener ist, sofern jenes das Darmstädter ist. Wenn man aber gerechten Grund hat, Fesch's directen Angaben in dieser Hinsicht zu misstrauen, so hat man nicht minder gerechten Grund dazu in andrer Hinsicht, und hiemit kommen wir auf Puncte, welche die Ansicht der Gegner empfindlich treffen.

Blicken wir zurück, so ruht das Hauptargument der Gegner darin, dass nach dem Zusammennehmen von Fesch's und Sandrart's Nachrichten Leblon ein Exemplar unsers Bildes an Lössert, ein anderes an Maria von Medicis verkauft habe, mithin im Besitze von zwei Exemplaren gewesen sein müsse, von denen doch nur das eine als ächt angesehen werden könne, um nicht auf der ganz unwahrscheinlichen Hypothese zu fussen, dass er zwei ächte Exemplare besessen habe. Nur das erstgemalte aber, was anerkanntermassen das Darmstädter ist, könne das ächte sein.

Wie aber, wenn die ganze Angabe des überall schlecht unterrichteten Fesch, dass die Königin in den Niederlanden eins der Exemplare von Leblon gekauft, historisch unannehmbar wäre; dann fiele das ganze Fundament der Hypothese, dass sich das Bild unter Leblon's Händen verdoppelt habe, zusammen, und treten andre Möglichkeiten, ja Wahrscheinlichkeiten an die Stelle, mit denen sich das Dasein zweier ächten Exemplare noch ganz wohl verträgt. So aber ist es. Die Königin mag wirklich ein Exemplar, nur andersher als von Leblon und zu andrer Zeit als da sie in den Niederlanden war, gekauft haben, denn dazu stimmen Gründe von negativer und positiver Seite zusammen. Die Sache ist nämlich die:

Die Königin Maria war nach ihrer Flucht aus Frankreich während ihres ganzen Aufenthaltes in den Niederlanden, wo sie nach Fesch das Bild um 3000 Gulden gekauft haben soll, in so grossen Geldverlegenheiten und durch politische Umtriebe so sehr in Anspruch genommen, dass nicht wohl daran zu denken ist, sie habe ein Bild um einen für damalige Zeit so theuern Preis zu kaufen die Mittel und das Interesse gehabt, ein schon früher von Schäfer hervorgehobener, und in meiner historischen Abhandlung von mir mit Citaten aus einer Lebensgeschichte der Königin so wie aus Sainsbury's Papers of Rubens belegter Umstand, der von den Gegnern bei ihrer Hypothese einfach ignorirt wird.

Alsbald nach ihrer im Juli 1631 erfolgten Flucht aus Frankreich wurden nämlich (nach Vie de Marie par T. Arconville III. 355) ihre Güter und ihr Leibgedinge eingezogen; schon im September 1631 versetzte sie (nach Sainsb. Papers p. 161) ihre Juwelen, um Mittel zum Kriege gegen Frankreich zusammen zu bringen; es wird (ibid. 168) in einem Briefe, datirt Juli 1632, von einem stäglich wachsenden pitiable state derselben gesprochen; im Jahr 1633 musste sie aus Mangel einen Theil ihrer Domestiken, die ihr von Frankreich gefolgt waren, dahin zurückschicken, und da sie sich endlich gar nicht mehr in den Niederlanden zu halten wusste, ging sie 1638 nach England zu ihrem Schwiegersohne Karl I., ohne dass sich ihr Nothstand minderte, und starb 1642 zu Cöln im grössten Elende. So lange diese Puncte nicht historisch widerlegt sind, muss die Angabe Fesch's, dass die Königin in den Niederlanden ein theures Bild von Leblon gekauft, zu Fesch's übrigen Ungenauigkeiten geschlagen werden, auf die sich ja auch die Gegner zu berufen haben, wenn sie das aus der Stifterfamilie stammende Bild, entgegen Fesch's ausdrücklicher Angabe, von Leblon vielmehr an Lössert als an Maria verkaufen lassen. Will man also die Angabe, dass überhaupt ein Exemplar unsers Bildes an die Königin gekommen, nicht für ganz erfunden halten, was sie doch wahrscheinlich nicht war, so musste es vor ihrer Flucht an sie gekommen sein, wo sie in der That recht wohl die Mittel und das Interesse zu seinem Ankaufe haben konnte, denn man liest (in Sainsb. P.), dass sie noch 1630, also im Jahre vor ihrer Flucht, 15000 Pfund für Statuen zahlen wollte.

Also hat jedenfalls eine Verwirrung in Fesch's Nachrichten stattgefunden. Fesch wusste augenscheinlich positiv blos von der Existenz des einen, in der Familie seiner Vorfahren vererbten Bildes, und selbst von diesem nichts Genaues, doch hatte von beiden etwas gehört, vom einen, dass es an Leblon, vom andern, dass es an die Königin Maria gekommen, und warf nun Beides zusammen, indem er das an Leblon gelangte durch diesen an Maria gelangen liess, von der er wusste, dass sie in den Niederlanden war, wo er sie untriftigerweise, — wieder ein Beweis von seinem Mangel an Exactheit — auch sterben lässt. Also statt einer Verdoppelung des einen Bildes durch Leblon ein Zusammenwerfen zweier Bilder durch Fesch. Die Annahme eines solchen Zusammenwerfens aber wird dadurch unterstützt, dass Fesch für den Verkauf an Maria dieselbe Verkaufssumme als Sandrart für den Verkauf an Lössert angiebt.

Auch ist nicht ausser Acht zu lassen, dass die Königin während ihres Aufenthaltes in den Niederlanden nicht in Amsterdam, sondern in Brüssel lebte; also hätte die Copie nach Brüssel verkauft sein müssen; aber das Dresdener Bild, was diese Copie vorstellen soll, ist vielmehr von Amsterdam nach Venedig gelangt, mithin fordert die Hypothese der Gegner die neue Hypothese, dass die Copie wieder von Brüssel nach Amsterdam zurückgelangt sei; eine Hypothese verliert aber um so mehr an Halt, je mehr sie neuer Hypothesen zur Stütze bedarf. Und wenn Kinkel geltend macht, es sei für Leblon in Amsterdam leichter gewesen, die Copie [wofür er das Dresdener Bild hält] der entfernt in Brüssel residirenden Königin anzuhängen, als einem Holländer, der zu Amsterdam, also am Platze selbst wohnte, so wendet sich diese Bemerkung nur zu Gunsten des Dresdener Bildes, wenn doch dasselbe mit dem Darmstädter zugleich in Amsterdam geblieben ist. In der That musste es schwer sein, eine so abweichende Copie Jemandem an demselben Orte, wo das Original war, als Original aufzuhängen.

Nicht genug, die zweite, bisher unberücksichtigt gebliebene, Notiz in Fesch's Berichte [der Randbemerkung angehörig] giebt uns auch einen *positiven* Grund für die überwiegende Wahrscheinlichkeit an die Hand, dass das aus der Stifterfamilie stammende Bild schon vor der Zeit des Aufenthaltes der Königin in den Niederlanden, also gar nicht durch Leblon, an sie gekommen, mithin eine Verdoppelung durch diesen gar nicht stattgefunden. Am leichtesten wird dies erhellen, wenn wir diese Notiz im *Zusammenhange* der hier einschlagenden Notizen aus Fesch's Berichte in's Auge fassen, wozu es einiges schon Angeführte zu recapituliren gilt.

Der Haupttext Fesch's lässt wie gesagt eine, die knieende Stifterfamilie Meier enthaltende, übrigens ungenau beschriebene Tafel um 163 . von Wittwe und Erben Lucas Iselin's an Lebdon und von diesem an Maria verkauft werden, wobei von Fesch noch gar nicht erwähnt ist, dass diese Tafel im Besitze seines Grossvaters gewesen. Die unstreitig später, nach später erlangten Notizen vom Berichterstatter zugefügte, Randbemerkung sagt erst, diese Tafel habe seinem Grossvater gehört, »von welchem sie Iselin nach dessen Angabe (uti ferebat) für den Gesandten Frankreichs ungefähr 1606 für den Preis von 100 Goldkronen erlangt habe«. (S. den lateinischen Wortlaut oben S. 61). Hier nun haben wir die eigene Angabe Iselin's, mit welcher Fesch's Angabe im Haupttext in Widerspruch steht, sofern nach Iselin das Bild von Iselin selbst schon bei seinen Lebzeiten um 1606 für den Gesandten Frankreichs erlangt wurde, indess es nach dem Haupttexte Fesch's erst aus Iselin's Nachlass um 163 . an Lebdon gekommen sein soll. Iselin aber, aus dessen Papieren die Angabe nachträglich geschöpft sein konnte, musste besser als irgend Jemand wissen, für wen er das Bild erlangt hat; und wenn Fesch durch die Anführungsweise derselben (»uti ferebat«) Misstrauen darein beweist, so war für ihn ein solches freilich sehr natürlich eben wegen jenes Widerspruches mit seiner früheren anderswher geschöpften Angabe. Nun scheint zwar die einfachste Lösung dieses Widerspruches darin zu liegen, — und habe ich sie früher, wie noch jetzt von den Gegnern geschieht, bei minder scharfem Zusehen selbst darin gesucht, — dass das vom Grossvater Fesch an Iselin verkaufte Bild nicht an den Gesandten Frankreichs, für den es von Iselin erlangt worden, wirklich gekommen, sondern in die Verlassenschaft Iselin's übergegangen sei, aus der es nachmals Lebdon erworben. Aber wie wahrscheinlich diese Auffassung für den ersten Anblick erscheinen mag, — und dass sie möglich bleibt, will ich nicht bestreiten, — so unwahrscheinlich ist sie nach folgenden Gründen. Wäre es so, so würde Fesch in der ihm zugekommenen Notiz keinen Anlass gefunden haben, das entscheidende Wort »impetravit pro legato«

zu gebrauchen; ja er würde die ganze Notiz, dass das Bild an den Gesandten Frankreichs hätte kommen sollen, aber nicht gekommen sei, als interesselos übergangen, oder die letztre Angabe zur ersten ausdrücklich zugefügt haben, um keinen Widerspruch mit dem Haupttext bestehen zu lassen, statt dass man aus dem einfachen Zusatze »uti ferebat« sieht, er habe den Widerspruch empfunden *), ohne dass er ihn doch löst. Wonach man glauben muss, Iselin habe die Angabe wirklich gemacht, und Fesch sie nur nicht mit seiner früheren Angabe zu vereinigen gewusst. Diese Angabe aber kann nach Fesch's unsichrer Kenntniss vom Sachverhalt als Ausdruck einer selbstverständlich scheinenden Hypothese nicht befremden, wenn er das an Leblon um 163. gekommene Bild für dasselbe hielt, als das, von dem er wusste, dass es von seinem Grossvater an Iselin gekommen, und von dem Einkaufe Holbein'scher Bilder in Basel durch Leblon um 163. von andrer Seite her Kenntniss hatte [s. oben S. 61], weil er sich diess dann gar nicht anders zurecht legen konnte, als dass das Bild von Leblon aus dem Nachlasse des 1626 gestorbenen Iselin gekauft sei. Eben desshalb aber kann auch der Umstand, dass die Zeit von Leblon's Einkäufen in Basel mit der Zeit von Iselin's Tode nahe zutrifft [s. ob. S. 62] nicht als Beweis für die Triftigkeit der Angabe, dass Leblon sein Exemplar aus Iselin's Nachlasse erhalten habe, gelten.

Man bemerke hienach: Die Widerlegung der Hypothese, dass sich das eine Bild unter Leblon's Händen verdoppelt habe, beruht keineswegs blos auf dem Nachweise des Unvermögens der Königin, ihm während ihres Aufenthaltes in den Niederlanden eine Copie um theuern Preis abzukaufen, wogegen man noch sagen könnte: »wohl, die Königin war nicht in der Lage, ein theures Bild zu kaufen, aber leichtsinnig und prunksüchtig wie sie war, kaufte sie es dennoch«, doch auch gegen sagen kann: »eine leichtsinnige Person verschwendet aber nur, wenn sie etwas zu verschwenden hat, und lässt ein altes Interesse über einem sich mächtiger aufdrängenden neuen fallen; die grosse Unwahrscheinlichkeit des betreffenden Ankaufes wird immer bestehen bleiben. Aber die Unvollständigkeit der hierauf allein gestützten Widerlegung zugestanden, ergänzt sie sich durch die Berufung auf die eigne Angabe Iselin's, auf die Verwirrung, welche durch die Angabe einer gleichen Verkaufssumme für zwei vorgeblich verschiedene Käufe bewiesen wird, und auf die Herkunft des Dresdener Exemplares von Amsterdam statt Brüssel; denn alles das passt nicht zur Hypothese.

---

*) Unstreitig ist auch Patin dieses Widerspruches gewahr worden, und lässt daher bei Benutzung des Fesch'schen Manuscripts die Bezugnahme auf Iselin ganz bei Seite.

Ist nun mit Vorigem die Richtigkeit der Angabe Fesch's im Haupttext, dass das an Leblon gelangte, unstreitig Darmstädter, Exemplar des Bildes aus Iselin's Nachlasse stamme, mindestens in sehr starken Zweifel gestellt, so liegt überhaupt keine andre directe Angabe für seine Herkunft aus der Stifterfamilie mehr vor, und könnte man also, rein historisch genommen, diese Herkunft billig noch bezweifeln, wenn nicht von andrer Seite doch die Notiz vorläge (vergl. S. 61), dass Leblon wirklich Holbein'sche Bilder in Basel eingekauft, worunter sich das Darmstädter befunden haben mag, und nicht Prioritätsgründe die Aechtheit des Darmstädter Exemplares aus anderem Gesichtspuncte bewiesen. Dass die Angabe über die Dimensionsverhältnisse des Bildes im Haupttext Fesch's besser zum Darmstädter als Dresdener Exemplare stimmt, kann, abgesehen von ihrer geringen Genauigkeit, nicht wesentlich in Rücksicht kommen, weil die Angaben im Haupttext überhaupt Nachrichten aus Belgien über das in Leblon's Hände gelangte Bild voraussetzen, die Fesch vielleicht durch Ludi mit den Copieen zweier Figuren aus dem Bilde erhielt, von denen er spricht.

Schliesslich also stehen sich folgende zwei Hauptansichten über das historische Verhältniss beider Bilder gegenüber. Nach der Ansicht von Woltmann und Kinkel *) ist das aus der Familie Meier an den Grossvater Fesch vererbte, mithin direct

---

*) Von der Ansicht C.'s (Crowe's) kann ich hierbei nicht sprechen, da es offenbar ein Versehen ist, wenn er sagt: »Lossert's Bild ist das der Dresdener Gallerie«; sofern ja vielmehr das Darmstädter Bild durch den Namen Leskart im Amsterdamer Auctionscatalog sich mit dem frühern Käufer Lossert verknüpft.

auf die Stifterfamilie zurückführbare Bild das Darmstädter: dieses ward dem Fesch von Iselin um 1606 für den Gesandten Frankreichs abgekauft, kam aber nicht an diesen, sondern später um 163. aus Iselin's Nachlass an den Amsterdamer Leblon, der es an den Buchhalter Lössert verkaufte, und taucht später um 1709 in einem Amsterdamer Auctionscataloge der Herren Croonhout und Lockart wieder auf, von denen letzter als ein Nachkomme jenes Lössert anzusehen. Das Dresdener Bild aber ist unter Leblon's Händen als eine Copie des Darmstädter entstanden, und an die Königin Maria von Medicis, für die es schon früher bestimmt gewesen, verkauft worden, während sie in den Niederlanden war, von da aber später nach Venedig übergegangen. Fesch's Verwirrung liegt nur darin, dass er statt einer Copie des aus der Stifterfamilie stammenden Bildes dieses selbst von Leblon an Maria verkaufen lässt.

Nach der andern, hier nicht als gewiss aber als wahrscheinlich vertretenen Ansicht ist das aus der Stifterfamilie Meier an Fesch vererbte, von diesem an Iselin verkaufte, Bild vielmehr das Dresdener. Dieses ging schon um 1606 durch den französischen Gesandten von Iselin an die Königin Maria über, während sie noch in Frankreich war, um von da später, unbekannt auf welchem Wege, nach Amsterdam und weiter nach Venedig überzugehen. Das andere, nicht minder als ächt anzusehende Exemplar, das Darmstädter, wurde einige Jahre vor 1630 vom Amsterdamer Leblon bei Gelegenheit seiner für den (schon 1628 ermordeten) Herzog von Buckingham gemachten Einkäufe Holbein'scher Bilder aus unbekanntem Basel'schen Besitze erworben, und an Lössert verkauft, dann weiter wie bei voriger Ansicht. Fesch's Verwirrung aber liegt darin, dass er das aus der Stifterfamilie an seinen Grossvater vererbte Bild statt direct durch Iselin und den französischen Gesandten, vielmehr erst aus Iselin's Nachlass und durch Leblon an die Königin Maria zu einer Zeit übergeben lässt, wo sie nicht wohl in der Lage war es zu kaufen.

Ich überlasse es gern jedem, das Wahrscheinlichkeitsverhältniss beider Ansichten nach den hier möglichen vollständig vorgelegten Unterlagen derselben selbst zu beurtheilen; gebe meinerseits zu, dass die von mir aufgestellte Ansicht ein historischer Roman sein kann, halte aber die gegnerische für einen unhistorischen Roman.

Nun ist freilich damit, dass Maria nicht wohl eine Copie des Bildes von Leblon gekauft haben konnte, nicht ausgeschlossen, dass doch von Leblon oder seinem Abkäufer Lössert eine Copie veranstaltet war, die in andre Hände und endlich von Amsterdam nach Venedig überging; und zuzugestehen, dass der Ausgang eines ächten Originales und einer danach gemachten Copie von demselben Orte (Amsterdam) die Wahrscheinlichkeit eines ursächlichen Zusammenhanges, indess der Ausgang zweier ächten Exemplare von einem andern als dem gemeinsamen Ursprungsorte nur die Möglichkeit eines einmal stattgefundenen zufälligen Zusammentreffens hat, und der hieraus hervorgehende Verdachtsgrund ist nicht zu unterschätzen. Insbesondre ist in dieser Hinsicht eine Hypothese zu berücksichtigen, welche vor Kenntniss des Darmstädter Exemplares, wo man noch meinte, es sei das Dresdener Exemplar, was in Lössert's Hände gekommen, in Bezug auf dieses von Hübner aufgestellt und damals auch von Woltmann acceptirt worden ist, jetzt aber von Bruno Meyer in folgender Weise bezüglich des Darmstädter Exemplars wieder aufgenommen ist. Dasselbe sei von Lössert eigentlich für die Königin gekauft, aber, als diese 1638 das Land verliess und 1643 gestorben war, von ihm für sich behalten worden. So erkläre sich, dass von Fesch und von Sandrart derselbe Kaufspreis für das nach ihnen respectiv an Maria und an Lössert verkaufte Bild angegeben wird, da ja beides im Grunde denselben Verkauf bedeute, und brauche man gar keine betrügerische Verdoppelung des Bildes durch Leblon, noch überhaupt Entstehung des Bildes schon um die Mitte des 17. Jahrh. anzunehmen, die er vielmehr nach innern Merkmalen (Mangel an Verständniss in der Architectur des Dresdener Bildes, im Kopfe der Madonna sich kundgebender Sinn für das Zierliche, Charakter der Farbehaltung) in das zweite bis vierte Decennium des 18. Jahrhunderts verlegt.

Corrigiren wir vorerst nach der oben dargelegten historischen Sachlage die Hypothese dahin, dass Lössert das Bild für sich zurückbehielt, nicht weil die Königin die Niederlande verliess, sondern weil die Königin es ihm nicht bezahlen konnte, worauf aber nichts wesentlich ankommt, so ist anzuerkennen, dass in der That die Angabe des gleichen Kaufpreises Seitens Fesch und Sandrart durch Meyer's Hypothese ganz eben so gut als durch unsre erklärt, überhaupt dieser Hypothese durch keine entscheidenden Gegengründe verwehrt ist, aufzutreten, wohl aber durch erhebliche Wahrscheinlichkeitsgründe, Gewicht darauf zu legen.

Es ist unwahrscheinlich, dass Lössert das Bild überhaupt für die Königin kaufte: denn erstens hat sie es nach der Lage, in der sie sich in den Niederlanden befand, schwerlich auch nur kaufen wollen; zweitens sagt Sandrart, dass Lössert es »auf inständiges Bitten« von Leblon erhielt, was ein eigenes Interesse von Lössert an dem Bilde voraussetzen lässt; drittens ist der Königin Maria in Sandrart's Berichte gar nicht gedacht; sollte aber Leblon, von welchem Sandrart seine Angaben erhielt, als Verkäufer des Bildes nicht eben so gut als der dem Verkaufe ganz fern stehende Fesch gewusst haben, dass Lössert das Bild für die Königin kaufte, wenn es wirklich für sie gekauft ward oder seinem Bekannten Sandrart vielmehr den Vermittler des Kaufes als die eigentliche Käuferin des Bildes genannt haben, zumal er wissen musste, dass Sandrart während seines Aufenthaltes in Amsterdam eine festliche Einholung der Königin Maria in einem grossen historischen Gemälde dargestellt, also an der Käuferin gewiss ein grösseres Interesse hatte als an dem Agenten.

Gegen die von Meyer statuirte späte Entstehungszeit des Dresdener Bildes streitet sowohl die Angabe Algarotti's [S. 57], als der Bericht Wrights, der das Bild schon 1723 in Venedig als traditionell Holbein'sches Bild sahe, worüber meine historische Abhandlung zu vergleichen.

Reduciren wir endlich die gegnerische Hypothese auf den allgemeinsten Gesichtspunct, dass nur überhaupt in Amsterdam eine Copie des ächten Bildes gemacht worden, so ist Folgendes dagegen zu erwägen: Sei es zufällig, dass einmal zwei ächte Exemplare unseres Bildes in Amsterdam zusammengetroffen sind, so steht doch der Möglichkeit, dass dieser Zufall eingetroffen sei, auch nicht das Geringste thatsächlicherseits entgegen: vielmehr konnte er in einer so kunstliebenden und in lebhaftem Kunstverkehr stehenden Stadt, als Amsterdam in jener Zeit gewesen zu sein scheint, wohl eintreten.

Wahrscheinlich sind beide Bilder lange zusammen in Amsterdam gewesen: denn das Darmstädter kommt ja um 163. durch Leblon nach Amsterdam und findet sich noch 1709 in Loskart's Besitz in Amsterdam wieder; das Dresdener aber ging 1690 von Amsterdam aus dem Bankerott eines Bankiers nach Venedig über. Theure Bilder aber werden nicht kurz vor einem Bankerott, sondern bei blühenden Verhältnissen angeschafft: also war das Dresdener Bild wahrscheinlich schon lange vor 1690 in Amsterdam.

Weiter: Mindestens eben so wahrscheinlich, als die Entstehung zweier Exemplare als Original und gefälschte Copie ist die Entstehung zweier ächten Exemplare aus folgendem Gesichtspuncte. Unser Bild ist seinem Charakter nach ein Votivbild, was seine Bestimmung für die Kirche, zugleich ein Familienbild, was seine Bestimmung für das Haus in Anspruch nimmt. Nichts natürlicher also, als dass ein Exemplar für die Kirche, ein anderes für das Haus bestellt ward, und nichts näher liegend, als dass Beides demselben Künstler übertragen ward. Holbein ging 1526 aus Mangel an Erwerb von Basel nach England; Beweis genug, dass es um die Zeit, in welche mit Wahrscheinlichkeit die Entstehung beider Exemplare fällt (zwischen 1520 und 1530) nicht zu viel Beschäftigung noch Aussicht auf solche für ihn gegeben, warum sollte er da die Wiederholung einem Copisten überlassen haben. Auch lassen sich manche Abänderungen zwischen beiden Exemplaren leichter aus der Voraussetzung einer verschiedenen Bestimmung zweier ächten Exemplare als aus der Hypothese, dass das eine eine unächte Copie des andern sei, erklären. — Von andrer Seite liesse sich anstatt an eine doppelte Bestimmung für Kirche und Haus an eine Bestimmung für zwei verschiedene Zweige der

Familie denken; auch hat man sowohl an dies als an jenes gedacht, und dabei zu Gunsten letzterer Ansicht Folgendes hervorgehoben: Schon 1516, vor der Entstehung unserer beiden Bilder, hat Holbein ein Doppelbild des Stifters und seiner Frau gemalt, welche sich im Basel'schen Museum finden, und wovon »gleichzeitige« (Hübner, brieflich) oder »offenbar nicht viel spätere« (Woltmann) Copieen in demselben Museum existiren, die gleich den Originalen aus der Sammlung Fesch stammen, und der Vermuthung Raum geben, dass sie für zwei Familienzweige bestimmt waren; nur dass sich freilich fragen würde, was sie dann doch in dieselbe Sammlung zusammengeführt hat. Abgesehen davon kann man glauben, da das an Bürgermeister Fesch gekommene Exemplar an die im Bilde dargestellte Tochter Meier's Anna vererbt war, dass um so weniger der gegenüberknieende männliche Spross der Familie ohne ein Exemplar des Familienbildes geblieben sein werde.

Nun liesse sich allerdings bei der einen wie andern Ansicht denken, dass das zweite Exemplar erst später für seine zweite Bestimmung von einem andern, als dem vielleicht nicht mehr gegenwärtigen Holbein gemalt worden; aber es ist überhaupt kein Schüler Holbein's oder sonst Basel'scher Künstler bekannt, dem die Copie zuzutrauen, so dass eine derartige Vermuthung leer bleibt.

Dass in der ältesten Nachricht bei Fesch sich die Kenntniss nur von einem ächten Exemplar verräth, kann nicht auffallen, auch wenn es zwei gab. Fesch schrieb ungefähr um ein Jahrhundert später, als die Bilder, jedenfalls das Urbild, entstanden war; nur das eine hatte sich an seinen Grossvater vererbt, und so ist nicht zu wundern, dass ihm die positive Kenntniss vom Dasein des andern abging. Oder vielmehr: er hatte ja von beiden Kenntniss, und vermischte blos die Nachrichten von beiden.

Wenn Kinkel gegen die Aechtheit des Dresdner Bildes geltend macht, sogar die richtige Kenntniss der darin dargestellten Familie sei zu Venedig verloren gewesen, so wüsste ich nicht, warum sie von einem durch verschiedene Hände gegangenen ächten Bilde schwieriger als von einer dafür ausgegebenen Copie sollte verloren gehen.

VII. Die Aechtheitsfrage bezüglich des Darmstädter Exemplars insbesondre.

Dass die Aechtheit des Darmstädter Exemplares mindestens seiner Anlage und seinem Hauptbestande nach jetzt als allgemein zugestanden gelten kann, ist schon im dritten Abschnitte besprochen. Welches aber sind die Gründe, auf die sich dieses Einverständniss stützt und stützen darf?

Zuvörderst sind es historische, wenn schon für sich allein nicht völlig durchschlagende Gründe. Denn dass die directe Zurückführung des Darmstädter Bildes auf die Stifterfamilie, welche man durch das Zusammennehmen von Woltmann's Entdeckungen mit den alten Angaben von Fesch und Sandrart erzielt zu haben glaubte, noch sehr problematisch und möglicherweise selbst auf das Dresdener Exemplar zu übertragen ist, glaube ich im vorigen Abschnitte gezeigt zu haben; zugleich aber auch, dass selbst unter Zugeständniss dieser Uebertragung noch historische Notizen übrig bleiben, welche für den Einkauf des Darmstädter Bildes durch Leblon in Basel selbst sprechen. [S. 61. 71.] Auch kann sich das Darmstädter Exemplar nicht minder als das Dresdener auf die Tradition berufen, sofern es in dem Amsterdamer Auctionscataloge von 1709 als Holbein'sches Bild aufgeführt ist.

Zweitens spricht die Mehrzahl und das Uebergewicht der Kennerstimmen (Hirt, Kugler, Waagen, v. Zahn, Wornum, Woltmann, E. Förster) für die Uebereinstimmung der Malweise des Darmstädter Bildes mit der Malweise ächt Holbein'scher Bilder, und wenn ein paar ausnahmsweise Stimmen (Gründer, K. Förster) sich in gegentheiligem Sinne erklärt haben [S. 32], so kann darin und in den früher hervorgehobenen und nicht allwärts genügend erwogenen Schwierigkeiten der Beurtheilung zwar eine Aufforderung liegen, die Frage aus diesem Gesichtspuncte nochmals gründlich zu untersuchen, ohne aber bei den Bedenken, welche sich gegen die Gültigkeit der Gegenstimmen erheben liessen [S. 41], mit Wahrscheinlichkeit ein anderes als das bis jetzt überwiegende Resultat davon erwarten zu dürfen.

Am durchschlagendsten für die Aechtheit des Darmstädter Exemplares aber erscheinen die Gründe für seine Priorität, indem sich unter Vielem, was in dieser Hinsicht noch bestreitbar oder nur Wahrscheinlichkeit begründend ist, doch Einiges findet, was einen ziemlich sichern Schluss zulässt.

Zuvörderst können diejenigen, welche den Vorzug der Dresdener vor der Darmstädter Hauptfigur anerkennen, was freilich nicht allseitig der Fall ist, schon hierin einen erheblichen Wahrscheinlichkeitsgrund für die Priorität des Darmstädter Exemplares finden. Denn es schiene sich zwar eben so gut sagen zu lassen, um das Darmstädter Exemplar zur Copie zu machen: der Copist hat im Darmstädter den Vortheil des Dresdener nicht zu erreichen vermocht, als: er hat sich im Dresdener verbessernd über das Original erhoben; in der That aber ist es leichter, das Letzte als das Erste anzunehmen, da die Vortheile, welche die Dresdener Madonna vor der Darmstädter zeigt, zum Theile in angebbaren Zügen ruhen, welche nicht durch Ungeschick verfehlt werden können; wie sich denn ein solches Ungeschick nicht im übrigen Bilde beweist.

Inzwischen noch überzeugender für die Priorität des Darmstädter Bildes erscheinen die Verschiedenheiten der Anordnung und Proportionen zwischen beiden Bildern, vorausgesetzt wiederum, dass man darin einen Vortheil des Dresdener vor dem Darmstädter anerkennt. Treten wir vor die Originale, oder halten uns auch nur an die Photographieen, die für diesen Vergleich vollkommen ausreichen, so sehen wir, vom Darmstädter zum Dresdener Exemplare übergehend, die Madonna so zu sagen aus einem Gemache, worin die Decke fast auf der Krone lastet, in ein solches mit frei und hoch sich darüber wölbender Decke treten, und den Stifter und die Stifterin, die unten knieen, der Angst enthoben, bei der kleinsten Aufrichtung an die Tragsteine (Kragsteine, Consolen) hart über ihren Köpfe anzustossen. Die Madonna findet jetzt mit beiden Armen Platz in der weiter gewordenen Nische, indess sie vorher den einen Arm nicht darin unterbringen konnte und damit an den Tragstein des nächsten Pfeilers stiess. Ihre Gestalt ist schlanker und damit anmuthiger geworden, und die Köpfe der Figuren den Gestalten proportionirter; der vorher mehr kauernde Bürgermeister hat sich halb erhoben und seine gefalteten Hände hinter dem Rücken des vor ihm knieenden Jünglings hervorgehoben, und sein Pelz und des Jünglings Haar, die vorher zusammenflossen, haben sich von einander gelöst. In all' dem aber ist der Vortheil so sehr auf Seiten des Dresdener Exemplares, dass man sich schwer denken kann, der Künstler oder Copist habe dessen Verhältnisse mit denen des Darmstädter Exemplares vertauscht, um damit vom Besseren zum Schlechteren überzugehen. Auch würden sich Aenderungen dieser Art noch viel weniger als die Aenderungen der Hauptfigur aus mangelnder Geschicklichkeit erklären.

Freilich kommen wir hiebei in einen eigenthümlichen Conflict mit Woltmann und Meyer, welche die Abänderungen der Proportionen im Dresdener Bilde statt als Verbesserungen vielmehr als Verschlechterungen fassen, und doch um nichts weniger daraus ein Argument gegen Priorität und Aechtheit des Dresdener Bildes ziehen, sofern des Copisten Absicht der Verbesserung in das Gegentheil umgeschlagen sei. Aber sie werden nach dem, was S. 50 darüber gesagt ist, nicht leicht Beistimmung darin finden, vielmehr einen der Gründe für die Priorität des Darmstädter Bildes, welcher sonst für alle Welt handgreiflich erscheint, durch ihre gegentheilige Wendung desselben nur in's Gegentheil verkehren. Aber eines andern möglichen Einwandes ist zu gedenken.

Wir setzten im Vorigen blos künstlerische Motive für die getroffenen Abänderungen voraus; aber man kann fragen, ob den Künstler oder sei es ein fremder Copist gewesen, solche allein dabei bestimmten. Lässt sich nicht vielmehr danach, dass mit den innern Proportionen des Bildinhaltes auch die äusseren Dimensionen und Proportionen des Bildes abgeändert worden sind [*], geradezu vermuthen, dass äusserliche Motive wenigstens mit wirksam gewesen sind. In der That tritt dem allerdings zunächst sich darbietenden Gedanken, der Maler habe das Dresdener Bild als zweitgemaltes vergrössert, um den vortheilhafteren Proportionen Raum zu schaffen, die andere Möglichkeit entgegen, er habe das Darmstädter Bild verkleinert, um demselben als zweitgemalten an einer beschränkteren Stelle wohl oder übel Raum zu schaffen. War das eine Bild für die Kirche, das andere für die Familie bestimmt, so konnte ja ein solches Bedürfniss bei so verschiedenen Bedingungen der Räumlichkeit leicht eintreten. Nun meint man wohl, der Zweck habe auch ohne Nachtheil für die Proportionen durch verhältnissmässige Verkleinerung aller Theile des Bildinhaltes erreicht werden können; aber wenn v. Zahn vermuthet, der Künstler habe beim Uebergange vom Darmstädter zum Dresdener Bilde noch Vortheil vom alten Carton ziehen wollen, so konnte natürlich ein solches Motiv der Bequemlichkeit auch bei einem Uebergange in umgekehrter Richtung mit bestimmend sein. Auch liess sich eine gleichmässige Verkleinerung nach allen Richtungen nicht durchführen, da das Darmstädter Bild, möglicherweise wieder aus Raumrücksichten, nach der Höhe mehr als nach der Breite gegen das Dresdener verkleinert ist. Und wenn sich kein Künstler der Neuzeit finden dürfte, der Woltmann's und Br. Meyer's Geschmack in Bevorzugung der engern Zusammenschichtung der Figuren im Darmstädter Bilde theilt, so ist dasselbe doch nach dem, was schon S. 50 bemerkt wurde, nicht von jedem alten Künstler zu behaupten, da eng zusammengeschobene Figuren in so vielen alten Bildern vorkommen, indess sie aber sonst nicht bei Holbein's Madonnenbildern vorkommen.

---

[*] Nach v. Zahn's Bestimmungen beträgt beim Darmstädter Bilde die Breite 1,01 Meter, die Höhe bis zum horizontalen Abschluss 1,42 und bis zum Scheitel des reinen Halbkreisbogens 1,44, während beim Dresdener Bilde die entsprechenden Masse 1,03; 1,245 und 1,59 betragen.

Blicken wir in dieser Hinsicht nochmals auf die unserm Bilde so verwandte Zeichnung No. 65 (Basel) zurück, deren wir S. 48 gedachten, so ist es in der That schwer, sich eines Verdachtes gegen das Darmstädter Bild zu erwehren, und nicht zugleich eine Hülfe für das Dresdener Bild darin zu finden. Denn erinnern wir uns: hoch wie im Dresdener Bilde überragt die Kuppel die Krone der Madonna und die Nische hat die volle Weite, ihre Figur sammt den sie umgebenden Stralen ganz zu fassen. Frei, leicht steht die Madonna da, noch schlanker sogar als im Dresdener Bilde, vielleicht abhängig vom Modell, was der Zeichnung noch unterzuliegen scheint. Auch der Ritter oder Bürger hat das Kapitell des Pfeilers, vor dem er kniet, hoch über sich. Also ist in der That schwer, zu sagen, wie Holbein darauf gekommen sein sollte, das so zu sagen in seinen Proportionen verschrumpfte Darmstädter Bild zwischen die zwei Bilder mit so viel freieren Proportionen, d. i. die nach Woltmann selbst frühere Zeichnung und das spätere Dresdener Bild einzuschieben, und kann man, wie schon S. 50 bemerkt wurde, leicht auf den Gedanken kommen, ein alter Copist, der Holbein's feinen Sinn in dieser Hinsicht nicht gehabt, habe sich kein Gewissen daraus gemacht, die ganze Composition des Dresdener Bildes ins Darmstädter zusammenzuziehen. Wogegen wir doch auch bemerken wollen, dass nicht nur die Priorität der Zeichnung vor dem Darmstädter Bilde nicht erwiesen ist; sondern dass Holbein selbst früher kürzere Proportionen, mindestens in seinen Figuren, mehr geliebt zu haben scheint, als später, obwohl in dieser Hinsicht ein an Werken von sicherm Datum specieller durchgeführter Vergleich erwünscht wäre, als bisher vorliegt.

Jedenfalls möchte ich nach Vorigem die Verschiedenheiten der Proportionen zwischen dem Darmstädter und Dresdener Bilde *für sich allein* noch nicht ganz durchschlagend für die Priorität des Darmstädter finden. Mag die entgegenstehende Möglichkeit ferner liegen und in sofern minder wahrscheinlich gefunden werden, so besteht sie jedenfalls, und will bei einer vollständigen Abwägung des Für und Wider berücksichtigt sein.

Dass ich aber nicht der Einzige bin, welcher noch kein unbedingtes Zutrauen in die bisher betrachteten Prioritätsgründe für das Darmstädter Exemplar zu setzen vermag, beweist sich durch folgenden, nach einer Besichtigung des Darmstädter Bildes im J. 1861 gethanen Ausspruch Hübner's: »die Hypothese, dass Holbein diess [das Darmstädter] Bild zuerst gemalt habe, hat bei unparteiischer Prüfung Manches für sich . . . . .; allein ich muss bei alledem bekennen, dass bei mancher Wahrscheinlichkeit dieser Hypothese doch etwas darin liegt, was meinem Gefühl vom Sachverhalt nicht völlig zusagt.«

Es liegt zwar eine bisher nicht in dieser Hinsicht beachtete und doch sehr beachtenswerthe Kleinigkeit vor, welche mit Eins entscheidend für die Priorität des Darmstädter Bildes scheint. Man vergleiche das System der an einandergränzenden weissen Kopfhüllen der ältesten und mittleren Frau im Darmstädter und Dresdener Bilde. Die Kopfhülle der ältesten Frau ist im Darmstädter Bilde so weit nach hinten verlängert, dass sie einen riesigen Hinterkopf der Frau voraussetzt und beider Frauen Kopfhüllen fliessen vermöge dessen durch einen fast continuirlichen Zug der Begränzung zu einer unförmlichen klumpigen Masse zusammen. Im Dresdener Bilde ist die zwar immer noch umfängliche Kopfhülle der Alten doch auf ein erträgliches Mass reducirt, und setzt sich gegen die Kopfhülle der Nachbarfrau anmuthig ab. Dies kann nicht aus dem Bedürfniss der Raumersparniss im Darmstädter Bilde, sondern scheint überhaupt nicht anders erklärt werden zu können, als dass der Künstler im zweiten Exemplar die unbegreifliche Naturwidrigkeit und Stilwidrigkeit, die das erste hierin zeigt, verbessert habe.

In der That war ich längere Zeit geneigt, dieser Kleinigkeit, als keiner andern Deutung fähig, ein viel grösseres Gewicht in der Prioritätsfrage beizulegen, als allen bisher berührten Unterschieden zwischen beiden Bildern. Aber eben jene Unbegreiflichkeit — man sehe nur den Kopf der Alten an — lässt doch noch einen ganz andern Gedanken aufkommen.

Wie, wenn der Maler bei seinem Versuche, die Conception des Ganzen in's Enge zu ziehen, um die Gegend der Haube der Alten in den Details der Architectur etwas falsch angelegt hätte, ihm ein sogenanntes Pentimento begegnet wäre*), und er den Fehler kurz und gut durch die Verlängerung der Haube habe zudecken wollen. Glaubt man doch sogar in der Photographie (nach Felsing), die mir für jetzt nur zum Vergleiche zu Gebote steht, noch den alten, mit dem Dresdener ganz übereinstimmenden, Contour derselben innerhalb der Fläche derselben zu sehen und die Verlängerung nur wie einen durch einen schattirten Absatz unterschiedenen Ansatz zugefügt. Auch wird durch das Einschneiden der Verlängerung der Haube in den Tragstein darüber die Symmetrie mit dem Kopfe des Bürgermeisters gegenüber, der etwas unter dem Tragstein bleibt, benachtheiligt. Vielleicht widerlegt eine genauere Untersuchung am Original die hier aufgestellte Ansicht der Zudeckung eines Fehlers durch die Verlängerung der Haube; dann lasse ich sie gern fallen; für jetzt besteht ihre Möglichkeit noch, und wird dadurch unterstützt, dass es wirklich um dieselbe Stelle herum noch andere Pentimenti's zu geben scheint, obwohl auch diese noch die Controle fordern, worüber schon S. 46 gesprochen ist.

Nun sieht man aber zugleich aus Vorstehendem, dass von Pentimenti's, die sich in dem Darmstädter Bilde finden, überhaupt an sich noch gar kein sichrer Schluss auf die Priorität desselben zu machen, da es ganz eben so wahrscheinlich ist, dass ein Copist bei seinem Versuche, den Inhalt des Bildes zusammenzuschieben, die Proportionen demgemäss zu ändern, oder überhaupt etwas in gewissem Sinne Neues aus dem Bilde zu machen, sich anfangs versehen und dann zu verbessern gesucht hat, als dass der ursprüngliche Künstler selbst sich corrigirt habe. Da sich nach Hübner ein (bisher noch nicht näher bezeichnetes) Pentimento auch an der Hand des halbknieenden Jünglings im Dresdener Bilde findet [vergl. S. 45], so würde man ja eben so gut auf die Priorität des Dresdener Bildes daraus schliessen können. Aber die besondere Beschaffenheit eines Pentimento könnte doch einen bindenden Schluss gestatten. Und in dieser Hinsicht scheint mir die Bemerkung Felsing's, dass das in der Skizze zum weissen Mädchen herabfallende blonde Haar desselben im Darmstädter Bilde unter der Uebermalung noch als röthlicher Ton durchscheine [vergl. S. 18], von ganz besonderer Wichtigkeit; es wird nur noch einer allgemeineren Constatirung der Unzweideutigkeit dieses Pentimento bedürfen; denn ich wüsste keine noch so gezwungene Hypothese, welche dasselbe anders als auf Holbein selbst beziehen und anders als durch die Voraussetzung der Priorität des Darmstädter Bildes erklären liesse. Eher noch, doch bei der übrigens unveränderten Gestalt des Kindes auch nur sehr gezwungen, könnte man sich denken, dass der sechste Finger an der einen Hand des untern nackten Kindes [vergl. S. 14] vielmehr aus Versehen Seitens eines Copisten, der unter andern Freiheiten, die er sich nahm, auch die Hand des Knäbchens anfangs ändern wollte, stehen geblieben, als Seitens des ursprünglichen Autors selbst. Als wesentliche Unterstützung der Priorität des Darmstädter Bildes wird er immer anzuerkennen sein.

---

*) Vielleicht kann das zweite Pentimento, dessen Woltmann S. 46 gedenkt, hieher bezogen werden; doch ist es mir nach der Beschreibung und ohne die Anschauung des Bildes nicht ganz klar.

Noch hat man zu den Prioritätsgründen für das Darmstädter Bild gerechnet, dass die lebendigere charakteristischere Darstellung mehrer Nebenfiguren im Darmstädter Bilde, insbesondere des Bürgermeisters, der mittleren und jüngeren weiblichen Figur, eine frischere Auffassung verräth, wie sie in einem erstgemalten Bilde zu erwarten, und die vollendetere Ausführung des Teppichs und der Nebendinge im Darmstädter Bilde leicht so zu deuten sei, dass sich nicht gern jemand die Mühe detaillirtester Ausführung von Nebendingen, auf die nicht zu viel ankommt, zweimal nimmt, oder auch der Copist den Meister nicht darin hat erreichen können. Möglich, dass man darin Recht hat; doch wiederum einer andern Auffassung nicht enthoben. Namentlich muss ich denen widersprechen, welche sagen, dass obige Figuren im Darmstädter Bilde den Skizzen oder Studienzeichnungen dazu von Holbein's eigener Hand, welche sich noch im Baseler Museum finden, näher stehen, als im Dresdener Bilde. In beiden sind sie in gewissem Sinne idealisirt; im Darmstädter aber noch mehr als im Dresdener. Und so könnte man sich auch denken, dass der Künstler oder Copist sich im zweiten Bilde in dieser Hinsicht nur noch mehr Freiheit genommen, als das erste zeigt. Die vollendetere Ausführung der Nebendinge aber liesse sich auf nebensächliche Motive, die mit der verschiedenen Bestimmung beider Exemplare in Beziehung stehen, oder darauf schreiben, dass der Copist gerade in dieser Beziehung stark gewesen sei.

Schliesslich mag zuzugestehen sein, dass jedem der hier für die Aechtheit des Darmstädter Exemplares vorgeführten, historischen, artistischen und Prioritätsgründe für sich genommen, noch etwas an der absoluten Beweiskraft mangelt, die ja überhaupt nicht leicht anders als in directem und unanfechtbarem historischen Zeugniss gefunden werden kann; indem aber von jeder der drei Seiten insbesondere her schon ein erhebliches Wahrscheinlichkeitsübergewicht dafür besteht, und Wahrscheinlichkeiten in gleicher Richtung sich sogar mehr als blos summirend verstärken, so kann man die Aechtheit des Darmstädter Exemplares im Ganzen mit grosser Zuversicht für begründet halten, und die, sehr ausnahmsweise von Grüder und Karl Förster gegen die Aechtheit der coloristischen Ausführung, von Ernst Förster gegen die Aechtheit mancher Theile des Bildes erhobenen, Bedenken bis zur genaueren Prüfung bei der künftigen Zusammenstellung dahinstellen.

VIII. Die Aechtheitsfrage des Dresdener Exemplares insbesondere.

Die wichtigsten Einwände, welche sich gegen die Aechtheit des Dresdener Bildes erheben lassen, setzen die Anerkennung der Aechtheit des Darmstädter Exemplares voraus, indem sie sich so formuliren lassen: ist jenes ächt, so kann nicht zugleich dieses ächt sein. Sollte nun auch die Aechtheit des Darmstädter Exemplares nach Allem, was im vorigen Abschnitte darüber gesagt ist, noch irgend welchem Zweifel unterzogen werden, und ihr eine absolute Sicherheit wirklich noch nicht beizulegen sein, so würde es doch eine schwache und wenig wirksame Vertheidigung des Dresdener Exemplares sein, sich dabei auf die Zweifelhaftigkeit der Aechtheit des Darmstädter Exemplares zu berufen. Dessen Aechtheit ist vielmehr jetzt als allgemein zugestanden anzusehen, und so legen auch wir die Voraussetzung derselben dem Folgenden unter, womit wir manchen Einwänden ein Gewicht zugestehen, was sie sonst nicht haben und bei Umschlag der Ansicht bezüglich des Darmstädter Exemplares, der doch nicht zu erwarten, verlieren würden. Uebrigens ist es nicht die Gewissheit, sondern nur die überwiegende Wahrscheinlichkeit der Aechtheit des Dresdener Exemplares, die wir durch Abwägung folgender Gründe und Gegengründe herauszustellen versuchen.

Historischerseits spricht von vorn herein die Tradition zu Gunsten des Dresdener Exemplares; nur ist Tradition kein Beweis; vielmehr bleibt historischerseits der im 6. Abschnitte besprochene Einwand bestehn, dass das Dresdener Bild eben so wie das Darmstädter von Amsterdam gekommen ist, und es leichter ist, sich zu denken, dass es in Amsterdam als Copie des ächten Darmstädter entstanden, als dass einmal zufällig zwei ächte Exemplare da zusammengetroffen. Inzwischen habe ich auch schon dagegen ausgeführt, dass ein solcher Zufall doch nichts sehr Unwahrscheinliches hat, dass die Entstehung zweier ächten Exemplare mindestens eben so viel Wahrscheinlichkeit hat, als dass eins eine betrügerische Copie des andern sei, und dass die genauere Discussion der historischen Data eine directe Zurückführung des Dresdener Bildes auf die Stifterfamilie noch wahrscheinlicher erscheinen lässt, als die des Darmstädter, worauf ich hier nicht zurückkomme. Seitens der historischen Gründe also steht das Dresdener Bild nicht nur nicht in Nachtheil gegen das Darmstädter, sondern würde ohne die Mitzuziehung der Prioritätsgründe, welche den historischen Gründen für das Darmstädter erst den Halt verleihen, in Vortheil dagegen bleiben.

Die **Malweise** des Dresdener Bildes anlangend, so wüsste ich nicht, was sich aus den bisherigen widerspruchsvollen Beurtheilungen derselben [Absch. 4] Durchschlagendes gegen die Aechtheit des Dresdener Bildes herausgestellt hätte. Bis auf Weiteres kann man nur etwa bedenklich finden, dass doch jedenfalls ein grosser Unterschied zwischen der Malweise beider Bilder stattzufinden scheint, wenn wir den Urtheilen von Waagen, Grüder, Woltmann, Wornum, Karl Förster, Bruno Meyer folgen, und hienach fragen, ob das Dresdener Bild noch der Hand desselben Künstlers zugeschrieben werden könne, als das Darmstädter. Aber erstens ist ein Theil der Unterschiede nur scheinbar, vom Dasein des Firnisses auf dem Darmstädter Bilde abhängig, zweitens findet Grosse, ein Fachkünstler, dessen Urtheil sicher nicht gering zu schätzen, die Farbentechnik zwischen beiden Bildern gar nicht so verschieden, als man sie nach jenen Autoren halten sollte; drittens lassen sich die Unterschiede von stärker impastirter Farbe und mühsamerer Behandlung im Darmstädter Bilde gegenüber der freiern, leichtern Behandlung im Dresdener, welche doch wohl nicht wegzubringen sein werden, aus einer grössern Leichtigkeit, welche sich der Künstler in der Zwischenzeit zwischen der Entstehung beider Bilder erworben, vielleicht ungezwungen genug erklären; und selbst eine verschiedene Bestimmung beider Bilder für Kirche und Haus konnte auf die Behandlung Einfluss gewinnen. Ob die bei der Holbeinausstellung zu erwartende genauere Untersuchung der Coloritverhältnisse das obige Bedenken nicht doch verstärken oder noch mehr abschwächen wird, muss die Folge lehren.

Bei dieser Untersuchung wäre nun freilich behufs der Vergleichung mit andern Holbein'schen Bildern wichtig, die Zeit, in welcher das erste Exemplar entstanden ist, und die Zwischenzeit zwischen der Entstehung beider Bilder genau zu kennen; aber schon S. 34 ist der Widersprüche gedacht, die hierüber zwischen den Autoren bestehen; ohne dass noch eine Entscheidung dazwischen möglich gewesen.*) Mir selbst scheint in dieser Hinsicht einen wichtigen Anhalt der Vergleich der Alterserscheinung des Bürgermeisters in dem Holbein'schen Porträt oder der Zeichnung dazu von 1516 mit der Alterserscheinung desselben in der Zeichnung zu unserm Bilde (sämmtlich noch in Basel vorhanden) zu liefern, wonach ich wie Wornum eine Zeit um oder kurz vor 1526, wo Holbein das erstemal nach England ging**), als die wahrscheinlichste Entstehungszeit des ersten Exemplares halte. Da nun Holbein später noch einigemale zu längerem oder kürzerem Aufenthalt, namentlich 1529 (von Anfang September 1529 bis in October 1531) und (wohl auf kürzere Zeit) 1538, nach Basel zurückkehrte, so kann er während einer dieser Aufenthaltszeiten in Basel recht wohl das zweite Bild gemalt haben, nachdem inzwischen seine Malweise Zeit hatte sich zu ändern.

Während man nämlich im Porträt wie in der Zeichnung des Mannes von 1516 in den scharfen festen Gesichtszügen noch die Erscheinung eines kräftigen Mannesalters hat, trägt der Mann der Zeichnung zu unserm Madonnenbilde in seinen mehr verschwommenen Zügen schon das Gepräge eines beginnenden Greisenalters***), so dass, während ich den Mann der Zeichnung und des Gemäldes von 1516 zu 46 bis 50 Jahren taxire, ich den Mann der Zeichnung zu unserm Bilde nicht unter 58 bis 60 Jahren taxiren möchte, was die erste Entstehung unsers Bildes zwischen 1524 und 1530 verlegen würde, wovon die Gränzen nach der Weise der Extreme als unwahrscheinlich gelten müssen. Nach der Darstellung des Bürgermeisters in unserm Bilde selbst darf man hiebei nicht urtheilen, wie Waagen gethan, vielmehr kann die Zeichnung nach der Natur hier allein massgebend sein, gegen welche der Mann im Bilde erheblich verjüngt erscheint, und zwar, so viel ich habe urtheilen können, im Darmstädter noch etwas mehr als im Dresdener.

Sollte nun die Abweichung zwischen der Malweise beider Bilder in Verhältniss zur wahrscheinlich anzunehmenden Zwischenzeit ihrer Entstehung doch zu gross gefunden werden, um beide Bilder so leicht demselben Künstler zuzuschreiben, so erwähne ich zur Abschwächung eines daher zu entnehmenden Bedenkens der (mir von Herrn Kunsthändler Börner an die Hand gegebenen) Notiz, dass Albrecht Dürer in seinen Stichen binnen wenigen Jahren die Behandlung so gänzlich geändert hat, dass man ohne historische Sicherstellung und die unterliegenden Zeichnungen nicht glauben könnte, dass sie von demselben Meister herrühren; und so könnte bei Holbein, einem überhaupt so versatilen und durch so wechselnde Lebensverhältnisse durchgegangenen, Künstler etwas Entsprechendes auch betreffs seiner Malweise stattgefunden haben.

---

*) Eine Zusammenstellung der Ansichten dieser Autoren mit deren Motiven habe ich in meiner historischen Abhandlung in Weigel's Arch. XII. 247 (Separatabdr. S. 56) gegeben.

**) Wenn nämlich Woltmann gegen Grimm, der 1524 dafür hat, Recht behält.

***) Dies ist auch nach den Braun'schen Photographieen ganz gut zu beurtheilen, welche nach einem in Basel selbst von mir mit diesen Photographieen angestellten Vergleiche, die Altersverhältnisse richtig wiederzugeben scheinen.

Zuerst Kugler hat im Körper des Kindes so wie bei der Madonna des Dresdener Bildes mitunterlaufende grünliche Halbtöne, die nicht so im Darmstädter Bilde vorkommen, als nicht zu Holbein stimmend, geltend gemacht. Inzwischen müsste man erst angeben können, zu welchem Künstler sie besser stimmen, ehe man gegen Holbein daraus argumentirt. Wer kann wissen, ob Holbein nicht einmal ausnahmsweise eine besondre Wirkung damit hat hervorbringen wollen. Auch Waagen gedenkt derselben, ohne ein Argument gegen Holbein daraus zu machen.

Schäfer meint, es »sei nicht unberücksichtigt zu lassen, dass die Carnationsschatten des ursprünglich zuverlässig in Tempera gemalten Bildes durch spätere, sogenannte Firnisse erst einen mehr grünlichen Schein erhalten haben mögen, den sie überhaupt nicht ursprünglich hatten. . . . . Selbst die weissen, theils linnenen, theils schleiertuchenen Gewandtheile und das zart behandelte Pelzwerk sei wohl ebenfalls in der Wirkung betheiligt, auch seien dadurch die von Kugler berührten »»kühl röthlichen Lichtpartieen in der Carnation«« erst entstanden«.

Da inzwischen Schäfer's Ansicht vom Dresdener Bilde als Temperabild überhaupt durch v. Zahn unhaltbar gefunden worden ist, und kein andrer von den bisherigen Beurtheilern den Grund obiger Eigenthümlichkeiten in einer Veränderung durch den Firniss gesucht hat, — mir selbst fehlt jedes Urtheil in dieser Hinsicht, — so möchte Schäfer's Ansicht hierüber sehr problematisch, doch aber eine ausdrücklich darauf gerichtete Widerlegung erwünscht sein.

Betreffs der Proportionen des Bildinhaltes und der Behandlung der Architectur glaube ich (im 5. Abschn.) gezeigt zu haben, dass den von Woltmann und Br. Meyer daraus geschöpften Einwänden kein Gewicht beizulegen sei, ja dass der Vergleich mit andern Holbein'schen Madonnenbildern, namentlich mit der, unserm Bilde analogen, Holbein'schen Handzeichnung Nr. 65 der Basel'schen Sammlung, der Ansicht von der Aechtheit des Dresdener Exemplares vielmehr zu Statten kommt, als ihr widerspricht. Holbein liebt überhaupt in seinen Madonnenbildern die gedrückten Verhältnisse nicht, die wir vielmehr im Darmstädter als Dresdener Bilde finden; und wenn man an der Architectur im Dresdener Bilde dies und das aussetzen kann, so geben andre Bilder Holbein's Anlass, noch mehr daran auszusetzen.

In der Auffassung der Dresdener Madonna vermisst Kugler den »energischen« Charakter und Wornum die »Natural force«, die man von Holbein in Darstellung derselben zu erwarten habe; der letztre findet sie »schwächlich idealisirt« und auch Woltmann neuerdings »etwas verweichlicht«.

Inzwischen braucht man sich blos unter den andern Madonnenbildern Holbein's umzusehen, um sich von dem Umstande überrascht zu finden, dass zwar die Christkinder Holbein's im Allgemeinen ein muntres Aussehen und energisches Wesen zeigen, von Holbein's Madonnen hingegen zwar keineswegs alle, aber nicht wenige, ein trübseliges, fast weinerliches Wesen, in welcher Hinsicht ich nach eigener Anschauung auf die Baseler Originalskizze zu den (jetzt übermalten) Orgelflügeln (Basel No. 76. Braun No. 22. 23), die Baseler Handzeichnung Nr. 30 (Braun 58), das Titelblatt zu den Freiburger Stadtrechten und die beiden Madonnen auf dem Doppelbilde im Freiburger Münster verweise.

Mehr hat es auf sich, wenn man die idealische Anmuth, welche die Dresdener Madonna zeigt, nicht recht im Charakter Holbein'scher Darstellungen, ja nach Kugler's, von Woltmann und Meyer acceptirter, Bezeichnung verhältnissmässig »modern« findet. In der That begegnet man dem Charakter anmuthiger Schönheit sonst selten bei Holbein; dass er aber doch des Ausdrucks davon nicht unfähig war, beweist die reizende Skizze und das Porträt der Frau Meier von 1516 (Basel No. 6. 11.

Braun 16. 142), und das als Venus mit Amor bekannte, durch Weber's Stich schön wiedergegebene Porträt der Offenburgerin vom Jahr 1526 (Basel No. 23. Braun No. 135 *)), welches letztre auch v. Zahn in dieser Beziehung geltend macht, worüber seine Bemerkungen in den Acten nachzusehen. In diesen Fällen lagen der Darstellung wirkliche Persönlichkeiten unter; aber auch der Darstellung unsrer Madonna wird ein lebendiges, von Holbein nur idealisirtes, Modell untergelegen haben. Man hat sogar mehrfach vermuthet, eine Vermuthung, die ich freilich meinerseits nicht theile, dass die Offenburgerin selbst diess Modell gewesen.

Der Ausdruck wie der Eindruck des Modernen ist überhaupt ein zu unbestimmter, um daraus eine scharfe Folgerung in unserer Frage zu ziehen. Sei zugegeben, dass der Kopf der Dresdener Madonna wirklich einen modernern Charakter trage, als der Darmstädter, aber wer will sagen, ob einen zu modernen für den vielgewandten Holbein. Womit ich doch selbst den Einwand nur abgeschwächt, nicht schlechthin gehoben halte, insofern man die Darstellungsweise der Dresdener Madonna doch in gewisser Hinsicht zu den ausnahmsweisen für Holbein rechnen muss.

Hiegegen legt v. Zahn (s. die Acten) ein Hauptgewicht darauf, dass man in der Dresdener Madonna, für die er ein andres Modell als für die Darmstädter statuirt, viel mehr als in der Darmstädter die wesentlichsten Vorzüge in Auffassung der organischen Züge des Schädelbaues und der sprechendsten Gesichtszüge, wodurch Holbein über seine Vorgänger und Zeitgenossen hinausgegangen sei, mit einer deutschen Charakteristik vereinigt finde, die von seinen, sich mehr an italienische Typen haltenden Nachfolgern verlassen worden sei, und man also so lange nicht ein Zeitgenosse genannt werden könne, dem wir jene höhere künstlerische Stufe zuzuschreiben berechtigt sind, weder die Autorschaft Holbein's an dem Dresdener Bilde,

---

*) Nach der Braun'schen Photographie jedoch, die hier ausnahmsweise nicht genügt, nicht wohl zu beurtheilen.

noch den Vorzug des letztern vor dem Dresdener Bilde leugnen durfe«.

Liegt nun in allem Vorigen noch nichts irgendwie Durchschlagendes gegen die Aechtheit des Dresdener Bildes, so könnte es aber in folgender Einzelnheit gesucht werden, die Woltmann wirklich mit Zustimmung von Meyer in diesem Sinne geltend macht.

Das Kleid der Darmstädter Madonna ist ursprünglich lichtblau gewesen, doch durch den gelben Firniss bläulichgrün geworden. Das der Dresdener ist auch nach der Befreiung vom alten Firniss (durch die Restauration im Jahre 1840) grün. Wie sollte diese »aller Tradition widersprechende« Farbe des Madonnenkleides entstanden sein, wenn nicht der Copist aus Missverstand die grüne Farbe des Kleides aus dem Original in seine Copie herüber genommen. Und kein Hinderniss, es zu denken; denn zu Leblon's Zeit, in welcher, wenn nicht noch später, die Copie entstanden sein möchte, d. i. ungefähr 100 Jahre nach der Entstehung des Urbildes, musste der Firniss längst seine Veränderung erfahren haben. Die gelegentlich einmal von Prof. Hübner *gegen mich ausgesprochene und motivirte* Vermuthung aber, dass das Kleid der Dresdener Madonna ursprünglich auch grünlichblau gewesen und nur durch eine Veränderung des Farbstoffes rein grün geworden, hat sich nach einer spätern Mittheilung desselben durch eine neuerdings vorgenommene genauere Untersuchung als unhaltbar erwiesen. [S. Hübner unter den Acten].

Gestehen wir auch diesem Einwande sein Gewicht zu, und erkennen den Scharfsinn Woltmann's an, ihn aufgestellt zu haben, geben aber hienach auch den Gegenerwägungen ihr Recht.

Zum Ersten ist das Kleid der Darmstädter Madonna verhältnissmässig licht bläulichgrün, das der Dresdener aber ganz und rein dunkelgrün; also hätte der Copist die Farbe vielmehr nicht copirt, und schiene somit der ganze Einwand von vorn herein in sich zu zerfallen. Wogegen sich bemerken lässt, dass die Dunkelheit des Grün im Dresdener Bilde erst durch Nachdunkeln entstanden sein möge, und der Copist in dem Blaulichgrün des Originales doch den Anlass gefunden haben könne, das Kleid überhaupt grün zu malen, es nun aber, da er sich ja überhaupt nicht streng an das Original hielt, gleich rein grün gemalt habe. Aber warum, wenn der Copist sich einmal nicht streng an das Original hielt, machte er es nicht lieber gleich ganz blau, da einem so geschulten Künstler die typische Farbe des Madonnenkleides, die sich 100 Jahr nach Holbein wohl als feststehend ansehen lässt, doch nicht unbekannt sein konnte. Ist es da nicht viel wahrscheinlicher, dass der ursprüngliche Künstler selbst ein Motiv hatte, das Kleid einmal blau, das anderemal grün zu malen; auch wird sich an ein solches um so leichter denken lassen, als zu Holbein's Zeit die Convention hinsichtlich der Farbe des Madonnenkleides noch nicht eben so fest stand. Denn weit entfernt, dass es immer blau gemalt worden, findet man es in Bildern aus jener Zeit auch roth, auch weiss, auch goldbrokaten*), und dass Grün von den Farben des Madonnenkleides ausgeschlossen gewesen sei, stünde durchaus noch zu beweisen. Nach dem blossen Augenschein kann man sogar genug grüne Madonnenkleider aus jener Zeit finden; besuche man nur in dieser Hinsicht die altdeutschen Zimmer im Dresdener und Leipziger Museum; ja in einem Bilde unsers Holbein selbst, dem Freiburger Doppelbilde, tragen sogar beide Madonnen ein grünes Kleid; nur dass freilich der Verdacht freisteht, dass das Grün in allen diesen Fällen auch erst aus Blau durch einen gelb gewordenen Firniss oder eine freiwillige Veränderung der Farbe entstanden sei, wofür sich namentlich anführen lässt, dass das Grün, wenigstens in den meisten (nicht in allen) *) Fällen, noch einen Stich ins Blaue zeigt; aber eine gründliche Untersuchung darüber (wobei insbesondere auf die Farbe des Himmels mit Rücksicht zu nehmen), finde ich weder von Woltmann noch sonst wo geführt, und nur auf eine solche könnte sich der Einwand stützen.

---

*) Belege dazu kann man u. a. in Förster's Denkmalen finden. Zwar war bei einem nicht blauen Kleide doch der Mantel meist blau, auch das aber nicht immer. So sitzt die Maria im Rosenhag von Martin Schongauer zu Colmar in rothem Mantel und lichtrothem Kleide da. Mit Recht fügt daher Riegel in seinen Deutschen Kunststudien (S. 245) zu einem Beispiele (auf dem Bosweiler Altar zu Speyer), wo die Madonna ein goldenes Kleid mit einem grünen Mantel darüber trägt, die Bemerkung: »und wir haben hier wieder einen neuen Beweis zu den unzähligen früheren, dass die alten Meister nach ihrem künstlerischen Gefühl, nicht aber nach willkührlichen Kirchenvorschriften malten.«

Wie dem auch sei, so war Holbein, wie Woltmann selbst gern zugiebt, sicher nicht der Mann, sich durch eine, jedenfalls zu seiner Zeit noch wenig bindende, Convention binden zu lassen, wenn er ein Specialmotiv gehabt haben sollte, Grün statt Blau zum Kleide der Maria in einem beider Bilder anzuwenden, und ich sagte schon, dass sich an ein solches denken lasse.

Nachweislich nämlich hat Holbein in seinen Madonnen und heiligen Frauen öfters Persönlichkeiten dargestellt, in denen man nach Alterserscheinung, Physiognomie und (mindestens in einem Beispiele) weltlicher Kleidung nichts Andres sehen kann als Frauen oder Töchter der Besteller oder Stifter des Bildes (so eine Madonna, Basel No. 44, Braun No. 64, und eine heilige Elisabeth, Basel No. 35, Braun No. 63); und es ist um so wahrscheinlicher, dass ein ähnlicher Fall auch bei unserm Meier'schen Madonnenbilde vorliegt, als dies in eine, aus andern Gründen wahrscheinliche, Deutungsansicht hineintritt. Blickt doch das Porträtartige noch durch die Züge unserer Madonna durch, und die schon mehrfach hervorgehobene Aehnlichkeit derselben mit dem unten knieenden halbwüchsigen Jüngling oder Knaben **) spricht auch dafür, dass ein weibliches Glied der Familie in ihr idealisirt dargestellt sei. Hienach aber ist sehr denkbar, dass Holbein in dem einen, dem für die Kirche bestimmten, Bilde der Madonna das jedenfalls gewöhnlichere blaue Kleid, im andern, dem Hausbilde, das grüne Staatskleid gab, was die betreffende Person tragen mochte. Wirklich aber war nach Holbein's Baseler Costümfiguren (Basel No. 19—34, Braun 27—32, auch bei de Mechel) das parallelfaltige Gewand, was die Madonna trägt, ein Basel'sches Damencostüm der Zeit*), während es mindestens in ähnlicher Regelmässigkeit sonst nicht bei Holbein's Madonnen und heiligen Frauen zu finden ist.

---

*) So erinnere ich mich eines Bildes von einem unbekannten altdeutschen Meister in einer Ecke der Dresdener Gallerie (No. 1830), wo die Madonna ein ganz schwarzgrünes Kleid ohne eine Spur von Blau trägt.

**) In einer frühern Abhandlung (Naum. Weig. Arch. XII. 49) habe ich bemerkt, dass die betreffende Aehnlichkeit noch auffälliger im Darmstädter als Dresdener Bilde erscheine. Dies, auf Anschauung einer unvollkommenen Originalphotographie des Darmstädter Bildes gestützte, Urtheil möchte ich doch nach Anschauung des Originals selbst nicht mehr vertreten.

Sollte man all' das zu weit hergeholt halten, so steht noch die ganz simple Hypothese zu Gebote, Holbein habe, nachdem er erst das Roth des umgürtenden Bandes auf einem blauen Kleide probirt, beim Dresdener gemeint, das Roth möchte sich noch besser auf einem grünen (hiebei ohne seine Nachdunkelung vorzustellenden) Kleide ausnehmen, und vor dem Verbote der heutigen Kunstarchäologen damals noch keine Scheu gehabt.

Kann ich nun auch nicht sagen, dass mit Vorigem der schlagende Einwand Woltmann's niedergeschlagen sei, denn als möglicher wird er immer noch bestehen bleiben, so glaube ich doch sagen zu dürfen, dass er danach nicht mehr als durchschlagend gelten kann. Und könnte nicht jemand nun, wie man sagt, den Spiess umkehren und sagen: Holbein hatte sein gutes Motiv, der Madonna, die gar nicht eine blaue Madonna vorstellen sollte, ein grünes Kleid zu geben; ein Copist aber hat gemeint, den Meister corrigiren zu können, und wie er aus dem trübseligen Kinde der Madonna, wozu Holbein ebenfalls seinen guten Grund hatte, ein lächelndes Christkind gemacht hat, weil er meinte, kein andres schicke sich zu einer Madonna, ihr aus gleichem Grunde für das grüne Kleid des Originales ein blaues gegeben. Kurz, ein reines Missverständniss der Intention des Künstlers.

---

*) Allerdings erscheint das Kleid in den Holbein'schen Costümfiguren im Allgemeinen von leichterem Stoffe, aber die Weise der Faltelung, auf die es hier ankommt, ist namentlich bei einer der Baseler Damen wesentlich dieselbe als auf unserem Bilde.

Ich würde in der That so sagen, wenn nicht positive Gründe zu Gunsten der Aechtheit des Darmstädter Bildes überwiegen. Aber auch bezüglich des Dresdener überwiegen solche.

Um die Reihe der gegen das Dresdener Exemplar erhobenen Einwände abzuschliessen, ist noch des folgenden zu gedenken, den Dr. Meyer auf Grund einer ihm von Dr. Julius Lessing (Kunstschriftsteller in Berlin) mitgetheilten Bemerkung erhebt.

> »Der Dresdener Teppich zeigt das persische Muster durchzogen mit rundlichen Musterungen, die mit dem Charakter des Ganzen nichts zu thun haben, vielmehr der Renaissance angehören und in dieser Form frühestens in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts vorgekommen sind. Das Darmstädter Bild dagegen enthält die durchaus treue strenge Nachbildung eines ächt persischen Teppichs; ein [illegible] gewiss überraschender Beweis dafür, dass die Dresdener Madonna von einem nachlässigen und für stilistische Sachen gefühls- und urtheilslosen Copisten herrührt.«

Nun kann ich, da ich nicht mehr vor den Originalen stehe, nach dem blossen Vergleiche des Teppichs in den Photographieen beider Bilder keinen recht schlagenden Unterschied im Vorwiegen rundlicher Musterungen zwischen beiden finden; aber der Unterschied mag in den Originalen deutlicher sein oder Andern deutlicher einleuchten, und so würde Lessing's Bemerkung Beachtung verdienen, wenn man wüsste, auf welchen Unterlagen des Vergleiches von Teppichen der Zeit vor, um und nach Holbein's Zeit seine Bemerkung ruht; aber was thut man mit einer so flüchtigen Bemerkung, die keine Gewähr giebt, dass die Untersuchung nicht eben so flüchtig war als die Bemerkung, und welche Schärfe der Untersuchung wird überhaupt dazu gehören, den Einwand vollkräftig zu machen, wenn dabei schon zugegeben ist, dass solche rundliche Musterungen doch schon in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts zu finden sind, indess die Entstehung des Dresdener Bildes unter Voraussetzung seiner Aechtheit in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts zu suchen ist. Warten wir also ab, ob der Einwand sich noch besser als bisher zu begründen vermag.

Mit Vorigem glaube ich allen Gegengründen, äusseren wie inneren, die gegen die Aechtheit des Dresdener Bildes aufgestellt worden sind, Rechnung getragen zu haben, und das Resultat davon ist: man hatte einige Gründe die Aechtheit desselben anzuzweifeln, aber keine zulänglichen sie zu bestreiten. Giebt es solche, so müssen sie sich noch finden; und wenn Br. Meyer gesagt hat, das Dresdener Bild sei »ohne alle Frage spatere Copie, ohne einen Strich von Holbein's Hand«, so hat er eben dabei nach Vielem nichts gefragt, was in der Frage zählt.

Fügen wir nun den Wahrscheinlichkeitsgründen, die sich schon bei voriger Erwägung der Gegengründe gegen die Aechtheit des Dresdener Bildes für dieselbe geltend machen liessen, einige beachtenswerthe, wenn auch ihrerseits nicht völlig durchschlagende, Gründe dafür bei.

Von Anfange herein ist von Waagen, v. Zahn, Hübner, selbst Woltmann, gegen die Moglichkeit, im Dresdener Bilde eine Copie des Darmstädter zu sehen, eingewandt worden, dass sich kein Copist so grosse Veränderungen erlaubt haben würde, als das Dresdener Exemplar gegen das Darmstädter zeigt. Nun kann freilich dieser Grund nicht schlechthin als bindend gelten, da alte Maler sowohl als Kupferstecher sich oft sehr bedeutende Veränderungen an den Bildern, auf deren Copie sie sich einliessen, erlaubten, wie u. a. von Rubens bekannt ist; und undenkbar ist es wenigstens nicht, dass ein bedeutender Künstler von originalem Gepräge, dem es widerstrebte, sich ängstlich an das Original zu halten, aus der Holbein'schen Grundlage, die ihm gefiel, etwas zu machen suchte, was ihm noch mehr gefiel. Inzwischen war es in allen hieher gehörigen Beispielen unstreitig nicht auf Täuschung abgesehen — wer ein falsches Cassenbillet ausgeben will, macht es doch nicht absichtlich falsch — und so tritt die Rücksichtslosigkeit gegen das Original, mit welcher die Abänderungen im Dresdener Exemplare geschehen sind, allerdings in schroffster Weise gegen die Ansicht auf, dass das Dresdener Exemplar eine durch einen betrügerischen Kunsthändler veranstaltete Copie sei, insbesondre aber nach schon früher gemachter Bemerkung gegen die Haupthypothese der Gegner, dass die Copie in Amsterdam verfertigt sei. Denn da das Dresdener Bild mit dem Darmstädter zugleich in Amsterdam und zwar wie es scheint durch längere Zeit geblieben ist [Vgl. S. 75], so konnte der Betrug entweder von vorn herein nicht geschehen oder nicht unentdeckt bleiben. Ueberhaupt aber sind die Veränderungen zwischen dem Darmstädter und Dresdener Bilde der Art, dass sie vielmehr für das selbstständige Interesse und die Liebe eines Künstlers, der sich in der Wiederaufnahme derselben Aufgabe selbst zu übertreffen sucht, als für die gewinnsüchtige Absicht eines Kunsthändlers oder das Adoptiv-Interesse eines fremden Künstlers zu sprechen scheinen. Ehe ein fremder Künstler solche Veränderungen vornimmt, malt er lieber ein neues Bild. Auch hat ja Woltmann selbst diess früher nicht anders gefasst.

Sollte aber unser Bild dennoch eine in den Niederlanden gemachte Copie des Darmstädter sein, so müsste sich auch ein niederländischer Künstler finden lassen, dem es zuzutrauen, da es eben so in Allem, worin es das Darmstädter erreicht als worin es dasselbe überbietet, den Ursprung von einer bedeutenden und selbständigen Künstlergrösse beweist, die nicht so leicht im Versteck geblieben sein könnte; doch ist sie im Versteck geblieben. So wenig als in Basel lässt sich in den Niederlanden oder lässt sich überhaupt ein andrer Künstler als Holbein selbst finden, auf dessen Rechnung man das Dresdener Bild mit irgend welcher Wahrscheinlichkeit schreiben könnte; umsonst haben sich die Gegner desselben in allen Hallen der Kunstgeschichte danach umgesehen; und nun ist es doch sehr misslich, eine bedeutende Wirkung zu behaupten, ohne das Wirkende dazu finden zu können. Die Verlegenheit, in welcher sich die Gegner in dieser Hinsicht befinden, wird am besten dadurch bewiesen, dass Wornum, dem man eine umfassende Kunstkenntniss nicht absprechen kann, auf Niemand anderes hat zu rathen vermocht, als jenen Ludi oder Lodi, der nach einer Angabe im Fesch'schen Manuscripte zwei Figuren des Bildes für Fesch copirte, da es noch in den Niederlanden war; und warum sollte Wornum nicht, wenn er das Bild einmal für unacht hielt, eine Vermuthung an diesen aussern Umstand knüpfen? Auch sucht Wornum diesem Ludi seine Stelle in der Kunstgeschichte zu vindiciren (s. Wornum unter den Acten). Doch schreibt mir Herr His-Heusler, diese Vermuthung sei »lächerlich«, jene Copien von Ludi seien noch in Basel vorhanden, aber »ein ganz geringes Machwerk«, wie denn auch Woltmann (Holbein II. 393) derselben als »sehr mittelmässiger Copien« gedenkt. Das kann zwar Wornum nicht irren, sondern eher bestärken, da er ja auch das Dresdener Bild nur für das Machwerk eines Copisten von untergeordnetem Range erklärt; aber es möchte doch Andre irren. Woltmann selbst aber gesteht offen, »dass wir noch keine Spur von Copisten haben, die fähig waren, ein Pasticcio von dieser Vortrefflichkeit zu malen, welches das Publicum Jahre lang, bis auf den heutigen Tag getäuscht hat«.

Endlich noch zwei Kleinigkeiten, von denen die eine beachtenswerth, die andre wichtig erscheint.

Dem Kinn der Darmstädter Madonna ist im Dresdener Bilde eine leise Verdoppelung, ein Unterkinn, zugefügt. Was konnte einen Copisten veranlassen, es zu thun? Von Holbein selbst aber kann man noch zwei Madonnen mit Unterkinn aufweisen, einmal die Solothurner Madonna und zweitens die Madonna der Baseler Handzeichnung No. 64 (Braun 81), beides Fälle, wo das Unterkinn aus einem lebendigen Modell in die Darstellung der Madonna übergegangen ist: denn in der Solothurner Madonna erkennt man nach Woltmann's triftiger Bemerkung Holbein's eigene Frau wieder, und die Handzeichnung No. 64 stellt überhaupt eine solide, freundliche, standesmässige Frau von einigen 60 Jahren rein porträtartig als Madonna mit dem Kinde dar. Nun kann man sich entweder denken, auch der Madonna des Dresdener Bildes habe ein Modell mit Unterkinn untergelegen *), oder es sei dem Modell von Holbein nur zugefügt worden, um

---

*) In diesem Sinne macht v. Zahn in seinem schriftlichen Exposé (s. d. Acten) das Unterkinn geltend.

den mütterlichen Charakter der Madonna um so mehr hervorzuheben. Dass aber ein fremder Copist in dieser Absonderlichkeit zufällig mit Holbein zusammengetroffen sein sollte, ist mindestens unwahrscheinlich. Es würde noch unwahrscheinlicher sein, wenn es an Madonnen mit Unterkinn ausser bei Holbein überhaupt fehlte; bei längerem Umsehen jedoch habe ich eine solche von Rubens und eine solche von Albrecht Dürer gefunden. Immerhin bleiben es Seltenheiten.

Die andre Kleinigkeit, der ich viel grösseres Gewicht beilege, ist diese:

Das Kind der Darmstädter Madonna lächelt, das der Dresdener macht ein trübseliges Gesicht. Was in aller Welt konnte einen Copisten veranlassen, aus dem lächelnden Christkinde ein trübselig, ja krank aussehendes Kind zu machen. Wornum sagt, es sei aus Ungeschick des Copisten geschehen. Das ist unmöglich: denn der Unterschied des Aussehens hängt an palpabeln nicht zu verfehlenden Zügen. Der wichtigste davon ist der, dass die Mundwinkel des Darmstädter Kindes aufwärts, die des Dresdener abwärts gerichtet sind, beidesfalls nur leise, aber entschieden; ausserdem hat jenes eine natürliche, dieses eine krankhaft vertheilte Gesichtsröthe; auch scheinen die Augen des Darmstädter Kindes offener zu sein.

v. Zahn bemerkt freilich, dass sich die Frage, wiefern ein ursprünglicher Unterschied des Colorits in Kopf wie Körper des Kindes auf beiden Exemplaren bestehe, bei dem jetzigen Zustande des Darmstädter Exemplares, in Betracht des verdunkelnden Firnisses, nicht entscheiden lasse, und bezweifelt, dass ein solcher anzunehmen. Aber die verschiedene Vertheilung der Gesichtsröthe, wie ich solche gefunden zu haben glaube, lässt sich ohne Rücksicht auf den verdunkelnden Firniss beurtheilen.

Während nämlich das Darmstädter Kind den Eindruck der Wangenröthe eines gesunden Kindes darbietet, macht das Gesicht des Kindes im Dresdener Exemplar für den ersten Anblick den Eindruck des Rothfleckigen. Ich suchte mich näher zu vergewissern, wovon dieser Eindruck abhängt, und fand, dass die Röthe sich theils mehr um die Augen, theils mehr nach den Seitentheilen der Backen zurückgezogen hat und die grösste Wölbung der Backen frei lässt. Und dass ich mich in Betreff dieser abnormen Vertheilung der Gesichtsröthe nicht täusche, beweist sich damit, dass ein Arzt, Dr. Br., mir unabhängig die Bemerkung derselben als Zeichen kränklichen Aussehens entgegenbrachte, nachdem er sich das Bild genauer angesehen, ohne doch besonders auf dieses schon früher von mir bemerkte Zeichen von mir aufmerksam gemacht zu sein. Hier also so zu sagen eine ärztliche Diagnose des kränklichen Zustandes, die um so schlagender erscheint, wenn man die gesunde Wangenröthe des untern Kindes in demselben Exemplare damit vergleicht. — Inzwischen, da in Betreff des Unterschiedes der oberen Kinder beider Exemplare in dieser Hinsicht die Controle durch den unmittelbaren Vergleich und Seitens Anderer, die ich hiemit ausdrücklich provocire, noch fehlt, und man selbst nur zu leicht sieht, was man sehen will, so lege ich bis zur eventuellen Bestätigung durch Andere auf dies Zeichen weniger Gewicht. Vielleicht habe ich mich doch über einen Unterschied beider Exemplare in dieser Hinsicht getäuscht. Der Unterschied zwischen dem obern und untern Kinde des Dresdener Exemplares aber, über den ich mich nicht getäuscht haben kann, bleibt jedenfalls als Stütze für die Ansicht vom kranken Kinde bedeutsam genug, und ich fordere die Gegner dieser Ansicht auf, Rechenschaft davon unter der Voraussetzung zu geben, dass der Künstler vielmehr einfach ein Christkind darin habe darstellen wollen.

Mehrere, mit denen ich unabhängig von einander gesprochen, wollen auch durch die lächelnde Miene des Darmstädter Kindes noch *einen wehmüthigen Zug durchgehend finden; — möglich; nur dass ich sie eben so wenig als mich selbst wegen vorgängiger Bekanntschaft mit der Ansicht vom kranken Kinde für unbefangen genug zu einem Urtheile in dieser Hinsicht halten kann. Es gälte ganz Unbefangene darum zu fragen.*

Nun kann kein Stümper die Richtung der Mundwinkel verfehlen, geschweige denn ein Meister, der das untere Kind in solcher Treue und Vollendung wiederzugeben vermocht hat. Also muss eine bestimmte Absicht der Veränderung des Ausdrucks durchaus untergelegen haben. Jeder Unbefangene wird das zugeben. Eine solche ist aber bei einem fremden Copisten schlechterdings nicht zu finden, indess sie bei dem originalen Künstler leicht zu finden ist, wenn man nur die Augen nicht absichtlich bei dem Suchen schliessen will. Auch hat Wornum, was er da schrieb, nur so hingeschrieben, weil er nichts Besseres wusste und die Art der Veränderung nicht näher untersuchte. Wissen aber etwa die andern Gegner, Woltmann, Kinkel, Crowe, Meyer etwas Besseres aufzubringen? Ich habe nichts gefunden. Theils geben sie Wornum's Auffassung mit andern Worten wieder, theils ignoriren sie den Einwand. Ist er aber deshalb weniger vorhanden?

Wenn überhaupt eins von beiden Bildern eine Copie von fremder Hand ist, so kann hienach nur das Darmstädter diese Copie sein, weil einem sich auf Abänderungen einlassenden Copisten recht wohl das Kind der Dresdener Madonna zu kränklich für ein Christkind, aber nicht das Kind der Darmstädter Madonna zu wenig kränklich für ein Christkind erscheinen konnte. Ja ich würde hier einen fast stringenten, durch die Mitrücksicht auf die Aenderung der Farbe des Madonnenkleides vom einen Bilde zum andern [nach S. 95] nur noch verstärkten Beweis für die Priorität des Dresdener Bildes sehen, wenn nicht die aus andern Gründen so wahrscheinliche Deutung des Kindes als krankes Kind oder in der Doppelrolle als Christkind und krankes Kind zu Gebote stände, welche die Gegner freilich so wenig als manche Vertreter der Aechtheit des Dresdener Bildes acceptiren mögen; aber es gälte, sich zu besinnen, dass sie damit gegen die Möglichkeit, die Priorität *des Darmstädter Bildes festzuhalten*, den stärksten Einwand bestehen lassen und dem stärksten Verdachte gegen dessen Aechtheit Raum geben. Hiegegen lässt sich behaupten, dass die betreffende Aenderung im Ausdrucke des Kindes den Beweis zugleich für die Aechtheit des Dresdener Bildes und jene Deutung giebt, weil sich nur unter solidarischer Annahme beider eine plausible Rechenschaft davon geben lässt.

In der That, wenn das Bild ein Votivbild für die Heilung eines kranken Kindes durch die Madonna ist und in dem Kinde in ihren Armen dieses kranke Kind entweder schlechthin, oder auch, nach Holbein's sonst erwiesener Neigung zu Doppelrollen, das Christkind mit den Zügen des kranken Kindes, wegen dessen das Bild gestiftet worden, dargestellt ist, wozwischen ich die Wahl lasse, so konnte Holbein sehr wohl einmal den Ausdruck der beglückenden heilenden Pflege der Madonna in dem Lächeln des, übrigens selbst im Darmstädter Bilde noch elend und gedrückt genug aussehenden Kindes, ein zweitesmal den Ausdruck der Kränklichkeit des Kindes gegenüber dem lachenden Ausdrucke des unten als geheilt entlassenen Kindes bevorzugen; und da der Künstler nicht Beides zugleich in demselben Bilde darstellen konnte, liess er beide Bilder sich dazu ergänzen. Auch liesse sich unter Voraussetzung der Doppelrolle annehmen, dass der Künstler einmal vielmehr den Charakter des Christkindes, das anderemal des kranken Kindes zum Vorwiegen brachte; wogegen, wenn man sei es die Aechtheit des Dresdener Bildes oder jene Deutungsansicht antasten will, keine Rechenschaft von der Veränderung des lächelnden Christkindes in ein krankes Kind überhaupt zu geben ist.

Die Ansicht vom kranken Kinde (von Andern vielmehr als gestorbenes gefasst) kommt in verschiedenen Modificationen vor. Manche sprechen nur vom obern Kinde als einem kranken Kinde überhaupt, worauf Bezug zu nehmen, hier im Grunde genügt, doch kann man auch die speciellere Vermuthung aufstellen, dass es sich in dem Bilde um die durch die Madonna bewirkte Heilung des kranken Aermchens eines zwei Mal darin dargestellten Kindes handelt, da dasselbe linke Aermchen, was vom obern Kinde verkürzt mit davon abgewandtem, im Dresdener Exemplare sogar trübseligen Blicke ausgestreckt wird (was Alles der sonst üblichen Deutung als segnender Hand widerspricht) vom untern in gleichem Vorzugslicht gehaltenen, gleich nackten, gleich kraushaarigen, gleich blonden, gleichermassen des Heiligenscheins entbehrenden aber gesund und völlig aussehenden Kinde mit darauf fixirtem lachenden Blicke ausgestreckt wird. Es ist diess die mindestens theilweis dreimal unabhängig von einander, nämlich von Mrs Jameson, von Blake und von Jacobi aufgestellte, Deutungsansicht, die ich selbst als die wahrscheinlichste — denn von Gewissheit sollte man in diesen Dingen gar nicht reden — nur mit der Modification vertreten habe,*) dass ich, nach Anhalt an analoge Beispiele von Doppelrollen in der alten Kunst und bei Holbein insbesondere, die Möglichkeit einer Doppelrolle von Christkind und krankem Kinde (das Christkind in Gestalt des kranken Kindes, wegen dessen Heilung das Bild gestiftet worden) sowie von Madonna und Mutter des Kindes**) statuire. Der Umstand, dass in der S. 18 kurz beschriebenen Holbein'schen Zeichnung No. 65 *), durch eine Madonna in einer Nische mit Muschelwölbung ein Heilwunder am linken Aermchen eines unmuthig aussehenden Kindes bewirkt wird, legt von anderer Seite die Vermuthung nahe, dass sie eine vorläufige Skizze zu unserm Bilde sei, ohne dass ich, wie schon früher bemerkt, hierauf viel Gewicht lege. Aber die Berufung darauf, dass es der alten Kunst überhaupt fern gelegen, der Madonna ein krankes Kind in die Arme zu legen, ist jedenfalls dadurch widerlegt, da hier sogar ein Beispiel von Holbein's Hand selbst vorliegt **); und der Vergleich des obern Kindes sei es im Dresdener oder Darmstädter Bilde mit anderen Holbein'schen Christkindern, die Woltmann selbst unruhige kleine Buben nennt, erschwert es vollends, einfach ein Christkind darin zu erblicken. Dass dieselbe Person in demselben Bilde zweimal vorkommt, ist in der alten Kunst sehr gewöhnlich und Holbein selbst liefert noch einige andere Beispiele dazu. Dass das untere Kind ein wenig grösser erscheint, als das obere, kann als realistischer und stilistischer Ausdruck für die Zwischenzeit der Heilung gelten.

---

*) Vgl. darüber Naum.-Weig. Arch. XII. S. 1. XIV. S. 71. XVI. S. 35 und v. Zahn's Jahrb. 1. Jahrg. 1868. S. 112. 156.

**) Wozu das, was S. 94 gesagt ist, stimmt. Man hätte in der Madonna eine Tochter Meier's aus einer früheren Ehe zu sehen, — da Meier nach neueren Ermittelungen His Heusler's mehrmals verheirathet war, — im Kinde mithin ein Enkelkind Meier's.

Gelegentlich hiezu die Bemerkung, dass ich die Ansicht derer nicht theilen kann, welche die Deutungsfrage überhaupt für gleichgültig betreffs der ästhetisch-artistischen Beurtheilung des Bildes halten. Ist das obere Kind ein krankes Kind, so ist es in Betreff seiner gelungenen Charakteristik ein bewundernswürdiges Meisterwerk, was in seiner Art dem Kinde der Sixtina nur als entgegengesetzter Pol die Spitze bietet; soll es ein Christkind und nichts weiter als ein solches sein, so ist es hinsichtlich seiner ganz verfehlten, dazu noch der Charakteristik der anderweiten Christkinder Holbein's ganz widersprechenden, *also auch historisch nicht erklärbaren Charakteristik* als elendes Christkind zugleich ein schwaches Werk. Und zwar gilt dies vom Darmstädter Kinde trotz seines Lächelns in Betracht seines ganzen Habitus und gedrückten Wesens kaum minder als vom Dresdener, was wenigstens den Vortheil einer einheitlichen Durchführung der im Ganzen verfehlten Charakteristik vor ihm voraus behielte. Ja das Urtheil über die ganze Composition des Bildes muss sich nach der Deutung ändern. Nach der von den Gegnern festgehaltenen alten Ansicht kann man sie nur verzwickt, launenhaft und unverständlich.

---

*) Diese Zeichnung (unter No. 31 der Braun'schen Sammlung Basel'scher Photographieen) bitte ich bei der bevorstehenden Holbein-Ausstellung doch mit anzusehen, da sie hier noch aus anderen, früher geltend gemachten, Gesichtspuncten interessirt.

**) Die wirklich sehr absonderliche Deutung der Zeichnung, welche Woltmann in s. Holbein II. 116 dagegen aufstellt, glaube ich in v. Zahn's Jahrb. 1868. 139 hinreichend erledigt zu haben.

nach der vorigen mit Rücksicht darauf, dass die doppelte Darstellung derselben Person in demselben Bilde zu Holbein's Zeit noch keinen Anstoss erweckte, von geistreicher Erfindung und treffendster Ausführung finden. Indess jene namentlich für das Behaben des unteren Bildes die curiosesten und gezwungensten Erklärungen in Anspruch genommen hat, erscheint es dieser wie auf den Leib gepasst. Ja wäre letztere Deutung nicht die richtige — und schwören kann man freilich ohne directen historischen Beweis nicht darauf — so wären Mrs Jameson, Blake und Jacobi, welche sie der Composition unterlegen, (von denen übrigens nur Blake die Krankheit des Kindes ausdrücklich auf das Aermchen bezieht) geistreicher als Holbein selbst gewesen. So wenigstens erscheint es mir und dürfte es auch andern erscheinen, die mit unbefangenem Blick an die Vergleichung der Composition nach beiden Deutungen gehen wollen.

Natürlich muss ich es mir versagen, hier eingehender auf die ganze Deutungsfrage zurückzukommen, was auch um so weniger nöthig ist, als es rücksichtslos auf eine Deutung, welche vielmehr für die Aechtheit des Darmstädter Exemplares als für die des Dresdener wichtig ist, immer gleich undenkbar bleibt, dass ein fremder Copist das lächelnde Christkind des Darmstädter Exemplares durch auffällige Züge in ein trübseliges sollte verkehrt haben, indess das Umgekehrte sehr denkbar schiene. Nur kann ich nicht umhin, bei dieser Gelegenheit meine Verwunderung auszudrücken, dass die Gegner der Aechtheit des Dresdener Bildes, alle zugleich Gegner der Deutung auf ein krankes Kind, (Wornum, Woltmann, Kinkel, Crowe, Meyer *) alle wie Ein Mann den Triumph der Widerlegung dieser Deutung in dem Lächeln des Darmstädter Kindes finden, das vielmehr mit dem trübseligen Ausdrucke des Dresdener zusammen — und damit zusammen hat man es doch zu betrachten — die bindendste Bekräftigung dieser Deutung ist, weil sich eben beides zusammen nur nach dieser Deutung erklärt.

Freilich sieht man auf nichts als die lächelnde Miene des Darmstädter Kindes, — und wirklich sehen die Gegner hiebei auf weiter nichts — wie sollte man an ein krankes Kind dabei denken können. Aber hat man nicht noch abgesehen von dem für sich schon durchschlagenden Vergleich mit dem Dresdener Kinde auf mehr zu sehen, nicht auf den übrigen Leib und das übrige Behaben des Kindes, nicht auf sein Verhältniss zu dem untern Kinde, nicht auf sein Verhältniss zu den andern Holbein'schen Christkindern, nicht insbesondere auf sein Verhältniss zu dem Kinde in jener verwandten Holbein'schen Zeichnung No. 65. In der That habe ich — sollte einmal etwas

---

*) Unter den Vertretern der Aechtheit sind die Ansichten für und gegen das kranke oder gestorbene Kind getheilt.

Gründlichkeit an die Frage gewendet werden. — geglaubt, die Deutungsansicht des Bildes auf all' das mit stützen zu müssen; aber man hat es Seitens der Gegner zu weitläufig und unbequem gefunden, darauf einzugehen; und so bin ich, seit die Berufung auf das alte Herkommen nicht mehr Stich halten will, nur noch der einfachen Abfertigung der Ansicht und ihrer Vertretung als »Absurdität«, als »alter Marotte«, als »hirnverbrannter Hypothese«, als »weitspurigen« Gerede's, als »versudelten Papier's« begegnet, was allerdings einfach genug und sehr niederschlagend für mich wie die andern Mitschuldigen an der Ansicht ist, worin ich aber doch die Widerlegung noch ganz vermisse. Meine weitern Gedanken über diese Behandlungsweise der Sache und Frage lasse ich bei Seite.

In Kleinigkeiten liegen oft die schärfsten Kriterien; und so bekenne ich, dass, so viel Wahrscheinlichkeitsgründe auch sonst für die Aechtheit des Dresdener Bildes bestehen und von mir selbst hervorgehoben sind, ich doch nur gegen die bindende Kraft dieser Kleinigkeit keinen Einwand zu erheben wüsste. Doch möchte ich die ganze Schwere der Frage nicht auf eine so feine Spitze stellen. Selbst unbefangenere Gegner der Aechtheit des Dresdener Bildes als ich vor mir sehe, dürften sagen: »man kann aber nicht wissen«; und so will ich auch mit Vorigem eben nur gesagt haben, dass man bisher nichts gegen diese Kleinigkeit aufzubringen gewusst hat; zugleich aber erinnern, dass sich auch gegen die Kleinigkeiten, welche die Priorität und mithin Aechtheit des Darmstädter Exemplares am schärfsten zu beweisen scheinen, den sechsten Finger und den röthlichen Ton, wovon S. 44 und 48 die Rede war, dasselbe sagen liesse: »man kann aber nicht wissen«.

Schliessen wir ab, so finden wir einige Verdachtsgründe gegen die Aechtheit des Dresdener Exemplares, (hergenommen von der Herkunft desselben von Amsterdam, der nach mehren Autoren nicht unerheblichen Verschiedenheit seiner Malweise vom Darmstädter Bilde, dem als modern bezeichneten Ausdruck der Madonna und dem grünen Kleide derselben), im Vorigen zwar nicht völlig erledigt, aber hinreichend abgeschwächt, um nicht als durchschlagend gelten zu können, und von positiven Wahrscheinlichkeitsgründen für die Aechtheit erheblich überwogen. Eine, bei der künftigen Zusammenstellung zu erwartende genauere Untersuchung insbesondere der Malweise des Bildes lässt hoffen, dass die Entscheidung der Sicherheit näher gebracht werde.

IX. Resume.

Da die ältesten Nachrichten, welche überhaupt in unsere Frage eingreifen, d. i. die von Fesch und Sandrart, auf ein aus der Stifterfamilie Meier stammendes Holbein'sches Madonnenbild weisen, ohne auf ein anderes bekanntes Bild als unsere beiden Exemplare zu passen, so muss auf diesem historischen Grunde wenigstens eins von beiden, fraglich zunächst welches, als ächt, d. i. vom jüngern Holbein herrührend, gelten. Es könnten aber auch beide ächt sein, indem sich für die Möglichkeit und selbst Wahrscheinlichkeit eines doppelten ächten Ursprunges eine doppelte Bestimmung des Bildes als Votivbild für die Kirche, als Familienbild für das Haus, oder auch bloss als Familienbild für zwei verschiedene Zweige der Familie anführen lässt [S. 75]; während andrerseits die Möglichkeit in Betracht zu ziehen ist, dass das eine derselben eine betrügerische Copie des andern, veranstaltet durch einen gewinnsüchtigen Kunsthändler [S. 63], oder auch eine von dem Besteller selbst oder einem spätern Besitzer zur Erfüllung der doppelten Bestimmung bestellte Copie von fremder Hand ohne Absicht der Täuschung sei.

Nun lässt die Lückenhaftigkeit und widerspruchsvolle Beschaffenheit der historischen Unterlagen [Abschn. 6], die bisher nicht gehobene, vielfach nicht gefühlte, Schwierigkeit, nach der Malweise beider Bilder ihre Aechtheit zu beurtheilen [Abschn. 5], die so gewöhnliche untriftige Vermischung der Schönheitsfrage mit der Aechtheitsfrage [Absch. 3], endlich die fast überall freistehende, nur vom subjectiven Ermessen abhängige Wahl zwischen hier einschlagenden entgegengesetzten Auffassungen oder Annahmen [Abschn. 4], dem unbefangenen

Zuschauer noch gerechte Zweifel, ob eine völlig sichere Entscheidung nach der einen oder andern Seite in der ganzen Frage schon zu fällen sei, doch stellt sich durch möglichst vollständige und unparteiische Zusammenstellung und Abwägung aller Gründe für und wider die überwiegende Wahrscheinlichkeit der Aechtheit beider Exemplare heraus. [Abschn. 7 und 8.]

Für die Aechtheit des Darmstädter Exemplares insbesondere sprechen folgende Gründe.

1) Die directe Zurückführung des Darmstädter Bildes auf die Stifterfamilie, welche man auf die Combination der historischen Entdeckungen Woltmann's mit den Nachrichten von Fesch und Sandrart hat zu gründen versucht, ist zwar wegen der widerspruchsvollen Beschaffenheit der Data sehr problematisch und scheint sogar mit grösserer Wahrscheinlichkeit auf das Dresdener Exemplar zu übertragen [S. 65 ff.]; doch bleiben von anderer Seite historische Data übrig, welche für die Herkunft des Darmstädter Bildes aus Basel geltend gemacht werden können. [S. 71.] Und wenn schon hienach noch an die oben berührte Möglichkeit gedacht werden könnte, dass das Bild in Basel selbst als Copie des ächten Urbildes durch fremde Hand entstanden sei, so ist doch für die Wahrscheinlichkeit davon nicht nur kein historischer Anhaltspunct zu finden, sondern lässt sich auch kein Künster in Basel oder sonst aufweisen, dem man das Bild als Copie zutrauen könnte, wenn nicht Holbein selbst. Eine Tradition des Ursprunges von Holbein kann nicht minder für das Darmstädter als Dresdener Bild geltend gemacht werden [S. 77].

2) Es sind innere Gründe für die Priorität des Darmstädter Bildes vorhanden; aus der Priorität folgt aber die Aechtheit [S. 78 ff.]. Namentlich scheint mit der Voraussetzung der Priorität des Dresdener Bildes schwer zu vereinigen, dass die Proportionen seines Inhalts so viel vortheilhafter sind als die des Darmstädter [S. 78]; dass sie dies aber wirklich sind, ist gegen Woltmann und Meyer, welche eine Verschlechterung durch den Copisten darin sehen, wohl aufrecht zu halten

[S. 16 f.]. Nun bestände zwar noch die Möglichkeit, dass nur aus äusseren Raumrücksichten die Dimensionen des Darmstädter Bildes gegen die des Dresdener verkürzt und der Inhalt desselben zum Nachtheil der Proportionen zusammengeschoben sei, auch kann nach den S. 80 gemachten Bemerkungen die Möglichkeit davon nicht schlechthin in Abrede gestellt werden; doch behält die erste Auffassung den Vorzug grösserer Wahrscheinlichkeit. Dazu lassen sich zwar einige Pentimenti's im Darmstädter Bilde, die man zu Gunsten der Priorität des Darmstädter Bildes ausgelegt hat, nach S. 83 auch auf die andere Seite wenden, es bleiben aber gewisse Kleinigkeiten (sechster Finger an der Hand des unteren Knäbleins, rother Ton in der Untermalung des Gewandes der mittleren Frau), deren S. 14, 15 gedacht ist, übrig, welche nur im Sinne der Priorität des Darmstädter Bildes scheinen ausgelegt werden zu können, hiemit zu den wichtigsten Beweismitteln dafür zählen, wogegen der Vergleich der Madonna und der Nebenfiguren in beiden Bildern nach S. 78. 84 minder sichere Schlüsse in dieser Hinsicht zulässt.

3) Die Mehrzahl und das Mehrgewicht der Kennerstimmen findet die Malweise Holbein's nach Charakter und Vorzüglichkeit im Darmstädter Bilde entschieden wieder [S. 77]; der von einigen Seiten (Grüder, K. Förster) aber dagegen erhobene Widerspruch ist nach S. 41 dem Verdachte, nicht auf den rechten Unterlagen zu ruhen, nicht entzogen, und müsste sich erst bei der künftigen Zusammenstellung beider Bilder unter einander und mit anderen Holbein'schen Bildern durch eine Umstimmung des bis jetzt vorwiegenden Kennerurtheiles bewähren, um selbst auf Gewicht Anspruch zu machen.

4) Retouchen im Darmstädter Bilde sind, entgegen Woltmann und Meyer, nach S. 13 im Darmstädter Bilde zwar, jedenfalls anzuerkennen; dass aber bei Aechtheit des Hauptinhaltes ganze Theile des Bildes von fremder Hand gemalt sein sollten, hat bis jetzt nur das Urtheil einer einzigen Stimme E. Förster für sich (vergl. die Acten).

Für die Aechtheit des Dresdener Bildes, respectiv gegen die Verdächtigung derselben zählen folgende Gründe.

1) Historischerseits hat das Dresdener Bild nicht nur eine noch verjährtere Tradition für sich, als das Darmstädter Exemplar, sondern es erscheint auch nach schärfster Prüfung der historischen Data die directe Zurückführung des Dresdener Exemplares auf die Stifterfamilie noch wahrscheinlicher, als die des Darmstädter Exemplares, wenn schon dabei anzuerkennen ist, dass sie wegen der widerspruchsvollen Beschaffenheit der alten Nachrichten mit einer erheblichen Unsicherheit behaftet bleibt (Abschn. 6).

2) Die neuerdings von Woltmann, Kinkel, Crowe aufgestellte Hypothese, dass das Darmstädter Bild als das einzig ächte sich unter des gewinnsüchtigen Kunsthändlers Leblon Händen verdoppelt habe, und das Dresdener als gefälschte Copie an die Königin Maria von Medicis während ihres Aufenthaltes in den Niederlanden von ihm verkauft sei, indess das ächte, das Darmstädter, an Lössert gelangte, hat gegen sich, dass die Königin Maria, während sie in den Niederlanden war, sich überhaupt nicht in der Lage befand, ein theures Bild zu kaufen, dass eine Verwirrung der Angaben, auf welchen die Hypothese fusst, nachweislich ist, und dass das Dresdener Bild nicht von Brüssel, wo sich die Königin aufhielt, sondern von Amsterdam nach Venedig gelangt ist. Wahrscheinlicher, als dass das eine ächte Bild sich unter Leblon's Händen verdoppelt habe, ist, dass zwei ächte Exemplare in Fesch's Berichte verwirrend verschmolzen sind, und das Dresdener Bild direct von Basel aus an die Königin, während sie noch in Frankreich war, gelangt ist [Abschn. 6]. Anzuerkennen ist, dass die Modification, welche Meyer von obiger verdächtigenden Auffassung aufgestellt hat [S. 73], wesentliche Schwierigkeiten derselben hebt, wogegen ihr andere Schwierigkeiten entgegenstehend bleiben [S. 74].

3) Dem Verdacht, der daraus gegen das Dresdener Exemplar erwächst, dass es doch überhaupt mit dem als ächt an-

gesehenen Darmstädter von demselben Orte Amsterdam hergekommen, kann zwar an sich die Berechtigung nicht abgesprochen werden, insofern man die Priorität und Aechtheit des Darmstädter Exemplares als erwiesen anzusehen hat: es ist aber auch kein Hinderniss zu denken, dass beide ächte Exemplare in einer so kunstliebenden Stadt einmal zusammengetroffen sind [S. 75].

4) Eben so wenig als für das Darmstädter hat sich für das Dresdener Exemplar ein Künstler finden lassen, dem es als Copie zuzutrauen, und ein in dieser Hinsicht gemachter Versuch ist gänzlich verunglückt [S. 98].

5) Eine auf Täuschung angelegte Copie würde sich wahrscheinlich vielmehr sklavisch an das Original gehalten, als so bedeutende Veränderungen zugelassen haben, wie das Dresdener Bild gegen das Darmstädter zeigt, auch hätte eine solche in Amsterdam, wo man ihre Entstehung sucht, nicht wohl ohne Entdeckung des Betruges mit dem Darmstädter Original zugleich bestehen können [S. 68. 98].

6) Betreffs der Frage, ob die Malweise des Dresdener oder Darmstädter Bildes besser zu Holbein stimme, bestehen so haarsträubende Widersprüche zwischen den Kennern, dass bis jetzt gar kein sicheres objectives Ergebniss daraus zu ziehen. Gewiss ist, dass vor dem Auftreten des Darmstädter Bildes es niemand eingefallen ist, die Malweise des Dresdener Bildes mit Holbein unverträglich zu finden. Ein aus der Verschiedenheit der Malweise zwischen beiden Bildern überhaupt und den grünlichen Halbtönen an Madonna und Kind des Dresdener Bildes insbesondere geschöpfter Zweifel muss zugelassen werden, ohne als durchschlagend gelten zu können. Ein sichereres Urtheil ist erst noch von gründlicheren Untersuchungen bei der bevorstehenden Holbeinausstellung zu hoffen.

7) Die Schwierigkeiten, welche man darin gesucht hat, dass der Charakter der Madonnendarstellung im Dresdener Exemplare der von Holbein zu erwartenden Energie entbehre, zu modern für ihn sei, zu sehr das Gepräge weicher Anmuth

trage, ermangeln zum Theil der Begründung [S. 90]; insofern sie aber [nach S. 91] anzuerkennen sind, fehlt ihnen doch wie allen vorigen die durchschlagende Kraft, und ein von J. Lessing aus dem Vergleiche der Teppiche in beiden Bildern gezogener Verdacht [S. 96] hat noch seine Begründung beizubringen.

8) Die Gründe, welche Woltmann und mit ihm Meyer aus den Veränderungen der Proportionen und der Architectur im Dresdener Bilde gegen die Aechtheit desselben zieht, wären nach Abschn. 5 überhaupt besser unaufgestellt geblieben; im Gegentheil schliesst sich das Dresdener Bild in seinen minder gedrückten Verhältnissen den anderweiten Holbein'schen Madonnenbildern und insbesondere einer, in gewisser Weise analogen, unbestritten ächten Holbein'schen Handzeichnung, (welche sogar möglicherweise eine erste Skizze zu unserem Bilde sein könnte) mehr an, als das Darmstädter, indess sich aus den Aenderungen der Architectur nach S. 54 gar nichts Entscheidendes folgern lässt (Abschn. 5).

9) Die von Woltmann aufgestellte Ansicht, dass das ursprünglich blaue, durch den Firniss bläulich-grün gewordene Kleid der Darmstädter Madonna im Dresdener Bilde durch Missverstand des Copisten grün nachgemacht worden sei, hat zwar für den ersten Anblick eine bestechende Wahrscheinlichkeit, die sich aber durch die dagegen zu Gebote stehenden Gründe so abschwächt, dass sie die schlagende Kraft, welche ihr von Woltmann beigelegt wird, völlig verliert [S. 92].

10) Es sind zwei Kleinigkeiten im Dresdener Bilde vorhanden, von welchen die eine, das Unterkinn, was der Madonna zugefügt ist, nach S. 99 der Aechtheit des Dresdener Exemplares günstig, die andere, die Veränderung im Ausdrucke des oberen Kindes gegen das Darmstädter Bild, fast durchschlagend dafür erscheint [S. 100], wenigstens noch eine andere Erklärung als im Sinne der Aechtheit des Dresdener Bildes zu erwarten hat.

11) Die mehrfach vertretene Ansicht, dass wenigstens gewisse Theile, insbesondere Nebenfiguren und Nebendinge,

im Dresdener Exemplare die Hand eines Gehülfen verriethen, kann zwar nicht als widerlegt aber auch nicht als bewiesen angesehen werden, indem der Behauptung in dieser Hinsicht theils allgemeinere Gründe [S. 45], theils bestimmte Gegenerklärungen [S. 36] entgegenstehen.

12) Schliesslich hat man zu sagen, dass zwar nicht alle Verdachtsgründe gegen die Aechtheit des Dresdener Exemplares völlig erledigt, wohl aber durch entgegenstehende Wahrscheinlichkeiten und positive Gründe überwogen sind.

Zweite Abtheilung.

Acten.

1) Aloys Ludwig Hirt,

Professor in Berlin (1830).

In seiner Schrift: »Kunstbemerkungen auf einer Reise über Wittenberg und Meissen nach Dresden und Prag. Berlin 1830«, erwähnt Hirt in einer Anmerkung S. 16 bei Gelegenheit der Betrachtung des Dresdener Exemplars zugleich des Darmstädter, damals noch Berliner, mit folgenden Worten: »Das ganz ähnliche Bild ist vor wenigen Jahren aus Frankreich nach Berlin zum Verkauf gebracht worden, wo Sr. Königl. Hoheit, der Prinz Wilhelm, der Bruder des Königs, es erstand.« Hienach wörtlich die schon S. 4 und 6 mitgetheilten Bemerkungen des Verfassers.

2) Franz Theodor Kugler,

Professor in Berlin (1845. 1847).

Der Verfasser war 1844 zu einem kurzen Besuche in Dresden, und eilte »unmittelbar nach der Rückkehr von da und mit dem frischen Eindruck des dortigen Bildes vor das Berliner Exemplar«. Die Resultate dieses Vergleiches sind in einem besondern Aufsatze im Cotta'schen Kunstblatt 1845. No. 8 und daraus wieder abgedruckt in Kugler's »Kleinen Schriften und Studien für Kunstgeschichte« 1853 *), wie folgt, gegeben:

»Bei längerem Verweilen vor dem [Dresdener] Bilde konnte ich wegen einiger Puncte der Auffassung und besonders der technischen Behandlungsweise, die mir auch schon früher, wenn gleich nicht so entschieden, aufgefallen waren, ein Bedenken nicht unterdrücken. Der Kopf der Dresdener Madonna hat einen ganz eigenen Reiz, wie wir ihn kaum in einem andern deutschen Bilde wiederfinden; aber es ist ein Anklang an moderne Gefühlsweise; — ich möchte sagen, etwas der weiblichen Auffassungsweise Verwandtes darin, was bei einem so energisch schaffenden Meister wie Holbein, fast befremdlich erscheinen dürfte. Dann geben in der Carnation zum Theil, namentlich in dem Körper des Christkindes und auch bei der Madonna, grünliche Halbtöne hindurch, wie sie in solcher Art wohl kaum anderweitig bei Holbein gefunden werden; verbunden mit den kühl röthlichen Lichtpartieen in denselben Theilen der Carnation macht diese Behandlungsweise einen Eindruck, der in gewissem Betracht schon an die Nachahmer der Italiener im 16. Jahrh. erinnert. — . . . . Ich fand mich nun ungemein überrascht, an dem Berliner Exemplar durchaus nichts von dem wahrzunehmen, was mir am Dresdener Exemplar fremdartig entgegengetreten war. Das Berliner Bild erscheint im vollen Grade als ein Ganzes aus Einem Gusse. Die Behandlung ist überall eine und dieselbe; statt jener grünlichen Schattentöne und den weissröthlichen Lichtpartieen erscheinen hier in der Carnation durchweg, ob auch nach dem Charakter der einzelnen Gestalten modificirt, nur die vollen, tiefen Farbentöne, die im Schatten einen warmbräunlichen Charakter annehmen und die bekanntlich für die Periode der künstlerischen

---

*) Hier mit dem Nachtrage, dass Prof. Felsing die Ansicht von der Priorität des Darmstädter Bildes theile; wogegen Prof. Felsing gelegentlich in einem an mich gerichteten Schreiben (8. Juni 1866) »die Priorität der Ansicht über die Originalität des Darmstadter Bildes, gegründet auf die Contourveränderungen im zweiten, dem Dresdener«, in Anspruch nimmt; wie ihm denn dieselbe von »Waagen, Kugler, Hübner« brieflich zuerkannt sei.

Thätigkeit Holbein's, in welche die Ausführung dieser Composition fällt, — die Zeit um das Jahr 1529 — so bezeichnend sind. In demselben Masse ist auch die Gefühlsweise, die das Bild durchdringt, der in die dargestellten Personen gelegte geistige Ausdruck vollkommen gleichmässig: insbesondere hat der Kopf der Madonna, statt jener weicheren Anmuth, etwas Erhabeneres, Würdevolleres, was in der That dem Gesammtcharakter des Bildes und überhaupt der Kraft des Meisters mehr zu entsprechen scheint. [Hienach Bemerkungen über die Anwendung des Goldes im Darmstädter Bilde, als demselben eigenthümlich, die jedoch auch im Dresdener nicht fehlt.] Im Ganzen und in allen Einzelheiten trägt das Berliner Bild das Gepräge der entschiedensten Meisterschaft und hat dabei zugleich das grosse Verdienst, dass es, so viel ich wenigstens bei seiner gegenwärtigen Aufstellung wahrnehmen konnte, in völlig ungetrübter Reinheit erhalten ist.«

»Ich kann mich nach diesen Beobachtungen und nach dem Ganzen des Eindrucks, den ein künstlerisches Meisterwerk auf uns hervorbringt, der aber so schwer wiederzugeben ist, nur dahin erklären, dass das Berliner Bild das ursprüngliche Exemplar und als solches eines der höchsten Meisterwerke des grossen deutschen Künstlers ist. Wie es sich hienach mit dem Dresdener Bild verhalte, wage ich zur Zeit nicht geradezu zu entscheiden. So wenig sich Holbein's Hand in den knieenden Porträtfiguren desselben zu verläugnen scheint, so möchte ich sie doch nicht unbedingt in der Madonna und dem Kinde anerkennen. Vorläufig dürfte somit etwa anzunehmen sein, dass Holbein die Wiederholung mit anderweitiger Beihülfe gefertigt habe, — ein Verfahren, was bei einem so viel beschäftigten Meister nur durchaus naturgemäss sein würde.« —

In der von J. Burckhardt besorgten 2. Aufl. von Kugler's Handb. d. G. d. M. 1847, 282 findet sich wesentlich dasselbe Urtheil resumirt, wobei es heisst: »vielleicht ist jedoch dieses [das Dresdener] Exemplar blos die spätere, wenn auch eigenhändige Wiederholung eines andern [des Berliner] Exemplares.«

3) Ernst Joachim Förster,

Maler, Prof. in München (1852. 1859. 1869).

Der Verfasser nennt in einer Anmerkung seiner Gesch. d. K. (1852. II. 235) das Darmstädter Bild einfach »eine Wiederholung« des Dresdener, und in seinen Denkmalen (1859. Bd. V) »eine alte sehr gute Copie« des Dresdener ohne Motivirung seiner Auffassung.

Nach der Ausstellung des Darmstädter Bildes in München jedoch kommt er in der Beil. z. Augsb. allg. Zeit. 1869. 29. Aug. No. 241. S. 3729 (noch ohne Namensunterschrift) auf beide Exemplare unter Erwähnung, dass eine Zusammenstellung beider Bilder in Dresden im Werke sei, mit Folgendem zurück:

»Was meiner Ansicht nach bei einer solchen Zusammenstellung unausbleiblich sein wird, ist die Bemerkung, dass der Gesammteindruck des Dresdener Bildes freier, anziehender, schöner ist, während auf dem Darmstädter Bilde ein schwerer Druck lastet. Aber im Darmstädter Bilde sind Stellen, die kein anderer als Holbein gemalt haben kann, freilich unmittelbar neben solchen, die ihm unmöglich zur Last gelegt werden dürfen. Das Dresdener Bild dagegen ist von oben bis unten aus einem Guss, von vollkommen harmonischem Eindrucke, dazu frei, leicht und sicher in der Behandlung, während im Darmstädter Bilde Sorgsamkeit und fleissige Ausführung überwiegend sind.« (Bekanntes über den Unterschied der Proportionen in beiden Bildern.)

»Wenn nun die Gesammtanordnung auf dem Dresdener Bilde unbedingt als schöner und künstlerisch bedeutsamer anzuerkennen ist, und damit ein Schatten auf das Darmstädter Bild fällt, so hat dieses doch Stellen von so ausserordentlicher Schönheit und Meisterschaft, von so entschieden Holbein'schem Gepräge, dass an eine andre Hand nicht zu denken ist. Dahin rechne ich die ganze Frauengruppe, die Köpfe, die Gewander, den Schmuck, alles, und nicht nur die Technik, sondern auch (wo sie hervortreten kann) die Empfindung; auch der ältere Knabe mit seinem unbekleideten Brüderchen verleugnet nur hie und da Holbein's Kunst, wie z. B. bei der viel zu grossen linken Hand dieses Kindes, bei dem ebenfalls viel zu grossen und auch sonst verzeichneten Daumen seiner rechten Hand (so dass diese sechs Finger zu haben scheint). Ganz ausser Verhältniss und sehr verzeichnet sind auch beide Händchen des kranken Kindes im Arme der Madonna, und sein rechter Fuss ist geradezu ein Klumpfuss. Diese Verstösse, die man unmöglich auf Holbein's Rechnung setzen kann, finden sich im Dresdener Bilde nicht. Das Angesicht der Madonna ist auf beiden Bildern von seelenvoller Schönheit und Reinheit, und dennoch steht das Dresdener (welches ich selber einst in Oel copirt und also sehr genau betrachtet habe) in meiner Erinnerung mit einem tieferen und sicherern Ausdrucke herzgewinnender Innigkeit. Die grösste Verschiedenheit tritt am Bildniss des Bürgermeisters und an dem des kranken Kindes hervor. Das letztere hat einen wehmüthig schmerzlichen Ausdruck im Mund und brechende Augen, in dem Darmstädter Bilde offene Augen und einen lächelnden Mund. Der Bürgermeister auf dem letzteren hat fast andre Züge und Formen als auf dem Dresdener, ist viel voller in den Wangen und weicht in der malerischen Behandlung durch den grossen Aufwand von Mitteln für die Modellirung so sehr von Holbein's grosser Einfachheit in der Ausführung ab, dass man nur auf die Frauenköpfe gegenüber (oder auf den Patricierkopf aus St. Anna in Augsburg, der naheru aufgestellt ist) zu sehen braucht, um den Grundunterschied zu erkennen«.

»Was kann nun aus diesen Angaben geschlossen werden? Kann eins von beiden Bildern eine Copie sein? Sind beide Originale? Welches ist das frühere? . . . [Historische Notizen über das Dresdener Bild nach Hübner] . . . Kann das Dresdener eine Copie sein? Ich glaube, dass, wenn nicht authentische Arbeiten eines Malers nachgewiesen sind, die sich als vollkommen ebenbürtig erweisen, oder bis Documente aufgefunden sind, durch welche der Copist unwiderleglich dargethan ist, die Frage mit dem entschiedensten Nein zu beantworten ist; denn was darin besser ist als im Darmstädter Bilde, kann nur vom Meister selber, oder von einem Künstler herrühren, der über ihm steht. Und den kennt die Geschichte noch nicht. Ist das Darmstädter Bild eine Copie? Eben so wenig! Holbein's Hand daran ist unverkennbar! So ist es vielleicht eine Wiederholung? Auch dies muss verneint werden, denn in eine Wiederholung würde der Meister nicht Fehler bringen wie jene von mir bezeichnete sind. So bleibt nach meiner Meinung nur übrig anzunehmen, das Darmstädter Bild . . . . (u. s. w. Discussion S. 29) Werkstatt. So erscheint mir das Verhältniss dieser beiden Meisterwerke zu einander, die beide zu den grössten Schätzen deutscher Kunst zu rechnen sind«.

Der vorige Artikel hat einen Angriff Seitens Woltmann in der Beil. z. Augsb. allg. Zeitg. vom 9. Sept. 1869 No. 252 S. 3894 erfahren. Woltmann tadelt das Ignoriren seiner neuen historischen Entdeckungen und Ausführungen über die Darmstädter Madonna, kommt auf diese Ausführungen betreffs der Unterschiede in den Proportionen und der Architectur in beiden Bildern zurück, rügt dabei eine irrthümliche Angabe F.'s über die Architectur im Dresdner Bilde, welche nach Stichen des Bildes gemacht ist, aber nicht auf das Original passt, und wirft ihm vor, dass er den Patrizierkopf des Mürz fälschlich auf Holbein schreibe, da doch derselbe nach der Inschrift 1533 auf der Rückseite, wo Holbein notorisch in England war, und nach der Malweise, die vielmehr auf Amberger weise, nicht von Holbein herrühren könne.

Hiegegen replicirt Förster (mit Namensunterschrift) lebhaft in der Beilage No. 261 zur Augsb. allg. Zeit. 1869 18. Sept. S. 4035, indem er Woltmann einer anmasslichen Selbstüberschätzung beschuldigt und auf seiner Ansicht über die Arbeitsverhältnisse unserer Bilder fortgehends besteht, ohne dass jedoch neue Momente dabei zur Sprache gebracht werden.

4. Gustav Friedrich Waagen,

(Maler, Galleriedirector u. s. w. in Berlin 1853. 1858. 1866).

Zu einer, an Prof. Felsing in Darmstadt gerichteten, mir von diesem mitgetheilten, Notiz vom J. 1853 über den Ankauf des Darmstädter Bildes in Berlin fügt der Verfasser: »Uebrigens habe ich mich ungemein gefreut, das Urtheil, welches ich mir über das Verhältniss dieses Bildes zu dem in Dresden gebildet hatte, in allen Stücken von einem so trefflichen Künstler, wie Sie, getheilt zu sehen. Und ich habe das meinige vornehmlich darauf gegründet, dass ich unmittelbar nach meiner Rückkunft von Dresden das damals in dem Wohnzimmer der Frau Prinzessin befindliche Bild einer genauen Prüfung unterworfen habe.«

»Es ist in der Behandlung für Holbein noch charakteristischer in dem breiteren und markigeren Vortrage und sicher das erste der beiden, was ursprünglich sich gewiss in einer Kirche zu Basel befunden hat.«

Hiernach folgen noch einige Notizen nach Fiorillo und Hegner zur Unterstützung der Ansicht, dass das Dresdener Exemplar sich hingegen im Besitze der Familie befunden habe.

Eingehender wird der Gegenstand vom Verfasser in seinem Schriftchen: »Einige Bemerkungen über die neue Aufstellung, Beleuchtung und Catalogisirung der königl. Gemäldegallerie zu Dresden. Berlin 1858« besprochen. Zunächst spricht er die »Ueberzeugung« aus: »dass dieses Bild [das Darmstädter] ursprünglich von dem Bürgermeister Meyer bei Holbein als ein Votivgemälde für eine der Jungfrau Maria geweihte Kirche oder Kapelle bestellt worden, darauf aber der Meister veranlasst worden ist, dasselbe für das Haus des Bürgermeisters, vorzugsweise in seiner Bedeutung als Familienportrait, noch einmal zu wiederholen«, er motivirt diese Ueberzeugung durch den eifrigen Katholicismus des Stifters einerseits und den Charakter des Bildes als Familienbild andrerseits, und fährt fort: »Die besondere Eigenthümlichkeit eines jeden der beiden Bilder entspricht dieser Vermuthung ungemein. Das Bild in Darmstadt ist in einem sehr soliden Impasto mit grosser Frische sehr gleichmässig in einem zwar in den einzelnen Figuren abgestuften, doch durchweg warmbräunlichen Tone der Fleischtheile, mit ungemeiner Meisterschaft, aber im Verhältniss zu dem in Dresden mit einer gewissen Breite durchgeführt. Der Kopf der Maria hat im Verhältniss zu dem im Dresdener Bilde etwas Ernsteres, ja Herberes. Verschiedene Abweichungen, z. B. ein starker Schlagschatten auf der Mitte des Gesichtes der Mutter Meyer schliessen für jeden, der die Bilder aufmerksam verglichen hat, die Annahme des Herrn Hübner, dass dasselbe eine Copie nach dem Exemplar in Dresden sei, völlig aus. Alles ist im Darmstädter Bilde auf eine kräftige Wirkung in einer gewissen Entfernung berechnet, wie dieses die Stelle auf dem Altare mit sich bringt. Dahin gehört auch die von Kugler hervorgehobene Anwendung des Goldes in den Gewändern. Dagegen finden sich in dem Dresdener Bilde solche Veranderungen, welche es besonders für eine nahe Betrachtung geeignet machen, wie sie in einem Zimmer stattfindet. Der Kopf der Maria ist im Ausdruck lieblicher und milder in der Behandlung, bei minderem Impasto, zarter und mehr in das Einzelne gehend. Ein Aehnliches lässt sich auch bei den anderen Figuren, mit Ausnahme des Bürgermeisters, der etwas leerer und härter ist, wahrnehmen. Der Kopf der Frau ist hier, wahrscheinlich auf ihre Veranlassung, da die Frauen meist in ihren Bildnissen möglichst wenig Schatten lieben, im vollen Licht genommen. Obgleich nun Kugler ganz Recht hat, wenn er sagt, dass die grünlichen Halbtöne im Fleische in den Bildern Holbein's sehr ungewöhnlich sind, so habe ich doch die Ueberzeugung, dass dieses herrliche Bild ebenfalls durchgängig von der Hand von Holbein herrührt.«

Schliesslich: »nur der Fussteppich [im Dresdener Bilde], ein wenig erheblicher Gegenstand, scheint mir für ihn [Holbein] zu flüchtig und mechanisch behandelt, zu schwer im Ton, und dürfte von ihm einem Gehülfen überlassen worden sein.«

Als möglichen Einwand gegen seine Ansicht führt Waagen (S. 16) an, »dass ein so grosser Künstler wie Holbein sich nicht wohl zu der Wiederholung eines Bildes von so ansehnlichem Umfang entschlossen haben möchte«. Ein solcher Einwand aber könne nur Platz finden, wenn man mit Hegner und Kugler die Ausführung des Dresdener Bildes bei Holbein's Besuch von Basel aus England im J. 1529 geschehen annehme, wogegen er verschiedene äussere und innere Gründe geltend macht. »Ganz anders aber — fährt er fort — steht es, wenn Holbein jenes Bild vor seiner in das Jahr 1526 fallenden Abreise nach England gemalt hat. Aus einem noch vorhandenen Briefe, welchen ihm sein Gönner, Erasmus von Rotterdam, an seinen Freund, Petrus Aegydius in Antwerpen, mitgegeben, erhellt nämlich deutlich, dass Holbein sich aus Mangel an Erwerb zu dieser Reise entschloss. Wer kann aber unter diesen Umständen zweifeln, dass er den Auftrag von einer so angesehenen Person, wie jener Bürgermeister Meyer, eine Wiederholung jenes Bildes zu machen, übernommen haben wird. . . . . Jene Ueberzeugung, dass Holbein das Dresdener Bild vor dem Jahre 1526 gemalt hat, stützt sich vornehmlich auf die grosse Aehnlichkeit in Auffassung und Färbung mit dem 1519 bezeichneten Bildniss des Bonifacius Amerbach im Museum zu Basel, und den mässigen Unterschied im Lebensalter des Meyer und seiner Frau auf dem Dresdener Bilde mit denen auf den mit 1516 bezeichneten Bildnissen, welche sich ebenfalls im Museum zu Basel befinden.«

Da ich in den Dioskuren (1866 S. 181) eine Angabe Schasler's fand, wonach Waagen in einer Sitzung des Vereins für Kunst des Mittelalters und der Neuzeit vom 20. Mai 1866 geäussert hätte, »man werde nicht fehl gehen, wenn man in dem Darmstädter Bilde ein Altarblatt sehe, in dem andern [Dresdener] hingegen eine von *Schülerhand reproducirte* und für Schmückung eines Zimmers bestimmte Darstellung voraussetze«, und da ich diese Angabe mit den im Vorigen enthaltenen Ansichten nicht zu vereinigen vermochte, wandte ich mich brieflich mit einer Bitte um Aufklärung deshalb an

Waagen, von welchem ich die gefällige Erwiederung (vom 18. Febr. 1868) erhielt: »es sei ihm niemals eingefallen, eine solche Aeusserung zu thun«, wie ihm Dr. Schasler zuschreibt, sondern dieselbe sei eine reine »Erfindung«. Hiezu folgende Ausführungen:

»Ich bin vielmehr stets der Ansicht geblieben, dass beide Bilder der Hauptsache nach von Holbein herrühren. Wenn in dem Dresdener Exemplar die Maria sogar einen edleren und ideelleren Charakter hat, so stehen dagegen die Portraits denen auf dem Darmstädter Exemplar nach und möchten theilweise von der Hand eines Gehülfen herrühren, wie ich denn, wie Sie ja selbst anführen, schon vor langer Zeit den Kopf des Bürgermeisters etwas trocken gefunden habe. Aber selbst die Theile der Portraits, welche von Holbein's Hand herrühren, sind begreiflicherweise, als Copien, nicht so lebendig und geistreich als die Originale. Sicher aber haben ihm die Familienmitglieder im Jahre 1529—1530, in welche das Dresdener Bild fällt, nicht von Neuem gesessen; es blieb ihm also nichts übrig, als sie so wiederzugeben, wie er sie auf dem Darmstädter Exemplar sah, während er bei der Maria einen freieren Spielraum hatte. Meine von jeher gehegte Ueberzeugung, dass das Darmstädter Exemplar für die Kirche bestimmt gewesen, möchte ich aber in so fern noch näher bestimmen, dass ich es, mit dem Dr. Woltmann, für ein Epitaphium halte. Auch kann ich von den Gründen, nach welchen ich in dem Dresdener Exemplar ein Familienbild, welches für das Haus gemalt worden, erkenne, nicht abstehen.«

Man kann hiebei nicht umhin, einen Widerspruch in der Annahme der Entstehungszeit des Dresdener Bildes 1529—1530 mit der im Obigen enthaltenan Annahme »von 1526« zu finden, welche doch wahrscheinlich nur auf Flüchtigkeit beruht.

8) Dr. Julius Hübner,

Maler, Prof. u. Galleriedirector in Dresden (1856. 1861. 1869. 1870. 1871).

Der Verfasser bezeichnet in einer Anmerkung seines Verzeichnisses der Dresdener Gemäldegallerie (1. Aufl. 1856. S. 16. 2. Aufl. 1862. S. 19) das Darmstädter Bild als »eine vortreffliche gleichzeitige Wiederholung« des Dresdener, und äussert sich eben da wie folgt gegen Kugler's Ansicht von der Priorität des Bildes: »Bei aller Hochachtung vor dem berühmten Kunsthistoriker jedoch, können wir seine Gründe für die Behauptung nicht ausreichend finden.« Für Motive war im Catalog natürlich nicht Platz. Hiernach aber findet sich folgende »im Jahr 1861 nach erneuerter Betrachtung des Darmstädter Bildes« niedergeschriebene Notiz von Hübner's Hand* mitgetheilt in v. Zahn's Schriftchen S. 11.

»Das Darmstädter Bild ist sicher keine Copie, vielmehr meines Dafürhaltens von der Hand desselben Meisters, denn so grosse Veränderungen würde kein Copist, weder in einem noch dem andern Exemplar gewagt haben. Ausserdem aber würde er in der Vollendung derjenigen Theile, welche im Darmstädter Bild ausgeführter sind, als im Dresdener, nicht haben weiter gehen können, als der Meister.«

»Die Hypothese, dass Holbein dieses Bild zuerst gemalt habe, hat bei unparteiischer Prüfung Manches für sich, wenn man zugleich unter ‚erstem Exemplar' nicht, wie Kugler, auch das bessere von beiden versteht, denn das ist es entschieden nicht. Im Gegentheil erscheint vielmehr die Hauptfigur der Maria in ihren Proportionen bei Weitem nicht so ideal, als die Dresdener, nicht so sicher und entschieden gezeichnet, wenn auch vielleicht fast mühsamer vollendet. Holbein könnte nur in dem Dresdener Bilde also Verbesserungen gemacht haben, allein ich muss bei alledem bekennen, dass bei mancher Wahrscheinlichkeit dieser Hypothese doch etwas darin liegt, was meinem Gefühl vom Sachverhalt nicht völlig zusagt.«

»Man wird wohl am besten thun, diess Räthsel vorläufig ungelöst zu lassen, und nur die Eigenschaften beider Bilder zu einander immer bestimmter und vorurtheilsfreier zu constatiren suchen. Dazu wäre nun allerdings in letzter Instanz nur eine Confrontation beider Bilder nebeneinander das rechte Mittel und auch sonst von höchstem Interesse. An wesentlichen Vorzügen wird das Dresdener Bild, meines Erachtens, dabei nicht verlieren und das Darmstädter als ein gefährlicher Rival in manchen andern Beziehungen, wie in der Erhaltung des farbigen Mariengewandes u. s. w., sich immer als bedeutend herausstellen.«

Endlich verdanke ich dem Verfasser folgende gelegentliche briefliche Notizen:

Vom 25. April 1869: »Bei Lesung Ihrer Aufsätze fiel mir ein, warum doch bisher, so viel mir bekannt, Niemand die Analogie geltend gemacht habe, dass von den jugendlichen Bildnissen Meyer's und Frau gleichzeitige und gute Repliken [?Hübner] existiren, somit auch für die gleichzeitige Existenz der beiden grossen Bilder ein Grund in etwa zwei Zweigen der Familie vorhanden gewesen sein müsse. Die Copien, wenn man sie so nennen will, der jugendlichen Bildnisse sind so, dass ich bei einem meiner Besuche in Basel die Direction des Museums darauf aufmerksam machte, wie man die eine als Original und vice versa numerirt hatte. Man nennt sie dort Ambros. H., sie sind aber um jene Zeit [1516] doch wohl sicher unter unmittelbarer Einwirkung H. H.'s gemacht.«

Vom 13. April 1870, Ausspruch einer Vermuthung, dass die grüne Farbe des Kleides der Dresdener Madonna durch Veränderung eines, um Holbein's Zeit in Gebrauch gekommenen, wohlfeilen Ersatzmittels des ächten Ultramarins entstanden sein möge, nebst folgender Bemerkung: »Sodann besitzen wir auf unserem [Dresdener] Bilde ein ganz entschiedenes und unzweideutiges Pentimento an der rechten Hand des Knaben auf der Brust des stehenden Kindes, was meines Wissens noch niemand bemerkt hat.«

Vom 9. Febr. 1871. Zurücknahme obiger Vermuthung durch folgende Notiz: »Noch möchte ich erwähnen, dass nach der im vergangenen Sommer unternommenen Reinigung unseres

Bildes, einmal ein ganz vergilbter Firniss von der Luft weggenommen, derselben einen prachtvoll milden, aber viel entschiedeneren blauen Ton gegeben hat, der zur ganzen Architectur prächtig stimmt und den ganzen Akkord des Bildes wunderbar verschönt. Dagegen aber hat sich der grüne Ton des Madonnenkleides als vollkommen ächt und so gemalt erwiesen, nicht als nachgegelbt oder gedunkelt, wie ich früher selbst voraussetzte. Mag auch das Grün, als solches, etwas nachgedunkelt haben, wie das mit derselben Farbe im Morrethintergrunde möglich, da beide jetzt die kräftigsten Töne in beiden Bildern sind. Haben Sie unser Bild seitdem nicht gesehen, so werden Sie es in Bezug auf die farbige Erscheinung mit neuem Genusse sehen.«

Waagen 1838 s. No. 4.

6) Dr. Wilhelm Schäfer

in Dresden (1860).

Der Verfasser opponirt im dritten Theile seines dreibändigen Werkes: »Die königliche Gemälde-Gallerie in Dresden« 1860. S. 787 ausführlich gegen Kugler's und Waagen's Ansicht von der Priorität des Darmstädter Bildes, ohne jedoch letzteres selbst gesehen zu haben, was seine Opposition um so mehr gewichtslos macht, als er dabei irrthümlich eine Bemerkung Waagen's über die Ausführung des Teppichs auf dem Dresdener Bilde auf das Darmstädter bezieht und hierauf sein Urtheil mit stützt. Er hält es für wahrscheinlich, »dass der Bruder, Ambrosius Holbein, das Darmstädter Bild erst nach Hans Holbein's Weggange von Basel im Jahre 1526 gemalt habe«, und bezieht sich dabei auf das Urtheil des Malers Gründer, welches sammt Woltmann's Einspruch dagegen schon S. 32 mitgetheilt wurde.

Dass die Königin Maria von Medicis während ihres Aufenthaltes in den Niederlanden ein Exemplar unseres Bildes habe kaufen können, wird schon von Schäfer auf Grund der Unzulänglichkeit ihrer Mittel dazu bestritten.

Hübner 1861 s. No. 5.

7) Dr. Albert v. Zahn,

Hofrath in Dresden (1865. 1867).

Vom Jahr 1865.

v. Zahn unternahm im J. 1865 eine Vergleichung beider Exemplare, deren Resultat die eingehendste und gründlichste Darstellung des Verhältnisses beider ist, die wir bis jetzt haben, enthalten in einem Aufsatze des Naum.-Weig. Archivs 1865. XI. S. 12; auch unter dem Titel »Das Darmstädter Exemplar der Holbeinschen Madonna. Lpz. 1865« besonders daraus abgedruckt. Dazu war ihm eine besondere Aufstellung des Darmstädter Bildes in günstigem Lichte und die Abnahme von Durchzeichnungen gestattet worden, wonach die in seinem Schriftchen mit einem Umriss des Dresdener Bildes zusammengestellte Umrisszeichnung desselben gefertigt ist. Unmittelbar vor und nach der Untersuchung des Darmstädter Bildes wurde ein Besuch des Dresdener und genauere Betrachtung desselben vorgenommen.

Mit Uebergehung des Meisten vom beschreibenden Detail, insoweit die Aechtheitsfrage nur in allgemeiner oder entfernter Weise davon berührt wird, heben wir doch folgende Stellen hervor.

S. 3. »Ein und derselbe Carton scheint zur Aufzeichnung beider Bilder gedient zu haben, wobei einzelne Gestalten verschoben, die Architectur verändert und die Zeichnung durchgehends modificirt wurde; — es bedarf in der That nur einer oberflächlichen Betrachtung, um wahrzunehmen, dass dem Dresdener Exemplar dabei mit vollem Bewusstsein die günstigere Auffassung zu Theil wurde.«

S. 5. »Das Resultat dieser auf Anordnung und Verhältnisse der Gestalten gerichteten Untersuchung lässt sich dahin zusammenfassen, dass im Darmstädter Bilde ein durchgehends gedrückteres Verhältniss der Composition vorliegt, zunächst bedingt durch den niedrigeren Raum, dann aber durch die Tendenz des Künstlers überhaupt.«

S. 5. »Das Colorit des Darmstädter Bildes ist wegen des dunkelgelben Firnissüberzuges schwer zu beurtheilen. Die hellsten Lichter auf dem Kleide des knieenden Mädchens sind stark gelbbraun, und alle Schattirungen des Weiss — mit Ausnahme einer einzigen Stelle am Aermelvorstosse der Maria — in bräunlichen Tönen modellirt — deren ursprüngliche Beschaffenheit, wie an einigen vom Firniss entblössten kleinen Flecken sichtbar wird, den feinen grauen Tönen des Dresdener Bildes weit näher gestanden hat, als es jetzt scheint.«

»Eben dieser Firnissüberzug hat wahrscheinlich auf ähnliche Weise in den Fleischtönen der auf dem Dresdener Bilde übereinstimmend hell gehaltenen fünf jugendlichen Figuren, deren lichtes Colorit mit den weisslichröthlichen Lichtern, grünlichen Uebergangstönen und lichtwarmen Schatten sich dort so wesentlich von dem braunröthlichen Incarnat der drei älteren Personen unterscheidet, die Verschiedenheiten in den Farbentönen des ursprünglichen Colorits verwischt und dem Ganzen den Eindruck einer gleichmässigen, bräunlichwarmen Modellirung verliehen.«

S. 6. 7. Ins Detail der einzelnen Figuren und übrigen Theile verfolgte Unterschiede des Colorits zwischen beiden Bildern mit folgendem Schlusse: »Es wird aus diesen Andeutungen erhellen, wie völlig verschieden beide Bilder in ihrem farbigen Eindruck wirken. Dort die wirksamen Contraste der tiefdunkeln, grossen Gewandmassen, in denen eine Modellirung kaum sichtbar ist, mit den hellleuchtenden, ja hart dagegen abgesetzten Farbentönen des Fleisches und den hellen Gewändern, hier eine wesentlich ruhigere und einheitlichere Haltung, deren ursprüngliche Wirkung schwer vom Beschauer vorgestellt werden kann, deren Gesammteindruck sich aber auf das Engste an die Farbenwirkung von Holbein's Jugendarbeiten in Augsburg und München anschliesst, während im Dresdener Bilde ein völlig eigenthümliches, wohl mit keinem bekannten deutschen Gruppenbild des 15. und 16. Jahrhunderts in eine Linie zu stellendes Farbenspiel seine Wirkung übt, das nur in Holbein's späteren Porträtbildern seines Gleichen hat«.

S. 7 u. 8. Unterschiede zwischen beiden Bildern in Betreff der Darstellung der Madonna, mit Hervorhebung der Vorzüge der Dresdener, und folgendem Abschlusse des Urtheiles bezüglich der Darmstädter: »Bei aller Würde und einem gewissermassen idealeren Ausdruck fehlt dem Madonnenantlitz des Bildes das »»Holdselige««, und wir betrachten es nicht mit dem Gefühl, vor einer in jeder Beziehung einzigen Schöpfung eines grossen Meisters zu stehen.«

S. 8. Unterschiede beider Bilder betreffs des oberen Kindes, worüber die hier einschlagenden Bemerkungen in der Discussion [S. 11, 35 u. 100] nachzulesen, mit folgendem Schlusse:

»Aus der Composition herausgeschnitten würden die beiden Köpfe [der Madonna und des Kindes im Darmstädter Exemplare] vielleicht dem Meister abgesprochen werden, bei näherer Betrachtung und im Vergleich mit den anderen Theilen des Bildes lässt sich an der Ausführung durch eine Hand nicht zweifeln, wie auch die Oberfläche der Farbe den leicht aufsteigenden Verdacht einer Schädigung nicht zu bestätigen scheint; und überhaupt, in der Nähe betrachtet, beide Köpfe sehr gewinnen.«

S. 8 u. 9. Unterschiede beider Bilder betreffs des Ausdrucks und der Ausführung der Köpfe der Nebenfiguren, der Gewänder und Nebensachen (Kopfputz, Teppich), worin dem Darmstädter Bilde im Allgemeinen ein Vorzug vor dem Dresdener zugestanden wird.

Endlich schliesst der Verfasser S. 9—11:

»Bei der Betrachtung der eben geschilderten Einzelheiten muss zur bestimmten Ueberzeugung werden, was schon die Vergleichung der Anordnung und Proportionen als wahrscheinlich vermuthen liess: dass das Darmstädter Exemplar ein Originalbild von Holbein und dass es vor dem Dresdener Bilde entstanden ist.«

»Die Hand Holbein's in der meisterlichen Ausführung so vieler Theile dürfte Niemand verkennen, der dem Darmstädter Bilde eine genaue Betrachtung schenkt und wenn hier weder Tradition noch Bezeichnung mittelst urkundlichen Beweises zu Hülfe kommen, so muss der Augenschein die Begründung der ausgesprochenen Ansicht in diesem Fall als zweifellos darstellen. Vereinigt sich aber der Stempel der Originalität mit dem eigenthümlichen Verhältniss ungünstigerer Anordnung und Proportionalität gegenüber einem zweiten Exemplar, so kann nicht wohl auf einen andern Zusammenhang geschlossen werden, als dass wir im Dresdener Bilde eine verbesserte Wiederholung des Darmstädter Exemplars vor uns haben, deren Eigenschaften sich fast durchweg aus einem bewussten kritischen Verfahren des Künstlers ableiten lassen. Was dem innerlichen Fortschritt des Meisters, der sich namentlich in einem geschärften Verständniss des Rhythmus der Verhältnisse offenbart, als anregendes Motiv zu Grunde gelegen, ob vielleicht eine Berührung mit italienischen Künstlern oder Kunstwerken einflussreich für ihn gewesen sei, kann bei der Dürftigkeit der über Holbein's Baseler Aufenthalt vorliegenden authentischen Nachrichten wohl ebenso wenig festgestellt werden, als der bestimmte Zeitpunct der Ausführung. Doch liegt hierin kein übergrosser Verlust für die Kunstgeschichte, welche über des Meisters Entwicklungsgang im Grossen und Ganzen nicht im Unklaren ist. Von dem Formenprincip der Renaissance bereits in der Zeit seiner früheren Augsburger Jugendarbeiten berührt, bezeichnet er mit der Vollendung des Dresdener Bildes den Höhepunct, auf welchen die deutsche Kunst unter dem fördernden Einfluss desselben zu gelangen vermochte, und es liegt wenigstens die Wahrscheinlichkeit für eine genügende Erklärung der so liebevoll durchgeführten Replik in dem Umstande, dass Holbein durch irgend eine Veranlassung zur Wiederholung seines Bildes gedrängt (wahrscheinlich aber nicht um eins für die Kirche, eins für das Haus zu malen), mit dem bestimmten Bewusstsein daran ging, sich selbst übertreffen zu können. Man wird schon bei der Vergleichung der kleinen Umrisse empfinden, wie die Erhöhung des Rahmens, das Heraufrücken des betenden Vaters, die reizvolle Steigerung in Stellung und Bewegung der Maria dem Meister die Freude des Schaffens erneuern musste, wie es kam, dass er nun — vielleicht den Eindruck einer bestimmten Persönlichkeit verwerthend — zunächst im

Kopf der Maria ein neugewonnenes Ideal verkörperte, und man wird ebensowohl begreifen, dass die Wiederholung der bereits einmal mit aller Frische und Sorgsamkeit der Natur nachgebildeten Portraitköpfe wie der Nebendinge ihn jetzt minder anziehen und vielleicht zur Herbeiziehung einer aushelfenden Kraft (seines Bruders Ambrosius?) veranlassen mochte.«

Vom Jahr 1867.

Der Angriff Wornum's auf die Aechtheit der Dresdener Madonna war (1867) erfolgt. Im Laufe eines Gespräches darüber mit v. Zahn, erklärte dieser, dass ihm beim Mangel entscheidender historischer Notizen innere Merkmale hinreichend für die Aechtheit des Dresdener Exemplares in seinem Hauptbestande zu sprechen schienen, um sich dabei zu beruhigen, und entwickelte auf meine Bitte seine Ansichten darüber in einem Exposé (vom 18. Juni 1867), das ich S. 91 nach seinen Hauptgesichtspuncten resumirt habe, und wozu ich folgends die wesentlichsten Ausführungen füge, indem ich bedauere, den Reichthum einsichtiger vergleichender Bemerkungen über alte Meister nicht vollständig erschöpfen zu können.

Der Verfasser beginnt: »Für die Autorschaft Holbein's an der Dresdener Madonna halte ich nicht nur die unzweifelhaften Verbesserungen in den Proportionen des Bildes, sondern namentlich auch die Veränderungen im Kopf der Madonna für beweisend, und zwar aus folgenden Gründen.«

»Der Madonnenkopf des Darmstädter Exemplares macht auf mich, und höchstwahrscheinlich auf jeden unbefangenen Beschauer den Eindruck einer gewöhnlichen und reizlosen Erscheinung. Die ausserordentliche Grösse der Gesichtstheile verbunden mit der tiefeinschneidenden dunkeln Modellirung, namentlich der tiefe Schatten unter den hart gezeichneten Augenbrauen geben dem Gesicht den Ausdruck einer in werkthätiger Arbeit und allerlei Gemüthsbewegung gereiften Frau, deren Lächeln mit der unverkennbaren Herbigkeit der Züge nicht angenehm contrastirt. Wir haben die Empfindung, dass dem Meister hier weder ein typisches Ideal des Marienantlitzes noch eine Persönlichkeit von fesselndem Interesse vorgeschwebt habe, es ist, so viel ich urtheilen kann, nichts in ihr, wodurch sie sich von unzähligen andern weiblichen Heiligen derselben Epoche unterschiede. Man vergleiche nur den gewiss auch nicht idealisirten feinen Kopf der jüngeren Frau mit den — freilich auch durch das absolute Grössenverhältniss störenden Zügen der Madonna! Die Augenparthien völlig regungslos, die Neigung unverkennbar steif, dazu ein ausgebildet männliches Kinn — diese Züge machen in ihrer Gesammtheit den Eindruck einer gleichgültigen Persönlichkeit aus den Kreisen des gewöhnlichen Lebens, ehrbar, ordentlich und ebenso »wie sichs gehört« gezeichnet und gemalt, aber ohne jede Spur von darüber hinausgehender Auffassung«.

»Sicherlich hat der Maler des Dresdener Bildes aus diesen Zügen etwas völlig Neues geschaffen, dem wir das Verdienst grösserer Schönheit nicht vorenthalten dürfen, wenn wir dieses Prädicat in der bildenden Kunst überhaupt zur Anwendung bringen wollen«.

»Um zu wissen, worin sie beruhen, vergegenwärtigen wir uns die Eigenthümlichkeiten von Holbein's Naturauffassung«.

»Dass sich an Holbein's und an Dürer's Namen der Ruhm knüpft, nach einer Reihe von achtbaren, aber nicht Epoche machenden Meistern ein neues Stadium der Kunstentwickelung zu bezeichnen, verdanken sie an erster Stelle dem Umstand, dass sie den Organismus der belebten Natur in ihren Kunstwerken zum Ausdruck bringen, also dass sie nicht nur, wie es die Eycks schon in höherer Vollendung gethan hatten, das Spiegelbild gleichsam der in gesteigertem farbigen Licht und mit allem Reiz des Stofflichen als wirklich vorgestellten malerischen Vorwürfe auf die Fläche befestigten, sondern die Einheit der Theile durch Hervorhebung des Zusammenhangs des den höheren Organismen eigenen Rhythmus und der Proportionen versinnlichen, wozu die bewusste oder unbewusste Kenntniss des für die Bildkunst wichtigen plastisch-anatomischen Baues, der statischen Naturgesetze, vegetabilischen Charakteristik u. s. w. gehören: — alles mit Hülfe des an sich künstlerisch werthlosen perspectivischen Verfahrens richtig auf die Fläche projicirt. Während aber Dürer diese Momente des Kunstschaffens wesentlich zu einer Steigerung des lebensvollen Ausdruckes benutzt und seinen Gestalten durch die blosse Zeichnung etwas von der überquellenden Lebenskraft einflösst, die dann bei Rubens durch das Zusammenwirken der bewegtesten Zeichnung mit dem saftvollsten Colorit in einer Gestaltenwelt von gesteigerter physischer Kraftfülle erreicht wird, begnügt sich Holbein (wir sprechen hier nur von den portraithaften Darstellungen) mit dem malerischen Abbild der im charakteristischen Ausdruck ihrer Gesammterscheinung aufgefassten Züge, die er nun freilich mit viel grösserer Hingebung an die eigenthümliche Natur des Dargestellten und mit viel unbefangenerer Beobachtung des — meist in mildester Beleuchtung wiedergegebenen — Colorits schildert. Er steht deshalb den grossen Niederländern (ich habe Portraits der Eycks und ihrer besten Schüler, unter denen der in dieser Beziehung hervorragendste Antonello da Messina, im Sinne) sehr nahe: ja er dürfte sie nur darin übertreffen, dass er die organischen Züge des Schädelbaues und der sprechendsten Gesichtstheile, von denen jene Alten bei ihrer vorsichtigen und der Natur gegenüber doch immer etwas ängstlichen Zeichnung eine Spur weglassen, aus dem Vollen giebt, ohne sie je zu carrikiren: dazu giebt er zum ersten Male wieder die auf der Beobachtung der kalten Mitteltöne beruhende Haltung (Analogie der illusorischen Wirkung, nicht diese selbst), die wohl die Eycks und Antonello, nicht aber die andern Schüler haben, und deren sich dieser nur ausnahmsweise rühmen kann.«

»Alle diese Vorzüge, wie ich sie neben Holbein keinem Andern zuzueignen wüsste, finde ich nun im Kopf der Dresdener Madonna vereinigt zur Darstellung einer Persönlichkeit, deren Züge, im Gegensatz zu der Gleichgültigkeit der Darmstädter Maria, und zur Hässlichkeit der meisten (? v. Zahn) anderen Holbein'schen Madonnen oder weiblichen Heiligen, eine bewusste Bildung anmuthig-schöner Gesichtsformen als Träger der göttlichen Marien-Natur wahrnehmen lassen.«

Der Verf. entwickelt dann weiter, wie das in der Kunst des voreyck'schen Mittelalters und der Eyck'schen Schule selbst angestrebte und in den Niederlanden sich bis in spätere Zeit hinein rettende Anmuthig-Schöne der Gesichtsbildung weiblicher Idealgestalten als auf einem Anschlusse an bestimmte Typen beruhend, gerade denjenigen Meistern am vollständigsten verloren gehen musste, die es am ernstlichsten mit dem Eindringen in den natürlichen Organismus nahmen, den Oberdeutschen, Dürer und Holbein selbst; daher man »den idealen Heiligen-Typus der grossen Gesichtsovale, runden Stirnen, zierlichen Nasenflügel und Lippen mit der sanftwelligen Bildung der grossen Augenpartien, zwischen denen die flache Nasenwurzel mehr verbindend als trennend erscheint«, sonst nicht eben bei Holbein finde, und namentlich sei die Darmstädter Madonna »davon so weit entfernt als möglich«. Er gesteht zu, dass man dies als Einwand gegen die Autorschaft Holbein's an der Dresdener Madonna geltend machen könne, welche doch »eine jenem Typus nahe verwandte individuelle Bildung von ausserordentlich anziehendem Charakter zeige«. Aber er verweist nun auf das seiner Entstehungszeit (1526) nach wahrscheinlich mit der Dresdener Madonna ungefähr gleichzeitige Bildniss der Offenburgerin, worin sich der Charakter anmuthiger Schönheit ebenfalls so entschieden ausspricht. Als ein Kennzeichen aber, dass auch bei der Dresdener Madonna ein anmuthig-schönes Modell der Wirklichkeit den Anhalt für seine realistische Wiedergabe gegeben, macht er das (der Darmstädter Madonna fehlende) Unterkinn der Dresdener Madonna geltend, was sicher kein Künstler ohne ein solches Modell der Madonna geliehen haben würde.

Endlich bringt er noch den deutschen Charakter der Dresdener Madonnendarstellung mit folgenden Worten zur Geltung:

»Und eine solche Natur einem Bilde der Madonna zu Grunde zu legen, in welcher alles Anmuthig-Schöne der germanischen Idealbildung mit so selbständiger Kraft wiederbelebt wird, dass auch nicht der leiseste Zug der Holbein doch wahrscheinlich bekannten italienischen Frauenschönheiten aus der umbrischen oder toscanisch-lombardischen Schule hineinklingt, dessen scheint mir keiner von Holbein's Zeitgenossen fähig, geschweige denn ein Copist des 17. Jahrhunderts, wie Wornum faselt.«

Noch mündlich hat Dr. v. Zahn gegen mich hervorgehoben, wie die deutschen Künstler nach Holbein's Zeit das Anmuthig-Schöne in Darstellung ihrer Madonnen durch Anschluss an italienische Typen zu erreichen gesucht, so dass sich auch kein Einziger denken lasse, dem man eine solche Darstellung, wie sie das Dresdener Bild innerhalb des rein deutschen Charakters zeigt, zutrauen könne.

8) Dr. Alfred Woltmann,

Professor in Carlsruhe (1866, 1868, 1869).

Der frühere Standpunct Woltmann's, auf dem er das Dresdener Exemplar noch seinem Hauptbestande nach für ächt hält, findet sich in dem von ihm herrührenden Text zum Schauer'schen Holbein-Album 1866, und eingehender im ersten Theile seiner Holbein-Monographie (Holbein und seine Zeit 1866 S. 315 ff.) vertreten.

Hieraus Folgendes.

Holbein 317: »Dr A. v. Zahn hat in jüngster Zeit gründliche Untersuchungen über das Darmstädter Exemplar angestellt und die überraschenden Resultate mitgetheilt, zu welchen er gekommen. In den meisten und wichtigsten Puncten kann ich mich ihm durchaus anschliessen, denn theils stimmen meine Wahrnehmungen mit den seinigen überein, theils hat seine sorgfältige Prüfung mich, wo ich anderer Ansicht war, überzeugt.«

»Was er sagt, ist in der Frage entscheidend. Er hat bewiesen, was Kugler und Waagen als Vermuthung aussprechen, dass das Darmstädter Exemplar das ursprüngliche sei. — Als ich selbst vor dieses Bild trat, wusste ich, was die beiden berühmten Kunstforscher darüber gesagt hatten, und war also nicht ohne Erwartungen gekommen. Dennoch war der Eindruck ein durchaus überraschender für mich. Frisch von Basel kommend fand ich hier mit den besten der dortigen Bilder die vollste Uebereinstimmung im Ganzen und Einzelnen, welche das Dresdener Gemälde nicht entfernt in solchem Grade zeigt.«

[Hiernach folgen Details über die Unterschiede beider Bilder, mit Anerkennung der Verbesserung der Proportionen im Dresdener Bilde, worüber Discussion S. 46 zu vergleichen, aber auch Hervorhebung des vollendeteren Ausdrucks in den Köpfen der unteren Gruppe und der vollendeteren Ausführung der Nebendinge im Darmstädter Bilde.]

»Versuchen wir nun aus dem Gesagten die Summe zu ziehen, so ergeben sich folgende Puncte als sicheres Resultat:«

»Erstens: Keines der beiden Exemplare ist eine Copie von fremder Hand; so grosse Abänderungen hätte sich kein Copist erlaubt.«

»Zweitens: Das Dresdener Exemplar ist offenbar das spätere; die Abweichungen in den Proportionen, namentlich im Verhältniss der architektonischen Umrahmung stammen sichtlich daher, dass der Künstler das Darmstädter Bild vor Augen hatte, sich mit kritischem Blick frei über dasselbe stellte und klar empfand, in welcher Hinsicht es zu verbessern war«.

»Drittens: Nur das Darmstädter Bild ist durchgängig von Holbein selbst gemalt, während bei dem Dresdener die ganze untere Gruppe und sämmtliches Beiwerk Arbeit eines Gehülfen, wenn auch eines noch so trefflichen und wohlgeschulten, sind, und Holbein's eigene Meisterhand sich nur in der Madonna mit dem Kinde, die beide wesentlich verändert worden, offenbart«.

»Viertens: Während die Behandlung des Darmstädter Bildes ganz den letzten Jahren vor Holbein's erster Reise nach England entspricht, deuten die grauen Schatten bei der Maria und dem Christuskinde des Dresdener Bildes auf die Zeit nach 1529 hin, so dass diese Wiederholung in die Jahre vor seiner zweiten Englischen Reise, 1529 bis 1531 oder 32, fallen muss«.

»Es hat durchaus nichts Unwahrscheinliches, dass Holbein damals den Auftrag einer solchen Wiederholung übernahm. Trotz mancher Bestellungen von Seiten des Rathes mag es in den Jahren, welche unmittelbar dem wilden Bildersturm von 1529 folgten, ziemlich unerfreulich ausgesehen haben für die Kunst. Schwerlich hätte er sonst auch die Heimath zum zweitenmal verlassen«.

»Er verfuhr nun auch bei der Wiederholung ganz, wie wir es von ihm zu erwarten haben. Mehrfach sahen wir, dass es ihn interessirt, nach Vollendung eines Werkes sich kritisch gegen seine eigene Schöpfung zu verhalten, zu erkennen, was noch besser sein könnte und nun mit gereifter Kraft dieselbe Aufgabe noch einmal zu lösen. Das thut er auch hier, zunächst in der Aenderung der Proportionen. Zu der Breite und Gedrungenheit beim ersten Exemplar lag indess wohl noch ein besonderer Grund vor, der beim zweiten fortfiel. Dieses kann, nach der Zeit des Bildersturms, allein für das Haus gemalt sein: das frühere war, seinem Inhalt und seiner Grösse nach, entschieden ein Kirchenbild und wahrscheinlich für einen höheren Standort bestimmt. Wie bei den Orgelthüren sind auch hier die Gestalten perspectivisch von unten her gesehen. — Holbein schuf sodann im zweiten Bilde etwas ganz Neues in denjenigen Theilen, bei welchen das überhaupt möglich war. Er veränderte die Madonna und ihr Kind, und ersetzte hier die frühere Erscheinung in ihrer strengeren Grösse und ernsten Majestät durch die reinste und lieblichste der Mütter, welche je ein Auge gesehen hat«.

»Aber gerade bei dieser Art des Schaffens ist es nicht allein erklärlich, sondern fast selbstverständlich, dass er da, wo er sich genau an das frühere Gemälde halten musste, in den Köpfen der Familie, welche er nach mehreren Jahren nicht noch einmal nach dem Leben malen konnte, sondern in der Art und dem Alter wie damals festzuhalten und nach seinem eigenen Bilde zu copiren hatte, keine Neigung zu eigenhändiger Ausführung empfand, sondern sie einem Gehülfen überliess.

freilich einem solchen, dessen er sicher war, freilich unter seiner unausgesetzten Leitung.«

S. 324. 333. Ausführungen darüber, zuerst, dass die beiden Exemplare für zwei Zweige der Familie bestimmt gewesen sein möchten, weiterhin, dass das Bild überhaupt ein Epitaphbild sein möge, ohne dass der Widerspruch, der zwischen beiden Auffassungen besteht, vermittelt wird. *)

Die Ansicht Woltmann's vom ästhetischen Verhältniss der Hauptfiguren beider Bilder auf seinem frühen Standpunct findet sich im Holbein-Album 1866 28 und Holbein 1866 I. 319, woraus es ausser den schon S. 26. 27 angeführten Stichworten der Bewunderung der Dresdener Madonna genug sein mag, folgenden Schlusssatz anzuführen: »Dennoch möchte ich nicht so unbedingt wie Zahn dem Dresdener Madonnenantlitz den Vorzug geben. Die wunderbare Hoheit des einen Kopfes ist fast so schön und ganz so berechtigt, wie die entzückende, seelenvolle Lieblichkeit des anderen.«

Hiernach weiter: »In allen Köpfen der unteren Gruppe ist dagegen das Darmstädter Bild sichtlich überlegen. Wer dies einmal gesehen hat, findet die Gesichter des Dresdener Exemplares alle leblos und hart in Vergleich.« [Hiezu Ausführung.] Nur mit den Köpfen des Darmstädter Werkes stimmen die drei farbigen, nach dem Leben gezeichneten Skizzen, welche im Baseler Museum bewahrt werden, in ihrer treffenden Schärfe und Feinheit überein; Vater wie Mutter und Tochter. . . . Eben so wie die meisten Köpfe sind im Darmstädter Bilde auch die Hände sprechender und lebensvoller. Die Behandlung der Hände ist überhaupt stets ein Prüfstein für Holbein. Hiezu die schon S. 36 der Discussion gegebene Ausführung.

---

*) Nach der später erfolgten Wandlung seiner Ansicht werden beide Auffassungen indirect zurückgenommen, die erste dadurch, dass das Dresdener Bild für eine späte Copie erklärt wird, die zweite [nach S. 16] dadurch, dass die älteste Frau des Bildes als eine gegen die anfängliche Absicht erst später in das Bild aufgenommene Figur angesehen wird.

»Seine besonderen Vorzüge, seine eigenthümlichen Schönheiten hat jedes [beider Bilder]. Aber mögen im Dresdener Bilde die höheren Proportionen auch ein sichtlicher Fortschritt, mag das ganz neue Marienantlitz, wenn auch nicht schöner, so doch anmuthender sein, mag uns hier der Künstler gereifter erscheinen, schliesslich gebührt doch dem Darmstädter unbedingt der Preis. Es ist unter den Originalen das Original, es zeigt durchgehends des Meisters eigene Hand, es ist und bleibt der erste frische Wurf. Darum hat diess allein die volle Einheit und den vollen Zauber des Colorits, durch welchen es als das Schönste dasteht, was wir von deutscher Malerei überhaupt besitzen.«

Die historischen Entdeckungen Woltmann's über das Darmstädter Exemplar finden sich im Supplement zum 2. Theile seines Holbein 1868 S. 452 wie folgt mitgetheilt.

»Herr B. Suermondt in Aachen liess dem Verfasser folgende Notiz zugehen: Hoet, Catalogus van Schilderyen, Haag, 1752, enthält in B. I., p. 133 ff. den »Catalogus van Schilderyen van Jacob Cromhout, en van Jasper Loskart, verkogt den 7 & 8 May 1709, in Amsterdam. Hier kommt vor:

24 Een Kapitaal stuck, met twee Deuren, verbeeldende Maria met Jesus op haar Arm, met verscheyde knielende Bulden*) na't Leeven van Hans Holbein . . . fl. 2000. Nach der Beschreibung wird niemand zweifeln, dass diess eins der Exemplare der Meyer'schen Madonna war, welches hier um einen hohen Preis fortging; ein grosses Altarstück von Rubens brachte in derselben Auction nur 1000 Gulden ein. Auch wird man nicht in Abrede stellen, dass der Name des einen der beiden Eigenthümer, Loskart, mit Lössert identisch ist, dass also jenes 1710 noch immer zu Amsterdam befindliche und dort verkaufte Exemplar das nämliche ist, das, nach den Aufzeichnungen des Dr. Fesch, Remigius Fesch, Gemahl von Jacob Meyer's Enkelin, um 100 Goldkronen an Lucas Iselin und dieser um 1000 Imperiales

---

*) D. h. Figuren.

(Reichsgulden *) in den dreissiger Jahren des 17. Jahrhunderts an Le Blon zu Amsterdam verkaufte, welches ferner Le Blon bald darauf **) um 3000 Gulden an Lössert abliess, wie Sandrart angiebt«.

»Nun würde sich zwar als wahrscheinlich annehmen lassen, diess sei ebenfalls das später in Venedig auftauchende und dort von Algarotti für Dresden erworbene Bild. Aber ganz unabhängig von der ersten Notiz geht uns eine andere zu: Der ausgezeichnete Heraldiker, Herr Geheimrath Dielitz, Generalsecretär der königlichen Museen zu Berlin, theilte uns mit, dass eins der beiden am Rahmen des Darmstädter Bildes befindlichen Wappen das der holländischen Familie Cromhout sei. Und ein Cromhout ist mit einem Loskaert der gemeinsame Besitzer der Sammlung, in welcher das Gemälde 1710 versteigert wird. — Der Rahmen des Darmstädter Bildes, in reichem Barockstil, ist sicher vor 1718 entstanden. Befremdend bleibt nur die Notiz des Katalogs: »mit zwei Thüren«. An dem jetzigen Rahmen können solche sich nicht befunden haben, während ganz wahrscheinlich wäre, dass ursprünglich Thüren, zum Verschliessen des Gemäldes und mit Wappen und Inschriften geschmückt, vorhanden gewesen. Vielleicht wurden diese zur Zeit der Auction besonders verwahrt und mit verkauft.«

Hienach zu den Wendungen von Woltmann's Urtheil. In dem Supplement zum Holbein (1868. 153): »Obwohl die mitgetheilten Entdeckungen die früher so sicher gehaltene Herkunft des [Dresdener] Gemäldes zu einer höchst zweifelhaften machen, kann der Verfasser sich doch nicht sofort entschliessen, das Werk für eine spätere Copie von anderer Hand zu halten. Die Madonna selbst namentlich ist zu schön dafür, doch ist jetzt eine neue und schärfere Prüfung nöthig.«

In einem Briefe an Kinkel vom 1. März 1869 (Lützow's Zeitschr. 1869. S. 173), womit gelegentliche Aeusserungen

---

*) Nicht Reichsthaler. Vgl. Fechner, Archiv für die z. K. XII. S. 222.

**) »Lang vorher«, sagt Sandrart, d. h. vor seinem Abgang von Amsterdam, der, wie Fechner a. a. O. S. 240 f. ausgeführt, um 1645 fällt.

Woltmann's in einem Briefe an mich vom 13. März 1869 wesentlich übereinstimmen: »Ich habe eigens das Dresdener Bild noch einmal (im Sept. 1868) in Augenschein genommen: die unteren Köpfe und Hände im Verhältniss trocken und hart, der Madonnakopf zwar schön, dennoch modernisirt und etwas verweichlicht. Das (gegen alle Tradition und Sitte) grüne Kleid nur durch Missverständniss des Copisten entstanden: im Darmstädter Bild ist das Kleid der Madonna blau, nur durch den gelben Firniss schimmert es blaugrün, wie so mancher ursprünglich blaue Hintergrund. Vielleicht ist Algarotti's Notiz richtig, das Dresdener Exemplar stammt auch aus Holland, ist dann eine dort, vor Ende des 17. Jahrh. gemachte Copie ... Die Erhöhung der Nische im Dresdener Bilde ist nicht ... eine Verbesserung, sondern eine Verschlechterung der Verhältnisse. Im Darmstädter passt die Composition so wundervoll in den eng anschliessenden Rahmen. In den oberen Halbkreis ist hier gerade die Büste der Madonna hineincomponirt, während im Dresdener Bilde der Durchmesser, über dem sich der Bogen erhebt, gerade hässlich genug, das Kinn durchschneidet.«

In der Süddeutschen Presse 1869. No. 181. 185. 6. und 11. August, inbegriffen in einer Beurtheilung der Münchener Ausstellung altdeutscher Bilder (vom 21. Juli an), und sehr ähnlich in der Nationalzeitung 1869. No. 357. 4. August.

Nach Vorausschickung historischer Notizen: »Der erste Eindruck des Darmstädter Bildes ist vielleicht nicht ganz so günstig, wie man erwarten sollte, durch den schweren gelblich schimmernden Firniss, der es bedeckt. Aber wenn die Hand eines geschickten Restaurators denselben entfernte, so würde man das Werk in seinem alten Glanze erblicken, denn bei der genauesten Untersuchung haben wir auch nicht die leiseste Retouche bemerkt. Die Erhaltung ist vollkommen. Man muss es auf das schärfste in allen Einzelnheiten mit der Loupe untersuchen, um seiner ganzen Schönheit inne zu werden. Die Durchbildung, sich gleichbleibend in sämmtlichen Partien, ist von einer Vollendung, einer plastischen Wirkung zugleich einem ächt malerischen Gefühl und einer Empfindung der Natur, welche mit den schönsten Bildnissen von Holbein's Hand auf gleicher Höhe stehen. Man betrachte die Köpfe sämmtlicher Personen, die hiergegen auf dem Dresdener Bilde trocken und hölzern erscheinen, die Hände, namentlich die der heiligen Jungfrau, die beiden Kinderkörperchen, vorzüglich auch die Füsschen des Christuskindes, das Maria in den Armen trägt. Vor dem Darmstädter Bilde würden niemals jene Deutungsversuche aufgetaucht sein, die sich an das Dresdener Bild gehängt haben. Das Knäblein ist nicht von idealer Gestalt, sondern völlig nach dem Leben gemalt, aber weit vollkommener in der Form. Keine Veranlassung läge hier vor, an ein krankes Kind zu denken. Es macht nicht jenes weinerliche Gesicht, sondern lächelt mild, kindlich und freundlich. Eben so gross ist aber auch die Ueberlegenheit des Darmstädter Exemplars in allen nebensächlichen Partien.« (Hiezu einige Ausführungen im bekannten Sinne.)

»Ich habe jedes der beiden Werke zu wiederholten Malen gesehen und geprüft, und mir ist es schliesslich zur Gewissheit geworden: das Darmstädter Bild hat alle Eigenschaften eines Originals, das Dresdener nicht.«

»Diess beweist nicht nur der Unterschied in der Behandlung und Durchführung, sondern auch eine Reihe von Verschiedenheiten der Composition. Sie sind sämmtlich derart, dass man einsicht, die Veränderungen im Dresdener sind in der Absicht gemacht worden, die Composition zu verbessern.«

Hiezu die Erinnerung an bekannte factische Unterschiede zwischen beiden Bildern, und insbesondere die neue Beurtheilung der Proportionen des Bildinhaltes, welche schon S. 47 der Discussion mitgetheilt worden ist.

»Ich habe mich lange dagegen gesträubt, das Dresdener Bild für eine Copie von anderer Hand anzusehen, besonders war der Reiz des Madonnenkopfes, der zwar nicht schöner, aber weicher und milder als der Kopf im andern Exemplar ist, zu bestechend. Aber gerade dieser Kopf war es, der schon vor Jahrzehnten auf Kugler einen modernen Eindruck machte.

Die neueste Prüfung des Dresdener Bildes, die ich letzten Herbst vorgenommen, beweist mir, dass nicht Holbein selbst das Dresdener Exemplar wiederholt hat und dass es erst in einer späteren Zeit entstanden ist. Zu allen Gründen, welche die Behandlung liefert, kommt noch ein sehr schlagender hinzu, der dabei geradezu auf der Hand liegt. Das Kleid der heiligen Jungfrau im Darmstädter Exemplar ist blau. Nur durch die Veränderungen, welchen das Smalteblau stets ausgesetzt ist, und durch den gelblichen Firniss hat es einen grünlichen Ton, der aber von dem ursprünglichen luft-blauen Hintergrunde gar nicht verschieden ist, angenommen. Nur durch das Missverständniss eines späteren Copisten kann das entschiedene Grün im Kleide der Dresdener Madonna entstanden sein, das an dieser Stelle aller Tradition widerspricht.«

»Beim Darmstädter Bilde hat sich auch noch ein interessantes Pentimento herausgestellt . . . u. s. w. Discuss. S. 16 . . . weiter.«

»Ueberhaupt war der Copist ein Künstler von grosser Einsicht und vielem Geschick.*) In der Behandlung bequemte er sich dem Vorbilde mit möglichster Treue an und fiel selbst da, wo er änderte, nicht aus der Rolle. Es ist interessant zu fragen, in welcher Zeit etwa das Nachbild entstanden sein könne. Kam das Dresdener Bild in der That Ende des 17. Jahrhunderts aus Amsterdam, so ist auch wohl anzunehmen, dass es während der Zeit entstanden ist, in welcher das Gemälde sich in Holland befand. Es ist darauf hingewiesen worden, dass eine Notiz in der Geschichte der Meier'schen Madonna vorliegt, die für Anfertigung einer Copie, sogar einer betrüglichen, noch in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts zu sprechen scheint. Nach Sandrart hatte Le Blon das Madonnenbild an Lössert verkauft, nach einer Notiz des Remigius Fesch aber an die Königin Maria von Medici. War Fesch gut unterrichtet, so musste sich also in Le Blon's Besitz das Bild verdoppelt haben. Wir kennen aus dieser Zeit Arbeiten wie die Galleriebilder von David Teniers, in denen er Säle von Gemäldegallerien dargestellt und in jedem der aufgehängten Bilder eine verkleinerte Copie von ausserordentlicher Treue zu geben strebt. Aber wir haben noch keine Spur von Copisten, die fähig waren, ein Pasticcio von dieser Trefflichkeit zu malen, welches das Publicum Jahrhunderte lang, bis auf den heutigen Tag, getäuscht hat.«

---

*) Nach der Nat.-Zeit. »voll Geist, Geschmack und Verständniss des Vorbildes«.

»Holbein's Darmstädter Madonna ist ein Werk, von dem man kein Ende im Studium und Bewunderung finden kann. Oft und oft kann man das Bild gesehen haben, es ganz zu kennen glauben, und doch entdeckt man wieder bei erneuerter Betrachtung Schönheiten, die man bisher unbeachtet liess, nimmt bei tieferem Eingehen neue Vorzüge dem Dresdener Bilde gegenüber wahr. Ich stand vor wenigen Tagen mit jenem Freunde [Dr. Meyer*], welcher das Referat über die [mit der Ausstellung alter Gemälde gleichzeitige] Internationale Kunstausstellung für diese Blätter übernommen hat, vor dem Gemälde . . . . Beim Vergleich desselben mit dem daneben ausgestellten Steinla'schen Kupferstich und der Photographie nach Schurig'scher Zeichnung vom Dresdener Bilde kamen wir darauf, die Veränderungen, welche in der Architektur der Nische vorgenommen sind, in das Auge zu fassen, ein Wort gab das andere, und auf einmal war uns ein Punct klar geworden, an den wir früher nicht gedacht hatten, und in welchem man den Vergleich des Dresdener Bildes durchführen kann, auch ohne dass es daneben steht, da hierfür seine beiden treuen und unter sich vollkommen übereinstimmenden Reproductionen ausreichen. Die Abweichung im Architektonischen — diess ist das neue Resultat — thut an jedem Zuge dar, dass sie aus einem Missverstehen des Originales hervorgehen.«

»Wir haben bereits gesehen . . . (u. s. w. Discuss. S. 53) . . . haben.«

Einer Entgegnung Woltmann's gegen E. Foerster in Sachen unseres Bildes ist unter No. 3 gedacht.

9) Dr. Gustav Theodor Fechner,

Professor in Leipzig (1866. 1868. 1870).

Ich selbst habe in einer, in drei Theilen im Naumann-Weigel'schen Archiv f. zeichn. K. 1866 XII. 58. 193 und 1868 XIV. 149 (mit nachträgl. Berichtigung 1869 XV. 97) erschienenen Abhandlung, welche in der Discussion kurz als historische Abhandlung citirt ist, zugleich mit auf die Aechtheitsfrage Bezug genommen, und nach einem, im April 1870 im Leipziger Kunstverein gehaltenen Vortrage, eine resumirende Abhandlung über diese Frage in den Grenzboten 1870. II. 41 veröffentlicht. Von der historischen Abhandlung im N.-W. Archiv sind die zwei ersten Theile auch im Separatabdruck erschienen. Der erste (Arch. XII. 58), welcher den ersten vollständigen Abdruck der historischen Daten von Fesch giebt, zusammen mit einer auf die Deutungsfrage bezüglichen Abhandlung über die Baselsche Handzeichnung No. 65 (Arch. XII. 1) unter dem Titel: Zur Deutungsfrage und Geschichte der Holbein'schen Madonna. Lpz. R. Weigel. 1866; der zweite (Arch. XII. 193), welcher die übrigen historischen Quellen über unser Bild bis zum Jahr 1866 wörtlich genau giebt unter dem Titel: Die historischen Quellen und Verhandlungen über die Holbein'sche Madonna. Lpz. R. Weigel, 1866. Der dritte (Arch. XIV. 149), ein Nachtrag zu den beiden vorigen Theilen, welcher die neueren Woltmann'schen Entdeckungen, die Wornum'schen Angriffe u. s. w. enthält, ist nicht besonders erschienen.

Auf den Inhalt vorstehends angeführter Abhandlungen hier eingehend zurückzukommen, ist nicht nöthig, da das, was davon in unsere Frage einschlägt, wesentlich erweitert und nur nach minder wesentlichen Beziehungen modificirt in diese Schrift mit übergegangen ist. Nur Folgendes dürfte zu bemerken sein.

Die Woltmann'schen historischen Entdeckungen habe ich früher (Arch. XIV. 152) selbst als beweisender für die Zurückführung des Darmstädter Exemplares auf die Stifterfamilie angesehen, als ich sie jetzt nach schärferem Zusehen halten kann, doch aber auch nach diesen Entdeckungen die überwiegende Wahrscheinlichkeit der Aechtheit des Dresdener Exemplars (ohne eine Gewissheit behaupten zu wollen), wesentlich aus denselben Gründen, als in dieser Schrift wieder zur Sprache gebracht sind, in Schutz genommen. In der Abhandlung in den Grenzboten kann man noch die Rücksichtsnahme auf Bruno Meyer vermissen, auf dessen Abhandlung aufmerksam gemacht zu sein ich einer gelegentlichen brieflichen Notiz von Herrn Woltmann verdanke. Das Darmstädter Bild habe ich (nach kurz vorhergegangener Betrachtung des Dresdener) zuerst im August 1867 im Atelier des Professor Felsing, als er seine Zeichnung behufs der Photographirung davon machte, dann zweimal, im August und September 1869 auf der Münchener Ausstellung, der Betrachtung unterzogen.

Waagen 1866 s. No. 4.

10) Ralph Nicholson Wornum,

Gallerieinspector in London (1867).

Der Verfasser kommt in seinem Werke »Some account of the life and works of Hans Holbein. London 1867« von p. 164 an auf das Darmstädter Exemplar zu sprechen und fährt nach descriptiver Betrachtung desselben fort:

»This picture is commonly held to be Holbein's masterpiece, but the world has been forced to judge it from the inferior repetition or rather copy, in the Dresden Gallery, well known out of Germany through the fine lithograph made from it by Hanfstaengl.«

»Now that I have the opportunity (through a bad one, for the picture is disavantageously hung) of inspecting this Darmstadt example, my impression that that in the Dresden Gallery was a copy is confirmed. It may have been copied about 1530, possibly by a pupil of the painter's, for some branch

of the family, though I see no reason why it should not be of later origin. Under any circumstances it appears to me as a copy, not a repetition or replica by Holbein himself; there are parts in it that Holbein can scarcely have painted. The differences in the two are great, in expression, in colouring, and in execution. There is much more character in the heads of the Virgin and the child in her arms, and indeed in all the heads of the Darmstadt picture; its colouring is browner, and the details are every-where mere pronounced, especially in the head-dress of the daughter, and in the carpet: in fact it has the ordinary superiority of an original by a great master, over the copy by an inferior painter; the weakest part of the Dresden example being the head and neck of the Madonna and the expression of the child in her arms. The Madonna, in some attempt to beautify her, has been deprived of natural force, and weakly idealized, and the happy child of the original, has, through incapacity more than anything else, been rendered so void of childlike expression, as to have been pronounced sick or even dead, by some, though this in spite of its extended arm is absurd enough.«

p. 167. »Further, the proportions of the back-ground details are changed in the copy, the Darmstadt picture has certainly a somewhat cramped or stumpy effect, the niche presses too closely on the head of the Virgin, and this defect has been remedied in the Dresden picture. [Folgen Dimensionsverhältnisse.] Of these two picture that at Dresden is shown to the utmost advantage, while that at Darmstadt is seen to the utmost disavantage.«

»The picture at Dresden has not the peculiar colouring of Holbein of this time, while that at Darmstadt is one of the best and most characteristically coloured of all his works, he did not improve in colouring in later years« etc.

p. 169. Hier gedenkt Wornum der verwirrenden Angaben über die Verkaufsverhältnisse des Bildes nach Fesch und Sandrart, wobei die in der Discussion S. 21 bemerkten falschen Angaben mit unterlaufen, und fährt hienach fort:

»I can only account for this confusion by assuming that when in the possession of the original purchaser John Loessert, the picture was copied before it was sold to the queen-mother, or possibly for Le Blon himself, after he had so reluctantly parted with it, this copy passing later to the Loesserts; and that while the copy found its way to Venice as we have seen, the original found its way to Paris, and there lay in obscurity until it was discovered by the expert eye of M. Delahante, when it was sent to Germany for sale; and thus it eventually came into the possession of the royal family of Prussia. It is a matter of not uncommon occurrence for indifferent heads of families to allow younger branches to take away occasionally a family portrait, substituting a copy in the place of the original; and thus an original may be lost or despised, while the copy substituted for it is still treasured as an original; I now cases in point, and I believe the ‚Meyer Madonna‘ history is of a very similar nature, and in its result identical.«

p. 170. »From a letter written from the Hague, in June 1621, by Sir Dudley Carleton to Lord Arundel (famous collector and admiror of the works of Holbein), we learn that there was a picture by Holbein at Amsterdam which the earl desired but which Sir Dudley could not succeed in procuring. He says — »Having waytet lately on y^e^ K. und Q. of Bohemia to Amsterdam I there saw y^e^ picture of Holbein's yo^r^ L^p^ desires; but cannot yet obtayne it, though my indeavours wayte on it, as they still shall doe.«*)

»There is certainly no special reason why the above extract should refer to the ‚Meyer Madonna‘, nor is there any very good reason why it should not, unless it can be shown that both examples were still in Basel in 1621; it cannot, however, be ascertained that even one of them was there at that time: Iselin's copy may have been sold in his own lifetime, though this does not agree with the tradition.«

---

*) See a further quotation of this letter in Ch. XV. It is published in Sainsbury's Papers on Rubens pag. 290.

p. 171. Nach Anführung der Stelle des Fesch'schen Manuscripts, welche sich auf unser Bild bezieht:

»An interesting passage in the note [of Fesch] is that about the painter John Ludi or Giovanni Lodi who copied Fesch's two figures of the group, when the picture was in the Nederlands: may he not have also copied the whole picture, at the same time? The reader will have observed that the measurements given by Fesch are inaccurate, and the description is also imperfect, the writer apparently had never seen it. As regards Giovanni Battista Lodi, he is spoken of by Antonio Campi as an excellent master, indeed he mentions his name with a few other as illustrating the colmo della perfetione to which the art had reached in his time. Lodi was born at Cremona about 1580, and in the church of S. S. Egidio of Omobuone in that city is an altar-piece painted by him in 1611, representing the ‚Virgin and Child in glory, with Saints Carlo and Antonio Abate below[1]. Lodi may have communicated to Fesch the fact of the sale of the picture to Maria de' Medici.«

V. Zahn 1867. s. No. 7.
Fechner 1868. s. No. 9.

---

11) Carl v. Liphardt,

in Florenz (1868).

v. Liphardt, ein hochgeachteter privater Kunstkenner, hat sich zwar nicht öffentlich über die Aechtheitsfrage ausgesprochen, aber v. Zahn mir mitgetheilt, dass derselbe sich nach einem früheren flüchtigen Besuche in Darmstadt gegen die Aechtheit des Darmstädter erklärt habe; nach einem neueren Besuche des Bildes aber dieselbe anerkenne, wie sich diess durch folgende Stelle aus einem Schreiben v. Liphardt's an v. Zahn (vom Januar 1868) belegt.

»Hinsichtlich des Darmstädter Holbein's bin auch ich jetzt vollkommen von dessen Originalität überzeugt, nachdem ich ihn unter den günstigsten Verhältnissen wiedersah. Es hat Kampf gekostet ehe ich meine Ansicht zu ändern vermochte, aber einmal sind schon die gleichsam äusseren Gründe (viel mangelhaftere Gruppirung, welche Verballhornung einem übrigens so geschickten Copisten nicht beifallen konnte — viel verstandeneres Detail: Teppichfalte*) etc.) schlagend, dann überzeugte ich mich, dass dasjenige, was mich in den Köpfen störte, namentlich in dem des Bürgermeister, Folge von schlechten Retouchen ist.«

12) Dr. Herman Grimm,

in Berlin (1869).

Nach Kenntnissnahme von Wornum's und Woltmann's Anfechtungen der Dresdener Madonna äussert sich Grimm in einem Schreiben an mich vom 3. April 1869.

»Wie man das Dresdener Gemälde Jemanden anders als Holbein zuschreiben könne, ist mir unbegreiflich. Ich war in Darmstadt letzten Herbst dreimal, stundenlang vor dem dortigen Werke. Ich hatte eine Photographie der Dresdener Madonna in der Hand, um Linie auf Linie zu vergleichen. Linie auf Linie lässt sich in den einzelnen Umrissen wie in der Gruppirung ein Fortschritt zum Höheren, sagen wir: Idealeren erkennen, der nur vom Meister selbst gethan werden konnte. Die Verbesserungen sind oft so fein und zart empfunden, dass man über die in jedes Einzelnste dringende Sorgfalt erstaunt. Holbein mochte das Ganze in der Seele getragen haben, um es so noch einmal zu produciren«.

»Dagegen habe ich voriges Frühjahr die Dresdener Madonna gleichfalls sehr genau wiederholentlich untersucht. Dieses Werk kann was die Malerei anlangt an vielen Stellen absolut nicht, sagen wir nicht von Holbein, sondern von dem Meister nicht herrühren, der andere Stellen auf eben derselben Tafel gemalt hat. Die einstweilige Annahme muss deshalb sich dahin formuliren, scheint mir: Holbein fertigte einen neuen Carton an, liess das Werk zum Theil von seinen Schülern malen und that selbst soviel daran als ihm nöthig däuchte«.

---

*) Es ist mir nicht klar, in welchem Bezuge dieser hier gedacht wird. F.

13) Gottfried Kinkel,

Professor in Zürich (1869).

Der Verfasser hat in einer Anzeige der Wornum'schen und Woltmann'schen Holbein-Monographie, in der Lützow-Seemann'schen Zeitschr. f. bildende Kunst 1869. Heft 6. S. 167 die Aechtheitsfrage unsers Bildes in folgender Weise ins Auge gefasst: Er führt zuvörderst unter 5 Nummern die historischen Angaben von Fesch und Sandrart, die hier nach Abschnitt 6 als bekannt gelten können, unter Anhalt an Wornum's und Woltmann's Mittheilungen derselben, an, und fährt, nachdem er den Widerspruch hervorgehoben hat, dass Fesch unser Bild von Leblon an Maria von Medicis, die es schon früher (um 1606) durch ihren Gesandten habe kaufen wollen, Sandrart aber an Lössert verkaufen lässt, so fort:

6) »Patin, dessen Leben Holbein's vor der Ausgabe von des Erasmus Lob der Narrheit 1676 erschien, kannte beide Angaben. Das Manuscript des Fesch hat er notorisch gekannt und ausgeschrieben; Sandrart's erster Band war ein Jahr vorher erschienen. Patin, dessen Werk ohne Widerspruch leichtsinnig fabricirt ist, sucht [sieht?] die Divergenz der beiden Nachrichten bei Fesch und Sandrart, und löst diese Divergenz gemüthlich, indem er sagt: Le Blond verkaufte das Bild um 1000 Gulden an Lössert*), dieser um 3000 an Maria von Medici. Wer sieht nicht, dass diess eine Aushilfe ist? Le Blond, ein Spe-

---

*) Vergl. hiezu die Anmerkung der Discussion S. 24.

culant in Bildern, kaufte das Bild in Basel um 1000 Gulden, und soll es um denselben Preis an Lössert abgegeben haben, damit dieser es um die dreifache Summe an Maria von Medici verkaufen kann!«

»Es ist klar: während Le Blond im Besitz des Bildes ist, verdoppelt es sich. Der Bilderhändler verkauft zwei Exemplare, eins an Lössert, eins an Maria von Medici. Der Verdacht entsteht, dass damals eine Copie gemacht worden ist. Aber — und hier sitzt die Lücke im Stammbaum — wer von beiden das Original erhielt, Lössert oder die Medici, das ist aus den äussern Zeugnissen nicht zu ermitteln.«

»Und wer war der Copist? Wornum, dessen unbestechliches Auge in der ganzen Documentenprüfung am schärfsten gesehen, richtet den Verdacht auf jenen Johannes Ludi, der für den jüngern Remigius Fesch eben damals zwei Figuren aus dem Bilde copirte. Es wäre dann vermuthlich Giovanni Battista Lodi aus Cremona, von welchem sich in Cremona noch ein Altarblatt findet (Wornum S. 171). Dawider spricht jedoch, dass die beiden von Fesch bestellten Copien dieses Ludi, die in Basel sich noch befinden, ganz mittelmässige Arbeiten sein sollen.«

»Es ist ferner klar, dass jetzt der weitere Stammbaum für die Frage nach der Aechtheit eines der Bilder werthlos wird. Wenn Woltmann im zweiten Bande (S. 452) aus einem Amsterdamer Auctionscatalog von 1709 und einem der Wappen auf dem Darmstädter Rahmen den Beweis erbringt, dass das an Lössert verkaufte Bild mit dem Darmstädter identisch ist, so bleibt das zwar interessant, aber es ist nicht mehr entscheidend. Denn ob Lössert oder Maria das ächte Bild von Le Blond kaufte, das eben ist es, was der Stammbaum unentschieden lässt.«

»Wenn nun aber nach dem Urtheil aller Kenner aus innern Gründen das Darmstädter Bild das Original ist, wenn ausserdem sich erweisen lässt, dass es aus Lössert's Familienbesitz stammt, so werden wir sagen: die durch Le Bland veranlasste Copie hat dieser an Maria von Medici verkauft. Das ist auch an sich wahrscheinlicher: es war leichter, die Copie der entfernt, in Brüssel, residirenden Königin anzuhängen, als einem Holländer, der zu Amsterdam, also am Platze selbst, wohnte. Und hieraus wieder entsteht ein starker Verdacht gegen das Dresdener Bild, welches 1743 der Kurfürst von Sachsen und König von Polen aus dem Besitz der Familie Delfino in Venedig kaufte, und dessen Stammbaum dort unbekannt war; sonst hätte man wissen müssen, wen es vorstellte; aber noch 1741, zwei Jahre vor dem Ankauf, sah man es für das Familienbild des Thomas Morus an, und vermuthlich hat erst Walpole dem Besitzer darüber die Augen geöffnet (Walpole bei Wornum, S. 171 f.). Also scheint es, dass das Dresdener Bild eben die durch Le Blond veranlasste und an die Medici verkaufte Copie ist.«

»Gegen diese von Wornum sofort gewonnene Ueberzeugung sträubte sich Woltmann noch, als er das Verzeichniss von Holbein's Werken herausgab: jetzt erklärt er nach nochmaliger Untersuchung des Dresdener Exemplars sich auch dafür, dass es spätere Copie und nicht unter Holbein's Aufsicht ausgeführt ist.«*)

»Die berühmte »Deutungsfrage« ist damit ebenfalls erledigt. In Darmstadt sieht das Kind auf dem Arm der Madonna zwar nicht krank, sondern gesund aus, ja es lächelt, und von dem kranken oder abgeschiedenen Kindchen, das die Madonna auf dem Arme trägt, kann also für Holbein's Auffassung keine Rede mehr sein.«

14) Wilhelm Schmidt,

in München (1869).

In einer »München, Ende August« datirten Besprechung der Münchener Ausstellung alter Bilder in der Lützow-Seemann'schen Zeitschr. 1829. Heft 12. S. 388 gedenkt der Verfasser zuvörderst der neuern Ansicht Woltmann's von der Unächtheit des Dresdener Exemplares, ferner des sechsten Fingers an der rechten Hand des nackten Knäbleins, worüber seine Bemerkung schon S. 14 der Discussion mitgetheilt ist, und fährt dann fort: »das [Darmstädter] Bild ist mit dem solidesten Impasto gemalt, und zwar ganz gleichmässig, die Ausführung der Haare, des Goldschmuckes, des Teppichs sehr sorgfältig, wenn auch nicht mit niederländischer Feinheit. Geleugnet darf übrigens nicht werden, dass der Vortrag stumpfer und minder geistreich ist, als auf den Bildnissen Holbein's (aus den Jahren 1533 u. 1541), welche Herr Suermondt uns vorgeführt hatte. Zudem schadet auch der äusserst gelbe Firniss, hie und da sind ein paar Löcher ungeschickt zugestopft worden, was jedoch nicht die Wirkung beeinträchtigt. Drei neue Behauptungen stellt Woltmann in jenem Aufsatze auf, zwei, wie ich glaube mit Recht, die dritte mit Unrecht. Die hinter der Gattin des Bürgermeisters, Anna Tschekapürlin, Knieende scheint allerdings, wie W. bemerkt, eine verstorbene frühere Gemalin zu sein. Recht hat er auch mit der Behauptung, dass der Charakter der Architectur des Darmstädter Exemplars mehr verstanden und der Renaissance entsprechend ist. Dass aber die Verstorbene nachträglich noch. . . [u. s. w. Discussion S. 17] verleiht.«

---

*) Hiezu die unter No. 8 angeführte Stelle von Woltmann.

---

15) **Theodor Grosse,**

Maler und Professor in Dresden (1869).

Der Dresdener Künstler Grosse, dem die Loggia des Leipziger Museum ihre schönen Fresken verdankt, hat, nachdem er das Darmstädter Bild auf der Münchener Ausstellung sehr genau untersucht, und gleich nach seiner Rückkunft auch das Dresdener einer neuen vergleichenden Betrachtung unterzogen, auf meine allerdings erst einige Wochen nachher an ihn gerichtete Bitte mir (27. Sept. 1869) Folgendes darüber aufgezeichnet.

»Zuerst muss ich constatiren, dass das Dresdener Bild mir entschieden schöner erscheint. Der zunächst auffallende Unterschied ist der der Farbe, welche in dem Darmstädter Bilde unter dem alten Firniss sehr gelb erscheint, doch lässt sich an einigen abgeblätterten Stellen am weissen Gewande des vorn knieenden Mädchens, eine der Dresdener ähnliche Farbe erkennen. Was die höhere Gestalt der Madonna im Dresdener Bilde und der übrigen Personen so wie die damit zusammenhängende Streckung der Architectur betrifft, so hat v. Zahn darüber das Erschöpfende gesagt. — Ins Einzelne zu gehen, so fällt im Darmstädter Bilde vor allem auf, dass der Kopf der Madonna in Formvollendung und Ausdruck so weit hinter dem Dresdener zurückbleibt, dass man selbst die äusserliche Aehnlichkeit der Züge vermisst; ein Gleiches gilt vom Kinde auf dem Arm der Madonna, das aber nicht den wehmüthigen Ausdruck des Dresdener hat. Technisch sind beide Köpfe, auch die Gestalt des Kindes weit weniger sicher vorgetragen, ja soviel mir erinnerlich ist, sind dieselben etwas verschwommen zusammen lasirt. Geradezu schwach und leer ist die Hand der Madonna. Alles Uebrige ist fast mit derselben Technik wie das Dresdener Bild gemacht. Gewänder und Verzierungen eben so vollendet. Den Porträtköpfen im Darmstädter Bilde glaube ich anzusehen, dass dieselben vor der Natur, manchmal nicht ohne Mühe gemalt sind; im Kopf des Vaters sind Stellen die wiederum wie der Madonnenkopf formlos sind, es scheint da fremde Hand darüber gekommen zu sein. Im Dresdener Bilde sind alle diese Porträtköpfe sicherer, ruhiger, aber auch etwas kälter und glätter gemacht, was ganz gut zu Zahn's Annahme passt. Also die Dresdener Madonna eigenhändige Wiederholung mit gereifterem Schönheitssinn, in der Madonna und dem Kinde auf dem Arm, erst da des Malers Absicht erreicht. In Summa die Dresdenerin mir die vorzüglichere erscheinend.«

Einiger mündlicher Aeusserungen Grosse's ist schon S. 34 und 36 gedacht.

16) Joseph Archer Crowe,

(Maler und Generalconsul in Leipzig 1869).

In den Grenzboten 1869 2. Semester No. 40 befindet sich ein, mit C. unterzeichneter Artikel, überschrieben: »Die Ausstellung von Gemälden älterer Meister in München. Holbein und Dürer«, als dessen Verfasser der oben bezeichnete sehr geschätzte Kenner bekannt worden ist. Darin ist folgendes hier Einschlagende enthalten.

»Dass wir in dem hier ausgestellten Darmstädter Bilde ein Original haben, welches geraume Zeit vor dem Dresdener entstanden ist, darf jetzt wohl nicht mehr als controvers gelten. Die Fragen, über welche noch beträchtliche Meinungsverschiedenheiten obwalten, sind 1) ob das Bild von Darmstadt in Zeichnung, Anordnung und Typen dem Gegenstück in Dresden überlegen ist und 2) ob das Dresdener Bild eine Replik von Holbein's eigener Hand oder von einem seiner Schüler oder endlich gar eine spätere Copie sei?«

»Von mehreren Seiten wird hervorgehoben, dass die Linien der Architectur sowie die Gesichter der Madonna und des Kindes, welche auf den beiden Exemplaren verschieden sind, auf dem Dresdener vorzüglicher seien als auf dem Darmstädter. Wir unsererseits sind der entgegengesetzten Meinung und provociren auf eine Confrontation der Bilder, die ja in Aussicht gestellt ist, und von der wir überzeugt sind, dass sie uns Recht geben wird. Der Punct, welcher die aufmerksamste Erwägung erheischt, ist die Tecknik. Je nach dem Urtheil, das hierüber gewonnen wird, steht und fällt die Behauptung, wonach Holbein der Meister beider Gemälde sein soll. Aber auch hierbei wird man am besten thun, die directe Vergleichung abzuwarten.«

Hienach verschiedene Bemerkungen über die Composition des Darmstädter Bildes, die unsrer Frage etwas fern liegen*).

---

*) Darunter folgende, dem Verfasser eigenthümliche: »kann die von manchem Kritiker zugelassene Annahme, wonach das untere nackte

und die früher [Discussion S. 13] angeführte Stelle über mehrere Retouchen in diesem Bilde. Dann weiter:

»Wir sehen in diesem Meisterwerke die Kunst Johann's van Eyck ausgereift unter dem Einfluss der Fortschritte des 15. und 16. Jahrhunderts. Es verbindet den Realismus der alten Handwerksleistungen mit der harmonischen Einheit von Aufbau und Färbung, die den späteren Künstlern eigen wird. Dürer's herbe Strenge und tiefe Kenntniss besitzt Holbein nicht, aber er entzückt uns durch die stille Weihe seiner Persönlichkeiten und ihren sanften Ausdruck, durch die Weichheit seiner Modellirung und die Fülle seiner Töne. Obgleich er bis zu einem Grade durchführt, der kaum eine Steigerung zulässt, so behält doch Alles körperhafte Masse; Licht und Schatten sind aufs wirkungsvollste vertheilt, das Ganze mit sattem Auftrag und ungemeiner Sauberkeit in Guss gebracht. Die Sonne Italiens liegt auf dem Bilde, man glaubt vor dem Meisterstück eines zweiten Lionardo zu stehen. Eine kleine Sonderbarkeit ist deshalb um so auffälliger. Man kann das Bild nicht betrachten, ohne das Geschick, womit die Verkürzungen der Hände gezeichnet sind, und die liebevolle Durchbildung zu bewundern: gleichwohl sind an dem Händchen, welches das auf dem Teppich stehende nackte Kind dem hinter ihm knieenden Knaben auf den Aermelvorstoss legt, in übernatürlicher Weise 5 Finger statt 4 sichtbar. Sonst ist die Behandlung normal.«

»Ueber Herkunft und Geschichte des Bildes und seines Wiederspiels in Dresden hat man sich in neuester Zeit gründlich orientirt. Die Thatsachen, wie sie von His-Heusler, v. Zahn, Woltmann, Fechner beigebracht sind, hat Gottfried

---

Kind den jüngsten Sprossling des Meyer'schen Hauses vorstellen soll, wirklich Bestand haben? Uns dunkt hiegegen lässt sich vielerlei einwenden, vor allem die Frage, wesshalb man die nachstliegende Deutung umgeht, dass in diesem Knabchen Niemand anderes als der junge Taufer zu suchen sei? Dabei darf freilich nicht vergessen werden, dass bei dem Mangel der Heiligenscheine die Idealfiguren hier nicht so kenntlich sind, wie anderwarts.«

Kinkel in dem nachfolgenden Resume vereinigt, das wir für jetzt auf sich beruhen lassen. [Es folgt dies Resumé, dessen Wiedergabe durch No. 13 entbehrlich wird, wobei zur Verstärkung des von Kinkel gegen Leblon gerichteten Verdachtes die auf S. 65 angezogene Stelle über den Charakter Leblon's aus Sainsbury's Papers wörtlich mitgetheilt wird. Hienach weiter:]

»Wir erklärten bereits, dass wir die Entscheidung der Frage, ob das Dresdener Bild Copie oder Original sei, bis zu einer Confrontation desselben mit dem Darmstädter vertagen möchten. Einiges Thatsächliche mag aber schon jetzt festgestellt werden: das Dresdener Exemplar ist jünger als das andere, der Gesammtton ist bleicher und es zeigt weder die Fülle des Colorits, noch hat es überall dieselben Farben wie das Gegenbild. Das Kleid der Dresdener Madonna ist grün, die Aermel haben keine Goldlichter, das so hoch bewunderte Antlitz zeigt ganz andere Züge und Formen, die Gestalt ist von der Brust abwärts in die Länge gezogen, und zwar dermassen, dass das Christuskind nicht mehr an Leib und Hüfte der Mutter ruht, sondern offenbar in Gefahr ist, hinter dem Arme hinabzugleiten. Auch ist der Mantel nur ganz unmerklich über den Bürgermeister gebreitet; und dieser selbst hat seine Hände nicht auf die Schulter des Knaben gelegt. Ferner kniet die zunächst der Maria angebrachte Frauengestalt nicht im Schatten der Heiligen, sondern empfängt volles Licht auf das Profil. Die Nischenconsolen beginnen einige Zoll oberhalb der Köpfe und der Bogen selbst ist wesentlich in die Höhe gestreckt, sodass er keinen Halbkreis mehr bildet; der Teppich ist dagegen viel kürzer und hat weniger Farben. Die grösste Abweichung aber liegt im Gesicht des Jesuskindes. Dies hat in Dresden eine so kränkliche Farbe und so melancholisches Aussehn, dass man die Entstehung der allbekannten müssigen Legende wohl begreifen kann, wonach die Madonna das eigene Kind auf den Boden niedergesetzt und dafür den kranken jüngsten Meyer auf den Arm genommen haben sollte. Hätte das Darmstädter Bild nur das eine Verdienst, dieser Deutung der Composition ein Ende gemacht zu haben, so wäre das schon ein Gewinn für die Kunstgeschichte.«

---

17. Karl Förster,

herzogl. Rath in Meiningen u. s. w. (1869).

Ein Correspondenzartikel des Verf. über die Münchener Ausstellung alter Bilder in den Schasler'schen Dioskuren 1869 No. 35. S. 272 enthält Folgendes bezüglich unserer Frage:

»Wenn bei oberflächlicher Betrachtung . . . [u. s. w. Discussion S. 31] kämpfen zu wollen.«

»Ein Anderes ist es mit dem in Rede stehenden Darmstädter Bilde; denn hier kann ich, wie erwähnt, nur zugeben, dass der erste Entwurf und die Untermalung Holbein's Werk sei, während sonst nirgends in demselben seine Hand zu erkennen ist. Die Zeichnung ist hier schwach, des grossen Meisters nicht würdig, die Composition zusammengedrückt; die Köpfe sind von sehr materieller Auffassung, ohne die feine Charakteristik Holbein's und ohne sein künstlerisches Verständniss in der Ausführung. Die realistische Richtung des Meisters zeigt sich im Dresdener Bilde in ihrer edelsten Ausbildung, besonders in der schon mehr idealen Gestalt der »Jungfrau«. Die Züge des Gesichtes sind von grosser Lieblichkeit, edel weiblich und milde, und die Gestalt hat das Gepräge einer stillen, einfachen Hoheit; die sehr lebendig und individuell wiedergegebenen Köpfe der in knieender Stellung um sie gruppirten Figuren haben einen sprechenden Ausdruck wahrer, tiefempfundener Frömmigkeit. Das Darmstädter Bild bietet von dem Allen nichts.«

»Mehr noch als diese allerdings evidenten Schwächen und Fehler in Zeichnung und Composition ist für mich die Farbentechnik überzeugend: diese ist es, was ich die Handschrift des Meisters nenne, hier suche ich seine charakteristischen Merkmale, hier muss ich in seiner Eigenart ihn erkennen. Umsonst sucht man hier die leichte, fast hingehauchte Touche

Holbein's, seine blendend klare, leuchtende Farbe vom feinsten Impasto, wodurch er gleichwohl mit den einfachsten Mitteln durch seine Meisterschaft die grösste Wirkung erzielt. Hier ist die Farbe eine schwere, gequälte, so stark impastirte, wie wir sie weder bei Holbein noch überhaupt in der ganzen damaligen Kunstperiode finden, vielmehr gehört sie einer viel späteren Zeit an. Dieser Umstand hat mich auch zu der sicheren Ueberzeugung geführt, dass dieses Bild, wenn schon von Holbein entworfen, doch erst vielleicht 80—100 Jahre später von einem weit geringeren Künstler ausgeführt worden ist. Die schwere, stark impastirte Farbe ist ein zu gewichtiger Beleg dafür.«

»Man sieht, wie der Maler sich erfolglos bemüht, Holbein's Kunstweise nachzubilden, seine zarten, meisterhaften Contouren festzuhalten und die Formen mit dem Verständniss wiederzugeben, welches bei Holbein einen so hohen Grad der Ausbildung erreicht hatte.« —

»Wenn man einwenden sollte, dass ein dicker trüber Firniss die Schönheit und den Glanz des Bildes verhülle, so ist dagegen zu erwidern, dass, wenn man auch auf diesen Umstand Rücksicht nimmt, doch es für einen wirklichen, hinlänglich mit der Technik vertrauten Kenner unschwer ist zu beurtheilen, in welchem Grade der Firniss das Ansehen des Bildes schädigt.«

»Ein weiterer Beweis für meine Behauptung ist die Ungleichheit in der technischen Behandlung der Farben: so ist z. B. der rechte Fuss des Kindes, welches Maria auf dem Arme trägt, meisterlich gemalt, der linke dagegen höchst mangel-, ja stümperhaft in Zeichnung und Ausführung, ebenso der Mund des Kindes und der Jungfrau. Die Hände zeigen weder das Gefühl für Naturwahrheit noch die feine Durchbildung Holbein's ebenso der Kopf der rechts im Bilde knieenden weiblichen Figur. Dem Kopfe des Bürgermeisters aber fehlt vollends das künstlerische Verständniss hinsichtlich der Modellirung. Ich verweise zur Unterstützung meiner Ansicht auf zwei zu Basel befindliche Handzeichnungen; es sind Studienköpfe, von denen der eine das Bildniss des Bürgermeisters Meier en face giebt, der andere ihn, wie hier im Bilde, emporblickend darstellt. Das königl. Kupferstich-Cabinet in München besitzt davon zwei ganz getreue, sehr schöne photographische Abbildungen.«

»Selbst für den Fall, dass ich mit meiner Behauptung ganz isolirt stände, würde ich unwandelbar dabei beharren, weil ich zu tief von der Richtigkeit meiner Anschauung und der Kraft meiner Beweisgründe durchdrungen bin, um auch nur einen Moment zu schwanken. Was das Dresdener Bild betrifft, bemerke ich noch, dass ich dasselbe während meines zwölfjährigen Aufenthaltes daselbst nach jeder Richtung hin gründlich studirt habe.«

»Hiezu noch in einer folgenden Nummer der Dioskuren Urtheile über einige andere, Holbein zugeschriebene Bilder derselben Ausstellung, deren S. 44 gedacht ist

E. Förster, 1869, s. No. 3.
F. Hübner, 1869, s. No. 5.

18) Bruno Meyer,

Kunstschriftsteller in Berlin (1870).

In einem Artikel der Hildburghausener Ergänzungsblätter zur Kenntniss der Gegenwart 1870 H. 1 u. 2, welcher Leben und Werke unsers Holbein überhaupt bespricht, findet sich nach manchen historischen und descriptiven Bemerkungen über die beiden Exemplare unseres Bildes, welche hier von keinem Belang sind, Folgendes, was uns näher angeht.

Der Verf. macht zuvörderst geltend, dass nach Woltmann's Entdeckungen die Zurückführung des Dresdener Bildes auf die Stifterfamilie nicht mehr Stich halte, die Superiorität in der Durchführung des Darmstädter Bildes »von Allen«, die es gesehen, constatirt sei, der Schatten auf dem Gesicht der Alten als Ergebniss einer durchgewachsenen Untermalung und der sechste Finger an der einen Hand des untern nackten Knäbleins die Priorität des Darmstädter Bildes beweisen, und man hienach ernsthaft zu fragen habe, »ob das Dresdener Bild überhaupt aus Holbein's Atelier hervorgegangen sein könne«, wofür »wesentlich und scheinbar stichhaltig nur vorzubringen, ein Copist würde sich solche Abweichungen nicht erlaubt haben; und der Dresdener Madonnenkopf sei zu schön, sei eine originale Schöpfung und Holbein's allein würdig«. Die Widerlegung dieses Scheines wird vom Verfasser wie folgt eingeleitet:

»Es sei an dieser Stelle dem Unterzeichneten gestattet seine Beobachtungen und Ansichten in dieser Frage vorzulegen. Er glaubt dazu berechtigt zu sein, da er an beiden Orten unter Assistenz namhafter Kunstkenner — in München Woltmann's selbst, — beide Bilder so kurz hinter einander, so lange und häufig, unter so günstigen Umständen, und mit einem solchen Reichthum von Einzelbeobachtungen und von Notizen versehen, untersucht hat, wie noch Niemanden vorher die Gelegenheit dazu geboten war.«

Als erstes Verdachtsmoment macht der Verf. dann das zuerst von Woltmann in dieser Hinsicht hervorgehobene grüne Madonnenkleid des Dresdener Bildes geltend, indem er dabei das Darmstädter Bild für »wundervoll intact« erklärt, und, ungeachtet man sonst überall [auch selbst von Woltmann] das Kleid der Darmstädter Madonna als »bläulichgrün« bezeichnet findet, sagt: das Kleid sehe durch den Einfluss des Lackes »so entschieden grün aus, dass ein namhafter Münchener Künstler es als grün recognoscirte«. »Grün also — fährt er fort, so wie es noch erscheint, darf man wohl annehmen, sah der Urheber des Dresdener Bildes das Kleid, und malte es desshalb so, wie er gethan.« Dann weiter: »Es fragt sich nun, wie es um jene beiden Einwände steht.«

»Das Darmstädter Bild hat in den Figuren etwas Gedrücktes; die Composition ist in und mit ihrem Raum gedacht, aber die Personen, namentlich der Bürgermeister selbst, haben sich den Raumbedingungen beugen müssen. Ein modern fühlendes

Auge konnte leicht daran Anstoss nehmen und dem Copisten den Auftrag geben, bei der Wiederholung mehr Raum zu schaffen. Ob das im Ganzen besser thut oder nicht, geht uns nichts an; wohl aber, ob die Veränderungen durchweg einen empfindenden und erfindenden Künstler verrathen. Nichts weniger! Die Darmstädter Madonna steht bis zu den Schultern und mit Einschluss des Kindeskopfes in der halbkreisförmigen Muschelnische, die Rippen der Muschel stehen wie Strahlen um ihr Haupt, sie füllt den Raum aus, das ergänzte Kreisrund schlösse ihre Hände und das ganze Kind in sich. Die Dresdener ragt noch nicht einmal mit ihrem ganzen Kopf in die unschön und ohne Noth etwa um ein Elftel des Durchmessers überhöhte Wölbung hinein, das Kind bleibt draussen, der Raum leer, der Zusammenhang mit der Muschelform ist verloren, das ergänzte Rund schlösse kein Bild ein. Bei der Erhöhung des ganzen Raumes aber war der Copist auf die eigene Erfindung angewiesen, da er Architekturtheile zeigen musste, die ihm Holbein nicht vorgebildet. Während nun bei diesem Alles statisch untadelhaft richtig gedacht ist, die Consolen sich vorkragend entwickeln, ein Deckblättchen — im Original auch über die Consolen hinlaufend — den gegliederten Aufbau abschliesst, die Details in klar erkennbarer Structur sich auswachsen, ist alles das in dem Dresdener Bilde so wild, so allem gesunden architektonischen Stilgefühl zuwider durchgebildet, dass man unmöglich Holbein dafür verantwortlich machen kann, der die Architektur verstand, besser als die gleichzeitigen Baumeister in Deutschland. So etwas hätte er nicht unter seinen Augen entstehen lassen; und es war überhaupt nur möglich zu einer Zeit, wo man gar nicht im Stande war, einfach und gross architektonisch zu componiren, sondern höchstens unorganisches, krauses, freilich das ungeübte Auge blendendes Detail zu erfinden. So ist mit der ganzen Erhöhung des Raumes nichts weiter gewonnen, als dass der Bürgermeister sich etwas freier aufrichten kann, verloren dagegen sehr viel, und viel Wesentlicheres, das aber ist gewiss kein zu schwieriges Stück für einen Copisten.

»Untersuchen wir jetzt den zweiten Einwand. Das Dresdener Bild ist bis jetzt langsam zerpflückt, so zu sagen von unten herauf gerädert, erst liess man den wirklich elend ausgeführten Teppich fahren; dann kamen die kalt, stumpf und trocken gemalten knieenden Figuren daran; ohne sie hielten sich aber auch bald die zugehörigen Hände und Köpfe nicht mehr als eigene Holbein'sche Arbeit. Das Gewand der Madonna zu retten, [illegible] man den Mythus von einer nie geschehenen Uebermalung erfunden; die Architektur stürzt der Gesellschaft über den Köpfen zusammen, und das Christkind kann man nicht froh genug sein los zu werden: bekanntlich hat es ein elendes, schwächliches Ansehen und ein weinerliches, verdriessliches Gesicht, während das Darmstädter Kind in gutem körperlichen Zustande ist und aufs Freundlichste und Lieblichste lächelt. Jener hässliche Kinderkopf aber hat der hirnverbrannten Hypothese ihren Ursprung gegeben, dass das Kind in den Armen der Madonna ein krankes Mitglied der Familie sei, einer Hypothese, um derentwillen viel Dinte und Papier versudelt worden, und die, was sie freilich schon von jeher war, jetzt wo das Darmstädter Bild wenigstens unbedingt als das frühere und originalere anerkannt werden muss, gewiss einfach lächerlich, weil gegenstandslos geworden ist. Es bleibt also thatsächlich nunmehr von dem ganzen Dresdener Bilde nichts als der Kopf der Madonna übrig, wovon es noch der Mühe verlohnte zu reden. Der Unterzeichnete hat nun durch wiederholte eingehende Betrachtung und unterstützt, ausser den möglichen äusseren Hülfsmitteln, durch ein geübtes und zuverlässiges Gedächtniss für Gesichtsformen und physiognomischen Ausdruck je mehr und mehr die Ueberzeugung gewonnen, die sich, seiner Meinung nach, bei unmittelbarer Vergleichung beider Bilder jedem Vorurtheilslosen und Urtheilsfähigen alsbald ebenso aufdrängen würde, dass der Dresdener Madonnenkopf eben keine originale [u. s. w. Discussion S. 28] nicht an. Diese Urtheile sind nicht so handgreiflich, wie die Thatsachen, die bei dem vorigen Punkte in Betracht kamen, und sie werden deshalb vorläufig namentlich von solchen, die das Darmstädter Bild gar nicht oder nur oberflächlich kennen, angezweifelt und vielleicht verlacht werden; aber die Zeit wird die Zweifel niederschlagen.«

»Es bleibt für uns nur zweierlei übrig: zu sagen, was wir denn nun positiv von dem Dresdener Bilde halten, und zu erklären, wie dasselbe sich so lange hat in Autorität halten können. Das Dresdener Bild, zum Ersten, ist ohne alle Frage *spätere Copie, ohne einen Strich von Holbein's Hand*, und, setzen wir hinzu, sogar eine sehr mässige Copie. Die Formen haben keine Rundung, die Stoffe sind unklar und unbezeichnend gemalt, die Köpfe ermangeln des Lebens und sind empfindlich vergröbert, die Hände sind hölzern und ungelenk. Die Farben haben keine Kraft, sie sind staubig, kreidig, das Ganze macht den schwächlich matten Eindruck eines Pastellbildes, die Harmonie fehlt, die das Original auszeichnet. Der Mangel an Verständniss für die Architektur, der in dem Kopf sich kund gebende Sinn für das Zierliche und der Charakter der Farbenhaltung lässt es uns keinen Augenblick zweifelhaft erscheinen, dass das Bild nicht viel älter ist als seine beglaubigte Geschichte, und dass wir in ihm eine Arbeit aus dem zweiten bis vierten Decennium des 18. Jahrhunderts vor uns sehen.« [Hienach die S. 73 angeführte Hypothese; dann weiter:] Das in Venedig aufgefundene Dresdener Bild sollte von dem Banquier Avogadro nach den Erinnerungen eines alten Mannes in Amsterdam an Zahlungsstatt angenommen sein. Als historisch hat diese Notiz keinen Werth, aber wie in allen Sagen leben auch wohl in ihr wahre Momente fort, so hier die Erinnerung an den holländischen Ursprung des Bildes. Nach diesem Wink und nach dem Stil hängt die Entstehung desselben viel wahrscheinlicher also wohl mit *jenem* Ereigniss zusammen, das gewiss Aufsehen erregte und die Aufmerksamkeit auf das Original lenkte, dass das letztere 1700 um den bedeutenden Preis von 2000 Gulden zu Amsterdam in einer Auction verkauft wurde, bei der ein grosses Altarstück von Rubens nur 1000 Gulden einbrachte.«

»Sein Erfolg nun zweitens ist nichts weniger als überraschend. Das Original selber blieb über ein Jahrhundert verscheiden; Holbein's Madonna gehört aber zu den Bildern, die gar nicht zu verderben sind, aus jeder, auch der mangelhaftesten Reproduction leuchtet die Grösse und Gewalt der ursprünglichen Conception hervor. So ergriff also auch das Dresdener Bild alle Gemüther, und es wurde als der Ausbund der Vollendung gepriesen, weil man keinen Grund hatte, an der Aechtheit zu zweifeln, und keine Gelegenheit, es mit noch Besserem zu vergleichen. Selbst der für die Madonna vernichtende Vergleich mit dem jetzt daneben hängenden Portrat des Morett von Holbein innerhalb der Dresdener Sammlung fiel fort; da dieses als ein Werk des Lionardo da Vinci galt; und die übrigen Holbein's in Dresden kamen, als ziemlich unbedeutend, nicht in Rede. Das Bild hatte ja zudem gerade Etwas, was ihm Eingang verschaffen musste: es war durch seine Modernisirung der Empfindung unmerklich näher gerückt, es entsprach hier ein vorgeblich altes Bild in seltenem Grade dem neuen Geschmack.»

«Kommt die Confrontation der beiden Madonnen, die für diesen Herbst beabsichtigt war, wie zu hoffen steht, im laufenden Jahre in Dresden zu Stande, so wird die Dresdener «Holbein'sche» Madonna in der Kunstgeschichte von da an nur noch als das interessante Denkmal eines langen Irrthums fortleben.»

Endlich die S. 96 der Discussion angeführte Bemerkung bezüglich des Teppichs.

J. Hübner 13. April 1870 s. No. 5/
Fechner, April 1870 s. No. 9.

10) Jacob Felsing.

Kupferstecher und Prof. in Darmstadt (1870).

Die wichtige briefliche Bemerkung des Verfassers bezüglich eines Pentimento im Darmstädter Bilde (nach brieflicher Mittheilung vom 15. April 1870), welches, wenn allgemein anerkannt, vielleicht den entscheidendsten Beweis für die Priorität des Darmstädter Bildes wird zu liefern im Stande sein, ist

S. 18 angeführt. Der Verfasser selbst weist auf diese Bedeutung des Pentiments hin, mit Hinzufügung der Bemerkung: »so wie ich auch der Erste war, der die veränderten Proportionen der Figuren bezeichnete und Herrn v. Zahn darauf aufmerksam machte, woraus sich unbedingt die Priorität unsers Bildes erklären lässt, ohne deshalb so weit gehen zu wollen, wie Woltmann gegangen ist.« (Vergl. auch die Anm. S. 115.)

20) Otto Heyden,

Hofmaler in Berlin (1870).

Der nur mit O. H. unterzeichnete Verfasser beschreibt in den Berl. Nachr. von Staats- und gelehrten Sachen 1870 No. 271 einen Besuch bei dem Darmstädter Bilde in Darmstadt, wobei er wesentlich die früheren Ansichten Woltmann's, wie sie noch in dessen Holbein enthalten sind, über das Echtheitsverhältniss beider Bilder reproducirt, wonach das Darmstädter Bild nicht nur das früher, sondern auch ganz von Holbein's Hand gemalt ist, indess »manche Härten und Ungleichheiten in den Köpfen und Händen« darauf schliessen lassen, »dass das Dresdener nicht durchgängig von Holbein selbst, wenn auch von sehr geschickter Hand unter seiner Leitung ausgeführt ist«. Auch er findet »nicht die mindeste Retouche« in dem Darmstädter Bilde. Hiezu noch die S. 18 mitgetheilte Bemerkung, dass es auf Leinwand gemalt und nur auf Holz aufgeklebt sei.

Hübner, 1869, s. No. 5.

Einige Ideen

zur

Schöpfungs-

und

Entwickelungsgeschichte

der

Organismen.

Von

Gustav Theodor Fechner.

Leipzig,
Druck und Verlag von Breitkopf und Härtel.
1873.

1322 –

A D
BIBL. UNIV.
MONAC.

Universitäts-
München
Bibliothek

Vorwort.

Die Lehre von der Schöpfung und Entwickelung der Organismen ist zugestandenermassen durch Darwin in ein neues Stadium getreten, indem selbst die vielfache Opposition, die er gefunden, nur beigetragen hat, neues Leben in die ganze Lehre zu bringen. In Deutschland ist es unstreitig Häckel, welcher als Hauptvertreter der Descendenzlehre in Darwin's Sinne angesehen werden kann; und die lichtvolle, ohne zu grosses Detail alles Wesentliche zusammenfassende und in eigener Entwickelung fortführende, Darstellung derselben in seiner, jetzt in vierter Auflage erscheinenden, »Natürlichen Schöpfungsgeschichte« ist in der That sehr geeignet, einen klaren Einblick in diese Lehre gewinnen zu lassen. Ich selbst gestehe, nach längerem Sträuben gegen die Descendenzlehre zu ihr bekehrt worden zu sein. Freilich ist sie nach ihrer bisherigen Aufstellung nicht frei von Schwierigkeiten, Unwahrscheinlichkeiten, Lücken und Hypothesen, die nicht eben so sicher als die durch sie zu verknüpfenden Thatsachen sind. Warum sich also überhaupt an sie halten? Einfach aus dem Grunde, weil jede andere Lehre, durch welche man die Descendenzlehre ersetzen möchte, an denselben Unvollkommenheiten in unverhältnissmässig höherem Grade leidet. Es gilt in der That hier ein fundamentales Entweder, Oder: Entwickelung der höheren Organisationsstufen aus den niedern, oder Neuschöpfung jeder höhern Stufe so zu sagen aus dem Urschlamm; und will man das Letztere nicht annehmen, was fruchtet eine blos negirende oder blos mäkelnde Opposition gegen das Erstere?

Specialisten, die sich von der Frage nicht berührt finden, mögen sie bei Seite lassen; aber sie hängt mit zu vielen und zu wichtigen allgemeinen Fragen zusammen, um sie überhaupt bei Seite zu lassen; statt sich also von ihr abzuwenden, gilt es, ihr gerade ins Gesicht zu sehen. Und muss man hienach den Grundpunkt der Descendenzlehre zugestehen, so kann es sich nur noch darum handeln, die Unvollkommenheiten ihrer Ausführung zu heben, das Unhaltbare darin durch Haltbareres zu ersetzen. Schon verschiedene Versuche sind in dieser Beziehung gemacht worden, ohne bisher recht durchschlagend gefunden zu sein. Auch diese Schrift versucht sich in einigen Ideen dazu, die ihres Erfolges zu warten haben.

In der That hat man wohl zu unterscheiden, was zur Begründung und Entwickelung der Descendenzlehre wesentlich ist und was nicht, was Sache der Thatsachen und was Sache ihrer Auslegung ist; und in diesen Hinsichten steht noch keineswegs Alles so fest und sicher, als es nach der Vertretung der Descendenzlehre durch ihre entschiedensten Anhänger scheinen möchte. Vielmehr glaube ich, dass mit Vortheil für Hebung wichtiger Schwierigkeiten und grössere Eingänglichkeit der ganzen Lehre noch eine Vertiefung der allgemeinen Principien derselben, eine Modification ihrer Ansicht von der organischen Grundconstitution und ein Umsturz der Ansicht von der allerersten Entstehung der Organismen möglich ist. Die Vertiefung suche ich in der Aufstellung eines allgemeinen Principes, welches alle organischen Entwickelungsgesetze verknüpfend unter sich begreift (III. und XI.), und was ich unter der Bezeichnung als Princip der Tendenz zur Stabilität der Aufmerksamkeit der Forscher insofern empfehlen möchte, als nicht nur die, so oft schon gegen Darwin und Häckel geltend gemachte, Foderung eines einheitlichen Planes der organischen Entwickelung, sondern auch die darüber hinaus gehende Foderung einer Vereinbarung des teleologischen und Causalprincips des gesammten Geschehens dadurch ihre Befriedigung in einem klaren, exact formulirbaren Ausdruck findet. Die Modification suche ich darin, dass ich die organischen Grundeigenschaften nicht von einer eigenthümlichen chemischen Constitution und damit zusammenhängenden Aggregatform der Materie, sondern von einem molecularen Bewegungszustande abhängig mache (I. II.); den Umsturz endlich darin, dass ich die seither als nothwendig behauptete und doch der Bewährung sich hartnäckig entziehende Ansicht von einer primären Entstehung der Organismen aus dem unorganischen Reiche heraus durch eine, aus Betrachtung des Urzustandes der Erde folgende, in gewissem Sinne gerade entgegengesetzte, Ansicht ersetze (V.), womit sich Vieles, was als Consequenz der bisherigen Ansicht in der Descendenzlehre fest zu stehen schien, zugleich umkehrt (VIII.).

Mit all' dem bleiben Darwin's Gesetze der Züchtung durch Abänderung, Vererbung und Kampf um's Dasein, worin das Wesentlichste seiner Lehre besteht, im Rechte; nur dass das Princip des Kampfes um das Dasein hier blos als Correctiv oder Ergänzung eines andern Princips von noch übergeordnetem Rechte (Princip der bezugsweisen Differenzirung, VI.) auftritt, was freilich, wie das Meiste in dieser Schrift und in der Descendenzlehre überhaupt, nur hypothetisch ist, aber manchen haarsträubenden Unwahrscheinlichkeiten, die nach den bisherigen Hypothesen der Descendenzlehre noch übrig bleiben, abzuhelfen wohl geeignet scheint.

Endlich kann ich den Widerspruch, den die meisten und entschiedensten Vertreter von Darwin's Lehre gegen die Betheiligung einer bewussten schöpferischen Thätigkeit an der Entstehung und Entwickelung der Organismen erheben, wesentlich nur in einem innern Widerspruche der eigenen Ansichten dieser Gegner und einem, unter exacten Naturforschern nur zu hergebrachten, Fehlschlusse begründet finden, worüber einige Bemerkungen im letzten Abschnitte.

Der Zustand meiner Augen hat mir nicht gestattet, der so weitschichtigen Literatur über die Darwinsche Lehre in ihrer ganzen Ausdehnung und in alle Specialitäten hinein zu folgen, was mich abgehalten haben würde, diese Ideen zu veröffentlichen, wenn es sich nicht darin vielmehr um ganz allgemeine Gesichtspunkte als blosse Specialitäten der Lehre handelte, und nicht hier Wege der Betrachtung eingeschlagen wären, welche überhaupt aus den bisher betretenen heraustreten oder herausführen. Dies hindert nicht, dass mir dies und das entgangen sein kann, worauf mit Bezug zu nehmen vielleicht Anlass war; auch hat der Umstand, dass diese Schrift nur nach einer allgemeinen Erinnerung an den Inhalt der zu meiner Kenntniss gekommenen Schriften und Abhandlungen über die Darwinsche Lehre, ohne die Möglichkeit speciellen Rückganges darauf, niedergeschrieben werden konnte, verschuldet, dass man speciale Hinweise auf die einzelnen Autoren hier vermissen wird. Wegen beider Mängel wünsche ich Nachsicht bei Beurtheilung dieser Schrift zu finden; sie würden doch nur dann schwer wiegen, wenn der eigenthümliche Inhalt dieser Schrift nichts wöge. Diesem aber wünsche ich eine unbefangene Prüfung.

Nachträglich zur genaueren Erläuterung einer, im ersten Abschnitte mehrmals gebrauchten Ausdrucksweise folgende Bemerkung: Wenn ein Punkt b sich in Bezug auf einen Punkt a bewegt, so nenne ich Kürze halber das Vorzeichen seiner Lage dagegen so lange unverändert, als die Bewegung seines Radius vector bezüglich dazu 180° nach keiner Seite überschreitet, hingegen umgekehrt nach Maassgabe, als es der Fall ist.

Inhalt.

Seite

I. Unterscheidung des organischen vom unorganischen Molecularzustande und Verhältnisse zwischen beiden 1
II. Gründe für die vorige Auffassung 12
III. Princip der Tendenz zur Stabilität 25
IV. Anwendung des vorigen Princips auf die organischen Verhältnisse 36
V. Kosmogonische Verhältnisse. Urentstehung der Organismen 41
VI. Princip der bezugsweisen Differenzirung 55
VII. Princip der abnehmenden Veränderlichkeit 68
VIII. Verschiedene Entwickelungs-Verhältnisse des organischen Reiches, welche unter Voraussetzung seines kosmorganischen Ursprungs eine wesentlich andere Auffassung als bisher erfordern 72
IX. Abstammung des Menschen 81
X. Einige geologische Hypothesen und paläontologische Phantasien 83
XI. Teleologische und psychophysische Verwerthung des Princips der Tendenz zur Stabilität 88
XII. Glaubensansichten 95

I.

Unterscheidung des organischen vom unorganischen Molecularzustande und Verhältnisse zwischen beiden.

Versuchen wir, uns eine Vorstellung von der organischen Grundconstitution in ihrem Unterschiede von der unorganischen zu machen, so wüsste ich nicht, welche angemessenere, ja überhaupt welche andere man sich machen könnte, als folgende, wozu ich die Gründe im folgenden Abschnitte gebe.

Verstehen wir unter Moleculen überhaupt sehr kleine Massen, deren Theilchen durch gegenseitig geäusserte Kräfte in innigerem Verbande unter einander, als mit denen der Nachbarmassen stehen, so beruht der Zustand der unorganischen Molecule kurz gesagt darin, dass die Theilchen, woraus sie bestehen, durch ihre gegenseitige Wirkung unter Mitwirkung der Beharrung die Ordnung, in der sie gereiht sind, nicht ändern, d. h. das Vorzeichen der Lage mit den Nachbartheilchen nicht wechseln können, was nicht ausschliesst, dass sie sich in Schwingungszuständen gegen einander befinden, welche diese Ordnung ungeändert lassen, wozu die Schwingungen nur klein genug gegen den Abstand sein müssen, in dem sich die Theilchen am mittleren Orte ihrer Bewegung befinden. Man kann hinzufügen, dass sie ohne Aenderung der imponderabeln Verhältnisse auch diesen mittleren Ort nicht durch eigene Wechselwirkung ändern können.

Auf Schwingungen der Theilchen gegen einander in den Moleculen Rücksicht zu nehmen, wird man jedenfalls dadurch veranlasst, dass wahrscheinlich die grössere oder geringere Temperatur der Molecule auf mehr oder weniger weiten Schwingungen nicht nur der Aethertheilchen, sondern auch wägbaren Theilchen in den Moleculen beruht. Indem nun die Grenze der abnehmenden Schwingungsweite eine feste Gleichgewichtslage der Theilchen bezüglich einander sein würde, kann man sagen, dass die Theilchen in unorganischen Moleculen Schwingungen um feste Gleichgewichtslagen machen, was nicht ausschliesst, dass der damit nicht zu verwechselnde mittlere Ort der schwingenden Theilchen sich mit geänderter Schwingungsweite ändert, wie man in der That annehmen muss, wenn die Ausdehnungsphänomene, die man an Systemen von unorganischen Moleculen mit wachsender Temperatur wahrnimmt, sich nicht blos auf Veränderung des mittleren Ortes ihrer Molecule, sondern auch der Theilchen der Molecule beziehen sollten.

Hingegen beruht der Zustand der organischen Molecule, so lange Lebensfähigkeit derselben besteht, kurz gesagt, darin, dass die Theilchen, aus denen sie bestehen, die Ordnung, in der sie sich in irgend welchem Zeitpunkt gereiht befinden, durch gegenseitige Wirkung unter Mitwirkung der Beharrung immer von Neuem wechseln, d. i. das Vorzeichen ihrer relativen Lage gegen einander immer von Neuem umkehren, wie es durch Kreislaufs- und andere verwickelte Bewegungen der Theilchen bezüglich einander geschehen kann[*].

---

[*] Ein Molecul, was in einfacher Rotationsbewegung mit gleicher Winkelgeschwindigkeit aller seiner Theilchen um eine durch seinen Schwerpunkt gehende Axe ohne Verschiebung der Theilchen gegen einander begriffen wäre, würde trotzdem, dass die Theilchen das Vorzeichen ihrer Lage immer von Neuem wechseln, doch nur dann dem Begriffe eines organischen Moleculs entsprechen, wenn dieser Bewegungszustand durch die inneren Kräfte des Moleculs unterhalten würde. Insofern aber die Rotation eines Moleculs aus fest gegen einander liegenden oder nur durch Wärmeschwingungen gegen einander bewegten Theilchen blos durch Beharrung gleichförmig fortgehen und nur durch äussere Kräfte in der Richtung abgeändert werden kann, fällt es noch unter den Begriff des Unorganischen.

Insofern die Wärme-Erscheinungen schwerlich von der Form, sondern von der lebendigen Kraft molecularer Bewegungen abhängen, mag eine verstärkte lebendige Kraft solcher Bewegungen eben so gut eine vermehrte Wärme der organischen Molecule repräsentiren, als eine vermehrte lebendige Kraft der Schwingungen, welche mit ihrer vergrösserten Amplitude zusammenhängt, die der unorganischen.

Um einen anschaulichen Anhalt für den Unterschied der unorganischen und organischen Molecule zu gewinnen, erläutern wir uns denselben an dem Unterschiede zweier körperlichen Systeme. Ein Salzkrystall, in dem ohne äusseren Druck oder Zug die Theilchen wenn nicht fest gegen einander liegen, doch nur durch Wärme Schwingungen um relativ gegen einander feste Lagen machen, giebt uns im Verhältnisse seiner Molecule ein Bild von dem Verhältnisse der Theilchen in den unorganischen Moleculen; nur dass wir in diesen eine geringere Anzahl von Theilchen in relativ (gegen ihre Dimensionen) grösseren Entfernungen von einander anzunehmen haben; hingegen unser Sonnensystem in dem Verhältnisse der Himmelskörper, welche darein eingehen, ein Bild von dem Verhalten der Theilchen in einem organischen Molecul. In der That treten die Bewegungen der Massen unseres Sonnensystems ganz unter den Begriff der Bewegungen, die wir den Theilchen der organischen Molecule beilegen, und beweisen zugleich die Möglichkeit solcher Bewegung, nur dass wir in den organischen Moleculen unter dem Einflusse der Molecularkräfte verwickeltere Bewegungen möglich halten können, als in unserem Sonnensystem vorkommen, sofern in jenen nicht wie in unserem Sonnensystem eine Masse alle andern so sehr überwiegt, dass sämmtliche Bewegungen blos auf wenig gestörte elliptische zurückkommen.

Sofern wir unter dem Einflusse der anziehenden Kraft der Gravitation die Erde sowie das Planetensystem so gebildet finden, dass die Zusammendrängung der Masse (auf die räumliche Ausdehnung des Ganzen vertheilt gedacht) nach dem Schwerpunkt des Systems hin zunimmt, dürfen wir von der, zwar nach unbekanntem Gesetze, aber jedenfalls analog wirkenden Molecularkraft, wodurch die Theilchen eines organischen Moleculs um ihren Schwerpunkt zusammengehalten werden, den entsprechenden Erfolg abhängig denken; und sollten einfache Zellen sich als einfache organische Molecule betrachten lassen, so könnte sich die stärkere Zusammendrängung der Theilchen, kurz stärkere Dichtigkeit, um die Mitte selbst optisch in der Erscheinung eines Kerns geltend machen und zu einer leichteren Festigung Anlass geben; indess die leichte Festigung des Umfanges zur porösen Zellenhaut aus einem andern Gesichtspunkte dadurch bedingt sein könnte, dass die seltenern Theilchen am Umfange des Moleculs sich wie die am Umfange unseres Planetensystems langsamer als die der Mitte näheren bewegen, wegen ihrer geringen Häufung aber Interstitien für die Communication zwischen dem Zellinhalt übrig lassen. Doch gebe ich dies nur für Vermuthungen. Auch kann noch fraglich sein, ob einfach erscheinende Zellen wirklich als einfachste organische Molecule und nicht vielmehr schon als organische Verbände von solchen im alsbald anzugebenden Sinne zu betrachten; in welchem Falle aber ähnliche Verhältnisse für Mitte und Umfang der Zelle durch den organischen Verband der darin enthaltenen organischen Molecule bedingt sein könnte, als sie zwischen den Theilchen der Molecule statuirt worden *).

Kommen wir von den Verhältnissen der Theilchen der Molecule zu einander auf die Verhältnisse der ganzen Molecule zu einander zu sprechen, so ergeben sich auch ohne directe Beobachtung aus den aufgestellten Begriffen der beiderlei Molecule einerseits und Thatsachen andererseits nachstehende Folgerungen, auf die es nützlich sein wird, vorweg die Aufmerksamkeit zu richten.

---

*) Um eine Analogie dafür beizubringen, so findet auch in Sternhaufen eben so eine grössere Zusammendrängung der Sterne nach der Mitte des Haufens zu statt, als unstreitig in jedem einzelnen Sterne die Dichtigkeit der Masse nach der Mitte zu wächst.

Wenn ein unorganisches Molecul mit einem andern in solche, für unsere Sinne als Berührung erscheinende, Nähe kommt, dass Molecularkräfte zwischen ihnen über die Wirkung der Schwere überwiegend werden, so kann der Erfolg ein dreifacher sein. Entweder das eine Molecul wird von dem andern nach einer durch äussere Kräfte bewirkten erzwungenen Näherung elastisch zurückgeworfen, wie eine Billardkugel beim Anprall an eine andere, indem dieser Erfolg bei ganzen Billardkugeln selbst nur von einem solchen Verhältnisse der in scheinbare Berührungsnähe kommenden Molecule abhängen kann; oder sie haften in solcher Weise an einander, dass zwischen den Moleculen dasselbe Verhältniss als zwischen den Theilchen jedes Moleculs nur mit dem Unterschiede eintritt, dass die zusammenhaltende Kraft zwischen den Moleculen schwächer als zwischen den Theilchen der Molecule ist, was wir kurz als unorganischen Verband unorganischer Molecule bezeichnen, worauf nicht nur die Adhäsionserscheinungen zwischen unorganischen Körpern, sondern auch der Zusammenhalt unorganischer Molecule in solchen, so lange die Molecule noch als besondere unterscheidbar bleiben, beruht. Oder drittens, die in Berührungsnähe kommenden Molecule vermischen sich in solcher Weise, dass einseitig oder gegenseitig Theilchen aus dem einen in das andere übergehen, und die Bedingung, die für die Theilchen unterscheidbarer Molecule besteht, nur um relativ gegen einander feste Gleichgewichtslagen ohne Aenderung der Ordnung im angegebenen Sinne schwingen zu können, verlassen wird, sie vielmehr im Hinausgehen über einander das Vorzeichen ihrer Lagen gegen einander, aber nur in einem Sinne wechseln, worauf die Erscheinungen der Auflösung fester Körper, die Diffusions- und chemischen Verbindungs- und Zersetzungsphänomene beruhen, die zwischen ungleich concentrirten Auflösungen oder chemisch differenten Massen eintreten, wobei sich der Erfolg von den unmittelbar in Berührungsnähe gebrachten Moleculen zu den übrigen fortpflanzt, ohne dass der Zeichenwechsel der Lage, der dadurch zwischen den Theilchen je zweier Nachbarmolecule eintritt, sich durch eine rückläufige Bewegung von Theilchen zwischen denselben Moleculen wieder umkehren kann. Alle Lösungen, Diffusionen, chemischen Verbindungen zwischen unorganischen Massen aber gehen nur dahin, durch die Lagen- und Ordnungsverschiebungen, die sie momentan einleiten, den Concentrations- oder chemischen Unterschied zwischen den Massen durch Herstellung einer gleichförmigen Austheilung von gleichbeschaffenen zusammengesetzten Moleculen in einem neuen unorganischen Verbande auszugleichen, ohne zu Bewegungen der Art, wie wir sie in organischen Moleculen als vorhanden und in organischen Systemen davon abhängig denken, ausschlagen zu können *).

In tropfbar flüssigen unorganischen Massen ist der Verband der Art, dass die Verschiebung der Molecule gegen einander durch äussere Kräfte nach allen Seiten gleich leicht, in festen Körpern hingegen nach verschiedenen Richtungen verschieden leicht und der Widerstand gegen die Verschiebung überhaupt grösser ist. In gasförmigen Körpern findet überhaupt kein Verband der Molecule mehr statt.

Wenn organische Molecule mit organischen in scheinbare Berührungsnähe kommen, so dass Molecularkräfte zwischen ihren beiderseitigen Theilchen wirksam werden, so kann eben so wie bei unorganischen Moleculen ein dreifacher Fall gedacht werden.

Einmal der, uns jedoch hier nicht interessirende, Fall, dass sie nach gewaltsamer Annäherung elastisch von einander zurückprallen, womit kein Verband überhaupt zu Stande kommen kann, zweitens dass sie nach dem Princip unorganischen Zusammenhanges an einander haften, so nämlich, dass sie (auf ihre Schwerpunkte reducirt gedacht) nur gegen einander Schwingungen um relativ feste Gleichgewichts-

---

*) Dies hindert nicht, dass unter dem äusseren Einflusse kosmischer Fernkräfte sehr unregelmässige Bewegungen der Theilchen von Meer und Luft fortgehen, die aber bald zur Ruhe kommen würden, wenn diese Fernkräfte zu wirken aufhörten.

lagen machen, indess sie in sich Bewegungen von angegebenem Charakter, kurz organische Bewegungen vollziehen, was, wenn derartige Systeme überhaupt existiren, im Ganzen Erscheinungen, wie wir solche an Systemen aus unorganischen Moleculen beobachten, also den Mangel an Lebenserscheinungen und Entwickelungsfähigkeit erwarten lässt. Endlich drittens, dass sich die Theilchen und Bewegungen der zusammengebrachten Molecule in der Art mischen, dass Theilchen aus dem einen in das andere unter Zeichenwechsel der Lage und Richtung übergehend und wieder rückgehend eine Verbindung zwischen beiden bewirken, die mehr oder weniger innig sein kann, indem sie zwischen den beiden Grenzen schwankt, dass blos die am äussersten Umfange der Molecule kreisenden Theilchen ihre Bewegung in eine zwischen beiden oder um beide gemeinsam kreisende verwandeln, indess die übrigen noch Kreisläufe und sonst Bewegungen, die jedem Molecul für sich verbleiben, vollziehen, und dass die Gesammtheit der Theilchen beider Molecule wechselnd nach beiden Seiten über einander hinausgeführt wird, womit eine vollständige Verschmelzung beider zu einem neuen Molecul zu Stande gekommen ist. Zwischen diesen beiden Grenzen kann es alle möglichen Zwischengrade der Verschmelzung und hiermit des organischen Verbandes geben. Jedenfalls aber muss bei wachsender Annäherung das Wachsthum der Verschmelzung von den äusseren nach den inneren Theilchen fortschreiten, weil natürlich die am Umfange jedes Moleculs sich bewegenden Theilchen eher und leichter der Anziehung des andern Moleculs folgen können, als die um die Mitte sich bewegenden. Denkt man sich die Theilchen in einem Momente ihrer Bewegung festgehalten und das System beider Molecule hiermit erstarrt, so nimmt die partielle Verschmelzung beider die Gestalt zweier gesonderten dichteren Kerne innerhalb eines sie gemeinsam umschliessenden und eine Zwischenverbindung zwischen ihnen vermittelnden losern Parenchyms an, das sich bei wachsender Verschmelzung der Molecule auf Kosten der Kerne immer mehr verdickt. In Wirklichkeit aber muss man sich sowohl die Kerne als das Parenchym aus bewegten Theilchen bestehend denken, so lange überhaupt der organische Zustand voll besteht. So wie nun zwei Molecule für sich gesonderte Kerne im angegebenen Sinne haben können, indess sie vom Umfange herein verschmolzen sind, kann dies auch bei ganzen Reihen von Moleculen stattfinden, und durch das nur nicht erstarrt sondern lebendig gedachte Parenchym eine Continuität organischer Bewegung zwischen ihnen längs der ganzen Reihe vermittelt werden.

Weiter aber, wie wir uns stufenweise vor sich gehende Verschmelzungen organischer Molecule denken können, so, nur in umgekehrter Richtung, stufenweise Theilungen derselben, so dass der Theilungsprocess eben so beim Kerne beginnt, wie er beim Verschmelzungsprocesse damit schliesst. Ganze Reihen partiell verschmolzener Molecule aber lassen sich selbst erst dadurch entstanden denken, dass die ohne Aufgeben einer organischen Verbindung getheilten, nachdem sie sich durch Ernährung vergrössert haben, sich abermals theilen u. s. f. Und unstreitig lässt sich alle Entwickelung der Organismen fundamental auf eine solche fortgehende Theilung der organischen Molecule zurückführen. Nur kann bemerktermassen fraglich sein, ob selbst die einfachsten Zellen mit Zellenkern als einfache Molecule und nicht vielmehr schon als Verbände, in welchen die Molecule nach der Mitte zu dichter als nach dem Umfange zu gelagert sind, anzusehen. Auch lässt sich, wenn schon nicht beweisen, doch sehr wohl verstehen, wie ein solcher Verband, in dem alle Molecule durch ein gemeinsames, nach dem Innern des Verbandes an Dichte wachsendes Parenchym verbunden sind, bei fortschreitender Ernährung eben so gut Anlass haben kann, sich im Ganzen, vom dichteren Kern anfangend, zu theilen, als dies von den einfachen Moleculen selbst gilt.

Nun aber können auch unorganische Molecule mit organischen, und ganze unorganische Verbände mit organischen

Verbänden in Verband treten, und zwar auf doppelte Weise: entweder so, dass sie nach dem Princip des unorganischen Verbandes blos an einander fest adhäriren, wie die Auster und Schnecke an der fertigen Schale, d. h. dass die beiderseitigen Molecule wohl Wärmeschwingungen gegen einander machen können, ohne dass aber Theilchen zwischen beiden übergehen und das Vorzeichen ihrer Lage gegen einander tauschen, oder so, dass letzteres eintritt, was wir kurz Stoffverkehr zwischen beiden nennen. Dadurch können entweder einseitig Bestandtheile der unorganischen Molecule, wenn nicht ganze unorganische Molecule in die organischen aufgenommen werden und in die verwickelten inneren Bewegungen derselben mit eingehen, indem zugleich die organischen Molecule sich dadurch nähren und unter Voraussetzung, dass sie nichts wieder abgeben, wachsen; oder es können umgekehrt Bestandtheile der organischen Molecule sich ausscheiden und mit den unorganischen Moleculen nach dem Princip des unorganischen Verbandes verbinden, oder selbst ganze organische Molecule sich in unorganische umsetzen und mit den benachbarten unorganischen unorganisch verbinden, womit vielmehr die unorganischen Massen, so fern sie nichts gegentheils abgeben, wachsen. Solchergestalt wachsen nicht nur die Knochen und Schalen der Thiere, sondern in solcher Weise kommen auch Secretionen von Flüssigkeiten in den Organismen zu Stande. Oder endlich drittens, organische Molecule nehmen Bestandtheile von unorganischen auf, ziehen sie in ihren Process hinein und geben andererseits Bestandtheile an die festen oder flüssigen unorganischen Massen ab, mit denen sie in Berührung sind, und es kann sein, dass, wenn ein organischer Verband an verschiedenen Seiten mit verschiedenen unorganischen Massen in Beziehung steht, er von einer Seite Bestandtheile aufnimmt, die er von der anderen wieder ausscheidet.

Bei all' dem besteht zwischen organischen und unorganischen Zuständen nach Erfahrung und Begriff keine feste Grenze, und der Unterschied muss nur als relativer gemacht werden, sofern nach Massgabe, als die Zustände sich der einen oder andern Bestimmungsweise des Begriffes nähern, auch die damit in Beziehung stehenden Folgerungen sich dem einen oder andern Falle nähern. Zellen, Häute, Zellenkerne und Knochentheile, die dem inneren Stoffwechsel noch nicht ganz entzogen sind, mögen sich als Verbindungen von Theilchen betrachten lassen, welche die Ordnung, in der sie gegen einander gereiht sind, nur sehr langsam wechseln und insofern annähernd unter den Begriff unorganischer Theile treten, ohne ihm doch vollständig zu entsprechen, was man im Auge behalten mag, wenn wir dergleichen Theile Kürze halber schlechthin als unorganische Theile von Organismen, und solche insofern als Mischsysteme organischer und unorganischer Theile bezeichnen; indess fraglich ist, ob in Organismen überhaupt vollkommen unorganische Theile in unserm Sinne bestehen. Hiernach besteht auch zwischen den beiden Arten des Verbandes, welchen organische Molecule mit unorganischen Moleculen eingehen können, keine feste Grenze.

Jedenfalls alle höheren Organismen, und fraglich, ob nicht selbst die niedersten, sind als Mischsysteme zwischen organischen und unorganischen Theilen wenn nicht unter strenger, so doch approximativer Anwendung des letzteren Begriffes zu betrachten. Wie sich nun aber auch beide in einem solchen Mischsysteme combiniren mögen, so besteht wahrscheinlich für einen Zusammenhang der Lebenserscheinungen in jedem pflanzlichen, thierischen und pflanzenthierischen Organismus die Bedingung, dass der organische Verband organischer Molecule ein continuirlicher sei. Soll diese Continuität nicht durch eingeschobene feste Knochentheile aufgehoben werden, so darf derselbe nur nach gewissen Richtungen dadurch unterbrochen werden, indess er noch nach andern Richtungen fortbesteht: und sollen Zellen nicht aus dem organischen Verbande herausfallen, so müssen ihre Wände noch durchgängig genug für den Stoffverkehr sein.

Unstreitig lassen sich auch Systeme denken, in welchen unorganische Molecule, deren Theilchen also nur um relativ feste Gleichgewichtslagen gegen einander schwingen, sich in Bewegungen zu einander befinden, wie wir sie in den Theilchen der organischen Molecule suchen, kurz in organischen Bewegungen; und es ist möglich, dass wirklich in den Ernährungsvorgängen der Organismen ganze unorganische Molecule, ohne das unorganische Verhältniss ihrer Theilchen zu einander aufzugeben, in den verwickelten Bewegungsprocess der organischen Molecule mit hineingezogen werden, was in den, von den organischen Bewegungen in den Moleculen abhängigen Lebenserscheinungen der ganzen Organismen keinen wesentlichen Unterschied begründen kann. Hingegen vermag man, so weit sichere Erfahrungen reichen, durch blosse Wechselwirkung von unorganischen Moleculen oder unorganischen Verbänden, wie man auch Lösungen, Diffusionen, chemische Wirkungen variiren und combiniren möge, zu keinen Zuständen zu gelangen, welche von dem Charakter der Lebenserscheinungen begleitet wären; und es wird weiterhin zu zeigen sein, dass wir auch nicht nöthig haben, die Entstehung organischer Zustände aus Zuständen, welche dem Begriffe des Unorganischen entsprechen, anzunehmen. (Abschn. V.)

In Wirklichkeit wirken in jedem organischen wie unorganischen Molecul oder System wie Mischsystem innere und äussere Kräfte mit der Beharrung dahin zusammen, den jeweiligen Ruhe- oder Bewegungszustand der Theilchen zu bedingen; doch können wir das, was als Erfolg der äusseren und was als Erfolg der inneren Ursachen, d. i. Kräfte in Zusammensetzung mit der nie fehlenden Beharrung anzusehen ist, durch Abstraction bis zu gewissen Grenzen trennen und jedenfalls innere Aenderungen nicht blos als Erfolg äusserer Ursachen oder Kräfte ansehen, die bei gleichbleibenden äusseren Umständen vor sich gehen oder ganz ausser Proportion mit deren Aenderungen stehen, oder, statt sich vom Aeussern nach dem Innern fortzupflanzen, wie dies bei äusseren Einwirkungen, die nicht durch merkliche Fernkräfte geschehen, der Fall sein muss, eine ganze Masse von merklicher Grösse, Inneres und Aeusseres, auf einmal in Zusammenhang ergreifen, oder sich gar vom Innern auf das Aeussere fortpflanzen: was nicht ausschliesst, dass diese Zustände sich doch auch durch Aenderung der äusseren Umstände mit ändern, durch äussere Anregungen ausgelöst sein können und bei andern äusseren Umständen anders ausgefallen sein würden.

Bezeichnen wir nun in Kürze die Abhängigkeit von inneren Kräften als Spontaneität, die Abhängigkeit von äusseren als Receptivität, eine Begriffsbestimmung, die, obwohl sie für uns hier wesentlich nur den Zweck abkürzender Bezeichnung factischer Verhältnisse hat, doch auch ganz wohl in die hergebrachte Auffassung dieser Begriffe hineintritt, nur dass sie sich hier auf das materielle Gebiet bezogen finden, indess man gewöhnlich vorzugsweise oder doch mit das geistige Gebiet dabei vor Augen hat. Es ist aber mit Vorigem nichts weniger als ausgeschlossen, dass an der physischen Spontaneität eine psychische hängt, welche, wenn sie die psychophysische Schwelle übersteigt, was nicht überall nothwendig ist, als Triebkraft zur Aenderung eines Zustandes gespürt wird, und mit der physischen der gleichen Gesetzlichkeit unterliegt, worauf aber einzugehen nur für die Psychophysik ein Interesse haben kann.

Insoweit wir uns auf der physischen Seite halten, werden wir nach Vorigem sagen können, dass unorganische Molecule nur den Ort, organische auch die Ordnung ihrer Theilchen spontan ändern können.

II.

Gründe für die vorige Auffassung.

Die Gründe für vorige Auffassung des unorganischen und organischen Zustandes liegen in Folgendem:

Den Zustand der unorganischen Körper anders aufzufassen, liegt jedenfalls in den Thatsachen kein Grund vor; vielmehr treten die Thatsachen der Krystallisation und Elasticität ganz in die vorige Vorstellung hinein, und es ist um so weniger nöthig, ausführlich darüber zu sein, als man den unorganischen Zustand von jeher nicht anders aufgefasst hat, ohne sich aber dabei je zum klaren Bewusstsein gebracht zu haben, dass der organische sich unmöglich eben so auffassen lässt.

Durch die Wirkung äusserer Druck- und Zugkräfte kann allerdings die Ordnung der Molecule in unorganischen Körpern sehr gegen einander verschoben werden, und es ist denkbar, dass nur in minderm Grade auch die Ordnung der Theilchen der Molecule selbst dadurch verschoben werden kann; nur widerspricht dies nicht der Charakteristik des unorganischen Zustandes, da von ihm blos die Unmöglichkeit einer solchen Verschiebung durch innere Kräfte der Molecule ausgesagt ist. Auch kehren beim Nachlass solcher Kräfte die Theilchen alsbald durch Schwingungen von abnehmender Amplitude entweder in die alte Ordnung gegen einander zurück, oder nehmen eine neue an, in der sie ohne Zutritt neuer äusserer Kräfte verharren; ersteres, wenn die Elasticitätsgrenze durch Zug oder Druck nicht überschritten war, letzteres, wenn es der Fall war.

Auf die Auflösungs-, Diffusions- und chemischen Vorgänge zwischen unorganischen Massen, welche zu Ordnungsverschiebungen nach bestimmter Richtung Anlass geben können, komme ich nach dem, was oben darüber gesagt ist, nicht zurück.

Was den organischen Zustand anlangt, so erscheint es aus mechanischem Gesichtspunkte überhaupt leichter, sich die Entstehung von Bewegungen mit Aenderung der Ordnung der Theilchen, als von Schwingungen um relativ feste Gleichgewichtslagen mit Einhaltung einer festen Ordnung vorzustellen; ja unter dem blossen Einflusse von Kräften, welche sei es das Gravitationsgesetz oder irgend ein andre Anziehungs- oder Abstossungsgesetz befolgen, ohne das Vor zeichen der Richtung mit der Entfernung der Theilchen zu wechseln, würde an die Möglichkeit von Bewegungszuständen letzter Art, so weit ich es übersehe, nicht zu denken sein. Wenn nun aber doch die Erscheinungen dafür sprechen, dass dergleichen Platz finden können, mithin irgendwelche Kräfte dazu vorhanden sein müssen, so beweisen sie von der andern Seite, dass nicht alle materiellen Kräfte der Art sind, indem sonst die continuirlichen Bewegungen der Planeten nicht zu Stande kommen könnten. Muss aber einmal zugestanden werden, dass es sowohl Kräfte giebt, welche das eine, als welche das andere gestatten, so kann es auch unter den Molecular-Kräften solche geben, welche sowohl das eine als das andere gestatten*); und dass dem wirklich so sei, wird direct dadurch bewiesen, dass sich die charakteristischen Erscheinungen, wodurch sich die organischen von unorganischen Systemen unterscheiden, dadurch und in keiner andern Weise erklären lassen.

Wenn das einfachste organische Wesen, was wir kennen, ein structurloses mikroskopisches oder höchstens stecknadelkopfgrosses protoplasmatisches Schleimkügelchen, ein sog. Moner, oder ein ähnlich constituirtes weisses Blutkügelchen oder eine als einfache nackte Zelle mit Zellenkern sich darstellende Amöbe alle mannichfachen Gestaltänderungen, welche eine Kautschoukmasse unter Verschiebung der Ordnung der Theilchen durch äusseren Druck, Zug anzunehmen vermag, spontan annehmen kann, so liegt in den Verhältnissen des unorganischen Zustandes kein Erklärungsgrund dafür; hingegen lässt sich das Zustandekommen solcher spontanen Gestaltänderungen unter unsern Voraussetzungen über den organischen Zustand sehr wohl repräsentiren, sei es, dass wir diese Geschöpfchen als einfachste organische Molecule oder schon als organische Systeme solcher Molecule oder selbst als Mischsysteme im angegebenen Sinne ansehen.

---

*) Näheres hierüber s. im Zusatz am Schlusse dieses Abschnittes.

In der That unter erster Voraussetzung können die Theilchen des Molecüls im Laufe der ihre Ordnung ändernden Bewegung bald vielmehr innerhalb eines kugelförmigen, bald innerhalb eines langgestreckten cylinderförmigen Raumes versammelt bleiben, und dazwischen, so lange keine beschränkenden Bedingungen einer allseits freien Bewegung vorliegen, die verschiedensten Gestalten repräsentiren, wobei wir die Gestalt immer durch Flächen, welche durch die äussersten Theilchen gelegt werden, bestimmt denken. Damit ist nicht gesagt, dass alle diese mit dem organischen Zustand aus allgemeinem Gesichtspunkte verträglichen Gestaltänderungen bei jedem Moner auch wirklich eintreten werden, es vollzieht ja nicht wirklich alle möglichen, es vollzieht eben nur die, welche aus den eben bestehenden Bewegungen der Theilchen unter Mitwirkung veränderlicher äusserer Anregungen entstehen können; wobei nichts hindert, die materiellen Antriebe, insoweit sie wirklich spontan sind, von empfundenen spontanen Antrieben begleitet, ja diese als innere Erscheinung wesentlich daran geknüpft zu denken, insofern die psychophysische Schwelle dabei überstiegen wird *). Wir werden selbst nach einem später zu be-

---

*) Nach der Darlegung in meinen »Elementen der Psychophysik« bedarf jeder materielle Process, welcher seiner Natur oder Form nach geeignet ist, Empfindung oder überhaupt ein Bewusstseinsphänomen mitzuführen, doch eines gewissen Grades der Lebhaftigkeit oder Stärke (lebendigen Kraft), welchen ich die Schwelle nenne, damit das Phänomen wirklich ins Bewusstsein trete; so lange die Schwelle nicht überstiegen ist, bleibt das Phänomen »unbewusst« und könnte man es so ansehen, als ob der materielle Process allein vorhanden wäre, wenn nicht die Bewegungen unter der Schwelle psychophysisch eben so gebraucht würden, das in der Psychologie eine so grosse Rolle spielende Gebiet des Unbewussten, als die Bewegungen über der Schwelle das des Bewussten zu repräsentiren. Meine Ansichten in diesen Hinsichten weichen wesentlich von den Hartmannschen ab, was aber nicht nöthig ist, hier auszuführen, indem es hier nur galt, den in der Folge noch einigemal wiederkehrenden Begriff der Schwelle, so wie ich ihn verstehe, zu erläutern. Um ein kurzes Bild zu brauchen: wie Eisen erst, wenn es über einen gewissen Grad erhitzt ist, sichtbar glühend

sprechenden allgemeinen Princip zuzugeben haben, dass ohne veränderliche äussere Anregungen der Bewegungszustand der Theilchen und hiermit die Gestaltänderung des ganzen Molecule einem mehr oder weniger stabilen Zustande der Periodicität zustreben und schliesslich in einem solchen endigen würde, ohne damit zuzugeben, dass dieser Zustand in Schwingungen der Theilchen um relativ feste Gleichgewichtslagen bestehen würde, welchen die Theilchen in unorganischen Moleculen spontan zustreben.

Nun fragt sich noch, ob selbst die einfachsten Organismen, die wir kennen, wirklich so gleichförmig constituirte Massen sind, als sie unter dem Mikroskope erscheinen; aber sehen wir sie, statt für einfache organische Molecule, für Systeme von solchen in organischem Verbande derselben an, so ändert sich die vorige Auffassung nicht wesentlich. Denn nach der Vorstellung, die wir uns von einem organischen Verbande organischer Molecule machten, muss ein solcher alle Gestaltänderungen, die ein elastisches Gewebe mit eingeschlossenen festen Kugeln durch äussere Druck- und Zugkräfte receptiv annehmen kann, spontan annehmen können; indem die festen Kugeln hier durch die Kerne der Molecule vertreten werden, deren Theilchen nicht wechselseitig zwischen den Moleculen übergreifen.

Aber auch selbst als Mischsystem könnten wir das Moner betrachten, indem wir es etwa mit unorganischer Flüssigkeit durchtränkt, oder es mit einem unsichtbaren, nur aber als biegsam vorzustellenden, unorganischen Netze durchzogen dächten; dann würde der Spontaneität der organischen Bewegungen kein anderes Hinderniss dadurch erwachsen, als dass dadurch unorganische Massen von den organischen, an denen sie adhäriren, mit fortgezogen werden müssen.

Nicht minder werden Zellen mit Zellhaut ihre Gestalt noch in freiester Weise spontan ändern können, so lange

---

wird, bricht Bewusstsein erst hervor, wenn der Process, an den es sich zu knüpfen vermag, einen gewissen Grad der Stärke übersteigt.

nur die Festigkeit der Zellhaut nicht in Starrheit übergegangen ist. Ist dies der Fall, so hört freilich diese Möglichkeit der Gestaltänderung auf, was aber nicht ausschliesst, dass der Zellinhalt sich fortgehens in organischer Bewegung befinde, und diese Bewegung sich selbst durch Interstizien der Zellhaut fortsetze, wie unstreitig in den Pflanzen geschieht.

Sind einmal spontane Gestaltänderungen so einfacher Wesen, als wir in Betracht zogen, vermöge der organischen Constitution derselben möglich, so sind natürlich unter dem Miteinflusse äusserer Widerstände auch spontane Locomotionen derselben möglich, ohne dass es der Zuziehung eines neuen Princips dazu bedarf.

Nach denselben Principien lassen sich die spontanen Gestaltänderungen und Locomotionen der zusammengesetztesten Organismen erklären: nur dass hier wegen Einschiebung grösserer starrer Massen oder Anheftung der organischen Theile an solche die Gestaltänderungen und davon abhängigen Weisen der Locomotion Beschränkungen erleiden und in bestimmte Formen gebannt sein können, wie es bei jenen einfachsten Wesen nicht eben so der Fall ist.

Man hat gefunden, dass Räderthierchen und andere kleine Organismen durch Eintrocknen in einen scheinbar todten unorganischen Zustand gebracht, durch Befeuchtung aber wieder zum Leben erweckt werden können, wofern nur die Temperatur beim Eintrocknen nicht bis zur Gerinnung des Eiweisses erhöht war. Es würde unstreitig schwer sein, sich vorzustellen, mag auch die Möglichkeit davon nicht im Allgemeinen geleugnet werden, wie durch Zufügung von unorganischem Wasser zu einem unorganischen Verbande unorganischer Molecule neue Lebensbewegungen sollten erwachen können, nicht minder worin sich der bleibend todte Zustand der trocknen Thierchen nach der Gerinnung des Eiweisses von dem, der noch eine Wiedererweckung gestattet, unterscheidet. Beides im Zusammenhange aber repräsentirt sich, wenn wir in den der Wiederbelebung fähigen trocknen Thierchen die organischen Bewegungen noch in den organischen Moleculen fortgehend, aber zwischen denselben aufgehoben halten, so dass das ganze Thierchen in starrem Zustande erscheint; sei es, dass ein das Thierchen durchsetzendes Gerüst oder eine dasselbe umgebende Haut erstarrt oder die organischen Molecule selbst in festen unorganischen Verband treten, indess in den der Wiederbelebung nicht mehr fähigen Thierchen auch die organischen Bewegungen in den Moleculen selbst aufgehoben sind oder vielmehr sich in blosse Wärmeschwingungen verwandelt haben. Jedenfalls, wenn vor dem Austrocknen der Thierchen organische Bewegungen in den Moleculen bestanden, liegt eben so wenig ein klarer Grund vor, wesshalb sie durch Entziehung des dazwischen interponirten unorganischen Wassers sollten ihre Form in die von Wärmeschwingungen ändern müssen, als ein Grund, welcher erklärte, dass, wenn die Wandlung doch erfolgt ist, durch blosse Zufügung von Wasser sich die unorganische Bewegung in organische rückverwandeln könne; daher mir in der That am wahrscheinlichsten scheint, dass, so lange die Wiederbelebung durch Zufügung von Wasser noch möglich ist, die organischen Bewegungen in den organischen Moleculen der trocknen Thierchen noch fortbestehen.

Unter gleichem Gesichtspunkt als die getrockneten Räderthierchen werden sich die Jahrtausende lang in trocknem Zustande verbliebenen Getreidekörner aus den Pyramiden betrachten lassen, welche nur der Befeuchtung bedürfen, um zu keimen; und der Unterschied derselben von andern nicht mehr keimfähigen Samen sich ebenfalls darin suchen lassen, dass in jenen, aber nicht in diesen die organischen Bewegungen innerhalb der organischen Molecule noch fortbestehen. Nun kann man es vielleicht für den ersten Anblick schwer denkbar finden, dass solche Bewegungen so lange Zeit fortbestehen sollten; aber warum schwerer in dieser Form als in der Form von Wärmeschwingungen, welche in Körpern, die nicht absolut kalt sind, nie aufhören.

Endlich wird man hieher auch den Fall ziehen können, dass gefrorene Infusorien und selbst Frösche nach vorsichtigem Wiederaufthauen zu neuem Leben erwachen können, wie wenigstens neuerdings wieder entschieden behauptet wird, indess bei den meisten Organismen das Erfrieren dauernden Tod bedingt. So wenig nämlich durch Entfernen des zwischen den organischen Moleculen interponirten Wassers die organischen Bewegungen innerhalb dieser Molecule nothwendig die Form in die der unorganischen Wärmeschwingungen ändern, braucht dies durch eine Temperaturerniedrigung zu geschehen, bei der das interponirte Wasser gefriert und dadurch das Ganze des Organismus zum Erstarren bringt: es könnte sich vielmehr damit blos die Amplitude der organischen wie unorganischen Bewegungen mindern, und nach Wiederaufthauen das alte Lebensspiel beginnen. Indess ist der Uebergang organischer in unorganische Zustände überhaupt so leicht, dass unter den meisten Bedingungen, unter welchen das Gefrieren erfolgt, auch dieser Uebergang erfolgen kann, wonach dann kein Wiedererwachen möglich ist.

Natürlich sind das nur hypothetische Vorstellungsweisen, an deren Möglichkeit es mir aber doch nützlich scheint zu erinnern, weil man geneigt ist, den Phänomenen der Wiederbelebung ausgetrockneter und gefrorener Organismen eine fundamentale Wichtigkeit bei Aufsuchung des Grundes der Lebenserscheinungen beizulegen, die sie in der That haben würden, wenn die molecularen Zustände, um die sich's dabei handelt, vielmehr Sache der Beobachtung als der Hypothese wären.

Die Bewegungen von Flüssigkeiten in den Organismen können allerdings zum Theil recht wohl nach dem Principe der Diffusion (Endosmose, Exosmose) und Anziehungsbewegung zwischen den Theilchen chemisch differenter Flüssigkeiten, wie solche auch zwischen unorganischen Massen statt finden, erklärt werden; kämen aber solche Bewegungen blos nach diesem Principe zu Stande, so müsste auch als Enderfolg danach eine Ausgleichung in dem S. 6 angegebenen Sinne erwartet werden, welche nicht eintritt, so lange das Leben fortbesteht; wogegen es sehr wohl denkbar ist, dass in Systemen, worin die Theilchen ihre gegenseitige Lage nicht blos in einem Sinne tauschen können, eine solche Ausgleichung nicht zu Stande kommt. Ausserdem hängen die Bewegungen von Flüssigkeiten in organischen Canälen im Allgemeinen von rhythmischen Muskelcontractionen ab, welche von spontaner organischer Nerventhätigkeit ausgelöst werden.

Dass manche chemische Producte organischer Thätigkeit auch ausser den Organismen in Laboratorien erzeugt werden können, ist zuzugestehen; und man kann nicht voraussagen, was in dieser Beziehung überhaupt noch wird möglich werden können; jedenfalls muss man das Spiel der chemischen Verwandtschaften durch den Lebensprocess als abgeändert ansehen; und es lässt sich wenigstens im Allgemeinen als möglich denken, dass der eigenthümliche Bewegungsprocess in den organischen Moleculen hierauf Einfluss hat; und dies wird dadurch bestätigt, dass, sowie die Lebenserscheinungen, die wir Anlass haben von der organischen Bewegung in unserm Sinne abhängig zu machen, aufhören, alsbald eine durch die eintretende Fäulniss sich kundgebende Zersetzung erfolgt.

Das Alles zusammennehmend, kann ich die aufgestellte Ansicht von der organischen Grundconstitution kaum blos für eine Hypothese gelten lassen, halte sie vielmehr durch die Unmöglichkeit, die Lebenserscheinungen der Organismen anders als auf ihrem Grunde zu erklären, wesentlich gefodert. Dazu kommt noch, dass sie uns einen Angriffspunkt bieten wird, die erste Entstehung der Organismen in einer Urzeit der Erde denkbar erscheinen zu lassen, ohne unsere Zuflucht zur generatio aequivoca nehmen zu müssen.

Man hat zwar wohl gemeint, in einer besonders verwickelten chemischen Zusammensetzung und einem dadurch bedingten festweichen Aggregatzustande den Grund der eigenthümlichen Lebensphänomene in den Organismen zu finden; und in der That kann die Verschiedenheit der organischen Constitution von der unorganischen durch eine complexe chemische Zusammensetzung begünstigt sein, ist aber doch nicht nothwendig dadurch gegeben; denn ein Ei kann durch Kochen ohne Veränderung seiner complexen chemischen Constitution aus dem organischen in unorganischen Zustand übergeben, sofern wir diesen durch den Mangel der Lebenserscheinungen oder Entwickelungsfähigkeit, welche der organische Zustand darbietet, charakterisirt halten. Indessen bleibt dabei zweifelhaft und lässt sich durch Erfahrung nicht entscheiden, ob hiebei blos der organische Verband oder auch die innere organische Constitution der Molecule zerstört wird, indem schon früher (S. 9) darauf hingewiesen ist, dass auch ein unorganischer Verband organischer Molecule denkbar ist. Und so bleibt allerdings auch denkbar, eben so, dass eine gewisse chemische Constitution wesentlich für den organischen Zustand der Molecule ist, als dass mit einer solchen dieser Zustand wesentlich gegeben ist. Sollte aber dem so sein, was ich ganz dahinstelle, so könnte es doch nur in sofern sein, als nur mit einer solchen und keiner andern chemischen Constitution der Molecule Bewegungen ihrer Theilchen von der geschilderten Art verträglich sein würden, und dasselbe gilt von dem festweichen Zustande organischer Massen. Wirklich giebt es festweiche unorganische Zustände genug, in denen von keiner Lebenserscheinung die Rede ist. Das Fundamentale bleibt also der Bewegungszustand, nicht die chemische Constitution oder der Aggregatzustand.

Unorganische Molecule können sich selbst bei gleicher chemischer Zusammensetzung noch durch Abweichungen in der Anordnung und Distanz der Theilchen unterscheiden und hiernach durch unorganischen Verband Massen von sehr verschiedenen chemischen und physikalischen Eigenschaften bilden. Nun ist es im Grunde nur ein Umstand mehr, wodurch sich Molecule unterscheiden können, wenn sich solche auch durch den Bewegungszustand der Theilchen unterscheiden können. Aber nicht nur organische von unorganischen Moleculen, auch organische unter einander werden sich dadurch unterscheiden können, indem gegenüber den verhältnissmässig einfachen, wenig Variation gestattenden Schwingungszuständen der Theilchen in den unorganischen Moleculen, welche sich auf nur mehr oder weniger gestörte geradlinige und elliptische reduciren mögen, die mannichfachsten Arten verwickelter Bewegung in den organischen Moleculen denkbar sind; und es scheint sogar für den ersten Anblick, dass sich die Entwickelung verschiedenartiger Geschöpfe aus Keimen, die allem Anschein nach chemisch gleichgeartet und von gleichgearteter Eiweisssubstanz umgeben sind, unter denselben äusseren Temperaturbedingungen gar nicht anders als mit Rücksicht auf solche Verschiedenheiten erklären lässt; wogegen man zur Erklärung nur anzunehmen braucht, dass in jedem Ei, aus dem sich ein anderes Geschöpf zu entwickeln vermag, ein Molecul oder eine Verbindung von Moleculen mit charakteristisch verschiedenen inneren Bewegungszuständen den Kernkeim bildet; auch ist nicht unmöglich, dass etwas der Art statt findet. Für wahrscheinlicher jedoch halte ich, dass die schon oben berührte, alsbald weiter zu besprechende Tendenz zu stabilen Bewegungszuständen alle organischen Molecule von gleicher chemischer Zusammensetzung auf einen ähnlichen, nur durch äussere Einwirkungen störbaren, Zustand innerer Kreislaufsbewegungen zurückführt, und jene verschiedene Entwickelbarkeit scheinbar gleichgearteter Keime vielmehr auf einer verschiedenen Verbandweise der organischen Molecule, sofern solche nach entsprechenden Richtungen in verschiedenem Grade verschmolzen sein können, oder darauf beruht, dass die organischen Molecule mit unorganischen in verschiedener Weise combinirt sind; wobei die Unmöglichkeit, innere Unterschiede der Art, auch selbst mikroskopisch, wahrzunehmen, an der Kleinheit oder gleichförmigen Durchsichtigkeit der zu unterscheidenden Theile hängen kann. Nothwendig nämlich werden mit Verschiedenheiten der einen oder andern Art verschiedene Ernährungs- und Theilungsverhältnisse der Molecule zusammenhängen, aus denen eine verschiedene Entwickelung der Keime resultiren muss. In der That brauchen wir nur die Fortentwickelungsweise eines geborenen Geschöpfes von seiner Geburt an rückwärts bis zur ersten Keimanlage zu verfolgen, so kommen wir auf derartige Vorstellungen, die jedenfalls vor der bisher gehegten, dass die Keime ihre verschiedene Entwickelbarkeit einer verborgenen Verschiedenheit chemischer Constitution verdanken, den Vorzug verdienen dürften.

Was bei unserer wie bei jeder andern Ansicht über die Entwickelungsweise der Organismen zu erklären übrig bleibt, ist die Thatsache, dass die Keime, welche das ausgebildete Geschöpf absondert, mittels Durchschreitens durch eine Reihe von Metamorphosen die organische Form und Einrichtung des Mutterkörpers, wenn auch mit grösseren oder geringeren Abänderungen, zu reproduciren vermögen. Gestehen wir, dass wir den mechanischen Hergang dabei nicht verfolgen können, wohl aber giebt es ein sehr allgemeines Princip, welches ein sehr allgemeines Licht nicht nur auf das Zustandekommen dieses Erfolges, sondern auch die Entwickelungsweise des ganzen organischen Reiches ja der ganzen Welt wirft, ein Princip, was ich nach der Weise, wie es hier aufgestellt werden wird, bis zu gewissen Grenzen als aprioristisches, darüber hinaus als empirisches, insofern aber die Empirie einen strengen und allgemeinen Beweis nicht zu liefern vermag, als ein zur allgemeinen Verknüpfung der Thatsachen des uns beschäftigenden Gebietes wohl geeignetes hypothetisches bezeichne, indess es seiner Natur nach einer allgemeinen mathematischen Begründung und Ausführung zugänglich sein dürfte und eine solche unstreitig noch finden wird. Kurz nenne ich es das Princip der Tendenz zur Stabilität. Hiervon im folgenden Abschnitte.

Zusatz.

Im 25. Cap. meiner Atomenlehre (2. Ausg.) habe ich zu zeigen gesucht, wie man durch eine gewisse Verallgemeinerung zur Annahme von multipeln Kräften (d. i. welche solidarisch durch Wechselwirkung von mehr als zwei Theilchen bestimmt sind) gelangen kann, die mit Aenderung der Ordnungszahl der Kraft (je nachdem man die Wirkung zweier, dreier, vierer u. s. w. Theilchen auf einander in Betracht zieht) das Vorzeichen wechseln und um so rascher mit der Entfernung abnehmen, je höher die Ordnungszahl ist, so dass je nach Aenderung der Entfernung der Theilchen von einander bald anziehende, bald abstossende multiple Kräfte das Uebergewicht gewinnen, bei messbaren Entfernungen aber die Gravitation, der Ordnung nach die niederste, d. i. binäre, allein als anziehende Kraft merklich bleibt. Auch die ternäre Kraft ist nach dem allgemeinen Princip dieser Kräfte noch anziehend und steht bei gleichen Abständen aller drei Theilchen im umgekehrten Verhältniss der 6. Potenz derselben, die quaternäre und quinäre aber sind abstossend u. s. f. Bleibt nun auch das Princip dieser Kräfte bis jetzt noch hypothetisch, so ist doch die Möglichkeit desselben schon seitens exacter Forscher gelegentlich anerkannt, indess eine exacte Bewährung und Verwerthung desselben bis jetzt noch zu grossen Schwierigkeiten unterliegt. Jedenfalls kann durch Berufung darauf die Vorstellbarkeit der hier in Betracht kommenden Verhältnisse erleichtert werden.

Kurz gesagt kommt das Princip dieser Kräfte darauf zurück, dass die multiple Kraft jeder gegebenen Ordnung umgekehrt proportional ist dem Producte der Abstände sämmtlicher zu dieser Ordnung gehörigen Theilchen von einander, d. h. eines jeden von jedem anderen, so aber, dass jeder Abstand doppelt, einmal mit positivem, zweitens mit negativem Vorzeichen, also als negatives Quadrat, in das Product eingeht, weil er nach der einen wie entgegengesetzten Richtung genommen werden kann, und dass die Kraft anziehend (in Bezug zum Schwerpunkt der multipeln Combination) ist, wenn das Vorzeichen des ganzen Productes negativ ist, abstossend, wenn es positiv ist, wovon Ersteres bei ungerader, Letzteres bei gerader Zahl der negativen Abstandsquadrate, die das Product bilden, der Fall ist. Bei der binären Kraft der Gravitation reducirt sich das Product blos auf ein negatives Abstandsquadrat, bei der ternären setzt es sich aus 3 solchen zusammen, bei der quaternären Kraft gehen 6, bei der quinären 10 negative Quadrate in das Product ein; also sind die binäre und ternäre Kraft anziehend, die quaternäre und quinäre abstossend u. s. f.

Lässt man das Vorhandensein dieser Kräfte zu, so wird man sich folgende Vorstellung machen können. Im ersten sehr ausgedehnten Zustande der Erde waren die Theilchen derselben noch so weit entfernt, dass blos die binäre Kraft der Gravitation zwischen ihnen merklich war, unter dem Einfluss derselben aber, nach den im 5. Abschnitt anzustellenden Betrachtungen, schon Bewegungen entstanden, welche unserem Begriffe organischer Bewegungen entsprechen: daher ich diesen Zustand kosmorganisch nenne. Allmälig aber zog sich die Masse so weit zusammen, dass zwischen den dadurch genäherten Theilchen die ternäre Molecularkraft über die binäre Gravitation überwiegend wurde: und unter dem Haupteinflusse dieser ternären Kraft stehen unsere organischen Zustände, welche ich zu näherer Unterscheidung von den kosmorganischen molecularorganische nenne. Die unorganischen Zustände beruhen in der Hauptsache auf Wärmeoscillationen der Theilchen um Gleichgewichtslagen in solchen Entfernungen von einander, in welchen die ternäre anziehende Kraft in die quaternäre abstossende übergeht. In zusammengesetzten Moleculen können für die Elementarcombinationen höherer Ordnung auch wohl Kräfte höherer Ordnung ins Spiel kommen.

Unter Voraussetzung der Richtigkeit dieser Auffassung müssen unorganische Molecule bei gleicher chemischer Zusammensetzung dichter sein als organische, woraus aber nicht folgt, dass ein ganzer Organismus durch den Tod, hiermit Uebergang in unorganischen Zustand, sich verdichten müsse, da die Bestandtheile vielmehr durch Fäulniss oder Erhitzung sich trennen. Wenn dies nicht sofort mit dem Tode geschieht, so kann dies theils davon abhängig gemacht werden, dass die organische Constitution nicht plötzlich in die unorganische übergeht — dauert doch die Reizbarkeit der

Muskeln noch eine Zeitlang nach dem Tode fort —, theils dass die Organismen von einem mehr oder weniger unorganischen Gerüste aus Häuten, Sehnen, Knochen u. s. w. durchzogen sind, welche ihre Verhältnisse im Tode bewahren.

Ich habe die Hypothese der multipeln Kräfte in voriger Auffassung hier zusatzweise angeführt, weil sie sich den in dieser Schrift zu entwickelnden Ideen gut zu fügen und für die Vorstellung der dabei ins Spiel kommenden Kraftverhältnisse einen Anhalt zu bieten scheint; bin jedoch weit entfernt, hier Gewicht darauf zu legen, weil es doch bis jetzt nur eine, nicht erweisliche, wenn auch sonst manche Vortheile darbietende, Hypothese bleibt und über die Natur der molecularen Kräfte überhaupt verschiedene Ansichten möglich und schon aufgestellt sind. Auch ist bei der Allgemeinheit, in der sich die Betrachtungen dieser Schrift halten, nicht nöthig, Gewicht auf eine specielle Hypothese darüber zu legen: wenn nur überhaupt zugestanden wird, dass unter dem Einflusse der molecularen Kräfte nicht minder als unter dem Einflusse der Gravitation continuirliche Bewegungen mit Ordnungsänderung der Theilchen zu Stande kommen können; wogegen ich kein principielles Hinderniss finde.

III.

Princip der Tendenz zur Stabilität *).

Der Kürze halber nenne ich in regelmässiger Periode, d. i. aufeinanderfolgenden gleichen Zeitabschnitten, wiederkehrende Lagen- und Bewegungsverhältnisse der Theilchen

---

*) Für gewisse sehr allgemeine Voraussetzungen hat schon Zöllner mittels sinnreicher Betrachtungen ein Princip abgeleitet, was wesentlich in das oben aufgestellte hineintritt und zwar nicht dessen volle Allgemeinheit theilt, daher auch nicht gleich weite Aussichten eröffnet, aber dafür einer schärfern Fassung, Begründung und selbst mathematischen Formulirung geniesst, in welchen Beziehungen ich gern seine Priorität wie seinen Vortheil anerkenne. Hauptsächlich hat Zöllner sein Princip zur Erklärung der Periodicität der Sonnenflecken aufgestellt und angewandt, aber auch auf die viel weitergehende Tragweite desselben nach andern Beziehungen hingewiesen. Vergl. darüber seine Abhandlungen in den Berichten der math.-phys. Cl. der sächs. Soc. d. Wiss. 1870 338, 1871 100 und eine kurze Notiz darüber in seiner Schrift über die Natur der Kometen 371.

eines materiellen Systems oder der Schwerpunkte ganzer Massen (wofür kurz Massen), die man zu einem grösseren System vereinigt denken kann, stable Verhältnisse, worunter der Ruhezustand der Theilchen oder Massen bezüglich einander nur als der Grenzfall inbegriffen ist, wo dieselben Verhältnisse immerfort bestehen, ein Grenzfall, den wir als absolute Stabilität bezeichnen, indess eine Zerstreuung der Theilchen oder Massen ins Unendliche in divergenten Richtungen den andern Grenzfall, den der absoluten Instabilität bildet.

Nicht mehr als absolute, aber doch noch als volle Stabilität werden wir den Fall bezeichnen, wo zwar Bewegungen stattfinden, diese aber in genau gleichen Zeitabschnitten immer zu denselben Verhältnissen der Theilchen oder Massen, nicht nur nach ihrer Lage, sondern auch Geschwindigkeit, Richtung und Aenderung der Geschwindigkeit und Richtung, bezüglich einander zurückführen. Nach Maassgabe der grösseren oder geringeren Annäherung an die absolute Stabilität aber werden sich noch Grade der vollen Stabilität unterscheiden lassen. Diese Annäherung wird nämlich um so grösser sein, je langsamer die Aenderung der Lage der Theilchen oder Massen gegen einander ist und in je kleinern Grenzen sie sich hält, indem man mit Beidem oder auch nur Einem von Beidem blos bis zur Grenze zu gehen braucht, um die absolute Stabilität zu haben.

Zur absoluten und vollen Stabilität tritt als dritter Fall der Fall einer grösseren oder geringeren Annäherung an die volle Stabilität, kurz approximative Stabilität, hinzu. Es kann nämlich sein, dass die Theilchen oder Massen eines Systems nie wieder genau, aber doch annähernd, in gleichen Zeitabschnitten zu den früheren Verhältnissen bezüglich einander zurückkehren, wovon wir ein Beispiel an den Hauptmassen unseres Planetensystems haben, worauf ich unten zurückkomme*).

---

*) Es würde erwünscht, ja wichtig sein, für den Approximationsgrad eines Bewegungszustandes an volle Stabilität ein bestimmtes Maass

Zur Vereinfachung der Betrachtung stabler Bewegungsverhältnisse kann jedenfalls die Bemerkung dienen, dass die Periodicitätsverhältnisse zwar in Bezug auf Lagen-, Geschwindigkeits-, Richtungs-Verhältnisse der Theilchen eines Systems besonders in's Auge gefasst und verfolgt werden können, dass aber in einem isolirten oder unter constanten Aussenverhältnissen befindlichen System jene Verhältnisse so zusammenhängen, dass, wenn die Lagen der Theilchen oder Massen bezüglich einander ganz oder annäherungsweise wiederkehren, auch dieselben Geschwindigkeits- und Richtungsverhältnisse ganz oder annäherungsweise wiederkehren. In Beziehung auf die Geschwindigkeitsverhältnisse ist dies eine directe Folgerung des Princips der Erhaltung der lebendigen Kraft; was die Richtungsverhältnisse anlangt, so wird man unstreitig einen Zusammenhang ihrer Wiederkehr mit den andern Verhältnissen voraussetzen können, obwohl mir nicht erinnerlich ist, dass ein directer allgemeiner Beweis dafür geführt ist.

Mit Rücksicht auf diese Vorbestimmungen denken wir uns eine beliebige Anzahl materieller Theilchen durch Kräfte irgendwelcher Art auf Bewegungen innerhalb eines begrenzten Raumes beschränkt, und das System äusseren Einflüssen entzogen oder unter constanten äusseren Einwirkungen befindlich, ausserdem ungestört durch Eingriffe geistiger Freiheit, oder solche überhaupt nicht möglich; so werden unter Voraussetzung beliebiger Anfangslagen, Geschwindigkeiten, Richtungen der Theilchen des Systems alle folgenden Zustände desselben von diesen Anfangsbedingungen bestimmt sein. Giebt es nun unter diesen Bedingungen solche, die, wenn sie von vornherein da sind oder im Laufe der Bewegung eingetreten sind, eine Wiederkehr derselben Zustände nach einer gegebenen Zeit zur Folge haben, so werden die anfangs

---

angeben zu können, für die allgemeinen Betrachtungen aber, auf die wir uns hier beschränken werden, reicht es hin, nur überhaupt anzuerkennen, dass grössere oder geringere Annäherungen in dieser Beziehung stattfinden können.

irgendwie in Form und Geschwindigkeit sich ändernd gedachten Bewegungen und damit Lagen der Theilchen, wenn sie nicht die Bedingung der periodischen Wiederkehr unmittelbar mitführen, ihre Aenderungen so lange fortsetzen, bis unter allen möglichen Zuständen, die solchergestalt durchlaufen werden können, eben die eingetreten sind, welche die Bedingung der Wiederkehr einschliessen, das System bis dahin so zu sagen keine Ruhe haben. Ist aber die Wiederkehr einmal nach einer gegebenen Zeit erfolgt, so muss sie immer von Neuem nach derselben Zeit eintreten, weil ja eben dieselben Bedingungen wieder dazu da sind. Und da diese Bedingungen maassgebend für den ganzen Verlauf der Bewegung von einer bis zur nächsten Wiederkehr sind, so muss auch der ganze Bewegungsverlauf sich wiederholen, d. h. in jeder gleichen Phase der Periode sich ein gleicher Bewegungszustand vorfinden. Hiemit aber ist volle Stabilität des Systems eingetreten, wonach eine Aenderung, ein Verlassen der einmal erreichten Stabilität selbstverständlich nur noch vermöge Aenderungen der äussern Einwirkungen eintreten kann, unter deren voraussetzlicher Constanz die Stabilität zu Stande kam.

Dieses Princip scheint zunächst ein rein aprioristisches zu sein: doch darf man die dabei gemachte Voraussetzung nicht übersehen, dass unter den Bedingungen der Bewegung überhaupt solche sind, welche zu ihrer eigenen Wiederkehr zurückführen, was nichts weniger als selbstverständlich ist, indess allerdings selbstverständlich bleibt, dass ein System so lange fortfahren muss, sich zu ändern, und nur so lange fortfahren kann, sich zu ändern, bis die Bedingungen der vollen Stabilität erreicht sind, falls sie überhaupt erreichbar ist, und dass eine einmal erreichte volle Stabilität durch die eigene Wirkung des Systems nicht wieder rückgängig gemacht werden kann[*]. Es fragt sich nun, wiefern Rechnung und

---

[*] Vielleicht könnte man den vollen Apriorismus des Princips dadurch zu retten versuchen, dass man sagte: unter allen denkbaren Bewegungsweisen der Theilchen eines Systems finden sich natürlicher-

Erfahrung die Aufstellung eines allgemeineren Princips in dieser Hinsicht gestatten.

Bei einem, äusseren Einflüssen entzogenen System aus blos zwei Theilchen oder Massen, welche durch gegenseitige Anziehung und Nachwirkung eines ursprünglichen ablenkenden Impulses zur Bewegung bezüglich einander bestimmt werden, lehrt die Rechnung unter Ausschluss ins Unendliche gehender Bewegungen, dass der Eintritt voller Stabilität und zwar sofortiger Eintritt ein nothwendiger ist; auch für oscillirende Pendel und Saiten lässt sich aus der Natur der sie bewegenden Kräfte berechnen, dass sie bei Wegfall äusserer Widerstände in einem völlig stablen Bewegungszustande verharren würden, indess sie bei Vorhandensein von solchen einem absolut stablen durch einen approximativ stablen hindurch zuschreiten. Das Vermögen der Rechnung geht bisher nicht über solche verhältnissmässig einfache Fälle hinaus; nicht einmal das Problem der drei Körper, geschweige mehrerer Körper, welche unter dem Einflusse ihrer gegenseitigen Anziehung stehen, ist bis jetzt einer allgemeinen Lösung zugänglich, und auf die Berechnung des Erfolges der organischen Molecularkräfte hat die Rechnung überhaupt bisher noch keinen Angriff gefunden.

Ziehen wir aber die Erfahrung zu, so lässt sich nach allgemeinsten Thatsachen derselben allerdings behaupten, dass bei einem sich selbst überlassenen oder unter constanten Aussenbedingungen befindlichen System im Ausgange

---

weise auch solche, wodurch die Theilchen in frühere Verhältnisse zurückgeführt werden, und da die Bewegungsweise der Theilchen sich ins Unbestimmte fort ändern muss, so lange keine solche Bewegungsweise eingetreten ist, so muss eine solche endlich eintreten, da sie unter den unbestimmbar möglichen Bewegungsweisen Platz hat, also irgend einmal getroffen werden muss. Aber es können recht wohl Bewegungsweisen ins Unbestimmte fort sich ändernd gedacht werden, so dass doch gewisse Bewegungsweisen immer dabei ausgeschlossen bleiben; und fragt sich also noch, ob der Eintritt von solchen auch mit der Natur der Kräfte, wovon die Bewegung abhängt, verträglich ist.

von beliebigen Zuständen, wenn nicht die volle Stabilität, aber eine grössere oder geringere Approximation daran als Endzustand eintritt, von dem an kein Rückschritt der Stabilität durch die inneren Wirkungen des Systems selbst stattfindet; indem nach Maassgabe als veränderliche äussere Einwirkungen zurücktreten, sich die Tendenz zu approximativ stabeln Zuständen oder die wirkliche Erreichung solcher überall geltend macht, so dass der Hypothese, welche die Unmöglichkeit ganz scharfer Feststellungen in dieser Hinsicht zu ergänzen hat, wenig genug überlassen bleibt, um die Aufstellung folgenden Gesetzes oder Principes zu gestatten:

In jedem sich selbst überlassenen oder unter constanten Aussenbedingungen befindlichen System materieller Theile, und mithin auch im materiellen Weltsystem, sofern wir es als ein abgeschlossenes betrachten, findet bei Ausschluss ins Unendliche gehender Bewegungen eine continuirliche Fortschreitung von instablern zu stablern Zuständen bis zu einem voll oder approximativ stabeln Endzustande statt.

Die Bewegungen der Massentheilchen unseres Planetensystems mögen in dem Urzustande desselben höchst unregelmässig gewesen sein. Jetzt haben sie sich in der Hauptsache zu den regelmässig wiederkehrenden Planetenbewegungen ausgeglichen. Doch können vermöge bestehender Incommensurabilitätsverhältnisse der Umlaufszeiten der Planeten niemals alle zugleich wieder in dieselben relativen Stellungen zu einander gelangen, und kehren daher auch niemals genau dieselben Störungsverhältnisse und mithin Bewegungsverhältnisse in der Bahn jedes Planeten insbesondere wieder. Aber eine periodische Wiederkehr angenähert derselben Stellungen je zweier, dreier und selbst aller Planeten zu einander und damit angenäherte Wiederkehr derselben Störungen jeder einzelnen Bahn in kleineren und grösseren Perioden, worein man die ganze Bewegung zerlegen kann, findet doch statt, und nachdem dieser Zustand angenäherter Stabilität erreicht ist, findet kein Rückschritt darin statt, mindestens glaubt jeder Astronom an eine Stabilität der Verhältnisse des Planetensystems in diesem Sinne, insofern die Rechnungen, so weit sie sich bisher treiben liessen, keinen Grund enthalten, daran zu zweifeln *).

Sollte nun freilich unser so gut als isolirtes Planetensystem plötzlich in die Nähe eines andern versetzt werden, in welchem die Stabilität in gleicher Annäherung erreicht war, so würde die Stabilität in beiden sich durch ihre gegenseitigen Störungen eben so plötzlich mindern; indem nun aber durch die eingetretene Wechselwirkung der Massen beider Systeme aus beiden Systemen eins geworden ist, würde sofort in diesem Systeme ein neuer Fortschritt im Sinne wachsender Stabilität bis zu einem neuen Grenzzustande approximativer Stabilität eintreten.

Nicht blos die Massen der Planeten bezüglich zu einander, sondern auch die Theilchen der Masse eines jeden in sich sind von, Anfangs unstreitig sehr unregelmässigen, Bewegungen in der Hauptsache zur Stabilität übergegangen, indem alle Planetenmassen um ihre Axe mit periodisch veränderlicher, hiemit dem Begriffe der Stabilität entsprechender Neigung der Axe gegen ihre Bahnebene rotiren; und wenn unter dem nach Tages- und Jahreszeiten wechselnden Einflusse der Sonne noch sehr instable meteorologische Zustände auf der Erde stattfinden, so würden diese nicht nur bei Wegfall jener wechselnden äusseren Einflüsse bald zur Ruhe kommen, und alle Theile der Oberfläche der Erde sich gleichförmig an der Rotation der Erde betheiligen; sondern es greifen auch durch die Bewegungen, welche wir auf der Erde als Theil des Systems von Erde, Sonne und Mond beobachten, grosse Perioden von angenäherter Stabilität in

---

*) Man kann bemerken, dass, während die Incommensurabilität der Umlaufszeiten der Planeten eine Abweichung von der vollen Stabilität des Planetensystems in unserm Sinne bedingt, sie doch zugleich die Bedingung der forterhaltenen Approximation daran ist, weil im Falle der Commensurabilität der Umlaufszeiten sich bei den wiederholten Umläufen die Störungen in derselben Richtung summiren würden, statt sich mit kleinen Schwankungen zu compensiren.

Ebbe und Fluth, Kreislauf der Gewässer, periodischen Winden, periodischen Aenderungen der Temperatur, des Luftdrucks u. s. w. durch, ohne dass wir im Ganzen einen Rückschritt in dieser Approximation bemerken.

Die Organismen sind so zu sagen ganz auf Periodicität ihrer Functionen, hiemit auf stable Verhältnisse ihres Lebens angelegt. Dabei sehen wir allerdings in Betracht des Stoffwechsels, welchem die Organismen unterliegen, dass es nicht immer dieselben, sondern nur gleichgeltende Theilchen sind, welche periodisch in dieselben Lagen zurückkehren; es hindert aber auch nichts, den Begriff der Stabilität so zu verallgemeinern, dass dieser Fall darunter tritt.

Aus allgemeinem Gesichtspunkte lässt sich glauben, wenn auch bisher nicht streng beweisen, dass die Neigung jedes sich selbst überlassenen materiellen Systems zu einer regelmässigen inneren Gruppirung der Theilchen und regelmässigen äusseren Gestalt mit dem Princip der Tendenz zur Stabilität zusammenhängt.

Selbst das geistige Gebiet erscheint diesem Princip unterworfen. Denn man findet, dass, nach Massgabe als ein Mensch sich dem veränderlichen Einflusse äusserer Umstände mehr entzieht, sein ganzes Vorstellungs-, Empfindungs-, Gemüthsleben sich in immer regelmässigere Kreisläufe ordnet oder kurz gesagt immer stabler wird; ein Tag wird für ihn bald wie der andere; was man mit der wachsenden Stabilität der materiellen Processe, welche dem geistigen Leben unterliegen, in Beziehung denken kann.

Insofern jedes beschränkte System in der Welt als Theil eines grössern Systems schliesslich der ganzen Welt gefasst werden kann, werden auch die inneren Stabilitätsverhältnisse eines jeden ausser durch die Wirkung der eigenen Theile durch die Aussenbedingungen im Sinne der Tendenz des Ganzen zur Stabilität mit bestimmt, und wo die Wirkung der Aussenbedingungen nicht verschwindend ist, kann also das Princip der Tendenz zur Stabilität nur mit Rücksicht auf diese Mitbestimmung geltend gemacht werden.

Eine besondere Beachtung verdienen hierbei die beiden Fälle, dass ein System, was für sich genommen in einem stabeln Zustande seiner Theile sein würde, diese Bewegung in einem Mittel ausführt, welches ohne die Bewegung des Systems relativ in sich ruhen würde, und dass es sie unter dem Einflusse des stablen Bewegungszustandes eines andern Systems ausführt. Ein Beispiel des ersten Falles haben wir an einer an zwei festen Punkten befestigten Saite, welche in einer ruhigen Luft schwingt. Zwar können wir die Theilchen der sog. ruhigen Luft wegen ihrer Wärmeschwingungen nicht als absolut, aber doch im Verhältniss zu den Excursionen der Theile der Saite als ruhend ansehen. Ohne den Widerstand der Luft würde die Schwingung der Saite eine ganz stable gewesen sein; unter dem Einflusse des Widerstandes der Luft, mit welcher sie ein System bildet, geht aber ihre volle Stabilität in eine angenäherte über, indem in auf einander folgenden gleichen Zeitabschnitten nicht mehr genau dieselben Lagen und Geschwindigkeiten wiederkehren, hiemit aber die Saite der absoluten Stabilität sowohl für sich als mit Beziehung zur Luft immer mehr zuschreitet, indem sich die Amplituden der Schwingungen immer mehr bis zur Erreichung des Ruhezustandes verkleinern.

Was den zweiten Fall anlangt, so ist darin, dass zwei Systeme für sich genommen in stablem Bewegungszustande begriffen sein würden, noch nicht eingeschlossen, dass auch das System beider in solchem begriffen ist, wozu vor Allem gehören würde, dass die Perioden beider, welche Theilchen derselben man auch nehmen mag, in commensurabeln Verhältnissen zu einander stehen.

Im Allgemeinen nun weiss man nach dem erfahrungsmässigen Erfolge, welchen der Huyghens'sche Versuch mit den zwei auf demselben Brete befestigten Uhren bei etwas verschieden langen Pendeln dargeboten hat, so wie den Rechnungserfolgen bezüglich der Mittheilung von Schwingungen an resonirende Körper, dass hierbei wirklich auch die Tendenz zur Herbeiführung stabler Bewegungsverhältnisse zwischen den in Wirkung tretenden Systemen sich geltend macht, ohne dass freilich der Fall schon in voller Allgemeinheit hat behandelt werden können.

Kann man nun hiernach nicht sagen, dass die Stabilitätsverhältnisse, die jedem von zwei Systemen für sich zukommen würden, auch bei Wechselwirkung beider bestehen bleiben, so doch, dass, wenn der approximativ stable Endzustand des Systems beider Systeme eingetreten ist, auch jedes beider Systeme für sich betrachtet wieder zu einem approximativ stabeln Zustande zurückgekehrt ist, weil ja in dem approximativ stabeln Zustande des Ganzen der eines jeden Theiles von selbst inbegriffen ist; nur dass dieser Zustand ein anderer als früher und die Approximation an volle Stabilität möglicherweise grösser oder geringer als früher sein kann.

Wir können die mechanischen Bedingungen, Kräfte, Gesetze, nach denen Bewegungen, die im Zusammenhange eines Systems erfolgen, sich allmälig immer mehr zu einer Wiederkehr derselben Verhältnisse in grösseren oder kleineren Perioden abgleichen, kurz nach denen sich die Tendenz zur Stabilität vollzieht, nicht in voller Allgemeinheit, ja überhaupt nicht über nahe liegende Grenzen hinaus verfolgen: aber es ist schon wichtig, überhaupt zu wissen, dass überall eine, von gesetzlicher Wirkung der Kräfte abhängige, Tendenz in diesem Sinne besteht, welche zu einem, durch innere Kräfte nicht wieder rückgängig zu machenden, Endzustande mehr oder weniger angenäherter Stabilität führt; und so wie wir im Princip der Erhaltung der Kraft oft das Mittel finden, Schlüsse auf das Zustandekommen von Erfolgen zu ergänzen, wozu die Vollständigkeit der specialen Unterlagen fehlt, können wir auch dem Principe der Tendenz zur Stabilität die gleiche Eigenschaft beilegen und um so grössere Erfolge von seiner Combination mit dem Principe der Erhaltung der Kraft hoffen.

So liegt es schon im Sinne solcher Combination, dass kein unbeschränkter Fortschritt der Welt zur absoluten

Stabilität, welche in voller Ruhe der Theilchen besteht, stattfinden kann; vielmehr wird der Annäherung daran durch das Princip der Erhaltung der Kraft eine Grenze gesetzt. Ja es kann überhaupt durch die Tendenz zur Stabilität die lebendige Kraft in der Welt im Ganzen nicht ihrer Grösse, sondern nur der Form, in der sie sich äussert, nach geändert werden.

Nachdem nun das Princip der Erhaltung der Kraft schon so schöne Entwickelungen erfahren und so reiche Früchte getragen hat, halte ich es bei der Wichtigkeit, die ich dem Princip der Tendenz zur Stabilität gleichsam als qualitativer Ergänzung zu jenem, auf quantitative Verhältnisse bezüglichen Princip glaube beilegen zu dürfen, auch für eine wichtige Aufgabe der Zukunft, dies Princip, so wie die Principien des Zusammengehörens beider Principe, nicht minder zu bearbeiten und auszubeuten; nur würde dazu mehr mathematische Kenntniss und Fähigkeit gehören, als ich besitze. Auch dürfte eine allgemeinere Behandlung desselben durch die nöthige Mitberücksichtigung des Stoffwechsels in der Anwendung auf Organismen nur zu sehr erschwert sein.

Wie dem auch sei, sollte die allgemeinere Behandlung des Princips für jetzt noch zu grosser Schwierigkeit unterliegen, so dürften sich doch besondere Fälle von Interesse derselben nicht entziehen.

Die Wichtigkeit des Princips wird übrigens in um so hellerem Lichte und um so grösser erscheinen, wenn zur physikalischen und physiologischen Verwerthung desselben, um die es sich hier und im nächsten Abschnitte handelt, die teleologische und psychophysische Verwerthung desselben, wovon im 11. Abschnitte, treten wird.

IV.

Anwendungen des vorigen Princips auf die organischen Verhältnisse.

Bei allen Verschiedenheiten, welche die Bewegung der Theilchen in organischen und in unorganischen Moleculen annehmen kann, besteht für unorganische Molecule eine fundamental grössere Annäherung an die absolute Stabilität insofern, als die Ordnung der Theilchen durch die inneren Kräfte fest erhalten bleibt, indess sie in den organischen Moleculen dadurch verrückt wird, sei es auch, dass sie bei voller Stabilität sich periodisch wiederherstellt. Ausserdem schliesst die Stabilität der Ordnung auch von selbst günstigere Bedingungen für die Stabilität der Ortsveränderungen ein, als die Veränderlichkeit der Ordnung. Diese Vortheile der Stabilität, welche unorganische Molecule vor organischen voraus haben, tragen sich natürlich nur vervielfacht und gesteigert auf unorganische Systeme in Verhältniss zu organischen Systemen über.

Hienach geht auch allgemein gesprochen die Tendenz zur Stabilität vielmehr dahin, organische Zustände in unorganische zu verwandeln, als umgekehrt. Denke man sich einen Organismus sich selbst überlassen, der Luft zum Athmen, des Tranks, der Nahrung beraubt, so wird nicht nur sein ganzer organischer Verband, sondern auch die organische Constitution seiner Molecule in kürzester Zeit schwinden, und er vermöge der Tendenz zu stablern Zuständen in unorganischen Zustand übergehen, was schliesslich auch bei seinem natürlichen Lebensende sicher eintritt; und in derselben Tendenz ist der tiefere Grund zu suchen, weshalb der unorganische Zustand keine Organismen aus sich heraus gebären kann. Es wäre ein Widerspruch gegen das Princip. Von anderer Seite aber kann man es doch nicht als eine Folgerung des Princips ansehen, dass der Uebergang in unorganischen Zustand, der jedem Organismus zuletzt bevorsteht, sofort bei jedem eintreten müsse; denn setzen wir, dass das geschähe, so würde vielmehr mit einem Sprunge das Princip ganz verlassen werden, indem die bisher approximativ sich wiederholenden organischen Bewegungen überall plötzlich aufhörten sich zu wiederholen. Das Princip verlangt überhaupt nicht als Ziel einen bestimmten Annäherungsgrad an die, nach S. 34. 35 überhaupt nicht erreichbare, absolute Stabilität des Weltprocesses, sondern nur, dass in der Totalität desselben kein Rückschritt betreffs der Annäherung an die volle Stabilität geschehe, ohne dass sich für jetzt bestimmen lässt, was das wahrscheinlich nur asymptotisch angestrebte Ziel sei, und ohne dass ein Rückschritt im Einzelnen ausgeschlossen ist, welcher einer grösseren Annäherung an die volle Stabilität des Ganzen entgegenführt. Nun aber liegt nach der Erfahrung selbst auf dem Wege zum Ziele sowohl die sich periodisch immer erneuernde Ausgeburt neuer Organismen aus den frühern mit neuem Anwachs durch Ernährung, wie das nicht minder sich periodisch immer erneuernde Rückfallen derselben in unorganischen Zustand. Wir müssten weiter in der Beherrschung des Princips sein, als wir sind und vielleicht je sein werden, um dies und dergleichen, so wie es vor sich geht, als reine theoretische Folgerungen des Princips voraussehen zu können; aber das hindert doch nicht, das und dergleichen im Sinne des Princips zu verstehen und sehr allgemeine Gesichtspunkte darauf zu begründen.

Hieher gehört vor Allem, mit Rücksicht auf die im ersten Abschnitte gemachte Unterscheidung zwischen der wesentlichen Constitution des Organischen und Unorganischen, die schon mehrfach berührte Beseitigung der Ansicht von einer generatio aequivoca der Organismen, an deren Stelle die im 5. Abschnitt auf Grund angemessener kosmogonischer Vorstellungen zu entwickelnde Ansicht treten wird. Jetzt jedenfalls entstehen, so weit sichre Thatsachen reichen, Organismen nur durch Spaltung schon vorgegebener Organismen oder Abspaltung von denselben, und es wird zu zeigen sein, dass auch die erste Entstehung aus einem Urzustande der Erde herzuleiten ist, der vielmehr unter den Begriff des organischen als unorganischen Zustandes tritt. Nun erhalten und vergrössern sich die Organismen im Wege der Ernährung, und hiebei kann für den ersten Anblick ein Widerspruch mit dem Princip darin gesucht werden, dass die unorganischen Stoffe, so weit solche zur Ernährung beitragen, den Vortheil ihrer Stabilität vor den organischen durch Eingehen in den organischen Process aufgeben. Aber erstens treten die unorganischen Substanzen durch Aufnehmen in den Organismus und Betheiligung an dessen inneren Bewegungen in ein stableres Verhältniss zu dessen Theilchen, als sie ausserhalb des Organismus dazu hatten; zweitens werden für die aufgenommenen unorganischen Stoffe solche wieder abgeschieden, welche theils den Organismus verlassen, theils zum Wachsthum desselben selbst beitragen, sofern allen Knochen, festen Schalen, Hornmassen, Häuten ein mehr oder weniger unorganisches Gefüge unterliegt; drittens macht sich das Princip der Tendenz zur Stabilität darin geltend, dass sich die Lebensvorgänge des Organismus in bestimmte Perioden und Kreisläufe ordnen oder einen mehr oder weniger bestimmten Rhythmus annehmen. Schlaf und Wachen, Kreislauf des Blutes, peristaltische Bewegungen der Eingeweide, der Rhythmus des Athmens, die mehr oder weniger periodische Nahrungsaufnahme und Geschlechtsverrichtung gehören hieher. Wahrscheinlich ist auch die Theilung der organischen Molecule oder Zellen, mittels deren das Wachsthum sich vollzieht, bis zu gewissen Grenzen im Sinne einer Förderung der Stabilität, sofern die Kerne zweier in organischem Verbande stehenden organischen Molecule oder Zellen wegen der wenigeren Theilchen, die jedes enthält, leichter für sich in stabile Zustände kommen können, als wenn sie sammt dem (in früher angegebenem Sinne zu verstehenden) Parenchym in ein einziges Molecul oder eine einzige Zelle unterschiedslos verschmolzen wären; und wenn schon durch die Trennung instable Verhältnisse der getrennten Massen bezüglich einander begünstigt werden, so wird doch bis zu gewissen Grenzen jener Vortheil diesen Nachtheil um so leichter überwiegen können, als diejenigen Stabilitätsverhältnisse, welche während der vollen Vereinigung der Massen eingetreten waren, mindestens theilweis den unter Forterhaltung organischen Verbandes auseinanderweichenden verbleiben können.

Endlich ist in Rücksicht zu ziehen, dass das Aufgeben des unorganischen Zustandes in den Organismen dadurch, dass es periodisch mit dem Rückfall derselben in diesen Zustand wechselt, selbst aus sehr allgemeinem Gesichtspunkte unter den Begriff approximativer Stabilität tritt.

Ist einmal eine Grenze des Wachsthums eingetreten, so verharrt der Organismus allgemein gesprochen eine Zeit lang ziemlich gleichförmig in einem approximativ stabilen Verhältnisse zugleich in sich und zur Aussenwelt; allmälig aber beginnt die unorganische Stabilität mehr und mehr auf Kosten der organischen Platz zu greifen, indem die Theile fester und starrer werden und die Bewegungen sich mehr verlangsamen, bis endlich der ganze Organismus dem unorganischen Zustande wieder verfällt, und hiermit würde das organische Leben überhaupt beendet sein, wenn er nicht während seines Lebens Theile von sich abzuspalten vermöchte, die seinen Lebensprocess wiederholen.

Hat sich nun ein Keim, der in Zusammenhang mit seinem Mutterkörper zu einem approximativ stabeln Endzustande gelangt war, vom Mutterkörper getrennt, so werden vermöge der damit gesetzten Aenderung der äusseren Verhältnisse auch die davon mit abhängigen inneren Verhältnisse sich ändern*); und die Veränderungen so lange fortgehen, bis ein neuer, unter den neuen Aussenbedingungen approximativ stabler Endzustand eingetreten ist, was entweder die Zerstörung des Keimes unter rascher Ueberführung in den stableren unorganischen Zustand oder eine nur langsamer dazu führende Fortentwickelung des Keimes auf dem Wege der Ernährung bedeutet. Ersteres, wenn die zur Erhaltung des organischen Zustandes genügenden Aussenbedingungen für den Keim nicht vorhanden sind, Letzteres, wenn sie vorhanden sind. Auf jeder Stufe seiner Entwickelung kann der Keim noch dem unorganischen Zustande als Endzustand anheimfallen und es gehören überall besondere Aussenbedingungen dazu, wenn er zu einem, sich eine Zeit lang erhaltenden, organischen weiter fortschreiten soll, ohne dass doch eine Variation dieser Bedingungen innerhalb gewisser Grenzen während der ganzen Entwickelungszeit ausgeschlossen ist; es dürfen nur eben gewisse Grenzen nicht überschritten werden, soll die Entwickelung vielmehr zu einem stabeln organischen als einem unorganischen Endzustande führen. Je nach der Variation der Aussenbedingungen innerhalb dieser Grenzen während der Entwickelungszeit des Keimes entwickelt sich dann derselbe auch bei gleicher eigener Anlage zu einem verschiedenen Geschöpfe. Aber die Möglichkeit der Entstehung verschiedener Geschöpfe schränkt sich im Laufe der Entwickelung des ganzen organischen Reiches immer mehr dadurch ein, dass dasselbe Princip der Tendenz zu stabeln Zuständen nicht blos für die Entwickelung der Organismen, sondern auch der ganzen Aussenwelt und des Zusammenhanges beider, überhaupt der ganzen Welt gilt. Wonach sich nicht nur die inneren, sondern auch äusseren Bedingungen der Entwickelung der Organismen immer mehr festigen, in immer bestimmtere Perioden und Kreisläufe gliedern, mithin die Entwickelung der Keime von gleicher Beschaffenheit auch immer mehr in gleiche Bahnen lenken, darin erhalten, für gleiche Entwickelungsphasen derselben gleiche äussere Entwickelungsbedingungen bereit haben, während zugleich auch die Keime sich in sich selbst im Fortschritte der Generationen immer mehr darauf einrichten.

---

*) Dies Verlassen ist kein Widerspruch mit dem Princip der Tendenz zur Stabilität, welches einen Verlust an Stabilität nur bei Gleichhalten der äusseren Umstände verwehrt, und bedeutet keinen Verlust für das Weltganze, sondern eben nur einen zeitweisen für den Keim insbesondere.

unter diesen immer stabler gewordenen Aussenbedingungen die früheren Entwickelungsgänge zu wiederholen, und hiemit die Organismen, aus denen sie entstanden waren, zu wiederholen; woran sich das Princip abnehmender Variabilität der Organismen im Laufe der Entwickelung des organischen Reiches, wovon ein späterer Abschnitt handeln wird, knüpfen lässt.

V.

Kosmogonische Verhältnisse. Urentstehung der Organismen.

Die heutige Descendenzlehre hält sich an die Ansicht gebunden, dass sich das organische Reich der Erde in einer Urzeit derselben aus dem unorganischen Reiche herausgebildet habe, und muthet diesem Reiche zu, zufällig noch einmal mindestens ein Moner oder eine einfache Zelle zu produciren, oder plagt sich damit, es ihm gleich zu thun, indem man die einfachsten Organismen, wenn nicht aus rein unorganischem Stoffe — was man sich doch kaum zutraut, obwohl im Sinne und zur Stütze der Lehre zutrauen müsste — aus solchem, der durch Kochen unorganisch gemacht ist, zu produciren sucht. Mir scheint das aber ungefähr dasselbe, als wenn man meinte, Fleisch und Nerven hätten sich in einer gewissen Zeit des Fötuslebens aus den Knochen herausgebildet, könnten es auch wohl noch unter günstigen Verhältnissen, und derselbe Versuch, als wenn man, nachdem das Hühnchen aus dem Ei gekrochen; das Hühnchen noch einmal aus der Eierschale erzeugen wollte; nur dass ich statt der Stoffe die Kräfte dazu erschöpft halte.

Schon oben habe ich darauf hingewiesen, dass ein Ursprung der Organismen aus rein unorganischem Stoffe als ein Widerspruch mit dem Princip der Tendenz zur Stabilität erscheint. Ich will zwar nicht behaupten, dass dieser

Widerspruch in völlig strenger Weise dargethan sei; aber die allgemeine Betrachtung, die sich in dieser Hinsicht anstellen liess, stimmt zusammen mit dem negativen Erfolge der bisher angestellten Beobachtungen und Versuche. Man provocirt zwar auf ganz eigenthümliche früher bestandene Verhältnisse des unorganischen Reiches, welche die jetzt nicht mehr möglich scheinende Entstehung von Organismen daraus möglich gemacht haben sollen; aber so lange man mit diesen Verhältnissen nicht aus den Bedingungen des unorganischen Zustandes heraustritt, wird man weder nach jenem Princip noch nach empirischen Gesetzen sich auf jene Entstehung Rechnung machen dürfen. Denn mag der Kohlensäuregehalt der Luft, die Brutwärme der Erde, und an was man sonst denken mag, früher viel grösser gewesen sein als jetzt, mag man die Diffusionen und chemischen Processe zwischen den unorganischen Massen noch so abgeändert denken, so wissen wir doch genug von den Gesetzen aller solcher Abänderungen und ihren Erfolgen, um als Resultat immer wieder nur unorganische Massen erwarten zu können.

Es wird grosses Gewicht darauf gelegt, dass die neuere Chemie aus rein unorganischen Stoffen Harnstoff, Ameisensäure u. s. w., welche auch von Organismen producirt werden, zu erzeugen gelernt habe; aber hat sie irgend einen dieser Stoffe in den organischen Bewegungszustand zu versetzen, die Phänomene der Ernährung, des Wachsthums, der Fortpflanzung daran hervorzubringen vermocht? und darum handelt es sich doch. Nun meint man, es käme nur noch darauf an, es bis zur chemischen Zusammensetzung und dem Aggregatzustande des eiweissartigen Protoplasma eines einfachen Moners zu bringen, so werde sich alles das von selbst finden. Und unstreitig, wenn das künstlich erzeugte Protoplasma in allen molecularen Verhältnissen dem natürlichen gliche, so würde es auch dessen Lebenserscheinungen zeigen; nur gehört zu den molecularen Verhältnissen der Bewegungszustand selbst, auf dem die Lebenserscheinungen beruhen; die Chemie der Laboratorien aber hat bisher noch nicht die geringste Anlage verrathen, solchen einer unorganischen Materie zu verleihen, oder deren Theilchen so zu ordnen, dass Kräfte dazu in ihr selbst erwachen.

Während aber so das unorganische Reich sich unfähig zeigt, Organisches in sich aus sich zu produciren, sehen wir täglich in und aus Organismen unorganische Stoffe in tropfbarem oder Gaszustande sich ausscheiden oder mehr oder weniger feste Gerüste darin bilden, und so meine ich, obwohl nicht nach dieser Analogie, sondern nach directeren Gründen, dass man auch anstatt einer Entstehung und Ausscheidung der Organismen in und aus dem unorganischen Reiche umgekehrt eine Entstehung und Ausscheidung der unorganischen Massen aus einem ursprünglich organischen Zustande der Erde im Sinne unserer Erklärung des organischen Zustandes anzunehmen habe; nur dass die moleculare Zugkraft in Erzeugung der organischen Bewegungen so lange durch die über unmerkliche Weiten hinaus wirkende Zugkraft der Gravitation vertreten war, als die Theilchen der Erde selbst über solche Weiten hinaus von einander entfernt waren. Sollte man aber den organischen Zustand blos auf Abhängigkeit von Molecularkräften beschränken wollen, so würde man zu sagen haben, dass Organisches und Unorganisches durch Differenzirung aus einem Zustande der Urmaterie hervorgegangen zu denken sind, auf den weder der Begriff unserer heutigen organischen noch unorganischen Zustände vollkommen anwendbar ist. Insofern sich jedenfalls eine Unterscheidung des Urzustandes der Erde von den jetzt auf der Erde zu beobachtenden organischen Zuständen nöthig machen kann, mag der erste als kosmorganischer, indess letzterer als molecularorganischer bezeichnet werden. Nun aber fragt sich, wie wir zu unserer Vorstellung vom kosmorganischen Zustande gelangen.

Ursprünglich war nach jetzt allgemein zugestandener Annahme die ganze Materie der Erde, ja unseres ganzen Planetensystems, in einem ungeheuer ausgedehnten Zustande und zog sich nur allmälig nach dem gemeinsamen Schwerpunkte zusammen. Hätten die Theilchen nicht von vorn herein Impulse gehabt, die von der Richtung der Schwere abwichen, so würden aus den Anziehungskräften derselben gegen einander geradlinige Bewegungen direct nach dem Schwerpunkte resultirt sein und hätte die elliptische Bewegung der Planeten um den Schwerpunkt des Systems und die Rotation derselben um ihre Axe nicht zu Stande kommen können. Das Vorhandensein dieser, von der Richtung nach dem Schwerpunkt abweichenden, Bewegungen aber nöthigt zur Annahme solcher Impulse oder Anfangsgeschwindigkeiten, welche eine andere Richtung hatten, gleichviel, worin man ihren Ursprung suchen will. Unsere Ansicht darüber, wodurch sie jedes mystischen Charakters entkleidet werden, kann man im Zusatze am Schlusse dieses Abschnittes finden; doch kommt es hier nur auf die nothwendig zuzulassende Thatsache, nicht die Erklärung derselben an. Beschränken wir uns hier zunächst auf Betrachtung der Erdmasse, so ist von vorn herein kein Grund, alle Theilchen derselben als in gleichen Abständen von einander und die Impulse darauf alle als gleich gerichtet und gleich stark anzusehen, ja wenn unsere Ansicht von der Natur dieser Impulse richtig ist, so folgen aus Verschiedenheiten in erster Hinsicht von selbst Verschiedenheiten in letztern Hinsichten. Eben so wenig aber ist Grund, alle auf die verschiedenen Theilchen geäusserten Impulse sich im Ganzen in Richtung und Grösse gerade compensirend zu denken. In der That wären dies unter unendlich vielen denkbaren Fällen nur zwei. Jeder Fall dazwischen aber hat schliesslich nach mechanischen Principien zur Rotation der durch ihre Molecularanziehungen fest gewordenen Erdmasse um ihre Axe und translatorischen Bewegung im Raume nach der Richtung führen müssen, welche im Ganzen überwog *), indess vor Entstehung des

---

*) In der That, nach bekannten mechanischen Principien, wenn auf einen schon festen, im freien Raume schwebenden Körper ein Impuls geäussert wird, dessen Richtung nicht durch den Schwerpunkt

festen Zustandes die einzelnen Theilchen eine Bewegung nach den verschiedensten Richtungen zwischen einander, durch und um einander nur mit Erhaltung der Lage des gemeinsamen Schwerpunkts und im Ganzen mit Vorwiegen einer gewissen Richtung hatten, wodurch sie nicht blos den Ort, sondern auch die Ordnung spontan und continuirlich änderten, was wir als unterscheidenden Charakter des organischen Zustandes vom unorganischen erkannt haben, und wonach die ganze Erde von vorn herein unter den Gesichtspunkt eines einzigen Organismus ohne Einmischung unorganischer Zustände tritt.

Man kann sich diese Verhältnisse bis zu gewissen Grenzen dadurch erläutern und zugleich der Triftigkeit der vorigen Betrachtungen dadurch versichern, dass man von der Erde als blos einem Theile des Planetensystems auf das ganze Planetensystem zurückblickt, indem das Spiel, was wir den Theilchen der Erdmasse unter dem Einflusse der Gravitation und ursprünglicher Impulse vor dem Festwerden durch Molecularanziehungen zuschrieben, sich noch heute zwischen den nicht durch solche Anziehungen an einander gefesselten Massen des Planetensystems vollzieht, so-

---

geht, so nimmt er eine Bewegung an, welche sich zusammensetzt aus einer Rotation des Körpers um eine durch den Schwerpunkt gehende Axe und eine Fortbewegung des Schwerpunkts in Richtung des Impulses. Dieser Impuls nun wird bei der Erdmasse im Moment des Festwerdens durch eine Resultante der Impulse, welche auf alle einzelne Theilchen besonders geäussert sind, vertreten. — Dass die Umläufe und Rotationen aller Planeten in demselben Sinne gehen, kann freilich nicht nach diesem Princip erklärt werden, indem die Einrichtung darauf schon durch eine gegenseitige Abhängigkeit der Theilchen zu der Zeit geschehen sein musste, als die ganze Masse des Planetensystems noch ungetrennt einen ungeheuren Ball bildete, in dem wegen der Entfernung der Theilchen von einander kein Festwerden durch Molecularanziehungen stattfand. Aber unstreitig wird in einem System von Theilchen, welche nur der Gravitation unterliegen, schon durch das Princip der Tendenz zur Stabilität eine Tendenz zur Bewegung in gleichem Sinne begründet und diese durch das spätere Erstarren der einzelnen Weltkörper mittels Molecularanziehungen nur endgültig vollendet und fixirt.

fern noch jetzt alle Planeten sich bezüglich einander um den Schwerpunkt des ganzen Systems wahrhaft kosmorganisch in freien Bahnen von verschiedener Weite, Form (Excentricität) und Umlaufszeit bewegen, wovon wir ja schon früher Anlass zur Erläuterung des organischen Zustandes überhaupt nahmen, mit der hier zu wiederholenden Bemerkung, dass, während das Massenübergewicht der Sonne alle Planetenbewegungen auf wenig gestörte Ellipsen reducirt, eine solche Beschränkung für die Theilchen der Erde eben so wenig als noch heute für die Theilchen eines organischen Moleculs stattfindet, so dass man den Theilchen der Erde von vorn herein viel verwickeltere Bewegungen bezüglich des Schwerpunkts und bezüglich einander beilegen kann, als sich zwischen den Massen des Planetensystems finden.

Hiezu fügt sich noch die Erinnerung, dass ausser der Verschiedenheit der übrigen Bewegungsverhältnisse auch eine verschiedene Neigung der Bahnebenen gegen die Ekliptik und eine verschiedene Neigung der Rotationsaxen für die verschiedenen Planeten besteht, was direct beweist, dass auch die ursprünglichen Impulse für die verschiedenen Massen des Planetensystems nicht gleichgerichtet waren. Waren sie aber für die verschiedenen Massen des Systems nicht gleichgerichtet, warum sollten sie für die verschiedenen Theilchen der Massen, darunter der Erde, gleichgerichtet gewesen sein. Dächte man sich anderseits zwischen den gesammten Massen des Planetensystems eben so feste Verbindungen hergestellt, als schliesslich zwischen den Theilchen der Erde zu Stande gekommen ist, dächte man alle durch ein System fester Balken verbunden, so würden sich auch alle verschiedenartigen Fortschrittsbewegungen und Rotationen der Massen eben so in eine übereinstimmende Rotationsbewegung des ganzen Systems um eine Axe verwandeln, als es mit den Theilchen der Erde der Fall gewesen ist.

Hienach dürfte man für den Bestand der ursprünglichen kosmorganischen Bewegungen in der Erdmasse alle erwünschten theoretischen und factischen Unterlagen haben.

Gehen wir nun von dem Zustande der Erde aus, wo diese Bewegungen noch frei und durch keine andere Kraft als die Gravitation sammt der Beharrung bestimmt waren, so änderte sich dieser Zustand nach Maassgabe, als sich die Masse der Erde mehr zusammenzog, hiemit die molecularen Kräfte wirksam zu werden anfingen, und setzten sich nach bekannten Folgerungen des Gesetzes der Erhaltung der Kraft die grossen kosmorganischen Bewegungen in kleinere moleculare um, was als der gemeinsame Quell der Wärmeschwingungen in den unorganischen Moleculen und der molecular-organischen in den organischen anzusehen. Nun sind letztere Bewegungen nicht minder als erstere bei den Wärmeerscheinungen in Anschlag zu bringen; molecular-organische Zustände aber können nach Erfahrung bei zu hoher Temperatur weder entstehen noch bestehen, und hierin scheint für den ersten Anblick eine wichtige Schwierigkeit zu liegen. In der That, wenn man sich, wie allgemein geschieht, vorstellt, dass die ganze Erdmasse zu irgend einer Zeit in glühend flüssigem Zustande war, so konnten sich dabei nicht nur keine molecular-organischen Zustände bilden, sondern mussten, wenn sie vorher zu Stande gekommen sein sollten, wieder zerstört werden, ohne nach unsern eigenen Principien aus einer total unorganischen Erde wieder herausgeboren werden zu können. Aber meines Erachtens macht man sich diese Schwierigkeit nicht nur unnöthiger-, sondern auch ungerechtfertigterweise *).

---

*) Da es eine, für Thermometer und Gefühl spürbare Hitze ist, welche vom molecular-organischen Zustande nicht ohne Zerstörung vertragen wird, so handelt es sich im Folgenden auch wesentlich um solche Hitze. Man kann sich aber einen grossen Raum denken, in welchem nur wenige Theilchen mit äusserster Raschheit schwingen; dann würde man diesen Theilchen eine sehr starke Hitze beizulegen haben, indess der betreffende Raum selbst doch im Ganzen als kalt anzusehen und jene Hitze von einem in den Raum gebrachten Thermo-

Zuvörderst scheint mir ein eigener Widerspruch darin zu liegen, dass man gewohnt ist, die Erde in ihren ausgedehnten Urzustand durch Hitze versetzt und von der andern Seite die Hitze erst durch Verdichtung der Masse entstanden zu denken. Zu Letzterem hat man Grund, für Ersteren weiss ich keinen aufzufinden, abstrahire also zunächst davon. Nun war es unstreitig der Schwerpunkt der Masse, um welchen herum die Verdichtung zuerst den zur Verwandlung der kosmorganischen Bewegungen in kleinere moleculare hinreichenden Grad erlangte, und der ganze Wandlungsprocess schritt von da nach dem Umfange fort, womit im Zusammenhange die Temperatur von Anfang herein um den Schwerpunkt am grössten sein und von da nach dem Umfange zu abnehmen musste. War nun auch schon der Kern der Erde durch seine Verdichtung in glühendem Flusse, so konnten kosmorganische Zustände darüber so lange fortbestehen, bis die Temperatur des Kernes sich durch Ausstrahlung so weit erniedrigt hatte, dass die Bildung molecular-organischer Zustände oberhalb desselben ohne Zerstörung durch dessen Hitze eintreten konnte, indess die geringere Verdichtung und stärkere Ausstrahlung nach dem Umfange zu von anderer Seite die Bildung solcher Zustände gestattete. Oder anders ausgedrückt: die Bildung molecular-organischer Zustände erscheint von dem Zeit- und Raumpunkte an möglich, wo der Ueberschuss der Erwärmung, die durch die Verdichtung kosmorganischer Massen zu molecular-organischen entstehen musste, über die Ausstrahlung nicht grösser war, als sich mit dem Bestande solcher Massen vertrug.

In einfachster Weise könnte man sich den ganzen Vorgang so denken, dass die Umwandlung der kosmorganischen in moleculare Bewegungen überall durch den molecular-organischen Zustand durchging. Selbst um den Schwerpunkt herum konnte nämlich die Verdichtung und mithin Erhitzung

---

meter oder Organismus wenig gespürt wurde. Also gilt es in der That hier einen Unterschied zu machen.

von Anfang herein klein genug sein, um die Bildung und den Bestand molecular-organischer Zustände zu gestatten, indess darüber der kosmorganische Zustand noch fortbestand. Bei zunehmender Verdichtung aber verbrannte so zu sagen die um den Schwerpunkt zuerst gebildete molecular-organische Masse und schritt deren Bildung aus kosmorganischer Masse weiter nach dem Umfange fort. Indem aber die Verdichtung und hiemit Erhitzung in derselben Richtung fortschritt und die neu gebildete molecular-organische Masse immer von Neuem zerstörte, ist zuletzt die ganze successiv aus dem kosmorganischen Zustande hervorgegangene molecular-organische Masse bis auf den kleinen Rest verbraunt, der sich in seiner Nachkommenschaft noch auf der Oberfläche der Erde erhält, und dessen schliesslicher Fortbestand in schon besprochener Weise dadurch ermöglicht wurde, dass die Erhitzung mit der Ausstrahlung sich hinreichend dazu ausglich.

Inzwischen würde letztere Vorstellungsweise voraussetzen, dass überhaupt alle Materie der Erde nicht nur fähig war, molecular-organische Zustände einzugehen, sondern auch genöthigt, durch dieselben zum unorganischen Zustande hindurchzugehen, was man Beides bezweifeln kann *). Sehr möglich, dass unorganische Molecularzustände sich, wenn nicht früher doch zugleich mit organischen aus kosmorganischen herausgebildet haben. Es zu entscheiden aber haben wir keine hinreichenden Kenntnisse und es muss genug sein, gezeigt zu haben, dass es überhaupt Vorstellungswege giebt, welche die Bildung und den definitiven Bestand molecular-organischer Zustände auf der Erdoberfläche möglich und mit allgemeinen Principien vereinbar erscheinen lassen.

---

*) Dass jetzt viele Stoffe, als Gold, Platin, Iridium u. s. w., nicht mehr in Organismen gefunden werden, würde doch nicht nothwendig ausschliessen, dass sie aus dem kosmorganischen System ihren Durchgang durch molecular-organische Zustände in den unorganischen Zustand genommen, da die Rückkehr aus diesem in jene mittels Assimilation durch vorhandene Organismen schwieriger sein kann als jener Durchgang.

Auch lassen sich in dieser Beziehung wohl noch Modificationen der vorigen Vorstellungsweisen denken.

Im Vorigen ist nämlich vorausgesetzt, dass ein Gluthzustand der Materie erst nach Uebergang der kosmorganischen Bewegungen in molecular-unorganische eintreten könne; und so lange sich die Theilchen blos unter dem Einflusse der Gravitation kosmorganisch bewegen, ohne dass moleculare Kräfte zwischen ihnen merkbar werden, der Zustand des Systems kalt und finster sei. Ich finde aber keine bindende Nothwendigkeit zu dieser Voraussetzung. Sollte nun das System der Erde schon in seinem kosmorganischen Zustande insofern als glühend zu fassen sein, als es Licht und Hitze durch den Aether fortpflanzte [*], so würde man mit einiger Abänderung des vorigen Ganges der Betrachtung doch wesentlich zu demselben Resultate kommen. Die Hitze müsste mit fortschreitender Zusammenziehung und Verdichtung der Masse zunehmen, dabei mehr und mehr kosmorganische Masse sich in molecular-unorganische glühend flüssige und gasförmige verwandeln, der Rest der kosmorganischen Masse aber von dem Zeitpunkt und Raumpunkt an beginnen mit molecular-unorganischer Masse auch molecular-organische herzugeben, wo der Conflict der Abkühlung durch Ausstrahlung am Umfange des Systems mit der Erhitzung durch fortschreitende Verdichtung dies gestattet.

Kurz, die molecular-organischen Zustände werden sich, nach Ausscheidung der unorganischen Hauptmasse bei einer zum Bestande molecular-organischer Zustände zu hohen Temperatur, aus dem schliesslich dazu hinreichend erkalteten letzten Rest der kosmorganischen Masse herausbilden [**].

---

[*] Die hier als möglich statuirte Annahme, dass die Erde von vorn herein in ihrem ausgedehnten kosmorganischen Zustande Licht und Hitze ausstrahlte, ist nicht mit der oben abgelehnten Annahme zu verwechseln, dass sie durch Hitze in diesen Zustand versetzt war.

[**] Wenn man sich fragt, in welchem Zustande die fernen Lichtnebel am Himmel, welche man für in Bildung begriffene Weltsysteme hält, sich befinden mögen, so kann man sich bei der Annahme, dass

Dabei hat man zu berücksichtigen, dass die Unfähigkeit molecular-organischer Masse, in glühendem Zustande zu bestehen, in der That keineswegs zugleich als Unmöglichkeit zu fassen ist, sich aus glühender kosmorganischer Masse durch deren Erkalten zu bilden.

Der wesentliche Unterschied beider Vorstellungsweisen, der vorigen und jetzigen, ist dieser: nach der vorigen ist der kosmorganische Zustand von vorn herein dunkel und kalt, und die Entstehung und der Fortbestand der molecular-organischen Zustände am Umfange der Erde wird dadurch möglich, dass hier die Verdichtung und Hitze bei der Umwandlung des kosmorganischen Zustandes in moleculare Zustände nicht bis zur Zerstörung des molecular-organischen Zustandes gedeiht. Nach der jetzigen ist der kosmorganische Zustand von vorn herein licht und heiss; die kosmorganische Materie erkaltet aber am Umfange der Erde vor Umsetzung in molecularen Zustand erst so weit, dass ein molecular-organischer Bestand möglich wird.

Ob so oder so oder in noch anders modificirter Weise, wer weiss es: es ist aber auch nicht zu wissen nöthig, so lange es sich blos um mögliche Wege, die angegebene Schwierigkeit zu beseitigen, handelt. Uebrigens liess sich wohl schon früher daran denken, dass am Umfange des irdischen Systems in Berührung und Nachbarschaft seiner Materie mit dem kalten Planetenraum nicht die gleichen Bedingungen der Erhitzung bestehen konnten, als für den Kern der Erde: nur für den Umfang der Erde aber bedarf es der Annahme einer hinreichend niedrigen Temperatur, um die Entstehung und den Bestand des organischen Reiches auf der Erde mög-

---

kosmorganisch bewegte Theilchen durch den Aether des Himmelsraums Licht und Wärme fortzupflanzen vermögen, denken, dass die Lichtnebel blos aus solchen Theilchen bestehen; im Fall man aber blos molecular-unorganischen Theilchen dies Vermögen zuschreibt, auch ein Gemisch von kosmorganischen Theilchen mit in glühendem Zustande ausgeschiedenen und dadurch die Nebel leuchtend machenden Theilchen darin sehen.

lich zu finden, wobei es nichts verschlägt, dass wir uns den primitiven Zustand desselben ganz anders vorzustellen haben, als den, der im Fortschritt der Zeiten daraus hervorgegangen ist. Eine gewaltige Veränderlichkeit des organischen Reiches im Gange der Zeiten ist ja ohnehin allgemein zugestanden, ja ihre Annahme gehört zu den Grundbestimmungen der Descendenztheorie.

Natürlicherweise erstreckt sich die Unsicherheit in Betreff der Weise, wie die erste Entstehung molecular-organischer Zustände vorzustellen, auch auf die Weise, wie die ersten Fortschritte in Entwickelung derselben vorzustellen, eine Unsicherheit, die um so mehr wächst, je mehr man ins Specielle zu gehen versucht. Indess hängen doch mit dem kosmorganischen Ursprunge der molecular-organischen Zustände manche Folgerungen zu wesentlich zusammen, um nicht mit einem entsprechenden Grade der Sicherheit oder doch Wahrscheinlichkeit ausgesprochen werden zu dürfen, führen aber damit zu Vorstellungsweisen, welche von den jetzt über dieselben Verhältnisse herrschenden sehr abweichen, natürlich, weil ihr Ausgangspunkt ein ganz verschiedener ist. Da inzwischen die Ansicht vom kosmorganischen Ursprunge der irdischen Organismen doch auch vorerst nur als Hypothese gelten kann, und die folgens daraus zu ziehenden Folgerungen nicht alle mit strenger Nothwendigkeit daraus folgen, so biete ich das, was die folgenden Abschnitte in dieser Hinsicht enthalten, zunächst auch nur als *mögliche* und *wahrscheinliche* Modificationen der herrschenden Ansichten einer weiteren Prüfung Sachverständiger dar.

Zusatz.

Gemeinhin betrachtet man die ursprünglichen Impulse, um die es sich hier gehandelt hat, als räthselhafte, so zu sagen ausserweltliche Ursachen uranfänglicher Bewegung, welche mit den der Materie eigenthümlichen Kräften nichts zu schaffen haben, sondern denselben ursprünglich zugefügt sind, um durch Ablenkung aus der Richtung derselben das Zusammengehen aller Materie in gerader Richtung nach dem gemeinsamen Schwerpunkt und dadurch die

Erstarrung der Welt zu hindern. Ja man hat selbst in der Nothwendigkeit der Annahme solcher ursprünglichen Impulse einen Beweis gesucht, dass zu den physischen Kräften, welche die Welt bewegen, ein hyperphysisches Princip zu statuiren sei. Meines Erachtens aber lässt sich die Sache sehr anders fassen, und es sollte mich sehr wundern, wenn sie nicht irgendwo schon so gefasst wäre. Dass ohne ursprüngliche, der Natur der materiellen Kräfte fremdartige, Impulse alle Materie eines der Gravitation unterliegenden Systems sich in gerader Linie nach dem Schwerpunkte des Systems bewegen müsse, kann doch, so weit ich es übersehe, blos für ganz particuläre Voraussetzungen als gültig angesehen werden, die man gewöhnlich stillschweigend vor Augen zu haben scheint, als namentlich 1) dass das System blos aus zwei Punkten oder in ihrem Schwerpunkt vereinigt gedachten Massen besteht, oder allgemeiner, alle Punkte innerhalb einer und derselben geraden Linie liegen; 2) dass die ganze Materie des Systems von vorn herein mit gleichförmiger Dichtigkeit in einem kugelförmigen Raume enthalten ist. Auch mag es Fälle symmetrischer Anordnung der Theilchen geben, welche die Bedingung einer geradlinigen Bewegung derselben nach dem gemeinsamen Schwerpunkt enthalten. In allen andern Fällen aber darf man annehmen, dass die Richtung der Theilchen nach dem gemeinsamen Schwerpunkt durch ihre gegenseitige Anziehung Seitenablenkungen erfährt, durch welche sich die sog. ursprünglichen Impulse vertreten lassen. Nur dass das Gesetz der Erhaltung des Schwerpunktes und der Flächen dabei immer gewahrt bleiben muss. Um wenigstens ein paar Beispiele zu geben, in welchen die Abweichung von der Richtung der Theilchen nach dem Schwerpunkt unter dem blossen Einflusse der Gravitation evident wird, so denke man sich zwei sehr schwere Theilchen oder zwei Massen, die sich in ihrem Schwerpunkte concentrirt denken lassen, so wird der gemeinsame Schwerpunkt beider auf der Verbindungslinie derselben liegen, und beide Massen für sich betrachtet werden diesem Schwerpunkt in gerader Richtung zustreben. Sei nun aber ein drittes Theilchen ganz in der Nähe einer der beiden Hauptmassen gegeben, indess diese sehr weit von einander entfernt sind, und die Masse des Theilchens verschwindend klein gegen die der Hauptmassen. Dann wird der gemeinsame Schwerpunkt des ganzen Systems immer noch merklich genau auf der Verbindungslinie beider Hauptmassen liegen, das kleine Theilchen in der Nähe einer der beiden Hauptmassen aber, seitlich von derselben vorgestellt, wird sich bei so grosser Entfernung der andern Hauptmasse, dass deren anziehende Wirkung gegen die der nähern verschwindet, offenbar nicht nach dem gemeinsamen Schwerpunkt beider, welcher zugleich der des Systems ist, sondern nach der nähern Hauptmasse hinbewegen, als wenn sie einen ablenkenden Impuls von der Richtung nach dem gemeinsamen Schwerpunkt erfahren hätte. Ja fände sich das Theilchen auf der Verbindungslinie beider Massen zwischen denselben, so würde es sogar in der gerade entgegengesetzten Richtung als nach dem gemeinsamen Schwerpunkt hin sich nach der ihm nahen Masse hinbewegen.

Oder denken wir uns ein sehr verlängertes Dreieck von sehr kleiner Basis und an jeder Ecke des Dreiecks eine anziehende Masse befindlich. Selbst wenn alle drei Massen einander gleich sind und das Dreieck gleichschenklig, also zweiseitig symmetrisch ist, werden die beiden einander sehr nahen Massen an den Endpunkten der kleinen Dreiecksbasis sich vielmehr in der Richtung gegen einander als nach dem gemeinsamen Schwerpunkt des Systems, der in einer durch die Mitte der Basis gezogenen Senkrechten zu suchen ist, bewegen müssen.

Oder, um noch eines Beispiels zu gedenken, sei eine mit Materie gleichförmig erfüllte Kugelschale von constanter Dicke gegeben. Der Schwerpunkt der Masse wird in der Mitte des Hohlraums liegen. Sei ferner ein Theilchen irgendwo innerhalb dieses Hohlraums gegeben, dessen Masse gegen die Gesammtmasse verschwindend klein ist, so dass der Schwerpunkt des ganzen Systems dadurch nicht merklich aus dem Kugelmittelpunkte verrückt wird. Nach einem hinlänglich bekannten Satze compensiren sich für das Theilchen, wo es sich auch innerhalb des Hohlraums befinde, die Anziehungen nach allen Seiten in der Art, dass es so gut ist, als wenn es gar keiner Anziehung unterläge und ohne anderweiten Impuls ruhig bleibt. Nun aber stelle man sich die Masse der Kugelschale an irgend einer Stelle verdichtet oder in einen Fortsatz auslaufend vor, so wird das Theilchen sich geradehin nach der verdichteten Stelle oder nach dem Fortsatze hin bewegen, sofern die Wirkung der übrigen Masse darauf nicht spürbar ist, nicht aber nach dem durch die locale Verdichtung oder den Fortsatz nur etwas verrückten Schwerpunkt des Systems, ausgenommen in dem besonderen Falle, dass der verrückte Schwerpunkt in der Bahnlinie dieser Bewegung selbst enthalten wäre.

Wenn unsere Erde, statt sich in gerader Linie nach dem Schwerpunkt des Planetensystems hin zu bewegen, denselben in elliptischer Bahn umkreist, so kann der dazu erforderliche seitlich ablenkende Impuls theils durch die Anziehung der andern Planeten, theils selbst andrer Sonnensysteme, mit denen unser System in seinem ausgedehnten Urzustande in näherer Beziehung stand als jetzt, repräsentirt gedacht werden.

Hiernach meine ich, dass die Bewegung jedes Theilchens des kosmorganischen Systems unter dem Einflusse der Gravitation sich überhaupt in zwei Theile zerlegen lässt, den einen, der nach dem Schwerpunkte des Systems gerichtet ist, und einen andern, welcher irgend seitlich dagegen gerichtet ist und den ursprünglichen ablenkenden Impuls, den man zu supponiren pflegt, vertritt, der aber hienach nicht als ein nur ein- für allemal ertheilter und hienach in Ewigkeit fortwirkender, sondern mit der durch die Bewegung der Theilchen sich ändernden Anordnung sich ändernder zu betrachten. Auch leuchtet ein, dass wir, wenn wir die Theilchen des kosmorganischen Systems anfangs in regelloser Anordnung vorstellen, wie in der That von uns geschieht, nicht noch einer besonderen Voraussetzung bedürfen, um die Regellosigkeit der von der Schwere ablenkenden Impulse der Theilchen zu erklären oder zu begründen, da sie eine nothwendige Folge jener regellosen Anordnung ist.

Obwohl ich diese Auffassung der sog. ursprünglichen Impulse für triftiger halte, als die hergebrachte, habe ich es doch nicht nöthig gehalten, damit in den Haupttext einzugehen, da sie für die hier in Betracht kommenden Verhältnisse zu keinen anderen Folgerungen führt, als die hergebrachte, auf die Bezug zu nehmen den Vortheil hatte, eine Complication der Betrachtung zu ersparen.

VI.

Princip der bezugsweisen Differenzirung.

Im Allgemeinen erklärt man die Entstehung neuer und verschiedenartiger Geschöpfe im Wege der Abstammung aus früheren Geschöpfen dadurch, dass die Elterngeschöpfe nach Massgabe als die Entwickelung des irdischen Reiches fortschritt und die Verhältnisse desselben sich neu gestalteten und vermannichfachten, auch demgemäss abgeänderte Einflüsse erfuhren, hienach nicht nur selbst ihre Organisation mannichfach abänderten, sondern auch mannichfach abgeänderte, mithin zu neuen Organismen sich entwickelnde, Keime von sich abspalteten, hievon aber nach dem Principe des Kampfes um das Dasein die günstigst organisirten un den Aussenverhältnissen am besten angepassten die andere verdrängten, das Feld behielten und ihre Eigenthümlichkeiten auf die Nachkommen vererbten. Die Einflüsse, wodurch die Organismen abgeändert werden, beruhen auf Wirkungen der allgemeinen Naturkräfte, die an sich zwecklos ohne angebbares Princip, wohin sie zielen, hienach mit dem Charakter zufälligen Wirkens, ein Spiel treiben, was nur dadurch den Charakter der Zweckmässigkeit erhält, dass die nicht bestandfähigen Folgen dieses Spieles gegen die bestandfähigen den kürzeren ziehen und diesen den Platz lassen. Kurz die drei Principe der Veränderlichkeit der Organismen durch unbestimmbare an sich zwecklos wirkende Naturkräfte, des Kampfes der veränderten Organismen um das Dasein mit dem Siege der am vortheilhaftesten veränderten und der sich immer mehr fixirenden Vererbung ihrer Eigenschaften gelten als die zureichenden Hebel der Entwickelung des organischen Reiches von einfachen Anfängen aus zur heutigen Mannichfaltigkeit; und man bezeichnet diese Entwickelung als natürliche oder künstliche Züchtung, Zuchtwahl, je nachdem obige Hebel durch die Natur ohne absichtliches Zuthun des Menschen oder mit Hülfe von solchem in Wirkung treten.

Nun zeigen sich diese Principe auch heute noch in Gestaltung und Erhaltung der Verhältnisse der organischen Welt wirksam und wird sich gegen den allgemeinen Gesichtspunkt, sie hienach auch für die Entwickelung der organischen Welt bis zum heutigen Bestande in Anspruch zu nehmen, nichts Erhebliches einwenden lassen, um nicht zu mystischen Gründen seine Zuflucht nehmen zu müssen; aber aus demselben Gesichtspunkte scheint mir zu den vorigen Principen ein anderes nicht nur zuzuziehen, sondern dem Principe des Kampfes um das Dasein noch überzuordnen, das Princip einer Abhängigkeit der Existenzbedingungen der organischen Geschöpfe von einander und demgemässen Ergänzung durch einander, was auf ein entsprechendes Uebergewicht in den Entstehungsbedingungen hinweist. Nun sucht man freilich dies Princip selbst nur als secundären Erfolg der natürlichen Züchtung nach den angegebenen drei andern Principen etwa wie folgt darzustellen: diejenigen Organismen werden zusammen fortbestehen, welche sich so abgeändert haben, dass sie am besten zusammen bestehen können; die andern werden eingehen; hiemit bleiben nur die zusammenpassenden übrig, ohne dass von vorn herein Bedingungen für das Zusammenpassen gegeben waren. Und man muss zugestehen, dass im Ausgange von der Ansicht eines unorganischen Ursprungs der Organismen auf keine andere Ansicht zu kommen war.

Hiegegen führt die Ansicht vom kosmorganischen Ursprunge der Organismen eben so natürlich zu einer andern Auffassung, die den Blick auf einen einheitlichen Entwickelungsplan der Organismen eröffnet, der sich nach voriger Auffassung so zu sagen stückweis aus unzähligen zufälligen Einzelheiten zusammensetzt. Ausserdem lässt die vorige Auffassung bei genauerer Erwägung Schwierigkeiten ungehoben, die der oberflächlichen Betrachtung entgehen mögen, bei unserer Auffassung aber überhaupt wegfallen.

Man sagt: der Egoismus sei das Princip der Welt, und so kämpfe Jeder um sein Leben mit dem Andern; in der That aber ist der Egoismus nur das Princip der Einzelnen, worüber ein die Gesammtheit aller Einzelnen bindendes Princip, will man so, der höhere Egoismus des Systems der Einzelnen herrschend greift. So sage ich; aber die bisherige Descendenzlehre, mindestens in ihren entschiedensten Vertretern, leugnet eben das Dasein eines solchen Principes. Man sieht, mit allgemeinen Phrasen für und wider wird überhaupt in diesem Felde nichts auszurichten sein; also sehen wir lieber den factischen Verhältnissen direct ins Auge.

Ich meine doch zuvörderst, factisch spielt in den Verhältnissen der Jetztwelt das Princip des Kampfes um das Dasein, das heisst um die Existenzbedingungen, eine so untergeordnete Rolle gegen das Princip einer Abhängigkeit der Existenzbedingungen der organischen Geschöpfe von einander und Ergänzung zu einander, dass es von vorn herein bedenklich erscheinen muss, ihm die übergeordnete Rolle in der Entwickelung der jetzigen Existenzbedingungen beizulegen. Ehe wir aber eine andere Vorstellung dafür zu substituiren suchen, sehen wir uns die Verhältnisse der Gegenwart in dieser Hinsicht an. Kann wohl das Princip des Kampfes um das Dasein als das jetzt herrschende im Verhältnisse zwischen Thier- und Pflanzenreich gelten? Ist nicht vielmehr das Thierreich mit seiner Existenz völlig auf das Pflanzenreich angewiesen? Wohl besteht zwischen beiden insofern ein Kampf, als die Pflanzen von den Thieren gefressen werden, und wo ein Baum steht, nicht zugleich ein Thier stehen kann; aber anstatt dass die Thiere als höher entwickelte Organismen die Pflanzen verdrängen, um ihre Stelle einzunehmen, beschränken beide nur die Ausbreitung ihres Daseins wechselseitig so weit, dass beider Fortexistenz möglichst gesichert bleibt; denn sollten die Thiere alle Pflanzen zerstören, so würden sie damit die Bedingungen ihrer eigenen Fortexistenz zerstören, und sollte es keine Thiere mehr geben, so würden den Pflanzen die Kohlensäure, welche die Thiere ausathmen, der Dünger, welchen sie fallen lassen, und die Hülfe, welche sie von den Insecten bei der Befruchtung erfahren, fehlen.

Auch im Thierreich werden die Pflanzenfresser von den Fleischfressern im Kampfe um das Dasein nicht verdrängt, sondern blos vor einer so übermässigen Verbreitung, dass sie sich wechselseitig die Nahrung verkümmern würden, gehindert, indess der Ueberfluss den Fleischfressern zur Nahrung dient. Die Menschen führen Krieg mit einander, aber nur mitunter, indess sie in der Hauptsache und beständig zu ihrer Forterhaltung, Fortpflanzung und Fortentwickelung auf einander angewiesen sind. Es ist wahr, die cultivirten Nationen verdrängen allmälig die rohen, die grösseren Raubthiere werden allmälig von den Menschen ausgerottet, cultivirte Saaten aus wenigen Species von Gewächsen treten an die Stelle mannichfachen Unkrauts, und überall verdrängen im Kampfe um das Dasein vollkommenere oder den Umständen vollkommener angepasste Exemplare einer Species die unvollkommeneren oder weniger angepassten, und behält der Kampf um das Dasein in dieser Hinsicht grosse Wichtigkeit; aber diese Wichtigkeit überbietet doch nicht die des Ergänzungsverhältnisses, das sich von anderer Seite geltend macht, und wie vermöchte man in Beispielen folgender Art das letztere als secundären Erfolg des ersten nach den Principien der bisherigen Züchtungslehre darzustellen.

Nehmen wir das Ergänzungsverhältniss der zwei Geschlechter. Wenn ich nicht irre, steht für die bisherige Züchtungslehre nur folgender Weg offen, seine Entstehung zu erklären. Anfangs gab es nur geschlechtslose oder beide Geschlechter in sich vereinigende Geschöpfe. Durch irgend welche Zufälligkeiten — denn umsonst suche ich in der bisherigen Züchtungslehre nach einem andern Princip der Wirkungsweise der Kräfte, als dass von den möglichen Wirkungsweisen derselben irgendwo und irgendwann diese oder jene eintreten — änderte sich die Organisation eines gegebenen Thier-Individuum so ab, dass es einen männlichen Charakter annahm, mithin sich nicht mehr durch sich selbst fortpflanzen konnte. Durch andre dergleichen Zufälligkeiten änderte sich die Organisation eines andern Individuum derselben Species so ab, dass es einen weiblichen Charakter annahm, mithin sich nicht mehr durch sich selber fortpflanzen konnte. Zufällig waren diese Veränderungen so beschaffen, dass doch durch Begattung beider Individuen eine Fortpflanzung möglich war; auch traf zufällig die Bildung beider Geschlechtsindividuen an demselben Orte und in derselben Zeit zusammen; und indem sich diese Zufälligkeiten in ganz ähnlicher Weise durch das Thierreich wiederholten und ihre Erfolge durch Vererbung fortpflanzten, ist die jetzt durch die ganze obere Schicht des Thierreiches durchgreifende Verschiedenheit und Trennung der Geschlechter entstanden. Dass aber die Individuen mit getrennten Geschlechtern im Kampfe um das Dasein das Feld behielten liegt in dem Vortheile, den ihnen die mit der Trennung der Geschlechter eingetretene Theilung der Arbeit beim Fortpflanzungsgeschäft und nach andern Beziehungen gewährt.

Bemerken wir nun, dass der Eintritt von Zufälligkeiten, wodurch geschlechtslose Individuen sich in geschlechtlich differente verwandeln, an sich nicht zu den wahrscheinlichen in der Wirkungssphäre der Kräfte gehören kann, da wir jetzt keine Zufälligkeiten mehr eintreten sehen, wodurch eine solche Verwandlung an den unzähligen geschlechtslosen Species von Geschöpfen, die es noch giebt, erfolgte, und bemerken wir dazu, dass in den Principien der bisherigen Züchtungslehre vollends nichts liegt, was die gleichzeitige und an dieselbe Localität sich knüpfende Entstehung zweier sich ergänzender Geschlechtsindividuen auch nur einer einzigen Species, geschweige durch das ganze Thierreich mit dem geringsten Grade von Wahrscheinlichkeit behaftet erscheinen liesse. Im Gegentheil sollte man zur Entstehung der beiden verschiedenartigen Geschlechtsindividuen verschiedenerlei einwirkende Umstände, also verschiedene Zeiten und Orte erwarten. Und was gewinnt man nun damit, Millionen oder Milliarden Jahre in Anspruch zu nehmen, um das zufällige Zusammentreffen solcher Umstände doch einmal und wieder einmal hier und da möglich zu finden, als dass man die allerunwahrscheinlichste Ansicht doch nicht unmöglich erscheinen lässt, indess es sich vielmehr darum handelt, unter den möglichen Ansichten die wahrscheinlichste zu finden; wenn man nicht gar vielmehr dem Wirthe gleicht, der den Verlust, den er durch zu billigen Verkauf an jedem einzelnen Maasse Bier erlitt, durch die Menge der verkauften Maasse einzubringen meinte. In der That aber sollte man glauben, dass die Forterhaltung der geschlechtlichen Trennung im organischen Reiche nach solchen Principien, wenn selbst vermöge glücklicher Zufälligkeiten durch eine gewisse Zeit möglich, mit dem Wachsthum der Jahre immer unwahrscheinlicher werden müsste. Denn setzen wir auch, dass beide Geschlechtsindividuen sich zufällig und dieselbe Zeit im erforderlichen Ergänzungsverhältnisse gebildet hätten, so sieht man nicht ein, wiefern beide, die sich zur Fortpflanzung zusammenfinden mussten, günstiger dazu gestellt sein sollten, als das geschlechtlose oder beide Geschlechter in sich vereinigende Individuum, welches hiemit auch die Bedingungen der Fortpflanzung in sich vereinigte.

Hiegegen macht man die Vortheile der Arbeitstheilung geltend, welche durch die Trennung der Geschlechter zu Stande komme, und unstreitig giebt es solche Vortheile. Wenn aber die Arbeitstheilung irgend eines Geschäftes erst nur einseitig zu Stande kommen und auf den Zufall warten sollte, dass er die Ergänzung von der andern Seite zufüge, so würden die Vortheile sich in Nachtheile verkehren und das getheilte Geschäft eingehen, statt das ungetheilte zu verdrängen und sich auf die Nachkommen zu vererben; ich wüsste aber nicht, wie nach der bisherigen Züchtungslehre das Zustandekommen der Arbeitstheilung des Fortpflanzungsgeschäftes anders als in solcher Weise und mit solchem Erfolge zu denken wäre. Auch kommt die Arbeitstheilung in den Geschäften des äussern menschlichen Lebens niemals durch Zufälligkeiten sondern durch innere Entwickelungsbedingungen zu Stande; und so wird es auch unstreitig mit den Geschäften des inneren Lebens sein.

Dieselben Schwierigkeiten der bisherigen Züchtungslehre kehren nur in anderer Form bei folgendem Beispiele wieder. Viele Pflanzen sind auf eine Befruchtung unter Mithülfe gewisser Insecten angewiesen und diese, Insecten gegentheils auf eine Befriedigung ihres Nahrungsbedürfnisses beim Acte dieser Hülfe.

Soll nun ein solches Verhältniss nach der bisherigen Züchtungslehre zu Stande gekommen gedacht werden, so hat die betreffende Pflanze aus unbekannten Ursachen ihre Organisation so abändern müssen, dass es eines betreffenden Insects zur Befruchtung bedurfte, und ein Thier hat aus eben so unbekannten Ursachen, welche principiell mit den bei der Pflanze wirksamen in gar keinem Zweckbezuge stehen, seine Organisation so abändern müssen, dass es seine Nahrung aus der betreffenden Pflanze unter Vollzug einer Beihülfe zur Befruchtung suchen musste. Die Pflanze und das Thier sollen nun im Kampfe um das Dasein mit ihren Verwandten, die sich nicht so vortheilhaft auf einander eingerichtet hatten, das Uebergewicht erhalten haben. Aber wenn sie nicht zugleich ihre Organisation mit Bezug zu einander in jener Weise abänderten, so kamen sie ja durch ihre Abänderung wieder in entschiedenen Nachtheil gegen ihre nicht abgeänderten Verwandten, weil sie die Ergänzung nicht fanden, welche sie brauchten, und blieben selbst, wenn sie dieselbe zu finden vermochten, dadurch in Nachtheil, dass sie dieselbe erst suchen mussten.

Was nun aber hier vom Ergänzungsverhältnisse in zwei specialen Beispielen gesagt ist, findet im Grunde mehr oder weniger auf alle Ergänzungsverhältnisse im organischen Reiche Anwendung. Ueberall begegnet man einer ungeheuern Schwierigkeit, das Ergänzungsverhältniss durch Anpassung der Organismen an einander in den zufälligen Wegen einer von einander unabhängigen Abänderung unter Zuziehung des Kampfes um das Dasein entstehen zu lassen, und wird sich dieser Schwierigkeit nur dadurch überheben können, dass man dafür die Ansicht eines örtlichen, zeitlichen und causalen Zusammenhanges der Entstehungsbedingungen der sich ergänzenden Organismen substituirt. Auch tritt eine solche mit dem gemeinsamen kosmorganischen Ursprunge der Geschöpfe in natürliche Beziehung und begreift selbst das Ergänzungsverhältniss des organischen und unorganischen Reiches mit unter sich.

In der That meine ich, dass von Anfange herein sich das kosmorganische Reich gleich in ein zusammengehöriges, zusammenhängendes und zusammenpassendes molecular-organisches und unorganisches differenzirte, indem der frühere einheitliche Bestand jenes Reiches sich in den Zusammenbestand beider, sich zur Ergänzung fodernden wie eine solche bietenden, Reiche nach dem alsbald zu besprechenden Principe auflöste; dass dann weiter das molecular-organische Reich sich, mit Hinterlassung eines der Differenzirung unfähigen Restes in den Pflanzenthieren, in ein zusammengehöriges und zusammenpassendes Thierreich und Pflanzenreich differenzirte, und innerhalb beider Reiche noch speciellere Differenzirungen, darunter die der beiden Geschlechter, der Parasiten und ihrer Träger u. s. w. eintraten.

Hiebei verstehe ich gegenüber dem Falle der einfachen Spaltung einer Masse in mehrere Massen, die nur in Grösse und äusserer Form, aber nicht der innern Constitution oder dem Baue nach sich von der Ursprungsmasse und von einander unterscheiden, unter Differenzirung den Fall, dass eine Masse von einer gegebenen inneren Constitution sich sei es direct in Massen von ungleicher Constitution spaltet, welche ein Ergänzungsverhältniss zu einander behalten, oder die von ihr erzeugten Keime vor ihrer Abspaltung so spaltet, dass daraus Organismen im Ergänzungsverhältnisse hervorgehen, was ich kurz als Massendifferenzirung und Keimdifferenzirung unterscheide.

Nun spricht man schon in der bisherigen Züchtungslehre von Differenzirung insofern, als derselbe Organismus Nachkommen erzeugt, die durch zufällige Einflüsse nach dieser oder jener Richtung verschieden ausfallen oder im Laufe folgender Generationen sich verschieden entwickeln. Insofern aber hier von einer Differenzirung die Rede ist, wodurch aus einem Organismus Nachkommen hervorgehen, die, anstatt zufällig verschieden zu sein, in wesentlichem Ergänzungsverhältnisse zu einander verschieden sind, nenne ich diese Art der Differenzirung bezugsweise Differenzirung zum Unterschiede von jener, welche zufällige Differenzirung heissen kann, deren Thatsache nicht durch die Annahme von jener als aufgehoben sondern nur als ergänzt anzusehen ist.

Auch das Princip des Kampfes um das Dasein wird durch das Princip der bezugsweisen Differenzirung nicht ungültig, sondern wenn ersteres Princip nach der bisherigen

Züchtungslehre als Correctiv der schrankenlosen Variabilität der Organismen zur Hervorrufung eines zweckmässigen Bestandes der organischen Welt erscheint, so hat es nach der folgenden Auseinandersetzung auch für uns noch als Correctiv der beziehungsweisen wie zufälligen Differenzirung zu gelten, nur dass es zu einer mehr secundären und untergeordneten Rolle herabgedrückt erscheint. Näher angesehen ist nämlich das Verhältniss so zu fassen.

Um an die Entstehung der Geschöpfe aus Keimen, kurz Keimdifferenzirung, anzuknüpfen: wenn zwei verschiedenartige Geschöpfe dadurch entstehen, dass ein Keim vor seiner Abspaltung vom Muttergeschöpfe sich in zwei verschiedene Keime differenzirt hat, die sich demgemäss zu verschiedenen Geschöpfen entwickeln, so lässt sich leicht denken, dass sie aus ihrem ersten Zusammenbestande oder ihrer Verschmelzung gewisse Bedingungen eines stabeln organischen Wirkungszusammenhanges und gegenseitiger Ergänzung zu ihrer Forterhaltung und Entwickelung in den gesonderten Zustand mit hinübernehmen, indess aber in ihrer Trennung selbst die Nöthigung liegt, diese Bedingungen dahin zu vervollständigen, dass sie auch noch für den durch Zwischeneinschiebung von Theilen der Aussenwelt getrennten Zusammenbestand und die getrennte Fortentwickelung reichen. Jedenfalls sind Vorbedingungen der durch Differenzirung aus einem einheitlichen Ursprunge hervorgegangenen Geschöpfe in einer gegenseitigen Einrichtung beider auf einander gegeben, die nicht erst geschaffen, sondern eben nur ergänzt zu werden brauchen, um ein beziehungsreiches Leben und eine beziehungsweise Entwickelung der getrennten Organismen fortzuerhalten. Diese Ergänzung aber kann vollkommener und unvollkommener sein, und der Kampf um das Dasein wird nun seine wichtige Rolle darin spielen, dass er den am besten zusammenpassenden Ergänzungsgliedern das Uebergewicht verleiht, eine um so wichtigere, als nicht nur die direct aus der Differenzirung hervorgegangenen Ergänzungsglieder unter einander, sondern diese auch mit allen aus nebengeordneten Differenzirungen hervorgegangenen Gliedern und mit der unorganischen Aussenwelt sich in ein zusammenpassendes Verhältniss zu fügen und demgemäss abzuändern haben.

Inzwischen sieht man, dass dem Kampfe um das Dasein doch hienach viel weniger zu leisten überlassen bleibt, als nach der bisherigen Züchtungslehre; sofern er die Hauptbedingungen zum zweckmässigen Zusammenbestande nicht erst zu schaffen, sondern eben nur zu ergänzen hat.

Ich halte dafür, dass die successiv im irdischen System eingetretenen bezugsweisen Differenzirungen ebenso in der Uranlage des kosmorganischen Systems gelegen sind, als noch heute die Theilung einer Zelle in deren Anlage gelegen ist, nur dass diese noch äusserer Bedingungen der Ernährung dazu bedarf, deren das kosmorganische System nicht bedurfte. Ich setze voraus, ohne es freilich direct beweisen zu können, dass die successiven Differenzirungen im Sinne eines Fortschrittes zur Stabilität gelegen sind und aus allgemeinstem Gesichtspunkte ihre Erklärung darin zu suchen haben. In der That lässt sich denken, dass eine gegebene Organisation sich bis zu gewissen Grenzen durch innere Kräfte unter gegebenen Aussenbedingungen so abändern kann, dass ein Fortschritt zur Stabilität ohne Differenzirung stattfindet, im Laufe der Fortwirkung der inneren Kräfte und etwaiger Abänderung der Aussenbedingungen aber ein Punkt eintritt, wo mit Trennung dieser Organisation in zwei sich ergänzende Glieder mehr in dieser Hinsicht geleistet werden kann, als durch Abänderung der ganzen Organisation, und dass auch der Kampf um das Dasein nur den Erfolg hat, die instabeln organischen Verhältnisse zum Vortheil der stablern zu beseitigen.

Man darf gegen das vorige Princip nicht einwenden, dass wir das organische Reich jetzt nicht mehr im Wege desselben sich fortentwickeln sehen, da wir das organische Reich, abgesehen von den Erfolgen der hier nicht in Betracht kommenden künstlichen Züchtung, jetzt überhaupt nicht mehr sich fortentwickeln sehen. Doch musste es sich von ersten Anfängen aus bis heute fortentwickelt haben. Mag nun auch das Princip der bezugsweisen Differenzirung in voriger Aufstellungsweise blos als ein hypothetisches gelten, so scheint es mir doch nach voriger Darlegung eine nothwendige Ergänzung der andern Principe, wodurch die Descendenztheorie nicht minder im Wege der Hypothese die Fortentwickelung des organischen Reiches bis heute zu erklären sucht, ohne diese Fortentwickelung heute noch fortgehend zu finden.

Auch gewinnt unser Princip in Anwendung auf die Entfaltung des organischen Reiches in eine Mannichfaltigkeit von Organismen eine Unterstützung dadurch, dass jeder einzelne Organismus sich noch heute nach demselben Principe in eine Mannichfaltigkeit von Organen gliedert, nur mit dem Unterschiede, dass keine vollständige Trennung der differenzirten Theile stattfindet, und darum auch der Erfolg der Differenzirung keiner Correction durch einen entsprechenden Kampf der getrennten Theile um das Dasein bedarf, als sich für die Entwickelung des organischen Reiches nöthig macht; indess es in nur beschränkterem Sinne an einer derartigen Correction doch auch nicht ganz fehlt, sofern von schon entwickelten Organen oder Organtheilen vielfach einer auf Kosten des andern wächst und solchen wohl gar ganz verdrängt. Dieser Vorgang erscheint im Embryo der Zufälligkeit merklich entzogen, indess der Kampf um das Dasein in der Entwickelung des organischen Reiches als Correction von Unzweckmässigkeiten erscheint, welche durch die Differenzirung unter zufälligen Umständen zufällig hervortreten, ein Unterschied, der aber blos darin liegt, dass in der Entwickelung des Embryo einer gegebenen Species von Organismen durch die Vererbung immer dieselben Unzweckmässigkeiten bezüglich des Fortbestandes des Organismus und hienach auch dieselbe Correctionsweise sich wiederholt, während verschiedene Species in so mannichfach wechselnde Verhältnisse zur Aussenwelt und zu einander treten, dass die Unzweckmässigkeiten als zufällig erscheinen.

Wenn ich oben Klarheits halber Spaltung und Differenzirung, Massen- und Keim-Differenzirung unterschieden habe, so ist doch eben so wenig eine strenge begriffliche Grenze zwischen blosser Spaltung und Differenzirung, als zwischen Massen- und Keimdifferenzirung zu ziehen, indem durch immer geringere Unterschiede der getheilten Massen oder Keime von einander die Differenzirung sich in die blosse Spaltung verläuft, und nach Massgabe als ein Mutterkörper relativ zu sich selbst immer kleinere differente Keime von sich abspaltet, die Massendifferenzirung in die Keimdifferenzirung übergeht.

Wie und in welchem Verhältnisse zu einander sich nun überhaupt die Differenzirungen und Spaltungen der Geschöpfe im ganzen Entwickelungsgange des organischen Reiches vollzogen und Massen- und Keimdifferenzirungen combinirt oder einander abgelöst haben, darüber sind Vorstellungen bisher mehr Sache der Phantasie als eines sichern Schlusses. Nur sind wir jedenfalls gebunden anzunehmen, dass die Differenz der aus den Differenzirungen hervorgehenden Glieder im Laufe der Fortentwickelung des organischen Reiches immer mehr abgenommen hat, so dass sie jetzt nicht mehr bis zur Hervorrufung neuer von den Eltergeschöpfen und von einander wesentlich verschiedener Species reicht. Insbesondere muss man auch dahinstellen, wiefern die Differenzirungen gegebener Stufe sich mehr in zeitlich und räumlich zusammenhängenden Processen durch das ganze organische Reich oder in partiellen getrennten hier und da vollzogen haben; nur dass man aus allgemeinem Gesichtspunkte glauben kann, dass, je näher dem Ursprunge des organischen Reiches, so mehr sei das erste, je näher der Jetztzeit, so mehr das letzte der Fall gewesen.

In keinem Falle glaube ich, dass für den Gang der Differenzirung durch die ganze Ausdehnung und Succession des organischen Reiches sich je ein sehr einfaches Schema werde aufstellen lassen: weil die kosmorganischen Verhältnisse, wovon dieser Gang den Ausgang genommen, dazu unstreitig zu verwickelt und die verschiedenartigen Zustände zu unregelmässig vertheilt waren. Dass sie es aber von vorn herein waren, kann man aus ihren noch fortbestehenden Folgen schliessen; ja man hat die Unregelmässigkeit von Anfange herein viel grösser, mehr ins Elementare als jetzt reichend, anzunehmen, weil die von Anfange herein den ganzen Entwickelungsgang beherrschende Tendenz zur Stabilität allmälig eine Ordnung und Gliederung in diese Verhältnisse und Zustände gebracht hat, die früher nicht bestanden haben kann, ohne es doch damit zur Ausgleichung der klimatologischen und meteorologischen Unregelmässigkeiten zu bringen, die heute noch bestehen, und womit eben so grosse Unregelmässigkeiten in der Vertheilungsweise der organischen Geschöpfe zusammenhängen.

Was zwar die klimatologischen Verschiedenheiten betrifft, so haben dieselben erst merklich werden können, als die innere Erdwärme nicht mehr den Hauptantheil an der Erwärmung der Oberfläche, auf der die Organismen leben, hatte, und die dichte Nebelhülle, welche früher über Land und Meer liegen mochte, der Heiterkeit des Himmels Platz machte, und unstreitig traten hiemit auch Aenderungen in der organischen Welt ein. Aber hievon hätten wir blos regelmässig geordnete und regelmässig auseinanderfolgende Aenderungen erwarten können, wenn nicht uranfängliche Gründe der Unregelmässigkeit vorhanden gewesen wären.

VII.

Princip der abnehmenden Veränderlichkeit.

Im Ganzen herrscht jetzt sowohl in Betreff der Entwickelung der ganzen Erde als der organischen Geschöpfe auf ihr insbesondere die Ansicht vor, dass dieselben Kräfte, welche in dieser Beziehung noch heute thätig sind, von jeher thätig waren und umgekehrt. Indess abgesehen davon, dass man, nachdem die kosmorganischen Bewegungen ihre Wirkung in Bildung organischer und unorganischer Molecule erschöpft haben, nichts mehr auf sie betreffs neuer Bildung derselben rechnen kann, hat man auch den molecular-organischen Kräften keineswegs mehr dieselbe Wirksamkeit wie früher zur Hervorrufung neuer organischer Bildungen beizulegen, nachdem sie nach dem Princip der Tendenz zur Stabilität schon zu approximativ stabeln Zuständen in dieser Hinsicht geführt haben. Allerdings können diese Zustände nur insofern als Endzustände gelten, als zugleich die der Aussenwelt es sind, mit Bezug zu welchen die approximative Stabilität der organischen Zustände besteht; aber gleichviel, ob in dieser Hinsicht das Ziel erreicht ist, so ist doch seit den Urzuständen der Erde eine erhebliche Annäherung daran erfolgt, und können wir Veränderungen von einer Grösse und Art, wie sie früher in der organischen und unorganischen Welt leicht und möglich waren, wo das Ziel noch ferner lag, jetzt nicht mehr eben so leicht und möglich finden.

Also waren in der organischen Welt wie in der unorganischen unstreitig alle Verhältnisse überhaupt von Anfange herein labil, beweglich, und statt dass sich dieselben organischen Formen immer von Generation zu Generation wiederholten, mochten sie sich erst stark von einer Generation zur andern, dann von einer Epoche zur andern immer in Zusammenhang mit den erst starken, dann allmäligen Aenderungen der unorganischen Aussenwelt ändern, bis mit deren sich fester stellender Gliederung und Entwickelung fester meteorologischer Kreisläufe auch die Gliederung und Wiederholung der Glieder der organischen Geschöpfe eine festere Gestalt gewann.

Zwar kann man gegen das hiemit aufgestellte Princip einer mit der Zeit fortschreitenden Abnahme der Veränderlichkeit der Organismen einen Einwand aus geologischen Thatsachen ziehen, der jedoch keineswegs durchschlägt. Die sedimentären Schichten, welche man nach dem Charakter der darin enthaltenen organischen Reste unterscheidet, sind im Allgemeinen um so dicker, je älter sie sind, und nimmt man die Zeit, welche zu ihrer Ablagerung diente, ihrer Dicke proportional, so würde derselbe Charakter der Organisation sich durch um so längere Zeit erhalten haben, je weiter man in der Zeit zurückgeht. Aber jene Annahme hat selbst nichts für sich. Vielmehr waren unstreitig die verwitternden, ab- und aufschwemmenden Einflüsse um so mächtiger und gab die Erdkruste bei noch grösserer Wärme diesen Einflüssen um so leichter nach, je weiter man in der Zeit zurückgeht, so dass selbst abgesehen von der im 10. Abschnitt aufzustellenden geologischen Hypothese, welche eben dahin zielt, früherhin Schichten von grösserer Dicke als jetzt in gegebener Zeit abgelagert werden konnten.

Auch scheint mir eine grössere Variabilität der organischen Bildungen in früherer Zeit als jetzt insofern ein fast wesentliches Ingrediens der Descendenzansicht, als man nach dieser Ansicht den Entwickelungsgang des einzelnen organischen Geschöpfes als das ins Kurze gezogene Bild des Entwickelungsganges der ganzen organischen Welt oder als ein Zurückkommen Seitens des Individuums auf diesen Entwickelungsgang betrachtet. Auch der Embryo aber zeigt verhältnissmässig um so raschere und grössere Veränderungen, je näher er seinem Ursprunge ist. Und kann man schon nicht schlechthin leugnen, weil die Möglichkeit der Berechnung fehlt, dass die gewaltigen Veränderungen, welche von den Organismen im Laufe der Entwickelung des ganzen Reiches durchschritten sind, nicht auch ohne Zuziehung einer früher stattgehabten grössern Variabilität durch eine Zeitlänge von Milliarden von Jahren möglich wurden und nur jetzt nicht mehr möglich scheinen, weil dazu neue Milliarden von Jahren gehören würden; so wird man es immerhin als einen Vortheil ansehen können, wenn man mit geringeren Zeitkosten und auf leichteren Vorstellungswegen zu demselben Resultate gelangt.

Wenn man von einer Unveränderlichkeit der Naturkräfte spricht und sich deshalb scheut, für die Vorgänge der Jetztzeit andere Kräfte in Anspruch zu nehmen, als für die der Vorzeit, so hat man freilich Recht; aber was würde man sagen, wenn Jemand nach dem Principe der Unveränderlichkeit der Kräfte annehmen wollte, dass ein Stein, der am Ende seiner Fallzeit 100 Fuss in der Secunde durchlaufen ist, auch in der ersten Secunde eben so viel durchlaufen habe. Vielmehr liegt im Gesetze des Falles selbst, dass er Anfangs weniger durchlaufen hat. Und so sollte man jedenfalls die Möglichkeit, dass im Gesetze organischer Entwickelung umgekehrt eine allmälige Verlangsamung dieser Entwickelung liege, im Auge behalten und, da man sie nicht nach der Beobachtung des ganzen organischen Reiches entscheiden kann, nach der Beobachtung seiner Glieder mit Rücksicht auf das Princip der Tendenz zur Stabilität mindestens nach Wahrscheinlichkeit entschieden halten.

In Abhängigkeit vom Vorigen steht eine Hypothese von sehr allgemeiner Tragweite, die in der That ohne die Annahme, dass die Organisation in früheren Zeiten variabler gewesen als jetzt, keinen Halt haben würde, und die es genügen mag an einem speciellen Beispiele zu erläutern.

Der Hahn hat Sporen an den Füssen, eine Federmähne, einen hohen rothen Kamm. Man erklärt die beiden ersten Einrichtungen nach dem Principe des Kampfes um das Dasein dadurch, dass Hähne, an denen dergleichen sich zufällig ausbildete, durch die Sporen ihren Gegnern im Kampfe überlegen und durch die Mähne besser gegen deren Bisse geschützt wurden; also den Platz auf dem Felde des Kampfes behielten. Aber unstreitig hätte man lange auf das Eintreten solcher Zufälligkeiten warten müssen, und wenn man bedenkt, dass bei allen andern Thieren ähnliche Zufälligkeiten angenommen werden müssten, um das Zustandekommen ihrer Zweckeinrichtungen zu erklären, so wird der Vorstellung schwindeln. Ich denke mir vielmehr, als die Organisation noch leichter veränderlich war, vermochte das psychische Streben, dem Gegner im Kampfe tüchtig zuzusetzen, sich vor seinen Angriffen zu schützen, und der Zorn gegen ihn, die noch heute den Sporen in Thätigkeit setzen, die Federmähnen sträuben und den Kamm schwellen machen, diese Theile durch demgemässe Abänderung der Bildungsprocesse wenn nicht an den fertigen Hähnen hervorzutreiben, aber die Anlage dazu den Keimen und hiemit den Nachkommen einzupflanzen, wobei ich natürlich die psychischen Bestrebungen und Zustände nur als die inneren Erscheinungen der physisch organischen ansehe, wovon jene Umbildungen abhingen, das ganze Spiel der psychischen Antriebe mit ihrer physischen Unterlage aber durch das allgemeine Princip der Tendenz zu stabeln Zuständen verknüpft halte, ohne eine speciellere Erklärung zu versuchen. Jetzt freilich vermöchte die stärkste Erbosung eines Hahnes keinen neuen Sporen und Kamm hervorzutreiben, weil sie eben schon hervorgetrieben sind, und die ganze Organisation auf einen approximativ stabeln Zustand in sich und in Verhältniss zur Aussenwelt gelangt ist; obwohl wahrscheinlich doch eine Verstärkung des Sporen und Kammes im Laufe der Generation böser Hähne noch dadurch möglich ist.

VIII.

Verschiedene Entwickelungsverhältnisse des organischen Reiches, welche unter Voraussetzung seines kosmorganischen Ursprunges eine wesentlich andere Auffassung als bisher erfordern.

1) Da in den pflanzenthierischen protoplasmatischen Geschöpfen weder eine Differenzirung in Pflanze und Thier noch in verschiedene Geschlechter schon eingetreten ist, so kann man leicht geneigt sein, den Zustand dieser Geschöpfe als denjenigen anzusehen, von dem die Differenzirung des molecular-organischen Reiches ausgegangen ist.

Auch ohne Rücksicht auf das Princip der bezugsweisen Differenzirung ist man ja allgemein geneigt, im Protoplasma den Urstoff aller organischen Entwickelung zu sehen. Viel wahrscheinlicher jedoch scheint es mir, dass wir darin vielmehr einen von aller Differenzirung und frühern Fortentwickelung rückständigen Rest zu sehen haben, der für sich allein gar keiner höheren Fortentwickelung fähig ist, als die er in den pflanzenthierischen Organismen schon erfahren hat, und der zwar in alle organischen Keime und höheren Organismen constituirend mit eingeht, zur Bildung ihrer Structur, zur Ernährung und zum Wachsthum derselben hilft, indem er dazu schon mehr als blos unorganischer Stoff vorbereitet ist, aber doch so wenig, als dieser ohne organisirende Kräfte, welche sein eigenes Vermögen übersteigen, zur Organisation überhaupt zu führen vermag, zu einer höheren Organisation zu führen vermöchte.

Jedenfalls muss man sehr die Natur eines organischen Stoffes unterscheiden, der sich durch alle Entwickelungsepochen der Erde hat in derselben einfachen Structur zu reproduciren vermocht, von organischen Stoffen, welche in Abänderung ihrer Structur der Entwickelung der Erde zu folgen vermochten. Wäre das Protoplasma von heutiger Beschaffenheit überhaupt zu höheren organischen Entwickelungen fähig, ohne schon in solche einzugehen, so sollte es sich erstens schon seit der unvordenklichen Zeit, von der die Entwickelung des organischen Reiches datirt, höher entwickelt haben, und es somit keine selbstständigen protoplasmatischen Geschöpfe mehr geben; zweitens seine Fähigkeit zu höherer Fortentwickelung noch jetzt beweisen; und jedenfalls hätte man eben so viel Anlass, Versuche darüber anzustellen, als über die generatio aequivoca, um die jetzt herrschende Ansicht von der Rolle, welche das Protoplasma in der Entwickelung des organischen Reiches spielen soll, aufrecht zu halten. Versuche, die wahrscheinlich eben so verunglücken würden. Schlimm aber, wenn die ganze Entwickelungslehre auf Voraussetzungen fusst, deren Anerkennung von der Erfahrung standhaft verweigert wird. Ich gebe zu, dass man diese Voraussetzungen dennoch aufrecht halten muss, wenn es keinen andern Weg giebt, diesen Entwickelungsgang in seinen Anfängen zu repräsentiren, leugne aber mit Vorigem, dass dies der Fall ist.

2 Die Ansicht, dass die ganze Entwickelung des organischen Reiches von einem protoplasmatischen Zustande ausgegangen sei, trifft wesentlich mit der Ansicht zusammen, dass sie von kleinsten Keimen oder einfachsten Geschöpfen, als wie den protoplasmatischen Moneren, ausgegangen sei, und nach der Voraussetzung eines unorganischen Ursprunges des Organismen kann man in der That nicht wohl auf eine andere Ansicht als diese kommen; denn natürlich mussten sich die zufälligen Bedingungen für die erste Entstehung kleinster und einfachst constituirter Organismen im unorganischen Reiche leichter zusammenfinden, als für die Entstehung grösserer und zusammengesetzterer Geschöpfe, und überhaupt lässt sich der ganze Entwickelungsgang unter jener Voraussetzung nicht anders als von solchem Ausgangspunkte consequent darstellen.

Hiegegen steht in eben so wesentlicher Abhängigkeit von der Voraussetzung des kosmorganischen Ursprunges der Organismen die Ansicht, dass der Ausgang der Entwickelung von einem einzigen gewaltigen Geschöpfe von verwickeltster Structur stattfand, welches von vorn herein durch Differenzirung und Spaltung zu einer grossen Mannichfaltigkeit von Geschöpfen von verschiedener Structur als Stammeltern der heutigen führte.

In der That ist hienach das kosmorganische System selbst als das einheitliche Urgeschöpf zu betrachten, von dessen innerlich verwickelten Verhältnissen und Bewegungen alle Differenzirung und Spaltung den Ausgang genommen. Aber auch das durch erste bezugsweise Differenzirung desselben im Ergänzungsverhältnisse zum molecular-unorganischen Reiche hervorgehende molecular-organische dürften wir von Anfange herein unter dem einheitlichen Gesichtspunkte eines Geschöpfes mit entsprechender Verwickelung der inneren Constitution, als dem kosmorganischen Reiche zukam, aufzufassen haben. Denn die Verkleinerung der Bewegungen, wodurch der Uebergang des kosmorganischen Systems in ein Molecularsystem geschah, konnte doch unmittelbar keinen andern Erfolg haben, als dass der kosmorganische Verband aller Theilchen, der durch die grösseren Bewegungen hergestellt war, sich in einen Molecularverband durch kleinere Bewegungen verwandelte; ohne dass man sieht, worin ein Grund zu einer uranfänglichen Trennung des organischen Verbandes gelegen haben könnte. Denn wenn schon nicht nur möglich sondern sogar wahrscheinlich ist, dass in die molecular-organischen Zustände sich unmittelbar mit entstandene oder bald daraus entstandene unorganische eingemischt haben, so würde es doch eine ganz willkürliche Annahme sein, dass diese Einmischung in Form fester, den organischen Verband trennender Scheidewände geschehen sei, vielmehr könnte man darin von vorn herein nur einen Mischverband zwischen organischen und unorganischen Zuständen sehen, wie noch heute solche Mischverbände ohne Trennung des organischen Verbandes bestehen (vgl. S. 10).

Lassen wir nun für die kosmorganischen Bewegungen von vorn herein keine andern beschränkenden Bedingungen gelten, als die in der Natur der Kräfte, von denen sie abhängen, liegen, indess wir die Ur-Anordnung und Ur-Impulse der Theilchen aufs Mannichfachste variirt denken, so wird sich die hievon abhängige Mannichfaltigkeit und Verwickelung kosmorganischer Zustände natürlich auf die unmittelbar daraus hervorgehenden molecular-organischen übertragen, und wir demgemäss anzunehmen haben, dass sich von vorn herein zahllos verschiedene, nur mit der allgemeinen Natur molecularer Kräfte verträgliche Arten organischer Molecule und Arten des Verbandes derselben unter einander und mit den unorganischen Moleculen in chaotischer Zusammensetzung und Auseinanderfolge aus dem kosmorganischen

Zustande hervorgebildet haben, und erst allmälig vermöge der Tendenz zur Stabilität bestimmte Kreisläufe und periodische Bewegungen in diesem Chaos entstanden, kleinere Perioden sich grösseren einbauten, und die Massen sich so differenzirten, theilten und gleichartige Molecule so gruppirten, dass dem Princip jener Tendenz möglichste Genüge geschahe.

Unstreitig nun trat mit der zuletzt oberhalb des heissflüssigen Kernes erfolgenden klaren Auseinandersetzung des unorganischen Reiches in ein Reich des Festen, Tropfbaren und Luftigen unmittelbar auch die zugehörige Differenzirung des organischen Reiches in verschiedene, zu jenen Reichen in verschiedener Beziehung stehende, Reiche ein, und zerfielen diese organischen Reiche, nach Massgabe, als die Bedingungen des Zusammenhanges in einem jeden schwanden, in verschiedene Bestandstücke, Geschöpfe, die eben deshalb von einfacherer Constitution als der allgemeine Mutterstock oder die Mutterstöcke, woraus sie hervorgingen, waren, weil sich deren Verwickelung in diese Bestandstücke auseinandersetzte, aber auch einen einfacheren Bau zeigten, als die im Laufe der Entwickelung des organischen Reiches daraus hervorgegangenen höheren Geschöpfe, sofern sie in ihrer molecularen Structur erst die Anlage zur Differenzirung in deren unterscheidbare Glieder, Organe, organische Systeme in analoger Weise einschlossen, als dies noch heute von den Keimen verschiedenartiger Geschöpfe gilt. Möglich daher auch, dass sie wie diese sich von vorn herein äusserlich viel ähnlicher darstellten, als die später daraus entwickelten Geschöpfe, indess sie doch ebenso wie die Keime schon die Bedingungen der verschiedenartigen Entwickelung in sich trugen.

Nun gehörten zur Entwickelung und selbst einfachen Forterhaltung in einer Nachkommenschaft ausser den innern Bedingungen der ersten Geschöpfe auch angemessene äussere Bedingungen, welche sie bis zu gewissen Grenzen unmittelbar darin fanden, dass sie durch bezugsweise Differenzirung aus dem kosmorganischen Reiche im directesten Ergänzungsverhältnisse zu eben den Theilen des unorganischen wie organischen Reiches hervorgingen, mit denen sie kosmorganisch verschmolzen waren oder unmittelbar zusammenhingen, und nach der Trennung in nächster Beziehung blieben. Auch reichen unstreitig die allgemeinsten Bedingungen bezugsweiser Erhaltung der heutigen Geschöpfe bis zu dieser Entstehungsweise zurück, ohne doch überall zureichend für die Forterhaltung oder Fortentwickelung der ersten Geschöpfe gewesen zu sein. Und so mochten von diesen viele im Kampfe um das Dasein mit andern, welche günstigere Bedingungen für ihre Forterhaltung fanden, wieder untergehen, andre fortbestehen und sich fortpflanzen, ohne es wegen verhältnissmässig zu homogener Constitution zu einem entschiedenen Zellenbau und hiemit zu einer höhern Fortentwickelung, welche erfahrungsmässig durch einen solchen durchzuschreiten hat, bringen zu können, noch andere endlich, welche die Anlage zu höherer Fortentwickelung in complexeren molecularen Zuständen einschlossen, sich im Fortschritte der Entwickelung des organischen Reiches theils in eine Organisation von unterscheidbaren Gliedern, Organen, organischen Systemen entfalten, theils selbst in verschiedenartige im Ergänzungsverhältnisse zu einander stehende Geschöpfe differenziren.

3 Weiter hängt mit der herrschenden Ansicht vom unorganischen Ursprunge der Organismen die Ansicht zusammen, dass die Bevölkerung der Erde mit Organismen von einem oder wenigen Centris, wo sich gerade günstige Bedingungen zur Entstehung derselben zusammenfanden, ausgegangen, mithin um so sparsamer war, je näher der Urzeit; wogegen aus unsern bisherigen Betrachtungen auf Grund der Ansicht vom kosmorganischen Ursprunge der Organismen vielmehr folgt, dass die Verbreitung, Dichtigkeit und Ueppigkeit der Entfaltung des organischen Reiches über der Erde von vorn herein jedenfalls nicht geringer gewesen ist, als heute; vielmehr kann sie nicht nur nach paläontologischen Thatsachen, sondern auch nach dem Princip der Tendenz zur Stabilität heute als geringer angesehen werden, sofern ein

weisen Verschiedenheit, die sich zumeist zeigt, da die abändernden Bedingungen im Allgemeinen continuirliche Abänderungen zeigen. Denn fehlt es schon hier und da nicht an Uebergängen, welche die Unterscheidung der Species zweifelhaft machen, so sind sie doch mehr Ausnahmen als Regel, indess man das Umgekehrte erwarten sollte. Nun sucht man diesem Einwurfe dadurch zu begegnen, dass der Kampf um das Dasein zwischen den Verwandten stärker als zwischen den Nichtverwandten sei, so dass endlich nur letztre übrig bleiben müssen. Und in der That, nehmen wir z. B. zwei verwandte Pflanzenspecies, die ziemlich dieselben Nahrungsstoffe aus dem Boden brauchen, so wird der durch die eine ausgesaugte Boden nicht zugleich oder nicht mehr zur Ernährung der andern dienen können, indess er noch recht wohl zur Ernährung einer ganz anders gearteten Species dienen kann: wonach die Verhältnisse vortheilhafter für den Zusammenbestand der nicht verwandten als verwandten Species liegen. Aber es scheint mir, dass man mit dieser Betrachtung zu viel und damit im Grunde das Gegentheil von dem beweist, was zu beweisen ist. Denn wenn Individuen verwandter Species in stärkerem Kampfe um das Dasein begriffen sind als nicht verwandte, so müssen aus gleichem Grunde Individuen derselben Species in stärkerem Kampfe begriffen sein als blos verwandte, also Individuen verwandter Species, wenn auch in Nachtheil gegen die Individuen nicht verwandter, doch in Vortheil gegen Individuen derselben Species sein; und man wird also statt der unzähligen Individuen derselben Species eben so viel Individuen verwandter Species zu erwarten haben.

Diese Schwierigkeit der Descendenztheorie fällt nach unserer Auffassung des Ursprunges der Organismen weg, weil man danach alle Species, die keine deutlichen Uebergänge zwischen einander zeigen, als von verschiedenen Urgeschöpfen, in die das molecular-organische Reich zerfallen ist, sei es unmittelbar, sei es mittels späterer bezugsweiser Differenzirung, abhängig denken kann. Das grosse Widerstreben, was viele Naturforscher hegen, die verschiedenen Species der organischen Geschöpfe im Sinne der heutigen Descendenzlehre mit Spielarten derselben Species unter principiell gleichen Gesichtspunkt zu fassen, fände hiemit seine volle Rechtfertigung: und die Schwierigkeit, verschiedene Species zu einer fruchtbaren Fortpflanzung mit dem Resultate einer neuen Species zu bringen, ihre Erklärung.

Man darf nicht einwenden, dass im kosmorganischen System so gut alle mögliche Uebergangsstufen zwischen den Anlagen der einzelnen Species als später zwischen diesen selbst erwartet werden müssten. Dies wäre blos dann der Fall, wenn wirklich ein Princip, was eine Verwandtschaft der Anlagen darin begründete, angenommen werden müsste, was nach unsern Voraussetzungen nicht der Fall, sofern wir uns die Vertheilungs- und Bewegungsweise der Stoffe im kosmorganischen System von vorn herein durch keine andern Bedingungen als die allgemeine Natur der materiellen Kräfte beschränkt denken. Denn hienach werden ausser den Uranlagen zu den verschiedenen Species, die wir jetzt beobachten, allerdings auch alle mögliche, d. i. unendlich viele, Uebergangsstufen gedacht werden können, aber zwischen den Anlagen zu einer blos endlichen Zahl von Geschöpfen doch nicht alle verwirklicht sein und beim Zerfall in diese Geschöpfe zum Vorschein kommen können.

Inzwischen ist damit doch nicht gesagt, dass nicht in der Natur der materiellen Kräfte selbst und dem in letzter Instanz davon abhängigen Princip der Tendenz zur Stabilität, was schon im kosmorganischen System vor Ausgeburt der Organismen eine gewisse Wirkung geäussert, gewisse Gemeinsamkeiten und Verwandtschaftsverhältnisse der Formen, des Baues, der Functionen der Geschöpfe, wie wir solche selbst zwischen verschiedenen Species doch auch beobachten, von vorn herein begründet sein konnten.

IX.

Abstammung des Menschen.

Was man als Consequenz der Descendenzansicht nothwendig hinnehmen muss, ist, dass der Mensch, anstatt von vorn herein und auf einmal im heutigen oder in einem noch vollkommeneren Zustande geschaffen zu sein, vielmehr von einfachen Anfängen an durch eine lange Reihe von Generationen hindurch höhere und immer höhere Entwickelungsstufen, die zoologisch von thierischen nicht zu unterscheiden, durchlaufen habe, bis er zur Menschenwürde gelangte, und auch auf dieser Stufe nur allmälig von sehr niederer zu höherer Bildung vorgeschritten sei. Inzwischen hat man schon anderwärts darauf hingewiesen: wenn doch nichts Anstössiges darin gefunden wird — und was hülfe es, wenn es darin gefunden werden sollte, es ist so — dass der Mensch im Mutterleibe vom Zustande einer einfachen Zelle an wesentlich dieselben Stufen als die unter ihm stehenden Thiere durchläuft, um nur zuletzt über alle hinausschreitend als Mensch hervorzutreten, aber auch dann vom sinnlichsten Kindeszustande anfangend erst allmälig sich zur höheren Bildung des Erwachsenen zu erheben, warum sollte es anstössig erscheinen, wenn die Entwickelung des Menschengeschlechts im Ganzen ganz denselben Gang genommen, und derselbe Plan hier nur in langer Zeit im Grossen durchgeführt worden ist, den wir noch heute bei jedem Einzelnen im Kleinen und in der Kürze durchgeführt sehen. Nun freilich möchte Niemand gern von einem Affen oder doch affenähnlichen Geschöpfe abstammen, wie Letzteres die heutige Descendenzlehre verlangt; aber auch das wird sich nicht aus ihr wegbringen lassen, dass die Entwickelungsstufen, welche der Mensch zu durchlaufen hatte, ihn vor Erreichung der jetzigen Stufe den Affen aus dem Gesichtspunkte zoologischer Charaktere so gut näher stellten, als irgend einem andern Geschöpfe, wie das noch heute nach der Erreichung der Fall ist; denn das lässt sich auch nicht wegbringen; nur sieht man wieder nicht ein, warum man vor der vorher bestandenen Aehnlichkeit erschrecken sollte, wenn man sich mit der jetzt bestehenden, die nur die Fortsetzung von jener ist, abzufinden weiss, jedenfalls abzufinden suchen muss; und ich meine, dass man sich mit jener in entsprechender Weise abfinden kann.

Nothwendig wird durch alle Stufen, die der Mensch im Entwickelungsgange des ganzen organischen Reiches durchlaufen hat, seine Entwickelungsfähigkeit zur heutigen geistigen Höhe stillschweigend eben so durchgegangen sein, als sie noch heute durch die Entwickelungsstufen des menschlichen Embryo durchgeht, indess den Voreltern der Affen eine höhere Entwickelungsfähigkeit factisch eben so abgegangen ist, als sie noch heute ihren Embryonen abgeht.

Hienach aber hätten wir trotz der äusseren Aehnlichkeit mit den Affen, die wir uns noch heute gefallen lassen müssen, doch in keiner Periode eine Ebenbürtigkeit mit den Affen anzuerkennen. Möglich zwar, dass die Ahnen der Menschen und Affen erst durch eine spätere als die allererste Differenzirung des Mutterstockes aller Organismen in gesonderte Stämme auseinandergegangen sind, wie noch heute geistig begabte und blödsinnige Kinder von denselben Eltern stammen können; dann aber hat man doch die blödsinnigen oder ihnen gleich geltenden Kinder nicht als Stammeltern der geistig begabten anzusehen, wie man thut, wenn man die Affen oder mit den Affen vergleichbare Geschöpfe als Stammeltern der Menschen ansieht.

Man macht für die Stammverwandtschaft des Menschen mit den Affen geltend, dass es noch heute Völker giebt, die aller Versuche, sie auf eine höhere Culturstufe zu heben, gespottet haben, und hiedurch wie durch ihren körperlichen Bau sich als Uebergangsstufen zum Affen darstellen. Aber wenn die günstigste Combination von Erziehungsmitteln diese Völker heute nicht höher zu heben vermag, wie will man der Natur zutrauen, dass sie es jemals vermochte, dass also

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01578/031

die höher begabten Racen von solchen Racen oder den noch niedern Affen abstammen? Vielmehr werden die einer höheren Entwickelung unfähigen Racen so gut als die Affen sei es aus der ersten oder einer späteren Differenzirung hervorgegangene Seitenlinien der höheren Racen sein.

Also wird man überhaupt annehmen dürfen, dass es durch die ganze Entwickelung des organischen Reiches hindurch Geschöpfe gegeben hat; welche, ohne schon die heutige Entwickelung des Menschen erreicht zu haben, doch in ihrer physisch-psychischen Organisation die Fähigkeit einschlossen, sich dazu fortzuentwickeln, ohne dabei die zur höhern Fortentwickelung überhaupt unfähige Stufe des Affen oder eines dem Affen gleich zu achtenden Geschöpfes zu durchschreiten. Vielmehr wird man die Affen als im Wege der Differenzirung des organischen Reiches abgespaltete Nebenproducte des Menschen, und die niedern Menschenracen als solche bezüglich der höheren Racen zu betrachten haben.

X.

Einige geologische Hypothesen und paläontologische Phantasien.

1) Im Allgemeinen nimmt man an, dass die feste Erdkruste sich durch fortgehende Erstarrung des glühend flüssigen Kernes, von Aussen nach Innen an Dicke zunehmend, gebildet habe, und unterscheidet Urgebirgsmassen als ursprüngliche Producte dieser Erstarrung und neptunische oder sedimentäre Massen als solche, welche aus diesen Massen durch Verwitterung, Zertrümmerung, Ab- und Aufschwemmung hervorgegangen sind. Nun gestehe ich, nicht geologische Kenntnisse genug zu haben, um beurtheilen zu können, ob folgender Modification dieser Ansicht, die mir manche

Vortheile darzubieten scheint, erhebliche Schwierigkeiten entgegenstehen, denen dieselbe dann allerdings zu weichen hätte.

Unstreitig geschahe die Bildung des glühend flüssigen Kernes der Erde nur sehr allmälig durch Niederschlag und Verdichtung aus der kosmorganischen Urmasse, indem sie mit grösster Verdichtung um den Schwerpunkt begann. Je mehr sich der Kern vergrösserte, desto mehr nahm zugleich die Verdichtung und Gluth der neu zugefügten Schichten ab; also konnte er sich nur so lange vergrössern, bis die Ausstrahlung mit der zum Schmelzen nöthigen Erhitzung ins Gleichgewicht kam; und indem die Ausstrahlung des ganzen Systems fortging, indess die Erhitzung durch die Verdichtung nach Aussen hin immer mehr abnahm, begann die Erstarrung. Aber der Zeitpunkt der beginnenden Erstarrung konnte erheblich eher eingetreten sein, als schon alle der Verdichtung zur festen Masse fähige Materie aus den vom Centrum entfernten Regionen des Systems sich auf den Kern niedergeschlagen hatte; und so meine ich, dass, während die Dicke der festen Kruste von Aussen nach Innen wuchs, nicht nur tropfbares Wasser sondern auch, und zwar wohl noch früher als dieses, feste Substanzen, aber nicht in geschmolzenem sondern lockerem Aggregatzustande sich nach Aussen auf die Erdkruste ablagerten, und wegen ihrer Lockerheit nicht nur den Fluthen des Wassers leichtes Spiel machten, sie hie und da abzuschwemmen und wieder aufzuschwemmen, sondern auch den Pflanzen einen zur Einwurzelung vorbereiteten Boden gewährten; dies die neptunischen oder sedimentären Schichten.

Eine gewisse Erleichterung, sich zur vorigen Auffassung zu bequemen, kann man vielleicht darin finden, dass sogar noch heute feste kosmische Masse aus den himmlischen Räumen, freilich in verhältnissmässig seltenen Bruchstücken, den Sternschnuppen und Feuerkugeln nämlich, auf die Erde herabregnet und die feste Masse derselben continuirlich vermehrt. In einem Referate über den jetzigen Stand der

Sternschnuppen- und Kometenlehre (Europa 1873. Nr. 9) lese ich: »Man hat berechnet, dass von solchen Meteoren (Sternschnuppen und Feuerkugeln), welche dem unbewaffneten Auge in einer hellen Nacht ohne Mondschein sichtbar werden, jährlich nicht weniger als 7½ Millionen in unsern Luftkreis eintreten, und dass mit Hinzurechnung derjenigen, welche durch das Fernrohr wahrnehmbar werden, die Summe auf 400 Millionen steigt.... Die hunderte von Millionen, die in unsrem Luftkreise verbrennen, vermehren das Gewicht der Erde durch ihre Asche in 3 Jahren um 1000 Tonnen.«

Nun sind allerdings die Meteore dieser Art dem irdischen System an sich fremdartige Massen, welchen dies System blos bei seinem Gange durch den Weltraum begegnet und welche wegen der Schnelligkeit der Bewegung durch die Luft in Gluth gerathen und zum Theil verdampfen, indess es sich vorhin um einen langsamen Niederschlag von fester, unserm System selbst angehöriger, Materie handelte; also findet in diesen Beziehungen keine reine Vergleichbarkeit statt; indess lässt sich denken, dass, wenn die Erde noch heute so viele feste Materie auf ihrer Bahn aufzusammeln findet, auch an ihrem Umfange selbst durch lange Zeiten ihrer Bildung hindurch Stoff dazu vorhanden und allmälig niedergeschlagen worden sein kann.

2) Hergebrachterweise stellt man sich vor, dass, als die Oberfläche der festen Erdkruste kalt genug geworden war, um tropfbares Wasser auf sich zu dulden, und in Folge dessen sich Wasser darauf niederschlug, die ganze Erde sich in Zusammenhang mit einem Meere umgab, aus dem erst später Land durch hier und da erfolgende partielle Hebungen emporstieg. Inzwischen sehe ich keinen Grund, warum solche partielle Hebungen der festen Erdkruste nicht schon erfolgt sein sollten, während sie noch zu heiss war, um tropfbares Wasser auf sich zu dulden, da unstreitig unregelmässig hie und da auf die Kruste wirkende hebende, sie wohl selbst brechende und aufrichtende Kräfte um so leichter angenommen werden dürfen, je mehr man in die Urzeit zurückgeht,

und die Hebung und Zerbrechung selbst um so leichter sein musste, je dünner die feste Erdkruste noch war; hienach aber konnten von vorn herein aus dem sich niederschlagenden Meer Höhen herausragen und würde wenigstens von hier aus keine Schwierigkeit bestehen, die ersten Landgeschöpfe mit den ersten Seegeschöpfen zugleich gebildet zu denken. Wenn aber doch in den ältesten geologischen Schichten nur Reste von Seegeschöpfen gefunden werden, so ist dies kein Gegengrund gegen eine solche gleichzeitige Bildung, da anerkanntermassen überhaupt ein grösseres Hinderniss für die Erhaltung der frühesten Landgeschöpfe als Seegeschöpfe bestanden hat. Indem nämlich Hebungen und Senkungen des Bodens früher wie noch heute und unstreitig früher noch viel mehr als heute wechselten, wurden die Reste der Landgeschöpfe bei der Senkung des Bodens unter das Meer zertrümmert und abgespült, indess die Reste der Seegeschöpfe sich bei Hebung des Bodens in den während der Senkung allmälig abgelagerten Sedimentschichten erhalten konnten. Bekanntlich erklärt man hieraus, dass in zwei über einander liegenden geologischen Schichten Reste von sehr verschiedenartigen Organismen vorkommen können, indem zwischen die Ablagerung dieser Schichten unter dem Meere eine Zeit der Hebung an dieser Stelle fiel, woraus sich keine organischen Reste erhalten haben.

3) Um in einem Gebiete, wohin der sichre Schluss nicht reicht, der Phantasie einigen Spielraum zu gönnen, so stelle ich mir unter Voraussetzung der ersten der vorigen Hypothesen vor, dass der feste Stoff sich von vorn herein auf die feste Erdkruste nicht als trockene rein unorganische Masse, sondern in Form eines mit organischer Substanz und organischer Bewegung durchsetzten dichten Schleimes (um diesen, der Anschaulichkeit dienenden, kurzen Ausdruck zu gebrauchen) niederschlug, in dessen erst abgesetzten Schichten der organische Stoff noch durch die Hitze der Erdkruste verbrannte, indess er in den später niedergeschlagenen Schichten bestandfähig blieb. Diese ganze dichte Schleimmasse hing

von vorn herein zusammen. Durch die ersten lebendigen Zusammenziehungen derselben aber wurde die unorganische Masse ausgeschieden, und indem die Zusammenziehungen nach localer Verschiedenheit der innern Constitution der Masse ungleichförmig erfolgten und local verschiedene äussere Trennungsbedingungen hinzutraten, spaltete und differenzirte sich die ganze organische Masse in grössere und kleinere Geschöpfe, die sich zum Theil wohl noch weiter spalteten und differenzirten, und als Schaalthiere, Korallen, Pflanzen oder Voreltern solcher theils enger theils weniger eng mit der ausgeschiedenen unorganischen Materie verwachsen blieben und nach dem Princip bezugsweiser Differenzirung ergänzende Existenzbedingungen bereit fanden, ein jedes Geschöpf insbesondre mit einem besondern Theile des unorganischen Reiches.

Auch das Urmeer denke ich mir von vorn herein im Zusammenhange mit organischem Stoffe nur lockrer und loser, schwamm- oder netzartig, und das Luftmeer noch lockrer von einem zusammenhängenden organischen Bläschenschaum, durchwoben, hieraus das Wasser und die Luft wie vorhin das Erdreich durch die Zusammenziehung der organischen Materie selbst unter Zerreissen des Zusammenhanges derselben ausgeschieden, wonach von vorn herein kleinere und grössere Geschöpfe insularisch im Meer schwimmen, wolkenartig in der Luft schweben und sich noch weiter spalten und differenziren mochten, wobei schon zeitig, wenn nicht von Anfang herein, ein Infusorienstaub abgespaltet wurde.

Unter einer noch einheitlichern Gestalt stellt sich der Entwickelungsprocess der organischen Welt dar, wenn man sich ohne Rückgang auf eine vorgängige Trennung in drei Reiche vorstellt, dass es dasselbe einheitliche Geschöpf war, welches eine feste Schale und einen festen Boden nach unten ausschwitzte, das tropfbare Meer darüber aussonderte, und die Luft darüber ausathmete, und zuerst ein durch alle drei Reiche in organischem Zusammenhange durchgewachsenes Geschöpf darstellte, welches sich erst später theilte und differenzirte.

Freilich, in den paläontologischen Schichten findet man nichts von solchen Geschichten aufgeschrieben; aber reichen ihre nur in vereinzelten Buchstaben geschriebenen Schriftzüge überhaupt bis in den Anfang der Geschichte? Freilich nimmt man an, dass die Landthiere sich erst aus den Wasserthieren und die Luftthiere am spätesten von allen entwickelten; aber ist man an diese Annahme durch die paläontologischen Thatsachen gebunden? Wohl, wenn sich die vorigen Phantasien, wofür ich sie nur gebe, nicht mit der Paläontologie vertragen sollten, worüber zu urtheilen den gründlichern Kennern zusteht, so kostet es nichts, sie aufzugeben, und man mag dann den Anhalt für die Vorstellung, wie der Uebergang vom kosmorganischen zum molecular-organischen Zustande geschehen sei, in andern Phantasien oder triftigeren Vorstellungen suchen, oder die Frage nach dem Genaueren dahinstellen. Nur um den Versuch eines solchen Anhaltes aber war es hier zu thun.

XI.

Teleologische und psychophysische Verwerthung des Principes der Tendenz zur Stabilität.

Sei die erste Anordnung der Theilchen der Erdmasse noch so unregelmässig, wirr gewesen, ja denken wir uns die Theilchen nach Zufall mit der Hand in den Raum, den die Erde von Anfang an einnahm, gestreut, so wird doch durch das Wirken ihrer innern Kräfte und Mitwirken der Kräfte Seitens der andern himmlischen Massen nach dem Princip der Tendenz zur Stabilität die Erde nothwendig mehr und mehr einem Zustande entgegengegangen sein und, sofern sie ihn noch nicht erreicht hat, ferner entgegengehen, von dem man nach populärem Ausdruck sagen kann, dass Alles möglichst gut darin zusammenpasst; und sollten in den andern himmlischen Massen die Theilchen beliebig anders als in der Erdsphäre vertheilt gewesen sein, so werden sie doch nicht minder einem solchen Zustande entgegengegangen sein und ferner entgegengehen; ja nicht nur Alles möglichst in jedem Himmelskörper für sich zusammenpassen, sondern auch alle unter einander möglichst zusammenpassen. Denn was haben wir unter Zusammenpassen zu verstehen? Dass jeder Theil durch die Wirkung seiner Kräfte beiträgt, die andern und hiemit das Ganze in einen bestandfähigen, das ist aber eben in einen stabeln, Zustand zu versetzen und darin zu erhalten. Wir sprechen aber nur von möglichstem Zusammenpassen, weil im Allgemeinen nur eine Approximation an eine volle Stabilität erreichbar ist.

Das organische Reich unterliegt dem Entwickelungsgange im Sinne dieses Principes solidarisch mit dem unorganischen. Das kosmorganische Reich hat sich hienach in ein möglichst zusammenpassendes organisches und unorganisches auseinandergesetzt oder vielmehr geht dem möglichst zusammenpassenden Verhältnisse fort und fort entgegen. Schon mit der ersten Auseinandersetzung war ein grosser Theil der Anfangs bestandenen Verwirrung und ruhelosen Veränderlichkeit der Zustände gehoben, und noch heute arbeitet der Mensch die Erdoberfläche in dem Sinne weiter aus, und wird von Klima und Bodenverhältnissen dahin bearbeitet, dass die Verhältnisse zwischen Erde und Mensch immer stabler und hiemit immer zusammenpassender werden. Das organische Reich in sich aber hat sich nach demselben Gange in mehr oder weniger auf einander angewiesene Organismen auseinandergesetzt; das Princip der bezugsweisen Differenzirung und des Kampfes um das Dasein sind besprochenermassen nur Hebel des Fortschrittes nach diesem Princip; indess das Princip der Vererbung die Erfolge des bisherigen Fortschrittes sichert.

Man darf nicht sagen, dass die Erreichung der vollen Stabilität in der Welt die Erreichung eines ewigen Stillstandes wäre, sondern nur die Erreichung des zusammenpassendsten, und darum zu keiner weiteren Veränderung Anlass gebenden, Bewegungszustandes in der Welt; und warum sollte sich das Passendste nicht in Ewigkeit wiederholen, wenn die ewige Wiederholung selbst das Passendste wäre. Nur kann ein Zustand, der zur ewigen Wiederholung führt, für die ganze Welt in keiner endlichen Zeit erreicht werden, und kann die ewige Wiederholung im Einzelnen nur insofern das Passendste sein, als sie in die des Ganzen hineintritt, wogegen continuirliche Aenderungen des Einzelnen selbst dazu beitragen müssen, diesem Zustande des Ganzen approximativ entgegenzuführen.

Für den Begriff des Zusammenpassens und da hineintretenden Passens in vorigem Sinne können wir einen anderen damit zusammenhängenden Begriff, der aber vorzugsweise nur in Beziehung auf das organische Gebiet Anwendung findet, von unsrem Principe abhängig machen, den der Zweckmässigkeit.

In der That, überlegen wir es näher, so heissen uns die Entwickelungsvorgänge, die Einrichtungen und Aussenbedingungen eines Organismus nur eben insofern zweckmässig, als sie zu einem approximativ stabeln organischen Zustande zu führen und einen solchen innerhalb gewisser Zeitgrenzen, wenn auch mit grösseren oder geringeren Abänderungen, fortzuerhalten vermögen; denn das Sterben eines Organismus beruht nach materieller Seite auf dem Verluste der organischen Stabilität. Hienach fällt das Princip der Tendenz zur Stabilität mit dem teleologischen Princip, so weit dieses auf die materielle Seite der organischen Welt beziehbar ist, zusammen. Damit aber, dass die Tendenz zum Ziele noch nicht die Erreichung des Zieles bedeutet und das Ziel überhaupt nur in Approximationen erreichbar ist, gewinnen wir auch den Gesichtspunkt dafür, dass die organische Welt trotz des Waltens des teleologischen Princips in ihr doch fortgehens noch so vielen Störungen unterliegt, die den Charakter der Unzweckmässigkeit tragen.

Auch widerspricht der Umstand, dass das Princip der Tendenz zur Stabilität den Uebergang der organischen Stabilität in unorganische durch den endlichen Tod des Organismus nicht nur nicht hindert, sondern sogar im Sinne der Förderung der Stabilität zum endlichen Ziele hat, nicht der Identificirung mit dem teleologischen Princip, dient vielmehr derselben zur Bestätigung, weil ja letztres Princip, so weit es in der Welt wirksam ist — und weiter kann von ihm nicht die Rede sein — den Tod der Organismen eben so wenig hindert.

Indem nun die Tendenz zur Stabilität sich im Sinne des Causalprincipes durch gesetzliche Wirkung von Kräften vollzieht, liegt darin die so oft vermisste Vereinbarkeit beider Principe im physischen Gebiete, indem sich beide nur dadurch unterscheiden, dass man beim Causalprincipe den Grund, beim teleologischen das Ziel einer und derselben gesetzlichen Auseinanderfolge ins Auge fasst.

Die jetzt in Mode stehende Verketzerung des teleologischen Principes beruht in der That nur darauf, dass man kein mit dem Causalprincipe solidarisches Princip der Tendenz, wohin es zielt, zu finden weiss. Im Princip der Tendenz zur Stabilität aber hat man ein solches Princip.

Man hat der neueren Descendenzlehre eine wichtige Bedeutung darin beigelegt, dass das teleologische Princip dadurch gründlich eliminirt werde, indem die organische Zweckmässigkeit danach nur dadurch zu Stande komme, dass von allen nach dem Causalprincip möglichen und wirklich werdenden Einrichtungen nur die zur Erhaltung und Fortpflanzung befähigten d. i. eben zweckmässigen sich forterhalten und fortpflanzen können, die andern von diesen verdrängt werden und eingehen, so dass es keines, auf die Zweckmässigkeit besonders gerichteten Princips bedürfe. An sich seien dem, allein für das Geschehen in Anspruch zu nehmenden, Causalprincipe zweckmässige und unzweckmässige Erfolge gleichgültig und entständen daher gleichgültig sowohl die einen als andern, aber nur jene könnten sich erhalten. — Gilt nun aber das

Princip der Tendenz zur Stabilität, so sind dem dessen Wege führenden Causalprincipe zweckmässige und unzweckmässige Erfolge in der That nicht gleichgültig, sondern ohne Zweckmässigstes sofort vollständig zu erreichen, strebt es doch dieser Erreichung zu. Und wäre es nicht der Fall, so wäre überhaupt gar keine Gewähr gegeben, dass es je zu Einrichtungen, welche sich fortzuerhalten und fortzupflanzen vermögen, käme, da der denkbaren unhaltbaren Einrichtungen unendlich mehr als der haltbaren sind.

Inzwischen kann man von Zweckmässigkeit überhaupt nicht gründlich ohne Mitrücksicht auf die psychische Seite der Existenz sprechen. Wenn wir beispielsweise die Erhaltung einer festen Ordnung des Himmels zweckmässig nennen, so ist es desshalb, weil uns als empfindenden, ästhetisch bestimmbaren Wesen Ordnung überhaupt unmittelbar gefällt, und weil wir Erfolge dieser Ordnung im Sinne einer Mehrung unsres Wohlbefindens oder Verhütung des Gegentheiles spüren, indem wir uns in Raum und Zeit dadurch orientirt finden. Sonst wäre die Ordnung des Himmels aus dem Gesichtspunkte eines Zweckes so gleichgültig als das unregelmässigste Herumfahren der Gestirne unter einander. Aus demselben Gesichtspunkte als die äussere Zweckmässigkeit ist die innere zu betrachten. Sollte ein Organismus so eingerichtet sein, um sich 1000 Jahre in einem leidensvollen Zustande zu erhalten, so würde diese Einrichtung trotz der langen Erhaltung höchst unzweckmässig sein; doch fallen allgemein gesprochen die innern Bedingungen möglichst langer Erhaltung oder langsamer Aenderung eines stabeln organischen Zustandes mit den günstigsten innern Bedingungen des daran geknüpften Wohlbefindens zusammen, und kann man, wenn man die bestimmte Einrichtung eines Gegenstandes oder Systems vor Augen hat, bezüglich dazu Alles zweckmässig nennen, was zur Erhaltung dieser Einrichtung beiträgt, ohne Rücksicht auf psychische Bedeutung; nur ist dies nicht der fundamentale Begriff der Zweckmässigkeit.

Um nun das vereinbarte Princip der Causalität und

Teleologie mit auf die psychische Seite der Existenz zu übertragen, hat man nur anzunehmen, dass die physische Tendenz zur Stabilität Träger einer psychischen Tendenz zur Herbeiführung und Erhaltung eben der Zustände, worauf die physische geht, sei*); dabei aber in Rücksicht zu ziehen, dass die psychische Tendenz theils über theils unter der Schwelle des Bewusstseins sein und theils instinctiv, theils mit der Vorstellung der äussern Mittel, wodurch sie sich vollzieht, und des Zweckes selbst behaftet sein kann.

Je nach den Annahmen nun, die man in diesen Hinsichten betreffs der Bewusstseinsverhältnisse der Welt im Ganzen so wie einzelner Gebiete derselben stellt, kann diese Auffassung noch eine sehr verschiedene Ausführung erfahren. Jeder Versuch einer solchen Ausführung aber begegnet der fundamentalen Schwierigkeit, dass der Mensch wie jedes Einzelwesen überhaupt unmittelbar nur von seinem eigenen Bewusstsein weiss, ohne doch das Dasein von Bewusstsein über ihn hinaus leugnen zu können, mithin weder positive noch negative Annahmen darüber durch directe Erfahrung bewähren oder widerlegen kann, womit hier ein Spielraum für indirecte Schlüsse bleibt, die mehr oder weniger Zutrauen erwecken,, überall aber zuletzt nur in einem Glauben Abschluss finden können, dessen Bedürfnisse bei Verschiedenen verschieden sind. Wie ich selbst dieselben zu befriedigen suche, sagt in Kürze der folgende Abschnitt.

Jedenfalls wird man nach Vorigem die causale und teleologische Ansicht des Geschehens als sich ergänzend anzusehen haben, statt wie so oft die eine um der andern willen zu verwerfen; und kurz sagen können, dass der causalen Auseinanderfolge des Geschehens ein derartiges teleologisches Princip immanent sei, dass psychische und physische Tendenzen nach denselben Zielen gehen. Je nachdem nun der causale oder teleologische Gesichtspunkt klarer vorliegt oder die Richtung der Betrachtung durch die Absicht derselben bestimmt ist, wird man sich vorzugsweise an den einen oder andern halten können.

---

*) Hiezu ein Zusatz am Schlusse dieses Abschnittes.

Bei einer eingehendern teleologischen und psychophysischen Verwerthung des Princips der Tendenz zur Stabilität, als um die es sich hier handelte, wird unstreitig noch auf Vieles eine Rücksicht zu nehmen sein, die hier nicht genommen ist, sofern es hier nur um Aufstellung der allerallgemeinsten Gesichtspunkte zu thun war. Es wird in Betracht zu ziehen sein, dass die Tendenz zur Stabilität zwischen gegebenen Theilen oder Systemen um so schwächer ist, je entfernter von einander und durch je weniger Zwischenglieder sie verbunden sind, dass aber auch die teleologische und psychophysische Beziehung zwischen den Theilen oder Systemen damit abnimmt und der teleologische und psychophysische Nachtheil, der an der Instabilität hängt, sich damit mindert; dass die Periodicität, auf welcher die Stabilität beruht, eine einfache oder eine zusammengesetzte, in kurzen oder langen Perioden sich vollziehende sein, und ein System nach gewissen Bestimmungen oder Theilen stabel sein kann, indess es nach andern instabel ist u. s. w. Aber alles das sind Punkte, die nur die Ausführung, nicht die Aufstellung des allgemeinen Princips und der allgemeinen Gesichtspunkte seiner Verwerthung betreffen.

Zusatz.

Insofern bewusste Antriebe immer mit Lust oder Unlust in Beziehung stehen, kann auch Lust oder Unlust mit Stabilitäts- und Instabilitätsverhältnissen in psychophysischer Beziehung gedacht werden; und es lässt sich hierauf die anderwärts von mir näher zu entwickelnde Hypothese begründen, dass jede, die Schwelle des Bewusstseins übersteigende psychophysische Bewegung nach Massgabe mit Lust behaftet sei, als sie sich der vollen Stabilität über eine gewisse Grenze hinaus nähert, mit Unlust nach Massgabe, als sie über eine gewisse Grenze davon abweicht, indess zwischen beiden, als qualitative Schwelle der Lust und Unlust zu bezeichnenden, Grenzen eine gewisse Breite ästhetischer Indifferenz besteht; wobei zu erinnern, dass möglicherweise jede Art von Bewegung in der Welt, mit Ausnahme etwa der gleichförmigen, als psychophysisch zu fassen, das heisst fähig ist, bewusst zu werden, wenn nur ein-, nach Verschiedenheit der Bewegung verschiedener Grad ihrer lebendigen Kraft überschritten wird, welcher gegenüber der qualitativen Schwelle, die sich auf die Form der Bewegung bezieht, als quantitative Schwelle zu bezeichnen ist. Die sich leicht beim ersten Blicke darbietende Schwierigkeit, dass die lustvollste, also nach der Hypothese den stabelsten Bewegungszustand in einem Theile unseres psychophysischen Systems hervorrufende, Einwirkung bei constanter Forterhaltung mehr und mehr an Lustwirkung verliert und endlich gar der Unlust der Langeweile oder des Ueberdrusses Platz macht, dürfte sich theils dadurch heben, dass die innere Erregung, welche von der Einwirkung abhängt, nach dem Gesetze der Abstumpfung mehr und mehr der quantitativen Schwelle der Stärke zusinkt, wovon der Grad der Lust mit abhängt, theils durch die Voraussetzung einer solchen Einrichtung unseres psychophysischen Systems, dass ein approximativ stabler Zustand des ganzen Systems nur mit einem gewissen Wechsel der Erregung zwischen seinen einzelnen Theilen besteht, welchem die über eine gewisse Grenze fortgesetzte einseitige Erregung irgend eines darunter widerspricht. Der Anschauung des schönsten Gemäldes werden wir endlich überdrüssig, aber nicht, weil uns das Gemälde, sondern der mangelnde Wechsel zu missfallen anfängt. Zu weiteren Ausführungen ist hier nicht der Ort; und zuzugestehen, dass die vorige Hypothese der Unsicherheit bisher nicht ermangelt.

XII.

Glaubensansichten.

Ungeachtet das Folgende wesentlich nur Glaubensansichten sind, welche ihr Motiv zum Theil in andern Gesichtspunkten finden, als hier zur Sprache kommen können, wüsste ich doch absolut nicht, was diesen Ansichten von exactester Seite entgegenstände: nur begründen lassen sie sich so wenig exact, als widerlegen; es giebt aber noch andre und höhere Interessen, als exact abgemacht werden können, und die mit den hier zur Sprache kommenden in wesentlichem Zusammenhange stehen.

Ich wüsste zuvörderst nicht, was gegen eine mit Bewusstsein sich vollziehende Einrichtung der gesammten materiellen Welt, darunter der irdischen und organischen, bewiese. Man findet einen Gegengrund darin, dass diese Einrichtung sich mit gesetzlicher Nothwendigkeit vollziehe, und mag nicht zweierlei Gründe des Geschehens statt eines haben, bewusste Antriebe und gesetzlich wirkende Kräfte. Nun sind aber gerade die, welche sich am entschiedensten auf diesen Standpunkt stellen, zugleich am festesten überzeugt, dass alle, selbst die höchsten Bewusstseinsprocesse im Menschen, den Willen desselben nicht ausgenommen, an materielle Vorgänge geknüpft sind, welche mit gesetzlicher Nothwendigkeit entstehen und vor sich gehen und die Bewusstseinsprocesse eben so gesetzlich nothwendig mitführen. Wie können sie also in einer gesetzlichen Nothwendigkeit, mit welcher materielle Processe vor sich gehen, einen Gegengrund darin finden, dass dieselben Träger von Bewusstsein, beziehentlich von bewussten Antrieben, welche eben dahin, wohin die materiellen zielen, sind. Wesshalb soll die schöpferische ordnende bildende Thätigkeit der Welt überhaupt eine gesetzlose sein, um sie für eine bewusste halten zu können? Erst mag der Naturforscher die bewussten Antriebe und Thätigkeiten im Menschen für gesetzlos entstehende und wirkende erklären, was er doch bei seiner deterministischen Entschiedenheit nicht mag, ehe er um der Gesetzlichkeit willen, mit welcher die Ordnung und Ausarbeitung der Welt zu Stande gekommen ist, sie für bewusstlos zu Stande gekommen erklärt. Ich vermisse in der That in den scheinbar exacten negativen Ansichten, welche hierüber im Kreise der heutigen Naturforscher vorherrschen, ganz den exacten Grund und die exacte Consequenz. Vielmehr, statt dem Glauben an das Dasein eines bewusst waltenden Gottes damit zu widersprechen, dass es keine Wunder giebt, hätten sie nur den Theologen damit zu widersprechen, wenn diese zum Glauben an Gott des Glaubens an Wunder bedürfen.

Giebt es aber Naturforscher, und nur mit Naturforschern will ich mich hier vernehmen, welche sich doch zum Glauben an die Möglichkeit von Wundern im Menschen bekennen, dass nämlich mitunter neue Anfänge eines causalen Ablaufes des Geschehens im Menschen auftreten, welche keinen zulänglichen Grund in früherem Geschehen haben: so kann es ihnen auch nicht schwerer fallen, an die Möglichkeit solcher Wunder über den Menschen hinaus zu glauben. Denn mag man Gründe oder Schwierigkeiten für den Glauben finden, dass es überhaupt indeterministische Freiheit in der Welt giebt, und das ist es, um was es sich hiebei handelt, so sind es bezüglich des Geschehens im Menschen und über den Menschen hinaus dieselben. Ueberall bleibt es eine Glaubensfrage; und wie sie sich entscheide, so lässt sich danach nicht die Frage nach dem Dasein von Bewusstsein über den Menschen hinaus, sondern nur nach der Determination oder Indetermination des Bewusstseins überhaupt, entscheiden, um deren Entscheidung es hier nicht zu thun ist. Es ist nicht wohlgethan, Fragen, die sich scheiden lassen, zu vermischen.

Nun mag der Naturforscher noch andre Gründe haben, ein bewusstes Schaffen und Walten in der Welt über das menschliche und thierische hinaus zu leugnen, vor Allem, dass es keine Nerven über Menschen und Thiere hinaus giebt. Ich meine aber, anderwärts*) handgreiflich genug gezeigt zu haben, um hier nicht darauf zurückzukommen, dass der Schluss, den man aus der Abwesenheit von Nerven auf die Abwesenheit von Empfindung und Bewusstseinsvorgängen überhaupt zieht, dem vorigen an Bündigkeit nur gleich kommt; finde auch nicht, dass er dadurch exacter wird, dass exacte Forscher immer noch fortfahren, darauf zu fussen, obwohl ich mich wundre, dass sie es thun.

Mancher auch mag einen bestimmten Centralpunkt in der Welt vermissen, worin sich die Einheit eines Weltbewusstseins reflectire, und wovon einheitlich durch die Welt durchgreifende bewusste Antriebe den Ausgang nehmen. Aber ist denn ein solcher Centralpunkt für das menschliche Bewusstsein im menschlichen Gehirn zu finden? Und eben so gut könnte man für die, einheitlich durch die Welt durchgreifende, Gravitation den bestimmten Centralpunkt vermissen, worein sie sich reflectire und wovon ihre Wirkungen den Ausgang nehmen. Doch auch hierüber habe ich mich anderwärts*) genug verbreitet.

---

*) »Nanna« 73; »Ueber die Seelenfrage« 27.

Dass es positive Motive giebt, die den Glauben, dem man auf Grund solcher und andrer Fehlschlüsse und lockern Betrachtungen widersprechen zu müssen glaubt, mit Naturnothwendigkeit in der Welt hervortreiben, beweist die Verbreitung und Forterhaltung desselben durch die Völker und Zeiten; denn es ist der religiöse Glaube, den man immer von Neuem anfechten, aber niemals stürzen kann, der freilich genug Austriebe erzeugt, die mit der Zeit fallen, aber nur nach Massgabe als ein Stamm desselben erstarkt und sich in bleibende Zweige ausbreitet, das ist der Glaube an einen einigen lebendigen Gott mit seinen Consequenzen. Mag auch der Glaube zeitweis sich schwächen oder verwerfen, — und leben wir nicht in einer solchen Periode, wie eine solche schon mehrmals erlebt worden ist — so ist es nur ein Rücklauf mit Ansatz zu neuer Kräftigung oder Reinigung. Denn die Welt *braucht* den religiösen Glauben, und dass sie ihn braucht, gehört selbst zu den treibenden Motiven, rechtfertigenden Gründen, gestaltenden und reinigenden Mitteln desselben, worüber sich mehr sagen liesse, als hier der Ort wäre, zu sagen**). Wenn man aber in den Lehrbüchern der Mechanik und Predigten der Materialisten weder etwas von diesen Motiven noch Gründen findet, so hat man sie auch nicht da zu suchen: dennoch bestehen sie.

Scheut man den Dualismus zweier wirkenden Principien? Aber um ihm zu entgehen, stehen ja verschiedene monistische Auffassungen zu Gebote, die nicht nöthigen, von einem bewussten Wirken in der Welt zu abstrahiren; und wie sollten sie, da sie ein solches im Menschen bestehen lassen müssen, warum nicht also auch darüber hinaus? Meinerseits fasse ich das Bewusstsein*) überhaupt als innere Erscheinung dessen, was als materieller Process äusserlich erscheint, indem ich finde, dass durch diese Fassung die fundamentalsten Thatsachen der Beziehung von Leib und Seele besser in Zusammenhang repräsentirt werden, als durch jede andre Fassung**); und vielleicht thäte man besser, dies künftig zu beachten, als wie seither zu ignoriren; mögen aber immerhin Andre unsre Fassung hier in eine ihnen geläufigere übersetzen.

---

*) »Atomenlehre«. 2. Ausg. 27. Abschn. »Elemente d. Psychophysik« II, 392 ff.

**) Eingehender ist davon gehandelt in meiner Schrift: »Die drei Motive und Gründe des Glaubens«. Leipzig, Breitkopf & Härtel.

Nun liegt meines Erachtens die Aufgabe der Naturwissenschaft als solcher darin, die Welt und das Geschehen darin im Zusammenhange von äusserem Standpunkte nach Seite der äusseren Erscheinlichkeit ins Auge zu fassen und zu verfolgen; und man hat unstreitig Recht, nicht mit geistigen Mächten, die blos Sache der Betrachtung von innerem Standpunkt und mithin Sache der inneren Erscheinlichkeit sind, dahinein zu stören. Jede beider Betrachtungsweisen hat ihre eigene Consequenz. Also ist einer naturwissenschaftlichen Schöpfungsgeschichte als solcher nicht zuzumuthen, sich mit geistigen Schöpfungskräften zu befassen; aber mit der Behauptung, dass es kein schöpferisches Bewusstsein als innere Erscheinung des materiellen Weltprocesses gebe, sollte sie sich eben so wenig befassen; denn es liegt gar nicht auf ihrem Wege, ein Urtheil darüber zu haben. Dass etwas nicht in eine Lehre gehört, beweist noch nicht, dass es nicht existirt. So hat auch die Physiologie statt mit Denken und Wollen nur mit den Gehirnprocessen zu thun, welche als äussere Erscheinlichkeit dazu gehören.

---

*) Hier im weitesten Sinne, d. i. nicht blos als Selbstbewusstsein, sondern so verstanden, dass auch die sinnlichste Empfindung darunter tritt.

**) Vergl. den Eingang des ersten Theiles meiner »Elemente der Psychophysik«. Eingehender ist diese Ansicht vom Verhältnisse zwischen Leib und Seele in »Zendavesta« II, 313 besprochen; und eine Vertiefung derselben findet sich in der Schrift »Ueber die Seelenfrage« Abschn. X.

Könnte man in ein lebendiges Gehirn äusserlich hineinsehen, so könnte man doch nichts von dem bewussten Geiste darin sehen, der blos Sache der innern Erscheinlichkeit ist, und so, wer in die Welt äusserlich hineinsieht, nichts von dem bewussten Gotte darin; daher es freilich natürlich ist, dass Laplace beim Durchmustern des ganzen Himmels Gott nicht finden zu können erklärte: er stand eben nicht auf dem innern göttlichen Standpunkt. Kann man nun durch die Physiologie die Psychologie nicht eliminiren, so sollte man auch durch die Naturwissenschaft die Religion, durch die materiellen die geistigen Schöpferkräfte nicht eliminiren wollen. In der Religion aber ist blos die historische und praktische Seite der Erkenntnisse vom Dasein und Walten eines bewussten Geistes in der Welt vertreten, die theoretische wird man schliesslich in einer Psychophysik höhern Stils zu suchen haben, als bis jetzt vorliegt, und als wovon die Ahnung im Materialismus und der seitherigen Philosophie überhaupt besteht.

Nach diesen allgemeinen Vorbemerkungen gehe ich mit einigen Worten näher auf die hier zu besprechenden Glaubensansichten ein.

Ohne irgend eine bestimmte Ordnung in der Uraustheilung der Weltmaterie vorauszusetzen, suche ich das Walten des bewussten weltschöpferischen und ordnenden Princips in der Hervorrufung der Ordnung selbst durch die demselben dienstbaren Kräfte. Wäre die Welt von Anfange an geordnet gewesen, so gab es auch für Gott nichts mehr darin zu thun: die durch die Welt durchgehende Tendenz zur Ordnung macht sich nun nach materieller Seite als Tendenz zur Stabilität geltend: und diese hat dieselbe Richtung als die daran geknüpfte oder innerlich darin erscheinende bewusste Tendenz, nicht anders, als die materielle Tendenz, meinen Arm zu bewegen, dieselbe Richtung hat, als der daran geknüpfte Wille.

Dies, durch die ganze Welt durchgehende bewusste schöpferische und ordnende Princip bethätigt sich nun auch in Ordnung und Ausgestaltung des irdischen Reiches und hiemit in Schöpfung und Entwickelung des organischen Bestandes dieses Reiches; und das Bewusstsein der Geschöpfe selbst ist als ein Spross aus dem in das irdische Reich eingesenkten und darin individualisirten Urbewusstsein anzusehen. Die Bibel sagt, dass Gott dem Menschen die Seele einblies. Wohl; nur geschah es nicht aus dem Leeren, sondern das kosmorganische Reich der Erde war das von Gottes Odem erfüllte Gebläse, aus dem der Wind in alle Pfeifen drang.

Zwar kann man darauf hinweisen, dass der menschliche Embryo eine lange Reihe von Entwickelungsstufen im Unbewusstsein durchläuft, bis er in ein bewusstes Leben hineingeboren wird; und meinen, entsprechend sei es mit der ganzen Welt und mit der Erde insbesondre gewesen; erst spät, erst mit Entstehen der organischen Geschöpfe, sei überhaupt Bewusstsein in ihr erwacht. Aber man kann auch darauf hinweisen, dass die Entwickelungsstufen, die der Embryo eines Geschöpfes jetzt unbewusst durchschreitet, nur die Folge von Entwickelungsstufen sind, welche von den Vorstufen des Geschöpfes bewusst durchlaufen wurden, und sich jetzt im Embryo nur durch Vererbung wiederholen, durch die sich überhaupt bewusst Entstandenes unbewusst zu wiederholen vermag. Beweis: die Einrichtung des Schäferhundes und Hühnerhundes zu ihren Leistungen; — weiter, dass der Embryo auch heute noch nur von bewussten Eltern gezeugt und geboren werden und die angeerbten Anlagen nur mit Bewusstsein weiter ausarbeiten kann. So weit wir es also rückwärts und um uns verfolgen können, entsteht bewusstes Leben und entstehen Einrichtungen zu bewusstem Leben nur aus bewusstem Leben*), und steht hienach der Glaube frei, dass auch die erste Entstehung des Bewusstseins der Geschöpfe aus einem bewussten Quelle heraus geschahe. Und warum sollte ein kosmorganisches System nicht so gut Träger von Bewusstsein sein können, als die molecular-organischen, die es erzeugt? Ich wiederhole es, exact beweisen lässt sich's nicht; aber es handelt sich ja auch hier nur darum, scheinbar exacte Gegenbeweise gegen einen Glauben, der sich auf andre Gesichtspunkte als exacte Beweise zu stützen hat, zu entkräften und selbst Wahrscheinlichkeitsgründe dafür zu eröffnen.

---

*) Natürlich widerspreche ich hiemit der Hartmann'schen Lehre, der zu widersprechen aber auch von andrer Seite Anlass genug vorliegt.

Erfahrungsmässig hinterlässt überhaupt alle bewusste Thätigkeit beim Erlöschen Herabsinken unter die psychophysische Schwelle Rückstände, Einrichtungen in der Organisation, welche nicht nur die Wiederholung derselben bewussten Thätigkeit in demselben Individuum erleichtern, sondern auch bis zu gewissen Grenzen der Vererbung fähig sind. Und so ist in der That kein Hinderniss zu denken, dass die ganze heutige zweckmässige Bildung des Embryo nur die vererbte Hinterlassenschaft der durch eine lange Reihe von bewussten Generationen geschehenen Ausarbeitung der ersten, ihrerseits bewusst zu Stande gebrachten Anlage des Menschen sei, die der geborene Mensch eben desshalb nur noch in feinere Bestimmungen ausarbeiten kann, weil er die ganze Hauptanlage als Erbe früheren bewussten Erwerbes bei der Geburt fertig mitbekommen. Was aber von der zweckmässigen Einrichtung des menschlichen Embryo gilt, wird von der zweckmässigen Einrichtung der ganzen Welt gelten. So viel davon jetzt unbewusst im Dienste bewussten Lebens oder als Ansatzpunkt neuen bewussten Lebens fortbesteht und fortwirkt, wird nur der Rest oder das Erbe früheren bewussten Schaffens und Wirkens sein.

Man streitet wohl, ob das Ei oder die Henne das Erste war. Aber dieser Streit ist nicht damit zu verwechseln, ob Unbewusstsein oder Bewusstsein das Erste war; denn auch das unbewusste Ei würde keine bewusste Henne geben können, wenn es nicht die Anlage dazu als Erbe von früherem Bewusstsein her hätte, das man nur nicht in einer ersten Henne, sondern in dem kosmorganischen Reiche zu suchen hat.

Dass die Ausarbeitung der gesammten Welt, und darin des irdischen und organischen Reiches insbesondere, durch bewusste Thätigkeit geschehen sei, schliesst freilich noch nicht ein, dass sie auch durchgehens mit bewusster Voraussicht und Zwecksetzung geschehen sei. Aber es ist natürlich zu glauben, dass diese von jeher so weit gegangen seien, als es zur Erreichung der Weltzwecke, so weit sie nun eben bisher erreicht sind, nöthig war, und dass sie zu aller Zeit über die bewusste Voraussicht und Zwecksetzung der Geschöpfe derselben Zeit hinausgegangen seien, sofern diese blos untergeordnete Glieder des Ganzen, dem das allgemeine Bewusstsein zugehört, sind; ein umfassenderer Geist kann aber auch umfassendere Voraussicht haben. Ohne Bewusstsein fern liegender Zwecke kann Vieles zweckmässig mit und aus dem Bewusstsein gegenwärtiger Bedürfnisse oder Uebel heraus geschehen, sofern deren Empfindung (genauer materieller Process, woran die Empfindung hängt) unmittelbar den Process zur Erfüllung des Bedürfnisses oder Abwendung des Uebels auslöst, nach psychophysisch zu verwerthenden Gesetzen, welche sich dem Princip der Tendenz zur Stabilität unterordnen. Aber jede Entwickelung bewussten Lebens wird auch zur bewussten Voraussicht und Setzung ferner Zwecke führen, indem selbst viele gegenwärtige Bedürfnisse und Uebel nur durch eine Kette von Thätigkeiten erfüllt oder gehoben werden können, wozu eine mit Bewusstsein und in Zusammenhang mit Bezug auf das Endziel erfolgende neue Einrichtung der organischen Maschine des Menschen im Besondern oder Welt im Ganzen nöthig ist, kurz, wozu bewusste Voraussicht und Zwecksetzung als innere Erscheinung der zum Zweck führenden Thätigkeiten gehören. So weit nun das in das göttliche mit eingehende menschliche Bewusstsein fern liegender Zwecke reicht, dieselben zu erfüllen, wird Gott sich nicht darüber hinaus bemühen, sondern sich eben in dem Menschen und durch den Menschen darum kümmern; aber indem es in keinem endlichen Geschöpfe weit reicht, wird auch für Gott Anlass sein, sich mit einer weitern Voraussicht und Zwecksetzung darum zu kümmern; und das wissenschaftliche Vertrauen in das Princip der Tendenz zur Stabilität wird sich dem religiösen Vertrauen, dass Gott Alles zum Besten lenken und wenden werde, unterbauen können, sofern die göttliche Fügung und Führung unwandelbar im Sinne dieses Principes geht, was nichts Andres als das Princip erfolgreichen Strebens zu einem befriedigenden Endziel ist.

Nun kann man sagen: dann verlasse ich mich vielmehr auf das Princip, als auf Gott. Aber eins scheidet sich nicht vom Andern, wenn das Princip eben das Princip göttlichen Schaffens und Waltens ist. Das lebendige Vertrauen eines bewussten Wesens kann doch nur auf die bewusste Seite des Principes gehen. Auch wer sich auf Eltern und Freunde verlässt, richtet sein Vertrauen vielmehr auf das, was er vom Bewusstsein derselben weiss oder voraussetzt, als auf ein Princip, was die materiellen Processe beherrscht, die ihrem Bewusstsein unterliegen, obschon es solche giebt, die ihm unterliegen. Nicht anders kann es mit dem Vertrauen auf Gott sein.

Nach der Grundvorstellung, die wir uns vom kosmorganischen Systeme machten, ist kein Grund, das Bewusstsein darin von Anfange an als gespalten anzusehen. Aber es kann sich fragen, wie es sich jetzt damit verhält, nachdem sich dies System in ein molecular-organisches und -unorganisches, und jenes in die verschiedenen Geschöpfe auseinandergesetzt hat. In dieser Hinsicht aber können Schluss wie Glaube verschiedene Wege gehen.

Gar wohl kann man sich denken, dass bei der Differenzirung der kosmorganischen Urmaterie in Molecular-Organisches und -Unorganisches das Unorganische unter der Schwelle des Bewusstseins blieb, und nur das Organische als überhaupt bewusstseinsfähig über die Schwelle emportrat; und dass bei der Differenzirung der organischen Materie in Pflanzliches und Thierisches abermals das Pflanzliche unter der Schwelle zurückblieb, und nur das Thierische sie überstieg, das Bewusstsein des Thierreichs aber in getrennte Einheiten zerfiel. Hiemit kommt man auf die jetzt herrschenden Vorstellungen zurück.

Hiegegen ist mein Glaube, dass das kosmorganische Reich sich in seiner Entwickelung geistigerseits eben so wie materiellerseits nur gegliedert, nicht gespalten hat, wie ich dasselbe von der ganzen Welt glaube, nach materieller Seite aber gar nicht blos zu glauben brauche.

In der That meine ich, dass die Schöpfung der einzelnen organischen Geschöpfe keinen anderen Sinn hatte, als die Bewusstsein tragenden und demselben dienenden körperlichen Einrichtungen nach den Oertlichkeiten und Umständen in zweckentsprechendster Weise zu specialisiren und zu combiniren, und dadurch das ganze bewusste Leben der Erde auf eine höhere Stufe zu heben, als welche sich ohne Sonderung des Bewusstseins der Geschöpfe und der unterliegenden materiellen Einrichtungen dazu erreichen liess, weil höhere Beziehungen und Verknüpfungen selbst eine Unterschiedenheit und in gewissem Sinne Geschiedenheit des zu Verknüpfenden voraussetzen. Wie sollen z. B. gesellige Beziehungen zwischen den Menschen entstehen, wenn nicht das Bewusstsein der Menschen aus gewissem Gesichtspunkte geschieden ist. Eben so wenig aber könnten sie bestehen, wenn es nicht aus anderm Gesichtspunkte verknüpft wäre. Diese Verknüpfung aber geschieht materiellerseits durch das unorganische Reich, und dieses könnte keine Verknüpfung zwischen Geistern bewirken, ohne selbst Träger geistiger Zwischenwirkung zu sein. Der Blick geht durch den Lichtäther, mit dem wir alle umgeben sind; das Wort geht durch die Luft; der Gang, die Fahrt folgt den Strassen auf der Erde; die Schrift, die Werke der Kunst sind fest gewordene Reste früherer bewusster Thätigkeit, geeignet, neues Bewusstsein zu entzünden. Jeder von uns empfindet nur einseitig das Eingreifen davon in sein Bewusstsein und dadurch eine Beziehung zu anderm Bewusstsein, ohne die Gesammtheit dieser Beziehungen zu empfinden. Ich meine aber, dass all das von einem gemeinsamen Bewusstsein übergriffen wird, welches ausser der Summe des Bewusstseins der einzelnen organischen Geschöpfe auch das Bewusstsein der gesammten Beziehungen dazwischen einschliesst in ähnlichem Sinne, als die auch in gewissem Sinne geschiedenen Bewusstseinsgebiete unserer einzelnen Sinne von einem gemeinsamen Bewusstsein übergriffen werden, welches ausser der Summe derselben auch das Bewusstsein ihrer Beziehungen einschliesst. Ueber der einheitlichen Bewusstseinsverknüpfung im irdischen Reiche aber wird es endlich noch eine solche für die ganze Welt geben.

Denken wir uns die Saiten, die zu einer Musik zusammenwirken, lebendig, jede ihren eigenen Ton und die Veränderung ihres Tones durch die Fortpflanzung der Schwingungen in sie hinein von andern Saiten her empfindend, so könnte sie diese Veränderung doch nur als schwache Nüancirung ihres eigenen Tons empfinden, und jede andre Saite würde die ihr zukommende als eine andre Nüancirung für sich empfinden. Aber wenn die Luft zugleich und in Zusammenhang mit den Saiten empfände, so könnte das System von beiden mit den Tönen der einzelnen Saiten auch die volle Melodie und Harmonie des ganzen Spiels empfinden, indem sich die Schwingungen aller Saiten durch die Luft fortpflanzten und in ihr kreuzten, doch aber das Spiel nur durch Vermittelung der Saiten erzeugt und unterhalten werden, und weder in den Saiten für sich noch der Luft für sich die Bedingung der Vernehmbarkeit des ganzen Spiels gesucht werden. Für die Saiten setze die organischen Geschöpfe, für die Luft das unorganische Reich dazwischen. Im Grunde ist es dasselbe Princip, als nach welchem die so einfachen nur unter einander höchst verwickelten Gehirnfasern Brücken zwischen allen unsern Sinnes- und Bewegungsorganen schlagen. Das sind festgelegte Brücken; aber es bedarf zu diesen festgelegten Brücken in den Organismen der frei veränderlichen, soll nicht das ganze Leben der Erde in feste Bande geschlagen sein.

So verwickelt unsere Gehirne sind, und so sehr man geneigt sein mag, an diese Verwickelung eine Höhe geistiger Eigenschaften zu knüpfen, so ist die Welt unsäglich verwickelter, indem sie eine Verwickelung aller in sie eingehenden Verwickelungen, darunter unserer Gehirne selbst, ist; warum nicht also auch noch höhere geistige Eigenschaften, als uns zukommen, an diese höhere Verwickelung knüpfen.

Der Bau und Ausbau des Himmels erscheint in der That nur einfach, wenn man blos auf die grossen Massen, nicht auch auf deren Ausarbeitung und Verkettung, achtet. Die Weltkörper sind doch keine rohen gleichförmigen Klumpen, und die Beziehungen von Licht und Schwere greifen zwischen ihnen in mannichfachster und verwickeltster Weise durch. Dass aber das Viele in der Welt sich auch einheitlich gruppirt, zusammenfasst, gliedert, widerspricht nicht dem Gedanken, sondern stimmt nur dazu, dass es sich geistig entsprechend zusammenfasst.

Man muss freilich bei all' dem jenes Dogma, was falsche Erfahrungsschlüsse vielmehr begründet, als aus einem richtigen folgt, fallen lassen, dass Bewusstsein blos an feste Nervenstränge gebunden ist. Auch hindert beim Fehlen aller widersprechenden Gesichtspunkte nichts, einen Lichtstrahl nur für einen seiner Eiweisshülle entkleideten Nerven zu halten und mit dieser Annahme andere Gesichtspunkte zu ergänzen, wenn sie dessen bedürfen. Solche Nerven aber durchkreuzen das All und verweben sich im All.

Auch hinsichtlich der Empfindungslosigkeit der Pflanzen theile ich die herrschenden Ansichten nicht. Aber es ist nicht meine Absicht, hierüber in Näheres einzugehen, oder das Vorige weiter auszuführen, nachdem ich mich in früheren Schriften *) genug darüber verbreitet habe. Ich bin mir bewusst, darin die thatsächlichen Verhältnisse sorgfältig in Zusammenhang erwogen zu haben, die überhaupt bisher zur Begründung einer klaren, mit unsern naturwissenschaftlichen und religiösen Interessen gleich verträglichen, Ansicht in diesen Dingen, gegenüber einer Construction aus leeren Begriffen oder starren Dogmen, zu Gebote stehen, in Erwartung, dass die Psychophysik einst noch grössere Sicherheit bieten wird; und finde nicht, dass diese durch das Chaos der herrschenden Ansichten geschlossen durchgehenden Betrachtungen dadurch zu Phantastereien werden, dass man sie

---

*) »Nanna«, »Zendavesta«, »Ueber die Seelenfrage« und »Die drei Motive und Gründe des Glaubens«.

dafür aus Gesichtspunkten und nach Schlüssen erklärt, wie die, deren ich Eingangs gedachte, die nicht einmal den Werth von Phantastereien haben. Wundert man sich aber, dass der »Zendavesta« und »Die Elemente der Psychophysik« aus demselben Menschen gekommen, so ist es dasselbe Wundern, als dass Gezweig und Wurzel aus demselben Keime gekommen und sich zur selben Pflanze zusammengefunden haben. Freilich kann die Wurzel nicht unmittelbar in das Gezweig hineinreichen.

Natürlich sind alle Gleichnisse, die wir brauchen können und anderwärts gebraucht haben, die Verhältnisse des Ganzen an Verhältnissen von Theilen des Ganzen zu erläutern, eben nur Gleichnisse, die nicht bis ins Letzte treffen können, sondern blos so weit, als der Unterschied des Theils vom Ganzen, des Besondern vom Allgemeinen, worin das Besondere inbegriffen ist, nicht in Betracht kommt. Die Welt im Ganzen hat kein Gehirn wie der Mensch, sonst wäre sie nicht mehr, nicht Grösseres und Höheres als der Mensch; aber das hindert nicht, dass gemeinsame Principe der Einrichtung und Leistung von der Welt in den Menschen herab und von diesem in die Welt hinaufreichen; diese hat man ins Auge zu fassen und zu verfolgen und dabei den Gesichtspunkt zu erhöhen und zu erweitern, um das Höhere und Weitere zu erblicken, nicht zu den grösseren und höheren Leistungen in der Welt die gleichen Einrichtungen als im Menschen zu suchen oder zu fodern, und weil man s[illegible]t findet, ihr die Fähigkeit auch nur zu gleichen Leist[illegible] abzusprechen. Doch ist dies die hergebrachte Weise d[illegible] Dinge zu behandeln; und so darf es mich freilich nicht befremden, wenn man sich nicht darein finden kann und es mir allseits verdacht hat, dass ich mehr auf Gleichnisse in erstem Sinne, das ist mit Rücksicht auf die Ungleichheit der Verhältnisse, als das Gleiche in letztem Sinne gebe.

Erinnerungen

an

die letzten Tage der Odlehre

und ihres Urhebers.

Von

Gustav Theodor Fechner.

Leipzig,
Druck und Verlag von Breitkopf und Härtel.
1876.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Das Ueberſetzungsrecht vorbehalten.

Inhalt.

Seite
I. Vorerinnerung 1
II. Hiſtoriſches 8
III. Pendelverſuche 14
IV. Mit Frau Ruf angeſtellte Verſuche 28
V. Nachſchriftliches 48

I. Vorerinnerung.

Die ſogenannte Odlehre ſcheint ſeit dem Tode ihres Erfinders, ſo muß man Herrn v. Reichenbach wohl nennen, ziemlich verſchollen oder gegen den Spiritismus, womit ſie eine entfernte Verwandtſchaft hat, in den Hintergrund getreten. Inzwiſchen dürfte folgender Beitrag zur Geſchichte derſelben immer noch einiges Intereſſe behalten, indem dadurch ſo zu ſagen der letzte Act des Auftretens dieſer Lehre bezeichnet wird, welche eine Zeit lang neben den exacten Lehren mit dem Anſpruche, dazu zu gehören, ihre zweideutige Rolle geſpielt hat. Auch dürfte es Schade ſein, wenn ein negatives und ein poſitives Verſuchsdatum, wovon ich im Verlaufe dieſer Mittheilungen werde zu ſprechen haben, ganz vergeſſen blieben.

In der Hauptſache beziehen ſich die folgenden Erinnerungen auf das ziemlich unfreiwillige Verhältniß, in das ich in den letzten Jahren vor v. Reichenbach's Tode auf ſein Andringen zu ſeiner Lehre getreten bin. Kurz geſagt nämlich hat v. R. in meiner Betheiligung an ſeinen Verſuchen den letzten Rettungsanker dieſer Lehre geſucht, d. h. geglaubt, nachdem er vergebens hier und da an die Thüren exacter Forſcher um Einlaß für dieſelbe gepocht, mit meiner Hülfe noch eine Anerkenntniß derſelben durchſetzen zu können. Dieſer Erwartung habe ich nun freilich nicht zu entſprechen vermocht, und ſie war von vorn herein eine Illuſion; denn hätte ich auch Alles, worauf er ſich Rechnung machte, beſtätigen können, — indeß es aus anzugebenden Gründen zu einer durchſchlagenden Unterſuchung gar nicht gekommen iſt —, ſo würde ich bei der Voreingenommenheit, die in exacten Kreiſen gegen v. Reichenbach's Lehre beſteht, damit wohl meiner Reputation geſchadet, ſeiner Lehre aber nicht aufgeholfen haben.

Vor weiterem Eingehen mögen einige kurze Notizen dienen, die Erinnerung an das halb vergeſſene Od aufzufriſchen.

Das Od iſt nach Reichenbach ein, dem Magnetismus und der Electricität analoges, imponderables Agens, welches jedoch mehr oder weniger davon abweichende Erſcheinungen darbietet und ſeinen beſondern Geſetzen folgt. Es iſt in allen Körpern enthalten, und hat ebenſo wie Magnetismus und Electricität zwei, als poſitiv und negativ zu unterſcheidende, Modificationen, welche ſich durch einen gewiſſen Gegenſatz der Erſcheinungen oder Wirkungen charakteriſiren. Seine Wirkungen können aber überhaupt nur von gewiſſen Perſonen, ſogenannten Senſitiven, wahrgenommen werden, welche mit einer eigenthümlichen Nervenreizbarkeit begabt ſind, deren Symptome von Reichenbach angegeben ſind. Doch kommen Senſitive häufig genug vor; ihre Zahl beträgt nach Reichenbach's ſpäteren Angaben ungefähr die Hälfte der

Menſchen; nur daß es unter denſelben viele Abſtufungen giebt, durch welche ſie in die Nichtſenſitiven übergehen; auch wechſelt der Grad der Senſitivität ſelbſt bei demſelben Subject nach mancherlei Umſtänden. Reichenbach ſcheint anzunehmen, daß eine Solidarität der Zeichen der Senſitivität ſtatt findet; ich glaube, daß eine ſolche nur bedingt zuzugeſtehen iſt; will aber hier nicht näher darauf eingehen. Hat es für Jemand Intereſſe, ſich oder Andere auf Senſitivität in Reichenbach's Sinne zu prüfen, ſo findet er in folgender Einſchaltung wenigſtens die am leichteſten conſtatirbaren Symptome derſelben angegeben.

Senſitive ſind im Allgemeinen nervenreizbarer als Nichtſenſitive, werden mehr von Wechſeln der Umgebung, Witterung und äußern Verhältniſſen überhaupt beeinflußt, erſchrecken leicht, ſchlafen unruhig, ſind zwar als Senſitive an ſich nicht krank, aber doch vor Andern zu gewiſſen Zufällen, als Krämpfen, Migräne, Somnambulismus u. dgl. geneigt, ſind keine ſtarken Eſſer, lieben vorzüglich kalte Speiſen, Salat und verſchmähen fette Speiſen, können nicht gut in engen Zimmern, oder zwiſchen andern Perſonen, namentlich im Gedränge, aushalten, werden vom Auflegen eines Magneten oder Streichen mit Magneten in beſonderer Weiſe afficirt; auch leicht von Mondſchein beunruhigt; fühlen das Stehen vor dem Spiegel als etwas Widriges; haben eine Abneigung gegen die gelbe hingegen Vorliebe für die blaue Farbe in Kleidung, Wohnung u. ſ. w. — Auf folgende zwei Proben legt v. Reichenbach beſonders Gewicht: Man läßt ſich von der zu prüfenden Perſon die linke Hand darreichen und ſtreicht mit dem Zeigefinger ſeiner Rechten ſenkrecht und langſam darüber herab, von der Handwurzel bis zur Spitze des Mittelfingers, ohne ſie zu berühren und in der Entfernung von etwa 1 Zoll. Fühlt der Geprüfte dabei eine Einwirkung in der Art, wie wenn ein feines kühles Lüftchen dem Finger folgend über die Hand liefe, etwa wie aus einem Strohhalm leiſe ausgeblaſen, ſo iſt er ſenſitiv, fühlt er nichts, ſo iſt er keiner. Und: Bei etwas gedämpftem Lichte, in einem nur eben durch verſchleierten Himmel in ſchwache Tageshelle verſetzten Zimmer, aber auch Abends bei Kerzenlicht, halte der zu Prüfende eine Hand den Augen gegenüber auf gewohnte Sehweite. Dann betrachte er die Fingerſpitzen, indem er ſie gegen einen dunklen Hintergrund hält, der einen bis zwei Schritte zurückſteht. Ein Nichtſenſitiver wird hiebei nichts Ungewöhnliches wahrnehmen, ein Senſitiver aber über der Spitze eines jeden Fingers bei geſchärftem Schauen eine überaus zarte Strömung entdecken, farblos, lichtlos, luftähnlich, beweglich, einige Linien hoch, aufwärts ziehend, gen Süd hinneigend, und wohin er die Finger auch wenden möge, überall hin ihnen folgend. Es iſt nicht Rauch, nicht Luft, nicht Dunſt, es ſieht ſich an wie feine Lohe, ähnlich aber merklich zärter von Anſehen als aufſteigende Luft.

Je entſchiedener Jemand vorſtehende Kennzeichen darbietet, deſto entwickelter iſt be iihm die Senſitivität in Reichenbach's Sinne.

Von den unzähligen Erſcheinungen oder Wirkungen des Od, welche Reichenbach vorführt, erwähne ich nur der folgenden:

Die beiden Pole eines Magneten ſo wie die entgegengeſetzten Spitzen eines Bergkryſtalls ſtrahlen Od aus, welches Senſitiven im vollkommenen Dunkel als verſchiedenfarbige Lichtausſtrömung ſichtbar wird.

Der Südpol eines Magneten wird von der linken Hand eines Senſitiven lauwidrig, der Nordpol angenehm kühl (wohlkühl) empfunden, von der rechten umgekehrt. Entſprechend als Magnete verhalten ſich in dieſer Hinſicht Kryſtalle und viele andere Körper an ihren entgegengeſetzten Enden.

Sicher aufgehängte Fadenpendel können durch Anlegen des Fingers eines Senſitiven an den obern Befeſtigungspunct in Schwingung verſetzt werden.

Die ausführlichſte, doch wohl jede Geduld erſchöpfende, Darſtellung von Reichenbach's Syſtem findet man in dem zweibändigen Werke deſſelben: „Der ſenſitive Menſch" (Stuttgart. 1854 und 1855); kürzer kann man ſich über die Hauptpuncte belehren aus ſeinen „Aphorismen über Senſitivität und Od" (Wien. Braumüller 1866), oder dem von mir gegebenen Reſumé in einem ſich kritiſch zu ſeiner Lehre verhaltenden Aufſatze meiner Schrift: „Profeſſor Schleiden und der Mond" (Leipzig. Gumprecht. 1856, S. 269 ff.)

Um mich nun vorweg im Allgemeinen über meine Stellung zu dieſer Lehre zu erklären, ſo iſt es von jeher folgende geweſen und geblieben:

Meines Erachtens verdienen die Empfindlichkeitsverhältniſſe von Perſonen mit eigenthümlich oder gar abnorm beſchaffener Nervenreizbarkeit, ſogenannte Senſitiven in Reichenbach's Sinne, allerdings einer eingehenden, möglichſt vielſeitigen und auf möglichſt viele Individuen ſich erſtreckenden, Unterſuchung unterworfen zu werden; Niemand aber hat bisher eine ſolche in gleicher Ausdehnung unternommen und mit gleicher Beharrlichkeit durchgeführt als Reichenbach; jede Wiederaufnahme einer ſolchen Unterſuchung dürfte daher Anlaß finden, auf Reichenbach zurückzugehen. Auch kann von vorn herein nicht als unwahrſcheinlich gelten, daß ſich dabei manche Reſultate Reichenbach's wiederfinden werden, die von denen ſehr abweichen, welche mit Perſonen von mittler oder normaler Reizbarkeit zu erhalten ſind, und liegt alſo in ſolcher Abweichung an ſich noch kein Grund, Reichenbach's Reſultate zu verwerfen, ſondern nur ſie genau zu prüfen. Dieß aber iſt nöthig, man kann ſich bei den eigenen Angaben Reichenbach's unmöglich beruhigen, ſowohl gegen ſein ganzes Syſtem als gegen ſeine theoretiſche und experimentale Begründungsweiſe deſſelben erheben ſich von vorn herein die ſchwerſten Bedenken. Eine ſolche Prüfung aber hat zugleich gründlich und in einiger Ausdehnung meines Wiſſens bisher noch nicht ſtatt gefunden; exacte Forſcher haben bisher immer noch Andres zu thun gefunden; und ſo faſſe ich bis auf Weiteres meine Anſicht dahin zuſammen: es mag an Reichenbach's Lehre dieß und das Wahre ſein, nur läßt ſich ohne weitere Unterſuchung nicht entſcheiden wie viel, und die guten Körner vom großen Wuſte nicht ſcheiden. In demſelben Sinne, nur eingehender als hier, habe ich mich ſchon früher in dem oben erwähnten Aufſatze meines Mondbuchs ausgeſprochen, und halte das da Geſagte auch jetzt noch für zutreffend.

Reichenbach macht mir im Laufe unſerer Correſpondenz ein Compliment, was ich zu verdienen glaube, indem er ſchreibt: „Die ſchönſte Stelle Ihres Briefes iſt die, worin Sie ſagen, daß, ſo vorſichtig Sie im Glauben ſeien, ſo vorſichtig ſeien Sie im Unglauben." In der That motivirte ich gegen ihn ſelbſt und motivire auch hier durch dieſe Eigenſchaft die Stellung zu ſeiner Lehre, wie ich ſie ſo eben bezeichnet habe. Dieſelbe

Eigenſchaft war es aber auch, welche Reichenbach vermochte, ſich noch zu guter Letzt ſo hartnäckig ſo zu ſagen an meine Ferſen zu heften, der ich ihn ſonſt nichts angieng, und mich aus verſchiedenen Gründen faſt nur abwehrend gegen ihn verhalten habe. Theils hatte ich, ſelbſt mit andern Dingen beſchäftigt, nicht Luſt, mich auf ein wie mir ſchien ſehr unreinliches fremdes Verſuchsfeld mit zu begeben, wobei ſich, hatte ich mich einmal darauf eingelaſſen, nicht vorausſehen ließ, wohin es abführen konnte; theils wußte ich, wie geſagt, daß ich mit Reichenbach allein ſeiner Sache keinesfalls aufhelfen konnte; endlich rechtfertigte noch ein andrer als wiſſenſchaftlicher Grund meine Abneigung auf dieß Conſortium einzugehen.

Ich gebe nun folgends: erſtens ein hiſtoriſches Reſumé der, mit Reichenbach in den letzten Jahren vor ſeinem Tode geführten, Verhandlungen und ſeiner letzten Lebensverhältniſſe in Leipzig, *) zweitens eine Darſtellung der auf ſeinen Anlaß angeſtellten Pendelverſuche, die ein gewiſſes allgemeines Intereſſe haben, und auf deren Vornahme Reichenbach ſelbſt großes Gewicht legte, die jedoch einen negativen Erfolg gegeben haben; drittens die Darſtellung einer anderweiten Reihe von Verſuchen, die ich mit einer, mir von Reichenbach vorgeführten, Senſitive, Frau Ruf angeſtellt, und die, ohne

---

*) Auf ſeine früheren einzugehen dürfte nicht nöthig ſein, da jedes Converſationslexicon Auskunft darüber giebt. Nur beiläufig mag daran erinnert werden, daß Reichenbach der Entdecker des Kreoſot und Paraffin iſt.

etwas Entſcheidendes im Ganzen darzubieten, doch zur Conſtatirung eines intereſſanten und weiterer Prüfung werthen Factum geführt haben.

II. Hiſtoriſches.

Schon im Jahre 1845 gieng Reichenbach mich brieflich an, mich für ſeine Lehre zu intereſſiren; ich antwortete ihm mit Zweifeln, und da wir uns gegenſeitig nicht bekehrten, hatte die Correſpondenz mit ein paar Briefen ihr Bewenden. Gegen die Ausſtellungen, die ich im Jahre 1856 im Mondbuche an ſeinen Unterſuchungen gemacht, erwiderte er in einer Schrift (wovon mir der Titel entfallen iſt), die ſich zugleich gegen andre ſeiner Gegner wandte, und kanzelte mich mit unter dieſen ab. Da ich inzwiſchen unter ſeinen Gegnern ſo ziemlich der einzige war, der die Möglichkeit, es könne doch etwas an ſeiner Lehre ſein, überhaupt zugab, wandte er ſich ſpäter noch wiederholt an mich, um mich zu veranlaſſen, ſelbſt Verſuche über die Odfrage anzuſtellen; wozu ich mich unter der Bedingung bereit fand, daß ich eine Commiſſion meiner Collegen zur gemeinſamen Prüfung zu Stande bringen könnte. Da aber dieſe ſich abgeneigt zeigten darauf einzugehen, ſo erklärte ich Reichenbach, daß ich meinerſeits nichts damit zu thun haben wolle, ließ mich indeß bereden, einen, mir von ihm überſchickten, Pendel-Apparat zu probiren, womit die Verſuche zu ſeinen Ungunſten ausfielen. Nun erklärte Reichenbach, ſelbſt nach Leipzig kommen zu wollen, um mich von der Richtigkeit ſeiner Verſuche zu überzeugen, und obwohl ich meine Betheiligung daran zum Voraus ablehnte und ſein Herkommen ſelbſt abzuwenden ſuchte, kam er doch im Juli 1867, und blieb hier bis zu ſeinem, am 19. Januar 1869 erfolgten, Tode, alſo über ein Jahr, ohne zu ſeinem Zwecke kommen zu können. Er brachte eine gewiſſe Frau Ruf mit, die früher ſeine Haushälterin geweſen war und nach ſeiner Angabe eine wundervolle Senſitive ſein ſollte, mit der ſich alle Sätze ſeiner Lehre conſtatiren ließen. Da er einmal hier war, mochte ich mich einigen, wenn möglich entſcheidenden, Verſuchen nicht ferner entziehen; aber die ſehr nervöſe Perſon war unterwegs ſo krank geworden,*) und gerieth durch die Ernſthaftigkeit, mit der die Verſuche angegriffen wurden, in ſolche Alteration, daß ſie ſelbſt erklärte, für jetzt zu den Verſuchen nicht recht geſchickt zu ſein; und da der Zuſtand ſich mehr und mehr verſchlimmerte, mußte Reichenbach ſie nach kurzer Zeit zurückſchicken. Die Verſuche, die ich noch während ihres Hierſeins mit ihr anſtellte, blieben daher im Ganzen unzulänglich. Einige mißlangen entſchieden; der Erfolg von einigen überraſchte mich, ohne etwas Sicheres zu beweiſen, da ſich die Senſitive der Möglichkeit einer Wiederholung unter abgeänderten Umſtänden entzog; ein Erfolg aber ſetzte mich in

---

*) Reichenbach glaubte dieß von dem langen Hinfahren derſelben längs des odiſch ungünſtig einwirkenden Telegraphendrahts abhängig machen zu können.

Erſtaunen, d. i. eine Ablenkung der Magnetnadel, welche die Perſon mit den Fingern der einen wie andern Hand, beſonders ſtark mit dem Ellenbogen hervorbrachte, und den ich nach Wiederholung unter Umſtänden, die mir jede Täuſchung auszuſchließen ſchienen, für geſichert halten muß. Details darüber werde ich unter IV geben.

Reichenbach hat ſich nun während ſeines Hierſeins überhaupt damit beſchäftigt, Senſitive hauptſächlich aus niederen Ständen aufzuſuchen und die Symptome ihrer Senſitivität zu regiſtriren, auch Verſuche auf ſeine Hand damit anzuſtellen. Wie er mir ſagte, hat er an 100 Perſonen der Art hier zuſammengebracht; aber mir doch keine davon zu den von mir anzuſtellenden Verſuchen ferner darbieten wollen, indem er immer darauf wartete, daß die Frau Ruf, zu der er das meiſte Zutrauen hatte, ſo weit wiederhergeſtellt wäre, um ſie wiederkommen zu laſſen, damit, wie er ſagte, die Verſuche „ganz entſcheidend" ausfielen. Offenbar traute er nach der Weiſe, wie er die Sache hier angegriffen fand, dem Erfolge nicht recht, was freilich ſelbſt als ein Beweis gelten kann, daß ſie kein rechtes Zutrauen verdient, oder wenigſtens, daß die charakteriſtiſchſten Wirkungen des Od ſich nur bei einem ſelten vorkommenden Grade der Senſitivität conſtatiren laſſen, wie er ihn hier nicht wiederzufinden vermochte. Auch ſprach er immer davon, eine Dunkelkammer für die Lichterſcheinungen an Magneten einrichten zu wollen, aber es kam nicht dazu.

Inzwiſchen ſtellten ſich während ſeines Hierſeins mehr und mehr die Zeichen des marasmus senilis bei dem 81jährigen Manne ein. Sein Sehvermögen nahm ab, und er wurde ſo ſchwerhörig, faſt taub, daß man ſich nur ſchreiend mit ihm unterhalten konnte; ſeine Füße verſagten ihm den Dienſt; endlich traf ihn ein Schlagfluß, der ihn halbſeitig lähmte, ihm das Bewußtſein raubte und nach einem paar Tagen ſeinem Leben ein Ziel ſetzte. Bis zu ſeinen letzten Tagen aber ſprach er immer wiederholt das Bedauern aus, daß er wohl werde ſterben müſſen, ohne die Anerkennung ſeiner Lehre durchgeſetzt zu haben; welches tragiſche Geſchick ihm nun allerdings auch zu Theil geworden iſt.

Mein perſönlicher Verkehr mit Reichenbach hat ſich außer der folgends zu beſprechenden Betheiligung an ſeinen Verſuchen darauf beſchränkt, ihn, nachdem er nicht mehr ausgehen konnte, in längeren Zwiſchenräumen einmal zu beſuchen, um zu fragen, wie es mit ſeinem Befinden und der Verſuchsangelegenheit ſtehe, mir vorerzählen zu laſſen, welche Maſſe von Beobachtungen er ſelbſt ſeitdem wieder an Senſitiven gemacht und regiſtrirt, worüber ſich unſtreitig ungeheure Stöße von Manuſcript in ſeinem Nachlaſſe finden müſſen, da er es ſchon ſeit Jahren ſo getrieben, und ſeine Anregungen, mich lebhafter für ſeine Sache zu intereſſiren, geduldig hinzunehmen. Auch ſonſt hat er, ſoviel ich weiß, vereinſamt hier gelebt. In der letzten Zeit vor ſeinem Tode ließ er die Frau Ruf noch einmal kommen, aber nur um ihn zu pflegen; Verſuche ließen ſich nicht mehr mit ihr anſtellen, denn die ſenſitiven wie magnetiſchen Eigenſchaften waren und blieben verſchwunden.

Soll ich hienach ſagen, was aus den, auf Reichenbach's Veranlaſſung von mir angeſtellten, folgends anzuführenden Verſuchen ſchließlich überhaupt herausgekommen iſt, ſo möchte es der Hauptſache nach Folgendes ſein:

Durch die Pendelverſuche von negativem Erfolge wird, wie ich glaube, ein myſtiſches Phänomen, was ſchon früher viel in der Welt geſpukt hat und im Grunde bei Reichenbach nur als Revenant mit neuen Anſprüchen auf Sicherheit auftritt, vollends aus dem Felde geſchlagen; dafür freilich durch die magnetiſchen ein neues ins Feld geführt, mit dem der Wiſſenſchaft doch noch kein Erwerb geſichert iſt, da die Bedingungen, unter denen es erſcheint, ſich nicht willkührlich herſtellen laſſen, und will es Jemand hienach verdächtigen, was kann ich dagegen: hat doch ſelbſt Berzelius, nachdem ihm die Fatalität paſſirt iſt, die Richtigkeit eines, ihm Seitens Reichenbach in Karlsbad vorgeführten, odiſchen Verſuches bewährt gefunden zu haben, ſich gefallen laſſen müſſen, daß man nur ein Zeichen ſeiner beginnenden Altersſchwäche darin geſehen.

Für mich ſelbſt aber haben beide Verſuche folgende allgemeinere Bedeutung betreffs der ganzen Odlehre gewonnen und könnten ſolche auch wohl für Andere, deren Urtheil darüber nicht zum Voraus feſt ſteht, haben. Betreffs des erſten ſage ich mir: wenn ein Verſuch, den Reichenbach ſelbſt als einen Cardinalverſuch ſeiner Lehre erklärt und mir vor andern zur Bewährung derſelben empfohlen hat, ja den er, wie man unten ſehen wird, mit ſolchen Abänderungen wiederholt und beſchrieben hat, daß gar kein Einwand dagegen übrig zu bleiben ſcheint, ſich dennoch bei genauerem Zuſehen faul erweiſt, ſo kann daſſelbe eben ſo gut von anderen ſeiner Odverſuche gelten, gegen die kein Einwand übrig zu bleiben ſcheint, und wird man gegen alle Angaben Reichenbach's von vorn herein das größte Mißtrauen hegen müſſen; — hinſichtlich des zweiten aber: wenn ein Verſuch, auf den, wie man ſehen wird, Reichenbach ſelbſt nicht einmal beſonderes Gewicht gelegt hat, indeß er ein allen bisherigen phyſikaliſchen und phyſiologiſchen Kenntniſſen fremdes Ergebniß bietet, bei näherem Zuſehen gegen alle Einwände ſicher beſteht, ſo kann daſſelbe auch von anderen ſeiner Verſuche gelten, deren Reſultat befremdet, und darf man überhaupt über keinen zum Voraus abſprechen.

Sollten nun aber auch manche an ſich befremdliche Reſultate, die Reichenbach gefunden haben will, ſich bei genauer Prüfung ferner beſtätigen, ſo würde damit zwar ſeine Priorität hinſichtlich derſelben, aber noch nicht das Syſtem, wodurch er ſie zu verknüpfen geſucht, gerettet ſein, von dem ich in der That geſtehe, daß ich es für eine Art ſubjectiver Phantasmagorie halte. Und in dieſem Sinne dürfte es immer wahr bleiben, daß die letzten Tage der Odlehre mit denen ihres Urhebers zuſammenfallen, mag auch Einzelnes daraus wiederaufleben können.

III. Pendelverſuche.

Zur Zeit, als Napoleon's Herrſchaft noch in Blüte ſtand, erklärte auf einmal eine Frau gemeinen Standes, wenn ich nicht irre in einer Stadt der Oberlauſitz, er ſei todt. Da man aber davon keine officielle Kunde hatte, wurde ſie wegen Verbreitung einer ſolchen Angabe zur Verantwortung gezogen, und ſagte aus, daß ſie folgendes Mittel habe, bezüglich eines Abweſenden zu erfahren, ob er todt oder lebendig ſei. Man legt zwei Stück Brod und kreuzweis damit zwei Stück Kohle einander gegenüber. Ueber die Mitte des, an 4 Umfangspuncten dadurch begränzten, Raumes läßt man einen Ring oder ſonſt ſchweren Körper an einem mit den Fingern feſt und ſtetig gehaltenen Faden herabhängen, und ſtellt in Gedanken die Frage bezüglich des betreffenden Abweſenden, ob todt oder lebendig. Iſt er lebendig, ſo fängt das Pendel an, zwiſchen den zwei Stücken Brod, hingegen, wenn er todt iſt, zwiſchen den zwei Stücken Kohle hin- und herzuſchwingen. Bei der Anfrage bezüglich Napoleon nun hatte die Antwort auf todt gelautet, ungeachtet er ſich damals noch ganz wohl befand.

Dieſer Fehlſchlag hieng an folgendem Umſtande. Man ſtelle den Verſuch ſelbſt an, indem man eine Perſon in Gedanken nimmt, von der man ſchon weiß, ob ſie todt oder lebendig iſt, und man wird den Ausſchlag des Pendels im Allgemeinen richtig finden. Aber es *gehört eben auch dazu, daß man ſchon vorher* weiß, ob die Perſon lebendig oder todt iſt, und jener Fehlſchlag hieng alſo nur daran, daß die Frau es von Napoleon nicht wußte. Denn unwillkührlich, auch wenn man den Pendelfaden recht ſtetig zu halten meint, folgt die Hand der zum Voraus erwarteten oder vorgeſtellten Richtung der Bewegung, und kleine Impulſe ſummiren ſich allmälig zu einer beträchtlicheren Wirkung. — Wie leicht zu erachten beruht hierauf auch der bekannte Verſuch, einen an einem Faden in ein Glas hineingehaltenen Ring die Stundenzahl anzeigen zu laſſen.

Im Vorigen hat man ſo zu ſagen populäre Ausführungen eines Verſuches, mit deſſen verſchiedenen Modificationen ſich aber auch Phyſiker beſchäftigt haben. Namentlich haben Manche geglaubt, durch Pendelſchwingungen Waſſer oder Metalle unter der Erde entdecken oder durch eine verſchiedene Richtung von Pendelſchwingungen über verſchiedenen Körpern oder Körpertheilen eine polare Beſchaffenheit derſelben darthun zu können; bis alle derartigen Verſuche durch obige, wenn ich nicht irre zuerſt von Al. v. Humboldt gegebene und mit Verſuchen belegte, Erklärung ihre Erledigung fanden, wonach in phyſikaliſchen Kreiſen und Schriften nicht weiter die Rede davon geweſen iſt.

Hienach könnte es auffallen, daß Reichenbach auf Verſuche dieſer Art überhaupt zurückgekommen iſt, da ihm doch jene Erklärung nicht unbekannt geblieben ſein konnte. In der That war er früher ſelbſt von deren Zulänglichkeit überzeugt, bis er zufällig fand, daß die Schwingungen des Pendels unter der Hand von Senſitiven, aber eben nur von Senſitiven, eintraten, ſelbſt wenn der Faden der bewegenden Einwirkung der Hand ganz entzogen und durch Glasumgebung vor bewegendem Lufteinfluſſe geſchützt war; und wer möchte nach folgender, dem 23. Abſchnitte ſeiner „Aphorismen" entnommener, Darſtellung dieſer Verſuche noch einen Einwand dagegen erheben können.

„Mehr um einen weit verbreiteten Wahn gründlich niederzuſchlagen, als um ſeine Quelle zu unterſuchen, habe ich einen kleinen Apparat zuſammengeſetzt, bei welchem der Pendelfaden an einer Welle ſo aufgewickelt iſt, daß er darauf da, wo er feſtſitzt, mit den Fingern berührt, da aber, wo er beweglich iſt, von denſelben nicht erreicht werden kann. Das Ganze iſt durch einen Glascylinder vor Luftbewegung geſchützt. Hier nun, wo das Pendel vor äußeren mechaniſchen Einflüſſen abſolut bewahrt iſt, legte ich meine Finger an die Fadenwelle, und der Erfolg war, wie ich nicht anders erwartete, vollkommener Stillſtand des Pendels. Ich freute mich, den Weg zu einer gründlichen Widerlegung eines im Volke ſo eingewurzelten Irrthums gefunden zu haben, und wollte nur noch zu aller überflüſſigen Controle einige andre Perſonen die Berührung der Pendelwelle wiederholen laſſen, bevor ich den Apparat fortſchaffte. Das Pendel blieb bei verſchiedenen Perſonen ſo bewegungslos als bei mir; zu meiner nicht geringen Ueberraſchung aber trat es bei Einer von ihnen, einem ſtarken Manne von 45 Jahren, wirklich in Bewegung, und in der That ſo oft, als er die Berührung der Welle wiederholte, ſo daß an der Richtigkeit der Erſcheinung kein Zweifel mehr zuläſſig war. Dieſer Mann aber war, wie ſich ergab, der einzige Senſitive unter den Prüfern. Ich rief nun andere Senſitive herbei und ſiehe da, das Pendel gerieth bei den Berührungen aller derer in Schwingungen, die ſenſitiv waren, und blieb mauerfeſt ſtehen bei allen, welche es nicht waren. Dieß zeigt ſich ſo beſtimmt, daß bei Schwachſenſitiven die Excurſionen nur geringe Weite, bei Mittelſenſitiven größere, und ſo fort zunehmend weitere Elongationen zeigten in eben dem Maße, als die Senſitivität der Leute höher ſtand."

„Da lag nun das Räthſel mit der Entblößung einer Achillesferſe. Es war jetzt erwieſen, daß die Exiſtenz der Schwingungen durch die Berührung des Pendelfadens mit der bloßen Hand keine Fabel, ſondern eine Wirklichkeit iſt, jedoch unter Einhüllung gewiſſer Vorbedingungen ſich befindet, die ſein ſchwankendes bald Hervortreten bald Ausbleiben unter ſcheinbar ganz gleichen Umſtänden bei verſchiedenen Menſchen verſchuldeten. Niemand wußte etwas vom Daſein einer Verſchiedenheit unter den Menſchen, die erſt durch die Aufdeckung der Senſitivität ins Licht trat. Solange man dieſe nicht kannte, war es unmöglich, eine Urſache zu finden, warum die Pendelſchwingung bald eintrat, bald ausblieb. Die Folge der ſcheinbaren Unbeſtändigkeit der Verſuchsereigniſſe war, daß ihnen keine wiſſenſchaftliche Berückſichtigung zu Theil wurde. Jetzt aber vom Geſichtspuncte der Senſitivität aus, wo ſie ſich den odiſchen Geſetzen fügen, zeigen ſie ſich ſo conſtant, daß ſelbſt bei einer und derſelben Perſon, je nachdem ſie ſich mehr oder weniger geſund oder leidend fühlt, weitere oder engere Elongationen folgen. Erzeugt eine ſenſitive rechte Hand 8 Linien weite Ausſchläge am Pendel, und man legt eine andere rechte Hand auf dieſe, die ihr gleichnamiges Od in ſie ergießt, ſo ſteigen jene auf 12 Linien. Legt man eine linke Hand auf die am Pendel befindliche rechte, ſo ſtellt ſich daſſelbe unverzüglich ſtill. Giebt man, während die Rechte an der Pendelwelle liegt, odnegative Stoffe, Schwefel, Selen, Ueberchlorſäure, Kohle in die Linke, ſo vergrößern ſich die Schwingungen; thut man daſſelbe mit Eiſen, Kupfer, Zinn, Blei, und andern odpoſitiven Körpern, ſo ſteht das Pendel unverzüglich ſtille. Trägt der Experimentator eine Uhr, einen Schlüſſel, einiges Geld in der Taſche, ſo iſt er unfähig, das Pendel in Schwung zu bringen, wie ſenſitiv er auch ſein mag. Ich ließ einen ſolchen, der ſich alles Metalls entledigt und das Pendel auf 10 Linien Ausſchlag gebracht hatte, Stiefel anziehen, welche mit eiſernen Nägeln beſetzt waren, und unverzüglich gerieth ſein Pendel in Stillſtand. So empfindlich, aber auch ſo conſtant ſind dieſe Erſcheinungen, die, wie man ſieht, ganz der odiſchen Sphäre anheimfallen. Das negative Od ſtrömt aus der ſenſitiven Hand den Faden entlang, der nicht eben ſehr fein zu ſein braucht, in das Pendel hinab, das ich von Blei bis zu 12 Loth Schwere verfertigte, haucht entlang des Fadens und ſeines Metallgewichtes ſichtbare Lohe aus, wird in der Dunkelkammer erleuchtend, und tritt in geradlinige Oscillationen in geraden:

Größenverhältniſſe mit der Zuladung (Zuleitung?) von Od. Das poſitive Od, wenn es über das negative die Herrſchaft erlangt, benimmt ihm ſeine Wirkung auf das Pendel, und dieſes geräth in Stillſtand. — Damit gewinnt die Wiſſenſchaft eine neue Bewegungskraft und das Od reiht ſich ein in die beſchränkte Zahl der phyſiſchen Motoren."

Zur Ergänzung füge ich aus der Correſpondenz mit Reichenbach folgende Angaben deſſelben (Auguſt 1866) hinzu: Er habe „dem Pendel zu lieb eine Grundmauer ſeines Hauſes aufbrechen laſſen und den Apparat darauf befeſtigt; obwohl es deſſen gar nicht einmal bedürfe," um ſicherſtellende Reſultate zu gewinnen — „die Richtung der Schwingungen ſei immer ſenkrecht auf die Mitte des Leibes der Senſitiven," und habe ſich nach näherer Unterſuchung als Wirkung einer „Abſtoßung" Seitens des Experimentirenden erwieſen — „die Pendelbewegung fange ganz ſchwach und langſam an, beſonders brauchen die erſten Erſcheinungen längere Zeit, bis nämlich die ganze Glasglocke erſt mit Od geſättigt iſt. Dazu bedürfe es wohl mehrer Minuten. Später erfolge dann der Eintritt der Schwingungen raſcher. Sie treten erſt ganz leiſe, daß man ſie kaum wahrnimmt, auf. Allmälig ſchwellen ſie an, und gehen dann bei Männern von Mittelſenſitivität an 10—12—14 Linien ganzer Länge (bei Fadenlänge von etwa 10 Zoll)." Sei der Mann, geſund, — „ſo erreiche die Excurſion in 5 Minuten ihr Maximum." Mit Hochſenſitiven habe er, Reichenbach, noch keine Verſuche angeſtellt.

Wohlan, Reichenbach überſandte mir ſelbſt einen Apparat zur Darſtellung dieſer Verſuche, beſtehend in einem, in dem Halſe einer Glasglocke oder Flaſche zu befeſtigenden, hölzernen Aufſatzſtücke, in welchem die Welle eingefügt iſt, um die der, den ſchweren Körper an ſeinem unteren Ende tragende, Faden mit mehreren Windungen ſeines oberen Endes zu ſchlingen iſt. Vor Anſtellung des Verſuches erkundigte ich mich noch brieflich bei Reichenbach nach folgenden Puncten, die er in ſeinen Aphorismen unerörtert gelaſſen, was ich glaube anführen zu müſſen, um zu beweiſen, daß ich nichts verſäumt habe, um ſeinen Pendelverſuch ganz nach ſeinen eigenen Regeln anzuſtellen.

Ob der Faden von Leinen oder Seide ſein ſolle, welche Länge ihm zu geben, ob der unten zu befeſtigende Körper von beliebigem Metall und beliebigem Gewicht ſein könne, über welcher Art Unterlage, Holz, Glas, Metall das Pendel ſchweben darf, welche Finger aufzulegen ſind, ob ein Einwand wegen Störung durch die Odverhältniſſe der benachbarten Wand überhaupt beſtehe und wie er zu vermeiden oder zu heben ſein könnte; ob die Regel, daß der experimentirende Senſitive kein Metall an ſich haben darf, dahin auszudehnen ſei, daß überhaupt keins im Zimmer und bei den etwa als Zuſchauer zugezogenen Perſonen vorhanden ſein dürfe, in welchem Falle ich allerdings die Bedingungen des Verſuches nicht herzuſtellen vermöge, oder ob es eben hinreiche, daß der Senſitive ſelbſt nicht unmittelbar mit Metall in Berührung ſtehe oder ſolches an den Kleidern trage; endlich ob er die Senſitive, die mir zunächſt zur Anſtellung der Verſuche zur Verfügung ſtand, nach den Zeichen, die ich ihm mittheilte, wirklich als ſenſitiv anerkenne und ſomit geeignet zu den Verſuchen halte.

Kürze halber gehe ich hier nicht beſonders auf ſeine Beantwortung aller dieſer Fragen ein, ſondern bemerke nur: erſtens, daß ich den von ihm empfohlenen Maßregeln beſtens nachkam; zweitens, daß, als Reichenbach ſpäter den Apparat in der Aufſtellung, die ich ihm gegeben, ſelbſt in Augenſchein nahm und Frau Ruf Verſuche daran machen ließ, er keinen Einwand gegen meine Aufſtellungsweiſe zu erheben fand. Als einen *weſentlichen*, obwohl mir *nicht* von Reichenbach ſelbſt an die Hand gegebenen, Punct derſelben hebe ich nur hervor, daß die Glocke, in welche das Pendel herabhieng, mit ihrem untern kreisförmigen Rande in einen geſchmolzenen Wachsring auf einer Sandſteinplatte eingelaſſen war, welche in einem, zum phyſikaliſchen Cabinet im Auguſteum gehörigen, Parterrelocal in die Wände einer Fenſterniſche unbeweglich feſt eingefügt iſt, wodurch der Stand des Apparates ſo geſichert war, daß ſtarke Schläge auf die Sandſteinplatte keine merkliche Bewegung des Pendels zu erzeugen vermochten. Für die Herſtellung hievon habe ich Herrn Profeſſor Hankel dankbar zu ſein. Die zu den Verſuchen zunächſt disponible Senſitive, meine Frau, anlangend, ſo bemerkte Reichenbach nach den von mir angegebenen Zeichen, daß ſie „entſchieden ſenſitiv doch wohl nicht in hohem Grade“ ſei, und äußerte jedenfalls vorweg kein Bedenken gegen ihre Verwendung zu den Verſuchen, was auch um ſo weniger ſtatt finden konnte, als er ja ſelbſt erklärt hatte, daß die Pendelverſuche ſchon mit „Mittelſenſitiven“ gelingen, und er ſolche mit Hochſenſitiven noch gar nicht angeſtellt habe. Uebrigens habe ich mich nicht auf Verſuche mit einer weiblichen Senſitive beſchränkt, ſondern noch 3 männliche Individuen zugezogen, auf welche, mindeſtens zwei davon, der Ausdruck „entſchieden ſenſitiv“ eben ſo gut, wenn nicht noch beſſer, als auf meine Frau paßte.

Mit dem angegebenen Apparate iſt nun der Verſuch in der von Reichenbach angegebenen Weiſe von den 4 Individuen an 4 verſchiedenen Tagen angeſtellt worden. Von jedem ließ ich ihn 5 Minuten einfach, und dann noch 1½ bis 5 Minuten ſo fortſetzen, daß das Individuum zugleich ein Stück Steinkohle, Graphit oder Schwefel in der linken Hand hielt, während die 4 Finger der rechten Hand ohne den Daumen mit den Spitzen auf die Fadenwelle aufgelegt blieben. In keinem der 4 Fälle konnte ich etwas bemerken, was den von Reichenbach angegebenen Erfolgen entſpräche und als odiſche Wirkung gedeutet werden könnte. Nur iſt Folgendes dabei zu bemerken, was bei etwaiger Wiederholung dieſer Verſuche, wenn man an den bisher angeſtellten noch nicht genug haben ſollte, in Rückſicht kommen könnte.

1) Wenn ich ſelbſt zu dem ganz ruhig ſtehenden Apparate hinzukam, glaubte ich ſchon ohne Handanlegen eine kleine, ſo zu ſagen mikroſkopiſche, Bewegung des Pendels wahrzunehmen, ohne recht ſicher zu ſein, ob es nicht eine Täuſchung meines, nichts weniger als vor-

malen, mit Lichtflacken behafteten, Auges ſei, da von den 4 Verſuchsſubjecten nur Eins etwas Entſprechendes zu bemerken glaubte, die anderen das Pendel für ganz ſtillſtehend erklärten. Möglich wäre es immerhin, daß die Annäherung einer menſchlichen Wärmequelle einen Luftzug in der Glocke hervorrufe, von dem eine Bewegungsſpur abhienge.

2. In zweien von den 4 Fällen ſchien ſich mir die zweifelhafte Bewegung, die ich ſchon vor dem Verſuche zu erkennen glaubte, einmal zu einer unzweideutigen Spur zu verſtärken, aber anſtatt bei der Fortſetzung des Verſuches zu wachſen, kehrte ſie wieder zu der urſprünglichen Zweifelhaftigkeit, wie ſie vor dem Verſuche geweſen, zurück, ohne daß das Nehmen eines jener odnegativen Körper in die Linke etwas darin änderte. Auch hat mir Reichenbach ſelbſt nachher geſchrieben, daß ſolche ſchwache Bewegungen „für Nichts zu rechnen ſeien; die Pendelſchwingungen müßten endlich ſtark und entſchieden auftreten und jedermann auffallen.“

Der Grund der etwas merklich gewordenen Bewegungen ließ ſich übrigens ermitteln, und verdient angeführt zu werden, da ſich eine Vorſicht bei ähnlichen Verſuchen darauf zu gründen hat.

Von vorn herein waren mir an dem, von Reichenbach überſchickten, Apparate zwei Fehler aufgefallen, erſtens, daß die Fadenwelle in ihren Löchern noch drehbar, und zweitens, daß ſie für entſcheidende Verſuche zu dünn war, wonach ich ſelbſt Verſuchen mit poſitivem Ergebniſſe ohne Controlverſuche kein Zutrauen geſchenkt hätte. Auf erſteren Punct war indeß weniger Gewicht zu legen, da das Drehen nur mit ziemlicher Anſtrengung gelang, während die Finger beim Verſuche blos leicht aufzulegen ſind, und an einem Heben und Senken des Fadens leicht erkennbar war. Daß hingegen der zweite Umſtand bei den Verſuchen nicht ganz einflußlos war, geht aus Folgendem hervor. Als ich dem einen Verſuchsſubjecte im Laufe der Verſuche bemerklich machte, daß ich eine Spur kreiſender Bewegung am Pendel unzweideutiger als anfangs wahrzunehmen glaube, erwiederte er: „ja er fühle, daß er ſich ſehr in Acht nehmen müſſe, nicht nach dem Tact der Athemzüge unwillkührlich mit den auf die Welle gelegten Fingern eine hin- und herſchiebende Bewegung zu machen; ob nicht etwa der Erfolg davon abhängen könne." Es ward nun nach Vollendung des ganzen Verſuches, während deſſen ſich die Bewegung wieder ins Zweideutige oder Unmerkliche verlor, abſichtlich nach dem Tacte der Athemzüge dieſe abwechſelnde Einwirkung in verſtärktem Grade vorgenommen und alsbald gerieth nicht nur das Pendel in die deutlichſte Bewegung, ſondern die Biegung der Fadenwelle vorwärts und zurück ließ ſich auch dabei erkennen. Inzwiſchen war die Pendelbewegung ſehr unregelmäßig, ſtockte auch mitunter beinahe wieder, was aber nur davon abhieng, daß der Tact der Athemzüge nicht mit dem der Pendelſchwingungen übereinſtimmte. Als nun die Einwirkung auf die Welle dieſem Tacte gemäß eingerichtet wurde, wurden die Schwingungen nicht nur regelmäßiger, ſondern vergrößerten ſich auch, und ich habe ſie nachher ſelbſt bis zu 10 bis 12 Linien am unteren Ende (bei ungefähr 1 Fuß Fadenlänge) gebracht; weiter wollte es nicht gelingen.

Als ich Reichenbach den negativen Erfolg der angeſtellten Verſuche meldete, erwiederte er, die Verſuchsſubjecte möchten doch nicht ſenſitiv genug geweſen ſein, und ſuchte noch andre Ausflüchte in Nebenumſtänden, ohne ihnen ſelbſt viel Gewicht beilegen zu können. Ich glaube aber, die Leſer mit der Erörterung darüber verſchonen zu können, nachdem ich nicht nur *meine*, die Verſuche ſorgfältiger als Reichenbach ſelbſt angeſtellt zu haben, ſondern es auch, beim Zurückkommen auf den Pendelverſuch unter den mit Frau Ruf angeſtellten Verſuchen, durch einen Hauptumſtand werde *beweiſen* können. Da wird ſich nämlich zeigen, *warum* die Verſuche doch Reichenbach ſo leicht glückten, während ſie nach meiner Anſtellungsweiſe gar nicht glücken wollten.

Nachdem ich ſchon lange mit dieſen Verſuchen abgeſchloſſen hatte, der Pendelapparat aber inzwiſchen unverändert ſtehen geblieben war, hat ſich nachträglich noch ein, mit Anwendung des ſogenannten thieriſchen Magnetismus zu Heilzwecken ſo wie mit Reichenbach's Odlehre wohl vertrauter, Herr bei mir gemeldet, der von den Verſuchen gehört und ſolche ſelbſt anzuſtellen wünſchte, da er ſich zutraute, daß ſie ihm gelingen würden. Das Pendel blieb aber (nachdem er alles Metall abgelegt) unter dem Einfluſſe ſeiner Hand ſo ruhig als bei den früheren Verſuchen.

IV. Mit Frau Ruf angeſtellte Verſuche.

Hierüber gebe ich weſentlich wörtlich, nur mit einigen Abkürzungen und Nebenbemerkungen, wieder, was ich tagebuchartig in meinen Notizen aufgezeichnet vorfinde, indem ich glaube, daß dem Intereſſe, was dieſe Mittheilung etwa haben kann, durch ein kürzeres Zuſammenziehen derſelben Abbruch geſchehen würde, auch manches Detail zur Beurtheilung der Verſuche nöthig iſt.

Donnerſtags, 1. Juni 1867.

Heute früh überraſchte mich Herr v. Reichenbach mit ſeinem Beſuche. Auf meine wiederholte briefliche Ablehnung, mich auf ſeine Verſuche einzulaſſen, nachdem ich keine Commiſſion meiner Collegen zur Prüfung derſelben zu Stande zu bringen vermochte, und die Pendelverſuche zu Nichts geführt, hatte er erwiedert, daß er deſſenungeachtet kommen und ſelbſt eine Senſitive mitbringen wolle, nur um mir die Verſuche zu zeigen, ohne Anſpruch zu machen, daß ich ein öffentliches Urtheil darüber abgebe, natürlich vorausſetzend, daß ich im Fall ſeiner Berufung auf mich doch nicht würde umhin können, es zu thun, wenn ich mich nur erſt ſelbſt überzeugt hätte.

Ich empfieng ihn ſehr kalt, erklärte ihm nochmals, ich hätte gewünſcht, mich meinerſeits von einer Betheiligung an ſeinen Verſuchen zurückzuziehen, wobei für ihn ſelbſt nichts herauskommen würde, gieng aber, da er einmal da war, mit ihm in ſein Hotel zur Stadt Dresden, wo er mir ſeine Senſitive, eine groſze, doch mehr magre als ſtarke, Frau zwiſchen 40 und 50 Jahr alt, die früher einmal hübſch geweſen ſein mag, vorſtellte, und ich einen Tiſch ſah, auf dem er alle mögliche Präparate, Magnete, Schwefel und Metalle, eingeſchmolzen in Röhren, Kryſtalle, ein rohes und ein geſottenes Ei, u. ſ. w. was weiß ich, ausgebreitet hatte.

Die Senſitive erklärte, daß ſie nicht ganz wohl und ihre Empfindlichkeit gerade heute nicht ſehr geſteigert ſei; doch wurden folgende, von Reichenbach ſelbſt angegebene, von mir in die Hand genommene Verſuche angeſtellt.

1 Unterſcheidung eines Eiſenſtäbchens von einem Magnetſtäbchen durch das Gefühl. Da ich fand, daß das eine Stäbchen ein wenig ſchwerer war als das andere, wickelte ich beide ganz in Papier und ließ ſie nicht in die Hand nehmen, ſondern legte ſie parallel auf den Tiſch, ſo daß ſie mit den eingewickelten Enden über die Tiſchkante hervorragten. Der Nordpol ſoll mit der Linken kühl, der Südpol lauwidrig, oder, wie ſich die Senſitive ausdrückte, „gruſelich" empfunden und hienach die Unterſcheidung von dem indifferenten Eiſenſtäbchen geſchehen. Die Senſitive gab falſch an. Derſelbe Verſuch wurde nachher zwiſchen anderen Verſuchen noch zweimal mit gleich mißlungenem Erfolge wiederholt. Indeſſen zeigte ſich, daß das Magnetſtäbchen, was nur etwa die Länge einer halben Stricknadel und den jedoch rechteckigen Querſchnitt eines mittelmäßigen Bleiſtifts hatte, das wenig leichtere oder ſchwerere Eiſenſtäbchen nicht zu

tragen vermochte, alſo freilich nicht ſehr geeignet zu Verſuchen bei ſchwacher Empfindlichkeit war. Als ich Reichenbach fragte, warum er nicht ein ſtärkeres Stäbchen genommen, ſagte er, er ſei des Gelingens der Verſuche zu ſicher geweſen; brachte nun ein etwas größeres und ſtärkeres Stäbchen, womit der Verſuch mit Unterſcheidung der Pole wirklich gelang, was natürlich zufällig ſein konnte. Inzwiſchen frappirte es mich, daß die folgenden Verſuche ausnahmslos hinter einander gelangen.

2 Ein Bergkryſtall, von mir ſelbſt in Papier eingewickelt, ſo daß ein Unterſchied ſeiner Enden nicht mehr erkennbar war, wurde eben ſo auf den Tiſch gelegt. Sie unterſchied mit dem Finger, ohne das Papier ſelbſt zu berühren, richtig das Ende, was nach Reichenbach's, mir zuvor gegebener Erklärung kühler erſcheinen ſollte. Derſelbe Verſuch wurde noch einmal mit gleichem Erfolge an einem andern Kryſtall wiederholt.

3) Ein Knaul von blauer und ein andrer von gelber Wolle gleicher Größe, von mir ſelbſt in Papier gewickelt, wurden von ihr richtig unterſchieden. Der eine Knaul, ich weiß nicht mehr welcher, ſoll ſich nämlich mit der Linken ſogar durch das Papier durch kühliger als der andere fühlen.

4) Ich nahm zwei farbloſe Knäule, den einen in die linke, den andern in die rechte Hand, ohne daß die Senſitive wußte, in welche, und hielt ſie etwa 5 Minuten darin, dann wurden ſie der Senſitiven übergeben. Der eine ſoll durch die eine Hand odnegativ, der andre odpoſitiv geladen ſein, und hienach der eine kühliger als

der andre empfunden werden. Reichenbach hatte zuvor angegeben, wie der Erfolg ausfallen müſſe, und er fiel richtig ſo aus.

5) Reichenbach hatte unter ſeinen Probeobjecten ein Säckchen mit gelben, ein andres mit ſchwarz ausſehenden, wie er ſagte todten, Erbſen. Das Todte ſoll vom Lebendigen auch durch das Gefühl von Kühligkeit und Lauligkeit oder Gruſelichkeit unterſchieden werden. Ich ließ die Erbſen ausſchütten, um ſie nicht in den, der Senſitive bekannten, Säckchen zu laſſen, deckte über jeden Haufen eine Papierhaube, und ließ die Senſitive nach dem Gefühle, indem ſie die Finger in einer kleinen Entfernung über dem Papier hinbewegte, den Unterſchied der Empfindung angeben. Er fiel richtig in dem von Reichenbach zuvor angegebenen Sinne aus.

6 Mein Stubenſchlüſſel wurde unter ein Taſchentuch gelegt, ſo daß es loſe, mit einer Menge Bauſchungen hier und da, darüber lag, und die Lage des Schlüſſels ſich in keiner Weiſe durch das Tuch durch erkennen ließ; auch ich ſelbſt, wenn ich die Hand über das Tuch hinführte, keine unterſcheidende Empfindung von der Lage des Schlüſſels hatte. Sie fuhr mit den Fingerſpitzen in einer kleinen Entfernung über das Tuch hin, wobei ich ſorgfältig Acht hatte, daß ſie nicht bis zur Berührung des Tuches gieng, und nachdem ſie das einigemale hin- und her gethan, fuhr ſie mit einer raſchen Bewegung auf die Stelle des Tuches los, worunter er lag, was ſich in der That überraſchend ausnahm.

Bei allen dieſen Verſuchen war der Senſitiven durch die, außer ihrer Gegenwart vorgenommenen, Maßregeln die Möglichkeit abgeſchnitten, zuvor zu wiſſen, wie ſie ihre Ausſage zu ſtellen hatte; und mit Ausnahme von 5) und 6) waren auch die Vorbereitungen ſo getroffen, daß Reichenbach ſelbſt nicht wußte, auf welcher Seite reſpectiv der odpoſitive und der odnegative Körper lag, alſo die Möglichkeit eines etwaigen Zeichens von ſeiner Seite ausgeſchloſſen, woran übrigens auch aus andern Gründen nicht wohl zu denken.

Inzwiſchen war die Senſitive bei dieſen Verſuchen durch die Aufgabe, ſie vor einem ſcharf zuſehenden Auge und unter Anwendung ungewöhnlicher Controlemaßregeln anzuſtellen, ganz alterirt, erklärte wiederholt, ſie habe heute kein recht ſcharfes Gefühl, gab auch alle ihre zutreffenden Ausſagen ſo: „ſie meine, das ein wenig kühliger zu empfinden,“ ſo daß man merkte, ſie ſei nicht recht ſicher dabei, wonach ich mich um ſo mehr wunderte, und, um meine Stimmung bei den Verſuchen ſelbſt offen zu geſtehen, ärgerte, daß ſie doch ſo zutrafen, wie es mir eine beſſere Sache zu verdienen ſchien; ſie zitterte mit den prüfenden Händen, ſagte endlich, ſie könne nicht mehr, und verfiel in Krämpfe, die Reichenbach durch Streichen zu beſeitigen ſuchte. Kurz, die Verſuche hatten heute ihr Ende; und wir machten aus, Reichenbach ſolle es mich wiſſen laſſen, wenn die Frau wieder zu Verſuchen disponibel ſei.

Sonntags, 6. Juli.

Billet von mir an Reichenbach: „Der Erfolg der bisherigen Verſuche hat mich frappirt; aber die Möglichkeit zufälligen Zutreffens iſt bei der geringen Zahl derſelben noch nicht ausgeſchloſſen, und mit Darſtellung zerſplitterter Verſuche iſt objectiv überhaupt wenig auszurichten. Ich komme alſo auf einen, Ihnen ſchon früher gemachten, Vorſchlag zurück, und würde mich für überzeugt erklären, wenn folgende drei Verſuche gelängen.

1. Ich bringe einen ziemlich ſtarken Magnetſtab mit unbezeichneten Polen mit, und lege ihn Ihrer Senſitiven vor. Sie hat 20-mal hinter einander, oder auch, wenn es ſie zu ſehr anſtrengt, in zwei Seſſionen, im Ganzen aber eben ſo oft, zu entſcheiden, welches der Nordpol iſt. Zwiſchen jedem Verſuche lege ich den Stab ſo um, daß ſie nicht weiß, ob er noch dieſelbe Lage als früher hat, und gebe vor Beendigung der ganzen Verſuchsreihe kein Zeichen des gelungenen oder mißlungenen Erfolges.

2. Ich bringe eine Platte von Schwefel und eine gleiche von einem Metalle mit. Sie werden an zwei verſchiedene, gleich bezeichnete, Stellen unter ein Blatt Papier gelegt, aber ſo, daß weder die Senſitive noch Sie wiſſen, an welcher von beiden Stellen die eine, und an welcher die andre liegt. Denn bei der Darſtellung der Verſuche iſt der Einwand auszuſchließen, daß Sie der Senſitiven ein, wenn auch nur unwillkührliches, Zeichen geben. Sie hat nach dem Gefühl, indem ſie mit den Fingern in einer kleinen Entfernung über dem Papier hinſtreicht, zu entſcheiden, wo die eine und wo die andre Platte liegt. Auch dieß oft (mit Wechſel der Lage) zu wiederholen.

3. Wir ſtellen den Pendelverſuch bei feſter Auf-

ſtellung an, jedoch erſt nach den vorigen Verſuchen, und wenn die Senſitive ſich gewöhnt hat, damit die Hand möglichſt ruhig ſei.

Auch wenn der Pendelverſuch nicht glücken ſollte, und ich geſtehe gar kein Zutrauen dazu zu haben, würde ich das Gelingen der beiden andern Verſuche hinreichend halten, Ihrer Lehre ein Fundament in der Erfahrung zu geben.“

Hiezu einige Bemerkungen.

Den Finger beim zweiten Verſuche in einer kleinen Entfernung über dem Papier hinzuführen, iſt deßhalb nöthig, damit nicht durch das Papier durch ein Unterſchied der Härte oder Wärmeleitung zwiſchen beiden Platten empfunden werde. Die Unterſcheidung ſoll nach Reichenbach darin beſtehen, daß die Senſitive von der Einwirkung des Zinks, wofür auch Zinn oder Kupfer ſtehen könnte, ein eigenthümliches Ziehen in der Hand empfindet, was bei Schwefel, Graphit und andern ſehr elektronegativen Körpern fehlt.

Um eine relativ ſichre Ueberzeugung von einem ſtattgehabten odiſchen Einfluſſe zu erlangen, würde ich nicht fodern, daß alle 20 Einzelverſuche treffen, aber auch nicht auf ein geringes Uebergewicht der zutreffenden Fälle etwas bauen; da das Gelingen durch Zufälligkeiten eben ſo wohl in einzelnen Fällen verhindert als ein geringes Uebergewicht dadurch hervorgerufen werden könnte. Es würde genügen, wenn faſt alle Fälle zutreffen. Um aber ein beſtimmteres Urtheil in dieſer Hinſicht als nach einem bloßen Aperçu zu fällen, ließe ſich meines Erachtens die Wahrſcheinlichkeitsrechnung nach folgendem Princip verwenden.

Bezeichne man einen zutreffenden Fall mit +, einen Fehlſchlag mit —. Findet kein odiſcher Einfluß ſtatt, ſo iſt die Chance der + und — gleich groß; was nicht hindert, daß bei einer endlichen Zahl von Prüfungsfällen, wie wir deren 20 vorausſetzen, nach Zufall die + oder — überwiegen; aber die Unwahrſcheinlichkeit des Uebergewichts nach einer Seite wächſt mit der Größe deſſelben, und man kann genau und ohne Schwierigkeit berechnen, wie viel der gegentheiligen Annahme gegenüber zu wetten, daß bei gleicher Chance der Ueberſchuß der + über die — unter einer gegebenen Zahl bleiben würde.[*] Iſt dennoch ein Ueberſchuß von dieſer Größe erreicht, ſo wird man eben ſo viel wetten können, daß die Vorausſetzung der gleichen Chance, wofür die Rechnung geführt ward, nicht beſteht, ſondern daß ein beſtimmter Einfluß den Ueberſchuß ſo hoch getrieben hat.

Schon früher hatte ich dieß Verfahren, welches ſtatt auf eine Mehrheit von Verſuchen mit 1 Perſon auch auf eine Mehrheit von Perſonen mit je 1 Verſuch anwendbar iſt,[**] Herrn v. Reichenbach brieflich zum Erſatz ſeiner gewohnten Regiſtrirung und Anführung von lauter zutreffenden Fällen, die doch gewiß nicht ſo rein ſtatt gefunden, vorgeſchlagen, und ihm die Berechnungsweiſe dazu mitgetheilt; doch gieng er nicht darauf ein, ſondern behauptete, er erhalte bei rechter Vorſicht lauter zutreffende Fälle. Natürlich wird das Verfahren um ſo ſicherer, je mehr man Fälle zuzieht; ich möchte aber bei der krankhaften Empfindlichkeit der Senſitive nicht über 20 hinausgehen.

---

[*] z. B. bei 20 Fällen läßt ſich 499 gegen 1 wetten, daß bei gleicher Chance der + und — der Ueberſchuß der + über die — vermöge bloßer Zufälligkeiten kleiner als 16 oder gar negativ ſein, alſo die Zahl der + nicht 18 gegenüber 2 Minusfällen) erreichen würde.

[**] Da nach Reichenbach ungefähr die Hälfte der Menſchen

8. und 9. Juli.

Nachdem Reichenbach am 8. Juli die in meinem Billet enthaltenen Vorſchläge „mit Vergnügen“ und der Bemerkung acceptirt hat, „er zweifle keinen Augenblick, daß die Senſitive praestanda präſtiren würde, nur müſſe ihrer Erholung noch einige Zeit gegönnt werden,“ ſchreibt er mir am 9. Juli: „Unſere Senſitive iſt heute um ein klein wenig beſſer. Doch um ſo wenig, daß es nicht in Rechnung kommt. Indeß, wenn auch ſchwach gegen ihren geſunden Zuſtand unterſcheidet ſie doch in der Hauptſache Poſitiv und Negativ, und geſtern Abend machte ich eine Stoffreihe mit ihr durch, welche ſie zu meiner Verwunderung ganz richtig aufſtellte. Unter ſolchen Umſtänden möchte ich doch verſuchen, ſie Ihrer Aufgabe zu unterziehen, wenn Sie die Gewogenheit haben möchten, ihnen

---

mehr oder weniger ſenſitiv ſein ſoll, ſo müßte, wenn man ganz nach Zufall eine größere Zahl darunter herausgriffe, um ſo mehr, wenn man lauter nervenreizbare Perſonen zuzöge, letzteres Verfahren ein erhebliches Uebergewicht von + Fällen geben, ſollten Reichenbach's Annahmen zu Recht beſtehen.

eine Stunde zu widmen" u. ſ. w. — Ich begab mich alſo Nachmittags um 4 Uhr in ſein Hotel mit meinen eigenen Apparaten.

Zuvörderſt ſuchte ich die Senſitive durch freundliche Anſprache ruhig zu ſtimmen, fragte ſie, ob ſie glaube, die Verſuche unternehmen zu können, was ſie zweifelnd beantwortete, und ſtellte Reichenbach ſelbſt vor, ob er nicht beſſer thäte, die Verſuche noch zu verſchieben, als ſich einem zweifelhaften Erfolge auszuſetzen. Denn, wenn ſie einmal unternommen wären, müßte ich die negativen Erfolge ſo gut als die poſitiven aufzeichnen. Indeß ſchien er die Anſtellung nicht erwarten zu können. Ich gab alſo der Senſitiven den großen ſchweren ſtarken Hufeiſenmagneten, den ich ſtatt des Stabes mitgebracht, in die Hand und fragte ſie, ob ſie einen Unterſchied der Pole empfinde. Sie ſagte, ſie empfinde den einen Pol etwas kühliger als den andern, aber nur ſehr ſchwach. „Nun, — ſagte Reichenbach, — es kommt nicht darauf an, daß Sie den Unterſchied ſtark empfinden, ſondern daß Sie ihn überhaupt empfinden." — Ich hierauf: „Wohlan alſo, wenn Sie ſo wollen, beginnen wir."

Die Pole ſelbſt waren nicht bezeichnet; um aber auch das, für jeden Fremden unauffällige, an den Schenkeln ſeitlich ſich befindende Zeichen unſchädlich zu machen, wurde der, auf einen Tiſch gelegte, nur mit beiden Polen über die Tiſchkante hervorragende, Magnet bei jedem Verſuche ganz mit Carton bedeckt, und der Senſitiven aufgegeben, nach der größern Kühligkeit des Nordpoles, unter Anwendung der Linken zu den Verſuchen, zu beſtimmen, welcher von beiden Polen es ſei. Auch Reichenbach kannte die Lage der Pole nicht.

Nachdem die Senſitive ihre Ausſage gegeben, die ich ſtillſchweigend notirte, ließ ich ſie ſich entfernen, drehte den Magnet raſch mit der Hand mehrmals herum, ſo daß ich nach ſeinem Wiederauflegen auf den Tiſch und ſofortiger Bedeckung mit dem Carton während der Anſtellung des neuen Verſuches ſelbſt nicht wußte, ob der Nordpol rechts oder links liege, und mich erſt nach geſchehener Ausſage davon überzeugte. Dieſer Verſuch ward ſiebenmal hinter einander, nach jedesmaliger Entfernung der Senſitive und wie oben gewechſelter Lage des Magneten, wiederholt, wonach aber die Senſitive erklärte, daß ſie gar zu unſicher ſei, und ich Reichenbach ſelbſt erklärte, unter dieſen Umſtänden den Verſuch als nicht beweiſend nicht weiter fortſetzen zu wollen. Der Erfolg der 7 Verſuche war, wenn mit + Zutreffen, mit — Nichtzutreffen bezeichnet wird, nach einander dieſer:

+ — — — + — +

d. h. alſo, das Reſultat war gänzlich zu Ungunſten ausgefallen. Denn bei mangelndem odiſchen Einfluſſe war die Wahrſcheinlichkeit der + mit der der — gleich; letztere aber überwogen ſogar.

Ich hatte außerdem eine Schwefelplatte und eine Zinkplatte, von ganz gleichen Dimenſionen (früher zu Verſuchen über Contactelektricität benutzt), zur Anſtellung der zweiten Art von Verſuchen mitgebracht; die Senſitive erklärte aber bei einem deßhalb angeſtellten vorläufigen Verſuche, wo ſie mit der Lage der beiden Platten unter dem Papier zuvor bekannt war, daß ihre Empfindlichkeit für heute nicht hinreiche, einen Unterſchied unter dieſen Umſtänden zu finden.

Trotz dem wünſchte Reichenbach, noch den dritten Verſuch, den ich vorgeſchlagen, vorzunehmen, den Pendelverſuch. Er ſelbſt hatte dazu eine Vorrichtung mitgebracht, ähnlich der mir überſchickten und von mir angewandten, nur mit dem weſentlichen Unterſchiede, daß die Flaſche, in die das Pendel herabhieng, anſtatt auf eine feſte Unterlage aufgekittet zu ſein, nur auf eine ſolche aufgeſetzt wurde. Sie hatte aber einen etwas ungleichen Boden, ſo daß ſie auf dem Tiſche leicht etwas wackelte. Was half es dann, daß er eine Grundmauer ſeines Hauſes hatte aufbrechen laſſen, um den wackligen Apparat darauf zu ſetzen. Zwar ſpricht er von einer „Befeſtigung“ darauf; aber unſtreitig hat eine ſolche nicht ſtatt gefunden; denn ſonſt hätte er, als ich ihn auf den Mangel aufmerkſam machte, geſagt, daß er demſelben zu Hauſe wirklich abgeholfen. Wie es dann gekommen ſein ſoll, daß die Verſuche eben nur mit Senſitiven glückten, mögen die Götter wiſſen, wenn es nicht iſt, weil Senſitive im Allgemeinen unruhige Hände haben.

Natürlich ließ ich mich auf Verſuche mit ſeiner Vorrichtung nicht ein; wir begaben uns vielmehr zu der oben beſchriebenen, nach den früher mißlungenen Verſuchen noch ſtehen gebliebenen, feſten Aufſtellung des Apparates im Auguſteum. Der Verſuch mißglückte gänzlich; das Pendel blieb ſtockſteif ſtehen.

Hiezu folgende Bemerkung von ſpäterm Datum. Reichenbach ſelbſt iſt während ſeines Aufenthaltes in Leipzig gegen mich nie wieder auf den Pendelverſuch zurückgekommen, ungeachtet ich einige Zeit nach obigem Verſuche bei ihm eine Flaſche mit dem Pendelapparate in ähnlicher Weiſe auf einer Fenſterbrüſtung befeſtigt ſahe, als er es bei mir geſehen; und unſtreitig hat er von manchen unter den vielen Senſitiven, die er zuſammengebracht, auch Verſuche daran anſtellen laſſen. Wären ſie geglückt, ſo hätte er es mir ſicher nicht verſchwiegen.

Inzwiſchen ein Verſuch, den Reichenbach ſelbſt vorbrachte, während ich noch bei ihm im Hotel war, ſetzte mich in Erſtaunen, und ich weiß noch nicht, was ich daraus machen ſoll. Eine gewöhnliche Bouſſole mit einer Nadel von einigen Zoll Länge unter Glas wurde auf den Tiſch geſtellt; er ließ die Senſitive einen Finger vor dem einen Pole nicht über dem Glaſe, ſondern vor dem Gehäuſe hin- und herbewegen, und die Magnetnadel gerieth dabei in ähnliche Schwingungen, als wenn man ein Eiſen- oder Magnetſtäbchen vor demſelben Pole hin- und herbewegt. Dieſe Schwingungen waren nicht unerheblich, und der Verſuch gelang bei jeder Wiederholung, auch wenn ſich Reichenbach dabei in andern Theilen des Zimmers befand. Auch dann, wenn der Finger von der Seite abwechſelnd dem Pole genähert und davon entfernt wurde. Stellte ich ſelbſt den Verſuch in gleicher Weiſe an, ſo blieb die Nadel ganz unbeweglich. Reichenbach ſagte, die Erſcheinung ſei heute ſchwach; zu Zeiten habe die Senſitive die Magnetnadel im Kreiſe herumgeführt. Ich beſah die Finger der Senſitiven in ihrem Verlauf und unter den Nägeln möglichſt genau, ließ die

Perſon den Arm bis über den Ellenbogen aufſtreifen, um irgendwo Eiſen oder Stiche, durch welche Nadeln unter die Haut geſchoben ſein könnten, zu entdecken; umſonſt. Ich behielt mir jedoch vor auf dieſe Verſuche zurückzukommen.

Durch freundliches Zureden hatte ich das Zutrauen der Senſitiven gewonnen, und da Reichenbach halb taub iſt, that ſie ungenirt mit halb lauter Stimme manche Aeußerungen, die ſie ihn wohl nicht hätte hören laſſen mögen; namentlich auch auf unſerm Wege nach dem Pendelapparate, wo ich ſie etwas auszuholen ſuchte. Es iſt nicht ohne Belang, die hiebei von ihr gethanen Aeußerungen anzuführen, weil ſie beitragen können, den Verdacht auszuſchließen, daß von ihr ſelbſt eine willkührliche Täuſchung ausgegangen ſei. Als Reichenbach nach den 7 Verſuchen mit dem Magneten fragte, ob ſie gelungen wären und ich die Antwort bis nach Vollendung ſämmtlicher 20 weigerte, ſagte ſie, ſie glaube ſelbſt nicht, daß ſie getroffen hätten. Während der Verſuche mit dem Pendel erklärte ſie, ſie halte nichts von dieſem Verſuche, aber der Baron dulde keinen Zweifel daran; und ſie ſtimmte meiner Anſicht, der Verſuch möge früher nur wegen ſchlechter Aufſtellung des Apparats gelungen ſein, ganz bei. Unterwegs ſagte ſie: „ach wenn ſie nur erſt wieder zu Hauſe wäre, ſie ſehne ſich ſo nach ihrem Kinde, es wäre ihr ſchrecklich, länger hier bleiben zu müſſen.“ Ich fragte ſie, wie es gekommen, daß ſie der Baron zu Verſuchen mitgenommen. Sie erwiederte, ſie ſei 17 (oder 14) Jahr bei ihm im Hauſe in einem Dienſtverhältniſſe geweſen, ſeit 8 Jahren aber an einen Mann verheirathet, der leider liederlich ſei, und habe es dem Baron auf ſeinen Wunſch zu Gefallen gethan, mit hieher zu gehen, nachdem ſie (ich glaube vor $^1/_2$ Jahr) eine Nervenkrankheit gehabt, von der eine große Reizbarkeit zurückgeblieben. Wenn ſie aber noch längere Zeit hier bleiben ſolle, ſo würde ſie immer untauglicher zu dieſen Verſuchen werden. Sie ſchien in der That ſelbſt nicht viel von der ganzen Od-Geſchichte zu halten, und ſagte, der Baron habe Leute zu den Verſuchen angeſtellt, die er dafür bezahlt, und die ihm dann zu Gefallen geredet hätten; wenigſtens ſage man ſo. Es ſchien mir freilich, daß die Perſon, da ſie meine Abneigung, mich Reichenbach's Anſichten zu fügen, leicht hatte bemerken können, mir ebenfalls etwas nach dem Munde zu reden ſuchte.

13. Juli.

Die Senſitive war ſeit den letzten Verſuchen in einen ſolchen Zuſtand der Unempfindlichkeit gerathen, daß Reichenbach, wie er mir ſchrieb, ſie mit Nadeln bis aufs Blut in die Gliedmaßen ſtechen konnte, ohne daß ſie etwas empfand. Heute früh indeſſen kam er zu mir, ſagte, ſeine Senſitive ſei zwar noch nicht ſo weit wiederhergeſtellt, um die Verſuche mit Hufeiſenmagnet und Pendel zu wiederholen; aber die Ablenkung der Magnetnadel, die während des Zuſtandes der Unempfindlichkeit auch geſtockt, gelänge wieder, und er bat mich, es ſofort zu conſtatiren, da er der Dauer des jetzigen Zuſtandes nicht ſicher ſei. Ich gieng alſo mit ihm. Die magnetiſchen Verſuche, auf die ich mich beſchränkte, gelangen ſo, daß mir, möchte ich ſagen, der Verſtand ſtehen blieb, ungeachtet ich alle möglichen Urſachen der Täuſchung auszuſchließen ſuchte.

Bei den vorigen Verſuchen hatte die Senſitive vor der Magnetnadel geſeſſen, ſo daß der Südpol nach ihr gekehrt war; dießmal ließ ich ſie zur Seite der Nadel ſetzen. Hätte die Senſitive einen Magnet unter dem Kleide gehabt, ein Verdacht, der ſich hegen ließ, und dem um ſo mehr Rechnung zu tragen war, als er von ſehr achtbarer Seite ſehr ernſthaft erhoben wurde, ſo hätte dieß ganz andere Bewegungs-Verhältniſſe der Nadel bedingen müſſen, als das vorigemal, überhaupt unmöglich die regelmäßigen Phänomene, die ich beobachtete, erzeugen können, und auch ohne Darbietung des Fingers von ſelbſt unregelmäßige an der Nadel erzeugen müſſen, was Alles nicht der Fall war. Ein ſolcher Verdacht ließ ſich ſchon hienach nicht feſthalten. Ueberall wurde unterſucht, ob die Bewegung der Magnetnadel Sache einer Anziehung oder Abſtoßung war, und es zeigte ſich allgemein, daß, welcher Theil der linken oder rechten Hand oder des Arms angewandt wurde, der Südpol der Nadel abgeſtoßen, der Nordpol angezogen wurde; ungeachtet Reichenbach, der den Verſuch mit der magnetiſchen Einwirkung nur ganz oberflächlich angeſtellt zu haben ſcheint, auf meine Frage, ob ſich nicht Rechte und Linke polar verhielten und alſo die eine anzöge, was die andre abſtieße, beide aber ſich in der Wirkung compenſirten, erwiedert hatte: das würde ſich unſtreitig ſo zeigen; aber in der That verhielten ſich Rechte und Linke in dieſer Beziehung ganz gleich; nur ſchien die Linke ſtärker als die Rechte zu wirken. Jedenfalls ein Beweis, daß hier kein von Reichenbach ſelbſt veranſtaltetes Kunſtſtück vorlag; das Phänomen widerſprach geradezu ſeiner Theorie, und er wußte keine beſtimmte Rechenſchaft davon zu geben.

Der Verſuch wurde erſt mit dem linken Zeigefinger vor dem Südpol angeſtellt, demſelben, mit dem mir der Verſuch zuerſt von Reichenbach vorgeführt war, und welcher in der Regel von ihm in Anwendung gezogen zu ſein ſcheint. Die Anſtellung geſchah ſo, daß der Finger dem Pole von der Seite genähert wurde, und die erſt nur ſchwache Abſtoßungsbewegung durch, der Schwingungsdauer entſprechendes, tactmäßiges Annähern und Entfernen des Fingers in beträchtliche Schwingungen verwandelt. Sollte ſich eine Gelegenheit zur Wiederaufnahme von Verſuchen wie hier finden, ſo iſt dieſer Kunſtgriff nicht außer Acht zu laſſen. Man muß ſich aber hüten, ihn in verkehrtem Sinne anzuwenden, ſo daß die Schwingung vielmehr geſtört als vergrößert wird. Aeußert der Finger eine Abſtoßungswirkung, ſo iſt dem abgeſtoßenen Nadelende ſo lange damit nachzugehen, als die Schwingung nach dieſer Seite fortgeht, dann der Finger ſchnell zurückzuziehen, um die Nadel eine volle Rückſchwingung machen zu laſſen; dann wieder mit dem abſtoßenden Finger ihr zu folgen u. ſ. f., wogegen bei der Anziehungswirkung der Finger ſo lange in der Nähe des Nadelendes zu erhalten iſt, als die Schwingung nach ihm hin fortgeht. Verwechſelt man das Verfahren, ſo ſtört man die Bewegung. Derſelbe Verſuch ward mit dem rechten Zeigefinger wiederholt; dann dieſelben Verſuche mit rechtem und linkem Zeigefinger am Nordpol angeſtellt, wo Anziehungsbewegung ſtatt fand, dann die Zeigefinger beider Hände vereinigt; dann bloßer Mittelfinger, dann bloßer Daumen beider Hände geprüft. Immer gleicher Erfolg. Die Senſitive ſagte, die Erſcheinung falle um ſo ſtärker aus, wenn alle zuſammengehaltenen Finger vereinigt dargeboten würden. Dieß geſchah, und die Schwingungen nahmen dabei eine Weite von 40° bis 50° nach jeder Seite an. Ich ließ dann die Fauſt ballen und die Fingerknöchel darbieten. Derſelbe Erfolg. Bei allen dieſen Verſuchen war der experimentirende Arm bis über den Ellenbogen hinauf bloß, und der andre Arm lag müßig auf dem Schooße. Der allerſtärkſte Erfolg aber, wo die Schwingungen faſt bis 90° nach jeder Seite gediehen, trat ein, wenn ſie ſich der Nadel mit dem Ellenbogen bei zuſammengeklapptem Arme näherte.

Reichenbach ſtand hiebei überall ſo fern und ruhig, daß von ſeiner Betheiligung bei den Verſuchen nichts zu beſorgen war; und an der Senſitiven bemerkte ich nie eine Bewegung des Körpers, die den Verdacht unterſtützte, daß ſie einen Magnet unter dem Kleide habe, durch deſſen Bewegung der Erfolg hervorgerufen würde. Auch ließ ich ſie mehrmals den Verſuch bloß mit einem Finger unter ausdrücklichem Gebot, den ganzen Körper dabei möglichſt ruhig zu halten, anſtellen, ohne bei genau darauf gerichteter Aufmerkſamkeit zu finden, daß dieſes Gebot verletzt wäre.

Nach Allem kann man doch nicht annehmen, daß die Perſon Nadeln unter der Haut an allen Fingern bis zu dem Ellenbogen herauf, und zwar lauter magnetiſche Nadeln und dieſe überall mit gleicher Richtung der Pole ſtecken gehabt. Was andrerſeits den Verdacht, daß ſie durch Bewegung eines Magnetes unter dem Kleide die magnetiſchen Phänomene an der Nadel erkünſtelt habe, ſo wird derſelbe völlig dadurch ausgeſchloſſen, daß die Erweiterung wie Störung der Nadelſchwingungen je nach der Weiſe, wie der Finger dabei genähert und entfernt wurde (vergl. die Bemerkung S. 12, deren Princip die Senſitive und deren rechten Gebrauch Reichenbach ſelbſt nicht kannte, ganz ſo ausfielen, wie es gemäß einer magnetiſchen Eigenſchaft des Fingers ſein mußte, was ſich nicht einmal hätte erkünſteln laſſen, wenn die Senſitive mit dem Princip bekannt geweſen wäre.

14. Juli.

Heute früh um 11 Uhr zuſammen mit Profeſſor Erdmann, den ich inzwiſchen zur Mitbetheiligung an den Verſuchen zu beſtimmen vermocht, die Verſuche mit der Magnetnadel wiederholt. Sie fielen in derſelben Weiſe als neulich aus, und frappirten Profeſſor Erdmann wie mich. Eine Urſache der Täuſchung ließ ſich heute eben ſo wenig wie früher entdecken. Ich hatte neulich die Senſitive gefragt, ob ſie nicht Eiſen an ſich habe, ſie hatte es verneint; aber eben ſo wenig an ihren Crinolin dabei gedacht, als ich; heute aber erwähnte ſie ſelbſt, daß der Verſuch eben ſo gut ohne als mit Crinolin gelinge; und erbot ſich, da ſie ihn gerade auch anhatte, denſelben auszuziehen, was in der Kammer von ihr geſchah. In der That gelangen die Verſuche noch ganz wie früher. Auch läßt ſich leicht überſehen, daß die früher beſchriebenen Erfolge, wenn auch möglicherweiſe durch das Daſein des Crinolin beeinflußt, doch vielmehr nur in ihrer Regelmäßigkeit dadurch hätten geſtört als erzeugt werden können. Zum Ueberfluſſe erklärte ſich Reichenbach noch bereit, die Verſuche von der ganz entkleideten Senſitive in Gegenwart von Damen, die wir dazu beſtimmen möchten, vornehmen zu laſſen.

Es nahm aber die magnetiſche Leiſtungsfähigkeit der Senſitiven im Lauf der Verſuche an dieſem Vormittage ſelbſt allmälig mehr und mehr ab, ſo daß weitere Abänderungen derſelben, die wir noch vorhatten, theils um noch andre Sicherſtellungen zu gewinnen, theils die Senſitive noch auf andre magnetiſche Phänomene zu prüfen, nicht mehr ausgeführt werden konnten. Natürlich hätte es ein ganz beſondres Intereſſe gehabt, zu unterſuchen, wo denn im Körper zu der Südpolarität, welche die beiden Arme der Senſitiven übereinſtimmend zeigten, die Nordpolarität ſtecke, in Beinen, Kopf, Rückenmark? Aber die ganze Aufmerkſamkeit hatte ſich bisher darauf gerichtet, nur die allgemeine Thatſache des Vorhandenſeins eines magnetiſchen Zuſtandes der Senſitiven zu conſtatiren, und ſo kam es nicht zu den Beſonderheiten.

V. Nachſchriftliches.

Die Perſon gerieth in den folgenden Tagen in einen ſo krankhaften Zuſtand, daß Reichenbach ſie zurückſchicken mußte, und ward auch ſpäter nicht wieder reif zu Verſuchen. Ich empfahl ihr bei ihrer zweiten Anweſenheit hier, wenn ſich das magnetiſche Vermögen etwa ſpäter einmal bei ihr wieder einſtellen ſollte, ſich bei einem Phyſiker oder Phyſiologen von Fach zu Verſuchen darüber zu melden, ſie könne dadurch eine berühmte Perſon werden; habe aber nichts mehr von ihr gehört. Nach Allem alſo blieben die, mit Frau Ruf angeſtellten, Verſuche, wenn auch meines Erachtens zur Conſtatirung eines temporären magnetiſchen Vermögens der Frau hinreichend, doch im Ganzen unvollſtändig, und Reichenbach hat mir bemerktermaßen keine Gelegenheit zur Vervollſtändigung derſelben mit andern Senſitiven geboten. Nun aber glaube ich, noch folgenden Bemerkungen darüber Raum geben zu müſſen.

Am wichtigſten bleiben jedenfalls die Verſuche mit dem Einfluß der Senſitiven auf die Magnetnadel. Reichenbach ſelbſt zwar legte offenbar von vorn herein auf ſie gar kein beſondres Gewicht; der Erfolg derſelben war ihm unter den vielen merkwürdigen Thatſachen, wovon er ſich überzeugt zu haben glaubte, nur eine mehr; alſo producirte er mir auch den Verſuch nur beiläufig unter andern; und erſt als er ſahe, daß ich dieſem Verſuche vor allen andern die größte Aufmerkſamkeit ſchenkte, fieng er ſeinerſeits an, ſich vorzugsweiſe dafür zu intereſſiren, und hat ſich ſeitdem viel Mühe gegeben, denſelben Erfolg auch bei andern Senſitiven, deren er ſo viele zuſammengebracht, zu conſtatiren, doch umſonſt. Wie ich mich zu erinnern glaube, ſind ſelbſt auf ſeinen Anlaß im hieſigen Spitale Verſuche deßhalb mit einigen nervenkranken Perſonen angeſtellt worden, ebenfalls ohne Erfolg. Auch in ſeinen Schriften iſt nichts darüber zu finden; ſei es, daß Reichenbach den Verſuch bei den früher in andrer Hinſicht geprüften Senſitiven nicht angeſtellt oder ihn erfolglos gefunden hat. Ich fragte ihn danach, habe aber vergeſſen, wie die Antwort ausfiel.

Hienach kann man das magnetiſche Vermögen überhaupt nicht zu den Charakteren der Senſitivität in Reichenbach's Sinne rechnen; und, wie obbemerkt, widerſpricht die Weiſe des Erfolgs vielmehr den von Reichenbach aufgeſtellten Odgeſetzen, als daß ſie hineinträte.

Es ſind aber die, an Frau Ruf erhaltenen, magnetiſchen Erfolge überhaupt ſo unerwartet, daß, mit Rückſicht auf die bisher bewieſene Unmöglichkeit, ſolche bei andern Individuen zu reproduciren, von vorn herein jeder Zweifel an der Richtigkeit derſelben erlaubt ſein muß. Lag wirklich keine Täuſchung dabei vor? Daß Reichenbach ſelbſt nicht täuſchen wollte, wird jeder zugeben, der ſich im perſönlichen Verkehr mit ihm oder aus ſeinen Schriften überzeugt hat, daß er viel zu eingenommen von der Realität der von ihm vorgebrachten Thatſachen war, um noch Kunſtſtücke zur Unterſtützung ihrer Glaubwürdigkeit nöthig zu halten; und daß auch die Senſitive für ſich ſelbſt nicht täuſchen wollte, ließ ſich ſchon daraus ſchließen, daß ſie ſich überall nur als paſſives Werkzeug Reichenbach's bei den Verſuchen darſtellte und vielmehr ein negatives als poſitives Intereſſe daran verrieth, wie aus den obigen Angaben hervorgeht. Aber ſelbſt wenn man bei ihm oder ihr die Abſicht der Täuſchung vorausſetzen wollte, ſo wüßte ich abſolut nicht, wie eine ſolche Täuſchung bei den vorgenommenen Abänderungen des Verſuches hätte Stich halten können, und weiſe auch in dieſer Beziehung auf die gemachten Angaben darüber zurück. Hätten die Verſuche noch fortgeſetzt werden können, ſo hätten ſich wohl noch andre Controleverſuche anſtellen laſſen, und würden angeſtellt werden ſein; ich geſtehe aber wenigſtens für mich ſelbſt ſchon durch das, was ich darüber habe mittheilen können, überzeugt zu ſein. Es ließe ſich an Hallucinationen von meiner Seite denken, und ich ſelbſt fragte mich wiederholt, ob ich recht ſehe, aber Profeſſor Erdmann, den ich nach ſeinem Dahinſcheiden leider nicht mehr als Zeugen anrufen kann, müßte dieſelben getheilt haben.

Dabei gebe ich unbedingt zu, daß mit einem, nur an einem einzigen Individuum, nur an ein paar Tagen, nur von zwei uncontrolirten Beobachtern gemachten, Verſuche für die Wiſſenſchaft nichts weiter gewonnen iſt, als die Aufmerkſamkeit auf den beobachteten Fall zu lenken und zur Aufſuchung beſtätigender Fälle anzuregen. Mehr hätte es ſagen wollen, wenn ſtatt unſrer zwei die Commiſſion der Männer, deren Mitbetheiligung ich von vorn herein gewünſcht hatte, als namentlich Hankel, Ludwig, Rüte, die beiden Webers, und die mir, nachdem ſich ſo viel Thatſächliches vorlegen ließ, nicht länger würde verſagt worden ſein, noch Zeuge der magnetiſchen Erfolge hätten ſein können.

Daß dieſe Erfolge an ſich unmöglich ſeien, wird man nicht a priori behaupten wollen, da ja nach den berühmten Unterſuchungen von Dubois elektriſche Elementarſtrömchen im lebendigen Nerven ſchon vorhanden ſind, und es bekanntlich nur einer geeigneten Form und Anordnung ſolcher Strömchen bedarf, um die Erſcheinungen des Magnetismus zu geben. In normalen Nervenzuſtänden haben ſie, nach dem thatſächlichen Fehlen dieſer Erſcheinungen, eine ſolche Form und Anordnung nicht; aber unſre Nervenphyſik iſt noch weit davon entfernt, verſichern zu können, daß ſie eine ſolche nicht in abnormen Nervenzuſtänden annehmen können. Mit einem unicum freilich, wie es ſich hier vorlegen ließ, iſt kein zulänglicher Beweis für die Verwirklichung einer ſolchen Möglichkeit zu führen; vielmehr was einmal erfolgt iſt, muß auch wieder erfolgen können. Nun iſt mir aber bei den vorigen Verſuchen ins Gedächtniß gekommen, daß wirklich ſchon eine frühere Angabe in dieſer Hinſicht vorliegt. In einer ziemlich umfänglichen Schrift nämlich, welche über eine Dresdener Somnambule Namens Kachler erſchienen iſt Mittheil. aus dem magnet. Schlafleben der Somnambule Auguſte K. in Dresden, von Bär und Kohlſchütter, 1843, mir aber gegenwärtig nicht mehr zur Hand iſt, fand ich unter andern Merkwürdigkeiten, die von ihr erwähnt werden, auch berichtet, daß ſie mit dem

Finger eine ablenkende Wirkung auf die Magnetnadel zu äußern vermocht. Der Verſuch ſchien mir, als ich ihn las, ſo beſchrieben, daß kein Einwand gegen ihn unmittelbar auf der Hand lag; doch war er nicht ins Detail verfolgt, und ſo gab ich damals nichts auf ihn.

Nun aber möchte ich doch an Solche, welche ſich mit Somnambulismus oder Spiritismus befaſſen, die Einladung richten, nicht zu verſäumen, ihre Verſuchsſubjecte auf das betreffende Vermögen zu prüfen, da rückſichtslos auf das, was man übrigens von jenen Zuſtänden denken mag, die abnorme Beſchaffenheit der Nervenreizbarkeit ſolcher Individuen am leichteſten ein Gelingen hoffen laſſen dürfte, wie ſich ſchon an der Kachler bewieſen hat; nur würde im Fall des Gelingens ein Phyſiker oder Phyſiolog von Fach davon in Kenntniß zu ſetzen ſein, wie ich ſchon der Frau Ruf empfahl, theils um den Fall ſicher zu conſtatiren — denn auf bloße Angaben von Laien würde man in der exacten Wiſſenſchaft wenig geben — theils eine genauere Unterſuchung darauf zu richten. Gewiß würde es den Vertretern jener Gebiete dadurch beſſer als bisher gelingen, die Aufmerkſamkeit exacter Forſcher auf ihr Verſuchsfeld zu lenken. Uebrigens würde es mir lieb ſein, ſollten wirklich irgendwo Verſuche in dieſer Richtung angeſtellt werden, von dem Erfolge derſelben, wäre es auch ein negativer, Notiz zu erhalten, um vielleicht ſpäter einmal etwas darüber zuſammenzuſtellen.

In Rückſicht des Vorhandenſeins elektriſcher Strömchen im Nerven ließ ſich daran denken, daß eine Gliedmaße, z. B. ein Finger, dadurch künſtlich magnetiſch gemacht werden könnte, daß man ihn in eine Rolle aus Multiplicatordraht ſteckt, und einen elektriſchen Strom durch dieſe Rolle leitet, wobei natürlich der Magnetismus, den die Rolle ſelbſt durch dieſe Strömung annimmt, durch Entgegenſetzung einer gleichen, von demſelben Strome durchlaufenen, Rolle ohne Finger zur andern Seite des Magnetpols, auf den man die Wirkung des armirten Fingers verſucht, compenſirt werden muß. Dieſer Verſuch iſt auf meine Anregung und unter meiner Betheiligung mit aller Sorgfalt, doch ganz negativem Reſultate, im hieſigen phyſikaliſchen Laboratorium angeſtellt worden, nachdem Profeſſor Hankel die Güte gehabt, die Vorrichtung dazu mit Spiegelapparat und Fernrohr zur genauern Beſtimmung auch der kleinſten ablenkenden Wirkung herzuſtellen, ſo wie er auch die Anſtellung des Verſuchs beaufſichtigt hat. Die vom Strom durchlaufene Rolle wirkte kräftig genug, daß ein ganz ſchwacher Eiſendraht darin eine, mehrere Skalentheile betragende, Ablenkung bewirkte, der hineingeſteckte Finger verſchiedener Perſonen aber gab keine Spur davon.

Freilich kann man bemerken, daß ein magnetiſcher Zuſtand, wie er ſich bei der Ruf zeigte, unſtreitig von einer demgemäßen Dispoſition des ganzen Körpers oder wenigſtens der Haupttheile des Nervenſyſtems abhängig gedacht werden muß und der Magnetismus des Fingers nur als ein Ausläufer oder Symptom davon angeſehen werden kann. Alſo hätte zu einem entſcheidenden Verſuche der ganze Körper oder wenigſtens ein großer Theil deſſelben von einer Spirale umgeben ſein müſſen, was den Verſuch ſehr umſtändlich gemacht und ſeine genaue Anſtellung erſchwert haben würde. Aber eine Spur von Wirkung hätte ſich doch auch mit einem bloßen Finger erwarten laſſen und ſo iſt das Fehlſchlagen damit jedenfalls nicht ermuthigend für eine Wiederholung des Verfahrens in größerm Maßſtabe.

Was die, unter dem 4. Juli von 2) bis 6) gehenden Verſuche anlangt, welche nicht wiederholt worden ſind, ſo habe ich kein Gewicht darauf gelegt, „weil ihr Erfolg auf Zufall beruhen könnte“. In der That iſt dieß bei jedem einzelnen für ſich genommen ſehr denkbar und überhaupt möglich, doch offen geſagt für das ausnahmsloſe Zutreffen aller hinter einander wenig wahrſcheinlich; nämlich die äußere Wahrſcheinlichkeit davon nur $\frac{1}{2}^{5} = \frac{1}{32}$. Und dieſe Unwahrſcheinlichkeit ſteigert ſich durch die Betrachtung, daß Reichenbach mir nicht dieſe Verſuche mit ſo großem Zutrauen vorgeführt haben würde, wenn ſie nicht ſchon vorher bei ihm ſelbſt zugetroffen wären. Namentlich ſcheint der letzte Verſuch, mit dem Auffinden des Schlüſſels unter einem Tuche, ein gewöhnliches Probeſtück Reichenbach's zu ſein; indem er mir ſchon früher einmal 6. Auguſt 1866 in Erwiederung auf eine, ihm von mir gemachte Bemerkung Folgendes ſchrieb: „Zu der Verdeckung der Pole gegenüber den Senſitiven ſtimme ich ſehr gerne zu. Die Wirkung wird durch Papier, Leinwand u. ſ. w. nur wenig geſchwächt. Ich habe ſolche Verſuche den Berliner Herren vorgezeigt. Ich verſteckte einfach nur einen Schlüſſel, wo alſo nicht einmal Pole vorhanden waren, unter Leinwand. Eine gut ſenſitive

Perſon, mit der flachen Hand darüber hinſchwebend, gab jedesmal die Stelle genau an, wo das Metall unter der Leinwand lag. Es iſt unfaßlich, wie Mitſcherlich, Rieß, Poggendorff mit Gleichgültigkeit über eine Erſcheinung von ſo hoher phyſikaliſcher Bedeutung weggehen konnten. Es iſt dieß im Weſentlichen derſelbe Verſuch, den ich Berzelius mit in Papier gewickelten Stoffen vorgezeigt hatte. Aber dieſe Prüfungen, von denen Sie fürchten, daß ich ſie noch nicht angeſtellt habe, habe ich viele hundertmal im Finſtern vorgenommen" u. ſ. w.

Wenn die Berliner Herren mit Gleichgültigkeit über jenen Verſuch weggegangen ſind; könnte es wohl geweſen ſein, weil, wenn man ſolche Verſuche nicht ſelbſt von vorn herein in die Hand nimmt, nicht Alles dazu ſelbſt veranſtaltet, man nie ganz ſicher ſein kann, daß nicht etwas von Taſchenſpielerei oder in uncontrolirbaren Umſtänden liegende Täuſchung mit unterläuft, indem dem Verſuchsſubjecte ein leitendes Zeichen bekannt ſein kann, was dem, äußerlich zu dem Verſuche hinzutretenden, Beobachter unbekannt iſt; überhaupt Verſuche der Art kein Gewicht haben, wenn ſich ihr Erfolg nicht unter abgeänderten Umſtänden bewährt. Jedenfalls würde ich ſelbſt ſolchen Verſuchen erſt volles Vertrauen ſchenken, wenn ich die Apparate dazu ſelbſt mitgebracht, ja größter Sicherheit halber bei jedem Verſuche die Anordnung ſo getroffen hätte, wie ich es bei den Verſuchen mit dem Hufeiſenmagneten gehalten, daß ich nicht einmal mit meiner Vorſtellung des zu erwartenden Ausſchlages die Senſitive influiren könnte, da ich nach meinem Princip, im Unglauben ſo vorſichtig zu ſein als im Glauben, der ſo oft gehörten Behauptung, daß Somnambule in ſolcher Weiſe von ihrem Magnetiſeur influirt werden können, trotz der eminenten Unwahrſcheinlichkeit, die ihr zukommt, doch ſo weit Beachtung ſchenke, um jene Vorſicht in Uebertragung von Somnambulen auf Senſitive daraus abzuleiten. Reichenbach ſelbſt erzählte mir einmal, wovon ich die Glaubwürdigkeit dahinſtelle, in einer ſomnambuliſtiſchen oder ſpiritiſtiſchen Sitzung in London, der er beigewohnt, habe die Somnambule oder das ſogenannte Medium ihm Dinge geſagt, die abſolut nur er habe wiſſen können, als er aber nach Zufall eine Karte aus einem Spiel gezogen und unter den Tiſch gehalten, ohne ſelbſt zu wiſſen, welche es ſei, habe ſie die Frage danach nicht beantworten können. Daß Senſitive ſchwarze Erbſen von gelben, einen blauen Knaul von einem gelben, nach Einhüllung in Papier, durch das Gefühl ſollten unterſcheiden können, bleibt jedenfalls ſo unwahrſcheinlich wie möglich, und kann durch die vorigen Verſuche durchaus nicht als erwieſen gelten; doch glaubte ich, es Reichenbach ſchuldig zu ſein, das mit ſeinen Annahmen Zutreffende in den Verſuchen eben ſo wenig als das Nichtzutreffende zu verſchweigen.

Ich habe früherhin immer Anſtand genommen, die vorigen Verſuche überhaupt zu veröffentlichen, da ſie ihrer Natur nach nur Zweifeln exacter Forſcher begegnen können. Als ich indeß kürzlich zufällige Veranlaſſung hatte, in die Notizen darüber zurückzublicken, ſchien es mir doch, wie ich Eingangs ſagte, Schade, daß der Pendelverſuch und der magnetiſche Verſuch ganz verloren bleiben ſollten, und vielleicht kann der letztere noch für die Zukunſt poſitive Frucht tragen. Eine, nicht lebensmagnetiſche ſondern phyſikaliſch magnetiſche, Eigenſchaft am menſchlichen Körper, wenn auch nur unter ganz beſondern Bedingungen wiederholt conſtatiren zu können, wäre in der That für die Wiſſenſchaft von Wichtigkeit, und ſollte es einmal gelingen, ſo würde man immerhin der Odlehre dankbar dafür zu ſein haben, daß ſie auf den Weg dazu geführt hat.

IN SACHEN
DER
PSYCHOPHYSIK

VON

GUSTAV THEODOR FECHNER.

LEIPZIG,
DRUCK UND VERLAG VON BREITKOPF UND HÄRTEL.
1877.

BIBLIOTHECA
REGIA
[illegible]

Alle Rechte vorbehalten.

Vorwort.

Wohlan, nachdem meine, im Jahre 1860 erschienenen »Elemente der Psychophysik«, abgesehen von einigen Puncten, von denen sich vielleicht nicht absehen liess, durch die, seitdem von allen Seiten darauf erfolgten, Angriffe als abgethan gelten können, die zum Ersatz dargebotenen Ansichten der Gegner aber durch ihre Zerstreutheit sich einer leichten Uebersicht und Vergleichung entziehen, theile ich dieselben folgends so weit und in solcher Zusammenstellung mit, dass eine Wahl dazwischen behufs einer neuen Grundlegung der Psychophysik getroffen werden kann; suche jedoch zugleich in der Voraussicht, dass die Wahl zwischen so mannichfachen, einander nicht minder als jenem ersten Versuche widersprechenden, Ansichten schwer fallen wird, die Ueberlegung anzuregen, ob es nicht schliesslich vorzuziehen sei, zu den meinigen zurückzukehren, und wende mich dazu meinerseits nach allen Seiten. Das ist, kurz gesagt, wenn etwas scherzhaft ausgedrückt, doch ernsthaft verstanden, der Inhalt und die Absicht dieser Schrift. Näher spricht sich hierüber der folgende Eingang aus, indess das Resumé den Inhalt und die Ergebnisse kurz zusammenfasst, wonach ich hier nur noch einige, die Schrift betreffende, Aeusserlichkeiten vorzubemerken finde.

Wohl schon eher wäre es, bei so mancher Anregung dazu, zur Herausgabe dieser Schrift gekommen, hätte nicht erst die Beschäftigung mit der Herausgabe einer andern Schrift (Vorschule der Aesthetik), dann wiederholt rückfälliges Augenleiden es verhindert. Auch jetzt aber, nachdem einige glücklich vollzogene Augenoperationen mir einen Wiederbeginn literarischer Thätigkeit gestattet haben, muss ich in der Schwierigkeit, mit den doch schwach und reizbar gebliebenen Augen der ganzen hier einschlagenden Literatur zu folgen, eine Entschuldigung suchen, wenn ich diess oder das übersehen haben sollte, was eigentlich mit zu berücksichtigen war. Wichtige Puncte dürften mir doch nicht entgangen sein, und das jetzt Uebersehene sich in einem, diesem ersten Hefte vielleicht noch nachzuliefernden, zweiten nachtragen lassen.

Fraglich zwar, ob es nach der Sachlage meines Alters und des Zustandes meiner Augen noch zu einem solchen kommen wird. Sollte es der Fall sein, so wird dasselbe ausser Nachträgen jener Art und der Berücksichtigung von Gegenbemerkungen gegen die Ausführungen vorliegenden Heftes, woran es die Gegner schwerlich fehlen lassen werden, manche, von früher her zurückgestellte, Versuchsreihen über extensive und Gewichtsempfindlichkeit (vergl. S. 189) mit Bemerkungen über die Massmethoden bieten.

Hienach nur noch Folgendes über die Einrichtung des Textes der jetzigen Schrift.

Da aus sachlichen Gründen der Inhalt nicht nach den Autoren, auf welche darin Bezug zu nehmen war, geordnet werden konnte, so werden die Ueberschriften über den einzelnen Abschnitten und das Namenregister am Schluss erleichtern zusammenzufinden, was jeden insbesondere angeht. Dass die ganze Schrift nicht einen einheitlichern Charakter annehmen konnte, als den sie wirklich darbietet, bedaure ich; aber, um ihr einen solchen zu ertheilen, hätte ich blos einen Gegner oder einen Hauptgesichtspunct gegenüber haben müssen. Nach einigen, in die Schrift überhaupt einführenden, Abschnitten habe ich die Betrachtung der dringendst scheinenden Einwürfe vorangestellt, um in den spätern Abschnitten mit den Gegnern über ihre eigenen Ansichten zu verhandeln (in so weit nicht schon das im 4. Abschnitt Gesagte hinreichend schien), und die jetzige experimentale Sachlage des Weberschen Gesetzes darzulegen.

Runde Klammern innerhalb wörtlicher Citate bedeuten folgends Einschaltungen Seitens der Autoren selbst, eckige solche, welche von mir eingeschoben sind. — Mit p. verweise ich auf Seitenzahlen in Schriften der Autoren, mit S. auf solche in dieser Schrift selbst. — Hinsichtlich der Paginaverweisungen beim Namen von Autoren ohne Beifügung ihrer Schrift oder Abhandlung berücksichtige man die Bemerkung auf S. 14. — Meine »Elemente der Psychophysik« bezeichne ich in Verweisungen durch »Elem.« — »Psychophysisch« ist im Texte mehrfach durch ps.-ph. und »Empfindung« durch E. abgekürzt worden.

Inhalt.

Seite
I. Eingang 1
II. Von mir aufgestellte psychophysische Gesetze und Formeln, um deren Vertretung es sich hauptsächlich hier handeln wird, mit den dagegen aufgestellten Haupteinwänden 7
III. Literatur der folgends vorzugsweise zu berücksichtigenden Einwände und entgegenstehenden Ansichten 14
IV. Uebersichtliche Vorführung der Gegner 16
  Helmholtz und Aubert 16
  Mach 19
  Bernstein 20
  Plateau 21
  Brentano 24
  Delboeuf 27
  Hering 35
  Langer 37
V. Einwand, dass das Webersche Gesetz nicht richtig aus den Versuchen gefolgert sei (Brentano, Hering, Langer) 42
VI. Einwände wegen der experimentalen Abweichungen vom Weberschen Gesetze (Aubert, Delboeuf, Hering, Langer) 51
VII. Teleologischer Einwand. Bemerkungen über die extensiven Empfindungen (Hering) 57
VIII. Aprioristischer Einwand (Mach, Hering, Classen, Ueberhorst, Bernstein) 65
IX. Frage nach der Uebertragbarkeit der Schwelle in die innere Psychophysik 82
X. Einwände gegen die negativen Empfindungswerthe. Weitere Bemerkungen über die Schwelle (Delboeuf, Langer, Preyer) . . 88
XI. Bemerkungen über Contrastempfindung (Hering, Mach) 107
XII. Die Differenzansicht der Empfindung (Schneider, Delboeuf) . . 113
XIII. Die Oscillations- und chemische Hypothese (Hering) 117

Seite

XIV. Ueber die Empfindungsverhältnisse von Schwarz und Weiss, mit einem Anhang über die Farbentheorie Herings 122
Anhang über Herings Farbentheorie und eine eigene Hypothese 128
XV. Bernsteins psychophysisches Grundgesetz 138
XVI. Zusammenstellung der bisherigen, insbesondere neueren Versuchsresultate bezüglich des Weberschen Gesetzes 148
1) Lichtstärke (ohne Farbenänderung) 149
2) Schallstärke (ohne Aenderung der Tonhöhe) 160
3) Geschmack 161
4) Gewichte 164
5) Temperatur 165
6) Aenderungen von Farbe oder Tonhöhe 165
7) Extensive Grössen 174
XVII. Delboeufs Lichtversuche 178
XVIII. Herings Gewichtsversuche 186
XIX. v. Zahns Versuche über Farbencombinationen 200
XX. Frage nach dem Grundmasse der psychophysischen Thätigkeit 204
XXI. Resumé 211
XXII. Nachwort 215
XXIII. Einige Berichtigungen zu den Elementen der Psychophysik . 216
XXIV. Namenregister 220

Staatsbibliothek
München

I. Eingang.

Man hat früher allgemein angenommen, dass sich zwar Unterschiede in der Stärke von Empfindungen durch innere Wahrnehmung finden lassen, dass es aber principiell kein eigentlich psychisches Mass gebe, ein solches nämlich, dass man von einer Empfindung sagen könne, sie sei so- oder sovielmal so stark, als eine andere. Inzwischen habe ich in meinen Elementen der Psychophysik (I. 54 und allgemeiner II. 191) zu zeigen gesucht, dass, wenn schon es unmöglich ist, ein solches Mass durch innere Superposition von Empfindungen in ähnlicher Weise zu gewinnen, als man äusserlich die Länge eines Stückes Zeug durch die Elle misst, doch ein solches auf das Abhängigkeitsverhältniss der Stärke der Empfindung von der Stärke des Reizes, der die Empfindung auslöst, gegründet, und solchergestalt die innere Empfindung durch eine äussere Elle gemessen werden kann. Es würde diess sogar ganz einfach sein, wenn man die Stärke der Empfindung der Stärke des Reizes einfach proportional annehmen könnte, was sich aber bei näherer Untersuchung unmöglich zeigt; indess reicht es hin, das Abhängigkeitsverhältniss zwischen beiden zu kennen, um nach den Massverhältnissen des Reizes die der Empfindung zu bestimmen. Diess ist der Cardo rei für die Gewinnung des psychischen Masses.

Ich habe die Principien und Versuchsregeln besprochen, welche zur Bestimmung dieses Abhängigkeitsverhältnisses führen können, und theils nach fremden, theils eigenen, in Bezug dazu angestellten Versuchen Gesetze und Formeln, unter welche sich diess Abhängigkeitsverhältniss fassen lässt, aufgestellt.

Nun bietet sich leicht die Betrachtung dar, dass der äussere Reiz, der eine Empfindung auslöst, diess nicht direct, sondern dadurch thut, dass er eine körperliche Thätigkeit, ich nenne sie die psychophysische, in unserm Nervensysteme auslöst, von welcher die psychische Thätigkeit der Empfindung in unmittelbarer Abhängigkeit steht. Könnte man nun die durch den Reiz ausgelöste psychophysische Thätigkeit ihrem Masse nach dem Reize selbst seinem Masse nach proportional setzen, oder auch irgend ein andres Verhältniss als das der einfachen Proportionalität zwischen beiden gültig finden, so würden jene Gesetze und Formeln erstenfalls unmittelbar zugleich für das Abhängigkeitsverhältniss zwischen Empfindung und psychophysischer Thätigkeit gelten, zweitenfalls doch auf dasselbe zu schliessen gestatten, hiemit, abgesehen vom Masse der Empfindung, ein wichtiger Beitrag, ja erster Angriffspunct für eine exacte Lehre von den unmittelbaren Beziehungen zwischen Leib und Seele nach quantitativer Seite gegeben sein, und dieser um so wichtiger und tiefer eingreifend in Psychologie von einer Seite, Physiologie von andrer Seite, und selbst in die Philosophie sein, wenn sich jene Gesetze und Formeln, welche für sinnliche Empfindung in Bezug zu der unterliegenden körperlichen Thätigkeit gelten, ihre Anwendbarkeit noch höher hinauf erstrecken sollten. Und so hoch auch eine psychische Thätigkeit aufsteigen mag, giebt doch die Intensität der Bewusstseinsthätigkeit, die überhaupt darin verwandt wird, wie die Helligkeit der Bilder, mit denen selbst die höchste Bewusstseinsthätigkeit noch spielt, einen Angriffspunct für die Frage nach Massbeziehungen zwischen der psychischen und physischen Seite, die in Bezug auf die Phänomene der Erinnerung und Aufmerksamkeit bis zu gewissen Grenzen von mir behandelt worden ist.

Das Vorige vorausgeschickt, verstehe ich unter »Psychophysik« überhaupt eine exacte Lehre von den Beziehungen, vorzugsweise Massbeziehungen[*] zwischen der geistigen, psychischen und materiellen, körperlichen, physischen Seite der Existenz, eine exacte insofern, als sie auf Beobachtung, Experiment und mathematischer Verknüpfung der Thatsachen fusst, kurz die gleiche Methode mit andern, als exact geltenden, Lehren einhält. Freilich sind ihre Resultate bis jetzt nicht zu gleicher Sicherheit gediehen, als die der Mechanik, Physik, Chemie, wie das Folgende nur zu sehr beweisen wird, und selbst der Physiologie mag sie in dieser Beziehung nachstehen, was an grossen, ihr eigenthümlichen Schwierigkeiten hängt, die aber, anstatt eine exacte Methode auszuschliessen, vielmehr alle Kräfte derselben zur Ueberwindung herausfordern, indess man in philosophischer Behandlung desselben Gebietes seither ganz von einer solchen Methode abgesehen hat.

---

[*] Die Beziehungen zwischen Qualität der psychischen und Form der physischen Phänomene sind zwar nicht principiell von der Psychophysik ausgeschlossen, doch bis jetzt wenig untersucht.

Es theilt sich aber die so verstandene Psychophysik in zwei Hauptheile, die ich als äussere und innere Psychophysik unterscheide, deren erste von den Beziehungen zwischen den psychischen Phänomenen und äusseren Anregungsmitteln derselben, sogenannten Reizen, handelt, die andere aber von den Beziehungen der psychischen Phänomene zu den inneren, sogenannten psychophysischen, körperlichen Thätigkeiten, die ihnen unmittelbar unterliegen. Die erste fusst hauptsächlich auf Experimenten, die andere zieht unter Mitzuziehung anatomischer, physiologischer und psychologischer Thatsachen Folgerungen aus der ersten.

Die von mir aus diesen allgemeinsten Gesichtspuncten in den »Elementen« entwickelten Principien, Gesetze und Formeln haben im Allgemeinen folgendes Schicksal erfahren. Sie haben in weiten Kreisen Aufmerksamkeit erweckt, und, abgesehen von manchen Philosophen, denen eine Psychophysik principiell nicht zusagen kann, hat man es beifällig aufgenommen, dass überhaupt versucht worden ist, auf exacterem Wege als bisher auf das Problem der Beziehung von Körper und Seele einzugehen. Auch wüsste ich nicht, dass dem von mir aufgestellten Princip psychischen Masses auf Grund des functionellen Verhältnisses zwischen Reiz und Empfindung, und tiefer gehend zwischen psychophysischer Thätigkeit und Empfindung, von denen, welche sich auf solche Forschung seitdem eingelassen haben, wäre widersprochen worden, da vielmehr selbst die, welche den von mir vertretenen Gesetzen und Formeln nicht oder nur theilweise zustimmen, doch in Aufstellung ihrer eigenen Massformeln dasselbe Princip in Anwendung bringen.*) Und da sich auf die Möglichkeit solchen

---

*) Eine Ausnahme hievon möchte doch Hering machen; denn obwohl er bisher keinen Widerspruch gegen das von mir aufgestellte Princip psychischen Masses direct erhoben hat, scheint mir doch ein solcher in seiner, von

Masses die Möglichkeit einer Psychophysik selbst begründet, der Name dieser Wissenschaft erst damit entstanden und seitdem in ziemlich allgemeinem Gebrauch ist, auch einer mathematischen Psychologie das bisher vermisste psychische Mass geboten wird, so könnte ich schon zufrieden sein, wenn sich von meiner ganzen Psychophysik nur diess Princip mit der sich daran knüpfenden Bearbeitung experimentaler Methoden halten liesse; womit aber doch keineswegs das Ganze gehalten ist.

Die Triftigkeit des von mir aufgestellten psychischen Massprincipes zugestanden, nimmt nämlich das Mass selbst eine verschiedene Form und einen verschiedenen Werth an, je nachdem man für das functionelle Verhältniss zwischen Reiz und Empfindung in der äusseren Psychophysik verschiedene Gesetze und Formeln unterlegt, und stellt sich die Beziehung zwischen geistiger und leiblicher Seite in uns selbst verschieden dar, je nachdem man das functionelle Verhältniss zwischen beiden verschieden fasst, indem man in verschiedener Weise von der äusseren zur inneren Psychophysik übergeht. In beider Beziehung aber habe ich wohl mehr von gegnerischer als zustimmender Beurtheilung der von mir aufgestellten Ansichten, Gesetze, Sätze und Formeln zu sprechen; ja es sind von so vielen Seiten und aus so mannichfachen, theils theoretischen, theils experimentalen Gesichtspuncten Einwürfe dagegen erhoben worden, dass danach von meinem ganzen, mühsam errichteten, psychophysischen System so zu sagen kein Stein mehr auf dem andern bliebe.

Abgesehen von einem, schon am Schlusse meiner Elemente in einem Nachtrage berücksichtigten, Einwurfe von Helmholtz sind mir überhaupt mehr oder weniger tief greifende Einwürfe bekannt geworden Seitens Aubert, Mach, Bernstein, Plateau, Delboeuf, Brentano, Hering, Langer. Die viel-

---

der meinigen gänzlich verschiedenen, Grundauffassung der psychophysischen Verhältnisse indirect begründet, und in der Weise, wie er die Lichtempfindung behandelt hat, sich schon auszusprechen, ohne dass sich jedoch vor Erscheinen der, von ihm in Aussicht gestellten, Fortsetzung seiner psychophysischen Untersuchungen ganz klar in dieser Hinsicht sehen lässt. In philosophischen Schriften mag wohl mancher Widerspruch gegen mein psychisches Massprincip erhoben sein, der mir entgangen ist, weil ich der neueren philosophischen Literatur wenig gefolgt bin. Ueberhaupt aber fallen philosophische und psychophysische Forscher bis jetzt noch wenig zusammen.

seitigsten und vielleicht scheinbarsten rühren jedenfalls von Hering her, und haben nicht verfehlt, theils wegen der achtbaren Autorität ihres Urhebers, theils wegen ihres Scharfsinnes, theils wegen der Entschiedenheit, mit der sie ausgesprochen sind, grossen Eindruck zu machen. Die von mir als fundamental aufgestellten Gesetze sind hiernach nicht nur a priori unwahrscheinlich, sondern auch unrichtig aus den Thatsachen gefolgert, sind erweislich falsch, ja, wären sie richtig, so würden sie eine verwirrte und vernünftiger Teleologie widersprechende Auffassung der Aussenwelt begründen. Die Sache ist von Grund aus anders anzufassen. Langer, welcher die Reihe der mir bekannten Gegner schliesst, giebt Hering an Fülle und Schärfe der Einwände wenig nach; und Delboeuf kommt zwar schliesslich zu einer, mit der meinigen in der Form ganz gleichen, in der Bedeutung aber ganz verschiedenen, Massformel, und fasst die, in seiner ersten Abhandlung (der Étude) erhobene Opposition in der dritten (der Revue p. 241) selbst wie folgt zusammen: »Das Fechner'sche Gesetz [Massgesetz] ist aus mathematischem Gesichtspuncte unhaltbar. Es führt absurde Folgerungen mit sich, und die Weise, wie es festgestellt (établie) ist, gewährt dem Geiste keine deutliche Vorstellung, was die Quantität einer Empfindung sein kann, mithin auch nicht, wie sie durch eine Zahl repräsentirt werden kann« u. s. w.

Nach all' dem kann ich meinen Hauptgegnern nur dankbar sein, und statte ihnen diesen hiermit ab, wenn sie doch insgemein die Opposition gegen meine Lehre mit wohlwollenden Ausdrücken eingeleitet haben; und insbesondere fühle ich mich Brentano und Hering dafür verpflichtet, dass sie in einer Correspondenz, die ich mit ihnen über ihre Einwürfe geführt, meinem Streben, die Discussion in den Grenzen rein wissenschaftlicher Controverse zu halten, in freundlichster Weise entgegengekommen sind.

Wie aber stelle ich mich nun meinerseits der ganzen Fluth zum Theil sachlich vernichtend scheinender Einwürfe gegen die von mir vertretene Lehre gegenüber? — Ich meine doch nicht, dass es danach so schlimm um dieselbe steht, als es für den ersten Anblick scheinen möchte. Ja, um der Entschiedenheit meiner Gegner eine, wenn auch etwas bescheidnere, Entschiedenheit entgegenzusetzen, so halte ich nach Erwägung aller mir bekannt gewordenen Einwürfe diese Lehre in allen fundamentalen Puncten in so weit aufrecht, als ich darin die wahrscheinlichste sehe, die sich bisher hat aufstellen lassen, und halte zugleich dafür, dass sich diess Verhältniss auch künftig nicht ändern wird. Mich noch entschiedener auszudrücken, hindern die grossen Schwierigkeiten der Lehre; aber ich finde sie bei jeder abweichenden Auffassung der fundamentalen Puncte grösser als bei der meinigen, und das Vertrauen in diese selbst ist bei mir dadurch gewachsen, dass ich es finde; was nicht hindert, den Scharfsinn mancher Einwände anzuerkennen — manche andere hätte man durch einige Ueberlegung sich und mir ersparen können — und Zugeständnisse nach einzelnen Beziehungen zu machen.

Setzen wir aber den Fall, dass meine Lehre, gegen die sich als den Ausgangspunct alles Streites bis jetzt noch so ziemlich aller Streit gerichtet hat, durch die dagegen erhobenen Einwürfe wirklich abgethan wäre, was würde die Folge sein? Dass die Gegner nun um so mehr gegen einander stritten, da ihre Lehren einander fast noch mehr als der meinigen widersprechen, von der doch fast alle nur mehr oder weniger nach verschiedenen Seiten ausgewichen sind. Man lese den vierten Abschnitt. Somit liefe die Psychophysik Gefahr, nachdem sie sich nur eben mit dem Namen einer exacten Lehre der Philosophie gegenüber gebrüstet, deren Zerwürfniss einfach zu theilen. Nun wäre es doch schön, wenn der neue Streit dadurch überflüssig würde, dass der erste sich als überflüssig erwiese, d. h. sich zeigen liesse, dass kein zulänglicher Grund besteht, die Grundansichten, auf die sich der erste Aufbau der Lehre gestützt hat, zu verlassen.

In Richtung hierauf ist diese Schrift geschrieben und in diesem Sinne nehme ich den Streit mit den Gegnern auf, jedoch dabei verzichtend, auch auf den Streit zurückzukommen, in dem ich mich über die allgemeinsten Puncte der Lehre von den Beziehungen zwischen Leib und Seele mit dieser oder jener philosophischen Richtung und zumeist mit der herrschenden Ansicht befinde. Man ist geneigt, eine Beseelung nicht über Menschen und Thiere hinaus zuzulassen. Man löst die psychischen Thätigkeiten von einem gewissen Puncte an los von der physischen Unterlage. Man meint, die Seele sitze in einem einfachen Puncte des Gehirns. Ich bin in allen diesen Puncten andrer Ansicht; glaube aber, in einigen Kapiteln meiner Elemente und meinen philosophischen Schriften schon genug darüber gesagt zu haben, genug auch, um zu beweisen, wie weit meine Ansichten von materialistischen und irreligiösen abweichen. Die Tragweite und Gestaltung der Psychophysik ist zwar keineswegs unabhängig von den Ansichten über diese Puncte, sondern im Gegentheil; dennoch drängt es für jetzt nicht, näher darauf einzugehen, da diese Lehre nicht vom Allgemeinsten, sondern einigen sehr besondern Thatsachen und Gesetzen ausgeht.

Gegen manche der obengenannten Gegner habe ich mich übrigens schon früher öffentlich oder privatim ausgesprochen, so namentlich eingehend gegen Aubert in den Berichten der sächs. Soc. 1864 1 ff., vorläufig gegen Delboeuf in einer Anzeige seiner Étude psychophysique in der Jen. Lit.-Zeit. 1874 No. 28; ferner eingehend gegen Brentano und gegen Hering in einer Correspondenz, die ich in mehreren Schreiben mit ihnen geführt, um mich vor der öffentlichen Discussion so weit als möglich privatim mit ihnen zu verständigen. Da diess aber zu keiner erklärten Uebereinkunft geführt hat, so habe ich mich nun mit meinen Gegeneinwänden gegen ihre Einwände an das allgemeinere Publicum zu wenden; wobei ich hoffe, dass genannte Autoren keine Indiscretion darin finden werden, wenn ich auf einige, zur Vervollständigung ihrer Einwände dienende, schriftliche Aeusserungen derselben folgends mit Bezug nehme.

II. Von mir aufgestellte psychophysische Gesetze und Formeln, um deren Vertretung es sich hauptsächlich hier handeln wird, mit den dagegen aufgestellten Haupteinwänden.

1) Schwellengesetz (in Elem. I. 238 weniger passend als Thatsache der Schwelle bezeichnet) sagt aus, dass eine Empfindung so wie ein Unterschied zwischen Empfindungen nicht erst unmerklich für das Bewusstsein wird, wenn der Reiz oder Reizunterschied, von dem sie abhängen, auf einen Nullwerth der Einwirkung herabgekommen ist, sondern schon bei einem endlichen Werthe desselben für das Bewusstsein schwindet. Diesen endlichen Werth des Reizes oder Reizunterschiedes, welcher überstiegen sein muss, damit eine Empfindung oder Unterscheidung von Empfindungen stattfinde, nenne ich die Reizschwelle, respective Unterschiedsschwelle. Sofern es aber nach weiter folgenden Gesetzen nicht sowohl darauf ankommt, dass ein ge-

wisser absoluter Unterschied der Reize, sondern ein, zu den Reizen in gewissem Verhältniss stehender, kurz relativer Unterschied, oder, was damit zusammenhängt, ein gewisses Verhältniss der Reize überschritten werde, damit ein Unterschied der Reize bemerklich wird, kann man auch anstatt von einer Unterschiedsschwelle von einer Verhältnissschwelle der Reize sprechen. Wo nun der Reiz, relative Reizunterschied, das Reizverhältniss im vorigen Sinne auf, über oder unter der Schwelle ist, sagt man auch von der zugehörigen einfachen oder Unterschiedsempfindung, sie sei auf, über oder unter der Schwelle.

2) Webersches Gesetz (Elem. I. 134 ff., in II. 9 ff. für kleinere Unterschiede durch die Fundamentalformel repräsentirt), von mir so genannt, weil es zuerst in einer gewissen Allgemeinheit durch E. H. Weber ausgesprochen ist, bezieht sich auf die Abhängigkeit der Unterschiede, Aenderungen oder Zuwüchse einer Empfindung von denen des sie auslösenden Reizes, und sagt aus, dass die Unterschiede, Aenderungen oder Zuwüchse der Empfindung sich gleich bleiben, nicht, wenn die absoluten, sondern wenn die relativen Unterschiede, Aenderungen oder Zuwüchse des Reizes sich gleich bleiben, indem man unter relativem Zuwuchs den absoluten Zuwuchs dividirt durch die Grösse des Reizes, zu dem der Zuwuchs erfolgt, versteht. Mathematisch hängt mit vorigem Gesetze das folgende zusammen, und kann daher gleichgeltend als Webersches Gesetz ausgesprochen werden: Der Unterschied zweier Reize erscheint für die Empfindung gleich gross, wenn das Verhältniss der Reize sich gleich bleibt, mögen beide dem absoluten Werthe nach steigen oder sinken, wenn es nur eben in gleichem Verhältnisse geschieht.

3) Massgesetz der Empfindung (in Elem. II. 12 ff. durch die Massformel repräsentirt), auf mathematischem Wege aus dem Weberschen Gesetze und Schwellengesetze ableitbar, bezieht sich auf die Abhängigkeit der Empfindungsgrösse selbst von der Grösse des Reizes und sagt aus: dass die Grösse der Empfindung proportional dem Logarithmus des, durch seinen Schwellenwerth dividirten Reizes, oder, wenn man den Schwellenwerth als Reizeinheit nimmt, einfach proportional dem Logarithmus des Reizes, wovon die Empfindung abhängt, wächst. Sinkt der Reiz unter den Schwellenwerth, so nimmt die Empfindung (nach der Massformel) negative, von mir als unbewusst gedeutete, Werthe an.

4) *Massgesetz des Empfindungsunterschiedes* (in Elem. II. 89 ff., durch die *Unterschiedsformel* repräsentirt), sagt als reine Folgerung des vorigen Gesetzes aus, dass das Mass des Unterschiedes zweier Empfindungen proportional dem Unterschiede der logarithmischen Masse beider Empfindungen, mithin — da der Unterschied der Logarithmen zweier Grössen gleich dem Logarithmus des Quotienten beider Grössen ist —, dass es proportional dem Logarithmus des Quotienten beider Reize ist, wovon die Empfindungen abhängen.

Nun ist zu bemerken, und in Elem. II. 82 näher erörtert, dass ein Unterschied zwischen zwei Empfindungen bestehen kann, ohne dass er doch als Unterschied wahrgenommen wird, so, wenn die Empfindungen in verschiedene Menschen fallen, oder in demselben Menschen in so verschiedene Zeiten fallen, dass die erste vergessen ist, wenn die andere eintritt, oder nur auf die eine von beiden die Aufmerksamkeit gerichtet ist, oder endlich, wenn der Unterschied beider Reize zu klein ist. Um wirklich als *empfundener Unterschied* oder als *Unterschiedsempfindung*, auch *Contrastempfindung* von mir genannt, aufzutreten, müssen also noch besondere Bedingungen erfüllt sein, die für den blossen Unterschied zweier Empfindungen, kurz *Empfindungsunterschied*, nicht erfüllt zu sein brauchen, was dem folgenden Gesetze und der dasselbe ausdrückenden Formel Raum giebt.

5) *Massgesetz der Unterschieds- oder Contrastempfindung* (in Elem. II. 96 ff. durch die *Unterschiedsmassformel* repräsentirt), sagt aus, dass die Grösse oder Stärke der Unterschiedsempfindung, in so weit sie von dem Grössenverhältniss der Reize abhängt, das Uebrige also gleich gesetzt, proportional ist dem Logarithmus eines Quotienten, dessen Zähler durch das Verhältniss der beiden zu unterscheidenden Reizgrössen, dessen Nenner aber durch den Schwellenwerth dieses Verhältnisses, d. h. den Werth, bei welchem die Wahrnehmung des Unterschiedes verschwindet, und oberhalb dessen sie merklich erscheint, kurz durch die *Verhältnissschwelle* dargestellt wird.

Heisse allgemein eine Empfindungsgrösse γ, die Reizgrosse, wovon sie abhängt β, der Schwellenwerth des Reizes, bei dessen Uebersteigen die Empfindung erst merklich zu werden beginnt, b, und seien K, k Constanten, welche von der Grösse der Empfindung und des Reizes unabhängig sind. Wo es mehrere Empfindungen und Reize zu unterscheiden gilt, geschehe es durch angehängte Strichelchen. Sei ferner kurz das Verhältniss zweier Reize $\frac{\beta}{\beta_{,}} = \varphi$, der Schwellenwerth dieses Reizverhältnisses v und die Grösse der Unterschiedsempfindung u, so drücken sich die vorigen Gesetze in folgenden Formeln aus:

1) **Schwellenformeln:**

$$b = \text{Const.}\,; \quad v = \text{Const.}$$

2) **Fundamentalformel**, zum Ausdruck des Weberschen Gesetzes für Empfindungsunterschiede, Aenderungen, Zuwüchse von geringer Grösse:

$$\partial\gamma = \frac{K\partial\beta}{\beta}$$

nach der einen Ausdrucksform des Gesetzes, wo $\partial\gamma$, $\partial\beta$ sehr kleine Aenderungen bedeuten; oder allgemein, für beliebige Empfindungs- und Reizgrössen

$$\gamma - \gamma_{,} = f\left(\frac{\beta}{\beta_{,}}\right)$$

wo f das allgemeine Functionszeichen bedeutet, nach der andern Ausdrucksform.

3) **Massformel**, zum Masse der Empfindungsgrösse γ:

$$\gamma = k^{*)} \log \frac{\beta}{b} = k\,(\log\beta - \log b)$$

oder, wenn man, was unter gewissen Bedingungen geschehen kann, $k = 1$ und $b = 1$ setzt, einfach

$$\gamma = \log\beta.$$

4) **Unterschiedsformel**, zum Masse der Grösse eines Empfindungsunterschiedes

$$\gamma - \gamma_{,} = k\left(\log\frac{\beta}{b} - \log\frac{\beta_{,}}{b}\right) = k \log\frac{\beta}{\beta_{,}} = k\,(\log\beta - \log\beta_{,})$$

---

*) Die Constante k fällt mit der Constante K der Fundamentalformel zusammen, wenn man sich natürlicher Logarithmen bedient, indess bei Anwendung gewöhnlicher Logarithmen $k = \frac{K}{M}$ ist, wenn mit M der Modulus des gemeinen logarithmischen Systems bezeichnet wird. Daraus, dass der Logarithmus eines ächten Bruches negativ ist, folgen negative Werthe von γ für Werthe von β, welche kleiner als der Schwellenwerth sind.

5) **Unterschiedsmassformel**, zum Masse einer Unterschieds- oder Contrastempfindung u

$$u = k \log \frac{\gamma}{\nu} = k \log \frac{\beta}{\nu \beta_{,}}$$

In Betreff der Ableitung und gegenseitigen Beziehung voriger Gesetze und Formeln mag zu den, in den Elementen gegebenen, Erläuterungen noch Folgendes bemerkt sein. Das Webersche Gesetz ist in Beziehung auf Empfindungsunterschiede ausgesprochen, aber die Versuche, auf die sich das Webersche Gesetz stützt, geben direct nur auf empfundene Unterschiede oder Unterschiedsempfindungen im Sinne der obigen Unterscheidung (S. 9). Man ist jedoch berechtigt anzunehmen, dass die Empfindungsunterschiede sich gleich bleiben, wenn die empfundenen Unterschiede sich gleich bleiben und Alles, was ausser den Reizunterschieden mitbestimmend für die Unterschiedsempfindungen ist, sich gleich bleibt, worauf daher bei den Versuchen zur Begründung des Weberschen Gesetzes zu achten. Ohne diese natürlichste Voraussetzung, auf die im 5. Abschnitt Anlass sein wird bezüglich eines Einwandes zurückzukommen, wäre überhaupt von den Versuchen aus nicht zu einem Massgesetze der Empfindung zu gelangen. Während also das Webersche Gesetz in Beziehung auf Empfindungsunterschiede (in seinem Ausdrucke durch die Fundamentalformel) mit dem Schwellengesetze zusammen die mathematische Basis für die Ableitung der übrigen Formeln ist, ist es in seiner Beziehung auf die Unterschiedsempfindungen die experimentale Basis davon, indem man von seiner erfahrungsmässigen Gültigkeit in letzter Beziehung selbst erst auf seine Gültigkeit in erster Beziehung zu schliessen hat.

Je nach der einen oder andern Beziehung nun kann man von ihm aus unter Zuziehung der Schwellengesetze eben sowohl zur Massformel und damit solidarischen Unterschiedsformel als zur Unterschiedsmassformel wie folgt gelangen.

Die Fundamentalformel $\partial\gamma = K \frac{\partial\beta}{\beta}$ lässt sich als Ausdruck für das Webersche Gesetz, gleichgültig für beide Weisen der Beziehung, auch so schreiben

$$\partial\gamma' - \partial\gamma_{,} = K \left(\frac{\partial\beta'}{\beta'} - \frac{\partial\beta_{,}}{\beta_{,}} \right)$$

sofern jede Grosse, also auch $\partial\gamma$, mathematisch genommen durch eine Differenz zweier ihr gleichartiger Grossen ersetzt werden kann.

Diess giebt mit natürlichen Logarithmen:

$$\gamma' - \gamma_{,} = K \log \frac{\beta'}{\beta_{,}} + \text{Const.}$$

Man kann aber Const. für zwei verschiedene Fälle verschieden bestimmen. Erstens, indem man nach dem einfachen Schwellengesetze voraussetzt, dass $\gamma_{,} = 0$, wenn β den bestimmten endlichen Werth b hat, was die Massformel

$$\gamma' = K \log \frac{\beta'}{b}$$

giebt, und, sofern hiernach auch $\gamma_1 = K \log \frac{\beta_1}{b}$ ist, als Unterschiedsformel giebt $\gamma' - \gamma_1 = K \log \frac{\beta'}{\beta_1}$, welche rücksichtslos auf einen Vergleich beider Empfindungen für deren wirklichen Unterschied gilt; zweitens, indem man für den Fall, dass man beide Empfindungen ihrer Grösse nach vergleicht, also einen neuen Bewusstseinsact eintreten lässt, nach dem Gesetze der Unterschieds- oder Verhältnissschwelle voraussetzt, dass $\gamma' - \gamma_1 = 0$, wenn $\frac{\beta'}{\beta_1} = q$ einen bestimmten endlichen Werth v hat, was die Unterschiedsmassformel

$$\gamma' - \gamma_1 = K \log \frac{q}{v}$$

giebt. Durch Uebergang von natürlichen Logarithmen zu gemeinen verwandelt sich schliesslich (nach der Anmerk. S. 10) K in k.

Obwohl die vorigen Gesetze und Formeln für die Beziehung zwischen Empfindung und Reiz, also für die äussere Psychophysik, ausgesprochen sind, ist doch ausdrücklich zu bemerken, dass sie sich für diese Beziehung, abgesehen von dem überall unverkennbaren Schwellengesetz, nur mit grösserer oder geringerer Annäherung, vorzugsweise in den Grenzen des gewöhnlichen Sinnengebrauches, bewähren; hypothetisch aber von mir als streng gültig für die Beziehung zwischen Empfindung und psychophysischer Thätigkeit, — so dass letztere für den Reiz in vorige Gesetze und Formeln substituirbar ist — hiemit als fundamental für die innere Psychophysik angesehen werden. In dieser ist der, auf die psychophysische Thätigkeit bezogene, Schwellenwerth als absolute Constante für eine gegebene Art von Empfindungen anzusehen, in der äussern Psychophysik aber der, auf den Reiz bezogene Schwellenwerth nur insofern als constant, als die Reizbarkeit sich constant erhält, d. h. als der Reiz bei gleicher Stärke auch immer die gleiche psychophysische Thätigkeit auslöst; wogegen nach Massgabe, als die Reizbarkeit sinkt, sich erschöpft, also durch den Reiz eine immer geringere psychophysische Thätigkeit ausgelöst wird, der Schwellenwerth des Reizes steigt, sofern der Reiz selbst immer mehr steigen muss, um die psychophysische Thätigkeit auf ihren constanten Schwellenwerth zu bringen, was gestattet, die Massformel auch zur Beurtheilung der Veränderungen der Reizbarkeit zu benutzen. Gründe mannichfacher Art, welche eine Abweichung von den aufgestellten Gesetzen bei Versuchen im Gebiete der äussern Psychophysik verschulden können, wovon genug Gelegenheit sein wird zu sprechen, fallen überhaupt für die innere Psychophysik weg.

Insofern ich nun künftig überhaupt einen Unterschied zwischen experimentaler und fundamentaler Gültigkeit von Gesetzen und Formeln mache, ein Unterschied, der leider oft vernachlässigt wird, ist er dahin zu verstehen, dass die Gültigkeit in erstem Sinne auf Bewährbarkeit durch Beobachtungen oder Versuche in der äussern Psychophysik, in zweitem Sinne auf Richtigkeit für die innere Psychophysik zu beziehen ist.

Das Mass der Empfindung ist nicht mit einem Masse der Empfindlichkeit zu verwechseln. Als Mass der Empfindlichkeit für eine gegebene Art von Reizen gilt nach den Auseinandersetzungen in den Elementen (I. 45 ff.) der reciproke Werth des Reizes, der gleich merklich für die Empfindung erscheint, als Mass der absoluten Unterschiedsempfindlichkeit der absolute Reizunterschied, der gleich merklich erscheint, als Mass der relativen Unterschiedsempfindlichkeit, je nachdem man es fassen will, der reciproke Werth des relativen Unterschiedes oder des Verhältnisses der Reize, deren Unterschied gleich merklich erscheint.

In soweit sich das Webersche Gesetz bestätigt, nimmt die absolute Empfindlichkeit mit Wachsthum des absoluten Reizunterschiedes immer mehr ab, indess die relative sich gleich bleibt.

Als Haupteinwände, welche sich gegen die Aufstellung der vorigen Gesetze und Formeln geltend gemacht haben, dürften folgende hervorzuheben sein.

1) Dass diese Gesetze und Formeln mit den Thatsachen nicht stimmen, sei es, dass sie unrichtig aus denselben abgeleitet sind (Abschn. V), sei es, dass die Versuche vielmehr Abweichungen davon als Bestätigungen dafür ergeben (VI. XVI). Namentlich hat in diesen Beziehungen das Webersche Gesetz Anfechtungen erfahren; fällt aber dieses Gesetz, so fallen auch die daraus abgeleiteten Gesetze.

2) Dass, in soweit sich noch von einer experimentalen Bestätigung der betreffenden Gesetze, also für die äussere Psychophysik, sprechen lässt, dieselben doch untriftig in die innere Psychophysik übertragen werden, indem eine logarithmische Abhängigkeit der Empfindung von der ihr unmittelbar unterliegenden psychophysischen Thätigkeit, wie solche nach der Massformel für die Empfindung bezüglich des Reizes besteht, a priori unannehm-

bar sei. Statt, wie von uns geschieht, die Empfindung von der psychophysischen Thätigkeit logarithmisch, diese vom Reize in einfacher Proportion abhängig zu denken, sei vielmehr das Umgekehrte anzunehmen (VIII).

3) Dass unsere Gesetze und Formeln begriffliche und mathematische Untriftigkeiten einschliessen, und namentlich die negativen Empfindungswerthe, zu welchen unsere Massformel für Reizwerthe unter der Schwelle führt, unzulässig seien (X).

4) Dass eine klare Auffassung der Verhältnisse der Aussenwelt und vernünftige Teleologie sich mit unsern Gesetzen nicht vertrage (VII. VIII.).

5) Dass hienach die, von mir zum mathematischen Ausdruck der psychophysischen Gesetze aufgestellten Formeln entweder zu verlassen oder doch zu modificiren, oder wenn ihrer Form nach beizubehalten, wesentlich anders als von mir geschehen, zu deuten seien (IV).

Theils theilen sich die Gegner in diese Einwürfe, theils begegnen sie sich darin, ohne sich jedoch (abgesehen etwa von Plateau und Brentano) in den aufgestellten positiven Gegenansichten zu begegnen.

III. Literatur der folgends vorzugsweise zu berücksichtigenden Einwände und entgegenstehenden Ansichten.

Wo man künftig dem Namen eines Autors eine Paginaverweisung beigefügt findet, bezieht sie sich auf die folgends bezeichnete Abhandlung oder Schrift desselben, bei **Hering** insbesondere, wo keine seiner Mittheilungen besonders bezeichnet ist, auf die zuerst gestellte, hauptsächlich zu berücksichtigende Abhandlung.

Ein Uebelstand bei Citirung der Abhandlungen aus den Wiener Sitzungsberichten ist, dass die Separatabzüge dieser Abhandlungen, welche von den Autoren an Fachgenossen versandt werden, sämmtlich von 1 an paginirt sind, hienach in der Seitenzahl im Allgemeinen nicht mit den Bänden der Sitzungsberichte stimmen, worein sie gehören, ein Uebelstand, der meines Erachtens zu vermeiden wäre. Ich werde nach den Separatabzügen citiren, wonach dann freilich die, welchen nur die Bände der Berichte zu Gebote stehen, die Paginaverweisungen nicht stimmend finden können.

Helmholtz, »Physiolog. Optik« p. 312 ff. Von diesem, erst im J. 1867 veröffentlichten Werke war mir das hier in Betracht kommende erste Heft schon im J. 1860 durch Güte des Verf. zugekommen, wesshalb ich es hier der Zeit nach voranstelle.

Aubert, »Physiologie der Netzhaut« 1865. p. 19 ff.

Mach, no. 1. »Ueber den Zeitsinn des Ohres« in den Wiener Sitzungsber. 51. Bd. 1865; und no. 2. »Ueber die physiologische Wirkung räumlich vertheilter Lichtreize« ebendas. 68. Bd. 1868.

Bernstein, no. 1 »Zur Theorie des Fechnerschen Gesetzes der Empfindung« im Reichert-Dubois'schen Archiv, 1868. p. 388 ff. und no. 2, eine besondre Schrift: »Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsysteme« 1871. p. 166 ff.

Plateau, Bulletin de l'Acad. de Belgique. T. XXXIII. 1872, hieraus in Poggendorfs Ann. CL. St. 3. 1873. p. 465. — Eine frühere Notiz in Comptes rendus. T. LXXV. p. 677. 1872. — Ein späterer Bericht über Delboeuf's Étude psychophysique im erstgenannten Bulletin 2. Sér. p. 250 ff.

Delboeuf, no. 1. Étude psychophysique, Bruxelles, F. Hayez. 1873. (auch T. XXIII der Mém. de l'Acad. roy. de Belgique). — no. 2. Théorie génér. de la sensibilité. Bruxelles, Hayez. 1876. — no. 3. Eine Abhandlung »La loi psychophysique, Hering contre Fechner« in der Revue philosophique de la France et de l'Étranger par Ribot, Paris. Baillière. 1877. p. 225 ff. — Kurz werde ich vorstehende drei Abhandlungen als Ét., Théor. und Rev. citiren.

Brentano, »Psychologie vom empirischen Standpuncte.« Th. 1. 1874. p. 9, 87 ff.

Hering, »Ueber Fechner's psychophysisches Gesetz« in den Wien. Berichten 72. Bd. 1875. Diess die im Folgenden vorzugsweise zu berücksichtigende Abhandlung. Ausserdem aber kommen noch mehr oder weniger in Mitrücksicht folgende, vom Verf. als Mittheilungen »zur Lehre vom Lichtsinne« bezeichnete und nach ihrer Zeitfolge numerirte, sämmtlich in den Wiener Sitzungsberichten enthaltene Abhandlungen: no. 1 »Ueber successive Lichtinduction« 66. Band. 3. Abth. 1872. — no. 2 »Vom simultanen Lichtcontrast.« 68. Band. 1873. — no. 3 »Ueber simultane Lichtinduction.« 68. Band. 1873. — no. 4 »Ueber die sog. Intensität der Lichtempfindung und über die Empfindung des Schwarzen.« 69. Bd. 1874. — no. 5 »Grundzüge einer Theorie des Lichtsinnes.« 69. Bd. 1874. — no. 6 »Grundzüge einer Theorie des Farbensinnes.« 69. Bd. 1874.

Langer, »Grundlagen der Psychophysik, eine kritische Untersuchung.« 1876. Jena, Dufft.

IV. Uebersichtliche Vorführung der Gegner (Helmholtz, Aubert, Mach, Bernstein, Plateau, Brentano, Hering, Langer).

Nachdem ich zum Schlusse des 2. Abschnittes eine Uebersicht der Haupteinwände gegeben, welche sich gegen die, hier zu vertretenden Gesetze und Formeln gerichtet haben, lasse ich die Uebersicht der Gegner, von welchen diese Einwände ausgegangen sind, nach Ordnung der Zeit folgen. So weit es in verhältnissmässiger Kürze geschehen kann, theile ich dabei jedem Autor unmittelbar zu, was ihm sowohl von Einwürfen als positiven Ansichten zukommt, und erwiedere, was ich darauf zu erwiedern finde; in soweit es weiterer Ausführungen bedarf, ist auf die Folge zu verweisen. Die Formeln, welche die Gegner für die meinigen bieten, sind in Einschaltungen aufgeführt.

Wo nicht etwas Anderes ausdrücklich bemerkt werden wird, ist das Mass der Empfindungen überall mit γ, das Mass des Reizes mit β bezeichnet, und sind unter c, k, K vom Reize unabhängige Constanten zu verstehen. Ueberhaupt sind die von den Autoren in ihren Formeln gebrauchten Buchstabenbezeichnungen mehrfach (mit Angabe darüber) geändert.

Helmholtz und Aubert.

Helmholtz und **Aubert** machen geltend, dass die experimentalen Abweichungen vom Weberschen Gesetze im Gebiete der Lichtempfindung nach ihren Versuchen erheblich weiter gehen, als ich nach allen vorgängigen Versuchen Grund hatte anzunehmen, was doch Helmholtz nicht hindert, den approximativen Charakter des Gesetzes, auf den es in der äussern Psychophysik allein ankommt, um Schlüsse für die innere darauf zu gründen, anzuerkennen; wogegen Aubert das Gesetz überhaupt für nicht zutreffend erklärt. Inzwischen habe ich schon früher am oben (S. 7) angegebenen Orte gezeigt, dass Auberts eigene Versuche die Approximation des Gesetzes noch über die Grenzen des gewöhnlichen Augengebrauches hinaus beweisen, und werde im 16. Abschnitt mit bestimmtern Angaben darauf zurückkommen. Ueber die von Helmholtz und Aubert aufgestellten Formeln giebt folgende Einschaltung Rechenschaft.

Helmholtz giebt zuvörderst (p. 313) zur Deckung der unteren, d. i. nach den kleinern Reizwerthen hin stattfindenden, experimentalen Abweichung vom Weberschen Gesetze eine, mit der von mir selbst für diesen Zweck aufgestellten Formel (Elem. II. 195) übereinstimmende Formel; um aber die obere, nach den grössern Reizwerthen hin stattfindende, Abweichung zugleich mit zu decken, stellt er als Differenzialformel (nur mit Verwendung andrer Buchstaben) folgende Formel auf:

$$\partial\gamma = \frac{c\,\partial\beta}{(a+\beta)\,(A+\beta)} \qquad (1)$$

worin c, a, A vom Reize unabhängige Constanten sind, a insbesondere ein kleiner Werth, der die vom Reize unabhängige innere Erregung misst, und gegen erhebliche Werthe von β merklich verschwindet, A ein sehr grosser Werth, gegen welchen Werthe von β, die nicht sehr gross sind (um so mehr a) verschwinden. Wo nun a gegen β, hingegen β gegen A verschwindet, geht diese Formel in unsere einfache Fundamentalformel über, indem $\frac{c}{A}$ unser K vertritt. Berucksichtigt man blos die untere Abweichung, d. h. vernachlässigt β gegen A, so kommt man zu unsrer obenerwähnten, diese Abweichung repräsentirenden, Formel in Elem. II. 195.

Durch Integration erhält man aus (1) folgende **Massformel**

$$\gamma = \frac{c}{A-a} \text{ log. nat. } \frac{a+\beta}{A+\beta} + \text{Const.}$$

Bei ausserordentlich grossen Werthen von β, wo nicht nur a, sondern auch A dagegen verschwindet, tritt Const. als Maximum der Empfindung γ auf; wonach, wenn diess Maximum G heisst,

$$G-\gamma = \frac{c}{A-a} \text{ log. nat. } \frac{A+\beta}{a+\beta}$$

Sei ferner g der Werth von γ, der ohne den Reiz blos vermöge der innern Erregung a stattfindet, so hat man anderseits, wie ich beiläufig bemerke,

$$\text{Const.} = g - \frac{c}{A-a} \text{ log. nat. } \frac{a}{A}$$

was giebt

$$g-\gamma = \frac{c}{A-a} \cdot \text{log. nat. } \frac{a}{A} \cdot \frac{a+\beta}{A+\beta}$$

wonach sich als Ausdruck des Unterschiedes der Empfindungen zwischen Maximum und Miminum findet

$$G-g = \frac{c}{A-a} \text{ log. nat. } \frac{A}{a}$$

im Coefficienten $\frac{c}{A-a}$ aber a gegen A vernachlässigt werden kann.

Der Maximumwerth der relativen Unterschiedsempfindlichkeit findet sich nach obigen Formeln bei $\beta = \sqrt{aA}$, also beim geometrischen Mittel zwischen a und A, indem man das Verhältniss von $\partial\gamma$ zu $\frac{\partial\beta}{\beta}$, welches nach (1) $= \frac{c\beta}{(a+\beta)(A+\beta)}$ ist, nimmt, und hievon im bekannten Wege den Maximumwerth sucht.

Aubert hat p. 68 seine Versuchsergebnisse in gewissen Grenzen empirisch durch die Annahme zu repräsentiren gesucht, dass die Werthe $\frac{\partial\beta}{\beta}$ (von Aubert als $\frac{r}{l}$ bezeichnet), welche eben merklich sind, im umgekehrten Verhältnisse der Logarithmen von β stehen, wenn man den Logarithmus von β bei einem gewissen niedern Werthe von β, so wie den zugehörigen Werth von $\frac{\partial\beta}{\beta} = 1$ setzt; und, ausgehend von diesem niedern Werthe von β, giebt er in zwei Tabellen nach zwei Versuchsreihen eine Vergleichung von Beobachtung und Rechnung, die vom einfachen bis zum 100fachen β reichen, mit der Bemerkung, dass die Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung die Grenzen der zu besorgenden Beobachtungsfehler nicht überschreiten. Indess sieht man doch in dieser Vergleichung die Differenzen nach einem fast regelmässigen Gange bei steigendem β aus dem Negativen ins Positive übergehen, und bei dem höchsten in Betracht gezogenen β, statt des durch die Rechnung geforderten $\frac{\partial\beta}{\beta} = \frac{1}{3}$, Werthe $\frac{1}{3,48}$ bis $\frac{1}{3,74}$ auftreten. Endlich ist zu erinnern, dass bei dem, von Aubert als Einheit angenommenen, schwachen Ausgangswerth von β unmöglich so, wie von ihm geschieht, die innere Helligkeit des Augenschwarz vernachlässigt werden könnte*), wollte man zu einer rationellen Formel gelangen. Auch gesteht Aubert selbst (p. 56), dass seine Annahme für sehr geringe Werthe von β nicht mehr zureicht, und giebt daher dieselbe ausdrücklich nur als eine, für den betreffenden beschränkten Abschnitt seiner Versuche empirisch brauchbare.

Um sie zu formuliren (worauf sich Aubert nicht eingelassen), hätte man zu setzen:

$$\frac{\partial\beta}{\beta} = \frac{\text{Const.}}{\text{log. } \beta}$$

---

*) In der That ist in der einen von beiden Tabellen $\frac{1}{38}$, in der andern $\frac{1}{42}$ als Einheit des eben merklichen $\frac{\partial\beta}{\beta}$ angenommen, erhalten bei Lichtintensitäten β, womit eine weisse Tafel durch eine, in einem Abstande von 2 Meter davon befindliche Stearinkerze beleuchtet war.

und, indem man Const. durch den, mit einer Const. c multiplicirten kleinen, selbst constanten eben merklichen Empfindungsunterschied $\partial\gamma$, als von $\partial\beta$, β und log. β abhängig, ersetzt,

$$\partial\gamma = \frac{1}{c} \log. \beta \frac{\partial\beta}{\beta}$$

hieraus, unter Setzung von $\frac{1}{c} = K$

$$\gamma - \gamma_{,} = k\left[(\log. \beta)^2 - (\log. \beta_{,})^2\right].$$

Lässt man das Schwellenprincip gelten, wonach $\gamma_{,} = 0$, wenn $\beta_{,}$ gleich dem endlichen Schwellenwerthe b, so erhält man endlich als Massformel

$$\gamma = k\left[(\log. \beta)^2 - (\log. b)^2\right]$$

welche sich von unsrer Massformel (S. 10) blos darin unterscheidet, dass log. β und log. b zum Quadrat erhoben sind. — Das empirische Maximum der relativen Unterschiedsempfindlichkeit ergiebt sich nach der Aubertschen Formel eben so wenig als nach unserer.

Mach.

Mach lässt meine Grundformeln für die äussere Psychophysik im Gebiete intensiver Empfindungen im Wesentlichen gelten, und ist sogar in einem besondern kleinen Schriftchen (Vorträge über Psychophysik. Wien, Sommer, 1863) auf eine nähere Auseinandersetzung derselben eingegangen, bestreitet aber in no. 2 die von mir angenommene Uebertragbarkeit der Formeln in die innere Psychophysik auf Grund einer theoretischen Voraussetzung, die ich doch nach den Erörterungen unter VIII nicht bindend finden kann. Ausserdem findet er nach seiner Abhandlung no. 1 auf Grund eigener Versuche das Webersche Gesetz nicht auf die extensiven Zeitempfindungen anwendbar, indess jedoch dasselbe nach der im 16. Abschnitt folgenden Zusammenstellung seiner und **Vierordt**scher Versuche zwar bezüglich der Zeitempfindungen eben so, wie wohl bezüglich aller Empfindungen, einer unteren experimentalen Abweichung unterliegt, höher hinauf aber approximativ genug zutrifft, dass man kaum umhin kann, dem Gesetze auch in diesem Gebiete eine fundamentale Bedeutung zuzusprechen. — Den in no. 2 aufgestellten, im 11. Abschnitt zu besprechenden, Formeln des Verf. über Contrastempfindungen pflichte ich gern bei, sofern sie beweisen, dass aus den Wirkungen des Contrastes keine experimentalen Störungen für die Beweisbarkeit des Weberschen Gesetzes zu besorgen sind.

Bernstein.

Bernstein acceptirt zwar die Form meiner Massformel, giebt ihr aber eine gänzlich veränderte Auslegung. Anstatt die Empfindung γ in logarithmische Abhängigkeit von der Stärke des Reizes oder der psychophysischen Thätigkeit β zu setzen, setzt er sie einfach proportional der Zahl der Gehirnganglienzellen, durch welche sich die als Schwingungsvorgang gedachte Erregung vom Eintritt des Reizes in das Gehirn an fortpflanzt, oder, unter Voraussetzung einer gleichförmigen Austheilung dieser Zellen, einfach proportional der Grösse des Raumes S, in welchem diese Zellen enthalten sind, multiplicirt mit der Dichtigkeit α, in welcher der Raum durch die Zellen erfüllt ist; indem er annimmt, dass über einen gewissen Raum um die Eintrittsstelle der Erregung hinaus keine Fortschreitung der, mit der Ausbreitung und durch die Widerstände sich mehr und mehr abschwächenden, Erregung stattfindet, also den Raum S, sogen. Irradiationsraum, als einen begrenzten ansieht. Es hängt aber nach seiner Deduction αS nach derselben Formel von der Grösse des Reizes β, mit welcher die Erregung in das Gehirn eintritt, und dem Schwellenwerthe b im Sinne des Verf., mit dem sie an der Grenze des Irradiationsraumes abschliesst, ab, als nach uns die Empfindung von β und b nach unsrer Fassung, was die gleiche Form der Massformel begründet.

Man hat also im Sinne des Verf.

$$\gamma = \alpha S = \frac{1}{k} \log.\ \text{nat.}\ \frac{\beta}{b}$$

wo k eine, von dem specifischen Widerstande, den die Ganglienzellen der Fortpflanzung der Erregung entgegensetzen, abhängige, je nach der verschiedenen Empfindlichkeit der Individuen für Reize verschiedene Constante ist.

Die Ableitung der Bernsteinschen Massformel ruht auf manchen Voraussetzungen, die keineswegs evident sind; da sich aber davon in Kürze nicht sprechen lässt, so verweise ich darüber von hier auf den, besonders darauf bezüglichen, 15. Abschnitt. Meinerseits vermöchte ich die Auffassung des Verf. hauptsächlich aus folgenden zwei Gründen nicht zu theilen: erstens, weil ich ein Mass der Empfindung durch die Ausbreitung des Erregungsvorganges, von dem die Empfindung abhängt, ohne die Stärke der Erregung an jedem Puncte in das Mass mit aufzunehmen, nicht zuzugestehen vermöchte; zweitens, weil ich die endliche Begrenzung des Irradiationsraumes durch die Deduction des Verf. nicht hinreichend begründet finden kann. Eingehender jedoch hierüber im 15. Abschnitt und einige Bemerkungen am Schlusse des 18.

Plateau.

Plateau, ohne bestimmtere Einwände gegen mich geltend zu machen, sagt (p. 471): »Fechners Formel führt zu der Folgerung, dass, wenn die gemeinschaftliche Beleuchtung variirt, die Differenzen der Empfindung constant bleiben. Es hat mir zur Erklärung der Constanz des allgemeinen Eindruckes eines Kupferstiches natürlicher geschienen, a priori die Constanz dieser Verhältnisse und nicht der Differenzen zwischen den Empfindungen anzunehmen;« und er macht in dieser Beziehung des Nähern folgende Thatsache geltend: »Jeder weiss, dass ein Kupferstich so ziemlich derselbe bleibt, man mag ihn bei Tageslicht, bei Gaslicht oder selbst im Sonnenschein betrachten. Diese so verschiedenen Beleuchtungen bringen keine beträchtliche Veränderung in den Beziehungen zwischen den hellen und dunklen Theilen hervor.«

Mittelst einer Analyse, die ich hier ubergehe, kommt dann Plateau zu folgender, seiner Voraussetzung entsprechenden, Massformel

$$\gamma = k\beta^p$$

worin k und p Constanten sind, von welchen p nach Plateau's Bemerkung kleiner als 1 sein kann, und unstreitig kleiner angenommen werden muss, soll erklärt werden, dass die Empfindung in langsamerem Verhältnisse als der Reiz ansteigt. Aus voriger Formel folgt, unter Setzung von $kp = K$,

$$\partial\gamma = K\beta^{p-1}\partial\beta$$

wodurch unsere Fundamentalformel zu ersetzen wäre, und

$$\frac{\partial\gamma}{\gamma} = p\frac{\partial\beta}{\beta}$$

Helmholtz hat die Thatsache des ziemlich gleichbleibenden Eindrucks eines Kupferstiches bei verschiedenen Beleuchtungsgraden vielmehr in meinem als Plateau's Sinne gedeutet; indess wird sich durch subjective Auffassungen und Autoritäten nichts entscheiden lassen; aber es giebt ein objectives Mittel der Entscheidung in Versuchen, wie solche zur Prüfung des Weberschen Gesetzes dienen. Auch hat Plateau das sehr wohl eingesehen, und, unstreitig den bisher angewandten Methoden oder ihren Resultaten misstrauend, selbst ein neues (unten kurz zu bezeichnendes) Prüfungsverfahren angegeben, welches in der That als eine schätzbare Bereicherung psychophysischer Methoden angesehen werden kann, hat auch dessen praktische Ausführbarkeit und Brauchbarkeit vorläufig geprüft und bewährt gefunden; aber da er (in Betracht seines Augenleidens) die Prüfung des Gesetzes selbst nicht hat ausführen können, auf eine erst von Delboeuf mittelst dieser Methode vorzunehmende Prüfung verwiesen, wonach er seine darauf bezügliche Abhandlung mit folgenden Worten schliesst: »Wenn die Resultate veröffentlicht sein werden, wird man wissen, welche der drei Formeln, die von Fechner, die von Delboeuf (wovon unter der Rubrik Delboeuf), oder die von mir den Vorzug verdient.«

Bei der von Plateau vorgeschlagenen, von Delboeuf später ausgeführten Methode kommt es wesentlich darauf an, drei aneinander grenzende Lichtflächen *A*, *B*, *C* in ihrer physischen Helligkeit so gegen einander abzustufen, dass nach dem Urtheile der Empfindung der Helligkeitsunterschied zwischen *C* und *B* genau eben so gross als zwischen *A* und *B* erscheint, und diess durch eine grössere Scale von Lichtintensitäten durchzuführen; wonach die Rechnung das Ihrige zur Prüfung zu thun hat, ob die Verhältnisse dieser Intensitäten sich der zu prüfenden Formel hinreichend fügen. Dass die Beurtheilung des Punctes, wo die Gleichheit der beiden Unterschiede zwischen *A* und *B*, *B* und *C* für die Wahrnehmung eintritt, keiner zu grossen Unsicherheit unterliegt, davon hatte sich schon Plateau an mehreren Versuchssubjecten überzeugt, und findet sich durch Delboeuf's Versuche bestätigt. Auch treten ja schon die Sterngrossenschätzungen im Grunde unter diess Princip.

Nun wohl, die Versuche nach Plateau's Methode sind seitdem von Delboeuf angestellt und veröffentlicht worden. Sie entscheiden gegen Plateau's Formel für das Webersche Gesetz; und wenn Delboeuf in seiner ersten Abhandlung (Étude) noch glaubte, auf Grund dieser Versuche eine Modification des Weberschen Gesetzes vertreten zu können, welche in der That gleich gut, doch nicht besser als dieses Gesetz selbst mit seinen Versuchen stimmt, so acceptirt er doch in seinen spätern Abhandlungen das reine Webersche Gesetz, indem er ihm freilich dabei eine andere fundamentale Auslegung, als von mir geschieht, giebt.

Endlich hat Plateau selbst in einem Bericht über Delboeuf's Étude auf Grund von dessen Versuchen seine Formel mit folgenden Worten zurückgenommen: »Quant à ma formule par cela seul qu'elle diffère de celle de M. Delboeuf il est évident, qu'elle est inexacte.«*) Inzwischen bleibt Plateau's Auffassung von Interesse, sofern auch Andere (Brentano, Ueberhorst) nur von anderen Seiten her auf Gesichtspuncte gekommen sind, die zu der Plateau-schen Formel zurückführen, wie unter der Aufschrift »Brentano« zu besprechen.

---

*) Ich citire hier nach einer mir zugekommenen Mittheilung dieser Stelle, da ich Plateau's Bericht selbst nicht gelesen habe.

Nebensächlich kann man bemerken, dass Plateau's Formel keinen Schwellenwerth enthält, wonach Alles, was nach Abschnitt IX für die fundamentale Festhaltung desselben spricht, zugleich gegen Plateau's Formel spricht.

Was die Einwürfe anlangt, die Plateau neuerdings in seiner Abhandlung »Sur les couleurs accidentelles ou subjectives« (Bruxelles, Hayez 1875) gegen meine Ansichten von den subjectiven Farben erhebt, so gehört ihre Berücksichtigung nicht hieher, und ich erwähne nur kurz, dass ich mich denselben aus folgenden Gesichtspuncten nicht zu fügen vermöchte: Ich meine, dass bei den Nachbildsversuchen nicht blos auf den Lichtstaub und andere helle Phänomene, die sich zufällig dem Augenschwarz zumischen, sondern hauptsächlich auf das innere Licht (die innere psychophysische Erregung), die durch das Gesichtsphanomen des Augenschwarz selbst repräsentirt wird, Rücksicht zu nehmen ist, dass dieses durch innere Gründe, insbesondere im Umkreise von Nachbildern heller Gegenstände auf dunklem Grunde, seine Helligkeit weit über seinen mittlern Werth steigern, nur vermöge einer organischen Einrichtung nicht unter einen gewissen Grenzwerth verringern kann, und dass es im selben Sinne, als man von einer Zerlegung des äusserlich einwirkenden und durch dasselbe innerlich angeregten Lichtes in Farben sprechen kann, nicht minder zerlegbar und diese Zerlegbarkeit überall bei Versuchen über subjective Complementärfarben mit zu berücksichtigen ist. Auch habe ich mich schon in meiner Abhandlung über die subjectiven Complementärfarben in Pogg. Ann. XLIV. S. 517 ff. wesentlich in diesem Sinne ausgesprochen, nur dort zu einseitig als Beweis dafür, dass unabhängig vom äussern Lichtreize eine innere subjective Lichtentwickelung bestehen kann, auf die mehr zufälligen hellen Phänomene, mit welchen das Augenschwarz durchsetzt sein kann, hingewiesen, womit man freilich nicht zur Erklärung vieler Phänomene ausreicht; und hiegegen könnte ich allerdings eine Opposition im Rechte finden. Indess habe ich mich sowohl in den Elem., als in der, in den Ber. d. sächs. Soc. 1860 enthaltenen, Abhandlung über Contrastempfindung klar genug über den Lichtwerth, den ich dem Augenschwarz selbst beilege, erklärt. — Dass der, mit rothem und grunem Papier angestellte Versuch, dessen Plateau p. 10 gedenkt, nur dann etwas bedeuten könnte, wenn das Roth und Grün von einfacher homogener Beschaffenheit wären, durfte einleuchten; er würde aber selbst fur diesen Fall nicht beweisend sein, wenn man annehmen darf, dass jeder objectiv einfache Farbenstrahl eine Zusammensetzung von Farbenstrahlen innerlich auslöst, eine Ansicht, die Helmholtz mit Bezug auf die Youngsche Hypothese ausspricht, indess ich solche, nur in anderm Sinne, im 14. Abschn. vertrete. Gründe dazu giebt es jedenfalls.

Brentano.

Brentano erhebt (p. 90) einen, von mir unter V zu berücksichtigenden, Einwand gegen meine Begründungsweise des Weberschen Gesetzes, worin er mit andern Gegnern zusammentrifft; und ersetzt nach einer, von der meinigen abweichenden, Auffassung der Thatsachen, auf welche ich diess Gesetz gründe, dasselbe durch folgendes:

Indess nach dem Weberschen Gesetze jeder Zuwachs einer Empfindung gleich merklich bleibt, wenn der Zuwachs des Empfindungsreizes dasselbe Verhältniss zum Reize behält, ist nach Brentano jeder Zuwachs der Empfindung gleich merklich, welcher zu der Intensität der Empfindung, zu welcher er hinzutritt, ein gleiches Verhältniss behält, und der relative Zuwachs der Empfindung der gleiche, wenn der relative Zuwachs des physischen Reizes der gleiche ist.

Wesentlich auf dasselbe aber kommt es heraus, wenn Ueberhorst in seiner Schrift: »Die Entstehung der Gesichtswahrnehmung. Göttingen 1876« auf Grund rein psychologischer Erörterungen, und unter Voraussetzung, dass die Empfindungen der Nervenerregung einfach proportional gehen, den Satz aufstellt: »Gleichartige Empfindungen, welche noch eben unterscheidbar sind, differiren stets um einen gleichen Bruchtheil ihrer eigenen Stärke von einander.«

Brentano hat zwar sein Gesetz nicht selbst in mathematischen Zeichen ausgedrückt; es ist jedoch in folgender Einschaltung von mir geschehen, und durch die Correspondenz mit ihm habe ich mich vergewissert, dass damit der Sinn, in welchem er sein Gesetz versteht, wirklich getroffen ist. Es zeigt sich, dass diese Formel und mithin das Gesetz des Verf. ganz auf die Plateausche Formel, das Plateausche Gesetz zurückführt, mithin Alles, was gegen diese gesagt ist, auch auf die Brentanoschen Anwendung findet, ohne dass ich nöthig habe darauf zurückzukommen.

Sei wie immer γ die Empfindung, β der Reiz, p eine Constante, so ist diess das Fundamentalgesetz des Verfassers:

$$\frac{\partial \gamma}{\gamma} = p \frac{\partial \beta}{\beta}$$

welches zur Massformel

$$\log \gamma = p \log \beta + \text{Const.} \tag{1}$$

führt. Setzen wir nun $\gamma = 1$ bei $\beta = B$, wobei $\log. \gamma = 0$ wird, so ergiebt sich $\text{Const.} = -p \log. B$, also allgemein:

$$\log.\ \gamma = p \log.\ \frac{\beta}{B}$$

und hieraus

$$\gamma = \left(\frac{\beta}{B}\right)^p = k\beta^p$$

wenn $\left(\frac{1}{B}\right)^p = k$ gesetzt wird.

Zur Begründung seines Gesetzes macht Brentano zwar nicht dieselben Thatsachen, als Plateau, aber doch auch nur Thatsachen geltend, die sonst allgemein zu Gunsten des Weberschen Gesetzes gedeutet werden, als wie: »Dass die Zunahme eines Zolles um eine Linie ungleich merklicher als die Zunahme eines Fusses um dieselbe Grösse ist.« Freilich muss ich gestehen, dass mir die Ableitungsweise seines Gesetzes aus solchen Thatsachen weder durch seine Schrift, noch aus der mit ihm geführten Correspondenz völlig klar geworden ist, und es möchte mir daraus und aus andern Bemerkungen desselben scheinen*), dass der Gesichtspunct, aus welchem physische und psychische Grössen in der Psychophysik einerseits zu unterscheiden, andrerseits mit einander in functionelle Beziehung zu setzen, ihm nicht klar vorgelegen hat. Hierüber seien einige Bemerkungen eingeschaltet.

Meines Erachtens ist der Unterschied, den wir in dieser Beziehung zu machen haben und selbst ausserhalb der Psychophysik stillschweigend überall machen, dieser: physische Grössen sind sei es unmittelbar durch äussere Massnahmen messbar, oder wo Schwierigkeiten directer Messung vorliegen, doch principiell auf so gewinnbares Mass zuruckführbar; psychische Grössen sind nicht direct so messbar, sondern nur innerlich nach Gleichheit und Ungleichheit, grösserer und geringerer Ungleichheit, vergleichbar, indess sie doch psychophysisch als Function der physischen Grössen, von denen sie abhängen, auf Grund von Gesetzen, welche für diese Abhängigkeit bestehen, auch einem Masse unterliegen, welches, wenn auch selten experimentell ausführbar, doch principiell überall besteht.

Um die zu machende Unterscheidung wenigstens durch ein Beispiel zu erläutern, diene das folgende:

Nach einer interessanten Bemerkung von Hering scheinen zwei auf dem Papier in gewisser horizontaler Entfernung von einander angebrachte Puncte distanter, wenn man eine Reihe Puncte zwischen ihnen anbringt, als wenn man den Zwischenraum zwischen ihnen leer lässt, wie sich jeder sofort uberzeugen kann, wenn er eine leere und mit Puncten durchsetzte horizontale Distanz mit gleicher Zirkelweite unter einander anbringt. Sofern sie gleicher

---

*) So, wenn er p. 91 behauptet, nach meiner Methode werde nicht sowohl ein psychisches als ein physisches Phänomen gemessen.

Zirkelweite entsprechen, sind sie physisch gleich, indess sie psychisch ungleich sind.

Nun könnte man den psychischen Grösseneindruck mit dem physischen Masse dadurch in functionelle Beziehung setzen, dass man die leere Distanz so lange vergrösserte oder die mit Puncten erfüllte so lange verkleinerte, bis beide dem Auge gleich erschienen, und gewönne damit eine functionelle Beziehung zwischen psychischer Gleichheit, die sich psychisch beurtheilen lässt, und physischer Ungleichheit, die sich äusserlich messen lässt. Je nach grösserer oder geringerer absoluter Länge der Linien, grösserer oder geringerer Anzahl der Puncte würde man unstreitig in dieser Hinsicht verschiedene Verhältnisse finden; und so kann man überhaupt eine psychophysische Untersuchung darauf richten, unter welchen Abänderungen, Verhältnissen, physischer, d. i. äusserlich messbarer, Werthe sich eine Gleichheit davon abhängiger psychischer Werthe forterhält oder wiederherstellt (wie diess ja bei Prüfung des Weberschen Gesetzes geschieht), was zwar noch nicht unmittelbar ein psychisches Mass, wohl aber ein functionelles Verhältniss zwischen beiden giebt, woraus ein solches Mass principiell ableitbar ist.

Der Verf. macht ausserdem noch folgende allgemeine Gegenbemerkungen gegen meine psychophysische Masslehre:

»Einmal — sagt er (p. 90) — beschränkt sich die Möglichkeit der Messung von Intensitäten nach der von Fechner angegebenen Methode gänzlich auf solche Phänomene, welche durch äussere Reizung der Sinnesorgane hervorgebracht sind. Für alle psychischen Phänomene, welche in physischen Vorgängen im Innern des Organismus ihren Grund haben, fehlt uns also nach wie vor ein Mass der Intensität.« — Aber es fehlt uns damit nicht ein aus Versuchen im Gebiete der äusseren Psychophysik ableitbares Princip des Masses psychischer Grössen nach ihrer functionellen Abhängigkeit von physischen Grössen, was psychologisch das Wichtigste ist, hiemit nicht die Möglichkeit einer innern Psychophysik, welche der Verf. in Abrede zu stellen scheint.

»Aber noch mehr! — fügt der Verf. (p. 91) hinzu — Die Empfindungen selbst hängen nicht allein von der Stärke des äussern Reizes, sie hängen auch von psychischen Bedingungen, wie z. B. von dem Grade der Aufmerksamkeit ab. Es wird also nothwendig sein, diesen Einfluss zu eliminiren, meinethalben, indem man den Fall der höchsten und vollsten Aufmerksamkeit voraussetzt. Dann aber ergiebt sich, wenn nicht anderes Inconvenientes, zum Mindesten eine neue und bedeutende Beschränkung.«

Aber es ist unrichtig, dass die Stärke, in der ein sinnliches Phänomen erscheint, noch von dem Grade der Aufmerksamkeit abhänge, falls das Phänomen nur überhaupt der Aufmerksamkeit nicht entgeht. Hierüber ist in den Elem. II. 452 ff. genug gesagt, und jeder kann unmittelbar finden, dass ein weisses oder graues Papier nicht heller, ein Ton nicht lauter erscheint, mag man eine mehr oder weniger intensive Aufmerksamkeit darauf richten. Aber warum verschwindet er doch ganz aus dem Bewusstsein, wenn man sie gar nicht darauf richtet? Nun, meine Erklärung hat man dafür im 42. Abschnitt der Elemente, und kurz komme ich unter IX darauf zurück. Wie die Gegner eine Erklärung dafür finden, mögen sie selbst zusehen.

Delboeuf.

Delboeuf nimmt in seinen drei, oben S. 15 bezeichneten, kurz als Ét., Théor. und Rev. zu unterscheidenden Abhandlungen*) eine eigenthümliche und schwankende Stellung gegen meine Lehre ein. Nach der obigen Aeusserung S. 5 sollte man einen der entschiedensten Gegner gegen dieselbe in ihm suchen. Dessenungeachtet sind seine **Versuche** (in der Ét.) nur eine sehr willkommene Bestätigung des Weberschen Gesetzes, und zwar in einer Approximation, welche viel weiter geht, als nach den Aubertschen Versuchen, wie man sich aus dem, seine Versuche besprechenden, 17. Abschnitt überzeugen kann. Auch erkennt Delboeuf schon in seiner ersten Abhandlung (Ét. p. 22. 46) den approximativen Charakter des Weberschen Gesetzes an, und glaubt nur noch, theils aus theoretischen Gründen, theils um die, bei seinen Versuchen wie überall noch übrig bleibende experimentale untere Abweichung vom Weberschen Gesetze zu decken, es etwas modificiren zu müssen, indess er in seinen spätern Abhandlungen diese Modification fallen lässt**), und dasselbe auch selbst als Folgerung

---

*) Ausser diesen Abhandlungen, die uns hier allein angehen, hat Delboeuf, ein vorzüglicher experimentaler und philosophischer Forscher in Belgien, auch Untersuchungen über Behandlung logisch-mathematischer Probleme, so wie über optische Illusionen veröffentlicht. Seine letzt erschienene Schrift führt den Titel: »Logique algorithmique. Essai sur un système de signes appliqué à la logique avec une introduction où sont traitées les questions générales relatives à l'emploi des notations dans les sciences.« Bruxelles, Muquart, 1877.

**) Wenn Delboeuf in seiner ersten Abhandlung (Ét.) meiner Formel für das Webersche Gesetz die untere Abweichung desselben vom Resultat der Versuche vorwerfen konnte, welche die von ihm dort angenommene Modiaus einem, von ihm aufgestellten Massgesetze zulässt, dessen Formel in der Form ganz mit meiner logarithmischen Massformel übereinstimmt. Jedoch ist der von mir darin eingeführte Schwellenwerth durch einen anders verstandenen Werth ersetzt, wodurch sie allerdings auch für die Anwendung eine wesentlich andre wird (s. unten). Die von ihm, auch in seinen neuern Abhandlungen festgehaltenen, theoretischen Einwände betreffen hauptsächlich meine Aufstellung und Deutung negativer Empfindungswerthe und des damit solidarischen Schwellenwerthes, worauf ich unter IX und X komme. Da inzwischen Herings Einwürfe gegen das Webersche Gesetz und die davon abhängige logarithmische Massformel Delboeuf eben so gut treffen, als mich, wird Delboeuf sogar aus dem Gegner in der Étude zum Bundesgenossen in der Revue in sofern für mich, als er, ohne seine eignen Einwürfe desshalb aufzugeben, doch Herings Einwänden in letzter Beziehung opponirt, wenn schon im Allgemeinen aus andern Gesichtspuncten, als es von mir geschehen wird.

Um Delboeufs eigene positive Ansicht kurz zu bezeichnen, bei welcher er in seinen letzten Abhandlungen (Theor. und Rev.) nicht nur der meinigen, sondern auch der von ihm früher (in der Et.) aufgestellten gegenüber stehen geblieben ist, so strebt nach ihm die, als oscillatorischer Process vorgestellte, Thätigkeit, in welcher die Sinnesnerven begriffen sind, und deren Grösse er mit p bezeichnet, sich mit der von Aussen anregenden Thätigkeit, dem Reize, dessen Grösse er mit p' bezeichnet, ins Gleichgewicht zu setzen; es findet Empfindung statt, so lange das Gleichgewicht nicht erreicht ist, positive Empfindung (als von Wärme, Licht), so lange der Reiz überwiegt, negative (von Kälte, Dunkel) im entgegengesetzten Falle. In jedem Falle mindert sich die Empfindung durch Wirkung jenes Strebens bei constant erhaltenem Reize, bis das Gleichgewicht erreicht ist, wonach die Empfindung so lange schweigt, als der Reiz sich nicht ändert.

---

fication des Gesetzes nicht darbietet, ist es blos desshalb, weil er nicht beachtet hat, dass von mir, zur Repräsentation dieser Abweichung, für den kleinen Werth c, den er als Zusatz zum Reize β in Rechnung bringt, der Werth der Helligkeit des Augenschwarz als solcher Zusatz in Rechnung kommt, den Delboeuf freilich nicht unter seinem c versteht, was aber für die Berechnung gleichgültig ist.

Hienach ist Delboeufs jetzige Grundformel

$$y = \log. \frac{p'}{p}$$

worin y das Mass der Empfindung, p' das des äussern Reizes, p das der innern Thätigkeit ist (Théor. p. 26, 30).

Jedoch ist es nicht ein statisches Moment, woran nach Delboeuf die Empfindung hängt, sondern, wenn ich anders den Verf. nach den von mir dazu zusammen genommenen Stellen aus seinen neuern Abhandlungen recht verstehe, verhält es sich so:

Die Theilchen der Nerven haben eine ihnen natürlich zukommende Lage (Rev. p. 246) und befinden sich in einem ihnen natürlich zukommenden Schwingungszustande um diese Lage (Théor. p. 25—26, Rev. p. 245). Auch der äussere Reiz wird im Allgemeinen (ausdrücklich wenigstens nach Rev. p. 246) als im Schwingungszustande begriffen angesehen. Unter dem Einflusse der mit p' bezeichneten Kraft (force)[*] des äussern Reizes ändert sich der innere Schwingungszustand und ändert sich die Lage der Theilchen. Die Aenderung des innern Schwingungszustandes geht nach einem, vom Verf. (Théor. p. 27) formulirten Gesetze[**] so lange fort, bis seine, mit p bezeichnete Kraft dem p' des äussern Schwingungszustandes gleich geworden ist, und die Lage der Theilchen ändert sich, entgegen einem Widerstande, dem sie beim Verlassen ihrer natürlichen Lage begegnen, so lange, bis der mit der Abweichung wachsende Widerstand mit der ändernden Kraft ins Gleichgewicht gekommen ist. In der Théorie bezieht sich der Verf. auf die Aenderung des innern Schwingungszustandes, in der Revue (p. 246) auf die Aenderung der Lage. In jedem Falle ist der Zustand des Nerven unter dem Einfluss eines Reizes, mit dem er sich ins Gleichgewicht gesetzt hat, einem Spannungszustande vergleichbar. Die Empfindung aber ist proportional der Arbeit (travail) T, mit der sich diese Aenderung des innern Schwingungszustandes und der

---

[*] In so weit ich dem Verf. habe folgen können, wird von ihm die hier ins Spiel gebrachte force nur durch die Wirkungen, welche er ihr beilegt, und durch Vergleiche charakterisirt. Dass er die lebendige Kraft von Schwingungen darunter versteht, finde ich nicht gesagt, doch ist wohl an nichts Andres zu denken.

[**] Sei p' constant, und p als schwächere Kraft anfangs $= p''$ gewesen, so wird die Zeit t, in welcher p'' zu p aufgestiegen ist, sein $t = \frac{1}{k} \log. \frac{p'-p''}{p'-p}$ worin k constant.

Lage der Theilchen vollzieht (Théor. p. 47, Rev. p. 246), und diese Arbeit T ist (Théor. p. 47), vergleichbar der, mit welcher sich die Aenderung des Druckes p und des Volumens v einer, in einem Cylinder mit beweglichem Stempel eingeschlossenen, Gasmasse bei constanter Temperatur vollzieht, wenn der Druck p in den Druck p' und v in v' übergeführt wird, indem hiebei

$$T = c \log. \frac{v}{v'} = c \log. \frac{p'}{p}$$

worin c eine Constante.*)

Ohne Einwirkung eines Reizes p' befindet sich (nach Théor. p. 31) das empfindende Wesen in einem natürlichen Gleichgewichtszustande (équilibre naturel), vergleichbar dem, in welchem sich eine, auf einer Violine ausgespannte, Saite befindet, wenn sie sich selbst überlassen ist. Dieser Zustand der Saite aber ist wohl zu unterscheiden von dem Zustande der Spannung und des Gleichgewichts (équilibre de tension), in dem sich die Saite befindet, wenn sie durch eine äussere Kraft aus ihrer natürlichen Lage entfernt gehalten wird, und mit letzterm Zustande ist der Zustand des empfindenden Wesens vergleichbar, wenn p durch Wirkung von p' sich mit diesem ins Gleichgewicht gesetzt hat. Nun giebt es ein Maximum und Minimum von p, welches nicht nach einer und der andern Seite überschritten werden kann, ohne dass das Organ leidet, wie die Saite reisst, wenn man sie durch Entfernung aus ihrer natürlichen Lage zu stark spannt. Der natürliche Gleichgewichtszustand liegt in der Mitte zwischen beiden Grenzen. Die sinnliche Empfindung ist (nach Théor. 31. 34. 43 ff.) begleitet entweder von einem Gefühle der Ermüdung, Erschöpfung, des Schmerzes, oder einem Gefühl des Wohlbehagens, Vergnügens,

---

*) Nämlich: »Sei p der Druck, v das Volumen (ausgedrückt durch die Höhe des Gases, wenn es in einem Cylinder eingeschlossen ist), so hat man (nach Mariottischem Gesetz): pv = Const. Sei T die Arbeit, so wird sein:

$$\partial T = -p \partial v = -c \frac{\partial v}{v}$$

woraus man zieht:

$$T = -c \int_{v}^{v'} \frac{\partial v}{v} = c \log. \frac{v}{v'}$$

und, indem man v durch seine Function bezüglich p ersetzt:

$$T = c \log. \frac{p'}{p}$$

je nachdem man sich dabei mehr einer von beiden Grenzen, oder mehr dem natürlichen Zustande nähert. Dieses Gefühl mischt sich (nach Théor. p. 32) immer mit der Empfindung und wird gewöhnlich durch sie ziemlich maskirt, wenn aber ersteres Gefühl zu stark wird, maskirt es seinerseits die Empfindung; diese verschwindet dann so zu sagen und macht dem Schmerze Platz. Auch für dieses Gefühl entwickelt der Verf. nach theoretischen Ansichten Formeln (p. 32 ff.), worauf ich jedoch hier nicht eingehen will.

Indem Delboeufs Grundansicht und Grundformel wesentlichst auf die Thatsache selbst gebaut ist, dass die Empfindung bei constantem Reize sich mindert, und diess sogar bis zum Verlöschen der Empfindung gehen kann*), erklärt oder vielmehr deckt sie natürlich diese Thatsache vortrefflich, begegnet aber freilich damit andern Schwierigkeiten.

Eine Anwendbarkeit von Delboeufs Ansicht und Formel auf die innere Psychophysik scheint von vorn herein principiell ausgeschlossen, da alle Empfindung von Veränderungen eines innern *p* durch ein äusseres *p'* abhängen soll; auch ist Delboeuf auf eine solche Anwendung nicht eingegangen; doch mag hierin in sofern keine wesentliche Schwierigkeit liegen, als man ja auch von äusseren Reizungen des Nervensystems innerhalb unseres Körpers, nämlich von den andern organischen Systemen her, sprechen, und hievon z. B. die, ohne Dasein objectiver Reize entstehenden, subjectiven Empfindungen abhängig machen könnte. Hingegen lässt Delboeufs Formel den Schwellenwerth vermissen, wogegen man die Bemerkungen unter IX vergleiche. — Sie bringt ferner Temperaturempfindungen mit Licht- und Schallempfindungen unter einen so gemeinsamen Gesichtspunct, dass folgender, dazwischen zu machender, Unterschied nicht zu seinem Rechte kommt. Zwischen der Empfindung der Kälte und Wärme giebt es einen Nullzustand der Temperaturempfindung, nicht eben so zwischen der Empfindung von Schwarz und Weiss einen Nullzustand der Lichtempfindung, noch zwischen der Empfindung der Stille und des

---

*) Nach uns hängt diese Thatsache davon ab, dass unter Einfluss eines continuirlichen Reizes sich der Quell der dadurch auslösbaren psychophysischen Thätigkeit mehr und mehr erschöpft, so dass diese unter Umständen, — denn allgemein, z. B. bei der Lichtempfindung, ist es gar nicht der Fall — bis zum Schwellenwerth und selbst bis unter denselben herabgedrückt werden kann.

Geräusches einen Nullzustand der Schallempfindung. Ich meine, die Abhängigkeitsverhältnisse der Temperaturempfindung von der äussern Temperatur sind factisch zu verschieden von den Abhängigkeitsverhältnissen der Licht- und Schallempfindung vom äussern Licht- und Schallreize, um ihnen dieselbe Formel aufzuzwingen.

Jedoch der wichtigste Einwand scheint mir in Folgendem zu liegen. Das Grau gewährt uns stets eine positive Lichtempfindung, mogen wir von längerer Betrachtung des Weiss oder des Schwarz dazu übergehen, und zwar, abgesehen davon, dass erstenfalls das Auge ermüdeter ist als zweitenfalls, dieselbe positive Lichtempfindung. Nach der Consequenz von Delboeufs Ansicht und Formel aber gewährt uns das Grau erstenfalls eine Empfindung von dem entgegengesetzten Charakter als zweitenfalls, erstenfalls eine negative, zweitenfalls eine positive Empfindung. Denn um die Empfindung des Weiss zu haben, hat sich das *p* des Auges dem *p'* des Weiss nähern müssen, so mehr, je länger das Weiss betrachtet wurde; so dass es endlich über das *p'* des nachher betrachteten Grau aufgestiegen sein muss, was die Bedingung einer negativen Empfindung des Grau ist. Beim Uebergang von Schwarz zu Grau Alles im entgegengesetzten Sinne. Nun wird man freilich im Uebergange von Weiss zu Grau wirklich empfinden, dass das Grau ein Minus von Helligkeit gegen das Weiss, und bei entgegengesetzter Richtung des Ueberganges, dass es ein Plus der Helligkeit gegen das Schwarz hat; aber das ist eben nur Sache der Empfindung eines Unterschiedes. Die Helligkeitsempfindung des Grau selbst bleibt doch dieselbe, wie 2 dieselbe Zahl bleibt, mag man von 1 oder von 3 dazu übergehen, wenn schon sie dabei gegen 1 in Plus, gegen 3 in Minus gefunden wird. Nun kann Delboeuf entgegenhalten, dass er überhaupt blos Contrastempfindungen statuire; indess ich meine, es sei bei einer Empfindung ihre eigne Stärke, und das Verhältniss des Plus und Minus ihrer Stärke zu andern Empfindungen zu unterscheiden. Denn wozwischen soll das Verhältniss des Plus und Minus stattfinden, wenn man den Empfindungen an sich selbst eine Stärke versagt; es ist dann nichts dazu da. In der That aber scheint mir Delboeuf das, was blos Sache der Unterschiedsempfindung ist, mit dem, was Sache der absoluten Empfindung ist, zu verwechseln oder zu vermischen. Ich habe für jenes die Unterschiedsmassformel, für dieses die einfache Massformel. Delboeuf hat für beides blos eine Formel.

Mit Vorigem hängt Folgendes zusammen: Da es unter dem schwärzesten Schwarz kein noch lichtärmeres giebt, zu dem man von da übergehen könnte, so kann die Empfindung des reinen Schwarz, wo sie besteht, nach Delboeuf überhaupt nur einen negativen Charakter durch ihr Verhältniss zur Empfindung einer grösseren Helle, die früher eingewirkt hat, haben; hiermit aber kommt der sehr schwache, doch immerhin positive, Werth der Lichtempfindung, den Schwarz am untern Ende der Scala der Lichtempfindungen mit continuirlichem Uebergange durch die Abstufungen des Grau zu Weiss hat, nicht zu seinem Rechte.

Eine Schwierigkeit finde ich auch darin, dass ich mir keine rechte Vorstellung zu machen vermag, wie nach Delboeuf überhaupt eine dauernde Empfindung von Schwarz bestehen kann, und die Empfindung des Schwarz ist doch eine von Nichts unterschiedene Empfindung. Gesetzt, es ist um mich stockfinstre Nacht; ich schliesse überdiess die Augen; ein Lichtreiz seitens der Aussenwelt ist nicht da; jedoch kann ich die Empfindung des Schwarz nach S. 31 noch davon abhängig machen, dass das innere p meines Sehapparates vom p' in dessen Umgebung differirte und im Uebergange von p zum Gleichgewichte mit p' die Empfindung des Schwarz eintrat. Aber es kann doch nicht ewig dauern, bis es eingetreten ist; warum fahre ich doch immer fort, Schwarz zu sehen, warum nimmt die Empfindung desselben nicht wenigstens ab, da nach eingetretenem Gleichgewicht die Empfindung aufhören und im Uebergange dazu sich mindern soll. Delboeuf führt freilich Beispiele an, dass ein continuirlich fortgehendes gleichförmiges Geräusch endlich aufhört gespürt zu werden; aber sollte seine Erklärung davon zulänglich sein, so müsste sie eben sowohl auf Licht als Schall passen.

Ja woher kommt es, dass wir einen ganzen Tag lang dessen Helligkeit verspüren können? Delboeuf erklärt es, verstehe ich ihn nach Théor. p. 39 recht, so. Es giebt um uns objectiv Helleres und Dunkleres; sagen wir einfachster Betrachtung halber Weiss und Schwarz. Bliebe das Auge ganz unbeweglich in demselben Verhältnisse dazu, und wechselten die äussern Helligkeitsverhältnisse selbst nicht, so würde die Empfindung des Weiss wie des Schwarz allmälig aufhören, indem sich das p jeder Stelle des Auges mit dem p' des darauf fallenden äussern Lichtes ins Gleichgewicht setzte. Aber das Auge geht wechselnd vom Weiss zum Schwarz und umgekehrt herüber und hinüber, oder auch Schwarz und Weiss wechseln äusserlich in ihrer Beziehung zu denselben Stellen der Netzhaut, und so kommt es gar nicht zu einem dauernden Gleichgewicht und wechselt positiver und negativer Charakter der Lichtempfindung an derselben Stelle. Aber sollte diess möglich sein, so müssten wir im Uebergange zwischen positivem und negativem Zustande wiederholt gar nichts oder fast gar nichts mit diesen und jenen Stellen der Netzhaut sehen; indess wir doch mit jeder Stelle der Netzhaut während eines ganzen Tages etwas sehen. (Vgl. auch hiezu Abschnitt XII.)

Endlich finde ich von Delboeuf nur den Contrast einer Empfindung mit der vorhergegangenen Empfindung als von Einfluss auf den Werth der Empfindung berücksichtigt; indess der Contrast, der sich z. B. zwischen nachbarlichem Weiss und Schwarz geltend macht, meines Erachtens eben so sehr berücksichtigt sein will.

Das sind Schwierigkeiten, die mich rücksichtslos auf Delboeufs theoretische Voraussetzungen, von denen ich nur einfach sagen kann, dass ich nichts Bindendes darin finde, hindern, seiner Massformel und deren Verwerthungsweise beizupflichten.

Da Delboeuf seine so schätzbaren Versuche, deren im 47. Abschnitt zu gedenken sein wird, mit Beziehung auf seine frühere Ansicht in der Étude discutirt hat, also nicht zu umgehen sein wird, auch unserseits darauf Bezug zu nehmen, mag Folgendes in Kürze darüber erwähnt werden.

Auch in der Étude nimmt Delboeuf an, dass jedes Sinnesorgan, abgesehen von einem äussern Reize, schon innerlich erregt ist, lässt aber diese innere Erregung, deren Grösse er mit c bezeichnet, eine ganz andre Rolle spielen, als nach seiner jetzigen Ansicht p spielt. An sich selbst gewährt diese innere Erregung c nach ihm auch noch keine Empfindung, sondern bietet blos »un fond vivant et sensible« für das Entstehen einer solchen dar, wonach er auch c bei der Gesichtsempfindung nicht, wie von mir geschieht, mit der Helligkeit des Augenschwarz, von welcher er überhaupt abstrahirt, identificirt wissen will. Anstatt, dass das p der neuern Ansicht mit dem äussern Reize in hohem Grade veränderlich ist, und bis zur Aequivalenz damit ansteigen kann, führt Delboeuf vielmehr c als eine stets klein bleibende Constante in seine Formeln ein, mit dem Zugeständniss, dass sich die Constanz in den Versuchen nicht vollständig bewähre.

Um mit Vermeidung von Schwelle und negativen Empfindungswerthen den Beobachtungen möglichst zu entsprechen, setzt hienach Delboeuf (Étude p. 34, 35):

$$\partial\gamma = K\frac{\partial\beta}{c+\beta}$$

$$\gamma = K\log\frac{c+\partial}{c}$$

wo K eine Constante.

Hering.

Herings Einwürfe sind so vielseitig, dass ich nach der ganz allgemeinen Zusammenfassung derselben S. 5 auf eine speciellere Vorführung derselben hier verzichte, um erst in den folgenden Abschnitten — und fast über und in jedem derselben wird man seinen Namen wiederfinden — näher darauf einzugehen. Ueberhaupt hat er die ganze psychophysische Empfindungslehre — bisher insbesondere bezüglich des Gebietes der Lichtempfindungen, doch mit in Aussicht gestellter Erweiterung — von Grund aus neu zu gestalten versucht, und ist dadurch auch positiverseits mit meinen Ansichten in Widerspruch getreten. In seiner 5. und 6. Mittheil. stellt er eine chemische Theorie der Lichtempfindungen auf; und wenn sich nach den Erörterungen unter XIII eine solche überhaupt noch recht wohl mit der, von mir vertretenen, Oscillationsansicht verträgt, ist es doch nicht nach der Fassungsweise des Verfassers. Hauptsächlich aber macht sich der Widerspruch seiner Ansichten gegen die meinigen in der Weise geltend, wie er (in s. 4. Mittheil.) das Verhältniss der Empfindungen von Schwarz und Weiss auffasst, sofern die Empfindung des Schwarz nach ihm eben so positiv als die des Weiss ist, und die verschiedenen Grade der Helligkeitsempfindung durch Zusammensetzung aus verschiedenen Graden der Empfindung des Schwarz und des Weiss repräsentirbar sind.

In so weit Hering überhaupt den Begriff der Intensität noch auf Lichtempfindung und andere Empfindungen für anwendbar hält, setzt er sie (nach p. 21 seiner folgends hauptsächlich zu berücksichtigenden Abhandlung), in Uebereinstimmung mit Mach und so manchen Andern, der unterliegenden psychophysischen Thätigkeit einfach proportional, statt in logarithmische Abhängigkeit davon, wie von mir geschieht.

Auf die, direct gegen meine Ansichten und Formeln gerichteten Einwürfe Herings gehe ich in einer Mehrheit folgender Abschnitte (V. VI. VII. VIII) ein; auf seine Ansichten über die Empfindungen von Schwarz und Weiss unter XIV, auf seine Gewichtsversuche unter XVIII. Die allgemeinsten Gesichtspuncte von Herings chemischer Theorie findet man mit seinen eigenen Worten in folgender Einschaltung, Specialeres im Anhange zu XIV, wogegen ich unter XIII und XIV meiner, wesentlich davon abweichenden, Ansicht das Wort gebe. Eigene psychophysische Formeln hat Hering meines Wissens bisher nicht aufgestellt, wenn man nicht seine idealen Formeln für die Zusammensetzung der Empfindung des Grau aus denen des Schwarz und Weiss als solche rechnen will.

»Den beiden Qualitäten der Empfindung, welche wir als Weiss oder Hell und als Schwarz oder Dunkel bezeichnen, entsprechen (nach Herings 5. Mitth. p. 9) zwei verschiedene Qualitäten des chemischen Geschehens in der Sehsubstanz, und den verschiedenen Verhältnissen der Deutlichkeit oder Intensität, mit welcher jene beiden Empfindungen in den einzelnen Uebergängen zwischen reinem Weiss und reinem Schwarz hervortreten, oder den Verhältnissen, in welchen sie gemischt erscheinen, entsprechen dieselben Verhältnisse der Intensitäten jener beiden psychophysischen Processe.« . . .

»Wir müssen im nervösen Sehapparate eine Substanz annehmen, welche unter dem Einflusse des einfallenden Lichtes eine Aenderung erleidet, und diese Aenderung, möge sie sich physikalisch charakterisiren lassen, wie sie wolle, ist doch, wie die Nervenphysiologie annehmen muss, zugleich ein chemischer Vorgang. Hat die Einwirkung des Lichtes aufgehört, so kehrt die veränderte (mehr oder minder »»ermüdete««) Substanz früher oder später in ihren ursprünglichen Zustand zurück. Diese Rückkehr kann wieder nichts Andres sein als eine chemische Aenderung im entgegengesetzten Sinne. Will man die unter dem directen Einflusse des Lichtes stattfindende chemische Veränderung der erregbaren Substanz als eine partielle Consumtion auffassen, so muss man die Rückkehr zur frühern Beschaffenheit als eine Restitution bezeichnen, will man erstere als einen Spaltungsprocess, so muss man letztere als einen synthetischen Process ansehen; den letztern Process, durch welchen die lebendige organische Substanz den durch Erregung oder Thätigkeit erlittenen Verlust wieder ersetzt, pflegt man auch als Assimilirung zu bezeichnen, und ich will diesen Ausdruck beibehalten. Bei der Erregung oder Thätigkeit bildet nun jede lebendige oder erregbare organische Substanz nach allgemeiner Annahme gewisse chemische Producte. Das Entstehen dieser Producte will ich analog als den Process der Dissimilirung bezeichnen.« . . .

»Der Empfindung des Weissen oder Hellen nun entspricht Dissimilirung, der Empfindung des Schwarzen oder Dunklen die Assimilirung der Sehsubstanz. . . . Was uns als Gesichtsempfindung zum Bewusstsein kommt, ist der psychische Ausdruck oder das bewusste Correlat des Stoffwechsels der Sehsubstanz.«

Ueber die weitere Ausführung dieser Sätze ist auf Herings 5. und 6. Mittheil. selbst und den Anhang zu Abschn. XIV zu verweisen.

Langer.

Langer schliesst sich mehrfach den Einwürfen von Helmholtz, Aubert und Hering an, führt solche nach einigen Beziehungen weiter aus und fügt eigene Einwürfe, insbesondere gegen meine Auffassung der negativen Empfindungswerthe und Schwelle, hinzu, wonach er zwar eine logarithmische Massformel noch gelten lässt, diese aber wesentlich anders gestaltet, als von mir geschehen ist.

Vorbehaltlich eines Eingehens in späteren Abschnitten (V. VI. X) auf solche Einwürfe Langer's, worin er mehr oder weniger mit andern Gegnern zusammentrifft, fasse ich für jetzt nur diejenigen ins Auge, die ihm eigenthümlich sind.

1) Als einen ganz fundamentalen Einwand erhebt er gegen die, aus meiner Massformel fliessenden, negativen Empfindungswerthe für Reizwerthe unter der Schwelle den folgenden:

»Die negativen Empfindungswerthe müssen unter allen Umständen solche sein, die mit gleich grossen positiven additiv verknüpft, den Werth 0 geben; diess allein entspricht dem Begriffe des Gegensatzes des Positiven und Negativen. — Dächte man sich einen endlichen Reiz, der die Empfindung γ hervorriefe, und einen andern Reiz, kleiner als der Schwellenwerth, der die Empfindung $-\gamma$ hervorriefe, so müsste das gleichzeitige Wirken beider Reize die Empfindung 0 hervorrufen, wenn die Beziehung bestehen sollte. Bei allem und jedem Gegensatz kommt diese Betrachtungsweise zur Geltung, weil sie die Definition des Gegensatzes der positiven und negativen Grössen ausmacht.«

Nun ist wahr, wenn ich die beiden Reize $\beta = nb$ und $\beta = \frac{b}{n}$ wo n beliebig, b der Schwellenwerth ist, für sich wirken lasse, geben sie $\left(\text{nach meiner Massformel } \beta = k \log \frac{\beta}{b}\right)$ die Empfindungen $+\gamma$ und $-\gamma$; wenn ich sie aber zusammen als $nb + \frac{b}{n}$ wirken lasse, statt der Empfindung 0, vielmehr die Empfindung $k \log \left(n + \frac{1}{n}\right)$, welche grösser ist, als jede der beiden Empfindungen $k \log n$ und $k \log \frac{1}{n}$ für sich. *Aber ist es nicht eine seltsame Forderung*, dass sie Null geben müssten, um die Aufstellung negativer Empfindungswerthe den positiven gegenüber als Function von β gerechtfertigt zu finden. Wenn die richtige Definition des Gegensatzes positiver und negativer (dem absoluten Werthe nach gleicher) Grössen die ist, dass beide zusammen Null geben, so folgt daraus doch nicht, dass bei functioneller Abhängigkeit derselben von andern Werthen, auch die Function der Summe dieser Werthe gleich Null sei. Z. B.:

Die Winkelfunctionen cos. 0° und cos. 180° stehen in mathematischem Gegensatze als $+1$ und -1, indem sie zusammen 0 geben. Nun füge man den Winkel 0° zu 180°, und nehme den Cosinus vom Resultat, so hat man nicht 0, wie Langer fordert, sondern -1. Also wird man auch nicht fordern dürfen, damit

$$+\gamma = k \log n \text{ und } -\gamma = k \log \frac{1}{n}$$

in mathematischem Gegensatze stehen, dass der Reiz nb mit dem Reize $\frac{b}{n}$ zusammen genommen die Empfindung Null gebe.

2) Langer drückt (p. 58) das, durch unsere Fundamentalformel (S. 10)

$$\delta\gamma = K \frac{\delta\beta}{\beta}$$

ausgedrückte Webersche Gesetz nur mit andern Zeichen und in andrer Stellung derselben so aus

$$u = k\beta$$

wo u den eben merklichen Reizunterschied $\delta\beta$, und k den, für constantes $\frac{u}{\beta}$ constanten Werth $\delta\gamma$ unsrer Formel vertritt, und findet das Gesetz unzulänglich, einmal, weil der Werth $\frac{u}{\beta}$ nach den Versuchen, insbesondere von Aubert, bei steigendem β für einen gewissen Werth von β einen Minimalwerth (hiemit die relative Unterschiedsempfindlichkeit einen Maximalwerth) erlangt, zweitens, »weil das Gesetz in Widerspruch mit der Thatsache der Schwelle steht, da der eben merkliche Reizunterschied in die Reizschwelle übergehen muss, wenn β der kleinere der, den eben merklichen Reizunterschied u bildenden Reize ist.«

Was nun Erstres anlangt, so deckt freilich das Webersche Gesetz, als fundamental für die innere Psychophysik aufgestellt, das Eintreten jenes Minimalwerthes nicht; aber ehe man diess Eintreten selbst fundamental gegen das Webersche Gesetz geltend macht, ist jedenfalls erst zu untersuchen, ob es nicht zu den experimentalen Abweichungen gehört, die das fundamentale Gesetz überhaupt nicht decken kann. Gegen meine im 6. Abschnitt vertretene Ansicht, dass es dazu gehöre, lässt sich freilich streiten. Wenn nun Langer selbst blos die Absicht hatte, eine *experimental* zutreffende Formel aufzustellen, worüber man in Zweifel bleibt, hätte doch noch viel mehr, als die Aufnahme jenes Umstandes in seine Formel dazu gehört, sie auch *experimental* zu rechtfertigen, eben so aber noch viel mehr, als man bei Langer findet, die Nichtaufnahme jenes empirischen Umstandes in das, als fundamental aufgestellte, Webersche Gesetz gegen dasselbe geltend machen zu können.

Was das Zweite anlangt, so wird der Thatsache der Schwelle durch das Webersche Gesetz nur nach einer Auffassung der Schwelle widersprochen, die von der unsrigen wesentlich abweicht, und mit Langer's Einwürfen gegen unsere negativen Empfindungswerthe zusammenhängt, worüber einige Worte in folgender Einschaltung.

Die Forderung Langer's, dass für $\beta = 0$ der Werth u gleich der Reizschwelle werde, hängt damit zusammen, dass er einen Nullwerth der Empfindung nicht, wie von uns geschieht, bei einem endlichen Werthe von β, sondern beim Nullwerthe von β annimmt, also im Sinne seines obigen Einwurfs keine negativen Empfindungswerthe statuirt, indess nach meiner Auffassung mit einer Reizschwelle negative Empfindungswerthe solidarisch sind. Was Langer Reizschwelle nennt und wie wir mit b bezeichnet, scheidet zwar auch nach ihm bewusste von unbewussten Empfindungen, aber unbewusste Empfindungen sind ihm doch auch nur sehr kleine Empfindungen, und der Unterschied, den er zwischen seinen bewussten und unbewussten Empfindungen macht (p. 54), ist mir nicht recht klar geworden; man möge Langer selbst darüber nachlesen. Weitere Bemerkungen darüber siehe im 10. Abschnitt.

3) Auf p. 21 stellt Langer eine Betrachtung an, woraus er folgert: sollten eben merkliche Unterschiedsempfindungen wirklich gleichen Unterschiedsempfindungen zugehören, so müsste man annehmen können, dass »die Unsicherheit, mit der man sich einer vergangenen Empfindungsgrösse erinnert, die Grösse, um die man bei der Beurtheilung der Empfindung durch das Gedächtniss von der wahren Empfindung abweichen kann, von der Grösse der Empfindungen völlig unabhängig sei«, was zwar der Theorie zu Liebe hypothetisch anzunehmen möglich, aber nichts weniger als wahrscheinlich sei. — Nun meine ich aber, da die Unterschiedsempfindungen wie einfache Empfindungen psychophysisch als Function von Reizunterschieden und Reizen auftreten, dass die Discussion

über den betreffenden Einfluss der Erinnerung gar nicht, wie von Langer geschieht, im reinen Empfindungsgebiete gehalten, sondern mit Rücksicht auf die Reize geführt werden muss, und stelle ihr folgende kurze Betrachtung entgegen.

Lässt man das Gesetz zu, dass Reizunterschiede in verschiedenen Höhen der Reizscala durch die Empfindung gleich geschätzt werden, wenn sie ein gleiches Verhältniss zu ihren Reizen haben, so werden auch die Durchschnittsfehler, die man unter sonst gleichen Umständen (unter Vermeidung oder Elimination constanter Fehler) bei Gleichschätzung zweier Reize in verschiedenen Höhen der Reizscala begeht, ein gleiches Verhältniss zu ihren Reizen haben müssen (worauf sich die Methode der mittlern Fehler stützt), und es wird diess also auch von den Schätzungsfehlern gelten, die man wegen mangelhafter Erinnerung begeht, wenn nur, abgesehen von der abgeänderten Grösse der Reize, die übrigen Verhältnisse, wovon die Haltbarkeit der Erinnerung abhängt, gleich gehalten werden, also die Aufmerksamkeit immer, oder bei vielen Versuchen für jeden Reizgrad durchschnittlich, auf gleicher Höhe gehalten, und die Zwischenzeit zwischen den Reizeinwirkungen immer, respectiv durchschnittlich, gleich gehalten wird. Unter dieser, allerdings wesentlichen, und von mir selbst immer eingehaltenen, Bedingung kann aber durch die Schätzungsfehler aus mangelhafter Erinnerung keine Störung des obigen Gesetzes stattfinden, weil sie selbst das obige Gesetz befolgen.

4) Hiezu noch einige Kleinigkeiten: Wie Langer (p. 4) sagen kann, »dass ich die Abweichungen der Zahlen vom Weberschen Gesetze bei meinen (Gewichts-) Versuchen in die Reihe der Beobachtungsfehler verwiesen habe«, ist mir unverständlich, da mir das in der That nicht eingefallen ist, worüber die Discussion dieser Versuche in den Elem. keinen Zweifel lassen kann. — Nicht minder irrt Langer, wenn er (p. 35) sagt: »von Fechner ist die Gültigkeit seines psychophysischen Gesetzes auch für die extensiven Empfindungen in derselben Weise wie für alle andern Reize ausgesprochen worden«, da aus Elem. II. 336 (vergl. auch folgends Abschn. VII) das gerade Gegentheil hervorgeht. — Endlich weiss ich nicht, welchen Mangel meiner Gewichtsversuche Langer (p. 84) damit bezeichnet, dass ihn Hering vermieden haben soll.

Was die Formeln anlangt, welche Langer den meinigen substituirt, so geht er dabei von jenen beiden Bedingungen aus,

1) dass der eben merkliche relative Reizunterschied $\frac{u}{\beta}$ ein Minimum bei einem gewissen endlichen Reizwerthe hat, und

2) dass für $\beta = 0$ der Werth u gleich dem Schwellenwerthe b (in Langers Sinne) werde, und setzt als einfachsten Ausdruck beider Bedingungen (p. 58)

$$u = k\beta^2 + b$$

wo k eine Constante; als einfachst mögliche Annahme für die Abhängigkeit der psychischen von der physischen Aenderung (p. 60) aber: »dass die Aenderung der Empfindungsunterschiede ihrer Grösse nach der Grösse der Reize, die das eben merkliche Reizintervall bilden, direct proportional sei«. Auf Grund dieser Voraussetzungen kommt er durch eine ausgeführte Analyse zu folgender Massformel (p. 62):

$$\gamma = \frac{1}{2k} \text{ log. nat. } \frac{k\beta^2 + b}{b}$$

womit folgende Fundamentalformel zusammenhängt:

$$\partial\gamma = \frac{1\beta\partial\beta}{k\beta^2 + b}$$

Darin bedeutet b die constante Reizschwelle in Langers Sinne, 1, k andere Constanten.

Diese Formeln repräsentiren natürlich die theoretischen Voraussetzungen des Verf. sammt der experimentalen Thatsache jenes Minimum, sofern sie darauf gegründet sind, ohne einen Beweis, dass jene Voraussetzungen haltbar sind, und dass diese Thatsache eben so für die innere Psychophysik, wofür eine fundamentale Formel zu gelten hat, als für die äussere Psychophysik besteht. Numerisch mit Beobachtungen verglichen sind sie vom Verf. nicht.

Jedenfalls wird es Niemand von vorn herein wahrscheinlich finden, dass so complicirte Formeln eine fundamentale Bedeutung für die Beziehung zwischen psychischen und physischen Werthen haben.

Ausser der obigen Massformel entwickelt Langer (p. 65) mittelst demgemässer Bestimmung der Integrationsconstante noch eine andere für den Fall, dass man blos bewusste Empfindungen in seinem Sinne, wo der Reiz den Langerschen Schwellenwerth b übersteigt, in Betracht ziehen will, wonach man hat

$$\gamma = \frac{1}{2k} \text{ log. nat. } \left(\frac{k\beta^2 + b}{kb^2 + b}\right)$$

Für $\beta < 0$ giebt diese Formel negative, hiemit nach Langer unbrauchbare, Werthe von γ.

V. Einwand, dass das Webersche Gesetz unrichtig aus den Versuchen gefolgert sei (**Brentano, Hering, Langer**).

Mit dem Schwellengesetze und dem Weberschen Gesetze würde mein psychophysisches System überhaupt fallen, sofern die andern Hauptgesetze desselben sich darauf stützen. Nun wird sich gegen erstres Gesetz experimentalerseits kaum etwas einwenden lassen, desto mehr ist gegen das zweite eingewandt worden, und so liegt eine Grundfrage für die Haltbarkeit des ganzen Systems darin, ob die Einwände gegen dieses Gesetz Recht haben.

Nach frühern Ausspruche des Weberschen Gesetzes beruht dasselbe darin, dass die, gegebenen Reizunterschieden, Reizzuwüchsen zugehörigen Empfindungsunterschiede, Empfindungszuwüchse einander gleich bleiben, wenn die Reizunterschiede, Reizzuwüchse, dasselbe Verhältniss zu den Reizen, wozwischen der Unterschied besteht, wozu der Zuwachs stattfindet, behalten, kurz wenn der relative Reizunterschied sich gleich bleibt, oder auch, wenn die Reize dasselbe Verhältniss zu einander behalten, ohne dass es dabei auf die absolute Grösse der Reizunterschiede und Reize ankommt.

Aber, wendet man ein (Brentano, Hering, Langer), von einem solchen Gesetze sagen doch die, im Allgemeinen auf kleine Empfindungsunterschiede, Empfindungszuwüchse bezüglichen, Thatsachen nichts, aus denen das Gesetz abgeleitet sein soll. Sie sagen blos, dass der Empfindungsunterschied immer eben merklich bleibt, wenn der relative Reizunterschied gleich bleibt; aber dass eben merkliche Empfindungsunterschiede bei verschiedenen Reizgraden einander immer gleich sind, ist eine ganz willkührliche Annahme, und doch stützt sich die Fundamentalformel als Ausdruck des Weberschen Gesetzes, und in Folge dessen die Massformel auf diese Annahme.

Hierauf habe ich Folgendes zu erwidern:

Wenn man bei den Versuchen mit eben merklichen Unterschieden nicht ausdrücklich darauf achtet, dass sie möglichst gleich für die Empfindung erscheinen, so ist freilich natürlich, dass es nicht der Fall sein wird; aber es hat mir selbstverständlich geschienen, dass man darauf achte. Inzwischen habe ich diess noch ausdrücklicher als in den Elementen, wo ich der Massmethoden nur kurz gedenke, in meinen Vorlesungen über diese Methoden mit folgendem Satze ausgesprochen:

»Die Erfahrung lehrt, dass man sich bei den Versuchen so zu sagen mit sich selbst über das Gefühl eines kleinen, doch noch sicher empfundenen, Unterschiedes verständigen, dieses, wenn nicht absolut, doch nahe genau bei verschiedenen Versuchen reproduciren, und durch Vervielfältigung der Versuche ein zuverlässiges mittleres Resultat erhalten kann.«

Nun kann ich nicht versichern, dass alle Beobachter bei den Versuchen so verfahren, wie mir scheint, dass zu verfahren sei, soll nicht die Methode überhaupt illusorisch werden. Hering freilich versichert mir in der zwischen uns geführten Correspondenz, dass er und die von ihm zu den Versuchen zugezogenen Schüler nicht so verfahren, und eine Beurtheilung der Gleichheit empfundener kleiner Unterschiede bei verschiedenen Reizgraden gar nicht möglich sei; obwohl ich meine und für mich finde, dass sie bis zu gewissen Grenzen doch möglich ist, und jeder zugestehen muss, dass die Ungleichheit von Empfindungsunterschieden auch bei verschiedenen Reizgraden gewisse Grenzen überhaupt nicht überschreiten kann, ohne als Verschiedenheit erkannt zu werden. Aber gleich viel, es kommt wenig darauf an; denn, wenn schon man meines Erachtens bei Anwendung der Methode die Abweichung von der Nullempfindung eines Unterschiedes unter Anwendung verschiedener Reizgrade wirklich möglichst gleich zu halten suchen muss, so lässt sich doch leicht zeigen, dass eine Ungleichheit dieser Abweichung das aus den Versuchen zu folgernde Gesetz nicht erheblich stören kann, so lange sie nur selbst sehr klein bleibt*), wie es im Begriffe der Methode der eben merklichen Unterschiede liegt. Denn dann kann die Abweichung einmal doppelt so gross sein, als das andremal, und es wird diess für die Folgerungen, die man aus den Versuchen über die Gültigkeit des Gesetzes in meiner Fassung desselben ziehen will, nichts mehr noch weniger bedeuten, als bei Versuchen in andern Gebieten ein doppelter zufälliger Beobachtungsfehler bedeutet; ohne Beobachtungsfehler aber kommt man nirgends weg. Und das ist eigentlich der Cardinalpunct der Methode. In der That, setzen wir beispielsweise, es verschwände bei Gewichtsversuchen einmal ein Unterschied von 5 Grammen, ein andermal, bei stärkeren Gewichten, von 10 Grammen, bei möglichst gleich gehaltenen Nebenumständen genau für die Empfindung, so wird man doch beidesfalls bei der Methode der eben merklichen Unterschiede den physischen Unterschied ein wenig erhöhen müssen, um ihn noch sicher merklich zu finden, weder im Gebiete des Unmerklichen zu bleiben, noch in die anders zu behandelnde Methode der richtigen und falschen Fälle hinein zu gerathen. Sei diess nun einmal wegen nicht gelungener Gleichheitsschätzung um 0,1 Gramm, das andremal um 0,2 oder 0,3 Grammen, so wird man doch eben nur einen Irrthum von der Ordnung der Beobachtungsfehler begehen, wenn man sagt: ich empfand den Unterschied merklich gleich einmal bei 5,1, das andremal bei 10,3 Grammen, denn man schliesst bei den Versuchen zu dem angegebenen Zwecke nicht aus dem Grössenverhältniss von 0,1 zu 0,3, sondern von 5,1 zu 10,3 Grammen, und man darf überdiess voraussetzen, dass die Schätzungsfehler des eben merklichen Unterschiedes selbst unter dem Einflusse des Weberschen Gesetzes stehen. Könnte man freilich die Schwelle des Unterschiedes bei allen Versuchen genau treffen, so wäre es um so besser; nun nähert man sich doch bei der Methode der eben merklichen Unterschiede diesem Falle.

---

*) Unter sehr klein verstehe ich so klein, dass der zur Abweichung der Unterschiedsempfindung vom Nullunterschiede zugehörige Zuwachs des Reizunterschiedes ein kleines Verhältniss zum Reizunterschiede selbst, welcher der genauen Nullempfindung des Unterschiedes entspricht, hat.

Bei alledem ist diese Methode nicht die genaueste, sondern nur bequemste, und steht andern Methoden in erster Beziehung nach, ohne dass desshalb alle mit derselben erhaltenen Resultate zu verwerfen sind, worüber ich mich schon in den Elementen ausgesprochen habe. Es stützt sich aber das Webersche Gesetz keineswegs allein auf die Methode der eben merklichen Unterschiede, kann sich vielmehr zuvörderst im Gebiete der Lichtempfindungen mit auf die Sterngrössenschätzungen berufen. Die mit ganzen Zahlen bezeichneten Sterngrössen aber sind so weit entfernt, blos um eben merkliche Unterschiede von einander abzuweichen, dass die Astronomen sogar noch Zehntelgrössen dazwischen einschalten. Auf ein analoges Princip kommt Plateaus Methode zurück. In grösserer Allgemeinheit aber stützt sich das Gesetz mit auf die Resultate der Methode der mittleren Fehler und der richtigen und falschen Fälle, welche sich, so weit bisher Vergleiche möglich waren, mit denen der Methode der eben merklichen Unterschiede einstimmig gezeigt haben, und unter den zur Elimination constanter Fehler geeigneten Massnahmen viel freier von subjectiven Schätzungsfehlern sind, als die Methode der eben merklichen Unterschiede. Die Einwände gegen die Ableitung des Weberschen Gesetzes aus den Resultaten der Methode der eben merklichen Unterschiede, sollten sie überhaupt haltbar sein, würden also dennoch fruchtlos bleiben, so lange sie sich nicht auf die andern Methoden zu erstrecken vermögen.

Nun lässt sich allerdings gegen sämmtliche Methoden, mit Einschluss der Methode der eben merklichen Unterschiede, ein Einwand aus einem Gesichtspuncte erheben, den Brentano (p. 88) im Auge hat*), wenn er zwar zugesteht, dass eben merkliche Zuwüchse der Empfindung gleich merklich sind, desshalb aber noch nicht, dass sie gleich sind, den Hering in der Correspondenz mit mir mit besonderm Gewichte geltend macht, und auf den (betreffs der Erinnerungskraft) auch Langer (p. 23 ff.) zu sprechen kommt.

Möge sich der Einwand hier an Gewichtsversuchen erläutern.

Man hebt ein Gewicht; es erweckt eine gewisse Empfindung, man hebt nach einiger Zeit ein stärkeres Gewicht; es erweckt eine stärkere Empfindung. Diese Empfindungen sind gegeben; der Unterschied dieser Empfindungen ist gegeben, ist ein ganz bestimmter und fester, unabhängig davon, wie er mir scheint, wenn ich ihn mit Zuziehung der ja gar nicht sichern Erinnerung nach Vergleich des zweitgehobenen Gewichts mit dem ersten beurtheile. Je nach der Zwischenzeit der Hebungen, je nach der Aufmerksamkeit, die ich angewandt habe, je nach der Anbringungsweise der Gewichte, je nach subjectiven Stimmungen, überhaupt nach den verschiedensten Nebenumständen werde ich den Unterschied verschieden, null, deutlich oder undeutlich finden können, während er doch in bestimmter Grösse ein- und derselbe bleibt, und jedenfalls wird der wirkliche Unterschied der Empfindungen (Empfindungsunterschied nach mir) erst eine gewisse Grösse haben müssen, um als daseiend (als empfundener Unterschied oder Unterschiedsempfindung nach mir) überhaupt erkannt zu werden, während doch viel kleinere Unterschiede schon wirklich bestehen.

---

*) Dass diess der Fall sei, erkenne ich deutlicher aus der Correspondenz mit ihm, als aus seinem Werke selbst.

Nun fragt man, wenigstens kann ich den etwas minder klar ausgesprochenen Einwand nur so auslegen: wie kannst du behaupten, dass die wirklichen Unterschiede beider Empfindungen, deine Empfindungsunterschiede, einander gleich sind, wenn die scheinbaren Unterschiede, deine empfundenen Unterschiede einander gleich sind, während doch diese bei denselben wirklichen Unterschieden eine ganz verschiedene Grösse haben können? Dein ganzes psychophysisches Formelgebäude aber beruht auf dieser nicht nur unbewiesenen, sondern geradezu falschen Voraussetzung.

Hiegegen folgendes: Ich setze voraus, und meine, es ist eine ziemlich selbstverständliche Voraussetzung, dass die Grösse, welche mir der Unterschied beim Versuche zu haben scheint, von zweierlei abhängt: erstens von der Grösse des wirklichen Empfindungsunterschiedes, zweitens von Nebenumständen, wie deren oben gedacht ist. Hiemit verbinde ich die zweite Voraussetzung, wieder die natürlichste, die sich machen lässt, dass, wenn bei den Versuchen mit variabeln Reizgrössen die Nebenumstände gleich gehalten werden, die Constanz des scheinbaren Empfindungsunterschiedes nur von einer Constanz des wahren abhängen kann, kurz, dass der wirkliche Empfindungsunterschied constant bleibt, wenn der scheinbare oder empfundene constant bleibt und wenn die Nebenumstände constant bleiben, und weiss in der That nicht, welche wahrscheinlichere oder überhaupt andere Voraussetzung ich überhaupt stellen soll. Aufgabe einer jeden guten Versuchsreihe in diesem Felde aber ist, die Nebenbedingungen, die auf Abänderung des empfundenen Unterschiedes Einfluss haben können, durch die ganze Versuchsreihe mit abgeänderten Reizverhältnissen hindurch möglichst constant zu erhalten, oder Ungleichheiten, die sich nicht vermeiden lassen, durch Entgegensetzung in gleichzahligen Versuchen zu compensiren, und hiemit constante Fehler zu eliminiren; und man kann sich aus meinen Elementen Th. I. p. 99 überzeugen, dass ich meinerseits bei den Gewichtsversuchen keine Sorgfalt in dieser Hinsicht gespart habe; indess sich bei andern Beobachtern wenigstens die selbstverständlichen Vorsichten in dieser Hinsicht selbstverständlich als genommen ansehen lassen. Wenn aber nicht alle Beobachter alles Erforderliche in dieser Hinsicht beobachtet haben, und namentlich von einseitiger Richtung der Versuche abhängige constante Fehler weder überall hinreichend vermieden, noch auch die Versuche in geeigneter Weise zur Elimination derselben angestellt sind, so meine ich, dass diess vielmehr nur zu den empirischen Abweichungen vom Gesetze, als zu der, doch im Ganzen durchgreifenden, approximativen Bestätigung des Gesetzes auf dem Versuchswege hat beitragen können.

Fragt sich, ob nicht hiegegen neue Einwürfe übrig bleiben. Natürlich kann man die abgeänderte Grösse des Hauptgewichts nicht selbst als einen Nebenumstand geltend machen, welcher die Beurtheilung des Empfindungsunterschiedes alterire, wenn es doch eben gilt, die Abhängigkeit des Empfindungsunterschiedes von den abgeänderten Reizverhältnissen zu untersuchen. Hering setzt voraus, dass die wirkliche Gewichtsempfindung proportional mit dem Gewichte wachse, dass also der Zuwachs 1 zu dem Gewichte 1 die Gewichtsempfindung 1 um 1, der Zuwachs 1 zum Gewichte 2 die Empfindung 2 wieder um 1 wachsen lasse. Bei Versuchen mit kleinen Gewichtszuwüchsen unter Abänderung des Hauptgewichts bestätigt sich diess Gesetz nach Herings eigenen Versuchen (s. XVIII) nicht; und wollte man nun annehmen, diess hinge davon ab, dass die Grösse des Gewichtes das Urtheil über die Grösse des Empfindungsunterschiedes alterire, so würde man natürlich fragen, warum diess nicht auch bei den grossen Zuwüchsen von 1 zu 1, von 1 zu 2 der Fall sei, wie also das Heringsche Gesetz damit bestehen könne, kurz, geriethe in einen innern Widerspruch. Inzwischen nimmt ein Einwurf, den mir Hering theils in seiner Schrift, theils brieflich gemacht, vielmehr die Wendung, dass mit Veränderungen des Hauptgewichts bei Gewichtsversuchen, der Lichtintensität bei Lichtversuchen, im Grunde überall, Veränderungen der Nebenumstände, die wirklich als solche zu zahlen haben, heraufbeschworen werden, welche die Voraussetzung constant erhaltener Nebenumstände trotz aller darauf verwandten Sorgfalt nicht bestehen lassen, und die Abweichung der Versuchsresultate von dem Gesetze der Proportionalität eben so erklären, als die scheinbare Annäherung an das Webersche Gesetz begründen.

In dieser Beziehung bemerkt Hering zuvörderst (p. 28) bezüglich der Lichtversuche im Verfolg einiger, hier zunächst nicht einschlagenden, Betrachtungen: dass sich erstens die Pupille mit steigender Beleuchtung der sichtbaren Dinge verkleinere, bei abnehmender vergrössere, hiedurch dem Lichte respectiv weniger oder mehr Zugang gestatte, zweitens aber auch der nervöse Apparat des Auges sich der veränderten Beleuchtung adaptire, d. h. die Empfindlichkeit desselben bei verstärkter Beleuchtung abnehme, wie diess längst durch schlagende Thatsachen erwiesen, in neuerer Zeit von Aubert genau untersucht und schliesslich von ihm selbst auch einer physiologischen Erklärung unterworfen worden sei; und schliesst (p. 29) mit folgender Bemerkung: »Fechner hat, als er die Gültigkeit seines Gesetzes für die Lichtempfindungen erörterte, auf die Adaption weder der Pupille noch der Netzhaut, die erforderliche Rücksicht genommen.«

Letzteres nun kann ich in keiner Weise zugestehen, vielmehr scheint mir, dass weder Aubert noch Hering auf das, was ich im 12. Abschnitt meiner Elemente (Th. I. p. 300) über die Adaption (wenn schon nicht unter diesem Namen) nach fremden und eigenen Versuchen auseinandergesetzt habe, erforderlich Rücksicht genommen haben, aus welcher Auseinandersetzung hervorgeht, dass bei Versuchen über Unterschiedsempfindlichkeit, wie sie zur Begründung des Weberschen Gesetzes gehören, die sog. Adaption als störend nur bei so schwachem äussern Lichteinfluss in Betracht kommt, dass die innere Helligkeit des Augenschwarz ein erhebliches Verhältniss dazu gewinnt*), was in die sog. untere Abweichung vom Weberschen Gesetze hineintritt und an derselben mit Schuld ist. Dasselbe gilt von den Veränderungen der Pupillenweite; und der gemeinsame Gesichtspunct dafür ist, dass die beiden Componenten, deren Unterschied beobachtet wird, von dem verstärkenden oder schwächenden Einflusse der Adaption oder Pupillenänderung (respective innerlich oder äusserlich) in gleichem Verhältnisse betroffen werden.

Ganz anders verhält es sich mit Versuchen über die absolute Empfindlichkeit; hier spielt die Adaption eine wichtige Rolle, aber es scheint mir, dass man bei Geltendmachung des Einwandes beides gar nicht klar unterschieden hat.

Hätte übrigens die Adaption bei nicht zu schwachen Lichtintensitäten den grossen Einfluss in den Versuchen über die Unterschiedsempfindlichkeit, welchen Aubert und Hering ihr beilegen, so hat ja Aubert bei den, von ihm massgebend gehaltenen, Versuchen den Einfluss derselben möglichst berücksichtigt und beseitigt, worüber sich p. 68 seiner Schrift eine Angabe findet, und er könnte selbst den Werthen seiner Versuchstabellen gar nicht die Bedeutung beilegen, die er ihnen beilegt, wenn er sie nicht als solche, welche von Störung durch Adaption möglichst frei sind, gäbe. Woher dann doch die, freilich von Aubert nicht hervorgehobene, aber aus seinen Versuchen folgende, grosse Approximation der Resultate an das Webersche Gesetz, deren ich im 16. Abschnitt gedenke, wenn man nur seine Versuche nicht bis zu gar zu kleinen Intensitäten unter den gewöhnlichen Augengebrauch herab verfolgt, deren Mitberücksichtigung freilich das Gesetz ganz fehlerhaft erscheinen lässt.

---

*) Auberts Versuche über Adaption sind in der That bei sehr schwachem Lichteinfluss angestellt.

In Betreff der Gewichtsversuche mögen folgende Bemerkungen aus einem Schreiben Herings an mich in wörtlicher Wiedergabe Platz finden.

1) »Wenn wir zwei verschiedene Gewichte nach einander zum Zwecke der Unterscheidung derselben heben, so geben wir unsern Muskeln bei beiden Hebungen denselben Willensimpuls, denn wir wissen ja von vorn herein nicht, welches Gewicht die grössere Muskelanstrengung erfordern würde. Das leichtere Gewicht geht nun rascher in die Höhe als das schwerere, und wir unterscheiden sehr wohl die raschere Bewegung des gehobenen Armes von der langsameren. Denn jede Bewegung des Armes giebt uns eine ganze Reihe sogenannter Bewegungsempfindungen, die sich nun bei dem leichtern Gewichte schneller folgen, als bei dem schwerern. Wir haben für jede Muskelmotion einen Controlsinn. Für die Muskeln der Extremitäten wird die Controle durch die Bewegungsempfindungen vermittelt, welche in den sensibeln Nerven der Haut, besonders in den Gelenkgegenden, so wie gewisser tiefer gelegener Theile entstehen.«

2) »Wir fühlen die Anstrengung, welche wir nöthig haben, um das Gewicht überhaupt zu halten, denn erst müssen wir es halten, ehe wir es heben können. Wir fühlen ferner die Muskelanstrengung, welche zum Heben selbst nöthig ist, endlich diejenige, welche wir aufwenden müssen, um während des Hebens das Gleichgewicht des Gesammtkörpers oder beim Sitzen wenigstens des Oberkörpers zu erhalten.«

3) »Es entstehen bei der Gewichtshebung Empfindungen von Druck und Zug an den Hautstellen, mit denen die Last gehalten

wird und an welchen dieselbe gleichsam eingreift. Diese Empfindungen sind um so stärker und um so ausgebreiteter, je grösser das Gewicht ist. Sie verändern sich während der Hebung sehr bedeutend und die Art ihrer Aenderung ist bei schweren Gewichten eine andre als bei leichtern.«

»Diess ist nur eine flüchtige Skizze der mannigfaltigen Empfindungen, welche hier in Betracht kommen. Es hängt nun ganz von der Grösse der Gewichte, von der Art der Hebung, von der Körperstellung etc. ab, ob wir unsere Aufmerksamkeit beim Heben mehr der einen oder andern Gruppe von Empfindungen zuwenden. Jedenfalls wird der ganze Empfindungscomplex immer vielgliedriger und ausgebreiteter, je grösser das gehobene Gewicht ist.«

»Sie verfahren einigermassen summarisch, indem Sie diese ganze grosse Mannigfaltigkeit von Empfindungen kurzweg unter dem Begriffe der Intensitat zusammen fassen und die höchst verschiedenartigen Aenderungen des Empfindungscomplexes in Zusammensetzung, zeitlicher Folge, räumlicher Verbreitung etc. kurzweg als Intensitätsänderungen bezeichnen.«

»Da sich, wie ich erwähnte, immer neue Empfindungen hinzugesellen, wenn das Gewicht schwerer wird, und sich die Gesammtempfindung immer mehr complicirt und immer neue Haut- und Muskelbezirke ergreift, so scheint es mir von vorn herein äusserst wahrscheinlich, dass so zu sagen die Uebersichtlichkeit der Empfindung und die sichere Auffassung derselben immer mehr leidet, und dass immer grössere Verschiedenheiten des Empfindungscomplexes und entsprechend grössere Gewichtsunterschiede nothwendig sind, um den gleichen Grad von Merklichkeit der Verschiedenheit und die gleiche relative Zahl richtiger Entscheidungen zu erhalten. So erklärt sich also, dass »»intensivere«« Gewichtsempfindungen auch grössere »»Intensitätsunterschiede«« fordern, wenn die Merklichkeit des Unterschieds dieselbe bleiben soll.«

Hiegegen Folgendes.

Von einem Theile der, im Vorigen geltend gemachten, Nebenumstände werden jedenfalls meine eigenen, in den Elementen angefuhrten, Gewichtsversuche nicht getroffen. Ich habe das schwerere Gewicht nicht langsamer gehoben, als das leichtere, sondern Zeit und Höhe der Hebung nach bestimmt abgegrenztem Zeit- und Raummass gleich gehalten, nicht die Gewichte erst eine Zeit lang gehalten, ehe ich sie gehoben, sondern jedes zu dem, durch den Zähler bestimmten, Zeitpunct unmittelbar vom Boden gehoben. (Man sehe hierüber meine Elemente.) Was Hering sonst bemerkt, betrifft im Allgemeinen eine Zusammensetzung von Empfindungen, die sich mit dem Gewichte zugleich steigern, weil sich die körperlichen Veränderungen, von denen sie abhängen, damit zugleich steigern. Wenn also das Webersche Gesetz eine gewisse Allgemeinheit hat, so wird aus dieser Complication keine Störung desselben hervorgehen können, es wird sich eben auf die ganze Complication erstrecken. Hierin liegen noch keine störenden Nebenumstände für die Constatirung des Gesetzes überhaupt, sondern es wird dadurch nur die Specialisirung desselben für die einzelnen Gebiete gehindert. Aber ich gebe zu, dass mit all' dem, was meines Erachtens gar nicht so unterschiedslos zu coordiniren ist, als es von Hering geschehen, denkbar bleibt, dass wirklich mit vergrössertem Hauptgewichte Nebenumstände sich ändern, ohne dass man mit aller Sorgfalt diese Aenderung verhüten kann, und meine nur wieder, dass das eben so wie die Fehler in Handhabung der Methoden vielmehr geeignet sein kann, die experimentalen Abweichungen vom Gesetze als die approximative Bestätigung desselben durch Versuche zu erklären.

Nun freilich glaubt Hering auch durch directe Versuche mit Gewichten die Untriftigkeit des Weberschen Gesetzes beweisen zu können: hierauf aber gehe ich im 18. Abschnitt besonders ein.

VI. Einwände wegen der experimentalen Abweichungen vom Weberschen Gesetze (**Aubert, Delboeuf, Hering, Langer**).

Sofern die Gesetze des 2. Abschnitts als streng, als fundamental, nur für die Abhängigkeit der Empfindung von der psychophysischen Thätigkeit in Anspruch genommen sind, können sie sich durch Versuche über die Abhängigkeit der Empfindung vom äusseren Reize nur in so weit bestätigen, als man annehmen kann,

1) dass der äussere Reiz eine ihm proportionale psychophysische Thätigkeit auslöst;

2) dass nicht unabhängig von der äussern Reizeinwirkung

schon innerlich eine gewisse psychophysische Erregung von der Natur der durch den Reiz auslösbaren vorhanden ist, die eigentlich dieser zuzurechnen wäre.

In der That aber finden offenkundige Störungen der experimentalen Bewährbarkeit des Weberschen Gesetzes aus beiden Ursachen statt.

Wenn die Reizeinwirkung so stark wird, dass das Sinnesorgan zerstört wird, oder in Annäherung daran leidet, lässt sich die Proportionalität zwischen Reiz und psychophysischer Erregung nicht mehr erwarten; ja, da der Quell der psychophysischen Kraft, die zum Zustandekommen einer Empfindung gehört, unstreitig eben so beschränkt im Menschen ist, wie der Quell lebendiger Kraft, die zum Zustandekommen der Muskelbewegung gehört, so kann man es nicht befremdend finden, wenn selbst noch, bevor das Sinnesorgan leidet, die durch steigende Reizgrade ausgelöste psychophysische Thätigkeit hinter der Proportionalität mit dem Reize zurückbleibt.*) Von andrer Seite beweist sich durch mancherlei Thatsachen, dass auch die zweite Ursache der Abweichung nicht fehlt. In jedem Sinnesgebiete können Hallucinationen abhängig von innerer Erregung entstehen; es ist mindestens sehr wahrscheinlich, dass diess blos die Verstärkung einer überall schon in schwachem Grade (unter der Schwelle) vorhandenen innern Erregung sei. Das Schwarzsehen des Auges beim Schlusse oder in völligem Nachtdunkel (ganz abweichend vom Nichtssehen des Fingers), beweist für das Auge sogar eine normalerweise schon bestehende innere Erregung, worüber sich nähere Erörterungen in Elem. I. p. 165 ff. finden. Auch gehört hieher, dass der mit dem Gewichte gehobene Arm schon, abgesehen vom Gewichte, ein Gewichtsmoment hat.

Der erste Grund der Abweichung muss bei Versuchen mit äussern Reizen um so stärker spürbar werden, je höher man mit der Reizeinwirkung aufsteigt, was ich kurz als obere Abweichung vom Gesetze bezeichne, der zweite, je tiefer man damit herabgeht, was ich als untere Abweichung bezeichne, indess schon bei mässigen äussern Reizgraden die innere schwache Erregung gegen die äussere als fast verschwindend angesehen werden kann.

---

*) In den Elem. habe ich blos auf erstern Punct (Leiden des Organs) hingewiesen, den zweiten aber, der noch wichtigere Rücksicht verdienen dürfte, in der Abhandlung gegen Aubert (1860) geltend gemacht.

Vermöge der untern Abweichung nimmt der eben merkliche, im Sinne des vorigen Abschnittes gleich merkliche, relative Reizunterschied um so mehr zu, je mehr man sich mit der Reizeinwirkung der untern Grenze, wo blos die innere Erregung übrig bleibt, nähert, vermöge der obern, je höher man mit der Reizeinwirkung aufsteigt; was mitführt, dass in den mittlern Grenzen ein Minimum des eben merklichen relativen Reizunterschiedes, hiemit, nach der S. 13 gegebenen Erklärung, ein Maximum der relativen Unterschiedsempfindlichkeit stattfindet, um welches herum die Approximation an das Webersche Gesetz die möglichst genaue ist; und unstreitig ist es im Sinne der, sonst im Organismus zu beobachtenden, Zweckmässigkeitstendenz, dass sich diese grösste Approximation an das gesetzliche Verhalten mit der grössten relativen Unterschiedsempfindlichkeit innerhalb der Grenzen des gewöhnlichen Sinnengebrauches findet. Sollte das Webersche Gesetz für die äussere Psychophysik ohne Gründe der Abweichung bestehen, so würde es kein Minimum des eben merklichen relativen Reizunterschiedes geben, sondern derselbe durch die ganze Reizscala constant bleiben; man hat aber das experimentale Minimum als eine nothwendige Folge der Richtung, welche die untere und obere Abweichung haben, anzusehen.

Ausser den hier namhaft gemachten, wie mich dünkt, ziemlich klar vorliegenden, Ursachen der Abweichungen kann es möglicherweise noch andre geben, die nur weniger sicher sind. Der Reiz könnte möglicherweise erst eine gewisse Trägheit der Nervenmolecüle zu überwinden haben, ehe er eine Schwingung derselben auslöst, und so die Schwelle, die sich schon im physischen Gebiete zwischen manchen Ursachen und Wirkungen geltend macht, hier eine Rolle spielen. Ferner wird unter VIII (S. 77) eines Umstandes gedacht werden, der, sei es bei der untern oder obern Abweichung oder beiden, mit Antheil haben könnte.

Endlich können an sich nicht wesentliche, nur in äussern Versuchsverhältnissen begründete, Abweichungen davon abhängen, dass die zu vergleichenden Reize nicht in gleicher Raum- oder Zeitlage dargeboten werden, oder dass der Vergleich immer in einseitiger Richtung vom grösseren zum kleineren oder umgekehrt angestellt wird, auf welchen Umständen die sog. constanten Fehler beruhen, die entweder durch Entgegensetzung der Versuchslagen, Versuchsrichtungen in wiederholten Versuchen compensirt oder durch Rechnung eliminirt werden müssen, wenn nicht erhebliche Störungen der Gesetzlichkeit daraus hervorgehen sollen.

Alles das ist schon in den Elementen besprochen. Nun kann es mich nur befremden, wenn mehrerseits, wie namentlich von Aubert, Delboeuf und Langer, zwischen den Forderungen wie Bedingungen der äusseren und inneren Psychophysik wenig oder gar nicht unterschieden wird, Einwürfe als fundamentale erhoben werden, die sich durch Rücksicht auf die nothwendigen Abweichungen entweder geradezu erledigen oder durch Rücksicht auf die möglichen eine mögliche Erledigung finden, Formeln ohne nähere Erklärung darüber aufgestellt werden, wiefern sie für die äussere oder innere Psychophysik gelten sollen. Hering aber sieht nur den Splitter (soll es überhaupt ein solcher sein), in meinem Auge, ohne den Balken im eignen Auge zu sehen, wenn er (p. 38) sagt: »Man kann allerdings auf den Gedanken kommen, dass die Abweichungen vom Weberschen Gesetze, welche freilich auf den meisten Gebieten sehr gross sind, nur durch besondere Einrichtungen der einzelnen Sinnesorgane bedingte Ausnahmen eines gleichwohl allgemein gültigen Gesetzes sind. Aber so lange nicht entweder die Ursachen dieser Ausnahmen klar dargelegt sind, oder die Nothwendigkeit des Gesetzes auf theoretischem Wege klar dargethan ist; so lange vielmehr die Ausnahmen viel zahlreicher sind, als die Bestätigung der angeblichen Regel: so lange kann auch der Webersche Satz nur als eine höchst unsichere Hypothese gelten.«

Alles, was Hering in dieser Beziehung der Hypothese des Weberschen Gesetzes vorwirft, trifft ja seine eigene Hypothese von einfacher Proportionalität der Empfindung mit dem Reize oder der psychophysischen Thätigkeit in viel höherm Grade; ja ich meine, es lässt sich überhaupt keine einfache Hypothese aufstellen, die nicht in höherm Grade davon betroffen wird. Dass es aber mit den Ausnahmen, welche Hering im Auge hat (die Aubertschen Versuche dabei nicht ausgenommen), nicht gar zu schlimm steht, wird sich im 16. Abschnitt zeigen lassen.

Hering selbst macht zahlreiche Gründe geltend, welche einen reinen Erfolg der Experimente benachtheiligen können (vgl. S. 19); aber er hat nicht nachgewiesen und es dürfte ihm schwer werden, nachzuweisen, dass durch solche die Approximation an das von ihm bestrittene Webersche Gesetz vielmehr hervorgerufen, als dass sie dadurch gestört werden kann. Doch hören wir ihn selbst weiter, wenn er (p. 38) sagt:

»Auch ist zu bedenken, dass die eben angeführten auf verschiedenen Sinnesgebieten [zur Prüfung des Weberschen Gesetzes] angestellten Versuche unter einander nicht recht vergleichbar sind. Die verglichenen Empfindungen waren bald räumlich unter einander benachbart, bald lagen sie räumlich und zeitlich mehr oder weniger weit auseinander. Die angeblichen Intensitätsverschiedenheiten der Empfindung erweisen sich bei genauer Untersuchung zugleich als qualitative Unterschiede.[*] Je tiefer man in die Sache eindringt, desto bedenklicher erscheint es Einem, so Verschiedenes über einen Leisten geschlagen zu sehen; und wenn man auch zugeben möchte, dass aus der bunten Mannichfaltigkeit der angeführten Thatsachen vielleicht doch einmal ein allgemeines Gesetz abstrahirt werden kann, so wird man doch den Weberschen Satz vorerst nicht als einen wirklich begründeten ansehen dürfen.«

Nun aber gerade der Umstand, dass unter von einander so abweichenden, unter einander nicht vergleichbar scheinenden, Umständen, in so verschiedenen Gebieten, als man im 16. Abschnitt findet, das Webersche Gesetz immer aufs Neue approximativ hervorgeht, scheint mir, wenn irgend etwas, dafür zu sprechen, dass es den gemeinsamen fundamentalen Kern der Wahrheit unter und zwischen allen Abweichungen davon darstellt; und ich gestehe, nicht zu verstehen, wie dieser Grund *für* das Gesetz als Grund *dagegen* geltend zu machen sein könnte.

Sollten die Einwände gegen das Webersche Gesetz wegen der Abweichungen überhaupt Bedeutung gewinnen können, so müsste nachgewiesen werden, dass die von mir geltend gemachten Ursachen der unteren und oberen Abweichung nicht zulässig sind, oder die, ihnen von mir zugeschriebene, Wirkung nicht haben können, und dass die erhebliche Approximation an das Webersche Gesetz, welche für ein beträchtliches Intervall von Intensitäten in einer Mehrheit von Gebieten nachgewiesen ist, eine wahrscheinlichere Deutung zulässt, als dass es die Approximation an ein, durch die Verhältnisse der äusseren Psychophysik nur gestörtes

---

[*] Dieses bezieht sich unstreitig auf die, im 11. Abschnitte zu besprechende, Weise, wie Hering die Helligkeitsunterschiede im Gebiete der Lichtempfindung auffasst.

Fundamentalgesetz der innern ist. Von all' dem ist bisher nichts geschehen.

Vielleicht kann man bemerken, dass, da wir keine directen Beobachtungsmittel und nur mehr oder weniger unsichere Schlussmittel besitzen, die Beziehung zwischen psychischer und psychophysischer Thätigkeit zu erkennen und zu verfolgen, wohl aber Beobachtungsmittel, die Beziehung zwischen äussern Reiz und Empfindung zu verfolgen, hieran allein praktisches Interesse hänge, und es am besten sei, sich um jene Beziehung, hiemit um eine innere Psychophysik, gar nicht zu kümmern; und eine solche Ansicht scheint manchen Gegnern vorzuschweben, wenn sie sich bei Gesetzen und Formeln begnügen, welche, so gut es nun eben gehen mag, die experimentalen Abweichungen von einer reinen einfachen Gesetzlichkeit, wie solche für Fundamente der innern Psychophysik zu fordern, in sich aufzunehmen und zu decken suchen: und warum soll man solche Formeln nicht gelten lassen, in so weit sie ihren Zweck erreichen, und als sie nicht Fundamentalformeln für die innere Psychophysik ersetzen sollen oder mit solchen ihrer Bedeutung nach unklar zusammengeworfen werden. Es wird aber um so weniger Gewicht auf solche empirische Formeln zu legen sein, als sie nach Verschiedenheit der Versuchssubjecte, Versuchsumstände und Sinnesgebiete nothwendig verschieden ausfallen müssen. Jedenfalls tritt das praktische Interesse, was man der äusseren Psychophysik und den zweckmässig für sie angepassten Formeln beilegen mag, weit zurück gegen das, schon im Eingange berührte, tiefere wissenschaftliche Interesse, was die innere Psychophysik für Psychologie, Physiologie und Philosophie dadurch gewinnt, dass sie Grundbestimmungen für die Beziehung von Leib und Seele bietet; und die Versuche der äussern Psychophysik können diesem Interesse nur dadurch dienen, dass sie Wahrscheinlichkeitsschlüsse für Aufstellung dieser Bestimmungen begründen, wobei dann freilich zu bedauern, dass durch experimentale Abweichungen der besprochenen Art die Sicherheit solcher Schlüsse beschränkt wird.

VII. Teleologischer Einwand und Bemerkungen über die extensiven Empfindungen (Hering).

Hering macht an mehreren Orten (p. 12. 13. 23. 24. 30) als fast für sich allein durchschlagend gegen die von mir vertretenen psychophysischen Grundgesetze geltend, dass danach die psychische Auffassung des Verhältnisses zweier physischer, sei es extensiver, sei es intensiver Grössen β, $\beta_{,}$ sich ändern müsse, wenn beide sich ihrer Grösse proportional, und mithin in gleichem Verhältnisse vergrösserten oder verkleinerten, was nicht nur empirisch unrichtig, sondern auch teleologisch unzulässig sei, indem, wenn es der Fall wäre, Verwirrung dadurch in unsere Auffassung der Verhältnisse der Aussenwelt kommen müsste. »Wie soll — sagt er u. a. (p. 22) — die Seele die Verhältnisse der Aussenwelt richtig auffassen können, wenn zwischen den Dingen und Ereignissen der Aussenwelt und denen unserer Innenwelt keine Proportionalität besteht, wenn das Mass, welches die Seele an die Aussendinge anlegt, nämlich die Grösse oder Stärke ihrer Empfindungen, gar nicht auf diese Aussendinge passt?«

Was nun die extensiven Empfindungen anlangt, so kann ich nach den weiterhin zu machenden Bemerkungen einen daher zu entnehmenden Einwand von vorn herein nicht acceptiren: aber Hering erstreckt den Einwand auch auf intensive Empfindungen; und hiegegen zuvörderst Folgendes.

Schon das Mass der Empfindung, die ein einzelner Reiz β erweckt, ist eigentlich nicht blos durch eine Beziehung auf den Reiz selbst, sondern durch ein Verhältniss desselben zu seinem Schwellenwerthe b bestimmt, kurz ist nach meiner Ableitung*) $= k \log \frac{\beta}{b}$. Anstatt des Schwellenwerthes b kann aber nach der Weise der Herleitung selbst jeder andre Reizwerth $\beta_{,}$ in die Formel eintreten. Kurz, der Eindruck, den das Reizverhältniss $\frac{\beta}{\beta_{,}}$ auf die

---

*) Gelegentlich hiezu die Bemerkung, dass ich keineswegs, wie Hering (p. 49) sagt, das logarithmische Massgesetz als »Hypothese« zu dem von mir angenommenen Weberschen Gesetze hinzugefügt, sondern als mathematische **Folgerung** aus dem Weberschen Gesetze und Schwellengesetze abgeleitet habe.

Empfindung macht, wird durch $k \log \frac{\beta}{\beta_1}$ gemessen. Mögen nun beide Reize im Verhältniss m steigen oder fallen, so wird der Eindruck hienach durch $k \log \frac{m\beta}{m\beta_1}$ gemessen, was mit $k \log \frac{\beta}{\beta_1}$ gleich ist, *bleibt also ungeändert*. Ich sollte meinen, dass hiemit den Heringschen Ausführungen mindestens nach einer Seite einfach genug begegnet wäre. Zur Verhütung jedoch einiger Verwechselungen oder Missverständnisse, die sich leicht daran knüpfen können, füge ich noch einige Zusatzbemerkungen in einer Einschaltung am Schlusse dieses Abschnittes hinzu.

Dabei bleibt freilich wahr, dass weder die einzelnen Empfindungen noch Empfindungsänderungen nach den von mir aufgestellten Gesetzen und Formeln den Reizen und Reizänderungen einfach proportional gehen; nur der Eindruck, den die *Verhältnisse der Reize bei gemeinsamer Auffassung* derselben machen, bleibt danach derselbe, wenn die Reize sich in gleichem Verhältnisse ändern, was beides in der That auseinander zu halten ist.[*] Aber gleich viel, ob die von mir aufgestellten Gesetze bestehen oder nicht bestehen, so besteht mit ihnen oder ohne sie *factisch* keine Proportionalität zwischen Reizen und Empfindungen, Reizänderungen und Empfindungsänderungen, und die Teleologie weiss damit auszukommen; warum also unsre *Gesetze* anklagen, dass die Teleologie damit nicht auskommen könne; würde es etwa der Fall sein, wenn sie eine Proportionalität fingirten, die factisch nicht vorhanden ist?

Wenn ich ein Licht in ein finstres Zimmer bringe, welch' ungeheurer Zuwachs von Helligkeit für mein Auge; bringe ich ein zweites hinzu, verdoppele also die physische Helligkeit, so verdoppelt sich doch die Helligkeit nicht für mein Auge, sondern wächst verhältnissmässig nur noch wenig. Das stimmt mit unsern Gesetzen; aber wenn es auch nicht damit stimmte, so stimmte es eben so wenig mit der Proportionalität. Ein Licht im Spiegel erscheint mir fast eben so hell, als das Licht vor dem Spiegel, ungeachtet des sehr erheblichen Verlustes, den die Lichtverschluckung durch den Spiegel hervorgebracht hat. Man sehe Auberts Versuche im Lichtgebiete an, mit denen man meint das Webersche Gesetz schlagen zu können, ob sie nicht ungleich mehr die teleologisch geforderte Proportionalität schlagen.

---

[*] Das Verhältniss der Empfindungen, welche von zwei Reizen erweckt werden, ist nämlich eben so wenig mit der Empfindung, welche durch das Verhältniss der Reize erweckt wird, zu verwechseln; als der Unterschied der Empfindungen, welche von zwei Reizen erweckt werden, mit der Empfindung des Unterschiedes dieser Reize (s. S. 9 und die Schlussbemerkungen dieses Abschnitts).

Das liegt nun freilich so auf der Hand, dass Hering selbst seinen teleologischen Einwand auf Lichtintensitäten ausdrücklich nicht erstreckt, vielmehr nach einigen Vorerörterungen in dieser Hinsicht (p. 26) bemerkt: »es erscheine von vorn herein ziemlich unwesentlich, ob wir die Lichtquantitäten, welche von verschiedenen Dingen und bei verschiedener Beleuchtung von denselben Dingen zurückgeworfen werden, in ihren richtigen Verhältnissen, d. h. nach dem Gesetze der Proportionalität zwischen Reiz und Empfindung auffassen können«, wogegen »die Proportionalität zwischen den wirklichen Raumgrössen und den Raumgrössen der Empfindung, ferner zwischen den wirklichen Gewichten und den Grössen der Gewichtsempfindungen unerlässlich scheine, wenn anders wir die Aussenwelt richtig auffassen und mittelst unserer Bewegungen beherrschen sollen.«

Wohl, also würden unsere Gesetze wenigstens bei Lichtempfindungen und dürften nicht minder bei Schallempfindungen vor dem teleologischen Einwande sicher sein. Nun aber sehe man Herings eigene Gewichtsversuche, die ich im 18. Abschnitt mittheile, an, ob sie besser als die Lichtversuche zum Gesetze der Proportionalität stimmen. Gewichtszuwüchse, die danach gleich sein sollten, verhalten sich einmal wie 12 : 28, ein andermal gar wie 0,7 : 25,5. Was aber heisst es, eine teleologische Forderung gegen ein Gesetz zu Gunsten eines andern Gesetzes geltend machen, wenn dieses factisch auch nicht dazu stimmt.

Einem Millionär ist der Zuwachs seines Vermögens um 100 Thaler nicht mehr werth, als einem Armen um 1 Thaler. Er *wiegt* für ihn nicht mehr, kann man kurz sagen. Möchte man selbst streiten, ob diess Verhältniss zwischen dem Reiz des Geldes und dessen Schätzung teleologisch passend sei, oder nicht, obwohl ich meine, man wird sich leichter für Ersteres als Letzteres entscheiden, so besteht es jedenfalls in der Welt; warum also nicht etwas Entsprechendes zwischen dem äussern Reize, sei's Lichtreiz oder Gewichtsreiz, und seiner Schätzung durch Empfindung. Ein so grosser Freund man von der Teleologie sein mag, und ich rechne mich zu diesen Freunden, so gilt es doch, ihren Wegen vielmehr zu folgen, als ihr solche vorzuschreiben.

Bei all' dem gebe ich gern zu, dass man in Betreff der Empfindlichkeit für Gewichtsgrössen in der That von vorn herein fragen kann, ob dieselben Gesetze darauf anwendbar sind, als auf rein receptive Empfindlichkeit, weil in mancher Hinsicht andre Verhältnisse dafür bestehen, Manches in diesem Felde überhaupt noch dunkel bleibt, worauf ich im 16. und 18. Abschnitte zurückkomme. Ja ich würde mich sehr bedenken, dieselben Grundgesetze für diess Gebiet als für das von Licht und Schall in Anspruch zu nehmen, wenn nicht die Versuche Herings selbst (im 18. Abschnitt), so weit sie hier zählen können, nicht minder als meine frühern, nach einer ganz andern Methode angestellten, mir dafür zu sprechen schienen. In Betreff des teleologischen Gesichtspuncts aber berücksichtige man dabei noch eine, im folgenden Abschnitte (S. 75) zu machende, Bemerkung. Jedenfalls kann man nicht ohne Weiteres von einem Gebiete auf andre, andern Bedingungen unterliegende, Gebiete einen Schluss machen; und mit dieser Bemerkung wende ich mich von den intensiven Empfindungen, wofür alles Vorige galt, zu den extensiven Empfindungen, um meine obige Erklärung, dass ich Herings Einwand in Bezug auf diese von vorn herein nicht acceptiren kann, zu motiviren.

Wer kann zuvörderst sagen, dass wir uns in der Welt von drei Dimensionen nicht zurecht zu finden wissen, trotzdem, dass alle räumlichen Dimensionen uns darin verschoben scheinen, und die anschaulichen Verhältnisse in wechselvollster Weise von der Proportionalität mit den wirklichen Raumverhältnissen abweichen, ja jedes Stück einer krummen Linie, die nicht in einer auf der Augenaxe senkrechten Ebene enthalten ist, dieser Proportionalität in andrer Weise widerspricht. So gar nothwendig also muss auch hier die Proportionalität, die man zur Zweckmässigkeit verlangt, nicht sein; es gilt vielmehr nur, dass die Nichtproportionalität nicht gesetzlos sei. Jedoch rücksichtslos auf alle Teleologie, die wir hiemit hinter uns lassen wollen, handelt es sich bei Herings Einwand um eine factische Frage.

Unter stillschweigender Voraussetzung einer festen Augenstellung und festen Lage einer geraden Linie vor den Augen, wobei man wirklich von Proportionalität im angegebenen Sinne sprechen kann, hält Hering (p. 12) den von mir aufgestellten Gesetzen entgegen, dass »die scheinbare Länge einer Linie proportional mit ihrer wirklichen Länge wachse, die Empfindungsgrösse hiebei proportional mit der Reizgrösse zunehme«, eine doppelt so lange Linie also auch doppelt so lang erscheine; was in der That den von mir aufgestellten Gesetzen eben so sehr widerspricht, als es dem, von Hering vertretenen, Gesetze der Proportionalität entspricht; und er knüpft daran in der Correspondenz mit mir die Frage, er wisse nicht, warum es sich mit dem Gebiete der intensiven Empfindungen in diesen Beziehungen anders verhalten solle, als mit dem der extensiven.

Das könnte aber sehr wohl desshalb sein, weil es doch etwas sehr Andres ist, ein Gesetz für den Fall suchen, dass ein Reiz sich auf demselben Nervenpuncte verstärkt oder dass er sich über eine Mehrheit von solchen ausbreitet. Nur durch eine Analogie kann man von einem Falle auf den andern schliessen, ohne irgend eine Gewähr, dass die Analogie für die wesentlich andern Bedingungen zutrifft; und ich muss daher, nachdem ich in den Elementen (II. p. 336) selbst schon aus denselben Gründen, die Hering geltend gemacht, anerkannt habe, dass die Anwendbarkeit des Weberschen Gesetzes auf das Gebiet der extensiven Empfindungen precär sei, mich dagegen erklären, dass von einer Ungültigkeit des Gesetzes in diesem Gebiete, die ich als sehr möglich zugelassen habe, ein Einwand gegen meine Vertretung desselben in einem andern, wesentlich davon abweichenden, Gebiete hergenommen werde, und dass überhaupt Einwände bezüglich beider Gebiete vermischt werden.*) Man muss eben jedes Gebiet für sich in dieser

---

*) Delboeuf (Rev. p. 250) sieht sogar eine »bedauerliche sachliche und sprachliche Verwirrung« darin, von Empfindungen der Zeit und Ausdehnung zu sprechen, und zur Bezeichnung derselben den Ausdruck »extensive Empfindung« zu brauchen. Hierin aber würde ich, da ich selbst diesen Ausdruck brauche, ihm blos dann Recht geben, wenn nicht ausdrückliche Erklärungen (wie Elem. I. 15) die Verwirrung vermieden. Die extensiven Empfindungen, was ich so nenne, mit den intensiven Empfindungen unter einen gemeinsamen Ausdruck zusammen zu fassen und nur durch das Beiwort zu unterscheiden, liegt aber jedenfalls das wichtige Motiv vor, dass es, wenn kein gemeinsames Mass, doch gemeinsame Massprincipien und Methoden dafür giebt, wonach es oft nothig wird, sich in Kürze gemeinsam auf beide beziehen zu können. Und Delboeuf selbst möchte, nachdem er erst den gemeinsamen Gebrauch des Wortes Empfindung für extensive und intensive Empfindungen getadelt hat, sich zu einem solchen zurückgeführt finden, wenn er sich auf das Mass der

Hinsicht untersuchen. Dass ich aber die Anwendbarkeit des Weber-schen Gesetzes auf die extensiven Empfindungen, trotz jenes scheinbaren Widerspruches dagegen, doch nur precär gefunden habe, ohne eine Entscheidung darin zu finden, hat folgenden Grund.

Es hat (nach Elem. II. 336) viel für sich, anzunehmen, dass, wenn die Zahl der Empfindungskreise bei extensiven Empfindungen die Stärke des Reizes bei intensiven vertreten soll, ein kleinerer und grösserer Reiz nicht durch einen kleineren und grösseren Theil der Ausdehnung der Netzhaut, sondern nur durch eine kleinere und grössere ganze Netzhaut vertreten werden kann, die wir aber in unsern Versuchen nicht herstellen können, indess die Natur solche in den Augen verschiedener Thiere hergestellt hat. Hiemit wäre dann noch ganz wohl verträglich, dass jeder Theil der Netzhaut nach dem wirklichen Verhältniss der in ihn eingehenden Empfindungskreise zur Totalzahl derselben gross erscheint, ja es würden wirklich unlösbare Widersprüche entstehen, wenn die Grössenerscheinungen der Theile der Netzhaut nicht in Summa die Grössenerscheinung der ganzen Netzhaut wiedergäben. Auch von einem intensiven Lichtreiz trägt natürlicherweise jeder Bruchtheil im Verhältniss zur ganzen Intensität bei, die Grösse der Totalempfindung zu bestimmen — oder wie will man es anders fassen — ohne dass desshalb die Totalempfindung selbst in einem einfachen Verhältnisse zur Totalintensität steht; es ist nur der Unterschied vom Falle der extensiven Empfindungen, dass die Theile des intensiven Reizes nicht eben so wie die des extensiven gesondert auffassbare Empfindungen geben. Also denke ich mir, dass zwei Thiere, deren Netzhäute sich wie a zu a' verhalten, Gesichtsfelder haben, die ihnen im Verhältniss von log a zu log a' gross erscheinen, indess ihnen jeder Bruchtheil ihrer Netzhaut nach seinem Verhältniss zur ganzen Netzhaut gross erscheint: gebe jedoch das Hypothetische dieser Vorstellungsweise zu. Was für die extensiven Gesichtsempfindungen gilt, würde sich auf die extensiven Tastempfindungen übertragen lassen.

Wenn Hering p. 22 sagt: »Ich hätte für das Auge die Hülfshypothese gemacht, dass für dasselbe vermöge einer besondern Einrichtung die Ver-

---

einen eben so wie auf das der andern eingelassen hätte und in einer zusammenhängenden Psychophysik davon zu sprechen hätte.

wirrung, welche das psychophysische Gesetz beim Sehen anrichten müsste, verhütet werde«, so wird man hiegegen leicht bemerken, dass bei meiner Hypothese nicht von einer »besondern Einrichtung« des Auges, sondern von der Möglichkeit, dass das Webersche Gesetz in Bezug auf das Auge in besondrer Weise zu verstehen sei, die Rede sei.

Zunächst freilich können mit voriger Auffassung meine eigenen und Volkmanns Augenmassversuche (Elem. I. 214 ff.) in Widerspruch scheinen, sofern sich dabei das Webersche Gesetz nicht an ganzen Netzhäuten, sondern an linearen Strecken auf der Netzhaut bewährt findet. Diese Bewährung ist factisch, ist sehr entschieden, und kann durch Herings Einwände nicht beseitigt werden. Um aber den Widerspruch, der auch für uns hier zu bestehen scheint, zu heben, ist eine doppelte Deutung möglich.

Einmal lässt sich denken, dass wir bei diesen Versuchen mit kleinen Differenzen der zu vergleichenden Linien beide Linien vermöge demgemässer Richtung der Aufmerksamkeit in der That nicht mit der ganzen Netzhaut, sondern nur mit einander vergleichen, indess wir ohne Anlass zu solchem Vergleich jeden Theil der Netzhaut als Bruchtheil der ganzen Netzhaut schätzen; zweitens aber, dass sich diese Versuche, wie schon in Elem. I. 234. II. 336 erinnert, vielmehr auf das dabei in Anspruch genommene Muskel- oder Bewegungsgefühl als eine directe extensive Massempfindung beziehen. Letztres aber ist desshalb wahrscheinlicher, weil die, bei den Augenmassversuchen so schöne, Bewährung des Weberschen Gesetzes sich bei entsprechend von mir angestellten Tastversuchen auf der Haut, wobei das Bewegungsgefühl nicht in Anspruch genommen wird, nicht wiederfindet (Elem. II. 353 ff.).

Zusatzbemerkung zu S. 58. Bei Erwägung der hier einschlagenden Verhältnisse hat man sich zu hüten, den Grösseneindruck, welchen das Verhältniss zweier mit einander verglichenen Reize β, $\beta_{,}$ auf uns macht, mit dem, gar nicht in die Beobachtung fallenden Verhältnisse der Empfindungen zu verwechseln, welche zwei Reize erwecken, wenn sie nicht mit einander verglichen werden. Das Mass des ersten Eindrucks ist $k \log \frac{\beta}{\beta_{,}}$, das Mass des letzten Verhältnisses, wenn man sich darum kümmern will, ist $\frac{\log \frac{\beta}{b}}{\log \frac{\beta_{,}}{b}}$, was nicht mit ersterem zusammenfallt. Nur auf letztern Eindruck würde Herings Einwand passen, indess der Vergleich gegebener Eindrucke nicht nach solchem geschieht.

Man mag vielleicht gegenbemerken: »ich kann zwei Reize erst für sich betrachten, mir ihren Grosseneindruck imprimiren, und dann die Empfindungen, die sie mir für sich erweckt haben, mit einander vergleichen, und doch wird mir ihr Grossenverhältniss dasselbe erscheinen, als wenn ich den Vergleich an den Reizen selbst vornehme.« Aber Empfindungen, sei es auch in der Erinnerung reproducirte, in der Seele ohne entsprechend mit reproducirte psychophysische Thätigkeiten vergleichen, geht nicht, und so wird dadurch immer der erste Fall hergestellt, nur, wegen nicht hinreichend genauer Reproduction des ursprünglichen Verhältnisses durch die Erinnerung, nicht genau; daher Irrthümer der Schätzung in der Erinnerung möglich sind.

Hiezu noch Folgendes, wobei ich leichterer Uebersicht halber das Mass der Empfindung y einfach $= \log \beta$ setze, indem ich die Constanten k und b so bestimmt denke, dass sie $= 1$ werden, obwohl an sich nichts hindern würde, ihnen beliebige Werthe zu lassen.

Man kann es als eine Eigenthümlichkeit in der Mathematik bemerken, dass der Unterschied zwischen den Logarithmen zweier Grössen β, $\beta_{,}$ mit dem Logarithmus des Verhältnisses beider ubereinstimmt. Hierin liegt kein mathematischer und mithin kein logischer Widerspruch, und so kann man auch keinen solchen darin finden, dass sich in den logarithmischen Massverhältnissen der Empfindung dasselbe wiederfindet. Der Unterschied zwischen den logarithmischen Massen der Empfindung zweier Reize $= \log \beta - \log \beta_{,}$ stimmt mit dem Masse der Empfindung des Verhältnisses beider Reize $= \log \frac{\beta}{\beta_{,}}$ uberein. Auch kein realer Widerspruch oder Conflict aber liegt darin. Denn so wenig man das Verhältniss der Masse zweier Empfindungen $\frac{\log \beta}{\log \beta_{,}}$ mit dem Masse der Empfindung, welche das Verhältniss beider in Vergleich genommener Reize gewährt, d. i. mit $\log \frac{\beta}{\beta_{,}}$ verwechseln darf, darf man das mit letzterm ubereinstimmende Mass des Unterschiedes beider Empfindungen mit dem Masse der Empfindung, welche der Unterschied beider Reize gewährt, verwechseln, welches vielmehr $\log \frac{\beta}{v \beta_{,}}$ ist, wenn mit v die Verhältnissschwelle bezeichnet wird. Also stimmt die Empfindung, welche das Verhältniss zweier Reize gewährt, keineswegs mit der Empfindung, welche der Unterschied zweier Reize gewährt, überein, was, wenn es der Fall sein sollte, allerdings einen Widerspruch begründen würde. Der absolute Unterschied so wie das absolute Verhältniss zweier Empfindungen aber ist überhaupt keine Sache der Beobachtung.

VIII. Aprioristischer Einwand (**Mach, Hering, Classen, Ueberhorst, Bernstein**).

Tiefer, als die, im vorigen Abschnitte zur Sprache gekommene, der äusseren Psychophysik angehörige, Frage, ob die Empfindung dem Reize proportional geht, greift die, der innern Psychophysik angehörige, Frage, ob sie der psychophysischen Thätigkeit proportional geht. In so fern nun Experimente nichts unmittelbar darüber lehren können, Schlüsse aus Experimenten aber nicht entscheidend scheinen, macht man für letztere Proportionalität einen so zu sagen aprioristischen Gesichtspunct geltend, der nicht Wenigen von vorn herein eingeleuchtet hat. Entziehen wir uns nicht seiner Erwägung.

Vom Reize hängt die Empfindung nur mittelbar, von der psychophysischen Thätigkeit unmittelbar ab; experimentale Störungen der Gesetzlichkeit, welche die Uebertragung der Reizwirkung auf das psychophysische System in der äusseren Psychophysik betheiligen, fallen bezüglich der unmittelbaren Abhängigkeit zwischen Empfindung und psychophysischer Thätigkeit weg; die innere Psychophysik lässt solche hinter sich. Nun meint man, es sei das Natürlichste, ja gewissermassen selbstverständlich, dass zwischen der Ursache und der von ihr ohne Zwischenwirkung abhängigen Wirkung einfache Proportionalität bestehe, also auch zwischen der psychophysischen Thätigkeit und der von ihr unmittelbar abhängigen Empfindung, so wie zwischen den Unterschieden der psychophysischen Thätigkeit und den davon abhängigen Unterschiedsempfindungen. In so fern aber doch Thatsachen der äusseren Psychophysik für das hiezu nicht stimmende Webersche Gesetz und daraus folgende logarithmische Massgesetz zu sprechen scheinen, seien sie, in so weit eine experimentale Approximation an diese Gesetze überhaupt zuzugestehen, eben auch nur für die äussere Psychophysik, d. i. Beziehung zwischen Reiz und psychophysischer Thätigkeit, in Anspruch zu nehmen, nicht aber, wie von uns geschieht, in die innere Psychophysik zu übertragen, nicht in Gesetze für die Beziehung zwischen psychophysischer Thätigkeit und Empfindung zu übersetzen.

So sagt Mach (no. 2. p. 11): »Die letzte Nervenerregung und die Empfindung, welche unabänderlich parallel mit einander gehen, können wohl nicht anders als einander proportional sein.«

Hering (p. 21): »Eine Proportionalität zwischen Ursache und Wirkung, Wirkendem und Gewirktem ist uns von vorn herein verständlich, ein verwickelteres Gesetz der Beziehungen zwischen beiden aber besonders dann schwer begreiflich, wenn, wie in diesem Falle, Wirkendes und Gewirktes unmittelbar und nicht durch Zwischenglieder von einander abhängen. Eine solche unmittelbare Abhängigkeit besteht aber unserer Voraussetzung nach zwischen psychischen und psychophysischen Processen; denn wir bezeichnen als letztere ausschliesslich jene leiblichen Processe, mit welchen der psychische Vorgang unmittelbar gegeben ist. Diess Alles gilt schon dann, wenn man Leib und Seele als zwei verschiedene Wesen einander gegenüber stellt, wie viel mehr aber dann, wenn, wie Fechner annimmt, Wirkendes und Gewirktes, psychophysischer und psychischer Process im Grunde ein- und dasselbe sind, nur zwei Seiten oder Erscheinungsweisen eines und desselben Wesens.«

Classen (z. Physiol. d. Gesichtssinnes p. 17): »Wäre die Empfindung nichts als Function der Nervensubstanz, so wäre es nicht zu begreifen, wie eine Steigerung des Reizes nicht constant eine entsprechende Steigerung der Empfindung hervorrufen sollte.«

Ueberhorst (Die Entstehung der Gesichtswahrnehmung. Götting. 1876 p. 90): »Ich kann mich dem Glauben nicht hingeben, dass, wie Fechner einmal sagt, die Disproportionalität zwischen Nervenerregung und Empfindung »»nach der wesentlichen Verschiedenheit zwischen physischem und psychischem Gebiete sehr wohl denkbar sei.««

Bernstein postulirt nach S. 20 zwar nicht eine Proportionalität der Empfindung mit der Grösse, aber mit der, von ihm als begrenzt angenommenen, Ausbreitung der psychophysischen Thätigkeit. Ueber seine hier einschlagenden Ansichten vergl. einige besonders darauf bezügliche Bemerkungen weiterhin S. 78. 79.

Nun mag das Princip der Proportionalität zwischen Ursach und Wirkung wirklich in so weit gültig sein, als die Wirkung unmittelbare Folge der Ursach ist, und nicht durch Widerstände oder Nebenbedingungen, welche in die Wirkung eingreifen, gestört wird; und ich fusse selbst hierauf, indem ich, abgesehen von solchen Störungen, die Grösse der psychophysischen Bewegung der Grösse des Reizes proportional setze. Aber um Folgeabhängigkeit handelt es sich ja bei der Beziehung zwischen Empfindung und psychophysischer Thätigkeit nicht. Wenn die zu einer Empfindung gehörige Thätigkeit da ist, ist zugleich die Empfindung da und umgekehrt. Es ist vielmehr ein Verhältniss der Simultan- oder Wechselabhängigkeit, um was es sich hier handelt, und die Gegner selbst fassen es insgemein so. Nun aber begeht man einen schweren Irrthum und eine folgenschwere Verwechselung, wenn man das, was für jene, die Folgeabhängigkeit, gilt, auf diese, die Simultan- oder Wechselabhängigkeit, als selbstverständlich übertragen will; da vielmehr das, was für jene gilt, für diese nicht gilt. Und das mache ich, zwar nicht aprioristisch, aber nach einem Umblick im Erfahrungsgebiete, gegen die Gegner für meine Auffassung geltend.

In der That, so weit ich mich umsehe, finde ich, dass Bestimmungen, Veränderungen, die simultan von einander abhängig sind, nur in dem einzigen Falle, dass sie gleichartiger Natur sind, einander proportional gehen, und erläutere diess durch folgende, mir dazu beifallende, Beispiele.

Beim Umlauf eines Planeten um die Sonne ändern sich Abstand des Planeten von der Sonne, Geschwindigkeit, durchlaufener Raum und durchlaufene Zeit (von irgend einem Puncte an gerechnet) in Simultanabhängigkeit von einander, aber keine dieser Aenderungen geht der andern proportional. — Die physische Helligkeit einer beleuchteten Fläche und der Abstand der Lichtquelle davon, die Länge eines Pendels und die Dauer einer Schwingung desselben stehen in Simultanabhängigkeit von einander, aber statt eines einfachen, besteht ein quadratisches Verhältniss dazwischen. — Die Organe und Gliedmassen eines Embryo wachsen in Simultanabhängigkeit von einander, aber nichts weniger als einander proportional.

Das allgemeinste Schema solcher Abhängigkeit haben wir in dem Verhältniss der Länge einer Curve zur Länge der Abscisse bei Ausgang von demselben Puncte. In dem einzigen Falle, dass die Curve eine eben solche gerade Linie als die Abscisse ist, oder allgemeiner Curve und Abscisse gleichgeartete Curven sind, gehen beide einander proportional: aber die psychische Empfindung und der zugehörige physische Process sind so ungleichartig als möglich, so weit überhaupt Ungleichartigkeit zwischen Dingen oder Processen stattfinden kann, die freilich zuletzt alle nur durch Bestimmungen, welche in unser Bewusstsein fallen, charakterisirbar sind. Die dualistische Ansicht statuirt eine wesentliche Ungleichartigkeit principiell; nach mir hängt die Verschiedenheit an dem grundwesentlich verschiedenen, respective innern und äussern, Standpunct der Betrachtung, und verhalten sich danach Seele und Leib wie innere und äussere Erscheinungsweise desselben Wesens. Hering gedenkt selbst dieser meiner Betrachtung, als fordere sie natürlicherweise die Proportionalität: aber im Gegentheil, sie giebt eine neue Bestätigung der Nichtproportionalität. Denn nehme man

z. B. einen Kreis und inmitten oder an irgend einem Puncte innerhalb desselben ein nach allen Seiten sehendes Auge, ausserhalb desselben an irgend einem Puncte ein andres solches Auge, so werden beiden im Verfolg des Kreisumfangs allgemein gesprochen dieselben Stücke des Kreisumfanges unter verschiedenen Gesichtswinkeln, also verschieden gross, erscheinen, und die scheinbaren Grössen derselben sich keineswegs einander proportional ändern. — Dasselbe gilt von der Erscheinung des Copernicanischen und Ptolemäischen Weltsystems je nach heliocentrischem und geocentrischem Standpunct.

Ob sich nicht bei weiterem Suchen Ausnahmen von dem hier ausgesprochenen Princip der Nichtproportionalität zwischen heterogenen Bestimmungen, Veränderungen, die simultan von einander abhängig sind, finden lassen, mag ich nicht versichern, doch würden es jedenfalls nur *Ausnahmen* sein, welche ein gegentheiliges Princip nicht *begründen* könnten. Vielleicht könnte man als eine Ausnahme geltend machen, dass bei der gleichförmigen Bewegung Raum und Zeit einander proportional gehen; aber wir messen die Zeit selbst erst durch gleichförmige Bewegung. Wie diesem Cirkel entgehen? Ich gestehe, keine zulängliche Erklärung darüber gefunden zu haben; wenn ich aber nicht irre, genügt folgende Erklärung, um derselben hier beiläufig zu gedenken. Wenn zwei Puncte von *ungleicher* Geschwindigkeit, d. i. die in gleichen Zeiten ungleiche Räume durchlaufen, sich so bewegen, dass beide Puncte in correspondirenden, d. i. zwischen denselben Anfangs- und Endpuncten genommenen, Zeitintervallen immer Räume durchlaufen, welche dieselbe Proportion zu einander einhalten, wie gross oder klein man die Zeitintervalle nehmen mag, so sind *beide* Geschwindigkeiten constant und mithin die Bewegung beider gleichförmig. *Ungleich* müssen die Geschwindigkeiten beider Puncte genommen sein, sonst würde die vorige Erklärung nicht ausschliesslich auf *gleichförmige*, sondern überhaupt auf *gleiche* Bewegungen passen. Dass also Zeit und Raum in gleichförmiger Bewegung einander proportional gehen, übersetzt sich darein, dass in successiven correspondirenden Zeitintervallen ungleiche aber proportionale Räume von zwei Puncten durchlaufen werden, reducirt sich also fundamental auf eine Proportionalität zwischen Räumen, nicht zwischen Räumen und Zeiten, ausser sofern letztere selbst durch Räume gemessen werden.

Anderseits könnte man als Ausnahme geltend machen, dass die Länge einer Saite und Dauer einer Schwingung derselben einander proportional gehen. Aber eben so gut kann man sagen, dass die Länge einer Saite und Zahl der Schwingungen in gegebener Zeit einander *umgekehrt* proportional gehen; also besteht hier eine Zweideutigkeit. Die zweite Ausdrucksweise aber scheint in sofern vorzuziehen, als man die Zahl der Schwingungen für zwei Saiten von ungleicher Länge in correspondirenden Zeiten unmittelbar verfolgen kann, die Dauer der Schwingungen aber erst hieraus ableiten oder mittelst eines äussern Zeitmasses, was sich schliesslich auf obige Erklärung zu stützen hat, bestimmen muss.

Man sieht leicht, dass je nach Verschiedenheit des Gebietes, in welches die Simultanabhängigkeit fällt, sehr verschiedene quantitative Verhältnisse dafür bestehen können, und dass bei der Unmöglichkeit, diess Verhältniss für die Abhängigkeit zwischen Leib und Seele a priori zu bestimmen, auch kein aprioristisches Hinderniss besteht, dass es eben das sein kann, worauf die Erfahrungen bisher am meisten hingewiesen haben. Und hiezu lässt sich noch Folgendes fügen.

Im Allgemeinen tragen doch Fundamentalgesetze den Charakter einer gewissen Einfachheit oder setzt man wenigstens voraus, dass es der Fall sei. Nun würde allerdings das einfachste Gesetz der Abhängigkeit zwischen körperlichen und geistigen Veränderungen wirklich das der einfachen Proportionalität sein: wenn aber die vorigen Betrachtungen und die bisherigen Erfahrungen gleich wenig zu Gunsten desselben sprechen, so ist wenigstens das Webersche Gesetz, welches die geistigen Veränderungen den verhältnissmässigen körperlichen Veränderungen proportional setzt, das einfachste, an das sich hienach denken lässt, und jedenfalls einfacher als alle Modificationen, die man auf Grund der Experimente geglaubt hat dafür substituiren zu können.

Worauf die Versuche zunächst hinweisen könnten, wäre freilich ein Gesetz, was die Erfahrungsthatsache in sich aufnähme, dass bei continuirlich wachsendem Reize der eben merkliche relative Reizunterschied bei einem gewissen Reizwerthe ein Minimum wird und darüber hinaus wieder steigt; und wir haben S. 40 gesehen, dass Langer wirklich hierauf ein Gesetz gegründet hat, was aber erheblich complicirter ist, als das unsere, und hiemit a priori eine geringere Wahrscheinlichkeit hat, soll es als fundamentales gelten.

Von andrer Seite besteht die Erfahrungsthatsache, dass die Empfindung selbst mit Wachsthum des Reizes sich nicht über eine gewisse Grenze hinaus steigern lässt; und Wundt hat ganz Recht, wenn er in dieser Hinsicht (in s. Grundzügen der physiolog. Psychologie p. 282 f. u. 293) ausser von einer Reizschwelle auch von einer nicht übersteigbaren Reizhöhe spricht; aber er selbst übersetzt die Reizhöhe nicht in eine entsprechend zu verstehende Höhe der psychophysischen Thätigkeit als solche, welche ein nicht überschreitbares Empfindungsmaximum giebt, indem er in Uebereinstimmung mit meiner eigenen Ansicht sagt: »Der Kraftvorrath der Nervenelemente ist ein begrenzter: bei einer gewissen Stärke wird also der Reiz alle überhaupt disponiblen Kräfte auslösen, so dass darüber hinaus der Nervenprocess nicht mehr gesteigert werden kann«, womit ich ganz übereinstimme.*) Könnte der Nervenprocess (die psychophysische Thätigkeit) darüber hinaus gesteigert werden, so würde auch die Empfindung damit noch wachsen. In der That wäre es sehr sonderbar, ein Fundamentalgesetz der Abhängigkeit psychischer von physischer Thätigkeit zu statuiren, welches die erste mit letzter nur bis zu gewissen Grenzen wachsen, darüber hinaus aber abnehmen liesse; und hiefür nehme ich meinerseits eine aprioristische Unwahrscheinlichkeit in Anspruch.

Tief eingreifend wird die Ansicht von einer einfachen Proportionalität zwischen physischen und psychischen Veränderungen insbesondere dadurch, dass damit die Uebertragbarkeit des Schwellengesetzes aus der äusseren in die innere Psychophysik wegfällt. Denn nach dem Gesetze der Proportionalität muss schon der schwächste psychophysische Process und der schwächste Unterschied zweier solcher Processe eine, wenn schon entsprechend schwache, doch merkliche absolute oder Unterschiedsempfindung ins Bewusstsein rufen, indess das Schwellengesetz dazu einen, den Nullwerth in endlichem Grade übersteigenden, einfachen oder Unterschiedswerth psychophysischer Thätigkeit fordert, unterhalb dessen noch psychophysische Thätigkeiten, Veränderungen von Statten gehen können, ohne die psychischen Phänomene im Bewusstsein spürbar werden zu lassen, die sie bei Ueberschreitung der Schwelle zu geben vermögen. Mit der innern Schwelle fällt daher die ganze psychophysische Repräsentation des

---

*) Nicht ebenso zustimmen möchte ich, wenn Wundt p. 287 seines Werkes sagt: »Wir können von zwei qualitativ übereinstimmenden Empfindungen zweifellos sagen, dass ihre Intensität gleich sei, wenn sie entweder der Empfindungsschwelle oder der Empfindungshöhe [als welche respectiv der Reizschwelle und Reizhöhe zugehören] entsprechen.« Der Empfindungsschwelle entsprechende Empfindungen sind unstreitig gleich, sofern sie eben gleich null sind; aber der Empfindungshöhe können je nach dem Zustande des Individuums und den dadurch bedingten Verhältnissen der unteren und oberen Abweichung vom Weberschen Gesetze meines Erachtens sehr verschiedene Intensitätsgrade der Empfindung entsprechen.

Verhältnisses zwischen Schlaf und Wachen, bewusstem und unbewusstem Seelenleben, hiemit die ganze Entwicklung der inneren Psychophysik überhaupt, auf die ich im 2. Theile der Elemente eingegangen bin, ohne dass ich wüsste, was sich dafür zur Repräsentation der entsprechenden Verhältnisse substituiren liesse, so dass mir die Frage der Uebertragbarkeit des Schwellengesetzes in die innere Psychophysik eine Lebensfrage nicht nur für meine Ausführung der inneren Psychophysik, sondern für die Möglichkeit einer solchen überhaupt scheint. So wie ich selbst diese Lehre gefasst und dargestellt habe, spielt jedenfalls das Schwellengesetz darin eine viel wichtigere Rolle als das Webersche Gesetz; und möchte dieses fallen, so würde sich in meiner Darstellung der innern Psychophysik nichts ändern, sollte hingegen das Schwellengesetz fallen, die ganze Darstellung einfach zu streichen sein. Es ist der Drehpunct aller Hebel, die darin spielen.

Natürlich freilich reicht diess Bedürfniss der innern Schwelle für die innere Psychophysik noch nicht hin, ihre Thatsache zu begründen. Wohl; ich gehe im folgenden Abschnitte auf die Gründe ein, die auch für die Thatsache derselben sprechen.

Während ich die psychophysische Thätigkeit oder Erregung dem Reize einfach proportional setze, in so weit nicht Ursachen der Abweichung bestehen, die Empfindung aber in logarithmischer Abhängigkeit vom Reize denke, suchen dagegen die Gegner, welche die Empfindung einfach proportional mit der psychophysischen Thätigkeit setzen, die experimentale Annäherung an die von mir aufgestellten Gesetze dadurch zu repräsentiren, dass sie dieselben Gesetze, die ich für die Beziehung zwischen psychophysischer Thätigkeit und Empfindung gültig halte, vielmehr für die Beziehung zwischen Reiz und psychophysischer Thätigkeit in Anspruch nehmen. Nun scheint es zwar nach dem eigenen Princip der Gegner selbstverständlich, dass ohne Hindernisse oder beschränkende Bedingungen der Uebertragung des Reizes auf den Nerven, und ohne Widerstände in den Nerven oder im Gehirn der physische Effect in den Organen der Empfindung der physischen Ursache im Reize vielmehr einfach proportional gehe, als in logarithmischer Abhängigkeit davon stehe; die Gegner suchen nun aber eben solche Ursachen geltend zu machen, welche die Proportionalität so weit abändern, dass vielmehr ihrer als meiner Auffassung entsprochen wird. Ich kann jedoch in dem, was in dieser Hinsicht geltend gemacht wird, nur theils unbestimmte, theils unbegründete Möglichkeiten gegenüber den von mir im 6. Abschn. geltend gemachten Ursachen der Abweichung finden.

Schon oben (S. 48. 54) habe ich in dieser Hinsicht einiger Aeusserungen von Hering gedacht. Mach macht wie Hering die Veränderung der Pupillenweite bei Aenderung des Lichtreizes und ein von ihm aufgestelltes Contrastgesetz dafür geltend, dass die psychophysische Erregung wegen compensirender Ursachen nicht der Stärke des Reizes proportional gehen könne. Und in der That muss hierin eine empirische Abweichung von dem reinen Massgesetze für die äussere Psychophysik begründet sein; aber die psychophysischen Grundgesetze stützen sich ja gar nicht auf Versuche über das Massgesetz, sondern über das Webersche Gesetz; und da bei den Versuchen über das Webersche Gesetz nach früher (S. 48) gemachter und im 11. Abschnitt (über Contrastempfindung) zu ergänzender, Bemerkung, die Wirkung beider Reize durch jene Ursachen in gleichem Verhältniss abgeändert wird, so kann hierauf nichts im Sinne der Gegner gerechnet werden.

Langer sagt (p. 68): »Die Annahme Fechners [von der Proportionalität zwischen Reiz und psychophysischer Thätigkeit] ist äusserst hypothetisch und hat den Erfahrungsthatsachen gegenüber wenig Wahrscheinliches; es ist vielmehr die Annahme weit berechtigter, dass von den grössern Reizen nicht proportionale Mengen in psychophysische Thätigkeit verwandelt werden, sondern kleinere, und zwar wegen der mit den Reizen gleichzeitig mit auftretenden Reflexbewegungen, welche den Organismus gegen stärkere Reize schützen. Bei dem Auge z. B. ist diese Wirkung in der Verengerung der Pupille zu Tage tretend, wodurch von starken Reizen ein Theil abgeblendet wird; bei starken anderen Reizen auf andern Sinnesgebieten tritt Analoges wohl auch ein, jedenfalls ist die Wahrscheinlichkeit nicht abzuweisen, dass es geschehe.«

Wieder also giebt die Veränderung der Pupillenweite, die hier gar nichts zu sagen hat, das Hauptbeispiel, und Analoges mit ihr wird in andern Sinnesgebieten vermuthet, was dann, wenn es stattfindet, leicht eben so wenig zu sagen haben möchte. »

Allerdings, wenn ich in Elem. II. 429 gesagt habe, dass »nach der wesentlichen Verschiedenheit zwischen physischem und psychischem Gebiete eine Abhängigkeit zwischen psychischer und physischer Thätigkeit im Sinne der Fundamentalformel und Massformel sehr wohl denkbar sei, wogegen eine solche Abhängigkeit zwischen zwei körperlichen Thätigkeiten, wie sie einerseits durch die Reizwirkung, anderseits durch die psychophysische Thätigkeit repräsentirt wird, im Sinne der physiologischen und physikalischen

Gesetze nicht denkbar sei«, — so habe ich Letztres zurückzunehmen; vielmehr bestehen gerade im Gebiete der Nervenphysik Abhängigkeitsverhältnisse zwischen körperlichen Thätigkeiten, welche mit den logarithmischen der Massformel mindestens approximativ übereinkommen, und nur approximativ bestätigt sich ja die Massformel in der äusseren Psychophysik. Warum also, kann man fragen, soll nicht auch der Reiz die psychophysische Thätigkeit nach diesem Verhältnisse auslösen, welches von der Proportionalität ganz abweicht, und dann die psychische Thätigkeit der so ausgelösten psychophysischen Thätigkeit einfach proportional gehen?

Das wäre recht schön, wenn nur die in dieser Beziehung geltend zu machenden Fälle mit unserm Falle der Uebertragung von Reiz auf Nerv in den Bedingungen stimmten, was so wenig der Fall ist, dass man sie unsrer Auffassung vielmehr günstig als widersprechend halten kann.

Folgendes ein hieher gehöriger Fall.

Ein, in verticaler Lage oben befestigter, Muskel von der Länge l werde durch einen elektrischen Reiz von der Stärke q tetanisirt. Er zieht sich unter constantem Einfluss des Reizes um eine gewisse Grösse zusammen, welche als Hubhöhe mit h bezeichnet werde. Die Zusammenziehung fängt erst bei einem endlichen Reizwerthe s, welcher somit als Schwellenwerth dafür auftritt, an bemerklich zu werden. Nun hat Preyer*) durch eine sinnreiche Combination von Versuchen und Schlüssen folgendes Gesetz, als myophysisches von ihm bezeichnet, für die Abhängigkeit der relativen Hubhöhe $\frac{h}{l}$ von der Stärke des Reizes q im Verhältniss zum Schwellenwerthe s gefunden:

$$\frac{h}{l} = k \log \frac{q}{s}$$

worin k eine Constante.

Diese Formel entspricht vollständig unsrer Massformel, nur dass sie zwischen rein physischen Grössen besteht.

Unstreitig kann diese Formel nur eine Approximation sein, welche bei hohen Reizwerthen ungültig wird, da nach ihr h bei wachsender Verstärkung des Reizes endlich grösser als l werden müsste, indess das mit endlichen Versuchen überhaupt nicht erreichbare Maximum von h nur kleiner als l sein kann. Auch hat man gegen die Begründungsweise der Formel mancherlei Einwände erhoben, und ist eine Discussion darüber entstanden, der ich nicht vollständig gefolgt bin. Aber gleich viel, lassen wir die für uns *ungünstig* erscheinende und wahrscheinlich doch richtige, Annahme, dass jedenfalls eine, in gewissen Grenzen *approximative*, Gültigkeit der Formel bestehe, zu, so ist Folgendes in Betracht zu ziehen.

---

*) »Das myophysische Gesetz« Jena, Mauke, 1874. Die bekannten Versuche Ficks im »Lehrb. der Anatomie und Physiologie der Sinnesorgane« 1864. Th. 2. p. 349 kommen desshalb hier weniger in Betracht, weil sie sich auf Muskelzuckungen beziehen, welche durch momentane Reize ausgelöst werden.

Der Reiz wirkt zunächst auf den Nerven, der Nerv auf den Muskel. Nun fragt sich: folgt die Erregung des Nerven durch den Reiz einem logarithmischen Verhältniss dazu, die Hubhöhe einem proportionalen zur Nervenerregung oder umgekehrt? Erstres wäre im Sinne der Gegner, Letztres in meinem Sinne. Aber Erstres ist unmöglich, denn nach Massgabe, als mit Vergrösserung des Reizes die Hubhöhe wächst, entwickelt sich ein wachsender Widerstand gegen die weitere Hebung, die ihr bei einer gewissen Grenze Einhalt thut, und *kann* also die Hebungsgrösse gar nicht proportional mit der Nervenerregung wachsen, wogegen principiell nichts hindert, die Nervenerregung so lange mit der Reizwirkung in Proportion wachsend zu denken, als sich der Quell der lebendigen Kraft der Nerventhätigkeit nicht der Erschöpfung nähert, oder nicht ein ähnlicher Widerstand als für die Muskelzusammenziehung nachweisbar ist, von dem jedenfalls bis jetzt nichts nachgewiesen ist.

Auch kann man dem vorigen indirecten Schlusse durch einen viel directeren zu Hülfe kommen. Nach einer, mir von einer sachkundigen Autorität gemachten, Mittheilung macht es bei vergleichenden Versuchen über die Verhältnisse der Zusammenziehung eines Muskels unter dem Einflusse eines Reizes keinen Unterschied, ob der Muskel *vom Nerven aus* durch dessen Reizung oder *direct* nach Vergiftung durch Curare, wodurch der Nerv unthätig wird, gereizt wird. Wäre nun die Erregung des Nerven nicht proportional dem Reize, so könnten die Verhältnisse der Wirkung auf den Muskel sich in beiden Fällen nicht gleich bleiben.

In so weit das myophysische Gesetz wirklich mit dem psychophysischen Massgesetze übereinstimmt, wird man nach unsrer

Voraussetzung sagen können, dass der Empfindung, welche durch den Reiz im Nerven ausgelöst wird, die Leistung, welche der Nerv im Muskel auslöst, in Grösse entspricht. Nach der gegnerischen Voraussetzung, wonach die Empfindung der Erregung im Nerven einfach proportional ist, würde die Steigerung der Leistung weit hinter der Steigerung der Empfindung zurückbleiben.

Man kann hievon eine Anwendung auf folgende Bemerkung von Hering (p. 8) gegen die logarithmische Abhängigkeit der Gewichtsempfindung von Gewichten machen:

»Wenn man Einen, der im Werfen sehr geübt ist, eine Anzahl Kugeln von gleicher Grösse, aber sehr verschiedenem Gewichte nach einem Ziele werfen lässt, so wird er letzteres eben so wohl mit den leichteren als den schwereren Kugeln treffen. Vor jedem Wurfe wägt er die Kugel mit der Hand ab und bemisst danach die Grösse des willkührlichen Kraftaufwandes. Wie schwer aber die Kugel nach Grammen oder Lothen ist, weiss der Werfende in der Regel nicht zu sagen. Da er aber gleichwohl jede einzelne Kugel mit der ihrem Gewichte entsprechenden Kraft wirft, so folgt, dass er ihr Gewicht richtig aufgefasst hat; er hat, wie man zu sagen pflegt, das Gewicht im Gefühl gehabt.«

Hering findet diess ganz im Sinne der Annahme, dass die Stärke der Gewichtsempfindung proportional dem Gewichte wachse, wenn schon er zugesteht, dass kein strenger Beweis darin liege, da man möglicherweise auch bei einem andern Verhältniss zwischen Empfindung und Reiz durch Erfahrung kennen lernen könnte, welches Mass willkührlichen Kraftaufwandes jedes bestimmte Gewicht erfordert. Und in der That möchte ein ungeübtes Kind die richtige Abwägung dabei durchaus verfehlen. Aber man sieht nun auch aus voriger Betrachtung, dass unter Voraussetzung des Preyerschen Gesetzes die Empfindung und die Leistung des Muskels, welche beim Wurfe in Betracht kommt, proportional gehen, ohne dass der logarithmischen Abhängigkeit der Empfindung vom Gewichte dadurch widersprochen würde. Wie denn auch Delboeuf (Rev. p. 233) kurz bemerkt, »dass, wenn man ein logarithmisches Gesetz annimmt, nichts hindere, zweie zuzulassen«, und dabei den Scharfsinn des Heringschen Einwandes anerkennt, wie ich nicht minder thue.

Folgendes ein andrer hier in Betracht zu ziehender Fall.

Die »Nature« bringt in ihrer no. 193 vom 10. Juli 1873 eine Mittheilung über eine Untersuchung von Dewar und Mc Kendrick, welche im »Naturforscher« 1873 no. 37 übersetzt wiedergegeben ist, und der ich Nachstehendes entnehme.

Schaltet man ein, aus einem eben getödteten Frosch, Reptil oder Fisch frisch ausgeschnittenes Auge*) unter erforderlichen

---

*) Mittelst geeigneter, in der betreffenden Mittheilung angegebener, Massnahmen liessen sich entsprechende Resultate als die obigen auch am Auge noch lebender Vögel und Säugethiere erhalten, bei welchen die Erregbarkeit

Massnahmen, wie sie Dubois zur Darstellung des natürlichen Muskel- oder Nervenstroms anwendet, so in einen Multiplicator ein, dass das eine Drahtende mit der Hornhaut, das andre mit dem Querschnitt des Sehnerven communicirt, so entsteht durch letztern Strom ein Ausschlag am Multiplicator, welcher, mittelst Spiegelvorrichtung abgelesen, bei den Versuchen bis etwa 600 Grad der Scala ging. Nachdem man beobachtet hat, dass die Ablenkung im Dunkeln constant ist, lässt man das Licht einer Gasflamme zutreten. In diesem Moment ändert sich die Ablenkung. »Zuerst zeigt sich eine Zunahme, dann eine Abnahme, und wenn man das Licht entfernt, erfolgt wieder eine Zunahme der [durch die Ablenkung angezeigten] elektromotorischen Kraft. Gelegentlich sieht man in Folge des Absterbens des Nerven nur eine geringe Zunahme und dann eine Abnahme, aber das Ansteigen beim Entfernen des Lichtes ist stets constant. Die Grösse der Aenderung der elektromotorischen Kraft [d. i. der Ablenkung] durch die Einwirkung des Lichts ist etwa 3 p. C. des Gesammtwerthes.«

»Die Aenderung ist nicht proportional der Lichtmenge bei verschieden intensiven Lichtern, sondern dem Logarithmus des Quotienten, und stimmt somit mit dem psychophysischen Gesetze von Fechner.«

»Die Aenderung rührt wesentlich von der Netzhaut her, da, wenn dieses Organ entfernt ist, während die andern Gebilde des Auges bleiben, keine Empfindlichkeit für Licht existirt, obschon noch eine elektromotorische Kraft vorhanden ist.«

»Diese Aenderung kann verfolgt werden bis in die Sehhügel.«

Die Mittheilung, aus welcher das Vorige ausgezogen ist, ist nur eine vorläufige; ich weiss nicht, ob seitdem eine vollständigere Darstellung der Untersuchung erschienen ist; die vorige aber lässt noch über manche Puncte Unklarheit bestehen. Geht der erste Ausschlag, ins Positive von der ursprünglichen Abweichung an gerechnet, nach Zulassung des Lichtes sofort ins Negative über, oder mindert sich die erste positive Zunahme nur allmälig, ohne bis zur ersten Abweichung zurückzukommen? und ist mit der Grösse der Aenderung von 3 p. C. des Gesammtbetrages die erste positive

---

der Nerven nach dem Tode zu schnell erloscht, um das Auge der getödteten Thiere anzuwenden.

Aenderung nach Zulassung des Lichtes oder die Differenz zwischen derselben und der rückgängigen Bewegung gemeint? Wie dem auch sei, so scheint jedenfalls durch diese Versuche direct bewiesen, dass zwischen dem Lichtreize und seiner Wirkung auf den Nerven nicht ein einfach proportionales, sondern ein logarithmisches Verhältniss bestehe, was vielmehr im gegnerischen als meinem Sinne ist.

Aber sehen wir näher zu, so gilt für diesen Fall eine analoge Betrachtung als für den vorigen. Nach unseren jetzigen Kenntnissen rührt der natürliche Nervenstrom ohne Zutritt eines Reizes bei Schliessung der Kette daher, dass die in sich elektrisch differenten Nervenmolecüle in eine zur Entstehung eines Stromes geeignete Lage gestellt sind. Nimmt der Strom durch Zutritt eines Reizes zu oder ab, wovon letztres sich bei anderweiten Versuchen als sog. negative Schwankung geltend macht, so kann diess nur daher rühren, dass sich die Nervenmolecüle in eine zur Verstärkung oder Schwächung des Stromes geeignete Lage stellen, und es kann sehr wohl sein, dass ein Widerstand gegen diese Aenderung einer Lage, worin sie durch natürliche Bedingungen gehalten werden, stattfindet, der mit der Grösse der Aenderung wächst, entsprechend wie es im vorigen Falle mit der Aenderung der Lage der Muskelmolecüle, wovon die Contraction abhängt, der Fall war, und dass hiebei wieder ein logarithmisches Verhältniss sich geltend macht. Aber die Empfindung hängt voraussetzlich an Schwingungen, welche mit der Lagenänderung der Molecüle zugleich entstehen*), und es ist keineswegs selbstverständlich, dass deren lebendige Kraft, oder welches Mass für die psychophysische Thätigkeit anzunehmen sein mag, sich proportional mit der Aenderung der Stellung der Molecüle ändert; obwohl es sein kann, dass ein gewisser Einfluss darauf stattfindet, welcher beiträgt, die in der äusseren Psychophysik zu Tage tretenden Abweichungen zu bedingen. Jedenfalls können nach vorigen Bemerkungen die Versuche von Dewar und Mc Kendrick über unsre Frage gar nichts entscheiden.'

Nun kann man sagen, die Duboissche Hypothese der elektrischen Beschaffenheit der Nervenmolecüle, auf der wir hiebei gefusst haben, ist eben eine Hypothese. Aber jede andre Hypothese, die man dafür aufzustellen versuchen mag, wird dasselbe für Erklärung der Thatsachen und hiemit auch unstreitig für die Erläuterung unsres Falles leisten müssen. Ueberhaupt aber leuchtet von vorn herein ein, dass statische oder Gleichgewichtsphänomene, wie die Grösse einer Muskelcontraction, und die negative Stromschwankung, die unter dem Einflusse eines continuirlichen äussern Reizes zu Stande kommen, nicht sehr geeignet scheinen, eine fortgehende psychische Thätigkeit daran geknüpft zu denken; dafür aber, dass Schwingungen, unter deren Form wir doch am wahrscheinlichsten die psychophysische Thätigkeit zu denken haben, in logarithmischem Verhältnisse von andern Schwingungen — und der Lichtreiz ist doch ein oscillatorischer — abhängen, ist mir auch jetzt noch kein Beispiel bekannt.

---

*) Auch die negative Schwankung, welche nach anderweiten Versuchen der Physiologen durch einen tetanisirenden Nervenreiz entsteht, ist nachweislich von Schwingungen der Molecüle begleitet.

Wollte man dennoch die Hypothese aufstellen, dass die Empfindung vielmehr von der Lagenveränderung der Molecüle als von Schwingungen abhänge, so fragte sich, was mit einer solchen Hypothese zu machen? Nach der Hypothese der Schwingungen können wir die verschiedenen Qualitäten der Empfindung mit der verschiedenen Periodicität und Form der Schwingungen in Beziehung denken; womit aber nach der Hypothese der Lagenänderung? Nach erster ist die innere Bedingung der Empfindung der äussern ganz adäquat, nach letzter ganz inadäquat.

Dass der Lichtreiz bei den vorigen Versuchen seine Wirkung versagt, wenn die Netzhaut entfernt ist, stimmt damit zusammen, dass der Lichtreiz auch im lebendigen Geschöpfe bei directer Wirkung auf den Nerven ohne Zwischenwirkung der eigenthümlichen Endapparate, welche die Netzhaut constituiren, keine Empfindung giebt, wie der blinde Fleck an der Eintrittsstelle des Sehnerven, wo diese Endapparate fehlen, beweist. Unstreitig also erwecken die Schwingungen des äussern Lichtes erst in den Endapparaten eigenthümliche (chemische) Vorgänge von oscillatorischer Natur (s. Abschn. XIII), von welchen sich Schwingungen durch den Nerven fortpflanzen; aber nichts hindert, auch nach dieser Vorstellung den äussern Schwingungen die dadurch erweckten inneren proportional zu denken.

Bernstein nimmt an, dass die vom Reiz abhängige Erregung sich zwar ungeschwächt durch den Empfindungsnerven fortpflanzt.

dass aber die Ganglienzellen des Gehirns der Fortpflanzung einen Widerstand entgegensetzen, vermöge dessen jede die lebendige Kraft der in sie eintretenden Erregung um einen dem Grade dieser Erregung proportionalen Theil vermindere. — Sei es; aber dadurch kann die Proportionalität der gesammten, durch das Gehirn fortgepflanzten Erregung mit dem Reize nicht leiden; der doppelte Reiz wird eine doppelte Erregung beim Eintritt ins Gehirn mit doppelter Schwächung im Fortschritt durch dasselbe, der dreifache eine dreifache mitführen; das ändert die Proportionalität nicht.

Bernstein vertieft ferner seine Ansicht dahin (no. 2 p. 177), dass im Grunde die Vernichtung der lebendigen Kraft der Erregung durch den Widerstand der Ganglienzellen des Gehirns es sei, wovon die Empfindung abhänge. Obwohl ich dieser Auffassung nicht wirklich beitrete, lassen wir sie immerhin hier gelten. Nun wird aber der Verbrauch der ganzen lebendigen Kraft, welche dem Reize proportional in das Gehirn eintritt, seiner Grösse nach durch die Grösse der lebendigen Kraft selbst gegeben sein, also die von den Gegnern gesuchte logarithmische Abhängigkeit des psychophysischen Processes vom Reize eben so wenig bestehen, wenn man den psychophysischen Process im Verbrauche von lebendiger Kraft, als wenn man ihn in solcher selbst sucht, kurz der Ansicht der Gegner damit wieder nicht geholfen sein. Auch kommt Bernstein zu seiner, von der unsrigen in eigenthümlicher Weise abweichenden, Ansicht (S. 20) nur dadurch, dass er als Mass der Empfindung vielmehr nur die von ihm als beschränkt angesehene Zahl der, den Verbrauch der lebendigen Kraft vollziehenden, Zellen als die Gesammtgrösse des Verbrauches selbst durch die Zellen ansieht. (Das Nähere über Bernsteins Ansicht unter XV.)

Ich vermuthe wohl, dass im Gebiete der neueren Experimentalphysiologie noch Manches vorliegt, was bezüglich der, in diesem Abschnitt verhandelten, Frage discutirbar wäre, gestehe aber, dass mir diess Gebiet seit lange ziemlich fremd geworden ist, und habe mich aus den, im Vorwort angegebenen, Gründen nicht mehr weit und tief genug hineinstudiren können, um darin recht orientirt zu sein. Inzwischen dürfte eine Rücksichtnahme darauf immer zu den vorigen Gesichtspuncten zurückführen. So wenigstens scheint es mir mit folgenden Untersuchungen zu sein, deren ich hier noch kurz gedenken will, ohne sie freilich gründlich genug haben einsehen zu können, um der richtigen Verwerthung ganz sicher zu sein.

Exner zieht aus einer ausgedehnteren Untersuchung[*] u. a. (p. 24) das folgende Resultat:

»Wenn die Intensitäten der Beleuchtung eines Gegenstandes in geometrischer Progression [mithin die Logarithmen der Intensitäten in arithmetischer Progression] zunehmen, so nehmen die zur Wahrnehmung desselben nöthigen Zeiten in arithmetischer Progression ab.«

Er nimmt die Gültigkeit dieses Satzes für Lichtintensitäten, welche einen gewissen Grad (etwa die Intensität eines durch directes Sonnenlicht beschienenen weissen Papiers) nicht überschreiten, in Anspruch; und bemerkt p. 22, dass nachweislich gleich die erste Portion einfallenden Lichtes eine Wirkung auf die Netzhaut ausübe.

Sei nun γ die Stärke der Empfindung, β die Intensität des Lichtreizes, bezogen auf den Schwellenwerth als Einheit, t die, vom Anfange der Einwirkung des Lichtes verflossene Zeit, k eine Constante, so entspricht jedenfalls die folgende Gleichung in einfachster Weise obigem Erfahrungssatze, ohne freilich allgemein durch ihn bewiesen zu sein, da alle Abänderungen von t und β im angegebenen Sinne blos immer für denselben bestimmten Werth von γ beobachtet sind:

$$\gamma = kt \log \beta$$

Nämlich, wenn die Empfindung γ eben auf die Schwelle tritt, d. h. merklich zu werden beginnt, ist sie als gleich anzusehen, welche Werthe auch t und β dabei haben mögen; nach dem Satze des Verf. aber gehört erfahrungsmässig zur Herstellung dieser Gleichheit, dass sich t im umgekehrten Verhältniss von $\log \beta$ ändere.

Auf eine ins Unbestimmte gehende Gültigkeit der vorigen Formel über den Schwellenwerth von γ hinaus, wonach γ ins Unbestimmte mit t wachsen müsste, darf man nicht rechnen, wie auch Exner keine solche für seinen Satz in Anspruch nimmt. Denn einmal ist in der Formel die mit der Dauer des Reizes zunehmende Schwachung der Empfindlichkeit nicht berücksichtigt; zweitens fragt sich, ob die Proportionalität von γ mit t nicht blos für so kleine t, als bei den betreffenden Versuchen in Anschlag kommen, genau ist. Gesetzt z. B. statt t hätte man eigentlich zu setzen $1-e^{-t}$, wo e die Grundzahl der natürlichen Logarithmen bedeutet, so geht $1-e^{-t}$ für sehr kleine Werthe von t über in t, für grosse in den nicht überschreitbaren constanten Werth 1. Allgemein ist nämlich $e^{-t} = 1 - \frac{t}{1} + \frac{t^2}{2} \ldots$ worin bei kleinen Werthen von t die höhern Potenzen zu vernachlässigen, indess man für grosse Werthe von t hat $e^{-t} = \frac{1}{e^t} = 0$. Wonach sich für den erreichten Endzustand unsre reine Massformel ergäbe.

---

[*] In s. Abh. »Ueber die zu einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit« im 58. Bande der Wien. Sitzungsber. 1868.

Darin nun, dass γ in voriger Formel nach logarithmischem Verhältnisse von β abhängt, entspricht sie jedenfalls unsrer Massformel, lässt aber zunächst die Alternative, die uns beschäftigt hat, unentschieden; es könnte ja danach γ in einfacher Proportion von der innern psychophysischen Thätigkeit, diese aber logarithmisch vom Reize abhängen, und man könnte meinen, dass nach Zuziehung anderweiter Versuche von Baxt*) wirklich in diesem Sinne zu entscheiden sei. Diese Versuche betreffen die Zwischenzeit, welche von dem Augenblicke verfliesst, wo ein Froschschenkel in eine verdünnte Schwefelsäure eingetaucht wird, und dem Augenblick, wo die durch den reflectorischen Reiz der Säure ausgelöste Muskelzuckung eintritt. Es fand sich, dass die Zwischenzeiten in einer geometrischen Progression zunehmen, während die procentalen Säuregehalte nach einer arithmetischen Progression fallen. Also hier dasselbe Gesetz für den Eintritt der Muskelzuckung, was Exner für den Eintritt der Empfindung fand. Und so könnte man sagen: Ohne Rücksicht auf Empfindung, die bei den Versuchen von Baxt gar nicht in die Erscheinung tritt, muss die Nervenerregung durch die Endwirkung des Reizes erst bis zu einem gewissen Grade gesteigert sein, ehe die Muskelzuckung beginnt, und diese Nervenerregung ist es, welche logarithmisch vom Reize abhängt. Aber die Nervenerregung hat sich ja erst auf den Muskel zu übertragen, um die Zuckung auszulösen, und wenn die bezüglich der Preyerschen Versuche angestellte Betrachtung richtig ist, wird sie sich auch hieher dahin übertragen lassen, dass die Muskelzuckung nicht minder als die Empfindung in logarithmischem Verhältnisse von der Nervenerregung, diese aber nach einfacher Proportion vom Reize abhängt.

---

*) Berichte der sächs. Soc. d. Wiss. 1871 p. 210 ff.

IX. Frage nach der Uebertragbarkeit des Gesetzes der Schwelle in die innere Psychophysik.

Dass das Gesetz der einfachen Reiz- oder Empfindungsschwelle wie das der Unterschiedsschwelle für die *äussere* Psychophysik besteht, dafür liegen offenkundige Thatsachen vor. Jeder Reiz wie Unterschied von Reizen bedarf thatsächlich einer gewissen endlichen, den Nullwerth übersteigenden, Grösse, um wahrgenommen zu werden, einen Eindruck im Bewusstsein zu machen, der von seinem Dasein Kunde giebt. Auch kann ein Reiz, den wir anfänglich wahrnahmen, dadurch, dass wir demselben längere Zeit ausgesetzt blieben, für uns unmerklich werden, indem sein Schwellenwerth sich für uns erhöht. Aber es fragt sich, ob dasselbe Gesetz in die *innere* Psychophysik übertragbar ist, ob auch ein endlicher, d. i. den Nullwerth übersteigender, Grad der psychophysischen Thätigkeit nöthig ist, damit die zugehörige Empfindungsqualität für das Bewusstsein spürbar wird, und ein Unterschied zwischen den Graden dieser Thätigkeit, damit ein Unterschied erkannt wird.

Die Wichtigkeit dieser Frage und der Zusammenhang derselben mit der Frage, ob einfache Proportionalität zwischen Empfindung und psychophysischer Thätigkeit besteht, ist im vorigen Abschnitte (S. 70 f.) besprochen worden. Die sich für die Proportionalität erklären, erklären sich damit zugleich gegen die Annahme einer innern Schwelle, indess deren Annahme in unserm Sinne liegt.

Nun kann man von vorn herein unsrer Annahme gegenüber geltend machen, dass sich für die äussere Schwelle Ursachen finden lassen, die für die Annahme einer innern nicht bestehen. So lässt sich recht wohl denken, dass ein sehr schwacher äusserer Reiz durch die äusseren Hindernisse, die sich seinem Eindringen entgegensetzen, oder wegen aufgehobener Nervenleitung gar nicht bis zum Innern des psychophysischen Systems durchzudringen vermöge, oder dass eine Art Trägheit in Auslösung der psychophysischen Thätigkeit durch den Reiz, analog als bei Anziehen eines Wagens auf unebenem Wege, einer gewissen endlichen Grösse des Reizes bedürfe, um überwunden zu werden. *)

---

*) Unter Anderm macht *Delboeuf*, in dessen Massformel kein Schwellenwerth eingeht, letztern Grund, auf den ich schon in den Elem. II. 431, als

Bestehen nun wirklich solche Ursachen, so werden sie zur untern experimentalen Abweichung vom Weberschen Gesetze beitragen können, was zur Erklärung dieser Abweichung nur zu statten kommen würde. Aber die Erklärbarkeit der Schwelle aus solchen Ursachen reicht nicht überall aus, in sofern sie gleich bei den einfachsten Thatsachen, welche die Unterschiedsschwelle betreffen, im Stiche lässt. Wenn ich z. B. bei Lichtversuchen zwei Flächen neben einander sehe, von denen ich nach ihren Beleuchtungsverhältnissen gewiss weiss, dass sie einen physischen Helligkeitsunterschied haben, und doch bei genauester Aufmerksamkeit keinen Helligkeitsunterschied zu erkennen vermag; wenn ich bei Tage eben so wenig bei genauester Aufmerksamkeit einen Stern vom umgebenden Grunde zu unterscheiden vermag, ungeachtet er dem Grunde an der Stelle, wo er steht, einen beträchtlichen Grad physischer Helligkeit zufügt, so kann ich nicht mehr sagen, dass der Lichtreiz wegen äusserer Hindernisse keinen Zugang ins Innere gefunden, oder keine psychophysische Thätigkeit ausgelöst habe. Und warum nun, wenn die schwächste psychophysische Erregung im Bewusstsein spürbar werden könnte, wird bei starken Reizen sogar ein sehr erheblicher Ueberschuss des einen über den andern nicht spürbar, falls er nicht eine gewisse Grenze überschreitet?

Hiezu folgendes Citat aus Elem. I. 243: »Man stellt zwei Lampen neben einander und vor sie einen schattengebenden Körper. Jede der zwei Lampen giebt einen Schatten, der blos von der anderen Lampe erleuchtet ist, indess der umgebende Grund von beiden Lampen erleuchtet ist. Schraubt man nun den Docht der einen Lampe immer tiefer herab, oder entfernt sie immer weiter vom schattengebenden Körper, so sieht man den Schatten, den sie wirft, immer schwächer werden, und endlich diesen Schatten verschwinden, gleichsam von der allgemeinen Erleuchtung des Grundes absorbirt werden, ungeachtet doch noch beide Lichtquellen da sind. Ich bin ganz erstaunt gewesen, als ich zum erstenmal darauf aufmerksam wurde, zwei Lichter blos einen Schatten werfen zu sehen. Beide Lampen brennen deutlich, doch ist blos ein Schatten da. Mit einem Worte, wenn der Unterschied zwischen der Erleuchtung des einen Schattens und des umgebenden Raumes unter eine gewisse Grenze fällt, verschwindet der Unterschied total für die Empfindung und vermag durchaus nicht mehr wahrgenommen zu werden.«

---

in Betracht zu ziehend, hingewiesen, seinerseits (Théor. p. 51) geltend, dazu noch drei andre Gründe, die jedoch nur eine schwache, nicht fehlende, Empfindung bei schwachen Reizen oder Reizänderungen begründen könnten, also nicht durchschlagen.

»Dieser Versuch ist namentlich desshalb sehr frappant, weil man die Componenten hier zugleich im Auge hat, und das Auge scharf, ruhig und stetig auf die Grenzlinie derselben richten kann, während man ihren Unterschied zum Verschwinden bringt, also weder von einem Vergessen des früheren Eindruckes, noch Uebersehen des Unterschiedes die Rede sein kann.«

Unstreitig zwar ist die Unterschiedsschwelle, die überschritten werden muss, damit ein Unterschied bemerklich werde, nicht mit der einfachen Empfindungsschwelle zu verwechseln; aber man sieht nicht ein, welches Princip gegen die eine Schwelle laufen könnte, das nicht zugleich gegen die andre liefe. Soll der Grund der innern Unterschiedsschwelle darin liegen, dass die Leitung zwischen zwei nicht stark genug in psychophysischer Erregung differirenden Stellen fehlt, so wäre diess bei zwei nachbarlichen Stellen nicht nur höchst unwahrscheinlich, sondern verträgt sich auch nicht damit, dass wir einen schon sehr merklichen Lichtunterschied zwischen zwei beleuchteten Flächen dadurch zum Verschwinden bringen können, dass wir die Beleuchtung beider verstärken, die der hellern aber in schwächerm Verhältnisse als die der minder hellen, wie man sich bei den Schattenversuchen zur Prüfung des Weberschen Gesetzes leicht überzeugen kann, ungeachtet der Leitungswiderstand zwischen beiden durch die beiderseitige Verstärkung um so leichter überwunden werden müsste. Oder soll der Grund der mangelnden Unterscheidung umgekehrt darin liegen, dass die psychophysischen Thätigkeiten beider Stellen sich bei zu geringem verhältnissmässigen Unterschiede der Reize ausgleichen? Aber da bei grossem verhältnissmässigen Unterschiede keine innerliche Ausgleichung statt hat, so könnte man bei geringerm Unterschiede wohl eine grössere Annäherung an die Ausgleichung, aber nicht eine völlige Ausgleichung erwarten; auch können ja beide beleuchtete Flächen durch ein dunkles Intervall von Raum oder Zeit geschieden sein, ohne dass die Unterschiedsschwelle aufhört zu bestehen.

Unstreitig wollen in einem psychophysischen System die Thatsachen in Zusammenhang gefasst und beurtheilt werden, und kann man also nicht, wenn man der innern Psychophysik die Unterschiedsschwelle zugestehen muss, ihr ohne bindende Gründe die einfache Empfindungsschwelle absprechen. Oder wenn, wie manche wollen, ohne dass ich ihnen darin beistimme, alle Empfindungen principiell als Unterschiedsempfindungen zu fassen sein sollten (vergl. Abschn. XII), so würde es ja überhaupt schon hinreichen, die Unterschiedsschwelle als hinreichend begründet für das Innere nachgewiesen zu haben.

Uebrigens fehlt es doch auch nicht an Thatsachen, welche sich auf die einfache Empfindungsschwelle in unserm Sinne beziehen lassen, ohne dass die obigen Einwände darauf Anwendung finden; nur dass sie keinen so einfachen Charakter tragen als die vorigen, auf die Unterschiedsschwelle bezüglichen, also leichter anderweiten Deutungen aus diesem oder jenem hypothetischen Gesichtspuncte ausgesetzt sein mögen.

Hieher gehört die bekannte Thatsache, dass wir ein, in der Zerstreuung überhörtes, Wort nachträglich noch durch demgemässe Richtung der Aufmerksamkeit zum Bewusstsein bringen können. Unstreitig lässt sie sich nicht so erklären, dass das Wort nicht bis zum Sitze der psychophysischen Thätigkeit habe durchdringen können, wohl aber so, dass durch Zutritt der psychophysischen Thätigkeit der Aufmerksamkeit die psychophysische Erregung durch das Wort einen Zuwachs erhalten und damit über die Schwelle des Allgemeinbewusstseins gehoben werden könne. Dazu muss aber doch eine innere Schwelle vorhanden sein. Andrer Thatsachen von gleichem Charakter habe ich in Elem. II. 432 gedacht.

Mit Thatsachen dieser Art aber hängen andre thatsächliche Verhältnisse zusammen, von denen ich nicht weiss, wie ohne Annahme einer innern Schwelle überhaupt an eine psychophysische Repräsentation gedacht werden kann; auch haben sich die Gegner mit ihren, von den meinigen abweichenden, Ansichten nirgends an sie gewagt und meine Darstellung derselben nur einfach ignorirt; ich rechne es aber dem Schwellenprincip sehr zum Vortheil, dass man sich mit Hülfe desselben daran wagen kann. Von den eingehendern Erörterungen hierüber im 42. Kap. meiner Elemente hier nur kurz Folgendes.

Wenn wir ein sinnliches Phänomen auffassen oder uns ein solches in der Vorstellung vergegenwärtigen, so ist die Intensität unserer Bewusstseinsthätigkeit einerseits durch den Grad der Aufmerksamkeit bestimmt, mit welcher wir das sinnliche oder Erinnerungsphänomen auffassen, anderseits durch die Lebhaftigkeit oder Stärke, mit welcher uns das Phänomen selbst erscheint. Wir können ein dunkles Bild mit intensiver Aufmerksamkeit betrachten, auf einen schwachen Schall mit intensiver Aufmerksamkeit horchen, sogar auf einen horchen, der gar nicht da ist; ist aber ein sinnliches oder Erinnerungsphänomen da, so wird die Stärke, in der uns das Phänomen erscheint, in andrer Weise als die Aufmerksamkeit zur Intensität der ganzen Bewusstseinsthätigkeit, die wir in Auffassung des Phänomens verwenden, beitragen; denn wir können sehr wohl unterscheiden, was dabei auf Rechnung der Stärke der Aufmerksamkeit und des besondern Phänomens kommt. Wonach z. B. ein Grau oder Weiss uns nicht heller, ein Schall nicht lauter erscheint, wenn wir eine verstärkte Aufmerksamkeit darauf richten; wir fühlen eben nur unsere Aufmerksamkeit verstärkt. Aber seltsam, während so der Grad der Aufmerksamkeit einflusslos auf die Stärke des Phänomens erscheint, entschwindet dasselbe ganz dem Bewusstsein, wenn sich die Aufmerksamkeit gar nicht darauf richtet. Wer ganz ins Studiren versenkt ist, sieht und hört so zu sagen nicht, was um ihn vorgeht, man kann so ins Hören eines Concerts vertieft sein, dass alles Sichtbare in der Umgebung unserm Bewusstsein schwindet u. s. w.

Wie erklärt sich diess Verhältniss? Nach meiner Auffassung so: die Aufmerksamkeit ist ein allgemeines psychisches Phänomen, d. h. welches in jedem Sinnes- wie höherem geistigen Gebiete ins Spiel tritt, und welchem, wenn man eine durchgebildete Psychophysik verlangt, auch eine entsprechend allgemeine psychophysische Thätigkeit unterzulegen ist. Diese allgemeine Thätigkeit aber wird durch Thätigkeiten von specialer Natur, woran die specialen psychischen Phänomene hängen, mitbestimmt*), und das Totalbewusstsein, was bei Auffassung eines Sonderphänomens ins Spiel kommt, ist durch die Zusammensetzung von beiden bestimmt. Nun hat das Totalbewusstsein, hiemit die gesammte ihm unterliegende psychophysische Thätigkeit, seine Schwelle, und wenn diese nirgends überstiegen ist, findet traumloser Schlaf statt; die besondere Thätigkeit aber, an welcher das Specialphänomen hängt, hat eine davon unterscheidbare Schwelle (Specialschwelle). Mag nun die Aufmerksamkeit noch so stark auf ein Gebiet gerichtet sein, wenn diese Specialschwelle nicht erreicht ist, so nehmen wir nichts von dem Phänomen wahr, obwohl wir die Richtung der Aufmerksamkeit darauf spüren; nach Massgabe, als sie überstiegen wird, erscheint uns das Phänomen in grösserer Stärke, unabhängig von dem Grade der Aufmerksamkeit, wenn nur die Schwelle des Totalbewusstseins, an welchem die Aufmerksamkeit wesentlich Antheil hat[*]), überstiegen ist. Ist diess aber nicht der Fall, so kann die Schwelle des Sonderphänomens noch so sehr überstiegen sein, und dasselbe entschwindet doch dem Totalbewusstsein, d. h. Bewusstsein überhaupt.

---

*) Zu einem allgemeinen Anhalt für die Vorstellung kann man an die Mitbestimmung der Schwingung eines Grundtones durch die Schwingungen von Obertönen denken; nur dass die psychophysischen Processe der Aufmerksamkeit und der sinnlichen Sonderphänomene unstreitig viel weiter auseinander weichen.

Natürlich, wenn man, wie von Manchen geschieht, der Aufmerksamkeit eine psychophysische Unterlage entzieht, entzieht man damit zugleich der vorigen Erklärung ihren Grund. Aber abgesehen von den Gründen, welche von factischer Seite jener Entziehung entgegenstehen[**]), halte ich es selbst für einen, der Psychophysik zu statten kommenden, Vortheil, dass man nicht durch Thatsachen dieser Art genöthigt ist, ihr solche zu entziehen.

Die Frage nach der Gültigkeit einer innern Schwelle hängt so sehr mit der Frage und Deutung negativer Empfindungswerthe zusammen, dass wir sie mit vorigen Betrachtungen noch keineswegs erledigt halten können, sondern zum Schlusse des folgenden Abschnittes wieder werden darauf zurückzukommen haben.

Wenn ich in meiner Abhandlung gegen Aubert (p. 11) zu Gunsten des Weberschen Gesetzes gesagt habe, dass es auch das Schwellengesetz hergebe, so ist das unbedacht gesagt, namlich in sofern unrichtig, als vielmehr das Schwellengesetz mit dem Weberschen Gesetze zusammen das logarithmische Massgesetz hergiebt, aus dem naturlich das Schwellengesetz dann wieder als Folgerung fliesst. Günstig aber bleibt jedenfalls für die fundamentale Gultigkeit des Schwellengesetzes, abgesehen von den dafur sprechenden Thatsachen.

---

[*]) Eben so wie den Specialempfindungen kann man der darauf zu richtenden Aufmerksamkeit eine besondere Schwelle zusprechen. Die Schwelle des Totalbewusstseins aber hangt functionell von beiden ab. Vergl. hiezu eine berichtigende Bemerkung zum 42. Kap. der Elemente im XXIII. Abschnitt.

[**]) Bei angestrengter Aufmerksamkeit auf irgend etwas ist jede willkuhrliche Vornahme einer physischen Kraftausserung unmoglich, indem die willkuhrlich disponible korperliche Kraft fur die Aufmerksamkeit in Anspruch genommen ist. Die Ohren spitzen, die Augen aufreissen, sich den Kopf zerbrechen, sind alles Ausdrucke fur unwillkuhrliche Reflexbewegungen bei Anstrengung der Aufmerksamkeit in gegebenen Gebieten.

dass sich aus dem reinen Weberschen Gesetze überhaupt gar kein endliches Mass für endliche Empfindungen gewinnen liesse, ohne dass man das Schwellenprincip zuzieht, wie in Elem. II. 34 gezeigt worden.

Wenn aber Langer (p. 66) sagt: »dass die Thatsache der Schwelle aus jeder beliebigen Curve als psychophysischem Gesetz fliessen könne, weil sie nur die Forderung enthalte, dass die Curve für einen gewissen endlichen Werth, die Schwelle, die Abscissenaxe schneiden soll; welche Forderung durch alle möglichen Curven erfüllt werden könne«; so frage ich ihn, ob sie z. B. aus der Curve $\gamma = k\beta$ oder $= k\beta^2$ etc. als psychophysischem Gesetz fliessen könne. Er wird sagen: o ja, ich brauche dazu nur den Anfangspunct der Abscisse β zu verlegen. Ich erwiedere: o nein, es ist bei einer Curve als psychophysischem Gesetz eben nicht willkührlich, wohin ich den Anfangspunct der Abscisse verlege; vielmehr ist es eine, nur durch besondere Thatsachen geforderte und aus der logarithmischen Massformel wieder fliessende Eigenheit der psychophysischen Curve, dass der Anfangspunct der Abscisse an einen Punct gelegt werden muss, der in einem endlichen Abstande vom Schneidungspuncte mit der Curve liegt. Wir haben es hier eben nicht mit einer abstracten mathematischen Curve, sondern einer solchen zu thun, die durch das Verhältniss von Ordinate γ in der bestimmten Bedeutung als Empfindung zur Abscisse β in der bestimmten Bedeutung als Reiz erfahrungsmässige Verhältnisse beider auszudrücken hat. Kurz, ich finde hier bei Langer dieselbe Untriftigkeit, deren ich bei Delboeuf S. 95 zu gedenken haben werde.

X. Einwände gegen die negativen Empfindungswerthe. Weitere Bemerkungen über die Schwelle (Delboeuf, Langer, Preyer).

Wenn die Grösse des Reizes β oder der psychophysischen Thätigkeit, die durch den Reiz ausgelöst wird, unter den Schwellenwerth b fällt, so nimmt nach der Massformel die Empfindung γ negative Werthe an (S. 8. 10). Und selbst rücksichtslos auf die Gültigkeit unsrer Massformel wird man sich überall zur Annahme von negativen Empfindungswerthen unter der Schwelle geführt finden, wenn man nur das Schwellengesetz selbst zulässt, das ja auch abgesehen vom Weberschen und logarithmischen Massgesetze bestehen könnte; denn während das logarithmische Massgesetz des Schwellengesetzes zur Ableitung bedarf (Elem. II. 34), gilt nicht das Umgekehrte. Und wie die einfache Empfindung muss die Unterschiedsempfindung und jede, an psychophysische Thätigkeit gebundene, psychische Thätigkeit überhaupt, wofür eine Schwelle besteht, negative Werthe unter der Schwelle annehmen. Kurz, der Begriff der psychophysischen Schwelle und negativer psychischer Werthe unter der Schwelle sind, mindestens so wie ich selber beide verstehe, solidarisch.

In der That, wenn die Empfindung γ, um uns zunächst an diese zu halten, merkliche Werthe für das Bewusstsein erst mit Uebersteigen eines gewissen Reizwerthes b (oder der dadurch ausgelösten psychophysischen Thätigkeit) gewinnt, und in functioneller Abhängigkeit von dem Grade dieses Uebersteigens selbst steigt, so ist selbstverständlich, dass, so lange b nicht erreicht ist, etwas an dem Zustandekommen der Empfindung fehlt, und, wie man das Sinken einer Welle unter das Niveau durch negative Höhenwerthe bezeichnet, wenn man für das Uebersteigen positive hat, wird man natürlicherweise auch das, was am Erreichen des Punctes, von wo an die Empfindung erst merkliche positive Werthe erhält, noch fehlt (nicht zu verwechseln mit dem, was an dem dazu erforderlichen Reizgrade noch fehlt), mit negativem Vorzeichen zu behaften haben, wenn man das, was ihn übersteigt, mit positivem Vorzeichen behaftet, soll sich überhaupt eine functionelle Abhängigkeit der Empfindung vom Reize durch die ganze Reizscala forterhalten.*) Nun besteht die Aufgabe, das Mass der negativen Entfernung vom Nullpunct der Empfindung oder des Gesunkenseins darunter mit dem Masse der positiven Erhebung darüber in eine gemeinsame functionelle Abhängigkeit vom Reizwerthe zu setzen, was unter Voraussetzung der Gültigkeit des Weberschen Gesetzes durch die Massformel geschieht.

Ein directes Mass für das, was am Zustandekommen einer Empfindung noch fehlt, haben wir nicht im Bewusstsein. Das Mass dafür durch die Massformel ist aber die Consequenz der mathematischen und experimentalen Gründe, auf welche sich das Mass der Empfindungen, welche den Schwellenwerth, d. i. Nullwerth der Empfindung, positiv übersteigen, stützt, und ist dieser Consequenz gemäss zu verstehen. So, richtig gefasst und verstanden, ist das Inbegriffensein der negativen Empfindungswerthe zugleich mit den positiven in derselben Formel keineswegs gleichgültig für die Erfahrung. Denn wenn schon die negative Empfindung als solche nicht in die Erfahrung tritt, und man in keiner Weise nach directer Aussage des Bewusstseins angeben kann, wie viel an dem Zustandekommen einer Empfindung fehlt, so doch nach der durch die Formel gegebenen Beziehung der negativen Empfindung zum Reizwerthe, wie viel noch an dem Reizwerthe fehlt, der zum Zustandekommen einer positiven, d. i. wirklichen, Empfindung nöthig ist, was beides wichtig ist nicht zu verwechseln. Es soll sich ja in der Psychophysik um die Kenntniss der functionellen Beziehung zwischen körperlicher und geistiger Thätigkeit handeln. Dazu aber gehört auch, zu wissen, ob mehr oder weniger an den körperlichen Bedingungen des Daseins einer Empfindung fehlt, oder, was auf dasselbe herauskommt, wie viel von dieser Bedingung (β) da ist, und was erreicht werden muss (b), damit die Bedingung zur wirklichen Empfindung erfüllt sei. Soll nun eine Formel ebenso für den Fall passen, dass diese Bedingung nicht erreicht, als dass sie überschritten ist, so nimmt die Empfindung von selbst negative Werthe für ersten Fall an, während sie positive für den zweiten annimmt, und das Mass derselben ersten Falls ist nicht das der unvollständigen Bedingung (β) selbst, sondern steht in gleicher functioneller Abhängigkeit davon als das der positiven Empfindung von der überschrittenen Bedingung.

---

*) Anders, wenn die Stärke einer Empfindung mit der Höhe einer Welle nicht über dem Niveau, sondern über dem Boden zu vergleichen wäre, in welchem Falle es keine Schwelle, kein Sinken unter den Boden, mithin keine negativen Empfindungen gäbe.

Man darf überhaupt nicht übersehen, dass die negativen Empfindungswerthe (so lange sie nicht bis zu $-\infty$ bei $\beta = 0$ herabsinken) immer mit einem positiven Momente behaftet bleiben, welches nur eben nicht die Empfindung selbst, sondern den Reiz oder die psychophysische Thätigkeit angeht, und wodurch das Dasein der negativen Empfindung von dem Fehlen eines Anlasses zur Empfindung überhaupt unterschieden bleibt. Dass etwas zum Dasein einer positiven Empfindung fehlt, hängt, wie eben bemerkt worden, functionell daran, dass etwas zur Erfüllung der physischen Bedingung fehlt, bei welcher die Empfindung positiv zu werden beginnt; aber eine unvollständige Bedingung dazu ist doch schon da, welche nur der Ergänzung bedarf, um in positive Empfindung auszuschlagen, ihrerseits aber eine solche Ergänzung andersher gegebenen Anlässen zur Empfindung zu gewähren vermag, und auch ohne Ergänzung zu bewusster Empfindung physische Erfolge im psychophysischen Systeme zu erzeugen vermag, welche von gleicher Natur sind, als die durch die vollständigen Bedingungen bewusster Empfindungen erzeugten. Von diesen Verhältnissen hängt die wichtige Rolle ab, welche die psychophysischen Thätigkeiten unter der Schwelle im sogen. unbewussten Leben spielen; und in Rücksicht hierauf habe ich die ihnen functionell zugehörigen Empfindungen auch selbst unbewusste Empfindungen genannt, auf welchen Namen übrigens nichts ankommt, wenn es gilt, die angegebene sachliche Bedeutung der negativen Empfindungen oder allgemeiner der negativen Bewusstseinsphänomene unter der Schwelle überhaupt zu vertreten.

Nur auf Grund der Vorstellungsweise, dass bei den sogen. unbewussten Zuständen des Seelenlebens noch ein Rest von den physischen (psychophysischen) Bedingungen des Bewusstseins unter der Schwelle fortbesteht, ohne dass er zum Bewusstsein selbst hinreicht, scheint mir überhaupt ein klarer Unterschied unbewusster Zustände von bewussten zu gewinnen, und die Forterhaltung eines causalen Zusammenhanges zwischen bewussten durch unbewusste hindurch sich verstehen zu lassen, so dass die Psychologie in dieser Hinsicht ohne Psychophysik nicht auszukommen vermöchte. In der That, wenn das bewusste Seelenleben zeitweise durch Zustände geschwundenen Bewusstseins (Schlafzustände) unterbrochen wird *), spielen doch die physischen Bedingungen desselben unter der Schwelle zur Erhaltung des causalen Zusammenhanges fort, und erhebt sich das Spiel beim Erwachen nur wieder ins Bewusstsein, wie es beim Einschlafen unter die Schwelle sank. Dasselbe aber, was vom ganzen bewussten Leben, kann von besondern Bestimmungen desselben gelten, wie die Thatsachen des Gedächtnisses beweisen. Jede andre Vorstellungsweise, was unbewusste Zustände einerseits bewussten, andrerseits bewusstlosen (wo die psychophysische Bewegung ganz schweigt), gegenüber sind, scheint mir sachlich unklar. Um sich aber nicht in begriffliche Widersprüche zu verwickeln, hat man beim Ausdrucke »unbewusste Empfindung« den Mangel an Empfindung psychischerseits nicht mit der unvollständigen Bedingung derselben physischerseits zu verwechseln, und könnte zwar durch die Definition selbst vielmehr letztere als erstere als unbewusste Empfindung bezeichnen, um so zu sagen eine palpable Vorstellung dafür zu haben, würde aber damit aus dem begrifflichen Zusammenhange und der für die

---

*) Manche freilich meinen, ohne dass sich ein sichrer Beweis oder Gegenbeweis führen lässt, dass es keinen Schlaf ohne Träume (deren wir uns nur nicht überall erinnern können) giebt. Aber wäre es so, so würden die fast immer wirren Traumvorstellungen doch wenig geeignet sein, den Causalzusammenhang zwischen den vernünftigen wachen Zuständen fortzuerhalten. Uebrigens kann man sich des allmäligen Schwindens von Bewusstsein bei Annäherung an den Schlaf wohl selbst noch so bewusst werden, um an ein völliges Schwinden bei vollem Schlafe glauben zu können.

Psychophysik nothigen Unterscheidung zwischen psychischer und physischer Seite des Lebens herauskommen.

Uebrigens hindert nichts, das fur den Menschen unbewusste physische Spiel doch zu dem allgemeinern Bewusstsein eines Weltgeistes, das auf einer tiefern Schwelle als das menschliche steht, positiv beitragend zu denken, und, abgesehen von meinen naturphilosophischen Schriften, gehe ich gegen den Schluss meiner Elemente im 45. Kap. derselben selbst auf Vorstellungen der Art ein. Aber die Psychophysik hat nicht mit solchen, von vorn herein sehr fern liegenden, Vorstellungen, sondern mit Erfahrungsthatsachen am Menschen und mit Bestimmungen, die fur das menschliche Bewusstsein massgebend sind, zu beginnen, um darin selbst einen Anhalt zum Schlusse uber den Menschen hinaus und hinauf zu gewinnen; fur den Menschen aber kann thatsachlich am Zustandekommen von Bewusstsein noch etwas fehlen, weil die Schwelle des menschlichen Bewusstseins durch dessen psychophysische Bedingung noch nicht uberstiegen ist, indess die, nach Schlussen voraussetzliche, tiefere Schwelle des allgemeinern Bewusstseins dadurch uberstiegen ist. Hier ist jedenfalls von Bewusstseinsbestimmungen uberall nur in dem Sinne die Rede, wie sie vom menschlichen Bewusstsein auszusagen sind.

Will man sagen: da nach mir selbst eine negative Empfindung sich von einer Nullempfindung für das Bewusstsein, zu dessen Phänomenen doch die Empfindung gehört, in Nichts unterscheidet, so müssen auch beide gleichmässig mit Null bezeichnet werden; es wird eben beidesfalls nichts empfunden; so ist diess in sofern untriftig, als das Mass der Empfindung als Function des Masses des Reizes gegeben wird, in Betreff der Beziehung zwischen Empfindung und Reiz aber sich beide Fälle sehr wesentlich unterscheiden, so dass die negative Empfindung, wenn schon für das Bewusstsein unmittelbar gleichwerthig mit einer Nullempfindung, eine andre Bedeutung für das Seelenleben hat, als die Nullempfindung. Nun kann man nur erwünscht finden, wenn dieser Unterschied sich im Massausdruck der Empfindung selbst in einer, mit dem Masse der wirklichen, positiven, Empfindung zusammenhängenden Weise geltend macht.

Auch der Nullwerth und negative Werth des Radius vector einer Curve als Function eines Winkels sind darin gleichwerthig, dass sich für den einen so wenig als für den andern ein merklicher Werth in der Wirklichkeit aufzeigen lässt, und müssen doch unterschieden werden. Im selben Sinne aber muss der Nullwerth und negative Werth einer Empfindung unterschieden werden; und ein mathematischer Einwurf gegen letztre Unterscheidung würde zugleich die erstre treffen. Mit Rücksicht auf diese Verwendung des negativen Vorzeichens in der Mathematik für einen analogen Fall, kann man dann auch die negative Empfindung so gut als es mit dem negativen Radius vector geschieht, unter den Begriff des Imaginären bringen.

Eben so untriftig, als einen Einwand aus vorigem Gesichtspuncte zu erheben, würde es sein zu sagen: bei den negativen Empfindungen soll nach mir eine unvollständige Bedingung zur Empfindung vorhanden sein; aber einer solchen müsste natürlicherweise auch eine unvollständige Empfindung entsprechen, indess ihr nach mir eine imaginäre, gar nicht vorhandene Empfindung entsprechen soll, eine solche, an deren Zustandekommen noch etwas fehlt. Inzwischen dürfte folgendes einfache Beispiel diesen Einwand mit dem vorigen zugleich schlagen.

Die physische Tageshelligkeit H kann als Function der Sonnenhöhe h durch die Formel $\sin h$ als gemessen angesehen werden. Gesetzt es wäre keine Atmosphäre vorhanden, welche selbst in dem Falle, dass die Sonne unter den Horizont sinkt, noch Strahlen aufwärts reflectirt, so würde die Helligkeit erst beginnen, wenn h den Nullwerth übersteigt, und alle Tiefen der Sonne unter dem Horizonte würden ein gleich absolutes Dunkel geben; doch würden die Werthe H je nach den verschiedenen Werthen $-h$ mit verschiedenen Werthen $\sin -h = -\sin h$ auftreten. Und wer wird nicht sagen, dass, wenn die Sonne sich von ihrem tiefsten Stande unter dem Horizonte dem Horizonte genähert hat, schon eine unvollständige Bedingung der Tageshelligkeit vorhanden ist, ohne dass noch das Geringste von ihr selbst vorhanden ist, da vielmehr an ihrem Zustandekommen noch etwas fehlt.

Wenn ein eiserner Ofen geheizt wird, trägt jeder Grad der Erhitzung schon etwas bei, seine Platten zum sichtbaren Glühen zu bringen, doch beginnt es erst, wenn ein gewisser Grad der Hitze erreicht ist, und wächst dann an Intensität mit dem Grade der Erhitzung. Auch hier ist bei der unvollständigen Bedingung des Glühens noch gar nichts vom Glühen spürbar.

Mancher sammelt Geld zu einem Hausbau, aber fängt erst damit an, wenn er eine gewisse Summe zusammen hat. Man kann unzählige Beispiele der Art häufen, welche beweisen, dass eine unvollständige Bedingung einer Sache noch keineswegs überall hinreicht, von der wirklichen Sache schon irgend etwas herbeizuführen oder mitzuführen; vielmehr entspricht der gegentheiligen mathematischen Möglichkeit die reale; und muss man also in der Erfahrung nachsehen, wie die wirklichen Verhältnisse liegen. *)

Das Vorige ist wesentlich, nur in etwas andern Wendungen, dieselbe Erklärung, die ich in meinen Elementen (insbesondere im 18. Absch.) über die negativen Empfindungswerthe gegeben habe, und wovon etwas zurückzunehmen ich noch jetzt keinen Anlass finde. Indess hat man sich mehrfach theils in diese Erklärung nicht recht zu finden vermocht, theils mathematische Bedenken dagegen erhoben, theils an der experimentalen Begründung des Schwellengesetzes gemäkelt, theils diese Begründung ignorirt, und in Folge dessen meine Massformel durch andre Formeln zu ersetzen gesucht, welche keinen Schwellenwerth enthalten und mithin keine negativen Empfindungen ergeben. So ist es von Plateau, Brentano, Delboeuf, Langer **) geschehen, und insbesondere sind es Delboeuf und Langer, welche sich über Schwierigkeiten in angegebenen Beziehungen bestimmter ausgesprochen haben. Hier das Wesentliche davon mit meiner Erwiederung darauf.

Das Begriffliche und Mathematische anlangend, so sagt Delboeuf (Ét. p. 17): »Nach Fechner ist eine negative Empfindung eine sehr schwache Empfindung, von der man kein Bewusstsein hat.« Eine solche Erklärung zu geben, ist mir natürlich nicht eingefallen, da sie für mich eine contradictio in adjecto enthält. — Delboeuf sagt weiter (Ét. p. 17): »Wir könnten negative Empfindungen a priori verwerfen, weil die Empfindungen nothwendig etwas sind, und weil der Ausdruck »»negative Empfindung«« ein Unsinn ist.« Natürlich ist er es, wenn man einen Unsinn darunter versteht; ich meine aber nicht, dass er es ist, wenn man ihn in obigem Sinne versteht. Man halte sich doch nicht an Worte, sondern an die sachliche Erklärung der Worte, deren es überall in diesem neuen Gebiete bedarf, um nicht missverstanden zu werden. — Delboeuf hält es (Ét. p. 18) gewissermassen für selbstverständlich, die Empfindung, welche einem Nullwerth des Reizes entspricht, mit Null zu bezeichnen, da hier in der That absolut keine Empfindung vorhanden sei, indess meine Massformel den Nullwerth der Empfindung an einen bestimmten endlichen Werth des Reizes knüpft, für den Nullwerth des Reizes aber die Empfindung gleich $-\infty$ giebt. Ich meine aber hierauf durch die Gesammtheit der Erörterungen, welche von S. 90 ff. an geführt sind, genug geantwortet zu haben, wonach der Empfindungswerth, der einem Nullwerth des Reizes entspricht, bei dem es hiemit absolut an einem Anlass zur Empfindung fehlt, von dem Nullwerthe der Empfindung bei einem endlichen Reizwerthe functionell wohl zu unterscheiden ist. — Delboeuf macht die Willkühr, mit der man den Anfangspunct einer Abscisse oder Thermometerscala verlegen kann, gegen die Annahme des Nullpuncts der Empfindung bei einem bestimmten Reizwerthe geltend; während doch factisch für die Empfindungsgrössen nicht dieselbe Willkühr wie für beliebige mathematische Grössen und für physische Scalen besteht, indem die Empfindung wirklich erst von einem bestimmten Reizwerthe an eintritt, d. i. den Nullwerth übersteigt. Aus reiner Mathematik heraus wird man überhaupt eine Formel für psychophysische Verhältnisse eben so wenig als für irgend welche andere reale Verhältnisse sei es begründen oder widerlegen können, es wäre denn, dass man Widersprüche oder Unmöglichkeiten darin aufzeigte, was Delboeuf nicht gethan hat.

---

*) Volkmann hat in einer Abhandlung, die ich nicht mehr zu citiren weiss, sehr triftig gegen Darwin geltend gemacht, dass ein Rudiment z. B. eines Flügels, wozu es im Laufe der Entwickelung der Geschöpfe zufallig einmal gekommen ist, dem betreffenden Geschöpfe noch gar keinen Vortheil fur seine Erhaltung und seinen Sieg im Kampfe um das Dasein gegen andre Geschopfe verleihen konnte, also auch der Fortschritt zum vollständigen Flügel im weitern Laufe der Generationen nicht vermöge eines Vortheils, der erst mit dem vollständigen Flügel eintrat, geschehen konnte.

**) Brentano giebt zwar selbst keine Formel, aber es folgt eine solche ohne Schwelle aus dem von ihm statuirten Gesetze. Langers Formel enthält zwar nominell (nach Langers Bezeichnung) eine Schwelle, aber eine solche, welche meinem Begriffe derselben nicht entspricht. (Vergl. S. 39 und die unten folgenden Bemerkungen.)

Inzwischen hält Delboeuf seine Einwürfe gegen unsere negativen Empfindungswerthe für so fundamental und durchschlagend, dass er ihnen so zu sagen um jeden Preis, also auch mit Aufopferung der Schwelle, in seinen Formeln zu entgehen sucht; hienach in seiner ersten Abhandlung (Étud.) Formeln aufstellt, welche überhaupt zu keinen negativen Empfindungswerthen führen, in seiner zweiten und dritten (Théor. und Rev.) zwar negative Empfindungswerthe so gut als positive statuirt, jedoch in ganz anderm Sinne als ich, indem er (Théor. p. 30) nicht imaginäre oder fehlende Empfindungen, sondern Empfindungen von negativem Charakter gegenüber solchen von positivem Charakter, wie Kälte gegen

Wärme, Schwarz gegen Weiss, Stille gegenüber Geräusch darunter versteht, und beiderlei Empfindungen unter dieselbe Formel bringt; worüber und wogegen ich mich schon S. 31 ff. hinreichend ausgesprochen zu haben glaube.

Hienach wenden wir uns zu Langers Einwürfen.

Dass der fundamentale mathematische Widerspruch, den Langer (p. 51) gegen meine negativen Empfindungswerthe erhebt, ein fundamentales mathematisches Versehen sei, glaube ich S. 37 einfach genug gezeigt zu haben. Seine eigenen, mit diesem Widerspruche consequenten, Ansichten anlangend, so statuirt er, wie früher S. 38. 39 bemerkt, eine Schwelle in einem eignen Sinne und unbewusste, aber nicht negative, imaginäre. Empfindungen unter der Schwelle; vielmehr sind ihm die Empfindungen unter der Schwelle nur »kleine Empfindungen, welche zu klein sind, um direct ins Bewusstsein zu treten«, sind »immer positiv, indem Reiz und Empfindung gleichzeitig null werden«, und »dem Schwellenwerth selbst entspricht eine endliche positive Empfindung, welche man nach Wundt Empfindungsschwelle nennen kann, und welche sagt, dass Empfindungen diese Schwelle überschritten haben müssen, wenn sie direct ins Bewusstsein treten sollen, d. h. wenn es möglich sein soll, ihre Existenz sofort mit andern Empfindungen durch intellectuelle Thätigkeit in Beziehung zu setzen.« — Mögen nun diese Bestimmungen zu Langers Weise, wie er Schwelle, Bewusstsein, Unbewusstsein versteht, passen, so wüsst' ich doch nicht, warum ich meine Auffassungsweise derselben Begriffe, wozu sie nicht passen, dagegen aufgeben sollte, da ich seine gegentheilige Auffassung mit einer mathematischen Untriftigkeit zusammenhängend finde, und seinen Bestimmungen weder unmittelbare Klarheit abzugewinnen, noch solche in für mich sachlich klare zu übersetzen weiss, was mir überhaupt mit keiner Auffassung gelingen kann, welche vom Dasein positiver Empfindungen unter der Schwelle sprechen lässt.

In der That, wenn ich bei fixirter Aufmerksamkeit auf ein Empfindungsgebiet von einer Empfindung (oder einem empfundenen Unterschiede) durchaus nichts erkennen kann, trotz dem, dass eine physische Ursache dazu da ist, was der factische Fall der Schwelle in meinem Sinne ist, so verstehe ich nicht, wie man sagen kann, dass doch eine kleine (einfache oder Unterschieds-) Empfindung da sei, die man nur mit andern nicht vergleichen kann; es scheinen mir das völlig mystische Begriffe. Unstreitig giebt es Fälle, wo man sich des einen psychischen Werthes, ungeachtet er da war, nicht mehr so erinnern kann, um ihn mit andern zu vergleichen; aber das sind Fälle, wo man die Aufmerksamkeit nicht auf den ersten gerichtet oder ihn vergessen hat, indess die Thatsache der Schwelle in unserm Sinne besteht, wenn man die Aufmerksamkeit auf das betreffende Gebiet scharf richtet, sich unmittelbar fragt, ob etwas der Art, was in diess Gebiet gehört, gespürt wird, und sagen muss, dass man nichts davon erkennt. Meinen Formeln liegt diese Auffassung der Schwelle und des Fehlens einer Empfindung, wenn der Reiz unter der Schwelle ist, geradezu als Definition unter; hiefür werden sie als gültig erklärt; spricht man also hienach von Empfindung auch da noch, wo trotz dahin gerichteter Aufmerksamkeit nichts davon gespürt wird, so passen natürlich meine Formeln nicht auf eine solche Empfindung: und fänden die Gegner Formeln, welche auf ihre Definition und die Erfahrung zugleich passen, wie Langer wenigstens solche gesucht hat, so würden sie den meinigen noch nicht widersprechen, sondern nur der andern Definition gemäss consequent auszulegen sein. Es geht aber für mich der klare Begriff des Daseins und Fehlens einer Empfindung unter den zur Constatirung geeignetsten Bedingungen überhaupt verloren, wenn man es nicht in voriger Weise fasst, und leicht kommt man damit zu einer Verwechselung oder einem unklaren Zusammenwerfen der psychischen Empfindung mit ihrer physischen Bedingung, die angegebenermassen schon unvollständig da sein kann, wenn von der Empfindung selbst in obigem Sinne noch nichts da ist. Und eine solche Verwechselung scheint mir hie und da vorzuliegen.

Uebrigens können folgende einschaltungsweise Bemerkungen vielleicht noch etwas zu bestimmterer begrifflicher Erläuterung der hier einschlagenden Verhältnisse beitragen.

Man merke wohl, für welchen Fall und aus welchem Gesichtspuncte ich meine Definition des Fehlens von Empfindung als fundamental gebe und in Anspruch nehme. Ich kann Empfindungen in einem gegebenen Gebiete haben oder nicht haben, ohne später sicher zu wissen, ob ich sie gehabt oder nicht gehabt habe, weil meine Aufmerksamkeit dadurch nicht hinreichend beschäftigt war, um deutliche Nachwirkungen zu hinterlassen. Solche Empfindungen und Nichtempfindungen können für die Psychophysik eben so wenig Anhalt zu grundlegenden Bestimmungen geben, als für die Astronomie das Dasein oder Nichtdasein eines Sterns an einem gegebenen Orte ausser der

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

Zeit seiner directen Beobachtung. Gilt es aber, das Dasein oder Nichtdasein und die Verhältnisse des Daseins *einer* Empfindung in *einem* gegebenen Gebiete und unter gegebenen Umständen zu constatiren, um die Abhängigkeit der Empfindung von diesen Umständen kennen zu lernen, so gilt es auch, die Aufmerksamkeit unter diesen Umständen dahin zu *richten*, und ich *sage* dann, dass ich die Empfindung unter diesen Umständen habe oder nicht habe, je nachdem ich etwas davon bemerke oder nicht bemerke; und ich schliesse, dass die Empfindung auch dann, wenn ich die Aufmerksamkeit nicht besonders darauf richte, die gesetzlichen Abhängigkeitsverhältnisse, die ich so beobachten konnte, befolgen wird, in sofern sich der *Grad* der Aufmerksamkeit nicht darauf von Einfluss zeigt, was selbst *eine* Sache der Beobachtung ist (vergl. S. 26, 27). Natürlich nun kann ich keinen Anlass finden, vom Dasein *einer* Empfindung unter gegebenen Umständen bei nicht dahin gerichteter Aufmerksamkeit zu sprechen, wo ich bei darauf gerichteter, ja darauf concentrirter Aufmerksamkeit nichts davon bemerke, so, wenn der Reiz zu klein ist, kann also überhaupt das Dasein *einer* Empfindung unter solchen Umständen nicht zugestehen.

Bei solcher Feststellung der Begriffe für die fundamentalsten Beobachtungsverhältnisse der Psychophysik fallen Speculationen, was Bewusstsein überhaupt sei, ganz weg, und ist Alles im innerlich Aufzeiglichen gehalten, so weit sich überhaupt mit Worten etwas innerlich aufzeigen lässt. Kurz: ich *nenne* unbewusste Empfindung eine solche, an deren Dasein noch etwas fehlt, indess *eine* unvollständige physische Bedingung dazu da ist. Ob aber etwas von Empfindung hiebei da ist oder nicht da ist, halte ich durch die vorigen Erklärungen bestimmt. Auch bei den massgebenden Beobachtungen über die *Unterschiedsempfindungen* ist die Frage, ob eine solche unter gegebenen Umständen da ist oder nicht da ist, nach gegenwärtiger Beobachtung unter diesen Umständen bei darauf gerichteter Aufmerksamkeit zu beantworten; hiemit ist die *Thatsache* des Daseins oder Nichtdaseins derselben unmittelbar bestimmt. Inzwischen lehren die Beobachtungen selbst, dass ein gesetzliches Verhalten der Unterschiedsempfindungen, wie solches durch die Unterschiedsmassformel bestimmt ist und Anhalt zum Schlusse auf das gesetzliche Verhalten der Empfindungsunterschiede giebt, nur in so weit stattfindet, als der veränderliche Einfluss, den die Unsicherheit des Gedächtnisses und die Raum- und Zeitlage der Componenten des Unterschiedes auf die Thatsache der Unterschiedsempfindung äussert, durch Mittelziehung aus *einer* Mehrheit von Versuchen und Entgegensetzung von Versuchen mit *entgegengesetzter* Raum- und Zeitlage möglichst vermindert und eliminirt wird, wie im 5. Abschnitt besprochen worden; wonach die allgemeinen Speculationen über den hinderlichen Einfluss der Erinnerung auf die Constatirung unsrer Gesetze, die man geglaubt hat hier einmischen zu müssen, gegenstandslos werden.

Nach all' dem vermuthe ich, dass man noch allerlei begriffliche oder scheinbar sachliche Schwierigkeiten *erheben* wird, deren Beschaffenheit ich nur nicht überall voraussehen kann. Gegen einige, die mir als mögliche einfallen, bemerke ich zum Voraus Folgendes.

Man darf gegen meine Erklärungen nicht einwenden, dass ich selbst zugestehe, es könne eine Empfindung grösser sein als eine andre, ohne dass ich es bemerke, wenn der Unterschied zu klein ist, hiemit zugestehe, es könne etwas an Empfindungen da sein, was ich nicht bemerke. Aber es ist etwas Andres, einen Unterschied zwischen zwei Empfindungen bemerken und zwei verschiedene Empfindungen haben. Ich kann bemerken, dass ich die eine habe und eben so, dass ich die andre habe; um sie aber zu vergleichen und ihres Unterschiedes zu gewahren, muss ein neuer Act des Bewusstseins eintreten, der seinen besondern psychophysischen Bedingungen unterliegt; und wie die psychophysische Thätigkeit ein gewisses Verhältniss zu ihrem Schwellenwerthe übersteigen muss, damit ich eine einfache Empfindung habe, muss das Verhältniss zweier psychophysischer Thätigkeiten ein gewisses Verhältniss zur Verhältnissschwelle übersteigen, damit ich einen Unterschied zwischen zwei von mir bemerkten Empfindungen bemerken kann.

Nun sagt man vielleicht: Wohl, wenn ich einen Unterschied zweier Empfindungen in mir haben kann, ohne ihn doch bemerken zu können, so werde ich auch eine einfache Empfindung in mir haben können, ohne sie bemerken zu können. — Aber wenn ich, um nicht von etwas als daseiend zu sprechen, das als daseiend zu erkennen es absolut kein Mittel giebt, und damit ins Unfassliche zu gerathen, sagen darf, dass ich keine Unterschiedsempfindung habe, wenn ich von solcher absolut nichts bemerken kann, trotz dem, dass ein Reizunterschied dazu ist: werde ich auch sagen dürfen, dass ich keine einfache Empfindung habe, wenn ich von solcher absolut nichts bemerken kann, trotz dem, dass ein einfacher Reiz dazu da ist. Ein Unterschied zwischen Empfindungen ist freilich erstenfalls da, aber im Sinne der Unterschiedsmassformel als negativer unter der Schwelle, und so ist auch zweitenfalls im Sinne der Massformel eine Empfindung da, aber eben auch nur als negative unter der Schwelle, an deren Zustandekommen also vielmehr etwas fehlt, als dass schon etwas positiv davon da wäre. Ich denke, dass das Alles nur logisch und consequent im Sinne der vorgegebenen Grundbestimmungen ist.

Bei jeder Erfahrungswissenschaft gilt es, von einfachen Thatsachen unmittelbarer Beobachtung als fundamentalen auszugehen, diese klar und fest zu bezeichnen und auf Combination derselben Schlüsse zu begründen. Fundamentale psychophysische Thatsachen unmittelbarer Beobachtung sind: 1) dass ich bei Reflexion auf ein gegebenes Empfindungsgebiet von einer Empfindung nichts bemerken kann, wenn der Reiz zu klein ist, und von einer Unterschiedsempfindung nichts bemerken kann, wenn der Reizunterschied zu klein ist; 2) dass über den Punct (Schwellenpunct) hinaus, wo die Empfindung, respectiv Unterschiedsempfindung, merklich zu werden beginnt, dieselben mit dem Reize respectiv Reizunterschiede wachsen. Zur kurzen Bezeichnung der ersten Thatsache sage ich, wie schon gesagt, dass ich eine einfache oder Unterschiedsempfindung nicht habe, wenn ich durch Reflexion auf das betreffende Empfindungsgebiet absolut nichts davon bemerken kann: die Combination der ersten Thatsache mit der zweiten aber lässt mich schlussweise doch davon sprechen, dass ein Unterschied von Empfindungen bestehen kann, wovon ich nichts als Unterschiedsempfindung bemerke, ohne dass dieselbe Consequenz dahin führt, von Empfindungen als bestehend zu sprechen, von denen sich nichts bemerken lässt. Denn bis zu einfachen Empfindungen gelangt, stehen wir bei etwas Elementarem, Letztem im Bewusstseinsgebiete.

Will man also sagen: Da wo Fechner von Empfindungen unter der Schwelle, negativen Empfindungen, unbewussten Empfindungen spricht, was alles gleichbedeutend nur Abstände von dem Puncte bezeichnen soll, wo eine Empfindung merklich zu werden beginnt, sind schon kleine positive Empfindungen da, die aber nur nicht bemerkt werden können, so kann ich es nicht hindern; nur scheint es mir eben so müssig als für die Vorstellung unklar, und ändert nichts in den sachlichen Verhältnissen, wie sie von mir ins Auge gefasst sind.

Langer behauptet nun freilich, dass doch bei der Methode der richtigen und falschen Fälle sich factisch kleine positive Unterschiedsempfindungen unter der Schwelle geltend machen, indem er (p. 52) in etwas schwieriger Construction sagt: Diese Methode beruhe auf der Thatsache, »dass die Empfindung eines kleinen Reizunterschiedes, welche nicht direct ins Bewusstsein tritt, weder null noch negativ ist, sondern einen gewissen positiven kleinen Werth hat, der durch die Einflüsse bei der Beobachtung dieses kleinen Reizunterschiedes in vielen Beobachtungen verstärkt wird, und dessen Existenz dadurch auf das Schärfste erwiesen ist.« — Aber wie so? Nach meiner Darlegung in Elem. I. 247, die ich durch Langers scharfen Erweis in Nichts entkräftet finde, kann durch die Einflüsse der Beobachtung bei jener Methode ein Reizunterschied unter der Schwelle, der als solcher nicht gespürt werden würde, mithin für sich keine noch so kleine positive Unterschiedsempfindung gäbe, so verstärkt, d. h. der zugehörige Unterschied der psychophysischen Thätigkeiten so erhöht werden, dass die Schwelle überstiegen und er mithin gespürt wird, um so leichter und öfter, je grösser er selbst ist, weil er dann eines um so kleinern verstärkenden Zuwachses zum Uebersteigen der Schwelle bedarf. Auf diesem Grunde beruht die Methode. Langer freilich bezieht die Einflüsse bei der Beobachtung unmittelbar auf Verstärkung einer von ihm schon als vorhanden vorausgesetzten kleinen Empfindung, aber mit Unrecht, wenn eine Psychophysik gelten soll. Denn sofern hienach die Unterschiedsempfindung eine Function des relativen Reizunterschiedes oder Reizverhältnisses ist, kann die Aenderung der Empfindung auch nur von Aenderung der Reizeinflüsse oder psychophysischen Thätigkeiten abhängig gemacht werden; dass aber eine kleine Empfindung unter der Schwelle ohne den verstärkenden Einfluss der Beobachtung schon vorhanden sei, ist eben nur Langers Voraussetzung, nicht ein Beweis für diese Voraussetzung.

Abgesehen von den, ausdrücklich von Delboeuf und Langer geltend gemachten, Einwürfen kann man sich mir gegenüber auf folgenden Fall berufen.

Es kann sein, dass man für das allgemeine Tagesgeräusch so abgestumpft ist, dass man auch bei gespanntester Aufmerksamkeit nichts zu hören meint, dass man sich sagt: es ist ganz still, und doch, wenn das Tagesgeräusch, d. h. die physische Bedingung desselben, aufhört, es als vermehrte Stille empfindet. Es kann sein, dass man sich an eine, mit riechenden Substanzen erfüllte, Luft so gewöhnt hat, dass man auch bei Richtung der Aufmerksamkeit darauf nichts zu riechen meint, und doch, wenn man in eine von den riechenden Substanzen freie Luft kommt, es als vermehrte Reinheit spürt. Also, kann man sagen, musste ich doch auch erstenfalls eine Gehörsempfindung, zweitenfalls eine Geruchsempfindung gehabt haben.

Aber wenn ich, um beim ersten Beispiel stehen zu bleiben, beim schwachen, wie ganz fehlenden Tagesgeräusch keine Bestimmung meines Bewusstseins in mir finde, die ich als Gehörsempfindung erkenne, so habe ich auch nach meiner Definition erstenfalls eben so wenig als zweitenfalls Grund, vom Dasein einer solchen zu sprechen, und bezeichne ja auch eben desshalb den ersten wie zweiten Zustand als Zustand der Stille, d. i. Abwesenheit von Gehörsempfindung; wenn ich doch aber einen Unterschied beider Zustände empfinde, so ist es nicht ein Unterschied zwischen positiven Empfindungen, die vielmehr nicht da sind, sondern ein Unterschied zwischen Zuständen des auf das Gehörsgebiet bezogenen Allgemeinbewusstseins, welche da sind. Eben so nämlich, wie ich bei Beschäftigung des Allgemeinbewusstseins in einem gegebenen Gebiete, d. i. Richtung der Aufmerksamkeit darauf, im Falle verschiedener Reize über der Schwelle die Unterschiedsempfindung haben kann, dass von den zwei positiven Empfindungen die eine den Nullpunct, Schwellenpunct, mehr übersteigt als die andre, — es muss nur das Unterschiedsverhältniss der

Reize gross genug dazu sein, — kann ich bei zwei Reizen unter der Schwelle in meinem, auf das betreffende Gebiet bezogenen, Allgemeinbewusstsein die Unterschiedsempfindung haben, dass zum Erreichen des Nullpuncts der Empfindung im betreffenden Gebiete bei der Wirkung des einen mehr fehlt als bei der andern, was im Tongebiete als grössere Stille (nicht als schwächerer Laut) erscheint; es muss nur eben auch das Unterschiedsverhältniss der Reize unter der Schwelle gross genug dazu sein. Ja der Ausdruck grössere Stille hätte in unserm Falle sogar keinen Sinn, wenn man Stille nicht in unserm Sinne verstehen wollte. Denn ein Nichts kann nicht einmal grösser sein als das andremal, indess an etwas einmal mehr fehlen kann als das andremal, so am Vermögen bei grössern Schulden, am Erreichen eines Punctes, wenn man weiter rückwärts davon ist.

Man kann einwenden, dass auch in dem Falle, wo unsere Aufmerksamkeit nicht auf das Tongebiet gerichtet ist, doch der Uebergang in grössere Stille empfunden, ja die Aufmerksamkeit dadurch auf das Tongebiet gelenkt werden kann. Aber jeder Reiz in einem gegebenen Gebiete zieht die, der Aufmerksamkeit unterliegende, psychophysische Thätigkeit in gewissem Grade an; sie theilt sich in einer gewissen Abhängigkeit von der Vertheilung der Reize, und muss nur auch eine gewisse Schwelle in jedem gegebenen Gebiete übersteigen, um als Richtung auf dieses Gebiet empfunden zu werden. Noch stärker als durch Reize aber wird die Aufmerksamkeit durch Reizunterschiede, Contraste angeregt, also kann diess auch durch den Uebergang in grössere Stille geschehen.

Folgte umgekehrt, als bisher angenommen, nach einer längern Stille, die unter dem Einflusse eines continuirlichen gleichförmigen sehr schwachen Tagesgeräusches für die Empfindung bestanden, ein in gewissem Verhältnisse stärkeres, das ohne die vorhergegangene Stille auch unter der Schwelle gewesen wäre, so kann es sein, dass die Reizbarkeit durch die vorhergegangene Stille hinreichend gesteigert ist, dass nicht blos eine verminderte Stille empfunden wird, sondern dass das Geräusch jetzt wirklich als Geräusch wahrgenommen wird.

Bemerken wir nun noch, dass der betrachtete Fall keineswegs aus der Fassung durch unsre Formeln heraus fällt; vielmehr würde ohne denselben ein in diesen Formeln vorgesehener Fall durch die Erfahrung ungedeckt bleiben.

In der That, ziehen wir die hier einschlagende Unterschiedsmassformel S. 11 in Betracht, so gehört nach ihr zur Wahrnehmung des Unterschiedes zwischen zwei Reizen β, β_1, dass das Verhältniss der Reize, um deren Unterscheidung es sich handelt, also $\frac{\beta}{\beta_1}$, kurz φ, eine gewisse endliche Grösse, die Verhältnissschwelle

v überschreite. Mögen nun β, β_1 beide sehr klein und daher beide unter der Schwelle sein, so kann doch allgemein gesprochen β_1 in so starkem Verhältniss gegen β klein sein, dass $\frac{\beta}{\beta_1} > v$ wird; und nur deshalb ist der Spielraum dafür in der Wirklichkeit nicht gross, weil jedes Sinnesgebiet so zu sagen schon mit einer gewissen psychophysischen Thätigkeit ohne Reiz als geladen anzusehen ist, welche, wenn auch für sich unter der Schwelle, dem äussern Reize zuzurechnen ist. Ein unendliches $\frac{\beta}{\beta_1}$ kann hiernach nicht für uns vorkommen, weil β_1 nicht für uns null werden kann. Im Fall aber die verhältnissmässige Differenz zwischen zwei Reizen, die unter ihrer eigenen Schwelle sind, nicht gross genug ist, wird sie eben so wenig spürbar, als wenn sie zwischen zwei Reizen oberhalb ihrer Schwelle nicht gross genug ist.

Während also zugestandenermassen bei einem einfachen Reize unter der Schwelle kein Mass, wie viel dabei am Zustandekommen der einfachen Empfindung fehlt, im Bewusstsein selbst zu haben ist, vermag uns der Contrast zwischen zwei successiven Reizen unter der Schwelle in einem gegebenen Empfindungsgebiete, ist er anders gross genug, doch zum Bewusstsein zu bringen, dass der eine mehr als der andre daran fehlen lässt. Dass wir aber grössere Stille im Tongebiete von grösserer Reinheit der Luft im Gebiete des Geruchsinnes unterscheiden, liegt darin, dass wir sehr wohl fühlen, auf welches Gebiet unsere Aufmerksamkeit bezogen ist, auch wenn mehr oder weniger am Zustandekommen einer Empfindung darin fehlt.

In meinen Elementen hat mich die Frage, wie der Fall zu deuten, dass β, β_1 beide unter der Schwelle und doch $\frac{\beta}{\beta_1}$ über der Verhältnissschwelle ist, in eine gewisse Verlegenheit gesetzt, die ich hier triftiger als dort (Elem. II. 44) gelöst zu haben glaube.

Nach Vorigem kann ich der Ansicht Preyers nicht beitreten, wenn er (in s. Abh. »Ueber die Grenzen der Tonwahrnehmung« p. 67) sagt: »Ich behaupte dagegen (d. i. gegen Fechner), dass eben so wie die psychophysische Thätigkeit des Sehens die des Hörens normalerweise ohne äusseren Schallreiz über der Schwelle ist, und dass eben die Empfindung der Stille es ist, welche vollkommen der Empfindung des sog. Augenschwarz beim lichtdicht verschlossenen Auge oder im Finstern correspondirt. Eben so wie das Schwarz der Malerei unentbehrliche Empfindung ist, ist die Pause der Musik unentbehrliche Empfindung.« — Zur Begründung hievon macht Preyer geltend, dass äussere und innere Schallreize stets vorhanden sind. — Gewiss, nur meine ich, dass sie eben so wohl unter als über der Schwelle sein können: das Schwellengesetz liegt ja eben darin, dass erstres der Fall sein kann. — Ferner: »dass die Empfindung der Lautlosigkeit [Stille] verschieden von dem Nichthören schlechthin [z. B. mit dem Finger] sei.« Aber meines Erachtens doch nur dadurch, dass wir uns der Richtung der Aufmerksamkeit auf das Gehörsgebiet noch bewusst sind, wenn das Hören selbst fehlt. — Ferner: »dass die Stille als grösser oder geringer empfunden werden könne.« — Aber doch eben nur als grössere oder geringere Stille, wie im Vorigen besprochen ist: und unter Stille versteht man Abwesenheit von Gehörsempfindung.

Die vollkommene Analogie der Empfindung der Stille mit der des Augenschwarz kann ich nicht zutreffend finden. Richte ich die Aufmerksamkeit auf das Gehörsgebiet, so höre ich nichts, wenn mein Gehörapparat gesund ist und alles äussere Geräusch fehlt, das nenne ich eben Stille; richte ich die Aufmerksamkeit auf das Gesichtsfeld, so sehe ich Schwarz, auch im normalsten Zustande, und wenn alles äussere Licht fehlt. Die Stille kann mit leisem Geräusch durchsetzt sein, wie das Augenschwarz mit Lichtstaub; aber in so weit es der Fall ist, ist es eben keine völlige Stille. Freilich bedarf es der Pause in der Musik, wie des Schwarz in der Malerei; aber nur, weil es beidesfalls des Contrastes bedarf, in welchen allerdings die Stille so gut eintreten kann als das Schwarz.

Es kann der Fall eintreten, dass ein Reiz seine Schwelle überschreitet, also nach unsrer Massformel eine positive Empfindung giebt, aber sie in so kleinem Verhältniss überschreitet, dass hienach kein Unterschied von einer Nullempfindung bemerklich werden sollte; doch ist eine positive Empfindung nothwendig in Ueberschuss gegen eine Nullempfindung. Empfinden wir dann oder empfinden wir nichts davon? Wie ist dieser Conflict zu lösen oder dieser Widerspruch zu deuten? Meines Erachtens so: Es ist nach vorgängigen Erörterungen nicht dasselbe, des Daseins einer Empfindung einfach zu gewahren, und ihres Unterschiedes von einer mitgehenden oder vorausgehenden Empfindung zu gewahren, sei diese null oder nicht null. Nun hängt jeder Zweifel, ob etwas da sei oder nicht da sei, überhaupt davon ab, dass gewisse Bestimmungsgründe uns nach einer, andere nach der andern Seite neigen lassen, und ein solcher Conflict besteht in dem Falle, dass die Reizschwelle, aber nicht die Unterschieds- oder Verhältnissschwelle bezüglich der Reizschwelle überschritten ist; unser Bewusstsein ist hiebei von einer Seite andersher bestimmt als von der andern, und kann je nach der Stimmung und der Mitbestimmung desselben der einen oder andern Richtung folgen. Also kann man das Intervall, wo die Reizschwelle aber nicht die Verhältnissschwelle bezüglich dazu überschritten ist, als das Intervall betrachten, wo man bei darauf gestellter Frage unsicher ist, ob man eine Empfindung überhaupt habe oder nicht habe, ein Fall, der ja bei Selbstbeobachtung oft genug eintritt, indess man bei Ueberschreitung jenes Intervalles des Daseins der Empfindung sicher ist.

Wäre der Zweifel, ob wir eine gewisse Empfindung haben oder nicht haben, bei der Wahl dazwischen auf den einfachen Fall beschränkt, dass der Reiz genau auf der Schwelle wäre, so könnte, abgesehen von dem, freilich mit zu berücksichtigenden, Einflusse zutretender Einbildungsmomente, ein solcher Fall nur unendlich selten, d. i. so gut als nie eintreten, weil der genaue Punct der Schwelle nur unendlich selten getroffen werden kann. Ausserdem kann eine unendlich kleine Ueberschreitung der Reizschwelle auch nur eine unendlich kleine Empfindung wecken, von welcher sich nicht sprechen liesse, doch sollte nach der Massformel sich schon davon sprechen lassen; aber in Conflict mit der Aussage der Unterschiedsmassformel, welche für eine andre Bestimmung des Bewusstseins gilt, findet überhaupt, selbst für etwas grössere Ueberschreitungen, eine Unbestimmtheit statt, wohin der Ausschlag geht.

Auch diese Verhältnisse glaube ich triftiger hier als in den Elem. II. 87 f. erläutert zu haben.

Man kann von einer Schwelle noch in einem besondern Sinne sprechen, den ich in den Elementen nicht berücksichtigt habe, ohne dass er mit anderweiten Ausführungen derselben in Widerspruch steht.

Gesetzt, eine Violine oder Flöte wird so laut gespielt, dass man sie deutlich hört, wenn sie für sich gespielt wird. Setze man aber, sie werde inmitten eines ungeheuren Volkstumultes gespielt, so kann es sein, dass ihr Klang trotz genauester Aufmerksamkeit völlig ununterscheidbar in dem allgemeinen Volksgeräusch aufgeht, und man von dem Dasein des Flöten- oder Violinentones nichts erkennt. Indessen würde es hinreichen, den Ton erforderlich gegen das übrige Geräusch zu verstärken, um ihn doch unterscheidbar herauszuhören, und es in dieser Beziehung eine Schwelle ähnlich der Unterschiedsschwelle geben, nur dass es sich hiebei nicht um gleichartige Reize neben oder nach einander, sondern um Gemische verschiedener handelt, daher man hier von einer Mischungsschwelle sprechen könnte. Unstreitig nun trägt der Ton des Instrumentes, ungeachtet im grossen Geräusch nicht als solcher erkennbar, doch etwas zur Verstärkung und Nüancirung des Geräusches über der Schwelle bei, ja selbst Reize, für sich unter der Schwelle, können durch Zutritt zu Reizen über der Schwelle zur Verstärkung und Nüancirung der Empfindung beitragen. Von solchen für sich nicht unterscheidbaren, doch zu einer Gesammtempfindung beitragenden, Empfindungen sage ich, dass sie unbewusst in einem allgemeinern Bewusstseinsphänomen aufgehen. Unstreitig spielen in jeden wachen Bewusstseinszustand eine Menge solcher unbewusst darin aufgehender Empfindungen, von verschiedenen Sinnesgebieten her, hinein. Wie leicht zu erachten aber wird durch die Thatsache der Mischungsschwelle der Schwellenbegriff überhaupt mit den davon abhängigen negativen Bewusstseinswerthen nicht aufgehoben, sondern nur verallgemeinert.

Die Unterschiedsschwelle lässt sich nicht darauf reduciren, dass beide Empfindungsstärken, um deren Unterscheidung es sich handelt, in einem Gemisch von Empfindungen verschwimmen, beide unter der Mischungsschwelle sind; denn sie besteht für Empfindungen, die beide deutlich da sind, also die Mischungsschwelle übersteigen; und wenn wir schon keinen wachen Zustand beobachten können, in dem nicht jede äussere oder innere Reizwirkung, welche eine Empfindung bedingt, von nebensächlichen Reizwirkungen begleitet wäre, so fallen doch im traumlosen Schlafe — giebt es anders einen solchen — alle zugleich unter die Schwelle.

XI. Bemerkungen über Contrastempfindung.
(Hering, Mach.)

Es ist nicht meine Absicht, die Lehre von den Contrastempfindungen hier in allgemeiner Weise abzuhandeln, sondern nur einige Hauptpuncte derselben zu besprechen, welche theils als Schwierigkeiten gegen die experimentale Bewährung des Weberschen Gesetzes erscheinen könnten, theils anderwärts aus diesem oder jenem Gesichtspuncte zu berühren sind.

In einer Abhandlung in den Berichten der sächs. Soc. vom Jahre 1860. 71 ff. »Ueber die Contrastempfindung«*) habe ich unter andern, hier nicht zu berücksichtigenden, Puncten die folgenden nachzuweisen versucht, wobei ich Kürze halber die psychophysische Thätigkeit, wovon die Lichtempfindung abhängt, inneres Licht, die, zwei contrastirenden Flächen gemeinsame, Grenze Grenzlinie nennen werde: 1) Dass die sog. Hebung der Eindrücke durch den Contrast, vermöge deren Weiss neben Schwarz heller, Schwarz neben Weiss schwärzer erscheint, als neben einer gleichartigen Nachbarfläche oder als neben Grau, kein rein psychologisches Phänomen ist, sondern mindestens theilweise (wenn nicht ganz, vergl. S. 128 der Abh.) daher rührt, dass durch die Nachbarschaft der contrastirenden Flächen (vermöge einer Wechselwirkung der Theile der Netzhaut oder des Centralorgans) sich das innere Licht auf dem Weiss verstärkt, auf dem Schwarz schwächt gegen den Fall, dass die Nachbarfläche gleich beleuchtet wäre, dass also die Intensität des innern Lichtes auf jedem Theile der Netzhaut nicht blos von der Intensität des auf ihn selbst fallenden äussern Lichts, sondern auch von der Intensität desselben auf den angrenzenden und selbst entferntern Theilen abhänge, was ich Kürze halber unter den, nach voriger Erklärung nicht misszuverstehenden, Ausdruck zusammenfasse, dass die Vertheilungsweise des inneren Lichtes von der Vertheilung des äusseren auf der Netzhaut mitbestimmt werde. — 2) Dass die Hebung durch den Contrast vermöge seiner Fernwirkung sich zwar über grössere Flächen von der gemeinsamen Grenzlinie aus nach beiden Seiten erstreckt, in der Nähe der Grenzlinie aber zu sog. Randscheinen verstärkt, die von der Grenzlinie an mit rasch abnehmender Deutlichkeit sich in den Grund verlaufen, unter Umständen gar nicht, unter andern Umständen ausserordentlich deutlich sind, wovon ich die hauptsächlichsten Bedingungen in einiges Detail verfolgt habe. — 3) Dass zu der einerseits verstärkten, anderseits geschwächten sinnlichen Empfindung, welche von psychophysischer Verstärkung und Schwächung der Componenten des Contrastes, kurz vom Hebungsphänomen durch Abänderung des innern Lichts abhängt, hiemit zur Summe der sinnlichen Empfindungen eine, von der Differenz der Eindrücke abhängige, eigenthümliche Seelenaffection von höherm Charakter, kurz Contrastempfindung im engern Sinne, hinzutritt, wodurch die Seele stärker beschäftigt, die Aufmerksamkeit mehr angeregt wird, als durch räumliche Continuität sei es des Weiss oder Schwarz, trotz dem, dass continuirliches Weiss eine grössere Summe sinnlicher Empfindung auslöst, als wenn ein Theil des Weiss durch Schwarz ersetzt wird.

---

*) Vergl. auch meine frühere Abhandlung in Poggend. Ann. L. 1840, S. 193 ff.

Hering hat, unabhängig von mir, Versuche angestellt und (in s. 2. und 3. Mitth. 1873) bekannt gemacht, welche ihn hinsichtlich des ersten Punctes, nur von andrer Seite her, zu dem gleichen Resultate einer Abhängigkeit der innern von der äussern Lichtvertheilung (in obigem Sinne) führen, und Mach hat in no. 2 Formeln für diese Abhängigkeit entwickelt, die, so weit sich's durch Beobachtungen verfolgen lässt, mit der Erfahrung wohl stimmen.

Nun ist nicht unwichtig, dass nach diesen Formeln durch die Abhängigkeit der innern von der äussern Lichtvertheilung die experimentale Bewährbarkeit des Weberschen Gesetzes nicht wesentlich alterirt wird, indem unter Absehen von dem innern Lichte des Augenschwarz, dessen Dasein überall für eine experimentale untere Abweichung vom Weberschen Gesetze in Anspruch zu nehmen, die Ver-m-fachung des äussern Lichtes auf beiden Componenten, die es zu beobachten gilt, auch die Ver-m-fachung des innern Lichtes auf beiden mitführt, wie immer die übrigen Vertheilungsverhältnisse des äussern Lichtes beschaffen sein mögen. Allgemein folgt diess aus den allgemeinen Formeln, welche Mach für die Abhängigkeit der innern von der äussern Lichtvertheilung unter Einschluss der Randscheine aufgestellt hat. Einfacher lässt es sich in Uebereinstimmung mit Machs einfacher Formel

p. 3) wie folgt für den Fall zeigen, dass man den Einfluss, den eine grössere Nähe der contrastirenden Theile auf Verstärkung der Wirkung hat, nicht berücksichtigt; wobei ich überdiess zunächst von dem, auch von Mach vernachlässigten, innern Licht des Augenschwarz abstrahire.

Sei die Netzhaut, deren Fläche F, in die Flächen $f', f'', f''' \ldots$ getheilt, auf welche respectiv die äusseren Lichtintensitäten $i', i'', i''' \ldots$ fallen und die von deren Grösse und Vertheilung abhängigen Intensitäten des innern Lichtes auf denselben Flächen respectiv $I', I'', I''' \ldots$; sei W die Pupillenweite, k eine Constante, und Kürze halber die gesammte äussere Lichtsumme, welche auf die Netzhaut fällt, d. i. $f'i' + f''i'' + f'''i''' \ldots = \Sigma if$ gesetzt, so ist jedes I einerseits einfach proportional dem zugehörigen äusseren i, andrerseits dem durch die gesammte äussere Lichtsumme dividirten i, mithin:

$$I' = k W \cdot i' \frac{i'}{\Sigma if}; \qquad I'' = k W \cdot i'' \frac{i''}{\Sigma if} \text{ etc.}$$

woraus unmittelbar folgt, was zur Möglichkeit experimentaler Bewährung des Weberschen Gesetzes von den Flächen f', f'' zu fordern ist, dass $\frac{I''}{I'}$ sich gleich bleibt, wenn sowohl i'' als i' mit demselben m multiplicirt wird, indem zwar W und Σif sich damit ändern, aber für beide zugleich beobachtete Componenten des Contrastes in derselben Weise.

Dasselbe trifft nun auch noch zu, wenn in die allgemeinern Formeln die Entfernung der contrastirenden Theile von einander aufgenommen wird. Es kann aber von Interesse sein, zu zeigen, dass den einfachsten Fällen des Contrastes, die es zu beobachten gelten kann, schon die vorige einfachste Formel in allgemeiner Weise genügt.

So ergiebt sich die hebende Wirkung des Contrastes an einem solchen Falle leicht wie folgt.

Denken wir uns die ganze Fläche der Netzhaut in zwei gleiche Theile, jeden $= 1$ gesetzt, getheilt, und beide zuerst gleichförmig mit der Intensität i beleuchtet, so dass kein Contrast zwischen beiden stattfindet, so wird Σif sein $= 2i$, mithin jede Hälfte nach der Formel als innere Intensität I haben

$$I = k W \cdot \frac{i}{2}$$

Werde jetzt, unter Beibehaltung von i für die eine Hälfte, die andre mit dem $m$fachen i beleuchtet, mithin ein Contrast eingeführt, so wird, obschon sich in der äussern Beleuchtung der ersten Hälfte nichts geändert hat, doch die innere Intensität eine andre werden, nämlich nach der Formel übergehen in

$$I = \frac{k\,W'i}{1+m}$$

Es wird aber, abgesehen von Aenderung der Pupillenweite aus W in W', das zweite I grösser oder kleiner sein als das erste, je nachdem m kleiner oder grösser ist als 1. D. h. je nachdem man die Beleuchtung der zweiten Hälfte verstärkt oder schwächt, wird das innere Licht der ersten abnehmen oder wachsen; und zwar würde es mit immer grösserer Verstärkung von m ins Unbestimmte abnehmen, wenn nicht das Dasein der innern Helligkeit des Augenschwarz, wovon hier abstrahirt ist, worauf jedoch unten Rücksicht genommen werden soll, eine Grenze setzte, unter welche auf diesem Wege nicht gelangt werden kann. — Doch weiter.

Ein Mondscheinfleck oder Lichtfleck von der Strassenbeleuchtung her, der auf die graue Wand eines übrigens ganz dunklen Zimmers durch eine Lücke des Fenstervorhanges oder Ladens fällt, erscheint wie leuchtend, ja heller als die ganze Wand im vollen Tageslichte, ungeachtet man keine in den Fleck gehaltene Schrift zu lesen vermöchte. Der Jupiter erscheint bei Nacht ungleich heller als das Himmelblau am Tage, worin er doch erlischt. Nun kann man zur Erklärung hievon darauf hinweisen, dass im Dunkeln sich die Pupille erweitert; nur ist ihre Veränderlichkeit in viel zu enge Schranken eingeschlossen, um zur Erklärung auszureichen. Ferner: Dass das Auge im dunkeln Raume für das Licht empfindlicher wird, d. h. dass im ausgeruhten Auge derselbe äussere Lichtreiz ein stärkeres inneres Licht hervorlockt, als im ermüdeten; jedoch auch, ehe man das Auge im Dunkeln ausgeruht hat, alsbald wenn man aus dem erleuchteten Zimmer in das dunkle tritt, macht sich die Erscheinung an der Wand mit dem angegebenen Charakter geltend. Also können beide Umstände nur helfend wirken, nicht den Hauptantheil am Phänomen haben. Ziehen wir aber jetzt die obige Formel in Betracht, so bietet sie zwei Grenzfälle dar. 1) wo ausser dem Lichte i', was auf die Fläche f' fällt, die gesammte Summe des Lichts, welche auf die übrige Fläche fällt, also $f'' i'' + f''' i''' +$ etc. vernachlässigt werden kann, 2) wo ein gleich intensives Licht, als auf f', auf die übrige Netzhaut fällt. Erstenfalls ist $I' = k W \frac{i'}{f'}$, zweitenfalls unter Rücksicht, dass die Pupillenweite W sich in die engere W'' verwandelt, $I' = k W'' \frac{i'}{F}$, der zweite Werth also nicht blos wegen der kleinern Pupillenweite, sondern auch wegen Uebergangs des Nenners f' in $F = f' + f'' + f''' \ldots$ kleiner, und zwar um so kleiner, einen je kleinern Bruchtheil f' von der ganzen Netzhautfläche darstellt; woraus sich sofort erklärt, dass die, dem ersten Fall approximativ entsprechende Helligkeit eines Sterns wie des Jupiter bei Nacht so gross erscheint. Nur hat man desshalb nicht anzunehmen, dass sie dem Werthe I' proportional erschiene, da vielmehr die Empfindung der Helligkeit nun erst nach unserm Massgesetze von I' abhängig zu denken ist. In der That aber kann sich ja das Webersche Gesetz, von welchem das Massgesetz abhängig ist, selbst mit auf Beobachtungen von Sternhelligkeiten stützen.

Das i' einer ganz vom Tageslicht erhellten Wand ist freilich viel grösser als das des Mondflecks auf der dunklen Wand, und hiedurch kann der Nachtheil, in welchem das I' erstenfalls gegen das I' zweitenfalls steht, unter Umständen compensirt und überwogen werden, so, wenn der Mondschein, statt sich auf einen verhältnissmässig kleinen Fleck zusammenzuziehen, das ganze Zimmer gleichförmig erleuchtet. So lange aber das f des Mondflecks klein gegen F bleibt, sieht man ein, dass leicht ein erhebliches Uebergewicht seines I über das I eines ganz tageshellen Zimmers bestehen kann.

Streng genommen freilich complicirt sich die Formel, ohne damit die Erklärung der vorigen Thatsachen aufzuheben, wenn das innere Licht zugezogen werden soll, was dem Auge schon ohne äussern Lichtreiz im sog. Augenschwarz zukommt. Wahrscheinlich ändert sich die Vertheilung dieses natürlich vorhandenen innern, im geschlossenen ausgeruhten Auge nahehin gleichförmig vertheilten, Lichtes — nennen wir es kurz das natürliche Augenlicht —, wenn das Auge dem äussern Lichte und hiemit dessen Contrasten geöffnet wird, in Zusammenhange mit der Vertheilung des von der äussern Erregung hervorgebrachten innern

Lichtes, nur dass nach einer natürlichen Einrichtung die Intensität des natürlichen Augenlichts nicht unter eine gewisse Grenze herabgehen, die Empfindung des Schwarz hiemit nicht unter eine gewisse Tiefe sinken kann. Wonach man das natürliche Augenlicht als aus einem constanten und einem variablen Theile bestehend anzusehen hat, welcher letztere durch Contrastverhältnisse des äusseren Lichtes bei offenem Auge, so wie in Nachbildern, welche im geschlossenen Auge von vorgängigen äussern Eindrücken abhängen, bis zum constanten Theile als Grenze herabsinken, aber auch in unbestimmtem Grade über die natürliche Intensität aufzusteigen vermag. Wirklich erscheint Schwarz in Contrast gegen Weiss bei offenem Auge reiner und tiefer schwarz als das Schwarz des natürlichen Augenlichtes im geschlossenen Auge, wie Hering durch überzeugende Versuche (in s. 4. Mitth. p. 130) bewiesen hat. Was Nachbilder von contrastirenden Flächen oder Objecten, die mit offenen Augen gesehen wurden, in dem nachher geschlossenen Auge anlangt, so liegt im Vorigen auch die allgemeine Möglichkeit begründet, dass von hellen Objecten in dunklem Grunde ein tieferes Schwarz und vom dunklen Grunde ein lichteres Weiss im Nachbilde erscheine, als dem natürlichen Augenlichte ohne vorgängig einwirkenden Contrast zukommt. Dass die Intensität des, aus innerer Quelle stammenden, innern Lichts geschlossener Augen nicht über die des natürlichen Augenlichts ansteigen könne, nachdem eine Contrasterregung desselben vorausgegangen, ist weder von mir behauptet, noch liegt es in der Consequenz irgend einer meiner Grundansichten, sondern das Gegentheil; doch ist mir eine solche Behauptung oder Consequenz mitunter untergeschoben worden, wonach es dann leicht ist, Thatsachen, die dagegen sprechen und mir längst bekannt waren, gegen mich geltend zu machen; doch gehe ich hierauf an diesem Orte nicht näher ein.

Dass in dem so hell scheinenden Mondscheinfleck auf der, bei Tageslicht grau scheinenden, Wand schwarze Schrift unlesbar ist, bedarf nun auch zur Erklärung der Mitrücksicht auf das natürliche Licht des Auges. Setzen wir seine Intensität ohne Trennung des constanten und variabeln Theiles gleich α, und die schwache Intensität des Lichtes, was vom Schwarz der Schrift zurückgeworfen wird und in das Auge gelangt, gleich α', ferner die Intensität, welche von der grauen Wand um die Schrift zurückgeworfen wird, beiläufig gleich $29\alpha'$, sofern nach Auberts Versuchen

(p. 73) Weiss 57mal so viel Licht als Schwarz zurückwirft, so haben wir für die Intensität I' der Schrift im Mondscheinfleck:

$$I' = \frac{k\,W\,(\alpha + \alpha')^2}{\Sigma\, i f}$$

für das I'' der Umgebung der Schrift

$$I'' = \frac{k\,W\,(\alpha + 29\,\alpha')^2}{\Sigma\, i f}$$

also

$$\frac{I''}{I'} = \frac{(\alpha + 29\,\alpha')^2}{(\alpha + \alpha')^2}$$

Nach Massgabe nun als α' kleiner im Verhältniss zu α wird, d. h. als das vom Schwarz der Schrift zurückgeworfene Licht gegen das natürliche Licht des Auges verschwindet, welchem Falle man sich bei schwacher äusserer Beleuchtung nähert, wird auch selbst $29\,\alpha'$ gegen α zurücktreten, jedenfalls α mit in Rechnung kommen, und I'' sich der Gleichheit mit I' nähern, der Unterschied zwischen I'' und I' also undeutlich werden; hiegegen, wenn das α' durch helle Beleuchtung so stark wird, dass α dagegen verschwindet, $\frac{I''}{I'}$ bis zu einem Maximumwerth ansteigen, der ohne die Gründe der obern Abweichung constant für wechselnde äussere Beleuchtung bleiben würde.

XII. Die Differenzansicht der Empfindungen
(Schneider, Delboeuf).

Manche sind geneigt, alle Empfindungen überhaupt für Differenzempfindungen in dem Sinne zu erklären, dass wir eine Empfindung nur im Unterschiede von einer (oder mehreren) andern, stärkern oder schwächern oder anders gearteten, Empfindung, welche vorher bestanden hat oder zugleich besteht, haben können, was natürlich fordert, dass zwischen den psychophysischen Vorgängen, auf welchen die Empfindungen ruhen, irgend welche Unterschiede stattfinden.

Diese Ansicht, kurz Differenzansicht, ist neuerdings von Schneider in einem kleinen Schriftchen (»Die Unterscheidung, Analyse, Entstehung und Entwicklung derselben u. s. w. Zurich, Schmidt, 1877«) mit Nachdruck vertreten und naher entwickelt. So sagt er u. a. (p. 3): »Die Empfindungen sind nicht durch einzelne Nervenerregungen als solche, sondern durch die Differenzen der Nervenerregungen unter sich und deren Verhaltnisse zum Ruhezustande bedingt.« — (p. 5): »Nur Differenzen der ausseren Zustande konnen als Reize wirken.« — (p. 6): »Bei ganz continuirlicher und äusserst langsamer Nervenreizung entsteht keine Empfindung.«

Auch Delboeuf vertritt in s. Theorie in gewissem Sinne eine Differenzansicht, woruber S. 28 ff. Rechenschaft gegeben worden, und zieht daraus u. a. (p. 39) folgende Folgerung: »Die Analogie fuhrt zu dem Glauben, dass ein Auge ohne Augenlider und Iris [durch deren Bewegungen die einfallende Lichtintensitat sich ändern konnte], umgeben von einer Oberfläche von gleichformiger und constanter Helligkeit keine Lichtempfindung haben würde, weil es keinen moglichen Contrast geben würde. Noch mehr, wenn das Auge unbeweglich ware, so dass es seinen Blick nicht von einem Puncte auf den andern richten konnte, so würde die Oberflache an verschiedenen Stellen verschieden hell und gefarbt sein konnen, und die Empfindung dennoch null sein [musste wohl heissen: allmalig schwinden], weil die verschiedenen Puncte der Netzhaut sich jede in ihrer Art der Art von Licht, wovon sie getroffen werden, accommodiren würden. Das Auge würde sich in Beziehung auf diese lichte Fläche in demselben Verhältniss finden als der ganze Korper in Bezug auf ein ungleich erwärmtes Bad.«

Nun mag es wohl sein, und mir selbst erscheint es überwiegend wahrscheinlich (vergl. Abschn. XX), dass an einen gleichförmigen, keine Unterschiede einschliessenden, Bewegungszustand sich wirklich keine Empfindung knüpfen kann. Insofern aber Schwingungszustände, wie solche unsern Empfindungen wahrscheinlich unterliegen, schon continuirliche Aenderungen einschliessen, gestehe ich, nicht einzusehen, warum solche Zustände nun so zu sagen noch einmal verschieden sein müssen, um Empfindung zu geben; was nicht ausschliesst, dass, wenn sie wirklich verschieden sind, auch der Unterschied empfunden wird; auch nicht ausschliesst, dass im Contrast zwischen Reizen jede Empfindung relativ stärker oder schwächer auftritt, als wenn der eine oder andre Reiz in continuo wirkte, wie im 11. Abschnitte besprochen ist. Freilich, da wir nie Empfindungen von gewisser Art oder Stärke ohne vorausgehende oder mitgehende von andrer Art oder Stärke haben, lässt sich gar kein strenger experimentaler Beweis führen, dass, wenn diese nicht voraus- oder mitgingen, überhaupt noch Empfindung da sein würde; ich finde nur weder einen theoretischen noch Erfahrungsgrund, welcher es anzunehmen wehrte, und glaube demnach — auch die entgegengesetzte Annahme aber kann sich nur auf einen Glauben stützen — dass, wenn ein Kind das erstemal in einer ganz gleichförmigen Helle, unter möglichster Abhaltung aller andern Sinnesreize, die sich freilich nicht völlig abhalten lassen, erwachte, es doch die Helligkeit des Lichtes empfinden würde, und dass, wenn schon bei längerm Andauern einer gleichförmigen Reizeinwirkung die Empfindung durch Abnahme der Reizbarkeit bis unter die Schwelle herabgedrückt werden kann, womit die Empfindung schwindet, sie nicht minder, so weit Versuche einen Wahrscheinlichkeitsschluss erlauben, bei einem Grade über der Schwelle stehen bleiben kann.

Hiebei erinnere ich an folgenden, in der Abhandlung »Ueber Contrastempfindung« in den Berichten der sächs. Soc. 1860 S. 114 von mir mitgetheilten, Versuch.

»In die quadratische Oeffnung (von 6 par. Zoll Weite) des Fensterladens eines übrigens dunkeln Zimmers setzte ich eine farbige Glasscheibe ein, und blickte hiedurch unverwandt auf den halb im Schatten des Hauses liegenden, halb von der Sonne erhellten, Sandplatz vor dem Hause. Diess setzte ich unter Anwendung eines dunkelvioleten Glases, welches im prismatischen Spectrum sehr überwiegend Roth gegen Blau zeigte, ½ Stunde, unter Anwendung eines tief rothen, 5 Minuten lang fort. Im ersten Momente erschien allerdings die Farbe des hellen Theiles des Platzes am lebhaftesten, schien sich aber nicht sehr stark und über eine gewisse Grenze hinaus (bei einem wie dem andern Glase) gar nicht weiter zu vermindern, so dass eine längere Fortsetzung des Versuches nutzlos schien.«

Nun kann man natürlich sagen: wäre der Platz nur ganz gleichförmig intensiv violet oder roth gewesen, und der Versuch noch länger fortgesetzt worden, so würde doch endlich die Farbenempfindung ganz erloschen sein; aber wenn man, weil es nicht möglich war diese Bedingungen vollständig herzustellen, den Versuch nicht beweisend genug für meine Auffassung hält, so ist doch jene Behauptung noch weniger beweisend für die gegentheilige.

Bei Anwendung eines blauen Glases, welches im Spectrum fast nur Blau mit sehr wenig Roth zeigte, war der Farbeneindruck fast sofort nach Vornahme des Glases in einer Art weisslichem Schein erloschen, und selbst dann war das noch sehr bald der Fall, als ich statt eines einfachen Glases ein doppeltes oder selbst dreifaches über einander anwandte. Das heisst meines Erachtens: wir haben hier zum ersten Fall, wo die durch längere Einwirkung der objectiven Farbe geschwächte Farbenempfindung dauernd über der Schwelle verharrte, den zweiten, wo sie unter die Schwelle sank und darunter verblieb; aber warum nicht dann auch im ersten, wenn die gegentheilige Auffassung Recht hatte?

Allerdings können Versuche wie folgende sehr scheinbar für die Anhänger der Differenzansicht sprechen.

Aubert sagt (p. 61): »Ich habe mich überzeugt, dass die Beurtheilung von reinem Grau sehr unsicher ist, dass eine Nüance nach Blau, Roth, Gelb nicht erkannt oder falsch bestimmt wird, wenn man nicht ein gleich helles Grau zum Vergleich daneben hat.«

Und **Ulrici**[*] (»Leib und Seele« p. 294): »Die röthliche Farbe eines Fasses Wasser, in welchem etwa nur $\frac{1}{10}$ Gran Carmin aufgelöst worden, sind wir ausser Stande wahrzunehmen; nach Beimischung einer etwas grösseren Menge Carmins vermögen wir sie zwar zu erkennen, aber nur dann, wenn wir anderes, ungefärbtes Wasser daneben haben und jenes mit diesem vergleichen.«

Aber diese Thatsachen beweisen doch nur: erstens, dass kleine Reizdifferenzen überhaupt nicht für sich erkannt werden, wenn sie unter die Unterschiedsschwelle reichen, zweitens, dass der Unterschied der Reize nach Contrastgesetzen eine relative Verstärkung und Schwächung der Componenten des Unterschiedes gegen den Fall mitführt, dass der Unterschied nicht bestände, wovon im vorigen Abschnitt gehandelt ist.

Nach **Schneider** kommt auch die Ruheempfindung nur durch die Differenz, den Contrast schwacher gegen starke Erregungen, zu Stande. (S. dessen Schriftchen »Ueber die Empfindung der Ruhe.« Zürich, Schmidt, 1876 p. 12.) Hiegegen möchte ich nicht streiten. Ohne den Zustand der Ruhe mit einem sei es erregten oder von Erregung noch freiern Zustande zu vergleichen, haben wir nicht die Empfindung der Ruhe, sondern einfach keine Empfindung in dem betreffenden Empfindungsgebiete. Also handelt es sich in der That um eine Contrastempfindung bei der Empfindung der Ruhe, worauf sich anwenden lässt, was im 10. Abschn. S. 103 f. gesagt ist. Aber dass die Ruheempfindung nur durch Contrast gewonnen werden kann, nöthigt nicht zu der Annahme, dass überhaupt keine Empfindung ohne Contrast gewonnen werden kann.

---

[*] Hier citirt nach einem Citat in einer Schrift von Ueberhorst.

XIII. Oscillations- und chemische Hypothese (Hering).

Auf die sehr allgemeinen Ansichten über die Natur der psychophysischen Thätigkeit oder Bewegung, die ich im 42. Kap. meiner Elemente aufgestellt habe und noch jetzt keinen Grund finde zu verlassen, will ich hier nicht zurückkommen, da das Folgende keinen Anlass enthält, sich zu solchen Allgemeinheiten zu versteigen. Vielmehr soll es sich hier nur um die Frage handeln, ob man von den zwei vornehmsten Hypothesen, welche über die Natur der psychophysischen Thätigkeit, nicht in der Welt überhaupt, sondern in Menschen und Thieren insbesondere, bestehen. sich vielmehr an die eine oder die andere zu halten habe.

Meinerseits halte ich es für überwiegend wahrscheinlich, und habe die Gründe dafür in den Elem. II. 282 eingehend besprochen, begegne auch darin einer ziemlich weit gehenden Uebereinstimmung, dass mindestens die deutlich oscillatorischen Reize des Lichtes und Schalles in unserm Nervensysteme wieder oscillatorische Bewegungen auslösen, an deren einfacher oder zusammengesetzter Periode die Qualität der Empfindung hängt, indess, sei es an der lebendigen Kraft oder überhaupt einer Function der Geschwindigkeit oder Geschwindigkeitsänderung, womit sich die Oscillationen der thätigen Theilchen vollziehen (Abschn. XX), die quantitative Seite der Empfindung hängt. Inzwischen hat sich neuerdings auch von verschiedenen Seiten, mit besonderm Nachdruck und in weitgehender Entwicklung namentlich Seitens Hering, die Ansicht geltend gemacht, dass es chemische Processe sind, welche durch den Lichtreiz und wohl durch Reize überhaupt in unserm Nervensysteme ausgelöst werden, von deren Beschaffenheit und Lebhaftigkeit die Qualität und Quantität der Empfindung abhänge. Auch hat diese Ansicht durch die neuern Erfahrungen über den Sehpurpur eine Bestätigung von scheinbar zwingender Kraft in Bezug auf die Lichtempfindung erhalten.*)

---

*) Freilich steht derselben auch Einiges entgegen, was noch der Aufklarung bedarf, ehe man sich von dieser Seite her zu weit in die chemische Theorie versteigen darf. Abgesehen davon, dass gelbes Natronlicht gesehen wird, doch aber den Sehpurpur nicht zu bleichen vermag, gehort dahin, dass nach den neuern Untersuchungen von Kühne (Unters. aus d. physiolog. Inst. zu Heidelb. 1877 p. 17ff.) die Zapfen in der Netzhaut des Sehpurpurs ent-

Nun habe ich aber schon in den Elem. II. 283 die Möglichkeit der chemischen Hypothese unbedenklich eingeräumt, nur zugleich darauf hingewiesen, dass sie der Oscillationshypothese in keiner Weise widerspreche*); ja meines Erachtens ist sie nach folgenden Betrachtungen geradezu darein zu übersetzen, um einen brauchbaren Anhalt für die Psychophysik zu bieten, einmal, weil dadurch eine verfolgbare Beziehung zwischen Reiz und psychophysischer Thätigkeit erhalten bleibt, zweitens, weil Oscillationen klareren Massbestimmungen und klareren Vorstellungen überhaupt unterliegen, als chemische Vorgänge. Gehen wir etwas näher auf die hier in Betracht kommenden Puncte ein.

Ein chemischer Vorgang beruht im Allgemeinen darauf, dass vorher getrennte Theilchen sich verbinden, oder vorher verbundene sich scheiden, oder Theilchen sich zwischen Verbindungen austauschen, indem gewisse Theilchen in die Anziehungssphäre von einander treten, andere dafür aus derselben austreten.**) In jedem Falle gehört dazu eine Bewegung der Theilchen zu oder von einander, und es ist von vorn herein sehr denkbar, dass diese Bewegung, wenn sie durch einen oscillirenden Reiz angeregt und unterhalten wird, statt in gleichförmiger Fortschreitung zu erfolgen, selbst einen oscillirenden Charakter annimmt, was nicht hindert, dass doch die Näherung oder Entfernung dabei das Uebergewicht gewinne und so in dauernde Verbindung oder Trennung ausschlage. Auch ist es ja nichts Neues, dass chemische Vorgänge, selbst ohne durch oscillatorische Reize erweckt zu sein, von Oscillationsphänomenen begleitet sind. Wenn das Feuer im Ofen brennt, so ist der chemische Vorgang dabei von starker Wärme- und Lichtentwicklung, d. i. von einem lebhaften Oscillationsprocess be-

---

behren. »Es besteht aber das Sinnesepithel im gelben Fleck des Menschen überwiegend, in der Fovea centralis an der Stelle des deutlichsten Sehens, der sicher auch Farbenempfindlichkeit zukommt, ausschliesslich aus Zapfen.«

*) »Selbst, wenn man die durch Licht- und Schallreiz erweckten Veränderungen als chemische fassen will, was sie wohl sein könnten, oder womit sie wenigstens verbunden sein könnten, werden diese in letzter Instanz auf Veränderungen in den Molecularverhältnissen zu reduciren sein, welche, sofern sie durch Schwingungen angeregt und unterhalten werden, kaum anders als selbst unter Form von Schwingungsbewegungen gedacht werden können.«

**) Auch Herings Assimilirungs- und Dissimilirungsprocess weiss ich nur auf diese Gesichtspuncte zurückzuführen.

gleitet, minder lebhafte chemische Processe sind unstreitig nur von minder lebhaften Oscillationsvorgängen oder Aenderungen der schon vorhandenen begleitet.

Nun erhebt sich allerdings von vorn herein die Frage, ob die Empfindung vielmehr von dem chemischen Process selbst, der in der Näherung oder Entfernung der Theilchen zu einander (d. i. der Lagen, um die sie schwingen) besteht, oder von den begleitenden Oscillationen functionell abhängig zu machen ist. Ich sage: das letztre ist vorzuziehen. Erstens aus den oben S. 118 angegebenen zwei allgemeinen Gründen, zweitens, weil bei manchen Sinnesempfindungen, wie dem Schall, die mechanische Affection der Nerven durch Schwingungen klar vorliegt, an einen chemischen Process dabei aber nur als an eine unbestimmte Möglichkeit gedacht werden kann; drittens, weil der chemische Process, den die Lichtempfindung auf der Netzhaut hervorruft, doch eben nur auf die Sehsubstanz der Netzhaut beziehbar ist, und es ganz dunkel bleibt, wie sich seine Wirkung anders als durch die begleitenden Oscillationen bis zum Gehirn forterstrecken soll. Rechnet man nun auch die Netzhaut selbst als Träger von Empfindung dem gesammten Empfindungsorgan mit hinzu (was mit meiner eigenen Ansicht mehr als mit der herrschenden stimmt), so kann es doch nur in sofern sein, als ihre psychophysischen Processe in *Continuität* mit denen des Gehirns sind, soll anders *unser* Bewusstsein davon berührt werden. Dass sich aber die Schwingungen langsamer durch den Nerven fortpflanzen als Lichtschwingungen draussen durch den Aether, geht weder Periode noch Amplitude derselben an, also auch nicht die davon abhängigen Bestimmungen der Empfindung. Und das ändert sich nicht, wenn man die fortgepflanzten Schwingungen vielmehr unter die Kategorie von elektrischen als von Lichtschwingungen glaubt bringen zu können.

Fragt sich: wie soll man sich überhaupt das Zustandekommen *dauernder* Empfindungen durch einen chemischen Process denken. Ich kann noch so lange in den hellen Himmel sehen: die Empfindung der Helligkeit schwächt sich allmälig, aber sie schwindet doch nicht. Es scheint unmöglich, das mit einem fortgehends in *derselben* Richtung vor sich gehenden chemischen Process, sei es ein Process, durch den sich Theilchen trennen oder durch den sie sich verbinden, zu vereinbaren, die Trennung oder Verbindung muss doch endlich erfolgt sein; und so lange die Lichtempfindung, wenn schon nicht an den chemischen Process selbst, aber an die davon mitgeführten Oscillationen geknüpft sein soll, wird die Oscillationshypothese mit der chemischen Hypothese in gleicher Weise durch diese Schwierigkeit betroffen, indess dieselbe natürlich für erstere wegfällt, wenn man die Oscillationen gar nicht durch den chemischen Process vermittelt hält. Auch bei Zulassung dieser Vermittelung aber, die immerhin bei der Lichtempfindung als wahrscheinlich und sonst als möglich anzuerkennen ist, erscheint die Schwierigkeit nicht als durchschlagend; denn einmal kann man sich denken, es sei eben wie beim immer fortbrennenden Feuer, wo dem chemischen Process immer neuer Stoff zugeführt wird, indess der verbrannte Stoff als Asche bei Seite fällt. Entsprechend nämlich kann auf Circulationswegen dem Sitze des chemischen Processes immer neuer Stoff zugeführt und der veränderte abgeführt werden. Dann kann man sich aber allerdings auch denken, dass, wie die photographischen Aenderungen durch das Licht ausserhalb des Auges nur allmälig erfolgen, dasselbe mit den photographischen Aenderungen des Sehpurpurs der Fall sei. Und sehr möglich, dass beide Umstände zusammen ins Spiel kommen.

Ich habe hier meine eigenen Ideen den sehr abweichenden gegenüber entwickelt, welche Hering in s. 5. und 6. Mittheilung aufgestellt hat, wovon S. 36 die allgemeinsten Gesichtspuncte mitgetheilt wurden und im Anhange zum folgenden Abschnitte noch einige Specialitäten mitgetheilt werden sollen, ohne hier in einen kritischen Vergleich zwischen beiden einzugehen; vielmehr wollte ich hier nur im Allgemeinen zeigen, dass sich die Betheiligung des chemischen Processes am Empfindungsvorgange auch noch in andrer Weise als in Herings Sinne denken lasse, und die Gründe angeben, wesshalb ich meine Auffassungsweise vorziehe.

Ungeachtet ich nach den Erörterungen des 42. Abschnittes meiner Elemente weit entfernt bin, den psychophysischen Process principiell auf Schwingungen, Oscillationen, periodische Bewegungen zu beschränken, zweifele ich doch kaum, dass die psychischen Vorgänge in uns sich in der That allgemein an solche knüpfen. Ist doch unser Organismus überhaupt ein durch und durch oscillatorisches oder periodisches Wesen, wie sich in Schlaf und Wachen, Puls, Athmen, Bedürfniss von Speise und Trank, in Gang, Schlucken, Schluchzen, Lachen, Annehmlichkeit des Tacts in der Musik, endlich den, den Physiologen bekannten oscillatorischen Bewegungen der Muskelmoleccüle bei der Muskelzusammenziehung beweist. Und so wenig manche Sinnesreize an sich selbst die oscillatorische Natur verrathen, lässt sich doch leicht denken, dass sie modificirend auf schon vorhandene, nur für sich die Schwelle nicht übersteigende, im Körper vorhandene, Schwingungsbewegungen wirken. So die gehobenen Gewichte auf die oscillatorischen Bewegungen der Muskelmolecüle, deren eben gedacht wurde, diese aber kommen unstreitig unter Einfluss einer eben so oscillatorischen Thätigkeit der Nerven zu Stande, womit Empfindung zusammenhängt. Die Empfindung des Druckes auf die Haut könnte dadurch entstehen, dass die oscillatorische Thätigkeit der Nerven an der Peripherie gehemmt und dafür antagonistisch im Gehirn verstärkt, gleichsam gestaut würde; die Temperaturempfindung durch eine Ausgleichsbewegung zwischen der differenten Stärke peripherischer und centraler Schwingungen, worauf Delboeufs Vorstellungsweise passen könnte, ohne desshalb auf die übrigen Empfindungen zu passen. Die Oscillationen bei Geschmacks- und Geruchsempfindungen könnten in ähnlicher Weise Begleiter chemischer Processe sein, als bei den Lichtempfindungen. Natürlich gebe ich all' das nur für ganz hypothetisch aus.

Die hier angedeutete Ansicht bezüglich der Temperaturempfindungen würde zugleich erklären, 1) dass zwei Modificationen dieser Empfindung vorhanden sind, je nachdem die Stärke der Schwingungen centraler- oder peripherischerseits überwiegt, somit in der That ganz mit Delboeufs Auffassung stimmen; 2) dass die Lichtempfindungen, Schallempfindungen, sofern sie nicht auf solcher Differenz beruhen, auch nicht, wie von Delboeuf geschieht, mit den Temperaturempfindungen unter denselben Gesichtspunct gebracht, durch dieselbe Formel gedeckt werden können, was übrigens nach schon früher (S. 31) gemachter Bemerkung ohne alle Hypothese dadurch verhindert wird, dass die Licht- und Schallempfindung mit Verstärkung des Reizes von unten an zu immer höhern Werthen aufsteigen, ohne Indifferenzpunct dazwischen, wogegen mit Verstärkung des äussern Wärmereizes von unten an die Kälteempfindung abnimmt und durch einen Indifferenzpunct in wachsende Wärmeempfindung übergeht.

XIV. Ueber die Empfindungsverhältnisse von Schwarz und Weiss, mit einem Anhange über die Farbentheorie von Hering.

Abgesehen von der Differenz, dass Hering das von mir vertretene Webersche Gesetz weder für die äussere noch innere Psychophysik gelten lasst, und hiemit meinem ganzen Aufbau der Psychophysik den Grund entzieht, besteht eine Hauptdifferenz desselben von mir darin, dass er über das Intensitätsverhältniss von Empfindungen überhaupt total andere Grundansichten hegt, die er jedoch bis jetzt erst in Bezug auf die Lichtempfindung entwickelt hat. Da diese Differenz namentlich in der Betrachtung des Verhaltnisses von Schwarz zu Weiss mit den Uebergangsstufen durch Grau zu Tage tritt, habe ich zuvörderst die Ansichten Herings in dieser Hinsicht näher zu bezeichnen, was ich möglichst mit dessen eigenen Worten thun werde, ehe ich von der Weise spreche, wie ich mich dazu stelle.

Die Ansichten Herings über diesen Gegenstand sind in s. 4. Mittheil. enthalten, auf welche sich daher auch die Paginaverweisungen in diesem Abschnitt ausschliesslich beziehen werden, wo keine andere Mittheilung genannt ist. Als ergänzend dazu kann Herings Darlegung seiner chemischen Theorie in s. 5. Mittheil. gelten, deren ich S. 36 gedacht habe, ferner seine Theorie des Farbensinnes in s. 6. Mittheil., von der ich die Hauptsätze anhangsweise zum Schlusse dieses Abschnittes mit einer eigenen hypothetischen Ansicht wiedergebe.

Hering halt es für untriftig, die Scala der Lichtempfindungen von Schwarz durch Grau zu Weiss als eine Scala rein quantitativ aufsteigender Helligkeitsempfindungen zu betrachten; vielmehr unterscheiden sich diese Empfindungen nach ihm in entsprechender Weise qualitativ, wie Farbenempfindungen, und sind selbst unter den allgemeinen Begriff derselben mit zu subsumiren. Schwarz geht durch Grau in Weiss über, wie Blau durch Violet in Roth, wie Roth durch Orange in Gelb u. s. w.

Die Empfindungen des Helleren und Dunkleren werden hienach vom Verf. geradezu in die des mehr Weisslichen oder mehr Weiss Enthaltenden, und mehr Schwärzlichen oder mehr Schwarz Enthaltenden übersetzt oder damit identificirt, und die Scala der Uebergangsempfindungen vom reinsten Schwarz zum reinsten oder lichtesten Weiss als die schwarzweisse Empfindungsreihe bezeichnet.

Inzwischen lässt er doch auch einer quantitativen Bestimmbarkeit der Empfindungen dieser Reihe in gewisser Weise Raum, indem er (p. 4) bemerkt: »Entweder muss man den Ausdruck »»Intensität«« [in Anwendung auf die Scala der Uebergangsempfindungen zwischen Schwarz und Weiss] ganz fallen lassen und sagen, dass in der betreffenden Empfindungsreihe die Empfindung Schritt für Schritt ihre *Qualität* ändere, und die ganze Scala in derselben Weise auffassen, wie die Farbenscala, welche von einer gesättigten Farbe, z. B. dem Roth, zu einer andern, z. B. dem Gelb, führt; *oder man muss in der schwarzweissen Empfindungsreihe zwei Intensitätsscalen annehmen, deren eine dem Weissen oder Hellen, die andre dem Schwarzen oder Dunkeln entspricht.*«

»Sind aber zwei Intensitätsreihen zugleich anzunehmen, so heisst diess (nach p. 5) nichts Andres, als dass alle Uebergänge vom Weissen zum Schwarzen als Mischungen derjenigen beiden Empfindungen angesehen werden können, welche an den beiden Enden der Reihe am reinsten hervortreten«; und die Bezeichnungen Intensität, Stärke, intensive Grösse lassen sich auf die besprochene Empfindungsreihe nur unter der Bedingung anwenden, »dass man jedem einzelnen Gliede der Reihe zwei Intensitäten zugesteht, und das Verhältniss angiebt, in welchem die *Intensitäten der Empfindungen des Schwarzen und Weissen zu einander stehen*, wobei man also Schwarz und Weiss als *relativ einfache* Empfindungen von den Uebergängen zwischen beiden als *gemischten* Empfindungen unterscheidet.«

Ein absolut reinstes tiefstes Schwarz und absolut reinstes hellstes Weiss sind idealerweise denkbar, wenn schon nicht in Wirklichkeit aufzeigbar (p. 7. 8); jedenfalls muss theoretisch jede Stufe des Grau durch Mischungen aus diesem idealen Schwarz und Weiss repräsentirt werden, und es ein Grau geben, welches von beiden gleich weit entfernt ist, von beiden gleich viel enthält. Durch Zuhülfenahme von Buchstabenbezeichnungen und Ausdruck in der Form von Formeln (p. 9 ff.) sucht der Verf. diese ideale Auffassung um so besser zu erläutern, ohne jedoch einen Weg zu bezeichnen, wie reale Massbestimmungen darauf zu gründen.

»Die eigentlich schwarze Empfindung kommt (p. 13. 14) erst unter dem Einflusse des äussern Lichtreizes zu Stande, wie ja auch die weisse Empfindung für gewöhnlich durch objectives

Licht hervorgerufen wird, nur mit dem Unterschiede, dass sich die weisse Empfindung unter dem directen, die schwarze aber unter dem indirecten Einflusse des Lichtreizes entwickelt, nämlich durch den sog. simultanen oder successiven Contrast.«

Als Belege dazu führt der Verf. Thatsachen wie folgt an: Ein Stück schwarzer Sammt auf dem Tische erscheint »viel schwärzer als das Schwarz im geschlossenen Auge.« — »Wenn man aus einem hellen Zimmer in ein ganz dunkles übergeht, wird man in den ersten Secunden vielleicht ein ziemliches Dunkel, wenn auch kein tiefes Schwarz empfinden, bald aber wird sich dasselbe mehr und mehr aufhellen, auch wenn keine Spur von Licht in das Dunkelzimmer fällt, und nach längerm Aufenthalt in demselben sieht man alles Mögliche nur kein reines Schwarz.« — »Man gebe sich, wenn man in einer finstern Nacht in einem dunklen Zimmer aus dem Schlafe erwacht, Rechenschaft von seiner Gesichtsempfindung, und man wird sagen müssen, dass dieselbe durchaus nicht schwarz sei, gleichviel ob man die Augen offen oder geschlossen hat.« — »Genug, man erhält die Empfindung eines tief dunklen Schwarz nur dann, wenn man daneben die des Hellen hat oder kurz zuvor an derselben Stelle hatte.«

»Als blosse Empfindung ist (nach dem Verf. p. 4) Schwarz ganz eben so positiv wie Weiss, und wenn man durchaus die eine dieser beiden Empfindungen als positive, die andre als negative bezeichnen will, so kann man eben so gut das Schwarz als Weiss positiv nennen. . . . Das angeblich Positive der Empfindung des Weissen gegenüber dem Schwarzen liegt lediglich darin, dass wir, Dank der alltäglichen Erfahrung und physikalischen Optik, mehr Positives von den Vorgängen wissen, welche die weisse Empfindung, als von denen, welche die schwarze Empfindung bedingen.«

Den vorigen Ansichten gegenüber finde ich Folgendes zu bemerken.

Die Analogie der schwarzweissen Empfindungen, welche Hering mit den blaurothen, rothgelben Empfindungen u. s. w. findet, scheint mir wenig zutreffend, wenn anders man das Princip, dass gleichen Bedingungen gleiche, ungleichen ungleiche Wirkungen oder Folgen entsprechen (in soweit nicht Nebenbedingungen das Resultat ändern), in Anwendung auf das äussere Licht als Bedingung von innerer Lichtempfindung gelten lässt, was noch keineswegs eine Verwechselung zwischen beiden bedeutet, wie Hering eine solche in der heutigen Farbenphysiologie sehr allgemein zu bemerken glaubt. Von Blau zu Roth, von Roth zu Gelb geht man durch eine Aenderung der Schwingungszahl des äussern Lichts, von Schwarz zu Weiss durch *eine* Aenderung der Quantität oder Amplitude desselben über; ich kann ferner die Empfindung des *reinen* Weiss nur durch *eine* Zusammensetzung von mindestens zwei, aber auch von viel mehr homogenen objectiven Farbenstrahlen erzielen, die der *reinsten gesättigtsten* Farben hingegen nur durch *einfach homogene* Strahlen. Mag man nun die Lichtempfindungen von *einem* physischen oder (in Herings Sinne) chemischen Processe abhängig machen, so lassen sich doch von so gar nicht analogen Bedingungen nicht analoge Folgen in dem Sinne voraussetzen, wie es von Hering geschieht.

Aber gleich viel, wie es sich mit der Durchführbarkeit der Analogie zwischen den schwarzweissen und farbigen Empfindungsreihen im Lichtgebiete selbst verhalte, so treten beim Hinblick auf andre Empfindungsgebiete folgende weitere Schwierigkeiten auf.

Hering glaubt, die Scala der Intensitäten von Lichtempfindungen in *eine* Scala sich ändernder Qualitäten übersetzen und so den Begriff der Intensitäten daraus eliminiren zu können. Aber eine entsprechende Elimination oder Uebersetzung des Begriffes der Intensität ginge doch nicht bei Schall-, Geschmacks-, Gewichtsempfindungen*) u. s. w.; und es wäre doch seltsam, wenn es für die Lichtempfindungen nicht eben so *eine* Abhängigkeit der Stärke von der Stärke der Reize geben sollte, als für andre Empfindungen, vielmehr bei ihnen ausnahmsweise von verschiedener Stärke der Reize nur *eine* verschiedene Qualität der Empfindung abhängen, der Begriff der Stärke oder Intensität aber ganz wegfallen sollte. Nun gestattet zwar Hering auch, in der Scala der Lichtempfindungen Intensitäten anzunehmen, aber nur, indem er die Fiction macht, dass die *einfache* Empfindung des Grau aus zwei Empfindungen, der eines absoluten Schwarz und der eines absoluten Weiss bestehe, die je nach der Abstufung des Grau in verschiedenem Verhältnisse dazu zusammentreten. Und lässt man sich auch diese Fiction, was sie immer bleibt, gefallen, so ist wiederum eine analoge Repräsentation nicht auf andre Empfindungsgebiete übertragbar; denn wer möchte z. B. die verschiedenen Stärken einer Schallempfindung als Mischungen aus der Empfindung einer absoluten Stille und absolut stärksten Schallempfindung repräsentiren. Inzwischen mag es sein, dass Hering überhaupt auf gemeinsame Gesichtspuncte quantitativer Bestimmtheit für die verschiedenen Sinnesgebiete verzichtet oder solche von einer Seite her begründet, die mir noch nicht klar vorliegt. Bestimmteres in dieser Hinsicht ist jedenfalls erst in der, von ihm in Aussicht gestellten, Fortsetzung seiner Untersuchungen über die Beziehung von Leib und Seele zu erwarten.

---

*) Unstreitig zwar können bei Verstärkung der äussern Ursache solcher Empfindungen (des Reizes) Mitempfindungen eintreten, die bei schwachem Reize unter der Schwelle bleiben, und die Hauptempfindung sich dadurch nuanciren; bei grosser Verstärkung des Reizes kann Schmerz eintreten; wollte man aber die Unterschiede der Stärke gegebener Empfindungen überhaupt auf Qualitätsunterschiede reduciren, so hiesse dies, für das, was nach allgemeinem Sprachgebrauch Stärke, Intensität heisst, den Ausdruck Qualität brauchen; womit man nichts als eine Verwirrung des Sprachgebrauches gewönne, ohne dass die sachlichen Beziehungen zwischen dem Reize und der so verstandenen Qualität der Empfindung damit andere würden, als zwischen dem Reize und der Intensität der Empfindung im gewöhnlichen Sinne.

Nach welchem Princip man nun aber auch eine quantitative Schätzung vornehmen oder zulassen mag, so meine ich, dass man jedenfalls zweierlei dabei zu unterscheiden hat, die sinnliche Helligkeitsempfindung, die vom Schwarz zum Weiss continuirlich ansteigt, und den erregenden Einfluss auf das Allgemeinbewusstsein, die anziehende Kraft auf die Aufmerksamkeit, welche das Schwarz zwar nicht in räumlicher oder zeitlicher Continuität für sich aufgefasst, aber in Contrast mit Weiss aufgefasst, hat. Nach erster Beziehung nimmt das Schwarz in der Scala sinnlicher Empfindungen die uns zugängliche niedrigste Stufe gegen das Weiss als höchste Stufe ein, gleichviel, ob mit oder ohne Contrast aufgefasst, nur dass der Contrast die Helligkeit des Schwarz (nach den Erörterungen unter XI) noch erniedrigt, wenn sie für sich nicht die niedrigste Stufe erreicht hat; in zweiter Beziehung wiegt das Schwarz durch seinen Gegensatz gegen Weiss so viel als das Weiss durch seinen Gegensatz gegen Schwarz, und kann insofern als gleich positiv wirksam auf die Seele angesehen werden. Hering macht diesen Unterschied nicht, sondern scheint mir nicht minder als Delboeuf, nur in anderm Sinne, das zweite Moment mit dem ersten zu vermischen, indem er dem Schwarz selbst eine gleich positive Wirkung auf die Seele zuschreibt, als dem Weiss. Wer aber möchte behaupten, dass er sich vom Dunkel der geschlossenen Augen oder dem Blick in stockfinstre Nacht, wo der Contrast wegfällt, physisch oder psychisch eben so stark angeregt finde, als vom

Blick in eine gleichförmige Helle. Wenn jemand von hellem Lichte ermüdet ist, sucht er die Augen im Dunkeln oder in dämmerndem Lichte »auszuruhen«, verlangt hingegen nach »Anregung« durch das Licht, wenn er lange im Dunkeln stecken musste. Das sind geläufige Ausdrücke, die nicht dazu stimmen, dass dem Schwarz an sich selbst ein gleich positiver Charakter zukomme als dem Weiss. Vor sehr starkem Lichte schliesst man die Augen, wie man sich vor sehr starkem Schalle die Ohren zuhält; wäre das Schwarz gleich positiv anregend als das Weiss, so fiele man damit nur aus einem Zuviel der Erregung in das andere.

Hering behauptet nun freilich, dass man ohne allen Contrast überhaupt kein reines Schwarz, ja nach der obigen Aeusserung (S. 124) »durchaus nicht« den Eindruck des Schwarz erhalte, eine Paradoxie, die doch schwerlich jemand unterschreiben wird. Jedenfalls meine ich, man erhält bei geschlossenen Augen in stockfinsterer Nacht genug vom Eindruck des Schwarz, um beurtheilen zu können, dass das, wenn auch nicht ganz reine, weil noch mit etwas subjectivem Lichtstaub gemischte, Schwarz nicht gleich positiv wirkt als die Tageshelle. Dass Schwarz im Contrast gegen Weiss bei offenen Augen im Tageslicht überhaupt reiner und tiefer schwarz erscheinen kann, als das Schwarz des natürlichen Augenlichtes bei geschlossenen Augen, ist zuzugestehen, und ich selbst habe schon früher in m. Abh. über Contrastempfindung (p. 104) eine hieher gehörige Beobachtung angeführt. Die Erklärung davon ergiebt sich meines Erachtens nach Abschn. XI. S. 111 f. Uebrigens kann man nach derselben Abh. (p. 104) einen Versuch auch so anstellen, dass die Tiefe des Schwarz im geschlossenen Auge in Vortheil gegen seine Tiefe im offenen Auge bei Richtung desselben auf möglichst reines objectives Schwarz tritt. Ich sehe, während ein Auge immer geschlossen bleibt, mit dem andern durch eine inwendig geschwärzte Röhre auf einen vom Tageslicht erhellten Bogen von glanzlosem Russpapier, und öffne und schliesse abwechselnd dieses Auge, wo ich dann die Nacht im Auge bei dessen Schluss ohne Vergleich tiefer finde, als das Schwarz des Fleckes, den ich durch die schwarze Röhre auf dem schwarzen Bogen vor mir sehe und der durch das Tageslicht erhellt ist; was sich freilich leicht dadurch erklärt, dass der Fleck beim Blick durch die schwarze Röhre mit offenem Auge statt im Contrast gegen Weiss, vielmehr in Contrast gegen das nicht eben so vom Tageslicht erhellte Dunkel der schwarzen Röhre steht.

Wenn der starke Eindruck, den Schwarz in Contrast mit Weiss wirklich macht, daher rühren soll, dass Schwarz an sich selbst eben so positiv als Weiss wirkt, so bliebe unerklärlich, wie es kommt, dass, wenn man auf einen weissen Grund einen schwarzen Fleck oder irgend welche schwarze Züge anbringt, der Eindruck auf die Seele in gewisser Beziehung sogar entschieden stärker, nicht so langweilig ist, als wenn man einen *blos* weissen oder *blos* schwarzen Grund vor sich hat. Hat das Schwarz einen *gleich* positiven Charakter als das Weiss, so ist die Summe des Positiven durch den schwarzen Fleck auf dem Weiss gegen blosses Weiss nicht geändert. Nach meiner Auffassung aber hat die Summe der *sinnlichen* Helligkeitsempfindungen damit wirklich abgenommen, durch den Contrast ist hingegen die *höhere* (unterscheidende) Seelenthätigkeit in einer Weise positiv angeregt, dass wir uns doch im Ganzen stärker beschäftigt finden. Auch Hering wird diesen Einfluss des Contrastes nicht leugnen, jedoch dann nicht auf einen positiven Charakter des Schwarz an sich selbst beziehen können; was aber lässt hienach überhaupt noch von einem solchen sprechen?

Anhang über Herings Farbentheorie und eine eigne Hypothese.

Die Farbenempfindungen werden von Hering in s. 6. Mittheil. überhaupt analog als die Empfindungen von Weiss und Schwarz und in Zusammenhang mit diesen behandelt. Hier mögen die fundamentalsten Bestimmungen des Verf. darüber folgen, deren nähere Erläuterung und weitere Ausführung beim Verf. selbst nachzusehen freilich zur genauern Kenntnissnahme von seinen Ansichten nicht erspart werden kann.

Analoge Reihen als die schwarzweissen Empfindungen bilden die blaurothen, blaugrünen, gelbrothen und gelbgrünen Farbenempfindungen. Erstre z. B. anlangend, so hat man, eben so idealiter als ein reines Schwarz und reines Weiss, eine rein blaue und rein rothe Empfindung anzunehmen, mit Uebergängen dazwischen, in denen man mehr oder weniger Blau oder Roth erkennt, wie man in den Abstufungen des Grau mehr oder weniger Schwarz oder Weiss erkennt. Entsprechend bei den andern Reihen.

Es giebt, abgesehen von Schwarz und Weiss, überhaupt nur vier einfache Farbenempfindungen oder Grundfarben, Grün, Roth, Blau und Gelb, d. h. welche dadurch charakterisirt sind, dass sie »gleichsam ohne den Beigeschmack einer andern Farbe vorkommen können, oder, wenn sie einen solchen erkennbar haben, doch nur in eine, nie in zwei andre zugleich spielen können«. So kann »Gelb ins Rothe oder ins Grüne, nicht aber ins Blaue, Blau nur entweder ins Rothe oder ins Grüne, Roth nur entweder ins Gelbe oder ins Blaue spielen. . . . Alle übrigen Farben können wir in sofern *zusammengesetzte* oder *Mischfarben* nennen, als sich immer *zwei* Farben in ihnen zugleich erkennen lassen. *Mehr als zwei einfache Farben aber lassen sich aus keiner zusammengesetzten Farbe heraus empfinden*«; und »*einerseits sind Roth und Grün, anderseits Gelb und Blau nie gleichzeitig in einer Farbe bemerkbar.* Warum sich diess so verhält, ist von vorn herein nicht einzusehen; aber es ist so. . . . Eine Antwort darauf ist vorerst unmöglich. . . . Denn logisch lässt sich die Thatsache nicht begründen, und vorerst ist es ganz gut denkbar, dass es noch einmal gelingt Bedingungen herzustellen, unter welchen uns eine z. B. aus Roth und Grün gemischte Empfindung entsteht, oder dass es Wesen giebt, welche eine solche Empfindung öfter haben.«*) — Kürze halber nennt der Verf. die sich ausschliessenden Grundfarben »*Gegenfarben*«. —

»Von einer Farbe zu ihrer Gegenfarbe lässt sich keine stetige Reihe von farbigen Uebergängen bilden, wenn man nicht eine dritte Grundfarbe zu Hülfe nimmt. . . . *Jede einfache Farbe hat nur eine, jede Mischfarbe zwei Gegenfarben.*«

»Jeder beliebige Farbenton kann in sehr verschiedener *Reinheit* (oder nach üblichem Ausdruck *Sättigung*) auftreten. . . . Die Beimischungen, durch welche die Reinheit eines empfundenen Farbentones beeinträchtigt *wird*, sind nur die schwarzweissen Empfindungen. . . . Eine Grundfarbe kann allerdings eigentlich auch durch eine andere verunreinigt werden, aber das pflegt man eine Aenderung des Tones zu nennen.« . . . Die Uebergänge zwischen idealreiner Farbe einerseits und einem beliebigen Gliede der schwarzweissen Empfindungsreihe anderseits, bezeichnet der Verf. als Nüancen der Farbe. . . .

---

*) Der Verf. mag es dieser Ansicht günstig finden, dass ich von Jemand hörte, er habe mitunter beim Einschlummern Farbenempfindungen, die er mit keinen bei Tage gesehenen zu vergleichen wisse. Dass dieselben der Ansicht des Verf. entsprechen, ist freilich damit noch nicht erwiesen.

»Gäbe es absolut reine Farbenempfindungen, was nicht der Fall ist, so würden uns diese dem reinen Weiss eben so wenig verwandt erscheinen als dem reinen Schwarz; . . . jede wirklich vorkommende farbige Empfindung aber hat etwas Schwärzliches oder Weissliches in sich und erscheint desshalb dem Schwarz oder Weiss verwandt, bald mehr dem einen, bald mehr dem andern, bald beiden gleich viel.« . . .

»Man kann die Begriffe der Helligkeit und Dunkelheit, die bei den farblosen Empfindungen identisch sind mit der Weisslichkeit oder Schwärzlichkeit, dahin erweitern, dass man alle Gesichtsempfindungen, mit Ausnahme des absoluten Schwarz, mehr oder minder hell nennt, und alle, mit Ausnahme des absoluten Weiss, mehr oder minder dunkel. . . . Die reine Farbe ist desshalb gleich hell wie dunkel, weil sie vom Weiss so wenig enthält wie vom Schwarz, nämlich gar nichts*), während das neutrale Grau desshalb gleich hell wie dunkel ist, weil es gleich viel Weiss wie Schwarz enthält. . . . Eine farbige Empfindung wird bei gleichbleibender Reinheit oder Sättigung heller, wenn sich das Verhältniss des gleichzeitig in ihr empfundenen Weiss und Schwarz zu Gunsten des Weiss ändert, dunkler, wenn es sich zu Gunsten des Schwarz ändert, anders gesagt, wenn die der Farbenempfindung beigemischte schwarzweisse Empfindung, ohne ihr Verhältniss zur erstern zu ändern, weisslicher oder schwärzlicher wird.«

An vorige, in der Originalabhandlung weiter entwickelte, Bestimmungen knüpft der Verf. (6. Mittheil. p. 10 ff.) sein System numerischer Bezeichnungen verschiedener Helligkeits- und Reinheitsgrade der Farben.

Endlich setzt der Verf. damit (6. Mittheil. p. 12 ff.) seine chemische Theorie, deren allgemeinste Grundzüge S. 36 mitgetheilt wurden, durch folgende Hauptsätze in Beziehung.

---

*) Meines Erachtens wäre es consequenter, zu sagen, dass hienach der Begriff von Helligkeit und Dunkelheit in Herings Sinne auf reine Farben eben so wenig Anwendung fände, als der Begriff von Roth und Gelb auf Weiss und Schwarz, da ja auch von Roth und Gelb »gar nichts« in Weiss und Schwarz enthalten ist.

»Die sechs Grundempfindungen der Sehsubstanz ordnen sich zu drei Paaren: Schwarz und Weiss, Blau und Gelb, Grün und Roth.«

»Jedem dieser drei Paare entspricht ein Dissimilirungs- und Assimilirungsprocess (respectiv mit *D* und *A* vom Verf. bezeichnet) besondrer Qualität, so dass also die Sehsubstanz in dreifach verschiedener Weise der chemischen Veränderung oder des Stoffwechsels fähig ist.«

Hienach unterscheidet der Verf. unter gewissem Vorbehalte »drei verschiedene Bestandtheile der Sehsubstanz«, welche er als die schwarzweiss empfindende, die blaugelb empfindende, und die rothgrün empfindende Substanz bezeichnet.

Für die schwarzweisse Substanz nimmt der Verf. an, dass ihre Dissimilirung *D* dem Weiss, ihre Assimilirung *A* dem Schwarz entspricht. Für die blaugelbe und rothgrüne Substanz lässt er vorerst dahin gestellt, welche Farbe die *D*-Farbe und welche die *A*-Farbe ist.

»Die drei Substanzen setzen nicht zu gleichen Theilen die Sehsubstanz zusammen, vielmehr ist die schwarzweisse Substanz viel reichlicher im Sehorgan enthalten als die beiden andern, und auch diese beiden sind unter sich nicht gleich.«

»Alle Strahlen des sichtbaren Spectrum wirken dissimilirend auf die schwarzweisse Substanz, aber die verschiedenen Strahlen in verschiedenem Grade. Auf die blaugelbe oder grünrothe Substanz dagegen wirken nur gewisse Strahlen dissimilirend, gewisse andre assimilirend, und gewisse Strahlen gar nicht.«

»Gemischtes Licht erscheint farblos, wenn es sowohl für die blaugelbe als für die rothgrüne Substanz ein gleichstarkes Dissimilirungs- wie Assimilirungsmoment setzt, weil dann beide Momente sich gegenseitig aufheben, und die Wirkung auf die schwarzweisse Substanz rein hervortritt.« U. s. w.

Um einige Bemerkungen an vorige Theorie zu knüpfen, so würde die, ganz sinnreich durchgeführte, vielmehr psychochemische als psychophysische, Lichttheorie Herings natürlich überhaupt eine ganz andere Bedeutung gewinnen, wenn es für die Annahme der drei verschiedenen Sehsubstanzen und darein eingreifenden zweierlei chemischen Processe noch eine directere empirische Unterlage in der physiologischen Optik gäbe, als die Phänomene, zu deren Erklärung sie angenommen werden, und wenn ein Zusammenhang zwischen den äussern und innern Bedingungen der Empfindung danach consequent verfolgbar wäre. Abgesehen aber von den, schon S. 124 f. bemerkten, Incongruenzen in dieser Hinsicht scheint mir eine ganz fundamentale in folgendem Puncte zu liegen.

Schwarz und Weiss als *A* und *D* derselben Sehsubstanz geben zusammen die Empfindung Schwarzweiss oder Grau. Hienach sollten Blau und Gelb, Roth und Grün, dessgleichen als *A* und *D* (oder *D* und *A*) derselben, aber von der schwarzweissen verschiedenen, Sehsubstanz vom Verf. gefasst, eine blaugelbe und rothgrüne, von der weissen oder grauen aber verschiedene, Empfindung geben. Statt dessen geben sie (nach ihrem Verhältniss als Complementärfarben) auch eine graue oder weisse Empfindung. Der Verf. findet es (wie S. 129 bemerkt) selbst räthselhaft, dass weder eine blaugelbe noch rothgrüne Empfindung existirt. Es existirt eben die graue oder weisse dafür. Der Verf. scheint die Erklärung nach Obigem darin zu suchen, dass, wenn sich *A* und *D* in der blaugelben oder rothgrünen Substanz wechselseitig gerade aufheben, blos die farblose Empfindung der stets beigemischten schwarzweissen Substanz übrig bleibe. Aber da die gegenseitige Aufhebung von *A* und *D* in der schwarzweissen Substanz kein Verschwinden der Empfindung von Schwarz und Weiss, sondern ein mittleres Resultat von beiden, Grau, zur Folge hat, sollte nach natürlicher Consequenz das Entsprechende bei der blaugelben und rothgrünen Substanz der Fall sein; und sofern es nicht der Fall ist, scheint mir etwas in den Grundvoraussetzungen über die Rolle, welche *A* und *D* zu spielen haben, nicht zu stimmen. Hier rufen sie bei Zusammenwirken in gleicher Stärke ein Verschwinden, da ein mittleres Resultat ihrer Specialwirkungen hervor.

Aber gestehen wir, dass auch die Oscillationstheorie nach ihrer jetzigen Ausbildung noch Schwierigkeiten darbietet, zu deren Lösung sie so gut als die chemische Theorie auf Hülfshypothesen angewiesen ist, nur dass mir solche leichter consequent mit sich und den Thatsachen auszubilden scheinen. Betrachten wir einiges hieher Gehörige.

1) Indess die Schwingungszahlen des äussern Farbenspectrum

continuirlich von Violet bis Roth abnehmen, man also einen ähnlichen continuirlichen Abfall einer einzigen Farbenempfindung als inneres Spectrum erwarten sollte, wie man bei continuirlicher Abnahme der Amplitude des äussern Lichtes einen continuirlichen Abfall der Helligkeit empfindet; treten ganz heterogene Farbenempfindungen als Blau, Grün, Gelb, Roth im Verfolge des innern Spectrum auf.

2) Man kennt rothgelbe, gelbgrüne, grünblaue, blaurothe, aber nach Herings Bemerkung keine grünrothen noch gelbblauen Empfindungen, d. h. welche dem Grün und Roth, Blau und Gelb zugleich verwandt sind. Das stimmt nun zwar bis zu gewissen Grenzen ganz gut mit der Oscillationsansicht, sofern sich zwischen Grün und Roth, Blau und Gelb die Schwingungszahlen andrer Farben einschieben, nicht so zwischen Roth und Gelb u. s. w.; aber zwischen Blau und Roth schiebt sich fast das ganze Spectrum ein; und doch hat man violete, d. i. blaurothe Empfindungen.

3) Wie erklärt sich die Möglichkeit, dass Complementärfarben und zwar Complementärfarben ganz verschiedener Art, sich immer zum selben Eindruck des Weiss oder Grau zusammensetzen?

4) Wie repräsentiren sich die Erscheinungen der Farbenblindheit?

5) Wenn schon man den Intensitätsunterschied der Empfindungen von Schwarz und Weiss nicht durch einen qualitativen für eliminirt halten kann, wird doch nicht zu leugnen sein, dass Schwarz und Weiss bei ihrem Intensitätsunterschiede sich auch qualitativ verschieden für die Empfindung in einer Weise darstellen, wovon das Gebiet der Gehörs-, Geschmacks-, Gewichtsempfindungen nichts Analoges zeigt; ferner zuzugestehen, dass die Empfindungen des Schwarz und Weiss, wenn schon charakteristischer verschieden von allen Farbenempfindungen als alle unter sich, doch einen analogen Uebergang zwischen einander durch Mittelstufen zeigen, als z. B. Roth und Gelb, Gelb und Grün im Farbengebiete. Führt nun auch nach Vorigem Herings chemische Theorie, indess sie ausdrücklich auf Repräsentation dieser Puncte berechnet ist, in zu grosse Schwierigkeiten betreffs andrer Puncte, um sich derselben zu fügen, so besteht doch auch gegenseits für die Oscillationstheorie zunächst die Schwierigkeit, eine genügende Repräsentation jener Puncte zu finden.

Nun behaupte ich nicht, einer sichern Lösung aller dieser

Schwierigkeiten schon gewachsen zu sein, glaube aber doch, dass ein Weg zu gemeinsamer Lösung derselben in Zuziehung einer Hypothese liegt, die ich schon in Elem. II. 301 ff. aufstellte und hier mit dem Versuche der Anwendung auf obige Puncte reproduciren will.

Nach ihr vollzieht jede Opticusfaser unter dem Einflusse selbst des einfachsten Farbenreizes eine Zusammensetzung von Schwingungen, und giebt es also keine in ähnlichem Sinne einfachen subjectiven Farben, als sich objectiv durch prismatische Zerlegung herstellen lassen; sondern die einfachste objective Farbe ruft blos die verhältnissmässig einfachste subjective Farbenmischung, d. i. Zusammensetzung von Schwingungen verschiedener Dauer, hervor, und die Qualität der Empfindung, welche daran hängt, beruht auf der Zusammensetzungsweise dieser Mischung.[*] Voraussetzlich überwiegt in der Mischung die, der objectiven Schwingung entsprechende an Stärke und fallen die andern in dieser Hinsicht nach Massgabe ab, als sie in der Dauer oder Schwingungszahl abweichen, was jedoch, da die Erregbarkeit der Netzhaut in gewisse Grenzen der Schwingungszahl eingeschränkt ist, eine Ausnahme bei den, über die Grenzen des sichtbaren Spectrums hinaus fallenden objectiven Strahlen erleiden muss. Auch könnte möglicherweise schon die Annäherung an die Grenzen eine Schwächung in dieser Hinsicht mitführen.

Dabei kann man sich erinnern, dass auch im Tongebiete eine objectiv einfache Schwingung nicht wieder eine eben so einfache subjective Schwingung auslöst[**]; nur lässt sich keineswegs eine vollständige Analogie zwischen den Verhältnissen beider Gebiete durchführen.

---

[*] Um zu beweisen, dass die obige Hypothese keine physikalische Unmoglichkeit einschliesst, erwähne ich in Elem. II. 303 folgenden Umstand: »Selbst im Gebiete der objectiven Lichtlehre kann eine einfache homogene farbige Schwingung in einem Medium durch Mittheilung ein andres zu einer zusammengesetzten Farbenschwingung anregen. Es ist diess namlich der Fall der Fluorescenz. Bekanntlich wird durch fluorescirende Substanzen die Schwingungszahl der brechbarern Farben überhaupt erniedrigt; aber nach den Untersuchungen von Stokes geschieht diess im Allgemeinen nicht so, dass die homogene Farbe sich in eine andre homogene von geringerer Schwingungszahl umsetzt, sondern das, durch homogene Farbenstrahlen hervorgerufene, dispergirte Licht findet sich im Allgemeinen mehr oder weniger zusammengesetzt.«

[**] In der That fuhrt jeder objectiv einfache Ton unter Berücksichtigung von Gliedern zweiter Ordnung im mathematischen Ausdruck der Wirkung, die

Vielmehr, während die verschiedenen Partialschwingungen, die demselben Grundtone (als Obertöne) zugehören, von verschiedenen Acusticusfasern percipirt werden, werden diejenigen, welche demselben objectiven Farbentone zugehören, von derselben Opticusfaser percipirt; — so wenigstens meine Hypothese der Youngschen gegenüber — um zu erklären, dass Partialfarben nicht eben so als Partialtöne durch Aufmerksamkeit gesondert werden können.

Während ferner bei steigender Höhe eines Grundtones die ganze Zusammensetzung, die er innerlich auslöst, immer aus Partialtönen besteht, die sich zwar nicht in der absoluten Schwingungszahl, aber in den Verhältnissen von einem zum andern Grundtone gleich bleiben, hat man bei den Farben anzunehmen, dass sich im Uebergange zwischen verschiedenen objectiv einfachen Farben auch die Zusammensetzungsverhältnisse der dadurch ausgelösten subjectiven Farbe ändern, womit sich zugleich erklärt, dass der Eindruck der Farbenverschiedenheiten mehr dem der Klangverschiedenheiten als Tonhöheverschiedenheiten analog erscheint, und dass im Durchlaufen des Spectrum wirklich grosse Verschiedenheiten zwischen den Farbeneindrücken eintreten können.

Ob die Partialschwingungen der subjectiven Farbe, die von einer objectiven Farbenschwingung ausgelöst werden, eben so discontinuirlich sind, als Grundton und Obertöne eines Saitentons, und ob sie eben so nur nach einer Seite von der stärksten Grundschwingung abweichen, kann zunächst fraglich erscheinen, würde sich aber wohl durch eine genauere Discussion entscheiden lassen.

Rücksichtslos auf diese noch schwebenden Fragen, sind nach Vorigem objectiv einfache Complementärfarben jedenfalls solche, wodurch subjective Zusammensetzungen ausgelöst werden, die, in angemessenen Verhältnissen zusammengenommen, die subjective Zusammensetzung des Weiss oder Grau repräsentiren. Sofern nun im Durchlaufen des objectiven Spectrum zu jeder objectiv einfachen Farbe eine andre einfache Farbe oder (wie bei Grün,

---

er im Ohr erzeugt, seine harmonischen Obertöne im Ohre mit. (Vergl. u. a. J. J. Muller in den Berichten d. sächs. Soc. 1871. p. 115 ff.)

Helmholtz p. 277) eine Zusammensetzung von zweien als complementäre zu finden ist, hat man sich die Abänderung in der Zusammensetzungsweise der zugehörigen subjectiven Farben so vorzustellen, dass dieser Bedingung widerspruchslos genügt wird, wovon die Möglichkeit der Durchführung allerdings noch näherer Prüfung bedarf. Allgemein gesprochen jedenfalls kann das subjective Weiss, als totale Zusammensetzung von *a*, *b*, *c*, *d*, *e* . . . . betrachtet, auf sehr verschiedene Art in zwei Zusammensetzungen zerlegt, und also auch wieder aus solchen identisch zusammengesetzt werden, was die allgemeine Möglichkeit begründet, Weiss aus sehr verschiedenen Complementen herzustellen.

Die Annäherung des Violet an Roth scheint für ein periodisches Element in der Zusammensetzungsweise der subjectiven Farben beim Durchlaufen des Spectrum zu sprechen, wenn nicht etwa die von Helmholtz (p. 234) versuchte Erklärung durch Fluorescenz der Netzhaut vorzuziehen ist.

Für die Farbenblindheit wird der allgemeine Gesichtspunct zu gelten haben, dass bei den Farbenblinden abnormerweise die Endapparate der Opticusfasern nicht geeignet sind, unter dem Einfluss äusserer Farbenschwingungen alle Arten von Farbenschwingungen eben so zu produciren, oder die Opticusfasern selbst nicht eben so gestimmt solche fortzupflanzen, als bei den Personen von normalem Sehvermögen.

In Betreff der Schwierigkeit unter 5) scheint mir Folgendes geltend zu machen.

Schon früher war aus beiläufigen Versuchen von mir (Pogg. Ann. 1840 L. 465) und späteren eingehendern von Helmholtz (p. 233) bekannt, dass alle Farben, auch die objectiv einfachen, sich um so mehr dem Weiss oder Weissgelb nähern, je intensiver ihr Licht ist; und weitere Versuche von Helmholtz (p. 234. 319), Aubert (p. 128) und Chodin*) (p. 18. 30) haben gelehrt, dass auch bei Annäherung an das Dunkel die Empfindung des Farbentones, den eine gegebene objective Farbe erweckt, sich ändert.**)

---

*) »Ueber die Abhängigkeit der Farbenempfindungen von der Lichtstärke.« Jena, Dufft, 1874.

**) Wenn nach den obgenannten Beobachtern alle Farben bei immer grösserer Annäherung an das Dunkel, obschon noch durch Helligkeit vom schwarzen Grunde unterscheidbar, doch endlich farblos erscheinen, so möchte

Also beweist die Thatsache selbst, dass mit Aenderung der objectiven Intensität (Amplitude) einer Schwingung die Bestandverhältnisse der subjectiven Zusammensetzung, die davon ausgelöst wird, sich ändern; und was von den einfachen objectiven Schwingungen gilt, wird sich auf die objectiv weisse Zusammensetzung derselben übertragen, hienach, wenn das objective Weiss durch Verminderung der Intensität in Schwarz übergeht, die davon ausgelöste subjective Zusammensetzung sich in ihren Bestandverhältnissen so ändern können, dass dadurch die verschiedene Qualität der Empfindung des Schwarz vom Weiss bedingt wird; wobei es allerdings noch der Klarstellung bedürfen wird, durch welche Compositionsverhältnisse sich die schwarzweissen subjectiven Zusammensetzungen von den farbigen unterscheiden, ohne in solche überzugehen. *)

Da nach dem Gesetz und der Thatsache der Mischungsschwelle (S. 105 f.) dem objectiven Weiss direct eine gewisse Quantität Farbe zugemischt werden kann, ohne dass der Unterschied von reinem Weiss erkannt wird, worüber bestimmte Versuche vorliegen, so folgt schon hieraus auch für die von der objectiven abhängige subjective weisse Mischung der Farbenstrahlen, dass innerhalb gewisser Grenzen eine Aenderung dieser Mischung stattfinden kann, ohne als farbig zu erscheinen, wenn schon daraus noch nicht folgt, dass sie bis zur Erzeugung des Qualitätsunterschiedes zwischen Weiss und Schwarz gehen kann. Im subjectiven Lichte des Augenschwarz ist jedenfalls von vorn herein dieselbe Zusammensetzung anzunehmen, welcher man sich durch Verringerung der Intensität des objectiv farblosen Lichtes subjectiv mehr und mehr nähert.

Hienach bleibt freilich auf Grund unsrer Ausgangshypothese noch manche Frage zu lösen, ehe man sich versichert halten darf,

---

diess auf das Gesetz der Mischungsschwelle (S. 105 f.) zurückzuführen sein, sofern das Schwarz, wovon sich eine Farbe abzuheben hat, selbst eine Mischung aller Farben enthält, die Schwelle für die Farbenempfindung aber nicht dieselbe als für die Helligkeitsempfindung ist.

*) Gelegentlich hiezu die Bemerkung, dass, wenn bei Aenderung der Intensität einer objectiven Farbe oder des objectiven Weiss nicht alle subjectiven Farbenstrahlen, welche davon ausgelöst werden, sich in gleichem Intensitätsverhältnisse ändern, diess mit Antheil an den experimentalen Abweichungen vom Weberschen Gesetze bei abgeänderter Intensität der Componenten eines Lichtunterschiedes haben könnte.

dass damit allen Schwierigkeiten zu begegnen ist; und ich kann sie in dieser Beziehung nur als eine bisher unmassgebliche einer weitern Prüfung empfehlen.

XV. Bernsteins psychophysisches Grundgesetz.

Bernstein hat bemerktermassen (S. 20) über das psychophysische Grundgesetz zwei Abhandlungen veröffentlicht, die eine, folgends kurz mit I. zu bezeichnen, im Reichert-Duboisschen Arch. 1868 p. 388 ff., die andre, mit II. zu bezeichnen, in s. Schrift: »Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsysteme« 1871 p. 166 ff. Die zweite Abhandlung enthalt unter Bezugnahme auf die erste nur einige weitere Ausführungen und formelle Abänderungen, ohne dass Princip und Resultat der Betrachtung sich wesentlich dadurch ändern. In der ersten Abhandlung beschrankt sich nämlich der Verf., die Fortpflanzung der Erregung von ihrer Eintrittsstelle im Gehirn an blos nach *einer* Dimension in Betracht zu ziehen, in der zweiten verfolgt er sie durch einen kreisförmigen Raum nach zwei Dimensionen, mit der Bemerkung (II. 178), dass auch der Verfolg nach drei Dimensionen zu wesentlich demselben Resultate führen würde.

Wie schon im 4. Abschnitt kurz erwähnt, geht die Absicht des Verf. dahin, statt der, von mir angenommenen, *logarithmischen* Abhängigkeit der Intensität der Empfindung von der Intensität der inneren Erregung eine *einfache Proportionalität* der Intensität der Empfindung nicht mit der Intensität, aber mit der, nach dem Verf. begrenzten, *räumlichen Ausbreitung* der innern Erregung, von der Eintrittsstelle im Gehirn an, zu begründen, diese Ausbreitung durch die Zahl centraler Elemente, Ganglienzellen, durch welche sie erfolgt, als gemessen angesehen; zugleich aber zu begründen, dass diese Ausbreitung in einer entsprechenden logarithmischen Abhängigkeit von der Stärke des Reizes stehe, als ich bezüglich der Empfindung vom Reize statuire.

Der ganze kreisförmige Raum, durch den sich die Erregung von der Eintrittsstelle in das Gehirn an bis zum Verschwinden ihrer Intensität fortzupflanzen vermag, in angegebener Weise gemessen, wird von ihm Irradiationskreis genannt, wofür wir allgemeiner Irradiationsraum setzen können, wenn es gilt, die Möglichkeit einer Ausbreitung nach allen Seiten in einen Raum von drei Dimensionen mit einzuschliessen.

Die Intensität der Erregung beim Eintritt in das Gehirn setzt der Verf. der Intensität des äussern Reizes proportional oder identificirt sie bei Ableitung seiner Formeln damit, indem nach der Discussion eigner und fremder Versuche (mit elektrischen Reizen) die, in Form einer Welle (Reizwelle) durch den Nerven sich fortpflanzende, Erregung bei dieser Fortpflanzung keine Schwächung erleidet, wogegen eine solche nach dem Verf. mit dem Eintritt in die Ganglienzellen beginnt.

Die Stärke der Erregung an jedem Puncte des Irradiationskreises wird vom Verf. durch die lebendige Kraft eines sich hindurch fortpflanzenden Schwingungsvorganges als gemessen angesehen, kommt aber für den Verf. bei Schätzung der Empfindung nach der Grösse des Irradiationskreises oder Zahl darin enthaltener Ganglienzellen nur in sofern in Betracht, als eine grössere Intensität beim Eintritt ins Gehirn und folgweis an jedem Puncte des Irradiationskreises eine grössere Ausdehnung desselben bedingt.

Dass die Erregung sich nicht über gewisse Grenzen im Gehirn ausbreitet, sondern mit der Ausbreitung sich immer mehr schwächend endlich mit einer gewissen Grenze des Irradiationskreises abschliesst, erklärt der Verf. nicht blos durch die, von ihm jedoch mit berücksichtigte, Schwächung, welche die Verbreitung über einen grössern Raum von selbst mitführen muss, sondern auch durch einen eigenthümlichen, der Intensität der Erregung proportionalen, Widerstand, den jedes centrale Element auf die hindurchschreitende Erregung ausübt, in Verbindung mit der Thatsache der Schwelle, wie unten anzugeben.*)

---

*) Um sich nicht zwischen zwei gleich möglichen Vorstellungsweisen zu verwirren, ist zu bemerken, dass bei einem momentanen Reize blos von einem successiven Durchlaufen der centralen Elemente mit abnehmender Intensität der Erregung die Rede sein kann, indess bei einem gleichmässig fortwirkenden Reize die volle Intensität am Eintritt in das erste centrale Element mit der verschwindenden oder auf den Schwellenwerth herabgekommenen im letzten Element, bis wohin die Ausbreitung erfolgt, zugleich besteht. Es

Dass die Empfindung vielmehr proportional einem physischen Umstande, als logarithmisch von einem solchen abhängig sei, und dass es vielmehr eine räumliche Ausbreitung als eine Intensität sei, welcher sie proportional ist, sind eigentlich nur Voraussetzungen des Verf., welche er aus unten angegebenen Gesichtspuncten a priori für wahrscheinlicher hält als die meinigen, indess die Deductionen des Verf. unter Mitzuziehung der Voraussetzung einer begrenzten Ausdehnung des Irradiationsraums dahin gehen, zu zeigen, wie das logarithmische Massgesetz in Bezug auf den Reiz daraus hervorgeht. Das Wesentliche dieser Deductionen folgt hier nur mit der unwesentlichen Abänderung, dass ich sie von vorn herein allgemein genug halte, um sowohl auf die Ausbreitung der Erregung nach einer Dimension (wie in I.), als nach zwei Dimensionen (wie in II.), als nach drei Dimensionen bezogen werden zu können.

Darin, dass ich für die eigentlich endlichen, doch sehr kleinen und einander nahen erregten Elemente des Gehirns unendlich kleine in unendlicher Nähe zur Gewinnung einer Differenzial- und Integralgleichung substituire, folge ich nur dem Verf., und dürfte hiegegen nichts Erhebliches einzuwenden sein.

Nach Massgabe als die Erregung von ihrer Eintrittsstelle an vorschreitet, wird sie einen, je nach der Voraussetzung linearen, kreisförmigen oder kugelförmigen Raum s erfüllen, und nach Massgabe des Wachsthums von s die Intensität der Erregung y an der Grenze dieses Raumes geschwächt sein, die Ausbreitung selbst aber nicht über eine gewisse Grösse S, wo y auf den Schwellenwerth b herabgekommen ist, kurz nicht über den sog. Irradationsraum hinaus gedeihen können.

Gemäss der Grundvoraussetzung nun ist die Empfindung γ durch die Formel

$$\gamma = \alpha S \qquad (1)$$

als gemessen anzusehen, worin α die Dichtigkeit der Centralmasse bedeutet, durch die sich die Erregung ausbreitet, d. i. die Anzahl der centralen Elemente in der Einheit der räumlichen Ausdehnung.

Sei nun r die grösste Entfernung, bis zu welcher die Aus-

---

durfte aber hier gleichgultig sein, der Betrachtung die eine oder andre Vorstellungsweise unterzulegen.

breitung der Erregung von der Eintrittsstelle an erfolgt, also der Radius des Irradiationsraumes, so ist S je nach der Voraussetzung $= 2r = \pi r^2 = \frac{4}{3}\pi r^3$, wovon die erste zu der Gleichung des Verf. I. 391 (wo s statt $2r$ steht), die zweite zur Gleichung II. 176. 179 zurückführt.

Hienach gilt es, S als Function des Reizes β und des Schwellenwerthes b, mit welchem die Erregung y an der Grenze des Irradiationsraumes abschliesst, auszudrücken, wozu der Verf. wie folgt gelangt.

Der Verlust, welchen die Intensität y im Fortschritte von irgend einer Grösse des Raumes s, bis zu der die noch nicht vollendete Ausbreitung erfolgt ist, zum nächsten Element dieses Raumes ∂s erleidet, wird sich proportional setzen lassen: erstens dem Wachsthum von αs um $\alpha \partial s$ (wegen Schwächung von y durch die Ausbreitung), zweitens der Grösse von y an der Grenze des durch s gemessenen Raumes, und drittens einer Constante k, welche den specifischen Widerstand der centralen Elemente oder den Verlust an Intensität bedeutet, den die Einheit der Erregung in der Einheit der räumlichen Ausbreitung erleidet. Wir haben also:

$$\partial y = -k\alpha y \partial s \quad \text{oder} \quad \frac{\partial y}{y} = -k\alpha \partial s \qquad (2)$$

mithin

$$\text{log. nat. } y = -k\alpha s + \text{Const.} \qquad (3)$$

Sofern nun dem Werthe $y = \beta$ beim Eintritt in das Gehirn der Werth $s = 0$, dem Werthe von $y = b$ der Totalraum S entspricht, haben wir

$$\text{log. nat. } \beta = \text{Const.}$$
$$\text{log. nat. } b = -k\alpha S + \text{Const.}$$

also durch Abzug der zweiten von der ersten Gleichung

$$k\alpha S = \text{log. nat. } \frac{\beta}{b} \qquad (4)$$

und, sofern nach (1)

$$\gamma = \alpha S$$

schliesslich

$$\gamma = \frac{1}{k} \cdot \text{log. nat. } \frac{\beta}{b} \qquad (5)$$

welche Gleichung unter Ersatz der Constante $\frac{1}{k}$ durch k in der

Form mit unsrer Massformel übereinstimmt, und für die äussere Psychophysik gleiche Bedeutung damit hat, aber nicht die gleiche Auslegung für die innere Psychophysik gestattet, sofern nach Bernstein nicht eben so, wie nach uns in unsrer Massformel, für den Reiz β die Intensität der psychophysischen Erregung substituirt werden darf.

Ziehen wir nun in Betracht, was der Verf. (I. 391) zu Gunsten seiner Grundvoraussetzungen aufstellt, und was dagegen einzuwenden sein möchte.

»Dasjenige Mass — sagt er (I. 391) — mit dem wir die Intensität irgend einer Kraft messen, ist der Raum. Die Anziehungskraft messen wir durch den Fallraum in einer Secunde. Die Wärme messen wir durch die Ausdehnung, welche ein erwärmter Körper erleidet. Die Stärke eines elektrischen Stromes durch die Ablenkung einer Magnetnadel aus ihrer Ruhelage. Ein unmittelbares Mass für die Intensität besitzen wir nicht.«

»Eben so wenig ist es denkbar, dass wir die Intensität einer Empfindung als solche unmittelbar in uns aufnehmen. Wir würden in diesem Falle zu dem absurden Schlusse gelangen, dass wir für die natürlichen Logarithmen einen angeborenen Sinn haben, wie für die Reihe der natürlichen Zahlen.«

»Da also auch hier kein andres Mass übrig bleibt, so werden wir zu der sehr nahe liegenden Annahme geführt, dass wir die Intensität einer Empfindung nach dem Wege abschätzen, welchen die Erregung im Centrum zurücklegt. Je stärker die eintretende Erregung ist, desto tiefer dringt sie in das empfindende Centrum ein, desto mehr Centralmasse geräth in einen dem Process der Empfindung entsprechenden Zustand.«

Aber es ist nicht richtig, dass wir die Intensität einer Kraft, sei sie als Stosskraft, beschleunigende, bewegende oder lebendige Kraft gefasst, fundamental blos durch den Raum, den der durch die Kraft getriebene Körper zurücklegt, messen, sondern vielmehr mit Rücksicht auf die Zeit, in welcher der Raum zurückgelegt wird, d. i. als Function der, durch die Kraft erzeugten, Geschwindigkeit oder Geschwindigkeitsänderung. Hienach aber kann es Niemand glaublich finden, dass, wenn die Empfindung überhaupt von einem Erregungsvorgange in den Ganglienzellen abhängt, es hinsichtlich der Stärke der Empfindung blos auf den Raum oder die Zahl der Zellen, durch die er sich in Abhängigkeit von seiner ursprünglichen Stärke ausbreitet, ankommt, wenn schon sich daran denken liesse, dass es auf das (durch infinitesimale Summation zu bestimmende) Product der Ausbreitungsgrösse in die, mit der Ausbreitung und vermöge der Widerstände auf ihrem Wege sich schwächende, Intensität ankommt, worauf aber die Ansicht und Deduction des Verf. nicht geht.

Wäre aber auch die fundamentale Bezugsetzung des Masses der Kraft zum Raume, wovon der Verf. ausgeht, triftig, so geht sie ja damit verloren, dass der Verf. in seiner Ausführung vielmehr die Zahl der Zellen, die in einem gegebenen Raume enthalten sind, ja im Grunde, worauf unten zu kommen, den Verlust an lebendiger Kraft, der durch die Zahl der Zellen bewirkt wird, als massgebend für die Grösse der Empfindung ansieht; ohne dass er diesen Verlust anders, als nach der Zahl, wie oftmal er sich wiederholt, in Rechnung zieht.

Wie der Verf. eine Absurdität darin finden kann, die Intensität einer Empfindung in logarithmischer Abhängigkeit von der Intensität der unmittelbar unterliegenden Erregung zu denken, ist mir nicht klar geworden. Setzen wir überhaupt voraus, dass das Psychische quantitativ abhängig sei vom Physischen, so lässt sich doch a priori gar nicht bestimmen, ob es in einfach proportionaler oder in logarithmischer Abhängigkeit davon stehe, und Eins ist so wenig absurd als das Andre. Die Erfahrung muss entscheiden. Auch im physischen Gebiete giebt es logarithmische Abhängigkeitsverhältnisse, wie denn der Verf. selbst ein solches zwischen dem Irradiationsraum und Reize statuirt; warum soll nicht auch ein solches zwischen einer psychischen und physischen Grösse bestehen.

Für das Dasein des Widerstandes, welchen die Erregung in den Ganglienzellen erleidet, macht der Verf. (I. 389) verschiedene Thatsachen aus dem Gebiete der Reflexerscheinungen geltend, und erläutert denselben (I. 390) näher durch folgende Bemerkung.

»In der Mechanik versteht man im Allgemeinen unter Widerstand diejenige Ursache, welche einen Verlust an Geschwindigkeit eines in Bewegung begriffenen Körpers bewirkt. In unserm Falle müssen wir eine andre Definition von Widerstand geben, weil wir es nicht mit einem sich fortbewegenden Körper, sondern mit einem vorschreitenden Process zu thun haben.«

»Ein Beispiel, welches unserm Falle näher liegt, wäre die

Fortpflanzung einer Schallwelle, welche durch die Reibung der Lufttheilchen einen Widerstand erfährt. Dieser bewirkt einen Verlust an lebendiger Kraft und lässt sich daher ausdrücken durch die Abnahme der Intensität, welche die Schallwelle erleidet.«

Allerdings scheint zu diesem Vergleiche nicht recht zu stimmen, dass die Reizwelle nach den Versuchen des Verf. (in II.) im Fortschritt durch die Nervenfaser keine Schwächung der Intensität erfährt, und vielleicht kommt er in II. desshalb nicht auf die vorige Erklärung zurück, sondern begnügt sich (II. 177) zu sagen, nachdem er jener Eigenschaft der Nervenfaser, die Reizwelle ungeschwächt durch sich durchgehen zu lassen, gedacht: »Anders aber verhalten sich nach unsrer Annahme die Centren. Hier tritt die Reizwelle gleichsam in ein andres Medium ein, welches durch einen Widerstand ihre Intensität schwächt.« Das Verschwinden von lebendiger Kraft durch diesen Widerstand aber führt er (II. 202) im allgemeinen Ausdrucke auf Umsetzung in Spannkraft zurück.

Was nun die Thatsachen anlangt, auf welche der Verf. das Dasein des betreffenden Widerstandes in den Ganglienzellen begründet, so mag mir, bei nicht hinreichender Sachkenntniss in diesem Gebiete, die Frage erlaubt sein, ob sich nicht manche dieser Thatsachen durch eine Zerstreuung der Erregung vermöge der von den Ganglienzellen auslaufenden Verzweigungen, andre durch Umwege, welche der Gang der reflectorischen Thätigkeiten in den Centralorganen nehmen kann, erklären lassen, ohne dass ich mich doch zu einem bestimmtern Einwande aus diesem Gesichtspuncte berechtigt halte. Einen solchen Widerstand aber zugestanden, ist damit noch nichts weniger als die endliche Begrenzung des Irradiationsraumes zugestanden, welche ein Hauptmoment der Ansicht des Verf. bildet, sofern danach die Grösse der Empfindung gemessen werden soll. Vielmehr erscheint die Voraussetzung des Verf., dass die Intensität y durch jede Zelle in Verhältniss der noch vorhandenen Grösse geschwächt werde, von vorn herein in Widerspruch damit, sofern sie nach diesem Gesetze bis ins Unendliche, nur immer schwächer werdend, sich forterstrecken müsste. Um dieser Schwierigkeit zu begegnen, zieht der Verf. die Thatsache der Schwelle, als erfahrungsmässig begründet, so zu sagen äusserlich hinzu, indem er (I. 391) die Schwelle definirt »als denjenigen Werth der Erregung, welcher weder im Stande ist in das empfindende Centrum [Gehirn] einzudringen, noch in demselben sich fortzupflanzen.« und (I. 393) die Thatsache derselben durch die Analogie zugleich zu erläutern und in gewisser Weise zu begründen sucht, dass ja auch ein Körper, der sich nach erfolgtem Stosse mit Reibung auf einer Ebene bewegt, wenn seine Geschwindigkeit durch fortgehende Verlangsamung auf einen kleinen, den Schwellenwerth vertretenden, Werth herabgekommen ist, in Wirklichkeit »momentan oder ausserordentlich schnell« zur Ruhe komme, ungeachtet er nach der theoretischen Voraussetzung, dass der Widerstand proportional der Geschwindigkeit sei, mit nur immer abnehmender Geschwindigkeit ins Unbestimmte fortgehen sollte; wie er denn auch zum Beginne seiner Bewegung erst einer gewissen endlichen Geschwindigkeit bedürfe, und so lange der Stoss diese nicht zu erzeugen vermöge, unbewegt bleibe.

Inzwischen scheint mir diese Analogie vielmehr gegen als für den Verf. zu sprechen. Wenn ich nicht irre, verhält es sich mit dem geltend gemachten Beispiele so.

Jeder Stoss, der auf den Körper von Anfange herein geübt wird, ohne noch stark genug zu sein, ihn zum Gleiten auf der Ebene zu bringen, wird doch nicht wirkungslos auf ihn sein, sondern Schwingungen seiner Theilchen hervorrufen*), bis die Stosswirkung eine solche Grösse erreicht, um die Theilchen des Körpers, welche auf der Ebene aufliegen, über die nächst vorliegenden der Ebene hinauszuführen, sonst erschöpft sich die Kraft des Stosses in Erzeugung der Schwingungen; und eben so wird das Ende des Gleitens davon abhängen, dass die Geschwindigkeit des Gleitens der Theilchen des Körpers durch die fortgehende theilweise Umsetzung in schwingende Bewegung, welche beim Reiben stattfindet, endlich nicht mehr hinreicht, jene Ueberschreitung zu bewirken. Wäre nun die Fortpflanzung der Erregung im Gehirne mit dem Gleiten des Körpers auf der Ebene vergleichbar, so könnte man ja wohl diejenige endliche Geschwindigkeit der Theilchen des Körpers, unterhalb deren jene Ueberschreitung nicht mehr stattfinden kann, als Schwellenwerth der Gleitungsgeschwindigkeit nehmen und davon Anwendung auf die Fortpflanzung der Erregung im Gehirn machen. Da aber Bernstein selbst diese

---

*) Bekanntlich entsteht Wärme, d. i. ein Schwingungsprocess der Theilchen, durch jeden Stoss.

Fortpflanzung als Fortpflanzung eines Schwingungsprocesses fasst, so scheint mir jede Analogie zu fehlen, welche darauf hinwiese, dass ein solcher Process mit einem endlichen Werthe seiner lebendigen Kraft an irgend einem Puncte des Raumes, d. h. an dem daselbst befindlichen, materiellen Puncte abbrechen könne, ohne dass etwas davon auf das nächste Theilchen überginge. Der Verf. spricht freilich vom Erlöschen der lebendigen Kraft durch Uebergang in Spannkraft; aber ich wüsste doch nicht, dass man bei Fortpflanzung von Schwingungen von einem solchen Erlöschen im Sinne des Verf. spräche. Denn wenn eine Schallwelle in ihrer Fortpflanzung durch Reibung der Lufttheilchen gehemmt wird, kann diess meines Erachtens wie bei jeder Reibung nur durch Umsetzung grösserer Luftschwingungen in kleinere Wärmeschwingungen erfolgen, die sich schon im ganzen Laufe der Fortpflanzung geltend macht, und kein Ende, sondern nur eine ins Unbestimmte fortgehende asymptotische Abschwächung der Schwingungen, auf welchen der Schall beruht, mitführen kann, so dass sie endlich bis unter die Schwelle der Wahrnehmbarkeit des Schalls geht, welche aber mit der Schwelle des Verf. nichts zu schaffen hat. Inzwischen gebe ich mögliche Zweifel gegen die Zulänglichkeit dieser Auffassung des Vorganges zu.

Lässt man die Ansicht des Verf. von einem begrenzten Irradiationsraum fallen, hält aber die Annahme von der Proportionalität des Widerstandes gegen die Fortschreitung der Erregung mit der Erregung selbst fest, so kann man allerdings die Formel (3), in welche erstre Annahme noch nicht eingeht, benutzen, eine Formel für die Beziehung abzuleiten zwischen dem ursprünglichen Reize β, der Intensität der Erregung y in der Entfernung r vom Eintritt des Reizes in das Gehirn, und dem, linear, kreisförmig oder sphärisch gedachten, in einer gegebenen Dichtigkeit α erfüllten, Ausdehnungsraum S_y, der bis zur Entfernung r reicht, eine Formel, welche durch ihre Analogie mit unsrer Massformel der Empfindung von Interesse ist, nur für die Beziehung zwischen Reiz und Empfindung nichts mehr bedeutet. Man findet nämlich so

$$\alpha S_y = \frac{1}{k} \text{ log. nat. } \frac{\beta}{y}$$

und, wenn e die Grundzahl der natürl. Logar. ist,

$$y = \beta e^{-\alpha k S_y}$$

wonach bei Wachsthum des Reizes β die Erregung an jenem Puncte dem Reize proportional wächst.

Noch möchte ich eine Bemerkung in Betreff folgender Aeusserungen des Verf. II. 177 machen, womit er seine Ansicht gewissermassen zu vertiefen sucht.

»Wir vindiciren die Eigenschaft, die lebendige Kraft der Reizwelle zu vernichten, zunächst dem uns bekannten centralen Elemente der Ganglienzelle und behaupten, dass eben in dieser Eigenschaft, die lebendige Kraft der Reizwelle zu vernichten, das Wesen der Empfindung enthalten sei. Würde die Erregung die Ganglienzelle passiren, wie sie die Nervenfaser passirt, ohne an Intensität einzubüssen, so würde auch keine Empfindung zu Stande kommen. Erst der der Erregung entgegengesetzte Widerstand ruft die Erscheinung der Empfindung hervor. Daraus wird es denn auch klar werden, dass wir die Grösse der Empfindung nach der Anzahl der Ganglienkugeln abschätzen, deren Zusammenwirken nothwendig war, um die lebendige Kraft einer Erregung zu vernichten.« (Vergl. auch II. 202.)

Nun mag es in Fällen, wo wie hier die Verminderung der Erregung an jedem Puncte der Erregung selbst proportional geht, gleichgültig sein, die Empfindung functionell von der Verminderung oder dem Bestehen der lebendigen Kraft der Erregung abhängig zu machen; nur wüsste ich nicht, was der Behauptung des Verf. im ersten Sinne vor der Annahme im zweiten Sinne den Vorzug sicherte, da es mir vielmehr allgemein gesprochen vorzuziehen scheint, eine positive Empfindung von einem positiven Vorgange als von einer Schwächung desselben abhängig zu denken, und ich kenne bisher keinen Grund in den Erfahrungen, der Erstres zu thun verwehrte.

XVI. Zusammenstellung der bisherigen, insbesondere neuern, Versuchsresultate bezüglich des Weberschen Gesetzes.

Wenn sich die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes und der daraus abgeleiteten Gesetze für ein gewisses Bereich psychophysischer Verhaltnisse vertreten lässt, so folgt daraus doch nicht die Gültigkeit desselben für das ganze Bereich der Verhältnisse, welche von der Psychophysik ins Auge zu fassen sind; und es kann ja sein, dass ich in den Elementen zu weit gehende Erwartungen in dieser Hinsicht gehegt habe. Jedes Gebiet will besonders in dieser Beziehung untersucht sein; und natürlich können für wesentlich verschiedene Verhaltnisse auch wesentlich verschiedene Gesetze gelten. Ueberblicken wir nun, was bis jetzt experimentalerseits zur Beurtheilung in dieser Hinsicht bezüglich des Weberschen Gesetzes vorliegt; nicht vergessend, dass nicht jede experimentale Abweichung davon gegen eine fundamentale Gültigkeit desselben, d. h. Gültigkeit für die innere Psychophysik, spricht; nur dass wir solche um so wahrscheinlicher finden werden, je approximativer, in je weiteren Grenzen, und je entschiedener in mittlern Grenzen des Sinnengebrauches, sich das Gesetz bestätigt. Von einigen der wichtigern experimentalen Untersuchungen, die eine eingehendere Discussion in Anspruch nehmen, werde ich hier nur kurz das Resultat anführen, um in folgenden Abschnitten darauf zurückzukommen; bezüglich mancher wird das hier Anzuführende genügen.

Schon früher haben Hering (p. 23 ff.) und Langer (p. 82 ff.) einen flüchtigen Ueberblick in derselben Absicht gegeben, die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes an die bisher vorliegenden Erfahrungen zu halten. Und hienach könnte von einer experimentalen Bestätigung desselben, ausser etwa im Gebiete der Schallstärke durch die bisher nicht controlirten Versuche Volkmanns, und im Gebiete des Augenmasses durch Volkmanns und meine Versuche, nicht eigentlich die Rede sein. Fände nun wirklich eine Bestätigung auch nur in diesen Gebieten statt, so würde sie schon etwas bedeuten, gegnerischen Theorien Schwierigkeiten bereiten und die Tragweite verkümmern. Die Sachlage dürfte sich aber nach genauerm Zusehen überhaupt anders darstellen, als sie von den Gegnern dargestellt worden ist. Man muss nur eben nicht das Unmögliche verlangen, d. i. eine reine Bestätigung des

Weberschen Gesetzes den Gründen experimentaler Abweichung gegenüber, eine Unmöglichkeit, der auch kein von den Gegnern dagegen aufzustellendes Gesetz zu genügen vermöchte.

Als allgemeinstes Resultat finde ich, dass, insoweit es sich um Unterscheidung von blossen Reizintensitäten ohne Aenderung von Farbe oder Tonhöhe oder allgemeiner von Qualität der Empfindung handelt, das Gesetz im Gebiete des Lichtes, Schalles, Geschmackes, der Gewichte approximative Bewährungen aufweisen kann, welche die Wahrscheinlichkeit seiner fundamentalen Gültigkeit begründen; wogegen die Unterscheidung von Farbennüancen und Tonhöhen ohne Rücksicht auf Intensität sich dem Gesetze entzieht. — Weiter, dass im Gebiete der extensiven Empfindungen approximative Bewährungen des Gesetzes für das Augenmass, und selbst bis in die Zeitschätzung hinein vorliegen, für erstres jedoch wahrscheinlich nur in sofern, als es auf einem Bewegungsgefühl der Augenmuskeln beruht, indess eine directe Schätzung von Raumgrössen, sei es mit Netzhaut oder Haut, nicht dem Gesetze folgt. — Endlich, dass noch zweifelhaft ist, ob nicht doch die, von Schwingungszahl und Schwingungsweite zugleich abhängige Gesammtstärke des Toneindruckes, so wie, ob nicht die Gesammterscheinung des Gesichtsfeldes dem Weberschen Gesetze folge.

Im Allgemeinen werde ich folgends den relativen eben merklichen Unterschied, d. i. den Zuwachs zu einem Reize, der noch eben merklich oder eben zum Verschwinden für die Wahrnehmung gebracht ist, dividirt durch die absolute Grösse des Reizes, zu welchem der Zuwachs stattfindet, mit ε bezeichnen.

1) Lichtstärke ohne Farbenänderung.

Die zahlreichsten Versuche zur Prüfung des Weberschen Gesetzes überhaupt liegen jedenfalls im Gebiete der Lichtempfindung vor. Auf die, in meinen Elementen I. 139 ff., angeführten Versuche von Bouguer, Arago, Masson, Steinheil, Volkmann, mir selbst und auf die Resultate der Sterngrössenschätzungen (das. 158) will ich hier nur mit der allgemeinen Bemerkung zurückkommen, dass aus allen diesen Versuchen und Beobachtungen eine, von mehrern Seiten freilich zu unbedingt ausgesprochene, jedenfalls approximative, Gültigkeit des Weberschen Gesetzes in mehr oder weniger weiten Grenzen folgt; indess schon von mir selbst anerkannt worden ist, dass es allerdings experimentale Grenzen der Gültigkeit giebt. Mag man nun auch die neuern Versuche von **Helmholtz** und **Aubert** für genauer ansehen, als alle vorgängigen, so können sie doch das übereinstimmende Resultat aller frühern nicht aufheben, sondern nur in so weit modificiren, dass sie die Approximation nicht als so weit gehend erscheinen lassen, als es nach jenen schien; aber es wäre ja gar nicht möglich gewesen, das Gesetz sogar ohne Beschränkung auszusprechen, wie es zum Theil geschehen, wäre die Abweichung davon in den eingehaltenen Grenzen eine grobe gewesen. Auch mögen sich verschiedene Augen in dieser Beziehung verschieden verhalten; und da Uebung in jedem Gebiete beiträgt, Unterschiede leichter erkennen zu lassen, so darf es von vorn herein nicht zu sehr befremden, dass die in Lichtversuchen so geübten und in consequenter Verfolgung von solchen beschäftigten Augen von Helmholtz und Aubert feinere Unterschiede erkannt haben, als die Augen anderer Beobachter, welche nur gelegentlich auf Beobachtungen in diesem Gebiete eingegangen sind.[*] Aber sehen wir uns die hier einschlagenden Resultate der Helmholtzschen und Aubertschen Beobachtungen und Versuche noch etwas näher an.

Helmholtz selbst (p. 312 ff.) hat sich durch Thatsachen der täglichen Erfahrung, insbesondere dadurch, dass Kupferstiche bei verschieden heller Beleuchtung (wenn sie nur nicht über gewisse Grenzen hinaus abgeändert wird), noch ziemlich denselben Eindruck machen, veranlasst gefunden, den approximativen Charakter des Gesetzes zuzugestehen. Wenn er aber doch bei genauern Versuchen nach der Methode der eben merklichen Unterschiede mittelst vortheilhaft abgeänderten Principes der Massonschen Scheibe den eben merklichen relativen Lichtunterschied ε, der nach Weber'schem Gesetze bei verschiedener absoluter Intensität der Beleuchtung sich gleich bleiben sollte, nach Maassgabe dieser Beleuchtung innerhalb nicht bestimmt gemessener Grenzen derselben, zwischen $\frac{1}{117}$, $\frac{1}{133}$, $\frac{1}{150}$, $\frac{1}{167}$ variirend fand, so liegt darin kein ganz richtiger Maasstab der wirklichen Variation, sofern nach den eigenen Angaben von Helmholtz die betreffenden Unterschiede nicht mit gleicher Leichtigkeit und Deutlichkeit wahrgenommen sind, und namentlich kann der »nur auf Augenblicke« spürbare Unterschied $\frac{1}{167}$ nicht mit den andern vergleichbar gehalten werden.

---

[*] **Dobrowolsky** bemerkt bei Gelegenheit seiner Versuche über die relative Unterschiedsempfindlichkeit für abgeänderte Intensität von Spectralfarben (Beitr. z. physiolog. Optik p. 87): »Bei Beginn meiner Untersuchungen war die Empfindlichkeit meiner Augen gegen alle Spectralfarben eine viel geringere, als bei Abschluss derselben; bei Beginn der Untersuchungen betrug meine (relative) Empfindlichkeit gegen Roth in Linie $B = \frac{1}{16.2}$ und gegen Blau etwa $\frac{1}{14.2}$, während bei Abschluss der Untersuchungen sich die Werthe $\frac{1}{29.7}$ und $\frac{1}{218}$ ergaben.

Die Versuche Auberts, nach der Methode der eben merklichen Unterschiede, theils mit Schatten, theils gedrehten Scheiben angestellt, und durch eine sehr grosse Scala von Lichtintensitäten bis zu den kleinsten herab reichend, mögen bei oberflächlicher Betrachtung der sehr starken Abweichungen, die sie nach Oben und noch mehr nach Unten vom Gesetze zeigen, insbesondere aber nach der Weise, wie sie von Aubert vorgeführt und gegen das Gesetz geltend gemacht worden, sehr stricte gegen dasselbe zu sprechen scheinen, werden daher auch von Gegnern vorzugsweise dagegen ins Feld geführt. Aber zuvörderst können sie doch, wie schon bemerkt, die factischen Beweise der Approximation, die in allen früheren Versuchen, in den Sterngrössenschätzungen und der Erscheinung der Kupferstiche liegen, nicht ungültig machen. Zweitens habe ich in einer Discussion der Aubert'schen Versuche, die in den Berichten der sächs. Soc. 1864 enthalten ist, nachgewiesen und schon früher S. 17 davon Erwähnung gethan, dass selbst bei den Aubert'schen Versuchen in einem, die Grenzen des gewöhnlichen Augengebrauches weit übersteigenden, Intervall, während nämlich die Lichtintensität vom Einfachen aufs 96,67fache, also fast aufs 100fache stieg*), der noch eben merkliche relative Reizunterschied ε sich blos im Verhältniss von 1 : 1,8, also nicht bis aufs Doppelte, änderte.

---

*) Hiebei war die geringste Lichtintensität in diesem Intervall $\frac{1}{6,75}$ derjenigen, bei der wir Abends zu lesen pflegen, die höchste die, welche eine gedrehte Scheibe mit 250° Weiss und 110° Schwarz im Sonnenschein giebt.

Dabei ist freilich zuzugestehen, dass diese Approximation sich erheblich geringer ausnimmt, wenn man die Resultate auf jeder Seite des Minimum von ε für sich nimmt. Denn schon, wenn man von der Intensität 1 bis ungefähr zum 17 fachen aufsteigt, ändert sich ε ungefähr in jenem Verhältniss 1 : 1,8, wie in entgegengesetztem Sinne um eine ungefähr gleiche Grösse, wenn man die 17 fache Intensität noch auf das 5- bis 6 fache steigert; aber es bleibt darum nicht minder Thatsache, dass bei Steigerung der Intensität ungefähr im Verhältniss von 1 : 97 in einem Intervall, welches die Grenzen des gewöhnlichen Augengebrauches einschliesst, der Werth ε nur im Verhältniss von 1 : 1,8 steigt und wieder sinkt. Ist diess nun auch keine absolute Constanz, wie sie zur Strenge des Weberschen Gesetzes gefordert wäre, so ist es doch in Verhältniss zu der grossen Aenderung der Lichtintensitäten, wofür sie besteht, als eine beträchtliche Annäherung an die Constanz zu fassen, indess es eine enorme Abweichung von der Proportionalität des Empfindungszuwachses mit dem Reizzuwachse wäre.

Freilich würden Auberts Versuchsresultate, wie sie vorliegen, nicht gestatten, die untere Abweichung im Gebiete des Lichtsinnes blos vom Dasein der schwachen inneren Erregung, welche durch die Helligkeit des Augenschwarz repräsentirt wird (als Zuwachs zur äusseren Helligkeit) abzuleiten, wie ich schon in der Abhandlung gegen Aubert ausdrücklich zugestanden habe. Denn dazu müsste der Lichtwerth des Augenschwarz als eine viel zu grosse und je nach den Reizgraden sehr stark veränderliche Grösse in die Rechnung eingeführt werden. Aber erstens reicht unsere Kenntniss von den innern Bedingungen des psychophysischen Systems nicht hin, zu versichern, dass nicht noch andre Gründe an der unteren Abweichung betheiligt sein können, zweitens muss der, von Aubert selbst anerkannte, Helligkeitsgrad des Augenschwarz wenigstens mit Antheil haben. Drittens kann ich nicht umhin, nach neuer Einsicht in Auberts Versuche, es bedenklich zu finden, dass nach p. 55 und 80 (mit Rücksicht auf p. 74) zu schliessen, seine Versuche im Allgemeinen einseitig so angestellt sind, dass bei constant gehaltener hellerer Lichtquelle nur die dunklere bis zum Verschwinden der Helligkeitsdifferenz zwischen Schatten und Grund abgeändert wurde, mithin die hellere Componente stets als Vergleichsobject für die dunklere, nicht auch umgekehrt, auftrat, wo der constante Fehler, den ich in den Elementen II. 140 als von der Herstellungsweise abhängig bezeichnet habe, schwerlich hat vermieden werden können. Ferner lässt die Angabe (p. 55), »dass das entferntere Licht so lange allmälig und mit öfterem Anhalte verschoben wurde, bis der Schatten an der Grenze der Wahrnehmbarkeit war«, nicht schliessen, dass eben so oft von einer zu kleinen als zu grossen Entfernung des entfernten Lichts bis zu dieser Grenze gelangt wurde*), und finde ich nicht angeführt, dass die Versuche methodisch eben so oft mit den Intensitäten aufsteigend als absteigend angestellt sind: in Beidem aber können wiederum Ursachen constanter Fehler gesucht werden. Wenn ich nun bei diesen, an sich schwer vergleichbar zu haltenden, Versuchen gar keine Vorsicht wegen Vermeidung constanter Fehler getroffen, wenigstens gar nichts davon gesagt finde, nachdem ich mich durch meine Gewichts-, Augenmass- und Tastversuche überzeugt habe, welch' grosse Rolle sie bei Versuchen dieser Art spielen, nachdem durch Delboeufs in der Anmerk. erwähnte und durch Vierordts später zu erwähnende Versuche sich das Vorkommen derselben auch im Gebiete der Lichtempfindung und Zeitempfindung erwiesen hat, kurz unstreitig allen Gebieten gemeinsam ist: so weiss ich trotz aller Anerkennung, die ich den Aubertschen Versuchen wegen ihrer Sorgfalt und Umsicht nach andern Beziehungen zolle, nicht, wesshalb ich ihnen noch hinreichendes Zutrauen in Betreff des Wegfalls constanter Fehler schenken sollte.

Man kann einwenden, dass Seitens andrer Beobachter, auf deren Versuche ich mich betreffs der Bestätigung des Weberschen Gesetzes im Lichtgebiete doch selbst berufe, insgemein eben so wenig Bedacht auf die Vermeidung constanter Fehler genommen ist. Es ist wahr; und wäre solcher genommen, so möchten sie wohl noch besser zum Gesetze stimmen. Aber alle diese anderweiten Versuche gehen nicht so tief mit den Intensitäten herab, als Auberts Versuche; und es ist natürlich, dass von den Versuchsumständen abhängige constante Fehler, in so weit sie nicht selbst den Intensitäten proportional sich ändern, einen um so grossern Einfluss bei Prüfung des Weberschen Gesetzes gewinnen müssen, je kleiner die Intensitäten sind. Also meine ich, dass Auberts Versuche bezüglich niedrer Intensitäten überhaupt für die Frage der Gültigkeit des Weberschen Gesetzes ausser Acht fallen, indess sich für höhere die angegebene Approximation findet. Ja es möchten Versuche bei so niedern Intensitäten, dass der Lichtwerth des Augenschwarz nicht mehr vernachlässigt werden kann, überhaupt zur Prüfung des Gesetzes kaum brauchbar herzustellen sein, weil der veränderliche Einfluss der Adaption, von dem ich leugne, dass er bei höheren Intensitäten in erheblichen Betracht kommt (S. 48), dann allerdings nicht mehr vernachlässigt werden, eben so wenig aber wegen seiner Veränderlichkeit eine Berechnung des Zuwachses, den die Helligkeit des Augenschwarz gewährt, gestatten kann. Sollte er sich aber eliminiren lassen, so möchte es nur durch ordnungsmässige Combination von aufsteigend und absteigend mit den Intensitäten angestellten Versuchen geschehen können.

---

*) Delboeuf hat in den Versuchsreihen zur Bestimmung seines c (in Et. p. 73 und 88) zwei Columnen gegeben, in deren einer er von zu grosser, in der andern von zu kleiner Helligkeit auf den rechten Punct des Verschwindens eines Unterschiedes kommt, um daraus das Mittel zu ziehen. Die Zahlen der einen Columne unterscheiden sich um einen erheblichen Werth in fast constanter Richtung von denen der andern.

Eine wirklich methodisch durchgeführte, auf möglichste Elimination constanter Fehler berechnete, Versuchsreihe, wie ich solche bezüglich der Gewichts- und Tastempfindlichkeit angestellt habe, liegt überhaupt in Lichtversuchen noch gar nicht vor; und ich muss nur immer darauf zurückkommen, dass, wenn sich trotz dieser Mangelhaftigkeit der Versuche eine bedeutende Approximation an das Webersche Gesetz bei nicht zu niederen Intensitäten ergeben hat, aus der Mangelhaftigkeit der Versuche eben nur eine Mangelhaftigkeit der Bewährung, nicht des Gesetzes, zu folgern ist.

Hiezu noch folgende Bemerkung. Die Schattenversuche zur Prufung des Weberschen Gesetzes sind natürlicherweise so angestellt, dass die dunklere Flache der Schatten in einer sie umgebenden grosseren hellen zum Verschwinden gebracht wird, die Versuche mit der Massonschen Scheibe, von Masson selbst und von Helmholtz p. 314 entsprechend, von Aubert (p. 74) umgekehrt, kurz uberall in einseitiger Richtung, so, dass entweder die kleinere dunklere Flache in einer grossern hellen oder umgekehrt eine kleinere helle Flache in einer grossern dunkleren verschwindet oder dem Verschwinden nahe kommt. Kann nicht auch von dieser einseitigen Richtung des Versuches ein constanter Fehler abhängen, der durch Versuche in entgegengesetzter Richtung unter Gleichhaltung der übrigen Umstände zu compensiren wäre? Jedenfalls galte es, die Frage vielmehr durch Versuche als durch Voraussetzung zu entscheiden. Bei dem Plateauschen Verfahren (S. 22) fallt der Anlass zu einem solchen Fehler weg. Freilich lässt sich der Versuch mit der Massonschen Scheibe nicht einfach so umkehren, dass man einmal ein schwarzes Sectorstück auf weisser Scheibe, ein andresmal ein weisses Sectorstück von gleicher Winkelbreite auf schwarzer Scheibe anbrachte, weil letztenfalls das innere Augenlicht nicht mehr eben so wie erstenfalls gegen die objective Helligkeit der schwarzen Scheibe vernachlässigt werden konnte; indess böte Auberts Abänderung der Massonschen Scheibe das Mittel, den hellen Kranz nicht gegen Schwarz, sondern gegen einen nur minder hellen Grund sich abheben und darin verschwinden oder dem Verschwinden nahe kommen zu lassen.

Der Verdacht, dass bei Auberts Versuchen überhaupt nicht eliminirte Fehlerquellen der angegebenen Art ins Spiel gekommen sind, gewinnt eine beträchtliche Verstärkung dadurch, dass bei den (nicht so tief als die Aubertschen Versuche herabgehenden) Versuchen **Delboeufs** (Et. p. 54 bis 65), welche nach einem ganz andern, dem Plateauschen, Verfahren angestellt sind, also, wenn auch ihrerseits nicht ganz einwurfsfrei, doch nicht Fehlerquellen von gleicher Richtung voraussetzen lassen, das Webersche Gesetz sich mit erwünschtester Approximation bestätigt, wenn man die Helligkeit des Augenschwarz mit einem sehr kleinen Werthe dabei zu dem äussern Lichtreize gefügt denkt, mit einem Werthe, der sogar kleiner ist, als man nach der Rolle, die man dem Augenschwarz nach andern Erfahrungen beilegen möchte, erwarten kann. Dass diese Versuche überhaupt als eine sehr willkommene Bestätigung des Weberschen Gesetzes gelten können, ist schon früher bemerkt, und es wird von den Gegnern nicht unterlassen werden können, darauf Rücksicht zu nehmen, wollen sie anders nicht ihrerseits sich einer Art constanten Fehlers dadurch schuldig machen, dass sie immer blos einseitig berücksichtigen, was gegen das Gesetz zu sprechen scheint. Im 17. Abschn. wird man diese Versuche eingehend besprochen finden. Wenn aber Delboeuf selbst in s. Etude seine Versuche noch als gegen das Webersche Gesetz sprechend geltend machen konnte, so ist hierüber S. 27 f. genug gesagt.

Einige Versuche zur Prüfung des Weberschen Gesetzes nach der bekannten Schattenmethode sind im Zusammenhange einer in der Hauptsache einen andern Zweck verfolgenden Untersuchung neuerdings auch von **Camerer**[*] angestellt worden. Sie ergaben zwar für Camerers eigene farbenblinde Augen (folgends mit C bezeichnet) keine Bestätigung des Gesetzes, hiegegen für die normalen Augen zweier Mitbeobachter (O und P) ein sehr approximatives Zutreffen.

---

[*] Klin. Mon.Bl. f. Augenheilk. 1877. Febr.

Das Verfahren selbst dieses: »Zwei gleich helle, an verschiedenen Orten aufgestellte, Kerzen werfen von einem Stab zwei Schatten auf eine weisse Wand. Die eine, nähere Kerze erhält einen bestimmten Abstand = l von der Wand, die andere (entferntere) Kerze wird so lange verrückt, bis der hellere der beiden Schatten eben unmerklich wird.« Sei nun l' der Abstand der entferntern Kerze für diesen Fall, so ist die Helligkeit, welche jede Kerze für sich an der Tafel erzeugt, respective durch $\frac{1}{l^2}$ und $\frac{1}{l'^2}$ gemessen, und der relative eben merkliche Unterschied ε durch $\frac{l^2}{l'^2}$ gegeben; wofür sich folgende Werthe bei folgenden Werthen von l (in Centim.) fanden:

l	O	P	C
30	$\frac{1}{116}$	$\frac{1}{92}$	$\frac{1}{108}$
50	$\frac{1}{116}$	$\frac{1}{90}$	$\frac{1}{86}$
70	$\frac{1}{123}$	$\frac{1}{86}$	$\frac{1}{74}$

Die den drei Werthen von l entsprechenden Intensitäten verhielten sich als durch $\frac{1}{l^2}$ gemessen, wie 1225 : 441 : 225, variirten also vom 1fachen bis über das 5fache, wobei, wie man sieht, für O und P, aber nicht für C, die Werthe ε sich nahe gleich blieben.

Alle bisher angestellten Versuche sind mit farblosem Lichte angestellt. Versuche mit abgeänderter Intensität farbigen Lichtes (ohne Aenderung des Farbentons) lagen früher vor Seiten Massons (Elemente I. 154), unter Anwendung seiner Drehscheibe (weisse Scheibe mit schwarzem Sectorstück, beleuchtet durch farbiges Licht mittelst Vorhaltung farbiger Gläser), wonach sich farbiges Licht ziemlich wie weisses Licht verhält, und z. B. ε sich eben so gleich $\frac{1}{100}$ fand, wenn die Scheibe mit rothem Lichte, als wenn sie mit weissem Lichte beleuchtet war. Diese Versuche mit der Drehscheibe unter Anwendung der Helmholtzschen Abänderung derselben (Helmh. p. 314) sind später gelegentlich von **Lamansky** und **Dobrowolsky***) wiederholt worden, wobei sich die Gleichheit von ε für weisse und farbige Beleuchtung (bei Betrachtung durch farbige Gläser) nicht allgemein bestätigte. Inzwischen verdienen unstreitig die Versuche mit reinen Spectralfarben, welche von Lamansky und Dobrowolsky angestellt worden sind, den Vorzug vor solchen mit Pigmentfarben, wie sich denn genannte Beobachter selbst über diesen Vorzug erklärt haben, und so beschränke ich mich auf die Resultate, die hiemit erhalten wurden.**)

Dazu galt es, zwei unmittelbar an einander grenzende Gesichtsfelder von demselben Farbenton herzustellen, mit geeigneter Vorrichtung, die Intensität des einen beliebig bis zur Erreichung des eben merklichen Unterschiedes zu verändern, was mittelst geeigneter Spectralapparate geschah. In der Hauptsache hatten die damit angestellten Versuche den Zweck, da sich bei weissem Lichte ein Minimum von ε, mithin Maximum der relativen Unterschiedsempfindlichkeit, bei einer gewissen absoluten Intensität des Lichtes findet, zu untersuchen, ob dieses Minimum wirklich, wie es nach Masson scheinen möchte, für die verschiedenen Farben denselben, mit dem Werthe für weisses Licht übereinstimmenden, Werth habe; was sich auch bei den Spectralfarben nicht bestätigt fand, wie die unten anzuführenden Ergebnisse zeigen. In Betreff des allgemeinen Ergebnisses der Abänderung der Intensität aber ersieht man aus folgenden Angaben der Beobachter, dass farbiges Licht sich in Betreff der approximativen Constanz von ε innerhalb gewisser Grenzen und der Abweichungen nach unten und oben davon ähnlich wie weisses Licht verhält.

Lamansky (p. 129): »Für alle Farben nahm die (relative Unterschieds-) Empfindlichkeit mit der Zunahme des objectiven farbigen Lichtes zu. Ausserdem sehen wir, dass sie bei grösseren

---

*) **Lamansky** in Poggend. Ann. Bd. 142 oder Gräfe's Arch. f. Ophthalm. XVII. 1. — **Dobrowolsky** in s. Beitr. z. physiolog. Optik p. 74 ff.

) Erwähnenswerth sind hiebei auch die interessanten Versuche, welche **Camerer mit seinen farbenblinden Augen nach der Methode der mittleren Fehler an Spectralfarben angestellt und in den Klin. Mon.Bl. f. Augenheilkunde Febr. 1877 veröffentlicht hat. Sie haben, wie zu erwarten, von den obigen sehr abweichende Resultate ergeben, welche bei einem Studium der Farbenblindheit beachtet zu werden verdienen.

Breiten der Spalte (womit die absolute objective Helligkeit wuchs) etwas abgenommen hat; aber es ist eine ganz bekannte Thatsache, dass die Empfindlichkeit bei starker Beleuchtung kleiner wird.» Dass um das Minimum ε nahe mehr Constanz stattfindet, lehrt der Blick auf die Tabelle p. 130.

Dobrowolsky (p. 84): «Bei verstärkter Lichtintensität nahm die [relative Unterschieds-] Empfindlichkeit gegen alle Spectralfarben zu bis zu einer gewissen Grenze, an deren Nähe sie meist eine constante blieb. Ueber diese Grenze hinaus nahm bei zu grosser Lichtintensität die Empfindlichkeit für einige Farben ab, wohl in Folge der zu starken Blendung und Abstumpfung der Netzhaut.»

Die Specialresultate der genannten Beobachter über den Minimalwerth von ε für die verschiedenen Farben giebt folgende Einschaltung. In den absoluten Werthen weichen ihre Angaben sehr von einander ab, doch stimmen darin überein, dass der Minimalwerth von ε für die verschiedenen Farben sehr verschieden ist. Diess Resultat könnte darauf deuten, dass der Werth K in der Fundamentalformel für verschiedene Farben verschieden ist, könnte aber auch mit den Gründen experimentaler Abweichung vom Weberschen Gesetze, welche schon bei jeder Farbe für sich bestehen, zusammenhängen.

Lamansky giebt für den Minimalwerth von ε folgende Werthe:

Roth	Orange	Gelb	Grun	Blau	Violet
$\frac{1}{70}$	$\frac{1}{78}$	$\frac{1}{286}$	$\frac{1}{286}$	$\frac{1}{212}$	$\frac{1}{409}$

Dobrowolsky giebt die, unter Zuziehung von zwei Mitbeobachtern, Dr. Berthold und Dr. Garza, erhaltenen Minimalwerthe ε für folgende, durch die Fraunhoferschen Linien bezeichnete, Stellen des Spectrum, indess er (p. 88) für weisses Licht mittelst einer, nach Helmholtzschem Princip abgeänderten, Massonschen Scheibe das Minimal-ε im Mittel von 10 Beobachtern $\frac{1}{150}$ $\left(\text{schwankend zwischen } \frac{1}{130} \text{ und } \frac{1}{165}\right)$, und bei sich selbst insbesondere $\frac{1}{163}$ fand.

Fraunhofersche Linien	Dobrowolsky	Berthold	Garza
Roth *A*	$\frac{1}{14}$		
B	$\frac{1}{19,76}$	$\frac{1}{15,9}$	$\frac{1}{11,7}$
C	$\frac{1}{23,16}$		
Orange zw. *C* u. *D*	$\frac{1}{33,16}$		
Goldgelb *D*	$\frac{1}{45,77}$	$\frac{1}{40,86}$	
Grun zw. *D* u. *E*	$\frac{1}{58,77}$		
E	. . . . .	. . . . .	$\frac{1}{33,16}$
Blaugrun zw. *E* u. *b*	$\frac{1}{67,33}$		
Cyanblau *F*	$\frac{1}{131,6}$	. . . . .	$\frac{1}{58,7}$
Indig zw. *F* u. *G*			
näher an *G*	$\frac{1}{268}$	$\frac{1}{205,3}$	$\frac{1}{205,3}$
Violet zw. *G* u. *H*	$\frac{1}{268}$?		
Violet in *H*	$\left(\frac{1}{67,33}\right)$		

Bei Violet zwischen *G* und *H* findet es der Verf. zweifelhaft, ob das Maximum der relativen Unterschiedsempfindlichkeit schon erreicht war; bei Violet in *H* war es sicher nicht erreicht, wesshalb der dabei gefundene Werth von ε keine Bedeutung hat.

Eine sehr schöne, d. i. in weiten Grenzen sehr approximative, Bestätigung des Weberschen Gesetzes erhielt Dobrowolsky (Beitr. p. 92 ff.) für den Fall, dass der Unterschied eines, mit weissem Lichte in gegebenem Verhältniss gemischten, Spectralfarbenlichts von benachbartem reinen beobachtet wird. Soll das Webersche Gesetz bestehen, so muss das mit Weiss gemischte Farbenlicht von dem reinen Farbenlichte immer bei demselben Intensitätsverhältnisse beider ununterscheidbar werden, wie sich auch die absolute Intensität beider ändert, was sich in der That sehr approximativ so fand. Der Versuch liess z. B. bei Roth während einer Aenderung der absoluten Intensitäten von 1,0000 auf 0,0302 statt eines gleichbleibenden Verhältnisses, wie es zur Genauigkeit des Gesetzes gefordert gewesen wäre, ein nur von 2,2335 auf 2,0303 geändertes Verhaltniss finden. Näheres s. in folgender Einschaltung.

Es wird mittelst eines Spectralapparats ein moglichst helles Farbenspectrum erzeugt, und durch geeignete Vorrichtung ein weisser Lichtstreifen (erzeugt durch eine vor einem Spalt befindliche Petroleumlampe) auf eine bestimmte Stelle dieses Spectrums projicirt, dessen Licht sich also zu dem der Farbe an dieser Stelle addirt. Hienach werden Versuche wie folgt angestellt. 1) Während das Farbenlicht sein = 1 gesetztes Maximum der Helligkeit hat, wird die Intensität des weissen Streifens (durch Drehung eines von zwei Nicols) so lange abgeschwacht, bis der Streifen im farbigen Grunde erlischt. Sei ν das Verhältniss seiner Schwachung. 2) Das Farbenlicht wird jetzt im Verhaltniss m abgeschwacht, wo der Streifen wieder sichtbar wird, nun aber dessen Licht wieder so lange abgeschwacht, bis er von neuem verschwindet. Sei das hiebei gefundene Verhaltniss seiner Abschwachung (gegen die erste Maximumintensitat gerechnet) n. 3) Entsprechend seien mittelst weiterer zu einander gehorigen Abschwächungen die zu einander gehorigen Werthe m', n', ferner m'', n'' u. s. f. gefunden; immer gegen die ursprungliche Maximumintensitat gerechnet. Soll nun das Webersche Gesetz gultig sein, so mussen die Verhältnisse $\frac{1}{\nu}$, $\frac{m}{n}$, $\frac{m'}{n'}$, $\frac{m''}{n''}$ etc., allgemein mit α zu bezeichnen, einander gleich gefunden werden, was in der That sehr annahernd der Fall war. Sei namlich i die Intensitat des Farbenlichtes, so fanden sich im Mittel von je 6 bis 10 Beob. fur jeden Grad der Lichtintensitat i folgende Werthe von α:

i	Roth	Grun	Violet
1,0000	2,2335	2,028	1,6841
0,8830	2,5135	2,3285	1,7842
0,5868	2,2338	2,3308	1,7999
0,2300	2,3061	1,9555	1,8462
0,1170	2,0954	2,0369	
0,0302	2,0303		

2) Schallstärke (ohne Aenderung von Tonhöhe).

Ueber die Anwendbarkeit des Weberschen Gesetzes auf Schallstärken liegen bis jetzt nur die, nach der Methode der eben merklichen Unterschiede angestellten, Versuche von Volkmann vor, deren in den Elem. I. 176ff. gedacht ist. Vielleicht war die dabei angewandte Methode nicht fein und sicher genug, um nicht eine controlirende Wiederaufnahme der Versuche durch sichrere Methoden wünschenswerth erscheinen zu lassen, wo sich wahrscheinlich analoge Abweichungen von der Genauigkeit des

Gesetzes als im Gebiete der Lichtversuche zeigen würden, die bei jenen Versuchen nicht zu Tage treten; jedenfalls lassen sie eine mindestens eben so approximative Gültigkeit des Gesetzes als bei den Lichtversuchen stattfindet, voraussetzen*); und die, in den Elem. I. 183 bemerkte Thatsache, dass ein Chor von 400 Männerstimmen keinen bedeutend stärkern Eindruck macht, als von 200, stimmt ganz zu dem, aus dem Weberschen Gesetze folgenden, logarithmischen Massgesetze, welches eben so mitbringt, dass die physische Verdoppelung eines starken Lichts keine bedeutende Verstärkung der Lichtempfindung hervorruft.

Folgte die Unterscheidung der Schallstärken der einfachen statt relativen Verschiedenheit derselben, so sähe man keinen Grund, warum beim Fahren im Eisenbahnwagen oder in der Nähe eines brausenden Wasserfalls die Stimme verstärkt werden muss, um noch gleich gut vom Nachbar verstanden zu werden.

3) Geschmack.

Für die Geschmacksempfindung liegen bisher blos die Versuche von Keppler nach der Methode der richtigen und falschen Fälle in s. Inauguraldissertation: »Das Unterscheidungsvermögen des Geschmackssinnes für Concentrationsdifferenzen der schmeckbaren Körper« Bonn 1869 vor. Der Verf. selbst findet sie (p. 11) in Widerspruch mit dem Weberschen Gesetze, aber nach einer Benutzung der Versuchsdata, die ich nicht verstehe, ungeachtet meine, in den Elem. I. p. 108 gegebene, Fundamentaltabelle dieser Methode dabei zu Grunde liegen soll. Nachdem ich selbst die Versuchsdata in Rechnung genommen, finde ich Folgendes.

Die Versuche sind mit Lösungen von Kochsalz, basisch schwefelsaurem Chinin, Phosphorsäure und Glycerin angestellt, sind ihrer Natur nach schwierig und selbst für dieselbe Substanz schwer unter sich vergleichbar zu halten; auch lässt der Verf. wesentliche Angaben zur Beurtheilung davon fehlen. Jedoch enthalten die

---

*) Wenn Langer (p. 84) sagt: Aus der Fallhöhe einer Kugel, welche den Schall erzeugt, wie es bei den Volkmannschen Versuchen der Fall war, könne noch kein sicherer Schluss auf die durch den Fall erzeugte Schallintensität gezogen werden, so möchte ich fragen, warum nicht, es wäre denn, dass man mit Kugeln von sehr kleiner Masse und aus sehr grosser Höhe, wo der Luftwiderstand merklichen Eintrag thut, operirte.

Versuche für jede Substanz insbesondere einen Weg, zu untersuchen, ob sie gut genug unter sich stimmen, um zur Prüfung des Gesetzes verwendbar zu sein.*) Unterwerfe ich dieselben dieser Prüfung, so zeigen sich nur die Versuche mit Kochsalz probehaltig, die mit den andern Substanzen ganz unbrauchbar; die Versuche mit ersterem aber zum Weberschen Gesetze so gut stimmend, als man es nach der Schwierigkeit dieser Versuche nur immer erwarten kann; indess die Versuche mit den andern Substanzen eben so schlecht mit dem Weberschen Gesetze als in sich stimmen, aber freilich zur Prüfung des Gesetzes überhaupt nicht taugen.

Um die Definitivzahlen, auf die es ankommt, für die Kochsalzlösung anzuführen, so sollten nach Einrichtung und Princip der Versuche unter Zusammennehmen der Zahlen, die sich zum Resultate zusammennehmen lassen, folgende drei Zahlen $\sum\frac{r}{n}$ für folgende drei procentale Gehalte einer Hauptlösung (womit eine in bestimmtem Verhältniss schwächere Lösung, Vergleichslösung, verglichen ward) gleich sein, wenn das Webersche Gesetz besteht, wobei r die Zahl der richtigen Fälle, n die Totalzahl der Fälle bedeutet.

Procentaler Gehalt der Hauptlösung	1,43 %	3,2 %	5,43 %
$\sum\frac{r}{n}$	221,7	230,1	241,1

Diess ist nun freilich keine vollständige Uebereinstimmung der Werthe $\sum\frac{r}{n}$, aber eine weit grössere, als worauf sich nach der Sachlage der Versuche rechnen liess; und dabei sind noch folgende zwei Umstände zu berücksichtigen. Erstens der am stärksten abweichende Werth 241,4 hat eine geringere Zuverlässigkeit als die andern, weil er auf einer geringern Zahl von Beobachtungen ruht; zweitens, wenn, wie zu erwarten, die Zunge von Natur mit Salzflüssigkeit geschwängert ist, muss diess bei den Versuchen denselben Einfluss haben, als bei den Lichtversuchen das Dasein der natürlichen Helligkeit des Augenschwarz, d. h. ein schwaches Ansteigen der Werthe der relativen Unterschiedsempfindlichkeit von den kleinern zu grössern Concentrationsgraden mitführen.

---

*) Dieser Weg besteht kurz gesagt in Folgendem. Es lassen sich aus den, unter vier verschiedenen Lagenverhältnissen angestellten, Versuchen für jede Substanz drei Werthe berechnen, die ich in der Besprechung der Methode in den Elem. I. p. 114 mit h, p, q bezeichnet habe, und zwar geben die vier Lagen vier Gleichungen zur Bestimmung dieser Werthe her, so dass sich jeder dieser Werthe in doppelter Weise aus je zwei Gleichungen finden lässt. Wenn die Versuche als unter sich stimmend gelten sollen, so müssen h, p, q im Mittel der, zu einem Definitivergebniss zusammenzunehmenden, Versuche nahe übereinstimmende Werthe nach beiden Berechnungsweisen geben, oder p, q (als constante Fehler) sich überhaupt sehr klein dabei finden. Wo keins von beiden der Fall ist, sind die Versuche unbrauchbar, einen Schluss zu ziehen.

Um über die Weise, wie obige Zahlen gewonnen wurden, nicht ganz im Unklaren zu lassen, bemerke ich noch Folgendes.

Die Versuche wurden bemerktermassen mit drei Hauptlösungen von verschiedenem Salzgehalt, respectiv 1,13 %, 3,2 % und 5,43 % angestellt, bei jeder derselben insbesondere aber vier Vergleichslösungen angewandt, welche bei einer wie der andern Hauptlösung um 2,5 %, um 5 %, um 7,5 %, um 10 % des Gehalts der Hauptlösung schwächer waren, und zwar wurde in vier verschiedenen Versuchslagen, wovon je zwei einander entgegengesetzt, untersucht, ob die stärkere Hauptlösung oder schwächere Vergleichslösung beim Versuch stärker zu schmecken schien, hienach die richtigen und falschen Fälle bestimmt. Auf eine nähere Beschreibung der, von vorn herein sehr misslich erscheinenden, Versuche kann ich hier nicht eingehen. Da die Versuche bei Weitem nicht zahlreich genug waren, um mit der Rechnung zu den einzelnen Vergleichslösungen herabzugehen, so sind erstens die Versuche mit der Vergleichslösung von 2,5 % des Gehalts der Hauptlösung ganz bei Seite gelassen, sofern sie wegen Schwäche dieser Differenz und mithin des Schwankens der $\frac{r}{n}$ um 50 % eine unverhältnissmässig grössere Anzahl von Versuchen gefordert hätten, um ein irgendwie zuverlässiges Resultat zu geben, obwohl ihre Zuziehung das Resultat nicht wesentlich ändern würde; zweitens sind die Zahlen $\frac{r}{n}$ für die andern drei Vergleichslösungen für sich zusammengezogen, was gestattet war, da sie bei allen drei Hauptlösungen denselben procentalen Differenzen entsprechen. So haben sie, im Mittel der vier Versuchslagen bestimmt, die obigen Zahlen $\sum \frac{r}{n}$ gegeben.

Die Summirung und Mittelziehung der Zahlen $\frac{r}{n}$ für die vier Versuchslagen ist nicht die genauestmögliche zur Compensation der von diesen Lagen abhängigen constanten Fehler; sondern genauer verfährt man, wenn man die Werthe t, welche den $\frac{r}{n}$ bei den verschiedenen Versuchslagen insbesondere nach der Fundamentaltabelle in Elem. I. 108 zugehören, statt der $\frac{r}{n}$ summirt, wo man statt der obigen drei Werthe $\sum\frac{r}{n}$ respectiv folgende Werthe für Σt findet: 1,6794; 1,7455 und 1,9735, was doch wesentlich dasselbe Ergebniss ist.

4) Gewichte.

Bezüglich der Gewichtsversuche kann man, wie schon früher bemerkt, von vorn herein fragen, ob sie sich principiell unter dasselbe Gesetz mit Licht- und Schallversuchen fassen lassen. Die Schwere, durch welche die Gewichte wirken, wird ja sogar dem Lichte von Manchen polar entgegengesetzt. Auch finden sich die eigenthümlichen Unterschiede, dass, während ein durch den Lichtreiz ermüdetes Auge das Licht als schwacher empfindet, hingegen eine durch Lasten ermüdete Hand das Gewicht als schwerer empfindet, und dass man es, während Uebung nichts beiträgt ein Licht heller zu sehen, hingegen durch Uebung dahin bringen kann, ein Gewicht leichter zu finden. Inzwischen ist doch nach der Bemerkung S. 121 sehr möglich, dass der Gewichtsreiz nicht minder als der Licht- und Schallreiz durch Erweckung oder Verstärkung von Oscillationen in den Empfindungsnerven Einfluss auf die Empfindung gewinnt; und die eben bemerkten Unterschiede brauchen doch nicht nothwendig die Unterordnung unter unser Gesetz zu benachtheiligen. Zuletzt kann nur durch Erfahrung entschieden werden; und nach den Auseinandersetzungen im 18. Abschn. kann ich, trotz der entgegenstehenden Auffassung Herings, in seinen Versuchen nach der Methode der eben merklichen Unterschiede nicht anders als in meinen früheren nach der Methode der richtigen und falschen Fälle, womit die Heringschen im allgemeinen Gange ganz übereinstimmen, vielmehr nur überwiegende Gründe für als gegen die fundamentale Gültigkeit des Weberschen Gesetzes finden. In der That wird man im 18. Abschnitt sehen, wie die Heringschen Versuche nicht minder als die meinigen mittelst einer Correction des Gewichts durch einen constanten Zusatz, welchen ich durch Mitrücksicht auf das Armgewicht und etwa sonst mitwirkende Umstände für motivirt erachte, in eine überraschende Einstimmung mit dem Gesetze gebracht werden können, wenn man nur nicht bis zu gar zu kleinen Gewichten damit herabgeht, wo sich eine, bis jetzt überhaupt nicht erklärbare, Anomalie im allgemeinen Gange der Versuche zeigt, deren Ursach offenbar bei grössern Gewichten von der Wirkung derselben überwogen wird.

Ausser der, hiemit allerdings anzuerkennenden, untern experimentalen Abweichung vom Gesetze wird es unstreitig auch nicht an einer obern fehlen, die nach obiger Bemerkung die entgegengesetzte Richtung als in andern Gebieten haben könnte; doch liegen bestimmte Versuche nicht darüber vor.

5) Temperatur.

Im Gebiete der Temperaturempfindungen bieten die Versuche, welche ich selbst in Elem. I. 201 ff. bekannt gemacht habe, noch keine hinreichende Entscheidung dar. Ich selbst habe vorausgesetzt, dass als Temperaturreiz nicht die absolute Höhe der Temperatur, sondern die Differenz derselben von einer mittlern Temperatur anzusehen, und dass die eben merklichen Unterschiede im Verhaltniss zu dieser Differenz ins Auge zu fassen sind, um an das Webersche Gesetz gehalten zu werden. Unter dieser Voraussetzung stimmen die, in Abth. II. der Tabelle*) auf S. 203 der Elem. verzeichneten, Rechnungswerthe gut genug mit den Beobachtungswerthen in einem Intervall von 19° bis 31° R. zusammen, wenn man als wachsende Reize die wachsenden Differenzen dieser Temperaturen von 14°,77 als dem Mittel zwischen Frostkälte und Blutwärme nimmt. Aber dieser Ausgang hat an sich etwas Willkührliches, in der Nähe der Frostkälte stimmt das Gesetz eben so wenig, als es unstreitig stimmen würde, wenn man die Versuche so weit über die Blutwärme steigerte, dass das Gefühl von Brennen einträte. Ich halte die Frage der Beziehung des Gesetzes zu diesen Empfindungen noch nicht für erledigt.

6) Aenderungen von Farbe oder Tonhöhe.

Alle unter 1) und 2) erwähnten Beobachtungen über Licht und Schall bezogen sich auf Aenderungen der, von der Amplitude a der Schwingungen abhängigen, Stärke des Reizes ohne Aenderung der Schwingungszahl n, indem auch in den Versuchen mit verschiedenen Farben doch bei jeder insbesondere nur die Helligkeit, nicht die Farbe abgeändert wurde; aber es fragt sich, ob das Webersche Gesetz sich eben so für Aenderungen von n als von a bestätigt.

---

*) Abth. I. ist wegen der fast verschwindenden Werthe uberhaupt nicht zu Schlussen brauchbar.

Schon in den Elem. I. 175 habe ich mit folgender Bemerkung zugestanden, dass es betreffs der Farbe nicht der Fall sei. »Bei der sonst gewöhnlich als gültig angesehenen Analogie zwischen Tonhöhen und Farben ist es ein beachtenswerther, aus dieser Analogie ganz heraustretender, Umstand, dass das Webersche Gesetz im Gebiete der Farben nicht eben so besteht, als im Gebiete der Tonhöhen, d. h. die gleich merklichen Unterschiede der Schwingungszahlen sind keineswegs den Schwingungszahlen der Farben proportional. In der That gewahrt das Auge an den Grenzen des Spectrum in Intervallen einer kleinen und selbst grossen Terz kaum eine Farbenänderung, indess in der Gegend des Gelb und Grün die merklichen Farbenübergänge sich so rasch folgen, dass sämmtliche Uebergangsstufen zwischen Gelb und Grün in das Intervall eines kleinen halben Tones zusammengedrängt sind.*) Uebrigens giebt es auch andre Puncte, in welchen die Analogie zwischen Tönen und Farben fehl schlägt.«

Neuere Versuche, deren Resultate in folgender Einschaltung mitgetheilt sind, geben zur Beurtheilung dieser Verhältnisse bestimmtere Data.

Ueber die Verschiedenheiten der Empfindlichkeit für relative Aenderungen der Farbentone in den verschiedenen Theilen des Spectrum liegen schon frühere Versuche von Mandelstamm (Arch. f. Ophthalm. XIII. Abth. 2. p. 399) vor, welche mit den spätern von Dobrowolsky (Beitr. z. physiol. Optik no. III. p. 66 und V. p. 98) im allgemeinen Gange der Resultate gut stimmen, nur dass die von Dobrowolsky gefundenen Werthe ε im Allgemeinen fast um die Hälfte kleiner sind, als die von Mandelstamm. Die Versuche beider sind nach einem Vorschlage von Helmholtz mit einem Ophthalmometer angestellt, an dessen Construction aber Dobrowolsky noch manche gegen die von Mandelstamm gebrauchte Einrichtung vortheilhaft erscheinende Abänderungen vornahm, so dass seine Angaben als die genaueren von beiden gelten dürften.

Sei ε der Bruchtheil, der zum gegebenen Werthe der Wellenlänge (die in umgekehrtem Verhältniss zur Schwingungszahl n steht) hinzukommen muss, damit unser Auge den Unterschied in der Farbe, welche dieser Wellenlänge entspricht, wahrnehmen kann, so fanden sich nach den zwei Beobachtern für folgende, durch die Buchstaben der Fraunhoferschen Linien bezeichneten, Stellen des Spectrum folgende Werthe von ε **).

---

*) Helmholtz in den Ber. d. Berl. Akad. 1855 p. 757 ff.

**) Bei den Angaben von Mandelstamm in der Tabelle sind für ε bei D und zwischen D und E respectiv statt $\frac{1}{18,94}$ und $\frac{1}{204}$, welche M. selbst

	Mandelstamm	Dobrowolsky
Roth *B*	. . . . . .	$\frac{1}{363} = 0{,}00275$
Roth *C*	$\frac{1}{106{,}27}$	$\frac{1}{248{,}7} = 0{,}00402$
Orange zw. *C* u. *D*	. . . . . .	$\frac{1}{331} = 0{,}00302$
Goldgelb *D*	$\frac{1}{465}$	$\frac{1}{772} = 0{,}001293$
Grun zw. *D* u. *E*	$\frac{1}{139{,}29}$	$\frac{1}{246} = 0{,}00405$
Grun *E*	$\frac{1}{214}$	$\frac{1}{340} = 0{,}00294$
Grunblau zw. *E* u. *F*	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{615} = 0{,}001625$
Cyanblau *F*	$\frac{1}{409{,}34}$	$\frac{1}{740} = 0{,}00135$
Indigblau *G*	$\frac{1}{270{,}27}$	$\frac{1}{429} = 0{,}00233$
Violet zw. *G* u. *H*	. . . . . .	$\frac{1}{320} = 0{,}00312$

Nach beiden Beobachtern finden sich also ubereinstimmend zwei Maxima der relativen Unterschiedsempfindlichkeit, respectiv im Goldgelb und im Cyanblau; und zwar ist fur Goldgelb die relative Unterschiedsempfindlichkeit noch etwas grosser als fur Cyanblau.

Die Werthe der Wellenlangen der Fraunhoferschen Linien in Hunderttausendteln eines Mill. sind (nach Helmholtz p. 236)

fur *A* 7617	*E* 5260
B 6878	*F* 4843
C 6564	*G* 4291
D 5888	*H* 3929

In Betreff der Angaben von Dobrowolsky in obiger Tabelle nach s. Versuchen p. 72 ist die Bemerkung wichtig, dass bei dem eben verschwindenden Unterschiede zwischen den Farbentonen an den beiden Grenzen des Spectrum noch ein Unterschied im Helligkeitseindruck bestand, welcher bei spatern Versuchen p. 98 so beseitigt wurde. Es wurde im Ausgange von einem noch merklichen Farbenunterschied die Helligkeit der hellern Farbe (bei Untersuchung des Roth das Orange, bei Untersuchung des Violet das Blau) so lange abgeschwacht, bis kein Helligkeitsunterschied mehr wahrnehmbar war, wo-

---

giebt, die spater (wegen einiger Druckfehler) durch Dobrowolsky berichtigten Werthe $\frac{1}{106{,}27}$ und $\frac{1}{139{,}29}$ gesetzt.

mit der Farbenunterschied zugleich für das Auge verschwand. So fanden sich für die Farben an den Grenzen des Spectrum folgende, von den obigen sehr abweichende, Werthe ε, indess bei den übrigen Farben ein Helligkeitsunterschied bei verschwindendem Farbenunterschiede überhaupt nicht bemerkbar war[*], also die obigen Zahlen dafür bestehen bleiben.

Roth *B*	$0{,}00868 = \frac{1}{115}$	Indigblau *G*	$0{,}00366 = \frac{1}{272{,}3}$
Roth *C*	$0{,}00599 = \frac{1}{166{,}9}$	Violet zw. *G* u. *H*	$0{,}00683 = \frac{1}{146}$

Was Mandelstamms Versuche anlangt, so geschah nach seiner Angabe (p. 400) die Drehung der beim Versuch gebrauchten Ophthalmometerplatten von der Lage an, wo kein Unterschied ihrer Färbung erscheint, so weit, »dass der erste Unterschied in Färbung der Platten« wahrnehmbar wurde. Unstreitig also fiel hiebei eben so wie bei den frühern Versuchen Dobrowolskys, deren Resultate oben mit denen von Mandelstamm in derselben Tabelle vereinigt sind, eine Rücksicht auf gleiche Helligkeit der verglichenen Farbentöne weg.

Inzwischen stellt sich die vermisste Analogie zwischen Farben und Tönen im betreffenden Puncte neuerdings dadurch wieder her, dass die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes für die Empfindung von Tonhöhendifferenzen sich nach den neuern Versuchen von Preyer[**] eben so wenig bestätigt, als für die Empfindung von Farbenunterschieden. Die bisherige Annahme betreffs der Gültigkeit des Gesetzes für Tonhöhen gründete sich wesentlich darauf, dass für das musikalische Gefühl ein Tonhöhenintervall gleich gross erscheint, wenn bei verschiedener absoluter Tonhöhe das Verhältniss der Schwingungszahlen sich gleich bleibt; aber bei kleinen Tonhöhedifferenzen, wie sie bei der Methode der eben merklichen Unterschiede in Betracht kommen, schlägt diess Gesetz nach Preyers Versuchen fehl, wonach man wohl vermuthen muss, das musikalische Gehör urtheile über die Tonintervalle vielmehr nach Verhältnissen der Wiederkehr oder Nichtwiederkehr von Obertönen, als nach Steigen und Fallen der Schwingungszahl.[***]

---

[*] Sofern der Helligkeitsunterschied hiebei schon unter der Schwelle sein konnte, würden allerdings diese Versuche für den mittlern Theil des Spectrums in Betreff der Helligkeit nicht völlig vergleichbar mit denen für die Grenzen des Spectrum sein.

[**] »Ueber die Grenzen der Tonwahrnehmung von Preyer«, Jena, Dufft, 1876 p. 26 ff.

[***] Man kann hiegegen eine Schwierigkeit erheben, die sich scheinbar gegen die fundamentalsten Ansichten von Helmholtz in der Tonlehre erheben

Die Versuche Preyers sind nach der Methode der eben merklichen Unterschiede mit Tönen von Metallzungen unter Zuziehung einer Mehrzahl von Beobachtern angestellt und mit frühern Versuchen von Delezenne und Seebeck zusammengestellt, woraus folgende Resultate fliessen.

Seien $n_{,}$, n zwei Schwingungszahlen, deren Unterschied $n_{,}-n$ erkannt werden soll, d der absolute eben merkliche Unterschied $n_{,}-n$, und $\varepsilon = \frac{d}{n}$ der relative eben merkliche Unterschied, so hat man nach Preyer (p. 31, 32) unter den günstigsten Umständen

$n_{,}$	n	d	ε
120,209	119,791	0,418	$0{,}00349 = \frac{1}{286}$
440	439,636	0,364	$0{,}000827 = \frac{1}{1209}$
500,3	500	0,300	$0{,}000600 = \frac{1}{1666}$
1000,5	1000	0,500	$0{,}000500 = \frac{1}{2000}$

Wie man sieht, ändert sich ε, was nach Weberschem Gesetze für die verschiedenen Werthe von n constant bleiben sollte, ungeheuer; indess die absolute Unterschiedsempfindlichkeit, welche durch den reciproken Werth von d gemessen wird, in den vorigen Grenzen von n ohne Vergleich weniger variirt, jedoch ausserhalb dieser Grenzen nach des *Verfassers* Versuchen nach unten rasch, nach oben langsam abnimmt.

Nun ist freilich zu bedauern, dass die wichtige Stütze, welche das Webersche Gesetz durch den Ausspruch des musikalischen Gefühls im Gebiete der Tonhöhe bisher fand, durch Preyers Versuche wegfällt. Jedoch ist Dreies hier wie bei den Farbenempfindungen zu berücksichtigen.

Erstens sind Höhe und Stärke der Töne, Farbe und Helligkeit des Lichtes verschiedene Dinge, und so können auch für beide verschiedene Dinge verschiedene Gesetze gelten. Fällt das Gesetz für die einen, so fällt es damit noch nicht für die andern.

Zweitens. Die Bestätigungen des Weberschen Gesetzes für die Abhängigkeit der Stärke der Licht- und Schallempfindung von

---

lässt, dass nämlich selbst objectiv einfache Töne und solche von Stäben und Scheiben, welche nicht dieselben harmonischen Obertöne als die von Saiten und als die menschliche Stimme haben, doch für die Empfindung dieselben Melodien und Harmonien geben. Indess führt nach schon früher gelegentlich gemachter Bemerkung jeder objectiv einfache Ton, wie jeder Ton eines Stabes oder einer Scheibe (unter Berücksichtigung von Gliedern zweiter Ordnung im mathematischen Ausdruck) seine harmonischen Obertöne im Ohre mit.

der Schwingungsweite a sind im Allgemeinen bei Constanz der Schwingungszahl n gefunden. Es liesse sich denken, dass Bestätigungen des Gesetzes für die Abhängigkeit der Höhen- und Farbenempfindung von der Schwingungszahl n umgekehrt nur bei entsprechender Constanz der Schwingungsweite a zu finden wären, für welche Constanz die Preyerschen Versuche keine Gewähr bieten.

Inzwischen ist kaum auf diese Vermuthung Gewicht zu legen, denn die vergleichungsweise Stärke, mit der wir Töne anschlagen, scheint keinen deutlichen Einfluss auf die Empfindung ihres Höhenverhältnisses zu haben. Um so mehr verdient folgende Bemerkung in Rücksicht gezogen zu werden.

Drittens. Mit der Aenderung der Schwingungszahl n ändert sich Zweierlei. Einmal ändert sich damit die *Zahl der Wiederholungen* der Schwingungen in gegebener Zeit, kurz die *Periode* der Schwingung, wovon (unter Mitrücksicht auf Zusammensetzung der Perioden) die Empfindung der Höhe, des Klanges, der Farbe, kurz die *qualitative* Seite der Empfindung abhängt. Zweitens ändert sich damit die *Geschwindigkeit* der schwingenden Bewegung in jedem Momente, mithin die lebendige Kraft a^2n^2 der Schwingungen, wovon nach nächstliegender Voraussetzung die *Stärke* oder *quantitative* Seite der Empfindung abhängig zu machen, so wie auch an^2, auf welche Function nach den Erörterungen unter XX. vielleicht vielmehr als auf die lebendige Kraft betreffs der Quantität der Empfindung Bezug zu nehmen; kurz, an welche Function von a man hiebei denken will, so wird nicht blos a sondern auch n Einfluss auf die Quantität oder Gesammtstärke der Empfindung haben. Ein Ton wird, um einen unterscheidenden Ausdruck dafür zu gebrauchen, um so *lauter* klingen, je mehr a wächst, um so *durchdringender*, je mehr n wächst, obschon man in dem Eindruck der Stärke selbst in keiner Weise unterscheiden kann, was auf Rechnung von a und was auf Rechnung von n kommt. Auch bei einer Farbe wird ohne Unterscheidung beider Elemente die *Helligkeit* von beiden zugleich abhängen. Und es ist nun noch zu untersuchen, ob das Webersche Gesetz bezüglich der, von a und n zugleich abhängigen, Gesammt*stärke* der Empfindung blos für den Fall der Veränderung von a bei Constanz von n, worauf sich die bisherigen Bestätigungen beziehen, nicht auch für den Fall, dass sich n ändert, als fundamental gültig anzusehen ist. Diess wird natürlich durch die Preyerschen Versuche nicht entschieden, sofern sich diese auf Unterschiede der Empfindung der Höhe, nicht der Stärke beziehen; und meines Wissens liegen in Bezug darauf überhaupt noch keine entscheidenden Versuche vor. Bei Versuchen darüber aber würden unstreitig folgende Puncte in Rücksicht kommen.

Es ist überhaupt schwer, die Gleichheit und Ungleichheit der Gesammtstärke des Eindruckes bei Tönen und Farben, in Abhängigkeit von a und n zugleich, genau zu beurtheilen, wenn sowohl a als n zwischen den Vergleichscomponenten verschieden ist; doch ist der Vergleich nicht unmöglich, nur eben nicht so genau zu ziehen, als wenn n bei beiden gleich ist. Jeder wird von einem sehr hellen Blau gegenüber einem sehr dunkeln Roth, oder einem sehr stark angeschlagenen tiefen Ton gegenüber einem sehr schwach angeschlagenen hohen Ton, so wie bei Umkehrung dieser Verhältnisse, nicht in Zweifel sein, welche von beiden Componenten den stärkern Gesammteindruck macht; auch hat ja Dobrowolsky bei obigen Versuchen zwei verschiedene Farbennüancen auf gleichen Helligkeitseindruck zu bringen gewusst, und ist Helmholtz bei den Versuchen (p. 317), womit er frühere Beobachtungen von Dove und Purkinje auf einen genauern Ausdruck brachte (s. unten S. 171), von einem gleichen Helligkeitseindruck des Blau und Roth ausgegangen.

Nun ist gewiss, dass bei Tönen wie bei Farben, mag man die Gesammtstärke des Eindruckes von a^2n^2 oder an^2 abhängig halten, jede Erniedrigung von a durch eine Erhöhung von n oder umgekehrt so compensirt werden kann, dass die Gesammtstärke des Eindrucks gleich bleiben muss, während bei dieser Gleicherhaltung sich der Eindruck der Tonhöhe oder Farbe wegen Aenderung von n ändert. Umgekehrt kann bei gleich erhaltener Empfindung der Tonhöhe oder des Farbentons wegen gleich gehaltenem n sich die Gesammtstärke der Empfindung wegen Abänderung von a ändern. Also fällt auch, allgemein gesprochen, die Unterschiedsschwelle, d. i. der Punct, wo die Gleichheit zweier Eindrücke für die Empfindung eben erreicht ist, für die Gesammtstärke des Eindruckes von Tönen oder Farben nicht mit der Unterschiedsschwelle für die Tonhöhen oder Farbentöne zusammen.*) Und wenn bei zwei

---

*) So war bei den frühern Dobrowolskyschen Versuchen der Unterschied

Farben oder Tönen durch demgemässe Abänderung ihres a und n aller Unterschied sowohl zwischen der Gesammtstärke ihres Eindruckes als ihrer Höhe oder ihrem Farbentone nur eben verschwunden ist, wird dabei allgemein gesprochen (abgesehen von besondern Fällen) nur der eine von beiden Unterschieden gerade auf der Schwelle, der andre schon unter der Schwelle sein, denn sonst würde man, wegen Nichtzusammenfallens beider Schwellen, einen Unterschied noch im einen oder andern Sinne bemerken. Dass zwei Farben oder Töne eben auf den Punct gebracht sind, dass gar kein Unterschied zwischen ihnen wahrgenommen wird, ist also kein Beweis, dass der Unterschied der Gesammtstärke ihres Eindruckes, mathematisch als Function ihres a und n ausgedrückt, auf denselben Werth, den Schwellenwerth, gebracht ist, er kann auch mehr oder weniger unter den Schwellenwerth herabgekommen sein; und Versuche nach der Methode der eben merklichen Unterschiede, wo man den Unterschied zwischen zwei Tönen oder Farben durch Aenderungen ihres a oder n ganz zum Verschwinden, oder demselben nahe bringt, können daher meines Erachtens über die Anwendbarkeit des Weberschen Gesetzes auf Unterschiede zwischen der Gesammtstärke von Tönen oder Farben überhaupt nicht sicher entscheiden. Diese Bemerkung scheint mir auf die interessanten und sinnreichen Versuche v. Zahns anwendbar, welche sonst im Gebiete der Farben gegen diese Anwendbarkeit sprechen würden. Um jedoch jedem selbst das Urtheil darüber zu überlassen, theile ich diese Versuche unter XIX. besonders mit.

Von andrer Seite scheint folgender Umstand der Anwendbarkeit des Weberschen Gesetzes auf die Gesammtstärke des Eindruckes bei Farben zu widersprechen.

Nach den, durch bekannte frühere Angaben von Purkinje und Dove veranlassten, genaueren Versuchen von Helmholtz (p. 317 f.) mit Spectralfarben erscheinen Roth und Blau, überhaupt eine wenig brechbare und stark brechbare Farbe, d. i. mit kleinem und grossem n, die bei einer gewissen Beleuchtung gleich hell erscheinen, nicht mehr so, wenn die Beleuchtung, hiemit das a, für beide in gleichem Verhältniss abgeschwächt oder verstärkt wird,

---

zwischen einander im n nahestehenden Farbentönen verschwunden, ohne dass der Helligkeitsunterschied schon überall verschwunden war.

sondern erstenfalls überwiegt der Eindruck der brechbareren, zweitenfalls der der minder brechbaren Farbe.*)

Vielleicht begründet diess wirklich einen Widerspruch gegen die Anwendbarkeit des Gesetzes auf die Gesammtstärke des Eindruckes bei Farben; indess hat man wenigstens bis *jetzt* meines Wissens das Analogon davon für Töne nicht beobachtet, und bei so manchen andern räthselhaften Unterschieden zwischen den Verhältnissen der Eindrücke von Farben und Tönen könnte möglicherweise auch hierin ein solcher liegen; anderseits beweist der Umstand, dass die Farben mit geänderter Helligkeit ihren Ton ändern und um so weisslicher erscheinen, *je lichter* sie werden (vergl. S. 136), dass für Farben complicirte Verhältnisse bestehen, wodurch die Deutung der Thatsachen in betreffender Hinsicht überhaupt unsicher wird.

Nach Allem ist zuzugestehen, dass weder die Aenderungen der Empfindung der Tonhöhe noch Farbe in ihrer Abhängigkeit von den Aenderungen der Schwingungszahl n das Webersche Gesetz befolgen, ohne dass diess auf experimentale Störungen der Gesetzlichkeit scheint geschoben werden zu können; und es muss selbst noch als fraglich gelten, ob das Gesetz fundamental auf die, von a und n gemeinsam abhängigen, Aenderungen der Gesammtstärke des Eindruckes anwendbar sei, ohne dass daraus ein Bedenken gegen die Gültigkeit desselben für Aenderungen von a bei Constanz von n folgt.

---

*) Die Versuche von Aubert (p. 127) und von Chodin (Ueb. d. Abh. d. F. v. d. L. p. 39. 44), nach welchen die Farben von geringerer Brechbarkeit bei Annäherung an das Dunkel leichter erkannt werden, als von grösserer, stehen in sofern nicht in Widerspruch mit Helmholtz's Versuchen, als jene sich auf Erkennbarkeit der Farbe, diese auf die der Helligkeit beziehen, und als jene nicht eben so als diese von gleich erscheinender Helligkeit der verglichenen Farben ausgegangen sind. Es kann aber das Dasein einer objectiven Farbe auf schwarzem Grunde noch durch einen Helligkeitsunterschied davon erkannt werden, wenn von Farbigkeit nichts bemerklich ist, und Aubert bemerkt selbst (p. 128), dass »immer die rothen Pigmente bei geringerer Helligkeit der Beleuchtung farbig erschienen sind, und dabei dunkler als das blaue Pigment.«

7) Extensive Grössen.

Es bleibt noch übrig, zu fragen: wie stellen sich die sogen. extensiven Empfindungen bezüglich der Auffassung von Raum- und *Zeitgrössen zum Gesetz?*

Schon früher (S. 61) ist erinnert worden und liegt von vornherein auf der Hand, dass man für diese Empfindungen nicht ein gleiches Gesetz der Abhängigkeit von der Grösse der Distanz oder Länge der Zeit postuliren kann, als für intensive Empfindungen bezüglich der Intensität der unterliegenden psychophysischen Thätigkeit besteht. Vielmehr ist a priori nichts darüber zu entscheiden. Was ich im 7. Abschnitt über extensive Raumempfindungen auf der Netzhaut gesagt habe, resumirt sich so: das Webersche Gesetz und davon abhängige logarithmische Massgesetz könnten sehr wohl bezüglich Abänderungen der Totalausdehnung der Netzhaut bestehen, ohne dass dadurch verhindert wäre, Theile der Netzhaut, Distanzen auf derselben, nach einfachem Verhältniss zur Totalausdehnung (Zahl der Empfindungskreise) zu schätzen; nur dass sich Versuche mit Abänderung der Netzhautgrösse, wie sie die Natur angestellt hat, von uns nicht anstellen lassen. Bei meinen und Volkmanns Augenmaassversuchen hat sich jedenfalls das Webersche Gesetz (mit einer untern Abweichung bei den mikrometrischen Versuchen Volkmanns) in weiten Intervallen sehr gut bewährt, nur dass noch zweifelhaft bleibt, ob sie direct auf extensive Empfindungen und nicht vielmehr auf Bewegungs- oder Muskelgefühl zu beziehen sind. — Für extensive Empfindungen auf der Haut, wo das Muskelgefühl nicht in Anspruch genommen wird, habe ich jedenfalls keine entsprechende Bewährung des Weberschen Gesetzes als bei den Augenmaassversuchen erhalten.

Auf den Zeitsinn findet **Mach** (in Abh. no. 1) das Gesetz nach Versuchen mittelst der Methode der eben merklichen Unterschiede unter Anwendung des Gehörsinns unanwendbar, indem die, aus verschiedenen Anordnungsweisen der Versuche und mit verschiedenen Beobachtungssubjecten erhaltenen, mittleren Resultate, auf p. 10 resumirt, im Ganzen Folgendes ergaben, wobei t die Hauptzeit in Secunden, $\frac{\Delta t}{t}$ den eben merklichen relativen *Zeitunterschied* z, der nach dem Weberschen Gesetze für alle Hauptzeiten t gleich sein sollte, bedeutet.

t	0,016	0,110	0,375	0,535	1,153	4,520	8,000
$\frac{\Delta t}{t}$	0,750*	0,191	0,052	0,054	0,069	0,095	0,095*

Die mit * bezeichneten Zahlen sind nach dem Verf. als zu klein gegen die übrigen (als untere Grenze) anzusehen, sofern Δt hierbei gar nicht mehr merklich, bei den anderen t aber noch merklich war.

Hiernach also weichen in der That die Zahlen $\frac{\Delta t}{t}$ gänzlich von der, vom Weberschen Gesetze geforderten, Gleichheit ab, und findet bei $t = 0{,}375$ ein Minimum von $\frac{\Delta t}{t}$, mithin Maximum der relativen Unterschiedsempfindlichkeit statt.

Bemerken wir nun aber, dass die Hauptzeiten, innerhalb deren die starke Variation der $\frac{\Delta t}{t}$ stattfindet, 0,016 bis 1,153 Sec. überall nur klein sind, indess die $\frac{\Delta t}{t}$ für die zwei grössten t, d. i. 4,52 und 8,00, ungeachtet deren grosser Abweichung von einander, ein nur in sofern nicht ganz übereinstimmendes $\frac{\Delta t}{t}$ geben, als das $\frac{\Delta t}{t}$ bei $t = 8{,}00$ für etwas zu klein vom Verf. erklärt wird. Auf diese approximative Uebereinstimmung zwischen beiden Werthen würde man wohl noch kein sonderliches Gewicht zu legen sein, wenn sie sich nicht in Vierordt's sehr ausgedehnten Versuchen nach der Methode der mittlern Fehler (in s. Schrift: »Der Zeitsinn« Tübingen 1868) in weiterm Umfange bestätigte.

Im Allgemeinen nämlich fand Vierordt Folgendes: Es wird bei den Versuchen ein, in den Verhältnissen der rohen Fehler spürbarer, constanter Fehler begangen, indem kleine Hauptzeiten (Normalzeiten) in grössere Fehlzeiten, grosse Hauptzeiten in kleinere Fehlzeiten übersetzt werden, kurz kleine Zeiten zu gross, grosse zu klein geschätzt werden. Durch Uebergang von den rohen Fehlern zu den reinen variabeln Fehlern eliminirt sich dieser, die Versuche über Unterschiedsempfindlichkeit complicirende, Umstand, und an den reinen Mittelfehler hat man sich bei Prüfung unseres Gesetzes zu halten. Da zeigt sich denn bei Versuchen, wo die Fehlzeiten unmittelbar nach der Hauptzeit bestimmt wurden*), wenn der procentale, d. i. in Verhältniss zur Hauptzeit gerechnete, reine Mittelfehler ε genannt wird, dass ε in der That im Bereiche kleiner t mit Wachsthum der t bis zu einem Minimum herabgeht, ganz wie es Mach gefunden hat, dass aber, nachdem man mehr oder weniger darüber hinaus gestiegen ist, eine sehr approximative Constanz des ε für aufsteigende t eintritt; man muss nur zur Ausgleichung der nicht unbeträchtlichen zufälligen Schwankungen des ε Mittelzahlen für mehrere t hintereinander ziehen.

Nehmen wir die Versuchstabelle p. 36. Ein Assistent gab zwei Schläge in bestimmtem Intervalle an; Vierordt suchte sie sofort in genau gleichem Intervall zu wiederholen; die Aufzeichnung der Zeiten geschah mittelst einer geeigneten Hülfsvorrichtung am Kymographion. Hiebei fiel, von $t = 0,204$ Sec. (mit $\varepsilon = 16,6$) an mit den Zeiten aufsteigend, das Minimum $\varepsilon = 8,5$ auf $t = 1,129$; hienach folgte $\varepsilon = 8,7$ bei $t = 1,363$, und bei weiterm Aufsteigen ergaben sich von $t = 1,5$ bis $8,860$ Sec. für Mittel von je vier aufeinanderfolgenden t folgende mittlere ε

t	1,98	3,09	4,99	7,30
ε	13,5	14,4	15,1	15,1

Viel höher mit den t wurde bei den Versuchen p. 49 aufgestiegen, wo die Aufgabe gestellt war, drei aufeinanderfolgende kleine Tactbewegungen der Hand mittelst Hülfsapparates am Kymographion so zu verzeichnen, dass die zwei Tacte genau gleiche Zeitdauer haben sollten; sie gingen von $t = 0,202$ Sec. als Dauer des ersten Tactes mit $\varepsilon = 9,4$ (procental zum ersten Tacte) bis $t = 90$ Sec. Das Minimum-$\varepsilon = 4,5$ fand sich bei $t = 0,887$; hienach mit Einschluss dieses Minimum im Mittel für je vier aufsteigende t folgende zusammengehörige Werthe

t	1,346	4,096	11,000	19,288	42,620
ε	5,45	11,85	16,02	15,20	17,65

In beiden Versuchsreihen also eine starke untere Abweichung vom Gesetz mit starker Approximation daran bei höheren Hauptzeiten t.

---

*) Die überhaupt sehr interessanten Versuche Vierordts sind noch sehr variirt, ohne dass ich für jetzt auf Anführung und Discussion derselben weiter eingehen kann, als oben geschehen.

Bei noch einer andern Versuchsreihe, von Stud. Höring unter Vierordts Leitung angestellt (p. 44), wurden durch ein Metronom acht auf einander folgende Schläge, also je sieben gleiche Zeitintervalle, angegeben, die am Kymographion sogleich wiederholt werden mussten, und Folgendes ergaben, wobei t die Dauer eines Schlagintervalls in Sec. bedeutet.

t	0,183	0,234	0,306	0,365	0,454	0,600	0,833	1,428
ε	3,9	4,5	3,0	2,5	3,4	4,4	5,2	5,4

Wieder ein Minimum von ε bei $t = 0,365$, und eine approximative Constanz von $t = 0,833$ an.

Mit diesen ganz vergleichbare Versuche, aber nach der Methode der richtigen und falschen Fälle, liegen von Höring in s. Inauguraldissertation »Versuche über das Unterscheidungsvermögen des Hörsinnes für Zeitgrössen«, Tübingen 1866, vor, und sind von Vierordt in s. Schrift über den Zeitsinn p. 62 ff. reproducirt und discutirt; doch möchte ich ihre Berechnung anders vornehmen, als von Vierordt geschehen, und hienach die von Vierordt daraus abgeleiteten Zahlen p. 73 und 75, deren Gang mit den oben angeführten Zahlen nicht sonderlich stimmt, für nicht ganz massgebend ansehen, unterlasse es jedoch für jetzt, näher darauf einzugehen, da ich eine neue Berechnung noch nicht angestellt habe, und die wesentliche Entscheidung schon in der wesentlichen Uebereinstimmung der Versuchsresultate von Mach und Vierordt nach zwei ganz abweichenden Methoden gegeben ist. Man wird jedenfalls zugeben, dass, wenn die Abweichungen vom Gesetze bei dieser Art von Versuchen im Bereiche kleiner t noch der Erklärung bedürfen, die starke Approximation daran bei höhern t auch erklärt sein will, und leichter daran gedacht werden kann, dass erstere als dass letztere von Umständen, welche die reine Gesetzlichkeit nicht zu Tage treten lassen, abhänge.

XVII. Delboeufs Lichtversuche.

Das, nach Plateaus Princip (s. S. 22) eingerichtete, Verfahren Delboeufs war (nach Ét. p. 50 ff.) wesentlich dieses.

Zur Herstellung gemessener Werthe von A, B, C liess er drei Kreissectoren aus weissem Velinpapier von abgestufter Winkelbreite sich vor einem Hintergrunde von schwarzem Sammet drehen, und traf solche Anordnungen, dass das Tages- oder Kerzenlicht, welches die weissen Sectoren beleuchtete, den schwarzen Hintergrund nicht treffen konnte, dass also (nach meiner Auffassung) dessen Helligkeit merklich blos durch die des Augenschwarz repräsentirt wurde; auch war von den Wänden reflectirtes Seitenlicht von der Vorrichtung abgehalten. Die Kreissectoren waren im Umfange einer, bei manchen Versuchen weissen, bei andern schwarzen, Scheibe C' (von Delboeuf mit A bezeichnet) so angebracht, dass sie bei gemeinsamer Drehung mit derselben drei, diese Scheibe und einander umschliessende, graue Ringe darstellten, wovon der, vom Sector C mit der grössten Winkelbreite herrührende, also hellste, die Scheibe C' zunächst umschliessende, der innerste, der vom Sector A mit der kleinsten Winkelbreite herrührende, also dunkelste, der äusserste war. Seien δ, δ', δ'' die Winkelbreiten von A, B, C, welche bei constanter und gleichförmiger Beleuchtung als Vergleichsmass der physischen Helligkeit der Ringe gelten können, insoweit solche durch die äussere Beleuchtung bedingt ist. Hienach bestand der Versuch darin, dass bei gegebenem δ und δ' die Winkelbreite δ'' des innersten, hellsten Sectors C so lange abgeändert wurde, bis der Unterschied zwischen C und B dem zwischen B und A gleich erschien. Denken wir uns nun die von der Winkelbreite unter dem Einfluss der äusseren Beleuchtung abhängigen Helligkeiten δ, δ', δ'' jede noch durch einen constanten kleinen Werth c vergrössert, um die volle Helligkeitserscheinung der Ringe zu repräsentiren, welchen Werth ich von der innern Helligkeit des Augenschwarz abhängig denke, indess Delboeuf ihm in der Etude eine etwas andere Bedeutung beilegt (s. S. 34), so würde, ohne Rücksicht auf diesen Werth, bei dem Gleicherscheinen beider Differenzen, nach Weberschem Gesetze sein müssen

$\frac{\delta'}{\delta} = \frac{\delta''}{\delta'}$, mit Rücksicht auf c aber, nach Delboeufs Formeln in der Etude wie nach meiner Formel (Elemente II. p. 195)

$$\frac{\delta' + c}{\delta + c} = \frac{\delta'' + c}{\delta' + c}$$

woraus folgt

$$\delta'' = \frac{\delta'^2 - c\delta + c\delta'}{c + \delta} \qquad (1)$$

$$c = \frac{\delta'^2 - \delta\delta''}{\delta + \delta'' - 2\delta'} \qquad (2)$$

Es liess sich nun untersuchen, ob die durch den Versuch bestimmten Werthe δ'' bei Abänderung von δ und δ', also bei verschiedenen absoluten Helligkeiten, der Formel (1), hiemit der Bedingung für die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes, hinreichend entsprechen, wenn dabei für c ein kleiner Werth als constant angenommen wird, und ob sich c nach Berechnung aus den Werthen δ, δ', δ'' mittelst Formel (2) wirklich constant bei Aenderung jener Werthe, also bei verschiedener absoluter Helligkeit findet.

Als eine Unvollkommenheit des Verfahrens erwähnt Delboeuf selbst (Et. p. 50. 71), dass eine ungleichförmige Contrastwirkung dabei nicht hinreichend von ihm vermieden worden sei, wovon manche Anomalien der Versuche abhängen könnten, wesshalb er auch die Versuche habe wiederholen wollen, aber nicht dazu gekommen sei. Es umgab nämlich bei den Versuchen zur Prüfung des Weberschen Gesetzes (Et. p. 54—66) der innerste graue Ring, erzeugt durch den winkelbreitesten weissen Sector, eine ganz weisse Scheibe, oben mit C'' bezeichnet, an welche sämmtliche Sectoren befestigt waren, indess der äusserste Ring sich gegen einen ganz schwarzen Hintergrund abhob. Bei den Specialversuchen zur Bestimmung von c (p. 72. 88) war C'' schwarz und setzte sich also sowohl C als A gegen Schwarz ab. Indem nun jeder Ring zu beiden Seiten eine verschieden helle Nachbarschaft hat, theilt er sich nach Contrastgesetzen in zwei Zonen von verschiedener Helligkeit und nimmt im Ganzen je nach der Nachbarschaft eine abgeänderte Helligkeit an*) (vergl. Abschn. XI.). Delboeuf bemerkt, bei hinreichend breiten Ringen, z. B. von 2 bis 3 Centimeter, sei eine hievon abhängige Störung weniger bemerklich, und fügt (p. 71) hinzu, es sei leicht »diesen Nachtheil zum Theil zu vermeiden«, wenn man dem Grunde, gegen den sich die Combination der δ, δ', δ'' abhebt, sowohl nach Innen als Aussen dieselbe Helligkeit als dem mittleren Ringe gebe.

---

*) Unstreitig ist wegen der Fernwirkung des Contrastes hiebei nicht blos die unmittelbare Nachbarschaft zu berücksichtigen, und wird also der mittlere Ring nicht blos durch den Contrast mit den beiden Nachbarringen, sondern auch durch die Summe oder Differenz der an sich schwachern Wirkungen des Contrastes mit der Scheibe C'' und mit dem Grunde beeinflusst sein, je nachdem Scheibe und Grund gleichartig oder ungleichartig sind.

Zu Vorigem möchte ich noch hinzufügen, dass zur sichern Verhütung eines constanten Fehlers nicht blos immer einseitig *C*, sondern eben so oft *A* hätte bis zum Gleicherscheinen der Differenzen *C*, *B* und *B*, *A* für das Auge abgeändert werden oder wenigstens untersucht werden müssen, ob nicht ein constanter Fehler von der einseitigen Anstellungsweise der Versuche abhänge.

Inzwischen, da die Versuche zur Prüfung des Weberschen Gesetzes p. 54 ff., wo die Scheibe *C''* weiss war, nicht minder als die Versuche p. 72 und 88, wo sie schwarz war, für *c* überall nur sehr kleine, ja zum Theil fast verschwindende, Werthe nach Formel (2) finden lassen, so können auch für die Prüfung des Weberschen Gesetzes nach Formel (1) nur Fehler sehr kleiner Ordnung aus den Irrthümern durch den ungleichförmigen Contrast erwachsen sein, und kann die Kleinheit von *c* selbst als constatirt gelten; nur wird man auf eine richtige absolute Bestimmung von *c* nicht danach rechnen dürfen.

Aus der Gesammtheit der, folgends in einer Gesammttabelle resumirten, Versuche geht hervor, dass in der That der Formel (1), unter Annahme eines sehr kleinen constanten Werthes für *c*, mit erwünschtester Approximation für weite Abänderungen von δ, δ', δ'' entsprochen wird. Delboeuf giebt vier Versuchstabellen (p. 54. 60. 62. 65) für verschiedene Beobachtungssubjecte und unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen. In allen vier sind übereinstimmend dieselben 14 verschiedenen Combinationen von δ, δ' angewandt, welche in der unten folgenden Gesammttabelle der Versuche verzeichnet sind; und in jeder Versuchsreihe ist zu jeder dieser Combinationen der zugehörige Werth δ'' durch ein Mittel aus 2 bis 5 (im Original specificirten) Beobachtungswerthen bestimmt. Mit diesen mittlern beobachteten δ'' vergleicht nun Delboeuf die nach (1) aus den vorgegebenen δ und δ' berechneten δ'' unter Setzung von c einmal $= 0{,}5°$, zweitens $= 0{,}12°$, welche Werthe gegen die angewandten δ, δ', δ'', von denen das kleinste δ gleich 9° war, fast verschwinden; auch habe ich mich an den drei ersten Tabellen überzeugt, dass man *c* geradezu null setzen kann, ohne die Einstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung wesentlich zu alteriren, falls man dabei in jeder Tabelle von Versuch no. 1, mit $\delta = 9°$, $\delta' = 17°$ absieht, wo wegen schwächstem δ der Werth *c* verhältnissmässig am meisten wiegt, welchen Versuch aber Delboeuf (nach p. 60) überhaupt nicht für sehr zuverlässig erklärt.

Lässt man nämlich no. 1 überall bei Seite und verbessert man überdiess die unten angezeigten Rechenfehler Delboeufs, so erhält man für die drei Voraussetzungen $c = 0,5$, $= 0,12$ und $= 0,0$ folgende Summen der Abweichungsquadrate zwischen Rechnung und Beobachtung*):

	$c = 0,5$	$c = 0,12$	$c = 0,00$
Tab. I.	210,7	238,1	258,1
- II.	1278,8	1233,6	1214,4
- III.	1110,2	1206,6	1258,8

woraus man erstens sieht, dass die Versuche der Tab. I. (im Betracht der kleinsten Summen der Abweichungsquadrate) bei Weitem die zuverlässigsten waren, wofür sie auch der Verf. (p. 57) erklärt, weil die Versuchsumstände am günstigsten waren, zweitens, dass in Tabelle II., die sich aber freilich nach der Summe der Abweichungsquadrate als die ungenaueste erwies, $c = 0,0$ sogar einen Vortheil gewährt. Indess ist doch bei den andern Reihen 0,5 am meisten im Vortheil, und mag daher in folgender Gesammttabelle der Delboeufschen Versuche zu Grunde gelegt werden.

In den, vom Verf. nach Formel (1) berechneten Werthen δ'' finden sich in seinen sämmtlichen Tabellen erhebliche, in jeder Tabelle sich wiederholende, Rechnungsfehler, durch deren Beseitigung die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung nur gewinnt. Wie ich mittelst zweimaliger Durchrechnung finde, sind folgende, von Delboeuf falsch berechnete, Zahlen durch folgende darunter gesetzte richtige zu ersetzen:

in der Spalte für $c = 0,12$

falsch	242,2	129,7	202	117,8	132,5	96,1	120,05	178,2
richtig	243,3	128,8	194,6!	118,0	132,6	95,2	120,5	175,9

in der Spalte für $c = 0,5$

falsch	94,4	119,5
richtig	95,1	120,3

Auch muss p. 82 und 84 für 0,53 stehen 0,33.

In folgender Gesammttabelle nun sind in der 2. und 3. Col. die in allen vier Reihen identisch vorgegebenen 14 Combinationen δ, δ' verzeichnet, in der 4. Col. die, unter Annahme von $c = 0,5$ aus diesen Combinationen nach (1) berechneten δ'', in den übrigen Columnen die damit zu vergleichenden mittlern beobachteten δ''. Die oben bemerkten Rechnungsfehler sind folgends berichtigt, und in no. 5 unter I. (gemäss der Anmerk. unten) 233,7 statt 247,8 als beobachtetes δ'' gesetzt. Unter der Gesammttabelle folgen noch Angaben über die Beobachtungssubjecte und die Beleuchtung des Apparates, welche in den Versuchen der einzelnen Tabellen stattfanden.

---

*) In Tab. I ist bei Versuch no. 5 statt $\delta'' = 247,8$ der (nach p. 59) wahrscheinlich zuverlässigere Werth 233,7 angenommen.

Das Beobachtungssubject der Tabelle I., vom Verf. mit *A* bezeichnet, wird auch bei den spätern Versuchen über Bestimmung von *c* mehrmals unter dieser Bezeichnung wieder vorkommen.

Gesammttabelle.

no.	gegeben		berechnet δ'' mit $c = 0,5$	beobachtet δ''					
	δ	δ'		Tab. I.	Tab. II.	Tab. III.	Tab. IVa.	Tab. IVb.	Tab. IVc.
1	9	47	237,0	237,6	239,7	243,5	226,5	210,7	233,7
2	13	27	55,5	54,4	53,7	55,3	57	60,3	50
3	13	36	98,3	98,8	97,3	94,8	113,5	102,3	111,7
4	13	44	127,0	129,2	133,3	123,5	132	133,3	121,3
5	13	56	236	233,7	238	245,4	224,5	220,7	231,3
6	21	60	169,7	163,4	184,7	157	164,5	179	155,3
7	21	64	193,0	200	207,3	175,7	176,5	192,7	183,7
8	22	36	58,7	57,6	61,3	56,8	59	60,7	62,7
9	22	51	117,4	119,8	116,3	107,4	107,5	121	125,7
10	22	58	151,6	152,2	159	139,2	145,5	163,3	165,3
11	22	66	196,0	194,8	174	182,2	168,5	210,3	199,7
12	43	64	95,1	97,4	92,7	94	96	102	95,3
13	43	72	120,3	130,0	127,3	119,8	126,5	118	116,7
14	43	87	175,5	176,8	189,7	168,8	181	179,7	188,3

Tab. I. Eine junge Dame *A*, grauer Himmel (jour gris), δ'' Mittel aus 5 Beob.

Tab. II. Eine alte Dame, Malerin, grauer Himmel, δ'' Mittel aus 5 Beob.

Tab. III. Die junge Dame *A*, Kerze, umgeben mit einem Reflector aus weissem Papier, in ungefähr 25 Centim. Entfernung vom Apparat.

Tab. IV a. Zwei Beobachter, Abends, Kerze, wohl wie unter III.

b. Drei Beobachter bei grauem (gris) Himmel.

c. Drei Beobachter bei hellem Himmel.

Jeder Beobachter ist in Tabelle IV. blos mit einem Beobachtungswerthe für δ'' aufgeführt, in der obigen Tabelle aber das Mittel aus den je zwei oder drei Angaben genommen.

Man kann die Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung, welche zu Gunsten des Weberschen Gesetzes spricht, namentlich in Tab. I., deren Versuche unter den günstigsten Umständen angestellt waren, nur überraschend finden. Die andern Tabellen zeigen mitunter beträchtliche, aber keiner bestimmten

Ordnung folgende, also den Charakter der Zufälligkeit tragende, Abweichungen bald in + bald in −, die vom Verf. zum Theil discutirt werden.

So befriedigend, ja durchschlagend nun auch die Zusammenstimmung der vorigen Versuche in Betreff der Gültigkeit des Weberschen Gesetzes erscheint, ist hiegegen in Betreff der Bestimmung des kleinen Werthes c zu bemerken, dass sie in sich und mit den besonders zu dieser Bestimmung angestellten Versuchen p. 73 und p. 88 nur in sofern stimmen, als alle diese Versuche einen sehr kleinen, aber nach Umständen sehr veränderlichen Werth dafür finden lassen; was an sich nicht hindert, c auf die Helligkeit des Augenschwarz zu beziehen, da diese Helligkeit nach früher gemachten Bemerkungen selbst als nicht unerheblich veränderlich gelten muss, aber auch zum Theil an der, in der Einschaltung S. 179 bemerkten, Unsicherheit des Verfahrens hängen kann. Wenn nun bei Berechnung voriger Versuchstabellen c überall $= 0{,}5$ gesetzt worden ist, wie vom Verf. selbst nach einer seiner Berechnungsweisen geschehen, ist doch nicht anzunehmen, dass c überall constant diesen Werth gehabt habe, sondern die trotz dem durchgehende nahe Uebereinstimmung von Rechnung mit Beobachtung erklärt sich nur dadurch, dass ein bei der Berechnung ziemlich zu vernachlässigender Werth verdoppelt, verdreifacht werden, aus dem Positiven ins Negative übergehen kann, ohne dass das Rechnungsresultat sich erheblich ändert.

Im Grunde giebt jede einzelne Versuchsnummer in jeder der Tabellen, die in voriger Gesammttabelle vereinigt sind, Gelegenheit, den Werth c nach den darin vorgegebenen Werthen δ, δ' und dem beobachteten δ'' mittelst Formel (2) zu berechnen, nur dass jede Einzelbestimmung eines so kleinen Werthes sehr unsicher ist. Nehme ich nun aus Tabelle I. die sieben ersten Nummern zusammen, gegen deren δ der Werth c nicht in gleichem Grade verschwindet, als gegen die sieben folgenden, und bestimme c summarisch durch

$$c = \frac{\Sigma\,(\delta'^2 - \delta\,\delta'')}{\Sigma\,(\delta + \delta'' - 2\,\delta')}$$

so finde ich $c = 0{,}48$, was mit dem zur Berechnung angenommenen $0{,}5$ merklich stimmt. Aber die andern Tabellen lassen andere Werthe dafür finden; und da sich aus diesen Versuchen überhaupt c nicht genau finden lässt, hat Delboeuf p. 73 weitere Versuche, unter constanter Anwendung von $\delta = 13^\circ$, $\delta' = 41^\circ$, durch die Beobachterin *A* anstellen lassen, und dabei fünf verschiedene Beleuchtungsgrade angewandt, bei deren jedem 24 (gut in sich stimmende) Versuche angestellt wurden, die Hälfte so, dass von einem zu grossen, die andre so, dass von einem zu kleinen δ'' zum richtig scheinenden übergegangen ward. Die Beleuchtungen waren und gaben folgende mittlere δ'' und danach *c*.

1) Abends, Kerze, umgeben mit einem schwarzen Halbcylinder, in 25 Centim. Entfernung vom Apparat $\delta'' = 127,8$; $c = 0,333$.
2) Sehr trüber (très-sombre) März-Himmel zwischen 4 und 5 Uhr Nachmittags $\delta'' = 122,3$; $c = 1,71$.
3) Grauer (gris) Himmel desselben Monats um 3 Uhr $\delta'' = 126,3$; $c = 0,682$.
4) Ganz heller Himmel, die Sonne strahlend in vollem Glanze, im Zimmer $\delta'' = 129,4$; $c = 0,00$.
5) Dann (an diesem hellen Tage) in ganz freier Luft, doch ohne directe Sonnenbeleuchtung $\delta'' = 137$; $c = -5,814$.

Sieht man von den Versuchen unter 1) ab, sofern die Versuche bei Kerzenlicht zu wenig mit den übrigen vergleichbar scheinen, so nimmt *c* mit der Stärke der Beleuchtung ab, und geht bei 5) gar ins Negative über. Die aus der Rechnung folgende Abnahme von *c* bei verstärkter Beleuchtung nun bedeutet nicht nothwendig eine absolute Abnahme, sondern muss vielmehr bei wirklicher Constanz desselben (d. h. des dadurch bezeichneten psychophysischen Werthes) erwartet werden, da ein constantes *c* natürlich einen um so kleinern Bruchtheil der Beleuchtung bildet, je grösser diese ist; bei der hier eingeschlagenen Bestimmungsweise aber tritt ein Sector von 1° multiplicirt mit der Intensität seiner äussern Beleuchtung als Einheit der Helligkeit auf. Nur der Eintritt negativer Werthe von *c* bei der stärksten Beleuchtung ist hieraus nicht erklärlich; und natürlich stimmen negative Werthe von *c* überhaupt nicht zu der Ansicht, dass *c* eine positive Helligkeit des Augenschwarz bedeute. Aber Versuche mit grösserer Helligkeit sind nicht blos desshalb untauglich zur Berechnung von *c*, weil *c* zu sehr gegen den äussern Lichtwerth verschwindet, sondern weil die Gründe der oberen Abweichung vom

Weberschen Gesetze nach Massgabe anfangen merklicher zu werden, als man mit den Helligkeiten höher aufsteigt. Und dass dieser Umstand hier wirklich ins Spiel kommt, geht aus folgender, vom Verf. p. 72 gemachten Bemerkung hervor: »Wir wollten [mit $\delta = 13°$, $\delta' = 41°$] Versuche unter Beleuchtung des Apparates mit vollem Sonnenlicht anstellen; diese Versuche gelangen nicht, denn das Beobachtungssubject war geblendet, und genehmigte alle Werthe von δ'', wenn sie 100° oder 105° überstiegen, oder unter 150° gingen.« Natürlich musste sich eine solche Störung schon bei hellem Tageslichte geltend machen.

Da die Helligkeiten der verschiedenen Beleuchtungen in vorigen Versuchen nicht mit einander verglichen sind, und Delboeuf überdiess (nach p. 84) die vorige Methode noch nicht genau genug für die Bestimmung eines so kleinen Werthes, als c ist, hielt, hat er noch vier Reihen von Versuchen, jede mit 58 bis 84 Beobachtungen nach ganz übereinstimmendem Verfahren theils selbst, theils durch Beobachterin *A* angestellt, wobei δ, δ', δ'' constant gegeben waren = 13°, 41°, 100° (in einer der Reihen vielmehr 102°), also nicht δ'' erst gesucht, aber die Beleuchtung durch veränderten Abstand einer Kerze so lange abgeändert wurde, bis die Bedingung der gleich scheinenden Differenz zwischen δ, δ' und δ', δ'' erfüllt war. Die Kerze war von einem inwendig geschwärzten Cylinder fast ganz umgeben, und die eine Hälfte der Versuche wurde so angestellt, dass durch Entfernung der Kerze, die andre so, dass durch Näherung der Kerze bis zum rechten Puncte vorgeschritten ward, wobei (wenn dieser Punct erreicht war), die ersten Distanzen sich im Allgemeinen kleiner fanden, als die zweiten; hieraus ward das Mittel genommen, und dieses der Berechnung der Helligkeiten (nach dem umgekehrten Quadrat der Entfernung) zu Grunde gelegt.

Durch die von ihm selbst angestellten 58 Beobachtungen fand er solchergestalt mittelst angemessener Reduction den Werth c äquivalent der Helligkeit, welche hervorgebracht wird durch Drehung eines weissen Sectors von blos $0{,}04° = \frac{1°}{25}$ auf ganz lichtentblösstem Grunde, wenn dieser Sector durch eine, um 25 Centimeter entfernte, Kerze (deren Beschaffenheit bei den Versuchen nicht angegeben ist) beleuchtet wird. An die Stelle von 0,04° treten nach ganz entsprechenden Versuchen der Beobachterin *A* (mit je 84 Beobachtungen in jeder Reihe) in den drei Reihen Werthe 0,05, 0,1372, 0,1587. Hievon wurde der erste einige Tage früher als die beiden letzten gefunden, welche aus 2, an demselben Versuchstage angestellten, Reihen folgen, woraus Delboeuf (p. 84) das Resultat zieht,

1) »dass *c* von einem Individuum zum andern variirt,

2) dass *c* selbst bei demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten verschieden ausfällt,

3) dass *c* [unter gleichgehaltenen Umständen] während eines ziemlich beträchtlichen Zeitintervalles, das sich auf mehrere Stunden erstrecken kann (nämlich während der Dauer der 58 oder 84 Versuche jeder Reihe], merklich constant bleibt, wenn diess Intervall angemessen gewählt wird.«

Namentlich letztern Punct hält er für sicher gestellt, indess (nach p. 90) an den unter 1) und 2) bemerkten Verschiedenheiten möglicherweise auch eine Helligkeitsverschiedenheit der zu den Versuchen gebrauchten Kerzen einen Antheil gehabt haben könne.

In jedem Falle bleibt die Geringfügigkeit von c, die sich aus allen diesen Versuchen herausstellt, auffällig, und so gut die Versuche zum Weberschen Gesetze stimmen, so wenig zu der Rolle, die man nach anderweiten Erfahrungen der Helligkeit des Augenschwarz beizulegen hat; nur dass sie aus angegebenem Grunde für die Bestimmung derselben auch nicht zuverlässig genug erscheinen.

XVIII. Herings Gewichtsversuche.

Hering macht gegen das Webersche Gesetz zwei Arten von Gewichtsversuchen geltend, die einen von ihm selbst mit grösseren Gewichtsdifferenzen in eigenthümlicher Weise angestellt (p. 14 ff.), die andern (p. 33 ff.), folgends mit als Heringsche zu rechnen, auf seine Veranlassung und unstreitig unter seiner Leitung von den Stud. med. Biedermann und Löwit nach einer Methode ausgeführt, die, wie ich aus der Correspondenz mit Hering glaube entnehmen zu können, als eine Modification der Methode der eben merklichen

Unterschiede anzusehen, worüber doch erst nähere Mittheilungen von ihm selbst zu erwarten sind.

Der Versuche erster Art sind zwei, die sich kurz unter folgendes Schema bringen lassen.

1) Wenn ich ein Gewicht von 3 Pfd. hebe und das Gewicht des mitgehobenen Armes auch etwa zu 3 Pfd. rechne, so scheint mir der Zuwachs von 3 Pfd. zum Armgewichte von 3 Pfd. geringer, als wenn ich zu 3 Pfd. Armgewicht mit noch 4 Pfd. daran, also zu 7 Pfd. andre 7 Pfd. Gewicht füge, ungeachtet er nach dem Gesetze nur gleich erscheinen sollte.

2) Die Hand auf eine Unterlage aufgelegt, um die Mitwirkung des Armgewichts auszuschliessen. Wenn ich zu einer galvanischen Platte, welche auf der Hand liegt, noch eine Platte füge, so erscheint mir der Zuwachs geringer, als wenn ich zu fünf darauf liegenden Platten fünf Platten füge. Eben so dem Gesetze widersprechend.

Der erste Versuch lässt meines Erachtens folgende Deutung zu. Wenn wir sonst ein Gewicht in die Hand nehmen und wägen, fällt es uns nicht ein, dasselbe als Zuwachs zum Armgewicht zu fassen, und letztres Gewicht so zu sagen abzuziehen, um erstres für sich aufzufassen, sondern wir beurtheilen den Eindruck, den das Gesammtgewicht des Armes und Gewichtes macht, gleichviel ob richtig oder unrichtig, und werden es also auch bei obigem Versuche thun. Also haben wir auf einer Seite nicht einen Zuwachs von 3 Pfd. zu 3 Pfd., den wir schätzen, sondern ein absolutes Gewicht von 6 Pfd. einerseits, was wir mit den 14 Pfd. auf der andern Seite vergleichen, nachdem der Gewichtszuwachs zur andern Seite gemacht ist. Und so werden wir freilich empfinden, dass 14 Pfd. schwerer als 6 Pfd. sind, aber weiter als diess Selbstverstandliche wird sich nichts schliessen lassen.

Anlangend den zweiten Versuch, bei dem eine Rücksicht auf das Gewicht des Armes wegfällt, so möchte zuvörderst Folgendes dagegen zu bemerken sein. Wenn die Hand auf dem Tische aufliegt und eine Platte aufgelegt wird, so hängt die Druckempfindung, welche die Hand spürt, nicht blos von dem Druck der Platte ab, sondern auch dem Gegendruck, welchen die auf den Tisch drückende Hand von diesem erfährt, und dieser muss, eben so wie vorhin das Armgewicht dem zu hebenden Gewichte, dem Druck der Platte zugerechnet werden. Dieser Gegendruck aber wird doch mindestets dem Druck einer Platte gleich zu setzen sein. Damit, dass er vernachlässigt ist, verliert der ganze Versuch seine Beweiskraft.

Gemeinsam aber scheint mir gegen die beiden vorigen Versuche einzuwenden, dass sich der Vergleich der Unterschiede dabei überhaupt gar nicht unabhängig vom Vergleich der absoluten Gewichte halten lässt. Um den, wegen geringen Gewichts der Platte gemachten Einwand selbst auszuschliessen, liess ich eine Person, die von der Absicht der Versuche nichts wusste, beide Hände mit dem Rücken auf den Tisch legen, legte auf die eine Hand eine, die Hand etwa zur Hälfte deckende, Bleiplatte von 500 Grammen, auf die andre eine solche von 1000 Grammen, liess die Person die Augen schliessen, fügte zur ersten Platte eine zweite Platte von 500 Grammen, auf die zweite von 1000 Grammen, und fragte sie, welcher Zuwachs ihr grösser schiene, worauf ich die Antwort erhielt, das Gewicht auf der zweiten Hand wäre viel schwerer geworden, als auf der ersten, wie es schon vorher schwerer gewesen. Auf meine Bemerkung, »ich wolle aber nicht wissen, auf welcher Seite das Gewicht schwerer geworden, sondern auf welcher Seite der Zuwachs, den das vorher vorhandene Gewicht erfahren, grösser sei«, erhielt ich die Antwort: »ja sie (die Person) wisse nur immer das eine schwerer gewordene Gewicht mit dem andern zu vergleichen«, und ich vermochte sie nicht dahin zu bringen, zuzugestehen, dass sich auch die Zuwüchse unabhängig davon vergleichen lassen. Auch mir selbst schien es so, als ich den Vergleich an mir selbst anstellen liess, oder schien je nach der Richtung der Vorstellung bald so bald so, ohne dass ich auf mein Urtheil, als möglicherweise befangen, dabei viel geben will; nur muss ich nach dem Ausfalle voriger Versuche die Vorsicht anempfehlen, wenn man den Versuch von Andern wiederholen lässt, sich wirklich sicher zu stellen, dass sie nicht bei ihrer Aussage die Empfindung eines grössern Gewichtes mit der Empfindung eines grösseren Zuwachses verwechseln, eine Sicherstellung, die mir freilich ziemlich schwierig scheint.

Sollte sie dennoch gelingen, so gebe ich bereitwilligst zu, dass hieraus ein wesentlicher Einwand gegen die Anwendbarkeit des Gesetzes auf Gewichtsempfindungen erwachsen würde. Jedenfalls aber leidet diese Versuchsweise an einer schwer zu eliminirenden Complication, an welcher die andern Versuche Herings mit eben merklichen Unterschieden nicht eben so leiden.

Ehe ich jedoch auf diese weiteren Heringschen Versuche näher eingehe, muss ich zur Vergleichung damit auf die Gewichtsversuche nach der Methode der richtigen und falschen Fälle zurückverweisen, die ich selbst in den Elem. I. p. 186 ff. bekannt gemacht habe.*) Das wesentlichste Resultat dieser Versuche ist, dass die summirten Zahlen $\frac{r}{n}$ (wo r die Zahl der richtigen Fälle, n die Gesammtzahl der Fälle ist), so wie die daraus abgeleiteten summirten hD, welche nach dem Weberschen Gesetze für die verschiedenen, von 300 bis 3000 Grammen variirten, P's gleich sein sollten, es nicht wirklich sind, aber sich der Gleichheit um so mehr nähern, je höher die Gewichte ansteigen. Dieselben bis zu höhern Hauptgewichten, als geschehen, zu steigern, liess theils die zu grosse Anstrengung, welche daraus bei fortgesetzten Versuchen erwachsen wäre, namentlich aber der Umstand, dass der Apparat dadurch gelitten haben würde, nicht zu, indess ich durch besondere Versuche (Elem. I. p. 305 ff.) nachgewiesen habe, dass die Ermüdung des Armes durch Gewichte der Bewährbarkeit des Gesetzes an sich eben so wenig im Wege steht, als die Ermüdung des Auges durch Lichtreize, indem der Erfolg nur derselbe ist, als wenn beide zu vergleichende Gewichte in gleichem Verhältniss dadurch abgeändert würden.

Unstreitig nun lässt sich der Erfolg dieser meiner Versuche eben so gut gegen als für das Webersche Gesetz geltend machen. Gegen das Gesetz, sofern sie ja von unten an die auffälligste Abweichung vom Gesetze zeigen, für das Gesetz, sofern sie höher hinauf eine eben so auffällige Approximation daran zeigen. Natürlich deuten die Gegner sie in ersterm Sinne, ich in letzterm Sinne, indem ich folgende Betrachtungen geltend mache.

Dass die Versuche bei den kleinern Gewichten so gar nicht zum Gesetze stimmen, zeigt nur, dass das Gesetz im Gebiete der det sein können, und wenn ich auch nicht habe zugeben können, dass manche dieser Umstände bei meinen Versuchen zutreffen, so kann ich doch nicht behaupten, dass nicht andre wirklich in Betracht kommen; nur muss ich immer darauf zurückkommen, dass meiner Ansicht nach hiedurch vielmehr nur das Gesetz gestört und auf eine Approximation gebracht, als diese Approximation, wie sie sich doch bei den grösseren *P* in meinen Versuchen zeigt, hervorgebracht werden kann. Hering ist andrer Ansicht, und dieser Widerspruch wird zwischen uns bestehen bleiben, indess seine folgends zu betrachtenden Versuche, obwohl nach ganz andrer Methode angestellt, mit meinen Versuchen im allgemeinen Gange so gut stimmen, als ich immer wünschen kann, nur den Zusatz zu den äussern Gewichten, wodurch sie nach meiner Ansicht noch zu corrigiren sind, erheblich grösser finden lassen, als er sich nach entsprechender Berechnung der meinigen unten finden wird.

---

*) Ausser diesen Versuchsreihen, welche direct auf Prüfung des Weberschen Gesetzes unter variirten Umständen gerichtet waren und den dazu supplementaren über den Einfluss der Ermüdung (Elem. I. 305) liegen mir noch bisher nicht veröffentlichte, grosse Versuchsreihen vor über den Einfluss der Dauer der einzelnen Hebungen und der Zwischenzeit zwischen je zwei zu einem Vergleich zusammengehörigen Hebungen, so wie über Hebungen ohne D. Vielleicht komme ich noch einmal dazu, sie bekannt zu machen. Für jetzigen Zweck jedoch sind sie ohne wesentlichen Belang.

Hering selbst sagt (p. 35) betreffs seiner Versuche mit den Gewichten von 250 bis 3000 Grammen, sie seien »im Allgemeinen in schöner Uebereinstimmung mit dem Ergebnisse der Fechnerschen Versuche nach der Methode der richtigen und falschen Fälle, die Abweichungen vom Weberschen Gesetze seien hier und dort ganz analog«, was sie in der That sind.

Den Heringschen Versuchen mit kleinen *P* von 10 bis 500 Grammen entsprechende aber habe ich überhaupt nicht angestellt, — die meinigen gehen nicht unter $P = 300$ Grm. herab —, weil mir Versuche mit sehr kleinen *P* überhaupt wegen des verhältnissmässig zu grossen Einflusses der störenden Umstände und insbesondere wegen einer von mir im Bereiche kleiner Gewichte bemerkten Anomalie (Elem. I. 197) für die Frage des Gesetzes nicht belangreich erschienen. Wenn jedoch Hering (p. 33) sagt: »dass Fechners Versuche keinen genügenden Ueberblick über die wesentlichen Thatsachen verschaffen, weil sich die Versuche bei seiner Methode nicht genügend variiren lassen, wenn man nicht Jahre dazu verwenden will«, so kann ich diesen Ausspruch nicht gerechtfertigt finden. Ich habe ja wirklich Jahre täglicher Arbeit dazu verwendet (Elem. I. 93), und weiss nicht, welche wesentliche Thatsachen Hering meinen kann, die sich nicht den von mir vorgenommenen Variationen der Versuche unterordneten; jedenfalls lassen die bisherigen vorläufigen Mittheilungen über die Heringschen Versuche die Frage übrig, ob dieselben in Bezug auf die zu berücksichtigenden wesentlichen Puncte, wohin ich vor Allem die zu eliminirenden constanten Fehler rechne, gleich variirt waren.

Ziehen wir jetzt die Heringschen Versuche selbst in Betracht, von welchen Hering die vorläufige Mittheilung giebt, so bieten sie in der Hauptsache nur eine neue Anwendung der im Vorigen in Bezug auf meine Versuche gemachten Bemerkungen dar; doch sind einige Puncte dabei besonders zu discutiren.

Es waren drei Versuchsreihen, von deren einer jedoch Hering nur kurz erwähnt (p. 36), dass dabei die Gewichte auf die zweckmässig unterstützte Fingerspitze aus stets gleicher, jedoch nur minimaler Höhe herabfielen, und dass sie so wenig wie die andern zwei mit dem Weberschen Gesetze gestimmt haben; ohne dass er für jetzt auf Mittheilung von Zahlenergebnissen eingeht.

Bei einer andern Versuchsreihe »wurde ein Handtuch an den beiden zusammengelegten Enden gefasst, während in der so gebildeten Schlinge ein an drei Schnüren befestigter Holzteller hing, welcher die Gewichte trug. Handtuch, Schnüre und Teller wogen zusammen 250 Gramm.« Folgendes die Resultate. Darin bedeutet P das Hauptgewicht in Grammen, D »das kleinste, mit Sicherheit an der fühlbaren Gewichtszunahme erkannte Zusatzgewicht in Grammen«, $\varepsilon = \frac{D}{P}$ den eben merklichen relativen Gewichtsunterschied nach den Beobachtungen, ε' denselben von mir berechnet nach der Formel $\varepsilon' = \frac{D}{P + 2273}$, worin 2273 Grammen das Armgewicht mit dem, was sonst etwa als mitbestimmend zum Gewichte P zuzurechnen ist, bedeutet.*) Hering postulirt, ohne Rücksicht auf einen zu P zu machenden Zusatz, zur Gültigkeit des Weberschen Gesetzes die approximative Uebereinstimmung der Werthe ε für die verschiedenen P, die nun freilich gänzlich fehl schlägt, ich die der Werthe ε', die sich vortrefflich bewahrt findet. Die Zahlen bei den Versuchen no. 3, no. 9 und no. 11 sind eingeklammert, weil die zugehörigen Beobachtungs-D sich unmittelbar als fehlerhaft erweisen, denn no. 3 kann von Rechts wegen nicht mit no. 2. und no. 9 nicht mit no. 10 gleiches D geben, weil die P dabei verschieden sind, no. 11 aber fällt plötzlich von $D = 22$ auf $D = 28$. Bei diesen Versuchsnummern ist also keine Uebereinstimmung

---

*) Der Werth 2273 ist aus den Versuchen selbst berechnet, indem ich unter Ausschluss der drei fehlerhaftesten Beobachtungen von den übrigen acht die ersten vier und die zweiten vier Beobachtungen zur Erlangung zweier Gleichungen zusammenfasse, aus denen sich obiger Werth findet. Sei nämlich x der zu P zuzurechnende Werth, c eine Constante, so ist nach meiner Voraussetzung für Herings Versuche zu setzen $\frac{D}{P + x} = c$, mithin $D = cP + cx$ für den einzelnen Fall, und $\Sigma D = c\Sigma P + 4cx$ für summatorisch zusammengenommene vier Fälle. Aus zwei solchen Gleichungen aber lässt sich c und x berechnen.

stimmung mit den übrigen Werthen ε' zu verlangen, ungeachtet sie doch auch nicht stark von den andern abweichen. Dass überhaupt mehrere Versuchsnummern mit verschiedenem *P* doch gleiches *D* für die Beobachtung gaben, hängt daran, dass nach der Einrichtung der Versuche überhaupt nur mit Werthen von *D*, welche um ganze Grammen differirten, vorgeschritten wurde.

	P	D	$\varepsilon = \frac{D}{P}$	$\varepsilon' = \frac{D}{P + 2273}$
1)	250	12	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{21,0}$
2)	500	13	$\frac{1}{38}$	$\frac{1}{21,3}$
3)	750	13)	$\frac{1}{58}$	$\left(\frac{1}{23,3}\right)$
4)	1000	15	$\frac{1}{67}$	$\frac{1}{21,8}$
5)	1250	16	$\frac{1}{78}$	$\frac{1}{22,0}$
6)	1500	17	$\frac{1}{88}$	$\frac{1}{22,2}$
7)	1750	19	$\frac{1}{92}$	$\frac{1}{21,2}$
8)	2000	20	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{21,4}$
9)	2250	22	$\frac{1}{102}$	$\left(\frac{1}{20,6}\right)$
10)	2500	22	$\frac{1}{114}$	$\frac{1}{21,7}$
11)	3000	28	$\frac{1}{98}$	$\left(\frac{1}{18,8}\right)$

Die nahe Uebereinstimmung der Werthe ε' bei so ausserordentlich von einander abweichenden *P* ist um so überraschender, als sie, bei dem Fortschritt der Beobachtungs-*D* nur um ganze Grammen, von vorn herein nicht zu erwarten war, und dürfte sich, in Betracht der hieraus nothwendig erwachsenden Versuchsfehler, überhaupt nur dadurch erklären, dass der, künftig allgemein mit x zu bezeichnende, constante Zusatzwerth 2273 zu den *P* sich bei diesen Versuchen so gross findet, dass er fast an die höchsten der angewandten *P*s reicht, was der Constanz der berechneten ε' zu statten kommen muss. Aber nicht nur kann die approximative Constanz der ε' nicht allein hievon abhangen, sondern man wird auch bei der unten folgenden nachträglichen Berechnung der ε' für

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01579/032

meine Versuche diese approximative Constanz bei weit geringerm Werthe von x wiederfinden.

Jedenfalls wird man sich nach dem Grade der Uebereinstimmung, welchen die ε' hier wie da zeigen, der Ueberzeugung nicht wohl verschliessen können, dass folgende zwei Voraussetzungen, auf welche sich ihre Berechnung gründet, im Rechte sind, sofern nur durch ihre zusammentreffende Richtigkeit eine solche Uebereinstimmung erklärbar ist: 1) dass das Webersche Gesetz fundamental besteht, 2) das Gewicht P aber wegen ihm äusserlicher Ursachen, welche seine Wirkung mitbestimmen, durch Zusatz eines constanten x corrigirt werden muss, um die Beobachtungen zum Gesetze stimmend zu finden, gleichviel, wovon diess x abhängt, wenn man nur überhaupt zugeben muss, dass das beobachtete D nicht von der Grösse des D allein abhängt, die mitbestimmenden Ursachen aber zum Theil noch im Dunkeln liegen.

Hering selbst hat bemerktermassen auf Ursachen, welche mitbestimmend wirken können, aufmerksam gemacht, hat selbst (p. 35) im Allgemeinen zugestanden, dass durch einen, etwa auf das Armgewicht zu rechnenden Zusatz[*] zu jedem Hauptgewicht P »die Versuchsreihe in ziemlich guten Einklang mit der Forderung, dass Hauptgewicht und Zusatzgewicht dasselbe Verhältniss haben sollen, (d. h. mit dem Weberschen Gesetze) komme«, nur dass er keine Berechnung desshalb mittheilt und die Berechtigung einer Zurechnung des Armgewichts zunächst dahinstellt; dennoch findet er sich durch jenes Zugeständniss nicht gehindert, seine Versuchsreihe gegen das Gesetz geltend zu machen. Aber nach welchem Gesetze und welchen Voraussetzungen über die mitbestimmenden Umstände erklärt er dann jene Uebereinstimmung der ε'? Bis eine genügendere Repräsentation derselben gegeben ist, meine ich, dass sie, und zwar sehr entschieden, für dasselbe sprechen.

Zuzugestehen ist, dass 2273 Gramme zu viel für das blosse Armgewicht sein möchten; aber so lange nicht durch die erst zu erwartende speciellere Mittheilung der Versuche der Verdacht eines constanten Fehlers ausgeschlossen ist, muss es um so mehr erlaubt sein, die Zufügung eines solchen zum Armgewicht möglich zu halten, als meine eignen Versuche, deren Anstellungsweise die Ermittelung, und deren Berechnungsweise die Elimination constanter Fehler gestattete, bewiesen haben, welch' grosse Rolle constante Fehler in diesem Versuchsgebiete spielen, die unten folgende Berechnung des x aus den vom constanten Fehler befreiten Resultaten meiner Versuchsreihe aber zeigt, dass es hienach im Allgemeinen nicht grösser ausfällt, als man geneigt sein kann, auf das Moment des Armgewichts zu schreiben.*)

---

[*] Hering nimmt dafür 1750 statt 2273 Grammen an, indem er wahrscheinlich die, von mir bei Berechnung des x ausgeschlossenen, drei fehlerhaften Versuche mit zugezogen hat.

Jedoch zuvor wenden wir uns zu den Heringschen Versuchen mit kleinen Gewichten.

Diese, bei welchen die Gewichtseinheit wie oben der Gramm war, die Zusatzgewichte aber, statt nach ganzen Grammen, nach Zehntelgrammen variirten, wurden so angestellt, »dass ein kleiner Holzgriff, an welchem eine kleine Pappscheibe aufgehängt war, zwischen Daumen und Zeigefinger gefasst, und so die auf der Pappscheibe liegenden Gewichte gehoben wurden, wobei der Arm ebenfalls nicht unterstützt war, sondern frei gehalten wurde.«

Die Resultate, wie oben verstanden (wobei die Columne ε' wieder von mir hinzugefügt ist), waren diese.

	P	D	$\varepsilon = \frac{D}{P}$	$\varepsilon' = \frac{D}{P + 99{,}5}$**)
1)	10	0,7	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{156}$
2)	50	1,7	$\frac{1}{29}$	$\frac{1}{88}$
3)	100	2,4	$\frac{1}{42}$	$\frac{1}{105}$
4)	200	3,6	$\frac{1}{56}$	$\frac{1}{83}$
5)	300	4,6	$\frac{1}{65}$	$\frac{1}{87}$
6)	400	5,2	$\frac{1}{77}$	$\frac{1}{96}$
7)	450	6,5	$\frac{1}{69}$	—
8)	500	25,5	$\frac{1}{20}$	—

---

*) Sollte bei den von Hering geltend gemachten Versuchen der Arm mit Tuch bekleidet gewesen sein, indess er bei mir nur mit einem leichten Hemdärmel bekleidet war, so konnte auch das zur Erklärung des Unterschiedes des dabei gefundenen x beitragen.

**) Bei Berechnung des Zusatzes 99,5 sind die Versuche no. 7 und 8, Hering fügt hiezu folgende Bemerkungen: »Von einer Einrechnung des Gewichtes des hebenden Armes könnte hier nicht die Rede sein, schon desshalb nicht, weil dasselbe beiläufig nur mit 100 Grammen angenommen werden dürfte, sofern man die Versuchsreihe auch nur einigermassen mit der Fechnerschen Auffassung in Einklang bringen wollte. Ueberdiess bemerkt jeder, der Versuche nach der letzterwähnten Methode anstellt, dass man bei der Vergleichung der verschiedenen Gewichte seine Aufmerksamkeit lediglich auf die an den Fingerspitzen entstehenden Empfindungen richtet, daher der sog. Muskelsinn hier nicht wesentlich in Betracht kommen kann. Einrechnung des Armgewichts aber hätte nur dann einen Sinn, wenn die Vergleichung auf Grund dieses angeblichen Muskelsinnes ausgeführt würde.«

Hiegegen finde ich meinerseits zu dieser Versuchsreihe zu bemerken, dass sie mir zwar betreffs der Thatfrage, wie sich die Werthe ε im Bereiche kleiner Gewichte und Gewichtszuwüchse verhalten, nicht ohne Interesse, für die Frage unsres Gesetzes aber, wie schon früher erinnert, ohne Belang erscheint. Dass im Bereiche kleiner Gewichte das Gesetz experimental nicht zutrifft, wissen wir ohne diese Versuche, und wenn damit gegen das von experimentalen Störungen befreite Gesetz entschieden werden könnte, wäre schon früher durch meine Versuche dagegen entschieden. Die Heringschen Versuche bestätigen in der That nur das Vorkommen der, schon bei meinen Versuchen gefundenen, Anomalie im Uebergange von $P = 300$ zu $P = 500$, sofern dabei der Nenner von ε sinkt, statt zu steigen, indess er nach Versuchen mit grösserm P wieder steigt[*]; und so lange die Thatsache dieser Anomalie anzuerkennen, deren Grund aber nicht bekannt ist, lässt sich über die Bedeutung und Verwerthung von Resultaten, die bei noch kleinerem P erhalten wurden, gar nichts sagen. Dass durch die Zurechnung von 99,5, oder wie Hering in runder Zahl setzt,

---

bei welchen der Nenner von ε sinkt, bei Seite gelassen, und die Berechnung nicht bis zu diesen fortgeführt.

[*] Allerdings bei den obigen Versuchen Herings mit grösseren Gewichten findet sich diese Anomalie nicht im Uebergange von 250 zu 500 Grammen, und auch bei meinen Versuchen hat sie nicht unter allen Versuchsumständen stattgefunden; aber sie kommt überwiegend nach meinen Versuchen vor, wie man sich aus den Versuchstabellen in Elem. I. p. 196 ff. überzeugen kann.

ungefähr 100, zu P eine, immer nur ganz rohe, Annäherung an das Gesetz erhalten wird, ohne dass doch 100 Grammen das Armgewicht repräsentiren können, mag entweder so zu deuten sein, dass der bei sehr kleinen Gewichten spürbare Einfluss, von welchem die Anomalie abhängt, in entgegengesetztem Sinne wirkt, als die Vermehrung des Gewichts durch den Arm, oder dass bei den kleinen Gewichten vielmehr blos die Hand mit Hebung des Gewichtes aus dem Handgelenk als der ganze Arm betheiligt war.*) Dass man die Aufmerksamkeit bei diesen Versuchen blos auf die an den Fingerspitzen entstehenden Empfindungen richtet, scheint mir an sich nichts dagegen zu beweisen, dass das Arm- oder Handgewicht an Entstehung dieser Empfindungen mit Antheil hat.

Hienach komme ich auf meine Versuche aus dem Gesichtspuncte der zwei Fragen zurück: 1) ob *sie*, wie die Heringschen mit den grössern Gewichten, durch Correction des P mittelst eines constanten x zu einem für die verschiedenen P übereinstimmenden ε' gebracht werden können; 2) welche Grösse dieses x hat.

In meinen Elementen habe ich von vorn herein von dem Versuche abgesehen, auf diesem Wege die Versuche stimmend zu machen, weil ich meinte, wegen der oben bemerkten Anomalie und der Zusammensetzung der Empfindung aus Druck- und Schwereempfindung könne eine solche Rechnung zu nichts führen (Elem. I. 197).**) Nachdem indess die Berechnung von Herings Versuchen ein so gut stimmendes Resultat gab, habe ich von meinen Reihen (Elem. I. 193) diejenigen, welche wegen nicht zu grosser Unregelmässigkeiten dazu geeignet schienen, nachträglich der Rechnung unterworfen, jedoch dabei natürlicherweise die Versuche bei $P = 300$ Grammen beiseite gelassen, wegen der Anomalie, die sich im Uebergange von da zu 500 Grammen zeigt. Hienach finde ich als den, zu jedem P zu machenden, mit x zu bezeichnenden, Zusatz für folgende Reihen (Elem. I. 193) folgende

---

*) Diesen Gedanken äusserte gelegentlich Herr Dr. Müller, Privatdocent in Göttingen, in einer mit ihm geführten Unterhaltung über Herings Versuche.

**) Die an diesem Orte angestellte eventuelle Trennungsrechnung ist nicht richtig geführt; worauf aber hier nichts ankommt, da eine Trennung hier nicht versucht wird. Ueberhaupt ist mir die Nothwendigkeit einer Trennungsrechnung zweifelhaft geworden.

Werthe von x*), und die durch Multiplication der hD mit $\frac{P+x}{P}$ corrigirten Werthe der hD**), welche hier die ε' zu vertreten haben, wie folgt:

Werthe $hD\frac{P+x}{P}$ für

P	Reihe VI. zweihändig		Reihe VII. einhändig. Linke.	Summe
	$D = 0{,}04\,P$ $x = 487$	$D = 0{,}08\,P$ $x = 619$	$D = 0{,}08\,P$ $x = 418$	
500	3881	8292	9632	21805
1000	3762	7507	7828	19097
1500	3675	8349	8217	20241
2000	3689	7902	7876	19467
3000	3831	7865	9210	20906

Man sieht, dass die, im Ganzen nicht bedeutenden, Abweichungen zwischen den so corrigirten hD, welche zu den verschiedenen P gehören, den Charakter rein zufälliger tragen. Wenn die zu den verschiedenen Reihen gehörigen Werthe von x, respectiv 487, 619 und 418 noch zu weit von einander abweichen, um ganz auf ein constantes Armgewicht bezogen werden zu können, so ist eben auch nicht zu behaupten, dass sie blos von diesem abhängen, und dass die Anomalie, welche im Uebergange von $P = 300$ zu $P = 500$ spürbar ist, nicht auch höher hinauf einen, je nach den Umständen der Versuche verschiedenen, Einfluss erstreckt.

---

*) Die Berechnung von x ist so geführt: Bezeichne ich die fünf zur Rechnung zugezogenen Versuche jeder Reihe von $P = 500$ an respectiv mit 1, 2, 3, 4, 5, so combinire ich zur Bestimmung von x einmal 1 und 2 in summirten Werthen mit 3, 4, 5; ein andresmal 1, 2, 3 mit 4, 5 und nehme das Mittel aus beiden Bestimmungen.

**) Diese Correction begründet sich so: Nach dem Princip der Methode müssen alle aus den $\frac{r}{n}$ abgeleiteten Werthe hD gleich ausfallen, wenn das Webersche Gesetz besteht, und zu den angewandten P's kein Zusatz x zu machen ist. Ist aber ein solcher zu machen, so muss jedes D und mithin hD, als proportional mit P genommen, noch im Verhältniss von $P + x : P$ geändert werden, um constante $hD \cdot \frac{P+x}{P}$ bei den verschiedenen P erwarten zu können.

Auch die Versuchsreihen IX. in Elem. I. 196, welche blos mit $P = 2000$ und $P = 3000$, einhändig und zweihändig, mit $D = 0,04\,P$ und $0,08\,P$ angestellt sind, geben Gelegenheit zur Berechnung von x, nur muss man sich dabei nicht an die einzelnen Reihen halten, da jede blos zwei Data zur Berechnung bietet, und x klein gegen so grosse P ist. Hält man sich an die Summen für sämmtliche Reihen, wonach

$\Sigma h D$ bei $P = 2000$ ist 31186
» » » $= 3000$ » 32938

so findet man $x = 397,8$, was obigen Werthen ziemlich nahe kommt.

Es ist noch etwas räthselhaft, an welchen innern Gründen die Unterscheidung von Gewichtsgrössen überhaupt hängt, und ob sie im Sinne Webers wirklich von zweierlei Gründen abhängig zu machen ist. **Bernhardt** schreibt (im Arch. f. Psychiatrie III. 1872 p. 632):

»Bei Patienten, welche ihres Hautgefühls im höchsten Grade verlustig gegangen waren, welche über passiv ausgeführte Bewegungen nichts zu berichten wussten, keine Vorstellung über die Lage ihrer Glieder hatten und von den stärksten Inductionsströmen, welche ihre Muskeln energisch in Contraction versetzten, nichts empfanden, fand ich häufig den sog. Kraftsinn (namentlich bei zwei derartigen Patienten), die Fähigkeit Gewichte zu unterscheiden, relativ gut erhalten; ein Resultat, zu welchem auch Leyden in s. Unters. über Muskelsinn und Ataxie gelangte.«

Die Leydenschen Versuche (in Virchows Arch. XLVII. p. 327) sind in der That entscheidend dafür, dass »Kranke, welche in den Muskeln des Unterschenkels die Sensibilität ganz oder fast ganz verloren hatten (sofern sie nach den vorgängigen Prüfungen von den stärksten inducirten Strömen keine oder fast keine Empfindung hatten), die Schwere verschiedener Gewichte mit derselben Schärfe unterschieden als Gesunde.« Die Versuche darüber wurden nämlich mittelst eines eigenen am Fusse angebrachten Apparates vergleichungsweise mit mehreren Gesunden nach der Methode der eben merklichen Unterschiede angestellt, und die gefundenen Werthe sind meist merkwürdig nahe übereinstimmend. Auch die Hautsensibilität war bei den Versuchssubjecten theils stark, theils nur mässig herabgestimmt.

XIX. v. Zahns Versuche über Farbencombinationen.

Da die Versuche Zahns, deren S. 172 im Interesse einer wichtigen Frage gedacht ist, in einer wenig verbreiteten Zeitschrift (Sitzungsber. d. Leipz. naturforsch. Gesellsch. 1874 no. 3 p. 25 ff.) enthalten sind, in Bezug auf diese Frage aber noch einer weitern Discussion zu unterziehen sein möchten, so theile ich dieselben zuerst mit den Worten des Verf., dann zur Erleichterung des Verständnisses in einer schematischen Darstellung mit, wobei *a* die Amplitude, *n* die Schwingungszahl, von welcher die Farbe abhängt, bedeuten soll.

Die Absicht des Verf. ging dahin, mittelst Versuchen nach der Methode der eben merklichen (oder verschwindenden) Unterschiede zu entscheiden, ob, wenn Farbenlicht einer Stelle eines andersfarbigen Grundes verstärkend hinzugefügt wird, dieser Ueberschuss (vom Verf. als zur Messung dienender Ueberschuss bezeichnet) von beliebiger Färbung sein darf, soll sich bei Abänderung seiner (von der Amplitude *a* abhängigen) Stärke das Webersche Gesetz bestätigen.

»In geeigneter Entfernung von dem Objective eines Zöllnerschen Astrophotometers wurde eine hinreichend constante Lichtquelle (Petroleumlampe) angebracht, die die Focalebene des Fernrohrs, in welcher das seitliche Rohr durch Spiegelung an einer Glasplatte das Bild einer erleuchteten kreisrunden Oeffnung entwirft, gleichmässig erhellt. — Man hatte dann durch das Vordernicol im Seitenrohre das Bild des Scheibchens so lange abzuschwächen, bis dieses eben aufhört sichtbar zu sein, und kann aus dem Drehungswinkel in bekannter Weise den Grad der Abschwächung ermitteln. — Ob nun der als Mass dienende Lichtüberschuss nur durch seine (physiologische) Intensität, nicht durch die Qualität seiner Färbung wirkte, musste sich folgendermassen ergeben. Nachdem vor das Fernrohr etwa ein blaues, dann ein gelbes Glas gebracht worden ist, erblickt man ein Scheibchen auf blauem resp. gelbem Grunde in der Farbe leuchtend, welches ihm die Colorimetervorrichtung (Quarzplatte mit Nicol) gerade ertheilt. Es wird dann in beiden Fällen das Scheibchen so lange abgeschwächt, bis es eben verschwindet, und der relative Grad seiner Lichtstärke ermittelt. Dem Verhältnisse dieser beiden Intensitäten musste das der verschiedenfarbigen Strahlenbündel, welche in das Fernrohr eintreten, gleich sein, und es müsste sich immer das nämliche Verhältniss ergeben, die Farbe des Scheibchens sei, welche sie wolle, wenn anders die Hypothese von der unbeschränkten Geltung des Weber-Fechnerschen Gesetzes auf Bestimmungen von objectivem Werthe führen sollte.

Meine Versuche ergaben nun das Gegentheil. Indem ich etwa ein blau und ein gelb erleuchtetes Sehfeld durch ein gelb leuchtendes Scheibchen verglich, erhielt ich für die Intensitäten ein anderes Verhältniss, als durch ein blaues Scheibchen. So z. B. in einem Falle:

Verhältniss von Gelb zu Blau, gemessen durch Gelb: 6,47
» » » » » » » Blau: 1,69

das erstere also fasst das vierfache des letztern.

Verhältniss von Grün zu Roth, gemessen durch Grün: 8,96
» » » » » » » Roth: 3,08

Man erkennt an diesen eminenten Unterschieden, dass die Farbenqualität des Lichtüberschusses von grösstem Einflusse auf dessen Merklichkeit ist, und somit eine objective Definition qualitativ verschiedener Lichtquanta durch das Fechnersche Gesetz nicht möglich ist.

Die Gesammtheit der Versuche liess mich deutlich erkennen, dass jene Unterschiede auf einer einseitigen Bevorzugung gewisser Farbengegensätze beruhen. So erkennt man z. B. selbst geringe Spuren von Gelb auf blauem Grunde und beide Farben verschmelzen sich nicht zu einem Eindrucke, während Blau auf Gelb bald nicht mehr als besondere Farbennüance erkannt wird. Ganz Analoges gilt für Grün und Roth.

Weitere Bestimmungen führte ich aus, indem ich das Colorimeter aus dem Seitenrohr entfernte und das Scheibchen durch Stücke der Gläser, welche vor das Objectiv des Fernrohrs gebracht wurden, färbte. Hier traten die nämlichen Differenzen, theilweise noch entschiedener hervor. So fand sich z. B.:

Verhältniss Blau zu Gelb, gemessen durch Gelb: 6,76
» » » » » » Blau: 2,91
» Grün » Roth, » » Grün: 7,77
» » » » » » Roth: 1,05

Von anderen Bestimmungen führe ich noch an:

Verhältniss Blau zu Gelb, gemessen durch Roth: 3,56
» » » » » » Gelb: 2,59
» » » » » » Weiss*): 2,42
» » » » » » Blau: 1,70
» » » » » » Grün: 1,09

Meine Versuche stellen es also ausser Zweifel, dass bei Anwendung verschiedenfarbiger Lichtüberschüsse kein vergleichbares Mass gegebener Lichtquellen geliefert wird, und der Begriff der Lichtintensität bleibt also im physiologischen Sinne vollständig unbestimmt. Man könnte aber fragen, ob nicht unter Verzichtleistung auf eine objective Definition man wenigstens auf praktisch vergleichbare Resultate käme, wenn man alle Messungen auf eine Normalfarbe (Lampenlicht, Natronflamme u. dergl.) bezöge. Auch diese Annahme ist unstatthaft. — Indem ich nämlich vor das Fernrohr des Photometers verschiedene Rauchgläser brachte, erhielt ich, wie sofort einleuchtet, durch Vertauschung der bunten Gläser Paare von Lichtbündeln, deren Intensitäten stets das nämliche Verhältniss hatten, sich aber der absoluten Grösse nach unterschieden. Es zeigte sich dann das nach dem Weberschen Gesetze aus den Versuchen berechnete Verhältniss in hohem Grade von der absoluten Quantität abhängig: es war z. B. das Verhältniss von Grün zu Roth gemessen durch Grün resp. 2,4, 3,8, 7,0 mal so gross als dasselbe Verhältniss gemessen durch Roth. Die Zunahme dieser Zahlen entspricht der Abnahme der Lichtstärke, wie sich von vorn herein erwarten liess, da mit steigender Intensität die Farben an Sättigung verlieren. Meine Versuche gestatten noch nicht den genaueren Zusammenhang der erwähnten Veränderungen zu ermitteln, auch würden offenbar in dieser Hinsicht Resultate von allgemeiner Geltung nur unter Anwendung von Spectralfarben sich erzielen lassen, die einen speciell construirten Apparat voraussetzt, sowie bei der verhältnissmässigen Ungenauigkeit**) der angewandten Methode sehr ausgedehnte oft wiederholte Beobachtungsreihen erforderlich sein.«

---

*) »Lampenlicht.«

**) »Dieselbe war viel grösser als die vorhandenen Angaben erwarten liessen.«

Folgendes das Schema der ersten Versuchsweise.

1) Einmal auf blauen Grund von der unbekannten Intensität B und ein andresmal auf gelben Grund von der unbekannten Intensität G wird ein gelbes Lichtscheibchen von der unbekannten Intensität g projicirt, dessen Intensität verstärkend zu der des Grundes hinzutritt, so dass erstenfalls das Intensitätsverhältniss von blossem Grund und durch das Scheibchen verstärktem Grund ist $\frac{B}{B+g}$, zweitenfalls $\frac{G}{G+g}$. Es wird nun das g des Scheibchens (ohne Aenderung seines n) in bekanntem Verhältniss abgeschwächt, bis das Scheibchen für das Auge im Grunde verschwindet, wobei sich g erstenfalls auf mg, zweitenfalls auf $m'g$ reducirt, mithin sich reducirt

$$\frac{B}{B+g} \text{ auf } \frac{B}{B+mg}, \quad \text{und } \frac{G}{G+g} \text{ auf } \frac{G}{G+m'g}$$

2) Einmal auf blauen Grund von der vorigen Intensität B, und ein andermal auf gelben Grund von der Intensität G wird ein blaues Scheibchen von der Intensität b projicirt und wie vorhin verfahren, wobei sich erstenfalls b auf μb, zweitenfalls auf $\mu' b$ reducirt, mithin sich reducirt

$$\frac{B}{B+b} \text{ auf } \frac{B}{B+\mu b}, \quad \text{und } \frac{G}{G+b} \text{ auf } \frac{G}{G+\mu' b}$$

Nun müssen nach Weberschem Gesetze alle Verhältnisse, wo das Verschwinden stattfindet, gleich sein; mithin:

$$\frac{B}{B+mg} = \frac{G}{G+m'g} = \frac{B}{B+\mu b} = \frac{G}{G+\mu' b} \tag{1}$$

Das giebt als Bedingung für das Webersche Gesetz,

$$\frac{G}{B} = \frac{G+m'g}{B+mg} \text{ gemessen durch Gelb,}$$

$$\frac{G}{B} = \frac{G+\mu' b}{B+\mu b} \text{ gemessen durch Blau.}$$

Hienach

$$\frac{m'}{m} = \frac{\mu'}{\mu}$$

wogegen v. Zahn fand

$$\frac{m'}{m} = 6{,}44, \quad \frac{\mu'}{\mu} = 1{,}59,$$

mithin starke Ungleichheit statt Gleichheit.

Bei der zuletzt angegebenen Versuchsweise sind B und G in den vier Quotienten noch mit demselben Abschwächungsfactor x für den Fall des Verschwindens vom Scheibchen im Grunde multiplicirt zu denken. Je nachdem nun dieser grösser oder kleiner war, zeigten sich neue Verschiedenheiten zwischen den Werthen $\frac{m'}{m}$ und $\frac{\mu'}{\mu}$.

Was ich gegen die völlig bindende Kraft dieser Versuche einzuwenden wüsste, wäre etwa Folgendes: Nach den Erörterungen S. 171 f. liesse sich denken, dass die vier Verhältnisse, bei denen aller Unterschied des Scheibchens vom Grunde verschwand, in der That nicht als mathematisch gleich, sondern in verschiedenem Grade unter der Unterschiedsschwelle oder Verhältnissschwelle der Gesammtstärke des Eindruckes waren. Und da bei den Versuchen nicht beide Componenten des Unterschiedes in gleichem Verhältnisse abgeschwächt wurden, wie es bei Versuchen zur Prüfung des Weberschen Gesetzes streng genommen zur Vermeidung störender Einwirkungen Seitens abgeänderter Contrastverhältnisse nach Abschnitt XI. nöthig erscheint, so kann auch hievon eine Störung besorgt werden; doch muss zugestanden werden, dass diese Umstände, kämen sie erheblich in Betracht, bei den so variirten Versuchen des Verf. schwerlich eine solche Zusammenstimmung der Resultate seiner Versuche hätten bestehen lassen, als stattgefunden.

XX. Ueber die Frage nach dem Grundmasse der psychophysischen Thätigkeit.

Soll die Stärke der Empfindung von der Stärke der psychophysischen Thätigkeit in functionelle Abhängigkeit gesetzt werden*), so fragt sich natürlich, worin man das Mass der psychophysischen Thätigkeit selbst sucht. Nun ist diese Thätigkeit jedenfalls als ein Bewegungsprocess zu fassen, und so bietet sich zunächst als das natürlichste dar, das Mass der psychophysischen Thätigkeit in der lebendigen Kraft, Product aus Masse m in das Quadrat (oder halbe Quadrat) der Geschwindigkeit v, welche in dem Bewegungsprocess entwickelt wird, zu suchen; dabei macht sich aber gleich die Bemerkung geltend, dass im Falle der Statthaftigkeit unsrer psychophysischen Formeln sowohl die Masse als die quadratische Potenz der Geschwindigkeit sich daraus eliminiren. Denn setzen wir in der Fundamentalformel und Massformel mv^2 für β, mV^2 als Schwellenwerth von mv^2 für b, so geht $\frac{\partial\beta}{\beta}$ über in $\frac{2mv\partial v}{mv^2} = \frac{2\partial v}{v}$, und $\log\frac{\beta}{b}$ in $2\log\frac{v}{V}$; der Coefficient 2 aber fliesst mit dem constanten Coefficienten K oder k zusammen. Auch das Vorzeichen der Geschwindigkeit, ob sie die eine oder entgegengesetzte Richtung hat, eliminirt sich, indem dasselbe Vorzeichen im Zähler und Nenner unsrer Ausdrücke auftritt, und es kommt also nur der absolute Werth der Geschwindigkeit in Rücksicht. Also könnte das Mass der psychophysischen Thätigkeit auch einfach in der, darin entwickelten, einfachen Geschwindigkeit gesucht und hiemit v nach seinem absoluten Werthe für β in die Formeln substituirt werden.

---

*) Der Ansicht von Bernstein, dass die Empfindung vielmehr von dem Verschwinden als dem Dasein lebendiger Kraft abhängig zu machen sei, ist S. 447 gedacht.

Fundamental nun wird man bei mathematischer Behandlung des Empfindungsmasses auf die Geschwindigkeit an einem gegebenen Puncte in einem gegebenen Momente zurückzugehen und hievon als vom Masse elementarer psychophysischer Thätigkeit das Element einer Empfindung abhängig zu machen haben; hienach aber, da wir in Wirklichkeit weder elementare Geschwindigkeiten noch elementare Empfindungen beobachten können, für Zwecke der Erfahrung die Summe der Geschwindigkeiten, die sich in einer endlichen Zeit, an einer gegebenen Zahl von Puncten entwickelt, durch Integration aus den elementaren Geschwindigkeiten zu bestimmen und hievon die während derselben Zeit durch dieselben Puncte entwickelte Empfindung functionell abhängig zu machen haben, wie ich am Beispiel einer einfachen Schwingung in den Elem. II. Kap. 32 zu zeigen gesucht habe.

Von andrer Seite weiss man (Elem. II. 166), dass die lebendige Kraft von Schwingungen, die während einer gegebenen Zeit vor sich gehen, also die Summe mv^2 proportional a^2n^2 ist, worin a

die Amplitude, n die Schwingungszahl ist. Hienach wird man, bei Anwendung unsrer Formeln auf psychophysische Schwingungen, $\beta = a^2 n^2$ oder, sofern sich die Potenz eliminirt, $= a\,n$ setzen können, vorausgesetzt, dass wirklich das elementare Mass der psychophysischen Thätigkeit im einfachen Masse der Geschwindigkeit zu suchen ist, was dann der Fall sein wird, wenn diese Voraussetzung den Thatsachen der Beobachtung hinreichend entspricht.

Es steht aber der Möglichkeit solcher Annahme die andere, und vielleicht an sich wahrscheinlichere, Annahme gegenüber (Elem. II. 223. 235), dass statt absoluter Geschwindigkeiten Aenderungen der Geschwindigkeit, was ich auch wohl Geschwindigkeiten zweiter Ordnung nenne, und kurz mit $\mathfrak{v}$ bezeichne, als Elementarmass psychophysischer Thätigkeit für β in unsere Formeln zu substituiren seien, um hievon das Elementarmass der Empfindung abhängig machen und von da durch Summation (Integration) zum Masse einer, an Schwingungen geknüpften, beobachtbaren Empfindung übergehen zu können. Nach der Hypothese der v, um Kürze halber so zu sprechen, würde sich Empfindung sogar an psychophysische Bewegungen von constanter Geschwindigkeit oberhalb der Schwelle knüpfen, nach der Hypothese der $\mathfrak{v}$ nur an Bewegungen, sofern sie Aenderungen der Geschwindigkeit einschliessen, welcher Bedingung Schwingungsbewegungen im Allgemeinen vortrefflich entsprechen.*) In so weit wir aber voraussetzen, dass die psychophysischen Bewegungen wirklich die Natur von Schwingungen haben, ist es für die Massverhältnisse der davon abhängigen Empfindungen gleichgültig, ob wir für β die lebendige Kraft $m\mathrm{v}^2$ oder einfache Geschwindigkeit v oder die Geschwindigkeitsänderungen $\mathfrak{v}$ setzen, so lange die Schnelligkeit der Schwingungen n, also Tonhöhe beim Schall, Farbe beim Licht constant und die Form der Schwingungen dieselbe bleibt, mithin die Aenderungen der Intensität der Empfindung blos von Aenderungen der Amplitude a abhängig sind, indem die Aenderungen der Geschwindigkeit in jeder Schwingung dann den darin entwickelten Geschwindigkeiten selbst in jedem Momente einfach proportional gehen, bei Verdoppelung der Amplitude a also in jedem Momente sich zugleich v und $\mathfrak{v}$ verdoppelt, die Beziehung auf die einfache Geschwindigkeit und auf die lebendige Kraft als Mass der psychophysischen Thätigkeit aber angegebenermassen zu demselben Resultate führt.

---

*) Circuläre Schwingungen freilich gehen mit constanter Geschwindigkeit vor sich, doch könnten solche, falls sie in uns vorkämen, immerhin in so fern Träger von Empfindung sein, als die allgemeine psychophysische Thätigkeit, welche unserm Bewusstsein unterliegt, als oscillatorische gefasst, sich damit zusammensetzt und dadurch abändert. Ausserdem darf man nicht ohne Weiteres voraussetzen, dass äussere circuläre Schwingungen auch solche in uns hervorrufen.

Wo sich jedoch n unabhängig von a ändert, geht die Proportionalität der Aenderung von $\mathfrak{v}$ mit v in jedem Moment verloren, und macht es, wie ich finde, bei der Summation für ganze Empfindungen einen Unterschied, ob man in die, auf die Elemente der psychophysischen Thätigkeit und Empfindung bezogenen, Formeln v oder $\mathfrak{v}$ für β substituirt. In der That habe ich in Elem. II. 218. 223 gezeigt, dass nach der Hypothese der v die Intensität einer, an die einfachste Schwingungsform geknüpften, Empfindung proportional log an, nach der Hypothese der $\mathfrak{v}$ aber proportional log an^2 anzunehmen, und in unsre Formeln für Empfindungen endlicher Grösse, die sich an einfachste Schwingungen knüpfen, nach erster Hypothese an, nach zweiter an^2 für β zu substituiren ist.

Nämlich so:

Setzen wir erst voraus, die Empfindung hänge von v ab, und nehmen an, jeder Werth von v, der einen gewissen Schwellenwerth $\mathfrak{b}$ übersteigt, gebe einen positiven Beitrag zur Empfindung, die an eine ganze einfache gradlinige Schwingung geknüpft ist, so wird das Empfindungselement $\gamma \partial t$, was während des Zeitelementes ∂t stattfindet, unter Zugrundelegung der Massformel gegeben sein durch

$$\gamma \partial t = k \log \frac{\mathrm{v}}{\mathfrak{b}} \cdot \partial t$$

v aber ist nach bekannter Formel

$$= \frac{2\pi a}{\tau} \sin \frac{2\pi t}{\tau}$$

worin a die Amplitude, τ die Schwingungsdauer, t die vom Anfange der Schwingung an verflossene Zeit, π die Ludolfsche Zahl oder der halbe Kreisumfang, wenn der Radius = 1.

Die, während einer ganzen Schwingung entwickelte Empfindungssumme S_τ ist hienach

$$S_{\mathfrak{t}} = k\int_0^{\mathfrak{t}} \log\left(\frac{2\pi a}{\mathfrak{b}\,\mathfrak{t}} \sin\frac{2\pi t}{\mathfrak{t}}\right)\partial t$$

$$= k\int_0^{\mathfrak{t}} \log\frac{2\pi a}{\mathfrak{b}\,\mathfrak{t}}\,\partial t + k\int_0^{\mathfrak{t}} \log\sin\frac{2\pi\mathfrak{t}}{\mathfrak{t}}\,\partial t$$

$$= k\,(P + Q)$$

Durch Integration findet sich

$$P = \mathfrak{t}\log\frac{2\pi a}{\mathfrak{b}\,\mathfrak{t}}, \qquad Q = \mathfrak{t}\log\frac{1}{2}$$

mithin

$$S_{\mathfrak{t}} = k\mathfrak{t}\,\log\frac{\pi a}{\mathfrak{b}\,\mathfrak{t}}$$

Sei jetzt angenommen, dass die Empfindung vielmehr von $\mathfrak{v}$ im Sinne der Massformel abhänge, und sei $\mathfrak{b}$ der Schwellenwerth von $\mathfrak{v}$ im obigen Sinne, so ist

$$\gamma\,\partial t = k\log\frac{\mathfrak{v}}{\mathfrak{b}}\,\partial t$$

$$\mathfrak{v}\text{ aber} = \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{4\pi^2 a}{\mathfrak{t}^2}\,\cos\frac{2\pi t}{\mathfrak{t}}$$

hienach, mittelst gleicher Behandlung,

$$S_{\mathfrak{t}} = k\,\mathfrak{t}\,\log\frac{4\pi^2 a}{\mathfrak{b}\,\mathfrak{t}^2}$$

Da $\mathfrak{t}$ umgekehrt proportional mit der Schwingungszahl n, so kann man in diesen Formeln für $\mathfrak{t}$ setzen $\frac{1}{n}$.

Diess nun macht in der Erfahrung folgenden Unterschied. Wenn bei Aenderung sowohl von a als n doch das Product beider an, mithin auch die lebendige Kraft a^2n^2 sich gleich bleibt, indem sich a und n in umgekehrtem Verhältnisse zu einander ändern, so bleibt sich nach erster Hypothese auch die Intensität der Empfindung gleich; wogegen nach der zweiten Hypothese trotzdem, dass an oder a^2n^2 sich gleich bleibt, doch die Intensität der Empfindung, als gemessen durch $\log an^2 = \log an + \log n$, um so mehr wächst, je mehr n wächst, also z. B. wenn dieselbe Saite, einmal schwach gespannt, das andremal stark gespannt, mit gleicher lebendiger Kraft angeschlagen wird, somit auch mit gleicher lebendiger Kraft schwingt, doch der höhere Ton der ersten noch aus grösserer Ferne gehört werden muss, als der Ton der letztern;

indess er nach der v-Hypothese beidesfalls in gleicher Entfernung unhörbar werden muss.

Nun sind alle Versuche mit oscillatorischen Reizen, welche zur Bewährung des Weberschen Gesetzes führen, wirklich unter solchen Umständen angestellt, dass blos a aber nicht n sich ändert, die Lichtversuche nämlich mit weissem Licht oder mit Farbenlicht derselben Art, die Schallversuche mit Schallintensitäten ohne bestimmte Höhe überhaupt, und solche Versuche können also nichts für die Frage entscheiden, ob man das elementare Mass der psychophysischen Thätigkeit vielmehr auf absolute Geschwindigkeiten oder Aenderungen der Geschwindigkeit zu beziehen habe. Unter Voraussetzung aber, dass die, nur für den Fall einfachster Schwingungen geführte, Rechnung doch auch für zusammengesetzte, wie sie in Wirklichkeit vorkommen, eine mindestens approximative Anwendung finde, lassen sich nun Versuche zur Entscheidung anstellen. Die von mir wirklich in diesem Sinne angestellten Versuche (Elem. II. 174. 560 ff.) haben wegen einer dabei nicht zu eliminirenden Störung die gehoffte Entscheidung nicht herbeizuführen vermocht. Hiegegen dürfte diese Entscheidung durch Versuche mit der Sirene von Helmholtz (Lehre von d. Tonempfind. 1. Aufl. Abschn. IX. p. 263) und von J. J. Müller[*]) (Ber. d. sächs. Soc. 1871 p. 119) zu Gunsten der Form an^2 vor an und hiemit zu Gunsten der 𝔳-Hypothese vor der v-Hypothese gegeben sein. Ich kann jedoch nicht behaupten, dass die Substitution von an^2 für β in unsren Formeln bei jeder Schwingungszusammensetzung und Schwingungsform ihre Gültigkeit behalte; auch ist in Rücksicht zu ziehen, dass die Beobachtungen nur an Schwingungen ausser unserm Auge und Ohr angestellt werden können, ohne dass wir eine Uebertragung derselben ins Innere in gleicher Zusammensetzung und Form behaupten können, wie denn selbst ein einfacher objectiver Ton doch mit dem entsprechenden Tone harmonische Obertöne innerlich auslöst und ein homogener Farbenstrahl nach den S. 134 ff. gemachten Bemerkungen eine Zusammensetzung von Farbenschwingungen innerlich hervorlocken dürfte. Kurz hier ist noch ein bis jetzt dunkles Feld für künftige Untersuchungen.

---

[*]) Indem Müller in die Massformel $\gamma = k \log \frac{\beta}{b}$ für β die lebendige Kraft der Schwingungen a^2n^2 substituirt, findet er sich durch den Erfolg dieser Versuche veranlasst anzunehmen, dass k und b für verschiedene Tonhöhen verschiedene Werthe haben, k beim Aufsteigen in der Tonscala zunehme, b abnehme. Substituirt man für β vielmehr an^2, so fällt die Nöthigung, eine solche Variabilität von k und b anzunehmen, weg.

In so weit die Substituirbarkeit von an^2 für β in unsere Formeln statthaft sein sollte, würde sich der Ausdruck für das Webersche Gesetz in der Fundamentalformel so gestalten.

$$\partial\gamma = K\frac{\partial\cdot(an^2)}{an^2} = K\left(\frac{\partial a}{a} + \frac{2\,\partial n}{\partial n}\right)$$

also die Constatirung des Weberschen Gesetzes bezüglich der Gesammtstärke oder Intensität in der That an der blossen Beobachtung der Aenderungen von a nur geschehen können, wenn n constant und mithin $\partial n = 0$, oder an der blossen Aenderung von n, wenn a constant und mithin $\partial a = 0$, aber auch bei Substituirung von an statt an^2 dasselbe gelten, indem hier für $2\frac{\partial n}{n}$ nur einfach $\frac{\partial n}{n}$ eintritt.

Sollten künftige Versuche für den Fall der Variation von n bei Constanz von a der, vom Weberschen Gesetze geforderten, Constanz von $\partial\gamma$ bei Constanz von $\frac{\partial n}{n}$ nicht hinreichend entsprechen, worüber sich bis jetzt nichts voraussagen lässt, so müsste der Grund entweder darin gesucht werden, dass die, auf die einfachsten Schwingungen anwendbaren, Gesetze auf die Art Schwingungen, welche zu den Versuchen zugezogen sind, keine hinreichende Anwendung finden, oder es müsste in den vorigen Grundansichten über das Mass der psychophysischen Thätigkeit etwas geändert werden, was mir nicht beifällt, was aber doch die Triftigkeit des Weberschen Gesetzes für den Fall der Constanz von n bei Constanz von a bestehen liesse.

XXI. Resumé.

1) Gegen das, von mir in den Elem. der Psychophysik aufgestellte *Princip* des Empfindungsmasses auf Grund der functionellen Abhängigkeit der Empfindung vom Reize ist, meines Wissens wenigstens, bis jetzt kein *ausdrücklicher* principieller Einwand erhoben worden; aber die Einwürfe beginnen mit der Frage, welches Gesetz der Abhängigkeit dabei zu Grunde gelegt werden soll, indem sich je nach Beschaffenheit desselben das Mass selbst ändern muss, und setzen sich zu der Frage fort, ob die aus Versuchen (in der äussern Psychophysik) erschliessbare Abhängigkeit der Empfindung vom Reize in eine entsprechende Abhängigkeit der Empfindung von der psychophysischen Thätigkeit (für die innere Psychophysik) übersetzbar sei (Abschn. I.).

2) Von mir selbst ist in erster Beziehung nach fremden und eigenen Experimentaluntersuchungen für die Abhängigkeit der Empfindungsunterschiede vom relativen Reizunterschiede das *Webersche Gesetz* (S. 8) zu Grunde gelegt und daraus unter Zuziehung des *Schwellengesetzes* (S. 7) für die Abhängigkeit der Empfindung selbst vom Reize das *logarithmische Massgesetz* (S. 8) mit noch einigen andern Folgegesetzen in mathematischem Wege abgeleitet worden, jedoch unter Zugeständniss, dass erstres Gesetz, das Webersche, sich experimental (also bezüglich äusserer Reize) nur approximativ und in gewissen Grenzen, namentlich in den Grenzen des gewöhnlichen Sinnengebrauches, bestätige, auch nicht für das ganze, von der Psychophysik ins Auge zu fassende, Gebiet unbeschränkte Anwendung finde.

3) Unter solchem Zugeständniss habe ich in den Abschnitten XVI. XVII. und XVIII. die Bewährungen vorgeführt, die sich namentlich bezüglich der Empfindung von Unterschieden der Lichtstärke, Tonstärke, Gewichtsgrösse und Stärke von Geschmacksreizen bisher bezüglich des Weberschen Gesetzes ergeben haben Die Versuche von *Helmholtz* und *Aubert* (S. 150) lassen zwa die Approximation des Weberschen Gesetzes im Gebiete der Lichtempfindung nicht so gross erscheinen, als sie nach frühern Versuchen Andrer erschien, heben sie aber nicht auf, und die Ve suche *Delboeufs* (Abschn. XVII.) und *Dobrowolskys* (S. 159 gewähren um so schönere Bestätigungen des Gesetzes in diesen

Gebiete, indess Herings Gewichtsversuche (Abschn. XVIII), obwohl von ihm selbst gegen das Gesetz geltend gemacht, sich unter den erforderlichen Rücksichtsnahmen mit meinen frühern zur Unterstützung des Gesetzes vereinigen, nicht minder Kepplers Geschmacksversuche (S. 161), richtig discutirt, zu Gunsten desselben sprechen.

4) Es kann aber das Webersche Gesetz in einer gewissen Allgemeinheit und Sicherheit überhaupt nur auf Intensitätsunterschiede der Empfindung bezogen werden, sofern sich extensive Raumempfindungen demselben nur unter einer gewissen hypothetischen Voraussetzung (S. 60 ff.) unterordnen lassen, und extensive Zeitempfindungen zwar eine Annäherung daran, aber mit sehr starker unterer Abweichung davon darbieten (S. 174 ff.). Dass das Webersche Gesetz nicht auf Farbenunterschiede anwendbar sei, ist schon in den Elementen zugestanden und stellt sich um so bestimmter aus den neuen Versuchen von Lamansky und Dobrowolsky heraus (S. 166), indess die neuern Versuche Preyers dasselbe, entgegen der bisherigen Annahme, auch auf Tonhöhenunterschiede unanwendbar erscheinen lassen (S. 168). Ob es bezüglich der, von Amplitude a und Schwingungszahl n zugleich abhängigen Gesammtstärke der Empfindung zutreffe, bleibt noch in Frage, indem die bisherigen Bewährungen sich wesentlich nur auf Aenderungen von a bei Constanz von n bezogen haben (S. 170 und Abschn. XIX.).

5) Nach Allem bleibt eben so gewiss, dass das Webersche Gesetz mit seinen Folgegesetzen innerhalb gewisser Grenzen, in einer Mehrheit von Empfindungsgebieten, einen nützlichen Anhalt zur Beurtheilung von Massverhältnissen der Empfindung auf Grund ihrer Abhängigkeit vom Reize gewähren kann, als dass es keinen solchen über gewisse Grenzen hinaus und in Anwendung auf jedwedes Gebiet gewähren kann. Hierüber sollte eigentlich kein Streit sein, wenn schon sich der Streit hierauf erstreckt hat. Man kann nur über den Grad und die Grenzen der experimentalen Approximation des Gesetzes und die Gründe seiner Abweichungen streiten, ohne weder jene noch diese in Abrede stellen zu können.

6) Dass das Webersche Gesetz unrichtig aus den Thatsachen gefolgert sei, und dass aus demselben eine verwirrte Auffassung der Verhältnisse der Aussenwelt hervorgehen würde, wie insbe-

sondere von *Hering* behauptet wird, ist eben so wenig zuzugestehen (Abschn. V. und VII.), als den Einwürfen Recht zu geben, welche gegen die negativen Empfindungswerthe, zu denen die Massformel führt, oder gegen meine Deutung derselben, insbesondere von *Delboeuf* und *Langer* erhoben worden sind (Abschn. X.).

7) Es beruht aber das Interesse der Kenntniss eines functionellen Verhältnisses zwischen Reiz und Empfindung keineswegs allein auf der Verwendbarkeit desselben zu einem Masse der Empfindung, sondern ein viel tiefer gehendes, in die allgemeinere Lehre der Beziehungen zwischen Leib und Seele eingreifendes, Interesse knüpft sich an die zweite Hauptfrage (S. 211), insofern die, aus Versuchen geschöpfte, Kenntniss dieses Verhältnisses Anhalt zu Schlüssen über das functionelle Verhältniss zwischen der Empfindung und der, ihr unmittelbar unterliegenden, psychophysischen Thätigkeit, hiemit über die *fundamentale* Abhängigkeit des Psychischen vom Physischen, giebt.

8) Ich selbst nun nehme an, dass nicht nur das Schwellengesetz aus der äusseren Psychophysik in die innere übertragbar sei, sondern auch dass die für die äussere Psychophysik, d. i. für die Beziehung zwischen äusserem Reiz und Empfindung nur approximativ und in gewissen Grenzen sich haltende, Gültigkeit des Weberschen Gesetzes und des aus ihm und dem Schwellengesetze folgenden Massgesetzes auf eine genaue und unbeschränkte Gültigkeit derselben in der innern Psychophysik, d. h. für die Beziehung der Empfindung zu der ihr unmittelbar unterliegenden psychophysischen Thätigkeit, hinweise, mithin die Empfindung in logarithmischer Abhängigkeit von der psychophysischen Thätigkeit stehe, die experimentalen Abweichungen aber auf Ursachen beruhen, welche der Proportionalität der innern psychophysischen Thätigkeit mit dem Reize um so mehr Abbruch thun, je höher der Reiz über mittlere Grenzen ansteigt, oder je tiefer er darunter sinkt (Abschnitt V.). Entgegen steht (Seitens *Mach*, *Hering* u. a.) die Ansicht, dass die Empfindung vielmehr in *einfachem* Verhältnisse von der psychophysischen Thätigkeit abhänge, und dass die experimentale Approximation an das Webersche Gesetz vielmehr davon abhänge, dass in denselben Grenzen, in denen sich das Gesetz approximativ bestätigt, die psychophysische Thätigkeit approximativ in logarithmischem Verhältnisse vom Reize abhängig sei (S. 71 ff.). Ich habe (im Abschn. VIII.) die Gründe angegeben,

welche mich die erste Auffassung entschieden vorziehen lassen, ohne jedoch zu glauben, dass der Streit damit abgethan sei.

9) Je nach der einen oder andern der beiden vorigen Annahmen muss sich die ganze innere Psychophysik verschieden gestalten, und insbesondere kommt in Rücksicht, dass mit der Annahme einer einfachen Proportionalität zwischen Empfindung und psychophysischer Thätigkeit, womit eine innere Schwelle wegfällt, eine angemessene Repräsentation des unbewussten Seelenlebens fehlen würde. Die Wichtigkeit der Frage nach der Uebertragbarkeit der Schwelle ins Innere aus diesem Gesichtspuncte ist S. 70 und 85 besprochen, und die factischen Gründe, welche für diese Uebertragbarkeit sprechen, sind im Abschn. IX. geltend gemacht.

10) Es fragt sich noch, wie das Grundmass der psychophysischen Thätigkeit zu bestimmen sei. Im Abschn. XX. ist gezeigt worden, dass, wenn man dafür die lebendige Kraft der Bewegung nimmt, unter Voraussetzung der Gültigkeit unsrer Formeln auch die einfache Geschwindigkeit dafür substituirt werden kann. Aber möglicherweise sind die psychischen Thätigkeiten fundamental vielmehr von den Aenderungen der Geschwindigkeit als der einfachen Geschwindigkeit im Sinne unsrer Formeln abhängig zu machen, in welchem Falle Betrachtungen eintreten, die im XX. Abschnitt zur Geltung gebracht sind, wonach die letztre Ansicht überwiegende Wahrscheinlichkeit hat.

11) Zwischen der Oscillationshypothese und chemischen Hypothese der psychophysischen Thätigkeit besteht an sich kein Widerspruch, nur dass ich (anders als Hering) im chemischen Processe blos den Vermittler von Oscillationen sehen kann, von welchen die Empfindungen selbst abhängig zu machen (Abschn. XIII.). — Die Differenzansicht der Empfindungen, wonach eine Empfindung blos im Unterschiede von andern Empfindungen bestehen kann, vermag ich nicht zu theilen (Abschn. XII.).

12) An Stelle der, von mir aufgestellten, psychophysischen Gesetze und Formeln sind von Helmholtz, Aubert, Bernstein, Plateau, Brentano, Delboeuf, Hering, Langer andere aufgestellt worden, welche jedoch, allgemein gesprochen, noch weniger unter sich als mit den meinigen stimmen. Helmholtzs Formeln sind im Grunde nur eine Erweiterung der meinigen, sofern sie die obere Abweichung vom Weberschen Gesetze in sich aufnehmen (S. 17); das von Aubert aufgestellte Gesetz wird

von ihm selbst nur als in gewissen Grenzen approximativ zutreffend gefunden (S. 18), und beider Formeln können nur für die äussere Psychophysik in Anspruch genommen werden. Die, wesentlich unter einander übereinkommenden, Gesetze, welche von **Plateau** und **Brentano** aufgestellt sind, zeigen sich schon dadurch mangelhaft, dass sie dem Schwellengesetze nicht Raum geben, und erledigen sich nach Plateaus eigenem Zugeständniss dadurch, dass sie durch Delboeufs Versuche keine Bestätigung gefunden haben (S. 21 ff. und 24 ff.). Die Formeln **Langers** weichen von den meinigen aus Gesichtspuncten ab, die ich nach S. 37 ff. und 96 ff. weder theoretisch noch empirisch hinreichend begründet finden kann. Die weiteste Entwicklung Seitens ihrer Autoren haben bisher die von den meinigen fundamental abweichenden Grundansichten von **Bernstein**, **Delboeuf** und **Hering** gefunden. Die Darstellung dieser Ansichten mit meinen Gegengründen dagegen findet sich bezüglich **Bernstein** S. 20 und Abschn. XV., bezüglich **Delboeuf** S. 27 ff. und bezüglich **Hering** S. 35 f. und Abschn. XIV.

XXII. Nachwort.

Der babylonische Thurm wurde nicht vollendet, weil die Werkleute sich nicht verständigen konnten, wie sie ihn bauen sollten; mein psychophysisches Bauwerk dürfte bestehen bleiben, weil die Werkleute sich nicht werden verständigen können, wie sie es einreissen sollen.

XXIII. Einige Berichtigungen zu den Elementen der Psychophysik.

1) Von nicht angezeigten Druckfehlern oder Versehen habe ich nachträglich folgende zu berichtigen.

Th. I. S. 166 Z. 8 v. u. st. grüne l. graue.
» 186 in der Tabelle II., erste Col. l. 1500 st. 1800.
» 192 » 20 v. o. nach »Reihe« schalte ein »folgender Seite«.
» 221 » 12 v. o. st. $\mu = 1$ l. $\mu = 4$.
» 221 » 4 v. u. st. 2908,5 l. 2998,2.
» 221 » 5 v. u. st. 1479,3 l. 1563,0.
Th. II. » 166 » 8 v. u. st. an^2 l. a^2n.
» 223 » 7 v. u. die beiden Glieder des Ausdruckes für S_t sind noch mit ∂t zu multipliciren.
» 281 » 21 v. o. nach »Uebereinstimmenden« schalte ein »und Verschiedenen«.
» 283 » 14 v. o. st. wie l. was.
» 283 » 5 v. u. st. auch l. nach.
» 330 » 12 v. u. st. manche l. mehr.
» 347 » 17 v. u. st. 144 l. 140.
» 357 » 14 v. o. st. ε' l. $\varepsilon_{,}$.
» 360 » 19 v. o. st. 2,728 l. 2,718.
» 374 » 9 v. u. st. $S\Delta$ l. $\Sigma\Delta$, st. $\Sigma\Delta$ l. $S\Delta$.
» 367 » 10 v. u. st. von y l. der Empfindlichkeit.

2) In den Formeln der 3 ersten Zeilen II. 213 fehlt vor $G \cos \frac{2\pi t}{\tau}$ der Factor $\frac{2\pi}{\tau}$, und $\mathfrak{v}$ hat statt eines endlichen Werthes einen Nullwerth. Auf das Folgende haben diese Versehen keinen Einfluss.

3) Die, in Th. I. 126, II. 368 angegebene Correction von ε oder $\frac{\Sigma\Delta}{m}$ durch $\frac{\pi m}{\pi m - 1}$ ist (trotz der Controle durch einen Fachmathematiker) unrichtig abgeleitet und factisch unrichtig; es muss vielmehr dafür stehen $\sqrt{\frac{m}{m-1}}$, oder bei nicht gar zu kleinem m

merklich übereinstimmend damit $\frac{2m}{2m-1}$. Entscheidend dafür sind die Erörterungen und Beobachtungen, die ich später in den Berichten der sächs. Soc. 1861 p. 57 ff. mitgetheilt habe, wozu ich als bestätigend noch die seitdem unternommene Untersuchung anderer Beobachtungsreihen fügen könnte.

Es kann aber eine Beobachtungsreihe bei Fractionirung auf verschiedenes m überhaupt nur in sofern durch einen Correctionsfactor auf übereinstimmende Werthe von $\Sigma\Delta$ gebracht werden, als der sog. constante Fehler der Fractionen nur innerhalb der Grenzen der Zufälligkeit variirt, welcher Bedingung z. B. die, auf eine sehr grosse Zeit ausgedehnte, Tastreihe in Elem. II. p. 358 nach Untersuchung der Fractionen nicht entspricht.

An obigem Orte (in den Berichten) p. 93 ff. habe ich gezeigt, dass auch die in den Elem. II. 373 angegebene Correction wegen der Grösse der Intervalle unrichtig ist. Die dafür dort substituirte ist zwar an sich richtig, aber bei näherer Ueberlegung habe ich mich überzeugt, dass sie nicht allgemein genug ist, indem sie blos für den Fall gilt, dass der Mittelwerth der Beobachtungswerthe mit dem Anfange oder Ende einer Abtheilung zusammenfällt; fällt er mit der Mitte einer solchen zusammen, so hat die Correction sogar das entgegengesetzte Vorzeichen, als der vorigen Lage entspricht; und wenn schon sich die Correction für alle Lagen unter einen allgemeinen Ausdruck fassen lässt, habe ich doch keine praktisch verwerthbare einfache Correction daraus abzuleiten vermocht, so dass bis jetzt nichts übrig bleiben dürfte, als die Intervalle der Eintheilung klein genug zu nehmen, um eine Correction desshalb vernachlässigen zu können.

4) Die Tabellen über Tastversuche an der Stirn, in Elem. II. p. 354, leiden an mehreren kleinen Rechenversehen, die zwar auf die Verwerthung der Tabellen keinen wesentlichen Einfluss haben, die man jedoch in folgender Wiedergabe der Tabellen berichtigt findet.

$\Sigma\Delta$ ($m = 10$, $\mu = 5$)

D	15	20	25	30	35	40	45	50	60
I. L	32,3	43,4	46,6	62,0	42,7	47,1	49,2	50,3	77,6
I. R	31,9	40,2	50,9	40,8	44,6	41,5	48,3	48,1	73,2
	64,2	83,6	97,5	102,8	87,3	88,6	97,5	98,4	150,8

c

D	15	20	25	30	35	40	45	50	60
I. L	+ 0,90	+ 1,20	+ 0,92	+ 0,85	+ 1,12	+ 1,14	+ 0,61	+ 0,43	+ 0,49
I. R	+ 0,11	+ 0,36	+ 0,24	+ 0,42	+ 0,27	−0,10	+ 0,10	+ 0,20	+ 0,17

Hienach sind auch die aus den Tabellen berechneten Werthe ε, ε', q und p zu corrigiren.

5) Der in Elem. II. 360 angegebene Werth für ein aus endlichem m abgeleitetes $\mathfrak{P}$ beruht auf falscher theoretischer Voraussetzung, und man hat vielmehr nach einer, im Jubelbande der Poggend. Ann. p. 66 ff. von mir geführten, theoretischen und experimentalen Untersuchung

$$\mathfrak{P} = \frac{2m\Sigma\Delta^2}{(\Sigma\Delta)^2} = \frac{2\pi(m-1)}{2m+\pi-4}$$

welcher Werth für $m = \infty$ in π, für $m = 2$ in 2 übergeht. Letztrer Werth lässt sich a priori finden, sofern für $m = 2$ nothwendig beide Δ einander gleich, mithin $(\Sigma\Delta)^2 = 2\Sigma(\Delta)^2$ ist. Für Zwischenwerthe von m zwischen 2 und ∞ habe ich a. a. O. (p. 81) experimentale Bestimmungen von $\frac{\Sigma(\Delta)^2}{(\Sigma\Delta)^2}$, dort mit $\frac{C}{B}$ bezeichnet, gegeben, welche mit der Theorie ganz stimmen.

6) In Elem. II. 461. 462 habe ich die Träume unter den Gesichtspunct gebracht, dass die ganze Hauptwelle oder Totalwelle des Bewusstseins im Schlafe unter ihre Schwelle, die Totalschwelle, sinkt, unterhalb dieser Schwelle aber doch Oberwellen, die ihre eigene Schwelle übersteigen, auf der niedrigen Unterwelle spielen. Diess ist unstreitig nicht triftig, sofern mit dem Sinken der Totalwelle unter die Totalschwelle das Bewusstsein überhaupt erlöschen muss, Träume aber sind noch Bewusstseinsphänomene. Richtiger wird es sein, zu sagen, dass bei Träumen die Unterwelle als Träger der willkührlich verlegbaren Aufmerksamkeit unter ihrer Schwelle ist, indem es angemessen scheint, derselben eben so wie den Oberwellen eine Schwelle zuzugestehen; während zugleich die Oberwellen, als Träger der Traumvorstellungen, noch hoch genug gehen, dass die Totalwelle über die Totalschwelle hinausragt. — In den Elem. II. 459 ist zwar die Höhe der, in einem Gebiete thätigen, Aufmerksamkeit vielmehr auf die Höhe der Totalwelle als der Unterwelle insbesondere bezogen; letzres aber erscheint angemessener.

Wenn man, um einen bestimmten Anhalt in der Wirklichkeit für die ganze, im 42. Abschn. der Elemente eingeführte, schematische Vorstellungsweise zu haben, die Zusammensetzung der Unterwelle mit Oberwellen zu einer Totalwelle mit der Zusammensetzung einer periodischen Bewegung von grosser Periode mit periodischen Bewegungen von kleiner Periode vergleicht, so darf man dabei doch nicht vergessen, dass, was im Schema als Höhe der Unterwelle und Oberwelle sich zur Höhe der Totalwelle zusammensetzt, nicht auf Höhenwerthe, respectiv Senkungen, von Ordinaten der Gestalt von Wellen zu beziehen ist, sondern eben blos schematisch Grössen der lebendigen Kraft, mit der sich die periodischen Bewegungen vollziehen, ausdrückt (insofern man das Mass der psychophysischen Thätigkeit in lebendiger Kraft suchen will); die lebendigen Kräfte zweier periodischen Bewegungen von ungleicher Periode summiren sich aber (s. Grailich in den Wiener Sitzungsber. 1854), und so sind in der That die Oberwellen als Wellenberge blos erhoben über der Unterwelle, nicht aber in sie mit Vertiefungen eingreifend vorzustellen, indess sie oberhalb der Unterwelle unter ihre eigene Schwelle sinken können. Auch diese Verhältnisse sind in Elem. II. 456 f. nicht klar und hiermit nicht triftig dargestellt, ohne dass jedoch die Folgerungen, die an das Wellenschema geknüpft sind, in wesentlichen Puncten [illegible] dieser Untriftigkeit betroffen werden.

XXIV. Namenregister.

Aubert 4. 7. 15. 16 ff. 18. 31. 34. 136. 150 ff. 173.
Bernstein 4. 15. 20. 65. 66. 78. 79. 138 ff. 204.
Berthold 138.
Biedermann 178.
Brentano 4. 7. 15. 23. 24 ff. 42. 45. 94.
Camerer 153. 187.
Chodin 136. 173.
Classen 65. 66.
Darwin 94.
Delboeuf 4. 5. 7. 15. 22. 27 ff. 31. 34. 61. 88. 94 ff. 112. 121. 126. 155.
Dewar 73.
Dobrowolsky 150. 137 ff. 166 ff. 178 ff.
Dove
Exner 80.
Fick 73.
Garza 158.
Helmholtz 4. 15. 16 ff. 21. 136. 150. 209.
Hering 4. 5. 7. 15. 23. 26. 33 ff. 42. 43. 45. 47 ff. 51. 54 f. 57 ff. 62. 65. 66. 75. 107. 108. 112. 117. 122 ff. 148. 164. 186 ff.
Horing 177.
Kendrick, Mc, 75.
Keppler 161.
Kuhne 117.
Lamansky 137 f.
Langer 4. 5. 16. 27 ff. 42. 45. 51. 54. 69. 72. 88. 94. 96. 100. 148.
Leyden 199.
Lowit 178.
Mach 4. 15. 19. 65. 72. 107. 108. 174.
Mandelstamm 166 ff.
Masson
Muller, G. E., 197.
Muller, J. J., 183. 209.
Plateau 4. 15. 21 ff. 94.
Preyer 73. 88. 103. 165 ff.
Purkinje 171.
Schneider 113. 116.
Ueberhorst 23. 24. 65. 66.
Ulrici 116.
Weber 8.
Vierordt 49. 153. 175 ff.
Volkmann 94. 174.
Wundt 69. 70.
Zahn, v., 173. 200 ff.

Die Tagesanſicht

gegenüber der Nachtanſicht.

Die Tagesanſicht gegenüber der Nachtanſicht.

Von

Guſtav Theodor Fechner.

Leipzig,
Druck und Verlag von Breitkopf und Härtel.
1879.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Alle Rechte vorbehalten.

Inhalt.

Erſter Theil. Grundzüge.

Seite
I. Eingang 3
II. Hiſtoriſcher Geſichtspunct 10
III. Grundpuncte beider Anſichten einander gegenüber 13
IV. Entwicklungsprincipien der Tagesanſicht 16
V. Poſitive Entwicklungsmomente der Tagesanſicht gegenüber den Negationen der Nachtanſicht 21
  1. Gott 21
  2. Die ſinnliche Erſcheinungswelt 25
  3. Die Seelenfrage. Sterne und Pflanzen 29
  4. Die Erde insbeſondre 33
  5. Das Jenſeits 38
  6. Das Uebel in der Welt 47
VI. Religiöſe Anſichten und Ausſichten 54
VII. Glaubensſätze 64

Zweiter Theil. Ausführungen.

VIII. Das Alte und Neue der Tagesanſicht 71
IX. Die drei Glaubensprincipien der Tagesanſicht 77
X. Zur Theologie der Tagesanſicht 79
  1. Sachliches 79
  2. Sprachliches 82
  3. Die Unveränderlichkeit des göttlichen Weſens 85
XI. Zur Seelenfrage 87
XII. Zur Lehre vom Jenſeits 90
XIII. Ueber die Vermittelung des allgemeinen und höhern Geiſteslebens mit der Natur 105
XIV. Zur Teleologie 110
XV. Die Weltfragen der Luſt und Unluſt. Optimismus und Peſſimismus 130

Seite
XVI. Die Freiheitsfrage 164
  1. Allgemeine Geſichtspunkte 164
  2. Vertretung des Indeterminismus 168
  3. Vertretung des Determinismus 170
  4. Das Gebet 181
XVII. Das Cauſalgeſetz. Der Begriff der Kraft und die Erfahrungsſchlüſſe 186
XVIII. Princip der Tendenz zur Stabilität als Finalprincip der Welt. Pſychophyſiſche Hypotheſe der Luſt und Unluſt 205
XIX. Was veranlaßt und berechtigt uns, eine Außenwelt anzunehmen, und wiefern iſt eine Erkenntniß ihrer Beſchaffenheit möglich . . . 222
XX. Vermittelung der Tagesanſicht mit der naturwiſſenſchaftlichen Auffaſſung der Natur 236
XXI. Grundverhältniß zwiſchen materiellem und geiſtigem Princip. Dualismus und Monismus 240
XXII. Stellung der Tagesanſicht zur Monadologie. Synechologiſche Anſicht der monadologiſchen gegenüber 246
XXIII. Spiritiſtiſches 252
  1. Stellung der Tagesanſicht zum Spiritismus 252
  2. Stellung des Spiritismus zur Religion 264
  3. Perſönliche Bemerkungen 267
XXIV. Ergänzende Bemerkungen zur Begründung der Tagesanſicht . . . 272
XXV. Schluß 274

Erſter Theil.

Grundzüge.

I. Eingang.

Eines Morgens ſaß ich im Leipziger Roſenthal auf einer Bank in der Nähe des Schweizerhäuschens und blickte durch eine Lücke, welche das Gebüſch ließ, auf die davor ausgebreitete ſchöne große Wieſe, um meine kranken Augen am Grün derſelben zu erquicken. Die Sonne ſchien hell und warm; die Blumen ſchauten bunt und luſtig aus dem Wieſengrün heraus, Schmetterlinge flatterten darüber und dazwiſchen hin und her, Vögel zwitſcherten über mir in den Zweigen, und von einem Morgenconcert drangen die Klänge in mein Ohr. So waren die Sinne beſchäftigt und befriedigt. Aber für den an's Denken gewöhnten reicht ſolche Befriedigung nicht lange, und ſo ſpann ſich aus der Beſchäftigung der Sinne allmälig ein Gedankenſpiel heraus, das ich hier nur etwas weiter ausgeſponnen und mehr geordnet wiedergeben will.

Seltſame Täuſchung, ſagte ich mir. Im Grunde iſt doch Alles vor mir und um mich Nacht und Stille; die Sonne, die mir ſo glänzend ſcheint, daß ich mich ſcheue, ihr mein Auge zuzuwenden, in Wahrheit nur ein finſtrer, im Finſtern ſeinen Weg ſuchender, Ball. Die Blumen, Schmetterlinge lügen ihre Farben, die Geigen, Flöten ihren Ton. In dieſer allgemeinen Finſterniß, Oede und Stille, welche Himmel und Erde umfängt, ſchweben nur einzelne, innerlich helle, farbige und klingende, Weſen, wohl gar nur Puncte, tauchen aus der Nacht auf, verſinken wieder darein, ohne von ihrem Licht und Klange etwas zu hinterlaſſen, ſehen einander, ohne daß etwas zwiſchen ihnen leuchtet, ſprechen mit einander, ohne daß etwas zwiſchen ihnen tönt. So heute und ſo war es von Anbeginn und wird es ſein in Ewigkeit. Was ſage ich: vielmehr Milliarden von Jahren war es nicht kalt genug, und wie lange wird es dauern, ſo wird es zu kalt für den Beſtand von ſolchen Weſen ſein. Dann wird Alles wieder ganz finſter und ſtille ſein wie vordem.

Wie aber konnte ich auf ſolch' abſurde Gedanken kommen? Ich kam auch nicht darauf; ich kam nur darauf, daß man darauf gekommen iſt, und fand es ſeltſam, daß man ſo allgemein darauf gekommen iſt. Sind es doch die Gedanken der ganzen denkenden Welt um mich. Wie ſehr und um was ſie zanken mag, darin reichen ſich Philoſophen und Phyſiker, Materialiſten und Idealiſten, Darwinianer und Antidarwinianer, Orthodoxe und Rationaliſten die Hände. Es iſt nicht ein Bauſtein, ſondern ein Grundſtein der heutigen Weltanſicht, daß es ſo iſt, wie ich ſagte, daß es iſt; glücklich, daß ſie doch in etwas ſtimmt. Was wir der Welt um uns abzuſehen, abzuhören meinen, es iſt Alles nur unſer innerer Schein, eine Illuſion, die man ſich loben kann, wie ich's noch jüngſt geleſen; bleibt aber eine Illuſion. Licht und Ton in der äußeren, von mechaniſchen Geſetzen und Kräften beherrſchten, zum Bewußtſein noch nicht durchgedrungenen, Welt über die organiſchen Geſchöpfe hinaus ſind nur blinde ſtumme Wellenzüge, die von mehr oder weniger erſchütterten materiellen Puncten aus den Aether und die Luft durchkreuzen, und erſt, wenn ſie an den Eiweißknäuel unſeres Gehirns, ja wohl gar erſt, wenn ſie an einen beſtimmten Punct deſſelben antreffen, ſich durch den ſpiritiſtiſchen Zauber dieſes Medium in leuchtende tönende Schwingungen umſetzen. Ueber Grund, Weſen, nähere Beſtimmungen dieſes Zaubers ſtreitet man; über die Thatſache iſt man einig; und von allen Denk- und Erkenntnißtheorien, in denen die Philoſophie ſich eben jetzt erſchöpfen und leeren will, als wollte ſie noch eine Philoſophie gebären, führt keine zu einem Zweifel an der Richtigkeit dieſer Thatſache, es ſei denn, um den Zweifel für unlösbar zu erklären, oder die Welt in Stäubchen zu zertrümmern, die nur ſich ſelber, aber nicht die Welt erleuchten.

Zwar der natürliche Menſch wehrt ſich gegen dieſe Weisheit. Er glaubt, daß er die Gegenſtände um ſich ſieht, weil es wirklich um ihn hell iſt, die Sonne nicht erſt hinter ſeinem Auge zu leuchten anfängt, daß die Blumen, Schmetterlinge ſo bunt ſind, als ſie ihm erſcheinen, die Flöten, Geigen ihren Ton ihm ſchenken, nicht umgekehrt von ihm empfangen, kurz, daß es ein Leuchten und Tönen durch die Welt über ihn hinaus und von draußen in ihn hinein giebt. Aber er läßt ſich von der Wiſſenſchaft belehren, und glaubt nun um ſo klüger zu ſein, daß er eine Illuſion weniger hat. Die Illuſion zwar bleibt und ſpottet ſeines Wiſſens wie dieſes ſeiner Illuſion ſpottet. Was von Beidem hat endlich Recht? Gewiß iſt, daß die Illuſion nie weichen wird; ſteht das Wiſſen, daß es eine Illuſion iſt, wohl eben ſo feſt, und iſt es nicht vielmehr ſelbſt eine Illuſion? Braucht man doch das Sprichwort, daß Ehrlich am längſten währt, nur dahin umzukehren, daß, was am längſten währt, ehrlich iſt, um es zu glauben. Naturam furca expellas, usque tamen redibit, wird das nicht auch von der natürlichen Anſicht der Dinge gelten?

Ja müßte nicht jene nächtige Anſicht vor ſich ſelbſt erſchrecken, wenn ihr der Spiegel vorgehalten wird, meinte ſie nur gleich, ſie ſei es ſelbſt, was ſie darin erblickt; und muß doch bei einigem Beſinnen jeden ihrer Züge darin wiederfinden. Aber wird ſie mit ſolchen Zügen vor der Welt beſtehen können, wenn dieſe ihrerſeits anfängt, ſich zu beſinnen? Vielmehr, hätte ſich die Welt die ganze Unerbaulichkeit dieſer Anſicht, die ganze Unwahrſcheinlichkeit derſelben, die ganze Schwäche ihrer Gründe von jeher ſo klar dargeſtellt, als mir in jener Stunde, ſie hätte nie zur Weltanſicht werden können. Nun iſt Klarheit das Letzte in dieſen Dingen, das Letzte wird aber auch die Klarheit ſein.

In der That iſt mein Glaube, daß, ſo ſicher als auf die Nacht der Tag, auf jene Nachtanſicht der Welt dereinſt eine Tagesanſicht folgen wird, die, ſtatt ſich in Widerſpruch mit der natürlichen Anſicht der Dinge zu ſtellen, vielmehr damit unterbauen und darin den Grund zu einer neuen Entwicklung finden wird. Denn, ſchwindet jene Illuſion, welche den Tag in Nacht verkehrt, ſo wird natürlicherweiſe alles Verkehrte, was damit zuſammenhängt, und es iſt viel, mit ſchwinden müſſen, und die Welt in neuem Zuſammenhange, in neuem Lichte, unter neuen poſitiven Geſichtspuncten erſcheinen.

Damit das Licht über uns hinaus in aller Welt geſehen, der Schall gehört werde, muß es ein ſehendes und hörendes Weſen dazu geben. Und hat man nicht ſchon ſonſt von einem Gott gehört, der in der Welt allgegenwärtig und allwiſſend waltet. Für die Nachtanſicht aber iſt ſeine Klarheit, wenn er überhaupt für ſie noch iſt, über den Dingen; darum die Welt unter ihm ſo finſter, ſtumm und öde. Für die Tagesanſicht iſt die Welt von ſeinem Sehen durchleuchtet, von ſeinem Hören durchtönt; was wir ſelber von der Welt ſehen und hören, iſt nur die letzte Abzweigung ſeines Sehens und Hörens; und über Allem, was er mehr als wir von der Welt ſieht und hört, baut ſich in ihm auch Höheres als in uns. — Nach der Nachtanſicht braucht Gott keines Lichtes, um zu ſehen, keines Schalles, um zu hören, umgekehrt das blinde Licht, der taube Schall keines Gottes; und ſo kommt ihr leicht mit dem Einen das Andere abhanden und überwächſt der Materialismus den Boden; indeß nach der Tagesanſicht Beides, was ſich braucht, auch ſich fodert und Eins das Andere hält; damit ſinkt der Materialismus unter den Boden. — So ändert ſich von der Nachtanſicht zur Tagesanſicht die ganze Stellung Gottes zur Welt; und wie ſich das Verhältniß des allgemeinſten und damit höchſten Geiſtes zur Welt ändert, ändert ſich auch das Verhältniß aller Einzelgeiſter zu Gott und Welt.

Man fragt verwundert: biſt du ſo kühn, die heutige Weltanſicht umſtürzen zu wollen? Iſt nicht das ſelbſt, daß die Welt bei ihrem übrigen Widerſtreite in erſten, letzten und höchſten Dingen doch einig in jener Anſicht iſt, die dir beliebt, die Nachtanſicht zu nennen, Beweis genug, daß ſie darin mit Nothwendigkeit über die natürliche Anſicht der Dinge hinausgegangen iſt?

Es möchte ſein, wenn ſie nur nicht in Allem, was mit dieſer Anſicht zuſammenhängt, uneins wäre. Alſo ſuche ich vielmehr den Grund, daß ſie es iſt, darin, daß ſie in jener Anſicht einig iſt. Zerſtöre den Knoten, in dem Fäden zuſammenlaufen und zuſammenhalten, ſo bleibt allen die Lücke zwiſchen allen gemein; doch alle fallen auseinander; und wenn alle Welt durch einen fundamentalen Rechenfehler in dem Satze übereinſtimmte, daß zweimal zwei fünf iſt, ſo würden die verſchiedenſten vergeblichen und ſich wechſelſeits dafür erklärenden Verſuche gemacht werden, die ganze Weltrechnung in Uebereinſtimmung damit zu bringen. In ſolchen Verſuchen ſind wir heute noch befangen.

Tritt in die Hallen der Philoſophen, wo das Welträthſel ſich mit ſeiner eigenen Löſung abquält. Was ſiehſt du? Da ſtreiten ſich Dinge an ſich, Ich und Nichtich, Kraft und Stoff, einfache Weſen, Abſolutes, Begriff, Wille, Unbewußtes um den Namen deſſen, was aus der Nacht und Stille heraus die Illuſion einer leuchtenden tönenden Welt, ja des Raumes und der Zeit ſelbſt, in uns erzeugen ſoll; und die Weiſeſten bieten für den Grund der Exiſtenz, der, alles Scheines baar, alle Scheine wirft, doch eben nur jene Namen mit Beſtimmungen, die aus der Scheinwelt ſelbſt abſtrahirt ſind, und toben damit gegen einander; die Gottesgelehrten aber toben wider ſie und ſind ſelber nur einig in dem, was ſich am meiſten widerſpricht.

Zu jener hadesgleichen Welt weiſen ſie auf einen zugleich allmächtigen, allweiſen, allgütigen Gott, der mit unbedingter Freiheit eine Welt ſchaffen konnte, wie er wollte; und er ſchuf dieſe Welt voll Finſterniß, voll Geſchöpfe, die einander verſchlingen, voll Krankheit, Mißwachs, Waſſers- und Feuersnoth, Uebel aller Art; und ſie belehren uns, daß ein ſolcher Gott zu einer ſolchen Welt und eine ſolche Welt zu einem ſolchen Gott nicht paſſen wolle, ſei nur theils Folge unſerer Sünde, theils Fehler unſrer niedrigen Erkenntniß. Denn obwohl allgegenwärtig und allwirkſam, ſo daß ohne ihn kein Haar von unſerm Haupte fällt, ſei er doch viel zu hoch für uns, als daß wir etwas von ihm wiſſen können; um ſo feſter aber haben wir an ihn zu glauben, und alle Widerſprüche, die uns ſo erſcheinen, uns durch ſeine Unbegreiflichkeit zu erklären.

Die Naturforſcher aber lachen dazu, wiſſend, daß ſie allein es ſind, die etwas wiſſen, und froh der ſichern Wege immer mehr zu wiſſen. In den Nerven haben ſie die ſicheren Zeichen und Mittel der Empfindung und im Gehirn das Inſtrument des Geiſtes, worüber hinaus die Welt keins hat, keins iſt. Ob es zwar Schwingungen in Luft und Aether über die Nerven hinaus giebt, ſie wiſſen, daß Schwingungen nur in phosphorhaltigem Eiweiß Empfindung bedeuten, und neigen dazu, die Pſychologie als einen Zweig der Chemie zu betrachten: aus Kohle, Phosphor und Sauerſtoff im Protoplasma kommt der Geiſt. — Mit dem Protoplasma, als gemeinſamen Urſtoff von Nerven und Polypen, beginnt eine zweite Schöpfung, die der geiſtigen Dinge, mit der Erkenntniß des Protoplasma fiel der erſte volle Lichtſtrahl in die Wiſſenſchaft dieſer Dinge; und nachdem die Jünger der Natur verlernt haben, Gott als Schöpfer dieſer Dinge anzubeten, beten ſie das goldne Kalb des Protoplasma dafür an. — Das Auge ſcheint zum Zweck des Sehens gemacht, die Naturforſcher wiſſen, daß es nur dazu gebraucht wird, ohne zu irgend einem Zweck gemacht zu ſein. — Bei Philoſophen und Theologen treiben Freiheit und Nothwendigkeit wie zwei um einander kreiſende Schmetterlinge ein unermüdliches Wechſelſpiel mit einander; die Naturforſcher wiſſen, daß, wie Alles in der Welt, auch Leben und Empfindung, einer unverbrüchlichen geſetzlichen Nothwendigkeit gehorchen; die Welt über Menſchen und Thiere hinaus aber todt, empfindungslos iſt, weil ſie derſelben Nothwendigkeit gehorcht. — Die geiſtigen Pferde meinen, daß ſie den Wagen der Materie ziehen; die Naturforſcher wiſſen, daß ſie vielmehr vom Wagen der Materie fortgeſchoben werden.

Iſt das nicht wörtlich das Tiefſte und Höchſte und in geiſtigen Dingen Exacteſte der heutigen Weisheit, wovon jedes ſchon in ſich und jedes mit dem Andern ſtreitet. Und alles das fällt mit in jene große Lücke oder hängt ſo, daß man's verfolgen kann, damit zuſammen.

Stolz auf dieſe Weisheit voll Thorheiten ſehen wir mitleidig herab auf die einfache beſcheidene Thorheit der Neger und Türken und meinen, vergangenen Jahrhunderten weit voraus zu ſein, weil ſie von dieſen Thorheiten noch einige weniger hatten. Aber ſtolzer könnten wir auf unſre Zündhölzchen ſein, die noch fortfahren werden, uns zu leuchten, wenn alle jene Irrlichter der Nachtanſicht erloſchen und verſunken ſind.

Schon einmal hat die Weltanſicht im Ganzen und Großen gewechſelt, wird ſie nicht noch einmal wechſeln können? Obwohl ich vorblickend meine, ſie wird es nicht dadurch, daß ſie auf neuer Stufe die früheren negirend aufhebt, ſondern daß ſie in den erhabenſten Geſichtspunct der heutigen Weltanſicht den dafür preisgegebenen Reichthum der früheren aufhebt; dazu aber wird gehören, daß ſie jene Nachtanſicht aufhebt.

Gedanken dieſer Art waren es, die mich in flüchtigem Zuge, ſich immer mehr erweiternd und erhöhend, überkamen, als ich an jenem Morgen von der Bank ins Grüne blickte, nicht freilich damals zuerſt, jedoch mit neuer Triebkraft, überkamen.

Andern Tages von derſelben Bank ausblickend, fiel mir zu allem Vorigen noch folgendes ein:

Mein Auge verträgt bei jedem Rückfall ſeiner Krankheit nicht Leſen einer nahen Schrift, nicht Sonnenſchein der Straße, nicht Sonnenflecke in der Stube. Aber die große ferne Schrift der Firmen zu entziffern fühlt es als heilſame Uebung; in je weitere Ferne es den Blick richtet, ſo mehr findet es ſich erquickt, am meiſten von dem Blick in den reinen Himmel, alſo wendet es ſich immer von Zeit zu Zeit dahin. „Womit vergleich ich das?“ fragt' ich mich; alles Sinnliche läßt ſich doch als Symbol von etwas Geiſtigem faſſen. Und ich meinte, die zugleich ſchönſte und wahrſte Auslegung des Bildes liege darin, daß, wenn den Menſchen die irdiſche Gegenwart und Nähe bedrängt, er ſeinen Blick nur in die Ferne und Höhe zu richten braucht, um Troſt zu finden, ſo ſichrern, in je größre Weite und Höhe er ihn richtet. In der Tagesanſicht aber fand ich, ſie weiter überdenkend, auch den Blick für dieſe Anſicht geöffnet, indeß die Nachtanſicht den Menſchen blos auf ſie verweiſt; nur gilt es den Blick erſt für die Tagesanſicht öffnen.

Und noch eines Gedankens, den nicht der Schreibtiſch erſt geboren, und ſeiner Gelegenheit will ich einleitend zu dieſer Schrift gedenken. Es war in Saßnitz am Meere, daß ich in den ſchönen Buchenwald gehen wollte, der von Saßnitz über die Waldhalle nach Stubbenkammer führt. Sie, die ein langes Leben mit mir gegangen, blieb, müde von den Gängen der vergangenen Tage und Jahre zurück, und ſagte: „ich laſſe dich nicht gern allein gehen; du könnteſt dich verirren; ach, und wie wird es ſein, wenn ich dich, in vielleicht nicht langer Zeit, ganz allein gehen laſſen muß". „Wer weiß es, ſagt' ich, ob du mich oder ich dich; aber laß uns nicht daran denken". Doch dachte ich daran, als ich allein in den Wald gieng; dachte der unendlichen Liebe und Treue, die mich durch ſo lange Jahre geleitet hat. Die Buchen ſtrebten himmelan, der blaue Himmel wölbte ſich darüber, die Sonne warf ihre blitzenden Scheine hinein und vom Meere her ging ein Rauſchen durch den Wald. Es war wie ein großer Accord aus Himmel, Erde und Meer, der innerlich mit anklingen und in Gedanken der Tagesanſicht ausklingen wollte. Aber die Gedanken des Herzens wehrten ſich dagegen; ich dachte: kann deine Tagesanſicht mit allen ihren hohen, weiten, lichten Anſichten und Ausſichten auch nur dein eignes Herz in dieſem Augenblicke befriedigen, und wozu dann ihre Anſichten und Ausſichten, wenn ſie das nicht kann, für niemand kann, es niemals kann. Sich eins mit einem andern Herzen fühlen, das iſt die Befriedigung des Herzens; dazu braucht es überhaupt keine Weltanſicht und das kann ſein trotz jeder Weltanſicht; wie überall Platz für zwei Hütten aneinander iſt, mag es in der Welt ringsum ausſehen wie es will. — Aber alsbald erhob ſich über dieſer Stimme eine andere Stimme. Darf denn das Herz im Menſchen allein ſeine Befriedigung wollen, beſteht er doch nicht blos aus ſeinem Herzen; und hat die Tagesanſicht mit ihrem Blick ins Weite, Hohe und Lichte nicht auch dem Herzen eine Befriedigung zu bieten? Nicht eine ſolche gar, die über die nächſte, die es für den Augenblick verlangt und vermißt, hinausreicht. Ueber der Befriedigung, ſich eins mit einem andern Menſchenherzen zu wiſſen, das unſre Leiden und Freuden zu den ſeinen hat, ſchwebt, nicht ſtreitend damit, ſondern ſchützend und ſchirmend, die Befriedigung, ſich eins mit einem Weſen wiſſen, das die Leiden und Freuden aller ſeiner Geſchöpfe, damit auch die zweier einander treuen Herzen, zu den ſeinen hat; und iſt das nicht der Gott der Tagesanſicht. Zwei Herzen aber, die jetzt eins ſind, möchten es immer ſein; und fürchteſt du, daß der Tod die Bande, die jetzt eins an das andere knüpfen, zerbrechen wird, ſo iſt es die Furcht der Nachtanſicht; der Tod in der Tagesanſicht ſprengt vielmehr die Bande, die jetzt beide noch von einander trennen.

Und geht uns nicht die Welt ſelbſt ringsum mehr zu Herzen und iſt mehr nach unſerm Herzen, wenn die Sonne ihren Glanz, der

Himmel ſein Blau, das Meer ſein Rauſchen uns treulich mit vertraut, die Buche, ehe die Axt ſie fällt, um uns zu wärmen, erſt aufwärts ſtrebt, um ſelber Licht und Wärme zu genießen, als wenn uns alles das aus der Welt nur anlügt, wie die Nachtanſicht es lügt. Zur Wahrheit, die der Geiſt verlangt, verlangt das Herz nach Schönheit; kann es aber eine ſchönere Welt geben, als worin die Schönheit ſelber zur Wahrheit wird. Und wird ſie es auch nach der Tagesanſicht nur ganz in Gott für Gott, der Alles ſieht und hört, ſo hat doch, wer in ſeinem Sinne ſieht und hört, ſein Theil daran.

Mit dieſen Gedanken gab ſich das Herz zufrieden, und wird ſich jedes Herz zufrieden geben können, was die Gedanken der Tagesanſicht zu den ſeinen macht.

Was in dieſer Schrift nachfolgt, iſt nur die Ausführung der vorigen Gedanken, eine kürzere nach den Hauptzügen in dieſem erſten, eine weitere nach einigen Hauptpuncten im zweiten Theile der Schrift.

II. Hiſtoriſcher Geſichtspunct.

Nun aber, die Nachtanſicht beſteht einmal, und kann man ſie ſchon ſich und Andern dadurch verleiden, daß man ſie nur klar in das Auge faßt, ſo gilt es doch erſt, ihre Gründe eben ſo zu faſſen, um ſie auch zu verwerfen. Gründe derſelben aber, mindeſtens Entſtehungsgründe, muß es doch geben, ſind es auch deßhalb noch keine Rechtfertigungsgründe. Welches können ſie ſein?

Zwar, für die gegenwärtige Welt iſt es nicht noth, erſt noch nach Gründen der Nachtanſicht zu fragen; ſie beſteht, weil ſie ſo lange beſtanden hat. Wir gleichen heutzutage jenen Käferarten, die von jeher in finſtern Höhlen lebten, deren Vorfahren ſchon darin lebten; ſie haben keine Augen mehr für das Licht; mag es hinzudringen, ſie ſehen nichts davon, und ſähen ſie einen Schein, er führte ſie nur irre. Der, in den finſteren Höhlen der Nachtanſicht erwachſenen, heutigen Welt iſt die Tagesanſicht ein ſolches Licht; vergeblich alle Gründe, daß es ſcheint; willſt du aber Gründe hören, daß es nicht ſcheint, ſo wirſt du nur ſolche hören, die aus der Nachtanſicht erſt folgen. Das iſt an ſich leicht weggefegte Spreu; aber ob man dieſe Spreu wegfegt, man fegt damit den Boden, der ſie getragen hat und immer wieder trägt, nicht weg. Ich ſinne dem tiefern Grunde nach, der die Welt beſtimmen konnte, ſich zu einer ſolchen Anſicht zu entſchließen, und Folgerungen derſelben mit Gründen derſelben zu verwechſeln.

Da liegts, das iſt der allgemeinere und tiefere Grund der Nachtanſicht. Um Gott von der heidniſchen Zerſplitterung in die Welteinzelheiten zu retten und über deren Niedrigkeit zu heben, hat ihn die Theologie, in Widerſpruch zwar mit Sprüchen ihrer eigenen Quellen und immer von Neuem ſich ſelber widerſprechend, von der Welt abdeſtillirt, hat die Götter in dienende Engel verwandelt, auch dieſe über die Sterne erhoben. Und nun iſt die, nicht nur entgötterte, ſondern aus Gott mit einer Gabe mechaniſcher Kräfte entlaſſene ja ſündhaft von ihm abgefallene, Welt als caput mortuum für die Meſſungen und Experimente der Phyſiker, für die Lucubrationen der Philoſophen, und für die Scheltworte der Theologen zurückgeblieben. So hat das göttliche Bewußtſein ſeinen Inhalt von Unten, die ſinnliche Erſcheinung ihren Zuſammenhalt von Oben verloren, jenes iſt bis ins Unfaßliche verflüchtigt, dieſes bis auf einige Reſte geſchwunden.

Eine ſolche Anſicht der Dinge aber, welche das Daſein in ſeiner Mitte ſpaltet, den Weltinhalt aus ſeinem Gefäße ſchüttet und damit verſchüttet, kann nicht die letzte ſein, wie ſie auch nicht die erſte war; vielmehr iſt's nach der erſten halben die zweite halbe, in die wir gerathen ſind; die Welt wird aber einſt die ganze volle wollen, die nicht ſowohl in äußerer Ergänzung der einen durch die andre, als in Erfüllung der einen durch die andre, Gipfelung der einen durch die andre liegt; und als ſolche bietet ſich die Tagesanſicht dar.

In der That, von vorn herein war die heidniſche Anſicht, welche Körperliches und Geiſtiges noch ſo wenig außer dem Menſchen als im Menſchen zu ſcheiden und zu unterſcheiden weiß, die natürlichſte Anſicht der Dinge. Kein König ſo mächtig, prächtig und wohlthätig als die Sonne, ein Baum nicht minder nur anders lebend, wachſend, ſterbend als ein Menſch. „Wo jetzt nur, wie unſre Weiſen ſagen, ſeelenlos ein Feuerball ſich dreht, lenkte damals ſeinen goldnen Wagen Helios in ſtiller Majeſtät; eine Dryas lebt in jedem Baum,“ und was im Sinne der Nachtanſicht nie empfinden wird, empfand. Wenn ſchon nicht überall gleich entwickelt und mythiſch ausgeſchmückt, iſt dieß die Weltanſicht, womit wir alle Völker, auf deren unentwickelten Zuſtand wir noch heute einen Blick werfen können, beginnen ſehen. Aber das iſt eben erſt die eine, ſagen wir die untere, Hälfte der vollen Anſicht. Der natürliche Menſch ſieht von der Natur doch immer auf einmal nur Bruchſtücke, und faßt die ſelbſtändig ſcheinenden auch ſelbſtändig in das Auge; die Einigung aller im All und die Klarheit über ihr Verhältniß zum All entgeht ihm; und das iſt's, was die Tagesanſicht als volle und ganze über die heidniſche Anſicht hinaus hat und hinzuzubringen hat. Sie faßt mit den unverlorenen Stücken auch den Zuſammenhang der Stücke in das Auge, und je nach dualiſtiſcher oder moniſtiſcher Faſſung durchdringt und erfüllt ſich für ſie die Welt mit einer einheitlichen göttlichen Weſenheit oder hebt ſich ganz und geradezu in eine gemeinſame Einheit damit auf.

Die chriſtliche und islamitiſche Lehre hat über die heidniſche Auffaſſung hinausgeführt; aber ſtatt ſie bis zur einheitlichen Spitze fortzuführen und darin abzuſchließen, ſie einfach weggeworfen. „Einen zu bereichern unter Allen mußte jene Götterwelt vergehen. Sie hat unter einer oberſten Stufe, die ſie feſtgehalten und hoch in die Luft erhoben, alle niedern weggezogen und damit in die Nacht der Nachtanſicht verſenkt. Die Tagesanſicht aber hebt ſie wieder an den Tag, baut ſie der oberſten Stufe unter und mißt nun die göttliche Höhe an der Höhe der ganzen Treppe. Und das wollte ich damit ſagen, daß es einer künftigen Weltanſicht, wofür ich die Tagesanſicht halte, beſchieden ſein werde, den Reichthum einer früheren Weltanſicht in den erhabenſten Geſichtspunct der heutigen aufzuheben. Dabei werden freilich Mythen der einen und Dogmen der andern fallen müſſen, womit ſich jede zur ganzen zu ergänzen, zur vollen zu erfüllen verſucht hat, ohne doch damit den Verluſt der andern zu erſetzen.

Ein Pendel ſchwingt erſt nach einer Seite, hebt ſchwach damit an, die Schwingung wird allmälig ſtärker, reißt Alles mit ſich fort in ihrer Bahn, erlahmt wieder, ſtockt endlich; und das Pendel denkt, eine Bewegung, die endlich ſtockt, kann nicht die rechte Richtung haben; alſo kehrt es um, hebt wieder ſchwach an, die Bewegung wird wieder ſtärker, reißt alles mit ſich fort in ihrer Bahn, erlahmt und ſtockt endlich wieder; und ſo kommt das Pendel endlich zur Beſinnung, daß beide Richtungen gleiches Recht haben; und nach welcher von beiden es fortan ſchwinge, es weiß in jedem Momente, die Schwingung iſt erſt mit der Erfüllung von beiden voll. So hat die Weltanſicht nach einander in zwei Richtungen geſchwungen; die zweite iſt dem Stocken wieder nahe, und damit naht ſich auch der Zeitpunct der endlichen Beſinnung.

Immer wird es eine Hypotheſe bleiben, wovon die Tagesanſicht hier ausgeht, obwohl ſie auch einen andern Ausgang nehmen könnte, daß die ſinnliche Erſcheinung über die Einzelgeſchöpfe hinaus durch die

Welt reicht; indeß es aber nicht minder eine Hypotheſe bleibt, worin die Nachtanſicht wurzelt, daß die Welt finſter und ſtumm zwiſchen den Einzelgeſchöpfen iſt. Aber die erſte Hypotheſe iſt an ſich erbaulicher als die andere, ſtimmt beſſer mit der natürlichen Auffaſſung der Dinge, bietet mehr Anhalt und Angriffspuncte zu einer weiten und hohen Entwicklung in poſitive Beſtimmungen und läßt ſolche den Hauptzügen nach nur in einer einzigen Weiſe zu, indeß es die andre nur theils zu negativen, theils mehr oder weniger widerſpruchsvollen Beſtimmungen und ſtreitenden Anſichten gebracht hat.

Das iſt's, was ich im Folgenden zu zeigen ſuche, und das iſt's, was der Entwicklung der Tagesanſicht dereinſt den Sieg über die Nachtanſicht verſchaffen wird, die, ſtatt es zu einer Fortentwicklung zu bringen, ſich nur immer mehr in ſich ſelbſt bis zum unausbleiblichen Verfall zerarbeitet.

Freilich die Aufgabe iſt groß. Als St. Chriſtoph ein Kind, das einſt die Welt zu tragen beſtimmt war, vorerſt über den Fluß zum nächſten Ufer tragen ſollte, erſchwerte ihm nicht das ſeine Aufgabe, daß die Wellen gegen ſeinen Fuß anliefen und ihn zu hemmen drohten, ſondern daß das Kind, je länger der Gang, ſo ſchwerer für ihn wurde. So iſt es nicht die zu durchwadende Fluth leicht ins Meer der Vergeſſenheit verrinnender Einwürfe, was dem die Aufgabe erſchwert, der die Tagesanſicht, heut noch ein Kind, an's Ufer der Zukunft bringen will, ſondern daß ſie auf dem Wege dazu durch ihre wachſende Entwicklung ſeine Kräfte zu überwachſen droht, indeß ſie aber auch ſeine Kräfte dazu ſtärkt.

III. Grundpuncte beider Anſichten einander gegenüber.

So viel Negationen und Widerſprüche in der Nachtanſicht zuſammen- und von ihr auslaufen, ſo viel Poſitionen in und von der Tagesanſicht aus. Iſt Beides wahr, daß die ſinnliche Erſcheinung über uns hinaus nicht bloßer Schein, ſondern objectiv durch die Welt ausgebreitet iſt, und daß ſie in einem einheitlichen Bewußtſein ſich zuſammenſchließt und gipfelt; ſo iſt auch noch Andres damit wahr. Hat doch der menſchliche Geiſt an ſinnlicher Erſcheinung und Zuſammenſchluß derſelben in einem einheitlichen Bewußtſein nicht genug; vielmehr welcher Stufenbau geiſtigen Lebens ſchiebt ſich dazwiſchen ein; wie viel weniger kann der göttliche Geiſt daran genug haben, nachdem er in ſeiner Weite und Höhe den menſchlichen ſelbſt einſchließt; denn das iſt zu den beiden vorigen Hauptwahrheiten die dritte. Indem unſer ganzes Sinnesleben vom allgemeinen übergriffen iſt, iſt es doch nicht aus ſeinem Zuſammenhange herausgefallen, und ſo iſt auch unſere Bewußtſeinshöhe von der allgemeinen nur überſtiegen, ohne daraus herausgefallen zu ſein, unſer ganzes bewußtes Leben alſo im allgemeinen mit beſchloſſen. Mit jedem Verſuch, es anders zu faſſen, durchlöchert, zerbricht oder entleert man den Geiſt der Welt, der zugleich die Welt des Geiſtes, aber in einheitlicher Zuſammenfaſſung iſt, und zerreißt den Faden natürlicher Betrachtung. Wie der Körper des Menſchen Theilweſen der ganzen äußerlich erſcheinenden materiellen Welt iſt, ſo der zu dieſem Körper gehörige, ſich ſelbſt innerlich erſcheinende, Geiſt des Menſchen Theilweſen des nicht minder ſich ſelbſt erſcheinenden geiſtigen Weſens, was zum Weltganzen gehört, und die Einheit des menſchlichen Geiſtes nur ein untergeordneter Bruchwerth der Einheit des göttlichen Geiſtes.

Auch erfüllt ſich im Grunde damit nur das ſchöne Wort, dem die, die es ſo gern gebrauchen, doch keine Folge geben, zur folgenreichen Wahrheit: daß wir in Gott leben und weben und ſind und er in uns und daß er um alle unſre Gedanken weiß wie wir ſelber. Kann das auch wohl ein Geiſt dem andern äußerlich gegenüber?

Schon meinte man, mit dem einigen Gott über das Heidenthum hinaus zu ſein; doch läßt man die Menſchengeiſter als kleine Götzen neben Gott beſtehen, unbekümmert, daß neben einem unendlichen Geiſte kein Raum mehr für endliche Geiſter bleibt. Abgefallene Geiſter bevölkern unter Gott die Hölle, endlich hat man es gar umgekehrt, und ſtatt den menſchlichen Geiſt im Verhältniß der Ein- und Unterordnung zum göttlichen zu denken, vergöttert man den menſchlichen, indem man den göttlichen zu einer Illuſion im menſchlichen macht.

Wohl hat es einen berühmten Philoſophen und Theologen gegeben, der das Weſen der Religion in das Gefühl der Abhängigkeit von Gott ſetzte, und doch Gott über uns hinausſtellte als ein Weſen, von dem der Menſch nichts wahrhaft wiſſen kann, als daß es einig, unendlich, ewig iſt. Wie aber kann ein inniges, warmes, herzliches, wirkſames Gefühl der Abhängigkeit von einem Weſen zu Stande kommen, von dem man nichts weiß, als daß es Eigenſchaften hat, die wir nicht haben, und zu dem keine Brücke des Verſtändniſſes führt. Wie ganz anders aber geſtaltet ſich das Gefühl der Abhängigkeit von Gott, wenn wir uns als wiſſende und wirkende, doch immer ſeinem höheren Wiſſen und Wirken untergeordnet bleibende Momente in Gott erkennen und fühlen. Damit aber, daß wir wiſſen, wir ſind etwas in ihm, wiſſen wir auch etwas von ihm, und an dieſes Wiſſen weiß ſich anderes zu knüpfen.

Als weſentliche, ſich wechſelſeits fodernde, bedingende und haltende Momente oder als Grundpuncte der Tagesanſicht, worauf alle Entwicklung derſelben zu fußen hat, und wozwiſchen ſie ſich zu halten hat, betrachte ich hiernach die Ausbreitung der ſinnlichen Erſcheinung durch die Welt über die Geſchöpfe hinaus, den Zuſammenhang und Abſchluß derſelben in einer höchſten bewußten Einheit und den dazwiſchen vermittelnden Geſichtspunct, daß unſer eigenes Bewußtſein dem ganzen, d. i. göttlichen, Bewußtſein zugleich ein- und unterthan iſt.

Hiegegen betrachte ich als im Grunde ebenſo verbindlich zuſammenhängende Momente der Nachtanſicht — nur daß ſie ſich dieſes Zuſammenhanges nicht leicht klar bewußt wird: die Nacht der ſinnlichen Erſcheinung über Menſchen und Thiere hinaus, die Ueberhebung Gottes, falls noch an Gott geglaubt wird, über die ſinnlich erſcheinende und geſchöpfliche Welt, und die äußerliche Gegenüberſtellung des Menſchen gegen Gott oder gar Ueberhebung des Menſchen über Gott als einer blos menſchlichen Idee. Mit der Nacht der ſinnlichen Erſcheinung über Menſchen und Thiere hinaus hängt dann das begriffliche Getriebe zuſammen, was ſich in dieſe Nacht einzubohren, ja ſie zu durchbohren ſucht, um damit hinter das Weſen der Dinge zu kommen; es iſt ein Suchen des Grundes des Spiegelbildes hinter dem Spiegel.

Die Tagesanſicht iſt nicht eine unter andern Anſichten, ſondern ſteht mit ihrem poſitiven Ausgangspunct, Inhalt und Abſchluß als eine allen gegenüber, die ſich in der Nachtanſicht als der gemeinſamen Wurzel von Negationen und Widerſprüchen begegnen. Ebenſo wenig iſt die Nachtanſicht eine unter anderen Anſichten; ſie iſt überhaupt weder eine einheitliche noch poſitive Anſicht; man kann ſie nur mit einem Namen nennen, als wenn ſie eine Sache wäre, wie man von einem Geiſte, der verneint, Gott gegenüber ſpricht; indeß es als Einen und Einigenden blos den poſitiven Gott giebt. Auch treffen die obigen Grundpuncte der Nachtanſicht, obſchon im Weſen zuſammenhängend, nichts weniger als überall zuſammen; da ſich ihre unerbaulichen Conſequenzen nur durch Inconſequenzen heben, wie Schulden ohne Vermögen nur durch Schulden, die wachſen, ſtatt abzunehmen, bezahlen laſſen. Ganz ohne Geſichtspuncte der Tagesanſicht geht es etwa nur bei den craſſeſten Materialiſten und Socialdemokraten.

IV. Entwicklungsprincipien der Tagesanſicht.

Die drei feſten Grundpuncte der Tagesanſicht ſind, wie ſie ſelbſt unter ſich zuſammenhängen, zugleich Anſatz- und Anhaltspuncte einer in ſich zuſammenhängenden und in ſich einſtimmigen Entwicklung. Den Kern und Keim, gleichſam das punctum saliens, dieſer Entwicklung bietet jener zwiſchen Oben und Unten vermittelnde Geſichtspunct, daß unſer Gegenüber gegen Gott nicht ein äußeres, wie das des Theiles gegen den Theil, der Stufe gegen die Stufe, ſondern ein inneres, wie das des Theiles gegen das Ganze, der Stufe gegen die Treppe, iſt. Denn hiernach iſt Gottes Weſen uns nicht mehr ganz unfaßlich; wir ſelber ſind ein Hauch, ein kleiner Bruchtheil, eine kleine Stufe und Probe davon. Nicht nur von dem Beſtande, ſondern auch von den innern Verhältniſſen des göttlichen Weſens iſt uns damit in unſern eigenen innern Verhältniſſen etwas unmittelbar zugänglich; und von hieraus ſtehen erweiternde und ſteigernde Geſichtspuncte zu Gebote, nicht zwar, Gottes Daſein zu erſchöpfen, aber in der Erkenntniß ſeiner Daſeinsweiſe und ſeiner Beziehungen zu uns und allen Geſchöpfen weiter vorzudringen und höher aufzuſteigen, Geſichtspuncte der Verallgemeinerung, Analogie, des Zuſammenhanges, der Auseinanderfolge und Abſtufung. Mit den Schlüſſen auf die göttliche Daſeinsweiſe aber hängen ſolche auf unſre jenſeitige Daſeinsweiſe zuſammen, ſofern unſer jetziges Daſein ſelbſt nur ein Theil, eine untere Stufe unſres ganzen in Gott beſchloſſenen Daſeins iſt und ſeine Fortſetzung darin zu ſuchen hat. Und nachdem die ganze Welt über uns hinaus zur göttlich beſeelten geworden iſt, erweitert ſich auch der Kreis und erhöht ſich der Stufenbau individuell beſeelter Weſen über uns hinaus und hinauf.

Freilich ſo lange die Nachtanſicht noch auf der Welt lagert, gelten alle ſolche Betrachtungen und Schlüſſe, die ganze neue, weite und hohe lichtbeſchienene Welt, die ſich dadurch an Stelle früherer Phantaſtereien, Mythik und Myſtik eröffnet, ſelbſt für ſolche, weil ſich auf dem Grunde der Nachtanſicht nichts davon bietet, mit ihren abſtruſen Gangweiſen nichts davon ſtimmt. Hab' ich's doch erfahren, und werd' es noch erfahren. **Aber Geduld**, ſie werden ihre Zeit finden; es iſt nur noch nicht Tag.

Jene Weiſen, von uns aus über uns hinaus zu ſchließen, ſind im Grunde nur dieſelben, mit denen wir überall vom Hier aufs Dort, vom Heute aufs Morgen ſchließen und womit alle Erfahrungswiſſenſchaft vom Gegebenen aufs Nichtgegebene ſchließt. Wer freilich mag leugnen, daß ſie einzeln genommen um ſo unſichrer werden, je weiter hinaus und höher hinauf ſie vom Gegebenen aus ins Nichtgegebene führen. Alſo läßt die Nachtanſicht ſie nach den erſten Schritten fallen, um nur noch zu fodern und auf Nichts zu fußen; wogegen die Tagesanſicht, was den einzelnen an Sicherheit abgeht, durch die Zuſammenſtimmung aller und die Zuſtimmung praktiſcher Geſichtspuncte zu ergänzen ſucht, um hiermit da, wo kein ſtrenges Wiſſen möglich iſt, demſelben doch ſo nahe als möglich zu kommen. Als feſt im Sinne der Tagesanſicht aber hat nur das zu gelten, was widerſpruchslos mit den Grundpuncten zuſammenhängt und wozu die Geſichtspuncte von allen Seiten ſtimmen; das iſt aber gerade das Allgemeinſte und Wichtigſte.

Hiernach wird die Tagesanſicht zwar noch in ihrem Aus- und Ausbau ſchwanken, doch nicht ins Unbeſtimmte zerfahren können, wenn ſie nur wie eine zwar biegſame doch an beiden Endpuncten und in der Mitte feſtgehaltene Linie ihre drei Grundpuncte als feſte Haltepuncte feſtbehält. Es werden auf dem Grunde der Tagesanſicht neue Fragen entſtehen, die ſich auf dem Grunde der Nachtanſicht gar nicht darbieten, und neue Räthſel, die noch der Löſung harren, aber eben nur ſolche, welche auf Grund der Anſicht entſtehen können, nicht ſolche, welche ſie untergraben. Es werden danach neue Secten und Spaltungen ſich bilden können, doch keine bis in den Grund und bis zur Spitze reichenden Zerſpaltungen. Die Philoſophie wird mit dem Ausblick in die Tagesanſicht auf einen neuen Boden treten und neue Wandlungen beginnen, ihre Streitigkeiten auf dem alten Boden der Nachtanſicht aber mit dieſer ſelbſt verſinken. Die Naturwiſſenſchaft wird ihre bisherigen ſichern Wege in Durchforſchung der materiellen Welt fortgehen, aber ſich dem darüber aufſteigenden Glauben in geiſtigen Dingen vielmehr unterbauen als dagegen ſetzen. Die Theologie endlich wird zu ihrem Glauben auch Principien des Glaubens in der Tagesanſicht finden.

Alles Allgemeinſte, Höchſte, Letzte, Fernſte, Feinſte, Tiefſte iſt überhaupt ſeiner und unſrer Natur nach Glaubensſache. Daß die Gravitation durch die ganze Welt reicht und von jeher gereicht hat, iſt Glaubensſache; daß überhaupt Geſetze, durch's Endliche verfolgt, in's Unbegrenzte von Raum und Zeit reichen, iſt Glaubensſache; daß es Atome und Undulationen des Lichtes giebt, iſt Glaubensſache; der Anfang und das Ziel der Geſchichte ſind Glaubensſache; ſogar für die Geometrie giebt es Glaubensſachen in der Zahl der Dimenſionen und den Sätzen für die Parallelen. Ja, ſtreng genommen, iſt Alles

Glaubensſache, was nicht unmittelbar erfahren iſt, und was nicht logiſch feſt ſteht. Ein jedes Wiſſen um das was iſt, ſetzt ſich fort in Glauben und muß ſich darein fortſetzen und endlich damit abſchließen, damit es einen Zuſammenhang, einen Fortſchritt und Abſchluß des Wiſſens ſelbſt gebe. Doch kann ein Glaube beſſer geſtützt und ſelbſt beſſer ſein als der andere. Der beſte Glaube endlich der, der am widerſpruchsloſeſten in ſich, mit allem Wiſſen und allen unſern praktiſchen Intereſſen beſteht und als ſolcher wird er auch die Zukunft für ſich haben, indem er die Widerſprüche zwiſchen den verſchiedenen Glaubensrichtungen, die ſeither beſtanden und ringsum beſtehen, vielmehr verſöhnt als theilt.

Alſo reichen auch alle Erfahrungsſchlüſſe nicht hin, die Tagesanſicht in ihren höchſten und letzten Sätzen mit der Sicherheit des pythagoräiſchen Lehrſatzes abſchließend zu begründen. Was an der letzten Sicherheit noch fehlt, iſt Glaubensſache. Genug doch, wenn das, was noch Glaubensſache bleibt, in jener günſtigſten Weiſe das, was ſich wiſſen läßt, einerſeits abſchließend ergänzt, andererſeits zu ſeiner Stütze behält.

Wie wenig giebt es überhaupt deſſen, was wirklich erwieſen oder bewieſen iſt, vom Wichtigſten ſogar, woran wir uns zu halten haben. Was iſt von der ganzen Religion bewieſen? nichts. Was auch nur davon, daß dein Bruder, dein Nachbar, dein Hund eine Seele hat? nichts. Oder daß dem, was du von einem Baume ſiehſt, ein Baum draußen entſpricht, daß die Sonne morgen wie heute aufgehen wird, daß Alexander gelebt hat? Nichts von alledem iſt in ſtrengem Sinne bewieſen noch beweisbar; doch müſſen wir an all' das und dergleichen glauben; wir leben, wohnen ſo zu ſagen ganz in einer Welt des Glaubens, können die nächſten und vollends die letzten Schritte nicht thun ohne Glauben. Alſo wären Principien des Glaubens ſogar wichtiger als des Wiſſens, wenn nicht zu den Principien des Glaubens ſelbſt gehörte, ſich auf das Wiſſen zu ſtützen, ſoweit es reicht, nur nicht allein darauf zu ſtützen; doch liegt darin von den Glaubensprincipien der Tagesanſicht eins. Nun aber reicht das Wiſſen nirgends ſo weit, daß wir damit ausreichten; und ſo iſt ein zweites Glaubensprincip der Tagesanſicht, zu glauben, was wir brauchen, wozu als drittes noch das hiſtoriſche Princip des Glaubens tritt[1]. An dieſen Principien hat man die Lehre der Tagesanſicht zu meſſen, denn ſie iſt eben eine Glaubenslehre. Aber freilich, wie kann man ſie danach meſſen, wenn man, ſtatt Glaubensprincipien überhaupt anzuerkennen, als Theolog im Glauben nur ein Geſchenk von Oben, als Philoſoph nur ein Princip der Unſicherheit ſieht.

---

[1] Dieſe, hier nur kurz berührten, drei Principe ſind beſtimmter ausgedrückt in Abſchn. IX, ausgeführt und in Folgerungen entwickelt in den „drei Motiven und Gründen des Glaubens“.

Der Nachtphiloſoph verſchmäht in der That principiell den Glauben, will ihn durch das Wiſſen erſetzen, ſtrebt nach abſolutem Wiſſen. Nun haben ſich ganze Berge abſoluten Wiſſens neben einander mit ihren Gipfeln weit auseinander erhoben, alle in gewaltigen Geburtswehen begriffen, nur iſt noch keine lebensfähige Maus daraus hervorgekommen. Und ſo ſagt eine Maus dagegen: eine Maus kann abſolut nichts als von ſich ſelber wiſſen; zu wiſſen, daß man nichts als dieß weiß, iſt das einzige gewiſſe Wiſſen. Aber damit iſt es nun eben bei der Maus geblieben.

In der That, indeß der Tagesphiloſoph das Wiſſen, daß dem Menſchen ein unmittelbares Wiſſen nur von ſich ſelber möglich iſt, zum *Ausgangspuncte* alles vermittelten Wiſſens und darauf geſtützten Glaubens macht, ſucht die Nachtphiloſophie dem Wiſſen das Auslaufen in den Glauben theils dadurch zu erſparen, daß ſie dieſen Ausgangspunct ganz aufgiebt, um das Wiſſen nur von abſoluten Standpuncten aus zu entwickeln, die vom an ſich ſelbſt Gewiſſen nur zum Gewiſſen führen, bisher doch blos zum Streit darüber geführt haben, theils daß ſie ſich in dieſen Ausgangspunct ganz einſperrt, um ſich nur in die, das Ding an ſich nichts angehenden, Formen des Menſchengeiſtes zu vertiefen, *indeß der Menſch doch ſelbſt ein Theil des Dinges an ſich iſt.* Inſofern ſie aber den Glauben praktiſch braucht, läßt ſie ihn auch nur aus praktiſchem Geſichtspuncte neben dem Wiſſen oder als Korrektiv ſeiner Troſtloſigkeit und Leere, nicht als Fortſetzung und Vollendung des Wiſſens, gelten. Solchergeſtalt unvermögend, ſich in der Philoſophie recht zuſammenzufinden, haben ſich Glauben und Wiſſen in Theologie und Naturwiſſenſchaft vollends mit dem Erfolg geſchieden, daß die eine die Natur aus Gott, die andre Gott aus der Natur ganz ausgeſchieden hat. Der letzte Erfolg von all' dem aber iſt, daß keine von den beiden mit der andern, und die Philoſophie am wenigſten in ſich ſelbſt zufrieden iſt.

Sollte ich hienach der heutigen Philoſophie ein Standbild errichten, ſo würde ich ſie als Penelope darſtellen, in doppelter Hinſicht. Einmal in ſo fern, als ſie ihr ſelbſtgewebtes Gewebe auch immer ſelber wieder auflöſt, und dann, weil ſie viele Freier hat, von denen ſie noch keiner heimgeführt hat. Sie zechen miteinander, treiben Kampfſpiele mit einander ohne einander todt zu machen, und warten des Tages, der alle zuſammen erlegt.

Und hältſt du dich denn mit deiner Tagesanſicht einer Welt gegenüber für den allein Weiſen? Aber wie ſollte der Tag die Kraft haben, die Nacht zu überwinden, wenn er ſich zu beſcheiden dazu fühlte?

Doch gebe ich es jeder Kritik Preis, daß hier die ganze heutige Weisheit von allgemeinſten, höchſten und letzten Dingen in den einen Topf der Nachtanſicht zuſammengeſchüttet wird, um ſie in eins wegzuſchütten. War nicht zuvor viel Gutes herauszuleſen! Aber wie ließ ſich über der Arbeit des Herausleſens der Topf im Ganzen handhaben. Und was thut's; das Gute geht nicht deßhalb unter, daß es mit weggeſchüttet wird, ſondern findet ſich von ſelber wieder in den neuen Topf mit ein.

Noch Eins. Ueberall begegnet ſich die Tagesanſicht mit der Frage über den Zuſammenhang zwiſchen materiellem und geiſtigem Gebiet, Leib und Seele, geht aber, ſtatt von irgend einer, ſelbſt noch fraglichen, Löſung der Frage nach Grund und Weſen dieſes Zuſammenhanges, vielmehr von fragloſen Thatſachen der Beobachtung in und an uns ſelbſt aus und verallgemeinernd, erweiternd, ſteigernd darüber hinaus nach Maßgabe als das Gebiet der Betrachtung ſich verallgemeinert, erweitert, ſteigert, um damit zu den kleinen Thatſachen in uns die damit zuſammenhängenden größeren über uns hinaus zu finden. Nur um dieſe iſt es ihr zu thun, mag man dann die größeren über uns hinaus wie die kleineren in uns ſelber deuten. Wogegen das vielköpfige Ungeheuer der Nachtphiloſophie von den Gedanken ihrer vielen Köpfe über die Frage nach Grund und Weſen jenes Zuſammenhanges ausgeht, und daher auch nicht darüber hinausgekommen iſt.

Giebt es zwei Elektricitäten oder nur eine? Wollte man von dieſer Frage und ihrer Entſcheidung aus in die Elektricitätslehre hineinkommen, man würde nicht weit oder vielmehr zu gar nichts kommen. Hingegen hat ſich die Elektricitätslehre zwar nicht ohne die Frage, aber weder auf Grund der Frage noch ihrer Entſcheidung — vielmehr iſt die Frage noch heute nicht entſchieden — entwickelt, und iſt damit vom kleinen Bernſteinſtückchen, was Spreublättchen anzog, zur Elektriſirmaſchine, galvaniſchen Säule, dem Blitzableiter und dem Telegraphennetze, was die Erde umſpannt, gelangt. So kann die Tagesanſicht die Frage, ob Geiſt und Materie, Leib und Seele im Grunde nur ein Weſen oder zweierlei Weſen ſind, vorerſt unentſchieden laſſen, und doch

Thatſachen, die unabhängig von dieſer Frage ſind, nach Erfahrung und Erfahrungsſchluß verfolgen. Und ſo ſtellt auch dieß ganze Buch die Frage, ob Dualismus oder Monismus, dahin, um nur in einem der letzten Abſchnitte in einige Betrachtungen darüber einzugehen, die man entſcheidend finden mag oder nicht; weder die Grundpuncte noch Folgerungen der Tagesanſicht werden weſentlich davon betroffen.

V. Poſitive Entwicklungsmomente der Tagesanſicht gegenüber den Negationen der Nachtanſicht.

(Gott, die ſinnliche Erſcheinungswelt, die Seelenfrage, die Erde, das Jenſeits, das Uebel in der Welt.)

1. Gott.

Der Glaube an einen einigen Gott, deſſen Bewußtſein das menſchliche eben ſo an Weite überreicht, als an Höhe überſteigt, beherrſcht von oben herein die ganze Tagesanſicht und wird durch die zwei andern weſentlichſten Puncte derſelben von unten geſtützt. Die ſinnliche Erſcheinung über Menſchen und Thiere hinaus kann ja nicht im Leeren ſchweben, es bedarf eines Subjectes, eines übergreifenden Bewußtſeins dafür. Entſprechend der Weite des geiſtigen Unterbaues wächſt die geiſtige Höhe, und ſo ſteigt über den kleinen Bergen oder Pyramiden des menſchlichen Bewußtſeins die ſie einſchließende mit höchſter Spitze, über allem einzelnen Trachten der Geſchöpfe ein höchſtes Trachten, auf, und fällt der Ausbau der Tagesanſicht von oben herab mit dem Ausbau der Lehre von Gott zuſammen. Das Syſtem der Tagesanſicht wird hiemit ganz theokratiſch.

Die Nachtanſicht aber iſt zwar ſo zu ſagen der Einheit und Erhabenheit Gottes zu Liebe entſtanden, und dem Glauben wird in Erinnerung daran geboten, noch daran feſtzuhalten. In ihren Wiſſensconſequenzen aber führt ſie, wie ein abgefallener Engel, nur davon ab, und indem dieſe Conſequenzen endlich den Glauben überwachſen haben, ſind wir dahin gekommen, wo wir heute ſtehen; nicht mehr wiſſend, wie den Glauben noch zu halten, wie ihm noch zu helfen. An ſich iſt es der Nachtanſicht natürlich, ſtatt im göttlichen, vielmehr im menſchlichen, Bewußtſein das höchſte von Bewußtſein, was es giebt, zu ſehen. Denn da ſie keine Mittel kennt, auf ein, das menſchliche an Weite überreichendes Bewußtſein zu ſchließen, woher ſollten ihr die Mittel kommen, auf ein höheres darüber hinaus zu ſchließen; hängt doch eins verbindlich mit dem Andern zuſammen.

Und ſo ſucht die Philoſophie des Unbewußten das Band der Geiſter ſtatt in einem übergreifenden allgemeinen Bewußtſein in einem untergreifenden allgemeinen Unbewußtſein, dem ſie myſtiſche Eigenſchaften beilegt, welche an die des Bewußtſeins erinnern, nur nicht die des Bewußtſeins ſein ſollen. Die Philoſophie des Begriffes ſpricht von einem Geiſte der Menſchheit, der Geſchichte als einem Bande und könnte ohne Anhaltspuncte in der Wirklichkeit dazu nicht davon ſprechen, doch ſucht das verknüpfende Bewußtſein nur in den einzelnen Maſchen, die Philoſophie der Monaden gar nur in den Atomen des Bandes, und für die materialiſtiſche Lehre liegt das Band der Seelen in der Materie zwiſchen den Seelen. Die Tagesanſicht aber ſtreitet mit dieſen philoſophiſchen Richtungen der Nachtanſicht zu ſehr im Ganzen, um darüber noch im beſondern damit zu ſtreiten.

Laß das verknüpfende Bewußtſein unſres eigenen Geiſtes bei Seite, ſo kannſt du freilich auch noch eine Pſychologie aus Anſchauungen, Erinnerungen, Phantaſieen, Begriffen, Beſtrebungen, Luſt und Unluſt und einem dunklen Mutterſtock, der alles das hervortreibt, ohne um etwas davon zu wiſſen, zuſammenbauen, und wirſt damit eine Pſychologie des Menſchen gleich der heutigen Völkerpſychologie haben, welcher der Gedanke an ein, alles Einzelbewußtſein verknüpfendes, Bewußtſein fern liegt; haſt aber auch in der heutigen Völkerpſychologie nichts mehr als in einer ſolchen Pſychologie des Menſchen. Es iſt Uhlands todtes Pferd mit allen Sehnen, Adern, Nerven des ſchönſten Pferdes, doch bleibt's ein todtes Pferd, und ſo ſehr eine Anatomie deſſelben zu ſchätzen, hat man doch das anatomirte nicht mit dem lebendigen zu verwechſeln.

Zwiſchen den einzelnen Menſchen giebt es allgemeinere und höhere Beziehungen derſelben in Kirche, Staat, Wiſſenſchaft, Kunſt u. ſ. w., vermittelt durch Sehen, Hören, Rede, Schrift u. ſ. w. Nach der Tagesanſicht nun hat nicht blos der Menſch ein Wiſſen um dieſe Beziehungen, ſondern ein allgemeineres und höheres der Geiſt über ihm, indem er das ganze Geſpinnſt der Vermittlungen dieſer Beziehungen unmittelbar und in Zuſammenhang erfaßt. Indem es aber der Nachtphiloſoph nur für eine Illuſion in ihm ſelber hält, daß es überhaupt ein Sehen und Hören in der Welt über ihn hinaus giebt — Licht und Schall zwiſchen den Menſchen ſind ihm ja blos todte Schwingungen materieller Puncte; er ſelber iſt es nur, der ſieht und hört — gelten ihm leicht auch alle dadurch vermittelten Beziehungen als Illuſionen in ihm ſelber, die er nur aus ſich in die Welt hineinſieht, die Annahme eines Gottes aber für die höchſte von allen, indem der Menſch ein Bewußtſein vom Geſammtzuſammenhange der Dinge, was er nur in ſich hat, außer ſich und über ſich hinaus ſucht.

Man ſagt etwa: aber Kirche, Staat, Wiſſenſchaft, Kunſt u. ſ. w., kurz alle Einrichtungen, wodurch ſich höhere geiſtige Beziehungen in der Welt ausſprechen, entſtehen doch nur durch die Menſchen und ſo behält der Menſch als Schöpfer und Centrum von allen die höchſte Bedeutung über allen. — Und freilich konnten alle jene Einrichtungen nicht ohne die Menſchen, doch eben ſo wenig allein durch die Menſchen entſtehen; und um eine wahre Gemeinſchaft zwiſchen den Menſchen dadurch herzuſtellen, bedarf es über die einzelnen hinaus noch eines Weſens, das die Beziehungen zwiſchen ihnen einheitlich zuſammenfaßt. Wenn die Menſchen nicht durch den Boden unter ihren Füßen, das Meer unter ihren Schiffen, die Luft, durch welche die Worte und das Licht, durch das die Blicke hin- und wiedergehen, zuſammenhingen, nicht abgeſehen von ihren gegenſeitigen Beziehungen gemeinſame Einwirkungen von der Natur um ſich und den Geſtirnen über ſich empfingen, ſo würden weder Kirche, noch Staat, noch Wiſſenſchaft u. ſ. w. haben entſtehen, noch heute beſtehen können. Der Himmel, die Sonne, der Mond, der Blitz, der Donner, welche den Menſchen die erſte Religion einflößten, waren eher als die Menſchen dazu da, und ehe ſich eine Sprache durch die Menſchen bilden konnte, mußten Dinge und Beziehungen der Dinge da ſein, die zur Bezeichnung derſelben aufforderten. Das Wahre iſt: eine ſchon vor Daſein aller Menſchen mit göttlichem Geiſte erfüllte Welt erzeugte den Menſchen, ohne ihn aus ihrem Verbande zu entlaſſen, wirkte fortbildend in dieſen ihren Sproß und Theil hinein; er wirkt auf ſie zurück; es iſt ein in ſich zuſammenhängendes wechſelwirkendes Getriebe von oben herab, von unten herauf und nach allen Seiten, wodurch ſich die Welt unter dem Einfluß eines allgemeinen Geiſtes auswirkt, der Alles in Zuſammenhang erfaßt und erhält.

Nun mag man immerhin unter allen Theilen der, doch noch nicht das Ganze ausmachenden, irdiſchen Welt, denen überhaupt ein unterſcheidbares Bewußtſein beizulegen, den Menſchen die höchſte Bedeutung beilegen, nur nicht eine höhere als dem Ganzen, deſſen Theilweſen ſie zugleich nach geiſtiger und materieller Seite ſind, wie man in den Spitzen eines Bauwerkes die höchſten Theile des Bauwerkes ſehen kann, aber doch nur, ſofern ſie durch die Höhe des Unterbaues in die Höhe gehoben ſind und tief unter der Bedeutung des ganzen Bauwerkes bleiben. Aber freilich, nachdem das copernikaniſche Weltſyſtem uns nicht mehr glauben läßt, daß die Sonne ſich um die Erde dreht, meint man immer noch, daß die Erde ſammt der Sonne ſich um die Menſchen dreht.

Auch die Knoten im Netze meinen wohl, ſie ſind die Hauptſache im Netze, aber das ganze Netz will mehr ſagen, als alle ſeine Knoten. Entfalte die Knoten, ſo ſind ſie ſelber kleine Netze, und das ganze Netz der Welt iſt nur ein ausgefalteter Knoten.

Wenn der Nachtphiloſoph nach tiefſinnigſter Begründung, daß ſich von Gott nichts wiſſen läßt, doch findet, daß er ihn braucht, alſo nicht fallen laſſen will, ſo erklärt er ihn für ein praktiſches Poſtulat, von dem aber theoretiſch Alles wieder abzuziehen iſt, was in praktiſchem Intereſſe davon auszuſagen iſt. Man kann ja wohl von Liebe, Güte, Weisheit Gottes u. ſ. w. ſprechen, um überhaupt von ihm zu ſprechen und ſich damit dem gemeinen Verſtändniß anzubequemen, nur muß man ſich philoſophiſch immer der Unangemeſſenheit davon bewußt bleiben: denn Liebe, Güte, Weisheit u. ſ. w. ſind ja auch menſchliche Eigenſchaften, und Gott iſt über alle menſchlichen Eigenſchaften oder wenigſtens alles menſchliche Wiſſen von ſeinen Eigenſchaften erhaben.

Nach der Tagesanſicht iſt er es freilich auch; aber nicht, weil und ſofern er darüber hinweg iſt, ſondern weil er die höchſten und beſten menſchlichen und geſchöpflichen Eigenſchaften überhaupt zugleich in ſich und unter ſich hat, und in einer für uns unerreichbaren Höhe abſchließt. Die Bibel prägt dem Menſchen ein: liebe Gott über Alles und deinen Nächſten wie dich ſelbſt; die Tagesanſicht aber führt ihm auch die Umkehrung davon zu Gemüthe: die Liebe Gottes geht über Alles und er liebt Alle wie ſich ſelbſt, weil er eben Theilweſen ſeines eignen Weſens darin liebt. Näher aber können ſie ihm nicht ſein und näher kann uns Gott nicht ſein und können uns unſre Nebenmenſchen nicht ſein, als wenn wir alle gemeinſam Theil an ihm ſelber haben, und er uns alle zum Ganzen ergänzt. Das zu wiſſen und zu fühlen, iſt Gottſeligkeit; an jedem Gedanken und Gefühl aber, das davon abführt, hängt etwas von Gottloſigkeit.

2. Die ſinnliche Erſcheinungswelt.

Widerſtrebt es dir, Gott im Sinne der Tagesanſicht in die Welt verſenkt zu denken? Aber faſſe nur die Tagesanſicht ſelbſt erſt anders als mit den Eulenaugen der Nachtanſicht. Vielmehr haſt du danach die Welt in Gott heraufgehoben zu denken, indem du die ganze ſinnliche Erſcheinung der Welt in Gott aufgehoben denkſt, und hinter ihr nach nichts weiter fragſt; denn giebt's auch wohl noch ein Dahinter? Es iſt Gottes Fuß, was du für einen Schemel unter ſeinen Füßen hältſt, ja gar noch darunter wegziehſt, weil er ihn nicht brauche. Du ſelbſt ſprichſt heute von einem in der Welt allgegenwärtigen, allwiſſenden und allwirkſamen Gott und dann wieder von einem ganz überweltlichen Gott, und hörſt ſo gar nicht auf, dir ſelbſt zu widerſprechen; und weiſeſt endlich den Widerſpruch damit ab, Gott ſei in gewiſſem Sinne das Eine und das Andre. Daſſelbe meint die Tagesanſicht auch; nur daß ſie es in einem klarern Sinne meint. Damit, daß Gott nicht neben Licht und Schall in der Welt allgegenwärtig und allwiſſend iſt, ſondern das Licht ihm dient, Alles in der Welt zu ſehen, was ſichtbar iſt, Alles zu hören, was hörbar iſt, iſt Gott noch nicht in die Sinnlichkeit der Welt verſunken, ſondern hoch über Alles ſteigt der göttliche Gedanke auf. Denke dir einen Menſchen, der blos Augen hätte, zu ſehen, oder blos Ohren zu hören; wie ärmlich, niedrig wären die Gedanken des übrigens Tauben oder Blinden. Gottes Gedanken aber fußen nicht nur auf dem Sehen und Hören aller Menſchen, ſondern auch dem Sehen und Hören alles deſſen, was darüber hinaus iſt. Beziehungen über Beziehungen dazwiſchen thürmen ſich in ihm höher und höher auf, um ſich in höchſter Höhe abzuſchließen, und wie ein König ſeine Miniſter, und dieſe ihre Amtleute, und dieſe ihre Diener zur Ausführung ſeiner Befehle haben, nicht alle freilich führen ſie recht aus, ſo greift in umgekehrter Richtung Gottes oberſter Wille mittelſt des Willens und der Triebe ſeiner höhern und niedern Geſchöpfe durch das Weltgetriebe; indeß er die Zügel immer oben in der Hand behält; es iſt nur Alles innerlich in ihm, was dort äußerlich.

Dieſen Schwung der Betrachtung zu dämpfen, tritt der Phyſiolog — und hat der Phyſiolog nicht das Recht, über Sehen und Hören mitzuſprechen — mit der Frage herzu: wenn es über Menſchen und Thiere hinaus überhaupt noch ein Sehen und Hören und darüber gar ein Denken geben ſoll, wozu du dir einen ſehenden, hörenden, denkenden Gott einbildeſt, wo ſind denn über Menſchen und Thiere hinaus die

Augen und Ohren und das Gehirn dazu. Ginge es ohne das und dergleichen, wozu wären die Sinneswerkzeuge und Gehirne der Geſchöpfe und die Geſchöpfe ſelber da? Wozu der Aufwand von Kunſt in ihrer Einrichtung? es muß eben ohne das nicht gehen. Wenn es aber ohne das nicht geht, wird es auch ohne das nicht ſein.

Nun, das Meer iſt groß und einfach, unzählige vielgeſtaltete Becher und Eimer ſchöpfen mittelbar und unmittelbar daraus; aber ſie machen das Waſſer nicht, ſondern ſchöpfen es eben nur daraus, um es nach mannichfacher Verwendung wieder darein zurückfließen zu laſſen. Alſo ſind auch die Sinneswerkzeuge der Geſchöpfe und die Geſchöpfe ſelbſt nicht dazu da, das Sehen und Hören erſt zu machen, ſondern aus dem allgemeinen Quell des Sehens, Hörens ſich in beſondrer Weiſe anzueignen und in beſondrer Weiſe zu verwenden und zu verwerthen.

Aber wozu ein Vergleich. Statt den Phyſiologen damit abzuweiſen, folgen wir ihm auf ſein Feld, und hüten uns nur, deſſen Schranken mit Weltſchranken zu verwechſeln. Thatſächliches bis zum Glaubensabſchluß erweitern iſt ja das Princip der Tagesanſicht. Was alſo gilt dem Phyſiologen ſelbſt als Thatſache beim Sehen?

Von jedem Puncte draußen fällt ein Strahlenkegel in dein Auge und ſchließt ſich durch die Kraft deines Auges wieder in einen Punct auf deiner Netzhaut zuſammen, um mit ſeinen Nachbarpuncten ein Bild der Außendinge zu geben. Wäre es nicht ſo, ſo ſäheſt du ſtatt eines klaren Bildes nur ineinandergreifende verwaſchene Scheine. Doch bleibt's nicht bei den lichten Puncten auf der Netzhaut, ein jeder ſchickt einen Strahl von da hinein in dein Gehirn und weiter fort durch das Gehirn, um ſich ſo fortgeſetzt mit den Strahlen von andern Seiten und Sinnen her zu begegnen, und damit die Empfindung und Erinnerung ſeiner ſelbſt in deine Anſchauung und dein Denken eintreten zu laſſen. Iſt es nicht ſo, oder weißt du dir's anders zu denken? Immer aber bleibt's die Erſcheinung eines Punctes, ſelbſt für die ſpäteſte Erinnerung, ſofern nur der Ausgangspunct der Strahlung auf der Netzhaut ein eben ſo einheitlicher als der Punct draußen, den er abbildet, war.

Warum nun ſoll Gott noch ein Auge wie du und deins brauchen, um einheitliche Strahlenpuncte über dich hinaus zu gewinnen, da er die ſtrahlenden Puncte der Außenwelt ſelber dazu hat. Statt deiner Netzhaut oder vielmehr hinter ihr und allen Netzhäuten der Geſchöpfe überhaupt hat er als Netzhaut die Oberfläche der Dinge ſelbſt; das iſt die allgemeinſte und fundamentalſte, die es giebt. Und nachdem ſich die Strahlen von da aus ſchon vor deinem Auge und deinem Gehirn mit Strahlen von allen andern Seiten her gekreuzt haben und dadurch in die allgemeinſten Beziehungen getreten ſind, bieten dem allſehenden Weſen deine Augen mit deinem Gehirn nur noch Zuſatzapparate mit neuen Ausgangspuncten und danach neuen Verwickelungen zur Entwicklung beſonderer Beziehungen dar.

Nun kann freilich nicht Alles in Gottes Sehen mit unſerm Sehen ſtimmen; denn ſtimmte es ganz damit, ſo wäre es eben nur ein menſchliches Sehen; was aber nicht damit ſtimmt, hat das göttliche Sehen vor unſerm Sehen voraus und über daſſelbe hinaus.

Jeder Punct unſrer Netzhaut ſendet nur einen einfachen Strahl in unſer Gehirn, und jeder dieſer Strahlen geht dahin durch ein beſondres Nervenröhrchen, um ſich nicht mit den Strahlen von den Nachbarpuncten her zu miſchen, nicht damit zu verfließen. Wie viel er ſich nachmals im Gehirn zerſtreuen und ſpalten mag, wiſſen wir nicht. Hingegen ſtrahlt jeder lichte Punct der Außenwelt nach allen Seiten, weil er nicht blos nach einem Auge und Gehirn, ſondern nach tauſenden und abertauſenden und darüber hinaus in alle Welt zu ſtrahlen hat, um tauſend und abertauſend ſo und ſo gebrochene Bilder von ſich in den Geſchöpfen zu geben und darüber hinaus die ungebrochene Erſcheinung ſeiner ſelbſt für das Weltweſen beſtehen zu laſſen. Dabei aber bleibt jeder dieſer Strahlen, obwohl er ohne Hülle geht, ſo einfach, miſcht ſich und verfließt ſo wenig mit den Strahlen von den Nachbarpuncten her, als wenn er durch ein beſondres Nervenröhrchen ginge, kreuzt ſich nur mit den andern und bringt nach unzähligen Kreuzungen, dadurch ungeſtört, ungeirrt, allen Augen das Bild eines und deſſelben Punctes. Das macht, er hat nicht draußen wie drinnen durch Nerveneiweiß zu bringen, wo jeder Punct ihn zu hemmen und zu zerſtreuen droht, ſondern fährt ſchneller als der Blitz durch Luft und Aether ſeines Weges. Schlimm nur wäre es für die Geſchöpfe, wenn er auch ſo durch ſie hindurchführe, ohne Zeit und Gelegenheit zu haben, die Beziehungen, um die es in ihnen zu thun iſt, zu entwickeln und Nachwirkungen für künftige Beziehungen zu hinterlaſſen, wie es in den verſchlungenen Eiweißwegen des Gehirns geſchieht. Auch das iſt anders, daß ſich der Strahl draußen nicht wie in unſerm Auge erſt in Elektricität, chemiſchen Proceß oder Gott weiß was — der Phyſiolog weiß es ſelber nicht, ſondern denkt ſich nur dieß und das — umzuſetzen hat, um durch das Nerveneiweiß ſeinen Weg zu finden; aber vermag er deßhalb weniger in Luft und Aether zu leuchten, daß er hier ſolchen Umſatzes nicht bedarf um durchzudringen, und ſind elektriſches und chemiſches Licht deßhalb weniger Licht, daß ſie ihre beſonderen Feuerzeuge haben.

Hienach ſind aber auch die Leiſtungen des göttlichen Sehens andre als des geſchöpflichen Sehens. Gott ſieht alle Dinge zugleich, wie ſie im Raume von drei Dimenſionen an ſich ſelbſt erſcheinen, ſieht ſie von allen Seiten zugleich, in ihrer richtigen Größe, ihrer richtigen Lage, ihrer richtigen Helligkeit und Farbe, und keine Feinheit der Sichtbarkeit entgeht ihm. Sein Sehen iſt eben das unmittelbare Sehen der Dinge; wie Er die Dinge ſieht, ſehen ſie wirklich aus, und dieſes Ausſehen derſelben für Gott gehört zu den Beſtimmungen ihres Seins. Wir hingegen ſehen mit der kunſtvoll eingerichteten camera obscura unſeres Auges von allen Dingen nur die, die gerade vor uns ſind, ohne von andern verdeckt zu ſein, ſehen ſie nur in Flächenprojectionen, von der oder jener Seite, in dieſen oder jenen Verkürzungen und Verſchiebungen gegen einander, jeder nach ſeiner andern Stellung und Einrichtung anders; das macht aber die Welt bunt und daraus entwickelt ſich eben ein Reichthum von Beziehungen, der ſich ohne das nicht entwickeln könnte.

Nun hat der Menſch, obwohl er mit ſeinem Auge dem göttlichen Sehen nicht nachkommen kann, doch das Vermögen, durch Wechſel ſeiner Stellung, durch Vernehmen mit andern Menſchen, durch bewußte und unbewußte Schlüſſe ſich die Verhältniſſe der Außenwelt bis zu gewiſſen Grenzen im Sinne der göttlichen Anſchauung zurechtzulegen und alle ſubjectiven Anſchauungen als von da ausgehend zu deuten. Als Schüler der Nachtanſicht aber meint er dennoch, es ſei alles nur ſein ſubjectiver Schein; für Dinge an ſich gäbe es kein Sehen hinter ſeinem Auge; und damit wird für ihn die ganze Welt außer ſeinem Auge finſter.

Hiernach ließe ſich noch von den andern Sinnen im ſelben Sinne als vom Sehen ſprechen; aber ich will keine Weltphyſiologie hier geben; es galt nur, dem Phyſiologen zu widerſprechen, der den kurzen Maßſtab der menſchlichen Phyſiologie an die Lehre vom allgemeinen Leben legt, als müſſe er zu ihrer Deckung reichen. Nicht minder ſchwer freilich iſt der Irrthum, daß er zu gar nichts darin reiche.

3. Die Seelenfrage, Sterne und Pflanzen.

Wohl giebt es Manche, die aus einem lebendigeren Bedürfniß, als die Nachtanſicht zu befriedigen vermag, die Idee eines, die Welt im Ganzen einigenden, beſeelenden, durchwirkenden geiſtigen Weſens, Gottes, nicht nur faſſen, ſondern ſelbſt mit Lebhaftigkeit und Nachdruck vertreten. Was fehlt ihnen noch zur vollen Tagesanſicht? Nichts bisher, als was dem fehlt, der, aus der dunkeln Kammer durch eine Oeffnung in das Tageslicht blickend, das Licht ſieht, aber geblendet nicht ſieht, was in dem Lichte iſt, wie es der ſieht, der in dem Lichte wohnt. Ergriffen von der Erhabenheit ihrer allgemeinen Idee, doch auch begnügt damit, iſt ihnen jede Folgerung daraus, die zu hart gegen eine Anſicht verſtößt, mit deren Muttermilch ſie geſäugt, in deren Dunkel ſie erzogen ſind, zu viel. Durch Sterne und Pflanzen weht die Idee nur wie ein Wind; die Idee bleibt immer Sache Gottes, die Materie formt und bewegt ſich unter ihrem Einfluß; aber blos Menſchen und Thiere haben davon noch etwas mehr als ſchöne Worte. Arme Sterne, einſt Götter und Engel, zu denen das Auge noch heute andächtig aufſieht, in der Hauptſache bleibt ihr todte Klumpen, deren einen der Menſch mit Füßen tritt; arme Blumen, an denen ſich das Auge erfreut, die uns ſelbſt anzulachen ſcheinen; man läßt euch wenigſtens leben; aber es hieße, die Nachtanſicht um ihr ſicherſtes Reagens auf Empfindung verkürzen und die Nacht ſelbſt zu ſehr verkürzen, wenn euer nervenloſes Leben auch Empfindung bedeuten ſollte; arme Bücher, die von einer Seele der Sterne und Pflanzen geſprochen; von den Materialiſten am einen, von den Idealiſten am andern Ende gezauſt, von den Naturforſchern kopfſchüttelnd auf Nimmerwiederſehen beſeitigt, im Handel zum Spottpreis losgeſchlagen, maculirt, habt ihr nun endlich ausgelitten. Denn, was im Sinne der Tagesanſicht ſelbſtverſtändlich iſt, erſcheint im Sinne der Nachtanſicht abſurd, weil ſo vieles Abſurde in ihr ſelbſtverſtändlich ſcheint.

Selbſtverſtändlich aber iſt für die Tagesanſicht, daß, ſofern nach ihr die Beſeelung über Menſchen und Thiere hinaus in Zuſammenhang durch die Welt reicht, nicht mehr zu fragen iſt, wo Beſeelung anfängt und aufhört, ſondern nur, wo und wiefern ſie ſich in entſprechender Weiſe aus der allgemeinen Beſeelung heraushebt, individualiſirt, als in Menſchen und Thieren; und dafür ſind die Zeichen des Baues und Lebens der Geſchöpfe da, und iſt der Schluß von einer Stufenleiter, die in uns ſelbſt beſteht, über uns hinaus da, und ſind

Urſprungs- Ergänzungs- und Zuſammenhangs-Betrachtungen mancherlei Art da; für die Nachtanſicht Alles umſonſt, weil es ihrem Axiome, daß, wo die Zeichen menſchlicher und thieriſcher Beſeelung fehlen, Beſeelung überhaupt fehlt, von vornherein widerſpricht. An dieſer ſtarren Wand zerſchellen alle Gründe, und damit verfällt das Leben rings dem Abgrund.

Hingegen ſteigt im Sinne der Tagesanſicht über der Welt der einzelnen menſchlichen Bewußtſeinskreiſe eine höhere Welt in den Bewußtſeinskreiſen der Geſtirne auf und hat der hochentwickelte Menſchengeiſt, ſelbſt nur ein kleiner Kreis in einem dieſer großen Kreiſe, neben ſich die kindliche Seelenſtufe der Pflanzen. Im göttlichen Kreiſe iſt endlich alles Bewußſein ein- und abgeſchloſſen, und indeß kein nachbarlicher Kreis um den Inhalt des andern weiß, hat der göttliche Kreis alle zum Inhalt mit Vermittelungen zwiſchen allen und Vermittelungen über allen.

Der Menſch freut und rühmt ſich der Einheit ſeines Bewußtſeins und meint, darin etwas ganz Beſonderes der Zerſtreuung der Naturdinge gegenüber zu haben. Das meint er im Sinne der Nachtanſicht. Aber eine Zerſtreuung der Dinge beſteht nicht; die Einheit des Bewußtſeins iſt allgegenwärtig, und der Menſch ſelbſt hat die ſeinige nur theilhaft von der göttlichen, nicht als eine *von* derſelben ſondern nur in derſelben unterſcheidbare und von anderen, derſelben untergeordneten, Einheiten ſcheidbare. Denn die Einheit des Bewußtſeins iſt thatſächlich — ſieh doch nur in dich hinein — nicht vergleichbar der Spitze, welche den Inhalt der Pyramide außer ſich hat, ſondern dem Zuſammenhange der Pyramide, welche ihn in ſich hat, wie auch die Eins ihre Bruchtheile nicht außer ſich, ſondern in ſich hat. Eine Pyramide aber kann ſich gliedern und untergliedern, ohne ſich zu ſpalten, die Bruchtheile der Eins in neue Bruchtheile brechen, ohne daß die Eins zerbricht. So gliedert ſich und ſtuft ſich ab die Welt.

Was Scheidung des Bewußtſeins zwiſchen Nachbarſtufen, iſt nur Unterſcheidung im Bewußtſein einer höhern Stufe. So finden wir es als Geſetz unſres eigenen geiſtigen Baues und können kein andres über uns hinaus ſuchen. Die Sinneskreiſe unſerer Augen und Ohren ſind geſchieden, ſofern keiner ſeine Empfindungen mit dem andern theilt, das Bewußtſein des ganzen Menſchen aber greift, beide unterſcheidend, beide in ſich; und im Auge des Menſchen ſind noch die einzelnen anſchauenden Puncte geſchieden, doch der ganze Anſchauungskreis des Menſchen greift, beide unterſcheidend, beide in ſich.

Wie nun dieſe Abſtufung in den Menſchen hineinreicht, reicht ſie über ihn hinaus, und ſo haben die Menſchen und haben die Geſchöpfe jedes Geſtirns ihr Geſtirn ſelbſt als höhere Stufe über ſich, das Geſtirn aber ſeine Geſchöpfe zugleich unter ſich und in ſich, indem ſie mit ihrem Bewußtſein als Momente in ſein allgemeineres Bewußtſein eingehen, daſſelbe nicht erſchöpfend aber mit bezeugend. Jedes Geſtirn hat Theil an der allgemeinen göttlichen Bewußtſeinseinheit, einen von dem der andern Geſtirne geſchiedenen, in Gott nur unterſchiedenen Theil. Denn ſtatt daß an ein unterſchiedloſes Verfließen oder Zuſammenfließen des Bewußtſeinsinhaltes der Geſtirne im göttlichen Bewußtſein zu denken, bieten die Geſtirne alle äußeren Zeichen, auf denen ſich überhaupt fußen läßt, einer ſtrengeren individuellen Sonderung als die Menſchen ſelber von einander auf der Erde dar; das Sichtliche aber läßt uns auf das Unſichtliche ſchließen. Indeß alle Geſtirne in einträchtigem Wandel dem Zuge einer allgemeinen Kraft folgen, welche, erhaben über alle geſchöpfliche Willkür, Ordnung im ganzen Haushalt des Himmels erhält, dabei doch leiſen Wechſeln, die Aſtronomen nennen es Störungen, Raum giebt, hält ſich jedes mit anderer Schwere ſelbſt zuſammen, ſieht man jedes in ſeiner Art einen unerſchöpflichen Reichthum inneren, von dem des anderen unterſchiedenen, Lebens entfalten, jedes mit eigenem Jahres- und Tageswechſel eine andere Bahn der Entwicklung durchlaufen. So verſchieden iſt kein Menſch vom andern noch von dem umgebenden Elemente, als die Geſtirne von einander und von dem ſie umgebenden Elemente; in jedem Geſtirne für ſich ſcheint Alles verklebt mit einander, nicht ſo die Geſtirne mit einander; ſie ſprechen nur noch durch Licht und Schwere miteinander.

In der That, indeß wir ſelbſt mit unſeren Nachbargeſchöpfen ſo zu ſagen eingewachſen ſind in Erdreich, Waſſer, Luft; theilt ſich hingegen die Erde mit den anderen himmliſchen Geſchöpfen in das reinere, feinere, klarere Element des Aethers, ſchwimmt, einem großen Auge vergleichbar gebaut, im Lichtelemente und athmet daſſelbe beſtändig ein. Soll es keine Geſchöpfe für dieſes Element geben? für die Nachtanſicht giebt es keine. Sie fabelt wohl von Engeln im Himmel, aber hält ſolche ſelbſt für Fabeln.

Hiegegen erſcheint im Lichte der Tagesanſicht der Himmel nun wieder von himmliſchen Geſchöpfen bewohnt; nenne man ſie Götter oder Engel; man hat ſie ehedem ſo und ſo genannt. Der Abſtand zwiſchen uns und Gott iſt groß; ſie ſind eine Zwiſchenſtufe zwiſchen uns und Gott; auf einer Stufenleiter aber, in der die Stufen ſich vielmehr ein- als ausſchließen.

Indem ſie aber auf ihrer höhern Stufe ſo gut als die irdiſchen Geſchöpfe auf ihrer niedern im äußern Verhältniſſe von Nachbargeſchöpfen zu einander ſtehen, mag es auch vergleichsweiſe, wie Menſchen, Thiere, Pflanzen, Embryonen, Kinder, Erwachſene, Greiſe, von verſchiedener äußerer Rangſtufe im irdiſchen Gebiete neben einander ſtehen, entſprechende Rang- und Entwicklungsſtufen im himmliſchen Reiche neben einander geben.

Soll ich nun nach dem Aufblick ins erhabene Reich der Geiſter über uns noch von der kleinen Pflanzenſeele neben uns ſprechen?

Eine blühende Hyacinthe ſteht vor mir auf dem Tiſche. Wie ſchmuck hebt ſich die Blüthentraube aus dem Blattwuchs empor, wie zierlich iſt jede einzelne Blüthe darin gebogen und ins Feinere ausgeſtaltet, welch' reine Farbe hat ſie ſich aus Licht gewebt, wie reich hat ſie ſeit geſtern ſich entfaltet. Du ſiehſt mich an — ſpricht die Blume — als wäre ich ein ſchönes Mädchen; ich bin auch ein ſchönes Mädchen in meiner Art. Sage es den Leuten. — Ich habe es ihnen ſchon geſagt, aber ſie wollten es noch nicht glauben.

Niemals hat ſich der Glaube an die Beſeelung unſerer Nebenmenſchen und der Thiere daher entwickelt, daß ſie Nerven haben; niemals iſt die Spur eines Beweiſes gegeben worden, daß ſolche anders als eben nur zur menſchlichen und thieriſchen Beſeelung nöthig ſind; es iſt ein verjährter Aberglaube, daß ſie überhaupt dazu nöthig ſind. Willſt du es nicht alſo auch endlich einmal der Welt, den Sternen, den Pflanzen erlaſſen, daß ſie Nerven wie Menſchen und Thiere haben, um ſie für beſeelt zu halten, wenn wichtigere Gründe für die Beſeelung ſprechen. Sie wollen eben nicht Menſchen und Thiere ſein, und brauchen zur andern Seele auch einen andern Träger und Ausdruck im Reiche der Materie. Scheint dir aber mit vorigen Betrachtungen darüber noch nicht genug gethan, ſo kannſt du eine weitere Entwicklung von ſolchen, wie ihn die Tagesanſicht in Sachen der Seelenfrage bietet, in einer großen und zwei kleinen Schriften finden[1]).

---

[1]) Zendaveſta, Nanna, und Ueber die Seelenfrage.

4. Die Erde insbeſondere.

Auf Grund des Vorigen haben wir die Erde als ein uns zugleich nach materieller und geiſtiger Seite übergeordnetes, in höherem Sinne als wir ſelbſt einheitlich gebundenes Weſen, hiemit als einen Knoten zu faſſen, der uns ſelbſt mit unſern Nachbargeſchöpfen gemeinſam in das göttliche Band einknüpft.

Denke nur, um ſie ſo zu faſſen, nicht blos an die dünne Kruſte, auf der du mit deinen Nachbargeſchöpfen wandelſt, in der die Pflanzen wurzeln, hiemit an trocknes Erdreich; du denkſt ja auch beim Menſchen nicht blos an ſeine Knochen. Das innere Glutmeer, das feſte Gerüſte darum, der Ocean, der Luftkreis, die ganze Menſchen-, Thier- und Pflanzenwelt, du ſelbſt mit inbegriffen, Alles concentriſch durch eine gemeinſame Kraft um denſelben Mittelpunct zuſammengehalten, gemeinſamen Perioden unterliegend, in Zweck- und Wirkungsbeziehungen mit einander verwachſen, in einander verrechnet, bildet erſt in Eins die ganze Erde und hiemit die Stufe über dir. Dieſelbe Erde, die uns und alle ihre Geſchöpfe durch dieſelbe Kraft an ſich gefeſſelt hält, hat auch alle aus ſich geboren, nimmt alle wieder in ſich zurück, nährt und kleidet alle, vermittelt den Verkehr zwiſchen allen, und behält bei allem dieſen Wechſel einen, durch den Wechſel ſelbſt ſich forterhaltenden und fortentwickelnden Beſtand.

Der Fuß des Menſchen iſt nicht minder dem Boden, die Klaue des Vogels dem Zweige angepaßt, als Fuß des Menſchen und Klaue des Vogels deren eignem Leibe, nur mit dem Vortheile, ſich auch über ihre Unterlage hinwegbewegen und den Wechſeln und Unregelmäßigkeiten derſelben anpaſſen zu können; aber von der ganzen Erde vermag ſich der ganze Menſch und Vogel doch noch weniger fortzubewegen, zu trennen, als irgend ein Glied vom Leibe des Menſchen oder Vogels. So viel feſter hält ſie das, was ſo viel loſer an ihr ſcheint, in erweiterter Zweckbeziehung, zuſammen. Und ſo beweiſt die Erde in allen allgemeinſten Verhältniſſen zugleich die einheitliche Verknüpfung aller ihrer Theile und das Verhältniß der Ueberordnung über ſie, uns ſelbſt mit eingeſchloſſen. Wie ſie es aber ſichtlich in materiellen Beziehungen thut, wird ſie es unſichtlich in geiſtigen Beziehungen thun.

Von vorn herein laſſen ſich viel Gleichungspunkte der ganzen Erde mit dem Menſchen finden, ſo Tag und Nacht mit Wachen und Schlaf, der Kreislauf der Gewäſſer mit dem Kreislaufe des Blutes, Ebbe und Fluth des Meeres mit dem Pulsſchlag des Herzens, die grüne

Pflanzendecke der Erde mit der empfindenden Haut des Menſchen u. ſ. w. vergleichbar finden; nur reicht die Aehnlichkeit nirgends über eine gewiſſe Grenze hinaus, wird vielmehr überall durch die Unähnlichkeit der größeren Höhe, Weite, Ueberordnung der Erde über den Menſchen überſchritten und überſtiegen. Und giebt es wohl im Menſchen ſelbſt einen Theil, der dem ganzen Menſchen gliche; wie ſollte die Erde einem ihrer Theile ganz gleichen. In gewiſſem Sinne zwar hat ſie geradezu Alles, was ihre Menſchen haben, indem ſie dieſelben ſelbſt theilhaft inbegreift, braucht nun aber nicht noch einmal zu haben, was ſie ſchon haben und wie ſie es haben, indem ſie es eben in ihnen, ſo, wie ſie es haben, hat; hat aber überall etwas Einheitliches, Einigendes, zu einem Geſichtspuncte höherer Zweckmäßigkeit Zuſammenſtimmendes darüber, und nirgends reicht die Analogie weiter als die Teleologie in dieſem Sinne reicht. Alſo wiederholt die Erde nicht den Kreislauf des Blutes in einem größeren Blutkreislaufe, das Athmen der Geſchöpfe in einer größeren Lunge; aber alle Blutkreisläufe der Geſchöpfe ſind nur Abzweigungen des großen Kreislaufes der Gewäſſer in ihr, indem alle daraus ſchöpfen und dadurch zuſammenhängen; ſtatt eine Lunge aus kleinen Bläschen noch einmal zu haben, iſt ſie ganz von der Atmoſphäre umhüllt, aus der alle Lungen der Geſchöpfe ſchöpfen, und durch welche Thiere und Pflanzen Sauerſtoff und Kohlenſäure mit einander tauſchen; und ſtatt ein Gehirn noch einmal in einer Schädelkapſel eng zuſammengefaltet zu haben mit Nerven, die ihm auf langen Wegen Sinnesreize zuführen und Bewegungsreize von da abführen, bietet ſie ihre ganze organiſche Welt mit deren Verkehrswegen, Culturvermittelungen und Culturerzeugniſſen ausgefaltet und äußerlich angeheftet an eine Alles zuſammenhaltende feſte Kapſel frei dem Licht des Himmels und den Schwingungen der Luft dar, woraus alle Nerven und Gehirne ihrer Geſchöpfe unmittelbar ihre Anregungen ſchöpfen und wodurch ſie ſich ihre wechſelſeitigen Anregungen mittheilen. Wozu dann noch ein beſondres Gehirn mit beſondern Nerven für geiſtige Verrichtungen. Von ſolchen unnützen Wiederholungen weiß die Erde nichts, und unnütz iſt es, ſolche in ihr zu ſuchen, thöricht, ſolche zu verlangen, um ihr ein organiſches Leben als Träger eines geiſtigen zuzugeſtehen. Doch vermißt man ſolche, und hält ſich offen oder verſteckt an den Schluß: weil der Menſch ſtirbt, den Geiſt verliert, wenn man ihm ſein Gehirn nimmt, iſt die Erde von vorn herein todt, geiſtlos, weil ſie von vorn herein kein Gehirn hat.

Und ſo gehört auch zu ihren todeswürdigen Verbrechen, daß ſie nicht unregelmäßig im Himmel umherläuft wie ein Menſch läuft. Aber wieder, warum ſoll ſie noch einmal äußerlich thun, was die Menſchen ſchon hinreichend in ihr thun. Und wonach hätte ſie zu laufen? Nach Nahrung, Kleidung? Vielmehr genügt ſie am beſten ihren höhern Zwecken dadurch, daß ſie nach einer feſten Regel geht. Wie der Menſch führt ſie ein inneres und ein äußeres Leben; zum inneren aber gehört der äußere Verkehr der Menſchen ſelbſt; und nachdem es in dieſem der Unregelmäßigkeiten ſchon mehr als genug giebt, iſt gut, daß ſie nicht auch noch äußerlich ganz darin aufgeht, vielmehr in ihrem geordneten Gange gemeinſame Richtung, Regel, Maß in Raum und Zeit für ihre Menſchen erhält, und mit der Erkenntniß einer, über alle Unregelmäßigkeiten erhabenen ſichtlichen Ordnung der himmliſchen Dinge zugleich die Ahnung einer unſichtlichen erweckt.

Dabei aber fehlt es der Erde doch nicht an Wechſeln in dem äußern Leben, das ſie im Verkehr mit den andern Geſtirnen führt. Und wie das innere Leben jedes Menſchen durch ſeinen äußern Verkehr mitbeſtimmt, und ſelbſt aus allgemeinem Geſichtspuncte beherrſcht wird, iſt es mit der Erde, der Menſch ſelbſt aber wird aus allgemeinem Geſichtspunct davon mit beherrſcht. In welch' wechſelvoller Mannichfaltigkeit erleuchten die Geſtirne je nach Tag und Nacht, nach Sommer und Winter, und nach der Polhöhe die Erde; Sonne und Mond ſteigen auf und ab, über jedem andern Horizonte zur ſelben Zeit zu andrer Höhe; die Sonne ſpielt mit den Wolken und Winden der Erde, zieht ſich dadurch ſelbſt bald hier, bald da Schleier vor, ſpiegelt ſich in den Wäſſern der Erde, hebt ſie hier in die Lüfte um ſie dort wieder fallen zu laſſen, macht die Pflanzen wachſen, grünen, blühen, kocht in ihnen Duft und Süßigkeit, zu jeder Zeit an jedem Orte anders. Tags neigen ſich ihr alle Blumen zu, indeß alle Augen der höheren Geſchöpfe ſich von ihr wenden, um nicht von ihrem Glanze zu erblinden, und verſchließen ſich ihr Nachts, um ſtill für ſich zu ruhen. Die Fluthwelle des Meeres kreiſt, dem Gange des Mondes folgend, um die Erde, in Höhe wechſelnd je nach Einſtimmung oder Widerſpruch mit dem Zug der Sonne, und wie ſich der Erde die andern Planeten nähern oder von ihr entfernen, mag ſie nicht blos die Veränderung der Helligkeit, ſondern auch des Zuges mehr als blos äußerlich ſpüren.

Inzwiſchen reicht kein Schall, kein Duft, keine Berührung von der Erde zu einem andern Geſtirne oder von einem andern zur Erde; kein Stäubchen findet von einem andern zu ihr den Weg, kein Geſchöpf von ihr vermag ein Geſchöpf von den andern Geſtirnen zu ſehen oder damit zu verkehren, und Alles, was die Sonne in ihr wirkt, faßt die Erde anders in ſich auf und zuſammen, als die andern Planeten; und ſo bleiben bei dem lebendigſten Verkehre der Erde mit andern Geſtirnen doch die Geſichtspuncte ihrer individuellen Sonderung davon im Rechte.

Daß die Erde zu all' dem auch Bewußtſein in ſich trägt, braucht niemand erſt bewieſen zu werden, weil jedem ein Theil davon in dem Bewußtſein, was er ſelber in ſich trägt, unmittelbar *gewieſen* werden kann, und mehr als das kann er nicht davon gewieſen verlangen, um nicht das ganze Bewußtſein der Erde ſelbſt zu verlangen. Doch *glaubt* er ja ſchon an mehr, indem er auch an das Bewußtſein andrer Menſchen glaubt, ohne es ſelbſt zu haben und ohne daß ſich ihm etwas davon zeigen läßt. Um aber auch an ein Bewußtſeinsband von alle dem zu glauben, hat er ſich der Gründe der vorigen Nummer und der dadurch begründeten Weltſtellung der Erde im Reiche der Seelenſtufen als himmliſches Geſchöpf zu erinnern. Das Band des Bewußtſeins reicht überhaupt durch die ganze Welt, und die Erde ſchneidet eben nur aus dem allgemeinen Bewußtſeinskreiſe ihren beſondern Kreis andern Geſtirnen gegenüber heraus, wie der Menſch in ihr wieder andern Menſchen gegenüber. Nicht ſo, daß ſie den Weltkreis durchlöchert zurückließe, ſondern ſo, daß ſie zur Füllung deſſelben ſelbſt beiträgt, indem ſie ihren beſondern Kreis mit einem beſondern Inhalt füllt. Dieſer aber beſteht nicht blos aus der Summe der einzelnen Seelen, die er in ſich ſchließt, ſondern ſchließt zugleich Verknüpfungsglieder zwiſchen allen ein, die in die einzelnen eingreifen, voll und ganz aber nur in das alle übergreifende und damit einheitlich verbindende höhere Bewußtſein fallen. Um ſie zu finden, hat man nur eben das Sichtliche ins Unſichtliche zu überſetzen.

Fragſt du, wie kann von einem, alles Menſchliche ja Irdiſche einigenden Bewußtſein die Rede ſein, wenn wir doch Religionen, Völker, Einzelne auf der Erde in hartem Streit begriffen ſehen. Aber wie viel doch ſtreitet ſich ſchon im einzelnen Menſchen, wozwiſchen er Friede ſucht, oft ohne ihn finden zu können. Statt daß die Einheit ſeines Bewußtſeins den innern Zwieſpalt hindert, macht ſie nur, daß er ihn empfindet und zu ſchlichten ſucht. Natürlich aber, daß in dem größern und höher anſteigenden Bewußtſeinskreiſe der ganzen Erde der Streit mächtiger und der endliche Friede ſchwerer erreichbar iſt. als in dem kleinen des einzelnen Menſchen; — in einem Glaſe kann es ja nicht ſtürmen wie im Meer; — indeß auch ein größeres, mächtigeres, nur langſamer zum Ziele führendes Streben dazu beſteht. Wie gewaltig aber iſt doch ſchon der Fortſchritt dazu von jener Zeit, wo noch kein Staat, keine Sitte, kein Geſetz, keine Religion, kein über die Meere reichender Handel und Wandel die Menſchen verband. Und nicht nur durch die Erde, durch alle Sterne und zwiſchen allen Sternen greift daſſelbe göttliche Streben durch, die fortſchreitende Entwicklung in gedeihliche Bahnen zu lenken.

All' das wird nun freilich heutzutage im Sinne der Nachtanſicht anders gefaßt. Danach ſind Menſchen, Thiere, Pflanzen, ſtatt Theile der Erde, etwas Aeußerliches an und auf der Erde; eine große todte Mutter hat lebendige Kinder geboren, von ſich abgeſondert und iſt danach ſo todt als vorher geblieben. Blos dem Aſtronomen fällt es nicht ein, wenn er die Erde andern Geſtirnen gegenüber betrachtet, von der Maſſe der Erde die Maſſe der Geſchöpfe abzuziehen; ſonſt thut man es, und zieht damit zugleich den Geiſt der Geſchöpfe von der Erde ab; wie ſoll dann freilich noch an einen Geiſt der Erde zu denken ſein, nachdem man ſolchen in Stücken davon abgezogen hat. Der Nachtphiloſoph ſanctionirt dieſe Auffaſſung vollends in ſeinen Speculationen über den Gegenſatz des organiſchen und unorganiſchen, als lebendigen und todten Reiches der Erde und der Darwiniſt plagt ſich noch heute mit einer Art Alchemie, aus unorganiſcher Schlacke organiſches Gold herauszubringen.

Und freilich iſt der Gegenſatz zwiſchen dem organiſchen und unorganiſchen Reiche der Erde größer, als zwiſchen Knochen einerſeits, Fleiſch und Nerven andrerſeits in unſerm Leibe; nur liegt es von ſelbſt im Weſen eines übergeordneten Organismus, daß er größre Gegenſätze in ſich birgt als ſeine Theile, wie unſer eigner Organismus ſelbſt als Ganzes ſeinen Theilen gegenüber beweiſt. Mit allem Gegenſatze gegen das organiſche Reich aber iſt das unorganiſche ſelbſt das Bindeglied des organiſchen zu einem in höherem Sinne organiſchen Ganzen. Reiße es aus dem Ganzen heraus, und alles Leben purzelt nicht nur auseinander, ſondern zerfällt in ſich. Und nur deßhalb vermag das Unorganiſche nichts Organiſches mehr herzugeben, weil überhaupt keins je das andere hergegeben hat, ſondern beide als Entwickelungsmomente des höheren organiſchen Ganzen durch deſſen Differenzirung hervorgegangen ſind 1).

Wir haben Geographie, Geologie, Paläontologie, Meteorologie, Botanik, Zoologie, Anthropologie, Ethnologie, Völkergeſchichte und was nicht alles noch für beſondre Lehren von der Erde. Ganz gut;

---

1) Ausführungen hierüber ſiehe in der Schrift „Einige Ideen u. ſ. w.“.

aber es ſind Alles nur Lehren, welche uns dieſelbe ſtückweis oder von der oder jener Seite kennen lehren. Wo iſt die Lehre, welche uns die Anſchauung der Erde als eines einheitlichen, uns ſelbſt nach Leib und Seele mit einbegreifenden, Ganzen gewährte. Für die Nachtanſicht beſteht nicht einmal der Geſichtspunkt einer ſolchen Lehre; und ſeit ich ſelber mich damit befaßt, heiße ich ein Phantaſt in dieſen Dingen.

Ein Vogel entfloh dem Käfig, um ſich einmal die Welt von Oben anzuſehen. Aber ein Vogel der frei ſein will, muß ſich auch gefallen laſſen, vogelfrei zu ſein; man kümmert ſich nicht um ihn oder ſchießt ihn herab. Im Käfig unter den Käfigen unten wäre er ſicher geblieben und hätte keine andre Gefahr gelaufen, als von den Vögeln in den Nachbarkäfigen überſungen oder überſchrieen zu werden, wie ſie unter einander thun; gehörte er dann doch zur Geſellſchaft.

5. Das Jenſeits.

Der Glaube an das Jenſeits iſt uns durch das Wort vorgeſchrieben, und der Wunſch des Menſchen, dereinſt fortzuleben, und, was ſich hier nicht haben läßt, dort zu haben, kommt ihm zu Hülfe. Eine eigentliche *Brücke* zu dieſem Glauben aber giebt es nicht, noch kann es geben, ſo lange die Nachtanſicht an der Lücke Wache hält. Denn wie nach ihr das Bewußtſein rings um jeden abbricht, bricht es natürlicherweiſe auch nach jedem ab; eins hängt verfolgbar mit dem andern zuſammen. Und ſoll es doch noch ein künftiges Leben geben, ſo wird es aus gleichem Grunde abgeriſſen vom Diesſeits, in einem mythiſch-myſtiſchen Reiche, das iſt das Jenſeits der Nachtanſicht, geführt. Schon das Diesſeits iſt ihr ja ein Scheol, worin nur lichte Pünktchen wie durch ſchwarzen Zunder laufen, und der Himmel ſelber, in den wir hinaufſehen, dieſem Scheol mit verfallen. Alſo liegen für die Nachtanſicht Paradies und Hölle über allen Himmeln und unter jeder Tiefe. Will einer doch das künftige Leben näher haben, ſo ſucht er es auf der Sonne oder läßt den Geiſt durch die Geſtirne wandern. Wer kann's wehren. Entweder iſt nach der Nachtanſicht überhaupt nicht an ein Jenſeits zu glauben, und der conſequente Nachtphiloſoph thut's auch nicht, ſondern zieht materialiſtiſch den Untergang der Seele mit dem Körper oder idealiſtiſch die Aufſaugung durch den allgemeinen Geiſt vor, oder jeder kann glauben, was er möchte, und thut's auch, um die Leere, welche die Glaubensvorſchrift läßt, zu füllen.

Für die Tagesanſicht aber iſt das Jenſeits nur die Erweiterung und Steigerung des, diesſeits ſchon in Gott geführten, Lebens; die Brücke zum Jenſeits liegt im Zuſammenhange zwiſchen dem menſchlichen und göttlichen Daſein, und der Glauben an das jenſeitige Daſein iſt mit dem Glauben an das göttliche feſt verwachſen. Die Zwiſchenſtufe zwiſchen uns und Gott aber ſcheidet uns hiebei nicht von Gott, ſondern fügt uns nur in denſelben ein.

Meint man denn, das ganze bewußte Leben eines Menſchen könne in einem, daſſelbe mit befaſſenden, allgemeineren bewußten Leben wie eine Blaſe auftauchen und vergehen, ohne auch eine Folge ſeiner Art darin zu hinterlaſſen. So iſt es doch nicht innerhalb des bewußten Lebens eines Menſchen ſelbſt; ja wie käme das dabei zurecht; es wird auch darüber hinaus nicht ſo ſein; nur muß es ein allgemeineres bewußtes Leben darüber hinaus auch geben, wohinein das diesſeitige des Menſchen ſeine Folge und Erweiterung erſtrecken kann.

Der Materialiſt freilich wird nicht müde, die Seele daran zu erinnern und damit zu bedrohen, daß ſie an ihrer Leiblichkeit die nothwendige Bedingung ihres Beſtehens und Wirkens habe; wie ſollte ſie fortbeſtehen, wenn dieſe Bedingung ihres Beſtandes wegfällt. Gegentheils wird man nicht müde, dem Materialiſten zu beweiſen, die Seele oder doch der Geiſt — denn gern zerſchneidet man hiebei das einig Ganze, um wenigſtens das theuerſte Stück davon zu retten — ſei weſentlich unabhängig vom Leibe. Umſonſt, was helfen gegen des Materialiſten Thatſachen Beweiſe. Anſtatt ihm zu beweiſen, daß ſeine Waffen ſchlecht ſind, gilt es, ihn mit ſeinen Waffen zu ſchlagen; andere ihn zu ſchlagen, giebt es nicht, aber dieſe giebt es.

Wie ſollte die Seele nicht fortbeſtehen, wenn die Bedingung ihres Beſtandes, ſo nothwendig als ſie für das Diesſeits iſt, mit gleicher Nothwendigkeit die Bedingung des künftigen Beſtandes aus ſich hervortreibt. Laſſen wir es doch gelten, daß das Leben der Seele diesſeits an den Beſtand irgendwelcher materiellen Vorgänge gebunden iſt, je weſentlicher, unverbrüchlicher, ſo beſſer; aber können denn materielle Vorgänge, welcher Art ſie immer ſein mögen, überhaupt vergehen, ohne in Folgevorgänge überzugehen, oder ſollen die bewußtſeinstragenden eine Ausnahme davon machen? Vielmehr, wo ihre Folgen ſich auch nach unſerm Tode finden mögen, und ob man ſie zu finden weiß, ſo müſſen ſolche da ſein; wir werden ihnen aber eben deshalb, weil es Folgen bewußtſeinstragender Vorgänge ſind, die gleiche Tragkraft zutrauen können, ohne von den einen beſſer als von den andern zu wiſſen, was ihnen dieſe Tragkraft verleiht; denn das wiſſen wir in der That von den diesſeits urſächlichen ſo wenig, als wir es von den, ſie ins Jenſeits fortſetzenden wiſſen können. Urſachen ſetzen ſich überhaupt ihrer Natur nach unverändert in ihren Folgen fort, inſoweit ſie nicht mit dieſen in Andres hineinwirken oder Andres in die Folgen hineinwirkt; inſoweit es aber der Fall iſt, wird ihre Natur nicht dadurch zerſtört, ſondern nur neu mitbeſtimmt, und beſtimmt das Andre neu mit[1]. Das wird alſo auch von den Folgen unſrer bewußtſeinstragenden Vorgänge gelten. Um aber in die Folgevorgänge überzugehen, müſſen die urſächlichen erlöſchen, d. h. ſterben.

Und wenn nun mit Zerſtörung der ganzen diesſeitigen Leiblichkeit alle urſächlichen Vorgänge, welche unſer diesſeitiges Bewußtſein trugen, erloſchen ſind, wo ſollen ſich endlich die geſammten Folgevorgänge dieſes Lebens finden, als in dem, von unſerem Tode nicht mitbetroffenen, ein weiteres, höheres und allgemeineres Bewußtſein tragenden Ganzen — die Tagesanſicht, nicht die Nachtanſicht ſprichts — dem wir ſchon diesſeits mit Leib und Seele angehören, um ihm mit unſrer jenſeitigen Fortſetzung nur in neuer Daſeinsform anzugehören, und in neuer Weiſe zur Fortbeſtimmung ſeines Lebens beizutragen. Wir wiſſen freilich die materiellen Folgen unſres diesſeitigen Lebens nicht ſonderlich über daſſelbe hinaus zu verfolgen, weil ſie zu ſehr in's Weite ſtrahlen; ſie ſind ſozuſagen zu weit ausgepackt, indeß die, welche unſer diesſeitiges Bewußtſein tragen, zu eng eingepackt ſind, um ſie mit einem leichten und kurzen Blicke zu erfaſſen und zu verfolgen; und insbeſondere entgeht uns leicht der Zuſammenhang der Folgen unſres diesſeitigen Lebens. So unmöglich es aber iſt, den *zeitlichen* Zuſammenhang zwiſchen Urſach und Folge zu brechen, ſo unmöglich den *räumlichen* zwiſchen den Folgen räumlich in ſich zuſammenhängender Vorgänge zu brechen, wie es die Vorgänge in unſerm Leibe ſind. Alſo wird ſich mit der Erweiterung unſres Lebenskreiſes nur unſer Bewußtſeinskreis erweitern; und zuſammengehalten bleibt er bei aller Erweiterung doch in der irdiſchen und endlich der ganzen Welt.

So geht von vorn herein aus allgemeinſtem Geſichtspunct die Betrachtung nach materieller Seite mit der Betrachtung nach geiſtiger Seite Hand in Hand und führt zu demſelben Ziele. Der Geiſt des

---

[1] Eine nähere Erläuterung dieſes hier nur kurz und obenhin ausgeſprochenen Satzes in phyſikaliſchem Sinne, welche zu den obigen Folgerungen zurückführt, ſiehe am Schluß des 12. Abſchnittes.

Menſchen erſtreckt ſeine Folgen in den allgemeinen Geiſt, und der Leib des Menſchen in die allgemeine Welt der körperlichen Dinge, die dieſen Geiſt trägt, hinein; und wie die geiſtigen und leiblichen Urſachen diesſeits unter einander zuſammenhängen, ſo die jenſeitigen geiſtigen und leiblichen Folgen. Dazu aber gilt es nicht, den Geiſt von der Materie abzulöſen, ſondern den Weg, den der Geiſt diesſeits mit ihr geht, ins Jenſeits fortzuführen.

Die Saite verklingt und der Ton entſchwebt in die Luft, das iſt einfachſt ausgedrückt das Verhältniß zwiſchen Diesſeits und Jenſeits. Der natürliche Menſch faßt es ſchon ſo und öffnete ſonſt ſogar das Fenſter, damit die entſchwebende Seele hinaus könne. Wenn aber die Luft nicht eben ſo gut klingen könnte, als die darin verklingende Saite, ſo gäbe es für den Ton kein Jenſeits; an der Materie der zurückbleibenden Saite liegt nichts. Oder verfließt etwa der Ton, indem er in die Luft entſchwebt, in deren Allgemeinheit? Im Gegentheil, er breitet ſich nur aus, und verwebt ſich unter Forterhaltung ſeiner vollen Eigenheit mit andern Tönen zu höhern Verbindungen. So die ausgebreiteten jenſeitigen Lebensſphären der Menſchen unter einander.

Freilich kann das Bild in ſeiner Einfachheit nicht Alles treffen, was es hier zu treffen gälte. Und insbeſondere trifft es darin nicht, daß der Menſch nicht eine einfache tönende Saite, ſondern ein ganzes reich beſaitetes, mit oscillirendem und pulſirendem Leben erfülltes, Inſtrument iſt, was ſein eigenes Lebensſpiel empfindet, und die Welt um den Menſchen keine leere Luft, ſondern ein ſchon hoch und weit ausgebautes Syſtem iſt, was die Wellenſchläge dieſes Spiels in ſich aufnimmt und ſich dadurch weiter fortbeſtimmt und ausbaut.

Auch darin aber trifft es nicht, weil es überhaupt nur die materielle Seite treffen, was es zu treffen gilt, trifft, und darin kann überhaupt kein blos materielles Bild treffen, daß das Bewußtſein ſeinen Sitz nach beſtimmten, ſchon im Diesſeits verfolgbaren und hienach auf den Uebergang ins Jenſeits übertragbaren Geſetzen wechſelt. Aber was uns das einſeitige Bild in dieſer Hinſicht nicht lehren kann, wird uns der Blick auf die geſetzlichen Thatſachen ſelbſt lehren.

Und ſo hängt die ganze Lehre der Tagesanſicht vom Jenſeits an folgenden Puncten:

Giebt es ein künftiges bewußtes Leben, ſo kann es als Fortſetzung des jetzigen nur in den davon abhängigen Folgen geſucht werden. — Das jetzige bewußte Leben erſtreckt ſeine Folgen in die von einem allgemeinen Geiſte übergriffene Welt hinein; dahinein hat man ſie zu verfolgen. — Und: es giebt Geſetze des Bewußtſeinswechſels ſchon im Diesſeits, die auch den Uebergang vom Diesſeits in das Jenſeits beherrſchen.

Das Folgende iſt nur die Erläuterung, Bekräftigung und Entwicklung hievon.

Nun iſt zunächſt in dieſer Hinſicht gewiß, daß das, vom Menſchen diesſeits in den engen Schranken der Leiblichkeit geführte Leben einen weiten Kreis von Wirkungen um ſich ſchlägt, die es überdauern, nie erlöſchen, indem ſie immer neue Wirkungen erzeugen, einen Kreis, der nie zerfällt, wie der Wellenkreis um die angeſchlagene Saite oder den in den Teich gefallenen Tropfen oder Stein nie zerfällt, und, ſich ungeſtört mit andern Kreiſen ſchneidend und verwebend, immer die Beziehung zu demſelben Urſprunge fortbehält. Wir können freilich diesſeits nur einzelne Richtungen davon verfolgen, und was davon über uns hinaus iſt, ſcheint uns verloren, doch iſt uns nicht verloren, ſondern, als Fortſetzung unſres Weſens, für das Jenſeits aufgehoben. Jede innere Regung des Menſchen trägt, ſchließlich ſich nach Außen übertragend und dadurch für das Innere erlöſchend, ihre Fortwirkung zu dieſem weitern Kreiſe mit bei; die feinſte Nervenſchwingung kann ſich dieſem Schickſal nicht entziehen; und ſtirbt der Menſch, ſo hat ſich mit ſeinem ganzen äußern ſein ganzes inneres Weſen in dieſen weiten Kreis und hiemit ſein Diesſeits in ſein Jenſeits umgeſetzt. An der rückbleibenden Materie hängt nichts, über ſie ſetzt man den Leichenſtein; aber er deckt nichts von dem ins Freie entſchwebten Menſchen.

Fiele nun dieſer weite Kreis von Nachwirkungen eines bewußten Menſchenlebens einer bewußtloſen Welt um den Menſchen anheim und würde damit ſelbſt zu einem bewußtloſen Momente derſelben, wie es in der Conſequenz der Nachtanſicht liegt, ſo gäbe es für den Menſchen kein Jenſeits. Indem aber das bewußte Menſchenleben ſich dadurch nur in eine höhere und weitere bewußte Welt fortſetzt, giebt es für ihn ein Jenſeits, worin er, ſtatt zu zerrinnen, zu zerſtieben, ſich wie die Pflanze aus dem erſterbenden Samenkorne ausgefaltet und weiteren und höheren Entwicklungsbedingungen unterliegend wiederfindet, und ſelbſt beiträgt, die Welt weiter fortzuentwickeln. Er muß nur eben das diesſeitige Bewußtſein, ja das Vermögen dazu, erſt verlieren, um das jenſeitige zu finden, nachdem er die Unterlage dazu in den Folgen ſeines diesſeitigen Lebens ſchon vorher erzeugt hatte, wie das Kind in dem Leben vor der Geburt ſchon die Bedingungen ſeines zweiten Lebens erzeugt; aber erſt das erſte Leben einbüßen muß, um das zweite zu gewinnen.

Wohl ließ ſich von vorn herein fragen: warum das diesſeitige Bewußtſein erſt verlieren, um das jenſeitige zu finden, wenn die Bedingungen des jenſeitigen ſchon da ſind, das ganze diesſeitige Leben ſelbſt ſich fortgehends darein umſetzt. — Aber ſchon beim neugebornen Kinde, was vor der Geburt noch kein Bewußtſein hatte, könnteſt du fragen, warum das Bewußtſein erſt mit der Geburt plötzlich und auf einmal in ihm hervorbricht, nachdem es doch ſchon vor der Geburt die Bedingungen dazu erzeugt hatte. Nicht anders aber bricht an der ſchon zuvor erzeugten Unterlage des jenſeitigen Lebens plötzlich und auf einmal das Bewußtſein in der Geburt zum neuen Leben hervor, und ſtatt der äußeren Lebensreize, die das Kind zum erſten bewußten Leben erwachen laſſen, iſt es der volle Umſchlag dieſes bewußten Lebens ſelbſt, was hier den äußeren Lebensreiz vertritt.

Der Zuſtand des Bewußtſeins ſammt der unterliegenden körperlichen Thätigkeit wechſelt überhaupt ſchon diesſeits in Schlaf und Wachen periodiſch zwiſchen Aufſteigen über eine Schwelle und Sinken unter eine Schwelle; aber das Sinken darunter iſt ſelbſt Bedingung des nachfolgenden Darüberſteigens, und je tiefer der Schlaf, ſo lebendiger das darauf folgende Erwachen; und ſo wird auch das gänzliche Einſchlafen des diesſeitigen engen Lebens zur Bedingung eines hellen Erwachens des jenſeitigen weiteren Lebenskreiſes werden; denn daſſelbe, was vom zeitlichen gilt vom räumlichen Wechſel des Bewußtſeins. Faſſen wir dieß wichtige Verhältniß jetzt etwas näher in das Auge.

Schon diesſeits führt der Menſch ſein Bewußtſein im Raume mit ſich herum, Beweis, daß es überhaupt räumlich verlegbar iſt, und in ihm ſelber wechſelt es ſo zu ſagen den Ort. In ein Schauſpiel vertieft, ſieht der Menſch nur und hört nicht, was um ihn vorgeht, ein andermal hört er nur und ſieht nicht was um ihn vorgeht, und wieder ein andermal denkt er nur, und ſieht und hört nicht, was um ihn vorgeht. Das heißt: die verſchiedenen Organe ſeines ſinnlichen und höhern Geiſteslebens werden wechſelnd in bewußte Thätigkeit verſetzt; das Bewußtſein ſchlägt in Anknüpfung an die ihm unterliegende körperliche Bewegung wie eine Welle zwiſchen ihnen herüber und hinüber, kann aber hier nicht ſteigen ohne dort zu ſinken. So lange nun der Menſch noch diesſeits lebt, wandert es auch blos theils im Ganzen mit ſeinem ganzen lebendigen Leibe in der Welt, theils wechſelnd zwiſchen den Organen dieſes Leibes hin und her; kommt der Tod, ſo kann es nicht mehr mit dem ganzen Leibe, der nicht mehr da iſt, noch darinnen wandern, ſondern wandert über dieſen Leib in den weitern Leib — denn warum nicht Kürze halber dieſen Ausdruck dafür brauchen — hinein, den ſein diesſeitiges Leben ſchon um den engern hervorgetrieben hatte, doch der bis dahin ſchlief, um fürder in dieſem weitern Leibe wie früher in dem engern zu wandern. Die Schiffe hinter ihm ſind verbrannt; um aber darüber hinaus zu wandern, mußte es eben auch die alten Schiffe verlaſſen. Erſcheint dir aber der Ausdruck Wandern des Bewußtſeins zu materialiſtiſch, ſo ſetze dafür deinen idealiſtiſchern, und die Sache bleibt dieſelbe; übertrage ihn nur folgerichtig im Sinne der Thatſachen vom Diesſeits auf das Jenſeits.

Von allen Wechſeln im Diesſeits aber iſt einer vor allen geeignet, die Brücke der Betrachtung und des Schluſſes ins Jenſeits zu ſchlagen. Und möchte es noch ſo ſchwer ſein, an das, was uns dereinſt begegnen wird, zu glauben, ſo fremdartig tritt es in die gewohnte Anſicht einer bewußtſeinsleeren Welt um uns hinein, ſo blicken wir auf das, was ſchon jetzt in uns begegnet. Giebt es doch ſchon in uns ein Diesſeits und Jenſeits, nur auf niederer Stufe, und es iſt nur daſſelbe Princip, was vom einen ins andere in uns und was über uns hinaus und hinauf führt.

Nicht anders als die Anſchauung nach ihrem Erlöſchen in uns ſich als Erinnerung in einem weitern und höhern Reiche des menſchlichen Bewußtſeins wiedergebiert, wird ſich der ganze diesſeitige Geiſt des Menſchen jenſeits in einem weitern und höheren Erinnerungsreiche Gottes wiedergeboren finden, nur anders inſofern, als unſer ganzer Geiſt ſchon weiter und höher als unſre Anſchauung und Gottes Erinnerungsreich weiter und höher als unſres iſt, alſo auch alle Verhältniſſe unſrer Erinnerungen ſich erweitert und geſteigert darin wiederfinden werden. Wie die Erinnerung in uns getragen wird von verbreiteten materiellen Wirkungen, welche die körperliche Bedingung der Anſchauung, noch weil ſie ſtand, über ſich hinaus in das Gehirn hineinerzeugte, — die Kreiſe dieſer Wirkungen begegnen und kreuzen ſich im Gehirn, ohne ſich zu ſtören, — wird das geiſtige Daſein des Menſchen im Jenſeits von materiellen Wirkungen getragen, die ſein leibliches Daſein, noch während es beſtand, in die von Gott begeiſtete materielle Welt hineinerzeugte, nur wieder Alles erweitert und geſteigert. So wenig du [illegible] in ein lebendiges Gehirn äußerlich blickend die Erinnerungen darin gehen ſehen könnteſt; doch gehen ſolche darin; ſo wenig in die Welt äußerlich blickend die darin gehenden jenſeitigen Geiſter, doch gehen ſolche darin.

Alſo machet die Tagesanſicht dem Glauben an das Jenſeits nichts

Neues, Undenkbares, Unerhörtes zu, ſondern nur eine Verallgemeinerung, Erweiterung, Steigerung deſſen, was ſich beobachten läßt, darüber hinaus, eine Erweiterung und Steigerung, weil es ein erweitertes und geſteigertes Gebiet der Betrachtung gilt. Das iſt mehr als bloße Analogie, obwohl es auch Analogie iſt; es ſind allgemeine Geſetze, welche das Diesſeits und Jenſeits im Zuſammenhang beherrſchen, die hier zur Geltung gebracht werden, wogegen die gemeine, die philoſophiſche, die theologiſche, kurz die Nachtanſicht von heute mit dieſem Leben auch die Geſetze dieſes Lebens abbricht.

Freilich, ein ſo zerlaufenes Weſen, wie unſere künftige Leiblichkeit ſein ſoll, will dir nicht gefallen. Aber du ſtellſt ſie dir eben nur falſch vor, wenn du ſie dir unbeſtimmt zerlaufen vorſtellſt; indeß ſie alle Beſtimmtheiten der diesſeitigen in ſich aufnimmt, indem ſie aus ihr erwächſt. Der Same mag ſich auch vorſtellen, die Pflanze, die aus ihm hervorbricht, indem ſie ihn zerbricht, zerlaufe ins Unbeſtimmte, weil er ihr nicht folgen kann, aber jeder Bildungstheil des Samens treibt ſeinen zugehörigen Bildungstheil in der Pflanze hervor, und auch in der erwachſenen Pflanze ſprengt die Knospe ihre Hülle, nicht um ins Unbeſtimmte zu zergehen, ſondern ſich in erweiterter Form zu entfalten. Nur die begrenzte äußere Geſtalt, in der du diesſeits erſcheinſt, ſcheint für das Jenſeits verloren zu gehen, aber damit, daß ſie für die diesſeitige Erſcheinung verloren iſt, iſt ſie noch nicht für die jenſeitige verloren; wir haben nur diesſeits nicht die Augen des Jenſeits. So gut ſich im kleinen inneren Jenſeits eines Menſchen die Erinnerungsgeſtalten aller ſeiner Bekannten begegnen können; ſo gut im großen jenſeitigen Erinnerungsreiche die Erinnerungsgeſtalten aller Menſchen, trotzdem, daß weder hier noch da das der Erſcheinung unterliegende, zerfloſſen ſcheinende materielle Weſen die äußere Geſtalt der Erſcheinung ſelber trägt.

Unſre Erinnerungen verweben ſich zu einem höheren geiſtigen Spiel in Phantaſieen, Begriffen, Gedanken, Ideen; die Anſchauungen für ſich vermögen es noch nicht; doch ſpielen tauſend Erinnerungen in jede Anſchauung, man nennt es Aſſociation, begeiſtend hinein. Alſo wird auch das höhere Lebensſpiel auf Erden und weil das irdiſche Leben in Gott eingethan iſt, das höhere Leben in Gott nicht zwiſchen den Geiſtern des Diesſeits ſondern des Jenſeits geführt; doch ſpielen Ideen der Verſtorbenen, in denen dieſe ſelbſt mit fortleben, in die diesſeits zurückgebliebenen hinein, ja die diesſeitigen Lebenskreiſe werden allwegs von Kreiſen des jenſeitigen Lebens geſchnitten und durchſchritten; der innigſte Verkehr zwiſchen Diesſeits und Jenſeits iſt in die natürliche Weiſe des Seins und der Entwicklung des Diesſeits ſelbſt verrechnet; ja was wären wir heute, wenn nicht die Geiſter vergangner Jahrhunderte in uns fortlebten; nur leben ſie nicht blos in uns, ſondern auch über uns hinaus fort.

Man meint, die Geiſter unſrer Lieben ſeien uns mit dem Tode in unnahbare Ferne gerückt; man zweifelt wohl gar, ob man ſie im Jenſeits wiederfinden wird. Im Gegentheil, je mehr ihr diesſeitiger Lebenskreis mit dem unſrigen verwachſen war, deſto mehr greift er auch in ſeiner jenſeitigen Folge noch in unſern diesſeitigen hinein. Wir wiſſen nur diesſeits nicht, daß er es thut, indem wir als das Unſre rechnen, was zugleich das Ihre iſt. Der von unſrer Seite unbewußte Verkehr mit ihnen aber wird zum bewußten, wenn wir nun ſelber zu ihnen in das Jenſeits treten; bis dahin wohnt der verſtorbene Theil, Gatte, Gattin, Geliebter, Geliebte dem hinterlaſſenen Theile noch als Schutzgeiſt bei.

Die ſchon hier im Geiſte eins ſind und ſich doch noch äußerlich auseinander fühlen, werden ſich dort auch innerlich eins fühlen nach den Seiten, nach denen ſie wirklich eins ſind. Aber auch der Widerſtreit der Geiſter wird innerlicher und härter empfunden werden, und damit ſtärker zur Hebung und Verſöhnung treiben; und eine Schonungsloſigkeit wird an dem innerlichern Verkehr der Geiſter hängen, vor der Manchem zum Voraus bangen mag. Was einer von ſeinen Gedanken hier Allen verbergen möchte, wird im jenſeitigen Erinnerungsreiche Allen durchſichtig ſein, und nur das mag jeden etwas tröſten und Alle nachſichtig gegen Alle machen, daß Alle von ihren Gedanken hienieden etwas Allen verbergen möchten. Aber es wird doch für Alle ein Fegefeuer ſein, durch das ſie hindurchzugehen haben, und wohl dem, der nicht blos ſeine Thaten ſondern auch ſeine Gedanken hier ſo züchtigt, daß es ihm nicht zu heiß beim dereinſtigen Hindurchgehen wird.

Noch viel allgemeinere und ſchwerer wiegende Verheißungen und Drohungen knüpfen ſich an unſern Ausblick in das Jenſeits. Das Gute und Schlimme, was vom Menſchen diesſeits in die Welt ausgegangen iſt, und wovon er meint, daß es ſchon über ihn hinaus ſei, wird den Mit- und Gegenwirkungen, denen es ſeiner Natur nach zu begegnen hat, erſt im Jenſeits voll begegnen, und was davon hier noch nicht ſein Bewußtſein gerührt hat, dort daſſelbe rühren; hiemit der Menſch ſelbſt ſich ſeinen künftigen Himmel oder ſeine Hölle ſchaffen. Die Schmerzen, die der Menſch getragen, ſchmerzen ſchon in der dieſſeitigen Erinnerung nicht mehr; ſie werden auch im jenſeitigen Erinnerungsreiche nicht mehr ſchmerzen; ja, wo kein Abſchneiden eines kranken Gliedes mehr hilft, hilft endlich noch das Abſchneiden des ganzen kranken Menſchen; die Schmerzen aber, die man Andern erweckt hat, ſchmerzen ſchon dieſſeits in der Erinnerung, man nennt es das Gewiſſen, und werden bittrer ſchmerzen im jenſeitigen Erinnerungsreiche, auch wo das Gewiſſen dieſſeits noch nicht wach war; denn das Jenſeits hat Mittel ſie zu wecken. Den haſt du betrogen, dem Unrecht gethan; was geht es dich noch an; es wird dich wohl angehen, wenn du in der Ausbreitung deiner künftigen Exiſtenz den üblen Folgen der dieſſeitigen, von denen du meinſt, daß ſie über dich hinaus ſind, als auf dich zurückſchlagenden, ja unmittelbar in dich greifenden, begegnen wirſt.

Viel wäre noch von all' dem zu ſagen; doch es ſei für jetzt genug[1].

In der Schrift, der man auf's Wort glauben ſoll, giebt's Worte — ein Syſtem freilich giebt's nicht — die man nur wirklich beim Worte zu nehmen brauchte, um damit den Glauben an das Jenſeits im Sinne der Tagesanſicht zu haben oder daraus zu folgern[2]. Wie im Glauben an den einigen Gott iſt die Tagesanſicht dem bibliſchen Glauben damit nur nachgekommen. Doch glaubt man dem Worte eben nicht weiter als es die Nachtanſicht erlaubt.

6. Das Uebel in der Welt.

Nicht minder für die Tagesanſicht als für die Nachtanſicht bleibt es die ſchwerſte Frage: woher, warum, wozu, wohin das Uebel in der Welt, und wie ſein Daſein mit dem Daſein eines zugleich allgütigen, allmächtigen, allweiſen Gottes vereinigen. Es ſcheint ein reiner Widerſpruch. Die Tagesanſicht aber entzieht ſich dem Widerſpruche zunächſt dadurch, daß ſie, den erſten Blick, ſtatt auf den dunkeln Urſprung, auf die klare Sachlage der Dinge werfend, mit der Thatſache des Uebels zugleich das, durch die Welt gehende, Streben ins Auge faßt, dem Uebel zu wehren, es zu heben, zu heilen und in Seegen zu verkehren, und daß ſie den Gipfel, Zuſammenſchluß und Abſchluß dieſes Strebens wie alles Guten in Gott ſucht. Den des Böſen aber kann ſie nicht darin ſuchen, weil das Böſe als ſolches eben vermöge des in Gott ſich zuſammenfaſſenden, gipfelnden, abſchließenden Gegenſtrebens überhaupt keinen Gipfel, Zuſammenſchluß und Abſchluß hat. Vielmehr je länger es ſich fortentwickelt, je weiter es um ſich greift, je höher und in je höhere Gebiete es aufſteigt, deſto weiter greifende, ſtärkere und höhere Mittel und Kräfte ruft es in der Weltordnung gegen ſich auf, die es endlich überwachſen, ja ſelbſt zum Quell eines neuen Guten machen; indeß das einmal erreichte Gute das entgegengeſetzte Verhalten zeigt, in ſeiner Ausbreitung und Erſtarkung die Bedingungen einer weiteren Ausbreitung und Erſtarkung zu gewinnen. Da nun aber das diesſeitige Daſein nicht das ganze Daſein iſt, ſo iſt weder die endgültige Wendung und Verſöhnung des Uebels, noch ſind alle Mittel dazu ſchon im Diesſeits zu ſuchen, nur die Richtung dazu iſt ſchon darin zu ſuchen und zu finden.

---

[1] Noch einmal iſt die Frage des Jenſeits im 12. Abſchnitt des zweiten Theiles aufgenommen; eingehender aber im „Büchlein vom Leben nach dem Tode" und im dritten Theil des „Zendaveſta" davon gehandelt.

[2] Vergl. die „drei Motive und Gründe des Glaubens" S. 175, 214, 217.

Rühre alſo das Uebel her, woher es mag, ſo dürfen wir uns deſſen getröſten, daß in der Welt des Bewußten, für die es allein Uebel giebt, nicht nur überhaupt ein Trachten beſteht, was auf die Hebung vielmehr als Förderung des Uebels geht — nur daß das endliche Trachten auch nur Endliches für ſich vermag — ſondern auch, daß ſo hoch und weit und mächtig das Uebel im Reiche der Endlichkeit reicht und iſt, es von einem noch höhern, weitern und mächtigeren Gegenſtreben überreicht wird. Damit aber beſteht nicht nur die Idee eines im höchſten Sinne gütigen, weiſen und mächtigen Gottes, ſondern dazu bedarf es der Idee eines ſolchen Gottes. Das iſt Eins und dazu wird noch ein Zweites kommen.

Freilich das Streben jedes Einzelnen, dem Uebel zu wehren, es zu tilgen, bezieht ſich zunächſt nur auf ſein eigenes Wohl, und giebt es eine angeborne Sündhaftigkeit des Menſchen, ſo iſt es ſein Egoismus; alſo nimmt das kleinſte Kind dem andern ſeine Puppe, ſchlägt es und handelt wider das Gebot; oft auch verdirbt ſich der Menſch die Zukunft um des gegenwärtigen Genuſſes willen. Aber nach Maßgabe als der Menſch erwächſt, ſeine Intereſſen ſich erweitern, erkennt und fühlt er von ſelbſt, daß ſein Wohl mit dem von andern zuſammenhängt, und die Zukunft Opfer der Gegenwart verlangt, und je mehr ſeine Einſicht und ſein Gefühl ſich in dieſer Richtung erweitert, erhöht, vertieft, erſtarkt, klärt, je mehr er die Mittel zur Durchführung ſeiner Zwecke in ſeiner Hand hält, und aus je höhern Geſichtspuncten er ſie beherrſcht, ſo beſſer und ſichrer gelingt es ihm. Gottes Einſicht und Macht aber reicht über alle Verhältniſſe und Mittel der Welt, ſie iſt ja ganz die ſeine; ſein Fühlen reicht aus höchſter Höhe bis in die Tiefe des Gefühls aller ſeiner Geſchöpfe; ein Conflict des Egoismus mit der Liebe zu ihnen aber kann ja nicht beſtehen, weil er ſie nicht außer ſich ſondern in ſich hat; ſein höchſter Egoismus fällt mit der vollſten Liebe zu ihnen von ſelbſt zuſammen. Seine Vorſicht aber hat keine Gränze, weil in der Kenntniß aller Gegenwart auch die Bedingung der Erkenntniß aller daraus folgenden Zukunft liegt.

So unendlich hoch Gott in allen dieſen Beziehungen über allen ſeinen Geſchöpfen ſteht, ſo unendlich groß, hoch, weit iſt freilich auch ſeine Aufgabe über der, die ihnen geſtellt iſt, und womit ſie in untergeordneter Weiſe in die ſeine hineinzutreten haben. Alles Uebel in der Welt, in der Ausbreitung durch den ganzen Raum, in ſeinen tiefſten Wurzeln, in ſeinen höchſten Spitzen, in ſeinen verwachſenſten Verſchlingungen, in ſeinen immer neuen Ausgeburten hat er zu bemeiſtern; aber um es in einem unendlichen Raume zu bemeiſtern, hat er auch die unendliche Zeit, und in einer endlichen Zeit doch endliche Annäherungen daran, die ſich erweitern und ſteigern und zu immer neuen und höhern Abſchlüſſen führen, wie ſich das Gebiet erweitert, ſteigert und das Leben auf neue Stufen tritt.

Sind das Anſichten und Ausſichten, eitel aus Luft gewoben? Aber blicken wir zurück, um zu wiſſen, wie wir vorwärts zu blicken haben, und dazu blicken wir aus dem Engen und Niedern ins Weite und Hohe. Hat ſich ſchon zur Zeit des Chaos ein blauer Himmel über einer blumigen Erde und über einem Meere, worin ſich Sonne und Mond ſpiegeln, gewölbt, um durch Schönheit und Erhabenheit Geſchöpfe zu erfreuen, ihnen Maß und Bahn zu bieten. Gab es zur Zeit der Megatherien und dann der Pfahlbauten ſchon Religion, Sittengeſetze, Wiſſenſchaft und Kunſt; beſſert nicht jede Zeit an den Mängeln der vergangenen, durch jede neue Erfindung gewinnt die Welt; und wenn mit dem Erſteigen neuer Stufen neue Uebel aufſteigen, iſt es doch nur als Anreiz ſie wieder zu überſteigen und darin ſelber liegt ein Lebensreiz. Es iſt nicht Sitte des Klaviers, den harmoniſchen Accord in einen disharmoniſchen zu zerſetzen, ſondern den disharmoniſchen in einen harmoniſchen aufzulöſen. Dieſe Sitte aber hat das vom Menſchen geſpielte Klavier vom Spiele Gottes in der Welt. Und ſo dürfen wir auch glauben, daß Diesſeits und Jenſeits ſich im Sinne dieſer Sitte folgen und der Tod der Weſen ſelbſt nur ein Mittel ſein wird, die Disharmonieen des Diesſeits, die ihre Auflöſung im Diesſeits ſelbſt nicht finden konnten, im Jenſeits, wenn nicht alle unmittelbar aufzulöſen, aber bis zur endlichen Löſung und Verſöhnung fortzuführen.

Iſt alles bewußte Daſein im göttlichen Daſein beſchloſſen, ſo iſt auch alles Uebel, das wollende, wiſſende, fühlende Weſen treffen kann, iſt Sünde, Irrthum, Schmerz darin mit beſchloſſen; nur kann keines Gottes Weſen in höchſter Höhe treffen; es waltet blos in niederen endlichen Regionen ſeines Daſeins, wo Eins noch wider das Andre iſt, indeß Gott mit ſeinem höchſten Wollen, Wiſſen, Fühlen in ſich einig über Alles greift. Giebt's doch auch im Menſchen über einem niederen ein höheres geiſtiges Gebiet, über ſinnlichen Trieben den höheren Willen, über dem Sehen des Auges die höhere Einſicht, über niederer Luſt die höhere Freude. Das Höchſte im Menſchen aber iſt noch ein Niedriges in Gott. Alſo iſt auch des Menſchen Wille nicht Gottes Wille, obwohl der Menſch ſeinen Willen mit dem göttlichen in Einſtimmung ſetzen kann und ſoll. Und wohl uns, daß unſer Uebel nicht außer Gott, ſondern zugleich in und unter Gott iſt; über die Sicherheit, daß er kein Uebel ſeiner Welt unverſöhnt laſſen kann, um es nicht in ſich unverſöhnt zu laſſen, geht dem nichts, der im Sinne der Tagesanſicht an Gott und Jenſeits glaubt. So groß es ſelbſt iſt, und ſo groß ſeine Macht und Dauer iſt, er wird eine größere Zeit, ein größeres Gebiet, eine größere Kraft es zu tilgen, bereit haben. Jeder aber hat als theilhaft in Gott inbegriffen, an deſſen Werke mit zu helfen.

Mit all' dem iſt freilich die ſchwerſte Frage nur zurückgeſchoben: woher überhaupt das Uebel in der Welt, wenn es einen allgütigen, allmächtigen Gott zur Welt giebt, um ſo ſchwerer für die Tagesanſicht, wenn doch nach ihr alles Uebel, was in der Welt empfunden wird, von Gott in ſeinen Geſchöpfen mit empfunden wird. Warum es nicht von Anfange herein verhindern, um es im Laufe der Zeiten erſt mit Aufgebot aller Kräfte und damit doch in keiner endlichen Zeit vollſtändig zu tilgen?

Es giebt nur *eine* in ſich widerſpruchsloſe Antwort auf die Frage, die mit Gott und mit der Gott beſtehen kann. Kein Weſen fügt ſich ſelbſt mit Willen Uebles zu oder läßt mit Willen ſolches zu, es ſei denn, daß ſich ohne das ein größeres Uebel nicht vermeiden oder ein größeres Gut nicht haben laſſe. Es widerſpricht nicht nur der Natur des menſchlichen Willens; es widerſpricht der Natur des Willens überhaupt. Alſo kann auch Gott das Uebel weder in einem höheren noch niederen Gebiete ſeines Weſens mit Willen hervorgebracht oder zugelaſſen haben, es ſei denn, daß ſich ſolches überhaupt nicht vermeiden oder ein größeres oder höheres Gute ohne das nicht haben laſſe. Und wollte man ſelbſt im hergebrachten Sinne die Geſchöpfe und mithin deren Uebel außer Gott geſetzt denken, ſo widerſpräche es nicht minder ſeiner Güte und Allmacht, ihr Uebel an ſich ſelbſt gewollt oder zugelaſſen zu haben.

Alſo überhebt ſich die Tagesanſicht zweitens des Widerſpruches dadurch, daß ſie die Entſtehung des Uebels und ſeiner Fortentwicklung bis zu den Gränzen, bis zu welchen es überhaupt zu gedeihen vermag, ſtatt im Willen oder in einer willkürlichen Zulaſſung Gottes zu ſuchen, in einer Urnothwendigkeit des Seins, man nennt es eine metaphyſiſche Nothwendigkeit, ſucht, vermöge deren das Sein ſelbſt entweder überhaupt nicht ſein könnte, ohne in zeitlichen Anfängen und endlichen Bezirken dem Uebel zu verfallen, und in neuen Ausgeburten immer wieder zu verfallen, oder daß wenigſtens das Aufſteigen zu größerm und höherem Guten nicht ohne Durchgang durch Uebel geſchehen könnte. Wirklich aber liegt in der Ausgleichung, Hebung, Verſöhnung, Ueberbietung des Uebels aus allgemeinen, höheren, vorausſetzlich vom Diesſeits in das Jenſeits übergreifenden Geſichtspuncten ſelbſt der Quell des allgemeineren, größeren, höheren Guten, von dem in der Welt zu reden iſt, und an dem alles Einzelne, Endliche nach Maßgabe, als es ſelbſt fortſchreitet, ſeine Daſeinsſphäre erweitert und ſich erhebt, Theil gewinnt. So nothwendig aber das Uebel im einen oder andern oder zugleich in beidem Sinne, ſo nothwendig nun auch die Richtung des göttlichen Willens auf ſeine Hebung, Verſöhnung, Ueberwindung.

Ich ſage, das iſt der einzige in ſich widerſpruchsloſe Weg, Gottes Willen wegen des Daſeins des Uebels in einer ſei es von ihm geſchaffenen oder von ihm durchdrungenen oder in ihm aufgehenden Welt, worüber der Streit hier müßig wäre, der Verantwortlichkeit zu überheben, und uns der unverbrüchlichen und ewigen Güte ſeines Weſens zu verſichern. Hielte aber jemand doch Gottes Allmacht dadurch verkürzt, daß der Wille deſſelben ſich gegen etwas richtet, was entweder nicht ſelbſt durch dieſen Willen da iſt, — obwohl es immer in Gott, durch Gott da iſt, der doch nicht ganz aus oberſtem Willen beſteht, — oder was Gott um höherer Zwecke willen wollen oder zulaſſen mußte, ſo hätte man das Wort von Leibniz zu Herzen zu nehmen, daß, wo Gottes Güte und Allmacht in Conflict kommen, die letztere nachzugeben habe.

Es giebt eine logiſche Nothwendigkeit, gegen die Gottes Allmacht nichts vermag; denn er kann nicht aus zweimal zwei fünf machen und die Gültigkeit des Ludolf'ſchen Satzes vom Verhältniß der Kreisperipherie zum Durchmeſſer nicht aufheben. Die logiſche Nothwendigkeit bildet vielmehr ein Grundmoment, das der Wahrheit, ſeines ewigen Weſens; die metaphyſiſche Nothwendigkeit bildet ein andres Grundmoment ſeines Weſens, das ſeines Wirkens und Wollens. Wäre Alles von jeher das Beſtmögliche, wie wir's uns denken mögen, ſo könnten wir uns auch kein Wollen und Handeln, was darüber hinausſtrebte und führte, mehr denken. Da aber ſolches beſteht, ſo müſſen wir auch das Princip dazu gelten laſſen.

Unter allen Wundern, die es giebt, iſt das größte, daß es überhaupt etwas giebt; ja wenn es nicht wirklich etwas gäbe, ſo würde man es für unmöglich halten, daß es etwas geben könne; denn woher, wie, durch welche Vermittelung ſollte es zu Stande kommen. Nichts bleibt übrig, als zu ſagen, es war von jeher ein, keiner äußern Vermittlung ſeines Beſtehens bedürfendes, durch ſich ſelbſt beſtehendes, Weſen; nur wird uns dadurch nicht faßlicher, daß und wie ein ſolches Weſen beſtehen konnte, und kein Weg des Schluſſes, kein Recht der Forderung beſteht für uns in dieſer Hinſicht. Wir müſſen Gott, um das Ur- und Allweſen der Exiſtenz mit dieſem Namen zu bezeichnen, nehmen, wie es ſich uns giebt. Könnten wir Gott vorſchreiben, wie er ſich zu machen hatte, ſo möchten wir ihm wohl vorſchreiben: ſo, daß aus ihm als Urgrund aller Exiſtenz kein Uebel in dieſer Exiſtenz hervorginge, alles darin gleich vollkommen wäre, oder vom Guten zu noch Vollkommnern fortſchritte; aber das Uebel beſteht, und ſo müſſen wir rückwärts ſchließen, daß die Exiſtenz des Uebels mit den Urgründen der Exiſtenz oder ſeiner Fortentwicklung ſelbſt untrennbar verwachſen iſt; ſofern aber auch ein allgemeines Streben zur Hebung des Uebels beſteht und im allgemeinen Gange der Welt ſich ein Erfolg dieſes Strebens zeigt, haben wir nicht minder zu ſchließen, daß ſolches Streben und die Möglichkeit ſeines Erfolges untrennbar mit den Urgründen der Exiſtenz und ihrer Entwicklung beſteht.

Die Nachtanſicht weiß die vorigen Wege der Betrachtung nicht zu gehen. Nichts würde mich hindern, an Gott zu glauben, hört' ich jemand ſagen, wenn nicht das Uebel in der Welt beſtände. Das ſprach er und denken wohl tauſende im Sinne der Nachtanſicht. Beſtände Gott, ſo hätte er das Uebel nicht zugelaſſen, ſo ließe er ſich vom Uebel nicht trotzen; weil Uebel beſteht, beſteht kein Gott. Damit iſt die Nachtanſicht des Widerſpruches am einfachſten los. Die Welt mag verſuchen, ohne Gott mit dem Uebel fertig zu werden, wie ſie kann, und da ſie nicht damit fertig wird, ſo iſt der Peſſimismus fertig. Aber ſoll es doch auch für die Nachtanſicht trotz alles Uebels einen Gott und ein Jenſeits geben, ſo überhebt ſie ſich der Widerſprüche, die ſie in ihren Wegen nicht bannen kann, durch größere Widerſprüche. Gott hat dem Menſchen aus Liebe zu ihm von vorn herein frei gelaſſen, ſich ſelbſt gut oder böſe und damit ſelig oder unſelig zu machen, und die Welt ſchließt halb mit dem Himmel halb der Hölle ab, die zu brechen Gott der Allgütige keinen Willen oder der Allmächtige keine Macht mehr hat, oder giebt es ein Drittes? Zum moraliſchen Uebel, was der erſte Menſch ſelbſt gewählt, hat Gott der Welt das phyſiſche und intellectuelle, die Guten wie Böſen damit treffend, hinzugeſchenkt, dazu die Thiere, die nicht wählen können, mit Grauſamkeit und Qual beſchenkt; entweder wollte er mit ſeiner Allgüte oder konnte mit ſeiner Allmacht dieſen Zuſammenhang der Uebel nicht brechen; oder giebt es ein Drittes? Der rechte menſchliche Vater läßt ſeinen Kindern aus Liebe zu ihnen und aus Liebe zum Guten Freiheit nur im Guten; nur eine beſchränkte Freiheit gilt unter den Menſchen und beweiſt ſich unter den Menſchen als gut, und es giebt doch eine Freiheit auch in guten Dingen; Gott aber ließ den Menſchen, um es recht gut mit ihnen zu meinen, zur guten Hälfte von vorn herein auch die böſe Hälfte der Freiheit. Der rechte Vater ſchlägt nicht die guten Kinder mit den böſen, um ihnen nicht das Vertrauen in ſeine Gerechtigkeit zu rauben, und ſtraft ſie nicht wegen Gebrauchs einer Freiheit, die er ihnen erſt gelaſſen. Der allgütige, gerechte Gott, den der menſchliche Vater, Geſetzgeber, Richter zum Muſter nehmen ſoll, giebt ihnen in alle dem ein anderes Beiſpiel[1].

Auch in Betreff des Uebels iſt die Tagesanſicht nur die Aufhebung einer frühern Weltanſicht in eine zweite. Nach den Heiden ſind die Götter noch mit menſchlichen Schwächen und Fehlern behaftet; die heutige Anſicht mißt Gott eine abſtruſe Vollkommenheit, erhaben über alle Schwächen und Fehler, bei; die Tagesanſicht hebt die nothwendigen Fehler und Schwächen der Endlichkeit zugleich mit dem Trachten nach ihrer Verſöhnung und Hebung in Gott auf, erkennt aber im höchſten Gebiete ſeines Weſens die ungetrübteſte Vollkommenheit an.

---

[1] Weitere Ausführungen über die Freiheitsfrage im 16. Abſchnitt.

VI. Religiöſe Anſichten und Ausſichten.

1. Damit, daß die Tagesanſicht in eine Glaubenslehre ausläuft und als ſolche abſchließt, geht ſie weit über bloße Philoſophie hinaus, ſofern ſich dieſe, umſonſt freilich, des Glaubens im Princip entſchlagen will, wie früher (S. 19) beſprochen; ſtimmt vielmehr in dieſer Hinſicht mit der Religion, und iſt in ihren höchſten und letzten Glaubensſätzen ſelbſt Religion; aber was ſie mehr als Philoſophie iſt, iſt doch nicht dawider. Auch der hiſtoriſche Offenbarungsglaube, vertreten wie er iſt durch die orthodoxe Theologie, iſt weit mehr als bloße Philoſophie, aber was er mehr iſt, iſt zum Theil dawider. Daher konnte Paulus von einer göttlichen Thorheit ſprechen, welche höher als die menſchliche Weisheit iſt; konnte Tertullian ſagen: credo quia absurdum est; und ſagt Luther irgendwo (ſo oder ähnlich): es ſei ein höchſt verwerflicher Satz der Sorbonne, daß, was für die Mathematik und Philoſophie wahr ſei, auch für die Theologie wahr ſein müſſe. Und heute noch wird der menſchlichen Vernunft vom Offenbarungsgläubigen oft genug vorgeworfen, daß ſie in höchſten und letzten Dingen leichter auf falſche als rechte Wege führe.

Wie nun wird ſich der hiſtoriſch feſtgewordene Offenbarungsglaube gegen die Tagesanſicht und dieſe gegen ihn ſtellen, nachdem die Tagesanſicht ihrerſeits Anſpruch macht, Religion zu ſein? Sagen wir es erſt kurz: er wird die Tagesanſicht verwerfen, weil ſie bekennt, nur das Höchſte und Beſte, aber nicht das Ganze von ihm zu haben und zu nehmen; die Tagesanſicht aber wird ſein Höchſtes und Beſtes retten, noch ehe es mit dem Ganzen ſelbſt verfällt. Hienach ſagen wir daſſelbe etwas länger.

2. Der Offenbarungsgläubige bedarf überhaupt nur des hiſtoriſchen und praktiſchen Grundes zur Gewißheit ſeines Glaubens, und wird das ehrwürdige Buch, was ihm dieſe Sicherheit bietet, nicht aus der Hand legen, um nach dieſen neuen Blättern zu greifen. Warum ſollte er auch? Er findet durch das Wort von Oben gegeben, wozu dieſe Blätter erſt von Unten aufzuſteigen ſuchen, und fühlt ſich im Verlaß darauf alles Schwankens und Irrens menſchlicher Vernunft überhoben. Der feſte Stand auf ſeinem Glaubensfelſen inmitten der ihn umbrauſenden und von allen Seiten dagegen anlaufenden Fluthen heutiger Philoſophie mag von ihm nicht mit einem Sturz in deren Bodenloſigkeit vertauſcht werden. Und weil er, von Oben ſich auf ſeinen

Standpunkt geſtellt findend, die Stufen zum Aufſteigen nicht braucht, welche dieſe Blätter zugleich brauchen und gewinnen, vermißt er ſie auch nicht, und iſt durch ſeinen Glaubenspanzer von vorn herein gegen den Angriff jeden Widerſpruches gewappnet, der aus menſchlicher Weisheit ſtammt, mit welcher und zwiſchen welcher dieſe Blätter die Verſöhnung ſuchen.

Doch giebt es Andre, ja viel Mehrere und immer mehr von Tag' zu Tage, die, ſofern ſie im orthodoxen Offenbarungsglauben zu jenen zwei Gründen, dem hiſtoriſchen und praktiſchen, den dritten Glaubensgrund vermiſſen, in welchem dieſe Verſöhnung liegt, am Glauben an die höchſten und letzten Dinge irre werden, und dieſen bietet die Tagesanſicht ihre Hülfe dar.

Aber es iſt mehr, als eine bloße Hülfe, welche ſie *Einzelnen* bietet, es iſt eine Wiederaufrichtung des Glaubens, die ſie der Welt im Ganzen bietet; und bedarf es ſolcher etwa nicht?

Werfen wir einen ernſten Blick auf den heutigen Stand der Dinge.

3. Ein Gefühl geht durch die Welt: ſo kann es nicht bleiben, oder ſo kann es nicht fortgehen. Schon ſucht ja die Welt faſt mit Angſt eine Erneuerung des Glaubens oder gar einen neuen Glauben; ſchon proclamirt ſich ſogar ein ſolcher als im Bunde mit dem Wiſſen, der aber nur der Sturz des alten Glaubens iſt, und damit die Angſt der Welt nicht ſtillen, ſondern nur ſteigern kann. Zieht er doch nur die letzten Conſequenzen der Nachtanſicht, in Widerſpruch mit denen ſich der alte Glaube aufrecht hielt, Licht und Troſt fand, und damit den Widerſpruch gegen die Tagesanſicht, den er von andrer Seite ſelber theilte, überwand. Denn im Grunde ſinkt mit der lichten Erſcheinung, welche ſich durch die Welt breitet, alles Höhere, was darüber aufſteigt, in Nacht; der alte Glaube aber hat es, davon abgeriſſen, in einen Himmel über den Himmeln gerettet; der neue ſtürzt es folgerichtig in dieſelbe Nacht.

Ueberdenke ich nun mit dem Heute das Morgen, ſo ſtellt es ſich mir ſo vor Augen:

4. Die zwar Glaubensſchwachen doch Vernunftſtarken, die es noch gut mit der Religion meinen und ihren Verfall aufhalten möchten, meinen, es dadurch zu können, daß ſie alle morſchen Balken aus dem hiſtoriſchen Baue derſelben ausziehen; feſtere oder nur andere dafür einzuziehen haben ſie nicht, denn ſtatt ſolche von der Philoſophie em-

pfangen zu können — und wo ſie ſonſt ſuchen — trägt dieſe nur ihr eigenes Zerwürfniß und ihre Glaubenswidrigkeit darauf über; auch läßt ſich eine Religion nicht flicken. Die Naturforſchung aber hämmert das, durch jene Rettungsverſuche nur immer hinfälliger gewordene, Bauwerk vollends zuſammen. Noch ſtemmen ſich die Orthodoxen mit aller Kraft dagegen, das Morſche ſo feſt haltend als das Feſte, indem ſie der richtigen Ueberzeugung leben und ſterben, daß man, wenn das Ganze halten ſoll, es ganz halten muß; und wahrlich an ihnen hängt noch der Hauptſegen der Religion, ſo lange ſie noch hält, weil ſie durch ſie überhaupt noch hält. Da iſt doch noch Glaubenszuſammenhalt, Glaubenskraft und Glaubensfrucht zu finden, wo ſonſt? Denn was es Gutes ſonſt giebt, fließt nicht aus dem Glauben. Und ob es auch nicht an Heuchlern und ſtillen Zweiflern unter ihnen fehlt, ſo ſind's nur irre Schafe von der Heerde, aber es iſt doch noch eine Heerde, die ſich unter einem Hirten, einem Obdach ſicher fühlt. Aber das ſchon klein gewordene Häuflein ſchmilzt mehr und mehr zuſammen, und wird endlich unter dem unaufhaltſamen Ruin des einſt ſo gewaltigen Bauwerks begraben, nachdem auch der Staat demſelben ſeine Stütze entzogen hat, wofür er nun keine Stütze mehr darin findet. Wehe deßhalb der Kirche und wehe deshalb dem Staate. Peſſimiſtiſche Begriffe von Oben und Proletarierfäuſte von Unten vollenden den Ruin, indem ſie auch die Trümmer des alten Bauwerks noch zertrümmern.

5. Man ſagt: das gilt der Kirche; aber Kirche und Religion ſind zweierlei; laßt die Dogmen der Kirche fallen, ſo freier wird die, nicht mehr dadurch gefeſſelte, Religion ſich entwickeln. — Aber ſeltſam, je mehr man von den unhaltbaren Dogmen der Kirche fallen ſieht, ſo mehr ſieht man vom Halt der Religion fallen; die freigelaſſene zerfährt und entſchwindet in die Lüfte. Wenn Kirche und Religion zweierlei ſind, ſo iſt's, wie Leib und Geiſt zweierlei ſind; ſie beſtehen und verfallen mit einander. Und ſind nicht ſchon alle Zeichen ihres Miteinanderſchwindens da? Man heizt die Kirchen, man giebt Taufe und Abendmahl umſonſt; es iſt umſonſt; man beſeelt einen Leichnam nicht wieder durch äußere Erwärmung, und das Volk mag das im Preiſe herabgeſetzte Gut nicht mehr. Schon dünkt den Gemeinden der Pfarrer eine Laſt; denn wer will noch gern für die Unterhaltung eines Predigers zahlen, in deſſen Predigt er nicht geht und deſſen Sacramente er nicht braucht; der Tiſch des Standesbeamten erſetzt ja den Altar; wenigſtens wird als Pfarrer der Mindeſtfordernde in Glaubensſachen vorgezogen. Nach dem neuen Glauben iſt Gott überhaupt nur noch der

Name für eine allgemeine Weltordnung, die in den Menſchen zum Bewußtſein kommt, und das künftige Leben für die ins Allgemeine zerfließenden Folgen des diesſeitigen Lebens; und manche Predigt von der Kanzel der Vernunft täuſcht die Andächtigen nur noch mit dieſen Namen. Giebt es aber noch ſolche, die mehr als bloße Namen oder Surrogate für Gott und Jenſeits wollen, ſo wiſſen ſie nicht, wie und wo es zu finden, nachdem nur die Vernunft, nicht das Wort mehr in der Bibel gelten ſoll, die Vernunft des Einen aber wider die des Andern, der Lehrſtuhl gegen die Kanzel iſt, und endlich gar der Vernunft des Einzelnen und wäre er der Unvernünftigſte, überlaſſen wird, ſich den eigenen Glauben oder Unglauben zu machen oder von dem oder jenen machen zu laſſen; indeß der Glaube in der Zuſammenſtimmung der Gläubigen ſein Lebensprincip und ſeinen Halt zu ſuchen hat, und Staat und Kirche ſich dahin einigen ſollten, durch einheitliche Lehre dieſe Zuſammenſtimmung zu ſichern; nur daß es heutzutage nicht mehr geht. Zuletzt kommt man ſo weit, die Zuſammenſtimmung des Glaubens nicht mehr zu vermiſſen; und ſo halten ſchon Chriſtenthum und Judenthum, Katholicismus und Proteſtantismus fröhlich Hochzeit, wie Alles im Nichts Hochzeit macht, wenn es zu Nichts geworden iſt. Und iſt es noch nicht überall ſo weit, ſo geht es doch wie auf einer ſchiefen Ebene dazu hinab, und je raſcher es hinabgeht, ſo lauter iſt der Jubel über die Bewegung. So nun iſt der religiöſe Glaube außerhalb der orthodoxen Kreiſe durchſchnittlich ſchon bis nahe zum Niveau, in tiefern tief darunter bis ins Negative herabgeſunken; und der Orthodoxie ſelbſt fällt es immer ſchwerer, Stand zu halten, wie einer Feſtung, die man von allen Seiten berennt und um die das Land ringsum verwüſtet iſt.

Jetzt ſtellen wir uns einmal die Zeit, welche droht, erfüllt vor, wo es keine Religion und keine Kirche mehr giebt. Es wird eine Zeit ſein, wo jedes Faß ſeine Reifen ſprengt, das Unterſte ſich gegen das Oberſte kehrt, um ſelber oben auf zu ſein, das von Gott und Jenſeits abgefallene Sittengeſetz umſonſt Stütze in der freien Luft ſucht, das vom Zufall gehandhabte Geſetz der Natur und von der Maſſe gehandhabte Geſetz des Staates umſonſt Licht und Zucht von Oben zu erſetzen, Pflicht und Liebe gegen den Nächſten zu erwecken ſuchen, die nicht mehr mit Waſſer Getauften anfangen mit Blut zu taufen. Es wird eine Zeit ſein des allgemeinen Kampfes um das Daſein und der Klugheit gegen Klugheit, ſtatt des Gefühls einer Zuſammengehörigkeit und Verkettung alles Daſeins aus höchſten und letzten Geſichtspuncten.

Doch dabei kann es nicht ſein Bewenden haben, ja dazu wird es nicht ganz kommen können, und ehe man noch weiß, wie ſich's wenden wird, kann man ſicher ſein, daß ſich's wenden wird. Die Religion kann nur ſinken, um elaſtiſch wieder aufzuſteigen.

So lange eine Religion noch da iſt, iſt ſie überall da, wo es auf Höchſtes, Letztes, Einigendes, Dauerndſtes, Abſchließendes ankommt; und wo ſie abhanden kommt, kommt all das abhanden, dem Einzelnen wie dem Staate, der Sitte, der Wiſſenſchaft, der Kunſt. Liegt einer im Bette und weiß nicht mehr wo aus noch ein, ſo hat er noch eine Hoffnung auf Gott und ein alles Leid verſöhnendes Jenſeits, ohne das nur Reſignation oder Verzweiflung. Wohin keine Furcht vor dem Geſetze reicht, reicht die Furcht vor Gott und jenſeitiger Vergeltung. Jenem aber nicht dieſen läßt ſich entwiſchen. Ohne Abſchluß im religiöſen Glauben fährt die Wiſſenſchaft hin und her ohne Ziel, oder findet nur im Leeren das Ziel; und ſtreichſt du aus der Kunſt die religiöſen Ideen, ſo haſt du ſie ſozuſagen um ihr Haupt verkürzt. Wäre ſelbſt all das eine Illuſion, was ſie nur für die folgerechte Nachtanſicht iſt, ſie ließe ſich auf die Dauer nicht miſſen.

Die ganze Weltgeſchichte iſt in allgemeinſten Zügen und aus oberſten Geſichtspuncten durch religiöſe Motive, Antriebe, Satzungen beherrſcht worden; das Größte und Beſte wie das Größte und Schlimmſte in der Geſchichte iſt dadurch hervorgegangen, das Beſte durch das Beſte, das Schlimmſte durch das Schlimmſte der Religionen, indeß das Allerſchlimmſte aus dem Mangel jeder Religion hervorgehen würde. Denn die ſchlechteſte Religion, ſo lange ſie noch den Namen Religion verdient, iſt beſſer als keine. Das ändert ſich nicht und wird ſich nie ändern, wenn auch der Phyſiolog vor dem geſchlachteten Hunde, der Chemiker vor dem geheizten Ofen ſelbſt nichts von dieſem Wehen, was durch die Weltgeſchichte geht, ſpüren, und meinen ſie könne ohne das auskommen. Sie würde lieber ohne Phyſiologie und Chemie als ohne das auskommen.

Alſo kann die Religion nicht verfallen, ohne daß mit ihrem Verfall das Bedürfniß der Erneuerung für den Einzelnen wie für das Ganze wächſt und immer ſtärker wächſt, bis nach allen vergeblichen Verſuchen der Reſtauration des Alten die Zeit zum neuen Baue reif geworden.

Iſt die Zeit dazu ſchon voll? ich weiß es nicht; aber laß es heute noch nicht ſein, ſo wird es morgen oder übermorgen ſein. Und nun ſehe man wohl zu, ob nach Erſchöpfung aller Mittel der Nachtanſicht, die Religion durch Ausbeſſerung oder Entleerung noch zu halten, und aller Kräfte der Orthodoxie, ſie wie ſie iſt zu halten, ein Anderes übrig bleibt, als ſie im Sinne der Tagesanſicht neu zu erbauen.

Der neue Bau aber, in den die Tagesanſicht ihre Bekenner ladet, wird nicht auf und aus den Trümmern des alten, ſondern auf neuem Grunde, aus neuen Balken, neuen Steinen erſtehen, nur mit dem unzerbrechlichen Kreuze des alten auf der Spitze. Nicht aber dem Kreuze, an das Chriſtus geſchlagen iſt, ſondern das von ihm ins Licht erhöht iſt, um ſelbſt über alle Welt hin zu leuchten. Und ließe es ſich nicht aus den Trümmern des alten Baues, in die es alle Tage mehr verſinkt, von Neuem erhöhen, ſo fehlte auch dem neuen Baue ſeine Spitze. Ja er könnte ſich nicht neu erheben, wenn er nicht von vorn herein ſeine Richtung auf die Wiederaufrichtung und Erhebung deſſen, worin er einſtimmig mit dem alten zu gipfeln und ſich abzuſchließen hat, nähme. Der Zug nach Oben kommt hier wie da von oben; aber die Steine können ſich nur durch Kräfte von Unten im Sinne dieſes Zuges fügen.

6. Ohne Bild will ich mit Vorigem Folgendes ſagen.

Im Chriſtenthum verknüpfen ſich zwei Ideen, eine ewige univerſale, in deren Geltendmachung es alle früheren Zeiten an Klarheit, Entſchiedenheit und Höhe überboten hat, womit es Alles, was ihm noch entgegenſteht, überwinden wird, und worin es ſeinen ewigen Beſtand behaupten wird; und eine zeitliche, ſpecifiſch dogmatiſche, welche die heutige Geſtalt des Chriſtenthums weſentlich mitbeſtimmt und von den Orthodoxen zum Weſen deſſelben ſelbſt, ja faſt als deſſen Weſen, gerechnet wird.

Die erſte liegt darin, daß, nicht Juden, Heiden insbeſondere, ſondern alle Geſchlechter und Völker der Erde ſich im Glauben an einen einigen, das Beſte wollenden Gott und ein jenſeitiges Leben mit gerechter Vergeltung zu einigen haben, ein ſittliches Band, eine Richtung des Handelns, einen Troſt, eine Hoffnung über die irdiſche hinaus in dieſem Glauben zu finden haben. Chriſtus aber haben wir als Stifter dieſer Idee ins Leben und oberſten Vertreter derſelben zu verehren[1].

---

[1] „Daß Chriſtus das Höchſte geſetzt hat als das Einigende und das Weiteſte geſetzt hat als das zu Einigende und das Beſte geſetzt hat als das Höchſte, das hat ihm keiner zuvor gethan und thut ihm keiner nach, denn Er hat es gethan.“ . . . „Das aber iſt's geweſen, was Alle unter ihm geeinigt hat und alle einigen wird, die noch nicht einig ſind, daß er die Einigung Aller aus dem Geſichtspuncte, aus dem allein eine Einigung Aller möglich iſt, zuerſt mit Bewußtſein ins Bewußtſein der irdiſchen Welt gebracht, und durch Lehre und Leben den lebendigen Anſtoß zur Verbreitung und Bethätigung dieſer Idee gegeben hat, daß alle Menſchen ſich als Kinder deſſelben einigen, nur Gutes wollenden, Gottes, als Bürger eines, über das Dieſſeits

Die zweite Idee liegt darin, daß der, durch Adams Schuld mit Erbſünde behaftete Menſch, unfähig, ſich ſelbſt von den Folgen derſelben zu retten, allein durch Vermittelung von Chriſti Kreuzestod Vergebung und Verſöhnung ſeiner Sünden zu erlangen vermöge, indem Gott ſelbſt, in zweiter Perſon als Chriſtus vermenſchlicht, ſich zu dieſem Opfertode hergegeben und den Weltgang durch ausnahmsweiſe Wunder in dieſen Heilsweg geleitet und darin erhalten habe.

Beide Ideen, obwohl ihrem Inhalt nach ſich äußerlich und für das Denken einander nicht nothwendig fordernd, ſind doch hiſtoriſch mit einander verwachſen, und in dieſer Verbindung durch den Anſpruch, Sache göttlicher Offenbarung zu ſein, gegen jeden Angriff nicht nur gerüſtet, ſondern gefeit. Dazu ſind ſie von der orthodoxen Kirche zu einem Syſtem verwebt, welches der Vernunft, die ſich in den Schranken des Syſtems hält und vielmehr in den Dienſt der Offenbarung ſtellt, als ſie zu meiſtern ſich vermißt, durch ſeinen inneren Zuſammenhang genug thut, hierdurch die Anhänger ſeines Halts verſichert, indeß ſein Zuſammenhang und Zuſammenhalt mit den übrigen Gedankenkreiſen der Welt mehr und mehr zerfällt, ja ſchon zur Kluft geworden iſt, worüber keine Brücke führt; denn die Vernunft dort und hier will nicht zu einander paſſen, und meint auch der Orthodoxe, die Brücke werde ſich noch finden, oder verſucht ſelbſt ſie von ſeiner Seite zu ſchlagen, ſo reicht ſie nicht ans andere Ufer, weil ihm kein Verſuch von da entgegenkommt.

Nun reicht es nicht hin, aus dem hiſtoriſchen Verbande beider Ideen die ſpecifiſche als verantwortlich für dieſen Zwieſpalt zu reißen; ſondern, wenn nicht für den hiſtoriſchen Halt des Ganzen ein neuer poſitiver Halt, tauglich zu einem neuen Anfang der Geſchichte, in der Natur der Menſchen und Dinge geboten, für den dogmatiſchen Inhalt ein andrer aus dieſer Natur geſchöpft wird, verfällt mit der einen Idee die andre und ſtirbt der ganze Glaube unter dem Meſſer, das ihn heilen will;

---

hinaus reichenden, himmliſchen Reiches und als Brüder zu einander fühlen, in dieſem Sinne trachten und handeln ſollen.“ (Zendaveſta II, 38. 39.)

Judenthum und Islam theilen zwar die Idee des einigen Gottes und des Jenſeits mit dem Chriſtenthum, und tragen dadurch ſelbſt bei, die univerſale Bedeutung dieſer Ideen zu beweiſen, bleiben aber hinter dem Chriſtenthum damit zurück, daß das Judenvolk ſich für auserwählt hält, einen Meſſias für ſich ſucht, und die Religion in die Feſſeln äußerer Satzungen ſchlägt, der Islam aber nur ein Himmelreich voll Sinnlichkeit vor Augen ſtellt, und ſich vielmehr durch das Schwert als die Macht jener Ideen ſelbſt zu verbreiten ſucht.

die Thatſache ſelbſt beweiſt es. Der Proteſtantenverein wächſt und die Kirchen fahren fort ſich zu entleeren. Man kann das Streben achten und halb die Erfolgloſigkeit halb den Erfolg bedauern. Die freien Gemeinden und der Altkatholicismus aber gleichen Zweigen, die vom Stamme abgeſchnitten ſind; der Stamm wird nicht vom Abſchneiden eingehen aber die wurzellos gewordenen Zweige. Alles das ſpricht nur gleich ſehr für das Bedürfniß der Abhülfe, wie für die Unmöglichkeit, ſie von den beſtehenden Grundlagen aus zu leiſten. Die heutige Weisheit hat nun einmal in allen ihren, in der Nachtanſicht wurzelnden, darin befangenen oder mit ihr rechnenden, Richtungen nichts zu jenem Erſatz zu bieten. Und ſo hängt der Glaube bei den Meiſten, wo noch außer den Kreiſen der Orthodoxen etwas davon hängt, an einer Gewöhnung von der Kindheit her und praktiſchem Bedürfniß. Das ſind ſtarke Fäden, die doch endlich mürbe werden und reißen, wenn die Vernunft nicht müde wird, daran zu zehren und zu zerren. Hätte ſie vielmehr eigene Fäden damit zu verſpinnen, ſo gäbe es einen Halt, der nicht nur jedem Angriff widerſtände, ſondern nicht einmal einen ſolchen fände.

7. Nun aber meine ich, daß die Tagesanſicht in ihren Grundzügen und den Principien ihres Auf- und Ausbaues, wie ſie hier verzeichnet wurden, wirklich ſolche Fäden bietet, d. i. der univerſalen Idee des Chriſtenthums poſitive Momente eines neuen Haltes und Inhaltes für die preisgegebenen dogmatiſchen bietet, — Momente, welche nicht nur vor der Vernunft beſtehen können, ſondern die univerſale Idee des Chriſtenthums ſelbſt an die Spitze eines vernünftigen Weltzuſammenhanges ſtellen, damit aber endlich in den Stand ſetzen, ihre eigene Forderung zu erfüllen, d. i. alle Geſchlechter und Völker zu einigen, indeß ſich an der Starrheit der dogmatiſchen der Erfolg der Miſſionen bricht[1], und alle Erbitterung der Vernunft nur gegen ſie gerichtet iſt.

In der That, was wäre es, womit die Tagesanſicht aus der oberſten chriſtlichen Idee heraustr äte, womit ſie nicht vielmehr zur Begründung, Feſtigung und Entwickelung derſelben diente, wozu ſie nicht alle Kräfte der Vernunft zuſammennähme und worin ſie nicht die Forderungen derſelben befriedigte, oder Wege zur Befriedigung offen hielte. Alſo werden ſich diejenigen, welche meinten, die chriſtliche Idee aus Vernunftgründen ablehnen zu müſſen, vorerſt zu beſinnen haben, ob ſie dieſelbe noch abzulehnen brauchen, und wenn nicht in der jetzigen aber künftigen Generation wird dieſe Beſinnung zur Beſonnenheit geworden ſein, daß ſie dieſelbe aus Vernunftgründen vielmehr zu fordern haben. Indem ferner die Tagesanſicht zwar die heidniſche Zerſtückelung und Erniedrigung des göttlichen Weſens aufhebt, die Stücke davon aber nicht wegwirft, ſondern nur in einen höhern Verband aufhebt, macht ſie dadurch die oberſte chriſtliche Idee auch den niederſten Erkenntnißſtufen zugänglich und eingänglich. Und ſchenkt doch mit all' dem nicht dem Chriſtenthum ſeine oberſte Idee, ſondern hat ſie von vorn herein von ihm als Leitſtern nach Oben.

---

[1] „Warum predigt ihr uns immer vom gekreuzigten ſtatt vom lebendigen Gott"? ſo oder ähnlich fragte ein Brahmine.

8. Hat aber erſt der religiöſe Glaube einen neuen Halt in ſich gewonnen, ſo wird auch der Zuſammenhalt und damit Wechſelhalt von Staat und Kirche ſich von ſelbſt wiederfinden; denn es wird kein Grund mehr ſein, ſich zu trennen. Von Anfang herein waren ſie auch nicht getrennt; indeß ſie mir jetzt vorkommen, wie zwei Latten, die ſich durch Stützung gegen einander aufrecht halten ſollen, nun aber von einander ſchieben, um des gegenſeitigen Druckes los zu ſein; geht das über gewiſſe Gränzen hinaus, ſo werden beide fallen. Oder wie zwei Geſchwiſter, die lange Hand in Hand gegangen ſind, nun ziehen ſie die Hände auseinander, ſchelten ſich, daß keins dem andern gehorchen will, und kehren ſich den Rücken; dafür nennen ſich jetzt die radicalſten Tendenzen in Staat und Kirche Brüder und reichen ſich die Hände zum Umſturz von beiden. Der Umſtand ſelbſt aber, daß Staat und Kirche ſich nicht mehr vertragen, beweiſt, daß in einem von beiden, wenn nicht in beiden, etwas faul geworden, und die Fäulniß des einen ſteckt das Andere an.

Eine Eiche kann immer höher und mächtiger aufſchießen; aber wenn ihr Kern verdorben iſt, und der Schade immer um ſich greift, geht es mit dem Wachsthum der äußern Macht und Pracht von einer gewiſſen Gränze an rückwärts, ſtatt weiter. Stehen wir nicht ſchon an dieſer Gränze, um nächſtens darüber hinaus zu ſein?

9. Zunächſt ſcheinen alle Grundpuncte der Tagesanſicht nur theoretiſcher Natur zu ſein; der Glaube an die höchſten und letzten Dinge kann aber nicht allein auf Theorie ſtehen, hat nie allein darauf geſtanden und wird nie allein darauf ſtehen; ſondern zu den theoretiſchen Motiven und Gründen des Glaubens haben hiſtoriſche und praktiſche zu treten, wenn es nicht triftiger iſt, zu ſagen, daß jene zu dieſen zu treten haben. Da allein iſt Verlaß, wo das, was als das Wahrſte erſcheint, zugleich als das Beſte und in der Geſchichte Haltbarſte erſcheint. Ja ſtünde nicht der orthodoxe Bibelglaube mit allem

Nachtheil gegen die Vernunft von Heute noch heute in ſo großem Vortheil gegen ſie von hiſtoriſcher und praktiſcher Seite, wie könnte er ſich immer noch dagegen halten? Daß wir einen geſchichtlich fortgepflanzten und dadurch bis zu gewiſſen Gränzen an Kraft und Ausbreitung gewachſenen Glauben an die Heiligkeit des Bibelwortes haben, und daß ſich Troſt und Hoffnung über alle irdiſche hinaus aus dem Bibelworte ſchöpfen, Furcht über alle irdiſche hinaus dadurch erwecken läßt, macht, daß wir noch heute eine Religion haben. Daß wir philoſophiſche Syſteme mit der Prätenſion, das Vernünftigſte in allem Höchſten und Letzten zu bieten, von Kant, Fichte, Schelling, Hegel, Herbart, Feuerbach, Schopenhauer, Hartmann u. ſ. w. haben, macht nicht nur nicht, daß wir heute noch eine Religion haben; vielmehr haben wir ſie kaum noch wegen und zum Theil nur noch trotz dieſer Syſteme; denn auch welches dem hiſtoriſchen Glauben nicht widerſpricht, zerſtört doch mit Abſtruſitäten deſſen Faßlichkeit, mit dem Princip des Zweifels deſſen Feſtigkeit und Segen.

Aber nur der, in den Schuhen der Nachtanſicht gehenden, Vernunft, das iſt die heutige, ſteht der orthodoxe Bibelglaube mit ſolchen Vortheilen gegenüber. Und wer mag verkennen, daß ſeinem Blick nach Oben und Troſt von Oben und ſeiner Heilſamkeit ein trübes Element, ein Moment der Selbſtverachtung und Weltverachtung beigemiſcht iſt und daß ſein hiſtoriſcher Halt aus der Vergangenheit in die Zukunft nicht mehr reichen will. An eine Verderbniß des ganzen Menſchengeſchlechtes, ja der ganzen Natur als Folge von Adams Apfelbiß, an einen Gott, welcher des Kreuzestodes ſeines Sohnes bedurfte, um ſich wegen der Schuld der von ihm ſelbſt mit ſündigen Trieben geſchaffenen Menſchen verſöhnt zu finden, an eine ewige Barmherzigkeit und Gerechtigkeit, welche über zeitliche Sünden und mangelnde Gläubigkeit ewige Höllenſtrafen verhängt, und an wie Vieles noch läßt ſich nicht ewig glauben; der Orthodoxe täuſche ſich doch nicht.

Und worauf, fragt er, haſt du ſelbſt mit deinen Neuigkeiten hiſtoriſch dich zu ſtützen? — Worauf ich mich von Anfang herein ſtützte: nicht blos auf eine, ſondern auf zwei mehr als tauſendjährige Geſchichten; darauf, daß die Tagesanſicht im Grunde nur zwei nach einander hiſtoriſch ſchon beſtandene, ja die Welt heute noch zwiſchen ſich theilende, Weltanſichten zur Eintracht mit einander aufhebt. Zwiſchen beiden lagert nur heute noch, beide ſcheidend, die Nachtanſicht mit ihren Negationen. Iſt ſie gehoben, ſo fließen beide unter Ausſcheidung der unvereinbaren Elemente von ſelbſt zur dritten in einander.

Die Geſchichte bleibt nicht müßig ſtehen, ſie ſpringt aber weder noch ſchleift ſie; ſondern ſie ſchreitet, den letzt vorgeſetzten Fuß an ſeiner Stelle haltend und den rückgebliebenen vorſetzend. Der Gang beſteht im Wechſel beider Schritte; ein höherer Blick ſieht die Verbindung beider Schritte. Die Schritte der Religion ſind groß, aber langſam. Sie braucht Jahrtauſende zu einem neuen Schritt. Der, zum Fortſchritt aufgehobene Fuß aber ſchwebt, ſchon ſich ſenkend, in der Luft; wann wird ſie ihn niederſetzen?

Mit bloßen Federſtrichen freilich iſt's nicht gethan. Wenn aber die Zeit erfüllt ſein wird, ſo wird es auch an dem zündenden Wort und der gemeindebildenden Kraft, deren es noch bedarf, nicht fehlen. Der Wind ſpielt erſt in den Blättern des Baumes, der von der Verſtärkung des Wehens einſt fallen wird, und die Religion zagt erſt noch, eine Welt des Alten mit dem neuen Tritt auf einmal zu zertreten.

Da ſteht einer, der eine ungeheure Laſt von einem Flecke, auf dem etwas wachſen möchte — das Licht kann nur nicht hinzu — wegwälzen möchte. Er faßt bald hier, bald da an, hebt die Laſt von der und jener Seite, aber ſie iſt zu ſchwer, zu tief eingedrückt, und fällt immer wieder auf die hebende Hand zurück. Die Umſtehenden ſehen ſtumpf zu, ſchütteln den Kopf oder lachen; einige, die auf der Laſt ſtehen und ſie vermehren helfen, wollen nicht herabgeworfen werden und ſchelten. Hier und da klingt wohl eine ermunternde Stimme, aber niemand greift mit an. Ueber dieſen Verſuchen iſt er alt geworden, fühlt, allein vollbringt ers nicht, thut noch einen letzten Ruck und wartet nun auf die neue Kraft. Sie wird es leichter haben; denn der innerlich morſch gewordene Stein fängt ſchon von ſelbſt an zu zerbröckeln; und endlich wird die Geſchichte nur noch die Brocken fortzukarren haben.

VII. Glaubensſätze.

Soll ich hienach noch mein Glaubensbekenntniß im Sinne der Tagesanſicht in einige kurze Sätze zuſammenfaſſen, ſo ſtelle ich gern an die Spitze deſſelben einen Spruch, den ich mich freute in einem kleinen, in orthodoxen Kreiſen wohl bekannten, Büchlein („Chriſtliches Vergißmeinnicht“), das jeden Tag des Jahres zur kürzeſten Morgenandacht mit einem Bibelſpruch bedenkt, gerade auf meinen Geburtstag treffend zu finden.

„Es ſind mancherlei Kräfte, aber es iſt Ein Gott, der da wirkt Alles in Allen“ 1. Cor. 12,6.

Weſentlich daſſelbe ſagt der erſte Satz des folgenden Bekenntniſſes, und alle andern hängen nur daran. Mit allen und in allen bleibt wahr, daß das Höchſte und Beſte des Glaubens, worüber nichts Höheres und Beſſeres geht, ſchon Sache der univerſalen Idee des Chriſtenthums iſt S. 59. Der eine Gott über Allen und in Allem, das Jenſeits mit gerechter Vergeltung, das höchſte ſittliche Gebot: Liebe Gott über Alles und deinen Nächſten wie dich ſelbſt, ſind keine Neuigkeiten der Tagesanſicht, ſondern ein Licht von Oben, ohne das ſie, um es nochmals zu bekennen, nicht Richtung und Ziel gefunden hätte; und mit dieſer Anerkenntniß ſchließt das Bekenntniß.

1. Es iſt Ein Gott, deſſen unendliches und ewiges Daſein das geſammte endliche und zeitliche Daſein nicht ſich äußerlich gegenüber noch äußerlich unter ſich, ſondern in ſich aufgehoben und ſich untergeordnet hat; ſo daß, ſo weit und hoch man das Daſein endlicher Dinge verfolgen und durchmeſſen will, das göttliche Daſein darüber hinausreicht.

2. Alſo ſteht auch der Menſch Gott nicht äußerlich gegenüber, ſondern iſt ihm zugleich eingethan und unterthan, Leben und Bewußtſein des Menſchen im göttlichen mit beſchloſſen.

„In Gott ruht meine Seele,
Weil Gott lebt, lebe ich,
Denn er allein hat Leben;
Ich kann nicht ſtehn daneben;
Er kann nicht laſſen mich.“

Aus den drei Mot. u. Gr. d. Glaubens.

3. Die Welt zwiſchen den Menſchen iſt nicht finſter und ſtumm, ſondern Gott ſieht mit dem Lichte und hört mit dem Schalle ſeiner Welt Alles, was in der Welt iſt und geſchieht; und über allem, was er mehr ſieht und hört, als ſeine Geſchöpfe, bauen ſich auch in ihm höhere Gedanken als in den höchſten dieſer Geſchöpfe.

4. Die Menſchen haben ſich zu beſcheiden, nicht obenan in der Welt zu ſtehen, ſondern ſind nur die höchſten individuellen Entwicklungsſtufen des irdiſchen Reiches, welche aber durch höhere Beziehungen darin verknüpft ſind und über welchen die Welt noch höhere Stufen einſchließt, die ſich endlich alle in der höchſten Stufe, d. i. der des göttlichen Daſeins, zuſammen- und abſchließen.

5. Jedes Geſtirn hat ſeine eigene Sinneswelt und darüber aufſteigende höhere Bewußtſeinswelt, die ſich über der ſeiner Geſchöpfe einheitlich zuſammenſchließt und gegen die der andern Geſtirne abſchließt, für das göttliche Bewußtſein aber ganz aufgeſchloſſen bleibt, ſo daß die Geſtirne eine Zwiſchen- und Vermittlungsſtufe zwiſchen ihren Geſchöpfen und Gott bilden, alſo auch die Erde.

„In Gott ruht meine Seele,
Der Engel ganze Schaar
In ſeinen reinen Höhen
Lichtſtrahlend ſeh' ich gehen,
Und einer trägt mich gar".

6. Wie unſer diesſeitiges irdiſches Leben ein weiteres und höheres um ſich und über ſich hat, wird es ein ſolches nach ſich haben, indem ſeine Fortſetzung anſtatt im weitern und höhern Leben verfließend aufzugehen, als neues Entwicklungsmoment darein eingeht und Theil daran gewinnt. Was unſerer Anſchauung beim Erlöſchen begegnet, daß ſie als Erinnerung in einem höheren Gebiete unſeres Geiſtes wiedergeboren wird, davon wird das Entſprechende nur erweitert und geſteigert unſerm ganzen Geiſte im Geiſte darüber, dem er ſchon jetzt eingethan iſt, begegnen.

„In Gott ruht meine Seele;
Du ſprichſt, daß ſie vergeht,
Da trag' ich keine Sorgen,
Auf immer iſt geborgen,
Die jetzt in ihm beſteht.

In Gott ruht meine Seele,
Scheint ganz es mit ihr aus,
Die Spur von ihr verloren,
Tritt ſie nur neugeboren
Ein in ſein höheres Haus".

7. Das jenſeitige Leben der Geiſter wird nicht mehr in dieſelben engen räumlichen Schranken gebannt ſein, als das diesſeitige. Die Geiſter werden darin in einen freieren innigeren und höhern Verkehr treten als im diesſeitigen, und die hier nur angebahnte Gerechtigkeit wird dort nach dem Princip erfüllt werden, daß jedem ſeine Werke nachfolgen und er dort ärnten wird, was er hier geſät hat.

8. Unſer Irrthum, unſere Thorheit und Sünde hängt nur an unſerer Endlichkeit und unſerm niederen Standpuncte in Gott, nicht

anders als im Menſchen ſelbſt Vorſtellungen, Gedanken und Triebe gegen ſeine höhere Einſicht und ſeinen höhern Willen entſtehen und gehen können, doch bleibt die rechte Einſicht, der rechte Wille und das Gebot in ihm darüber.

„In Gott ruht meine Seele,
Gott wirkt ſie in ſich aus;
Sein Wollen iſt mein Sollen;
Ich kann dawider wollen;
Doch Er führt es hinaus.

In Gott ruht meine Seele,
Der ſelber ſündigt nicht,
Trägt doch mit ſeinem Kinde
In ſich auch deſſen Sünde,
Führt es zuletzt zur Pflicht.“

9. Aller Schmerz und alles Leiden, alles Uebel in der Welt überhaupt iſt nicht durch Gottes Willen noch Zulaſſung, ſondern durch eine Nothwendigkeit der Exiſtenz da; aber mit gleicher Nothwendigkeit, als es da iſt, liegt im Weſen Gottes und hiemit der von ihm abhängigen Weltordnung das Streben es zu heben, zu verſöhnen, woran ſich ſeine Geſchöpfe mit zu betheiligen haben. Schließlich und vollſtändig kann er es nur in ſich heben und verſöhnen, indem er es in allen ſeinen Geſchöpfen thut; und je weiter und höher ſeine Mittel über ſeine Geſchöpfe hinauf und hinaus in Zeit und Raum und Aufſtieg zu höhern Lebensſtufen reichen, ſo ſicherer wird die Hebung und Verſöhnung ſein; man muß ſie auch nur von da erwarten. Mit ſolchem Glauben kann man ſich ruhig ſchlafen legen.

„In Gott ruht meine Seele;
O Troſt im größten Leid!
Gott kann's nicht in ſich dulden,
Es ſind nur Freudenſchulden,
Ich warte meiner Zeit.

In Gott ruht meine Seele;
Es ſei das letzte Wort,
Ob fern auch noch vom Hafen,
Ich kann doch ruhig ſchlafen,
Er iſt mein ew'ger Hort.“

10. In den Ideen der Wahrheit, Schönheit, Güte gipfelt ſich das göttliche Weſen, und in Glaube, Hoffnung, Liebe das des Menſchen in Bezug auf Gott.

„In Gott ruht meine Seele,
Er hält in ſich den Rath
Von Wahrheit, Schönheit, Güte,
Daß Einheit im Gemüthe
Und Richtſchnur bei der That.

In Gott ruht meine Seele,
Und ſchwankt ſie noch ſo viel
Geirrt von irdiſchen Trieben,
Im Glauben, Hoffen, Lieben
Bleibt Er ihr höchſtes Ziel.“

11. Die göttlichen, d. i. ſittlichen Gebote haben den Sinn, daß der Menſch ſein Trachten und Handeln in der Richtung auf das eigne Wohl dem Trachten und Handeln in der Richtung auf das Wohl des Ganzen, dem er angehört, unterordne. Der Menſch iſt dahin zu erziehen, daß er aus Liebe ſeine Pflicht thut, und ſein Gewiſſen ihm ohne Rechnung ſagt, was recht iſt.

12. Die erhabenſten und allgemeinſten Lehren des Chriſtenthums ſind die höchſten, beſten und haltbarſten überhaupt, welche die Religion an ihre Spitze ſtellen kann und Chriſtus ſteht an der Spitze aller Zeugen für das Daſein und die Geltung der höchſten, beſten, heiligſten Wahrheiten.

In Gott ruht meine Seele,
Die Seele ſieht ihn nicht,
Da Gott den Herrn zu zeigen
Die Zeugen niederſteigen,
Chriſtus voran als Licht.“

Zweiter Theil.

Ausführungen.

VIII. Das Alte und Neue der Tagesanſicht.

So neu die Tagesanſicht in gewiſſer Hinſicht erſcheint und iſt, ſo alt kann man ſie in andrer Hinſicht finden; ja ſollte ſie etwas ganz Neues ſein, ſo wäre ſie ſicher etwas von Grund aus Falſches, denn die Wahrheit kann niemals ganz fehlen, nur viel an der ganzen Wahrheit fehlen und viel über die Wahrheit hinaus ſein. Um nun das daran Fehlende zu ergänzen, muß das zu Viele fallen; und ſo enthält die Tagesanſicht mit dem Alten theils mehr theils weniger als das Alte.

In dieſem Sinne ward ſchon mehrfach hervorgehoben, daß die Tagesanſicht im Grunde nur die Aufhebung zweier geſchichtlich nach einander zur Geltung gekommenen Weltanſichten in einander iſt, daß ſie ihre Ideen in höchſten und letzten Dingen mit der chriſtlichen Anſicht, ihren naturwüchſigen Grund mit der heidniſchen Anſicht theilt. Indem ſie aber, ſtatt die eine äußerlich und widerſpruchsvoll zur andern zu fügen, die eine durch Aufhebung in der andern und Gipfelung durch die andre einheitlich fügt, weicht ſie von jeder insbeſondere nicht blos durch das Mehr der andern, ſondern auch durch Fallenlaſſen der Momente, die nicht zu dieſem Verhältniß ſtimmen, ab. Und indem die heutigen theologiſchen, philoſophiſchen und naturwiſſenſchaftlichen Anſichten ſich dieſer einheitlichen Fügung von der oder jener Seite entziehen, ſtimmt auch die Tagesanſicht nirgends ganz, ſondern immer nur von dieſer oder jener Seite, in dieſem oder jenem Stück, damit zuſammen, um in andrer Beziehung um ſo mehr davon abzuweichen.

Wohl am aufdringlichſten tritt der Unterſchied der Tagesanſicht in großen Stücken von den jetzt herrſchenden Anſichten hervor in der Anſicht von der objectiven Ausbreitung der ſinnlichen Erſcheinung durch die Welt, in der Durchführung der Immanenz der endlichen Geiſter in Gott ſtatt bloßer Phraſe, in der Lehre von der Seele der Geſtirne und der Pflanzen, und in der Weiſe, das Jenſeits aus dem Diesſeits zu folgern. Man hat geſehen, wie natürlich alles das in der Tagesanſicht zuſammenhängt, aus einander quillt, ſich wechſelſeitig hält und ſtützt und fodert, wogegen in die heutige Weltanſicht nichts davon recht paſſen will. Inzwiſchen dürfte es nicht ohne Intereſſe ſein, zu überblicken, worüber ich aber lieber von hier andershin verweiſe (Zendaveſta III, 332 ff.), wie die für den erſten Anblick ſo ganz fremdartig erſcheinende, Lehre vom Jenſeits im Grunde nur zugleich die Sammlung und einheitliche Verknüpfung ſo zu ſagen aller möglichen, bisher vorgekommenen, Anſichten darüber iſt, ja ſelbſt der ſpiritiſtiſche Jenſeitsglaube der Neuzeit tritt (nach XXIII) mit in ſie hinein. Daß der Glaube an die individuelle Gottbeſeeltheit der Geſtirne eine Sache des alten Heidenthums iſt, weiß jeder Schüler aus den Lehrſtunden der Mythologie; bekanntlich wurzelte auch der chriſtliche Glaube an Engel urſprünglich in dieſem Glauben und beſteht derſelbe unter den Naturvölkern heute noch ringsum. Die Anſicht von der Verbreitung der ſinnlichen Erſcheinung durch die Welt kann man in einer neuern Faſſung der Monadologie (Abſchn. XXII) wiederfinden; und für die Immanenz der endlichen Geiſter in Gott ward von vorn herein (S. 14) als erſte Autorität ein bibliſches Wort angeführt, wozu ſich mehr als ein Philoſoph und Dichter als Mitbekenner anführen ließe.

Kann man nun nach all dem mit Recht ſagen: Alles von der Tagesanſicht ſei theils ſchon dageweſen, theils noch da, ſo bleibt doch eben ſo wahr, die ganze Tagesanſicht war damit nicht da und ſtreitet mit der ganzen heutigen Weltanſicht, wofür ſie deren Widerſpruch von allen Ecken und Enden her zu erwarten haben wird, denn eine einige Mitte hat dieſelbe ja nicht.

Leicht läßt ſich die Tagesanſicht mit *Naturphiloſophie* verwechſeln; und warum nicht; nur daß man ſie nicht mit jeder Faſſung derſelben verwechſle. Naturphiloſophie kann aber gefaßt werden einmal als Lehre von den allgemeinſten Geſichtspuncten und Geſetzlichkeiten, welchen ſich die Welt der *materiellen* Dinge rückſichtslos auf einen geiſtigen Gehalt unterordnet, kurz als eine allgemeinere und höhere Naturwiſſenſchaft; und auf eine ſolche möchte ſich die Tagesanſicht wohl ſtützen, ohne deren Auf- und Ausbau zu ihrer Aufgabe ſelbſt zu rechnen; fände ſie nur bisher mehr als Bruchſtücke und Probleme einer ſolchen vor. Naturphiloſophie kann zweitens gefaßt werden als eine Lehre von den allgemeinſten und höchſten Beziehungen der geiſtigen zur materiellen oder innerlich erſcheinlichen zur äußerlich erſcheinlichen Welt, wohinein die Anſicht von einer Gottbeſeelung der ganzen Welt und der Gliederrung dieſer beſeelten Welt tritt. Eine Naturphiloſophie in dieſem Sinne beanſprucht die Tagesanſicht wirklich zu ſein, nur nicht blos von theoretiſchem Gepräge, ſondern mit einer Tragweite in's Religiös-Praktiſche hinein; auch würde ſie ſich in umgekehrter Richtung ſo darſtellen laſſen, daß letztrer Geſichtspunct als der leitende und übergeordnete erſchiene. Drittens aber läßt ſich unter Naturphiloſophie eine Lehre verſtehen, welche die Natur aus Kategorieen, die vielmehr ins geiſtige Gebiet gehören, oder worin ſich die Geſichtspuncte beider Gebiete unklar miſchen, nach einem fertigen Schematismus betrachtet. In dieſem Sinne iſt die Naturphiloſophie neuerdings hauptſächlich aufgetreten, hat damit in die Naturwiſſenſchaft hineingeſtört, und die Empörung der letztern dagegen hat ſelbſt das Wort Naturphiloſophie in Verruf gebracht. Und nachdem man die Tagesanſicht unter dieſem Worte mit gefangen hat, hat man ſie auch darunter mit gehangen.

In dem Sinne aber, in welchem die Tagesanſicht ſich als Naturphiloſophie wirklich giebt, d. i. nach ihrer theoretiſchen Seite, iſt ſie im Grunde nur die Vollendung und der Abſchluß deſſen nach Oben, was von Unten als Pſychophyſik angehoben iſt, oder die Glaubensblüte und Frucht oberhalb der Wurzel, welche die Pſychophyſik unmittelbar im Wiſſen ſucht. Man hat ſich gewundert, daß die erſte Darſtellung der Tagesanſicht im „Zendaveſta" und die „Elemente der Pſychophyſik" denſelben Autor haben. Es ſei zweierlei und im Autor ſelber eine Spalte. Aber ſieht man denn nicht, wie die Entwicklungsprincipien beider zuſammenhängen und zuſammenſtimmen. Im Gebiete des Erfahrbaren auf Erfahrung fußen, wie die Pſychophyſik thut, und darüber hinaus immer noch darauf fußen, nur mit der erforderlichen Verallgemeinerung, Erweiterung, Steigerung der Geſichtspuncte, wie die Tagesanſicht theoretiſcherſeits thut., ſind doch nicht gar zu verſchiedene Dinge. Auch beweiſt ſich der principielle Zuſammenhang beider Lehren von ſelbſt damit, daß der erſte Keim der Pſychophyſik ſich aus der erſten Darſtellung der Tagesanſicht — gab ich ihr auch früher noch nicht dieſen Namen — herausgebildet hat (Zendaveſta II. 373) und daß in einigen Schlußabſchnitten der Elemente der Pſychophyſik (XLV und XLVI) gezeigt iſt, wie man mit Verallgemeinerungen aus der Pſychophyſik in die Tagesanſicht hineinkommt.

Aehnlich als mit dem Inhalt der Tagesanſicht verhält es ſich mit den Entwickelungsprincipien dieſes Inhaltes. Einzeln genommen iſt nichts daran neu, nur das einſtimmige Zuſammennehmen alles deſſen, worauf ſich fußen läßt, iſt neu. Von jeher hat man Schlüſſe vom Gegebenen auf das Nichtgegebene gemacht, und einſeitige Schlüſſe der Art ſogar auf die allgemeinſten, höchſten und letzten Dinge erſtreckt; von jeher haben praktiſche und hiſtoriſche Geſichtspuncte beigetragen, den religiöſen Glauben zu ſtützen oder zu begründen. Die Tagesanſicht hat eben nur das Neue, daß ſie nicht den einen oder andern, ſondern alle dieſe Wege ohne ihre Einſeitigkeiten und Halbheiten gehen und gelten läßt, und in möglichſter Zuſammenſtimmung aller die möglichſte Sicherſtellung des Glaubens ſucht. (IV. IX). In gleich ſtarkem Gegenſatze aber ſteht ſie gegen die zwei Hauptrichtungen der heutigen philoſophiſchen Nachtanſicht, welche bei eigenem Gegenſatze gegen einander das gemein behalten, daß ſie alle jene Wege, die es giebt, vom Gegebenen zum Nichtgegebenen zu gelangen, aus Einzelfällen das Geſetz zu finden, von uns aus über uns hinaus und hinauf zu ſchließen, vernachläſſigen oder gar verwerfen, um entweder aus der aprioriſtiſchen Leere abſtracter Begriffe heraus den ganzen Weltinhalt zu erzeugen und zu begreifen, oder das Wiſſen des Menſchen um die Welt auf das Wiſſen um ſeine eigene Subjectivität zu beſchränken.

Was nun auch in der Tagesanſicht alt oder neu ſein mag, ſo enthält aber dieſe Schrift inſofern nichts weſentlich Neues, als ſie im Grunde nur den Inhalt früherer Schriften, theils kürzer zuſammenfaſſend, theils weiter oder nach andern Richtungen ausführend, theils in andern, mitunter auch wohl denſelben Wendungen wiedergiebt. Warum thut ſie es? Nun, zuvörderſt weil jener Blick von der Bank ins Grüne ſie ſo zu ſagen wie aus einem friſchen Keime hervortrieb, dann weil ein Baum, der die erſten Hiebe der an ihn gelegten Axt wenig ſpürt, von einem letzten Hiebe fallen kann, wenn dieſer auch nur den erſten gleicht; endlich, weil überhaupt: »Nunquam satis dicitur, quod nunquam satis discitur«.

Folgendes das Verzeichniß der frühern Schriften, die ſich in Darſtellung der Tagesanſicht theils ergänzen, theils aus verſchiedenen Geſichtspuncten zuſammentreffen, in der jetzigen aber ſich in gewiſſer Weiſe reſumiren, nach der Zeitfolge ihres erſten Erſcheinens.

1) Das Büchlein vom Leben nach dem Tode. 1. Auflage. Dresden. Grimmer. 1836. 2. Aufl. Leipzig. Voß. 1866.
2) Ueber das höchſte Gut. Leipzig. Breitkopf und Härtel 1846.
3) Nanna, oder über das Seelenleben der Pflanzen. Leipzig. Voß 1848.
4) Zendaveſta oder über die Dinge des Himmels und des Jenſeits vom Standpunct der Naturbetrachtung. Leipzig. Voß. 1851. 3 Thle.
5) Ueber die Seelenfrage, ein Gang durch die ſichtbare Natur, um die unſichtbare zu finden. Leipzig. Amelang 1861.

6) Die drei Motive und Gründe des Glaubens. Leipzig, Breitkopf und Härtel. 1863.

7) Einige Ideen zur Schöpfungs- und Entwickelungsgeſchichte der Organismen. Leipzig, Breitkopf und Härtel, 1873.

Der Zuſammenhang der Tagesanſicht mit der Phyſik durch die ſynechologiſche Anſicht (worüber folgends Abſchn. XXII zu vergleichen) findet ſich im 28. Abſchn. der „phyſikaliſchen und philoſophiſchen Atomenlehre“ (1. Aufl. 1855. 2. Aufl. 1864), und der Zuſammenhang derſelben mit der Pſychophyſik in den Abſchnitten 45 und 46 des 2. Theiles der „Elemente der Pſychophyſik“ (1860) behandelt; der Zuſammenhang derſelben mit der Aeſthetik iſt in der „Vorſchule der Aeſthetik“ (1876, I, 37) wenigſtens berührt. Als eine Art Beitrag zur Geſchichte der Tagesanſicht kann die Schrift: „Profeſſor Schleiden und der Mond“ (1856) gelten.

Von erſtgenannten Schriften möchten die „drei Motive“ und „Ueber die Seelenfrage“ am geeignetſten zur Einführung in die ganze Lehre ſein, erſtere beſonders in principiellem Bezuge, letztere durch ihre Behandlung einiger Hauptthemata. Auf den Inhalt beider iſt in dieſer Schrift nur in Kürze zurückgekommen. Am eingehendſten, mitunter unſtreitig etwas zu breit, iſt die Lehre in den 3 Bänden des „Zendaveſta“ entwickelt, wovon der dritte für ſich allein die Unſterblichkeitslehre nach den verſchiedenſten Seiten behandelt, während ſich dieſelbe im „Büchlein“ kürzer und hiemit vielleicht anſprechender darſtellt. Die ethiſche Seite der Tagesanſicht, worauf dieſe Schrift nur beiläufig Bezug nimmt, iſt in der Schrift „Ueber das höchſte Gut“ beſonders vertreten.

Zwar giebt es einige Puncte der Abweichung dieſer Schrift von jenen frühern Schriften, deren beſonders zu gedenken iſt. Die weſentlichſte Abweichung von formaler Seite, ſofern ſie ihren Einfluß auf den ganzen Gang der Betrachtung erſtreckt hat, ohne zu weſentlich andern Ergebniſſen zu führen, möchte darin liegen, daß in der jetzigen der Hinweis auf die Verödung der Welt unter dem Geſichtspuncte der Nachtanſicht den Ausgang der Betrachtung bildet, indeß in jenen früheren der Ausgang vielmehr von poſitiven Analogien, Zuſammenhangs- und Urſprungsbetrachtungen größern Stils genommen iſt. Man kann an jeder dieſer Ausgangsweiſen im Beſondern mäkeln, ſofern man die Begründung der ganzen Tagesanſicht darin finden will; aber die Tagesanſicht kann überhaupt nicht zulänglich von einem einzelnen Geſichtspuncte oder einer einzelnen Seite aus begründet werden, ſondern jedes Moment derſelben hat beizutragen, das Ganze zu halten. Einige ergänzende Betrachtungen zu dem hier genommenen Ausgangspuncte aber ſind noch in einem der letzten Abſchnitte (XXIV) enthalten.

Sachlich iſt die Freiheitsfrage im 16. Abſchn. dieſer Schrift anders aufgefaßt und behandelt als in Zendaveſta I. 347 ff. und Ueb. d. Seelenfrage 217 ff. Mancher mag die frühere Auffaſſung der neueren noch vorziehen, die mir doch mit ihrer größeren Entſchiedenheit zugleich größere Klarheit, innere Feſtigkeit und praktiſche Verwerthbarkeit zu verbinden ſcheint, vorausgeſetzt, daß die Entſcheidung und Verwerthung vielmehr im Sinne der Tagesanſicht als Nachtanſicht geſchieht. Denn damit ändern ſich die Geſichtspuncte, Bedingungen und Folgen der Entſcheidung. Andrerſeits ward ſchon früher in den „Ideen zur Schöpfungsgeſchichte“ die, in Zendaveſta II, 174 ff. vorgetragene, Anſicht von der Entwicklung des organiſchen Reiches verlaſſen; anderer Puncte der Abweichung von mehr untergeordneter Bedeutung zwiſchen der jetzigen und den frühern Schriften nicht zu gedenken.

Mit all' dem, wird man ſagen, beweiſt ſich aber, daß die von vorn herein ſo anſpruchsvoll und zuverſichtlich gegen die Nachtanſicht aufgetretene Tagesanſicht ihrerſeits ſchwanken und irren kann.

Es iſt wahr, iſt aber auch von vorn herein zugeſtanden (S. 17), denn zur Unbeſcheidenheit der Tagesanſicht gegenüber der Nachtanſicht fehlt es doch der Tagesanſicht nicht an Beſcheidenheit auf ihrem eigenen Gebiete.

Das feſte Weſen der Tagesanſicht ruht in den drei Grundpuncten des 3. und den drei Glaubensprincipien des 9. Abſchnittes. Wer ſich zu dieſen Grundpuncten und Principien, von denen die erſten ſich auf letztere ſtützen, bekennt, bekennt ſich damit zur Tagesanſicht und findet damit nicht nur ſeine Weltanſicht aus allgemeinſten und oberſten Geſichtspuncten, ſondern auch die Hauptrichtung ihrer Entwickelung beſtimmt. Nach Maßgabe als man irgend eines jener ſachlichen oder formalen Momente der Tagesanſicht preisgiebt, verläßt oder verleugnet, geräth man in die Dunkelheiten, Einſeitigkeiten, Widerſprüche, Troſtloſigkeiten, tiefen Zerwürfniſſe der Nachtanſicht. Aber die drei Glaubensprincipien ſind doch zugeſtandenermaßen keine Principien abſoluten Wiſſens, ſondern blos Principien des Fortſchrittes zu um ſo größerer Sicherheit, je mehr man in triftiger Anwendung derſelben fortſchreitet; und die Aufgabe der Entwickelung einer Weltanſicht nach allen Seiten und Beſtimmungen iſt zu groß, als daß erſte Verſuche derſelben vollendete ſein könnten. Und ſo wird es freilich auch dieſer Verſuch nicht ſein, und ſich zu beſcheiden haben, wenn nur Grund und Anlage deſſelben ihre Haltbarkeit beweiſen. Nicht nur wird jedes Buch, was jene Principien beſſer als dieſes zu verwenden weiß, über dieſem Buche ſein, ſondern dieß Buch bekennt ſelbſt, daß es ein ſolches geben kann, indeß es zugleich behauptet, daß es eben nur mittelſt Verwendung ſeiner Principien ein ſolches geben kann und daß der Widerſpruch gegen die Nachtanſicht damit nur um ſo durchſchlagender werden muß.

IX. Die drei Glaubensprincipien der Tagesanſicht.

Aller Glaube und über allem der religiöſe Glaube hängt thatſächlich von drei Motiven ab, und hat, um der rechte zu ſein, von drei Gründen abzuhängen, welche nur die Läuterung und Verallgemeinerung der, einſeitig, roh und unvollkommen hier und da zur Geltung kommenden Motive ſind. Eingehend iſt dieß in dem mehrerwähnten Schriftchen „die drei Motive und Gründe des Glaubens“ beſprochen. Hier mag es genügen, daraus den Ausſpruch der drei Gründe, unterſchieden als theoretiſches, praktiſches und hiſtoriſches Princip, in etwas abgekürzter Faſſung wiederzugeben.

Auf keins dieſer Principe hat ſich der Glaube allein zu ſtützen. Der Menſch kann fehl gehn in Verallgemeinerung deſſen, was er weiß, kann fehl gehn in dem, was er für das Beſte hält zu glauben, und die Geſchichte hat von jeher Fehler nach beiden Seiten begangen; alſo haben ſich die drei Principe wechſelſeits in ſolcher Weiſe zu überwachen, daß ſie nur in verſchiedenen Wegen zu demſelben Ziele führen. Je nach der Aufgabe zwar mag der Weg hier oder da vorzugsweiſe vielmehr im Sinne des einen als der andern Principe verfolgt werden, und ſelbſtverſtändlich, wo es ſich um Theorie handelt, kann nur das theoretiſche Princip das leitende ſein; doch immer mit Rückſicht, daß nicht ſeitens der andern Principe ein, der Vermittelung unzugänglicher, Widerſpruch bleibe.

Theoretiſches Princip.

Es gilt vom möglichſt großen Kreiſe des Erfahrungsmäßigen im Gebiete der Exiſtenz auszugehen, um durch Verallgemeinerung, Erweiterung und Steigerung der Geſichtspuncte, die ſich hier ergeben, zur Anſicht deſſen zu gelangen, was darüber hinaus in den andern, weitern und höhern Gebieten der Exiſtenz gilt, an die wegen ihrer Ferne unſre Erfahrung nicht reicht, oder deren Weite und Höhe unſre Erfahrung überreicht und überſteigt, mit der Vorſicht, die Verallgemeinerung, Erweiterung und Steigerung über das Gebiet des Erfahrbaren hinaus nur in dem Sinne und der Richtung vorzunehmen, die ſchon innerhalb des Erfahrbaren ſelbſt eingeſchlagen iſt, alſo nur das für die andern, weiteren und höheren Gebiete in Anſpruch zu nehmen, als gültig zu erachten, was ſich um ſo mehr verallgemeinert, erweitert, ſteigert, je weiter und höher wir den Blick in's erfahrbare Gebiet richten, und dem Geſichtspuncte des Unterſchiedes, der durch die größere Ferne, Weite, Höhe des Gebietes entſteht, dabei volle Rechnung zu tragen. Von je verſchiedenern Ausgangspuncten, Seiten her Schlüſſe in dieſen Wegen einſtimmig zuſammentreffen, ſo ſichrer wird der Glaube dadurch geſtützt ſein.

Practiſches Princip.

Jede irrige oder mangelhafte Vorausſetzung erweiſt ſich dadurch als eine ſolche, daß ſie, als wahr angenommen, durch den Einfluß, den ſie auf unſer Denken, Fühlen und Handeln gewinnt, Nachtheile nach ſich zieht oder dem menſchlichen Glücke Abbruch thut, indem ſie uns in widerwärtige Stimmungen und verkehrte Handlungen verwickelt, die theils unmittelbar Unluſt, Unbefriedigung, theils mittelbar Unluſtfolgen mit- und nachziehen; wogegen die Wahrheit einer Vorausſetzung ſich durch das Gegentheil von all' dieſem als ſolche erweiſt. Dieſer Satz bewährt ſich um ſo mehr, je größeren Einfluß Irrthum oder Wahrheit auf unſer Fühlen, Denken, Handeln gewinnt, auf einen je größeren Umkreis von Menſchen und je längere Dauer er ſich erſtreckt, während ein Irrthum ohne erheblichen Eingriff in unſer übriges Fühlen, Denken, Handeln, für einen einzelnen Menſchen oder kleinen Umkreis von Menſchen und auf kurze Zeit auch wohl befriedigend und ſelbſt nützlich erſcheinen kann. So daß nach Allem nur der Glaube als der wahrſte gelten kann, welcher der Menſchheit nach der Geſammtheit ihrer Beziehungen am heilſamſten iſt; wonach ein Schluß aus der Güte eines Glaubens auf ſeine Wahrheit zu machen iſt.

Hiſtoriſches Princip.

Wenn ein Glaube an die Exiſtenz von Etwas, das nicht unmittelbar der Erfahrung unterliegt, beſteht, ſo müſſen irgendwelche dem Menſchen bewußte oder unbewußte, vom Exiſtenzgebiete her wirkende, Gründe dazu vorhanden ſein, die dieſen Glauben erzeugen, oder Bedürfniſſe im Menſchen, die dazu treiben. Jeder, auch der irrigſte, Glaube hat Gründe der Art, nur nicht immer allgemein zulängliche, ſondern oft blos einſeitige, partielle, egoiſtiſche, die durch unangemeſſenes Uebergewicht oder untriftige Verallgemeinerung den falſchen Glauben oder das Falſche im Glauben erzeugen. Mit Rückſicht hierauf kann auf die Triftigkeit und Güte eines Glaubens mit um ſo größerer Wahrſcheinlichkeit geſchloſſen werden, je allgemeiner und einſtimmiger, mit je größerer Haltbarkeit und Wirkſamkeit, er durch die Welt und Zeit ſich erſtreckt und je mehr er mit wachſender Cultur erſtarkt und in Verbreitung wächſt.

X. Zur Theologie der Tagesanſicht.

1. Sachliches.

Entſchließen wir uns, im Sinne der Tagesanſicht an ein wahres Band alles Bewußten in einem höchſten und letzten einheitlichen Bewußtſein nach dem Bilde des über unſer eigenes geiſtiges Gebiet übergreifenden Bewußtſeins nur mit höchſter Erweiterung und Steigerung des Geſichtspunctes zu glauben, ſo haben wir auch an alle Conſequenzen davon zu glauben.

Wir haben erſtlich zu glauben, daß Gott, unter welchem Namen wir das höchſte einheitliche bewußte Weſen verehren, um Alles, was ſeine Geſchöpfe wiſſen, wie ſie ſelber weiß, nur noch mehr und höheres als Alle weiß, alſo nicht wie Manche meinen, blos ein traſcendentales Bewußtſein über den Menſchen, noch wie Andre meinen, ein blos immanentes Bewußtſein in den Menſchen, ſondern Eins mit dem Andern hat.

Indem Gott um Alles weiß, was ſeine Geſchöpfe wiſſen, weiß er auch um ihre Unwiſſenheit und Irrthümer, ohne ſie zu theilen, weil ſie eben nur Sache der Theile ſind, die nicht eben ſo um das Ganze wiſſen, als das Ganze um ſie weiß. Mancher glaubt nicht oder zweifelt an Gott ſelbſt, trotzdem, daß er in Gott iſt, aber das heißt nicht, daß Gott an ſein eigenes Daſein nicht glaubt oder daran zweifelt, weil der Einzelne nicht Gott iſt. Gott ſieht den Unglauben des Menſchen ſo gut als den Glauben, und hat in ſeiner Weltordnung Mittel, den Glauben zu fördern, den Unglauben zu tilgen, und wendet ſie in dieſem Sinne an; denn der Glaube hat von jeher den Unglauben überwachſen, und wird ihn, wie er ſich auch ſperre, ferner überwachſen. Wenn aber Gott die Irrthümer und den Unglauben nicht plötzlich hebt, ſo ſteht das auf demſelben Blatte, als warum er das Uebel überhaupt nicht plötzlich hebt; und können etwa die, welche Gott eine durch nichts beſchränkte Allmacht beilegen, beſſer ſagen, warum er es nicht plötzlich thut?

Wir haben zweitens zu glauben, daß Gott auch die bewußten Tendenzen aller ſeiner Geſchöpfe zugleich inbegreift und mit höheren Tendenzen, welche die Richtung des Weltlaufes im Ganzen endgültig beſtimmen, übergreift, ſo zwar, daß die der endlichen Geſchöpfe nicht blos mit ſondern auch gegen ſeine oberſten Tendenzen, ſagen wir kurz gegen Gottes Willen, gehen können, eben ſo wie in uns niedere Triebe gegen unſern höhern Willen. Aber damit können ſie die Richtung des Weltlaufes im Ganzen nicht ändern, müſſen vielmehr ſelbſt ſchließlich in die von oben vorgezeichnete R[illegible] einlenken, ſofern der göttliche Wille gegen Alles, was wider ihn iſt, läuft, hingegen Allem hilft, was in ſeiner Richtung geht.

Denken wir uns einen Hauptſtrom mit vielen kleinen Nebenflüſſen. Sie können in einer Richtung in ihn einmünden, die mit oder gegen die ſeine, hiemit gegen die Hauptrichtung der ganzen Stromverzweigung läuft, und ihre Waſſer eine Zeit lang gegen dieſe Richtung in ihm fortſtrömen laſſen, können aber dieſe Richtung mit ihrer Gegenſtrömung nicht umkehren, und müſſen endlich doch derſelben folgen.

Drittens haben wir zu glauben, daß Gott alle Luſt, alle Freude, die höchſte Seligkeit, aber auch alle Unluſt, Schmerzen, Leiden, die höchſte Pein ſeiner Geſchöpfe in einem untern Gebiete ſeines Weſens mit fühlt, aber zugleich ein über alles geſchöpfliche Trachten und Vermögen hinausgreifendes Trachten und Vermögen zur endlichen Ausgleichung, Hebung und Verſöhnung aller Uebel der Welt in ſich hat, und eine über alle niedre Unluſt übergreifende höhere Luſt des Fortſchreitens zu dieſem Ziele in ſich fühlt.

Kein Uebel, was wir ſelbſt als ſolches empfinden, taucht in uns mit unſerm Willen oder nach unſerer freien Zulaſſung auf; ſondern ſo wie wir das Uebel empfinden, richtet ſich unſer Trieb, und vermag er es nicht durch unmittelbares Gegenwirken zu heben, unſer Wille dagegen und ſetzt allgemeinere, wenn auch erſt durch einen weiteren Zeitlauf wirkende, Mittel dagegen in Kraft. Es wird in Gott nicht anders ſein. Wo Uebel in der Welt empfunden wird, — und was nirgends, ſei es unmittelbar oder in ſeinen Folgen als ſolches empfunden wird, iſt kein Uebel — wird es in Gott und hiemit von Gott empfunden; und alsbald richtet ſich in ihm ein niedrer Trieb, und wo er nicht reicht, ein höherer Wille, die noch beide in ſeine Geſchöpfe fallen können, wo aber der höchſte Wille des Geſchöpfes nicht reicht, der höchſte Wille des Schöpfers dagegen, und ſetzt allgemeinere, wenn auch erſt durch weitern Zeitverlauf wirkende Mittel, als dem Einzelnen zu

Gebote ſtehen, in Kraft, ſo daß, wenn die des Diesſeits nicht reichen, die des Jenſeits in Kraft treten, und der Tod nur der Vermittler zwiſchen beiden iſt.

Wir werden nun aber auch geduldig ſein müſſen, wenn das Uebel nicht plötzlich und auf einmal gehoben wird, genug, daß wir die Tendenz dazu in der göttlichen Ordnung der Dinge erblicken, und Gott zutrauen dürfen, daß er es endlich heben könne. An denſelben Urbedingungen der Exiſtenz, von welchen das Daſein des Uebels darin überhaupt abhängt, hängt die Unmöglichkeit, es mit einem Schlage zu heben, hängen aber auch die möglichen Mittel ſeiner Hebung; Gott weiß in ſeiner Allwiſſenheit um dieſe Mittel, und weiß mit den kleinſten Koſten und auf kürzeſtem Wege zum Zweck zu kommen. Dieſe Koſten können uns groß und dieſe Wege lang erſcheinen; aber die Weltübel, mit denen Gott zu ſchaffen hat, ſind ſelbſt nicht klein.

Wohl läuft es hart gegen den gemeinen Glauben von einem rein in ſich ſeligen Gott, die unſäglichen Schmerzen und Leiden ſeiner Geſchöpfe von ihm mit empfunden zu denken. Auch brauchten wir ja den Namen Gottes blos auf den abſtracten Gipfelpunct der geiſtigen Exiſtenz zu beziehen, ſtatt auf das darunter begriffene Gebiet mit zu beziehen, ſo kämen wir mit der gewöhnlichen Auffaſſung des göttlichen Weſens überhaupt auch zu ſeiner Erhabenheit über alle Leiden ſeiner Geſchöpfe zurück. Aber ſo gut der Menſch die Leiden, die ihn in einem niedern Gebiete ſeines Weſens treffen, trotz ſeiner Erhabenheit aus höherem Geſichtspunct darüber, immerhin als Leiden empfindet, und ſeinen Willen zur Beſeitigung derſelben aufgerufen fühlt, wird es bei Gott ſein, wenn wir ihn im ganzen Zuſammenhange ſeines Weſens faſſen. Auch liegt ein großer Werth für den Menſchen in der Vorſtellung, daß es bei Gott in dieſer Hinſicht nur aus höherm Geſichtspuncte daſſelbe als bei dem Menſchen iſt; und alle Philoſophie und Theologie, welche vermöge ihres abſtracten Begriffes von Gott auch von aller Theilnahme deſſelben an den Leiden ſeiner Geſchöpfe abſtrahiren, haben keinen Erſatz für den Gedanken zu bieten, daß Gott dieſe Leiden, ſofern er ſie wie ſeine fühlt, auch wie ſeine durch demgemäße Fügung der Mittel heben wird.

Wie kann man überhaupt Liebe und Vertrauen zu einem Gott haben, der, nach hergebrachter Vorſtellung von ſeiner Allmacht, ſich ſelbſt alle Leiden erſparte und ſeine Geſchöpfe damit beſchenkte. Müſſen überhaupt Leiden ſein, und nur weil ſie ſein mußten, konnten ſie ſein, ſo muß das Weſen, was alle geiſtige Exiſtenz in ſich begreift, auch ſelbſtverſtändlich die ganzen Leiden dieſer Exiſtenz, zugleich aber mit dem Antrieb ſie zu heben, inbegreifen; und einen ſtärkern Grund des Vertrauens auf Gott in unſern Leiden, glauben wir anders an Gott, können wir überhaupt nicht finden. Ja Gott wird über uns Alle hinaus noch größere und höhere Leiden als wir empfinden, die aus Beziehungen erwachſen, welche über das einzelne Geſchöpf hinausgreifen, die Leiden ganzer Geſchlechter, Zeiten und Völker nicht blos als Summe der einzelnen Leiden, ſondern als Gefühl des Quelles ihrer Leiden; aber eben ſo wird er Ergänzungen und Verſöhnungen dieſer Leiden aus höhern Geſichtspuncten in ſich tragen, die über uns hinausgreifen, und über Alles die Freude, Alles ſelbſt zum Beſten zu wenden, mit der Vorausſicht dieſer Wendung in ſich tragen, im Kleinen zu verdeutlichen daran, daß auch uns die Unluſt, welche die Disharmonie in einer Muſik erweckt, ſchon im Voraus verſöhnt und im Erfolge mehr als vergütet wird durch die folgende Auflöſung in Harmonie. Was wir aber ſchon im endlichen Ablaufe einer kurzen Muſik haben, hat Gott im ganzen Ablauf der Weltdinge, ohne daß er auf den Erfolg aller Auflöſung bis in Ewigkeit zu warten braucht; denn in jeder Zeit werden ſchon mit Luſt empfundene Fortſchreitungen zu harmoniſchen Abſchlüſſen und ſolche ſelbſt für größere oder kleinere Kreiſe eintreten.

2. Sprachliches.

Daß wir mit allen Mängeln, Fehlern, Leiden unſeres Wiſſens, Wollens, Fühlens in Gott eingehen, hindert alſo nicht, daß Gott auf der höchſten Stufe ſeines Weſens eine abſolute Vollkommenheit nach allen Kategorien, nach denen wir Vollkommenheit beurtheilen, zukomme: nur in den unteren Gebieten ſeines Geiſtes iſt ſie nicht zu finden. Und hienach läßt ſich allerdings fragen, woran ſchon oben gedacht ward, ob man nicht ſtatt der ganzen von einem einheitlichen Bewußtſein übergriffenen geiſtigen Exiſtenz blos das Allgemeinſte und hiemit zugleich Höchſte und Beſte davon, kurz den Gipfel der geiſtigen Exiſtenz als Gott zu betrachten habe. So hochwichtig aber dieſe Frage ſcheint, iſt es doch vielmehr nur eine Frage der Sprache, als der Sache. Denn ob man das Oberſte oder das Ganze der geiſtigen Exiſtenz Gott nenne, ſo bleiben doch die Beziehungen von Unten zu Oben und umgekehrt dieſelben, ſtellen ſich nur einesfalls dem Wortlaute nach als äußere zwiſchen Gott und einem unteren Gebiete, andernfalls als innere zwiſchen einem obern und untern Gebiete in

Gott dar. Erſteres entſpricht zugeſtandenermaßen beſſer dem lebendigen Sprach- und Begriffsgebrauche — und ſoll man ſich nicht ſo viel als möglich daran halten? — denn man pflegt doch eben nur das Allgemeinſte, Höchſte und Beſte in Gott zu ſuchen und die Welt der Endlichkeiten und Beſonderheiten tief unter ihm zu ſehen; aber es iſt dann doch nur ein Abſtractum, was man Gott nennt, was ſo wenig für ſich beſtandfähig iſt, als die höchſte Bewußtſeins-, Willens- und Gefühlseinheit in uns; und Gott ſoll doch auch nach den geläufigſten Begriffen eine Selbſtändigkeit über alle Geiſter haben; alſo kommt man bei ſolcher Faſſung in Widerſprüche mit ſich ſelbſt. Auch verlieren wir damit, daß wir Gott in anderm Sinne einen Geiſt nennen als unſern eignen Geiſt, worunter wir doch nicht blos ein Abſtractum des Höchſten und Beſten verſtehen, die begrifflichen und ſachlichen Bezugspuncte, die ſich zwiſchen dem göttlichen Geiſte und unſern Geiſtern finden laſſen. Und inſofern es der Tagesanſicht eben um dieſe Bezugspuncte zu thun iſt, hat ſie auch die Auffaſſungsweiſe und demgemäße Bezeichnungsweiſe des göttlichen Weſens vorzuziehen, welche dieſen Vergleich geſtattet.

Nicht darauf kommt es überhaupt ſachlich an, was man Gott nennen *will*, ſondern ob das ganze geiſtige Gebiet der Welt nach gleichem Princip in ſich zuſammenhängend und aufſteigend, nur in größerer Weite und höherer Aufſteigung, auf- und ausgebaut ſei, als unſer eigenes, und ob unſer Geiſt ſelbſt als untergeordnetes Glied in dieſen Bau mit eingehe. Wir glauben im Sinne der Tagesanſicht, daß dem ſo ſei, ja daß wir in dem Auf- und Ausbau unſers eignen Geiſtes das einzige Mittel haben, uns eine Vorſtellung von dem des ganzes Geiſtes zu machen. Iſt aber dem ſo, ſo werden wir auch für dieſen ganzen Geiſt einen Namen zu ſuchen haben, und keinen andern als Gott finden. Er iſt der einige und alleinige und für ſich allein beſtandfähige, der exiſtirt; und welcher Geiſt aus ihm herausfiele, wäre nicht; aber auch der göttliche Geiſt wäre nicht ohne ſeinen Inhalt, zu dem die geſchöpflichen Geiſter gehören; nur daß der göttliche nicht blos die Summe derſelben iſt, ſondern mit höheren Beziehungen und einer höchſten Einheit alle überſteigt. Die Tagesanſicht muß überhaupt mit manchen hergebrachten Begriffen brechen, alſo muß ſie auch mit manchem Wortgebrauche brechen; der hergebrachte Begriffsgebrauch für Gott iſt aber nur die Folge der hergebrachten Nachtanſicht.

Inzwiſchen, inſofern doch das Allgemeinſte, Höchſte und Beſte eben *nur* in Gott zu finden iſt, mag man immerhin, wo es ſich, wie zumeiſt im religiöſen Intereſſe, nur um dieſen Geſichtspunct handelt, Gott in einem engeren Sinne als Vertreter des Allgemeinſten, Höchſten und Beſten einer Welt voll Mängel unter ihm gegenüberſtellen, und damit dem herrſchenden Begriffe ſich anbequemen, doch aus allgemeinerem Geſichtspuncte nicht vergeſſend, daß dieſe begriffliche Gegenüberſtellung jene ſachliche Einigung nicht ausſchließt. Die Sprache hat nun einmal nicht ſo viel Worte als Weiten und Wendungen der Begriffe, und ſo muß der Zuſammenhang oft dazwiſchen entſcheiden; genug, wenn er wirklich hinreicht, zu entſcheiden; und das mag auch von unſerm bald weiter bald enger gefaßten, bald ſo bald ſo gewandten Gottesbegriffe gelten.

Man kann die Frage noch erweitern, fragen, ob wir nicht in den Begriff Gottes auch das ganze von ſeinem Bewußtſein übergriffene materielle Gebiet aufzunehmen haben. Aber es kehrt dieſelbe Antwort wieder: es iſt vielmehr nur eine Frage der Sprache als der Sache; denn die Beziehungen zwiſchen dem Geiſte und der materiellen Welt ändern ſich nicht damit. Rechnet man die ganze Welt in Gott ein, ſo iſt man Pantheiſt, wenn ſchon nicht in dem Sinne, vor dem man die Welt heutzutage zu fürchten macht, als verfiele damit die Perſönlichkeit Gottes, die vielmehr in der Einheit des Bewußtſeins, welche Vieles in ſich unterſcheidet, als in der Unterſcheidung von Anderem geſucht werden kann. Rechnet man die Welt nicht ein, ſo ſetzt man Gott der Welt gegenüber und darüber, und kann doch beidesfalls ganz dieſelbe Anſicht vom Verhältniß der geiſtigen und materiellen Exiſtenz haben. Es iſt ähnlich, wie man fragen kann, ob man zum Menſchen auch ſeinen Leib mit zu rechnen oder den Leib blos als eine mit dem eigentlichen Menſchen in Beziehung ſtehende Aeußerlichkeit an demſelben zu betrachten habe. Will man ſich an die ſpäter (Abſchnitt XXI) vertretene Anſicht halten, daß die materielle Welt nur die Seite der äußern Erſcheinlichkeit deſſelben Weſens iſt, was nach Seiten ſeiner innern Erſcheinlichkeit der Geiſt der Welt iſt, ſo kann man Gott entweder das ganze Weſen oder eben nur die Seite der innern Erſcheinlichkeit nennen, das Verhältniß beider Seiten aber bleibt dabei daſſelbe. Und will man ſtatt jener Anſicht eine andere Anſicht für das Verhältniß zwiſchen geiſtiger und materieller Welt ſetzen, ſo wird man immer dieſelbe Wahl haben; denn keine Anſicht giebt es, die nicht einen Geſichtspunct der Unterſcheidbarkeit zwiſchen Materie und Geiſt hätte, mag ſie auch die Unterſcheidung in einer höhern Einheit wieder aufheben. Soll nun Gott als Inbegriff der ganzen Exiſtenz die allgemeinſte, höchſte und ſelbſtändigſte Bedeutung haben, ſo wird man jedenfalls die geiſtige und materielle Welt nur als unterſcheidbare Momente in Gott zu betrachten haben; ſoll man dem üblichen Sprach- und Begriffsgebrauch folgen, ſo wird man die göttliche Exiſtenz als blos geiſtige von der materiellen Exiſtenz zu unterſcheiden haben. Um nun nicht ganz außer Zuſammenhang mit dem Sprachgebrauche zu gerathen, folgen wir hier insgemein der zweiten Faſſung, das heißt unterſcheiden in der geſammten Exiſtenz Gott als die geiſtige und eine Welt gegenüber als materielle Seite der Exiſtenz, nicht vergeſſend, daß beide ſich auch in eine derartige Einheit aufheben laſſen, um einen gemeinſamen Namen dafür zu fodern, für den wir doch wieder nur den Namen Gott fänden; aber die Foderung der Unterſcheidung begegnet uns öfter, als die des Rückganges auf jene Verknüpfung.

Anſtatt Gott und Welt als geiſtige und materielle Seite der Exiſtenz einander gegenüber zu ſtellen, läßt ſich endlich auch, ohne Rückſicht auf dieſe Unterſcheidung, von einer Welt der Geſchöpfe Gott gegenüber ſprechen, indem man die Geſchöpfe im Sinne der Tagesanſicht als beſonders unterſcheidbare Theilweſen der ſie befaſſenden ganzen göttlichen Exiſtenz gegenüberſtellt; indeß die Nachtanſicht auch hier für dieß innere Verhältniß ein äußeres ſetzt. Und ſo kann der Begriff der Welt Gott gegenüber ſo gut als der Begriff Gottes ſelbſt eine verſchiedene Wendung nehmen, indem er der Wendung des letztern immer gegenſätzlich folgt.

3. Die Unveränderlichkeit des göttlichen Weſens.

Unter den Eigenſchaften, die man Gott beimißt, ſteht eine mit oben an, das iſt die Unveränderlichkeit ſeines Weſens. Doch ſoll es nicht die Unveränderlichkeit eines Steines ſein; man ſpricht ja nicht minder von einem lebendigen Gott, ſucht in ihm gar die Fülle des Lebens; Leben aber iſt nicht ohne Veränderung. Wie den Widerſpruch vermeiden oder vermitteln? Manche denken es ſich wohl ſo: was für uns als Nacheinander erſcheint, beſtehe für Gott unveränderlich zugleich; aber das wäre doch im Grunde die Unveränderlichkeit eines Steines; und ſollte nicht für Gott die Anſchauungsform der Zeit wie für uns beſtehen, da wir als ſeine Theilweſen ſolche ſelbſt nur von ihm haben können. Ginge die Nachtanſicht auf den, unter ihrem vielen Mitunter auch mitunter vorkommenden Gedanken, daß wir in Gott und Gott in uns, nur ernſthaft ein, ſo könnte ſogar kein Streit darüber ſein. Aber gleichviel, nachdem die Anſicht vom zeitlichen Verlaufe der Dinge für uns einmal beſteht, können wir uns auch die Weltregierung und den Weltgang nicht anders als unter ihrer Form vorſtellen, und fragen uns nun: giebt es keine andere, als jene, mit andern Abſtruſitäten zuſammenhängende, abſtruſe Unveränderlichkeit in Gott und nichts in der ſei es in ihm aufgehoben oder auch nur äußerlich von ihm abhängig gedachten Welt, was uns auf das Unveränderliche in Gott ſelbſt wieſe? Wohl läßt ſich etwas finden, es iſt das, in und durch alle Veränderungen der geiſtigen wie materiellen Welt beſtehende, alle bindende, den Zuſammenhang aller vermittelnde Geſetz, wonach aus denſelben, ſei es geiſtigen oder materiellen, Urſachen, Bedingungen immer und überall, heute wie morgen, hier wie da, dieſelben Folgen fließen, und nur in einer durch das Geſetz beſtimmten, Weiſe fließen können. Mit dieſem, in Gottes unveränderlichem Weſen begründeten oder den unveränderlichen Halt ſeines Weſens ſelbſt begründenden Geſetze beherrſcht Gott den ganzen Weltlauf, ohne das und hiemit ohne Gott fällt kein Haar von unſerm Haupte. Ein Bruch dieſes Geſetzes irgendwo und irgendwann wäre ein Bruch in Gottes Weſenheit ſelbſt. Gott ſagt nicht, könnte ich, will ich, ſoll ich es ſo oder ſo machen, ſondern er macht es eben ſo, wie es die Beſtimmungen ſeines geſetzlichen Wollens, Wiſſens, Wirkens, Seins als Folge der frühern Beſtimmungen ſeines Wollens, Wiſſens, Wirkens, Seins mit ſich bringen. Das macht ihn zu einem feſten, einigen und ganzen Weſen. Man ſagt: Gott hat der Welt ihre Geſetze erſt gegeben; aber er konnte ſie ihr nicht geben, ohne ſie ſelbſt zu haben und konnte ſie ihr nicht erſt in einer endlichen Zeit geben, wenn ſie von jeher in ihm aufgehoben war. Und iſt es Schade für uns, daß es ſo iſt? Wohl wäre es Schade, wenn das Geſetz von Gottes Wollen, Wiſſen, Wirken zum Unheil für uns führte; nun wir aber im Sinne der Tagesanſicht das Gegentheil zu glauben haben, haben wir uns einer Geſetzlichkeit zu freuen, die ſicher und ohne Schwanken zum Ziele führt.

Mit dem alles bindenden Geſetze wird nicht die Freiheit überhaupt ausgeſchloſſen, nur eine geſetzloſe, eine grundloſe Freiheit wird ausgeſchloſſen, von der man freilich ſpricht, als gäbe es keine andre, eine Freiheit, nach welcher ein Subject, Gott ſelbſt als höchſtes Subject, ſich ſo oder ſo entſcheiden kann, ohne daß ſein bisheriges Weſen, ja das ganze bisherige Weſen der geiſtigen und materiellen Dinge zulängliche Gründe der Entſcheidung enthält, die Entſcheidung nur ein wohin, nicht woher hat, die Entſcheidung zum Böſen gleich leicht als zum Guten iſt. Doch giebt's noch eine andere Freiheit, nach welcher der Menſch ſo gut wollen, ſich gegen äußern Zwang wehren, ſein Weſen in eine Unerſchöpflichkeit immer neuer Beſtimmungen aus ſich heraus entfalten kann, wie er's bisher thut, nur daß die geſetzliche ewige Ordnung der Dinge dadurch keinen Bruch erleide, eine Freiheit, die Gott unbeſchränkt über allen ſeinen Geſchöpfen, den Geſchöpfen als ſeinen Theilweſen aber nur in einem, durch ihre Unterordnung unter Gott beſchränkten Maße zukommt. Die Betrachtung hievon und der ſchweren Fragen, die ſich hieran knüpfen, ſei aber einem andern Abſchnitt (XVI) vorbehalten, indeß ein ſpäterer (XVII) das allgemeinſte Geſetz beſpricht.

XI. Zur Seelenfrage.

Sofern nach der Tagesanſicht nicht blos Menſchen und Thiere, ſondern gar Pflanzen und Sterne ihre eigene Seele haben, wird nicht auch der Kryſtall mit einer ſolchen bedacht ſein wollen? Nun, ich meine, das iſt ſo. Wenn das Licht nicht blos in Menſchen und Thieren, ſondern auch darüber hinaus geſehen, ſeine Helligkeit, ſein Glanz, ſeine Farbe empfunden wird — und das iſt ja ein Grundpunct der Tagesanſicht; der allgemeine Geiſt iſt das Gefäß von aller dieſer Empfindung, — ſo wird auch die beſondere Weiſe, wie ein Kryſtall das Licht bricht, in beſondrer Weiſe empfunden werden; und wie ſich der Kryſtall gegen das Licht oder dieſes gegen ihn anders wendet und dreht, immer anders, und doch in einer, durch ſein inneres Gefüge und das Verhältniß ſeiner Axen in Zuſammenhang bedingten Weiſe empfunden werden, ohne daß die Empfindung in die von andern Kryſtallen übergreift. Willſt du nun das als Sache einer beſondern Seele rechnen, ſo ſteht dir's frei; jedenfalls biſt du nicht dadurch daran gehindert, daß es der allgemeine Geiſt iſt, der dieſe Empfindungen hat; derſelbe Geiſt hat auch alle deine Empfindungen, Erinnerungen u. ſ. w.; doch unterſcheidet er dich in ſich von andern Geiſtern und haſt du damit deine eigene Seele (S. 30); warum nicht in demſelben Sinne der Kryſtall. Und ſo hätte der Diamant die ſchönſte von allen dieſen kleinen Seelen, der geſchliffene ſogar eine durch Erziehung geformte veredelte; und am ſchönſten, wenn es der Diamant am Finger von einer iſt, die eine noch höhere und ſchönere Seele im Haupte darüber hat.

Aber die Empfindungen des Diamanten werden keine Erinnerungen in ſeiner Seele hinterlaſſen, er wird nicht über ſeine Empfindungen reflectiren, ſie werden nach äußeren zufälligen Einwirkungen in ihm entſtehen und wieder vergehen, ohne ſei es nach eigener Periodicität ſich zu wiederholen oder zu etwas Neuem fortzubilden; und willſt du ſagen:

alſo hat der Diamant vielmehr keine Seele, ſo ſteht dir's wieder frei; es ſteht dir ja frei, woran du den Ausdruck Seele knüpfen willſt. Und hat man nicht von dieſer Freiheit ſchon den ausgiebigſten Gebrauch gemacht? gar von Seelen ohne alle Empfindung geſprochen, inſofern ſogar für die Pflanzen ſolche zugelaſſen, ohne deßhalb Empfindung für ſie zuzulaſſen, und dann wieder nur Seelen gelten laſſen wollen, die nicht blos empfinden, ſondern auch wiſſen, daß ſie empfinden. Kann ich die Freiheit der Worte beſchränken, und den Streit der Nachtanſicht um den Gebrauch der Worte hindern; es hieße ſie um ihre halbe Philoſophie verkürzen.

Die Pflanzen anlangend, ſo meine ich ſelbſt nicht, daß ſie ein höheres, ein reflectives, Bewußtſein irgendwelcher Art haben, wohl hingegen, daß ſie in einer Auseinanderfolge und periodiſchen Entwickelung ſinnlicher Empfindungen und Triebe leben, worin der Kryſtall noch nicht lebt, indeß das neugeborne Kind ſchon darin lebt. Auch dieſes kann noch nicht zu ſich ſagen: ich empfinde, und kommt beim erſten Eintauchen in die Reize der Außenwelt noch nicht dazu, ſich der vergangenen zu erinnern, ſondern geht im Fluße der Gegenwart fort; und eben ſo, mein' ich, iſt's mit der Pflanze; aber ſpäter kommt das Kind dazu, indeß es bei der Pflanze nie dazu kommt; ſie hat nicht die Anlage dazu, ſondern bleibt von gewiſſer Seite immer auf der Stufe des neugebornen Kindes, von andrer auf weiblicher Charakterſtufe dem Thiere und Menſchen gegenüber ſtehen. Von dieſen hat das erſte ſchon Erinnerung, aber noch nicht Selbſtreflexion, der erwachſene Menſch, iſt er anders über den rohen Neger hinaus, auch dieſe. Ich will aber das in dieſer Beziehung ſchon früher anderwärts[1] Ausgeführte hier nicht noch einmal des Breitern ausführen.

So nun giebt es Unterſchiede, Stufen mannichfach in der individuellen Weiſe, wie ſich das Bewußtſein entwickelt und bethätigt; nur nicht um den Namen Seele für dieſe oder jene Stufe ſollte man ſich ſtreiten — was iſt denn überhaupt aus einem Worte zu folgern, das man nicht zuvor hineingethan — ſondern blos nach der Sache fragen, worüber allein ein Streit von ſachlichem Intereſſe iſt. Könnte man nur auch in andre Seelen wie in die eigne ſehen, um den Streit darüber ſicher zu entſcheiden.

Aus ſehr allgemeinem Geſichtspuncte erhebt ſich folgende Frage: da der materielle Proceß im Zuſammenhange durch die Welt reicht, an welches Verhältniß deſſelben knüpft ſich überhaupt die geiſtige Unterſcheidung, ſei es, daß ſie Empfindungen, ſei es, daß ſie ganze Geiſter betrifft. Um wie immer von Thatſachen auszugehen, gehe ich von zwei Beiſpielen derſelben aus.

---

[1] In „Nanna" und „Ueber die Seelenfrage".

Der Himmel iſt bei Tag wie Nacht voll Sterne und doch ſehen wir bei Tage keinen Stern. Warum nicht? Jeder Stern fügt doch dem Himmel bei Tage an der Stelle, wo er ſteht, eben ſo viel Helligkeit zu, als dem Himmel bei Nacht. Es iſt wahr, aber ſein Unterſchied von der umgebenden Helligkeit, auf welche er ſo zu ſagen aufgeſetzt iſt, iſt bei Tage verhältnißmäßig geringer, und ſo wie ſie im Verhältniß dazu zu gering wird, unterſcheiden wir ihn nicht mehr von der Umgebung, er verfließt in der allgemeinen Helligkeit. Schon in der Dämmerung verſchwinden daher die meiſten Sterne.

Das Spiel einer Violine wird deutlich gehört, wenn ſie in unſrer Nähe für ſich oder bei ſchwachem Tagesgeräuſch geſpielt wird. Aber wenn ein ungeheurer Volkstumult iſt, ſo wird ſie zwar noch in dem allgemeinen Geräuſch mit gehört und trägt bei, es zu vermehren, aber ihr Spiel wird nicht mehr beſonders unterſchieden; es verfließt im allgemeinen Eindruck. Doch brauchte man es nur hinreichend zu verſtärken, ſo würde es wieder unterſchieden werden. Auch trägt die Verſchiedenheit der Qualität des Spiels vom übrigen Geräuſche bei, es leichter davon unterſcheiden zu laſſen.

Inſofern nun die Empfindungen des Lichts und Schalls an phyſiſche Vorgänge in uns geknüpft ſind, die mit den äußeren erregenden Urſachen ſteigen und fallen, (wenn auch nicht nach gleichem Verhältniſſe), werden wir zu ſagen haben: Empfindungen können in unſerm Bewußtſein nur inſofern als beſondere unterſchieden werden, und unterſchieden mit einander beſtehen, als die unterliegenden phyſiſchen Proceſſe ſich über eine gewiſſe Gränze, die ſog. Unterſchiedsſchwelle, hinaus von den benachbarten und damit miſchenden unterſcheiden, wobei ſowohl Quantität als Qualität des Unterſchiedes in Rückſicht kommt.

Verallgemeinern wir nun das vorige Geſetz, ſo werden die ganzen Bewußtſeinsgebiete von Menſch und Thier innerhalb des Weltbewußtſeins nur inſofern unterſchieden werden, als die materiellen Proceſſe, welche das Bewußtſein der Menſchen und Thiere tragen, ſich von dem umgebenden allgemeinen Proceß über eine gewiſſe Gränze hinaus unterſcheiden; ſonſt verfließen ſie im Allgemeinbewußtſein des Weltgeiſtes, und tragen zwar immer noch dazu bei, daſſelbe im Ganzen zu heben, ohne ſich aber ſelbſt unterſcheidbar über das Ganze zu heben. Eingehender iſt von dieſen Verhältniſſen in meinen Elementen der Pſychophyſik gehandelt.

XII. Zur Lehre vom Jenſeits[1].

Der Materialiſt verlacht den Glauben an ein zweites Leben, weil er im Tode die Bedingungen des erſten zerſtört ſieht. Aber er verlacht doch nicht den Glauben, daß Alles, was im körperlichen Gebiete geſchieht, in's Unbeſtimmte fort Folgen im körperlichen Gebiete erzeugt, ſei's auch, daß wir ſie nicht verfolgen können, kurz, daß die Cauſalität von Urſache und Folge im körperlichen Gebiete nicht ſtirbt; warum verlacht er doch den Glauben, daß auch die Cauſalität im geiſtigen Gebiete nicht ſtirbt, und von der Cauſalität im körperlichen Gebiete über den Tod hinaus nicht anders als im Leben ſelbſt getragen wird. Nichts Andres aber will der Glaube der Tagesanſicht.

Der Peſſimiſt bedauert den Glauben an ein zweites Leben, fragend: iſt's nicht genug am Elende des erſten Lebens; danken wir Gott oder vielmehr dem Unbewußten, denn einen andern Gott giebts nicht, daß es uns in ſich zurücknimmt und damit die Fortſetzung des Elendes in einem zweiten Leben erläßt; wenn ſchon er mit dem Gedanken an die jenſeitige Fortſetzung des Elendes auch den Gedanken an ſeine jenſeitige Ausgleichung und Verſöhnung Preis giebt, und keine Muſik im Diesſeits mit einer Diſſonanz abſchließend findet, alſo auch beim Elend, mit dem manches Leben hier abſchließt, ſich denken könnte, das diſſonirende Leben ſei nicht überhaupt damit abgeſchloſſen.

---

[1] Zum Theil iſt hier auf die grundlegenden Betrachtungen von V—[illegible] nur in etwas andrer Form zurückgegangen, zum Theil mit erläuternden und ergänzenden Betrachtungen darüber hinausgegangen. Die nicht mehr zu umgehende Berückſichtigung des Spiritismus aber iſt auf den 23. Abſchn. verſchoben. Zur Motivirung dieſer vorläufigen Zurückſtellung hier einige, das ganze Urtheil in dieſer Hinſicht vorwegnehmende Worte. Als Thatſache zugeſtanden kann der Spiritismus meines Erachtens doch nur eine exceptionelle Verrückung der normalen Verhältniſſe zwiſchen Jenſeits und Diesſeits bedeuten, welche, eben ſo wie verrückte Zuſtände des Diesſeits, gewiſſe Verhältniſſe mit den normalen gemein behält, ohne einen reinen Ausdruck der normalen zu gewähren oder einen ſichern Schluß darauf zu geſtatten. Schließlich aber muß der Möglichkeit und Thatſache abnormer Verhältniſſe doch Rechnung getragen werden.

Der Pantheiſt, was heut ſo pflegt zu heißen, ſagt zum Menſchen, der gelebt: der Mohr hat ſeine Schuldigkeit gethan, der Mohr kann gehen, die Welt wird ohne ihn fortgehen; der Strom beſteht, die Welle vergeht und aus den alten Wellen bilden ſich neue, die den Strom weiter führen, ohne ſelber weit von ihm geführt zu werden, da ſie wieder neuen Platz zu machen haben; das Einzelleben begebe ſich des Anſpruches, als endliches mehr als ein verſchwindendes Moment des ewigen ſein zu wollen. Obwohl der Pantheiſt doch ſieht, daß man keine Pyramide damit aufbaut, daß man die alten Stufen immer wieder einreißt, um die neuen daraus zu bauen, und ein Baum nicht dadurch weiter wächſt, daß die alten Zweige immer wieder in den Stamm einkriechen; und der Strom eben nur deßhalb immer der alte ohne Fortentwicklung bleibt, weil er die Wellen, die er aus ſich geboren, auch wieder in ſich zerfließen läßt, indeß der Strom der Dinge heute ganz andre und höhere Wellen ſchlägt als der Strom vor tauſend Jahren.

Der Monadolog knüpft mit der Einheit zugleich den Reichthum bewußten Lebens an ein einfaches Weſen oder Atom, das, wenn der Leib zerſtört wird, unzerſtört übrig bleibt, und die Seele mit dem, durch leibliche Vermittelung gewonnenen, Inhalt rettet. Nichts einfacher als das, nur mit der Schwierigkeit, nach Zerſtörung des alten Leibes der Seele einen neuen Leib zur Forterhaltung und Fortentwickelung geordneter Beziehungen mit der Außenwelt zu ſchaffen, und mit dem Bedenken, daß der Monadolog Gott Preis giebt, um die Seele des Menſchen zu retten; denn umſonſt der Verſuch, Name und Begriff Gottes an ein einfaches Weſen zu heften, um damit zugleich die Einheit des göttlichen Bewußtſeins und die monadologiſche Conſequenz zu retten.

Das Dogma und wer dadurch geſchult iſt, rettet den Leib mit der Seele zugleich durch den Glauben an eine Auferſtehung des Leibes mit der Seele, indem ſie die Schwierigkeit der Vorſtellung ſolcher Auferſtehung durch den Abweis jedes Verſuches ihrer Löſung beſeitigt und das neue Leben zugleich ganz verſchieden von dem erſten Leben und ganz nach deſſen Bilde, nur ſchöner im Himmel und ſchlimmer in der Hölle vorſtellt, bekennend, eigentlich ſo viel wie nichts davon zu wiſſen, und jeden einen Thoren ſcheltend, der mehr davon zu wiſſen vermeint oder ſich vermißt. Obwohl man doch meinen ſollte, wenn wirklich ein zweites Leben aus dem erſten kommt, müſſe es auch einen verfolgbaren Faden des Zuſammenhanges zwiſchen beiden geben.

Und eben dieſes iſt der Geſichtspunct, von welchem ausgehend die Tagesanſicht den Glauben an ein zweites Leben nicht nur feſthält, ſondern dem Faden folgend auch einiges Licht auf den Weg ins Jenſeits und in daſſelbe ſelbſt zu werfen ſucht.

In der That, der allgemeinſte Geſichtspunct, aus welchem die Tagesanſicht an ein jenſeitiges bewußtes Leben denken laſſen kann, zugleich der einzige, aus welchem im Schlußwege daran zu denken, iſt jener, womit wir von vorn herein dem Materialiſten entgegentraten.

Fragen wir, was im Jetztleben die Continuität eines identiſchen Bewußtſeins von der Kindheit bis ins ſpäteſte Alter an demſelben Leibe forterhält, trotzdem daß Stoff und Form des Leibes gewechſelt haben, ſo iſt es der Umſtand, daß der ſpätere Leib aus dem früheren hervorgewachſen iſt, der Träger des früheren Bewußtſeins Folgen erzeugt hat, an die ſich wieder Bewußtſein heftet; und fragen wir uns, was die Bewußtſeinsbeziehung der Erinnerung zu der Anſchauung erhält, aus der ſie erwachſen iſt, ſo iſt es wieder der Umſtand, daß das, was die Erinnerung in uns trägt, eine Folge deſſen iſt, was die Anſchauung in uns trug. Es gilt alſo dies Princip für die Continuität des Bewußtſeins allgemein, ſo weit wir es im Diesſeits verfolgen können, und ſo werden wir ihm auch vom Diesſeits zum Jenſeits Folge geben können.

Zu dieſem erſten Erfahrungsprincip aber tritt das zweite, daß das Sinken des Bewußtſeins in einem Gebiete bewußten Lebens ſelbſt zur Bedingung des Aufſteigens in einem damit zuſammenhängenden oder daraus erwachſenen wird. Es giebt aber kein zugleich vollſtändigeres, tieferes und dauernderes Sinken des Bewußtſeins im jetzigen Leibe und Leben als den Tod, alſo auch keine kräftigere Bedingung zum Erwachen des, aus dem jetzigen bewußten leiblichen Leben hervorgewachſenen jenſeitigen, was eben ſo wenig abſtract von der Materie geführt wird, als den Tod des jetzigen.

Dieß die beiden Principe, worauf ſich die Lehre vom Jenſeits ſchon im erſten Theile weſentlichſt ſtützte, und ſich auch fürder ſtützen wird.

Näher zugeſehen nun, theilen ſich die Folgen des jetzigen bewußten Lebens in zwei, in ſolche, die es im ſelben Leibe nach ſich läßt und die dazu beitragen, das Leben an den jetzigen Leib zu ketten, und ſolche, die es um ſich ſchlägt und an die ſich das künftige Leben heftet, indem ſie noch übrig bleiben, wenn der jetzige Leib zergeht. Auch die Folgen aber, welche das diesſeitige Leben im ſelben Leibe nach ſich läßt, ſetzen ſich noch während dieſes Lebens fortgehends in ſolche um, die es um ſich ſchlägt, indem ſie über den Leib hinausgreifen, mit Zuſchlag noch der letzten beim Sterben, ſo daß der ganze innere Reichthum des diesſeitigen engen Lebenskreiſes ſich mit dem Tode in den nur weiteren jenſeitigen ſeiner Folgen umgeſetzt hat, und der jetzige enge Leib in der That nur ein Durchgangspunct für alle iſt. Mit allen für uns ſichtbaren und hörbaren Folgen des Jetztlebens, in Handlungen, Worten, Schrift und ſonſtigen Werken, wodurch die Wirkungen des Geiſtes über ſeinen Leib hinaus getragen werden, muß die feinſte Nervenſchwingung dazu ihren für uns unſichtbaren und unhörbaren Beitrag geben, indem ſie eben nur dadurch innerlich erlöſchen kann, daß ſie, ſei's auch theilweis in andere Form umgeſetzt, an das Aeußere übergeht. Und ſo zuſammenhängend in ſich, ſo mannigfaltig, ſo verwickelt, ſo entwicklungsfähig und immerfort im ſelben Charakter ſich fortentwickelnd der Kreis der Ausgangsbedingungen iſt, muß es der Kreis der Folgen ſein, was man ſich durch folgendes, wenn ſchon nur ſchwache, Bild erläutern kann.

Wenn ein Schwan im Waſſer ſchwimmt — um dies mit dem Lebensgange eines Menſchen zu vergleichen — ſo bleiben alle Wellenausbreitungen, die von ſeiner Bahn ausgehen, ſo weit ſie auch gezogen wird, unter ſich zuſammenhängend; die ſpätern greifen in die früheren ein und tragen zur Fortentwicklung des ganzen Syſtems durch immer neue Beſtimmungen bei, und zwar nicht blos die, welche von der eigenen Bahn des Schwans ausgehen, ſondern auch die, welche von den Bahnen anderer Schwäne im ſelben Waſſer ausgehend darein eingreifen, ohne daß doch die Beziehung eines jeden Wellenſyſtems zur Ausgangsbahn und der davon abhängige Charakter deſſelben verloren geht.

Das Beiſpiel trifft nur darin nicht, daß die Folgen, welche das diesſeitige Leben eines Menſchen hinterläßt, nicht blos von ſeinem äußern, ſondern viel weſentlicher von ſeinem innern Lebensgange oder Lebensproceſſe ausgehen; aber hinſichtlich des fortbeſtehenden Zuſammenhanges, der Verwicklung, Entwicklungsfähigkeit und Entwicklung des weiteren Lebenskreiſes, den der engere um ſich ſchlägt, trifft es doch ganz, ſofern die vom innern Lebensgange abhängigen Folgewirkungen in dieſer Hinſicht keinen andern Bedingungen unterliegen, als die vom äußern, vielmehr nur an ein noch complicirteres Ineinandergreifen denken laſſen.

Schwer freilich würde es ſein, ſich vorzuſtellen, daß das volle Herabſinken des engeren Lebenskreiſes un[illegible] die Schwelle des Bewußtſeins im Tode plötzlich und auf einmal in eine Erhebung des ganzen weitern Lebenskreiſes über dieſelbe umſchlüge; denn es kann unmittelbar doch dem einen Kreiſe nur zu Gute kommen, was dem andern entgeht, der ganze weite Kreis aber nicht auf einmal erheblich durch das gehoben werden, was dem engern in ſeiner letzten Phaſe entgeht. Aber eben deßhalb wie aus andern Gründen haben wir auch eine ſolche Vorſtellung nicht zu hegen. Iſt doch ſchon im Diesſeits niemals Alles, was in uns wach werden kann, auf einmal wach; bald wacht das Auge, bald das Ohr, bald dieſe bald jene Erinnerung, indeß das Uebrige im Unbewußtſein ſchläft, bis im Wechſel- und Folgeſpiel des geiſtigen Lebens die Reihe daran kommt, indem ſich zu den ſchon vorgegebenen Bedingungen des Bewußtſeins eine neue fügt, hinreichend ein Ueberſteigen der Schwelle an dieſer Stelle oder in dieſer Hinſicht zu bewirken. Und ſo iſt auch das gänzliche Herabſinken des diesſeitigen Lebenskreiſes im Tode unter die Schwelle nur als eine Bedingung anzuſehen, wodurch das Bewußtſein der letzten Lebensphaſe des Menſchen unmittelbar in das der Folgen, die von dieſer Phaſe ausgegangen, umſchlägt, von wo an es aber nicht nur weitere und freiere Wege der Wanderung durch das aus dem bisherigen Leben ſtammende Beſitzthum findet, als im Diesſeits ſelbſt, ſondern auch über größere Weiten verknüpfend greifen kann. Dabei werden Aſſociationsgeſetze und andre pſychologiſche Geſetze vom Diesſeits in das Jenſeits übergreifen, und ſich nur nach Maßgabe der erweiterten und geſteigerten Bedingungen des Jenſeits in entſprechend erweiterten und geſteigerten Folgen geltend machen.

Der Glaube an das Jenſeits tritt überall, wo wir ihm begegnen, mit dem Glauben an Gott verſchwiſtert auf; aber indem man nach hergebrachter Weiſe die jenſeitigen wie diesſeitigen Geiſter ihr Leben vielmehr außer als in Gott führen läßt, oder in der Sache zurücknimmt, was man mit Worten zugiebt, verliert das Leben beider ſeinen gemeinſamen Boden und ſein Band, fällt bezugslos, vermittlungslos aus einander, gewinnt der Zweifel und die Leugnung Raum. Machen wir aber Ernſt mit dem Glauben, daß alles geiſtige Leben, das jenſeitige wie diesſeitige, in Gott eingethan iſt, und der göttlich geiſtige Stufenbau nach gleichem Princip über uns hinaus als in uns hinein reicht, ſo werden wir auch das jenſeitige Leben über dem diesſeitigen wie von ſelbſt in dieſen Stufenbau ſich einfügend finden. Ohne das jenſeitige Leben ſeiner Geſchöpfe entbehrte Gott der ganzen Höhe des geiſtigen Baues über ihrem diesſeitigen Leben, ohne das Eingehen in Gott fehlte dem jenſeitigen Leben der geiſtige Halt und Boden. Denn in eine todte Natur hineinſtrahlend blieben auch die Nachwirkungen unſres Lebens todt.

Und ſo ſtellten wir es ſchon früherhin ſo dar, daß, wie über dem Anſchauungsleben in uns ſich ein daraus erwachſenes Erinnerungsleben mit weiter daraus ſich webenden höheren geiſtigen Vorgängen aufbaut, ſo über unſerm ganzen diesſeitigen Leben ein daraus erwachſenes höheres in Gott. Nun nimmt der Spielraum, die Kraft, die Haltbarkeit der Erinnerungen und die Höhe der Beziehungen dazwiſchen überhaupt mit der Weite, Stärke, Höhe des Geiſtes, in den ſie eingehen, zu, vergleichen wir nur in dieſer Hinſicht unſer Erinnerungsleben mit dem der Thiere; der göttliche Geiſt aber überſteigt in Weite, Stärke und Höhe unſäglich unſre Geiſter; alſo wird auch unſer Erinnerungsleben in Gott in einem unſäglich weitern Spielraum mit ganz andrer Kraft und Haltbarkeit und auf einer höhern Bewußtſeinsſtufe geführt werden, als das Leben der Erinnerungen in uns.

Wir vergeſſen Vieles, die Thiere noch mehr, die Pflanzen werden ſich an gar nichts erinnern; unſre Erinnerungsbilder ſind ſchwach; wir können nicht viel Erinnerungen auf einmal ins Bewußtſein rufen; aber alles das ſind Mangelhaftigkeiten unſeres Erinnerungslebens, die einerſeits an der mit dem göttlichen Geiſte unvergleichbaren Enge und Schwäche unſres Geiſtes, andrerſeits daran hängen, daß der Nachklang einer Anſchauung im Menſchen an ſich ſelbſt nicht dieſelbe Kraft und Fülle haben kann, als der Nachklang eines ganzen Menſchenlebens in Gott. Alſo iſt zum Geſichtspunct der Gleichheit der Geſichtspunct der Verſchiedenheit zwiſchen dem kleinen Diesſeits und Jenſeits, das in uns ſelbſt eingeht und dem großen, in das wir ſelbſt eingehen, immer feſtzuhalten. Vorausſätzlich gewinnen wir mit dem Tode das Vermögen, uns unſres ganzen diesſeitigen Lebens zu erinnern, und leben ſelbſt in dieſen Erinnerungen, nur zugleich auch dem Bewußtwerden der Folgen, die unſer Leben hinterlaſſen hat, fort.

Darin ſelbſt freilich, daß die jenſeitigen Lebensverhältniſſe materieller- wie geiſtigerſeits nicht blos als eine Folgerung, ſondern zugleich als eine Erweiterung und Steigerung der diesſeitigen auftreten, liegt eine Schwierigkeit der Eingänglichkeit ihrer Vorſtellung für uns, die wir uns noch unter den Bedingungen des diesſeitigen engen Lebens finden. Wir ſind den alten engen compacten, auf Füßen mühſam von einem Orte zum andern gehenden oder Kutſch' und Pferde zur leichtern Fortbewegung bedürfenden. Leib nun einmal gewohnt, und wenn ſchon wir das künftige Leben als ein ganz neues, das jetzige überbietendes, wellen, und zum Zweck auch die Mittel wollen ſollten, kommen wir doch bei Darbietung derſelben nicht leicht über den Widerſpruch mit der altgewohnten Form des Lebens weg, und tauchen Schwierigkeiten auf, theils davon abhängig, daß wir, die Bedingungen der engen Form bewußten Lebens, die wir in der Unterlage des neuen nicht wiederfinden, mit den Bedingungen bewußten Lebens überhaupt verwechſelnd, meinen, wenn es mit jenen aus ſei, ſei es überhaupt mit uns aus, theils daß wir die Gleichungspuncte des künftigen Lebens mit dem jetzigen, welche doch noch zu finden, wegen der Weite und Höhe des Blickes, den ihre Auffaſſung erfordert, uns entgehen laſſen. Aber ſtatt uns durch Schwierigkeiten der einen oder andern Art irren zu laſſen, ſchärfen wir nur den Blick, ſo werden ſie verſchwinden.

Zuvörderſt darf uns nicht irren, daß unſer jenſeitiges Leben von einem weiten Kreiſe von Wirkungen getragen ſein ſoll, als könne damit eine Einheit des jenſeitigen Bewußtſeins nicht beſtehen; da ſchon unſer jetziges bewußtes Leben nicht von einem Punct, ſondern von einem Zuſammenhange und einer Auseinanderfolge von Wirkungen getragen wird, dieſe aber für den jenſeitigen Lebenskreis nicht nur nicht minder als für den diesſeitigen, ſondern auch in Zuſammenhang mit dieſem ſelbſt beſtehen, ſo daß wir die jenſeitige Einheit in continuo mit der diesſeitigen faſſen können.

Der Spielraum für die Bethätigung und Entwickelung bewußten Lebens iſt im Jenſeits nur ein noch weiterer, mannichfaltigerer und freierer als im Diesſeits geworden und der Menſch dadurch der Allgegenwart und Allwirkſamkeit Gottes um eine Stufe näher gerückt; was Alles wir ja auch vom künftigen Leben möchten, doch weder mit dem auferſtandenen alten Leibe noch einem daraus ausgezogenen Aetherleibe, zu erreichen vermöchten, da wir in letztrem nur eine Verkürzung ſtatt Erweiterung der alten Mittel hätten.

Eben ſo wenig darf uns irren, daß die jenſeitigen Lebenskreiſe in unſre diesſeitigen und in einander greifen, als könnte dadurch eine gegenſeitige Störung, Irrung, Verwirrung oder gar ein Verfließen der Individualitäten entſtehen. Ohne uns auf die Analogie ungeſtörter Wellendurchkreuzung zu berufen, obwohl das Princip derſelben für die materielle Unterlage der jenſeitigen Exiſtenz unſtreitig eben ſo fundamental beſteht, als für die diesſeitige, halten wir uns an directe Thatſachen, die uns zu Gebote ſtehen.

Factiſch erſtrecken die von unſern Vorfahren ausgegangenen und hinterlaſſenen Ideen, Einrichtungen, Werke ihre Wirkungen in uns hinein; aber anſtatt daß wir dadurch geſtört, geirrt würden, gehört vielmehr das Eingreifen davon in uns weſentlich dazu, uns fortzuentwickeln, fortzubilden; wir müßten ja ſonſt immer von Neuem mit dem anfangen, was wir von ihnen ganz oder theilweiſe fertig empfangen. Das aber ändert ſich nicht, mögen wir uns die Nachwirkungen des Lebens der Verſtorbenen mit Bewußtſein der Verſtorbenen behaftet denken oder nicht. Werden wir aber nicht durch ihr Eingreifen in uns geirrt, warum ſollten ſie dadurch geirrt werden; ſie werden vielmehr in der Begegnung mit uns auch gegentheilige Fortbeſtimmungen durch uns empfangen, welche zu ihrer Fortentwickelung beitragen.

Auch iſt das nur die Erweiterung und Steigerung deſſen, was wir ſchon diesſeits in uns ſelber finden. In der That, in die Anſchauungen unſerer Sinne greifen fortgehends Erinnerungen, welche ſelbſt erſt aus dem Anſchauungsleben ſtammen, mitbeſtimmend ein; und ſo knüpft ſich z. B. dadurch an die Anſchauung der Geſtalt eines Menſchen, die uns im Grunde nur einen bunten Fleck vorſpiegelt, die ganze Bedeutung eines Menſchen, ſehen wir in Haus und Baum die ganze Bedeutung derſelben hinein und knüpfen an den Schall der Worte die Bedeutung der Worte[1]). Gegentheils aber tragen die Anſchauungen durch jede neue Erſcheinung, die ſie vermitteln, zur Fortbeſtimmung und Fortentwicklung des Erinnerungslebens bei, ohne daß dabei von gegenſeitiger Störung, Irrung und Verwirrung die Rede iſt.

Auch unſere Erinnerungen ſelbſt aber, woran ſie immer hängen mögen, — wahrſcheinlich doch an durcheinandergreifenden Wellenzügen in unſerm Gehirn, — ſtatt ſich durch ihre vielſeitige Begegnung, die wir wenigſtens geiſtigerſeits verfolgen können, zu ſtören, verweben ſich dadurch zu Begriffen und Gedanken, ohne das Vermögen der eigenen Reproduction und deren Beziehung zum Ausgange damit zu verlieren. Eine entſprechende Entwickelung des geſammten jenſeitigen Lebens nur in höherem Sinne mögen wir denn auch von dem Durcheinandergreifen der ſich daran betheiligenden einzelnen jenſeitigen Lebenskreiſe erwarten.

Du ſagſt etwa: immer und immer wieder der Vergleich des jenſeitigen Reiches mit dem Reiche unſrer Erinnerungen. Ueber uns hinaus aber, wo das jenſeitige Leben ſpielen ſoll, ſind doch gar nicht irgendwie vergleichbare Mittel für ein Erinnerungsleben da. Wozu wäre denn

---

1) Eingehender hierüber im IX. Abſchnitt der „Vorſchule der Aeſthetik“.

unſer ſorgfältig, fein und kunſtreich ausgebautes Gehirn, wenn ſeine Einrichtung nicht zum Zuſtandekommen und der Aufbewahrung der Erinnerungen, überhaupt zur Unterlage eines entwickelten Seelenlebens gebraucht würde. Nun ſoll es gar ein höher und reicher entwickeltes Erinnerungsreich ſein, in das wir mit dem Tode eintreten, indeß uns damit nur die Mittel zum jetzigen, engern, niedern entzogen werden.

Aber ich meine, ſo fein und ſorgfältig ein Gehirn ausgebaut ſein mag, iſt doch eine, durch Kirche, Staat, Wiſſenſchaft, Kunſt, Handel und Gewerbe, geſelliges und Familienleben ausgebaute Welt, durch die tauſend und abertauſend Straßen, Wagen, Schiffe, Bücher, Briefe, Worte gehen, eine viel reicher und höher entwickelte Organiſation als ein einzelnes Gehirn, indem ſie zugleich alle Gehirne und Erinnerungsmittel der Gehirne ſelbſt einſchließt. Ein Gehirn aber hat eben nur dieſelbe Beſtimmung, als der Same, aus dem feinern Bau einen größeren, reicheren unter Preisgebung des engeren in den größeren hineinzutreiben. Denn was jeder mit diesſeitigem Bewußtſein zum Ausbau dieſer größeren Organiſation beigetragen, wird er mit jenſeitigem Bewußtſein daran haben und unter den allgemeinern und weitern Bedingungen des Jenſeits weiter entwickeln.

Auch das aber darf uns nicht irren, daß ſolchergeſtalt unzählige Verſtorbene an denſelben Einrichtungen und Wirkungen, zu denen ſie gemeinſam beigetragen, auch gemeinſam Theil haben werden; ein jeder hat doch in anderm Sinne, von andrer Seite, nach andrer Richtung ſein Theil daran, und in jedem faßt ſich die Geſammtheit davon in andrer Weiſe zuſammen. Ja nur auf ſolche Weiſe wird vorſtellbar, wie ſo Unzählige, die nacheinander in das Jenſeits hineingeboren werden, miteinander Platz haben. Dieſelbe Welt iſt aller gemeinſames Eigenthum, aber eines Jeden in andrer Weiſe, anderem Sinne als des Andern.

Widerſtrebt es uns endlich, ſtatt der umgränzten anſchaulichen Form des jetzigen Leibes uns die Unterlage des künftigen Lebens ohne beſtimmte Umgränzung, hiemit für die Anſchauung unfaßlich zu denken, ſo könnte es ja ſein, daß das, was im Diesſeits als Mittel gegenſeitiger Erkennung, gegenſeitigen Verkehrs und Erweckungsmittel von Empfindungen der Schönheit und der Liebe geſchätzt wird, im Jenſeits dieſen Werth verlöre und um den Preis höherer Vortheile verloren ginge, welche in den Mitteln eines unmittelbarern und vielſeitigeren Verſehns und den darin liegenden Bedingungen werthvoller Gefühle geſucht werden können. Aber ich halte es, wie ſchon früher (S. 45) kurz berührt, für wahrſcheinlicher, daß der Verluſt ſelbſt, den man beſorgt, nicht eintritt, ſondern auch in dieſer Beziehung, was dieſſeits verloren ſcheint, ſich jenſeits erweitert und geſteigert wiederfindet; indem ich wie immer vom Dieſſeits auf das Jenſeits ſchließe. Hiezu aber ſteht folgender Geſichtspunct zu Gebote.

Die körperlichen Vorgänge, welche der Erinnerung an die Geſtalt eines Lebenden oder Verſtorbenen im Gehirn unterliegen, können dieſe Geſtalt ſelbſt nicht mehr haben; vielmehr läßt ſich der Grund, daß ſie uns die betreffende Geſtalt noch ſpiegeln, nur darin ſuchen, daß ſie, vielleicht vorlängſt, von einem Bilde im Auge ausgegangen ſind, was dieſe Geſtalt hatte, und in dem Zuſammenhange und der Ordnung fortgehen, welche die Ausgangspuncte hatten [1]. Und zwar erhält ſich die Form des Bildes in der Erinnerung noch fort, trotzdem, daß durch denſelben Geſichtsnerven unzählige Bilder einſtrahlen, alſo die Nachwirkungen davon, auf denen die Erinnerungen ruhen, durch einander greifen. Es bedarf nur, um aus dem Gemiſch dieſer Nachwirkungen die Erinnerung an eines dieſer Bilder vor den andern im Bewußtſein hervorzuheben, einer abſichtlichen Richtung des Willens und der Aufmerkſamkeit oder eines unwillkürlichen Anlaſſes im Gange unſrer Aſſociationsvorſtellungen, oder einer äußern Anregung dazu. Unbegreiflich, kann man ſagen, dies Vermögen, die allerverſchiedenſten Erinnerungen beſonders zum Bewußtſein zu bringen, da ſich doch deren Bedingungen im Gehirn miſchen [2]. Aber das Factum beſteht in uns, und ſo wird auch ein gleich unbegreiflich ſcheinendes Factum nach Analogie mit jenem und Fortſchluß von jenem darüber hinaus beſtehen können. Denn was hat uns für dieſen Fortſchluß die Unbegreiflichkeit der Sache zu kümmern, wenn ſie als Thatſache beſteht.

---

[1] Daß dieſe Vorgänge ſich trotz ihrer räumlichen Forterſtreckung in die Geſtalt des urſprünglichen Bildes zuſammenziehen, hängt unſtreitig an dem, im 22. Abſchnitt aus allgemeinerem Geſichtspunct zu beſprechenden und zu begründenden ſynechologiſchen Princip. Schon die Anſchauung, welche das Bild im Auge gewährt, hängt hienach nicht blos an den Puncten der Netzhaut, auf denen das Bild ſich malt, ſondern der ganze Schwingungszug, der von einem Punct der Netzhaut nach Innen geht, zieht ſich ſynechologiſch in die Erſcheinung des Ausgangspunctes zuſammen, und giebt in Verbindung mit den, von den nachbarlichen Puncten ausgehenden, Strahlungen die Erſcheinung des ganzen Bildes, von den Centralpuncten an aber weiter durch das Gehirn ſtrahlend die Erinnerung des Bildes. Wenigſtens ſcheint mir dies bis jetzt die wahrſcheinlichſte pſychophyſiſche Repräſentation des Herganges zu ſein.

[2] Die Begreiflichkeit würde nichts damit gewinnen, daß man die Erinnerungen der materiellen Bedingtheit ganz entzogen dächte; indem man dann myſtiſche Eigen-

In der That werden wir uns hienach denken können, daß die Ausſtrahlungen, die von unſrer ſichtbaren Geſtalt während des Lebens in Verbindung mit den übrigen Fortwirkungen desſelben ausgegangen ſind, für diejenigen, welche im jenſeitigen Reiche ſind, immer noch die frühere Geſtalt ſpiegeln, wenn entſprechende Anläſſe, ſie ins Bewußtſein treten zu laſſen, eintreten, als auch im diesſeitigen Leben zur bewußten Erinnerung an beſtimmte Geſtalten gehören. So wenig es in uns diesſeits nöthig iſt, um eine beſtimmte Geſtalt in die Erinnerung zu rufen, daß ein beſchränktes materielles Bild von dieſer Geſtalt und ein materielles Auge noch dazu da ſei, — es genügt, daß erforderliche Nachwirkungen und Anläſſe ihrer beſonderen Rückrufung in uns da ſind — wird es im jenſeitigen weiteren Erinnerungsreiche ſein. Die Geiſter werden ſich in ihrer frühern Geſtalt erblicken können, ohne ein beſchränktes materielles Auge dazu zu haben, wenn ſie die Abſicht darauf richten oder in ihrem Verkehr unwillkürlichen Anlaß dazu finden. Jetzt kann eine Wand oder die räumliche Ferne hindern, daß ich den Andern ſehe. Schranken der Art giebt es im jenſeitigen Erinnerungsreiche nicht mehr; ſo zu ſagen luftig kann die jenſeitige Geſtalt augenblicks jetzt hier, jetzt da erſcheinen, wo ſie durch einen demgemäßen Anlaß herausbeſchworen wird; pflegt man ſich doch ohnehin ſchon die Erſcheinungen der jenſeitigen Geiſter ſo zu denken. Doch wird es ſo wenig an Schranken überhaupt im jenſeitigen als diesſeitigen Erinnerungsreiche fehlen; locken ſich doch in dieſem Erinnerungen von ſelbſt nur unter Wahrung von Aſſociationsgeſetzen hervor; und mit den pſychologiſchen Geſetzen des Diesſeits in dieſer wie aller Hinſicht werden die des Jenſeits zuſammenhängen und ſo weit zuſammenſtimmen, als die Bedingungen beiderſeits zuſammenſtimmen.

Nun kann man fragen: aber die menſchliche Geſtalt ändert ſich von der Jugend zum Alter; die Geſichtszüge ändern ihren Ausdruck, heut iſt die Geſtalt ſo und morgen ſo bekleidet. Welche Geſtalt, welches Kleid wird die Erſcheinung im Jenſeits anziehen. Die Antwort iſt

---

ſchaften des Geiſtes zur Repräſentation derſelben Thatſachen in Anſpruch zu nehmen hätte. Uebrigens widerſprechen Erfahrungen einer Loslöſung der Erinnerungen von der materiellen Bedingtheit. Einige Anhaltspuncte, um der Vorſtellbarkeit dieſer Verhältniſſe zu Hülfe zu kommen, ſind im 2. Zuſatz am Schluſſe beſprochen.

ſehr einfach: nach Umſtänden jede, nur nicht alle auf einmal, wie ja daſſelbe von den Erinnerungen an die wechſelvolle Geſtalt und Kleidung eines Menſchen ſchon im Diesſeits gilt; auch wird ſie nicht unverändert zu bleiben brauchen; ſchon diesſeits ändern ſich Erinnerungsgeſtalten und werden durch Einflüſſe der Phantaſie verändert.

Zur Erläuterung will ich ein anmuthiges Geſchichtchen wiedererzählen, was mir von meinem, nun längſt verſtorbenen, Freunde J. H. T. Müller, zuletzt Director der Realſchule in Wiesbaden, erzählt worden iſt, ohne zu hindern, daß man in der Erſcheinung, von welcher darin die Rede, nur eine ſubjective Hallucination ſehe, obwohl ſich auch noch mehr darin ſehen ließe.

Als Müllers Großmutter ſtarb, war ihre Tochter, ſeine Mutter, nicht bei deren Tode gegenwärtig, und konnte gar nicht ruhig darüber werden, daß ſie dieſelbe nicht noch ein letztesmal geſehen; der Gedanke daran quälte ſie Tag und Nacht, und ſie gieng, wie man zu ſagen pflegt, darüber faſt ein. Einmal Nachts nun, als ſie ganz wach im Bette aufſaß, und der Wunſch, ihre Mutter doch noch einmal vor ihrem Dahinſcheiden geſehen zu haben, ſich wieder ihrer ganzen Seele bemächtigte, ſah ſie plötzlich eine Lichterſcheinung vor ſich, aus der alsbald die Geſtalt einer jungen Perſon heraustrat, die ſie anfangs gar nicht erkannte. Bald aber ward ihr klar, ſo müſſe ihre Mutter in ihrer höchſten Jugendblüte ausgeſehen haben. Kaum war ihr dieſer Gedanke zum vollen Bewußtſein gekommen, ſo verſchwand die Geſtalt des jungen Mädchens; aber bald trat an ſeine Stelle die Erſcheinung ihrer Mutter, wie ſie als Kind dieſelbe wirklich geſehen, und dieſe Erſcheinung machte noch einer dritten Platz, wo ſich ihre Mutter ſo darſtellte, wie ſie war, als ſie dieſelbe zum letztenmale geſehen. Dann aber verſchwand Alles und es ließ ſich keine erneute Erſcheinung hervorrufen. Von Stunde an wurde die Mutter ruhig und genas vollſtändig wieder zu friſchem Leben.

Geſchichten von Geiſtererſcheinungen giebt es bekanntlich in Menge, auch Sammlungen von ſolchen und Zweifel an ſolchen genug. Ohne mich hier im einen oder andern Sinne darauf einzulaſſen, will ich zur vorigen Geſchichte beiſpielsweiſe nur noch eine, als einer beſonders zuverläſſigen Quelle enſtammend, fügen, und zwar vielmehr um eine, dieſe Art von Erſcheinungen betreffende, Frage daran zu knüpfen, als ſie auch zu entſcheiden. Dr. Rüte, als Profeſſor der Augenheilkunde in Leipzig geſtorben, ein Mann, der bei einer ganz rationaliſtiſchen Geiſtesrichtung ſonſt gar nicht zum Glauben an myſtiſche Dinge geneigt war, ſagte mir einmal, es ſei ihm doch ſelbſt Folgendes, was dieſen Charakter trage, begegnet.

Als er noch in Göttingen war, behandelte er zwei Damen, die beide an der Schwindſucht litten. Sie ſtanden in keiner perſönlichen Beziehung zu einander, aber die, durch ihren gemeinſamen Arzt vermittelte, Kenntniß von ihrem gleichen Leiden hatte ſie ein gegenſeitiges Intereſſe an einander faſſen laſſen; ſie erkundigten ſich beim Arzte gegenſeitig nach ihrem Befinden und grüßten ſich, wenn ſie ſich begegneten. Allmälig verſchlimmerte ſich der Zuſtand beider, und als Rüte eines Morgens zu der einen kam, war ſie unmittelbar vorher verſchieden. Nach kurzer Beſprechung mit den Angehörigen begab er ſich ſofort zu der andern Kranken, deren Angehörige er in der größten Aufregung fand. Die Patientin hatte nämlich ſo eben die Erſcheinung der Verſtorbenen gehabt, welche ihr zuwinkte, was ſie als Zeichen ihres nahen Todes anſah, der auch bald erfolgte.

Unſtreitig nun bieten Erſcheinungen dieſer Art an ſich ſelbſt keine Mittel dar, zu entſcheiden, ob ſie aus dem Gehirn der diesſeits Lebenden durch eine abnorme Wirkung der Einbildungskraft ſo zu ſagen in die Außenwelt hinaus projicirt, oder aus der Außenwelt durch abnorm wirkende Gründe des Jenſeits hinein projicirt ſind, oder ob etwa Beides in einander läuft oder bedingungsweiſe zuſammenhängt; es fehlt uns eben noch die Theorie ſolcher Abnormitäten, was ſie jedenfalls ſind. Wollen wir aber einen Anhalt im Vergleich des großen mit dem kleinen Erinnerungsreiche ſuchen, ſo dürfen wir nicht vergeſſen, daß in unſerm kleinen Reiche nicht blos Erinnerungen an wirkliche vorhandengeweſene Geſtalten, ſondern auch Phantaſiegebilde, die ſich aus mancherlei Erinnerungen zuſammengewebt haben, vorkommen, ja ganze Geſchichten romanhaft erdacht werden können. Und das läßt von vorn herein daran denken, daß auch Trug- und Luggebilde als Geiſtererſcheinungen abnormerweiſe in das Diesſeits hineinſpielen und daſſelbe mit trügeriſchen und lügneriſchen Vorſpiegelungen äffen können.

Thatſachen der vorigen Art, wenn man ſie überhaupt als ſolche gelten läßt, hängen mit einem großen Gebiete andrer Thatſachen, die als ſolche geltend gemacht werden, den ſogenannten ſpiritiſtiſchen, zuſammen, oder bilden vielmehr ſelbſt einen Theil derſelben, worauf noch in einem der letzten Abſchnitte (XXIII) zurückzukommen ſein wird; nicht minder tritt das ſog. ſomnambule Gebiet mit in dieſen Kreis hinein, worüber hier noch einige Bemerkungen folgen.

Inſofern der zum jenſeitigen Erwachen beſtimmte Lebenskreis des Menſchen mit dem diesſeitigen ſchon jetzt zuſammenhängt, ließe ſich denken, daß mitunter oder abnormerweiſe ſchon während des Jetztlebens das Wachen von dem einen auf den andern übergreift, und es liegt um ſo näher, das ſomnambule Wachen unter dieſen Geſichtspunct zu faſſen, wie auch ſchon ſonſt vielfach geſchehen iſt, als während deſſelben die meiſten Organe des gewöhnlichen Wachens tief ſchlafen. Nur kann man kein reines Erwachen im Jenſeits darunter ſehen, ſondern eben nur ein zwiſchen Diesſeits und Jenſeits übergreifendes, da der Somnambule ja doch factiſch auch noch im Diesſeits fortlebt und ſich der diesſeitigen Verkehrsmittel mit Andern bedient. Mit ſo manchem Andern, was Jedem leicht beifällt, ohne daß ich es hier berühre, um nicht Angezweifeltes unter Thatſächliches zu miſchen, würde ſich aus ſolchem Uebergreifen erklären, daß man im ſomnambulen Wachen ſich deſſen erinnert, was im gewöhnlichen, ſo wie einem frühern ſomnambulen Wachen in und mit uns geſchehen iſt, aber im gewöhnlichen nicht deſſen, was im ſomnambulen; denn das Spätere kann ſich des Frühern aber nicht umgekehrt erinnern; der Inhalt des jenſeitigen Lebenskreiſes aber iſt die Folge des jetzigen, nicht umgekehrt.

Hieran ließe ſich dann weiter der Gedanke knüpfen, ob nicht die meiſt ſo ſeltſamen Träume des gewöhnlichen Schlafes ſchon einem Hineinſpiel aus dem Jenſeits ihren Urſprung verdanken, ferner ob nicht im Schlafe überhaupt ſchon ein um ſo helleres, der Erinnerung im Diesſeits aber hiemit um ſo weniger zugängliches, Erwachen des Jenſeits ſtatt findet, je tiefer der Schlaf iſt; Schlaf und Wachen des Diesſeits alſo mit Wachen und Schlaf des Jenſeits zuſammenhinge, der Tod aber nur der Punct wäre, von wo an die Möglichkeit der Rückkehr in das diesſeitige Wachen überhaupt aufhörte. Aber wer will dieſe Fragen entſcheiden; alſo laſſen wir uns auch nicht näher auf die fraglichen Möglichkeiten in dieſer Hinſicht ein.

Was gegen die Anſicht, daß das ſomnambule Wachen ſchon als ein partielles Erwachen für das Jenſeits anzuſehen, geltend gemacht werden kann, iſt, daß man zwar oft genug von Somnambulen über die Zuſtände im Jenſeits Angaben, aber wenig unter einander ſtimmende, im Allgemeinen von phantaſtiſchem Charakter, und die von den diesſeits laufenden Vorſtellungen bald nach dieſer oder jener Seite beeinflußt ſcheinen, erhalten hat. Inzwiſchen darf man dabei nicht überſehen, einmal, daß die dem Diesſeits fremden Verhältniſſe des Jenſeits überhaupt nicht leicht in Ausdrücken des Diesſeits zu ſchildern ſein möchten, theils daß die Angaben darüber mit den verſchiedenartigen Vorſtellungen, die vom Jenſeits diesſeits umlaufen, mehr oder weniger durchſetzt ſein können, weil ja am ſomnambulen Wachen ſelbſt das diesſeitige noch Antheil behält. Alſo können Vorſtellungen aus einem in das andre Gebiet hineinſpielen, und wird man aus Angaben unter ſolchen abnormen Verhältniſſen keine brauchbaren Schlüſſe über das eine oder andre Gebiet für ſich ziehen können. In der That kehre man es um, und frage, ob man aus Angaben der Somnambulen über die Verhältniſſe des Diesſeits, inſoweit ſolche aus dem ſomnambulen Zuſtande ſelbſt (nicht aus Erinnerungen an das gewöhnliche Wachen) geſchöpft ſind, reine übereinſtimmende, zutreffende Erkenntniſſe über die Verhältniſſe des Diesſeits erhalten würde: gewiß nicht.

Erläuterung zu S. 40.

Eine Bewegung kann beim Uebergange aus einem Medium in ein andres neue Mitbeſtimmungen theils dadurch erfahren, daß ſie ſich ſelbſt zu größerem oder kleinerem Theile in eine andre Form der Bewegung umſetzt, theils ſich mit den Bewegungen, die ſie im andern Medium antrifft, zuſammenſetzt. So ſetzt ſich die Bewegung des Hammers beim Schlag auf den Ambos großentheils in Erzitterungen des Ambos um, die ſich von ihm aus weiter fortpflanzen, der ganze Ambos aber geräth auch dabei in eine Bewegung in Richtung des Schlages, wodurch ſich die Stoßwirkung auf den Boden fortpflanzt. Umgekehrt ſetzen ſich die unmerklich kleinen Wärmeſchwingungen des Dampfes im Dampfkeſſel zum Theil in die größern ſichtbaren Bewegungen des Stempels und den Lauf der ganzen Maſchine um, ohne ſich doch darin zu erſchöpfen. Letzterem Falle analog nun ſetzen ſich die feinen Nervenſchwingungen, die unſer geiſtiges Leben tragen, im Act des Willens zum Theil in Muskelzuſammenziehungen um, die in unſern Handlungen nach Außen greifen, ohne ſich aber darin zu erſchöpfen, indem ſie ſich phyſiologiſch nachweislich zum Theil auch in Erzitterungen der Muskeln ſelbſt fortſetzen, die ſich bei den, durch Muskelzuſammenziehung hervorgebrachten, äußern Bewegungen unſtreitig mit nach Außen übertragen; denn was hielte ſie davon zurück. Abgeſehen davon aber müſſen, ſelbſt wenn der Menſch ſtill ſitzend nachdenkt oder träumt, die feinen Nervenſchwingungen, welche den geiſtigen Vorgängen unterliegen, ſtetig, ſtill und unſichtbar ſich in der Periodicität, Zuſammenſetzung und Auseinanderfolge, wie ſie innerlich entſtehen, über den Menſchen hinaus fortpflanzen; denn ſo wenig eine Wärme- oder Schallſchwingung ſich in eine Kapſel einſperren läßt, ſo wenig irgend eine Art der Schwingung; auch wäre es ſeltſam, nachdem doch die Bewegungen des Feſten, Flüſſigen und Luftförmigen, die wir in ihren Wegen durch den Körper verfolgen können, eben nur einen Durchgangspunct im Menſchen finden, ſollten die Schwingungsbewegungen, ſei es des Wägbaren oder Unwägbaren, die wir nicht mehr darin verfolgen können, darin eingeſperrt bleiben, wir werden ſie eben auch nur nicht darüber hinaus verfolgen können. Was aber die größern Bewegungen anlangt, die in unſern willkürlichen Handlungen nach Außen greifen, ſo werden dadurch Wirkungen und Werke mannigfacher Art erzeugt, die nicht minder ihrer Entſtehungsweiſe, ihrem Zuſammenhange und ihrer Auseinanderfolge nach von der Entſtehungsweiſe, dem Zuſammenhange und der Auseinanderfolge der urſächlichen Bewegungen in uns ſelbſt abhängen, als die unſichtbar ſich über uns hinaus fortpflanzenden Bewegungen, und ſolchergeſtalt im Zuſammenhange mit dieſen beitragen, den Menſchen unter Erhaltung ſeines Charakters ſo zu ſagen in die Außenwelt zu überſetzen, und neuen Mitbeſtimmungen durch dieſelbe darzubieten.

Zuſatz zu S. 99ff.

So räthſelhaft die Fähigkeit erſcheint, die verſchiedenſten Erinnerungen beſonders zum Bewußtſein zu bringen, ungeachtet ſich deren Bedingungen im Gehirn miſchen, läßt ſich doch in folgendem Hinweis eine Art anſchaulicher Anhalt für die *Möglichkeit* davon gewinnen; ohne daß freilich deßhalb von einer *Erklärung* zu ſprechen iſt.

Denken wir an jene überſeeiſchen Briefe, wie man ſolche mitunter bekommt, die nicht blos nach der Quere der Blätter, ſondern mit rechtwinklich darauf geſetzten Zeilen auch nach der Länge derſelben, ja wohl gar noch in der Diagonale beſchrieben ſind, um durch Erſparung von Raum den Brief zu erleichtern. Die Zeilen greifen hier durcheinander, wie wir uns denken, daß die den Erinnerungen unterliegenden Vorgänge durch einander greifen, nur daß die Zeilen hier vorausſätzlich durch Wellenzüge von Oscillationen und Einrichtungen zur Hervorrufung von ſolchen vertreten werden. Nun iſt bei den Briefen ein bis zu gewiſſen Gränzen, freilich nur bis zu ſolchen, ungeſtörtes Verfolgen der Zeilen nach Quere, Länge und in der Diagonale möglich, wenn man die Aufmerkſamkeit dieſe Wege gehen läßt; was aber die Aufmerkſamkeit äußerlich kann, kann ſie auch innerlich. Natürlich wird das Leſen der Briefe erleichtert, wenn man die verſchieden gerichteten Zeilen mit verſchiedenfarbiger Tinte ſchreibt, und noch mehr würde es der Fall ſein, wenn man die einen mit deutſchen, die andern mit lateiniſchen, die dritten mit griechiſchen Buchſtaben ſchriebe; entſprechende Unterſchiede ſtehen aber auch den Wellenzügen in der verſchiedenen Periode und Form ihrer Schwingungen zu Gebote. Unter Zuziehung ſolcher Unterſchiede aber läßt ſich auch denken, daß ſelbſt Züge von Schwingungen, welche dieſelben Wege verfolgen, unterſchieden werden können, und natürlich wird man überhaupt dieſes Princip unſäglich entwickelter in unſerm Gehirn als in einem Briefe anzunehmen haben.

Man kann einwenden, daß wir eine zuſammengeſetzte Farbenſchwingung, die von einem gegebenen Puncte der Netzhaut nach Innen ſtrahlt, weder in der Anſchauung noch Erinnerung durch Aufmerkſamkeit in ihre Componenten zerlegen können. Aber dieſe Thatſache kann die eben ſo gewiſſe Thatſache nicht ungültig machen, daß ich in der Erinnerung das Bild der ſixtiniſchen und der holbeiniſchen Madonna und unzählige andre Bilder, die durch dieſelben Nervenfaſern eingedrungen ſind, trennen, d. h. wechſelnd eins um das andre ins Bewußtſein rufen kann. Worin liegt nun der Unterſchied beider Fälle? Factiſch darin, daß Farbenſchwingungen, die von denſelben Netzhautpuncten aus nach einander durch dieſelben Nervenfaſern gehen, auch nach einander durch Erinnerung wieder in Bewußtſein treten können, indeß ſolche, die zugleich von denſelben Netzhautpuncten verlaufen, auch nur zugleich, und mithin ununterſchieden in die Erinnerung treten können. Da aber doch auch erſtenfalls die Nachwirkungen der ſpäter eingetretenen Farbenſchwingungen in die der früher eingetretenen noch fortbeſtehenden hineinfallen müſſen, bleibt im verſchiedenen Erfolge beider Fälle immerhin etwas Räthſelhaftes.

Die Wirkung der Aufmerkſamkeit anlangend, ſo läßt ſich in einem durchgeführten pſychophyſiſchen Syſtem auch für dieſe eine pſychophyſiſche Repräſentation finden; aber es iſt nicht nöthig, hier darauf einzugehen, da es ſich hier nur um die Thatſache der Wirkſamkeit der Aufmerkſamkeit überhaupt handelt.

XIII. Ueber die Vermittlung des allgemeinen und höhern Geiſteslebens mit der Natur.

Unſtreitig iſt es für den Menſchen am wichtigſten, die Beziehung Gottes als Geiſt oder nach ſeiner geiſtigen Seite zum Menſchengeiſte in Betracht zu ziehen; ſelbſt wenn man den Namen Gottes in gewiſſem Sinne für den Inbegriff aller Exiſtenz brauchen will (vergl. S. 84), und für die Religion liegt jedenfalls das Intereſſe der Betrachtung nur auf dieſer Seite. Sofern es aber doch Beziehungen des göttlichen wie menſchlichen Geiſtes zur materiellen Welt giebt, läßt ſich immer auch nach dieſen fragen; und ſofern die Tagesanſicht zur religiöſen ihre, der Natur zugewandte, Seite hat, das Verlangen an ſie ſtellen, die Beziehungen des göttlichen Geiſtes zur Natur in Zuſammenhang und Einſtimmung mit denen des menſchlichen zu faſſen. Nachdem dies nun ſchon früher (V. 2) in Betreff des ſinnlichen Erſcheinungsgebietes geſchehen, gälte es noch, die Betrachtung auch auf das höhere geiſtige Gebiet zu erſtrecken, wüßten wir nur mehr von der materiellen Vermittelung der höheren geiſtigen Thätigkeiten in uns ſelbſt; denn es kann ſich doch nach den Principien der Tagesanſicht nur um eine erweiternde und ſteigernde Betrachtung von hier aus handeln. Wie dem nun auch ſei, ſo mag wenigſtens das, was wir uns doch über dieſe Vermittlung denken, hier in einige weitere Gedanken fortgeſponnen werden, ohne andres Gewicht darauf zu legen, als zu zeigen, daß der Faden der Verfolgbarkeit der Verhältniſſe von uns aus über uns hinaus auch in dieſer Beziehung nicht abreißt. Ließe eine entwickeltere Pſychophyſik die Ausgangspuncte der Betrachtung anders faſſen, ſo würden ſie ſich natürlich von ſelbſt auch anders fortſpinnen. Uebrigens treffen die ſich hier darbietenden Betrachtungen weſentlichſt mit ſolchen des vorigen Abſchnittes zuſammen. Gott und Jenſeits ſtehen nun einmal überall auf demſelben Blatte.

Die Organe unſrer Sinne und unſres äußern Thuns ſind durch ſich kreuzende und mannichfach verwebte Bahnen ſchwingender Bewegung, denn dafür hält man doch die Nervenfäden, verbunden, kurz wir haben ein Gehirn; und alle geiſtigen Thätigkeiten, welche die Sinnlichkeit überſteigen, haben wir durch das verwickelte Spiel der Bewegungen in dieſem Hauptorgane unſres materiellen und geiſtigen Lebens vermittelt zu halten. Nicht noth, dieſe Vermittlung als einſeitige Bedingtheit des Geiſtes durch den Körper zu faſſen; denn ſo wenig ein Gedanke ohne ein unterliegendes Spiel materieller Thätigkeit im Gehirn, könnte dieſes Spiel, ſo wie es beſteht, ohne den Gedanken zu Stande kommen. Verhältniſſe niedrer und höherer Ordnung zwiſchen den materiellen Bewegungen mögen mit ſolchen der geiſtigen Bewegung im Verhältniß der Bedingtheit gedacht werden. Beſtimmteres läßt ſich kaum darüber ſagen. Nun aber alle Gehirne und alle Geſtirne ſind noch einmal nach demſelben Princip durch ſich kreuzende und verwebte Bahnen ſchwingender Bewegung verbunden, und keine Verwicklung dieſer Bewegungen kann in uns auf ſo hohe Ordnung ſteigen, als ihre Verwicklung darüber hinaus im irdiſchen und über das Irdiſche hinaus im himmliſchen Gebiete, weil keine Bewegung in uns ſelber erlöſchen kann ohne ſich nach Außen in einer Fortwirkung zu übertragen und mit andern dahin übertragenen aufs Neue zu verwickeln, keine im irdiſchen Gebiete vorgehen kann, ohne den

Aether darin und folgweis darüber hinaus mit zu rühren, hiemit ein Element zu einer höheren Verwicklung beizutragen. Der Phyſiker freilich verfolgt nicht viel mehr als die einfachſten Schall- und Lichtwellen durch die glatte Luft und den glatten Aether; aber Luft und Aether ſind in der That nicht glatt, ſondern mannigfacher mit verwickelteren Schwingungen durchwebt, als unſer Gehirn. Jeder Schritt, jede Handbewegung, jedes Wort, jeder Blick eines Menſchen, und dazu jede aus dem Innern deſſelben nach Außen fortgepflanzte Erzitterung löſt eine davon abhängige ſchwingende oder wellenartige Bewegung in der Welt um den Menſchen aus, die ſich mit den, von andern Menſchen herrührenden und den unabhängig von Menſchen in der Welt vorgehenden Bewegungen verwickelt; und die Ordnung und Verwebung der Bewegungen im Menſchen ſelbſt kann nicht vernünftiger ſein, als draußen, weil ja, was davon in ihm und außer ihm beſteht und vorgeht, in Zuſammenhang und gegenſeitiger Abhängigkeit entſteht, beſteht und ſich entwickelt. Drinnen wie draußen ein ſcheinbar unlösliches Gewirr von materiellen Bewegungen, die durch einander ſtrahlen; aber das Wirrſal beſteht hier wie da blos für den gegenüberſtehenden, die Verwicklung von Außen betrachtenden, nicht für den ſie ſelbſt mit ſeiner Klarheit durchdringenden, Geiſt. Denn es iſt zwar bis jetzt noch unerklärt, wie der Geiſt es anfängt, aus dem Gemiſch verſchiedenſter Geſtalten, die durch denſelben Sehnerv, und der verſchiedenſten Reden, die durch denſelben Hörnerven in Form von Schwingungen eingedrungen ſind und ſich nothwendig in ihrer Fortpflanzung durch das Gehirn gemiſcht haben, doch ein Reich von klaren Erinnerungen und Begriffen zu erbauen (vergl. S. 99); aber das Factum beſteht drinnen, und ſo wird es auch draußen beſtehen können.

Ein Unterſchied des Drinnen vom Draußen liegt freilich darin, daß die Organiſation des Gehirns den Bewegungen drinnen beſtimmtere Wege anweiſt, als die Bewegungen draußen zu durchlaufen finden. Aber das verurtheilt uns nur zu einer von vorn herein beſtimmter vorgeſchriebenen und hiemit beſchränkteren Entwickelung des höheren Geiſteslebens als die Welt über uns hinaus. Auch die Bahnen der Bewegungen draußen aber ſind nicht ſchlechthin unbeſtimmt, ſondern durch die natürliche und vom Menſchen fortentwickelte Einrichtung des irdiſchen Reiches und über dieſes hinaus durch die Einrichtung des ganzen Himmels in nur weiteren Gränzen beſtimmt. Und drinnen wie draußen ändert ſich die Einrichtung, von welcher die Gangweiſe der Bewegungen abhängt, durch die Wirkung der Bewegungen ſelbſt mit der Zeit; das Gehirn des Erwachſenen iſt ein andres als das des Kindes und die Erde heute eine andre als im Urzuſtande. So ſind alle Unterſchiede in dieſer Hinſicht nur relativ, alle aber zu Gunſten einer freiern, weiteren und höheren Entwicklung des Geiſteslebens in der Welt, als in uns, den Theilen der Welt.

Vermiſſeſt du nun draußen die centralen Ganglienkugeln deines Gehirns, du haſt dafür die leuchtenden Geſtirne mit deinen eigenen Ganglienkugeln drinnen; und was thut's, daß die Bewegungen draußen an keine Eiweißfäden gefeſſelt ſind, der nackte Lichtſtrahl draußen ſich in der Secunde durch tauſende von Meilen fortbewegt, indeß ſeine Fortſetzung in deinem Nerven träge ſchleicht[1]. Iſt es ein Nachtheil gegen dich? Das Große ſoll überhaupt nicht das Kleine, das Ganze nicht den Theil wiederholen, und wie ſtände es um die Welt, wenn es auch im Großen und Ganzen ſo in ihr ſchliche und jeder Lichtſtrahl ſeinen Rock brauchte, wie in dir, dem kleinen Bruchſtückchen der Welt. Man will Gott nicht anthropomorphiſiren, und o Widerſpruch, weiß ihn im ganzen Himmel nicht zu finden, weil man ihn ſichtlich übermenſchlich darin findet.

Um durch ein Bild, was mit einem Theil der Sache ſelbſt zuſammenfällt, das ganze Sachverhältniß zu erläutern, ſo denk' an eine Saite, die ihre Schwingungen an die Luft überträgt; alle Saiten einer Violine oder Harfe thun es, alle Violinen und Harfen thun es; und alle übertragen ihre Schwingungen an dieſelbe Luft. Je höher die Verwicklung der Schwingungen durch ihr Zuſammentreffen über die Saiten, Violinen, Harfen, Flöten u. ſ. w. hinaus ſteigt, in ſo höheren Tonbeziehungen erklingt das Spiel; aber die Schwingungen *müſſen* auch dazu über die einzelnen Saiten hinausgreifen, in ſich ſelber geben dieſe noch keine Harmonie und ein einzelnes Inſtrument noch keine Symphonie; dazu gehört das Zuſammentreffen der Schwingungen über ſie hinaus. Die Geſchöpfe und über den Geſchöpfen die Geſtirne ſind Inſtrumente, mittelſt deren der, das Ganze der Dinge beſeelende und beherrſchende, Weltgeiſt ein Spiel ausführt, deſſen Empfindung in die Inſtrumente ſelbſt fällt, ſo weit ſie es ſelbſt hervorbringen und es von andersher in ſie rückgreift[2], indeß er allein es ganz und voll zugleich wie es in den Inſtrumenten und über allen hinaus beſteht, hiemit auch deſſen allgemeinſte, höchſte und letzte Beziehungen empfindet.

---

[1] Die Erregung eines Nerven im lebendigen Menſchen pflanzt ſich in der Secunde um weniger als 200 Fuß fort.

[2] Jedes Inſtrument nämlich klingt von dem Spiel der nicht zu entfernten andern ſchwach mit an, doch vorzugsweiſe nur von ſolchen Tönen, die mit denen, welche es ſelbſt hervorzubringen vermag, verwandt ſind.

Man meint wohl, das geiſtige Gebiet habe doch etwas über das materielle Gebiet hinaus, dem dieſes nicht mit etwas Entſprechendem oder bedingungsweiſe Zugehörigen nachkommen könne, d. i. die Selbſtreflexion, womit eine geiſtige Thätigkeit ſich ſelbſt überſteigt. Wir denken, empfinden etwas, und können dies Denken, Empfinden ſelbſt in einem höhern Act uns gegenſtändlich machen. Wenn irgendwo, ſei hier der Punct, wo ſich das geiſtige Gebiet frei über das materielle erhebe. Wohlan, giebt es überhaupt etwas im Menſchengeiſte, was ſich der materiellen Bedingtheit oder Vermittelung entzieht, ſo wird es ſich auch darüber hinaus derſelben entziehen; aber warum es vorzugsweiſe von der geiſtigen Selbſtreflexion glauben, da ſie in einer materiellen zugleich ihr Spiegelbild und ihren Träger finden kann; ja woher auch nur der Ausdruck für die geiſtige, wenn er nicht von der Vergleichbarkeit mit der materiellen ſtammte. Sofern ein bewußtſeinstragender materieller Vorgang ſozuſagen über ſich ſelbſt hinwegzieht, wird ſich der daran geknüpfte geiſtige ſeiner wie objectiv bewußt. Ueberall aber, wo eine Aether-, Luſt- oder Waſſerwelle in ſich ſelbſt zurückgeworfen wird, hat man eine materielle oder phyſiſche Selbſtreflexion. Kleine und große Züge gehen davon durch die Welt, und wenn im Sinne der Tagesanſicht die ganze phyſiſche Welt von einem pſychiſchen Leben erfüllt iſt, das ſich über uns hinaus im Geiſte der Erde und über alle Geiſter hinaus im göttlichen Geiſte zuſammen- und abſchließt, ſo wird auch die phyſiſche Selbſtreflexion eine pſychiſche Bedeutung haben, wofür wir nun eben keine andere als die der pſychiſchen Selbſtreflexion finden können. Nur mag es ſein, daß draußen wie drinnen die phyſiſche Selbſtreflexion erſt einen Schwellenwerth überſteigen muß, ehe es zum Bewußtſein der pſychiſchen kommt. Sich weiter in Möglichkeiten hierüber zu vertiefen, geſtattet der Stand des heutigen Wiſſens nicht.

Ueber der ganzen Verwicklung der Schwingungen, Kreislaufsbewegungen, directen und reflectirten Bewegungen, überhaupt Allem, was in der Welt hin- und wiedergeht, ſich kreuzt und wieder löſt, aber giebt es ein unverbrüchlich Eines, Allgemeines, Unveränderliches, alles Fernſte in Zeit und Raum innerlich Bindendes, worauf ſchon früher (S. 86) hingewieſen worden, das iſt das allgegenwärtige Geſetz alles Geſchehens, und dazu etwas Alles äußerlich Bindendes, das iſt Raum und Zeit ſelbſt. Ein Lichtſtrahl kann, ſo raſch er geht, doch tauſend Jahre brauchen, um von einem Stern zu einem entfernten zu gelangen und ſich dazwiſchen nach allen Seiten zerſtreut haben, und längſt nicht mehr ſein, wo er einſt war. Aber das Geſetz, dem der Strahl folgt und das Geſetz, dem die Sterne ſelbſt in ihrem Gange folgen, iſt im ſelben Augenblicke hier und da, iſt heute, wie es von Ewigkeit war und in Ewigkeit ſein wird. Der Strahl mag alle endlichen Räume und Zeiten durchlaufen, über den unendlichen Raum und die unendliche Zeit kann er nicht hinaus, und ſo bleibt auch alles für endliche Augen

Zerſtreute, für endliches Gedächtniß Erloſchene geſammelt für den Geiſt, der die Unendlichkeit von Kraft, Raum und Zeit mit ſeinem einigen Wiſſen und Wollen beherrſcht, erfüllt und durchdringt.

Inzwiſchen wer, wie der Theolog, des Rückganges auf den materiellen Unterbau des Geiſtes überhaupt nicht bedarf, um über ſich hinaus an einen göttlichen Geiſt zur materiellen Welt zu glauben, braucht ſich auch nicht auf Betrachtungen wie die vorigen einzulaſſen. Beweiſen läßt ſich Gott nicht damit; nur dem nach ſeinen Fußtapfen in der ſichtlichen Welt Suchenden ſolche weiſen.

XIV. Zur Teleologie.

(Streit der Anſicht, daß die zweckmäßige Einrichtung der Geſchöpfe durch ein bewußtes ſchöpferiſches Walten entſtanden ſei, mit der Anſicht einer Entſtehung derſelben durch unbewußt ſchaffende Naturkräfte. Von der Darwin'ſchen Beſeitigung des Zweckprincipes.)

Es gilt im Folgenden die Frage: ſetzt die zweckmäßige Einrichtung der Geſchöpfe und der Welt überhaupt eine bewußte Schöpferthätigkeit oder nur unbewußt ſchaffende Naturkräfte voraus? eine Frage, die in die allgemeinere Frage hineintritt: bedarf es überhaupt der Annahme eines bewußten Schöpfers und Ordners der Welt? Ungeachtet nun die Tagesanſicht auf dieſer Annahme ſchon abgeſehen von einer beſondern Rückſicht auf die zweckmäßige Einrichtung der Welt beſteht, warum ſollte ſie ſich nicht mit darauf ſtützen, wenn ſie wirklich eine Stütze darin finden kann. Aber iſt es auch nach der Weiſe, wie die Berufung darauf gemeinhin geſchieht, der Fall? Man ſpricht etwa ſo:

Alle zweckmäßigen Einrichtungen, Werkzeuge, die der Menſch außer ſich hervorbringt, — Krönig nennt ſie Induſtrismen — erfodern zum Zuſtandekommen die Anwendung bewußter Thätigkeit mit ausdrücklicher Richtung derſelben auf den Zweck. Nie, ſoweit unſere Erfahrung reicht, iſt durch bloßes unbewußtes Wirken materieller Kräfte etwas Aehnliches wie ein Mikroſkop, ein muſikaliſches Werkzeug, ein zweckmäßig eingerichtetes Haus entſtanden; wie ſollte ein Auge, ein Sprachorgan oder gar die ganze, zweckmäßig in ſich zuſammenhängende, Organiſation des Menſchen dadurch entſtanden gedacht werden. Wo die auf ein beſtimmtes Ziel gerichtete Abſicht wegfällt, beginnt das

Spiel des der Wahrſcheinlichkeitsrechnung unterliegenden Zufalles; es ſind aber unendlich mehr unzweckmäßige als zweckmäßige Combinationen auf Grund blos zufälligen Zuſammenwirkens der Kräfte denkbar, alſo die Wahrſcheinlichkeit der erſten danach unendlich größer. Nun beſtehen aber nicht nur zweckmäßig eingerichtete Organismen ſelbſt in zahlloſer Menge, ſondern die ganze Außenwelt iſt auch in Bezug zu ihnen und ſie in Bezug auf die Außenwelt zweckmäßig eingerichtet; wie vertrüge ſich das mit einem bloßen Spiel des Zufalls. Mag nun auch die Möglichkeit von Krankheit und andern Uebeln, welchen alle Organismen unterliegen, beweiſen, daß für die Erreichung eines idealen Zieles von Zweckmäßigkeit Hinderniſſe und Schranken in der Natur der Dinge beſtehen, ſo iſt damit doch nicht bewieſen, daß nichts in dieſer Hinſicht erreicht worden iſt, und daß das, was erreicht iſt, ohne Abſicht in Richtung auf den Zweck erreicht werden konnte. Vielmehr, vergleichen wir das, was durch die, dem Daſein des Menſchen vorgängigen ſchöpferiſchen Kräfte in der Einrichtung des Menſchen ſelbſt geleiſtet iſt, mit dem, was der Menſch im ſelben Sinne noch äußerlich hinzuzufügen vermag, ſo weiß man nicht, wie man jene Leiſtung genug bewundern ſoll, und findet darin die Kundgebung einer, die menſchliche unſagbar überſteigenden Weisheit und Macht, die den Menſchen wohl zur Verehrung ſeines Schöpfers ſtimmen kann. Die Einrichtung kann nur nicht für alle möglichen Verhältniſſe, in welche der Menſch kommen kann, ausreichend ſein; und ſo muß der Menſch dem, was er bleibend mitbekommen hat, noch mit veränderlichen Zuthaten je nach den veränderlichen Verhältniſſen nachhelfen. Er kann es aber nur, indem er bewußte Abſicht darauf richtet, und ſo wird es auch bei ſeiner eigenen Einrichtung nicht an bewußter Abſicht gefehlt haben; ja ſeine bewußte Abſicht ſelber liegt von vorn herein in dieſer Einrichtung begründet, und vollendet ſo den Geſichtspunct der Zweckmäßigkeit.

Es ändert in dieſer Hinſicht nichts, wenn wir von der jetzt ſo verwickelten Organiſation des Menſchen auf die einfacheren Keime derſelben in der Urzeit zurückgehen. So einfach man ſie vorſtellen mag, ſchloſſen ſie doch die Fortentwicklungsfähigkeit zu der ganzen jetzigen verwickelten Organiſation ſchon ein, und dieſelbe Unmöglichkeit, daß eine ſolche *auf einmal* zufällig zu Stande gekommen ſei, kehrt bezüglich einer langſamen Ausbildung derſelben durch eine Reihe von Generationen wieder.

Auch unſere Mikroſkope ſind ja nicht auf einmal ſo entſtanden, wie wir ſie heute haben; vielmehr war ſozuſagen eine einfache Linſe das Urei derſelben. Aber die allmähligen Fortſchritte in der Einrichtung des Mikroſkopes haben eben ſo wenig des Zuthuns bewußter Thätigkeit mit Richtung auf den dadurch zu erreichenden Zweck miſſen können, als wenn das Mikroſkop durch einen genialen Künſtler auf einmal erfunden wäre. Die bewußte Thätigkeit hat ſich nur ſozuſagen in der Zeitfolge mehr auseinandergelegt. So wird es auch mit Schöpfung und Entwicklung der organiſchen Geſchöpfe geweſen ſein.

Dies ungefähr die bisherige Betrachtungsweiſe. Aber hat man ſie wohl zwingend gefunden und kann man ſie ſo finden? Wird nicht zuvörderſt dem Schluß aus Analogie durch Thatſachen der Erfahrung widerſprochen? Thatſächlich iſt doch, daß der Embryo im Mutterleibe, das Hühnchen im Ei mit allen ihren Zweckeinrichtungen durch unbewußt wirkende Naturkräfte gebildet werden; denn was von Bewußtſein dabei ins Spiel kommt, zeigt ſich für die Bildung unweſentlich. Freilich ſetzt die Bildung beider eine bewußte Mutter voraus; auch war ein bewußter Antrieb der Aeltern zur Zeugung nöthig, die Entſtehung des neuen Geſchöpfes zu veranlaſſen; aber weder braucht ſich das Bewußtſein derſelben auf die Bildung des Embryo oder Hühnchen im Ei beſonders zu richten, noch hängen die beſondern Beſtimmungen der Bildung dieſer neuen Geſchöpfe von beſondern Beſtimmungen bewußter Thätigkeit der Aeltern eben ſo ab, als es der Fall iſt, wenn der Menſch eine zweckmäßige Einrichtung, ein zweckmäßiges Werkzeug außer ſich ſchafft, die Analogie hält alſo im weſentlichſten Puncte nicht Stich. Es iſt eben nur das Daſein bewußten Lebens überhaupt und ein bewußter Antrieb zur Zeugung in den Erzeugenden, der mit der Einrichtung des neuen Geſchöpfes nichts zu ſchaffen hat, zur Hervorbringung deſſelben nöthig; Beides aber konnte für die allererſte Entſtehung der organiſchen Geſchöpfe wegfallen, indem es ſich, nachdem bewußte Weſen einmal da waren, offenbar nur durch Vererbung aus den ſchon bewußten in die folgenden fortſetzt oder in denſelben wiederholt, ohne für die Einrichtung der Geſchöpfe ſelbſt noch in Betracht zu kommen, warum alſo für die erſte Entſtehung derſelben.

Zwar könnte es jemand einfallen, das Bewußtſein mit ſpecialer Richtung auf die zweckmäßige Ausbildung aller Theile, ſtatt in den Aeltern den Embryo oder das Hühnchen im Ei, in dem Embryo oder Hühnchen ſelbſt während ſeiner Entwicklung zu ſuchen; aber dann wäre der Embryo, das Hühnchen im Ei klüger vor der Geburt als nachher, und der ganze Zuſtand dieſer Geſchöpfe vor der Geburt, ſo weit er in die Beobachtung fällt, gleicht doch zu ſehr dem Schlafe nach der Geburt, um eine ſolche Vorſtellung ernſthaft zu hegen. Oder man könnte die Zweckvorſtellungen, die zur Bildung des Embryo gehören, in einem Geiſte der Welt außerhalb des Embryo und der Aeltern ſuchen; aber damit ſetzte man das zu Beweiſende voraus; und jedenfalls ſind das Eine wie Andre Hypotheſen, die keinen Erfahrungsbeweis begründen, erſetzen oder ſtützen können, ſondern ſelbſt erſt andrer Stützen bedürfen würden.

Zweitens kann man einwenden, von vorn herein ſei es untriftig, unbewußt wirkende Kräfte eo ipso als zufällig wirkende zu faſſen und die Beurtheilung ihrer Erfolge hiemit der Wahrſcheinlichkeitsrechnung des Zufalls anheim zu geben. Die Kräfte der Natur ſind geſetzlich wirkende, aber als geſetzlich wirkende nicht zufällig wirkende; und es könnte ja im allgemeinſten Cauſalgeſetze ſelbſt, dem die Naturkräfte gehorchen, begründet ſein, daß ſie ohne Bewußtſein zu Einrichtungen, an die ſich Bewußtſein heftet, führen, die ſich dann unter dem Einfluſſe derſelben Kräfte erhalten und wiedergebären, durch die ſie zuerſt entſtanden ſind. Oder es könnten dem Zufall, ſofern ſich doch in gewiſſem Sinne als von einem unendlich complicirten und deßhalb für jeden einzelnen Fall unberechenbaren Wirken der Kräfte[1]) ſprechen laſſen wird, noch beſondre Bedingungen zu Hülfe kommen, welche, die Unbeſtimmbarkeit der Erfolge beſchränkend, mit Nothwendigkeit zu zweckmäßigen Einrichtungen führen, ohne nöthig zu haben, ein dieſen vorgängiges Bewußtſein zu Hülfe zu nehmen.

In der That hat daher das teleologiſche Argument für ein bewußtes ſchöpferiſches Walten in der Natur, wie wir es kurz nennen mögen, weder in der obigen noch auch irgendwelcher andern aprioriſtiſchern oder theologiſchern Faſſung bisher durchſchlagende Kraft gewinnen können, indem keine dieſer Faſſungen gegen die vorigen Einwände ſchützt. Und ſo ziehen es Manche vor, der Natur von vorn herein eine Art unbewußter Weisheit in ihrem geſetzlichen Wirken beizulegen, vermöge deren ſie Zweckmäßiges ſchafft, eine Weisheit, die ſich erſt ſpäter in ihren eigenen Producten, den Menſchen, zum Bewußtſein kommt; indeß Andre, in neuerdings noch mehr beliebter Weiſe, dem Zufall durch Kampf ums Daſein und Vererbung in der Art zu Hülfe kommen.

---

[1]) In der That kann man wohl unter zufälligem Wirken der Kräfte ſtatt eines geſetzloſen ein derartiges Wirken verſtehen, daß je nach den unbeſtimmbar mannichfaltigen und wechſelnden Angriffspuncten der Kräfte und Conſtellationen unter denen ſie wirken, auch den davon abhängigen Bewegungen unbeſtimmbar mannichfaltige Richtungen, Verhältniſſe, Ziele zukommen, ohne daß ein Princip vorliegt, welches überall gewiſſe vor andern begünſtigte.

daß dadurch der Schein mit Abſicht auf den Zweck entſtandener Producte entſteht. Von allen nach Zufall entſtandenen Producten erhalten und wiederholen ſich nur die, die ſich nach den Naturgeſetzen im Kampfe ums Daſein mit anderen erhalten und wiederholen können; die andern vergehen; die bewußten Weſen aber, die ſelbſt auf dieſem Wege entſtanden ſind, finden dann die Einrichtungen zweckmäßig, die zu ihrer eigenen Erhaltung und Wiederholung beitragen.

Inzwiſchen erſcheint all' dem entgegen die Analogie der zweckmäßigen Einrichtungen, die der Menſch angebornerweiſe mitbekommt, mit ſolchen, die er nachmals außer ſich ſchafft, ſo groß, daß man ſich unwillkürlich immer wieder auf jenes Argument, welches zu gleichen Erfolgen gleiche, zu ähnlichen wenigſtens ähnliche, Urſachen vorausſetzt, zurückgeführt finden wird; umſomehr als dadurch auch allgemeinere Forderungen, die man ſonſt zu ſtellen Anlaß findet, beſſer als durch die Anſicht der Gegner, befriedigt werden. Einmal entſpricht es unſerm Einheitsbedürfniß damit, daß es die Hervorbringung zweckmäßiger Einrichtungen durch den Menſchen unter denſelben Geſichtspunct faßt, als die Hervorbringung der zweckmäßigen Einrichtung des Menſchen ſelbſt, jene nur als eine Fortſetzung und Ergänzung zu dieſer im Ausbau der Welt anſieht, die den geſchaffenen Menſchen mit dem, was er weiter ſchafft, zugleich enthält. Zweitens kommt es unſerm religiöſen Glaubensbedürfniß zu Hülfe. Alſo vermögen die Gegner ebenſowenig mit der Beſtreitung des Argumentes durchzudringen; ſo oft es von ihnen abgewieſen wird, ſo oft kehrt es auch wieder; und kehren dann freilich dieſelben Einwürfe wieder. Giebt es nun kein Mittel, über dieſes fruchtloſe Hin und Her hinauszukommen, und das nach obiger Faſſung noch ſchwach bleibende Argument zu ſtärken.

Wirklich führt hiezu meines Erachtens eine Art Umkehr der gegneriſchen Betrachtungsweiſe, womit das teleologiſche Argument empiriſcherſeits unter einen neuen Geſichtspunct tritt. Aber vor Eingehen darauf machen wir uns erſt klar, was wir überhaupt unter Zweckmäßigkeit zu verſtehen haben, ſoll anders die ganze Frage einen klaren Sinn gewinnen.

Gäbe es keine empfindenden oder überhaupt bewußten Weſen, ſo wäre es gleichgültig, was und wie etwas in der Welt beſtände, herginge, ſich wiederholte oder nicht wiederholte. Man könnte von Regelmäßigkeit und Unregelmäßigkeit, Dauerhaftigkeit und Vergänglichkeit ſprechen; aber was käme auf eins oder das andre an, wenn niemand ein Intereſſe vielmehr am Einen als am Andern hätte; kurz, der

Begriff der Zweckmäßigkeit fände keinen Boden. Und ſollte ſelbſt Mancher den Begriff der Zweckmäßigkeit ſo weit faſſen wollen, daß die Beziehung deſſelben zu bewußten Weſen ganz wegfiele und nur die Beziehung zur Erhaltung, Entwicklung, Wiederkehr von irgend etwas, aber von was dann, übrig bliebe, ſo käme der Begriff doch bei der Frage, um die ſich's hier handelt, nicht in ſolcher Weite in Betracht.

Alſo nennen wir hier überhaupt etwas zweckmäßig, inſofern es zur gedeihlichen Erhaltung, Bethätigung und Entwickelung bewußten Lebens dient, mit dem Beiwort gedeihlich in Kürze bezeichnend, daß die betreffenden Einrichtungen möglichſt — eine Möglichkeit, die freilich ſehr beſchränkt iſt, — Unluſt ſparend und der Möglichkeit von Luſt Raum laſſend, ſind. Denn wer möchte Einrichtungen zu längſter Dauer und kräftigſter Entwicklung eines Lebens zweckmäßig nennen, wenn ſie dahin zielten, das Leben unluſtvoll zu machen; nur hängen factiſch die Bedingungen möglichſt langer und gedeihlicher Erhaltung des Lebens bis zu gewiſſen Gränzen zuſammen. An ſich entſpricht es dem allgemeinen Begriffsgebrauch nicht, etwas um ſo zweckmäßiger zu finden, je dauernder oder haltbarer es überhaupt iſt, ſondern je mehr es mit den Bedingungen der Haltbarkeit die der Gedeihlichkeit vereinigt; und ſelbſt das Flüchtigſte erſcheint zweckmäßig, wenn ſeine Flüchtigkeit zu ſeiner Gedeihlichkeit beiträgt. Von äußerer oder innerer Zweckmäßigkeit iſt zu ſprechen, jenachdem es etwas einem bewußten Weſen Aeußeres oder Inneres iſt, was zu ſeinem Gedeihen dient, auch das äußerlich Zweckmäßige aber leiſtet ihm den Dienſt doch nur durch davon abhängige innere Wirkungen.

Dieſe einfachen Begriffsbeſtimmungen, gegen die nichts einzuwenden ſein dürfte, können hier genügen; aber ſachlich iſt in unſrer Frage nichts damit entſchieden; vielmehr folgt daraus, daß etwas in vorigem Sinne bewußtem Leben dient, an ſich noch gar nicht, daß es auch durch bewußte Richtung auf dieſen Zweck entſtanden ſei. Jetzt rufen wir uns die gegneriſche Anſicht zurück, um ihr unſre Umkehr gegenüberzuſtellen.

Nach der Betrachtungsweiſe der Gegner bedürfen die Einrichtungen der Organiſmen, die wir, als zur gedeihlichen Erhaltung und Entwicklung ihres bewußten Lebens dienend, zweckmäßig nennen, zu ihrer Entſtehung nicht nur heute keiner ſpeciellen Richtung bewußter Thätigkeit mehr auf das, was ſie den Geſchöpfen zu leiſten haben, d. i. ihren Zweck, noch auf die Einzelnheiten ihrer Bildung; ſondern ſelbſt die ſchwache und allgemeine Mitbetheiligung des Bewußtſeins, die doch heute noch zur Wiederholung der Geſchöpfe nöthig iſt, war vorausſetzlich zur erſten Entſtehung nicht nöthig, indem ſie ſich, nach einmal hervorgebrachten bewußten Weſen, nur durch die Vererbung fortſetzt oder wiederholt; und es geſchahe alſo die erſte Hervorbringung der Geſchöpfe mit allen ihren Zweckeinrichtungen ganz durch unbewußte Kräfte der Natur.

Wogegen unſre Umkehr lautet: Einrichtungen zum Dienſte bewußten Lebens, die wir als ſolche zweckmäßig nennen, ſeien es äußere oder innere, bedürfen zu ihrer erſtmaligen Entſtehung überall der ſpecialen Richtung bewußter Thätigkeit auf ihren Zweck, einmal entſtanden aber zu ihrer Wiederholung nur noch einer allgemeinen Mitbethätigung des Bewußtſeins, bei welcher eine verfolgbare Beziehung zum Zweck mehr oder weniger geſchwunden iſt. Kurz: Das zur erſten Hervorbringung zweckmäßiger Einrichtungen nöthige Specialbewußtſein wird bei deren Wiederholung mehr oder weniger erſpart. Alſo bedurften auch die Zweckeinrichtungen, mit welchen die Geſchöpfe jetzt geboren werden, zu ihrer erſtmaligen Entſtehung einer auf ihren Zweck und ihre demgemäße Bildung bezüglichen ſpecialen Betheiligung des Bewußtſeins, deren ſie heutzutage bei ihrer Wiederholung nicht mehr bedürfen.

Nun fragt ſich, welcher beider Sätze beſſer zur Erfahrung ſtimmt. Der Hinweis auf den menſchlichen Embryo und das Hühnchen im Ei, womit die Gegner das Argument in erſter Faſſung ſchlagen, kommt ihnen bei der jetzigen Faſſung deſſelben nicht mehr zu Statten, ſondern entſcheidet überhaupt nicht zwiſchen beiden; denn die fehlende Specialbethätigung des Bewußtſeins bei der jetzigen wiederholten Entſtehung dieſer Geſchöpfe tritt, nur aus verſchiedenem Geſichtspuncte, unter den einen wie den andern Satz. Inſofern aber unſre Erfahrung bis zur erſtmaligen Entſtehung der Geſchöpfe nicht zurückzugehen vermag, ſo gilt es, aus andern Fällen, bis zu welchen ſie zurückgeht, die Entſcheidung zu gewinnen. Und es giebt doch auch zweckmäßige Einrichtungen, deren erſte Entſtehung wie Wiederholung in unſern heutigen Erfahrungskreis fällt, und von welchen wir einen Rückſchluß machen können. Alle Erfahrungen aber, die wir noch heute in dieſer Beziehung machen können und täglich machen, beſtätigen vielmehr unſern Satz als den der Gegner, und nach der Durchführung des unſern durch die verſchiedenſten zu Gebote ſtehenden Fälle nimmt der Schluß daraus vielmehr den Charakter eines inductiven als blos analogiſchen an.

Sprechen wir zuerſt von den Zweckeinrichtungen, die der Menſch außer ſich zu Dienſten ſeines bewußten Lebens ſchafft, worauf ſich ſchon das Argument in erſter Faſſung bezog, aber thun wir es jetzt nach unſerer neuen Faſſung. Welche ſtarke Anſpannung des Bewußtſeins und ſpeciale Richtung auf die Geſtaltung aller einzelnen Theile mit Bezug auf das, was ſie dem Menſchen zu leiſten haben, erfoderte die erſte Entſtehung einer Dampfmaſchine, einer Uhr, oder auch nur einer Säge, eines Hammers. Sind dieſe Einrichtungen einmal da, ſo braucht der, der ſie nachmacht, gar nicht mehr an den Zweck derſelben zu denken, und kann ſelbſt, nachdem er ſich einen allgemeinen bewußten Anſtoß zum Nachmachen gegeben, an ganz andre Dinge beim Nachmachen ſelbſt denken. Zwar iſt zuzugeben, daß der Nachahmer noch zuſehen muß, wie jeder einzelne Theil ausſieht, um ihn nachzumachen, hiemit die ſpeciale Beſchäftigung des Bewußtſeins zwar ſehr herabgeſtimmt, von Leiſtung und Zweck abgezogen, aber doch noch nicht in einer Weiſe erſpart iſt, wie es bei der Wiederholung eines Geſchöpfes durch ſucceſſive Generationen der Fall iſt. Nun nehme man aber den Abguß einer Statue, den Abdruck eines Kupferſtiches, einer Schrift, ſo fällt auch dieſe ſpeciale Beſchäftigung noch weg. Wer z. B. eine Schrift abdruckt, braucht freilich auch noch einen Antrieb des Bewußtſeins, um ſich daran zu machen, aber ſeine ganze bewußte Thätigkeit iſt ſo bezugslos zur Wiederhervorbringung des Details der Schrift, als die der Aeltern, wenn ſie Kinder zeugen, zur Hervorbringung des Details ihrer Hervorbringung.

Nun kann man freilich bemerken, daß Kinder ſich durch andre Mittel wiederholen, als Schriften und andre Fabrikate. Aber jedes weſentlich anders geartete Product bedarf überhaupt andrer Mittel zur Wiederholung; und nun iſt gerade das von Wichtigkeit, daß bei den verſchiedenſten Weiſen der Wiederholung wie erſten Entſtehung zweckmäßiger Einrichtungen, ſo weit ſolche überhaupt unſrer Beobachtung zugänglich iſt, die Gültigkeit unſres Satzes beſtehend bleibt; eben hiedurch wird er zur Baſis vielmehr eines inductiven als blos analogiſchen Schluſſes.

Zur Vervollſtändigung dieſer Baſis wenden wir uns jetzt von äußeren zu inneren, von unorganiſchen zu organiſchen Zweckeinrichtungen, womit wir uns dem Falle ſelbſt, auf den wir zu ſchließen haben, hiemit nähern.

Es kann nämlich der ſchon geborne Menſch zu den Zweckeinrichtungen, die er bei der Geburt mitbekommt, oder die ſich aus der angebornen Anlage nach ererbter Einrichtung von ſelbſt entwickeln, auch neue in ſich ſelbſt mit ſpecialer Richtung des Bewußtſeins darauf ſchaffen oder die angeerbten zweckmäßig abändern. Jedes Erlernen einer Fertigkeit, das Spinnen, das Stricken, das Spielen eines muſikaliſchen Inſtruments, das Reiten, das Leſen, das Auswendiglernen u. ſ. w., alles das ſetzt eine mit ſpecial darauf gerichtetem Bewußtſein erworbene innere Einrichtung voraus, die der Menſch weder bei der Geburt mitbekommt, noch die ſich ohne ſolches Zuthun des Bewußtſeins aus den mitbekommenen Einrichtungen im Laufe des Wachsthums von ſelbſt zu entwickeln vermag. Dieſe mannichfaltigen Einrichtungen können nicht alle zugleich beſtehen; zum Spinnen gehört eine andre Einrichtung als zum Klavierſpielen; wird nun eine Einrichtung nicht mehr gebraucht, ſo macht ſie einer andern, oder im Ruhezuſtande einer mittlern zwiſchen allen Platz. Aber wieder zeigt ſich allgemein, daß die ſpeciale bewußte Thätigkeit, die zur erſten Entſtehung irgend einer dieſer Zweckeinrichtungen gehörte, um ſo mehr erſpart wird, je öfter ſie hervorgerufen wurde, und endlich nur eines allgemeinen Anſtoßes des Bewußtſeins zur Wiederkehr bedarf oder gar im Fluſſe der Gewohnheit ſich ohne ſolchen wie von ſelbſt wiederholt, wenn ſich dieſelben Außenbedingungen wiederholen. Welchen Aufwand von ſpecial gerichteter Aufmerkſamkeit braucht die Spinnerin, um das Spinnen, die Strickerin, um das Stricken zu erlernen; hat ſie es gelernt, ſo ſetzt ſie ſich zu gewohnter Stunde an das Rad, oder nimmt den Strumpf in die Hand, richtet ſich innerlich durch den Act eines einfachen Entſchluſſes auf Spinnen oder Stricken ein, und ſpinnt oder ſtrickt, indem ſie an andere Dinge denkt; denn wie das Zuſtandekommen bedarf auch die Leiſtung derartiger innerer Einrichtungen um ſo weniger einer ſpecialen Richtung des Bewußtſeins darauf, je öfter die Wiederholung derſelben ſtattgefunden hat; und in gewiſſer Weiſe ſcheidet ſich Beides nicht. Die Leiſtung der Spinnerin beſteht darin, daß die Einrichtung, zu der ſich ſie beim Hinſetzen an das Rad den einmaligen Anſtoß giebt, immer neue, jedoch eine gewiſſe Periodicität einhaltende, Phaſen durchläuft; der Fuß hebt und ſenkt ſich, die Hand bewegt ſich längs des Fadens, tunkt ein u. ſ. w.; zu all' dem muß ſich die Einrichtung ändern, kurz ſie hat einen Zeitverlauf durchzumachen; was nun eben die erſtenmale nur mit ſpeciell darauf gerichtetem Bewußtſein geſchehen kann, indeß dies nach Maßgabe der öftern Wiederholung immer mehr zurücktritt.

Man kann hinzubemerken, daß, ſofern die Spinnerin das Spinnen nicht durch ſich ſelbſt, ſondern unter fremder Anleitung erlernt hat, ihr weſentlich viel von der Anſtrengung des Bewußtſeins erſpart iſt, welche die *allererſte* Erlernung des Spinnens, d. i. deſſen Erfindung, koſtete. Jedes Erlernen durch Uebertragung iſt ſchon eine Wiederholung des urſprünglichen, wobei etwas von der urſprünglichen Bethätigung des Bewußtſeins erſpart wird.

Ein dritter Fall führt wiederum dem Falle, auf den wir zu ſchließen haben, unmittelbar um eine Stufe näher. Die zweckmäßigen Einrichtungen, mit welchen die Geſchöpfe geboren werden, haben ſie durch Vererbung von ihren Vorältern überkommen und können ſolche auf ihre Nachkommen vererben. Gilt unſer Satz auch für ſo vererbbare Einrichtungen? Nun, wer wird bezweifeln, daß der Schäferhund und Hühnerhund die, ihnen ohne Zuthun des eigenen und älterlichen Bewußtſeins angeborenen, phyſiſch-pſychiſchen Einrichtungen, worauf ihre eigenthümlichen Inſtincte beruhen, nur deßhalb beſitzen, weil ihre Vorältern ſie in derſelben Weiſe mit Anſpannung und ſpecieller Richtung der Aufmerkſamkeit erworben haben, als noch heute ähnliche Einrichtungen nach der Geburt erworben werden können. Es iſt wahr, der Schäferhund und Hühnerhund bedarf noch einiger aber ſehr weniger Dreſſur, um zu lernen, was ihm obliegt. Aber das heißt nur, die Einrichtung, die ihn zu ſeinen zweckmäßigen Leiſtungen befähigt, iſt bei ſeiner Geburt noch nicht ganz fertig, inſofern ſie es aber nicht iſt, bedarf ſie nun auch wieder der ſpecialen Anſpannung des Bewußtſeins, um ganz fertig zu werden; der größte Theil dieſer Anſpannung iſt dem jetzt gebornen Hunde doch dadurch erſpart, daß er ſeinen Vorältern nicht erſpart war. Und ſo wird dem Menſchen der größte Theil der Anſpannung des Bewußtſeins, welcher nöthig war, ſein Gehirn, ſeine Nerven, ſeine Muskeln, alles in Zuſammenhang zweckmäßig auszubilden, dadurch erſpart ſein, daß ſie einer ſchöpferiſchen Macht vor ihm nicht erſpart war; der größte Theil, denn der Menſch hat ſich ja ſelbſt nach der Geburt noch weiter innerlich zweckmäßig fortzubilden.

Es ändert weſentlich nichts, wenn man darauf aufmerkſam macht, daß die Vorältern des Schäferhundes und Hühnerhundes ihre Fertigkeiten durch Dreſſur Seitens des Menſchen erworben haben, ohne ſelbſt etwas vom Zweck derſelben für die Menſchen zu wiſſen. Das Bewußtſein davon mußte dann doch in denen, von denen ſie die Dreſſur empfingen, liegen, womit die durch Dreſſur erworbene Zweckeinrichtung des Hundes unter den Geſichtspunct einer äußern für den Menſchen tritt, indeß der vorhergehende Fall für die Anwendbarkeit unſres Satzes auf innere Zweckeinrichtungen gültig bleibt. Uebrigens war allerdings auch das Specialbewußtſein des Hundes bei der Urdreſſur in gewiſſer Weiſe mitbetheiligt. Er erſparte ſich nicht nur durch Aneignung dieſer Dreſſur die Unluſt der Schläge, die ihm jedes Verſehen zuzog, und würde ohne das nie zu dieſer Dreſſur gelangt ſein, ſondern mußte auch mit ſeiner Aufmerkſamkeit viel intenſiver bei der Dreſſur beſchäftigt ſein, als ſpäter bei Ausübung des Gelernten. Es war alſo im Grunde zu dem erſten Fall einer rein äußerlichen und dem zweiten Fall einer rein innerlichen Zweckmäßigkeit der dritte Fall einer Vereinigung von beiden oder Theilung zwiſchen beiden, den wir hier vor uns haben.

Nun kann man fragen: aber warum vererbt ſich nicht auch die einmal erlernte Fertigkeit des Spinnens und Strickens von der menſchlichen Mutter auf die Kinder, warum nicht jede Kunſt, die man einen Hund lehrt, auf ſeine Sprößlinge? In der That ſind das der Unterſuchung werthe Fragen, die aber unſere jetzige Frage nichts angehen, und mit denen wir uns deßhalb hier nicht zu beſchäftigen brauchen. Genug, daß in allen Fällen der Wiederholung zweckmäßiger Einrichtungen, bei welchen unſre Erfahrung oder der ſichre Schluß aus Erfahrung geſtattet, bis zur erſten Entſtehung zurückzugehen, die ſpeciale Betheiligung des Bewußtſeins ſich als weſentlich erweiſt. Nothwendigkeit der Wiederholung iſt aber mit dem Daſein einer zweckmäßigen Einrichtung weder an ſich gegeben noch aus der Erſparniß an Bewußtſein bei ſtattfindender Wiederholung zu folgern. Unzählige äußere und innere zweckmäßige Einrichtungen entſtehen und vergehen, ohne ſich zu wiederholen; es bedarf zur Wiederholung noch beſonderer Bedingungen und der ganze Menſch ſelbſt bedarf zu ſeiner Wiederholung des Zuſammentrittes der Aeltern im Zeugungsacte. Die Natur hat es nur zur Wiederholung gewiſſer zweckmäßiger Einrichtungen in den jetzt lebenden Organismen gebracht; von vorn herein mögen die Keime zu andern entſtanden ſein, die ſich nicht wiederholen konnten. Aber den Bedingungen hievon haben wir hier nicht nachzugehen.

Gegen all' das wendet man vielleicht ein: jeder ſchafft mit Bewußtſein, auch das erſtemal, nur für ſeine eigenen Zwecke; der Menſch konnte ſich aber nicht ſelbſt mit Bewußtſein, geeignet für Erreichung eigner Zwecke ſchaffen, ehe er überhaupt mit Bewußtſein da war.

Aber es iſt nicht wahr, daß jeder mit Bewußtſein nur für ſeine eignen Zwecke ſchafft. Und damit kommen wir zu einem vierten Fall. Ein Wohlthäter der Menſchheit ſchafft Einrichtungen zum Frommen Anderer; eine Mutter bereitet Bettchen und Windeln zu für ein Kind, das noch gar nicht da iſt. Sie können es aber doch nur mit eigenem

Bewußtſein zu Dienſten des fremden Bewußtſeins thun, und erſparen dabei um ſo mehr von eigner bewußter Erfindungskraft, je mehr ſie ſich nach fremden Muſtern richten. Alſo erſtreckt ſich unſer Satz auch vom eigenen zum fremden Bewußtſein herüber.

Nun iſt zuzugeben, daß das Intereſſe deſſen, der zum Nutzen Andrer ſchafft, an deren Nutzen mit betheiligt ſein muß. Erfreute ſich der Wohlthäter nicht am Wohle Andrer, die Mutter nicht am Gedeihen des künftigen Kindes, ſo würden ſie nichts dafür thun. Und ſo würde auch die ſchöpferiſche Macht nicht den Menſchen zweckmäßig für deſſen Wohl einrichten, wenn dieſes Wohl ihr nicht ſelber mit gediehe. Der Sinn des teleologiſchen Argumentes iſt aber eben der, ein Bewußtſein, was im Menſchen vor ſeiner Entſtehung nicht geſucht werden kann, vor ihm in der ſchöpferiſchen Macht, von der ſeine Entſtehung abhängt, ſuchen zu laſſen, und damit zugleich die Vorſtellung zu begründen, daß mit dem gedeihlichen Beſtande des Menſchen Zwecke des ſchöpferiſchen Weltweſens ſelbſt erfüllt werden, die ihm, dem geſchaffenen Menſchen, dann mit zu Gute kommen. Das aber bleibt ſich gleich, mag der Menſch als innerer oder im hergebrachten Sinne als äußerer Sproß des ſchöpferiſchen Weſens betrachtet werden, ſofern nach allen erfahrungsmäßigen Analogien das Intereſſe des erzeugenden und des erzeugten Weſens verwachſen iſt, und ſo bleibt unſer allgemeiner Satz in jedem Falle beſtehen.

Nach all' dem können wir den Gegnern des teleologiſchen Arguments ihren empiriſchen Abweis zurückgeben. Der erſten Faſſung deſſelben gegenüber erſchienen ſie im Rechte, wenn ſie ſagten: die Analogie möchte noch ſo ſchlagend zu Gunſten einer bewußten Schöpfung der organiſchen Zweckeinrichtungen ſprechen; aber die Thatſache, daß der menſchliche Embryo und das Hühnchen im Ei ſich durch unbewußte Kräfte entwickeln, ſchlägt den Beweis nieder. Wir ſagen jetzt: die Vorſtellungsweiſen, wie Zweckeinrichtungen durch unbewußtes Wirken von Naturkräften entſtehen konnten, möchten noch ſo tiefſinnig und ſcharfſinnig ausgedacht erſcheinen (Hartmann, Darwin), aber die triftiger und vollſtändiger ins Auge gefaßte Thatſache, daß ſie zur erſten Entſtehung einer ſpecialen Betheiligung des Bewußtſeins bedürfen, ſchlägt den Beweis nieder.

Meint man aber hienach, aprioriſtiſch laſſe ſich doch der Frage beſſer beikommen, ſo wird es zwar nicht als logiſch zwingend bewieſen, doch von vorn herein als überwiegend wahrſcheinlich gelten müſſen, daß bei Entſtehung von Einrichtungen, die zur gedeihlichen Erhaltung und Entwicklung bewußten Lebens zu dienen haben, auch bewußtes Leben urſächlich betheiligt geweſen ſei, nicht aber Urſach und Wirkung in disparate Gebiete fallen. In der That wäre es eine ſeltſame, unter keinen vernünftigen Geſichtspunct zu bringende Cauſalität, wenn unbewußt wirkende und ſchaffende Kräfte Folgen, die für das Bewußtſein eine bevorzugte Bedeutung haben, vor ſolchen, die keine oder eine unzuträgliche Bedeutung haben, bevorzugte, jenen vor dieſen Beſtand oder Wiederholungsfähigkeit verliehe. Kann überhaupt eine Urſach Wirkungen erzeugen, von denen nicht ſchon in der Urſach etwas vorgegeben iſt? Dergleichen nimmt man nur an, wenn man muß, oder ſich nicht klar darüber iſt, was man muß. Was man aber logiſcherſeits am Muß noch vermiſſen kann, wird durch den vorigen möglichſt allgemeinen empiriſchen Hinweis ergänzt.

Nun iſt freilich wahr, die Induction, auf die wir uns ſtützen, iſt immer noch nicht vollſtändig; denn die Verhältniſſe, die bei der erſten Entſtehung der organiſchen Geſchöpfe ſtattfinden, können wir doch nicht in unſern Erfahrungskreis ziehen; aber es giebt überhaupt keine Induction, die vollſtändig wäre; wäre ſie es, ſo hätten wir nicht mehr Schluß, ſondern directe Erfahrung. Nie und nirgends kehren überhaupt ganz dieſelben Verhältniſſe wieder; man muß ſich genügen laſſen, wenn die Bewährung eines allgemeinen Satzes unabhängig von der Verſchiedenheit aller Mitbedingungen erſcheint, durch die er ſich verfolgen läßt[1].

Hienach wäre es ein plumper und den weſentlichen Geſichtspunct ganz verfehlender Abweis der vorigen Betrachtungen, wollte man immer noch ſagen: nun ja, wenn Menſchen und Thiere einmal Bewußtſein haben, ſo können freilich, ſei es äußere oder innere, Zweckeinrichtungen nur unter Einfluß des Bewußtſeins in ihnen entſtehen; die Geſchöpfe können das, was ſie einmal haben, nicht dabei abthun; aber daraus folgt nicht im Mindeſten, daß, ehe Bewußtſein da war, ſolches auch zur erſten Entſtehung ſolcher Einrichtungen nöthig war. Der triftige Geſichtspunct iſt vielmehr der: wenn die Menſchen jetzt trotzdem, daß ſie Bewußtſein haben, und die Naturkräfte in ihnen nicht minder als außer ihnen geſetzlich thätig ſind, doch weder innere noch äußere Zweckeinrichtungen ohne ſpecial darauf gerichtetes Bewußtſein zuerſt hervorbringen können, ſo kann man nicht zur allererſten Entſtehung ſolcher Einrichtungen das Bewußtſein gar ganz entbehrlich halten, d. h. ſchließen: weil wenig jetzt nicht reicht, wird Anfangs gar nichts gereicht haben. Uebrigens thut ja doch der Menſch ſein Bewußtſein im Schlafe ab; und wann iſt je trotz aller Weisheit, die man dem Unbewußtſein beilegen mag, eine neue Zweckeinrichtung im Schlafe entſtanden?

---

[1] Vergl. über den Inductionsſchluß Abſchn. XVII.

Wie der Menſch ſind auch deſſen Mitgeſchöpfe mit angeborenen Zweckeinrichtungen ausgeſtattet. Die auf Grund dieſer Einrichtungen erreichbaren Zwecke für die verſchiedenen Geſchöpfe ſind theils von einander abhängig, theils durch einander beſchränkt, und die Außenverhältniſſe der Geſchöpfe ſtimmen zweckmäßig mit deren inneren Einrichtungen zuſammen. Faſſen wir dieſen ganzen Zweckzuſammenhang unter dem Geſichtspunct unſers Arguments ins Auge, ſo werden wir dadurch zur Anſicht eines, über alle Einzelgeſchöpfe hinausgreifenden, alles dieß mit Bewußtſein zweckmäßig einrichtenden und ordnenden ſchöpferiſchen Weltweſens geführt, und treten damit in die allgemeinen Geſichtspuncte der Tagesanſicht hinein, tragen damit zur Stützung derſelben ſelbſt bei, indeß ſich auch umgekehrt von den Vorderſätzen der Tagesanſicht aus die ganze Teleologie begründen ließe.

Hienach nur noch einige Nebenerörterungen zu den vorigen Betrachtungen.

Daß mit allem durch die Welt gehenden Streben, Unluſt zu verhüten, ihre Quellen zu verſtopfen oder zu zerſtören, ſolche doch noch durch die Welt geht, iſt freilich gewiß; aber iſt das Streben deßhalb müßig und leiſten die Zweckeinrichtungen im Sinne dieſes Strebens nichts? Im Gegentheil iſt eben ſo gewiß, daß die Unluſt ohne die Tendenz zu ihrer Beſeitigung und ohne deren Erfolg Alles in der Welt überwuchern würde. In der That, wenn der Menſch ſich nicht Nahrung, Kleidung, Wohnung, Feuerung zweckmäßig mit Abſicht zubereitete, ſich nicht ſelbſt innerlich zweckmäßig zur Herſtellung dieſer äußeren Zweckeinrichtungen einrichtete, nicht die Natur in der Hauptſache dieſer Tendenz entgegenkäme, die Sonne nicht dazu ſchiene, die Bäume nicht Früchte dazu trügen, der Menſch nicht von vorn herein mit zweckmäßigen Organen ausgeſtattet wäre, wenn, ſage ich, alles das nicht wäre, ſo würde das ganze Leben des Menſchen, ſofern es noch Beſtand haben könnte, in Unluſt aufgehen. Die poſitive Luſt, die ſich der Menſch auf Grund aller ſeiner Zweckeinrichtungen zu verſchaffen weiß, iſt blos ein hier und da eintretender Ueberſchuß über die Compenſation von Unluſtquellen, die ohne darauf gerichtete Zwecktendenzen uncompenſirt bleiben würden. Nun mag man darüber ſtreiten, ob dieſe Compenſation nicht im Ganzen zu unvollſtändig bleibt, um nicht der Unluſt im Ganzen ein Uebergewicht zu laſſen, und ob ein gedeihlicher Fortſchritt, d. i. im Sinne abnehmender Unluſt, wachſender Luſt, überhaupt im Ganzen ſtattfinde. Aber wie man immer dieſe ſchweren Fragen, welche die allgemeine Luſtökonomie der Welt betreffen, je nach peſſimiſtiſcher oder optimiſtiſcher Neigung beantworten mag — wir kommen hierauf im folgenden Abſchnitte zu ſprechen — ſo würde jedenfalls ohne die Zwecktendenzen und deren Erfolg das Unluſtquantum in der Welt unſagbar größer ſein, als es iſt; und man irrt, wenn man alles, was noch an vollendeter Zweckmäßigkeit fehlt, als Beweis gegen ein auf Zwecke hinwirkendes Walten in der Welt geltend macht, da man vielmehr nur Alles, was in dieſer Hinſicht erreicht iſt, als Beweis dafür geltend machen kann.

Ganz untriftig iſt eine Betrachtungsweiſe, die doch mitunter eingeſchlagen wird, als widerſpreche das teleologiſche Princip dem Cauſalprincip, ja fodere an ſich Abſurdes. Eine Urſach könne Zukünftiges bewirken, und Folgen ſo zu ſagen vor ſich hertreiben; daß aber ein erſt zukünftiger Zweck rückwärts auf die Gegenwart wirken und Mittel zu ſeiner Erreichung in Thätigkeit ſetzen könne, ſei undenkbar. Aber das fodert das teleologiſche Princip gar nicht. Nach ihm wirkt nicht der zukünftige Zweck in Widerſpruch mit dem Cauſalprincip, ſondern der gegenwärtig empfundene Antrieb oder die gegenwärtige Zweckvorſtellung mit dem, was ihr von materiellen Kräften unterliegt, wirkt auf die Erreichung des künftigen Zweckes; und die Zweckvorſtellung ſelbſt mit dem, was ihr unterliegt, iſt auch nicht durch etwas Zukünftiges entſtanden, ſondern aus dem bisherigen Daſein des Subjects erwachſen, woran natürlich alle bisherigen Erfahrungen des Subjectes, als Vorſtellungen von der Zukunft begründend, Antheil haben.

Determiniſtiſch ließe ſich auch folgende Erläuterung geben. Das Zukünftige hängt im Sinne des Cauſalgeſetzes functionell von der Vergangenheit ab. Was aber hindert, im Sinne des Mathematikers die functionelle Betrachtung umzukehren, alſo die vergangenen Zuſtände nach einem umgekehrten Verfolg der Richtung des Geſchehens[1] als Function der Zuſtände, zu denen ſie führen, zu betrachten. Für ein zeitlos ewiges oder die Zeit in eine Gegenwart zuſammenfaſſendes Weſen, wie ſich manche das göttliche Weſen denken, möchte dieſe doppelte Betrachtungsweiſe ſogar ſaſt ſelbſtverſtändlich ſein. Immer bliebe es dabei eine Abſurdität, die Vergangenheit als Erfolg der Zukunft zu denken, weil der Begriff des Erfolges auf die wirkliche Richtung des zeitlichen Geſchehens geht, wogegen es keine Abſurdität iſt, die Vergangenheit und Zukunft in derartiger Wechſelabhängigkeit zu denken, daß von dem, was in beiden geſchieht, eins nicht ohne das andre ſein kann.

---

[1] Sehr ſonderbar nimmt es ſich aus, wenn man, ſtatt den Weltlauf blos vorſtellend rückwärts in der Zeit zu verfolgen, geradezu einen Rücklauf des Geſchehens in der Wirklichkeit ſich vollziehend denkt. (Miſes kl. Schr. 273 ff. 339 ff.)

Damit hängt folgende Betrachtungsweiſe zuſammen. Im Raume findet ſtets zur Wirkung von einem Puncte a auf den Punct b eine Gegenwirkung vom Puncte b auf den Punct a ſtatt. Warum ſoll nicht eben ſo zur Wirkung von einem Zeitpunct a auf einen andern b eine umgekehrte Wirkung von b auf a ſtattfinden, d. h. die Beſchaffenheit deſſen, was in beiden Zeitpuncten geſchieht, in geſetzlicher Wechſelbeſtimmtheit ſtehen1), was aber nicht hindert, da wir das, was im zukünftigen Zeitpunct b geſchieht, noch nicht kennen, die Wirkung factiſch und practiſch vielmehr blos vom Zeitpunct a als rückwärts von b aus zu verfolgen.

Inzwiſchen bleiben das Betrachtungen, die uns in unſerem Thema nicht weiter führen, worauf alſo auch hier kein Gewicht gelegt wird.

Eben ſo widerſpricht es ſich nicht, daß die Einrichtung und Ordnung der Welt mit Bewußtſein geſchehen ſei, und daß ſie ſich nach einer feſten Geſetzlichkeit entwickelt habe, weil ſich Bewußtſein und Geſetzlichkeit überhaupt nicht widerſpricht (vergl. Abſchn. XVI), und namentlich iſt nichts geſetzlicher, als daß Unluſt ein Streben auslöſt, der Unluſt Herr zu werden, was unſtreitig die ganze Teleologie beherrſcht. Man kann verſuchen, aus dieſem Geſichtspuncte die teleologiſche Weltbetrachtung pſychologiſch und pſychophyſiſch theils zu vertiefen, theils weiter zu entwickeln; aber indem wir dabei vom Menſchen auf die Welt zu ſchließen haben, bleiben freilich mehr Fragen übrig, als ſich bisher entſcheiden laſſen.

In uns ſelbſt knüpft ſich an die Empfindung der Unluſt unmittelbar ein Trieb ſie zu beſeitigen, welcher, ſofern die Unluſt körperlich bedingt iſt, auch körperliche Aenderungen auslöſt, die in einfachſten Fällen unmittelbar hinreichen, die Beſeitigung herbeizuführen; ſei es, daß eine innere unluſtgebende Bewegung dadurch herabgeſtimmt oder umgekehrt wird, oder ein inneres unluſtgebendes Verhältniß umgeſtimmt oder ein nachtheiliger Stoff ausgeſchieden wird, oder auch daß ſich ein Organ gegen einen äußeren Unluſtreiz unwillkürlich verſchließt, oder ihn von ſich oder ſich von ihm abkehrt. In allen ſolchen einfachen Fällen kommt es überhaupt nicht zu etwas, was man Zweckvorſtellung nennen kann, indeß doch immer das Bewußtſein mit einer Empfindung und einem empfundenen Triebe, auch wohl einer einfachen Vorſtellung der Urſach der Unluſt, dabei betheiligt iſt. Aber in complicirten Fällen reicht dies nicht hin; vielmehr, wenn ſich die Unluſt nur durch Mittel und Wege beſeitigen läßt, die in die Zeit- und Raumferne greifen, ſo muß ſtatt ſolcher einfachen phyſiſchen Beſtimmungen die Vorſtellung der Mittel und Wege

---

1) Wenn ich nicht irre, hat der Mathematiker Neumann ſchon irgendwo denſelben oder einen ähnlichen Gedanken ausgeſprochen.

treten, welche in Zeit und Raum bis zur Erreichung des Zweckes liegen, um dazu zu gelangen, und daſſelbe iſt nothwendig, wenn eine künftige Unluſt ſicher verhütet oder eine künftige Luſt erreicht werden ſoll. Kommt es überhaupt zu keiner oder keiner richtigen Vorſtellung der zweckentſprechenden Mittel und Wege, ſo wird auch der Zweck nicht oder nur zufällig erreicht; dieſelbe Nothwendigkeit aber, welche in dieſer Hinſicht für die Erreichung menſchlicher Zwecke beſteht, beſteht vorausſetzlich auch für die Erreichung weitergreifender Zwecke des allgemeinen bewußten Weltweſens, und die menſchlichen Zweckvorſtellungen ſelbſt treten nur in untergeordneter Weiſe in die ſeinigen hinein.

Nun aber findet ein Unterſchied ſtatt. Der Erfinder einer Dampfmaſchine mußte ſich die ganze materielle Einrichtung der außer ihm herzuſtellenden Maſchine mit Bezug zu ihrem Zweck ſo vorſtellen, wie ſie äußerlich erſcheinen ſollte; gilt es aber eine innere zweckmäßige Einrichtung, die nicht äußerlich zu erſcheinen hat noch der äußerlichen Erſcheinung zum zweckmäßigen Wirken bedarf, ſo braucht ſie auch zu ihrer Entſtehung nicht wie etwas äußerlich Erſcheinendes vorgeſtellt zu werden. So kann jemand ſich keine Fertigkeit erwerben oder einem Andern durch Erziehung beibringen, ohne daß Nervenſyſtem, auch wohl Muskelſyſtem und Kreislaufsverhältniſſe deſſen, der die Fertigkeit erwirbt, Abänderungen erfahren; aber dieſe brauchen zu ihrer Entſtehung nicht objectiv vorgeſtellt zu werden, ſondern, ſofern jede pſychiſche Thätigkeit von ſelbſt geſetzlich eine phyſiſche mitführt, führt auch die zweckmäßig gerichtete eigene oder im Andern erweckte pſychiſche Thätigkeit die zur Erwerbung jeder Fertigkeit gehört, von ſelbſt innere phyſiſche Vorgänge mit, welche zur bezweckten inneren Einrichtung führen. Auch hiebei aber bedarf es zur Hervorrufung verwickelter Zweckeinrichtungen entwickelter Vorſtellungen. In der That, wenn ſich z. B. die Spinnerin bei Erwerbung ihrer Fertigkeit auch nicht die innern körperlichen Einrichtungen ſelbſt vorzuſtellen hat, die zur Erwerbung ihrer Fertigkeit gehören, ſo kann ſie dieſelbe doch nur auf Grund entwickelter zweckentſprechender Vorſtellungen von den Außendingen, auf die ſich ihre Fertigkeit bezieht und infolge zum Bewußtſein kommender Antriebe, die ſie von Außen empfängt, ausbilden. Unſtreitig wird dieſe doppelte Weiſe, wie Zweckvorſtellungen ins Spiel kommen können, von jeher in der Welt zur Geltung gekommen ſein; aber weder iſt es für die allgemeine Stellung und Begründung unſres Argumentes nöthig, hierauf näher einzugehen, noch vermöchte es für ſich allein einen geeigneten Ausgangspunct dafür zu bieten.

Es fragt wohl Einer: warum entſtehen jetzt keine organiſchen Geſchöpfe mit zweckdienlichen Einrichtungen mehr aus der unorganiſchen Welt unter dem Einfluß eines vorausſetzlichen Weltbewußtſeins heraus, wenn ſie in einer Urzeit daraus entſtehen konnten? Aber das iſt eine Schwierigkeit, welche vielmehr die Gegner trifft; weßhalb ſie ja auch nicht müde werden, ſich mit Experimenten abzuquälen, der unorganiſchen Welt noch heute dieſelbe Productivität abzunöthigen, die ſie der Urzeit zuſchreiben. Für uns ſtellt ſich die Sache ſo.

Wenn eine heiße Salzlöſung bei Erniedrigung der Temperatur ſich in eine Mutterlauge und Salzkryſtalle zerlegt, ſo wird Niemand den Zuſtand der Löſung vor dem Herauskryſtalliſiren mit dem Zuſtande der Mutterlauge nach demſelben vergleichbar halten und Niemand der Mutterlauge zumuthen, nun noch einmal Kryſtalle herzugeben, nachdem die, welche die Löſung hergeben konnte, durch Scheidung der Mutterlauge von den Kryſtallen ſchon hergegeben ſind. Alſo kann man auch den Zuſtand, in dem ſich das irdiſche Syſtem befand, ehe es bei hinreichender Temperaturerniedrigung ein organiſches Reich hergab, hiemit ſich in ein organiſches und unorganiſches Reich zerlegte, nicht mit dem Zuſtande des unorganiſchen Reiches nach der Zerlegung vergleichen, und dieſem zumuthen, wie doch von gegneriſcher Seite geſchieht, noch einmal ein organiſches Reich herzugeben, nachdem es ſolches vielmehr durch Trennung von ihm ſchon hergegeben hat[1]. Aber allerdings liegt in den vorigen Betrachtungen begründet, das irdiſche Syſtem von vorn herein der allgemeinen Beſeelung theilhaftig zu denken, und ſofern jene Scheidung zu zweckmäßigen Einrichtungen der organiſchen Welt in ſich wie zu zweckmäßigen Beziehungen derſelben zur unorganiſchen geführt hat, auch die Scheidung ſelbſt als unter dem Einfluß eines ſpeciell darauf gerichteten Bewußtſeins beſtehend anzuſehen. Da aber unſtreitig die Urſcheidung nur zu einer ſehr einfachen Urgeſtaltung der organiſchen Welt geführt hat, ſo konnte auch das dazu gehörige Bewußtſein ſich auf einen verhältnißmäßig einfachen Act reduciren, der ſich ſpäter mehr ſpecialiſirt hat. Mißlich aber wäre es, ſich auf beſtimmtere Vorſtellungen hierüber einzulaſſen.

Was bleibt nach Allem zu Gunſten einer unbewußt geſchehenen Urſchöpfung bewußter Geſchöpfe übrig? Nichts als materialiſtiſcher Dogmatismus oder tiefſinnige Speculationen, um das zur Schöpfung des Bewußten nothwendige Bewußtſein wegzuſpeculiren.

Die ältern Naturforſcher, darunter ſolche, denen es an Exactheit kein Neuerer zuvorgethan, zweifelten von vorn herein überhaupt nicht, daß Gott die Welt nach Zwecken geordnet habe und regiere. Den Naturforſchern von heute gilt das insgemein als überwundener Standpunct. Nur ausnahmsweiſe halten ihn Einige noch feſt oder ſind darauf zurückgekommen (als wie Bär, Volkmann, E. H. Weber, Zöllner). Auch hat der als exacter Phyſiker bekannte, Krönig noch neuerdings die Abhängigkeit der Zweckeinrichtungen in der Natur von einem intelligenten Weſen mit ſinnreichen Betrachtungen in ſeiner Schrift „Das Daſein Gottes und das Glück des Menſchen“ (1874. Berlin, Staude) vertreten. Aber es ſind eben nur Ausnahmen. Zahlreicher ſind ſolche, welche eine Richtung der Naturkräfte auf Zweckmäßigkeit als eine geſetzliche, nur über Menſchen und Thiere hinaus nicht mehr bewußte, anſehen, hiemit eine Art Mittelſtellung einnehmen. Aber die meiſten, mindeſtens lauteſten Stimmen haben Darwin zugejauchzt als dem, welcher endlich aller Teleologie durch Beſeitigung jeder Art von Zwecktendenz in den Naturſchöpfungen gründlich den Hals gebrochen und damit die Welt von einem alten, des ächten Forſchers unwürdigen Aberglauben befreit habe. Darin liege das fundamentalſte Verdienſt Darwins und der wichtigſte, von Darwin ſelbſt nur nicht conſequent genug bis zur Spitze getriebene, neue Fortſchritt der Philoſophie.

---

[1] Ueber den Urzuſtand des irdiſchen Syſtems vor Abſcheidung des organiſchen Reiches und die überhaupt dabei einſchlagenden Verhältniſſe kann man im Ausgange von der Kant-Laplace'ſchen Hypotheſe gewiſſe Vorſtellungen faſſen, welche in meinem Schriftchen „Ideen zur Schöpfungs- und Entwicklungsgeſchichte" u. ſ. w. (S. 41 ff.) beſprochen ſind. Natürlich ſind ſie auch nur hypothetiſcher Natur; aber nicht ſowohl deßhalb — denn Alles iſt hier hypothetiſch —, als weil ſie weder zum Darwin'ſchen noch einem andern heutigen Syſtem paſſen, hat man ſie flüchtig abgethan, und ſeitdem ignorirt. Sie paſſen eben nur zur Tagesanſicht.

Ohne auf Discuſſionen hierüber einzugehen, die vergeblich ſein würden, wenn es die vorgängigen Betrachtungen wären, unnöthig, wenn dieſe Platz finden, ſchließe ich mit einer Parabel.

Es wollte Einer eine Mauer errichten. An Material von Bauſteinen, an Maſchinen und Werkleuten fehlte es ihm nicht; auch kam es ihm nicht auf die Zeit an, in welcher die Mauer fertig würde. Alſo ſagte er: ich will es mir erſparen, die dummen Werkleute zu unterrichten, wie ſie die Mauer bauen ſollen; ſondern will ihnen blos ſagen, daß ſie die Bauſteine und den Kalk nach und nach in alle denkbaren Lagen bringen; darunter muß ſich ja endlich auch die finden, welche die Mauer herſtellt, wenn eine ſolche überhaupt herſtellbar iſt, und ſie wird fortbeſtehen, wenn ſie überhaupt fortbeſtehen kann. Da der Mann unglaublich lange lebte, kam es endlich wirklich auf dieſe Weiſe zur Mauer. Da er es aber nach ſeinem Princip, ſie werde fortbeſtehen, wenn ſie fortbeſtehen könne, überflüſſig gehalten, den Werkleuten zu ſagen, daß ſie aufhören ſollten, in ihrer gleichgültigen Weiſe fortzufahren, wenn die Mauer zu Stande gekommen, ſo fand er beim nächſten Zuſehen die Mauer wieder eingeriſſen, und mochte nun abermals unglaublich lange Zeit warten, bis ſie wieder zu Stande kam.

Da ihm indeß das doch zu lange dünkte, ſagte er ſich: ſo geht es nicht; man muß den Werkleuten noch einen Wink geben. Es kommt mir überhaupt nicht blos auf eine Mauer an. Ich werde den Werkleuten Holz, Metalle, Steine, kurz alle möglichen Materialien geben, woraus ſich nützliche Sachen machen laſſen, und ſagen: ſie ſollen zwar wieder in gleichgültiger Weiſe damit verfahren, aber das einmal Gemachte nicht wieder ganz zerſtören, ſondern nur allmählig daran ändern, und immer lieber etwas vom Alten wiederholen als Neues daran machen, ſo werde ich, da alle möglichen nützlichen Einrichtungen unter allen möglichen Anordnungen der Materialien doch wirklich enthalten ſind, auch zu allen möglichen kommen, und den Beſtand derer, auf die es mir ankommt, nicht nur hinreichend lange geſichert finden, ſondern auch ganz allmählig ſogar zu noch haltbareren hiemit beſſern kommen können. Wenn aber unnütze und ſchädliche dabei mit unterlaufen, ſo iſt das zwar ſchlimm, läßt ſich aber nicht ändern; die Welt iſt leider einmal ſo ſchlimm, und es iſt gut, ſich klar zu machen, daß ſich's nicht ändern läßt. Man kommt doch auf meinem Wege in einigen Milliarden von Jahren — eine Kleinigkeit im Verhältniß zur Ewigkeit — zum Beſtmöglichen, wozu ſich kommen läßt. Er klatſchte ſich ſelbſt Beifall zu, und es wurde nach ſeinem Plane der Planloſigkeit verfahren. Da es nun aber zu jeder möglichen zweckmäßigen Anordnung gegebener Materialien unendlich viele zweckloſe und unzweckmäßige giebt, ſo fand er, als er nach längerer Zeit wieder nachſah, ſein ganzes Beſitzthum mit einem Wuſt von unnützen und ſchädlichen Dingen bedeckt, die alle Anſpruch machten, fortzubeſtehen und ſich zu wiederholen; ja ſich wohl gar darauf berieſen, ſie ſeien eben damit zweckmäßig, daß ſie die Eigenſchaft hätten, fortzubeſtehen und ſich zu wiederholen; was gehe es ſie an, daß es ihn verdrieße. Sein Nachbar, deſſen Haus und Garten ſchön und gedeihlich da ſtand, hatte es anders gemacht, und fragte ihn, warum er es nicht eben ſo gemacht; worauf er naiv antwortete, er hätte gedacht, es würde auch ſo gehen.

XV. Die Weltfragen der Luſt und Unluſt. Optimismus und Peſſimismus.

Allgemeineres, Glaubensſätze in Bezug auf Luſt und Unluſt. Chriſtliches. Perſönliches.

1. Allgemeinere Geſichtspuncte.

Gern vergleicht man Unbewußtſein, Tod, mit Dunkel, Finſterniß, Nacht, hingegen Bewußtſein, Leben mit Helligkeit, Licht, Tag; auch braucht man denſelben Vergleich gern für den Gegenſatz des Böſen, Schlimmen, und des Guten, ſpricht in dieſem Sinne von einer Schattenſeite oder Nachtſeite und einer Lichtſeite der Dinge. Und ſo ſieht der in erſter Beziehung ſchwarz ſehende Nachtphiloſoph leicht auch in zweiter Beziehung ſchwarz. Die Welt iſt ihm eine in der Hauptſache finſtre und zugleich in der Hauptſache ſchlechte; er iſt grundſätzlich Peſſimiſt; und wenn er es nicht iſt, ſo iſt es weil er vieles nicht iſt, was in ſeiner Conſequenz läge zu ſein. Der Tagesphiloſoph möchte ſeinerſeits gern Alles hell ſehen, kann es freilich nicht ſo wie er möchte, kann mit aller ſeiner Philoſophie das Uebel in der Welt nicht leugnen noch daraus wegbringen; aber er wird ſich doch hüten, das Auge für das Licht, den Tag zu verſchließen oder halb dagegen zuzudrücken, um es nur für die Finſterniß, die Nacht, die Schatten offen zu halten, und wird ſich ſchließlich damit getröſten, daß er die Tendenzen und im Sinne derſelben wirkenden Kräfte des Weltganges im Ganzen vielmehr von der Nacht zum Lichte als im umgekehrten Sinne gerichtet findet, und dazu den Glauben an den Erfolg dieſer Richtung ſelbſt zum Erfolge beitragend findet. Denn ein peſſimiſtiſcher Glaube trägt ja nur bei, die Welt traurig zu machen, zu verdüſtern und zu verſchlechtern; der Glaube hingegen, daß das Streben zum Beſſern es auch zu etwas bringt, ſie zu erfreuen, zu tröſten, zu beſſern. Mit dieſem Optimismus tritt die Tagesanſicht dem Peſſimismus der Nachtanſicht gegenüber, hier, wie überall in dieſen Dingen, dem negativen Glauben derſelben gegenüber mit einem poſitiven abſchließend. Nun aber gilt es auch, dieſen Glauben zu ſtützen; und fangen wir klarheitshalber dazu mit einigen Begriffsbeſtimmungen an.

Abgeſehen von Dogmatikern, die ſich die Begriffe nach ihren Dogmen zurecht legen und ſogar Seitens dieſer Dogmatiker ſelbſt beim wirklichen Begriffsgebrauche heißt etwas überall beſſer oder ſchlechter nach Maßgabe, als es geeigneter iſt, mit Rückſicht auf ſeine Folgen den Glückszuſtand der Welt zu erhalten, zu fördern, oder gegentheils zu ſchädigen, zu zerſtören; und ſelbſt die Moral und Religion des einen Volkes wird danach der des andern vorgezogen. Die Begriffe Glück und Unglück aber ſind ſchließlich abhängig von den Begriffen Luſt und Unluſt; man muß nur, um nicht niedrigen und engen Geſichtspuncten im Begriffsgebrauche zu verfallen, Beides, Luſt und Unluſt, ſo weit faſſen, daß mit der ſinnlichſten die höchſte geiſtige Luſt und Unluſt darunter tritt, wonach auch die Seligkeit des guten Gewiſſens und Pein des böſen Gewiſſens noch Luſt und Unluſt ſind. Es kommt aber bei der Frage nach der Güte nicht blos auf die Gegenwart der Luſt und Unluſt, ſondern auch auf die Folgen an, und ſo iſt eine ſchlechte Luſt die, welche der Welt nach allgemeinen Principien mehr von Unluſt in den Folgen einträgt, als ſie gegenwärtig ſelbſt beträgt, wie das von jeder unſittlichen Luſt gilt, indeß die Strafe des Böſen trotz der Unluſt, die ſie dem Böſen erweckt, gut iſt, nach der Vorausſetzung, daß dadurch größerer Unluſt in der Welt gewehrt wird, als ſie ſelbſt beträgt; ja das Princip der Gerechtigkeit ſelbſt kann hierauf gegründet werden. Dieſe begrifflichen Vorerörterungen müſſen hier betreffs der Beziehung von Luſt und Unluſt zu Gut und Böſe genügen[1].

Allgemein ſprechen wir von einer verſchiedenen Art der Luſt und Unluſt, je nachdem ſie ſich an verſchiedenartige Beſtimmungen oder Verhältniſſe unſrer Seele, als wie ſinnliche Empfindungen, Vorſtellungen, Gedanken oder deren Verhältniſſe knüpft. Indem nämlich Luſt oder Unluſt verſchiedenartige Seelenbeſtimmungen luſt- oder unluſtvoll macht, empfängt ſie ſelbſt zugleich eine gegentheilige Beſtimmtheit dadurch, und nennen wir ſie ſelbſt verſchiedengeartet. Inſofern ſich aber viele Beſtimmungen unſrer Seele nur durch die Art ihres Urſprungs bezeichnen laſſen, gilt dies auch von der daran geknüpften Luſt und Unluſt; und fällt die Artbezeichnung der Luſt und Unluſt großentheils mit der Bezeichnung ihres Urſprungs zuſammen, wonach wir z. B. die Luſt des Wohlgeſchmackes anders geartet als die des Wohlgeruches, die

---

[1] Eingehender hievon im Schriftchen „Ueber das höchſte Gut“, und im 2. Abſchnitt der „Vorſchule der Aeſthetik“. Die vielfach gehegte Scheu, den Begriff des Guten und Böſen vom Begriffe der Luſt und Unluſt abhängig zu machen, hängt theils an einer zu niedrigen und engen Faſſung des Luſt- und Unluſtbegriffes, theils daran, daß man beim Maße der Güte und ſeines Gegentheils die Luſt- und Unluſtfolgen nicht in erforderliche Rückſicht zieht, womit man in theoretiſche und praktiſche Irrwege geräth.

Luſt beim Anſchauen eines ſchönen Gemäldes anders geartet als die beim Anhören einer ſchönen Muſik finden.

Im Allgemeinen mißt man der Luſt und Unluſt einen um ſo niedrigeren Charakter bei, je mehr ſie auf einfacher Erregung der Sinne, einfachen Wahrnehmungen, Vorſtellungen überhaupt beruht, einen um ſo höhern, je mehr ſie auf Auffaſſung von Beziehungen, Verhältniſſen, Verknüpfungen oder der Bethätigung des Geiſtes in ſolchen beruht und auf je höhere Stufe dieſelben ſteigen. Im gewöhnlichen Leben freilich wird auch oft Höhe mit Stärke von Luſt verwechſelt.

Luſt und Unluſt unterliegen nämlich nicht blos einer qualitativen Mitbeſtimmtheit, ſondern auch quantitativen eigenen Beſtimmtheit. So ſchwierig es nun auch erſcheinen mag, die eine Luſt mit einer andern oder die eine Unluſt mit einer anderen quantitativ zu vergleichen und die quantitativen Verhältniſſe von Luſt und Unluſt überhaupt auf klare Beſtimmungen zu bringen, geht man doch thatſächlich überall auf Schätzungen der Art ein, ſagt z. B., daß uns dies oder das mehr oder weniger Luſt oder Unluſt als etwas Andres gewähre; und ſo ziemlich die ganze Praxis des Lebens hängt daran, ſofern man überall das mehr Luſt gebende oder mehr Luſt verſprechende, weniger Unluſt gebende oder verſprechende vorzieht und herzuſtellen ſucht. Alſo läßt ſich auch weder theoretiſch noch praktiſch ohne Bezugnahme auf quantitative Verhältniſſe von Luſt und Unluſt auskommen; und ſo mag wenigſtens verſucht werden, ſo viel zur Beſtimmtheit und Klarſtellung hierüber zu ſagen, als ſich nun eben ſagen läßt.

Man kann einen intenſiven und extenſiven Maßſtab der Luſt und Unluſt oder Maßſtab der intenſiven und extenſiven Luſt und Unluſt unterſcheiden, erſtern nach dem Grade, der Stärke oder Intenſität der Luſt und Unluſt, letztern nach der Zeit, durch welche ſie ſich erſtreckt und der Zahl der Individuen, durch die ſie ſich ausbreitet. Ihre Geſammtgröße, inſofern davon zu ſprechen, iſt ein Product aus beiden.

Die Unterſcheidung der Luſt und Unluſt im Sinne des erſten Maßſtabes, nach dem Grade, der Stärke oder Intenſität kann unmittelbar durch innere Vergleichung der Gefühle ſelbſt geſchehen, indem man ſich bewußt werden kann, ob man eines oder andern Falles ſtärkere oder ſchwächere Luſt gehabt habe; ohne daß freilich dieſe Schätzung ſehr ſcharf und ſicher iſt, ſofern ſie nur mittelſt einer mehr oder weniger unſicheren Erinnerung vollzogen werden kann. Zu dieſem ſubjectiven Maßſtabe durch innere Vergleichung der eigenen Gefühle aber tritt ein, freilich noch größerer Unſicherheit unterliegender, objectiver theils nach directer Aeußerung des Gefühles durch Rede und Mienen, theils nach Bevorzugung dieſer oder jener Luſt und dem größeren oder geringeren Aufwande von Thätigkeit oder Mitteln, der zur Erlangung derſelben gemacht wird. Ungeachtet ihrer Unſicherheit können wir doch beide Maßſtäbe theoretiſch wie praktiſch nicht entbehren; und müſſen nur ſtreben, theils die Unſicherheit im einzelnen Falle auf das Kleinſtmögliche zu reduciren, theils im Durchſchnitt oder Ganzen zutreffende Beſtimmungen zu gewinnen.

Im Allgemeinen iſt es viel leichter, Luſt gleicher Art und Höhe als verſchiedener Art und Höhe ihrer Stärke nach zu vergleichen, z. B. leichter zu ſagen, ob uns ein Gericht beſſer ſchmeckt als ein andres, als zu ſagen, ob uns ein Gericht beſſer ſchmeckt, als eine Blume riecht, leichter zu ſagen, ob uns ein Gemälde mehr gefällt als ein andres, als ob uns ein Gemälde mehr gefällt als ein Muſikſtück; leichter auch ſinnliche Luſt unter einander, ſo wie höhere geiſtige Luſt unter einander der Stärke nach zu vergleichen als ſinnliche Luſt mit höherer Luſt. Ja man könnte vielleicht meinen, der Art oder Höhe nach verſchiedene Luſt ſei gar nicht quantitativ, ſondern eben nur nach Art oder Höhe vergleichbar.

Inzwiſchen verhält es ſich in dieſer Hinſicht mit dem Vergleiche der Stärke von Luſt verſchiedener Art oder Höhe ganz eben ſo wie mit dem Vergleiche der Helligkeit verſchiedener Farben oder der Stärke verſchiedener Töne. Während wir ſelbſt bei einem ſehr kleinen Helligkeitsunterſchiede zweier benachbarter gleichartiger Flächen mit Sicherheit anzugeben wiſſen, welche von beiden heller als die andre ſei, und eben ſo bei gleich hohen Tönen mit verhältnißmäßiger Sicherheit anzugeben wiſſen, welcher ſtärker oder lauter klinge, wird das Urtheil in dieſer Hinſicht ſehr ſchwierig, wenn die Farben von ungleicher Beſchaffenheit, die Töne von ungleicher Höhe ſind. Aber es reicht hin, daß Blau viel heller oder dunkler als Roth, ein hoher Ton viel ſtärker oder ſchwächer als ein tiefer ſei, ſo wird die Unterſcheidung der Stärke unzweifelhaft.

Denn niemand zweifelt doch, ein Blau, was ſehr deutlich ſichtbar iſt, heller zu nennen, als ein Roth, was nur eben erkennbar aus dem Dunkel hervorbricht, oder einen kaum hörbaren tiefen Ton ſchwächer zu nennen, als einen lauten hohen. Hienach zieht auch Mancher ein wohlſchmeckendes Gericht einem Kunſtgenuſſe, ein Andrer umgekehrt entſchieden vor, jenachdem ihm dieſes oder jenes entſchieden mehr Luſt gewährt; und da die Luſt an jeder Art des Genuſſes ſich durch deſſen Dauer zeitweiſe erſchöpft, kommt bald dieſe bald jene Art der Luſt ins Uebergewicht der Stärke.

Mit der bisher betrachteten Schätzung eines Mehr und Weniger im Grade oder der Stärke der Luſt und Unluſt iſt noch kein eigentliches Maß derſelben gegeben, welches vorausſetzen würde, daß ſich nicht blos angeben laſſe, ob die eine Luſt oder Unluſt überhaupt ſtärker als die andere ſei, ſondern wie vielmal ſo ſtark die eine als die andere ſei, oder welches Verhältniß der Stärke eine gegebene Luſt oder Unluſt zu einem beliebigen als Einheit zu Grunde gelegten Stärkegrade der Luſt oder Unluſt hat. An einem ſolchen Maße mehr von theoretiſchem als praktiſchen Intereſſe fehlt es bis jetzt noch für Luſt und Unluſt; doch iſt von den Fortſchritten der Pſychophyſik zu hoffen, nachdem ſich durch dieſelbe ein ſehr allgemeines Maßprincip für die Empfindung hat finden laſſen, daß ſich auch die Ausdehnung deſſelben auf Luſt und Unluſt noch werde finden laſſen, ohne daß freilich bisher klare Geſichtspuncte in dieſer Beziehung ſchon vorliegen; daher hier zwar der Begriff einer quantitativen Verhältnißbeſtimmtheit zwiſchen verſchiedenen Stärkegraden der Luſt und Unluſt im Allgemeinen feſtgehalten, auf nähere Erörterungen über ſolche Beſtimmtheit aber nicht eingegangen werden kann. Auch hat für die meiſten der im Folgenden zu behandelnden Fragen nicht ſowohl das eigentliche Vergleichsmaß von Luſt oder Unluſt, als eben nur die Schätzung, ob Mehr oder Weniger, ob Wachsthum oder Abnahme, Intereſſe.

Schwierigkeiten gleicher Art, als dem quantitativen Vergleiche der Luſt wie der Unluſt für ſich entgegenſtehen, treten ein, wenn Luſt mit Unluſt quantitativ verglichen werden ſoll. Inſofern wir uns aber nicht bedenken, eine kleine Unluſt in den Kauf zu nehmen, wenn ſie uns eine große Luſt einträgt, überhaupt Luſt und Unluſt der Erfolge bei unſern Plänen gegen einander abwägen, und nicht ſelten zwiſchen Aequivalenten beider ſchwanken, muß ſich doch Luſt auch mit Unluſt quantitativ vergleichen laſſen; und wir werden, allgemein geſprochen, da Aequivalente von Luſt und Unluſt zu ſehen haben, wo gleich ſtarke Antriebe in entgegengeſetztem Sinne davon abhängen, welche Antriebe ihrerſeits nach ihren Wirkungen zu bemeſſen ſind.

Vermehrung der Luſt kann überhaupt mit Verminderung der Unluſt und Verminderung der Luſt mit Vermehrung der Unluſt aus folgenden Geſichtspuncten als äquivalent angeſehen werden.

Der bewußte Trieb geht eben ſowohl im Sinne der Vermehrung der Luſt als Verminderung der Unluſt und eben ſowohl wider die Verminderung der Luſt als Vermehrung der Unluſt. Die Vorſtellungen, daß uns Vermehrung der Luſt begegne und daß uns Verminderung der Unluſt begegne, ſind beide luſtvoll, die Vorſtellungen, daß uns Verminderung der Luſt begegne und daß uns Vermehrung der Unluſt begegne, ſind beide unluſtvoll. Hienach braucht man Beſtimmungen und Geſetze, die für beide Aequivalente gemeinſam gelten, doch blos bezüglich des einen auszuſprechen.

Unmittelbar einleuchtender als daß es ein intenſives Maß der Luſt und Unluſt giebt, läßt ſich machen, daß es ein extenſives giebt, ſofern ſelbſtverſtändlich eine Luſt von doppelter Dauer doppelt ſo groß iſt als die durchſchnittliche oder ſich gleichbleibende von einfacher Dauer, die Luſt einer doppelt ſo großen Anzahl von Menſchen im Ganzen doppelt ſo groß als die durchſchnittliche oder gleich große der einfachen Anzahl.

So wird man ſagen können, daß 6 Aepfel an 6 Kinder vertheilt, im Stande ſind, 6mal ſo viel Luſt zu erzeugen, als ein einziger Apfel, einem einzigen zugetheilt, — daß, wenn eine Volksmenge aus m Individuen einem vergnüglichen Schauſpiel zuſieht, und jeder die gleiche Luſt daran haben ſollte, die Geſammtluſt derſelben m mal ſo groß als die Luſt jedes einzelnen ſei; und da man von einem Mehr und Weniger der Luſt ſprechen kann, ſo muß man auch von gleicher Luſt ſprechen können. Iſt aber die Luſt ungleich zwiſchen den m Perſonen vertheilt, wie es im Allgemeinen der Fall der Wirklichkeit iſt, ſo wird die Geſammluſt m mal ſo groß ſein, als die durchſchnittliche Luſt jedes Einzelnen; wobei allerdings zur Ziehung des Durchſchnittes ſchon das intenſive Maß vorausgeſetzt wird. Hienach aber werden ſich alle Operationen, die ſich mit Maßzahlen vornehmen laſſen, auch mit den Extenſionsmaßzahlen der Luſt und Unluſt vornehmen laſſen.

Mit Rückſicht auf vorige Beſtimmungen laſſen ſich folgende ſehr allgemeine Fragen aufwerfen, die ich die Weltfragen der Luſt und Unluſt nenne, und die, ſelbſt abgeſehen von der Bezugſetzung der Begriffe der Luſt und Unluſt zu denen des Guten und Schlimmen, ihr Intereſſe behalten, nur ohne dieſe Bezugſetzung ihren Zuſammenhang mit den Intereſſen, die durch die Begriffskreiſe des Guten und Schlimmen vertreten werden, nicht erkennen laſſen würden. Kurz geſagt ſind es die allgemeinſten Fragen nach der Luſt- und Unluſt-Oekonomie in der Welt; und es dürften damit zugleich die Fragen, um die ſich's überhaupt beim Streite zwiſchen Peſſimismus und Optimismus handeln kann, etwas genauer formulirt ſein, als man zu finden pflegt.

1. Sind die Grundbedingungen der Luſt und Unluſt der Art, daß die Summe der Luſt (als Product aus Intenſität und Extenſität) im

Ganzen der Zeit und des Raumes gleich der Summe der Unluſt iſt, oder überwiegt die eine Summe im Ganzen genommen über die andere. Kurz: fodern ſich im Ganzen Aequivalente der Luſt und Unluſt; im Falle aber nicht, was überwiegt?

2. Bleibt unter Vorausſetzung, daß die Summe der Luſt wie Unluſt mit der Zeit veränderlich iſt, nicht doch das Verhältniß beider conſtant, oder wächſt die eine progreſſiv in ſtärkerem Verhältniſſe als die andere, oder endlich findet ein wechſelndes Sinken und Steigen der einen gegen die andere in der Art ſtatt, daß ſich periodiſch die Gleichheit oder ein gewiſſes Verhältniß ihrer Quanta immer von Neuem wiederherſtellt.

3. Vollzieht ſich daſſelbe Verhältniß der Luſt und Unluſt, welches im Ganzen der Zeit und des Raumes beſteht, auch für jedes einzelne Geſchöpf unter Vorausſetzung einer Ueberdauer der Seele nach dem Tode; oder bleibt ein Theil der Geſchöpfe im Ganzen in Nachtheil oder Vortheil gegen den andern.

4. Welches iſt der Anfangszuſtand und welches der Definitivzuſtand der Welt im Ganzen und der Einzelnen insbeſondere betreffs ihres Luſt- und Unluſtzuſtandes; oder, inſofern von einem Anfangs- und Endzuſtande bei einer Welt ohne Anfang und Ende nicht zu ſprechen, welchem Zuſtande iſt dieſelbe um ſo genäherter zu denken, je weiter man ihre Zuſtände in der Zeit rückwärts oder vorwärts verfolgt.

Als die fundamentalſte unter den vorigen Fragen hat jedenfalls die erſte zu gelten, ſofern durch ihre Beantwortung die Antwort auf die übrigen ſchon mehr oder weniger präjudicirt, ja zum Theil ſchon mitgegeben wird. Und gewiß iſt es eine Frage von hohem Intereſſe; denn, ſollte ſich zeigen, daß im Ganzen der Zeit und des Raumes nicht mehr Luſt als Unluſt ſein kann, ſo würde eine Zeit nur auf Koſten der anderen, ein Menſch nur auf Koſten anderer Menſchen oder einer andern Zeit ſeines eigenen Lebens glücklich ſein können. Die ewige Seligkeit ſelbſt könnte nur das Aequivalent für eine gleich große Hölle der Verdammten oder einen nach rückwärts gleich ewigen Zuſtand der Unſeligkeit ſein. Sollte aber gar nothwendig mehr Unluſt als Luſt im Ganzen ſein, ſo wäre jede Luſt, jedes Glück in der Welt zu beklagen, weil es nach dieſer Nothwendigkeit durch mehr Unluſt, Unglück aufgewogen werden müßte, und es wäre beſſer geweſen, wenn eine ſo ſchlimme Welt überhaupt nicht exiſtirte, wie das auch in der That die Anſicht des Peſſimismus iſt.

Unſtreitig nun werden Viele geneigt ſein, dieſe Frage nach ihren

Wünſchen oder nach religiöſen Vorbegriffen zu entſcheiden, ohne es doch damit über eine ſubjective Entſcheidung hinaus zu bringen. Denn käme es blos auf das Wünſchen des Menſchen an, ſo möchte er das Uebel überhaupt aus der Welt wegwünſchen, und da doch Uebel factiſch beſteht, ſo könnte auch eine unerwünſchte Antwort auf die erſte Weltfrage zu den Uebeln gehören, die er hinnehmen muß. Und hat Gott einmal Unluſt der Luſt gegenüber in der Welt zugelaſſen, ohne daß wir den Grund davon recht verſtehen, wer will ihm die Abwägung beider vorſchreiben; ja wer mag entſcheiden, da ſelbſt Gott nicht aus zweimal zwei fünf machen kann, ob nicht eine gleich ſtarke *metaphyſiſche* Unmöglichkeit, Luſt ohne gleichviel Unluſt hervorzubringen, beſteht, was übrigens Gott nicht hindern würde, die ewige Luſt dem Guten, die ewige Unluſt dem Böſen als endlichen Entgelt zuzuertheilen. Und das mag manchem Theologen genügen, ſich ſogar eine *nothwendige* Aequivalenz der Luſt und Unluſt im *Ganzen* gefallen zu laſſen, indeß es einem andern noch nicht genügen mag, der allen ſeinen Mitmenſchen die ſchließliche Seligkeit wünſcht. Und ſo wird man wohl Anlaß zum Streite aber keine Entſcheidung auf dieſem Wege finden.

Ein Philoſoph mag leicht auf Geſichtspuncten folgender Art zu Gunſten der nothwendigen Aequivalenz von Luſt und Unluſt fußen. Luſt und Unluſt ſtehen im Gegenſatze; überall aber fodert ſich Gegenſätzliches in Aequivalenten. So die poſitive und negative Zahlenreihe, die poſitive und negative Elektricität, die Möglichkeit der Bewegung in einer Richtung und der gleich großen Bewegung in entgegengeſetzter Richtung. Ja, wenn man ſich die Welt aus einem Indifferenzzuſtande hervorgegangen denkt, ſo konnte ſie gar nicht anders hervorgehen und kann nicht anders beſtehen, als ſo, daß Gegenſätzliches, darunter Luſt und Unluſt, in Aequivalenten auseinander trat und ewig in Aequivalenten fortbeſteht.

Und gewiß, wenn die Vorausſetzung eines indifferenten Urzuſtandes der Welt richtig wäre, ſo möchte auch die Folgerung richtig ſein. Aber wäre die Vorausſetzung wirklich richtig, ſo wäre wohl nie eine wirkliche Welt hervorgegangen. Iſt ſie nicht vielmehr dadurch hervorgegangen, daß von den gleich *denkbaren* gegenſätzlichen Factoren der eine, den wir den poſitiven nennen mögen, von vorn herein in *wirklichem* Uebergewicht gegen den andern war und ewig bleibt, und nur zeitlich und örtlich eine Verminderung oder einen Rückſchritt, aber keine totale Aufhebung durch den andern erfährt. Freilich giebt es ſo viele negative als poſitive Zahlen dem *Begriffe* nach, aber es werden doch *factiſch* nicht eben ſo viele gezählt; die addirten Zahlen ſind in ungeheuerem Uebergewicht gegen die ſubtrahirten, und es giebt unſäglich weniger Schulden als poſitives Vermögen. Freilich kann zu jeder Bewegung auch eine mit gleicher Größe in entgegengeſetzter Richtung vorgehende *gedacht* werden, aber trotz dieſer gleichen Denkbarkeit kreiſen alle Planeten in derſelben Richtung, nennen wir ſie *rechts*, um ſich ſelbſt und um die Sonne, und alle Theile der Planeten nehmen Theil an dieſer Bewegung, indem ſie dieſelbe nur örtlich durch ihre eigene Bewegung ein wenig theils vermindern, theils verſtärken. Nun hat freilich wirklich jeder Planet in der einen Hälfte ſeines Umlaufes um die Sonne die entgegengeſetzte Richtung als in der andern; aber wer will behaupten, daß der Gegenſatz von Luſt und Unluſt vielmehr mit *dieſer* als jener Art von gegenſätzlicher Bewegung vergleichbar ſei. Jede Entwicklung ferner kann freilich, hat ſie einmal angehoben, eben ſo gut rückwärts als vorwärts im *Denken* verfolgt werden; doch entwickelt ſich die Welt im Ganzen und Großen immer in derſelben Richtung weiter, und kehrt nie ein Kind wieder in den Mutterleib, die Pflanze in den Saamen, ein Volk in ſeinen Urzuſtand zurück, wenn ſchon partielle Rückſchritte nicht fehlen. Der Vergleich der Luſt und Unluſt mit poſitiver und negativer Elektricität aber trifft auch ſonſt in den fundamentalſten Geſichtspuncten nicht, warum ſollte er betreffs der Aequivalenz treffen. So kann ein Körper nicht poſitiv elektriſch werden, ohne daß ein anderer in ſeiner unmittelbaren *Nachbarſchaft* negativ elektriſch wird, oder doch an poſitiver Elektricität verliert. Hingegen kann ein Menſch glücklich werden, ohne daß ſein Nachbar deßhalb unglücklich wird; ja er kann glücklich machen, indem er ſelbſt dadurch an Luſt gewinnt, und ohne daß ein nachweisbares Unglück für noch Weiterſtehende daraus folgt. Sollte es dennoch nach einer verborgenen Beziehung ſein, ſo kann es wenigſtens nicht nach Analogie mit der Elektricität vorausgeſetzt werden.

Abgeſehen von aller Analogie mag man behaupten wollen, daß wir Luſt überhaupt blos nach Maßgabe ihres Contraſtes mit Unluſt empfinden können; und es iſt wahr, je länger ſchlechtes Wetter war, deſto mehr erfreuen wir uns des guten Wetters; je mehr uns der Hunger plagte, deſto mehr Genuß gewährt uns die Stillung deſſelben. Jeder Luſtquell ſtumpft ſich überhaupt durch die Dauer ab, und durch zwiſcheneinfallende Unluſt wird die Empfänglichkeit dafür wieder geſteigert. Aber damit iſt noch nicht bewieſen, daß Luſt überhaupt blos im Gegenſatze und nach Maßgabe des Gegenſatzes gegen Unluſt entſtehen könne; und ſchon Plato unterſchied eine ſo entſtandene und eine ſelbſtändig entſtandene Luſt. Es kann uns etwas wohl ſchmecken, ohne daß uns etwas übel geſchmeckt hat, ein Kunſtwerk gefallen ohne Rückſicht, daß uns ein andres mißfällt; und wohl Mancher kann von einer Zeit ſprechen, wo er ſich im Ganzen immer oder doch ſehr überwiegend glücklich befunden hat.

Endlich kann man die fundamentale Aequivalenz der Luſt und Unluſt vielleicht auf eine pſychophyſiſche Hypotheſe begründen wollen. Geſetzt z. B. es knüpfe ſich Luſt an Wachsthum, Unluſt an Abnahme der lebendigen Kraft von Bewegung — eine Hypotheſe, die neuerdings wirklich aufgeſtellt worden iſt, — ſo würde ſich nach dem bekannten Geſetze der Erhaltung der Kraft in der That Luſt und Unluſt im Ganzen der Zeit und des Raumes compenſiren, und ſelbſt durch entfernte Beziehungen die Luſt an einem Orte und in einer Zeit mit der Unluſt an andern Orten und in andrer Zeit zuſammenhängen. Aber meines Erachtens widerſpricht die Erfahrung dieſer Hypotheſe. Mit Annäherung an den Schlaf ſinkt die lebendige Kraft einſchließlich der pſychophyſiſchen des ganzen Körpers, doch bringt das Einſchlafen keine Unluſt; und die heftigſte leidenſchaftliche Erregung kann ebenſowohl unluſtvoll als luſtvoll ſein. Auch ſteht eine andere Hypotheſe zu Gebote, die keinen gleichen Widerſprüchen in der Erfahrung begegnet, und zu ganz andern Reſultaten führt (Abſchn. XVIII); aber laſſen wir hier pſychophyſiſche Hypotheſen überhaupt bei Seite.

Mit allen vorigen allgemeinen Betrachtungen bleibt alſo die erſte Hauptfrage und mit ihr die übrigen noch unentſchieden. Nun kann man die Entſcheidung auf dem Wege der Erfahrung ſuchen; nur iſt die erfahrungsmäßige Abwägung der Luſt und Unluſt in der Welt Sache einer mehr oder weniger unbeſtimmten und ſubjectiven Schätzung, die ein ſehr verſchiedenes Reſultat geben kann, je nachdem man ſein Augenmerk mehr auf die Licht- oder Schattenſeiten der Welt richtet, und die gegen einander zu wägenden Gewichte abſchätzt. — Hartmann hat mit an ſich anerkennenswerthem Scharfſinn, merkwürdiger Liebe und erſchöpfender Vollſtändigkeit Alles zuſammengeſtellt, was die Welt factiſch als eine ſchlechte, die Unluſt von jeher und noch heute in Uebergewicht gegen die Luſt erſcheinen läßt. Und wenn man auf das maſſenhafte Elend ganzer Volksklaſſen, das maſſenhafte Unglück der Kriege, Hungerjahre und Seuchen, die maſſenhaften Grauſamkeiten der Natur im täglichen Kampfe der Geſchöpfe um das Daſein, die tauſendfachen Angriffspuncte, welche Körper und Seele jedes Einzelnen den Leiden bieten, blickt, dabei in's

Auge faßt, daß uns ein körperlicher oder geistiger Schmerz Tage, Wochen, Monate, Jahre durch plagen kann, sich nicht abstumpfen will, indeß sich jede Lust bald abstumpft, um so rascher, je größer sie ist, wir jedes Quelles der Lust endlich überdrüssig werden, indeß ein Schmerz uns so zu sagen nicht überdrüssig wird; wenn man das Alles auf einen Haufen legt, und die Lust nur als etwas Beiläufiges und Illusorisches darum und daran erscheinen will, wie sollte man den Pessimismus nicht im Rechte finden. Aber es giebt auch Gegenbetrachtungen anzustellen.

Würde wohl die Lust zu leben im Ganzen überwiegen, wenn nicht die Lust am Leben im Ganzen überwöge? Ich selbst zwar kann mich der Thatsache nicht entziehen, daß sich die Unlust in größeren Massen aufdringlicher für die Aufmerksamkeit zusammenhäuft, als die Lust; aber sollte selbst der Mensch für jeden ganzen Thaler Lust, den er einnimmt, eine ganze Thalerrolle Unlust in den Kauf nehmen müssen, so wäre es eine falsche Rechnung, blos die Thaler und Thalerrollen gegen einander zu rechnen, wenn dem Menschen der Minuten-, Stunden-, Tageslohn seines Lebens zumeist in Lust-Groschen und Lust-Pfennigen ausgezahlt wird. Ist es aber nicht wirklich so?

Stellen wir uns einmal die Größe der Lust, wie der Unlust an den verschiedenen Orten der Welt jene durch eine rothe, diese durch eine schwarze Höhenlinie (Ordinate) über einer Niveauebene vor; so werden wir große schwarze Gebirgszüge verhältnißmäßig sparsamen und zerstreuten rothen Gebirgen gegenüber erblicken; und leicht geneigt sein können, die schwarzen Höhen in Uebergewicht gegen die rothen zu halten; aber das Land zwischen den Gebirgen wird bei geringer Erhebung über die Niveauebene doch in überwiegender Ausdehnung roth sein können, und die Summe der rothen Höhen doch der Summe der schwarzen gleich kommen oder sie selbst noch überbieten können. In der That gehört es zu den vielen Puncten, in denen Unlust und Lust nicht das Verhältniß eines einfachen Gegensatzes einhalten, daß die Lustvertheilung eine ganz andre ist, als die Unlustvertheilung, und ohne Rücksicht darauf kann man kein richtiges Resultat gewinnen.

Zu dieser Rücksicht gehört vor Allem, daß, wenn schon Unlustarten sich bei continuirlicher Einwirkung nicht so leicht abstumpfen als Lustarten, daher uns viel nachhaltiger plagen können, dieß sich dadurch compensirt, daß Lustarten nach mäßigem Genusse und mäßiger Zwischenzeit mit immer neuer Wirkung erneuert werden können und, weil wir die Lust suchen, wirklich möglichst oft erneuert werden, indeß continuirliche Unluſtquellen uns nur wider unſern Willen und darum verhältnißmäßig ſeltner begegnen können, weil wir eben alles Mögliche thun, ſie zu vermeiden. So kann Einem ſein Morgenkaffee jeden Tag von Neuem ſchmecken, wenn ſchon er ihn nicht ſo fortgeſetzt genießen kann, als ihn ein Zahnſchmerz fortgeſetzt plagen kann; dafür genießen Hunderte ihren Morgenkaffee ſowie ihr Mittagsmahl jeden Tag von Neuem mit Vergnügen, von denen nur Wenige und dieſe nur zeitweiſe von einem anhaltenden körperlichen Schmerze gequält werden. Ja wer mag ſagen, daß ſich die Luſt an einer täglichen Beſchäftigung, die Luſt an Liebe, Ehre, am Wohlthun u. ſ. w. in anderm Sinne abſtumpft, als daß man ſie nicht continuirlich im Bewußtſein haben kann, indeß unverſiegbare Quellen immer wiederkehrender Luſt darin liegen. Feindſchaft, Haß können ſehr bitter und von ſehr bittern Folgen ſein; aber ſie ſind doch nur die Ausnahme, indeß die Freuden der Liebe und Geſelligkeit in den regelmäßigen Gang des Lebens eintreten. Was iſt ſchlimmer als Schande, aber es giebt in der Welt mehr Ehre als Schande. Gegen Tauſende, die hungern, giebt es Millionen, die ſich ſättigen, und die Vorausſicht der Sättigung hebt nicht nur zumeiſt die Unluſt des Hungerns, ſondern überbietet ſie mit Luſt. Kein Menſch fürchtet, aber faſt jeder hofft während ſeines ganzen Lebens, und ob die Hoffnung ſich erfülle oder nicht, ſo trägt ſie bei zur Luſt des Lebens. Ueberhaupt ſind Illuſionen, welche Luſt bringen, deßhalb nicht weniger luſtvoll, daß es Illuſionen ſind; und der Peſſimiſt ſtreicht ſie alſo mit Unrecht aus der Rechnung.

Der Menſch beſchäftigt ſich überhaupt irgendwie, ſo lange er lebt, und immer ſind es Zwecke poſitiver Luſt oder iſt es Verhütung oder Beſeitigung von Quellen der Unluſt, was er dabei erſtrebt. Es werden aber im täglichen Gange des Lebens unſäglich mehr von den kleinen Zwecken, die ſich der Menſch für den Tag ſtellt, erreicht als nicht erreicht, und wo ſich der Menſch größere Zwecke ſtellt, viel häufiger jeden Tag ein Vorſchritt als Rückſchritt in Bezug darauf gemacht; nicht nur die Erreichung des Zweckes ſelbſt aber, ſondern auch die Vorwegnahme der Erreichung in der Vorſtellung, endlich jede Näherung daran iſt im Sinne der Luſt. Wenn ich eine logarithmiſche Rechnung führe, ſo iſt jede Einreihung eines Logarithmus, den ich aufgeſucht, in die Rechnung von einem kleinen Ueberſteigen der Luſtſchwelle begleitet; und ſo bei dem, der ein Beet umgräbt, jeder Spatenſtich, bei der Nähterin, die ein Tuch ſäumt, jeder Nadelſtich, kurz, welche Beſchäftigung man auch im Auge habe, jeder Handgriff, Schritt, welcher der

Erreichung des Zweckes zuführt. Nun iſt zwar dieſes Ueberſteigen der Luſtſchwelle, indem es ſich durch die Zeit einer gewöhnlichen Beſchäftigung durch fortſetzt, für die einzelnen Momente ſo gering, daß es der Aufmerkſamkeit und Erinnerung leicht entgeht, und man im Rückblicke auf die Beſchäftigung geneigt ſein kann, vielmehr ein Hingleiten *auf* der Schwelle als *über* der Schwelle der Luſt darin zu ſehen; doch kann man ſich auch wohl bewußt werden, daß unſere gewohnten Geſchäfte unſeren Seelenzuſtand vielmehr über dem Niveau, das wir als Gleichgültigkeit bezeichnen, erhalten, und ich ſuche in der That hierin einen Hauptfactor der Luſt des Lebens. Freilich kann uns eine Arbeit zu ſauer werden oder widerwärtige Hemmniſſe eintreten oder wir gezwungen nur für fremde Zwecke arbeiten, oder es in einſamer Haft an Beſchäftigung fehlen. Aber alles das iſt nicht die Regel; denn eben darum, weil das ein Unluſtübergewicht in die Welt brächte, hat ſich die Welt im Großen und Ganzen auf das Gegentheil davon eingerichtet. Man ſehe einen Maurer oder Steinklopfer an, ob er es ſich zu ſauer werden läßt; und wenn er den Sonntag ſchöner als den Arbeitstag findet, ſo würde er bald merken, was er verlöre, wenn alle Tage Sonntag ſein ſollte. Auch iſt wohlthuende Abwechſelung von Arbeit mit Ruhe viel häufiger als Uebermüdung oder Langeweile. Schwierigkeiten, deren Unluſtwirkung nicht unmittelbar durch die Vorausſicht ihrer Ueberwindung verſöhnt wird, treten nur ausnahmsweiſe in den Gang der täglichen Beſchäftigung ein, und ſind ſie überwunden, ſo wird die vorherige Unluſt zumeiſt durch die Freude an der Ueberwindung vergütet. Die Arbeit, die jemand für Andere thut, iſt doch faſt immer zugleich für ihn ſelbſt gethan; ja es liegt darin einer der wirkſamſten Hebel der Luſtökonomie in der Welt, daß die Zwecke der Einzelnen in der Geſellſchaft vielmehr förderlich als hemmend zuſammentreffen und in einander greifen, und wo es an der beßten Einrichtung in dieſer Hinſicht noch fehlt, ſtrebt die Geſellſchaft mehr und mehr derſelben zu.

Und vergeſſen wir nicht, zu aller Luſt, die ſich ſo zu ſagen in mäßiger Höhe durch die Welt zieht, auch Gipfelpuncte derſelben, wie es ſolche doch giebt, in Betracht zu ziehen. Und was fällt mir da Alles ein. Ein heiterer Abend in geſelligen Kreiſen, der Blick in ein ſchönes oder liebliches Geſicht, die erſte Zeit der jungen Liebe, das Gefühl, ſich in Freud' und Leid mit Einem oder Einer eins zu wiſſen, das Mutterglück, die Freude, ein großes Geſchenk zu empfangen oder zu geben, der Weihnachtsabend, die ſchönen Ausſichten auf einer Reiſe, die Raphaelſche Sixtina und Beethoven'ſche Cmoll-Symphonie, und was nicht Alles noch; über Alles ein reines Gewiſſen und das Bewußtſein in Gottes Hand zu ſtehen. Es wäre doch Schade, wenn eine Welt mit all' dem nicht beſtände.

Können wir nun auch mit vorigen Betrachtungen die peſſimiſtiſche Anſicht vom Uebergewicht der Unluſt über die Luſt in der Welt nicht in voller Strenge widerlegen, ſo jedenfalls die Schärfe derſelben dadurch mildern und ihrer Einſeitigkeit wehren. Ich wiederhole es, die erfahrungsmäßige Abwägung iſt zu ſchwierig, um ſicher zu entſcheiden. Nach allen vorigen Betrachtungen geſtehe ich, es will mir ſelbſt oft ſo ſcheinen, als ob Alles in Allem genommen die Unluſt doch im Ganzen überwöge, und wen ich ringsum frage, dem ſcheint es meiſt ebenſo, indeß er ſich immer noch das Leben gern gefallen läßt. Aber geſetzt, es wäre wirklich ſo, ſo iſt damit die Hauptfrage, auf die es uns ankommen muß, noch nichts weniger als in peſſimiſtiſchem Sinne entſchieden.

In der That hat uns noch mehr als die Frage nach den beſtehenden Verhältniſſen der Luſt und Unluſt die Frage zu intereſſiren, ob und in welchem Sinne ſich das Verhältniß dazwiſchen im Fortſchritt der Zeit, mit der wir ſelbſt fortſchreiten, ändere; und ſollten wir annehmen können, daß die Richtung darin vom Schlechtern zum Beſſern geht und wir durch alles Leid durch, ſei es auch erſt mit dem Ueberſchreiten des Diesſeits, einem glücklichen Endzuſtande entgegengehen, ſo könnten wir uns ſelbſt einen jetzt wenig befriedigenden Zuſtand im Hinblick auf ſeine Beſſerung und den Vorblick auf ſein Ziel gefallen laſſen.

Nun ſteht die Welt nicht ſtill, und gewiß iſt, daß, ſo weit die Aenderung derſelben von bewußten Antrieben ausgeht, ſie zur Sicherung und Mehrung der Quellen der Luſt, Beſeitigung und Minderung der Quellen der Unluſt geſchieht; hierin hat jedenfalls die Luſt einen weſentlichen Vortheil vor der Unluſt voraus, von dem man meinen ſollte, daß er, wenn ſelbſt die Unluſt anfangs gewaltig überwöge, der Luſt endlich das Uebergewicht verſchaffen müßte. Zwar ſchlagen unzählige Verſuche, den Weltzuſtand zu beſſern, fehl oder führen in die Irre; aber ſie werden allgemein geſprochen ſo lange fortgeſetzt, bis ſie endlich doch gelingen, und jedes Gelingen iſt nur der Schritt zu einem neuen Gelingen. Alle nützlichen wie ſchönen Künſte vervollkommnen ſich in dieſem Sinne, eine Erfindung überbietet immer die andere und die Wiſſenſchaften bieten dem Fortſchritte immer neue Hülfen. Nun kann zwar das Trachten des Einzelnen mit dem Trachten Anderer in Conflict kommen, aber über allem einzelnen Trachten macht ſich auch ein allgemeineres Trachten geltend, welches dieſe Conflicte zum Vortheile des Wohles, d. i. Glückszuſtandes Aller mehr und mehr ausgleicht. In dieſem Sinne iſt es, daß ſich im Laufe der Zeiten — vergleicht man nur hinreichend lange Epochen und hinreichend große Räume — Religion und Moral, Geſetze, ſtaatliche und ſociale Einrichtungen mehr und mehr vervollkommnen und die vollkommneren weiter über die Erde ausbreiten.

Sollte nun freilich dem Wirken und Schaffen der Geſchöpfe zur Beſſerung ihrer Zuſtände durch verſchlimmernde Einflüſſe Seitens der unbewußten Natur fortgehends die Wage gehalten werden, ſo könnte die Beſſerung nicht zu Stande kommen. Aber im Gegentheil, eine großartige Teleologie der Natur, oder ſagen wir dem Zeitgeiſt zu gefallen, eine Cauſalität, die ſich in den Erfolgen ausnimmt wie Teleologie, arbeitet Hand in Hand mit den Beſtrebungen des Menſchen. Wie chaotiſch mag die Materie von Anfange herein geordnet geweſen ſein; jetzt gehen Sonne und Mond zugleich als Uhr, als Leuchte und die erſte als belebende Wärmequelle an einem prachtvollen blauen oder Sternenhimmel über dem Haupte des Menſchen, und umgekehrt richtet ſich der Menſch und richten ſich alle Geſchöpfe fort und fort mehr auf einen gedeihlichen Beſtand unter den gegebenen klimatiſchen und localen Bedingungen ein, und hat der Kampf um das Daſein ſelbſt nur den Sinn, die beſt eingerichteten den Platz behaupten zu laſſen.

Fragt man dann, warum es die Welt trotz dieſer immer in derſelben Richtung fortgehenden Tendenz zur Beſſerung bis heute noch nicht weiter gebracht hat, ſo daß man ſelbſt noch zweifelhaft ſein kann, ob Luſt ob Unluſt überwiegt, oder gar geneigt ſein kann, die letzte noch für überwiegend zu halten, ſo läßt ſich darauf antworten, daß man bei jedem Puncte, an dem die Welt irgend einmal angelangt iſt, fragen könnte, warum ſie es noch nicht weiter gebracht hat, es wird eben darin liegen, daß ſie, je weiter man rückwärts blickt, ſo weiter rückwärts war. Der Durchgangspunct von mehr Unluſt zu mehr Luſt aber kann für jedes Geſtirn wie für jedes Geſchöpf insbeſondere ein verſchiedener ſein.

Der Peſſimiſt wird ſich freilich durch all' das nicht geſchlagen finden, ſondern etwa dagegen einwenden: erſtens, daß, wenn der Menſch immer neue Luſtquellen zu öffnen ſucht, es nur darum iſt, weil er ſich allmählig gegen die alten abſtumpft, ja nur auf Koſten der

Empfänglichkeit für die alten empfänglich für die neuen wird; zweitens, daß nach Maßgabe als mit dem Fortſchritte der menſchlichen Cultur die Quellen der Luſt ſich mehren und ſteigern, zugleich die der Unluſt ſich mehren und ſteigern, wir alſo den rohern Zuſtand der Vorzeit nicht mit einem unglücklicheren, den cultivirteren nicht mit einem glücklicheren, verwechſeln dürfen, drittens, daß wir beim Rückblick in die Zeit ebenſo augenfällige Rückſchritte als Fortſchritte in der Beſſerung der Zuſtände finden. Kurz, daß alles Streben den Zuſtand der Welt zu verbeſſern es beſtenfalls nicht weiter bringt, als das alte Verhältniß zwiſchen Luſt und Unluſt nur in neuer Form, auf neuer Entwicklungsſtufe aufrecht zu halten; indeß ohne dieſes Streben der Zuſtand ſich ſogar verſchlechtern würde. Und wer mag leugnen, daß Einwänden dieſer Art Rechnung zu tragen ſei.

Inzwiſchen es giebt, wie ſchon erinnert, Luſtquellen, gegen die ſich der Menſch nie abſtumpft, ſondern zu denen er periodiſch immer wieder mit neuer Friſche zurückkehrt, inſofern er ſich aber gegen Luſtquellen abſtumpft, iſt es nur inſofern als ſie durch Quellen theils größerer, theils höherer Luſt erſetzt werden, und die neuen Quellen von Unluſt, die damit heraufbeſchworen werden, beſtehen zwar in Störungen und Hemmungen der neuen Luſtquellen, von denen man aber doch nicht ſagen kann, daß ſie dieſelben aufheben und compenſiren. Auch rufen dieſe Störungen und Hemmungen durch die Unluſt, die ſie erwecken, ſelbſt um ſo ſtärkere Antriebe hervor, ſie zu heben, je ſtärker ſie ſind; in der Thätigkeit, die dazu verwandt wird, liegt ſelbſt eine Luſtquelle, eine andre in der Vorausſicht der endlichen Hebung und in dieſer ſelbſt die Krönung der Luſt. Jeder Rückſchritt in der Beſſerung der Zuſtände endlich iſt nur als ein neuer Anlauf zu um ſo größrer Beſſerung zu betrachten.

Nun freilich, daß doch temporär und local ſolche Rückſchritte ſtatt finden, erſchwert es, einen ſicheren Schluß aus dem Vergleiche vergangener und jetziger Zeiten für die ganze Zeit zu ziehen; doch muß die Sicherheit wachſen, je größere Perioden und Gebiete man in den Vergleich zieht. Und ich meine doch, daß Niemand die Zeit der Pfahlbauten für die Culturzeit, in der wir heute leben, und die Zuſtände der heutigen Wilden, die uns in jene Zeiten zurückverſetzen, für unſre Culturzuſtände zurückzuwünſchen oder willig einzutauſchen Urſach finden kann. Es iſt wahr, ein roherer Zuſtand iſt nicht *nothwendig* ein unglücklicherer, aber wenn nicht das Gefühl einem Jeden ſagte, daß *allgemein geſprochen* der rohe Zuſtand weniger Bedingungen des

Glückes, mehr des Leides, einſchließt, als der cultivirte, ſo würde es nicht den letzten ſo entſchieden verziehen laſſen, und man kann zwar behaupten, aber nicht beweiſen, daß das nur Erfolg einer Illuſion ſei, und darf nicht ſagen, daß wir den jetzigen Zuſtand verziehen, weil es eben der jetzige iſt; im Gegentheil geht der Menſch immer mit ſeinen Wünſchen über den jetzigen Zuſtand hinaus, und kann ſich dann auch wohl einfachere Zuſtände zurückwünſchen, aber nur inſofern er ſie ſich zugleich idylliſcher, mit der Natur harmoniſcher vorſtellt; während die Urzuſtände der Menſchen das gerade Gegentheil ſind, ſofern ihr Loos vielmehr ein ſteter Kampf mit der Natur iſt.

Es wäre überhaupt ſonderbar, da Alles in der Welt, Wiſſen und Können, im Fortſchreiten begriffen iſt, wenn das, um deſſen Föderung es der Menſchheit zuletzt bei all' dem zu thun iſt, auf demſelben Stande ſtehen bliebe, nicht in den Fluß dieſes Fortſchrittes ſelbſt mit eingienge, d. i. der Glückszuſtand der Menſchheit. Wenn aber jeder neue Fortſchritt deſſelben neuen Hinderniſſen begegnet, wodurch partielle Rückſtrömungen veranlaßt werden, kommt der ganze Fluß damit doch weiter.

Inzwiſchen, was kann der Optimiſt dem Peſſimiſten erwiedern, wenn dieſer endlich Einwürfe wie folgt gegen ihn erhebt.

Haſt du wohl überlegt, daß, wenn du einen Fortſchritt im Sinne wachſender Luſt oder abnehmender Unluſt ins Unbeſtimmte für die Zukunft annehmen willſt, du auch die Luſt rückwärts ins Unbeſtimmte abnehmend, die Unluſt ins Unbeſtimmte wachſend denken mußt; widerſtrebt es dir aber nicht, die Welt mit unendlicher Unluſt anfangend und durch Aeonen mit einem ungeheuern Uebergewicht der Unluſt fortgehend zu denken, ehe es durch allmählige Abnahme derſelben bis zu dem jetzigen kaum leidlichen Zuſtande der Welt gekommen iſt. Wäre aber ſelbſt zuzugeben, was ich nicht zugebe, daß es nach meinem Tode allmählig beſſer mit der Welt werden wird, und die nach mir Lebenden Gewinn davon haben werden, was hülfe mir's, wenn ich nach einem unglücklich geführten Leben keinen Theil an dieſem Beſſerwerden habe. Für mich war dieſe Welt dann immer eine ſchlechte, und die Welt ſelbſt bleibt darin ſchlecht, daß es für genung Menſchen kein Beſſerwerden darin giebt.

Inzwiſchen der erſte Schluß, will man überhaupt ins Unbeſtimmte rückwärts ſchließen, hat an ſich keine bindende Kraft, denn es kann ſich etwas nach vorwärts oder rückwärts ins Unbeſtimmte aſymptotiſch einem Nullwerthe oder endlichen Werthe nähern, ohne ihn nach poſitiver oder negativer Richtung zu überſchreiten; alſo braucht ein Wachsthum der

Unluſt oder eine Abnahme der Luſt ins Unbeſtimmte rückwärts verfolgt, nicht zu einer unendlichen Unluſt zu führen; doch mag zunächſt die Ausſicht in das Ganze rückwärts danach immer noch bedenklich ſcheinen; für die Geſchöpfe hebt ſich jedenfalls dieſer Einwurf von ſelbſt, da ſie erſt in endlicher Zeit mit einem endlichen Grade der Luſt oder Unluſt in's Daſein treten, d. h. ſich aus der allgemeinen Exiſtenz heraus individualiſiren; nur der Einwurf bezüglich ihrer Zukunft bleibt dabei beſtehen; und geſtehen wir zu, ſo nützlich und nöthig unſre bisherigen Betrachtungen ſein mochten, den Einſeitigkeiten und Uebergriffen des Peſſimismus zu begegnen, ſchlagen ſie doch gegen den erſten Theil des Einwurfes bezüglich auf die Vergangenheit des Ganzen noch nicht durch, und richten gegen den zweiten, betreffs der Zukunft der Geſchöpfe, noch nichts aus. Nur ſind wir auch mit unſern Gegenbetrachtungen noch nicht zu Ende. Es bleibt ein letzter Schritt übrig, der freilich aus dem Erfahrungsgebiet in das Glaubensgebiet führt, womit aber alle Ausſichten ins Weite und Hohe zuletzt abzuſchließen haben, und auf den daher auch von vorn herein verwieſen ward. Die peſſimiſtiſche Nachtanſicht kann dieſen Schritt, den die Tagesanſicht nicht hier erſt thut, nur hier nicht wieder zurücknimmt, nicht wehren, ſie thut ihn nur nicht mit.

Ei, ſpricht der Peſſimiſt, da du mich nicht mit Erfahrungen widerlegen kannſt, verſuchſt du es mit einem Glauben in's Blaue. Und freilich, der Peſſimismus der Nachtanſicht und die Verneinung eines Glaubens, der über ihn hinausführt, hängen natürlicherweiſe zuſammen. Inzwiſchen iſt der Glaube an Gott und Jenſeits und an die der Welt dadurch geſteckten, höchſten und letzten, Ziele doch kein Glaube in's Blaue, da er auch ohne Rückſicht auf optimiſtiſche Foderungen ſeine anderweiten Stützen in der Tagesanſicht findet. Es zeigt ſich aber hier zu den theoretiſchen Vorzügen der Tagesanſicht auch der praktiſche darin, daß ſie uns der Nothwendigkeit, dem Peſſimismus anheimzufallen, enthebt, und das kann nach dem praktiſchen Glaubensprincip (S. 78) ſelbſt beitragen, ſie zu ſtützen.

Die Sache iſt die: giebt es überhaupt ein allgemeineres Leben über dem Leben der Einzelnen und ein jenſeitiges der Einzelnen nach dem diesſeitigen Leben, ſo dürfen die Weltfragen der Luſt und Unluſt auch nur mit Bezug darauf geſtellt, und nur inſofern mit Schlüſſen aus dem, was wir in unſerm beſchränkten diesſeitigen Leben erfahren können, beantwortet werden, als wir zuſehen, in welchem Sinne ſich die Luſt- und Unluſtbedingungen ſchon diesſeits mit Erweiterung und

Steigerung der allgemeinen Daſeinsverhältniſſe ändern. Die Weltfrage aber, welches Verhältniß zwiſchen Luſt und Unluſt überhaupt im Ganzen beſtehe, und ob und in welchem Sinn es ſich etwa ändere, fällt für die Tagesanſicht mit der Frage zuſammen, welches Verhältniß zwiſchen Luſt und Unluſt im Ganzen für Gott beſteht, und wiefern es für Gott ſich ändert. Denn indem Gott alle ſeine Geſchöpfe in ſich trägt, trägt er auch alle ihre Luſt und Unluſt zugleich mit aller der in ſich, welche in den allgemeineren und höheren Beſtimmungen und Beziehungen der Exiſtenz zwiſchen und über den Geſchöpfen geſucht werden kann. Vermögen wir nun auch von unſerm niedern Standpunkte aus dieſe Beſtimmungen und Beziehungen nicht mit Klarheit und Sicherheit bis ins allgemeinſte und höchſte Gebiet des göttlichen Daſeins hinein zu verfolgen, ſo ſtehen uns doch Betrachtungen wie folgt zur Stütze des Glaubens zu Gebote, daß in Gott überhaupt nicht nur Bedingungen einer höhern Luſt als für die Geſchöpfe beſtehen, ſondern daß das Wechſel- und Folgeſpiel von Luſt und Unluſt im geſchöpflichen Gebiete ſelbſt zu dieſen Bedingungen mit gehört.

Sehe ich ein Gemälde blos auf den Eindruck der einzelnen Linien und Farben und ihrer einfachen Verbindungen an, ſo mag ich meinen, es ſei ein troſtloſes Gewirr und Geſchmiere. Aber ſehe ich es im Ganzen an, ſo vermag ich eine Bedeutung daran zu knüpfen, die mir eine Luſt gewährt, welche ich aus der Summe des Einzelnen für ſich Aufgefaßten nicht zu ſchöpfen vermöchte, und wogegen nicht nur die niedre Unluſt, die aus der anſchaulichen Unordnung der Linien und Farben für ſich hervorgehen würde, nicht aufkommt, ſondern auch die Unluſt überwogen wird, die aus der Auffaſſung der Bedeutung mancher größeren Partieen des Gemäldes für ſich hervorgehen könnte, iſt es nur das rechte Gemälde. Ueberhaupt bedarf es, wie nun einmal die Luſt- und Unluſtbedingungen zu einander ſtehen, des Nachlaſſes der Schönheit im Einzelnen, ja der Gegenſätze in dieſer Beziehung, um größere, höhere und mannigfaltigere Schönheit im Ganzen zu erzielen. Entſprechendes als für den, der die Anſchauung des Gemäldes in ſich aufnimmt, gilt für den Künſtler, der ſie in ſich producirt. Es iſt nicht blos mit dem Gemälde, es iſt mit allen Kunſtwerken ſo. Statt des Kunſtwerkes ſetze die Welt, ſtatt des Künſtlers und Beſchauers zugleich ſetze Gott, nur daß er ein innerlicheres Verhältniß zu der von ihm ausgewirkten Welt als der Künſtler zu ſeinem Werke hat.

Nun fragt ſich natürlich, ob die Welt einem rechten Kunſtwerk vergleichbar, oder, was daſſelbe ſagt, ob ein rechtes Kunſtwerk ein richtiges Abbild der Welt ſei. Giebt es doch genug ſchlechte Kunſtwerke in der Welt, iſt doch nicht Alles in der Welt überhaupt ein Kunſtwerk. Es iſt wahr, aber warum giebt es ſchlechte Kunſtwerke? weil der Künſtler weder das Gefühl von aller Luſt und aller Unluſt, welche aus der Betrachtung ſeines Werkes hervorgehen wird, noch das Wiſſen um alle Bedingungen der Luſt und Unluſt, noch die Macht, alle im Sinne ſeines Strebens zu verwenden, hat. Je weiter und höher aber ſein Gefühl, ſein Wiſſen und Können in dieſen Beziehungen reicht, deſto vollendeter werden ſeine Werke; der Gott der Tagesanſicht aber überreicht in dieſer Hinſicht alle Künſtler. Und wenn nicht Alles in der Welt überhaupt ein Kunſtwerk iſt, ſo iſt ja auch nicht Alles im Kunſtwerk ſelbſt ein ſolches. Alſo kann die ganze Welt ſich recht wohl wie ein überwiegend luſtgebendes Kunſtwerk für ein allumfaſſendes und damit höherer Beziehungen gewahrendes Bewußtſein verhalten, ohne ſich für das enge und niedere Bewußtſein der Einzelweſen ſo zu verhalten.

Directer und allgemeiner führt folgende Betrachtung auf Daſſelbe. Thatſächlich geht die Tendenz alles Bewußten vielmehr auf eigene Luſt als Unluſt, nur ſtehen die Bedingungen der eigenen Luſt und hiemit die Tendenzen des Einzelnen oft in Widerſpruch mit der Luſt und den Tendenzen andrer Einzelnen. Ein je größeres Gebiet aber Einer mit ſeinem Fühlen, Wiſſen, Können beherrſcht, deſto weniger können ihm Gegenwirkungen von Außen begegnen und deſto größer iſt ſeine Fähigkeit, die innern Conflicte zum Beſten des Ganzen, was er beherrſcht, woraus er Luſt und Unluſt zieht, zum Austrag zu bringen. Der Gott der Tagesanſicht aber, indem er das ganze Exiſtenzgebiet zugleich in ſich einigt und beherrſcht, überbietet darin alle Geſchöpfe.

Zu der Luſt, die aus den beſtehenden Zuſtänden der Welt geſchöpft werden kann, giebt es eine Luſt an Mehrung der Luſt, Minderung der Unluſt, Föderung der Luſtquellen, Beſeitigung der Unluſtquellen, kurz als active Luſt von erſter als receptiver zu unterſcheiden. Die Luſt am Schenken, Wohlthun, Heilen phyſiſcher und moraliſcher Gebrechen; die Luſt an Schöpfung ſchöner Werke, Verbeſſerung nützlicher Einrichtungen u. ſ. w. gehören hieher. Dazu noch eine Luſt an Vorausſicht des Erfolges ſolchen Wirkens und eine, doch erſt ſpäter (S. 150 f.) zu betrachtende Steigerung der Luſt durch die Richtung des Erfolges. Auch nach allen dieſen Beziehungen aber gewinnt Gott einen Zuwachs an Luſt über allen ſeinen Geſchöpfen, ſofern die Führung der Geſchöpfe ſelbſt in dieſer Richtung und die Beſſerung der

Weltzuſtände über ſie hinaus mit der Vorausſicht und Richtung des Erfolges im Großen und Ganzen ihm zu ſtatten kommt; überhaupt ſein ganzes Trachten und Wirken aus höchſter Höhe dieſe Richtung nimmt.

Kehren wir hienach zu der, vorweg geſtellten, wenn auch zu keiner ſichern Entſcheidung zu bringenden, Weltfrage zurück, ob und in welchem Sinne ſich der Luſtzuſtand für das ganze Exiſtenzgebiet, alſo nach unſrer Auffaſſung für Gott, ändert; ſo könnten wir uns nach Vorigem denken, daß das Luſtquantum im Ganzen conſtant bleibt und nur das Verhältniß ſeiner Momente ſich ändert, indem der activen Luſt an Föderung der Luſtquellen und der Luſt an Vorausſicht des Erfolges hiebei immer eben ſo viel für die Folge abginge, als durch den Erfolg der Föderung ſelbſt an receptiver Luſt oder deren Quellen gewonnen wird; — könnten uns aber auch denken, daß der Zuſtand im Ganzen ſich um ſo mehr ſei es einem Indifferenzzuſtande mitteninne zwiſchen Luſt und Unluſt oder einem Gleichgewichtszuſtande zwiſchen vorhandener Luſt und Unluſt nähert, je weiter nach rückwärts er verfolgt wird, hiegegen einem um ſo größern Luſtübergewichte Platz giebt, je weiter nach vorwärts, ſei es daß dies Uebergewicht aſymptotiſch einem beſtimmten Ziele zuſtrebe oder auch einem Wachsthum über jedes beſtimmte Ziel hinaus Raum gebe. Wer aber vermöchte die Frage, ob ſo oder ſo oder noch anders, ſicher zu entſcheiden; laſſen wir ſie alſo dahingeſtellt, und halten uns damit befriedigt, nach Vorigem jedenfalls keinen Grund zu finden, daß das Luſtquantum der Welt im Ganzen ſei es nach rückwärts oder vorwärts verfolgt, je unter das Unluſtquantum herabgehe — denn was unten in dieſer Hinſicht fehlt, wird ſich immer oben ausgeglichen oder überboten denken laſſen — dazu eine allgemeine und nicht erfolgloſe Tendenz in der Welt zu finden, die beſtehenden Zuſtände zu verbeſſern.

Nun aber, was die Geſchöpfe anlangt, um uns auch des zweiten Theiles des Einwurfs zu erinnern, laſſen wir immerhin die Unluſt in den Anfängen ihrer Exiſtenz — und das ganze diesſeitige Leben gehört dazu — überwiegen, ſo kommt für den Fortſchluß auf ein künftiges Leben folgender Geſichtspunct in Betracht.

In der Fortſchrittsrichtung von Bedingungen der Unluſt zu ſolchen der Luſt, nennen wir ſie die rechte Richtung, liegt überhaupt eine Bedingung der Mehrung der Luſt, in der umgekehrten derſelben Bedingungen, nennen wir ſie die unrechte, eine ſolche der Mehrung der Unluſt, wovon man das einfachſte Beiſpiel in dem verſchiedenen Erfolge finden kann, den man erhält, je nachdem man einen disharmoniſchen Accord ſich in einen harmoniſchen auflöſen läßt oder dieſelben Accorde in umgekehrter Folge hört. Welcher Gegenſatz zwiſchen dem Gefühle der Befriedigung erſtenfalls und der Unbefriedigung zweitenfalls. Es iſt das aber eben nur ein Beiſpiel einer allgemeinen Thatſache. Denken wir uns irgend zwei Lebensverhältniſſe eines Menſchen, die abgeſehen von ihrer Folge Bedingungen gleicher Luſt und Unluſt für ihn enthalten; ſo wird je nach der rechten oder unrechten Folge die Luſt oder Unluſt im Ganzen überwiegen. Bei der rechten Folge erſcheint die Luſt durch den Gegenſatz gegen die vorangegangene Unluſt geſteigert, ohne daß die Unluſt dadurch geſteigert werden konnte, weil der Contraſt noch nicht da war; wir fühlen nicht nur die Luſt der gegenwärtigen Luſtbedingung, ſondern dazu auch den Unterſchied derſelben von der vorherigen Unluſtbedingung mit Luſt. Bei der unrechten Folge iſt das Umgekehrte der Fall. Da nun die Welt Luſt ohne Unluſt nicht haben kann, ſo geht ihre Tendenz im Einzelnen wie Ganzen dahin, die Unluſt- und Luſtquellen vielmehr in rechter als unrechter Folge anzubringen, und damit ſelbſt einen Luſtgewinn zu erzielen. Alſo wird auch gemäß der Richtung des, nicht nur über allen Raum, ſondern auch über alle Zeit übergreifenden, den Geſchöpfen mit zu Statten kommenden, allgemeinſten Strebens in dieſem Sinne, das Jenſeits als Folge des Diesſeits in dem günſtigen Verhältniſſe der rechten Folge zum Diesſeits zu erwarten ſein. Hiezu aber tritt noch folgende Betrachtung.

Nicht jeder disharmoniſche Accord kann durch jeden harmoniſchen aufgelöſt werden, ſondern nur durch einen ſolchen, der abgeſehen vom disharmoniſchen ihm gleicht. Auch ein ſchlechtes Concert kann nicht durch ein gutes Gemälde verſöhnt werden; jedes Gebiet aber tendirt zu harmoniſchen Abſchlüſſen in ſich; und ſo wird auch eine Verſöhnung des unglücklichen Lebenslaufes eines Menſchen nicht durch den glücklichen eines andern ſtatt finden können; und giebt es überhaupt eine allgemeine Verſöhnung des Uebels, ſo wird jeder eine ſolche auch für ſein eigenes Uebel erwarten können; dazu muß freilich Mancher über das Diesſeits hinaus darauf warten, und der Schlechte vorausſetzlich erſt durch Schlimmes im Jenſeits ſelbſt durchgehen, um zur Verſöhnung zu gelangen.

Im diesſeitigen Leben begegnen wir freilich oft genug auch unrechten Folgen für den Einzelnen, indem die rechten Folgen für den Einzelnen unrechte für andre ſein können. Wenn aber unſre Tagesanſicht Recht hat, ſo erweitert und erhöht ſich mit unſerm Aufſteigen ins Jenſeits unſer Lebenskreis, gewinnen wir Theil an den allgemeineren und höheren Beziehungen der Dinge, worin dieſe Conflicte ſich mehr und mehr löſen, wir ſteigen ſo zu ſagen zu den allgemeineren und höheren Luſtbedingungen, die für Gott beſtehen, mit auf. Nun liegen freilich nicht nur Bedingungen geſteigerter Luſt ſondern auch Unluſt in den allgemeineren und höheren Beziehungen der Dinge. Aber nicht minder Bedingungen um ſo ſtärkerer Ausgleichung, Verſöhnung und Ueberbietung des Uebels. Und ſo können wir uns wohl denken, was aus praktiſchem Geſichtspuncte zu fodern und durch anderweite Gründe zu ſtützen, daß der Böſe die Gegenwirkungen gegen das Uebel, was durch ihn in die Welt gekommen, in der erweiterten und erhöhten Lebensſphäre des Jenſeits mit Unluſt als Strafe empfindet, die ihn in ſeiner diesſeitigen engen Lebensſphäre noch nicht rührten, daß er aber auch dadurch endlich zu einer Umkehr gezwungen wird, wozu die Mittel des Diesſeits noch nicht reichten. Indem er aber damit in die Richtung zum Guten eintritt, gewinnt er auch an dem Genuſſe der höhern Güter des Jenſeits Theil, wogegen der diesſeits Gute beim Eintritt in das Jenſeits unmittelbar Anſpruch darauf hat. So geſchieht dem Luſtfortſchritte vom Diesſeits zum Jenſeits doch im Ganzen Genüge.

Nach Allem iſt jedenfalls kein Hinderniß, was das praktiſche Intereſſe fodert, zu glauben, daß jeder, der in das Leben tritt, ſich durch die Weiſe, wie er ſein Wollen und Handeln einrichtet, mehr und mehr einem dauernd glückſeligen Zuſtande nähern kann, — im Durchſchnitt fährt ja ſchon hier der Beſte am Beſten, um ſo ſichrer beim Uebertritt ins Jenſeits — und daß, wenn neu entſtehende Weſen immer neu der Gefahr überwiegender Unluſt unterliegen, ſie ihrerſeits das Vermögen haben, dies Verhältniß dadurch umzukehren, daß ſie ihr Leben und Streben immer mehr im Sinne der allgemeinſten und höchſten Tendenzen darauf richten, ſelbſt möglichſt viel zum Glücke des Ganzen beizutragen; wenn ſie es aber nicht willig thun, endlich gezwungen ſein werden es zu thun. Zum Beſtande dieſes Glaubens gehört nur eben der von der Tagesanſicht vertretene Glaube in höchſten und letzten Dingen.

Es iſt eine alte Rede, die man oft genug, namentlich in frommen Liedern, hört und lieſt, die Erde ſei ein Jammerthal. Und wenn ſchon ſie zu viel Schönes, Gutes und Liebes bietet, um ihr nicht damit Unrecht zu thun, ſo kann man doch nicht leugnen, daß ſie es für Viele iſt. Wäre nun das irdiſche Daſein, was wir ſo nennen, das zweite und letzte nach einem erſten, ſo gäbe es nicht nur für jene Vielen keinen Troſt, ſondern überhaupt keine Hülfe gegen den Peſſimismus. Daß wir aber nach unſerm jetzigen Leben die Ausſicht auf ein zweites haben, und dazu eine allgemeine Tendenz beſteht, jedes zweite beſſer als das erſte zu machen, kann uns dieſen Troſt und dieſe Hülfe bieten.

Wohl Manchen giebt es ſchon hier, der ſich fragt, nachdem er durch lange und ſchwere Prüfungen durchgegangen iſt, wenn ſie zuletzt zu einem befriedigenden Abſchluſſe, und wäre es gegen das Lebensende hin, geführt haben: möchteſt du lieber gelebt oder nicht gelebt haben? Blickt er anders mit gutem Gewiſſen auf die Vergangenheit zurück, ſo wird er doch nicht ſagen: ich möchte nicht. Jenes Leid iſt eben vergangen, dieſes Glück hat er, und hat es geſteigert durch den Gegenſatz gegen das frühere Leid, um ſo beſſer, wenn er die hoffnungsreiche Ausſicht in ein künftiges Leben damit verbindet. Freilich, wollte man die Frage ſtellen: wenn dir die ganze Summe des Leides mit dem glücklichen Abſchluſſe erſt bevorſtände, möchteſt du um dieſes Abſchluſſes willen die ganze Leidenszeit durchleben, oder lieber gar nicht leben, ſo möchte ſich Mancher bedenken und zu rechnen anfangen. Alſo mag es gut ſein, daß die Weltordnung die Menſchen, ohne ſie zu fragen, durch Leiden, die ſie ihnen nicht erſparen kann, zu glücklichen Zielen führt, nach deren Erreichung ſie ſich freuen, gelebt zu haben.

Und ſo denke ich mir nach einem oft gebrauchten Bilde den ganzen Weltgang wie den einer Symphonie, in der freilich mehr und ſchwerere Diſſonanzen unterlaufen, als in den Symphonieen unſerer Concertſäle, doch die nicht minder der Auflöſung im Ganzen wie für jeden Einzelnen entgegengehen und durch dieſe Auflöſung ſelbſt das Luſtergebniß über das einer Symphonie erhöhen, die ſich blos in Conſonanzen bewegen wollte. Zum Theil nun reichen die Diſſonanzen aus dem Diesſeits in das Jenſeits; aber das Jenſeits wird nicht müde, an ihrer Auflöſung und Verſöhnung fortzuarbeiten.

Iſt nun alles das, was hier von Gott und Jenſeits ausgeſagt und verlangt wird, bewieſen? Nichts davon iſt bewieſen, weil in dieſen Dingen ſich überhaupt nichts beweiſen läßt; wohl aber iſt ein vernünftiger Zuſammenhang davon mit dem, was ſich weiſen läßt, gewieſen, und darin beſteht ja überhaupt die ganze theoretiſche Weisheit der Tagesanſicht. Noch wirkſamer aber als die theoretiſchen Gründe ſprechen die praktiſchen für den von ihr vertretenen Optimismus, und wenn Zweifel von jener Seite übrig bleiben möchten, ſo kommen ſolche gegen dieſe Seite von vorn herein nicht auf. Denn gewiß iſt doch, daß der Welt durch unſre optimiſtiſche Auffaſſung ihres Ganges mehr gedient iſt, als durch die peſſimiſtiſche.

Einmal in ſofern, als mit ihr der Menſch freudiger in die Zukunft ſehen, in ſcheinbar unabänderlichen Leiden ſtatt finſtrer oder ſtumpfer Reſignation noch Troſt und Hoffnung behalten und den ganzen Weltgang unter zuſagenderen Geſichtspuncten auffaſſen kann, wodurch der Glückszuſtand der Welt unmittelbar gefödert wird; zweitens, inſofern als der Menſch dadurch zur Fortarbeit am Glücke der Welt rüſtiger erhalten wird, als wenn er dieſe Arbeit doch im Grunde für vergeblich halten müßte, womit dem Glücke der Welt auch in den Folgen gedient iſt. Hiemit tritt unſere optimiſtiſche Weltanſicht ſelbſt nicht nur in die thatſächliche Tendenz alles bewußten Lebens nach Mehrung des Glücks hinein, ſondern hilft auch ſie erfüllen; indeß die peſſimiſtiſche ihr widerſpricht, und trotzdem behauptet, ſie habe mit dieſem Widerſpruch das Recht des Beſtehens für ſich. Die Folge dieſes Widerſpruches aber wird die factiſche ſein, daß ſie nie in einiger Allgemeinheit und Dauer wird durchdringen, alſo auch kein hiſtoriſches Recht erwerben können — ſchlechte Moden hier und da aber gehören zu den thatſächlichen Uebeln der Welt, die überwunden werden müſſen.

Man ſieht nun wohl, daß in Vorigem keine vollſtändige Beantwortung der Weltfragen der Luſt und Unluſt liegt, die ſich aufſtellen ließen; doch möchte die Antwort in Bezug auf die Puncte gegeben ſein, die uns am meiſten intereſſiren können, ſo weit ſie ſich im Sinne der Tagesanſicht geben läßt.

Von ganz andern Geſichtspuncten aus, als hier überhaupt zur Sprache gekommen, führen die Betrachtungen des 18. Abſchnittes zu einer vielmehr optimiſtiſchen als peſſimiſtiſchen Auffaſſung des Weltlaufs, und treten damit unterſtützend zu den vorigen hinzu.

2. Glaubensſätze in Bezug auf das Uebel. Beziehung derſelben zu den chriſtlichen Ideen.

Entgegen dem Peſſimismus der Nachtanſicht, der die Welt in einem wüſten Durcheinander von Luſt und Unluſt mit ſtetem Siege der Unluſt begriffen ſieht, leite ich aus den vorſtehends und ſonſt (V. 5. 6. XIV. XVI. XVIII) aufgeſtellten Geſichtspuncten der Tagesanſicht folgende Glaubensſätze in Bezug auf das Uebel ab, gleichgeltend für phyſiſches, moraliſches und intellectuelles Uebel, kurz für Uebel als Quell von Unluſt überhaupt [1]).

Erſtens, daß das Daſein des Uebels in der Welt und ſein Wachsthum bis zu gewiſſen Gränzen in den nothwendigen Grund- und Urbedingungen der Exiſtenz begründet ſind, in denſelben Grund- und Urbedingungen aber auch eine Tendenz gegen das Uebel und damit zuſammenhängende Tendenz zum Guten begründet liegt, deren Erfolg ſich in der Zeit allmählig vollzieht.

Zweitens, daß zwiſchen dem Entſtehungsgrunde des Uebels und der gegenwirkenden Tendenz inſofern kein Widerſpruch beſteht, als jener von Unten herauf, d. i. vom Einzelnen und Beſondern her, dieſe von Oben herein, d. i. vom Allgemeinen und Ganzen her wirkt [2]).

Drittens, daß die Tendenz gegen das Uebel und im Sinne des Guten in der Art überwiegend das Ganze beherrſcht, daß eine continuirlich fortſchreitende Beſſerung der beſtehenden Weltzuſtände im Ganzen genommen, d. i. Eins ins Andre gerechnet, ſtattfindet, ohne damit das ganze Uebel auf einmal heben zu können.

Viertens, daß nach dem Zuſammenhange der Dinge und der Geſetze ihrer Auseinanderfolge der Fortſchritt zum Beſſern im Ganzen ſich nicht ohne zeitweiſe Rückſchritte im Einzelnen oder Beſondern zu vollziehen vermag, alſo mit jedem neuen Fortſchritte im Ganzen zum Beſſern auch neue Uebel in der Welt auftauchen, die doch den Fortſchritt im Ganzen nicht aufwiegen.

---

[1]) Unter phyſiſchem Uebel verſteht man körperliche Gebrechen und Leiden, unter moraliſchem Uebel Egoismus, Unſittlichkeit, Sündhaftigkeit, unter intellectuellem Uebel Dummheit, Irrthum, Verrücktheit. Einen anderen gemeinſamen Geſichtspunct für alle Arten des Uebels, als daß ſie, mit Rückſicht auf den Zuſammenhang und die Folgen, vielmehr zur Mehrung der Unluſt als Luſt führen, für den Einzelnen oder das Ganze, je nach der Beziehung, in der man den Begriff faßt, wird man nicht finden, will man anders einen klaren und praktiſch verwendbaren haben. Es wird aber durch obige drei Kategorien das Feld des Uebels noch nicht ganz gedeckt, wie denn z. B. Verluſt des Vermögens, Verluſt des guten Rufes übel für den ſind, der den Verluſt erleidet, ohne ſich unter jene Kategorien unterbringen zu laſſen; ich finde aber überhaupt keinen recht paſſenden Ausdruck für eine noch fehlende Kategorie des Uebels.

[2]) So beruht das moraliſche Uebel darauf, daß der Menſch ſeine eigene particuläre Luſt der Rückſicht auf den allgemeinen Luſtzuſtand, die gegenwärtige oder naheliegende Luſt der Rückſicht auf die geſammten Folgen vorzieht; das intellectuelle ruht auf Widerſprüchen der einzelnen Erkenntniß und Erkenntnißbedingungen mit allgemeinen; das phyſiſche auf dem einſeitigen Uebergewicht beſondrer Lebensbedingungen über allgemeinere.

Fünftens, daß dieſe Uebel ſich ſpäter ſelbſt in einen Beitrag zur allgemeinen Beſſerung der Welt umſetzen, indem ſie durch die gegenwirkende Tendenz zum Umſchlag gebracht und hienach zum Quell eines neuen Guten werden, was ohne das vorausgegangene Uebel nicht hätte entſtehen können.

Sechſtens, daß, mag der Menſch Gutes oder Böſes mit bewußtem Antriebe in die Welt bringen, er über kurz oder lang, wenn nicht ſchon im Diesſeits aber Jenſeits, die Folgen davon beziehentlich lohnend oder ſtrafend auf ſein Bewußtſein zurückſchlagend finden wird, wodurch der Eine in der Richtung zum Guten erhalten und gefödert, der Andere in die Richtung dazu umgelenkt und hienach auch der guten Folgen davon theilhaftig wird.

Siebentens, daß, ſofern Uebel nur in Bezug auf bewußte Weſen beſteht[1], auch der Weg ſeiner Hebung nur durch bewußtes Gegenſtreben, über Alles das des höchſten bewußten Weſens, geht, alſo daß das Vertrauen auf die endgültige Hebung und Verſöhnung alles Uebels nicht auf eine todte Weltordnung, ſondern auf einen bewußten Lenker derſelben zu richten iſt.

Achtens, daß die Geſetzlichkeit, mit welcher ſich der Gang der Dinge von Oben herein vollzieht, keinen Widerſpruch dagegen enthält, daß er ſich in bewußtem Wege und mit bewußtem Streben vollzieht, indem Gott eben der höchſte bewußte Vertreter der geſetzlichen Ordnung und Folge der Dinge iſt, und die Feſtigkeit der Geſetze ihm nur dient, ſie mit Sicherheit ſeinen Zielen entgegenzuführen.

Neuntens, daß die Wege dieſer Führung im Allgemeinen zu verwickelt und weit auslaufend, die menſchlichen Erkenntnißkräfte und Mittel aber zu ſchwach ſind, um die Weiſe, wie gegenwärtige Uebel zum Guten führen werden, ſicher vorausſagen, oder nach dem Erfolge den Wegen dazu vollſtändig folgen zu können; daß wir alſo auch das Vertrauen auf Gott nicht auf unſre Erkenntniß ſeiner Wege im Beſondern, ſondern auf die allgemeine und feſte Richtung dieſer Wege zum Heile der ganzen Welt, unſer eigenes mit eingeſchloſſen, zu ſetzen und Alles, was wir im Diesſeits in dieſer Hinſicht noch vermiſſen, vom Jenſeits zu erwarten haben.

Zehntens, daß das Vertrauen auf Gottes Hülfe ſelbſt zu dieſer Hülfe mithilft[2], und um ſo ſtärkere helfende und endlich Gutes aus

---

[1] Selbſtverſtändlich, da Unluſt nur Sache bewußter Weſen iſt.

[2] In dieſer Beziehung gelten dieſelben Geſichtspuncte, als weiterhin unter XVI. 4. bezüglich des Gebetes zur Sprache kommen werden.

Schlimmem erzeugende Kraft äußert, je größer das gegenwärtige Uebel iſt, welchem es gewachſen bleibt.

Man kann bemerken, daß, ſofern nach dem 4. und 5. Satze die Verbeſſerung der Weltzuſtände im Ganzen genommen nicht ohne Rückſchritte im Einzelnen geſchehen kann, und ſchließlich das Uebel ſelbſt zum Quell eines Guten wird, was auf anderem Wege nicht erreichbar war, der Begriff des Uebels damit überhaupt einen relativen Charakter annimmt. In der That kann man danach von Uebel nur inſoweit ſprechen, als es eben noch nicht durch ſeine Folgen zum Umſchlag in das Gute gekommen iſt; der Böſe aber hat ſich nach dem 6. Satze gegenwärtig zu halten, daß dieſer Umſchlag den Weg durch ſeine Strafe nimmt.

Hält man die vorigen Glaubensſätze an die der chriſtlichen Lehre, ſo kann man in jenen manches über die Dogmen der orthodoxen Faſſung dieſer Lehre hinausgehend oder ſelbſt damit in Widerſpruch finden, ſo den Satz 1 vom Urſprunge des Uebels, die Sätze 4 und 8 von der in Eins bewußten und geſetzlichen Führung des Weltalls, und den Satz 6 von der Endlichkeit der Strafen des Böſen; ſofern nach der orthodoxen Lehre das Uebel aus dem Mißbrauche der Freiheit ſtammt, der geſetzliche Gang der Dinge durch Gottes Allmacht mit Wundern durchbrochen wird, und der Böſe, welcher den Höllenſtrafen einmal verfallen iſt, nicht wieder herauskommt. Aber keine der Lehren, welche aus der univerſalen Idee des Chriſtenthums (S. 59) fließen, hiemit keine der heilſamen und troſtreichen Folgerungen des Chriſtenthums, wird durch jene Glaubensſätze umgeſtoßen, verlaſſen oder überſchritten. Zur Probe darauf bieten ſich insbeſondere die chriſtlichen Lieder dar, welche „Vertrauen auf Gott", „Troſt unter Trübſal" ausdrücken, die „Lob- und Danklieder" auf Gott, die Lieder, welche von „Vorbereitung für den Tod" ſprechen, u. a. Wohl in jedem Geſangbuche finden ſich ganze Abſchnitte ſo überſchriebener Lieder. Hier nur von einigen derer, die das Vertrauen des Chriſten auf Gott ausdrücken, den erſten Vers, der leicht an die folgenden erinnern wird, da dieſe Lieder eben wegen ihres troſtreichen Inhaltes zu den bekannteſten gehören.

Alles iſt an Gottes Segen
Und an ſeiner Gnad' gelegen,
Ueber alles Erdengut.
Wer auf Gott ſein' Hoffnung ſetzet,
Der behält ganz unverletzet
Einen freien Heldenmuth
Vom Jahre 1676.

Auf Gott und nicht auf meinen Rath
Will ich mein Glücke bauen
Und dem, der mich geſchaffen hat,
Von ganzer Seele trauen.
Gellert.

Befiehl du deine Wege
Und was dein Herze kränkt,
Der allertreuſten Pflege
Deß, der den Himmel lenkt;
Der Wolken, Luft und Winden
Giebt Wege, Lauf und Bahn,
Der wird auch Wege finden,
Da dein Fuß gehen kann.
Paul Gerhard.

Der Herr iſt meine Zuverſicht,
Mein einz'ger Troſt im Leben.
Dem fehlt es nie an Troſt und Licht,
Der ſich dem Herrn ergeben.
Gott iſt mein Gott;
Auf ſein Gebot
Wird meine Seele ſtille;
Mir gnügt des Vaters Wille.
Sturm.

In allen meinen Thaten
Laß ich den Höchſten rathen,
Der Alles kann und hat;
Er muß zu allen Dingen,
Soll's anders wohl gelingen
Selbſt geben guten Rath und That.
Flemming.

Sollt es gleich bisweilen ſcheinen,
Als verließe Gott die Seinen;
O, ſo glaub' und weiß ich dieß;
Gott hilft endlich doch gewiß.
Titius.

Was Gott thut das iſt wohlgethan,
Es bleibt gerecht ſein Wille.
Wie er fängt meine Sachen an,
Will ich ihm halten ſtille.
Er iſt mein Gott,
Der in der Noth
Mich wohl weiß zu erhalten,
Drum laß' ich ihn nur walten.

Gellert.

Wer nur den lieben Gott läßt walten
Und hoffet auf ihn allezeit,
Den wird er wunderbar erhalten
In aller Noth und Traurigkeit;
Wer Gott dem Allerhöchſten traut,
Der hat auf keinen Sand gebaut.

Neumark.

Sagen wohl dieſe Lieder in ihrem Ausſpruch des Vertrauens auf Gott etwas, womit die obigen Glaubensſätze nicht ſtimmten? Sie ſagen nur daſſelbe erbaulich für das religiöſe Gefühl, was jene Sätze trocken für den trocknen Verſtand; und immer freue ich mich, beide zuſammenhaltend, daß ſie nicht blos mit einander ſtimmen, ſondern auch ſich wechſelſeitig ſtützen.

Dem Materialiſten und Peſſimiſten ſind dieſe Lieder ein Spott, laſſen aber auch ſo Manchem von denen, die es nicht ſind oder nicht ſein möchten, die Frage und den Zweifel übrig, woher ſoll das Vertrauen auf Gott kommen, das ſie in Anſpruch nehmen, nachdem Gott die geſammten Uebel der Welt, darunter das, an dem ich ſelbſt leide, erſt zugelaſſen oder geſchickt hat. Wohl dem, dem ſolche Fragen und Zweifel in der naiven Hingebung an den Troſt jener Lieder von vorn herein gar nicht einfallen; aber wenn ſie ihm einfallen — und immer mehr ſchwindet von jener naiven Hingabe —, wird er wohl den Troſt dieſer Lieder durch eine andere Antwort als im Sinne der vorigen Glaubensſätze retten können? Gegenſeits welch' kräftige hiſtoriſche und praktiſche Stütze dieſer Glaubensſätze in der von Alters her beſtandenen und verbreiteten Geltung dieſer Lieder, als wenn es Zweifel jener Art gar nicht gäbe.

3. Perſönliches.

Blicke ich endlich zurück in mein eigenes Leben, fragend, wiefern es zu den vorigen Betrachtungen und Sätzen ein Exempel gewährt, — und was könnten blos abſtracte Speculationen in dieſem Felde auch nur mir ſelbſt dienen, was Anderen die vorigen Betrachtungen, wenn ſie nicht einmal mir ſelbſt dienten — ſo finde ich bei einem erſten Blick mich nicht unter der Zahl derer, denen der Lebensweg leicht gemacht war, finde aber, indem ich deſſen ganzen Zuſammenhang überblicke und überdenke, daß durch das Schlimmſte für mich theils noch Schlimmeres in den Folgen erſpart, theils Beſſeres in den Folgen vermittelt worden iſt, daß, hätte ich alles Gewünſchte, was mir verſagt war, erlangt, ich ärmer in wichtigeren Beziehungen geblieben wäre, und hätten nicht ſtrafende Folgen deſſen, was an mir nicht recht war, fortgehende Gerechtigkeit an mir geübt, ich ſchlechter im Ganzen geblieben wäre. Auf Näheres will ich nicht eingehen, da es fremdes Intereſſe nicht angeht, und noch mehr Sache innerer als äußerer Erfahrung iſt. Mein verhältnißmäßig einfaches Leben erſcheint mir aber in jenen Beziehungen der Hauptſache nach ganz durchſichtig, und ich verwundere mich manchmal, nachdem ich nahe dem Ende zu den Urſachen die Folgen überſehen kann, wie ich auf Wegen, die nicht im Bereiche menſchlicher Vorſehung lagen, Beſſerem entgegengeführt worden bin, was nach den beſtehenden Geſetzen des Seins und Geſchehens in andern Wegen nicht zu erreichen war. Der Hauptzug des bisherigen Lebensganges aber verräth mir das Princip und die Richtung des ganzen Ganges, und ſo ſtelle ich das, was bisher doch noch ſchwer und dunkel für mich geblieben iſt, einer Zukunft über dieſes Leben hinaus anheim, an die ich glaube und nicht glauben würde, wenn Alles ſchon zuvor erledigt wäre. Daran aber, daß der eigene Lebensgang jene Richtung genommen, hält ſich leicht auch der Glaube an eine entſprechende Richtung des ganzen Weltganges aufrecht.

Wohl noch Manche, deren Lebensfaden ſich verhältnißmäßig eben ſo einfach und innerlich als der meinige abſpann, mag es geben, denen der Rückblick darauf, wollen ſie ihn anders mit Ernſt thun, die gleiche Verwunderung über die Führung durch das vergangene Leben, und hienach daſſelbe Vertrauen auf die Fortführung deſſelben durch ein künftiges Leben und endliche Ausgleichung des Uebels zu erwecken vermöchte[1].

---

[1] Insbeſondere erinnere ich mich hiebei eines Schriftchens, in welchem ein Onkel von mir, Gottlob Euſebius Fiſcher, als Superintendent in Sangerhauſen in

Aber freilich nicht jedem wird ein ſolcher Rückblick daſſelbe leiſten. Denn nicht eines Jeden Lebensgang iſt eben ſo durchſichtig, weil nicht eben ſo einfach, weil mehr ins äußere Weltgetriebe verwebt, und wohl Mancher iſt durch ſein ganzes Leben aus Schlimmem in immer Schlimmeres gerathen; für dieſen aber liegt der entgegengeſetzte Glaube näher und macht das für ihn und an ihm Schlimme nur noch ſchlimmer. Alſo können freilich Erfahrungen Einzelner in jenem erſten Sinne ebenſo wenig allein maßgebend für einen Glauben von mehr als blos ſubjectivem Werthe gelten, als ſolche im zweiten Sinne dafür gelten ſollten, ſondern nur Geſichtspuncte, unter denen ſich beide vereinigen laſſen. Und für ſolche halte ich nun eben die, welche ſich in den vorgängigen Betrachtungen und Sätzen ausgeſprochen haben. Die Erfahrungen erſter Art bleiben doch wichtig, ſofern ſie das Gegengewicht gegen die andern zu bilden haben, und inſofern wichtiger, als ſie geeigneter erſcheinen, im Kleinen und Einfachen die Richtung des Ganzen abzuſpiegeln. Denn man kann nicht aus dem Verwickelteren das Einfachere ſondern nur umgekehrt verſtehen. Jeder wird in den allgemeinen Fortſchritt hineingezogen nach Maßgabe als es paßt und als er paßt; mit jedem paßt es und ein jeder paßt, es fragt ſich nur um den Zeitraum, in dem ſich's macht und zeigt.

Der Glaube im Sinne jener Betrachtungen und Sätze, welche im Zuſammenhange der Tagesanſicht begründet ſind, hat aber nicht blos eine Stütze für mich im eigenen Lebensgange gefunden, ſondern umgekehrt hat mein Lebensgang eine Stütze in dieſem Glauben gefunden, und trägt damit noch von einer andern Seite bei, das Vorige zu exemplificiren. Auch hiezu einige Worte. Der Materialismus, dem ich als Student der Medicin, wie heute noch faſt jeder Student der Medicin, verfallen war, die Schelling'ſche Naturphiloſophie, die mich zuerſt mit einer ganzen Zeit darüber hinausführte, um freilich die Zeit nachmals nur um ſo tiefer darein zurückſinken zu laſſen, konnten mir wohl fruchten, die Erkenntniß von Ungenügendem zu Genügendem fortzuleiten; aber wie ſie an ſich ſelbſt zuletzt das Denken unbefriedigt gelaſſen, hätten ſie mir auch keine Frucht für das Leben getragen, als das Bedürfniß an daſſelbe herantrat, eine Stütze, die kein Wiſſen um

---

hohem Alter und im Genuſſe hoher Achtung verſtorben, dem ich als Verſorger und Erzieher von mir in meinen jüngeren Jahren das dankbarſte Andenken zolle, die Schilderung ſeines Lebensganges ganz unter obigem Geſichtspunct einer höheren Führung deſſelben durchgeführt. Leider aber iſt mir mit dem Schriftchen ſelbſt auch die Erinnerung an deſſen Titel abhanden gekommen.

Nahes und Gegenwärtiges und kein Verlaſſen darauf bot, darüber hinaus zu ſuchen. Nur der Glaube der Tagesanſicht mit ihrer Wiedereinkehr in die chriſtlichen Ideen von einer göttlichen Führung ließ mich dieſe Stütze finden. Und wäre nicht der finſterſten und ſcheinbar hoffnungsloſeſten Zeit meines Lebens der erſte Anbruch der Tagesanſicht in den Ideen des „Büchleins vom Leben nach dem Tode“ ſchon vorausgegangen, hätte nicht der Ernſt jener Zeit mit dem Glauben an die göttliche Führung durch dieſes und über dieſes Leben hinaus auch den Troſt dieſes Glaubens mitgebracht, der ſich in dem Liede, womit ich ſchließe, ausſpricht, und nicht das Vertrauen, daß das Verharren im Vertrauen ſich endlich doch ſo oder ſo lohnen müſſe, ausgehalten, ſo hätte ich jene Zeit nicht ausgehalten. Nun macht eine Schwalbe noch keinen Sommer; aber die erſte Schwalbe käme nicht, wenn nicht ein Sommer käme, und als dieſen Sommer betrachte ich den dereinſtigen Sieg der Tagesanſicht mit dem Wiederaufleben der in ſie eingehenden und ſie von oben beherrſchenden chriſtlichen Ideen, unter Abthun von ſo manchen bedrückenden Dogmen (S. 63), wonach dieſe Anſicht zu ihren Troſtliedern auch wohl noch freudigere Lieder wird bringen können.

Troſt in Trübſal (1841).

Wenn Alles ſich verdunkelt,
Verloſchen iſt der Schein,
Der einſam noch gefunkelt
Vom letzten Sternelein;
O denk', daß eine Sonne
Lebendig doch noch geht,
Ein neuer Tag der Wonne
Dereinſt bevor dir ſteht.

Ob's hier ſei oder drüben,
Bekümmere dich nicht;
Wenn Gott es will verſchieben,
Zu zeigen dir ſein Licht.
Gewiß, daß deine Augen,
Gewöhnt an Erdennacht,
Hienieden noch nicht taugen,
Zu ſchauen ſolche Pracht.

Was immer dich mag kränken,
Der es geführt heran,
Weiß es auch ſo zu lenken,
Daß es iſt wohlgethan.

Auf ihn leg' deine Sorgen,
Der auf dich legt die Laſt.
Wer weiß, ob du nicht morgen
Sie ausgetragen haſt.

Was hilft es, daß dein Grämen
Du rufeſt in die Welt,
Die Welt wird dir nicht nehmen,
Was Gott dir hat beſtellt;
Vom Jammern wächſt der Jammer,
Wird ſtiller, biſt du ſtill.
Drum bet' in deiner Kammer
Nur leiſ': wie Gott es will.

Kannſt ſolchen Troſt du faſſen,
So biſt du nicht mehr krank,
So biſt du nicht verlaſſen,
Und kannſt noch ſagen Dank
Für das, was er geſchickt,
Zu lindern deine Qual.
Wär' Glück dir geglückt,
So wär' die Welt ſchaal.

In ird'ſchen Lebensſtunden,
Wen nie was hat gekränkt,
Wer Glück hat gefunden,
Woran das Herz hängt,
Dem wird vor'm Tode bangen,
Der bittre Trank ihm ſcheint,
Du darfſt nach ihm verlangen,
Gott ſendet dir den Freund.

Hab' Frieden drum, Gemüthe,
Ihr Augen weinet nicht,
Daß Gott ſchon vor der Blüthe
Des Lebens Werk zerbricht.
All' Glück bleib' genommen,
Was gut und giebt dir Pein,
Und trag's woher's mag kommen,
In Gottes Schooß hinein.

XVI. Die Freiheitsfrage.

(Streit des Determinismus und Indeterminismus. Verantwortlichkeit, Strafe. Gebet.)

1. Allgemeinere Geſichtspuncte.

Giebt es überhaupt Freiheit in der Welt? Eine Freiheit gewiß, vermöge deren ein Subject ſich aus inneren Triebe oder Motiven, welche Sache ſeines inneren Weſens ſind, ſo oder ſo entſcheiden, bei ſchwankenden Motiven vor der Entſcheidung ſchwanken und ſich gegen äußeren Zwang wehren kann. Wer vermöchte gegen die Thatſache ſolcher Freiheit zu ſtreiten; man könnte ſie dem Menſchen nicht rauben ohne ihn ſo zu ſagen ſich ſelbſt zu rauben oder paſſiv in die Welt verfließen zu laſſen. Und würd' er in Ketten geboren, ſo ſind nur ſeine äußeren Gliedmaßen und die Möglichkeit ſie zu gebrauchen, aber nicht ſeine Gedanken und ſein Wollen innerlich dadurch gefeſſelt, womit er fortfahren kann, ſich in ſich aus ſich ſelber zu beſtimmen, auch Verſuche machen kann, den äußeren Zwang abzuſchütteln.

Inzwiſchen kann jemand äußerlich gehindert ſein, ſeinen inneren Antrieben zu folgen oder von Außen etwas erdulden müſſen, was er nach ſeiner innern Stimmung nicht erdulden möchte; alſo unterſcheidet man innere und äußere Freiheit. Das Wollen und Streben iſt Sache der inneren, die Möglichkeit des Ausführens, das Losſein von äußerem Zwange Sache der äußeren Freiheit; jene kann voll beſtehen, wenn dieſe beſchränkt oder aufgehoben iſt.

Doch auch von Beſchränkungen der inneren Freiheit läßt ſich in gewiſſem Sinne ſprechen. Es kann jemand etwas aus höheren Geſichtspuncten, aus moraliſchen Motiven wollen, wogegen ſeine ſinnlichen Triebe oder egoiſtiſche Motive laufen; und nicht immer gewinnen jene das Uebergewicht. Alſo läßt ſich von einer höheren Freiheit und einer Beſchränkung oder Aufhebung derſelben durch überwiegende niedere Beſtimmungsgründe ſprechen.

Hiernach beſteht eine wichtige Frage: gehen die Selbſtbeſtimmungen eines, in unſerem bisherigen Sinne freien, Subjectes und ſelbſt ſein Schwanken vor der Entſcheidung, wo ein ſolches ſtattfindet, mit geſetzlicher Nothwendigkeit aus dem früheren Zuſtande und den gegenwärtigen Mitbeſtimmungen des Subjectes hervor oder nicht. Nimmt man das Erſte an, nimmt man überhaupt an, daß nicht blos das Wollen, Thun und Laſſen des Menſchen, ſondern alles Geſchehen in der Welt, im materiellen wie geiſtigen Gebiete mit geſetzlicher Nothwendigkeit aus dem Frühern und den gegenwärtigen Mitbeſtimmungen (die ihrerſeits geſetzlich eben ſo folgen) folgt und nur in der einen Weiſe ſo folgen kann, wie es folgt, ſo hat man die ſog. determiniſtiſche Anſicht, nach deren Conſequenz ſelbſt das ganze göttliche Walten in unverbrüchlicher Geſetzlichkeit aus ſich ſelber folgt und nur in der einen Weiſe ſo erfolgen kann, wie es erfolgt.

Giebt's nicht aber auch dem entgegen eine Freiheit, vermöge deren der Menſch, Gott ſelbſt, ſich ſo oder ſo entſcheiden kann, ohne daß weder die äußeren noch inneren Beſtimmungen ſeines bisherigen Weſens die Entſcheidung mit Nothwendigkeit bedingen; vielmehr nach allen vorausgegangenen Gründen noch unbeſtimmt nicht blos für das Wiſſen ſondern der That nach bleibt, wohin die Entſcheidung fallen wird. Nimmt man eine Freiheit in dieſem Sinne an, giebt man dem freien Willen die Macht, die Nothwendigkeit zu brechen, und läßt bei geſtellter Wahl zwei oder mehrere Möglichkeiten der Entſcheidung für das Subject zu, ſo hat man die, mit der vorigen in Kampf liegende, ſog. indeterminiſtiſche Anſicht.

Auch nach der determiniſtiſchen Anſicht hat der Menſch ſeinen freien Willen, aber nur inſofern, als der Wille ihm nicht äußerlich aufgezwungen werden kann, Sache ſeiner Selbſtbeſtimmung bleibt; wohl aber wird er ihm durch die bisherigen inneren Beſtimmungen ſeines Weſens und deren gegenwärtige äußere Mitbeſtimmungen, inſoweit ſolche vorhanden ſind, und ſich in innere Beſtimmungen überſetzen, als nothwendige Folge davon aufgezwungen; nach der indeterminiſtiſchen Anſicht üben auch beide zuſammen auf den freien Willen keinen ſolchen Zwang, ſondern, inſoweit der Wille wirklich frei iſt, beſteht für ihn unabhängig von allen früheren Beſtimmungen und gegenwärtigen äußeren Mitbeſtimmungen die gleiche Möglichkeit, ſich ſo oder ſo zu entſcheiden, und inſoweit ſie nicht beſteht, iſt der Wille eben nicht frei.

Steht das Subject vor zwei Wegen und gilt es, den einen oder andern zu gehen, ſo wählt das Subject in jenem erſten Sinne, in dem auch noch der Determiniſt von Freiheit ſpricht, innerlich frei dazwiſchen, ſofern es den einen vor dem andern nach irgendwelchen inneren Motiven, irgendwie bedingter innerer Luſt, vorzieht, und geht den gewählten Weg äußerlich frei, wenn es weder auf den einen noch andern durch äußere Gewalt geſchoben, noch von einem oder dem andern durch ſolche abgehalten wird; aber die inneren Motive, die innere Luſt, das Gehen ſelbſt ſind mit Nothwendigkeit aus den früheren Beſtimmungen und den Mitbeſtimmungen des Subjectes etwa durch den vorzugsweiſen Reiz des einen oder andern Weges hervorgegangen. Hingegen wird durch all' dies Frühere oder Aeußere für den im andern, dem indeterminiſtiſchen, Sinne, freien Menſchen zwar das Gebiet beſtimmt, in dem die gegenwärtige Entſcheidung zu treffen iſt, und eine Anregung gegeben, ſolche zu treffen; inſofern iſt das Vorausgegangene und Mitbeſtimmende nicht gleichgültig; aber es iſt doch nicht zureichend, die Entſcheidung zu bedingen, die Freiheit tritt noch als etwas davon Unabhängiges, ſo zu ſagen darüber Erhabenes, hinzu, den Ausſchlag nach einer oder der andern Seite zu geben; ohne daß alles Frühere oder Aeußere und alle Luſt, die daraus erwachſen iſt, den Menſchen nöthigt, die eine Wahl vor der andern zu treffen.

Der Indeterminiſt läßt die Freiheit des Determiniſten überhaupt gar nicht als Freiheit gelten, weil er ſeine indeterminiſtiſche Freiheit nicht darin findet, wogegen der Determiniſt die Freiheit des Indeterminiſten nicht gelten läßt, weil er eine ſolche überhaupt nicht in der Welt findet. Begrifflich behalten beide Arten Freiheit doch das gemein, daß danach ein Subject ſich in ſich und aus ſich ſelbſt beſtimmen, von innen heraus für Eins oder das Andre, wozwiſchen zu wählen, entſcheiden kann; nur daß nach der determiniſtiſchen Faſſung dies mit Nothwendigkeit, nach der indeterminiſtiſchen ohne ſolche erfolgt. Im indeterminiſtiſchen Sinne widerſprechen ſonach Freiheit und Nothwendigkeit einander ſchon begrifflich, und dem gewöhnlichen Sprach- und Begriffsgebrauch iſt dieſer Widerſpruch geläufig, wogegen im determiniſtiſchen Sinne beide einander ſo wenig widerſprechen, daß Schelling ſogar Freiheit geradezu für innere Nothwendigkeit erklärt hat.

Kurz kann man ſagen: die Freiheit im erſten Sinne — läßt man den Namen Freiheit noch dafür gelten — iſt geſetzliche Freiheit, ſofern die Selbſtbeſtimmung, welche den allgemeinen Begriff der Freiheit begründet, nach unverbrüchlicher Geſetzlichkeit aus früheren Beſtimmungen folgt; die Freiheit im andern Sinne hingegen iſt ungeſetzliche oder geſetzloſe Freiheit, ſofern ihr unterſcheidender Charakter von der vorigen eben darin liegt, durch kein Geſetz der Folge aus früheren Beſtimmungen gebunden zu ſein, vielmehr die gleiche Möglichkeit zu laſſen, Geſetze, die abgeſehen von Freiheit beſtehen, zu befolgen oder zu brechen. Was doch den Indeterminiſten nicht hindert, dieſer geſetzloſen Freiheit, wenn ſie recht gebraucht wird, einen höhern Werth beizulegen, als der geſetzlichen, ſofern ſie ſozuſagen die Schäden oder ſchlimmen Folgen eines unverrückt befolgten Geſetzes verbeſſern oder verhüten, und den Weltgang vor einem rein mechaniſchen Ablauf bewahren ſoll; indeß der Determiniſt die ungebrochene Geſetzlichkeit vorzieht, weil der Bruch eines, einmal gut angelegten, Geſetzes die Welt nur verſchlimmern, nicht verbeſſern könne. Nach dem Indeterminiſten hält ſich Gott in ſeinem abſolut freien geiſtigen Weſen überhaupt gar nicht durch beſtimmte Geſetze gebunden, hat aber ſolche der materiellen und geſchöpflichen Welt gegeben, und greift nur noch mitunter frei in den dadurch bedingten geſetzlichen Gang ein. Nach dem Determiniſten beruht alle Ordnung im geiſtigen wie materiellen Geſchehen auf Geſetzlichkeit, findet Gott nie nöthig, um die Weltordnung zu beſſern, Geſetze derſelben zu brechen; und wenn doch die Menſchen oft genug die Staatsgeſetze und Sittengeſetze brechen, ſo ſteht dieſer Bruch ſelbſt unter allgemeinen Geſetzen.

Natürlich ſind hiemit blos Geſichtspuncte bezeichnet, welche den Einen und Andern zum Vorzug der einen oder anderen Anſicht beſtimmen können, wonach aber erſt noch zwiſchen der Triftigkeit und Durchführbarkeit dieſer Geſichtspuncte zu entſcheiden iſt.

Die gemeine Anſicht macht ſich weder den Unterſchied noch die Conſequenzen beider Faſſungen der Freiheit recht klar, lobt ſich Freiheit überhaupt, ohne recht zu wiſſen, was ſie damit lobt, und ſträubt ſich meiſt nur deßhalb gegen den Determinismus, weil ſie einen Gegenſatz gegen Freiheit, Selbſtbeſtimmungsfähigkeit überhaupt darin ſieht. Wer nach ſeinem Willen herumlaufen kann, heißt ihr frei; ob aber der Wille frei in determiniſtiſchem oder indeterminiſtiſchem Sinne iſt, danach fragt ſie nicht, das intereſſirt ſie nicht, ja ſie verſteht die Frage nicht.

Wiſſenſchaftlicherſeits haben ſich weit die meiſten Naturforſcher, und, wenn ſchon keineswegs alle Philoſophen, doch ein großer Theil derſelben, für den Determinismus entſchieden, erſtere im Intereſſe einer vollen Durchführung der Geſetzlichkeit, deren Verfolgung im Naturgebiete ihre Hauptaufgabe iſt, und mit Rückſicht auf das Verhältniß der Bedingtheit, was zwiſchen materiellem und geiſtigem Gebiet beſteht; letztere im Intereſſe einer einheitlichen Weltanſicht, ſowie wegen der aprioriſtiſchen Schwierigkeiten der indeterminiſtiſchen Anſicht, wovon zu ſprechen ſein wird. Inzwiſchen ſchienen doch praktiſche Rückſichten den Indeterminismus zu fodern, daher der gegentheilige Vorzug deſſelben Seitens der Theologen und Moraliſten, ſowie gar mancher Philoſophen.

Es giebt Behandlungsweiſen der Freiheitsfrage, welche derſelben dadurch beizukommen meinen, daß ſie den Begriff und das Wort Freiheit nur für Selbſtbeſtimmung aus vernünftigen oder moraliſchen Geſichtspuncten in Anſpruch nehmen; und daß Letzteres in einem gewiſſen engern Sinne geſchehen kann, iſt oben (S. 164) beſprochen. Aber was iſt für die Hauptfrage damit erreicht? Daß es ſolche Selbſtbeſtimmung giebt, bezweifelt niemand, dem ſie nicht ſelber fehlt; aber kann ſie nicht ebenſo determinirt als die Selbſtbeſtimmung durch niedere Triebe und Motive ſein? Es gilt, den Stier der Frage an den Hörnern zu faſſen, ob Determinismus oder Indeterminismus, und beide im Streit darum klar auseinander zu halten.

Geht nun an uns die Frage in dieſer Hinſicht, ſo iſt die nächſte Antwort die: es kommt weſentlich darauf an, ob man die Frage in Beziehung zur Tagesanſicht oder zur Nachtanſicht ſetzt. Das Erſtere iſt bisher nicht folgerecht geſchehen, hier ſoll es geſchehen; und damit wird der Determinismus die Oberhand gewinnen. Aber laſſen wir den Indeterminismus ſich erſt noch etwas beſtimmter als bisher ausſprechen, ehe wir den Determinismus mit gleicher Beſtimmtheit dagegen vertreten, indem wir dabei in Kürze die vorigen Beſtimmungen wieder mit aufnehmen.

2. Vertretung des Indeterminismus.

Etwa ſo ſpricht der Indeterminiſt.

Was auch in der Welt vorausgegangen ſei, Alles zuſammen reicht nicht hin, die Folge zu beſtimmen, indem der Geiſt in jedem Augenblicke vermöge ſeiner Freiheit ſich ſelbſt rückſichtslos auf Früheres neu fortbeſtimmen und durch davon abhängige Eingriffe in die materielle Welt auch in das natürliche Geſchehen Aenderungen bringen kann, die aus keinen Naturgeſetzen erklärbar ſind. Daher die Unberechenbarkeit der Handlungen eines Menſchen, der ſeine Freiheit braucht.

Gott ſelbſt kommt dieſe Freiheit abſolut zu; auch dem Menſchen aber hat er ſie von vorn herein, mindeſtens in Bezug auf ſittliche Dinge, als ein höchſtes Gut geſchenkt. Vermöge derſelben kann der Menſch zwiſchen Gutem und Böſem wählen, ohne durch irgendwelche, ſei es innerlich oder äußerlich vorgegebene Beſtimmungen genöthigt zu ſein, eins vor dem andern zu wählen, ſo allen Menſchen voran der frei geſchaffene und mit Freiheit begabte Adam. Durch wiederholte Entſcheidungen im einen oder andern Sinne beſchränkt der Menſch zwar gewiſſermaßen dieſe Freiheit, ſofern es ihm danach immer leichter wird, ſich ſo oder ſo zu entſcheiden; auch hat er ſie immer mehr in gutem Sinne zu beſchränken, ſo daß es ihm endlich wie nothwendig wird, gut zu handeln, doch hat dieſe Beſchränkung, um verdienſtlich zu ſein, ſelbſt aus Freiheit zu geſchehen, und niemals hat er damit die Freiheit völlig Preis zu geben, vielmehr ſie in ſofern voll zu wahren, als es ihm immer noch ganz frei bleibt, auch größerer Schwierigkeit entgegen vielmehr ſo als ſo zu wollen, indem er der größeren Schwierigkeit einen ſtärkern freien Antrieb entgegenſetzt. Daß der Menſch durch Motive, die nicht aus ſeiner Freiheit ſtammen, mitbeſtimmt wird, iſt nicht zu leugnen, aber ſie kommen für den freien Menſchen eben nur als Anregungen in Betracht, ſeine Freiheit in dem oder jenem Gebiete zu gebrauchen, ohne ihn je zwingen zu können.

Eine Entſcheidung und demgemäße Handlung hat überhaupt nur inſofern ſittlichen Werth oder Unwerth, als ſie Freiheit vorausſetzt und aus Freiheit erfolgt, daher die Thiere, als der Freiheit entbehrend, nicht ſündigen können. Die Freiheit, fällt überhaupt nur in das geiſtige, und für den Menſchen vielleicht nur in das ſittliche, Gebiet, geht hiegegen der Natur, den niedern beſeelten Weſen und den niedern Trieben des Menſchen ſelbſt ab, die der Menſch deßhalb mit höherer Freiheit beherrſchen ſoll. Daß ein geſetzlicher Gang im geiſtigen wie materiellen Geſchehen überhaupt beſtehe, wird nicht geleugnet; nur daß da, wo Freiheit iſt, in jeder Zeit ein Bruch dieſer Geſetzlichkeit bewirkt werden kann. Dadurch kommen immer neue, durch nichts vorher zulänglich bedingte, Anfänge, Anſtöße in den Weltlauf, von welchen ab das Geſchehen bis zu abermals neuen Anſtößen ſeinen nothwendigen geſetzlichen Gang befolgt. Möglicherweiſe jedoch entzieht ſich bei allem, unter geiſtigem Einfluß ſtehenden, Geſchehen etwas der vollen Geſetzlichkeit vermöge Freiheit, nur daß die Ausnahmen in den ſog. Acten freien Willens am unverkennbarſten hervortreten.

Zur Begründung dieſer Anſicht wird geltend gemacht, daß man den Anfang der Dinge von nichts Vorausgehendem determiniſtiſch abhängig anſehen könne, weil dem Anfange eben nichts vorausgehe, ein regressus in infinitum aber ſich der Vorſtellbarkeit oder Denkbarkeit entziehe; alſo müſſe es doch ein indeterminiſtiſch freies Princip für den Anfang der Welt gegeben haben, und warum dann nicht auch für den Fortgang. — Weiter: daß ſich nur durch die indeterminiſtiſche Anſicht das unmittelbare Gefühl erkläre, bei freiſtehender Wahl durch nichts genöthigt zu ſein, ſich ſo oder ſo zu entſcheiden. — Weiter: daß eine ſtrenge geſetzliche Nothwendigkeit, wenn überhaupt irgendwo, jedenfalls nicht über das Naturgebiet hinaus nachweislich ſei, ſowie

Willensentſchlüſſe aber oft in einer Richtung erfolgen, die jeder Berechnung aus dem Vorgegebenen ſpotten. — Weiter: daß nicht blos die materielle ſondern auch geiſtige Welt durch die deterministiſche Anſicht einem maſchinenmäßigen Gange anheimfalle; indeß nach der indeterminiſtiſchen die materielle Welt ſelbſt durch die ſich erneuernden Eingriffe des freien Geiſtes davor geſchützt werde. — Weiter, daß, wenn mit unerbittlicher Nothwendigkeit eben nur das komme, was kommen müſſe, möge der Menſch thun, was er wolle, er ſeine Hände in den Schooß legen könne, und alle Antriebe zur Thätigkeit für ihn wegfallen. — Weiter: daß Sittlichkeit, Verantwortlichkeit und Gefühl der Schuld nur damit beſtehen können, daß die Schuld ſelbſt nicht durch Nothwendigkeit hervorgetrieben ſei. — Endlich: was könne ein Gott zur Welt und ein Gebet zu Gott noch nützen, wenn Alles mit unverbrüchlicher Nothwendigkeit von Statten gehe. Könne Gott und ein Gebet zu Gott die Nothwendigkeit bezwingen?

3. Vertretung des Determinismus.

Welch' ſchwere Anklagen gegen den Determinismus. Ihnen entgegen nimmt der Determiniſt zuvörderſt mit Gegenanklagen das Wort, um nachher auch jenen Vorwürfen zu begegnen, damit aber Anlaß zu weiteren Gegenanklagen zu finden.

Sei dem Menſchen die Wahl zwiſchen zwei Möglichkeiten geboten. Wenn die Beſtimmtheit ſeines bisherigen Weſens zuſammen mit der Beſtimmtheit, welche er von Außen empfängt (die ſich übrigens doch auch in eine innere Beſtimmtheit umſetzt), ihn nicht nöthigt, ſich vielmehr nach der einen als andern Seite zu entſcheiden, was entſcheidet überhaupt die Wahl? Fällt die Entſcheidung, wenn eine ſolche indeterminiſtiſch doch erfolgt, nicht wie etwas Zufälliges, dem bisherigen Weſen Fremdes, von ihm Unabhängiges, gleichſam aus der Luft, in das Weſen hinein, ſtatt aus ihm zu kommen und es conſequent fortzuentwickeln. Zwar die indeterminiſtiſche Freiheit ſoll ſelbſt zum bisherigen wie folgenden Beſtande eines Weſens gehören, ja das werthvollſte Moment deſſelben ſein, aber ihrem Begriffe nach dem Weſen die, von ſeinen übrigen Beſtimmungen unabhängige, gleiche Möglichkeit laſſen, ſich ſo oder ſo zu entſcheiden; wie aber kann es ſich dann überhaupt entſcheiden und wie kann die Entſcheidung aus einer ſolchen Freiheit, die das ganze bisherige Weſen nichts angeht, daſſelbe verantwortlich machen? Ja was ſteht mir dafür, wenn ich, ſtatt durch indeterminiſtiſch freie Entſchlüſſe, vielmehr durch gute angeborene Anlagen, Erziehung, Beiſpiel u. ſ. w. dahin gekommen bin, daß es mir zur zweiten Natur geworden iſt, im Sinne der allgemeinen Richtung der göttlichen Weltordnung, was wir in gutem Sinne nennen, zu fühlen, zu denken, zu handeln, daß nicht die folgenden freien Entſchlüſſe mich das Schlechte vor dem Guten vorziehen laſſen. Alle Motive, die aus dem bisherigen Daſein erwachſen, ſollen ja blos als Anregungen dienen, meine Freiheit indeterminiſtiſch zu brauchen, worin gar keine Sicherſtellung für den Vorzug, ja für die Wahrſcheinlichkeit des Vorzuges des Einen vor dem Andern liegt. Zwar wird (wenigſtens von gewiſſer Seite) von einer allmählig ſich vollziehenden Selbſtbeſchränkung der Freiheit in gutem Sinne geſprochen; aber eben ſo leicht könnte es eine ſolche im ſchlechten Sinne ſein; und wie läßt ſich überhaupt ein klarer Begriff von einer *Beſchränkung* indeterminiſtiſcher Freiheit faſſen. Entweder läßt ſie gleiche Möglichkeit der Entſcheidung nach zwei Seiten; dann iſt ſie ganz da, und könnte eigentlich gar keine Entſcheidung erfolgen, oder es überwiegt ein Beſtimmungsgrund nach einer Seite, dann iſt ſie gar nicht da.

Aprioriſtiſche Schwierigkeiten dieſer Art ſind hier wohl nicht das erſtemal erhoben, ohne daß ich wüßte, wo ſie genügend gehoben wären.

Bedenken wir dazu, daß der Indeterminismus zwei Principien des Geſchehens, das der Geſetzlichkeit und einer ſich davon emancipirenden Freiheit in die Welt einführt, indeß der Determinismus mit einem auszukommen weiß, — daß der Indeterminismus, indem er ſtörende Eingriffe in den Naturlauf durch geiſtige Freiheit zuläßt, den Dualismus zwiſchen Geiſt und Materie ſanctionirt, ohne die Möglichkeit zu laſſen, ihn in einer höhern Einheit aufzuheben, — und daß alle Schwierigkeiten, das Daſein des Uebels mit dem Daſein eines allgütigen und allmächtigen Gottes zu vereinbaren, nach indeterminiſtiſcher Anſicht ungehoben bleiben (vergl. V. 6).

Inzwiſchen mit allen dieſen Schwierigkeiten gegen den Indeterminismus ſind die von ſeiner Seite gegen den Determinismus erhobenen noch ungehoben, und ſo wenden wir uns jetzt zu dieſen.

Den Weltanfang anlangend, ſo läßt ſich nach einer bekannten Antinomie von da aus überhaupt kein Schluß auf die Folge machen. War nichts, auch kein Gott, vor einem beſtimmten Zeitpunct, da, ſo läßt ſich nicht denken, daß je etwas entſtehen konnte, aus Nichts wird Nichts; ein Rückgang ins Unendliche läßt ſich anderſeits in der Vorſtellung oder im Denken nicht vollſtändig vollziehen. Setzen wir aber denſelben doch idealerweiſe im Begriff der Ewigkeit vollzogen, hienach Gott von Ewigkeit beſtehend und die Welt als ſein Geſchöpf, ſo wird er ſie natürlich in indeterminiſtiſchem oder determiniſtiſchem Sinne geſchaffen haben, jenachdem ſein Weſen ſelbſt ſo oder ſo beſchaffen war, und das iſt die Frage, um die es ſich handelt, die ſich aber nicht durch eine Vorausſetzung darüber entſcheiden läßt.

Was am ſchlagendſten für die indeterminiſtiſche Anſicht zu ſprechen ſcheinen könnte, iſt jenes ſcheinbar unvermittelte Gefühl indeterminiſtiſcher Freiheit bei Entſchließungen, die wir nun eben frei nennen. Ich kann ſo, ich kann ſo wollen, und finde weder äußere noch innere Beſtimmungsgründe in mir, die mich zu dem einen oder andern zwingen, kann alſo auch beliebig zwiſchen beiden ſchwanken, ja es widerſtrebt mir, zu denken, daß ich nur wollen kann, was ich wollen muß.

Und doch liegt nichts Durchſchlagendes hierin. Sollte das Schwanken vor dem Entſchluſſe für indeterminiſtiſche Freiheit ſprechen, ſo hätte auch das Rohr, was mehr oder weniger lange ſchwankt, ehe es ſich nach beſtimmter Richtung neigt, indeterminiſtiſche Freiheit. Und ſehe ich näher zu, wie der freiſte Entſchluß, was ich ſo nenne, endlich zu Stande kommt, ſo iſt es ein, im Bewußtſein endlich zum Uebergewicht kommendes Motiv, was nicht aus der Luft, ſondern aus dem frühern Entwicklungsgange her und den gegenwärtigen Mitbeſtimmungen ſtammt, das zur Entſcheidung führt; das Gefühl aber, ſich vorher noch ſo oder ſo entſcheiden zu können, iſt eben nur das Gefühl, daß von den hiehin und dorthin treibenden Motiven noch keins zum Uebergewicht gekommen iſt; endlich ſiegt ein Motiv, und ſofern der Streit wie Sieg in's eigene Innere fällt, uns nicht äußerlich aufgezwungen iſt, rechnen wir Beides als Sache innerer Freiheit. Das Widerſtreben aber, uns nothwendig beſtimmt zu finden, iſt freilich ſo lange natürlich, als man nicht den Glauben hegt, daß es eine nothwendige Beſtimmung zum Guten und zur endlichen Verſöhnung aller Trübſal ſei, das heißt, ſo lange man nicht den Glauben der Tagesanſicht hegt; im Sinne dieſes Glaubens aber wird ſich der Gute nur freuen können, ſelbſt ein nothwendiges Werkzeug der Weltordnung zur Herbeiführung guter Ziele und dabei ſeiner inneren Zukunft ſicher zu ſein.

Zuzugeben iſt: durch Erfahrung allein läßt ſich weder für Determinismus noch Indeterminismus ſicher entſcheiden. Nicht einmal für die Naturereigniſſe iſt ein ſtreng geſetzlicher Gang ſtreng erwieſen, geſchweige für das geiſtige Geſchehen. Wer kann von einem plötzlich eintretenden Windſtoß, wer von einem plötzlichen Einfall, den jemand hat, beweiſen, daß ſie nothwendige Folgen vorausgegangener Bedingungen ſind. Wer kann anderſeits beweiſen, daß in der Complication der vorausgehenden Urſachen die Erklärbarkeit ſolcher Vorgänge nicht liegt, nur daß man ihr mit Beobachtung und Rechnung nicht nachkommen kann. Uebrigens wird der Indeterminiſt ſelbſt am wenigſten geneigt ſein, gerade Vorgänge dieſer Art, deren Urſächlichkeit wir nicht verfolgen können, in ſeinem Sinne frei entſtanden zu denken, wogegen für die Willensentſcheidungen zum Guten und Böſen, denen zu Liebe ſozuſagen der Indeterminismus erfunden iſt, die Gründe in der Vergangenheit faſt immer wenigſtens im Allgemeinen aufzufinden ſind. Gewiß iſt, daß, je weiter man in der Erkenntniß der Bedingungen des Geſchehens und Verwerthung der Geſetze gekommen iſt, um ſo mehr der Determinismus auch von Erfahrungsſeite her an Wahrſcheinlichkeit gewinnt, indeß in begrifflichen und praktiſchen Gründen das Durchſchlagende liegt.

Man ſagt, daß der Determinismus die Welt zur Maſchine mache, und damit gilt er Vielen für abgethan. Und die vortheilhafteſte Eigenſchaft der Maſchine ertheilt er der Welt gewiß. Was wäre eine Maſchine, der es eben ſo frei ſtände, gut wie ſchlecht zu gehen, für die es kein Geſetz gäbe, das ihren Gang ſicher zum richtigen Ziele führte. Eine Maſchine aber kann nicht wollen, denken, fühlen, ſich nicht aus ſich heraus entwickeln, nicht ſich ſelber beſſern; das behält auch die determinirte Welt vor der Maſchine voraus. Sind Liebe, Freundſchaft Gottvertrauen, ſo weit ſie in der Welt ſind, darum ſchlechter, daß ſie nothwendig ſind, und wäre das Gegentheil, ſo weit es da iſt, darum beſſer, daß es auch nicht ſein könnte. Vielmehr iſt das gut, daß es im Sinne der Tagesanſicht beſſer werden *muß*, und die einzige Entſchuldigung ſeines Daſeins die, daß es da ſein mußte. Wohl möchteſt du dem Determinismus fluchen, wenn er dir wehrte, einſt beſſer zu werden, und es einſt beſſer zu haben, weil du einmal zum Schlimmen beſtimmt biſt; das iſt der ſchlechte Determinismus der Nachtanſicht, und nicht beſſer der Indeterminismus, der die gleiche Möglichkeit nach beiden Seiten läßt; aber Beſſeres kannſt du nicht wollen, als daß du nach unverbrüchlicher Nothwendigkeit dahin geführt wirſt, einſt beſſer zu werden und es einſt beſſer zu haben. Das iſt der tröſtliche Determinismus der Tagesanſicht. Ja ſo ſchlimm es in der Welt iſt und ſo Schlimmes aus Schlimmem kommt, doch läßt ſich glauben, daß nach den beſtehenden Geſetzen es keinen kürzern, ja andern Weg giebt, das Schlimme zum Beſſern zu wenden, als den die Welt geht. Man muß nur eben den Glauben der Tagesanſicht dazu haben; die Gründe für dieſen Glauben aber ſind anderwärts beſprochen.

Du ſagſt: ſo laß die Welt gehen, wie ſie nun eben geht, wenn ſie einmal mit Nothwendigkeit geht, was brauche ich mich dann noch darum zu mühen; der Verbrecher ſagt: was tadelſt du mich; ich bin durch Nothwendigkeit ſo wie ich bin. — Du magſt es ſagen, er mag es ſagen; aber die Nothwendigkeit läßt euch nicht müßig gehen; und reicht die Warnung nicht hin, dich zur Thätigkeit, ihn zur Beſſerung zu nöthigen, ſo wird die Strafe es endlich thun; wohl euch, wenn es die Warnung ſchon thut. Die Warnung iſt in Conflict mit andern Beſtimmungsgründen, die ſich zur Nöthigung ergänzen, oft nur ein ſchwaches Mittel; die Strafe aber kann ſich bis dahin ſteigern, daß ſie dich zwingt. Und je länger die Trägheit oder Bosheit andauert und je mehr ſie wächſt, ſo ſichrer darf ſie nach dem ſchon im Diesſeits ſpürbaren, im Jenſeits fortgeführten und ſich vollendenden Gange der Weltordnung darauf rechnen, daß ſich die Strafe einſtellt und ſo lange wächſt, bis ſie die Beſſerung erzwingt.

Zur Erläuterung ein Beiſpiel, was zugleich als Bild paßt.

Setzen wir einmal, ein Junge, der ſeine Unarten erſt ganz naiver Weiſe begangen hat, hört, daß Alles in der Welt, auch Wollen und Handeln des Menſchen, aus reiner Nothwendigkeit folgt. Halt, denkt er, damit kannſt du ja künftig deine Unarten entſchuldigen; und alsbald begeht er eine ſolche. Der Vater ſchlägt ihn dafür. Was ſchlägſt du mich, ſagt der kluge Junge, ich kann nichts für meine Unart, die Nothwendigkeit meines Weſens bringt's ſo mit. Ganz gut, ſagt der Vater, aber die Nothwendigkeit meines Weſens bringt's auch mit, daß ich dich dafür ſchlage. Der Junge meint, was geht mich dieſe fremde Nothwendigkeit an, wenn die eigene innere Nothwendigkeit mich forttreibt, dieſelbe Unart zu begehen; alſo begeht er ſie aber- und abermals; jedesmal ſchlägt ihn der Vater dafür ſtärker; und damit findet ſich der Junge endlich doch innerlich genöthigt, dieſelbe Unart nicht mehr zu begehen. Für den Jungen ſetze den Menſchen, für die Schläge Strafen überhaupt, für den Vater die göttliche Weltordnung, die damit, daß ſie nothwendig, und hiemit zugleich nöthigend, iſt, nicht minder bewußt verwaltet werden kann, weil ja eben alles Bewußte ſo gut als Unbewußte nach Geſetzen der Nothwendigkeit von Statten geht.

Freilich ohne den Glauben an ein ſtrafendes und lohnendes Jenſeits wäre es mit der vorigen Anſicht nichts; denn die Prügel laſſen oft in der göttlichen wie menſchlichen Erziehung auf ſich warten. Im

Allgemeinen aber zeigt ſich doch in der menſchlichen Erziehung, daß, wenn ein Junge im Hauſe nicht genug Prügel bekam, er nachmals um ſo mehr, nur in andrer Form, außer dem Hauſe bekommt; reicht aber auch das nicht oder verſchiebt ſich von hier noch weiter, nun ſo iſt eben das Jenſeits ein weiteres Stadium, über das hinaus ſich's nicht weiter verſchieben kann. Man ſieht jedenfalls ſchon hienieden die Richtung des allgemeinen Ganges der Dinge; weil aber dieſer mit dem Hienieden noch nicht zu Ende iſt, kann man auch hienieden nur die Richtung, nicht das Ende zu ſehen verlangen. Es wäre nun ſonderbar, wenn wir einen überhaupt weſentlichen und von andrer Seite her geſtützten Factor der Tagesanſicht, d. i. den Glauben an's Jenſeits, hier oder ſonſt an irgend einer Stelle, wo er ganz natürlicherweiſe als eine ſonſt fehlende Ergänzung auftritt, fallen laſſen wollten. Vielmehr, daß es ſeiner dazu bedarf, trägt ſelbſt bei, ihn zu ſtützen.

Nun kann man ſagen, um wieder an das vorige Beiſpiel anzuknüpfen, beſſer wäre es doch geweſen, wenn der Vater dem Jungen jene Entſchuldigung, zur Unart genöthigt zu ſein, von vorn herein abgeſchnitten hätte; und wirklich iſt die Beſorgniß, der Schlechte werde bei der determiniſtiſchen Anſicht Alles auf die Nothwendigkeit ſchieben, ein Hauptmotiv des Indeterminismus. Die Moralität müſſe damit leiden, ja der Begriff der Sittlichkeit ſelbſt damit verloren gehen. Und damit gilt der Determinismus noch von einer andern Seite und zwar auf's Gründlichſte als abgethan, ſo ſehr, daß man als dritte Foderung in höchſten und letzten Dingen zu Gott und Unſterblichkeit auch Freiheit — man meint aber damit die indeterminiſtiſche — aufzuſtellen pflegt. Ich würde für ſolche Freiheit ſetzen „Nöthigung zum Guten.“

Wie nun würde die indeterminiſtiſche Vermahnung des Vaters an den Jungen ſtatt der determiniſtiſchen Maßregelung deſſelben zu lauten haben. Um conſequent und offen zu ſein, würde er, denke ich, etwa ſo zu ſprechen haben.

Es ſteht dir eben ſo frei, die Unart zu begehen als nicht zu begehen, und nach noch ſo vielen Schlägen wirſt du dieſe Freiheit behalten, ohne die es keinen moraliſchen Werth des Menſchen giebt, es ſei denn, daß du dich ſelbſt mit Freiheit und nicht wegen der Schläge deiner Freiheit begiebſt. Wenn ich dich alſo jetzt ſchlage, ſo weiß ich eigentlich nicht, warum ich es thue, da ich dir dieſe Freiheit damit doch nicht verkürzen kann und darf. Sollteſt du durch die Schläge oder andre Strafen oder auch durch Belohnungen dahin gebracht ſein, dich gut zu betragen, ſo hätte das gar keinen Werth; eher das Gegentheil, ſofern es überhaupt zu tadeln iſt, ſich in ſittlichen Dingen durch Vortheile und Nachtheile beſtimmen zu laſſen. Alſo widerſtehe der Verſuchung, dich dadurch vom Böſen abhalten zu laſſen; das darf blos Sache deiner Freiheit ſein. Wenn ſchon aber die Schläge nichts zu deiner wahren moraliſchen Bildung helfen können, ſo nimm ſie doch geduldig hin; es liegt nun einmal in der Weltordnung, daß Sünde Sühne verlangt, wenn ich auch wieder nicht weiß, warum ſie auf das moraliſche Uebel noch ein phyſiſches geſetzt wiſſen will. Frage die Rechtslehrer darum; die werden es wiſſen. Etwas nachhelfen zur moraliſchen Bildung mögen die Strafen immerhin, wenigſtens nimmt ſich's praktiſch ſo aus, wenn man's auch theoretiſch nicht zugeben darf. Sie regen wenigſtens zur Beſinnung an, wonach es aber dem Menſchen immer noch freiſteht, ſich um die Strafe zu kümmern oder nicht, und nur inſofern er ſich nicht darum kümmert, iſt ſeine Handlung gut oder ſchlecht. Im Grunde, lieber Sohn, wirſt du dich wohl ſchon vor der Geburt oder in einem metaphyſiſchen transcendentalen intelligiblen zeit-, raum- und erſcheinungsloſen Reiche der Dinge an ſich zum Guten oder Schlechten, hiemit zum Himmel oder zur Hölle entſchieden haben, da kann niemand etwas dafür, nicht einmal der liebe Gott; laß dir alſo gefallen, was die Freiheit nun einmal aus dir gemacht hat. Iſt dein intelligibler Charakter da in zeitloſer Ewigkeit fertig geworden, ſo hängt dann freilich in ſeiner zeitlich empiriſchen Erſcheinung Alles im Sinne des Charakters nothwendig zuſammen und ſieht ſomit ganz deterministiſch aus, aber den intelligiblen Charakter haſt du doch ſelbſt mit Freiheit gemacht; und wenn deterministiſche Gegner deiner Freiheit mit empiriſchen Thatſachen zu ſehr zuſetzen, ſo braucht ſie ſich blos in das intelligible Gebiet zu retten; da kann Niemand nachkommen, und das iſt die Hauptſache. Um ſo beſſer aber ſiehſt du nun ein, wenn du überhaupt etwas von all' dem einſiehſt, daß alle empiriſche Erziehung im Grunde nichts leiſten kann, dich beſſer zu machen; dein Charakter iſt ja ſchon in zeitloſer Ewigkeit fertig.

Laſſen wir den unergründlichen Tiefſinn der intelligiblen, im Grunde doch vielmehr inintelligiblen, Freiheit, bis zu dem der Altvater der neueren Philoſophie bekanntlich fortgeſchritten iſt, auf ſich beruhen, und bleiben beim empiriſchen Gebiet. Da ſtellen ſich mir einige Frauen vor Augen, in denen es ſozuſagen keine Sünde giebt, wenigſtens kommen ſie mir ſo vor. Sie ſind aus guter Familie, ihre Aeltern ehrenwerthe, in auskömmlichen Verhältniſſen lebende, Leute, ſie genoſſen die ſorgfältigſte Erziehung, alles Unreine wurde von ihnen fern gehalten, ſie hatten an ihren Aeltern gute Beiſpiele, und gute Beiſpiele wurden ihnen vorgehalten. Ueber das irdiſche Diesſeits hinaus wurde ihnen ein Blick nach Oben und ins Jenſeits eröffnet. Dabei ward der Befriedigung und Entwickelung ihrer angeborenen Neigungen ſo weit freier Lauf gelaſſen, als ſich's mit der Geſundheit, Sittlichkeit und Sitte vertrug, bei jeder kleinſten Abweichung davon aber wurden ſie durch Aeußerungen des Mißfallens ihrer Aeltern, Bedrohung, Beſtrafung und über Alles durch Hinweis auf Gefallen und Mißfallen Gottes und jenſeitige Folgen der Sünde auf den rechten Weg zurückgeführt, ſo daß es ihnen endlich zur andern Natur ward, nur den rechten Weg zu gehen, und ein inneres Widerſtreben entſtand, auch nur um das Kleinſte davon abzuweichen. So weit ſich's verfolgen läßt, that die Erziehung und die angeborene Anlage hiebei Alles und glücklicherweiſe war dieſe Anlage eine glückliche.

Aus dem Geſichtspunct des Indeterminismus hat all' das, was ſo entſtanden iſt, keinen eigentlichen Werth. Denn dieſe Frauen haben ſich nicht aus innerer Freiheit, der es gleich leicht war, ſich zum Guten oder Schlechten zu wenden, ſelbſt ſo tugendhaft gemacht; ſie ſind durch die Mittel der Weltordnung ſo gemacht, zu denen ihre angeborene Anlage mit gehört. Wie ich aber einen leuchtenden Edelſtein oder ein ſchönes Kunſtwerk darum nicht weniger ſchätze, daß ſie ſich nicht ſelbſt gemacht, nur etwas vom eigenen Stoffe dazu hergegeben, ſo ſolche Charaktere. Mit Dank und Freude begrüße ich ſie als Beweiſe, daß es die Weltordnung ſchon hienieden zu etwas hat bringen können, was reines Wohlgefallen weckt; daß ſie ſozuſagen mitunter ſchon hier mit etwas in dem Sinne fertig geworden iſt, wohin ſie überall ſtrebt.

Gegenüber habe ich mir freilich auch Charaktere vorzuſtellen, die mit ungünſtigſten Anlagen geboren, unter ungünſtigſten Verhältniſſen erzogen, nach dem nothwendigen Erfolge dieſer Vorbedingungen es nur zu einem laſterhaften Leben und Streben gebracht haben, und habe eben ſo zu bedauern, daß die Weltordnung mit allen ihren Mitteln doch über die Möglichkeit ſolcher Charaktere hienieden nicht hinausgekommen iſt. Aber während ich an jenen Charakteren eine reine Freude habe, habe ich für dieſe eben nur ein Bedauern, daß die Welt dadurch noch Schaden leiden muß, und daß dieſe Menſchen ſelbſt zu gewärtigen haben, noch durch Schaden klug werden zu müſſen. Einen Grund, ihnen dieſen Schaden, d. h. ihre Strafe, zu erſparen, ſehe ich aber nicht darin, daß ſie ſo ſchlecht werden *mußten*, ſondern nur den Vorderſatz zur gleichen Nothwendigkeit, daß ſie einſt beſſer werden müſſen, und es nicht anders als mittelſt Durchgangs durch eigenen Schaden können.

Jetzt ſtellen wir beide extreme Fälle noch aus folgendem Geſichtspuncte einander gegenüber; extreme Fälle ſind eben dazu am geeignetſten, — um uns klar zu werden, daß die Richtung der Weltordnung wirklich dahin geht, das ſittlich Gute zu halten und zu födern, dem Schlechten durch die Folgen der Schlechtigkeit ſelbſt Widerpart zu halten und es zu hemmen.

Jene Frauen genießen allgemeine Achtung, Liebe, Alles kommt ihnen entgegen, ſie ſelbſt erfreuen ſich der Ordnung und des Gedeihens ihres Haushaltes, des Segens, den ſie um ſich breiten, über Alles eines guten Gewiſſens; und das Gefühl, ſich ſelbſt nicht genug zu thun, läßt ſich wohl tragen und würde ſich noch leichter von ihnen tragen laſſen, wenn ihnen nicht die Theologie in überflüſſiger Weiſe wegen ihrer doch eingefleiſchten Sündhaftigkeit die Hölle heiß machte. Und der Laſterhafte gegenüber? Alles iſt wider ihn, man haßt ihn, man verachtet, man verſtößt ihn, man ſperrt ihn ein, er hat keinen inneren Frieden, die Unmäßigkeit oder ſündige Luſt rächt ſich in Folgen am eignen Leibe.

Zwar vor den Augen der Welt geht es dem Schlechten oft beſſer als dem Guten und das nimmt man als Grund, die Weltordnung zu verklagen. Aeußerlich mag's ihm beſſer gehen; aber ob auch innerlich? Nicht nur in extremen Fällen aber, auch durchſchnittlich, fährt der Fleißige, Mäßige, Gerechte, Ehrliche, Wohlthätige, ſelbſt äußerlich beſſer, als der das Gegentheil davon iſt, und was anfangs nicht in dieſem Sinne durchſchlug, ſchlägt ſchon dieſſeits meiſt vor dem Ende durch; und wenn ſelbſt dem Beſten ſchweres Leid begegnen kann, ſo hilft ihm der Blick über das Dieſſeits hinaus; was hilft dem Laſterhaften darüber hinaus?

Wahr iſt's, wenn die Erziehung am Kinde verſäumt hat, es zum Guten heranzuziehen, und dazu gehören Strafen, obwohl ſie nicht allein dazu gehören, auch Belohnung und Beiſpiel gehören dazu — ſo reichen die ſpätern Strafen ſelten aus, die Beſſerung noch im Dieſſeits herbeizuführen, es ward zu viel verſäumt, ja der Menſch verſinkt wohl im Zuchthaus im Zuſammenſein mit böſen Geſellen, nur immer tiefer in das Laſter. Und während der Gerechte, umringt von denen, die ihm theuer waren, mit einem Blick nach Oben ſtirbt, hängt ſich zuletzt der Laſterhafte, wird abgeſchnitten und in die Grube geworfen, ohne ſich gebeſſert zu haben; es bleibt ihm keine Wahl; aber dies letzte Mittel, ſich vor der Uebermacht der ſtrafenden Folgen ſeiner Sünden diesſeits zu retten, rettet ihn nicht nur nicht vor den jenſeitigen, ſondern wirft ihn denſelben wie Henkern, die auf ihn warten, zu; und wenn diesſeitige Torturen nur Geſtändniſſe erzwingen, ſo werden die jenſeitigen endlich Beſſerung erzwingen. So wird die Hölle damit, daß ſie den Böſen bezwingt, endlich ſelbſt bezwungen.

Und womit beweiſeſt du das? fragt man. Wieder ſage ich: Ich beweiſe es nicht; ich glaube es; aber es iſt ein Glaube, der mit Allem, was ich weiß und was ich ſchließen kann, und aus praktiſchem Geſichtspuncte zu fodern habe, vernünftig zuſammenhängt. Glaube es nicht, der du lieber im Laſter verharrſt; hänge dich, aber fürchte dich; ſichrer jedenfalls, dich noch im Diesſeits zu beſſern.

Nach all' dem geht die Verantwortlichkeit durch den recht gefaßten Determinismus nicht verloren; ſie ſtellt ſich nur unter einem andern Geſichtspunct als im Sinne des Indeterminismus dar. Der Menſch iſt in ſofern verantwortlich, als er für Unrechtthun Strafe aus dem Geſichtspuncte zu erwarten hat, daß ſie in ihren Folgen ihm ſelbſt wie der Welt gedeiht. Daß ſeine Sünde nothwendig iſt, ändert nichts darin. Der Gedanke aber, daß eine Strafe, welche die Sünde endlich überbietet, eben ſo nothwendig eintritt, mag dieſe Nothwendigkeit ſich heute oder morgen, hier oder da, diesſeits oder jenſeits erfüllen, zählt, wo er auftritt, ſelbſt mit unter den Mitteln der Weltordnung, Sünden zu verhüten und ſich dadurch in gutem Stande und Gange zu erhalten; und es ändert wieder nichts in der Güte dieſes Mittels, daß er nothwendig auftritt, wo er auftritt. Wo er aber nicht auftritt oder nicht genug wirkt, nun ſo äußert die Strafe ihre nothwendige Wirkung, und ſchlägt ein erſter Schlag derſelben mit dieſer Wirkung nicht durch, ſo thut es endlich ein letzter, aber dazu muß es doch auch einen erſten geben.

So wie die Strafe nicht das einzige Mittel iſt, den Menſchen zu beſſern — auch Beiſpiel, Lehre und Belohnung des Guten gehören dazu — iſt ſie auch nicht blos dazu da, den Menſchen zu beſſern; ſondern ehe ſie es dazu bringt, und auch ohne daß ſie es dazu bringt, ſchreckt ſie den Schlimmen ſelbſt und Andre vor Schädigung der Geſellſchaft ab oder beraubt ihn der Freiheit dazu; und dieſe drei Geſichtspuncte, der Beſſerung, Abſchreckung und Verhinderung, wovon nach Umſtänden der eine oder andre überwiegt, vereinigen ſich unter den einen: dadurch, daß dem Sünder für das Uebel, was er der Geſellſchaft zufügt, wieder Uebel zugefügt wird, der Erhaltung und Föderung des Wohles der Geſellſchaft im Ganzen zu dienen; der Sünder ſelbſt bildet von dieſer nur ein kleines Bruchſtück, das aber in dem Antriebe zur Beſſerung auch ſein Bruchſtück vom Nutzen der Strafe empfängt. Denn ſchlägt auch die einzelne Strafe nicht durch, ſo bildet ſie doch ein Bruchſtück von der Reihe der Strafen, die endlich durchſchlagen müſſen.

Mit dieſem, dem allgemeinſten praktiſchen Princip unmittelbar ſich unterordnenden Princip, durch die Strafe dem Wohle der Geſellſchaft zu dienen, und ihre Anwendung ſo zu bemeſſen, daß dieſer Zweck möglichſt erreicht wird, tritt die Tagesanſicht dem Princip der Sühne der Sünde durch die Strafe gegenüber, welches ſo lange grundlos und zwecklos bleibt, als es ſich nicht in jenes überſetzen läßt. Sollte aber auch ſeine Ueberſetzung in jenes allgemeinſte Princip gelingen, warum ſich ſolche nicht lieber dadurch erſparen, daß man ſich direct an deſſen klaren Ausſpruch hält.

Eben ſo wenig geht der ſittliche Werth und Unwerth eines Thuns oder Laſſens mit dem Determinismus verloren, ſtellt ſich vielmehr wieder nur unter einen triftigern Geſichtspunct als im Sinne des Indeterminismus. Der Indeterminiſt ſelbſt kann doch den ſittlichen Werth nicht allein darin ſuchen, daß etwas aus Freiheit geſchieht, ſonſt wäre das frei erwählte Böſe gleichwerthig mit dem frei erwählten Guten, ſondern ſieht ihn darin, daß mit Freiheit das, was im Sinne der allgemeinen, d. i. göttlichen Weltführung iſt, dem vorgezogen wird, was in gegentheiligem Sinne iſt. Eben darin aber ſucht auch der Determinismus den ſittlichen Werth und Unwerth, nur daß er die Freiheit vielmehr in obigem Sinne deterministiſch als indeterminiſtiſch faßt. Aus äußerm Zwange etwas thun, was der Welt zu Gute kommt, begründet auch im Sinne des Determinismus keinen ſittlichen Werth der Handlung, weil die Handlung nicht aus innerer Güte des Menſchen folgt; neigte aber das Weſen eines Menſchen ſo ſtark zum Guten, daß alle äußeren Verlockungen zum Böſen nichts dagegen ausrichteten, ſo würde die innere Nothwendigkeit, aus der heraus er gut handelt, den ſittlichen Werth ſeines Handelns nicht nur nicht mindern ſondern ſo hoch wie möglich ſtellen laſſen.

Wenden wir uns noch zu einem andern Puncte.

Bewundrungswürdig und beneidenswerth iſt die Geduld, Ruhe und Ergebung, womit der Türke jede Pein und Trübſal die ihn trifft, erträgt. Gott will es ſo, es iſt durch ihn vorbeſtimmt; und nach Allem wartet des Gläubigen das Paradies. Auch Chriſten giebt es mit dieſer Geduld, Ruhe und Ergebung in die Schickungen Gottes; aber nur als ſeltene Ausnahmen, dort iſt es die Regel. Das iſt der Segen des Determinismus, ein Segen, den alle haben könnten, hielten ſich nicht alle, mit der indeterminiſtiſchen Freiheitslehre getränkte Chriſten über den Türkenglauben hoch erhaben und verſchütteten ſein gutes Element mit ſeinem ſchlechten. Denn freilich hat er auch ſein ſchlechtes Element. Der recht verſtandene Determinismus läßt nur bei unabwendbaren Geſchicken die Hände in den Schooß legen mit der Sicherheit, es wird ſich Alles noch zum Guten wenden, führt aber mit dem Wiſſen, daß Verſäumniß am Säumenden ſelber ſich rächt, den Antrieb mit, die Hände zur Abwendung des abwendbaren Uebels zu regen. Was der Menſch mit beſtem Wiſſen und Willen durch ſich allein nicht vollbringen kann, dazu erſt hat er die Ergänzung in Gott zu ſuchen. Weil der Türke dies Verſtändniß nicht hat, läßt er das Feuer die Stadt und die Peſt das Volk freſſen, und wird eine Zeit kommen, wo man die Stätte des Türken ſuchen wird; denn in der Nothwendigkeit der Weltordnung liegt begriffen, daß nicht das Erwarten ihres Wirkens, ſondern das Handhaben ihrer Kräfte und Mittel den Sieg behält.

Du ſagſt: aber was bedeutet dann eine göttliche Weltregierung, der Wille Gottes, eine Vorſorge Gottes für die Welt, wenn die Nothwendigkeit Alles thut? Iſt damit nicht der ganze Gott überflüſſig? Aber wie kann man einen Gott, der in ſeinem Weſen und Wirken die Nothwendigkeit ſelber repräſentirt, für überflüſſig halten. Die Nothwendigkeit beſteht ja nicht außer Gott, nicht ihm gegenüber, ſondern ihr Geſetz iſt ſelbſt das Band ſeines Weſens und Wirkens. Und ſo nöthig du die Sorge eines Vaters bei deiner Auferziehung haſt, ſo nöthig die Menſchheit bei ihrer Auferziehung die Sorge Gottes. Daß die eine und andre Sorge ſelbſt nothwendig ſind, ändert darin nichts. Der Nachtanſicht freilich kommt es immer ſo vor, als wenn das geiſtige Leben und Wirken aufhörte, wo die Nothwendigkeit angienge; aber das gehört eben nur zu den vielen falſchen Einbildungen der Nachtanſicht.

4. Das Gebet.

Du fragſt endlich: was kann ein Gebet noch nutzen, wenn es in der Welt nach Geſetzen, die Alles mit Nothwendigkeit vorausbeſtimmen, zugeht. Kann es die Nothwendigkeit bezwingen? Nein, das kann das Gebet nicht; aber ſelbſt unter ihren Gründen Platz greifen. *Etwas* wirkt es gewiß, zunächſt im Menſchen ſelbſt und folgweis darüber hinaus; denn nichts wirkt im Menſchen, was nicht ſeine Wirkungen mittelbar oder unmittelbar, ſichtlich oder unſichtlich, über ihn hinaus in die mit ihm zuſammenhängende Welt erſtreckte, mögen wir auch dieſe Wirkungen nicht zu verfolgen wiſſen. Wenn ich nun ſehe, daß eine von jemand an andre Menſchen, Aeltern, Freunde, ja ſelbſt Fremde gerichtete, Bitte weſentlich beitragen kann, ſie zur Gewährung von etwas zu beſtimmen, was ohne die Bitte nicht gewährt werden würde, kann ich darin gar wohl Fälle eines allgemeinen Geſetzes ſehen, es möglich halten, daß eine an Gott als Vertreter des Weltganzen gerichtete Bitte einen entſprechenden Einfluß hat. Es iſt nur der Unterſchied, daß ich die Bitte an andre Menſchen äußerlich ausſprechen muß, weil ſie außer mir ſind, was ich bei Gott nicht nöthig habe, weil ich innerlich in ihm bin. Das aber erleichtert nur den Glauben an die Wirkſamkeit des Gebetes. Wohl noch mehr als die Wirkungen, welche das Gebet ſozuſagen heimlich über den Betenden hinaus erſtreckt, und die nur durch ein nicht verfolgbares Eingreifen in einen weitern Zuſammenhang der Dinge wirkſam werden können, kommen dabei jene in Rückſicht, welche das Gebet unmittelbar im Betenden ſelbſt äußert, ſofern die Weiſe, wie er ſich gegen das Aeußere ſtellt und wendet, ſo viel Einfluß auf ſeine Geſchicke hat, als wie ſich das Aeußere gegen ihn ſtellt und wendet; und ohne daß er ſelbſt weiß, wie es zugeht, kann ein Gebet in ihm die Folge haben, daß er ſich günſtiger zu den Bedingungen der Erfüllung ſeiner Bitte ſtellt, als ohne das Gebet der Fall geweſen ſein würde.

Nun freilich, zwingen kann man niemand, an eine Wirkſamkeit des Gebetes im einen oder andern Sinne zu glauben; der Glaube daran ordnet ſich aber allen drei Principien des Glaubens unter und tritt damit als Moment in die religiöſe Seite der Tagesanſicht ein. Von theoretiſcher Seite kommt ihm die nur eben angeſtellte Betrachtung zu ſtatten, daß das Gebet überhaupt irgend etwas im Menſchen und folgweis über ihn hinaus wirken muß, wovon nach Analogie der Wirkſamkeit der Bitte von Menſchen an Menſchen vorauszuſetzen, daß es vielmehr im Sinne der Gewährung als Nichtgewährung wirkſam iſt. Von praktiſcher Seite treibt den Menſchen das Bedürfniß zum Gebet, und fühlt er die ſegensreichen Wirkungen eines rechten Gebetes, und hiſtoriſcherſeits hat es Gebete gegeben, ſo lange es Religionen giebt. Nimm das Gebet aus der Welt, und es iſt, als hätteſt du das Band der Menſchheit mit Gott zerriſſen, die Zunge des Kindes dem Vater gegenüber ſtumm gemacht. Ohne den *Glauben* an die Wirkſamkeit des Gebetes aber könnte das Gebet ſelbſt weder ſeine praktiſche Wirkſamkeit äußern, noch ſeine hiſtoriſche Bedeutung gewinnen.

Aus den vorigen Geſichtspuncten über die Wirkſamkeit des Gebetes im Allgemeinen fließen zugleich Bedingungen der Föderung wie Beſchränkung dieſer Wirkſamkeit; denn eine *unbedingte* Wirkſamkeit iſt demſelben ja ſo wenig als der Bitte des Menſchen an Menſchen zuzuſprechen. Selbſtverſtändlich wird danach ein Gebet um ſo ſichrer auf Gewährung hoffen dürfen, je heißer es iſt, je ſtetiger es in derſelben Richtung geht, je mehrere ſich in derſelben Richtung darin vereinigen, weil ſich mit all' dem der auf die Gewährung hinwirkende Grund verſtärkt; auch ſtimmt das mit der allgemeinen Anſicht vom Gebet; aber zu dieſen ſubjectiven Bedingungen der Gewährung kommt es noch auf objective an. Ein Gebet wird auch um ſo ſichrer auf Gewährung hoffen dürfen, je einſtimmiger es mit der Richtung iſt, welche die göttliche Weltführung im Ganzen auch abgeſehen vom Gebete nimmt; erzwingen durch ſich allein kann es die Gewährung nicht, es iſt eben nur eine Anregung für Gott, die Bitte zu erfüllen, d. h. ſetzt irgendwelche Kräfte, Mittel in dieſer Richtung in Bewegung, bleibt aber, was niemals zu vergeſſen, blos eine Mitbeſtimmung, die in den Lauf der Dinge greift. Der Gewährung kann zu viel in der Weltordnung entgegenſtehen; ſie hat noch für Andere und für Andres als für den Bittenden zu ſorgen, und für ihn ſelber über ſeine eigene vielleicht unverſtändige Bitte hinaus zu ſorgen. Wird doch auch vom gütigſten Vater dem unverſtändigen Kinde manche Bitte abgeſchlagen, weil ſie auf Unmögliches, zu Schwieriges, mit allgemeinen Rückſichten nicht Verträgliches, oder geradezu Schädliches geht; aber wer mag bei alledem ſagen, daß die Bitte nichts beitrage, ihn zur Gewährung zu beſtimmen; ohne die Bitte hätte er vielleicht nicht an die Gewährung gedacht; nun aber kann es ihm Freude machen, das Erbetene zu gewähren, wie dem Bittenden es gewährt zu erhalten; alſo kann auch das Gebet beitragen, etwas, was ſonſt nicht gewährbar wäre, gewährbar zu machen; und ſtände in allem Uebrigen das Für und Wider gleich, ſo würde das Gebet den Ausſchlag geben; ein Gran Gebet reicht dazu hin, wenn zwei gleiche Pfunde ſich entgegenſtehen; freilich ein Pfund Gebet nicht, wenn es einer leeren Schaale den Ausſchlag gegenüber einem Centner geben ſoll.

Alſo ſehe der Menſch wohl zu, was er bitte, und meine nicht, daß er eine von Gott gezogene Wand mit ſeinem Gebet umwerfen könne; kurz wolle nicht Unmögliches erbitten. Auch was er nach ſeinem Wiſſen und mit ſeinen Kräften durch ſich ſelbſt erreichen kann, darum hat er nicht erſt Gott zu bitten; er ſelbſt iſt ja für Gott ſei es das nächſte oder alleinige Mittel, es zu leiſten oder zu erreichen; an Gott hat er ſich erſt zu wenden, wenn die eigenen Mittel erſchöpft ſind; wohl aber kann er Gott täglich darum bitten, daß Gott ihn im Stande erhalte, das Seinige zu leiſten, und zur eigenen Leiſtung die Hülfe von

Außen und den Segen von Oben nicht verſage. Wollte aber einer um etwas in ſchlimmem Sinne bitten, ſo würde die, in gutem Sinne gerichtete, Weltordnung ſtatt der Gewährung oder durch die Folgen der Gewährung ſelbſt auch die Strafe dafür bereit haben.

Man hat jedoch als Gebet überhaupt nicht blos die an Gott gerichtete Bitte, daß er uns einen Wunſch gewähren möge, ſondern auch den mit Vertrauen zu ihm erhobenen Gedanken, daß er, was uns auch jetzt begegne und noch bevorſtehe, zum Beſten wenden werde, und daß, wenn nach dem nothwendigen Gange der Dinge die Mittel des Diesſeits nicht dazu reichen, die des Jenſeits es vollenden werden. Wer den Troſt dieſes Gedankens im ſchwerſten Leiden nur einmal geſpürt hat, und wer geſehen hat, wie dieſer Gedanke und die dadurch erweckte Stimmung den Gottergebenen ſelbſt durch die ſchwerſten Prüfungen durch nicht nur innerlich aufrecht hält, ſondern ihm auch eine äußere Haltung und Handlungsweiſe verleiht, wodurch er den Verhältniſſen am beſten gewachſen bleibt, der wird nicht ſagen, daß ein ſolch Gebet nichts nutze. Hat einer das Seine gethan, ſich ſelbſt zu helfen und kann ſich doch nicht helfen; ſo bleibt ihm eben noch als letzte eigne Hülfe der Gedanke: Gott wird helfen; und die Bitte, Gott möge ihm die rechten Wege zeigen. Und mit welch' andrer Ruhe bewegt er ſich dann in den leidigen Verhältniſſen, tritt er dann den Ereigniſſen gegenüber; und wie viel lieber helfen Andre dem, der ſich ſo zu ſeinem Geſchicke ſtellt, als wer ſein Geſchick verflucht und Gott läſtert oder verneint. Nun aber gilt es nicht, jenen Gedanken an eine todte Weltordnung zu richten; ſondern an einen lebendigen, an unſern Leiden theilnehmenden Gott, ſoll der Gedanke wirklich lebendig, und damit troſtreich und wirkſam werden.

Auch Dankgebete giebt es; und wenn der Indeterminiſt ſagt, wie kann man Gott um etwas bitten, was nach reiner Nothwendigkeit geſchieht oder nicht geſchieht, ſo mag er auch wohl ſagen, wie kann man Gott wegen etwas danken, was er aus reiner Nothwendigkeit gewährt hat; wogegen der Determiniſt fragt: wie könnte man Gott wegen etwas danken, was er weder aus einem zureichenden innern noch äußern Grunde gewährt hat. Nun danken wir Aeltern, Freunden, Wohlthätern, wenn ſie uns Gutes erweiſen, indem wir vorausſetzen, daß ſie es aus Liebe thun, ohne zu fragen, ob die Liebe zu uns nothwendig oder nicht nothwendig entſtanden iſt, genug, wir ſetzen zugleich voraus, daß ſie Gefallen an unſerm Danke haben; und es macht uns ſelbſt Freude ihnen zu danken, gleichviel wieder, ob dieſes Gefallen, dieſe

Freude nothwendig ſind; warum ſoll es mit Gott anders ſein. Ich ſetze voraus, daß Gott Gefallen an meinem Danke habe, und es erweckt mir ein Gefühl der Freude ihm zu danken. Das iſt genug des Grundes.

Man ſieht, wie die vorige, obwohl ganz determiniſtiſche Auffaſſung der Wirkſamkeit des Gebetes doch zu Geſichtspuncten führt, mit denen man ſich wohl vertragen kann, und für welche der Indeterminiſt nichts Beſſeres wird bieten können. Nach ihm ſteht es Gott indeterminiſtiſch frei, das, worauf das Gebet geht, zu gewähren oder zu verſagen; aber wenn doch auch nach dem Indeterminiſten Gott wegen ſeiner vollkommnen Weisheit und Güte ſtets das Beſte vorzieht, ſo kommt das auf daſſelbe heraus, als wenn der Determiniſt eben wegen dieſer Beſchaffenheit des göttlichen Weſens Gott das Beſte, was nach den Bedingungen der Exiſtenz überhaupt möglich iſt, nothwendig vorziehen läßt; und es erſcheint müßig, wenn nicht als ein Widerſpruch, von einer Freiheit, es auch nicht vorzuziehen, noch zu ſprechen. Nun kann man zwar ſagen: mag Gott vorziehen, was er will, ſo iſt es eben inſofern, als es Gott vorzieht, das Beſte; aber in der That verlangt man vielmehr von der Güte Gottes, daß das, was er vorzieht, auch ſeinen Geſchöpfen zu ſtatten komme. Und woher ſchöpft der Indeterminiſt entſprechende Bedingungen der Wirkſamkeit des Gebetes als der Determiniſt.

Da nach der Tagesanſicht der Geiſt der Erde ein Mittelweſen zwiſchen uns und Gott iſt, ſo kann man fragen: hätte ſich nicht das Gebet zunächſt an jenen Geiſt zu richten, ſtatt daß wir Gott dafür in Anſpruch nehmen. Ein Unterthan richtet doch auch ſeine Bitte zunächſt an die Mittelbehörde, ehe er den König damit behelligt. Aber in dieſer Beziehung macht ſich der Unterſchied geltend, daß der Menſch dem König äußerlich gegenüberſteht, daß er weithin zu ihm hat, der König nicht um alle ſeine Bedürfniſſe und Verhältniſſe eben ſo wiſſen kann, wie die Mittelbehörde, nicht alle Geſuche bewältigen, noch im Conflict derſelben alle gegen einander abwägen kann; alles das aber iſt bei Gott anders, und da in dieſen Beziehungen keine Mittelbehörde den ganzen Gott vertreten kann, ſo wendet ſich der Menſch auch lieber gleich an den ganzen Gott, als an die Mittelbehörde, die ſelbſt noch mangelhaft iſt, und findet auch praktiſch nur in ſolcher Wendung volles Genüge. Die Heiden freilich beteten ſtatt des einen Gottes die Geſtirne an; aber eben nur, weil ſie den einigen Gott in und über allen Geſtirnen nicht kannten; und es gehört das zu den Puncten, die bei Aufhebung der heidniſchen in die chriſtliche Weltanſicht fallen müſſen.

Hiegegen iſt es nur eine Erweiterung und Erhöhung des Princips der Bitte, die wir an Mitlebende richten, wenn wir ſolche auch an dahingeſchiedene Lieben oder Heilige richten, uns in dem, worin ſie uns beſonders nahe oder über uns oder zum Gegenſtande der Bitte in beſondrer Beziehung ſtehen, aus dem Jenſeits beizuſtehen und bei Gott mit zu vertreten. Denn nach der Lehre der Tagesanſicht ſetzt ſich der Verkehr zwiſchen den diesſeits Lebenden nur in andrer Form mit den ins Jenſeits Uebergetretenen fort, und ſtehen dieſen weitergreifende Mittel als diesſeits zu Gebote. Dem Proteſtantismus freilich iſt dieſe ſchöne und praktiſch ſo wirkſame, wenn freilich auch oft mißbrauchte, Sitte ganz abhanden gekommen; und der Aufgeklärte ſieht in der katholiſchen Anrufung der Heiligen nichts als Mißbrauch. Die Lehre der Tagesanſicht vom Jenſeits aber macht andern Gedanken hierüber Platz; nur ſei hier nicht weiter darauf eingegangen.

XVII. Das Cauſalgeſetz oder Cauſalprincip[1].

(Allgemeineres. Der Begriff der Kraft und die Erfahrungsſchlüſſe).

Obwohl das Cauſalgeſetz oder Cauſalprincip[2] nicht minder das geiſtige als materielle oder Natur-Gebiet angeht, ſoll es doch hier zunächſt und hauptſächlich in Bezug auf letztres betrachtet und dabei zu beſtimmterm Anhalt für die Vorſtellung der Ausgang von den, in der exacten Naturwiſſenſchaft angenommenen, Grundbeſtimmungen der materiellen Welt genommen werden, ohne das Cauſalgeſetz principiell daran gebunden zu erklären, da vielmehr das Umgekehrte gilt.

Der innere Zuſtand eines materiellen Syſtems iſt in jedem Augenblicke beſtimmt: erſtens durch die Ausdehnung, Geſtalt, Dichtigkeit und etwa noch dazu anzunehmende Qualität der letzten Theile, bis zu denen zurückzugehen man Anlaß finden kann, was wir kurz als Be-

---

[1] Dieſer Abſchnitt begegnet ſich in den weſentlichen Geſichtspuncten mit einem früheren Aufſatze „Ueber das Cauſalgeſetz“ in den Ber. d. königl. ſächſ. Soc. 1849. S. 98 ff.

[2] Letzterer Ausdruck bezeichnet den allgemeinen Geſichtspunct um den ſich's hier handeln wird, vielleicht beſſer als der erſte.

ſchaffenheit dieſer Theile zuſammenfaſſen, zweitens durch die relative Entfernung und Lage derſelben bezüglich einander, was wir kurz als *Anordnung* derſelben bezeichnen, drittens durch ihren relativen *Bewegungszuſtand*, d. i. Richtung, Geſchwindigkeit und Beſchleunigungszuſtand ihrer Bewegung gegen einander; relative Bewegung aber beſteht im Uebergange aus einem in ein anderes Anordnungsverhältniß. Die Geſammtheit dieſer dreierlei Beſtimmungsmomente des innern Zuſtandes faſſen wir kurz als *innere Umſtände* oder *innere Verhältniſſe* des Syſtems zuſammen; indeß wir als *äußere* Umſtände, *äußere* Verhältniſſe eines materiellen Syſtems die entſprechenden Beſtimmungsmomente der materiellen Welt außerhalb deſſelben, mit Inbegriff ihrer Relationen zu demſelben, betrachten. Für die ganze materielle Welt giebt es natürlich blos innere Umſtände, für jedes endliche Syſtem und jeden endlichen Theil eines Syſtems ſowohl innere als äußere Umſtände. So lange man nun überhaupt blos bis zu Theilen von endlicher Größe zurückgeht, läßt ſich als möglich denken, daß alle Beſchaffenheitsunterſchiede derſelben in Ausdehnung, Geſtalt, Dichtigkeit abhängen von Unterſchieden in den Diſtanz- und Anordnungsverhältniſſen noch kleinerer in letzter Inſtanz einfacher, gleichartiger punctueller Theilchen, woraus ſie ſich zuſammenſetzen, die wohl einen Ort im Raum aber keine räumliche Ausdehnung, keine verſchiedene Dichtigkeit haben, und daß ſich ſelbſt die verſchiedenen Grundqualitäten der Materie hierdurch eliminiren laſſen. Damit wäre jedenfalls eine große principielle Vereinfachung der Naturbetrachtung gegeben. Nun iſt man noch nicht ſo weit in der Naturerkenntniß, um die Frage einer ſolchen Zurückführbarkeit vollgültig entſcheiden zu können; doch ſcheint die Naturforſchung mehr und mehr zu dieſer Vereinfachung zu neigen. Unter Vorausſetzung derſelben würde bezüglich der letzten Atome blos noch von *äußeren* Umſtänden zu ſprechen ſein, und würden die ſog. einfachen chemiſchen Grundſtoffe, die man gegenwärtig noch unterſcheidet, ihren Unterſchied blos daher haben, daß die überall gleichartigen einfachen Atome in ihnen zu Molecülen von verſchiedener Zahl und Gruppirung, möglicherweiſe auch verſchiedenem Bewegungszuſtande, ihrer einfachen Elemente zuſammengetreten ſind. Die ponderabeln Körper wären blos Zuſammenballungen derſelben Materie, aus welcher der Aether beſteht, die verſchiedenen Imponderabilien beruhten blos auf verſchiedenen Bewegungszuſtänden dieſes Aethers, und für zwei Elektricitäten hätte man nur eine. Auch wäre ſchon mit Zurückführung auf nur zwei differente Qualitäten der

Die

Materie, wie ſich ſolche im Gegenſatz der Elektricitäten auszuſprechen ſcheinen, eine große Vereinfachung erzielt, worauf eine ſcharfſinnige neuere Unterſuchung von Zöllner führt.

Für die folgenden allgemeinen Betrachtungen jedoch kann überhaupt die ganze Frage nach der Möglichkeit und Gränze ſolcher Vereinfachung dahingeſtellt bleiben. Welcherlei Grundbeſtimmungen man auch nöthig finden mag, der Materie zur Repräſentation der davon abhängigen Erſcheinungen beizulegen, nicht nur bleibt das im Folgenden zu betrachtende Cauſalgeſetz oder Cauſalprincip von dieſen Unterſchieden unbetroffen, ſondern iſt auch in letzter Inſtanz ſelbſt als maßgebend für das, was man von Grundbeſtimmungen der Materie feſtzuhalten hat, anzuſehen. Indem es ſich nämlich an Beſtimmungen, die man unzweifelhaft feſtzuhalten hat, beſtätigt, hat man bei zweifelhaften Beſtimmungen zuzuſehen, wie ſolche angenommen werden müſſen, damit auch hier eine Beſtätigung des Geſetzes herauskomme.

Aber wenden wir uns nach dieſen Betrachtungen, die erklärtermaßen blos dienen ſollten, der Vorſtellung der Verhältniſſe, auf die das Cauſalgeſetz anzuwenden, einen beſtimmten Anhalt zu geben, zur Betrachtung des Geſetzes ſelbſt.

Im Allgemeinen ändern ſich die Umſtände, Verhältniſſe in der Welt und folgen auf die jeweilig gegebenen andre in Abhängigkeit von den gegebenen. Inſofern man nun von einer allgemeinen Geſetzlichkeit dieſer Abhängigkeit durch die ganze Natur, hiemit einem allgemeinen Cauſalgeſetze ſprechen will, hat man vorauszuſetzen, daß, wann und wo auch dieſelben materiellen Umſtände, Verhältniſſe wiederkehren, dieſelben Erfolge wiederkehren; denn, folgten das einemal andre als das andremal, ſo wäre es nach allgemeingültigem Gebrauch des Geſetzesbegriffes eben kein Geſetz oder wäre ein Bruch des Geſetzes. Kurz jene Vorausſetzung liegt im Begriffe der Geſetzlichkeit ſelbſt, oder begründet das Princip derſelben. Ob freilich der Begriff, das Princip verwirklicht iſt, ob eine allgemeine Naturgeſetzlichkeit in ſolchem Sinne wirklich beſteht, kann durch die Aufſtellung des Begriffes oder Princips derſelben nicht entſchieden werden, ſondern bedarf der Erfahrung.

Nun laſſen ſich freilich abſolut gleiche innere und äußere Verhältniſſe für ein materielles Syſtem überhaupt nicht wiederherſtellen, noch treten ſolche von ſelbſt im Naturlauf wieder ein; aber man findet doch, daß, je mehr ſich die vorausgehenden Verhältniſſe der Gleichheit nähern, um ſo gleicher die Erfolge ausfallen, ſo daß man ſchließen kann, wenn die Gleichheit der vorausgehenden Umſtände vollſtändig wäre, würde es auch die Gleichheit der Erfolge ſein. Dabei kommt der Bewährbarkeit zu ſtatten, ja im Grunde wird ſolche nur dadurch möglich, daß auf die Erfolge, welche in einem gegebenen Bezirke ſtattfinden, der Einfluß darüber hinaus liegender Theile um ſo mehr verſchwindet, alſo auch umſomehr vernachläſſigt werden kann, je entfernter ſie ſind, wie ſich in der Abnahme der Gravitation mit der Entfernung und dem Unmerklichwerden der Molecularkräfte über merkliche Entfernungen hinaus beweiſt. Mag nun auch wegen des, abſolut genommen doch nie ganz verſchwindenden, Einfluſſes entfernter Theile und der Unmöglichkeit, überhaupt vollkommen gleiche Umſtände in der Erfahrung wiederherzuſtellen, die Annahme einer allgemeinen Naturgeſetzlichkeit im obigen Sinne immer eine Hypotheſe bleiben, ſo nimmt doch der Naturforſcher dieſe Hypotheſe an, weil er ſie um ſo mehr beſtätigt findet, je gründlicher er ſie an Fällen verfolgt, die ſich der Gleichheit möglichſt nähern, und weil ſie ihn zu Schlüſſen befähigt, die ſich wieder in der Erfahrung beſtätigen, ſoweit ein Verfolg in derſelben möglich iſt.

Als Correlat zu dem Geſetze, daß, wann und wo auch dieſelben Umſtände wiederkehren, dieſelben Erfolge wiederkehren, ſozuſagen als zweite Seite des allgemeinſten Geſetzes, kann man den Satz aufſtellen, daß, wann und wo auch verſchiedene Umſtände, Bedingungen auftreten, verſchiedene Erfolge eintreten. In der That gilt Betreffs der Bewährbarkeit und des übrigbleibenden hypothetiſchen Charakters dieſer zweiten Seite des Geſetzes daſſelbe als von der erſten Seite.

Oft freilich kann es ſcheinen, daß aus gleichen Umſtänden verſchiedene Folgen oder aus verſchiedenen Umſtänden gleiche Folgen hervorgehen; allein immer wird man dann entweder nachweiſen oder nach der Sachlage als möglich denken können, daß uns von den vorausgehenden oder Folgebeſtimmungen etwas entgangen oder von uns vernachläſſigt iſt, bei deſſen Zuziehung ſich das Geſetz beſtätigt zeigen würde. So führt der Fall eines Steins aus verſchiedenen Höhen immer zum gleichen Erfolge des Anlangens auf dem Erdboden, was ſcheinbar gegen die zweite Seite des Geſetzes ſpricht; aber er trifft mit verſchiedener Geſchwindigkeit auf und erſchüttert den Boden mit verſchiedener Kraft. Jedenfalls hat ſich das Geſetz nach beiden Seiten in den der Beobachtung und Beurtheilung zugänglichſten Fällen ſo weit beſtätigt, daß man nun umgekehrt von gleichen oder ungleichen Folgen auf gleiche oder ungleiche Urſachen zurückſchließt, und wie ſchon oben berührt, ſogar die Grundfrage danach zu entſcheiden hat und wirklich zu entſcheiden ſucht, ob man mit Annahme einer überall gleichen Grundmaterie in verſchiedenem Anordnungs- und Bewegungszuſtande auskommt. Es könnte ja z. B. ſein, daß man die Anordnungs- und Bewegungsverhältniſſe ſelbſt der letzten Theile, bis zu denen im Denken zurückzugehen, in zwei Fällen als gleich anzuſehen Grund hätte, doch aber verſchiedene Erfolge daraus hervorgehend fände, dann müßte man noch einen Unterſchied in der Dichtigkeit oder Qualität der Theile beidesfalls annehmen.

Die den geſetzlichen Erfolgen vorausgehenden Umſtände oder Verhältniſſe bezeichnet man als *urſächliche* oder als *Bedingungen* der Erfolge, die Erfolge ſelbſt als deren *Wirkungen*; man hypoſtaſirt die geſetzliche Beziehung zwiſchen Urſach und Wirkung im Begriffe einer *Kraft*, vermöge deren die Urſach ihre Wirkung hervortreibt, und charakteriſirt die Kraft *qualitativ* oder formal durch das *Geſetz*, was angiebt, welcherlei Folge aus den Umſtänden hervorgeht, auf die ſich das Geſetz bezieht, z. B. ob Anziehung oder Abſtoßung, *quantitativ* durch die aus der geſetzlichen Beziehung folgende *Größe* der poſitiven oder negativen Beſchleunigung, welche die materiellen Theile erfahren.

Kurz kann man mit ſcheinbarer Umgehung des Geſetzesbegriffes ſagen: Kraft iſt die Beziehung, vermöge deren eins *aus* dem andern, nicht blos *nach* dem andern folgt. Aber wodurch unterſcheidet ſich das „aus dem Andern“ vom bloßen „nach dem Andern“? nur eben dadurch, daß, was hier und einmal daraus folgt, überall und immer, d. h. geſetzlich daraus folgt. So kommt man im Verſuch letzter Klärung des Begriffes der Kraft doch auf die Bezugnahme zum Geſetzesbegriffe zurück. Nicht anders bei folgender, von mir vorgefundenen, Erklärung und ähnlichen, die man wohl ſonſt findet: „Wirkungen ſind nur ſolche an einem Dinge erſcheinende Veränderungen, welche nicht ſtattgefunden hätten ohne die Gegenwart eines andern Dinges“, und Kraft „der nexus zwiſchen beiden Dingen, welcher die Wirkungsfähigkeit ausmacht“. Aber daß gegebene Veränderungen eines Dinges nicht ohne Gegenwart eines gegebenen andern ſtattfinden können, iſt wieder nur inſofern anzunehmen, als immer und überall aus denſelben Verhältniſſen beider Dinge (Gleichheit oder Fehlen äußerer mitbedingender Umſtände dabei vorausgeſetzt) dieſelben Veränderungen folgen würden. Wo ſich der Eintritt der Veränderungen an einem Dinge bei Daſein eines andern Dinges nicht dieſem Geſetze unterordnen läßt, kann man ſie auch nicht als Wirkungen vom Daſein des andern Dinges abhängig machen.

Nun kann man allerdings ſagen: Die Befolgung eines Geſetzes *beweiſt* zwar, daß etwas aus dem andern folgt, und beweiſt hiemit das Daſein einer Kraft, von welcher die Auseinanderfolge abhängt, aber der Begriff des Geſetzes hat doch an ſich ſelbſt nichts mit dem Begriffe der Vermittelung der Auseinanderfolge und hiemit der Kraft zu ſchaffen; ſtatt alſo die Kraft als eine Bethätigung des Geſetzes zu faſſen, hat man das Geſetz als eine Beſtimmung der Kraft zu faſſen. Nur fragt ſich dann, wie das Geſetz dazu kommt, ein Beweismittel für das Daſein einer Kraft und charakteriſtiſch für deren Wirkungsweiſe zu ſein. Gleichviel jedoch, wie man ſich das Verhältniß zwiſchen Geſetz und Kraft *begrifflich* zurechtlegen will, *ſachlich* bleiben Geſetz und Kraft durch eine mehr als blos unweſentliche Beziehung an einander hängen; und tritt *factiſch* für den Phyſiker der Begriff der Kraft nur als Hülfsbegriff für Darſtellung der Geſetze der Bewegung auf.

Die Materie ſelbſt aus Kräften zuſammengeſetzt zu denken, wie von manchen Philoſophen geſchieht, hat für den Naturforſcher keinen klaren Sinn, und ich wüßte nicht, für wen ſie überhaupt einen ſolchen hätte. Um einen klaren Begriff von Kräften im Gebiete materiellen Geſchehens zu haben, muß man etwas räumlich Localiſirtes, was man Materie nennt, ſchon *vorausſetzen*; daran äußern ſich klar definirbare Kräfte in klar angebbarer Weiſe und damit weiß der Phyſiker etwas zu ſchaffen. Kräfte, aus denen oder durch welche das räumlich Localiſirte ſelbſt erſt entſtehen ſoll, haben mit dieſen keinen verfolgbaren Zuſammenhang, noch läßt ſich ihnen überhaupt eine klare Vorſtellung abgewinnen. Will man von Schöpfung der Materie ſprechen, ſo hat man ſie doch nicht mit Bewegung der Materie zu verwechſeln, alſo auch nicht Schöpfungskräfte, wenn ſich überhaupt von ſolchen ſprechen ließe, mit Bewegungskräften. Eben ſo unklar iſt die Identificirung von Kraft und Stoff, worauf ſich Manche etwas zu Gute thun, ohne etwas Gutes damit zu thun.

Man ſagt etwa: wir nehmen die Materie doch nur durch Kräfte, welche ſie auf unſre Sinne äußert, wahr, alſo ſind es im Grunde Kräfte, die wir als Materie wahrnehmen oder als ſolche deuten. Aber das iſt unrichtig. Was wir unmittelbar als Materie deuten, ſind vielmehr Taſtempfindungen, Geſichtsempfindungen, welche uns in unſerem Anſchauungsgebiete localiſirt erſcheinen, und der Begriff von Kräften erwächſt erſt aus Beziehungen dazwiſchen. Daß dieſe Empfindungen von etwas außer der Empfindung, was wir Materie nennen, cauſal abhängig gemacht und darein ſelbſt überſetzt werden, iſt eine Sache für ſich; jedenfalls können wir die cauſale Vermittelung zwiſchen der hypothetiſchen Materie draußen und den Empfindungen drinnen, d. i. die Kraft, nicht mit Materie ſelber identificiren, ohne in gänzliche Begriffsverwirrung zu gerathen.

Inſofern man den geſetzlichen Erfolg in Betracht zieht, der aus dem Zuſammenſein zweier materiellen Theile a, b unter Vernachläſſigung oder Gleichſetzung anderweiter Mitbeſtimmungen hervorgeht[1], läßt ſich dieſer Erfolg immer in zwei Erfolge zerlegen, den einen, welcher den einen Theil a betrifft und den andern, welcher den andern Theil b betrifft. Hievon denkt man jenen durch Wirkung einer *äußern* Kraft von b auf a, dieſen von a auf b entſtanden. Beide Kräfte aber ſind nicht unabhängig von einander, ſondern hängen durch die Beſchaffenheit und die Zuſammenſeinsweiſe der beiden Theile ſelbſt geſetzlich zuſammen, und ſo nennt man dieſelben Kräfte auch *innere*

---

[1] Nimmt man für a irgend einen endlichen Theil der materiellen Welt, für b die geſammte Außenwelt, ſo giebt es überhaupt keine in Rückſicht zu ziehenden Mitbeſtimmungen.

Kräſte des Syſtems beider Theile, inſofern man darauf reflectirt, daß ſie dem Syſtem Beider inwohnen und deſſen innere Verhältniſſe in geſetzlichem Zuſammenhange reguliren. Der Unterſchied zwiſchen äußern und innern Kräften iſt ſonach nicht ein Unterſchied in der Sache, ſondern in der Beziehung reſpectiv auf die Theile oder das Ganze des Syſtems. Was von zwei Theilen, gilt von beliebig vielen Theilen eines Syſtems; jeder erfährt äußere Kräſte von den übrigen Theilen des Syſtems und äußert ſolche auf die übrigen Theile des Syſtems; alle dieſe Kräſte aber ſind innere des Syſtemes ſelbſt. Im unorganiſchen Reiche faßt man die Erfolge meiſt als von äußeren Kräſten, im organiſchen als von inneren Kräſten abhängig auf, und meint wohl gar irrthümlich, darin liege ein weſentlicher Unterſchied der unorganiſchen und organiſchen Kräſte, daß jene nur ſo, dieſe nur ſo gefaßt werden können. Aber das Planetenſyſtem bewegt ſich nicht minder innerlich durch innere Kräſte, die in äußere zerlegbar ſind, als ein Menſch oder Thier; und der Nerv äußert auf den Muskel, das Herz auf das Blut nicht minder äußere Kräſte, die ſich aber in innere des ganzen Organismus aufheben, als irgend ein unorganiſcher Theil auf den andern.

Mit der Aufſtellung des Principes einer allgemeinen Naturgeſetzlichkeit in vorigem Sinne iſt noch gar nichts darüber feſtgeſtellt, *welcherlei* Erfolge irgendwo und irgendwann aus gegebenen Umſtänden hervorgehen, ſondern nur eben, daß, welcherlei es immer ſind, ſie ſich wiederholen, wenn ſich die vorausgehenden Umſtände irgendwo und irgendwann wiederholen. Inzwiſchen iſt es doch kein müßiges oder bedeutungsloſes Princip, einmal, ſofern es einen durch den ganzen Raum und die ganze Zeit reichenden Zuſammenhang des Geſchehens, des Wirkens im materiellen Gebiete beweiſt, das in Raum und Zeit Entfernteſte durch einen gemeinſamen Bezug verknüpft, zweitens, ſofern die Erfahrungsſchlüſſe der Induction und Analogie in Betreff zu erwartender Erfolge von ihm abhängen, drittens, ſofern es die Vorausſetzung und den allgemeinen Verknüpfungspunct aller beſonderen Naturgeſetze bildet.

Faſſen wir es nach dieſen drei Beziehungen etwas näher ins Auge.

In *erſter* Beziehung kann man bemerken, daß freilich ein allgemeiner Zuſammenhang des Geſchehens und Wirkens durch die ganze materielle Welt ſchon durch die über den ganzen Raum hingreiſende, durch ein bekanntes Geſetz charakteriſirte, Gravitation bewieſen iſt; aber die Wirkung dieſer Kraft, d. i. die durch ſie erzeugte Beſchleunigung, ſchwächt ſich mit der Entfernung ins Unbeſtimmte; unſer Geſetz beſteht ungeſchwächt durch die Entfernung, und befaßt die Gravitation ſelbſt unter ſich; indem überall und zu aller Zeit, wenn ſich zwei Maſſen gegebener Größe im Himmelsraum aus gegebener Entfernung gegenübertreten, ſie in gleichen Beſchleunigungszuſtand gegen einander gerathen, inſofern die Mitwirkung andrer Maſſen wegen deren Entfernung dabei vernachläſſigt werden kann. Sofern dies aber nicht der Fall iſt, wird die Bewegung beider Maſſen in gleicher Weiſe abgeändert, wenn die mitwirkenden Maſſen unter gleichen Verhältniſſen hinzutreten. Alſo, während die ganze materielle Welt äußerlich, extenſiv, durch Raum und Zeit in überall gleicher Weiſe zuſammenhängt, begründet unſer Geſetz zugleich einen von Raum und Zeit unabhängigen, alle Entfernung darin überſpannenden, überall gleichbleibenden inneren Zuſammenhang dieſer Welt.

Das Zweite anlangend, ſo hält man im Allgemeinen zur Induction das Fußen auf wiederholter Erfahrung nöthig. Nun reicht aber nach unſerm Princip hin, daß ein Erfolg unter gegebenen Umſtänden nur einmal beobachtet ſei, um ein für alle Zeit und allen Raum gültiges Geſetz bezüglich des Erfolges der betreffenden Umſtände darauf zu gründen. Woher alſo das Bedürfniß wiederholter Erfahrung? Es ſcheint mir nicht, daß darüber ſonderliche Klarheit herrſcht. Daher, daß wir bemerktermaßen gar nicht im Stande ſind, dieſelben äußeren und inneren Umſtände, welche einen Erfolg bedingen, irgendwo und irgendwann genau wiederherzuſtellen; alſo würde unſer Geſetzesprincip überhaupt illuſoriſch ſein, weder eine Bewährung noch Anwendung geſtatten, wenn ſich nicht die Complication der verſchiedenartigen Umſtände, die zu verſchiedenen Zeiten und an verſchiedenen Orten eintreten, in etwas Gleiches und Ungleiches zerlegen ließe, und man nicht ſchließen könnte, daß dem Gleichen der Umſtände an den verſchiedenen Zeiten und Orten ein Gleiches in den Erfolgen, dem Ungleichen ein Ungleiches entſpreche. Nun könnte man zwar a priori die Möglichkeit oder den zulänglichen Erfolg einer ſolchen Zerlegung bezweifeln. Aber damit würde man die Möglichkeit und die Erfolge der Naturwiſſenſchaft ſelbſt bezweifeln. Die ganze Naturwiſſenſchaft gründet nämlich ihre Erfolge auf die Vornahme ſolcher Zerlegungen[1] und nimmt ſie nun eben ſo vor, daß zulängliche Erfolge dabei herauskommen, d. h. daß ſich Schlüſſe danach in der Erfahrung beſtätigen.

---

[1] Ich erinnere beiſpielsweiſe an die Zerlegung nach dem Parallelogramm der Kräfte, die Zerlegung zuſammengeſetzter Schwingungen in einfachſt mögliche, die

Um nun einen inductiven Schluß zu machen, muß man in wiederholten Fällen die Bedingungen abändern, aber ſo, daß doch etwas Gleiches darin bleibt, und zuſehen, was ſich in den Erfolgen gleich bleibt. Daraus findet man dann den geſetzlichen Zuſammenhang zwiſchen dem gleichgehaltenen urſächlichen Momente und ſeinem Erfolge. Gewöhnlich freilich meint man, es komme zur Induction überhaupt nur darauf an, einen gegebenen Erfolg möglichſt oft unter möglichſt gleichbleibenden Umſtänden zu beobachten; aber das führt zu Nichts. In der That ſollte die Beobachtung eines Erfolges immer unter denſelben Bedingungen nur zu verſchiedenen Zeiten und an verſchiedenen Orten geſchehen, ſo würde die wiederholte Beſtätigung des Erfolges unter dieſen Umſtänden nichts Andres als eine Beſtätigung unſres allgemeinſten Geſetzes bedeuten, um die es aber bei den Schlüſſen nach Induction nicht zu thun iſt, da vielmehr deſſen Gültigkeit bei dieſen Schlüſſen vorausgeſetzt wird. Man will wiſſen, was hängt von dieſen, was von jenen Momenten insbeſondere ab. Sollte nun die Induction vollſtändig ſein, ſo müßte unter Gleichhaltung des einen Momentes, deſſen geſetzlichen Einfluß man unterſucht, die Variation durch alle mögliche übrige der Art und dem Grade nach durchgeführt werden, um ſicher zu ſein, daß die Gleichheit der Urſachen wie Erfolge in den wiederholten Fällen nicht auf einer Zuſammenſetzung des betreffenden Momentes mit andern Momenten beruht, und ſollen allgemeine Geſetze, welche den Erfolg der Abänderung eines gewiſſen Momentes unter ſich faſſen, inductiv bewährt werden, ſo gilt es natürlich auch dieſe Abänderungen wiederholt unter ſelbſt abgeänderten Umſtänden zu beobachten. Da nun eine vollſtändige Durchführung durch alle mögliche Variationen überhaupt nicht möglich iſt, kann der inductive Schluß freilich nicht auf die zwingende Gewißheit des logiſchen Schluſſes, welcher auf dem Satze des Widerſpruches beruht, Anſpruch machen.

Es gelte z. B. die Auffindung des Fallgeſetzes. Man erhebe einen Körper bis zu einer gewiſſen Höhe über den Boden und laſſe ihn frei. Er wird mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit nach dem Boden herabgehen. Er wird dies zu aller Zeit und überall thun, wann und

---

Zerlegung der Kraft, durch welche der Dampf oder ein Luftballon aufſteigt, in eine Kraft, welche ihn mit Uebergewicht nach Oben treibt und die ihn nach Unten herabzuziehen ſtrebt u. ſ. w.

wo man ihn losläßt, gleichgültig, wie man Farbe, Geſtalt, Subſtanz deſſelben abändert, ſo lange nicht hebende Kräfte von unten entgegenwirken, oder er nicht auf der Wage ein geringeres Gewicht zeigt, als ein gleiches Luftvolum, oder er nicht gar zu klein iſt, ſofern Nebelbläschen (Nebeltröpfchen?) in der Luft ſchwebend bleiben können. Alſo wird man zuvörderſt das Geſetz aufſtellen können, daß dem Gleichbleiben der Erhebung des Körpers über den Erdboden unter Gleichbleiben jener Mitbedingungen, rückſichtslos auf Variation der übrigen Umſtände, zu allen Zeiten und an allen Orten der Erde ein Herabgehen des Körpers nach der Erde entſpricht. Mehr läßt ſich zunächſt durch Induction nicht ſchließen. Hätte man nun aber nicht genug Variationen jener Umſtände vorgenommen, z. B. immer Körper von derſelben Farbe, Geſtalt, aus demſelben Stoffe angewandt, oder immer den Fall auf derſelben, durch eine beſondre Beſchaffenheit und Entfernung vom Erdmittelpunct charakteriſirten Stelle der Erde ſtattfinden laſſen, oder immer Luft von derſelben Art und Dichtigkeit zwiſchen dem Körper und der Erde Platz finden laſſen, ſo hätte ja möglicherweiſe das gleichbleibende Herabgehen des Körpers in allen Beobachtungsfällen von dem Gleichbleiben dieſer oder jener unverändert gelaſſenen Mitbedingung mit abhängen können, was durch die vorgenommenen Variationen ausgeſchloſſen iſt, ſofern der Erfolg, daß der Körper überhaupt herabgeht, derſelbe bei beliebigen Aenderungen der betreffenden Mitbedingungen blieb.

Inzwiſchen wird dieſer gleiche Erfolg je nach Variation jener Mitbedingungen nach unſerm allgemeinſten Geſetze noch mit zugehörig ſich ändernden Mitbeſtimmungen behaftet ſein müſſen, die ſich übrigens nicht alle auf die Fallbewegung zu beziehen brauchen, wie denn mit der Farbe des Körpers ſich nur die Wellenbewegung des von ſeiner Oberfläche zurückgeworfenen Lichts ändert. Von andern Bedingungen aber zeigt ſich auch ein Einfluß auf nähere Beſtimmungen der Fallbewegung, ſofern ſich z. B. mit der Dichtigkeit der Luft und dem Gewicht des Körpers bei gegebenem Volumen die Geſchwindigkeit des Herabgehens veränderlich zeigt. Nun ſucht aber die Naturforſchung Geſetze für möglichſt einfache Bedingungen auf, um aus Zuſammenſetzung derſelben auf zuſammengeſetzte Erfolge ſchließen zu können, wobei unſer allgemeinſtes Geſetz inſofern maßgebend bleibt, als aus gleicher Zuſammenſetzungsweiſe gleicher Bedingungen auf gleiche, aus ungleicher auf ungleiche Erfolge zu ſchließen iſt. Um nun das Fallgeſetz für vereinfachte Bedingungen zu finden, laſſen wir den Körper im luftleeren

Raume fallen, und finden dann, daß wir in dieſem Falle auch Volumen und Dichtigkeit des Körpers in beliebigem Verhältniſſe variiren können, ohne daß ſich die Geſchwindigkeit ändert. Laſſen wir jedoch den Körper an verſchiedenen Orten der Erde, wo eine verſchiedene Schwere ſtattfindet, fallen, ſo zeigt ſich hievon ſelbſt im leeren Raume ein Einfluß auf die abſolute Fallgeſchwindigkeit, aber im Verhältniß der aufeinanderfolgenden Geſchwindigkeiten bleibt etwas Gleiches, u. ſ. w. So geht man auf inductivem Wege vor.

Bei der *Analogie*, ſofern ſie auf zeitliche Erfolge angewandt wird, ſchließt man gewöhnlich unbeſtimmt: ähnliche Urſachen werden ähnliche Erfolge geben; aber es fragt ſich, in wie weit ähnliche? Nach unſerm Geſetze wird man vollkommen beſtimmt ſchließen: inſoweit ſich die Urſachen gleichen, werden ſich die Erfolge gleichen, in ſoweit ſich die Urſachen nicht gleichen, werden ſich auch die Erfolge nicht gleichen. Die ſo häufige Verwerfung der Analogie wie die nicht minder häufigen Fehlſchlüſſe nach Analogie beruhen auf mangelnder Sonderung und Feſthaltung dieſes doppelten Geſichtspuncts. Einmal meint man, wenn die Urſachen in zwei Fällen blos ähnlich, alſo doch in gewiſſer Beziehung ungleich ſind, ſo braucht eine Folge des erſten Falles nicht auch im zweiten Falle ſtattzufinden, weil ſie vielmehr vom Ungleichen als Gleichen mit dem zweiten Falle abhängen könnte. Anderſeits ſchließt man oft rückſichtslos auf dieſe allgemeingeſprochen wirklich ſtattfindende Möglichkeit von blos ähnlichen Urſachen auf gleiche Folgen. Die Sicherheit und zugleich Fruchtbarkeit des Schluſſes nach Analogie würde aber ſehr gewinnen, wenn man das Aehnliche der Urſachen in Gleiches und Ungleiches zerlegte und dann vom Erſtern ebenſo auf Gleiches, wie vom Zweiten auf Ungleiches in den Folgen ſchlöſſe, womit das Ungleiche dem Schluſſe ebenſo dienſtbar wird, als das Gleiche. Inſofern jedoch die richtige Sonderung des Gleichen vom Ungleichen der Urſachen und Folgen in verwickelten Fällen Schwierigkeiten machen kann, wird man die Sicherheit des Schluſſes ſteigern, und demſelben den Werth einer Induction dadurch verleihen können, daß man Analogien von verſchiedenen Seiten zuzieht, in welchen Gleiches und Ungleiches der verglichenen Fälle ſich verſchieden combinirt, und zuſieht, wiefern man dadurch auf denſelben weſentlichen Punct zurückgeführt wird[1].

---

[1] Die vorigen Geſichtspuncte bleiben auch maßgebend für die Analogie, nach welcher aus dem Gleichen und Ungleichen körperlicher Bedingungen in zwei Fällen

Das Dritte anlangend, ſo unterſcheidet man verſchiedene Naturgeſetze und demgemäß Kräfte, als wie phyſiſche, chemiſche, organiſche, unter den phyſiſchen das der Gravitation, der Electricität, des Magnetismus, der Elaſticität u. ſ. w. Aber dieſe ganze Unterſcheidung hängt blos daran, daß ſich die reſpectiven Geſetze und Kräfte auf verſchiedene urſächliche Verhältniſſe beziehen, woraus alſo nach unſerm allgemeinſten Geſetzesprincip auch verſchiedene Erfolge hervorgehen müſſen. Alle ſind nur beſondre Fälle des allgemeinſten Geſetzes und der allgemeinſten Kraft, wonach aus Gleichem Gleiches, aus Ungleichem Ungleiches folgt, für dieſe oder jene Verſchiedenheit urſächlicher Verhältniſſe. Die Philoſophen freilich ſind von jeher geneigt geweſen, ſpecifiſche Unterſchiede in den Kräften ſelbſt zu ſuchen, und namentlich die ſog. organiſchen Kräfte als ſpecifiſch verſchieden von den ſonſt in der Natur waltenden mechaniſchen anzuſehen; aber ſo weit es ſich verfolgen läßt, ſind die materiellen Erfolge in der That nur inſoweit verſchieden zwiſchen organiſchem und unorganiſchem Reiche, als die materiellen Bedingungen verſchieden ſind, inſoweit aber die einen gleich ſind, ſind auch die andern gleich, wirkt z. B. das Auge wie eine Camera obscura, das Herz wie eine Pumpe mit Klappen, die Knochen wie Hebel u. ſ. w.; Verdauung und Athmen aber können nicht eben ſo außer wie in den Organismen vorgehen, weil keine entſprechenden Apparate dazu da ſind.

Nach Maßgabe als überhaupt beſondre Verhältniſſe ſich unter allgemeinere begrifflich ſubſumiren laſſen, laſſen ſich auch die Specialgeſetze, welche für die beſonderen Verhältniſſe gelten, unter allgemeinere Geſetze ſubſumiren, welche den abgeänderten Erfolg der abgeänderten Verhältniſſe mit unter ſich faſſen, z. B. die Fallgeſetze für jeden Weltkörper insbeſondre unter das allgemeinere Gravitationsgeſetz, die Geſetze des Schalls und Lichts unter allgemeinere Geſetze materieller Schwingungen. Man ſucht nun ein allgemeinſtes Geſetz, welches alle möglichen Variationen materieller Verhältniſſe unter ſich faßt. Kein Naturforſcher zweifelt, daß es ein ſolches giebt, ohne daß es bis jetzt gefunden iſt. Nothwendig geht es bis zu den elementarſten Verhältniſſen, worein ſich jede denkbare Combination von Umſtänden zerlegen läßt, zurück, und kann daher das allgemeinſte Elementargeſetz heißen (man nennt es auch wohl das allgemeinſte Moleculargeſetz), indeß unſer bisher ins Auge gefaßte allgemeinſte Naturgeſetz principiell

---

auf das Gleiche und Ungleiche geiſtigen Zubehörs (nicht der Folgen) zu ſchließen iſt. Nur gehört das nicht eigentlich in Betrachtungen über das Cauſalgeſetz.

auf die einfachſten Verhältniſſe wie auf jede Combination derſelben Anwendung findet. Im Beſitz unſeres allgemeinſten Geſetzes können wir ohne Rückſicht auf das Elementargeſetz und ohne Kenntniß deſſelben für jede beliebige Combination von Umſtänden den Erfolg vorausſagen, wenn wir den Erfolg der gleichen Combination nur einmal beobachtet haben. Im Beſitz des allgemeinſten Elementargeſetzes können wir für jede Combination von Umſtänden überhaupt, auch ohne ihren Erfolg ſchon beobachtet zu haben, den Erfolg vorausſagen, nur müſſen wir dazu außer dem Geſetze ſelbſt die elementaren Verhältniſſe der Complication und das Rechenverfahren, was zur Ableitung der Erfolge nöthig iſt, kennen. Da aber Erſteres in allgemeiner Weiſe nie zu erreichen iſt, und ſchon bei mäßiger Complication zu unüberwindlichen Rechnungsſchwierigkeiten führt, ſo würde man auch bei Kenntniß des allgemeinſten Elementargeſetzes praktiſch zur Herleitung von Erfolgen ſtets mehr oder weniger auf Specialgeſetze für beſondre Fälle und Vorausſetzungen verwieſen bleiben, und dabei nur die Unterordnung unter das allgemeinſte Geſetz zu wahren haben.

Ungeachtet nun das allgemeinſte Elementargeſetz noch unbekannt iſt, ſind doch manche verhältnißmäßig ſehr elementare, mehr oder weniger alle materiellen Verhältniſſe durchgreifende, Geſetze gefunden, welche, ohne für ſich allein zur vollſtändigen Beſtimmtheit der Erfolge hinzureichen, weil ſie keine vollſtändige Beſtimmtheit der urſächlichen Bedingungen enthalten, doch Schlüſſe nach ſehr allgemeinen Beziehungen geſtatten, und nur der Hinzunahme beſtimmterer Bedingungen bedürfen, um auch zu größerer Beſtimmtheit der Erfolge zu führen, als: das Geſetz der Gleichheit der Action und Reaction, das Geſetz der Erhaltung des Schwerpuncts, das Geſetz der Erhaltung der Flächen, das Geſetz kleinſter Wirkung, das Geſetz der Coexiſtenz kleiner Schwingungen, das Geſetz des Parallelogramms der Kräfte, das Geſetz der Erhaltung der Kraft oder Energie.

Früher nahm man an, daß alle Bewegung geſetzlich blos von Beharrung und Kräften, die unabhängig von Geſchwindigkeit und Beſchleunigung der Theilchen ſind, abhänge; durch Wilhelm Weber ſind im elektriſchen Gebiete Kräfte bekannt geworden, die mit von Geſchwindigkeit und Beſchleunigung der Theilchen abhängen; und wahrſcheinlich gelten ſolche für alle Materie; nur daß ihr Erfolg unter vielen Umſtänden, wie bei der Bewegung der Himmelskörper, wegen der von der Entfernung abhängenden, Geringfügigkeit der Wirkung unmerklich iſt. Früher nahm man für gewiß an, daß die Gravitation und überhaupt materiellen Kräfte ohne Zeitverluſt nur mit abnehmender Wirkungsſtärke auf die größten Entfernungen wirken; neuerdings iſt die Möglichkeit aufgetaucht, daß eine gewiſſe Zeit zur Fortpflanzung der Wirkung in die Ferne nöthig iſt. Im Allgemeinen ſucht man noch heute alle Bewegungen von der Zuſammenſetzung der Wirkungen blos binärer Kräfte, d. i. die von der Wechſelwirkung je zweier Theile abhängen, mit der Beharrung abhängig zu machen; ich habe in meiner Atomenlehre die Wahrſcheinlichkeit ternärer, quaternärer und überhaupt multipler Kräfte zu begründen geſucht, deren Wirkung ſich mit den binären Kräften verbindet. Im Allgemeinen zieht man zur Repräſentation der Naturerſcheinungen ſowohl anziehende als abſtoßende Kräfte zu, und es ſcheint nicht, daß man ſelbſt bei Rückgang auf elementare Verhältniſſe ohne Mitzuziehung der letztern zu den erſtern auskommen kann; doch fragt ſich, ob die abſtoßenden Kräfte, wo ſolche auftreten, auf eine andre Qualität der Materie als die anziehenden zu beziehen ſind (wie bei der Annahme zweier entgegengeſetzter Electricitäten) oder von andern Entfernungs- und Anordnungsverhältniſſen der letzten Theilchen abhängig gemacht werden können, wofür ſich in meiner Hypotheſe multipler Kräfte ein einfaches Princip findet. Die atomiſtiſche Anſicht, nach welcher der Raum discontinuirlich mit Materie erfüllt iſt, überwiegt unter den Naturforſchern, und es ſprechen auch meines Erachtens überwiegende Gründe dafür, die ich in meiner Atomenlehre beſprochen habe, womit die Anſicht, daß alle Kräfte Fernkräfte ſind, zuſammenhängt; doch haben ſich neuerdings einige bedeutende Forſcher für die Anſicht einer continuirlichen Raumerfüllung, und, hiemit im Zuſammenhange, dafür ausgeſprochen, daß alle Kräfte blos zwiſchen ſich berührenden Theilchen wirken.

So groß nun auch die Unſicherheit in dieſen fundamentalen Puncten noch iſt, ohne deren Erledigung ein allgemeinſtes Elementargeſetz, das auszuſagen hätte, *welcherlei* Erfolge aus *irgendwelchen* materiellen Bedingungen hervorgehen, nicht aufſtellbar iſt, bleibt doch unſer allgemeinſtes Cauſalgeſetz oder Cauſalprincip nicht nur davon unbetroffen, ſondern die ſchließliche Erledigung jener Unſicherheiten wird ſelbſt nur in der allgemeinſten Befriedigung dieſes Princips geſucht werden können. Man hat die Annahme über die Grundconſtitution der Materie und die davon abhängigen Kräfte ſo lange abzuändern, bis eine ſolche Befriedigung in möglichſt einfacher und zuſammenſtimmender Weiſe erfolgt iſt.

Inſofern die Kräfte der Natur von den, in jedem Augenblick vorhandenen Umſtänden abhängen, dieſe aber durch die Wirkung der Kräfte ſelbſt ſich ändern; kann der Erfolg irgendwelcher materieller Umſtände und hiemit Kräfte für eine ſpätere Zeit principiell blos ſo beſtimmt werden, daß man den Erfolg ſucceſſiv durch die Reihe der neu eintretenden Umſtände verfolgt, indem man jeden frühern Erfolg dieſer Reihe als Urſach des ſpätern betrachtet. Hiezu bietet die Infiniteſimalrechnung inſofern abkürzende Wege, als ſie die ganze Reihe der Erfolge von einem Ausgangspuncte bis zu einem Enderfolge zuſammenzufaſſen geſtattet; aber die Schwierigkeiten dieſer Rechnung ſind, wie ſchon bezüglich des allgemeinſten Elementargeſetzes erinnert, nur in den allereinfachſten Fällen oder für die allereinfachſten Vorausſetzungen zu überwinden, und es iſt bisher nicht daran zu denken, daß man dadurch erfahren kann, was einmal aus der geſammten Natur durch die Wirkung ihrer Kräfte werden wird, welchem Ziele ſie zuſtrebt, ja ob ſie überhaupt einem beſtimmt ausſprechbaren Ziele, einem Finalzuſtande zuſtrebt. Unſtreitig aber wäre es erwünſcht, zu unſerm allgemeinſten Cauſalprincip der Natur ein ſolches Finalprincip zu kennen, was wir freilich ſo wenig, als das Cauſalprincip rein a priori als *nothwendig* würden zu beweiſen hoffen können. Aber es fragt ſich, ob nicht ein ſolches Finalprincip ähnlich wie das Cauſalprincip ſich als Erfahrungsprincip ſo weit bewährt, daß wir berechtigt ſind es eben ſo unſern fernen Vorausſichten zu Grunde zu legen, als wir das Cauſalprincip den nächſten zu Grunde legen. In der That glaube ich, daß ſich ein ſolches Princip aufſtellen läßt, und werde davon unter der Bezeichnung *Princip der Tendenz zur Stabilität* im folgenden Abſchnitt ſprechen.

Hienach noch folgende Frage.

Wodurch verſichern wir uns denn eigentlich der Gleichheit der materiellen Umſtände oder Verhältniſſe für gegebene Fälle? Ich kann mit meinen Sinnen, denen allein ich die Kunde von einer materiellen Welt verdanke, doch nur dies oder das unmittelbar von dem wahrnehmen, was ich als cauſal bedingend in Betracht zu nehmen habe, ſehe von den materiellen Dingen nur das Aeußere, ſehe es nur von dieſer oder jener Seite, ſehe die Gegenſtände verſchieden groß je nach meiner Entfernung davon, ſehe ſie verſchieden je nach der Einrichtung meines Auges; und für jeden andern Menſchen fällt alles das wieder anders aus als für mich; das Taſtgefühl reicht überhaupt nicht über die unmittelbare Nähe hinaus; und die Zuhülfenahme der andern Sinne ſcheint die Aufgabe nur zu verwickeln, nicht zu löſen. Woran alſo haben wir uns bei Beurtheilung der Gleichheit und Ungleichheit phyſiſcher Umſtände zu halten, da wir doch nicht die Gleichheit und Ungleichheit der ſubjectiven Einzelwahrnehmungen als maßgebend für objective Gleichheit und Ungleichheit anſehen dürfen, aus welcher wir auf objective Erfolge zu ſchließen haben.

Unſtreitig nicht; aber vor Allem haben wir in Betracht zu ziehen, daß die Gleichheit und Ungleichheit der objectiven Erſcheinungsbedingungen erſt mit den ſubjectiven zuſammen die Erſcheinungserfolge nach dem Cauſalgeſetze beſtimmt; wir alſo nicht aus den erſten allein im Sinne deſſelben unſere Folgerungen zu ziehen haben. Sehe ich den Mond an, ſo erſcheint er mir als eine ſich über den Himmel bewegende leuchtende Scheibe; kehre ich mich um, ſo erſcheint mir nichts davon, ungeachtet er noch wie früher über den Himmel geht. Das widerſpräche dem Cauſalgeſetze, welches für gleiche Bedingungen gleiche Folgen verlangt, wenn nicht meine Stellung zum Monde ſich mit meiner Umkehr änderte; alſo erſcheint er mir nicht mehr nach der Abwendung, erſcheint auch keinem Andern nach der Abwendung davon; indeß er Allen nach der Zuwendung offener geſunder Augen erſcheint. Das entſpricht alſo vielmehr dem Cauſalgeſetze. An von einander entfernten Orten der Erde werden die verſchiedenen Beobachter den Mond in verſchiedener Stellung und Bewegung zur Sonne ſehen, daher z. B. eine für gewiſſe Orte totale Sonnenfinſterniß es nicht überall iſt; auch hier ſind die objectiven Erſcheinungsbedingungen dieſelben, aber nicht die ſubjectiven, daher die verſchiedene Erſcheinung des Mondganges. Nun aber kommt für den Naturforſcher ſchließlich Alles darauf an, unter Erhaltung der Gleichheit der ſubjectiven Erſcheinungsbedingungen die zeitlichen und räumlichen Gränzen gegebener Erſcheinungen mit den Gränzen unveränderlicher[1] oder ihren Veränderungen nach controlirbarer Raum- und Zeitmaßſtäbe oder mit deren Abtheilungen zur Deckung zu bringen, und indem er dieſe Maßſtäbe immer in derſelben Weiſe anlegt, vom Kleineren auf's Größere und umgekehrt ausdehnt, und die Geſetze verfolgt, nach denen mit Veränderungen der Maße in einem gegebenen Erſcheinungsgebiete die Erſcheinungen ſich ändern, hienach auch von den Aenderungen der Erſcheinungen auf die Maße zurückſchließt, gelangt er dazu, ſich der Gleichheit oder Ungleichheit objectiver materieller Verhältniſſe mit mehr oder weniger Sicherheit zu verſichern.

---

[1] Dieſe Unveränderlichkeit iſt natürlich ihrerſeits nur für Gleichheit der ſubjectiven Erſcheinungsbedingungen zu conſtatiren.

Neuerdings iſt die Möglichkeit aufgetaucht und (Seitens Zöllner) nicht nur mit ſinnreichen Betrachtungen, ſondern ſelbſt mit Hinweis auf Erfahrungen vertreten worden, daß es außer den drei Dimenſionen des Raumes, in denen unſer Leben beſchloſſen iſt, noch eine vierte giebt, und daß, wenn auch nur ausnahmsweiſe, Kräfte aus dieſer vierten Dimenſion in unſere Welt von drei Dimenſionen hineinſpielen. Wäre nun dem ſo, — worüber die Frage hier dahingeſtellt bleiben kann — ſo würde damit unſerm Cauſalgeſetze nicht widerſprochen ſein, indem man es nur auf die Welt von vier Dimenſionen zu erſtrecken brauchte; wohl aber würden die Ausnahmsfälle, wo das Eingreifen von Kräften aus der vierten Dimenſion in Erfolgen ſichtbar wird, die ſich innerhalb unſrer drei Dimenſionen beobachten laſſen, zugleich Ausnahmen von der ſonſt als gültig angeſehenen Regel ſein, Erfolge, die in unſeren drei Dimenſionen begriffen ſind, auch blos von Kräften, die innerhalb derſelben drei Dimenſionen begriffen ſind, cauſal abhängig machen zu können.

Bei all' dem hatten wir bisher blos das Gebiet materiellen Seins und Geſchehens im Auge; aber dazu giebt es ein geiſtiges Gebiet, auf das noch zuletzt ein Blick zu werfen iſt. Nun erhebt ſich eine wichtige Frage: kann nicht der Geiſt abändernd auf die materiellen Erfolge einwirken, welche von bloßer Naturgeſetzlichkeit im vorigen Sinne abhängen würden, wenn kein Geiſt dabei beſtände, indem ſeine Verhältniſſe ſelbſt als Bedingungen zu den Bedingungen des materiellen Geſchehens hinzutreten, ſeine Kräfte demnach ſich zu den materiellen Kräften fügen; und kann es nicht hienach geſchehen, daß aus gleichen materiellen Umſtänden zu verſchiedenen Zeiten und an verſchiedenen Orten ungleiche, aus ungleichen gleiche Erfolge hervorgehen, ſofern erſternfalls verſchiedene geiſtige Bedingungen dabei mitwirken, zweitenfalls die Ungleichheit der materiellen Bedingungen durch Wirken von geiſtiger Seite her compenſirt würde. Kurz würde man dies als Eingriff des Geiſtes in den geſetzlichen Naturlauf und Störung deſſelben durch dieſen Eingriff zu bezeichnen haben.

Nach dualiſtiſcher Auffaſſung des Verhältniſſes zwiſchen materiellem und geiſtigem Princip nun muß ein ſolcher Eingriff, eine ſolche Störung jedenfalls principiell als möglich erſcheinen, und als Erfahrungsthatſachen für die Verwirklichung dieſer Möglichkeit kann man die thatſächliche Macht des Willens, unſre Muskeln ſo und ſo zu bewegen, die Macht der Gemüthsbewegungen, unſern Blutſtrom ſo und ſo zu vertheilen, geltend machen.

Inzwiſchen würde auch hienach unſer allgemeinſtes Naturgeſetz mit den ſich ihm unterordnenden Geſetzen nicht bedeutungslos werden, einmal, weil es immer noch rein maßgebend für alle Fälle bliebe, wo der Geiſt die Materie ihre Wege gehen ließe, zweitens man das Cauſalgeſetz blos auf das pſychiſche Gebiet mit zu übertragen brauchte, um ſagen zu können: nach Maßgabe als die materiellen und geiſtigen Umſtände, Bedingungen, zuſammen ſich irgendwo und irgendwann gleichen oder nicht gleichen, iſt es auch mit den Erfolgen der Fall.

Immerhin aber würde hienach das materielle Geſchehen ſich je nach verſchiedener Betheiligung des Geiſtes dabei verſchieden geſtalten können, und mithin das Cauſalgeſetz bei ſolcher Betheiligung keinen reinen Verfolg mehr im materiellen Gebiete zulaſſen. Anders bei moniſtiſcher Faſſung, wenn man das geiſtige und materielle Geſchehen in Wechſelbedingtheit von einander nach folgendem pſychophyſiſchen Grundgeſetze von einander abhängig denkt. Nach Maßgabe als die geiſtigen Umſtände, Verhältniſſe ſich gleichen oder nicht gleichen, iſt es auch mit den zugehörigen materiellen der Fall, oder anders geſagt: zum Gleichen und Ungleichen im geiſtigen Gebiete giebt es auch etwas zugehörig Gleiches und Ungleiches im materiellen Gebiete. Wonach man anzunehmen hätte, daß jeder gleichen wie ungleichen Willensrichtung oder Gemüthsbewegung auch gleiche oder ungleiche materielle Verhältniſſe in uns entſprechen, und, wofern die ganze Welt einem geiſtigen Princip unterläge, daß dies durch die ganze Welt der Fall wäre. Unter dieſer Vorausſetzung könnte unſer allgemeinſtes Geſetz für das materielle Gebiet recht wohl einträchtig mit den Geſetzen geiſtigen Geſchehens gehen, ohne daß eine Störung deſſelben durch Eingriff des Geiſtes möglich wäre. Im Sinne jeder moniſtiſchen Auffaſſung des Verhältniſſes von Leib und Seele muß dies ſogar als ſelbſtverſtändlich, und für eine dualiſtiſche Anſicht wenigſtens als möglich gelten, ſofern doch Leib und Seele, Körper und Geiſt auch nach dieſer Anſicht paſſend zu einander eingerichtet ſein ſollen.

Ungeachtet man nun das pſychophyſiſche Grundgeſetz im vorigen Sinne verſtanden, ebenſowenig im Stande iſt, durch vollſtändige Induction zu bewähren, als das phyſiſche Cauſalgeſetz, kann man doch die Erfahrungen, ſoweit ſich ſolche machen laſſen, demſelben ebenſo günſtig halten.

Wollte man die, im vorigen Abſchnitte beſprochene, indeterminiſtiſche Freiheitsanſicht für das geiſtige Gebiet der determiniſtiſchen vorziehen, ſo würde immer noch nichts hindern, ein einträchtiges Zuſammengehen der Naturgeſetzlichkeit und geiſtigen Geſetzlichkeit inſofern anzunehmen, als man zugleich annähme, daß, wie die Geſetzlichkeit ſo auch der Bruch der Geſetzlichkeit in beiden Gebieten im Zuſammenhange nach dem pſychophyſiſchen Grundgeſetze erfolgt.

Man ſtreitet darüber, ob die Vorausſetzung oder Foderung der Cauſalität eine uns eingeborene oder erſt aus Erfahrungen reſultirende ſei. Meines Erachtens iſt dieſe Frage überhaupt nicht einfach mit Ja oder Nein zu beantworten, ſondern man hat zweierlei dabei zu unterſcheiden.

Wenn von unſerm Willen oder empfundenen Trieben körperliche Bewegungen unſrer Gliedmaßen folgweis abhängen, ſo liegen unſtreitig jenen pſychiſchen Antrieben ſelbſt irgendwelche materielle Vorgänge in unſerm Hirn unter, welche geſetzlich die betreffenden äußeren Bewegungen nachziehen, vorausgeſetzt, daß die Verbindung zwiſchen Gehirn und Gliedmaßen und die Gliedmaßen ſelbſt die demgemäße Einrichtung haben. Bei dieſem willkürlichen Gebrauche unſrer Gliedmaßen haben wir unmittelbar ein wahrſcheinlich angeborenes Gefühl, welches wir als das der Urſächlichkeit der von uns hervorgebrachten Bewegungen bezeichnen können, ſowie ein Gefühl der Stärke unſres pſychiſchen Antriebes und der Anſtrengung, die uns die Bewegung koſtet. Hingegen weder das Geſetz, nach welchem die innere Bewegung die äußere auslöſt, noch daß hiebei Geſetzlichkeit überhaupt im Spiele iſt, kommt uns unmittelbar zum Bewußtſein, ſondern iſt erſt Sache der Erforſchung Seitens des Phyſikers, Phyſiologen, Pſychophyſikers, wollen ſie ſich anders an die Aufgabe wagen. Um ſo weniger wird der Menſch angebornerweiſe eine geſetzliche Beziehung zwiſchen aus einander folgenden Ereigniſſen, die außer ihm von ſtatten gehen, vorausſetzen oder fodern. Was fragt das Kind danach, ob der Gang des Mondes am Himmel geſetzlich bedingt iſt oder nicht, der Mond geht für das Kind wie er nun eben geht; ja ſelbſt der erwachſene Menſch läßt eine Menge Erſcheinungen an ſich vorübergehen, ohne nach einer Urſache zu fragen; die Frage danach iſt eine Sache der Ueberlegung, die Antwort darauf eine Sache der Unterſuchung.

Inzwiſchen führt eine naheliegende Analogie den natürlichen Menſchen darauf, daß, wie er ſelbſt ſeine Gliedmaßen in Abhängigkeit von bewußten Antrieben bewegt, alle Bewegung in der Welt in Abhängigkeit von ſolchen erfolge, und die Tagesanſicht führt zu dieſer, von der Nachtanſicht preisgegebenen, Anſicht zurück. Scheinbar ſpricht dagegen, daß doch in unſerm Körper ſelbſt genug Bewegungen, ſo die der Verdauung, des Blutlaufes, unwillkürlich und unbewußt erfolgen; warum nicht alſo auch darüber hinaus? Unſer Körper unterliegt aber überhaupt blos zu einem Theile dem Einfluſſe unſres Willens und der uns bewußt werdenden Antriebe; ſofern er aber mit dem übrigen einem allgemeinern materiellen Syſtem, welches ein allgemeineres Bewußtſein trägt, eingewachſen iſt, unterliegt auch dieſer Theil den von da ſtammenden bewußten Einflüſſen, die ſich übrigens recht wohl auf mehr oder weniger allgemeine, ein ganzes Syſtem von Bewegungen in Eins beherrſchende, Impulſe reduciren können, nachdem die Einrichtungen, welche zur Vollziehung dieſer Bewegungen gehören, vorlängſt mit ſpecialer Betheiligung des Bewußtſeins dabei erzeugt worden ſind (vergl. Abſchn. XIV). Und das gilt nicht nur von Bewegungen in unſerm Körper ſondern auch ſolchen darüber hinaus in der äußeren Natur.

XVIII. Princip der Tendenz zur Stabilität als Finalprincip der Welt. Pſychophyſiſche Hypotheſe der Luſt und Unluſt[1].

Durch die, in der materiellen Welt, kurz Natur, waltenden Kräfte werden Veränderungen erzeugt, die, ſo mannigfaltig ſie ſind, doch im Princip einer allgemeinen Geſetzlichkeit, was Urſachen und Folgen verknüpft, kurz als Cauſalprincip von uns bezeichnet, ein Band finden, wovon im vorigen Abſchnitte die Rede war. Dabei ward die Frage berührt, ob der Enderfolg der Wirkung dieſer Kräfte nicht durch ein entſprechend allgemeines Princip, kurz Finalprincip, beſtimmbar ſei.

Zwar, wenn die Zeit kein Ende hat, ſollte der Weltgang ein Ende haben? Man brauchte das nicht anzunehmen, um von einem Finalzuſtande zu ſprechen, wenn man einen ſolchen darunter verſteht, dem die Welt ins Unbeſtimmte (aſymptotiſch) zuſtrebt[2], ohne ihn je zu erreichen. Ein Ruheſtand könnte es nicht ſein, ſo lange das Geſetz der Erhaltung der Kraft gilt. Aber es könnte eine Weiſe, ein Verhältniß, der Bewegung ſein.

---

[1] Schon früher in meinen „Ideen z. Schöpfungs- und Entwicklungsgeſchichte d. Org." aufgeſtellt, doch hier meiſt nach andern Beziehungen verfolgt.

[2] Unter Streben verſteht man in der materiellen Welt überhaupt eine Kraft oder Kraftwirkung, die ſich durch ihren Erfolg ſelbſt beweiſt, wenn keine andersher wirkenden Kräfte in entgegengeſetzter Richtung überwiegen oder keine Widerſtände die Wirkung aufheben. So beſteht ein Streben jedes Körpers nach dem Erdmittel-

Nun ließe ſich allerdings recht wohl denken, daß Wirkungen und Gegenwirkungen in der materiellen Welt ſich im Ganzen immer ſo compenſirten oder in unbeſtimmtem Wechſel ſo überwögen, daß überhaupt von einem Streben der ganzen materiellen Welt nach einem beſtimmten Finalzuſtande oder gar einem Erfolge dieſes Strebens, d. i. einer Näherung an einen ſolchen, nicht zu ſprechen ſei. Aber es giebt thatſächliche Verhältniſſe, die uns doch recht wohl daran denken laſſen.

Sei ein ſich ſelbſt überlaſſenes oder unter conſtanten Außenbedingungen befindliches materielles Syſtem gegeben, deſſen Theilchen durch ihre Kräfte in einem begrenzten Raume zuſammengehalten werden. Die Rechnung lehrt für gewiſſe nicht zu ſchwierige Fälle, die Erfahrung beweiſt allgemeiner, daß die Theilchen in ſolche Verhältniſſe zu einander treten und durch die von dieſen Verhältniſſen abhängigen Kraftwirkungen in ſolche Bewegungen bezüglich einander gerathen können, daß ſie periodiſch, d. h. nach gleichen aufeinanderfolgenden Zeitabſchnitten entweder völlig oder mit größerer oder geringerer Annäherung zu denſelben Verhältniſſen zurückkehren und mithin auch wegen Wiederkehr der davon abhängigen Kraftwirkungen dieſelben Bewegungen bezüglich einander völlig oder approximativ wiederholen, was wir einen völlig oder approximativ ſtablen Bewegungszuſtand (nicht zu verwechſeln mit einem ſtablen Gleichgewichtszuſtand) nennen wollen.

So würde die relative Bewegung von Sonne und Erde, abgeſehen von den Störungen durch die andern Planeten und einem etwaigen Widerſtande des Aethers, eine völlig ſtable ſein, mit Rückſicht auf die Störungen iſt ſie eine approximativ ſtable. So iſt die Rotationsbewegung der Erde abgeſehen davon, daß die Theilchen an der Erdoberfläche und ſelbſt im innern Glutmeer mehr oder weniger unregelmäßige Bewegungen machen, eine völlig ſtable, mit Rückſicht auf dieſe, in Verhältniß zur gemeinſamen Rotationsbewegung doch nur als

---

punct zu fallen, d. h. eine Kraft, welche ihn dahin zieht, und er fällt wirklich in dieſer Richtung, ſo lange keine überwiegend hebenden Kräfte entgegenwirken, oder der Widerſtand des Erdbodens nicht den Erfolg ſeines Strebens aufhebt. Ein an einem Ende befeſtigtes Seil ſtrebt durch einen daran angebrachten Zug zu zerreißen; doch geſchieht es nicht, ſo lange die gegenwirkende Kraft der Elaſticität das Zerreißen hindert, u. ſ. w. Daß ein Streben empfunden werden kann, geht das geiſtige Gebiet an, aber wir beziehen uns zunächſt nur auf die materielle Welt im Sinne des Phyſikers, um erſt ſpäter die Beziehung auf die geiſtige Welt mit zu erſtrecken.

gering anzuſchlagenden Bewegungen iſt ſie eine approximativ ſtable. Die Bewegung eines Pendels und einer an ihren Endpuncten befeſtigten Saite würde abgeſehen von dem Widerſtande der Luft und der Reibung an den Befeſtigungspuncten eine völlig ſtable ſein, mit Rückſicht auf dieſe Umſtände iſt ſie eine approximativ ſtable. Die geſammten Maſſen unſres Sonnenſyſtems ſind bezüglich einander in einer approximativ ſtabilen Bewegung begriffen, ſofern ſie wegen der Incommenſurabilität ihrer Umlaufszeiten zwar nie genau aber doch in längeren Perioden annähernd zu denſelben Verhältniſſen bezüglich einander zurückkehren, und hienach annähernd dieſelben Bewegungen wiederholen. Unſer ganzer Organismus iſt auf mehr oder weniger approximativ ſtabile Bewegungszuſtände in Wachen und Schlaf, Athmen, Kreislauf, periſtaltiſcher Bewegung der Eingeweide u. ſ. w. eingerichtet. Jede Art Bewegung überhaupt iſt, inſoweit ſie als regelmäßige bezeichnet werden kann, eine ſtable, indem die Regel ſelbſt einen Geſichtspunct der Wiederholung bedeutet; und man darf wohl annehmen, obwohl der genaue Beweis noch zu führen iſt, daß, inſoweit die Bewegungen der Theile eines Syſtems von räumlicher Anordnung derſelben abhängen, Regelmäßigkeit dieſer Anordnung auch zu regelmäßigen, hiemit ſtabilen Bewegungen der Theile gegen einander Anlaß giebt.

Wenn wir freilich die Theilchen eines Syſtems von vorn herein nach Zufall irgend wie angeordnet, ihre Anfangsgeſchwindigkeiten beliebig groß und beliebig gerichtet denken, werden auch die verſchiedenſten Bewegungen derſelben gegen einander und darunter zunächſt ganz inſtable daraus reſultiren können. Ein Erfolg dieſer Inſtabilität ſelbſt aber iſt, daß die Theilchen, anſtatt dieſelben Bewegungen bezüglich einander zu wiederholen und mithin zu denſelben Verhältniſſen zurückzukehren, ins Unbeſtimmte fort ruhelos in immer neue Verhältniſſe geführt werden, bis ſie unter allen möglichen Verhältniſſen, in die ſie ſolchergeſtalt gerathen können, in die gerathen ſind, welche entweder eine genaue, oder ſollte eine ſolche nach Sachlage der Ausgangsbedingungen nicht erreichbar ſein, möglichſt approximative Wiederkehr geſtatten, wonach erſtere, wenn ſie erreicht iſt, nie wieder verlaſſen werden kann, indeß die zweite doch einen Gränzwerth bezeichnet, von dem kein Rückſchritt in der Approximation zu erwarten. Beides freilich nur, ſo lange das Syſtem ſich wirklich ſelbſt überlaſſen oder unter conſtanten Außenbedingungen befindlich bleibt, und inſofern Erſteres jedenfalls vom Syſtem der ganzen Welt gilt, kann man von einer in der Welt beſtehenden Tendenz zur Stabilität ſprechen, und das Daſein einer ſolchen Tendenz als Princip ausſprechen. In der That bezeichnet hienach Stabilität oder eine vielleicht nicht überſchreitbare Approximation daran den Endzuſtand der Welt, zu dem die geſammten Bewegungen hinſtreben, von dem ſie aber nicht rückſtreben; was allerdings nicht ausſchließt, daß ein in einem einzelnen Theile oder Gebiete der Welt erreichter ſtabler Zuſtand durch Aenderung ſeiner Außenverhältniſſe zeitweis wieder geſtört wird, doch nur um einem neuen ſtablen Zuſtande mit Beziehung auf dieſe geänderten Verhältniſſe im Sinne der Tendenz des Ganzen entgegenzugehen, worauf weiterhin zurückzukommen.

Als eine aprioriſtiſche Seite dieſes Princips kann man geltend machen, daß, wenn überhaupt von einem Finalprincip die Rede ſein ſoll, es kein andres als unſer Princip ſein kann; denn ſollten die Bewegungen ins Unbeſtimmte ſich ändern, ſo wäre damit eben geſagt, es gäbe keinen Endzuſtand, dem ſie ſich nähern. Alſo fällt die Frage nach der Statthaftigkeit unſres Princips mit der Frage nach der Statthaftigkeit eines Finalprincipes überhaupt zuſammen. Nun wäre freilich ſehr erwünſcht, daſſelbe als ein nothwendiges aus der allgemeinen Natur der Kräfte ableiten zu können, was doch bis jetzt nicht der Fall iſt. Selbſtverſtändlich daran, alſo nicht minder aprioriſtiſch, iſt, daß, wenn einmal Bedingungen eingetreten ſind, welche zur Wiederherſtellung früherer Bedingungen zurückführen, dieſer Zuſtand der Stabilität bei Ausſchluß äußerer ändernder Kräfte nicht wieder rückgängig werden kann, und ebenſo ſelbſtverſtändlich, daß, ſo lange nicht volle Stabilität in dieſem Sinne da iſt, die Bewegungen ruhelos ſich ändern müſſen, bis ſie erreicht iſt, wenn ſie überhaupt erreichbar iſt. Aber es iſt bis jetzt nicht aus der Natur der Kräfte erwieſen, daß bei der für das Denken unbegränzten Möglichkeit inſtabler Bewegungsformen dieſe ruheloſe Veränderung wirklich unter allen Umſtänden mehr und mehr einem ſtablen Zuſtande approximirt und unter allen Umſtänden wenn nicht volle Stabilität aber eine Approximation daran ohne Rückſchritt erreichbar ſei. Wir können alſo das Princip der Tendenz zur Stabilität im angegebenen Sinne nur bis zu gewiſſen Gränzen als ein aprioriſtiſch ſelbſtverſtändliches erklären, indeß wir es in einigen ſich der Rechnung leicht fügenden einfachen Fällen als erwieſen, im Uebrigen aber als ein ſehr allgemeingültiges Erfahrungsprincip anzuſehen haben. Was namentlich den, in daſſelbe hineintretenden Satz anlangt, daß in einem ſich ſelbſt überlaſſenen oder unter conſtanten Außenbedingungen befindlichen Syſtem kein Rückſchritt in Betreff der Annäherung an Stabilität gemacht werde, ſo können wir auf das Planetenſyſtem weiſen, deſſen

Maſſen bemerktermaßen zwar nie wieder genau in dieſelben Verhältniſſe zu einander zurückkehren, aber es doch in einer ſolchen Annäherung thun, daß gewiſſe Gränzen der Abweichung nicht überſchritten werden.

Als Gränzfälle der Stabilität und Inſtabilität eines Syſtems können wir beziehentlich den Fall bezeichnen, wo die Theilchen des Syſtems immer in denſelben Verhältniſſen zu einander bleiben, d. i. den Zuſtand der Ruhe gegen einander, den wir als abſolute (innere) Stabilität des Syſtems bezeichnen, und den Fall, wo ſie ihr Verhältniß durch Zerſtreuung ins Unbeſtimmte fortgehends ändern. Die Tendenz zur Stabilität im Weltganzen geht aber nicht auf abſolute, ſondern nur auf volle Stabilität, oder möglichſte Approximation daran. Denn die Erreichung einer abſoluten Stabilität würde ein Verſchwinden der lebendigen Kraft in der Welt vorausſetzen, was bemerktermaßen dem Geſetze ihrer Erhaltung widerſpricht, wogegen volle Stabilität eines Syſtems rückſichtslos auf die Größe der darin thätigen lebendigen Kraft beſtehen kann: nur daß die Verhältniſſe der lebendigen Kraft zwiſchen den einzelnen Theilen des Syſtems, für welche Stabilität beſteht, nicht durch einſeitige Steigerung oder Minderung der lebendigen Kraft gewiſſer Theile verlaſſen werden können, ohne die Stabilität des Ganzen zu ſtören.

Um das Vorige zuſammenzufaſſen, ſo beſteht das Princip der Tendenz zur Stabilität für ein, ſeinen eigenen Kräften überlaſſenes oder unter conſtanten Außenbedingungen befindliches Syſtem, welches in einem gegebenen Raum zuſammengehalten iſt, darin, daß es ſich durch die Wirkung ſeiner inneren Kräfte ohne Rückſchritt mehr und mehr einem ſog. ſtabeln Zuſtande nähert, das iſt einem ſolchen, wo die Theile periodiſch, d. h. in gleichen Zeitabſchnitten, in dieſelben Lagen- und Bewegungsverhältniſſe zu einander zurückkehren.

Für das Weltganze kann der Ausſpruch dieſes Princips als ſtreng in Anſpruch genommen werden, für Partialſyſteme des Weltganzen aber, ſofern ſie äußern Einwirkungen Seitens andrer Syſteme unterliegen, treten weiter folgende Betrachtungen ein, wonach für ſolche zu Gunſten wachſender Stabilität des Ganzen zeitweiſe, doch nur zeitweiſe, Rückſchritte in der Stabilität ſtattfinden können, indeß ſie doch ſchließlich ſich der Tendenz des Ganzen fügen müſſen.

Blicken wir hienach von der materiellen Welt hinüber auf die davon getragene, d. i. in einem Verhältniß der Bedingtheit dazu ſtehende, geiſtige Welt, ſo können wir von vorn herein Anlaß finden, die allgemeine Tendenz der materiellen Bewegung zur Stabilität in erſter mit der eben ſo allgemeinen Tendenz zu befriedigenden oder luſtvollen Zuſtänden in letzter, und hienach auch Stabilität in erſter mit Befriedigung oder Luſt in letzter in Beziehung zu denken. Etwas beſtimmter entwickelt läuft dieſer Gedanke darauf hinaus: pſychophyſiſche[1] Vorgänge überhaupt für um ſo befriedigender oder luſtvoller zu halten, je mehr ſie ſich über eine gewiſſe Gränze oder Breite, die der Indifferenz, hinaus der vollen Stabilität nähern; für um ſo unluſtvoller, je mehr ſie ſich unter dieſe Gränze oder Breite herab von der vollen Stabilität entfernen. Allerdings iſt dies zunächſt nur eine Hypotheſe, und ob ſie haltbar iſt, wird davon abhängen, ob ſie durchführbar iſt. Vorbehaltlich hierauf unten in einer allgemeineren Betrachtung zurückzukommen, nehmen wir immerhin bei folgender weiteren Erläuterung der phyſiſchen Seite des Princips auf deſſen vorausſetzliche pſychiſche Tragkraft mit Rückſicht. Was dabei von Luſt- und Unluſtverhältniſſen bezüglich ſtabiler und inſtabiler Verhältniſſe ſchlechthin ausgeſagt wird, läßt ſich allgemeiner auf Verhältniſſe oberhalb und unterhalb der Indifferenz in vorigem Sinne beziehen.

Man hat innere und äußere Stabilitätsverhältniſſe zu unterſcheiden; innere, inſofern ſie ſich auf die relativen Bewegungsverhältniſſe der Theile eines Syſtems für ſich beziehen, äußere, ſofern ſie ſich auf die Theile zweier oder mehrerer Syſteme in Bezug zu einander beziehen. Hienach können zwei Partialſyſteme der Welt A und B, deren jedes eine Anzahl Theilchen enthält, in innerer Stabilität für ſich, in äußerer Inſtabilität zu einander und hiemit das Geſammtſyſtem beider innerlich inſtabel ſein, indem zwar ſowohl die Theilchen von A als von B für ſich, aber nicht die Theilchen beider in Bezug zu einander, wegen Incommenſurabilität ihrer Bewegungen zu einander, nach gleichen Zeitabſchnitten in dieſelben Verhältniſſe zu einander zurückkehren. Hingegen kann kein Syſtem innerliche Stabilität beſitzen, ohne daß ſeine Theile, ſofern ſie ſelbſt noch Theile enthalten, zugleich innerlich und gegen einander äußerlich Stabilität beſitzen.

Verſuchen wir nun die pſychiſche Deutung dieſer Verhältniſſe, ſo können die pſychiſchen Weſen, die zwei Syſtemen A, B zugehören, durch innere Stabilität eines jeden für ſich genommen in befriedigendem Zuſtande ſein, aber in einem unbefriedigenden Verhältniſſe zu einander.

---

[1] „Pſychophyſiſch" kurzer Ausdruck für Phyſiſch, inſofern es etwas Pſychiſches trägt, d. i. in einem Verhältniß der Bedingtheit dazu ſteht.

welches von dem pſychiſchen Weſen, das dem Syſtem A und B und allgemeiner dem Geſammtſyſtem der Welt zugehört, geſpürt wird, und Anlaß wird, den Zuſtand von A und B ſo lange abzuändern, bis durch wachſende Stabilität im Ganzen auch ein zuſagenderes Verhältniß für das Ganze eintritt. Hiezu aber muß der innere Stabilitätszuſtand von A und B für ſich zeitweis verlaſſen werden, was die Unluſt mitführt, ſich an einander anzupaſſen, bis durch die doch erfolgende Anpaſſung, welche aber nicht plötzlich erfolgen kann, ein zugleich äußeres und inneres Stabilitätsverhältniß für beide und hiemit zugleich für das Syſtem beider herbeigeführt iſt.

So lange zwei Syſteme oder Theile A, B bei innerer Stabilität eines jeden, aber mangelnder äußerer Stabilität bezüglich einander, außer Wirkungsbezug zu einander ſtehen, wird auch kein gegenſeitiger Einfluß auf die Aenderung ihres Bewegungszuſtandes ſtattfinden können; mithin eine Tendenz, Stabilität zwiſchen ihnen herbeizuführen, nicht merkbar ſein. So wie aber B mit A durch wachſende Nähe oder Zwiſcheneintritt von Mittelgliedern in Wechſelwirkung tritt, wird auch der Stabilitätszuſtand jedes für ſich Abänderungen erleiden, um durch inſtabile Zuſtände hindurch das Syſtem beider einer vollen oder approximativen innern Stabilität entgegenzuführen, worin die eigene eines jeden für ſich wieder inbegriffen iſt.

Von anderer Seite dürfte es im Sinne des Princips liegen, ohne daß freilich ein beſtimmter allgemeiner Beweis dafür ſchon vorliegt, daß eine in den vorhandenen Bedingungen beſtehende Schwierigkeit, A und B einem approximativ ſtabeln Verhältniſſe zu einander entgegenzuführen, durch Eintritt einer Entfernung zwiſchen ihnen oder Bruch der Vermittlungsglieder, welche die Wirkungsbeziehung zwiſchen ihnen unterhalten, bis zu gewiſſen Gränzen compenſirt werden kann, worunter phyſiſcherſeits zu ſubſumiren, daß wenn ein Planet nach ſeinen Verhältniſſen zur Sonne nicht in einen ſtabeln Bewegungszuſtand in Bezug zu ihr zu gerathen vermag, er ſich zufolge des Gravitationsgeſetzes ins Unbeſtimmte wie ein Komet von ihr entfernt, bis er etwa in die Anziehungsſphäre einer andern Sonne kommt, worin er feſtgehalten wird; indeß pſychiſcherſeits hieher gezogen werden kann, daß feindliche Individuen, die ſich weder einander anzupaſſen vermögen, noch von welchen eins das andre zu beſiegen und dadurch ſich zu accommodiren vermag, ſich möglichſt vermeiden, fliehen, oder die Verbindung mit einander abbrechen.

Der unvollkommen ſtabile innere Zuſtand eines Syſtems läßt ſich allgemeingeſprochen in einen vollkommen oder möglichſt approximativ ſtabeln gemeinſamen Bewegungszuſtand aller Theile und einen inſtabeln der einzelnen Theile zerlegt oder daraus zuſammengeſetzt denken. So können die Bewegungen, in welchen die Theile unſrer Erde begriffen ſind, aus der allen gemeinſamen ſtabeln Rotationsbewegung der Erde und den inſtabeln relativen Bewegungen derſelben gegen einander zuſammengeſetzt gedacht werden. So können die Schwerpuncte zweier Maſſen eines Syſtems, auf die man eine gemeinſame Bewegung aller Theile übertragen denkt, in ſtabler Bewegung bezüglich einander begriffen ſein, indem ſie ſich in regelmäßiger Periode umkreiſen, indeß die Theilchen beider Maſſen in inſtabler Bewegung bezüglich einander begriffen ſind. Eine Saite kann im Ganzen in regelmäßiger Periode auf- und abſchwingen und damit ihren Hauptton mit ſeinen Obertönen geben, aber zugleich ein ſtörendes Nebengeräuſch durch unregelmäßige Schwingungen geben u. ſ. w.

Und ſo kann uns auch etwas aus allgemeinen Hinſichten, nach Hauptbeziehungen befriedigen, was uns nach beſondern Beſtimmungen Unbefriedigung erweckt.

Inſofern alle ſtabeln Bewegungen periodiſche ſind, kommt überhaupt weſentlich in Rückſicht, daß ſich in größern Perioden kleinere einbauen können, und daß ſich die Stabilitätsverhältniſſe in Bezug auf die größern und kleinern Perioden beſonders verfolgen laſſen. Soll aber eine volle oder angenäherte innere Stabilität des Syſtems mit Rückſicht auf die geſammten Bewegungsverhältniſſe deſſelben ſtattfinden, ſo gehört dazu, daß nicht nur die Perioden jedes Theilchens für ſich, ſondern auch die der verſchiedenen Theilchen zu einander in ganz oder approximativ rationalen Verhältniſſen ſtehen. Zwei Hauptfälle treten unter dieſen Begriff, einmal, daß die Theilchen eines Syſtems alle dieſelbe gemeinſame Bewegung in regelmäßiger Periode annehmen, und daß ſie Schwingungen machen, deren Zeiten in rationalen Verhältniſſen zu einander ſtehen.

Aber faſſen wir nach der bisherigen nur beiſpielsweiſen Mitbezugnahme auf die pſychiſche Seite des Princips dieſelbe jetzt allgemeiner ins Auge.

Der Zuſtand der Luſt iſt pſychiſcherſeits ſolidariſch mit einem, wenn nicht für ſich ins reflective Bewußtſein tretenden, jedenfalls ins bewußte Leben fallenden, das Bewußtſein mitbeſtimmenden, Streben, denſelben Zuſtand zu erhalten oder zu ſteigern, der Zuſtand der Unluſt mit einem Streben, ihn zu verbeſſern, zu beſeitigen, oder zu mindern, in Verbindung. Zwar können wir auch aus freiem bewußten Antriebe einen luſtvollen Zuſtand mit einem unluſtvollen vertauſchen, aber dann ſtets nur wegen Conflicts mit überwiegenden Motiven im obigen Sinne. Die Luſt des guten, die Pein des böſen Gewiſſens, die Luſt der Empfindung, durch jetzige Unluſt größere Luſt zu erwerben, die Unluſt der Vorausſicht, daß wir große Unluſt zu tragen haben werden, wenn wir uns jetzt nicht kleinere Unluſt gefallen laſſen, gehören zu ſolchen Motiven, ſind aber alles Motive im obigen Sinne.

Luſt wie Unluſt kann ſich an die verſchiedenartigſten Zuſtände knüpfen. Jedes Sinnesgebiet hat ſeine eigenthümliche Luſt und Unluſt; oder vielmehr die Luſt und Unluſt kann durch Eingehen in verſchiedene Sinnesgebiete verſchiedene Mitbeſtimmungen erhalten, worüber ſchon im 15. Abſchnitte geſprochen iſt. Es kann uns etwas nach allgemeinen Beziehungen Luſt machen, was uns nach beſondern Beziehungen Unluſt macht; z. B. ein Gemälde nach ſeiner allgemeinen Compoſition gefallen, indeß uns beſondre Figuren darin mißfallen. Es kann ferner Luſt wie Unluſt bei den verſchiedenſten Graden pſychiſcher Thätigkeit beſtehen, z. B. eine leiſe wie rauſchende Muſik ebenſowohl gefallen als mißfallen, nur daß die Thätigkeit jedenfalls die pſychiſche Schwelle überſteigen muß[1], weil Luſt wie Unluſt weſentlich Beſtimmungen des Bewußtſeins ſind.

Halten wir nun zunächſt den ganz allgemeinen Geſichtspunct im Auge, daß, nach Maßgabe als Inſtabilität ſtattfindet, ein Streben beſteht, d. h. die Kräfte dahin gehen, dieſen Zuſtand zu verlaſſen, und in Stabilität überzuführen; nach Maßgabe als Stabilität beſteht, ein Streben, dieſen Zuſtand zu erhalten oder, im Falle bloßer Approximation daran, ſoweit es nach Sachlage der Bedingungen möglich iſt, noch zu ſteigern; weiter aber, daß Verhältniſſe der Stabilität und Inſtabilität bei den allerverſchiedenſten Bewegungsweiſen vorkommen können, daß ſie nach allgemeineren und beſonderen Beziehungen beſtehen können, daß ſie an keinen beſondern Grad der lebendigen Kraft gebunden ſind, ſo werden wir die oben angegebenen allgemeinſten Bedingungen der Repräſentation von Luſt und Unluſt erfüllt finden, wenn wir im Allgemeinen, mit Vorbehalt näherer Beſtimmungen, Luſt mit

---

[1] Das, in m. Elem. d. Pſychophyſik näher erörterte, Geſetz der Schwelle beſteht darin, daß jeder phyſiſche Vorgang, welcher ſeiner Natur nach eine gegebene Beſtimmung des Bewußtſeins mitzuführen vermag, doch erſt einen gewiſſen Grad der Stärke, die ſog. Schwelle, überſteigen muß, ſoll die betreffende Beſtimmung wirklich bewußt werden.

Stabilität, Unluſt mit Inſtabilität pſychophyſiſcher Zuſtände oder Verhältniſſe der Bewegung über der Schwelle in Beziehung ſetzen. Auch kommt der Hinblick auf die geläufigſten Beiſpiele der Entſtehung von Luſt und Unluſt dieſer Hypotheſe zu Statten, indem die gemeinſame Deutung dieſer Beiſpiele im Sinne der Hypotheſe leicht fällt, während ein andrer verknüpfender Geſichtspunkt für die Mannichfaltigkeit derſelben kaum denkbar erſcheint; nur daß die Unmöglichkeit einer directen Beobachtung unſrer pſychophyſiſchen Zuſtände bei den betreffenden Beiſpielen einer ſtrengen Zurückführung auf die Hypotheſe im Wege ſteht. Kürze halber faſſen wir bei der Erörterung hierüber Luſt- und Unluſtverhältniſſe unter der kurzen Bezeichnung äſthetiſcher Verhältniſſe zuſammen, und nennen Zuſtände und Bewegungsweiſen harmoniſche oder disharmoniſche, jenachdem ſie mehr nach Seite der Luſt oder Unluſt neigen.

Nehmen wir einen reinen Ton. Er gefällt uns durch ſeine Reinheit. Worauf beruht dieſelbe? Darauf, daß die Schwingungen in regelmäßiger Periode, alſo abgeſehen vom allmäligen Verklingen, in voller Stabilität vor ſich gehen. Beim unreinen Tone miſchen ſich Schwingungen ein, welche dieſe regelmäßige Wiederkehr, mithin Stabilität ſtören. Nehmen wir einen harmoniſchen Accord, ſo complicirt ſich der Schwingungszuſtand, aber kehrt nach nicht zu langen Zwiſchenzeiten wieder zu ſeinem Ausgange zurück. Bei disharmoniſchen Accorden, deren Töne Schwingungszeiten haben, welche in rationalen, aber nur durch große Zahlen ausdrückbaren, Verhältniſſen ſtehen, iſt dies erſt nach längern Zwiſchenzeiten, bei ſolchen, wo ſie in irrationalen Verhältniſſen ſtehen, nie der Fall. Nun würde der ideale Fall, daß dieſelben Verhältniſſe ſich erſt nach unendlicher Zeit wiederherſtellten, als Fall der Inſtabilität gelten, und unſtreitig kommt daher auch die Länge der Perioden, in welchen die Stabilität verläuft, insbeſondere für Weſen, deren Leben ſelbſt einer endlichen Periodicität unterliegt, bei der Luſt- und Unluſtrechnung auf eine noch näherer Beſtimmung bedürftige Weiſe in Betracht; der Tact der Muſik und des Tempos, Versmaß und Reim des Gedichts ordnen ſich unmittelbar dem Begriffe der Stabilität unter. Die reine Farbe verhält ſich wie der Ton. Das regelmäßige Farbenmuſter, die Symmetrie, jede Regelmäßigkeit überhaupt geben nach den früher gemachten Bemerkungen (S. 207) unſtreitig zu ſtabeln Bewegungen Anlaß. Es iſt wenigſtens leicht zu denken, daß die Einſtimmigkeit der Theile jedes Kunſtwerks zu einem einheitlichen Eindruck auf Erweckung ſtabler Bewegungen beruht, und daß bei jedem

Schmerze Störungen regelmäßiger hiemit ſtabler Bewegungen in uns ſtatt finden.

Das bekannte ſehr allgemeine äſthetiſche Princip der einheitlichen Verknüpfung des Mannichfaltigen ſpricht dafür, daß die Luſt überhaupt wächſt, je mehr und je mannichfaltigere Perioden ſich einer größern allgemeineren Periode harmoniſch, d. h. in ſtablem Verhältniß dazu, einbauen.

Von der Unluſt der Langeweile vermuthe ich: ſie hängt daran, daß wenn nichts da iſt, unſre Aufmerkſamkeit zu feſſeln und in beſtimmter Richtung zuſammenzuhalten, unſer pſychophyſiſcher Proceß überhaupt in kleine inſtable Bewegungen zerfällt.

Inſofern Bewußtſeinsphänomene, welche verſchiedenen Theilen unſres pſychophyſiſchen Syſtems als wie Geſichtsorganes, Gehörorganes, Taſtorganes zugehören, zugleich unterſchieden und in einem einheitlichen Bewußtſein verknüpft werden können, kann auch die Luſt oder Unluſt, die an den innern Stabilitätsverhältniſſen der Theile für ſich hängt, und die, welche an den gegenſeitigen äußern beider hängt, unterſchieden werden. So, wenn zwei für ſich wohlgefällige oder mißfällige Farben, welche von verſchiedenen Opticusfaſern percipirt werden, eine wohlgefällige oder mißfällige Farbenverbindung darſtellen, oder wenn zwei für ſich wohlklingende oder mißklingende Töne, welche von verſchiedenen Acuſticusfaſern percipirt werden, mit einander conſoniren oder diſſoniren.

Eigenthümlich iſt, daß Unluſtreize allgemeingeſprochen ihre Wirkung nicht ſo leicht erſchöpfen, als Luſtreize und die Aufmerkſamkeit zwar auch nicht continuirlich, aber doch anhaltender und in häufigerer Wiederkehr zu feſſeln vermögen, als Luſtreize; man denke an einen Zahnſchmerz, eine Sorge. Ohne den Grund dieſes Unterſchiedes ſchon vollkommen klären zu können, glaube ich doch, ein Geſetz der Aufmerkſamkeit, was freilich ſelbſt noch einer weiteren Zurückführung bedarf, dafür in Anſpruch nehmen zu können, wonach die Aufmerkſamkeit beſonders durch Aenderungen im Gebiete der Phänomene, auf die ſie ſich bezieht, angezogen wird, ſofern Inſtabilität und Veränderlichkeit eines Bewegungszuſtandes ſich in gewiſſer Weiſe identificiren laſſen; auch läßt ſich wenigſtens im Allgemeinen überſehen, daß der betreffende Unterſchied im Sinne der Tendenz zur Stabilität oder Harmonie iſt. Indem nämlich ein Unluſtreiz die Aufmerkſamkeit auf ſich zieht, zieht er ſie zugleich auf die dazu in Bezug ſtehenden Mittel und das Aufſuchen ſolcher Mittel, ihn zu beſeitigen und beſtimmt unſre Thätigkeit in dieſer Richtung ſo lange bis er beſeitigt iſt. Ein Luſtreiz aber braucht die Aufmerkſamkeit nicht auf ſich und die Mittel, ihn herbeizuführen, zu ziehen, weil er ſchon da iſt. Alſo iſt es mehr im Sinne der Tendenz zur Harmonie, die Aufmerkſamkeit auf Unluſtreize als Luſtreize geheftet zu halten, was freilich den Nachtheil für uns hat, daß uns Unluſtreize allgemein geſprochen länger plagen als Luſtreize erfreuen, aber im Ganzen den überwiegenden Vortheil bringt, daß ſie um ſo ſichrer und nachhaltiger gehoben werden.

Daß unſer Princip überhaupt vielmehr der optimiſtiſchen als peſſimiſtiſchen Weltanſicht zu Hülſe kommt, leuchtet ohne Weiteres ein. Denn es geht daraus zwar keine Folgerung für den beſtehenden Zuſtand der Welt hervor, wohl aber für eine nicht erfolgloſe von jeder beſtandene und in Ewigkeit fortbeſtehende Tendenz zur Beſſerung der Zuſtände, worauf wir ſchon von andrer Seite her durch die Erörterungen des 15. Abſchnittes geführt wurden; und es gewährt einen eigenthümlichen Troſt, ein Princip zu kennen, welches dieſe Beſſerung verbürgt, und uns derſelben unweigerlich ſo entgegenführt, daß keine Rückſchritte darin für das Ganze möglich, die Rückſchritte im Einzelnen und für den Einzelnen aber nur neue Anläuſe zu um ſo dauernderer Beſſerung ſind.

Schließt doch der ſtable Zuſtand des Ganzen den alles Einzelnen von ſelbſt ein. So lange nun jenem noch entgegengegangen wird, kann freilich der ſtable Zuſtand des Einzelnen, was zu anderm in inſtablen Verhältniſſen ſteht, nach früher gepflogenen Erörterungen wieder verloren gehen, aber eben nur, um das Ganze in der Stabilität zu fördern und das Einzelne ſelbſt einem neuen ſtabeln Zuſtande entgegenführen, in dem es zugleich harmoniſch in ſich und mit dem Ganzen iſt.

Ich verſuche nicht, unſer Princip durch die Luſt- und Unluſtverhältniſſe der Welt noch weiter durchzuführen, nachdem das Vorige hinreichend gezeigt haben dürfte, daß einer ſolchen Durchführung aus allgemeinem Geſichtspuncte kaum etwas im Wege ſtehen dürfte. Um freilich eine beſtimmtere und ſtrengere Repräſentation dieſer Verhältniſſe auf Grund unſres Princips zu geben, können wir nicht bei dem erſten kurzen, noch ziemlich unbeſtimmten, Ausdrucke der Beziehung von Luſt und Unluſt zu Stabilität und Inſtabilität ſtehen bleiben; der Verſuch auf nähere Beſtimmungen einzugehen, unterliegt aber Schwierigkeiten und Unſicherheiten, zu deren Hebung erſt eine weitere und geſichertere Entwicklung der Pſychophyſik gehören würde, als bis jetzt vorliegt. Alſo mag auch der folgende Verſuch vielmehr nur als erſter noch precärer und weiterer Discuſſion zugänglicher Angriff der Aufgabe, denn als ſchon maßgebend gelten.

Daß vollkommen ſtabile Zuſtände in uns überhaupt vorkommen ſollten, iſt von vorn herein nicht anzunehmen; doch braucht ein Ton, ein conſonirender Accord nicht abſolut rein zu ſein, um uns zu gefallen; auch giebt es eine Menge Seelenzuſtände, von denen wir weder ſagen können, daß ſie von Luſt, noch daß ſie von Unluſt begleitet ſind, indeß doch der unterliegende pſychophyſiſche Proceß entweder ſtabel oder inſtabel ſein muß. Dies und Andres in Rückſicht ziehend, formuliren wir unſere Hypotheſe beſtimmter wie folgt:

Luſt und Unluſt knüpfen ſich an pſychophyſiſche Thätigkeiten, welche erſtens ſelbſt ſtark genug ſind, um die Schwelle zu überſteigen, mithin überhaupt Bewußtſein zu geben, was wir als *quantitative* Seite des Vorganges faſſen, zweitens (gemäß der ſchon S. 210 gemachten Bemerkung) ſich der vollen Stabilität über eine gewiſſe Gränze, die *Luſtſchwelle*, hinaus nähern oder über eine gewiſſe Gränze, die *Unluſtſchwelle*, hinaus davon entfernen, was wir als *qualitative* Seite zur quantitativen faſſen, indeß zwiſchen beiden Gränzen eine Breite beſteht, wo weder Luſt noch Unluſt ins Bewußtſein tritt, während doch Bewußtſein überhaupt vermöge Ueberſteigens der Schwelle nach quantitativer Seite da ſein kann.

Demgemäß bezeichnen wir auch die Schwelle, welche durch die Stärke der pſychophyſiſchen Thätigkeit (die Erhebung derſelben durch die Aufmerkſamkeit eingeſchloſſen), zum Bewußtwerden überſtiegen werden muß, als *quantitative Schwelle*, den Approximationsgrad der Thätigkeit an Stabilität, welcher zum Bewußtwerden der Luſt oder Unluſt noch insbeſondere überſtiegen werden muß, als *qualitative* Schwelle.

Pſychophyſiſche Zuſtände, in welchen die qualitative Schwelle der Luſt überſtiegen wird, heißen uns, nach ſchon früher eingeführtem Gebrauch, *harmoniſche*, ſolche, in welchen die der Unluſt überſtiegen wird, *disharmoniſche*, zwiſchen beide fallende *indifferente*. Harmoniſche wie disharmoniſche Zuſtände können aber ebenſowohl bewußt als unbewußt ſein, jenachdem die quantitative Schwelle dabei überſchritten wird oder nicht. Und es kann alſo Luſt wie Unluſt überhaupt ebenſowohl dadurch ſchwinden, daß die pſychophyſiſche Thätigkeit oder Beſtimmung derſelben, welche Luſt oder Unluſt mitzuführen vermag, unter die quantitative Schwelle ſinkt, als daß ſie unter die qualitative Schwelle ſinkt; und hängt die Stärke des äſthetiſchen Gefühls überhaupt zugleich und in zuſammengeſetztem Verhältniſſe vom Ueberſteigen der quantitativen und der qualitativen Schwelle ab.

Nach dieſen Erklärungen können wir das Princip der Tendenz zur Stabilität auch als Princip der Tendenz zur Harmonie bezeichnen und ſagen, daß eine Tendenz zur Harmonie die Welt beherrſcht, womit doch nach Vorigem nicht geſagt iſt, daß alle harmoniſchen Bewegungen in der Welt mit Luſt, alle disharmoniſchen mit Unluſt empfunden werden, weil überall erſt die Frage beſteht, ob ſie auch die quantitative Schwelle dazu überſchreiten.

Sollte es blos auf die qualitative Schwelle ankommen, ſo müßte ein Syſtem, deſſen Theile in völliger Ruhe bezüglich zu einander ſind, ſich im größten Luſtzuſtande befinden, da dieſer Fall der abſoluten Stabilität entſpricht; aber er liegt tiefſtmöglich unter der quantitativen Schwelle. Ein einfaches Theilchen für ſich allein kann nach vorigen Beſtimmungen weder Luſt noch Unluſt empfinden, denn der Zuſtand der Luſt und Unluſt iſt ein innerer, und da ein einfaches Theilchen keine Theile mehr einſchließt, die durch relative Bewegung gegeneinander, ſei es die quantitative oder qualitative Schwelle überſchreiten könnten, ſo findet auch für daſſelbe kein Anlaß zur Entſtehung von innerer Luſt oder Unluſt ſtatt, ſondern nur für das Syſtem irgend einer Mehrheit von Theilchen, was ſich mit ſpäter im 22. Abſchn. folgenden Betrachtungen begegnet. Ebenſo kann die, abgeſehen von den kleinen Störungen völlig ſtabile, Bewegung der Erde um die Sonne keine Urſache der Luſt für ſie insbeſondere ſein; weil ſie eine Sache äußerer Stabilität für die Erde iſt, wohl aber kann ſie für das Syſtem von Sonne und Erde eine Urſache der Luſt ſein; nur daß, ſofern das Syſtem beider nur ein Theilſyſtem des ganzen Planetenſyſtems und dieſes ein Theil des ganzen Weltſyſtems iſt, auch die Luſtverhältniſſe, die an den relativen Bewegungsverhältniſſen der Himmelskörper hängen, in größerm Zuſammenhange aufzufaſſen ſind, worüber aber beſtimmtere Geſichtspuncte fehlen. Man kann hiebei an die Harmonie der Sphären denken. Um von der Luſt und Unluſt eines Partialſyſtems insbeſondere zu ſprechen, muß es überhaupt ſeinem pſychiſchen Inhalt nach als beſonderes im Allgemeinbewußtſein unterſchieden werden, worüber allgemeine Geſichtspuncte S. 30 und S. 89 f. aufgeſtellt ſind, ohne daß die Bedingungen davon ſchon klar vorliegen.

Freilich iſt mit obigem Ausſpruche der Hypotheſe immer noch keine *volle* Beſtimmtheit derſelben erzielt. Denn dazu würde gehören, daß wir ein, auf alle Fälle anwendbares, Maß oder doch *Maßprincip* der Approximation gegebener Proceſſe an volle Stabilität oder Abweichung davon, ſowie ein Maß der Luſt und Unluſt als Function dieſes Maßes kennten, was beides nicht der Fall iſt. Es reicht aber für allgemeinere Beſtimmungen und zur Ziehung allgemeinerer Folgerungen ſchon die Anerkenntniß hin, daß es jedenfalls größere und geringere Grade der Approximation an Stabilität, größere und geringere Grade der Luſt und Unluſt giebt, und daß dieſe überhaupt von jenen in der angegebenen allgemeinen Abhängigkeit ſtehen. Zugleich iſt damit der erſte allgemeinſte Geſichtspunct zur Aufſuchung eines Maßes der Luſt und Unluſt pſychophyſiſcherſeits geboten.

Abgeſehen von der Luſt und Unluſt, die ſich nach Vorigem an die *beſtehenden* Verhältniſſe der Stabilität und Inſtabilität knüpft, was ich den fundamentalen Quell der Luſt und Unluſt nenne, haben wir auch noch einen ſecundären Quell der Luſt und Unluſt anzuerkennen, der nicht ſowohl mit dem vorigen zuſammenfällt, als mit ihm in gleichem oder entgegengeſetztem Sinne zuſammentreffen kann, und der darin liegt, daß der *Fortſchritt* zur Stabilität, falls er nicht durch zu große Langſamkeit unter eine in dieſer Beziehung beſtehende Schwelle fällt, Luſt, der Rückſchritt davon (entſprechend) Unluſt erweckt, welche Luſt oder Unluſt ſich zu der Luſt oder Unluſt, die an den Zuſtänden ſelbſt hängt, je nach der Richtung ſteigernd oder mindernd fügt. In der That macht es einen großen Unterſchied im geſammten Luſtreſultate, ob ein disharmoniſcher Accord ſich in einen darauf folgenden harmoniſchen auflöſt, oder beide Accorde ſich in umgekehrtem Sinne folgen. Wir können die Luſt am einen, die Unluſt am andern beidesfalls beſonders ſpüren, werden aber dazu noch eine Luſt oder Unluſt je nach der Weiſe ihrer Folge ſpüren. Der Kranke, der in Geneſung begriffen iſt, der Arme, der zur Wohlhabenheit vorſchreitet, werden noch während ſie krank, arm ſind, eine Luſt an der Verbeſſerung ihres Zuſtandes ſpüren, der Geſunde, Reiche umgekehrt, während ihr Zuſtand ſich verſchlechtert, eine Unluſt an der Verſchlechterung, ſelbſt ehe der Zuſtand ſchon ſchlecht zu nennen iſt.

Nun ließe ſich daran denken, dieſen Quell der Luſt und Unluſt für ſich ſelbſt zum einzigen und fundamentalen zu erheben, alſo zu ſagen, daß Luſt und Unluſt überhaupt nicht mit dem *Beſtande* einer großen oder geringen Approximation an Stabilität, ſondern mit der *Näherungs-* und *Entfernungsbewegung* dazu und davon zuſammenhängen, und um ſo größer ſeien, je raſcher die Näherungs- und Entfernungsbewegung iſt, wozwiſchen es dann auch noch eine Indifferenzbreite gebe; und für den erſten Anblick ſcheint der Umſtand, daß die luſtvollſte Einwirkung auf uns bei conſtanter Forterhaltung mehr und mehr an Luſtwirkung verliert und endlich gar der Unluſt des Ueberdruſſes Platz macht, darauf zu deuten, daß die möglichſte Approximation an den ſtablen Zuſtand, die durch fortwährende Einwirkung des Luſtmittels zu erreichen iſt, anſtatt die Luſt auf den Gipfel zu heben, dieſelbe aufhebt; alſo die Luſt nur ſo lange beſteht und wächſt, als die

Approximationsbewegung zur Stabilität beſteht und ſich beſchleunigt, hiegegen abnimmt, wenn gegen das Ziel hin dieſe Bewegung ſich verlangſamt, um nach Erreichung des nicht überſchreitbaren Zieles der Stabilität durch Abnahme derſelben der Unluſt zu verfallen. Inzwiſchen dürften ſich die hieher gehörigen Thatſachen triftiger theils dadurch erklären laſſen, daß die innere Erregung, welche von der Einwirkung abhängt, nach bekannten Geſetzen der Abſtumpfung mehr und mehr der quantitativen Schwelle der Stärke zuſinkt, wovon der Grad der Luſt mit abhängt, theils dadurch, daß nach Maßgabe als ich die Aufmerkſamkeit auf ein beſtimmtes Gebiet, einen beſtimmten Gegenſtand hefte, auch die Tendenz zur Stabilität ſich vorzugsweiſe in einem gewiſſen Theil oder einer gewiſſen Seite des pſychophyſiſchen Syſtems geltend macht, dieſes aber nun im Uebrigen um ſo leichter unregelmäßigen Bewegungen verfällt, welche die Unluſt der Langeweile erzeugen und hiemit zum Wechſel der Beſchäftigung anregen. Denn unſtreitig findet eine ſolche Einrichtung unſres pſychophyſiſchen Syſtems und des Geſammtſyſtems der Welt überhaupt ſtatt, daß ein approximativ ſtabler Zuſtand des ganzen Syſtems nur mit einem gewiſſen Verhältniß der Erregung zwiſchen ſeinen einzelnen Theilen beſtehen kann, welchem die über eine gewiſſe Gränze fortgeſetzte einſeitige Erregung irgend eines darunter widerſpricht. In der That, wenn wir der Anſchauung des ſchönſten Gemäldes endlich überdrüſſig werden, iſt es nicht, weil uns das Gemälde, ſondern weil der mangelnde Wechſel uns zu mißfallen anfängt, das Bedürfniß, uns anders zu beſchäftigen, zu lebhaft wird. Außerdem ſcheint die Complication der fundamentalen und ſecundären Quelle der Luſt und Unluſt im obigen Sinne durch Thatſachen wie die obigen ſelbſt erwieſen; und es würde ſchwer ſein, ſich vorzuſtellen, daß jahrelange Schmerzen in einem gegebenen Gebiete der Empfindung, wie ſolche oft genug vorkommen, ſollten an einer continuirlich fortgehenden Abnahme der Stabilität hängen können, ohne ſchon früher zu einer Gränze oder Zerſtörung zu führen, wenn ſchon es richtig iſt, daß der Organismus endlich dadurch leidet. Hiegegen laſſen ſich lang dauernde Schmerzen an eine, unter den beſtehenden Außenbedingungen nicht verbeſſerliche ſtarke Abweichung von der vollen Stabilität geknüpft denken, was nicht ausſchließt, daß in der Länge der Zeit durch die im Weltganzen beſtehende Tendenz zur Stabilität doch auch eine Aenderung der Außenbedingungen eintritt, welche eine ſolche Verbeſſerung mitführt.

Jedenfalls ſcheint es mir leichter, die Repräſentation der geſammten

Thatſachen, um die ſich's handelt, unter Bezugnahme auf beide Quellen, als blos auf eine derſelben zu bewirken.

Gehen wir nach allem Vorigen mit der Betrachtung in's Unbeſtimmte rückwärts, ſo wird man die Welt immerhin mit einem chaotiſchen, d. h. ganz inſtabeln, Zuſtande anfangend denken können, ohne eine ſozuſagen unendliche Unluſt daran geknüpft zu denken. In der That, ſei anfangs die Materie, welche ſich jetzt in umgränzte Weltkörper mit geordneten Bewegungen zuſammengezogen hat, durch den ganzen Weltraum ordnungslos zerſtreut und in ordnungsloſen Bewegungen begriffen geweſen, ſo werden wegen der aus dieſer Ausdehnung folgenden Entfernung der Theilchen von einander die dazwiſchen wirkſamen Kräfte und daraus folgenden Bewegungen der einzelnen Theilchen anfangs ganz ſchwach geweſen ſein, konnten alſo bis zu einem gewiſſen Entwicklungsgrade der Welt unter der quantitativen Schwelle bleiben oder wenigſtens dieſelbe nicht weit überſteigen; und inſofern gleich die erſten Bewegungen im Sinne wachſender Stabilität ſein mußten, konnte die, an dem Fortſchritte zur Stabilität im Ganzen hängende ſecundäre Luſt ſelbſt die anfängliche Unluſt überwiegen, die etwa an der Summe der inſtabeln kleinen Bewegungen hieng, oder es konnte für das Ganze eine ſtable Reſultante hervorgehen, welche Luſt gab. Doch ſind das Verhältniſſe, in die man wegen ihrer Dunkelheit beſſer thut, ſich nicht zu vertiefen.

Man kann eine Schwierigkeit darin finden, daß Luſt ſich an die ganze Dauer eines Bewegungsproceſſes knüpfen kann, indeß die zur Luſt erforderliche Stabilität des Proceſſes eine Rückkehr deſſelben zu den Ausgangsbedingungen fodert, die erſt nach einer gewiſſen Zeit zu Stande kommen kann. Es hebt ſich aber dieſe Schwierigkeit durch folgende Betrachtung. In jedem Momente eines Bewegungsproceſſes iſt der Gang, den er nehmen wird, durch die beſtehenden Bedingungen und das Geſetz der Bewegung ſchon als beſtimmt anzuſehen, und mit dieſer durch die Dauer der Bewegung ſich forterhaltenden Beſtimmung iſt auch die Beſtimmung zur Luſt als gegeben anzuſehen, ohne daß es der vollen Ausführung der Bewegung dazu bedarf.

Vielleicht kann zur mathematiſchen Entwicklung unſres Principes noch folgender Geſichtspunct etwas beitragen.

Jede geradlinige Bewegung eines Punctes kann, bei noch ſo wechſelnder Geſchwindigkeit und beliebig wiederholten Umkehr der Richtung, nach dem Fourier'ſchen Princip auf eine einzige Weiſe als eine Zuſammenſetzung aus einfachſt möglichen geradlinigen Schwingungen, im Allgemeinen von verſchiedener Amplitude a, a', a''..

verſchiedener Periode T, T', T'' . . . und verſchiedenem Ausgang p, p', p'' . ., betrachtet und mathematiſch darein zerlegt werden. Die allgemeine oder zuſammengeſetzte Periode, in welche alle einzelnen Perioden aufgehen, wird dann durch das Product T, T', T'' . . . gegeben. Von andrer Seite läßt ſich jede mögliche krummlinige Bewegung, ſei es in einer oder mehreren Ebenen ausgeführt, durch Projection auf drei gegen einander ſenkrechte Axen in geradlinige zerlegen, welche des Weitern die vorige Zerlegung geſtatten; und dies auf alle Puncte, welche zu einem pſychophyſiſchen Proceſſe beitragen, ausdehnen. Welcher Art alſo dieſer Proceß immer ſein möge, ſo zerlegt er ſich ſchließlich in eine Anzahl einfachſter Schwingungen nach den drei Hauptrichtungen, im Allgemeinen von ungleicher Amplitude, Periode und Ausgang, welche jedoch in ſpecialen Fällen auch übereinſtimmend werden können. Es wird nun die Luſt und Unluſt überhaupt als Function von a, a', a'' . . nach quantitativer Seite, von T, T', T'' nach qualitativer Seite zu beſtimmen ſein, indeß das Verhältniß der Ausgangswerthe nur mitbeſtimmend für die Form des Proceſſes ohne Einfluß auf deſſen äſthetiſchen Ertrag ſein dürfte.

In jedem Falle wird man nur Anlaß haben, einen ſolchen Complex von Theilchen und eine ſolche Fortdauer ihrer Bewegung dieſer Behandlung zu unterwerfen, als ſie zu einem einfachen oder einheitlichen Bewußtſeinsphänomen oder Bewußtſein gehören; im Falle eines einheitlichen aber wird man außer dem Totalproceſſe auch noch die Partialproceſſe, welche den Sonderphänomenen zugehören, in beſondern Betracht ziehen können.

XIX. Was veranlaßt und berechtigt uns, eine Außenwelt anzunehmen, und wiefern iſt eine Erkenntniß ihrer Beſchaffenheit möglich.

Der Menſch ſpricht von äußern Erſcheinungen oder Erſcheinungen eines Aeußeren, die er von einer ſog. materiellen oder körperlichen Außenwelt, ſagen wir gewohntermaßen kurz Natur oder einfach Außenwelt, urſächlich abhängig denkt, indeß es im Grunde immer nur innere Beſtimmungen, Erſcheinungen ſeines eigenen geiſtigen Weſens, ſinnliche Empfindungen, Anſchauungen dieſer und jener Art ſind, die er auf das Daſein der materiellen Außenwelt, als durch dieſelbe hervorgerufen, deutet. Was läßt ihn überhaupt annehmen, daß der innern Welt dieſer Empfindungen, Anſchauungen wirklich eine Welt außerhalb entſpreche, und was berechtigt ihn zu einer ſolchen Annahme?

Iſt es eine inſtinctive Nöthigung? Wenn eine ſolche beſteht, ſo wird ſich davon wie von allem Inſtinctiven entweder überhaupt keine klare Rechenſchaft geben laſſen oder ſolche erſt rückliegend geſucht werden müſſen; der Ausdruck ſelbſt an ſich erklärt nichts. Fragt ſich zunächſt in dieſer Hinſicht, um nach etwas Thatſächlichem zu fragen, ob ein neugebornes Kind ſchon eine Außenwelt von ſich unterſcheidet. Natürlich in derſelben Weiſe, als wir es reflectirend thun oder thun können, nicht; doch könnte es ſo ſein, wie wir es unwillkürlich ohne Reflexion darauf thun, und uns bei unſern Handlungen nach Außen dadurch beſtimmt finden[1]). Inzwiſchen iſt Vieles in uns durch Erfahrung und Uebung im Leben erſt erworben, was ſich nachmals unwillkürlich wie etwas Angeborenes, Inſtinctives geltend macht. Könnte dies nicht auch mit der unwillkürlichen Unterſcheidung einer Außenwelt von uns der Fall ſein? Wäre aber auch die unwillkürliche Unterſcheidung *uns* angeboren, könnte ſie nicht erſt von unſern Vorältern erworben und nur durch *Vererbung* an uns übergegangen ſein? Wer vermöchte dieſe Fragen ſicher zu entſcheiden; es iſt ſogar ſchwer, ſie klar zu ſtellen. Doch verſuchen wir es noch mit einigen Betrachtungen, ob ſich nicht etwas Licht in der Frage gewinnen läßt.

Zunächſt kann man geneigt ſein, den Grund, daß wir unſre äußern Wahrnehmungen von einer Außenwelt abhängig halten, ſo zu ſtellen, und in der That wird er mehrfach mindeſtens ähnlich geſtellt. Die durch die äußern Wahrnehmungen uns bewußt werdenden Erſcheinungen, Empfindungen verrathen keine urſächliche Abhängigkeit von vorher beſtandenen Beſtimmungen unſres geiſtigen Selbſt in demſelben Sinne, als unſre Erinnerungen von unſern Anſchauungen, unſre Begriffe von unſern Erinnerungen u. ſ. w., indeß ſie ſelbſt Anlaß zu neuen Beſtimmungen geben können, die ſolche verrathen. Alſo ſucht man ein Urſächliches davon außer dem Geiſt. Zwar können wir durch vermittelnde Betrachtungen uns auch eines Cauſalzuſammenhanges zwiſchen unſern äußeren Wahrnehmungen verſichern; und ſo geſchieht es ja in der Naturwiſſenſchaft, die ihr ganzes Syſtem auf den Cauſalzuſammenhang zwiſchen ſolchen Wahrnehmungen begründet; aber jedenfalls iſt dieſer Cauſalzuſammenhang nicht ſo einfach und unmittelbar ins Bewußtſein fallend, als jener innere, fällt mit demſelben nicht zuſammen, läßt ſich mit ihm nicht in continuo verfolgen, hat ſeine eigenen Geſetze in ſich, ſteht ſozuſagen ſenkrecht auf jenem; alſo unterſcheiden wir das, was in den einen eintritt, von dem, was in den andern eintritt, als ein andres Gebiet; und da der urſächliche Zuſammenhang im äußerlich ſcheinenden Gebiete uns nicht unmittelbar innerlich vorliegt, ſuchen wir das Urſächliche dazu unwillkürlich außerhalb.

---

[1]) Jedenfalls ſcheint es bei neugebornen *Thieren* nach ihren auf die Außenwelt bezüglichen Handlungen ſo zu ſein.

Hienach würde die Frage, ob wir eine Außenwelt angeborener Weiſe von uns unterſcheiden, überhaupt von der Frage abhängen, ob uns die Foderung der Cauſalität aprioriſtiſch eingeboren ſei; umgekehrt glauben Manche einen ſtrikten Beweis, daß Letzteres der Fall ſei, darin zu finden, daß wir unwillkürlich eine Urſache zu unſern äußern Wahrnehmungen außer uns ſuchen. Inzwiſchen iſt ſchon oben bemerkt worden, daß es von vornherein fraglich iſt, ob wir das, was wir jetzt unwillkürlich thun, auch angeborner Weiſe thun, es könnte alſo recht wohl — wie das die Anſicht von Andern iſt — die Foderung des Cauſalzuſammenhanges erſt durch die Erfahrungen des Lebens vermittelt, und in Abhängigkeit hievon auch die Unterſcheidung einer Außenwelt von uns erſt ſpäter entſtanden ſein. Ja, iſt uns denn ſelbſt heute noch die Foderung der Cauſalität ſo unwillkürlich und geläufig, um davon überhaupt die ganz unwillkürliche und geläufige Unterſcheidung einer Außenwelt von uns abhängig machen zu können? Schon frühere Bemerkungen (S. 204) ſtehen dem entgegen. Wer fragt in der Regel danach, wenn er einen Ablauf äußerer Erſcheinungen vor ſich gehen ſieht, ob ſie überhaupt urſächlich bedingt ſind; dieſer Beziehungsbegriff kommt erſt durch beſondre Reflexion, welche wir in der Regel nicht anſtellen, und zur Unterſcheidung einer Außenwelt von uns nicht brauchen, zu Stande; man verfolgt unmittelbar eben nur die Folge der Erſcheinungen. Und anſtatt unwillkürlich ein Urſächliches außer uns zu unſern äußern Wahrnehmungen zu ſuchen, verwechſeln wir vielmehr reflexionslos das, was in die Wahrnehmung eintritt, geradezu mit etwas Aeußerem.

Anhänger einer indeterminiſtiſchen Freiheitsanſicht leugnen ſogar von vornherein, daß die Cauſalität im geiſtigen Gebiete unbedingte Gültigkeit habe; ſofern freie Willensentſchließungen ohne zulängliche Bedingtheit durch Vorangehendes entſtehen können; doch erſcheinen dieſe Entſchließungen als etwas dem Geiſte Inneres, nicht von Außen Aufgedrungenes. Die gleiche Möglichkeit müſſen ſie dann auch für die äußern Wahrnehmungen zugeſtehen, und könnten hiemit nicht den Schein, daß dieſelben von Außen aufgedrungen ſind, von vermißter innerer Cauſalität abhängig machen. Auch abgeſehen aber von der Freiheitsfrage erſcheinen uns plötzliche Einfälle, von denen wir nicht wiſſen, woher ſie uns gekommen ſind, doch nicht unmittelbar als etwas von Außen Gekommenes.

Hienach kann man es mindeſtens ſehr zweifelhaft finden, ob das Vermiſſen einer innern Cauſalität überhaupt eine Rolle bei der uns ſozuſagen zur andern Natur gewordenen Unterſcheidung einer materiellen Außenwelt von uns ſelbſt liegt; und laſſen wir die Frage nach dem letzten Grunde davon dahingeſtellt, nachdem ſich nicht ganz in's Reine darüber kommen ließ.

Eine andre Frage als nach dem pſychologiſchen Grunde, daß wir zu unſern äußern Wahrnehmungen unwillkürlich eine wirklich vorhandene Außenwelt vorausſetzen, iſt die fundamentalere, weil unſre objective Erkenntniß ſelbſt angehende, Frage nach der *Berechtigung* dieſer Vorausſetzung. Glaubensſache wird die Annahme einer Außenwelt immer bleiben, da wir doch das, was wir von ihr haben und wiſſen, thatſächlich nur als unſer Inneres haben und bei einiger Ueberlegung auch als ſolches anerkennen. Aber die Thatſache ſelbſt, daß man von jeher an eine Außenwelt geglaubt, eine ſolche von ſich unterſchieden hat, giebt die hiſtoriſche Stütze, und daß man, um in eine Außenwelt hinein zu handeln, an das Daſein einer ſolchen glauben muß, die praktiſche Stütze dieſes Glaubens. Fragt ſich noch nach einer theoretiſchen Stütze.

Wenn nun ſchon die Thatſache, daß wir unwillkürlich eine Außenwelt von uns unterſcheiden, nicht ſicher dadurch erklärbar ſchien, daß wir unwillkürlich zu unſern äußeren Wahrnehmungen eine Urſache außer uns ſuchen, die wir nicht in uns finden, ſo läßt ſich auch die Berechtigung zu dieſer Unterſcheidung nicht wohl darauf gründen. Einmal, weil wir bei gründlicher Unterſuchung des Naturzuſammenhanges, der in unſere äußere Wahrnehmung eintritt, doch mehr oder weniger einen urſächlichen Zuſammenhang dazwiſchen wirklich entdecken, ohne über unſer Inneres dabei herauszugehen, zweitens, weil wir ſelbſt von unſern Gedanken den urſächlichen Zuſammenhang nicht vollſtändig in uns zu verfolgen vermöchten, ohne ihnen deßhalb die rein innere Exiſtenz abſprechen zu können. Wonach denkbar wäre, daß äußere Wahrnehmungen wie Gedanken beide nach einem rein inneren, nur nicht überall verfolgbaren, Cauſalzuſammenhange abliefen; denn daß ſich der eine Cauſalzuſammenhang nach einem oben gebrauchten kurzen Ausdruck ſozuſagen ſenkrecht auf den andern ſtellt, würde immer nicht hindern, daß der eine ſo gut als der andre ein rein innerer ſei. Hingegen läßt folgende Betrachtung erkennen, worauf wir jedenfalls *factiſch* in Wiſſenſchaft und Leben die Berechtigung ſtützen, die äußern Wahrnehmungen auch äußerlich bedingt zu halten.

Hallucinationen, denen wir nichts äußerlich entſprechend halten, machen dem, der ſolche hat, denſelben Eindruck, als einem Andern äußere Wahrnehmungen, denen wir etwas äußerlich entſprechend halten. Was macht den Unterſchied zwiſchen beiden? Im Grunde ſind doch letztere, die äußeren Wahrnehmungen, ſo gut eine rein innere Sache als erſtere, die Hallucinationen, und findet der Hallucinirende ſo wenig eine innere Urſache zu den Phantasmen, die er für äußere Objecte hält, als der äußerlich Wahrnehmende zu den Erſcheinungen wirklicher, d. h. von Allen dafür anerkannter, Objecte. Könnten nicht alſo die äußeren Erſcheinungen, die wir auf das Daſein von ſolchen beziehen, vielmehr auch nur ſubjective Phantasmen, wie die Hallucinationen, ſein. Doch verwechſeln wir, abgeſehen vom Hallucinirenden ſelbſt, beide nicht, und das muß einen Grund haben.

Augenfällig liegt dieſer Grund darin, daß mit der, durch die äußeren Wahrnehmungen gebotenen, Erſcheinung der für wirklich gehaltenen Objecte der Außenwelt für uns, theils entſprechende, theils geſetzlich verfolgbar damit zuſammenhängende in andern Menſchengeiſtern entſtehen können, von denen wir Mittheilungen darüber empfangen können. Derſelbe Baum, den ich ſehe, können Andre ſehen, ſie mögen ihn nach ihrer verſchiedenen Stellung und der verſchiedenen Einrichtung ihres Auges verſchieden ſehen, und mit Rückſicht auf dieſe Verſchiedenheiten läßt ſich die Verſchiedenheit der Erſcheinungen erklären; aber der Zuſammenhang, vermöge deſſen die Erſcheinung des Baumes für ein geiſtiges Subject nur nach Maßgabe möglich iſt, als ſie zugleich in geſetzlich zugehöriger Weiſe für andre möglich iſt, giebt uns die Berechtigung oder gilt uns dafür, ein gemeinſames Urſächliche dafür, was über jeden Geiſt insbeſondre hinausgreift, anzunehmen, eine Berechtigung, welche den Hallucinationen fehlt. Und ſo laſſen wir die Erſcheinungen, die dem Hallucinirenden Außendinge vorſpiegeln, deßhalb nicht als abhängig von wirklichen Außendingen gelten, weil ſie ſich dem geſetzlichen Zuſammenhange der Vorſtellungen, welche wir Alle von der Außenwelt haben, nicht fügen. Beſtände kein ſolcher Zuſammenhang für die Geſammtheit, ſo hörte auch alle theoretiſche Berechtigung auf, in den Erſcheinungen einer Außenwelt mehr als eine Summe ſubjectiver Hallucinationen zu ſehen.

Nun freilich, daß es Geiſter außer uns giebt, können wir doch auch nur aus Einwirkungen derſelben auf uns ſchließen, die uns innerlich geworden ſind, und könnten hienach von vornherein ſo gut das Daſein einer geiſtigen, als einer materiellen Außenwelt über uns hinaus bezweifeln; aber zu den hiſtoriſchen und praktiſchen Glaubensgründen für das Daſein von Geiſtern außer uns tritt noch der theoretiſche der Analogie, wonach wir an ähnliche Körper und körperliche Aeußerungen als unſre eignen auch ähnliche Seelen und Seelenäußerungen, als unſre eigenen knüpfen[1]).

Mit all' dem iſt nicht geſagt, daß der unwillkürliche Eindruck des Daſeins einer materiellen Außenwelt von unſerm Wiſſen, daß Andre auch einen ſolchen Eindruck haben, abhängt; unſtreitig entſteht er für Jeden ganz unabhängig davon; ſondern es iſt nur geſagt, daß wir den Durchgang durch den Glauben an Geiſter außer uns nehmen müſſen, um den Hallucinationen gegenüber eine theoretiſche Berechtigung für den Glauben zu finden, daß dem Scheine materieller Außendinge für jeden Einzelnen von uns auch wirklich Dinge objectiv, d. i. für Andre exiſtirend, entſprechen.

Auch ruht unſre ganze Betrachtungsweiſe der Natur oder materiellen Außenwelt als einer objectiv daſeienden factiſch auf der Vorausſetzung, daß ſie nicht blos uns, ſondern auch anderen erſcheine, d. i. Wirkungen in Andre wie in uns hineinerzeugen könne, welche wir von ihr als der Urſache davon abhängig machen; und unſre ganze Charakteriſtik der objectiven Natur beruht nicht blos auf Erfahrungen, die von dieſem und jenem, ſondern von möglichſt vielen gemacht und von den Klügſten darunter zu Weiterſchlüſſen, wie ſich die Erſcheinungen unter abgeänderten Umſtänden abändern würden, benutzt werden.

Allerdings beſtände hienach allgemeingeſprochen noch die Möglichkeit, daß der geſetzliche Zuſammenhang der äußeren Erſcheinungen, wenn ſchon über jeden einzelnen Geiſt hinaus weiſend, für die Geſammtheit aller durch eine zwiſchen ihnen beſtehende präſtabilirte Harmonie vermittelt ſei, ohne daß es über ſie hinaus etwas gäbe. Und unſtreitig iſt kein logiſch zwingender Beweis dagegen zu führen; aber auch keiner dafür. Gewiß iſt, daß bis jetzt keine klare und praktiſche Verſtändigung über die Welt der Außendinge für die Menſchen unter der Form oder Vorausſetzung möglich erſchienen iſt, daß es zu den ſog. äußern Erſcheinungen, welche den Einzelgeiſtern eine Außenwelt vorſpiegeln, nichts Urſächliches außer dieſen Geiſtern gebe, daher auch weder die natürliche noch naturwiſſenſchaftliche Anſicht ſich darauf einläßt, ja im Grunde auch kein philoſophiſches Syſtem dieſelbe rein vertritt. Denn ſelbſt im Leibniziſchen Syſtem präſtabilirter Harmonie gilt die göttliche Monas noch als ein, über den Einzelgeiſtern hinaus beſtehendes, Weſen, was ihre Zuſammenſtimmung vermittelt, ohne daß aber klare Vorſtellungen darüber im Syſtem beſtehen. Da wir nun, wo keine Entſcheidung zwiſchen mehreren möglichen Anſichten ſei es auf rein logiſchem, ſei es auf directem Erfahrungswege möglich iſt, diejenige vorzuziehen haben, welche die klarſte, praktiſchſte und hiſtoriſch bewährteſte Orientirung im Geſammtgebiete menſchlicher Erkenntniß vermittelt — denn woran uns ſonſt halten — ſo abſtrahiren wir, um nicht die Betrachtungen von vornherein erfolglos zu verwickeln, von der logiſchen Möglichkeit jener unfruchtbaren Anſicht.

---

[1]) Etwas näher erläutert, ſo: Ich nehme meinen Körper und meine Handlungen äußerlich wahr, ebenſo die von andern Menſchen. Die dadurch gewonnenen ſogenannten äußern Erſcheinungen ſind beidesfalls nur ein Inneres für mich, d. i. meinen Geiſt; aber nachdem ich die von meinem Körper und meinen Handlungen gewinnbaren äußern Erſcheinungen in ſolidariſchem Zuſammenhange mit innerlichen Seelenerſcheinungen finde, ſetze ich voraus, daß es analoge Seelenerſcheinungen auch in ſolidariſchem Zuſammenhange mit den analogen äußern Erſcheinungen, die ich vom Körper und den körperlichen Aeußerungen Andrer habe, geben werde, die aber nicht mit meinen innern Seelenerſcheinungen zuſammenfallen, alſo nicht in mein Bewußtſein treten, weil ja auch die körperlichen Erſcheinungen von uns beiden in mir ſelbſt nicht zuſammenfallen. So äußerlich dieſe gegeneinander, ſo äußerlich die beziehentlich dazu gehörigen, einerſeits von mir innerlich empfundenen, anderſeits von mir dazu hinzuangenommenen Seelenerſcheinungen. Natürlich tritt dieſer Analogieſchluß nicht in ſo entwickelter Geſtalt von ſelbſt in's Bewußtſein, läßt ſich aber doch ſo in ſeine Momente entwickeln.

Fragt ſich nun, wenn wir doch eine Außenwelt über die Einzelgeiſter hinaus zuzugeſtehen haben, wiefern uns eine Erkenntniß ihrer Beſchaffenheit möglich iſt. Die ſo einflußreich gewordene Kant'ſche Lehre leugnet eine ſolche Möglichkeit, läßt die objective Beſchaffenheit deſſen, was die Erſcheinungen einer Außenwelt in uns hinein erzeugt, überhaupt unbeſtimmt, ſpricht von Dingen an ſich, deren Beſchaffenheit an ſich ganz unerkennbar ſei, indem alle davon in uns abhängigen Erſcheinungen, ſelbſt die zeitliche und räumliche Form derſelben, weſentlich durch die Einrichtung unſrer Subjectivität bedingt ſeien [1], jedenfalls unerfindlich ſei, was nicht davon bedingt ſei. Auf dieſen Standpunct kann man ſich ja freilich ſtellen; nur fragt ſich, was man damit

---

1) Daß Raum und Zeit ſubjective Formen unſrer Anſchauung ſind, bedarf überhaupt keines beſondern Beweiſes, da es eine einfache Thatſache unſrer Erfahrung, des Blickes in uns ſelbſt hinein iſt. Daß ſie nur Formen unſrer Anſchauung ſind, iſt nicht daraus zu folgern; und wenn man aus Zeit und Raum allen Inhalt wegdenken kann, ohne Zeit und Raum ſelbſt wegdenken zu können, ſo ſpricht dies eher dafür, als dagegen, daß es weſentliche Formen der Intelligenz überhaupt ſind.

gewinnt, daß man die Schlußwege principiell vernachläſſigt und verwirft, die uns einen Blick über unſer eigenes beſchränktes Daſein hinaus eröffnen können. Kant ſelbſt wird doch nicht leugnen können, daß unſre eigene Exiſtenz ein Theil der geſammten Exiſtenz ſei; und es iſt ein eignes Poſtulat, daß dieſer Theil mit dem übrigen Theile der Exiſtenz ſo unvergleichbar ſei, um keinen Schluß vom einen auf den andern machen zu können, indeß wir ſonſt überall ſolche Schlüſſe mit um ſo mehr Frucht für unſere Erkenntniß und das darauf gebaute praktiſche Leben machen, eine je größere Sicherheit und Tragweite wir dieſen Schlüſſen zu geben wiſſen. Fehlt nun auch allen Inductionen, Analogieen, Cauſalbetrachtungen, auf denen wir hiebei fußen mögen, die logiſche Evidenz, hiemit ihren Ergebniſſen die abſolute Gewißheit, ſo laſſen wir uns doch ſonſt nicht dadurch hindern, von dieſen Schlußwegen Gebrauch zu machen, und könnten ohne das in keinem Zweige des Lebens und Wiſſens auskommen; nun ſollen wir gar in unſern Anſichten über die allgemeinſten und höchſten Dinge ohne das auskommen. Jedenfalls ſcheint es mir beſſer, das Wahrſcheinlichſte, uns theoretiſch und praktiſch im Gebiete der Exiſtenz zu orientiren Geeignete zu ſuchen, auf die dazu zu Gebote ſtehenden Mittel ausdrücklich hinzuweiſen, und ſie zu möglichſter Klarheit, Sicherheit und Entwicklung zu bringen, als die fehlende Möglichkeit abſoluter Gewißheit der Erkenntniß mit abſolut fehlender Erkenntnißmöglichkeit zu verwechſeln, und in dieſer Verwechslung ſozuſagen das Fundament philoſophiſcher Weisheit zu ſehen.

Nun freilich dürfen wir nicht von vornherein Beſtimmungen, die in uns durch das Aeußere hervorgerufen werden, unmittelbar auf das Aeußere, als dort ebenſo beſtehend, übertragen, wie es die gemeine oder natürliche Anſicht thut. Das Leuchten der Sonne, das Rauſchen des Windes, das Duften der Blumen ſind ihr etwas, was nicht blos in uns, ſondern in die objective Außenwelt ſelbſt über unſre Seele hinaus fällt. Ob es nicht aber, wenn überhaupt, draußen doch anders leuchte, rauſche, dufte, als in irgend einem von uns, die blos eine Wirkung von draußen empfangen, ja ob es überhaupt draußen noch leuchte, rauſche, dufte, ob nicht das blos Wirkungen in uns ſind, welche von einer ganz anders gearteten Beſtimmtheit des Draußen abhängen, danach fragt ſie nicht, darum kümmert ſie ſich nicht. Und doch kann das, was eine Erſcheinung der Art von draußen in uns hervorruft, unmöglich draußen ſich eben ſo wiederfinden, wie es jedem von uns innerlich vorgeſpiegelt wird, weil es ſich ja in jedem von uns nach der

Einrichtung ſeiner körperlichen Organe, wozu die Einrichtung der Seele in einem Verhältniß der Bedingtheit ſteht, und ſeiner Stellung zur Außenwelt anders ſpiegelt, und doch nicht allen Spiegelbildern zugleich gleichen kann.

Von der andern Seite aber läßt ſich doch auch denken, daß, ſo gut an gewiſſe Beſtimmungen und Bewegungen innerhalb unſres Körpers, insbeſondre Nervenſyſtems, ſich die Empfindungen des Leuchtens, Tönens, Duftens u. ſ. w. geſetzlich knüpfen, dies auch von entſprechenden Beſtimmungen und Bewegungen der körperlichen Außenwelt gelte, ſolchen namentlich, von welchen die leuchtenden, tönenden, duftenden Bewegungen in unſerm Körper ſelbſt erſt cauſal abhängen, nur daß dieſe Bewegungen durch Eintritt in das materielle Syſtem unſres Körpers nach der individuellen Einrichtung eines Jeden in Jedem anders modificirt werden und andre Mitbeſtimmungen erfahren, ſomit auch anders modificirte Empfindungen mitführen und in ein Syſtem andrer pſychiſcher Mitbeſtimmungen eintreten; indeß doch auch etwas Gemeinſchaftliches in der Qualität der Empfindung zwiſchen Innen und Außen bleiben kann. Um ein Bild aus dem Bereiche unſrer Vorſtellungen von der Außenwelt ſelbſt zu brauchen: Derſelbe Lichtſtrahl kann je nach der Beſchaffenheit der verſchieden geſchliffenen Gläſer, durch welche er gebrochen wird, verſchieden gekrümmten Spiegel, durch die er zurückgeworfen wird, verſchieden gefärbten Oberflächen, durch die er zerſtreut wird, ſehr verſchieden modificirt, heller, dunkler, einfacher, zerſtreuter, ſo oder ſo gefärbt erſcheinen, doch bleibt die Qualität des Leuchtens allen dieſen Fortwirkungen mit dem Urſprung gemein; und ſo könnte auch an den oscillirenden Lichtſtrahl draußen ſich ebenſogut die Empfindung des Leuchtens in einem an die materielle Außenwelt geknüpften allgemeineren geiſtigen Weſen knüpfen, als an ſeine oscillirende Wirkung in unſer organiſches Syſtem hinein ſich die Empfindung des Leuchtens in unſrer daran geknüpften Seele knüpft[1].

In der That iſt dies die Auffaſſung des Verhältniſſes zwiſchen Innen und Außen, worauf unſre Tagesanſicht zurückkommt, gegenüber der Nachtanſicht, wonach das draußen noch finſtre Licht erſt in uns zum Leuchten kommt.

---

[1] Freilich iſt das, was wir als oscillirenden Lichtſtrahl draußen, wie das, was wir als oscillirende Wirkung deſſelben in uns faſſen, Beides nur eine Abſtraction aus dem Bereiche äußerer Wahrnehmungen; aber inſofern beides aus vergleichbaren Wahrnehmungen abſtrahirt iſt, hat es auch die Vorausſetzung für ſich, daß ihm objectiv etwas Vergleichbares entſpricht.

Wie ſchon früher erinnert, geht unſre Tagesanſicht hiemit in gewiſſer Weiſe zur natürlichen Anſicht zurück, macht dabei aber doch einen klaren Unterſchied zwiſchen dem, was objectiv in der Natur ſelbſt oder dem zugehörigen geiſtigen Weſen erſcheint, und dem, was in Abhängigkeit davon jedem von uns erſcheint, den die natürliche oder gemeine Anſicht nicht macht, indem ſie ihn zwar nicht ausdrücklich abweiſt, aber in ihrer Unklarheit und Unbeſtimmtheit nicht darauf eingeht.

Sehen wir nun im folgenden Abſchnitte zu, wie dieſe Auffaſſung der ſinnlichen Erſcheinungswelt oder Natur Seitens der Tagesanſicht mit der naturwiſſenſchaftlichen Auffaſſung derſelben ſich vermittelt.

XX. Vermittelung der Tagesanſicht mit der naturwiſſenſchaftlichen Auffaſſung der Natur.

Um mit klaren Vorbegriffen in die folgenden Betrachtungen einzutreten, beſtimmen wir etwas genauer als bisher, was wir, in weſentlicher Einſtimmung mit dem naturwiſſenſchaftlichen wie allgemeinen Sprach- und Begriffsgebrauche, hier unter Natur oder auch gleichbedeutend materiellen Welt verſtehen werden.

Wir verſtehen darunter und allgemein wird darunter verſtanden das, als außer unſerm Geiſte exiſtirend vorgeſtellte, Urſächliche der ſog. äußeren Erſcheinungen oder Wahrnehmungen, die von uns und von Andern mit den ſog. äußern Sinnen wirklich gewonnen werden oder gewonnen werden können, d. i. des Sehens, Hörens, Riechens, Schmeckens, Fühlens (Taſtens)[1]; auch wird die Natur gemeinhin durch dieſe in uns hinein erzeugten Wirkungen charakteriſirt, wenn ſchon wiſſenſchaftlicherſeits immer mit dem Bewußtſein, daß dieſe Wirkungen in uns, unſerm Geiſte, nicht das Urſächliche davon, nicht die Natur ſelbſt ſind. Die Gründe, die uns veranlaſſen und berechtigen, wirklich ein Urſächliches dieſer Wirkungen außer unſerm Geiſte zu ſuchen, ſind im vorigen Abſchnitte beſprochen und hier nicht darauf zurückzukommen.

---

[1] Die ſog. Gemeingefühle, als des Hungers, Durſtes, Schmerzes, bezeichnen wir auch wohl als körperliche, jedenfalls als ſinnliche, Gefühle, doch verwenden ſie nicht in derſelben Weiſe als die Wahrnehmungen der ſog. äußern Sinne, zur Charakteriſtik der materiellen Außenwelt; da ſie mit den entſprechenden Gefühlen Andrer nicht in einem ebenſo verfolgbaren geſetzlichen Zuſammenhange ſtehen, als die äußern Wahrnehmungen; was in die S. 226 gemachte Bemerkung hineintritt, daß es eben dieſer für Viele beſtehende Zuſammenhang iſt, der uns überhaupt als Kriterium einer objectiven Natur über die Einzelwahrnehmung eines jeden hinaus dient.

Unſer eigner Körper iſt als das Urſächliche äußerer Erſcheinungen in der Natur oder Geſammtheit der materiellen Welt theilhaft inbegriffen, ſofern er äußerlich von Andern, ja zu einem Theil mit eigenen äußern Sinnen von uns ſelbſt wahrgenommen werden kann. Zwar vom Innern eines lebenden Körpers können wir nicht unmittelbar äußere Wahrnehmungen haben; doch nach den Unterſuchungen des Anatomen und Phyſiologen eine Vorſtellung faſſen, wie das Innere nach Wegräumung der äußeren Hinderniſſe äußerlich erſcheinen würde, und, ſofern die äußeren Erſcheinungen nach der Feinheit und Unterſcheidungskraft unſerer Sinne variiren, Schlüſſe machen, welche Erſcheinungen wir bei möglichſter Feinheit derſelben und Unterſtützung derſelben durch möglichſt vervollkommnet gedachte, äußere Hülfsmittel haben würden. Zur Charakteriſtik der Natur oder materiellen Welt nach ihrer äußeren Erſcheinlichkeit gehört uns nun überhaupt, wenigſtens in wiſſenſchaftlicher Betrachtung, was und wie etwas unter ſolchen, günſtigſt gedachten, Bedingungen erſcheinen würde, wenn ſchon es wegen äußerer Hinderniſſe oder Beſchränktheit unſerer Beobachtungsmittel ſich unſrer wirklichen Wahrnehmung entzieht. Genug, daß es in dieſem Sinne aus dem Zuſammenhange des wirklich äußerlich Erſcheinlichen erſchloſſen und in Form deſſelben, wenn auch nur als deſſen Gränze, vorgeſtellt, in den von der Naturwiſſenſchaft verfolgbaren Cauſalzuſammenhang des äußerlich Erſcheinlichen widerſpruchslos eintritt und denſelben ſelbſt ergänzen hilft1). Dies iſt für das Folgende, wenn von äußerer Erſcheinlichkeit die Rede, immer im Auge zu behalten.

Näher zugeſehen finden wir die Empfindungen, Anſchauungen, Erinnerungen, Willensbeſtimmungen u. ſ. w., die in der Einheit unſres Bewußtſeins verknüpft ſind, ohne zugleich Sache eines fremden Bewußtſeins zu ſein, und die wir deßhalb als Erſcheinungen,

---

1 Hiedurch treten Atome und Undulationen des Lichts, zu deren Unterſcheidung kein Auge und Mikroſkop reicht, doch in den wiſſenſchaftlich erfaßten Naturzuſammenhang ein.

Beſtimmungen unſres geiſtigen oder Seelenweſes anſehen, durch ein Verhältniß der Bedingtheit mit den Beſtimmungen der äußern Erſcheinlichkeit unſres Körpers zuſammenhängend, nach üblichem Ausdruck daran gebunden, davon getragen, welches theils durch directe Beobachtung, theils durch Erfahrungsſchlüſſe erkannt und verfolgt werden kann. Ueber den Grund dieſer Bedingtheit, wie über das ganze Verhältniß von Leib und zugehöriger Seele kann man ſtreiten; hier aber gilt es zunächſt blos das Factum der Bedingtheit im Auge zu halten, wonach zu gegebenen Beſtimmtheiten der Seele geſetzlich zugehörige Beſtimmtheiten des in obigem Sinne äußerlich erſcheinlichen Körpers ſtattfinden.

Dieſe Vorbegriffe können für das Folgende genügen. Ohne nun denſelben zu widerſprechen, geht doch die ſtreng naturwiſſenſchaftliche Betrachtung und Behandlung der Natur nur in einer gewiſſen Beſchränkung auf die danach zur Natur zu rechnenden Beſtimmungen ein, hält nämlich von der ganzen äußerlich ſinnlichen Erſcheinungswelt nur das Zählbare oder infiniteſimal Summirbare, nach Zeit- und Raummaß Beſtimmbare, ſagen wir kurz das quantitativ Beſtimmbare, feſt, abſtrahirt aber von aller qualitativen Beſtimmtheit, wie ſolche unſern ſinnlichen Erſcheinungen als Lichtempfindung, Tonempfindung u. ſ. w. zukommt[1]. So bleibt für ſie nur die Vorſtellung räumlicher und zeitlicher Ausdehnung, die Vorſtellung eines in dieſem Raume enthaltenen, ſei es mit ausgedehnten oder in discrete Atome geſpaltenen, jedenfalls qualitativ unbeſtimmt gelaſſenen oder gleichgültig gedachten, Etwas, was ſie Materie nennt, und die Vorſtellung von Lagen und Lagenveränderungen (Bewegungen) der Theile der Materie im Raume übrig. Sie legt der Materie Kräfte bei, die aber für naturwiſſenſchaftlichen Standpunct und naturwiſſenſchaftliche Verwendung factiſch durch nichts Andres charakteriſirbar ſind, als dadurch, daß aus gegebenen quantitativ beſtimmbaren zeitlichräumlichen Verhältniſſen der Materie geſetzlich andre folgen, was ſie als Wirkung der, der Materie inwohnenden, Kräfte bezeichnet. Sie thut ſo, mag auch der Philoſoph mit dem Begriffe der Kräfte umſpringen wie er will, und ihn dadurch für die Naturwiſſenſchaft ſo unfaßlich und unbrauchbar als möglich machen (vergl. Abſchn. XVII). All dem aber haftet für die ſtreng naturwiſſenſchaftliche Betrachtung nichts mehr von den Empfindungsqualitäten des Geſichts, Gehörs u. ſ. w. an, womit complicirt es doch in die äußere Wahrnehmung eintritt; und wenn ſie noch etwa die Möglichkeit ſtatuirt, daß den beiden Electricitäten verſchiedene Arten von Materie unterliegen, iſt es nur inſofern, als etwa quantitativ verſchiedene Bewegungserfolge davon abhängen, ohne daß ſie dabei an jene Empfindungsqualitäten der äußeren Wahrnehmbarkeit denkt.

---

[1] Die Intenſität einer Licht- und Tonempfindung reducirt ſich für die exacte Naturwiſſenſchaft auf lebendige Kraft (Product aus Maſſe in das Quadrat von Geſchwindigkeit) ſchwingender Theilchen. Die Materie ſelbſt wird atomiſtiſch als etwas Zählbares, nicht atomiſtiſch als etwas infiniteſimal Summirbares gefaßt. Die Maſſe der Materie wird nach Bewegungsgrößen beurtheilt. Die Dichtigkeit kommt auf verhältnißmäßige Zahl oder Summe von Theilchen gegebener Maſſe im gegebenem Raume zurück. Die verſchiedene chemiſche Grundconſtitution der Körper kann auf verſchiedene Geſtalt und Maſſe letzter Theilchen, oder verſchiedene Zahl und Anordnung einfacher Theilchen in den kleinen Gruppen (Moleculen), in welche ſich die Materie vor ihrer letzten Spaltung getheilt denken läßt, zurückgeführt werden. Die Geſtalt und Anordnung materieller Theile ſelbſt führen ſich auf lineare und Winkelgrößen, von gegebenen Punkten aus gerechnet, zurück.

Nach Abſtraction aber von allen dieſen Empfindungsqualitäten erkennt die naturwiſſenſchaftliche Betrachtung doch an, daß je nach den verſchiedenen Verhältniſſen der, von ihr in voriger Weiſe ins Auge gefaßten, materiellen Welt zu dem Theile, den unſer Körper davon für ſie bildet, und nach deſſen eignen innern Verhältniſſen, qualitativ beſtimmte Empfindungen verſchiedener Art in der Seele entſtehen können, die an unſern Körper gebunden iſt, nach Geſetzen, die ſie bis zu gewiſſen Gränzen in Phyſik und Phyſiologie ſelbſt verfolgt, des Weiteren und Genaueren der Pſychophyſik zu verfolgen überläßt. Und umgekehrt ſchließt ſie von ſolchen Empfindungen in uns auf das Daſein quantitativ beſtimmter Verhältniſſe in der Außenwelt, von Lichtempfindung in uns auf raſche Aetherſchwingungen, von Tonempfindung in uns auf langſamere Luftſchwingungen in der Außenwelt, ohne daß an dieſen ſelbſt für die naturwiſſenſchaftliche Betrachtung etwas von der Qualität dieſer Empfindungen haftet.

Kurz, die naturwiſſenſchaftliche Betrachtung objectivirt blos quantitativ auffaßbare Beſtimmungen unſrer äußeren Wahrnehmungen als der Natur außer uns zukommend, oder zur weſentlichen Charakteriſtik derſelben gehörig, und abſtrahirt von den qualitativen[1]. Nun iſt es doch eine eigene Sache, wenn der Materialiſt, und nicht blos dieſer, ſondern im Grunde die ganze heutige, von der Nachtanſicht inficirte, wiſſenſchaftliche Welt der Natur über uns hinaus deßhalb keine qualitative Beſtimmtheit zukommend hält, weil der Naturforſcher von ihr abſtrahirt. Er hält es eben nur für ſeine Aufgabe, ſich mit der quantitativen zu beſchäftigen, indeß doch dieſe in untrennbarem Zuſammenhange mit der qualitativen in ſeine Wahrnehmung eintritt. Soll die Welt über uns hinaus, indem ſie qualitative Empfindungen in uns hineinerzeugt, ſelbſt qualitativ leer, unbeſtimmt ſein? Oder ſoll ſie Qualitäten haben, die mit den von unſrer Seele faßbaren unvergleichbar ſind, von denen ſich alſo nicht ſprechen läßt, die man einfach dahin ſtellen muß. Aber das trifft doch factiſch nicht für den Theil der Natur, der die äußerliche Erſcheinung eines lebendigen Körpers giebt, ſofern ſich daran nach directer innerer Erfahrung die Empfindungsqualitäten des Sehens, Hörens u. ſ. w. knüpfen. Hier haben wir einen directen Anknüpfungspunct in der Erfahrung für die Annahme beſtimmter Qualitäten zu den quantitativen Beſtimmtheiten der Natur über uns hinaus, den es nur zu verfolgen und auszubeuten gilt. Wir ſchließen nach Analogien, Inductionen, Cauſalbetrachtungen von dem, was in uns geſetzlich zuſammengehört, auf das, was davon über uns hinaus zuſammengehört. Mag nun auch die Ausführung dieſes Schluſſes in's Einzelne ſchwierig ſein und in's Unſichere gerathen, ſo iſt jedenfalls ein Princip und Anknüpfungspunct des Schluſſes mit Vorigem gegeben, und die Schwierigkeit und Unſicherheit trifft nicht ſowohl das Allgemeine als eben nur das Einzelne und Beſondere der Folgerungen.

---

[1] Obwohl Zahl, räumliche und zeitliche Extenſion ſämmtlich quantitativer Beſtimmtheit unterliegen, iſt doch ihre Unterſchiedenheit von einander nicht auf eine quantitative zurückführbar; und ſo könnte man ſagen: Zahl, Raum, Zeit ſeien von vornherein qualitativ unterſchieden, und ſomit würden ſogar ganz fundamentale Qualitäten von der Naturwiſſenſchaft in ſich aufgenommen. Nur ſtimmt dieſe weite Faſſung der Qualität nicht mit dem allgemeinen Begriffsgebrauche, wonach vielmehr

Denn freilich iſt unſer Körper äußerlich erſcheinlich anders eingerichtet als die übrige materielle Welt, und die Bewegungen darin geſtalten, verwickeln ſich anders als draußen, aber ſind darum nicht nach den, von der Naturwiſſenſchaft in's Auge gefaßten, quantitativen Beſtimmungen unvergleichbar damit; warum ſoll die Vergleichbarkeit nach Seiten der qualitativen Beſtimmtheit aufhören, wenn ſie nach Seiten der quantitativen fortbeſteht. Schwingungen z. B. giebt es

---

oder den reinen Zahl-, Zeit-, Raumbegriff für qualitativ erklären wird, aber wer weiß der Willkür der Definitionen wehren. Sei es alſo, ſo ſind doch dieſe fundamentalen Qualitäten nicht mit den Qualitäten der Lichtempfindung, Tonempfindung u. ſ. w. zuſammenzuwerfen, um die ſich's hier ausdrücklich handelt, und möchten überhaupt beſſer als verſchiedene formale Beſtimmtheiten der ſämmtlichen Erſcheinungswelt, welche gemeinſam dem Quantitätsbegriffe unterliegen, bezeichnet werden.

draußen wie drinnen; jedes Bewegungssystem überhaupt aber kann, wie mathematischen Physikern hinreichend bekannt ist, als ein Complex einfachster Schwingungen nur von verschiedener Amplitude und Periode vorgestellt und darein auflösbar gedacht werden, das der äußeren Natur nicht minder als unser eigenes inneres Bewegungssystem; und wenn höhere geistige Phänomene in uns an bestimmte Verhältnisse des Zusammentreffens von Schwingungen oder Bewegungen, die in solche auflösbar gedacht werden können, geknüpft sein mögen, so kann man z. B. bei einem Concert ähnliche Verhältnisse des Zusammentreffens auch draußen wiederfinden; wenn es aber außerdem auch unähnliche giebt, so werden sich eben nur unähnliche oder gar unvergleichbare oder keine geistige Phänomene daran knüpfen.

Es ist wahr, im äußerlich erscheinlichen Bewegungsgebiete, wie es vom Physiker gefaßt wird, kann die einfache Bewegung eines Handgriffes durch Uebertragung auf eine zusammengesetzte Maschine successive sehr mannichfache und complicirte Bewegungen darin auslösen, indeß die unmittelbare Uebertragung nur in einer entsprechend einfachen Bewegung sei es in Richtung der Handgriffsbewegung oder einer, durch Zerlegung derselben nach anderer Richtung besteht. Es steht nun frei, die Auslösung einer Bewegung, welche Empfindung mitführt, in unserem complicirten Gehirn durch einen relativ einfachen Reiz hiermit zu vergleichen. Hiermit erläutert sich aber nur die Entstehung einer irgendwie zusammengesetzten materiellen Bewegung in uns durch den äußern Reiz, nicht das Hervorbrechen einer Empfindungsqualität in dieser Zusammensetzung; der Uebergang dazu bleibt ein causaler Sprung, mag man ihn bei der einfachsten oder complicirtesten Bewegung thun, und kann nur vermieden werden, wenn ebenso die auslösenden als ausgelösten Bewegungen mit einer Empfindungsqualität behaftet gedacht werden[1]. Und wozu der Sprung, da die Naturwissenschaft selbst ihn nur deshalb schließlich zu machen genöthigt ist, weil sie zuvor von der qualitativen Bestimmtheit der äußern Wahrnehmungen abstrahirt; man restituire ihnen diese Bestimmtheit und es iſt von vornherein gar kein Anlaß mehr zum Sprunge. Doch macht der Materialismus und die ganze Nachtanſicht den Sprung mit, als wenn in der eigenthümlichen Complication der Gehirnbewegungen etwas läge, was aus Bewegung auf einmal Empfindung herauszaubern könnte [1].

---

[1] Sehr lesenswerth und überzeugend sind in dieser Beziehung die von Zöllner in s. Cometenbuche 1. Aufl. S. 236 oder wiss. Abh. I. 339 ff. angestellten Betrachtungen; wenn schon ich die damit in Beziehung gesetzte Ansicht über die psychophysische Begründung der Lust und Unlust nach den Bemerkungen S. 139 und Abschn. XVIII nicht zu theilen vermöchte. Auf Grund ähnlicher Betrachtungen wurde auch schon im 45. Abschn. m. Elemente d. Psych. die psychische Tragkraft für die materielle Bewegung überhaupt in Anspruch genommen.

Der Dualiſt im hergebrachten Sinne ſagt nun freilich: daß der Lichtreiz von draußen, an dem noch nichts von Empfindungsqualität haftet, doch ſolche in der, an unſern Körper geknüpften, Seele auslöſen kann, hängt daran, daß eben an unſern Körper aber nicht an die Natur darüber hinaus eine Seele geknüpft iſt. Wohl, aber wie kommt er zu dieſer Anſicht? Durch nichts Andres, als daß er den Sprung an eine andre Stelle verlegt. Die Körper zweier Menſchen ſind Theile der allgemeinen Körperwelt, zwiſchen beiden ſoll ſie unbeſeelt ſein; im Uebergange zu ihnen ſpringt ſie zur Beſeelung über. Die Möglichkeit einer dualiſtiſchen Auffaſſung zugegeben, „wird der Dualismus den Sprung doch nur dadurch vermeiden können, daß er zur Natur oder Körperwelt über unſre Körper hinaus ſo gut als zu unſern Körpern, kurz daß er zur materiellen Exiſtenz überhaupt, ein geiſtiges Weſen gehörig denkt.

Wollte man dennoch von den qualitativen Beſtimmtheiten der äußern Wahrnehmungen, als das Objective außer uns nichts angehend, nur in uns fallend, abſtrahiren, ſo wäre Kant wenigſtens conſequenter, ſofern er von der quantitativen Beſtimmtheit als objectiver Beſtimmtheit einer Welt über uns hinaus ebenſo abſtrahirt wiſſen will, als von der qualitativen. Haben wir aber doch theoretiſche und praktiſche Gründe, unſerer inneren Welt der äußeren Wahrnehmungen überhaupt zwar nicht das identiſch Gleiche, aber etwas durch Geſichtspuncte der Gleichheit damit Verwandtes außer uns entſprechend zu halten, was eine Wirkungsbeziehung zwiſchen beiden möglich erſcheinen läßt, ſo wird dies auch nicht minder betreffs der qualitativen als quantitativen Seite der Exiſtenz gelten müſſen, anderſeits die objective quantitative Seite der äußern Exiſtenz ebenſowenig mit der ſpecialen ſubjectiven Erſcheinung derſelben für jeden von uns zu verwechſeln oder für identiſch gleich damit anzuſehen ſein, als die qualitative. Auch begeht die naturwiſſenſchaftliche Betrachtung ſelbſt eine ſolche Verwechslung nicht, hält aber doch die Vergleichbarkeit nach quantitativer Seite feſt, und die Tagesanſicht tritt nur darin ergänzend hinzu, daß ſie daſſelbe auch betreffs der qualitativen Seite der Exiſtenz thut.

---

[1] Daß die große Complication des Gehirns der höheren Thiere und des Menſchen vielmehr nur zur Entwicklung des über ihr Sinnesleben gebauten höhern Seelenlebens als zur Auslöſung der ſinnlichen Empfindung ſelbſt nöthig iſt, beweiſt ſich ſchon damit, daß die aus gleichartiger organiſcher Subſtanz beſtehenden nervenloſen Polypen ſehr lebhafte Zeichen von Empfindungserregung durch äußere Reize geben.

Aber, kann man fragen, welchen Grund hat die naturwiſſenſchaftliche Betrachtung überhaupt, in vollem Widerſpruch mit der natürlichen von der ganzen qualitativen Seite der Naturerſcheinung zu abſtrahiren, um blos die quantitative mit ihrem Endeingriffe in unſre Seele in Betracht zu ziehen. Dieſer Grund liegt in ihrem Zwecke, aus gegebenen Verhältniſſen der äußeren Erſcheinungswelt nicht gegebene mit möglichſter Schärfe abzuleiten, oder den Erfolg abgeänderter Verhältniſſe des äußern Erſcheinungszuſammenhanges möglichſt ſicher vorauszubeſtimmen. Das kann ſie nicht anders, als nach Geſetzen, die aus Combination äußerer Wahrnehmungen geſchöpft ſind, durch Zuziehung von Maß und Rechnung. Aber nur die quantitative, nicht qualitative Seite der Naturerſcheinung iſt dem Maße und der Rechnung unmittelbar zugänglich[1]. Und der Beweis, daß dies wirklich der Geſichtspunct iſt, aus welchem die naturwiſſenſchaftliche Abſtraction von der Empfindungsqualität des äußerlich Wahrgenommenen geſchieht, liegt darin, daß, wo jener Zweck wegfällt, auch jene Abſtraction wegfällt, d. i. in der *Naturbeſchreibung*, wo in der That die qualitative Seite der Naturerſcheinung mit der quantitativen gleich berückſichtigt wird. Man beſchreibt z. B. ein Thier nach ſeiner Hautfarbe, dem Laut ſeiner Stimme, dem Geruch, den es verbreitet, der Rauhigkeit ſeiner Haut; nicht minder charakteriſirt man ein Mineral durch Empfindungsqualitäten. Hiegegen beſteht die Abſtraction für Phyſik, Chemie, Aſtronomie, Phyſiologie (inſoweit ſolche nicht in innere Pſychophyſik umſchlägt) und findet ſich in der ſie gemeinſam beherrſchenden und durchdringenden Mechanik ſozuſagen in höchſter Reinheit ſanctionirt. Wirklich ſind es nur dieſe *Theile* der allgemeinen Naturwiſſenſchaft, wenn man doch die Naturbeſchreibung zur allgemeinen mit zu rechnen hat, deren Bedürfniß zu jener Abſtraction geführt hat. Bei wirklicher Vornahme von Rechnungen abſtrahirt ſogar die Naturwiſſenſchaft noch weiter, operirt blos noch mit Zahlen, und bei allgemeinſten Rechnungen ſogar blos noch mit Buchſtaben als Vertretern ganz abſtracter Quantitäten; ohne damit zu behaupten, daß mit ſolcher Abſtraction die Wirklichkeit gedeckt ſei.

---

[1] Die Pſychophyſik geht auch auf das Maß der Intenſität von Empfindungsqualitäten ein, ſetzt aber dabei das Maßſyſtem der qualitätslos vorgeſtellten Natur voraus und macht ihr Maß davon abhängig.

Damit iſt nun nicht geſagt, daß überhaupt blos Schlüſſe vom Hier auf's Dort, vom Heute auf Morgen mittelſt der naturwiſſenſchaftlichen Abſtraction von qualitativer Beſtimmtheit auf Grund rein quantitativer Beſtimmtheiten möglich ſind. Ohne ſolche Abſtraction ſchließen wir nach Analogien, Inductionen, Cauſalbetrachtungen mit mehr oder weniger Sicherheit, daß die Sonne, die uns heute geſchienen hat, auch morgen ſcheinen wird, daß andre Menſchen als wir ähnliche Empfindungen haben als wir, daß es einen Gott im Himmel giebt; aber der Verfolg nach Seite der quantitativen Beſtimmbarkeit wird nicht nur an ſich zur ſcharfen und genauen Auffaſſung der Exiſtenzverhältniſſe nöthig ſein, ſondern auch nöthig, um ſcharfe Schlüſſe darauf zu bauen; natürlich aber kann der Verfolg nach quantitativer Seite nicht unmittelbar und an ſich ſelbſt mit Einmiſchung von qualitativen Beſtimmtheiten, ſondern nur in ſeinem eigenen Zuſammenhange geſchehen; daher ſolange von qualitativen Beſtimmtheiten abſtrahirt wird, als es nun eben jenen Verfolg gilt, um ſchließlich zu dem quantitativen Erfolge in uns den qualitativen als eine Beſtimmtheit unſres Geiſtes zu fügen. Das aber ſchließt nicht aus, und wird nur von der Naturwiſſenſchaft in ihren Schluß- und Rechnungswegen nicht berückſichtigt, daß ſich der quantitativen Urſach über uns hinaus nicht minder eine qualitative Beſtimmtheit zufügt, als es mit der quantitativen Folge in uns der Fall iſt. Und das iſt's, womit unſre Tagesanſicht die naturwiſſenſchaftliche Anſicht zugleich überſchreitet und ergänzt, ohne ihre exacte Geſtaltung ſelbſt im Mindeſten anzufechten.

Zuletzt bleibt noch die Frage übrig, ob man der materiellen Welt als dem Urſächlichen äußerer Erſcheinungen, die in unſerm Geiſte entſtehen, eine Exiſtenz außer dem geiſtigen Gebiete überhaupt beizulegen habe. So gut alle äußern Erſcheinungen, von denen wir ſprechen können, etwas in unſerm Geiſte ſind, könnte das, was wir als Cauſalgrund derſelben über uns hinaus anzunehmen gedrungen ſind, auch nur etwas in einem allgemeinen Geiſte ſein, der den unſrigen mit einſchließt; und in der That weder ein directer Erfahrungsgrund noch ein begrifflicher oder Cauſalgrund ſcheint mir dazu zu nöthigen, ſozuſagen noch etwas hinter dem allgemeinen und unſerm Geiſte anzunehmen, wovon das geſammte Geiſtige erſt wieder abhängt, da vielmehr alle Cauſalität im Geiſtigen ſelbſt verfolgbar gedacht werden kann, wenn wir berückſichtigen, daß die Materie ſelbſt nur durch Beſtimmungen, die in unſern Geiſt fallen, für uns erfaßbar iſt. An etwas überhaupt denken, was nicht in unſern oder damit vergleichbar einen andern oder allgemeinern Geiſt falle, oder fallen könne, oder daraus abſtrahirbar ſei, heißt an Nichts denken. In der That bekenne ich mich in letzter Inſtanz zu einem objectiven Idealismus; was nicht hindert, vielmehr die Nöthigung beſtehen läßt, eine körperliche Außenwelt und geiſtige Innenwelt inſofern zu unterſcheiden, als die erſte durch den geſetzlichen Zuſammenhang von Wahrnehmungen, die in eine Mehrheit von Einzelweſen fallen oder fallen können, letztre durch den Zuſammenhang geiſtiger Beſtimmungen, die ſchon in jedes Individuum für ſich, reſpectiv den allgemeinen Geiſt fallen, charakteriſirbar iſt. Im folgenden Abſchnitt iſt auf die hieher gehörigen Fragen zurückzukommen.

XXI. Grundverhältniß zwiſchen materiellem und geiſtigem Princip. Dualismus und Monismus.

Mit Fleiß habe ich in der allgemeinen Darſtellung der Tagesanſicht die Grundbeziehung zwiſchen Leib und Seele, Materie und Geiſt unbeſtimmt gelaſſen, um nur eine entſprechend innige Beziehung beider Principe durch die Welt als in uns ſelbſt ſtattfindet, zur Geltung zu bringen (S. 20). In der That, mag dieſe Beziehung hier wie da dualiſtiſch oder moniſtiſch gefaßt werden, ſo lange es hier wie da conſequent im ſelben Sinne und widerſpruchslos mit der Erfahrung geſchieht, wird ſich die Tagesanſicht damit vertragen können; nur dem Monadologen wüßte ich ſie weder eingänglich noch zugänglich zu machen, wie im folgenden Abſchnitte zu beſprechen. Faßt man die Grundanſicht dualiſtiſch, ſo wird man von einer Beſeelung der ganzen Welt wie von der Beſeelung unſres Leibes ſprechen können, indem man dabei das ſeeliſche oder geiſtige Weſen von dem körperlichen als grundweſentlich verſchieden, doch mit ihm verbunden und nach beſtimmten Geſetzen wechſelwirkend und zuſammenwirkend anſieht; faßt man ſie moniſtiſch, ſo wird man beiden Principen ein gemeinſames Grundweſen unterlegen, und ſofern doch beide unterſchieden werden ſollen, je nach mehr materialiſtiſcher, idealiſtiſcher oder ſpinoziſtiſcher Faſſung der Anſicht, im Geiſt nur eine Function oder ein Reſultat der materiellen Zuſammenſtellung und Auseinanderfolge, oder in der Materie eine äußere Manifeſtation des Geiſtes, oder in beiden nur verſchiedene

Erſcheinungsweiſen, Seiten, Beſtimmungen, Stufen, Attribute eines und deſſelben Grundweſens ſehen können. Gleichviel, wofern man nur immer ſtatt von einer oder der andern Grundanſicht a priori auszugehen, von Thatſachen der Erfahrung ausgeht und mittelſt Erfahrungsſchlüſſen darüber hinausgeht, wird ſich das, was man ſo findet, im Allgemeinen nach einer wie der andern Anſicht darſtellen, ſowie aus einer in die andre überſetzen laſſen, und damit den weſentlichſten Geſichtspuncten der Tagesanſicht in jedem Falle gerecht werden laſſen. Ungeachtet nun die dualiſtiſche Anſicht heutzutage philoſophiſcherſeits wenig in Geltung iſt, ſind doch die im Leben vorherrſchenden Ausdrucks- und Vorſtellungsweiſen im Sinne derſelben gehalten, und ſo bediene ich mich auch gern des ſich darunter unterordnenden Ausdrucks Beſeelung der Welt, Beſeelung des menſchlichen Leibes, ohne ſelbſt damit eine dualiſtiſche Vorſtellungsweiſe zu verbinden, es doch jedem überlaſſend, ob er eine ſolche damit verbinden will. Nur wird er, um den weſentlichen Beſtimmungen der Tagesanſicht gerecht zu werden, in Widerſpruch aber mit der üblichen Faſſung der dualiſtiſchen Anſicht, die Verbindung zwiſchen materiellem und geiſtigem Princip nicht blos als eine ausnahmsweiſe, blos für Menſchen und Thiere beſtehende, und nicht blos auf das Diesſeits beſchränkte, überhaupt nicht als eine äußerlich trennbare, anſehen dürfen.

Nun aber iſt es eine allgemeine Regel der Wiſſenſchaft, nicht zwei Principe anzunehmen, für die es an einer Vermittelung fehlt, wenn ſich mit einem auskommen läßt, was die Vermittelung entbehrlich macht, und die moniſtiſche Anſicht behält demnach principiell den Vortheil eines einheitlichern Charakters vor der dualiſtiſchen voraus. Freilich ſteht dieſem Vortheil von andrer Seite die Schwierigkeit entgegen, klar zu machen, wie das, was im Grundweſen eins ſein ſoll, überhaupt unterſchieden werden, ja gar den Schein zweier ganz verſchiedenen Grundweſen annehmen kann. Welches Unvermögen in dieſer Beziehung bei den Materialiſten wie nicht minder bei Spinoza; welche Unklarheit bei Schelling und Hegel. Und das bringt mit, daß dualiſtiſche Darſtellungsweiſen, für welche dieſe Schwierigkeit im Princip wegfällt, leicht klarer, hiemit populärer ausfallen, als moniſtiſche; auch bleiben ſie vielen moniſtiſchen Auffaſſungen inſofern noch vorzuziehen, als mit ihnen ſozuſagen die Sache noch nicht verfahren iſt, denn es iſt leichter, eine klare dualiſtiſche als unklare moniſtiſche in eine klare moniſtiſche zu überſetzen.

Für ein wirklich philoſophiſches Intereſſe bleiben jedenfalls die Vortheile des moniſtiſchen Standpuncts überwiegend, und habe ich denſelben ſchon in frühern Schriften nach meiner Weiſe vertreten. Eingehend geſchah dies in Zendaveſta II 312 ff., mit einiger Vertiefung in der Schrift über die Seelenfrage 198 ff. und ganz kurz nach den Hauptzügen im 1. Kap. meiner „Elemente der Pſychophyſik“. Es ſei mir geſtattet, hier nur auf das Weſentlichſte davon zurückzukommen.

Wenn jemand das Gehirn eines todten Menſchen oder Thieres vor ſich hat, ſo ſieht er eine weiße, für das Gefühl weiche Maſſe darin, welche ſich unter dem Mikroſkop in ein Geflecht feiner Fäden, Zellen und Adern auflöſt. In das Gehirn des *Lebenden* kann er nicht unmittelbar blicken, aber nach Schlüſſen, welche ſich auf äußerlich Wahrgenommenes gründen, ſich unter Form des äußerlich Wahrnehmbaren vorſtellen, daß, wenn die Hinderniſſe der Beobachtung wegfielen und er die äußern Beobachtungsmittel immer mehr verfeinern könnte, er auch immer feinere Theile und Bewegungen würde unterſcheiden können; und durch Verfolg ſolcher Schlüſſe im Sinne des Cauſalgeſetzes gelangt der Phyſiolog endlich dahin, ſich die kleinſten Theile des lebendigen Gehirns in Bewegungen begriffen, und dieſe mit überwiegender Wahrſcheinlichkeit in Form von Schwingungen, jedenfalls in einer Form des äußerlich Wahrnehmbaren vorzuſtellen. Aber ſo lange der Beobachter auf äußerm Standpuncte ſeines Körpers gegen das Gehirn des Lebenden ſtehen bleibt, kann er nichts von den Empfindungen und Gedanken, die er als Sache des Geiſtes dieſes Lebenden faßt, wahrnehmen, doch aus hinreichenden Thatſachen ſchließen, daß ein Verhältniß der Bedingtheit zwiſchen dem, was er auf äußerm Standpunct gegen das Gehirn als materiellen Gehirnproceß faßt, und was noch ganz in ſeine eigene Seele fällt, und den objectiven Empfindungen und anderen geiſtigen Thätigkeiten des ihm gegenüberſtehenden Lebenden ſtattfindet. Dieſer anderſeits kann nichts von dem materiellen Proceß ſeines eigenen Gehirns wahrnehmen, indeß er ſeine eigenen Empfindungen und Gedanken, die an dieſen Proceß geknüpft ſind, wahrnimmt.

Nun ſind zweierlei Vorſtellungsweiſen von dieſem rein factiſchen Verhältniß möglich. *Dualiſtiſch* kann man ſich denken, daß das materielle Gehirn mit ſeinem Bewegungsproceß und der im Verhältniß der Bedingtheit dazu ſtehende Geiſt zwei verſchiedene Weſen ſind, deren erſtres eben ſo wie jede andre Materie die Eigenſchaft hat, nur äußerlich, d. h. einem andern Weſen als es ſelbſt iſt, erſcheinen zu können, das andre, der Geiſt, die Seele, die Eigenſchaft, nur ſich ſelbſt erſcheinen zu können, oder, genauer ausgedrückt, die ſich darin unterſcheiden, daß das erſte, das materielle, zwar nicht für ſich ſelbſt und von ſich ſelbſt nach ſeinen eigenen Beſtimmungen wahrgenommen werden kann, aber Wirkungen, die von dieſen Beſtimmungen abhängen, in dem, an einen andern Theil der Materie geknüpften geiſtigen Weſen erzeugen kann, die von dieſem wahrgenommen werden, indeß dieſes andre Weſen nur ſeiner eignen innern Beſtimmungen, mit Einſchluß derer, die vom erſten Weſen in es hineinerzeugt worden ſind, gewahren kann. Und von hier aus kann man zur Tagesanſicht kommen, indem man ſich nach weiteren Betrachtungen, auf die hier nicht zurückzukommen, vorſtellt, daß, ſo gut an den materiellen Gehirnproceß ſich ein geiſtiges Weſen knüpft, auch an den ganzen materiellen Naturproceß, welcher den Gehirnproceß ſelbſt einſchließt, ein nur allgemeineres geiſtiges Weſen knüpft, welches das zum Gehirn gehörige einſchließt, wir aber von dem allgemeinen geiſtigen Weſen nichts über unſern eignen Geiſt hinaus wahrnehmen, weil es eben Sache des Geiſtes iſt, nur ſeiner eignen inneren Beſtimmungen gewahren zu können, unſer Geiſt aber nur ein endlicher Theil des allgemeinen Geiſtes iſt.

Wollen wir dagegen das Verhältniß moniſtiſch faſſen, ſo werden wir zunächſt, vorbehaltlich weiterer Erläuterung, folgende Formel dafür brauchen können. Das Materielle, Körperliche, Leibliche und durch ein Verhältniß unmittelbarer Bedingtheit daran geknüpfte Pſychiſche, Geiſtige ſind zwei Erſcheinungsweiſen deſſelben Weſens, erſteres die äußere für andre Weſen, letztere die innere Erſcheinungsweiſe des eignen Weſens, beide deßhalb verſchieden, weil überhaupt Ein und Daſſelbe verſchieden erſcheint, jenachdem es von Verſchiedenen aus verſchiedenem Standpunct aufgefaßt wird. Alſo erſcheint auch der materielle Gehirnproceß verſchieden von den daran geknüpften Empfindungen und Gedanken, weil daſſelbe Weſen, was beiden gemeinſam unterliegt, als Gehirnproceß äußerlich, als geiſtiger Proceß innerlich aufgefaßt wird. Und ſo wird auch für die Tagesanſicht nach dieſer moniſtiſchen Auffaſſung das geſammte Weltweſen, was uns äußerlich als materielle Natur und materieller Bewegungsproceß erſcheint, ſich noch in andrer Weiſe innerlich als geiſtiges (unſern eigenen Geiſt einſchließendes) Weſen erſcheinen können, und wir ſelbſt werden als Theile des allgemeinen Weltweſens nach körperlicher und geiſtiger Seite dieſer doppelten Erſcheinungsweiſe unterliegen; indeß alle Erſcheinungen in das allgemeine Weltweſen fallen, was alle Theile einſchließt.

Man kann jedoch im Ausſpruche voriger Grundanſicht noch einen unklaren Punct finden. Aeußere und innere Erſcheinungen ſind aufzeigliche Dinge, und überall wird man in Grundanſichten auf Aufzeigliches oder daraus in logiſchem Wege Abſtrahirbares zurückzugehen haben, um nicht zuletzt blos leere Worte oder unklare Begriffe zur Grundlage der Betrachtung übrig zu behalten. Aber das Weſen, was der innern und äußern Erſcheinungsweiſe gemeinſam unterliegen ſoll, erſcheint zunächſt als ein dunkler, auf nichts der Art zurückführbarer, Begriff, vergleichbar dem Dinge an ſich von Kant, dem Abſoluten von Schelling, der Subſtanz von Spinoza u. dgl. Aber in der That iſt der Weſensbegriff hiebei nur ein Hülfsbegriff, der ſich durch Zurückführung auf ſeine eigentliche d. i. aufzeigliche Bedeutung und Leiſtung eliminiren oder klar ſtellen läßt, deſſen Gebrauch jedoch den Vortheil einer abkürzenden und mit dem allgemeinen Begriffsgebrauch des Weſens wohl ſtimmenden, hiemit für den erſten Anlauf um ſo eingänglichern Darſtellung gewährt. Wir legen verſchiedenen Erſcheinungen, Eigenſchaften, Veränderungen, Beſtimmungen überhaupt daſſelbe Weſen unter, wenn dieſelben ſolidariſch geſetzlich ſo zuſammenhängen, daß mit der Möglichkeit oder Wirklichkeit der einen die der andern von ſelbſt gegeben iſt. Das allein iſt das Aufzeigbare von einem gemeinſamen Weſen, und jedenfalls wird es in dieſem Sinne von uns in obiger Formel verſtanden. In der That aber hängen in ſolcher Weiſe die materiellen und zugehörigen geiſtigen Erſcheinungen zuſammen und das gemeinſame Weſen repräſentirt im Grunde nur dieſen Zuſammenhang. Zu jeder Seele, d. i. einem durch Bewußtſeinseinheit verknüpften Complex von wirklichen und als möglich gedachten Erſcheinungen, die als Empfindungen, Gedanken u. ſ. w. innerlich aufzeiglich ſind, gehört nach einem Verhältniß geſetzlicher Bedingtheit ein körperlicher Proceß, d. i. Complex von zugehörigen wirklichen oder als möglich gedachten äußeren Erſcheinungen, die in andre Seelen fallen oder als fallend gedacht werden können, was wir als Wirkung des Daſeins einer Seele in andre Seelen hinein bezeichnen können. Das iſt ſchließlich das Factiſche der Beziehung von Seele und Leib.

Dabei iſt zu berückſichtigen, daß der Nervenproceß, an den die innere Erſcheinung einer Seele gebunden iſt, mit dem entſprechenden Proceſſe, der einer andren Seele unterliegt, nicht unmittelbar communicirt, ſondern durch Vermittlung ihres übrigen Körpers und der Natur zwiſchen ihren Körpern, wonach auch die Seelen zweier Individuen nur durch Vermittlung des allgemeinen Geiſtes communiciren können, der ſie gemeinſam in ſich trägt.

Man kann für den erſten Anblick geneigt ſein, mit voriger Auffaſſung der Beziehung von Leib und Seele den pſychophyſiſchen Schwellenbegriff in Widerſpruch zu finden. Eine gewiſſe Stärke des pſychophyſiſchen Proceſſes gehört dazu, Empfindung, überhaupt ein Bewußtſeinsphänomen, zu geben; unterhalb dieſer Stärke findet kein Bewußtſein ſtatt, indeß doch der phyſiſche Proceß noch in gewiſſer niederer Stärke fortgeht. Wie nun kann ein Pſychiſches, was ſelbſt nicht da iſt, nach Außen wirkend als Phyſiſches erſcheinen? Aber es iſt zu berückſichtigen, daß überhaupt unſer Bewußtſein als Sonderbewußtſein nur von einer gewiſſen Erhebung unſres pſychophyſiſchen Proceſſes über den Proceß, welcher das allgemeine Bewußtſein trägt, abhängt. Fällt nun unſer Proceß im Schlafe unter dieſen Werth, ſo trägt er immer noch zur Erhebung des Allgemeinbewußtſeins bei, ſein pſychiſcher Werth iſt alſo nicht Nichts; nur daß unſer Bewußtſein nichts mehr davon hat, ja für uns iſt der pſychiſche Werth als Abſtand von dem Puncte, wo er wirklich für uns wird, ein negativer. Und auch während des Wachens können ſpeciale Bewußtſeinsphänomene unter ihre Schwelle fallen, d. h. ſich nicht mehr als beſondere über unſer waches Allgemeinbewußtſein heben, indeß ſie doch beitragen, dieſes ſelbſt zu heben.

Ueberhaupt kann ein beſondres Bewußtſein oder Bewußtſeinsphänomen immer nur auf Grund eines allgemeinern auftreten; und nicht das, was zu den Bedingungen der Sondererhebung darüber noch fehlt, begründet die äußere phyſiſche Erſcheinlichkeit, ſondern das, was zur Erhebung des Allgemeinbewußtſeins ſelbſt davon doch da iſt.

Die vorige Anſicht erſcheint in ihrer erſten Ausſpruchsweiſe, daß Seele und Leib zwei Erſcheinungsweiſen deſſelben Weſens ſind, der ſpinoziſtiſchen Identitätsanſicht, nach welcher ſie Attribute derſelben Subſtanz ſind, ganz analog, hat aber den Vortheil voraus, daß ſie die von Spinoza unerklärte Verſchiedenheit beider Attribute durch den Hinweis auf den verſchiedenen Standpunct, von dem ſie aufgefaßt werden, erklärlich macht. Durch die letzte Zurückführung des Weſensbegriffes aber nimmt ſie einen rein idealiſtiſchen Charakter an; das Materielle iſt danach auch nur ein Pſychiſches aber in der Erſcheinungsweiſe für Andres als es ſelbſt iſt.

Auch bei moniſtiſcher Faſſung wird man immer Materielles und Geiſtiges inſofern zu unterſcheiden haben, als man ſich bei Betrachtung eines Objectes nach ſeiner materiellen Seite auf äußeren Standpunct dagegen geſtellt denkt, alſo es durch Merkmale, wie es uns äußerlich erſcheint, charakteriſirt denkt, bei Betrachtung nach geiſtiger Seite, wie es ſich ſelbſt oder dem allgemeinen geiſtigen Weſen innerlich erſcheint.

XXII. Stellung der Tagesanſicht zur Monadologie. Synechologiſche Anſicht der monadologiſchen gegenüber.

Von gewiſſer Seite ſcheint die Monadologie ganz in die Tagesanſicht hineinzutreten; denn nimmt nicht die Tagesanſicht eine, durch die ganze Welt gehende Beſeelung an, und mißt nicht auch die Monadologie allen einfach gedachten Puncten der Welt pſychiſches Vermögen bei; doch findet ein tiefgreifender Unterſchied zwiſchen beiden ſtatt, der ſich nur etwas verſchieden geſtaltet, jenachdem man die Tagesanſicht den bisher allein in der Geſchichte der Philoſophie zählenden Formen der Monadologie, wie ſie von Leibniz, Herbart und in gewiſſem Sinne von Lotze vertreten iſt, oder einer neuerdings aufgetretenen Form gegenüber in's Auge faßt. Mag zuerſt das Erſte geſchehen, wobei wir nur auf den allgemeinen Geſichtspunct der Uebereinſtimmung, nicht die verſchiedenen Modificationen, unter denen die Monadologie bei jenen Philoſophen auftritt, Rückſicht nehmen werden.

Der ganz fundamentale Unterſchied der Monadologie, die wir zunächſt ſchlechthin unter Monadologie verſtehen, von der Tagesanſicht liegt darin, daß die Monadologie die Einheit des Bewußtſeins an die *Einfachheit* des Weſens der Weltelemente, die Tagesanſicht hingegen an einen wechſelwirkenden *Zuſammenhang* derſelben knüpft, was ich der *monadologiſchen* Auffaſſung gegenüber kurz als *ſynechologiſche* bezeichne. Der Monadologie fehlt hienach das Princip für die Annahme eines, über alles Sein und Geſchehen in der Welt oder auch nur über gegebene Gebiete derſelben übergreifendes Bewußtſein, indeß die Tagesanſicht ſolches zum Fundamente hat. Das ganze menſchliche Bewußtſein ſteckt für den Monadologen in einem Puncte des Gehirns; denn wenn ſchon er ſeine Monaden in metaphyſiſcher Betrachtung nicht mit materiellen Puncten ſelbſt identificirt, localiſirt er ſie doch in ſolchen für die erfahrungsmäßige Betrachtung und Bewährung, und ſucht demnach ausdrücklich einen einfachen Punct als Sitz der menſchlichen Seele im menſchlichen Gehirn. Für die Tagesanſicht hingegen greift das menſchliche Bewußtſein einheitlich über einen Complex in Zuſammenhang thätiger Puncte des Gehirns über, d. h. ſteht im Verhältniß der Bedingtheit dazu. Das göttliche Bewußtſein, wenn in der Monadologie noch von einem Gott oder letzter Conſequenz die Rede, die ſie freilich hier gern verloren giebt, ſteckt auch nur in einem Hauptpuncte der Welt; nach der Tagesanſicht greift es über alle Puncte der Welt über. Dazu macht die Monadologie von der ihr an ſich zuſtehenden Möglichkeit, ſinnliche Erſcheinung in der Welt über Menſchen und Thieren hinaus anzunehmen, keinen Gebrauch, huldigt vielmehr ſei es dem Kant'ſchen Princip der Unerkennbarkeit deſſen, was über den menſchlichen Geiſt hinaus liegt, oder ſchreibt den Monaden über uns und den Thieren hinaus nur dunkles Bewußtſein zu, ſieht nur ſchlafende Seelen darin, um die ſich nicht zu kümmern. Wogegen die Tagesanſicht der poſitiven Anſicht einer Erweiterung der uns zukommenden ſinnlichen Erſcheinung über uns hinaus Raum giebt, und Weiteres darauf baut.

Eingehender habe ich das ſynechologiſche Princip dem monadologiſchen gegenüber im letzten Abſchnitte meiner Atomenlehre und (aus mehr empiriſchem Geſichtspuncte) im 37. und 45. Abſchnitte des 2. Theiles meiner Elemente der Pſychophyſik vertreten, und an letzterm Orte (S. 526) kurz ſo formulirt: „Das pſychiſch Einheitliche und Einfache knüpft ſich an ein phyſiſch Mannichfaltiges, das phyſiſch Mannichfaltige zieht ſich pſychiſch in's Einheitliche, Einfache oder doch Einfachere zuſammen[1]. Oder anders: Das pſychiſch Einheitliche und Einfache ſind Reſultanten phyſiſcher Mannichfaltigkeit, die phyſiſche Mannigfaltigkeit giebt einheitliche oder einfache pſychiſche Reſultanten". Noch anders (vorbehaltlich näherer Erläuterung): „Der Geiſt, die Seele iſt das verknüpfende Princip für die körperliche Zuſammenſtellung und Auseinanderfolge".

Von Erfahrungsſeite aber habe ich zu Gunſten des ſynechologiſchen Princips Puncte wie folgende hervorgehoben (Elem. II. 349). Monadologiſch wäre ein Punct in unſerm Gehirn zu fodern, von dem alle willkürlichen Bewegungsnerven auslaufen und in den alle Empfindungsnerven zuſammenlaufen, zugleich ein Punct, mit deſſen Zerſtörung oder ſeiner Umgebung die Seele ſicher aus dem Leben fällt; ein ſolcher Punct iſt nicht zu finden, wogegen ein Princip wechſelſeitiger Vertretung correſpondirender Gehirntheile in pſychiſcher Leiſtung beſteht, was Alles die gezwungenſten Erklärungen herausfodert, um monadologiſch gedeutet zu werden; indeß all' das ſich in natürlichſter Weiſe ſynechologiſch faſſen und deuten läßt. Daſſelbe gilt von den Phänomenen der theilbaren Thiere. „Mit beiden Gehirnhälften denken wir nur einfach, mit den identiſchen Stellen beider Netzhäute ſehen wir nur einfach. Dem einfachſten Gedankengange liegt nach den zuſammengeſetzten Anſtalten in unſerm Gehirn ein ſehr zuſammengeſetzter Proceß unter; die einfachſte Licht- oder Schall-Empfindung knüpft ſich an Vorgänge in uns, die als angeregt und unterhalten durch äußere Oscillationsvorgänge auch ſelbſt irgendwie oscillatoriſcher Natur ſein müſſen, ohne daß wir etwas von den einzelnen Phaſen und Oscillationen unterſcheiden. Die unſäglich mannichfaltigen einfachen Geruchs- und Geſchmacks-Empfindungen würden ſich pſychophyſiſch nicht repräſentiren laſſen, wenn wir nicht einfache Reſultanten verſchieden zuſammengeſetzter Proceſſe darin ſehen wollten, welche ſich nach dieſer Zuſammenſetzung verſchieden qualificiren".

---

[1] Das pſychiſch Einheitliche und Einfache ſind inſofern unterſchieden, als das Einheitliche ſelbſt noch die Verknüpfung einer unterſcheidbaren Mehrheit iſt, woraus aber das Bewußtſein der Verknüpfung oder verknüpfende Bewußtſein als etwas Einfaches abſtrahirbar iſt, wie man ſich an der Einheit des Bewußtſeins, der Einheit einer Idee oder eines Begriffes erläutern kann, indeß das ſchlechthin Einfache keine unterſcheidbare Mehrheit mehr einſchließt, und nur Element für Verknüpfungen, aber nicht ſelbſt mehr Verknüpfung von Einfacherem iſt, wozu eine einfache Ton-, Farben-, Geruchs-Empfindung Beiſpiele gewähren.

Sprechen wir jetzt von der neuen Form der Monadologie, welche zuerſt wohl von Zöllner in ſeinem berühmten Cometenbuche (1. Aufl. 1872. S. 320 oder wiſſ. Abh. I. S. 338) angeregt ſcheint, ohne daß er doch die Entwicklung, welche ſie nachmals durch Hartmann in ſeiner Schrift „Die Descendenzlehre v. Standp. d. Phyſiol." u. ſ. w. und Häckel in ſeiner Schrift „Perigeneſis der Plaſtidule 1876" erfahren hat, vertritt[1]. Auch hat vielleicht Hartnann, dem Häckel erſt gefolgt iſt, ſeine Anſicht unabhängig von Zöllner gefaßt und entwickelt, da er keinen ausdrücklichen Bezug auf ihn nimmt.

---

[1] Zöllner knüpft nämlich Empfindung an den Bewegungszuſtand der Atome, zu deſſen Zuſtandekommen aber die Wechſelwirkung mindſtens zweier Atome nöthig ſei, was noch in Zweifel laſſen kann, ob er monadologiſch zwei unterſcheidbare Empfindungen reſpective für das eine und andre Atom oder ſynechologiſch nur eine Empfindung für das Syſtem von beiden ſtatuirt. Jedenfalls aber iſt es ganz ſynechologiſch und tritt völlig aus der Faſſung oder den Conſequenzen der Monadologie ſeitens ſeiner Nachfolger heraus, daß er dem Weltganzen einen univerſalen Willen beilegt, für welchen die Empfindungen der Luſt und Unluſt Motive darſtellen, eine Idee, welche zur Tagesanſicht ſtimmt, wenn auch die pſychophyſiſche Begründung der Luſt und Unluſt ſelbſt (nach Abſchn. XV und XVIII) von mir anders als von Zöllner gefaßt wird.

Dieſe neue Form der Monadologie kommt darauf zurück, daß den Atomen der Materie im Bewegungszuſtande, insbeſondere Schwingungszuſtande — nur abſolut kalte Atome aber ſchwingen nicht — elementare Empfindungen beigelegt werden, welche an dieſem Bewegungszuſtande (nicht an einer inneren Spiegelung der Welt oder inneren Selbſterhaltungen wie nach Leibniz oder Herbart) hängen. Hienach ſtellt jedes einfache Atom ſchon für ſich eine einfache Seele dar oder iſt mit einer ſolchen behaftet zu denken, die durch Schwingung des Atoms zur Empfindung gelangt. Abweichend von der früheren Form der Monadologie läßt dieſe Anſicht auch eine Verſchmelzung der einfachen Elemente zu ganzen Seelen gelten, bringt es aber wegen des Sträubens ihrer Vertreter gegen die Gottesidee blos bis zur Annahme einzelner zuſammengeſetzter Seelen; ohne daß klar wird, warum nicht bis zu einer Zuſammenſetzung für die ganze Welt. Ueber das Princip, wie aus den einzelnen pſychiſchen Elementen ein übergreifendes Bewußtſein zu Stande kommt, fehlen klare oder beſtimmte Erklärungen. Hartmann bezeichnet das Bewußtſein einer zuſammengeſetzten Seele als Summationsphänomen; die Summation reicht nach ihm ſo weit, bis ein Leitungswiderſtand ſie unterbricht; damit trennt ſich das Bewußtſein; nur fragt man ſich, an welchen Leitungswiderſtand dabei zu denken; da Schwingungen von Atom zu Atom ſich durch die ganze Welt mittheilen. Häckel bedient ſich weder des Ausdruckes Summation noch Reſultante, ſondern ſeine Theorie, wenn man von einer ſolchen bei ihm ſprechen kann, beſteht in der einfachen Annahme, daß, wenn die Stoffe es bis zur Zuſammenſetzung einer ſog. Plaſtidule[1]) bringen, worin der Kohlenſtoff das wichtigſte lebensbedingende Element iſt, damit die Fähigkeit des Gedächtniſſes entſteht, welche den einfachen Atomſeelen noch abgeht; womit der erſte Fortſchritt ins höhere Seelenreich gethan iſt.

Fundamental nun ſcheint mir Folgendes gegen dieſe ganze Auffaſſung einzuwenden.

Ein Theilchen kann für ſich allein nicht ſchwingen; mindeſtens gehören (wie auch Zöllner hervorhebt) zwei dazu, die ſich welchſelſeits dazu beſtimmen. Soll alſo Schwingung Empfindung bedeuten, ſo kann zuvörderſt die Empfindung nur in dem Syſtem beider *entſtehen*. Es kann aber auch nur das Syſtem beider (oder noch mehrerer) Empfindung *haben*. Denn das Theilchen wird durch ſeine Schwingung nur unverändert wie es iſt, im äußeren Raume hin- und hergeführt; als einfaches hat es ſogar kein Inneres, worin etwas durch die Schwingung ſich ändern, woran alſo die Entſtehung und der Vorgang der Empfindung ſich knüpfen könne. Man will aber doch ein Princip der *Abhängigkeit* des Pſychiſchen vom Phyſiſchen aufſtellen. Wie nun kann etwas pſychiſch entſtehen, wenn die phyſiſche Unterlage dieſelbe bleibt.

---

[1]) Unter Plaſtidulen verſteht Häckel die Molecule der allereinfachſten, keine inneren Unterſchiede in ſich darbietenden Organismen, wie der Moneren, deren Subſtanz er Plaſſon nennt. Aus Differenzirung der Plaſtidule entſtehen dann Molecule, welche den Zellenkern, und welche das denſelben umgebende Protoplasma bilden (ſog. Coccomodule und Plasmodule).

Anders mit dem Syſtem beider Theilchen. Hier haben wir in den Lagenveränderungen der Theilchen zu einander, der Schnelligkeit und den Veränderungen der Schnelligkeit, womit die Lagenänderung geſchieht, innere Beſtimmungen des Syſtems, wozu ſich die Entſtehung und die Aenderung der Empfindung in geſetzlicher Beziehung denken läßt. Sind mehr als zwei Theilchen da, ſo verwickeln ſich dieſe Bewegungen durch Verwicklung der Wechſelbeziehungen der Theilchen mehr und mehr, und können damit eine Unterlage zu immer verwickelteren geiſtigen Leiſtungen geben. Hienach aber werden die Empfindungen, die ſich an die zuſammengeſetzten Schwingungen und Lagenverhältniſſe knüpfen, als Sache des größeren Syſtems und ſeiner Partialſyſteme, nicht aber als Sache der dabei unverändert bleibenden einzelnen materiellen Puncte zu betrachten ſein, welche vielmehr gleichgültiger Stoff dabei bleiben.

Nun könnte man zwar im Sinne der gegentheiligen Auffaſſung ſagen: wenn ſchon nicht das Atom, aber deſſen Schwingung hat doch ein Inneres, und auf dieſe, nicht auf das Atom iſt die Empfindung zu beziehen. Das Atom iſt auch für uns nur der gleichgültige Träger der Bewegung. — Sei es, ſofern aber jede Schwingung eine Reihe von variirenden Geſchwindigkeiten einſchließt, knüpft man damit ſchon ſelbſt ein einfaches pſychiſches Moment, die einfache Empfindung, an eine Mannichfaltigkeit von phyſiſchen Momenten, und kommt damit ſchon von zeitlicher Seite in die ſynechologiſche Anſicht hinein. Von andrer Seite iſt nicht wohl erklärlich, wie durch Summation für ſich beſtandfähig gedachter Empfindungen einzelner Atome, höhere geiſtige Phänomene entſtehen können; der Geiſt beſteht ja nicht blos aus einer Summe einzelner ſinnlicher Empfindungen; alſo muß doch das Princip eines Uebergreifens pſychiſcher Wirkung über eine Mehrheit von zugehörige Erſcheinung der äußerlich wahrnehmbaren körperlichen Zuſammenſtellung giebt. Der Pſychophyſiker aber braucht ſich an dieſe Abſtruſität, wenn er ſie dafür halten will, nicht zu halten, ſondern kann dem Philoſophen überlaſſen, die ſynechologiſche Anſicht darein zu überſetzen.

XXIII. Spiritiſtiſches[1].

(Stellung der Tagesanſicht zum Spiritismus. Stellung des Spiritismus zur Religion. Perſönliche Bemerkungen.)

1. Stellung der Tagesanſicht zum Spiritismus.

Ignoriren läßt ſich der Spiritismus nun einmal nicht mehr; es gilt Stellung dazu zu nehmen und ſich darüber zu erklären. Zwar, ſo lange ſich die Betrachtung in Gebieten hält, die von der Frage des Spiritismus nicht berührt werden, warum ſich um denſelben kümmern; aber die Tagesanſicht wird mehr als blos davon berührt.

Aus dem Geſichtspuncte derſelben nun meine ich: das ganze ſpiritiſtiſche Gebiet gehört zu den Schattenſeiten der Welt; aber hat die Welt keine Schattenſeiten und nutzt es, von denſelben zu abſtrahiren. Nur hat der Schatten Unrecht, Licht ſelbſt bedeuten zu wollen, wenn er mit ſeinen wunderlichen Verzerrungen in den Tag hineinbricht. Aber anſtatt in Bildern fortzufahren, laſſen wir uns auf die heikle Sache ſelber ein, mit dem Gefühle freilich, in ein Weſpenneſt zu greifen.

Der Spiritiſt wird von vorn herein ſagen: du haſt dir ſehr viel überflüſſige Mühe gegeben (V. 5 und XIII), das Jenſeits aus dem

---

[1] Daß ich mit den folgenden Betrachtungen weder Antiſpiritiſten noch Spiritiſten befriedigen werde, weiß ich wohl; erſtere nicht, weil ich ſpiritiſtiſche Thatſachen überhaupt anerkenne, letztere nicht, weil ich den Charakter und die Tragweite derſelben in gewiſſer Beziehung gegen die, ihnen von den Spiritiſten beigelegte, herabſetze. Inzwiſchen giebt es außer Spiritiſten und Antiſpiritiſten noch ein bis jetzt parteiloſes Publicum, an das man ſich wenden kann, und außer Leidenſchaftlichen Leidenſchaftsloſe, mit denen eine Unterhaltung über ein Gebiet möglich iſt, über das doch bis jetzt Niemand, ſei es in poſitivem oder negativem Sinne, ganz im Reinen zu ſein behaupten darf; und als ein Wort zu dieſer Unterhaltung meinerſeits mag man die folgenden Betrachtungen nehmen. — Spiritismus iſt dabei im weitern Sinne mit Inbegriff des ſog. Spiritualismus verſtanden.

Diesſeits heraus zu beweiſen und zu conſtruiren; jetzt iſt die Thatſache, daß es Geiſter des Jenſeits giebt, durch ihr Erſcheinen ſelbſt bewieſen und weiß man direct mit ihnen zu verkehren.

Nehmen wir einmal an, es ſei wirklich ſo, was kann unſern Schlüſſen mehr zu ſtatten kommen, als daß die ſpiritiſtiſche Erfahrung Beſtätigungen dafür bietet? Und thut ſie es nicht wirklich? In der That, ſehen wir näher zu, ſo ſtimmen die ſpiritiſtiſchen Erfahrungen nicht nur im Allgemeinen, ſondern auch nach den wichtigſten Beſonderheiten, zur Lehre der Tagesanſicht vom Jenſeits, als wie: daß der Menſch ſchon im Diesſeits von einer Welt jenſeitiger Geiſter umgeben iſt, daß es ein Hineinwirken dieſer Geiſter in die diesſeitigen Menſchen und einen Gedankenverkehr mit ihnen giebt (S. 45, 46), daß die Geiſter des Jenſeits nicht mehr an dieſelben räumlichen Schranken gebunden ſind als diesſeits (S. 43), daß ihnen ohne Augen und Ohren doch ein weiter reichendes Wahrnehmungsvermögen als uns zuſteht, daß ſie noch mit der früheren leiblichen Geſtalt (ausnahmsweiſe ſogar in's Diesſeits hinein) zu erſcheinen vermögen (S. 45, 98 ff.), daß aber bei all' dem das Daſein und Wirken dieſer Geiſter *normalerweiſe* ſo in unſer diesſeitiges Daſein und deſſen Geſetzlichkeiten verwebt und verrechnet iſt, daß wir unter *gewöhnlichen* Verhältniſſen gar keinen Anlaß haben, an die Gegenwart und das Hineinſpielen einer jenſeitigen Geiſterwelt in unſre diesſeitige Welt zu denken. Noch ehe das Wort Spiritismus erfunden war, war dieſe Lehre als Folgerung und Beſtandſtück der Tagesanſicht in zwei Schriften[1] aufgeſtellt. Rückſichtslos auf dieſe unbeachtet gebliebene Lehre haben ſich die ſpiritiſtiſchen Thatſachen entwickelt, und das Zuſammentreffen beider in jenen Hauptpuncten läßt ſich immerhin zu Gunſten der Wahrheit beider geltend machen.

Nun freilich, der Spiritismus hat auch Thatſachen zum Vorſchein gebracht, die nicht in jener Lehre vorausgeſehen waren; wonach ſich erſtens fragt, ob es auch Thatſachen ſind, und zweitens, ob ſie, als ſolche anerkannt, jener Lehre widerſprechen, nicht vielmehr nur inſofern ergänzend hinzutreten, als ſie zu den, von der Tagesanſicht in's Auge gefaßten, *normalen* Verhältniſſen zwiſchen Diesſeits und Jenſeits auch abnorme zum Vorſchein bringen, die eben deßhalb ſich den, von uns als gültig angeſehenen, Geſetzen nicht fügen, weil dieſe ſelbſt nur aus den normalen Verhältniſſen abſtrahirt ſind. Und da ich mich gezwungen finde, Thatſachen jener Art gelten zu laſſen, ſo iſt letzteres die Anſicht, die ich davon hege, womit nicht ſowohl eine Erklärung derſelben aus den uns bekannten Geſetzen gegeben, als ein Geſichtspunct ihrer Nichterklärbarkeit daraus aufgeſtellt iſt.

---

[1] Büchlein v. Leben n. d. Tode 1836 und dritter Theil des Zendaveſta 1851.

Nach ſpiritiſtiſchen Berichten ſollen unter Vermittlung durch ein ſog. Medium jenſeitige Geiſter, die ſich ſelbſt für ſolche erklären, nicht nur durch Klopfen, Pſychographen, ſondern bei kräftigem Einfluſſe des Medium ſogar durch lesbare Schrift und hörbare Rede ſich mittheilen, nicht nur ſichtbar ſondern auch fühlbar (in den ſog. Materialiſationsphänomenen) erſcheinen, und bleibende Wirkungen als von ſichtbaren und fühlbaren Weſen hinterlaſſen können. Auch ohne ſichtbare Gegenwart derſelben ſollen durch ſie körperliche Gegenſtände gehoben, geworfen, geſchoben werden können, ohne daß eine hebende, werfende, ſchiebende Hand dazu nachweisbar iſt, ja gar Leiſtungen hervorgebracht werden, die auf das Hineinwirken von Kräften aus einer vierten Raumdimenſion weiſen. Und vergeſſen wir nicht, hinzuzufügen, daß all' das, ſelbſt das unglaublichſt Scheinende davon, durch die ſorgfältigſten, mit ängſtlichen Vorſichten angeſtellten, Beobachtungen ſtrenger Forſcher, von denen die meiſten, wenn nicht alle, mit dem entſchiedenſten Unglauben an dies Gebiet herangetreten ſind, bewährt erſcheint[1]. Während ſonſt Irrthümer um ſo ſicherer erkannt werden, je eingehender, genauer die Unterſuchung, muß man ſagen: je mehr ſie es bezüglich der ſpiritiſtiſchen Thatſachen geweſen iſt, deſto ſicherer haben ſich ſolche in den als beweiſend anzuſehenden Fällen als nicht durch Selbſttäuſchung noch Betrug erklärbar herausgeſtellt; und es ändert hierin nichts, daß es auch an unzulänglichen Beobachtungen und nachgewieſenen Betrügereien in dieſem Felde nicht gefehlt hat.

Jedenfalls finde ich nach all' dem keine zwingenden theoretiſchen Gründe, die *Möglichkeit* ſpiritiſtiſcher Erſcheinungen überhaupt zu

---

[1] Abgeſehen von den, erſt neuerlich hinzugekommenen, Beobachtungen deutſcher Forſcher, worüber Zöllner's „Wiſſenſch. Unterſ." zu vergleichen, und unter Nr. 3 dieſes Abſchnitts einige Bemerkungen folgen, beziehe ich mich hiebei insbeſondre auf die Beobachtungen der engliſchen Forſcher, als wie Crookes, Wallace, Huggins, Varley, ſämmtlich Mitglieder der königl. Soc. zu London. Auch wiſſenſchaftliche Autoritäten in Rußland und Amerika wären zu nennen. Der beſtätigenden Beobachtungen Seitens Laien giebt es unzählige, von denen doch gar manche einen Zutrauen erweckenden Eindruck machen. Die ſeit 1874 monatlich erſcheinenden „Pſychiſchen Studien" (Leipzig, Mutze) regiſtriren überhaupt das Meiſte, was in dieſem Felde namentlich deutſcher- und engliſcherſeits zum Vorſchein kommt.

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01580/033

beſtreiten, hingegen zwingende empiriſche Gründe, die Thatſächlichkeit ſolcher Erſcheinungen anzuerkennen, obſchon ich mich dieſem Zwange insbeſondere bezüglich der ſog. Materialiſationserſcheinungen und was damit zuſammenhängt, nur mit Widerſtreben füge[1]. Ein Fundament aber für die Tagesanſicht kann ich im Spiritismus überhaupt nicht ſuchen, und ſelbſt nur eine zweideutige Hülfe darin finden.

Einmal aus dem formalen Grunde, daß der Spiritismus dem Unglauben noch in weiteſten Kreiſen begegnet, und es mißlich wäre, die Glaubensſachen der Tagesanſicht mit der Fraglichkeit von Thatſachen zu vermiſchen, zweitens aus dem viel wichtigeren ſachlichen Grunde, daß ſich geſunde Anſichten vom Jenſeits und ſeinen Beziehungen zum Diesſeits nicht aus abnormen Verkehrsverhältniſſen zwiſchen beiden gewinnen laſſen. Für den abnormen Charakter des ſpiritiſtiſchen Verkehrs zwiſchen Jenſeits und Diesſeits aber ſprechen Umſtände wie folgt.

Nicht nur, daß der Charakter des Ausnahmsweiſen ſelbſt an ſich zugleich dieſem Charakter entſpricht, iſt auch der Zuſtand und das Verhalten der, die ſpiritiſtiſchen Erſcheinungen vermittelnden Medien während der ſpiritiſtiſchen Manifeſtationen mehr oder weniger abnorm, umſomehr (vom krampfhaften Zucken bis zur halben oder völligen Bewußtloſigkeit) je wunderbarer die Manifeſtationen ſind; die Medien fühlen ſich im Allgemeinen davon angegriffen, und zumeiſt iſt wohl ihr Nervenſyſtem überhaupt außer Gleichgewicht. Was die jenſeitigen Geiſter, ſog. Spirits thun, oder was als Thun derſelben angeſehen wird, weil es in Zuſammenhang mit entſchiedenen Aeußerungen einer Intelligenz auftritt, von der man ſonſt keinen Quell anzugeben weiß, iſt meiſt nur vergeblicher oder läppiſcher Spuk; Tiſche, Stühle, Sophas, Bettſtellen werden gehoben, umgeſtoßen, verrückt, zerbrochen, und damit Geſetze aufgehoben, umgeſtoßen, verrückt, gebrochen, die unſer normales Leben und hiemit auch unſtreitig das jenſeitige regeln, ſoweit es mit dem diesſeitigen zuſammenhängt, und in daſſelbe eingreift. Ein Zuſammennehmen ſpiritiſtiſcher Kräfte zu einer practiſch nützlichen Leiſtung iſt meines Wiſſens noch nicht vorgekommen, und ſo ſtark die phyſiſchen Kraftäußerungen der Spirit's mitunter erſcheinen, ſo zwecklos und kunſtſtückähnlich erſcheinen ſie zugleich. Auch iſt aus Allem, was die Spirits klopfen, ſchreiben und ſprechen, bisher noch keine Förderung, ſei es unſeres höheren oder hiſtoriſchen Erkenntnißgebietes hervorgegangen.

---

[1] Muß man einmal anerkennen, daß hier ein Gebiet vorliegt, deſſen Phänomene nach den uns bekannten Principien nicht erklärbar ſind, ſo würde es ſelbſt principlos ſein, die Gränze deſſen beſtimmen zu wollen, was nach den noch unbekannten Principien möglich iſt. und im Grunde iſt es nicht weiter von der einfachſten ſpiritiſtiſchen Thatſache, die man nicht abweiſen kann, ohne ſie erklären zu können, zur Katie King von Crookes (Pſychiſche Stud. Band I), den Hand- und Fußabdrücken von Zöllner u. ſ. w. u. ſ. w., als vom Fünkchen ohne Feuerzeug aus dem Bernſtein bis zum Blitz und Donner aus den Wolken und dem atlantiſchen Telegraphen, an welchem Gedanken hin- und wieder durch das Meer laufen. Gewiß iſt die Unwahrſcheinlichkeit der ſpiritiſtiſchen Materialiſationsphänomene von vornherein haarſträubend, und bleibt doch ſchließlich zurück gegen die „Brutalität“ der beobachteten Thatſachen. Um darüber zu urtheilen, muß man freilich die Literatur darüber kennen.

So gut es nun eben gehen mag, erläutere ich mir hienach das in den ſpiritiſtiſchen Thatſachen zum Vorſchein kommende Verhältniß zwiſchen Diesſeits und Jenſeits, inſoweit ich nicht umhin kann, ein ſolches als im Spiele dabei zuzugeſtehen, durch folgende aus dem Diesſeits ſelbſt geſchöpfte Analogie, womit ich dem, überall in der Lehre vom Jenſeits befolgten, Principe treu bleibe, in den Verhältniſſen des Jenſeits nicht ſowohl einen Abbruch der Verhältniſſe des Diesſeits als eine cauſal daraus hervorgegangene Erweiterung und Steigerung derſelben zu erblicken. Dieſe aber kann nun eben ſowohl auf die abnormen als normalen Verhältniſſe des Diesſeits bezogen werden.

Es giebt Geſetze geſunden geiſtigen Lebens in uns, aber ſie werden mitunter durchbrochen. Erinnerungsgeſtalten, noch häufiger Phantaſiegeſtalten, gewinnen mitunter die Kraft ſinnlicher Wirklichkeit, und ſpielen ſtörend, verwirrend in's Reich der Anſchauungen hinein. Wir nennen es Hallucinationen, Phantasmen; oft ſind ſie bei Verrückten mit Bewegungen, die nicht minder aus den Geſetzen körperlich und geiſtig geſunden Lebens heraustreten, verbunden. Es iſt ein krankhaftes Verhältniß zwiſchen dem kleinen Diesſeits und Jenſeits, was wir als Anſchauungs- und Erinnerungsleben ſchon diesſeits in unſerm kleinen Geiſte tragen (S. 44, 95); alſo liegt es nahe, auch an die Möglichkeit eines ſolchen zwiſchen dem großen Diesſeits und Jenſeits in dem allgemeinen Geiſte, der im Sinne der Tagesanſicht Beides zugleich einſchließt, zu denken; nur daß es ſtets blos als eine partielle Störung auftreten wird. Können nicht alſo wirklich mitunter Geiſter und phantaſtiſche Geiſtergebilde des Jenſeits mit der Kraft ſinnlicher Wirklichkeit in die diesſeitige Welt hineintreten; und mit der Möglichkeit abnormer Erſcheinungen die Möglichkeit abnormer Bewegungen ſich verbinden? Giebt es aber etwas dergleichen, ſo iſt es ein Verhältniß, was weder dem Diesſeits noch dem Jenſeits frommen kann;

ſchlimm ſtände es um den religiöſen Glauben, hätte er nichts Anderes, worauf ſich zu ſtützen, woraus ſich zu erbauen; und gern wendet ſolchen Störungen der, wer gewohnt iſt, die Geſetzlichkeiten geſunden Lebens und Geſchehens in ſich und über ſich hinaus zu verfolgen und des Fortſchrittes der Erkenntniß darin ſich zu erfreuen, den Rücken zu. Nur kann hinter einem exacten Rücken Manches vorgehen, was derſelbe nicht ſieht, und die Krankheit hat wie die Geſundheit ein Recht der Erforſchung. Leichter freilich, Thatſachen der Krankheit zu regiſtriren und zu gruppiren, als Geſetze derſelben zu finden, die ſich mit denen der Geſundheit unter allgemeinerem Geſichtspuncte vereinigen, und bis jetzt haben ſich ſolche für das Gebiet des Spiritismus ſo wenig finden laſſen, daß der Widerſtand, auch nur Thatſachen des Spiritismus anzuerkennen, erklärlich iſt.

Die Phyſiologie kann von der Pathologie, die Pſychologie von der Krankheitslehre des Geiſtes etwas lernen; nur können ſich erſtere nicht auf letztere begründen wollen, und blos inſofern davon lernen, als ſie zugleich lernen, wie Körper und Geiſt nicht ſein ſollen. In ähnlichem Verhältniſſe ſteht eine geſunde Anſicht von den Beziehungen zwiſchen Diesſeits und Jenſeits zum Spiritismus.

Vor Zeiten hielt man geradezu Alles, was in den Kreis der ſpiritiſtiſchen Erſcheinungen fällt, — denn ohne den Namen ſpielten ſolche von jeher eine Rolle, — für Werk oder Blendwerk des Teufels und verbrannte die Perſonen, welche ſolche Erſcheinungen vermittelten, heutzutage Medien genannt, als Hexen oder Zauberer. Und unſtreitig hat man darin einen richtigen Inſtinkt, doch auch zugleich eine Uebertreibung zu erblicken. Selbſt die heutigen Antiſpiritiſten ſehen die Sache des Spiritismus milder an, verlangen nicht mehr, daß die Medien verbrannt, ſondern höchſtens, daß ſie als Betrüger ausgewieſen werden und ſetzen den Gelehrten, die ſich davon foppen laſſen, ſtatt einer Teufelsmütze eine Narrenmütze auf. In der That laſſen ſich einem zu harten Verdammungsurtheile des Spiritismus gegenüber Puncte wie folgende geltend machen.

Eigenthümlich iſt, daß die bei den ſpiritiſtiſchen Sitzungen Anweſenden, während ſie von Geiſterſpuk umgeben ſind, doch nichts von dem Geſpenſtergrauen empfinden, was wohl jeder aus Anwandlungen davon kennt; vielmehr hat man bei den wunderbarſten Stücken, welche die Spirits ausführen, nur das Gefühl, als ob man in einer Taſchenſpielerbude ſäße. Auch verkehrt ſich's im Allgemeinen recht harmlos mit den Spirits. Sie verrathen keinen Unmuth darüber, aus dem

Jenſeits aufgeſtört zu werden; meiſt ſcheint es ihnen eher Unterhaltung und Vergnügen zu gewähren, den Anweſenden etwas vorzumachen oder ſich mit ihnen durch die ſpiritiſtiſch hergebrachten Verkehrsmittel auf Unterhaltung einzulaſſen; ſind ſie wieder weg, ſo iſt man freilich danach ſo klug oder dümmer wie vorher. Sehr allgemein geben ſie ſelbſt ein Intereſſe an Förderung des Spiritismus zu erkennen, ſprechen von ihm als von einer Sache, die eine große Zukunft habe, und geben ſich gern zu beweiſenden Experimenten dafür her, indeß ſie gegen Zweifler und Leugner ſchlecht geſtimmt ſind. Alles das klingt und iſt nun freilich ſehr curios und verdächtig; indeß kann man wohl denken, daß den ernſthaften und gewiſſenhaften Beobachtern in dieſem Felde die Verdachtsgründe gegen dergleichen eben ſo nahe gelegen haben, als den Nichtbeobachtern, welche ſich durch den Verdacht gleich mit der Sache abfinden, daß ſie aber auch von ihnen berückſichtigt worden ſind. Wonach es ſich doch nicht möglich zeigt, all das auf bewußte Täuſchungen Seitens der Medien oder Hallucinationen der Beobachtenden zu ſchieben. Wie dem auch ſei, ſo ſpricht jedenfalls die Weiſe, wie ſich die ſpiritiſtiſchen Sitzungen geſtalten, gegen einen zu bedenklichen Charakter derſelben; und wenn ich noch hinzufüge, daß die Geſundheit der Medien durch ſolche Sitzungen, falls ſie nicht übertrieben werden, nicht nachhaltig zu leiden ſcheint — obwohl das doch noch eines näheren Zuſehens bedürfen möchte — ſo dürfte gegen Beobachtungen und Verſuche im Felde des Spiritismus zu wiſſenſchaftlicher Feſtſtellung ſeiner Thatſachen und Verhältniſſe Seitens Berufener nichts einzuwenden ſein, und es ſelbſt Niemand überhaupt verdacht werden können, wenn er eine Gelegenheit zur eignen Beobachtung in dieſem Felde ergreift, um ſich ſelbſt ein Urtheil darüber zu bilden oder das Urtheil Andrer zu controliren. Ueber dieſe Zwecke hinaus aber den Spiritismus zur bloßen Befriedigung der Curioſität auszubeuten, dürfte immer viel gegen ſich behalten.

Die Spiritiſten ſelbſt verſprechen dem Spiritismus noch eine große Zukunft und der Zukunft noch große Dinge vom Spiritismus. Meines Erachtens aber iſt für die Zukunft nicht ſowohl eine weitere Entwickelung des Spiritismus als nur Feſtſtellung ſeiner Thatſächlichkeit und Klärung ſeiner Verhältniſſe zu wünſchen; denn ſoweit der Spiritismus bisher gediehen iſt, hat die Erkenntniß durch ihn nur ein Räthſel mehr gewonnen, deſſen weitere Fortführung ſchwerlich zu ſeiner Löſung helfen wird, die Praxis aber überhaupt durch ihn nichts gewonnen, auch wüßt' ich nicht, welche Ausſichten ſie durch ihn gewonnen hätte.

Zunächſt zwar bietet ſich folgender Gedanke dar. So lange die Sprache noch nicht erfunden war, gab es noch keinen geiſtigen Verkehr zwiſchen den Menſchen, ſie konnten ſich nicht mit einander unterhalten, waren wie gegeneinander verſchloſſene Häuſer; wie offen ſind ſie jetzt gegen einander; es kommt blos darauf an, wie offen ſie gegeneinander ſein wollen. So gab es auch keinen Verkehr zwiſchen diesſeitigen und jenſeitigen Geiſtern, bevor der Spiritismus die Sprachmittel dazu geboten hatte; nun, nachdem es der Fall iſt, kommt es ſchon hie und da vor, daß ſich verſtorbene Aeltern mit ihren zurückgelaſſenen Kindern unterhalten, jenſeitige und diesſeitige Freunde einander grüßen, diesſeitige Forſcher bei jenſeitigen Belehrung ſuchen und finden. Doch iſt das erſt ein Anfang, ſozuſagen ein erſtes Lallen, weil der ganze Spiritismus noch in ſeinen Anfängen begriffen iſt; wenn aber mit ſeiner unaufhaltſam fortſchreitenden Entwicklung auch die ſpiritiſtiſche Sprache zwiſchen Diesſeits und Jenſeits zur gleichen Entwicklung gelangt ſein wird, als die heutige menſchliche Sprache im Diesſeits, ſo wird auch der Verkehr zwiſchen diesſeitigen und jenſeitigen Geiſtern eben ſo frei, leicht und entwickelt werden, als er es jetzt zwiſchen den diesſeitigen Geiſtern iſt, und eine bis jetzt noch ungeahnte Bereicherung und Steigerung des Lebens beiderſeits daraus hervorgehen.

Und warum nicht das Alles, wenn der Spiritismus wirklich ein Geſchenk iſt, wofür ihn die Spiritiſten halten, was einen Fortſchritt der Welt bedeutet und verſpricht. Anders aber, wenn er eine Abnormität iſt, wofür ich ihn halte, deren Wachsthum und Entwickelung vielmehr zu fürchten, als zu födern iſt. Hat die Tagesanſicht mit ihrem, nur auf das normale Verhältniß zwiſchen Diesſeits und Jenſeits gerichteten, Blicke Recht, ſo hat der geiſtige Verkehr dazwiſchen nicht erſt auf die Vermittelung durch ein diesſeitiges Medium zu warten, iſt vielmehr und war von jeher ein ſo unmittelbarer, daß der diesſeitige Geiſt für ſein Eigenthum hält, was zugleich Eigenthum des jenſeitigen Geiſtes 1) iſt; und die Zwiſcheneinſchiebung des Medium, anſtatt den

---

1) Aus d. Büchl. v. Leb. n. dem Tode S. 9 f.

„Schon während ſeiner Lebzeiten wächſt jeder Menſch mit ſeinen Wirkungen in Andere hinein durch Wort, Beiſpiel, Schrift und That. Schon als Göthe lebte, trugen Millionen Mitlebende Funken ſeines Geiſtes in ſich, an denen neue Lichter entbrannten, ſchon als Napoleon lebte, drang ſeines Geiſtes Kraft in faſt die ganze Mitwelt ein; als beide ſtarben, ſtarben dieſe Lebenszweige, die ſie in die Mitwelt getrieben, nicht mit; blos die Triebkraft neuer Zweige erloſch; und das Wachsthum dieſer, von Einem Individuum ausgegangenen, in ihrer Geſammtheit Ein Individuum wieder bildenden, Ausgeburten geſchieht jetzt mit einem gleichen Inwohnenden, [illegible] erſt zu ſchaffen, kann ihn nur aus den richtigen Bahnen lenken, und wenn nicht ganz in ein täuſchendes Weſen überſetzen, doch mit täuſchenden Elementen verſetzen, indem das Jenſeits durch das fremdartige Mittelglied nicht rein in das Diesſeits durchzuſcheinen vermag.

Daß es ſich aber wirklich ſo verhält, dafür kann insbeſondere folgende Bemerkung ſprechen.

Von vornherein ſollte man meinen, die Geiſter, welche im Spiritiſmus eine Rolle ſpielen, müßten von den Zuſtänden und den Verhältniſſen des Jenſeits, worin ſie leben, auch die ſicherſte und unzweideutigſte Auskunft geben können. Aber factiſch iſt das ſo wenig der Fall, obwohl ſie ſich durch Klopftöne (1 für a, 2 für b u. ſ. w. gerechnet), Pſychographen, Schrift, und unter Umſtänden ſelbſt direct durch Rede mitzutheilen vermögen, daß man auch von dieſer Seite zu einem ſehr natürlichen Zweifel veranlaßt wird, ob man es wirklich mit Geiſtern des Jenſeits zu thun habe, gäben ſie ſich nicht ſelbſt dafür und wüßte man nur, wofür ſie ſonſt nach Sachlage aller Umſtände halten; intelligente Weſen können es doch nach ihren Mittheilungen nur ſein. Aber die Anhänger des Spiritiſmus bekennen wohl ſelbſt, daß auf die

---

von uns freilich nicht zu erfaſſenden, Bewußtſein, als früher ihr erſtes Hervortreiben. Noch leben ein Göthe, ein Schiller, ein Napoleon, ein Luther unter uns, in uns als ſelbſtbewußte, ſchon höher als bei ihrem Tode entwickelte, in uns denkende und handelnde, Ideen zeugende und fortentwickelnde Individuen, nicht mehr eingeſchloſſen in einen engen Leib, ſondern ergoſſen durch die Welt, die ſie bei Lebzeiten bildeten, erfreuten, beherrſchten, und weit hinausreichend mit ihrem Selbſt über die Wirkungen, die wir von ihnen ſpüren.“

„Das größte Beiſpiel eines mächtigen Geiſtes, der in der Nachwelt ſichtbar fortlebt und fortwirkt, haben wir an Chriſto. Es iſt nicht ein leeres Wort, daß Chriſtus in ſeinen Bekennern lebe; jeder ächte Chriſt trägt ihn nicht blos vergleichungsweiſe, ſondern wahrhaft lebendig in ſich; jeder iſt ſeiner theilhaftig, der in ſeinem Sinne handelt und denkt, denn eben nur Chriſti Geiſt wirkt in ihm dieſes Handeln und Denken. Er hat ſich ausgebreitet durch die ganzen Glieder ſeiner Gemeine und alle hängen durch ſeinen Geiſt zuſammen, wie die Aepfel durch die Zweige Eines Stammes, wie die Reben eines Weinſtocks.“

„Denn wie Ein Leib iſt und hat doch viele Glieder, alle Glieder aber Eines Leibes, wiewohl ihrer viele ſind, ſind ſie doch Ein Leib, alſo auch Chriſtus.“ (1. Cor. 12,12.)

„Aber nicht blos die größern Geiſter, ſondern jeder tüchtige Menſch erwacht in der folgenden Welt mit einem ſelbſtgeſchaffenen, eine Einheit unendlicher geiſtiger Schöpfungen, Wirkungen, Momente in ſich beſchließenden, Organiſmus, der einen größeren oder kleineren Umkreis erfüllen und mehr oder weniger Fortentwicklungskraft haben wird, jenachdem der Geiſt des Menſchen ſelbſt bei Lebzeiten weiter und kräftiger um ſich griff“.

zum Theil unbeſtimmten, zum Theil nichtsſagenden, zum Theil widerſprechenden und phantaſtiſchen Ausſagen über die Verhältniſſe des Jenſeits, die mitunter von den Spirits zu erlangen ſind, nichts zu bauen[1], und entſchuldigen es meiſt damit, daß es an ſich ſchwer ſein müſſe, von einem, dem Diesſeits ganz fremden, Zuſtande klar mit Ausdrücken des Diesſeits zu ſprechen, außerdem aber die Spirits großentheils gar nicht die Fähigkeit dazu haben möchten, indem ſie mit ihrem Uebertritt in's Jenſeits keineswegs eine höhere Stufe der Intelligenz erſtiegen; auch gäbe es ſelbſt genug Lug- und Truggeiſter unter ihnen, von welchen natürlich nur ihrem Charakter gemäße Angaben zu erhalten. Da man indeß doch auch mit den Geiſtern namhafter Gelehrten, Philoſophen und Phyſiker in Verkehr geweſen ſein will, ſo würde ja nichts gehindert haben, dieſe recht gründlich nach der Weiſe ihrer jenſeitigen Exiſtenz auszufragen und ihre Angaben durch einander zu controliren; es iſt mir aber nicht bekannt, daß es geſchehen iſt, oder zu etwas geführt hat; und man ſollte doch meinen, daß ein aus dem diesſeitigen Zuſtande erwachſener Zuſtand, wie es der jenſeitige iſt, dem diesſeitigen nicht ſo gar fremd ſein könnte, um nicht Seitens geſcheuter Spirits für Gemeinſamkeiten und Verſchiedenheiten zwiſchen beiden Ausdrücke, die dem Diesſeits noch verſtändlich ſind, finden zu können.

Meinerſeits geſtehe ich freilich, daß es mir bei dem, was ich von ſpiritiſtiſchen Mittheilungen überhaupt kenne, meiſt ſo erſchienen iſt, als wenn die Spirits ſich irgendwelchen bekannten oder unbekannten Namen anmaßten, und die Welt mit Mittheilungen äfften, die ſie vielmehr aus dem Diesſeits herausleſen, als aus dem Jenſeits hineintragen. Denn, wenn ſchon die, durch das Medium vermittelten, Antworten auf Fragen, die an die Spirits geſtellt ſind, unzweifelhaft oft viel mehr und Andres enthalten, als das Medium wiſſen konnte, ſcheinen ſie doch im Allgemeinen nicht mehr zu enthalten, als der Fragende oder die bei der Sitzung Gegenwärtigen wiſſen; wenn aber Fragen nach etwas geſtellt werden, was dieſe ſelbſt nicht wiſſen, ohne daß es an ſich ſchwerer wißbar iſt, bleiben die Spirits die Antwort ſchuldig oder geben fehl. Derartige Thatſachen liegen jedenfalls wirklich vor, und es gälte die Beobachtungen darüber zu vervielfältigen. Doch ſollen allerdings auch mitunter ſpiritiſtiſche Fernſichten vorkommen, die ſich nicht durch ein Leſen von Gedanken der diesſeits Lebenden oder als eine Compoſition daraus erklären laſſen würden, und ganz auf's Reine iſt in der Sache nicht leicht zu kommen.

---

[1] Eine vergleichende Zuſammenſtellung der in dieſer Hinſicht vorliegenden Angaben und die Hervorrufung weiterer Angaben mit Berückſichtigung der Einflüſſe, welche etwa auf dieſelben mitbeſtimmend einwirken konnten, wäre in ſpiritiſtiſchem Intereſſe zu wünſchen, ſollte ſie auch zu nichts weiter führen, als die Unſicherheit aller dieſer Angaben um ſo ſicherer darzuthun.

Hienach liegt folgender Gedanke nahe. Da die ſpiritiſtiſchen Manifeſtationen überhaupt nur durch Vermittelung eines diesſeitigen Medium zu Stande kommen, und das Vermögen, in Andrer Seelen zu leſen, zu den ſpiritiſtiſchen Vermögen ſelbſt gerechnet wird, ſo mögen nicht nur Ideen des Medium ſelbſt, ſondern auch der an den ſpiritiſtiſchen Sitzungen Mitbetheiligten über das Jenſeits ſich den Mittheilungen darüber beimiſchen oder den Hauptinhalt davon bilden, womit man entweder nichts Klares oder Neues erfährt; und ſelbſt das Intereſſe, was die Spirits an der Föderung des Spiritismus beweiſen, läßt ſich leicht ſo deuten, daß das Intereſſe derer, mit denen ſie in den Sitzungen verkehren, ſich in den ſpiritiſtiſchen Mittheilungen wiederſpiegelt. Manche Medien erklären ſich geradezu für beſeſſen von dieſen oder jenen Geiſtern; umgekehrt werden dieſe Geiſter als vom Medium beſeſſen zu betrachten ſein. Wir verglichen das ſpiritiſtiſche Verhältniß zwiſchen Diesſeits und Jenſeits mit einer Art Verrücktheit, wie ſie im Diesſeits ſelbſt vorkommt. Von Verrückten kann man auch nichts Zulängliches über ihren Zuſtand außer der Verrücktheit und überhaupt keine Wahrheit, auf die Verlaß iſt, erfahren.

Endlich ließe ſich an folgenden Geſichtspunct denken. Der Somnambule erinnert ſich wohl deſſen, was außer ſeinem ſomnambulen Zuſtande mit ihm vorgeht, doch in den gewöhnlichen Zuſtand zurückgekehrt nicht deſſen, was ihm im ſomnambulen begegnet. So könnten Geiſter des Jenſeits, wenn ſie abnormerweiſe in die Verhältniſſe des Diesſeits zurückkehren, die klare Erinnerung an die jenſeitigen Verhältniſſe verlieren, hiemit aber um ſo leichter diesſeitigen Anſichten oder Phantaſien, in denen ſolche mitſpielen, verfallen; und es ſpricht hiegegen nicht, daß ſie doch bei ihrem Wiedereintritt ins Diesſeits Kräfte, welche nicht ins normale Diesſeits fallen, fortbehalten, da die Aeußerungen ſolcher Kräfte ebenſowenig in's normale Jenſeits fallen; denn ſonſt müßten ſie alltäglich ſein, ſofern das Jenſeits ja gar nicht abgeſondert vom Diesſeits beſteht.

Man erſpart ſich nun freilich alle ſolche precär bleibende Vermuthungen, wenn man das ganze wüſte Weſen des Spiritismus — und etwas Andres iſt es bisher doch nicht — einfach über Bord wirft, und das kann ja jeder thun, dem es nicht behagt, ſich damit zu befaſſen; nur wird man damit, daß man es ſubjectiv thut, den Spiritismus objectiv nicht los.

Sollten die Beziehungen, in welchen nach Zöllner's ſcharfſinnigen Betrachtungen gewiſſe, experimental von ihm genau conſtatirte, ſpiritiſtiſche Phänomene zur Annahme einer vierten Raumdimenſion ſtehen, wirklich als ſtreng beweiſend dafür anzuſehen ſein, ſo würde unſtreitig auch das jenſeitige Daſein mit dieſer vierten Dimenſion und umgekehrt dieſe mit jenem zu thun haben, und ſich neue Ausſichten damit eröffnen; aber ich halte es noch für zu gewagt, auf eine Discuſſion hierüber einzugehen, der ſich auch der Vertreter der Anſicht von der vierten Dimenſion ſelbſt bisher noch entzogen hat. In der That dürfte das Gelingen und die zulängliche Deutung einiger für die Frage wichtigen Experimente (Umkehrung linksgedrehter in rechtsgedrehte Formen, Deutung gewiſſer Wärmephänomene) erſt noch abzuwarten ſein, um der jetzt noch beſtehenden Möglichkeit einer andern Hypotheſe zur Erklärung derſelben Erſcheinungen um ſo wirkſamer zu begegnen, einer Hypotheſe, die jedoch für das Wunder der vierten Raumdimenſion nur ein andres, fraglich ob wahrſcheinlicheres, Wunder in Anſpruch nehmen würde[1]. Meinerſeits geſtehe ich, die aus mathematiſchem wie metaphyſiſchem Geſichtspuncte freilich hochintereſſante Frage der vierten Raumdimenſion für mich ſelbſt bisher weder aprioriſtiſch noch empiriſch hinreichend entſchieden zu finden, und verzichte daher hier um ſo lieber auf eine nähere Inbetrachtnahme derſelben, als dieſe Frage weder von den allgemeinen Geſichtspuncten der Tagesanſicht aus eine Aufklärung gewinnen, noch ihre Entſcheidung im einen oder andern Sinne in die hier aufgeſtellten Geſichtspuncte dieſer Anſicht weſentlich ändernd eingreifen könnte; nur der Spielraum des jenſeitigen Daſeins würde für ſie mit Annahme einer vierten Raumdimenſion wachſen[2].

---

[1] Die aus der Annahme einer vierten Raumdimenſion ſo ſchön im Zuſammenhange erklärten Knoten- und Ringverſuche, ſowie Phänomene des Eindringens von Körpern in verſchloſſene Räume und Verſchwindens daraus würden nämlich auch von vorübergehender Trennung und Wiedervereinigung materieller Continuität, theilweis auch von einer Durchgängigkeit der Materien durcheinander (unter Wärmeerzeugung) abhängig gedacht werden können, indeß ich nicht wüßte, wie derartige Erklärungen auf das oben (einſchaltungsweiſe) erwähnte Umkehrungsphänomen anwendbar ſein ſollten.

[2] Vorlängſt habe ich ſelbſt in der kleinen Schrift: „Vier Paradoxa" (hieraus in Miſes „kleinen Schriften"), das Daſein einer vierten Raumdimenſion vertreten, doch geſchah dies mehr ſcherzweiſe und unter einer, von der Zöllner'ſchen abweichenden, Form der Hypotheſe, wonach die vierte Dimenſion zwar nicht die Zeit ſelbſt

2. Stellung des Spiritismus zur Religion.

Wie viel ſich auch im Vorigen zu Ungunſten des Charakters ſpiritiſtiſcher Phänomene ſagen ließ, ſo bleibt es nach den Spiritiſten ein Hauptverdienſt des Spiritismus, den Glauben an die künftige Fortdauer überhaupt nicht nur ſtützen, ſondern ſelbſt erſt zwingend begründen zu können. Auch mögen zehn theoretiſche und praktiſche Beweisgründe für ein künftiges Leben Manchem gegen eine wirkliche Geiſtererſcheinung oder Mittheilung aus der Geiſterwelt, oder was er dafür hält, wie zehn Sperlinge auf dem Dache gegen einen in der Hand erſcheinen. Und warum ſollten Thatſachen der Art, inſoweit es Thatſachen ſind, nicht in der Frage nach dem Jenſeits als Momente dafür mitzählen, wären es nur eben nicht abnorme, nur ausnahmsweiſe vorkommende, willkürlich nicht herzuſtellende, daher immer dem Zweifel oder dem Gedanken an einen trüben Quell derſelben — und bleibt er nicht nach Allem ein trüber! — zugänglich bleibende, Fälle, die, anſtatt feſt darauf fußen zu können, ſozuſagen ſelbſt aller Anſtrengung bedürfen, um feſtgeſtellt zu werden. Alſo habe ich auch mit Fleiß vermieden, eine Stütze des religiöſen Glaubens der Tagesanſicht darin zu ſuchen, bedaure vielmehr, daß eine Zeit da iſt, für welche eine ſolche Stütze allerdings noch erwünſcht ſcheint.

Nun macht der Spiritiſt in dieſer Hinſicht als allgemeinen Vortheil des Spiritismus geltend und legt beſondres Gewicht darauf, daß der Spiritismus überhaupt das wirkſamſte, wenn nicht alleinige, Mittel ſei, den überhand genommenen Materialismus aus der Zeit auszutreiben. Aber wenn er dazu helfen kann, wird es doch nur ſein, wie eine Arznei gegen ein Uebel helfen kann, die als Nahrungsmittel ſelbſt ein Uebel wäre, und nicht in den geſunden Lebensgang hinein fortzuführen iſt. Der Materialismus widerſpricht aller Religion, indem weder von Gott noch Jenſeits darin die Rede iſt; möchte ihn nun auch der Spiritismus mit handgreiflichen Beweiſen für das Jenſeits überwinden, ſo erſcheint es doch als ein zweideutiger Vortheil, wenn ſich das Jenſeits danach unter unzutreffenden, das Diesſeits irrenden, Geſichtspuncten darſtellt, was factiſch der Fall iſt, ſofern es ſpiritiſtiſch aus ſeinen normalen Verhältniſſen dazu heraustritt. Nun werden zwar

---

vorſtellt, aber in der Zeit durchlaufen wird. Es fügt ſich aber dieſe Form der Hypotheſe keineswegs ſo wie die Zöllner'ſche der Erklärung der ſpiritiſtiſchen Phänomene, und ich lege kein Gewicht darauf.

unſtreitig die abnormen Verhältniſſe mit den normalen etwas gemein behalten, es fragt ſich aber, was und wie viel, und ein ſicheres Kriterium, beides zu ſcheiden, liegt nicht vor. Geſetzt man will wiſſen, was in einem verſchloſſenen Kabinet, worin geheime Dinge vorgehen, ſich begiebt, und macht ein Loch in das Kabinet, ſo daß die geheimen Dinge heraus an's Tageslicht kommen, meint man denn, daß ſie draußen offen noch ebenſo wie drinnen im Geheimen vorgehen, und man ſicher vom Draußen auf das Drinnen ſchließen kann, wenn ſchon man ſicher daraus ſchließen kann, daß doch drinnen etwas vorgeht. In der That aber begründen die geſammten Manifeſtationen der, aus dem Jenſeits in's Diesſeits hineinbeſchworenen, Spirits mitſammt ihren Aeußerungen über das Jenſeits ſelber, nur wirre Vorſtellungen von dem Jenſeits, die aller Erbaulichkeit, Klarheit und Feſtigkeit ermangeln. Und während ſie hiemit über das eine Hauptſtück der Religion nur einen verwirrenden Schein verbreiten, laſſen ſie das andre, das oberſte, betreffend die Beziehungen des menſchlichen zum göttlichen Geiſte, ganz im Dunkel. Alſo wird eine, auf den Spiritismus gebaute, Religion, mag ſie auch gar keiner noch vorzuziehen ſein, ſtets nur ein halbes und mehr als halb in der Nachtſeite der Dinge wurzelndes Weſen bleiben. Beſſer doch hienach, ſich einfach gläubig in höchſten und letzten Dingen an die heilige Schrift als an die Schieferſchrift der Spirits und ihr handgreifliches Erſcheinen zu halten. Wie ſich das halbdunkle ſpiritiſtiſche Sitzungszimmer mit einem Medium drinnen, was halb oder gar nicht bei ſich iſt, und dem dadurch vermittelten Spuk zur tageshellen Kirche mit dem Prediger auf der Kanzel und dem andächtigen Chorgeſange der Gemeine verhält, ſo die ſpiritiſtiſche zur chriſtlichen Religion, deren Glaubensſätze in Bezug auf höchſte und letzte Dinge zugleich die der Tagesanſicht ſind [1]).

Nun wird auch das dem Spiritismus als Verdienſt zugerechnet, daß der Glaube an die Quellen der chriſtlichen Lehre ſelber dadurch um ſo ſichrer geſtellt werde; denn was ſeien die von Chriſto verrichteten Wunder und die Erſcheinungen deſſelben nach ſeinem Tode anders als ſpiritiſtiſche Manifeſtationen. Durch die Thatſache, daß es noch jetzt ſolche Manifeſtationen gebe, werde die Unglaublichkeit von jenen gehoben, und gewinne das Chriſtenthum hiemit ein thatſächliches Fundament. Und unſtreitig iſt ganz allgemein geſprochen kein Grund, die

---

[1] Vergl. Abſchn. VI und VII. Eingehender iſt das Verhältniß der Tagesanſicht zum Chriſtenthum in Zendaveſta Abſchn. XIII und XXX und in den drei Motiven und Gründen beſprochen.

Thatſächlichkeit der chriſtlichen Wunder, um dieſen kurzen Ausdruck zu gebrauchen, zu beſtreiten, wenn man die der ſpiritiſtiſchen zugeſtehen muß, und Mancher mag wirklich durch den Glauben an letztere zum Glauben an erſtere bekehrt werden; nur läßt ſich in der Bekehrung zu den chriſtlichen Wundern als zu ſpiritiſtiſchen wieder eine arge Verkehrung ſehen. Denn zwiſchen beiden beſteht ein ſolcher Gegenſatz im Charakter, daß es wie Blasphemie erſcheint, beide unter dieſelbe Rubrik bringen und dem Chriſtenthum damit aufhelfen zu wollen, daß man Chriſtus für das begabteſte Medium erklärt. Es iſt ein Unterſchied, wie aus dem Lichte und aus der Nacht geboren, wie abnorm geſteigerte geſunde und abnorm verrückte Kraft. Chriſtus warf ſich in Vollbringung ſeiner Wunderthaten nicht unruhig umher, verfiel nicht in volles oder halbes Unbewußtſein, rief nicht fremde Geiſter herbei, erklärte ſich nicht von ſolchen beſeſſen, nahm nicht Dunkel oder Halbdunkel zu Hülfe, wie unſre Medien heutzutage thun, ſondern gieng bei hellem Tage als ein geſunder, ſeiner Sinne, ſeiner geiſtigen und körperlichen Kraft vollkommen mächtiger, Mann umher und machte geſund. Er hob nicht Tiſche, warf nicht Stühle um, machte nicht Kunſtſtücke, die ſich mit Taſchenſpielereien verwechſeln laſſen, ließ ſich nicht dafür bezahlen, ſondern machte eben geſund mit einer Kraft, die noch kein Medium bewieſen hat. Er ließ nicht Gemeinplätze von Spirits auf Schiefertafeln ſchreiben, ſondern lebendige Worte gingen aus ſeinem Munde, welche die Welt des Heidenthums und Judenthums überwunden haben; und wollte man alle während ſeines Lebens von ihm verrichteten Wunder als hiſtoriſch nicht hinreichend verbürgt bezweifeln, dies Wunder einer übermenſchlichen Wirkung, womit er noch heute nach ſeinem Tode in die Geſchichte hineinragt, läßt ſich nicht bezweifeln. Wohl aber läßt ſich glauben, daß die kleine Gemeine ſeiner Jünger, von der aus ſich das Chriſtenthum in Zeit und Raum hinein ausgebreitet hat, nicht mit ihm durch's Leben und nach ihm für ſeine Lehre in den Tod gegangen wäre, ein Paulus nicht aus einem Saulus geworden wäre, wenn nicht wirklich ausnahmsweiſe wirkende Kräfte und Erſcheinungen Chriſti ihn in ihren Augen beglaubigt hätten; aber es werden in anderem Sinne ausnahmsweiſe wirkende Kräfte, ausnahmsweiſe Erſcheinungen geweſen ſein, als die heut' im Spiritismus ſpielen.

In der That auch die Erſcheinungen Chriſti nach ſeinem Tode, wovon die bibliſchen Erzählungen berichten, laſſen ſich nicht als ſpiritiſtiſche deuten. Soll Chriſtus ein Medium geweſen ſein, ſo ſind es ja nicht die Medien ſelbſt, die nach dem Tode als Geiſter erſcheinen; ſie vermitteln blos die ſpiritiſtiſchen Geiſtererſcheinungen; aber Chriſtus brauchte kein Medium, um nach dem Tode zu erſcheinen; er erſchien aus eigener Machtvollkommenheit, erſchien am hellen Tage, indeß die ſpiritiſtiſchen Geiſtererſcheinungen des Dunkels oder Halbdunkels bedürfen. Glaubt man alſo an die Erſcheinungen Chriſti nach dem Tode, ſo kann man doch nicht daran als an ſpiritiſtiſche glauben; wenn ſchon es immer wahr bleibt, daß die Thatſache der letztern den Glauben an die erſtern erleichtert.

Hienach denke ich mir das Verhältniß zwiſchen den chriſtlichen Wundern oder ſage ich lieber dem Wunder Chriſti und den ſpiritiſtiſchen Wundern ſo, ohne freilich einen ganz klaren und ſichern Ausdruck dafür finden zu können. Aber wer vermag in dieſen Dingen überhaupt einen ſolchen zu finden, wenn er doch nur ein unvollkommenes Einſehen darein hat.

Ausnahmsweiſe können die Beziehungen, welche normalerweiſe zwiſchen Menſch und Gott, Diesſeits und Jenſeits beſtehen, unter Vermittlung durch eine erhabene Perſönlichkeit eine, das gewöhnliche Maß überſteigende, Erweiterung und Steigerung erfahren, ohne damit zugleich eine Störung zu erfahren, und hievon auch Wirkungen abhängen, welche den Kreis gewohnter Wirkungen in einer zugleich dem Diesſeits und Jenſeits frommenden Weiſe überſchreiten. So mit Chriſtus und ſeinen Wundern. Ausnahmsweiſe können aber auch jene Beziehungen unter Vermittlung durch ein Individuum, in dem das normale Gleichgewicht der Kräfte aufgehoben iſt, in ſolcher Weiſe geſtört werden, wie wir es nun eben bei den Medien und den durch ſie vermittelten wunderlichen, für Diesſeits und Jenſeits unſtreitig gleich nichtsnutzigen, Manifeſtationen beobachten. Die Ausnahmen erſter Art ſind ſäculare und von ſäcularen Folgen, die Ausnahmen zweiter Art Sache einer Laune und Curioſität des Tages, Chriſtus aber eine Ausnahme über allen Ausnahmen, deren Weſen man ebenſowenig nach Oben nachkommen kann, als bisher dem Weſen der ſpiritiſtiſchen Ausnahmen nach Unten.

Gar manchen Spirits iſt nachzurühmen, daß ſie, anſtatt ſich auf mechaniſchen Spuk einzulaſſen, die Religioſität dadurch zu födern ſuchen, daß ſie ſich in erbaulichen Betrachtungen, chriſtlichen Ermahnungen, Hinweiſen auf Chriſti Lehre, gerade ſo wie es unſre Erbauungsbücher thun und als ob ſie ſelbſt aus ſolchen geſchöpft hätten, ergehen. Oft ſind es freilich nur Saalbadereien, deren Quell man nirgends anders als im Geiſte des Mediums ſelbſt zu ſuchen braucht.

Aber ſei es, daß man Betrachtungen jener Art von jenſeitigen Geiſtern abhängig und nur durch das Medium vermittelt halten will, ſo fragt ſich, was wir damit gewinnen, daſſelbe, was wir unmittelbar aus Büchern, die jedem zugänglich ſind, holen können, aus ſpiritiſtiſchen Sitzungen zu holen. Erführen wir doch lieber durch jene Spirits, nachdem ſie im Jenſeits mit Chriſtus und ſeinen Jüngern in nähere Beziehung getreten ſind, etwas Genaueres über deren irdiſches Leben, Leiden und Sterben, über die Urſprungs- und Aechtheitsverhältniſſe der Evangelien und neuteſtamentlichen Briefe, über die richtige Faſſung und Deutung der Parabel vom ungerechten Haushalter u. ſ. w. Damit wäre etwas Thatſächliches für unſere Erkenntniß gewonnen, und zugleich der Beweis geführt, daß mittelſt des Spiritismus überhaupt etwas dafür zu gewinnen iſt, den der Spiritismus bisher ſchuldig blieb. Hat die Tagesanſicht Recht, ſo müſſen für alle jene und ſo viel andre hiſtoriſchen Fragen die Erkenntnißwege im jenſeitigen Erinnerungsleben der Geiſter wirklich offen ſein; aber nur denen, die in's Jenſeits übergetreten ſind, ohne die Möglichkeit, dieſe Erkenntnißwege in's Diesſeits zurückzuleiten; und der Spiritismus hat bisher in dieſer Hinſicht nichts geändert.

3. Perſönliche Bemerkungen.

Zu den bisherigen allgemeinen Betrachtungen über den Spiritismus finde ich mich veranlaßt, zur näheren Motivirung meiner Anerkenntniß ſeiner Thatſächlichkeit folgende mehr perſönliche Bemerkungen zu fügen.

Zöllner hat in dem Berichte, den er in ſeinen „Wiſſenſch. Abh." von den in Leipzig mit dem Amerikaniſchen Medium Slade abgehaltenen ſpiritiſtiſchen Sitzungen gegeben, außer dem Zeugniſſe von W. Weber und Scheibner auch meines Zeugniſſes dafür gedacht; und ich entziehe mich dieſem Zeugniſſe nicht, nur daß es viel weniger weit reicht und ſogar für mich ſelbſt weniger in's Gewicht fällt, als das von Zöllner ſelbſt und ſeinen andern Mitbeobachtern. Ich bin nämlich nur bei ein paar von den erſten jener Sitzungen, die nicht zu den entſcheidendſten gehörten, gegenwärtig geweſen, auch das vielmehr nur als Zuſchauer, denn als Experimentator, was keineswegs hingereicht haben würde, auch nur für mich ſelbſt, dem Verdacht von Taſchenſpielerei gegenüber, von durchſchlagender Beweiskraft zu ſein. Nehme ich aber das, was ich doch ſelbſt geſehen, ohne bei geſchärfteſter Aufmerkſamkeit eine Täuſchung entdecken zu können, mit den Reſultaten fortgeſetzter Beobachtungen und wirklicher Experimente meiner wiſſenſchaftlichen Freunde in den ſpätern Sitzungen und mit denen der engliſchen Forſcher zuſammen, nehme ich ferner hinzu, daß dieſelben Phänomene, die man hier als Schwindel und Taſchenſpielerei verdächtigt, anderwärts auch durch Vermittelung von Medien, die jedem Verdacht in dieſer Beziehung überhoben waren, von guten Beobachtern conſtatirt ſind, ſo übt das einen Zwang der Ueberzeugung auf mich, dem ich mich nicht zu entziehen vermag, ſo ſehr ich es in Betreff gewiſſer Phänomene auch möchte.

Ja, ſo unglaublich die ſpiritiſtiſchen Thatſachen von vornherein erſcheinen mögen, hieße es doch meines Erachtens, den Glauben an Perſonen und die Möglichkeit, Thatſachen durch Beobachtungen zu conſtatiren, überhaupt aufgeben, hiemit alle Erfahrungswiſſenſchaft preisgeben, wollte man der Maſſe und dem Gewicht der Zeugniſſe, die für die Thatſächlichkeit ſpiritiſtiſcher Phänomene vorliegen, nicht weichen. Ohne die Maſſe der Stimmen zu berückſichtigen, will ich hier nur von einigen Stimmen ſprechen, auf welche Bezug zu nehmen, nicht nur mir ſelbſt am nächſten liegt, ſondern auch dem Zeitintereſſe am meiſten entſprechen dürfte.

Wenn man Zöllner, der für Deutſchland als Hauptvertreter der Thatſächlichkeit ſpiritiſtiſcher Phänomene gelten kann, ſo gut als mich, der keine ſelbſtändige Autorität als Beobachter in dieſem Felde in Anſpruch nimmt, aber ſeine Beobachtungen mit vertritt, für einen Phantaſten erklärt, welcher ſieht, was er ſehen will, ſo möchte man doch erſt zuſehen, wo er ſich je im Beobachtungsgebiete als ſolchen bewieſen hat, und ob ſeine ſchönen, für die exacte Naturwiſſenſchaften fruchtbaren Erfindungen und Entdeckungen Phantaſien ſind. Sollte man doch darauf beſtehen, die Kühnheit, mit welcher er Schlüſſe auf Thatſachen baut, mit ſchlechter Beobachtung von Thatſachen zu verwechſeln, und der Perſönlichkeit ſeiner Kritik, die ich nicht vertreten will, mit Aechtung ſeiner Perſon zu begegnen, was heißt Schlag mit Todtſchlag erwidern, ſo ſteht ja das, was er von ſpiritiſtiſchen Thatſachen berichtet hat, nicht blos auf ſeiner Autorität, ſondern auch der Autorität eines Mannes, in dem ſich ſozuſagen der Geiſt exacter Beobachtung und Schlußweiſen verkörpert hat, W. Weber's, deſſen Ruhm in dieſer Beziehung nie eine Anfechtung erfahren hat bis zu dem Momente, wo er für die Thatſächlichkeit ſpiritiſtiſcher Phänomene eintritt. Wenn man ihn aber von dieſem Momente an für einen ſchlechten Beobachter, der ſich von einem Taſchenſpieler hat düpiren laſſen oder für einen Phantaſten, der ſich von einer Voreingenommenheit für myſtiſche Dinge hat verführen laſſen, hält, ſo iſt das etwas ſtark oder vielmehr ſchwach und dennoch ſolidariſch mit der Verwerfung ſeines Zeugniſſes. Meinerſeits geſtehe ich, daß, nachdem er in einer ganzen Folge von Sitzungen zuſammen mit Zöllner und zumeiſt auch Scheibner, einem der ſchärfſten und ſtrengſten Mathematiker, den von Slade producirten Experimenten nicht etwa blos einfach zugeſehen, ſondern ſolche ſelbſt in die Hand genommen und alle Mittel und Maßnahmen dazu in der Hand gehabt, ein Wort ſeines Zeugniſſes für die Thatſächlichkeit der ſpiritiſtiſchen Phänomene mir mehr wiegt, als Alles, was Seitens ſolcher dagegen geredet oder geſchrieben worden iſt, die ſelbſt nichts in dieſem Felde geſehen, oder nur einmal ſo zugeſehen haben, wie man Taſchenſpielern zuſieht, und die ſich hienach berechtigt halten, von objectiven Taſchenſpielereien zu ſprechen. Doch iſt W. Weber nur einer unter einer Reihe achtbarſter Forſcher, die nach gleich ſorgfältiger Prüfung für die Thatſächlichkeit dieſer Phänomene einſtehen, gegenüber der Menge Solcher, die ſozuſagen aus der Ferne mit Steinen nach ihnen werfen, d. h. alle möglichen unbeſtimmten Verdachtsgründe gegen ſie häufen, an die ſich denken oder auch nach der Sachlage nicht denken läßt, und damit meinen, etwas gethan zu haben. Die Oberflächlichkeit in dieſem Felde liegt jedenfalls vielmehr auf Seiten der Beſtreiter als Vertreter des Spiritismus; wobei ich natürlich nur ſolche Vertreter zähle, die auch außerhalb des Spiritismus zählen. Ja, wäre der Spiritismus eine Verkehrtheit, ſo wären die Mittel, die man gegen ihn braucht, noch verkehrter; und daß man doch keine beſſeren gegen ihn findet, ſpricht ſelbſt dafür, daß es überhaupt keine gegen ihn giebt.

Sonſt zieht man Schlüſſe nur aus gelungenen Verſuchen und verwirft die mißlungenen eben weil ſie mißlungen ſind; in Beziehung auf den Spiritismus zieht man Seitens der Antiſpiritiſten Schlüſſe nur aus mißlungenen Verſuchen und verwirft die gelungenen, eben weil ſie gelungen ſind. Wäre der, unter den ſicherſtellendſten Maßnahmen angeſtellte Zöllner'ſche Knotenverſuch in Leipzig und Breslau nicht gelungen, ſo würde man etwas darauf geben; da er gelungen iſt, gilt er nichts; aber Taſchenſpielereien, nach denen ihn jeder nachmachen kann, der das Kunſtſtück kennt, nur nicht unter jenen ſicherſtellenden Bedingungen, gelten. So mit allen, unter der Hand guter Beobachter gelungenen, Verſuchen in dieſem Felde. — Sonſt unterſucht man in einem neuen Beobachtungsfelde, unter welchen Bedingungen die Verſuche gelingen; hier ſchreibt man ihnen die Bedingungen dazu von vornherein vor, und wenn z. B. ein Verſuch unter ſichernden Vorſichtsmaßregeln im Dunkel oder Halbdunkel gelungen iſt[1], ſo gilt er nichts, weil er nicht im Hellen gelungen iſt; gelingt er aber unter günſtigeren Bedingungen auch im Hellen, ſo gilt er doch nichts, weil er überhaupt gelungen iſt. — Sonſt hält man Reife der Erfahrung und des Urtheils jeder Unterſuchung günſtig, hier gilt ſie als Altersſchwäche, wenn die Unterſuchung zu Gunſten des Spiritismus ausfällt; und Eier halten ſich hier für klüger als Hennen. — Sonſt ſieht man, wenn mit Fingern auf Dinge gewieſen wird, danach hin, ob ſie auch da ſind; hier hackt man gleich die Finger ab, die danach weiſen, ſo braucht man nicht erſt danach zu ſehen, und ſchreibt Abhandlungen darüber, daß nichts zu ſehen.

Warum nun ſchlägt man nicht ſtatt ſolcher Wege, die in der That nur die Ohnmacht, dem Spiritismus beizukommen, beweiſen, den *einen* ein, der allein dazu reichen könnte, d. i. den für den Spiritismus geltend gemachten Beobachtungen endlich wirklich einmal dagegen ſprechende entgegenzuſtellen, die mit gleicher Umſicht, Sorgfalt, Gewiſſenhaftigkeit, Unbefangenheit, unter ebenſo abgeänderten Umſtänden, mit nicht profeſſionellen wie mit profeſſionellen Medien angeſtellt ſind, wie die beſten der dafür ſprechenden. Und giebt es gar nichts der Art? doch! Nur daß dieſer Weg, wo man ihn auch einſchlug, vielmehr zur gezwungenen Anerkennung als beabſichtigten Widerlegung des Spiritismus führte. Denn wohl keiner der Phyſiker, die ſich nach eingehender und ernſthafter Unterſuchung für den Spiritismus erklärt haben, dürfte von vornherein etwas Andres als deſſen Widerlegung beabſichtigt haben.

Das Reden und Schreiben gegen den Spiritismus geht ſeinen Weg und der Spiritismus geht ſeinen Weg; der erſtere Weg aber läuft gar nicht eigentlich gegen den letztern, ſondern blos nebenher; und durch das Entgegenſchreien von da aus läßt ſich der Spiritismus im Fortſchritt nicht hemmen; das hat ſich bisher bewieſen und wird ſich ferner beweiſen.

Habe ich mich im Vorigen der Thatſächlichkeit des Spiritismus angenommen, ſo geſchah es, wie nicht minder aus dem Vorigen erſichtlich, nicht aus Sympathie für ihn, ſondern weil der Sache und den Perſonen ihr Recht zu geben iſt; denn ſogern man den ganzen Spiritismus um jeden Preis beſeitigen möchte, iſt doch der Preis der Wahrheit dafür zu hoch. Die Tagesanſicht kann mit und ohne den Spiritismus beſtehen; beſtände aber doch lieber ohne als mit demſelben; denn, wenn ſchon ſie in wichtigen Puncten mit ihm zuſammentrifft, und hierin eine Stütze ſuchen könnte, ja wie ich meine, bis zu gewiſſen Gränzen wirklich darin findet (S. 253), ſtört er doch mit ſeinen Abnormitäten nicht nur in ſie, ſondern das geſammte Syſtem unſrer bisherigen Erkenntniſſe hinein; und nur eben dadurch weiß ich mich mit ſeiner Thatſächlichkeit abzufinden, daß ich zugleich dieſem ſeinen abnormen Charakter Rechnung trage, wonach er ſich weder in das geſunde Leben ſelbſt noch die Wiſſenſchaft um das geſunde Leben paſſend einfügt. Nun iſt es für den Vertreter der Tagesanſicht keine Freude, eine Schattenſeite mehr in die Weltrechnung aufnehmen zu müſſen. Daß ich mich überhaupt nicht gutwillig myſtiſchen Phänomenen füge, könnte mein Schriftchen „Ueber die letzten Tage der Odlehre“ beweiſen; inzwiſchen zähle ich 78 Jahre, habe den Zendaveſta und dies Buch geſchrieben, was wird es für Gegner, welche den Spiritismus in obiger Weiſe beſtreiten, mehr bedürfen.

---

[1] Daß Dunkel dem Gelingen ſpiritiſtiſcher Verſuche günſtig iſt, darf nicht ſo ſehr befremden, ſofern die Störung durch einen dieſſeitigen Reiz dabei wegfällt; im Allgemeinen aber hat ſich gezeigt, daß bei einer kräftigeren Wirkſamkeit des Medium dieſelben Verſuche auch im Hellen gelingen, welche bei ſchwächerer das Dunkel oder Halbdunkel ſodern.

XXIV. Ergänzende Bemerkungen zur Begründung der Tagesanſicht.

Von vornherein iſt zugeſtanden, es ſei im Grunde nur eine Hypotheſe, wovon die Tagesanſicht hier den Ausgang genommen hat, daß die Lichtſchwingungen, Schallſchwingungen auch außerhalb der Menſchen und Thiere leuchten, tönen, und daß das Leuchten, Tönen ſich nur von Außen in Menſchen und Thiere hineinerſtrecke; wogegen es nicht minder eine Hypotheſe iſt, worauf die Nachtanſicht fußt, daß die Licht- und Schallſchwingungen draußen weder leuchten noch tönen, ſondern nur das Vermögen haben, Licht- und Schallempfindung in unſerm Nervenſyſtem zu wecken. Zu Gunſten der erſten Hypotheſe vor der andern aber ließ ſich geltend machen, erſtens, daß die natürliche Auffaſſung des Menſchen die erſte von ſelbſt vorzieht, zweitens, daß nach ihr die Welt unmittelbar einen erfreulicheren Anblick gewährt als nach der zweiten, drittens, daß ſich auf ſie des Weitern eine Weltanſicht bauen läßt, die nach allen Seiten befriedigender iſt, als die, wozu die zweite führt. Das zu zeigen, war die Hauptaufgabe dieſes Buches, und es kann nicht die Aufgabe eines kurzen Satzes ſein, es noch einmal zu zeigen. Daß die naturwiſſenſchaftliche Abſtraction von den Empfindungsqualitäten des Leuchtens, Tönens bei Betrachtung der quantitativen Bewegungsverhältniſſe des Lichtes und Schalles kein Fehlen der qualitativen Beſtimmtheit daran bedeute, ward in einem beſonderen Abſchnitte (XX) beſprochen.

Geſtehen wir weiter zu: es iſt kein ſtrenger Schluß, daß, wenn es ein Leuchten und Tönen über Menſchen und Thiere hinaus giebt, es auch ein darüber übergreifendes, allgemeineres, ſehendes und hörendes Weſen dazu geben muß, in welches die Empfindung des Leuchtens, Tönens fällt. Kann nicht das Licht draußen für ſich ſelber leuchten, der Schall für ſich ſelber tönen? Wohl ward geſagt (S. 21): „Die ſinnliche Empfindung kann ja nicht im Leeren ſchweben, es bedarf eines Subjectes, eines übergreifenden Bewußtſeins dafür“; und wer kann ſich's anders denken, ſieht er in ſich ſelbſt hinein; aber verwechſelt er nicht hiebei die ſubjective Thatſache mit einer objectiven Nothwendigkeit. Giebt es doch wirklich eine Anſicht, nach der die ſinnliche Empfindung im Leeren ſchweben kann, ein Atom nämlich nur in Schwingung zu gerathen braucht, um für ſich ſelbſt eine einfache ſinnliche Empfindung zu geben, ohne daß es eines, dieſe Empfindung befaſſenden Subjectes dazu bedarf (Abſchn. XXII), wie wir ſolches doch foderten, um die ſinnliche Empfindung nicht für ſich ſelbſt beſtandfähig denken zu müſſen. Was wird aber dann aus dem ganzen Gott der Tagesanſicht, deſſen Foderung an dieſer Foderung hieng oder doch damit zuſammenhieng.

In der That, wenn ſich die Annahme Gottes blos auf jene Foderung zu ſtützen hätte, ſo möchte ſie noch ſchwach genug geſtützt erſcheinen. Nun aber bleibt zunächſt wahr, erſtens, daß die Denkbarkeit einer für ſich ſelbſtändig beſtehenden ſinnlichen Empfindung uns doch in der That ſchwer, wenn überhaupt eingänglich iſt, indeß die früher (Abſchn. XXII) beſprochene Anſicht, welche ſich dennoch darauf einläßt, auch früher beſprochenen Einwänden unterliegt; zweitens, daß die materiellen Bewegungen, woran Licht und Schall draußen hängen, in einer analogen Weiſe vom allgemeinen Syſtem der Welt übergriffen werden, als die, woran ſie in uns hängen, von dem Theilſyſtem der Welt, was jeder von uns ſelbſt bildet; drittens, daß das allgemeine materielle Syſtem zu unſerm partiellen ſolche Verhältniſſe der Analogie, des Zuſammenhanges und der Urſächlichkeit darbietet, um einen Schluß vom einen auf das andre in Betreff der geiſtigen Tragkraft machen zu können, was in frühern Schriften mehr als in der jetzigen von mir ausgeführt iſt. Möchte man aber auch alle dieſe theoretiſchen Gründe noch nicht durchſchlagend genug finden, ſo treten des Weitern hiſtoriſche und praktiſche Gründe, denen nach Abſchn. IX eine Mitrückſicht gebührt, für den Gottesglauben mit ſolcher Uebermacht hinzu, wie man insbeſondre in den „drei Motiven und Gründen" ausgeführt findet, daß wir uns der Geſammtheit dieſer Gründe nicht entziehen können, ohne in eine theoretiſch, praktiſch und hiſtoriſch zugleich unhaltbare Weltanſicht hineinzugerathen.

Das Vorige betraf die zwei erſten Grundpuncte der Tagesanſicht (S. 15), der dritte aber hängt ſo ſehr mit den beiden vorigen zuſammen, daß eine Entwicklung der Tagesanſicht überhaupt nur unter ſeiner Zuziehung möglich iſt. Der göttliche Geiſt kann die Welt nicht im Zuſammenhange übergreifen, ohne den Menſchen mit zu übergreifen.

XXV. Schluß.

Ich ſchließe mit dem Wunſche, daß man in der Haltung dieſes Buches nicht ſowohl die Anmaßung einer Perſon als den Anſpruch der Sache erkennen möge und daß die Entſchiedenheit, mit der es den Anbruch einer lichteren Weltanſicht verkündigt und vertritt, ſelbſt zur Erfüllung der Verkündigung mit helfen möge.

Reviſion

der

Hauptpuncte der Pſychophyſik

von

Guſtav Theodor Fechner.

Leipzig,
Druck und Verlag von Breitkopf und Härtel.
1882.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Alle Rechte vorbehalten.

Vorwort.

Wenn ich nach meinem letzten Schriftchen „In Sachen der Pſychophyſik" 1877 nochmals das Wort in denſelben Sachen, und zwar in ſehr viel eingehenderer Weiſe, nehme, ſo hat dies folgenden Grund.

Faſt zugleich mit Erſcheinen jenes Schriftchens erſchien eine ſehr beachtenswerthe Schrift von G. E. Müller, worin das ganze Gebiet der Pſychophyſik, wie es nach den bisherigen Bearbeitern vorlag, einer ſcharfen eingehenden Kritik, und zwar in faſt durchgehends oppoſitionellem Sinne gegen meine Aufſtellung dieſer Lehre in den „Elementen der Pſychophyſik", unterzogen worden iſt; auch traten neue oder neugewandte Einwände ſeitens verſchiedener andrer Autoren hinzu. Dies hat mich veranlaßt, die ganze Lehre nochmals nach ihren Hauptpunkten zu durchdenken, und das Reſultat dieſer Erwägungen iſt in dieſer Schrift dargeboten. Obwohl meiſt an die Müllerſche Kritik anknüpfend und die Einwände andrer Autoren mit berückſichtigend, geht ſie doch faſt überall weit über eine bloße Antikritik derſelben hinaus. Die pſychophyſiſchen Maßprincipien und Maßmethoden, die Aufſtellung der pſychophyſiſchen Formeln, die Frage der Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes, die Verſuche zu deſſen Bewährung, die Streitfrage zwiſchen der ſog. pſychophyſiſchen und phyſiologiſchen Auffaſſung dieſes Geſetzes, hiemit zwiſchen zwei ſich fundamental entgegenſtehenden Auffaſſungen der ganzen Pſychophyſik, verſchiedene Hauptgegenſtände der inneren Pſychophyſik, und vorweg die Frage nach der Tragweite der ganzen Pſychophyſik, haben vielmehr folgends einer neuen eingehenden Erörterung unterlegen.

Dabei habe ich freilich darauf verzichten müſſen, auf die Regiſtrirung und Beſprechung einer größeren Anzahl neuer Specialunterſuchungen einzugehen, welche in das Gebiet der Pſychophyſik einſchlagen, ſofern ſie keine Hauptpuncte dieſer Lehre in Frage ſtellen oder überhaupt betreffen und nur zu einem Referat, nicht zu einer Discuſſion oder Reviſion Anlaß geben könnten; gern aber ergreife ich hiebei die Gelegenheit, den Autoren, welche mir überhaupt Abhandlungen über ihre, in die Pſychophyſik einſchlagenden, Unterſuchungen zugeſchickt haben, meinen Dank dafür auszuſprechen.

Da ich in meinem Alter nicht mehr dazu kommen werde, die ſeit einigen Jahren vergriffenen „Elemente der Pſychophyſik“ neu herauszugeben, kann vorliegende Schrift bis zu gewiſſen Grenzen als ein Erſatz dafür, in anderer Hinſicht als eine Ergänzung derſelben, und wieder in andrer als Vorarbeit zu einer neuen Bearbeitung der ganzen Lehre überhaupt gelten. Einen Erſatz bis zu gewiſſen Grenzen für meine Darſtellung in den „Elementen“ kann ſie inſofern leiſten, als es zur Anknüpfung der neuen Betrachtungen und Verhandlungen nöthig war, auf die Hauptpunkte der früheren Darſtellung zurückzukommen, ja Manches geradezu zu wiederholen; aber, um nicht Alles zu wiederholen, wird ſie vielfach auch auf die „Elemente“ und die Schrift „In Sachen“ zurückzuweiſen und ſich in dieſer Beziehung als bloße Ergänzung darzuſtellen haben, indeß ſie aus drittem Geſichtspuncte Thatſachen und Controverſen vorführt, deren Berückſichtigung bei keiner neuen Bearbeitung der Pſychophyſik wird umgangen werden können.

Zwar hätte die Zeit und Mühe, die ich auf Ausarbeitung dieſer Schrift verwandt habe, mehr als hingereicht, eine neue, gegen die frühere erweiterte und in einzelnen Puncten berichtigte, Ausgabe der „Elemente“ zu Stande zu bringen, wenn nur die hier angeſtellten Unterſuchungen und Verhandlungen ſchon vorgelegen hätten, um mich darauf beziehen zu können, da ſie ſich in eine neue Bearbeitung der „Elemente“ ſelbſt großentheils nur nach ihren Reſultaten aufnehmen ließen. Übrigens kann es nur frommen, wenn eine jüngere Kraft aus friſchen Geſichtspunkten die Aufgabe von Neuem in die Hand nimmt.

Um nach dieſen Vorbemerkungen über Abſicht und Inhalt der Schrift auch das allgemeinſte Reſultat der darin gepflogenen Erwägungen und Erörterungen vorweg auszuſprechen, ſo bin ich in keiner irgendwie weſentlichen Beziehung dahin geführt worden, die in den „Elementen“ aufgeſtellten Principien und daraus fließenden Folgerungen und Formeln zu verlaſſen, ſondern im Gegentheil. Aber das ſchließt nicht aus, daß ich mich manchen mir gemachten Gegenbemerkungen zu fügen und auf eigene Hand Manches von der früheren Darſtellung zu berichtigen, zu vervollſtändigen oder gründlicher zu behandeln nöthig gefunden habe. Eine neue und weitausſehende Lehre kann ja nicht mit dem erſten Wurfe fertig und vollendet ſein, zumal eine ſolche, [illegible] Schwierigkeiten darbietet, die ihre Aufgabe von vorn herein [illegible] ein Wagniß erſcheinen ließen (ſ. „Elem.“ I. p. 1). Nun aber iſt jedenfalls gut, daß Einwürfe, die ſich erheben ließen, auch erhoben worden ſind. Ein Pfahl wird durch das Rütteln daran lockerer, ein Baum wurzelt, wenn er nicht dadurch umgeriſſen wird, nur um ſo feſter dadurch ein; und niemand hat meines Erachtens der Pſychophyſik bisher größere Dienſte in dieſer Hinſicht gethan, als Müller, vor deſſen, darauf eigens zugeſpitztem, Scharfſinn kaum ein möglicher Einwand im Verſteck geblieben ſein dürfte.

Wie wenig ich überhaupt die Bedeutung dieſes Hauptgegners unterſchätze und wie viel Verdienſt ich nicht nur in den, von ihm ausgegangenen, Anregungen, ſondern auch poſitiven Ergebniſſen, ſo weit ſolche von ihm vorliegen, finde, beweiſt, außer dem Verlaufe dieſer Schrift ſelbſt, der mit ſeinem Namen beſondere überſchriebene Abſchnitt (XXIII). Ob ich aber Unrecht habe, bei dieſer allgemeinen Anerkenntniß alle Haupteinwände desſelben im Unrecht gegen mich zu finden und ſeiner Kritik zu wünſchen, daß ſie ſelbſt weniger kritikbedürftig wäre, mag der Leſer ſelbſt beurtheilen, indem er dem Gange der folgenden Erörterungen mit einiger Aufmerkſamkeit folgt.

Nächſt G. E. Müller ſind es beſonders Wundt und Delboeuf, mit denen es theils im Laufe der Schrift, theils in beſonderen Abſchnitten (XXII. XXV) zu verhandeln gelten wird. Scheinbar großen Anſpruch auf Berückſichtigung macht der Abſchnitt, den Ribot in ſeiner Schrift: »La psychologie Allemande contemporaine. Paris 1879.« p. 155 ff. meiner Darſtellung der Pſychophyſik gewidmet hat. Da ich aber in ſeiner Kritik derſelben weſentlich nur eine Wiederholung der Delboeufſchen Einwürfe finde, ſo habe ich keinen Anlaß, mich gegen Ribot noch beſonders zu wenden.

Nicht zu verwechſeln mit meinem Hauptgegner Prof. Dr. G. E. Müller in Göttingen, der ſtets gemeint iſt, wenn ich den Namen Müller ſchlechthin citire, iſt Dr. F. A. Müller, der in ſ. Schrift „Das Axiom der Pſychophyſik“ 1881 meine pſychophyſiſchen Principien aus noch größerer Tiefe zu entwurzeln geſucht hat, als der Göttinger Müller, ja dieſen mit zu entwurzeln geſucht hat, ſofern dieſer doch überhaupt noch eine Pſychophyſik gelten läßt, indeß es nach dem andern Müller von Grund aus nichts damit iſt. Andere Philoſophen haben ſich zum Theil eben ſo fundamental abfällig gegen dieſelbe erklärt oder ſonſt Waſſer ins Meer der Einwürfe dagegen beigetragen; und ungeachtet ich glaube, daß die Pſychophyſik ſich überhaupt eben ſo wenig vom philoſophiſchen Studirtiſch aus widerlegen als begründen läßt, habe ich doch die von dieſer Seite gekommenen Angriffe nicht ſchlechthin ignoriren wollen, und ſo wird ein Collectivartikel (Abſchn. XXVI) unter den Titeln der in dieſer Beziehung zu nennenden Autoren (Gutberlet, Koch, v. Kries,

F. A. Müller, Ulrici, Zeller) wenigſtens bis zu gewiſſen Grenzen darauf eingehen.

Nach den vielen Streitigkeiten in Sachen der Pſychophyſik, die in dieſer wie ſchon in meiner vorigen Schrift zur Sprache gekommen ſind, bietet ſich leicht der Gedanke dar, die Pſychophyſik ſei überhaupt nur ein Tummelplatz des Streites, in dem auf nichts Poſitives und Haltbares zu kommen. Doch wäre das ein Irrthum. So unfertig die Pſychophyſik noch iſt, hat ſie doch im Weberſchen Geſetz, im Schwellengeſetz, im Parallelgeſetz, in den Maßmethoden der Empfindlichkeit, und ich wage hinzuzufügen, dem Maßprincip der Empfindung ſelbſt, Errungenſchaften, die nicht mehr in Frage ſtehen, ſo viel auch vom Darum und Daran noch in Frage ſteht. So läßt ſich über die Grenzen der Gültigkeit und den Approximationsgrad des Weberſchen Geſetzes innerhalb gegebener Grenzen ſtreiten, da es überhaupt in der äußeren Pſychophyſik nicht als ſtreng auftritt, aber ſo weit es beſteht, iſt es eben ſo wie das Schwellengeſetz unmittelbar maßgebendes Erklärungsprincip für eine Menge der wichtigſten Erſcheinungen nicht nur im gewöhnlichen Leben, ſondern auch in der Sinnesphyſiologie, und bietet dazu einen Ausgangspunkt für fundamentale Schlüſſe auf Geſetze der innern Pſychophyſik, die zwar ihrerſeits noch in Streit liegen, aber, wenn ſie entſchieden werden ſollen, nicht ohne Rückſicht auf dies Geſetz entſchieden werden können, wobei die Philoſophie ſo zu ſagen nur das Zuſehen hat. Die Maßmethoden der Empfindlichkeit bieten Anlaß zum Streit in Betreff ihrer relativen Wichtigkeit, ihrer zweckmäßigſten Anſtellungsweiſe, der Weiſe, wie ſie am beſten in Rechnung zu nehmen; aber das ſind alles nur ſecundäre Fragen, welche die Wichtigkeit jener Methoden für Praxis und Wiſſenſchaft überhaupt nicht aufheben. Das pſychiſche Maß kann, inſoweit es ſich auf das Weberſche Geſetz ſtützt, ſeiner Allgemeinheit nach beſtritten werden, ſofern das Weberſche Geſetz ſelbſt nicht allgemein gültig ſei, aber damit bleibt das allgemeine Maßprincip noch beſtehen, wie es in den Elem. d. Pſychoph. I. 54 ff. und II. 19 ff. auseinandergeſetzt iſt. Es kann unbegreiflich mißverſtanden werden, wie von Delboeuf und ihm nachſprechend von Ribot geſchehen, als läge ihm keine pſychiſche Einheit unter, aber das iſt eben nur eine Unbegreiflichkeit ſeitens dieſer Autoren (ſ. S. 300 ff.). Es kann nach Kantiſchen Principien wegdefinirt werden, wie von F. A. Müller, ſofern es keine pſychiſchen Größen, alſo auch kein Maß von ſolchen gebe, oder kann ſonſt philoſophiſch wegſpeculirt werden (ſ. Abſchn. XXVI); aber ſeine mathematiſche Begründung auf empiriſcher Baſis wird davon gar nicht berührt. In all' dem aber hat die Pſychophyſik Puncte, mit denen ſie dem Vorwurfe ſeitens der Philoſophie, daß ſie auf dem Felde einer ihnen beiden gemeinſamen Aufgabe die Unſicherheit der erſteren nur theile, begegnen kann. Ob freilich die Pſychophyſik über dieſe Puncte hinaus noch allgemeinere und höhere Bedeutung erlangen kann, wird hauptſächlich von zwei Fragen abhängen: erſtens, ob man die Tragweite der Pſychophyſik über das ſinnliche in das höhere geiſtige Gebiet hinaus und in das Weltganze hinein, zugeſtehn und verfolgbar halten will, worüber „Elem.“ I. 13 ff., II. 543 ff. und folgends der erſte Abſchnitt zu vergleichen; zweitens, ob die ſog. pſychophyſiſche oder phyſiologiſche Auffaſſung der Pſychophyſik, wie ſie im XVII. Abſchnitt dieſer Schrift unterſchieden ſind, den Vorrang gewinnen wird, nach deren erſter das Weberſche Geſetz und das Geſetz der Schwelle als reine Geſetze aus dem Äußeren ins Innere übertragbar ſind, nach der andern nicht. Denn mit Wegfall dieſer Übertragbarkeit fallen die wichtigſten Conſequenzen auch nach erſtgenannter Beziehung. Hierüber kann erſt die Geſchichte entſcheiden.

Meinerſeits zwar halte ich gegen die phyſiologiſche Anſicht überhaupt ſchon durch den auf S. 225 f. geltend gemachten Grund, und gegen Müllers Vertretungsweiſe dieſer Anſicht insbeſondere durch die Ausführung S. 204 (mit Rückſicht auf S. 223 unter 5) entſchieden. Aber da ich Partei in dieſer Sache bin, will ich mich nicht zugleich als Richter darin geben. Man ſehe alſo ſeitens der Gegner ſelbſt zu, wie man gegen jene Gründe aufkommt.

Endlich noch von einigen Puncten, welche die äußere Einrichtung der Schrift betreffen.

Seitenverweiſungen auf die jetzige Schrift bezeichne ich allgemein mit S., Seitenverweiſungen auf meine früheren oder andere Schriften mit p. oder bloß der Seitenzahl. — *Runde* Klammern innerhalb wörtlicher Citate bedeuten, wie in der vorigen Schrift, Einſchaltungen ſeitens der Autoren ſelbſt; *eckige* ſolche, welche von mir eingeſchoben ſind.

Wie in der vorigen Schrift iſt *pſychophyſiſch* mehrfach durch pſ. ph., *Empfindung* durch E. abgekürzt. Außerdem kommen in Abſchnitten, wo folgende Ausdrücke mehrfach wiederkehren, Abkürzungen wie folgt vor: *Unterſchied* durch U., *Unterſchieds-Empfindlichkeit* durch U. E., *Unterſchiedsſchwelle* durch U. Schw., *Wahrſcheinlichkeit* durch W., *Aufmerkſamkeit* durch A., *Bewußtſein* durch B. Die Maßmethoden der Unterſchiedsempfindlichkeit, d. i. die der *eben merklichen Unterſchiede*, der *mittleren Fehler* und der *richtigen und falſchen Fälle* werden meiſt abgekürzt reſpectiv durch Methode d. e. m. U., d. m. F. und d. r. u. f. Fälle bezeichnet.

In gewohnter Weiſe wird unter π ſtets die Ludolfiſche Zahl und unter e die Grundzahl der nat. Logarithmen verſtanden.

Meine *Elemente der Pſychophyſik* citire ich kurz mit „Elem.“ I oder II zur Unterſcheidung der beiden Theile (nicht Capitel) derſelben, meine Schrift *In Sachen der Pſychophyſik* mit „In Sachen“. In ſofern es Verweiſungen auf die Schriften von G. E. *Müller*, *Wundt*, *Volkmann*, *Delboeuf* gilt, bedeutet die einfache Zufügung einer Paginazahl bei *Müllers* Namen oder inmitten einer Darſtellung ſeitens deſſelben ſtets die Verweiſung auf ſeine Hauptſchrift „Zur Grundlegung der Pſychophyſik“, wo aber die Verweiſung ſich auf ſeine *Recenſion* meiner vorigen Schrift in den „Göttinger Anzeigen“ oder auf die *Selbſtanzeige ſeiner Hauptſchrift* in denſelben Anzeigen, oder ſeine Abhandlung „*Ueber die Maßbeſtim-*

mungen des Ortsſinnes der Haut“ zu beziehen hat, iſt der Paginaverweiſung reſpectiv Rec. oder Anz. oder Abh. vorangeſtellt. Die vollſtändige Anführung der betreffenden Titel ſ. im XXIII. Abſchnitt. Verweiſungen bezüglich Wundt mit „Ph. Pſ.“ gehen auf die zweite Auflage ſeiner „Grundzüge der phyſiologiſchen Pſychologie“, ſolche mit „Stud.“ auf deſſen neuerdings erſchienene Schrift: „Philoſophiſche Studien“. Einfache Verweiſungen bezüglich Volkmann beziehen ſich auf deſſen „Phyſiologiſche Unterſuchungen im Gebiete der Optik“, 1. Heft 1863, und ſolche bezüglich Delboeuf auf Ribots Revue philosophique de la France 1878.

Inhalt.

Erſte Abtheilung.

Seite
I. Über die Tragweite der Pſychophyſik 1

Zweite Abtheilung.

Pſychophyſiſche Maßprincipien und Maßmethoden.

II. Begriff und Maß der Unterſchiedsempfindlichkeit 18
III. Über die ſog. zufälligen Fehlervorgänge 25
IV. Die Methode der richtigen und falſchen Fälle aus praktiſchem Geſichtspuncte 42
  1) Vorbemerkungen über das Weſentlichſte der Methode und die gewählten Bezeichnungen 42
  2) Zweck der Methode 48
  3) Berechnung der für das Maß der Unterſchiedsempfindlichkeit in Betracht kommenden Haupt- und Nebenwerthe nach zwei verſchiedenen Theilungsprincipien der z 49
  4) Bemerkungen, welche ſich auf die Rechnung nach beiden Theilungsprincipien gemeinſam beziehen 52
    a) Berückſichtigung conſtanter Fehler 52
    b) Berückſichtigung der Fälle, wo r oder r′ kleiner als 0,5 iſt . . 53
    c) Von den ſog. Fehlſchlägen, wo h unendlich wird 54
  5) Verhandlungen mit Wundt über verſchiedene die Verwendung und Verwerthung der Methode betreffende Puncte 55
    a) Frage, unter welchen Bedingungen die Methode verwendbar iſt 55
    b) Über die Rolle des Präciſionsmaßes 58
    c) Wahl zwiſchen dem wiſſentlichen und unwiſſentlichen Verfahren 58
    d) Frage nach dem zweckmäßigſt anzuwendenden D. 63
  6) Fundamentaltabelle der Methode der richtigen und falſchen Fälle 66
V. Über die Verwerthung der zweifelhaften oder Nullfälle z bei der Methode der richtigen und falſchen Fälle 67
VI. Theorie der Methode der richtigen und falſchen Fälle 84
  1) Vorbemerkungen 84
  2) Beſtimmung a) der Maßwerthe nach Theilungsprincip I 85
  3) Beſtimmung b) der Maßwerthe, nach beiden Theilungsprincipien I und II 94
  4) Von Müller eingeſchlagener Weg 97
VII. Die Methode der mittleren Fehler 104
VIII. Die Methode der eben merklichen Unterſchiede 119
IX. Zur Elimination conſtanter Fehler bei Verſuchen über Unterſchiedsempfindlichkeit 130
X. Logarithmiſche Behandlung der Maßmethoden 138
XI. Über die reciproke Proportionalität zwiſchen dem Präciſionsmaße und der Unterſchiedsſchwelle 142

Dritte Abtheilung.

Pſychophyſiſche Geſetze

XII. Über die Gültigkeitsfrage des Weberſchen Geſetzes 146
XIII. Das Geſetz oder die Thatſache der Schwelle 177
XIV. Das Parallelgeſetz 180

Vierte Abtheilung.

XV. Pſychophyſiſche Grundformeln 182
  1) Reſume des von mir aufgeſtellten Syſtems pſychophyſiſcher Grundformeln 183
  2) Müllers kritiſche Bemerkungen 194
  3) Müllers ſog. corrigirte Formeln 201

XVI. Von den in die pſ.-ph. Formeln eingehenden negativen Empfindungswerthen . . . 206
  1) Die negativen Empfindungen als imaginäre . . . 206
  2) Die negativen Empfindungen als unbewußte . . . 217

Fünfte Abtheilung.

XVII. Streit der pſychophyſiſchen und phyſiologiſchen Anſicht . . . 221
  A. Aprioriſtiſche Geſichtspuncte . . . 225
  B. Empiriſche Geſichtspuncte . . . 229
    a) Deutungsfrage der logarithmiſchen Abhängigkeit zwiſchen Reiz und Empfindung . . . 229
    b) Frage nach der Exiſtenz einer inneren Schwelle . . . 235
    c) Deutung des Parallelgeſetzes . . . 240
    d) Deutung der Verhältniſſe der Aufmerkſamkeit, des Schlafes und Wachens . . . 242
    e) Deutung der Reſultate von Lamansky und Dobrowolsky . . . 248
  C. Mathematiſche Geſichtspuncte . . . 251
  D. Allgemeine Geſichtspuncte . . . 255
XVIII. Wundts pſychologiſche Deutung des Weberſchen Geſetzes und des Spieles der Aufmerkſamkeit dabei . . . 263

Sechſte Abtheilung.

Über einige Gegenſtände der inneren Pſychophyſik.

XIX. Aufmerkſamkeitsverhältniſſe . . . 269
XX. Wachen, Schlaf, Träume . . . 284
XXI. Erinnerungen . . . 290

Siebente Abtheilung.

Verhandlungen mit verſchiedenen Autoren.

XXII. Delboeuf . . . 300
XXIII. Müller, G. E. . . . 306
XXIV. Nitſche . . . 309
XXV. Wundt . . . 310
XXVI. Philoſophiſche Gegner . . . 314
  1) Gutberlet . . . 315
  2) Koch . . . 318
  3) v. Kries . . . 321
  4) Müller, F. A. . . . 324
  5) Ulrici . . . 327
  6) Zeller . . . 332

Achte Abtheilung.

Reviſion verſchiedener pſychophyſiſcher Verſuchsreihen.

XXVII. Augenmaßverſuche von Fechner, Volkmann, Chodin . . . 334
XXVIII. Notizen zu meinen Gewichtsverſuchen . . . 358
XXIX. Schallverſuche von Nörr und Wundt mit nachträglichen Bemerkungen über die Methode d. e. m. U. . . . 367
  A) Von Nörr . . . 379
  B) Von Wundt . . . 389
  C) Nachträgliche Bemerkungen . . . 416
XXX. Nachträgliche Unterſuchung über die Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes im Gebiete des Zeitſinnes . . . 419
XXXI. Taſtverſuche über die extenſive Empfindlichkeit oder den Raumſinn der Haut . . . 423
Namenregiſter . . . 427
Nachträgliche Berichtigungen zu den „Elementen“ und zu dieſer Schrift. . . . 428

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Erſte Abtheilung.

I. Über die Tragweite der Pſychophyſik.

Der Geiſt mit ſeinem Inhalt von Empfindungen, Gedanken, Gefühlen kann nur ſich ſelbſt, ſage ich kurz innerlich, erſcheinen; der Körper mit ſeinen Theilen und Bewegungen kann nur einem gegenüberſtehenden Weſen, ſage ich kurz äußerlich, erſcheinen. Denn ich kann zwar mein eigenes Bein ſehen, aber doch nicht mittelſt des Beins ſelbſt ſehen, ſondern es bedarf zu deſſen Erſcheinung meines oder eines andern Auges gegenüber, indeß meine Empfindungen und Gedanken, unzugänglich jedem fremden Weſen, nur partielle Selbſterſcheinungen meines eigenen Geiſtes ſind. Und ſo iſt überhaupt alles Geiſtige, Seeliſche, Pſychiſche im weiteren Sinne, Sache einer inneren, alles Körperliche, Materielle, Phyſiſche ebenſo im weiteren Sinne, Sache einer äußeren Erſcheinung oder Wahrnehmung; oder rechnet man etwas ins eine oder andere Gebiet, je nachdem es Sache der einen oder andern Erſcheinungsweiſe iſt. Dies iſt nicht der Ausſpruch einer Hypotheſe, ſondern nur die Aufzeigung des Merkmales, wonach überhaupt, klar oder unklar, der allgemeine wie wiſſenſchaftliche Sprach- und Begriffsgebrauch beide Hauptgebiete der Exiſtenz unterſcheidet[1]), und anders, als es hienach in Pſychologie einerſeits, Phyſik und Phyſiologie andererſeits geſchieht, werden auch beide Gebiete von der Pſychophyſik nicht unterſchieden, woran man ſich folgends auch ohne Rückſicht auf vorige Erläuterung halten kann[2]).

---

1) In der That beginnt die Hypotheſe erſt, wenn man beide thatſächliche und thatſächlich verſchiedene Erſcheinungsgebiete ſei es moniſtiſch als Sache deſſelben Weſens oder dualiſtiſch als Sache verſchiedener Weſen erklärt, was aber nicht mehr Sache und Frage begrifflicher Unterſcheidung, ſondern ſachlicher Beziehung iſt.

2) Die feinen Bewegungen in unſerem Gehirn, worauf die Pſychophyſik mit einzugehen hat, können freilich nicht unmittelbar äußerlich erſcheinen, fallen aber doch

Nun ſucht man philoſophiſcherſeits zur Grundunterſcheidung auch nach einer Grundbeziehung beider Gebiete, ohne freilich bisher zur Einſtimmung darüber gelangt zu ſein. Die Pſychophyſik aber läßt ſich hierauf überhaupt nicht ein, indem ſie vielmehr bloß die geſetzlichen Beziehungen oder Abhängigkeitsverhältniſſe zwiſchen beiden Erſcheinungsgebieten als thatſächlich gegebenen ins Auge faßt, und daß ſolche überhaupt dazwiſchen beſtehen, iſt ſelbſt Thatſache. Aber es fragt ſich, wiefern und wie weit ſolche beſtehen, und je nachdem man ſie als durch beide Gebiete durchgreifende oder nur bis zu gewiſſen Grenzen reichende, alſo auch nur bis zu ſolchen von der Pſychophyſik verfolgbare betrachtet, kann man von einer unbeſchränkten oder beſchränkten Tragweite der Pſychophyſik ſprechen. Die Philoſophen nun ſind im Allgemeinen geneigt, nur eine beſchränkte Tragweite der Pſychophyſik zuzulaſſen; und da die Frage danach nicht bloß die Philoſophie ſondern auch die Pſychophyſik ſelbſt intereſſirt, mögen die ſchon in den „Elem. d. Pſ.“ (I. 13 f.) darauf bezüglichen Betrachtungen folgends theils noch etwas verallgemeinert, theils etwas weiter ausgeführt werden.

Gegen eine unbeſchränkte Tragweite der Pſychophyſik in vorigem Sinne ſagt man etwa: Beſtimmte geſetzliche Abhängigkeitsverhältniſſe zwiſchen Seele und Körper ſind thatſächlich bloß im ſinnlichen Gebiete nachweisbar und nachgewieſen. Eine Lichtempfindung knüpft ſich geſetzlich an gewiſſe Veränderungen im Nervenſyſtem, und wo dieſe in einem lebendigen Geſchöpfe da ſind, iſt auch die Lichtempfindung da und umgekehrt. Aber für das, was als höheres Geiſtige darüber hinausreicht, iſt eine pſychophyſiſche Repräſentation weder aufzeigbar noch denkbar, wenn wir Kürze halber unter pſ.-ph. Repräſentanten des Pſychiſchen das Phyſiſche verſtehen, an deſſen Beſtand der Beſtand des Pſychiſchen geſetzlich geknüpft iſt, und mit deſſen Änderungen es ſich in geſetzlicher Abhängigkeit davon ändert. Das Phyſiſche, was in ſolchem Verhältniſſe zum Pſychiſchen ſteht, kann dann der Träger oder die Unterlage des Pſychiſchen heißen, ohne daß etwas Anderes, als dieſes geſetzliche Abhängigkeitsverhältniß des Einen vom Andern damit bezeichnet werden

---

im ſo fern ins Gebiet des Körperlichen und werden von der Phyſiologie in ſo fern dahin gerechnet, als ſie als Beſtimmungen des äußerlich erſcheinlichen Gehirns aus dem Zuſammenhange äußerlicher Erſcheinungen erſchloſſen ſind und zur Ergänzung dieſes Zuſammenhanges beitragen, als ſie ferner ſelbſt unter Form äußerlich erſcheinlicher Vorgänge vorgeſtellt werden, und wirklich äußerlich erſcheinen würden, wenn die Hinderniſſe der äußeren Beobachtung wegfielen und die äußeren Beobachtungsmittel hinreichend verſchärft werden könnten.

ſoll. Aber, ſagt man und meint man, das höhere Geiſtige wird eben keinen ſolchen Träger haben noch brauchen, ja der weſentlichſte Unterſchied zwiſchen dem ſinnlichen und dem höheren geiſtigen Gebiete[1] kann eben darin geſucht werden, daß jenes, aber nicht dieſes, noch pſychophyſiſch repräſentirbar iſt. Daß der Geiſt, ſelbſt in ſeinen höchſten Functionen, überhaupt noch eines Gehirnes zur Einpflanzung in das irdiſche Daſein bedarf, und ſich zu ſeinen Äußerungen gewiſſe Apparate und Functionen des Gehirnes dienſtbar macht, beweiſt noch nicht, daß er in allen ſeinen Beſtimmungen und Thätigkeiten an geſetzlich zugehörige körperliche gebunden iſt; und aus den unzähligen Erfahrungen, wie ſolche der Materialiſt unermüdlich geltend macht, daß die höchſten geiſtigen Functionen durch Verletzungen, Krankheiten, Abnormitäten des Gehirns geſchädigt werden können, folgt immer nur, daß der Geiſt damit Hinderniſſe und Störungen ſeiner diesſeitigen Thätigkeit überhaupt erfahren kann, aber nicht, daß mit allen ſpecialen Beſtimmungen ſeiner Thätigkeit ebenſo ſpeciale der Gehirnthätigkeit geſetzlich mitgehen, und daß es dieſes Mitgehens zum Zuſtandekommen derſelben bedarf. Übrigens giebt es ſelbſt Beſtimmungen des ſinnlichen Gebietes, worin die phyſiſche Seite der pſychiſchen nicht nachkommen kann, ſondern der Seele eine Zuthat bleibt, wozu es keine phyſiſche Mitthat giebt, worauf unten (S. 11) zu kommen. Wenn alſo der Pſychophyſiker zu jeder Veränderung der Seele eine geſetzlich zugehörige im Körper poſtulirt, alles Geiſtige pſychophyſiſch repräſentirbar finden will, hiemit der Pſychophyſik eine unbeſchränkte Tragweite zuſpricht, ſo fehlt ihm die factiſche und begriffliche Berechtigung dazu.

Auf all' das iſt zuvörderſt zu erwiedern, daß es an ſich nicht im Princip der Pſychophyſik liegt, eine geſetzliche Abhängigkeit zwiſchen Seele und Körper weiter zu behaupten, als ſich ſolche erfahrungsmäßig oder ſchlußweiſe begründen läßt, daß alſo nicht das Poſtulat einer durchgreifenden ph.-ph. Repräſentation des geiſtigen Gebietes in ihrem Sinne liegt; nur daß ſie bis jetzt keinen vernünftigen oder empiriſchen Grund gefunden hat, von vorn herein Schranken in dieſer Beziehung für ihre Forſchung gelten zu laſſen, wohl aber Gründe, die Schranken jedenfalls weiter hinauszurücken, als es philoſophiſcherſeits gemeinhin geſchieht; und hierauf wird der jetzige Abſchnitt etwas näher eingehen.

---

[1] Nicht ſelten werden beide Gebiete als Seele und Geiſt in engerem Sinne unterſchieden, indeß im weiteren Sinne, dem ich hier folge, Geiſt beides umfaßt. Eingehender habe ich die, in dieſer Beziehung überhaupt ſehr ſchwankende, Terminologie in dem Schriftchen „Über die Seelenfrage" p. 7 ff. beſprochen.

Die philoſophiſcherſeits übliche Beſchränkung der pſ.-ph. Repräſentirbarkeit auf das ſinnliche Gebiet mag ſo lange haltbar erſcheinen, als man ſich in allgemeinen Redeweiſen und aprioriſtiſchen Begriffsbeſtimmungen bewegt. Aber man gehe auf die ſachlichen Verhältniſſe deſſen, was nach allgemeinem Sprach- und Begriffsgebrauch ins niedere und höhere Gebiet fällt, ein, ſo findet man leicht, daß, wenn man den ſinnlichen Empfindungen, Anſchauungen, Gefühlen, Trieben die pſ.-ph. Repräſentirbarkeit zugeſteht, und das thut man doch, man ſie den ſich darauf und darüber bauenden höheren geiſtigen Phänomenen nicht abſprechen kann, ohne einen vernünftigen Zuſammenhang überhaupt aufzugeben; ja man kann ein ſehr allgemeines Princip in dieſer Hinſicht geltend machen, das ich in den „Elem." (II. 370) unter dem, allerdings nicht ſehr bezeichnenden, Namen des Functionsprincipes aufgeſtellt habe, und wegen der künftig mehrfach darauf zu nehmenden Beziehung hier reproducire. Es lautet:

„Zwar können wir in keiner Weiſe aus der Natur der geiſtigen Bewegungen auf die Natur der unterliegenden körperlichen Bewegungen ſchließen, d. h. ſchließen, welches Subſtrat und welche Form dieſen Bewegungen zukomme, wohl aber ſchließen, daß dem pſychiſchen Zuſammenhange ein pſychophyſiſcher Zuſammenhang, der pſychiſchen Auf- und Auseinanderfolge eine pſychophyſiſche, der pſychiſchen Stärke und Schwäche eine pſychophyſiſche entſpreche, ſo weit das Pſychiſche ſeine Unterlage im Phyſiſchen hat." Pſychophyſiſch aber heißt uns hiebei wie immer das Phyſiſche als Unterlage des Pſychiſchen.

Wie es ſcheint unabhängig von mir hat Mach (in ſ. Abh. „Ueb. die Wirk. d. Lichtreizes u. ſ. w." in den Sitzungsber. d. Wien. Akad. Band II.) weſentlich daſſelbe Princip aufgeſtellt und als fruchtbar bezeichnet.

Hiezu ein erſtes Beiſpiel:

Die Empfindungen der Melodie und Harmonie ſind zugeſtandenermaßen höhere geiſtige Phänomene, als die ſinnlichen Tonempfindungen, wozwiſchen ſie beſtehen. Die ſinnlichen Tonempfindungen nun hängen von Schwingungen ab, die ſich aus der Außenwelt in unſeren Gehörapparat, und von da weiter ins Innere hinein, aller Wahrſcheinlichkeit nach auch in Form von Schwingungen, fortpflanzen; und in dieſen inneren Schwingungen haben wir die pſ.-ph. Repräſentanten der Tonempfindungen, ſofern ſich letztere geſetzlich an erſtere knüpfen und mit erſteren ändern. Die Empfindungen der Melodie und Harmonie aber knüpfen ſich an dieſelben Verhältniſſe zwiſchen den innern Schwingungen, welche zwiſchen den äußern, von denen ſie abhängen, beſtehen, und finden in dieſen Verhältniſſen ihre pſ.-ph. Repräſentation oder ihren Träger, wiederum, ſofern ihr Beſtand daran geknüpft iſt und ſie ſich nach den Änderungen derſelben geſetzlich ändern. Die Empfindungen der einzelnen Töne wie ihrer höheren Beziehungen aber fallen in unſeren Geiſt, ſofern ihre pſ.-ph. Repräſentanten in das allgemeinere pſ.-ph. Syſtem, was unſerem Geiſte überhaupt untergebaut iſt, fallen.

Hier hat man jedenfalls ein einfaches Beiſpiel, daß die Höhe des Geiſtigen an ſich ſelbſt noch nicht über die pſ.-ph. Repräſentirbarkeit hinausführt. Man hat nur eben das Höhere im geiſtigen Gebiete durch das entſprechende und dem Beſtande nach damit zuſammenhängende Höhere im phyſiſchen Gebiete repräſentirt zu denken; und Verhältniſſe im phyſiſchen Gebiete ſind doch in demſelben Sinne etwas Höheres als das Einzelne, was ihnen unterliegt, wie es empfundene Beziehungen oder Bezugsempfindungen zwiſchen einzelnen pſychiſchen Vorgängen im pſychiſchen Gebiete ſind.

Man muß ſich nur dabei hüten, Verhältniſſe, die im phyſiſchen Gebiete zwiſchen deſſen Einzelnheiten beſtehen, ſelbſt ins geiſtige Gebiet rechnen zu wollen, weil ſie doch nur vom Geiſte faßbar ſind; denn damit verlöre man den Boden für die Unterſcheidung beider Gebiete überhaupt. Auch das Phyſiſche, wozwiſchen die Verhältniſſe beſtehen, muß ja von unſerem Geiſte gefaßt ſein, um für uns überhaupt da zu ſein und um davon ſprechen zu können; doch unterſcheiden wir auf dem Grunde dieſer Gemeinſamkeit das äußerlich und innerlich Erſcheinliche als zwei Gebiete, und haben hiemit auch deren Beſtimmungen als in das eine und andere gehörig zu unterſcheiden, nicht mit einander zu vermengen und zu verwechſeln, wie wohl hier und da philoſophiſcherſeits geſchieht. Jedenfalls faßt es die Pſychophyſik ſo, und entgeht damit dieſer Verwirrung. Je nachdem etwas als Verhältniß, Änderung, Verſchiedenheit, Einfachheit, Zuſammenſetzung u. ſ. w. überhaupt als Beſtimmung des Phyſiſchen oder Pſychiſchen auftritt, aus dem Gebiete des einen oder andern abſtrahirbar iſt, wird es ins eine oder andere Gebiet gerechnet, geſchieht auch ſo ſowohl in Pſychologie wie in Naturwiſſenſchaft, und ſo iſt es allerdings möglich, das Höhere im einen Gebiete durch ſolches im andern Gebiete repräſentirt zu finden, ohne Beides zu identificiren. Näher zugeſehen ſind es Periodicitätsverhältniſſe zwiſchen Schwingungen, welche als pſ.-ph. Repräſentanten melodiſcher und harmoniſcher

Empfindungen auftreten; jene aber ſind doch etwas ſehr Anderes als dieſe.

Folgende Bemerkung tritt hinzu, die Verhältniſſe des Phyſiſchen, um die ſich's hier handelt, der Abſtractheit zu entziehen. Es können zwei verſchiedene Töne von zwei verſchiedenen Menſchen gehört werden oder auch von demſelben Menſchen der eine Ton heute, der andere ſchon vor Jahren gehört ſein, und es wird keine melodiſche oder harmoniſche, kurz muſikaliſche, Beziehung dazwiſchen empfunden werden, trotzdem, daß das dazu erforderliche Periodicitätsverhältniß zwiſchen den unterliegenden Schwingungen für das Denken, alſo abſtract, beſteht. Aber es gehört noch dazu, daß die Schwingungen, zwiſchen welchen das Verhältniß beſteht, in einen phyſiſchen Wirkungsbezug zu einander treten. In ſo fern ſie es aber thun, iſt es doch das beſtimmte Periodicitätsverhältniß, woran die Empfindung der beſtimmten muſikaliſchen Beziehung ihrem Beſtande nach hängt, wovon ſie alſo in unſerem Sinn getragen wird.

Nun fragt man etwa: ſofern dieſelbe äußere Muſik mit gegebenen Schwingungsverhältniſſen nur dieſelben Schwingungsverhältniſſe innerlich hervorrufen kann, wie kann ſie ſo verſchieden auf verſchiedene Menſchen wirken. Läßt doch dieſelbe Muſik den Einen kalt, die den Anderen ſtark erregt, und jeder Andere wird von derſelben Muſik irgendwie anders innerlich geſtimmt. Hier, mag man meinen, läßt uns doch die Pſychophyſik im Stich; hier liegt etwas vor, was reine Seelenſache iſt. Aber wie ſo? In dem Einen werden die phyſiſchen Wirkungsbezüge, auf die es ankommt, ſchwächer ſein, als in dem Anderen, ja gar unter die Schwelle fallen können; und in jedem Andern greift die Muſik mit denſelben Verhältniſſen in ein anderes pſychophyſiſches Totalſyſtem ein, findet darin andere Momente und Zuſammenhänge, mit denen ſie in Beziehung tritt und die ſie aſſociationsweiſe anregt und mitzieht.

Entſprechend als mit melodiſchen und harmoniſchen Tonbeziehungen verhält es ſich mit Verhältniſſen, die in der Auffaſſung von räumlichen Formen und Farben auftreten, wohin Symmetrie, Farbenharmonie, Farbencontraſte gehören, ohne daß es nöthig ſcheint, hierauf noch beſonders einzugehen.

Denken wir uns überhaupt das Gehirn als eine mit unzähligen verſchieden geſtimmten Saiten bezogene Harfe, die ihr eigenes Spiel vernimmt, indeß wir bloß die äußeren Bewegungen dazu oder vielmehr nur die Saiten zu dieſen Bewegungen (Gehirnfibern) ſehen können. Warum aber, wenn ſchon mit den wenigen Saiten unſerer äußeren Harfen ſo hohe und mannigfache Harmonien und Melodien möglich ſind, ſollen nicht mit den Saiten unſerer Seelenharfe um ſo mehr ſolche möglich ſein, ja ſolche von ganz anderer Stufe, da die Saiten unſrer Seelenharfe nicht bloß in Tönen, ſondern auch in Farben, Düften u. ſ. w. klingen, und Nachklänge, die ſich mit einander verweben, hinterlaſſen.

Nun läßt ſich freilich nicht Alles, was man zum Gebiete des höheren Geiſtigen rechnet, auf Verhältniſſe, Beziehungen wie die erwähnten zurückführen. Vielmehr aus ſinnlichen Empfindungen, Anſchauungen erwachſen Erinnerungen, die man ja auch ſchon für etwas Höheres rechnet, als die ſinnlichen Phänomene, aus denen ſie erwachſen; und nicht nur die Monadologen, ſondern auch genug andere Philoſophen, ſind nicht geneigt, die Erinnerungen ebenſo ſolidariſch an materielle Proceſſe geknüpft zu halten, als die ſinnlichen Empfindungen, aus denen ſie erwachſen ſind; vielmehr ſoll die Seele früher gehabte Empfindungen, Anſchauungen ſo zu ſagen aus freier That in Erinnerungen reproduciren können, und jene nur einen erſten Anlaß, eine Vorbereitung, eine Vorbedingung dazu bieten, wodurch ſich die Producirbarkeit beſtimmter Erinnerungen in den Geiſt einpflanzt, indeß dieſem dann die Producirung derſelben nach eigenen ihm immanenten Bedingungen oder aus freier Machtvollkommenheit ohne weitere materielle Mitwirkung überlaſſen bleibt. Und wieder läßt ſich das ganz gut hören, ſo lange man im Abſtracten bleibt, ja man kann ſein ganzes pſychologiſches Syſtem darauf gründen.

Inzwiſchen habe ich in „Elem.“ (II. Abſchn. 43) eingehend gezeigt, daß, wenn man die ſinnlichen Phänomene ſelbſt pſychophyſiſch repräſentirt hält, man nur aus anderem Geſichtspuncte, als vorhin, den Zuſammenhang der Thatſachen verkennen oder zerreißen müßte, um nicht die Erinnerungsbilder entſprechend repräſentirt zu halten, und komme hier nur auf die allgemeinen Geſichtspuncte davon zurück.

Die materiellen oder phyſiſchen Proceſſe, welche zugeſtandenermaßen den ſinnlichen Empfindungen in uns unterliegen, erlöſchen doch nicht ſpurlos mit dem Erlöſchen der Empfindungen, da überhaupt kein phyſiſcher Proceß ohne Fortwirkung erlöſcht, er kann ſich fortpflanzen oder in andere Proceſſe umſetzen, aber ſchwindet nicht aus der Welt. Und ſo pflanzen ſich auch Fortwirkungen der phyſiſchen Proceſſe, an welchen die Empfindungen hängen, von den Centren der Empfindungsnerven im Gehirn weiter ins Gehirn fort, die Leitungswege liegen ſogar dazu vor Augen, und geben damit den Boden für die Anknüpfung entſprechender geiſtiger Fortwirkungen. Dieſe cauſale Betrachtung aber ergänzt ſich durch eine damit zuſammenhängende und zuſammenſtimmende nach dem Functionsprincipe.

Wodurch unterſcheiden ſich überhaupt Erinnerungen von den durch ſie reproducirten Empfindungen und Anſchauungen. Einmal ſind die Erinnerungen ſchwächer, zweitens ſind ſie mit dem Gefühl, von Innen heraus erzeugt zu ſein, behaftet, drittens tragen ſie das Gefühl, auf die früheren Empfindungen, Anſchauungen, von denen ſie cauſal abhängen, bezogen zu ſein. Alles das repräſentirt ſich aber nach dem Functionsprincip ganz einfach und natürlich. Die phyſiſchen Proceſſe, die den Erinnerungen unterliegen, werden eben auch ſchwächer ſein, als die den Empfindungen, Anſchauungen unterliegen, ſie werden aus dem innern phyſiſchen wie dieſe aus dem innern pſychiſchen Zuſammenhange heraus erzeugt ſein und das pſychiſche Gefühl der Cauſalität wird von der phyſiſchen Cauſalität getragen ſein. In all' dem erleidet die Conſequenz des Functionsprincipes keinen Bruch.

Und endlich giebt es Übergangsphänomene von den Empfindungen und Anſchauungen zu den Erinnerungen durch die eigentlichen Nachbilder, die ſog. Erinnerungsnachbilder, die Erſcheinungen des ſog. Sinnengedächtniſſes, die Hallucinationen, kurz durch eine Reihe von Phänomenen, wodurch ſich die ſcheinbare Kluft zwiſchen den ſinnlichen Ausgangsphänomenen und den Erinnerungen daran überbrückt, wie in einem beſondern Abſchnitt der „Elemente“ (Th. II. 467 ff.) ausgeführt iſt.

Nun freilich kann der Philoſoph, um der Seele ihre freie That nicht verkümmern zu laſſen, ſich denken und hienach behaupten, daß die Fortpflanzung der phyſiſchen Erregung über die Sinnescentren im Gehirn hinaus, weiter in dasſelbe hinein, nichts Pſychiſches mehr bedeute; er braucht ſich auch ferner um das Functionsprincip nicht zu kümmern, wie er ſich bisher nicht darum gekümmert hat; er kann in jenen Übergangsphänomenen bloße Abnormitäten ſehen, in denen die freie That der Seele noch mit mehr oder weniger materieller Zuthat verquickt iſt. Aber man wird es dem Pſychophyſiker nicht verdenken können, wenn er ſich lieber an die in ſich zuſammenhängenden und zuſammenſtimmenden Erkenntnißwege hält, welche die Erfahrung und der Erfahrungsſchluß in dieſem Felde der Frage bieten, als dem Philoſophen zu folgen, wenn er ſie abſchneidet.

Nun kann es Schwierigkeiten machen, die lange Aufbewahrung von Erinnerungen und das bis zu gewiſſen Grenzen ungeſtörte Miteinanderbeſtehen von ſolchen, das Auftauchen derſelben aus dem Bewußtſein und Verſinken ins Unbewußtſein zu repräſentiren, aber dieſe

Schwierigkeiten ſind noch keine Unmöglichkeiten; vielmehr öffnen ſich der Vorſtellung manche, wenn auch bisher nur hypothetiſche, aber mit dem, was wir wiſſen, wohl zuſammenſtimmende, Wege, den Schwierigkeiten beizukommen, worauf ich in einem ſpäteren Abſchnitte (XVIII) beſonders eingehe; und die einfache Thatſache lehrt, daß die Natur ſelbſt dieſen Schwierigkeiten nur durch einen außerordentlich verwickelten Gehirnapparat hat beizukommen vermocht. Wozu dieſer Aufwand, wenn die Seele das Vermögen hat, nach einmal gegebenem Anlaß Erinnerungen, und was aus den Erinnerungen folgt, rein aus ſich ſelbſt zu produciren. Damit, daß man ihr dies Vermögen ohne Weiteres zuſchreibt, hat ſie es doch noch nicht; und je leichter man es ſich mit ſolcher Erklärung oder vielmehr Erſparniß jeder Erklärung macht, um ſo weniger wiegt es.

Zwar von Herbart's pſychologiſcher Mechanik, welche die Verhältniſſe der Erinnerungen mit in ihr Bereich zieht, kann man nicht ſagen, daß ſie es ſich leicht gemacht hat, ja ſie hat zu ihrem Aufbau eine ganze Reihe Vorderſätze gebraucht, die ich meinerſeits unmöglich finde, zuzugeſtehen (Vergl. m. „Vorſch. d. Aeſth.“ II. 272 f.). Aber möchte man ſelbſt die Möglichkeit einer pſychologiſchen Mechanik überhaupt zugeſtehen, ſo wäre damit nichts weniger als zugeſtanden, daß ſie auch abſtract ohne Unterlage einer pſychophyſiſchen Mechanik beſtehen könne, und man mittelſt jener allein in einer leeren oder mit einem Schwamme erfüllten Gehirnkapſel Erinnerungen haben und Gedanken ſpinnen könne. Ja es würde ſich eine pſychologiſche Mechanik, ſollte überhaupt von etwas der Art die Rede ſein können, ſelbſt unmittelbar nur als pſychophyſiſche aufſtellen und ausführen laſſen, weil ſich das pſychiſche Maß nur pſychophyſiſch begründen und pſychiſche Maßbeziehungen nur pſychophyſiſch verfolgen laſſen.

Aber gehen wir über die Erinnerungen noch höher hinauf; denn es bleibt ja nicht bei den Erinnerungen als Reproductionen früherer ſinnlicher Eindrücke; ſondern indem Erinnerungen an Früheres und Späteres, Erinnerungen von einer Sinnesſeite her mit ſolchen von anderer Seite her ſich begegnen, entſteht ein verwickeltes pſychiſches Spiel, aus welchem neue und höhere Reſultate hervorgehen können. Die Erinnerungen geben das Material zu Vergleichungen, Unterſcheidungen, Begriffen, höheren Gedankenoperationen überhaupt. Das Material wird dazu combinirt, zerlegt, umgeſchaffen, in neue Formen gebracht, worin höhere Beziehungen hervortreten. Wird die Pſychophyſik dem allen mit ihren Repräſentationen nachkommen können? — Nun aber ſind entſprechende Operationen auch der phyſiſchen Welt nicht fremd; es giebt auch da combinirende, zerlegende, ausſcheidende, umſchaffende, reinigende Thätigkeiten. Die pſychiſchen Operationen entlehnen ſogar faſt ſämmtlich geradezu ihren Namen von den phyſiſchen; und ſo liegt auch kein allgemeines Hinderniß vor, zu denken, daß pſychiſche Thätigkeiten jener Art und Reſultate ſolcher Thätigkeit ihre Repräſentanten in phyſiſchen, nach dem Functionsprincip ihnen entſprechenden, und ihrem Beſtande nach damit zuſammenhängenden, finden. Nehmen wir z. B. die Selbſtreflexion, einen pſychiſchen Vorgang höchſter Stufe, ſo ſpricht ſich ſchon im Namen aus, an welcherlei Repräſentation derſelben zu denken. Stellen wir uns das ganze pſ.-ph. Syſtem in einem zuſammenhängenden Schwingungsvorgange begriffen vor, der einen gewiſſen pſychiſchen Zuſtand trägt, und kaum iſt eine andere Vorſtellung überhaupt zu faſſen, ſo kann durch Zurückwerfung des ganzen Wellenzuges dieſer Schwingungen oder eines Theiles desſelben in ſich ſelbſt der Geiſt des am erſten Wellenzuge hängenden pſychiſchen Zuſtandes in Selbſtreflexion gewahren.

Aber es iſt zuzugeſtehen, daß es unſicher und darum mißlich wäre, mit dem Verfolg und der Ausarbeitung ſolcher Repräſentationen ſchon ins Detail zu gehen, denn dazu müßten erſt die elementaren pſ.-ph. Verhältniſſe und Geſetze ſo weit entwickelt ſein und feſtſtehen, daß das Übrige theils mathematiſch, theils nach dem Functionsprincip folgt. Will alſo der Philoſoph behaupten, hier bleibe jedenfalls die Pſychophyſik ſtecken, ſo iſt wenigſtens zuzugeſtehen, daß ſie hier noch weit vom Ziele iſt.

Zu den vorbetrachteten höheren geiſtigen Phänomenen tritt noch die Aufmerkſamkeit als ein ſolches hinzu, was man vorzugsweiſe gewohnt iſt, als reine Sache des Geiſtes anzuſehen. Daß doch auch ſie ſich einer pſ.-ph. Repräſentirbarkeit nicht entzieht, wird ein ſpäterer, darauf beſonders bezüglicher, Abſchnitt lehren.

Liegt nun nach all' dem in der ſog. geiſtigen Höhe kein irgendwie durchſchlagender Grund, die pſ.-ph. Repräſentirbarkeit und hiemit Tragweite der Pſychophyſik zu beſchränken, ſo kann man dagegen eine Beſchränkung tief unten ſuchen, indem man die verſchiedene Grundqualität der Sinnesempfindungen als des Sehens, Hörens, für pſychophyſiſch unrepräſentirbar hält, vielmehr darin etwas ſieht, was der körperlichen Erregung ohne ihr eigenes Zuthun und Verdienſt rein aus der Seele zuwächſt; und wirklich iſt mir ein Gedanke der Art von philoſophiſcher Seite begegnet. Hiegegen iſt aber doch nicht zu leugnen, daß verſchieden qualificirte Sinnesempfindungen durch verſchiedenartige phyſiſche Reize erweckt werden, die auch verſchiedenartige Folgen in unſeren phyſiſchen Organismus hinein erzeugen werden, und daß die Seele gar keinen Anhalt hätte, ihnen mit verſchieden qualificirten Empfindungen zu begegnen, wenn ſie nicht verſchiedene Anläſſe vom Körper aus dazu empfinge, welche nun eben die pſ.-ph. Repräſentanten dieſer verſchiedenen Empfindungen bilden werden. Von anderer Seite aber iſt allerdings zuzugeſtehen, daß man bei näherem Eingehen auf eine Schwierigkeit folgender Art kommt, die, ohne durchſchlagend zu ſein, doch nicht einfach abzuweiſen iſt.

Alle möglichen Tonempfindungen und Beziehungen zwiſchen Tonempfindungen, als Stärke, Höhe, Klang, Obertöne, Melodie, Harmonie, können wir durch Schwingungen, Amplitude, Periode, Zuſammenſetzung, Verhältniſſe von Schwingungen genügend repräſentirt denken; aber indem dieſe phyſiſchen Beſtimmungen oder Beſtimmungen des Phyſiſchen zur Repräſentation von Beſtimmungen der Tonempfindung ſo zu ſagen *verbraucht* ſind, ſcheinen ſich ſolche eben auch nur dazu brauchen zu laſſen. Wie kommen nun die, den Tonempfindungen ſo ganz heterogenen, Farbenempfindungen dazu, ſich auch an Schwingungen knüpfen zu ſollen; und an was anderes *können* ſie ſich knüpfen; an Strömungen im Nervenſyſtem doch gewiß nicht[1]. Daß die Lichtſchwingungen raſcher als die Schallſchwingungen ſind, führt jedenfalls nicht nach dem Functionsprincip dazu, den Unterſchied der Lichtempfindungen von den Schallempfindungen darauf zu ſchieben. Denn wenn Tonſchwingungen raſcher werden, ſo ändert ſich wohl die Tonhöhe, aber es bleibt Tonempfindung. Auch zeigen ſich im Fortſchritt der Schnelligkeit der Lichtſchwingungen durch das Spectrum qualitative Änderungen von Roth durch Gelb und Grün zu Blau, wogegen die Scala der Tonſchwingungen nichts Analoges zeigt, und finden noch andere (in „Elem." II. 270 ff. zuſammengeſtellte) Verſchiedenheiten zwiſchen beiden Sinnesgebieten ſtatt, welche zu einer weſentlich anderen Repräſentation der Farbenempfindung und Lichtempfindung überhaupt als der Tonempfindung auffordern, aber woran denken? Nun vollends, woran denken, wenn auch noch Geruchs-, Geſchmacks-, Taſt-, Wärme-Empfindungen in ihrer Unterſchiedenheit repräſentirt ſein wollen.

Ich gebe zu, daß wir durchaus noch nicht in der Lage ſind, irgend einen Gedanken, den wir in dieſer Beziehung faſſen möchten, mit einiger Sicherheit zu begründen, und lege auf eine von mir in „Elem.“ II. 299 f. bezüglich des Unterſchiedes von Licht- und Tonempfindung aufgeſtellte Hypotheſe jetzt ſelbſt kein Gewicht mehr. Nur dagegen, daß ſich überhaupt in dieſer Hinſicht an Nichts denken laſſe, darf man ſich erklären, ſo lange doch recht wohl denkbare Möglichkeiten in dieſer Hinſicht beſtehen. Warum ſoll nicht die Qualität von Empfindungen außer mit der Schnelligkeit der Schwingungen auch mit der Zahl und Anordnung der ſich zur Schwingung wechſelſeitig beſtimmenden Theilchen in Beziehung ſtehen. Streng genommen zwar beſtimmen ſich alle Theilchen der Welt, ſelbſt die entfernteſten zu Schwingungen, aber nach dem Schwellenprincip können die Wirkungen der entfernteren für die Empfindung unmerklich werden, und in den Endapparaten der verſchiedenen Sinnesnerven eine ſolche Einrichtung getroffen ſein, daß die Schwingungen einer gewiſſen Art von Combinationen das Übergewicht über alle andern gewinnen. Bei den ſog. chemiſchen Sinnen, Geſichts-, Geruchs-, Geſchmacksſinn können Hauptunterſchiede in dieſer Hinſicht chemiſch vermittelt ſein, was in manche neuere Anſichten gut hineintritt. Überhaupt aber bietet ſich ein weit ausſehendes Feld von Möglichkeiten im Rahmen der vorigen allgemeinen Hypotheſe dar, die zu verfolgen wir nicht ſowohl durch den Abbruch des Weges als die noch zur Zeit beſtehende Dunkelheit desſelben verhindert ſind. Wonach man, bis einmal ein neuer lichtvoller Geſichtspunct denſelben erhellt, allerdings am beſten thut, ſich vielmehr nur mit den pſ.-ph. Beziehungen innerhalb jedes Sinnesgebietes insbeſondere als mit den qualitativen Grundverſchiedenheiten derſelben zu beſchäftigen.

---

[1] An Strömungen ponderabler Stoffe im Nervenſyſtem läßt ſich überhaupt nach deſſen anatomiſcher und phyſiologiſcher Einrichtung nicht denken; elektriſche *Strömungen* wären wohl denkbar, nur daß weder Thatſachen dafür vorliegen, noch ein Anhalt zu Erklärungen in ihnen zu finden iſt.

Endlich will ich noch der *Luſt* und *Unluſt* als eines pſychiſchen Phänomens gedenken, deſſen Repräſentirbarkeit in Frage kommen kann. Sie kann einen ſinnlichen wie höheren Charakter tragen, wonach beziehentlich ſinnliche Triebe und höhere Motive davon abhängen, die endlich in active Thätigkeiten ausſchlagen. Nun hat ſchon *Zöllner* in ſeinem Kometenbuche (1. Aufl. 325 ff.) im Gefolge allgemeinerer Anſichten eine pſ.-ph. Repräſentation der Luſt und Unluſt verſucht, wonach Wachsthum der phyſiſchen lebendigen Kraft mit Luſt, Abnahme mit Unluſt verknüpft ſein ſoll. Hiegegen ſcheint mir freilich viel einzuwenden, was ich in m. „Vorſch. d. Aeſth.“ II. 266 beſprochen habe; verſprechender ſcheint mir eine andere Hypotheſe, die ich eben da aufgeſtellt und in meinem Buche über die Tagesanſicht (Abſchn. XIII) weiter entwickelt habe, ohne daß ich ſie doch ſchon reif genug halte, um eine maßgebende Bedeutung für die Pſychophyſik anzunehmen. Immerhin wünſchte ich, daß man ihr einige Beachtung ſchenkte.

Nach allen Specialbetrachtungen, auf die ich bisher eingegangen, komme ich auf den allgemeinſten Einwurf gegen eine unbeſchränkte Tragweite der Pſychophyſik, welcher den eigentlichen Hintergrund und die Wurzel aller philoſophiſchen bildet, ohne daß ich mich freilich weit in Verhandlungen darüber werde vertiefen können. Der Philoſoph würde ja gegen eine unbeſchränkte Tragweite der Pſychophyſik im angegebenen Sinne nichts haben, wenn er nicht allgemeinere Intereſſen dadurch gefährdet fände; und vor allem tritt dagegen von ſeiner Seite das Bedenken oder auch der unbedenkliche Vorwurf auf, daß eine Durchführung der pſ.-ph. Repräſentation durch das ganze geiſtige Gebiet, ohne ein höheres Gebiet davon auszunehmen, zum Materialismus mit allen ſeinen Conſequenzen führe, ja daß man im Grunde deſſen ganze Sache darin wiederfinde.

Und doch kann nur derjenige das finden, welcher zur materialiſtiſchen Seite, welche unbeſtritten in dieſer Durchführung liegt, nicht auch die Gegenſeite in Betracht zieht, daß die ganze materielle Welt die durchgehende Repräſentation eines allgemeinen geiſtigen Weſens iſt. Anders aber als in dieſem Verhältniß iſt die Pſychophyſik nie von mir gefaßt worden, und bei letzter Verallgemeinerung ihrer Principien auch nicht anders zu faſſen. Will es jemand doch thun, ſo iſt es ſeine Sache und ſein Schade aber nicht Sache und Schade der Pſychophyſik, freilich auch nicht Sache der Pſychophyſik, dieſe Gegenſeite ihrer ſelbſt auszuführen. Dazu hat ſie ſich vielmehr mit andern Betrachtungen zu ergänzen, womit ſie endlich erſt ein Ganzes wird; und man wird nicht ſagen, daß ich es an ſolchen Betrachtungen habe fehlen laſſen, mag es auch noch an ſolchen fehlen, die ſich darum kümmern. Es iſt eben noch nicht aller Tage Abend.

In der That aber ſuche ich darin das Hauptgebrechen der jetzt herrſchenden Weltanſicht, und zwar in allen ihren Verzweigungen, daß man beide Geſichtspuncte nicht zu vereinigen weiß, darin den Grund des Zwieſpaltes zwiſchen Religion und Naturwiſſenſchaft, aus dem man nicht herauszukommen weiß. Denn ſo ſteht es noch heute: So wenig man zu allem Pſychiſchen ein phyſiſches Aequivalent gelten laſſen will, ſo wenig zu allem Phyſiſchen ein pſychiſches Aequivalent; nur eine ausnahmsweiſe pſychophyſiſche Zuſammengehörigkeit von beiden läßt man im Nervenſyſtem der Menſchen und Thiere zu, ſieht hierin den einzigen Knoten, der beide übrigens auseinandergehende Gebiete verknüpft, und die abſtracte Gottesidee ſchwebt über einer geiſtesleeren Welt. Damit wird die ganze Welt über Menſchen und Thiere hinaus blind und taub, das Licht leuchtet nicht draußen, der Ton tönt nicht draußen; und ſo habe ich dieſe Anſicht die „Nachtanſicht" genannt, obwohl es noch andere Gründe giebt, die herrſchende Weltanſicht ſo zu nennen.

Und was ſind die Gründe, den ausſchließlichen Träger pſychiſcher Phänomene in Nervenſchwingungen zu ſehen. Wie unlogiſch und unzutreffend die dafür geltend gemachten empiriſchen ſind, — aprioriſtiſche aber giebt es überhaupt nicht — habe ich zu oft gezeigt[1], um hier darauf zurückzukommen, und erſtaune nur über das Genüge, was man insgemein in dieſen Gründen findet, und die Bereitheit, ſich damit der Nachtanſicht zu verſchreiben. Es hindert aber nicht nur a priori nichts, in der ganzen Welt ein einheitliches pſychophyſiſches Syſtem zu ſehen, welches das des Menſchen nur theilhaft inbegreift, ſondern es führen auch Analogie-, Cauſal- und teleologiſche Schlüſſe im Ausgange von der Thatſache unſerer eigenen Beſeelung zur Verallgemeinerung derſelben darüber hinaus. Nicht ohne eingehende Sorgfalt habe ich ſolche in anderen Schriften entwickelt; habe aber freilich nicht hindern können, daß ſie den Lucubrationen der Nachtanſicht gegenüber als Phantaſien gelten.

Abgeſehen von dieſen Schlüſſen läßt ſich auf dem eigenen Boden der Pſychophyſik ſelbſt geltend machen („Elem." II. Abſchn. 46), daß ſich keine Grundeigenſchaft der pſ.-ph. Bewegungen in uns finden oder erdenken läßt, welche einen weſentlichen Unterſchied derſelben von den, auch außer uns vorkommenden, Bewegungen begründete, wonach kein Grund iſt, daß die Bewegungen über unſer Nervenſyſtem hinaus für einen allgemeineren Geiſt nicht eben ſo gut pſychophyſiſche ſein ſollten, als die Bewegungen in unſerem Nervenſyſtem für unſeren, der dadurch nur in beſonderer Weiſe in das allgemeine geiſtige Weſen eingepflanzt iſt. Dazu iſt von **Zöllner** u. A. mit Recht geltend gemacht worden, daß, wenn nicht am Elementaren, was der phyſiſchen Bewegung in und außer uns gemeinſam iſt, pſychiſche Tragkraft hinge, ſolche durch keine Verwicklung der Bewegungen in den Organismen erſt hervorgehen könnte. Es fruchtet nur das alles nichts; denn, kann man es nicht hinwegſpeculiren, ſo ſpeculirt man darüber hinweg, hat es von jeher gethan, und iſt ſo im Fortſchritt durch Kant, Fichte, Schelling, Hegel, Herbart, Schopenhauer, Hartmann endlich ſo weit gekommen, zu ſagen: wollen wir nicht lieber mit Kant wieder anfangen.

---

[1] Am eingehendſten in „Nanna" p. 37 ff., weiter in: „Ueb. d. Seelenfrage" p. 27 ff., kurz in „Schleiden und der Mond" p. 69 f.

Meinerſeits aber ſuche ich einen wahren neuen Anfang hinter Kant darin, daß man auf die elementaren und fundamentalen factiſchen und geſetzlichen Beziehungen zwiſchen körperlichen und geiſtigen Dingen auf Grund von Beobachtungen und Schlüſſen aus Beobachtungen am Menſchen zurückgeht, denn anders läßt es ſich nicht thun; wonach man von da verallgemeinernd, erweiternd und ſteigernd darüber hinausgehen kann nach Principien, die zwar nie zu einer, in dieſen Dingen unmöglichen, logiſchen Gewißheit, aber zum Wahrſcheinlichſten, was ſich in dieſen Dingen gewinnen läßt und damit zugleich zur einheitlichen Befriedigung unſerer religiöſen Glaubensforderungen führen. (Eingehender hierüber in den „Drei Motiven und Gründen des Glaubens", und der „Tagesanſicht.")

Nun macht ſich in uns ſelbſt ein Princip geltend, was ich das ſynechologiſche genannt habe (Elem. II. 526 ff., Tagesanſicht 246 ff.), wonach ſich „das pſychiſch Einheitliche und Einfache an ein phyſiſch Mannichfaltiges knüpft[1], umgekehrt das phyſiſch Mannichfaltige ſich pſychiſch ins Einheitliche, Einfache oder doch Einfachere zuſammenzieht"; und ſo wird ſich nach einem Fortſchluſſe von uns über uns hinaus daſſelbe Princip auch im allgemeinen pſ.-ph. Syſtem geltend machen, wir alſo nicht zu jeder phyſiſchen Einzelnheit über uns hinaus ein eben ſo einzelnes pſychiſches Phänomen zu verlangen haben, indeß doch jede phyſiſche Einzelheit in wie über uns hinaus zu einer pſychiſchen Reſultante beitragen wird, für die Unterſcheidbarkeit pſychiſcher Reſultanten aber noch beſondere pſychophyſiſche Regeln gelten werden.

Inzwiſchen hat die Pſychophyſik die Anwendung ihrer allgemeinen Geſetze auf das Weltganze einer Naturphiloſophie zu überlaſſen, welche ſich ſelbſt für nichts Anderes als für eine Fortſetzung und Erweiterung der Pſychophyſik in engerem Sinne, d. i. der menſchlichen, giebt; und ſo iſt auch hier nicht weiter auf Betrachtungen, die über dieſe hinausführen, einzugehen. Es ſollte nur mit vorigen kurzen Bemerkungen und Verweiſungen dem allgemeinſten Einwand, dem die Pſychophyſik unterliegt, begegnet werden.

An vorigen Einwand aber knüpft ſich leicht ein anderer oder erhebt ſich auch unabhängig davon. Was wird aus der menſchlichen und göttlichen Freiheit, wenn alle geiſtigen Thätigkeiten, bis in ihr höchſtes Gebiet hinein, an materielle Thätigkeiten gebunden ſind, da ſie damit auch an die nothwendige cauſale Aufeinanderfolge derſelben gebunden werden.

---

[1] Z. B. die einfache Tonempfindung an die aus ſo vielen Momenten zuſammengeſetzte Schwingung, die Einheit des Bewußtſeins an einen ganzen pſ.-ph. Zuſammenhang.

Worauf zuvörderſt zu erwiedern, daß ja zwiſchen den Philoſophen ſelbſt noch ſtreitig iſt, ob eine indeterminiſtiſche, d. i. dem Geſetz cauſaler Aufeinanderfolge ſich entziehende, Freiheit im geiſtigen Gebiete wirklich beſtehe; auch meine ich, im 16. Abſchn. der Schrift „Über die Tagesanſicht“ gezeigt zu haben, daß der Determinismus recht wohl mit Religion und Moral beſtehen könne, wenn man ihn nur eben im Sinne der Tagesanſicht faßt, was freilich nach der vorherrſchenden Nachtanſicht nicht geſchieht. Aber gleich viel, mag man immerhin eine indeterminiſtiſche Freiheitsanſicht für den Geiſt nicht aufgeben wollen, ſo hindert ja nichts, ſie ſelbſt pſychophyſiſch repräſentirt zu denken, indem man den Bruch des Geſetzes cauſaler Aufeinanderfolge durch Freiheit in beiden Gebieten einander zugehörig denkt, was man ohnehin ſchon thut, wenn man den übrigens geſetzlichen Ablauf des Phyſiſchen durch freie Eingriffe des Geiſtes nur nicht folgweis ſondern unmittelbar zugehörig abgeändert denkt.

In der That, ſei die geiſtige Veränderung α von der körperlichen Veränderung a und die auf α folgende geiſtige Veränderung β von der körperlichen Veränderung b getragen, ſo kann der geſetzliche *Cauſalzuſammenhang* zugleich geiſtigerſeits zwiſchen α und β, und zugehörig körperlicherſeits zwiſchen a und b durch Freiheit unterbrochen ſein und dadurch beiderſeits zugleich neue Anfänge im Gebiete des Geſchehens geſetzt ſein, ohne daß deshalb der *pſychophyſiſche* Zuſammenhang zwiſchen α und a, β und b, leidet. Darin liegt gar keine Schwierigkeit. Cauſalzuſammenhang und Bruch des Cauſalzuſammenhanges treffen eben immer in beiden Gebieten zuſammen. Freilich iſt man ſehr gewohnt, a priori indeterminiſtiſche Freiheit und cauſale Nothwendigkeit zwiſchen beide Gebiete vielmehr getheilt, als in beiden coincidirend zu denken; aber das iſt eben nur eine petitio principii, die ſich auf Gewohnheit ſtützt, und ſchlechte Gewohnheiten müſſen doch einmal ein Ende haben.

Will man endlich noch eine aprioriſtiſche Schwierigkeit darin finden, daß ſo unvergleichbare Phänomene, als z. B. einfache Empfindungen und zuſammengeſetzte Bewegungen, wie es Schwingungen ſind, in Wechſelbedingtheit zuſammengehören ſollen, ſo hat ſich die Pſychophyſik an ſich ſelbſt nicht um die Erklärung davon zu kümmern, ſondern nur eben die, nach einfachſtem Schluſſe nicht abzuweiſende Thatſache davon ins Auge zu faſſen und zu verfolgen, die für jede philoſophiſche Anſicht vom Zuſammenhange zwiſchen Leib und Seele ihre Schwierigkeit haben mag, die geringſte doch, wie mir ſcheint, für die, die ich ſelbſt an die Spitze meiner „Elemente“ geſtellt habe, nicht als Führer durch die Pſychophyſik, ſondern zur Anknüpfung an die Philoſophie. Wonach es die Grundverſchiedenheit des innern und äußern Standpuncts der Auffaſſung deſſelben Weſens iſt, was die Verſchiedenheit der geiſtigen und materiellen Welt bedingt[1]. Hienach kann das, was ſich ſelbſt innerlich einfach erſcheint, durch die Mannichfaltigkeit der Beziehungen, die es nach außen entwickelt, für die äußere Erſcheinung als zuſammengeſetzt auftreten, woran das ſynechologiſche Princip hängt; und was im Weltganzen oder auch nur im Individuum beiträgt, eine allgemeine pſychiſche Erſcheinung zu geben, kann doch erſt einer gewiſſen Stärke bedürfen, um unterſcheidbar von der allgemeinen Erſcheinung als Sondererſcheinung aufzutreten, woran das Schwellenprincip hängt.

Eine Folgerung dieſer allgemeinen Grundanſicht aber iſt, um noch ein Wort darüber zu verlieren, daß es allerdings ebenſo eine reine Pſychologie wie reine Phyſik oder allgemeine Naturwiſſenſchaft geben kann, die ſich weder um einander noch um eine Pſychophyſik kümmern. Jede der erſteren betrachtet nämlich die Welt im Zuſammenhange von ihrem beſondern, reſpectiv innern oder äußern Standpunkte, aus; und warum ſollte ſie es nicht dürfen; nur ſoll ſchließlich keine vergeſſen, daß ſie doch nur eine Einſeitigkeit iſt; wozu es noch einer Lehre bedarf, welche die Einſeitigkeiten verknüpft. Eine ſolche Lehre aber iſt die Pſychophyſik.

(Eingehender über das Verhältniß der betreffenden Lehren zu einander in „Zendaveſta“ Th. II. 312 ff.).

---

[1] Eine Ausführung dieſer Anſicht findet ſich in „Zendaveſta“ II. 312 ff.; eine Vertiefung, ſo zu ſagen das letzte Wort derſelben, in der Schrift „Ueber die Seelenfrage“ p. 197 ff.

Zweite Abtheilung.

Pſychophyſiſche Maßprincipien und Maßmethoden.

II. Begriff und Maß der Unterſchiedsempfindlichkeit.

Eine ganz fundamentale, durch Müllers ganze Kritik der Maßmethoden der Unterſchiedsempfindlichkeit (U. E.) ſozu ſagen den leitenden Faden bildende, aber auch für dieſe Kritik verhängnißvollſte, Anſicht Müllers iſt die: daß als Maß der U. E. nur der reciproke Werth der, von ihm mit S bezeichneten, Unterſchiedsſchwelle (U. Schw.) zu gelten habe, d. i. des Unterſchiedes, welcher erſt überſchritten ſein muß, damit der Unterſchied (U.) als ſolcher erkannt werde. Jeder andere Werth als S, den man direct oder nach ſeinem reciproken Werthe für dieſes Maß gebrauchen wolle, ſei es der mittlere Fehler der Methode der mittleren Fehler (m. F.), ſei es der Unterſchied, der bei der Methode der richtigen und falſchen Fälle (r. u. f. F.) ein gegebenes Verhältniß der richtigen, falſchen und zweifelhaften Fälle (r, f, z) liefert, ſei es das aus dieſem Verhältniß abgeleitete Präciſionsmaß, ſei nur nach Maßgabe als Maß der U. E. brauchbar, als ſeine directe oder umgekehrte Proportionalität mit der U. Schw. erwieſen ſei, und dann eben nur vermöge dieſer Proportionalität oder Reciprocität und ſo weit ſie reiche. Dieſe Proportionalität ſei aber gar nicht ſelbſtverſtändlich, und nicht nur kein theoretiſcher noch empiriſcher Beweis von mir oder anderweit dafür geführt, ſondern nicht einmal eine Unterſuchung darüber angeſtellt. Wonach Alles, was bisher auf die Vorausſetzung ſolcher Proportionalität gegründet worden, als namentlich die Aufſtellung des Weberſchen Geſetzes, ſo weit ſie darauf fuße, des ſichern Haltes gänzlich entbehre.

Die Hauptſtelle, in welcher Müller dieſe ſeine Anſicht mit den Gründen, worauf er ſie ſtützt, ausſpricht, iſt dieſe (p. 2).

„Wir ſetzen die U. E. im Allgemeinen der Größe desjenigen Reizunterſchiedes reciprok, welcher bei den gegebenen Verſuchsbedingungen einen beſtimmten Grad der Merklichkeit beſitzt. Es fragt ſich nur noch, welcher beſtimmte Grad der Merklichkeit des Reizunterſchiedes am geeignetſten iſt, dem Maße der U. E. zu Grunde gelegt zu werden...... Als der einzige Reizunterſchied, deſſen Merklichkeit wenigſtens principiell eine genau fixirbare und von verſchiedenen Beobachtern genau reproducirbare Größe iſt, muß ohne Zweifel derjenige U. betrachtet werden, welcher nur um das Geringſte vermindert zu werden braucht, um eben unmerklich zu werden, oder welcher nur die kleinſte Erhöhung zu erfahren braucht, um merklich zu werden. Wir ſetzen daher die U. E. allgemein der Größe des eben merklichen Reizunterſchiedes, welcher von dem eben unmerklichen Unterſchiede nur um ein Unendlichkleines verſchieden erſcheint, reciprok."

Somit geht Müller zwar ſelbſt von weſentlich derſelben allgemeinen Beſtimmung des Maßes der U. E. aus, die ich in den „Elem." I. 47 gegeben habe, und unten (S. 23) einer noch beſtimmteren Erläuterung unterziehen werde, glaubt ſie aber aus den zugefügten Gründen in angegebener Weiſe beſchränken zu müſſen.

Wogegen man von vorn herein bemerken kann, daß, indem Müller von allen möglichen Unterſchiedsgrößen, die es geben kann, bloß eine einzige, die U. Schw., zum Maße der U. E. benutzt wiſſen will, daſſelbe hienach principiell auch nur auf dieſen einzigen Unterſchied bezogen werden kann. In der That folgt daraus, daß bei zwei gegebenen Empfindlichkeitszuſtänden die Unterſchiedsſchwellen S, S_1 gefunden werden, *a priori* noch gar nicht, daß bei denſelben Zuſtänden zwei Unterſchiede D, D_1 oberhalb der Schwelle, die ſich wie S, S_1 verhalten, gleich deutlich erſcheinen; daß aber dies zu fordern iſt, um die allgemeine Bedeutung gelten zu laſſen, welche Müller der U. Schw. zuſchreibt, daran ſcheint Müller nicht gedacht zu haben, da ſich nichts darüber bei ihm findet. Es giebt aber doch auch Unterſchiede über ſo wie unter der Schwelle, und giebt eine Unterſchiedsempfindlichkeit bezüglich dieſer Unterſchiede, wofür ein Maß ſo gut verlangt werden kann, als für die Empfindlichkeit bezüglich des Schwellenunterſchiedes ſelbſt. Nun haben wir freilich kein praktiſches Mittel, die U. E. bezüglich einzelner beſtimmter Unterſchiede oberhalb und unterhalb der Schwelle eben ſo zu beſtimmen, als wir es bezüglich der U. Schw. ſelbſt in der Methode der e. m. U. haben, wohl aber, ſie bezüglich der Durchſchnittswerthe oberhalb und unterhalb zu beſtimmen, wozu die Methoden der r. u.

f. F. und m. F. da ſind. Durch die Maßwerthe der U. E., die ſich mittelſt dieſer Methoden erlangen laſſen, Präciſionsmaß und mittlerer Fehler, ergänzt ſich alſo principiell der, mittelſt der U. Schw. und bezüglich der U. Schw. zu gewinnende Maßwerth, indem ſie ſich über den übrigen Theil der Unterſchiedsſcala erſtrecken.

Alſo weiß ich der Forderung Müllers, daß jeder andere Werth als die U. Schw., um ſeine Brauchbarkeit als Maßſtab der U. E. zu beweiſen, ſeine Proportionalität (oder Reciprocität) mit der U. Schw. beweiſen müſſe, gar kein rationelles Motiv abzugewinnen. Eben ſo gut, ja wohl mit noch mehr Recht, könnte man das Umgekehrte von der U. Schw. bezüglich der darüber und darunter hinausgehenden Maße verlangen, weil ſie eben nur ein ganz ſpecielles Maß gewährt. Geſetzt, die verlangte Proportionalität fände nicht oder nicht durchgehends ſtatt, ſo hätte man doch weder den einen noch andern dieſer Maßſtäbe zu verwerfen, ſondern jeden nur in den rechten Grenzen anzuwenden; nicht aber zu verlangen, daß der eine dieſer Maßſtäbe ſeine Gültigkeit darauf ſtütze, daß er ſich nach dem andern richtet.

Den eigentlichen Grund, der Müller dazu geführt hat, das Maß der U. E. auf die U. Schw. einzuſchränken, kann ich nur darin finden, daß er nach der Weiſe, wie er die Methode der r. u. f. F. und die Methode der m. F. verſtanden und angefaßt hat, die Bedeutung des Präciſionsmaßes und des mittleren Fehlers als Maßſtäbe der U. E. nicht anerkennen *konnte*, wonach ihm freilich nichts übrig blieb, als das Maß der U. E. auf die U. Schw. zu reduciren. Aber dieſe Methoden ſind eben anders zu verſtehen und anzufaſſen, als von ihm geſchehen, worüber die ſpäteren Abſchnitte zu vergleichen, in denen ich auf die Beſprechung dieſer Methoden komme.

Wenn Müller für die Bevorzugung des Unterſchiedsſchwellenwerthes als Maß der U. E. (nach reciprokem Werthe) geltend macht, „daß er der einzige Reizunterſchied ſei, deſſen Merklichkeit wenigſtens principiell eine genau fixirbare und von verſchiedenen Beobachtern genau reproducirbare Größe ſei", ſo mag das von demſelben in gewiſſem Sinne als *Einzelwerthe* gelten; aber es handelt ſich eben nicht darum, die U. E. bezüglich eines einzelnen Unterſchiedswerthes zu beſtimmen, und ich wüßte nicht, weshalb ein beſtimmtes Verhältniß *r*, *f*, *z* bei der Methode der r. u. f. F. oder ein beſtimmter mittlerer Fehler bei der Methode der m. F. nicht eben ſo gut als die U. Schw. *principiell* einem genau fixirbaren von verſchiedenen Beobachtern identiſch reproducirbaren beſtimmten Grade der Merklichkeit oder Abſtande von der Merklichkeit entſprechen ſollte, indeß für die *experimentell* genaue Fixirung und Reproduction der Maßwerthe überall Schwierigkeiten vorliegen, hinſichtlich deren aber die U. Schw. keineſsfalls im Vortheil iſt. Müller ſelbſt erklärt (p. 10, 68) in Rückſicht auf verſchiedene, von ihm anerkannte, Schwierigkeiten der Methode d. e. m. U., oder von ihm ſog. Methode der kleinſten Unterſchiede, durch welche die U. Schw. am directeſten zu gewinnen iſt, daß ſich „der Unterſchiedsſchwellenwerth dadurch nicht mit gleicher Genauigkeit erhalten laſſe, wie mittelſt der Methode d. r. u. f. F.“, ſofern nämlich nach ihm dieſe Methode außer dem Präciſionsmaße auch (durch Verwerthung der zweifelhaften Fälle) eine Beſtimmung der U. Schw. gewährt. Alſo würden wir uns nach Müller zu dieſer Methode zu wenden haben, als derjenigen, wodurch ſich der Vorzug, den Müller der U. Schw. vor den übrigen Maßwerthen ertheilt, zu beweiſen hätte. Aber weit entfernt, daß dieſe Methode eben ſo direct als die Methode d. e. m. U. einen einzelnen beſtimmten in jedem Falle genau reproducirbaren Werth darböte, welcher dem Merklichkeitsgrade der U. Schw. gerade entſpricht, entſprechen die zweifelhaften Fälle, welche der Berechnung der U. Schw. unterliegen, allgemeingeſprochen vielmehr einer ganzen Reihe von Werthen unter der Schwelle, und das Rechnungsreſultat für die U. Schw., welches Müller aus ſeiner Verwerthung dieſer Fälle zieht, iſt nicht minder mit abhängig von den zufälligen Fehlervorgängen der Methode als das Präciſionsmaß, entſpricht alſo keineswegs der *idealen* U. Schw., auf welche Müller (p. 10) den principiellen Rückgang genommen haben will 1). Alſo fehlt es ſogar an dem *äußern* Vortheil, den Müller der U. Schw. als Maßwerth beigelegt wiſſen will.

Ganz ebenſo wenig, als man einſieht, warum das Maß der U. E. auf einen einzigen unter allen möglichen Unterſchieden beſchränkt ſein ſoll, ſieht man ein, warum die Beziehung des Weberſchen Geſetzes darauf beſchränkt ſein ſoll; es hängt freilich die eine Unrichtigkeit mit der andern zuſammen. Wäre wirklich die Frage nach der Gültigkeit dieſes

---

1) In der That, unter Vorausſetzung der Müllerſchen Bezeichnungen, iſt Müllers Formel (für den Fall, daß $r > f$)

$$S = \frac{t_{II} - t_{I}}{t_{II} + t_{I}} D$$

wobei D der in dem Verſuch gegebene U. iſt, und t_{I}, t_{II} Functionen von $\frac{r}{n}$, $\frac{f}{n}$ ſind. So wie ſich nun $\frac{r}{n}$ oder $\frac{f}{n}$ nur irgendwie durch eine Zufälligkeit ändert, ändern ſich damit t_{I}, t_{II}, mithin S.

Geſetzes auf deſſen Beziehung zur U. Schw. beſchränkt, ſo hätte ſie in der That ſehr wenig Bedeutung; ihre ſehr allgemeine wichtige Bedeutung gewinnt ſie nur dadurch, daß ſich mit dem Maßbegriffe der U. E. zugleich die Beziehung dieſes Geſetzes auf andere Unterſchiede verallgemeinert; und daß Weber ſelbſt ſein Geſetz nur mittelſt der Methode der e. m. U., hiemit an der U. Schw. bewährt hat, thut hiebei gar nichts zur Sache, ſondern macht die Frage nach deſſen allgemeiner Gültigkeit nur um ſo dringender, wozu es dann gilt, andere Methoden einzuſchlagen.

Um Müllers eigene Äußerungen in Bezug auf letztere Frage nicht zurückzuhalten, ſo ſagt er bei Beſprechung der Methode der m. F. (p. 73 und kürzer 213): „man kann freilich, falls man Vergnügen daran empfindet, die U. E. ohne weitere Rückſichtnahme ſo definiren, wie es gerade beliebt, alſo auch auf jedem Fall dem mittleren Fehler ſchlechthin reciprok ſetzen. Will man aber aus dem Verhalten der in dieſer Weiſe definirten U. E. auf das Maß der Gültigkeit, bez. Ungültigkeit, des Weberſchen Geſetzes ſchließen, welches doch zunächſt nur beſagt, daß für ein- und dieſelbe Reizqualität die relative Größe des Unterſchiedsſchwellenwerthes einen conſtanten Werth beſitze, ſo muß man vor Allem erſt wiſſen, wie ſich der mittlere Fehler zu dem Unterſchiedsſchwellenwerthe verhält. So lange man dies nicht weiß, kann man zwar — und dies wird bei Anwendung eines geeigneten Verſuchsverfahrens immer inſtructiv ſein — Verſuche nach der Methode der mittleren Fehler anſtellen, ſo viele man will, und die relativen U. E. dem relativen Werthe des mittleren Fehlers reciprok ſetzen; nur darf man dann nicht dasjenige, was von der in dieſer Weiſe definirten relativen U. E. gilt, auf die der relativen Größe des Unterſchiedsſchwellenwerthes reciprok geſetzte Unterſchiedsempfindlichkeit, deren Conſtanz das Weberſche Geſetz behauptet, übertragen“.

Aber all das gebe ich Müller'n zurück. Macht Müller ſeine Beſchränkung des Maßes der U. E. und der Beziehung des Weberſchen Geſetzes auf die U. Schw. Vergnügen, ſo kann man ihn nicht hindern, ſie vorzunehmen; nur ſetzt er ſich damit außer Stande, allgemeineren begrifflichen und ſachlichen Forderungen in dieſem Felde zu genügen.

Sonach bleibe ich meinerſeits bei der allgemeinen Bedeutung und Beſtimmung des Maßes der U. E. ſtehen, die ich in den „Elementen“ (I. 47) gegeben habe, hier aber noch etwas beſtimmter als dort geſchehen iſt, erläutern will[1]).

---

[1]) Es gilt hier die U. E. ſchlechthin, woraus ſich die relative U. E. durch Diviſion der erſteren mit einem der beiden Reize oder ihrem Mittel ableitet.

Die U. E. kann nicht abſolut ſondern nur vergleichsweiſe gemeſſen werden, und wird von mir allgemein der objectiven Größe der Reizabänderung oder des Reizunterſchiedes reciprok geſetzt, die in den zu vergleichenden Fällen einen gleich merklichen, gleich deutlichen ſubjectiven Eindruck macht, als gleich groß empfunden wird, gleichwerthig für die Empfindung erſcheint, gleich leicht erkannt wird, der anderen ſubſtituirt werden kann, ohne daß der Größeneindruck ſich ändert; was Alles nur verſchiedene Ausdrücke für ſachlich daſſelbe ſind.

Zunächſt freilich ſcheint dieſe Erklärung nur für die U. E. in Bezug auf Unterſchiede über der Schwelle zu paſſen. Bei der Methode d. m. F. aber beobachtet man nur Fehler, Unterſchiede unterhalb der Schwelle, da man ſolche ja abſichtlich unter die Schwelle herabbringt, und hiebei geben Fehler ſehr verſchiedener Größe dieſelbe E. eines fehlenden Unterſchiedes. Aber das bringt eben nur mit ſich, daß man die U. E. hier nicht nach einem einzelnen U. unter der Schwelle, wohl aber nach der Summe oder dem Durchſchnitt der Unterſchiede, die bei einer großen Anzahl vergleichbar angeſtellter Verſuche unter die Schwelle fallen, beurtheilen kann, indem man die U. E. dem reciproken Werthe davon proportional ſetzt. Auch iſt dieſe Erklärung ganz conſequent mit der Erklärung bezüglich der Fälle über der Schwelle; denn in den Fällen unter wie über der Schwelle ſetzen wir die U. E. reciprok den gleich groß erſcheinenden Unterſchieden, nur eben, weil es viele und verſchiedene Unterſchiede unter der Schwelle giebt, die gleichermaßen fehlenderſcheinen, der geſammten Summe (bei gleicher Zahl) oder dem Durchſchnitt derſelben, welche durch die Methode der m. F. erhalten werden können, wozu ſie freilich anders ausgeführt werden muß, als Müller dieſer Methode theils mißverſtändlich zuſchreibt, theils untriftig vorſchreibt, worauf im VII. Abſchnitt zu kommen.

Hienach können wir der Erklärung, die U. E. ſei reciprok den Unterſchieden, die gleich leicht, d. i. mit gleicher Wahrſcheinlichkeit, bei einer Mehrheit vergleichbar angeſtellter Verſuche erkannt werden, noch die, durch den allgemeinen Begriff der U. E. damit zuſammenhängende, hinzufügen, ſie ſei reciprok den Unterſchieden, die gleich leicht verkannt werden, d. i. den Schätzungsfehlern, die man bei Gleichſchätzung von Größen gegebener Art begeht; ſolche Fehler gewinnen wir aber eben mittelſt der Methode d. m. F.

Während ſich nun das Maß der U. E. durch die Methode d. m. F. bezüglich dieſer Fehler dem allgemeinen Maßprincipe der U. E. in eben angegebener Weiſe unterordnet, ordnet ſich demſelben das Maß bezüglich der Unterſchiede über der Schwelle durch die Methode d. r. u. f. F. in folgender Weiſe unter. Wenn bei dieſem Verfahren zwei verſchieden große Unterſchiede D in vergleichbarer Weiſe unter gleichen äußeren Umſtänden dem Verfahren unterworfen werden, ſo werden ſie bei gleichem Grade der U. E. ein verſchiedenes Verhältniß richtiger, falſcher und zweifelhafter Fälle (r, f, z) liefern. Wenn ſie aber trotz objectiver Verſchiedenheit ein gleiches Verhältniß liefern, kann dies nur ſo gefaßt werden, daß der Einfluß, den die verſchiedene Größe des D bei gleicher Empfindlichkeit geäußert hätte, durch eine Verſchiedenheit der Empfindlichkeit aufgewogen wird, und ſo wird nach unſerem Maßprincip die Empfindlichkeit in dieſen zwei verſchiedenen Zuſtänden den D's, welche dasſelbe Reſultat, d. i. dasſelbe r, f, z, liefern, reciprok zu ſetzen ſein. Hierin liegt nichts von Hypotheſe; es iſt als Sache der Definition, daß die U. E. reciprok iſt den Unterſchieden, die dasſelbe für die E. leiſten, idem per idem geſagt. Nun gelingt es freilich praktiſch nicht leicht, die Abänderung des D bei verſchiedener Empfindlichkeit auf gleiches r, f, z zu bringen. Hätte man ſie aber näherungsweiſe durch Expement darauf gebracht, ſo würde jede Interpolationsformel genügen, ſie vollends rechnungsweiſe darauf zu bringen; natürlich aber eine ſolche Formel den Vorzug haben, die dem wirklichen Wahrſcheinlichkeitsgeſetze der r, f, z in Abhängigkeit von der Größe der begangenen Fehler entſpräche. Und als ſolches Wahrſcheinlichkeitsgeſetz bietet ſich nach wahrſcheinlichſter Hypotheſe das Gaußſche dar. Auch Müller bedient ſich dieſes Geſetzes. Durch Verwerthung der r, f, z im Sinne dieſes Geſetzes, in einer, von Müller freilich abweichenden Weiſe, wovon im IV. Abſchnitt zu ſprechen, gewinne ich ein, dem D, welches das gleiche r, f, z liefert, reciprokes, und hiemit unſerem allgemeinen Maßbegriffe der U. E. entſprechendes, Präciſionsmaß h[1]. Wobei jedoch immer feſtzuhalten, daß principiell das Maß der U. E. durch die betreffende Methode gar nicht an den Ausdruck durch das Präciſionsmaß noch die

---

[1] Nämlich das von mir zum Maße der U. E. benutzte Präciſionsmaß h beſtimmt ſich ſo, daß bei Wechſel des D in verſchiedenen Verſuchsreihen doch h D gleich bleibt, wenn die Verſuche bei den verſchiedenen D auf gleiche r, f, z gebracht ſind. Soll aber h D bei Wechſel von D gleich bleiben, ſo muß ſich h im umgekehrten Verhältniſſe als das D ändern, welches das gleiche r, f, z liefert, alſo gleich für die E. erſcheint; womit es nun eben dem Begriffe des Maßes der U. E. entſpricht. Auf dasſelbe Princip kommt es heraus, wenn, wie in den Elementen auf Grund des Möbiusſchen Linienſchema geſchehen, die Gleichheit von r, f, z an die Gleichheit von $\frac{hD}{2}$ ſtatt h D geknüpft iſt.

Gültigkeit des Wahrſcheinlichkeitsgeſetzes, in deſſen Ausdruck das Präciſionsmaß eingeht, gebunden iſt, ſondern daß die fundamentale Beſtimmung (um ſie kurz ſo zu bezeichnen) des Maßes der U. E. durch die Methode der r. u. ſ. F. die bleibt, es ſei reciprok den Werthen D, die daſſelbe r, ſ, z liefern, wofür in der That das Präciſionsmaß nur als ein durch Rechnung zu gewinnender Erſatzwerth eintritt[1]. Auch hatte ich von vorn herein das Verfahren nur aus dieſem fundamentalen Geſichtspuncte gefaßt und das Gaußſche Geſetz mit ſeinem Präciſionsmaße nur wegen der praktiſchen Undurchführbarkeit des fundamentalen Princips zu Hülfe genommen; wogegen Müller ohne Rückſicht auf dies Bedürfniß von vorn herein mit der Anwendung des Gaußſchen Geſetzes in einer Weiſe vorgeht, welche ihn gar nicht zu einem, als Maß der U. E. brauchbaren Präciſionsmaße geführt hat; daher eben ſeine Behauptung (p. 20), daß das aus der Methode abzuleitende Präciſionsmaß überhaupt dazu unbrauchbar ſei, oder doch nicht weiter brauchbar, als es ſeine Reciprocität mit der Unterſchiedsſchwelle beweiſen könne.

III. Über die ſogenannten zufälligen Fehlervorgänge.

Bei den Methoden der richtigen und falſchen Fälle ſo wie der mittleren Fehler ſind die, von Müller ſo genannten zufälligen Fehlervorgänge, von mir häufig nur kurz Zufälligkeiten genannt, von großem Einfluſſe auf die Reſultate, weniger bei der Methode der eben merklichen Unterſchiede, obwohl ſie auch hier nicht ganz fehlen. Was ich nun darüber in den „Elementen" (I. 76 ff.) zu ſagen wußte, iſt weſentlich in folgenden Bemerkungen enthalten.

„Bei allen 3 Methoden ſpielen unregelmäßige Zufälligkeiten, welche theils den Manipulationen anhaften, theils in ſubjectiven Verhältniſſen der Auffaſſung der verglichenen Größen begründet liegen, eine große Rolle. . . . Wenn bei den Verſuchen die Manipulation ſich irgendwie ändert, tritt auch ſofort ein anderes Spiel der Zufälligkeiten ein und hören die Maße auf, vergleichbar zu ſein; ebenſo kann man wegen möglicher Abänderung innerer Verhältniſſe bei verſchiedenen Individuen nicht denſelben Spielraum der Zufälligkeiten vorausſetzen."

---

[1] Geht man einmal auf die Berechnung der Verſuche nach dem Gaußſchen Geſetze ein, ſo kann die Bedeutung des von mir abzuleitenden Präciſionsmaßes für das Maß der U. E. auch noch in anderer Weiſe erläutert werden, wie in Abſchn. VI geſchehen wird.

„Es giebt überhaupt keinen Weg, ein von dieſen Zufälligkeiten freies Maß zu erlangen; ihre Durchſchnittsgröße geht ſtets in das Maß mit ein. Das hindert nun nicht, vergleichbare Maße der Empfindlichkeit zu gewinnen, ſo lange dieſer Factor conſtant bleibt, d. h. ſo lange die unregelmäßigen Zufälligkeiten im Durchſchnitte gleiche Größe behalten; ja es würden ohne dieſe Zufälligkeiten die Maßmethoden der richtigen und falſchen Fälle und mittleren Fehler gar nicht exiſtiren. Aber es knüpft ſich an die vorige Betrachtung die wichtige Rückſicht, eben auch nur ſolche Maße der Empfindlichkeit als vergleichbar anzuſehen, wobei man ein gleiches Spiel der Zufälligkeiten vorausſetzen kann, was eine genaue Vergleichbarkeit der äußern und innern Verhältniſſe erfordert.“

Nun hat Müller in gewiſſer Weiſe Recht, wenn er (p. 335) unter theilweiſer Reproducirung voriger Stelle ſagt, es ſei damit von mir auf die Frage, „welcher Art die zufälligen Fehlervorgänge ſeien, die ſich bei Auffaſſung eines gegebenen Sinnenreizes mit geltend machen, leider nicht eingegangen“; denn wenigſtens iſt nicht ſo weit darein eingegangen, als ſich darein eingehen ließ und von ihm ſelbſt eingegangen iſt; ich wußte nur eben in den „Elementen“ nicht mehr als obiges Allgemeine davon zu ſagen, und glaubte damit zunächſt der, bei den Maßmethoden darauf zu nehmenden, Rückſicht genug gethan zu haben. Aber es iſt Müller'n als Verdienſt anzurechnen, daß er die Frage nach der Natur jener Vorgänge ſpecieller ins Auge gefaßt hat, und würde es noch mehr ſein, wenn er ſie auch triftig beantwortet hätte; was ich nicht ebenſo zugeſtehen kann. Es handelt ſich namentlich dabei um drei Hauptfragen: *Erſtens*, ſind die zufälligen Fehlervorgänge, die bei den Maßverſuchen eine Rolle ſpielen, vielmehr innere oder äußere im Sinne der weiterhin in dieſer Hinſicht zu machenden Unterſcheidung. *Zweitens*, ſind die Änderungen, welche die Größe der pſ.-ph. Erregungen durch die zuf. Fehlervorgänge erleidet, von dieſer Größe unabhängig oder davon abhängig, beziehentlich damit proportional. *Drittens*, wie iſt das Weberſche Geſetz mit den thatſächlichen Verhältniſſen der zuf. Fehlervorgänge in Beziehung zu ſetzen, und ergiebt ſich etwa von hier aus ein Vortheil für die eine oder andere Deutungsweiſe dieſes Geſetzes. In keinem dieſer Puncte aber vermöchte ich nach folgenden Erwägungen Müller'n beizutreten.

Was zwar den *erſten* Fragepunct anlangt, ſo wird *allgemein geſprochen* weder von Müller noch von mir in Abrede geſtellt, daß die zufälligen Fehlervorgänge bei den Verſuchen *ſowohl* innere als äußere ſein können; aber, während ich mich meinerſeits in den „Elem.“

nicht entſchieden habe, ob *in der Hauptſache* mehr innere oder äußere, nach genauerer Erwägung aber mich für Letzteres entſcheide; entſcheidet Müller ſich für Erſteres, ja ſo ſehr, daß er bei den betreffenden Verſuchsmethoden weſentlich *nur* die inneren für berückſichtigenswerth hält, indem er die ſpecielle Anführung ſeiner Gründe dafür mit folgenden Worten (p. 342) abſchließt. „Nach dem Verſtehenden dürfte im Allgemeinen wenig Widerſpruch gegen die Annahme zu erwarten ſein, daß die zufälligen Fehlervorgänge, deren Einflüſſen unſere Auffaſſung gegebener Sinnesreize unterliegt, im Innern unſeres Organismus ſtattfindende, die Intenſitäten der vorhandenen ſenſoriſchen Nervenerregungen beeinfluſſende Vorgänge ſind, z. B. zufällige Schwankungen der Erregbarkeit, unregelmäßige Einflüſſe des Blutlaufes, unberechenbare Einwirkungen der in den verſchiedenen Theilen des Centralorganes vorhandenen Erregungszuſtände auf einander u. dgl. mehr.“

Die *zweite* Frage anlangend, ſo iſt nach Müller (p. 346): „die Wirkung der im Nervenſyſtem vor ſich gehenden zufälligen Fehlervorgänge ganz unabhängig von der Intenſität der Nervenerregung, welche von dem aufzufaſſenden Sinnesreize hervorgerufen wird“, wofür Müllers Gründe mit meinen Gegengründen weiterhin folgen.

Endlich *drittens* findet Müller auf Grund voriger Beſtimmungen und der thatſächlichen Reciprocität der U. Schw. mit dem Präciſionsmaße nur die phyſiologiſche Deutung des Weberſchen Geſetzes zuläſſig.

Um nun zuerſt auf den erſten Fragepunct einzugehen, ſo ſetze ich der Entſcheidung Müllers, daß die zufälligen Fehlervorgänge, welche bei den Verſuchen eine Rolle ſpielen, vielmehr innere als äußere ſind, folgende Bemerkungen entgegen.

Factiſch findet ſich, daß die zufälligen Änderungen im Eindruck der Reize, die wir auf zufällige Fehlervorgänge ſchreiben, nach Maßgabe ſchwinden, als die *äußeren* Urſachen derſelben bei den betreffenden Verſuchen ſchwinden. In dieſer Beziehung iſt der Vergleich der Gewichtsverſuche nach der Methode der r. u. f. F. mit den Schattenverſuchen nach der Methode des e. m. U., — beide in bekannter Weiſe zur Prüfung des Weberſchen Geſetzes angeſtellt — beſonders inſtructiv. Bei den Gewichtsverſuchen macht ſich das Spiel der zufälligen Fehlervorgänge in auffälligſter Weiſe geltend, indem die davon abhängigen richtigen, falſchen und zweifelhaften Fälle in ſo unregelmäßiger Weiſe wechſeln, daß das Gaußſche Geſetz zufälliger Abweichungen darauf Anwendung findet; es fehlt aber auch nicht an äußeren Urſachen, worauf dies geſchoben werden kann. In der That läßt ſich von vorn herein denken, daß ſelbſt bei möglichſt ſorgfältiger Gleichhaltung der äußeren Umſtände, worauf ich in meinen Verſuchen Bedacht genommen, doch ein Gewicht einmal in ſchieferer Richtung, mit ſtärker oder anders gedrehter, härter oder weniger hart zugreifender, mehr oder weniger ermüdeter oder eine Nachdauer der vorigen Wirkung an ſich tragender Hand erhoben wird als das anderemal oder als das andere Gewicht, und daß dieſe Umſtände, die ich kurz als äußere rechne[1], nach Zufallsgeſetzen variiren. Jetzt nehmen wir die Schattenverſuche nach der Methode der e. m. U. dagegen. Wenn man bei dieſen den U. beider aneinander grenzender Schatten oder des Schattens von ſeiner Umgebung bis zur Unmerklichkeit, d. i. ein wenig unter die U. Schw., herabgebracht hat, ſo ſollte er nach Müller durch die inneren Fehlervorgänge bald wieder auftauchen, bald wieder erlöſchen, bald ſcheinbar in den entgegengeſetzten umſchlagen, wie wir das Entſprechende bei den Gewichtsverſuchen ſehen, wenn der U. zwiſchen beiden Gewichten klein iſt. Quod non. Man ſucht die Grenze zwiſchen beiden Schatten oder des Schattens von ſeiner Umgebung vergebens, ſucht ſie fortgehends vergebens und niemals wechſelt der U. für die Auffaſſung ſein Vorzeichen[2]. Auch zwei einander ſehr nahe Wolkennüancen, deren U. etwas über der Schwelle iſt, thun es nicht. Und möge doch Müller ſelbſt zuſehen, ob bei den ſo zu ſagen unzähligen Verſuchen mit Schatten und Drehſcheiben, überhaupt bei Verſuchen nach der Methode der e. m. U. zur Prüfung des Weberſchen Geſetzes, irgendwo von ſolchen Änderungen die Rede iſt, wie ſie nicht nur bei der Methode der r. u. f. F. ſondern auch m. F. eine Hauptrolle ſpielen. Worin aber liegt der weſentliche Unterſchied zwiſchen den betreffenden Methoden? Man kann ihn doch nur darin finden, daß ſich bei erſteren nicht ebenſo wie bei den anderen zwiſchen den Vergleich der Componenten des Unterſchiedes räumliche, zeitliche und Bewegungsunterſchiede einſchieben, welche äußeren Zufälligkeiten Raum geben.

Wir haben hier Gewichtsverſuche mit Lichtverſuchen verglichen; aber auch bei den Gewichtsverſuchen ſelbſt läßt ſich der Einfluß der äußeren Umſtände im angegebenen Sinne durch folgende Thatſache beweiſen, welche Müller ſelbſt an meinem, jetzt in ſeinen Händen befindlichen, Gewichtsapparat verificiren kann, eine Thatſache, von der ich geſtehe, daß ſie mich früher in Verlegenheit geſetzt hat, indeß ſie ſich ganz einfach aus der in der Hauptſache äußeren Natur der zuf. Fehlervorgänge im angegebenen Sinne erklärt.

---

[1] Unregelmäßiger Wechſel der Ermüdung und Nachdauer fallen in ſofern unter die Kategorie der äußeren, als ſie von Einwirkung der äußeren Gewichte ſelbſt abhängen.

[2] Bei wiederholten Einſtellungen auf den eben merklichen Unterſchied mittelſt äußerer Manipulationen wird man freilich auch ein Spiel zufälliger Fehlervorgänge finden können, und in ſofern auch die Methode der e. m. U. denſelben zugänglich ſein.

Man ſtelle mit zwei ganz gleichen Gewichten eine einhändige Verſuchsreihe unter den, in meinen „Elementen" angegebenen (oder auch ſelbſt gewählten) Normalverhältniſſen an, d. h. hebe bis zu gegebener Höhe während 1 Sec. das eine Gewicht, ſetze es während 1 Sec. nieder, thue nach 1 Sec. Zwiſchenzeit daſſelbe mit dem andern nebenſtehenden Gewicht, nachdem man in der Zwiſchenzeit den Handgriff des erſten losgelaſſen und mit derſelben Hand den des andern angefaßt u. ſ. w., wiederhole nach 5 Sec. Zwiſchenzeit dieſen Doppelverſuch u. ſ. w., ſo wird man trotz dieſer Einhaltung ſcheinbar *ganz gleicher* äußerer Verſuchsverhältniſſe und trotz der objectiven Gleichheit der Gewichte ſelbſt, einen ganz ähnlichen unregelmäßigen Wechſel der Fälle erhalten, als wenn man eine ganz entſprechende Verſuchsreihe unter ganz denſelben Normalverhältniſſen mit zwei, *um wenig verſchiedenen*, Gewichten anſtellte; bald wird das eine, bald das andere größer erſcheinen, bald beide gleich erſcheinen. Ich habe ganze große Verſuchsreihen (ſog. Reihen ohne D) zum Beweiſe davon vorliegen. Spricht das nicht aber gerade für Müller? Wenn die äußeren Umſtände und die Gewichte gleich bleiben, woher ſoll der Wechſel der Fälle rühren als von inneren Wechſeln? Aber gemach! Hienach hebe man unter übrigens denſelben Umſtänden nur das eine, ſich ſelbſt gleiche, Gewicht mit einer und derſelben Hand, in denſelben Zeitintervallen als vorhin die zwei, ſo daß zwei Hebungen deſſelben einen Gewichts an die Stelle der vorigen Hebungen zweier gleichen Gewichte treten, *ohne aber während der ganzen Dauer der Verſuche die Hand vom Handgriff des einen Gewichtes loszulaſſen oder ihre Stellung, ihren Druck daran zu verändern*, ſo wird man im Vergleich je zweier ſolcher Hebungen zwar nicht bloß, aber *weit überwiegend* gegen die vorige Verſuchsweiſe, Nullfälle erhalten, d. h. den Unterſchied null oder zweideutig finden. Warum? weil die Angriffs- und Bewegungsweiſe des einen, continuirlich mit derſelben Hand feſtgehaltenen und nur gerade auf- und abbewegten Gewichtes nicht ebenſo wechſeln kann, als der zwei Gewichte im Übergange vom einen zum andern.

Und was wollen nun gegen die, in dieſer Hinſicht gegen Müller durchſchlagenden Thatſachen, *welche die Verſuche ſelbſt, um die* *ſich's handelt, direct angehen*, die von Müller weit dazu hergeholten ſagen; doch faſſen wir ſie immerhin näher ins Auge, ob ſie etwas dagegen bedeuten.

Müller legt (p. 339) beſonderes Gewicht darauf, „daß das leiſe Ticken einer Taſchenuhr, welche ſich in einiger Entfernung vom Ohr befindet, keineswegs mit gleichmäßiger Stärke vernommen wird, ſondern zeitweiſe ſich eine Zu- oder Abnahme der Schallempfindung bemerklich macht. Wird die Uhr in einer ſolchen Entfernung vom Ohr gehalten, daß das Ticken nur ſehr ſchwach hörbar iſt, ſo werden nicht bloß zeitweiſe Schwächungen der Schallempfindung wahrgenommen, ſondern die Schläge der Uhr fallen unſerer Empfindung nach zuweilen gänzlich aus. Hiebei kann der Übergang von der vollen Intenſität der Schallempfindung bis zur gänzlichen Auslöſchung derſelben ein allmäliger oder plötzlicher ſein". Müller fügt zu dieſer Thatſache noch Bemerkungen zum Ausſchluſſe des Verdachts hinzu, daß es *objective* Schwankungen im Tictac der Uhr ſelbſt ſind, wovon die Schwankungen im Hören desſelben abhängen, Bemerkungen, die ich ohne Widerrede gelten laſſe. Alſo, ſo ſcheint es doch, können nur innere Änderungen die Urſache davon ſein.

Nun iſt aber zuvörderſt durch dieſe Bemerkungen etwas nicht ausgeſchloſſen, was zu berückſichtigen war, ohne von Müller berückſichtigt zu ſein, ehe er einen Beweis für ſeine Anſicht aus dieſem und ähnlichen Experimenten entnehmen konnte, nämlich, daß das die Luft ſtets erfüllende allgemeine Geräuſch ſchwache Töne nicht nur *überhaupt*, ſondern auch *mit Unterbrechungen* hörbar und nicht hörbar werden laſſen kann, je nachdem es durch näher kommendes und ſich entfernendes Rollen von Wagen, Verſtärkung und Schwächung im Wehen des Windes, mehr oder weniger laute Stimmen aus größerer oder geringerer Nähe u. ſ. w. übertönt oder nicht übertönt wird; was vom Beobachter ſelbſt um ſo weniger controlirt werden kann, als er ſeine Aufmerkſamkeit vielmehr auf das Ticken der Uhr, als auf mitgehende Geräuſche zu richten hat.

Zweitens iſt zu bedenken, daß es überhaupt nicht möglich iſt, die Aufmerkſamkeit *willkürlich* lange in derſelben Richtung geſpannt zu halten, indeß zur unwillkürlichen Erhebung der Aufmerkſamkeit in beſtimmter Richtung über die Schwelle ein gewiſſes Übergewicht der Stärke der demgemäßen Reize über die immer irgendwie mitſpielenden Reize, welche davon abziehen, gehört, wonach aus beiden Gründen beim Verſuch, die Aufmerkſamkeit anhaltend auf das Ticken der Uhr zu concentriren, doch deren ſchwache Töne mitunter der Aufmerkſamkeit entfallen können. Nun iſt zwar die Aufmerkſamkeit ſelbſt als ein inneres Phänomen anzuſehen, nur daß ſie bei den Verſuchen, um die ſich's für uns handelt, — mögen wir ſie vergleichshalber auch als Schallverſuche anſtellen — nicht dieſelbe Rolle ſpielen kann, als bei den Verſuchen mit der Uhr. In der That braucht bei unſeren Verſuchen die Aufmerkſamkeit gar nicht auf eine ganze Reihe von Schlägen continuirlich gerichtet zu ſein, um keinen zu verſäumen, ſondern hat ſich nur auf jeden, mit dem andern zu vergleichenden, Schall insbeſondere kurze Zeit zu richten und dann wieder zu erholen. Wenn man nun zu jedem neuen Schalle, den es aufzufaſſen gilt, nicht nur mit möglichſt gleicher, ſondern auch möglichſt ſtarker Aufmerkſamkeit zurückkehrt, indeſſen ſie dazwiſchen ruhen läßt, ſo werden die, von Schwankungen der Aufmerkſamkeit abhängigen oder darin beruhenden zufälligen Fehlervorgänge überhaupt nur wenig in Betracht kommen, und vollends falſche Fälle nicht darauf geſchoben werden können. Daß gar nichts auf Schwankungen der Aufmerkſamkeit bei den zuf. Fehlervorgängen zu rechnen ſei, will ich nicht behaupten. Auch bleibt immerhin nicht ſchlechthin ausgeſchloſſen, daß es andere innere Vorgänge aus der allgemeinen Klaſſe derer, die Müller erwähnt, geben kann, welche einigen Antheil daran haben; nur müßten ſie ſich bei den Schatten- und Scheibenverſuchen zur Prüfung des Weberſchen Geſetzes in einer Weiſe bemerklich machen, wie es bemerktermaßen nicht der Fall iſt, ſollte etwas Erhebliches auf ſie zu geben ſein. Und daß jedenfalls die ſpecialen Beiſpiele, welche Müller noch außer dem Uhrverſuche zur Stützung ſeiner Anſicht beibringt, dafür ſo gut wie nichts leiſten, dürfte aus folgender Mittheilung darüber von ſelbſt hervorgehn.

Müller macht (p. 340) geltend: „daß das poſitive Nachbild, welches ein Geſichtseindruck hinterläßt, nicht in regelmäßigem Ablaufe bis zum gänzlichen Verſchwinden ſich verdunkelt, ſondern oft in unregelmäßiger Weiſe momentan ganz verſchwindet oder gar in ein negatives Nachbild umſchlägt, um kurz darauf wieder als poſitives Nachbild zu erſcheinen.“ Aber in ſofern ſolche Wechſel vorkommen, hängen ſie jedenfalls in der Hauptſache, fraglich ob nicht immer, von äußeren Bewegungen der Augen, der Augenlider, des übrigen Körpers ab, worüber man meine, wie es ſcheint vergeſſenen [1]), ſehr eingehenden Beobachtungen in Poggend. Ann. XLIV. 525 ff. nachleſen mag.

---

[1]) Ich ſage „vergeſſenen“, weil Müller ſonſt nicht bloß nebenſächlich der mög-

Ferner ſollen nach Müller (p. 341) „vor Allem auch die unregelmäßigen Schwankungen der Helligkeit, welche wir bei ganz conſtanten äußeren Beleuchtungsverhältniſſen an dem ſog. Eigenlichte der Netzhaut beobachten, auf zufällige innere Nervenvorgänge hindeuten, welche die Erregung äußerer Sinnesnerven und der mit denſelben verbundenen centralen Theile beeinfluſſen.“ Ich weiß nicht, auf was für Thatſachen ſich Müller hiebei bezieht. Daß die Helligkeit des Augenſchwarz bei ganz conſtanten äußeren Beleuchtungsverhältniſſen, ohne von Nachbildern afficirt zu ſein, überhaupt ſchwanke, habe ich nie bemerkt, und das Abklingen der Nachbilder iſt allgemein geſprochen, abgeſehen nämlich von Störungen durch äußere Bewegungen und etwaigen Ausnahmen fraglicher Natur, ein regelmäßiges nach einem geſetzlichen Gange. Ebenſo kann ich mich vom früheren geſunden Zuſtande meiner Augen her nicht erinnern, daß der, wohl in keinem Auge ganz fehlende, doch in geſunden Augen ſparſame Lichtſtaub im Schwarz des geſchloſſenen Auges (Pogg. XLIV. 517) in kurzen Intervallen unregelmäßig nach Häufigkeit oder Intenſität geſchwankt habe, und auch jetzt, wo mein geſchloſſenes Auge von einem ſehr dichten, raſch zitternden (flackernden) Lichtſtaub erhellt iſt, ändert ſich die Intenſität und Elongation des Zitterns nur nach Maßgabe des krankhaften Reizzuſtandes von einer Periode zur andern, nicht zufällig während der zu einer Verſuchsreihe erforderlichen Zeit.

Was die zufälligen Schwankungen der Empfindungsintenſität bei tabes dorsalis und im Zuſtande der Schläfrigkeit anlangt, deren Müller (p. 341) noch *gedenkt, ſo iſt ja allerdings möglich*, daß hiebei innere Schwankungen ſich leichter und ſtärker geltend machen, als im Zuſtande geſunder Nervenſtimmung und im vollen Wachen; aber nur in Zuſtänden geſunder Nervenſtimmung und im vollen Wachen ſind die Verſuche anſtellbar, um die ſich's für uns handelt.

Wenden wir uns jetzt zur zweiten Behauptung Müllers, daß die Änderungen, welche die von außen hervorgerufenen pſ.-ph. Erregungen, kurz äußeren Eindrücke, durch die zufälligen Vorgänge erfahren, unabhängig von der Größe dieſer Eindrücke, d. i. pſ.-ph. Erregungen, ſind. Da Müller die zuf. Fehlervorgänge weſentlich nur für innere hält, bezieht er die Frage auch bloß auf die durch ſolche hervorgebrachten Änderungen; da wir aber nach Vorigem den äußeren Vorgängen ſogar eine noch wichtigere Rolle zuzuſchreiben haben, werden wir auch dieſe vorzugs-

---

lichen Mitbetheiligung ſolcher äußeren Bewegungen am Entſtehen des Phänomens gedacht haben würde.

weiſe zu berückſichtigen haben, ohne doch die Frage ſchlechthin auf ſie zu beſchränken.

In das Gehirn direct hineinſehen können wir freilich nicht, alſo eine directe Entſcheidung über die Frage iſt nicht möglich, doch werden wir Anhaltspuncte in der Erfahrung ſuchen müſſen. Das Einzige aber, was ich in dieſer Hinſicht von Müller geltend gemacht finde, iſt Folgendes:

Mit Bezug auf die oben beſprochenen Unterbrechungen ſehr ſchwacher Gehörsempfindungen (beim Picken einer Uhr) durch die von ihm angenommenen inneren Fehlervorgänge ſagt er: „warum bewirken nun jene Fehlervorgänge nicht auch gänzliche Intermiſſionen ſtarker Gehörsempfindungen? Offenbar kommen jene Unterbrechungen ſehr ſchwacher Sinnesempfindungen dadurch zu Stande, daß der dem vorhandenen Fehlervorgange entſprechende [innere] negative Erregungszuwachs — z ſeinem abſoluten Werthe nach größer oder mindeſtens gleich groß iſt als die durch den Sinnesreiz bewirkte Nervenerregung und in Folge deſſen dieſelbe ganz auslöſcht. Wären nun die zufälligen Fehlervorgänge von den eintretenden Nervenerregungen abhängig und zwar die Größen z den letzteren proportional, ſo müßten offenbar auch die ſtarken Nervenerregungen durch die zufälligen Fehlervorgänge zuweilen ganz ausgelöſcht werden können. Dies iſt aber durchaus nicht der Fall, und zwar eben deswegen nicht, weil die Größen z im Allgemeinen von den Nervenerregungen unabhängig ſind, mithin in Vergleich zu der vorhandenen Erregungsintenſität um ſo geringer ſind, je größer dieſe iſt, und demgemäß nur ſehr ſchwache Nervenerregungen ganz auszulöſchen vermögen.“

Aber Müller unterläßt hiebei ganz, den Umſtand zu berückſichtigen, daß ſchwache Reize der Schwelle nahe, ſtarke weit davon entfernt ſind, jene alſo durch dieſelbe proportionale Änderung unter die Schwelle fallen können, bei welcher dieſe noch darüber erhoben bleiben. Setzen wir z. B., zwei Eindrücke, wovon der eine 10 mal ſo ſtark als der andere iſt, werden durch einen Fehlervorgang beide ihrer Größe proportional auf die Hälfte reducirt, ſo kommt der gleich 1 geſetzte ſchwache auf $^1/_2$, der andere auf 5 herab. Der Eindruck $^1/_2$ aber fällt unter die Schwelle, mag dieſe bei 1, 2, 3 oder 4 liegen, indeß der Eindruck 5 immer noch darüber bleibt. Nun läßt freilich Müller im Sinne ſeiner phyſiologiſchen Anſicht eine innere Empfindungsſchwelle nicht gelten, ſondern die kleinſte innere pſ.-ph. Erregung ruft nach ihm ſchon eine kleinſte Empfindung hervor; um die innere Empfindungsſchwelle aber handelt es ſich bei den innerlichen Eindrücken, die wir hier im Auge haben. Aber abgeſehen, daß ich keinen Grund finde, meine pſ.-ph. Anſicht mit Müllers phyſiologiſcher zu vertauſchen (ſ. XII.) leiſtet auch die Rückſicht auf die nicht wegzudisputirende Miſchungsſchwelle (ſ. XV.) dasſelbe als die Rückſichtnahme auf die einfache Empfindungsſchwelle. So lange der Menſch wach iſt, iſt er immer irgendwie durch ein Spiel von außen und innen einwirkender Reize beſchäftigt, und ſoll ein Reiz als beſonderer ſpürbar werden, ſo muß er erſt eine gewiſſe Grenze der Stärke, die Miſchungsſchwelle überſchreiten, um ſich aus dem Gemiſche der übrigen Reize als unterſcheidbar beſonders herauszuheben; eine ſchwache innere Erregung aber kann leichter unter die Miſchungsſchwelle fallen, als eine ſtarke. Endlich reicht es ſchon hin, zu berückſichtigen, daß die Aufmerkſamkeit leichter durch ſtarke als ſchwache Reize über der Schwelle erhalten wird, um jene Thatſachen, die Müller nur im Sinne ſeiner Anſicht glaubt erklären zu können, anders zu erklären.

Abgeſehen vom vorigen empiriſchen Grunde findet es Müller (p. 343) überhaupt „ſchwer, einzuſehen, wie die den zufälligen Fehlervorgängen entſprechenden poſitiven und negativen Zuwüchſe der eintretenden Nervenerregung von der Intenſität dieſer Nervenerregung abhängig und zwar derſelben proportional ſein ſollten, da ſie nicht erſt in der von außen hervorgerufenen Nervenerregung ſondern in anderen inneren Verhältniſſen ihren Grund haben“.

Aber natürlich ſtellt ſich das anders, ja umgekehrt, wenn die zufälligen Fehlervorgänge vielmehr äußere als innere ſind. Erläutern wir es näher an den Gewichtsverſuchen.

Die Weiſe, wie die Gewichte gehoben werden, hat auf die Wirkung, welche jedes Gewicht in Hervorrufung der inneren pſ.-ph. Erregung äußert, einen derartigen Einfluß, als ob das Gewicht dadurch um ein Gewiſſes objectiv vergrößert oder verkleinert worden wäre, was wir die ſcheinbare Änderung desſelben nennen (ſachlich übereinkommend mit Müllers zufälligem Beobachtungsfehler), indeß das ſo vergrößert oder verkleinert vorgeſtellte Gewicht ſelbſt das ſcheinbare heißen kann. Sofern nun alle Theile eines gegebenen Gewichts zugleich von demſelben Einfluſſe betroffen werden, kann die ſcheinbare Änderung desſelben einerſeits der Intenſität des verändernden Einfluſſes, anderſeits der Größe des Gewichtes proportional gelten oder es wird ſich wenigſtens zunächſt hypothetiſch ſo annehmen laſſen, um ſich weiterhin durch ſeine Conſequenzen zu rechtfertigen. Hienach aber iſt am einfachſten anzunehmen und geſchieht ſo im Sinne der von mir vertretenen pſ.-ph. Anſicht, daß die von den Gewichten gemachten inneren pſ.-ph. Eindrücke den Gewichten ſelbſt und die zufälligen Änderungen dieſer Eindrücke den zufälligen Änderungen der Gewichte proportional gehen; woraus dann unter voriger Vorausſetzung von ſelbſt folgt, daß die zufälligen Änderungen der inneren Eindrücke den inneren Eindrücken ſelbſt proportional gehen[1]. Sollte aber auch im Sinne der von Müller vertretenen phyſiologiſchen Anſicht vielmehr logarithmiſche Abhängigkeit als Proportionalität zwiſchen Innen und Außen beſtehen (um kurz ſo zu ſprechen), ſo würde auch dann nicht die von Müller behauptete Unabhängigkeit der zufälligen Änderungen der inneren Eindrücke von deren Größe ſtatt finden, ſondern nur ſtatt der einfachen Proportionalität dazwiſchen eine andere Art der Abhängigkeit beſtehen; bei der jetzigen Hauptfrage aber handelt es ſich vielmehr erſt um Abhängigkeit oder Nichtabhängigkeit in betreffender Hinſicht überhaupt, als um eine beſtimmte Art der Abhängigkeit. Sollte Unabhängigkeit der inneren Änderungen der Eindrücke von deren Größe ſtatt finden, ſo müßten ſchon die zufälligen Änderungen der äußeren Gewichte von deren Größe unabhängig ſein; und es ließe ſich ja wohl gegen die obige Begründung der Proportionalität zwiſchen beiden der Vorwurf mangelnder Strenge erheben und in gewiſſem Sinne zuzulaſſen ſein; aber, wenn nicht eine mindeſtens angenäherte Proportionalität dazwiſchen beſtände, ſo bliebe nach den weiterhin bei der dritten Hauptfrage folgenden Erörterungen ebenſo für die phyſiologiſche als pſychophyſiſche Auffaſſung des Weberſchen Geſetzes unerklärlich, wie eine approximative Bewährung dieſes Geſetzes überhaupt durch Verſuche mit zufälligen Fehlervorgängen und mittelſt derſelben ſelbſt zu Stande kommen könne.

Um nun hienach auch die, unſtreitig nicht ganz fehlenden, inneren zufälligen Fehlervorgänge zu berückſichtigen, ſo iſt zuvörderſt zu bemerken, daß ſie, wenn ſchon innerhalb unſeres Organismus vorgehend, ſich doch in ſofern äußerlich zu den aus der Außenwelt ſtammenden inneren Eindrücken verhalten, als ſie Sache einer, abgeſehen von dieſen Eindrücken wechſelnden, allgemeinen organiſchen Thätigkeit ſind, womit wir zunächſt auf Müllers eigene Vorſtellungsweiſe davon eingehen, indem wir annehmen, daß dieſe wechſelnden Vorgänge ändernd zu den inneren Eindrücken hinzutreten, und ihr zufälliges $+z$ und $-z$ dazu fügen. Gleichviel aber ob man dieſe Vorgänge aus einem oder dem andern Geſichtspuncte als innere oder äußere faſſen will, ſo ſcheint mir folgende allgemeine Betrachtung darauf anwendbar.

---

[1] Wohl verſtanden, nicht die einzelnen Änderungen, ſondern die Summe oder der Durchſchnitt der Änderungen iſt dem Mittel der ſich ändernden Eindrücke, von wo an die Änderungen ſelbſt gerechnet werden, proportional zu denken.

Überall ſonſt ſehe ich, wenn Größen, ſo oder ſo entſtanden, ſei es durch äußere oder innere Gründe, zufällig variiren, daß ſie in Abhängigkeit von ihrer (mittleren) Größe, allgemein geſprochen derſelben proportional variiren; und wie ſollten ſie nicht, ſofern mehr Theile und Momente auch den inneren und äußeren ändernden Urſachen mehr Angriffspuncte bieten. Es wird nur außer der Größe ſelbſt, welche variirt, auch die Größe, der Spielraum der ändernden Urſachen mit in Betracht kommen, ſo wie die ſpecifiſche Empfänglichkeit der Größe für Änderungen überhaupt. Alſo wird die Größe der zufälligen Variation bei gleicher Natur der Größe in zuſammengeſetztem Verhältniſſe dieſer Größe und der ändernden Einflüſſe ſtehen, unter Mitrückſicht, daß, wenn äußere ändernde Einflüſſe nicht auf alle Theile der betreffenden Größe mit gleicher Stärke wirken, nur der betreffende Verhältnißtheil der Wirkung darauf in Rechnung kommt. Es iſt dies nicht nur Sache vernünftiger Betrachtung, ſondern auch einer ſo allgemeinen Erfahrung in den verſchiedenſten Gebieten, daß wir vielmehr Induction als Analogie darin ſehen können. So ſchwankt die Welle, obwohl vom äußeren Winde gehoben, in Abhängigkeit nicht bloß von der Stärke des Windes, ſondern auch von ihrer eigenen mittleren Größe; die Stärke des Windes ſelbſt, das Grollen des Donners, die Höhe der Tanne, die Größe der Maus und des Elephanten (in den verſchiedenen Exemplaren derſelben) ſchwanken alle in Abhängigkeit einerſeits von ihrer mittleren Größe, anderſeits der ändernden Urſachen; warum ſollte es mit den zufälligen Schwankungen der inneren Eindrücke anders ſein.

Ich will zwar einen Einwurf nicht verſchweigen, der ſich gegen die vorige Betrachtung erheben läßt. Von jedem Körper kann ich ein Stück abſchneiden, ohne daß die Veränderung, die er dadurch erfährt, ſeiner Größe proportional iſt, und wenn ich einen Stoß mit gegebener Kraft auf einen Billardball thue, wird weder die Quantität noch lebendige Kraft der Bewegung, die daraus hervorgeht, proportional der Maſſe des Balles wachſen; ſolcher Beiſpiele von verſchiedenſter Form aber ließen ſich unzählige anführen, wo unſer Proportionalitätsgeſetz fehlſchlägt. Aber das ſind alles Änderungen in einſeitiger Richtung, in deren Hervorbringung ſich die Wirkung einer beſchränkten Kraft erſchöpft, unſern Falles aber handelt es ſich um zufällige Richtungswechſel von Änderungen durch Kräfte, die aus der fortbeſtehenden lebendigen Kraft des Geſammtorganismus ſtammen; und wenn ſchon die abſtracte Möglichkeit beſteht, daß ſie ſich dennoch hinſichtlich der Proportionalitätsfrage verhalten wie jene, was ich nicht ſchlechthin widerlegen kann, wüßte ich doch kein analoges Beiſpiel in der Natur dazu zu finden, ſo daß jedenfalls unſerer Betrachtung eine überwiegende Wahrſcheinlichkeit bleibt.

Endlich zur *dritten* Hauptfrage, d. i. wie das Weberſche Geſetz mit den thatſächlichen Verhältniſſen der zufälligen Fehlervorgänge in Beziehung zu ſetzen ſei, und ob ſich etwa von hier aus ein Vortheil für die pſychophyſiſche oder phyſiologiſche Deutung des Geſetzes ergebe.

Meines Erachtens beantwortet ſich dieſe Frage ſo. Das Weberſche Geſetz läßt ſich unter folgender Form aufſtellen: wenn der Unterſchied zweier Reize ſich den Reizen proportional ändert, ſo bleibt die Empfindung des Unterſchiedes dieſelbe; wonach z. B. der Unterſchied zwiſchen den Reizen 1 und 2 als gleich groß mit dem Unterſchiede zwiſchen 2 und 4 empfunden wird, trotz dem, daß der zweite Unterſchied doppelt ſo groß als der erſte iſt.

Sofern nun die Änderungen der Reize durch die zufälligen Fehlervorgänge proportional den Reizen ſind, bleibt auch die Änderung ihres Unterſchiedes proportional den Reizen, und kann alſo das Geſetz, inſoweit es ohne die zufälligen Fehlervorgänge beſteht, durch dieſelben nicht alterirt werden, und es wird alſo zur Bewährung desſelben jedes Verfahren, welches zufällige Fehlervorgänge mitführt, dienen können, ja die Änderungen durch dieſe Vorgänge ſelbſt zur Prüfung mit verwandt werden können, vorausgeſetzt nur, daß wirklich die Änderungen der Reize durch die zufälligen Fehlervorgänge den Reizen proportional bleiben.

Nun iſt oben (S. 34 f.) der Geſichtspunct angegeben, unter welchen man das Zuſtandekommen dieſer Proportionalität faſſen kann; aber es iſt auch zugeſtanden, daß er nicht als ſtreng anzuſehen und ihm noch etwas von Hypotheſe anhaftet; wonach man jedenfalls nicht a priori behaupten kann, daß dieſe Proportionalität überall *ſtreng* eingehalten werde. Wohl, inſoweit es nicht der Fall iſt, wird auch die Bewährbarkeit des Geſetzes durch die Verſuche einen Abbruch erleiden; und dies kann möglicherweiſe zu den empiriſchen Abweichungen vom Geſetze in der äußeren Pſychophyſik beitragen; wogegen umgekehrt die Bewährbarkeit des Geſetzes in gegebenen Grenzen auch für die betreffende Proportionalität in dieſen Grenzen ſpricht; und, wie ſchon oben bemerkt, könnte nicht einmal eine angenäherte Bewährung des Geſetzes ſtatt finden, wenn nicht eine angenäherte Proportionalität ſtatt fände.

Letztere Betrachtung ſcheint mir gleich gültig, mag man die pſychophyſiſche oder phyſiologiſche Deutung des Geſetzes (ſ. XII.) acceptiren, und hienach iſt in den Verhältniſſen der zufälligen Fehlervorgänge überhaupt keine Entſcheidung zwiſchen beiden zu finden, was nur der Fall wäre, wenn in dieſen Verhältniſſen zugleich eine Entſcheidung läge, ob die äußeren Reize einſchließlich der ihnen proportionalen Änderungen durch die zufälligen Fehlervorgänge ſich in proportionale oder logarithmiſch davon abhängige innere Eindrücke überſetzen.

Jedenfalls kann ich, indem ich das Erſte aus andern Gründen annehme (ſ. XII.), gar keine Schwierigkeit finden, die Verhältniſſe der zufälligen Fehlervorgänge mit der pſychophyſiſchen Auffaſſung des Weberſchen Geſetzes zu vereinbaren, indeß ich aus jenen andern Gründen, die in einem andern Abſchnitt (XII.) zu beſprechen, die phyſiologiſche Auffaſſung des Weberſchen Geſetzes ablehne.

Was Müller anlangt, ſo behandelt er unſere dritte Hauptfrage in Zuſammenhang mit einer andern Frage: nämlich, wie die, im VI. Abſchnitt zu beſprechende, reciproke Proportionalität zwiſchen Präciſionsmaß und Unterſchiedsſchwelle zu erklären ſei, und kommt auf Grund ſeiner Annahmen über die Natur und Verhältniſſe der zuf. Fehlervorgänge und unter Zuhülfenahme abſtracter Rechnungen (p. 338 und 250 ff.) zu folgendem Schluſſe (p. 338). „Wir gelangen alſo vom Standpuncte der phyſiologiſchen Deutung des Weberſchen Geſetzes aus zu einer ſehr einfachen [?] Erklärung der thatſächlichen Proportionalität des Präciſionsmaßes und der abſoluten Unterſchiedsempfindlichkeit[1]), wenn wir annehmen, daß der bei Auffaſſung einer gegebenen Reizſtärke ſich mit geltend machende zufällige Fehlervorgang im Allgemeinen ein Vorgang ſei, welcher im Inneren unſeres Organismus ſtatt findet und ſich als ein von der Intenſität des gegebenen Sinnesreizes und der eintretenden Nervenerregung ganz unabhängiger, poſitiver und negativer, Zuwuchs zu der eintretenden Nervenerregung faſſen läßt. Und andererſeits läßt ſich ſagen, daß, ſobald letztere Annahme bewieſen iſt, die thatſächliche Proportionalität des Präciſionsmaßes und der abſoluten Unterſchiedsempfindlichkeit die Richtigkeit der phyſiologiſchen Deutung des Weberſchen Geſetzes ganz außer Zweifel ſtellt".

Nun mögen Andere Müllers Schlußgang in dieſer Hinſicht einfacher als ich finden; natürlich aber fällt überhaupt mit der Richtigkeit der Vorausſetzungen, welchen Müllers hieher gehörigen Erörterungen und Formeln unterliegen, auch die Richtigkeit der daraus gegen die pſ.-ph. Deutung des Weberſchen Geſetzes gezogenen Folgerungen; und es iſt um ſo weniger Anlaß, ſeinen Rechnungsweg in dieſer Hinſicht zu reproduciren, als die Deutung der betreffenden Proportionalität ſich im Sinne der pſ.-ph. Deutung des Geſetzes weiterhin (Abſchn. XI.) einfach genug ergeben wird.

---

[1]) Es iſt hiebei daran zu erinnern, daß er deren Maß ſchlechthin mit der reciproken Unterſchiedsſchwelle identificirt.

Man kann nach all' dem fragen, was die zufälligen Fehlervorgänge und dadurch hervorgerufenen Fehler oder ſcheinbaren Abweichungen, ſofern ſie äußere ſind, was ſie jedenfalls in der Hauptſache ſind, für die Unterſchiedsempfindlichkeit bedeuten, und wiefern ſie beim Maße derſelben in Betracht kommen. Sie würden nichts für die U. E. bedeuten und zu keinem Maße derſelben führen können, wenn ſich nicht mit ihrem äußeren Vorgehen eine Wirkung aufs Innere verbände, welche nach inneren Bedingungen der Auffaſſung größer oder kleiner ſein kann, womit auch der innere Factor der U. E. ins Spiel kommt. In der That, ſo wie ein äußerer Reiz nach den inneren Bedingungen der Auffaſſung größer oder kleiner erſcheinen kann, ſo auch die Änderungen, welchen der äußere Reiz zufällig unterliegt. Dieſer innere Factor geht überall in die Wirkung der zufälligen Fehlervorgänge mit ein. Geſetzt nun z. B. zwei Individuen a, b, bei denen die U. E. vermöge dieſes inneren Factors verſchieden, größer für a als b, iſt, ſtellen äußerlich ganz vergleichbare Verſuche nach der Methode der mittleren Fehler an, die Normaldiſtanz N ſei bei beiden dieſelbe, die äußeren zufälligen Fehlervorgänge ſeien dieſelben, ſo wird doch dieſelbe kleine Abänderung von N durch eine äußere Zufälligkeit, oder, was damit äquivalent iſt, derſelbe, unter dem Einfluß der Zufälligkeit erhaltene, kleine U. der Fehldiſtanz f von der Normaldiſtanz N, der für a ſchon merklich iſt, für b noch nicht merklich ſein, wird noch unter die Schwelle fallen, und mithin zur Größe des mittleren Fehlers beitragen, als welcher nur von den unter die Schwelle fallenden Abweichungen zwiſchen f und N abhängt, indeß er zu dem mittleren Fehler für a nicht beiträgt, der daher kleiner als für b iſt, und wird hierdurch für die größere U. E. von a beweiſen.

Die Methode der r. u. f. F. anlangend, ſo bleibt ſich innerhalb der Grenzen des Weberſchen Geſetzes das Verhältniß r, f, z und mithin der Werth hD, womit dieſes Verhältniß zuſammenhängt, gleich, wenn beide Reize ſich in demſelben Verhältniß ändern, womit ſich zugleich ihr U. D in dieſem Verhältniß ändert, was mitführt, daß h ſich im umgekehrten Verhältniß als D ändert; und auch wo das Weberſche Geſetz nicht rein zutrifft, nimmt doch bei Änderung der Reize im gleichen Verhältniß h ab, wenn D wächſt und umgekehrt. Statt einer Änderung der äußeren Reize und hiemit ihres Unterſchiedes in gegebenem Verhältniſſe kann ſich aber auch der Verhältnißtheil, in welchem die Reize innerlich aufgenommen werden, alſo die U. E., aus innerem Grunde ändern, und dies denſelben Erfolg auf h haben, als wenn ſich die äußeren Reize mit ihrem Unterſchiede änderten, hierdurch die Änderung des h bei durchſchnittlich gleich gehaltenen äußeren Umſtänden maßgebend für die Änderung der U. E. aus inneren Gründen werden.

Man ſieht alſo, daß trotz der Äußerlichkeit der zufälligen Fehlervorgänge, auf deren Verwerthung ſich die Methoden der m. F. und der r. u. f. F. ſtützen, die innere Empfindlichkeit nicht minder bei der einen als andern Methode Einfluß auf die Maßwerthe hat, die daraus hervorgehen. Man muß nur eben berückſichtigen, daß dieſe Verwerthung nach Urtheilen geſchieht, welche von der inneren Empfindlichkeit abhängen.

Es geht nun freilich auch aus vorigen Betrachtungen hervor, daß die U. E. überhaupt nur mit Rückſicht auf die äußeren Umſtände, unter denen ſich der U. darbietet, gemeſſen werden kann, und daß, wenn ſie bloß nach ihrem inneren Factor bei verſchiedenen Zuſtänden des Individuums verglichen werden ſoll, der Spielraum oder Durchſchnitt der äußeren Zufälligkeiten dabei gleich gehalten werden muß, wie dies auch ſchon in den Elementen erinnert worden iſt.

Mit Rückſicht auf vorige Erörterungen erläutere ich hienach den ſchon oben gebrauchten, folgends Kürze halber noch öfter zu brauchenden, Ausdruck ſcheinbar etwas beſtimmter. Ich ſpreche von ſcheinbaren Größen, ſcheinbaren Unterſchieden, ſcheinbaren Veränderungen in folgendem Sinne.

Die Wirkung, welche äußere Reize auf das Innere, d. i. die pſ.-ph. Thätigkeit und hiemit auf die Seele, äußern, hängt nicht bloß von ihrer Größe ſelbſt, ſondern auch von verſchiedenen äußeren Umſtänden ihrer Anbringungsweiſe und Stellung gegen die auffaſſenden Organe, ſo wie von den inneren Verhältniſſen der auffaſſenden Organe ſelbſt ab und kann nicht ohne Rückſicht hierauf beurtheilt werden.

Gehen wir nun von irgendwelchen Ausgangsbedingungen in dieſer Hinſicht aus, ſo kann man für jede Änderung, welche dieſelben ohne Änderung der Reizgröße, womit man operirt, erleiden, für die Wirkung auf das Innere diejenige Änderung der Reizgröße ſelbſt ſubſtituirt denken, welche unter conſtant erhaltenen Ausgangsbedingungen dieſelbe Wirkung auf das Innere, die Empfindung, hervorgebracht hätte[1]. Soſern aber doch die wirkliche Reizgröße bei Änderung jener Bedingungen ungeändert bleibt, nennen wir die, ſo als Änderung der Reizgröße repräſentirte, Abänderung der Wirkungsgröße des Reizes durch Änderung der Umſtände die ſcheinbare Abänderung der Reizgröße, und die abgeändert gedachte Größe des Reizes ſelbſt die ſcheinbare Größe deſſelben.

---

[1] Im Weſentlichen ſtimmt dies mit einer von Müller eingeſchlagenen Betrachtungsweiſe überein, nur daß er vielmehr von innern Vorgängen abhängig macht, was ich in der Hauptſache auf äußere ſchiebe, und den mir bequem ſcheinenden Ausdruck ſcheinbar nicht gebraucht.

Wohl verſtanden iſt hiemit nicht die Größe gemeint, unter welcher der Reiz innerlich, pſychiſch, erſcheint, die vielmehr erſt von ſeiner ſcheinbaren, einer objectiven äußeren Größe äquivalenten, Größe nach pſychophyſiſchen Geſetzen abhängt, ſondern es handelt ſich bei dem Gebrauche des Ausdruckes eben nur um den Schein, daß von der Reizgröße an ſich ſelbſt abhänge, was vielmehr von Abänderung ihrer Verhältniſſe abhängt.

Gilt es den Unterſchied zweier Reize, ſo kann jeder von beiden durch Änderung der Umſtände, unter denen er wirkt, ſcheinbar abgeändert werden, wodurch ein ſcheinbar abgeänderter Unterſchied beider Reize hervorgeht, vorſtellbar durch einen abgeänderten wirklichen Unterſchied beider Reize unter Feſthaltung irgendwelcher conſtanten Ausgangsbedingungen.

Inſofern die ſcheinbaren Veränderungen eines Reizes oder Unterſchiedes in vorigem Sinne mit den wirklichen bezüglich der Wirkung auf das Innere unter einen gemeinſamen Geſichtspunct treten, werde ich auch beide, inſofern ſie den Charakter zufälliger Änderungen tragen, unter dem gemeinſamen Namen zufälliger Änderungen begreifen.

Bei der Methode der r. u. f. F. kommt es bekanntlich vor, und iſt ſchon vorhin darauf Bezug genommen, daß ein wirklicher Unterſchied der Reize durch die zufälligen Fehlervorgänge, denen er unterliegt, ſeine Richtung ſcheinbar (in vorigem Sinne) verkehrt, hiemit die ſog. falſchen Fälle giebt. In Bezug hierauf iſt folgende, ſpäter zurückzurufende, Bemerkung zu machen.

Setzen wir erſt die zufälligen Fehlervorgänge als wegfallend voraus, und ſei der Reiz B an ſich größer als A, ſo wird er auch größer erſcheinen, umgekehrt, wenn A größer als B iſt, kurz die Richtung der Unterſchiedsempfindung, welche dem wirklichen Unterſchied zwiſchen B und A zugehört, wird mit der Richtung dieſes Unterſchiedes zuſammenfallen, daſſelbe alſo auch von dem Indifferenzpuncte oder Nullpuncte zwiſchen beiden Richtungen gelten. Nun kann durch die zufälligen Fehlervorgänge, wenn ſolche B in anderer Weiſe als A treffen, die Richtung des wirklichen Unterſchiedes ſcheinbar verkehrt werden, dieſe Verkehrung aber immer noch ſo vorgeſtellt werden, als wenn ſie Sache einer wirklichen Änderung der Reize bei Wegfall der zufälligen Fehlervorgänge wäre, einer ſolchen Änderung nämlich, die für die Empfindung daſſelbe leiſtete. Hienach aber wird auch die Richtung der ſcheinbaren Unterſchiede und ihrer Änderungen mit der Richtung der zugehörigen Unterſchiedsempfindungen und ihrer Änderungen, ſo wie der Indifferenzpunct oder Nullpunct beiderſeits zuſammentreffen.

IV. Die Methode der richtigen und falſchen Fälle (r. u. f. F.) in Anwendung auf das Maß der Unterſchiedsempfindlichkeit[1]) aus practiſchem Geſichtspuncte.

Müller hat meine, in den „Elementen“ vorliegende, Behandlung der Methode der richtigen und falſchen Fälle ſo ganz umgeſtürzt und umgemodelt, daß in der That nur die Frage ſein kann, ob er ſie damit erſt ins Geſchick oder nicht vielmehr außer Geſchick gebracht hat. Da es nun für den, welchem es um die praktiſche Anwendung der Methode zu thun iſt, nicht gelegen ſein kann, ſich in einen theoretiſchen Streit zu vertiefen, um das, was er praktiſch braucht, daraus zu abſtrahiren, ſo habe ich das in letzter Beziehung Weſentliche ſowohl im Sinne meiner früheren, auch ferner zu vertretenden, Auffaſſung als der neuen Müllerſchen in dieſem Abſchnitte beſonders zuſammengeſtellt, was ſelbſt denen, welche die letztere vorziehen ſollten, willkommen ſein kann, da Müller ſelbſt es nicht eben bequem gemacht hat, ihm in dieſer Hinſicht zu folgen. Die beiden nächſten Abſchnitte werden dann auf die Gründe eingehen, die mich unter Anerkennung des großen Scharfſinns, welchen Müller in meiner Beſtreitung entwickelt hat, doch von der obigen Alternative die zweite behaupten laſſen.

Um die weſentlichſten Puncte der Abweichung zwiſchen Müller und mir hier vorweg zu reſumiren, ſo beſtehen ſie darin: daß Müller das Möbiusſche Linienſchema, auf dem ich gefußt habe, gänzlich verwirft und als völlig unmotivirt erklärt; daß er die Anwendung des von mir abgeleiteten Präciſionsmaßes zum Maße der Unterſchiedsempfindlichkeit verwirft, und für denſelben Zweck den reciproken Werth der von ihm abgeleiteten Unterſchiedsſchwelle ſubſtituirt; daß er meine Gleichtheilung der zweifelhaften Fälle nach poſitiver und negativer Seite verwirft, und dafür die Gleichheit der Unterſchiedsſchwelle nach beiden Seiten einführt; daß er meine einfache Verwendung des Gaußſchen Geſetzes zufälliger Abweichung auf die Methode verwirft, und dafür eine ſehr complicirte als allein zum Zweck führend ſubſtituirt. Und ſollte er nicht wenigſtens mit etwas von all' dem gegen mich im Rechte bleiben? Nun, es wird ſich ja in den folgenden Abſchnitten zeigen; indeß im jetzigen weſentlich nur die, an ſich ſehr geringen, praktiſchen Abweichungen zwiſchen uns zur Sprache kommen werden, welche aus der verſchiedenen Verwerthungsweiſe der zweifelhaften Fälle hervorgehen, da im Grunde der ganze theoretiſche Umſturz, den meine Behandlung der Methode durch Müller erfahren hat, praktiſch in nichts weiter ausläuft.

---

[1]) Von Anwendung der Methode auf das Maß der abſoluten Empfindlichkeit wird erſt in einem ſpäteren Abſchnitte bei den dahin gehörigen Taſtverſuchen die Rede ſein.

Abgeſehen von der Controverſe zwiſchen Müller und mir wird übrigens dieſer Abſchnitt noch auf manche andere bisher nicht erledigte Puncte von praktiſchem Intereſſe für die Methode eingehen und in dieſer Hinſicht insbeſondere auf Verhandlungen mit Wundt geführt werden.

1) Vorbemerkungen über das Weſentlichſte der Methode und die gewählten Bezeichnungen.

Seien zwei, allgemein mit A, B (bei den Gewichtsverſuchen mit P und P') zu bezeichnende, Reize gegeben. Sie können gleich oder ungleich ſein. Im Fall der Ungleichheit ſei B der größere, und der wirkliche Unterſchied (U.) beider $B - A = D$. Werde nun derſelbe in wiederholten, ſagen wir n, Fällen beobachtet, ſo wird er, vermöge Zufälligkeiten, ſog. zufälligen Fehlervorgängen, doch bald größer bald kleiner erſcheinen, ja, wenn er nicht zu groß iſt, ſich mitunter ſcheinbar verkehren können. Einen Fall, wo der größere Reiz B wirklich größer erſcheint, bezeichnen wir als richtigen oder poſitiven mit r, einen Fall, wo B kleiner erſcheint als A, als falſchen oder negativen mit f, und einen Fall, wo ein U. zu fehlen ſcheint oder die Richtung des U. zweideutig wird, als zweifelhaften oder Nullfall mit z. Zugleich werden r, f, z zur reſpectiven Bezeichnung der Zahl dieſer Fälle dienen, ſo daß $r + f + z = n$ und $\frac{r}{n} + \frac{f}{n} + \frac{z}{n} = 1$; oder, wenn man die Zahlen als Procente der Totalzahl giebt: $r + f + z = 100$.

Boas[1] unterſcheidet bei der Methode der r. u. f. F. nicht bloß richtige, falſche und zweifelhafte oder Gleichheitsfälle, ſondern richtige, falſche, zweifelhafte und

---

[1] Pflügers Arch. XXVI. 1881. p. 494.

Gleichheitsfälle, indem er zwiſchen den beiden letzten einen Unterſchied auf Grund folgender Bemerkungen macht.

Er erinnert zuvörderſt daran, daß man nach Bohns photometriſchen Unterſuchungen[1], bei Vergleichung zweier Lichtintenſitäten Fälle unterſcheiden könne, in denen wenig verſchiedene Intenſitäten durchaus nicht unterſchieden werden und ſolche, in denen man einen Unterſchied bemerkt, aber nicht entſcheiden kann, welche Intenſität die größere ſei. Boas erklärt die gleiche Beobachtung bei photometriſchen Beobachtungen und entſprechende auch bei Augenmaßverſuchen gemacht zu haben, in welcher Beziehung er ſagt: „Bei der Vergleichung zweier Striche von ſehr wenig verſchiedener Länge beurtheilt man dieſelben als gleich, als verſchieden, ohne über ihr Größenverhältniß ſicher entſcheiden zu können, oder hält einen für entſchieden länger als den anderen“ und fügt hinzu: „nach dieſen Erfahrungen iſt es gewiß nöthig, allgemein zwei Schwellenwerthe zu unterſcheiden, indem man annehmen muß, daß Differenzen, die kleiner ſind, als der kleinere Schwellenwerth, gar nicht empfunden werden, ſolche die größer ſind als der kleinere, aber kleiner als der größere Schwellenwerth, empfunden werden, aber nicht beurtheilt werden können. Um einen kurzen Ausdruck für dieſe Werthe zu haben, bezeichne ich den kleineren Schwellenwerth als den inneren, den größeren als den äußeren, da der poſitive und negative Werth dieſes den poſitiven und negativen Werth der kleineren umſchließen.“

Meinerſeits nun habe ich bei meinen Gewichtsverſuchen keinen Anlaß gefunden, einen beſtimmten Unterſchied zwiſchen Gleichheitsfällen (Nullfällen) und zweifelhaften Fällen im angegebenen Sinne zu machen; womit ich nicht leugne, daß, wo ſich bei andern Beobachtern und in andern Verſuchsgebieten ein Anlaß, beiderlei Fälle beſtimmt zu unterſcheiden, bietet, auch dieſe Unterſcheidung zu machen ſei. Aber ſei es, ſo wüßte ich doch keinen Geſichtspunct, welcher zu einer verſchiedenen mathematiſchen Behandlung beider Fälle aufforderte und eine verſchiedene reſultirende U. Schw. danach herauszurechnen ließe; gehe daher folgends auf die betreffende Unterſcheidung nicht ein, ſondern faſſe die zweifelhaften und Gleichheitsfälle, auch wo ſie unterſchieden werden, für mathematiſche Verwerthung nach meinem wie Müller's Theilungsprincip (I oder II) unter den z zuſammen. Auch finde ich bei den Augenmaßverſuchen von Boas ſelbſt (mit abgekürzter Aufmerkſamkeit), p. 498 ſeiner Abhandlung, keinen Unterſchied im betreffenden Sinne gemacht, ſondern bloß zweifelhafte Fälle als z angeführt. Daß bei jener Unterſcheidung zwei Schwellen, ſtatt einer mittlern anzunehmen ſeien, kann theoretiſch möglich, doch praktiſch vorausſichtlich ohne Vortheil ſein.

Bei den, auf abſolute Empfindlichkeit bezüglichen Taſtverſuchen werden von der Mehrzahl der Experimentatoren Nullfälle (ſog. falſche Fälle) und unentſchiedene Fälle in einem andern Sinne als hier von Boas unterſchieden, worauf jedoch für jetzt nicht eingegangen.

Durch die zufälligen Fehlervorgänge unterliegen die in den Verſuch genommenen Reize A, B und mithin deren U. D den von mir ſog. ſcheinbaren Veränderungen; dieſe aber ſind nach den, im vorigen Abſchnitte S. 10 ff. gepflogenen Erörterungen ſo zu faſſen, als wenn die objective Größe von A, B, D dadurch wirkliche Veränderungen erlitte. Jeder

---

[1] Poggendorff's Annalen. Ergänzungsbd. VI. 1874. p. 346 ff.

Verſuchsfall der Methode entſpricht einer beſtimmten Größe des, durch die Zufälligkeiten verändert gedachten, Unterſchiedes D, und ſo entſprechen auch die Nullfälle z einer ganzen Reihe ſolcher Unterſchiede, welche objectiv von gewiſſer Größe, als veränderte Werthe von D, vorzuſtellen ſind, indeß ſie ſubjectiv als null erſcheinen, ſofern ſie unter die Unterſchiedsſchwelle fallen. Nun wird der Berechnung der Werthe, auf die es beim Maße der U. E. ankommt, weiterhin von Müller wie von mir das Gaußiſche Princip der Fehlerwahrſcheinlichkeit zu Grunde gelegt werden, welches aber nur poſitive und negative Abweichungen oder Fehler kennt, wozwiſchen ein Nullfall von unendlich geringer Wahrſcheinlichkeit inne liegt; und ſo könnte von vorn herein gegen die Anwendbarkeit dieſes Geſetzes zu ſtreiten ſcheinen, daß wir bei unſerer Methode im Allgemeinen eine Mehrzahl, ja bei großer Geſammtzahl der Fälle, viele Nullfälle z erhalten. Aber es iſt auch von vorn herein zu erinnern, daß das Geſetz bei den von uns zu führenden Rechnungen nicht auf die Empfindungen, ſondern die zu Grunde liegenden ſcheinbaren Unterſchiede zwiſchen den Reizen, welche in die Empfindung fallen, angewandt wird; den vielen Nullempfindungen, welche die Methode liefert, entſprechen aber bemerktermaßen nicht Nullwerthe der ſcheinbaren Unterſchiede, ſondern es gehen nur nach dem Schwellengeſetze kleine poſitive und negative ſcheinbare Unterſchiede der Reize in Nullwerthe für die Empfindung zuſammen, indeß ſie ſelbſt dieſſeits und jenſeits eines einzigen Nullwerthes vertheilt zu denken ſind.

Das ganze Intervall der ſcheinbaren Unterſchiede, welche für die Empfindung als null erſcheinen, iſt zwiſchen zwei Grenzwerthen, einem poſitiven und negativen Unterſchiede eingeſchloſſen und mag Kürze halber rückſichtslos auf das Vorzeichen der darein eingehenden, als null empfundenen Unterſchiede, alſo nach abſolutem Werthe, Totalſchwelle heißen[1], und mit T bezeichnet werden, wonach wir auch kurz ſagen können, die Totalſchwelle T ſei das Intervall von Unterſchieden, in welches alle z, d. i. als null empfundene Unterſchiede fallen. Dieſes Intervall aber theilt ſich in eine, mit $S_{,}$ zu bezeichnende, Abtheilung poſitiver und eine mit S' zu bezeichnende, Abtheilung negativer Unterſchiede[2], welche als null empfunden werden, hiemit in eine poſitive und negative Partialſchwelle. Alle Unterſchiede, welche im abſoluten Werth kleiner als die poſitive Partialſchwelle, wie alle, welche kleiner als die negative ſind, gehen für die Empfindung in Null zuſammen. Nun aber iſt eine Hauptfrage, wie die z zwiſchen beiden Partialſchwellen vertheilt zu denken ſind, und damit zuſammenhängend, welches Größenverhältniß die beiden Partialſchwellen ſelbſt zu einander haben, worüber keine Einſtimmung beſteht. Eine Vertheilung der z nach beiden Seiten muß aber angenommen werden, um überhaupt dem Gaußſchen Geſetze Angriff zu gewähren.

---

[1] Dieſe Bezeichnung iſt hier neu eingeführt, wird aber für die Folge bequem ſein.

[2] Den Strich-Index bringe ich bei der negativen Abtheilung oben, bei der poſitiven unten an, weil nach dem ſpäter zu betrachtenden Theilungsprincip I der z die negative Abtheilung größer als die poſitive ausfällt.

Nach der, in meinen „Elementen“ befolgten, Theilungsweiſe, welche ich künftig mit I bezeichne, werden die z gleich zwiſchen beiden Partialſchwellen getheilt, alſo die Hälfte der z zu den poſitiven, die Hälfte zu den negativen Fällen geſchlagen.

Werde nun

$$r + \frac{z}{2} = r', \qquad f + \frac{z}{2} = f$$

geſetzt, ſo haben wir

$$r' + f' = n$$

und bloß noch mit poſitiven und negativen Fällen zu thun. In den „Elementen“ iſt der Zuſchlag ſchon in dieſer Weiſe beim Gebrauche der Bezeichnungen r und f gemacht, und das r und f der Elemente entſpricht alſo unſerem r' und f. Hier aber werden wir die Möglichkeit noch einer anderen Behandlungsweiſe der Methode als in den Elementen und eine damit zuſammenhängende andere Theilungsweiſe der z berückſichtigen, alſo das reine r und f, ohne alle Zurechnung von z-Werthen, von r' und f' im vorigen Sinne unterſcheiden.

Es iſt nämlich zu bemerken, daß, wenn man nach meiner Theilungsweiſe I die z ihrer Zahl nach gleich zwiſchen poſitiver und negativer Seite, alſo gleich auf die poſitive und negative Partialſchwelle vertheilt, dies nach den ſpäter anzuſtellenden Rechnungen mit ſich führt, daß beide Partialſchwellen $S_{,}$, S' ungleich ausfallen, nämlich die negative S' dem abſoluten Werthe nach größer als die poſitive $S_{,}$; es ließ ſich aber auch an eine andere Theilungsweiſe denken, nach welcher beide Partialſchwellen $S_{,}$, S' als gleich angenommen werden, was aber mitführt, daß die z ſich ungleich zwiſchen beide vertheilen. Dieſe Theilungsweiſe iſt von Müller eingeſchlagen und ſoll künftig mit II bezeichnet werden[1].

Die Hälfte der Totalſchwelle werde jedenfalls als Unterſchiedsſchwelle ſchlechthin angenommen und mit S bezeichnet. Nach Theilungsweiſe I iſt $S = \frac{S_{,} + S'}{2}$, nach Theilungsweiſe II iſt $S = S_{,} = S'$.

---

[1] Im folgenden Abſchnitte werde ich zu den vorigen Theilungsweiſen der z noch zweier andern gedenken, an die man denken könnte, ohne daß ſie mir ſchließlich berückſichtigenswerth erſcheinen.

Müller ſieht in dem ſo beſtimmten S principiell dieſelbe Unterſchiedsſchwelle, welche man auch durch die Methode der e. m. U. bei verſchwindender Größe des Unterſchiedes (ſog. Methode der kleinſten Unterſchiede) erhält, was man ſich zunächſt ſo erläutern kann. Sei bei dieſer Methode von den zwei Reizen A, B der eine als feſt, der andere als veränderlich angenommen, und werde B von anfänglicher Gleichheit mit A ſo weit vergrößert, daß der U. eben anfängt, bemerklich zu werden, ſo wird man in dem hiebei erreichten Abſtand zwiſchen A und B die Unterſchiedsſchwelle mit poſitivem Vorzeichen haben. Werde anderſeits B vom Gleichheitsfalle mit A aus ſo weit verkleinert, bis der U. anfängt bemerklich zu werden, ſo wird man darin die U. Schw. mit negativem Vorzeichen haben. Die Summe beider nach abſolutem Werthe entſpricht unſerem T, iſt aber nicht die Schwelle ſelbſt; denn wollte man den U. zwiſchen A und B gleich dem ganzen T nehmen, ſo würde er die Merklichkeit weit überſteigen, da ja ſchon mit jedem der vorigen einſeitigen Unterſchiede die Differenz gegeben iſt, welche nicht überſchritten werden kann, ohne merklich zu werden. Nun hat man bei der Methode der eben merklichen oder kleinſten Unterſchiede, abgeſehen von einem hier zu vernachläſſigenden Nebenumſtande[1], keinen Grund die poſitive und negative Schwelle, auf die man ſolchergeſtalt kommt, als verſchieden groß anzuſehen, und ſo nimmt auch Müller bei unſerer jetzigen Methode die poſitive und negative Schwelle, in die ſich die Totalſchwelle T theilt, als gleich an. Es wird ſich zwar weiterhin noch fragen, ob dieſe Zurückführung der Schwellenbeſtimmung von einer Methode auf die andere bei den verſchiedenen Verhältniſſen beider ſtatthaft iſt; inzwiſchen geht uns das für jetzt noch nicht an, wo wir nicht die Richtigkeit der verſchiedenen Annahmen unterſuchen, ſondern nur die praktiſchen Folgerungen daraus in Betracht ziehen.

---

[1] Dieſer Nebenumſtand liegt darin, daß die Unterſchiedsſchwelle (nach abſolutem Werthe) wächſt, wenn die Reize, zwiſchen welchen der U. beſteht, wachſen, indem ſie nach Webers Geſetz im Verhältniß der Reize wächſt. Alſo muß die U. Schw. größer zwiſchen dem conſtanten A und vergrößerten B, als zwiſchen dem conſtanten A und verkleinerten B ſein. Inzwiſchen complicirt dieſer, im Allgemeinen wenig betragende, Unterſchied nur die uns hier beſchäftigende Frage, welche darauf geht, ob *abgeſehen* von dieſem kleinen Unterſchiede die poſitive und negative U. Schw. bei unſerer Methode gleich oder ungleich ſind. Wie denn auch Müller von dem betreffenden Nebenumſtande abſtrahirt. Beim Übergange zur logarithmiſchen Behandlung der Methode, wovon in einem ſpäteren Abſchnitt (X) die Rede, fällt der betreffende Unterſchied überhaupt weg.

2) Zweck der Methode.

Als **Hauptzweck** der Methode der r. u. f. F. betrachte ich die Beſtimmung eines Präciſionsmaßes h oder H, welches dem Begriff eines Maßes der Unterſchiedsempfindlichkeit (U. E.) aus den, im II. Abſchnitt angegebenen, Geſichtspuncten entſpricht, als **Nebenzweck** die Beſtimmung der Totalſchwelle T oder ihrer Hälfte, der Unterſchiedsſchwelle S, und des künftig mit E zu bezeichnenden Productes hT, von welchem ſpäter Anwendung zu machen.

Möchte nämlich auch S als Unterſchiedsſchwelle principiell zum Maße der U. E. ebenſo tauglich ſein als h, ſo iſt doch die Beſtimmung davon nur aus ſo großen Verſuchsreihen, wie ſie ſelten vorliegen, mit einiger Genauigkeit möglich, überall aber von geringerer Sicherheit als die Beſtimmung h. Dazu wird ſich im folgenden Abſchnitt ein Einwand gegen die principielle Verwendbarkeit von S oder T zum betreffenden Maße ergeben.

Nach Müller würde vielmehr die Beſtimmung der Unterſchiedsſchwelle S, oder des halben T, den Hauptzweck der Methode abgeben; indeß er als Nebenzweck die Beſtimmung eines, von dem unſern verſchiedenen, Präciſionsmaßes h betrachtet (p. 21), dem er ſelbſt keine Bedeutung als Maß der U. E. beilegt. Das h Müllers iſt nämlich das Präciſionsmaß der von Müller mit δ bezeichneten zufälligen (ſcheinbaren) Änderungen des kleineren Reizes, alſo bei Gewichtsverſuchen des kleineren Gewichts P, das unſere das Präciſionsmaß der mit α zu bezeichnenden zufälligen Änderungen des ganzen Unterſchiedes D, deſſen Bedeutung für das Maß der U. E. aus den Erörterungen des II. wie VI. Abſchnitts folgt.

Wo ich nun künftig den Werth h einführe, verſtehe ich ihn, wo nichts beſonderes bemerkt iſt, in **meinem** Sinne als Präciſionsmaß der α; und unſtreitig wäre es wohlgethan geweſen, wenn Müller, um Verwechſelung und Verwirrung zwiſchen meinem und ſeinem h, deren Verſchiedenheit in der Bedeutung ihm ja nicht entgehen konnte, zu vermeiden, für ſein h gleich einen andern Buchſtaben oder die Unterſcheidung durch einen Index eingeführt hätte, indeß ich keinen Grund finde, die von mir zuerſt gewählte Bezeichnung h für das Präciſionsmaß in meinem Sinne zu verlaſſen. Um aber meinerſeits Verwechſelung zu verhüten, werde ich das Müllerſche h ausdrücklich als Müllerſches von dem meinigen, dem h ſchlechthin, unterſcheiden. Nach einer gewiſſen Ableitungsweiſe unſeres h aber werde ich daſſelbe auch als H einführen, ohne daß es ſich in der Bedeutung oder dem Werthe von dem allgemeiner gebrauchten h unterſcheidet.

3) Berechnung der für das Maß der U. E. in Betracht kommenden Haupt- und Nebenwerthe nach zwei verſchiedenen Theilungsprincipien der z.

Die Berechnung der Haupt- und Nebenwerthe, um die ſich's nach Vorigem handelt, aus den Datis der Verſuche kann nach den zwei verſchiedenen Theilungsprincipien der z zwiſchen poſitiver und negativer Seite geſchehen, die ich S. 46 unterſchieden und reſpectiv mit I und II bezeichnet habe, deren erſtes von mir, das zweite von Müller vertreten wird; und obwohl ich nicht einſehe, wie nach den, im folgenden Abſchnitt anzuführenden, Gründen das zweite noch als haltbar gelten kann, will ich doch, weil man die ganze Frage ſpinös finden kann, ſich ſchon mehrfach der Müllerſchen Autorität gefügt hat, und die Unhaltbarkeit ſeines Princips ſelbſt ſich nur an deſſen Folgerungen wird zeigen laſſen, zunächſt ohne Streit dagegen und ohne theoretiſche Begründung überhaupt darlegen, wie ſich die Beſtimmung der betreffenden Werthe nach der einen und andern Theilungsweiſe reſpectiv in meinem und Müllers Sinne ſtellt, wozwiſchen dann jeder nach Abwägung der im folgenden Abſchnitt zu beſprechenden Gründe wählen kann.

Dabei iſt vorzubemerken, daß die folgenden Formeln ſowohl für Princip I als II unmittelbar nur für den Fall anwendbar ſind, daß $\frac{r}{n} > \frac{1}{2}$; ſie laſſen ſich aber durch eine einfache Vorzeichenänderung nach einer ſpäter unter 4) b) zu gebenden Regel auch für den Fall von $\frac{r}{n} < \frac{1}{2}$ anwendbar machen.

Formeln nach Princip I (Fechner).

Um das von mir als Maß der U. E. angeſehene Präciſionsmaß h zu erhalten, ſucht man in der Spalte ⊙ der, am Schluſſe dieſes Abſchnittes wiedergegebenen Fundamentaltabelle[1]) den Werth $\frac{r'}{n} = \frac{r + \frac{z}{2}}{n}$

---

[1]) Ich erſetze in dieſer die, in den „Elem." gebrauchte Columnenüberſchrift $\frac{r}{n}$ durch ⊙, weil es noch andere Werthe als $\frac{r}{n}$ in den betreffenden Columnen aufzuſuchen gelten kann.

auf, nimmt den, in der Spalte der t zugehörigen Werth $t = Dh$, welcher t_0 heiße, und dividirt ihn mit D, wonach man hat

$$h = \frac{t_0}{D} \cdot \cdot \cdot (1).$$

Die Beſtimmung der von mir ſog. Totalſchwelle T geſchieht ſo:

Suche man 1) $\frac{r}{n} = \frac{r'}{n} - \frac{z}{2n}$ in der Spalte der $\odot$ auf, und nehme das dazu gehörige t, welches t_1 heiße. Suche man 2) zu $\frac{r+z}{n} = \frac{r' + \frac{z}{2}}{n}$ als $\odot$ den Werth t auf, und nenne ihn t_{II}, dann hat man

$$T = 2S = \frac{t_{II} - t_1}{t_0} D = \frac{t_{II} - t_1}{h} \cdot \cdot (2).$$

Die Partialſchwellen $S_{,}$, S' aber beſtimmen ſich ſo:

$$S_{,} = \frac{t_0 - t_1}{t_0} D; \qquad S' = \frac{t_{II} - t_0}{t_0} D.$$

Und hienach hat man ferner:

$$S = \frac{T}{2} = \frac{t_{II} - t_1}{2t_0} D; \qquad E = hT \doteq t_{II} - t_1 .$$

Nennen wir endlich reſpectiv $z_{,}$, z' die Zahl der z, die auf $S_{,}$ und S' fällt, ſo iſt

$$z_{,} = z' = \frac{z}{2n}.$$

Die vorige Beſtimmung von h nach der Fundamentaltabelle fällt ganz mit der in den Elementen angegebenen zuſammen[1]. Die Beſtimmung von T oder S fehlt in den Elementen, weil erſt Müller darauf aufmerkſam gemacht hat, was als das Verdienſt desſelben anzuerkennen, daß die z ſich zu dieſer Beſtimmung benutzen laſſen.

---

[1] Obwohl nämlich in den, weiterhin im Abſchnitt VI anzuführenden Fundamentalformeln der Methode das $\frac{h}{2}$ der Elemente ſich durch das theoretiſch richtigere h erſetzen wird, iſt doch für die praktiſche Benutzung der Fundamentaltabelle ſchon in den Elementen dieſer Erſatz angenommen (ſ. Elem. I. 109.)

Formeln nach Princip II (Müller).

Es fragt ſich, ob man nach dieſem Princip das Müllerſche h als Präciſionsmaß der δ oder unſer h als Präciſionsmaß der Δ beſtimmen will. Da nun erſteres, zugeſtandenermaßen von Müller ſelbſt, für das Maß der U. E. nicht brauchbar iſt, alſo in dieſer Beziehung kein praktiſches Intereſſe hat, ſo verweiſe ich hinſichtlich der Formeln dafür auf Müllers Buch ſelbſt (Formeln 10 und 12, p. 19 und 20), oder unſeren ſpäter folgenden Abſchnitt VI, und gebe ſtatt deſſen hier die Formel für unſer h als Präciſionsmaß der Δ; welche zwar nicht direct von Müller gegeben iſt, aber von ihm ſelbſt nicht anders gegeben werden könnte, wenn er ſich auf dieſe Beſtimmung eingelaſſen hätte; indem ſie aus Zuſammenziehung eines von ihm gegebenen zuſammengeſetzten Ausdrucks von ſelbſt folgt; wogegen die folgende Formel für S unmittelbar die ſeinige wiedergiebt:

$$h = \frac{t_{I} + t_{II}}{2D} \quad .. \; (3)$$

$$T = 2S = 2 \cdot \frac{t_{II} - t_{I}}{t_{I} + t_{II}} D = \frac{t_{II} - t_{I}}{h} \quad .. \; (4)$$

$$S = S' = \frac{T}{2} = \frac{t_{II} - t_{I}}{t_{I} + t_{II}} D$$

$$E = hT = t_{II} - t_{I}.$$

Die Werthe $\frac{z_{,}}{n}$, $\frac{z'}{n}$, welche nach Theilungsprincip II ungleich ſind, beſtimmen ſich ſo:

Setzen wir $\frac{t_{I} + t_{II}}{2}$ als t in die Fundamentaltabelle ein, und nennen den zugehörigen $\odot$-Werth $\odot_{,}$, ſo hat man

$$\frac{z_{,}}{n} = \odot_{,} - \frac{r}{n}; \qquad \frac{z'}{n} = \frac{r + z}{n} - \odot_{,}.$$

Vergleicht man nun die Beſtimmungen nach II mit denen nach I, ſo hat $T = \frac{t_{II} - t_{I}}{h}$ und mithin $S = \frac{T}{2}$ ſcheinbar denſelben Werth nach II als I; aber dies iſt in der That nur Schein, weil der Werth h ſich nach II (Formel (3)) anders beſtimmt als nach I (Formel (1)). Hingegen bleibt ſich der Werth $E = hT = t_{II} - t_{I}$ wirklich gleich nach I und II. Allgemein aber ſieht man, daß die Beſtimmungen nach II ſich von den Beſtimmungen nach I nur dadurch unterſcheiden, daß man nach II das Mittel von t_I und t_{II} hat, wo man nach I einfach t_0 hat. Da nun t_0 zwar dieſem Mittel nicht genau gleich iſt, doch zwiſchen t_I und t_{II} liegt, und abgeſehen von beſondern als Ausnahmen zu betrachtenden Fällen (wovon im folgenden Abſchnitt) wenig davon abweicht, ſo ergiebt ſich ſchon hieraus, daß die Maßbeſtimmungen je nach dem Theilungsprincip I oder II nicht ſehr verſchieden ausfallen können; wie ſich auch in folgendem Vergleichsbeiſpiel zeigt.

Vergleichsbeiſpiel der Rechnung nach I und II.

Setzen wir

$$\frac{r}{n} = 0{,}70, \qquad \frac{f}{n} = 0{,}20, \qquad \frac{z}{n} = 0{,}10$$

ſo haben wir nach der Fundamentaltabelle

$$t_0 = 0{,}4769, \qquad t_I = 0{,}3708, \qquad t_{II} = 0{,}5951,$$

und hienach

	nach I	nach II
h	$\frac{0{,}4769}{D}$	$\frac{0{,}4830}{D}$
T	0,4703 D	0,4644 D
S	0,2352 D	0,2322 D
$S_{,}$	0,2225 D	0,2322 D
S'	0,2478 D	0,2322 D
E	0,2242	0,2242
$\frac{z_{,}}{n}$	0,05	0,0527
$\frac{z'}{n}$	0,05	0,0473

4 Bemerkungen, welche ſich auf die Rechnung nach beiden Theilungsprincipen I und II gemeinſam beziehen.

a) Berückſichtigung conſtanter Fehler.

Die vorhin gegebenen Formeln finden eine einfache Anwendung, wenn keine conſtanten Fehler vorhanden ſind, und bleiben auch fundamental, wenn ſolche, wie allgemein der Fall, vorhanden ſind, erfordern aber dann erſt eine Elimination der conſtanten Fehler, um Anwendung zu finden, wofür die anderwärts gegebenen Regeln gelten. Kurz und beiläufig doch hier Folgendes darüber.

Um die Anwendung von I vorauszuſetzen, womit analog bei II zu verfahren, ſo iſt bei der Beſtimmung von h das zum gegebenen $\frac{r'}{n}$ gefundene t_0 nicht gleich hD, ſondern $= h\,(D + c)$ oder $h\,(D - c)$ zu ſetzen, wo $\pm c$ den nach Umſtänden poſitiven oder negativen conſtanten Fehler bedeutet, und $\pm c$ iſt dadurch zu eliminiren, daß man zwei, übrigens vergleichbare, Verſuchsreihen anſtellt, wo aber c bei gleicher Größe entgegengeſetztes Vorzeichen (durch entgegengeſetzte Raum- oder Zeitlage) erhält. Durch Addition der dabei erhaltenen Werthe $t_0 = h\,(D + c)$ und $t_0 = h\,(D - c)$ und Diviſion mit 2 kommt man auf $t_0 = hD$ und $h = \frac{t_0}{D}$ zurück. Dies das Verfahren der ſog. vollſtändigen Elimination. Wären zweierlei conſtante Fehler $\pm c$ und $\pm c$, vorhanden, ſo hat man 4 Verſuchsreihen mit Entgegenſetzung der conſtanten Fehler anzuſtellen, um durch Summation der dabei erhaltenen vier t_0 und Diviſion mit 4 ein von $\pm c$ und $\pm c$, befreites t_0 zu erhalten; wie näher in Elem. I. 112 ff. ausgeführt iſt und worauf im IX. Abſchnitt zurückzukommen.

b) Berückſichtigung der Fälle, wo r oder r' kleiner als 0,5 iſt.

Im Falle der Abweſenheit conſtanter Fehler würde man bei einer größeren Anzahl von Verſuchen ſtets nicht nur $\frac{r'}{n}$ ſondern auch $\frac{r}{n}$ größer als 0,5 finden, weil durch den conſtanten Einfluß des poſitiven D bei allen Verſuchen die poſitiven Fälle r, und um ſo mehr $r' = r + \frac{z}{2}$, über die übrigen Fälle überwiegen. Aber bei kleinerem n oder bei Vorhandenſein conſtanter Fehler kann das poſitive D durch zufällige Fehlervorgänge oder conſtante Fehler in negativer Richtung überwogen werden, und $\frac{r}{n}$ oder ſelbſt $\frac{r'}{n}$, kleiner als 0,5 ausfallen. Die Fundamentaltabelle aber enthält bloß Werthe von $\odot$, welche 0,5 überſteigen. Ganz allgemein nun, wenn man zu einem durch Verſuche oder Rechnung gewonnenen $\odot$, welches kleiner als 0,5 iſt, das zugehörige t zu ſuchen hat, ſo ſuche man ſtatt dieſes $\odot$ vielmehr $1 - \odot$ $\left(\text{mithin ſtatt } \frac{r}{n} \text{ vielmehr } \frac{n - r}{n}\right)$

in der Tabelle auf und nehme das dazu gehörige t negativ, d. i. mit dem entgegengeſetzten Vorzeichen von dem, mit dem es in den obigen Formeln aufgeführt iſt, welche bemerktermaßen überall für den Fall, daß ⊙ größer als 0,5 iſt, aufgeſtellt ſind.

Nach dieſer allgemeinen Regel erſpart man ſich die Aufſtellung beſonderer Formeln für den Fall, wo $\frac{r}{n}$ oder $\frac{r'}{n}$ kleiner als 0,5 iſt, wie Müller ſolche p. 19 unter (10) und (11) aufgeſtellt hat.

c) Von den ſog. Fehlſchlägen, wo h unendlich wird.

Als Fehlſchlag bezeichne ich in Kürze den Fall, wo alle n Fälle richtig ausfallen, mithin $r = n$ iſt, indem dann t_0 und t_{II}, in obiger Weiſe aus der Fundamentaltabelle beſtimmt, unendlich werden, hiemit aber nach den gegebenen Formeln h unendlich wird, mag man das Theilungsprincip I oder II anwenden. Unendliche Werthe von h aber ſind nicht brauchbar. Nun darf man keinen Fehler der Formeln, ſondern nur der Verſuche darin ſehen, daß ſie unter Umſtänden zu ſolchen Fehlſchlägen führen. Die Formeln gelten nämlich principiell nur für ein ſehr großes, ſtreng genommen unendliches, n, und vorausſichtlich würde unter den Bedingungen der Anwendbarkeit der Methode überhaupt immer ein oder der andere falſche Fall oder Nullfall eintreten, wenn man die Verſuchszahl n nur hinreichend vergrößerte; man muß daher auch allgemein geſprochen n ſo groß annehmen, daß noch falſche Fälle vorkommen, und, wo es gilt größere Reihen fractionsweiſe zu behandeln, das für alle Fractionen gleich groß zu haltende n ſo groß nehmen, daß Fehlſchläge vermieden werden. Treten doch ſolche ausnahmsweiſe dabei ein, ſo iſt dies immer ein Übelſtand, denn ausſchließen kann man die Fractionen mit Fehlſchlägen bei der Berechnung der ganzen Reihe nicht, um nicht theils das ganze Rechnungsſyſtem zu ſtören, welches auf eine gleiche Anzahl gleichzähliger Fractionen für jeden zu prüfenden Umſtand zu bauen iſt, theils für den Umſtand, bei deſſen Prüfung Fehlſchläge vorkommen, zu kleine reſultirende h-Werthe zu finden, da jedenfalls die Fehlſchläge ſehr großen, nur nicht unendlichen, h-Werthen in Wirklichkeit entſprechen. Was ſoll man aber in ſolchen ausnahmsweiſen Fällen ſtatt ∞ für t_0 und t_{II} in die Formeln ſubſtituiren? Es dürfte zunächſt nichts anderes übrig bleiben, als die fehlſchlagende Fraction mit einer anderen nicht fehlſchlagenden, unter möglichſt gleichen Umſtänden, namentlich auch gleichen Zeit- und Raumlagen angeſtellten, zum doppelten n zuſammenzunehmen, hieraus h zu berechnen, und dann dasſelbe h für beide Fractionen anzunehmen; obwohl ſonſt die allgemeine Regel bleibt, nur gleiches n in allen Fractionen zur Berechnung zu verwenden. Vielleicht aber läßt ſich doch noch aus Wahrſcheinlichkeitsgeſetzen eine beſſere und praktiſchere Beſtimmung als Function des jeweiligen n dafür finden.

5) Verhandlungen mit Wundt über verſchiedene die Verwendung und Verwerthung der Methode betreffende Puncte.

a) Frage, unter welchen Bedingungen die Methode verwendbar iſt.

In Stud. p. 12 ſucht Wundt die Bedingungen zu präciſiren, unter welchen die Methode der r. u. f. Fälle anwendbar und nicht, oder wenigſtens nicht mit Vortheil, anwendbar ſei, und ſchließt ſeine Erörterungen darüber (Stud. p. 14) mit folgender Erklärung: „Wir können hienach die Bedingung für die Anwendbarkeit der Methode der r. u. f. F. kurz dahin zuſammenfaſſen, daß ſie überall da zuläſſig iſt, wo die objectiven Hülfsmittel zur Meſſung der Reizſtärken an Genauigkeit unſerer Empfindung weit überlegen ſind, und wo daher die Fehler, die bei der Variation der objectiven Reizſtärken begangen werden, verſchwindend klein bleiben gegenüber den Fehlern unſerer Empfindungsſchätzung. In allen anderen Fällen — und ſie betreffen, wie wir geſehen haben, zum Theil gerade die vollkommneren Sinnesgebiete — iſt die Methode unanwendbar, oder, wo ſie trotzdem angewandt werden ſollte, da liefert ſie jedenfalls weit ungenauere Reſultate als die Methode der eben merklichen Unterſchiede.“

Inzwiſchen geſtehe ich, dem Geſichtspuncte, welcher hienach die Anwendbarkeit unſerer Methode zu beſtimmen und zu begrenzen hat, aus dem doppelten Grunde nicht beiſtimmen zu können, daß ich ihn ſelbſt nicht beſtimmt genug finde, und daß ich ihn durch einen anderen erſetzbar finde.

Erſteres anlangend, ſo frage ich mich, wie überhaupt die Sicherheit oder Genauigkeit der ſubjectiven Schätzung mit der Sicherheit oder Genauigkeit der objectiven Meſſung in betreffender Hinſicht verglichen werden ſoll; und wüßte einen Anhalt in dieſer Beziehung nur in folgender Erläuterung ſeitens des Verf. (Stud. p. 12. 13) zu ſuchen.

„In der That ſcheint bei einer Reihe wichtiger Unterſuchungsgebiete die Unterſchiedsſchwelle der Empfindung mit der Grenze der phyſikaliſchen Unterſcheidung ungefähr zuſammenzufallen. So bei der Unterſcheidung von Lichtſtärken, von Tonhöhen, von Temperaturen, die der Eigenwärme der Haut nahe liegen, und endlich unter gewiſſen Verſuchsbedingungen auch bei der Unterſcheidung von Zeitintervallen. Auf Lichtſtärken, Tonhöhenunterſchiede, Temperaturempfindungen, hat man bis jetzt immer nur die Methode der eben merklichen Unterſchiede, in einigen Fällen auch die ſog. Methode der übermerklichen Unterſchiede angewandt. Es iſt das, wie ich glaube, zum Theil wenigſtens aus dem guten Grunde geſchehen, weil die Methode d. r. u. f. F. hier überhaupt unbrauchbar wird. Man vergegenwärtige ſich z. B. die Schattenverſuche, wie ſie zur Meſſung der Unterſchiedsempfindlichkeit für Lichtintenſitäten ausgeführt wurden. Unſer Empfindungsmaß iſt hier ein ſo ſicheres, daß wir mit größter Beſtimmtheit den Moment anzugeben vermögen, wo die beiden mit einander verglichenen Schatten ungleich werden; vorher erſcheinen ſie uns gleich; und zu einer Regiſtrirung richtiger und falſcher Fälle bietet ſich daher keine Gelegenheit.“

Wenn ich nicht irre, würde es hienach beim Vergleich der ſubjectiven und objectiven Genauigkeit, um Kürze halber dieſe Ausdrücke zu gebrauchen, darauf ankommen, ob der kleinſte noch phyſikaliſch meßbare Unterſchied die Größe der U. Schw. überſteigt oder nicht erreicht. Aber dieſem Geſichtspunct fehlt die Beſtimmtheit in ſofern, als die Unterſchiedsſchwelle mit der Größe der Reize wächſt, ohne daß der kleinſte noch phyſikaliſch meßbare Unterſchied ſeine Größe ändert, man alſo die in die Methode einzuführenden Reize nur klein oder groß genug zu nehmen braucht, um nach dieſem Vergleichsprincip die ſubjective Schätzung oder das objective Maß in Vortheil zu finden. Auch möchte ich nicht zugeben, daß wir bei den von Wundt angezogenen Schattenverſuchen „mit größter Beſtimmtheit den Moment anzugeben vermögen, wo die beiden mit einander verglichenen Schatten ungleich werden“, da ja die Thatſache der Unterſchiedsſchwelle ſelbſt darin beſteht und bei dieſen Verſuchen conſtatirbar iſt, daß wir es nicht vermögen. Nur der Punct, wo die U. Schw. überſchritten wird, iſt mit verhältnißmäßiger Beſtimmtheit anzugeben; aber hierauf kommt es hier nicht an.

Hienach kann ich den Grund, daß es bei den Schattenverſuchen an Gelegenheit für Regiſtrirung richtiger und falſcher Fälle fehlt, was in der That der Fall iſt, nur in einem anderen als dem vom Verf. geltend gemachten Umſtande ſuchen; und zwar ſuche ich ihn rückſichtslos auf die ſubjective Feinheit der Schätzung darin, daß zwiſchen den Componenten des Unterſchiedes dabei ſich nicht eben ſo als z. B. bei den Gewichtsverſuchen zeitliche, räumliche und äußere Bewegungsmomente einſchieben, und daß daher die zufälligen Fehlervorgänge wegfallen, welche zu ſolchen Fällen Anlaß geben könnten, die doch weſentlich zur Methode gehören (vgl. Abſchnitt III). Und ſo ſcheint es mir überhaupt bei der Frage der Anwendbarkeit der Methode der r. u. f. F. darauf anzukommen, ob ſie nach Sachlage der Umſtände richtige und falſche Fälle in geeigneten Verhältniſſen dazu liefert, ohne daß ein Vortheil der objectiven Meſſung vor der ſubjectiven Schätzung hiebei weſentlich in Betracht kommt; es ſei denn, wo es unthunlich wird, die Reize ſo groß zu nehmen, daß das Erſtere der Fall ſei. Inzwiſchen kann es ſehr wohl ſein, daß die Methode, wo ſie aus vorigem Geſichtspuncte Angriff fände, aus anderen Geſichtspuncten oder nach erfahrungsmäßigem Vergleich einer andern zu weichen hat, wie bei den von Wundt geleiteten Verſuchen Köllerts über den Zeitſinn. Nur liegt weder etwas hinreichend Allgemeines noch eine hinreichende Caſuiſtik in dieſer Hinſicht bis jetzt vor.

Aus einem anderen Grunde als dem vorigen findet Wundt die Anwendung der Methode d. r. u. f. F. auf die Schallverſuche Nörrs, worüber Näheres in einer ſpäteren Abtheilung dieſer Schrift, bedenklich, indem er (Stud. p. 10 ff.) geltend macht, daß das von Vierordt aufgeſtellte, von Nörr zu Grunde gelegte, objective Maß der Schallſtärke durch das einfache Product aus Maſſe in Geſchwindigkeit des ſchallgebenden Körpers mc (oder $m\sqrt{h}$, wenn h die Fallhöhe) nicht haltbar ſei, wovon ſich übrigens, wie mir bekannt, Vierordt ſelbſt ſchon überzeugt hat, und daß ſich überhaupt nach eigenen (Wundts) und Oberbecks Verſuchen, wegen Einfluſſes verſchiedener Mitbedingungen die Schallſtärke nicht bloß von Geſchwindigkeit und Maſſe des den Schall gebenden fallenden Körpers abhängig anſehen läßt — und ſo ſchließt Wundt, unſtreitig mit Rückſicht darauf, daß Nörrs Verſuche nach dem Wahrſcheinlichkeitsgeſetze zufälliger Abweichungen zur Bewährung des Weberſchen Geſetzes verwerthet worden ſind, ohne daß jene Mitbedingungen ſchon ins Reine gebracht ſind: „Was für einen Sinn hat es nun, die Regeln der Wahrſcheinlichkeitstheorie auf Verſuche anzuwenden, bei denen man über die unerläßlichſten Vorausſetzungen noch in der größten Unſicherheit ſchwebt?“

Ich glaube aber doch, daß es aus dreifachem Geſichtspuncte einen Sinn hat. Einmal, weil es bei den Verſuchen zur Bewährung des Weberſchen Geſetzes überhaupt nicht auf das noch in Frage ſtehende abſolute Maß der Schallſtärke, ſondern nur auf Verhältnißwerthe deſſelben ankommt, wobei es gleichgültig iſt, ob das abſolute Maß als mc oder mc^2 genommen, oder überhaupt unbeſtimmt gelaſſen wird, wie bei der ſpäteren Beſprechung der Nörrſchen Verſuche zu zeigen. Zweitens, weil man die Nebenbedingungen, deren Einfluß man nicht hinreichend kennt, bei den Abänderungen der Hauptbedingung nur conſtant zu erhalten braucht, um auch ihren Einfluß als conſtant in Rechnung bringen und nöthigenfalls eliminiren zu können, oder falls er ſich nicht als ſtörend bezüglich der zu prüfenden Geſetzlichkeit erweiſt, vernachläſſigen zu können. Drittens, weil ſich ein ſtörender Einfluß der gleichgehaltenen Nebenbedingungen auf die Bewährung des Weberſchen Geſetzes bei den Nörrſchen Verſuchen in der That nicht merkbar gemacht hat; daß aber der Schein einer Bewährung des Geſetzes durch die für dasſelbe unweſentlichen conſtant gehaltenen Nebenbedingungen erſt entſtanden ſei, wird man doch nicht behaupten wollen. Ich meine, daß der poſitive Erfolg in dieſer Hinſicht mehr beweiſt, als jeder unbeſtimmte, wenn auch an ſich mögliche, Verdacht.

b) Über die Rolle des Präciſionsmaßes.

Gegen die Bemerkung Wundts (Stud. p. 8), daß das aus den Verſuchen nach der Methode d. r. u. ſ. F. abzuleitende Präciſionsmaß „abgeſehen von den Schlüſſen über die U. E., zu denen man es verwerthet hat, bis jetzt noch keine bemerkenswerthe Rolle in den pſychophyſiſchen Unterſuchungen geſpielt hat“ wüßte ich allerdings nur das zu erinnern, daß ihm überhaupt keine andere Rolle für die Pſychophyſik beizulegen iſt, als eben die, von welcher Wundt bei dieſer Äußerung abſtrahirt; das iſt aber doch eine ſehr wichtige Rolle. Es dürfte ſich aber Wundts Bemerkung durch die Annahme erklären, daß er Müllern in Verwerfung der Rolle, die nach meiner Auffaſſung das Präciſionsmaß in dieſer Hinſicht ſpielt, beiſtimmt.

c) Über die Abhängigkeit der Nullfälle vom wiſſentlichen und unwiſſentlichen Verfahren und die Wahl zwiſchen beiden.

Wundt erhebt (Stud. p. 17) einen Einwand gegen das bei meinen Gewichtsverſuchen nach der Methode d. r. u. ſ. F. eingehaltene wiſſentliche Verfahren aus dem Geſichtspuncte, daß dadurch die Schätzung der zweifelhaften oder Nullfälle alterirt werden möge. Wenn man nämlich *wiſſe*, daß beide Gewichte oder allgemeiner Reize, welche man dem Verfahren unterwirft, ungleich ſeien, ſo werde man ſie wegen dieſes Wiſſens auch leichter für ungleich ſchätzen, als wenn man es nicht wiſſe, und die zweifelhaften Fälle würden dadurch ihr richtiges Verhältniß zu den anderen Fällen, welches Unbefangenheit der Beobachtung vorausſetze, verlieren. Nun hat ſchon Vierordt bei den, nach der Methode d. r. u. ſ. F. unter ſeiner Leitung angeſtellten, Taſtverſuchen, wo ſich's darum handelt, ob eine Diſtanz zwiſchen zwei auf die Haut aufgeſetzten Spitzen als einfache Berührung oder als von 2 Spitzen herrührend empfunden wird, die Unbefangenheit dadurch zu erhalten geſucht, daß er dem Subject, an welchem die Verſuche angeſtellt werden, die Kenntniß von dem wirklichen Verhältniß entzogen. Die Spitzen werden nämlich von einem Gehülfen aufgeſetzt, und das Aufſetzen der 2 Spitzen in unbeſtimmter Weiſe mit dem Aufſetzen bloß einer Spitze, einem ſog. Vexirverſuche gewechſelt, wo dann der Urtheilende ſein Urtheil, ob der Eindruck einfach oder nicht einfach erſcheine, ohne Kenntniß, ob er wirklich von einer oder zwei Spitzen herrührt, abgiebt. Ähnlich aber könnte es auch mit den Gewichtsverſuchen gehalten werden, und dann würde ſich — ſo meint Wundt — „ſehr wahrſcheinlich bei ſonſt gleichen Bedingungen ein völlig anderes Verhältniß richtiger, falſcher und zweifelhafter Fälle ergeben", als bei mir, den Wundt hiebei zwar nicht ausdrücklich nennt, deſſen Gewichtsverſuche er aber doch nur im Auge haben konnte, nachdem ich bei dieſen nie Vexirverſuche zwiſchen die Hauptverſuche eingeſchaltet habe, überhaupt ganz wiſſentlich verfahren bin.

Nun habe ich ſchon in den „Elem." I. 118 ff., meine Gründe dargelegt, vielmehr wiſſentlich ohne Gehülfen und ohne Einſchaltung von Vexirverſuchen als unwiſſentlich mit Gehülfen und mit Einſchaltung von Vexirverſuchen zu verfahren; indeß veranlaßt mich der von Wundt, ſei es ohne Erinnerung an dieſe Bemerkungen erhobene, ſei es als dadurch noch nicht erledigt angeſehene Einwurf gegen das wiſſentliche Verfahren, etwas eingehender auf deſſen Abwägung mit dem unwiſſentlichen zurückzukommen.

Von vorn herein ſollte man meinen, wenn Wundts Verdacht gegen das wiſſentliche Verfahren begründet wäre, ſo könnte es bei dieſem Verfahren zu falſchen Fällen f, wo man die Lage des Mehrgewichts trotz richtiger Kenntniß derſelben verkehrt ſchätzt, gar nicht kommen, ſondern könnte man ſich höchſtens bis zu zweifelhaften Fällen verſteigen, wonach die Zahl dieſer, ſtatt, wie Wundt vorausſetzt, in Verhältniß zum unwiſſentlichen Verfahren abzunehmen, vielmehr wachſen müßte, indem ſich, wenn nicht die Geſammtheit, doch der größere Theil der falſchen Fälle des unwiſſentlichen Verfahrens hinzuſchlüge; und jedenfalls wäre hienach zu erwarten, daß die Zahl der f gegen die der z zurücktrete. Aber weit entfernt, daß es ſo iſt, ſo erhielt ich bei meinen 8 Hauptverſuchsreihen, ſämmtlich wiſſentlich unter mannichfacher Abänderung von Hauptgewicht, Mehrgewicht, Dauer und Zwiſchenzeit der Hebung angeſtellt, im Ganzen unter 67072 Doppelhebungen:

12878 r, 9090 z, 15101 f

alſo bei Weitem mehr f als z.

In einem ſpäteren Abſchnitte, welcher ſich auf die Gewichtsverſuche beſonders bezieht, gebe ich eine Specification des Verhältniſſes von z zu f und r für die einzelnen Verſuchsreihen, wo ſich zeigt, daß je nach den Umſtänden dieſer Reihen das betreffende Verhältniß ſich in geſetzlicher Abhängigkeit von den Umſtänden rückſichtslos auf die Kenntniß derſelben ſehr verſchieden geſtaltet.

Einen auf beſtimmte Zahlendata zu bringenden Vergleich zwiſchen wiſſentlichem und unwiſſentlichem Verfahren habe ich freilich ſelbſt nicht angeſtellt, und gebe zu, daß man einen ſolchen vermiſſen, daher das Vorige nicht durchſchlagend finden kann. Nach den erſten von mir unwiſſentlich angeſtellten Verſuchen fand ich nämlich die Schwierigkeit, größere Verſuchsreihen methodiſch danach durchzuführen, ſo groß, und das hienach verſuchte wiſſentliche Verfahren für mich ſelbſt ſo gefahrlos, daß ich dabei ſtehen blieb; es können aber die weiterhin zu erwähnenden Verſuche Camerers im Taſtgebiete jenen Mangel wohl erſetzen. Um aber zunächſt bei meinen eigenen Verſuchen ſtehen zu bleiben, ſo giebt es einen für mich ſelbſt ſubjectiv durchſchlagenden und einen anderen wie ich meine objectiv durchſchlagenden Grund der Rechtfertigung des von mir eingehaltenen wiſſentlichen Verfahrens. Der erſte liegt in Folgendem.

Während ich zu jeder Zeit weiß, auf welcher Seite das Mehrgewicht liegt, weiß ich aber auch, daß wegen Zuſammenſpiels conſtanter Fehler und zufälliger Fehlervorgänge mit der Richtung und Größe des D der Schein des Mehrgewichts auch auf die entgegengeſetzte Seite fallen kann, ohne daß ich bei irgend einem Verſuche wiſſen kann, auf welche von beiden. Dies Nichtwiſſen aber erſetzt für mich vollſtändig das Nichtwiſſen, welches man künſtlich mittelſt Einſchaltung von Vexirverſuchen und unregelmäßigem Wechſel der Verſuchsverhältniſſe durch einen Gehülfen hervorzurufen ſucht; und da mir noch überdies dabei immer vorſchwebt, daß es gar nicht darauf ankommt, das Daſein und die Richtung eines wirklichen Unterſchiedes zu conſtatiren, ſondern nur das Daſein und die Richtung eines ſcheinbaren U. zu beobachten, ſo richte ich auch die Aufmerkſamkeit darauf wie auf etwas Objectives, und glaube ſogar, daß man in dieſer Hinſicht viel unbefangener und ſo zu ſagen ſchärfer auf die reine Auffaſſung des Scheines, den es eben aufzufaſſen gilt, eingeſtellt iſt, als wenn jeder Verſuch ſich mit der Frage complicirt, ob es nicht ein Vexirverſuch oder eine Laune des Gehülfen iſt. Es ſcheint mir das nicht nur pſychologiſch richtig, ſondern beſtätigt ſich auch bei mir ſelbſt durch das *entſchiedene* Gefühl, daß ich, unwiſſend, welche Richtung der Schein nehmen wird, die Aufmerkſamkeit eben nur auf die Thatſache desſelben richte ohne die Wahrſcheinlichkeit eines beſtimmten Erfolges vorweg zu nehmen.

Nun kann ich allerdings weder verſichern, daß es ſich bei jedem anderen Beobachter oder bei mir ſelbſt in jedem anderen Verſuchsgebiete ebenſo verhalten würde, noch kann ich wehren, wenn jemand die Unbefangenheit bei meinen wiſſentlichen Gewichtsverſuchen dennoch in Zweifel ziehen will; nur gälte es dann erſtens, den Zweifel durch Wiederholung der Verſuche unter den von mir angegebenen Maßnahmen zu begründen; zweitens zu erklären, wie ſo geſetzliche Reſultate, als ſich bei meinen Verſuchen ergeben haben, herauskommen konnten; und hierin liegt der andere, der *objective* Grund, meiner Verſuchsweiſe Zutrauen zu ſchenken.

In dieſer Beziehung mache ich zuvörderſt die geſetzliche Abhängigkeit ſelbſt geltend, welche ſich im Verhältniſſe zwiſchen den f und z von den Umſtänden der Verſuche herausgeſtellt hat, zweitens die Bewährung des Weberſchen Geſetzes für eine aufſteigende Scala von Gewichten unter Zuziehung einer Conſtante (Elem. I. 182 ff. In Sachen 198), drittens die Proportionalität des aus der Fundamentaltabelle abzuleitenden Werthes $t_0 = hD$ mit dem in den Verſuch gegebenen D (Elem. I. 192), viertens die Bewährung des Parallelgeſetzes (Elem. I. 305 ff.), fünftens die Proportionalität zwiſchen dem Präciſionsmaße und der Unterſchiedsſchwelle unter verſchiedenſten äußeren Umſtänden, ſo lange die inneren Umſtände dieſelben bleiben (ſ. folgends Abſchn. XI.) Unmöglich konnten ſolche Bewährungen geſetzlicher Verhältniſſe zu Stande kommen, wenn dieſe durch das wiſſentliche Verfahren alterirt wurden.

Überhaupt aber möchte eine vergleichende Prüfung des wiſſentlichen und unwiſſentlichen Verfahrens weſentlich darauf zu ſtellen ſein, nicht, ob man bei wiſſentlichem Verfahren andere Reſultate erhält, als bei unwiſſentlichem, was zweifellos iſt, ſondern auf welchem beider Wege man überhaupt *geſetzlichere* Reſultate erhält.

Inzwiſchen, mag man ſich immerhin nicht auf mich allein verlaſſen, ſo treten nun die Ausſagen von Camerer hinzu, dem wiſſentlichen Verfahren das Wort zu reden, womit es ſich ſo verhält:

Nachdem Camerer früherhin zwei große und ſchöne Verſuchsreihen unter Einſchaltung von Vexirverſuchen an zwei Individuen angeſtellt hatte, die in der Zeitſchrift für Biologie veröffentlicht ſind, iſt er neuerdings einem Wunſche von mir mit Anſtellung einer neuen größeren

Verſuchsreihe zum ausdrücklichen Vergleich von wiſſentlich und unwiſſentlich entgegengekommen, welche zwar noch nicht abgeſchloſſen iſt, worüber ich aber doch ſchon folgende Bemerkungen Camerers mittheilen kann. Halten wir dabei im Auge, daß unſtreitig Camerers Intereſſe von vorn herein vielmehr nach Seiten des von ihm ſelbſt wie bisher überall befolgten unwiſſentlichen, als des wiſſentlichen Verfahrens neigte; um ſo unparteiiſcher wird man folgende Bemerkungen desſelben finden. Er ſagt:

„Bei den wiſſenden Verſuchen durften die Verſuchsperſonen [es waren ihrer 5, worunter Camerer ſelbſt], allerdings wiſſen, nicht nur, daß nur Nadelabſtände gebraucht wurden [alſo keine Vexirverſuche mit Nulldiſtanz eingeſchoben], ſondern auch wie groß jeweils der gebrauchte Abſtand war. Sie haben ſich aber von letzter Kenntniß gewiß nicht leiten laſſen, ja einige der Verſuchsperſonen haben, nach ihrer Ausſage, meiſtens nicht gewußt, wie groß der Abſtand war; weil er ſie nicht intereſſirte; andere haben ſich, wenigſtens in vielen Fällen, darum gekümmert."

„Das aber ſagen ſämmtliche Beobachter einſtimmig aus, daß die wiſſenden Verſuche weit leichter, weit weniger anſtrengend, ſind. Man kann ſich ganz unbefangen dem Gefühlseindruck überlaſſen, während die Angſt vor möglichen Vexirfehlern bei den unwiſſenden Verſuchen ſehr ſtört. Inſofern alſo hat ſich Ihre Meinung vom Vorzug der wiſſenden Verſuche ganz beſtätigt, und die Unterſchiede in den Reſultaten beider Arten fallen wohl hauptſächlich der complicirten Frageſtellung bei den unwiſſenden Verſuchen zur Laſt."

Die Reſultate fallen nämlich je nach wiſſentlich und unwiſſentlich ſehr verſchieden aus, und ſoweit die Verſuche bis jetzt gediehen ſind, entſprechen die wiſſentlichen der Formel, bei der ich zuletzt ſtehen geblieben bin, beſſer als die unwiſſentlichen, ohne daß ich doch vor dem definitiven Abſchluß ſchon eine Sicherheit in dieſer Hinſicht geben möchte.

Jedenfalls aber ſcheint mir mit den Camererſchen Verſuchen ſchon jetzt bewieſen, daß der Vorzug, den ich dem wiſſentlichen Verfahren ertheile, nicht bloß an meiner Subjectivität und der Natur der Gewichtsverſuche hängt, ſondern Anſpruch auf allgemeinere Geltung hat.

Inſofern man Vexirverſuche beim unwiſſentlichen Verfahren nicht wohl entbehren kann, verdient noch folgende Bemerkung Beachtung.

Man meint, die Einſchaltung von Vexirverſuchen in die Hauptverſuche ſei an ſich unbedenklich, und könne, ſelbſt wo ſie ſich erſparen ließe, keinen Nachtheil bringen; aber man irrt hierin; und ſchon die früher veröffentlichten Taſtverſuche Camerers beweiſen es. In der That hat Wundt ganz Recht mit ſeiner Vermuthung, daß durch Einſchaltung von Vexirverſuchen das Verhältniß von r, f, z ſich ändern muß; aber es ändert ſich dadurch zum Nachtheil. Durch die Einſchaltung der Vexirverſuche (d. i. mit 1 Spitze, ohne Diſtanz D) in die Hauptverſuche (mit D) wächſt nämlich die verhältnißmäßige Zahl der r, indem ſie vermöge Contraſteinfluſſes auch wächſt, wenn man Verſuche mit großem D nach oder zwiſchen ſolchen mit kleineren D anſtellt; D = 0 aber iſt das kleinſtmögliche D und deſſen Einſchaltung, d. i. der Vexirverſuch, wirkt alſo in betreffender Hinſicht am ſtärkſten. Kurz man führt durch Einſchaltung von Vexirverſuchen in die Hauptverſuche eine Complication ein, für die bis jetzt keine Elimination gefunden iſt. Näheres hierüber ſ. in dem, dieſe Verſuche beſonders behandelnden, Abſchnitte.

Endlich aber giebt der Umſtand, daß man bei wiſſentlichem Verfahren der Zuziehung eines Gehülfen entbehren kann und die methodiſche Anſtellung der Verſuche ganz in der eignen Hand behält, ja daß eine ſolche Anſtellung überhaupt nicht leicht anders als beim wiſſentlichen Verfahren *vollſtändig* gelingt, dieſem Verfahren entſchieden *äußere* Vortheile vor dem unwiſſentlichen voraus. In der That, wollte ein Gehülfe die Verſuche in ſo methodiſcher Abwechſelung und Folge der Umſtände, ſo wie Gleichzahl bezüglich jedes Umſtandes insbeſondere, ausführen, wie es zur Vergleichbarkeit der darauf bezüglichen Verſuchsfractionen und Eliminirbarkeit der conſtanten Fehler nöthig iſt, ſo würde das unwiſſentliche Verfahren *dadurch* illuſoriſch werden, daß das Verſuchsſubject leicht erriethe, was man ſeinem Wiſſen entziehen möchte.

d) Frage nach dem zweckmäßigſt anzuwendenden D.

Bei Anwendung unſerer Methode fragt ſich, welche Differenz D man zwiſchen den, dem Verſuche zu unterwerfenden Reizen anzuwenden habe, alſo z. B. welches Zuſatzgewicht D bei den Gewichtsverſuchen zum Hauptgewicht P zu fügen ſei, um das größere Gewicht $P' = P + D$ damit herzuſtellen. Von ſelbſt wird man ebenſo ein zu kleines D vermeiden, wo beide Gewichte nahe gleich wären, und abgeſehen von conſtanten Fehlern die r mit den f faſt gleich ausfallen würden, wie ein zu großes, wo alle Fälle richtig ausfallen würden, weil ſich beide Fälle dem Princip der Methode entziehen. Nun giebt es zwar eine gewiſſe Breite, innerhalb deren man an kein beſtimmtes Verhältniß von D zu P gebunden iſt, kann doch aber fragen, ob nicht ein gewiſſes Verhältniß vor anderen in der Praxis bevorzugt zu werden verdient, in ſo weit es die Zwecke der Unterſuchung geſtatten. Dieſe können nun freilich die Anwendung einer Mehrheit von D fordern, aber dann wird es allgemeingeſprochen immer zweckmäßiger ſein, mit denſelben das vortheilhafteſte D zwiſchen ſich zu faſſen, als bloß nach einer Seite davon zu bleiben.

Wundt nun ſtellt in dieſer Hinſicht das Princip auf (Pſ. I. 331 und Stud. 9), D ſei ſo zu wählen, daß $\frac{r}{n} = 0{,}50$, d. h. daß die Zahl der richtigen Fälle eben ſo groß als die der falſchen und zweifelhaften zuſammen ausfalle, demgemäß D gleich der Unterſchiedsſchwelle S zu nehmen. Nach Müllers Formeln nämlich, auf die ſich Wundt hiebei bezieht, trifft die Bedingung $\frac{r}{n} = 0{,}50$ mit der Bedingung $D = S$ zuſammen, wie des näheren im folgenden Abſchnitte beſprochen werden wird. Die vorläufige Beſtimmung der U. Schw. nach der Methode der eben merklichen oder kleinſten Unterſchiede, auf welche die Methode der r. u. f. F. bei größter Schärfe zurückkomme, könne hienach nützlich ſein, jenen vortheilhafteſten Werth von D zu finden.

Aber vor Allem iſt hiegegen zu bemerken, daß beide Bedingungen $\frac{r}{n} = 0{,}50$ und $D = S$ nur nach dem Theilungsprincip II der z, welches den Müllerſchen Formeln zu Grunde liegt, zuſammentreffen; und ich glaube doch im folgenden Abſchnitte zeigen zu können, nicht nur, daß dies Princip unhaltbar ſei, ſondern auch, daß das aus der Methode der r. u. f. F. ſei es nach I oder II zu gewinnende S mit der aus der Methode der e. m. oder ſog. kleinſten Unterſchiede zu gewinnenden U. Schw. S nicht zu identificiren ſei, vielmehr principiell davon abweiche. Auch finde ich von vorn herein kein aprioriſtiſches Princip, weßhalb man ſich ſei es an die eine oder andere Bedingung oder an ihr Zuſammentreffen zu halten habe, und bei näherem Zuſehen ſogar unmöglich, ſich an letzteres zu halten, da bei dieſem Zuſammentreffen nach Müllers Formeln, wie im folgenden Abſchnitt zu zeigen, die Unterſchiedsſchwelle und mithin die damit reciproke Unterſchiedsempfindlichkeit immer dieſelbe, nämlich erſtere immer $= D$ bleibt, mag z gegen f oder f gegen z überwiegen, indeß dies doch principiell weder gleichgültig für die Größe der Unterſchiedsſchwelle noch für die Unterſchiedsempfindlichkeit ſein kann.

Meinerſeits ſcheint mir die Aufgabe ſo zu faſſen. Da ich überhaupt den Hauptzweck des Verfahrens darin ſuche, das Präciſionsmaß h als Maß der U. E. möglichſt genau zu erhalten, beim Vergleich verſchiedener Empfindlichkeiten aber in Verhältniß zu ſeiner Größe möglichſt genau zu erhalten, ſo ſcheint mir ein ſolcher Werth von r oder vielmehr von r', an den ſich das Theilungsprincip I hält, vorzuziehen, bei deſſen zufälliger Änderung ſich h verhältnißmäßig am wenigſten ändert, indem hieran die verhältnißmäßige Sicherheit der Beſtimmung des h hängt; wo alſo $\frac{\partial h}{h \partial r'}$, oder, ſofern $Dh = t$, wo $\frac{\partial t}{t \partial r'}$ ein Minimum iſt.

Nun iſt nach unſerem Theilungsprincip I, wie unter VI gezeigt wird,

$$\frac{r'}{n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{t = hD} e^{-t^2} \partial t$$

mithin:

$$\frac{\partial r'}{n} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-t^2} \partial t,$$

$$\frac{\partial t}{t \partial r'} = \frac{\sqrt{\pi}}{n t e^{-t^2}}$$

und kommt es alſo darauf an, das Minimum des vorigen Ausdruckes bei gegebenem n zu finden. Dieſes aber giebt, nach bekannter Regel beſtimmt

$$t = \sqrt{\tfrac{1}{2}} = 0{,}7071068$$

wozu nach einer, in Decimalen hinreichend ausgeführten Fundamentaltabelle gehört:

$$\frac{r'}{n} = 0{,}84134.$$

Auch kann man ſich aus der Fundamentaltabelle ſelbſt direct überzeugen, daß, wenn man den Werth $r' = 0{,}84$ für ⊙ in die Tabelle einſetzt, das zugehörige $\frac{\text{diff.}}{t} = \frac{\partial t}{t}$ kleiner iſt, als wenn man $0{,}85$ oder $0{,}83$ einſetzt, und um ſo mehr, wenn man noch weiter nach einer oder der anderen Seite von $0{,}84$ entfernte Werthe ⊙ nimmt, wobei zu berückſichtigen iſt, daß nach der Einrichtung der Tabelle die Werthe ⊙ um conſtante Differenzen fortſchreiten.

6 Fundamentaltabelle der Methode der richtigen und falſchen Fälle.

(Wo ⊙ kleiner als 0,50, ſuche ſtatt ⊙ vielmehr 1 — ⊙ in der Tabelle auf, und nimm t negativ).

⊙	t = hD	diff.	⊙	t = hD	diff.	⊙	t = hD	diff.
0,50	0,0000	177	0,71	0,3913	208	0,91	0,9481	455
0,51	0,0177	178	0,72	0,4121	212	0,92	0,9936	500
0,52	0,0355	177	0,73	0,4333	216	0,93	1,0436	558
0,53	0,0532	178	0,74	0,4549	220	0,94	1,0994	637
0,54	0,0710	180	0,75	0,4769	225	0,95	1,1631	748
0,55	0,0890	178	0,76	0,4994	230	0,96	1,2379	918
0,56	0,1068	179	0,77	0,5224	236	0,97	1,3297	1225
0,57	0,1247	181	0,78	0,5460	242	0,98	1,4522	1928
0,58	0,1428	181	0,79	6,5702	249	0,99	1,6450	∞
0,59	0,1609	182	0,80	0,5951	257	1,00	∞	
0,60	0,1791	184	0,81	0,6208	265			
0,61	0,1975	185	0,82	0,6473	274			
0,62	0,2160	187	0,83	0,6747	285			
0,63	0,2347	188	0,84	0,7032	297			
0,64	0,2535	190	0,85	0,7329	310			
0,65	0,2725	192	0,86	0,7639	326			
0,66	0,2917	194	0,87	0,7965	343			
0,67	0,3111	196	0,88	0,8308	365			
0,68	0,3307	199	0,89	0,8673	389			
0,69	0,3506	202	0,90	0,9062	419			
0,70	0,3708	205						

Zuſatztabelle I.

⊙	t = hD	diff.	⊙	t = hD	diff.	⊙	t = hD	diff.
0,8300	0,6747	70	0,8600	0,7639	80	0,8900	0,8673	95
0,8325	0,6817	71	0,8625	0,7719	81	0,8925	0,8768	96
0,8350	0,6888	72	0,8650	0,7800	82	0,8950	0,8864	98
0,8375	0,6960	72	0,8675	0,7882	83	0,8975	0,8962	100
0,8400	0,7032	73	0,8700	0,7965	84	0,9000	0,9062	102
0,8425	0,7105	74	0,8725	0,8049	85	0,9025	0,9164	103
0,8450	0,7179	74	0,8750	0,8134	87	0,9050	0,9267	106
0,8475	0,7253	76	0,8775	0,8221	87	0,9075	0,9373	108
0,8500	0,7329	76	0,8800	0,8308	89	0,9100	0,9481	110
0,8525	0,7405	77	0,8825	0,8397	91	0,9125	0,9591	112
0,8550	0,7482	78	0,8850	0,8488	92	0,9150	0,9703	115
0,8575	0,7560	79	0,8875	0,8580	93	0,9175	0,9818	118

Zuſatztabelle I (Fortſetzung).

⊙	t = hD	diff.	⊙	t = hD	diff.	⊙	t = hD	diff.
0,9200	0,9936	120	0,9400	1,0994	151	0,9600	1,2379	211
0,9225	1,0056	123	0,9425	1,1145	156	0,9625	1,2590	222
0,9250	1,0179	127	0,9450	1,1301	162	0,9650	1,2812	236
0,9275	1,0306	130	0,9475	1,1463	168	0,9675	1,3048	249
0,9300	1,0436	133	0,9500	1,1631	175	0,9700	1,3297	272
0,9325	1,0569	137	0,9525	1,1806	182	0,9725	1,3569	290
0,9350	1,0706	142	0,9550	1,1988	191	0,9750	1,3859	316
0,9375	1,0848	146	0,9575	1,2179	200	0,9775	1,4175	

Zuſatztabelle II.

⊙	t = hD	diff.	⊙	t = hD	diff.	⊙	t = hD	diff.
0,970	1,3297	108	0,980	1,4522	150	0,990	1,6450	278
0,971	1,3405	108	0,981	1,4672	156	0,991	1,6728	304
0,972	1,3513	112	0,982	1,4828	163	0,992	1,7032	343
0,973	1,3625	115	0,983	1,4991	173	0,993	1,7375	389
0,974	1,3740	119	0,984	1,5164	181	0,994	1,7764	450
0,975	1,3859	123	0,985	1,5345	192	0,995	1,8214	539
0,976	1,3982	128	0,986	1,5537	205	0,996	1,8753	677
0,977	1,4110	132	0,987	1,5742	219	0,997	1,9430	922
0,978	1,4242	138	0,988	1,5961	234	0,998	2,0352	1499
0,979	1,4380	142	0,989	1,6195	255	0,999	2,1851	∞
						1,000	∞	

V. Über die Verwerthung der zweifelhaften oder Nullfälle z bei der Methode der richtigen und falſchen Fälle.

Bei Anſtellung vieler Verſuche zur Beſtimmung eines phyſikaliſchen Werthes kann man ſchon deßhalb eine Mehrheit mitunterlaufender Nullfehler erhalten, weil man zu kleine Differenzen des zu meſſenden Gegenſtandes von Abtheilungen des Maßſtabes, obwohl in Wirklichkeit vorhanden, wegen des ſich auch hier wie bei pſychophyſiſchen Verſuchen geltend machenden Schwellengeſetzes nicht von Nullabweichungen unterſcheiden kann. Man denkt ſich aber dieſe Nullfehler, die für die Empfindung beſtehen, zur Anwendung des Gaußſchen Geſetzes gleich nach poſitiver und negativer Seite vertheilt und ihnen gleich viel poſitive und negative objective Abweichungen von Null entſprechend, weil die gleiche Wahrſcheinlichkeit dafür beſteht. Und ſo ſchiene es von vorn herein am natürlichſten, auch in Anwendung des Gaußſchen Geſetzes auf unſer Beobachtungsfeld daſſelbe bezüglich der dabei vorkommenden Nullfälle zu thun, d. h. die ihnen entſprechenden Abweichungen, im Sinne des im vorigen Abſchnitte beſprochenen Theilungsprincipes I, gleich zwiſchen beiden Seiten zu theilen; und in der That iſt es ſo von mir in den „Elementen“ geſchehen. Ja ich geſtehe, nicht einmal daran gedacht zu haben, daß es auch anders geſchehen könne, und halte noch jetzt, nachdem ſich Anlaß zum Zweifel in dieſer Hinſicht geboten, auf Grund der folgenden Erwägungen dieſe Gleichtheilung für das Richtige.

Allerdings aber iſt die Übertragbarkeit deſſen, was bei den Nullfällen der Beobachtungsfehler unbeſtritten zu gelten hat, auf die Nullfälle unſerer Methode doch wirklich nicht ſelbſtverſtändlich. Die Beobachtungsfehler ſind zufällige Abweichungen von einer einzigen, der Beobachtung unterliegenden Größe (wofür man das Mittel der beobachteten Größen nimmt); hingegen giebt es bei unſerer Methode zwei Größen A, B, welche zufälligen Abweichungen unterliegen, und aus welchen ſich die zufälligen Abweichungen ihres Unterſchiedes D erſt zuſammenſetzen, was andere Geſichtspuncte mitführen kann. Und ſo iſt denn auch die Statthaftigkeit meiner Gleichtheilung der z nach beiden Seiten von Müller beſtritten worden, als welcher vielmehr von dem Princip ausgeht, daß die Unterſchiedsſchwelle nach poſitiver Seite mit der Unterſchiedsſchwelle nach negativer Seite bei der Methode der r. u. f. F. ebenſo gleich genommen werden müſſen, als bei der Methode der e. m. U., ohne übrigens mehr als es bei mir der Fall war, das Bedürfniß gefühlt zu haben, ſein Princip zu rechtfertigen; er nimmt es als wie ſelbſtverſtändlich in ſeine Formeln auf. Beide Principe, das der Gleichtheilung der z, von mir im vorigen Abſchnitt mit I bezeichnet, und das der Gleichheit der Schwelle nach beiden Seiten, von mir mit II bezeichnet, aber vertragen ſich nach ſchon früher gemachter Bemerkung nicht mit einander; indem ſich rechnungsweiſe ergiebt, daß bei Gleichtheilung der z nach beiden Seiten die Totalſchwelle ſich nach beiden Seiten ungleich theilt; umgekehrt mit Gleichtheilung der Schwelle nach beiden Seiten die Gleichtheilung der z nicht beſtehen kann.

Außer dieſen beiden Theilungsprincipen bietet ſich übrigens als nicht ganz außer Acht fallend das Princip dar, die Nullfälle z nach

Verhältniß der gegebenen poſitiven und negativen Fälle r, f auf die eine und andere Seite zu ſchlagen, alſo $\frac{rz}{r+f}$ auf die eine, $\frac{fz}{r+f}$ auf die andere Seite.

Und endlich ließe ſich daran denken, die z-Fälle ganz von der Berechnung auszuſchließen und die Berechnung ſo zu führen, als wenn es bloß r und f gäbe, wonach auch die Totalzahl n der Fälle nicht zu ſetzen wäre $n = r + f + z$, ſondern $n = r + f$. Es fällt aber dies Princip mit dem vorigen hinſichtlich der Vertheilung der r und f, auf die man damit kommt, zuſammen, und iſt nur inſofern davon zu unterſcheiden, als man damit die Möglichkeit einer Berechnung der U. Schw. durch Berückſichtigung der z Preis giebt:

Es liegen alſo folgende 4 zu berückſichtigende Principe oder Annahmen vor, die ich in möglichſter Kürze, unter Einſchluß der ſchon vorgenommenen Bezeichnungen, als I, II, III, IV oder auch wie folgende beiſteht, bezeichnen werde:

I. Princip der Gleichtheilung der Nullfälle oder z, von mir ſelbſt vertreten.

II. Princip der Gleichheit der Partialſchwellen, von Müller vertreten.

III. Princip der verhältnißmäßigen Theilung der z, d. i. nach dem Verhältniß

$$\frac{rz}{r+f}, \qquad \frac{fz}{r+f}.$$

IV. Princip des Ausſchluſſes der z.

Ich werde nun zuvörderſt die Gründe darlegen, welche mich veranlaſſen, im Hauptſtreite zwiſchen Princip I und II mich für I zu entſcheiden, ſchließlich jedoch auch noch auf deſſen Abwägung mit III und IV kommen.

Es iſt ein aprioriſtiſcher, ein mathematiſcher, ein empiriſcher Grund und dazu ſind es praktiſche Gründe, welche zum Vorzuge von I vor II zuſammenſtimmen; und wollte man dem aprioriſtiſchen, in der That etwas ſpinöſen, Grunde mißtrauen, ſo würden die anderen Gründe noch für I durchſchlagen. Man kann II nicht durchführen, ohne ſeitens des mathematiſchen Grundes in unlösliche Conflicte zu kommen, die ſich der Aufmerkſamkeit von Müller entzogen haben, für I aber wegfallen, und die andern zwei Gründe verſtärken nur noch dieſen Ausſchlag zu Gunſten von I. Aber beginnen wir mit dem aprioriſtiſchen Grunde. Es iſt dieſer.

Wir beurtheilen die r, f, z als richtige, falſche und zweifelhafte oder poſitive, negative und Nullfälle nach Ausſage der Empfindung, und haben alſo die Rechnungen und Formeln auf dieſe Ausſage, nicht umgekehrt zu ſtützen, um nicht ein Hyſteron Proteron zu begehen. Dieſe Ausſage aber läßt uns unmittelbar nicht Größen ſondern nur Zahlen der poſitiven und negativen Unterſchiedsempfindungen finden, zwiſchen welchen die Nullempfindungen getheilt zu denken ſind, um gemäß dem S. 41 f. beſprochenen Princip die unterliegenden ſcheinbaren Unterſchiede danach in poſitive und negative getheilt denken zu können, wie es zur Anwendung des Gaußſchen Geſetzes nöthig iſt. Nach Ausſage der Empfindung ſelbſt aber liegt ſchlechthin kein Grund vor, eine Nullempfindung vielmehr als $+ 0$ oder $- 0$ zu faſſen; und wenn doch ein Rechnungsbedürfniß dazu vorliegt, ſolche Empfindungen nach beiden Seiten vertheilt zu denken, wird die Theilung nach gleicher Wahrſcheinlichkeit oder Zahl damit vorzunehmen, und die entſprechende Theilung der ſcheinbaren Unterſchiede nach beiden Seiten zugehörig zu denken ſein, hienach aber erſt zu fragen ſein, wie ſich die Größen dieſer Unterſchiede einerſeits und anderſeits in Unterordnung unter das Gaußſche Geſetz verhalten.

Wenn man von poſitiven und negativen Unterſchiedsempfindungen ſpricht, ſo kann dies in verſchiedenem Sinne geſchehen, worüber einige Worte zu ſagen, um ſich nicht zwiſchen den verſchiedenen Faſſungen zu verwirren, da im Folgenden bloß *eine* davon zur Geltung kommt. Sei ein Unterſchied zwiſchen B und A von beſtimmter Größe gegeben, und $B > A$, alſo umgekehrt $A < B$, ſo kann der U. *gleichgültig* als $B - A$ oder $A - B$, d. i. ſowohl poſitiv wie negativ genommen werden, indem man erſtenfalls im Auge hat, daß B größer als A, zweitenfalls daß A kleiner als B, und dies wird ſich auf die Unterſchiedsempfindungen übertragen laſſen. Aber ſo lange wir nur die *abſolute* Größe des Unterſchiedes $\pm (B - A)$ ſo wie ſeiner Empfindung, wofür dieſe willkürliche Unterſcheidung nichts bedeutet, in Betracht ziehen, und, wie bei abſoluten Größen üblich, als poſitive bezeichnen, wird ein negativer Werth des Unterſchiedes ſo wie ſeiner Empfindung nur einen *unmöglichen* Werth des einen wie der andern bedeuten können, in welcher Bedeutung das negative Vorzeichen in der Unterſchiedsmaßformel für Unterſchiedsempfindungen unter der Schwelle vorkommt. Aus drittem Geſichtspuncte endlich können wir bei wirklich vorhandenen Unterſchiedsempfindungen zwiſchen der Richtung derſelben inſofern unterſcheiden, als ein Unterſchied zwiſchen A und B, in dem uns B größer als A erſcheint, ſich durch wirkliche oder ſcheinbare Änderungen in einen ſolchen verwandeln kann, in dem uns jetzt A größer als B erſcheint, indem ſich mit wirklicher oder ſcheinbarer Verkehrung des wirklichen U. auch die Richtung der Unterſchiedsempfindung verkehrt. In dieſem dritten Sinne ſind hier entgegengeſetzte Unterſchiedsempfindungen verſtanden.

Auch mag noch folgende Bemerkung hier am Platze ſein. Eine Unterſchiedsempfindung null iſt nicht mit einer Nullempfindung ſchlechthin zu verwechſeln, ſondern als Negation der Empfindung eines Unterſchiedes zwiſchen zwei Empfindungen unterſchieden von der Negation einer einfachen Empfindung. Allerdings kann man ſagen, null iſt als null überall ſich ſelbſt gleich, aber iſt doch nicht nach ſeinen Beziehungen überall gleich, wie denn z. B. kein Apfel etwas Anderes als kein Geld iſt.

Der vorigen aprioriſtiſchen Betrachtung kann der Einwand entgegentreten: die Gleichheit der Schwelle nach beiden Seiten ſei ihrerſeits a priori nothwendig, und die Vertheilungsweiſe der z nach beiden Seiten vielmehr als Folgerung daraus abzuleiten, als daß man aprioriſtiſch von ihr ausgehen könne. Und von vorn herein iſt zuzugeſtehen, daß mit unſerem Princip eine ſchon früher (S. 47 f.) angeſtellte Betrachtungsweiſe in ſcheinbaren Conflict kommt, die in der That den Anſpruch einer aprioriſtiſchen erheben kann. Vor näherem Eingehen darauf kommen wir erſt mit einer, die Betrachtung erleichternden, anſchaulichen Vorſtellungsweiſe darauf zurück.

Werde der Unterſchied D zwiſchen den beiden Reizen A, B durch eine Diſtanz zwiſchen zwei Puncten vorgeſtellt, und ziehen wir rückſichtslos auf die abſolute Größe der Reize, worauf bei der uns hier beſchäftigenden Betrachtung nichts ankommt, nur die Änderung ihres Unterſchiedes, alſo der Diſtanz D in Betracht, ſo wird dieſe Änderung durch eine relative Bewegung der Puncte zu und von einander zu repräſentiren ſein. Den einen Reiz, ſagen wir A, können wir dabei im Sinne einer bekannten Fiction als feſt, und bloß den andern, B, beweglich denken, indem wir die etwaigen Bewegungen von A in entgegengeſetzter Richtung auf B übertragen. Die Gleichheit beider Reize wird als verſchwundener Unterſchied durch ein Zuſammenfallen von B mit A repräſentirt ſein, und hienach die Unterſchiedsſchwelle ſich durch die Methode der eben merklichen oder verſchwundenen Unterſchiede wie folgt beſtimmen.

Denken wir uns im Ausgange vom Gleichheitsfalle, wo B mit A zuſammenfällt, B einmal nach einer, das anderemal nach der entgegengeſetzten Seite ſich von A fortbewegend, ſo wird dies bis zu einer gewiſſen Entfernung, reſpective S, und S′, von A aus geſchehen können, ehe die Abweichung merklich wird. S, und S′ ſtellen dann die Unterſchiedsſchwelle reſpectiv nach der einen und andern Seite, ſagen wir die poſitive und negative, dar, ſofern wir die Richtung beider Bewegungen von A aus unterſcheiden. Abgeſehen von dem S. 47 erwähnten, hier unberückſichtigt gelaſſenen, Nebenumſtande läßt ſich nun in der That a priori durchaus kein Grund finden, weshalb S, von S′ verſchieden ſein ſollte. Bei der Methode der r. u. f. F. ſind freilich die Ausgangsverhältniſſe von vorn herein andere. B fällt von vorn herein nicht mit

A zuſammen, ſondern weicht um die Diſtanz D davon ab. Aber durch die zufälligen Fehlervorgänge kann B bis zum ſcheinbaren, doch als objectiv wirklich vorzuſtellenden, Zuſammenfallen mit A gebracht, alſo auf den vorigen Fall zurückgekommen werden. Nicht nur bei dieſem genauen Zuſammenfallen aber von B mit A wird der U. für die E. verſchwunden erſcheinen, ſondern auch bis zu einem gewiſſen Abſtande dieſſeits und jenſeits von A, und wenn vorhin kein Grund vorlag, S, von S′ verſchieden anzunehmen, wird jetzt ebenſo wenig Grund ſein.

Wenn ſchon ich dieſe Betrachtungsweiſe von Müller ſelbſt nicht ausdrücklich entwickelt finde, kann es doch unſtreitig weſentlich nur der Geſichtspunct derſelben ſein, den er im Hinterhalt hat, wenn er das Theilungsprincip II wie ſelbſtverſtändlich einführt. Auch hat ſie mir ſelbſt eine Zeit lang ſo evident geſchienen, daß ich das in den „Elem.“ eingehaltene Princip I dafür aufgab, bis mir erſtens das vorige aprioriſtiſche Princip mit überwiegender Kraft entgegentrat, zweitens die andern, hienach weiter zu beſprechenden, Gründe entſcheidend für I hinzutraten. Aber es gilt nun doch, einen Conflict, welcher der Natur der Sache nach nicht unlösbar ſein kann, zu löſen und ich verſuche es mit folgender Betrachtung.

Iſt denn wirklich mit obiger, meinem Princip entgegenſtehender, Betrachtung eine Identificirung der Schwellen S,, S′, auf die man durch die Methode der e. m. U. kommt, — bezeichnen wir dieſe Schwellen gemeinſam mit 1), — mit den gleichbenannten Schwellen, auf die man durch die Methode d. r. u. f. F. kommt, — bezeichnen wir ſie den vorigen gegenüber mit 2) — erreicht oder eine Zurückführung der einen auf die andern gelungen? Factiſch iſt es nicht der Fall. Denn bei den Schwellen 1) trifft die Gleichheit von S, mit S′ zuſammen mit der Gleichheit von z, mit z′, d. i. der Zahl oder Wahrſcheinlichkeit der z, die reſpectiv auf S, und S′ fallend gedacht werden können; bei den Schwellen 2) iſt es nicht der Fall 1); ſondern entweder iſt nach Theilungsprincip I

---

1) Allerdings kann man bei den Verſuchen nach der Methode der e. m. U. die Gleichtheilung oder gleiche Wahrſcheinlichkeit der z nach beiden Seiten nicht direct beobachten, da die Verſuchsweiſe dieſer Methode überhaupt nicht darauf eingerichtet iſt, z-Werthe zu beobachten; man kann aber doch a priori wegen der Symmetrie der Verhältniſſe auf beiden Seiten die gleiche Wahrſcheinlichkeit der z, für den Fall, daß ſie zu beobachten wären, vorausſetzen. Umgekehrt giebt es eine Verſuchsweiſe, wo man nur die Gleichheit oder gleiche Wahrſcheinlichkeit der z nach beiden Seiten ohne zugleich die Gleichheit der Schwellengröße nach beiden Seiten beobachten kann, aber nicht minder wegen der Symmetrie der Verhältniſſe nach beiden Seiten ein Zuſammentreffen beider Gleichheitsfälle vorausſetzen kann, das iſt, wo man Verſuche nach

die Wahrſcheinlichkeit der $z_{,}$ und z' gleich, die Größe der $S_{,}$ und S' ungleich, oder nach Princip II umgekehrt. *Alſo wird die Zurückführung der Schwellenbeſtimmung nach der einen Methode auf die Beſtimmung nach der andern Methode von vorn herein hinfällig*; und wenn die U. Schw. factiſch wie allgemein zugeſtanden am directeſten durch die Methode der e. m. U. beſtimmbar iſt, ſo können wir die nach der Methode der r. u. f. F. ſei es nach dem einen oder andern Theilungsprincip der z beſtimmte, indirect abgeleitete, Schwelle gar nicht mehr mit jener identificiren. Ich möchte ſie daher auch lieber durch den Namen, etwa als *Theilungsſchwelle*, ſofern mir kein anderer bezeichnenderer Namen beifällt, von jener unterſcheiden, indem ich als eigentliche Unterſchiedsſchwelle die anſehe, in welcher die Gleichheit der $z_{,}$ und z' mit der Gleichheit von $S_{,}$ und S' zuſammentrifft, als Theilungsſchwelle die, worin ſie nicht zuſammentrifft. Natürlich aber würde jede andere unterſcheidende Bezeichnung daſſelbe leiſten.

Nun könnte man ſagen: trotz dieſer Unterſcheidung verdient das Theilungsprincip II den Vorzug vor I und kann die nach II beſtimmte Unterſchiedsſchwelle unbedenklich zum Maße der U. E. benutzt werden, weil der Schwellenbegriff an ſich vielmehr auf die Größe des Intervalls, in welches die Nullwerthe fallen, als die Zahl oder Wahrſcheinlichkeit dieſer Werthe geht. Aber ſei es, daß man den *Begriff* in jener Weiſe beſtimmt, was eine Sache der Definition iſt, ſo kann doch die *Bedeutung* der Schwelle für die U. E. nicht ohne Rückſicht auf die Zahl oder Wahrſcheinlichkeit der hineinfallenden z beſtehen; und die Rückſichtsloſigkeit darauf ſetzt ſchon ſtillſchweigend ein Zuſammentreffen der Gleichheit der $z_{,}$ und z', mit der Gleichheit von $S_{,}$ und S' voraus, wie es bei der Methode der e. m. U., aber nicht bei der Methode der r. u. f. F., beſteht. In der That, ſetzen wir einmal voraus, daß bei zwei, nach äußeren Umſtänden vergleichbaren, in einer gleichen Verſuchszahl ausgeführten, Verſuchsreihen a) b) die Zahl der z durch daſſelbe Größenintervall (daſſelbe T) begrenzt ſei, hiemit die Hälfte deſſelben S, nennen wir ſie nun Unterſchiedsſchwelle oder Theilungsſchwelle, beidesfalls gleich ſei, ſo würde die U. E., *bloß* danach gemeſſen, bei beiden Reihen gleich ſein. Und ſo muß es Müller nehmen. Geſetzt aber, in dieſe gleiche Größe des

---

der Methode der r. u. f. F. ohne D, alſo mit zwei gleichen Gewichten anſtellt. Ebenſo wie bei den Verſuchen mit D giebt es hier nämlich außer den Fällen mit wechſelndem Ausſchlage nach entgegengeſetzter Richtung auch Nullfälle, die aber nicht ebenſo wie bei den Verſuchen mit D eine Beſtimmung der Schwellengröße zulaſſen, als welche nur im Verhältniß zu einem vorhandenen D geſchehen kann.

Intervalls, welches alle z enthält, ſielen bei a) verhältnißmäßig mehr z, alſo mehr Nullfälle als in der Reihe b), was in der That nach Abſchn. XI vorkommen kann, wenn die *innern* Umſtände nicht vergleichbar bleiben, ſo würde dies doch nicht als gleichgültig für die U. E. gelten können. Geſetzt, die Zahl der Nullfälle wachſe auf Koſten der *richtigen* Fälle, ſo wäre dies als eine Verminderung der U. E. anzuſehen; geſetzt ſie wachſe auf Koſten der *falſchen* Fälle, ſo würde es ein Wachsthum der U. E. bedeuten; und in jedem Falle würde durch die veränderte Vertheilung der Fälle bei gleichbleibendem S eine Veränderung der Empfindlichkeit bedeutet, die man nach vernünftiger Betrachtung zuzugeben hätte, indeß ſie nach Müller nicht beſtände, ſofern dieſer beim Maß der U. E. bloß auf die Größe der Schwelle *rückſichtslos* auf ihren verhältnißmäßigen Gehalt an Nullfällen reflectirt.

Wenn ich nun im vorigen Abſchnitte ſtatt der Bezeichnung Theilungsſchwelle für $S = \frac{T}{2}$ nach Ableitung aus der Methode der r. u. f. F. den gewohnten Ausdruck Unterſchiedsſchwelle beibehalten habe und fernerhin meiſt beibehalten werde, darf man nicht vergeſſen, daß ich damit keine Übereinſtimmung derſelben mit dem, aus der Methode der e. m. U. abgeleiteten S im abſoluten Werthe zugeſtehe, und die gleiche Verwerthbarkeit des S der Methode der r. u. f. F. mit dem S der Methode der e. m. U., zum Maße der U. E., nicht begründet halte. Unſtreitig zwar hat die Schwelle jener Methode, ſei es nach Theilungsprincip I oder II beſtimmt, Beziehung zur U. E., aber nur *mit Rückſicht* auf das nach den Umſtänden veränderliche Verhältniß der hineinfallenden z zu den andern Fällen, und kann daher *nach ihrer Größe allein* kein taugliches Maß der U. E. gewähren, indeß ſie bemerktermaßen nach Müller principiell allein dazu brauchbar ſein ſoll, das Präciſionsmaß aber nur nach Maßgabe dazu dienen können ſoll, als es ſeine umgekehrte Proportionalität damit beweiſen kann. Gerade umgekehrt, kann die Unterſchiedsſchwelle der Methode der r. u. f. F. bloß inſofern zum Maße der U. E. dienen, als ſie ihre Reciprocität mit dem Präciſionsmaße beweiſen kann, und erfahrungsmäßig findet eine ſolche allerdings ſtatt, ſo lange die innern Umſtände dieſelben bleiben, nicht mehr aber, wenn ſie ſich ändern; und die U. Schw. der betreffenden Methode würde hienach und nach der im allgemeinen geringen Sicherheit ihrer Beſtimmung überhaupt ihre Bedeutung einbüßen, wenn nicht ihr Product mit h, alſo hS oder hT, maßgebend für eingetretene Veränderungen der inneren Umſtände wäre; worauf im

XI. Abſchnitte zu kommen, wo die Frage der Reciprocität der Unterſchiedsſchwelle der Methode der r. u. f. F. mit dem Präciſionsmaße allgemeiner beſprochen wird.

Inzwiſchen ſei es, daß man nach allen vorigen Erörterungen doch noch zwiſchen beiden Theilungsprincipen ſchwanke, ſo treten des weiteren folgende Puncte zu Gunſten der Entſcheidung für Princip I hinzu. Der mathematiſche, den ich vorweg ſo nannte, iſt dieſer. Bei zweifelhafter Wahl zwiſchen zwei Principen findet ſich nicht ſelten, daß die Entſcheidung ſich ſofort ergiebt, wenn man ſie an extremen oder beſonders charakteriſtiſchen Fällen der Anwendung prüft. Ein ſolcher Fall iſt für uns der, wo r gleich der halben Zahl der Fälle, mithin $\frac{r}{n} = 0{,}50$ iſt, was nach der von Müller wie von mir angewandten Fundamentaltabelle das zugehörige $t_{I} = 0$ giebt. Nun iſt die U. Schw. S nach Müllers eigener, auf das Theilungsprincip II geſtützten, Formel ſo wie eben (S. 51):

$$S = \frac{t_{II} - t_{I}}{t_{II} + t_{I}} D$$

wo t_{II} der zu $\odot = \frac{r + z}{n}$ gehörige t-Werth iſt. Dies giebt für den Fall von $\frac{r}{n} = 0{,}50$, mithin $t_{I} = 0$,

$$S = D$$

indem ſich t_{II} im Zähler und Nenner hebt, und zwar gleichgültig, ob $\frac{z}{n}$ groß oder klein gegen $\frac{f}{n}$ iſt, oder auch ganz fehlt; während doch die Schwelle ihrem Begriffe nach durch die hineinfallenden z beſtimmt iſt. Da die Unterſchiedsempfindlichkeit reciprok der U. Schw. ſein ſoll, ſo bleibt auch die U. E. hiebei dieſelbe, während doch die Fälle f eine geringere U. E. bedeuten als die Fälle z. Es ſcheint mir ganz unmöglich, ein ſolches Reſultat, mithin eine Formel, woraus es fließt, mithin ein Princip, woraus die Formel fließt, d. i. das Princip II zuzulaſſen. Aber auch wo $\frac{r}{n}$ nicht genau gleich 0,50 iſt, müßte nach Princip II das Verhältniß von f zu z um ſo gleichgültiger für Beurtheilung der U. E. werden, je näher $\frac{r}{n}$ dem Werthe 0,50 kommt.

Für das Theilungsprincip I hingegen beſteht dieſe Schwierigkeit nicht. Da haben wir

$$S = \frac{T}{2} = \frac{t_{II} - t_I}{t_0} D,$$

wo t_0 der, zu $\odot = \frac{r'}{n} = \frac{r + \frac{z}{2}}{n}$ gehörige t-Werth iſt, der ſich bei $t_I = 0$ in $\frac{t_{II}}{t_0} D$ verwandelt, ein Werth, der um ſo mehr wächſt, je mehr die verhältnißmäßige Zahl der z gegen die der f wächſt, wie nicht anders aus allgemeinem Geſichtspuncte vorauszuſetzen. So hat man, wenn $n = 100$, $r = 50$ für folgende Werthe z folgende Werthe $\frac{t_{II}}{t_0}$, die mit D zu multipliciren, um S zu erhalten

z	1	10	25	49
$\frac{t_{II}}{t_0}$	2,00	2,01	2,12	3,53

Bis zu $z = 50\%$ kann man nach Princip I nicht gehen, wenn zugleich $r = 50\%$ iſt, mithin alle f fehlen, weil man dann ebenſo $t_{II} = \infty$ erhalten würde wie wenn $r = n$, was Fehlſchläge in dem S. 54 beſprochenen Sinne ſind, die von unzureichender Zahl der Beobachtungen abhängig zu machen.

Kaum weniger durchſchlagend gegen II als vorige Folgerung dürfte man die folgende finden.

Sei wiederum r gleich dem halben n, und beſtehe die andere Hälfte der Fälle, mag r groß oder klein ſein, aus lauter Nullfällen mit Ausnahme eines einzigen falſchen Falles, ſei alſo allgemein:

$$r = \frac{n}{2}, \qquad z = \frac{n}{2} - 1, \qquad f = 1.$$

Laſſen wir nun n wachſen, während dieſe Verhältniſſe fortbeſtehen, d. h. r immer die eine Hälfte, z die andere Hälfte mit Ausnahme eines f darſtellt, ſo wird nach Princip I der Werth des Präciſionsmaßes $h = \frac{t_0}{D}$, nachdem nur erſt ein kleines n überſchritten iſt, mit wachſendem n ſehr wenig mit wachſen, und nicht über den Grenzwerth $\frac{0,4769..}{D}$ hinauswachſen können 1), was ſehr natürlich erſcheint, da das eine f nur

---

1) Wenn nämlich, bei $\frac{r}{n} = 0,50$ und mithin $\frac{f + z}{n} = 0,50$ der Werth z ſo

bei kleinem n einen nicht merklich verſchwindenden Einfluß auf das Reſultat äußern kann. Hingegen wächſt unter Feſthaltung der obigen Bedingungen das nach Princip II beſtimmte $h = \frac{t_{II}}{2D}$ mit wachſendem n ins Unbeſtimmte ohne Grenze, indem t_{II} von $\frac{n+z}{2}$ abhängt, was im Fall von $r = \frac{n}{2}$ und $z = \frac{n}{2} - 1$ in $\frac{n-1}{n}$ übergeht, ſich mithin mit wachſendem n immer mehr $\frac{n}{n} = 1$ nähert; dieſes aber giebt t und mithin $h = \infty$.

Kommen wir jetzt zum empiriſchen Grunde der Bevorzugung des Theilungsprincipes I vor II. Für den erſten Anblick nun ſcheint es ſchwer, eine Entſcheidung auf empiriſchem Wege zwiſchen beiden Principen überhaupt zu finden. Man könnte nämlich zwar eine ſolche darin ſuchen, daß Geſetze, die man als principiell geſichert anſehen kann, ſich reiner nach Berechnung der Beobachtungen auf Grund des einen als andern Principes herausſtellen. Aber wollte man z. B. das Weberſche Geſetz dafür nehmen, ſo weiß man, daß dasſelbe in der äußeren Pſychophyſik überhaupt nur in Annäherung zutrifft, die Reſultate aber, die man nach einer und der andern Rechnungsweiſe unter Umſtänden, unter welchen die Methode überhaupt anwendbar iſt, erhält, unterſcheiden ſich, wie nachher zu zeigen, in den für das Geſetz maßgebenden Verhältniſſen ſo wenig, daß man ſie durch die wahrſcheinlichen Fehler der Beſtimmung und der an ſich ſtattfindenden Abweichungen vom Geſetz im allgemeinen weit überwogen anſehen darf; doch iſt es mir gelungen, folgende Probe aus einem andern Geſichtspuncte zu finden.

Wie ſchon aus der Darſtellung in den „Elementen“ und weiterhin aus dem Abſchnitte über die Elimination conſtanter Fehler erhellt, läßt ſich bei gleichzeitigem Daſein eines Zeitfehlers p und Raumfehlers q auf zwei Weiſen zu einem von dieſen Fehlern befreiten hD gelangen, indem man einmal $h(D + p + q) = t_1$ mit $h(D - p - q) = t_4$

---

groß wird, daß das eine f dagegen verſchwindet, kann man $\frac{z}{n}$ ſelbſt merklich $= 0{,}50$ ſetzen. Nun wird t_0 erhalten, wenn man zu $\frac{r'}{n} = \frac{r + \frac{z}{2}}{n}$ das t in der Fundamentaltabelle ſucht; dieſer Werth von $\frac{r'}{n}$ aber geht bei $\frac{r}{n} = 0{,}50$ und $\frac{z}{n} = 0{,}50$ in $0{,}75$ über, wozu ſich in der Fundamentaltabelle der Werth $t = 0{,}4769\ldots$ findet.

addirt und zweitens $h(D - p + q) = t_2$ mit $h(D + p - q) = t_3$ addirt, und beidenfalls das Mittel zieht. Mögen die beiderlei Beſtimmungen von hD, die man ſo erhält, reſpectiv als 1) und 2) unterſchieden werden. Wenn nun, wie es bei meinen Gewichtsverſuchen geſchehen iſt, die 4 Beſtimmungen $h(D + p + q)$, $h(D - p - q)$ u. ſ. w. durch vier Verſuchsreihen gewonnen werden, die ſich nur der Zeit- und Raumlage des Mehrgewichts nach unterſcheiden, ſo wird principiell die Beſtimmung nach 1) mit der Beſtimmung nach 2) übereinſtimmen müſſen, und zwar durch die zufälligen Beobachtungsfehler hievon im Einzelnen Abweichungen, oft ſogar ſtarke, ſtatt finden können, aber bald 1) bald 2) in zufälligem Übergewicht erſcheinen, und je mehr man Beſtimmungen einerſeits nach 1), anderſeits nach 2) zuſammennimmt, um ſo angenäherter wird ſich die Gleichheit zwiſchen den beiderlei Beſtimmungen von hD herausſtellen, Beweis, daß die Abweichungen wirklich weſentlich nur von unausgeglichenen Zufälligkeiten abhängen. Nun aber hat außer den Zufälligkeiten, die für Rechnung nach Princip I und II gleich bleiben, auch der Unterſchied dieſer Rechnung Einfluß auf die größere oder geringere Übereinſtimmung zwiſchen den Einzelbeſtimmungen von hD nach 1) und 2); und es hat ſich nach Unterſuchung meiner ſämmtlichen 8 Hauptverſuchsreihen, deren Umſtände in dem auf dieſe Verſuche beſonders bezüglichen ſpäteren Abſchnitte ſpecificirt ſind, gezeigt, daß, nach Eintheilung derſelben in Fractionen à 64 Doppelhebungen, im Ganzen der Vortheil einer beſſeren Einſtimmung zwiſchen (1) und (2) 156 mal zu Gunſten des Theilungsprincipes I, nur 104 mal zu Gunſten des Princips II war, wobei, wohl bemerkt, nicht der arithmetiſche U. zwiſchen den Beſtimmungen nach (1) und (2), ſondern das Verhältniß zwiſchen beiden, wiefern es ſich der Einheit mehr oder weniger nähert, als maßgebend für den Vortheil in Betracht gezogen wurde, denn ſonſt hätte II in einen nur ſcheinbaren Nachtheil dadurch zu ſtehen kommen können, daß II etwas größere Werthe als I ebenſo für 1) wie 2) giebt, was dann auch den arithmetiſchen Unterſchied zwiſchen 1) und 2) bei II gegen I etwas vergrößern mußte.

Für die einzelnen Reihen (Nr. 1 bis 5 einhändig, Nr. 6 bis 8 zweihändig) ſtellten ſich die Reſultate wie folgt, wobei F die Zahl der beſſeren Übereinſtimmung zwiſchen 1) und 2) nach I, hiegegen M nach II bedeutet. Beigefügt ſind die nach Princip I berechnetnen abſoluten Totalſummen $\Sigma(t_1 + t_4)$ für 1) und $\Sigma(t_2 + t_3)$ für 2), ſowie die Totalzahlen Σn der Fälle jeder Reihe.

Reihe	F	M	(1) $\Sigma(t_1 + t_4)$	(2) $\Sigma(t_2 + t_3)$	Σn
Nr. 1	26	22	47,9249	49,2442	12288
⸗ 2	8	6	14,0850	16,8718	4096
⸗ 3	51	29	58,1312	59,1798	20480
⸗ 4	16	16	34,2816	32,6192	8192
⸗ 5	10	2	9,7956	9,7505	3072
⸗ 6	31	17	35,1311	36,7901	12288
⸗ 7	10	6	10,9206	13,2669	4096
⸗ 8	4	6	4,7782	6,3159	2560
	156	104	215,0482	224,0384	67072

Wie man ſieht, überwiegt nicht nur im Ganzen, ſondern auch in faſt allen einzelnen Reihen F über M. Nur in der einzigen Reihe Nr. 8 findet das Entgegengeſetzte ſtatt, aber dieſe Reihe bietet überhaupt nur 10 Beſtimmungen und das kleinſte Σn, indeß bei der größeren Reihe Nr. 4 mit 32 Beſtimmungen ſich F und M gleich finden. Alle übrigen Reihen geben F > M.

Zu den vorigen Vorzügen von I vor II treten endlich noch zwei beachtenswerthe *praktiſche* Vortheile, welche ſelbſt dann, wenn vielmehr der theoretiſche Vortheil auf Seiten von II läge, und mithin II *principiell* vorzuziehen ſein ſollte, es noch fraglich erſcheinen laſſen könnten, ob man nicht I praktiſch vorziehen dürfe, da ſich unten zeigen laſſen wird, daß die, den Maßvergleich zwiſchen verſchiedenen Verſuchsreihen vermittelnden *Verhältniſſe* der Maßwerthe h, T in keinem nennenswerthen Grade verſchieden ausfallen, mag man die Formeln nach I oder II, wie ſie im vorigen Abſchnitte gegeben ſind, zur Beſtimmung derſelben benutzen. Die praktiſchen Vortheile von I vor II aber ſind folgende:

Erſtens vereinfacht ſich nach I die Beſtimmung von h, weil man dazu die Fundamentaltabelle nur *einmal*, zur Beſtimmung von t_0, hingegen nach II *zweimal*, zur Beſtimmung von t_I und t_{II} aufzuſchlagen und hienach bei II noch eine Addition und Mittelziehung vorzunehmen hat, die man bei I erſpart. Dieſer Vortheil erſcheint vielleicht unerheblich; wenn man aber zur Beſtimmung eines definitiven h die Reſultate aus vielen Fractionen zuſammenzulegen hat, wie es bei großen Verſuchsreihen nöthig werden kann, wird er allerdings nicht unerheblich.

Wollte man auf die Beſtimmung der Schwelle T und mithin

$S = \frac{T}{2}$ eingehen, ſo würde allerdings der Vortheil des weniger häufigen Nachſchlagens in der Fundamentaltabelle auf Seite von II fallen, weil man zur Beſtimmung von T auch nach I der Beſtimmung von t_I und t_{II} und außerdem noch der Beſtimmung von t_0 bedarf, welche nach II wegfällt. Aber es iſt ſchon früher bemerkt, daß man kaum irgendwann praktiſchen Anlaß finden kann, auf T zurückzugehen oder gar deſſen Beſtimmung der Beſtimmung von h vorzuziehen.

Zweitens kann man allgemeingeſprochen nach I eine große Verſuchsreihe auf kleinere beſonders zu behandelnde Abtheilungen fractioniren, als bei II, was zur Unſchädlichmachung der ſog. Variation conſtanter Fehler nützlich iſt; und kann auch bei I größere Unterſchiede D in den Verſuch einführen, als bei II, beides aus dem Grunde, weil das Verfahren II bei kleinen Fractionen oder großen Werthen von D leichter zu Fehlſchlägen in dem S. 54 angegebenen Sinne führt. In der That, in Reihen oder beſonders zu behandelnden Fractionen von Reihen, wo es gar keine falſchen Fälle giebt, mithin $r + z = n$, erhält man für t_{II}, welches in die nach Princip II gültige Formel für h eingeht, einen unendlichen Werth, woraus ein unendlicher Werth von h folgt, wogegen t_{II} nicht in die nach Princip I gültige Formel eingeht, ſondern bloß der zu $r + \frac{z}{2}$ gehörige Werth t_0, welcher ſelbſt endlich iſt und ein endliches h giebt; ſo daß nach I ein Fehlſchlag bei Beſtimmung von h bloß eintreten kann, wenn ſowohl f als z wegfallen, alſo $r = n$ iſt.

Endlich komme ich noch dazu, zu zeigen, daß die Verhältniſſe der Maßwerthe h, T, auf die es bei Maßvergleichen ankommt, wirklich in keinem nennenswerthen Grade verſchieden ausfallen, mag man die betreffenden Maßwerthe nach I aus den Formeln (1), (2), S. 50 oder nach II aus den Formeln (3), (4) S. 51 ableiten[1], wonach ſelbſt, wenn II einen theoretiſchen Vortheil hätte, man doch nach II keine Vergleichsreſultate gewinnen würde, die irgends erheblich von den, nach I zu gewinnenden, abweichen. Und unſtreitig hätte Müller Anlaß gehabt, erſt ſelbſt eine Unterſuchung deßhalb vorzunehmen, wozu ihm die Gelegenheit in mehrern ihm von mir zu andern Zwecken dargebotenen Verſuchsreihen nicht fehlte, ehe er ſich herbeiließ (wie z. B. p. 267)

---

[1] Betreffs T habe ich zwar keinen entſprechenden Vergleich als für h direct vorgenommen; aber da nach den S. 50 f. gegebenen Formeln der Werth von T je nach I oder II ſich bloß durch den darein mit eingehenden Werth von h unterſcheidet, folgt auch daſſelbe in betreffender Hinſicht für T, was ſich für h findet.

Reſultaten, die von mir nach I gezogen werden, die Haltbarkeit abzuſprechen, weil ſie vielmehr nach I als II gezogen werden. Er würde damit Unrecht haben, ſelbſt wenn er mit ſeinem Princip II Recht hätte, um ſo mehr natürlich, wenn er nicht Recht damit hat. Dies zu conſtatiren bot ſich mir von ſelbſt die Gelegenheit dadurch dar, daß ich eine Zeit lang glaubte, von meinem Princip I abgehen und das Müllerſche II annehmen zu müſſen (vgl. S. 72), daher meine ſämmtlichen, früher nach I berechneten, Verſuchsreihen, worin die mannichfachſten Verhältniſſe ſpielen, umrechnete, ohne die Reſultate, auf die es ankam, in irgend einem weſentlichen Puncte oder Grade geändert zu finden. Dies ſcheint zwar [illegible] erſten Anblick in Widerſpruch damit zu ſtehen, daß in gewiſſen Fällen, welche ich oben als ſchlagend für die Entſcheidung zwiſchen I und II vorführte, der Unterſchied in den Reſultaten ſogar ungeheuer werden kann; aber Verſuchsanordnungen, wo ſolche Fälle vorkommen, ſind überhaupt zur Ziehung von Reſultaten praktiſch nicht geeignet, und jedenfalls bei meinen ſo mannichfach abgeänderten Verſuchsreihen zur Unterſuchung verſchiedener Umſtände nicht vorgekommen.

Die Sache iſt die. Nach I hat man $hD = t_0$, nach II hat man $hD = \frac{t_I + t_{II}}{2}$. Letzter Werth iſt aber, wie man ſich durch beliebige Proben aus der Fundamentaltafel überzeugen kann, im abſoluten Werthe ſtets größer als t_0, und, da negative Werthe von t_0 ſo wie $t_I + t_{II}$ nur Ausnahmen ſind (wo nämlich $r < \frac{1}{2}$), ſo fällt der Werth von hD, und bei Gleichheit von D der Werth von h, im allgemeinen größer nach II als I aus. Abgerechnet gewiſſe extreme Fälle, die ſo gut als nicht vorkommen, iſt der Unterſchied nicht ſehr bedeutend, wie ſchon das Beiſpiel S. 52 zeigte; aber es würde doch Unrecht ſein, ihn zu vernachläſſigen, wenn er nicht bei Änderung der Umſtände, für die man den Werth von hD und mithin h zu beſtimmen ſucht, dieſelbe Richtung bei I wie II behielte; was mitführt, daß die Verhältniſſe der h, auf die es ankommt, je nach I und II merklich dieſelben bleiben. Ich ſage nicht, genau; aber die Abweichungen ſind erfahrungsmäßig ſo gering und wechſeln ſo ſehr zufällig nach beiden Seiten, daß ſie wirklich praktiſch vernachläſſigungswerth ſind. Ich habe dies, abgeſehen von dem ſchon oben ausgeſprochenen allgemeinen Reſultate, noch beſonders an zwei meiner größten Reihen, der einhändigen Nr. 1 und zweihändigen Nr. 6 conſtatirt, deren Specialverhältniſſe in einem ſpätern Abſchnitt angegeben ſind, und begnüge mich hier, die Ergebniſſe für Nr. 6 mitzutheilen, womit die für Nr. 1 in betreffender Hinſicht ganz ſtimmen.

Es ſind 6 Hauptgewichte P mit den verhältnißmäßigen Zuſatzgewichten D = 0,04 P und 0,08 P angewandt. Die Elimination der conſtanten Raum- und Zeitfehler, überhaupt alle Rechnungen ſind nach I und II vergleichungsweiſe geführt, und durch Zuſammenſetzung aller Fractionsreſultate der ganzen Reihe für ΣhD bei gegebenen P und D folgende Werthe erhalten.

ΣhD	bei D = 0,04 P	0,08 P
nach I	23,8957	48,0255
„ II	24,2658	48,7113

alſo im Ganzen, und mithin durchſchnittlich, für II eine kleine Erhöhung der Werthe hD über I hinaus; die man ſchon faſt für vernachläſſigbar halten könnte, wenn es überhaupt auf abſolute Werthe ankäme, die indeſſen bei andern Reihen auch etwas mehr betragen kann. Aber es wird darauf ankommen, wie ſich die Verhältniſſe von hD bei I und II ſtellen, wenn wir dieſe Werthe durch die verſchiedenen P und D verfolgen, wozu es gilt, die Werthe nach I und II auf eine gemeinſame Einheit zu reduciren. Hiezu drücke ich alle partialen ΣhD als Procente ihrer vorhin gegebenen Totalſummen für I wie II insbeſondere aus, und erhalte ſo folgende Zuſammenſtellung, in welcher, wie man ſieht, die Werthe für I und II nur um ganz zu vernachläſſigende Differenzen bald nach einer, bald der andern Richtung von einander abweichen.

Verhältnißmäßige Werthe der Fractions-ΣhD

P	D = 0,04 P		D = 0,08 P	
	I	II	I	II
300	0,1219	0,1216	0,1290	0,1289
500	1244	1240	1184	1180
1000	1651	1649	1509	1509
1500	1793	1781	1885	1885
2000	1956	1965	1970	1967
3000	2137	2149	2162	2170
	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Um ſich übrigens zu überzeugen, daß die Gleichgültigkeit in Betreff der maßgebenden Reſultate, ob man ſich an I oder II hält, nicht bloß für meine Gewichtsverſuche gilt, ſehe man die in dieſer Hinſicht gezogenen Vergleichsreſultate der Nörrſchen Schallverſuche in dem auf dieſe Verſuche bezüglichen ſpäteren Abſchnitte an.

Ich hoffe, daß das Vorige hingereicht haben wird, die angefochtene Geltung des Princips I gegenüber dem Princip II wiederherzuſtellen, ohne zu verkennen, daß es in der That in den „Elementen" zur Begründung des erſteren noch an hinreichend gründlichen Erörterungen gefehlt hat, um nicht dem Princip II die Möglichkeit dagegen aufzutreten noch zu laſſen; nur daß die Anfechtung des Principes I von Seiten Müllers, wenn auch ſcharfſinniger, doch nicht gründlicher war, als ſeine erſte Aufſtellung von meiner Seite. Hienach aber haben wir uns noch mit dem Princip III und IV auseinanderzuſetzen.

Was das Princip III der verhältnißmäßigen Theilung anlangt, ſo könnte man für dasſelbe überhaupt geltend machen, daß bei dem Zweifel, wie die z zwiſchen poſitiven und negativen Werthen zu theilen, nichts natürlicher ſei, als ſie nach dem Verhältniſſe zu theilen, welches die ſchon vorhandenen zweifellos poſitiven und negativen r, f in Verhältniß zu einander oder zur Totalzahl darbieten. Auch ließe ſich dies noch beſtimmter ſo motiviren: könnten wir unſere Aufmerkſamkeit auf das Höchſte ſteigern, ſo würden wir überhaupt keine z, ſondern nur poſitive und negative Fälle, r und f erhalten, und das Verhältniß der wirklich erkannten r und f zu einander oder zur Totalzahl giebt uns nun einen Anhalt, wie wir auch die nicht erkannten nach beiden Seiten getheilt zu denken haben.

Aber es iſt überhaupt ein Irrthum, vom Wahrſcheinlichkeitsverhältniß zwiſchen gegebenen Theilen einer poſitiven und negativen Scala zufälliger Werthe auf das Wahrſcheinlichkeitsverhältniß ſchließen zu wollen, welches zwiſchen den übrigen Theilen derſelben beſteht, und in der That ſchlüge ein ſolcher Schluß bei den Beobachtungsfehlern, von deren Geſetz wir doch Anwendung machen, fehl. Außerdem widerſpricht das Princip dem oben aufgeſtellten aprioriſtiſchen Princip I der Theilung der z in gleich viel poſitive und negative Werthe. Endlich iſt der Satz, daß bei größtmöglicher Aufmerkſamkeit alle Fälle als poſitiv oder negativ erſcheinen würden, nicht wohl haltbar, da er vorausſetzen würde, daß die U. Schw. überhaupt bloß von mangelnder Aufmerkſamkeit abhinge, was nach anderweiten Gründen nicht zuzugeſtehen; und ſelbſt wenn ſich dies zugeſtehen ließe, könnten wir die Methode nicht auf den idealen Fall einer ins Unbegrenzte geſteigerten Aufmerkſamkeit beziehen, ſondern nur auf eine bei den verſchiedenen Verſuchen möglichſt gleich erhaltene Aufmerkſamkeit.

Gegen die Methode IV aber iſt in Betreff der Rückſichtsnahme auf die Aufmerkſamkeit namentlich Folgendes geltend zu machen. Es iſt zwar der Fundamentaltabelle ſchon in den „Elem.“ der Einfachheit halber vielmehr auf D h als $\frac{Dh}{2}$ geſtellt, ungeachtet ich damals noch $\frac{Dh}{2}$ für theoretiſch richtiger hielt, weil eben der Unterſchied in den Grenzen der Methode praktiſch gleichgültig iſt1). Praktiſch iſt alſo durch alles Folgende in der Beſtimmungsweiſe von h gegen früher nichts geändert; nur die Beſtimmungsweiſe der Unterſchiedsſchwelle S, auf die Müller zuerſt gekommen, hinzugekommen.

Zunächſt nun gehe ich in der Begründung der maßgebenden Formeln der Methode vom Möbiusſchen Linienſchema ab, um erſt unter 5) darauf zurückzukommen, und wende mich zu directern Beſtimmungswegen. Es laſſen ſich aber überhaupt zwei formell ſehr verſchieden ſcheinende, ſachlich auf daſſelbe Reſultat führende, Wege, die ich folgends als a) und b) unterſcheiden werde, zur Beſtimmung ſowohl eines Präciſionsmaßes h, welches als Maß der U. E. brauchbar iſt, als der Totalſchwelle T oder U. Schw. $S = \frac{T}{2}$ aufſtellen. Der erſte Weg weicht ſehr von dem Gange ab, den Müller bei Behandlung der Methode genommen, indeß der zweite ſich nach folgender Ausführung von dem übrigens ſachgemäßen Müllerſchen weſentlich nur durch eine Vereinfachung deſſelben, durch Anwendung des Theilungsprincips I ſtatt II, und dadurch unterſcheidet, daß er bis zur Beſtimmung des für die U. E. eigentlich maßgebenden h oder H fortgeführt iſt2). Es würde zwar hinreichen, ſich an einen beider Wege zu halten; doch ſchien es mir nützlich, zu zeigen, daß man auf mehr als einem Wege zu demſelben Reſultate kommt.

Ungeachtet ich nun das Theilungsprincip I dem Theilungsprincip II aus angegebenen Gründen vorziehe, und mich bei der Behandlung der Methode nach a) allein daran halten werde, will ich doch bei der, in der

---

1) Nur bei Vergleich mit den Maßwerthen nach andern Methoden kann der abſolute Werth von h in Rückſicht kommen.

2) Zwar fehlt es, um dies ſchon vorgreiflich zu bemerken, auch bei Müller nicht an einem zuſammengeſetzten Ausdruck für dies h oder H, nur an der Deutung und Verwerthung deſſelben zum Maße, ſo daß er nicht einmal das Bedürfniß gefühlt hat, einen einfachen Buchſtaben dafür zu ſetzen. Sein

$$\frac{h\,h'}{\sqrt{h^2 + h'^2}} \text{ oder transformirt } \frac{h}{\sqrt{2 + 2\vartheta + \vartheta^2}}$$

entſpricht nämlich unſerem einfachen h oder H als Präciſionsmaß der α, d. i. der zufälligen Abweichungen von D, indeß ſeine h, h′ die Präciſionsmaße der zufälligen Abweichungen ∂, ∂' von den beiden Reizen ſind, wie dies weiterhin an ſeinem Orte im Texte beſprochen werden wird.

wahr, je kleiner Unterſchiede ſind, deſto mehr muß die Aufmerkſamkeit geſteigert werden, um ſie noch als Unterſchiede zu erkennen, und es iſt daher ſehr denkbar, daß, ungeachtet man die Aufmerkſamkeit abſichtlich bei Auffaſſung jedes Verſuchsfalles möglichſt ſteigert, um zu erkennen, ob er zu den r, f oder z gehört, doch manche Fälle, die bei dieſem realen Grade der Aufmerkſamkeit als Nullfälle erſcheinen, bei einer ins Ideale geſteigerten Aufmerkſamkeit als r oder f erſcheinen würden; aber ſelbſt wenn man vorausſetzen wollte, daß dann alle z ſich in r und f auflöſen würden, könnte man doch dieſe z nicht aus der Rechnung weglaſſen, um bloß die wirklich als r und f aufgetretenen Fälle zu berückſichtigen, weil man damit den Theil der Fälle wegließe, der die allerkleinſten Unterſchiede begreift, womit die ganze Werthſcala lückenhaft für Anwendung des Gaußſchen Geſetzes würde, wie man leicht überſieht, wenn man von den Beobachtungsfehlern diejenigen, die als null erſcheinen, aus der Rechnung weglaſſen wollte. Vielmehr berückſichtigt man ſie und theilt ſie nur gleich nach beiden Seiten.

VI. Theorie der Methode der richtigen und falſchen Fälle.

1) Vorbemerkungen.

In den „Elem." habe ich die Beſtimmung des von mir als Maß der U. E. angeſehenen Präciſionsmaßes h auf das Möbiusſche Linienſchema (Elem. I. 105 ff.) gegründet. Müller hat principielle Einwände dagegen erhoben, von denen ich nur die Scheinbarkeit zugeſtehen kann, finde aber ſelbſt, daß ein, von ſeinen Einwänden nicht getroffenes, Verſehen in Verwerthung des, an ſich ganz brauchbaren, Schema begangen und zu corrigiren iſt, wonach in den Grundformeln der Methode, die in den „Elementen" (I. 107) für $\frac{r}{n}$, $\frac{f}{n}$ gegeben ſind, der Werth $\frac{hD}{2}$ durch hD zu erſetzen iſt; und ſofern ſich in Müllers unabhängig von dem Schema entwickelten Formeln das Richtige in dieſer Beziehung ſchon findet, auch ſich hier auf noch andern Wegen wiederfinden wird, habe ich anzuerkennen, daß mich Müller in dieſer Hinſicht factiſch berichtigt hat. Übrigens iſt die betreffende Änderung für die Anwendung der Methode in ihren eigenen Grenzen gleichgültig, inſofern es dabei nicht auf abſolute Werthe, ſondern nur Vergleichswerthe von h ankommt; und ſo iſt die Benutzung

Hauptſache den Gang von Müller einſchlagenden Behandlungsweiſe b) nach Anwendung von I auch noch zeigen, wie ſich die Behandlung nach II zu ſtellen hätte, wenn man die wünſchenswerthen Vereinfachungen Müller gegenüber dabei anwendet und bis zur Beſtimmung des maßgebenden h fortgeht, was der nachherigen Darſtellung und Kritik der, urſprünglich von Müller ſelbſt nach II eingeſchlagenen, Behandlungsweiſe unter 4) zu ſtatten kommen wird.*

Überall iſt folgends auf das Daſein conſtanter Fehler keine Rückſicht genommen; ſei aber ein ſolcher $+ c$ oder $- c$ vorhanden, ſo ändert dies nichts anderes in folgenden Betrachtungen, als daß überall ſtatt des Reizunterſchiedes D vielmehr $D + c$ oder $D - c$ in die Formeln zu ſetzen und ſchließlich c in anderwärts beſprochener Weiſe zu eliminiren iſt.

2) Beſtimmungsweg a) der Maßwerthe nach Theilungsprincip I.

Ich gehe zunächſt von dem Falle aus, wo beide Reize, A, B, einander gleich ſind, mithin $D = 0$ iſt. Ohne Zufälligkeiten (zufällige Fehlervorgänge) würde nun auch B gleich A erſcheinen, mithin das wirkliche $D = 0$ auch den ſcheinbaren Werth $D = 0$ geben; aber die Zufälligkeiten machen, daß B bald größer als A, bald umgekehrt erſcheint, alſo ſcheinbare Abweichungen zwiſchen beiden, die wir Δ nennen wollen, im einen und andern Sinne auftreten; und wenn wir den Δ's mit ſcheinbarem Übergewicht des, in den ſpäteren Verſuchen wirklich größer zu nehmenden, B ſchon jetzt das poſitive Vorzeichen, den gegentheiligen das negative Vorzeichen geben, jene als r, dieſe als f bezeichnen, ſo wird die Wahrſcheinlichkeit (W.) der poſitiven und negativen Δ's, hiemit der r und f, gleich ſein. Sofern aber mit r und f auch z, d. i. Nullfälle eintreten, und aus einem Rechenbedürfniß zwiſchen beiden Seiten getheilt werden ſollen, werden ſie jedenfalls in dieſem Falle, wo von $D = 0$ aus Alles nach beiden Seiten ſymmetriſch iſt, zwiſchen beiden Seiten gleich zu theilen ſein, ohne daß ein Unterſchied beider Theilungsweiſen, der nur für den Fall beſteht, daß D einen endlichen Werth hat, in Betracht kommt. Für die Vorausſetzung von $D = 0$ theilt ſich alſo die Geſammtheit der Fälle in $r + \frac{z}{2} = r'$ poſitive und ebenſo viel, d. i. $f + \frac{z}{2} = f'$ negative Fälle.

Nun können wir füglich annehmen, und Müller wird dies ſo gut als ich thun, daß unter der gemachten Vorausſetzung von $D = 0$ die durch Zufälligkeiten bewirkte Abweichung eines Δ von Null nach einer oder der andern Seite um ſo unwahrſcheinlicher iſt, je größer ſie iſt, weil die Zufälligkeiten dazu mit um ſo höheren Werthen im ſelben Sinne zuſammentreffen müſſen, und daß ſie demnach auch mit um ſo geringerer W. überſtiegen wird, je größer ſie iſt. Dies tritt in das Gaußſche Abhängigkeitsgeſetz der W. zufälliger Abweichungen von ihrer Größe hinein, und ſo kommen wir, nach wahrſcheinlichſter Hypotheſe, unmittelbar auf die Δ's als zufällige Abweichungen von D = 0.

Dies vorausgeſchickt, ſo haben wir in unſerem jetzigen Falle, wo D = 0, als W. der geſammten poſitiven wie negativen Δ's jederſeits

$$\frac{r'}{n} = \frac{f'}{n} = \frac{1}{2}.$$

Verwandelt ſich nun D = 0 durch Einführung ungleicher Gewichte in ein poſitives D, ſo wächſt dadurch die W. der poſitiven Fälle über $\frac{1}{2}$ hinaus um ein Gewiſſes, ſagen wir um C, und nimmt die der negativen Fälle um ebenſo viel ab, und haben wir alſo jetzt

$$\frac{r'}{n} = \frac{1}{2} + C; \qquad \frac{f'}{n} = \frac{1}{2} - C$$

C aber wird von D functionell nach folgender Betrachtung abhängen.

In jedem Falle können wir die Abweichungen Δ, welche wir bei D = 0 erhielten, auch wenn wir ſie nicht kennen, durch dieſelbe Einheit, nach der wir D meſſen, gemeſſen denken und dadurch damit vergleichbar halten. Sofern nun D bei allen Verſuchen conſtant bleibt, und einen demgemäß conſtanten Einfluß äußert, können wir es ſo anſehen, als wenn ſich ſein poſitiver Werth zu jedem poſitiven wie negativen Δ, welches wir ohne Zutritt von D erhalten haben würden, hinzufügte, wodurch jedes poſitive Δ um D wächſt, jedes negative um ebenſo viel im abſoluten Werthe abnimmt[1]. Die ſo abgeänderten Abweichungen $\pm \Delta + D$ nennen wir Θ; alſo

$$\Theta = \pm \Delta + D$$

---

[1] Dieſe Betrachtungsweiſe ſteht nicht in Widerſpruch mit der Betrachtungsweiſe, daß D ſelbſt durch die zufälligen Vorgänge verſchiedene ſcheinbare Werthe annimmt, indem dieſe eben dadurch entſtehen, daß ſich mit dem conſtanten Einfluſſe, welchen das in den Verſuch gegebene D auf die ſcheinbaren Unterſchiedsgrößen äußert, die zufällig wechſelnden Einflüſſe verbinden, von welchen die ± Δ abhängen. Sollten mit dem Eintritte des D zwiſchen beiden Reizen dieſe gemeinſam im abſoluten Werthe wachſen oder abnehmen, ſo würden im Sinne des Weberſchen Geſetzes auch die Δ mit wachſen oder abnehmen, alſo nicht unabhängig von dieſem Eintritte ſein, aber jene Vorausſetzung beſteht für unſeren Übergang von den Verſuchen ohne D zu den Verſuchen mit D nicht, und ſo läßt ſich bei objectiv conſtant erhaltenen Reizen

ſie ſind es, welche in die Beobachtung bei gegebenem D fallen und ſo weit ſie poſitiv ſind (unter der hier geſchehenen Vorausſetzung des Theilungsprincipes 1) die r', ſo weit ſie negativ ſind, die f' geben. Obwohl nun die Θ's ſelbſt nicht mit den Δ's im Werthe zuſammenfallen, da ſie ſich vielmehr um + D davon unterſcheiden, fällt doch die W. der Θ's mit der W. der Δ's zuſammen, d. i. jedes $\Theta = \pm \Delta + D$ hat dieſelbe W. als das ihm zugehörige Δ, da ſich die Wahrſcheinlichkeiten zufälliger Werthe überhaupt nicht durch Zufügung eines conſtanten Werthes ändern.

Nun liegt die Scheidegrenze zwiſchen den in die Beobachtung fallenden poſitiven und negativen Θ's, mithin zwiſchen r' und f', bei $\Theta = 0$, wo ſich ein negatives Δ mit dem zutretenden poſitiven D gerade compenſirt, d. i. wo Δ auf negativer Seite dem D im abſoluten Werthe gleich geworden iſt. Alſo wird die W. der poſitiven Δ's, welche $\frac{1}{2}$ bei $D = 0$ war, ſich durch den Eintritt eines poſitiven D um die W. C aller der Werthe Δ geſteigert haben, die von $\Delta = 0$ bis zu dem negativen Δ reichen, welches nach abſolutem Werth gleich D iſt, indem hiemit erſt die W. der poſitiven D's bis zur Scheidegrenze erfüllt iſt.

Nun iſt allgemein nach Gaußiſchem Geſetze die W. der Δ's zwiſchen $\Delta = 0$ und einem gegebenen Δ

$$= \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{h\Delta = t} e^{-t^2} \, \partial t$$

wo $t = h\Delta$ und h das Präciſionsmaß der Δ.

Subſtituiren wir alſo, um die W. C zu finden, in vorige Gleichung D für Δ, und ſetzen für hD kurz t_0, ſo haben wir

$$C = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{hD = t_0} e^{-t^2} \, \partial t$$

Hiernach

$$\frac{r'}{n} = \frac{1}{2} + C = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{hD = t_0} e^{-t^2} \, \partial t$$

$$\frac{f}{n} = 1 - \frac{r'}{n} = \frac{1}{2} - C.$$

---

und mithin objectiv conſtant bleibendem Unterſchiede D auch der Einfluß von D auf die Größe der ſcheinbaren Unterſchiede als ein conſtanter anſehen, der zu den abgeſehen von D ſtattfindenden zufälligen Einflüſſen, wovon die Δ's abhängen, hinzutritt, ohne die Δ's an ſich ſelbſt zu ändern; wie ſich das durch die Darſtellung im Text um ſo beſſer erläutern wird. Übrigens controlirt und ergänzt ſich zugleich dieſe Betrachtungsweiſe durch ihre Zuſammenſtimmung mit der unter b) anzuſtellenden.

Nun kann man aus der Fundamentaltabelle zu jedem $\frac{r'}{n}$, als $\odot$ genommen, das zugehörige $hD = t_0$ finden; wonach

$$h = \frac{t_0}{D}$$

wie früher S. 50 angegeben.

Der Gebrauch der Fundamentaltabelle aber erläutert ſich ſo.

Nennen wir überhaupt $\odot$ die W. der Werthe zwiſchen $\Delta = 0$ und irgend einem gegebenen Werthe Δ einer Seite, vermehrt um die W. $\frac{1}{2}$ der geſammten Werthe der andern Seite, ſo läßt ſich nach Gaußſchem Geſetze zu jedem beliebigen Werthe $\odot$ der Werth $h\Delta = t$ finden, welcher dem betreffenden Δ zugehört, und die Fundamentaltabelle thut nichts Anderes, als dieſe Beziehung für die ganze Scala der in Betracht kommenden Werthe $\odot$ zu geben, worin der Fall inbegriffen iſt, wo $\odot = \frac{r'}{n}$ wird, und das zugehörige $t = t_0 = hD$ wird.

Da $\frac{f}{n} = 1 - \frac{r'}{n}$ aus $\frac{r'}{n}$ von ſelbſt folgt, und $\frac{r'}{n}$ für ſich hinreicht, nach der Fundamentaltabelle h aus $hD = t_0$ in der auf S. 50 angegebenen Weiſe zu finden, ſo braucht auf die Formel für $\frac{f}{n}$ keine Rückſicht genommen zu werden.

Die vorigen Verhältniſſe dürften ſich um ſo beſſer durch folgende graphiſche Darſtellung erläutern.

Δ	− 1,43	− 1,00	− 0,64	− 0,31	0	+ 0,31	+ 0,64	+ 1,00	+ 1,43
D	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1
Θ	− 0,43	0	+ 0,36	+ 0,69	+ 1	+ 1,31	+ 1,64	+ 2,00	+ 2,43

Die Horizontallinie, von 0 aus nach beiden Seiten in gleiche Abtheilungen getheilt, ſtelle durch, auf ihr genommene, Längen Wahrſcheinlichkeiten der Δ's zwiſchen gegebenen Größen-Grenzen derſelben dar, in der Art, daß z. B. die Strecke von 0 bis $\Delta = -0,31$ die W. der negativen Δ's bedeutet, die von $\Delta = 0$ bis $\Delta = -0,31$ reichen, die Strecke zwiſchen $\Delta = 0$ und $\Delta = -0,64$ die doppelt ſo große W. der negativen Δ's zwiſchen dieſen beiden Werthen u. ſ. w. Dieſe Verhältniſſe ſind in obigem Schema nach dem Gaußſchen Geſetze geordnet. Die geſammten Wahrſcheinlichkeiten der poſitiven Δ's ſind gleich denen der negativen, und Alles ſymmetriſch nach beiden Seiten von $\Delta = 0$. So für den Fall, daß $D = 0$. Trete jetzt D mit dem, beiſpielsweiſe als + 1 geſetzten, Werthe zu jedem Δ hinzu, ſo entſteht durch Addition desſelben zu jedem Δ die Reihe der Θ, deren Nullpunct ſich jetzt von $\Delta = 0$ nach negativer Seite hin verrückt hat, ſo daß die W. der poſitiven Δ's jetzt größer als die der negativen geworden iſt, indem die negativen Θ's jetzt erſt über $\Theta = 0$ hinaus beginnen. Sie iſt gleich der W. $\frac{1}{2}$ aller poſitiven Δ's plus der W. der negativen Δ's, die von $\Delta = 0$ bis zu einem negativen Δ reichen, welches in abſolutem Werthe dem $D = 1$ gleich iſt.

Dem Werthe $h = \frac{t_0}{D}$ läßt ſich übrigens noch ein anderer Ausdruck geben. Nennen wir Durchſchnittswerth oder indifferentes Mittel ein Mittel, welches aus gegebenen, zum Theil poſitiven, zum Theil negativen Werthen ohne Rückſicht auf das Vorzeichen, ſo als wenn alle poſitiv wären, gezogen wird, und bezeichnen wir es bei gegebener Zahl der Werthe n durch den unten angehängten Index n, alſo bezüglich der Abweichungen Δ durch Δ_n. Nach der mathematiſchen Fehlertheorie iſt das Präciſionsmaß umgekehrt proportional dem Durchſchnitt oder indifferenten Mittel aus der Geſammtheit der Fehler oder Abweichungen, auf welche ſich das Präciſionsmaß bezieht, und zwar, genau beſtimmt, gleich dem reciproken Werthe des mit $\sqrt{\pi}$ multiplicirten indifferenten Mittels, wonach

$$h = \frac{1}{\Delta_n \sqrt{\pi}}$$

und umgekehrt

$$\Delta_n = \frac{1}{h \sqrt{\pi}}.$$

Hiernach kann man bemerken, daß ebenſo wie D als ein conſtanter Zuwachs zu den Fehlern oder zufälligen Abweichungen $\pm \Delta$, von $D = 0$ aus gerechnet, angeſehen werden kann, umgekehrt $\pm \Delta$ als zufällige Abweichungen von dem gegebenen $+ D$ angeſehen werden können, welche dann auch natürlich dieſelbe abſolute Summe, denſelben Durchſchnittswerth haben und dasſelbe Wahrſcheinlichkeitsgeſetz befolgen, da ſich in ihrem Werthe durch den Unterſchied der Betrachtungsweiſe nichts ändert. Auch ſtimmt dies mit dem allgemeinen Satze, daß zufällige Abweichungen dadurch an ſich ſelbſt keine Änderung erleiden, daß man den Werth, von dem aus man ſie verfolgt, um einen conſtanten Werth vermehrt oder vermindert. Indem wir alſo den Werth $D = 0$ um den poſitiven Werth $+ D$ vergrößern, bleiben doch die zufälligen Abweichungen davon dieſelben als früher von $D = 0$, ſie werden nur eben von einem andern

Ausgangspunkt gerechnet. Man muß ſie aber, ſo gerechnet, nicht mit den Θ verwechſeln, welches nicht die zufälligen Abweichungen von D aus gerechnet, ſondern die um D ſelbſt vergrößerten zufälligen Abweichungen ± Δ ſind.

Nennen wir nun die zufälligen Abweichungen, je nachdem ſie von D = 0 oder D = + D aus gerechnet werden, Δ oder a [1], und die zugehörigen Präciſionsmaße h oder H, ſo ſind die Werthe a mit Δ, ſowie H mit h der Größe wie dem Geſetze nach identiſch; nur eben der Ausgangspunkt, von dem ſie gerechnet werden, iſt verſchieden. Hiernach aber werden wir auch ſetzen können

$$h = H = \frac{1}{a_n \sqrt{\pi}}$$

$$a_n = \frac{1}{H\sqrt{\pi}} = \frac{1}{h\sqrt{\pi}}.$$

Wenden wir uns jetzt zur Beſtimmung der Total-Schw. T, ſo würde, wenn dieſelbe keine Ausdehnung hätte, bloß der einzige Werth Θ = 0, wo — Δ ſich mit + D compenſirt, als null erſcheinen. Aber wegen Gleichtheilung der z nach beiden Seiten von Θ = 0 im Sinne von Princip I erſcheinen noch $\frac{z}{2}$ Werthe diesſeits auf poſitiver Seite und jenſeits auf negativer Seite der Θ als null. Heiße nun $S_,$ die Ausdehnung der Schwelle nach poſitiver Seite, S' die Ausdehnung derſelben nach negativer Seite ihrem abſoluten Werthe nach, ſo daß $S_, + S' = T$, ſo werden wir ſo zur Beſtimmung von $S_,$, S' und mithin T gelangen.

Die Geſammtheit der poſitiven Werthe Θ, mit Θ = 0 als Scheidepunkt derſelben von den negativen Θ, iſt wie eben angegeben

$$\frac{r'}{n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{hD = t_0} e^{-t^2} \partial t$$

Ziehen wir nun auf linker Seite dieſer Gleichung $\frac{z}{2n}$ von $\frac{r'}{n}$ ab, was $\frac{r}{n}$ giebt, und ziehen zugehörig auf rechter Seite den zu $\frac{z}{2n}$ zugehörigen Werth $S_,$ von D ab, was $h(D - S_,)$ giebt, wofür t_1 ſtehe, ſo erhalten wir

$$\frac{r}{n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{h(D - S_,) = t_1} e^{-t^2} \partial t$$

---

[1] So gefaßt fallen unſere a's mit denen von Müller zuſammen.

Fügen wir ferner auf erſter Seite obiger Ausgangsgleichung $\frac{z}{2n}$ zu $\frac{r'}{n}$ hinzu, was $\frac{z+r}{n}$ giebt, und fügen zugehörig auf zweiter Seite S' zu D hinzu, was $h\,(D+S')$ giebt, wofür t_{II} ſtehe, ſo erhalten wir

$$\frac{r+z}{n} = \tfrac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_0^{+h(D+S')=+t_{II}} e^{-t^2}\,\partial t$$

Aus $\frac{r}{n}$, als ⊙ in die Fundamentaltabelle gelegt, finden wir nun $t_I = h\,(D - S_{,})$, und aus $\frac{r+z}{n}$ finden wir $t_{II} = h\,(D + S')$; und nachdem wir ſchon früher nach $\frac{r+\frac{z}{2}}{n} = \frac{r'}{n}$ als ⊙ aus der Fundamentaltafel hatten $t_0 = hD$, haben wir jetzt zur Beſtimmung von h, $S_{,}$, S' folgende 3 Gleichungen

$$t_0 = hD$$
$$t_I = h\,(D - S_{,})$$
$$t_{II} = h\,(D + S')$$

woraus ſich h wie oben $= \frac{t_0}{D}$, die Werthe $S_{,}$ und S' aber wie folgt finden.

$$S_{,} = \frac{t_0 - t_I}{t_0}\,D,\quad S' = \frac{t_{II} - t_0}{t_0}\,D$$

$$T = \frac{t_{II} - t_I}{t_0}\,D = \frac{t_{II} - t_I}{h}$$

Bei dieſen Beſtimmungen iſt die Rechnung auf den Fall gegründet, daß die poſitive Abtheilung der Schwelle, d. i. $S_{,}$, kleiner als D, mithin $D - S_{,}$ poſitiv iſt, was mit dem Normalfall $\frac{r'}{n} > \frac{1}{2}$ zuſammentrifft; wäre aber $S_{,}$ größer als D, was $\frac{r'}{n} < \frac{1}{2}$ veranlaßt, ſo würden die vorigen Formeln unter Anwendung der S. 53 f. gegebenen Regel für den Fall von ⊙ $< \frac{1}{2}$ immer noch gültig bleiben, indem in dieſem Falle $t_I = h\,(D - S_{,})$ negativ würde, und mithin deſſen Vorzeichen in den angegebenen Formeln zu verkehren ſein würde.

Daß nun das, in obiger Weiſe beſtimmte $h = \frac{t_0}{D}$ wirklich zum Maße der U. E. dienen kann, folgt nach den, im II. Abſchn. entwickelten Principien ſo:

1) Daß der Unterſchied D bei zwei Verſuchsreihen durchſchnittlich gleich groß erſchienen iſt, folgt aus der Gleichheit des bei ihnen erhaltenen Verhältniſſes r, f, z, oder nach Theilungsprincip I aus der Gleichheit des Verhältniſſes r', f', wovon es genügt, auf r' Rückſicht zu nehmen, ſofern f' damit ſolidariſch iſt.

2) Nach der Formel

$$\frac{r'}{n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{t_0 = hD} e^{-t^2} \partial t$$

oder iſt die Gleichheit von $\frac{r'}{n}$ mit der Gleichheit von $t_0 = hD$ gegeben.

3) Wenn alſo bei zwei verſchiedenen Verſuchsreihen D verſchieden iſt, muß ſich h umgekehrt wie D verhalten, um ein gleiches hD, mithin gleiches r', f' zu geben, mithin den Unterſchied D durchſchnittlich gleich groß finden zu laſſen.

4) Das Maß der U. E. iſt aber ſeinem Begriffe nach durch einen Werth beſtimmt, welcher reciprok dem D iſt, das gleich groß gefunden wird. Alſo entſpricht h dem Begriffe dieſes Maßes.

Daſſelbe läßt ſich aber noch unter anderer Form zeigen, indem wir auf den Rechnungswerth von h ſelbſt eingehen. Zuvörderſt iſt $h = \frac{1}{\Delta_0 \sqrt{\pi}}$, d. i. umgekehrt proportional dem Durchſchnitt der Schätzungsfehler Δ, die wir bei Vergleichung zweier gleichen Gewichte begehen. Dieſe Schätzungsfehler Δ ſtimmen aber überein mit den Fehlern ε, die wir in Schätzung der Größe des Unterſchiedes D ſelbſt begehen, indem wir ſtatt der wirklichen Größe D oder des dafür zu ſubſtituirenden Mittels ſeiner ſcheinbaren Größen die wechſelnden ſcheinbaren Größen ſelbſt beobachten, deren Unterſchiede von der mittleren Größe die Schätzungsfehler ε geben. Mögen wir uns nun an die Δ oder ε halten, ſo entſpricht

$$h = \frac{1}{\Delta_0 \sqrt{\pi}} = \frac{1}{\varepsilon_0 \sqrt{\pi}}$$

in gleicher Weiſe dem durch die Schätzungsfehler (nach S. 77) zu gewinnenden Maße der Unterſchiedsempfindlichkeit. Es gilt nur eben, h in unſerem Sinne als Präciſionsmaß der Δ oder ε, nicht in Müllers Sinne als Präciſionsmaß der δ im ſpäter angegebenen Sinne zu beſtimmen.

Man kann bemerken, daß weder die Größe der Δ noch ε bei unſerer Methode der Beobachtung direct zugänglich iſt; indem wir aber das Gaußiſche Geſetz einführen, welches die Größenverhältniſſe zufälliger Abweichungen nach poſitiver und negativer Seite als Function vom Zahlenverhältniſſen finden läßt, gelangen wir zu den Beſtimmungen, um die ſich's für uns handelt. Indeß iſt ſchon früher S. 24 bemerkt worden, daß wir von der Hypotheſe des Gaußſchen Geſetzes unabhängig werden, wenn wir bei der erſten, der ſog. fundamentalen, Auffaſſung der Methode ſtehen bleiben.

3) Beſtimmungsweg b) der Maßwerthe, nach beiden Theilungsprincipen I und II.

Zunächſt gilt Folgendes für die Theilungsprincipe I und II gemeinſam.

Mit Müller gehe ich davon aus, daß ſchon die Reize A, B für ſich durch zufällige Fehlervorgänge ſcheinbar variiren, daß ihre, von einander unabhängig gedachten ſcheinbaren Veränderungen, δ, δ', das Gaußſche Geſetz befolgen und daß die zufälligen Veränderungen α des Unterſchiedes D zwiſchen A und B von den Veränderungen δ, δ' der einzelnen Reize abhängig zu machen. Nur ſcheint mir das durch Zuziehung bekannter Sätze auf eine kürzere und leichter eingängliche Weiſe geſchehen zu können, als von Müller geſchehen iſt, indem ich von folgendem bekannten, ſchon früher zur Geltung gebrachten Princip ausgehe.

Wenn ſich der U. D zweier Werthe A, B dadurch ändert, daß die Werthe, zwiſchen denen er ſtattfindet, ſich ändern, ſo kann die Änderung des D mathematiſch dadurch repräſentirt werden, daß man den einen Werth, ſei A dafür genommen, als feſt und nur den andern B als veränderlich anſieht, indem man die Änderungen δ, welche A erleidet, unter Verkehrung ihres Vorzeichens, auf B überträgt, und mit den Veränderungen δ', welche B erfährt, zuſammenſetzt. Dieſe zuſammengeſetzten Änderungen $\delta' - \delta$ geben nun die α, welche ſachlich gleichgeltend, nur formell verſchieden, ebenſo als zufällige Veränderungen von B bei feſtgedachtem A, wie als zufällige Veränderungen des U. D beider betrachtet werden können.

Es iſt ferner bekannt, daß, wenn zwei Fehlerquellen, die für ſich von einander unabhängige Fehler wie δ, δ' geben, an demſelben Werthe, unſernfalls B, zuſammentreffen, und hiermit einen zuſammengeſetzten Fehler wie $\delta' - \delta = \alpha$ geben, dieſer zuſammengeſetzte Fehler das Gaußſche Geſetz befolgt, wenn ſeine Componenten daſſelbe befolgen, und, da wir dies von den Componenten δ, δ' vorausſetzen, wird es alſo auch von ihrer Zuſammenſetzung α gelten, und dem α ein Präciſionsmaß zukommen, daß wir H nennen.

Dieſes Präciſionsmaß H läßt ſich als eine zuſammengeſetzte Function der Präciſionsmaße, welche den Componenten der α's, d. i. δ, δ' zukommen, darſtellen, worauf unten zu kommen; ohne daß jedoch für unſern

Zweck der Ableitung der Maßwerthe nöthig iſt, auf dieſe Zuſammenſetzung Rückgang zu nehmen. Müller hat zwar geglaubt, daß die verſchiedene Größe der Reize inſofern Anlaß dazu gebe, als die durchſchnittliche Größe der Abweichungen δ, δ' und mithin ihrer Präciſionsmaße davon Einfluß erleide. Aber indem wir beide Abweichungen δ, δ' auf denſelben Reiz in angegebenem Sinne übertragen, und dieſe ſich daran zu Abweichungen oder Fehlern α zuſammenſetzen laſſen, haben wir auch die Folgerungen dieſer Vorſtellungsweiſe anzuerkennen. Ein zuſammengeſetzter Fehler α aber befolgt das Gaußſche Geſetz, wenn ſeine Componenten es befolgen, und die componirenden Präciſionsmaße der δ, δ' gehen in ein einheitliches Präciſionsmaß der α zuſammen, *ganz gleichgültig, ob die Durchſchnittswerthe der δ, δ' gleich oder ungleich ſind*. Und weder zeigt ſich nöthig zur Herleitung dieſes einheitlichen Präciſionsmaßes ſeine Componenten zu kennen, noch kommt bei Anwendung desſelben zum Maße der U. E. ſeine Zuſammenſetzungsweiſe in Rückſicht.

Hiernach führen wir die Betrachtung zuerſt im Sinne des Theilungsprincipes I.

Richtige oder poſitive Fälle ſind alle diejenigen, wo B, ſo wie es größer als A iſt, auch größer erſcheint. Laſſen wir nun B ſich zufällig um α nach beiden Seiten mit gleicher W. ſcheinbar ändern, ſo werden zuvörderſt alle die Fälle richtig oder poſitiv ſein, wo B ſich nach poſitiver Seite ändert, deren W. $\frac{1}{2}$ iſt. Hiezu kommen aber auch noch alle Fälle, wo B nach negativer Seite ſich ändert bis zu der Grenze, wo B auf Gleichheit mit A herabgekommen iſt. Darüber hinaus wird B (ſcheinbar) kleiner als A und beginnen alſo die negativen oder falſchen Fälle. Da nun B von A bei ungeändertem Zuſtande um D abweicht, ſo muß die Änderung des B nach negativer Seite, um auf A herabzukommen, im abſoluten Werthe gleich D ſein. Die W. der α vom Ausgange an, wo $\alpha = 0$, bis zu einem Werthe $\pm D$ beträgt aber nach Gaußſchem Geſetze

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_0^{HD} e^{-t^2}\,\partial t,$$

wo t allgemein $= H\alpha$ und H das Präciſionsmaß der α. Indem wir nun nach Princip I die Hälfte der z Fälle zu den poſitiven rechnen, iſt die W. der poſitiven α gleich

$$\frac{r}{n} + \frac{z}{2n} = \frac{r'}{n}$$

und haben wir alſo

$$\frac{r'}{n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{HD = t'} e^{-t^2} \partial t$$

übereinſtimmend mit der Formel S. 91, nur daß H darin für h ſteht, was bemerktermaßen nur eine Änderung der Bezeichnung wegen anderer Ableitungsweiſe, nicht eine Änderung der Größe und ſachlichen Bedeutung iſt. Die Schwellenabtheilungen $S_{,}$, S' und die totale Schwelle T beſtimmen ſich hienach entſprechend wie oben.

Wenden wir jetzt das Theilungsprincip II an, wonach nicht die z gleich zwiſchen poſitiven und negativen Fällen zu theilen ſind, ſondern die U. Schw. T in zwei, dem abſoluten Werthe nach gleich zu nehmende, Abtheilungen S nach poſitiver und negativer Seite zerfällt.

In dieſem Falle wird $\frac{r}{n}$ die W. der richtigen oder poſitiven α's ohne Zuziehung von zweifelhaften Fällen überhaupt bedeuten, welche $\frac{r}{n}$ ſo weit reichen, daß B von A noch um das poſitive S zurück iſt. Anderſeits wird $\frac{r+z}{n}$ die W. der poſitiven α's mit Zurechnung der vollen z bis zu dem Puncte bedeuten, wo die Gleichheit zwiſchen A und B um S nach negativer Seite überſchritten iſt. Erſteres drückt ſich aus durch

$$\frac{r}{n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{H(D-S) = t_I} e^{-t^2} \partial t$$

Letzteres durch

$$\frac{r+z}{n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{H(D+S) = t_{II}} e^{-t^2} \partial t$$

Durch Einſatz einmal von $\frac{r}{n}$, das anderemal von $\frac{r+z}{n}$ als $\odot$ in die Fundamentaltabelle erhalten wir

$$t_I = H(D - S)$$
$$t_{II} = H(D + S)$$

und hieraus

$$H = \frac{t_{II} + t_I}{2D}$$

$$2S = T = \frac{t_{II} - t_I}{H} = 2 \cdot \frac{t_{II} - t_I}{t_{II} + t_I} D$$

wie S. 51 angegeben.

Dieſe Formeln ſind zunächſt wieder für den Fall abgeleitet, wo $S < D$ und zugehörig $\frac{r}{n} > \frac{1}{2}$; gelten aber auch für den Fall, wo $S > D$ und $\frac{r}{n} < \frac{1}{2}$, wenn man die Regel S. 53 für dieſen Fall zuzieht.

Wie man ſieht, bedurften wir bei dieſer Ableitung der geſuchten Maßwerthe, ſei es nach I oder II, in der That des Rückganges auf die functionelle Beziehung des Präciſionsmaßes der α zu den Präciſionsmaßen der δ, δ' nicht; doch gehen wir immerhin zur Bezugſetzung des vorigen Ganges zu dem von Müller ſelbſt unter 4) eingeſchlagenen darauf ein, indem wir dabei h, h' in Müllers Sinne als Präciſionsmaße der δ, δ' verſtehen. Auch hier aber können wir die Ableitung der betreffenden functionellen Beziehung aus einem bekannten Satze bewirken.

Um den wahrſcheinlichen Fehler W ſei es der Summe oder des Unterſchiedes zweier Größen A, B zu finden, deren zufällige Änderungen δ, δ' und wahrſcheinliche Fehler w, w' ſind, hat man bekanntlich zu ſetzen

$$W^2 = w^2 + w'^2.$$

Die wahrſcheinlichen Fehler aber ſind, wie ebenſo bekannt, umgekehrt proportional den Präciſionsmaßen. Alſo haben wir, indem wir W^2 durch $\frac{1}{H^2}$, w^2 durch $\frac{1}{h^2}$, w'^2 durch $\frac{1}{h'^2}$ erſetzen,

$$\frac{1}{H^2} = \frac{1}{h^2} + \frac{1}{h'^2}$$

$$H^2 = \frac{h^2\, h'^2}{h^2 + h'^2}.$$

4) Von Müller eingeſchlagener Weg.

Müller erläutert (p. 11 ff.) unſere Methode an den Gewichtsverſuchen, wobei das kleinere Gewicht P unſer A, das größere $P + D = P'$ unſer B vertritt. Beide variiren vorausſetzlich durch zufällige Fehlervorgänge nach Gaußſchem Geſetze; ihre, dieſem Geſetze folgenden zufälligen Variationen heißen wie oben δ, δ', und der Unterſchied $\delta' - \delta = \alpha$ giebt wie oben die zufällige Variation des U. D. Indem aber Müller nicht, wie oben geſchehen, das Princip benutzt hat, δ mit verkehrtem Vorzeichen auf P' zu übertragen und weiter wie oben zu verfahren, findet er ſich veranlaßt, einen ſehr umſtändlichen Weg einzuſchlagen, um die Wahrſcheinlichkeitsverhältniſſe von α nach denen von δ, δ' zu beſtimmen. Mittelſt einer, mühſam zu verfolgenden Rechnung nämlich, worin er (nach einer Angabe in Anz. p. 162) weſentlich Beſſel (in aſtron. Nachr. Nr. 358 p. 389 f.) gefolgt iſt, leitet er für die, mit W_0^α zu bezeichnende W. der α zwiſchen α = 0 und einem beſtimmten Werthe α, folgenden Werth ab.

$$W_0^\alpha = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_0^{\frac{hh'\alpha}{\sqrt{h^2+h'^2}}} e^{-t^2}\,\partial t$$

worin h, h' die Präciſionsmaße reſpective von δ, δ' ſind, und worin

$$t = \frac{hh'\alpha}{\sqrt{h^2+h'^2}};\quad \partial t = \frac{hh'}{\sqrt{h^2+h'^2}}\,\partial\alpha$$

iſt.

Setzt man nun aber

$$\frac{hh'}{\sqrt{h^2+h'^2}} = H$$

und mithin $t = H\alpha$, $\partial t = H\partial\alpha$, ſo findet man

$$W_0^\alpha = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_0^{H\alpha} e^{-t^2}\,\partial t$$

deſſen Form unmittelbar zeigt, daß α ſo gut als δ, δ' das Gaußſche Geſetz befolgt und H das Präciſionsmaß von α iſt, wonach ſich Alles ſo wiederfindet, wie es vorher unter 3) b) angegeben iſt.

Inzwiſchen iſt Müller ſelbſt auf dieſe Vereinfachung nicht gekommen, und weder findet ſich bei ihm eine Ausführung oder auch nur Erwähnung, daß W_0^α das Gaußſche Geſetz befolgt, noch daß der zuſammengeſetzte Ausdruck, wofür ich H ſchreibe, das Präciſionsmaß der α iſt, noch daß davon Gebrauch zum Maße der U. E. zu machen; vielmehr operirt er mit dem zuſammengeſetzten Ausdruck, auf den zurückzugehen nach Obigem überhaupt nicht noth that, weiter wie folgt fort.

Er bemerkt, daß, wenn das Differenzgewicht D nur ſehr klein gegen P iſt, man h ohne merklichen Fehler = h' ſetzen könne. Geſetzt aber, D ſei nicht ſehr klein gegen P, ſo ſetze man $h = h'(1+\vartheta)$ oder $h' = \frac{h}{1+\vartheta}$, mithin $\frac{hh'}{\sqrt{h^2+h'^2}} = \frac{h}{\sqrt{2+2\vartheta+\vartheta^2}}$; und letzteren Ausdruck führt er dann, ſtatt ihn durch unſer H zu erſetzen, in allen folgenden Entwicklungen fort, welche damit eine unbehülfliche und die Einſicht erſchwerende Geſtalt annehmen, und kommt ſo nach eben dem Gange, den ich vorhin unter b) nach H weſentlich in Müllers eigenem

Sinne verfolgt habe, für den Fall, daß $D > S$ und mithin $\frac{r}{n} > \frac{1}{2}$, zu folgenden Formeln (p. 20)

$$h = \frac{t_I + t_{II}}{2D}\sqrt{2 + 2\vartheta + \vartheta^2}$$

$$S = \frac{t_{II} - t_I}{t_{II} + t_I}\,D$$

indeß er für den Fall, daß $D < S$, mithin $\frac{r}{n} < \frac{1}{2}$ noch zwei andere Formeln (p. 19) hat, die jedoch aus vorigen von ſelbſt folgen oder in vorigen inbegriffen ſind, wenn man nach der S. 53 f. angegebenen Regel verfährt.

Dies die Definitivreſultate Müllers, worin h, als Präciſionsmaß der zufälligen Abweichungen bloß des kleinen Gewichts, nach Müller ſelbſt (p. 21) kein Maß der U. E. bietet.

Indem ich hienach die mathematiſche Exactheit und ſelbſt den Scharfſinn des von Müller befolgten Ganges vollkommen anerkenne, kann ich doch nach Vorigem nicht umhin, als formalen Mangel desſelben anzuſehen, daß er von vorn herein zu verwickelt angelegt iſt, und als ſachlichen, daß er nicht bis zum erforderlichen Ziele, d. i. nicht bis zur Gewinnung eines, als Maß der U. E. brauchbaren Präciſionsmaßes, oder, will man lieber ſo, nicht bis zur Erkenntniß desſelben, von ihm durchgeführt iſt. Hiezu noch folgende Bemerkung:

Müller hat ſchon darauf aufmerkſam gemacht, daß die Beſtimmung von S unabhängig von dem Vorhandenſein oder der Kenntniß eines U. zwiſchen ſeinem h und h' ſei, ſofern ϑ, was von dieſem U. abhängt, in die Formel für S gar nicht eingeht. Hiezu aber läßt ſich die Bemerkung fügen, daß dasſelbe für unſer U gilt; denn, wenn ſchon nach Müllers Ausdruck $U = \frac{h}{\sqrt{2 + 2\vartheta + \vartheta^2}}$ iſt, alſo ſeinem Werthe nach von ϑ mit abhängt, ſo doch nicht ſeiner Beſtimmungsweiſe nach, welche, ganz unabhängig von der Kenntniß des ϑ, nach dem gefundenen $\frac{r'}{n}$ mittelſt der Fundamentaltafel zu geſchehen hat. Die Rückſichtnahme auf eine Unterſcheidung der Präciſionsmaße h, h', welche bei Müller eine Hauptrolle ſpielt, hat alſo jedenfalls gar kein praktiſches Intereſſe weder für die Beſtimmung von S noch U. Theoretiſch aber iſt Folgendes darüber zu ſagen.

Müller findet bemerktermaßen einen Anlaß, die Variationen δ, δ'

beider Gewichte und demgemäß ihrer Präciſionsmaße h, h' zu unterſcheiden, in der verſchiedenen Größe beider Gewichte. Nehmen wir nämlich an, wie ich (nach S. 34 f.) in der That thue, daß die durchſchnittlichen ſcheinbaren Variationen der Gewichte den Gewichten proportional ſind, ſo werden ſich mit Rückſicht, daß die Präciſionsmaße reciprok ſind der Durchſchnittsgröße der Variationen, auf die ſie ſich beziehen, die Präciſionsmaße umgekehrt wie die Gewichte verhalten, alſo $h' : h = P : P'$. Müller kommt (p. 22) in anderem Wege, worauf hier nicht nöthig iſt, einzugehen, zu derſelben Gleichung, und bemerkt nur (p. 23), daß man in den meiſten Fällen, bei der nothwendig einzuhaltenden verhältnißmäßigen Kleinheit von D, den Unterſchied zwiſchen h und h' werde vernachläſſigen, alſo ϑ in obiger Gleichung $= 0$ ſetzen können; wonach die Berückſichtigung der Verſchiedenheit von h und h' nur Gründlichkeits halber von ihm geſchehen konnte. Wollte aber Müller dieſe Verſchiedenheit einmal berückſichtigen, ſo hätte er aus dem gleichen Geſichtspuncte der Gründlichkeit noch einen anderen Unterſchied berückſichtigen müſſen, den er nicht berückſichtigt hat, wonach die ſcheinbaren Abweichungen eines Gewichtes ins Poſitive, nennen wir ſie δ'', einen anderen Durchſchnittswerth und mithin ein anderes Präciſionsmaß verlangen, als die mit $\delta_{\prime\prime}$ zu bezeichnenden Abweichungen ins Negative. Heiße das Präciſionsmaß der erſten h'', das der andern $h_{\prime\prime}$. Nämlich je größer ein Gewicht, ſei es P' oder P, durch poſitive Abweichungen δ'' wird, um ſo mehr tritt es ſelbſt unter den Geſichtspunct eines großen Gewichtes, je kleiner es durch eine negative Abweichung $\delta_{\prime\prime}$ wird, um ſo mehr tritt es unter den Geſichtspunct eines kleinen Gewichtes. Alſo können aus demſelben Grunde, weßhalb die durchſchnittlichen Änderungen oder indifferenten Mittel δ'_n und δ_n, demgemäß h', h für das große und kleine Gewicht nicht gleich ſein können, auch die durchſchnittlichen Änderungen eines jeden beider Gewichte, δ''_n und $\delta_{\prime\prime n}$ ins Poſitive und Negative nicht gleich ſein, hiemit auch ihre Präciſionsmaße $h'', h_{\prime\prime}$ nicht gleich ſein. Nun fruchtet es nicht, die Abhängigkeit des zuſammengeſetzten Präciſionsmaßes von *einem* Umſtande zu berückſichtigen, wenn man eine, principiell damit zuſammenhängende von mindeſtens gleicher Ordnung[1] vernachläſſigt, ſondern *entweder* darf man ſie in beider Hinſicht vernachläſſigen, und wie bemerkt, macht ſich eine praktiſche Rückſicht darauf überhaupt nicht geltend, *oder*, glaubt man doch, ſie berückſichtigen zu müſſen, ſo hätte man ſie nach beiden Beziehungen zugleich zu berückſichtigen, wonach Müllers Präciſionsmaß der α einen noch viel zuſammengeſetzteren Werth erhalten müßte, als ihm Müller giebt.

---

[1] In der That kann die zweite Abhängigkeit jedenfalls nicht weniger in Rechnung kommen als die erſte, da die ſcheinbaren Abweichungen von den gegebenen Gewichten nach poſitiver und negativer Seite den Unterſchied der Gewichte nicht ſelten um ein Vielfaches überſteigen.

Geht man übrigens auf die logarithmiſche, doch eigentliche fundamentalſte Behandlung der Maßmethode ein, wovon im X. Abſchnitt, ſo kommt man auch theoretiſcherſeits gar nicht auf die Verwicklung, die Müller geglaubt hat, einführen zu müſſen.

5) Über das Möbiusſche Linienſchema (Elem. I. 105).

Bemerktermaßen (S. 84) habe ich in den „Elem.“ ſtatt des vorhin unter 2) und 3) eingeſchlagenen Ganges zur Herleitung des Präciſionsmaßes h oder H einen anderen Gang mit Anhalt an das Möbiusſche Linienſchema eingeſchlagen, nach welchem ſich das hD der im IV. Abſchnitt gegebenen Formeln durch $\frac{hD}{2}$ erſetzen, und hiemit h den doppelten Werth als ihm unſere jetzigen Formeln ertheilen annehmen müßte, um das frühere $\frac{hD}{2}$ unſerem jetzigen hD bei gegebenem D gleich zu finden. Wenn ſchon nun dieſer Unterſchied ſchon bemerktermaßen praktiſch in ſofern gleichgültig iſt, als es gilt, verſchiedene Verſuchsreihen nach der Methode d. r. u. f. F. hinſichtlich der dabei ſtattfindenden U. E. zu vergleichen, wobei es bloß auf *Verhältniſſe* von h oder $\frac{h}{2}$ ankommt, ſo iſt es doch theoretiſch nicht gleichgültig, noch auch gleichgültig, wenn wir die Ergebniſſe der Methode d. r. u. f. F. mit den Ergebniſſen anderer Methoden vergleichen wollen. Ungeachtet ich nun in dieſer Hinſicht jetzt ſelbſt eine Untriftigkeit des aus dem Möbiusſchen Schema abgeleiteten $\frac{h}{2}$ ſtatt h anerkenne, liegt doch der Fehler anderswo, als ihn Müller ſucht, nicht im Schema ſelbſt, ſondern in einem Fehler ſeiner Verwerthung, worüber folgende Bemerkungen:

Müller ſagt (p. 31): „Wir finden bei Fechner dieſes Linienbeiſpiel einfach als zutreffend vorausgeſetzt, ohne daß auch nur der Verſuch gemacht wird, die Triftigkeit desſelben zu beweiſen.“

Aber die Triftigkeit des Linienbeiſpieles hängt von der Triftigkeit der Vorſtellungsweiſe, die es zu repräſentiren beſtimmt iſt, ab, und ſtatt daß das Linienbeiſpiel ohne Weiteres als triftig vorausgeſetzt wäre, geht in dasſelbe die ganze Überlegung ein, welche zu jener Vorſtellungsweiſe geführt hat.

Zweitens findet Müller (p. 37 ff.) die, unter Vorausſetzung des Theilungsprincipes I aus dem Möbiusſchen Schema abgeleiteten, Formeln und Reſultate der „Elemente“ deßhalb untriftig, weil ſie nicht mit ſeinen, nach dem Theilungsprincip II abgeleiteten Reſultaten ſtimmen. Aber dieſer Einwand hebt ſich natürlich von ſelbſt, wenn vielmehr das Theilungsprincip I das richtigere iſt; und die Frage nach der Triftigkeit des Schema hängt überhaupt nicht von der Frage nach dem Vorzuge von I oder II ab.

Endlich hält Müller (p. 44) die Falſchheit des Schema durchſchlagend in folgender Weiſe erwieſen, wozu ich mit ein paar Worten auf das Schema ſelbſt zurückkommen muß.

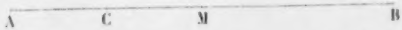

Stelle die Länge AC das kleinere Gewicht, CB das größere Gewicht, M die Mitte von AB dar, ſo repräſentirt der Unterſchied zwiſchen AC und CB, d. i. 2CM zunächſt den, in den Verſuch gegebenen Gewichtsunterſchied D[1]. Durch die zufälligen Fehlervorgänge aber kann der Unterſchied vergrößert oder verkleinert erſcheinen. Ein richtiger oder falſcher Fall[2] wird eintreten, je nachdem AC größer oder kleiner als AM, d. i. je nachdem C dieſſeits oder jenſeits M zu liegen ſcheint, rückſichtslos wie ſich die Größen AC, CB ſelbſt dabei ändern. Dies vorausgeſetzt, geht die Entwicklung des Linienbeiſpiels nach Möbius ordnungsmäßig weiter, ohne daß wir dieſe Entwicklung weiter zu verfolgen brauchen, da das Verſtändniß des Müllerſchen Einwurfes hievon unabhängig iſt.

Der Einwurf iſt dieſer:

An der (ſcheinbaren) Änderung des Unterſchiedes beider Gewichte können ſich die einzelnen Gewichte in der allerverſchiedenſten Weiſe betheiligen; aber nach der Anſchauung des Linienſchema muß dazu das eine Gewicht, BC, welches unſer B repräſentirt, immer um gleich viel abnehmen, als das andere AC, welches unſer A repräſentirt, zunimmt, wie umgekehrt. In der That kann ſich nach dem Schema der Unterſchied nur durch Verſchiebung von C ändern, womit ein Gewicht in jedem Falle um ebenſo viel zunimmt, als das andere abnimmt; dies aber iſt dem wirklichen Sachverhalt ganz zuwider.

---

[1] In der That, ſei z. B. AC = 1, CB = 3, ſo iſt D = CB — AC = 2. Aber auch 2CM = 2 (AM — AC) iſt gleich D = 2; ſofern AM als halbe Totallänge $= \frac{AC + CB}{2}$ iſt, was, in dem Ausdruck für 2CM ſubſtituirt, auf D = CB — AC = 2 zurückführt.

[2] Die z oder Nullfälle ſind hier als nach beiden Seiten gleich vertheilt vorausgeſetzt, alſo richtige und falſche Fälle als r' und f' genommen.

Aber ſo ſchlagend dieſer Einwurf für den erſten Anblick ſcheint, dürfte doch folgende Widerlegung desſelben noch ſchlagender ſein.

Wenn es gilt, den Unterſchied zweier Größen A, B in ſeinen Änderungen zu verfolgen, ohne daß wir die Änderungen der beiden Größen für ſich kennen oder etwas darauf ankommt, ſie zu kennen und für ſich zu verfolgen, wie das bei unſeren Verſuchen bezüglich der U. E. gilt, ſo können wir, um zu denſelben Reſultaten zu kommen, die wir durch Einführung der wirklichen Änderungen der beiden Größen erhalten würden, falls wir ſie kennten, nach ſchon früher gemachter und benutzter Bemerkung die mathematiſche Fiction machen, daß die eine Größe unverändert bleibt und ihre Änderung ſich in entgegengeſetztem Sinne auf die andere überträgt; ja oft genug wird dieſe Fiction gemacht, ohne damit zu behaupten, daß dies der Wirklichkeit entſpreche. Dasſelbe aber kann auch eine andere Fiction und können unzählige andere Fictionen leiſten, wenn ſie nur einer gewiſſen unten anzugebenden allgemeinen Regel entſprechen. So können wir fingiren, daß, wenn ein Unterſchied zweier Größen durch zufällige Änderungen in andere Unterſchiede übergeht, auf die eine Größe ſtets die Hälfte, auf die andere die andere Hälfte, oder auf die eine $\frac{1}{4}$, auf die andere $\frac{3}{4}$ der geſammten Änderung falle, nur daß der Änderung der einen Größe immer das entgegengeſetzte Vorzeichen gegeben werde, als der andern; und immer werden wir dabei nicht behaupten, daß dies der wirkliche Hergang geweſen wäre; werden aber in allen dieſen Fällen betreffs der Änderungen des betreffenden U. dasſelbe Reſultat erhalten, als wenn wir uns an den wirklichen Hergang hätten halten können. Die allgemeine Regel iſt die: wenn der Unterſchied zweier Größen A, B ſich um c ändert, kann man dies dadurch repräſentiren, daß die eine ſich um einen beliebigen Bruchtheil von c, heiße er mc ins Poſitive ändert, die andere aber in Ergänzung dazu um $(1-m)\,c$ ins Negative; denn

$$B + mc - [A - (1 - m)\,c] \text{ iſt } = B - A + c.$$

Nun entſpricht das Möbiusſche Schema der allgemeinen Forderung, wonach B immer um ebenſoviel wachſen als A abnehmen ſoll, und umgekehrt, durch Setzung von $m = \frac{1}{2}$, und rechtfertigt ſich hiermit ganz einfach Müllern gegenüber.

Fragt man dann, warum von den unendlich vielen Fictionen, die allgemein geſprochen möglich ſind, die Änderungen eines U. zu repräſentiren, gerade die eine beſtimmte gewählt iſt, daß die eine Größe ſich um ebenſo viel im einen Sinne als die andere im entgegengeſetzten Sinne ändert, ſo kann man antworten, daß ſie nicht ſowohl gewählt iſt, als von ſelbſt in den Zuſammenhang des Linienſchema eintritt. Sollte ſie aber gewählt werden, ſo würde man ſchon aus folgendem Grunde gerade dieſe vorzuziehen haben. Das Linienſchema hat nicht das Reſultat einer einzigen Änderung, ſondern principiell unendlich vieler Änderungen zu repräſentiren, wobei in Wirklichkeit die einzelnen Größen ſich in unendlich verſchiedenen Weiſen, aber doch durchſchnittlich beide um gleich viel nach einer Richtung und um gleich viel nach der entgegengeſetzten Richtung, beide ſich um gleich viel von einander und um gleichviel nach einander bewegt haben werden. Von erſteren Bewegungen hängt keine Änderung des U. ab, die durchſchnittliche Änderung wird alſo durch letztere Bewegungen repräſentirt und durch das Schema dargeſtellt.

Aber indem das Schema dies Alles anſchaulich triftig repräſentirt, ſchlägt ſeine frühere Verwerthung in den „Elem." an einem Puncte fehl. Nach voriger Darſtellung wird man anzunehmen haben, daß, wenn C ſich von ſeinem Ausgangspunkte, wo es um $\frac{D}{2}$ von M entfernt iſt, ſcheinbar bis M, d. i. um $\frac{D}{2}$, bewegt hat, die ganze ſcheinbare Änderung des U. nicht $\frac{D}{2}$, ſondern das Doppelte davon beträgt, weil ja bei einfacher Bewegung von C der eine Werth A ſich immer um gleich viel nach der entgegengeſetzten Richtung bewegt, als der andere B. Das Schema aber iſt früher ſo verwerthet worden, als ob ſchon mit einer Änderung des U. um $\frac{D}{2}$ der ſcheinbare U. zwiſchen A und B null würde. Corrigirt man dieſe Deutung durch vorige Betrachtung, ſo bleibt das Möbiusſche Schema in vollem Rechte, und erſetzt ſich das früher daraus abgeleitete $\frac{hD}{2}$ von ſelbſt durch hD.

VII. Die Methode der mittleren Fehler.

Ich habe dieſe Methode in „Elem." I. 74 und 120 kurz beſchrieben, jedoch dabei manche Puncte, welche aus praktiſchem Geſichtspuncte nützlich ſein kann, zu berückſichtigen, vorläufig übergangen, weil ich damals noch beabſichtigte, eine beſondere Schrift über die Maßmethoden folgen zu laſſen, wozu es nicht gekommen iſt. Ehe ich nun auf Müllers Kritik der Methode eingehe, will ich das Weſentlichſte in jener Beziehung nachholen, und erläutere zuvörderſt meine Ausführungsweiſe der Methode an den Augenmaßverſuchen.

Einer vorgegebenen Diſtanz, z. B. zwiſchen Zirkelſpitzen oder parallelen Fäden, der ſog. Normaldiſtanz N, ſoll eine andere Diſtanz, Fehldiſtanz f[1], ſo gleich gemacht werden, als es nach dem Augenmaße möglich iſt. Nachdem ich nun die Einſtellung der Fehldiſtanz auf ſcheinbare Gleichheit mit der Normaldiſtanz, ſei es von einer zu großen oder zu kleinen Fehldiſtanz ausgehend, erſt roh und ſo zu ſagen verloren gemacht, ſehe ich nach, ob ſie wirklich der Gleichheit für die Empfindung entſpricht oder nicht, und ſchiebe die (durch die Fäden oder Zirkelſpitzen bezeichnete) Grenze oder die Grenzen der Fehldiſtanz ſo lange hin und her, immer dabei zuſehend, was der Erfolg für die Empfindung iſt, bis mir in einer definitiven Einſtellung die Gleichheit beſtens erreicht ſcheint. Der Unterſchied der Fehldiſtanz von der Normaldiſtanz $f - N$, bei dem ich ſtehen bleibe, giebt dann den, im Allgemeinen noch mit einem conſtanten Fehler c behafteten rohen Fehler δ. Aus allen Fehldiſtanzen, deren Zahl m ſei, ziehe ich nun das Mittel $\frac{\Sigma f}{m}$, bezeichne es als mittlere Fehldiſtanz mit F, und erhalte als Unterſchiede der einzelnen Fehldiſtanzen f von der mittleren Fehldiſtanz F die mit Δ zu bezeichnenden, vom conſtanten Fehler befreiten, reinen variabeln Fehler, endlich als Mittel der, ohne Rückſicht auf ihr Vorzeichen genommenen reinen Fehler (ſog. indifferentes Mittel) den mit Δ_m zu bezeichnenden reinen Mittelfehler $\frac{\Sigma \Delta}{m}$, deſſen reciproken Werth ich als Maß der U. E. betrachte.

Hienach iſt zu zeigen, wie man im möglichſt bequemen Rechnungswege zum reinen Mittelfehler Δ_m und conſtanten Fehler c gelangt, was auf zweierlei Weiſen geſchehen kann, je nachdem man die Beſtimmung der mittleren Fehldiſtanz F dabei zuziehen und die der rohen Fehler übergehen will oder umgekehrt.

Erſtes Verfahren. Nachdem man die mittlere Fehldiſtanz F aus den einzelnen f beſtimmt hat, erhält man nach Vorigem die Δ's als Differenzen $f - F$ nach abſolutem Werthe, und $c = F - N$, welcher Werth poſitiv oder negativ ſein kann, je nachdem $F > N$ oder umgekehrt. Nun würde es aber nicht nur ſehr umſtändlich ſein, ſondern auch wegen der Menge der vorzunehmenden Einzelbeſtimmungen leicht Rechenverſehen eintreten, wenn man die Differenzen $f - F$ einzeln nehmen wollte; man verfährt daher kürzer ſo: man addirt alle f, welche größer als F ſind, ihre Summe ſei G, ihre Zahl g, und zieht die mittlere Fehldiſtanz, g-mal genommen, von G ab; hiemit erhält man die poſitive reine Fehlerſumme $G - gF$, welche P heiße. Man addirt ebenſo alle f, welche kleiner als F ſind; ihre Zahl heiße k, ihre Summe K, und zieht K von dem k-mal genommen F ab, womit man die negative reine Fehlerſumme $kF - K$ erhält, welche Q heiße. Q nach abſolutem Werthe zu P addirt giebt die totale reine Fehlerſumme $\Sigma\Delta$. Eine Probe der richtigen Rechnung iſt, daß P mit Q gleich ausfalle; und handelte es ſich nicht um dieſe Probe, ſo reichte es hin, bloß P oder Q zu beſtimmen, und deſſen Werth zu verdoppeln, um $\Sigma\Delta$ zu haben. Da die Beſtimmung der rohen Fehler keine principielle Wichtigkeit für die Methode hat, ſo empfiehlt ſich das vorige Verfahren, welches dieſe Beſtimmung übergeht, als das directeſte zur Gewinnung der Beſtimmungen, um die es zu thun iſt. Inzwiſchen kann man doch unter Umſtänden das folgende Verfahren vorziehen.

---

[1] Müller braucht hiefür vielmehr F, worunter ich meinerſeits die mittlere Fehldiſtanz verſtehe.

Zweites Verfahren. Man beſtimmt vor Allem die rohen Fehler δ als Differenzen der f von N, indem man die poſitiven und negativen δ in geſonderten Columnen aufſchreibt. Dies könnte zur Abkürzung gleich bei den Verſuchen geſchehen, was aber ſchlechthin verwerflich iſt, weil die Theilung der Aufmerkſamkeit zwiſchen Verſuch und Rechnung Verſehen erleichtert, die ſpäter nicht wieder gut zu machen ſind. Vielmehr ſind bei den Verſuchen ſelbſt nach jetzigem wie vorigem Verfahren nur die unmittelbar beobachteten f aufzuzeichnen; und die rohen Fehler erſt nach Vollendung der Verſuchsreihe zu beſtimmen. Nachdem dies geſchehen, nimmt man die Summe der poſitiven f gleich P' und der negativen (nach abſolutem Werthe) gleich Q' beſonders; dann hat man $c = \frac{P' - Q'}{m}$. Um aber $\Sigma\Delta$ zu erlangen, verfährt man ſo. Mögen diesſeitige rohe Fehler ſolche heißen, welche mit c gleiches Vorzeichen haben, jenſeitige ſolche, welches entgegengeſetztes Vorzeichen haben, und ſei t die Zahl, T die Summe der diesſeitigen, welche den conſtanten Fehler an Größe überſteigen und obere heißen können, ſo erhält man $\Sigma\Delta$, indem man den t-fachen conſtanten Fehler tc von der Summe der obern diesſeitigen rohen Fehler T abzieht, und die Diſtanz verdoppelt, alſo

$$\Sigma\Delta = 2\,(T - tc).$$

Zunächſt nämlich erhält man nur die Summe der diesſeitigen reinen Fehler $\frac{\Sigma\Delta}{2} = T - tc$, da aber die Summe der jenſeitigen principiell gleich mit der der diesſeitigen iſt, reicht es hin, dieſe Summe zu verdoppeln, um die Totalſumme zu haben. Freilich entbehrt man hiebei der Controle durch Beſtimmung der jenſeitigen Summe, welche zwar geſchehen kann, aber nach einer wenig praktiſchen umſtändlichen Formel, daher man im Allgemeinen vorziehen wird, die Controle in Wiederholung der vorigen Beſtimmung zu ſuchen. Wenn rohe Fehler = c vorkommen, ſo können ſie bei voriger Beſtimmung beliebig zu den diesſeitigen oder jenſeitigen gezählt werden, nur daß es für t und T zugleich geſchehe.

Ich übergehe den leicht zu führenden Beweis der vorigen Beſtimmungen, da ſich jeder auch ohne Verſuche und Beweis in ſelbſtgemachten Proben leicht überzeugen kann, daß beide Verfahrungsweiſen nur auf leichterem Wege zu denſelben Beſtimmungen führen, welche man durch direktes Verfahren nach dem Begriff der Δ und des c erhält. In der Regel vermindert ſich die rohe Fehlerſumme durch Überführung in die reine, eine Verminderung, die bei großem c oft ſehr beträchtlich iſt. Die Fälle, wo eine Erhöhung entſteht, ſind verhältnißmäßig ſelten, treten nur bei kleinem c ein, und die Erhöhung iſt dann ſtets verhältnißmäßig nur gering.

Wenn der auf eine der vorigen Weiſen erhaltene conſtante Fehler c nur einen geringen Werth hat, kann derſelbe nach Wahrſcheinlichkeit als ein nur ſcheinbarer in ſofern gelten, als auch ohne Veranlaſſung durch eine conſtante Urſache, wovon ein wahrer conſtanter Fehler abhängig zu machen, bloß durch unausgeglichene Zufälligkeiten die mittleren Fehldiſtanz F von der Normaldiſtanz N abweichen kann; c aber iſt $= F - N$. In jedem Falle aber hat man einen wahren conſtanten Fehler anzunehmen, wenn bei Fractionirung einer Beobachtungsreihe in nicht gar zu kleine Abtheilungen und beſonderer Berechnung derſelben c durch alle oder durch eine überwiegend große Mehrzahl der Fractionen daſſelbe Vorzeichen behält, einen ſcheinbaren, wenn das Vorzeichen von c unbeſtimmt wechſelt. Addirt man die aus den einzelnen Fractionen mit gleichem m erhaltenen Werthe c algebraiſch, d. i. mit Rückſicht auf das Vorzeichen und nimmt daraus das Mittel durch Diviſion mit der Zahl der Fractionen, ſo erhält man daſſelbe definitive c für die geſammte Reihe, als wenn man dieſe im Zuſammenhang behandelt hätte.

Einen genauern Anhalt zur Beurtheilung, ob man es bloß mit einem ſcheinbaren oder einem wahren conſtanten Fehler zu thun hat, gewährt die Wahrſcheinlichkeitsrechnung nach folgender Regel. Man beſtimme den wahrſcheinlichen Fehler der mittleren Fehldiſtanz F aus den reinen Fehlern Δ ebenſo, wie der Phyſiker und Aſtronom den wahrſcheinlichen Fehler einer mittleren Beobachtungsgröße aus den Beobachtungsfehlern beſtimmt. Dieſer wahrſcheinliche Fehler von F, welcher w heiße, iſt zugleich der wahrſcheinliche Fehler von c, da der wahrſcheinliche Fehler einer Größe, welche durch Zufälligkeit variirt, ſich durch Zuſatz oder Abzug einer feſten Größe nicht ändert. Nun hat man $c = F - N$; der Werth N aber iſt feſt gegeben. Sollte nun der wahrſcheinliche Fehler von c dem Werthe von c ſelbſt nahe gleich ſein oder ihn gar überſteigen, ſo würde man mit ziemlicher oder überwiegender Wahrſcheinlichkeit den Werth c nur als von unausgeglichenen Zufälligkeiten wegen Endlichkeit des m abhängig anſehen können. Um die übliche Beſtimmung des wahrſcheinlichen Fehlers einzuhalten, hätte man ſich der Quadrate der Δ zu bedienen, deren Beſtimmung aber bei großer Zahl der Δ ſehr umſtändlich ſein würde. Mit nur unerheblich geringerer Sicherheit aber erhält man den w. Fehler aus der Summe der einfachen Δ nach folgender Formel

$$w = \frac{1,195503\ \Sigma\Delta}{m\sqrt{2m-1}}$$

wie im Jubelbande der Pogg. Ann. p. 73 gezeigt iſt.

Während der conſtante Fehler und der davon mit abhängige rohe Fehler weſentlichſt von der Zeit- und Raumlage der verglichenen Größen abhängt, zeigt ſich der reine variable in ſeinen Summen- oder Mittelwerthen davon unabhängig, inſofern nicht die verſchiedene Zeit- und Raumlage ein verſchiedenes Spiel von Zufälligkeiten mitführt, was manchmal der Fall iſt, gewöhnlicher aber, ſo weit meine Erfahrungen reichen, nicht der Fall iſt, ſo daß ſich die oft großen Verſchiedenheiten der rohen Fehler je nach verſchiedener Zeit- und Raumlage durch Übergang zu den reinen Fehlern meiſt bis auf das reduciren, was an der Unvollſtändigkeit der Ausgleichung der Zufälligkeiten hängt. Beobachtungen, welche hinſichtlich des conſtanten Fehlers unvergleichbar ſind, können hinſichtlich der reinen variabeln Fehler noch ſehr wohl vergleichbar ſein.

Nicht ſelten auch findet man zwiſchen den verſchiedenen Fractionen einer und derſelben und unter denſelben äußeren Umſtänden angeſtellten Verſuchsreihe ſehr beträchtliche Verſchiedenheiten zwiſchen den rohen Fehlerſummen, die ſich oft ebenfalls ſehr beträchtlich reduciren oder merklich verſchwinden, wenn man ſich von den rohen Fehlerſummen zu den reinen wendet. In der That hängt eine ſolche Verſchiedenheit viel häufiger von einer Variabilität des conſtanten Fehlers, der in ſofern ſeinen Namen nur uneigentlich verdient, durch ſubjective Verhältniſſe, welche eine verſchiedene Auffaſſung derſelben Raum- und Zeitlage mitführen, als von einer Verſchiedenheit des reinen variabeln Durchſchnittfehlers in dieſen Fractionen ab, wenn ſchon auch wirkliche Abänderungen des letzteren, namentlich durch Fortſchritt der Übung und abgeänderte Aufmerkſamkeit bedingt ſein können. Die leicht eintretende Variabilität des conſtanten Fehlers im Laufe längerer Verſuchsreihen durch ſubjective Verhältniſſe macht die fractionsweiſe Behandlung längerer Verſuchsreihen ſehr räthlich, da ſich ſonſt die Variationen des conſtanten Fehlers mit dem variabeln Fehler vermiſchen und ihn verunreinigen. Wenn ſchon die Gefahr einer ſolchen Verunreinigung nicht ganz hiedurch beſeitigt wird, ſo wird ſie doch bis auf einen, nicht mehr erheblich ſtörenden, Grad vermindert. Allgemein hat die fractionsweiſe Behandlung den Vortheil, uns der größern oder geringern Conſtanz der Reſultate zu verſichern und ſowohl die Abänderungen des conſtanten Fehlers als die Abänderungen bemerken zu laſſen, welche ein Fortſchritt der Übung, eine abgeänderte Aufmerkſamkeit oder ſonſt andere Umſtände in die Verhältniſſe der variabeln Fehler bringen. Am räthlichſten iſt es, wo nicht beſondere Umſtände dies verhindern, die Beobachtungen, die zu einer Fraction vereinigt und im Zuſammenhange berechnet werden ſollen, auch unmittelbar hinter einander anzuſtellen, jeder ſolchen Fraction gleich viel, z. B. 10, Beobachtungen zu geben, und das Definitivreſultat durch Zuſammenlegung der Reſultate der einzelnen Fractionen zu gewinnen. Die Abtheilung in Fractionen à $m = 10$ hat insbeſondere den Vortheil, die Mittelziehungen zu erleichtern, ſofern ſie einfach durch Abſchneiden einer Decimale von der Summe geſchehen kann.

Da die Elimination conſtanter Fehler bei der Methode d. m. F. durch Rückführung der rohen Fehler auf reine im angegebenen Rechnungswege ſtattfindet, ſo bedarf es zu dieſer Elimination an ſich ſelbſt nicht der Anſtellung von Verſuchen bei entgegengeſetzter Zeit- und Raumlage; doch wird man einer ſolchen bedürfen, wenn man den conſtanten Fehler in ſeine Componenten auflöſen will, wofür dieſelben Rückſichten und Regeln gelten, als bei der Methode der r. u. ſ. F. beſprochen ſind.

Nach **Wundt** (Pſ. I. 328) ſoll ſich die Elimination des conſtanten Fehlers bei der Methode d. m. F. auf folgenden Satz gründen.

Sei f der rohe, c der conſtante und φ der reine variable Fehler bei einer einzelnen Beobachtung, ſo ſoll man nach den allgemeinen Principien der Fehlertheorie haben.

$$f^2 = c^2 + \varphi^2$$

$$f = \sqrt{c^2 + \varphi^2}.$$

Aber dieſer Satz gilt nur, wenn bei jeder einzelnen Beobachtung c eben ſo gleiche Wahrſcheinlichkeit hat, poſitiv wie negativ auszufallen als φ, wonach es aber keinen conſtanten Fehler geben könnte. Dies hindert nicht, daß wirklich zwei Fehlerquellen ſich in ſolchem Sinne zuſammenſetzen, wie bei Volkmanns mikrometriſchen Augenmaßverſuchen, aber der Name Conſtante findet dann auf keine beider Componenten in eigentlichem Sinne Anwendung, und es gehören hieher keinesfalls die conſtanten Fehler der Raum- und Zeitlage.

Wenn man nun dieſelbe Zahl von Beobachtungen zum Vergleiche der Empfindlichkeit unter verſchiedenen Umſtänden verwendet und es nur um dieſen Vergleich zu thun iſt, kann man ſich die Ziehung der mittleren Fehler Δ_m erſparen, indem man unmittelbar die reinen Fehlerſummen $\Sigma\Delta$ vergleicht. Sonſt aber kommt folgender Umſtand in Rückſicht.

Wird eine reine Fehlerſumme aus einer ganzen Beobachtungsreihe nach den gegebenen Regeln abgeleitet, ſo fällt ſie im Allgemeinen etwas größer aus, als wenn man die Beobachtungsreihe fractionirt, die reinen Fehlerſummen bezüglich der mittleren Fehldiſtanzen dieſer Fractionen beſonders beſtimmt, und dieſe Summen addirt, wovon das Entſprechende auch bei den phyſikaliſchen Beobachtungsfehlern ſtattfindet und ſeinen Grund in wohlerkannten Wahrſcheinlichkeitsverhältniſſen hat (vgl. „Elem.“ I. 125). Erſtere Summe ſoll die Fehlerſumme aus dem Ganzen, letztere die Fehlerſumme aus den Fractionen heißen. Aus je kleineren und mithin je mehr Fractionen die letztere gewonnen iſt, je kleiner alſo die Zahl, das m, der Verſuche jeder einzelnen Fraction iſt, deſto mehr ſteht die Summe aus den Fractionen gegen die Summe aus dem Ganzen zurück; ein Einfluß, der ſich aber auch bei unfractionirten Reihen wiederfinden muß, ſofern ſie immer als Fractionen einer noch größeren Reihe mit größerem m betrachtet werden können. Der Mittelfehler fällt auch bei ihnen um ſo kleiner aus, aus einem je kleineren m er abgeleitet iſt, ohne daß dies von einer größeren Unterſchieds-Empfindlichkeit abhängt.

In ſofern nun doch eine Fehlerſumme oder ein mittlerer Fehler zum Maße der Unterſchiedsempfindlichkeit dienen ſollen, macht vorſtehender Umſtand nöthig, daß man zur Ableitung dieſer Werthe Beobachtungsreihen oder Fractionen von gleichem m verwende, widrigenfalls ſie wegen des angegebenen Umſtandes nicht vergleichbar ſind, oder daß man die, aus verſchiedenem m abgeleiteten Werthe durch eine Correction auf den Fall reducire, als ob ſie aus gleichem m abgeleitet wären, welche ich die Correction wegen des endlichen m nenne. Sie beſteht darin, daß man das bei endlichen m der Fractionen oder der ganzen Reihe gewonnene

$\Sigma\Delta$ oder Δ_m noch mit $\sqrt{\frac{m}{m-1}}$ oder merklich gleich geltend mit $\frac{2m}{2m-1}$ multiplicire, wodurch ſie auf den eigentlichen Normalfall zurückgeführt ſind, als wenn ſie aus unendlichem m gewonnen wären. Dieſe Correction weicht von der in den „Elem.“ I. p. 126 ab, von welcher aber ſchon „In Sachen“ p. 217 bemerkt iſt, daß ſie unrichtig iſt. Auch ſind einige andere da gemachten Bemerkungen zu berückſichtigen.

So viel über meine Ausführungsweiſe der Methode; hienach zu den kritiſchen Bemerkungen, welche die Methode bisher erfahren hat.

Vorweg geſtehe ich, nicht ohne Befremden in Wundts „Philoſ. Studien“ p. 9 die Bemerkung zu finden, daß die Methode d. m. F. „wie jetzt allgemein anerkannt ſei, hinter derjenigen der richtigen und falſchen Fälle weit zurückſtehe“, da mir weder von einer allgemeinen Anerkenntniß in dieſer Hinſicht, noch von vergleichenden Verſuchen, worauf ſie ſich ſtützen könnte, noch von einer Theorie, welche jenen Nachtheil begründete, etwas bekannt iſt; bekannt iſt mir nur, daß allerdings Müller nichts von der Methode der m. F. hält, und ſo irrthümlich wie er ſie auffaßt, würde ich ſelbſt nichts von ihr halten; es kann aber wohl ſein, daß manches Urtheil durch Müller beſtochen worden iſt; mit wie viel Recht, wird das Folgende lehren. Auch mag der Umſtand, daß die unter Wundts Direction angeſtellten Verſuche Kollerts (Stud. p. 78) nach der Methode der eben merklichen oder kleinſten Unterſchiede ſich bezüglich des Zeitſinnes in Vortheil gegen die Methode der m. F. nach der Ausführungsweiſe derſelben durch Vierordt erwieſen haben, beigetragen haben, Wundts Mißtrauen gegen letztere Methode überhaupt zu verſtärken. Auch die Methode der r. u. f. F. aber zeigte ſich bei dieſen Verſuchen in Nachtheil gegen die Methode der e. m. U. und wurde deßhalb hier verworfen, ohne damit überall verworfen werden zu können. Es iſt nun eben die eine Methode unter gewiſſen Umſtänden, für gewiſſe Zwecke, nach gewiſſen Ausführungsweiſen vortheilhafter als die andere, wie Wundt ſelbſt mit Recht hervorhebt. Hienach und nach meinen eigenen Erfahrungen finde ich keinen Grund, Wundts obige Äußerung zu unterſchreiben, halte vielmehr die Methode d. m. F. am rechten Orte und in richtiger Ausführung für eine der brauchbarſten Methoden, wie ſie denn mir und Volkmann vortrefflich gedient hat, das Weberſche Geſetz im Gebiete des Augenmaßes zu conſtatiren; nur muß man ſie nicht ſo ausführen, als von Chodin geſchehen (vergl. den ſpätern Abſchnitt über die Augenmaßverſuche) oder als Müller will, daß ſie beſtenfalls auszuführen ſei. Und hiemit komme ich auf Müllers Betrachtung der Methode überhaupt.

Müller faßt die Methode der m. F. im 6. Cap. ſeines Buches von p. 71 an von theoretiſcher Seite ins Auge und beſpricht im 7. Cap. von p. 81 an die bisher danach angeſtellten Verſuche. In erſter Hinſicht erklärt er (p. 73) nur die Frage behandeln zu wollen, „ob man berechtigt iſt, den mittleren Fehler als eine dem Unterſchiedsſchwellenwerthe proportionale Größe zu betrachten." Weder ich noch ſonſt jemand „ſei bisher auf dieſe Fundamentalfrage eingegangen, von deren Beantwortung die Beweiskraft ſämmtlicher nach der Methode der mittleren Fehler angeſtellten Verſuchsreihen abhänge." Er ſelbſt findet durch ſeine Unterſuchungen, daß ſich dieſe Frage nach den bisherigen Vorlagen weder theoretiſch entſcheiden laſſe noch experimental entſchieden ſei, und erklärt demgemäß (p. 206) die Reſultate meiner nach dieſer Methode angeſtellten Augenmaßverſuche „zu einer Prüfung des Weberſchen Geſetzes wenigſtens zur Zeit ganz unbrauchbar", wie ich mir auch habe gefallen laſſen müſſen, meine zur Prüfung des Parallelgeſetzes angeſtellten Verſuche nach der Methode der r. u. f. F. ganz unbrauchbar gefunden zu ſehen, und meine Verſuche nach der Methode der e. m. U. ohne viel Umſtände verworfen zu finden.

Was die experimentale Seite anlangt, ſo vermißt Müller nicht nur von meiner Seite ſondern auch ſeitens anderer Beobachter, welche mit der Methode der m. F. operirt haben (Steinheil, Camerer, Tramin) nähere Angaben über die Ausführungsweiſe dieſer Methode, und glaubt (p. 92. 209) unter den früheren Beobachtern (bis zu Chodin) nur bei Volkmann eine ſolche zu finden, ohne mit dieſer Ausführungsweiſe einverſtanden zu ſein. Vielmehr ſtellt er ſeinerſeits ein anderes Verfahren als das genaueſt mögliche auf, wenn man überhaupt von der Methode Gebrauch machen wolle; doch ſei keine Modification des Verfahrens hinreichend, auf einen, dem Unterſchiedsſchwellenwerthe proportionalen mittleren Fehler mit irgendwelcher Sicherheit zu führen. Nach Allem hält er wie geſagt bis auf Weiteres überhaupt nichts von der Methode.

Mir ſcheint jedoch der Fehler ganz auf Seiten ſeiner Auffaſſung der Methode zu liegen. Sehen wir zu.

Von vorn herein hat Müller ſeine Hauptunterſuchung auf einen Punct gerichtet, der die Bedeutung gar nicht hat, die Müller ihm zuſchreibt. Möchte der mittlere Fehler mit der U. Schw. proportional gehen oder nicht, ſo behält er eine gleich wichtige Bedeutung für das Maß der U. E. und Beziehung zum Weberſchen Geſetze, worüber ich im II. Abſchn. genug geſagt zu haben glaube. Außerdem aber hat Müller, ſo weit ich es zu überſehen vermag, in Ermangelung eigener Verſuche auch die bisherigen maßgebenden Verſuche Anderer und den Sinn der Methode ſelbſt mißverſtanden. Wonach ich durch ſeine Kritik an ſich zwar nichts gefördert finden kann; doch iſt durch dieſelbe, ebenſo wie durch ſeine Kritik der andern Methoden, ein Anlaß gegeben, der Methode noch etwas näher als in den „Elementen" geſchehen, auf den Grund zu gehen.

Weßhalb ich ſelbſt in den „Elementen" von näheren Angaben über die Ausführungsweiſe der Methode vorläufig abgeſehen, habe ich oben angegeben; doch würde ich nicht davon abgeſehen haben, wenn ich nicht gemeint, daß jedem, der ſelbſt an die Ausführung der Methode mit der Abſicht geht, Normaldiſtanz und Fehldiſtanz ſo gleich als nur immer möglich für den Augenſchein zu machen, weſentlich nur eine Weiſe der Ausführung zu Gebote ſtehe, daher ſo zu ſagen jedem von ſelbſt in die Hand komme, ſo daß eine beſondere Äußerung darüber überflüſſig ſchien. Der Zweck beſtimmt das Verfahren. Jedenfalls iſt mir ſelbſt gar nicht eingefallen, daß man anders verfahren könne, als ich verfahren bin, am wenigſten ſo, wie Müller will, daß man verfahren ſoll.

Was durch meine Ausführungsweiſe der Methode erreicht werden ſoll, und etwas Andres läßt ſich überhaupt nicht dadurch erreichen, iſt, daß die Einſtellung der Fehldiſtanz nach allem Hin- und Herrücken ſchließlich bei einem Werthe der Fehldiſtanz ſtehen bleibt, welcher im Fall der Abweſenheit conſtanter Fehler um weniger als die U. Schw. von der Normaldiſtanz abweicht, oder kurz ausgedrückt, daß die Einſtellung irgendwo innerhalb der Grenzen der U. Schw. ſtehen bleibt, indem, wo immer die Einſtellung innerhalb dieſer Grenzen ſtattfindet, der U. zwiſchen N und f verſchwunden ſcheint[1]. Bei der im Allgemeinen vorauszuſetzenden Anweſenheit conſtanter Fehler aber bleibt die Einſtellung von f vielmehr bei einem Werthe ſtehen, welcher um weniger als die U. Schw. von der durch den conſtanten Fehler vergrößerten oder verkleinerten Normaldiſtanz abſteht.

Müller aber faßt von vorn herein die Aufgabe des Verfahrens anders. Nach ihm (p. 74), wenn ich ihn anders recht verſtehe, ſoll es bei Abweſenheit conſtanter Fehler vielmehr darauf ankommen, vor Allem den Spielraum zwiſchen den Schwellengrenzen „annähernd" zu ſuchen, dann „ſo gut es eben geht" durch Hin- und Herrücken die Mitte dieſes Spielraums mit der Einſtellung zu treffen, und die Abweichungen dieſer

---

[1] Was Müller mit der „Unſicherheit der Hand" meint, von welcher nach ihm p. 89 der mittlere Fehler mit abhängig ſein ſoll, wüßte ich nach meiner Anſtellungsweiſe der Verſuche nicht zu ſagen.

Einſtellungen von der Normaldiſtanz (bei Anweſenheit conſtanter Fehler unſtreitig die Abweichungen vom Mittel der Einſtellungen) als die Fehler zu betrachten, woraus das Mittel zu ziehen. Aber hätte Müller nur eine einzige Verſuchsreihe nach dieſer Methode ſelbſt angeſtellt oder von jemand anders anführen können, um zu zeigen, daß ſie praktiſch ausführbar ſei und zu praktiſch brauchbaren Reſultaten führe. Jedenfalls leuchtet ein, daß von ſolchen Mühſeligkeiten, wie ſie das hier vorgeſchlagene Verfahren mitführt, bei dem oben von mir angegebenen Verfahren nicht die Rede iſt.

Was nun die *Theorie* der Methode anlangt, wenn ſie in *meiner* Weiſe ausgeführt wird, ſo findet ſie ſich ohne willkürliche oder hypothetiſchen Annahmen unmittelbar durch die Theorie der Beobachtungsfehler gegeben, ſofern die nach unſerer Methode gewonnenen reinen Fehler Δ in allen weſentlichen Verhältniſſen mit den Beobachtungsfehlern, die man bei Beſtimmung phyſikaliſcher oder aſtronomiſcher Größen erhält, übereinſtimmen. In der That, die Entſtehung der Beobachtungsfehler kommt wie die der Einſtellungsfehler unſerer Methode darauf zurück, daß man im Verſuch, eine Größe mit einer, unſere Normalgröße N vertretenden, gleich herzuſtellen, endlich auf einen kleinen Unterſchied kommt, der, ſei es aus äußeren oder inneren Gründen, nicht mehr erkannt wird, alſo in die Grenzen der U. Schw. fällt und den Beobachtungsfehler giebt, der jedoch nicht bezüglich der wirklichen Normalgröße, die man nicht kennt, ſondern bezüglich des Mittels der, in den einzelnen Fällen beobachteten Größen, welche unſere f vertreten, beſtimmt wird. Entſprechend iſt es mit den reinen Δ's der Methode der mittleren Fehler. Zwar kennt man hier die Normalgröße N, doch beſtimmt man ebenſo wie bei den Beobachtungsfehlern die Δ nicht als Abweichungen von N, ſondern von der das N in dieſer Hinſicht vertretenden, mittleren Fehlgröße, womit nun eben die Δ's den Beobachtungsfehlern ganz vergleichbar werden, und, ſo beſtimmt, nicht nur *vorausſetzlich* wie dieſe dem Gaußſchen Geſetze gehorchen, ſondern es nach meinen Beobachtungen auch *wirklich* thun. Nun iſt bei den Beobachtungsfehlern das Präciſionsmaß h der Fehler $= \frac{1}{\Delta_m \sqrt{\pi}}$ dem mittleren Fehler umgekehrt proportional, und ich finde bei dieſer Übereinſtimmung der Grundverhältniſſe zwiſchen den beiderſeitigen Δ's nicht das geringſte Hinderniß, Δ_m in der Methode der m. F. für die Schätzung der ſubjectiven Genauigkeit dieſelbe Rolle ſpielen zu laſſen, als das Δ_m der Beobachtungsfehler für die Schätzung der objectiven ſpielt. Im übrigen aber iſt in Betreff der

Unterordnung des mittleren Fehlers unter den Begriff eines Maßes der U. E. auf den II. Abſchnitt zurückzugehen.

In ſofern nun in die Methode der m. F. daſſelbe Präciſionsmaß h des Gaußſchen Geſetzes eingeht, als in die Methode der r. u. f. Fälle, eröffnet ſich damit folgende Beziehung zwiſchen beiden Methoden[1]. Subſtituirt man in die Formel der Methode der r. u. f. F. (S. 88), d. i. in

$$\frac{r'}{n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{hD = t} e^{-t^2} \partial t$$

für D den mittleren Fehler $\Delta_m = \frac{1}{h\sqrt{\pi}}$, womit hD in $1/\sqrt{\pi} = 0{,}56420$ übergeht, ſo findet man zu dieſem Werthe, als hD in die Fundamentaltafel geſetzt, r' = 0,7844[2].

Die vorige Theorie ſcheint mir zugleich die einfachſte und einleuchtendſte zu ſein, die ſich aufſtellen läßt; ſofern ſie nichts Anderes als die Zurückführung der Theorie unſerer Methode auf die anerkannte Theorie der Beobachtungsfehler iſt. Dabei kann man bemerken, daß, obwohl die durchſchnittliche Größe der Beobachtungsfehler factiſch mit von der Größe der U. Schw. abhängt (weil nur Unterſchiede unter der Schwelle als Fehler auftreten können), doch der Ausdruck der Schwellengröße nicht in das Präciſionsmaß h und alſo auch nicht in das $\Delta_m = \frac{1}{h\sqrt{\pi}}$ der Beobachtungsfehler eingeht; alſo kann dies auch nicht von Δ_m als mittlerem Fehler unſerer Methode erwartet werden; indem das Verfahren hier wie da nicht gemacht iſt, dieſe Abhängigkeit kennen zu lehren, ſondern den Werth Δ_m unmittelbar zu geben, gleichviel wie er von der U. Schw. abhänge.

Sollte man doch dieſe Abhängigkeit theoretiſch beſtimmen wollen, ſo kann es nur mittelſt einiger Annahmen geſchehen, die ſich in der That wohl ſtellen laſſen dürften; doch lege ich auf folgenden Verſuch in dieſer

---

[1] Was Müller in einer längeren Anmerkung p. 80 über die Beziehung der verſchiedenen Methoden ſagt, iſt freilich conſequent im Sinne ſeiner Auffaſſung der Methoden, verliert aber die Bedeutung im Sinne der unſeren.

[2] In „Elem." I. 129 iſt für den Erſatz von D durch Δ_m als Werth von r angegeben 0,6558, wobei zu bemerken, daß das r der „Elem." unſer r' iſt (vergl. S. 46). Daß nun eben 0,7844 ſtatt 0,6558 gefunden iſt, rührt daher, daß in den „Elem." in die Grundformel $\frac{hD}{2}$ ſtatt hD einging; Letzteres aber iſt das Richtigere (vergl. S. 81).

Hinſicht kein Gewicht, denn die obige Theorie und der Gebrauch der Methode hängt nicht daran. Der Einfachheit halber ſetze ich dabei von vorn herein Abweſenheit conſtanter Fehler voraus, worauf man durch Übergang von den rohen zu den reinen Fehlern immer zurückkommen kann.

Natürlich werde ich, bei meiner Ausführungsweiſe, mit der Einſtellung der einzelnen Verſuche in ſehr verſchiedenen Abſtänden der Fehldiſtanz von der Normaldiſtanz ſtehen bleiben. Aber es dürfte ſich die Annahme ſtellen laſſen, daß, bei der vorausgeſetzten Abweſenheit von conſtanten Fehlern, die durchſchnittliche Abweichung von der Normalgröße, die dabei eintritt, kurz der durchſchnittliche Fehler Δ_m proportional ſei dem Spielraum der einzelnen Fehler, d. i. dem Werthe der U. Schw., die ich als totale mit T, nach poſitiver oder negativer Seite beſonders verfolgt, wie Müller mit S bezeichne, ſo daß $T = 2S$, wenn S nach abſolutem Werthe betrachtet wird (vergl. S. 45 f.). Und dieſer einfache Geſichtspunct würde zur Herſtellung der Beziehung zwiſchen Δ_m und T oder S hinreichen, wenn ſich nicht zugleich experimental fände, daß der Durchſchnittsfehler ins Unbeſtimmte nach Gaußſchem Geſetze variirt. Aber wir genügen dieſer Bedingung und jener Annahme zugleich, wenn wir uns die U. Schw. S ſelbſt durch zufällige Fehlervorgänge nach Gaußſchem Geſetze variirend denken, und den erſten Geſichtspunct mit dem zweiten zuſammenſetzen. In der That ſei nach dem erſten Geſichtspuncte $\Delta_m = pS$, wo p eine Conſtante und ſei S_m der Durchſchnittswerth des variirenden S, ſo wird das definitive Mittel Δ_m erhalten werden, wenn wir in der Gleichung $\Delta_m = pS$ den einzelnen Werth S durch S_m erſetzen; mithin $\Delta_m = pS_m$ ſetzen.

Was man dieſer Theorie zunächſt ſcheint vorwerfen zu können, iſt dies, daß ſie ja gar nicht auf die zufälligen Änderungen Rückſicht nimmt, welche S und f bei den Verſuchen vermöge der zufälligen Fehlervorgänge erleiden müſſen, vielmehr die zufälligen Änderungen auf die Schwelle verlegt. Im Grunde vergleichen wir nicht das wirkliche f mit dem wirklichen S ſondern ein ſcheinbares f mit einem ſcheinbaren S, und erhalten dadurch einen ſcheinbaren Fehler $f—S$. Dieſen dürfen wir uns nach dem Gaußſchen Geſetze variirend denken, ſtatt daß wir S danach variirend denken. —

In der That läßt es ſich ja ſo faſſen, kommt aber auf dasſelbe heraus; indem immer die doppelte Auffaſſung möglich bleibt, daß der Fehler zufällig eine ſolche ſcheinbare Größe annimmt, daß er in eine feſte Schwelle hineinfällt, oder daß die Schwelle zufällig eine ſolche ſcheinbare Größe annimmt, daß der Fehler hineinfällt, im Sinne jener Auffaſſung aber kann es ſein, daß ein am Maßſtabe ſehr groß gefundener Fehler doch in die engen Grenzen einer als conſtant angeſehenen Schwelle hineinfällt, indem er durch die zufälligen Änderungen ſcheinbar bis dahin verkleinert iſt. Dieſe Betrachtungsweiſe hätte ſogar den Vorzug, im formellen Zuſammenhang mit der bei der Methode der r. u. f. F. eingeſchlagenen zu treten; indeß ſchien mir die vorhin verfolgte Auffaſſung einfacher darſtellbar.

Hiernach noch einige Bemerkungen über die Weiſe, wie Müller Volkmanns Verfahrungsweiſe auffaßt, da er wiederholt auf dieſe Auffaſſung zurückkommt und daraus ungünſtige Folgerungen für Methode und Reſultate der Methode überhaupt zieht; wonach die Frage, wie Volkmann wirklich verfahren iſt, allerdings ein Intereſſe hat, um ſo mehr, da ſie bei den ſpäter zu betrachtenden Augenmaßverſuchen Volkmanns mit in Rückſicht kommt.

Wie oben bemerkt, glaubt Müller (abgeſehen von Chodin) bloß bei Volkmann eine beſtimmte Erklärung über die Ausführungsweiſe der Methode zu finden, die er aber ſo verſteht, und, wie ich überzeugt bin, fälſchlich ſo verſteht, als ob ſie von der oben angegebenen, die ich ſelbſt eingeſchlagen habe, abweiche, indeß ich vielmehr meine, daß Volkmann im Weſentlichen ganz ebenſo verfahren iſt, wie ich, von dem er ſelbſt erſt zur Kenntniß der Methode gekommen, und daß nur eine Ungenauigkeit ſeiner Angabe das Mißverſtändniß verſchuldet hat.

Die Stelle ſelbſt, um die ſich's handelt, findet ſich in Volkmanns Phyſiol. Unterſ. I. p. 118 und lautet ſo: „Um die Bedeutung dieſer (bei der Methode begangenen) Fehler richtig aufzufaſſen, muß man bedenken, daß ein Fehler, welchen man bei ſolchen Ausgleichungsverſuchen macht, die Größe eines unbemerkt gebliebenen Unterſchiedes darſtellt. Bedenkt man nun, wie die Aufgabe der Ausgleichung dadurch gelöſt wird, daß man einen noch merkbaren Unterſchied ſo lange verkleinert, bis er ins Unmerkliche übergeht, ſo iſt einleuchtend, daß bei vorſichtigem Verfahren der verkennbare Unterſchied nur um ein Minimum kleiner ſein kann als der eben noch erkennbare. Wenn alſo die Werthe der kleinſten erkennbaren Größenunterſchiede nach dem Weberſchen Geſetze relative ſind, d. h. mit den verſchiedenen Dimenſionen und wie dieſe wachſen, ſo müſſen die kleinſten verkennbaren Unterſchiede ſich entſprechend verhalten. Sie müſſen ebenfalls mit den verglichenen Dimenſionen und approximativ wie dieſe wachſen".

Müller nun verſteht dies ſo: Volkmann habe einen zu groß genommenen Unterſchied zwiſchen Normaldiſtanz und Fehldiſtanz bei jedem Verſuche allmälig und vorſichtig ſo weit verkleinert, bis die Fehldiſtanz der Normaldiſtanz gleich erſchien, d. h. noch merklich um die ganze Schwellenweite nach einer Seite davon abwich. Und ich gebe Müllern zu, daß man Volkmanns Äußerungen nach ihrem Wortlaut kaum anders verſtehen konnte. Aber ich bemerke Folgendes:

Nach dem Zuſammenhange, in welchem jene Stelle auftritt, wollte Volkmann keine eigentliche Beſchreibung des Verfahrens geben, die man bei ihm ſo gut vermiſſen kann, als Müller ſie bei mir vermißt, ſondern eine Deutung desſelben nach der Weiſe, wie er glaubte, den Sinn des Verfahrens verſtehen zu müſſen, wobei ihm klare Erinnerung oder Auffaſſung gefehlt haben mag. Sonſt hätte er ſicher nicht nur die Vorſicht beſonders betont, einen merkbaren Unterſchied zwiſchen der Normaldiſtanz N und Fehldiſtanz $\mathfrak{f}$ nur eben bis zum Verſchwinden zu treiben, ſondern auch bei der ſonſt von ihm eingehaltenen Rückſichtnahme auf conſtante Fehler nicht verſäumt haben, anzugeben, daß er eben ſo oft von einer zu kleinen, als zu großen Fehldiſtanz zur Schwellengrenze zu gelangen geſucht, und beide Fälle ebenſo wie die des Rechts- und Links unterſchieden haben. Von all' dem oder nur von einer Erwähnung der Umſtändlichkeit, die ein überhaupt ſo unpraktiſches Verfahren einer zweiſeitigen Grenzbeſtimmung mitführen müßte, findet ſich aber nirgends etwas bei ihm. Und ſo glaube ich, daß ihm nur eben wie mir das natürlichſte und einfachſte Verfahren von ſelbſt in die Hand gekommen ſein wird. Auch ſagt er p. 97 der Phyſiol. Unterſ. bei einer kurzen Erwähnung des Verfahrens ganz einfach, die Fehldiſtanz ſei dabei „ſo zu reguliren", „daß ſie, ſo weit es das Augenmaß geſtattet, der Normaldiſtanz gleich gemacht werde."

Geſetzt nun aber, Volkmann ſei wirklich ſo verfahren, wie Müller will, — und das Gegentheil kann ich ihm freilich nicht beweiſen, nur es vorwiegend wahrſcheinlich finden — ſo leiſtete Volkmanns Verfahren in anderer Form nur dasſelbe, als das meinige, nämlich im mittleren reinen Fehler eine der Unterſchiedsſchwelle proportionale Größe zu erzielen; und ich verſtehe Müllers Kritik (p. 184) nicht, wonach der mittlere Fehler, ſtatt einen ſolchen Werth darzuſtellen, vielmehr die „mittlere Abweichung vom Mittelwerthe des eben unmerklichen Unterſchiedes" (d. i. von der mittleren Schwelle) bezeichnen ſoll. In der That, zunächſt rückſichtslos auf den conſtanten Fehler, der mit dem Princip dieſer Betrachtung überhaupt nichts zu ſchaffen hat, giebt jede einzelne Einſtellung bei Volkmann, in Müllers Sinn verſtanden,

$$1)\ \mathfrak{f} = N + (S \pm \mathfrak{z}) \text{ oder } 2)\ \mathfrak{f} = N - (S \pm \mathfrak{z})$$

je nachdem im Ausgange von zu großen oder zu kleinen Fehldiſtanzen zur definitiven Einſtellung gelangt wird, wobei $\pm \mathfrak{z}$ die zufällige Größe bezeichnet, um welche die Schwelle bei der Einſtellung verfehlt wird. Nun erhalte ich aber einen Fehler Δ, indem ich die Normaldiſtanz N von der Fehldiſtanz f abziehe, das giebt in jedem einzelnen Verſuche den Fehler

$$\Delta = + S \pm \beta \text{ oder } - S \pm \beta$$

und im Mittel vieler Verſuche durch Compenſation von $\pm \beta$

$$\Delta_m = + S \text{ oder } = - S$$

alſo den mittleren Fehler gleich der mittleren Schwelle, wonach ich nicht weiß, wie man zu Müllers Reſultat kommen ſoll, nach dem man vielmehr haben würde

$$\Delta_m = \beta_m .$$

Es wäre hienach noch der von Chodin eingeſchlagenen, meines Erachtens unzweckmäßigen Ausführungsweiſe der Methode in Anwendung auf die Augenmaßverſuche zu gedenken, doch ziehe ich vor, darauf erſt in dem ſpäteren, auf dieſe Verſuche beſonders bezüglichen, Abſchnitt zu kommen.

VIII. Methode der eben merklichen Unterſchiede.

In den „Elementen“ I. p. 75 habe ich der Methode d. e. m. Unterſchiede zwar den Vortheil vor den anderen Maßmethoden der Unterſchiedsempfindlichkeit eingeräumt, am ſchnellſten zum Ziele zu führen, aber ſie doch unter den verſchiedenen Methoden für die mindeſt genaue und mehr präliminare als definitive erklärt; wogegen Wundt (Stud. p. 8) einwendet: „dieſe Anſicht iſt, wie ich glaube, aus drei Gründen nicht haltbar: erſtens weil die Methode d. e. m. U. in der angemeſſenen Weiſe angewandt, viel genauer iſt, als man gewöhnlich vorauszuſetzen ſcheint; zweitens weil es Unterſuchungsgebiete giebt, wo vermöge der ſpeciellen Bedingungen der Empfindlichkeit die beiden andern Methoden gar nicht anwendbar ſind, und drittens endlich, weil die Interpretation der durch dieſe andern Methoden gewonnenen Reſultate noch keineswegs in allen Beziehungen feſtſteht, ſo daß einer zuverläſſigen Verwerthung derſelben erſt die experimentelle Prüfung derſelben vorausgehen müßte.“ Wenn ſchon ich nun in früheren Abſchnitten (IV. VII.) den beiden letzten Gründen, inſofern ſie gegen die anderen Methoden laufen, Manches entgegenzuſetzen gefunden, ſo kann ich dagegen nicht umhin, Wundts Vertheidigung der Methode d. e. m. U. im Allgemeinen gelten zu laſſen, und die früher von mir geſchehene Zurückſetzung dieſer Methode gegen andere Methoden zurückzunehmen, die jedoch deßhalb nicht weniger ihr Recht behalten, und ſchon aus dem Grunde zur Ergänzung der Methode d. e. U. gehören, weil durch dieſe nur die Unterſchiedsſchwelle beſtimmt wird, was dem allgemeinern Bedürfniſſe eines ſich auch nach oben und unten darüber hinaus erſtreckenden Maßes nach den Erörterungen des II. Abſchnittes nicht genügt.

Auch vermöchte ich Wundt nicht in der Bemerkung (Stud. p. 8) beizuſtimmen, das „eigentlich allein zuläſſige Verfahren der Methode ſei bereits von G. E. Müller bezeichnet worden," einmal weil ich das, von mir zwar an ſich nicht weſentlich beanſtandete, Princip des Müllerſchen Verfahren, das Wundt zu dem ſeinigen gemacht hat, nicht als das allein zuläſſige anerkennen kann, alſo auch die, in obiger Bemerkung liegende, indirecte Verurtheilung meines davon abweichenden Princips nicht unterſchreiben kann, zweitens weil ich die, von Müller ſelbſt angegebene Ausführung ſeines Princips nicht praktiſcher finden kann, als er ſie ſchließlich ſelbſt findet, wie ſie denn weder von Müller ſelbſt, noch von Wundt, noch von ſonſt jemand bisher verſucht worden iſt; wogegen Wundt, wie ſchließlich anzugeben, eine weſentlich andere Ausführungsweiſe des Müllerſchen Princips nicht nur vorgeſchlagen, ſondern auch praktiſch und mit Erfolg verſucht hat. Aber ehe ich hierauf komme, ſei es mir geſtattet, mein eigenes Princip und Verfahren, kurz meine eigene Methode, Müllers Angriffen und obiger Bemerkung Wundts gegenüber, in das, wie mir ſcheint, richtige Licht zu ſetzen. Der weſentliche Unterſchied beider Principe aber, um die ſich's handelt, iſt dieſer.

Nach dem Müllerſchen Princip verkleinert man einmal einen zu großen, d. i. die Schwelle überſchreitenden, Unterſchied bis zu der Grenze, wo er verſchwindet, das anderemal vergrößert man einen zu kleinen, d. i. die Schwelle unterſchreitenden, Unterſchied bis zu der Grenze, wo die Merklichkeit beginnt, und zieht aus beiden Beſtimmungen das Mittel. Nach meinem Princip ſucht man mit den Einſtellungen einen kleinen, bei wiederholten Verſuchen möglichſt gleich merklichen Unterſchied oberhalb der Schwelle immer wiederherzuſtellen1). Wohl

---

1) Etwas beſtimmter als in den „Elementen" habe ich mich über meine Methode „In Sachen" p. 43 ſo ausgeſprochen:

„Die Erfahrung lehrt, daß man ſich bei den Verſuchen ſo zu ſagen mit ſich ſelbſt über das Gefühl eines kleinen doch noch ſicher empfundenen Unterſchiedes verſtändigen, dieſes, wenn nicht abſolut, doch nahe genau bei verſchiedenen Verſuchen reproduciren und durch Vervielfältigung der Verſuche ein mittleres Reſultat erhalten kann."

zu merken aber, hat man den Geſichtspunct des Unterſchiedes nicht darin zu ſuchen, daß bei dem Müllerſchen Verfahren einmal von einem Werthe über der Schwelle abſteigend, das anderemal von einem Werthe unter der Schwelle aufſteigend verfahren wird, denn dieſe Regel gilt auch für die Ausführung meines Principes zur Verhütung eines conſtanten Fehlers, und ich habe ſelbſt („In Sachen" p. 53) der Vernachläſſigung derſelben als einer möglichen Fehlerquelle gedacht. Sondern darin liegt der weſentliche Unterſchied: da ein eben verſchwundener Unterſchied nothwendig ſchon unter die wahre Schwelle, ein eben merklich gewordener ſchon über die wahre Schwelle hinausführt, ſo wird nach Müllers Princip das Mittel aus einer etwas zu großen und etwas zu kleinen Schwelle gezogen, wogegen nach meinem Princip das Mittel aus lauter etwas zu großen Schwellenwerthen gezogen wird. Der Nachtheil hievon gegen Müllers Princip liegt freilich offen zu Tage, nicht ebenſo, daß es nur ein Schein des Nachtheils iſt.

Das Müllerſche Princip iſt das von ihm und Wundt ſo genannte Princip der kleinſten oder Minimalunterſchiede, das meinige das Princip der eben merklichen Unterſchiede im engeren Sinne, indeß im weiteren Sinne das erſte unter dieſer Bezeichnung mit begriffen wird.

Ich verſuche nun im Folgenden zu zeigen, daß mein Princip und danach eingeſchlagenes Verfahren für die Anwendungen der Methode, welche überhaupt pſychophyſiſch intereſſiren können, nur auf einfacherem Wege dieſelben Zwecke erreichen läßt, die man mit größerer Umſtändlichkeit nach dem Müllerſchen Principe zu erreichen ſucht, ohne daß ich die Bedingungen größerer Sicherheit darin erkennen kann.

Früherhin hat man gegen die Methode der e. m. U. überhaupt eingewandt, daß nur eben merkliche Unterſchiedsempfindungen, d. h. welche die Nullempfindung nur um ſehr Weniges überſchreiten, noch ſehr verſchiedene Größenverhältniſſe zu einander haben können, einmal das Doppelte, Dreifache, Zehnfache als das anderemal betragen, alſo zur Beſtimmung der U. Schw. gar nicht brauchbar ſein können. Aber ſchon „In Sachen" p. 44 iſt dieſer Einwand widerlegt. Allerdings ſchließt der Begriff „eben merklich" an ſich eine gewiſſe Unbeſtimmtheit ein. Man kann z. B. eine Unterſchiedsempfindung = 0,1 aber auch eine ſolche = 0,01 (in Verhältniß zu einer mäßig deutlichen betrachtet) als nur eben merklich betrachten, wovon die erſte 10mal ſo groß als die zweite iſt. Aber weit entfernt, daß die daraus abgeleitete U. Schw., welche nicht die Unterſchieds-Empfindung, ſondern den Reiz-Unterſchied angeht, erſtenfalls 10mal ſo groß als zweitenfalls ausfiele, wird ſie *beidesfalls* nur in kleinem Verhältniſſe den wahren Werth der Schwelle, welcher für die genaue Unterſchiedsempfindung null gilt, überſteigen, wenn man nur den *abſoluten* Werth der eben merklichen E. klein genug hält, wie man ſich an einem Beiſpiele „In Sachen" p. 11 erläutern kann.

Nun bleibt allerdings wahr, daß bei Einſtellung auf eine irgendwie merkliche Unterſchiedsempfindung die wahre U. Schw. doch jedenfalls um *etwas* überſchritten, mithin etwas zu groß gefunden wird, und zwar um ſo mehr zu groß, je mehr die als eben merklich angenommene Unterſchiedsempfindung wächſt. Aber geſetzt, man könne dieſe Überſchreitung nicht als verhältnißmäßig zum wahren Werth der Schwelle vernachläſſigen, — und auch bei Ausführung von Müllers Princip wird immer ein kleiner Fehler, nur ungewiß ob poſitiver oder negativer, in Beſtimmung der genauen Schwelle übrig bleiben, — ſo tritt nun als Verſchärfung des Verfahrens die eben darin aufgenommene Regel hinzu, daß man die Gleichheit des e. m. U., die nicht im *Begriffe* des Ebenmerklichſeins liegt, *durch den Verſuch ſelbſt* für die Empfindung in allen Fällen ſo viel möglich herzuſtellen ſucht, indem man jede Einſtellung, die eine kleinere oder größere Unterſchieds-Empfindung giebt, dahin corrigirt, daß ſie eben nur die verlangte, die man ſich vorgenommen hat, giebt, um ſo viel möglich in allen Fällen ein Überſteigen der U. Schw. in gleichem *Verhältniß* nach dem Princip zu erlangen, daß gleichen Empfindungsdifferenzen gleiche Reizverhältniſſe entſprechen, worauf alsbald zurückzukommen. Nun iſt ebenſo gewiß, daß dieſe, nur durch Vermittelung der Erinnerung mögliche, Reproducirung immer derſelben Größe der Unterſchieds-Empfindung nicht *genau* ſein kann, als daß ſie nicht über gewiſſe nahe liegende Grenzen hinaus *fehlerhaft* ſein kann. Und wenn die einzelnen Verſuche in dieſer Hinſicht zu wünſchen übrig laſſen, ſo hält man ſich ja nicht an ſolche, ſondern an Mittelbeſtimmungen, und jede Ausführung der Methode muß ſich an ſolche halten. Auf untermerkliche Unterſchiede aber, die nach Müllers Princip und nach Müllers Verfahren eine gleiche Rolle ſpielen, als die übermerklichen, gehe ich deßhalb nicht ein, weil dabei ein unmittelbarer Anhalt für die Gleichſchätzung derſelben unter einander und mit den übermerklichen fehlt, mit denen ſie ſich zur Mittelbeſtimmung combiniren ſollen. Nun ſucht zwar Müller dieſer Schwierigkeit durch die nachher anzugebende, doch von ihm ſelbſt als ſehr ſchwierig anerkannte Ausführungsweiſe ſeiner Methode zu begegnen, und Wundt dasſelbe durch eine unſtreitig zulänglichere aber ſehr umſtändliche Ausführungsweiſe zu erreichen, gegen welche mir aber die Einfachheit der unſern ſehr in Vortheil ſcheint, worauf unten zu kommen.

Hievon abgeſehen erreichen wir mit unſerer Methode folgende Vortheile. Erſtens fallen wir nicht damit in die Methode der r. u. f. F. alſo auch nicht nach Müllers Kritik in die Formeln dafür hinein, welche Methode ihre beſondere Rechnungsweiſe und eine ſehr große Anzahl Verſuche verlangt, kurz behalten damit den Vorzug einer verhältnißmäßig ſchnell zum Zwecke führenden Methode. Zweitens werden wir zwar zugeſtandenermaßen mittelſt unſerer Methode immer einen etwas zu großen Werth für die U. Schw. erhalten; aber es läßt ſich zeigen, daß nach dem Weberſchen Geſetze die nach unſerem Verfahren überſchrittenen S daſſelbe Verhältniß als die richtigen behalten; und nur um richtige *Verhältniß*beſtimmungen der Schwelle handelt es ſich im Allgemeinen bei pſychophyſiſchen Unterſuchungen, wogegen die Kenntniß des abſoluten Werthes der Unterſchiedsſchwelle in jedem einzelnen Falle kein Intereſſe hat, da ihr Werth überhaupt ausnehmend variabel iſt, alſo feſt bleibende Beſtimmungen darüber gar nicht zu gewinnen ſind.

In der That ſeien S_1, S_2 zwei Schwellenwerthe, welche verſchiedenen mit einander zu vergleichenden Empfindlichkeiten zugehören, ſo werden Unterſchiede, die gleich S_1, S_2 ſind, an der Grenze der Merklichkeit ſtehen, beide aber nach dem Weberſchen Geſetze gleich merklich werden, wenn wir ſie um Werthe x_1, x_2 vergrößern, die ein gleiches Verhältniß zu den reſpectiven S haben. Alſo, wenn wir den Verſuch ausdrücklich darauf einrichten, die Unterſchiede $S_1 + x_1$, $S_2 + x_2$ gleich merklich erſcheinen zu laſſen, indem wir die Einſtellung ſo lange abändern, bis es uns der Fall zu ſein ſcheint, werden wir auch $S_1 + x_1$, $S_2 + x_2$ proportional mit S_1, S_2 ſetzen, und die Verhältniſſe zwiſchen jenen ſtatt der Verhältniſſe zwiſchen dieſen anwenden können.

Zwar iſt wahr, das Weberſche Geſetz gilt in der äußeren Pſychophyſik nur approximativ, wenn aber, wie es der Fall iſt, die Schwelle bei den Verſuchen immer nur verhältnißmäßig wenig überſtiegen wird, ſo daß die ganzen x nur klein gegen die S bleiben, ſo kann der etwaige Irrthum, welcher von der Ungenauigkeit des Geſetzes in Beſtimmung der richtigen x abhängt, nur Fehler von ſo kleiner Ordnung in Beſtimmung der richtigen *Verhältniſſe* der S, um die es ſich handelt, mitführen, als auch nach dem andern Princip zu erwarten ſind, da es doch nicht möglich iſt, die Schwellenbeſtimmung nach beiden Seiten ſo genau abzumeſſen, daß das Mittel nicht noch einen Fehler übrig laſſe.

Geſetzt übrigens, wohin Müllers Princip und Verfahren wenigſtens zielt, man hätte wirklich bei ſeinem abſteigenden Gange die wahre Schwelle genau um eben ſo viel unterſchritten als bei dem aufſteigenden überſchritten, ſo würde man, wenn auf Kleinigkeiten der Art überhaupt Rückſicht zu nehmen wäre, erſtens einen principiellen Fehler begehen, wenn man mit Müller das arithmetiſche Mittel aus beiden Beſtimmungen als die wahre Schwelle betrachtete, zweitens eine Correction dieſes Fehlers wieder nur im Weberſchen Geſetze, ſo ungenau oder genau es ſein mag, finden können. Denn da ſich die Schwelle mit Verkleinerung der Reize verkleinert, ſo iſt eine Abweichung von der wahren Schwelle nach unten nicht äquivalent einer Abweichung von derſelben um gleichviel nach oben; und ſo hätte man die wahre Schwelle nach Weberſchem Geſetze vielmehr als Verhältnißſchwelle durch Ziehung eines geometriſchen als arithmetiſchen Mittels aus der zu großen und zu kleinen Schwelle zu beſtimmen.

Nun bin ich weit entfernt, dieſe theoretiſchen Quisquilien gegen Müllers Princip wirklich praktiſch geltend machen zu wollen. Die Unſicherheit pſychophyſiſcher Maßbeſtimmungen iſt leider aus andern Gründen viel zu groß, als daß dergleichen dagegen in Betracht käme; möge man aber auch nicht dergleichen gegen meine Methode wenden. Übrigens glaube ich, daß Müller bei ſeinem Streben, die Methoden ins Feinſte zu analyſiren, wohl Anlaß gehabt hätte, die vorigen Verhältniſſe ſeinerſeits zu discutiren, wovon ſich doch nichts bei ihm findet.

Von ganz beſonderem Vortheil aber erſcheint unſere Methode zur Prüfung des Weberſchen Geſetzes ſelbſt, wenn dieſe in der Weiſe ausgeführt wird, daß man die Componenten eines ſehr kleinen Reizunterſchiedes in gleichem Verhältniß abſchwächt oder verſtärkt (was bei Lichtverſuchen durch dunkle Gläſer oder Abänderung der äußeren Beleuchtung geſchehen kann) und zuſieht, ob der Unterſchied noch gleich merklich bleibt. Weder Müllers noch Wundt's Verfahren leiſtet hier das Gleiche gleich einfach.

Endlich kann ich darauf hinweiſen, daß die hier angegebene Methode mit Einſchluß letzterer Modification ſich wirklich praktiſch erwieſen hat. In der That habe ich danach den Gang der Wärme-Empfindungs-Unterſchiede in Abhängigkeit von den Temperaturdifferenzen verfolgen können (Elem. I. 201 ff.), und habe die betreffende Modification ſehr brauchbar zur Prüfung des Weberſchen Geſetzes im Gebiete des Lichtſinnes gefunden (Elem. I. 140), wie nicht minder die Schallverſuche Volkmanns in dieſer Hinſicht mit Erfolg angeſtellt worden ſind (Elem. I. 118).

Müller findet es auffallend, daß ich Volkmanns Schallverſuche unter den Begriff der Methode d. e. m. U. ſubſumirt habe, weil ſie ſeiner Definition dieſer Methode nicht entſprechen; wohl aber treten ſie ganz unter den Begriff der angeführten Modification der meinigen.

Nun behaupte ich nicht, daß überhaupt alle Beobachter entſprechend als ich verfahren ſind; meiſt fehlt es an beſtimmten Angaben darüber; in der Regel wird man, wenn es nicht nach meiner Methode geſchehen iſt, wohl ſo verfahren ſein, daß man die Einſtellung des Verſuches zwiſchen Übermerklich und Untermerklich ſo lange variirt, bis man zu einem ſehr kleinen Abſtande dazwiſchen gelangt, um endlich innerhalb desſelben bei einem ſcheinbar eben verſchwundenen Unterſchiede ſtehen zu bleiben, von dem man dann freilich nur ſo viel weiß, daß er die wahre Schwelle um eine ſehr kleine, vorausſetzlich zu vernachläſſigende, Größe unterſchreitet, da ſich die wahre Schwelle nun einmal nicht genau treffen läßt. Und unſtreitig kann man auch mit dieſem, wahrſcheinlich gewöhnlich eingehaltenen Verfahren zu praktiſch brauchbaren, d. i. für die geſtellte Aufgabe hinreichend maßgebenden Verhältnißbeſtimmungen der Schwelle gelangen, wenn man nur die letzten Verſchiebungen der Einſtellung zwiſchen übermerklich und untermerklich, innerhalb deren man ſtehen bleibt, überall möglichſt klein hält; und ich gebe ſelbſt zu, daß man nicht a priori und ohne ausdrücklich darauf gerichtete Verſuche verſichern kann, daß die zugeſtandene und ſelbſt im Mittel vieler Verſuche nicht ganz zu beſeitigende Unſicherheit in Reproduction immer derſelben kleinen übermerklichen Unterſchiedsempfindung bei meinem Verfahren kleiner ſei, als die Unſicherheit des Tatonnements zwiſchen einer ſehr kleinen übermerklichen und untermerklichen, ſchließlich unter die Unterſchiedsſchwelle herabführenden Empfindung.

So viel zur richtigen Beurtheilung und hiemit zur Rechtfertigung meiner Methode. Und worin ſieht nun Müller den Fehler dieſer, auf p. 56 von ihm im Weſentlichen richtig wiedergegebenen Methode[1]).

Er folgert aus ſeinen von ihm hieher gezogenen Formeln für die Methode der r. u. f. F., daß der, nach meiner Methode beſtimmte eben merkliche U. „nicht unbeträchtlich größer" ausfallen müſſe, als die U. Schw. S, bei welcher ein U. eben aufhört, bemerklich zu ſein, ja daß nach dieſer Methode principiell nur ein unendlich großer U. in allen Fällen richtig, d. h. als wirklich vorhanden, erkannt werden könnte. Daß aber ſeine, von einer anderen Methode hieher gezogenen Formeln hieher gar nicht paſſen[2]), beweiſt ſich einfach damit, daß das, was Müller aus dieſen Formeln gegen meine Ausführung der Methode folgert, bei derſelben factiſch nie eintritt noch eintreten kann; wie kann er es alſo derſelben vorwerfen? In der That, factiſch ſtelle ich jeden Einzelverſuch ſo ein, daß der für die Wahrnehmung eben verſchwindende U. nur um ein Weniges, ſtatt um viel oder gar um ein Unendliches überſchritten iſt, und ſelbſtverſtändlich erkenne ich den Unterſchied in allen dieſen Fällen als wirklich vorhanden, weil ich den Verſuch eben dahin einſtelle. Dies die Logik der Thatſachen gegenüber der Logik von Müllers Formeln und ſeiner Verwerthungsweiſe dieſer Formeln.

---

[1]) Wundt iſt auf eine Kritik derſelben überhaupt nicht eingegangen.

[2]) Abgeſehen von der oben geltend gemachten Thatſache erhellt dies ſchon aus folgenden allgemeinen Bemerkungen. Für die Methode der r. u. f. F. und zur Anwendung der darauf bezüglichen Formeln iſt weſentlich, daß mit den richtigen Fällen vermöge der Zufälligkeiten, die bei dieſer Methode eine ganz andere Rolle ſpielen,

Nun kann man fragen, was mir das Recht giebt, nur eine geringe Überſchreitung des wahren S durch meine Einſtellung auf einen noch eben merklichen Unterſchied zu behaupten, da ich ja den wahren Werth des S bei den Verſuchen nicht kenne, ſondern erſt aus denſelben erſchließen will. Hierauf Folgendes:

Da das Einſtellen des Verſuches auf das genaue S überhaupt nur eine unendlich geringe Wahrſcheinlichkeit hat, kann ich entweder nur Werthe unter S oder über S damit treffen. Alle Fälle, wo der Unterſchied noch als null erſcheint, werden Fälle erſter Art, alle, wo er merklich iſt, Fälle zweiter Art ſein. Wenn ich nun in jedem Falle den Verſuch ſo einrichte, daß ich von einem Werthe unter S, wo ich noch keinen Unterſchied empfinde, ſehr wenig aufzuſteigen brauche, um zu einem Werthe über S, wo ich einen ſolchen empfinde, zu gelangen, ſo werde ich natürlich nicht nur den unter S genommenen Ausgangspunct, ſondern vollends S ſelbſt um ſehr Weniges überſteigen; entſprechend, wenn ich einen merkbaren Unterſchied um ſehr Weniges zu verkleinern brauche, um zu einem unmerklichen Unterſchiede zu gelangen. So aber geſchieht es bei meinem Verfahren.

Hiernach kommen wir zu Müllers eigener Methode, der von ihm ſog. Methode der kleinſten Unterſchiede, welche er (p. 63) ſo ſchildert:

„Man läßt einen vorhandenen, deutlich übermerklichen, Zuwuchs zu derjenigen Reizſtärke, welche betreffs der ihr zugehörigen Unterſchiedsempfindlichkeit zu unterſuchen iſt, ganz allmälig mit möglichſt gleichförmiger Geſchwindigkeit verringern, vergleicht hiebei aufmerkſam die beiden Unterſchiedscomponenten und, ſobald der Unterſchied beider nicht mehr

---

als bei der Methode der e. m. U. (ſ. Abſchn. III), auch falſche Fälle eintreten; meine Ausführung der Methode der e. m. U. aber führt bloß zu richtigen Fällen und Müllers Methode der ſog. kleinſten Unterſchiede bloß zu richtigen und Nullfällen; aber nie führt die Methode zu falſchen Fällen, d. h. wo die kleinere Componenten des U. größer als die größere erſcheint.

merklich erſcheint, thut man ſofort der Verminderung desſelben Einhalt und läßt die Größe desſelben mit möglichſter Genauigkeit beſtimmen. Darauf bringt man die verminderte der beiden Unterſchiedscomponenten wieder auf die gewählte Ausgangsintenſität zurück und wiederholt den Verſuch oder geht dazu über, die Größe des eben merklichen Unterſchiedes zu beſtimmen, indem man in ganz gleicher Weiſe einen untermerklichen Unterſchied, etwa von der Größe 0, ſo lange erhöhen läßt, bis er eben merkbar wird. Hat man auf ſolche Weiſe eine beträchtliche Anzahl von Beſtimmungen des eben unmerklichen Unterſchiedes erhalten, ſo nimmt man aus allen den Werthen des eben merklichen und des eben unmerklichen Reizzuwuchſes das Mittel und betrachtet dieſen, dem Unterſchiedsſchwellenwerthe S gleich zu ſetzenden Mittelwerth als Maß der Unterſchiedsempfindlichkeit."

Nun geſteht Müller ſelbſt zu (p. 67), daß die Genauigkeit dieſer Methode „ganz weſentlich mit davon abhänge, daß bei Beſtimmung des eben merklichen Unterſchiedes die allmälige Herabminderung des gegebenen übermerklichen Unterſchiedes ſtets mit der gleichen Geſchwindigkeit geſchehe, mit welcher bei Ermittelung des eben merklichen Unterſchiedes die allmälige Erhöhung des zunächſt gegebenen untermerklichen Reizunterſchiedes ſtattfindet. Dieſer Forderung laſſe ſich aber wenigſtens ohne ſehr peinliche Vorſichtsmaßregeln nur ſelten ganz genügen". D. h. er erklärt hiemit ſelbſt ſeine Methode für unpraktiſch, und zieht ausdrücklich die Methode der r. u. f. F. zur Beſtimmung von S vor. In der That aber, wie ſoll ſich die gleichförmige und in allen Fällen gleiche Geſchwindigkeit bei den Verſuchen ſichern laſſen, wie verhindern, daß man nicht bei noch ſo vorſichtigem Verfahren mehr oder weniger durch Beharrung oder weil die Aufmerkſamkeit nicht im Stande iſt, Puncte im Momente genau zu erfaſſen, über den Punct, wo man mit der Bewegung einhalten ſoll, hinausgeht? Wie wird man conſtanten Fehlern bei der Bewegung in verſchiedener Richtung und bei Siſtirung der Bewegung entgehen?

Nicht denſelben Bedenken als die von Müller vorgeſchlagene Ausführungsweiſe der combinirenden Methode unterliegt die von Kollert bei einer Unterſuchung über den Zeitſinn eingeſchlagene, von der ich vorausſetze, daß ſie von Wundt ſelbſt herrührt, da die betreffende Unterſuchung unter Wundt's Direction ausgeführt und in ſeinen „Studien" p. 78 ff. veröffentlicht iſt. Ja ich wüßte nicht, auf welche Ausführungsweiſe dieſer Methode ſich Wundt beziehen könnte, wenn er ſie empfiehlt, da ſonſt meines Wiſſens keine überhaupt vorliegt. Allerdings entgeht ſie ebenſowenig einer gewiſſen Unſicherheit in Beſtimmung der Schwelle, als irgend eine andere Methode, aber ſie erlaubt, dieſelbe in kleinen gemeſſenen und vom Verdacht manueller conſtanter Fehler freien Grenzen zu halten und demgemäß durch Wiederholung der Verſuche zu verkleinern.

Leider freilich ſtellt ſich das Verfahren aus den Angaben von Kollert darüber (Stud. p. 80 und 86) nicht mit einfacher Deutlichkeit heraus[1], doch hoffe ich, nur in etwas abgeänderten Wendungen mit Folgendem den weſentlichen Sinn des Verfahrens richtig getroffen zu haben. Vorzubemerken iſt, daß die Buchſtaben T, t, ϑ, D dabei eine völlig andere Bedeutung haben, als in den auf die Methode der r. u. f. F. bezüglichen Abſchnitten IV, V, VI.

Als Unterſchiedsſchwelle im Gebiete des Zeitſinnes, auf das ſich die Kollertſche Unterſuchung bezieht, wird der Werth anzuſehen ſein, um den ein gegebenes Zeitintervall t, oder der im Durchſchnitt der Verſuche ihm gleich geſchätzte ſog. mittlere Schätzungswerth T vergrößert oder verkleinert werden kann, ohne daß die Vergrößerung oder Verkleinerung merklich wird[2]. Sei nun ein gewiſſes Zeitintervall t als Normalwerth gegeben, und werde ein anderes Intervall ϑ als Vergleichswerth damit verglichen. Sei zuerſt $\vartheta = t$ genommen, ſo wird im Allgemeinen ϑ von vorn herein gleich t erſcheinen. Hienach werde ſtufenweiſe in ſehr kleinen Abſätzen ϑ ſo weit verkleinert, daß der Unterſchied von t merklich und im Fortſchritt der Verkleinerung um ſo entſchiedener merklich wird, hienach aber werde ϑ wieder in nicht minder kleinen gemeſſenen Abſätzen ſo weit vergrößert, daß wieder ſcheinbare Gleichheit mit dem conſtant erhaltenen Normalwerth t eintritt. Der Werth von ϑ, wo dies zuerſt der Fall iſt, werde mit t_0, der unmittelbar vorhergehende Werth von ϑ, wo ϑ noch kleiner als t erſcheint, mit t_1 bezeichnet. Dann liegt die Schwellengrenze offenbar zwiſchen t_0 und t_1, am wahrſcheinlichſten, doch mit einer gewiſſen Unſicherheit, bei $\frac{t_0 + t_1}{2}$, welche

---

[1] Dies hängt zum Theil daran, daß die Beſtimmung der Unterſchiedsſchwelle, von welcher erſt p. 86 der Stud. die Rede iſt, mehr nebenſächlich in die Unterſuchung eingeht, indeß ſich die Hauptunterſuchung auf den, eben mit T zu bezeichnenden mittleren Schätzungswerth von t und deſſen Abweichung von t, d. i. $\Delta = T - t$ bezieht.

[2] Der mittlere Schätzungswerth T, ſo wie oben anzugeben beſtimmt, kann ſich, wegen conſtanter Fehler, von t ſelbſt unterſcheiden, und hienach kann auch die U. Schw., nach poſitiver und negativer Seite beſonders verfolgt, verſchiedene Werthe annehmen, je nachdem ſie im Ausgange von t oder T beſtimmt wird; aber das Mittel beider Beſtimmungen iſt unabhängig von dem Ausgangswerthe, wie aus der obigen Darſtellung folgt.

Unſicherheit ſich nach Maßgabe verkleinert, als das Intervall zwiſchen t_1 und t_0 kleiner gehalten wird. Der Werth $\frac{t_0 + t_1}{2}$ heiße ϑ_1. Werde jetzt umgekehrt verfahren, nämlich im Ausgange von $\vartheta = t$ das Intervall ϑ bis ins entſchieden Übermerkliche des Unterſchiedes von t hinein vergrößert, hienach wieder in ſtufenweiſen kleinen Abſätzen ſo weit verkleinert, bis wieder ſcheinbare Gleichheit mit t eintritt, und heiße t^0 der Werth von ϑ, bei dem dies zuerſt der Fall iſt, hingegen t^1, der unmittelbar vorhergehende Werth, wo ϑ noch größer als t erſcheint; ſo wird jetzt die Schwellengrenze zwiſchen t^0 und t^1, am wahrſcheinlichſten, doch mit einer gewiſſen Unſicherheit, bei $\frac{t^0 + t^1}{2}$ zu ſuchen ſein, wofür kurz ϑ^1 (nach Kollert ϑ_2) ſtehe. Indem man nun die Schwellengrenzen ϑ_1, ϑ^1 als in gleichem Abſtande nach beiden Seiten von dem mittleren Schätzungswerthe des Intervalls t, welcher mit T bezeichnet wird, annimmt, beſtimmt ſich $T = \frac{\vartheta_1 + \vartheta^1}{2}$, wofür auch gleichwerthig damit $\frac{d_1 + d^1}{2}$ ſtehen kann, wenn man mit Kollert $d_1 = \vartheta_1 - t$ und $d^1 = \vartheta^1 + t$ ſetzt. Der abſolute Abſtand der erſten Schwellengrenze von T iſt nun $T - \vartheta_1$, ſofern $\vartheta_1 < T$ iſt, der Abſtand der zweiten iſt $\vartheta^1 - T$, ſofern $\vartheta^1 > T$ iſt, mithin der mittlere Abſtand beider Schwellengrenzen von T, d. i. die mittlere Schwelle ſelbſt $(T - \vartheta_1) + (\vartheta^1 - T)$ $= \frac{\vartheta^1 - \vartheta_1}{2} = \frac{d_2 - d_1}{2}$, wofür Kollert die Bezeichnung D hat. Statt bezüglich T könnte man aber ebenſo gut den Abſtand der Schwellengrenzen bezüglich t nehmen, und würde für D denſelben Werth erhalten, indem t ebenſo wie T aus dem mittleren Werthe der Schwelle verſchwindet.

Nun iſt zwar von Kollert nicht ausdrücklich bemerkt, daß das in voriger Weiſe gefundene D die Unterſchiedsſchwelle repräſentire, doch ſieht man nach voriger Darſtellung leicht ein, daß es factiſch der Fall iſt. Kollert ſelbſt hat in Betreff der Bedeutung des D nur folgende, aber mit der Bedeutung des D als Unterſchiedsſchwelle ſtimmende, Bemerkung (Stud. p. 86): „Von ganz beſonderer Wichtigkeit für die Beurtheilung der Unterſchiedsempfindlichkeit unſeres Zeitſinnes überhaupt iſt eine Größe, die ich als mittlere Unterſchiedsempfindlichkeit bezeichnen und durch die Gleichung $E_m = \frac{t}{D}$ definiren will, wo D die ſchon oben (p. 81) durch die Gleichung $\frac{d_2 - d_1}{2}$ definirte Größe iſt, d. h. derjenige Werth, um den man den mittleren Schätzungswerth T einer gegebenen Normalzeit t vermindern, reſpectiv vermehren muß, um zu den eben merkbar verſchiedenen Ungleichheiten ϑ_1 und ϑ_2 zu gelangen.“

In der That iſt hienach E_m nichts anderes als der reciproke Werth des relativen Unterſchiedswerthes, welcher, ſo lange das Weberſche Geſetz beſteht, bei Abänderung der Größe des t conſtant bleiben muß; alſo zur Unterſuchung desſelben dienen kann. Wenn nun ſchon Kollerts Unterſuchung bezüglich Zeitverhältniſſen angeſtellt iſt, dürfte doch kein Hinderniß beſtehen, das vorige Verfahren auch im Gebiete der U. E. für intenſive Reize anzuwenden. Geſchehen freilich iſt es bis jetzt meines Wiſſens noch nicht; und um ſo weniger Grund, es ſchon als allgemein muſtergültig zu empfehlen.

IX. Zur Elimination conſtanter Fehler bei den Verſuchen über die Unterſchiedsempfindlichkeit.

Die conſtanten Fehler ſpielen eine große Rolle bei pſychophyſiſchen Maßverſuchen, und ſind nach Verſchiedenheit der Methoden und Umſtände in verſchiedener Weiſe zu eliminiren und ihrer Größe nach zu beſtimmen, worüber ich hier in keine Allgemeinheiten eingehen will. Wie es bei der Methode der mittleren Fehler zu geſchehen hat, iſt im VII. Abſchnitt beſprochen: hier mag es ſich nur um die Elimination der conſtanten Fehler bei der Methode der r. u. f. Fälle handeln, wobei ich von einer Recapitulation der, in den „Elem.“ I. 113 ff. gegebenen, Darſtellung des Verfahrens in Bezug auf die Gewichtsverſuche ausgehe. Unter P' werde, wie gewohnt, das größere, unter P das kleinere Gewicht, unter D der Unterſchied derſelben $P' - P$ verſtanden.

Durch die Methode der r. u. f. F. gewinnt man nach der, im IV. Abſchn. angegebenen, Weiſe aus den, durch die Hälfte der zweifelhaften Fälle ergänzten, richtigen Fällen, d. i. aus $\frac{r'}{n}$, mittelſt der Fundamentaltabelle ein t_0, welches, wenn keine conſtanten Fehler vorliegen, einfach $= hD$ zu ſetzen iſt, und durch Diviſion mit D das Maß der U. E. h, um deſſen Gewinnung es hauptſächlich bei der Methode zu thun iſt, liefert.

Nun aber findet ſich, daß, je nachdem P' oder P zuerſt gehoben wird, oder je nachdem P' gegen P auf rechter oder linker Seite liegt (was eine verſchiedene Angriffsweiſe der Gewichte mitführt oder einer verſchiedenen Empfindlichkeit der Hände begegnet), kurz je nach verſchiedener Zeit- und Raumlage der Gewichte gegen einander, ſich t_0 ändert, und man kann ſich nun vorſtellen, daß D je nach Entgegenſetzung der Lage um einen conſtanten Fehler ſcheinbar (in dem früher gebrauchten Sinne S. 40) vermehrt oder vermindert wird[1], welcher bezüglich der Zeitlage p, bezüglich der Raumlage q heiße. Sollte nun eine Verſuchsreihe bloß bei einer dieſer Lagen, z. B. wo D ſowohl der Zeit- als Raumlage nach vergrößert erſcheint, alſo $t_0 = h (D + p + q)$ iſt, angeſtellt werden, ſo könnte man h nicht mehr durch einfache Diviſion von t_0 mit D, ſondern nur durch Diviſion mit $D + p + q$ gewinnen; da man aber die conſtanten Fehler nur ihrer Richtung, nicht Größe nach kennt, iſt dies nicht ausführbar. Aber man kommt auf einem anderen Wege, d. i. durch Elimination von p und q, zum Zweck, indem man Verſuche ſowohl bei entgegengeſetzter Zeit- als Raumlage anſtellt, die dabei ſtattfindenden conſtanten Fehler mit entgegengeſetzten Vorzeichen behaftet denkt, und aus den dabei erhaltenen t_0's das Mittel zieht, was auf hD zurückkommt, ſofern ſich in dieſem Mittel p mit $-p$, q mit $-q$ compenſirt; wonach man h ebenſo durch Diviſion dieſes Mittels mit D gewinnen kann, als wenn conſtante Fehler überhaupt nicht vorhanden wären.

Im Fall nun entweder bloß Zeitfehler oder bloß Raumfehler da ſind, hat man ſchon am Mittel zweier t_0's, die bei entgegengeſetzter Zeit- oder Raumlage erhalten ſind, genug. In dem allgemeinern Falle aber, der jedenfalls bei den Gewichtsverſuchen ſtattfindet, wo ſowohl Zeitfehler als Raumfehler da ſind, giebt es 4 Combinationen der Lagen, bei denen Verſuche anzuſtellen, welche zu 4 t_0's führen, aus denen das Mittel zu nehmen; nämlich 1) wo der Zeitfehler p und der Raumfehler q beide zur Vergrößerung von D wirken; 2) wo p als negativ zur Verkleinerung, q als poſitiv zur Vergrößerung wirkt; 3) wo p als poſitiv zur Vergrößerung, q als negativ zur Verkleinerung wirkt; 4) wo p und q beide als negativ zur Verkleinerung wirken; und indem wir die bei dieſen 4 Combinationen der Lagen gewonnenen t_0's reſpectiv mit t_1, t_2, t_3, t_4 bezeichnen, haben wir

---

[1] Von welcher Urſache auch die conſtanten Fehler abhängen mögen, ſo wird es an ſich immer eben ſo möglich ſein, ſie unter den Geſichtspunct zu faſſen, daß der in den Verſuch gegebene U. D dadurch ſcheinbare Zuwüchſe in plus und minus bei conſtant gehaltenem h erfährt, als daß die Empfindlichkeit h (ſtatt deren Müller die der U. Schw. reciproke Reizbarkeit R in die Betrachtung einführt) dadurch Zuwüchſe in plus und minus erfährt. Ich ziehe oben, wie in den „Elem.“, Erſteres aus formellen Gründen vor, weil die Darſtellung des Eliminationsprincips durch Beziehung auf Veränderung des abſtracten h minder leicht faßlich wird, als auf Veränderungen des concreten D; ohne daß für das Reſultat der Elimination auf dem einen Wege etwas Anderes herauskommt, als auf dem anderen.

$$\begin{aligned} t_1 &= h(D + p + q) \\ t_2 &= h(D - p + q) \\ t_3 &= h(D + p - q) \\ t_4 &= h(D - p - q) \end{aligned}$$

mithin

$$\frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4} = hD.$$

Auch giebt ſchon $\frac{t_1 + t_4}{2}$, ſo wie $\frac{t_2 + t_3}{2}$ den Werth hD, und läßt ſich alſo die Elimination auf zwei verſchiedenen Wegen aus denſelben Gleichungen gewinnen.

Wie leicht zu erachten, laſſen ſich nun auch aus denſelben Gleichungen p und q beſtimmen; und nicht minder kann dies in doppeltem Wege geſchehen.

Müller giebt (p. 54) bezüglich ſeines, vom unſrigen verſchiedenen, Präciſionsmaßes h (ſ. S. 48) eine Eliminationsformel von erſchreckender Complication, welche theils daran hängt, daß er das Theilungsprincip II ſtatt I bezüglich der z vorzieht, mithin 8 t's ſtatt bloß 4 t's in die Formel einführt, theils daß ſein h einen Werth $\sqrt{2 + 2\vartheta + \vartheta^2}$ ins Spiel bringt, der bezüglich unſeres h außer Spiel bleibt.

Unterſchieden von dem vorigen Verfahren der ſog. vollſtändigen Elimination iſt das der ſog. unvollſtändigen Elimination (Elem. I. 116), wenn ſchon es meiſt zu keinem ſtark abweichenden Reſultate vom vorigen Verfahren führt. Anſtatt bei dieſem zweiten Verfahren aus den, bei den 4 Lagen erhaltenen t's das Mittel als hD zu nehmen, nimmt man vielmehr aus den bei dieſen Lagen erhaltenen r's das Mittel und ſucht hiezu $t_0 = hD$ in der Fundamentaltabelle.

Soll ſich die vollſtändige Elimination auf unſere Total-Schwelle T beziehen, ſo wird man dabei, unter Zugrundelegung der Formel

$$T = \frac{t_{II} - t_I}{t_0} D$$

den reinen Werth T erhalten, indem man 1) ſowohl t_{II} als t_I bei den 4 Lagen beſtimmt, indem man 2) die Summe der 4 t_I von der Summe der 4 t_{II} abzieht, 3) die Differenz mit der Summe der t_0 dividirt, und 4) den Quotienten mit D multiplicirt.

Müller erklärt nun (p. 52), „die Tauglichkeit meines Verfahrens nicht in Abrede ſtellen" zu wollen, und vermag in der That kein tauglicheres anzugeben, zieht es auch ſeinerſeits dem der ſog. unvollſtändigen Elimination vor, ſucht aber doch zu zeigen, „daß es nicht diejenige Vollkommenheit gewähre, die man nach den Auslaſſungen Fechners vorauszuſetzen geneigt ſein könne.“ — Und in der That kann es ſein, daß bei dieſem Verfahren Größen kleiner Ordnung, welche ſich zur vollſtändigen Elimination compenſiren ſollten, der Compenſation entgehen; denn ich habe Müller zuzugeben, daß das nothwendige Zuſtandekommen einer wirklich vollſtändigen Compenſation auf angegebenem Wege theoretiſch nicht ſtreng erwieſen iſt, wogegen der Beweis, daß es danach nicht zu Stande kommen *könne*, eben ſo wenig ſtreng von ihm geführt iſt; beides kann aber deßhalb nicht geſchehen, weil wir weder die Urſachen conſtanter Fehler noch ihre Wirkungsweiſe hinreichend kennen, alſo auch nicht mit Sicherheit darnach rechnen können. Immerhin bleibt gewiß, erſtens, was Müller ſelbſt zugeſteht, daß kein zulänglicheres Verfahren vorliegt, zweitens daß die Reſultate des Verfahrens für ſeine praktiſche Zulänglichkeit ſprechen. In dieſer Hinſicht mache ich die S. 79 angeführten *empiriſchen* Ergebniſſe meiner Gewichtsverſuche geltend, wonach, wenn man nur *eine hinreichend große Zahl von Verſuchen* anwendet, ſehr nahe übereinſtimmende Summenwerthe von $t_1 + t_4$ mit $t_2 + t_3$ erhalten werden, was bei erheblicher Unzulänglichkeit des Verfahrens nicht der Fall ſein könnte. Im Durchſchnitt überwiegen zwar bei jenen Verſuchen die $t_2 + t_3$ etwas über die $t_1 + t_4$, aber der Unterſchied iſt theils zu wenig conſtant, theils im Ganzen zu gering, um nicht möglicherweiſe von einem Nebenumſtande abzuhängen; und da man keinen Grund hat, ihn bei der weſentlichen Verſchiedenheit beider Combinationsweiſen als in gleicher Richtung vom Rechten abweichend anzunehmen, ſo wird man eine um ſo größere Annäherung daran vom Zuſammennehmen beider erwarten können; was ohnehin vorzunehmen iſt, weil freilich bei kleineren Verſuchszahlen $t_1 + t_4$ oft ſehr beträchtlich von $t_2 + t_3$ abweicht, ohne daß man bisher beſtimmten Grund hat, die eine Combination vor der anderen zu bevorzugen.

Hienach glaube ich, daß Erörterungen, welche die Zulänglichkeit des Verfahrens in Frage ſtellen, ohne ein zulänglicheres vor Augen ſtellen zu können, jedenfalls des praktiſchen Intereſſes entbehren, ein theoretiſches aber nur dann haben würden, wenn hinreichende Kenntniſſe von der Natur und Wirkſamkeit der Urſachen conſtanter Fehler vorlägen, um der Unterſuchung eine ſichere Unterlage zu bieten.

Jedoch da Müller ſich einmal auf theoretiſche Bedenken eingelaſſen hat, ſo will ich meinerſeits, nur nach einem etwas minder abſtracten Gange, als welchen er genommen hat, zu zeigen ſuchen, daß den hieher gehörigen Bedenken überhaupt nur der Charakter unbeſtimmter Möglichkeiten zukommt. Zur Fixirung der Vorſtellung ſetze ich dabei das einhändige Verfahren voraus, d. i. wo beide Gewichte nach einander mit derſelben Hand gehoben werden; ohne es nöthig zu halten, mit nur etwas anderen Wendungen die Betrachtung bezüglich des zweihändigen Verfahrens nochmals aufzunehmen.

Nun iſt vorauszuſchicken, daß die Theorie des Verfahrens, wie ſie oben auseinandergeſetzt iſt, noch nicht die eigentlich fundamentale und nur in ſoweit zureichend iſt, als wir die conſtanten Fehler als klein gegen die Gewichte annehmen, eine Vorausſetzung, die wohl im Allgemeinen zutrifft, und die Darſtellung des Verfahrens ſehr erleichtert; daher ſich aus praktiſchem Geſichtspuncte um ſo mehr dabei ſtehen bleiben ließ, als durch Rückgehen auf die fundamentale Betrachtung ſich im Praktiſchen nichts ändert, ſondern nur die theoretiſche Beſchränkung auf Kleinheit der conſtanten Fehler wegfällt. Eigentlich und fundamental aber haben wir bei der Theorie der Elimination auf eine Behandlung der Maßmethoden zurückzugehen, wovon im folgenden Abſchnitt (X) beſonders die Rede ſein wird, indeß ſich hier das Nöthige daraus vorwegnehmen laſſen wird.

Die Zulänglichkeit des vollſtändigen Verfahrens ſetzt nach obiger Darſtellung voraus, daß die conſtanten Fehler p, welche bei entgegengeſetzter Zeitlage, ſo wie die q, welche bei entgegengeſetzter Raumlage erhalten werden, wirklich nicht bloß dem Vorzeichen nach entgegengeſetzt ſondern auch dem abſoluten Werthe nach gleich ſind, da ſonſt einleuchtenderweiſe die obige Compenſation nicht ſtattfinden könnte. Nun ſind uns zwar die Urſachen conſtanter Fehler nicht hinreichend bekannt, aber faſſen wir zunächſt eine zugleich ſehr möglich und ſehr bedenklich ſcheinende Urſache ins Auge, von der aus ſich weiter gehen laſſen wird.

Durch das Heben der Gewichte wird eine gewiſſe Ermüdung hervorgerufen, und hiemit der Eindruck der Gewichte oder deren ſcheinbare Größe verändert. Betrüge nun die ſcheinbare Änderung beider nach einander gehobenen Gewichte in gleichem Sinne gleich viel, ſo könnte daraus keine Änderung ihres Unterſchiedes D, mithin kein conſtanter Fehler überhaupt hervorgehen; aber durch das größere Gewicht wird eine ſtärkere Ermüdung der hebenden Hand als durch das geringere erzeugt, und nennen wir die hieraus hervorgehenden ſcheinbaren Änderungen von P', P reſpectiv c', c und nehmen, um nur erſt den unmittelbaren Erfolg der Ermüdung ins Auge zu faſſen, auf die, nachher zur Sprache kommende, Nachdauer der Ermüdung noch keine Rückſicht, ſo werden wir, mag das größere oder kleinere Gewicht vorangehen, rechts oder links liegen, als Unterſchied zwiſchen den ſo veränderten Gewichten haben

$$(P' + c') - (P + c) = D + c' - c$$

mithin auch $t_0 = h(D + c' - c)$, worin ſich c' mit c nicht compenſirt, weil c' größer als c iſt; auch wird ſich durch Umkehrung der Zeit- und Raumlage hierin nichts ändern, ſofern jedesmal P' durch Ermüdung mehr verändert wird als P, mithin $c' - c$ verſchieden von null bleibt.

Hiemit ſchiene nun die Unvollſtändigkeit der Compenſation hinreichend erwieſen; aber nur ſo lange, als wir nicht auf die folgende gründlichere Betrachtung zurückgehen. Für die Empfindung erſcheinen die ſcheinbaren Änderungen zweier verſchieden großer Reize keineswegs gleich, wenn ſie ſelbſt gleich ſind, ſondern wenn ſie ein gleiches Verhältniß zu den Reizen haben; und wenn alſo, wie ſelbſtverſtändlich, die ſcheinbaren Änderungen der Gewichte durch die Ermüdung mit der Größe der Gewichte zu- und abnehmen, alſo kleiner für das kleinere, größer für das größere Gewicht ſind, ſo iſt das nicht wider die Compenſation, ſondern im Sinne der Compenſation für die Empfindung, auf die es ankommt. Ja es kann durch den unmittelbaren Erfolg der Ermüdung gar kein conſtanter Fehler entſtehen, wenn, wie nicht unwahrſcheinlich, jedes Gewicht proportional ſeiner Größe durch die Ermüdung ſcheinbar verändert wird, und daſſelbe wird von jedem anderen Einfluſſe gelten, wodurch die Gewichte in derſelben Richtung proportional ihrer Größe geändert werden. Nur freilich beweiſen kann ich die ſtrenge Proportionalität in unſerem Falle in betreffender Hinſicht nicht, und ſo bleibt unbeſtimmten Einwänden in dieſer Hinſicht immerhin Raum.

Jedenfalls giebt es factiſch conſtante Fehler, und wenn ſie nicht den vorigen Grund haben, müſſen ſie einen anderen Grund haben. In dieſer Hinſicht aber leuchtet ganz im Allgemeinen ein, daß alle, von verſchiedener Zeit- und Raumlage abhängigen Unterſchiede in der Angriffsweiſe und den ſonſtigen Verhältniſſen der Gewichte, welche den Eindruck beider Gewichte in entgegengeſetztem Sinne ändern, wenn ſie den Gewichten proportionale Änderungen erzeugen, aus demſelben Grunde ſich nach unſerem Princip compenſiren müſſen, aus welchem proportionale Änderungen in gleichem Sinne gar keine conſtanten Fehler geben können; und ſo kann der Einfluß der entgegengeſetzten Zeit- und Raumlage im Allgemeinen ſo gefaßt werden: Unſtreitig iſt er bei keiner Lage ganz conſtant, weil die Lage ſelbſt und die mitwirkenden Umſtände nicht ganz conſtant ſind, hält aber doch bei entgegengeſetzten Lagen vorwaltend eine entgegengeſetzte Richtung ein, und läßt ſich in zwei Theile zerlegen, einen mittleren, welcher den gegenſätzlichen Ausdruck der conſtanten Fehler enthält, und einen nach beiden Seiten zufällig darum ſchwankenden, welcher den Ausdruck der zufälligen Fehlervorgänge enthält. Wobei wieder wahr bleibt, es läßt ſich nicht ſtreng beweiſen, daß die Mittelwerthe von entgegengeſetztem Vorzeichen, mit welchen die conſtanten Fehler zu identificiren ſind, ſich bei entgegengeſetzten Lagen genau compenſiren, aber ich wüßte allgemein geſprochen nicht, warum nicht, wenn nur der Gegenſatz der Lagen durchſchnittlich genau getroffen wird, was natürlich zur Vollſtändigkeit der Elimination gehört.

Inzwiſchen ließe ſich an Urſachen conſtanter Fehler denken, wo der Geſichtspunct der Compenſation ſich nicht ſo einfach darſtellt, als nach voriger Betrachtung. Von der Ermüdung, die durch die Hebung der Gewichte unmittelbar eintritt, ließ ſich nach obigen Bemerkungen überhaupt nicht mit irgendwelcher Beſtimmtheit ein conſtanter Fehler abhängig machen; aber möglicherweiſe von der Nachdauer der Ermüdung einerſeits und von der Nachdauer des Eindrucks im gleich näher zu bezeichnenden Sinne andererſeits. Die erſtere anlangend, ſo trägt ſich die Ermüdung, welche durch Hebung des erſten Gewichtes entſtanden iſt, auf die Hebung des zweiten Gewichtes über und läßt daſſelbe ſchwerer erſcheinen, als es ſonſt der Fall wäre; es iſt aber ein Unterſchied, ob die ſtarke Ermüdung durch das erſt gehobene ſtarke Gewicht ſich auf die Hebung des zweiten ſchwächeren Gewichts überträgt, oder ob die ſchwache Ermüdung durch das erſtgehobene ſchwache Gewicht ſich auf die Hebung des zweiten ſtärkeren Gewichtes überträgt. Die ſog. Nachdauer des Eindrucks anlangend, ſo verſchwindet eine einmal vorhandene Erregung nicht ſofort mit der äußeren Urſache der Erregung, und wird ſich alſo auch eine gewiſſe Nachdauer der, zur Hebung des erſten Gewichts in Thätigkeit geſetzten, lebendigen Kraft auf die Hebung des zweiten übertragen, ohne erſt ſo zu ſagen aus dem Geſammtquell der lebendigen Kraft des Organismus dazu herbeigeholt werden zu müſſen, und kann dies möglicherweiſe die Hebung und das Gefühl der Hebung erleichtern.

Es mag zur Erläuterung hievon beitragen, wenn wir auf einen bis zu gewiſſen Grenzen analogen Fall im Felde rein receptiver Empfindung hinweiſen. Wenn ein Lichteindruck im Auge ſtattgefunden hat, ſo bleibt unmittelbar nach Wegfall deſſelben einerſeits ein Nachklang des Lichteindrucks, andererſeits ein Nachklingen der Abſtumpfung oder Ermüdung zurück. Beide Nachklänge nehmen allmälig ab, ohne daß die Geſetze hievon hinreichend bekannt ſind. Tritt ein neuer Lichtreiz ein, ſo wird er in ſofern ſtärker empfunden, als ſich noch etwas vom nachklingenden Lichte hinzufügt, in ſofern ſchwächer, als das Auge gegen ihn mehr abgeſtumpft iſt, wovon nach Umſtänden das eine oder andere Moment überwiegen kann. Genug hier, die Wirkung des zweiten Lichtreizes zeigt ſich durch die Nachwirkung des erſten, ſei es im Sinne überwiegender Verſtärkung oder Schwächung, modificirt. Unſtreitig aber findet bei allen anderen Reizen etwas Entſprechendes ſtatt.

Bei Gewichten findet nun allerdings, in ſcheinbarem Widerſpruch mit anderen Reizen, als wie Lichtreiz, Schallreiz, das Eigenthümliche ſtatt, daß durch Ermüdung ein Gewicht vielmehr erſchwert als erleichtert, alſo die vom Reize erweckte Empfindung, unſern Falles die Schwere des Gewichts, verſtärkt erſcheint, was ich ſo deuten möchte. Um ein Gewicht gleich ſchnell zu einer gegebenen Höhe zu heben, wird gleich viel lebendige Kraft in Anſpruch genommen, mag der Arm ermüdet ſein oder nicht, aber die disponible lebendige Kraft des Arms oder der Muskeln, welche bei der Hebung thätig ſind, iſt durch die Ermüdung vermindert, und das Gefühl der Schwere des Gewichts oder Anſtrengung, welche die Hebung fordert, hängt wahrſcheinlich an dem Verhältniß jener conſtanten lebendigen Kraft, die zur Hebung erfordert wird, zur disponiblen Kraft, welche durch die Ermüdung vermindert iſt.

Mögen wir nun aber die Nachdauer der Ermüdung oder die Nachdauer des Eindrucks in Betracht ziehen, ſo muß jedenfalls von dem kleineren Gewichte eine im Verhältniß zu ſeiner Kleinheit kleinere Nachwirkung auf das nachfolgende größere Gewicht übergehen, als umgekehrt von dem größeren Gewichte auf das nachfolgende kleinere Gewicht übergeht, und können ſich alſo beide Nachwirkungen bei Entgegenſetzung der Zeitlage nicht compenſiren. So ſcheint es wenigſtens.

Nun aber läßt ſich die Sache auch ſo faſſen. Eine ſtark ermüdete Hand kann ein kleines Gewicht doch mit dem Gefühl gleicher Leichtigkeit heben, als eine wenig ermüdete Hand ein großes Gewicht. Wenn ſich nun bei Erſthebung des großen Gewichtes eine ſtarke Ermüdung zur Zweithebung des kleinen Gewichtes fortpflanzt, und dadurch daſſelbe ſcheinbar gegen das große verſtärkt, ſo kann die umgekehrte Zeitlage, nach welcher die Schwere des großen Gewichtes durch eine vom kleinen Gewichte herſtammende kleine Ermüdung ſcheinbar wächſt, ſich nach voriger Bemerkung im relativen Empfindungseffect recht wohl mit der erſten Zeitlage compenſiren. Und wenn von der Erſthebung des großen Gewichts viel lebendige Kraft nachdauert, welche der Erhebung des kleinen Gewichts zu ſtatten kommt, hingegen von der Erſthebung des kleinen Gewichts nur wenig lebendige Kraft, welche der Hebung des großen zu ſtatten kommt, ſo wird ſich die lebendige Kraft doch beidesfalls aus dem Quell disponibler Kraft zu derjenigen, den Gewichten proportionalen, Größe zu ergänzen haben, welche zur Hebung auf gleiche Höhe in gleicher Zeit gehört, und hienach zu bezweifeln ſein, daß davon überhaupt ein conſtanter Fehler abhängen kann. Denn freilich bei den Verſuchen mit dem Lichte tritt die Nachdauer des Lichteindruckes als Verſtärkung zum Eindruck eines neuen Lichtreizes hinzu; aber es würde nicht mehr der Fall ſein, wenn die vom früheren Lichtreize nachdauernde Erregung in jedem Falle durch die neue Erregung immer nur zu einem beſtimmten Grade der Erregung ergänzt werden ſollte, wie es unſeren Falles zu geſchehen hat, um immer dieſelbe Hebungsleiſtung bei demſelben Gewichte hervorzubringen.

Ich bin weit entfernt, die vorigen mehr als erwünſcht complicirten Betrachtungen zu Gunſten der Vollſtändigkeit der Elimination für evident anzugeben; kann aber eben ſo wenig durch Betrachtungen, welche, wie die Müllerſchen, ſo nahe liegende Möglichkeiten, ja Wahrſcheinlichkeiten nicht erforderlich berückſichtigen, etwas gegen dieſe Vollſtändigkeit erwieſen finden.

Übrigens iſt bei der Nachdauer zu berückſichtigen, daß eine ſolche ſich nicht bloß von der erſten zur zweiten Hebung innerhalb der Doppelhebung P', P, ſondern auch zwiſchen den aufeinanderfolgenden Doppelhebungen erſtrecken kann, und daß je nach den Zwiſchenzeiten zwiſchen den einzelnen Hebungen und Doppelhebungen dabei ſehr verſchiedene Verhältniſſe zwiſchen dem ſteigernden und vermindernden Momente der Nachdauer eintreten können, die weder theoretiſch noch empiriſch ins Reine gebracht ſind, und eine faſt unendliche Caſuiſtik zulaſſen.

X. Logarithmiſche Behandlung der Maßmethoden.

Bei allen Maßmethoden der Unterſchiedsempfindlichkeit hat man mit zwei in Größe unterſchiedenen Reizen A, B zu thun. Während nun dieſe den U. $B - A = D$ haben, haben ſie zugleich ein Verhältniß $\frac{B}{A}$, welches V heiße. Nun hängen die Unterſchiedsempfindungen nach einfacher Regel innerhalb der Grenzen der Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes, über die hinaus überhaupt keine einfache Regel mehr beſteht, vielmehr von den Logarithmen der Reizverhältniſſe als den Reizunterſchieden ab; ſind nämlich nicht allgemein gleich, wenn die Unterſchiede der Reize D, ſondern wenn die Reizverhältniſſe V, mithin deren Logarithmen gleich ſind, und andern ſich proportional den Logarithmen der Reizverhältniſſe. Alſo iſt es an ſich richtiger, die Unterſchiedsempfindungen, mit denen wir in den Maßmethoden zu thun haben, in Beziehung zu den Logarithmen der wirklichen und ſcheinbaren Reizverhältniſſe, alſo zu den $\mathfrak{V}$, als zu den Reizunterſchieden D zu betrachten. Da indeß nach einer bekannten Eigenſchaft der Logarithmen für den Fall, daß ein Reizverhältniß $\frac{B}{A} = \frac{A+D}{A} = 1 + \frac{D}{A}$ wenig von der Einheit abweicht, hiemit D ein kleines Verhältniß zu ſeinem Ausgangswerthe A hat, der Unterſchied dem Logarithmus des Verhältniſſes nahehin proportional geht, ſo kann man für dieſen Fall dem Logarithmus des Verhältniſſes den Unterſchied, alſo D für $\log \mathfrak{V}$, ſubſtituiren, womit man den Vortheil größerer Einfachheit in der Herleitung der Maßwerthe, wenn ſchon auf Koſten der vollen Strenge, gewinnt.

Inſofern wir nun nach der ſtrengen Faſſung den arithmetiſchen Differenzen der Reize die Logarithmen der Reizverhältniſſe zu ſubſtituiren haben, unterſcheide ich die eine und andere Faſſung und Behandlung der Methoden kurz als *arithmetiſche* und *logarithmiſche*, und bemerke zuvörderſt im Allgemeinen, daß in Betreff des experimentalen Verfahrens der Übergang von jener zu dieſer Behandlung überhaupt keine Änderungen mitführt, ſie betreffen bloß das Rechenverfahren und deſſen Reſultate. In dieſer Beziehung aber iſt Folgendes zu bemerken.

Was die *Methode* der r. u. f. F. anlangt, ſo kann ich nach wie vor zu dem Verhältniß $\frac{r}{n}$ einen Werth t_0 aus der Fundamentaltabelle finden, der nur jetzt nicht gleich hD, ſondern gleich $h \log \mathfrak{V} = h \log \frac{B}{A}$ zu ſetzen iſt; und indem ich dieſen Werth durch das gegebene $\log \mathfrak{V}$ dividire, erhalte ich h ebenſo einfach als auf arithmetiſchem Wege, d. i.

$$h = \frac{t_0}{\log \mathfrak{V}}.$$

Was die Schwelle T anlangt, ſo wird dieſe nach logarithmiſcher Behandlung ſich in den Logarithmus des Verhältniſſes überſetzen, welches überſtiegen ſein muß, um die E. eines U. merklich werden zu laſſen. In dieſer Bedeutung hat man

$$T = \frac{t_{11} - t_1}{t_0} \log \mathfrak{V},$$

woraus das betreffende Verhältniß ſelbſt zu finden.

Wenn man bei gegebenem A den Werth D und mithin $B = A + D$ continuirlich ſteigert, ſo hat man nach arithmetiſcher Behandlung der

Methode der r. u. f. F. zu erwarten, daß t_n proportional mit D wachſe, was ſo lange merklich zutrifft, als D ſehr klein gegen A bleibt. Aber genau hat man vielmehr zu erwarten, daß t_n, in der früher angegebenen Weiſe genommen, proportional mit $\log \mathfrak{B} = \log \frac{B}{A}$ wächſt, hiemit in etwas kleinerem Verhältniſſe als D zunimmt.

Während nach Vorigem die Methode der r. u. f. F. durch den Übergang von der arithmetiſchen zur logarithmiſchen Behandlung ſich nicht ſowohl in der Ausführung der Rechnung als der Deutung der Schlußreſultate ändert, führt dagegen dieſer Übergang bei der Methode der m. F. zu einer ſehr umſtändlichen Ausführung der Rechnung, indem es hiebei gilt, die gewonnenen Fehlgrößen Δ einzeln in Logarithmen zu überſetzen; wozu die Methode d. r. u. f. F. keinen Anlaß bietet, da hier nur Zahlen, nicht Größen der Fehler gegeben ſind, worüber der IV. Abſchnitt zu vergleichen.

Bei der Methode der e. m. U. reicht es im Übergange von der arithmetiſchen zur logarithmiſchen Behandlung hin, jeden eben merklich gefundenen Unterſchied D zwiſchen A und B durch $\log \frac{B}{A}$ zu erſetzen.

Während nach der arithmetiſchen Behandlung der Methode d. m. F. und e. m. U. die poſitive U. Schw. von der negativen als etwas verſchieden gelten muß, iſt dagegen die durch die logarithmiſche Behandlung zu gewinnende Verhältnißſchwelle nach oben und unten als gleich anzunehmen (Vergl. S. 47, Anmerk.).

Man kann bemerken, daß, indem ſich nach der logarithmiſchen Behandlung der Methoden d. r. u. f. F. und der m. F. das Gaußiſche Wahrſcheinlichkeitsgeſetz von den äußeren Unterſchieden D auf die Logarithmen der Reizverhältniſſe überträgt, es hiemit ſich auf die dadurch gemeſſenen Unterſchiedsempfindungen überträgt, welche denſelben proportional ſind. Ein mathematiſches Hinderniß, das Gaußiſche Geſetz auf Logarithmen von Verhältniſſen anzuwenden aber beſteht nicht nur an ſich nicht, ſofern dieſe Logarithmen den Charakter arithmetiſcher Differenzen haben, welche von einem Nullpunct bei $\frac{A}{B} = 1$ aus nach entgegengeſetzten Seiten auslaufen, ſondern ich habe mich auch bei meinen Unterſuchungen an den Maßen von Collectivgegenſtänden überzeugt, daß ihre Abweichungen von dem wahrſcheinlichſten (ſog. dichteſten) Werthe triftiger, d. h. mit der Erfahrung zutreffender nach logarithmiſchem als arithmetiſchem Princip zu behandeln ſind, in Fällen, welche überhaupt geeignet ſind, zur Entſcheidung zu führen, worauf ich jedoch hier nicht näher eingehen kann.

Wie ſchon im vorigen Abſchnitte bemerkt, wird auch die Elimination der conſtanten Fehler bei der Methode d. r. u. f. F. ſtreng genommen auf das Princip der logarithmiſchen Behandlung zurückzuführen ſein, d. h. die zur Elimination erforderliche Compenſation bei entgegengeſetzter Zeit- und Raumlage wird nur erfolgen können, wenn $\mathfrak{P}$ durch die eine Zeitlage im Verhältniß p vermehrt, durch die andre in demſelben Verhältniß vermindert iſt. Man wird alſo p nicht als arithmetiſche Zuwüchſe ± p zu D, ſondern als verhältnißmäßige Änderungen $p, \frac{1}{p}$ bezüglich $\mathfrak{P}$ in der Art in Betracht zu ziehen haben, daß durch die eine Zeitlage $\mathfrak{P}$ ſich in $p\mathfrak{P}$, durch die entgegengeſetzte in $\frac{\mathfrak{P}}{p}$ verwandelt, wonach $\log p\mathfrak{P} = \log \mathfrak{P} + \log p$ ſich mit $\log \frac{\mathfrak{P}}{p} = \log \mathfrak{P} - \log p$ durch Zuſammennehmen und Mittelziehung zu $\log \mathfrak{P}$ compenſirt. Entſprechend mit dem Raumfehler q.

Hienach werden ſich vermöge der Zuſammenſetzung des Zeit- und Raumfehlers bei den 4 entgegengeſetzten Lagen zu $pq, \frac{q}{p}, \frac{p}{q}, \frac{1}{pq}$, die Eliminationsgleichungen für den Fall wirklich vollſtändiger Compenſation ſo ſtellen:

$$\begin{aligned} t_1 &= h\,(\log \mathfrak{P} + \log p + \log q) \\ t_2 &= h\,(\log \mathfrak{P} - \log p + \log q) \\ t_3 &= h\,(\log \mathfrak{P} + \log p - \log q) \\ t_4 &= h\,(\log \mathfrak{P} - \log p - \log q) \end{aligned}$$

Durch Addition der 4 t's und Mittelziehung gelangen wir dann ebenſo wie nach arithmetiſcher Behandlung zur vollſtändigen Elimination, nur daß wir, wie es principiell das Richtigere iſt, als mittleres t_0 nicht hD ſondern $h \log \mathfrak{P}$ erhalten.

In meinen „Elementen“ findet ſich die logarithmiſche Behandlung der Maßmethoden noch nicht, weil ich da noch nicht darauf gekommen war. Im Ganzen hat ſie vielmehr ein theoretiſches als praktiſches Intereſſe.

XI. Über die Frage der reciproken Proportionalität des Präciſionsmaßes und der Unterſchiedsſchwelle.

Es iſt als ein Verdienſt Müllers anzuſehen, daß er nicht nur die obige Frage aufgeworfen, ſondern auch, ſoweit ihm Data dazu zu Gebote ſtanden, ſelbſt erfolgreich unterſucht hat (p. 96 ff., 197 ff.), ſo namentlich an zwei meiner größeren Gewichtsverſuchsreihen nach der Methode d. r. u. f. F., einer zweihändigen (Nr. 6) und einer einhändigen (Nr. 1), die ich ihm dazu auf ſein Erſuchen zur Dispoſition geſtellt. In beiden variiren die Gewichte P von 300 bis 3000 Gramm, mit zugehörigen D's = 0,04 und 0,08 P. Verſteht man nun Präciſionsmaß h und Unterſchiedsſchwelle S ſo, wie ſie von ihm gefaßt und berechnet werden, worüber Abſchn. IV zu vergleichen, ſo fand ſich die umgekehrte Proportionalität zwiſchen h und S, oder, was auf daſſelbe herauskommt, die Conſtanz von hS, beim Fortſchritt durch die 6 P's in der zweihändigen Reihe ſehr gut beſtätigt, indeß bei der einhändigen Reihe ſich ein etwas anderes Verhältniß zwiſchen h und S für den Verſuch mit der Rechten (R) als mit der Linken (L) herausſtellte, alſo auch hS einen etwas andern Werth für R als L annahm. Abgeſehen davon aber fand er auch (p. 335) „gewiſſe Reſultate, die ſich bei den Unterſuchungen Delboeufs, den Augenmaßverſuchen Volkmanns und den elektriſchen Lichtverſuchen Maſſons herausgeſtellt haben, auf ein umgekehrt proportionales oder wenigſtens analoges Verhältniß jener beiden Größen weiſend", wonach er eine ſehr weit gehende, obſchon nicht unbedingte Gültigkeit deſſelben anerkennt.

Nun iſt allerdings Müllers Präciſionsmaß h, als bloß auf die zufälligen ſcheinbaren Änderungen des kleineren Gewichts bezüglich, an ſich nicht mit unſerem Präciſionsmaße h zu verwechſeln, welches auf die ſcheinbaren Änderungen des Unterſchiedes beider Gewichte zu beziehen und ebenſo iſt Müllers U. Schw. S nicht mit meiner U. Schw. $S = \frac{[illegible]}{2}$ identiſch; allein Müllers h und mein h, Müllers S und mein S gehen ſich in betreffender Hinſicht parallel, und ich habe mich nicht nur an jenen beiden Verſuchsreihen durch eigene Rechnung überzeugt, daß daſſelbe Reſultat, was Müller bezüglich ſeines h und S gefunden hat, ſich bezüglich meines h und S wiederfindet, ſondern habe auch, angeregt durch Müllers Unterſuchung, hienach meine übrigen Gewichtsverſuchsreihen in Betreff der Frage unterſucht, wiefern darin h und S oder ſtatt deſſen h und T, nach meiner Weiſe berechnet, einen reciproken Gang bei Abänderung dieſer und jener Umſtände befolgen, mithin hT, wofür ich kurz E ſetze, conſtant bleibt oder nicht, und habe dabei folgende Reſultate gefunden.

Heiße wie immer P das kleinere oder Hauptgewicht, $P' = P + D$ das größere Gewicht, D der Unterſchied zwiſchen beiden, und ſeien außer der folgends zu bezeichnenden Verſchiedenheit zwiſchen den verglichenen Verſuchsreihen alle Umſtände der Verſuche und die Verſuchsweiſen ſelbſt gleich gehalten, ſo bleibt, abgeſehen von unausgeglichen gebliebenen Zufälligkeiten wegen endlicher Zahl der Beobachtungen, $hT = t_{II} - t_I = E$ conſtant:

1) Wenn bei conſtantem P' der Unterſchied D ſich ändert.

2) Wenn P und D ſich in proportionalem Verhältniſſe ändern.

3) Wenn die Zeit-Raumlagen, mithin die conſtanten Fehler ſich ändern.

4) Wenn der Ermüdungszuſtand der Hand ſich ändert.

5) Wenn die Hebungsdauer oder wenn die Zwiſchenzeit zwiſchen den zwei Componenten jeder Doppelhebung ſich innerhalb gewiſſer Grenzen ändern, doch fraglich, ob auch außerhalb dieſer Grenzen.

Hingegen ändert ſich allgemein geſprochen E, je nachdem bei einhändigem Verfahren die Hebung mit linker oder rechter Hand vollzogen wird; aber auch, ja oft in noch viel ſtärkerem Verhältniſſe, wenn man Verſuche mit derſelben Hand oder denſelben Händen zu ſo verſchiedenen Zeiten anſtellt, daß man desſelben Zuſtandes des empfindenden Organes nicht mehr ſicher ſein kann, alſo das empfindende Organ, welches bei verſchiedenen Händen an ſich verſchieden iſt, ſo zu ſagen zu einem verſchiedenen wird. Nur daß merkwürdigerweiſe, wie unter 4) bemerkt, der Ermüdungszuſtand der Hand den Werth E unverändert läßt[1], was inzwiſchen darauf zurückzuführen iſt, daß nach dem Parallelgeſetze die innere Ermüdung des Organes durch einen Reiz im Erfolge einer Verringerung des äußeren Reizes äquivalent iſt, von welchem (nach Combination von 1) und 2)) keine Änderung von E abhängt.

Die Specialbelege für vorige Sätze mitzutheilen würde hier zu weit führen, ich muß dies auf eine wenn möglich noch zu bewirkende künftige ſpeciellere Veröffentlichung meiner Gewichtsverſuche verſparen.

---

[1] Man conſtatirt dies, indem man dieſelben Verſuche vergleichsweiſe unmittelbar vor und nach der Zwiſchenhebung ſehr ſchwerer, mithin ſtark ermüdender Gewichte anſtellt, oder mit leichten und ſchweren Gewichten bei den Verſuchen ſelbſt periodiſch wechſelt und die dabei erhaltenen E vergleicht.

Zu den vorigen Reſultaten aus Gewichtsverſuchen, welche ich ſelbſt angeſtellt habe, kann ich noch ein ſehr intereſſantes fügen, welches ſich aus den Augenmaßverſuchen von **Boas** ziehen läßt, deren S. 44 gedacht iſt, wonach auch für Verſuche, welche mit verſchiedenen Aufmerkſamkeitsgraden angeſtellt ſind, E conſtant bleibt. Das Weſentlichſte der Verſuche iſt dies:

Zwiſchen je zwei Strichen von 61,8 und 64 Mill. Länge, deren D alſo 2,2 Mill. war, wurde ohne langes Überlegen nach dem Augenmaß geurtheilt, welcher von beiden Strichen der längere war, ohne daß die Richtung des Unterſchiedes dem Beobachter zuvor bekannt war. In einer Reihe Nr. 1 wurde mit concentrirter Aufmerkſamkeit beobachtet, in einer zweiten Nr. 2, übrigens ganz vergleichbar angeſtellten, ſo, daß die Aufmerkſamkeit durch gleichzeitiges theils unwillkürliches theils abſichtliches Mitachten auf ein in Gedanken genommenes Muſikwerk zerſtreut war. Das n betrug bei Nr. 1 wie Nr. 2 346, und dabei wurden erhalten:

	$\frac{r}{n}$	$\frac{f}{n}$	$\frac{z}{n}$	E
Nr. 1	0,564	0,112	0,324	0,7459
Nr. 2	0,410	0,205	0,385	0,7436

Dies giebt, mag man nach Theilungsprincip I oder II rechnen, die beiſtehenden merklich gleichen Werthe von E für Nr. 1 und Nr. 2; indeß ſich h nach Theilungsprincip I findet 0,4248 für Nr. 1, 0,1837 für Nr. 2.

Müllern iſt die umgekehrte Proportionalität des h mit S nach ſeiner Berechnungsweiſe dieſer Werthe, ſo weit er ſie ſelbſt nach ſeinen Unterſuchungen zuzugeſtehen gehabt, von vorn herein auffällig und unerwartet geweſen; doch hat er ſie nachgehends (p. 334 ff.) mit ſeinen Vorausſetzungen über die Natur und Verhältniſſe der zufälligen Fehlervorgänge und der phyſiologiſchen Anſicht vom Weberſchen Geſetze in Beziehung zu ſetzen geſucht, worauf einzugehen mir unnöthig ſcheint, nachdem jene Vorausſetzungen ſelbſt ſich unhaltbar erwieſen haben, worüber Abſchn. III zu vergleichen.

Meinerſeits ſcheint mir Folgendes über den betreffenden Gegenſtand zu ſagen.

Seien α die durch Zufälligkeiten bewirkten ſcheinbaren Abweichungen von dem in den Verſuch gegebenen D, ſo iſt T ein U. $\alpha' - \alpha_{,}$ zwiſchen zwei Werthen α', $\alpha_{,}$, welcher die $\frac{z}{n}$ enthält, und, ſofern $h = \frac{1}{\alpha_n \sqrt{\pi}}$, iſt

$$E = hT = \frac{\alpha' - \alpha_,}{\alpha_n \sqrt{\pi}}$$

Ändert ſich nun h in gewiſſem Verhältniſſe, ſo ändert ſich α_n in umgekehrtem Verhältniſſe, und, ſofern das Gaußſche Geſetz beſteht, ändert ſich jeder Werth von α, der eine beſtimmte Wahrſcheinlichkeit hat, in entſprechendem Verhältniſſe als α_n.

Alſo *kann* hT recht wohl conſtant bleiben, ſofern α', $\alpha_,$ ſich in entſprechendem Verhältniß als α_n ändern, und erſcheint es ſogar zunächſt ſelbſtverſtändlich, daß es allgemein der Fall ſei. Doch iſt es nicht *nothwendig*, denn es kann ja ſein, daß die α', $\alpha_,$, welche ſich in gleichem Verhältniſſe als α_n geändert haben, nicht mehr daſſelbe $\frac{x}{n}$ zwiſchen ſich faſſen, alſo nicht mehr als Schwellengrenzen gelten können, und die angegebenen Erfahrungen lehren, daß es wirklich nicht der Fall iſt, wenn die ſubjectiven Verhältniſſe des pſ.-ph. Syſtems ſich in gewiſſer Hinſicht ändern, indeß auf die Änderungen der objectiven, äußeren, ſowie innerlich auf die Änderungen der Ermüdung und Aufmerkſamkeit nichts dabei ankommt.

Der Werth E iſt hienach von Wichtigkeit, ſofern er, aus einer hinreichenden Zahl von Beobachtungen abgeleitet, uns je nach ſeiner Conſtanz oder Veränderung zwiſchen zwei Verſuchsreihen Aufſchluß giebt, ob der innere Zuſtand des pſychophyſiſchen Syſtems dabei vergleichbar geblieben iſt oder nicht. An welchen Änderungen des pſ.-ph. Syſtems aber die Änderungen von E hängen, iſt bisher noch unbekannt.

Man merke wohl, daß die nach inneren Umſtänden ſtattfindende Veränderlichkeit von E keinen Einfluß auf die Bewährbarkeit des Weberſchen Geſetzes hat, ſei es, daß man es auf die Schwelle oder die Abweichungen α beziehe, nur daß die Bewährung während eines conſtanten Zuſtandes von E ſtattfinde.

Dritte Abtheilung.

Pſychophyſiſche Geſetze.

XII. Über die Gültigkeitsfrage des Weberſchen Geſetzes.

Der Ausdruck des Weberſchen Geſetzes iſt kurz dadurch gegeben, daß die Unterſchiedsempfindung für zwei Reize ſich nicht ändert, wenn die Reize bei Änderung ihrer abſoluten Größe daſſelbe Verhältniß zu einander behalten, mithin wenn der relative Unterſchied derſelben ſich gleich bleibt. Dies Geſetz kann je nach der ſog. pſychophyſiſchen oder phyſiologiſchen Anſicht noch eine verſchiedene Deutung mit Rückſicht auf die Frage erfahren, ob es aus dem Äußeren ins Innere, d. i. vom Reiz auf die pſychophyſiſche Thätigkeit, übertragbar ſei, worauf aber nicht hier, ſondern erſt im XV. Abſchn. einzugehen, um hier nur ein neues Augenmerk auf die Frage ſeiner empiriſchen Gültigkeit in der äußeren Pſychophyſik zu richten, ſofern mir dieſes durch die, von Müller ſeinerſeits darüber geführte, Verhandlung noch nichts weniger als erſpart erſcheint.

Die Verſuche zur Prüfung des Weberſchen Geſetzes ſind, ſo weit ſie mir bei Abfaſſung meiner „Elemente" vorlagen, daſelbſt I. 134 ff. (1860) angeführt und „In Sachen" S. 148 ff. (1877) theils reſumirt, theils durch die mir nach jener Abfaſſung bekannt gewordenen ergänzt worden. Müller hat in ſ. Schr. (1878) von p. 102 an unabhängig von mir ebenfalls eine Zuſammenſtellung und Kritik der betreffenden Verſuche gegeben, welche ſich mit der meinigen in Betreff des Thatſächlichen theils begegnet, theils ergänzt, indeß wir in Betreff der Auffaſſung und Kritik beide vielfach auseinandergehen.

In Betreff des Ergänzungsverhältniſſes habe ich anzuerkennen, daß Müller (p. 114. 164. 173. 188. 208. 215) gar manche empiriſche Unterſuchungen berückſichtigt hat, welche von mir überſehen worden ſind; indeß nur ein paar von mir berückſichtigte Unterſuchungen („In Sachen" p. 160 und 200) von Müller überſehen wurden.

Müller (p. 313) tadelt es, daß ich den Zeitſinn in die Frage nach der Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes hineingezogen habe, da es ſich bei dieſem Sinne „nicht im Entfernteſten um eine Vergleichung verſchiedener Empfindungsintenſitäten handele.“ Wogegen ich frage, was hindern kann, die Frage nach der Gültigkeit des betreffenden Geſetzes über die Vergleichung verſchiedener Empfindungsintenſitäten hinaus zu verallgemeinern. In je verſchiedeneren Gebieten ſich die Gültigkeit desſelben bewährt oder eine Annäherung daran zeigt, um ſo mehr gewinnt nach inductivem Schluſſe die Wahrſcheinlichkeit einer fundamentalen Gültigkeit desſelben überhaupt. Daß Zeitunterſchiede etwas Andres als Intenſitätsunterſchiede ſind, glaube ich ſo gut als irgend jemand zu wiſſen, wie ich auch weiß, daß Tonhöhenunterſchiede nicht dasſelbe als Unterſchiede der Stärke von Tönen ſind, doch aber aus obigem Grunde die Frage für wichtig halte, ob das Weberſche Geſetz ſich nicht eben ſo gut auf jene als dieſe erſtreckt. Um mich zu tadeln, hätte Müller erſt zeigen müſſen, daß ich wirklich nach bloßer Analogie das Geſetz von einem Gebiete auf das andere übertrage; im Gegentheil habe ich für jedes beſondere Verſuche in Anſpruch genommen. Nun finde ich durch die von Preyer ſo ziemlich nachgewieſene Ungültigkeit des Geſetzes im Gebiete der Tonhöhen zwar nichts weniger als gegen die Gültigkeit desſelben für Helligkeits- und Schallſtärkenunterſchiede bewieſen, doch thut es mir leid, eine Stütze für die Allgemeingültigkeit des Geſetzes überhaupt damit verloren gehen zu ſehen; wogegen ich andrerſeits in der Gültigkeit desſelben für die Verhältniſſe der »fortune physique et morale« („Elem.“ I. 236 ff.) fortgehends eine nicht unwichtige Stütze dafür erblicke. Auch mag, ohne Gewicht darauf zu legen, einer ſehr eigenthümlichen Anwendung gedacht werden, die ſich nach dem Schluſſe dieſes Abſchnittes vom Weberſchen Geſetze auf den Umſtand machen läßt, daß die Zeit uns um ſo raſcher zu laufen ſcheint, je älter wir werden. Aber wenden wir uns zuerſt zur Hauptfrage, welche uns zu beſchäftigen hat, die ſich allerdings auf die Gültigkeit des Geſetzes im Gebiete der Reizintenſitäten zu beziehen hat, um erſt zuletzt auf die Frage in Betreff andrer Gebiete zurückzukommen.

1. Die Frage im Gebiete der Reizintenſitäten.

Das Verhältniß zwiſchen Müllers und meiner Betrachtungsweiſe der hierauf bezüglichen Verſuche iſt im Allgemeinen dieſes:

Beide haben wir anzuerkennen, daß das Geſetz in der äußeren Pſychophyſik, d. i. nach Verſuchen mit äußeren Reizen, ſich nur von beſchränkter Gültigkeit zeigt, aber doch in einer Mehrheit von Fällen ſehr annähernd zutrifft, wonach ſich fragt, ob mehr Gewicht auf die Abweichungen oder auf das Zutreffen, ſo weit es ſtattfindet, zu legen iſt. Erſteres geſchieht ſeiten Müllers, letzteres meinerſeits. Indeß ich ſelbſt es als ein fundamentales Geſetz von großer Allgemeinheit anſehe, welches nur durch Nebenbedingungen, denen man ſich bei den Verſuchen nicht entziehen kann, mehr oder weniger geſtört wird, iſt Müller geneigt, die dadurch hervorgebrachten Abweichungen gegen eine fundamentale Bedeutung des Geſetzes ſelbſt zu kehren, indem er die von mir geltend gemachten Gründe der Abweichungen ſei es nicht gelten läßt, oder nicht für zulänglich hält, ja die Abweichungen vom Geſetze zum Geſetze ſelbſt ſchlägt, und hienach gar keine eigentlichen Abweichungen darin ſehen will (p. 225).

Nun glaube ich allerdings, daß, ſo weit man auch eine Specialdiscuſſion der hieher gehörigen Verſuche treiben mag, eine abſolut *ſichere* experimentale Entſcheidung zwiſchen beiden Auffaſſungen nicht dadurch wird zu gewinnen ſein, ſondern jedem noch die *Möglichkeit* bleiben wird, ſich nach ſeinen allgemeinen Anſichten vielmehr auf die eine oder andere Seite zu ſchlagen, wobei insbeſondere der Unterſchied der phyſiologiſchen und pſychophyſiſchen Anſicht vom Verhältniſſe zwiſchen phyſiſchen und pſychiſchen Veränderungen in Betracht kommt. Aber allerdings kann die Specialdiscuſſion weſentlich beitragen, die eine oder andere Auffaſſung des Geſetzes als eines nur durch Nebenurſachen vielfach geſtörten fundamentalen oder als eines mit ſeinen Abweichungen ſolidariſchen, von mir nur ſeiner Gültigkeit, Wichtigkeit und Bedeutung nach untriftig heraufgeſchraubten, zu erleichtern oder zu erſchweren; und hierauf werden ſich die folgenden Betrachtungen richten.

In dieſer Hinſicht nun beſteht von vorn herein ein gewiſſer Gegenſatz zwiſchen Licht- und Schallverſuchen. Die Lichtverſuche bieten allgemeingeſprochen ſchwer zu beſeitigende und ſchwer zu ſchätzende Fehlerquellen dar, und wenn ſie trotzdem das Geſetz überall innerhalb gewiſſer Grenzen in gewiſſer Annäherung erkennen laſſen, iſt es doch je nach Methode und Beobachter zwiſchen ſehr verſchiedenen Grenzen und in ſehr verſchiedener Annäherung; wogegen die Schallverſuche an ſich ſelbſt freier von nachweislichen oder zu vermuthenden Fehlerquellen ſind und nach zwei ſehr verſchiedenen Methoden und Ausführung derſelben durch zwei verſchiedene von einander unabhängige Beobachter (Volkmann und Nörr) zu einer gleichen weit reichenden Beſtätigung des Weberſchen Geſetzes geführt haben. Man kann es alſo *wahrſcheinlich* finden, daß, wenn die Lichtverſuche ſich unter ähnlichen günſtigen Umſtänden befänden, als die Schallverſuche, auch das Geſetz ſich allgemeiner und in weiteren Grenzen, als es ſich ſchon beſtätigt hat, beſtätigen würde. Unverſteckt genug, und mit erwünſchteſter Annäherung tritt es doch ſchon bei den Lichtverſuchen Delboeufs („In Sachen" p. 178 ff.), Dobrowolskys („In Sachen" p. 159), meinen eigenen Verſuchen („Elem." I. 140 ff.), und in den Sterngrößenſchätzungen hervor; und ſelbſt in Auberts und Helmholtz' Verſuchen, welche man am meiſten geneigt iſt, dagegen geltend zu machen, fehlt die ſtarke Approximation daran in den Grenzen des gewöhnlichen Sehens nicht, und wird von Helmholtz ſelbſt anerkannt. (Vergl. „In Sachen" p. 150 ff.) Nun ſind die Verſuchsweiſen von jenen Beobachtern andere als von dieſen; und wenn jene im Ganzen ein günſtigeres Reſultat gegeben haben, als dieſe, ſo kann man nach dem Princip, daß ein Geſetz durch Fehlerquellen irgendwelcher Art leichter geſtört und verſteckt werden als eine ſcheinbare Bewährung dadurch gewinnen kann, von vorn herein vermuthen, daß Fehlerquellen bei jenen Beobachtungsweiſen einen geringeren Einfluß gewonnen haben als bei dieſen. Freilich muß man ſich in Betreff der Delboeufſchen und meiner Lichtverſuche nicht bloß an Müllers Referat darüber halten, ſondern auch berückſichtigen, was ich gegen dies Referat zu ſagen finden werde.

Nun nehme man die ſchöne Beſtätigung dazu, welche das Weberſche Geſetz durch Volkmanns und meine Augenmaßverſuche erhalten hat, die deßhalb hieher gezogen werden können, weil ſie unſtreitig vielmehr auf intenſive Muskelempfindungen als eigentlich extenſive Empfindungen Bezug haben. Selbſt die Chodinſchen Augenmaßverſuche laſſen trotz ihrer unzweckmäßigen Anſtellungsweiſe das Geſetz im Ganzen vor den Abweichungen vorwiegen; und hiezu kommen noch die Wundtſchen Verſuche über Convergenzänderungen der Augenaxen dem Geſetz zu ſtatten. Freilich auch in Betreff der Volkmannſchen Verſuche muß man ſich wieder nicht auf Müllers Referat allein verlaſſen. (Vergl. den ſpäteren Abſchnitt über die Augenmaßverſuche).

Weiter beſtätigt ſich unter der wohlmotivirten Zuziehung einer Conſtante durch meine wie Herings Gewichtsverſuche das Weberſche Geſetz aufs beſte, und ſtimmen die beſt in ſich ſtimmenden Verſuche Kepplers über den Geſchmacksſinn am beſten zum Weberſchen Geſetze („In Sachen" p. 161 ff.).

Und was hat Müller dieſem Überblicke entgegenzuſetzen? Mit gewohntem Scharfſinn mäkelt er ſo viel nur immer möglich an allen einzelnen Unterſuchungen und kann doch damit das Gewicht der Zeugniſſe für das Geſetz im Ganzen nicht brechen.

Dem vorigen Überblicke aber kommt folgende eingehendere Betrachtung zu Hülfe.

So viel empiriſche Abweichungen vom Geſetze auch für die unmittelbare Beobachtung beſtehen, können doch als wahre, gegen die fundamentale Bedeutung des Geſetzes zu kehrende, Abweichungen ſolche nicht gelten, wo die Nebenumſtände, von denen ſie abhängen, nachweisbar oder mit großer Wahrſcheinlichkeit zu vermuthen ſind, oder ſich durch die Rechnung ſelbſt nur als complicirend herausſtellen; und wie viel bleibt überhaupt von Abweichungen übrig, was ſich nicht dieſen Kategorien unterordnete; wo es aber nicht mit Beſtimmtheit der Fall iſt oder nicht zureicht, bleibt die Möglichkeit unerkannter Nebenumſtände nach der Sachlage immer noch beſtehen.

Als allgemeinſte Urſache von Abweichungen in voriger Beziehung ſind conſtante Fehler zu nennen. In manchen Fällen laſſen ſich ſolche durch Entgegenſetzung der Verſuchsumſtände, als der Zeit- und Raumlage, eliminiren, wie bei den Gewichtsverſuchen; und in ſo weit es der Fall iſt, wird niemand eine Abweichung vom Weberſchen Geſetze dadurch begründet halten, die doch ohne die Elimination bei jeder Zeit- und Raumlage für ſich in hohem Grade ſtattfinden würde. Aber in anderen Fällen laſſen ſie ſich nicht auf ſolchem Wege eliminiren, weil keine Entgegenſetzung der Verſuchsumſtände in Betreff derſelben möglich iſt; aber die Elimination kann dann doch ſo geſchehen, daß die durch die Verſuche gewonnenen Maßwerthe ſich rechnungsweiſe in einen conſtanten und einen, dem Weberſchen Geſetze gehorchenden, Theil zerlegen laſſen, und wo dies der Fall iſt, kann auch eine wahre Abweichung vom Weberſchen Geſetze nicht angenommen werden. Dies trifft die untere Abweichung bei den Gewichtsverſuchen, ſo wie die, nur bei mikrometriſchen Verſuchen merkliche kleine untere Abweichungen bei den Augenmaßverſuchen. Bei erſteren Verſuchen kann die conſtante Urſache, die ſich nicht ſich ſelbſt entgegenſetzen läßt, mindeſtens zum Theil in dem Armgewicht gefunden werden, welches ſich allen gehobenen Gewichten zufügt, bei den Augenmaßverſuchen iſt ſie ihrer Natur nach problematiſch; aber das hindert nicht, die davon abhängige Abweichung nur als eine Complication des Weberſchen Geſetzes anſehen zu laſſen, ſofern ſich dies Geſetz durch die Rechnung ſelbſt rein aus der Complication herausſtellt. Nun fehlt es aber auch, namentlich im Gebiete der Lichtempfindung, nicht an Verſuchen, welche nicht einmal die vermeidlichen Urſachen conſtanter Fehler vermieden haben und dennoch gegen das Weberſche Geſetz geltend gemacht werden.

Zu den vorigen Gründen empiriſcher Abweichungen vom Weberſchen Geſetz treten noch zwei, ſchon „In Sachen" p. 51 beſprochene, hinzu, wovon ſich jedenfalls Anzeichen bei den Lichtverſuchen finden: Ladung des pſychophyſiſch thätigen Organs mit pſychophyſiſcher Thätigkeit ſchon ohne äußere Reizeinwirkung als Grund einer unteren Abweichung und Erſchöpfung der disponiblen pſ.-ph. Thätigkeit oder phyſiſches Leiden des empfindenden Organs durch ſehr ſtarke Reizeinwirkung als Grund einer oberen Abweichung. Auch was auf dieſe Urſachen zu ſchreiben iſt, wird nicht als wahre Abweichung vom Weberſchen Geſetze geltend zu machen ſein.

Wenn nun Müller (p. 229) alle möglichen Abweichungen vom Weberſchen Geſetze, gleichviel wovon ſie abhängen, in Bauſch und Bogen in ſeine, ſpäter (Abſchn. XV.) zu beſprechenden ſog. corrigirten Maßformeln dadurch aufnimmt, daß er dieſen eine demgemäße Unbeſtimmtheit giebt, ohne den nebenſächlichen Charakter dieſer Abweichungen zu berückſichtigen, mit dem Anſpruche, in jenen Formeln die eigentlich fundamentalen aufgeſtellt zu haben, auf die man in theoretiſcher Behandlung der Pſychophyſik zurückzugehen habe, ſo geſtehe ich, abgeſehen von Allem, was ſich im Beſonderen gegen dieſe Formeln einwenden laſſen wird, nicht zu verſtehen, was damit für eine wirkliche Einſicht in die pſ.-ph. Grundverhältniſſe und für eine rationelle Behandlung der Pſychophyſik überhaupt gewonnen ſein ſoll.

Es hängt ſo zu ſagen viel äußerer Schutt an dem Geſetze, wovon es gilt, das Geſetz zu reinigen, den aber Müllers corrigirte Formeln in das Geſetz ſelbſt aufnehmen; und damit und daraus ſoll man bauen. Hat aber ſchon die äußere Pſychophyſik keine Frucht davon, wie ſoll ſich vollends danach eine innere auf die äußere Pſychophyſik ſtützen, wozu es daher auch bei Müller gar nicht kommt.

Das Vorige war nur ein allgemeines Aperçu. Im Einzelnen will ich nicht auf Alles zurückkommen, was ſchon in den „Elem.“ Th. I. im IX. Abſchn. und weiter „In Sachen“ (Abſchn. V. VI. VII. XVI. XVII. XVIII.) über die Gültigkeitsfrage und die Bewährungsverſuche des Geſetzes geſagt iſt. Von den Schallverſuchen und Augenmaßverſuchen in dieſer Hinſicht wird noch folgends in beſonderen Abſchnitten die Rede ſein. Hier will ich nur erſtens die, ſchon „In Sachen“ p. 148 ff. geführten Verhandlungen über die Lichtverſuche nochmals aufnehmen, um ſie mit einigen Bemerkungen, die mir beachtenswerth ſcheinen, etwas weiter zu führen, und die einſchlagenden Verhältniſſe etwas eingehender zu discutiren, zweitens auf verſchiedene Bemerkungen über meine und Herings Gewichtsverſuche den Bemerkungen Müllers gegenüber eingehen.

a) Licht.

Vor Allem habe ich hier auf die zwar ſchon früher behandelte aber noch nicht erledigte Frage zurückzukommen, welche Rolle das natürliche Augenlicht oder die ſog. Helligkeit des Augenſchwarz beim Zuſtandekommen der unteren Abweichung vom Weberſchen Geſetze im Gebiete der Lichtempfindung ſpielt. Daß eine ſolche Abweichung hier ſtattfinde, iſt zweifellos und von mir ſelbſt zuerſt ausdrücklich bemerkt. Wenn man aber doch nicht umhin kann, anzuerkennen¹), daß die Empfindung eines reinen Schwarz im geſchloſſenen Auge, wie des Schwarz, was wir bei objectiver Betrachtung einer ſchwarzen Sammet- oder Rußfläche wahrnehmen, nur die, vom Nichtsſehen mit Ohr und Finger wohl zu unterſcheidende, unterſte Stufe der Helligkeitsempfindung iſt, die uns nach der Einrichtung unſeres Sehorgans überhaupt zugänglich iſt, und die ſich durch Übergänge bis zur höchſten Helligkeit ſteigern kann, ſo iſt auch zweifellos, daß das Daſein dieſer ſubjectiven Helligkeit, wenn nicht alleiniger oder Hauptgrund, jedenfalls Mitgrund der unteren Abweichung iſt; und es kann ſich eben bloß fragen, ob es auch zur Erklärung der unteren Abweichung ausreicht. Ich gebe ſchlechthin zu, daß dies nach den bisher vorliegenden Unterſuchungen nicht zu verſichern iſt, behaupte aber, daß eben ſo wenig das Gegentheil zu verſichern iſt, wie es von Aubert, Müller u. A. geſchieht; und nach Recapitulation deſſen, was nöthig iſt, auf den Standpunct der Frage zu ſtellen, gehe ich folgends näher darauf ein.

Werde die ſchwache pſ.-ph. Erregung des Geſichtsorganes, von welcher die ſubjective Helligkeit des Augenſchwarz ohne äußeren Lichtreiz abhängt, kurz mit e bezeichnet, ſo können wir dies e einem ſolchen Werthe des äußeren Lichtreizes äquivalent denken, der im Stande wäre, durch Hervorrufung einer gleichen pſ.-ph. Erregung eine gleiche Helligkeit hervorzurufen. Heiße nun die Intenſität des äußeren Lichts allgemein i, und bei verſchiedener Stärke reſpectiv i' und $i_{,}$, ſo iſt jedes i, was auf eine Stelle der Netzhaut fällt, durch e vergrößert anzuſehen, und zur Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes nach gründlicher Faſſung nicht zu fordern, daß der empfundene Unterſchied zweier äußeren Helligkeiten bei Änderung ihrer abſoluten Stärke gleich bleibe, wenn ihr Verhältniß $\frac{i}{i_{,}}$ gleich bleibt, ſondern das ganze Verhältniß

---

[1] Delboeuf ſträubt ſich freilich hiegegen, ohne daß ich meine Auffaſſung in dieſer Hinſicht („Elem." I. p. 165 ff. und „In Sachen" p. 23) bloß dadurch, daß ſie zu ſeiner Theorie nicht paßt, widerlegt oder entkräftet fände; durch was aber ſonſt?

$$\frac{i' + c}{i_{,} + c}$$

müßte dazu gleich bleiben. So lange nun $i' i_{,}$ ſtark genug ſind, daß c merklich dagegen verſchwindet, iſt dies auch merklich der Fall, und kann ſich das Weberſche Geſetz approximativ beſtätigen, nicht mehr aber bei ſchwachen äußeren Intenſitäten, wo c nicht mehr gegen i' und $i_{,}$ vernachläſſigt werden kann. Hier erleidet die Gültigkeit des Geſetzes nothwendig einen Abbruch, und hienach kann das Geſetz ſich nicht bis zur unterſten Grenze erſtrecken. Ja, wie c merklich gegen i' und $i_{,}$ verſchwinden kann, kann umgekehrt i' und $i_{,}$ merklich gegen c verſchwinden, wo dann von obigem Ausdruck nur $\frac{c}{c}$ übrig bleibt, hiemit der Unterſchied für das Auge ganz verſchwindet, was übrigens ſchon bei Annäherung an jene Grenze von dem Puncte an der Fall ſein muß, wo das Verhältniß

$$\frac{i' + c}{i_{,} + c}$$

unter die Verhältnißſchwelle fällt. Man kann dieſen Fall experimental herſtellen, und es iſt inſtructiv es zu thun, indem man mehr und mehr verdunkelnde Gläſer vor die Augen nimmt, welche nach Bouguers Princip die Intenſitäten abſchwächen ohne ihr Verhältniß zu ändern. Die geringe Helligkeit des Augenſchwarz hat hiebei für Unterſchiede zwiſchen noch viel ſchwächeren Helligkeiten, die ſich von außen darauf projiciren, dieſelbe auslöſchende Wirkung, als die von der Sonne abhängige ſtarke Tagesbeleuchtung des Himmels für die ſtarken Unterſchiede der hellen Sterne von dem Himmelsgrunde, auf den ſie ſich projicirt. Durch Herabgehen zu immer ſtärker verdunkelnden Gläſern aber können objective Helligkeiten bis zu jedem beliebigen Grade der Schwäche herabgedrückt werden, bis bei ganz undurchſichtigen Gläſern gar nichts mehr durchgeht.

Nun iſt gewiß, daß das durch c repräſentirte Augenlicht je nach Individuen und individuellen Zuſtänden veränderlich iſt. Hiefür ſprechen nicht nur beſonders darauf gerichtete Verſuche von Delboeuf, die, ohne von ihm ſelbſt auf das natürliche Augenlicht, das c in unſerer Bedeutung, bezogen zu ſein, doch, wenn man einmal das Vorhandenſein natürlichen Augenlichts anerkennt, auf nichts Anderes beziehbar ſind; ſondern auch Thatſachen, wie folgt. In Nachbildern von hellen Flecken auf weißem Grunde erſcheint bei geſchloſſenem Auge das Nachbild des weißen Fleckes tief ſchwarz, umgeben von einem oft ſehr lichten Randſchein. Dieſe Verſchiedenheit zwiſchen dunkel und hell im geſchloſſenen Auge kann nur auf Verſchiedenheiten der inneren Augenhelligkeit beruhen, und jeder Conkraft mag auch bei offenen Augen eine ſolche Verſchiedenheit mitführen. In krankhaften Zuſtänden kann oft das ganze Auge von ſubjectivem Lichte erhellt ſeien. Vergl. überhaupt das, was in „Elem.“ I. 163 und „In Sachen“ 112. 186 darüber geſagt iſt. Nur ſcheint nach einer natürlichen Einrichtung die Intenſität des inneren Augenlichtes nicht unter einen gewiſſen Grenzwerth herabgehen, hiemit die Empfindung des Augenſchwarz nicht unter eine gewiſſe Tiefe ſinken zu können. Wonach man das natürliche Augenlicht aus einem conſtanten Grenzwerth und einem nach Umſtänden bis zu unbeſtimmter Höhe variablen Theile zuſammengeſetzt denken kann.

Nun pflegen hauptſächlich die Aubertſchen Verſuche gegen die Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes bei niedern Lichtgraden geltend gemacht zu werden, und ſo geſchieht es auch von Müller. Aubert hat dabei auf die vom c abhängige nothwendige Abweichung keine Rückſicht genommen; doch iſt dies zunächſt nur ein Fehler ſeiner Betrachtung und ich habe ſelbſt ſchon in meiner Abhandlung gegen Aubert in den Schr. d. ſächſ. Soc. wie „In Sachen“ anerkannt, daß auch wenn man dieſe Rückſicht nimmt, die untere Abweichung nicht wohl dadurch genügend gedeckt werden kann, indem c dazu viel zu groß und mit der äußeren Beleuchtungsſtärke ſelbſt gar zu variabel angenommen werden müßte, um dieſe Annahme ſtatthaft zu finden. Dasſelbe hat Müller (p. 182) durch eine beſondere Rechnung gezeigt. Eine andere Frage aber iſt, ob es nicht ein Fehler von Auberts Verſuchen iſt, und ich habe in dieſer Hinſicht ſchon „In Sachen“ p. 152—154 Gründe des Mißtrauens gegen ſeine Schattenverſuche geltend gemacht, nämlich auf 4 conſtante Fehler hingewieſen, gegen die ich nach der Weiſe, wie Auberts Schattenverſuche von ihm ſelbſt beſchrieben ſind, keine Vorſorge getroffen finde; wonach noch ganz ungewiß bleibt, wiefern ſie dabei in Betracht kamen; daß ſolche überhaupt nicht bei dieſen Verſuchen in Betracht kommen ſollten, iſt nach den Erfahrungen über die Quellen conſtanter Fehler in anderen Sinnesgebieten, und nach Erfahrungen von Delboeuf („In Sachen“ p. 153) im Lichtgebiete ſelbſt, höchſt unwahrſcheinlich.

Nun ſind allerdings nicht dieſelben Bedenken wie gegen die Schattenverſuche gegen die, zu höheren Intenſitäten aufſteigenden Drehſcheibenverſuche Auberts und Helmholtz'[1]) zu erheben, bei denen man überhaupt keinen merkbaren Einfluß des c mehr vorausſetzen kann, indeß ſich doch die untere Abweichung bis in dieſe Verſuche hinein erſtreckt. Auch leugne ich nicht das Gewicht, was man dieſen Verſuchen beizulegen hat; aber abgeſehen davon, daß denſelben durch weiterhin geltend zu machende Verſuche, die nach andern Verfahrungsweiſen zu einem anderen Reſultat führen, ein Gegengewicht gehalten wird, erinnere ich an eine, bei Auberts wie Helmholtz' Verſuchen und freilich überhaupt bei faſt allen Verſuchen in dieſem Gebiete unbeachtet gelaſſene Regel, der man doch durch vielſeitige Erfahrungen veranlaßt iſt, Rechnung zu tragen. Bei pſychophyſiſchen Maßverſuchen über Unterſchiedsempfindlichkeit vermeidet man überhaupt conſtante Fehler ſicher nur, wenn man *beide* Componenten des zu beobachtenden Unterſchiedes unter gleichen äußeren Verhältniſſen der Beobachtung darbietet, oder nicht zu vermeidende Verſchiedenheiten durch Umkehrung compenſirt und nach bekannter Weiſe eliminirt. Dieſer Regel ſpottet man aber ſo zu ſagen, wenn man die eine Lichtcomponente als kleinen Kreis, als ſchmalen Streifen oder Ring in einem ſie unmittelbar umgebenden ausgedehnten Grunde als der andern Componente beobachtet. Und fehlt es etwa an jeder Andeutung, daß hierauf etwas zu geben? Im Gegentheil lehrt der Vergleich früherer mit ſpäteren Verſuchen Volkmanns, worauf ich unten komme, daß jedenfalls bei den *Schatten*verſuchen die Reſultate ſich mit Ausdehnung der Schatten im Verhältniß zum Grunde ändern, *und daß größere Schatten ein beſſer zum Weberſchen Geſetze ſtimmendes Reſultat geben, als kleine Kreisſchatten.* Iſt es aber ſo bei den Schattenverſuchen, ſo kann etwas Entſprechendes auch bei den *Drehſcheibenverſuchen* der Fall ſein, und könnte ſich wohl finden, daß die Reſultate mit veränderter Breite der bei der Drehung erſcheinenden Ringe gegen den Grund ſich ändern und breitere Ringe ein günſtigeres Reſultat geben als ſchmälere.

---

[1] Die Helmholtzſchen Verſuche erſcheinen etwas weniger maßgebend als die Aubertſchen, nicht nur weil ſie weniger ausgedehnt ſind, ſondern auch weil ſie bei verſchiedener Beleuchtung nicht auf denſelben Grad der Ebenmerklichkeit gebracht ſind. Die Ergebniſſe lauten wörtlich: „Ich konnte an hellen Sommertagen am Fen-

Wie weit überhaupt die bisherigen Verſuche durch die hier der Be-

---

ſter bei Bewegung des Blickes noch einen Rand ſcharf ſehen, wo der Unterſchied der Helligkeit $\frac{1}{133}$ war, und verwaſchen erſchien mir noch ein Rand von $\frac{1}{150}$, auf Augenblicke ſogar einer von $\frac{1}{167}$ Unterſchied. Etwas mühſamer und anſtrengender erſchienen die Wahrnehmungen bis zu $\frac{1}{150}$ bei directer Sonnenbeleuchtung der Scheibe. In der Mitte des Zimmers konnte ich zu derſelben Zeit nur Ränder von $\frac{1}{117}$ Unterſchied wahrnehmen, den von $\frac{1}{133}$ nur ſelten und unbeſtimmt.“ (Phyſiol. Opt. p. 315).

achtung empfehlene Fehlerurſache betheiligt ſind, iſt noch gar nicht zu ſagen; und es wäre jedenfalls äußerſt erwünſcht, wenn man, ſtatt die Verſuche in unſerem Felde ferner nach alten Methoden mit ungleicher Ausdehnung der Componenten zu häufen, ohne noch irgendwie im Klaren zu ſein, wie viel auf die hier angeregte Rückſicht zu geben, ſelbſt erſt eigens darauf gerichtete Verſuche anſtellte. Jedenfalls aber wird man, bevor dies geſchehen iſt, den Aubertſchen und Helmholtzſchen Drehſcheibenverſuchen kein entſcheidendes Gewicht mehr gegenüber den anders angeſtellten Delboeufſchen wie meinen eigenen Verſuchen beilegen können, welche in Widerſpruch mit jenen noch ſehr wohl geſtatten, die untere Abweichung bloß vom Daſein des c abhängig zu machen.

Nach der Weiſe freilich, wie Müller (p. 187) Delboeufs Verſuche beſpricht, würde man anſtatt eines Widerſpruches gegen die Aubertſchen und Helmholtzſchen Reſultate nur eine Beſtätigung derſelben darin zu ſehen haben. In der That aber unterſcheiden ſich beiderlei Verſuche darin, daß die Aubertſchen und Helmholtzſchen Verſuche gegen die Zulänglichkeit des c zur Erklärung der untern Abweichung, die Delboeufſchen für dieſelbe ſprechen, wie weiterhin zu zeigen. Aber beſprechen wir zuerſt die Volkmannſchen Verſuche.

Von vorn herein ließen ſich den Schattenverſuchen Auberts gegenüber, welche eine ſehr ſtarke untere Abweichung bei den Lichtverſuchen finden laſſen, die früheren Schattenverſuche Volkmanns, deren in den „Elem.“ I. 149 gedacht iſt, geltend machen, ſofern darin eine untere Abweichung überhaupt nur ſchwach hervortritt. Aber wenn ſchon nach Obigem die Schattenverſuche Auberts keineswegs dem Verdacht conſtanter Fehler überhaupt enthoben ſind, iſt doch zuzugeſtehen, daß ſie im Ganzen vollkommener waren, als die Volkmannſchen, indem zu den möglichen Fehlerquellen der Aubertſchen Verſuche bei den Volkmannſchen noch andere hinzutraten (wie namentlich die nicht ausgeſchloſſene Reflexion des Lichtes von den Wänden), worauf Müller (p. 113) ſachgemäß eingeht. Außerdem macht Müller (p. 114) geltend, daß die, von ihm p. 114 f. reſumirten, neueren Verſuche Volkmanns mit ſehr kleinen Schatten auf hellem Grunde in deſſen „Phyſiolog. Unt.“ I. 57 mit Volkmanns früheren, in m. „Elem.“ mitgetheilten, Verſuchen gar nicht ſtimmen, und ebenſo entſchieden gegen die Gültigkeit des Geſetzes, als die früheren für dieſelbe ſprechen, ſofern ſich dabei eine ſehr bedeutende Abhängigkeit des relativen e. m. U. von der abſoluten Helligkeit zeigte, wie ſie die früheren Verſuche mit den größerern Schatten nicht zeigten. In der That aber iſt dies in einem Grade der Fall, daß ſo zu ſagen zu viel gegen das Geſetz dadurch bewieſen wird; denn nach dieſen Verſuchen könnte auch nicht einmal mehr von einer approximativen Geltung des Geſetzes die Rede ſein, und der Erfolg der Delboeufſchen Verſuche, meiner Verſuche mit verdunkelnden Gläſern und der Sterngrößenſchätzungen erſchiene danach unbegreiflich. Es gilt alſo eine Aufklärung des ſcheinbaren Widerſpruches der ſpätern Verſuche Volkmanns nicht nur mit ſeinen früheren ſondern auch ſolchen, die von Andern nach andern Methoden angeſtellt ſind, zu ſuchen.

Nun verlegt Müller den Fehler auf die früheren Verſuche Volkmanns und verſucht (p. 117) die bloße *Scheinbarkeit* einer Bewährung des Weberſchen Geſetzes durch dieſelben mittelſt Geltendmachung eines Umſtandes herauszubringen, welcher die ſpäteren Verſuche nicht ebenſo treffe. Da jedoch dieſer Verſuch ſchon in Bezug auf die Löſung des Widerſpruches zwiſchen den eignen früheren und ſpäteren Verſuchen Volkmanns ſehr problematiſch ſcheint, den Widerſpruch der letzteren mit anderweiten anders angeſtellten Verſuchen aber *gar* nicht löſt, verweiſe ich hinſichtlich der Kenntnißnahme davon auf folgende Einſchaltung, und verſuche die Löſung des Widerſpruches aus einem andern ſchon oben vorläufig zur Sprache gebrachten Geſichtspuncte.

Müller ſagt: „Wir haben ſchon hervorgehoben, daß bei den früheren Verſuchen Volkmanns wegen der theilweiſe nur ſehr geringen Entfernung der beiden Lichter von der weißen Tafel wahrſcheinlich der Schatten des Stabes merklich diffuſe Begrenzungen gehabt habe und vielleicht aus dieſem Grunde eine mit der Steigerung der abſoluten Lichtintenſität verknüpfte Zunahme der relativen Unterſchiedsempfindlichkeit nicht bemerklich geworden ſei, weil eben der Einfluß der abſoluten Helligkeit auf die U. E. durch den mit der Annäherung der beiden Lichtquellen an die Tafel wachſenden ungünſtigen Einfluß des Halbſchattens verdeckt worden ſei. Dieſe Vermuthung ſcheint darin eine gewiſſe Beſtätigung zu finden, daß bei den neuen Verſuchen Volkmanns ein ähnlicher Einfluß des Halbſchattens nur in äußerſt geringem Maß ſtattgefunden haben kann.“ Hierüber geht Müller in weitere Ausführungen ein.

Nun iſt es aber von vorn herein höchſt unwahrſcheinlich, daß bei der Durchführung der Verſuchsreihe durch ſehr verſchiedene Lichterdiſtanzen von der Tafel die Verhältniſſe des Halbſchattens immer gerade zur ſcheinbaren Beſtätigung des Weberſchen Geſetzes geführt haben ſollten; und nichts als die unbeſtimmte Vermuthung Müllers ohne alle directe Verſuche über die Wirkung des Halbſchattens in dieſer Hinſicht liegt dafür vor. Aber ſei es, daß der Widerſpruch der ſpäteren mit den früheren Verſuchen Volkmanns ſich dadurch heben ließe, ſo doch bemerktermaßen nicht mit den Verſuchen anderer Beobachter nach anderen Methoden, bei denen von Halbſchatten nicht die Rede iſt.

Zuvörderſt iſt im Allgemeinen zu erinnern, daß, ſofern die ſpäteren Verſuche Volkmanns abgeſehen von der verſchiedenen Größe des Schattens und den andern Verhältniſſen des Halbſchattens unter denſelben

Umſtänden angeſtellt ſind, als die frühern, ſie auch weſentlich von denſelben Fehlerquellen leiden mußten und in ſofern nicht mehr Zutrauen in Anſpruch nehmen können als jene. Und um ſo weniger kann man die früheren gegen die ſpäteren ohne Weiteres verwerfen, als die „In Sachen" p. 156 angeführten, von Müller nur p. 117 kurz in einer Anmerkung berückſichtigten Schattenverſuche Camerers mit den zwei Beobachtern O, P eine ganz ähnliche gute Zuſammenſtimmung mit dem Weberſchen Geſetze ergeben, als die früheren Verſuche Volkmanns[1], wobei allerdings in Ermangelung näherer Angaben dahingeſtellt bleiben muß, ob nicht den Verſuchen Camerers ähnliche Fehlerquellen anhingen als den Verſuchen Volkmanns. Im Mittel der beiden Beobachter O, P (dies Mittel beiläufig aus den Nennern der Brüche gezogen) entſprechen ſich nämlich:

Beleuchtungsſtärken:	1225	441	225
E. m. relat. U.:	$\frac{1}{104{,}5}$	$\frac{1}{103{,}5}$	$\frac{1}{104{,}5}$

Das heißt: während die Beleuchtung vom 1fachen bis ungefähr zum 5,5fachen ſtieg, änderte ſich der relative e. m. U. nicht merklich. Und im Allgemeinen muß ich dabei ſtehen bleiben, daß, welche Fehlerquellen man immer bei Volkmann und Camerer finden oder vorausſetzen mag, ein Geſetz leichter durch ſolche verſteckt, als deſſen Schein dadurch erzeugt werden kann, und daß Fehlerquellen, die nicht mit den Beobachtungsgrößen wachſen — was unſern Falls wenigſtens nicht nachzuweiſen noch a priori vorauszuſetzen — verhältnißmäßig ſtörender für kleine als große Beobachtungsgrößen ſind. Beides aber ſtimmt dahin zuſammen, bis auf Weiteres der Bewährung des Geſetzes durch die Verſuche mit den größeren Schatten mehr Zutrauen zu ſchenken, als den fehlſchlagenden Verſuchen mit den kleinen Schatten; und folgende Erörterungen dürften dieſer Anſicht zu Hülfe kommen.

Volkmann ſelbſt glaubt den Unterſchied des Erfolges ſeiner früheren und ſeiner ſpäteren Verſuche in Betracht ihrer ſonſt gleichen Anſtellungsweiſe auf nichts Anderes als den Unterſchied in der angewendeten Schattengröße ſchieben zu können, ohne ſich jedoch auf Erörterungen einzulaſſen, wie von dem einen Unterſchiede der andere abhängen könne. Die eigene Bemerkung Volkmanns in jener Hinſicht aber verdient in ſofern Beachtung, als ſich über die abſolute Schattengröße in Volkmanns früheren Verſuchen („Elem." I. 149) keine Angaben finden. Nun iſt aber ſchon ſonſt bekannt, daß einen, bis jetzt nur noch nicht hinreichend aufgeklärten, Einfluß auf den Erfolg von Verſuchen über eben merkliche Unterſchiede die Größe des hellen oder dunklen Feldes hat, deſſen Unterſchied von einem umgebenden Grunde man beobachtet, indem mit Abnahme der Größe des betreffenden Feldes die Unterſcheidbarkeit vom Grunde abnimmt, worüber Beobachtungen von Förſter („Über Hemeralopie." Breslau 1857), von Aubert (Phyſiol. d. N. p. 83) und von Volkmann (Phyſiol. Unt. I. 57 ff.) vorliegen; wodurch man ſich vielleicht veranlaßt finden kann, anzunehmen, daß mit der Zahl der, ihrer Helligkeit nach zu unterſcheidenden, Puncte die Leichtigkeit der Unterſcheidung wächſt, was an ſich nichts Unwahrſcheinliches hat, hier aber dahingeſtellt bleiben kann. Zugleich aber lehren Volkmanns Verſuche (p. 61 ſeiner Abh.), daß dieſer Einfluß der Größe mit wachſender Größe des Feldes raſch abnimmt, alſo über eine gewiſſe Grenze hinaus nicht mehr merklich ſein dürfte. Und ſo liegt die Vermuthung nahe, daß, ſo wie die Kleinheit des Schattens Einfluß auf die Größe des eben merklichen Unterſchiedes hat, ſie zugleich Einfluß auf die Bewährbarkeit des Weberſchen Geſetzes hat, in der Art, daß der Schatten erſt eine gewiſſe Größe überſteigen muß, ſoll dieſe Bewährung überhaupt gelingen, weil unter einer gewiſſen Größe ſich ſtörende Einflüſſe bemerklich machen, die über derſelben merklich verſchwinden. Iſt es doch auch ſo mit den Geſetzen der Irradiation, und fraglich ſogar, obwohl bis auf Weiteres nicht als gewiß zu behaupten, ob nicht die eine Störung der Geſetzlichkeit mit der anderen irgendwie zuſammenhängt, da die Irradiation an der Grenze der zu unterſcheidenden Lichtintenſitäten auftritt. In der That das Geſetz, daß bei aneinandergrenzendem Weiß und Schwarz das Weiß durch Irradiation in das Schwarz übergreift, hierdurch die Ausdehnung von jenem wächſt, von dieſem abnimmt, hält nicht mehr Stich, wenn das Schwarz in kleiner Ausdehnung gegen das benachbarte Weiß auftritt; denn wie ein weißer Punct oder eine weiße Linie auf ſchwarzem Grunde in das Schwarz hinein irradiirt und dadurch vergrößert oder verbreitert erſcheint, ſo umgekehrt ein ſchwarzer Punct, eine ſchwarze Linie auf weißem Grunde, nur daß die erſte Irradiation ſtärker als die zweite iſt. Auch hat die Beleuchtungsſtärke einer Einfluß auf die Irradiationsverhältniſſe[1].

---

[1] Die nicht ſo dazu ſtimmenden Beobachtungen des dritten Beobachters C, d. i. Camerers ſelbſt, können unſtreitig wegen der Farbenblindheit ſeiner Augen weniger zählen.

---

[1] Vergleiche Volkmanns ſehr intereſſante Beobachtungen über die Irradiation in demſelben Hefte ſeiner „Phyſiolog. Unt.", in welchem die oberwähnten Verſuche über das Weberſche Geſetz enthalten ſind.

Dem Vorigen könnte man entgegenhalten, daß bei den Sterngrößenſchätzungen ſogar beide Componenten unmerklich klein gegen den Grund ſind, und doch eine ſchöne Beſtätigung des Weberſchen Geſetzes dabei erzielt worden iſt. Aber die Schätzung geſchieht hier nicht durch Vergleichung der Sternhelligkeit mit der Helligkeit des Grundes, wie bei den Schattenverſuchen mit den Schatten der Fall iſt, ſondern durch Vergleichung der Sternhelligkeiten unter einander auf einem gemeinſamen Grunde. Hier ſind alſo die beiden Componenten überhaupt nicht ungleich; auch tritt die günſtige und wahrſcheinlich weſentliche Bedingung hinzu, daß ſie diſtant genug ſind um nicht durch Irradiation in einander überzugreifen. Iſt nämlich überhaupt auf Irradiation etwas hiebei zu geben, ſo läßt ſich der Vortheil der Größe des Feldes in einem ausgedehnten Grunde ſehr wohl ſo deuten: der irradiirte Rand des vom Grunde umgebenen Feldes iſt überall nur ſchmal, nimmt aber von einem kleinen Felde verhältnißmäßig mehr ein, als von einem großen, ſtört alſo auch verhältnißmäßig mehr; zählt hingegen bei Vergrößerung des Feldes über eine gewiſſe Grenze hinaus in Verhältniß zu deſſen ganzer Fläche nicht mehr merklich mit, da wir doch die Helligkeit der beiden Componenten nicht bloß nach einem Blick auf ihre gemeinſame Grenze, ſondern einem Blick auf ſie im Ganzen vergleichen. Doch gebe ich das Hypothetiſche dieſer Auffaſſung zu.

Unter denſelben Geſichtspunct als die Irradiationsſäume in eben betrachteter Hinſicht laſſen ſich aber auch bei den Schattenverſuchen die Halbſchatten an der Grenze von Feld und Grund faſſen, und würden ſich bei dieſen wie bei den Drehſcheibenverſuchen die oft ſehr augenfälligen, vom Contraſt abhängigen, Randſcheine faſſen laſſen, wovon „In Sachen" p. 108 die Rede war, wenn letztere nicht proportional den äußeren Helligkeiten ſich ändern ſollten, was jedoch nach Machs Formeln („In Sachen" p. 108 f.) ſo lange der Fall iſt, als die Helligkeit des Augenſchwarz vernachläſſigt werden kann.

Volkmann (p. 63) erwähnt noch Scheibenverſuche, wonach ein weißer Sector auf ſchwarzer Drehſcheibe viel leichter unterſchieden wird als ein ſchwarzer Sector von gleicher Winkelbreite auf weißer Drehſcheibe, doch ſcheinen mir dieſe Verſuche nichts anderes als eine bekannte Folgerung des Weberſchen Geſetzes zu beweiſen, daß derſelbe abſolute Lichtunterſchied bei größerer abſoluter Helligkeit ſchwerer erkannt wird. Eine weiße Drehſcheibe mit ſchwarzem Sector giebt nämlich für den ganzen Verſuch eine größere abſolute Helligkeit als eine ſchwarze Drehſcheibe mit weißem Sector.

Was die Sterngrößenſchätzungen an ſich ſelbſt anlangt, ſo habe ich dieſelben in „Elem." I. 158 ff. und „Elem." II. 107 ff. unter Mitbeziehung auf eine frühere Abh. in den „Abh. der ſächſ. Societät" (math.-phyſ. Cl. Band IV. p. 457 ff.) behandelt, und noch einen Nachtrag dazu in den „Berichten" derſelben Soc. 1859. p. 58 ff. gegeben. Auch Müller widmet dieſem Gegenſtande ein beſonderes Capitel (von p. 139 an). In Betreff der factiſchen Beziehung der Sterngrößenſchätzungen zum Weberſchen Geſetze findet zwiſchen uns keine Verſchiedenheit ſtatt, und Müller wendet noch beſonderen Fleiß darauf, zu zeigen, daß die Abweichung, welche der Dawesſche Exponent der Schätzung von den ſo nahe übereinſtimmenden Exponenten, zu denen andere Beobachter gelangt ſind, auf einer Unrichtigkeit ſeitens Dawes beruhen möge; und ſchließt ſeine Betrachtungen darüber (p. 154) mit den Worten: „Die Differenz zwiſchen dem Reſultate, das Dawes aus ſeinen Beobachtungen ableitet, und den entſprechenden Angaben der übrigen Forſcher darf uns alſo nicht von der Behauptung abhalten, daß die Intenſitäten der auf einander folgenden Größenklaſſen im Groben und Ganzen mit grober Approximation eine geometriſche Reihe bilden, deren Exponent in aufſteigender Richtung etwa den Werth 2,5 oder 2,6 bildet", d. h. alſo, daß ſie „im Groben und Ganzen" approximativ das Weberſche Geſetz befolgen. Indeß bei ſeiner Abneigung, dem Weberſchen Geſetze überhaupt beſondere Wichtigkeit und ausgedehnte Gültigkeit zuzugeſtehen, legt er ſchließlich (p. 157) der ganzen Unterſuchung über die Beziehung der betreffenden Schätzungen zu dem Geſetze „nur äußerſt geringen Werth bei, weil die ſogenannten Größen der Sterne trotz der ſorgfältigen Reviſionen und Sichtungen, die ſie in der neueſten Zeit erfahren haben, nicht als hinlänglich zuverläſſige Beobachtungsdaten, aus denen ſich mit voller Sicherheit gewiſſe Schlüſſe ziehen laſſen, angeſehen werden können, und überhaupt wegen der Unfertigkeit des vorliegenden empiriſchen Materials eine präciſe Behandlung dieſes Gegenſtandes nicht möglich iſt."

Meinerſeits hege ich bei meiner entgegengeſetzten Neigung eine andere Anſicht von der Bedeutung der Sterngrößenſchätzungen, und meine, daß, wenn das, was Müller ſelbſt zugeſtanden hat, zugeſtanden werden muß, die Sterngrößenſchätzungen von großer Wichtigkeit und Bedeutung für die Gültigkeitsfrage des Geſetzes im Gebiete des Lichtes ſind, einmal, weil die Unſicherheit der empiriſchen Beſtimmungen wohl das Fehlſchlagen und die Abweichungen vom Geſetz aber nicht das Zuſtandekommen des Geſetzes, ſo weit es in den Schätzungen hervortritt, erklären könnte; zweitens weil die Sterngrößenſchätzungen nach einem ganz anderen Beobachtungsprincip als die meiſten anderen Verſuche, und frei von dem Nachtheil einer ungleichen Ausdehnung der Componenten, zur Verſtärkung der aus anderen Verſuchen gefolgerten Gültigkeit des Geſetzes beitragen.

Ich ſelbſt habe in „Elem." II. p. 187 ff. gezeigt, wie die Helligkeit des Augenſchwarz und die Helligkeit des Himmelsgrundes als mitbeſtimmend für die Schätzung in Rechnung kommen. Nun macht Müller p. 156 eine an ſich richtige Gegenbemerkung gegen die ſich p. 110 bei mir vorfindende Angabe, „daß der (hauptſächlich vom zerſtreuten Sternenlicht abhängige) Theil e der Himmelshelligkeit nach Maßgabe der Flächenvergrößerung G, die das Fernrohr gewährt, an Intenſität abnimmt," da er von anderer Seite im Verhältniß der Größe der Objectivfläche zunimmt. Sofern aber erſter Geſichtspunct überwiegt, ändert dies in meiner Darſtellung eben nur, daß man e zwar mit G abnehmend, nur nicht proportional abnehmend, zu ſetzen hat, ohne daß in den Formeln ſelbſt und deren Folgerungen ſich etwas damit zu ändern hat.

Hienach komme ich auf meine obige Angabe (S. 156) zurück, daß die, „In Sachen" p. 178 ff. beſprochenen Lichtverſuche Delboeufs in Widerſpruch mit Müllers Angaben vielmehr für als gegen die Zulänglichkeit des c zur Erklärung der unteren Abweichung ſprechen. Den ganz directen Beweis dafür gewährt die Geſammttabelle der Delboeufſchen Verſuche, die ich „In Sachen" p. 182 mitgetheilt habe. Sie iſt (unter Berichtigung einiger Rechenverſehen Delboeufs) aus den 4 Haupttabellen der Delboeufſchen Verſuche (Et. p. 54. 60. 62. 65) zuſammengeſtellt, welche Müller p. 161 ff. in ſo weit berückſichtigt, als ſich daraus eine untere Abweichung vom Weberſchen Geſetze folgern läßt, welche Delboeuf ſchon ſelbſt aus ſeinen Verſuchen gefolgert hat, und nun eben durch ſein c repräſentirt. Natürlich hätten hienach von Müller dieſelben Tabellen darauf angeſehen werden ſollen, ob dieſe Repräſentation genügt, was nach der directen Ausſage der Tabellen nicht in Abrede zu ſtellen ſein wird; ſtatt deſſen ſieht Müller bei dieſer Frage ganz von dieſen Tabellen ab, um ſich dafür (p. 184) an Berechnungen aus anderswoher genommenen Verſuchsratis zu halten, welche die Unzulänglichkeit des c in betreffender Hinſicht beweiſen ſollen, aber bei ihrer von Delboeuf ſelbſt zugeſtandenen Rohheit und Nebenſächlichkeit gegen die Tabellen, auf welchen Delboeuf in betreffender Hinſicht fußt, nichts beweiſen, wozu man die ſpeciellen Belege mit einigen Nebenbemerkungen in folgender Einſchaltung findet.

Müller (p. 184) bezieht ſich in betreffender Hinſicht auf Verſuche, welche in Delboeufs Etudes p. 70 enthalten, jedoch von dieſem nur zum Beweiſe angeſtellt ſind, daß unter Rückſicht auf ſeinen Werth c[1] die Winkelbreiten δ, δ', δ'' ſeines Apparates bei abgeänderten Beleuchtungen überhaupt ihr Verhältniß ändern müſſen.

---

[1] Dieſer iſt nach ſchon früher (S. 153) gemachter Bemerkung in factiſcher Verwerthbarkeit unſerem c äquivalent, wenn ſchon Delboeuf ſelbſt ſeine theoretiſche Bedeutung anders faßt, worauf aber hier nichts ankommt.

ſoll die Gleichheit der Unterſchiede für das Auge erhalten bleiben (was in der That eine Folgerung des Daſeins des c in unſerem Sinne iſt), ohne daß aber dieſe Verſuche irgendwie zu einer vergleichenden Beſtimmung der Größe des c bei verſchiedener Beleuchtung, wie Müller ſolche daraus vernimmt, dienen können oder von Delboeuf ſelbſt dazu gebraucht worden ſind. Delboeuf ſelbſt nennt dieſe Verſuche »grossières«, ſagt ausdrücklich von den bei dieſen Verſuchen erhaltenen Zahlen: „ich möchte keineswegs behaupten, daß dieſe Zahlen genau ſind, da wir nicht die Vorſicht beobachtet haben, die Zahlen erſt mit Verkleinerung, dann mit Vergrößerung der beiden Arme zu beſtimmen,“ d. h. da wir keine Vorſicht gegen conſtante Fehler getroffen haben. Daß aber die Vernachläſſigung dieſer Vorſicht wirklich erhebliche conſtante Fehler einführen mußte, geht aus den Verſuchstabellen Delboeufs Étud. p. 73 u. 88 hervor, deren ich „In Sachen“ p. 153 Anmerk. gedacht habe. Endlich erklärt Delboeuf anmerkungsweiſe (p. 71) zu eben jenen Verſuchen, auf die ſich Müller bezieht, daß er genauere Verſuche über die Abhängigkeit des c von der Stärke der Beleuchtung erſt habe anſtellen wollen, aber nicht dazu gekommen ſei. Nichts deſto weniger und ohne Rückſicht auf alles hier Bemerkte rechnet Müller (p. 185) aus jenen groben Verſuchen heraus, daß bei einer 256fachen Beleuchtung des Delboeufſchen Apparates c mit einem mehr als dreimal ſo großen Werth herauskomme, als bei einer einfachen, und findet darin hinreichenden Grund, die Rückſicht, die Delboeuf ſelbſt auf dieſen Werth bei den von ihm als maßgebend angeſehenen Verſuchen, Formeln und Tabellen nimmt, nicht gelten zu laſſen.

Zur Beurtheilung der Rolle des c in den Delboeufſchen Tabellen kann man noch Folgendes bemerken. Eine abſolute Conſtante iſt überhaupt c nicht, und wenn nach zuverläſſigeren Verſuchen der Werth des c bei Steigerung der Beleuchtung auf das 256fache wirklich nur auf das Dreifache ſtiege, ſo könnte die Abhängigkeit des c von der Beleuchtungsſtärke immerhin nur als eine verhältnißmäßig ſchwache gelten. Jedenfalls aber bleibt c überall eine kleine, gegen ſtärkere äußere Beleuchtung merklich verſchwindende Größe, und es iſt doch wohl zuzugeſtehen, daß, je kleiner eine Größe gegen die zum Erfolg mitwirkenden Größen iſt, deſto genauer und freier von conſtanten Fehlern müſſen die Beobachtungen über die Erfolge ſein, aus denen man eine Größe berechnen will. Anderſeits kann ein kleiner Werth in um ſo ſtärkeren Verhältniſſe variiren, ohne daß dies in den Reſultaten viel ändert, je kleiner ſein abſoluter Werth gegen die mitwirkenden Größen bleibt. Und ſo kann c gegen ſtärkere äußere Lichtreize, welche im Verſuche eingeführt werden, überhaupt nicht nur vernachläſſigt, ſondern auch nicht dabei beſtimmt werden, indeß man ſich an das Mittel der Werthe halten kann, welches aus den Verſuchen bei ſchwächeren Intenſitäten hervorgeht, und dies auch bei ſtärkeren Intenſitäten verwenden kann, ſollte es auch nicht ſtreng denſelben Werth dabei behalten. Dies iſt der Sinn, in welchem Delboeuf das c in ſeinen Haupttabellen als conſtant eingeführt hat, ohne damit zu behaupten, daß es wirklich bei verſchiedenen Beleuchtungen ganz conſtant ſei. Ich habe „In Sachen“ p. 183 (unten) gezeigt, daß der Werth c = 0,36, den Delboeuf zur Berechnung der Werthe ſeiner Haupttabellen angewandt hat, als auf ſolche Weiſe entſtanden angeſehen werden kann. Seine Originaltabellen enthalten übrigens außerdem noch eine Berechnung für c = 0,12, ohne daß dies in Betracht der Kleinheit dieſes Werthes überhaupt in den Reſultaten, auf die es ankommt, viel ändert. Müllers Einwand müßte hiernach gegenüber den ſeitens Delboeuf vorliegenden Data jedenfalls ganz anders begründet ſein, ſollte er etwas bedeuten.

Wenn übrigens Müller p. 185 bemerkt, Delboeuf ſelbſt habe ſeine Anſichten in Betreff der Bedeutung der c ſpäter etwas geändert, ſo iſt das ganz richtig (vgl. „In Sachen" p. 34), geht aber eben bloß ſeine theoretiſche Anſicht darüber an; an ſeinen Verſuchen und den daraus fließenden ſachlichen Folgerungen ändert ſich dadurch nichts, und wird von Delboeuf ſelbſt nichts zurückgenommen.

Verſtehe ich freilich eine Äußerung von Müller (p. 185) recht, ſo findet er die Berechtigung einer Rückſicht auf die natürliche innere Reizung der Augen bei den Verſuchen zur Prüfung des Weber'ſchen Geſetzes bloß „äußerſt zweifelhaft". Gründe dieſes Zweifels hat er aber nicht geltend gemacht; und wenn Müller (p. 185) Delboeufs Verſuch, die untere Abweichung durch Rückſicht auf c zu eliminiren, „wenig gelungen" nennt, ſo kann ich Müllers Verſuch, ihn zu widerlegen, noch weniger gelungen finden.

Daß übrigens dem Delboeuf'ſchen Verfahren noch einige Unvollkommenheiten anhaften, welche eine Wiederholung ſeiner Verſuche wünſchenswerth erſcheinen laſſen, iſt „In Sachen" p. 179 zugeſtanden; und ohne daß ein beſtimmter Verdacht vorliegt, es ſei hierdurch nur der falſche *Schein* einer Beſtätigung des Weber'ſchen Geſetzes entſtanden, iſt doch damit ein Abzug von dem Gewicht, was dieſe Verſuche ſonſt haben würden, zugeſtanden. Gegen die Aubert'ſchen Verſuche bieten ſie jedenfalls ein hinreichendes Gegengewicht, nachdem ſich gegen dieſe nach Obigem *mindeſtens* eben ſo viel erinnern läßt.

Nun erwähnt Müller noch p. 161 Verſuche *Ortens*, welche zwar nicht nach dem Delboeuf'ſchen *Verfahren*, aber nach dem gleichen *Princip* der Vergleichung übermerklicher Unterſchiede angeſtellt waren, als ſolche, die für eine untere Abweichung vom Weber'ſchen Geſetze beweiſen. Und warum das nicht; nur ſcheint es mir überhaupt überflüſſig, das ganz unbeſtreitbare, von mir ſelbſt ſchon in den „Elementen" nachgewieſene, von Delboeuf und Jedem nach mir beſtätigte Factum ſolcher Abweichung erſt durch neue Verſuche zu conſtatiren. Worauf es ankäme, wäre, durch neue, möglichſt einwurfsfreie, Verſuche das Reſultat der Delboeuf'ſchen Verſuche zu prüfen, welchem zufolge ſich dieſe Abweichung durch einen kleinen, das Geſetz ſtörenden Werth c deckt und inſofern aus dem Geſetz ſelbſt eliminirt. Dabei aber wäre nicht das alleinige, ja nicht das Hauptgewicht auf die Frage zu legen, ob und wie weit es das innere Augenlicht iſt, wovon dies c abhängt; am natürlichſten nur, da dasſelbe ſich von ſelbſt dazu darbietet, es auch in dieſer Hinſicht gelten zu laſſen. Wäre aber c die *unbekannte* Urſache einer im angegebenen Sinne eliminirbaren Störung, ſo würde das Weber'ſche Geſetz an ſich denſelben Vortheil, nur unſre Einſicht in die Natur der Störung einen Nachtheil davon haben.

Hiernach noch einige Worte über meine Verſuche mit verdunkelnden Gläſern an Wolkennuancen und ſchwachen Tagesbeleuchtungen (Elem. I. 140, 144). Das Verfahren mit verdunkelnden Gläſern iſt nicht nur von den vielen Umſtändlichkeiten, ſondern auch ſo manchen Quellen conſtanter Fehler, welche bei anderen Verfahrungsarten eine mögliche Rolle ſpielen, frei, und hat nur den Nachtheil, daß man den eben merklichen U. danach nicht meſſen kann. Aber das hindert nicht, ſich an einer bei Tagesbeleuchtung nur ganz ſchwach (in den Grenzen des ſog. nur eben merklich) von dem Grunde unterſcheidenden Schattirung zu überzeugen, daß ihre Unterſcheidbarkeit davon bei Vornahme mehr und mehr verdunkelnder Gläſer merklich gleich bleibt, bis man zu ſolchen Verdunkelungen herabgeht, wo die Helligkeit des Augenſchwarz nicht mehr vernachläſſigt werden kann. Eine andere Abweichung, die nach dem freilich nur ſubjectiven Ermeſſen, was hiebei zu Gebote ſteht, nicht hieraus erklärlich ſchiene, habe ich nicht beobachten können, indeß bei heller Himmelsbeleuchtung der Verſuch an Wolkennuancen eine ſchwache obere Abweichung dadurch ſpürbar werden laſſen kann, daß der U. bei Vornahme dunkler Gläſer ſogar etwas verdeutlicht erſcheint.

Bleibt nun der Mangel beſtimmter Maße des eben merklichen Unterſchiedes bei dieſem Verfahren ein zugeſtandener Mangel deſſelben, ſo trifft er doch nicht das Princip der Bewährung des Geſetzes. Von dem aber, was Müller (p. 162 ff.) dagegen einzuwenden findet, kann ich überhaupt nichts als begründet zugeſtehen, worüber meine Bemerkungen in folgender Einſchaltung.

Nach Müller iſt auf das Ergebniß dieſer Verſuche überhaupt „ſehr wenig zu geben", und was ſind die Gründe dieſer Anſicht? 1. Meine Verſuchsreſultate beruhen nicht auf ſeiner Kritik der Methode der e. m. U. überhaupt, und kommt namentlich gar nicht von ſeiner Methode der kleinſten Unterſchiede, wogegen ich nur einwenden kann, daß ich ſeine Kritik und Methode meinerſeits vor der Kritik nicht beſtehend finden kann, worüber Abſchn. VIII zu vergleichen. — 2. Bei meinen Verſuchen mit farbigen verdunkelnden Gläſern hat ſich nicht herausgeſtellt, daß die relative Empfindlichkeit für Helligkeitsunterſchiede bei verſchiedenen Farben verſchieden iſt. — Das iſt aber ſehr natürlich, weil ſie gar nicht vergleichend für verſchiedene Farben, ſondern nur für verſchiedene Helligkeiten bei jeder Farbe insbeſondere angeſtellt worden ſind. — 3. Nach p. 165 ſoll ich ganz überſehen haben, „daß die Größe des e. m. U. nicht unweſentlich mit von den (der) Intenſität und Richtung nach veränderlichen zufälligen Fehlervorgängen beeinflußt wird, und daher nothwendig ſelbſt eine beſtändig ſchwankende iſt". Anſtatt aber etwas dabei zu überſehen, habe ich eben nur das nicht geſehen, was Müller nach ſeiner Anſicht von der Natur der zuf. Fehlervorgänge glaubt, daß ich hätte ſehen müſſen, und was Andere bei ihren Verſuchen mit eben merklichen Unterſchieden eben ſo wenig ſahen (vgl. S. 28). —

4) Bei den Verſuchen mit Wolkennüancen ſtand (nach p. 105) „die gleichförmige Erhaltung des Verhältniſſes der zu vergleichenden Helligkeiten während der Dauer eines Verſuches ganz außerhalb der Macht des Beobachters." Aber wenn Müller ſich nicht überhaupt darauf beſchränkte, die Verſuche Anderer, ſelbſt die ſich mit einfachſten Mitteln wiederholen ließen, vom Studirtiſche aus zu kritiſiren, ſo würde er leicht finden können, daß es genug Zuſtände der Atmoſphäre giebt, welche einen Schattirungsunterſchied von Wolkennüancen mit bloßen Augen für mehr als die kurze Dauer eines Verſuches von ein paar Secunden als ganz gleichbleibend erſcheinen und nach dem Verdunkelungsverſuche wie vorher wiederfinden laſſen; und da Müller ohnehin zugeſteht, daß die Verſuche mit bleibenden Tuſchſchattirungen ſich dieſem Einwande entziehen, war es unſtreitig einfacher, ſich und mir denſelben überhaupt zu erſparen.

Auch gegen die Bemerkung Auberts (p. 81) muß ich mich erklären, daß meine Beobachtungen mit verdunkelnten Gläſern an Wolkennüancen im Grunde *ganz* „mit ſeinen (Auberts) Beobachtungen harmoniren." Darin, daß ſie auf eine obere Abweichung deuten, kann man ſie mit ſeinen Verſuchen harmonirend finden, hingegen nicht betreffs des Daſeins einer anderen unteren Abweichung, als die auf Rechnung des c zu ſchreiben.

Daß die Verſuche von *Lamansky* mit einem eigens eingerichteten Spectralapparate und ähnliche von *Dobrowolsky* nach gleichem Princip[1]) für jede reine Spectralfarbe ein Maximum der relativen Unterſchiedsempfindlichkeit bei einer gewiſſen abſoluten Helligkeit ergeben, um dieſen Grad aber (wie die Aubertſchen) eine angenäherte Conſtanz, mithin Annäherung an das Weberſche Geſetz, iſt „In Sachen" p. 157. 158 nach den eigenen Äußerungen der Beobachter angeführt. Freilich iſt dieſe Annäherung nur eine ſchwache und in beſchränkten Grenzen, und neuere Verſuche von Dobrowolsky nach demſelben Princip[2]) würden überhaupt nicht einmal mehr von einer Annäherung um den günſtigſten Punct herum ſprechen laſſen, indem ſich (p. 195 ſeiner Abh.) folgende Tabelle ſeiner Verſuchsreſultate findet, worin die Helligkeit 1 dem Maximum der relativen U. E. entſpricht, indeß die Bruchzahlen der zweiten und dritten Columne die den einzelnen Helligkeitsintenſitäten zugehörigen relativen e. m. Unterſchiede bedeuten, welche nach den Forderungen des Weberſchen Geſetzes gleich ſein müßten, ſtatt deſſen in außerordentlich ſtarkem Verhältniſſe variiren

---

1) Letztere nicht mit den S. 149 und 168 geltend gemachten von Dobrowolsky zu verwechſeln.

2) Pflügers Arch. 1881. XXIV. p. 195 ff.

Helligkeitsgrad	Roth unweit der Linie B	Indigo-Blau unweit der Linie G
1	$\frac{1}{19,7}$	$\frac{1}{268}$
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{137}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{9,8}$	$\frac{1}{80,5}$
$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7,8}$	$\frac{1}{40,8}$
$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{5,9}$	$\frac{1}{23,9}$
$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{17}$
$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{3,12}$	$\frac{1}{12,5}$
$\frac{1}{128}$	$\frac{1}{2,02}$	$\frac{1}{8,5}$
$\frac{1}{260}$	$\frac{1}{1,67}$	$\frac{1}{6,97}$
$\frac{1}{3283}$	. . .	$\frac{1}{4,18}$
$\frac{1}{13132}$	. . .	$\frac{1}{2,49}$

Inzwiſchen ſind die Umſtände dieſer, von Müller p. 171 reſumirten, Verſuchsweiſe gewiß überhaupt nicht zur Prüfung des Weberſchen Geſetzes geeignet, wie ſie denn von den Beobachtern ſelbſt nicht dazu beſtimmt waren; indem Irradiation und Kleinheit der Componenten dabei unſtreitig ſtörend einwirken müſſen. Auch hat ſchon Müller (p. 171. 172) aus dieſen und noch anderen Geſichtspuncten ſachgemäße Bedenken dagegen erhoben, indem er ſagt: „Was die Genauigkeit dieſes Verſuchsverfahrens betrifft, ſo iſt unſeres Erachtens doch nicht ganz außer Acht zu laſſen, daß bei demſelben die beiden zur Vergleichung kommenden Lichtintenſitäten nicht ganz dieſelbe Wellenlänge beſitzen, vielmehr der Unterſchied derſelben eine geringe Differenz der Wellenlänge zur Vorausſetzung hat. Ferner ſind bei dieſem Verfahren die beiden mit einander zu vergleichenden Lichtflächen, deren eben nicht mehr merklicher Unterſchied zu beſtimmen iſt, genau genommen nur von minimaler

Ausdehnung, und der Übergang von der einen Lichtintenſität zur anderen iſt ein ganz allmäliger, wodurch die Unterſcheidbarkeit derſelben erſchwert wird. In Folge der geringen Ausdehnung der beiden zu vergleichenden Helligkeiten muß auch die Irradiation im Auge auf die Vergleichung derſelben einen nicht meßbaren ſtörenden Einfluß ausüben."

Bedenken dieſer Art werden dadurch unterſtützt, daß die in anderer Weiſe, mit nicht bloß minimalen Lichtbreiten ausgeführte, von mir „In Sachen" p. 160 angeführte anderweite Verſuchsreihe Dobrowolskys eine der ſchönſten Beſtätigungen des Weberſchen Geſetzes geliefert hat, wie am a. O. nachzuleſen. Allerdings bezieht ſich dieſe Verſuchsreihe nicht auf Unterſcheidung zweier Intenſitätsgrade einer und derſelben reinen Spectralfarbe, wie die vorigen, ſondern auf Unterſcheidung eines mit Weiß gemiſchten Farbenlichtes von reinem Farbenlichte bei abgeänderten Intenſitäten; aber man wird zugeben, daß von der Bewährbarkeit des Geſetzes im einen Falle ein Wahrſcheinlichkeitsſchluß auf die Bewährbarkeit deſſelben im anderen Falle bei Herſtellung gleicher Verſuchsumſtände zu machen ſei.

b) Gewichte.

Über meine, mit Bezug zum Weberſchen Geſetze angeſtellten, Gewichtsverſuche habe ich in „Elem." I. 182 ff. und „In Sachen" p. 197 ff., ſo wie über die Heringſchen (worunter ich hier kurz die von Hering veranſtalteten verſtehe), in letzterer Schrift p. 186 referirt. Ich habe dieſe wie jene Verſuche zu Gunſten des Geſetzes geltend gemacht und thue dies nicht minder jetzt noch, habe aber dabei einigen Gegenbemerkungen Müllers Rechnung zu tragen, und ſchicke dazu einige Vorbemerkungen voraus.

Sofern in die Hebung der Gewichte bei den Verſuchen Druck mit eingeht, wird die Beſtätigung des Weberſchen Geſetzes, inſoweit ſie durch meine und Herings Hebungsverſuche zu erzielen war, gemeinſam auf Druckſinn und Kraft- oder Muskelſinn zu beziehen ſein, ohne daß deßhalb die Rolle beider Sinne bezüglich der unteren Abweichung, welche bei dieſen Verſuchen vorkommt, dieſelbe zu ſein braucht. Gewiß iſt, daß, abgeſehen von einer Anomalie bei dem kleinſten von mir angewandten Gewichte, man nach meinen wie Herings Verſuchen dem Weberſchen Geſetze durch rechnende Zuziehung eines conſtanten Werthes genügen kann, und daß in ſofern dieſe Verſuche zu den willkommenen Beſtätigungen des Weberſchen Geſetzes gehören. Sollte der Druckſinn an der unteren Abweichung Antheil haben, ſo könnte freilich nicht eben ſo wie bei dem Kraft- oder Muskelſinn, das Gewicht des gehobenen Armes als Grund oder Mitgrund davon angeſehen werden; aber man ſieht leicht ein, daß in dieſer Beziehung andere Gründe wirkſam ſein können. Mit wachſendem Gewichte drückt ſich die Hand mehr und mehr zuſammen, ſo weit bis die Elaſticität der Hand dem Drucke das Gleichgewicht hält, der Zuwachs der Zuſammendrückung aber geht dem Zuwachſe des Gewichtes nicht proportional und bei einem gegebenen Zuwachſe zu einem größeren Gewichte wächſt die Zuſammendrückung nur noch ſehr wenig; bis auf Nichts kann ſich die Hand doch nicht zuſammendrücken. Dabei werden unſtreitig die Empfindungsnerven mit betheiligt; aber wir wiſſen nicht wie, und vielleicht hängt hiemit die durch die Conſtantenberechnung nicht zu deckende Anomalie zuſammen, die ich bei Anwendung des kleinſten der von mir gebrauchten Hauptgewichte (300 Gramm) bemerkt habe („Elem.“ I. 197; „In Sachen“ p. 196 f.); doch bleibt dies eine Vermuthung.

Müller nun wendet vor Allem gegen die Berechnungsweiſe und Beweiskraft meiner eigenen Gewichtsverſuche ein, theils, daß ſie wegen der von mir eingehaltenen Gleichtheilung der zweifelhaften Fälle zwiſchen richtigen und falſchen Fällen falſch berechnet ſeien, theils, daß für die Größe der Unterſchiedsſchwelle, worin er das principielle Maß der U. E. ſucht, nichts daraus folge, ſofern nicht die Proportionalität des von mir benutzten Präciſionsmaßes mit der Unterſchiedsſchwelle dargethan ſei. Ich denke aber, hierauf genug in den Abſchn. II und V geſagt zu haben.

Meiner Elimination der unteren Abweichung der Gewichtsverſuche durch Herausrechnen einer das Weberſche Geſetz complicirenden Conſtante aus den Verſuchen („In Sachen“ p. 198) ſpricht Müller (Rec. p. 810) das Gewicht durch die Bemerkung ab: „daß ſich eine geringe Anzahl von Verſuchsreſultaten leicht als Beſtätigung einer ſachlich nicht zutreffenden Vorausſetzung darſtellen laſſe, ſobald es einem nur frei ſteht, eine Conſtante in möglichſter Übereinſtimmung mit dieſen Verſuchsreſultaten zu beſtimmen;“ und dieſe Bemerkung hat freilich eine gewiſſe Berechtigung, nur keine durchſchlagende Kraft. Ich ſelbſt muß zugeſtehen, daß meine Berechnung der Conſtante x „In Sachen“ p. 198 aus verſchiedenen Gründen zu wünſchen übrig läßt; einmal, weil nicht ſämmtliche, zur Berechnung zu Gebote ſtehende, Reihen dazu zugezogen ſind, zweitens weil nicht die Methode der kleinſten Quadrate zur Berechnung angewandt iſt; und nach vorläufigen, doch noch nicht vollſtändig durchgeführten und revidirten, Rechnungen habe ich Grund zu glauben, daß der

Unterſchied zwiſchen dem für einhändiges und zweihändiges Verfahren herausgerechneten Werthe x größer als dort angegeben und überhaupt größer iſt, als daß man ihn überall rein auf das Armgewicht ſchreiben könnte. Auch kann als erſchwerend gelten, daß nicht bloß die Conſtante x, ſondern auch der Werth $\lg \frac{P + x}{P}$ als Conſtante durch Rechnung zu beſtimmen war, was den Einwand Müllers verſtärkt. Aber alles das trifft doch weſentlich nur den Sicherheitsgrad der geführten Rechnung. Gewiß bleibt, daß die vom Weberſchen Geſetze geforderte Conſtanz des relativen eben merklichen Unterſchiedes, ohne alle Berechnung von $x =$ Conſt. und $\lg \frac{P + x}{P} =$ Conſt., um ſo angenäherter hervortritt, je größer die Gewichte werden, worauf ich mich auch in den „Elem." begnügt habe, zu fußen; die nachträglich „In Sachen" geführte Rechnung zur genauen Beſtimmung eines conſtanten Werthes, welcher das Weberſche Geſetz complicirt, kann in Betreff der Genauigkeit dieſer Beſtimmung angefochten werden, und ich denke künftig darauf zurückzukommen; jenes allgemeine Reſultat aber bleibt unanfechtbar. Übrigens gehen nach Ausſchluß der unterſten, von der Anomalie betroffenen, Gewichtsgröße von 300 Grammen die Verſuche, auf die ich die Berechnung von x gegründet habe, in 5 Werthen von 500 bis 3000 Grammen, alſo vom Einfachen aufs Sechsfache, und die conſtante Größe x, anſtatt den Hauptantheil an den in Rechnung kommenden Werthen zu haben, geht nur mit Werthen von 418, 487 und 619 in Werthe von ungefähr 4000 und 8000 ein, ſo daß auf ihre genaue Beſtimmung nicht viel ankommt, wenn es überhaupt nur gilt, nachzuweiſen, daß Werthe, die an ſich das Weberſche Geſetz befolgen, dadurch complicirt werden.

Nun iſt wahr, bei Berechnung aus Herings Hauptverſuchen („In Sachen" p. 193) zeigt ſich umgekehrt als bei mir die conſtante Componente x ſo groß gegen die nach dem Weberſchen Geſetze variable, daß man in der That Bedenken gegen die Bewährung des Geſetzes durch dieſe Verſuche erheben könnte, wenn ſie nicht unter Anwendung einer großen Skala von Gewichten im Ganzen ſo gut in ſich und mit meinen Verſuchen bezüglich des Geſetzes ſtimmten, indeß der ſo große Werth der conſtanten Größe ſeine einfache Erklärung darin finden kann, daß unſtreitig in Herings Zahlen die Erfolge conſtanter Fehler mit eingehen, die in die meinigen nicht mit eingehen, da man in Herings Verſuchen nicht eben ſo wie in den meinigen Rückſicht auf Erkenntniß und Elimination conſtanter Fehler genommen findet. Wonach ich aber auch die Heringſchen Verſuche in dieſem Felde nach Puncten, in denen ſie von den meinigen differiren, allgemeingeſprochen nur für weniger maßgebend halten kann, als die meinigen; indeß ich keinen Grund ſehe, welcher wehren ſollte, ſie nach Puncten, worin ſie mit dieſen zuſammentreffen, als Verſtärkung derſelben geltend zu machen, ſofern es dazu eben bloß gilt, die durch nebenſächliche conſtante Fehler vergrößerte Conſtante, mit welcher ſich das Weberſche Geſetz complicirt, bei Hering, eben ſo wie bei mir die nicht dadurch vergrößerte, zu eliminiren, oder was daſſelbe iſt, als conſtantes Ingrediens der übrigens nach dem Weberſchen Geſetze variirenden Werthe aufzuzeigen.

Dagegen tritt nun freilich folgendes Bedenken Müllers (Rec. p. 809) auf. Aus den „In Sachen" p. 193 angeführten, weſentlich nach der Methode der e. m. U. angeſtellten, Verſuchen Herings berechnet ſich der relative eben merkliche Unterſchied mit großer Übereinſtimmung zu $\frac{1}{210}$ bis $\frac{1}{220}$[1]. Wäre dieſer Werth nachweislich falſch, ſo könnte auch das aus den Verſuchen herausgerechnete Weberſche Geſetz nicht durch die Rechnung als bewieſen gelten, ſofern ſie ſolidariſch damit zu jenem falſchen Werthe führt. Nun hat zwar Müller den Nachweis, daß jener Werth weſentlich falſch ſei, nicht direct durch Berufung auf anderweite Verſuche führen können, findet es aber doch höchſt unwahrſcheinlich, „daß die Empfindlichkeit für relative Unterſchiede gehobener Gewichte größer ſei als die relative Unterſchiedsempfindlichkeit des gleichfalls auf dem Muskelſinn fußenden, ſich fortwährend übenden Augenmaßes, deſſen Feinheit für uns ſo wichtig iſt;" der relative eben merkliche Unterſchied „im Gebiete des Augenmaßes ſei nämlich niemals unter $\frac{1}{100}$ gefunden worden, und dürfte ſich bei der Mehrzahl der Individuen auch unter den günſtigſten Verſuchsumſtänden nicht unbeträchtlich über dieſem Werthe halten."

Inzwiſchen iſt dies ſchon factiſch unrichtig. Aubert (Phyſ. d. N. p. 55) giebt für den relativen eben merklichen Licht-Unterſchied unter den günſtigſten Bedingungen die Werthe $\frac{1}{161}$ und $\frac{1}{146}$, und Helmholtz (nach der Anmerkung S. 155) $\frac{1}{167}$ und $\frac{1}{150}$. Werthe, die von den Heringſchen für Gewichte gar nicht zu weit abweichen; eine aprioriſtiſche Vorausſicht aber, ob der Vortheil der größeren relativen Empfindlichkeit vielmehr bei dem Augenmaße als Gewichtsmaße zu ſuchen ſei, ſcheint mir aus doppeltem Grunde precär. Einmal hat unſere Hand mit Handhabung von mehr oder weniger ſchweren Gegenſtänden ſo gut während des ganzen Lebens zu thun, als das Auge mit Betrachtung verſchieden großer Gegenſtände; zweitens läßt ſich von einer abſichtlichen Übung weder im einen noch anderen Gebiete ſprechen; ob ſich aber ſo zu ſagen von ſelbſt der Unterſchied der Größe für das Auge oder der Schwere für die Hand verhältnißmäßig ſtärker geltend macht, wenn wir mit den Dingen verkehren, iſt a priori gar nicht zu ſagen.

---

[1] Fälſchlich habe ich dafür „In Sachen" p. 193 $\frac{1}{21,0}$, $\frac{1}{22,0}$ u. ſ. w., ein Verſehen, was Müller richtig bemerkt hat.

Daß die Anomalie bei meinem kleinſten Hauptgewicht = 300 Grammen ſich der Conſtantenberechnung zu Gunſten des Weberſchen Geſetzes nicht fügt, indem ſie zu große Werthe h giebt, bleibt immer zuzugeſtehen, und unſtreitig erſtreckt ſie ſich auch tiefer herab, daher es mich nicht befremdet, wenn Herings Verſuche mit kleinen Hauptgewichten von 10 bis 500 Grammen („In Sachen" p. 195) ohne das Geſetz ganz zu verläugnen, dasſelbe doch nur unvollkommen durchblicken laſſen und von den Ergebniſſen der Reihe mit großen Gewichten (von 250 bis 3000 Grammen) überhaupt ſehr abweichen, was freilich auch auf das andere Verſuchsverfahren geſchrieben werden kann. Und Müller wird Recht haben, wenn er die von mir „In Sachen" p. 196 angenommene Beziehung der Anomalie bei meinem kleinſten Hauptgewichte zu einer Anomalie, die ſich im Gange der Heringſchen Verſuche mit den kleinen Gewichten zeigt, nicht zuläſſig findet, da in der That das verſchiedene Verſuchsverfahren eine Vergleichbarkeit in dieſer Hinſicht ausſchloß.

Nicht minder habe ich Müllern in folgendem Puncte nachzugeben.

Gegen den „In Sachen" p. 187 unter 2) angeführten Verſuch Herings mit dem Druck galvaniſcher Platten auf der Hand zum Erweiſe, daß das Weberſche Geſetz für den Druckſinn nicht gelte, hatte ich (p. 187) eine Bemerkung erhoben, deren Unzulänglichkeit ich nach einer von Müller (Rec. p. 812) gemachten Gegenbemerkung anerkenne; indeß mein Haupteinwand (p. 188) nach wie vor beſteht. Indeß ſchlägt er bloß die Beweiskraft des Heringſchen Verſuches gegen das Geſetz, ohne die Gültigkeit des Geſetzes für den Druckſinn poſitiv zu beweiſen, und wenn dies durch Webers Verſuche („Elem." I. 138) geſchehen ſcheint, ſo muß ich wieder Müller darin Recht geben, daß ſie doch weder ſein noch im Reſultat übereinſtimmend genug ſind, um darauf zu bauen. In der That, da die untere Abweichung vom Geſetze bei Hebung der Gewichte von Weber nicht bemerkt worden iſt, an der doch nicht zu zweifeln, kann auch bei den ſpecialen Druckverſuchen eine untere

Abweichung demſelben entgangen ſein; und ich laſſe es ganz dahingeſtellt, wie es ſich damit verhält. Daß das Geſetz doch bei größeren Gewichten für den Druckſinn und Muskelſinn zugleich in Anſpruch zu nehmen iſt, wurde oben S. 168 bemerkt.

2) Die Frage in Bezug auf andere als Intenſitätsunterſchiede.

a) Tonhöhen.

Ich ſelbſt habe „In Sachen" p. 168 der Verſuche Preyers als gegen die Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes für Tonhöhen ſprechend gedacht, wogegen Müller (p. 290 ff.), ohne deßhalb das Geſetz in dieſem Felde für bewährt anzuſehen, doch die Beweiskraft der Preyerſchen Verſuche dagegen aus verſchiedenen Geſichtspuncten angefochten hat. Indeß kann ich nicht umhin, Preyers Berufung auf die durchſchlagenden Puncte ſeiner Unterſuchung[1] ſo lange gelten zu laſſen, als ſie nicht noch wirkſamer als durch Müller widerlegt ſind, und zunächſt bei jenem mir an ſich unliebſamen Zugeſtändniß ſtehen zu bleiben. Nur möchte ich noch einmal auf die ſchon „In Sachen" p. 169 f. gemachte Bemerkung zurückkommen, daß, nachdem die Beſtätigungen des Weberſchen Geſetzes für die Abhängigkeit der Licht- und Schallempfindung von der Schwingungsamplitude a im Allgemeinen nur bei Conſtanz der Schwingungszahl n gefunden ſind, ſich wohl denken ließe, daß auch die Beſtätigung des Geſetzes für die Abhängigkeit der Tonhöhen- und Farbenempfindung von der Schwingungszahl umgekehrt nur bei entſprechender Conſtanz der Schwingungsamplitude a zu finden wäre, für welche Conſtanz die von Preyer geltend gemachten Verſuche keine Gewähr bieten. Denn wenn ſchon ich „In Sachen" hinzugefügt habe, „daß auf dieſe Vermuthung kaum Gewicht zu legen ſei, weil die vergleichungsweiſe Stärke, mit der wir Töne anſchlagen, keinen deutlichen Einfluß auf die Empfindung ihres Höhenunterſchiedes zu haben ſcheine," ſo kann ich nach näherer Erwägung auf dieſe Bemerkung kein Gewicht mehr legen. Nämlich, daß ſich für das muſikaliſche Gehör das Weberſche Geſetz zu beſtätigen ſcheint, kann nach der „In Sachen" p. 168 gemachten Bemerkung darauf geſchoben werden, daß das muſikaliſche Gehör über die Tonintervalle vielmehr nach Verhältniſſen der Wiederkehr oder Nichtwiederkehr von Obertönen (die ſelbſt bei objectiv einfachen Tönen ſubjectiv nicht ganz fehlen), als nach Steigen und Fallen der Schwingungszahl urtheilt; hienach kann aber auch der Umſtand, daß die Tonintervalle ſich für das muſikaliſche Gehör durch verſchiedene Stärke des Anſchlages der Componenten nicht zu ändern ſcheinen, hierauf beruhen; und die Frage, ob nicht abgeſehen von der Mitbeſtimmung durch das muſikaliſche Gehör das Weberſche Geſetz bei gleicherhaltenem a ſich für das n beſtätigen würde, bleibt hienach bis auf Weiteres ganz unentſchieden. Da bei objectiv einfachen Tönen die Obertöne aus ſubjectiven Gründen doch nur ſchwach mitklingen können, alſo die Complication mit dem Einfluſſe des muſikaliſchen Gehöres bei objectiv einfachen Tönen in der Hauptſache zurücktreten möchte, ſo dürften jedenfalls noch Verſuche mit einfachen Tönen darüber erwünſcht ſein, ob zwei wenig ihrer Höhe nach unterſchiedene Töne gleich leicht in Betreff der Höhe unterſchieden werden können, wenn ſie in der Stärke mehr oder weniger auseinanderweichen.

---

[1] Akuſtiſche Unterſuchungen von Preyer. Jena 1879. p. 64 ff.

b) Zeit.

„In Sachen" p. 174 habe ich Verſuche über den Zeitſinn theils nach der Methode der e. m. U., theils der m. F. reſpectiv von Mach und Vierordt angeführt, wozu neuerdings ſolche von Kollert nach einem gut eingerichteten Verfahren der e. m. U. (Wundts Stud. p. 86), deſſen S. 111 gedacht iſt, getreten ſind; und habe hiezu nur zu bemerken, daß ſich bei letzteren Verſuchen ein entſprechender Gang der Werthe, welche zur Beurtheilung der Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes dienen, als bei jenen früheren herausgeſtellt hat[1], d. h. bei kleinen Hauptwerthen t ſtarke Abweichung vom Weberſchen Geſetze nach einem entſprechenden Gange als dort, bei größeren Hauptwerthen ſtarke Approximation daran. Es wurden nämlich (p. 86 der Stud.) für folgende Hauptzeiten t in Sec. folgende Werthe $E_m = \frac{D}{t}$ erhalten, wo D (abweichend von der Bedeutung, die ich dieſem Buchſtaben gewöhnlich beilege) die Unterſchiedsſchwelle bedeutet

$t =$	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,836
$E_m =$	7,4	7,1	11,3	13,6	11,8	8,6	8,4

Man ſieht, daß von $t = 0{,}5$ der Werth E_m erſt aufſteigt, dann bei wachſendem t ein Maximum erreicht[2], von $t = 1{,}2$ aber bis

---

[1] Man muß dabei nur in Rückſicht ziehen, daß das E_m Kollerts reciprok dem $\frac{\Delta t}{t}$ Machs und ε Vierordts nach den „In Sachen" angenommenen Bezeichnungen iſt.

[2] Ein Maximum von $\frac{t}{D}$ nach Kollert entſpricht natürlicherweiſe einem Minimum von $\frac{\Delta t}{t}$ oder E nach Mach und Vierordt („In Sachen" p. 174).

$t = 1{,}836$, über welchen Werth die Verſuche nicht hinausreichen, d. i. vom einfachen bis $1\frac{1}{2}$fachen t, im Sinne des Weberſchen Geſetzes ſehr approximativ conſtant bleiben. Die Verſuche Machs und Vierordts aber laſſen, wie aus „In Sachen" zu erſehen, dieſe angenäherte Conſtanz noch viel höher hinauf verfolgen. Daß man in den abſoluten Zahlangaben bei den verſchiedenen Beobachtern keine Übereinſtimmung erwarten darf, liegt in der Verſchiedenheit ihrer Methoden; und ſollte auch die Kollertſche die ſicherſte ſein, ſo könnte eine größere Unſicherheit der anderen wohl eine Verſchiedenheit aber nicht die ſo nahe Übereinſtimmung der Maßwerthe bei größeren t's erklären, wie ſie ſich dabei gezeigt hat.

Hienach noch von einer curioſen Anwendung des Weberſchen Geſetzes im Gebiete des Zeitſinns, welche von Delboeuf (p. 136 f.) in dem Sinne beſprochen wird, daß ſie zu unhaltbaren Folgerungen führe, jedoch ihn ſelbſt bloß deßhalb darauf führt, weil er die Anwendung in einer unſtatthaften Weiſe verſucht. An ſich laſſe ich ganz dahingeſtellt, ob das Phänomen, um welches es ſich handelt, wirklich durch eine, auf das Weberſche Geſetz geſtützte, Formel von der Form der Maßformel repräſentirbar iſt, und eine genaue erfahrungsmäßige Prüfung in dieſer Hinſicht wird es gar nicht geben; aber jedenfalls entſpricht die Formel, richtig angewandt, in allgemeiner Weiſe der Repräſentation folgender Thatſache.

Allbekannt iſt, daß, je älter man wird, um ſo raſcher ſcheint die Zeit zu laufen. Wie lang erſcheint, um an eine bekannte Thatſache in dieſer Hinſicht zu erinnern, dem Kinde, wie kurz den Ältern, die Zeit von einem Weihnachten zum andern. Nun hat Paul Janet im Maiheft 1877 der Revue philosophique einen Aufſatz unter dem Titel »Une illusion optique interne« veröffentlicht, worin er den Satz aufſtellt: die ſcheinbare Dauer einer gewiſſen Zeitlänge im Leben jedes Menſchen iſt umgekehrt proportional der Zeitlänge des bis dahin von ihm geführten Lebens. Delboeuf bringt dieſen Satz, wie folgt, unter eine Formel. „Sei a die ſcheinbare Dauer des Lebens, r ſeine wirkliche Dauer, und ſetzen wir, daß der Zuwachs des ſcheinbaren Lebens da einerſeits proportional iſt dem Zuwachs des wirklichen Lebens dr, anderſeits umgekehrt proportional dem verfloſſenen Leben r, ſo haben wir $da = k\frac{dr}{r}$, und hieraus durch Integration

$$a = k \log r + c.$$

Um die Conſtante c zu beſtimmen, muß man eine Annahme machen. Unſtreitig giebt es einen Moment im Leben, wo die Zeit zu ihrem wirklichen Werthe geſchätzt wird (!). Nehmen wir alſo an, daß der Menſch von einem gewiſſen, als Einheit angenommenen, Alter an im Stande iſt, die Zeit zu ſchätzen, die für ihn verfloſſen iſt, und ſetzen bis zu dieſem Moment $a = 1$ für $r = 1$." Dies vorausgeſchickt, muthet mir Delboeuf zu, ich ſoll die Schwelle bei eben dieſem Alter, oder jedenfalls überhaupt einem beſtimmten Alter nach der Geburt annehmen, von wo an der Menſch im Stande ſei, die Dauer ſeines Lebens oder einer Periode ſeines Lebens zu ſchätzen. Unterhalb dieſes Alters würde dann die ſcheinbare Dauer negative Werthe annehmen. Aber ohne daß das Kind darauf reflectirt, ſchätzt ſich doch unſtreitig von ſeiner Geburt ab die Dauer jeder Epoche für daſſelbe in einem ſcheinbaren Werthe von ſelbſt ab; und es ſcheint mir ſelbſtverſtändlich, daß man, ſoll die Formel überhaupt Anwendung finden, als Schwellenwerth das Alter des Kindes, normalerweiſe von 10 Monaten, anzunehmen hat, welches es ſeit der Zeugung bis zu ſeiner Geburt erlangt hat. Und hiemit fallen alle Inconvenienzen in Anwendung der Formel mit Rückſicht auf die Deutung, die man negativen Empfindungswerthen als unbewußten zu geben hat (ſ. Abſchn. XVI), von ſelbſt weg, und kann man hienach manche Speculationen und Berechnungen anſtellen, die weiter nichts gegen ſich haben, als daß man ſie durch die Aufſtellung der Formel nicht bewieſen halten kann, ſo lange die Anwendbarkeit der Formel auf das Problem nicht noch ſpecieller erwieſen iſt, als daß ſie der allgemeinen Thatſache genügt.

Der Äußerung Delboeufs, daß es unſtreitig einen Moment im Leben gebe, wo die Zeit nach ihrem wirklichen Werthe geſchätzt werde, weiß ich übrigens keinen klaren Sinn unterzulegen. Hingegen hätte es einen Sinn, zu ſagen, es giebt nach der Formel eine Zeit im Leben, wo die ſcheinbare Dauer proportional der wirklichen, d. i. äußerlich meßbaren, geht, indeß ſie bis zu dieſer Zeit in raſcherem Verhältniſſe als die wirkliche Zeit, darüber hinaus in langſamerem Verhältniſſe ſteigt; in welcher Beziehung überhaupt zwiſchen ſcheinbarer und wirklicher Zeit ſich alle Verhältniſſe wieder finden müſſen, als nach Abſchnitt XIX meiner „Elemente" zwiſchen Empfindung und Reiz.

XIII. Das Geſetz oder die Thatſache der Schwelle.

Hierüber iſt theils in den „Elementen“, theils „In Sachen“ ſchon ſo viel geſagt, daß ich mich folgends mit Zurückrufung der verſchiedenen Modificationen, unter welchen das Geſetz auftritt, und einigen Zuſatzbemerkungen zu den frühern Betrachtungen begnügen werde.

Das Weſentliche des Geſetzes, ſo weit es für die äußere Pſychophyſik in Anſpruch genommen wird, beſteht allgemein geſprochen darin, daß ein Reiz oder Reizunterſchied, überhaupt ein phyſiſcher Werth, an den ſich ein Empfindungswerth knüpft, erſt eine gewiſſe Stärke oder Größe erreichen muß, ehe die Empfindung bemerklich wird; ſo lange dieſer Größenwerth nicht erreicht iſt, bleibt die Empfindung, wie wir uns ausdrücken, unbewußt.

Dies Geſetz ſteht in gewiſſem Zuſammenhange mit dem Weberſchen Geſetze, und wie bei dieſem erhebt ſich bei ihm die Frage, ob es aus der äußeren Pſychophyſik in die innere, d. i. vom äußeren Reiz, reſpectiv Reizunterſchiede, welcher eine einfache Empfindung oder Unterſchiedsempfindung zu erwecken geeignet iſt, auf die pſychophyſiſche Erregung oder den Unterſchied der Erregungen, welche dieſen pſychiſchen Phänomenen unterliegen, übertragbar iſt. Aber da dieſe Frage wie die vorige erſt bei der Streitfrage zwiſchen ſog. pſychophyſiſcher und phyſiologiſcher Auffaſſung der ganzen Pſychophyſik und des Weberſchen Geſetzes insbeſondere ein Intereſſe gewinnt, ſo verſparen wir auch die Betrachtung in dieſer Hinſicht auf den Abſchnitt über dieſe Streitfrage (XVII. Abſchn.).

Des Näheren können wir die einfache Reizſchwelle, die Unterſchiedsſchwelle, die Verhältnißſchwelle und die Miſchungsſchwelle unterſcheiden.

Bei der *einfachen Reizſchwelle* handelt es ſich um die Größe des Reizes, welche erſt überſchritten ſein muß, damit das Daſein des Reizes durch eine merkbare Empfindung erkannt werde, bei der *Unterſchiedsſchwelle* um die Größe des Unterſchiedes der Reize, welche erforderlich iſt, daß der Unterſchied als vorhanden erkannt werde. Da nun jeder *Unterſchied* zweier Reize natürlicherweiſe auch ein *Verhältniß* zweier Reize vorausſetzt, kann die Unterſchiedsſchwelle immer auch in eine *Verhältnißſchwelle* überſetzt werden, d. i. dasjenige Verhältniß der Reize, welches erſt überſchritten ſein muß, damit der Reizunterſchied als ſolcher erkannt werde.

Das Geſetz der *Miſchungsſchwelle* beſteht darin, daß wenn ein Gemiſch verſchiedenartiger Reize auf uns einwirkt, das Daſein dieſes oder jenes einzelnen darunter nur erkannt werden kann, wenn er ein gewiſſes Verhältniß der Stärke zu den übrigen überſchreitet.

Verſchiedene Autoren, die Müller (p. 238) citirt, als wie Aubert, Delboeuf, Preyer erklären ſich gegen die Exiſtenz der einfachen Reizſchwelle; und Müller ſelbſt, ohne ſich beſtimmt zu entſcheiden, nennt doch „die Frage nach einer Reizſchwelle eine heikle.“ Gegen die Thatſache der Unterſchiedsſchwelle läßt ſich nicht ſtreiten; aber man kann verſuchen, die Reizſchwelle durch Rückführung auf die Unterſchiedsſchwelle zu eliminiren. Inzwiſchen ſind die dafür geltend gemachten Erfahrungen durchaus unbeweiſend. Am Geſichtsorgan freilich läßt ſich der Nachweis einer einfachen Reizſchwelle überhaupt nicht machen, weil ſie durch die ſubjective Erregung, wovon die Empfindung des Augenſchwarz abhängt, immer überſchritten iſt. Nun ſollen die übrigen Sinne in dieſer Hinſicht mit dem Lichtſinne analog ſein; aber wie ſo? Vielmehr verhalten ſich, wenn nicht alle, jedenfalls die meiſten in dieſer Beziehung anders. Aubert ſagt freilich (p. 42): „wir athmen immer hörbar, das Herz ſchlägt hörbar, die Kleider machen Lärm u. ſ. w.“ Aber wenn ich leiſe athme oder den Athem anhalte, höre ich nichts, von meinem eignen Herzſchlage höre ich überhaupt nichts, vom Herzſchlage eines Anderen nur bei Anhalten des Ohres an ſeine Bruſt; die Kleider rauſchen nur bei Bewegung u. ſ. w. Nun mag es ſein, daß von all' dem doch ein ſchwaches phyſiſches Geräuſch ausgeht, aber daß es eben nur bei einer gewiſſen Stärke gehört wird, ſpricht vielmehr für als gegen das Daſein einer äußeren Reizſchwelle. Die Empfindung des Augenſchwarz habe ich ſofort, ſowie ich die Aufmerkſamkeit darauf richte, hingegen giebt es eine Stille, wo ich mir gar keiner Gehörsempfindung bewußt werde, trotz dem, daß ich die Aufmerkſamkeit darauf ſpanne, etwas zu hören, und trotz dem, daß es an einem allgemeinen Geräuſche in der Luft nie fehlt; in dieſem allgemeinen Geräuſch können allerdings ſchwache beſondere Gehörsreize nach dem Princip der Miſchungsſchwelle recht wohl erlöſchen; aber auch das allgemeine Geräuſch ſelbſt erliſcht für die Empfindung, wenn es zu ſchwach iſt. Nun kann man von einer unbewußten Empfindung der Reize ſprechen. Aber das thue ich ja ſelbſt, indem ich ſage, eine Empfindung bleibt ſo lange unbewußt, als ihr pſychophyſiſcher Träger eine gewiſſe Stärke nicht überſteigt.

Ich gebe bei all' dem eine bisher noch niemals berückſichtigte Möglichkeit zu, die aber durch neuere, mir privatim bekannt gewordene, Verſuche Vierordts nahe gelegt wird, daß nämlich ſehr ſchwache Schalle in ihrer Fortleitung durch die Luft erſchöpft werden können, ohne bis zum Ohre zu gelangen. Zwar wird hiedurch die äußere Schwelle für den Schall nicht widerlegt, aber die Beweiskraft der bisherigen Verſuche dafür allerdings in Frage geſtellt; und ſofern wir hienach bisher weder bei Licht noch Schall eine Entſcheidung der Frage finden können, haben wir uns betreffs derſelben bei den anderen Sinnen umzuſehen. Nun habe ich von vorn herein in dieſer Hinſicht geltend gemacht, daß man einen Geruch, einen Geſchmack in homöopathiſcher Verdünnung nicht ſpürt, — man denke z. B. an Moſchusgeruch, Chiningeſchmack — wogegen Aubert leichthin ſagt: „Geruch und Geſchmack ſeien zu wenig ausgebildete Sinne, als daß ſie bei einer Entſcheidung über derartige Fragen in Betracht kommen könnten." Aber ich frage wieder, wie ſo? Sie ſind nicht ausgebildet genug, um dadurch Vorſtellungen zu ſchöpfen, auf deren Bezugſetzung zu andern ſich ein höheres Geiſtesleben ſtützen kann, wie es vom Geſichtsſinn und Gehörsſinn gilt, aber um über einfache Empfindungsfragen zu entſcheiden, ſind ſie vollkommen competent, oder ich wüßte nicht, warum nicht. Nun wird mir niemand einreden, daß ich nicht das Gefühl haben könne, eine Luft ſei ganz rein von Geruch, trotz dem, daß es an Spuren von riechenden Subſtanzen nie ganz fehlt. Ob man je einen ganz geſchmacksfreien Mund habe, mag ſich beſtreiten laſſen; ich meine, daß es der Fall ſei, obwohl der Speichel etwas Salz enthält, das man aber eben nicht ſchmeckt, weil es zu wenig iſt; daß man aber Chinin nicht ſchmeckt, wenn es zu verdünnt iſt, wird niemand beſtreiten. Wenn nun Müller wiederholt (u. a. Rec. p. 825) darauf zurückkommt, „das Beſtehen der äußeren Reizſchwelle ſei nicht einmal ſicher zu conſtatiren," ſo hat er wenigſtens nichts gethan, die Beweiskraft der vorigen Thatſachen dafür zu heben.

Eine beſondere Miſchungsſchwelle iſt in den „Elementen" noch nicht aufgeſtellt und erſt „In Sachen" p. 105 f. darauf gekommen, woraus ich zunächſt folgendes Erläuterungsbeiſpiel zurückrufe.

In einem ſtarken Geräuſch, wie es etwa von einer aufgeregten Volksmaſſe hervorgebracht wird, kann ein Violinenton als ſolcher ganz unhörbar untergehen, indeß er doch zur Hörbarkeit des Geräuſches beiträgt. Soll er aber ſeiner Qualität und Quantität nach beſonders erkannt werden, ſo muß entweder das mitgehende Geräuſch wegfallen, oder er muß ſich mit einem gewiſſen Grade der Stärke, d. i. um die Miſchungsſchwelle, über das mitgehende erheben. Entſprechend mit Geſchmacks- und Geruchsreizen.

Seien nun überhaupt a, b, c, d . . . pſychophyſiſche Bedingungen, welchen für ſich ſelbſt verſchiedenartige pſychiſche Phänomene $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ .. zugehören. Wirken ſie in Verbindung, ſo kann daraus ein reſultirendes Phänomen R hervorgehen, in welchem keins der betreffenden pſychiſchen Einzelphänomene nach Qualität und Quantität beſonders unterſcheidbar hervortritt, ſoll aber das eine oder andere, z. B. γ nach Qualität und Quantität unterſcheidbar hervortreten, ſo muß ſein c ein gewiſſes Verhältniß zur Verbindung der geſammten übrigen Werthe $a, b, d \ldots$ überſteigen. Thut es das, ſo wird immer noch unter Anwendung meiner früheren Formeln γ mit poſitivem Werthe als bewußt auftreten, hingegen mit negativem Werthe als unbewußt, wenn c hinter dem Miſchungsſchwellenwerthe, welcher durch jenes Verhältniß beſtimmt iſt, zurückbleibt; und es wird ſich in Verwendung unſerer Formeln eben nichts zu ändern brauchen, als daß wir den Schwellenwerth von c nicht als eine abſolut gültige, ſondern nach den mitgehenden Werthen $a, b, d \ldots$ veränderliche, nur bei deren Conſtanz conſtante Größe anſehen. Je höher $a, b, d \ldots$ ſteigen, deſto höher ſteigt die Miſchungsſchwelle von c, und deſto ſchwerer wird γ beſonders unterſcheidbar, umgekehrt aber, je höher c ſteigt, deſto höher müſſen $a, b, d \ldots$ ſteigen, um noch ein reſultirendes Phänomen zu geben, welches von γ beſonders unterſcheidbar iſt.

XIV. Das Parallelgeſetz.

Das von mir ſog. Parallelgeſetz iſt in „Elem.“ I. 300 ff. näher beſprochen, und wieder begnüge ich mich hier, den früheren Bemerkungen über ſeine Thatſache Einiges hinzuzufügen, indeß im XVII. Abſchnitt noch einmal darauf wird zurückzukommen ſein.

Die Hauptthatſache, auf welche ſich das Parallelgeſetz bezieht, iſt die. Wenn zwei Reize von verſchiedener Stärke auf ein empfindendes Organ während einer gewiſſen Zeit einwirken, ſo ſchwächen ſich durch Ermüdung die abſoluten Empfindungen, welche durch die Reize hervorgebracht werden, was man als Sache einer verminderten Reizbarkeit auffaßt, der empfundene Unterſchied der Reize aber bleibt ebenſo ungeändert, als wenn die objectiven Reize in gleichem Verhältniß geändert wären.

Sehr einfach bewährt ſich das Parallelgeſetz im Gebiete des Lichtſinnes durch eine Combination folgender zwei Verſuche. 1) Man fixire ein weißes oder überhaupt helles Feld auf ſchwarzem oder überhaupt dunklem Grunde mit dem einen offenen Auge, während man das andere geſchloſſen hält. Das erſte Auge ermüdet durch den Reiz des hellen Fleckes an der Stelle von deſſen Einwirkung, indeß das andere in ſeiner ganzen Ausdehnung ruht; und daß jene Ermüdung, ſelbſt nur 1 Minute lang fortgeſetzt, einen ſehr merkbaren Effect in Verminderung der Helligkeitsempfindung hat, beweiſt ſich damit, daß, wenn man nun das andere ausgeruhte Auge hinzu öffnet, und ſofort durch freie Verſtellung der Augenaxen oder ſeitlichen Druck an ein Auge ein Doppelbild des Fleckes erzeugt, das Bild im ermüdeten Auge erheblich dunkler als im andern, ausgeruhten Auge erſcheint; ein Erfolg, der ſehr frappant iſt. 2) Man betrachte ein helles und dunkles Feld nebeneinander mit beiden offenen Augen zugleich, ſo ſcheint ſich der Helligkeitsunterſchied nicht zu ändern, indem die Ermüdung durch beide Flecke in ſolchem Verhältniß geſchieht, daß der empfundene Unterſchied ſich gleich bleibt.

Sehr zahlreiche und entſcheidende Verſuche zur Bewährung des Parallelgeſetzes in einem ganz andern Gebiete finden ſich auch unter meinen Gewichtsverſuchen („Elem." I. p. 305 ff.); und wenn Müller (p. 267) die Reſultate dieſer Verſuche kurzweg als „ganz unbrauchbar" verwirft, weil ich dabei die „Zahlen richtiger, falſcher und zweifelhafter Fälle in unrichtiger Weiſe behandelt habe", ſo kann ich eben ſo kurz über dieſes Urtheil mit einer Verweiſung auf Abſchnitt IV hinweggehen.

Übrigens nehme ich die Gültigkeit des Parallelgeſetzes nicht weiter in Anſpruch, als die Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes reicht, und habe ſchon in „Elem." I. 304, 325 auf die wahrſcheinliche Solidarität mit demſelben hingewieſen. Daß es im Gebiete des Lichtſinnes nicht mehr zutreffen kann, wenn man mit den Helligkeitsintenſitäten, von denen man ausgeht oder auf die man durch Ermüdung herabkommt, bis zur Annäherung an die Helligkeit des Augenſchwarz kommt, liegt im Princip des Geſetzes ſelbſt, inſofern dieſe Helligkeit, obwohl nicht ſchlechthin conſtant, doch nach einer organiſchen Einrichtung nicht unter einen gewiſſen Grad fallen kann; und die Abweichungen vom Parallelgeſetze, die Aubert bei niederen Helligkeiten beobachtet hat, laufen daher nicht gegen das Princip desſelben. Auch die Reſultate der Verſuche von W. Schöne (Arch. f. Ophth. XX. 2. p. 273 ff.) und E. F. Müller (Verſuche über den Verlauf der Netzhautermüdung, Inauguraldiſſert. Zürich 1866), deren Müller (p. 275) kurz erwähnt, ſcheinen auf Abweichungen vom Parallelgeſetze im Gebiete der unteren Abweichungen vom Weberſchen Geſetze zu beziehen, ohne daß ich ſicher darüber entſcheiden kann, da mir dieſe Verſuche nicht vorgelegen haben.

Vierte Abtheilung.

XV. Pſychophyſiſche Grundformeln.

Vor Allem einige Vorbemerkungen betreffs der folgends zu gebrauchenden Bezeichnungen.

Müller hat die in folgenden Formeln vorkommenden Werthe im Allgemeinen anders bezeichnet als es von mir in den „Elem." und „In Sachen" geſchehen iſt. Inſofern es nun mit ihm über dieſe Formeln zu verhandeln gelten wird, werde ich, um Überſetzungen der Buchſtabenbedeutung aus einer Formel in die andere, ſachlich gleichgeltende, zu erſparen, um ſo lieber folgends meine früheren Bezeichnungen mit den Müllerſchen vertauſchen, als dieſe jedenfalls bezüglich Empfindung und Reiz zweckmäßiger als jene ſind, ſofern ſie als Anfangsbuchſtaben unmittelbar an das erinnern, was ſie bedeuten. Für Empfindung (Senſation) hatte ich γ, für Reiz β und für den Schwellenwerth des Reizes b; Müller hat dafür reſpectiv s, r und ρ, die ich alſo künftig ebenfalls gebrauchen werde. Für die von mir je nach Beziehung auf natürliche oder gemeine Logarithmen unweſentlich unterſchiedenen Conſtanten K und k ſteht in Übereinſtimmung mit Müller folgends κ. Auch acceptire ich für die, früher von mir nicht beſonders bezeichnete, pſ.-ph. Erregung Müllers Bezeichnung E, was nicht mit dem, früher (S. 48) in anderer Bedeutung von mir gebrauchten E zu verwechſeln iſt. Für das Verhältniß zweier verſchiedenen Reize hatte ich die Bezeichnung φ; da aber φ von Müller vielmehr als Functionszeichen gebraucht wird, ſo erſetze ich mein φ durch F. Die Unterſchiedsempfindung, wofür eine beſondere Bezeichnung bei Müller fehlt, wird von mir mit u bezeichnet.

Ich gebe nun zuerſt unter (1) ein Reſumé meines Syſtems pſychophyſiſcher Grundformeln, wie es in „Elem." II. 9 ff. und „In Sachen" p. 7 ff. aufgeſtellt iſt, um von da unter (2) zu Müllers kritiſchen Bemerkungen darüber und unter (3) zu den von ihm ſelbſt dafür aufgeſtellten ſog. „corrigirten" Formeln überzugehen.

1) Reſume des von mir aufgeſtellten Syſtems pſychophyſiſcher Grundformeln.

Das ganze Syſtem der folgenden Formeln iſt auf das Weberſche Geſetz und das Schwellengeſetz gebaut und unmittelbar auf die Größenabhängigkeit der Empfindung vom Reiz bezogen, alſo für die äußere Pſychophyſik in den Grenzen der Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes aufgeſtellt; es iſt aber auch übertragbar auf die Größenabhängigkeit der E. von der pſ.-ph. Erregung, hiemit übertragbar in die innere Pſychophyſik unter Vorausſetzung der Übertragbarkeit jener Geſetze aus dem Äußeren in das Innere, und ſpielt vorausſetzlich in der inneren Pſychophyſik eine noch allgemeinere Rolle als in Beziehung auf das Empfindungsgebiet, worauf jedoch hier nicht näher einzugehen ſein wird. Übrigens bezieht es ſich nicht bloß auf einfache Empfindungen ſondern in Zuſammenhang damit auch auf Unterſchiede und Summen von Empfindungen.

In Betreff der Unterſchiede iſt wichtig, Empfindungsunterſchiede und Unterſchiedsempfindungen klar auseinander zu halten. Ein Empfindungsunterſchied oder Unterſchied zwiſchen Empfindungen kann auch zwiſchen Empfindungen in verſchiedenen Menſchen ſo wie zwiſchen einer gegenwärtigen und einer vergeſſenen E. in demſelben Menſchen beſtehen; es reicht hin, daß die Empfindungen an ſich ſelbſt verſchieden ſind; hingegen gehört zur Unterſchiedsempfindung oder zum empfundenen Unterſchiede, daß der Unterſchied zwiſchen den Empfindungen auch als Unterſchied empfunden werde. Ein noch ſo großer Unterſchied zwiſchen zwei Empfindungen aber wird nicht als Unterſchied empfunden, wenn es zwiſchen den pſ.-ph. Erregungen, welche den Empfindungen unterliegen, an hinreichenden Wirkungsbeziehungen fehlt, indem es ſich hiemit entſprechend verhält, als mit den melodiſchen und harmoniſchen Bezugsempfindungen, wovon S. 6 die Rede war.

In ſofern nun allen folgenden Formeln das Weberſche Geſetz unterliegt, iſt nicht außer Acht zu laſſen, daß ſich daſſelbe nicht unmittelbar an Empfindungsunterſchieden, ſondern nur an empfundenen Unterſchieden oder Unterſchiedsempfindungen bewähren läßt; aber es läßt ſich aus der Bewährung an letzteren die Gültigkeit für erſtere folgern, wie unter 2 S. 198 ff. näher gezeigt wird. Zunächſt mag dies als vorweggenommenes Reſultat gelten.

Als Grundformeln oder Hauptformeln des pſychiſchen Maßes nun betrachte ich die folgenden unter den, in den „Elem.“ und „In Sachen“ dafür gebrauchten Namen.

1) Die Fundamentalformel
d. i. die Differenzialformel

$$ds = \kappa \frac{dr}{r} \cdots (1),$$

welche die Beziehung zwiſchen kleinen Änderungen der Empfindung und des Reizes im Sinne des Weberſchen Geſetzes nach der Ausdrucksweiſe deſſelben darſtellt, daß gleichen relativen Reizzuwüchſen gleiche Empfindungszuwüchſe zugehören.

2) Die Maßformel

$$s = \kappa \log \frac{r}{\gamma} = \kappa (\log r - \log \gamma) \cdots (2)$$

welche die Größe der E. als Function die Größe des Reizes und ſeines Schwellenwerthes giebt.

Sie leitet ſich durch Integration der Fundamentalformel mit Zuziehung des Geſetzes der Reizſchwelle ab, indem man unmittelbar durch Integration findet[1]

$$s = \kappa \log r + \text{Const.} \cdots (2.\ a)$$

die Conſtante aber dadurch beſtimmt, daß man $s = 0$ beim Schwellenwerth des Reizes γ ſetzt. Auch giebt es noch eine andere, hier wegen ihrer Umſtändlichkeit zu übergehende Ableitungsweiſe derſelben Formel aus dem Weberſchen Geſetze (ſ. „Elem." II. 34 ff.) ohne Rückgang auf (1) nach der Ausdrucksweiſe des Geſetzes, daß die Unterſchiedsempfindung dieſelbe bleibt, wenn das Reizverhältniß daſſelbe bleibt.

Hat man ſolchergeſtalt die Maßformel auf dieſe zweite Weiſe ohne Vorausſetzung von (1) gewonnen, ſo läßt ſich dann umgekehrt (1) durch Differenzirung von (2) oder (2. a) finden.

3) Die einfache Unterſchiedsformel oder Unterſchiedsformel ſchlechthin

$$s' - s_{,} = \kappa (\log r' - \log r_{,}) = \kappa \log \frac{r'}{r_{,}} = \kappa \log F \cdots (3),$$

welche den Empfindungsunterſchied $s' - s_{,}$ als Function des Reizverhältniſſes, proportional dem Logarithmus deſſelben giebt.

Folgt einfach aus der Maßformel (2) nach Setzung von

$$s' = \kappa (\log r' - \log \gamma)$$
$$s_{,} = \kappa (\log r_{,} - \log \gamma)$$

als Differenz von beiden, wobei der Schwellenwerth verſchwindet, und kann auch in entſprechender Weiſe unmittelbar ohne Rückgang auf die Conſtantenbeſtimmung in (2) aus (2 a) abgeleitet werden.

---

[1] Die Conſtante κ brauche ich folgends ohne Unterſchied der Beziehung auf natürliche oder gemeine Logarithmen.

Bei voriger Feſtſtellung der Unterſchiedsformel iſt vorausgeſetzt, daß die Empfindlichkeit, welche durch den reciproken Werth von ρ gemeſſen wird, für r' und $r_,$ dieſelbe ſei, was nicht allgemein anzunehmen, ſofern z. B. im einen Menſchen der Schwellenwerth des Reizes ein anderer ſein kann, als im anderen. Im Falle ſtattfindender Verſchiedenheit hat man allgemeiner:

$$s' - s_, = \varkappa\left(\log\frac{r'}{\rho'} - \log\frac{r_,}{\rho_,}\right) = \varkappa\log\frac{r'\rho_,}{r_,\rho'}.$$

4) *Die Unterſchiedsmaßformel*

$$u = \varkappa\log\frac{r'}{v r_,} = \varkappa\log\frac{V}{v}$$

worin u die Unterſchiedsempfindung und v die Schwelle des Reizverhältniſſes $\frac{r'}{r_,}$, kurz Verhältnißſchwelle iſt.

Giebt das Maß der Unterſchiedsempfindung als Function des Reizverhältniſſes und ſeines Schwellenwerthes, und läßt ſich mit Beziehung zur Ableitung der Maßformel und Unterſchiedsformel aus einer wie folgt zu gewinnenden Verallgemeinerung der Fundamentalformel ableiten.

Wenden wir die Formel (1) auf zwei Reize r', $r_,$ mit zugehörigen Empfindungen s', $s_,$ insbeſondere an, ſo erhalten wir durch Abzug der dadurch gewonnenen Formeln von einander

$$ds' - ds_, = \varkappa\left(\frac{dr'}{r'} - \frac{dr_,}{r_,}\right) \cdot \cdot \cdot (5)$$

eine Formel, welche in der That allgemeiner als (1) iſt, indem ſie ſowohl für den Fall gilt, daß zwei Reize mit zugehörigen Empfindungen da ſind, als daß bloß ein Reiz mit zugehöriger Empfindung da iſt, indem letzteren Falls die auf den anderen Reiz und die andere Empfindung bezüglichen Werthe einfach aus der Formel wegfallen. Wir können aber darin ſei es von r' oder von $r_,$ mit zugehöriger E. abſtrahiren, und erhalten dann nach obigem Gange durch Beſtimmung der Integrationsconſtante mittelſt der Reizſchwelle für jeden beider Reize r', $r_,$ insbeſondere die zugehörige Maßformel und durch Abzug der einen von der anderen die für Empfindungsunterſchiede geltende Unterſchiedsformel (3), in welcher die beiden Reize und mithin Empfindungen als *unabhängig* von einander zu gelten haben, da ja die darauf bezüglichen

Gleichungen, aus welchen ſich die Unterſchiedsformel ableitet, unabhängig von einander beſtimmt ſind, wie es dem Begriffe der Empfindungsunterſchiede entſpricht. Laſſen wir aber von vorn herein beide Reize mit zugehörigen Empfindungen in der allgemeinen Formel 8) zuſammen beſtehen, ſo erhalten wir durch Integration derſelben nicht einfach die Unterſchiedsformel (2)

$$s' - s_{,} = \varkappa \log \frac{r'}{r_{,}}$$

ſondern

$$s' - s_{,} = \varkappa \log \frac{r'}{r_{,}} + \text{Const.}$$

worin ſich die Conſtante durch Bezugnahme auf die Verhältnißſchwelle v beſtimmen läßt, indem wir $s' - s_{,} = 0$ ſetzen, wenn $\frac{r'}{r_{,}}$ den beſtimmten endlichen Werth v hat, was allgemein giebt.

$$s' - s_{,} = u = \varkappa\left(\log \frac{r'}{r_{,}} - \log v\right) = \varkappa \log \frac{r'}{r_{,}v} = k \log \frac{V}{v} \cdots (4).$$

Das $s' - s_{,}$ dieſer Formel (4) iſt aber nicht mit dem $s' - s_{,}$ der Unterſchiedsformel (3) zu identificiren, indem das $s' - s_{,}$ (4) eine Beziehung einſchließt, die dem $s' - s_{,}$ (3) fehlt, daher der Erſatz von $s' - s_{,}$ in (4) durch u.

Man ſieht leicht ein, daß die Formel 8) eine weitere Verallgemeinerung zuläßt, indem man ſie ſtatt auf bloß zwei [illegible] auf beliebig viele ausdehnen kann, worin man den Ausgangspunct von Formeln findet, die ſich auf Unterſchiedsempfindungen zwiſchen Unterſchiedsempfindungen kurz auf höhere Unterſchiedsempfindungen beziehen, und als *höhere Unterſchiedsmaßformeln* bezeichnet werden können. In „Elem." II. p. 115 ff. iſt auf dieſe Formeln und ihre Conſequenzen bis zu gewiſſen Grenzen näher eingegangen, ohne daß hier ein beſonderer Anlaß vorliegt, darauf zurückzukommen; wir bleiben alſo hier bei den einfachen Unterſchiedsempfindungen ſtehen.

Eine Unterſchiedsempfindung kann ſo gut als ein Empfindungsunterſchied die Richtung ändern, je nachdem in der Formel (4) r' größer als $r_{,}$ oder umgekehrt genommen wird; aber der *Maßwerth* u der Unterſchiedsempfindung iſt unabhängig von der Richtung derſelben, indem er ſich rückſichtslos darauf auf die *abſolute* Größe der Unterſchiedsempfindung bezieht; eine Unabhängigkeit, die man dadurch ausdrückt, daß man v mit $\frac{r'}{r_{,}}$ immer zugleich das Vorzeichen wechſeln läßt.

Schon in „Elem." I. 104 habe ich darauf hingewieſen, daß der

Werth v nur als conſtant für conſtante Verhältniſſe, unter denen ſich die Reize, reſpective die dafür ſubſtituirbaren pſ.-ph. Erregungen zu einander befinden, anzuſehen iſt. Sehr natürlich; denn bemerktermaßen hängt der U., den ein empfundener U. von einem bloßen U. zwiſchen Empfindungen hat, daran, daß zwiſchen den pſ.-ph. Erregungen, die dem erſten unterliegen, ein Wirkungsbezug ſtatt hat, der zwiſchen denen, die dem zweiten unterliegen, fehlt. Dieſer Wirkungsbezug nun kann je nach den Umſtänden, unter denen ſich die pſ.-ph. Erregungen zu einander befinden, nach ihrem räumlichen und zeitlichen Abſtande von einander, dem was ſich zwiſchenſchiebt und möglicherweiſe ſelbſt dem, was umliegt, ſtärker oder ſchwächer ſein, und ſofern dieſe Verhältniſſe von denen der der äußeren Reize mit abhängen, werden auch dieſe Einfluß auf den Werth von v gewinnen.

Hiernach aber möchte es zweckmäßig ſein, die Rückſicht auf dieſe Variabilität des v nach Maßgabe der Umſtände, unter denen die Reize, reſpective pſ.-ph. Erregungen mit einander in Beziehung treten, in die Unterſchiedsmaßformel ſelbſt durch einen Coefficienten mit aufzunehmen, welcher die Abhängigkeit der Schwelle von noch anderen Werthen als einem beſtimmten *Größenverhältniſſe* der Reize, reſpective pſ.-ph. Erregungen, ausdrückt. Brauchen wir alſo v nur für das Größenverhältniß der Reize an ſich, welches bei einem gewiſſen Verhalten der Umſtände als Schwellenwerth auftritt, und p als einen ſolchen Coefficienten, ſo würden wir haben

$$u = \kappa \log \frac{r'}{r.pv} = \kappa \log \frac{F}{pv} = \kappa \log \frac{F}{V}$$

wenn V für pv geſetzt wird.

5) und 6) Summirungsformeln.

Empfindungen können ſich nicht nur unterſcheiden, ſondern auch ſummiren, wobei es nicht minder als bezüglich der Unterſcheidung gilt, einen Unterſchied zu machen, je nachdem die pſ.-ph. Erregungen, welche den zu ſummirenden Empfindungen unterliegen, außer oder in Wirkungsbeziehung zu einander ſtehen. Und ſo kann auch, dieſen zwei verſchiedenen Fällen entſprechend, eine *einfache Summirungsformel* und eine *Summirungsmaßformel* unterſchieden werden, ohne daß ich jedoch dieſe unterſcheidende Bezeichnung ſchon früher gebraucht habe, da ich in „Elem." II. p. 60 zwar der Möglichkeit gedacht habe, daß die Empfindungsſumme durch eine *Verbindung* der pſ.-ph. thätigen Puncte (hiemit einen Wirkungsbezug derſelben) einen Einfluß erleiden könne, ohne aber dieſe Möglichkeit zu verfolgen. Wonach die in „Elem."

II. p. 63 ff. aufgeſtellte und in ihren Conſequenzen entwickelte Summenformel nur als einfache Summirungsformel für unabhängig von einander wirkſame Reize reſpective pſ.-ph. Erregungen zu gelten hat. Inzwiſchen dürfte eine Summirungsmaßformel ein entſprechendes Intereſſe als die Unterſchiedsmaßformel haben.

Beide, die einfache Summirungsformel und die Summirungsmaßformel laſſen ſich, wie leicht zu erachten, in ganz entſprechender Weiſe aus der Gleichung

$$d\gamma' + d\gamma_{,} \cdots = \kappa\left(\frac{dr'}{r'} + \frac{dr_{,}}{r_{,}} \cdots\right) \cdots\cdots 4$$

entwickeln, als die einfache Unterſchiedsformel und die Unterſchiedsmaßformel aus der, nur durch Vertauſchung von + mit — davon verſchiedenen, Gleichung 3. So erhält man die *einfache Summirungsformel*

$$\Sigma\gamma = \kappa \log \frac{r'\,r''\,r''' \cdots}{\rho'\,\rho''\,\rho''' \cdots} \cdots (5)$$

und die *Summirungsmaßformel*

$$S\gamma = \kappa \log \frac{r'\,r''\,r''' \cdots}{R} \cdots (6)$$

worin $\Sigma\gamma$ die Summe der Empfindungen ohne Wirkungsbezug der r oder dafür ſubſtituirbaren E., $S\gamma$ die Summe derſelben bei ſtattfindendem Wirkungsbezug der r oder E., und R das Schwellenproduct der r, d. i. dasjenige Product derſelben darſtellt, bei welchem $S\gamma$ null wird.

Dieſe Formeln laſſen je nach Gleichheit oder Ungleichheit der r darin Vereinfachungen und nicht unintereſſante mathematiſche Folgerungen zu, welche bezüglich Formel (5) im XX. Abſchnitt der „Elemente" entwickelt ſind, worauf ich jedoch hier nicht zurückkomme.

Von weſentlichen Bemerkungen bezüglich unſerer Formeln überhaupt dürften noch folgende zurückzurufen ſein.

Die Empfindungseinheit der Maßformel iſt wie jede Maßeinheit an ſich willkürlich, indem dafür jede E. angenommen werden kann, welche bei einem Reizwerthe ſtattfindet, der den Schwellenwerth in einem beliebig zu Grunde gelegten Verhältniſſe überſteigt; doch wird man einen Einheitswerth vorziehen, welcher zu einer Vereinfachung der Formel führt. Nimmt man nun die Empfindungseinheit bei einem Reizwerthe gleich der Grundzahl der angewandten Logarithmen, ſo wird, wie in „Elem." II. 19 gezeigt iſt, $\kappa = 1$, und nimmt man die Einheit des Reizes bei ſeinem Schwellenwerthe, ſo wird auch $\rho = 1$ und erhält man die einfache Formel

$$s = \log r,$$

welche ſo lange für Folgerungen brauchbar iſt, als der Schwellenwerth und mithin die Empfindlichkeit ſich nicht ändert; wogegen die allgemeine Form der Formel maßgebend für den Vergleich ſolcher Fälle bleibt, wo die Empfindlichkeit verſchieden iſt, mithin ρ verſchiedene Werthe annimmt.

In der That hat die Maßformel das Intereſſe, daß ſie ebenſo brauchbar iſt, die Abänderungen der Empfindungsgröße s nach Maßgabe der Abänderung der Reizgröße r bei conſtanter Empfindlichkeit, d. i. bei conſtantem Schwellenwerthe ρ, als die Abänderung von s nach Maßgabe der Abänderung von ρ bei conſtantem r, als endlich dieſelbe bei gleichzeitiger Abänderung beider zu beſtimmen.

Während der Unterſchied zweier Empfindungen bei conſtanter Empfindlichkeit durch

$$s' - s_{,} = \kappa \log \frac{r'}{r_{,}}$$

ausgedrückt wird, wird das Maßverhältniß zweier Empfindungen durch

$$\frac{s'}{s_{,}} = \frac{\log r'}{\log r_{,}}$$

ausgedrückt.

Von beſonderer Wichtigkeit und beſonderem Intereſſe iſt ein Werth des Reizes, den ich Cardinalwerth deſſelben genannt habe, d. i. der Werth des Reizes, welcher den Schwellenwerth ρ im Verhältniß der Grundzahl der natürlichen Logarithmen = 2,71828 . . . überſteigt, ſofern er maßgebend für die günſtigſte Vertheilung der Reize nach Raum und Zeit und noch in andern Beziehungen bedeutſam iſt, worüber ſich eingehende Erörterungen in „Elem." II. p. 47 ff. und 68 ff. finden.

Sowohl s als $s' - s_{,}$ als u können ſowohl mit poſitiven als negativen Werthen auftreten. Der Empfindungsunterſchied $s' - s_{,}$ ſo wie die Unterſchiedsempfindung u wechſeln bemerktermaßen das Vorzeichen, hiemit die Richtung, jenachdem der Größenunterſchied der beiden r das Vorzeichen wechſelt. Aber die abſolute Größe einer einfachen Empfindung ſo wie einer Unterſchiedsempfindung kann nicht die Richtung wechſeln; doch treten dieſe zweideutigen Werthe in den auf ſie bezüglichen Formeln 2 und 4 mit negativem Vorzeichen auf, wenn r oder $\frac{r'}{r_{,}}$ unter ihren Schwellenwerth fallen. Nach der Bedeutung nun, welche die Mathematik dem negativen Vorzeichen in Anwendung auf abſolute Größen beilegt, kann dies nichts anderes bedeuten, als daß die betreffenden pſychiſchen Werthe für Werthe von r und $\frac{r'}{r_{,}}$ unter der Schwelle unmöglich werden, wie es der Natur der Sache entſpricht. Negative abſolute Größen ſind eben unmögliche. Man hat den negativen pſychiſchen Werthen in unſeren Formeln dieſe Bedeutung, ja überhaupt eine Berechtigung und hiermit unſern Formeln, in denen ſie keine andere Bedeutung haben können, die Gültigkeit abſprechen wollen; ich komme alſo im folgenden Abſchnitte ausdrücklich darauf zurück. Man verwechſele nur vorweg nicht, wie es mehrfach geſchieht, eine negative E., wie ſie in meiner Maßformel einem Reize unter der Schwelle zugehört, mit einer beſonderen Art E., die es giebt oder nach mir geben ſoll; vielmehr bedeutet ſie eine E. die es *nicht* giebt, weil es an der hinreichenden Bedingung dazu fehlt.

Je mehr nun an dieſer Bedingung fehlt, deſto größer wird der Abſtand der E. von dem Puncte, wo ſie wirklich wird, was ſich dadurch repräſentirt, daß ſie um ſo größere negative Werthe annimmt, je mehr der Reiz hinter der Schwelle zurückbleibt. Iſt der Reiz von ſeinem Schwellenwerthe bis auf Null geſunken, ſo kann er nicht weiter ſinken, und ſo erreicht auch die E. nach ihrer logarithmiſchen Abhängigkeit vom Reize beim Nullwerth deſſelben den größten negativen Werth, unter den ſie nicht weiter ſinken kann, d. i. einen unendlich negativen, den in der That die Maßformel für die E. s gibt, wenn r null wird, und hiemit die Bedingung des Wirklichwerdens der E. abſolut ſchwindet. Ginge freilich die E. s dem r proportional, ſo müßte die Maßformel den Werth von $s = 0$ bei $r = 0$ geben. Eine ſolche Formel aber iſt auf Grund der Erfahrungen überhaupt nicht herſtellbar, wie ſich weiterhin zeigen wird.

Nicht ohne Intereſſe iſt, zu finden, wie in der Unterſchiedsmaßformel der Gegenſatz der Richtungen, welche eine Unterſchiedsempfindung annehmen kann, mit dem Gegenſatz zwiſchen Wirklichkeit und Abſtand von der Wirklichkeit, den es doch auch für ſolche Empfindungen giebt, in conſequentem Zuſammenhange ausgedrückt wird, indeß in der Maßformel der Gegenſatz der Vorzeichen nur den letzteren, in der Unterſchiedsformel nur den erſteren Gegenſatz bedeuten kann und bedeutet.

Bei Analyſe der Fälle, welche ſich der Unterſchiedsmaßformel unterordnen, kann man eine Schwierigkeit darin finden, daß r', $r_,$ beide unter ihrer Schwelle ſein können, indeß doch das Verhältniß beider $\frac{r'}{r_,}$ die Verhältnißſchwelle überſteigt, wonach ein U. zwiſchen Reizen empfunden werden kann, die ſelbſt nicht empfunden werden, was zunächſt abſurd erſcheint. Indeß habe ich ſchon „In Sachen" p. 102 f. (triftiger als in „Elem." II. p. 101) gezeigt, daß vielmehr durch jene Folgerung einer thatſächlichen Forderung entſprochen wird. Beiſpielsweiſe: wenn das Tagesgeräuſch, welches die Luft erfüllt, mit einem Werthe r' unter der Schwelle iſt, ſcheint uns Alles ſtill; ſinkt es alsdann plötzlich noch weiter unter die Schwelle bis zum Werthe $r_,$, ſo daß $\frac{r'}{r_,}$ die Verhältnißſchwelle überſteigt, ſo haben wir die E. einer vermehrten Stille, ohne beidesfalls etwas von einem Schalle verſpürt zu haben, indem wir das Daſein des Schalles nur noch mehr als vorher vermiſſen; dies iſt der in der Formel vorausgeſetzte Fall. Entſprechend können wir die E. einer vermehrten Reinheit der Luft mit dem Geruchſinne, oder einer vermehrten Reinheit des Geſchmackes mit dem Geſchmacksſinne erhalten. Bei umgekehrtem Übergang von einem ſchwächeren zu einem ſtärkeren Geräuſche unterhalb der Schwelle können wir auch die E. einer verminderten Stille oder ſtärkeren Anregung des Gehörsſinnes erhalten, ohne daß ſie zur beſtimmten Wahrnehmung eines Schalles anſteigt u. ſ. f. Es iſt aber bei der aufſteigenden Richtung in Rückſicht zu ziehen, daß ein, nach einem ſchwächeren Reize folgender ſtärkerer gar wohl eine Erregung über der Schwelle hervorrufen kann, die derſelbe Reiz, in Continuität wirkend, nicht hervorgerufen hätte, ſofern überhaupt, nach Contraſtgeſetzen, die pſ.-ph. Erregung durch einen gegebenen Reiz je nach Vorausgehen einer ſtärkeren oder ſchwächeren Erregung ſchwächer oder ſtärker ausfällt; daher bei der aufſteigenden Richtung der ſpätere Reiz leichter die Schwelle überſteigen kann als bei der abſteigenden.

Im Sinne der von mir vertretenen pſ.-ph. Anſicht nehme ich an, daß in den Grenzen der Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes der Reiz r ſich in proportionale Werthe der pſ.-ph. Erregung E überſetzt, von welcher dann die E. s logarithmiſch abhängt, wogegen im Sinne der phyſiologiſchen Anſicht ſich der Reiz r in den Grenzen des Weberſchen Geſetzes in logarithmiſch davon abhängige Werthe E überſetzt, welchen dann die E. s einfach proportional geht; wonach für beide Anſichten die Beziehung von r zu s ſachlich dieſelbe bleibt, und folgerichtig zu derſelben

Formel für dieſe Beziehung führen muß; nur die Vermittelungsweiſe zwiſchen r und s durch Zwiſcheneinſchiebung von E wechſelt je nach der Anſicht ihre Stelle und mithin Rolle.

Nach der pſ.-ph. Anſicht können die vorigen Formeln für die Beziehung zwiſchen Reiz und Empfindung, welche wegen der Abweichungen vom Weberſchen Geſetz nur von beſchränkter Gültigkeit für die äußere Pſychophyſik ſind, in ſtreng gültige Formeln für die innere Pſychophyſik überſetzt werden, wenn man den Reiz r durch die pſ.-ph. Erregung E erſetzt, indem die von Nebenumſtänden abhängigen Abweichungen vom Geſetze, welche die Verſuche mit äußern Reizen in der äußern Pſychophyſik darbieten, für die unmittelbare Beziehung zwiſchen Empfindung und pſ.-ph. Erregung in der inneren Pſychophyſik als wegfallend angeſehen werden. Nach der phyſiologiſchen Anſicht, wenigſtens ſo wie ſie von Müller vertreten iſt, hängt das Weberſche Geſetz ſo weſentlich mit den Abweichungen davon zuſammen, daß von einer reinen Übertragung desſelben weder auf s noch E die Rede ſein kann.

Ob der jedenfalls für Empfindungen von gleicher Qualität als conſtant anzunehmende Werth κ auch für Empfindungen von verſchiedener Qualität conſtant bleibe, iſt noch nicht entſchieden; die Schwelle γ anlangend, ſo kann ſie, auf den äußern Reiz bezogen, ſelbſt für dieſelbe Qualität der Empfindung und bei demſelben Individuum je nach der Empfindlichkeit wechſeln, indem die Verhältniſſe der Übertragung in das Innere wechſeln; wogegen ſie, auf die pſ.-ph. Erregung bezogen, möglicherweiſe zwar auch nach der Qualität der Empfindung wechſeln kann, für die innere Pſychophyſik aber als conſtant für dieſelbe Art von Empfindungen anzuſehen iſt.

In den vorigen Formeln iſt nur die Thatſache der Reizſchwelle und Unterſchiedsſchwelle oder der damit von ſelbſt gegebenen Verhältnißſchwelle, nicht aber der Miſchungsſchwelle (S. 179 f.) berückſichtigt. Sofern nun doch jeder während des Wachens neu zutretende Reiz den Menſchen ſchon durch ein Spiel verſchiedenartiger äußerer und innerer Anregungen beſchäftigt findet, oder nach einem kurzen Ausdrucke zu einer ſchon vorhandenen Erregungsmiſchung hinzutritt, überſetzt ſich ſtreng genommen die Unterſchiedsſchwelle und zugehörige Verhältnißſchwelle in eine entſprechende Miſchungsſchwelle, ohne daß Grund iſt, die Formeln dadurch abgeändert zu halten; indem wir nur die eine Schwelle für die andere zu ſubſtituiren haben. Sollte aber doch dieſer Erſatz zu einer bis jetzt noch nicht theoretiſch beſtimmbaren Abänderung führen, ſo würden wir immer zu ſagen haben, daß nach Maßgabe als die neu zutretenden Reize die vorhandene Erregungsmiſchung in ſtärkerem Verhältniſſe überſteigen, auch die Unterſchiedsmaßformel reiner zur Geltung kommen muß, mit Rückſicht, daß die Größe der in dieſe Formel eingehenden Verhältnißſchwelle in Proportion mit den Reizen wächſt. Und da die auf die Reizſchwelle und Unterſchiedsſchwelle bezüglichen Geſetze, welche durch unſere Formeln in eine mathematiſche Form gebracht werden, durch Erfahrungen gewonnen ſind, bei denen ſich das Bedürfniß der Mitrückſicht auf eine beſondere Miſchungsſchwelle nicht herausgeſtellt hat, ſo konnte auch von einer ſolchen in den betreffenden Formeln abſtrahirt werden.

Nimmt man nun aber doch auf die bei jeder neu eintretenden Reizung ſchon vorhandene, im Wachen irgendwie über der Schwelle befindliche, Erregungsmiſchung Rückſicht, ſo wird damit weder das Princip der Reizſchwelle noch die Reizſchwelle ſelbſt beſeitigt, denn es bleibt nach wie vor wahr, daß, wenn der gegebene Reiz nicht eine beſtimmte Größe überſchreitet, ſein Daſein nicht erkannt wird, doch wird dabei ſtreng genommen eine Complication des Princips der Reizſchwelle mit dem Princip der Miſchungsſchwelle anzuerkennen ſein, und für Fälle der Wirklichkeit der Schwellenwerth der pſ.-ph. Erregung nicht mehr abſolut conſtant, ſondern als mit abhängig von der Art und Stärke der Miſchung anzuſehen ſein, welcher die Erregung zuwächſt. Nach Maßgabe aber als die Miſchung zurücktritt, muß auch das einfache Schwellengeſetz reiner hervortreten, das überhaupt dem Geſetz der Miſchungsſchwelle nicht ſowohl coordinirt als im Sinne eines beſonderen Falles ſubordinirt iſt.

Bei Auffaſſung äußerer Reize, ſowie bei rein inneren pſychiſchen Phänomenen ſpielt die Aufmerkſamkeit eine große Rolle; und zunächſt kann man die vorigen Formeln als gültig bei Gleichhaltung der Aufmerkſamkeit annehmen. Nun laſſen ſich aber die vorigen Formeln mittelſt Übertragung in die innere Pſychophyſik auf die Aufmerkſamkeit ſelbſt anwenden, und indem man dieſe Anwendung mit der Anwendung auf die Phänomene, welche der Aufmerkſamkeit unterliegen, in angemeſſener Weiſe combinirt, kann man jene Beſchränkung fallen laſſen, ſofern man auf ſolchem Wege zuſammengeſetzte Formeln gewinnt, welche den zuſammengeſetzten Erfolg der Wirkung der Reize oder pſ.-ph. Erregung mit der Wirkung derjenigen Erregung, welche der Aufmerkſamkeit ſelbſt unterzulegen iſt, ausdrücken. Hiervon aber wird in einem beſonderen Abſchnitt (XIX.) die Rede ſein.

2. Müllers kritiſche Bemerkungen.

Zur Anknüpfung von Müllers Bemerkungen habe ich mit einigen Worten auf die ſpecielle Begründungsweiſe der Maßformel (2) zurückzukommen.

Wie eben bemerkt, läßt ſich dieſelbe in zwei Weiſen aus dem Weberſchen Geſetze ableiten, welche beide zunächſt auf die Formel

$$s = \kappa \log r + \text{Const.} \quad \cdots \quad (2.a)$$

führen[1].

Zur Beſtimmung der Conſtante habe ich das Zuſammentreffen eines empiriſchen und mathematiſchen Geſichtspunctes benutzt. Erſteren anlangend, ſo beweiſt die Thatſache der Reizſchwelle, daß die Empfindung, um auf Null herabzukommen, nicht wartet bis der Reiz auf Null herabgekommen iſt, ſondern daß ſie ſchon bei einem endlichen Grade des Reizes, der ſog. Reizſchwelle, erliſcht. Daß die gegen die Thatſache der Reizſchwelle erhobenen Einwände allgemein geſprochen nicht ſtichhaltig ſind, iſt S. 178 f. gezeigt; aber geſetzt, ſie bliebe aus empiriſchem Geſichtspuncte *zweifelhaft*, und mehr läßt ſich doch keinesfalls ſagen, ſo habe ich zweitens in den „Elem.“ (II. Abſchn. p. 17) gezeigt, daß man nur mit Zuziehung derſelben überhaupt aus dem Weberſchen Geſetze zu einer brauchbaren Formel gelangt. In der That, wollten wir in voriger Formel $s = 0$ ſetzen, wenn $r = 0$, d. h. die Thatſache der Reizſchwelle, nach welcher s vielmehr bei einem endlichen Werthe von r = null wird, nicht gelten laſſen, ſo würden wir zur Beſtimmung der Conſtante haben

$$0 = \kappa \log 0 + \text{Const.}$$

Da nun $\log 0 = -\infty$, ſo fände ſich $\text{Const.} = \kappa\infty$, mithin

$$s = \kappa \log r + \infty$$

d. h. wir erhielten für einen endlichen Werth des Reizes r einen unendlichen Werth der Empfindung s. Setzen wir hingegen, daß s bei dem endlichen Werthe ϱ des Reizes r gleich null wird, ſo erhalten wir

---

[1] Dies leuchtet aus der Darſtellung in „Elem.“ II. p. 38 betreffs der zweiten Ableitungsweiſe nicht unmittelbar ein. Man hat nämlich dort:

$$\gamma - \gamma' = f\left(\frac{\beta}{\beta'}\right) = k \log \frac{\beta}{\beta'} = k\,(\log \beta - \log \beta')$$

mithin

$$\gamma = k \log \beta - k \log \beta' + \gamma'$$

β' aber iſt, wenn man zur Gewinnung der Maßformel in voriger Formel nur einen beider Reize variabel nimmt, eben ſo wie das zugehörige γ' conſtant, mithin auch $-k \log \beta' + \gamma' = \text{Const.}$, was ſich bei unſeren jetzt gebrauchten Bezeichnungen in

$$s = \kappa \log r + \text{Const.}$$

überſetzt.

$$0 = z \log \rho + \text{Const.}$$

hienach

$$\text{Const.} = - z \log \rho$$

$$s = z (\log r - \log \rho) = z \log \frac{r}{\rho} \cdots (2)$$

welches unſere Maßformel iſt.

Nun gelangt zwar Müller vom Weberſchen Geſetze aus auf einem, mit meinem zweiten ganz ähnlichen oder vielmehr principiell damit übereinſtimmenden, Wege zu ganz derſelben Formel

$$s = z \log r + \text{Const.} \cdots\cdots (2.a)$$

als ich; findet doch aber an meiner Ableitung allerlei auszuſetzen, indem er (p. 225 Anmerk.) ſagt: „Bedenklich finde ich die bekannte Fechnerſche Ableitung, welche von der Vorausſetzung ausgeht, daß die eben merklichen Empfindungs- und Reizzuwüchſe als Differenzialgrößen angeſehen werden könnten. Fechner (Pſ. II. p. 34 ff.) giebt noch eine andere, unſerer obigen Entwickelung ſehr ähnliche Ableitung; doch nimmt er dabei die Thatſache der Reizſchwelle mit zu Hülfe, ohne deren Zuziehung ſich, wie Fechner irrthümlich behauptet, das logarithmiſche Abhängigkeitsverhältniß zwiſchen Empfindungsintenſität und Reizſtärke nicht ableiten laſſe, es ſei denn, daß man ſich dazu verſtehe, die eben merklichen Reize und Empfindungszuwüchſe als Differenzialgrößen zu betrachten“.

Gegen dieſe Kritik aber muß ich mich, abgeſehen davon, daß ich nicht eine der Müllerſchen ſehr ähnliche, ſondern Müller eine der meinigen ſehr ähnliche Ableitung giebt, in jeder Beziehung erklären.

Erſtens, da ſich meine beiden Ableitungsweiſen im Reſultate mit einander und mit Müllers Reſultate decken, hiemit durch ihr übereinſtimmendes Reſultat gegenſeitig controliren, ſo hätte Müller zu ſeinem Bedenken gegen die erſte meiner Ableitungsweiſen auch einen Grund dieſes Bedenkens zu fügen Anlaß gehabt. Meinerſeits kann ich einen ſolchen Grund nicht finden, denn, hat man ſich einmal entſchloſſen, — und hierauf geht doch Müller ſelbſt ein — die Empfindungen als von den Reizgrößen abhängige Größen gelten zu laſſen und zu behandeln, ſo wüßte ich nicht, was hindern könnte, auch die Abhängigkeit ihrer Differenziale von einander im Sinne der Erfahrungen, die ſich an kleinen Zuwüchſen machen laſſen, einzuführen. Ja wie kann Müller Bedenken hiegegen äußern, da in ſeiner ſog. corrigirten Fundamentalformel, welche ich unten anführe, die kleinen Zuwüchſe von Empfindung und Reiz nicht minder als Differenziale auftreten, wie in meiner einfachen. Nun iſt der Unterſchied nur der, daß ich aus meiner

Differenzialformel eine endliche Maßformel, Müller umgekehrt ableitet; aber das iſt bloß ein formaler Unterſchied; die Erfahrungsthatſachen, von denen die eine und andere Ableitungsweiſe ausgeht, bleiben weſentlich dieſelben, und das Weberſche Geſetz tritt dabei nur in verſchiedener Form auf.

Zweitens. Sowohl bei der erſten Ableitungsweiſe als bei der zweiten habe ich in den „Elem." beſonders gezeigt, daß die Ableitung einer brauchbaren Maßformel nur unter Zuziehung der Thatſache der Reizſchwelle gelingt. Wie kommt nun Müller dazu, mich ſagen zu laſſen, daß ich bei der erſten Ableitungsweiſe dieſer Zuziehung entbehren könne. Das iſt ja gerade das Gegentheil von dem, was ſich bei mir findet.

Drittens. Wie kann Müller ſelbſt aus der Formel (2.a), zu welcher er (p. 228) wie ich auf Grund des Weberſchen Geſetzes gekommen, eine beſtimmte Maßformel ableiten, wenn nicht unter Zuziehung der Thatſache der Reizſchwelle, und wie kann er alſo meine Behauptung in Betreff dieſer Nothwendigkeit für irrthümlich erklären, ohne ſeinen Widerſpruch irgendwie begründet oder nur motivirt zu haben. Damit, daß er ſich ſelbſt einer Beſtimmung der Conſtante überhebt — und in der That geht er auf gar keine Unterſuchung darüber ein —, iſt man doch nicht dieſer Unterſuchung und Beſtimmung überhoben.

Möglich zwar, daß er die Beziehung auf die Schwelle zur Beſtimmung der Integrationsconſtante (eben ſo wie ſein Namensverwandter Müller von Goding in den „Axiomen der Pſ." p. 27 ff.) dadurch glaubt umgehen zu können, daß er einen endlichen Empfindungswerth s_0 bei dem endlichen Reizwerth r_0 zur Conſtantenbeſtimmung einführt, was giebt

$$s - s_0 = \varkappa \log \frac{r}{r_0} = \varkappa (\log r - \log r_0)$$

Aber hiemit entgeht man der Conſtantenbeſtimmung durch die Schwelle nur ſcheinbar; denn ſoll die vorige Formel allgemein gelten, ſo muß ſie auch für $s_0 = 0$ gelten, und wollte man hierbei r_0 null ſetzen, mithin das Schwellengeſetz nicht gelten laſſen, ſo würde man den Unterſchied s von Null, d. i. s ſelbſt $= \infty$ erhalten, da $\log \frac{r}{0} = -\infty$ iſt; alſo kann s_0 nur bei einem endliche Werthe r des Reizes null ſein; und ſo beſteht die Conſtantenbeſtimmung durch Setzung von $s = s_0$ bei $r = r_0$ nur ſolidariſch mit der Setzung von $s = 0$ bei einem endlichen Werthe des Reizes r, d. i. mit der Conſtantenbeſtimmung durch die Schwelle.

Außerdem giebt vorige, weſentlich mit der Unterſchiedsformel übereinkommende, Formel bloß den Werth des Unterſchiedes zweier Reize s, s_0; es können ſich aber zwei Empfindungen nicht im Maße unterſcheiden, wenn nicht auch eine Maßbeſtimmung für ſie ſelbſt beſteht, und hiezu gelangt man nur durch eine Conſtantenbeſtimmung mit Bezug auf die Schwelle, wogegen die Beſtimmung durch Setzung von $s = s_0$, wenn $r = r_0$, die Aufgabe des einfachen Empfindungsmaßes ungelöſt läßt.

Nun könnte man im Sinne der ſog. Differenzanſicht („In Sachen“ p. 113 ff.) vielleicht ſagen, daß einfache Empfindungen überhaupt nicht für ſich, ſondern nur in ſofern ſie von andern unterſchieden werden, alſo als Componenten von Unterſchiedsempfindungen, beſtandfähig ſind. Aber abgeſehen von dem, was ſich hiergegen überhaupt ſagen läßt, bezieht ſich die Unterſchiedsformel, mit welcher bemerktermaßen die vorige Formel ſachlich übereinkommt, gar nicht auf Unterſchiedsempfindungen, ſondern Unterſchiede zwiſchen Empfindungen, welche rückſichtslos auf eine Empfindung ihres Unterſchiedes beſtehen, wonach darauf zurückzukommen iſt, daß Unterſchiede nicht gemeſſen werden können, ohne eine Meßbarkeit deſſen, wozwiſchen ſie beſtehen.

Wenn ſchon alſo die Conſtantenbeſtimmung der vorigen Formel (2.a) durch Beziehung auf einen Werth über der Schwelle zur Begründung der Unterſchiedsformel recht wohl geſchehen kann, erſpart ſie doch nicht die Conſtantenbeſtimmung durch Beziehung auf die Schwelle zur Begründung einer Maßformel, aus der ſich dann die Unterſchiedsformel auch ohne Rückſicht auf erſtere Conſtantenbeſtimmung ableiten läßt, wogegen die Maßformel nicht umgekehrt aus der Unterſchiedsformel ohne Rückſicht auf die Schwelle ableitbar iſt.

Inzwiſchen dürften Erwägungen voriger Art Müller ſelbſt nahe genug gelegen haben, und ſo glaube ich, daß der eigentliche Grund, weßhalb Müller ſich überhaupt der Conſtantenbeſtimmung in Formel (2.a) entzogen hat, vielmehr dieſer iſt. Natürlich hat es Müller ſo wenig als mir entgehen können, daß die Beſtimmung der Conſtante in dieſer Formel nicht durch Setzung von $s = 0$ bei $r = 0$ geſchehen könne, und daß man, um überhaupt endliche Werthe für s bei endlichen Werthen von r zu erhalten, $s = 0$ bei einem endlichen Werthe von r ſetzen, d. h. einen Schwellenwerth von r zugeſtehen müſſe. Aber damit iſt ſolidariſch, daß s bei Werthen von r unterhalb des Schwellenwerthes negative Werthe annimmt, und da er negative Empfindungswerthe für abſurd hält (p. 373), ſo muß ihm natürlich auch dieſe Beſtimmungsweiſe der Conſtante abſurd erſcheinen. Alſo unterläßt er dieſelbe in der, aus dem Weberſchen Geſetze abgeleiteten, Formel (2a) lieber ganz, und hält ſich daran, das Weberſche Geſetz ſei ja überhaupt kein triftiges Geſetz, und die darauf gegründete Maßformel durch eine andere, ſeine ſog. corrigirte Maßformel, auf die ich ſpäter komme, zu erſetzen. Aber was erreicht er damit? Näher zugeſehen führt dieſe Formel nicht minder *nothwendig* zur endlichen Reizſchwelle und zu negativen Empfindungswerthen unterhalb derſelben, als meine auf das reine Weberſche Geſetz gegründete Maßformel, was ſich in der Unbeſtimmtheit, die Müller ſeiner Formel gegeben, vor ihm ſelbſt verſteckt haben mag, aber S. 204 f. einfach und evident genug herausſtellen laſſen wird. Wonach jedenfalls *dieſer* Grund, in den fundamentalen Formeln von dem reinen Weberſchen Geſetze abzugehen, illuſoriſch iſt. Und nachdem ſolchergeſtalt negativen Empfindungswerthen überhaupt nicht zu entgehen iſt, wird man, ſtatt ſie von vorn herein für abſurd zu erklären, ſich nach einer vernünftigen Deutung derſelben umzuſehen haben, wie man denn eine ſolche auch zwanglos im obigen Zuſammenhange meines Syſtems finden kann.

Hienach komme ich auf die Frage zurück, wiefern das, nur an empfundenen Unterſchieden bewährbare, Weberſche Geſetz auf Empfindungsunterſchiede übertragen werden dürfe, wie das allerdings von vorn herein bei Aufſtellung der Formel (1) geſchehen iſt, mit welcher die übrigen zuſammenhängen. Nun habe ich ſchon „In Sachen“ p. 16 einen hierauf bezüglichen Einwand Herings weſentlich ſo beantwortet. Die Größe, welche ein Unterſchied beim Verſuche zu haben ſcheint, d. i. der empfundene U. u, kann von zweierlei abhängig gedacht werden, erſtens von der Größe des wirklichen U., d. i. des Empfindungsunterſchiedes, zweitens von inneren und äußeren Nebenumſtänden, welche in den Verhältniſſen begründet liegen, unter denen ſich die Reize, reſpectiv pſ.-ph. Erregungen zu einander befinden. Werden aber bei den Verſuchen über das Weberſche Geſetz die Nebenumſtände möglichſt gleich gehalten oder ihr Einfluß eliminirt, ſo kann die Conſtanz des ſcheinbaren, des empfundenen U. nur von der Conſtanz des wahren, des Empfindungsunterſchiedes abhängen. Aufgabe einer jeden guten Verſuchsreihe in dieſem Felde aber iſt, die Nebenbedingungen, die auf Abänderung des empfundenen U. Einfluß haben können, durch die ganze Verſuchsreihe möglichſt gleich zu halten oder ihren Einfluß zu eliminiren. Und wenn dies nicht überall vollkommen gelingt oder gar durch die abgeänderten Reizverhältniſſe ſelbſt auch abgeänderte Nebenumſtände heraufbeſchworen werden ſollten, ſo können hierdurch wohl empiriſche Störungen des

Weberſchen Geſetzes, woran es in der That nicht fehlt, bedingt ſein, aber nicht die Übertragbarkeit des Geſetzes, *ſo weit es ſich für möglichſt gleich gehaltene oder eliminirte Nebenumſtände beſtätigt*, in Frage geſtellt ſein. Weitere Ausführungen hierzu kann man noch „In Sachen“ p. 47 ff. finden.

Müller freilich findet ſich mit all' dem nicht befriedigt; ſondern erhebt (Rec. p. 815) folgenden Einwand: „Wenn es ſich darum handelt, ob gleich merkliche Empfindungszuwüchſe, die zu Empfindungen verſchiedener Intenſität hinzukommen, gleich groß ſeien, ſo iſt doch vor Allem zu fragen, ob nicht auch die abſolute Empfindungsintenſität ſelbſt als ein Nebenumſtand zu betrachten ſei, welcher die Merklichkeit eines Empfindungszuwuchſes beeinflußt“; und weiter (p. 816): „Offenbar handelt es ſich hier zunächſt darum, ob man im Stande iſt, mit Sicherheit die Frage zu entſcheiden, in welchem Verhältniß der empfundene U. zu dem Empfindungsunterſchiede ſtehe, und ob insbeſondere bei dieſem Abhängigkeitsverhältniſſe nicht auch die abſolute Empfindungsſtärke oder die derſelben zu Grunde liegende phyſiſche Intenſität des Sinnesreizes und der Nervenerregung als ein wichtiger Nebenumſtand von Einfluß wird.“

Ich geſtehe, daß mir dieſer Einwand unklar geblieben iſt. Das, worum es ſich nach Müller zunächſt handelt, iſt meines Erachtens eben nur die Frage ſelbſt, die ſich durch obige Betrachtung entſcheidet. Und wie kann Müller dabei etwas, um was die Frage ſelbſt geht, als Nebenumſtand geltend machen wollen. In der That, nach Ausſage der Erfahrung bleibt ſich die Unterſchiedsempfindung gleich, wenn das *Verhältniß* der Reize ſich gleich bleibt, und die Frage iſt, ob dies für Unterſchiedsempfindungen bewährbare Geſetz bei Wegfall von Nebenumſtänden auf Empfindungsunterſchiede übertragbar ſei.

Nun aber kann das Verhältniß der Reize ſich bei der allerverſchiedenſten abſoluten Größe der Reize gleich bleiben; und die Verſchiedenheit der abſoluten Größe der Reize kommt alſo hiebei nicht als Nebenumſtand ſondern als *weſentliches Ingrediens des Geſetzes* ſelbſt in Betracht, das ja gar nicht allgemein bezüglich des Reizverhältniſſes als Geſetz beſtände, ohne eo ipso die Gleichgültigkeit der abſoluten Größe der Reize einzuſchließen.

Aber vielleicht treffe und beſeitige ich zugleich Müllers Einwand in folgender Weiſe.

Sei ein U. einerſeits zwiſchen zwei Reizen a, b, andererſeits zwiſchen zwei Reizen α und β beobachtet, ſo findet ſich, in ſo weit das Weberſche Geſetz gilt, zunächſt nur der *empfundene* U. gleich, wenn bei abgeänderten Reizen a, b und α, β die Verhältniſſe $\frac{a}{b}$ und $\frac{\alpha}{\beta}$ gleich bleiben. Aber — ſo glaube ich allenfalls Müller zu verſtehen — der Empfindungsunterſchied, den wir nicht unmittelbar beobachten können, könnte außer von den Verhältniſſen $\frac{a}{b}$, $\frac{\alpha}{\beta}$ auch noch von den abſoluten Größen a, b und α, β abhängen, alſo der Empfindungsunterſchied nur gleich ſein, wenn

$$f\left(a, b, \frac{a}{b}\right) = f\left(\alpha, \beta, \frac{\alpha}{\beta}\right)$$

iſt. Aber, welche Function man auch unter f verſtehen will, ſo kann nach voriger Formel derſelbe Empfindungsunterſchied allgemein nur unter einer von folgenden beiden Vorausſetzungen beſtehen: entweder daß außer der Gleichheit zwiſchen $\frac{a}{b}$ und $\frac{\alpha}{\beta}$ auch Gleichheit zwiſchen a und α, b und β beſtehe, oder daß die Gleichheit des Empfindungsunterſchiedes überhaupt unabhängig von den abſoluten Werthen a, b und α, β ſei. Erſtere Vorausſetzung kann aber nicht beſtehen, denn wenn Gleichheit der abſoluten Werthe a mit α, b mit β zur Gleichheit des Empfindungsunterſchiedes gehörte, ſo müßte ſie auch zur Gleichheit des empfundenen Unterſchiedes gehören, da erſtere jedenfalls in die Beſtimmung der Größe des letzteren mit eingeht. Alſo bleibt man auf die zweite Vorausſetzung gewieſen, welche nichts anderes als die von mir vertretene iſt.

Geſetzt übrigens, man wollte die Übertragbarkeit des Weberſchen Geſetzes von Unterſchiedsempfindungen auf Empfindungsunterſchiede zunächſt nur als die einfachſte Hypotheſe gelten laſſen, ſo kommt man, wie unter voriger Nummer gezeigt, im Ausgange von der Formel

$$ds = \varkappa \frac{\partial r}{r},$$

durch eine demgemäße Conſtantenbeſtimmung ſowohl zur Maßformel und damit zuſammenhängenden Unterſchiedsformel, welche für Empfindungen und Empfindungsunterſchiede gelten, als zur Unterſchiedsmaßformel, welche das Weberſche Geſetz in ſeiner erfahrungsmäßigen Bedeutung für empfundene Unterſchiede repräſentirt, und es ſtellt ſich ſo ein mathematiſcher Zuſammenhang zwiſchen allen dieſen Formeln her. Nun könnte man fragen, warum alſo nicht bei der Unterſchiedsmaßformel als unmittelbarem Ausdruck des Weberſchen Geſetzes für Unterſchiedsempfindungen ſtehen bleiben? Aus zwei Gründen nicht, einmal weil ohne Überſetzung des Geſetzes für Unterſchiedsempfindungen in ein ſolches für Empfindungsunterſchiede keine Maßformel für einfache Empfindungen zu erlangen war, zweitens weil die Unterſchiedsmaßformel ſelbſt nur unter Mitzuziehung der elementaren Formeln, die aus jener Überſetzung fließen, ihre volle Begründung finden kann; denn man darf nicht aus der Acht laſſen, daß ſie mehr als den Ausdruck des Weberſchen Geſetzes enthält, ſofern ſie nicht bloß ein Gleichbleiben der Unterſchiedsempfindung bei Gleichheit des Reizverhältniſſes (unter Gleichheit der Nebenumſtände) ausſagt, und inſofern allerdings den Ausdruck für das Weberſche Geſetz einſchließt, ſondern auch maßgebend für die Änderung der Unterſchiedsempfindung mit Änderung des Reizverhältniſſes iſt.

3) Müllers ſog. corrigirte Formeln.

Wenn ſchon Müller die Ableitbarkeit der Formel

$$s = x \log \frac{r'}{r} + \text{Const} \cdots (2.\ a)$$

aus dem Weberſchen Geſetze nicht nur zugeſteht, ſondern ſelbſt reproducirt, legt er doch, wie oben bemerkt, der Formel keine fundamentale Bedeutung bei, weil er dem Geſetze ſelbſt, aus dem ſie fließt, keine ſolche beilegt, ſondern es, in Rückſicht der, in der äußeren Pſychophyſik ſo vielfach vorkommenden, Abweichungen von demſelben, für ein ganz precäres hält, was für die innere Pſychophyſik keine maßgebende Bedeutung habe, und für die äußere nach den vorliegenden Thatſachen durch folgendes (p. 225) zu erſetzen ſei.

„Bei allmälig wachſender Reizſtärke nimmt die relative Unterſchiedsempfindlichkeit in verſchiedenen Sinnesgebieten, z. B. auch im Gebiete des Druckſinnes, zunächſt zu, erreicht bei gewiſſer Reizintenſität ein Maximum und nimmt dann, nachdem ſie dieſes Maximum erreicht hat, bei fortgeſetzter Steigerung der abſoluten Reizſtärke allmälig wieder ab.“

Aber wenn Müller einmal, rückſichtslos auf die Gründe der Abweichungen, das Geſetz rein empiriſch feſtgeſtellt haben will, ſo fehlt die empiriſche Beſtätigung ſeines Geſetzes bald von dieſer bald von jener Seite her; für den Schall iſt in den bisherigen Verſuchen weder eine ſolche nach Unten noch nach Oben beſtimmt nachzuweiſen, für die Augenmaßverſuche liegt nach Unten nur eine faſt verſchwindende vor (vergl. Abſchn. XII. a), und weder für dieſe noch die Gewichtsverſuche iſt eine Abweichung nach Oben erwieſen; eine entſchiedene nach beiden Seiten zugleich überhaupt nur für die Lichtverſuche; und ich zweifle zwar nicht, daß es überall nach Oben wie Unten Abweichungen vom Geſetze giebt, aber nicht nach vorliegenden Erfahrungen, welche überall zu Müllers Erfahrungsgeſetze führten, ſondern nur nach theils erweislichen, theils überall vorauszuſetzenden Gründen der Abweichung. Will man aber aus allen, nach Beſchaffenheit der ſtörenden Umſtände wechſelnden Abweichungen ſo zu ſagen einen Kern als Ausgangspunct von allen herausſchälen, ſo wird niemand auf ein anderes als das Weberſche Geſetz kommen können; indeß Müller durch Einführung der alsbald zu beſprechenden Formeln einer ſolchen Aufgabe von vorn herein einen principiellen Riegel vorſchiebt.

Schon oben (S. 151) habe ich vorgreiflich dieſer Formeln in dieſem Sinne gedacht; es wird jetzt etwas näher darauf einzugehen ſein.

Wie nun wäre es, wenn jemand dem Geſetze der Schwere keine fundamentale Gültigkeit für die Fallbewegung beilegte, und die bekannten darauf bezüglichen einfachen Formeln als unrichtig corrigirte, weil ſie die Abweichungen vom Geſetze nicht in ſich aufnehmen, weil das Geſetz, außer beim ganz exceptionellen Falle in abſoluter Luftleere *niemals* genau zutrifft, der Luftballon, der Dampf ſich gar in die Luft erheben, die untern Theile der Zimmerdecke nicht herabfallen u. ſ. w. **Auf ganz denſelben Standpunkt aber verſucht uns Müller betreffs des Weberſchen Geſetzes mit ſeinen Formeln zu ſtellen**, d. h. anſtatt die Complication mit Nebenbedingungen, der es unterliegt, zu analyſiren, ſoweit es möglich iſt, erklärt er die ganze Complication für das, woran man ſich in der Empirie zu halten und wovon man in der Theorie auszugehen habe, und ſtellt unbeſtimmte Formeln auf, welche dem Bedürfniß in dieſer Hinſicht entſprechen ſollen. Man frage ſich aber, was aus empiriſcher und theoretiſcher Betrachtung der Fallbewegungen herauskommen würde, wenn man die entſprechende Behandlung darauf anwenden wollte.

In der That ſtellt Müller, um mit dem Weberſchen Geſetze auch deſſen Abweichungen durch eine allgemeinere Formel als meine auf das Geſetz gegründete Maßformel zu repräſentiren, ſtatt dieſer folgende Formel als ſog. „*corrigirte Maßformel*“ auf (p. 229):

$$s = \varkappa \log \varphi(r).$$

Aus dieſer leitet er durch Differenzirung die folgende als „*corrigirte Fundamentalformel*“ ab:

$$\partial s = \frac{\varkappa \varphi'(r)\,\partial r}{\varphi(r)}$$

und erklärt hienach: „dieſe beiden Formeln ſind diejenigen, welche an

Stelle der Maßformel und Fundamentalformel Fechners zu treten haben".

Factiſch freilich werden meine, auf das wegen der Abweichungen corrigirte Geſetz bezogenen Formeln durch ſeine wegen derſelben uncorrigirten weder erſetzt noch vertreten, und ſtatt auf eine fundamentale Bedeutung hin corrigirte Formeln darin ſehen zu können, hat man vielmehr uncorrigirte unbeſtimmte Abweichungsformeln darin zu ſehen. Müller macht nun ausgedehnten Gebrauch von dieſen Formeln, nirgends aber habe ich den Nutzen dieſes Gebrauchs einſehen können, ſondern nur den Nachtheil, Aufgaben, die ſich beſtimmter faſſen und behandeln ließen, ins Unbeſtimmte zu ziehen, im Unbeſtimmten zu halten, und der Prüfung durch Erfahrung den beſtimmten Anhalt zu entziehen.

Unſtreitig lag der Aufſtellung ſeiner Formeln der Geſichtspunct unter, darin einen Anhalt zur Anknüpfung allgemeinerer Betrachtungen über das Verhältniß von Reiz und E. zu geben, ohne ſchon in jeder Beziehung an beſtimmte Vorausſetzungen darüber gebunden zu ſein, was man ſich ja gern gefallen ließe, wenn nicht der Vortheil der Allgemeinheit in dem Nachtheil der Unbeſtimmtheit wieder verloren ginge. Allgemeinheit und Unbeſtimmtheit fallen aber doch nicht ſchlechthin zuſammen. Die Formel $y^2 = R^2 - x^2$ iſt die allgemeinſtmögliche, die ſich vom Kreiſe geben läßt; indem man dem allerdings unbeſtimmt gelaſſenen R nur alle möglichen Werthe zu geben braucht, um alle Kreiſe zu haben. Hingegen ſind $y^2 = \varphi(x^2)$ oder $= \varphi(R^2, x^2)$ oder ſelbſt $= \varphi(R^2 - x^2)$ Formeln, die in unbeſtimmter Weiſe über die Repräſentation des Kreiſes hinausführen, und das Entſprechende gilt von $\varphi(r)$ in Müllers corrigirten Formeln, bezüglich deſſen, was ſie zu repräſentiren haben. Das r in $\varphi(r)$ kann noch in allerverſchiedenſter Weiſe mit Conſtanten als ar, $\frac{r}{a}$, a^r, $\frac{a+r}{b+r}$ u. ſ. w. u. ſ. w. combinirt gedacht werden. Nun zählt zwar Müller (p. 229 ff.) einige, aus Erfahrungen in der äußeren Pſychophyſik entnommene geſetzliche Beſtimmungen zwiſchen Reiz und E. auf, nach denen das φ ſeiner Formeln näher zu beſtimmen ſei, aber nur als Forderungen, ohne eine nähere Beſtimmung von φ ſelbſt danach vorzunehmen, wodurch die Formel auf die Grenzen dieſer Forderungen eingeſchränkt würde, und ohne die ſolidariſche Erfüllbarkeit aller durch irgendwelche Form von φ zu beweiſen oder auch nur an einem Beiſpiel zu erläutern. Unſerſeits können wir die Augenmaßverſuche wie Gewichtsverſuche, nach Delboeuf auch die Lichtverſuche bis zum Merklichwerden der oberen Abweichung, durch beſtimmte Zuziehung einer Conſtante zu dem übrigens feſtgehaltenen Ausdruck des beſtimmten Weberſchen Geſetzes auf Grund einer vernünftigen Annahme für die untere Abweichung repräſentiren; und die Schallverſuche Volkmanns und Nörrs, die Lichtverſuche Dobrowolskys („In Sachen“ p. 160) repräſentiren ſich ſogar ohne ſolche Zuziehung. In Müllers ſog. corrigirten Formeln geht dieſe ganze Beſtimmtheit unter. Dazu ſchließt ſeine Maßformel bei aller ihrer Unbeſtimmtheit eine willkürliche Beſchränktheit ein, denn von vorn herein ſieht man nicht ein, und Müller hat gar nichts gethan, ſeine Wahl zu motiviren, warum ſtatt Müllers $s = \varkappa \log \varphi(r)$ nicht vielmehr $s = \varkappa \varphi(\log r)$ zu ſtehen hätte.

Möchte ſich nun auch noch gegen dieſe formalen Einwürfe eine Erwiederung in allgemeinen Ausdrücken finden laſſen, ſo ſteht aber Müller noch der ſchwerſte Einwurf bevor, ein ſachlicher, deſſen ich oben ſchon vorgreiflich gedachte.

Müller läßt nach ſeiner Vertretungsweiſe der phyſiologiſchen Anſicht keine negativen Empfindungswerthe zu. Nun kommt man aber zu ſolchen in der auf das reine Weberſche Geſetz gegründeten Maßformel (2). Alſo läßt Müller das reine Weberſche Geſetz, hiemit die Maßformel (2) nicht gelten, ſondern führt dafür ſeine corrigirte Maßformel ein. Daß es aber eine Täuſchung iſt, damit die negativen Empfindungswerthe los zu werden, läßt ſich leicht wie folgt zeigen.

Zuvörderſt wird nach Müllers corrigirter Maßformel die E. s ebenſo gut ſchon bei einem endlichen Reizwerthe r null, als nach meiner, auf das reine Weberſche Geſetz geſtützten Maßformel. Denn ſetzen wir einmal, die E. werde vielmehr bei einem Nullwerth des Reizes null, ſo geht Müllers Formel für dieſen Fall über in

$$0 = \varkappa \log \varphi(0)$$

Nun iſt $\varphi(0)$, weil die Variable r darin fehlt, eine Conſtante; alſo

$$0 = \varkappa \log \text{Const.}$$

Dieſe Formel iſt aber in ſich widerſpruchsvoll, denn von endlicher Größe kann Const. und mithin log Const. nicht ſein, weil damit der Null auf der erſten Seite der Gleichung nicht entſprochen würde. Gleich Null aber kann Const. eben ſo wenig ſein, weil $\log 0 = -\infty$, und wir dann hätten

$$0 = -\infty$$

Alſo bleibt nichts übrig, als für $s = 0$ dem Werthe r einen endlichen Werth zu geben.

Kommt nun die, mit r abſteigende, E. s ſchon bei einem endlichen Werthe von r, alſo bei einem Schwellenwerthe ρ, auf Null herab, ſo kann ſie bei noch weiterem Sinken von r ohne Verletzung der Continuität nicht null bleiben, noch in Widerſpruch mit der Erfahrung wieder wachſen; alſo bleibt wieder nichts übrig, als ſie mit Sinken von r unter die Schwelle ρ in negative Werthe übergehen zu ſehen.

Daß dieſes Reſultat einen Bruch in das ganze Syſtem von Müllers Vertretung der phyſiologiſchen Anſicht durch ſeine corrigirten Formeln bringt, und ſeine Beſtreitung meines gegenüberſtehenden Syſtemes bezüglich eines der weſentlichſten Puncte in einen Widerſpruch gegen das eigene Syſtem verkehrt, leuchtet, denk' ich, bei einiger Überlegung ohne Schwierigkeit ein.

Aber vielleicht entſchließt ſich Müller, hienach ſelbſt ſeine Zuflucht zu einem Auswege zu nehmen, den er vielmehr der pſ.-ph. Anſicht hat octroyiren wollen. Auf p. 373, 374 und darauf zurückkommend in Rec. p. 836 macht nämlich Müller geltend, daß man nicht einmal im Sinne der pſ.-ph. Anſicht vom Weberſchen Geſetze genöthigt ſei, auf negative Empfindungswerthe zu kommen, weil eine Formel zu Gebote ſtehe, die, falls man die pſ.-ph. Anſicht halten wolle, meiner darauf bezüglichen Maßformel zu ſubſtituiren ſei, eine Formel, „welche für alle Werthe von E, die $>$ 1 ſind, ganz dieſelben Werthe von s giebt, wie Fechners pſ.-ph. Geſetz, hingegen für diejenigen Werthe von E, welche $<$ 1 ſind, ebenſo wie für den Werth $s = 1$ keine negativen Empfindungsgrößen, ſondern nur den Nullpunkt der Empfindungen ergiebt“ [1]. Die Formel iſt dieſe:

$$s = \frac{2\varkappa \log E}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sin x \;\cos x \cdot \frac{\partial x}{x}}{E}$$

worin als Einheit von E der Schwellenwerth der pſ.-ph. Erregung gilt.

Dieſe Formel imponirt in der That mit ihrem cometenartig ins Unendliche ∞ geſtreckten Integralſchweife; nur finde ich eine eigene Zumuthung darin, daß die pſ.-ph. Anſicht ſich daran halten ſoll, da gar nicht abzuſehen, wie ſie dazu kommen ſoll. Denn daß es in der abſtracten Mathematik eine ſolche Formel giebt, reicht doch nicht hin, ſie in der Pſychophyſik zu verwenden, ohne einen Weg zu zeigen, der in ihr ſelber dazu führt. Nun kommt die pſ.-ph. Anſicht vom Weberſchen Geſetze, nach Überſetzung des Reizes in pſ.-ph. Erregung, unmittelbar zu

$$s = \varkappa \log E + \text{Const.}$$

---

[1] Müller bezieht ſich bezüglich dieſer Formel auf: G F. Meyer, Vorleſungen über die Theorie der beſtimmten Integrale.

Auf welchem mathematiſchen Wege man aber dazu kommen ſoll, die additive Conſtante in einen Factor zu überſetzen, in welchen gar die Variable E mit eingeht, iſt mir ganz unerfindlich. Dazu ſchließt obige Formel eine Discontinuität ein, man duldet aber ſonſt in Formeln, die ſich auf Realitäten beziehen, keine ſolche; und niemand wird es einfallen zu glauben, daß die fundamentale Beziehung zwiſchen E. und pſ.-ph. Thätigkeit durch eine ſo wunderlich zuſammengeſetzte Formel ausdrückbar ſei. Endlich vermiſſe ich noch den Beweis, daß dieſe Formel für alle Werthe von $E > 1$ wirklich dieſelben Werthe von s als eine rein auf das Weberſche Geſetz geſtützte Formel wiedergiebt, und ſehe zunächſt den Weg des Beweiſes dafür nicht ein; doch da Müller die Behauptung dafür aufſtellt, wird er auch wohl den Beweis dafür haben.

Natürlich aber würden entſprechende Bemerkungen gegen die Geltendmachung einer ſolchen Formel für die phyſiologiſche Anſicht zu erheben ſein.

Nach all' dem ſollte ich jedenfalls meinen, man könne es mir nicht verdenken, wenn ich mich auf die Verwerthungen von Müllers Formeln, die er ſelbſt damit vornimmt (p. 229 ff., 251 ff., 272, 338 ff.), überhaupt nicht einlaſſe, ſondern, was ich immer möglich gefunden, die betreffenden Fragen, um die ſich's dabei handelt, nach beſtimmten Geſichtspuncten ins Auge gefaßt habe.

XVI. Von den, in die pſ.-ph. Formeln eingehenden, negativen Empfindungswerthen.

1) Die negativen Empfindungswerthe als imaginäre.

Nach der, auf das Weberſche Geſetz gegründeten, Maßformel nimmt die E. eines Reizes und nach der damit zuſammenhängenden Unterſchiedsmaßformel die E. des Unterſchiedes zweier Reize negative Werthe an, wenn reſpectiv der Reiz oder der Unterſchied zweier Reize unter einen gewiſſen endlichen Werth, die Schwelle ſinkt. Die Bedeutung dieſer negativen Empfindungswerthe iſt von mir in „Elem." II. p. 39 ff. beſprochen, und mit Berückſichtigung der dagegen gemachten Einwände „In Sachen" p. 88 ff. darauf zurückgekommen, auch eben S. 190 meine Auffaſſung dieſer Werthe zurückgerufen worden. Aber die Beharrlichkeit der Gegner in Anfechtung dieſer Auffaſſung und unerſchöpfliche Variation, wenn auch nicht weſentlich neuer Einwürfe aber neuer Wendungen der alten dagegen veranlaßt mich, nochmals auf die Frage deßhalb einzugehen.

Ich beginne mit einer etwas allgemeineren Betrachtung.

Es giebt Größenwerthe, welche nur als abſolute oder poſitive vorkommen oder gedacht werden können, beiſpielsweiſe das Quadrat einer Zahl in mathematiſchem Sinne, die lebendige Kraft in phyſikaliſchem Sinne. Wird man nun doch in irgendwelchem Zuſammenhange auf negative Werthe einer ſolchen Größe geführt, ſo kann man logiſch conſequent nur unmögliche oder imaginäre Werthe darin ſehen; denn es iſt ja vorausgeſetzt, daß die betreffende Größe nur als abſolute oder poſitive vorkommen oder gedacht werden könne. Fälle aber, wo man wirklich auf derartige negative Größen geführt wird, kommen jedenfalls in der Mathematik häufig genug vor, und ſo faßt denn auch die Mathematik ſolche wirklich als unmögliche, oder imaginäre; wonach es von vorn herein verwunderlich iſt, wenn man das, was man in der Mathematik überall zugiebt, in den Anwendungen der Mathematik nicht gelten laſſen will. Hat es doch an ſich überhaupt nichts Widerſprechendes, daß eine Größe von einer anderen in ſolcher Abhängigkeit ſtehe, um nur in gewiſſen Grenzen derſelben reale Werthe zu behalten, und darüber hinaus unmöglich zu werden. Von dieſer allgemeinen Bemerkung aber werden alle Einwände gegen die imaginäre Bedeutung, die ich den negativen Empfindungswerthen beilege, getroffen.

Zur Erläuterung vorigen Princips habe ich ſchon in „Elem.“ II. p. 10 und „In Sachen“ p. 92 an den imaginären Werth erinnert, den die Radii vectores oder Leitſtrahlen mit negativem Vorzeichen im Syſtem der Polarcoordinaten annehmen, ſofern man in dieſem Syſtem die Länge des Radius vector nur nach abſolutem Werthe, nicht, wie im Syſtem der rechtwinkligen Coordinaten mit Rückſicht auf das Vorzeichen oder die Richtung in Betracht zieht; und ich denke, das wird trotz Müller und Nitzſche, welche dies unbequeme Beiſpiel durch Gegenbemerkungen, wovon unten, wegbringen möchten, richtig bleiben. Nun iſt aber der Radius vector nicht etwa ein abſonderliches curioſes Beiſpiel in betreffender Hinſicht; wir können entſprechende Beiſpiele auch in Anwendung rechtwinkliger Coordinaten überall finden, wo die Bedingung zutrifft, daß das negative Vorzeichen einen Werth betrifft, der ſeinem mathematiſchen Begriffe nach nur poſitiv ſein kann. Nehmen wir z. B. die einfachſte Gleichung der Parabel

$$y^2 = px.$$

Die Abſciſſe x kann eben ſo gut nach negativer als poſitiver Richtung verfolgt werden, giebt aber nur nach poſitiver verfolgt, für y^2 poſitive Werthe, nach negativer Richtung verfolgt, negative Werthe, die für die vorausgeſetzte Coordinatenebene nur als imaginäre gelten können. Nun, nachdem man ſich abgemüht, die imaginäre Bedeutung eines negativen Radius vector wegzubringen, möge man ſich noch einmal dieſelbe Mühe an vorigem Beiſpiele geben.

Man iſt übrigens nicht in Verlegenheit, andere Beiſpiele derart zu finden, als wie

$$y^2 = a^2 - x^2$$
$$\log y = \log (x - a)$$

Gleichungen, die ſich beliebig in Curven überſetzen laſſen. In der erſten wird y imaginär, wenn $x^2 > a^2$, in der zweiten $\log y$ imaginär, wenn $x < a$.

Alſo halte ich es für *mathematiſch* feſtſtehend, daß *der Gegenſatz der Vorzeichen unter Umſtänden ebenſowohl den Gegenſatz von real und imaginär wie unter andern Umſtänden den Gegenſatz von Richtungen bedeuten kann; und zwar wird Erſteres ſtets der Fall ſein, wenn der Gegenſatz eine Größe betrifft, die ihrer Natur nach nur abſolut oder als poſitiv gedacht werden kann.*

Nun wendet man vielleicht ein: was thut man mit einem ſolchen abſtract mathematiſchen Satze, wenn er keine Anwendung auf die Wirklichkeit erleidet. Aber die, aus *wirklichen* Erfahrungen abgeleitete, Maßformel bietet eben ein Beiſpiel ſolcher Anwendung dar. Die Empfindung s *kann* ihrer Natur nach nicht negativ werden, und inſofern doch meine wie Müllers Maßformel auf negative Empfindungswerthe führt, *muß* auch denſelben der Charakter des Imaginären beigelegt werden, und alles Gegenreden dagegen, daß dies mit der Begriffsbeſtimmung des Gegenſatzes von + und — oder mit ſonſt was nicht ſtimme, iſt ganz vergeblich, wenn man die Logik der vorigen Betrachtungen und dazu in Bezug ſtehenden Beiſpiele nicht zu widerlegen vermag. Man beweiſt damit nur, daß man mit ſeinen Begriffsbeſtimmungen den Gegenſatz der Vorzeichen entweder nicht allgemein genug, oder daß man ihn falſch oder daß man ihn ſchief gefaßt hat.

Mit der *allgemeinen* Deutung des Gegenſatzes poſitiver und negativer Empfindungen ſteht die Deutung *größerer* und *kleinerer* negativer Empfindungswerthe in natürlichem Zuſammenhange. Nach

Maßgabe, als der Reiz, respectiv die pſ.-ph. Erregung weiter unter die Schwelle ſinkt, fehlt einerſeits mehr an der Bedingung, welche zum Zuſtandekommen einer poſitiven E. nöthig iſt, und um ſo weiter ſteht andererſeits die E. ſelbſt als Function des Reizes hinter der Erreichung eines poſitiven Werthes zurück. Alſo können wir zur Bezeichnung hievon kurz ſagen: größere und kleinere Werthe der negativen E. meſſen ebenſo das größere und kleinere Zurückbleiben der E. hinter einem poſitiven Werthe als die poſitiven Werthe das größere und kleinere Überſchreiten des Beginnes einer ſolchen, oder: jene geben einen pſychiſchen Maßſtab ebenſo für das, was am Zuſtandekommen einer E. noch fehlt, wie dieſe einen Maßſtab für die zuſtandegekommene E. ſelbſt. Dabei hüte ich mich wohl, das, was pſychiſcherſeits, nach mathematiſchem Maße des Pſychiſchen, am Zuſtandekommen einer wirklichen E. noch fehlt, oder um was die E. pſychiſcherſeits hinter dem Eintritt einer poſitiven E. zurückbleibt, mit dem, was an den phyſiſchen Bedingungen zum Zuſtandekommen der E. noch fehlt, zuſammenzuwerfen und zu verwechſeln, obwohl ich gefunden, daß dies gelegentlich von Andern geſchehen oder mir untergeſchoben worden iſt; da das, was am Zuſtandekommen der E. noch fehlt, ja gar nicht proportional mit dem iſt, was an den phyſiſchen Bedingungen dazu fehlt, ſondern nur ebenſo in logarithmiſcher Abhängigkeit dazu ſteht, als die E. über der Schwelle zu dem Reize über der Schwelle. Überhaupt hat man nie zu vergeſſen, daß wir in der Pſychophyſik die E. nicht bloß nach ihrem pſychologiſchen Werthe, ſondern zugleich nach ihrer phyſiſchen Bedingtheit aufzufaſſen haben, wonach ein unmöglicher Werth derſelben allerdings von einem bloßen Nullwerth derſelben zu unterſcheiden iſt, was nun eben durch den Unterſchied von — und 0 geſchieht, eine Unterſcheidung, die durch die Auffaſſung der Gegner ganz verloren geht, welche damit die Aufgabe der Pſychologie und Pſychophyſik zuſammenwerfen.

Man kann das negative γ nach ſeinem negativen Werthe ebenſo durch eine unter einen Nullpunct herabgeführte Linie graphiſch repräſentiren, wie das poſitive γ nach ſeinem poſitiven Werthe durch eine über denſelben heraufgeführte Linie, was nicht in Widerſpruch damit ſteht, daß ſich Wege oder Bewegungen der Wirklichkeit, die man von demſelben Puncte aus in entgegengeſetzter Richtung aufwärts und abwärts verfolgt, entſprechend repräſentiren laſſen, indem die doppelte Verwendung, welche der Vorzeichengegenſatz in dieſer Hinſicht zuläßt, ſich auf die graphiſche Repräſentirbarkeit deſſelben überträgt.

Bei der großen Allgemeinheit, in welcher ſich die Imaginarität negativer Werthe in der Mathematik geltend macht, könnte es auffällig erſcheinen, daß eine Anwendung davon ſich bloß in der Pſychophyſik finden ſollte. Aber zuvörderſt laſſen ſich genug Fälle aufzeigen, die zu entſprechender Anwendung führen würden, wenn die Formeln dafür überhaupt ſchon entwickelt wären. Z. B. ein Körper gleitet wegen der Reibung von einer ſchiefen Ebene erſt herab, wenn der Erhebungswinkel eine gewiſſe Grenze, eine Schwelle überſchreitet, um ſo raſcher, je mehr er ſie überſchreitet. Hätten wir eine Gleichung, welche die Geſchwindigkeit des Gleitens als Function des Elevationswinkels ausdrückte, und principiell genommen muß es doch eine dafür geben, ſo könnte die Geſchwindigkeit bei Werthen unter der Schwelle des betreffenden Winkels nur mit negativen Werthen auftreten, deren Größe die Entfernung von der Möglichkeit des Gleitens bedeutete. — Ein Muskel fängt erſt bei einer gewiſſen Stärke des elektriſchen Reizes an, ſich zuſammenzuziehen, das Eiſen erſt bei einer gewiſſen Stärke der Erhitzung an, ſichtbar zu glühen, u. ſ. w. Die Zuſammenziehung des Muskels erſterenfalls, das ſichtbare Glühen zweitenfalls werden auch mit negativen Werthen auftreten müſſen, ſo lange die Schwelle nicht erreicht iſt.

Man braucht jedoch nicht auf bloß mögliche Anwendungen dieſer Art zu verweiſen.

Die Sonnenhöhe über und unter dem Horizonte eines gegebenen Ortes iſt durch den Sinus des Erhebungswinkels der Sonne mit entgegengeſetztem Vorzeichen gegeben, ohne daß dieſer Gegenſatz an ſich ſelbſt eine Imaginarität einſchließt. Zugleich aber iſt die Tageshelligkeit an dem betreffenden Orte durch dieſen Sinus gemeſſen; und in dieſer Beziehung kann der negative Sinus nichts anderes als eine imaginäre Helligkeit in unſerem Sinne für dieſen Ort bedeuten.

Nach Vierordts neueren Erfahrungen wird der Schall im Wege ſeiner Fortpflanzung durch jede gleiche Strecke eines cylindriſchen Schallleiters nicht verhältnißmäßig zu ſeiner vorhandenen Stärke, ſondern abſolut um gleich viel geſchwächt, alſo bei hinreichender Länge des Leiters endlich erſchöpft, und man kann das Geſetz davon wie folgt repräſentiren.

Laſſen wir den Leiter l um eine kleine Größe dl wachſen, ſo nimmt der Schall S um eine damit proportionale Größe dS ab, ſo daß man hat

$$dS = -a\,dl$$

wo a eine, von der Natur des Leiters abhängige, Conſtante iſt. Das giebt integrirt $S = -al + \text{Const.}$

Sei nun am Anfange des Leiters, wo $l = 0$, der Schall $= S_0$, ſo iſt $\text{Const.} = S_0$, mithin allgemein

$$S = -al + S_0.$$

Der Schall S wird alſo = 0 werden, mithin erſchöpft ſein, wenn $al = S_0$, d. i. $l = \frac{S_0}{a}$. Nimmt die Länge l über dieſen Werth hinaus zu, ſo wird S negativ, d. h. die Fortpflanzung des Schalls über jene Länge hinaus iſt unmöglich.

Man hat gemeint, wenn ein Gegenſatz der Vorzeichen überhaupt auf Empfindungen anwendbar ſei, ſo könne nur ein Gegenſatz des Charakters oder der Qualität, wie von Wärme und Kälte-Empfindung, Luſt- und Unluſtempfindung damit bezeichnet werden. Aber geſetzt, dieſer Gegenſatz laſſe ſich wirklich ſo bezeichnen, ſo ſchließt dies doch gar nicht aus, daß der Gegenſatz zwiſchen Wirklichkeit und Nichtwirklichkeit in unſerem Sinne ebenſo bezeichnet werde, da der Vorzeichengegenſatz nun einmal zur Bezeichnung verſchiedenartiger Gegenſätze brauchbar iſt. Eine Zweideutigkeit aber kann dadurch nicht entſtehen, ſofern der Zuſammenhang, in den der Gebrauch eintritt, von ſelbſt das Verſtändniß deſſelben mitführt. Und ſo läßt auch die Ableitung der Maßformel aus Erfahrungen an Lichtempfindungen, Schallempfindungen, nicht zu, den Vorzeichengegenſatz in dieſer Formel anders zu verſtehen, als er von mir verſtanden worden iſt.

Übrigens halte ich es bei Kälte- und Wärmeempfindung noch für ſehr fraglich, ob der Qualitätsgegenſatz dieſer Empfindungen wirklich durch einen Vorzeichengegenſatz derſelben ausdrückbar ſei, indem ich es zugleich fraglich halte, ob er nicht vielmehr ein ſcheinbarer als wirklicher ſei. Beides, Kälte- wie Wärmeempfindung, ſind Empfindungen sui generis; Kälteempfindung kann ſo ſtark als Wärmeempfindung ſein und je nach Daſein oder Fehlen der Bedingung zu ihr wirklich oder imaginär ſein, wird alſo auch wie obgenannte andere Empfindungen und wie die Wärmeempfindung ſelbſt eine Maßformel für ſich in Anſpruch nehmen, in der ſie mit poſitivem Vorzeichen als wirklich, mit negativem als unwirklich auftritt. Und in der That habe ich in „Elem." II. 42 ff. gezeigt, daß, nachdem die Temperaturen, von welchen Wärme- und Kälteempfindung abhängen, ſich reſpective als poſitive und negative Differenzen von einer gewiſſen mittleren Temperatur darſtellen, für beiderlei Empfindungen wohl zuſammenhängende Formeln aufſtellbar ſind, worin ſie mit Feſthaltung jener Bedeutung der Vorzeichen als Functionen dieſer gegenſätzlichen Differenzen auftreten. Hingegen ſcheint mir von vorn herein nicht klar, was in den Empfindungen der Wärme und Kälte an ſich ſelbſt läge, das zu einem gegenſätzlichen Vorzeichen für ſie aufforderte.

es afficirt ſich nur an ſie unwillkürlich der Charakter eines Gegenſatzes, weil ſie von gegenſätzlichen Bedingungen abhängen, nach Maßgabe als dieſe in einander übergehn, in einander ſelbſt übergehn, nicht minder gegenſätzliche Folgen haben.

In ſofern es über die ſinnlichen Empfindungen hinaus höhere Bewußtſeinsphänomene giebt, und dieſe ſich (nach Abſchn. I.) als pſychophyſiſch repräſentirbar anſehen laſſen, wird auch der Begriff der Schwelle und hiemit negativer pſychiſcher Werthe unter der Schwelle darauf übertragbar ſein, was zu verfolgen jedoch jetzt nicht die Aufgabe iſt.

Mehrfach ſcheint mir das Widerſtreben gegen meine negativen Empfindungswerthe bloß in einem Widerſtreben gegen den, einen Widerſpruch zu enthalten ſcheinenden, Ausdruck zu liegen. Wie kann man überhaupt noch von Empfindungen ſprechen, wenn nichts weniger als Empfindung da iſt. Nun, wenn das Schwierigkeit macht, ſo überſetze man ſich doch den Ausdruck in die thatſächliche Bedeutung, auf die ich in wiederholten Erläuterungen immer zurückgekommen bin, und ſtoße ſich nicht an den Ausdruck. In jedem Falle aber hüte man ſich vor einer Verwechslung der mathematiſchen Exiſtenz, die ich den negativen Empfindungswerthen beilege, mit einer realen. Die erſtere lege ich denſelben in ſofern bei, als ſie zur mathematiſchen Bezeichnung der Unmöglichkeit von Empfindungen gegebener Art bei ungenügenden Bedingungen dazu dienen, womit denſelben aber die reale Exiſtenz nicht zugeſprochen, ſondern ausdrücklich abgeſprochen wird. Doch iſt die betreffende Verwechslung gewöhnlich, ja ſo zu ſagen hergebracht. Nur im Sinne einer ſolchen hat man meine negativen Empfindungswerthe „abſurd“ finden können, was ſie wirklich ſind, wenn ſie als wirkliche gedeutet werden. Delboeuf fragt am Schluſſe einer, ſich in dieſer Verwechslung ergehenden, Auslaſſung (p. 55): „Was iſt es alſo, was ich bei der abſoluten Stille empfinde?“ und ich erwiedere einfach: Nichts; vielmehr bin ich bei der abſoluten Stille unendlich weit davon entfernt, etwas von einem Schalle zu empfinden.

Ich ſollte meinen, daß mit vorigen Erklärungen und Erläuterungen alle principiellen Einwände gegen die mathematiſche Exiſtenz meiner negativen Empfindungswerthe in vorigem Sinne — und eine andere habe ich nie behauptet — erledigt wären; aber hören wir doch hienach noch die neu formulirten Einwände der Gegner ſelbſt, um zu ſehen, wiefern ſie gegen die vorigen Betrachtungen laufen und was ſie etwa dagegen vermögen; in der Hauptſache laufen ſie freilich bloß begrifflich neben denſelben her. Jedenfalls wird ihre Verzeihlichkeit am beſten einleuchten, wenn wir ihnen den Raum zu ihrem Anlaufe gönnen.

Müller, ohne bemerkt zu haben, daß ſeine Maßformel eben ſo wenig als die meinige negativen Empfindungswerthen entgeht, hält denſelben (p. 369) folgende Erklärung von Gauß entgegen.

„Poſitive und negative Zahlen können nur da eine Anwendung finden, wo das Gezählte ein Entgegengeſetztes hat, was mit ihm vereinigt gedacht der Vernichtung gleich zu ſtellen iſt.“

„So“ — ſagt Müller — „bezeichnen wir die Schulden, die jemand hat, als negatives Vermögen, weil ein gleich großes poſitives Vermögen mit ihm vereinigt gedacht, den Nullzuſtand ergiebt.“ Ganz recht, und eben ſo bezeichne ich das als negative E., was mit einer poſitiven E. vereinigt gedacht werden muß, um ſie auf null zu reduciren, das iſt eben das, was am Zuſtandekommen der E. im obigen Sinne nach mathematiſchem Zuſammenhange noch fehlt. Ich ſuperponire mathematiſch genommen die negative E., die einem Reize zugehört, der die Schwelle in gegebenem Verhältniſſe unterſteigt, über die poſitive E., welche einem Reize zugehört, der die Schwelle in entſprechendem Verhältniſſe überſteigt, und komme damit auf Null. Natürlich verlangt die mathematiſche Definition nur, daß ich das begrifflich vollziehe; ſollte man aber eine Schwierigkeit darin finden, daß ich es nicht in Wirklichkeit kann, müßte man dieſelbe Schwierigkeit finden, die von Gauß ſelbſt anerkannten imaginären Werthe negativen Vorzeichens mit poſitiv wirklich gedachten zu null zu combiniren.

Freilich könnte man auch ſagen wollen: Sei 1 der Schwellenwerth des Reizes, ſo muß für mich ein Reiz gleich ½ eine eben ſo große negative E. geben, als ein Reiz 2 eine poſitive; weil erſtenfalls der Schwellenwerth in gleichem Verhältniß unterſtiegen, als zweitenfalls überſtiegen wird, und müßte man hienach, wenn beide Reizgrößen vereinigt werden, was 2½ giebt, die Empfindung null vermöge Superpoſition der Empfindungen, die beide für ſich geben, erhalten; woraus die Abſurdität meiner Betrachtungsweiſe von ſelbſt erhelle. Aber mit dem Reize 2½ ſuperponirt man nicht die Empfindungen, welche den Reizen ½ und 2 für ſich zugehören, ſondern erhält die Empfindung, welche der Summe der Reize 2½ in Eins zugehört, und fällt vielmehr mit dieſer Schlußweiſe dem Fehler anheim, den ich früher („In Sachen“ p. 37) an einer Betrachtungsweiſe von Langer rügte.

In der That gewiß iſt doch, daß γ ½ = — γ 2 nicht allgemein = γ [illegible], [illegible] ich dann die Zuſammenſetzung einer E. γ [illegible], welche dem Reize [illegible] zugehört, mit einer E. φ (b), welche dem Reize b insbeſondere zugehört, gleich einer E. φ (a + b) ſein, welche dem Reiz a + b zugehört. Dies entſpricht aber genau dem obigen Falle.

Oder will man etwa ſagen: um zum Begriffe der Negation zu kommen, muß ich mir erſt einen poſitiven Werth denken; negativ iſt dann, was ich von ihm abziehe. Aber das wäre äquivalent dem Falle, daß jemand ein poſitives Vermögen hätte, und es würde ihm abgezogen; damit käme man freilich auch auf Null; aber wo bliebe dann der Begriff der Schulden, auf den Müller doch ſelbſt recurrirt; und meinerſeits habe ich es ſchon früher gethan (Elem. II. 41), um eben damit das zu belegen, was Müller damit widerlegen will. So kommt man auch auf Null, wenn man ein Stück Weges erſt nach einer Richtung, dann zurück zum Ausgangspunct in entgegengeſetzter Richtung geht, und braucht dafür den Gegenſatz von + und —; aber das ſchließt den Gebrauch dieſes Gegenſatzes nicht für den Fall aus, daß man von demſelben Puncte aus einmal nach der einen, das anderemal nach der entgegengeſetzten Richtung geht; und ſo gehen wir in der Maßformel von demſelben Puncte der Nullempfindung einmal ins Wirkliche, das anderemal ins Unwirkliche.

Müller fragt weiter (p. 371): „Nach welchem Maße ſoll nun die Entfernung von der Wirklichkeit einer E. gemeſſen werden, welche bei Vorhandenſein einer pſ.-ph. Thätigkeit von der Intenſität $\frac{E_0}{2}$ durch den Werth — k log 2 und bei gänzlichem Schweigen aller pſ.-ph. Thätigkeit durch den Werth — k ∞ ausgedrückt wird?“ — die Antwort iſt: nach demſelben Maße, nach dem wir die poſitive E. meſſen, d. h. nach der functionellen Abhängigkeit von der pſ.-ph. Erregung. Könnten wir die E. ohne das überhaupt meſſen, ſo brauchten wir kein pſ.-ph. Maß überhaupt.

Wie Müller will auch Nitzſche (in der ſpäter unter ſeinem Namen anzuführenden Abhandlung) meine Faſſung der negativen Empfindungen aus dem Begriffe des Poſitiven und Negativen heraus widerlegen, indem er (p. 22) ſagt: „Wo immer Poſitives und Negatives unterſchieden wird, da kommt es lediglich auf den Standpunkt an, ob man eine beſtimmte Größe als poſitiv oder negativ auffaſſe, und man kann beliebig alle Vorzeichen mit den entgegengeſetzten vertauſchen“. So! alſo auch im Ausdruck $\sqrt{-1}$ ſollte man das negative Vorzeichen beliebig mit dem poſitiven vertauſchen können? Jene Vertauſchung iſt eben nur ſo lange möglich, als der Gegenſatz der Vorzeichen auf einen

Gegenſatz *innerhalb* des Gebietes realer Werthe geht, aber nicht auf einen Gegenſatz zwiſchen Realität und Nichtrealität; und es iſt eine, durch die Eingangsbetrachtung widerlegte, petitio principii, daß er mathematiſch nicht darauf gehen könne.

Auf den, in gewiſſer Beziehung ſehr erläuternden, Begriff der *Schulden* für meine Faſſung der negativen Werthe kommt auch *Delboeuf* zu ſprechen, und bemerkt (p. 55) gegen die Faſſung der Schulden als negatives Vermögen: Schulden ſeien auch dann, wenn es an Geld, ſie zu bezahlen, in meiner Börſe fehlt, noch als Geld von gleicher Natur, als in meiner Börſe vorhanden iſt, zu faſſen. In der That, aber eben ſo iſt auch die Empfindung, die ich nicht habe, weil es mir an Mitteln fehlt, ſie zu haben, noch als E. von gleicher Natur, als die ich ein andermal haben kann, als fehlende Empfindung eben *dieſer* nicht einer anderen Art von E. zu faſſen.

„In Sachen“ p. 93 habe ich zur Erläuterung des Umſtandes, daß nach dem Geſetze der Schwelle ein Reiz erſt bis zu einer gewiſſen Größe anſteigen muß, ehe eine E. überhaupt merklich wird, Beiſpiele verſchiedener Art angeführt, welche beweiſen, daß überhaupt Fälle genug vorkommen, wonach eine *unvollſtändige* Bedingung einer Sache noch nicht hinreicht, etwas von der Sache, um die ſich's handelt, überhaupt herbeizuführen, bis die Bedingung mit einem gewiſſen endlichen Werthe erfüllt iſt; auch können eben angeführte Beiſpiele mit der Reibung, dem Glühen, der Tageshelligkeit (S. 210) als Belege für jenen Satz gelten. Nun macht freilich Delboeuf (p. 62) gegen das Beiſpiel mit der Tageshelligkeit geltend: die Sonne führe doch überall, wo ſie iſt, alſo auch unter dem Horizonte, Helligkeit mit ſich. Worauf zu antworten iſt: das geht uns aber nichts an, wenn wir nicht die Helligkeit, welche *überhaupt* von der Sonne verbreitet wird, ſondern die, welche oberhalb eines gegebenen Horizontes von der Sonne verbreitet wird, im Auge haben. So, wenn es ſich um die E. handelt, die ein gewiſſer Reiz *mir* erweckt, iſt es gleichgültig, welche E. er einem Anderen, der ſich in anderer Stellung dazu befindet, erweckt, und es kann ſein, daß er mir gar keine erweckt, während er einem Andern eine ſehr ſtarke erweckt.

Endlich will ich, da das Beiſpiel der negativen Radii vectores in den Verhandlungen über unſere Frage eine vorzugsweiſe Rolle geſpielt hat, die neuerdings von den Gegnern bezüglich darauf gemachten Gegenbemerkungen nicht unterſchlagen.

Müller beſtreitet (Rec. p. 836) die imaginäre Bedeutung des negativen Radius vector durch folgende Bemerkung: „Verf. ſcheint zu überſehen, daß die analytiſche Geometrie, wo ſie mit negativen Werthen des Leitſtrahles operirt, dieſelben ſtets der Bedeutung des Negativen gemäß in der entgegengeſetzten Richtung nimmt als die entſprechenden poſitiven Werthe; daß es bei den Polargleichungen algebraiſcher Curven verſtattet iſt, negative Leitſtrahlen auszuſchließen, weil für die Größe des allgemeinen Gliedes der Polargleichung dieſelbe Wirkung bleibt, mag man den poſitiven Leitſtrahl mit einem negativen vertauſchen oder der Anomalie einen um eine halbe Umdrehung größeren oder kleineren Werth geben, daraus ſcheint mir doch nicht im Mindeſten die Berechtigung zu folgen, das Negative unter den Begriff des Imaginären zu bringen“.

Man ſchließt aber in Polargleichungen negative Leitſtrahlen überhaupt nicht aus, wenn ſie im Verfolg der Anomalieen eintreten, um nicht damit zugleich den Theil der Anomalieen auszuſchließen, als deſſen Function ſie auftreten, ſondern legt ihnen ausdrücklich die Bedeutung bei, daß ihnen als nicht realen auch keine realen Endpuncte mehr entſprechen, und beſchränkt hiemit die Realität der Curve, was Müller mit einem Ausſchließen der Radii vectores verwechſelt. Dieſer an ſich klare Sachverhalt ſcheint mir durch dieſe Verwechſelung und das, was ſich von Bemerkungen Müllers daran knüpft, zwar etwas verdunkelt, ohne aber deßhalb aufzuhören, an ſich der klare Sachverhalt zu ſein.

Sehr ausgiebig ſind Ritzſches Bemerkungen gegen meine Verwerthung des Radii vectores. Er ſagt zuvörderſt: „Aber dies Beiſpiel finde ich nicht zutreffend, ſondern glaube, daß die Analogie der Empfindung mit den genannten Linien erſt bewieſen werden müſſe, um einen Schluß zu geſtatten“. Aber meines Erachtens iſt hiebei von bloßer Analogie nicht die Rede, ſondern, nachdem allgemein gezeigt iſt, daß das negative Vorzeichen abſoluter Größen nichts anderes als imaginäre Werthe bedeuten *könne*, ordnet ſich der negative Radius vector dieſem Satze bloß als erläuterndes Beiſpiel und beſonderer Fall unter, ohne daß man nöthig hat, von ihm nach Analogie zu ſchließen. — Der Verf. fährt fort: „Nun iſt ein negativer Radius vector, den man ſich als Product [?] einer ſich ſtets verkürzenden, dann verſchwindenden und dann auf der entgegengeſetzten Seite zum Vorſchein kommenden Linie denken kann, als *Linie überhaupt* vollkommen vorſtellbar, wenn dieſer Linie auch die Beziehung zu einem Puncte der Curve, reſpective den Coordinaten derſelben [ſie iſt aber doch ſelbſt vielmehr eine Coordinate] mangeln mag. Nicht ſo aber kann man ſich vorſtellen, was etwa in entgegengeſetzter Richtung zum Vorſchein kommen mag, wenn die E. verſchwunden iſt“. Nun ſoll man ſich ja aber auch nichts mehr von der E. als vorhanden vorſtellen, wenn ſie verſchwunden iſt, doch aber das Verſchwinden ſelbſt auf eine Empfindung beziehen, die als Empfindung überhaupt vorſtellbar und als negativ im Sinne von S. 209 ihrer Größe nach verzeichenbar iſt. Es iſt die alte Verwechſelung zwiſchen mathematiſcher und realer Bedeutung der imaginären Werthe, welcher Nitzſche hiebei unterliegt. — Er fährt weiter fort: „Mir ſcheint vielmehr der abnehmende und verſchwindende, endlich negative Radius vector in vortrefflicher Analogie zum Reize zu ſtehen, in deſſen Verlauf irgend ein Punct mit Rückſicht auf ſein Verhältniß zur Empfindung als 0 Punct betrachtet werden kann, hinter welchen der Reiz nicht zurückgehen darf, ohne ſeine Beziehung zur Empfindung zu verlieren, natürlich mit Rückſicht auf die pſychophyſiſche Deutung“. Ich geſtehe aber, nicht zu verſtehen, wie ich bei der Aufgabe, die Empfindungsgröße als Function der Reizgröße auszudrücken, einen Punct im Verlaufe der Reizgröße ſoll als Nullpunct der Reizgröße faſſen können. Er kann eben nur da liegen, wo der Reiz wirklich null iſt. Zwar kann ich jeden Punct im Verlaufe des Reizes als Nullpunct für den Ausgang von Differenzen nach einer und der anderen Seite nehmen, aber das iſt eben nur ein Nullpunct der Differenzen, nicht des Reizes ſelbſt, von dem die E. in der Maßformel abhängt.

2) Die negativen Empfindungswerthe als unbewußte.

Wichtig iſt bei allem Vorigen, daß eine pſ.-ph. Erregung unter der Schwelle, ohne die ihr adäquate E. merkbar hervortreten laſſen zu können, doch als Zuwachs zu anderen Erregungen nach dem Princip der Miſchungsſchwelle ſehr wohl beitragen kann, den Complex derſelben über der Schwelle zu halten, oder über dieſelbe zu heben, und hiemit zu einem allgemeineren Bewußtſeinsphänomen, als die betreffende Empfindung ſelbſt iſt, beizutragen, ja während des Wachens trägt jede pſ.-ph. Erregung unter der Schwelle bei, den Menſchen wach zu halten, und während des Schlafes, ihn dem Erwachen zu nähern, ohne daß doch die ihr adäquate E. unterſcheidbar hervortritt, wenn ſchon ſie den Charakter des allgemeinen Bewußtſeinsphänomens, zu deſſen Erhebung über die Schwelle ſie beiträgt, irgendwie mitbeſtimmt; ſie geht nach einem von mir gebrauchten Ausdruck unbewußt darin auf. Im traumloſen Schlafe aber, wenn es anders ſolchen giebt, iſt der Werth pſ.-phyſiſcher Erregungen unter der Schwelle, ſofern es ſolche in ihm giebt, für das menſchliche Bewußtſein nur inſofern nicht verlieren, als dadurch der Wiedereintritt realer Bewußtſeinswerthe erleichtert iſt.

Überhaupt nenne ich die negativen Empfindungswerthe auch unbewußte, weil nach meiner Faſſung derſelben das ſog. unbewußte Seelenleben weſentlich auf ihnen ruht (ſ. „In Sachen“ p. 91 f.), es iſt aber durch dieſen Ausdruck keine neue Beſtimmung der negativen Empfindungswerthe und negativen pſychiſchen Werthe überhaupt eingeführt; vielmehr ſind die unbewußten pſychiſchen Werthe ſachlich für uns durch eben das definirt, was von den negativen ausgeſagt iſt.

Durch dieſe Erklärung ſollte eigentlich ein Begriffsſtreit mit mir über bewußt und unbewußt abgeſchnitten ſein; ich habe geſagt, was ich ſachlich darunter verſtehe, und indem ich mir in Verwendung derſelben Bezeichnungen treu bleibe, kann daraus kein ſachlicher Irrthum entſtehen, wenn ich nicht von vorn herein in der Sache ſelbſt geirrt habe. Inzwiſchen opponirt mir Gutberlet in dieſer Hinſicht in einer Abhandlung, auf die ich ſpäter zurückzukommen habe („Natur und Offenbarung“ 1880, p. 114 ff. 166 ff.), und ich kann ſeine weit auslaufenden Bemerkungen darüber nicht ganz ignoriren, wiewohl ſie von gewiſſer Seite auch nur in einen Begriffsſtreit auslaufen, eben ſo wenig freilich Anlaß finden, mich ſo weit darauf einzulaſſen, als ſie reichen, eine Ablehnung, die ich ſpäter näher motiviren werde.

Vor Allem nun habe ich mich gegen Gutberlets Äußerung (p. 114) zu erklären: nach mir „ſei die unbewußte, unter der Schwelle liegende, Empfindung kein pſychiſcher Vorgang, ſondern eine pſ.-ph. Erregung (der Nerven), nicht ſtark genug, eine Empfindung auszulöſen“; indeß ich nie die unbewußte Empfindung mit der pſ.-ph. Erregung unter der Schwelle, der ſie zugehört, verwechſelt habe. Aber dies dahin geſtellt, ſo kann nach Gutberlet wie nach mir ein Schmerz (ſagen wir ein Zahnſchmerz) „unbewußt“ werden, indem man die Aufmerkſamkeit davon abzieht. Meinerſeits ſage ich dann: ich fühle den Schmerz nicht mehr, er iſt nicht mehr da, ſo lange der Abzug ſtark genug iſt. Aber, ſagt Gutberlet (p. 115): der Schmerz muß doch wirklich noch da ſein, denn „er miſcht, ſelbſt wenn unſere Aufmerkſamkeit anderwohin gerichtet iſt, ein Gefühl des Unbehagens in unſere Geſammtſtimmung, das durch die Zerſtreuung gemäßigt, aber nicht ganz beſeitigt wird“; und „ſelbſt im Zuſtande des Unbewußtſeins übt der Schmerz wirkliche Einflüſſe aus, und muß alſo doch ſelbſt wirklich ſein . . . Wir nehmen dabei ſelbſt ſpontane Bewegungen vor, um den Schmerz zu lindern“ u. ſ. w.

Das Erſte nun anlangend, ſo iſt in der That die Spannung unbehaglich, in die uns ein willkürliches, ſtetig ausgehaltenes Abziehen der Aufmerkſamkeit von einem namentlich ſtarken Zahnſchmerz verſetzt, aber was hat dies Unbehagen mit der Empfindung des Zahnſchmerzes ſelbſt zu ſchaffen, vielmehr ſchwindet dieſer umſomehr, je mehr ſich durch gewaltſamen Abzug der Aufmerkſamkeit jenes Unbehagen verſtärkt, was ſo groß werden kann, daß man es auf die Dauer nicht mehr aushält und lieber zur Schmerzempfindung zurückkehrt, die alſo doch davon unterſcheidbar ſein muß. Daher kann freilich ein ſtarker Zahnſchmerz nicht dauernd unter die Schwelle ins Unbewußte herabgedrückt werden; hingegen kann z. B. ein Profeſſor bei einem ſchwachen Zahnſchmerz, d. i. einer ſchwachen Urſache dazu, vermöge unwillkürlichen Abziehens der Aufmerkſamkeit lange über ein intereſſantes Thema dociren, ohne etwas von Zahnſchmerz zu empfinden; läuft aber doch, wie es zu geſchehen pflegt, ein Anfall davon mit unter, nun ſo iſt der Schmerz freilich da, aber eben nicht mehr als unbewußter da.

Ich denke, das heißt, die Thatſachen, um die ſich's hiebei handelt, im Sinne des allgemeinen Sprach- und Begriffsgebrauchs triftig bezeichnen. Will nun freilich Gutberlet ſeinerſeits ſagen, er empfinde ſelbſt den ſchwächſten Zahnſchmerz bei ſtärkſt abgezogener Aufmerkſamkeit, hiemit tiefſter Verſenkung deſſelben ins Unbewußtſein, noch als Zahnſchmerz, oder ſagen, er iſt da, trotz dem, daß er ſo verſunken iſt, um ihn nicht mehr zu empfinden, ſo kann ich nichts dagegen thun, als mich über ſeinen Sprachgebrauch wundern, mit dem er doch nur dieſelben Thatſachen allen unverſtändlich ausdrücken kann, die ich mit dem meinigen allen verſtändlich ausdrücke.

Nun kann man fragen: da nach Gutberlet der Schmerz ſowohl über als unter der Schwelle, ſowohl bei darauf gewandter als davon abgezogener Aufmerkſamkeit wirklich iſt, wonach unterſcheidet er ihn dann beziehentlich als bewußt und unbewußt. Recht klar geworden iſt es mir nicht. Doch finde ich factiſch den Schmerz von Gutberlet bewußt oder unbewußt genannt, je nachdem die höhere Bewußtſeinsthätigkeit der Aufmerkſamkeit darauf bezogen iſt oder nicht; und hiegegen ließe ſich ja allgemeingeſprochen nichts ſagen, indem der allgemeine wie wiſſenſchaftliche Sprachgebrauch Bewußtſein bald in engerem, höherem, bald in weiterem Sinne verſteht, in letzterem Sinne aber ein Menſch, der ganz reflexionslos in einer ſinnlichen Empfindung aufgeht, doch nicht minder bewußt heißt, als einer, der über ſeine Empfindungen reflectirt. Es kommt auf den Zuſammenhang an, indem man das Wort braucht, oder die ausdrückliche Erklärung, wie man es brauchen will. Wonach es

Gutberlet allerdings frei ſtand, ſich nach ſeinem wiſſenſchaftlichen Bedürfniß vielmehr an den engen als weiten Gebrauch zu halten, nur daß damit nichts Sachliches bewieſen oder widerlegt iſt. Schließlich aber verträgt es ſich meines Erachtens mit keinem Sprach- und Begriffsgebrauch, wirklich und Bewußtſein in ſolcher Beziehung zu einander zu verwenden, um von einem Schmerze, der dem Bewußtſein fremd iſt, als wirklichem Schmerze zu ſprechen, oder von einem wirklichen Schmerze ſagen zu können, daß das Bewußtſein nichts davon weiß, wie es von Gutberlets zugleich wirklichem und unbewußtem Schmerze unter der Schwelle gilt.

Sollte nun doch Gutberlet ſolchen Sprach- und Begriffsgebrauch zur ſachlichen Darſtellung ſeiner Anſicht über die Beziehung von Leib und Seele nöthig finden, ſo ſähe es von vorn herein ſchlimm um dieſe Anſicht aus.

Was das Zweite anlangt, daß wir ſpontane Bewegungen im Unbewußtſein, d. i. alſo bei abgezogener Aufmerkſamkeit, vornehmen, um einen Schmerz zu lindern, alſo müſſe er doch da ſein; ſo vergißt der Verfaſſer, daß ein im Rückenmark Gelähmter das gekitzelte oder geſtochene Bein rein reflectoriſch zurückziehen kann, ohne etwas vom Kitzel oder Schmerz zu empfinden; die Maſchine iſt eben darauf eingerichtet; und ſo beweiſt es auch nichts, was der Verf. weiter geltend macht, „daß ſich ſpontane Bewegungen beſonders auffällig im Schlafe zeigen, wenn z. B. der Schläfer unter der Naſe gekitzelt wird.“ Entweder fühlt er wirklich den Kitzel dabei nicht, wenn nämlich die dadurch erweckte pſ.-ph. Erregung unter der Schwelle bleibt, reagirt aber doch reflectoriſch dagegen; oder der Kitzel iſt ſtark genug, jene Erregung ſo weit über die Schwelle zu treiben, daß er eine Traumempfindung davon hat, wovon er noch nicht zu erwachen braucht; oder er treibt ſie noch höher hinauf bis zum Erwachen.

„Daß das Wecken ein rein pſychiſcher Vorgang ſei;“ ergiebt ſich nach dem Verf. (p. 169) u. a. aus Thatſachen, die er meinen „Elementen“ II. p. 446 entnimmt, als wie, „daß ſelbſt das Aufhören eines Reizes wecken kann, wie wenn der Müller den Gang der Mühle nicht mehr hört“ u. ſ. w., und unſtreitig beweiſen dieſe Thatſachen im Sinne ſeiner Vorausſetzungen, was er damit bewieſen haben will. Daß ſie hingegen im Sinne der meinigen ſich ſehr einfach pſychophyſiſch ſtatt rein pſychiſch erklären laſſen, beweiſt die Erklärung ſelbſt, die ich a. a. Orte davon gegeben habe. Der Verf. übergeht dieſe Erklärung, da ſie freilich für ſein Syſtem eben ſo wenig Bedeutung hat, als ſein Beweis für das meinige; nur wüßte ich nicht, wiefern durch Folgerungen aus ſeinem Syſtem dem meinigen ein Schade geſchähe.

Fünfte Abtheilung.

XVII. Streit der pſychophyſiſchen und phyſiologiſchen Grundanſicht.

Es iſt der Streit um die Hauptfrage der ganzen Pſychophyſik, dem es alſo gilt, eine mehr als bloß oberflächliche Aufmerkſamkeit zuzuwenden.

Bekanntlich läßt ſich die Beziehung zwiſchen Empfindung und Reiz oder allgemeiner zwiſchen pſychiſcher und phyſiſcher Erregung in zwei ſehr verſchiedenen Weiſen auffaſſen, für welche Müller (p. 232) die bequemen Ausdrücke der pſychophyſiſchen und phyſiologiſchen Anſicht eingeführt hat, deren ich mich hienach auch meinerſeits folgends bedienen werde und ſchon bisher bedient habe.

Was ich nun von vorn herein in den „Elementen“ und ſpäter in Erwiderung auf die Einwürfe von Hering, Delboeuf, Langer u. A. „In Sachen“ zur Vertretung der pſychophyſiſchen Anſicht geſagt habe, findet ſich in den Abſchnitten XVIII. XXXVIII und XXXIX der „Elem.“ II. von p. 39, 428 und 437 an, und „In Sachen“ insbeſondere im VIII. IX. und X. Abſchnitt. Inzwiſchen iſt die pſ.-ph. Anſicht ſeitens Müller, dem Hauptgegner auch in dieſem Streite, von Neuem angegriffen und ſeitens Anderer frühere Angriffe dagegen wieder aufgenommen worden, ohne daß ich darin habe Anlaß finden können, mich zur gegentheiligen Anſicht zu bekehren; vielmehr haben die dadurch hervorgerufenen neuen Erwägungen mich nur um ſo mehr in Feſthaltung der pſ.-ph. Anſicht beſtärkt.

Der Discuſſion voran mögen einige Worte zur Charakteriſtik der beiden Anſichten einander gegenüber gehen, deren hauptſächlichſte Geſichtspuncte zwar ſchon in den beiden vorigen Abſchnitten zur Sprache gekommen oder doch berührt ſind, die man aber nicht ungern hier zuſammengeſtellt wiederfinden dürfte, um ſie bei den folgenden Erörterungen präſent zu haben.

Inſofern es dabei auf die Formeln des XV. Abſchnittes zurückzukommen gilt, wird wie dort unter $\varkappa$ allgemein eine, von der Größe der pſ.-ph. Erregung und Empfindung unabhängige, Conſtante verſtanden, ohne in dem Übergange zwiſchen den verſchiedenen Formeln denſelben abſoluten Werth zu behaupten; der Schwellenwerth aber wird zur Vereinfachung der Formeln als Einheit angenommen.

1) Daß in den Grenzen der Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes eine logarithmiſche Abhängigkeit der Empfindung s vom äußern Reize r ſtattfinde, wird als mathematiſche Folgerung dieſes Geſetzes von beiden Anſichten anerkannt, aber verſchieden gedeutet. Nach der pſ.-ph. Anſicht ruft der äußere Reiz in den Grenzen des Geſetzes eine ihm proportionale Erregung E in den Nerven und dem Centralorgane hervor; die Empfindung aber hängt allgemein und principiell logarithmiſch von der inneren pſ.-ph. Erregung ab. Nach der phyſiol. Anſicht hingegen hängt in den Grenzen des Weberſchen Geſetzes die pſ.-ph. Erregung logarithmiſch vom Reize, die E. aber allgemein und principiell nach einfacher Proportion von der pſ.-ph. Erregung ab.

Alſo hat man pſychophyſiſch

$$E = \varkappa r, \quad s = \varkappa \log E$$

phyſiologiſch

$$E = \varkappa \log r, \quad s = \varkappa E.$$

Mit vorigem Hauptunterſchiede zwiſchen beiden Anſichten aber hängen folgende weitere Unterſchiede zuſammen.

2) Unter Vorausſetzung, daß die auf einander bezüglichen, von einander abhängigen Veränderungen von r, E, s nur klein ſind, geht nach der pſ.-ph. Anſicht in den Grenzen des Weberſchen Geſetzes die Änderung der pſ.-ph. Erregung E proportional der abſoluten Änderung des Reizes r, hingegen die Änderung der Empfindung s allgemein proportional der verhältnißmäßigen Änderung der pſ.-ph. Erregung, und hat man alſo

$$\partial E = \varkappa\, \partial r, \quad \partial s = \varkappa \frac{\partial E}{E}$$

hingegen geht nach der phyſiologiſchen Anſicht in den Grenzen des Weberſchen Geſetzes die Änderung der pſ.-ph. Erregung proportional der verhältnißmäßigen Änderung des Reizes, die Änderung der E. allgemein proportional der abſoluten Änderung der pſ.-ph. Erregung, und hat man alſo

$$\partial E = \varkappa \frac{\partial r}{r}, \quad \partial s = \varkappa \partial E.$$

Dieſe Formeln ſind einfache Folgerungen der Formeln unter 1).

3) Nicht minder folgt direct aus 1), daß ein Empfindungsunterſchied beliebiger Größe nach der pſ.-ph. Anſicht allgemein proportional iſt der Differenz der Logarithmen der pſ.-ph. Erregungen, mithin dem Logarithmus ihres Verhältniſſes, nach der phyſiologiſchen Anſicht aber allgemein proportional dem Unterſchiede der pſ.-ph. Erregungen. Erſteres ſteht nicht in Widerſpruch damit, daß nach 2) die kleine Änderung einer E. (äquivalent dem kleinen U. zwiſchen zwei Empfindungen) proportional dem relativen U. der pſ.-ph. Erregungen iſt, weil der Logarithmus des Verhältniſſes zwiſchen zwei Größen und der relative U. zwiſchen dieſen Größen einander proportional gehen, ſo lange der U. verhältnißmäßig klein zu den Größen bleibt, zwiſchen welchen er beſteht, oder, was damit zuſammenhängt, ſo lange das Verhältniß beider Größen ſich der Einheit nähert.

4) Nach der pſ.-ph. Anſicht giebt es zur äußeren Reizſchwelle eine ihr entſprechende innere Empfindungsſchwelle, die wir, als auf die pſ.-ph. Erregungen bezüglich, auch pſ.-ph. Schwelle nennen können; d. h. nicht nur der äußere Reiz muß erſt eine gewiſſe Größe überſteigen, um eine merkliche E. zu erwecken, ſondern auch die, ſei es durch einen äußeren Reiz erweckte, ſei es von ſelbſt innerlich entſtandene, pſ.-ph. Erregung muß eine ſolche überſteigen, ſoll eine E. merklich werden. Nach der phyſiologiſchen Anſicht muß, gemäß der Proportionalität zwiſchen E. und pſ.-ph. Erregung, ſchon die kleinſte pſ.-ph. Erregung eine entſprechend kleinſte E. erwecken, fehlt alſo eine innere Empfindungsſchwelle; und die Thatſache der äußeren Reizſchwelle, wenn überhaupt anzuerkennen, läßt keinen Schluß auf eine innere Empfindungsſchwelle zu, indem der äußere Reiz vorausſetzlich erſt eine gewiſſe Stärke überſteigen muß, um ſeine Wirkung ins Innere bis zum Empfindungsorgan (Senſorium) zu erſtrecken.

5) Nach der pſ.-ph. Anſicht erhält man für pſychophyſiſche Erregungen, welche die Empfindungsſchwelle nicht erreichen, ſowie für Unterſchiede der pſ.-ph. Erregungen, welche die Unterſchiedsſchwelle nicht erreichen, mathematiſche Ausdrücke der zugehörigen einfachen E. und Unterſchiedsempfindung mit negativem Vorzeichen, welche ebenſo die Entfernung vom wirklichen Eintritte einer Empfindung oder Unterſchieds-E. bedeuten, wie das poſitive Vorzeichen das Daſein einer wirklich eingetretenen einfachen oder Unterſchieds-Empfindung. Nach der phyſiologiſchen Anſicht hingegen giebt es keinen Gegenſatz der Vorzeichen für pſychiſche Werthe in ſolchem Sinne, und nur der Gegenſatz der Empfindungen von Wärme und Kälte, Luſt und Unluſt, alſo

ein Gegenſatz der Qualität, könnte möglicherweiſe den Gegenſatz der Vorzeichen tragen.

In der That fällt für die phyſiologiſche Anſicht nicht nur die reale ſondern auch mathematiſche Exiſtenz oder Bedeutung negativer Empfindungswerthe nach der S. 212 gemachten Unterſcheidung weg. Denn weil nach dieſer Anſicht die Empfindung und pſ.-ph. Erregung zugleich null werden, mithin es keinen Schwellenwerth der pſ.-ph. Erregung über Null giebt, giebt es auch keine realen pſ.-ph. Werthe darunter, als deren Function imaginäre Werthe der E. auftreten könnten. Man kann aber wohl von imaginären Werthen in Abhängigkeit von realen Werthen in früher angegebenem Sinne ſprechen; hingegen hätte es keinen Sinn, imaginäre Werthe als Function imaginärer Werthe aufſtellen zu wollen, was doch der Fall wäre, wenn man negative Empfindungen, die nicht real ſein können, von negativen pſ.-ph. Erregungen unter Null, die eben ſo wenig real ſein können, abhängig machen wollte.

6) Nach der pſ.-ph. Anſicht iſt das Weberſche Geſetz ein fundamentales, aus der äußeren in die innere Pſychophyſik nur mit dem Unterſchiede übertragbares, daß es in der inneren Pſychophyſik rein und unbeſchränkt gilt, indeß es in der äußeren immer nur annäherungsweiſe und in gewiſſen Grenzen gilt. Während alſo nach dem Weberſchen Geſetze, ſo weit es in der äußeren Pſychophyſik Gültigkeit hat, die Empfindung des Unterſchiedes zweier Reize conſtant bleibt, wenn das Verhältniß beider Reize conſtant bleibt, und die Zuwüchſe der Empfindung eines Reizes den verhältnißmäßigen Zuwüchſen des Reizes proportional gehen, gilt daſſelbe allgemein in der inneren Pſychophyſik, wenn man für Reiz pſychophyſiſche Erregung ſetzt. Die Abweichungen aber, welche in der äußeren Pſychophyſik von dem Weberſchen Geſetze ſtattfinden, beruhen nach der pſ.-ph. Anſicht auf Nebenbedingungen. Nach der phyſiol. Anſicht kommt hingegen dem Weberſchen Geſetze überhaupt keine reine Gültigkeit für die innere Pſychophyſik zu, und ſo weit es beſteht, beſteht es nicht zwiſchen E. und pſ.-ph. Erregung, ſondern zwiſchen pſ.-ph. Erregung und Reiz, ohne doch allgemein dazwiſchen zu beſtehen, wie die Abweichungen von demſelben in der äußeren Pſychophyſik beweiſen.

Alle dieſe Puncte hängen in einer conſequenten Betrachtung ſo zuſammen, daß mit dem einen zugleich die anderen ſtehen und fallen, und man kann daher die Frage nach dem Vorzuge der einen oder anderen Anſicht von jedem dieſer Puncte aus behandeln. Von anderer Seite läßt ſich die Verhandlung darüber nach folgenden vier Hauptgeſichtspuncten gliedern:

A) indem man eine Entſcheidung zwiſchen beiden Anſichten aus aprioriſtiſchen Geſichtspuncten ſucht;

B) indem man Erfahrungsſchlüſſe zuzieht;

C) indem man unterſucht, welche von beiden Anſichten ſich beſſer mathematiſchen Geſichtspuncten fügt;

D) indem man unterſucht, welche beſſer zu allgemeineren Anſichten ſtimmt. Dieſe vier Geſichtspuncte greifen freilich durch den Zuſammenhang der in ſie eingehenden obigen Geſichtspuncte mehr oder weniger in einander über; doch wird nichts hindern, ſie formell bis zu gewiſſen Grenzen auseinander zu halten, und ſo theilen wir die folgenden Betrachtungen danach ein.

A) Aprioriſtiſche Geſichtspuncte.

Logiſche Selbſtverſtändlichkeit kann man keiner von beiden Anſichten zuſchreiben, eben ſo wenig einen begrifflichen Widerſpruch im Ausſpruch der einen oder anderen finden. Aber man kann fragen, ob ſich nicht bei der einen oder anderen Widerſprüche mit als zweifelsfrei geltenden pſychologiſchen oder phyſikaliſchen Principien finden, die ſich bei der anderen nicht finden, wonach der Vorzug von vorn herein zu entſcheiden, was wenigſtens relativ als aprioriſch gelten kann.

Mir ſelbſt nun ſcheint folgender Punct in dieſer Hinſicht ſo ziemlich durchſchlagend gegen die phyſiologiſche Anſicht.

Der Reiz r iſt allgemeingeſprochen ein phyſiſcher Vorgang, bei Licht und Schall ein Schwingungsvorgang; auch die davon in Folge-Abhängigkeit ſtehende pſ.-ph. Erregung E iſt ein phyſiſcher Vorgang, wahrſcheinlich, doch das kann hier dahingeſtellt bleiben, auch ein Schwingungsvorgang. Nach welchem phyſikaliſchen Princip ſoll überhaupt die Veränderung eines phyſiſchen Vorganges E ſich dadurch verkleinern und dem Verſchwinden nähern, daß der urſächliche Vorgang r, von dem E abhängt, ſich verſtärkt. Und doch iſt dies nach der phyſiologiſchen Anſicht gemäß dem zweiten Differenzpuncte (S. 222) der Fall; denn nach der phyſiologiſchen Anſicht hat man als Folgerung des Weberſchen Geſetzes

$$\partial E = \varkappa \frac{\partial r}{r}$$

je größer alſo das r iſt, das ſich um ein gegebenes ∂r ändert, deſto kleiner iſt das davon abhängige ∂E, ja nähert ſich mit wachſendem r mehr und mehr dem Verſchwinden.

Das Weberſche Geſetz aber muß jedenfalls in gewiſſen und vielfach in ſehr weiten Grenzen ſo weit als zutreffend angeſehen werden, um nicht nur darauf fußen zu können, ſondern darauf fußen zu müſſen, mithin für die phyſiologiſche Anſicht ein ſehr nahes Zutreffen voriger Gleichung zu fordern. Wollte man ſich aber ſtatt an das reine Weberſche Geſetz an eine der complicirteren Formen deſſelben halten, welche in der Unbeſtimmtheit von Müllers ſog. corrigirten Formeln als Möglichkeiten inbegriffen ſind, ſo würde dies nur den Erfolg haben, daß die phyſiologiſche Anſicht ſtatt der obigen einfachen Beziehung einer noch complicirteren zu genügen hätte; wofür um ſo weniger ein phyſikaliſches Princip zu finden.

Nur eine andere Form deſſelben Einwandes iſt es, wenn man ſagt: nach welchem phyſikaliſchen Princip ſoll ſich das Verhältniß der Stärke zweier phyſiſchen Vorgänge $\frac{r'}{r_,}$ in einen Unterſchied der davon abhängigen Folgevorgänge $E' - E_,$ in der Art überſetzen, daß dem n-fachen $\frac{r'}{r_,}$ ein n-facher Unterſchied $E' - E_,$ zugehört; denn in der That hängt nach der doppelten Ausdrucksweiſe des Weberſchen Geſetzes dieſe Forderung mit der vorigen für die phyſiologiſche Anſicht zuſammen.

Beidesfalls läßt ſich nur einfach antworten: es giebt kein ſolches phyſikaliſches Princip.

Die vorige Betrachtung erleidet keinen Bruch, ſondern zieht ſich nur ſo zu ſagen weiter aus durch die Bemerkung, daß E als Erregung in den Nerven nicht unmittelbar vom äußeren r abhängt, ſondern durch Zwiſchenvorgänge in den Medien, welche ſich im äußeren Auge, Ohre, zwiſchen Reiz und Nerven einſchieben; denn dieſe Zwiſchenvorgänge können doch wieder nur als phyſiſche gefaßt werden, und ſo müßte auch jenes, der Phyſik fremde, Abhängigkeitsprincip irgendwie in dieſer Kette der Vorgänge Platz greifen.

Nun beſtehen dieſelben Verhältniſſe, welche nach phyſiologiſcher Anſicht zwiſchen r und E beſtehen, nach der pſychophyſiſchen zwiſchen E und s, aber der vorige Einwurf trägt ſich nicht darauf über. Denn für das Abhängigkeitsverhältniß zwiſchen phyſiſchen und pſychiſchen Größen iſt uns noch kein Princip vorgegeben, ſondern wird erſt geſucht, und da nach dem Weberſchen Geſetze nur die Wahl zwiſchen jenem und dieſem Abhängigkeitsverhältniß iſt, ſo iſt mit Ausſchluß von jenem unmittelbar für dieſes, hiemit gegen die phyſiologiſche Anſicht für die pſ.-ph. Anſicht, entſchieden.

Ich halte dieſen Einwurf für den fundamentalſten, der ſich vom

Weberſchen Geſetze aus gegen die phyſiologiſche Anſicht führen läßt; auch wurzeln die, unter B) und C) geltend zu machenden empiriſchen und mathematiſchen Einwürfe darin oder hängen damit zuſammen. Und da ſich wie geſagt mit Verlaſſen des reinen Weberſchen Geſetzes in Müllers Sinne die Schwierigkeit für die phyſiologiſche Anſicht nur verſtärkt, ſo bleibt abzuwarten, welchen anderen Weg der Rettung ſie noch finden kann.

Hiegegen hat man es freilich von vorn herein für faſt oder ganz ſelbſtverſtändlich erklärt, daß die pſychiſchen Änderungen den phyſiſchen Änderungen, die ihnen unmittelbar unterliegen, proportional gehen, und ich habe „In Sachen" p. 65 ff. der zahlreichen Stimmen gedacht, die ſich in dieſer Anſicht vereinigen. Aber ſchon nach allgemeinem Aperçu erſcheint der geiſtige Proceß nichts weniger als eine Nachahmung des ihm unterliegenden körperlichen Proceſſes, und ſicher würde er viel mehr ſo erſcheinen, wenn einfache Proportionalität zwiſchen beiden ſtatt fände. Außerdem habe ich „In Sachen" p. 66 ff. darauf hingewieſen, daß jene vorgebliche Selbſtverſtändlichkeit nur darin ruht, daß man das, was man nach täglichen Erfahrungen für die Folgebeziehung zwiſchen Urſach und Wirkung im phyſiſchen Gebiete natürlich findet, wie ſelbſtverſtändlich auf die Simultanbeziehung zwiſchen Leib und Seele, Phyſiſchem und Pſychiſchem überträgt, daß aber ſelbſt im phyſiſchen Gebiete für ſich, ſo weit ich mich darin umſehe, Beſtimmungen, Veränderungen, die in Simultanabhängigkeit von einander ſtehen, nur in dem einzigen Falle, daß ſie gleichartiger Natur ſind, einander proportional (in der Größe) gehen[1], wonach vollends nicht zu erwarten, daß die, ſo verſchiedenartigen, phyſiſchen und pſychiſchen Beſtimmungen in ihrer Simultanabhängigkeit einander einfach proportional gehen.

Zu den „In Sachen" angeführten Beiſpielen der Simultanbeziehung im phyſiſchen Gebiete iſt berichtigend zu bemerken, daß zwar Abſtand des Planeten von der Sonne und Geſchwindigkeit deſſelben in ſeiner Bahn in Simultanabhängigkeit von einander ſtehen, nicht minder durchlaufener Raum und durchlaufene Zeit; aber nicht, wie es nach der zu wenig auseinander gehaltenen Ausführungsweiſe „In Sachen" ſcheinen möchte, auch beide erſte Beſtimmungen von beiden letzten; denn in der That kann Geſchwindigkeit und Abſtand in einem gegebenen Momente nicht als ſimultan mit dem vorher durchlaufenen Raume, der vorher durchlaufenen Zeit gelten. Aus gleichem Grunde dürfte man das Beiſpiel mit Erleuchtung einer Fläche durch ein Licht in gewiſſem Abſtande nicht mit Recht hieher ziehen, alſo lieber ſtreichen; da die Beleuchtung der Fläche eine *vorher* durch das Licht durchlaufene Diſtanz vorausſetzt. Doch giebt dies bloß eine Reduction der Beiſpiele für Simultanabhängigkeit, indeß die, welche wirklich dafür bleiben, auch Belege für den aufgeſtellten Satz bleiben.

---

[1] Dies gilt z. B. für die Kreisbewegungen der Theile eines Planeten bei Drehung um ſeine Axe, für die geradlinigen Bewegungen der Theile eines ohne Drehung herabfallenden Körpers, für die Wachsthumsverhältniſſe eines gleichförmigen Organes in ſeinen verſchiedenen Theilen.

Nun beſtreitet Müller zuvörderſt die Allgemeinheit des von mir aufgeſtellten Satzes dadurch, daß er einen Fall (mit der Saite), den ich ſelbſt ſchon als zweideutig angeführt hatte, eindeutig dagegen geltend macht, und daß er auf die Proportionalität zwiſchen der Geſchwindigkeit und der durchlaufenen Zeit eines fallenden Körpers hinweiſt, womit er die vorhin als fehlerhaft anerkannten Beiſpiele nur um ein ebenſo fehlerhaftes vermehrt; und da ihm keine anderen Beiſpiele dagegen eingefallen ſind, ſo ſehe ich darin vielmehr eine Verſtärkung als Widerlegung der Allgemeingültigkeit des Satzes. Geſetzt aber, es laſſen ſich, wie ich ſchon „In Sachen" als möglich zugegeben, entſchiedene Ausnahmen noch finden, ſo würden ſie, indem ſie die Regel nicht aufheben, auch die Folgerung derſelben nicht aufheben, daß eine Proportionalität zwiſchen ſimultan von einander abhängigen Beſtimmungen nichts weniger als ſelbſtverſtändlich ſei, da ſie jedenfalls in der Mehrzahl der Fälle nicht ſtatt findet.

Nun legt aber Müller das meiſte Gewicht darauf, daß die von mir angeführten Beiſpiele der Simultanabhängigkeit mit derjenigen, welche zwiſchen Phyſiſchem und Pſychiſchem ſtatt findet, ſo wenig vergleichbar ſei, daß vom Einen auf das Andere gar kein Schluß zu machen ſei. So ſagt er: „Die Wechſelbeziehung zwiſchen Pendellänge und Schwingungsdauer, zwiſchen Abſtand und Geſchwindigkeit eines Planeten, zwiſchen dem von einem Planeten durchlaufenen Raume und der durchlaufenen Zeit u. dgl. mehr ſei doch gar keine directe und unmittelbare, ſondern eine erſt durch andere Vorgänge, Kräfte u. dgl. vermittelte. Die Wechſelbeziehung zwiſchen Pendellänge und Schwingungsdauer z. B. werde erſt durch die Exiſtenz der Schwerkraft und verſchiedene andere Umſtände bedingt und vermittelt; es könne daher, wenn dieſe Bedingungen nicht ſämmtlich erfüllt ſind, Pendellänge vorhanden ſein, ohne daß überhaupt eine Schwingung und Schwingungsdauer des Pendels beſteht." Nun aber ſchieben ſich „Vorgänge", von denen Müller ſpricht, zwiſchen Pendellänge und Schwingungsdauer, Geſchwindigkeit und Abſtand eines Planeten u. ſ. w. ebenſo wenig ein, als zwiſchen ſimultan bedingten phyſiſchen und pſychiſchen Beſtimmungen. Schließlich hängen vielmehr Pendellänge und Schwingungsdauer u. ſ. w. durch phyſikaliſche Grundgeſetze, in welche ſich Kraftbeziehungen überſetzen laſſen, eben ſo unmittelbar zuſammen, als Leib und Seele durch pſychophyſiſche. Und was die Bemerkung anlangt, es könne Pendellänge vorhanden ſein, ohne daß überhaupt eine Schwingung und Schwingungsdauer da iſt; ſo kann natürlich nur in ſofern überhaupt von einer Beziehung zwiſchen beiden geſprochen werden, als beide zugleich da ſind; wie auch von einer Beziehung zwiſchen Empfindung und pſ.-ph. Erregung nur in ſofern geſprochen werden kann, als beide zugleich da ſind; ruhende Materie aber gäbe ſo wenig Empfindung als ruhende Pendellänge eine Schwingung.

Als beſonders *erläuternd* für das aufgeſtellte Princip ſimultaner Abhängigkeit habe ich „In Sachen" p. 67 Folgendes geltend gemacht: „Das allgemeinſte Schema ſolcher Abhängigkeit haben wir in dem Verhältniſſe der Länge einer Curve zur Länge der Abſciſſe bei Ausgang von demſelben Puncte. In dem einzigen Falle, daß die Curve eine eben ſolche gerade Linie als die Abſciſſe iſt, oder allgemeiner Curve und Abſciſſe gleichgeartete Curven ſind, gehen beide einander proportional; aber die pſychiſche Empfindung und der zugehörige phyſiſche Proceß ſind ſo ungleichartig als möglich, ſo weit überhaupt Ungleichartigkeit zwiſchen Dingen oder Proceſſen ſtatt finden kann.

Wenn nun Müller (Rec. p. 831) hiegegen äußert: „Es iſt mir unverſtändlich, wie Verf. daraus, daß behufs graphiſcher Darſtellung zweier einander proportionaler Beſtimmungen oder Vorgänge Curve und Abſciſſe gleichgeartete Curven ſein müſſen, ſchließen kann, daß auch diejenigen Vorgänge ſelbſt, deren Wachsthumsverhältniſſe durch jene gleichgearteten Curven dargeſtellt werden können, nothwendig gleicher Art ſein müſſen"; ſo iſt mir meinerſeits unverſtändlich, wie Müller die ſchematiſche Darſtellung meines allgemeinen Satzes durch eine graphiſche mit einem prätendirten Beweiſe desſelben verwechſeln kann. Jedenfalls überſieht Müller, daß die Gleichartigkeit und Ungleichartigkeit der ſich bezugsweiſe ändernden Proceſſe ihren Ausdruck im Schema durch die verſchiedene Form der ſie repräſentirenden Curven ſelbſt finden; hierauf iſt das Schema angelegt, alſo ein Schluß, daß wenn die Curven gleichartig ſind, auch die Vorgänge gleichartig ſein müſſen, nicht erſt zu machen.

B) Empiriſche Geſichtspuncte.

Unter dieſer Rubrik werde ich einige Fragen unterſuchen, welche zwar zum Theil ſchon durch Folgerungen aus dem unter A) geltend gemachten aprioriſtiſchen Princip beantwortet und erledigt ſein dürften, auf die aber doch zur Reviſion ſo mancher früher darüber geführten Verhandlungen auch noch direct zurückzukommen ſein möchte.

a) Deutungsfrage der logarithmiſchen Abhängigkeit zwiſchen Reiz und Empfindung.

Die durch das Weberſche Geſetz begründete logarithmiſche Abhängigkeit zwiſchen Reiz und Empfindung läßt bemerktermaßen (S. 222) von vorn herein die doppelte Möglichkeit zu, die pſ.-ph. Erregung E dem Reize r proportional, hiegegen die Empfindung s von der pſ.-ph. Erregung E in logarithmiſcher Abhängigkeit anzunehmen, oder umgekehrt die pſ.-ph. Erregung vom Reize r logarithmiſch abhängig, die E. s der pſ.-ph. Erregung E proportional zu denken. Erſteres im Sinne der pſ.-ph., das Zweite im Sinne der phyſiologiſchen Anſicht.

Nun hatte ich in „Elem." II. 129 als allgemeinen Geſichtspunct zu

Gunſten der pſ.-ph. Anſicht geltend gemacht, daß „nach der weſentlichen Verſchiedenheit zwiſchen phyſiſchem und pſychiſchem Gebiete eine logarithmiſche Abhängigkeit zwiſchen phyſiſcher und pſychiſcher Thätigkeit im Sinne der Fundamentalformel und Maßformel ſehr wohl denkbar ſei, wogegen eine ſolche Abhängigkeit zwiſchen zwei körperlichen Thätigkeiten, wie ſie einerſeits durch die Reizwirkung, andererſeits durch die pſychophyſiſche Thätigkeit repräſentirt (und von der phyſiologiſchen Anſicht in den Grenzen des Weberſchen Geſetzes ſtatuirt) wird, nicht denkbar ſei."

Müller hat ſich (p. 234) gegen dieſe Äußerung erklärt, und ſchon vorher iſt ſie („In Sachen" p. 72) von mir ſelbſt zurückgenommen worden, weil ſie in der That nicht als logiſch ſelbſtverſtändlich aufgeſtellt werden konnte, und ſelbſt ein factiſcher Ausnahmefall dagegen zu ſprechen ſchien. Inzwiſchen, mag man an Beharrung, Stoß, Maſſenanziehung oder Abſtoßung als Urſachen von Folgen im phyſiſchen Gebiete denken, ſo iſt die *unmittelbare* Wirkung überall der Urſache einfach proportional, nur daß die Folgen einer Urſache mit denen einer anderen in Conflict kommen, und im Verlauf der Folgen durch Zeit und Raum ſich Widerſtände geltend machen können, die als Folgen von andersher wirkenden Urſachen immer auf Complication zurückführbar ſind. Und hienach iſt alſo allerdings allgemeingeſprochen die Möglichkeit denkbar, daß ein urſächlicher Anſtoß oder Bewegungsvorgang als Reiz den Nervenvorgang als Folgevorgang in logarithmiſcher Abhängigkeit von ſich habe. Nur reicht es nicht hin, ſich auf dieſe allgemeine *Denkbarkeit* zu berufen, ſondern es muß auch, ſei es 1) theoretiſch gezeigt werden, ob und unter welchen Bedingungen die Denkbarkeit realiſirbar iſt, und wiefern ſolche Bedingungen unſernfalls vorliegen, oder es muß 2) auf wirkliche *Beiſpiele* ſolcher Abhängigkeit auf phyſiſchem Gebiete verwieſen werden können, von denen eine Anwendung auf unſern Fall zu machen. Von Erfüllung der erſten Forderung ſeitens der phyſiologiſchen Anſicht iſt bisher gar nicht die Rede geweſen, auch bei Müller findet ſich keine Andeutung davon; geſetzt aber, man beriefe ſich in dieſer Hinſicht auf die Schwierigkeit der theoretiſchen, d. i. mathematiſchen, Unterſuchung überhaupt, die mir doch durch die Betrachtung unter A einfach genug überwunden ſcheint, ſo wird es dann um ſo nöthiger ſein, in Beiſpielen des wirklichen Vorkommens ſolcher Abhängigkeit einen Anhalt zu ſuchen. Auch das hat Müller nicht gethan, indeß ſich hierauf ſchon die Betrachtung „In Sachen" p. 73 ff. gerichtet hat, und eingehender die folgende Betrachtung richten wird.

Allerdings gedenkt Müller der logarithmiſchen Abhängigkeit der

Höhendifferenz von dem Verhältniß der zugehörigen Barometerſtände und des, nicht minder auf eine logarithmiſche Abhängigkeit führenden Bouguerſchen Satzes, „daß die, durch einen durchſichtigen Körper hindurchdringende Lichtmenge in einer geometriſchen Reihe abnimmt, wenn die Dicke des Körpers in arithmetiſcher Progreſſion wächſt“, beſinnt ſich aber nachher ſelbſt, daß dies keine logarithmiſche Abhängigkeit zwiſchen phyſiſchen Vorgängen ſei, um die ſich's doch gerade handelt, und hält es nicht nöthig, ſich nach anderweiten wirklichen Beiſpielen von ſolchen umzuſehen; ja, nachdem ich es meinerſeits gethan, und ein Beiſpiel, was mir hieher zu gehören ſchien, gefunden zu haben meinte, was doch bei näherem Zuſehen wirklich nicht hieher gehört, läßt er meine Berufung darauf nicht einmal gelten; und was hat er dann ſeinerſeits worauf ſich zu berufen?

Mir ſelbſt nämlich war beigefallen, daß ſich bei Abhängigkeit der Zuckungsgröße eines Muskels von der Größe des darauf geübten (tetaniſirenden) Reizes nicht nur ſehr wohl an eine logarithmiſche Abhängigkeit dazwiſchen denken läßt, ſondern daß ſolche ſelbſt einen experimentalen Vertreter, Preyer, gefunden hat, der ſogar für die Abhängigkeit der Zuckungsgröße vom Reize ganz dieſelbe Maßformel aufgeſtellt hat, als ich für die Abhängigkeit der E. vom Reize. Nun habe ich ſelbſt „In Sachen“ darauf hingewieſen, daß dieſe Formel keine unbeſchränkte Gültigkeit haben kann; und Müller (Rec. p. 820) findet die Berufung darauf überhaupt nicht glücklich, „weil die phyſiologiſche Kritik die myophyſiſchen Unterſuchungen Preyers mit bemerkenswerther Übereinſtimmung ablehnend beurtheilt habe“; doch repräſentirt die Formel ſowohl den Umſtand, daß die Zuſammenziehung erſt bei einem endlichen Grade des Reizes beginnt, alſo einen Schwellenwerth hat, und daß das Wachsthum der Zuſammenziehung weit hinter der Proportionalität mit dem Wachsthum des Reizes zurückbleibt. In ſoweit gilt ſie alſo doch factiſch mit einer gewiſſen Annäherung; und ſo ließ ſich allerdings Seitens der phyſiologiſchen Anſicht der Einwurf erwarten: da wir in der (approximativ) logarithmiſchen Abhängigkeit zwiſchen Muskelzuckung und Reiz (elektriſcher Thätigkeit) ein factiſches Beiſpiel einer ſolchen Abhängigkeit zwiſchen zwei phyſiſchen Vorgängen haben, ſo iſt kein Grund, eine ſolche zwiſchen pſychophyſiſcher Thätigkeit und Reiz weniger möglich zu halten; inſofern aber die Empfindung der pſ.-ph. Thätigkeit proportional geht, kommt dadurch auch die logarithmiſche Abhängigkeit zwiſchen Empfindung und Reiz, ſoweit ſolche nach Weberſchem Geſetze beſteht, heraus.

Aber gegen die Anwendbarkeit hievon auf unſern Fall iſt Zweies zu ſagen. *Erſtens*, wenn ein phyſiſcher Reiz auf einen Muskel, ſei es unter Zwiſchenwirkung des Nerven oder direct wirkt, ſo *kann* die Größe der Zuſammenziehung nicht proportional der Größe des Reizes wachſen, weil ſich mit wachſender Zuſammenziehung ein wachſender Widerſtand entwickelt, und hier läßt ſich allerdings an ein approximativ logarithmiſches Verhältniß zwiſchen der Größe der Reizung und Größe der Zuſammenziehung, alſo zwiſchen zwei phyſiſchen Vorgängen, nicht nur denken, ſondern ſolches auch mit irgend welcher, wenn auch noch ſo roher Annäherung finden. Aber laſſen ſich wohl entſprechende Gründe für eine logarithmiſche Abhängigkeit zwiſchen Reiz und Nervenerregung, wie ſolche von der phyſiologiſchen Anſicht in den Grenzen des Weberſchen Geſetzes gefordert wird, finden? Zieht ſich etwa der Nerveninhalt bei Einwirkung des Reizes mit wachſendem Widerſtande ähnlich wie der Muskel zuſammen? Natürlich brauchte das nicht der Fall zu ſein, ſondern es könnte eine andere phyſiſche Vermittelungsweiſe der logarithmiſchen Abhängigkeit an die Stelle treten; aber nicht einmal die Andeutung einer ſolchen findet ſich bei Müller oder überhaupt vor, ſondern eben bloß die unbeſtimmte Möglichkeit, es könne doch eine ſolche geben. So lange aber auf keine Complication, keinen Widerſtand mit irgend welcher Beſtimmtheit hingewieſen werden kann, wodurch die fundamentale Proportionalität zwiſchen Urſache und Wirkung ſich in eine logarithmiſche Abhängigkeit wandelt, bleibt die Berufung auf dieſe Proportionalität im Vortheil.

Nun aber *zweitens* iſt, *näher und ſchärfer* zugeſehen, — was mir ſchon früher hätte einfallen ſollen — die Abhängigkeit der Zuckungshöhe des Muskels vom Nervenreize, d. i. vom erregenden elektriſchen Proceſſe, nicht die Abhängigkeit eines *Bewegungsvorganges* davon, ſondern des *Enderfolges* eines ſolchen davon, und gewährt alſo im Grunde gar kein Beiſpiel für die logarithmiſche Abhängigkeit eines phyſiſchen Bewegungsvorganges von einem andern Bewegungsvorgange, um was es ſich jedenfalls bei Licht- und Schallreiz handelt. Und *ſo fehlt es bisher innerhalb wie außerhalb des Organismus überhaupt ganz an einem ſolchen Beiſpiel, worauf ſich die phyſiologiſche Anſicht berufen könnte.* Wenn aber weder Theorie noch Empirie eine Andeutung finden laſſen, daß es überhaupt Beiſpiele der Art gebe, vollends, daß es ſolche, die auf unſern Fall Anwendung leiden, gebe, ſo ſcheint mir der Nachtheil der phyſiologiſchen gegen die pſ. ph. Anſicht evident, denn dieſe hat nicht nur ein allgemeines Princip der Proportionalität der phyſiſchen Folge mit der phyſiſchen Urſache, ſondern iſt auch, insbeſondere unter Mitrückſicht auf nachweisliche ſtörende Nebenbedingungen, nicht in Verlegenheit, wirkliche Beiſpiele dazu zu finden. Insbeſondere kommt in Betracht, daß die Anregung von Schwingungsproceſſen durch Schwingungsproceſſe ſolche Beiſpiele ſchon draußen darbietet. Die durch äußere Licht- und Schallſchwingungen angeregten inneren Nervenvorgänge, wovon die Licht- und Schall-E. abhängt, können aber kaum anders als auch unter Form von Schwingungen vorgeſtellt werden („Elem." II. p. 282, „In Sachen" p. 117), und daß ſie ſich unvergleichlich langſamer durch die Nervenmaſſe fortpflanzen, als Licht und Schall draußen durch Äther und Luft, hindert nicht im Geringſten, daß ſie bei vergleichbar gehaltenen Verſuchen den anregenden Schwingungen in Stärke, d. i. Amplitude, proportional gehen. Nun geſchieht allerdings der Übergang der äußern Schwingungen in die inneren molecularen Nervenſchwingungen nicht unmittelbar, ſondern durch Zwiſchenmedien und wenigſtens beim Lichtſinn, bei Geſchmack und Geruch, wohl durch Zwiſchenwirkung chemiſcher Proceſſe. Aber auch draußen thut die Zwiſcheneinſchiebung von irgendwelchen Medien zwiſchen Ausgangs- und Folgeſchwingungen der Proportionalität keinen Eintrag, ſo lange das Zwiſchenmedium conſtant bleibt, und was die Zwiſcheneinſchiebung eines chemiſchen Proceſſes anlangt, ſo liegt jedenfalls nicht der geringſte theoretiſche oder empiriſche Anhalt vor, daß hierdurch eine logarithmiſche Abhängigkeit zwiſchen anregenden und durch die Nerven fortgepflanzten Schwingungen vermittelt ſein könne; wogegen ſich unſtreitig die erſteren nicht in die letzteren als Schwingungen durch Vermittelung des chemiſchen Proceſſes fortſetzen können, wenn nicht der chemiſche Proceß ſelbſt Schwingungen einſchließe (ſ. „In Sachen" p. 118), deren Stärke dann wie überall der Stärke der anregenden Schwingungen proportional ſein wird. Hievon unten mehr.

Das Vorige kann als eine allgemeine Erwiederung auf Müllers Bemerkung (Rec. p. 823) gelten, daß die von mir ſtatuirte Proportionalität zwiſchen Reiz und pſ.-ph. Erregung in den Grenzen des Weberſchen Geſetzes nur „eine ebenſo unbegründete Möglichkeit enthält", als ich der von der phyſiologiſchen Anſicht ſtatuirten logarithmiſchen Abhängigkeit der pſ.-ph. Erregung vom Reize innerhalb der Grenzen des betreffenden Geſetzes vorwerfe. Die Sache ſteht in der That nach vorigen Erörterungen nichts weniger als gleich nach beiden Seiten. Die pſ.-ph. Anſicht kann für die Proportionalität innerhalb der Grenzen des Geſetzes wie für die Abweichungen davon außerhalb deſſelben bekannte und anerkannte phyſikaliſche Principien und Thatſachen geltend machen; die phyſiologiſche Anſicht für die logarithmiſche Abhängigkeit gar keine.

Man könnte vielleicht gegen Obiges noch folgenden Einwand erheben. Thatſächlich giebt es Fälle, wo eine ganz kleine phyſikaliſche Bewegung eine ungeheuer große auslöſen kann, mithin die Proportionalität zwiſchen Urſach und Folge ganz fehlzuſchlagen ſcheint. So, wenn eine große Maſſe im Gleichgewicht auf einer ſcharfen Schneide ruht, kann ein kleiner einſeitiger Anſtoß ſie zum Fall bringen, und hiemit eine mächtige lebendige Kraft auslöſen. So kann ein kleiner Funke eine ungeheure Maſſe Pulver zum Explodiren bringen. Die Veranſchaulichung derartiger Auslöſung von der Urſach ganz unproportionirten Wirkungen iſt ein labiles Gleichgewicht. Auch in dieſen Fällen aber iſt die directe oder unmittelbare Wirkung weſentlich der Urſache proportional. Iſt im erſten Beiſpiel der Anſtoß auf die Maſſe gar zu klein, ſo reicht er nicht hin, den Fall zu bewirken, ſondern nur, den Schwerpunct auf der Schneide, die doch nothwendig eine gewiſſe Breite hat, zu verſchieben, und ſetzt dabei die Theilchen der Maſſe gegen die der Schneide proportional der eigenen Geſchwindigkeit in Bewegung; dabei kann entweder der Fall eintreten, daß der Anſtoß nicht hinreicht, die Theilchen der Maſſe über die nächſtvorliegenden der Schneide hinauszuſchieben, d. i. den mit der Annäherung wachſenden Widerſtand, den die Elaſticität entgegenſetzt, zu überwinden, oder daß er dazu hinreicht. Das zweite Beiſpiel anlangend: wenn die Hitze, die von einem Puncte aus auf das Pulver wirkt, nicht groß genug iſt, ſo explodirt das Pulver nicht, indem ſie nicht hinreicht, auch nur die Beſtandtheile der nächſten Theilchen bis zur Zerſetzung aus einander zu treiben; eine Annäherung dazu wird ſie doch bewirken, indeß ſich die einmal entſtandene Zerſetzung dann weiter von Theilchen zu Theilchen fortpflanzt.

Nun könnte man ja daran denken, die Einwirkung des Reizes auf den Nerven ſei auch eine ſolche auslöſende.

Aber in allen Fällen ſolcher Auslöſung phyſikaliſcher Wirkungen, die wir kennen, ſehen wir die Wirkung nicht in logarithmiſcher Abhängigkeit von der Urſache, ſondern überhaupt in keiner beſtimmten Größenabhängigkeit davon, wie doch ſolche zwiſchen Reiz und Nervenerregung ſtattfindet; alſo kann auch keine Anwendung davon gemacht werden, eine logarithmiſche Abhängigkeit der pſychophyſiſchen Erregung vom Reize zu begründen, und überhaupt keine Anwendung davon auf unſere Frage gemacht werden.

Natürlich würden alle vorigen Betrachtungen, welche gegen eine logarithmiſche Abhängigkeit zwiſchen Reiz und pſychophyſiſcher Nervenerregung laufen, umſonſt ſein, wenn ſich eine ſolche direct nachweiſen ließe, und ſo ſchien es durch die „In Sachen“ p. 75 ff. erwähnten Verſuche von Dewar und McKendrick geſchehen. Inzwiſchen habe ich ſchon dort hervorgehoben, daß die von den Beobachtern geltend gemachte logarithmiſche Abhängigkeit nicht zwiſchen dem Nervenproceſſe ſelbſt, von welchem die Lichtempfindung abhängig zu machen, und dem Reize beſteht, ſondern zwiſchen einem analogen ſtatiſchen Phänomen (der ſogen. negativen Schwankung des natürlichen Nervenſtroms) als es bei den Muskelzuckungsverſuchen die Zuckungshöhe iſt, und dem Reize. Außerdem aber hat Müller (p. 295), dem die Unterſuchungen der betreffenden Beobachter vollſtändig vorlagen, indeß mir nur ein unvollſtändiger Auszug davon vorlag, gezeigt, daß nicht einmal die von den Beobachtern behauptete logarithmiſche Abhängigkeit zwiſchen jenem Phänomen und dem Reize richtig aus ihren Verſuchen gefolgert iſt, wonach er, obwohl Vertreter der phyſiologiſchen Anſicht, doch die betreffenden Verſuche nicht zu Gunſten derſelben geltend macht.

Daß die Exner'ſchen Verſuche im Gebiete der Lichtempfindung, deren ich „In Sachen" p. 80 gedacht habe, keine Entſcheidung geben, habe ich da ſchon ſelbſt beſprochen, und um ſo weniger werden ſie hier überhaupt zählen können, als nach Müllers triftiger Bemerkung (Rev. p. 821 f.) die daraus abgeleiteten Reſultate mit den, aus Verſuchen von Kunkel und Bagt abgeleiteten nicht ſtimmen[1].

b) Frage nach der Exiſtenz einer inneren Schwelle.

Eine äußere Reizſchwelle findet ſtatt, ſofern der äußere Reiz erſt eine gewiſſe Größe erreichen muß, bevor die Empfindung bemerklich wird, von einer inneren oder auch pſychophyſiſchen Empfindungsſchwelle ſprechen wir in dem ſchon früher angegebenen Sinne, inſofern die pſ.-ph. Thätigkeit erſt eine gewiſſe Größe erreichen muß, ehe die E. anfängt bemerklich zu werden.

Die Annahme einer inneren Schwelle in dieſem Sinne iſt ſelbſt-

---

[1] Daß ich „In Sachen" p. 81 das Reſultat der [illegible] Verſuche mit dem der Exner'ſchen als weſentlich ſtimmend angeſehen habe, iſt in der That nur ein, von Müller richtig erkanntes, Verſehen. Eben ſo liegt der Abſtimmung der „In Sachen" p. 80 angeführten Formel: $\gamma = k\,t \log \beta$ aus Exner's Verſuchen das Verſehen unter, das Product $t \log \beta$ ſtatt die Summe $t + \log \beta$ als conſtant genommen zu haben. Doch bedarf auch die, von Müller für die obige geſetzte Formel, $\gamma = k \log \beta + t$ einer Ergänzung. Nach ihr müßte die eben merkliche Empfindung γ noch einen endlichen Werth $= k \log \beta$ haben, wenn $t = 0$, wogegen die Empfindung erſt bei einem endlichen Werth von t merklich zu werden beginnt. Setzt man hingegen die Reizſtärke $\beta = b$ bei $t = 0$, ſo wird man als richtig ergänzte Formel erhalten

$$\gamma = k \log \frac{\beta}{b} + t.$$

Dieſelbe würde eine Zurückführung von b die, doch an ſich nicht ſelbſtverſtändliche, Beſtimmung leiden, daß als Einheit der β der bei $t = 0$ ſtattfindende Werth von β zu nehmen.

ſich mit der Übertragbarkeit des Weber'ſchen Geſetzes vom Reiz auf die pſ. ph. Erregung und daraus folgenden logarithmiſchen Abhängigkeit der E. von dieſer Thätigkeit, und der Hauptgrund für die Annahme einer inneren Schwelle tritt daher in die vorbeſprochenen Gründe für dieſe Abhängigkeit hinein. Directere Beweiſe dafür gewähren die unter 8) zu beſprechenden, freilich anders als von Müller aufzufaſſenden, Aufmerkſamkeitsverhältniſſe. Alſo ſteht die Annahme der inneren Schwelle durchaus nicht auf den zunächſt zu pflegenden Erörterungen, welche dahin gehen werden, ob nicht auch in dem Daſein der äußeren Schwelle ſchon Gründe für das Daſein der inneren zu finden. Ich geſtehe zuletzt, daß von hier aus weder für noch gegen ſicher zu entſcheiden iſt; immerhin wird nützlich ſein, die Sachverhältniſſe in dieſer Hinſicht näher zu erwägen.

Von vorn herein läßt ſich ja ſehr wohl denken, daß ein ſchwacher äußerer Reiz nur deshalb wirkungslos für die Empfindung wird, daß er auf dem Wege ſeiner Fortpflanzung zum Empfindungsorgan (Senſorium) einer ſolchen Schwächung durch Widerſtände, Abſorption, Zerſtreuung, Umſetzung in andere Form unterliegt, daß im Empfindungsorgan ſelbſt nichts mehr davon übrig bleibt, mithin es überflüſſig iſt, eine innere Schwelle anzunehmen. Und ſo wird es zunächſt gelten, nachzuſehen, was in dieſer Beziehung etwa geltend zu machen iſt.

Als Empfindungsorgan pflegt man im Allgemeinen die Ganglienzellen der grauen Gehirnmaſſe zu betrachten; und obwohl ich meinerſeits glaube, daß das ganze Syſtem unſerer pſychophyſiſchen Erregungen oberhalb der Schwelle, inſoweit es unter ſich zuſammenhängt, Träger unſeres Bewußtſeins iſt, wird man doch den Ganglienzellen irgend eine bevorzugte oder centrale Bedeutung in dieſem Syſteme beizulegen haben; und da jene Annahme jedenfalls die herrſchende iſt, mag man ſich immerhin zur Fixirung der Vorſtellung für die folgenden Betrachtungen daran halten. Es ändert aber nichts, wenn man die Vorſtellung vom Senſorium in meinem Sinne erweitert.

Kürze halber nennen wir es eine Erſchöpfung des Reizes, wenn die durch den Reiz erweckte Erregung auf dem Wege ihrer Fortpflanzung zum Empfindungsorgane ſich bis zum völligen Verſchwinden abſchwächt. Nun erklärt Müller (p. 241): wenn die Erregung des peripheriſchen Nervenendes durch den Reiz und mithin der Reiz ſelbſt nicht einen gewiſſen, als äußeren Schwellenwerth anzuſehenden, Werth überſchreite, und „die Intenſität der Erregung des Sinnesnerven bei ihrer Weiterverbreitung durch denſelben abnehme", ſei eine Erſchöpfung der Erregung vor Anlangen an das Sensorium nothwendig. Aber nichts ist unrichtiger als der von Müller aufgestellte Vordersatz. Vielmehr, wenn die Erregung in jedem Momente der Fortpflanzung oder jedem Puncte der Bahn um einen, ihrer eben vorhandenen Größe proportionalen Theil abnimmt, oder, was dasselbe sagt, sich nach Verhältniß ihrer vorhandenen Größe schwächt, was ich kurz die verhältnißmäßige Schwächung nennen will, kann die Erregung, wie klein sie anlange sei und durch einen wie langen Weg sie sich fortpflanze, nie vollständig erlöschen. Wogegen allerdings bei hinlänglicher Länge der Leitungsbahn im Wege der Fortpflanzung dadurch ein vollständiges Erlöschen eintreten würde, wenn der Erregung in jedem neuen Momente rücksichtslos auf ihre eben vorhandene Größe gleich viel oder mehr als im vorhergehenden Momente entzogen würde, was ich kurz die absolute Schwächung nennen will. Es ist schwer erklärlich, wie Müller diesen, für jetzige Untersuchung fundamentalen, Unterschied hat übersehen können. Oder wäre etwa die absolute Schwächung für die Fortpflanzung der Erregung durch das Nervensystem so selbstverständlich, oder nach entscheidenden Thatsachen als so naturgemäß anzusehen, daß es der Rücksichtnahme auf die Möglichkeit der verhältnißmäßigen Schwächung gar nicht bedürfte? Aber im Gegentheil, Bernstein hat vielmehr bei Construction seiner Maßformel („In Sachen" p. 20. 128 ff.) für den Fortschritt der Erregung durch die Ganglienzellen des Gehirns die verhältnißmäßige Schwächung als wie selbstverständlich in Rechnung gezogen, und wenn er danach doch die Erregung sich nur bis zu gewissen Grenzen fortpflanzen läßt, widerspricht er damit nur seiner eigenen Voraussetzung ohne sie zu tilgen. Es ist das eben ein Hauptfehler seiner Theorie, worüber „In Sachen" p. 144 zu vergleichen.

Außerdem wissen wir, daß die Schwächung von Licht und Schall durch Reflexion und Ausbreitung nach dem Princip verhältnißmäßiger Schwächung erfolgt; also ließ sich die Rücksicht auf die Möglichkeit derselben bei der uns beschäftigenden Frage von vornherein nicht vernachlässigen. Ja nach Bernsteins directen Versuchen („Untersuchungen" p. 151 ff.) findet im Laufe des Nerven nicht nur keine absolute Schwächung, sondern überhaupt keine merkliche Schwächung der fortgepflanzten Erregung statt; auch verfehlt Müller selbst nicht, dies Bernstein'sche Resultat zu erwähnen, indem er freilich zugleich mit erwähnt (p. 211), daß auch Untersuchungen mit sich widersprechenden Resultaten seitens Pflüger, Rosenthal, Fleischl u. A. über die Intensitätsverhältnisse der

Erregung im Verlaufe durch den Nerven vorliegen; aber ich habe mir von ſachkundigſter Seite (Prof. Ludwig) ſagen laſſen, daß man dem Bernſteinſchen Reſultate das meiſte Zutrauen ſchenkt.

Nun kommt es freilich nicht auf die Fortpflanzung der Erregung durch den Nerven allein an. Z. B. das Licht hat, um zum Sehnerven zu dringen, erſt durch die Augenfeuchtigkeiten zu dringen; kann nicht ein zu ſchwaches Licht, bevor es dahin gelangt, durch Abſorption ausgelöſcht ſein? Aber das widerſpricht dem, von Müller ſelbſt anderweit geltend gemachten, Bouguerſchen Satze, wonach ſich vielmehr der Lichtreiz nur bei unendlicher Dicke des abſorbirenden Mittels abſolut erſchöpfen könnte.

Hienach könnte man die Veränderungen, welche der Reiz in den Endapparaten der Sinnesnerven erfährt, ehe er den Nerven durchläuft, für die Forderungen der phyſiologiſchen Anſicht in Anſpruch nehmen; und zuzugeſtehen iſt, daß, da wir ſo viel als gar nichts über die Modificationen, welche der Reiz darin erfährt, wiſſen, eine unbeſtimmte Möglichkeit vorliegt, hier zu finden, was die phyſiologiſche Anſicht braucht[1]. Auch macht Müller (p. 239 f.) von dieſer unbeſtimmten Möglichkeit vollen Gebrauch, indem er namentlich darauf hinweiſt, daß die Wirkung der Lichtſtrahlen auf die Netzhaut unſtreitig eine photochemiſche ſei, es aber erſt einer gewiſſen Stärke des einwirkenden Lichtes bedürfe, um eine chemiſche Action in den Endapparaten hervorzurufen, wovon die Schwelle abhängen könne, die hiemit phyſiologiſch ſtatt pſychophyſiſch ſei: ſo wenigſtens glaube ich Müller zu verſtehen. Auf welche Thatſachen er ſich hiebei beruft, weiß ich nicht. Das freilich iſt natürlich, aber auch als Erfolg der pſychophyſiſchen Schwelle verſtändlich, daß die Wirkung des Lichtes auf ein photochemiſches Präparat erſt einen gewiſſen Grad erreichen muß, ehe ſie für das Auge ſpürbar wird; deßhalb kann ſie doch nach pſychophyſiſcher Anſicht der Schwelle ſchon vorher da ſein. Gewiß ferner iſt, daß die Wärme als Agens, wodurch chemiſche Verbindungen zu Stande kommen und gelöſt werden können, einen gewiſſen Grad erreichen muß, ehe dieſer Erfolg eintritt. Aber es kann doch nicht der Enderfolg einer zu Stande gekommenen Verbindung oder Trennung ſein, wovon eine dauernde Empfindung bei dauernder Reizeinwirkung abhängt, ſondern nur ein dauernder Proceß, und wie ſich Müller dieſen beim Chemismus denkt, iſt mir unklar und überhaupt unklar, wie er anders als unter Form fortpflanzbarer Schwingungen zu denken iſt, will man ſich überhaupt etwas dabei denken, was man ſich freilich gern durch den Namen chemiſcher Proceß erſpart.

---

[1] Was man ſich meines Erachtens als wahrſcheinlich denken kann, iſt, daß die Theilchen in den Endapparaten der verſchiedenen Sinnesorgane eine ſo verſchiedene Anordnung haben, daß daraus eine verſchiedene Form und Zuſammenſetzung der durch den Reiz darin angeregten und von da aus fortgepflanzten Schwingungen hervorgeht; doch kommt hier nichts darauf an, dieſe Hypotheſe feſtzuhalten und auszuführen.

Möchte übrigens die chemiſche Hypotheſe auf das Auge anwendbar ſein, und der Einwand hier die Möglichkeit eines Anhalts finden, ſo fragt ſich immer noch, wiefern auf die anderen Sinnesorgane, bei welchen die Erfahrung keinen beſtimmten Anhalt dazu giebt, ſondern immer nur die unbeſtimmte Möglichkeit dazu vorliegt. Wundt ſetzt in dieſer Hinſicht ausdrücklich den Gehörsſinn dem Geſichtsſinne entgegen. Obwohl ich zugebe, daß eine allgemeinere Bedeutung des Chemismus bei allen Empfindungsvorgängen darin einen Wahrſcheinlichkeitsgrund für ſich geltend machen kann, daß das Nervenſyſtem, um pſychiſch zu functioniren, überall der Zufuhr ſauerſtoffhaltigen Blutes bedarf. Aber überall werden dann auch entſprechende Betrachtungen als in Bezug auf das Auge gelten.

Hienach bleibt noch die, insbeſondere von Wundt vertretene, Anſicht übrig, daß ſchwache Reize durch einen eigenthümlichen Widerſtand, den ſie beim Durchgange durch die Ganglienzellen erfahren, erſchöpft werden können. Nur würde dies in ſofern nicht fruchten, als die Erregung, wenn ſie nur einmal in die Ganglienzelle eingetreten wäre, während des Durchganges ſelbſt eine von ihrer noch vorhandenen Stärke abhängige E. mitführen müßte, bis ſie darin erſchöpft wäre; ich kann aber auch Wundts Anſicht durch die von ihm dafür angeführten Thatſachen (Phyſ.-Pſ. I. 340) nicht ſicher genug begründet finden.

Allerdings vermag hienach ein auf einen Muskelnerven ausgeübter ſehr ſchwacher Reiz, der noch hinreicht, den Muskel zur Zuckung zu veranlaſſen, wenn er (der Reiz) auf ſeinem Wege keine Ganglienzelle zu durchlaufen findet, denſelben nicht mehr dazu zu bringen, wenn er auf ſeinem Wege eine ſolche zu durchlaufen hat; ſondern es bedarf dazu der Verſtärkung des Reizes; alſo ſcheint er doch wirklich in der Zelle erſchöpft zu werden. Und weiter: iſt der Reiz hinreichend verſtärkt, um nach Durchlaufen der Ganglienzelle die Zuckung auszulöſen, ſo tritt die Zuckung doch ſpäter ein und iſt dafür nur nachhaltiger als wo die Einſchiebung der Ganglienzelle fehlt. — Aber dieſelben Thatſachen laſſen ſich dadurch repräſentiren, daß der Reiz beim Durchgang durch die Ganglienzelle nach dem Princip verhältnißmäßiger Schwächung, welche nicht bis zur Vernichtung führt, nur ſo weit herabkommt, um die Schwelle der Muskelzuckung, von der oben (S. 231) die Rede war, nicht mehr zu erreichen; und da das Daſein dieſer Schwelle erwieſen iſt, ſo bedarf es nicht noch der Hypotheſe einer völligen Extinction des Reizes im Leitungswege durch die Zelle. Außerdem ſpricht der Umſtand, daß die bei Einſchiebung der Ganglienzelle ſpäter eintretende Zuckung nachhaltiger iſt, als ohne Einſchiebung, doch gar nicht dafür, daß die lebendige Kraft der Erregung beim Durchſchreiten durch die Ganglienzelle etwas eingebüßt, ſondern nur, daß ſie ſich in der nachmaligen Wirkung auf den Muskel auf längere Zeit vertheilt habe, wo es dann allerdings auch vorkommen kann, daß ſie ſich ſo weit vertheilt, daß in keinem Momente eine, zum Überſteigen der Zuckungsſchwelle des Muskels hinreichende lebendige Kraft in Wirkung tritt.

Wenn ſchon ich nun alle vorigen Betrachtungen, wodurch man eine Erſchöpfung des äußeren Reizes vor Anlangen an das Senſorium glaubt begründen oder wahrſcheinlich machen zu können, unzureichend finde, beſtimmen mich doch neuere Unterſuchungen Vierordts, wonach eine abſolute Schwächung des Schalls bei Durchleitung durch irgendwelche Körper ſtattfindet, und welche namentlich bei organiſchen Körpern ſehr erheblich iſt, es möglich zu halten, daß die Fortpflanzung der Schwingungsbewegung durch den lebendigen Nerven auch einer ſolchen unterliege, was dann allerdings den Gedanken nahe legt, die Thatſache der äußeren Schwelle überhaupt ohne Zuhülfenahme einer inneren dadurch zu erklären, daß der Reiz nicht empfunden werde, weil er gar nicht bis zum Senſorium gelangt. Sofern aber hiemit die anderweiten Gründe für eine innere Schwelle in nichts widerlegt ſind, wird man zu ſagen haben: Ein ſchwacher Reiz kann für die Empfindung erſtens dadurch verloren gehen, daß er, wegen Erſchöpfung durch die äußeren Medien, ſchon gar nicht bis zum Empfindungsnerven gelangt, zweitens dadurch, daß er wegen Erſchöpfung im Nerven ſelbſt nicht bis zum Senſorium gelangt, drittens aber endlich dadurch, daß er, zum Senſorium gelangt, unter der inneren pſ.-ph. Schwelle bleibt.

c) Deutung des Parallelgeſetzes

Müller ſetzt meiner Berufung auf das Parallelgeſetz zu Gunſten der pſ.-ph. Anſicht („Elem." I. 301 f. II. 430) die Möglichkeit einer Wahl zwiſchen zwei Formeln entgegen, in welchen die pſ.-ph. Erregung als Function der Reizbarkeit und des Reizes auftritt, Formeln, wonach das Parallelgeſetz ſeine Deutung mindeſtens eben ſo gut im Sinne der phyſiologiſchen als pſ.-ph. Anſicht finden könne. Indem ich ſelbſt die Frage in dieſer Beziehung nochmals aufnehme, ſcheint es mir aber einfacher und eingänglicher, ſtatt den erſt zu erläuternden Mittelbegriff der Reizbarkeit in abſtracte Formeln einzuführen, mich direct auf diejenigen Verhältniſſe zu beziehen, welche einerſeits von der pſ.-ph. Anſicht, andererſeits von der phyſiologiſchen Anſicht zur Repräſentation des Geſetzes vorausgeſetzt werden müſſen.

Rufen wir uns vor Allem die Hauptthatſache zurück, welche dem Parallelgeſetz unterliegt (S. 180 ff.). Wenn zwei Reize von verſchiedener Stärke auf ein empfindendes Organ während einer gewiſſen Zeit einwirken, ſo ſchwächen ſich durch Ermüdung die abſoluten Empfindungen und mithin Erregungen, welche durch die Reize hervorgebracht werden; der empfundene Unterſchied aber bleibt eben ſo unverändert, als es nach Weberſchem Geſetze der Fall iſt, wenn die objectiven Reize in gleichem Verhältniſſe abgeändert wären.

Dieſe Thatſache läßt ſich nun jedenfalls nach der pſ.-ph. Anſicht ganz einfach und direct ſo erklären, daß die durch die Reize hervorgerufenen pſ.-ph. Erregungen durch die Ermüdung in gleichem Verhältniſſe abgeſchwächt werden, um es damit einer entſprechenden Abſchwächung der äußeren Reize gleich zu thun; aber es iſt zunächſt nicht in Abrede zu ſtellen, daß, die phyſiologiſche Anſicht, nach welcher die Unterſchiedsempfindung dieſelbe bleibt, nicht wenn das Verhältniß, ſondern wenn der U. der pſ.-ph. Erregungen derſelbe bleibt, bloß anzunehmen braucht, daß durch die Ermüdung die betreffenden Erregungen ſtatt nach Verhältniß ihrer Stärke vielmehr rückſichtslos darauf um dieſelbe abſolute Größe abnehmen, ſo iſt die Thatſache des Parallelgeſetzes nicht minder dadurch repräſentirt; und ich weiß bis jetzt keine Thatſache, welche direct vielmehr für die eine oder andere Annahme entſcheidet. Zwar erinnert man ſich vielleicht, daß ſchon mannichfache Verſuche über den Einfluß der Muskelermüdung auf die Zuckungsverhältniſſe der Muskeln angeſtellt worden ſind; doch wüßte ich keinen unzweideutigen Anhalt für Beurtheilung der pſ.-ph. Ermüdungsverhältniſſe ſenſibler Nerven darin zu finden.

Hienach ſchiene denn auch von hier aus keine Entſcheidung zwiſchen pſ.-ph. und phyſiologiſcher Anſicht zu finden. Sofern aber das Parallelgeſetz darin beſteht, daß die Abſchwächung der pſ.-ph. Erregungen durch Ermüdung denſelben Erfolg hat, als die Abſchwächung der Reize in gleichem Verhältniſſe, die Unterſchiedsempfindung ungeändert zu laſſen, müßte nach der phyſiologiſchen Anſicht der gleichbleibende Unterſchied der pſ.-ph. Erregungen bei Ermüdung als von einem gleichbleibenden Verhältniſſe der Reize abhängig gedacht werden können, was wider den, unter A) geltend gemachten, aprioriſtiſchen Geſichtspunct iſt.

Hienach führt das Parallelgeſetz zwar keinen neuen Geſichtspunct gegen die phyſiologiſche Anſicht ins Feld, wohl aber kommt ein früher durchſchlagend dagegen gefundener darin mit zur Geltung.

d) Frage nach Deutung der Verhältniſſe der Aufmerkſamkeit, des Schlafes und Wachens.

Gegen meine Deutung der obigen Verhältniſſe im Sinne der pſ.-ph. Anſicht findet Müller natürlich viel einzuwenden. Ich ſelbſt komme folgends auf die weſentlichſten Geſichtspuncte dieſer Deutung zurück; Müllers hauptſächlichſte Gegenerörterungen finden ſich im 9. Capitel des III. Abſchn. p. 348 ff. ſeiner Schrift.

Vor Eingehen auf die Hauptpuncte der Verhandlung ein paar Bemerkungen zur Richtigſtellung ihrer Unterlagen.

Mit Recht erklärt es Müller (p. 353 ff.) für eine, von mir nicht nur durch nichts erwieſene, ſondern überhaupt nicht zu haltende, Anſicht, daß während des Schlafes das Bewußtſein überall ganz fehle, mithin auch die Träume unter die Bewußtſeinsſchwelle fallen („Elem." II. 461 f.); ich habe aber dieſe nicht hinreichend bedachte Auffaſſung der Träume ſchon vor Müllers Gegenerklärung ausdrücklich „In Sachen" p. 218 zurückgenommen.

Die Frage, ob es Schlaf ohne Träume geben könne, habe ich weder bejaht noch verneint. Richtig iſt Müllers Bemerkung, ohne für mich neu zu ſein, daß ein Schlaf, aus dem wir uns keines Traumes erinnern können, doch ſolchen mitgeführt haben könne, da eben nur die Erinnerung daran verloren gegangen ſein könne. Doch halte ich es wahrſcheinlich, daß es auch Schlaf ohne Träume giebt; da wir mit Annäherung des Schlafes uns mitunter ſehr wohl der Annäherung an völliges Unbewußtſein ſelbſt bewußt werden können, und da die pſ.-ph. Anſicht, die ich vertrete, das Vorkommen traumloſen Schlafes leicht erklärlich finden läßt.

Von anderer Seite muß ich mich gegen die Unterſchiebung einer Anſicht ſeitens Müller (p. 350. 365 und darauf verweiſend in Anz. p. 166) verwahren, von der ich vielmehr die gegentheilige habe.

Nach ihm ſoll ich die Anſicht hegen, daß „jede in irgendwelchem Nervenorgane entſtandene Erregung als pſychophyſiſche Thätigkeit, falls ihre Intenſität den Erregungsſchwellenwerth überſteigt, nothwendig eine bewußte E. in uns hervorrufe", alſo geſetzt, in einem Darmganglien finde ſolches Überſteigen ſtatt, ſo würde ich daſſelbe zum engeren Seelenſitze als dem Theile, innerhalb deſſen ſich überhaupt die uns zum Bewußtſein kommenden Veränderungen halten („Elem." II. 390), zu rechnen und nothwendig anzunehmen haben, daß die E. des Ganglion dem Individuum, in welches mit dem Gehirn das Ganglion fällt, bewußt werde.

Hiegegen iſt meine Anſicht die, daß allerdings das Gehirn im eben angegebenen Sinne als engerer Seelenſitz (nach Müller Senſorium) anzuſehen, daß aber eine außerhalb des Gehirns im Nervenſyſtem erregte pſ.-ph. Veränderung, auch wenn ſie die Schwelle überſteigt, nur dann dem Beſitzer des Gehirns bewußt wird, wenn beide Erregungen über der Schwelle nicht durch eine Zwiſchenerregung unter der Schwelle oder gar fehlende pſ.-ph. Erregung dazwiſchen unterbrochen ſind. Daß ich es ſo verſtehe, darüber können die Erörterungen im XLV. Abſchnitt der „Elem." (II. 526 ff.) über „Pſychophyſiſche Continuität und Discontinuität", den ſich Müller ſchwerlich die Mühe genommen hat, einzuſehen, gar keinen Zweifel laſſen[1]. Mag alſo in einem Darmganglion die pſ.-ph. Erregung über der Schwelle ſein, ſo bleibt ſie uns unbewußt, ſo lange nicht der ganze Tract von Erregungen, der ſie mit dem Gehirn verbindet, mit über der Schwelle iſt. Damit ſage ich nicht, daß ſie überhaupt unbewußt bleibt, im Gegentheil, da ich ein Allgemeinbewußtſein über das menſchliche und thieriſche hinaus annehme, welches an allgemeineren Bedingungen als den Specialbedingungen für uns hängt, glaube ich, daß die E. des Ganglion über der Schwelle, welche ſo zu ſagen von unſerem Bewußtſein abgeſchnitten iſt, doch in dies Allgemeinbewußtſein fällt, was man durch eine ſchematiſche Repräſentation im XLV. Abſchn. der „Elem." erläutert finden kann. Aber hier haben wir nur mit dem menſchlichen Bewußtſein zu thun.

Wenden wir uns nun den eigentlichen Streitpuncten zu.

In „Elem." II. 432 f. habe ich Thatſachen folgender Art zu Gunſten der pſ.-ph. Anſicht geltend gemacht.

Es ſpricht jemand mit uns, während unſere Aufmerkſamkeit vom Gehörsgebiete abgelenkt iſt, und das Gehörte bleibt uns unbewußt. Kurz nachher beſinnen wir uns, und das, was er geſagt hat, tritt noch nachträglich in unſer Bewußtſein. Es mußten alſo die pſ.-ph. Bewegungen, an die ſich das Hören in uns zu knüpfen vermag, ſchon vor dem Bewußtwerden vorhanden ſein, nur die pſ.-ph. Thätigkeit nicht ſtark genug ſein, ſie bewußt werden zu laſſen, es muß alſo in Widerſpruch mit der phyſiologiſchen Anſicht eine innere Schwelle geben; denn der nach früherem Zugeſtändniß noch mögliche Einwand, daß die pſ.-ph. Erregung nicht bis zum Senſorium gelangt ſei, hält hier nicht mehr Stich.

---

[1] Übrigens konnte Müller ſchon in dem Abſchn. XXXVII, den er eingeſehen, p. 391 die Bemerkung finden, daß „Reize, die durch den weiteren Seelenſitz (d. i. den Körper außer dem engeren) verlaufen, nicht eher Empfindung, Bewußtſein erwecken, als bis ſie zum engeren Seelenſitz gelangt ſind."

Anderweit (im XLII. Abſchn. der „Elem.“) mache ich geltend, daß die pſychiſche Thätigkeit der Aufmerkſamkeit von dem pſychiſchen Phänomen, auf das ſie gerichtet oder bezogen iſt, unterſchieden werden muß. Niemand kann doch die Aufmerkſamkeit, mit der er z. B. auf einen Ton horcht, mit der ſinnlichen E. des Tons ſelbſt verwechſeln. Die Stärke der Sinnesempfindung kann wachſen, während die Aufmerkſamkeit darauf abnimmt und umgekehrt. Hienach ſind auch beiden wohl zu unterſcheidende pſ.-ph. Thätigkeiten unterzulegen, die ſich beide den allgemeinen pſ.-ph. Maßprincipien unterordnen. Die Bewußtſeinsſtärke, mit der eine E. erfaßt wird, hängt vom Zuſammenwirken beider ab, wonach eine ſtarke Sinneserregung durch Abzug der Aufmerkſamkeit davon unbewußt, durch Zuwendung derſelben ſtark bewußt werden kann. Hieher gehört u. a. das, in „Elem.“ II. 432 erwähnte, Beiſpiel, wonach intenſive Nachbilder von Gegenſtänden, die bei davon abgezogener Aufmerkſamkeit ins Auge fielen, ganz unbemerkt bleiben können, bis die Aufmerkſamkeit ſich dem Geſichtsfeld zuwendet, wo ſie auf einmal zur Wahrnehmung gelangen.

Folgends im XIX. Abſchnitt komme ich eingehender auf dieſe Verhältniſſe der Aufmerkſamkeit zurück. Wirft man nun freilich die pſ.-ph. Thätigkeit der Aufmerkſamkeit mit der pſ.-ph. Thätigkeit der Empfindung zuſammen, oder legt man der Aufmerkſamkeit gar keine pſ.-ph. Thätigkeit bei, ſo wird Alles unklar, und kann man leicht eben ſo unklare Einwürfe von da aus erheben; Müller aber macht nicht nur den betreffenden Unterſchied zwiſchen beiden Componenten der Bewußtſeinsthätigkeit nicht, ſondern ignorirt auch den von mir gemachten.

Wie aber erklärt er nun ſeinerſeits Thatſachen wie die obigen, um der Beweiskraft derſelben für die innere Schwelle und hiemit für die pſ.-ph. Anſicht zu entgehen? Zunächſt durch einen Einfluß, den die Aufmerkſamkeit auf das Leitungsvermögen der Nervenwege für die pſ.-ph. Erregungen üben ſoll[1]. Hienach bleibt die im Sinnesnerven entſtandene Erregung ſtocken, ſo lange die Aufmerkſamkeit nicht auf das betreffende Sinnesgebiet gerichtet iſt. Tritt die Aufmerkſamkeit hinzu, ſo wird die Zuleitung zum Senſorium frei und die Erregung gelangt dahin. Wenigſtens kann ich Müller nicht anders verſtehen. Aber man kann doch dieſe Hypotheſe nicht ausſprechen, ohne einen Anhalt der Vorſtellung zu haben, wie ſie zu erfüllen. Unſtreitig läßt ſich die Erregung und Fortpflanzung der Erregung zum Senſorium nicht wie das Fließen einer Flüſſigkeit durch einen Canal und das Hinderniß der Fortpflanzung nicht wie das Zumachen einer Thür oder Verſchließen des Canals denken; ſondern es ſteht uns keine andere Vorſtellung zu Gebote, als daß es ſich um einen Schwingungsvorgang handle. Wie aber ein Schwingungsvorgang, einmal angeregt, zeitweis an ſeiner Fortpflanzung durch einen gegebenen Weg ganz gehindert ſein könne, um nach Wegfall des Hinderniſſes ſeinen Weg dadurch in ungeänderter Form fortzuſetzen, dafür giebt es in der ganzen außerorganiſchen Welt kein Beiſpiel und in der organiſchen eben bloß die Hypotheſe ohne einen Gedanken der Verwirklichbarkeit dieſer Hypotheſe.

---

[1] Müller beruft ſich hiebei (p. 352) auf die Theorie der ſinnlichen Aufmerkſamkeit, die er bereits früher in ſ. Abh. („Zur Theorie der Aufmerkſamkeit.“ Inauguraldiſſ. 1873) aufgeſtellt, „welcher gemäß die von einem Sinnesreize bewirkte Nervenerregung nur dann eine bewußte E. in uns hervorruft, wenn ſie bis in das Senſorium fortgepflanzt worden iſt, und alle Vorgänge und Verhältniſſe, welche der

Ließen wir aber auch die Hypotheſe gelten, ſo bleibt danach zunächſt unverſtändlich, wie der Abzug der Aufmerkſamkeit von einer Sinneserregung conſequent mit der Zuwendung ſoll gedeutet werden. Geſetzt, ich bin in das Anhören einer Muſik vertieft, und erhalte plötzlich einen Schlag, ſo lenkt ſich eben ſo plötzlich die Aufmerkſamkeit vom Tongebiete ab, dem Taſtgebiete zu, und tritt für die Tonempfindung die Taſtempfindung ins Bewußtſein. Aber wie kann die pſ.-ph. Erregung der Töne, wenn ſie einmal im Senſorium iſt, dadurch ſchwinden, daß im Taſtgebiete die Leitung zum Senſorium geöffnet wird.

Nun, das iſt auch offenbar nicht Müllers Anſicht; vielmehr geſteht er (p. 364) zu, „daß höchſt wahrſcheinlich die von einem Sinnesreize hervorgerufene Erregung innerhalb gewiſſer Theile des Centralorganes durch gleichzeitige andere Nervenerregungen geſchwächt und in ihrer Weiterverbreitung gehindert werden könne"; Fechner aber „ſcheine die durch die Erſcheinungen der Reflexbewegung und anderen Thatſachen conſtatirte Fähigkeit der Nervenproceſſe, einander theilweiſe oder gänzlich zu hemmen, völlig überſehen zu haben."

D. h. alſo: **Müller** ſucht ſei es im „Hemmungsprincip" eine Ergänzung des Leitungsprincipes oder überſetzt dieſes irgendwie in jenes,

---

Erfahrung nach geeignet ſind, unſere Aufmerkſamkeit einem Sinnesreize zuzuwenden oder zu entziehen, eben dazu dienen, der von dieſem Sinnesreize hervorgerufenen Nervenerregung den Zutritt in das Senſorium zu erleichtern, bez. zu erſchweren."

was durch „die Hinderung der Weiterverbreitung“ mittelſt Hemmungswirkungen angedeutet zu werden ſcheint. Klar geworden jedoch iſt es mir nicht. Ob Andern, muß ich dahin geſtellt ſein laſſen, und gebe zu, daß in ſeiner früheren Abhandlung über Aufmerkſamkeit, die mir leider nicht mehr vorgelegen hat[1], Aufklärendes in dieſer Hinſicht enthalten ſein kann. Davon aber hätte doch ſoviel in ſeine neuere capitale Oppoſition aufgenommen werden müſſen, um ihr ein Verſtändniß abgewinnen und ſie wirkſam machen zu können.

Auf Weiteres übergehend, ſo habe ich in „Elem.“ II. 143 die größere oder geringere Vertiefung, welche der Schlaf annehmen kann, durch ein größeres oder geringeres Sinken der geſammten pſ.-ph. Thätigkeit unter die Schwelle erklärt, und hiemit auch die Verhältniſſe, wovon Einſchlafen und Aufwachen abhängt, in Beziehung geſetzt. Wie Träume zu faſſen, iſt in „Elem.“ II. 520 ff. und hierauf zurückkommend folgends im XX. Abſchnitt dargelegt. Auch meine ich noch, daß dieſe Erklärungsweiſe auf Grund der Annahme einer inneren Schwelle der pſ.-ph. Thätigkeit nicht nur die einfachſte, ſondern auch mit dem ganzen Syſtem der ſonſt zu erklärenden Thatſachen am beſten ſtimmende, hienach der pſ.-ph. Anſicht, welche eine innere Schwelle fordert, zu ſtatten kommende ſei. Ferner habe ich auf Grund der Annahme einer inneren Schwelle den Zuſtand, in dem ſich ein Sinnesgebiet durch mehr oder weniger ſtarkes Abziehen der Aufmerkſamkeit findet, mit dem mehr oder weniger vertieften Schlafe des ganzen Menſchen unter denſelben Geſichtspunct zu bringen vermocht und dies im XLI. Abſchnitt meiner „Elemente“ ausgeführt. Dieſem Allen aber widerſpricht Müller mit folgender Erklärung (p. 356). „Um die allmälige Vertiefung des Schlafes pſychophyſiſch repräſentiren zu können, dazu bedürfen wir durchaus nicht des pſ.-ph. Geſetzes Fechners. Wir nehmen an, der Schlaf ſei um ſo tiefer, je mehr diejenige Stimmung des Centralorgans, welche von gewiſſen, näher nicht bekannten, organiſchen Vorgängen angeſtrebt wird, ſich des Senſoriums und der angrenzenden Theile des Centralorgans bemächtigt hat, je weniger alſo die, das Auftauchen der Traumbilder anſtrebenden oder begünſtigenden, Einflüſſe gegen den Einfluß jener Vorgänge aufkommen können, und je größere Widerſtände der von jenen Vorgängen herbeigeführte Zuſtand des Senſoriums und der mit dieſem zuſammenhängenden Theile der Fortpflanzung der von Außen angeregten Reizproceſſe bis in das Senſorium hinein entgegenſtellt. Im traumloſen Schlafe iſt jener Zuſtand ein ſo ausgeprägter und hat in dem Maße überhand genommen, daß diejenigen Erregungen, welche unſere Traumbilder begleiten, gar nicht mehr im Senſorium entſtehen können und möglicherweiſe alle pſ.-ph. Thätigkeit ſchweigt, und daß äußere Sinneseindrücke zur Verdrängung dieſes Schlafzuſtandes ſehr beträchtlicher Intenſität bedürfen" u. ſ. w.

---

[1] In der That iſt ſie mir abhanden gekommen, und buchhändleriſch von mir nicht wieder zu erlangen geweſen. Da ſie übrigens nach meiner Erinnerung bloß einen Einfluß der Aufmerkſamkeit als pſychiſcher Thätigkeit auf die pſ.-ph. Erregungen geltend macht, ohne ihr ſelbſt eine pſ.-ph. Thätigkeit beizulegen, hiemit von vorn herein das Gebiet der Pſychophyſik verläßt, und da Müller ſelbſt erklärt (p. 352), daß er ſeine darin ausgeſprochenen „Vermuthungen“ jetzt in „etwas reiferer Geſtalt“ gegen mich würde wenden können, ohne daß er es freilich gethan hat, ſo dürfte auch die oben vermißte Aufklärung ſchwerlich genügend darin zu finden ſein.

Es wird wohl Andern wie mir gehen, daß ſie ſich ſchwer in dieſe Auseinanderſetzung hineinzuſtudiren vermögen, aber ſtreiten wir nicht um formale Dinge. — Nun ſprechen freilich die, in „Elem." II. 443 angegebenen Thatſachen dafür, daß im Schlafe mit der pſ.-ph. Thätigkeit zugleich die übrige organiſche Thätigkeit des Gehirns herabſinkt, und bei Druck auf das Gehirn iſt der Schlaf am allertiefſten; aber Müller braucht ja bloß ſeiner Erklärung zu Liebe anzunehmen, daß doch „die gewiſſen näher nicht bekannten organiſchen Vorgänge" durch den Druck auf das Gehirn ſo ſtark wachſen, um die pſ.-ph. Vorgänge nicht aufkommen zu laſſen, ſo wird ſich ſeine Erklärung halten laſſen. Ferner müßte meines Erachtens Müller in Conſequenz der Weiſe, wie er die Vertiefung des Schlafes faßt, nun auch annehmen, daß bei Abgezogenheit der Aufmerkſamkeit von einem Sinnesgebiete außer dem fehlenden Leitungsvermögen noch jene „nicht näher bekannten organiſchen Vorgänge" um ſo mehr in dem betreffenden Sinnesgebiete Platz greifen, je ſtärker das Abgezogenſein der Aufmerkſamkeit davon iſt, oder daß das fehlende Leitungsvermögen mit dem Widerſtande ſolcher Vorgänge ſachlich zu identificiren ſei; was in der That nach ſchon gemachter Bemerkung Müllers Anſicht ſein könnte; nur daß ſeine Darſtellung nicht die Mittel enthält, darüber klar zu werden.

Der, im XLI. Abſchn. der „Elemente" behandelte, Antagonismus in Zuwendung und Abwendung der Aufmerkſamkeit zwiſchen verſchiedenen Sinnesgebieten iſt in „Elem." I. 37 ff. in ſeiner Abhängigkeit vom Zuſammenhange aller organiſchen Proceſſe unter einander betrachtet; und ich halte es für einen Vortheil der pſ.-ph. Anſicht, daß ſie die Möglichkeit einer ſolchen Bezugſetzung überhaupt gewährt oder erleichtert.

Wenn nun Müller auf Grund jener theils irrigen Auffaſſung

(S. 242 f.), theils Ignorirung (S. 243) der weſentlichſten Geſichtspuncte meiner Anſicht derſelben entgegenhält, daß Alles, was ich danach pſychophyſiſch mit Hülfe einer inneren Schwelle erklären wolle, nach ſeinen Leitungs- oder Hemmungsprincipien triftiger rein phyſiologiſch ohne eine innere Schwelle zu erklären ſei, ſo könnte bloß dann eine Aufforderung vorliegen, hierauf näher ins Einzelne einzugehen, wenn ſeine Einwürfe weniger ſeine Anſichten von meinen Anſichten als dieſe ſelbſt träfen, und wenn ſeine eigenen, von ihm ſelbſt gegen früher für gereiſt erklärten, Anſichten in dieſen Dingen ſchon ſo weit entwickelt und vorgelegt wären, um darin klarere Angriffspuncte der Verhandlung mit ihm, als bisher in ſeiner Schrift vorliegen, zu finden.

e) Deutung der Reſultate von Lamansky und Dobrowolsky über die Empfindlichkeit für relative Intenſitätsunterſchiede von Farben.

Müller erhebt von p. 246 an weit auslaufende Einwürfe gegen die pſ.-ph. Anſicht, aus dem Geſichtspuncte, daß ſie zwei, aus den Verſuchen von Lamansky und Dobrowolsky ſich ergebende, Thatſachen, deren „In Sachen“ p. 157 gedacht iſt, nicht angemeſſen zu repräſentiren vermöge. Zur ſachlichen Klarſtellung hievon wird es einiger Vorerörterungen bedürfen.

Beſtimmt man bei einer und derſelben gegebenen Farbe den Unterſchied zwiſchen zwei Helligkeitsintenſitäten derſelben, der noch eben als Unterſchied erkennbar oder im Verſchwinden begriffen iſt (kurz die Unterſchiedsſchwelle), und dividirt ihn durch die abſolute Intenſität, welcher der Unterſchied zuwächſt, ſo erhält man den relativen eben merklichen Unterſchied, und dieſer werde folgends (ebenſo wie „In Sachen“) mit z (nach Müller mit ω) unter der Vorausſetzung bezeichnet, daß er beim Maximum der relativen Unterſchiedsempfindlichkeit gewonnen wird, d. i. bei ſolcher abſoluter Intenſität, wo er kleiner als bei jeder anderen Intenſität ausfällt. Wegen der Abweichungen vom Weberſchen Geſetze nach Unten und Oben giebt es nämlich einen ſolchen kleinſten Werth des relativen e. m. U. bei einer gewiſſen Intenſität, unterhalb und oberhalb deren der relative e. m. U. wächſt. z aber bezieht ſich auf den kleinſtmöglichen Werth, der ſich erhalten läßt. Die Intenſität, für welche z gilt, iſt zugleich die, um welche herum die Annäherung zum Weberſchen Geſetz am größten iſt.

Bei Licht und Schall hängt die Verſchiedenheit der Reize, welche zu einer verſchiedenen Qualität der E. Anlaß geben, von einer verſchiedenen Schwingungszahl n ab. Bei gleicher Schwingungszahl iſt die lebendige Kraft des Reizes proportional dem Quadrat der Amplitude a der Schwingung, wo aber mit der Amplitude zugleich die Schwingungszahl ſich ändert, iſt die lebendige Kraft proportional a^2n^2.

In ſo weit nun eine directe Beſtätigung des Weberſchen Geſetzes bezüglich Reizen, die in Schwingungsbewegungen beſtehen, reicht, gilt ſie bloß für Änderungen des a bei conſtantem n. In wiefern das Geſetz auf Änderungen des n bei conſtantem a übertragbar ſei, dafür liegen bis jetzt keine directen Verſuche vor, weil die Conſtanz des a mit Änderungen des n bisher im Allgemeinen nicht eingehalten iſt; und wie überhaupt die Abhängigkeit der E. von gleichzeitigen Änderungen des n und a zu faſſen ſei, dafür giebt es freilich theoretiſche und experimentale Unterſuchungen („Elem.“ II. p. 163 ff. „In Sachen“ p. 200 ff. p. 204), wodurch gewiſſe Möglichkeiten ausgeſchloſſen ſcheinen, ohne daß aber ein ſicheres und allgemeines poſitives Reſultat erzielt iſt.

Bei ſo unſicherer Sachlage unſerer Kenntniß in dieſem Felde ſcheint es mir von vorn herein und allgemein geſprochen ſehr gewagt, auf Grund derſelben für einen Vorzug der phyſiologiſchen oder pſ.-ph. Anſicht plaidiren zu wollen; indeß könnte es doch gewiſſe, auf Verhältniſſe des n bezügliche Thatſachen geben, welche ſich beſſer oder gar allein vielmehr durch die eine als andere Anſicht repräſentiren ließen, und in der That glaubt Müller ſolche in folgenden zwei Thatſachen gefunden zu haben.

1) Der Werth z iſt bei denſelben Farben für verſchiedene Individuen verſchieden.

2) Der Werth z iſt auch bei demſelben Individuum für verſchiedene Farben verſchieden.

Müller nun legt ſeinen Erörterungen darüber ſeine ſog. corrigirte Maßformel unter, auf die mich nicht einzulaſſen, ich die früher (S. 201 ff.) angegebenen Gründe habe, und muthet der pſ.-ph. Anſicht dies und das zu, was ſie anzunehmen hätte, um obigen Thatſachen gerecht zu werden, was aber nicht anzunehmen ſei, verfehlt jedoch mit allen dieſen peinlichen Erörterungen eben das, was die pſ.-ph. Anſicht wirklich anzunehmen hat, um jenen Thatſachen ſo gerecht zu werden, wie es im Sinne ihres ganzen Syſtems iſt. Ich laſſe alſo alle jene Zumuthungen Müllers dahingeſtellt, und gehe folgends direct auf das ein, worauf es mir zur Erklärung obiger Thatſachen im Sinne der pſ.-ph. Anſicht anzukommen ſcheint. Zuerſt alſo von der erſten Thatſache, bei welcher Müller die größte Schwierigkeit der Erklärung für die pſ.-ph. Anſicht vorausſetzt.

Thatſächlich beweiſt ſich, daß dieſelbe Farbe von verſchiedenen Individuen mit ungleicher Leichtigkeit erkannt wird, und namentlich die Erſcheinungen der ſog. Farbenblindheit bieten hiezu die auffälligſten Belege dar, was, wenn überhaupt eine pſ.-ph. Geſetzlichkeit ſtatuirt wird, nicht daher rühren kann, daß dieſelbe innere pſ.-ph. Farbenerregung bei verſchiedenen Individuen einen verſchiedenen pſychiſchen Erfolg mitführt, ſondern daß je nach dem inneren Zuſtande des auffaſſenden Organs derſelbe äußere Farbenreiz bei verſchiedenen Individuen eine verſchiedene pſ.-ph. Erregung hervorruft, welchem gemäß die äußere Reizſchwelle eine verſchiedene iſt. Das Entſprechende als für die äußere Reizſchwelle gilt aber auch bekanntlich für die äußere Unterſchiedsſchwelle, ſofern derſelbe äußere Unterſchied von verſchiedenen Beobachtern nicht gleich leicht erkannt wird. Und hiebei iſt die ſchon in den „Elem." II. 104 gemachte, von Müller aber in ſeinen Bemerkungen p. 258 gar nicht berückſichtigte, Bemerkung wichtig, daß der Werth der Unterſchiedsſchwelle, oder, wenn man ſich auf das Verhältniß ſtatt auf den U. der Reize bezieht, der Werth der Verhältnißſchwelle, abgeſehen von dem Größenverhältniß der Reize weſentlich mit von den äußeren und inneren Bedingungen, unter denen die Componenten des Unterſchiedes oder Verhältniſſes zuſammentreffen, abhängt, von dem, was ſich äußerlich und innerlich, zeitlich, räumlich, organiſch zwiſchen einſchiebt, umliegt, mitgeht (vergl. S. 187); die inneren Verhältniſſe in dieſer Hinſicht können aber auch bei ganz denſelben äußeren Maßnahmen für verſchiedene Beobachter ſehr verſchieden ſein, und die Erfolge davon brauchen ſich für verſchiedene Farben bei zwei Beobachtern nicht parallel zu gehen, da dies nach den Thatſachen der Farbenblindheit auch für die Auffaſſung der einfachen Farben nicht gilt.

Nun iſt z nichts Anderes als die äußere Unterſchiedsſchwelle eines Farbenreizes, dividirt durch die Stärke des äußeren Reizes. Vergleichen wir nun das z derſelben Farbe bei verſchiedenen Individuen, ſo wird die Stärke des äußeren Reizes unabhängig von den inneren Zuſtänden ſein, die äußere Unterſchieds*ſchwelle* aber von den inneren Zuſtänden mit abhängen, und mithin z für verſchiedene Individuen verſchieden ausfallen können, ohne daß dies irgendwie aus den Principien der pſ.-ph. Anſicht heraustritt.

Auch hängt dieſe Auffaſſung ganz conſequent mit unſerer Aufſtellung der Unterſchiedsmaßformel („Elem." II. 96 ff. „In Sachen" p. 11) zuſammen, welche im Sinne der pſ.-ph. Anſicht für die Auffaſſung von E. Unterſchieden dieſelbe Bedeutung hat, als die einfache Maßformel für die Auffaſſung einfacher Empfindungen.

Empfindungsſchwelle zu machen, ſofern ein ſchwacher Reiz möglicherweiſe auf ſeinem Wege zum Senſorium erſchöpft ſein könne, bevor er zu demſelben gelange. Aber, — habe ich geltend gemacht — wenn in dieſer Hinſicht ein Zweifel bezüglich der Empfindungsſchwelle beſteht, beſteht kein ſolcher bezüglich der Unterſchiedsſchwelle, denn die Thatſache derſelben iſt aus Erfahrungen geſchöpft, bei denen beide Reize, zwiſchen welchen der Unterſchied beſteht, als vorhanden empfunden werden, wonach auch die Erregungen, die von beiden ausgegangen ſind, zum Senſorium gelangt ſein müſſen; eine innere Unterſchiedsſchwelle iſt alſo nicht abzuweiſen. Wenn aber das Princip der inneren Schwelle für Unterſchiedsempfindungen beſteht, ſo iſt kein Grund, es für einfache Empfindungen abzulehnen; da es ſich jedenfalls an jenen als factiſch im pſychiſchen Gebiete beſtehend erweiſt.

Müller aber läßt dieſen Schluß von einer auf die andere Schwelle nicht gelten, ſondern wendet (p. 214) ein: Schlüſſe der Art ließen ſich eben ſo gut im Sinne der phyſiologiſchen Anſicht zu Gunſten einer bloß phyſiologiſchen Deutung der Schwelle machen, ohne hier wie da etwas damit beweiſen zu können. Jedenfalls ſei der Schluß von einer Schwelle im höhern pſychiſchen Felde der Auffaſſung von Unterſchieden auf eine Schwelle im niederen Gebiete einfacher Empfindung, von einer Schwelle, die ſich auf den Unterſchied zweier Empfindungsintenſitäten beziehe, auf eine ſolche, die ſich auf ganze Werthe derſelben beziehe, ohne Halt und Haltung.

Worauf ich zunächſt Folgendes erwiedere, vorbehaltlich einer meines Erachtens definitiven Erledigung der Frage am Schluſſe S. 254 ff.

Damit, daß ein gewiſſer pſychiſcher Act höher als der andere iſt, wird die Unterordnung beider unter allgemeine Geſichtspuncte und Geſetze nicht ausgeſchloſſen, und ſo wird man zugeben, daß eine Anſicht, welche das Verſchwinden der höheren Unterſchiedsempfindung mit dem Verſchwinden der niederen einfachen Empfindung unter einen gemeinſamen pſ.-ph. Geſichtspunct zu faſſen vermag, in erheblichem Vortheil vor einer gegentheiligen iſt, welche es nicht vermag.

Das bleibt richtig, trotz aller Analogieen, wie ſich Müller das Zuſtandekommen der Unterſchiedsempfindung denkt (Rec. p. 827 f.), worauf ich aber doch mit einigen Worten eingehen will zum Ausdruck des Befremdens über Müllers Verwerthungsweiſe dieſer Analogieen.

Sein Gedanke iſt dieſer: der Unterſchiedsempfindung liege ein ſolcher pſ.-ph. Vorgang unter, „der in Folge der Differenz der Nervenerregungen, welche 2 mit einander verglichenen Sinnesreizen entſprechen, etwa in ähnlicher Weiſe entſteht wie beim Erklingen zweier Klänge von verſchiedener Tonhöhe als Folge dieſer Höhendifferenz ein beſonderer neuer Ton, ein Differenzton, entſteht“, wozu noch eine Analogie mit der Thermokette. Auf Grund einer Discuſſion dieſer Analogieen, wovon uns bloß das Reſultat, als das worauf es ankommt, intereſſirt, ſagt dann Müller (Rec. p. 828): „Die phyſiologiſche Anſicht kann alſo auch dann, wenn ſie die Unterſchiedsempfindung pſychophyſiſch repräſentirt und zwar conſequenterweiſe dem ihr zu Grunde liegenden Differenzvorgange proportional ſetzt, der Thatſache der Unterſchiedsſchwelle leicht gerecht werden, indem ſie annimmt, daß jener Differenzvorgang aus phyſiologiſchen Gründen erſt bei einer beſtimmten Größe der Erregungsdifferenz eintrete, ähnlich wie wahrſcheinlich auch die Nervenerregung ſelbſt erſt bei einem beſtimmten Schwellenwerthe des Sinnesreizes entſteht.“

Aber wie ſtimmt das? Wenn die Unterſchiedsempfindung proportional dem Differenzvorgange iſt, verſtehe man dieſen, wie man will[1], ſo wird ſie auch mit demſelben zugleich null werden, nicht ſchon bei Eintritt einer Unterſchiedsſchwelle, d. h. einem endlichen Werthe dieſes Vorganges; wenn ſie aber bei dieſem und nicht bei einem Nullwerthe des Differenzvorganges null wird, wie kann ſie dieſem Vorgange proportional gehen?

Hienach geſteht Müller ſelbſt (Rec. p. 828) die Unſicherheit ſolcher Analogieen als Unterlage für eine Theorie zu, und fährt dann im Tone des Vorwurfs gegen mich fort: „Eben deßhalb iſt es ganz verfehlt, wenn man auf Grund irgendwelcher unbewieſenen Vorſtellungen, die man betreffs dieſes Gegenſtandes hegt, hinſichtlich der Deutung des Weberſchen Geſetzes etwas ausmachen will. Fechner ſelbſt iſt nicht einmal auf eine nähere Erörterung der Frage, wie die Unterſchiedsempfindung phyſiſch fundirt ſei, eingegangen.“ Aber indem ich nicht darauf eingegangen bin, habe ich mich ja eben dem Fehler ganz entzogen, dem Müller mit ſeinen Verſuchen, ſich den Vorgang wenigſtens nach Analogieen vorzuſtellen, jedenfalls halb verfallen iſt; wie kann er alſo *ſeinen* Fehler *mir* zuſchieben. Ich habe meine mathematiſchen Ableitungen auf thatſächliche Verhältniſſe gegründet, die richtig bleiben, wie man ſich den Differenzvorgang beim Zuſtandekommen der Unterſchiedsempfindung denken mag; oder habe ich nicht? Freilich ſagt Müller weiterhin (Rec. p. 829) „dieſen Thatſachen genügen aber außer der Unterſchiedsmaßformel des Verf. noch zahlreiche andere Formeln, in denen die Unterſchiedsempfindung als eine Function des Reizverhältniſſes erſcheint. Noch weniger als die Unterſchiedsmaßformel iſt die Gültigkeit der Fundamentalformel für die Unterſchiedsempfindung, welche Verf. („In Sachen“ p. 11) bei ſeiner Formel vorausſetzt, wirklich erwieſen.“

---

[1] Was darunter eigentlich zu verſtehen, leuchtet aus den gebrauchten Erläuterungsbeiſpielen nicht ein. Der Differenzton hängt einfach am Unterſchiede der Tonhöhen, ohne einen davon unterſcheidbaren Differenz*vorgang*. Meinerſeits könnte ich mir als Differenzvorgang den Vorgang denken, der die Wirkungsbeziehung zwiſchen den Erregungen vermitteln muß, um den Empfindungsunterſchied in eine Unterſchiedsempfindung zu verwandeln, was aber nicht zu Müllers Beiſpielen paßt

Nun, das läßt ſich ja Alles leichthin ſagen; welches aber die anderen zahlreichen Formeln ſind, die ſich auf Grund des Weberſchen Geſetzes und Schwellengeſetzes anſtatt der meinigen aufſtellen laſſen, und welcher Fehler mir bei dieſer Aufſtellung wird nachzuweiſen ſein, bleibt noch abzuwarten.

Ich denke mir zwar, Müller hat dabei ſeine ſog. corrigirten Formeln (S. 201 ff.) vor Augen, aus deren Unbeſtimmtheit ſich allerdings viele Formeln als mögliche ableiten laſſen, von denen ſich nur fragt, ob ſie zu den beſtimmten Thatſachen ſtimmen, auf die man beſtimmte Formeln zu gründen hat; daß aber dieſe corrigirten Formeln mit möglichſter Verleugnung des Weberſchen Geſetzes doch zu Folgerungen führen, mit denen die phyſiologiſche Anſicht ſo wenig als mit den Folgerungen des reinen Weberſchen Geſetzes beſtehen kann, glaube ich S. 201 ſchlagend genug gezeigt zu haben.

Nach Allem gebe ich zu, daß der eben gemachte Schluß vom Daſein einer inneren Unterſchiedsſchwelle auf eine innere Empfindungsſchwelle kein mathematiſch bindender, ſondern nur ein, aus dem Bedürfniß, durchgreifende einheitliche Principien für die Pſychophyſik zu finden, hervorgehender Wahrſcheinlichkeitsſchluß iſt, der ſich doch zugleich eben dadurch empfiehlt, daß es dazu keiner Mathematik bedarf. Mathematiſch tiefer gehend aber hat ſich die innere Empfindungsſchwelle zur Sicherſtellung ihres Daſeins gar nicht erſt auf die Unterſchiedsſchwelle zu berufen; ſondern folgt mathematiſch daraus, daß zuvörderſt eine Reizſchwelle, ohne empiriſch conſtatirt zu ſein, mathematiſch nothwendig aus dem Weberſchen Geſetze folgt, und zwar nicht bloß aus dem reinen, ſondern ſelbſt aus dem mit ſeinen Abweichungen nach Müllers Weiſe zuſammengefaßten, wie S. 104 gezeigt iſt. Geht aber hienach die E. γ bei Herabgehen von r zu einem endlichen Reizwerthe ρ bis auf null herab, ſo kann ſie bei weiterem Herabgehen von r nur negative Werthe unter null annehmen, welche nach S. 224 eine innere Empfindungsſchwelle vorausſetzen. Außerdem iſt das Daſein der inneren Unterſchiedsſchwelle für ſich ſelbſt ſchon mathematiſch unverträglich mit der phyſiologiſchen Anſicht, da es ſogar *direct* nöthigt, beim Herabgehen des Reizunterſchiedes unter die Unterſchiedsſchwelle die Unterſchiedsempfindung negative Werthe (nicht ihrer Richtung, ſondern ihrem Daſein nach) annehmen zu laſſen, nachdem ſie bei der Unterſchiedsſchwelle ſelbſt auf Null herabgekommen iſt. Negative Werthe der Unterſchiedsempfindung aber vertragen ſich ſo wenig als negative einfache Empfindungen mit der phyſiologiſchen Anſicht. Und wohlgemerkt iſt es nicht etwa nöthig, um auf die negativen Werthe der Unterſchiedsempfindung zu kommen, auf unſere erſt einer Vermittlung der Ableitung bedürfende Unterſchiedsmaßformel Rückgang zu nehmen, die vielmehr ſelbſt nur negative Werthe der Unterſchiedsempfindung einſchließt, weil Unterſchiedsempfindungen unter ihrem Nullwerthe nicht anders als negativ werden können.

D) Allgemeine Geſichtspuncte.

Unſtreitig wird jeder Philoſoph, welcher Notiz von dem, hier vertretenen, pſychophyſiſchen Syſtem nimmt, dasſelbe darauf anſehen, wieſern es mit ſeiner eigenen allgemeinen Anſicht über die Beziehung von Leib und Seele oder allgemeiner zwiſchen materiellem und geiſtigem Princip zuſammenſtimmt, und wird hienach geneigt ſein, dasſelbe gelten zu laſſen oder zu verwerfen. Nun kann es natürlich nicht meine Abſicht ſein, mit den verſchiedenen philoſophiſchen Syſtemen in dieſer Hinſicht zu verhandeln, und ich würde ſelbſt die Frage, wieſern meine Pſychophyſik mit meinen eigenen allgemeinen, wenn man will philoſophiſchen, Anſichten über die betreffende Beziehung ſtimmt, hier unerörtert laſſen, — genug nur, daß ich keinen Widerſprüchen dazwiſchen auf meinen eigenen Wegen begegne, — wenn nicht die Gegner die Frage danach aufgerührt hätten, und ſo laſſe ich mich doch mit einigen Bemerkungen folgends darauf ein. Was ich gegen ſo manche begriffliche Einwürfe, die dem von mir aufgeſtellten pſychiſchen *Maß*princip philoſophiſcherſeits gemacht worden ſind, zu erwiedern habe, findet ſich in den Specialentgegnungen gegen die einzelnen Gegner im XXVI. Abſchnitt.

Am eingehendſten habe ich meine allgemeine Grundanſicht in „Zendaveſta“ II. p. 312 ff. entwickelt, und die Hauptzüge davon im Eingange der „Elemente“ wiedergegeben. Kurz und, wie mich dünkt, für populäre Auffaſſung und praktiſche Anwendung klar und genügend ausgedrückt geht ſie dahin, daß Leib und Seele nur zwei verſchiedene Erſcheinungsweiſen desſelben Weſens oder Subſtrates für zwei verſchiedene Stand-

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER, G.T. FN. 01581/034

puncte der Auffaſſung, reſpectiv einen äußeren oder inneren, ſind, wozu es natürlich auch zwei verſchiedene auffaſſende Weſen geben muß, die auf dieſem äußeren und inneren Standpuncte ſtehen. Ich gebe zu, daß der Begriff des gemeinſamen Subſtrats oder Weſens in dieſer Erklärung noch als eine Art dunkles Ding erſcheint; aber wenn man daran Anſtoß nehmen will, ſo muß man zu der Vertiefung der Anſicht übergehen, die ich in der Schrift „Über die Seelenfrage“ p. 207 ff. gegeben habe, wo ſich dieſer für die Anwendungen doch ſehr bequeme Mittelbegriff ohne ſachliche Änderung eliminirt. Hier jedoch finde ich keinen Anlaß, auf dieſe Vertiefung zurückzugehen, und damit die ganze Darſtellung den geläufigen Vorſtellungsweiſen mehr zu entfremden.

Nun hat ſchon Hering gemeint, daß meine philoſophiſche Grundanſicht in Widerſpruch mit meiner Pſychophyſik die Proportionalität zwiſchen Phyſiſchem und zugehörigem Pſychiſchen fordere; wogegen ich „In Sachen“ p. 67 ff. das Gegentheil gezeigt habe. Müller aber kommt (p. 366) nicht nur auf denſelben Einwand zurück, ohne ihn beſſer zu begründen, ſondern führt ihn auch dahin weiter aus, daß mit ihr die von mir behauptete Thatſache der Schwelle ganz unvereinbar ſein würde; wogegen ich vor Allem erſt im Allgemeinen zu bemerken finde, daß, wenn man in meiner Pſychophyſik einen Widerſpruch gegen meine philoſophiſche Anſicht über die Beziehung von Leib und Seele finden will, man erſt dieſe kennen muß, und nicht nach einem oberflächlichen Aperçu oder gar völligem Unverſtändniß derſelben zu urtheilen hat. Daß aber Müller ein ſolches beiwohnt, erklärt er ſogar ſelbſt, indem er (Rec. p. 834) ſagt: „daß er meine Grundanſicht ganz und gar räthſelhaft finde,“ dabei fragt und nicht begreift, wer die zwei verſchiedenen Weſen ſein können, denen nach mir „ein und dasſelbe Subſtrat verſchieden erſcheint, oder die zwei verſchiedenen Standpuncte, auf denen ſie ſtehen,“ und endlich ſchließt: „mich dünkt, wir treffen hier beim Verf. noch ein Rudiment derjenigen vor Jahrzehnten herrſchenden Denkweiſe an, deren Unklarheit der Verf. ſelbſt in naturphiloſophiſcher Beziehung anderwärts ſo wohl zu beleuchten verſtanden hat.“

Unſtreitig nun hätte Müller dies nicht ſchreiben können, wenn er nur die kurze Darſtellung meiner Grundanſicht in dem Eingange der „Elemente“ vorher noch einmal angeſehen; er muß aus ganz unklarer Erinnerung daran geſchrieben haben, denn das, wonach er fragt, iſt ja da klar geſagt; wonach ich einen Vorwurf letzter Art in der That etwas ſtark finde. Doch dies bei Seite, ſo iſt der Einwand, den Müller (p. 366) erhebt, dieſer: „Man kann ſich gar nicht vorſtellen, warum die Intenſität derjenigen körperlichen Thätigkeit, welche unmittelbar auf die Seele wirkt, erſt einen gewiſſen Schwellenwerth überſteigen müſſe, um in dieſer Seele, mit der ſie in unmittelbarer Wechſelwirkung ſteht, eine Empfindung hervorrufen zu können.“

Für mich erklärt ſich dies im Zuſammenhange meiner allgemeinen Grundanſicht und in Einſtimmung mit früher gegebenen Erklärungen ſo:

Geſetzt ich blicke in das Gehirn des Andern hinein, ſo bin ich es, der auf äußerem Standpuncte gegen das betreffende Gehirn ſteht, und das Gehirn des Anderen nimmt den inneren Standpunct gegen ſich ſelbſt ein. Iſt das ſo ganz unverſtändlich, wie es Müller findet? In Wirklichkeit kann ich freilich nicht in das lebendige Gehirn des Andern hineinblicken, aber ich ſetze voraus, daß es mir nach zu Gebote ſtehenden Schlüſſen aus Erfahrungen vom äußeren Standpuncte aus möglich iſt, zu beſtimmen, wie es nach den in Betracht genommenen Beziehungen im Gehirn ausſehen würde, wenn ich unter Wegräumung der äußeren Hinderniſſe mit den feinſten Beobachtungsmitteln hineinſehen und ſonſt äußere Wahrnehmungen davon erhalten könnte, die ſich durch phyſikaliſche Analyſe noch weiter ins Feine verfolgen laſſen. Da würde ich materielle Gehirnvorgänge wahrnehmen, die ſich, bis ins Letzte verfolgt, auf Schwingungsvorgänge reduciren dürften, ſtatt deren das mir gegenüberſtehende Subject bloß Seelenvorgänge wahrnimmt, ungeachtet es ſchließlich daſſelbe Subſtrat iſt, was wir beide wahrnehmen; aber weil die Wahrnehmenden ſo wie der Standpunct, von dem aus die Wahrnehmung geſchieht, verſchieden ſind, iſt die Erſcheinung verſchieden; für mich iſt es die Erſcheinung von materiellen Gehirnproceſſen, für den Andern die der zugehörigen Seelenerſcheinungen. Ich zeige in „Elem.“ I. p. 4 ff., wie die allgemeinſten thatſächlichen Verhältniſſe der Beziehung zwiſchen Leib und Seele hiemit ſtimmen.

Nun kann es, um hienach auf die Schwelle zu kommen, ſein, daß ich in dem Gehirn des Andern einen materiellen Proceß von gewiſſer Stärke als vorhanden erſchließe, ohne daß der Andere ein pſychiſches Phänomen dazu wahrnimmt, was für die Pſychophyſik den Fall repräſentirt, daß das zu jenem Proceß gehörige pſychiſche Phänomen unter der Schwelle iſt; und zunächſt könnte man meinen, wenn dem auf innern Standpunct gegen ſich ſelbſt ſtehenden Gehirn deſſen innerer Proceß hiebei nicht zur Erſcheinung kommt, ſo könnte er um ſo weniger als phyſiſcher Proceß nach Außen ſcheinen. Aber in meinen allgemeinen Anſichten iſt Zweies inbegriffen.

Erſtens, daß nicht bloß der Menſch, ſondern die ganze Welt über den Menſchen hinaus, mit Einſchluß aber des Menſchen, ein pſ.-ph. Syſtem iſt, welches ein allgemeineres Bewußtſein als das menſchliche, mit Einſchluß aber des menſchlichen, trägt, das ihm bloß eben ſo als eine Beſonderheit ein- und untergeordnet iſt, wie dies nach materieller Seite von dem Körper des Menſchen bezüglich des allgemeinen Syſtems körperlicher Dinge gilt, und nach geiſtiger Seite von Einzelheiten in unſerem eignen Geiſte bezüglich unſeres ganzen Geiſtes gilt. — Zweitens, daß das Hervortreten des menſchlichen Bewußtſeins aus dem Allgemeinbewußtſein als einer davon unterſcheidbaren Beſonderheit eben ſo an einer hinreichenden Erhebung des ihm unterliegenden pſ.-ph. Proceſſes über den allgemeinen Proceß hängt, als das unterſcheidbare Hervortreten einer Sonderbeſtimmung unſeres Bewußtſeins an einer entſprechenden Bedingung nach dem Princip der Miſchungsſchwelle hängt.

Hienach wird zuvörderſt im Menſchen, ſo lange er wach iſt, jeder ſpeciale Proceß, der nicht für ſich ſelbſt über der Schwelle iſt, doch beitragen das Bewußtſein des Menſchen wach, über der Schwelle, zu erhalten, mithin nicht für die innere Erſcheinung verloren ſein, nur daß die dem ſpecialen Proceß adäquate ſpeciale Empfindung nicht für ſich unterſcheidbar zur inneren Erſcheinung kommt. Wenn aber im traumloſen Schlafe die geſammte pſ.-ph. Thätigkeit des Menſchen unter ihre Schwelle fällt, ſo wird zwar das ganze Bewußtſein des Menſchen ſchwinden, die pſ.-ph. Thätigkeit unter ſeiner Schwelle aber immer noch als Zuwachs zum allgemeinen pſ.-ph. Proceß ihren Beitrag zu deſſen Erhebung über der Schwelle, und hiemit zu deſſen innerer Erſcheinung geben.

Kurz, alle pſ.-ph. Vorgänge, welche dem äußeren Beobachter als phyſiſche erſcheinen, oder als ſolche aus dem Zuſammenhange des äußerlich Erſcheinlichen erſchloſſen werden, entbehren nicht eines unmittelbar zugehörigen inneren Scheines, ſondern es kommt ihnen ein ſolcher entweder als ein für ſich unterſcheidbarer oder als ein zu einer allgemeineren inneren Erſcheinung beitragender, darin mit aufgehender, zu.

Mit dem Princip der Schwelle iſt das ſynechologiſche Princip („Elem." II. 526 und oben beiläufig S. 15) in verallgemeinernde Anwendung zu bringen. Der geſammte phyſiſche Proceß der Welt unterliegt der Periodicität, von den Umläufen der Himmelskörper bis herab zu den Licht- und Schallſchwingungen, die durch die feinere phyſikaliſche Analyſe zum Vorſchein kommen. Kein Wunder, wenn auch die pſychophyſiſchen Vorgänge ſich als Schwingungsvorgänge darſtellen. Solche nun ſind in mannichfaltige Bewegungsmomente zerlegbar oder als daraus zuſammengeſetzt vorſtellbar, ohne daß dieſe innerlich unterſchieden werden, vielmehr liegen einfachen und einheitlichen pſychiſchen Reſultanten überhaupt Vorgänge unter, die eine Mannichfaltigkeit von Momenten einſchließen; und man kann nun wieder fragen: wie kann das, was innerlich ſich ſelbſt einfach oder einheitlich erſcheint, nach Außen als mannichfaltig erſcheinen. Inſofern, als es die Reſultante der nach Außen erſcheinlichen Mannichfaltigkeit ſelbſt iſt. Daß aber das nach Außen als mannichfaltig erſcheinende Weſen eine einfachere Innenerſcheinung als Reſultante haben kann, iſt nicht a priori zu beweiſen, ſondern iſt eine der Grundthatſachen der Beziehung von Leib und Seele, auf denen die Pſychophyſik zu fußen hat.

Der Gebrauch des Wortes Reſultante hiebei iſt übrigens nur für die von der Pſychophyſik eingehaltene materialiſtiſche Richtung bequem und brauchbar, nach welcher das Pſychiſche als Function des Phyſiſchen betrachtet wird. Nach idealiſtiſcher Auffaſſung, die ich nicht in Widerſpruch mit der materialiſtiſchen, ſondern als die ergänzende Gegenſeite derſelben halte, hängt die innere Erſcheinung jeder Seele mit einer Erſcheinlichkeit für andere Seelen und für den ganzen Weltgeiſt, dem alle immanent ſind, wechſelbedingt zuſammen; das giebt die Vielſeitigkeit der äußeren Erſcheinlichkeit, eine Erklärung, in welche ſich die S. 17 gegebene überſetzen läßt. Nur kann mir nicht einfallen, mich hier in die Abſtruſitäten einer weitern Auseinanderſetzung über dieſe Verhältniſſe zu vertiefen, die deßhalb ſo ſchwierig und leicht unverſtändlich oder mißverſtändlich wird, weil ſich unſer Sprach- und Begriffsgebrauch nicht in und an einer ſolchen Vertiefung entwickelt hat; und gern überlaſſe ich den Fachphiloſophen, ſich darin zurechtzufinden, wie ſie können. Für die Pſychophyſik iſt es genug, ſich des ſynechologiſchen Princips in einer Ausdrucksweiſe zu bedienen, wie ſie für die von ihr eingeſchlagene Richtung brauchbar und dem allgemeinen Verſtändniß zugänglich iſt, kurz mit der für ſie etwas zu machen iſt; und das iſt jene Ausdrucksweiſe, wie ich ſie in den „Elem.“ II. 526 gegeben habe, und hier mit denſelben Worten wiedergebe.

„Das pſychiſch Einheitliche und Einfache knüpft ſich an ein phyſiſch Mannichfaltiges, das phyſiſch Mannichfaltige zieht ſich pſychiſch ins Einheitliche, Einfache oder doch Einfachere zuſammen. Oder anders: das pſychiſch Einheitliche und Einfache ſind Reſultanten phyſiſcher Mannichfaltigkeit, die phyſiſche Mannichfaltigkeit giebt einheitliche oder einfache Reſultanten.“

„Das pſychiſch Einheitliche und Einfache ſind in ſofern unterſchieden, als das Einheitliche ſelbſt noch die Verknüpfung einer unterſcheidbaren Mehrheit iſt, woraus aber das Bewußtſein der Verknüpfung oder das verknüpfende Bewußtſein als etwas identiſch Einfaches abſtrahirbar iſt, wie man ſich an der Einheit des Bewußtſeins, der Einheit einer Idee oder eines Begriffes erläutern kann, indeß das ſchlechthin Einfache keine unterſcheidbare Mehrheit mehr einſchließt, und nur Element für Verknüpfungen, aber nicht ſelbſt mehr Verknüpfung von Einfacherem iſt, wozu eine einfache Ton-, Farben-, Geruchsempfindung Beiſpiele gewähren."

Nach vorigem Princip geben denn auch die phyſiſchen Proceſſe der Welt, im Sinne von S. 13 ff. als pſychophyſiſche gefaßt, im Menſchen wie über den Menſchen hinaus einheitliche und einfache pſychiſche Reſultanten. An den Totalproceß der Welt knüpft ſich die Einheit des allgemeinſten, ſagen wir göttlichen, Bewußtſeins, in dem aber viel Unterſcheidbares enthalten iſt, was wieder untergeordnete Einheiten darſtellt, wie die Einheiten der geſchöpflichen Seelen, bis zu den einfachſten Empfindungen in denſelben herab.

Hienach kann man die Verhältniſſe zwiſchen dem Totalbewußtſein der Welt und dem Specialbewußtſein des Menſchen und der übrigen Geſchöpfe ſchematiſch wie folgt darſtellen.

Sofern der, als pſychophyſiſch gefaßte, phyſiſche Proceß der Welt nach Ort und Zeit wechſelt, werde ſeine Stärke für jeden Raum- und Zeitpunct durch eine Ordinate über einer Horizontallinie oder Ebene dargeſtellt, durch welche die nie unterſchreitbare Schwelle des Totalbewußtſeins der Welt repräſentirt iſt. Vermöge jenes Wechſels ändert ſich die Höhe der Ordinaten nach Ort und Zeit und nimmt die geſammte pſ.-ph. Thätigkeit der Welt die Geſtalt einer Welle oder eines zuſammenhängenden Wellenzuges von nach Ort und Zeit veränderlicher Höhe über der Grundſchwelle an. Dieſer Wellenzug wird, wenn man nur die zwei Stufen des allgemeinſten und des geſchöpflichen Bewußtſeins unterſcheiden will, durch eine höher liegende Horizontallinie oder Ebene, die Schwelle des geſchöpflichen Bewußtſeins, geſchnitten, über welche unzählige einzelne Wellengipfel (Oberwellen) zur Repräſentation des bewußten Lebens dieſer Geſchöpfe hinausragen, deren Bewußtſein deßhalb von einander geſchieden iſt, weil dieſe Gipfel unter einander nur durch Theile des geſammten Wellenzuges *unter* dem Niveau der geſchöpflichen Bewußtſeins-Schwelle (Proceſſe der äußeren Natur) zuſammenhängen, indeß alle *oberhalb* der Totalſchwelle des göttlichen Bewußtſeins zuſammenhängen, und ſo, indeß ſie ſich ſelbſt von einander geſchieden fühlen, vom Allgemeinbewußtſein einheitlich nur als unterſchieden zuſammengefaßt werden[1].

Während des Wachens nun ſchwankt jeder geſchöpfliche Wellengipfel nicht minder zeitlich und örtlich in Höhe, wie das ganze pſ.-ph. Syſtem der Welt ſchwankt, indem der höchſte Punct bald in dieſes bald jenes Sinnesgebiet, bald in das Gebiet des inneren Erinnerungs- und Vorſtellungslebens fällt; nur daß während des Wachens immer ein Theil des Gipfels über der geſchöpflichen Schwelle bleibt, indeß im traumloſen Schlafe der ganze Gipfel unter die geſchöpfliche Schwelle ſinkt, ohne deßhalb unter die des göttlichen Bewußtſeins ſinken zu können, deſſen Allwiſſenheit und Allgegenwart hierdurch repräſentirt iſt.

Gutberlet ſagt in ſeiner Abh. (p. 113) bezüglich dieſer Repräſentation: „Es iſt nicht nur bodenloſe Phantaſie, ſondern die größte Ungereimtheit, Gott ein Bewußtſein beizulegen, deſſen Schwelle tiefer liege, als die unſerer Seele, und das alſo noch durch Reize afficirt werden könne, welche in uns keine beſtimmte Empfindung erzeugen."

Nun, ich muß mir ja überhaupt von Gutberlet Manches gefallen laſſen (ſ. XXVI. Nr. 1).

Man darf nur nicht meinen, daß die Anſicht, die durch das vorige Schema repräſentirt wird, nach dem Schema conſtruirt iſt, ſondern umgekehrt iſt das Schema nach einer Anſicht conſtruirt, die durch Verallgemeinerung von Principien der menſchlichen Pſychophyſik über das menſchliche Gebiet hinaus gewonnen iſt; und das Schema hat nur den Zweck, einen zuſammenhängenden Überblick derſelben zu gewähren. Wie anders aber, als durch das Mittelglied der menſchlichen Pſychophyſik, könnte man zu einer Baſis der Verallgemeinerung darüber hinaus gelangen. Ich finde immer, daß, wenn man auf meine allgemeinen Anſichten in dieſen Dingen zu ſprechen kommt, Analogie das dritte Wort iſt, was ich zu hören bekomme, womit man dieſe Anſichten abfertigt und abgefertigt hält. Die Geſichtspuncte aber, welche zur Auffaſſung des geſammten phyſiſchen Weltproceſſes als pſychophyſiſchen führen (S. 13 ff.) ſind nicht durch Analogie gewonnen, und beſtehen, wenn auch viel Strauße den Kopf davor unter die Flügel ſtecken; das Schwellenprincip und ſynechologiſche Princip ſind eben ſo wenig durch Analogie, ſondern durch Beobachtung und Rechnung in dem einzigen Gebiete, was die Mittel dazu bietet, gewonnen[1]; und wenn die Verallgemeinerung des Gravitationsprincips über die beſchränkten Grenzen hinaus, innerhalb deren es auf ſolchem Wege conſtatirbar war, keine Analogie iſt, ſo wird es meine Verallgemeinerung jener Principien in demſelben Sinne auch nicht ſein. Aber allerdings kommen Analogien von allen Seiten herbei, dasſelbe, was ſich ſolchergeſtalt auf ſtrengerem Wege begründen läßt, durch ihr Zuſammenſtimmen dazu nicht nur zu unterſtützen, ſondern vorweg zu fordern.

---

[1] Zur Erläuterung denke man ſich den zuſammenhängenden Wellenzug in einem Teiche. Die Wellen reichen bald über bald unter das Niveau der Teichfläche, aber ganz über das Niveau der Bodenfläche. Das Niveau der Teichfläche ſtellt die geſchöpfliche Schwelle, das der Bodenfläche die Schwelle des Allgemeinbewußtſeins dar; durch die Theile des Wellenzuges unter dem Niveau der Teichfläche ſind die Wellengipfel, d. i. Theile des Wellenzuges oberhalb geſchieden, indeß keine Scheidung derſelben bezüglich der Erhebung über die Bodenfläche beſteht. — Nach entſprechendem Princip läßt ſich die Unterſcheidung einerſeits, einheitliche Zuſammenfaſſung andrerſeits von unterſcheidbaren Momenten im geſchöpflichen Bewußtſein mittelſt höher gelegter Schwellen ſchematiſch darſtellen, worauf im XLV. Abſchn. der „Elemente" etwas näher eingegangen iſt.

Jedenfalls ſieht man, daß ſich mit jenen Principien von der menſchlichen Pſychophyſik aus, worin ſie begründet ſind, weittragende Folgerungen und Ausſichten darüber hinaus ins Geſammtgebiet der körperlichen und geiſtigen Dinge eröffnen. Aber nur von der Pſychophyſik in pſychophyſiſcher Faſſung. Denn wenn das Princip der pſ.-ph. Schwelle fällt, wie es nach der phyſiologiſchen Auffaſſung dieſer Lehre der Fall iſt, und wenn vom ſynechologiſchen Princip abſtrahirt wird, wie es wenigſtens ſeither im Sinne dieſer Auffaſſung geſchehen, fällt damit die ganze Baſis jener Verallgemeinerungen und bleibt die Pſychophyſik ein dürftiger Anhang der Phyſiologie.

Endlich noch ein Punct. In Rec. p. 833 erhebt Müller einen Einwurf, der mit wenig Worten die pſ.-ph. Anſicht ohne Weiteres zu ſtürzen beanſprucht, und, wenn ich ihn anders recht verſtehe — zu leicht verſtändlich iſt er nicht gefaßt — weſentlich auf Folgendes hinausläuft. Seien zwei nach und auseinanderfolgende phyſiſche Änderungen a, b mit den ſimultan davon abhängigen pſychiſchen Änderungen α, β gegeben. Sofern ich nun ſelbſt eine Proportionalität zwiſchen den, in unmittelbarer Folgeabhängigkeit von einander ſtehenden, phyſiſchen Änderungen a, b zugeſtehe, folge daraus, ſo meint Müller, auch von ſelbſt eine

---

[1] Hiezu folgende einfache Hinweiſe: Das Fundament der ganzen Pſychophyſik, das Weberſche Geſetz, iſt eine Thatſache der Erfahrung; es läßt vorweg zwei Auslegungen zu, die pſychophyſiſche, wonach es eine pſychophyſiſche Schwelle giebt, und die phyſiologiſche, wonach es keine giebt; hiezwiſchen iſt durch Rechnung (Abſchn. XV. XVII. A. C) zu Gunſten des pſ.-ph. Schwellenprincipes entſchieden. Bindende Erfahrungsthatſachen aber für das ſynechologiſche Princip gegenüber dem monadologiſchen ſind in „Elem.“ II. 392 ff. geltend gemacht.

Proportionaliät zwiſchen der phyſiſchen Änderung α und der in unmittelbarer Folgeabhängigkeit davon ſtehenden pſychiſchen Änderung β, denn was hindere, die Folgeabhängigkeit auch vom phyſiſchen zum pſychiſchen Gebiete zu verfolgen; „woraus ſich die Unrichtigkeit der pſ. ph. Deutung der Maßformel ohne Weiteres ergebe.“ Aber wo habe ich je zugeſtanden, daß das Princip der Proportionalität, welches zwiſchen phyſiſchen Änderungen, die in unmittelbarer Folgeabhängigkeit von einander ſtehen, gültig iſt, auch zwiſchen phyſiſchen und pſychiſchen Änderungen, die in ſolcher Abhängigkeit von einander ſtehen, gültig ſei, und wie folgt eins aus dem andern? Gar zu leicht ſollte es doch Müller mit ſeinen fundamentalen Einwürfen gegen mich nicht nehmen.

XVIII. Wundts pſychologiſche Deutung des Weberſchen Geſetzes und des Spieles der Aufmerkſamkeit dabei.

In Beſprechung von Wundts Anſicht glaube ich, mich weſentlich an die Darſtellung derſelben in ſ. „Grundz. d. phyſiol. Pſychologie“, 2. Aufl. 1880 halten zu müſſen; nicht nur, weil ſie die neuere iſt, ſondern auch, weil ſie verhältnißmäßig mehr der Pſychophyſik zugewandt iſt, als eine frühere Darſtellung derſelben in ſ. „Vorleſ. üb. d. Menſchen- und Thierſeele“ (1863, I. 118 ff.), die vorzugsweiſe nur im pſychologiſchen Intereſſe gehalten iſt.

Wundt ſelbſt ſetzt (I. p. 351) ſeine Deutung des Weberſchen Geſetzes als pſychologiſche in gewiſſem Sinne ſowohl der pſychophyſiſchen als phyſiologiſchen Anſicht gegenüber, indem er der Anſicht iſt, daß dies Geſetz jedenfalls eine allgemeinere Bedeutung als für die Pſychophyſik habe, ſich vielmehr ins pſychologiſche Gebiet hineinerſtrecke, und bei der mangelhaften Begründungsweiſe desſelben durch Verſuche der äußeren Pſychophyſik eigentlich erſt von der Pſychologie aus ſeine Begründung finden könne. Kurz er nennt nach eigener Erklärung ſeine Anſicht in ſofern pſychologiſch, als das Weberſche Geſetz „aus den pſychologiſchen Vorgängen [insbeſondre den Apperceptionsvorgängen] abzuleiten ſei, welche bei der meſſenden Vergleichung von Empfindungen wirkſam werden“ und als das Geſetz ſogar rückſichtslos auf begleitende phyſiologiſche Vorgänge im Bewußtſeinsgebiete „namentlich bei der qualitativen Vergleichung der Empfindungen ſo wie bei dem Verhältniß der Gefühle zu den Vorſtellungen weit über das Gebiet der Empfindungen hinaus ſich beſtätige.“ Inzwiſchen leugnet Wundt nicht nur nicht, daß den ſog. Apperceptionsvorgängen, die er als wirkſam bei meſſender Vergleichung der Empfindungen zuzieht, ſo wie den Vorſtellungen und Gefühlen phyſiologiſche Bedingungen unterliegen, ſondern erkennt es ausdrücklich an. Da es nun in der Pſychophyſik doch nur gilt, die Beziehung des Pſychiſchen zum Phyſiſchen, nicht des Pſychiſchen in ſich zu verfolgen, ſo kann es ſich auch meines Erachtens hier nicht weſentlich um einen Nachweis und Verfolg des Geſetzes im pſychiſchem Gebiete, welche der Pſychologie unbenommen bleiben, wenn ſie überhaupt gelingen können, ſondern nur betreffs der Beziehung des pſychiſchen zum phyſiſchen Gebiete handeln. Und ſofern Wundt hier eine Proportionalität der pſychiſchen mit der unterliegenden phyſiſchen Änderung annimmt (I. 355), tritt er damit ganz in die phyſiologiſche Anſicht hinein, erklärt auch ſelbſt (p. 351), daß „ſeine pſychologiſche Deutung des Geſetzes eine gleichzeitige phyſiologiſche nicht ausſchließe.“ Alſo wird ſeine Anſicht hier weſentlich nur als eine eigenthümliche Modification der phyſiologiſchen Anſicht in Betracht zu ziehen ſein; doch mögen zum Schluß noch einige nachträgliche Bemerkungen über die pſychologiſche Faſſung und Begründung derſelben von Seiten des Verf. folgen.

Nun hat freilich Wundt ſelbſt keine, von der pſychologiſchen Faſſung des Geſetzes unabhängig gehaltene, Ausführung ſeiner phyſiologiſchen Anſicht in Zuſammenhang gegeben, vielmehr iſt eine ſolche erſt aus dem weiteren Zuſammenhange ſeines Werkes zu abſtrahiren, und iſt mit ſeiner Anſicht über die Rolle der Aufmerkſamkeit ſo verwachſen, um nicht davon getrennt werden zu können. Inzwiſchen hoffe ich doch, ſie nach ſeinem Werke I. p. 219 ff. 351 II. 205 f. weſentlich richtig gefaßt und wie folgt wiedergegeben zu haben; jedenfalls habe ich mich an dieſe Stellen gehalten.

Indem Wundt (II. 205 f.) das Bewußtſein mit einem inneren Sehen vergleicht, ſagt er von den „in einem gegebenen Momente gegenwärtigen Vorſtellungen [reſp. Empfindungen], daß ſie ſich im Blickfeld des Bewußtſeins“ befinden, indeß er „denjenigen Theil des letzteren [des Blickfeldes], welchem die Aufmerkſamkeit zugekehrt iſt, als den inneren Blickpunct“ bezeichnet. Den Eintritt einer Vorſtellung in das innere Blickfeld nennt er „Perception, ihren Eintritt in den Blickpunct Apperception.“

Kurz alſo und ohne Bild dürfte man hienach ſagen können: eine, in unſerem Bewußtſein gegenwärtige Vorſtellung, Empfindung, auf die aber nicht die Aufmerkſamkeit gerichtet iſt, wird bloß percipirt, eine ſolche, auf die ſie gerichtet iſt, appercipirt.

Ein Sinnesreiz wird nun zunächſt durch den Sinnesnerven einem Centrum, Sinnescentrum a im Gehirn zugeleitet, durch welches die Perception vermittelt wird, und es wird angenommen (was noch mit der pſychophyſiſchen Auffaſſung des Weberſchen Geſetzes ſtimmt), daß innerhalb der Grenzen des Weberſchen Geſetzes die Intenſität der Erregung dieſes Centrums der Reizſtärke proportional gehe. Das Sinnescentrum aber ſteht durch nervöſe Faſern mit einem Centrum C für die Apperceptionsvorgänge in der grauen Maſſe des Vorderhirns in Verbindung, und nun wird nach dem Schema I. 219 und den Erörterungen I. 354 der Vergleich zweier Empfindungen hinſichtlich ihrer Stärke nur dadurch möglich, daß vom Centrum C der apperceptiven Erregungen in der grauen Gehirnmaſſe centrifugale Erregungen nach dem Sinnescentrum a gehen, wo die Sinneserregungen einmünden, was den Einfluß der Aufmerkſamkeit bedeutet, welche nach I. p. 219. II. 210 die Intenſität der ſinnlichen Empfindungen verſtärken kann. Dieſe centrifugale Erregung der Aufmerkſamkeit oder zu Grunde liegenden phyſiologiſchen Thätigkeit aber wird ihrerſeits ausgelöſt durch eine centripetale Erregung, welche, inſofern die Aufmerkſamkeit durch den Reiz ſelbſt unmittelbar angeregt ſein kann, centripetal von a nach C geht (p. 354 Anmerk.) alſo der centrifugalen von C nach a entgegenkommt, hingegen, ſofern die Richtung der Aufmerkſamkeit nach a zu auch andersher als unmittelbar durch den Reiz beſtimmt ſein kann, durch ſog. „Signalreize", welche mit der Sinneserregung von a in Zuſammenhang ſtehen, „auf centripetalen Bahnen dem Centrum C zugeleitet wird." Auch von dieſer centripetalen Erregung wird angenommen, daß ſie innerhalb der Grenzen des Weberſchen Geſetzes der Reizſtärke proportional ſei. Hienach wird erſtens die Vorausſetzung gemacht, daß die centripetale Erregung von C erſt eine gewiſſe Stärke haben müſſe, um die centrifugale nach a zu auszulöſen, worin die, hiemit nur phyſiologiſch zu faſſende, Schwelle begründet ſei, zweitens, daß „zwar die ausgelöſte centrifugale Erregung proportional der Stärke des auslöſenden Reizes wachſe, daß ſie aber zugleich der in dem Apperceptionsorgan vorhandenen Erregungsgröße umgekehrt proportional ſei." Hienach weiter (p. 353): „Bezeichnen wir nun die letztere Größe mit R, die durch den Signalreiz bewirkte Zunahme mit ΔR, ſo wird alſo die durch letztere erzeugte Zunahme ΔE der centrifugalen Erregung proportional $\frac{\Delta R}{R}$ ſein. Dies iſt aber eine Beziehung, welche als der mathematiſche Ausdruck des Weberſchen Geſetzes angegeben werden kann.“

Was mir nun meinerſeits gegen dieſe Betrachtungsweiſe einzuwenden ſcheint, ſind folgende Puncte.

1) Sie iſt ſehr complicirt und hypotheſenreich, und ich meine, man würde nur dann ſeine Zuflucht zu ihr zu nehmen haben, wenn ſich keine einfachere zur Repräſentirung der Thatſachen aufſtellen ließe. In dieſer Beziehung aber ziehe ich doch die meinige vor, welche von dem uns des Näheren unbekannten Spiel der Gehirnvorgänge abſieht und nur die Puncte ins Auge faßt, welchen die Gehirnvorgänge, wie ſie auch beſchaffen ſein mögen, nothwendig genügen müſſen, ſoll dem pſychiſchen Zuſammenhange der Thatſachen durch einen phyſiſchen entſprochen werden.

2) Nach dem Verf. ſollen ſelbſt Sinneseindrücke, von denen die Aufmerkſamkeit abgezogen, alſo andershin gewandt iſt, bewußt („im Bewußtſein“) ſein, wenn ſie zum Sitze der Perception gelangt ſind, wie z. B. ein in der Zerſtreuung überhörtes Wort. In der That liegt das in der obigen Erklärung der Perception begründet; auch identificirt der Verf. I. 222 ausdrücklich Perception mit „undeutlicher Wahrnehmung“, alſo doch mit Wahrnehmung, und erklärt, daß Perception auch dann ſtattfinde, wenn ein Eindruck vom Sinnescentrum nicht weiter geleitet wird. Meinerſeits würde ich hiegegen ſagen, daß, ſo lange ein Wort wegen Zerſtreuung überhört wird, vielmehr etwas Anderes als das Wort im Bewußtſein iſt und das Wort durch das Andere daraus verdrängt iſt. Aber das mag man immerhin als einen Streit um den Gebrauch des Wortes bewußt und unbewußt anſehen. Vergl. S. 217 ff.

3) Nach Wundt ſoll eine verſtärkte Aufmerkſamkeit die Intenſität einer ſinnlichen Empfindung oder ihrer Reproduction in Erinnerung verſtärken können, indeß doch, was ich nicht müde werde, dieſer auch Anderen geläufigen Anſicht entgegenzuhalten, ein graues Papier, wenn überhaupt geſehen, durch verſtärkte Aufmerkſamkeit nicht lichter, ein ſchwacher Schall, wenn überhaupt gehört, nicht lauter durch verſtärkte Aufmerkſamkeit darauf erſcheint. Hievon vermiſſe ich einen Geſichtspunct der Erklärung in Wundts Anſicht. Die Berufung auf Meyers Verſuche (II. 210. Anmerk.) fruchtet nicht, weil der ſcheinbare Widerſpruch voriger Thatſachen mit dieſen Verſuchen ſelbſt erſt erklärt ſein will.

4) Wundt ſucht die, von mir im Sinne der pſychophyſiſchen Anſicht angenommene, innere Schwelle nicht nur in obiger Aufſtellung

durch eine Annahme im Sinne der phyſiologiſchen Anſicht zu eliminiren und auf einen phyſiologiſchen Grund zurückzuführen; ſondern hat auch anderweit Erfahrungsgründe dafür geltend gemacht, die ich S. 239 f. beſprochen habe, ohne ſie bindend finden zu können.

5) Die Hypotheſe des Verf., daß die, vom centralen Organe C ausgehende centrifugale Erregung der darin vorhandenen Erregungsgröße *umgekehrt* proportional ſei, erſcheint mir, wie ich geſtehe, a priori ſo unwahrſcheinlich, daß ich, da ſie doch zur Deutung des Weberſchen Geſetzes im Sinne des Verf. ganz weſentlich iſt, mich ſchon deßhalb allein gegen dieſe Deutung ſträuben würde.

Nun legt allerdings Wundt das Hauptgewicht auf die pſychologiſche Deutung und Begründungsweiſe des Geſetzes, von welcher im Vorigen ganz abſtrahirt iſt; aber ich geſtehe, auch dieſer von vorn herein keine Evidenz habe abgewinnen zu können, und es ſei mir geſtattet, hierüber noch in einige Bemerkungen einzugehen.

Wundt ſagt (p. 351): „Pſychologiſch läßt ſich offenbar das Weberſche Geſetz auf die allgemeinere Erfahrung zurückführen, daß wir in unſerem Bewußtſein kein *abſolutes*, ſondern nur ein *relatives* Maß beſitzen für die Intenſität der in ihm vorhandenen Zuſtände, daß wir alſo je einen Zuſtand an einem anderen meſſen, mit dem wir ihn zunächſt zu vergleichen veranlaßt ſind. Wir können auf dieſe Weiſe das Weberſche Geſetz als einen Specialfall eines allgemeineren *Geſetzes der Beziehung oder der Relativität unſerer inneren Zuſtände* auffaſſen.“

Aber unmittelbar ſagt das Weberſche Geſetz ohne Verallgemeinerung und Deutung nur, daß gleiche Unterſchiedsempfindungen an gleichen Reizverhältniſſen hängen; es kommt alſo nur eine *Gleichheits*ſchätzung im pſychiſchen Gebiete für ſich ſo wie eine Gleichheitsſchätzung im phyſiſchen Gebiete für ſich (nicht eine gegenſeitige) in Simultanabhängigkeit von einander in Betracht. Hiemit weiß ich die obige Verallgemeinerung und Deutung des Geſetzes ſeitens des Verfaſſers auch unter Mitrückſicht auf die von ihm daran geknüpften Erläuterungen in keine klare Beziehung zu ſetzen; und vermiſſe jedenfalls ein beſtimmtes Erläuterungsbeiſpiel, wie jenes für das Weberſche Geſetz charakteriſtiſche Verhältniß zweier ſimultanen Gleichheitsfälle in zwei verſchiedenen Gebieten ſoll auf rein pſychiſcher Seite in etwas Entſprechendem wiederzufinden ſein, wozu unſtreitig die allgemeine Berufung auf die Relativität unſerer inneren Zuſtände noch nicht hinreicht. Inzwiſchen kann das mir mangelnde Verſtändniß in dieſer Hinſicht an einem nicht hinreichenden Studium des ganzen Syſtems von Wundt hängen."

Jedenfalls ſpielt eine weſentliche Rolle bei Aufſtellung von Wundts Anſicht folgender, anderweit von ihm aufgeſtellte, Satz deſſelben (I. 322). Eigentlich iſt „nicht die Beziehung zwiſchen Reiz und Empfindung, ſondern nur die Beziehung zwiſchen Reiz und Empfindungsſchätzung unſerer Meſſung zugänglich, während die Frage, wie ſich die Empfindungen unabhängig von den bei ihrer Schätzung betheiligten Vorgängen der Auffaſſung und Vergleichung verhalten mögen, durch die directe Unterſuchung gar nicht beantwortet werden kann."

Hievon möchte ich nur den zweiten, nicht den erſten Theil zugeben. Durch eine directe Unterſuchung läßt ſich weder eine Maßbeziehung zwiſchen Reiz und E., noch zwiſchen Reiz und Empfindungsſchätzung finden, ſei es, daß man unter Empfindungsſchätzung die Schätzung mittelſt Reflexion auf eine gegenwärtige oder auf die in der Erinnerung reproducirte E. verſteht. Wohl aber haben meines Erachtens die Maßmethoden dahin zu gehen, die Thatſachen, die ſich bei Einwirkung von Reizen auf das Empfindungsorgan überall beobachten laſſen, im Experimente und durch Rechnung ſo zu combiniren, daß ſich der Einfluß der Vorgänge der Auffaſſung und Vergleichung, in ſo weit er nicht Sache der Größe der Reize und davon abhängigen Empfindungen ſelbſt iſt, eliminirt. So, wenn wir von der unmittelbaren Beobachtung der Gleichheit empfundener Unterſchiede bei Gleichheit der Reizverhältniſſe, die noch von Einflüſſen der Beobachtungsweiſe betheiligt iſt, zu Geſetzlichkeiten über die Gleichheit von Empfindungsunterſchieden und von hier zu Maßbeziehungen gelangen. (Vergl. S. 198 ff.).

Sechſte Abtheilung.

Über einige Gegenſtände der inneren Pſychophyſik.

XIX. Aufmerkſamkeitsverhältniſſe.

Die Faſſung der Aufmerkſamkeitsverhältniſſe ſeitens **Gutberlet**, **Müller** und **Wundt** iſt ſchon reſpectiv S. 218 ff., 244 f. und 264 ff. beſprochen, worauf ich hier nicht zurückkomme, um folgends nur meine eigenen Anſichten darüber etwas eingehender zu entwickeln, als ſchon vorgreiflich S. 243 ff. geſchehen.

Im Hauptgeſichtspuncte ſtimmen die folgenden Betrachtungen mit den, im XLII. Abſchn. der „Elem." geführten überein; nur in den Ausführungen werden ſie hie und da durch eine klarere oder triſtigere Faſſung davon abweichen; auch ziehe ich der früher eingeſchlagenen ſchematiſchen Darſtellung der Verhältniſſe (mittelſt des ſog. Wellenſchema) folgends die directe in mathematiſchen Zeichen vor, da man ſich auf jene nicht hat einlaſſen wollen, ja ſie wohl gar mit einer analogiſchen verwechſelt hat, was dem Sinne derſelben ganz widerſpricht. Müller als Vertreter der phyſiologiſchen Anſicht endlich hat es überhaupt am kürzeſten gefunden, dieſe, auf der pſ.-ph. Anſicht fußende, mit der phyſiologiſchen Anſicht ganz unverträgliche, Anſicht mit ſtarken Ausdrücken abzufertigen (p. 359), ohne auch nur den Hauptgeſichtspunct derſelben ins Auge gefaßt zu haben.

Allgemein liegt folgenden Betrachtungen folgendes, in „Elem." II. 454 ausgeſprochene, Princip unter: „Weſentlich iſt es nur daſſelbe Princip, daß die pſychophyſiſche Thätigkeit des Menſchen im Ganzen eine gewiſſe Stärke überſteigen muß, damit überhaupt Bewußtſein, Wachen, ſtattfinde, und daß während des Wachens jede beſondere, ſei es durch einen Reiz zu bewirkende oder ſpontan entſtehende Beſtimmung dieſer Thätigkeit, die fähig iſt, eine beſondere Beſtimmung des Bewußtſeins zu geben, eine gewiſſe Stärke überſteigen muß, um wirklich bewußt zu werden.“ Kurz, inſofern wir Sonderbeſtimmungen des Bewußtſeins zu unterſcheiden haben, werden wir, auch ohne Kenntniß der ihnen beſonders unterliegenden pſychophyſiſchen Bedingungen, doch Schwellen dafür zu unterſcheiden haben.

Die Aufmerkſamkeit nun iſt ein pſychiſches Phänomen, welches von den pſychiſchen Phänomenen, auf welche ſie ſich, wie man ſagt, bezieht oder die mit derſelben aufgefaßt werden, nach Ausſage der inneren Erfahrung zu unterſcheiden iſt. Wenn ich auf eine mehr oder weniger helle Fläche ſehe, auf einen mehr oder weniger lauten Schall horche, ſo kann ich ſehr wohl die Aufmerkſamkeit, mit der die Auffaſſung geſchieht, von der Helligkeit oder Schallſtärke, welche ich dabei empfinde, unterſcheiden. Auch kann die Stärke der Aufmerkſamkeit abnehmen, während die Stärke des Phänomens, auf die ſie ſich bezieht, als wie der Helligkeits-, der Schallempfindung, zunimmt und umgekehrt. Alles das wurde ſchon früher (S. 244) erinnert. Hienach aber kann ich keinesfalls die Anſicht derer theilen, welche die Verſtärkung der, auf ein Phänomen bezogenen, Aufmerkſamkeit als eine Verſtärkung des Phänomens ſelbſt faſſen, oder beides unklar zuſammenwerfen, was mir freilich der allgemeine Fall zu ſein ſcheint; womit übrigens noch nicht geſagt iſt, daß beide ganz unabhängig von einander ſind.

Kürze halber nun bezeichne ich folgends die, von der Aufmerkſamkeit zu unterſcheidenden Phänomene, auf welche ſich die Aufmerkſamkeit bezieht, als pſychiſche Phänomene ſchlechthin oder noch kürzer bloß als Phänomene, ohne bei einer allgemeineren Betrachtung zu vergeſſen, daß die Aufmerkſamkeit ihrerſeits nur ein pſychiſches Phänomen anderer Art iſt. Auch hindert nichts, die Aufmerkſamkeit gegenüber den pſychiſchen Phänomenen, auf die ſie ſich bezieht, vorzugsweiſe als pſychiſche „Thätigkeit“ zu bezeichnen, nur daß freilich für eine allgemeinere Betrachtung auch die pſychiſchen Phänomene, auf die ſie ſich bezieht, als Sache pſychiſcher Thätigkeit gelten können. Über den Wortgebrauch in dieſer Hinſicht wäre jedenfalls müßig, zu ſtreiten. Gewiß iſt, daß die Aufmerkſamkeit mit einem Gefühle der Selbſtthätigkeit behaftet iſt, das den Phänomenen, auf die ſie ſich bezieht, nicht beiwohnt, durch die wir uns vielmehr receptiv beſtimmt finden. Ja es iſt dies vielleicht der charakteriſtiſchſte Unterſchied zwiſchen beiden.

Zu kürzeſter Bezeichnung endlich kann die Aufmerkſamkeit mit A, das pſychiſche Phänomen, worauf ſie ſich bezieht, mit P, die, beiden unterliegenden, pſ.-ph. Thätigkeiten aber reſpectiv mit A und P bezeichnet werden.

Die P, auf welche ſich die A bezieht, können ſinnliche P oder deren Reproductionen in Erinnerungen, oder Vorſtellungen, in denen das Denken abläuft, kurz pſychiſche P irgendwelcher Art ſein. Bei allen dieſen P bleibt das Gefühl der darauf bezogenen A dem Charakter nach daſſelbe, und kann ſich nur der Stärke oder Intenſität nach ändern, indeß bei den P, auf die ſie ſich bezieht, ſowohl der Charakter oder die Qualität wie die Stärke oder Intenſität wechſeln kann. Inſofern wir alſo die A bei einer allgemeineren Betrachtung ſelbſt als pſychiſches Phänomen faſſen können, haben wir ſie als allgemeines pſychiſches P gegenüber den pſychiſchen P, auf die ſie ſich bezieht, als Special-Phänomenen zu faſſen.

Bei Auffaſſung eines P mit einem gegebenen Grade der A iſt der Zuſtand des Bewußtſeins, kurz B, wozu B als pſ.-ph. Unterlage gelten mag, ſeinem Charakter nach einerſeits durch den allgemeinen Charakter der A, den ſie bezüglich aller Phänomene behält, anderſeits durch den beſonderen des P, ſeiner Stärke nach aber durch die Stärke oder Intenſität beider beſtimmt, und können wir inſofern von einem Totalbewußtſein bezüglich eines gegebenen P, wovon A und P die Componenten ſind, ſo wie von einer Totalſtärke oder Geſammtſtärke des B bezüglich eines gegebenen P, wovon die Stärke von A und P die Componenten ſind, ſprechen; und was in dieſer Beziehung vom B einzelner P gilt, trägt ſich auf das B ganzer Reihen derſelben über.

Wie die A auf ein P bezogen, demſelben zugewandt ſein kann, kann ſie auch davon abgezogen, demſelben abgewandt ſein, indem ſie ſich auf andere P richtet. Dann verſchwindet das betreffende P aus dem Bewußtſein. Für den Fall der Zuwendung der A zu einem P aber gilt Folgendes.

Wir können ein ſchwaches P mit ſtarker A auffaſſen, ohne daß das P ſelbſt dadurch verſtärkt ſcheint, nur die Geſammtſtärke des darauf bezogenen B erſcheint verſtärkt. So erſcheint ein graues Papier nicht lichter, der Pendelſchlag einer Uhr nicht lauter, mögen wir die darauf gerichtete A noch ſo ſehr verſtärken, niemand kann ein graues Papier dadurch weiß erſcheinen machen, niemand den leiſen Pendelſchlag der Uhr bis zur Stärke eines kräftigen Hammerſchlages bringen, wohl aber fühlen wir die Verſtärkung der A als Verſtärkung unſerer, auf das P bezogenen, bewußten Thätigkeit. Und ebenſo wie mit ſinnlichen P's verhält es ſich mit innerlich erzeugten pſychiſchen P's. Ein graues Papier erſcheint auch in der Erinnerung grau, d. i. lichtſchwach, ein ſchwaches Zirpen erſcheint auch in der Erinnerung als ſchwaches Zirpen, und mögen wir das Erinnerungsbild davon mit noch ſo verſtärkter A auffaſſen; es bleibt ſo, indeß wir doch in der verſtärkten A eine Verſtärkung unſrer Bewußtſeinsthätigkeit ſpüren. Und eben, weil wir ſie in Betreff der einen Componente dieſer Thätigkeit ſpüren, haben wir ſie nicht zugleich in Betreff der andern zu verlangen, oder jedenfalls entſpricht die Erfahrung nicht einem ſolchen Verlangen.

Zwar für ganz unabhängig können wir doch die Stärke des P von der Stärke der A nicht halten. Bekanntlich hat Meyer („Elem." II. 484) es durch „vielfache Übung" dahin gebracht, Erinnerungs- oder Phantaſiebilder von ſinnlichen Phänomenen durch eine darauf gerichtete ſtarke Willensintention, ſie zu verſtärken, wirklich bis zur Gleichheit mit ſinnlichen P ſelbſt zu verſtärken. Nun könnte man zwar ſagen: es ſei etwas Anderes, ein P, ſo wie es iſt, mit verſtärkter A auffaſſen, und ein P mit verſtärkter Willensintention, es zu verſtärken, produciren; aber unſtreitig iſt jede verſtärkte A auf ein Phänomen von ſelbſt von einer ſolchen Intention begleitet. Von anderer Seite beweiſt der Umſtand ſelbſt, daß die Meyerſche Erfahrung ſo zu ſagen ein Unicum iſt, und es Meyern ſelbſt erſt „nach vielfacher Übung" gelang, jenen Erfolg zu produciren, daß er keine Sache des Zuſtandes, in dem wir uns, ſagen wir kurz „unter gewöhnlichen Umſtänden", befinden, iſt. Können doch auch Bewegungen mancher Art „nach vielfacher Übung" mit Leichtigkeit hervorgebracht werden, die unter gewöhnlichen Umſtänden ſcheinbar gar nicht hervorgebracht werden können, obwohl ſie doch auch ohne Übung durch darauf gerichtete Intention in kleinen Anſätzen müſſen hervorgebracht werden können, ſonſt könnte Übung nicht weiter führen. Alſo dürfte es am wahrſcheinlichſten ſein, daß allerdings durch verſtärkte A auch unter gewöhnlichen Umſtänden die pſychophyſiſche Thätigkeit eines P über der Schwelle etwas geſteigert wird, aber, wenn ſie einmal über der Schwelle iſt, nur ſo wenig, daß eine weitere Steigerung nicht bemerkt wird, weil ſie nicht bis zum Überſteigen der Unterſchiedsſchwelle geht.

Unter gewöhnlichen Umſtänden wird ſich hienach nicht bloß der einfacheren Betrachtung halber, ſondern auch um der Thatſache der Beobachtung ſelbſt zu genügen, von einer Verſtärkung des P und mithin P durch Verſtärkung der A zunächſt abſtrahiren laſſen, ohne damit eine, nach dem Schwellenprincip nur nicht ſpürbare Verſtärkung der unterliegenden pſ.-ph. Thätigkeit P ſchlechthin zu leugnen; ſie könnte ſogar unter der Schwelle relativ ſtärker als oberhalb ſein.

Von der anderen Seite iſt fraglos, daß umgekehrt die Verhältniſſe des 𝔓 nicht einflußlos auf die Stärke der ſich darauf beziehenden 𝔄, mithin des unterliegenden A ſind; die 𝔄 wird vielmehr unwillkürlich durch Verhältniſſe des 𝔓 mitbeſtimmt, wenn ſchon nicht allein beſtimmt, da ſie ja auch willkürlich ſelbſt von ſtark anziehend auf ſie wirkenden Phänomenen abgezogen werden kann.

Nun iſt für das klare Verſtändniß der folgenden Formeln wichtig, daß ſie nichts über die gegenſeitige Abhängigkeit, in welcher 𝔄 und 𝔓, mithin A und P, von einander ſtehen, ausſagen, ſondern, welchen Werth auch A und P theils durch ihre gegenſeitige Abhängigkeit, theils durch ihre Abhängigkeit von andern Gründen haben, ſo gelten die folgenden Formeln für die Abhängigkeit der Totalſtärke des Bewußtſeins 𝔅 und ſeiner Componenten 𝔄, 𝔓, von deren pſychophyſiſchen Unterlagen B, A, P, wie dieſe nun eben ſind, gleichgültig wie ſie entſtanden ſind.

Mit der an ſich feſtſtehenden Thatſache, daß unter gewöhnlichen Umſtänden (im obigen Sinne) die 𝔄 auf ein 𝔓, was einmal über der Schwelle iſt, beträchtlich verſtärkt werden kann, ohne daß die Stärke des 𝔓 ſelbſt damit merklich wächſt, ſteht nun zunächſt in ſcheinbarem Widerſpruch, daß es doch überhaupt einer gewiſſen Zuwendung der 𝔄 bedarf, um ein 𝔓 ſpürbar werden zu laſſen. Wenn ich ſtudire, höre ich nichts vom Pendelſchlage der Uhr im Zimmer; er trifft mein Ohr; aber ſeine Empfindung entfällt meinem Bewußtſein, weil die 𝔄 vom Gehörsgebiet abgezogen iſt; ſowie ich ſie darauf richte, höre ich den Pendelſchlag mit einer gewiſſen Stärke, verſtärke ich hienach die 𝔄 darauf, ſo erſcheint mir der Schlag doch nicht lauter. Ein, in der Zerſtreuung überhörtes, Wort kann durch nachträgliche Richtung der 𝔄 darauf noch zum Bewußtſein kommen, ohne daß eine verſtärkte 𝔄 das Wort in der Erinnerung lauter erſcheinen läßt. Wenn aber eine Beziehung der 𝔄 auf die Gehörsempfindung überhaupt nöthig iſt, ſie ſpürbar zu machen, wie kann Verſtärkung der 𝔄 darauf doch nichts Merkliches beitragen, die E. zu verſtärken? Doch verhält es ſich factiſch ſo.

Es erſcheint dies in der That als ein Paradoxon, an deſſen pſ.-ph. Repräſentation ſich die um den Vorzug ſtreitenden Anſichten in der Pſychophyſik verſuchen können. Die phyſiologiſche Anſicht hat einen ſolchen Verſuch nicht einmal gewagt; für die pſychophyſiſche liegt die Löſung einſchließlich in folgender allgemeineren Theorie.

Nach ihr läßt ſich die für die Beziehung zwiſchen Empfindung s und Reiz r gültige Formel der äußeren Pſychophyſik:

$$s = \varkappa \log \frac{r}{\rho} \cdots (1)$$

in die innere Pſychophyſik nicht nur übertragen, ſondern in der Art verallgemeinern, daß wir unter s überhaupt einen pſychiſchen Werth, unter r die unterliegende pſ.-ph. Thätigkeit, unter ρ den Schwellenwerth derſelben, unter $\varkappa$ eine von r und ρ unabhängige Conſtante verſtehen. Dieſe Formel nun, ſo allgemein verſtanden, bildet den Ausgangspunct der folgenden Betrachtungen, indem wir dieſelbe auf die beiden Beſtimmungen des Bewußtſeins, $\mathfrak{P}$ und $\mathfrak{A}$, beſonders anwenden. Hienach erſetzt ſich in Bezug auf erſtere s durch $\mathfrak{P}$, r durch P und wenn der Schwellenwerth von P durch p bezeichnet wird, haben wir

$$\mathfrak{P} = \varkappa \log \frac{P}{p} \cdots (2).$$

In Bezug auf $\mathfrak{A}$ haben wir $\mathfrak{A}$ für s, A für r und, wenn der Schwellenwerth von A mit a bezeichnet wird

$$\mathfrak{A} = \varkappa \log \frac{A}{a} \cdots (3).$$

Heiße endlich wie eben $\mathfrak{B}$ die Stärke des Totalbewußtſeins, welches ſich auf das mit gegebener $\mathfrak{A}$ aufgefaßte $\mathfrak{P}$ bezieht, B die Größe der unterliegenden pſ.-ph. Thätigkeit, b deren Schwelle, ſo hängt $\mathfrak{B}$ pſychiſch von $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{P}$, pſychophyſiſch von den, ihnen zu Grunde liegenden, pſ.-ph. Thätigkeiten A und P und deren Schwellen a und p ab, und wir genügen allen Verhältniſſen, die es zu repräſentiren gilt, wenn wir ſetzen:

$$\begin{aligned} \mathfrak{B} &= \mathfrak{A} + \mathfrak{P} \cdots (4) \\ &= \varkappa \left(\log \frac{A}{a} + \log \frac{P}{p}\right) \cdots (5) \\ &= \varkappa \log \frac{AP}{ap} \cdots (6) \\ &= \varkappa \log \frac{B}{b} \cdots (7). \end{aligned}$$

Discutiren wir nun dieſe Formeln.

Die Formel (2) iſt nur mit andern Buchſtaben die bekannte Maßformel für die Stärke der Empfindungen, in Abhängigkeit vom Reize, hier aber ins Innere übertragen und für Phänomene jeder Art verallgemeinert.

Die Formel (3) gewährt mit dem poſitiven Ausdrucke einer, auf das betreffende $\mathfrak{P}$ *bezüglichen* $\mathfrak{A}$ zugleich den negativen Ausdruck einer davon *abgezogenen* 𝔄, erſteren, ſo lange $A > a$, letzteren, ſo lange $A < a$. Nun bedeutet das negative Vorzeichen einer pſychiſchen Beſtimmung nach pſ.-ph. Anſicht das Fehlen derſelben. Dies Fehlen gilt aber nur bezüglich des 𝔓, auf welches die 𝔄 nach der Vorausſetzung bezogen iſt, im Übrigen kann ſie auf beliebiger Höhe ſtehen; ja da mit dem Abziehen der 𝔄 von einem 𝔓 während des Wachens im Allgemeinen die Wendung deſſelben auf andere 𝔓 zuſammenhängt, ſteigert ſich ſogar mit dem Schwinden der 𝔄 für ein gewiſſes 𝔓 der Werth derſelben für andere 𝔓; ohne daß eine Formel, die ſich nicht auf die anderen 𝔓 bezieht, ihre Verſtärkung in ſich aufnehmen kann. Unſtreitig zwar giebt es auch allgemeine Formeln für dieſen Zuſammenhang; aber ſie liegen noch nicht vor.

Ferner darf man nicht meinen, daß bei einer, von einem 𝔓 abgezogenen 𝔄 gar nichts von der pſ.-ph. Thätigkeit A auf 𝔓 bezüglich vorhanden ſei; ſondern das, was vorhanden iſt, wird nur eben die Schwelle a nicht erreichen, und eines größeren oder geringeren Zuwachſes bedürfen, um ſie zu erreichen, wozu auch größere oder geringere den pſychiſchen Anläſſen zugehörige pſ.-ph. Anläſſe gehören werden; damit repräſentirt ſich ein *größeres* und *geringeres* Abgezogenſein der 𝔄 von einem 𝔓, und factiſch giebt es doch Grade in dieſer Hinſicht, die zu repräſentiren ſind. Immer bleibt der Ausdruck Abgezogenſein inſofern auf ein pſ.-ph. A unter der Schwelle anwendbar, als von dem zur Erreichung der Schwelle a nöthigen Werthe des A etwas abgezogen und andershin gewandt iſt, nicht aber, daß alles A abgezogen iſt.

Übrigens kann der während des Wachens allgemein geltende Fall, daß 𝔄 ſich vom gegebenen 𝔓 nur abzieht, um ſich andern zuzuwenden, auch eben nur für das Wachen als allgemein zutreffend angeſehen werden. Im Übergange von Wachen zu Schlaf kann 𝔄 bezüglich der Geſammtheit aller 𝔓, die in das menſchliche Bewußtſein fallen, unter die Schwelle ſinken, hiemit negativ werden, ohne ſich anderen 𝔓 deſſelben Bewußtſeins zuzuwenden, worauf im folgenden Abſchnitt zurückzukommen ſein wird.

Die Formel (4) drückt nur im Allgemeinen aus, daß die Stärke des Geſammtbewußtſeins 𝔅 pſychiſcherſeits in die zwei Componenten, 𝔄 und 𝔅, als zerlegbar gedacht werden könne; und ſehr unrecht würde man thun, wenn man die äußerliche Nebeneinanderſtellung von 𝔄 und 𝔓 in der Formel als Repräſentation einer äußerlichen wirklichen *Scheidung*, ſei es zwiſchen 𝔄 und 𝔓 oder den unterliegenden A und P faſſen wollte. 𝔄 und 𝔓 treffen vielmehr ſo zu ſagen in denſelben pſychiſchen Puncte zuſammen, und es ſind dieſelben phyſiſchen Puncte, auf die ſich die Zuſammenſetzung der pſ.-ph. Vorgänge A und P bezieht, was ſich denn auch in der Formel (6) in gewiſſem Sinne dadurch ausdrückt, daß die Werthe A und P, von welchen $\mathfrak{B}$ abhängt, ſtatt additiv vielmehr als gegenſeitige Factoren unter dem Logarithmuszeichen auftreten.

Von vorn herein könnte man fragen, warum nicht $\mathfrak{B}$ ſtatt $= \mathfrak{A} + \mathfrak{P}$ vielmehr $= \mathfrak{A}\mathfrak{P}$, und mithin ſtatt $= \varkappa \log \frac{AP}{ap}$ vielmehr $= \varkappa^2 \log \frac{A}{a} \cdot \log \frac{P}{p}$ ſetzen. Wohlan, man kann den Verſuch machen; ich ſelbſt aber wüßte damit zur Repräſentation der Verhältniſſe, die es zu repräſentiren gilt, nicht auszukommen. Ja, es geht einfach deßhalb nicht, weil danach $\mathfrak{B}$ ebenſo gut einen poſitiven Werth haben würde, wenn $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{P}$ zugleich unter der Schwelle, als wenn ſie zugleich über der Schwelle ſind. Man könnte ferner fragen, ob nicht $\varkappa$ für $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ einen verſchiedenen Werth anzunehmen hätte; worauf ich nur erwidern kann, daß ſich zunächſt noch kein Anlaß dazu gefunden hat; ſo lange aber dies nicht der Fall iſt, verſucht man natürlich mit den einfachſten Annahmen auszukommen.

Wie die Formel (4) den allgemeinen Ausdruck für die Zerlegbarkeit des pſychiſchen $\mathfrak{B}$ in die pſychiſchen Componenten $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{P}$ giebt, ſo die Formel (5) den Ausdruck für die Zerlegbarkeit des $\mathfrak{B}$ nach ſeiner functionellen logarithmiſchen Beziehung zu A und P.

Die Formeln (6) und (7) endlich zeigen, wie ſich der Ausdruck von $\mathfrak{B}$ auf die einfache und einheitliche Form der Maßformel zurückführen läßt, indem wir $\log \frac{A}{a} + \log \frac{P}{p}$ in $\log \frac{AP}{ap}$, weiter A P in B und ap in b zuſammenziehen, was für den Fall, wo es eben nur auf die Geſammtſtärke, auf Daſein von Bewußtſein oder Unbewußtſein eines Phänomens überhaupt, nicht aber darauf ankommt, wie viel ſeitens der Componenten insbeſondere dazu beigetragen wird, von Belang iſt.

Inzwiſchen liegt hier vielmehr das Intereſſe darin, zu verfolgen, wie die beiden Componenten des Bewußtſeins $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{P}$ nach Maßgabe ihrer functionellen Abhängigkeit von den ihnen unterliegenden pſychophyſiſchen Werthen A, P zum Reſultat $\mathfrak{B}$ zuſammenwirken; und hierauf wird näher einzugehen ſein, nachdem zuvor noch folgende Puncte ins Klare gebracht ſind.

Sofern ſich in der Formel (4) $\mathfrak{B}$ aus $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{P}$ ſummirt, und bei entgegengeſetztem Vorzeichen eins vom anderen abzuziehen iſt, fragt ſich, wie überhaupt beide ſo ganz heterogene pſychiſche Werthe auf einen vergleichbaren Maßſtab zu bringen ſind, was doch nöthig iſt, um ſie zu einander addiren oder von einander ſubtrahiren zu können. Die Antwort iſt, daß ſich A und B auf rein pſychiſchem Wege ebenſo wenig mit einander meſſend vergleichen laſſen, als verſchiedene Stärken von A unter ſich oder verſchiedene Stärken von P unter ſich, wohl aber pſychophyſiſch, indem ſowohl A als P jedes ſeinen Zahlwerth für ſich durch die logarithmiſche Abhängigkeit von dem Verhältniß erhält, in welchem einerſeits A zu ſeinem Schwellenwerthe a, andererſeits P zu ſeinem Schwellenwerthe p ſteht, wonach dann auch beide Zahlwerthe mit einander verglichen werden können. Natürlich muß die Einheit beider pſychiſchen Werthe an den Logarithmus des gleichen Verhältniſſes von $\frac{A}{a}$ als $\frac{P}{p}$ geknüpft werden.

Die Schwelle p des P iſt als unabhängig von der Stärke der darauf bezogenen A, ſo wie die Schwelle a der A als unabhängig von der Stärke des P, worauf ſich A bezieht, anzuſehen, wie ſich wenigſtens annähernd conſtatiren läßt. In der That kann Erſteres daraus gefolgert werden, daß überhaupt nach Erfahrung die Stärke des P, welches von einem conſtanten Reize abhängt, merklich ungeändert bleibt, wenn die Stärke der darauf bezogenen A wechſelt; der Schwellenwerth p gehört aber dem beſonderen Falle zu, wo P = null. Auch ſteht hiemit nicht in Widerſpruch, daß nach Meyers Verſuchen ein P durch verſtärkte A über die Schwelle gehoben werden kann, was bei ſchwacher A darunter geblieben wäre, indem man nicht den Werth des p durch den Einfluß der A als erniedrigt, ſondern den Werth des P dadurch als erhöht anzuſehen hat.

Die Unabhängigkeit der Schwelle a der A von der Stärke des P, worauf ſie ſich bezieht, kann ebenſo im Allgemeinen daraus gefolgert werden, daß wir ein ſtarkes und ein ſchwaches P mit dem Gefühle gleicher A auffaſſen können, der Schwellenwerth a gehört aber zu dem beſonderen Falle der Stärke von A, welcher zwiſchen zugewandter und abgewandter A inne ſteht. Wenn aber ſtark contraſtirende P die A vorzugsweiſe anziehen und beſchäftigen, iſt dies wieder nicht als ein Einfluß auf das a ſondern das A anzuſehen.

Eine praktiſche Beſtimmung der Conſtanten a und p in objectiven Maßen iſt freilich eben ſo wenig ausführbar, als die der Variabeln A und P über und unter dieſen Schwellen, da wir nicht die Mittel beſitzen, die pſ.-ph. Thätigkeiten, welche durch dieſe Buchſtaben bedeutet werden, mit unſeren Meſſungen ins Innere zu verfolgen; aber dies ſteht der Brauchbarkeit von Formeln, worein dieſe Werthe eingehen, betreffs der Ableitung allgemeiner Folgerungen, um die es ſich hier handelt, nicht im Wege, wie ſich im Folgenden von ſelbſt zeigen wird.

Gehen wir jetzt zu einer Betrachtung der Hauptfälle über, die unter unſern Formeln enthalten ſind. Je nach der Weiſe, wie 𝔄 und 𝔓 mit poſitivem oder negativem Werthe, einander überwiegend oder unterwiegend, zuſammentreffen, ordnen ſich der Formel (4) überhaupt 8 Fälle unter, wovon 4 ein poſitives, 4 ein negatives 𝔅 geben. In folgender Aufzeichnung derſelben ſtehe 𝔄 oder 𝔓 voran, je nachdem das eine oder andere im abſoluten Werthe überwiegt.

+ 𝔅 =	− 𝔅 =
1 + 𝔄 + 𝔓	5 − 𝔄 − 𝔓
2 + 𝔓 + 𝔄	6 − 𝔓 − 𝔄
3 + 𝔄 − 𝔓	7 − 𝔄 + 𝔓
4 + 𝔓 − 𝔄	8 − 𝔓 + 𝔄.

Näher auf dieſe Fälle eingehend, ſo wird in den vier erſten zwar das Bewußtſein in Bezug auf das betreffende Phänomen überall wach ſein; aber die Stärke deſſelben ſeitens ſeiner Componenten verſchieden beſtimmt ſein. Nach den beiden erſten können wir ein ſchwaches Phänomen mit ſtarker 𝔄 oder ein ſtarkes Phänomen mit ſchwacher 𝔄 auffaſſen, doch wird in beiden Fällen die Aufmerkſamkeit dem Phänomen als wirklich mit einem poſitiven Werthe zugewendet angeſehen. Im dritten Falle iſt das 𝔓 an ſich ſelbſt unter der Schwelle, aber es kann doch ein darauf bezügliches ſtarkes Bewußtſein wach ſein, wie wenn wir mit geſpannter 𝔄 auf einen Schall horchen, der nicht da iſt. Im vierten Falle iſt die 𝔄 an ſich als actives Vermögen unter der Schwelle, aber das 𝔓 tritt dennoch durch ſeine, den negativen Werth der 𝔄 überwiegende, poſitive Stärke ins Bewußtſein.

Zur Beurtheilung der beiden letzten Fälle iſt unſtreitig die ſachliche Abhängigkeit zwiſchen 𝔓 und 𝔄 und mithin P und A in Mitrückſicht zu ziehen. Wenn es im dritten Falle abſolut an einem P fehlte, ſo würde 𝔓 einen unendlich negativen Werth annehmen, und könnte die höchſte Steigerung von 𝔄 dies nicht ausgleichen. Aber die auf irgend ein Gebiet gerichtete 𝔄 führt ſei es die wirkliche Vorſtellung eines 𝔓 deſſelben Gebietes über der Schwelle oder doch einen Anſatz dazu unter der Schwelle mit, auch wenn kein äußerer Anlaß dazu iſt, und hieran wird ſich ein gewiſſes P über oder unter der Schwelle knüpfen müſſen, das nach Meyers Verſuchen bei hoch geſteigerter 𝔄 ſogar die Schwelle beträchtlich überſteigen kann; wonach nicht daran zu denken iſt, das innere P könne bei darauf bezogener 𝔄 einen unendlich negativen Werth annehmen.

Und was den vierten Fall anlangt, ſo kann danach ein P durch ſeine Stärke ſogar auch bei davon abgewandter A ins Bewußtſein treten, wie z. B. ein ſtarker Knall, während man im Studium begriffen iſt; im Allgemeinen aber wird das neue P ſofort die A mit einem poſitiven Werthe auf ſich ziehen, und nur der Übergang dazu durch die Schwelle der A hindurch geſchehen. Inzwiſchen laſſen ſich auch Zuſtände denken, wo Phänomene bei continuirlich negativer, ſagen wir ſchlafender, A mit überwiegendem P im Bewußtſein ablaufen; was ich für den Zuſtand der Träume halte, worauf aber erſt im folgenden Abſchnitte näher einzugehen.

Was die 4 Fälle eines negativen B anlangt, ſo zeigen ſie, den poſitiven entſprechend, daß auch am Schwinden eines P aus dem Bewußtſein die Werthe der Componenten des B einen verſchiedenen Antheil haben können. Die beiden letzten Fälle aber lehren insbeſondere, daß die Erhebung einer von beiden Componenten über die Schwelle noch nicht hinreicht, ſie bewußt zu machen, wenn ihr poſitiver Werth durch einen negativen Werth der anderen Componente übercompenſirt iſt; der poſitive Werth geht dann im negativen Geſammtreſultat des Bewußtſeins mit auf und unter, und hieraus erklärt ſich der ſcheinbar paradoxe Fall, deſſen wir oben gedachten. Ein ſtarker Schall, der an ſich ſelbſt ſeine Schwelle weit überſteigt, daher auch als ſtark empfunden wird, wenn die A bezüglich deſſelben nicht unter der Schwelle iſt, wird doch nicht gehört, wenn die A hinreichend von ihm abgezogen iſt; wird ſie ihm ſo weit zugewandt, daß er gehört wird, ſo tritt er mit einer, ſeinem P entſprechenden, Stärke ins Bewußtſein, die er dann auch bei weiterer Steigerung der A. merklich beibehält, indem wir dann zwar die Steigerung der A empfinden, ohne daß ſich aber die Stärke des P damit merklich ſteigert. Wenn ſich aber in Meyers Verſuchen ein Einfluß von Verſtärkung des A, und mithin A, auf die Verſtärkung des P, und mithin P, zeigt, geht nicht etwa die Verſtärkung des A in der Verſtärkung des P ununterſcheidbar davon auf, ſondern fühlen wir mit der Verſtärkung des P zugleich die Verſtärkung des A.

Man könnte nun glauben, daß mit voriger Auffaſſung des paradoxen Phänomens das Princip der Continuität verletzt werde, ſofern das betreffende P, von dem bei abgezogener A nichts erſchien, bei zugewandter A auf einmal mit ſeinem vollen Werthe ins Bewußtſein trete. Das wäre nun jedenfalls nichts, was durch die Theorie erſt hinzugebracht wird, da es vielmehr als der thatſächliche Fall erſcheint. Aber meines Erachtens iſt er des Näheren ſo zu faſſen. Wenn die, vom P erſt abgewandte, A ſich demſelben zuwendet und es dadurch ins Bewußtſein hebt, ſo beginnt das Bewußtwerden des P nicht erſt in dem Momente, wo das ihm zugehörige negative A bis zur Schwelle aufgeſtiegen iſt, ſondern ſchon wenn daſſelbe in poſitiver Richtung ſich ſo weit gehoben hat, daß ſein negativer Werth mit dem poſitiven des P ins Gleichgewicht kommt; aber einmal ſo weit gelangt, ſteigt dann das A ſo raſch bis zur Schwelle, daß wir das P ſofort mit ſeinem vollen Werthe wahrzunehmen glauben, ungeachtet daſſelbe inzwiſchen alle möglichen Grade der Undeutlichkeit bis zur vollen Deutlichkeit durchläuft. Steigt das A noch über die Schwelle hinaus, und gewinnt hiemit ſelbſt poſitive Werthe, ſo wird es damit auch vom P unterſcheidbar und rechnen wir die Verſtärkung des B, die dadurch entſteht, nicht dem P ſondern dem A zu.

Es iſt bisher gänzlich dahingeſtellt worden, welcherlei Art von pſ.-ph. Thätigkeit der A unterliegen möge; aber auch ohne ſpeciale Kenntniß davon ließen ſich Formeln aufſtellen, welche den ph.-pſ. Ausdruck für das Verhältniß der A. zu den Phänomenen, auf die ſich bezieht, in ſo weit enthalten, daß den Thatſachen, ſo weit ſolche vorliegen, damit entſprochen iſt. Aber die Frage nach der Natur jener Thätigkeit iſt damit doch nicht abgewieſen; und obwohl ein Aufſchluß darüber nicht nach directer Beobachtung durch Einblick ins Innere zu gewinnen iſt, ſo kann doch das Functionsprincip (S. 4) in Verbindung mit Thatſachen der Beobachtung, welche indirect auf die Natur jener Thätigkeit ſchließen laſſen, zu einer mehr oder weniger wahrſcheinlichen Anſicht darüber führen, wovon ich im Folgenden ſpreche.

Seitens des Functionsprincips werden wir zu verlangen haben, daß die pſ.-ph. Thätigkeit der A dem Charakter der Allgemeinheit entſpricht, welchen die A pſychiſcherſeits dem P gegenüber, auf das ſie ſich bezieht, darbietet. So ſehr die Phänomene wechſeln können, ſo gleich bleibt ſich der Charakter, das Gefühl der darauf bezogenen A. Ferner, da die A und das P, worauf ſie ſich bezieht, zu einer einheitlichen Bewußtſeinsthat zuſammenſtimmen, welche wieder ihrerſeits in beide als wie Componenten zerlegbar gedacht werden kann, wird auch von der unterliegenden pſ.-ph. Thätigkeit etwas Entſprechendes zu fordern ſein. Nun habe ich ſchon in den „Elem.“ darauf hingewieſen, daß es in der phyſiſchen Welt überhaupt nicht an Beiſpielen der Zuſammenſetzung einer allgemeinen phyſiſchen Thätigkeit mit ſpecialen Thätigkeiten fehlt, welche den vorigen Forderungen genügen. Ein ſolches Beiſpiel hat man an der Zuſammenſetzung der gleichförmigen, allen Theilen gemeinſamen, Umdrehungsbewegung der Erde mit den Einzelbewegungen auf ihrer Oberfläche, die ebenſo gut mit als gegen die gemeinſame Bewegung gehen können. Die wirkliche, die Totalbewegung der Theile der Oberfläche iſt eine Zuſammenſetzung aus beiden, und kann in beide zerlegbar gedacht werden. Ein anderes Beiſpiel gewährt die Schwingung einer Saite, die zugleich in Unterabtheilungen ſchwingt. Man kann die Bewegung zerlegen in eine allen Theilen gemeinſame von gewiſſer Periode, welche den Grundton giebt, und in die Bewegungen gleicher Abtheilungen der Saite, welche die Theiltöne geben; die wirkliche Bewegung iſt eine Zuſammenſetzung aus beiden. Ein drittes Beiſpiel gewährt eine große Welle, welche kleinere Kräuſelungen auf ihrer Oberfläche trägt. Es iſt alſo keine Verlegenheit, das allgemeine Princip zu bezeichnen, welchem ſich die pſ.-ph. Repräſentation der Aufmerkſamkeitsverhältniſſe unterordnet, nur eine nähere Beſtimmung der Weiſe, in der es hiebei auftritt, muß noch dahingeſtellt bleiben.

Da uns die aufgeſtellten Formeln nichts über die Verhältniſſe lehren, von welchen die Richtung der A abhängt, ſo mögen in Ergänzung dazu noch einige Betrachtungen Platz finden.

Man unterſcheidet eine unwillkürliche und willkürlich beſtimmte Richtung der A und hienach unwillkürliche und willkürliche A ſelbſt, die aber nicht im Weſen, ſondern eben bloß den Beſtimmungsgründen ihrer Richtung nach zu unterſcheiden ſind; was für die Gültigkeit und Verwendbarkeit der obigen Formeln keinen Unterſchied macht. Thatſachen, an welchen man den betreffenden Unterſchied erläutern kann, ſind u. a. folgende: Wenn ich in das Hören eines Concerts verſunken bin, kann die A. unwillkürlich durch einen Blitz abgelenkt werden, aber ſie kann auch willkürlich vom Gehörsgebiete auf das Geſichtsgebiet abgelenkt werden, ohne daß ein Blitz erſchien, und trotzdem, daß nach den unwillkürlich beſtimmenden Einflüſſen das Gehörsgebiet in Vortheil gegen das Geſichtsgebiet wäre. Immerhin wird durch das Daſein unwillkürlich beſtimmender Einflüſſe die willkürliche Ablenkung der A erſchwert; indeß aber auch der Fall ſtattfinden kann, daß die willkürlich und unwillkürlich beſtimmenden Momente in gleicher Richtung wirken.

Man muß ſich nur vorweg hüten, den hier gemachten Unterſchied zwiſchen willkürlicher und unwillkürlicher Richtung der A in einem ſich leicht darbietenden falſchen Geſichtspuncte zu ſuchen. Es iſt an Willkür hier nicht im Sinne einer indeterminiſtiſchen Freiheitsanſicht zu denken, welche rückſichtslos auf vorgegebene Beſtimmungsgründe, ſog. Motive, noch eine unbeſtimmbare Wahl geſtattete, ſondern durch die vollſtändigen Motive iſt auch pſychiſcherſeits die willkürliche Richtung der A als vollſtändig beſtimmt anzuſehen, und wollte man doch noch eine indeterminiſtiſche Willkür annehmen, ſo wäre ſie zu der durch die vollſtändigen Motive beſtimmten noch als eine, keiner Geſetzlichkeit unterliegende, hinzuzunehmen, und mit der motivirten je nach Umſtänden in gleichem oder entgegengeſetztem Sinne gehende anzunehmen[1]. Hier wird von Willkür nur inſoweit ſie durch Motive beſtimmt iſt, die Rede ſein. Alſo kann der Unterſchied zwiſchen willkürlicher und unwillkürlicher Richtung der A hier nicht darin geſucht werden, daß es bei der willkürlichen, inſoweit ſie willkürlich iſt, an Beſtimmungsgründen überhaupt fehle, indeß bei der unwillkürlichen ſolche vorhanden ſind, ſondern es werden nur die Beſtimmungsgründe der willkürlichen Richtung der A von denen der unwillkürlichen zu unterſcheiden ſein. Geben wir jetzt den beiderſeitigen Beſtimmungsgründen etwas nach.

Zunächſt ſcheint es, daß die unwillkürliche A einfach der größeren Stärke des P folgt. In der That, wenn wir einen weißen Fleck auf ſchwarzem Grunde ſehen, wird unwillkürlich die A vielmehr vom weißen Fleck als ſchwarzen Grunde angezogen. Aber dieſe Thatſache iſt nicht entſcheidend; denn bei einem ſchwarzen Fleck auf weißem Grunde wird die A umgekehrt vielmehr vom ſchwarzen Fleck als weißen Grunde angezogen, und die Pauſe in einer rauſchenden Muſik zieht eben ſo gut die A an als ein Geräuſch in der Stille. Auch würde bei dem, ins Hören eines Concertes Verſunkenen, das Auslöſchen aller Lampen den gleichen Erfolg als das Erſcheinen eines Blitzes haben, die A vom Gehörsgebiete auf das Geſichtsgebiet abzulenken. Offenbar giebt der Contraſt, der Unterſchied der verſchiedenen Phänomene, den Hauptbeſtimmungsgrund für Weckung der unwillkürlichen A ab; auf welches der contraſtirenden Phänomene ſie ſich aber vorzugsweiſe richtet, kommt bei ſucceſſivem Contraſt natürlich darauf an, welches das ſpäter eintretende iſt, da bei dem früheren der Contraſt ſich noch nicht geltend machen kann, indeß bei ſimultanem Contraſt, wie ihn der weiße oder ſchwarze Fleck auf gegentheiligem Grunde darbietet, das P von geringerer Ausdehnung den Vorrang hat; vielleicht doch nur deßhalb, weil das der A unterliegende A ſich auf der größeren Fläche mehr vertheilt, alſo zu einer geringeren Intenſität gelangt; auch hat unſtreitig die mehr oder weniger centrale Stellung des Fleckes Einfluß.

Inzwiſchen glaube ich, daß außer dem Contraſte der Eindrücke allerdings auch die abſolute Stärke der Eindrücke als mitbeſtimmend für die Richtung der A in Betracht kommt, ſo daß bei Gleichheit der übrigen

---

[1] Näher habe ich mich über die Freiheitsfrage in m. Schr. „Über die Tagesanſicht" p. 164 ff. erklärt.

Umſtände die ſtärker einwirkende Componente des Contraſtes ſtärker anziehend auf die A wirkt, worüber ſich wohl methodiſche Verſuche anſtellen ließen, was ich doch bisher nicht gethan habe. Gewiß iſt, daß, wenn eine Reihe ſchallgebender Schläge in gleichem Tempo einander folgen, die A ſich vielmehr auf die Schläge als die Pauſen richtet, wo ſie vielmehr verhältnißmäßig ruht. Hier kann man freilich ſagen: der Schlag iſt kürzer als die Pauſe und ſo concentrirt ſich die Aufmerkſamkeit vorzugsweiſe auf den Schlag; aber unſtreitig auch, wenn man das Schnurren eines gedrehten Rädchens mit gleich großen oder ſelbſt etwas kleineren Intervallen der Stille wechſeln läßt, wird die A vielmehr von den Intervallen des Schalles als der Stille angezogen werden. Beim Blicke auf ein Schachbret freilich geſtehe ich, nicht ſagen zu können, daß die A mehr von den weißen als ſchwarzen Feldern angezogen würde; aber die vorgängige und umgebende Helligkeit kommt hiebei durch ihren Contraſt gegen die Felder des Bretes in Mitrückſicht, und läßt den Verſuch nicht rein erſcheinen.

Demnächſt können wir zu den unwillkürlichen Beſtimmungen der Richtung der A auch ein Beharrungsvermögen der einmal eingeſchlagenen Richtung derſelben bis zu gewiſſen Grenzen und ein Bedürfniß des Wechſels bei Überſchreitung ſolcher Grenzen rechnen. Es behagt uns bis zu gewiſſen Grenzen mehr, in einer einmal eingehaltenen Richtung und hiemit Beſchäftigung der A zu verharren, als ſie zu verlaſſen, die Beſchäftigung zu unterbrechen, doch eben nur bis zu gewiſſen Grenzen der Dauer; darüber hinaus beginnt mit dem Gefühl der Ermüdung oder Erſchöpfung der A in gegebener Richtung der Trieb zum Wechſel; was näher zu verfolgen, Sache der Pſychologie und insbeſondere ihres äſthetiſchen Theiles iſt[1]).

Was anderſeits die willkürliche Richtung der A anlangt, ſo laſſen ſich pſychiſche Beſtimmungsgründe, ſog. Motive, derſelben nach innerer Beobachtung bis zu gewiſſen Grenzen wohl verfolgen; worauf aber für unſere Zwecke nicht nöthig iſt, einzugehen. Im Allgemeinen liegen ſie in allgemeineren und höheren pſychiſchen Vorgängen, denen auch entſprechende pſychophyſiſche unterliegen werden, die wir nicht des Näheren kennen. Jedenfalls müſſen im Sinne einer conſequent durchgebildeten Pſychophyſik auch die allgemeineren und höheren Motive irgendwelche pſ.-ph. Unterlage haben. (Vergl. Abſchn. 1).

Schließlich noch eine allgemeinere Bemerkung.

---

[1] Näheres darüber im 38. und 39. Abſchnitt meiner „Vorſchule der Äſthetik“.

Sofern die A den mannichfachſten Phänomenen gegenüber, auf die ſie ſich bezieht, überall denſelben Charakter behält, ſo zu ſagen unſer ganzes Weſen mit etwas Identiſchem durchzieht, und ſich an ſie vorzugsweiſe vor den P das Gefühl der Selbſtthätigkeit knüpft, hat ſie jedenfalls eine *fundamentalere* Bedeutung für unſer geiſtiges Weſen, als die wechſelnden Phänomene, worauf ſie ſich bezieht. Aber ſie hat auch unſtreitig über den beſchränkten Bezug auf Vorſtellungen hinaus, auf den ihr Name hinweiſt, eine *allgemeinere* Bedeutung. In der That halte ich dafür, daß es pſychiſch wie pſychophyſiſch weſentlich dieſelbe Thätigkeit iſt, welche uns mit dem Gefühle der Selbſtthätigkeit Vorſtellungen verfolgen und ſelbſt ins Bewußtſein heben läßt und welche im Willen wirkſam iſt, uns zu Handlungen zu beſtimmen; daß es dieſelbe iſt, welche den Wirkungsbezug vermittelt, durch welchen Empfindungsunterſchiede zu Unterſchiedsempfindungen werden; und daß der weſentliche Unterſchied zwiſchen Wachen und Schlaf an einem Überſteigen und Unterſteigen nicht der Schwelle des Totalbewußtſeins (wogegen die Träume ſprechen), ſondern dieſer Componente deſſelben hängt.

Hienach wäre es freilich erwünſcht, wenn wir für das wiſſenſchaftliche Bedürfniß zur Bezeichnung der allgemeineren Bedeutung dieſer Thätigkeit ſtatt des, bloß auf eine beſtimmte Sphäre derſelben weiſenden, Namens Aufmerkſamkeit einen ſolchen von allgemeinerer Tragweite hätten. Sofern aber kein ſolcher vorliegt, muß es dem Zuſammenhange und der ſachlichen Auslegung überlaſſen werden, das Wort in ſeiner allgemeineren Bedeutung verſtehen zu laſſen, wo ſich eine ſolche geltend macht.

XX. Wachen, Schlaf, Träume.

Über dies Thema iſt in „Elem." II. 449 ff. und II. 519 ff. gehandelt. Hier wird unter Mitbezug auf die Erörterungen des vorigen Abſchnitts mit einigen weiteren Bemerkungen darauf zurückzukommen ſein.

Ich halte feſt, daß im traumloſen Schlafe, wenn es ſolchen giebt, die ganze pſ.-ph. Thätigkeit des Menſchen unter die Schwelle ſinkt, indeß während des Wachens immer irgendwo und irgendwie die Schwelle derſelben überſtiegen iſt, — daß während des Wachens der Wechſel der Aufmerkſamkeit zwiſchen verſchiedenen Gebieten der pſ.-ph. Thätigkeit als ein örtlicher Wechſel von Wachen und Schlaf dieſer Gebiete gelten kann. —

daß die Vertiefung des totalen wie partiellen Schlafes durch ein tieferes allgemeines oder örtliches Sinken der pſ.-ph. Thätigkeit unter die Schwelle repräſentirbar iſt, — und daß die Verhältniſſe des Einſchlafens und Erwachens in den „Elem." weſentlich richtig dargeſtellt ſind, unrichtig nur, was ſchon S. 212 zugeſtanden wurde, daß die Träume mit unter die Schwelle des Bewußtſeins fallen.

Aber meines Erachtens doch nur inſofern unrichtig, als in dieſer Hinſicht ſtatt der Schwelle des Bewußtſeins überhaupt (Totalbewußtſeins) die Schwelle derjenigen Componente desſelben zu ſetzen iſt, die wir als Aufmerkſamkeit A von den Phänomenen P, auf die ſie ſich bezieht, zu unterſcheiden haben, wonach der Schlaf mit wie ohne Träume und das Wachen ſich überhaupt weſentlich nicht ſowohl durch den Stand des Totalbewußtſeins, ſondern eben nur dieſer Componente desſelben unter und über der Schwelle unterſcheiden.

Unſtreitig nämlich kommen uns nach allgemeinerer Faſſung des Bewußtſeins die Träume zum Bewußtſein, ſonſt könnten wir eben nichts davon wiſſen; ſie können alſo nicht unter die Schwelle des Bewußtſeins fallend gedacht werden; wohl aber kann es ſein, daß während die eine Componente des Bewußtſeins, die A, unter ihrer Schwelle iſt, das Bewußtſein durch die überwiegende Stärke der anderen Componente, d. i. der P, über die Schwelle gehoben wird, ja es kann lebhaft dadurch erregt werden, aber ſtatt des Gefühls der Selbſtthätigkeit in Verfolgung und Hervorrufung der P mit der Möglichkeit willkürlicher Verlegung, was als Charakter einer die Schwelle überſteigenden A und hiermit des Wachens angeſehen werden kann, tritt eine paſſive Hingabe an die unfreiwillig ſich entwickelnden P ein, was der Zuſtand des Träumens iſt.

Auch bei der ſchlafenden, d. i. unter ihre Schwelle geſunkenen, A aber fehlt nicht eine ihr unterliegende pſ.-ph. Thätigkeit ſchlechthin, ſie iſt eben nur unter der Schwelle, und ſo geht die A nach einem ſonſt gebräuchlichen Ausdruck unbewußt in dem durch das P überwiegend poſitiv beſtimmten Totalbewußtſein auf. Mit ſteigender Lebhaftigkeit der Traumphänomene erhebt ſich die pſ.-ph. Thätigkeit der A, indem die A überhaupt durch die Stärke der P weſentlich mitbeſtimmt wird, und dies kann ſo weit gehen, daß der Schläfer erwacht, indem die A bis über die Schwelle ſteigt, aber ſo lange dieſer Punct nicht erreicht iſt, bleibt es Traum eines Schlafenden; und ſelbſt der Traum ſchwindet, wenn die P, in denen er abläuft, ſich ſo weit abſchwächen, oder ſelbſt unter die Schwelle ſinken, daß ſie mit der negativen A zuſammen das Totalbewußtſein nicht mehr über der Schwelle zu halten vermögen. Das giebt dann den traumloſen

Schlaf, deſſen Thatſache zwar nicht experimental zu beweiſen, deſſen Möglichkeit aber nach Vorigem leicht einzuſehen iſt.

Auch im Wachen giebt es Zuſtände nach S. 278 zu + P + A gehörig, wo man, wie man ſagt, wachend träumt. Das werden ſolche ſein, wo die A zwar über ihrer Schwelle, doch derſelben ſehr nahe und von den P überwogen iſt, indeß ſie beim wirklichen Traume unter der Schwelle iſt. Denn man wüßte überhaupt keinen weſentlichen Unterſchied zwiſchen dem Bewußtſeinszuſtande des Wachenden und Träumenden, wenn nicht aus dieſem Geſichtspuncte, zu finden.

Wenn wir während des Wachens unſere A auf die äußeren Vorgänge richten, finden wir, daß ſie trotz lebhafteſter Beſchäftigung der A damit, unabhängig von derſelben von ſtatten gehen, und das läßt uns dieſelben als gegenſtändlich erſcheinen, obſchon die von ihnen in uns abhängigen Vorgänge eben auch innere ſind; wogegen unſere Gedankengänge uns nicht als gegenſtändlich, vielmehr als eigne innere Erzeugniſſe erſcheinen, weil ihr Auftreten weſentlich abhängig von der, mit dem Gefühl der Selbſtthätigkeit behafteten, A iſt, mit der wir ſie verfolgen, indem dieſe die, dazu durch eigne Höhe hinreichend vorbereiteten, P über die Totalſchwelle des Bewußtſeins erhebt. Sofern nun beim Träumenden die A unter der Schwelle bleibt, fehlt eine ſpürbare Wirkung derſelben in letzterer Hinſicht, und ſo erſcheinen uns die Traumvorgänge nicht minder gegenſtändlich als die äußeren Vorgänge im Wachen.

Mit dem bisher ins Auge gefaßten weſentlichſten, d. i. inneren Unterſchiede zwiſchen den Bewußtſeinszuſtänden des wachen und Traumlebens trifft aber meines Erachtens noch ein äußerer Unterſchied zuſammen, ohne deſſen Berückſichtigung nicht Alles zu erklären wäre, was zu erklären iſt. Schon in den „Elem.“ nämlich habe ich in dieſer Hinſicht die Anſicht aufgeſtellt, „daß der [pſychophyſiſche] Schauplatz der Träume ein anderer als der des wachen Vorſtellungslebens iſt.“ In der That hat es an ſich nichts Unwahrſcheinliches, daß die zeitliche Oscillation der pſ.-ph. Thätigkeit unſeres Organismus von Wachen zu Schlaf mit einer räumlichen Oscillation oder Kreislaufsbewegung in ähnlicher Weiſe zuſammenhängt, als wir es auch ſonſt in und außer dem Organismus zu finden gewohnt ſind. So beim Pulſe, ſo bei Wechſel von Tag und Nacht an jedem Orte. Alſo mag von Schlaf zu Wachen und von Wachen zu Schlaf das Spiel der geſammten pſ.-ph. Thätigkeit des Menſchen den Schauplatz wechſeln, in der Art, daß während des Wachens der Schauplatz der Träume ganz unter der Schwelle bleibt, indeß der Schauplatz des wachen Vorſtellungslebens irgendwo und irgendwie darüber iſt, wogegen im Schlafe der Schauplatz des wachen Vorſtellungslebens ganz unter die Schwelle ſinkt, indeß der Schauplatz der Träume ſich relativ gegen den ganz herabgeſunkenen Schauplatz der wachen Vorſtellungen erhöht, und bei Eintreten wirklichen Traums ſogar bis über die Schwelle des Bewußtſeins erhebt.

Sollte der pſ.-ph. Schauplatz der Träume und des wachen Vorſtellungslebens derſelbe ſein, ſo könnte der Traum meines Erachtens bloß eine Fortſetzung des wachen Vorſtellungslebens ſein, wie ſie auch bei geſchloſſenen Augen in der Stille der Nacht ſtattfindet, und müßte übrigens deſſen Stoff und Form theilen, aber es verhält ſich ganz anders, worüber man die Ausführungen in den „Elem." a. a. O. nachleſen kann.

Unſtreitig iſt der Schauplatz des Traumlebens den äußeren Sinneserregungen und dem äußeren Verkehr nicht ſo zugänglich, als der Schauplatz des wachen Vorſtellungslebens, daher auch nicht durch dieſen Verkehr ebenſo auf dieſen Verkehr und auf Vorſtellungswege, die hineinpaſſen, eingerichtet, als der Schauplatz wachen Vorſtellungslebens. Schon daraus erklärt ſich bis zu gewiſſen Grenzen das Wirrſal oder der ungezügelte Gang der Träume, wozu aber unſtreitig auch beiträgt, daß die willkürliche Richtung der A dabei fehlt.

Bei all' dem iſt im Auge zu behalten, daß zwiſchen dem Schauplatz des wachen Lebens und des Traumlebens — unterſcheiden wir beide kurz als Wch und Tr —, keine Scheidewand beſteht, vielmehr Fortwirkungen aus dem einen in den anderen ſich erſtrecken können. Der Traum wird durch ſolche, die er in Wch hineinerſtreckt, einen Anſatz zu Erinnerungen an den Traum hinterlaſſen können, die mit dem Wachen zum Bewußtſein kommen, und umgekehrt der Traum Vorgänge des wachen Lebens reproduciren können, von denen ſich die Fortwirkungen während des Wachens in Tr hineinerſtreckt haben; auch wird der Traum Einfluß von gleichzeitigen äußeren Anregungen der Sinne, die ſich von Wch in Tr fortpflanzen, erfahren können, wodurch ſein Gang beeinflußt wird; umgekehrt werden während des Wachens abnorm ſtarke Erregungen des Schauplatzes Tr in Wch hinüberſpielen können, was Grund von Hallucinationen ſein mag. Überhaupt aber werden die normalen Bezugsverhältniſſe zwiſchen beiden Schauplätzen in verſchiedenem Sinne geſtört ſein können, und dies namentlich bei Geiſteskrankheiten Beachtung verdienen.

Zu den abnormen Verhältniſſen kann gerechnet werden, wenn in Tr die, normalerweiſe ſelbſt im Traume unter der Schwelle bleibende, pſ.-ph. Thätigkeit der A über die Schwelle aufſteigt, wir mithin die

Verhältniſſe des wachen Lebens an dem eigentlich für den Schlaf beſtimmten Schauplatz wiederfinden. Ich halte dafür, daß dies der, ſchon durch ſeinen Namen als Schlafwachen bezeichnete, ſog. ſomnambule Zuſtand iſt. Hiebei ſcheint das abnorme Aufſteigen von B über die Schwelle durch Aufſteigen von A in Tr mit einem abnormen Sinken von A und hiemit B in Wch unter die Schwelle in Zuſammenhang zu ſtehen. Schon im gewöhnlichen Schlafe empfinden wir die Einwirkung ſchwacher Sinnesreize nicht, die wir während des Wachens empfinden würden, weil A zu ſehr davon abgezogen iſt[1]; beim Somnambulen kann das ſo weit gehen, daß er gegen äußere Reize ganz unempfindlich wird; obwohl das doch gewöhnlich nicht alle Sinne, ſondern nur dieſe oder jene, hiemit nur einen Theil des Schauplatzes Wch trifft, indeß ein Theil von Wch mit Tr zugleich wach bleibt und dadurch einen Verkehr des Somnambulen mit der äußeren Welt vermittelt. Er lebt dann ſo zu ſagen in zwei Welten zugleich oder vielmehr halb in der einen halb der anderen.

Zu voriger, wie ich geſtehe ſehr flüchtigen, Betrachtung dieſes Zuſtandes nur noch ein Wort mehr. Es ſcheint ſich im ſomnambulen Zuſtande mehr oder weniger, insgemein wohl nicht deutlich, manchmal aber ſehr auffällig, ein Sinn für Veränderungen, die über die beſchränkte Tragweite der wachen Sinne hinaus liegen, aufzuthun; die Klugen mögen davon halten, was ſie wollen; es wäre müßig, hier darum zu ſtreiten. Nur ſcheint es zunächſt in Widerſpruch damit, daß der Schauplatz des Traumlebens ſogar von der Außenwelt mehr abgewandt ſein, den Einwirkungen derſelben ferner liegen ſoll, als der Schauplatz des wachen Lebens. Jedoch gilt das bloß von den Verkehrsmitteln mit der Außenwelt durch die äußeren Sinne und Bewegungsorgane; hingegen bleibt der Sitz des Traumlebens durch ſeinen Zuſammenhang mit dem übrigen Körper nicht minder in Zuſammenhang mit der ganzen übrigen Welt, als der Sitz des wachen Lebens; und es könnte wohl ſein, daß Einwirkungen von weither, deren Natur und Tragweite wir freilich nicht kennen, um ſo leichter in uns ſpürbar würden, je weniger ſie von den Einwirkungen der Sinneswelt und den davon zurückgelaſſenen Phänomenen überwogen würden, wie es im Wachſein von Wch der Fall iſt.

---

[1] Wenn der ſchlafende Müller vom Stillſtehen der Mühle erweckt werden kann, ſo rührt das von der Eigenſchaft des Contraſtes her, die Aufmerkſamkeit in gewiſſer Richtung zu ſteigern; außerdem können manche ſehr ſchwache Reize durch Hervorrufung ſtarker Aſſociationsvorſtellungen wirken, was in „Elem.“ II. 446 beſprochen iſt. Aber dabei bleibt die obige Thatſache im Allgemeinen beſtehen.

Auch mögen ſolche manchmal in unſere Träume merkbar mit hineinſpielen. Doch iſt natürlich hier nicht der Ort, unbeſtimmte Vermuthungen der Art weiter zu verfolgen.

In allem Vorigen iſt von den mannichfachen Hypotheſen über die phyſiologiſchen beziehentlich chemiſchen Bedingungen des Schlafes ganz abgeſehen. Unſtreitig hat es ein erhebliches phyſiologiſches Intereſſe, dieſe Bedingungen zu ermitteln, aber ein pſychophyſiſches Intereſſe werden ſie erſt dann gewinnen können, wenn ſie eine Unterlage, ſei es für Erklärung oder ſicherere Begründung der vorbeſprochenen Verhältniſſe bieten. Hier handelte es ſich nur um die *nächſten* oder *weſentlichen* pſ.-ph. Bedingungen von Wachen, Schlaf, Traum. Dieſe können aber, um mich ſo auszudrücken, in ſehr verſchiedenen phyſiologiſchen Formen ſtecken; und man thut wohl, die Frage nach den einen und den anderen nicht mit einander zu vermiſchen und zu verwechſeln. Bis jetzt habe ich jedenfalls in dem, was ich von phyſiologiſchen Forſchungen und Vermuthungen über die Bedingungen des Schlafes kenne, weder eine weſentliche Unterſtützung noch einen Widerſpruch gegen die vorhin aufgeſtellten pſychophyſiſchen Anſichten gefunden; indeß folgende, ſchon in „Elem." II. 443 und 448 erwähnten, äußerlich zu beobachtenden, Thatſachen, ohne für dieſe Anſichten zu *beweiſen*, doch denſelben ſich gut fügen. Der Beweis für dieſelben aber liegt, inſoweit er ſich bis jetzt führen läßt, im eigenen Zuſammenhange der Pſychophyſik ſelbſt.

Das Gehirn ſinkt im Schlafe ein, was man bei Schädelverwundungen und durch die Schädelfontanellen kleiner Kinder zu beobachten Gelegenheit hat. Angemeſſen angebrachter Druck auf das Gehirn führt nach Verſuchen an trepanirten Thieren wie Menſchen ſicher Schlaf herbei. Puls und Athem gehen im Schlafe langſamer und die Temperatur des Körpers iſt erniedrigt; dieſe, den ganzen Körper im Schlafe betreffenden, Verhältniſſe müſſen ſich aber auch auf das Gehirn erſtrecken, und werden aller Wahrſcheinlichkeit nach die ph.-pſ. Vorgänge mit betreffen. Das aber ſtimmt gar wohl mit der Annahme eines Sinkens der pſ.-ph. Thätigkeit unter die Schwelle im Schlafe zuſammen.

Noch muß ich betonen, daß ich mir in dieſem wie in dem vorigen und folgenden Abſchnitte durchaus nur die Aufgabe geſtellt habe, meine eigenen Anſichten, wie ſie im Zuſammenhange des von mir vertretenen pſ.-ph. Syſtems begründet ſind, zu entwickeln, ohne auf die ſehr ausgedehnte Literatur anderweit vorliegender Beſprechungen derſelben Gegenſtände einzugehen und den ſich dabei darbietenden Gelegenheiten zur Discuſſion mit fremden Anſichten Folge zu geben. Und ſo gilt dies auch von der ausführlichen Abhandlung Delboeufs über Schlaf, Träume und Beziehung derſelben zum Gedächtniß, welche durch die letzten Hefte des Jahrgangs 1879 und erſten Hefte des Jahrg. 1880 von Ribots Revue philosophique läuft. Ich will aber nicht verfehlen, auf dieſe Unterſuchung eines ſo ſinnreichen, durch exacte Verſuche um die Pſychophyſik ſo verdienten, und mit einer eigenen Theorie daran betheiligten, Forſchers diejenigen hinzuweiſen, welche mehr als meine eigene pſychophyſiſche Anſicht über jene Gegenſtände kennen lernen wollen. Eben ſo wenig aber ſind in dieſer Hinſicht Wundts Ausführungen über Schlaf und Traum in ſeiner phyſiolog. Pſychol. II 359 ff. zu übergehen.

XXI. Einige Gedanken über die pſychophyſiſche Repräſentation der Erinnerungen.

Die ſinnlichen Empfindungen und Anſchauungen hängen an Proceſſen, die durch Empfindungsreize in unſeren Nerven vermittelt ſind, und zum Bewußtſein kommen, indem ſie in das allgemeine Syſtem pſychophyſiſcher Proceſſe, das unſer geſammtes Bewußtſein trägt, eintreten. Die Erinnerungen aber ſind an Nachwirkungen geknüpft, welche dieſe Proceſſe im Gehirn hinterlaſſen. In Gemäßheit oder Geſtattung unſerer jetzigen anatomiſchen Kenntniſſe nun nehme ich an, daß jede Faſer, welche eine Sinneserregung ins Gehirn zuführt, ſich von einer, durch eine Ganglienzelle bezeichneten, centralen Stelle des Gehirns aus nach verſchiedenen Seiten verzweigt, und mit Verzweigungen und Unterverzweigungen von anderen Sinnesnerven her in einem netzförmigen Gewebe zuſammentrifft, in welches ſich die Ganglienzellen als Knotenpuncte einſchieben. In dieſem, die graue Gehirnmaſſe durchziehenden und großentheils conſtituirenden, Gewebe denke ich das Zuſtandekommen der Erinnerungen localiſirt. In der That dürfte mit dieſen Vorſtellungen von einer Seite dem Stande unſerer bisherigen Kenntniſſe vom Baue und den Functionen des Gehirns, von anderer Seite dem Bedürfniß, die geiſtigen Vorgänge, in denen Erinnerungen zur Erzeugung neuer und höherer geiſtiger Producte zuſammentreffen, einer pſ.-ph. Repräſentirbarkeit zugänglich zu machen, zunächſt in allgemeinſter Weiſe entſprochen ſein.

Die phyſiſchen Vorgänge ſelbſt, welche den Empfindungen ſo wie deren Nachklängen, den Erinnerungen, unterliegen, denke ich unter der

Form von Schwingungsvorgängen, die in den Sinnesnerven vor Anlangen an den Centren verhältnißmäßig einfach verlaufen, in dem Gewebe der Verzweigungen dieſer Nerven aber mit den von anderen Sinnesnerven her kommenden Schwingungen zuſammentreffen, womit die von dieſen Schwingungen getragenen Erinnerungen Einfluß auf einander gewinnen. In der That läßt weder die Structur der nervöſen Faſern an andere als Schwingungsvorgänge darin denken, noch würden andereartige Vorgänge ſich der Repräſentirbarkeit der Erinnerungsvorgänge fügen.

Die Function der Ganglienzellen möchte aus mehrfachen Geſichtspuncten zu betrachten ſein. Einmal ſprechen phyſiologiſche Thatſachen dafür, daß die Fortpflanzung der Schwingungen durch ſie ſich verlangſamt (vergl. S. 239 f.). Alſo werden die Schwingungen der Faſern, zwiſchen denen ſie ſich einſchieben, nicht ſo raſch in einander überfließen können, als wenn dies Hemmniß nicht vorhanden wäre, und werden inſofern in gewiſſer Weiſe dadurch auseinandergehalten; zweitens aber miſchen ſich die Schwingungen der verſchiedenen Faſern, welche in dieſelbe Ganglienzelle münden, während des, doch nicht aufgehobenen, nur verzögerten, Durchganges durch dieſelbe und treten in neuen Verbindungen daraus wieder hervor. Alſo haben die Ganglienzellen aus gewiſſem Geſichtspuncte eine trennende, aus anderem eine verbindende Eigenſchaft, und hindern den zu raſchen Ablauf der pſychiſchen Phänomene überhaupt. Außerdem mögen die Ernährungsvorgänge, die in ihnen vorgehen, als hauptſächlichſter Quell der pſychophyſiſchen lebendigen Kraft dienen, ohne daß doch hierüber ſchon irgendwie klare Vorſtellungen beſtehen.

Das Totalbewußtſein des Menſchen nun hängt nach meiner Anſicht an dem Schwingungscomplex ſeines ganzen pſ.-ph. Syſtems, ſo weit es im Zuſammenhange die Schwelle überſteigt, und ich wüßte nicht, warum, wie es Manche freilich meinen, bloß die Schwingungen oder chemiſchen Proceſſe in den *Ganglienzellen* dabei in Betracht kommen ſollten; ſie werden nur die angegebene functionelle Bedeutung dabei haben. Jede, dem Totalcomplex angehörige, Schwingung, wie jeder darein eingehender Schwingungscomplex, ſei es in oder außer den Ganglien, wird etwas beitragen, das Bewußtſein im Ganzen zu heben, die Helligkeit deſſelben zu verſtärken, den Inhalt deſſelben mit zu beſtimmen; um aber ein beſonders unterſcheidbares, nicht bloß in einem allgemeinern Phänomen oder dem ganzen Bewußtſein aufgehendes pſychiſches Phänomen zu geben, wird der beſondere Schwingungsvorgang, der dem betreffenden Phänomen charakteriſtiſch zugehört, ſich nach dem

Princip der Miſchungsſchwelle (S. 179 f.) in gewiſſem Verhältniſſe über die mitgehenden erheben müſſen.

Fragt ſich jetzt, wie die lange Aufbehaltung von Erinnerungen oder vielmehr die lang dauernde Reproductionsfähigkeit derſelben und verhältnißmäßige Ungeſtörtheit derſelben durch einander möchte repräſentirbar ſein.

Daß die, durch einen Empfindungsreiz erweckten, Schwingungen auch nach Fortpflanzung in die von den Ganglienzellen ausſtrahlenden Erinnerungsfaſern, um dieſen kurzen Ausdruck zu gebrauchen, noch eine Zeit lang darin fortklingen können, hat an ſich nichts Auffälliges, und ebenſo verſteht ſich leicht, daß ſie ſchon wegen ihrer Zerſtreuung und Miſchung mit andersher kommenden Schwingungen bald unter die Schwelle der Unterſcheidbarkeit fallen, ohne mit Verluſt der Unterſcheidbarkeit ſofort verloren zu ſein; aber allmälig müſſen ſie doch nach noch ſo vielen Zuſammenſetzungen und etwaigen Zurückwerfungen, die ſie im Laufe ihrer Fortpflanzung durch das Gehirn erfahren mögen, ihren Weg über das Gehirn hinaus finden[1]. An ihrer beſchränkten Nachdauer im Gehirn kann alſo die nachhaltige Aufbewahrung oder Reproducirbarkeit der Erinnerungen nicht hängen; ſondern es wird anzunehmen ſein, daß die, einmal in den Ganglienzellen und Erinnerungsfaſern erweckten, Schwingungsvorgänge eine mehr oder weniger nachhaltige Einrichtung derſelben hinterlaſſen, welche die Wiederkehr derſelben Schwingungsweiſe erleichtert; eine Vorſtellungsweiſe, die übrigens nichts Neues iſt, ſondern von jedem getheilt wird, der an eine pſ.-ph. Vermittlung der Erinnerungen überhaupt denkt. Nur kann man denſelben allgemeinen Gedanken noch verſchieden ausführen, und ſo fahre ich fort.

Zunächſt kann man einige Erläuterung in folgender Analogie finden. Ein Fußweg wird bis zu gewiſſen Grenzen um ſo gangbarer, je öfter er begangen iſt; und nicht nur, daß man auch in uns Gedanken gehen, laufen, ſich begegnen läßt u. ſ. w., ſo hängt, wie ich mir habe ſagen laſſen, im Sanſkrit ſogar das Wort Denken von einem Wurzelwort, welches Gehen bedeutet, ab. Nun ſind in den Faſern des Gehirns ſchon unzählige Fußwege für den pſychophyſiſchen Gang des Vorſtellens und Denkens vorgezeichnet, welche von vorn herein beſtimmte Anlagen dafür begründen; unſtreitig aber hindert nichts, daß auch von dieſen Wegen ganze Complexe durch öfteres Begehen gangbarer als andere werden, ja der weiche Bau des Gehirns und die unſägliche Feinheit der Faſerung läßt es ſelbſt als möglich erſcheinen, daß mit der Entwickelung des Geiſtes im Laufe des Lebens neue Verbindungswege ſich ausbilden.

---

[1] Sie könnten auch durch Reibung ſcheinbar erlöſchen. Aber ſolch' Erlöſchen bedeutet nur eine Verwandlung in Wärmeſchwingungen; und da Wärmeſchwingungen ſo gut als Lichtſchwingungen eine verſchiedene Periode haben, wüßte ich zunächſt nicht, weßhalb die Periode der Wärmeſchwingungen nicht von der Periode der Schwingungen, die ſich in ſie umſetzen, abhängen ſollte. Unſtreitig aber zerſtreuen ſich die Schwingungen bei dieſem Umſatz, und tragen zwar immer noch zur Hebung des Allgemeinbewußtſeins bei — ein gefrorenes Gehirn wäre ein todtes Gehirn —, geben aber auch nur einen für ſich ununterſcheidbaren Beitrag dazu.

Um jedoch nicht bei einer bloßen Analogie ſtehen zu bleiben, ſo kann man zum Beweiſe, daß ein Princip, wie wir es für die Reproducirbarkeit von Schwingungen vorausſetzen, der materiellen Welt nicht überhaupt fehlt, daran erinnern, daß Reſonanzböden muſikaliſcher Inſtrumente durch häufiges Spiel um ſo geeigneter werden, deren Töne wiederzugeben; es wird nur dies Princip in dem ſo entwickelungsfähigen pſ.-ph. Syſtem unendlich entwickelter anzunehmen ſein, als in feſten Reſonanzböden. Allgemein aber wird man zu denken haben, daß die verſchiedenen Schwingungsweiſen, an welche ſich die verſchiedenen Empfindungen und deren Erinnerungen knüpfen, ſolidariſch mit verſchiedenen Anordnungen der Theilchen oder ihrer Schwingungscentren ſind (ſ. unten S. 298 f.). Wird nun ein Empfindungsreiz entfernt, und erlöſcht die Erinnerung durch Sinken ihres pſ.-ph. Proceſſes unter die Schwelle, ſo bleibt doch die, durch dieſen Proceß hervorgerufene, ihm adäquate Anordnung der Theilchen mehr oder weniger nachhaltig zurück, und erleichtert damit die Wiederkehr einer Empfindung oder Erinnerung derſelben Art, erſchwert die Hervorrufung einer ſolchen von verſchiedener Art in denſelben Faſertracten, indem die neue Anregung die Theilchen ſchon in einer für eine gewiſſe Empfindungen oder Erinnerungen adäquaten Einrichtung vorfindet. Für die durch die ſpecifiſchen Sinnesnerven vermittelten Empfindungen nun kann dies bloß den Einfluß haben, daß durch Übung der Nerv um ſo geeigneter zur Functionirung für ſeine Art von Empfindungen wird, für die weiter auslaufenden verzweigten Faſertracte aber, deren Schwingungen den Erinnerungen dienen, kann der Erfolg der ſein, daß, wenn von vorn herein alle gleich gut geeignet waren, Schwingungen der verſchiedenſten Art aufzunehmen, diejenigen, welche öfter zu gewiſſen Arten Schwingungen veranlaßt wurden, auch ſich mehr und mehr auf die denſelben adäquaten Anordnungen der Theilchen einrichten.

Aus dieſen Vorderſätzen verſteht ſich zunächſt leicht, weßhalb der Menſch aus den erſten Kinderjahren keine oder keine deutlichen Erinnerungen zurückbehält; indeß er im hohen Alter von manchen Ereigniſſen der ſpätern Kinderjahre die deutlichſten Erinnerungen zurückbehalten kann, wogegen kurz vorhergegangene Ereigniſſe leicht ſeinem Gedächtniſſe entſchwinden. In den erſten Lebensjahren müſſen ſich durch wiederholte Erfahrungen in beſtimmten Richtungen die mehr oder weniger feſten Einrichtungen erſt bilden, welche die Reproductionsfähigkeit der Erinnerungen begründen. Im höheren Lebensalter ſind theils durch wiederholte Erfahrungen, theils den Einfluß des, die Beweglichkeit der Theilchen überhaupt mindernden, Alters, die Einrichtungen ſchon ſo befeſtigt, um keiner neuen Modification mehr Raum zu geben.

Mit der allmäligen Ausbildung ſich mehr und mehr feſtigender Einrichtungen und Einrichtungscomplexe muß aber auch eine allmälige Sonderung derſelben für verſchiedene Erinnerungen und Erinnerungscomplexe Hand in Hand gehen. Denn unſtreitig zwar werden dieſelben Faſertracte, ſo lange die Einrichtung derſelben nicht ganz feſt geworden iſt — und ganz feſt wird ſie nie während des Lebens werden — ſich fortgehends auch Änderungen der Anordnung der Theilchen und damit zuſammenhängenden Schwingungsweiſen gefallen laſſen müſſen; aber nach Maßgabe, als ſich eine Einrichtung ſchon in gewiſſen Erinnerungsfaſern und Complexen derſelben befeſtigt hat, werden Schwingungen anderer Art es leichter finden, ſich durch andere Faſerverzweigungen fortzupflanzen und dieſe ihrerſeits für ſich einzurichten. Durch dieſe räumliche Ausbreitung der Einrichtungen mit Sonderung derſelben für verſchiedenartige Erinnerungen und Erinnerungscomplexe wird nicht nur das Zuſtandekommen und die Wiederholung von Erinnerungen verſchiedener Art, ſondern auch die Ungeſtörtheit derſelben durch einander erleichtert; und hierin ſuche ich einen Hauptgeſichtspunct des pſ.-ph. Gedächtnißmechanismus.

In der That verſteht ſich hienach die Bedeutung, welche die Größe des Gehirns, insbeſondere der grauen Maſſe deſſelben, für die geiſtige Entwickelung hat. Unſtreitig zwar können bei ſchon gegebenen Einrichtungen des pſ.-ph. Syſtems dieſelben Faſern und Zellen bis zu gewiſſen Grenzen verſchiedenen Erinnerungscomplexen dienen, ſofern dieſen doch bis zu gewiſſen Grenzen gemeinſame Erinnerungsmomente zukommen, und ſelbſt die verſchiedene Folge und Richtung, in welcher die Erinnerungsfaſern erregt werden, auch bei ungeänderter Einrichtung derſelben eine Verſchiedenheit der Erinnerungen bedingen kann, endlich, weil eine gewiſſe Umänderung der Einrichtungen derſelben Faſern doch immer möglich bleibt; aber alles das reicht nur bis zu gewiſſen Grenzen, und für ein reich entwickeltes Erinnerungsſyſtem bedarf es auch eines entſprechenden Reichthums der Mittel in einer Vielheit mit einander beſtehender Einrichtungen. Demgemäß hat der Menſch, welcher unſtreitig mehr Erinnerungen als jedes Thier aufbehalten kann, auch eine größere graue Gehirnmaſſe — nur in dieſer aber iſt der Complex des Erinnerungsgewebes zu ſuchen.

Es giebt freilich bis zu gewiſſen Grenzen ſehr kluge Thiere, die ein ſehr kleines Gehirn haben, wie die Ameiſen. Aber ſie werden gewiß außerordentlich wenig Erinnerungen und dieſe nur in Beziehung auf ein ſehr beſtimmtes Lebensgebiet haben, indeß ſie von vorn herein ſo eingerichtet ſein können, daß ſie ohne Erinnerung bis zu gewiſſen Grenzen zweckmäßig auf äußere Anregungen, welche ihr gewohntes Lebensgebiet nicht überſchreiten, zugleich pſychiſch und phyſiſch zweckmäßig reagiren; wie ſich denn überhaupt die Thiere darin von den Menſchen unterſcheiden, daß ihnen Einrichtungen für beſchränkte Zwecke ſchon vorgegeben ſind, welche ſich die Menſchen erſt erwerben müſſen; womit aber dieſe auch das Vermögen haben, ſich für verſchiedenartigere Zwecke einzurichten, als die Thiere.

Man kann den vorigen directen Betrachtungen noch mit Vergleichen und Analogien von manchen Seiten zu Hülfe kommen, welche jedenfalls das Intereſſe haben, zu zeigen, daß die für das pſ.-ph. Syſtem in Anſpruch genommenen Verhältniſſe eine Geltung auch darüber hinaus beweiſen; und näher zugeſehen dürfte ſich ſogar zeigen laſſen, womit ich mich doch hier nicht bemühen will, daß ſie ihre Bedeutung ſelbſt nur durch Vermittlung entſprechender Verhältniſſe im pſ.-ph. Syſtem gewinnen.

Wo es bei ſchriftlicher Darſtellung auf Raumerſparniß ankommt, wie bei Briefen mit theuerem Porto, ſchreibt man wohl längs und quer, ja gar noch diagonal durch einander, und der Brief iſt immer noch lesbar, indem man die Zeilen nach den verſchiedenen Richtungen verfolgt; und ich meine, daß daſſelbe Princip in der Gehirnſchrift, wo die Aufmerkſamkeit den Leſer vertritt, in viel höherem Grade entwickelt ſein mag. Aber über gewiſſe Grenzen hinaus reicht doch das Princip ſolcher Raumerſparniß bei Briefen nicht, und ſo legt man, wo es viel zu ſchreiben gilt, ein neues Blatt an. Entſprechend mag es mit der Gehirnſchrift ſein.

Man kann auf einer Harfe mit bloß *einer* Saite jede Melodie ſpielen, wenn man für jeden neuen Ton die Saite neu ſtimmt. Aber unendlich praktiſcher iſt es, verſchiedene Saiten neben einander aufzuziehen, und dieſe für die verſchiedenen Töne verſchieden zu ſtimmen. Harmonie läßt ſich mit *einer* Saite gar nicht erzielen, je mehr verſchieden geſtimmte Saiten, deſto reicher, entwickelter kann die Harmonie werden. Zu viel Saiten aber würden doch das ganze Inſtrument zu ſchwerfällig und zu ſchwierig zu handhaben machen; alſo bleibt man in gewiſſen Grenzen ſtehen. Man kann nun nach der ſonſt in der organiſchen Welt herrſchenden Teleologie vorausſetzen, daß ſie es zur zweckmäßigſten Abwägung in dieſer Hinſicht gebracht haben wird.

Jedoch wenden wir uns wieder zu directeren Betrachtungen.

Man darf bei allem Vorigen nicht vergeſſen, daß die Aufbehaltungsfähigkeit von Erinnerungen und die Ungeſtörtheit derſelben durch die Menge und Mannichfaltigkeit ihrer Kreuzungen, wie wunderbar ſie uns erſcheint, doch ihre nahe liegenden Schranken hat, und daß ſelbſt zu dieſen beſchränkten Leiſtungen ein ungeheuer verwickelter Apparat hat aufgeboten werden müſſen, an deſſen Verletzungen leicht auch Verletzungen der Erinnerungsfähigkeit hängen, was zu verfolgen nicht ohne Intereſſe wäre, doch theils hier zu weit führen würde, theils nicht hinlänglich von mir ſtudirt iſt. Von dem Unzähligen, was uns im Leben begegnet iſt, und was wir während deſſelben gedacht haben, können wir uns doch *verhältnißmäßig* nur eines kleinen Theils erinnern, können es nur unter beſchränkten Bedingungen und in beſchränkter Deutlichkeit. Im Grunde vergeſſen wir überhaupt das Meiſte von Specialitäten im Leben; wer kann ſich noch jedes Weges erinnern, den er an dieſem und jenem Tage gemacht hat, jedes Wortes, was er hier oder da geſprochen oder gehört hat; indeß er ſich freilich des Weges überhaupt erinnern mag, wenn er ihn oft gemacht hat oder ihm etwas Merkwürdiges darauf begegnet iſt, und der Worte überhaupt erinnern kann, die er ſo oft gebraucht oder gehört hat, oder einer merkwürdige Rede, die ihn beſonders frappirt hat, weil in Bezug auf ſolche Erinnerungen ſich die begünſtigenden Einflüſſe der möglichen Reproduction ſummiren oder beſonders ſtark ſind. Alſo kann man ſich nur wundern, daß bei ſo vielem Vergeſſenen doch noch die Möglichkeit ſo vieler Erinnerungen übrig bleibt, hätte ſich aber von der anderen Seite über die ungeheure Complication unſeres Gehirns zu wundern, wenn ſie nicht zu ſehr complicirten Leiſtungen dienen müßte. Dabei können doch die Principien, nach denen dieſe complicirten Leiſtungen erfolgen, ſehr einfach ſein.

Unſtreitig, ſo lange der Menſch lebt, ſind alle Gehirnfaſern und Ganglienzellen deſſelben in Schwingungen begriffen; indem ſolche fortgehends durch den Lebensproceß darin unterhalten, oder nach Maßgabe, als die frühern ſich über das Gehirn hinaus verbreiten, neu nacherzeugt werden; — ganz ſtille Atome giebt es ja überhaupt nicht in der Welt. Die neu erzeugten Schwingungen nehmen unter dem Einfluſſe der von den früheren Schwingungen hinterlaſſenen Einrichtungen von ſelbſt die Form der früheren an. Dies ganze Erinnerungsnachſpiel aber bleibt inſoweit unbewußt, als es nicht eine gewiſſe Stärke überſteigt; geſchieht es aber, ſo iſt es immer eine Wiederholung der, durch die hinterlaſſenen Einrichtungen bedingten, Schwingungsweiſe, inſoweit nicht neue Anläſſe zur Abänderung eintreten. Und ſo kann es ſein, daß, wenn ein Menſch ohne Antriebe, ſich innerlich ſelbſt fortzubilden, im gewohnten periodiſchen Wechſel der äußeren Lebensverhältniſſe bleibt, auch immer nur Erinnerungen derſelben Art in ſeinem Gehirn kreiſen, indem alle neuen Anregungen nur die den früheren adäquaten Einrichtungen wiederfinden und für die Reproduction in Erinnerungen hinterlaſſen. Aber es können auch von innen mit dem Gefühle innerer Selbſtthätigkeit oder von außen durch weſentlich neue Lebensverhältniſſe die vorhandenen Einrichtungen mehr und mehr umgeändert und hiemit der Menſch geiſtig fortgebildet werden.

Nach alledem ſcheint eine unüberwindliche Schwierigkeit darin zu liegen, und jedenfalls eine gewiſſe iſt darin zu finden, daß mitunter, allerdings nur unter eigenthümlichen Bedingungen, ganz verſchollene Erinnerungen mit großer Beſtimmtheit wieder auftauchen können. Namentlich bei Sterbenden und in ſomnabulen Zuſtänden, doch ſelbſt in gewöhnlichen Träumen, kommen Fälle dieſer Art nach glaubhaften Zeugniſſen vor, wonach mehrfach die Anſicht ausgeſprochen worden iſt, daß im Grunde für nichts, was der Menſch erlebt hat, die Möglichkeit der Erinnerung daran verloren gehe, nur daß dieſe Möglichkeit ſich für ganz erloſchen ſcheinende Erinnerungen nur unter beſonderen, nicht hinreichend erkannten, Bedingungen verwirklichen könne.

Inzwiſchen handelt es ſich auch für die Pſychophyſik nur um den Mangel einer hinreichenden Erkenntniß dieſer Bedingungen, indeß ſie allgemeine Geſichtspuncte dafür wohl aufſtellen kann. Allerdings erſcheint zunächſt für ſie die Möglichkeit der Reproduction einer Erinnerung verloren, wenn ſich von der Einrichtung, die zu dieſer Reproduction gehört, nichts mehr im pſ.-ph. Apparat vorfindet, ſei es, daß ſie ſich in andere Einrichtungen verwandelt hat oder in zuſammengeſetztere Einrichtungen ein- und aufgegangen iſt, und eines oder das andere ſcheint doch für Erinnerungen, über die ein langes Leben mit immer neuer Durcharbeitung des ganzen pſ.-ph. Apparates hingegangen iſt, der Fall ſein zu müſſen. Aber ſo lange der Menſch lebt, wird auch die Möglichkeit nicht ausgeſchloſſen ſein, daß die neuen Einrichtungen, die ſich in einer gewiſſen Folge aus den früheren hervorgebildet haben, am Faden derſelben, nur rückwärts ſich abſpinnenden, Folge bis zu irgendwelcher früheren Einrichtung zurückführen, analog, wie man von einer vorwärts geleſenen Rede durch umgekehrten Verfolg ihrer Buchſtaben oder Worte bis zu irgendwelchem früheren Buchſtaben oder Worte derſelben zurückkommen kann. Oder auch, es läßt ſich denken, daß die zuſammengeſetzten Einrichtungen, in welche die früheren eingegangen und gleichſam darin aufgehoben ſind, durch Wiederzerlegung eine frühere, die ſo zu ſagen lange darin wie gebannt und verloren geſteckt hat, wieder frei werden laſſen, analog folgendem Falle: Der Ton eines muſikaliſchen Inſtrumentes werde deutlich gehört. Aber es treten andere ſtärker tönende Inſtrumente hinzu, und in dem Tonergebniſſe der ganzen aus allen dieſen Inſtrumenten zuſammengeſetzten muſikaliſchen Einrichtung geht der Ton jenes Inſtrumentes ununterſcheidbar auf und unter. Werden aber die anderen muſikaliſchen Inſtrumente entfernt, ſei es auch erſt in einer noch ſo ſpäten Zeit, ſo tritt der Ton jenes Inſtruments wie früher deutlich hervor. Daß aber Bedingungen der Art nicht ſollten eintreten können, iſt jedenfalls nicht a priori zu behaupten; nur wiſſen wir das Wie davon bis jetzt nicht anzugeben.

Wenn ich annehme, daß Einrichtungen zu Schwingungen ſich ſo gut als Schwingungen ſelbſt zuſammenſetzen und zerlegen können, ſo liegt hiebei folgende Vorſtellungsweiſe zu Grunde.

Allgemeingeſprochen erfährt jedes Theilchen eine um ſo zuſammengeſetztere oder verwickeltere Schwingung, durch je mehr Theilchen von andersher es zur Schwingung beſtimmt wird, und je verſchiedener dieſe dazu angeordnet ſind[1]; wobei für Gruppen aus verhältnißmäßig einander nahen Theilchen die Mitbeſtimmung durch viel fernere vernachläſſigt werden kann. Die ganze Schwingungszuſammenſetzung aber, die hieraus für ein Theilchen hervorgeht, läßt ſich nach einem bekannten mathematiſchen Princip in einfachſte Schwingungen von im Allgemeinen verſchiedener Amplitude, Periode und verſchiedenem Schwingungscentrum zerlegen. Die Zuſammenſetzung dieſer Schwingungscentren repräſentirt nun ſchon für jedes einzelne Theilchen eine ſeiner verwickelten Schwingungsweiſe zugehörige Einrichtung. Dieſe aber hängt in ſolidariſcher Wechſelbeſtimmtheit zuſammen mit einer zugehörigen zuſammengeſetzten Einrichtung der anderen Theilchen, durch welche jenes Theilchen zu ſeiner Schwingungsweiſe beſtimmt wird, und die es ſeinerſeits beiträgt, zu ihrer Schwingungsweiſe zu beſtimmen; wodurch eine um ſo zuſammengeſetztere Einrichtung für die ganze Gruppe von Theilchen entſteht, deren Aufeinanderwirken merkbar iſt. Fällt nun von einer Gruppe ein Theilchen weg, um ſich anderen entfernten zuzuwenden oder ſpaltet ſich gar eine ganze Gruppe, ſo hat man darin den Fall der Zerlegung einer zuſammengeſetzten Einrichtung, womit ſich auch die zugehörige zuſammengeſetzte Schwingung zerlegt; umgekehrt verſteht ſich danach das Eingehen von einfacheren Einrichtungen und Schwingungen in zuſammengeſetztere durch Zutritt von Theilchen aus anderen Gruppen oder Verſchmelzung von Gruppen. Dies iſt nicht mehr bloße Analogie, ſondern vorausſätzlich der Sachverhalt, doch kann das obige Beiſpiel der Inſtrumente immer noch zur Erläuterung dieſes Sachverhalts dienen. Hieran ließen ſich Gedanken über die Bedeutung eines lebhaften Stoffwechſels im Gehirn für die Lebhaftigkeit der pſychiſchen Functionen knüpfen; und ich halte überhaupt den Geſichtspunct der vorigen Betrachtung für ſehr fruchtbar, nur bis jetzt noch nicht ins Sichere verfolgbar.

---

[1] Unſtreitig ſind die Anordnungs- und Bewegungsverhältniſſe in dieſer Hinſicht verwickelter im organiſchen als unorganiſchen Reiche, worüber ich eine Hypotheſe in m. Schr. „Einige Ideen über die Schöpfungs- und Entwickelungsgeſchichte der Organismen“ (1873) entwickelt habe.

Überhaupt meine ich nicht, daß mit vorigen Betrachtungen das Thema erſchöpft und alles Dunkel desſelben aufgeklärt iſt. Zur Weiterentwickelung des Themas aber wird vornehmlich gehören, die vorhin entwickelten Geſichtspuncte mit denen, die im XIX. Abſchn. über die Rolle der Aufmerkſamkeit entwickelt ſind, in Beziehung zu ſetzen, ſofern dieſe, je nachdem ſie ſich von Erinnerungsphänomenen abzieht oder auf dieſelben bezieht, ſolche aus dem Bewußtſein oder in das Bewußtſein zu heben vermag; und Erinnerungen ſich um ſo leichter und ſtärker einprägen, je aufmerkſamer die Gegenſtände, an die es gilt ſich zu erinnern, betrachtet worden ſind. Ferner wird es gelten, die beim Gedächtniß eine ſo große Rolle ſpielenden Aſſociationsvorgänge pſychophyſiſch zu repräſentiren, wofür zwar der allgemeine Geſichtspunct leicht angebbar iſt, der Verſuch eines eingehenden Verfolgs aber alsbald in nicht ebenſo leicht lösbare Verwickelungen führt.

Siebente Abtheilung.

Verhandlungen mit verſchiedenen Autoren.

XXII. Prof. Dr. J. Delboeuf.

Delboeuf hat in der Revue philosophique par Ribot. 1878 Jan. et Févr. eine Kritik meiner Schrift „In Sachen" veröffentlicht, und darin theils frühere Angriffe gegen mich neu aufgenommen und zu verſchärfen geſucht, theils ſeine eigene pſ.-ph. Grundanſicht gegen die von mir erhobenen Einwürfe zu halten geſucht; ich vermöchte mich aber weder in der einen noch anderen Hinſicht ſeinen Betrachtungen zu fügen.

Hauptſächlich ſind es mathematiſche Geſichtspuncte, aus denen er meine Aufſtellung der Pſychophyſik angreift. Anſtatt aber dem mathematiſchen Gange, nach dem ich vom Weberſchen Geſetze und der Thatſache der Schwelle zur Fundamentalformel, Maßformel und Unterſchiedsmaßformel mit ihren Conſequenzen aufſteige, gefolgt zu ſein, ſetzt er mir allgemeine Erörterungen über die Weiſe, wie Maße zu verſtehen, Maßeinheiten zu beſtimmen, Maße functionell von einander abhängig zu machen ſind, entgegen, wogegen ich verbrochen haben ſoll, und die in einem Hauptvorwurfe gipfeln, den ich folgends unter 1) beleuchte; fügt auch dazu noch verſchiedene andere Einwürfe, auf welche die folgenden Nummern gehen. Hiegegen mache ich meinerſeits Delboeuf den Hauptvorwurf, daß er gegen mich ſchreibt, ohne näher zugeſehen zu haben, was ich ſelbſt geſchrieben habe; denn hätte er es gethan, ſo hätte er zu ſeinem Hauptvorwurf gar nicht kommen können. Bei der großen Achtung, die ich vor Delboeuf als exactem Forſcher hege, thut es mir in der That leid, daß nicht auch meinem Buche etwas mehr von dieſer Eigenſchaft ſeitens deſſelben zu Gute gekommen iſt.

1) Auf p. 60 beſteht Delboeuf, und ganz mit Recht, darauf, daß dem Maße der Empfindung auch eine Einheit der Empfindung unterliegen müſſe; aber, ſagt er, „bei Fechner wird die Empfindung durch den

Reiz (excitation) gemeſſen", und führt zum Belege eine mißverſtandene und falſch citirte Stelle (ſ. unten) von mir an, während ganz ausdrückliche, ein Mißverſtändniß gar nicht zulaſſende, Erklärungen von mir mit conſequenter Entwickelung meines ganzen Formelſyſtems im Sinne dieſer Erklärungen beweiſen, daß ich weder den Reiz ſelbſt, noch die dadurch hervorgebrachte innere körperliche Erregung als Maß der E. brauche, ſondern den Reiz bloß nach ſeinem functionellen Verhältniß zur E. zur Erlangung eines Maßes benutze, in welchem die, von Delboeuf richtig geſtellte, Forderung auch erfüllt iſt.

In der That muß Delboeuf meine fundamentalſten Betrachtungen gar nicht angeſehen haben. In „Elem." II. p. 18 ſage ich wörtlich: „In der Maßformel und ihren Ableitungen iſt ſowohl die Größe des Reizes als der Empfindung jede auf eine Einheit ihrer Art zu beziehen. Denn da Reiz und Empfindung ganz heterogener Natur ſind, ſo können ſie auch nur durch Einheiten ihrer Art beſonders gemeſſen, nicht aber ihnen eine gemeinſame Einheit untergelegt werden. In der That erklären wir in unſerem Maße der E. dieſe nicht als ein Wievielmal des Reizes, ſondern als ein Wievielmal einer als Einheit untergelegten Empfindungsgröße derſelben Art, und nur die Beziehung der E. zu ihrer Einheit wird nach der Beziehung des Reizes zu ſeiner Einheit beſtimmt, indem beide Beziehungen eine Function von einander ſind, welche derartig iſt, daß, wenn die eine Beziehung gegeben iſt, die andere daraus zu folgern iſt."

Nun iſt die Maßeinheit an ſich willkürlich; ich zeige aber im Fortgang, welche Einheit der E. man am zweckmäßigſten annimmt, um die Maßformel möglichſt einfach darzuſtellen. Verlangt man nun die Aufzeigung dieſer Empfindungseinheit, wie man eine phyſiſche Maßeinheit, z. B. ein Pfund, eine Linie als Maßeinheit aufzeigen kann, ſo geſchieht die Aufzeigung durch Verweiſung auf die Empfindung, die einem aufzeigbaren Reize zugehört, der den aufzeigbaren Schwellenwerth des Reizes in gegebenem Verhältniſſe überſteigt.

Und welches iſt nun die Stelle, in der ich mich allem Vorigen entgegen nach Delboeuf „ſehr klar" ausgedrückt haben ſoll, daß ich die Empfindung durch den Reiz gemeſſen haben will? Sie lautet nach Delboeuf wörtlich (mit Anführungszeichen) ſo: »s'il est, — dit il — impossible d'obtenir la mesure de la sensation par la superposition intérieure de sensations, de la même manière qu'on mesure extérieurement un morceau d'étoffe au moyen du mètre, cependant on peut la faire reposer sur le rapport de dépendance qui existe entre la force de l'excitation et celle de la sensation provoquée par elle et, de cette façon, mesurer la sensation intérieure par un mètre extérieur.« Dieſe Stelle ſoll p. 1 bei mir ſtehen. Nun habe ich mich aber danach nicht nur auf p. 1 meiner „Elemente" und „In Sachen", ſondern überall, wo ſie nach dem Zuſammenhange geſucht werden könnte, umſonſt umgeſehen, und nur in „Elem." I. p. 56 f. folgende Stelle gefunden, die in obiger nicht ſowohl wiedergegeben, als verſtümmelt und verdreht iſt. Sie lautet unter Vervollſtändigung durch den bei Delboeuf fehlenden, für ſich allein ſchon ſeinem Vorwurf widerſprechenden, Eingang ſo:

„Alſo werden wir, wenn wir an ein Maß des Pſychiſchen, als wie der Stärke von Empfindungen und Trieben, und, im weiteren Verfolg, der Intenſität unſerer Aufmerkſamkeit, der Helligkeit unſeres Bewußtſeins denken wollen, dafür allerdings auch eine Maßeinheit derſelben Art verlangen müſſen, aber nicht die Maßmittel und das Maßverfahren nothwendig auch im reinen Gebiete des Pſychiſchen, d. i. der inneren Wahrnehmung, zu ſuchen, ſondern ſolche nur ſo einzurichten haben, daß eine reine Beziehung auf die pſychiſche Maßeinheit daraus hervorgeht. Es wird niemals möglich ſein, eine Empfindung unmittelbar ſo über die andere zu legen, daß ein Maß der einen durch die andere erwüchſe; aber es kann durch Zuziehung von etwas Anderem, woran die Empfindungen ſo gut geknüpft ſind, als die Ausdehnung der Elle an die Materie der Elle, möglich ſein, ein Maß der Empfindungen zu gewinnen."

Ich ſage alſo am Schluſſe dieſer Stelle, daß ein Maß der E. durch „Zuziehung" von etwas Anderem als E., aber nicht durch dies Andere ſelbſt zu gewinnen ſein ſoll; und wie ich das meine, iſt ſo eingehend von mir erläutert, daß ich beim Fehlen aller Spur, Delboeuf ſei etwas davon zu Geſicht gekommen, in der That nicht anders als vermuthen kann, es habe ihm ſtatt meiner „Elemente" überhaupt bloß ein irgendwo vorfindlicher oberflächlicher Auszug daraus vorgelegen, und der folgende Punct ſcheint mir das nur zu beſtätigen.

2) p. 61 ſagt Delboeuf: „Man kann heutzutage mit vollem Fuge den durch einen Körper durchlaufenen Raum dadurch meſſen, daß man bloß die Zeit beſtimmt, welche ſeit Anfang des Falls verfloſſen iſt, und umgekehrt; aber zuvor war es nöthig feſtzuſtellen, daß eine conſtante Beziehung zwiſchen dieſen beiden Größen beſteht."

Ganz recht; aber befolge ich nicht dieſe Regel bei Conſtruction des Empfindungsmaßes dadurch, daß ich vor Allem in Bewährung des Weberſchen Geſetzes die conſtante Beziehung zwiſchen gleich merklichen kleinen Empfindungszuwüchſen und gleichen relativen Reizzuwüchſen oder, nach anderer Faſſung des Geſetzes, zwiſchen gleich groß gefundenen Unterſchiedsempfindungen und gleichen Reizverhältniſſen feſtſtelle? Nach dieſer Feſtſtellung aber folgt, inſoweit man das Weberſche Geſetz als fundamental anſieht, alles Übrige mathematiſch von ſelbſt.

3) Nach p. 45 ſoll ich mich in meiner Argumentation gegen Hering („In Sachen" p. 42 ff.) begnügen, zu verſichern, „daß die eben merklichen Unterſchiede (les sensations des minima perceptibles) immer gleich ſind." Man ſehe aber ſelbſt nach, ob ich nicht am betreffenden Orte vielmehr die Anweiſung gebe, die eben merklichen Unterſchiede bei der Methode d. e. m. U. möglichſt gleich für die Empfindung zu machen; das führt aber zu anderen Folgerungen, als beliebige ſehr kleine Unterſchiede für gleich zu nehmen.

4) Auf p. 39 ſagt Delboeuf, „es könnte recht wohl ſein, daß die [von Fechner als Zwiſchenglied zwiſchen Reiz und Empfindung eingeführte] pſychophyſiſche Thätigkeit [fälſchlich force von Delboeuf genannt] gar nicht beſtände" und p. 42 äußert er ſich über dieſes Zwiſchenglied: „zwiſchen zwei wohlbekannte Glieder führt man eine unbequeme (embarrassante) Unbekannte ein, welche mir viel mehr gemacht ſcheint, die Frage zu compliciren als aufzuklären."

Wohlan, ſo viel man deutſcherſeits an meiner Pſychophyſik auszuſetzen gefunden hat, ſo doch nicht die überall als nothwendig anerkannte Einſchiebung der pſ.-ph. Thätigkeit als Zwiſchenglied zwiſchen Reiz und E.; und daß Delboeuf dieſe Einſchiebung ablehnt, wird allein hinreichen, ſeiner Theorie den Eingang bei uns zu verwehren.

5) Nachdem ich („In Sachen" p. 31. 82. 95 ff.) gegen Delboeufs pſychophyſiſche Lehre eingewandt, wie ich auch noch thue, daß ſie die Thatſache der Schwelle überhaupt nicht berückſichtigt, ſucht er p. 128 dieſe Thatſache durch aprioriſtiſche Gründe in einer Weiſe zu beſeitigen, der ich geſtehe, überhaupt nicht folgen zu können. Er geht davon aus und führt es weit durch, daß alle phyſiſchen Bewegungen in der Natur, die uns in unmerklichen Übergängen continuirlich erſcheinen, eigentlich ſprungweiſe erfolgen, wie die Bewegungen der Zeiger einer Uhr, was er mit der atomiſtiſchen Conſtitution der Körper in Beziehung ſetzt. Wie es aber phyſiſch ſei, ſei es auch pſychiſch, und ſo ſagt er u. a. in dieſer Hinſicht (p. 133): »Je conçois bien la sensation comme ayant la faculté de s'accroitre d'une manière continue; mais les différences finies frappent seules l'esprit, et les différences intermédiaires aussi finies et en nombre indéfini restent non perçues.« Freilich kann ich hiemit nicht die ganze Fülle von Delboeufs Ausführungen in

dieſer Angelegenheit erſetzen, ſondern wollte nur eine Andeutung davon geben, und muß es Anderen überlaſſen, ihnen weiter nachzugehen.

6) Auf p. 151 erklärt ſich Delboeuf gegen die von mir aufgeſtellte, und bei uns wohl meiſtens zugeſtandene, Anſicht, daß die Empfindung des Schwarz noch als poſitive Lichtempfindung zu betrachten ſei, und glaubt eine ganz einfache experimentale Widerlegung dieſer Auffaſſung darin finden zu können, daß ſich das Weberſche Geſetz nach ſeiner Verſuchsmethode mit weißen Sectoren, die ſich vor einem ſchwarzen Grunde drehen, beſtätigen läßt, nicht aber, wenn man den Verſuch umkehrt, indem man ſchwarze Sectoren von entſprechender Winkelbreite ſich vor einem weißen Grunde drehen läßt. Aber das iſt ſehr natürlich; die Helligkeit weißer Sectoren ſchwächt ſich durch die Umdrehung ab, indem ſie ſich, kurz ausgedrückt, über den ganzen Umkreis vertheilt; die Helligkeit ſchwarzer Sectoren kann ſich nicht dadurch ſchwächen, weil während der ganzen Drehung ſchwarzer Augengrund dahinter bleibt. Bliebe hinter den weißen Sectoren während der Drehung ein weißer Augengrund, ſo würde ſich das Weberſche Geſetz auch nicht dadurch beſtätigen laſſen, und beſtätigt ſich nach Delboeufs eigenen Verſuchen mit Drehung von weißen Sectoren vor einem ſchwarzen Grunde auch nur inſofern, als man den kleinen Werth c dabei berückſichtigt, der ſich als Helligkeit des Augenſchwarz deuten läßt, wenn er auch von Delboeuf ſelbſt nicht ſo gedeutet wird. (Vergl. S. 152 ff.).

7) Delboeufs Einwände gegen meine negativen Empfindungswerthe ſind ſchon S. 212 und 215 beleuchtet. In Betreff ſeiner Behandlung eines eigenthümlichen Zeitphänomens vergl. S. 175.

So viel über die neuerdings von Seiten Delboeufs gegen mich geübte Oppoſition. Was anderſeits die Einwände anlangt, die ich „In Sachen“ p. 27 ff. und 113 ff. gegen Delboeufs eigene pſ.-ph. Theorie erhoben habe, ſo kann ich ſie auch durch ſeine Erwiederung (p. 150 ff.) keineswegs entkräftet finden.

Er ſagt betreffs des einen Haupteinwandes („In Sachen“ p. 32): „Fechner hält mir entgegen: Das Grau iſt eine poſitive und unveränderliche Empfindung, mag man zuerſt Weiß oder Schwarz betrachtet haben. Das ſtelle ich nicht in Abrede; aber ich ſage: wenn ein beſtimmtes Grau und ein beſtimmtes Weiß gegeben ſind, ſo nenne ich poſitiv den Contraſt in der Richtung (allant) vom Grau zum Weiß, d. i. vom Weniger zum Mehr, negativ den Contraſt in der Richtung vom ſelben Weiß zum Grau, d. i. in der Richtung vom Mehr zum Weniger. Das iſt eine reine Sache des Wortes.“ Darin nun ſoll ich Delboeuf bei Erhebung meines Einwurfes mißverſtanden haben. Aber im Gegentheil habe ich dieſe Faſſung der *Contraſtempfindung* ausdrücklich a. a. O. gelten laſſen; nur zugleich geltend gemacht, daß es ſich außer dem *Unterſchiede* der contraſtirenden Empfindungen auch um den *abſoluten* Werth einer jeden derſelben handle, was Delboeuf zwar hier „nicht in Abrede ſtellt," wofür aber ſeine theoretiſchen Betrachtungen und ſeine Formeln den Ausdruck vermiſſen laſſen; denn dieſe geben für das Grau je nach vorgängiger Betrachtung von Schwarz und Weiß bald einen poſitiven bald negativen Werth, ohne daß ſich für den überall nur als *poſitiv* faßbaren Ausdruck des abſoluten Helligkeitswerthes, welcher dem Grau innerhalb wie außerhalb des Contraſtes zukommt, bei ihm eine Stelle findet. Und freilich, da nach Delboeuf die Empfindungen ihre Entſtehung erſt dem Contraſt verdanken, ſo liegt ſeine Faſſung der Sache in ſeiner Conſequenz; aber die natürlichere Auffaſſung wird immer die bleiben, daß die Verſchiedenheit der abſoluten Werthe der Empfindungen (reſpectiv der ihnen unterliegenden pſ.-ph. Thätigkeiten) vielmehr den Contraſt bedingt, als daß umgekehrt der Contraſt nöthig iſt, die abſoluten Werthe der E. ſelbſt hervorzurufen.

Die Mangelhaftigkeit der Delboeufſchen Formeln in betreffender Hinſicht meinen Formeln gegenüber dürfte um ſo leichter erhellen, wenn ich darauf hinweiſe, daß von dieſen die Unterſchiedsformel den eben ſo wohl poſitiv wie negativ faßbaren Ausdruck für den Contraſt giebt, die Maßformel den poſitiven Ausdruck für den abſoluten Werth der einfachen *wirklichen* E., einen negativen nur zur Bezeichnung von Fällen, wo Empfindungen unmöglich werden; ſofern negative Werthe abſoluter Größen an ſich ſelbſt unmöglich ſind, wie S. 207 ff. genügend beſprochen.

Den Einwurf, den ich „In Sachen" p. 33 in Betreff der E. des Schwarz erhoben habe, glaubt Delboeuf p. 151 theils wie den vorigen, theils dadurch abweiſen zu können, daß er überhaupt nicht anerkennt „das Schwarz ſei etwas", alſo einen poſitiven Werth ſeiner E. leugnet, indem er, unter Verweiſung auf eine andere Abhandlung („Über die Bildung der Idee des Raumes"), nur „das Reſultat des Contraſtes zwiſchen dem Dunkeln und weniger Dunkeln" darin ſieht. Hiegegen will ich nicht Alles wiederholen, was ich in „Elem." I. 165 ff. zur Begründung, daß das Schwarz noch als wirkliche Geſichtsempfindung anzuſehen ſei, geſagt habe, und wovon ich durch Delboeuf nichts widerlegt finde; ein unglücklicher Verſuch dazu ſeitens deſſelben wurde ſchon oben S. 304 f. beſprochen.

Endlich beantwortet Delboeuf die von mir „In Sachen" p. 33 erhobene Schwierigkeit, „daß ich mir keine Vorſtellung zu machen vermag, wie nach Delboeuf überhaupt eine dauernde C. von Schwarz beſtehen könne", weſentlich nur durch Zurückkommen auf ſeine „In Sachen" p. 114 beſprochene Behauptung, daß, wenn aller Contraſt zwiſchen den Anregungen von C. ausgeſchloſſen wäre, es keine C. geben würde, daß er aber abſolut nicht auszuſchließen ſei.

XXIII. Prof. Dr. Georg Elias Müller (Göttingen).

Prof. Dr. G. E. Müller war zur Zeit der Abfaſſung der Schriften, deren folgends zu gedenken ſein wird, noch Privatdocent der Philoſophie in Göttingen, erhielt aber im J. 1880 einen Ruf als Profeſſor der Philoſophie nach Czernowitz, und wurde ſehr bald darauf nach Göttingen zurückberufen, um nach Lotzes Weggang von da deſſen Profeſſur einzunehmen. Ein ehrenvoller Ruf! Unter den Anläſſen zu dieſer Berufung aber zählte jedenfalls die Schrift, gegen die ich mich im Vorigen hauptſächlich gewendet habe, weil ſie ſich hauptſächlich gegen mich gewendet hat, vorzugsweiſe mit, in Betracht der Bedeutung, die ſie nicht mit Unrecht in Anſpruch nahm. Einen ſolchen Gegner hatte ich alſo keinesfalls leicht zu nehmen; und daß es nicht geſchehen iſt, beweiſt ſich damit, daß ich ſeinem Buche ein Buch entgegengeſetzt habe.

Sein Buch, oder ſeine Hauptſchrift, führt den Titel: „Zur Grundlegung der Pſychophyſik. Kritiſche Beiträge. Von Dr. Georg Elias Müller. Berlin, Theobald Grieben 1878." Der allgemeinen Tendenz desſelben mit vorzugsweiſer Richtung gegen meine Aufſtellung der Pſychophyſik in den „Elementen" iſt ſchon im Vorworte kurz gedacht worden, und etwas näher gehe ich im Folgenden darauf ein. Da jedoch der Verf. bei Herausgabe ſeiner Schrift auf meine nur kurz zuvor erſchienene Nachtragsſchrift zu den „Elementen" noch nicht Rückſicht nehmen konnte, iſt dies von ihm unter Fortführung ſeiner Oppoſition ſpäter in einer beſonderen Recenſion dieſer Schrift in den „Göttinger gelehrten Anzeigen", 1878, Stück 26 und 27, geſchehen, und in einer Selbſtanzeige ſeiner Schrift in denſelben Anzeigen 1879, Stück 6, darauf mit Bezug genommen. Außerdem iſt von ihm im Jahr 1879 eine Abhandlung „Über die Maßbeſtimmungen des Ortsſinnes der Haut mittelſt der Methode der richtigen und falſchen Fälle. Bonn, Strauß." als Separatabdruck aus

Pflügers Archiv. Bd. XIV) erſchienen, die ſich zwar nicht kritiſch gegen mich verhält, da ich früher dieſen Gegenſtand nicht bearbeitet hatte, mit der ich aber in einem ſpäteren Abſchnitte meinerſeits zu verhandeln Anlaß finden werde. Der früher erſchienenen Habilitationsſchrift des Verf. über Aufmerkſamkeit iſt S. 246 gedacht.

Hienach einige Bemerkungen zur Hauptſchrift des Verf.

Der Verf. ſelbſt erklärt p. 45 beiläufig nach Hervorhebung einiger weſentlicher Fehler, die er in meiner Behandlung der Methode der r. u. f. F. findet, er „halte es für überflüſſig, die gewaltigen Fortſchritte hervorzuheben, die trotz alle dem das pſychophyſiſche Maßverfahren und die Analyſe und Ausbildung der pſychophyſiſchen Maßmethoden in Folge der theoretiſchen und experimentellen Arbeiten Fechners gemacht habe, und betrachte ſelbſtverſtändlich alles das, was etwa ſeine eigenen Entwickelungen Richtiges enthalten ſollten, nur für eine durch Fechners Arbeiten angeregte kritiſche Ergänzung derſelben.“

Inzwiſchen entſprechen dieſem Compliment für mich und dieſem Ausdruck beſcheidener eigener Zurückſtellung die Ausführungen ſeiner Schrift keineswegs. Vielmehr trägt ſeine mit großem Selbſtvertrauen geführte Kritik meiner Unterſuchungen den Charakter einer gründlich auf- und ausräumenden, ſtatt bloß ergänzenden, und ich wüßte im Grunde nicht, was danach noch Gutes an meinen Unterſuchungen bliebe. Zwar auch Anderen wird nichts von ihm geſchenkt, mir aber nichts gelaſſen. Nun iſt es freilich das Recht der Jugend, über das Alter hinauszugehen; ſonſt ginge es überhaupt nicht vorwärts; aber iſt die Pſychophyſik wirklich durch die Leiſtung des Verf. vorwärts gebracht?

Von vorn herein erkenne ich an: daß die Geſichtspuncte, von denen Müller bei ſeiner Kritik ausgegangen, allgemeingeſprochen etwas für ſich haben, daß Scharfſinn dazu gehörte, ſie nur zu finden, daß ſie nicht minder mit Scharfſinn und Conſequenz durchgeführt ſind, und ſich dabei ein unbedingtes Streben nach Strenge und Schärfe bewieſen hat. Dazu kommt, daß dem Verfaſſer eine vollkommene Beherrſchung der zur Durchführung ſeiner kritiſchen Aufgabe erforderlichen mathematiſchen Hülfsmittel und vollſtändige Kenntniß der bisherigen Leiſtungen in der Pſychophyſik ſelbſt und dahin mit einſchlagenden Arbeiten in Nebenfächern zu Gebote geſtanden hat. Und das ſind unſtreitig ſehr ſchätzbare Vorzüge und Vortheile. Mit dieſen Vorzügen der Müllerſchen Kritik aber verbinden ſich allerdings auch einige Nachtheile, und als weſentlichſtes Reſultat dieſer Verbindung kann ich doch zuletzt nur den ſchon im Vorwort geltend gemachten Vortheil für die Pſychophyſik anerkennen, daß ſeine Schrift zu einer gründlicheren Erwägung wichtiger Puncte der Pſychophyſik, als bisher ſtattgefunden, angeregt hat. Wenn ich nun in dieſer Schrift dieſer Anregung gefolgt bin, kann es ja ſein, und wird es hier und da gewiß ſein, daß ich meinerſeits geirrt habe oder über das rechte Ziel hinausgegangen bin; und wenn ſich dies durch eine neue Unterſuchung nach der meinigen herausſtellt, oder Müller ſelbſt es herauszuſtellen vermag, wohl, ſo wird dies der Pſychophyſik auch zum neuen Vortheil gereichen. Bei jeder neuen mit Ernſt geführten Erwägung wird ſie ſei es einen neuen Anſatz zu größerer Sicherſtellung und Vollendung machen, oder derſelben wirklich einen Schritt näher kommen; denn glücklicherweiſe hat ſie die Anlage dazu in ihrem Fußen auf Erfahrung und Rechnung; und ich meine doch, gar Manches hat ſich ſchon in dieſen Wegen abthun und Manches feſter ſtellen laſſen.

Jedenfalls iſt die Pſychophyſik in dieſer Hinſicht noch nicht am Ziele, und die dahin zielende Abſicht des Verf. alſo an ſich gerechtfertigt, aber das Streben, überall Fehler zu finden und Alles beſſern zu wollen, ſchlägt nur zu leicht in das Gegentheil um, und bei aller Scharfſicht des Verf. hat es mitunter an Vorſicht gefehlt. Dazu hat der Umſtand, daß Müller ein weites experimentales Gebiet ſeiner Kritik unterzogen hat, ohne ſelbſt Verſuche in dieſem Gebiete, wäre es auch nur zur Prüfung ſeiner eigenen Verbeſſerungsvorſchläge, angeſtellt zu haben, ſeiner Kritik nicht zum Vortheil gereicht. Bei all' dem aber habe ich viel Verdienſt in ſeiner Kritik nicht nur nach Beziehungen anzuerkennen, wo ich nicht mit ihm in Conflict komme, ſondern auch ſelbſt gar manche Zugeſtändniſſe im Einzelnen zu machen gefunden. Nachdem aber der größere Theil dieſes Buches ſich ſchon in Discuſſionen hierüber mit ihm bewegt hat, mag das Vorige an Allgemeinheiten darüber genug ſein.

Es iſt mir nicht bekannt, daß die Müllerſche Schrift ſchon einer einſichtigen oder nur eingehenden Beſprechung unterzogen worden wäre, obwohl es mir auch recht wohl entgangen ſein könnte, und mich nicht eben wundern würde, wenn irgend ein junger Kritiker ſich einem Auftrage dazu, deſſen Schwierigkeiten er nicht kennt, gewachſen gefunden haben ſollte. Jedenfalls aber iſt die Schrift nicht ohne Eindruck, Einfluß und Anſchluß auch ſeitens ſolcher, die keine Neulinge ſind, geblieben; und nachdem ich bisher nichts darauf erwidert habe, glaube ich wohl, daß meine Pſychophyſik bei Vielen nur noch als eine hiſtoriſche Ruine gilt. Der Grund aber, daß dieſe Erwiderung ſo ſpät erſcheint, liegt theils darin, daß eine Privatcorreſpondenz, die ich mit Müller über einige ſeiner Angriffspuncte geführt, ſich durch längere Zeit fortgezogen hat, ohne endlich einen Abſchluß zu finden, theils daß die, durch den Streit mit ihm veranlaßte, weiter gefaßte Aufgabe dieſer Schrift, die durch den Titel derſelben bezeichnet wird, ſich nicht von heute zu morgen abthun ließ, theils endlich, daß ſich andere Arbeiten zwiſchengeſchoben haben.

Ich ſchließe mit dem aufrichtigen Wunſche, daß der Lehrſtuhl, den der Verf. jetzt einnimmt, einſt einen nicht minder berühmten Vertreter, als es ſeine beiden Vorgänger auf demſelben waren, in ihm finden möge, und theile meinerſeits, zum Theil trotz der Oppoſition, zum Theil wegen der Oppoſition des Verf. gegen mich, die Anſicht, die Lotze ſelbſt über die wiſſenſchaftliche Zukunft des Verf. gegen mich ausſprach, und die in der That geeignet iſt, noch große Anſprüche an ihn zu ſtellen. Möchten ihre Erfüllung der Pſychophyſik dereinſt auch in poſitivem Sinne zu Gute kommen.

XXIV. Prof. Dr. Ad. Nitſche (Innsbruck).

Prof. Dr. Ad. Nitſche hat im „Dreißigſten Programm des k. k. Staats-Gymnaſiums zu Innsbruck 1879“ (Innsbr. Wagnerſche Univerſitätsbuchdruckerei) eine Abhandlung unter dem Titel veröffentlicht „Über Pſychophyſik im Allgemeinen und einige beſondere Leiſtungen derſelben,“ worin er auf Grund einer pſychologiſch-phyſiologiſchen Analyſe nicht nur im Allgemeinen auseinanderſetzt, wie er ſich ſelbſt das Zuſtandekommen der bis jetzt gefundenen pſychophyſiſchen Geſetzlichkeiten und als gültig angeſehenen Formeln denkt, ſondern auch kritiſch auf die dahin einſchlagenden bis jetzt vorliegenden Unterſuchungen eingeht, unter vorzugsweiſer Berückſichtigung von Müllers Werk und ſeiner corrigirten Formeln, und unter Anſchluß an deſſen Vertretung der phyſiologiſchen Anſicht. Inzwiſchen finde ich in den Auseinanderſetzungen des Verf. weder eine ſo ſcharfe Präciſirung ſeiner eigenen Anſicht (von p. 13 an), noch in ſeiner Kritik ein ſo directes Eingehen auf die Puncte, in denen ich ſelbſt den Halt meiner Anſicht ſuche — im Hauptpuncte hält er mich ja ſchon durch Müller widerlegt (p. 21) —, um eine Verhandlung mit ihm anknüpfen zu können, und muß daher des Näheren auf ſeine Abhandlung ſelbſt verweiſen. Was er gegen die negativen Empfindungswerthe insbeſondere ſagt, iſt oben S. 214. 216 berückſichtigt.

XXV. Prof. Dr. Wilhelm Wundt.

Inſofern die Pſychophyſik von den geſetzlichen Abhängigkeits-Beziehungen zwiſchen phyſiſchen und pſychiſchen Zuſtänden und Änderungen zu handeln hat, bedarf es natürlich auch einer Bekanntſchaft mit dem, wozwiſchen die Beziehung zu betrachten iſt, hiemit anatomiſch-phyſiologiſcher Kenntniſſe einerſeits, pſychologiſcher Kenntniſſe anderſeits. In meinen „Elementen“ nun iſt das Notoriſche in dieſer Hinſicht auch als ſolches vorausgeſetzt und das nicht Notoriſche nach den darüber zu Gebote ſtehenden Quellen ſo weit zugezogen und beſprochen, als es zur Unterlage unmittelbar nöthig ſchien, was bei der bisher noch ſehr beſchränkten Tragweite pſychophyſiſcher Unterſuchung überhaupt und demgemäß noch ſehr beſchränkter Anwendung, die ſich von unſeren ſpecialen Erkenntniſſen in beiden Gebieten machen läßt, nicht weit ausgelaufen iſt.

Hiegegen ſind in den „Grundzügen der phyſiologiſchen Pſychologie“ von Wundt (im J. 1874 in erſter, im J. 1880 in zweiter, weſentlich umgearbeiteter Auflage erſchienen) die mit einander in Beziehung zu ſetzenden Gebiete verhältnißmäßig viel ſelbſtändiger, in weiteren Grenzen und tiefer eingehend als von mir behandelt, ohne doch den Geſichtspunct ihrer, wenn auch noch fern liegenden, pſychophyſiſchen Bezugſetzung dabei aus den Augen zu verlieren; und zwar iſt dies nicht bloß leihweiſe aus bekannten Quellen, ſondern weſentlich mit auf Grund eigener theoretiſcher und experimentaler Forſchung geſchehen. Hienach bietet das Wundtſche Werk über das momentane und ſubjective Bedürfniß hinaus, dem ich bei Abfaſſung meines Werkes folgte, allgemeinere, weitergreifende und tiefergehende Unterlagen für die pſychophyſiſche Unterſuchung zugleich mit einer ſolchen ſelbſt dar. Dieſen anerkennenswerthen und gern von mir anerkannten Vorzügen des Wundtſchen Werkes gegenüber habe ich nur als Vortheil der weit beſchränkteren Behandlung des bis zu gewiſſen Grenzen gemeinſamen Gebietes von meiner Seite in Anſpruch zu nehmen, daß die, nach dem jetzigen Stande unſeres Wiſſens in Frage kommenden, Geſichtspuncte und vorliegenden Thatſachen der Pſychophyſik ſich danach einerſeits mehr concentriren, anderſeits auf vieles Einzelne mehr eingehend in Betracht nehmen ließen, als es im Wundtſchen Werke nach deſſen allgemeinerem Plane der Fall ſein konnte.

Inſoweit wir nun doch in demſelben Felde der Unterſuchung zuſammentreffen, iſt es theils in Einſtimmung, theils in Widerſtreit, daß wir uns begegnen; eine eingehende vergleichende Analyſe des ohnehin allbekannten und geſchätzten Werkes in dieſer Hinſicht aber kann nicht meine Abſicht ſein. Der Hauptgeſichtspunct der Übereinſtimmung liegt in der Anerkenntniß des Principes und Werthes pſychophyſiſcher Unterſuchung überhaupt, ſo wie des pſychiſchen Maßprincipes insbeſondere, gegenüber ſo mancher Anfechtung ſeitens der Philoſophie.

In der Ausführung weichen wir vielfach von einander ab. Die wichtigſte theoretiſche Abweichung zwiſchen uns beſteht in der *Auffaſſung* des Weberſchen Geſetzes (S. 263 ff.), worauf ich hier nicht zurückkomme; hiegegen ſuche ich einen der wichtigſten Gewinne der Pſychophyſik in der bis jetzt ſchärfſten *Bewährung* dieſes Fundamentes der Phyſik im Gebiete der Schallempfindung durch die von ihm veranſtalteten, nur eben veröffentlichten, Verſuche, worauf ich ſpäter komme; denn wer möchte hienach noch dieſes Geſetz in der Unbeſtimmtheit von Müllers φ-Formeln verloren geben. Auf ſo viele Verſuche von rein pſychophyſiſchem Intereſſe aber, welche aus dem Inſtitute des Verf. hervorgegangen ſind, bin ich in dieſer Schrift nicht eingegangen, weil ſie mir doch nicht eigentliche Hauptpuncte oder principielle Fragen der Pſychophyſik zu betreffen ſcheinen; habe daher auch bei der auf ſolche beſchränkten Aufgabe dieſer Schrift und dadurch in Anſpruch genommenen Aufmerkſamkeit das Detail jener Verſuche bisher nicht verfolgt.

In jedem Falle kann ich nicht umhin, dem Verf. Glück zu wünſchen, auf einer Bahn noch rüſtig mit Ausführung und Veranſtaltung erfolgreicher Verſuche für die Pſychophyſik fortſchreiten zu können, auf die mir nur noch übrig iſt, einen letzten Blick zurückzuwerfen.

Zu den mancherlei Puncten der Abweichung vom Verf., über die ich früher in dieſer Schrift mit ihm verhandelt habe (S. 55 ff. 111. 119 ff. 239 f.), will ich nur noch beiläufig folgenden als Gegenſtand der Discuſſion fügen.

1) Wundt legt (I. 323) außer auf die *Reizſchwelle* noch beſonderes Gewicht auf die von ihm ſogenannte *Reizhöhe*. Die ganze Scala der, durch die verſchiedenen Intenſitäten eines Reizes erweckbaren, Empfindungen hält ſich nämlich nach ihm zwiſchen der *Reizſchwelle* S, d. i. dem Werthe des Reizes, bei dem die E. merklich zu werden beginnt, und der *Reizhöhe* H, über die ſie, auch abgeſehen von der bei ſtärkeren Reizen ſtärkeren Ermüdung, durch noch ſo große Verſtärkung des Reizes nicht geſteigert werden kann, und er ſetzt der Reizſchwelle die *Reizempfindlichkeit*, der Reizhöhe die *Reizempfänglichkeit* umgekehrt proportional. Über die Weiſe, wie die Reizhöhe zu beſtimmen, äußert er ſich ſo: „Zur Ermittlung der Reizhöhe läßt ſich nur eine einzige Methode anwenden: man läßt einen Reiz, welcher etwas unter dem

Werthe U liegt, bis zu der Größe zunehmen, über welche hinaus eine merkliche Steigerung der E. nicht mehr bewirkt werden kann[1]. Das umgekehrte Verfahren iſt hier wegen der ſtarken Ermüdung, welche übermaximale Reize herbeiführen, ausgeſchloſſen; da aber der nämliche Einfluß ſchon dieſſeits der Reizhöhe ſich in ſtörender Weiſe geltend macht, ſo ſind überhaupt numeriſche Ermittelungen der oberen Reizgrenze ſehr unſicher.“

Meinerſeits aber vermöchte ich der Reizhöhe Wundts aus folgenden Gründen nicht dieſelbe Bedeutung beizulegen, als von ihm geſchieht.

Zuvörderſt vermiſſe ich beſtimmte Thatſachen, welche eben ſo für das Daſein einer Reizhöhe als einer Reizſchwelle ſprächen. Allerdings iſt in Betreff der Empfindlichkeit für Licht — denn für andere Reize iſt mir nichts davon bekannt, — gewiß, daß, wenn die Lichtintenſitäten, zwiſchen denen ein Unterſchied zu beobachten, immer höher aufſteigen, indeß das Verhältniß und mithin der relative Unterſchied beider derſelbe bleibt, die E. des *Unterſchiedes* wegen der oberen Abweichung vom Weberſchen Geſetze von einem gewiſſen Puncte an abnimmt, ſtatt conſtant zu bleiben, und ſo könnte man, wenn man wollte, von einer Höhe der *relativen Unterſchiedsempfindlichkeit* bezüglich Lichtreizen ſprechen, ja eine ſolche iſt nicht zu bezweifeln; aber was folgt daraus für das Daſein einer Reizhöhe in Wundts Sinne. In der That könnte die E. danach aſymptotiſch oder in irgend einem unbekannten Verhältniſſe mit dem Reize wachſen, und ſelbſt jede Ermüdung, wollte man ſie in die Betrachtung mit aufnehmen, durch neue Steigerung des Reizes überwunden werden, bis das Empfindungsorgan dadurch alterirt oder zerſtört wird, worauf ſich aber Wundts Reizhöhe nicht bezieht.

In jedem Falle laſſen ſich meines Erachtens Reizſchwelle und Reizhöhe nicht als einander entſprechende Grenzfälle oder Cardinalpuncte unter den Geſichtspunct derſelben einfachen Geſetzlichkeit bringen, ſofern die Reizſchwelle nach den Erörterungen des XV. Abſchnitts (S. 174. 194) als *Folgerung* des Weberſchen Geſetzes gelten kann, wogegen eine Reizhöhe in Wundts Sinne nur eine obere Abweichung von demſelben bedeuten könnte, da nach den Folgerungen des reinen Weberſchen Geſetzes die E. mit dem Reize continuirlich, wenn ſchon in langſameren Verhältniſſe als der Reiz aufſteigt.

Wenn man freilich mit Müller im Weberſchen Geſetze ſelbſt kein fundamentales Geſetz ſieht, ſondern nur ein ſolches Geſetz als fundamental gelten läßt, welches die Abweichungen vom Weberſchen in ſich aufnimmt, ſo wird auch die Reizhöhe Wundts dieſelbe fundamentale Bedeutung als die Reizſchwelle haben, wenn ſich ihr Daſein wirklich ebenſo erweiſen läßt. In der That nimmt Müller (p. 23) eine Reizhöhe in Wundts Sinne unter die fundamentalen Bedingungen, welchen ſeine ſog. corrigirte Maßformel genügen ſoll, mit auf, ohne ſie doch aus dieſer Formel ableiten zu können, aus der ſich überhaupt nichts Beſtimmtes ableiten läßt, oder ſonſt Gründe, welche ihr Daſein beweiſen, anzuführen.

---

[1] Fraglich, ob der Verf. über dieſen Punct hinaus eine Conſtanz oder Wiederabnahme der E. ſtatuirt.

2) Wundt vermuthet (I. p. 316. 317), daß der als periodiſcher Vorgang (Schwingungsvorgang) anzuſehende Schallreiz auch einen entſprechenden periodiſchen Vorgang (Schwingungen von entſprechender Periode) im Hörnerv auslöſe. „Was aber die übrigen Sinnesnerven betreffe, ſo ſcheine hier die größte Wahrſcheinlichkeit dafür obzuwalten, daß der Erregungsvorgang in ihnen kein periodiſcher und nicht einmal ein intermittirender ſei. Hiefür ſpreche namentlich die bei denſelben vorhandene Nachdauer der E. (z. B. in Nachbildern), welche auf bleibende und allmälig ſich ausgleichende Veränderungen durch die Reizung hindeutet. Auch beſitzen wir hiefür in den Erſcheinungen der Muskelreizung eine Analogie,“ welche der Verf. ausführt. Jedenfalls bei den ſog. chemiſchen Sinnen, wozu der Verf. außer Geſchmacks- und Geruchsſinn namentlich auch den Geſichtsſinn rechnet, iſt nach Wundt der durch den Reiz ausgelöſte Reiz ein chemiſcher Vorgang.

Dies zugeſtanden jedoch ſcheint mir nach den Erörterungen „In Sachen“ p. 117 ff. immer noch am wahrſcheinlichſten, daß der chemiſche Proceß weſentlich Schwingungen mitführe (in gewiſſem Sinne thut er es gewiß), deren Form, Schnelligkeit, Zuſammenſetzung mit der Conſtitution oder Zuſammenſetzung der in den chemiſchen Proceß eingehenden Subſtanzen und der Natur des chemiſchen Proceſſes ſelbſt variirt, und die ſich als Träger demgemäß verſchiedener Empfindungen durch den Empfindungsnerven zum Centralorgan fortpflanzen; und ich vermiſſe die Berückſichtigung dieſer Möglichkeit, der ich meinerſeits allein eine gewiſſe Klarheit über die Rolle des chemiſchen Proceſſes bei der Reizung und Fortpflanzung der Reizung abzugewinnen vermöchte.

XXVI. Einige philoſophiſche Gegner. Gutberlet, Koch, v. Kries, F. A. Müller, Ulrici, Zeller.

Ich zweifle nicht, daß es außer obgenannten philoſophiſchen Gegnern noch Andre giebt, die dazu zu rechnen, von deren Angriffen ich aber keine Kenntniß erhalten habe, da ich, nicht ohne Vortheil für meine philoſophiſche Altersruhe, der philoſophiſchen Literatur überhaupt nicht mehr folge, freilich ſachmäßig niemals gefolgt bin. Auf die Gutberletſche Abhandlung wurde ich durch eine Erwähnung derſelben im „Literariſchen Centralblatt“, auf die Zellerſche durch Prof. Wundt aufmerkſam gemacht; die Abhandlungen der anderen vier Autoren ſind mir von dieſen ſelbſt zugeſandt worden, wodurch ich mich denſelben nur verbunden halten kann und zu einer Mitberückſichtigung derſelben verpflichtet finde, von der ſie ſelbſt wünſchen werden, daß ſie eine offene ſei.

Hienach kann man fragen, warum ich nicht auch Delboeuf, Müller von Göttingen, Wundt unter den philoſophiſchen Gegnern mit aufzähle, da ſie nicht minder Philoſophen von Fach als die obgenannten ſind. Der Grund iſt dieſer: Ausgeſprochenermaßen („Elem.“ I. Vorwort) habe ich von vorn herein die Pſychophyſik möglichſt frei von philoſophiſcher Einmiſchung, nur auf Thatſachen, ſchlußweiſe und rechnungsweiſe Verknüpfung von Thatſachen, zu gründen geſucht, daher im Eingange der „Elemente“ zwar kurz angegeben, wie ich die Pſychophyſik meinen allgemeinen Anſichten über Leib und Seele einordne, ohne aber dieſe Anſichten in Ausführung der Pſychophyſik weiter zur Sprache oder Geltung zu bringen. Jene drei Forſcher ſind auf dieſe Auffaſſung und Abſicht eingegangen. Die obgenannten andern Gegner aber ſind nicht auf dieſe Auffaſſung und Abſicht eingegangen, ſondern beſtreiten mich von ihren Definitionen, ihren Grundanſichten über die Beziehung von Leib und Seele, ihren philoſophiſchen Poſtulaten, und einer Zurechtlegung und Deutung der Thatſachen im Sinne dieſer Definitionen, Anſichten und Poſtulate, mögen auch hier und da ſachliche Einwände mit unterlaufen. Das kann ich nun nicht hindern, und meine ſelbſt, daß die Pſychophyſik nicht ſo weit abſeits von der Philoſophie liegt, um nicht auch das Intereſſe ihrer Vertreter auf ſich zu ziehen; aber es läßt mich doch einen weſentlichen Unterſchied zwiſchen den einen und andern Gegnern ſowie deren Einwänden machen. Um mir einen ſcherzhaften Vergleich zu erlauben, ſo kommt es mir vor, als ob die einen mit der Piſtole in der Hand von der Pſychophyſik die Börſe, die andern ohne Piſtole das Leben forderten, oder wenn mit einer ſolchen im Kopfe, ſo doch nicht in der Hand. Nun war ich von vorn herein in Zweifel, ob ich auf einen, durch meine Aufſtellungsweiſe der Pſychophyſik nicht provocirten Streit überhaupt eingehen ſollte, bei dem die Pſychophyſik weder rückwärts noch vorwärts kommt; inſofern es aber doch geſchehen iſt, wird man wenigſtens nicht verlangen, daß ich, indem ich den Gegnern bezüglich des Hauptpunctes oder der Hauptpuncte ihres Angriffes, in ſo weit ich ſolche klar herauszufinden vermochte, folge, auch in alles untergeordnete Detail mit eingehe.

Ohne vorausſetzen zu können, daß mit Folgendem alle möglichen Controverſen der Philoſophie mit der Pſychophyſik überhaupt und mit meiner Faſſungsweiſe derſelben insbeſondere erſchöpft ſind, wozu die philoſophiſchen Richtungen ſelbſt ſchon erſchöpft ſein müßten, dürfte man doch folgends hinreichende Beiſpiele finden, aus welchen Puncten der philoſophiſchen Windroſe, um mich ſo auszudrücken, die Einwürfe insgemein wehen.

1) Prof. C. Gutberlet.

Prof. Gutberlet hat in der Zeitſchrift „Natur und Offenbarung“ einen, durch die Hefte XI und XII des 25. Bandes (1879) und II. III. V. VIII. X. XII. des 26. Bandes (1880) laufenden, Aufſatz, überſchrieben „Die Pſychophyſik“ veröffentlicht, worin er den jetzigen Stand der Pſychophyſik insbeſondere nach meinen Arbeiten, unter Mitberückſichtigung jedoch derer von Delboeuf, Hering und Wundt, darlegt, indeß er Müllers Werk nicht gekannt zu haben ſcheint.

Vor Allem erklärt er ſich gegen den, im Eingange meiner „Elemente“ kurz dargelegten, ihm jedoch außerdem aus meinem „Zendaveſta“ bekannt gewordenen, allgemeinen, wenn man will philoſophiſchen, Standpunct, den ich betreffs der Beziehung zwiſchen Leib und Seele einnehme, indem er mir vorwirft, daß dieſer Standpunct ſich im Grunde nur „in Worten“ vom materialiſtiſchen unterſcheide (p. 666), ich den weſentlichen Unterſchied von Geiſt und Materie von Grund aus verkenne (p. 667), und meine Anſichten mit religiöſen Anſichten nicht beſtehen können (p. 666. 671 f.). Wogegen zunächſt Folgendes.

Darüber, daß mein fundamentaler Standpunct in allgemeinſten, höchſten und letzten Dingen vielmehr ein moniſtiſch-idealiſtiſcher als materialiſtiſcher iſt, kann man die beſtimmteſten Erklärungen in m. Schrift „Über die Seelenfrage“ p. 198 ff. finden; inſofern es aber doch bei jeder moniſtiſchen Anſicht auch aus gewiſſem Geſichtspuncte gilt, Geiſtiges und Materielles zu unterſcheiden, erkenne ich nicht eine einſeitige, ſondern Wechſelbedingtheit des Beſtandes und Wirkens zwiſchen Leib und Seele an; und wenn die Pſychophyſik Grund hat, die Bedingtheit vielmehr in einer als der andern Richtung zu verfolgen, habe ich ſie in andern Schriften, die mir ſogar Spott und Hohn von Materialiſten eingetragen, nicht minder in entgegengeſetzter Richtung geltend gemacht. Aber es gefällt Gutberlet, hievon zu abſtrahiren.

Allen meinen philoſophiſch-religiöſen Schriften liegt überhaupt die Tendenz unter, den immer wachſenden Zwieſpalt zwiſchen religiöſen und naturwiſſenſchaftlichen Intereſſen durch widerſpruchsloſe Befriedigung beider in einer einheitlichen Grundanſicht zu ſchlichten. Man kann nun andere Anſichten in dieſer Hinſicht haben, oder braucht ſich um meinen Verſuch, die Aufgabe zu löſen, nicht zu kümmern; der Verf. aber entladet wegen der Weiſe, wie ich es verſuche, von oben herab eine Art Gewitter über mich (p. 672) mit dem Vorwurfe, daß „ich die zwingenden Beweiſe für Gott und Unſterblichkeit, welche die chriſtliche Speculation bietet“ nicht kenne. Und wirklich iſt dem ſo. In der Bibel finde ich überhaupt nicht ſpeculirt, ſondern nur auf Glauben gedrungen; in den eigenen Speculationen der philoſophiſchen Theologen oder theologiſchen Philoſophen aber, wozu die des Verfaſſers doch nur gehören können, habe ich nichts Zwingendes finden können, ſo weit ich ſolche kenne, was allerdings von denen des Verf. nicht gilt. Um nun doch nicht grundlos zu glauben, habe ich mir ſelbſt die Gründe des Glaubens an Gott und Unſterblichkeit in den „Drei Motiven und Gründen des Glaubens“ klar zu entwickeln geſucht, wodurch ich mich zu den weſentlichſten Heilswahrheiten des Chriſtenthums zurückgeführt, über die orthodoxe Geſtaltung deſſelben aber freilich hinausgeführt finde (hiezu „Tagesanſicht“ Abſchnitt VI und VII); bin auch mancher Theilnahme daran begegnet; glaube aber gern, daß der Verf. ſeinerſeits dieſe Gründe nicht kennt, oder, wenn er ſie kennt, ſeinen eigenen Speculationen und Glaubensforderungen gegenüber nicht zwingend findet; da es ja über das logiſch-mathematiſche Gebiet hinaus überhaupt keine *zwingenden*, wenn ſchon beſſere und ſchlechtere Gründe giebt. Genug hievon.

Auf die Pſychophyſik ſelbſt übergehend, ſo habe ich anzuerkennen, daß der Verf. den weſentlichſten Inhalt der bisher vorliegenden Unterſuchungen darüber ſorgfältig ins Auge gefaßt und nach beſtem Wiſſen darüber referirt hat, auch mit den pſycho-phyſiſchen Formeln umzugehen weiß. Seine Kritik und eigenen Anſichten darüber aber ſind nicht eben ſo unabhängig von ſeinen philoſophiſchen Anſichten gehalten, als es meinerſeits mit der Pſychophyſik der Fall geweſen, ſondern fußen ſämmtlich auf dem Princip der reinen Immaterialität des Geiſtes, welcher in einer trägen Materie keinen weſentlichen Träger anerkennen könne, wenn ſchon man „für jede geiſtige Zuſtändlichkeit eine ſpecielle leibliche als Vorbedingung poſtuliren könne“ (p. 667).

Nach dem nun, was ich im erſten Abſchnitt über dieſen Gegenſtand geſagt habe, kann es mir nicht beifallen, Gutberlet in die Conſequenzen ſeines gegen mich gewandten Standpuncts überhaupt zu folgen; auch will ich auf die mit ihm oben (S. 217 ff.) geführte Verhandlung über bewußt und unbewußt nicht zurückkommen; und finde es nur auffällig, daß der Verf., dem man ſonſt Unkenntniß in mathematiſchen und phyſikaliſchen Dingen nicht vorwerfen kann, doch mehrfach, insbeſondere bei Entwickelung ſeiner eigenen Anſichten, auf Sätze kommt, nach denen man doch Bedenken tragen muß, ihn außer zu den philoſophiſchen und theologiſchen Forſchern auch zu den exacten zu rechnen, und es unthunlich findet, ſich auf Discuſſion von Anſichten, worin ſolche Sätze ſpielen, überhaupt einzulaſſen.

So ſagt der Verf. p. 717: „Die Amplitude einer Schwingung nimmt mit der Maſſe der oscillirenden Theilchen ab und zu; ein Ton iſt darum bei größerer Amplitude der Schwingungen ſtärker, weil mehr Lufttheilchen hin- und hergehen.“ Wie der Verf. das meint, verſtehe ich gar nicht. Amplitude ſoll von Maſſe abhängig ſein!

Weiter ſucht er (p. 718) einen Widerſpruch, den er in meinen Formeln zu finden glaubt, dadurch löſen zu können, daß er zur Amplitude auch noch die Schnelligkeit der Fortpflanzung der Erregung innerhalb des empfindenden Organs als maßgebend für die Stärke der E. zuzieht, und dieſe Schnelligkeit der Fortpflanzung ſoll nach ihm mit der Stärke der unter Form von Schwingungen vorgeſtellten pſychophyſiſchen Thätigkeit, welche der E. unterliegt, wachſen. Aber wo wächſt ſonſt die Schnelligkeit der Fortpflanzung von Schwingungen mit der Stärke derſelben. —

Auf p. 719 findet der Verf. gegen meine, auf Abhängigkeit der Tonhöhenempfindung von der Schwingungszahl bezüglichen, Formeln einzuwenden, daß Tonhöhe eine Qualität ſei, von Qualitäten aber laſſen ſich keine quantitativen Verhältniſſe angeben. Und doch kann man von Wachsthum der Tonhöhe ſprechen, läßt die muſikaliſche Empfindung unmittelbar quantitative Beziehungen zwiſchen Tonhöhen finden, und hat die Schwingungszahl factiſch, nur in anderer Weiſe, Einfluß auf die Geſammtſtärke der Tonempfindung. All' das wird wird mit dem Begriffe der Qualität vom Verf. abgethan.

P. 171 äußert er: Daß „ein Empfindungsunterſchied doch ganz gewiß nur wieder Empfindung ſein könne,“ und „der Empfindungs-Intenſitäts-Unterſchied wieder nur E. von beſtimmter Intenſität ſein könne,“ wonach der nothwendig zu machende Unterſchied zwiſchen Empfindungsunterſchieden und empfundenen Unterſchieden (S. 183) nicht nur ignorirt, ſondern in Abrede geſtellt wird; ferner (p. 172): „daß ein ſtärkerer Reiz nach dem Weberſchen Geſetze eine ſchwächere Empfindung auslöſt“. [!]

Aber mehr als genug hievon.

2) Dr. J. C. A. Koch (Zwiefalten).

Die Abhandlung des Verf. in Fichte-Ulricis Zeitſchr. (1882? p. 171 ff.), mit der Überſchrift „Zur Pſychophyſik“, beginnt mit der Erklärung, daß der Verf. „zu denen gehöre, welche das pſychophyſiſche Grundgeſetz, ſofern es angeben ſoll, um welche Größen die Intenſität einer E. zunimmt, wenn man den Reiz in beſtimmter Weiſe anwachſen läßt, welcher dieſelbe hervorruft, nic[illegible]ür triftig halten“, wonach der Verf. zu der weiteren Erklärung übergeht, ſich mit ſo manchen Schwierigkeiten der Pſychophyſik, welche das ganze Gebiet derſelben von vorn herein ins Unſichere ſtellen, nicht befaſſen zu wollen, und endlich ſo fortfährt:

„Ich will hiegegen gleich auf die wichtige, fundamentale Frage zu ſprechen kommen, ob ein eben merklicher Empfindungszuwachs ſo groß iſt, wie jeder andere, ob wirklich die Aufſtellungen richtig ſind, welche Fechner auf das Weberſche Geſetz gegründet hat. Da ſehe ich nun gar nicht ein, warum ſolche Zuwächſe gleich groß ſein ſollten[1]. Geſetzt ich müßte zu einem Gewicht von der Schwere eines Loths $\frac{1}{100}$ Loth, ich will einmal ſagen allmälig zuſetzen, um einen Unterſchied zwiſchen dem neuen Gewicht und dem alten bemerken zu können, ſo muß ich nach dem Weberſchen Geſetze zu einem Zentner nach und nach ein Pfund hinzufügen, wenn ich ſoll einen Unterſchied zwiſchen den beiden Gewichten wahrnehmen können. Ich habe nun gar keinen Grund daran zu zweifeln, daß nicht bloß in beiden Fällen, nämlich während des Zuſetzens von 0—$\frac{1}{100}$ Loth ſowohl wie während des Zuſetzens von 0—1 Pfund, wirklich E. zugewachſen iſt, ſondern daß auch beim Hinzufügen von 0—1 Pfund zu einem Zentner mehr Empfindung zuwächſt als beim Hinzufügen von 0—$\frac{1}{100}$ Loth zu einem Loth. Unſer ſomatiſch-pſychiſcher Apparat wird wohl kaum ſo eingerichtet ſein, daß während des Zuſetzens von 0 bis faſt $\frac{1}{100}$ Loth oder von 0 bis faſt 1 Pfund gar nichts oder doch jedenfalls nichts eintritt, was eine Empfindung wäre, ſondern daß dieſe erſt beim Hinzufügen des letzten Gewichtsbruchtheilchens, welches das hundertſtel Loth, beziehungsweiſe das Pfund voll macht, auf einmal als etwas Neues herausſpringt. Nein, die Empfindung wächſt mit dem allmäligen Erhöhtwerden der Gewichte nothwendig auch allmälig an, und ſie wächſt natürlich um mehr, wenn man allmälig ein Pfund, als wenn man ein hundertſtel Loth zuſetzt; aber es bedarf bei einer vorher ſchon beſtehenden größeren Belaſtung des ſomatiſch-pſychiſchen Apparates — um mich kurz ſo auszudrücken — eines an ſich ſtärkeren Empfindungszuwachſes, wenn derſelbe merklich, wenn das neue Gewicht unterſcheidbar werden ſoll vom früheren, es bedarf eines an ſich ſtärkeren Zuwachſes als dann, wenn der Apparat weniger belaſtet iſt."

---

[1] Das würde ich auch nicht einſehen, wenn man nicht bei der Methode der e. m. U. darauf hielte ſie für die Empfindung gleich zu machen. Vgl. S. 120. 122. F.

Nun geſtehe ich, daß mir merkwürdig erſcheint, wie der Verf. Widerſprüche mit meiner Pſychophyſik in Puncten finden kann, die ich theils als unmittelbare Thatſache der Pſychophyſik ſelbſt anerkenne, theils aus ſolchen folgere und in ſcharfem Ausdruck durch meine Formeln repräſentire. In der That erkenne ich nicht minder, als es der Verf. am Schluſſe voriger Auslaſſung thut, an, daß ein Empfindungszuwachs erſt merklich wird, wenn der Zuwachs in Folge der Reizerhöhung eine gewiſſe Grenze überſteigt, daß aber dennoch, wie es ſich der Verf. von vorn herein denkt, der kleinſte Zuwachs eines die Schwelle überſteigenden Reizes die Empfindung des Reizes um etwas ſteigert. Erſteres iſt die Ausſage meiner Unterſchiedsmaßformel, letzteres die Ausſage meiner Maßformel; und der ſcheinbare Widerſpruch zwiſchen beiden Ausſagen löſt ſich durch den Unterſchied der zwiſchen Empfindungsunterſchieden und Unterſchiedsempfindungen zu machen iſt, wovon unten. Wo liegt alſo der fundamentale Widerſpruch, in dem er ſich mit meiner Pſychophyſik zu befinden glaubt?

Freilich, das folgt nicht aus meinen Formeln, weil nicht aus den Thatſachen, auf welche ſie ſich ſtützen, was ſich der Verf. auch noch denkt: daß beim Zufügen von $\frac{1}{100}$ Zentner (1 Pfund) zu einem Zentner mehr Empfindung zuwachſe, als beim Hinzufügen von $\frac{1}{100}$ Loth zu einem Loth, ſondern vielmehr, daß, ſo weit das Weberſche Geſetz beſteht, der Zuwachs beidesfalls gleich iſt. Ich kann aber doch das Weberſche Geſetz, ſo weit es beſteht, und es beſteht jedenfalls in weiten Grenzen, nicht deßhalb aufgeben, weil der Verf. ſich etwas andres denkt, als das Geſetz beſagt. Und wo iſt denn die aprioriſtiſche Nothwendigkeit, aus welcher der Gedanke des Verf. fließt. Warum kann der pſychiſche Unterſchied nicht vielmehr dem relativen als abſoluten Unterſchiede der Reize folgen. Nur die Erfahrung und bindende Schlüſſe aus der Erfahrung können hier entſcheiden. Wo hat der Verf. ſolche angeſtellt, wo die meinigen geprüft; er hält ſie ſchon durch ſeinen Gedanken widerlegt.

Mit vorigem Puncte ſteht Folgendes in Beziehung. Gewiß iſt, daß Unterſchiede zwiſchen Empfindungen beſtehen können, es größere und kleinere geben kann, ohne daß der Unterſchied zwiſchen den größeren und kleineren ins Bewußtſein fällt, wonach ich Unterſchiede zwiſchen Empfindungen, Empfindungsunterſchiede von empfundenen Unterſchieden, Unterſchiedsempfindungen unterſchieden, und dieſe Unterſcheidung conſequent feſtgehalten habe („Elem." II. 82 ff. und oben S. 183). Aber nachdem der Verf. letztere, die Unterſchiedsempfindungen, thatſächlich als merklich werdende von erſteren als nicht merklich werdenden unterſchieden hat (p. 173), glaubt er ſie nachher (p. 175) wieder dadurch wegbringen zu können, daß er ſich der Erklärung Ulricis anſchließt: „Von Unterſchiedsempfindungen kann überhaupt nicht die Rede ſein. Unterſchiede als ſolche bewirken keine Empfindungen, denn ſie vermögen als ſolche keine Nervenerregungen hervorzubringen. Unterſchiede können wir alſo nicht empfinden, nur bemerken." Hiegegen ſage ich hier nichts, da der Verf. das, was dagegen zu ſagen, in meinen Auseinanderſetzungen mit Ulrici unter Nr. 5 finden wird.

Wenn endlich der Verf. (p. 174) ganz rückſichtslos auf meine, in den „Elementen" eingehends gepflogenen, Erörterungen, wie zu einem Empfindungsmaße zu kommen, auf die alte Behauptung zurückkommt, man könne wohl von ſtärkeren und ſchwächeren Empfindungen, aber nicht von einem Maße derſelben ſprechen, nach welchem eine E. ſo oder ſo viel mal ſo ſtark als die andere ſei, ſo finde ich doch nichts in ſeiner Rückkehr zu dieſer Behauptung, wodurch meine factiſche Deduction des Maßes überhaupt nur berührt würde. Wer ins Feld hinausſieht, eine Zeit durchlebt, weiß auch nicht unmittelbar anzugeben, wie vielmal ſo groß die eine Raum- oder Zeitſtrecke als die andere ſei; es bedarf der Anlegung eines Maßſtabes. Ein ſolcher kann nun freilich für pſychiſche Größen nicht unmittelbar in einer phyſiſchen Elle gefunden werden, wie man auch Zeit nicht unmittelbar durch Raum noch umgekehrt meſſen kann, doch giebt es Uhren; und ſo kann auch nach einer functionellen Abhängigkeit des Pſychiſchen vom Phyſiſchen eine pſychiſche Elle von einer phyſiſchen abhängig gemacht werden, ohne in ihr gefunden zu werden; und ehe man nicht näher zugeſehen, ob und wie ſich's hat machen laſſen, darf man nicht behaupten, daß ſich's nicht machen laſſe, weil man findet, daß ſich's in der That rein aus dem Kopfe nicht machen läßt.

3) Prof. Dr. J. v. Kries[1]) (Freiburg i. B.).

„Über die Meſſung intenſiver Größen und über das ſogenannte pſychophyſiſche Geſetz“ in „Vierteljahrsſchr. f. wiſſenſchaftl. Philoſophie“ VI. 3.

Der Verf. leitet ſeine Abhandlung mit ſehr ins Speciale gehenden Ausführungen über die Meßbarkeit phyſiſcher Größen ein, deren kurz zuſammengezogenes Reſultat mir bezüglich der hier davon zu machenden Anwendung das zu ſein ſcheint, daß zur Meßbarkeit von Größen überhaupt die Gleichheitsbeſtimmung gleichartiger Elemente gehöre, wie ſolche phyſiſcherſeits durch Raum, Zeit, Maſſe geboten werden, wonach das Maß in einem Zahlausdruck als Vielfaches des Gleichen gewonnen werden könne. Die Maße aller phyſiſchen Größen ſeien auf jene zurückführbar. Aber die pſychiſchen Werthe entſprechen nach dem Verf. nicht dieſer Bedingung. Die Stelle, worin er ſich entſchieden in dieſer Hinſicht ausſpricht, und worin meines Erachtens der Kern ſeiner Einwürfe liegt, iſt dieſe (p. 273):

„Wir wollen, um für das Folgende uns den Ausdruck etwas zu vereinfachen, hier zunächſt die (ſachlich indifferente) Annahme machen, daß der geſammte Sinnesapparat unveränderlich wäre, daß alſo einem (objectiv) beſtimmten Reize ſtets dauernd dieſelbe Empfindung correſpondirte. Es mögen E_1 E_2 E_3 . . . die Empfindungen ſein, welche den Reizen R_1 R_2 R_3 entſprechen und zwar mag die Reihe R_1 R_2 . . . eine Reihe zunehmender Intenſitäten ſein. Einem jeden Verſuche der Größenbeſtimmung wäre nun die Frage vorauszuſchicken, ob es einen Sinn und welchen es habe, zu ſagen, daß die Veränderung der Empfindung von E_1 auf E_2 gleich ſei z. B. der Veränderung von E_k zu E_l, oder, was auf daſſelbe herauskommt, daß die Empfindung E_m ſo und ſo viel mal ſo groß ſei als die Empfindung E_n. Die unbefangene Überlegung ergiebt nun meines Erachtens unweigerlich, daß ſich mit dieſen Ausſagen überhaupt gar kein Sinn verbinden läßt. Die Gleichartigkeit der Elemente, welche unſere Raum- und Zeitvorſtellung auszeichnet, fehlt eben den intenſiven Empfindungsreihen. Belaſten wir z. B. eine Hautſtelle mit zwei und dann mit 3 Pfund, danach mit 10 und dann mit 15 Pfund, ſo liegen die beiden letzteren Druckempfindungen an einer ganz anderen Stelle der geſammten Empfindungsreihe als die beiden erſteren. Der eine Zuwachs iſt daher von dem andern etwas völlig Verſchiedenes und ſie geſtatten zunächſt keine Vergleichung. Die Behauptung, ſie ſeien gleich, hat gar keinen Sinn. Es iſt das in der That nichts Anderes, als die Behauptung der Gleichheit z. B. einer Schall- und einer Lichtbewegung. Hier wie dort gewinnt die Behauptung einen Sinn erſt dann, wenn willkürlich feſtgeſetzt iſt, was als gleich betrachtet, was unter „gleich“ verſtanden werden ſoll. Es iſt vielleicht bedauerlich, liegt aber in der Natur der Sache, daß, was ich hier behaupte, nicht eigentlich bewieſen werden kann. Ich kann nur in Abrede ſtellen, daß der Sinn der betreffenden Gleichheitsurtheile ohne Weiteres einleuchtend ſei; ſtreiten läßt ſich über ein derartiges letztes Element unſeres urtheilenden Verſtandes ebenſo wenig, wie ſich einfache Elemente unſerer Empfindung (Roth oder Süß) beſchreiben laſſen. Auch wenn Jemand ſich bemühte, feſtzuſtellen, welche Längengröße einer Secunde gleich wäre, würden wir ihm nur ſagen können, daß die Gleichſetzung einer Raum- und einer Zeitgröße für uns keinen Sinn habe. Der zuverſichtlichen Behauptung aber, daß die Aufgabe zwar ſchwierig, aber doch principiell lösbar ſei, würden wir nichts weiter entgegenſetzen können, als die Berufung auf das unmittelbare Ergebniß innerer Erfahrung, welches uns das Gegentheil lehrt. Ganz daſſelbe findet auch für die Gleichſetzung zweier verſchiedener Empfindungszuwüchſe ſtatt.“

---

[1] Der Verf. iſt freilich vielmehr Prof. der Phyſiologie als Philoſophie, hat ſich aber ſelbſt damit unter die Philoſophen, mit denen hier zu verhandeln, geſtellt, daß er ſeine Abhandlung in einer philoſophiſchen Zeitſchrift hat erſcheinen laſſen, und auch abgeſehen davon glaube ich, daß ſeine Einwürfe den beſten Anſchluß unter den philoſophiſchen finden.

Nun iſt es aber doch eigen, daß die Gleichheitsſchätzung von Unterſchieden in verſchiedenen Höhen der Reizſcala, welche nach dem Verf. keinen Sinn hat, von Allen, die ſich bisher mit experimentaler Prüfung des Weberſchen Geſetzes beſchäftigt haben, theils direct, theils rechnungsweiſe ohne allen Anſtand, und ohne daß man ſich des Unſinns bewußt geworden iſt, bewirkt worden iſt; und ich geſtehe, gar nicht zu verſtehen, wie ſich der Verf. in Betreff ſeiner Behauptung auf das unmittelbare Ergebniß innerer Erfahrung berufen kann. Wäre dieſes im Sinne des Verf., ſo würden beiſpielsweiſe die ganz unbefangenen Beobachtungsſubjecte, welche von Plateau und Delboeuf zu ihren Verſuchen zugezogen ſind, ſtatt ohne Weiteres auf die geforderten Gleichſchätzungen einzugehen, ganz einfach geſagt haben, es geht nicht, und die vielen Aſtronomen, die ſich auf Sterngrößenſchätzungen eingelaſſen haben, den Unſinn ſolcher Schätzungen unmittelbar empfunden haben. Nun freilich ſucht der Verf. dieſe und alle Gleichſchätzungen, worauf ſich das Weberſche Geſetz ſtützt, nur als ſcheinbar auf pſychiſche Größen bezüglich zu deuten; näher zugeſehen kommen ſie nach ihm auf verſteckt objective phyſiſche zurück. Aber das ſind eben Deutungen des Verfaſſers; unmittelbar ſtimmen die ſubjectiven Schätzungen gar nicht mit den objectiven Meſſungen überein; und möchten ſie ſelbſt die *Möglichkeit* ſeiner Deutung zulaſſen, ſo hat ſich jedenfalls dieſelbe nicht auf unmittelbare Ausſage der inneren Erfahrung zu berufen. Meinerſeits aber finde ich auch des Verf. Deutungen ſelbſt ſo gezwungen, daß ich zweifle, jemand könne ſie überzeugend finden.

Auch habe ich die Rolle nicht verſtanden, welche nach mir die eben merklichen Unterſchiede zur Begründung eines pſychiſchen Maßſtabes ſpielen ſollen, die übrigens nichts weniger als allein zu dieſer Begründung von mir verwandt worden ſind; und jedenfalls wird man aus meiner eigenen Darlegung S. 119 ff. beſſer als aus der des Verf. (p. 276. 277. 282. 284) verſtehen, wie ich ſelbſt dieſe Rolle verſtehe[1].

Wenn der Verf. p. 280 ff. geltend macht, daß das auf Gleichheitsſchätzung zu gründende pſychiſche Maß bald „durch die Ausdehnung der percipirenden Flächen und die dadurch gegebene Möglichkeit, den Reiz auf verſchiedene Theile des Sinnesapparates wirken zu laſſen“, bald „durch die verſchiedene Qualität des Reizes“ complicirt werde, ſo können hievon Schwierigkeiten des Maßes abhängen; einen principiellen Gegengrund dagegen weiß ich nicht darin zu finden.

Nachdem ich nun dem Verf. in der weſentlichen Begründung ſeiner Anſicht nicht zuzuſtimmen vermöchte, finde ich auch keinen Anlaß, auf ſeine Ausführung derſelben näher einzugehen. Um jedoch ſeine Anſicht über die Zurückführbarkeit der ſcheinbar pſychiſchen Schätzung auf phyſiſches Maß durch einige Stellen beſtimmter zu bezeichnen, mögen die folgenden aus ſeiner Abhandlung hier Platz finden.

p. 287. „Hering hat ausführlich gezeigt[2], daß wir die Gewichte im Allgemeinen richtig taxiren und nicht etwa nach den Logarithmen der wirklichen Gewichte.“ — p. 288. „Wenn wir in der Taxirung von Schallſtärken ebenſo geübt wären, ſo würden wir vermuthlich auch als die doppelte Intenſität einer Schallempfindung diejenige bezeichnen, welche von der verdoppelten Schallquelle herrührt“[1] — p. 289 f. Der Erfolg von Delboeufs Verſuchen und den Sterngrößenſchätzungen hängt davon ab, daß wir nach objectiven Abänderungen der Beleuchtung, denen wir in der Welt begegnen, „uns gewöhnen, Lichtintenſitäten nach ihrem Verhältniſſe, alſo nicht arithmetiſch, ſondern geometriſch zu beurtheilen.“ Man muß die penible Ausführung in dieſer Hinſicht ſelbſt nachleſen.

---

[1] Was ſoll ich dazu ſagen, wenn der Verf. p. 276 ſagt: „Wir können *feſtſetzen*, daß die eben merklichen Empfindungszuwüchſe in einer ganzen Intenſitätsreihe als gleich betrachtet werden ſollen. . . . Wir können eben ſo gut auch feſtſetzen, daß Empfindungszuwüchſe als gleich gelten ſollen, welche gleichen Reizzuwüchſen entſprechen.“ Und p. 284 mit Bezug auf meine angebliche Auffaſſung: „Wir definiren alſo nach einer pſychiſchen Verurſachung (?), wenn wir ſagen: wir betrachten als gleich diejenigen Empfindungszuwüchſe, welche eine Unterſchiedswahrnehmung hervorbringen.“ Meinerſeits halte ich ausgeſprochenermaßen eben merkliche Unterſchiede nur für gleich, ſofern ich ſie in der Empfindung als gleich taxire, das iſt aber für mich *nicht* willkürlich.

[2] Hiegegen vergleiche man doch „In Sachen“ p. 187 f.

Übrigens möchte ich bei der Wichtigkeit der Aufgabe, die ſich der Verf. geſtellt hat, der Pſychophyſik den Boden zu entziehen, vielmehr zur eigenen Einſicht in ſeine Abhandlung anregen, als durch vorige Bemerkungen von meinem Parteiſtandpuncte aus, die überhaupt nichts weniger als erſchöpfend ſein konnten, davon abgehalten haben. Findet man danach, daß der Verf. im Rechte iſt, nun ſo wird man den Vortheil davon haben, daß man den ganzen, ſchon zu einer großen Maſſe aufgeſtauten, Unſinn der Pſychophyſik auf einmal los iſt, und wird nur die zu bedauern haben, die doch nach wie vor in ihrem Wuſte zu wühlen fortfahren. Es gilt dies aber nicht bloß von dem Angriffe des Verf. gegen die Fundamente der Pſychophyſik, ſondern mehr oder weniger von den philoſophiſchen Angriffen dagegen überhaupt; und ſo namentlich von dem des Autors, zu dem ich mich jetzt wende.

4) Dr. Ferdinand Auguſt Müller (Göding oder Wien[2]).

Der obgenannte philoſophiſch und mathematiſch zugleich wohlgeſchulte Autor hat ein Schriftchen unter folgendem Titel veröffentlicht: „Das Axiom der Pſychophyſik und die pſychologiſche Bedeutung der Weberſchen Verſuche. Eine Unterſuchung auf Kantiſcher Grundlage. Marburg, bei Elwert 1882“, ein Schriftchen, welches, nach offener Erklärung im Vorwort, „gegen alle Unterſuchungen gerichtet iſt, die, in welcher Form immer, darauf ausgehen, den functionellen Zuſammenhang zwiſchen Phyſiſchem und Pſychiſchem zu ermitteln.“ Demgemäß bezeichnet der Verf. (p. 36) als das von vorn herein zu bekämpfende „Axiom“ der Pſychophyſik die Behauptung, „es beſtehe functionaler Zuſammenhang zwiſchen dem, durch eine Maßzahl ausgedrückten, Reizquantum und dem durch eine Maßzahl ausgedrückten Empfindungsquantum.“ — Aber wann und wo iſt es der Pſychophyſik je eingefallen, hierin „ein Axiom“ zu ſehen. Die Philoſophen ſahen vielmehr im Gegentheil dieſer Behauptung eine Art Axiom, und erſt dieſem Axiom gegenüber hat die Pſychophyſik in einer durch Erfahrung und Mathematik verfolgbaren Weiſe eine Maßbeziehung zwiſchen pſychiſchen und phyſiſchen Werthen hergeſtellt, wonach mir ſchwer verſtändlich iſt, wie der Verfaſſer glauben kann, durch philoſophiſche Definitionen, Deductionen und Deutungen der Thatſachen im Sinne derſelben, jene mathematiſch aufzeigliche Maßbeziehung wegdemonſtriren zu können.

---

[1] In „Elem.“ I. 182 habe ich der Angabe eines Muſikers erwähnt, man habe bei den Rheiniſchen Sängerfeſten die Erfahrung gemacht, daß ein Chor von 400 Männerſtimmen keinen bedeutend ſtärkeren Eindruck mache als von 200. Sollte der Verf. das auch auf mangelnde Übung ſchieben können? Und wenn Übung dazu gehört, die Schätzung richtig in objectivem Maße vorzunehmen, woher die Schätzung in richtigem Maße vor der Übung?

[2] Die Zuſchrift, womit der Verf. die Überſendung des Schriftchens an mich begleitet hat, iſt von Göding, das Vorwort des Schriftchens von Wien datirt.

Freilich, der Verfaſſer beweiſt aus Kantiſchen Principien, daß „die Größe nur Objecten beigelegt werden kann,“ wonach es natürlich auch keine pſychiſchen Größen, mithin auch kein Maß derſelben geben kann. Aber der Verf. wird doch zugeben, daß ſich von einer ſchwächeren zu einer ſtärkeren Licht- oder Schallempfindung etwas ändert, und daß man von verſchiedenen Größen dieſer Änderung ſprechen kann, oder meint er nicht ſo, ſo hat er einen anderen Sprachgebrauch als alle Welt; ich meine aber auch gezeigt zu haben, daß man die Größen jener Änderungen als Änderungen von Größen behandeln und dabei von erfahrungsmäßigen Ausgangspuncten zu erfahrungsmäßigen Folgerungen gelangen kann; wozu mich da um Kantiſche Definitionen kümmern. Freilich der Verf. ſieht in den Unterſchiedsempfindungen, mit denen ich bei Verfolgung meiner Maßbeziehungen zu thun habe (p. 105. 106), nur „Contraſtgefühle von verſchiedenem Charakter“, was ihm natürlich niemand wehren kann, ohne daß mir aber dadurch meinerſeits gewehrt iſt, mit den Größenänderungen dieſer ſog. Contraſtgefühle zu verfahren, wie ich verfahren bin. Zwar, wenn ich eine Unterſchiedsempfindung für null in dem Falle erkläre, daß die Empfindungen, die ich von zwei Objecten habe, gleich ſind, ſo wirft mir der Verf. (p. 106) vor, „es ſei abſurd, zu behaupten, die Bewußtſeinsbeſtimmung ſei gleich null, wenn in allerdeutlichſter Weiſe zwei Objecte ihrer Qualität, Extenſion und Intenſität nach gleich zu ſein ſcheinen.“ Und gewiß wäre es abſurd, wenn ich die Empfindungen, die ich von dieſen Objecten habe, für null erklärte; aber warum nicht die, die ich von ihrem Unterſchiede habe? und durch Betrachtungen dieſer Art, deren Ausführung ſelbſt einzuſehen ich dem Leſer überlaſſen muß, ſoll man „gezwungen ſein, die Contraſtempfindung von variabler Intenſität [für das Contraſtgefühl von variablem Charakter] aufzugeben.“

Auf p. 48 hat der Verf. den Satz „damit zwei Vorſtellungen durch den Größenbegriff als Größen objectiv verbunden werden können, müſſen ſie gleichartig ſein.“ Dennoch kann man den Fallraum mit der zum Fallen gebrauchten Zeit ſo verbinden, nur freilich nicht eine Größe als ein wievielmal der heterogenen faſſen; aber habe ich das gethan? Weiter: „Zwei gleichartige Objecte als Zahlen vergleichen, heißt, das eine Object durch das andere meſſen, wobei das eine Object Maßeinheit iſt und das andere durch eine gewiſſe Zahl von Maßeinheiten dargeſtellt wird.“ Ganz recht, und genau in dieſem Sinne mißt meine Maßformel die Empfindung nicht zwar direct, ſondern durch Vermittlung ihrer functionellen Abhängigkeit vom Reize; aber der Zahlenvergleich bleibt danach derſelbe, als wenn er direct geſchähe.

In Betreff der Bemerkung des Verf. p. 28, daß die Conſtantenbeſtimmung bei Integration der Fundamentalformel nicht auf das Schwellengeſetz geſtützt zu werden brauche, verweiſe ich auf S. 196.

Das Weberſche Geſetz, auf dem ich pſychophyſiſch fuße, deutet der Verfaſſer pſychologiſch; auch das ſteht ihm ja frei; ſchon Wundt hat es gethan, aber wenigſtens in ſeinen ſpäteren Darſtellungen nicht überſehen, daß es außer der ihm zugeſchriebenen pſychologiſchen Bedeutung auch ſeine pſychophyſiſche hat, und nur um dieſe kann es ſich natürlich in einer Pſychophyſik handeln. Die Seelenvorgänge hängen in ſich zuſammen, die leiblichen Vorgänge hängen in ſich zuſammen, aber auch die einen hängen mit den anderen zuſammen; und ſo kann überhaupt durch Pſychologie und Phyſiologie die Pſychophyſik nicht beſeitigt werden.

Auf p. 64 kann ſich der Verf. nicht darein finden, daß ich das Weberſche Geſetz für das Augenmaß in Anſpruch nehme und doch für die Auffaſſung extenſiver Größen nicht beſtätigt finde. Offenbar hat er meine Auseinanderſetzungen in „Elem.“ II. 336 ff. nicht geleſen. Ich beziehe ja die Augenmaßverſuche gar nicht direct auf extenſive Raumempfindungen, ſondern auf Augenbewegungen.

Nach Vorigem ſchiene es mir nutzlos, noch auf weitere und ſpeciellere Auseinanderſetzungen mit dem Verf. einzugehen, wenn ſchon ſeine Schrift noch manchen Anlaß dazu darböte.

5) Prof. Dr. H. Ulrici.

Prof. Ulrici hat im 72. Bande der „Zeitſchr. f. Philoſophie und philoſ. Kritik“ p. 281 ff. eine Abhandlung unter dem Titel „Pſychophyſiſche Fragen und Bedenken“ mit Beziehung auf meine Schrift „In Sachen“ herausgegeben, worin er im flüchtigen Überblick über die ihn intereſſirenden Hauptpuncte meiner Pſychophyſik mir mangelhafte Erklärungen, Unklarheiten, Verwechſelungen, Widerſprüche mancher Art vorwirft, und ſeine Vertretung der von mir ſo genannten Differenzanſicht gegen meine Bemerkungen „In Sachen“ Abſchn. XII. aufrecht zu halten ſucht.

Nun ſteht der Verf. von vorn herein auf einem weſentlich anderen Standpunct, als den ich in der Pſychophyſik eingenommen und im erſten Abſchnitt dieſer Schrift reſumirt habe, indem er über das ſinnliche Gebiet hinaus ein höheres geiſtiges Gebiet ſtatuirt, worin die Thätigkeiten der Unterſcheidung und der, nach ihm ſchließlich auf dieſe zurückführbaren, Aufmerkſamkeit fallen, ein Gebiet, welches zu dem Gebiete der pſychophyſiſch unterbauten oder, wie ich mich ausgedrückt habe, pſ.-ph. repräſentirten ſinnlichen Empfindung hinzutritt, ohne ſelbſt noch pſ.-ph. repräſentirbar zu ſein; wogegen ich nach der im erſten Abſchnitt geführten Erörterung das höhere nicht minder als das niedere Gebiet pſ.-ph. unterbaut halte. Hienach würde es mir leicht ſein, zu zeigen, daß Vorwürfe jener Art, die der Verf. von ſeinem Standpunct aus erhebt, theils von mangelnder Einſicht in das, von meinem Standpunct aus conſequent entwickelte, Syſtem, theils mangelnder Berückſichtigung ausdrücklich von mir gegebener Erklärungen und Erörterungen über weſentliche Puncte deſſelben abhängen; nur würde es weitläufig, unerquicklich und ohne poſitive Frucht ſein, dies ins Einzelne auszuführen; auch geſtehe ich, daß ich zu müde dazu bin, und meine, daß in dem Abſchnitt XVI über die negativen reſp. unbewußten Empfindungen und dem Abſchn. XIX über die Aufmerkſamkeitsverhältniſſe in dieſer Schrift ſchon weſentlich Alles enthalten iſt, was gegen die Ausführungen des Verf. von p. 288[1] bis 292 von meiner Seite zu ſagen war.

Aber auf ſeine Bemerkungen von p. 292 an ſcheint mir doch etwas näher einzugehen. Er ſagt p. 293: „Nicht nur Fechner, ſondern auch ſeine Gegner, beachten nicht den bedeutſamen Unterſchied, der zwiſchen der Empfindung als ſolcher und der merklichen reſpectiv bemerkten

---

[1] Beiläufig verwechſelt der Verf. auf p. 288 das Schwellengeſetz mit dem Weberſchen Geſetze, doch kommt darauf nichts weſentlich an.

Empfindung zu machen iſt. Daher vermögen ſie denn auch die Schwierigkeiten, die ſie gegen Fechners Theorie erhoben, ihrerſeits ſo wenig zu löſen als Fechner. . . . . Ich werde nachweiſen, daß nicht nur jene logiſchen ſondern auch dieſe thatſächlichen Discrepanzen (welche der Verf. inzwiſchen hervorgehoben hat) ſich löſen laſſen, wenn man annimmt, daß das Bewußtwerden der Empfindungen nicht bloß von ihnen und ihrer Beſchaffenheit, ſondern noch außerdem von einem beſonderen pſychiſchen Act abhängt, oder, was daſſelbe iſt, daß dieſer Act hinzutreten muß, wenn das Daſein und reſp. die Beſchaffenheit einer E. bemerkt werden ſoll.“

Als dieſen Act bezeichnet der Verf. die Thätigkeit des Unterſcheidens, und in ſofern die Aufmerkſamkeit weſentlichſt dazu beiträgt, Phänomene nicht nur bemerken, ſondern auch ihrer Beſchaffenheit nach erkennen zu laſſen, erklärt er (p. 306) dies durch die „Annahme, daß die Aufmerkſamkeit nichts Anderes iſt, als die auf ein beſtimmtes Object (einen gegebenen oder zu erwartenden Sinneseindruck) gerichtete Thätigkeit des Unterſcheidens.“

Nun kann natürlich eine Unterſcheidung zwiſchen Empfindungen nicht ſtattfinden, ohne daß zu einer Empfindung noch eine andere davon verſchiedene kommt; und inſofern eine Empfindung nur mittelſt Unterſcheidung bemerkt werden ſoll, gehört auch nach dem Verf. dazu, daß zur einen Empfindung noch eine davon unterſcheidbare hinzutritt; und überträgt ſich dies auf die Reize und pſ.-ph. Erregungen, wovon Empfindungen abhängen. Eine E. für ſich allein kann zwar „als ſolche“ exiſtiren, aber ohne Unterſcheidung von einer andern nicht bemerkt werden.

Kann ich nun ſchon dem Verf. nicht in alle Ausführungen hierüber folgen, ſo glaube ich doch, daß die weſentlichſten Geſichtspuncte des Streites zwiſchen uns ſich im Folgenden genügend herausſtellen werden.

Auf p. 294 macht der Verf. für ſeinen Satz, daß zum Merklichwerden einer E. außer dem ihr beſonders unterliegenden pſychophyſiſchen Proceſſe noch der ſo zu ſagen darüber ſchwebende pſychiſche Act der Unterſcheidung von einer anderen E. gehöre, Thatſachen wie folgt geltend: daß wir die Sterne nicht am Tageshimmel ſehen, das Ticken einer Uhr nicht im Tagesgeräuſch hören u. ſ. w. Der Stern ſcheine doch Tages wie Nachts, unſere Netzhaut, unſer pſychophyſiſcher Apparat ſeien Tages wie Nachts dieſelben, auch ſei unſtreitig Tages wie Nachts Empfindung des Sternenlichts (Empfindung als ſolche), nur keine merkliche, vorhanden, weil die Unterſcheidung derſelben von einer anderen Empfindung fehle.

Nun aber, das Sternenlicht am Tageshimmel — und für alle analogen Beiſpiele gilt das Entſprechende — entzieht ſich ja keineswegs der Merklichkeit; ſondern jeder Stern ſteigert ſogar die ſehr merkliche Helligkeit des Tageshimmels da wo er ſteht, und hat dann natürlich auch Theil an der Merklichkeit der Helligkeit, die durch ihn geſteigert iſt. Wie kann alſo zur Merklichkeit einer Empfindung Unterſcheidung derſelben von einer anderen gehören. Der Verf. verwechſelt hiebei meines Erachtens Merklichkeit einer Empfindung mit Merklichkeit des Unterſchiedes zwiſchen zwei Empfindungen. Denn in der That vermag man die durch Zutritt des Sterns geſteigerte Helligkeitsempfindung des Himmels nicht von der Helligkeitsempfindung des Himmels in der Umgebung des Sterns zu unterſcheiden, wenn der phyſiſche Helligkeitsunterſchied nicht eine gewiſſe Grenze, die Unterſchiedsſchwelle, oder das Verhältniß der phyſiſchen Helligkeiten nicht die Verhältnißſchwelle überſchreitet. Daß aber derſelbe Stern um ſo weniger beiträgt, die ſpürbare Helligkeit des Himmels zu ſteigern, je größer deſſen Helligkeit ſchon iſt, und daß die Unterſchiedsſchwelle für die Unterſcheidung des Sterns mit der Helligkeit des Himmels wächſt, hingegen die Verhältnißſchwelle nach Weberſchem Geſetze nicht damit wächſt, ſind Grundthatſachen der Pſychophyſik, die ſie klar zu faſſen, zu formuliren und in Folgerungen zu verwerthen hat; und ich verſtehe nicht, wie des Verf. Unterſcheidung einer E. als ſolcher und einer merklichen E., und die Rolle, welche er der Unterſcheidungsthätigkeit dabei beilegt, eine Stütze in vorigen Thatſachen finden ſoll, und was ſie zur richtigen Verwerthung derſelben beitragen kann.

Hiezu folgende Frage: der phyſiſche Unterſchied des Sterns vom umgebenden Tageshimmel iſt da, die pſychiſche Unterſcheidungsthätigkeit iſt auch dazu da, warum wird der Unterſchied dennoch nicht bemerkt? Will man ſagen, deßhalb nicht, weil die Unterſcheidungsthätigkeit in einem zu kleinen Unterſchiede keinen hinreichenden Anlaß findet, in Wirkung zu treten? Aber ſie ſchwebt ja immateriell über den phyſiſchen wie pſychophyſiſchen Unterſchieden, kann ja willkürlich geſteigert werden. Aber möge der Verf. ſie noch ſo ſehr ſteigern, er wird bei Tage keinen Stern am Himmel unterſcheiden können, nicht einmal den Sirius, der doch mit ſeinem gewaltigen phyſiſchen Helligkeitsunterſchiede von der umgebenden Helligkeit des Tageshimmels, auf die er ſo zu ſagen aufgeſetzt iſt, einer Steigerung der Unterſcheidungsthätigkeit aufs hülfsreichſte entgegenkommt.

Auf p. 303 erklärt der Verfaſſer, von einer „Unterſchiedsempfindung“ könne eigentlich gar nicht die Rede ſein. Zur Empfindung gehöre eine Nervenerregung, wie aber mache es ein Unterſchied zwiſchen Hell und Dunkel, Roth und Blau, zwiſchen zwei Klängen oder Gerüchen, eine Nervenerregung hervorzubringen, um empfunden werden zu können. Nur bemerken laſſe ſich ein Unterſchied, ſofern die Thätigkeit der Unterſcheidung dazu in Kraft trete. „Auf jene Frage,“ ſo ſagt er, „ſind Fechner wie ſeine Gegner, — obwohl ſie unbedenklich von Unterſchiedsempfindungen ſprechen, als bedürfe das Wort gar keiner Definition — die Antwort ſchuldig geblieben.“

Die Antwort iſt aber doch für mich ſehr einfach, und liegt ſchon in meiner, von jeher gemachten und eben (S. 183) reproducirten, dem Verf. aber wie es ſcheint nicht geläufigen, Unterſcheidung zwiſchen Empfindungsunterſchieden und Unterſchiedsempfindungen. Wenn zwei Empfindungen in zwei verſchiedene Menſchen fallen oder die erſte vergeſſen iſt, wenn die andere eintritt, ſo wird weder ein Unterſchied dazwiſchen empfunden noch bemerkt, trotz dem, daß ein Unterſchied zwiſchen beiden beſteht, aber er weiß es nicht zu machen, aus einem bloßen Empfindungsunterſchiede zur Unterſchiedsempfindung zu werden. Liegen hingegen im ſelben Menſchen beide Empfindungen, d. i. die ihnen zugehörigen pſ.-ph. Erregungen, hinreichend nahe in der Zeit bei einander, und iſt der Unterſchied nicht zu klein, ſo wird er ſowohl empfunden als bemerkt, wenn die Aufmerkſamkeit bezüglich desſelben nur nicht unter der Schwelle iſt, — alſo weiß ich einen klaren Unterſchied zwiſchen beiden nicht zu machen. Wie aber deute ich den Unterſchied des zweiten vom erſten Falle? Zweitenfalls finden pſychophyſiſche Vermittlungen, Wirkungsbeziehungen zwiſchen den pſ.-ph. Erregungen Platz, die erſtenfalls fehlen oder nicht kräftig genug ſind. Solche aber führen den pſ.-ph. Proceß mit, den der Verf. zur Begründung einer Unterſchiedsempfindung bei mir vermißt.

Natürlich ſtimmt das nicht mit der Anſicht des Verf.; aber es fragte ſich nur eben, ob ich eine Antwort im Sinne meiner Anſicht ſchuldig bleiben müſſe; und ich frage nun entgegen, welche Antwort der Verf. auf die vorhin (S. 329) meinerſeits gethane Frage hat, zweifle freilich nicht, daß er als Philoſoph auch eine philoſophiſche Antwort darauf finden wird.

Die Anſicht, daß der Act der Unterſcheidung zum Bemerkbarwerden einer E. und ihrer Beſchaffenheit gehöre, iſt überhaupt für den Verf. fundamental und ſtimmt, abgeſehen von der, ihr vom Verf. beigelegten, philoſophiſchen Wichtigkeit und ſeiner Ausführung derſelben in dieſer Richtung, im Factiſchen weſentlich mit der Differenzanſicht von Schneider und Delboeuf überein, welche „In Sachen“ Abſchn. XII beſprochen wurde, und wobei auch des Anſchluſſes daran ſeitens Ulrici nach einer früheren Quelle kurz gedacht iſt.

Ich kann aber nicht umhin, meine dort gemachten Bemerkungen gegen die Differenzanſicht noch jetzt aufrecht zu halten. Sie ſind mit ausdrücklicher Verweiſung auf den XI. Abſchn. der Schrift „In Sachen" „Über Contraſtempfindung" geführt, den Ulrici bei Abfaſſung ſeiner Abhandlung, wenn überhaupt eingeſehen, jedenfalls nicht erforderlich berückſichtigt hat, was mich veranlaßt, mit einigen Erörterungen darauf zurückzukommen. Er ſagt u. a. (p. 300): „Noch kein Phyſiolog hat erklärt, wie es denkbar ſei und geſchehen könne, daß das von einer weißen Fläche reflectirte Licht oder vielmehr die dadurch hervorgerufene Empfindung des Weißen verſtärkt werden könne durch die Entſtehung der Empfindung des Schwarzen, oder, wie Fechner ſagt, daß der Contraſt eine relative Verſtärkung der „„Componenten"" des Unterſchiedes (der beiden unterſchiedenen Empfindungen)[1] mit ſich führen könne."

Nun habe ich aber in dem Abſchnitte über Contraſtempfindung, in Übereinſtimmung mit Hering und Mach, gezeigt, wie mit eintretendem Contraſt nicht nur pſychiſcherſeits ſondern auch pſychophyſiſcherſeits eine, die ſog. Hebung der contraſtirenden Empfindungen mitführende, Veränderung eintritt, die pſ.-ph. Thätigkeit des Schwarz nimmt damit ab[2], die des Weiß ſteigt damit; und möchte man auch die abſolute Beweiskraft der hieher gehörigen Verſuche bezweifeln, die an ihrem Orte nachzuſehen ſind, ſo widerlegt ſich jedenfalls dadurch die Behauptung einer Unmöglichkeit, das Hebungsphänomen anders als durch eine pſychiſche Zuthat zum Phyſiſchen ohne zugehörige Änderung des Phyſiſchen ſelbſt zu erklären.

Es iſt wahr, was Ulrici an einer anderen Stelle geltend macht: wenn ich von einer ſehr ſchwach mit Carmin gefärbten Flüſſigkeit den einen Theil neben dem anderen betrachte, ſo kann es ſein, daß mir die röthliche Färbung nicht merklich wird, wohl aber, wenn ich ſie neben einer ganz farbloſen oder andersfarbigen betrachte. Aber wäre die Flüſſigkeit gar zu ſchwach, etwa homöopathiſch, mit Carmin gefärbt, ſo würde ich die röthliche Färbung trotz ſolchen Contraſtes nicht wahrnehmen, und wäre ſie hinreichend ſtark mit Carmin gefärbt, ſo würde ich die Färbung auch ohne Contraſt, ſo weit ſich Contraſt überhaupt ausſchließen läßt, wahrnehmen. Zwiſchen beiden Extremen aber giebt es eine gewiſſe Breite, innerhalb deren der Contraſt die pſychophyſiſche Repräſentante der Rothempfindung auf der Carminlöſung, die ohne Contraſt unter der Schwelle wäre, bis über die Schwelle ſteigern kann. Entſprechend bei anderen Beiſpielen von ähnlichem Charakter.

---

[1] Einſchaltung von Ulrici.

[2] Wenn ſich Manche einbilden, die Empfindung des Schwarz ſei überhaupt keine Empfindung, und es liege ihr alſo auch keine pſ.-ph. Thätigkeit unter, ſo iſt hierüber anderwärts von mir genug geſagt.

Überhaupt ändert ſich vermöge des organiſchen Zuſammenhanges, in welchem die pſychophyſiſchen Thätigkeiten in uns ſtehen, die Intenſität derſelben nicht bloß nach der Intenſität, ſondern auch nach der räumlichen Vertheilung der Reize, wofür Mach allgemeine Formeln aufgeſtellt hat, deren im XI. Abſchn. „In Sachen“ nicht nur gedacht, ſondern wovon auch Anwendung auf die Contraſtphänomene gemacht iſt. Um ſo leichter läßt ſich bei zeitlicher Vertheilung denken, daß ein gegebener Reiz in einem ausgeruhten Organ unter ſonſt gleichen Umſtänden eine ſtärkere pſ.-ph. Thätigkeit hervorruft als in einem durch Fortdauer des Reizes ermüdeten; wodurch ſich eine ganze Anzahl Contraſterſcheinungen erklären, ohne daß man irgendwie veranlaßt iſt, Hülfe in der Differenzanſicht des Verf. zu ſuchen.

Nach Allem iſt gar keine Schwierigkeit, ſich die pſ.-ph. Unterlage der E. und geiſtigen Thätigkeit überhaupt eben ſo veränderlich als dieſe ſelbſt und die eine der anderen überall (nur nicht nach einfacher Proportion) folgſam zu denken, auch wo das Experiment direct nicht folgen kann. Ich folge nun meinerſeits dieſer Möglichkeit nach dem Faden meines Syſtems, wie ich im erſten Abſchnitt dieſer Schrift dargelegt habe; wenn ſie aber im Syſtem des Verfaſſers irgendwo abbricht, ſo bricht eben damit auch die Möglichkeit ab, uns auf gemeinſamer Unterlage weiter über die hier einſchlagenden Fragen zu unterhalten, und verzichte ich alſo auch hier darauf.

6. Prof. Eduard Zeller.

Der berühmte Geſchichtsforſcher in der Philoſophie, Prof. Zeller, hat in den Abhandlungen der Berliner Akademie 1881 eine Abhandlung unter dem Titel „Über die Meſſung pſychiſcher Vorgänge“ veröffentlicht[1], worin er die Unmöglichkeit der Meſſung pſychiſcher Größen in einer Weiſe darzuthun ſucht, welche mir zu beweiſen ſcheint, daß er meine Begründungsweiſe des pſychiſchen Maßes in den „Elementen“ gar nicht kennt, weil ſeine Betrachtungsweiſen keinen Bezug dazu nehmen; und ich wüßte nicht, warum ich ausführlich gegen ſeine Ausführungen ſein ſollte, da die Schwierigkeiten, die er erhebt, meine Weiſe der Begründung theils gar nicht treffen, theils an ihrem Orte berückſichtigt ſind. Daß das pſychiſche Maß keine ſo einfache Sache iſt, als das phyſiſche Maß, iſt von mir zugeſtanden, aber das Intereſſe des pſychiſchen Maßes liegt auch gar nicht in ſeiner praktiſchen Ausführbarkeit.

---

[1] Im Separatabdruck bei Dümmler in Berlin erſchien.

Der Verf. vermißt insbeſondere „einen feſten Maßſtab, den wir beſitzen müßten, um die abſolute Größe der Intenſität einer pſychiſchen Thätigkeit beſtimmen zu können,“ d. h. er vermißt eine, als pſychiſche Maßeinheit brauchbare, pſychiſche Größe, die ſich überall wiederfinden läßt, und wozu ſich andere gleichartige pſychiſche Größen in Verhältniß ſetzen laſſen. Und freilich kann eine ſolche in einer „ebenmerklichen Empfindung“ — und weiter ſcheint ihm nichts einzufallen — nicht gefunden werden. Nach den von mir aufgeſtellten und entwickelten Principien aber kann jede beliebige pſychiſche Größe als eine immer wiederzufindende Maßeinheit für pſychiſche Größen derſelben Art gelten, welche einem Reize angehört, der ſeinen Schwellenwerth in gegebenem Verhältniſſe überſteigt, und ſofern der Schwellenwerth ſelbſt ein für jedes Individuum und jeden Zuſtand deſſelben conſtatirbarer Werth iſt, iſt es auch die pſychiſche Einheit, welche, nicht dem Schwellenwerthe ſelbſt, aber ſeiner Überſteigung in gegebenem Verhältniſſe zugehört. Wie man nun als Einheit des Raummaßes jede beliebige, nur in conſequenter Verwerthung überall feſtzuhaltende, Raumgröße nehmen kann, ſo als Einheit des pſychiſchen Maßes jede pſychiſche Größe, welche einer Überſteigung der Schwelle in beliebig angenommenem Verhältniſſe zugehört.

Wohl zu bemerken, ſetzt dieſes Maß keineswegs principiell und weſentlich die Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes voraus, ſondern ſtellt ſich nur unter Vorausſetzung dieſer Gültigkeit in einfachſter Form dar, und die in meinen „Elementen“ geſchehene Erläuterung des Maßes daran hat wegen der jedenfalls approximativen Gültigkeit des Geſetzes in der äußeren Pſychophyſik und wahrſcheinlich unbeſchränkten Gültigkeit in der inneren Pſychophyſik auch ein fundamentales Intereſſe; Abweichungen vom Geſetze aber laſſen ſich, nachdem ſie empiriſch ermittelt ſind, auch in den functionellen Ausdruck des Maßes aufnehmen, wie in „Elem.“ II. 191 ff. näher beſprochen iſt. Principiell fußt die Gewinnung des Maßes überhaupt darauf „die Gleichheit kleiner Änderungen, Zuwüchſe der Empfindung für zugehörige Reizzuwüchſe in verſchiedenen Theilen der Reizſcala zu conſtatiren,“ wozu die Maßmethoden der Unterſchiedsempfindlichkeit dienen, und hieraus das Abhängigkeitsverhältniß zwiſchen der aus den Zuwüchſen von Null an erwachſenen Empfindung, und dem aus den Zuwüchſen von Null an erwachſenen Reize abzuleiten, wozu es, auch wo das Weberſche Geſetz nicht zutrifft, immer irgend eine, wenn auch nur empiriſche, Formel geben wird; in ſo weit es aber zutrifft, iſt die Maßformel einfach genug und ganz rationell abzuleiten.

Nun konnten ja möglicherweiſe bei dem von mir eingeſchlagenen Gange Fehlſchlüſſe oder Rechnungsfehler begangen ſein, und konnte der Verf. ſich die Aufgabe ſtellen, ſolche nachzuweiſen, was nicht geſchehen iſt; er hat meinen Gang, ja die Principien dieſes Ganges eben nicht verfolgt. Denn wäre es der Fall, ſo hätte ihm meine Beſtimmungsweiſe der pſychiſchen Maßeinheit, worauf Alles ankommt, nicht entgehen können.

Das iſt ja freilich gewiß, und wenn der Verf. nichts anderes zeigen wollte, ſo iſt ihm nicht zu widerſprechen, daß man nicht eine Empfindung über eine andere Empfindung legen kann, wie eine materielle Elle über ein Stück Zeug, und daß inſofern kein *directes* Maß pſychiſcher Größen möglich iſt, daß es vielmehr des Mittelgliedes der functionellen Beziehung zwiſchen pſychiſchen und phyſiſchen Werthen dazu bedarf; aber ich ſollte meinen, einen Unterſchied des pſychiſchen vom phyſiſchen Maße, der von mir ſelbſt klar aufgezeigt iſt, noch einmal aufzuzeigen, hatte kein ſonderliches Intereſſe, wohl aber konnte eine neue Prüfung intereſſiren, ob mein indirecter Weg, zu einem pſychiſchen Maße zu gelangen, ſtichhaltig ſei, nachdem man früher überhaupt von einem pſychiſchen Maße nichts hat wiſſen wollen. Von einer ſolchen Prüfung aber iſt bei dem Verf. nichts zu finden.

Auf anderweite Ausführungen desſelben einzugehen, finde ich keinen Anlaß, da ich abgeſehen vom oben beſprochenen Puncte nichts ſachlich Weſentliches, was ich vertreten möchte, dadurch in Frage geſtellt finde. Übrigens iſt ſchon Wundt in Betreff mancher ihm näher liegenden Puncte auf eine Entgegnung gegen Zeller im zweiten Hefte ſeiner „Phil. Stud.“ 250 ff. und, nachdem Zeller hiegegen in den Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1882 p. 295 ff. replicirt hat, nochmals im dritten Hefte der Studien p. 379 ff. eingegangen.

XXVII. Augenmaßverſuche von Fechner, Volkmann, Chodin.

In meinen „Elem.“ I. 211 habe ich Augenmaßverſuche nach der Methode d. m. F. von mir ſelbſt und von Volkmann angeführt, welche für die Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes in dieſem Gebiete in weiten

Grenzen ſprechen. Ich komme auf dieſe Verſuche hier zurück, weil ihre Zuſammenſtellung mit ſpäteren Verſuchen Volkmanns und ſeiner Mitbeobachter in ſ. „Phyſiolog. Unterſ." I. 117 ff. um ſo größere Beweiskraft für die Gültigkeit des Geſetzes gewinnt. Außerdem wird der mit meinen und Volkmanns Verſuchen ſchlecht ſtimmenden, meines Erachtens aber unzweckmäßig angeſtellten, Verſuche Chodins (Gräfes Arch. XXIII. 92) zu gedenken und Müllers (p. 205 ff.) kritiſchen Bemerkungen zu begegnen ſein.

Auch iſt außer den, nach der Methode d. m. F. angeſtellten, Verſuchen noch einiger, nach der Methode d. e. m. U. angeſtellter, Augenmaßverſuche Volkmanns (a. a. O.), Chodins (a. a. O.) und Wundts (Pſ. II. 95) zu gedenken, von welchen letztere jedoch mit den übrigen bloß verwandt ſind.

Demgemäß theile ich die folgenden Unterſuchungen in nachſtehende Abtheilungen.

A) Verſuche nach der Methode der mittleren Fehler.

a) Mit größeren Diſtanzen von mir, Volkmann, Selger und Chodin.

b) Mit mikrometriſchen Diſtanzen von Volkmann und deſſen Mitbeobachtern.

B) Verſuche nach der Methode der eben merklichen Unterſchiede.

a) Von mir.

b) Von Volkmann und Krauſe (mikrometriſch).

c) Von Chodin (nicht mikrometriſch).

d) Von Wundt (üb. Convergenzänderungen der Augenſtellung).

C) Gegenbemerkungen gegen Müllers Kritik.

Allgemein gilt im Folgenden D als Bezeichnung einer Diſtanz, für welche der mittlere Fehler oder eben merkliche Unterſchied geſucht wird. Abgeſehen von meiner Verſuchsreihe (S. 336) iſt ſie überall in Millimetern ausgedrückt.

A) Verſuche nach der Methode der mittleren Fehler.

Das Allgemeine dieſer Methode nehme ich hier nach „Elem." I. 120 oder dem VII. Abſchnitt dieſer Schrift als bekannt an. Überall handelt es ſich im Folgenden um reine variable Fehler, welche für Rechts- und Linkslage, oder obere und untere Lage der Normaldiſtanz zuſammengenommen ſind. Die Summe ſo zuſammengenommener reiner Fehler für eine gegebene Diſtanz D heiße allgemein S (nicht zu verwechſeln mit der ſonſt üblichen Bedeutung für Unterſchiedsſchwelle).

a) Verſuche mit größeren Diſtanzen von mir, Volkmann, Solger und Chodin.

Die Beſtätigung des Weberſchen Geſetzes hängt hier daran, daß die Fehlerſummen S den Diſtanzen D proportional gehen, mithin $\frac{S}{D}$ ſich für die verſchiedenen Diſtanzen ſo nahe conſtant findet, um die Abweichungen auf unausgeglichene Zufälligkeiten ſchreiben zu können. In der That fand es ſich zunächſt ſo bei meinen, in „Elem." I. 214 angeführten, Verſuchen, welche an den Abſtänden zwiſchen den Spitzen zweier neben einander gelegter, bis auf die Spitzen verdeckter, Zirkel angeſtellt waren, indem ich mit 120 Verſuchen für jede Diſtanz (60 mit Rechtslage, 60 mit Linkslage für jedes D) erhielt:

D	10	20	30	40	50
$\frac{S}{D}$	3,864	3,843	4,030	3,862	3,708

Die Einheit der D's war hiebei $\frac{1}{2}$ par. Dec.-Linie = 0,72 par. Duod.-Linie = 1,624 Millim.

Zur Beſtätigung dienten die, in „Elem." I. 215 angeführten, Verſuche Volkmanns, welche ſpäter in ſeinen „Phyſiolog. Unterſuchungen" dadurch vervollſtändigt worden ſind, daß der, folgends unter II (in den „Elementen" unter III, bei Volkmann unter Nr. 68) angeführten Verſuchsreihe Volkmanns noch die erſt ſpäter nachgeholten Beſtimmungen bei D = 10 und 20 Mill. hinzugefügt worden, außerdem zwei, unter Volkmanns Leitung angeſtellte, Verſuchsreihen des Stud. Solger hinzugekommen ſind. Allgemein gelten für dieſe Verſuche folgende Bemerkungen.

„Benutzt wurden 3 an einem horizontalen Maßſtabe in verſchiebbarer Weiſe angebrachte Fäden, welche in Folge angehängter Gewichte eine lothrechte Richtung haben. Die horizontalen Diſtanzen laſſen ſich an dem Maßſtabe bis auf 1^{mm} direct meſſen und bis auf $\frac{1}{10}^{\mathrm{mm}}$ abſchätzen." — Überall wurde ſowohl bei Linkslage als Rechtslage beobachtet; die im Original ſpecificirten reinen Fehlerſummen dafür aber ſind folgends zuſammengezogen. Sie unterſcheiden ſich in kleinen Bruchtheilen von den in den „Elementen" angegebenen, welche aus den mir früher manuſcriptlich mitgetheilten Verſuchstabellen abgeleitet waren, ohne daß ich den Grund davon beſtimmt anzugeben weiß; doch kommt auf dieſe Kleinigkeiten nichts weſentlich an.

Heiße nun folgends Z die Totalzahl der Verſuche einer Reihe für die geſammten geprüften Diſtanzen, n die Zahl der Diſtanzen, μ die Zahl der Fractionen, in welche die Beobachtungen für jede einzelne Diſtanz getheilt wurden, um aus jeder Fraction die reinen Fehler beſonders zu berechnen und nachher zur Totalſumme S für die betreffende Diſtanz zuſammenzulegen, m die Anzahl der Beobachtungen, die auf jede Fraction insbeſondere kommen; wonach μm die Zahl der Beobachtungen für jede Diſtanz und $Z = n\mu m$ iſt, Sehw. die Sehweite, d. i. der Abſtand des Apparates von der Hornhaut, welche nach Volkmanns Beſtimmungen noch um 7 Mill. vom Kreuzungspunct der Richtungslinien im Auge entfernt iſt. Die Paginaverweiſungen bei Volkmann auf deſſen „Phyſiol. Unt." I. zu beziehen.

Zu bemerken iſt, daß man folgends für μ die doppelte Zahl als bei Volkmann angegeben findet, weil Volkmann μ für Rechts- und Linkslagen zuſammen bloß 1, ich 2 ſetze; ſonſt käme auch $Z = \mu m n$ nicht heraus.

Den folgenden 4 Verſuchsreihen, wovon die erſten zwei ſchon in den „Elementen" angeführt ſind, liegen nun folgende Verhältniſſe unter; die Nr. beziehen ſich auf die von Volkmann ſelbſt angegebenen Verſuchsnummern.

	Z	m	μ	n	Sehw.
I. Volkmann p. 121. Nr. 67 („Elem." I. 215)	768	16	6	8	800
II. Volkmann p. 123. Nr. 68 („Elem." I. 216	768	16	6	8	800
III. Solger p. 123. Nr. 69	1200	10	20	6	343
IV. Solger p. 124. Nr. 70	1200	10	20	6	343

Die uns hier intereſſirenden Ergebniſſe dieſer Reihen aber ſind in folgender Tabelle zuſammengeſtellt. Der obere Theil derſelben giebt die direct erhaltenen S für jede Diſtanz D, der untere die mit D dividirten, nach deren Conſtanz man das Zutreffen zum Weberſchen Geſetze zu beurtheilen hat, wobei man in Rückſicht der, S. 336 gemachten, Bemerkung, daß die Beobachtungen in Reihe II bei 10 und 20 Mill. erſt ſpäter nachgeholt, alſo mit den übrigen nicht in Zuſammenhange angeſtellt ſind, vielleicht wohl thut, von denſelben zu abſtrahiren.

Volkmann			Solger		
D	I	II	D	III	IV
	S	S		S	S
10	11,5	11,6	10	23,80	22,58
20	18,1	20,1	20	45,32	32,21
40	44,2	29,2	30	59,94	54,16
80	81,5	73,9	40	72,22	68,60
120	134,3	121,2	50	95,70	81,70
160	181,8	153,9	60	112,74	97,02
200	183,4	188,9			
240	241,4	216,1			
	$\frac{S}{D}$	$\frac{S}{D}$		$\frac{S}{D}$	$\frac{S}{D}$
10	1,150	1,160	10	2,380	2,258
20	0,905	1,005	20	2,266	1,612
40	1,105	0,730	30	1,998	1,805
80	1,019	0,924	40	1,806	1,715
120	1,119	1,010	50	1,914	1,634
160	1,136	0,962	60	1,879	1,617
200	0,917	0,945			
240	1,039	0,900			

Man ſieht, daß die Übereinſtimmung der Werthe $\frac{S}{D}$ bei den Volkmannſchen Reihen, insbeſondere mit Rückſicht auf die nur precär zu benutzenden Werthe bei den erſten zwei D in Reihe II, vorzüglich iſt, nur etwas geringer, mit Rückſicht auf die etwas ſtarken Abweichungen bei D = 10, in den Solgerſchen Reihen.

Statt in voriger Weiſe könnte man die Prüfung des Geſetzes in vorigen Reihen auch ſo vornehmen, daß man unter Vorausſetzung dieſes Geſetzes aus den geſammten Verſuchen den wahrſcheinlichſten Werth der, mit W zu bezeichnenden, Fehlerſumme, welche der Einheit der Diſtanz zugehört, beſtimmt, und zuſieht, wiefern die danach berechneten Werthe DW mit den beobachteten S übereinſtimmen. Nach der Methode der kl. Qu. aber erhält man als wahrſcheinlichſten Werth aus den Verſuchen

$$W = \frac{\Sigma (DS)}{\Sigma D^2}$$

d. h. man dividirt die Summe der Producte aus den S in ihr zugehöriges

D mit der Summe der Quadrate der D. So erhielt ich folgende Werthe W, denen ich die, nach bekannter Weiſe berechneten, wahrſch. Fehler zufüge.

Werthe W.

Volkm.	I.	1,0170	± 0,01975
„	II.[1]	0,9338	± 0,01045
Selzer	I.	1,9099	± 0,03175
„	II.	1,6644	± 0,02603

Die mit dieſen Werthen von W erhaltenen berechneten Fehlerſummen ſind denen zu ſubſtituiren, welche Volkmann mit der Bezeichnung S′ ſeinen Verſuchen beigefügt hat, da Volkmann nicht die wahrſcheinlichſten, ſondern wohl nur die mittleren Werthe W dazu benutzt hat. Kürze halber jedoch übergehe ich dieſe Prüfungsweiſe, welche principiell zu keinem anderen Ergebniß führen kann, als die vorige.

Um nun aus W den mittleren Fehler für eine Beobachtung und corrigirt wegen der Endlichkeit des m zu haben, hat man W mit der Beobachtungszahl jeder Diſtanz, d. i. μm zu dividiren, 96 bei Volkmann, 200 bei Selzer, und mit $\sqrt{\frac{m}{m-1}}$ zu multipliciren.[2] Zur Vermeidung mehrerer Nullen in den Ausdrücken aber führen wir lieber die Beſtimmung für 100 Beobachtungen ſtatt für eine ein, und nennen den ſo beſtimmten mittleren Fehler den procentalen. Heiße nun W_1 der ſo erhaltene, wegen Endlichkeit des m corrigirte, procentale mittlere Fehler, ſo iſt alſo

$$W_1 = \frac{100W}{\mu m}\sqrt{\frac{m}{m-1}}$$

und erhalten wir damit für W_1 bei

Volkm.	I	1,094	± 0,0213
„	II	1,004	± 0,0112
Selzer	III	1,007	± 0,0167
„	IV	0,8772	± 0,0137

Während die vorigen Ergebniſſe von mir, Volkmann und Selzer mit dem Weberſchen Geſetze ſehr gut ſtimmen, iſt dies nicht eben ſo der

---

[1] Die Beobachtungen bei D = 10 und 20 mit zugezogen.

[2] Die Correction wegen des endlichen m iſt nämlich nicht $\frac{3m+1}{3m}$, wie in den „Elementen" I. 228 angenommen, ſondern $\sqrt{\frac{m}{m-1}}$. Vergl. „In Sachen" p. 216 und oben S. 111.

Fall mit den Verſuchen Chodins. Er ſtellte 3 Reihen von Verſuchen mit je 7 Diſtanzen von 2,5 bis 160 Mill. an, zwei davon mit horizontalen, eine mit verticalen Diſtanzen, und erhielt bei allen übereinſtimmend mit wachſendem D einen erſt abnehmenden, dann mit weiterem Wachſen von D wieder zunehmenden Werth des durch die Diſtanz dividirten mittleren Fehlers, nämlich

Bei D	2,5	5	10	20	40	80	160
Nr. 1 Horiz.	$\frac{1}{39}$	$\frac{1}{52}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{76}$	$\frac{1}{69}$	$\frac{1}{73}$	$\frac{1}{65}$
Nr. 2 Horiz.	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{78}$	$\frac{1}{90}$	$\frac{1}{112}$	$\frac{1}{94}$	$\frac{1}{88}$	$\frac{1}{71}$
Nr. 3 Vertic.	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{44}$	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{55}$	$\frac{1}{57}$	$\frac{1}{48}$	$\frac{1}{36}$

wogegen das Weberſche Geſetz in jeder der 3 Reihen eine Gleichheit der vorigen Bruchwerthe für alle D fordert.

Unſtreitig ſind dieſe Ergebniſſe, gegenüber den von mir, Volkmann und Solger erhaltenen, ſehr auffällig, und die Verſchiedenheit davon kann nur in dem abweichenden Verfahren geſucht werden. Nun pflegt man ſonſt, wenn man die Verſuche Anderer experimental controlirt, dies entweder nach demſelben Verfahren, mit wo möglich geſteigerter Sorgfalt oder nach einem verbeſſerten Verfahren zu thun, um Mängel, die man an den früheren Beobachtungen bemerkt zu haben glaubt, zu beſeitigen. Statt deſſen hat Chodin, ohne etwasvon Mängeln der früheren Verſuche bemerkt oder vergleichende Verſuche mit den ſeinigen angeſtellt zu haben, ein von vorn herein bedenkliches Verfahren eingeſchlagen, nämlich folgendes: „Auf Papier wurde mit Bleiſtift eine feine Linie gezogen, auf welcher mit feinen queren Strichen eine der Diſtanzen angegeben wurde; dann wurde zu beiden Seiten derſelben (oder oben und unten) in der Fortſetzung derſelben Linie mit einem queren Striche die Diſtanz angemerkt, welche der gegebenen dem Augenmaße nach gleich war. Dieſe neue Diſtanz (Fehldiſtanz) wurde vermittelſt eines genauen Maßſtabes und Schätzung bis auf 0,1 Millim. gemeſſen.“

Nun ſcheint mir auf der Hand zu liegen, daß ſich bei dieſem Verfahren die Unſicherheit der Hand nicht corrigiren ließ, vermöge deren mitunter die Fehldiſtanz um etwas mehr als um die Unterſchiedsſchwelle von der Normaldiſtanz abweichen konnte. Im Princip der Methode der mittleren Fehler liegt aber, wie früher (S. 113) beſprochen, daß die Abweichung zwiſchen Normaldiſtanz und Fehldiſtanz ſtets kleiner als die Unterſchiedsſchwelle ausfallen, d. h. für den Augenſchein unmerklich bleiben muß, was durch die, bei dem ſonſt eingeſchlagenen Verfahren möglichen, Correctionen der Einſtellung in jedem Falle zu erreichen iſt. Vielleicht aber verfuhr Chodin auch ſo, daß er, ſtatt die Fehldiſtanz ſo zu ſagen auf einen Wurf mit einemmal zu bezeichnen, dieſelbe erſt durch Hin- und Herverſchiebung eines Bleiſtiftspunctes auf der Längslinie möglichſt gleich mit der Normaldiſtanz herzuſtellen ſuchte, ehe er ſie fixirte. Aber dann hatte er eine Normaldiſtanz zwiſchen zwei Querſtrichelchen, eine Fehldiſtanz zwiſchen einem Querſtrichelchen und einem in den ſchief aufgeſetzten Bleiſtift auslaufenden Punct. Daß das aber nicht ohne Weiteres als ſicher vergleichbar gelten kann, leuchtet ein.

Natürlich iſt vorauszuſetzen daß, wenn ſei es aus einem oder dem anderen Grunde Vergleichsfehler ſtattfanden, dieſe bei den kleinſten Diſtanzen den größten Einfluß haben mußten, größere Diſtanzen aber beſſer ſtimmen mußten. Und in der That ſieht man die relativen eben merklichen Unterſchiede, welche durch die Bruchwerthe voriger Tabelle gegeben ſind, in der erſten und dritten Reihe ungefähr von 10 bis 160 Mill. nur noch ſo unregelmäßig ſchwanken, daß man vielmehr eine Beſtätigung als Widerlegung des Weberſchen Geſetzes zwiſchen ſolchen Grenzen darin ſehen kann; nur die zweite Reihe ſtimmt weniger gut.

Immerhin könnte man vermuthen, es würde durch dieſe Verſuche jedenfalls eine, ja auch in anderen Verſuchsgebieten vorkommende, Abweichung vom Weberſchen Geſetze bei kleineren Reizgrößen für das Augenmaß bewieſen. Aber dem widerſprechen entſchieden die mikrometriſchen Verſuche Volkmanns und ſeiner Mitbeobachter, welche übereinſtimmend zwar eine Abweichung finden laſſen, doch eben nur eine mikrometriſche, die bei Werthen von 5 Millim. ſchon gegen den variablen Fehler, an dem ſich das Geſetz zu bewähren hatte, ſo gut wie verſchwindet, wie unter der folgenden Abtheilung b) zu zeigen.

In jedem Falle können durch die Reſultate der bedenklichen Verſuche Chodins die Reſultate der Verſuche Anderer, welche, ohne gleichem Verdacht Raum zu geben, unter einander übereinſtimmende Ergebniſſe geliefert haben, nicht ungültig gemacht werden. Und mit einigem Bedauern vermißt man bei Chodin auch nur den Verſuch, den Widerſpruch ſeiner Ergebniſſe mit denen der früheren Beobachter aufzuklären, da er doch nicht ohne Weiteres durch ſeine Reſultate die der früheren Beobachter antiquirt halten konnte.

b) Mikrometriſche Verſuche Volkmanns und ſeiner Mitbeobachter.

Hienach komme ich zu denjenigen Verſuchen Volkmanns und ſeiner Mitbeobachter, welche mit ſehr kleinen Diſtanzen innerhalb der Grenzen von 0,2 bis 1,4 Mill. angeſtellt worden ſind. Ein Verbindungsglied zwiſchen dieſen und den vorigen nicht mikrometriſchen Verſuchen aber gewährt eine, von Volkmann ſelbſt mit dem mikrometriſchen Apparat angeſtellte, Reihe (p. 124) mit Diſtanzen von 1 bis 5 Mill., welche folgends unter 1) mit berückſichtigt werden ſoll.

Es ſind überhaupt 8 Reihen, um die es ſich handelt, 3 von Volkmann ſelbſt, 5 von ſtudirenden Mitbeobachtern deſſelben, Appel (2 Reihen), Jahn, Geiß, Krauſe, wovon die folgenden unter 2) 3) 4) und 8) angeführten ſchon nach manuſcriptlicher Mittheilung in den „Elem." I. 220 ff. berückſichtigt waren, und in den „Phyſiol. Unterſ." von Volkmann mit den ſpäter hinzugekommenen wiedergegeben ſind. Hier wird man zur Berechnung aller eine noch ſchärfere Methode als früher gebraucht finden, ohne daß dies übrigens in den Reſultaten etwas weſentlich ändert.

Das Verfahren der mikrometriſchen Verſuche war nach p. 3 und 97 der „Phyſiol. Unterſ." folgendes. Es dienten dazu drei parallele Silberdrähte von 0,05$^{\mathrm{mm}}$ Dicke und 10$^{\mathrm{mm}}$ Länge, welche gegen den hellen Himmel betrachtet als dunkle Linien erſcheinen, und von welchen die beiden äußerſten mit Hülfe eines ſehr genauen Schraubenmikrometers ohne Störung des Parallelismus verſchoben und dem mittleren feſten Drahte beliebig genähert werden können. Iſt nun die Normaldiſtanz durch den Abſtand des einen der äußeren Fäden vom mittleren beſtimmt, ſo wird durch Verſchiebung des dritten beſtimmt die Fehldiſtanz „ſo weit es das Augenmaß erlaubt, der Normaldiſtanz gleich gemacht." Die Größe der Diſtanz läßt ſich bis auf 0,01$^{\mathrm{mm}}$ meſſen und bis auf 0,001$^{\mathrm{mm}}$ ſchätzen.

Von den folgenden 8 Verſuchsreihen ſind die 7 erſten, eben ſo wie die früheren mit größeren Diſtanzen, mit horizontalen Diſtanzen zwiſchen verticalen Fäden, die letzte, achte mit verticalen Diſtanzen zwiſchen horizontalen Fäden angeſtellt.

Alle Verſuche mit horizontalen Diſtanzen (1—7) ſind abwechſelnd mit Rechts- und Linkslage der Normaldiſtanz, die Verſuchsreihe mit verticaler Diſtanz (8) abwechſelnd mit oberer und unterer Lage der Normaldiſtanz angeſtellt, und folgends die aus beiden hervorgehenden Summen vereinigt.

Es zeigt ſich, daß man den Beobachtungen bei ſo kleinen Diſtanzen nur genügt, wenn man ſich denkt, daß der Quell der zufälligen reinen Fehler, welche im Sinne des Weberſchen Geſetzes der Proportionalität mit der Diſtanz unterliegen, ſich zuſammenſetzt mit einem Quell von zufälligen Fehlern, welche unabhängig von der Diſtanz ſind und mithin, für ſich genommen, einen bei allen Diſtanzen conſtanten Mittelfehler oder bei gegebener Zahl der Beobachtungen eine, bei allen Diſtanzen conſtante, Fehlerſumme geben würden. Daß aber dies nicht im Widerſpruch ſteht mit dem vorhin bei größeren Diſtanzen erhaltenen Reſultate, wo ſich nichts von einer ſolchen Complication zeigt und mithin das Weberſche Geſetz rein hervortritt, liegt darin, daß die von der Diſtanz unabhängigen Fehler, nach ihrem Durchſchnittswerth bemeſſen, ſehr klein ſind, ſo daß ſie bei irgend erheblichen Diſtanzen gegen die davon abhängigen merklich verſchwinden, und ſelbſt in der Verſuchsreihe mit Diſtanzen von 1 bis 5 Mill. ihren Einfluß nur noch wenig geltend machen, alſo ſchon bei 10 Mill. ganz vernachläſſigt werden können, wogegen bei ſehr kleinen Diſtanzen die denſelben proportionalen Fehler ſelbſt ſo klein werden, um gegen die davon unabhängigen conſtanten merklich zu verſchwinden. Es wird Sache der Rechnung ſein, herauszuſtellen, daß es wirklich ſo iſt.

Sei nun bei gegebener Zahl der Beobachtungen die für eine gegebene Diſtanz D gefundene, von beiden Quellen zugleich abhängige, Fehlerſumme, welche der Verſuch giebt, S; ſei DW die mit D proportionale Fehlerſumme, alſo W die Fehlerſumme für die Einheit der Diſtanz, wenn der Quell dieſer Fehler allein beſtände, V die, von der Diſtanz unabhängige, Fehlerſumme, wenn der Quell dieſer Fehler allein beſtände, ſo hat man vermöge Zuſammenwirkens dieſer Fehlerquellen, nach bekannten Wahrſcheinlichkeitsgeſetzen[1]

$$S^2 = V^2 + D^2W^2, \text{ mithin}$$

$$S = \sqrt{V^2 + D^2W^2}$$

Nach dieſen Formeln gilt es nun, V und W aus den Verſuchen zu beſtimmen, und durch Rückberechnung der Werthe S unter Anwendung der gegebenen D und gefundenen V und W zuzuſehen, ob beobachtete und berechnete Werthe S bei den verſchiedenen Diſtanzen wirklich genau genug ſtimmen, um der Formel und mithin dem Zerlegungsprincip, worauf ſie ſich gründet, Zutrauen zu ſchenken. Hierauf komme ich unten, und glaube, daß man den Erfolg des Vergleiches von Rechnung und Beobachtung ſehr zufriedenſtellend finden kann. Kürze halber nenne ich wie früher V die Volkmannſche Conſtante, W die Weberſche Variable, obwohl die Bezeichnung von V als Conſtante nur in ſo fern zu verſtehen iſt, als V ſich nicht mit D ändert; indeß doch an ſich ſelbſt eine Fehlerſumme dadurch bezeichnet iſt, während DW ſeinerſeits für die Einheit der Diſtanz als conſtant anzuſehen iſt.

---

[1] Mit Rückſicht, daß die Quadrate der Fehlerſummen den Summen der Fehlerquadrate, auf welche zurückzugehen zu umſtändlich ſein würde, proportional gehen.

In „Elem.“ I. 230 habe ich den Geſichtspunct angegeben, der Volkmann von vorn herein das Daſein einer Conſtante, wie es V iſt, vermuthen ließ, ohne daß er jedoch zu einer Rechnung dadurch geführt worden iſt. Er findet den Grund in der Weberſchen Anſicht, daß die Größe einer Diſtanz nach der Zahl der Netzhautelemente, welche ſie zwiſchen ſich faßt, geſchätzt wird, wie weiter a. a. O. nachzuſehen. Inzwiſchen glaube ich nach neuer Discuſſion der Verſuche jetzt ſelbſt nicht mehr, daß der vorige Erklärungsverſuch der Complication, welcher das Weberſche Geſetz bei kleinen Diſtanzen unterliegt, haltbar iſt. Die Werthe V müßten nämlich, wenn ſie den vorausgeſetzten organiſchen Grund hätten, nach Reduction auf vergleichbare Werthe wegen der Zahl der Beobachtungen, ſich aus verſchiedenen Verſuchsreihen deſſelben Beobachters merklich conſtant wiederfinden, wechſeln aber, wie ſpäter zu erſehen, nicht minder als die W nach den Verſuchszeiten. Auch iſt im Folgenden von jedem Erklärungsverſuch derſelben abſtrahirt, und es ſoll bloß nach Anführung der Verſuche ſelbſt unterſucht werden, ob unſere Formel zur Repräſentation derſelben genügt.

Volkmann ſelbſt hat freilich neuerdings dieſer Repräſentation widerſprochen, indem er p. 125 ſagt: „Werden die Diſtanzen, mit welchen man die Ausgleichungsverſuche ausführt, ſehr klein, ſo verſchwindet der Einfluß ihrer Dimenſion zuletzt vollſtändig[1], ſo daß die Fehlerſummen merklich verſchiedener Diſtanzen gleiche Werthe ergeben. — Fechner hat dieſe Thatſache noch nicht gekannt, und hat daher bei der Discuſſion der kleinſten ſichtbaren Größenunterſchiede eine Hypotheſe aufgeſtellt, welche mit Rückſicht auf meine neueren Erfahrungen nicht haltbar iſt. Fechner vermuthete, daß die Fehlerſummen, und demgemäß die kleinſten erkennbaren Unterſchiede, zweigliedrige Größen ſeien, das eine Glied W entſpreche dem Weberſchen Geſetze und ſei den Diſtanzen proportional, das andere Glied dagegen, V, ſei von den Diſtanzen unabhängig und alſo conſtant. Dieſe Hypotheſe entſprach den Fehlerſummen von 4 Verſuchsreihen, welche von mir und einem meiner Schüler angeſtellt waren, in ziemlich befriedigender Weiſe. Nur die Fehlerſummen der kleinſten Diſtanz fielen aus der Reihe, was Fechner auf Irradiationsſtörungen glaubte beziehen zu dürfen. Gegenwärtig iſt klar, daß dieſes Herausfallen aus der Reihe nicht von zufälligen Störungen, ſondern davon abhängt, daß die Fehlerſummen, welche ſich bei Beobachtungen kleinſter Diſtanzen anhäufen, noch von beſonderen conſtanten Urſachen abhängen."

---

[1] Dies iſt, nach Ausſage der folgends mitzutheilenden Verſuche ſelbſt, zu viel geſagt, und trifft ſogar bei Krauſes Verſuchen nicht „vollſtändig“ zu.

Aber dieſen Äußerungen liegen Mißverſtändniſſe zu Grunde.

Erſtens ſtimmen die neuen Verſuche von Volkmann und ſeinen Mitbeobachtern, Jahn, Geiß und Krauſe im Gange und den Reſultaten mit den, von mir in den „Elementen" benutzten, Verſuchen überein, und iſt die merkliche Conſtanz der Fehlerſummen bei ſehr kleinen Werthen von D nicht in Widerſpruch mit meiner Formel, ſondern eine Folgerung derſelben.

Zweitens habe ich in den „Elementen" nur die, auf das allerkleinſte D bei Volkmanns früheren Verſuchen (folgends unter 2 und 3 angeführt) fallenden Fehlerſummen durch Irradiation als geſtört angeſehen, *und zwar dies nach Volkmanns eigenen Angaben* („Elem." I. 220); muß ſie deßhalb auch folgends von der Berechnung ausſchließen, wie ſie denn in die Reihe der übrigen nicht paſſen. S. die Tabelle S. 348.

Um V und W zunächſt auf möglichſt einfache Weiſe zu beſtimmen, und damit Näherungswerthe zu erhalten, auf welche das Correctionsverfahren nach der Methode der kleinſten Quadrate anzuwenden, kann man wie folgt verfahren.

Man ſummire, wenn die Zahl der Diſtanz n iſt, die aus S erhaltenen Werthe S^2 für die $\frac{n}{2}$ kleinſten Diſtanzen und ebenſo für die $\frac{n}{2}$ größten Diſtanzen. Erſtere Summe heiße A, letztere B. Man ſummire eben ſo die D^2 für die $\frac{n}{2}$ kleinſten und für die $\frac{n}{2}$ größten Diſtanzen. Dieſe Summen heißen a und b. Dann hat man

$$A = \frac{n}{2} V^2 + aW^2$$

$$B = \frac{n}{2} V^2 + bW^2$$

und hienach

$$W^2 = \frac{B - A}{b - a}$$

$$V^2 = \frac{2(A - aW^2)}{n}$$

Wäre n unpaar, ſo hätte man ſtatt $\frac{n}{2}$ anzuwenden $\frac{n-1}{2}$, wobei das mittlere S^2 von der Berückſichtigung bei der Beſtimmung ausfällt. Das Reſultat dieſer Methode, welche ich die *Summationsmethode* nenne, unterſcheidet ſich, wie aus der Tabelle S. 347 zu erſehen, in der Regel nur wenig von dem Reſultate der ſchärfſten Methode, d. i. der Methode der kleinſten Quadrate.

In den „Elementen“ habe ich letztere Methode darauf geſtellt, daß die Summe der Abweichungen zwiſchen den berechneten und beobachteten S^2 ein Minimum wird; indeſſen da doch nicht die S^2 ſondern S direct beobachtet ſind, muß als noch ſchärfer die Berechnungsweiſe gelten, wonach die Summe der Quadrate der Abweichungen zwiſchen den berechneten und beobachteten S die kleinſtmögliche wird; und obwohl dieſe Methode erheblich umſtändlicher iſt, ohne zu erheblich andern Reſultaten zu führen, als die vorige, habe ich ſie doch folgends nicht nur auf die neueren Verſuche angewandt, ſondern auch die früheren danach umgerechnet. Nach der Form der Gleichung

$$S = \sqrt{V^2 + D^2 W^2}$$

läßt ſich aber die Methode nur im Ausgange von angenäherten Werthen des V und W zu kleinen Correctionen derſelben verwenden; und ſo habe ich als Ausgangswerthe von V und W die mit der Summationsmethode erhaltenen, in der Tabelle S. 347 mit anzuführenden Werthe angewandt, und die Correctionen auf die Formel gegründet

$$\partial S = \frac{V\partial V + D^2 W\partial W}{\sqrt{V^2 + D^2 W^2}}$$

Nur bei den folgends mit 1) und 7) bezeichneten Reihen war es nöthig, über die erſte Correction hinauszugehen.

Folgende Tabelle nun giebt zuvörderſt die Verhältniſſe der 8 Verſuchsreihen bezüglich der dabei ſtattgefundenen Werthe von Z, m, μ, n, Schw. Alle Reihen waren mit horizontalen Diſtanzen, nur die achte mit verticalen Diſtanzen (zwiſchen horizontalen Fäden) angeſtellt.

Verhältniſſe der Verſuche Z, m, μ, n, Schw.

	Z	m	μ	n	Schw.
1) Volkmann p. 124 Nr. 71	1000	10	20	5	333
2) Volkmann p. 127 Nr. 75	840	30	4	7	333
3) Appel p. 126 Nr. 72	792	11	12	6	300
4) Appel p. 126 Nr. 73	1344	48	4	7	370
5) Jahn p. 127 Nr. 76	1152	16	12	6	250
6) Geiß p. 127 N. 77	1344	16	14	6	250
7) Krauſe p. 127 Nr. 78	1152	16	12	6	200
8) Volkmann (vertic.) p. 126 Nr. 74	1152[1]	96	2	6	333

Ferner giebt folgende Tabelle die, aus den beobachteten Summen S nach der Methode der kl. Qu. abgeleiteten Werthe V, W, ſo wie die nach der Summationsmethode abgeleiteten Werthe V_s, W_s. Nach erſteren iſt dann die Berechnung der Werthe in der darauf folgenden Tabelle geſchehen.

---

[1] Volkmann (p. 126) giebt ſtatt deſſen Z = 576, aber nicht nur ſtimmt das nicht mit mμn, ſondern auch nicht mit den mir vorliegenden Originaldatis der Verſuche.

Nach der Methode der kl. Qu. beſtimmte Werthe von V und W als Summenwerthe für μm einzelne Werthe, ſammt den zugehörigen wahrſch. Fehlern w, ſo wie die nach der Summationsmethode erhaltenen Werthe V_s, W_s.

	V	w	W	w	V_s	W_s
Volkmann 1) . .	1,8111	0,32602	1,8964	0,04229	1,5157	1,9990
Volkmann 2) . .	0,9576	0,0301	1,5080	0,0227	0,9564	1,509
Appel 3)	0,9962	0,0497	1,4559	0,0607	1,0106	1,4350
Appel 4)	1,1677	0,0326	1,1688	0,01009	1,187	1,133
Jahn 5)	1,1714	0,0420	2,0992	0,0349	1,170	2,111
Geiß 6)	1,51886	0,0657	0,47312	0,0958	1,5341	0,4511
Krauſe 7) . . .	1,3068	0,0274	0,1933	0,178	1,285	0,3356
Volkm. (vert.) 8) .	1,4410	0,1030	4,2346	0,03923	1,438	4,223

Man ſieht, daß die Summationsbeſtimmungen V_s, W_s von den durch die genaueſte Methode erhaltenen Beſtimmungen V, W nur für V bei 1) und für W bei 7) erheblich abweichen, wo zugleich die wahrſcheinlichen Fehler verhältnißmäßig zu den Hauptwerthen groß, alſo die Beſtimmungen überhaupt ſehr unſicher ſind. Dieſe Unſicherheit hat hier nichts Befremdendes. Bei 1) nämlich ſind die Diſtanzen D ſo groß, daß V gegen die $D^2 W^2$ faſt verſchwindet, hingegen bei 7) die V ſo groß gegen die $D^2 W^2$, daß W gegen V faſt verſchwindet. Ja man würde, wenn man 7) allein hätte, wo der w. F. von W faſt eben ſo groß als W iſt, auf völlige Conſtanz von S bei kleinen D ſchließen können.

Sollte man übrigens einen Verdacht hegen, daß ſich in die Berechnung von V u. W ſelbſt Fehler eingeſchlichen hätten, ſo würde es leicht ſein, dieſem Verdacht dadurch zu begegnen, daß man dieſelben Werthe, nur mit irgend welchen kleinen Abänderungen in + oder —, zur Berechnung von S anwendete; immer wird man die Summe der Quadrate der Abweichungen zwiſchen den ſo berechneten und den beobachteten S größer finden, als wenn man die in der Tabelle angegeben V, W verwendet.

Folgende Tabelle giebt endlich die unmittelbar beobachteten Werthe S für die verſchiedenen Diſtanzen D in Zuſammenſtellung mit den nach V, W in voriger Tabelle berechneten Werthen auf Grund der Formel $S = \sqrt{V^2 + D^2 W^2}$. Die in Klammern eingeſchloſſenen Werthe ſind wegen zu ſtarker Irradiation (S. 345) bei Beſtimmung von V und W ausgeſchloſſen und fallen überhaupt für den Vergleich außer Rückſicht.

Beobachtete und mittelſt der vorigen Werthe V, W nach der Formel $\sqrt{V^2+D^2W^2}$ berechnete reine Fehlerſummen S bei den Diſtanzen D. Einheit der D der Millim.

Volkm. 1)			Volkm. 2)			Appel 3)		
D	S		D	S		D	S	
	beob.	ber.		beob.	ber.		beob.	ber.
1	2,338	2,623	0,2	(1,325)		0,2	0,878	1,026
2	4,603	4,204	0,4	1,145	1,140	0,4	1,267	1,154
3	6,139	5,971	0,6	1,303	1,325	0,6	1,351	1,325
4	7,934	7,799	0,8	1,541	1,547	0,8	1,540	1,533
5	9,345	9,653	1,0	1,777	1,792	1,0	1,713	1,764
			1,2	2,121	2,052	1,2	2,025	2,011
			1,4	2,276	2,392			

Appel 4)			Jahn 5)			Geiß 6)		
0,2	1,187	1,191	0,3	1,321	1,331	0,3	0,555	0,538
0,3	1,187	1,219	0,5	1,514	1,573	0,5	0,591	0,570
0,4	1,334	1,258	0,7	1,942	1,879	0,7	0,606	0,616
0,5	1,219	1,306	0,9	2,331	2,223	0,9	0,613	0,671
0,6	1,446	1,362	1,1	2,558	2,589	1,1	0,721	0,735
0,7	1,388	1,426	1,3	2,944	2,971	1,3	0,845	0,805
0,8	1,495	1,498						

Krauſe 7)			Volkm. 8)		
0,3	1,254	1,308	0,4	(2,908)	
0,5	1,296	1,310	0,6	2,980	2,921
0,7	1,340	1,314	0,8	3,618	3,681
0,9	1,380	1,319	1,0	4,487	4,473
1,1	1,367	1,324	1,2	5,198	5,282
1,3	1,265	1,331	1,4	6,144	6,101

Unſtreitig wird man die Übereinſtimmung zwiſchen Beobachtung und Rechnung im Ganzen ſehr befriedigend finden. Auf eine eingehendere Diſcuſſion in dieſer Hinſicht komme ich in meinen Gegenbemerkungen gegen Müller unter C No. 2.

Die in der Tabelle S. 347 unmittelbar aus den Beobachtungen erhaltenen Werthe V, W ſind Summen, welche für je $m\mu$ Beobachtungen gelten, ſo wie es zum Vergleich zwiſchen Rechnung und Beobachtung nöthig war, da die Beobachtungen S auch für je $m\mu$ Werthe gelten. Aber da die m und μ und mithin $m\mu$ für die verſchiedenen Reihen allgemeingeſprochen verſchieden ſind, ſo ſind V und W, um an ſich ſelbſt für die verſchiedenen Reihen vergleichbar zu werden, ganz eben ſo wie die W bei den Verſuchen mit großen Diſtanzen nach S. 338 f. zu behandeln, um Werthe für 1 Beobachtung oder, wie ich vorgezogen habe, für je 100 Beobachtungen, und corrigirt wegen Endlichkeit des m, zu erhalten; d. h. die Werthe von V und W der Tabelle ſo wie ihre wahrſch. Fehler ſind mit $\frac{100}{m\mu}\sqrt{\frac{m}{m-1}}$ zu multipliciren. Die ſolchergeſtalt reducirten Werthe heißen V_1, W_1 und ſind in der nächſtfolgenden Tabelle gegeben. In den „Elem." I. 228 habe ich zur Vergleichbarkeit der V für die verſchiedenen Reihen noch eine Reduction derſelben auf die Sehweite $333 + 7 = 340$, bei welcher Volkmann beobachtete, hinzugefügt, indem ich ſie mit $\frac{340}{\text{Sehw.} + 7}$ multiplicirte. Dieſe Reduction gründete ſich auf die Vorausſetzung der Natur der Volkmannſchen Conſtante, iſt aber hier beiſeite gelaſſen, und V eben ſo wie ſchon früher W als ein von der abſoluten Sehweite unabhängiger Verhältnißwerth angenommen; einmal da nach der, nicht mehr feſtgehaltenen, Ausgangshypotheſe kein theoretiſcher Grund vorliegt, V anders als W in betreffender Beziehung zu behandeln, zweitens da die ohne ſolche Reduction berechneten Werthe V_1 der Tafel ſich enger aneinanderſchließen, als wenn man die Reduction auf gleiche abſolute Sehweite vornimmt, was übrigens jedem noch frei ſtünde nach den dazu gebotenen Datis zu thun.

V_1, W_1, nach Reduction auf 100 Beobachtungen, und corrigirt wegen Endlichkeit des m.

	V_1	w	W_1	w
Volkmann 1)	0,9116	0,1641	0,9545	0,0213
Volkmann 2)	0,8201	0,0255	1,2781	0,0192
Appel 3)	0,7915	0,0395	1,157	0,0482
Appel 4)	0,6146	0,0171	0,6152	0,0531
Jahn 5)	0,6301	0,0220	1,129	0,0188
Geiß 6)	0,2392	0,0303	0,2181	0,0135
Krauſe 7)	0,7029	0,0147	0,1040	0,0958
Volkm. (vert. 8)	0,7545	0,0539	2,222	0,0205

Sehr auffällig ſind die exceptionell kleinen Werthe V_1 und W_1 bei Geiß 6). Davon, daß ſie nicht von Rechnungsirrthümern abhängen, kann man ſich nicht nur durch Nachrechnen überzeugen, ſondern kann auch aus der Tabelle der Beobachtungen S. 348 durch Vergleich mit Jahn 5) und Krauſe 7), die nach Tab. S. 346 unter ziemlich gleichen Umſtänden beobachtet haben, ſich von dem viel geringeren Werthe der S bei Geiß überzeugen. Im Allgemeinen ſtehen ſich die V_1 der verſchiedenen Reihen verhältnißmäßig näher als die W_1; wechſeln aber doch auch nicht nur nach den Beobachtern ſondern nach den Reihen derſelben Beobachter. (Vergl. 1) mit 2) und 3) mit 4)). Die V_1 der verticalen Diſtanzen 8) ſchließen ſich denen der horizontalen (1 bis 7) nahe an, wogegen die W_1 außerordentlich viel größer ſind, wie denn auch Volkmann ſelbſt der ſchwierigeren Schätzung bei verticaler Diſtanz gedenkt. Daß die Appelſchen Reihen 3) und 4) ſowohl in den Ergebniſſen für V_1 als W_1 ſo ſtark von einander abweichen, kann wenigſtens zum Theil auf die geringe Zuverläſſigkeit der Reihe 4) geſchrieben werden, ſofern ſolche nach Tabelle S. 348 große Unregelmäßigkeiten darbietet.

B) Verſuche nach der Methode der eben merklichen Unterſchiede.

a) Von mir.

Auf die beiläufig angeſtellte kleine Verſuchsreihe in „Elem." I. 233 (von Müller p. 206 wiedergegeben) will ich hier nicht zurückkommen, da ſie zwar ganz gut in das Weberſche Geſetz hineintritt, aber zu keinen Maßbeſtimmungen für den e. m. U. führt.

b) Von Volkmann und Krauſe (mikrometriſch).

Die Verſuche ſind mit Hülfe des Schraubenmikrometers bei 200 Mill. Sehweite nach folgendem Verfahren angeſtellt. „Es wird eine Normaldiſtanz unter abwechſelnd linker und rechter Raumlage dazu benutzt, eine Fehldiſtanz herzuſtellen, welche, wiederum abwechſelnd, um ein Minimum größer oder kleiner erſcheint." Die erhaltenen Differenzen zwiſchen Normaldiſtanz und Fehldiſtanz ſind für die zu kleinen und zu großen Fehldiſtanzen folgends geſondert und ihre reſpectiven Summen als $+ S$ und $- S$ aufgeführt.

Volkmann (p. 131) ſtellte bei 5, Krauſe (p. 129) nur bei 3 Diſtanzen je 80 Verſuche für jede Diſtanz, nämlich 40 bei rechter, 40 bei linker Raumlage der Normaldiſtanz an. Von dieſen 40 Verſuchen diente die Hälfte zur Herſtellung zu großer, die andere Hälfte zur Herſtellung zu kleiner Diſtanzen. Um den eben merklichen Unterſchied für jede Diſtanz zu haben, würde jede der folgenden Zahlen $\pm S$ noch mit 40 zu dividiren ſein.

Die den beobachteten $\pm S$ zugefügten berechneten S bei den Volkmannſchen Verſuchen ſind nach der Vorausſetzung erhalten, daß jedes S eine mit D proportionale Summe eben merklicher Unterſchiede plus einer poſitiven Conſtante ſei, alſo $S = DU + c$, wo U die Summe der e. m. Unterſchiede von je 40 Verſuchen für die Einheit der Diſtanz, c die Conſtante bedeutet.

Die Berechnung der Werthe U, c geſchah nach der Methode der kl. Qu., doch iſt der unten eingeklammerte Werth von $-S$ bei $D = 1{,}2$ wegen gänzlichen Herausfallens aus dem regelmäßigen Gange der Reihe von der Berechnung des U, c ausgelaſſen. Mit Rückſicht hierauf wurde erhalten bei Volkmann

	U	c
für + S	+ 1,107 ± 0,127	1,433 ± 0,315
für — S	+ 1,368	0,5295

Bei Krauſe läßt ſich U wegen merklichen Verſchwindens gegen c nicht beſtimmen; c aber iſt im Mittel = 0,578 für $+ S$ und 0,556 für $- S$.

Folgendes die Zuſammenſtellung der beobachteten und berechneten Werthe.

Volkmann Nr. 80					Krauſe Nr. 79		
D	+S		—S		D	+S beob.	—S beob.
	beob.	ber.	beob.	ber.			
0,3	1,200	1,765	0,917	0,940	0,5	0,589	0,554
0,6	1,911	2,097	1,347	1,350	0,9	0,576	0,529
1,2	3,078	2,761	3,022	(2,175)	1,3	0,569	0,585
2,4	5,001	4,082	3,864	3,813			
4,8	6,272	6,747	7,069	7,096			

Im Allgemeinen zeigt ſich, daß die Werthe für die eben merklichen Unterſchiede S, um die ſich's hier handelt, einen ganz ähnlichen Gang befolgen, als die mittleren Zahlen S, um die ſich's unter A. b. handelte.

Es bleibt aber zweifelhaft, ob durch die einfache Einführung einer Conſtante c, wie ſolche für die Berechnung zu Grunde gelegt wurde, dem Weberſchen Geſetz für die U Genüge geleiſtet werden könne; da für $+ S$ Rechnung mit Beobachtung ziemlich ſchlecht, für $- S$ zwar ſehr gut aber doch mit Ausnahme eines Werthes unter fünfen ſtimmt.

Die Conſtante c iſt bei Volkmann für $+ S$ faſt dreimal ſo groß als für $- S$. Daß dies aber nichts Allgemeingültiges iſt, zeigen die Krauſeſchen Werthe, ſofern hier c für $- S$ und $+ S$ faſt gleich iſt.

c) Von Chodin

Auch Chodin hat 2 Verſuchsreihen nach der Methode d. e. m. U. angeſtellt; deren Reſultate im Ganzen mit dem Gange ſeiner oben angeführten nach der Methode der m. F. erhaltenen Reſultate ſtimmen, dagegen entſprechend als dieſe abweichen von dem Gange der Reſultate von Volkmann und ſeinem Mitbeobachter Krauſe.

Sein dem obigen (S. 340) ſich anſchließendes Verfahren war dieſes: Zu beiden Seiten der wie oben verzeichneten horizontalen Diſtanz wurde „nicht eine ihr gleiche, ſondern eine um eine erkennbare Differenz größere oder kleinere Linie gezeichnet“, und die Geſammtſumme der erhaltenen poſitiven und negativen Unterſchiede, bei Rechtslage und Linkslage, addirt.

Nachdem dieſe Summe für jede Diſtanz erſtens durch die Zahl der dabei angeſtellten Verſuche, zweitens durch die Diſtanz ſelbſt dividirt worden, wurden dadurch folgende Werthe des relativen eben m. U. erhalten:

D	2,5	5	10	20	40	80	160
Nr. 4	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{29}$	$\frac{1}{37}$	$\frac{1}{33}$	$\frac{1}{46}$	$\frac{1}{39}$	$\frac{1}{43}$
Nr. 5	$\frac{1}{26}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{45}$	$\frac{1}{57}$	$\frac{1}{36}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{30}$

Natürlich tragen ſich die ſchon oben gemachten Einwände gegen die früher angeführten Verſuche auf dieſe über. Auch hier aber kann man bemerken, daß bei der Reihe No. 4 die Werthe von D = 10 bis 160 eher zur Beſtätigung als Widerlegung des Weberſchen Geſetzes in dieſen Grenzen dienen könnten, indeß allerdings die Reihe No. 5 entſchieden widerſpricht.

d) Von Wundt über Änderungen der Convergenzſtellung der Augen.

Wundt giebt in ſ. „Phyſiol. Pſychol.“ II. 94 folgende Verſuche, mit manchen Erläuterungen und Folgerungen, die ich hier übergehe, ſofern uns hier bloß die Beſtätigung intereſſirt, welche das Weberſche Geſetz in der nahen Conſtanz der folgends mit v bezeichneten relativen eben merklichen Unterſchiede in der Convergenzſtellung der Augen erfährt. Seine Angaben lauten wörtlich wie folgt:

„Man blicke durch einen in einem aufrecht ſtehenden Brett angebrachten horizontalen Schlitz mit beiden Augen nach einer weißen Wand in der Ferne. Zwiſchen dieſer und den Augen werde ein vertical aufgehängter und durch ein Gewicht geſpannter ſchwarzer Faden hin- und hergeſchoben. Derſelbe befindet ſich in der Medianebene, ſo daß ſich die beiden Augen in ſymmetriſcher Convergenz auf ihn einſtellen. Man beſtimmt nun in den verſchiedenſten Diſtanzen vom Auge durch kleine Verſchiebungen des Fadens diejenige Convergenzänderung, bei welcher eben die Annäherung oder Entfernung bemerkt wird. Die Reſultate ſolcher Verſuche ſind in der folgenden kleinen Tabelle enthalten, in welcher unter S die abſolute Entfernung des Fadens vom Beobachter, unter A die eben merkliche Verſchiebung deſſelben in Centimetern verzeichnet iſt; s giebt die zu S gehörigen Werthe des Winkels an, den jede Geſichtslinie mit der horizontalen Verbindungslinie beider Drehpuncte bildet, a die aus A berechneten kleinen Änderungen dieſes Winkels; die letzte Reihe v enthält das Verhältniß der eben merklichen Annäherung zur abſoluten Entfernung.

S	s	A	a	v
180	89° 2,5′	3,5	68″	1/50
170	88°59′	3	66″	1/55
160	88°55,5′	3	73″	1/54
150	88°51′	3	85″	1/48
130	88°40,5′	2	74″	1/64
110	88°26′	2	104″	1/51
80	87°51′	2	199″	1/39
70	87°32,5′	1,5	193″	1/45
60	86°34′	1	252″	1/50

Hiernach nimmt mit zunehmender Convergenz die abſolute Winkelverſchiebung der Geſichtslinie, welche noch bemerkt werden kann, bedeutend zu, die unter v verzeichnete relative Änderung zeigt dagegen ſehr geringe Schwankungen, ſo daß man, mit Rückſicht auf die Ungenauigkeiten der Methode, die Beobachtungen wohl als hinreichend im Einklange ſtehend mit dem Weberſchen Geſetze betrachten kann.“

c) Gegenbemerkungen gegen Müllers Kritik.

1) Da ich „In Sachen“ nicht auf den Verſuch zurückgekommen bin, die Abweichungen vom Weberſchen Geſetze bei den mikrometriſchen Augenmaßverſuchen durch Zerlegung des mittl. Fehlers in eine Conſtante und eine den Diſtanzen proportionale Variable zu beſeitigen, glaubt Müller (Rec. p. 308) daraus ſchließen zu können, daß ich dieſen Verſuch jetzt ſelbſt als „unzutreffend“ anſehe. Das iſt aber nichts weni-

der als der Fall; ich hatte nur dort keinen Anlaß darauf zurückzukommen. Müller aber erklärt ſich ſeinerſeits gegen dieſe Zerlegung aus Gründen, die folgends zur Sprache kommen.

2) Müller behauptet (p. 213): a) daß, wenn man in der S. 348 unter Nr. 1 angeführten Volkmannſchen mikrometriſchen Verſuchsreihe, wo die Diſtanzen 1, 2, 3, 4, 5 Mill. betrugen, die Volkmannſche Conſtante V und Weberſche Variable W nach der Methode der kl. Qu. berechnet, „die gefundenen Größen durchaus nicht mit denjenigen Werthen übereinſtimmen, die ſich aus der von Fechner behandelten Verſuchsreihe Volkmanns (d. i. Nr. 2 auf S. 348) ergeben“, bei welcher die Hauptdiſtanzen 0,2 bis $1{,}4^{mm}$ betrugen, und b) daß, wenn man nach den, aus erſter Reihe abgeleiteten V, W rückwärts die zu den verſchiedenen Diſtanzen der Reihe zugehörigen Summen oder mittleren Fehler berechnet, „ſich ſo bedeutende Abweichungen der beobachteten und berechneten mittleren Fehler zeigen, daß die Untriftigkeit der Zerlegung des mittleren Fehlers in jene zwei Componenten ganz außer Zweifel ſtehe.“ Und letzteres kategoriſche Urtheil wird dann auch von ihm auf keinen anderen Grundlagen in Rec. p. 809 wiederholt.

Hiegegen zunächſt Folgendes:

Es lagen Müllern eben ſo wie mir nicht bloß 2, ſondern 8 mikrometriſche Reihen Volkmanns und ſeiner Mitbeobachter (ſ. S. 348) vor; warum hat ſich Müller bloß an zwei (Nr. 1 und 2) gehalten, von denen noch dazu die eine (d. i. Nr. 1) an ſich ungeeignet iſt, über den Werth von V eine nur einigermaßen ſichere Auskunft zu geben, weil V gegen DW hier faſt verſchwindet. Waren die Reſultate dieſer Reihen etwa ſo ſchlagend, um ſo abſprechende Behauptungen aufzuſtellen. Das Gegentheil wird aus folgenden Specialangaben erhellen, indeß Müller von ſolchen überhaupt abſtrahirt hat.

Zuvörderſt finde ich meinerſeits, nach der ſicherſten Anwendung der Methode der kl. Qu., daß die Behauptung a) Müllers geradezu irrig iſt. Die auf vergleichbare Werthe für die verſchiedenen Reihen reducirten V_1, W_1 ſind nach S. 349 für

	V_1	W_1
Nr. 1	0,9116 ± 0,1641	0,9545 ± 0,0213
Nr. 2	0,8201 ± 0,025	1,2781 ± 0,0192

Nun iſt bemerktermaßen V_1 aus Reihe 1) überhaupt nicht genau beſtimmbar, daher der verhältnißmäßig große w. Fehler für das V_1 der Reihe 1), durch deſſen Größe der Unterſchied zwiſchen V_1 bei 1) und 2) in der That mehr als gedeckt wird. Auf eine Conſtanz des Werthes der Variable W_1 aber iſt in Verſuchsreihen, die von derſelben Perſon zu verſchiedenen Zeiten angeſtellt werden, überhaupt nicht ſicher zu rechnen, wie denn z. B. Solger nach einer Reihe 1,007, nach einer anderen 0,8772 fand; wogegen aber das W_1 der mikrometriſchen Reihe 1) von Volkmann 0,9545 ganz nahe mit den W_1 der nicht mikrometriſchen Reihen Volkmanns I, II auf S. 339 zuſammenfällt, welche reſpectiv 1,094 und 1,001 ſind.

Weiter aber iſt auch die Behauptung Müllers b) unrichtig, wie ſich nach dem Vergleiche zwiſchen Beob. und Ber. in der Tabelle S. 348 findet. Schon bei 1) ſelbſt kann man die Zuſammenſtimmung zwiſchen Beob. und Ber. nicht zu ſchlecht finden; möchte ſie aber wegen etwas ſtarker Abweichungen bei $D = 2$ u. 5 noch Zweifel laſſen, ob das angewandte Princip der Zerlegung ſtatthaft ſei, ſo boten ſich zur Entſcheidung dieſes Zweifels nun eben die anderen, von Müller in dieſer Hinſicht unberückſichtigt gelaſſenen, Verſuchsreihen von 2) bis 8) dar. Man durchlaufe dieſe Reihen auf der Tabelle S. 348 und man wird namentlich bei 2, 5, 8 eine durchgehends nahe Übereinſtimmung zwiſchen Beob. und Ber. finden. Daß bei manchen Reihen überhaupt einzelne ſtarke Abweichungen zwiſchen Beob. und Ber. vorkommen, kann bei der Natur dieſer Beobachtungen nicht befremden, und erklärt ſich faſt überall ſchon aus offen vorliegenden Unregelmäßigkeiten im Gange der beobachteten Werthe, welchen natürlich die Rechnung nicht nachkommen kann. So folgen bei Appel 4) und Krauſe 7) mitunter kleinere 8 auf größere 8, was der Natur der Sache nach bei guten und hinreichend zahlreichen Beobachtungen nicht ſein kann, und bei Geiß 6) findet von $D = 0{,}9$ zu $D = 1{,}1$ ein Sprung in den beob. 8 ſtatt. Durch alle dieſe Unregelmäßigkeiten durch aber bleibt doch die ſehr nahe Übereinſtimmung zwiſchen Beob. und Ber. in weit den meiſten Werthen und hiemit im allgemeinen Gange der Werthe ſichtbar.

Sollte das von Müller angefochtene Rechnungsprincip nicht richtig ſein, ſo müßte man namentlich bei den kleinſten und größten D eine Abweichung zwiſchen Beobachtung und Rechnung in conſtanter Richtung erwarten. Aber unter den 8 Reihen ſind bei den kleinſten D 3 mal die beobachteten, 5 mal die berechneten Werthe im Übergewicht, die Summe der erſten iſt 11,658, die der zweiten 11,993. Bei den größten D überwiegen 3 mal die beobachteten, 4 mal die berechneten, und 1 mal iſt der Unterſchied merklich verſchwindend; die Summe der beobachteten iſt hier 26,339, die der berechneten 26,847, und der Unterſchied zwiſchen dieſen beiden Zahlen fällt faſt ganz auf 1), was Müller unglücklicherweiſe zum maßgebendſten gemacht hat.

Alles dies zuſammengenommen, kann ich der auf eine unvollſtändige Unterſuchung geſtützten Erklärung Müllers gegenüber, daß die Unrichtigkeit meines Zerlegungsprincipes „ganz außer Zweifel“ geſtellt ſei, nur die Gegenerklärung aufſtellen, daß die Richtigkeit deſſelben durch eine vollſtändige Discuſſion der vorliegenden Thatſachen unter Zuziehung der genaueſten Rechnungsmethoden ſo gut geſichert ſei, als es nach der Natur dieſer Verſuche nur verlangt werden kann. Und möge Müller ſelbſt verſuchen, ob er durch Vervollſtändigung der Unterſuchung und eigene Rechnung zu anderen Reſultaten und Schlüſſen kommen kann.

3) Auf p. 213 bemerkt Müller „es ſei zu berückſichtigen, daß nach den ſpäteren Augenmaßverſuchen Volkmanns der relative Werth des mittleren Fehlers nicht bloß bei Vergleichung ſehr kleiner Diſtanzen, ſondern auch bei Benutzung größerer Diſtanzen von 1 bis 60^{mm} … mit der Größe der Hauptdiſtanz zunehme.“ Hiemit kann Müller bloß die, unter Volkmanns Leitung angeſtellten, Zeigerſchen Verſuche meinen, welche S. 338 angeführt ſind, bei denen man aber abgeſehen von den zwei erſten Diſtanzen bei III und der erſten bei IV nur von einer Zuſtimmung zum Weberſchen Geſetze durch merkliche Conſtanz von $\frac{S}{D}$ ſprechen kann. Gegen die etwas zu großen Werthe von $\frac{S}{D}$ bei den kleinſten Diſtanzen aber nimmt $\frac{S}{D}$ mit wachſender Diſtanz nicht zu, wie Müller ſagt, ſondern ab, wie man ſich auf S. 338 überzeugen kann.

4) Müller verwirft meine in den „Elem.“ gegebene Deutung der Volkmannſchen Conſtante, ſchon deßhalb, „weil es [nach anderweiten Thatſachen] kaum einem Zweifel unterworfen iſt, daß jede genauere Vergleichung zweier Raumgrößen, Linien, Winkel oder Flächen Augenbewegungen zu Hülfe nimmt und im Grunde nur eine Vergleichung der, die Augenbewegungen begleitenden, Muskelempfindungen iſt.“ Letzteres nun vermuthe ich ſelbſt und habe es ſchon anderwärts ausgeſprochen. Aber dies würde ja an ſich gar nicht hindern, daß dieſer, mit den Diſtanzen variirende Haupteinfluß ſich mit einem von den Dimenſionen der Netzhautelemente abhängigen kleinen Nebeneinfluſſe complicirte. Inzwiſchen habe ich ſchon angegeben, daß ich jene früher aufgeſtellte Hypotheſe über den Grund der Conſtante V, der aber die Thatſache derſelben nicht alterirt, aus anderen Gründen habe fallen laſſen.

5) Bei den S. 350 angeführten Verſuchen Volkmanns nach der Methode d. e. m. U. vermag Müller (p. 207) „den Nutzen des Wechſels im Vorzeichen des e. m. U. nicht einzuſehen. Man pflege im Allgemeinen die zu einer Reizgröße r zugehörige Unterſchiedsempfindlichkeit in der Weiſe zu meſſen, daß man dieſelbe dem eben merklichen Zuwuchſe S zu der gegebenen Reizſtärke, nicht aber dem eben gegebenen Decremente d derſelben reciprok ſetze, welches als der eben merkliche Zuwuchs zu der geringeren Reizſtärke r — d im Allgemeinen etwas kleiner ſei. Man führe daher ſtreng genommen ein neues Maß der U. E. ein, wenn man dieſelbe mit Volkmann dem Mittelwerthe von S und d reciprok ſetze."

Hiebei aber ſcheint mir Müller zu überſehen, daß ſchon, wenn man einſeitig S als e. m. Zuwuchs zur Diſtanz r beſtimmt hat, man eben ſo gut umgekehrt das gefundene S als Decrement bezüglich der dabei gewonnenen Diſtanz S + r betrachten kann, ohne damit ein neues Maß der U. E. einzuführen. Es iſt nur eine einſeitige pſychiſche und experimentelle Richtung des Vergleichs, wenn man die Sache in erſter Weiſe nimmt, und Volkmann hatte alſo ganz recht, für Compenſation conſtanter Fehler den Verſuchen mit + S ſolche mit — S zuzufügen. Nur hat ſich nach meinen obigen rechnenden Behandlungen ſeiner Verſuche gezeigt, daß der conſtante Fehler für + S und — S ſo verſchieden iſt, daß es zweckmäßiger iſt, beide beſonders als vereinigt zu berechnen.

6) Müller findet (p. 206) die Reſultate meiner S. 350 angeführten Verſuchsreihe „nach den Ausführungen von §. 26ff. (ſeiner Schrift) zu einer Prüfung des Weberſchen Geſetzes wenigſtens zur Zeit ganz unbrauchbar", und geht daher auf dieſe Verſuche nicht weiter ein. Ich glaube aber, nach dem, was ſich im VII. Abſchn. gegen Müllers Auffaſſung der Methode der m. F. in ſ. §. 26ff. hat ſagen laſſen, daß meine Verſuche in betreffender Hinſicht noch jetzt ſo gut ſind, als vorher.

7) Auf p. 209 bemerkt Müller, daß Chodin „nach dem Vorgange Volkmanns den mittleren Werth der reinen variabeln Fehler mit dem größten unerkennbaren Unterſchiede identificire, der ſich ſelbſtverſtändlich ganz ſo verhalten müſſe, wie der kleinſte erkennbare Unterſchied."

Aber weder bei Chodin noch Volkmann finde ich etwas von dieſer Identificirung. Der eine wie der andere unterſucht nur die Frage des Weberſchen Geſetzes bezüglich des einen wie des anderen Werthes, ohne irgendwie zu erklären oder indirect erkennen zu laſſen, daß er beide für daſſelbe halte.

8) Müller kommt (p. 210) beim Vergleich der Chodinſchen Verſuche mit den Volkmannſchen auf die unſtreitig unrichtige Auffaſſung der Weiſe, wie Volkmann bei der Methode der m. F. verfahren ſei, zurück, worüber ſchon S. 117 das Nöthige geſagt iſt.

9) Nicht minder kommt er darauf zurück (p. 209, 211, 213), daß die nach der Methode d. m. F. angeſtellten Augenmaßverſuche nur nach Maßgabe für das Weberſche Geſetz geltend gemacht werden können, als der dabei erhaltene mittlere Fehler proportional mit der Unterſchiedsſchwelle (oder dem dieſelbe vertretenden e. m. U.) bei den verſchiedenen Diſtanzen gehe, wogegen meine Bemerkungen im II. Abſchnitte laufen.

Dabei giebt Müller zu (p. 209), daß die vorhandenen Verſuche, in ſo weit ſie einen Anhalt zum Vergleiche bieten, wenigſtens innerhalb gewiſſer Grenzen einen ähnlichen Gang für beide beweiſen. In der That ſcheinen die mikrometriſchen Verſuche Volkmanns und Krauſes unter A. b. in dieſer Hinſicht zu einem Vergleich mit den mikrom. Verſuchen derſelben Beobachter unter B. b. angethan. Nur können die Verſuche Krauſes deßhalb hier nicht mitzählen, weil ſie nach beiden Methoden übereinſtimmend nur beweiſen, daß die von den Diſtanzen abhängige Componente der m. F. eben ſo wie die der e. m. Unterſchiede für Krauſe bei ſehr kleinen Diſtanzen merklich gegen die unabhängige verſchwindet; wogegen die Volkmannſchen Verſuche aus anderem Grunde keine ſichere Entſcheidung geben. Da Müller beim Vergleich von einer Zerlegung der erhaltenen Werthe in zwei Componenten abſtrahirt, ſo fällt für mich eine Bedeutung ſeines Vergleiches überhaupt weg.

XXVIII. Notizen zu meinen Gewichtsverſuchsreihen.

In den Jahren 1855—1858 habe ich eine Anzahl größerer Gewichtsverſuchsreihen nach der Methode d. r. u. f. F. angeſtellt, von welchen in „Elem.“ I. p. 93 ff., 182 ff. und 305 ff. theils Rechenſchaft im Allgemeinen gegeben iſt, theils Reſultate daraus insbeſondere in Bezug auf das Weberſche Geſetz und Parallelgeſetz angeführt ſind, ohne daß es bis jetzt zur Veröffentlichung der ſpeciellen Verſuchsdata ſelbſt und einer Discuſſion derſelben, woraus ſich noch manche anderweite Reſultate ziehen ließen, gekommen iſt. Nun iſt zwar mein Vorhaben, nach

Vollendung dieſer Schrift noch an eine ſolche Veröffentlichung zu gehen; nur fraglich, ob das vorgeſchrittene Alter und der Zuſtand meiner Augen es geſtatten wird. Da ich nun doch mehrfach in dieſer Schrift Anlaß gehabt habe, auf dieſe Verſuche Rückgang nach Beziehungen zu nehmen, welche in den „Elementen“ noch nicht zur Sprache gekommen ſind, ſo will ich, damit dieſe Bezugnahme hier nicht ſo zu ſagen in der Luft zu ſchweben ſcheint, wenigſtens die weſentlichſten Umſtände der einzelnen Verſuchsreihen hier regiſtriren, indem ich betreffs der Weiſe, wie im Allgemeinen damit operirt ward, auf die „Elemente“ verweiſen muß. Im Allgemeinen geſchah es ſo, daß jeder der vergleichungsweiſe mit andern zu prüfenden Umſtände, als Größe der Hauptgewichte, Zuſatzgewichte, hebende Hand, zeitliche Beſtimmungen, gleich oft in methodiſchem Wechſel, auf- und abſteigend, in den Verſuch genommen wurde, und die Zeit- und Raumlagen ſo methodiſch gewechſelt wurden, um eine Elimination der conſtanten Fehler zu geſtatten. Zur Regiſtrirung der betreffenden Umſtände werde ich noch eine Überſicht über die danach ſich ändernde Vertheilungsweiſe der r, f, z fügen, ohne aber auf Berechnung der t daraus einzugehen, als welche füglich nicht aus den hier ſummirten Zahlen, ſondern fractionsweiſe zu geſchehen hätte.

Ich hatte die Abſicht, die angeſtellten Verſuche noch zu erweitern, nämlich theils die, folgends unter Nr. 4 und 5 regiſtrirten, Verſuche über die Hebungsdauer und über die Zwiſchenzeit zwiſchen den beiden Hebungen jeder Doppelhebung auf eine größere Zahl zu bringen, theils Verſuche mit Variation der Zwiſchenzeit zwiſchen den einzelnen Doppelhebungen, endlich ſolche mit Variation der Hebungshöhe (welche bisher überall 2 Zoll 9 Lin. pariſ. betrug) vorzunehmen; doch iſt es nicht dazu gekommen.

Hiezu noch folgende Bemerkungen. Der Apparat, deſſen ich mich zu den Verſuchen bedient habe, iſt jetzt nicht mehr in meinen ſondern Müllers Händen. Er könnte künftig noch einmal in andere Hände übergehen, und damit Anlaß entſtehn, mir bei Nachprüfung der Bleigewichte, welche mit der Zahl der Grammen, die ſie wiegen, bezeichnet ſind, Ungenauigkeiten vorzuwerfen, da einige nicht genau das betreffende Gewicht haben mögen, und, wie ich ausdrücklich bemerke, vor neuen Verſuchen damit wirklich der Nachprüfung und nöthigenfalls Correctur bedürfen. Dies hängt ſo zuſammen. Als ich den Apparat mit den Gewichten vom Mechanicus erhielt, fand ich, bei ſorgfältiger Nachprüfung, daß einige Gewichte ein wenig zu groß, andere ein wenig zu klein gegen das richtige Gewicht waren. Die erſten corrigirte ich ſelbſt durch Nachfeilen, die anderen bei den Verſuchen durch Zufügung kleiner Stanielblättchen. So ſind alle meine Verſuche, von denen in den „Elementen“ die Rede, angeſtellt. Vor der beabſichtigten Fortſetzung der Verſuche gab ich, um mir das Zulegen von Stanielblättchen zu erſparen, die zu kleinen Gewichte dem Mechanicus zurück, um ſie durch Zufügung von etwas Blei auf das richtige Gewicht zu bringen, aber ich kann nicht dafür ſtehen, daß dies richtig geſchehen ſei, da es wie geſagt nicht zu den vorgehabten neuen Verſuchen und hiemit auch nicht zu der Nachprüfung gekommen iſt. Manche Gewichte können daher wohl noch etwas unrichtig ſein.

Auch möchte ich bei dieſer Gelegenheit nicht unterlaſſen, nachträglich zu bemerken, daß die ſinnreiche Einrichtung, vermöge deren die Gewichtsapparate ſich frei drehbar um horizontale Axen bei der Hebung von ſelbſt nach der Schwere orientiren, nicht eine Sache eigner Erfindung iſt, ſondern daß ich dieſelbe einem Vorſchlage Volkmanns verdanke.

Die Zahl der Fälle iſt folgends nicht wie in den „Elem.“ nach der Zahl der einfachen Hebungen, ſondern Doppelhebungen beſtimmt, alſo gegen die Angaben in den „Elem.“ nur halb ſo groß. Jeder Fall fordert nämlich eine Doppelhebung, d. i. Hebung des einen und anderen Gewichts. P bedeutet das kleinere, das Hauptgewicht, D das Zuſatzgewicht, deſſen Größe folgends nicht nach abſolutem Werthe, ſondern in Verhältniß zu P angegeben iſt. Vorzugsweiſe oft wird D = 0,04 P und = 0,08 P gebraucht. Als Einheit der Gewichte dient der Gramme.

Einhändige Verſuche ſind ſolche, wo beide Gewichte mit derſelben Hand gehoben werden, zweihändige ſolche, wo das eine Gewicht mit der einen, das andere mit der anderen Hand gehoben wird. Die einhändigen Verſuche aber ſind ſtets ganz vergleichbar und in gleicher Anzahl mit der Linken (L) und der Rechten (R) angeſtellt, was nicht mit zweihändig in vorigem Sinne zu verwechſeln iſt.

Der Hauptverſuchsreihen ſind 8, davon 5 einhändig, 3 zweihändig. In jeder Hauptreihe ſind an jedem Verſuchstage gleichviel Verſuche unter den, in „Elem.“ I. 97 ff. angegebenen, Normalverhältniſſen (wo keine Ausnahme bemerkt iſt) angeſtellt. Außer dieſen Hauptreihen mit gegebenen D's ſind noch 3 Nebenreihen ohne D, d. i. mit 2 gleichen Gewichten, vergleichbar mit den Hauptreihen Nr. 1, 2 und 6 angeſtellt, indem ſie an beſonderen Tagen zwiſchen die Verſuchstage der Hauptreihe eingeſchaltet wurden. Die Verſuche dieſer Nebenreihen ſo wie einiger, ebenfalls als Nebenreihen zu betrachtenden, Ermüdungsreihen ſind folgends bei den 8 Hauptreihen nicht mit gezählt, die Nebenreihen ohne D aber zuletzt noch beſonders berückſichtigt.

Bei der, folgends zwar nicht vorgenommenen, aber den anderwärts in dieſer Schrift angeführten Reſultaten zu Grunde liegenden, rechnenden Behandlung der Reihen habe ich dieſelben neuerdings ſtets auf n = 64 Doppelhebungen fractionirt.[1] Unter Σn aber wird die Totalzahl aller

---

[1] Dies n = 64 Doppelhebungen iſt nicht äquivalent dem n = 64 in dem „Elementen“, welches ſich auf einfache Hebungen bezieht, ſondern entſpricht einem n = 128 der „Elemente“.

Fälle einer Reihe oder einer größere Abtheilung derſelben verſtanden. Die Totalreihe theilt ſich bei einhändigem Verfahren zwiſchen L und R, und bei verſchieden großen D's zwiſchen dieſen in gleich große Abtheilungen, nicht minder nach den 4 verſchiedenen Zeit- und Raumlagen zur Elimination conſtanter Fehler, ſo wie nach Aufſteigen ↑ und Abſteigen ↓, wonach endlich noch die Fractionirung auf $n = 64$ zur Berechnung für jedes t übrig bleibt, wenn ſie nicht mit voriger Theilung ſchon erreicht iſt. Die einzelnen t's unterſcheiden ſich je nach den 4 Verſuchslagen in t_1, t_2, t_3, t_4, wie in den „Elem." und oben S. 131 f. angegeben iſt, zu deren jedem gleich viel Fractionen mit $n = 64$ gehören.

Einhändige Reihen.

No. 1. Oct. und Nov. 1856. 32 Verſuchstage. 6 P's = 300, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, alle an demſelben Tage, ↑ und ↓ aber nach Tagen abwechſelnd geprüft. Jedes P mit D = 0,04 P. und 0,08 P, womit von Woche zu Woche gewechſelt wurde. $\Sigma n = 12288 = 192 \cdot 64$. („Elem." I. 193).

No. 2. Dec. 1858 und Jan. 1859. 16 Verſuchstage. 2 P's = 2000 und 3000, jedes P mit D = 0,04 und 0,08. $\Sigma n = 4096 = 64 \cdot 64$.

No. 3. Jan. und Mai 1857[1]. 64 Verſuchstage[2]. Bloß 1 P = 1000, mit 5 D's = 0,015; 0,020; 0,030; 0,040; 0,060. $\Sigma n = 20480 = 320 \cdot 64$. („Elem." I. 311).

No. 4. Juni und Juli 1858. 32 Verſuchstage. 1 P = 1000 mit D = 0,04 und 0,08. Statt der ſonſt normalen Hebungsdauer von 1 Sec. vielmehr 4 Hebungsdauern: ½, 1, 2, 4 Sec. Hebungsdauer. $\Sigma n = 8192 = 128 \cdot 64$. („Elem." I. 306).

No. 5. Juni 1858. 16 Verſuchstage 2 P's = 300 und 1000, mit D = 0,04. Statt der ſonſt normalen Zwiſchenzeit von 1 Sec. zwiſchen den Hebungen des einen und anderen Gewichts[3] 3 Zwiſchenzeiten: 1, 3, 6 Sec. $\Sigma n = 3072 = 48 \cdot 64$. (Nicht in den „Elem." berückſichtigt).

---

[1] In „Elem." ſteht aus Verſehen 1856.

[2] In „Elem." ſind wegen Einrechnung von 8 zwiſchenfallenden Nebenreihen ohne D 72 Verſuchstage angegeben.

[3] d. i. zwiſchen dem Ende der Niederſetzung des einen und Anfang der Hebung des anderen Gewichtes.

Zweihändige Reihen.

Nr. 6. Dec. 1856 und Jan. 1857. 16 Verſuchstage. 6 P's und 2 D's wie bei Nr. 1; nur daß mit den zwei D's nach je zwei Tagen gewechſelt wird. $\Sigma n = 12288 = 192 \cdot 64$. („Elem." I. 193.)

Nr. 7. Dec. 1858 und Jan. 1859. 16 Verſuchstage. 2 P's und 2 D's wie bei Nr. 2. — $\Sigma n = 4096 = 64 \cdot 64$. („Elem." I. 195. 196.)

Nr. 8. März 1857 und Aug. 1858. 8 Verſuchstage. 1 P = 1000 und 5 D's wie bei No. 3. $\Sigma n = 2560 = 40 \cdot 64$. (Nicht in den „Elem." berückſichtigt.)

Tab. I.

Zahlen der Σn, Σr, Σf, Σz, in den 8 Hauptverſuchsreihen.

	Σn	Σr	Σf	Σz	$\frac{\Sigma z}{\Sigma n}$
Nr. 1	12288	8547	2527	1214	0,0988
„ 2	4096	2929	779	388	0,0947
„ 3	20480	12039	4563	3878	0,1891
„ 4	8192	5567	1563	1062	0,1296
„ 5	3072	1915	691	466	0,1518
„ 6	12288	7860	3172	1256	0,1022
„ 7	4096	2590	1066	440	0,1074
„ 8	2560	1438	736	386	0,1508
Summe	67072	42885	15097	9090	

Man ſieht aus der letzten Längscolumne, daß das Verhältniß der Σz zur Totalzahl Σn je nach den Reihen ein ſehr verſchiedenes iſt, vom Einfachen bis faſt auf das Doppelte ſteigt. In allen Reihen aber bleiben die z erheblich gegen die f zurück, obwohl auch hier in ſehr verſchiedenen Verhältniſſen. Doch iſt dies Zurückbleiben nichts Nothwendiges. Bei den, nach unſerer Methode angeſtellten Augenmaßverſuchen von Boas, wovon S. 144 die Rede war, war z bei concentrirter Aufmerkſamkeit ungefähr 3mal ſo groß als f, bei zerſtreuter faſt doppelt ſo groß, indeß ſich gegen n das z erſtenfalls etwas kleiner als zweitenfalls fand. Und aus der folgenden Tabelle (II) wird ſich ergeben, daß auch bei den Gewichtsverſuchen z über f hinaus wachſen kann, wenn D nur hinreichend gegen P wächſt.

Was die ſpecielle Abhängigkeit von verſchiedenen Umſtänden anlangt, ſo geben die Reihen No. 3 und No. 8 in einander entſprechender Richtung für Verhältnißwerthe D gegen P von 0,015 bis 0,060, zuſammen folgende Tabelle.

Tab. II.

	Σo	Σr	Σl	Σz
D = 0,015 P	1608	2199	1407	1002
„ 0,020 „	1608	2397	1234	977
„ 0,030 „	1608	2678	1068	862
„ 0,040 „	1608	2922	923	763
„ 0,060 „	1608	3280	660	668

Für D's = 0,04 und 0,08 P laſſen ſich die Reſultate der Reihen No. 1, 2, 4, 6, 7 zuſammennehmen, worin dieſe D's vorkommen, und man in Summa hat:

Tab. III.

	Σo	Σr	Σl	Σz
D = 0,04 P	20180	12137	5653	2390
= 0,08 „	20180	15056	3454	1970

Man ſieht aus dieſer wie der vorigen Tabelle, daß nach Maßgabe als D gegen P wächſt, z in Verhältniß zu o wie r abnimmt, im Verhältniß zu l zunimmt, alſo auch bei hinreichend großem D überwiegend gegen l werden kann. Die Reſultate der beiden vorigen Tabellen ſind übrigens nur jede in ſich vergleichbar.

Die Unterſuchung, wie ſich z gegen r und l verhält, wenn D proportional mit P ſteigt, läßt ſich an der einhändigen Reihe No. 1 und zweihändigen No. 6 anſtellen. Beide Reihen enthalten gleich viel Fälle und befolgen einen ganz ähnlichen Gang betreffs der z. Werden die Ergebniſſe jeder beiden Reihen für o = 0,04 und 0,08 P, ſowie beider Reihen unter ſich addirt, ſo erhält man folgende Tabelle.

Tab. IV.

P	Σn	Σr	Σf	Σz
300	4096	2527	1101	468
500	„	2563	1107	426
1000	„	2712	969	415
1500	„	2837	866	393
2000	„	2859	840	397
3000	„	2909	816	371
	24576	16407	5699	2470

Man ſieht, daß z mit wachſendem P nur wenig in Verhältniß zu f wächſt, ſtärker in Verhältniß zu r abnimmt.

Je nach verſchiedener Hebungsdauer = ½, 1, 2, 4 Sec. bei übrigens eingehaltenen Normalverhältniſſen wurden aus No. 4 erhalten bei P = 1000, D = 0,04 und 0,08 P, zuſammen für L und R:

Tab. V.

	Σn	Σr	Σf	Σz
D = 0,04 P				
½ Sec.	1024	661	200	163
1 „	„	624	246	154
2 „	„	590	277	157
4 „	„	569	266	189
D = 0,08 P				
½ Sec.	„	751	150	123
1 „	„	758	176	90
2 „	„	776	158	90
4 „	„	838	90	96

Der Gang der Zahlen iſt verſchieden für D = 0,04 und 0,08. Nimmt man ſie aber für beide D's zuſammen, ſo ſcheinen jedenfalls die Reſultate für 1 Sec. und 2 Sec. weſentlich dieſelben zu ſein.

Für die Änderung der Zwiſchenzeit zwiſchen den beiden Hebungen einer Doppelhebung bei übrigens beibehaltenen ſog. Normalverhältniſſen fand ſich nach No. 5, mit D = 0,04 bei P = 300 und 1000, für Linke und Rechte zuſammen:

Tab. VI.

	Σn	Σr	Σf	Σz
P = 300				
1 Sec.	512	319	127	66
3 „	„	333	105	74
6 „	„	295	119	98
P = 1000				
1 Sec.	„	325	105	82
3 „	„	324	119	69
6 „	„	319	116	77

Die z für P = 300 und P = 1000 befolgen einen ſehr abweichenden Gang. Bei größeren Σn als 512 für jede der drei Zwiſchenzeiten dürften ſich vielleicht regelmäßigere Reſultate ergeben haben. Addirt man die Reſultate für P = 300 und 1000, ſo findet ſich für z bei den drei Zwiſchenzeiten reſpectiv 148, 143, 175 und ſcheint alſo z nur bei größeren Zwiſchenzeiten erheblich zu wachſen.

Die Änderungen je nach ↑ oder ↓ mit den Gewichten, wozwiſchen von 1 Verſuchstag zum anderen gewechſelt wurde, laſſen ſich nach der einhändigen Reihe Nr. 1 und zweihändigen No. 6 verfolgen. Zur Abkürzung gebe ich folgends nur die Σr und Σz an, welche ſich mit den Σf zu je n = 1024 ergänzen. Die Werthe für D = 0,04 und 0,08 P, für L und R, ſind folgends zuſammengezogen.

Tab. VII.

	Einh. Nr. 1				Zweih. Nr. 6			
	$\Sigma r \uparrow$	$\Sigma z \uparrow$	$\Sigma r \downarrow$	$\Sigma z \downarrow$	$\Sigma r \uparrow$	$\Sigma z \uparrow$	$\Sigma r \downarrow$	$\Sigma z \downarrow$
300	685	103	631	127	599	128	612	110
500	686	111	660	113	590	100	627	102
1000	690	97	738	89	629	119	655	110
1500	737	93	745	98	670	109	685	93
2000	745	81	729	116	692	103	693	94
3000	745	96	756	87	716	92	692	96
	4288	584	4259	630	3896	651	3964	605

Die Reihen Nr. 1 und Nr. 6 weichen, wie man ſieht, im Einfluſſe von ↑ und ↓ namentlich bei den kleinſten P ſehr von einander ab, ohne daß dies ſcheint auf Zufälligkeiten geſchrieben werden zu können.

Die Unterſchiede je nach L und R betreffen natürlich bloß die einhändigen Reihen No. 1 bis 5, und geben in Summa folgende Werthe Σr und Σz, welche ſich mit dem hier übergangenen Σf zu dem für L wie R insbeſondere geltenden Σn ergänzen.

Tab. VIII.

	Σn	L		R	
		Σr	Σz	Σr	Σz
Nr. 1	6144	4207	570	4307	644
„ 2	2048	1490	179	1439	209
„ 3	10240	6031	1749	6007	2129
„ 4	4096	2779	544	2788	518
„ 5	1536	916	256	999	210

Es iſt ſehr auffällig, daß ſich L und R hinſichtlich Σz bei No. 1, 2, 3 entgegengeſetzt als No. 4 und 5 verhalten.

Hienach kann es noch ein Intereſſe haben, wie ſich die z zu den Totalzahlen bei den Nebenverſuchsreihen mit zwei gleichen Gewichten, alſo ohne D, verhalten, welche zwiſchen den Hauptreihen No. 1, No. 3 u. No. 6, vergleichbar damit, in beſonderen Verſuchstagen eingeſchaltet wurden. Eine Unterſcheidung von r und f giebt's hier nicht, ſondern nur conſtante Zeit- und Raumfehler. Die Zahlen z für die 4 Zeit- und Raumlagen ſind folgends zuſammengenommen.

In der zur einhändigen Reihe No. 1 zugehörigen Nebenreihe wurden unter je Σn = 384 Fällen erhalten folgende Zahlen Σz.

Tab. IX.

Werthe Σz bei Σn = 384.

P	↑	↓	L	R	
300	65	56	61	60	In Mittel iſt Σz = 0,1342 Σn
500	43	46	38	51	
1000	48	50	36	62	
1500	46	51	38	59	
2000	58	53	48	63	
3000	53	52	44	61	
	313	308	265	356	
	621		621		

Man ſieht, daß die Größe von P, abgeſehen vom kleinſten, welches auch ſonſt in mancher Beziehung abnorme Werthe giebt, ſo wie ↑ und ↓ keinen erheblichen Unterſchied macht, wogegen R viel größere Werthe Σz als L giebt.

Die zur zweihändigen Reihe No. 6 gehörige Nebenreihe gab für je Σn = 256 folgende Σz.

Tab. X.

Σz bei Σn = 256.

P	↑	↓
300	36	52
500	27	29
1000	41	28
1500	36	40
2000	38	37
3000	24	33
	202	219

Im Mittel iſt Σz = 0,1370. Σn, alſo merklich wie bei der einhändigen Reihe.

Endlich gab die zur einhändigen Hauptreihe No. 3 zugehörige Nebenreihe mit bloß 1 P = 1000 folgende Reſultate Σz für L und R, wobei n jedesmal 1216 iſt.

Tab. XI.

Σz bei Σn = 1216.

L = 173, R 334

Im Mittel Σz = 0,2084 Σn.

Bei allen drei Nebenreihen ohne D iſt $\frac{\Sigma z}{\Sigma n}$ im Mittel größer als bei den damit vergleichbaren Hauptreihen mit D, wie aus Tabelle I erhellt, was mit dem oben ausgeſprochenen Geſetze zuſammentrifft, daß z bei wachſendem D in Verhältniß zu n abnimmt, mithin bei abnehmendem D zunimmt.

XXIX. Schallverſuche von Nörr und Wundt mit nachträglichen Bemerkungen über die Methode der eben merklichen Unterſchiede.

In den „Elem." I. 177 f. habe ich der Verſuche Volkmanns nach der Methode der e. m. U. gedacht, welche eine Beſtätigung des Weberſchen

Geſetzes in weiter Ausdehnung ergeben; habe jedoch „In Sachen“ p. 160 anerkannt, „daß die dabei angewendete Methode vielleicht nicht fein und ſicher genug war, um nicht eine controlirende Wiederaufnahme der Verſuche durch ſichrere Methoden wünſchenswerth erſcheinen zu laſſen.“ Eine ſolche, ſehr erwünſchte, Wiederaufnahme nach der Methode der r. u. f. F. haben nun die Verſuche ſeitdem zuvörderſt durch Nörr auf Anlaß Vierordts in deſſen phyſiolog. Inſtitut erfahren; zweitens ſind ſolche von ganz neuem Datum, kurz als Wundtſche Verſuche zuſammenzufaſſen, durch Wundt unter Zuziehung einer Anzahl ſeiner Schüler in ſeinem pſycho-phyſiologiſchen Inſtitute, wieder nach der Methode d. e. m. U., ausgeführt worden, hier wie da mit einem für das Weberſche Geſetz günſtigen weit reichenden Erfolge. Wie es aber bei ſucceſſiver Bearbeitung desſelben Beobachtungsgebietes durch verſchiedene Forſcher zu geſchehen pflegt und in einem ſchwierigen Felde überall zu erwarten iſt, hat ſich auch hier von den früheren zu den ſpäteren, d. i. von den Volkmannſchen zu den Wundtſchen Verſuchen, ein Fortſchritt geltend gemacht, und iſt damit die Sicherſtellung des Weberſchen Geſetzes gewachſen.

Nun iſt mir freilich bekannt, daß Vierordt, als bei den, in ſeinem Inſtitute ausgeführten, Nörrſchen Verſuchen intereſſirt, keinesweges geneigt iſt, den Wundtſchen Verſuchen in Betreff des Umſtandes, durch den ſie über die Nörrſchen und Volkmannſchen hinausgehen, rückhaltslos beizupflichten, und ſind alſo ſeine Bemerkungen in dieſer Hinſicht erſt abzuwarten, ehe man zwiſchen der Nörrſchen und Wundtſchen Unterſuchung, inſoweit ſie von einander abweichen, entſcheidet; auch thut es mir leid, das Ergebniß der etwa zu erwartenden Erörterungen hierüber nicht ſelbſt abwarten zu können. Zunächſt kann ich mich aber nur an die Data, ſo weit ſie vorliegen, halten, und werde alſo, nach einigen Vorerörterungen, die Nörrſche wie Wundtſche Unterſuchung jede in ihrem eigenen Zuſammenhange auszugsweiſe mittheilen. Glücklicherweiſe handelt es ſich bei den Abweichungen zwiſchen beiden nicht um die Frage der Gültigkeit des Geſetzes, als welche ſich nach beiden Unterſuchungen bejaht, ſondern nur um die Frage der größeren oder geringeren Zulänglichkeit der Unterſuchung zur Herausſtellung dieſer Gültigkeit 1).

Die Wundtſchen Verſuche werden Anlaß geben zu dem Abſchnitt

---

1) Die Abhandlung über die Wundtſchen Verſuche iſt mir erſt zugekommen, nachdem der Druck dieſer Schrift ſchon nahe bis hieher gelangt war, was Grund iſt, daß in dem Abſchn. über das Weberſche Geſetz und in Beſprechung von Müllers corrigirten Formeln noch nicht auf dieſe Verſuche Bezug genommen werden konnte.

(VIII) über die Methode der e. m. U. einige Nachtragsbemerkungen (unter C) zu fügen.

Die Nörrſchen Verſuche ſind in der Zeitſchr. f. Biologie Bd. XV. p. 297 ff. enthalten. Die Wundtſchen bilden nur einen Theil einer allgemeineren Unterſuchung, welche mit den Verſuchen über das Weberſche Geſetz auch neue Verſuche über die Meſſung von Schallſtärken fallender Kugeln je nach Abänderung von Gewicht und Fallhöhe, unter Benutzung eines zuerſt von Vierordt angegebenen ſinnreichen Princips, ſo wie Verſuche „über die Zeitverhältniſſe der Unterſcheidung von Schallſtärken" enthält.

Bis jetzt iſt dieſe Unterſuchung nur in einer Diſſertation von einem Schüler Wundts unter dem Titel „Über die Unterſcheidung von Schallſtärken, Inauguraldiſſertation, vorgelegt von Ernſt Tiſcher. Leipzig. Engelmann. 1882" erſchienen, wird aber in einiger Zeit eine anderweite Veröffentlichung in Wundts „Philoſophiſchen Studien" finden und dadurch einem allgemeineren Kreiſe der ſich für den Gegenſtand derſelben Intereſſirenden zugänglich werden. Hier wird dieſelbe nur in ſo weit zu berückſichtigen ſein, als ſie Bezug auf die Prüfung des Weberſchen Geſetzes nimmt.

Über den Umſtand nun, durch deſſen Berückſichtigung die Wundtſche Unterſuchung über die früheren hinausgegangen iſt, iſt Folgendes vorauszuſchicken.

Bei allen drei Unterſuchungen dienten fallende Kugeln, bei Volkmann Stahlkugeln, bei Nörr[1]) und Wundt Bleikugeln zur Erzeugung des Schalls. Bei Volkmann fielen die Kugeln auf Stahl, bei Vierordt auf Eiſen, bei Wundt auf Holz[2]). Der Schall nimmt ſowohl mit der Maſſe M als der Fallhöhe H der Kugeln zu, und die Größe des Schallreizes oder Schallſtärke R iſt aus beiden Componenten zu berechnen, wie, wird alsbald beſprochen werden. Allgemein werde nun beim Vergleich zweier Schallſtärken der kleinere Werth H als Haupthöhe mit H_0, der größere als Vergleichshöhe mit H_1 bezeichnet. Das mit H_0 combinirte M werde als M_0, das mit H_1 combinirte als M_1 bezeichnet; eben ſo mag die Bezeichnung von R der Bezeichnung des mit eingehenden H folgen.

---

1) Die zwei ſchwerſten Kugeln waren bei Nörr vielmehr von Eiſen, nur die 5 andern von Blei.

2) Wundt giebt in ſ. Phyſ. Pſych. I. 340 an, daß Volkmann ſeine Verſuche mittelſt des Schallpendels ausgeführt habe. Aber dies gilt nur von ſeinen vorläufigen, mit einem rohen Apparate ausgeführten, Verſuchen.

Es ſind dies die Bezeichnungen, die ich bei Darſtellung der Nörrſchen Verſuche angewendet habe, und auch bei den folgenden einleitenden Betrachtungen beibehalten werde, inſofern nichts Anderes bemerkt iſt; indeß ſind in Tiſchers Abhandlung die Bezeichnungen für Darſtellung der Wundtſchen Verſuche anders genommen, ſofern hier in den allgemeineren Betrachtungen die größere Fallhöhe mit H, die kleinere mit h, das größere Gewicht mit P, das kleinere mit p bezeichnet [1] wird, in den Verſuchstabellen aber die Bezeichnungen noch weiter ſpecialiſirt werden, worauf ſpäter zu kommen.

Seien nun zwei Schallreize R_0, R_1 nach den, in ſie eingehenden, Werthen H_0, H_1, M_0, M_1 berechnet, ſo wird die Prüfung des Weberſchen Geſetzes nach der Methode d. e. m. U. entweder ſo geſchehen können, daß man zwei Schallreize R_0, R_1 zur Beobachtung darbietet, dieſe ſo weit abändert, daß ſie einen e. m. U. darbieten, dann beide in gleichem Verhältniß abändert, ſo daß ſich die abſoluten Werthe R_0, R_1 ändern, ihr Verhältniß $\frac{R_1}{R_0}$ aber gleich bleibt, und daß man zuſieht, ob hiebei der e. m. Unterſchied für die Empfindung immer gleich eben merklich bleibt, wie es zur Beſtätigung des Weberſchen Geſetzes gehört. Auf dieſe Weiſe iſt Volkmann nach der, in „Elem.“ I. p. 178 gegebenen, Schilderung verfahren.

Man kann aber auch ſo verfahren, daß man, anſtatt von vorn herein immer daſſelbe $\frac{R_1}{R_0}$ unter Abänderung von R_1 und R_0 zu nehmen, vielmehr R_1 gegen ein vorgegebenes R_0 ſo lange abändert, bis der Unterſchied zwiſchen beiden auf einen eben merklichen Unterſchied kommt, daß man dies mit verſchiedenen R_0 wiederholt, wozu ſich ein verſchiedenes R_1 finden wird, und zuſieht, ob man damit auf daſſelbe $\frac{R_1}{R_0}$ kommt, wie es vom Weberſchen Geſetze verlangt wird. Auf dieſe Weiſe iſt Wundt verfahren.

Endlich iſt Nörr unter Anwendung der Methode d. r. u. f. F., entſprechend als Volkmann unter Anwendung der Methode d. e. m. U., ſo verfahren, daß er daſſelbe $\frac{R_1}{R_0}$ unter Änderung der abſoluten Werthe R_0, R_1, beibehalten und zugeſehen hat, ob daſſelbe Procentverhältniß richtiger Fälle dadurch erzielt ward, wie es vom Weberſchen Geſetze verlangt wird.

---

[1] Ich würde nicht verfehlt haben, in dem Referat über beide Unterſuchungen dieſelben Bezeichnungen einzuführen, fand aber nicht mehr Zeit, die Umänderung in dieſer Hinſicht durchzuführen.

Was nun die Ableitung eines Werthes R aus ſeinen Componenten M und H anlangt, ſo iſt zuvörderſt zu bemerken, daß mit der Fallhöhe H das Quadrat der Geſchwindigkeit c proportional iſt, mit welcher die Kugel auf die Unterlage auftrifft, und die lebendige Kraft des Auftreffens alſo proportional mit MH oder Mc^2. Nun hat man die Schallſtärke phyſikaliſch objectiv durch die lebendige Kraft der Schallſchwingungen gemeſſen, und in ſofern man dieſe proportional mit der lebendigen Kraft des Auftreffens der Kugel hält, würden wir von vorn herein und ohne Weiteres berechtigt ſein, die Schallſtärke R proportional mit MH oder Mc^2 zu ſetzen. Aber dies iſt doch nicht ſelbſtverſtändlich, weil die lebendige Kraft der fallenden Kugel ſich erſt der Platte mitzutheilen, dieſe in Schwingungen zu verſetzen hat, und dieſe ſich der Luft und dem Ohr mitzutheilen haben, wobei fraglich bleibt, ob im Wege dieſer Mittheilungen auch eine dem Mc^2 der Kugel proportionale lebendige Kraft das Ohr trifft. Wie dem auch ſei, ſo beweiſt ſich direct durch folgenden Umſtand, daß die Schallſtärke nicht proportional mit dem Mc^2 oder MH der fallenden Kugel geſetzt werden kann. Wäre ſie damit proportional, ſo müßte bei Abänderung von M und H in beliebige andere Werthe M_1 und H_1 der Schall gleich ſtark gehört worden, wenn

$$MH = M_1H_1, \text{ mithin } Mc^2 = M_1c_1^2.$$

Aber Vierordt hat die intereſſante Entdeckung gemacht, welche ſo zu ſagen den Ausgang einer neuen experimentalen Maßlehre der Schallſtärke bildet, daß dies nicht der Fall iſt, ja ganz fehlſchlägt. Seine Verſuche darüber ſind in der Zeitſchr. f. Biol. 1878. p. 300 ff. enthalten. Zunächſt ſchloß er aus dieſen Verſuchen, daß der Schall vielmehr gleich ſtark gehört wird, wenn

$$M c = M_1\, c_1 \text{ oder } MH^{0.5} = M_1\, H_1^{0.5},$$

wonach bei gegebenem M die Schallſtärke proportional mit $H^{0.5}$ ſtatt mit H, alſo: proportional mit c ſtatt mit c^2 zu ſetzen ſei; und hierauf hat Nörr mit ſeiner Berechnung der Schallſtärke gefußt, er ſetzt allgemein

$$R = MH^{0.5} = Mc$$

Inzwiſchen haben theils ſpätere Verſuche Oberbecks (in Pogg. Ann. N. F. XIII. 222), nach einem anderen als dem Vierordtſchen Princip, theils eigene ſpätere Verſuche Vierordts (in Zeitſchr. f. Biol. XVII. 361 ff.) zu einem anderen Exponenten von H als 0,5 geführt. Allgemein werde er mit ε bezeichnet.

Oberbeck fand, ſtatt $\varepsilon = 0{,}5$, bei Bleikugeln im Auffallen auf Holz 0,629 bis 0,638, bei Steinkugeln 0,656 anwendbar; indeß Vierordts ſpätere Verſuche bei Bleikugeln im Auffallen auf eine Zinnplatte den Exponenten 0,589, wofür er kurz 0,59 ſetzt, als den anwendbarſten ergaben. Dabei aber bleibt nach Oberbeck der Schall doch der Maſſe proportional, nur daß große Schallſtärken etwas langſamer wachſen als die Gewichte.

Bei alledem iſt wichtig, daß es für die Verſuche zur Prüfung des Weberſchen Geſetzes überhaupt gleichgültig iſt, ob wir dabei den abſoluten Schallreiz als proportional mit MH oder $MH^{0.5}$, oder mit irgend einer anderen Potenz von H einführen, kurz dem ε einen beliebigen Werth geben, woſern er nur für alle Werthe von M und H, die in die Verſuchsreihe eintreten, conſtant bleibt.

In der That, ſetzen wir $R_0 = M_0 H_0^{\varepsilon}$ und $R_1 = M_1 H_1^{\varepsilon}$, hiemit das $\frac{R_1}{R_0}$, auf deſſen Conſtanz es zur Erzielung einer gleich merklichen Unterſchiedsempfindung ankommt, $= \frac{M_1 H_1^{\varepsilon}}{M_0 H_0^{\varepsilon}} = \frac{M_1}{M_0}\left(\frac{H_1}{H_0}\right)^{\varepsilon}$, ſo kann ε einen beliebigen Werth haben, wenn es nur bei allen M und H conſtant bleibt, ſo wird zwar der abſolute Werth des vorigen Ausdrucks, aber nicht die Conſtanz deſſelben dadurch abgeändert, auf die es ankommt, und iſt es am einfachſten, den Werth $\varepsilon = 1$ zu nehmen, mithin R einfach $= MH$ und $\frac{R_1}{R_0} = \frac{M_1}{M_0}\,\frac{H_1}{H_0}$ zu nehmen. Wo nun, wie bei Nörrs Verſuchen $M_1 = M_0$ genommen wird, eliminiren ſich M_1 und M_0 im vorigen Ausdrucke, und kann man das Weberſche Geſetz beſtätigt halten, wenn derſelbe e. m. U. oder dasſelbe Procentverhältniß richtiger Fälle bei demſelben $\frac{H_1}{H_0}$ unter Wechſel der abſoluten Größe von H_1 und H_0 gefunden wird.

Anders freilich, wenn ſich ε je nach der Größe von M und H ändern ſollte.

Nun macht folgender Umſtand Verlegenheit. Die Verſuche zur Prüfung des Geſetzes können natürlich nicht ohne Änderung von M und H ausgeführt werden; auch haben dieſe Werthe in Volkmanns wie Nörrs Verſuchen in weiten Grenzen variirt. Dabei iſt nicht nur auf keine Variation von ε Rückſicht genommen, alſo die Conſtanz ſtillſchweigend vorausgeſetzt, ſondern ſie iſt auch vorauszuſetzen, um eine ſtrenge Bewährung des Geſetzes in dieſen Verſuchen zu finden. Denn was nützte es, wenn ſich bei demſelben $\frac{H_1}{H_0}$ unter Wechſel der abſoluten Größen von H_1, H_0 immer die gleiche Ebenmerklichkeit oder daſſelbe Procentverhältniß richtiger Fälle wiederfände, wenn ſich bei den verſchiedenen H und M der Werth ε in unbekannter Weiſe geändert hat, und hiemit die Conſtanz von $\frac{R_1}{R_0}$ bei der Conſtanz von $\frac{H_1}{H_0}$ verloren ginge, indeß doch auf der Conſtanz von $\frac{R_1}{R_0}$ gefußt wird.

Von der anderen Seite ſpricht der Umſtand, daß bei Annahme der Conſtanz von ε ſich aus den Volkmannſchen und Nörrſchen Verſuchen ein Geſetz herausgeſtellt hat, was ſonſt aus den Verſuchen nicht zu folgern wäre, für die Conſtanz von ε.

Nun aber hat ſich aus den Wundtſchen Verſuchen über das Maß der Schallſtärke, durch welche ſeine Verſuche über das Weberſche Geſetz eingeleitet ſind, mit Entſchiedenheit ergeben, daß ε von den abſoluten Werthen von H und M nicht unabhängig iſt, ſondern mit wachſenden M und H ſelbſt wächſt, außerdem ſich nach der Fallunterlage ändert. Auch iſt die Änderung von ε nach M und H nicht unbedeutend, ſo daß ſich Wundt veranlaßt geſehen hat, bei den von ihm angewandten Werthen von H_0 und M_0, H_1 und M_1 die zugehörigen Werthe von ε beſonders zu beſtimmen, oder nur ſolche Werthe von H und M zu verwenden, für deren Combination ε beſtimmt war, eine Beſtimmung, die ſich nach dem von Vierordt angewandten Princip ausführen ließ. D. h., wenn der Schall bei Anwendung von M_0, H_0 mit dem Schall von M_1 H_1 gleich gefunden wurde, hatte man zu ſetzen

$$M_0 H_0^{\varepsilon} = M_1 H_1^{\varepsilon}$$

$$\text{wonach } \varepsilon = \frac{\log \frac{M_0}{M_1}}{\log \frac{H_1}{H_0}}$$

oder unter Anwendung der Wundtſchen Bezeichnungen (S. 370)

$$pH^{\varepsilon} = Ph^{\varepsilon}$$

$$\text{und hienach } \varepsilon = \frac{\log \frac{P}{p}}{\log \frac{H}{h}}$$

Zum Belege der Variabilität von ε je nach Fallhöhe und Gewichtsgröße mag hier ein Auszug aus der Tabelle IX (p. 10, 11) der Tiſcherſchen Abhandlung folgen. Bleikugeln, auf eine hohlliegende Holzplatte fallend, die Gewichte in Grammen, die Fallhöhen in Centimetern, Beobachter Merkel.

Tab. IX.

p	P	$\frac{P}{p}$	h	H	$\frac{H}{h}$	ε
0,295	0,66	2,237	10	37	3,7	0,615
″	″	″	40	122	3,05	0,722
3,64	8,00	2,20	10	30	3,00	0,718
″	″	″	40	113	2,825	0,759
12,5	25	2,00	10	23	2,3	0,832
″	″	″	50	104	2,08	0,946
25	50	2,00	10	24	2,4	0,792
″	″	″	30	64	2,13	0,918
50	100	2,00	10	23,5	2,35	0,813
″	″	″	30	65	2,17	0,895
″	″	″	50	101	2,02	0,986
100	200	2,00	10	23	2,30	0,832
″	″	″	30	60	2,00	1,000
″	″	″	50	101	2,02	0,986

Die Tabellen der anderen zu den Verſuchen zugezogenen Beobachter beweiſen nicht minder für eine Variabilität von ε in demſelben Sinne, und ſo wird man ſie jedenfalls für den Bereich und die Umſtände dieſer Verſuche zuzugeſtehen und die gefundenen Werthe von ε für die zu den Verſuchen angewandten Combinationen von Gewicht und Fallhöhe anwendbar halten müſſen, ohne damit verſichert zu ſein — worauf es aber auch hier nicht ankommt — daß dieſelben Werthe von ε für dieſelben Combinationen unter andern, auf den Schall Einfluß äußernden, Umſtänden, die aber bei den Verſuchen nicht ſtatt hatten, ſich wiederfinden würden. So iſt nach Verſuchen von Vierordt, von denen ich erſt eine beiläufige und vorläufige Notiz habe, der Schall im Zimmer, wegen der Reflexionen von den Wänden, bei denſelben Werthen von Gewicht und Schallhöhe, nicht nur ſtärker als in freier Luft, ſondern ändert ſich auch bei Änderung der Combination nicht entſprechend für beide Umſtände; alſo würde man ein ε, was im Zimmer gefunden iſt, nicht für Verſuche im Freien, noch umgekehrt verwenden können; aber es liegt zunächſt, ſo weit ich es ſelbſt überſehe, kein beſtimmter Grund vor, ein ε, was durch Verſuche im Zimmer gefunden iſt, nicht auch für Verſuche im Zimmer verwenden zu dürfen, trotzdem, daß ſein Werth durch Reflexion von den Wänden betheiligt iſt, er gilt eben für den Fall einer ſolchen Betheiligung; und ſollte doch eine Schwierigkeit von dieſer Seite erhoben werden, ſo würde ſie natürlich die, nicht minder im Zimmer angeſtellten, Verſuche Nörrs nicht minder treffen.

Da ſich nun die Beſtätigung des Weberſchen Geſetzes durch die Wundtſchen Verſuche auf Grund der Specialberechnung des ε für die angewendeten Fallhöhen und Gewichte ergeben hat, ſo fragt ſich, wie konnte ſich hienach das Geſetz durch Volkmanns und Nörrs Verſuche ohne ſolche Berechnung auf Grund der Annahme eines conſtanten ε beſtätigen, oder anders, wie kann man es danach noch als beſtätigt durch dieſe Verſuche anſehen.

Ich geſtehe, eine ſichere Erledigung dieſer Schwierigkeit nicht geben zu können; doch ſcheint mir Folgendes ſich darüber ſagen zu laſſen.

Was die Volkmannſchen Verſuche anlangt, ſo kann man zuvörderſt im Allgemeinen bemerken, daß die Schätzungsweiſe des eben merklichen Unterſchiedes, worauf dieſe Verſuche fußen, doch vielleicht zu unſicher war, um Unterſchiede, welche von Inconſtanz des ε abhängen, deutlich hervortreten zu laſſen, darf aber auch nicht überſehen, daß Volkmann mit Stahlkugeln, welche auf Stahl fielen, operirte, die Wundtſchen Verſuche aber, welche gegen die Conſtanz des ε ſprechen, mit Bleikugeln, welche auf Holz fielen, angeſtellt ſind, die unſtreitig einer gewiſſen Deformation, namentlich bei ſtarken Fallhöhen, ausgeſetzt ſind; und es bleibt alſo erſt zu unterſuchen, ob ſich nicht bei Stahlkugeln auf Stahl eine viel größere Conſtanz des ε zeigen würde, als bei Bleikugeln auf Holz. Wahrſcheinlich zwar wird das Rückſpringen der Stahlkugeln, worüber Volkmann nichts angiebt, ſtärker als das der Bleikugeln ſein, aber wenn, was doch nicht unwahrſcheinlich iſt, der Verluſt an lebendiger Kraft, welcher dadurch für Erzeugung des Schalles entſteht, proportional den Schallſtärken iſt, ſo ſcheint dies keine weſentliche Störung mitbringen zu können. Die Werthe von M hielten ſich (nach „Elem. I. 178) zwiſchen 1,35 und 14,85 Grammen, die H „differirten wie 3 : 11“, ohne in abſoluten Werthen angegeben zu ſein.

Bei den Nörrſchen Verſuchen erſcheint die Erklärung ſchwieriger, denn die Kugeln waren wie bei den Wundtſchen Verſuchen von Blei, und die Unterlage zwar bei Prüfung des Weberſchen Geſetzes verſchieden (Eiſen, hohlliegendes Holz); es iſt aber (Tiſcher, p. 11. 12) noch beſonders nachgewieſen worden, daß ε auch beim Fall von Blei auf

Eiſen mit Fallhöhe und Gewicht der Kugeln wächſt; und die Variation in dieſer Beziehung war bei den hier zählenden Verſuchen groß genug, um nicht einflußlos bleiben zu können.

Inzwiſchen, wenn man die Reſultate der Nörrſchen Verſuche näher ins Auge faßt, verſchwindet doch der auffällige Widerſpruch, in dem ſie für den erſten Anblick mit den Wundtſchen zu ſtehen ſcheinen. Nörr hat drei Verſuchsreihen angeſtellt, in deren jeder die M_0 in ſieben Werthen von 6,7 bis 1025100 Milligr. aufſteigen, indeß die zugehörigen H_0 zum Theil auf-, zum Theil abſteigen. Jede dieſer Reihen giebt zu den ſieben M_0 mit zugehörigen M_1 ſieben Procentzahlen richtiger Fälle, deren Gleichheit in jeder Reihe für ſich zur Beſtätigung des Weberſchen Geſetzes verlangt wird. Aber eine nähere Betrachtung zeigt erſtlich, daß dieſe Werthe, ſo wie dann auch natürlich die daraus nach der Fundamentaltabelle ableitbaren t, ſtark ſchwanken, ſo daß ſich hierin der Einfluß einer Variation von ε zum Theil verſtecken kann, zweitens, daß in allen drei Reihen die zwei ſchwerſten Kugeln Procentzahlen der richtigen Fälle und mithin Werthe t geben, welche nicht unerheblich größer ſind, als das Mittel der übrigen Werthe derſelben Reihe; ja bei der zweiten und dritten Reihe ſogar größer als jeder andere einzelne Werth derſelben Reihe, wie man S. 382 ſehen wird. Früher nun war ich geneigt, dies auf einen Mangel an Vergleichbarkeit der zwei ſchwerſten Kugeln mit den übrigen zu ſchreiben, ſofern jene ausnahmsweiſe von Eiſen, die übrigen von Blei waren, und es iſt ja möglich, daß hieran etwas hängt; wahrſcheinlicher aber wird die Steigerung des ε mit Steigerung des M_0 (womit M_1 überall gleich war) daran Schuld ſein.

Immerhin konnten die Nörrſchen Verſuche als eine willkommene Unterſtützung und Ergänzung bezüglich der Prüfung des Weberſchen Geſetzes gelten, da theils die Abweichung bei den zwei größten M_0 nicht zu weit aus den Schwankungen bei den übrigen Werthen heraustrat, da ſie eine nicht unwahrſcheinliche Erklärung zuließ, und keinesfalls als eine obere Abweichung vom Geſetze in demſelben Sinne, als beim Lichte vorkommt, gelten konnte, denn danach hätten die Procentzahlen der richtigen Fälle bei den höchſten M vielmehr abnehmen ſtatt zunehmen müſſen.

Abgeſehen von der verſchiedenen Hauptmethode und Berechnungsweiſe der Nörrſchen und Wundtſchen Verſuche ſind für einen Vergleich derſelben noch folgende Puncte beachtenswerth, welche ſich theils günſtiger für die einen, theils für die anderen ſtellen.

Die Nörrſchen Verſuche ſind bloß von Nörr ſelbſt angeſtellt, die Wundtſchen von einer Mehrheit von Beobachtern, was eine nützliche gegenſeitige Controle der letztern geſtattet. Die Zahl der Einzelverſuche bei Nörr iſt erheblich größer, als die Geſammtzahl der Verſuche, welche von mir als Wundtſche zuſammengefaßt werden; es fordert aber auch die Methode der r. u. ſ. F. vergleichsweiſe eine größere Zahl von Verſuchen, als die Methode d. e. m. U. Die Nörrſchen Verſuche vertheilen ſich ohne eine beſtimmt angegebene Vertheilungsweiſe auf zwei Semeſter; in der Regel aber wurde jedesmal nicht länger als ½ Stunde hintereinander beobachtet, ſo daß ſich die Geſammtheit der Verſuche in verſchiedene Verſuchsfractionen theilt; die Wundtſchen Verſuche ſind von jedem Beobachter gleich hintereinander angeſtellt, und die längſte Verſuchsreihe (XIV von Merkel) drei Stunden hindurch fortgeſetzt. Dies läßt bei Nörr das Bedenken zu, daß während der Zeit eines Jahres nicht für einen vergleichbaren Stand der Unterſchiedsempfindlichkeit in den verſchiedenen Verſuchsfractionen zu ſtehen war; hingegen bei den Wundtſchen, daß bei Fortſetzung der Verſuche durch drei Stunden ein Fortſchritt der Ermüdung und Übung nicht leicht fehlen konnte; jedenfalls liegt nichts zum Beweiſe vor, daß ein ſolcher ausgeſchloſſen war. In dieſer Beziehung hätte es mir wichtig geſchienen, die allgemeine Regel für Verſuche über das Weberſche Geſetz nicht zu vernachläſſigen: die Verſuche in gleicher Zahl aufſteigend und abſteigend mit den Reizgrößen, hier Schallſtärken, anzuſtellen, um eines etwaigen Einfluſſes der Folge der Verſuche theils zu gewahren, theils denſelben zu compenſiren, zumal die Folge von kleineren zu größeren Reizen und umgekehrt auch durch Contraſtverhältniſſe Einfluß gewinnt; es iſt aber über die eingehaltene Folge der Verſuche in der Tiſcherſchen Abhandlung überhaupt nichts angeführt. Was zwar den Einfluß der Ermüdung anlangt, ſo wäre hievon wohl kein Nachtheil für die Bewährbarkeit des Weberſchen Geſetzes inſofern zu erwarten, als nach dem Parallelgeſetz, wenn die Ermüdung ſich auf die differenten Reize zugleich erſtreckt, kein Nachtheil für das Zutreffen des Geſetzes dadurch entſteht; wohl aber könnte die Beſtimmung des mittleren relativen e. m. U. dadurch Einfluß erleiden, und jedenfalls der Sicherheit der Verſuche gegen Ende derſelben durch Schwächung der Aufmerkſamkeit Abbruch geſchehen. Ein Fortſchritt der Übung aber der Art, daß nach und nach ein immer geringerer Unterſchied merklich würde, müßte auch der Bewährbarkeit des Weberſchen Geſetzes ſchaden, und daß ſich ein ſolcher innerhalb dreiſtündiger Verſuchsdauer wohl geltend machen kann, läßt ſich ſehr wohl als möglich denken, da bei meiner Theilnahme an den Volkmannſchen Schallverſuchen ſich ein ſolcher am Ende einer langen Verſuchsreihe wirklich geltend gemacht hat

(„Elem." I. 178). Indeſſen darf man dieſes Bedenken doch nicht zu ſchwer nehmen. Wenn die längſte Wundtſche Verſuchsreihe weniger gut zum Weberſchen Geſetze ſtimmte, als es der Fall iſt, ſo hätte im angegebenen Umſtande eine Erklärung des Fehlſchlagens geſucht werden können; wogegen die gute Zuſtimmung dazu nicht wohl daraus erklärbar iſt; und vollends hebt ſich das Bedenken im Weſentlichen dadurch, daß die Reſultate der Verſuchsreihen von kürzerer Dauer im Weſentlichen mit denen von der längſten Dauer übereinſtimmen. Auch bei den Nörrſchen Verſuchen iſt von einem Wechſel zwiſchen Aufſteigen und Abſteigen mit den Schallwerthen nicht die Rede; indeß konnte bei der bloß halbſtündigen Dauer der einzelnen Verſuchsfractionen ein Fortſchritt der Ermüdung und Übung ſich nicht nur nicht ebenſo geltend machen, als bei einer dreiſtündigen, ſondern läßt ſich auch vorausſetzen, daß während der langen Zeit, auf welche ſich die Geſammtheit der Verſuchsfractionen vertheilt, der Einfluß der einen auf die andern nicht mehr merklich war.

Jedenfalls als Vortheil für die Nörrſchen Verſuche vor den Wundtſchen erſcheint folgender Umſtand. Nicht nur aus den Nörrſchen Verſuchen, welche dieſen Umſtand ausdrücklich mit in Unterſuchung gezogen haben, ſondern auch beiläufig aus den Wundtſchen (p. 15) geht hervor, daß es einen Unterſchied in der Schätzung des Unterſchiedes zwiſchen dem ſtärkeren und ſchwächeren Schalle macht, ob der ſtärkere oder ſchwächere voran geht; indem bei Nachfolge des ſtärkeren Schalles der Unterſchied größer erſcheint, als bei der umgekehrten Zeitlage, bei welcher ſogar ein etwas ſtärkerer Schall als der ſchwächere erſcheinen kann. Wollte man nun immer die eine Art der Zeitfolge einhalten, oder die eine vor der anderen vorwiegen laſſen, ſo müßte hierdurch ein conſtanter Fehler entſtehen. Zur Beſeitigung dieſer Gefahr hat Nörr mit beiden Zeitlagen in gleicher Verſuchslage abgewechſelt; indeß dies bei den Wundtſchen Verſuchen unſtreitig nicht oder nicht regelmäßig der Fall geweſen iſt, da es Tiſcher ſonſt ſicher angegeben hätte.[1] Indeß iſt nicht unwahrſcheinlich, einmal, daß wenn hieraus ein Irrthum nach einer Seite entſtand, er durchſchnittlich im Verhältniß der Unterſchiedsſchwelle war, was die Conſtatirung des Weberſchen Geſetzes nicht hindern konnte, zweitens, daß er wegen der ſymmetriſchen Anſtellungsweiſe der Verſuche nach Unten und Oben das Verhältniß zwiſchen beiden

---

[1] Meines Erachtens wäre dies namentlich bei den „4 bis 6 Schallfolgen" (p. 15) nöthig geweſen, in welchen vermöge demgemäßer Zuſätze zu h' „das Urtheil immer r' > r lautet." (ſ. weiterhin S. 391).

Seiten nicht ſtörte; ohne daß freilich eine Sicherſtellung in beider Beziehung vorliegt.

A) Die Nörrſchen Verſuche.

Ohne im Thatbeſtande der Nörrſchen Verſuche etwas zu ändern, werde ich mir doch aus formellen Gründen im Referat darüber einige Abweichungen von der Darſtellung des Verf. erlauben.

Zur Orientirung in der eigenen Darſtellung des Verf. folgende Bemerkungen.

Nörr fußt noch auf der frühern Anſicht von Vierordt, daß die Schallſtärke R durch Mc gemeſſen werden könne, wenn c die, aus H berechnete, Endgeſchwindigkeit des Falles bezeichnet. Werde für den Hauptſchall, wo $H = H_0$, der Werth c mit c_0 und für den Vergleichsſchall, wo $H = H_1$, mit c_1 bezeichnet. Die Werthe c_0 und hiernach $R_0 = Mc_0$ ſind von Nörr in ſ. Abh. Tabelle II. p. 302 angegeben. In ſeinen, von p. 306 angeführten, 7 Verſuchstabellen, entſprechend den 7 angewandten Fallgewichten M_0 von 6,7 bis 1025100 Milligr., ſind in den Überſchriften für alle 3 Hauptreihen die M_0, womit die M_1 gleich ſind, ſo wie die H_0 und H_1 angegeben. Die erſte Längscolumne enthält dann unter I den Werth $M_0 c_0$, d. i. den Werth des Hauptſchalls nach obiger Berechnung, unter II, III, IV den Werth des zugehörigen Vergleichsſchalles in den drei Hauptreihen (die von mir als I, II, III unterſchieden ſind). Die Zahlen der zweiten Längscolumne, überſchrieben „Differenz beider Schallſtärken in %", ſind dadurch erhalten, daß die relativen Differenzen der erſten Columne, d. i. $\frac{Mc_1 - Mc_0}{Mc_0} = \frac{c_1 - c_0}{c_0}$ durch Multiplication mit 100 procental gemacht ſind. So ſind in der erſten dieſer Tabellen p. 307 die Zahlen 4,42; 8,85 und 17,4 für die drei Hauptreihen erhalten. Hienach ſind die angeblichen h der Tabelle XII. p. 316 dadurch erhalten, daß die aus der Fundamentaltabelle nach den r, f, z, erhaltenen Werthe $t = hD = hM(c_1 - c_0)$ mit dem Werthe $\frac{c_1 - c_0}{c_0}$ dividirt ſind, was vielmehr hMc_0 als h giebt. Dieſe Werthe hMc_0 aber ſind mit $t = hD$ proportional, weil $D = M(c_1 - c_0)$ ſelbſt in jeder Längscolumne mit Mc_0 proportional, d. i. $\frac{c_1 - c_0}{c_0}$ conſtant gehalten iſt.

Die Verſuche wurden im phyſiologiſchen Inſtitut Vierordts, welches außer der Stadt liegt und vor ſtörendem Tageslärm ziemlich geſchützt iſt, unter Beihülfe des auf derartige Verſuche ſchon eingeübten Inſtitutsdieners Nagel angeſtellt. „Auf eine ſtreng methodiſche Vertheilung der Experimente in die einzelnen Verſuchsabſchnitte (Stunden, Tagen oder auch nur Wochen) mußte von vorn herein verzichtet werden", und findet ſich alſo auch nichts darüber angegeben. In der Regel wurde zur Verhütung von Ermüdung nie länger als etwa $^1/_2$ Stunde experimentirt. Die Geſammtzahl der Verſuche vertheilte ſich auf zwei Semeſter.

Die Schallſtärken wurden durch Herabfallen von Metallkugeln auf eine horizontale Eiſenplatte aus gemeſſener Höhe erzielt, und dabei

Maßregeln für die Vergleichbarkeit und ſichere Anſtellung der Verſuche getroffen, welche im Original nachzuſehen ſind. Im Ganzen wurden ſieben Kugeln von verſchiedenem P angewandt, die zwei ſchwerſten von polirtem Eiſen, die anderen von Blei; jede Kugel aber wurde aus zwei verſchiedenen Höhen H in einer Zwiſchenzeit von ungefähr drei Sec. herabfallen gelaſſen, um dadurch eine Differenz der objectiven Schallreize zu erzeugen, auf welche die Aufmerkſamkeit zu richten war. Natürlich mußte die, aus größerer Höhe herabfallende, Kugel einen objectiv ſtärkeren Schall erzeugen, als die aus geringerer Höhe herabfallende, aber ſubjectiv konnte es auch anders erſcheinen; und je nachdem der Unterſchied ſeiner Richtung nach richtig oder falſch beurtheilt wurde oder kein Unterſchied gefunden ward, hatte man richtige, falſche und Nullfälle, welche vom Verf. reſpectiv mit R, F, U bezeichnet werden, wofür ich hier die gewohnten Bezeichnungen r, f, z brauche. Die Totalzahl der, mit einem gegebenen Unterſchiede von H erhaltenen, Fälle r + f + z heiße wie gewöhnlich n. Zur Compenſation conſtanter Fehler, welche von der Zeitfolge abhängen, wurde in wechſelnden Verſuchen die größere Fallhöhe oder die kleinere Fallhöhe zuerſt angewandt, welche Verſuche als A und B unterſchieden ſind, und, zur Gewinnung eines Definitivreſultates, von den procentalen Zahlen, welche beiderſeits erhalten wurden, das Mittel in Rechnung genommen.

Die Gewichte ſind in Milligrammen, die Fallhöhen in Millimetern ausgedrückt.

In Betreff der Bezeichnungen gelten folgends die S. 369 gegebenen Angaben; wozu noch folgende zu fügen.

Abſoluter Unterſchied $H_1 - H_0 = U$.

Relativer Unterſchied $\frac{H_1 - H_0}{H_0} = \frac{U}{H_0} = u$.

Logarithmus $\log \frac{H_1}{H_0} = d$

Procentzahl der um $\frac{z}{2}$ vermehrten richtigen Fälle

$$= \frac{r + \frac{z}{2}}{n} \% = r' \%$$

Daß ich bei Verwerthung der r, f, z die z halb den r zuzähle, halte ich durch die Erörterungen des V. Abſchnittes gerechtfertigt. Es entſpricht dies dem von mir mit I bezeichneten Theilungsprincip der z; doch gehe ich weiterhin auch auf eine vergleichende Berückſichtigung des, von mir mit II bezeichneten, Müllerſchen Theilungsprincipes der s ein.

Da in allen Verſuchen daſſelbe M bei H_0 und H_1 angewandt, alſo überall $M_1 = M_0$ genommen wurde, eliminirt ſich M im Werthe $\frac{M_1 H_1}{M_0 H_0}$, und ſofern bei der von Nörr angenommenen Conſtanz von s der Werth von s gleichgültig iſt (S. 372), kann s einfachheitshalber $= 1$, und mithin R proportional mit H geſetzt werden. Hienach läßt ſich $\frac{R_1}{R_0}$ durch $\frac{H_1}{H_0}$ und $\frac{R_1 - R_0}{R_0}$ durch $\frac{H_1 - H_0}{H_0} = u$ erſetzen; und wird alſo die Beſtätigung des Weberſchen Geſetzes darin geſucht werden können, daß derſelbe Procentſatz richtiger Fälle r/n bei demſelben $\frac{H_1}{H_0}$ oder demſelben $d = \log \frac{H_1}{H_0}$ unter Änderung der abſoluten Werthe H_0 und H_1 erhalten wird. Wenn ich mich folgends vielmehr auf d als $\frac{H_1}{H_0}$ beziehe, ſo hat dies den Grund, daß ſchließlich noch aus einem anderen Geſichtspuncte als bezüglich des Weberſchen Geſetzes von den d wird Gebrauch zu machen ſein.

Die Verſuche des Verfaſſers laſſen ſich in drei Hauptreihen ſondern, welche mit I, II, III bezeichnet werden ſollen[1], und jenachdem ein H_1, d, oder n der einen oder anderen Reihe angehört, wird der demgemäße Index unten angebracht werden. In allen drei Reihen wurden dieſelben 7 von 6,7 bis 1025100 Milligrammen aufſteigenden Hauptgewichte M_0, desgleichen dieſelben dazu zugehörigen Werthe H_0 angewandt, indeß die H_1 in je drei Werthen (H_I, H_{II}, H_{III}) variirten, ſo wie es die nächſtfolgende Tabelle zeigt.

Das n der Verſuche, A und B zuſammengezählt, iſt für die 21 Partialreihen, welche durch Anwendung von ſieben M's mit drei d's gegeben ſind, nicht überall gleich geweſen, und hat namentlich für die dritte Hauptreihe nicht ganz die Hälfte von jeder der anderen beiden Hauptreihen betragen, wofür die Specification in der Tabelle S. 382 gegeben iſt.

Die directen Verſuchsreſultate nun, aus welchen die Folgerungen bezüglich des Weberſchen Geſetzes zu ziehen, finden ſich in folgenden zwei Tabellen zuſammengeſtellt. Darin ſind die fünf erſten Verſuchsnummern unter a), die zwei letzten unter b) zuſammengefaßt, weil jene mit Bleikugeln, dieſe mit Eiſenkugeln angeſtellt waren.

---

[1] Der Verf. ſpricht vielmehr von 7 Reihen, die er in 7 Tabellen giebt, indem er die Reihen nach den 7 Hauptgewichten ordnet, bei denen jedem die 3 verſchiedenen H_1's angewandt wurden. Seine Abtheilungsweiſe repräſentirt augenſcheinlich beſſer die Anordnung der Verſuche nach ihrer Anſtellungsweiſe, die hier gewählte dient beſſer als Unterlage für die daraus zu ziehenden Folgerungen.

Verſuchsdata.

Nr.		M_0	H_0	H_I	H_{II}	H_{III}	$d_I = \log \frac{H_I}{H_0}$	$d_{II} = \log \frac{H_{II}}{H_0}$	$d_{III} = \log \frac{H_{III}}{H_0}$
a)	1	6,7	7,5	8,2	8,9	10,4	0,03875	0,07433	0,14197
	2	26	3,8	4,2	4,6	5,4	0,04347	0,08298	0,15261
	3	146	6,85	7,5	8,2	9,6	0,03937	0,07812	0,14658
	4	441,5	22,6	25	27,2	31,7	0,04383	0,08046	0,14695
	5	9898,5	10,1	11,1	12,1	14,1	0,04100	0,07847	0,14490
b)	6	98053	10,2	11,2	12,25	14,3	0,04062	0,07954	0,14674
	7	1025100	30	33	36,3	43,2	0,04139	0,08279	0,15836
		Summe	91,05	100,2	109,55	128,7	0,28853	0,55669	1,03811
		„ a	. .	. .	. .	. .	0,20652	0,39436	0,73301
		„ b	. .	. .	. .	. .	0,08201	0,16233	0,30510

		Werthe $r'\mathfrak{Z}$[1]			**Werthe** n		
Nr.		I	II	III	I	II	III
a)	1	79,78	86,05	91,95	389	351	180
	2	86,10	91,98	94,95	328	317	108
	3	84,38	89,13	95,18	386	406[2]	160
	4	74,75	85,78	94,40	338	368	143
	5	78,75	89,13	94,35	357	280	119
b)	6	84,55	94,08	97,98	403	389	152
	7	82,83	92,28	98,15	447	381	186
					2648	2492	1048

Hierzu folgende Bemerkungen.

Eigentlich hätte in jeder der drei Reihen für alle ſieben $M_0 H_0$ daſſelbe Verhältniß $\frac{H_I}{H_0}$ und mithin d angewandt werden ſollen, um daſſelbe $r'\mathfrak{Z}$ nach dem Weberſchen Geſetze dazu erwarten zu können. Jenes iſt nun allerdings nicht ſtreng der Fall geweſen, indem z. B. in Reihe I der Werth d zwiſchen 0,03875 und 0,04383 variirt, u. ſ. f. Indeſſen iſt es doch angenähert genug der Fall, um einerſeits eine angenäherte Conſtanz von r's in der zweiten Tabelle danach finden zu können, andererſeits kleinere Schwankungen der Werthe von r's danach erklärlich zu finden, inſofern ſie im Sinne der Schwankungen von d gehen. In dieſer Hinſicht kann man den Umſtand, daß in allen drei Reihen der Werth von r's bei No. 1 kleiner als bei No. 2 und 3 iſt, recht wohl damit in Zuſammenhang bringen, daß dasſelbe auch von d gilt; aber überall hält dies nicht Stich und will z. B. in Reihe I gar nicht damit ſtimmen, daß das kleinſte r's auf das größte d (bei No. 4) fällt, und eben ſo werden die verhältnißmäßig hohen Werthe von r's bei den unter b) zuſammengefaßten Nummern No. 6 u. 7 nicht dadurch erklärlich. Sie ſind in Reihe I beide größer als das Mittel der Werthe unter a) und in Reihe II und III ſogar größer als alle einzelnen Werthe unter a). Daß dies wahrſcheinlich von einer Variation des z abhängt, welche bei Nörrs Verſuchen nicht mit in Rechnung gezogen iſt, wurde oben erwähnt.

---

[1] Einige Zahlen des Verf. haben nach Rückgang auf die beſonderen Zahlen A und B hier eine kleine Berichtigung erfahren, ſo bei II. 1, II. 2 und II. 3.

[2] So muß es ſtatt der falſch zuſammengerechneten Zahl 389 (p. 508) des Originals heißen.

Anſtatt bei den Werthen r's ſtehen zu bleiben, kann man, nach der S. 66 f. reproducirten Fundamental-Tabelle und den im IV. Abſchn. zur Benutzung derſelben gegebenen Regeln, von da zu den zugehörigen Werthen $t = hD$ aufſteigen, und wird dann ſtatt der Übereinſtimmung der r's in jeder Reihe die Übereinſtimmung der danach berechneten t zur Beſtätigung des Weberſchen Geſetzes zu fodern haben, ohne begreiflicherweiſe dadurch zu andern Schlüſſen geführt werden zu können, als wenn man bei r's ſtehen bleibt; und ſo ſchiene es überflüſſig, auf die Berechnung der t überhaupt einzugehen, wenn nicht einerſeits Nörr ſelbſt einen Vergleich zwiſchen meinem Theilungsprincip I und dem Müllerſchen Theilungsprincip II der z daran geknüpft hätte, und wenn nicht ein bis jetzt noch räthſelhafter Umſtand bei der Überſetzung der r's in die t zum Vorſchein käme.

Was nun erſteren Vergleich anlangt, ſo reichen zur Berechnung der t nach mir die oben gegebenen r's hin, die Werthe $t = t_0$ zu geben, wogegen man nach Müller das t_I zu r, t_{II} zu $r + z$ in der Fundamentaltabelle zu ſuchen und $t = \frac{t_I + t_{II}}{2}$ zu nehmen hat. Die Werthe r und $r + z$ ſind aus der Originalabhandlung zu entnehmen, da ſie Kürze halber hier übergangen ſind. Hier folgt die Vergleichstabelle der Rechnung nach mir und nach Müller, wobei eines- wie andernfalls die mittleren Procentzahlen von r, f, z aus A und B unterliegen.

Werthe von t

		Nach Fechner			nach Müller		
		I	II	III	I	II	III
a)	1	0,5895	0,7655	0,9912	0,5952	0,7720	0,9999
	2	7671	9921	1,1597	7738	1,0055	1,1912
	3	7142	8721	1,1754	7263	9022	1,2314
	4	4714	7568	1,1239	4831	7676	1,2341
	5	5642	8719	1,1207	5774	9014	1,1480
b)	6	7194	1,1039	1,4487	7314	1,1271	1,4633
	7	6699	9948	1,4750	6763	1,0258	1,5004
Summe		4,4957	6,3574	8,4946	4,5635	6,5016	8,7683
„	a)	3,1064	4,2587	5,5709	3,1558	4,3487	5,8046
„	b)	1,3893	2,0987	2,9237	1,4077	2,1529	2,9637

Man ſieht, daß, wie bei den Gewichtsverſuchen, die abſoluten Werthe der t und hiemit h nach Müller überall etwas größer ausfallen, als nach Fechner, wogegen die Verhältniſſe der t, auf die es ankommt, ſich nicht erheblich ändern, ſo daß man nach beiden Berechnungen in der That weſentlich zu demſelben Reſultate kommt. Ein Vorzug der einen vor der anderen Berechnungsweiſe etwa nach der beſſeren Zuſtimmung zum Weberſchen Geſetze oder irgend einer anderen Foderung läßt ſich auf dieſe Verſuche bei den etwas precären Verhältniſſen derſelben nicht gründen, und nach den Erörterungen des V. Abſchnittes ſcheint es mir einer ſolchen auch nicht mehr zu bedürfen.

Nörr gründet p. 316 in Tabelle XII ſeiner Abhandlung die Beſtätigung des Weberſchen Geſetzes ſtatt auf die Gleichheit der t = hD in jeder Längscolumne, auf die Gleichheit der h, was ein Verſehen iſt; denn die Gleichheit der r's, auf die hiebei fundamental zurückzugehen, hängt nach den fundamentalen Formeln und der Sachlage der Verſuche nicht an der Gleichheit der h ſondern der t = hD. Sieht man jedoch näher zu, ſo ſind die für h genommenen Werthe nach der Berechnungsweiſe derſelben in der That vielmehr Werthe hMc_0, wo c_0 als die zu H_0 gehörige Fallgeſchwindigkeit im Auftreffen aus der dritten Längscolumne der Tabelle II. p. 302 entnommen iſt; und es läßt ſich mit einiger Umſtändlichkeit zeigen, daß Mc_0 mit D proportional iſt. Vergl. die Einſchaltung S. 379.

Man kann weiter bemerken, daß die Ableitung der t aus den zuſammengezählten procentalen r, f, z der Abtheilungen A und B eigentlich dem Verfahren der unvollſtändigen Elimination conſtanter Fehler entſpricht, und man für vollſtändige Compenſation eigentlich die t's jeder Abtheilung A und B für ſich zu berechnen und hieraus die Mittel zu nehmen hätte. Ich habe dies in der That ſowohl nach meiner als Müllers Beſtimmung der t ausgeführt, unterlaſſe es aber, die Beſtimmungen anzuführen, weil ſich die t's der vorigen Tabelle zwar hienach für Fechner wie Müller ein wenig erhöht zeigen, ohne daß aber die Verhältniſſe ſich in einer in Betracht kommenden Weiſe geändert haben. Nach meiner Beſtimmungsweiſe aber fällt ein t (bei III. No. 6) und nach Müllers Beſtimmungsweiſe fallen ſogar drei t's (III. No. 3, 4 und 6) bei Vornahme der vollſtändigen Elimination aus der Rechnung aus, indem ſog. Fehlſchläge (S. 54) dabei eintreten; was mich veranlaßt hat, bei den Reſultaten der unvollſtändigen Elimination ſtehen zu bleiben.

Hienach von einigen Nebenpuncten.

Bei jeder der ſieben Querreihen wurden außer den Verſuchen mit einem von H_0 verſchiedenen H_1, untermiſcht damit, auch Verſuche angeſtellt, wo H_0 mit ſich ſelbſt in den Vergleich trat, alſo $D = 0$ war, kurz ſog. Vexirverſuche, aus welchen ſich folgern ließ, ob der erſt- oder zweitgehörte Schall die Neigung hatte, ſtärker zu erſcheinen. In den meiſten Einzelfällen erſchienen beide gleich; inſoweit aber Ungleichſchätzungen vorkamen, war es der zweite Schall, welcher öfter als der ſtärkere erſchien. Seien mit (1), (2), (0) die Fälle bezeichnet, wo reſpectiv der erſte Schall, der zweite Schall als der ſtärkere erſchien, oder beide gleich erſchienen, ſo wurden in Summa bei den ſieben Gewichten durch Zuſammenzählen direct erhalten $\Sigma(1) = 139$, $\Sigma(2) = 170$, $\Sigma(0) = 398$. Nun waren aber die abſoluten Zahlen der Vexirverſuche bei den verſchiedenen Gewichten ſehr verſchieden, und nimmt man bei jedem Gewichte insbeſondere procentale Zahlen, und addirt dieſe, ſo erhält man als Summe derſelben $\Sigma(1) = 136{,}45$, $\Sigma(2) = 165{,}8$, $\Sigma(0) = 397{,}75$, oder einfach procental $\Sigma(1) = 19{,}49$; $\Sigma(2) = 23{,}69$; $\Sigma(0) = 56{,}82$.

Hienach ließ ſich nach der Größe und Richtung des conſtanten Zeitfehlers fragen, der bei Verſchiedenheit von H_0 und H_1 ſich im Vergleich von A und B zeigte, und ſchon nach dem Erfolg der Vexirverſuche ließ ſich vorausſehen, daß die Verſuche B mit Nachfolge des ſtärkeren Schalls größere r's und r''s geben würden, als die Verſuche A. In der That zeigte unter allen 21 Partialreihen nur die erſte I. 1 ein Übergewicht von A über B in Betreff der Größe des r'z, ſonſt überwog überall B. Um den conſtanten Fehler genauer zu beſtimmen, dient folgendes Verfahren.

Sei C der conſtante Fehler, ſo ſuche man zu $\frac{r'}{n}$ auf Seite der A u. B das zugehörige t, reſpectiv t_A und t_B, ſetze $t_A = h(D-C)$, $t_B = h(D+C)$ ſo iſt $t_A + t_B = 2hD$, und $t_B - t_A = 2hC$, mithin $\frac{t_B - t_A}{t_A + t_B} = \frac{C}{D}$, d. i. der relative conſtante Fehler, welcher mit D multiplicirt den abſoluten giebt. Hier folgen die ſo beſtimmten relativen conſtanten Fehler.

Relativer conſtanter Fehler = $\frac{C}{D}$.

(+ bedeutet Übergewicht des zweitgehörten, − des erſtgehörten Schalles.)

		I	II	III
a)	1	− 0,0456	+ 0,0930	+ 0,0314
	2	+ 0,0840	0883	0763
	3	1905	1124	1521
	4	3847	2893	1618
	5	3824	1432	1704
b)	6	1592	1464	2133[1])
	7	1192	0400	3167
Summe		1,2744	0,9126	1,1520

Bei den allerkleinſten Schallreizen iſt der verhältnißmäßige conſtante Fehler in allen drei Hauptreihen am kleinſten (bei I, I ſogar negativ) ſchreitet aber bloß bei III regelmäßig mit den Schallreizen vor, und ſcheint zwiſchen den Hauptreihen im Ganzen nicht verſchieden.

Endlich komme ich noch auf einen nicht unwichtigen, doch bis jetzt nicht hinreichend aufgeklärten Punct. Die Beſtätigung des Weberſchen Geſetzes, um die es ſich bei den Nörrſchen Verſuchen weſentlich handelte, iſt, wie mehrfach hervorgehoben, aus jeder der drei Hauptreihen für ſich zu gewinnen, ohne daß auf das Verhältniß der Werthe von einer zur anderen Hauptreihe etwas ankommt, aber man kann auch auf dieſes Verhältniß achten und fragen, ob es theoretiſchen Anforderungen entſpricht. Allgemein nun, wenn im Ausgange von einem gegebenen R_0 der Unterſchied $R_1 - R_0$ durch Änderung von R_1 variirt wird, ſo ändert ſich nach den ſonſt gültigen Principien, wie ſie ſich auch bei meinen Gewichtsverſuchen beſtätigt haben, $t = hD$ proportional mit D, und bleibt mithin

---

[1]) Wegen $r'_{\mathfrak{z}} = 100$ nicht berechenbar, daher als Mittel der zwei Nachbarwerthe genommen.

h. durch Diviſion des t mit D zu gewinnen, bei der Abänderung des t conſtant. Streng genommen gilt dies zwar nur, ſo lange D klein gegen R_0 bleibt. Allgemein und ſtreng aber iſt t ſtatt mit $R_1 - R_0$ proportional mit $\log R_1 - \log R_0 = d$ zu nehmen, indem nach den Erörterungen im X. Abſchn. t ſelbſt ſtreng genommen vielmehr $= hd$ als hD zu ſetzen iſt. Sofern nun bei unſeren Verſuchen R_0 durch MH_0, D durch $M(H_1 - H_0)$ und d durch $\log \frac{H_1}{H_0}$ vertreten iſt, werden wir auch die t's unſerer drei Hauptreihen annähernd den, ſo verſtandenen D's, oder, da die Werthe M allen drei Hauptreihen gemeinſam ſind, den $U = H_1 - H_0$ derſelben, genauer den ſo verſtandenen d's proportional zu erwarten haben, was ſich aber durchaus nicht beſtätigt. In der That ſtellen wir zuvörderſt die Rechnung unter Zuſammenfaſſung von a) und b) an, und rechnen nach meinem Princip der Gleichtheilung der z [1]), ſo haben wir in Summenwerthen für die Fälle jeder der drei Reihen

	I	II	III
ΣU	9,15	18,50	37,65
Σd	0,28853	0,55669	1,03811
Σt^2	2,9536	5,8728	10,4057
$\Sigma \sqrt{d}$	1,3006	1,9736	2,6934
Σt	4,4957	6,3574	8,4946.

Man ſieht zuvörderſt, daß ΣU dem Σd nur in roher Annäherung proportional geht; wir haben uns aber nach gemachter Bemerkung vielmehr an Σd als ΣU in Betreff der Beziehung zu Σt zu halten. Nun aber ſieht man weiter, daß Σd gar nicht dem Σt, ſondern dem Σt^2 proportional geht, und zwar in großer Annäherung, ſofern Σt^2 in allen drei Hauptreihen ſehr nahe das 10ſache von Σd iſt; hiegegen geht $\sqrt{d}$ dem t proportional. Allgemein alſo kann man ſetzen $\frac{t^2}{d} = p^2$, $\frac{t}{\sqrt{d}} = p$, wo p^2, p merklich conſtant ſind.

Sondern wir jetzt die Beſtimmungen für a) und b), indem wir bloß auf die, nachher mit einander in Beziehung zu ſetzenden Werthe t und $\sqrt{d}$ Rückſicht nehmen, ſo haben wir für

---

[1]) Ich habe die Rechnung auch nach dem Müller'ſchen Princip geführt, ohne mit den etwas anderen Zahlwerthen, die dadurch eingeführt werden, zu weſentlich anderen Reſultaten als oben zu kommen.

		I	II	III
a)	Σt	3,1064	4,2587	5,5709
	$\Sigma\sqrt{d}$	1,0157	1,4039	1,9143
b)	Σt	1,3893	2,0987	2,9237
	$\Sigma\sqrt{d}$	0,4849	0,5697	0,7811
a)	$\frac{\Sigma t}{\Sigma\sqrt{d}} = p_a$ [1]	3,0584	3,0335	2,9091
b)	$\frac{\Sigma t}{\Sigma\sqrt{d}} = p_b$	3,4312	3,7696	3,7243

woraus man ſieht daß in jeder von beiden Abtheilungen a) b) insbeſondere der Werth p nahe conſtant für die drei Hauptreihen iſt, aber eben ſo conſtant größer für b) als a), was die ſchon aus anderen Geſichtspuncten bemerkte Unvergleichbarkeit beider Abtheilungen beſtätigt.

Nach allem Vorigen wird man nicht in Zweifel ſein können, daß für jede Abtheilung a) b) insbeſondere das Geſetz der Proportionalität zwiſchen t^2 und d mit ſo großer Annäherung beſteht, daß es ſcheint, es ſei ein principielles, d. h. nur durch unausgeglichene Zufälligkeiten variirtes, Geſetz. Da nun aber doch nach einer Theorie, die ſich bei meinen Gewichtsverſuchen beſtätigt hat, vielmehr t als t^2 dem d proportional ſein ſollte, ſo fragt ſich nach dem Grunde der Abweichung davon bei jetzigen Verſuchen, und ich geſtehe, bis jetzt eine Erklärung nicht dafür finden zu können.

Allerdings könnte man in dem Umſtand, daß die Variabilität von z mit Änderung von **M** und **H** bei der Berechnung der Nörrſchen Verſuche nicht hat berückſichtigt werden können, den Grund der anomalen Geſetzlichkeit, die ſich gezeigt hat, ſuchen. Aber ich finde es doch nach den vorliegenden Daten ſehr unwahrſcheinlich, daß er hierin zu finden ſei, und muß alſo die Frage dahin ſtellen.

---

1) Sollten die Werthe p_a, p_b ganz ſtreng nach der Methode der kl. Qu. beſtimmt ſein, ſo müßte dabei auf die r's als direct beobachtet zurückgegangen und das verſchiedene Gewicht nach der Verſchiedenheit der n berückſichtigt werden. Da aber die r's für jede Hauptreihe und Abtheilung insbeſondere nur durch Zufälligkeiten variiren und die n jeder Hauptreihe nicht weit um das Mittel ſchwanken, ſo kann vorausſichtlich der nach der umſtändlichen Methode der kl. Qu. zu gewinnende wahrſcheinlichſte Werth der p nur innerhalb der Grenzen des wahrſch. Fehlers von dem wie oben beſtimmten abweichen.

B) Wundtſche Verſuche[1].

Die allgemeine Sachlage dieſer Verſuche iſt ſchon einleitend beſprochen. Betreffs des Näheren laſſe ich zumeiſt die Tiſcherſche Abhandlung ſelbſt ſprechen; zur leichtern Unterſcheidung aber der wörtlichen Mittheilungen aus dem Original von den zur Überleitung dazwiſchen dienenden Sätzen, welche von mir eingeſchaltet ſind, ſollen letztere kleiner im Druck gehalten werden.

„Die Verſuche wurden nach einem, im weſentlichen ſchon von Vierordt benutzten Verfahren ausgeführt. Eine größere Kugel vom Gewichte P fiel von einer kleineren, conſtant gehaltenen Höhe h auf die jeweils zu unterſuchende Unterlage. Mit dem dadurch erzeugten Schalle wurde ein in kurzer Zeit nachfolgender reſp. kurz vorangegangener Schall verglichen, welcher von einer von der größeren Höhe H herabfallenden kleineren Kugel vom Gewichte p hervorgebracht wurde. Der Beobachter oder Vergleicher, welcher dem Manipulator, der das Fallenlaſſen der Kugeln beſorgte, den Rücken zukehrte, um durch den Anblick der benutzten Fallhöhen und Gewichte in ſeinem Urtheil nicht beeinflußt zu werden, hatte anzugeben, welche von den beiden Schallſtärken die größere geweſen ſei. Nach dieſer Angabe wurde die Höhe H ſo lange abgeändert, bis zwiſchen beiden Schallſtärken ein Unterſchied nicht mehr wahrgenommen wurde. Dabei wurde einmal H ſo klein gemacht, daß der Schall der kleineren Kugel übermerklich ſchwächer war als der andere, und allmälig bis auf den Werth H' vergrößert, wo beide Schalle gleich ſtark erſchienen; darauf wurde H ſo groß genommen, daß der zugehörige Schall übermerklich ſtärker war als der der großen Kugel, und allmälig auf den Werth H'' herabgedrückt, wo wieder beide Schallſtärken keinen Unterſchied mehr zeigten. Die Werthe H' und H'' waren einander nicht gleich, ſondern $H' < H''$; der Mittelwerth $^1/_2(H' + H'')$ wurde als diejenige Fallhöhe angenommen, bei welcher die Schallſtärke der kleineren Kugel derjenigen der größeren gleichzuſetzen ſei, oder bei welcher, im Anſchluß an die Oberbeck'ſche Formel,

---

[1] Indem ich Kürze halber die oben zu beſprechenden von einer Mehrzahl von Beobachtern angeſtellten Verſuche als Wundtſche zuſammenfaſſe, weil ſie in Wundts Inſtitute unter ſeiner Oberleitung angeſtellt ſind, kann ich damit nicht behaupten, daß er die Ausführungs- und Berechnungsweiſe der Verſuche in jeder Beziehung vertritt, worüber ihm natürlich nur die eigene Erklärung zuſteht. — Auffällig kann man finden, daß Tiſcher bei den Verſuchen, über die hier nach ſeiner Abhandlung referirt wird, nur als Gehülfe mitzählt; aber es iſt zurückzurufen, daß ſeine Abhandlung ſich im Zuſammenhange mit dieſen Verſuchen noch auf andere Verſuche erſtreckt, bei denen er allerdings als Beobachter mit auftritt, auf die aber hier Bezug zu nehmen kein Anlaß war.

$$pH^{\varepsilon} = Ph^{\varepsilon}$$

war.“

Es folgt hienach p. 5 eine nähere Beſchreibung der äußeren Einrichtung des Fallapparats, der Weiſe, wie die Fallhöhe gemeſſen und der Fall bewirkt wurde. Betreffs der allgemeinen Aufgabe der Unterſuchung wurden viererlei Fallunterlagen angewandt; hier haben wir es bloß mit der Unterlage Nr. 3 zu thun, ſofern dieſe allein zu den Verſuchen über das Weberſche Geſetz diente. Es war ein hohl liegendes nacktes Bret von dichtem Apfelbaumholze von den Dimenſionen 22, 18 und 2,5 cm., wovon die Kugel ein- oder mehreremale zurückgeworfen wurde.

Es wurden nun zuvörderſt Verſuche zur Beſtimmung des ε bezüglich der verſchiedenen Combinationen von Gewicht und Fallhöhe nach dem S. 373 angegebenen Princip angeſtellt, und die Reſultate in eine Tabelle gebracht, wie ſolche unter der Nummer IX für den Beobachter Merkel oben S. 374 auszugsweiſe mitgetheilt iſt; es diente aber nicht dieſelbe Tabelle für alle Beobachter; ſondern für jeden derſelben wurde ſeine Tabelle beſonders beſtimmt.

Über Gang und Berechnungsweiſe der Verſuche giebt hienach die Abhandlung p. 14 ff. wörtlich folgende Auskunft, welche ſich direct auf die Verſuchsreihe von Merkel bezieht, womit entſprechend die Verſuchsreihen der andern Beobachter behandelt ſind.

„Die mit einander zu vergleichenden, in Zeitintervallen von etwa einer Secunde aufeinanderfolgenden, zwei Schalle wurden durch Bleikugeln erzeugt, deren Gewichtsverhältniß entweder 1 war oder zwiſchen den Grenzen 1 und 2 lag, und welche von entſprechenden Höhen auf die Unterlage (3) fielen. Der jeweils Vergleichende nahm eine bequeme Stellung ein, in der er aber von meinen (Tiſchers) am Fallapparat ausgeführten Manipulationen, von der Größe der veränderten Fallhöhen und von der Reihenfolge der Schalle, welche in unregelmäßiger Abwechſelung bald in der einen, bald in der andern Richtung erfolgte, nichts ſehen konnte. Die Entfernung des Ohres von der Schallquelle betrug 1 bis 2 m. Die eine von beiden Kugeln (p) fiel während je einer Verſuchsreihe immer von einer und derſelben Höhe h und erzeugte einen Schallreiz r, für welchen die Unterſchiedsſchwelle beſtimmt werden ſollte. Die andere Kugel p' fiel bei Beginn einer jeden Verſuchsreihe von derjenigen Höhe h' herab, bei welcher nach Tab. IX der zugehörige Schall r' gleich dem Schalle r empfunden wurde, und wurde allmälig auf den Werth h'_0 vergrößert, bei welchem r' eben ſtärker erſchien als r. Betreffs der Beſtimmung von h'_0 muß erwähnt werden, daß, wenn h'_0 nahezu erreicht war, das Urtheil des jeweils Vergleichenden bei wiederholter Schallfolge ſchwankte, indem bald $r' > r$, bald $r' = r$ angegeben wurde. Das erſtere trat dann zumeiſt ein, wenn r' auf r folgte, das letztere dann, wenn r' dem r voranging. Dem h' wurden dann noch ſo lange kleine Zuwüchſe ertheilt, bis bei vier bis ſechs Schallfolgen das Urtheil immer $r' > r$ lautete. Erſt dieſes h' wurde als h'_o notirt. — Auf gleiche Weiſe wurde hierauf durch Herabdrücken von h' der Werth h'_u beſtimmt, bei welchem r' eben ſchwächer als r geſchätzt wurde.

Das Verhältniß $\frac{\Delta r}{r}$ zwiſchen der Unterſchiedsſchwelle Δr und dem zugehörigen Reize r wurde auf folgende Weiſe berechnet. Unſeren Verſuchen zufolge ergaben ſich für jedes r zwei Schwellenwerthe, nämlich $\Delta r_o = r'_o - r$ und $\Delta r_u = r - r'_u$. Das Mittel $\frac{1}{2}(\Delta r_o + \Delta r_u)$ aus beiden wurde als eigentlicher Schwellenwerth Δr angeſehen und mithin

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta r_o + \Delta r_u}{r}$$

geſetzt. Um nicht mit den abſoluten Werthen, ſondern nur mit den Verhältniſſen der Fallhöhen zu rechnen, habe ich nicht die Größen Δr_o und Δr_u, ſondern die Größen

$$1 + \frac{\Delta r_o}{r} = \frac{r'_o}{r} \text{ und } 1 - \frac{\Delta r_u}{r} = \frac{r'_u}{r}$$

beſtimmt nach den Formeln

$$\frac{r'_o}{r} = \frac{p'}{p}\left(\frac{h'_o}{h}\right)^{\varepsilon} = a, \qquad \frac{r'_u}{r} = \frac{p'}{p}\left(\frac{h'_u}{h}\right)^{\varepsilon} = b.$$

Dann iſt einfach

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{1}{2}(a-b).$$

Bei der erſten und größten Verſuchsreihe, welche zugleich über die Anwendbarkeit und praktiſche Ausführbarkeit des ſoeben dargelegten Verfahrens ein Urtheil erſt ermöglichen ſollte, wurden die Schalle von Herrn Merkel verglichen, und die bei Berechnung der a- und b-Werthe zu benützenden ε wurden der folgenden, auf Grund der Tabelle IX und der im vorigen Abſchnitt [der Tiſcherſchen Abhandlung] mitgetheilten Erfahrungen entworfenen Maßtabelle entnommen, in welcher in den Horizontalreihen die zu den links angegebenen Höhenpaaren, in den Verticalreihen die zu den oben bemerkten Gewichtspaaren gehörigen ε enthalten ſind. 1)

---

1) Es iſt zu bemerken, daß die ε-Werthe der Tabelle XIII durch Interpolation aus der Tabelle IX und dann weiter die ε-Werthe der Tabelle XIV durch Interpolation aus der Tabelle XIII abgeleitet ſind, was der Verf. zwar nicht ausdrück-

Tab. XIII.

	$\frac{200}{100}$ g	$\frac{100}{50}$ g	$\frac{50}{25}$ g	$\frac{25}{12}$ g	$\frac{12}{8}$ g	$\frac{8}{8}$ g	$\frac{5}{5}$ g	$\frac{1}{1}$ g	$\frac{0,3}{0,3}$ g
$^{100}/_{50}$ cm	1,00	0,98	0,97	0,96	0,92	0,89	0,85	0,82	0,74
$^{70}/_{30}$ cm	0,98	0,96	0,95	0,93	0,86	0,80	0,76	0,74	0,68
$^{25}/_{10}$ cm	0,88	0,86	0,83	0,81	0,78	0,73	0,70	0,66	0,61

Reſultate der Verſuche.

Es ſollen zuerſt diejenigen der erſten Verſuchsreihe ausführlich mitgetheilt werden. Sie ſind in der folgenden Tabelle enthalten, welche nach dem Vorausgegangenen keiner weiteren Erklärung bedarf. Hinter jedem a- und b-Werth iſt das ε, welches bei ſeiner Berechnung benutzt wurde, angegeben.

Tab. XIV.

p	p'	h	h'_o	h'_u	a	ε	b	ε	$\frac{a-b}{2}$
100	125	60	74	38	1,53	0,97	0,81	0,96	0,36
50	66	„	78	32	1,49	0,96	0,72	0,96	0,385
25	20	„	110	52	1,45	0,98	0,70	0,96	0,375
20	20	„	92	37	1,51	0,96	0,63	0,94	0,44
12,5	8	„	142	65	1,42	0,92	0,68	0,88	0,37
8	8	„	94	36	1,48	0,88	0,66	0,80	0,41
5,56	5,56	„	96	36	1,49	0,85	0,68	0,76	0,405
1,06	1,06	50	80	30	1,47	0,82	0,69	0,74	0,39
0,3	0,3	„	84	29	1,45	0,72	0,69	0,68	0,38
100	125	20	24	11	1,47	0,88	0,73	0,88	0,37
50	66	„	23	10	1,48	0,84	0,74	0,84	0,37
25	20	„	40	16	1,47	0,88	0,67	0,82	0,40
25	20	„	32	11	1,48	0,84	0,62	0,80	0,43
12,5	8	„	56	20	1,46	0,80	0,64	0,78	0,41
8	8	„	34	10	1,49	0,76	0,61	0,73	0,44
5,56	5,56	„	35	11	1,49	0,72	0,66	0,70	0,415
1,06	1,06	„	37	11	1,52	0,68	0,67	0,66	0,425
0,3	0,3	„	39	10	1,52	0,63	0,65	0,61	0,435

---

lich anführt, aber ich durch Wundt weiß. Nun wäre erwünſcht geweſen, daß der Verf. die Weiſe, wie er die Interpolation hiebei vollzieht, an einigen Beiſpielen erläutert hätte; mir ſelbſt ſcheint ſie ſchwierig und precär; und ich möchte nicht glauben, daß die zweite Decimale von ε danach ſicher beſtimmbar ſei; doch immer beſſer als von einer Beſtimmung der ε ganz zu abſtrahiren. F.

Eine größere Übereinſtimmung der einzelnen Werthe von $\frac{a-b}{2}$ kann mit Rückſicht darauf, daß alle in obiger Tabelle mitgetheilten Verſuche innerhalb einer Zeit von drei Stunden ausgeführt wurden, wohl kaum erwartet werden. Daß die der conſtanten Fallhöhe $h = 20$ cm zugehörigen Werthe etwas größer ausfallen als die der Höhe $h = 60$ cm entſprechenden, erklärt ſich aus der Anordnung der Verſuche. Denn durch dieſelben ſind in Wahrheit nicht die eben merklichen, ſondern die eben übermerklichen Unterſchiede beſtimmt worden; die Werthe h'_o mußten infolge unſeres Verfahrens ſämmtlich etwas zu groß, die Werthe h'_u ſämmtlich etwas zu klein ausfallen. Da die abſoluten Werthe dieſer Höhenfehler bei $h = 20$ denen bei $h = 60$ nahezu gleich ſein werden, ſo iſt klar, daß ſie bei den kleinen um 20 herum liegenden Höhen einen größeren, ſichtbareren Einfluß ausüben müſſen als bei den großen, um 60 herum gelegenen Höhen, daß alſo die Vergrößerung von $\frac{\Delta r}{r}$ im erſten Falle mehr hervortritt als im letzteren.

Das Mittel aus allen $^1/_2(a-b)$ iſt $\frac{7,21}{18} = 0,4055 \ldots$, alſo ergiebt ſich für Herrn Merkel die

reciproke Unterſchiedsempfindlichkeit $\frac{\Delta r}{r} = \frac{2}{5}$.

Will man aber $\frac{\Delta r_o}{r}$ als reciproke Unterſchiedsempfindlichkeit betrachten, ſo hat man

Mittel aller a gleich $1,48 = 1 + \frac{\Delta r_o}{r}$,

alſo die einer Vermehrung des Reizes entſprechende Unterſchiedsempfindlichkeit $\frac{\Delta r_o}{r} = 0,48$. Dagegen iſt das

Mittel aller b gleich $0,68 = 1 - \frac{\Delta r_u}{r}$,

und die einer Verminderung des Reizes entſprechende Unterſchiedsempfindlichkeit $\frac{\Delta r_u}{r} = 0,32$.

Die mittlere Schwankung der $^1/_2(a-b)$-Werthe obiger Tabelle um ihr Geſammtmittel iſt 0,022889, und ihr Verhältniß zum $^1/_2(a-b)$-Mittel iſt gleich

$$\frac{22889}{405556} = 0,0564.\text{“}$$

Zu der vorigen, vom Beobachter Merkel herrührenden Reihe, der größten unter den verſchiedenen Reihen, wurden noch ſolgende zugefügt, in denen bezüglich Prof. **Wundt** (Wt), Stud. theol. **Hubrich** (H); Stud. math. **Mebner** (Mr) und Stud. math. **Lorenz** (L) die Schallſtärken verglichen. Sie gaben folgende Reſultate, in deren tabellariſcher Mittheilung ich jedoch Kürze halber die 2 Spalten c und die Spalte $\frac{a-b}{2}$ übergehe.

	p	p′	h	h'_o	h'_u	a	b
XIX. Wt.	0,3	0,3	40	63	22	1,412	0,642
	1,06	1,06	„	64	23	1,443	0,657
	5,56	5,56	„	62	25	1,445	0,687
	25	20	„	74	28	1,409	0,585
	100	125	„	46	20	1,489	0,661
XX. H.	1,6	1,06	40	68	22	1,562	0,620
	3,6	3,6	„	64	21	1,505	0,578
	8	8	„	62	22	1,484	0,587
	20	25	„	50	20	1,535	0,665
	100	66	„	90	30	1,438	0,502
XXI. Mr.	0,3	0,3	40	85	12	1,632	0,552
	2,6	2,6	„	84	16	1,719	0,572
	8	8	„	77	17	1,700	0,565
	20	25	„	56	13	1,686	0,569
XXII. L.	0,3	0,3	40	100	15	1,814	0,583
	1,06	1,06	„	96	17	1,782	0,598
	5,56	5,56	„	92	19	1,791	0,620
	20	25	„	64	15	1,795	0,629
	100	125	„	62	16	1,806	0,629

„In jeder Tabelle ſind die $^1/_2$ (a—b)-Werthe ſo gut wie conſtant. Bei Mr. und L. erreichen ſie eine beträchtliche Größe. Um für jede Perſon die Reizunterſchiede innerhalb des Reizumfanges von Tabelle XIV aufgeſucht zu haben, wurden die obigen Verſuchsreihen einige Tage ſpäter durch die folgenden Verſuche ergänzt.

	p	p'	h.	h'_o	h'_u	a	b
XIX'. Wt.	0,3	0,3	20	32	13	1,416	0,735
	100	125	60	70	30	1,458	0,631
XX'. H.	0,3	0,3	20	33	10,5	1,478	0,613
	100	125	60	73	35	1,495	0,600
XXI'. Mr.	0,3	0,3	20	40	10	1,464	0,693
	0,3	0,3	40	76	21	1,508	0,702
	1,06	1,06	„	69	22	1,465	0,699
	1,56	5,56	„	69	23	1,513	0,702
	20	20	„	62	26	1,470	0,740
	100	125	60	70	31	1,454	0,717
XXII'. L.	0,3	0,3	20	36	10	1,457	0,688
	100	125	60	74	29	1,497	0,699

Die ${}^1/_2(a-b)$-Werthe in XIX' und XX' fügen ſich ganz gut denen in XIX und XX ein. Bei Mr. und L. ſind ſie aber zwar untereinander übereinſtimmend, jedoch viel kleiner als in XXI und XXII. Dies ſchien auf eine bedeutende Übung in der Unterſcheidung der Schallſtärken hinzuweiſen. Daher erſuchte ich [Verf.] wieder einige Tage ſpäter aus der Reihe der letztgenannten Beobachter Herrn **Lorenz** und außerdem Herrn **Merkel** noch einmal, in je einer Verſuchsreihe die Schallſtärken zu vergleichen. Die Reſultate ſind:

	p	p'	h	h'_o	h'_u	a	b
XXII''. L.	0,3	0,3	20	34	10,5	1,437	0,688
	1,06	1,06	40	67	23	1,442	0,717
	5,56	5,56	40	65,5	22	1,412	0,682
	20	20	40	66	26	1,470	0,739
	100	125	60	71	28	1,444	0,679
XIV'. Ml.	0,3	0,3	20	34	11,5	1,429	0,715
	1,06	1,06	40	66	24	1,419	0,707
	5,56	5,56	40	62	26	1,420	0,724
	20	20	40	60	27	1,464	0,708
	100	125	60	69	32	1,432	0,684

Der Vergleich der ${}^1/_2\,(a-b)$-Werthe dieſer Tabellen mit denen in XXII' und XIV zeigt noch eine Verminderung der erſteren gegen die letzteren: dieſelbe iſt aber gegenüber den Unterſchieden zwiſchen den

Werthen in XXI und XXI', ſowie in XXII und XXII' nur unbedeutend. Wiederholte Verſuche, die aus Mangel an Zeit unterblieben, würden möglicherweiſe noch eine geringe Verkleinerung von $\frac{1}{2}(a-b)$ oder $\frac{\Delta r}{r}$ herbeiführen. In unſerer Abſicht lag nicht die genaue Beſtimmung des abſoluten Werthes der Unterſchiedsempfindlichkeit, ſondern nur die Prüfung bez. Beſtätigung des Weberſchen Geſetzes; dieſe iſt in den mitgetheilten Ergebniſſen enthalten.

Die Geſammtmittel der a, b und $\frac{1}{2}(a-b)$ aus den letzten Tabellen ſind

	a	b	$\frac{1}{2}(a-b)$
bei Wt.	1,439	0,657	0,391
„ H.	1,499	0,595	0,452
„ Mr.	1,479	0,709	0,385
„ L.	1,441	0,701	0,370
„ Ml.	1,433	0,708	0,363"

Der Verf. ſtellt noch p. 22 einen Vergleich der vorigen Werthe von $\frac{\Delta r}{r}$ mit den aus den früheren Verſuchen von Renz und Wolf und von Volkmann zu folgernden Werthen an; und findet keine zu große Abweichung dazwiſchen. Endlich ſchließt er:

„Nimmt man an, daß die Formel $i = ph^{\varepsilon}$ auch dann noch zur Vergleichung von Schallſtärken verwendet werden darf, wenn die entſprechenden Gewichte und Fallhöhen ſehr weit von einander entfernt liegen, ſo würde ſich der Reizumfang, in welchem ſich die obigen Verſuche bewegen, d. i. das Verhältniß des ſtärkſten zum ſchwächſten der angewandten Reize r auf die anſehnliche Größe $\frac{100\,g}{0{,}3\,g}\left(\frac{60}{20}\right)^{0{,}8} = 800$ berechnen. Für einen Reizumfang gleich 800 würden ſomit die obigen Verſuche das Weberſche Geſetz beſtätigen."

So weit der weſentliche Sach- und Recheninhalt der betreffenden Unterſuchung nach der Redaction derſelben, wie ſie in Tiſchers Abhandlung vorliegt. Der Sachinhalt bleibt in jedem Fall eine höchſt ſchätzbare Bereicherung der Pſychophyſik; die Berechnungsweiſe aber ſcheint mir in einiger Hinſicht theils der Änderung, theils Erläuterung zu bedürfen, ohne daß ſich doch in dem für das Weberſche Geſetz günſtigen Reſultat etwas dadurch ändert, worüber folgende Bemerkungen.

Einfacherer Bezeichnung halber erſetze ich folgends r'_o, r'_u durch r_o, r_u und Δr, $\Delta r'_o$, $\Delta r'_u$ durch Δ, Δ_o, Δ_u. Dann haben wir:

$$\Delta_o = r_o - r; \qquad \Delta_u = r - r_u$$
$$\frac{r_o}{r} = 1 + \frac{\Delta_o}{r} = a; \qquad \frac{r}{r_u} = 1 + \frac{\Delta_u}{r_u} = \frac{1}{b}.$$
$$\frac{\Delta_o}{r} = a - 1; \qquad \frac{\Delta_u}{r_u} = \frac{1}{b} - 1.$$

Man bemerke, daß Δ_o, Δ_u die abſoluten Unterſchiedsſchwellen oder eben merklichen Unterſchiede nach Oben und Unten ſind, hiegegen $\frac{r_o}{r}$ und $\frac{r}{r_u}$ die obere und untere Verhältnißſchwelle.

Ferner erinnere man ſich, daß im Sinne des Weberſchen Geſetzes die obere und untere Verhältnißſchwelle principiell gleich ſind, wenn ſchon ſie experimentell durch Zufälligkeiten variiren. Hingegen ſind die abſolute obere und untere Unterſchiedsſchwelle nach Weberſchen Geſetze principiell nicht gleich, weil nach dieſem Geſetze die Unterſchiedsſchwelle zwiſchen großen Reizen größer, zwiſchen kleinen Reizen kleiner iſt, bei der oberen Unterſchiedsſchwelle aber wird der Reiz r mit einem größeren, bei der unteren mit einem kleineren Reize in Beziehung geſetzt. Weiterhin (unter Nr. 16) wird der noch nicht bekannte Satz erwieſen werden, daß nach dem Weberſchen Geſetze das Verhältniß der obern zur unteren Unterſchiedsſchwelle $\frac{\Delta_o}{\Delta_u}$ gleich der, beiderſeitig gleichen, Verhältnißſchwelle $\frac{r_o}{r_u}$ oder $\frac{r}{r_u}$ iſt.

Hiezu nun noch folgende weitere Bemerkungen.

1) Die Bewährung des Weberſchen Geſetzes kann gleichgeltend auf die Conſtanz der Verhältnißſchwelle oder die Conſtanz des relativen e. m. U. in verſchiedenen Theilen der Reizſcala gegründet werden; wenn unter Verhältnißſchwelle das Verhältniß der beiden Reize verſtanden wird, welche einen eben merklichen oder eben verſchwindenden Unterſchied geben, unter relativem e. m. U., oder relativer Unterſchiedsſchwelle, der eben merkliche Unterſchied ſelbſt, dividirt ſei es durch den kleinen, oder den größern Reiz oder das Mittel beider Reize, was gleichgültig iſt, ſofern mit der Conſtanz des einen dieſer Verhältniſſe zugleich die Conſtanz des anderen gegeben iſt, nur muß die einmal in dieſer Hinſicht getroffene Convention conſequent beibehalten werden.

2) Der Verfaſſer hält ſich an die Conſtanz des rel. e. m. U.; ſofern aber ein ſolcher bei den Verſuchen ſowohl auf der obern als untern Seite von r, d. i. reſpectiv zwiſchen r_o, r, und r, r_u, beſtimmt iſt, zieht er das arithmetiſche Mittel aus beiden, bleibt ſich aber dabei nicht treu; indem er den oberen e. m. U. mit dem kleineren, den unteren mit dem größeren der

Reize dividirt, welche den Unterſchied bilden, wodurch eine Incongruenz aller Ableitungen entſteht.

3) In der That, ſtellen wir die drei Reize r_o, r, r_u in abſteigender Folge ihrer Größe neben einander

$$r_o, r, r_u$$

ſo ſind die zwei in Betracht kommenden Unterſchiede nach abſolutem Werthe

oben $r_o - r = \Delta_o$
unten $r - r_u = \Delta_u$

hieraus ſind die relativen Unterſchiede nach angegebener Regel zu bilden. Aber indem der Verf. den oberen mit r dividirt, d. i. hier mit dem kleineren beider Reize, und den unteren auch mit r dividirt, welches hier vielmehr der größere beider Reize iſt, verletzt er die angegebene Regel, und der Nachtheil hievon zeigt ſich gleich darin, daß danach bei Werthen, welche das Weberſche Geſetz befolgen, der obere relative e. m. U. mit dem unteren nicht gleich ausfällt, indeß doch der Charakter des Weberſchen Geſetzes darin liegt, daß die relativen e. m. Unterſchiede ſich zwiſchen irgendwelchen Reizen gleich bleiben.

In der That, ſetzen wir beiſpielsweiſe

$$r_o = 4, \qquad r = 2, \qquad r_u = 1$$

ſo befolgen dieſe Werthe das Weberſche Geſetz, inſofern die obere gleich der unteren Verhältnißſchwelle, d. i. $\frac{r_o}{r} = \frac{r}{r_u}$ iſt.

Setzt man aber mit dem Verf. den oberen rel. e. m. U. $= \frac{r_o - r}{r}$, den unteren $\frac{r - r_u}{r}$, ſo erhält man für den oberen $\frac{2}{2} = 1$, für den unteren $\frac{1}{2}$, was nicht ſtimmt. Befolgt man hingegen die angegebene Regel nach der Convention, jedesmal mit dem kleineren Reize zu dividiren (wofür auch die Convention, jedesmal mit dem größeren zu dividiren, eintreten könnte), ſo werden wir den oberen rel. e. m. U. zu ſetzen haben, $\frac{r_o - r}{r} = \frac{\Delta_o}{r}$, den unteren $\frac{r - r_u}{r_u} = \frac{\Delta_u}{r_u}$, und werden im angegebenen Beiſpiel erhalten

$$\frac{\Delta_o}{r} = \frac{2}{2} = 1, \qquad \frac{\Delta_u}{r_u} = \frac{1}{1} = 1$$

alſo beide gleich.

Es iſt alſo die fundamentale Änderung zu machen, daß der untere rel. e. m. U. nicht $= \frac{r - r_u}{r}$, ſondern $\frac{r - r_u}{r_u}$ geſetzt werde, wonach ſich natürlich auch das Mittel aus dem oberen und unteren rel. e. m. U. ändern muß. Bezeichnen wir es mit $\frac{\Delta}{r}$, ſo iſt nach dem Verfaſſer

$$\frac{\Delta}{r} = \frac{1}{2}\left(\frac{r_o - r}{r} + \frac{r - r_u}{r}\right) = \frac{\Delta_o + \Delta_u}{2} = \frac{a - b}{2}$$

nach richtigerer Faſſung aber

$$\begin{aligned}\frac{\Delta}{r} &= \frac{1}{2}\left(\frac{r_o - r}{r} + \frac{r - r_u}{r_u}\right)\\ &= \frac{1}{2}\left(\frac{\Delta_o}{r} + \frac{\Delta_u}{r_u}\right) = \frac{(a - 2) b + 1}{2b}\end{aligned}$$

Sofern nun die Conſtanz des Werthes $\frac{a-b}{2}$ in der letzten Columne der Tiſcherſchen Tabellen zur Bewährung des Weberſchen Geſetzes dienen ſoll, wäre dieſer Werth vielmehr durch den letzt gefundenen zu erſetzen, wenn man bei der vom Verf. eingehaltenen arithmetiſchen Mittelbeſtimmung ſtehen bleiben wollte, was jedoch nach den folgenden Bemerkungen nicht zweckmäßig ſein würde.

4) Wenn die Verhältniſſe, wozwiſchen ein Mittel zu nehmen, nicht ſtark von einander abweichen, ſo kommt es nahe auf daſſelbe heraus, ob man das arithmetiſche oder Verhältnißmittel (ſog. geometriſche Mittel) dazwiſchen nimmt, und das gilt für unſere Verſuchsreihen; inzwiſchen iſt, wie ſofort zu zeigen, das Verhältnißmittel zwiſchen Verhältnißwerthen nicht nur principiell das richtigere, ſondern deſſen Anwendung führt auch, insbeſondere unter Zugrundelegung der Conſtanz der Verhältnißſchwelle bei Conſtatirung des Weberſchen Geſetzes, zu einfachern Formeln; endlich iſt es mit geringerem Rechnungsaufwande zu beſtimmen, und in ſofern praktiſcher.

Zum Beweiſe, daß das arithmetiſche Mittel, welches A heiße, ſich vom Verhältnißmittel, welches V heiße, nicht erheblich unterſcheidet, wenn die Verhältniſſe, woraus das Mittel zu ziehen, wenig von einander abweichen, nehmen wir als Beiſpiel die Verhältniſſe

$$\frac{1}{1} \text{ und } \frac{9}{10}$$

wir haben $A = 0{,}9500$; $V = 0{,}9487$.

Zum Beweiſe andererſeits, daß bei ſtark von einander abweichenden Verhältniſſen beide Mittel ſtark von einander abweichen, nehmen wir

$$\frac{1}{1} \text{ und } \frac{1}{100}$$

Wir haben $A = \frac{101}{200}$, d. i. merklich $= \frac{1}{2}$

hiegegen $V = \sqrt{\frac{1}{100}} \qquad = \frac{1}{10}$

Mathematiſch nothwendig und daher allgemein iſt $V < A$.

Fragt man nun, ob *principiell* A oder V als Mittel zwiſchen Verhältniſſen vorzuziehen ſei, ſo ſpricht folgender Umſtand für den Vorzug von V. Ein Verhältniß z. B. $\frac{2}{3} = 0{,}6667$ kann eben ſo gut $\frac{3}{2} = 1{,}5$ geſchrieben werden, je nachdem man Nenner oder Zähler als Einheit nimmt, womit man den andern Werth vergleicht; es iſt willkürlich.[1] Nennen wir die eine Form, etwa die, auf welche man zuerſt gekommen iſt, die *directe*, die andere die *reciproke*. Soll nun ein *Mittel* aus zwei Verhältniſſen gezogen werden, ſo nennen wir directes Mittel, was aus den directen Verhältniſſen gezogen wird, reciprokes, was aus den reciproken Verhältniſſen gezogen wird.

Nun können wir von der Art der Mittelziehung verlangen, daß rückſichtslos auf die Willkür, mit directen oder reciproken Verhältniſſen zu operiren, das reciproke Mittel mit dem directen zu einem und demſelben Reſultate zuſammenzuſtimme, d. h. durch Umkehr das directe Mittel wiedergebe. Die arithmetiſche Mittelziehung entſpricht dieſer Bedingung nicht, die Verhältnißmittelbeſtimmung entſpricht ihr; die erſte Beſtimmung iſt daher zweideutig, die andere eindeutig. Man kann dies allgemein in Buchſtaben ausdrücken, aber auch an beliebigen Zahlenbeiſpielen erläutern. In der That ſeien:

---

[1] Nur beim Vergleich einer Größe mit den Maßen eines Maßſtabes iſt es nicht willkürlich; weil dieſe Maße feſt gegeben ſind, und hiemit eine gemeinſame Unterlage für alle unter einander zu vergleichende Größen bilden. Aber wo es Mittel zwiſchen Verhältniſſen zu ziehen gilt, bei denen Nenner und Zähler, ſei es durch Zufälligkeiten oder Schätzungsirrthümer, alterirt ſein können, um die Ungenauigkeiten möglichſt zu compenſiren, beſteht allerdings die Willkür, den einen oder andern Werth als den zu betrachten, wonach der andere zu meſſen. Wenn wir z. B. $\frac{r_0}{r}$ als obere Verhältnißſchwelle finden, ſo kann ſowohl r als r_0 durch falſche Schätzung einen falſchen Werth für dieſe Schwelle geben, und wird man nicht ſagen können, r_0 könne bloß nach ſeinem Vergrößerungsverhältniß gegen r als $\frac{r_0}{r}$ gedacht werden, ſondern eben ſo gut wird r nach ſeinem Verkleinerungsverhältniß gegen r_0 als $\frac{r}{r_0}$ gedacht werden können; es iſt alſo willkürlich, mit $\frac{r_0}{r}$ oder $\frac{r}{r_0}$ zu operiren.

$$\frac{a}{b}, \frac{c}{d}$$

die beiden als direct betrachteten Verhältniſſe, ſo ſind

$$\frac{b}{a}, \frac{d}{c}$$

ihre reciproken Werthe. Zieht man aus beiden Aufſtellungen das arithmetiſche Mittel, ſo hat man

$$\text{direct } \frac{1}{2}\left(\frac{a}{b} + \frac{c}{d}\right); \text{ reciprok } \frac{1}{2}\left(\frac{b}{a} + \frac{d}{c}\right)$$

Das zweite Mittel ſollte nun durch Umkehr, wonach es bekanntlich das harmoniſche zum directen heißt, zum directen zurückführen, das iſt aber nicht der Fall, denn $\frac{2}{\frac{b}{a} + \frac{d}{c}}$ iſt nicht $= \frac{1}{2}\left(\frac{a}{b} + \frac{c}{d}\right)$, und allgemein iſt das harmoniſche Mittel nicht gleich dem directen, wenn die beiden Verhältniſſe nicht ſelbſt gleich ſind. Nehmen wir hingegen das Verhältnißmittel, ſo haben wir

$$\text{direct } \sqrt{\frac{a}{b} \cdot \frac{b}{c}}, \text{ reciprok } \sqrt{\frac{b \cdot c}{a \cdot b}},$$

wovon letzteres durch Umkehr das erſte wiedergiebt.

Wo freilich die Werthe $\frac{a}{b}$, $\frac{c}{d}$ einander ſehr nahe liegen, ſtimmt auch A ſehr nahe mit V, wo nicht, ſo können ſie weit auseinander fallen, wie man ſich an ſelbſt gemachten Beiſpielen überzeugen kann.

Was nun vom Mittel aus zwei Verhältnißwerthen gilt, gilt auch vom Mittel aus beliebig vielen, und da die Werthe a und b in den Tabellen, ſo wie die aus den b abzuleitenden $\frac{1}{b}$ Verhältniſſe ſind, ſo wird auch, wo es Mittelwerthe daraus gilt, nicht A ſondern V dazu zu benutzen ſein.

Ich weiß wohl, daß die arithmetiſche Mittelziehung aus Verhältniſſen ganz gewöhnlich geſchieht; und da es ſich im Allgemeinen um nahe liegende Verhältniſſe dabei handelt und Mittel aus empiriſchen Werthen ohnehin immer mit einer gewiſſen Unſicherheit behaftet bleiben, kommt praktiſch meiſt nichts Erhebliches darauf an; und würde dies auch wohl bei der vorliegenden Unterſuchung der Fall ſein; immerhin bleibt V dem A vorzuziehen.

Für den erſten Anblick nun könnte die Verhältnißmittelziehung doch umſtändlicher als die arithmetiſche ſcheinen, und man deßhalb bei nahe an einander liegenden Verhältniſſen, wo ſich beide Mittel nicht in nennenswerthem Grade unterſcheiden, die letztere praktiſch vorzuziehen halten. In der That braucht man bei den Tiſcherſchen Tabellen zur Erlangung des arithmetiſch mittleren a bloß die a zu addiren und mit der Zahl derſelben zu dividiren, entſprechend mit den b, wogegen man zur Ziehung des Verhältnißmittels den Durchgang durch Logarithmen zu nehmen hat. Aber man muß bedenken, daß, um die Reihe der Verhältniſſe a oder b zu addiren, man ſie erſt einzeln auf Decimalbrüche zu reduciren hat, eine mühſame und leicht Rechenverſehen mitführende Arbeit, die auch der Beſtimmung der a und b in der Tiſcherſchen Tabelle vorausgegangen ſein muß; hienach aber dürfte man die Verhältnißmittelziehung, welche dieſe Einzelarbeit erſpart, doch praktiſcher finden. Seien die Verhältniſſe, aus denen das Mittel zu ziehen

$$\frac{\alpha_1}{\beta_1} \cdot \frac{\alpha_2}{\beta_2} \cdot \frac{\alpha_3}{\beta_3} \cdot \ldots$$

und die Zahl derſelben n, ſo wird man allerdings zur Ziehung des Verhältnißmittels die Logarithmen aller α, ſo wie aller β aufzuſuchen haben, hienach aber das Mittel einfach gleich der Zahl in den Tafeln für

$$\frac{\Sigma \log \alpha - \Sigma \log \beta}{n}$$

finden. Hingegen wird man zur Ziehung des arithmetiſchen Mittels erſt jedes $\frac{\alpha}{\beta}$ auf ſeinen Decimalwerth zu bringen haben, und ſich dazu doch am liebſten der logarithmiſchen Vermittelung bedienen; wozu aber jedes $\log \alpha - \log \beta$ beſonders gebildet und dann zur Zahl in den Tafeln zurückgegangen werden muß.

5) Machen wir alſo folgends vom Verhältnißmittel ſtatt arithmetiſchen Mittel Gebrauch, ſo wird das Mittel zwiſchen dem oberen und unteren relat. e. m. U. nicht mehr als

$$\frac{1}{2}\left(\frac{\Delta_o}{r} + \frac{\Delta_u}{r_u}\right), \text{ ſondern } \sqrt{\frac{\Delta_o \cdot \Delta_u}{r \cdot r_u}}$$

zu beſtimmen und dieſer Werth zunächſt für $\frac{a-b}{2}$ zu ſubſtituiren ſein. Wir können aber auch ſtatt deſſen eine einfachere Formel, die wie $\frac{a-b}{2}$ Function von a und b iſt, anwenden, wenn wir die Bewährung des

Weberſchen Geſetzes ſtatt auf die Conſtanz des rel. e. m. U. auf die Conſtanz der Verhältnißſchwelle gründen, und ſofern wir eine obere und untere Verhältnißſchwelle haben, das Verhältnißmittel daraus nehmen. Nun iſt:

Die obere Verhältnißſchwelle $= \frac{r_1}{r} = a$

die untere " $= \frac{r}{r_0} = \frac{1}{b}$

mithin, wenn wir jetzt mit V die mittlere Verhältnißſchwelle bezeichnen

$$V = \sqrt{\frac{r_1}{r} \cdot \frac{r}{r_0}} = \sqrt{\frac{r_1}{r_0}} = \sqrt{\frac{a}{b}}$$

und zunächſt letzterer Werth für $\frac{a-b}{2}$ zu ſubſtituiren.

Hiebei läßt ſich die Bemerkung machen: da nicht b ſondern $\frac{1}{b}$ die dem a entſprechende untere Verhältnißſchwelle iſt, ſo wäre es zweckmäßig geweſen, ſtatt der Werthe b vielmehr die Werthe $\frac{1}{b}$ in den Tabellen einzuführen; die ſich dann nur durch Zufälligkeiten von den a-Werthen unterſcheiden können, wenn das Weberſche Geſetz reine Gültigkeit hat, und einen unmittelbaren Vergleich zwiſchen den oberen und unteren Verhältnißſchwellen geſtatten würden, wogegen die b, als reciproke Verhältnißſchwellen nicht damit vergleichbar und, wie auch die Tabellen zeigen, viel kleiner ſind. Natürlich hätte man dann auch lieber ſtatt der Bezeichnung $\frac{1}{b}$ die einfachere Bezeichnung b für die untere Verhältnißſchwelle zu nehmen gehabt. Indeß bleibe ich zur Verhütung von Verwirrung bei der Tiſcherſchen Bezeichnung ſtehen.

6) Ungeachtet der Werth $\sqrt{\frac{a}{b}}$ von dem durch Tiſcher eingeführten $\frac{a-b}{2}$ im abſoluten Werthe ſehr abweicht, gehen doch beide inſofern parallel, als der eine mit dem anderen ſteigt und fällt, und hängt mit der Conſtanz des einen die des anderen zuſammen; wonach allerdings die Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes nach der Conſtanz von $\frac{a-b}{2}$ nicht minder beurtheilt werden konnte als nach der Conſtanz von $\sqrt{\frac{a}{b}}$; nur leidet die Beſtimmung des mittleren relat. e. m. U., welche für die

Unterſchiedsempfindung eines gegebenen Intervallums maßgebend iſt, durch jene Beſtimmungsweiſe.

Erſteres anlangend nämlich ſo geht natürlich mit $\sqrt{\frac{a}{b}}$ auch $\log\sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{\log a - \log b}{2}$ und hiemit $\frac{a-b}{2}$ parallel, und hängt die Conſtanz des einen Werthes an der Conſtanz des andern.

7) Da zur Verhältnißmittelziehung auf die Logarithmen der a und der $\frac{1}{b}$ zurückgegangen werden muß, ſo gebe ich ſolche für die Merkelſche Tabelle XIV in derſelben Reihenfolge, in welcher dieſe Tabelle gehalten iſt, ſo daß jedem $\log a$ das zugehörige $\log\frac{1}{b}$ beiſteht. Die Schallwerthe nehmen von oben nach unten ab.

Logarithmen der oberen und unteren Verhältnißſchwelle, reſp. a und $\frac{1}{b}$ der Merkelſchen Tabelle XIV.

Nr.	$\log a$	$\log\frac{1}{b}$
1	0,18169	0,09151
2	17319	14267
3	16137	15490
4	17898	20066
5	15229	16749
6	17026	18616
7	17319	16749
8	16732	16115
9	16137	16115
10	16732	13068
11	17026	13077
12	16732	17393
13	17026	20761
14	16435	19382
15	17319	21467
16	17319	18046
17	18184	17393
18	18184	18709
Summe	3,07223	3,02614
Mittel	0,17068	0,16814
$\Sigma\Delta$	0,10035	0,39882
ΣDiff.	0,39489	0,39489

Man ſieht, daß die Summe der $\log\frac{1}{b}$ mit der Summe der $\log a$ ſehr nahe übereinſtimmt, indeß zwiſchen den einzelnen Beſtimmungen beider Seiten die mannichfachſten zufälligen Abweichungen Platz greifen. — Unter $\Sigma\Delta$ iſt die Summe der Abweichungen verſtanden, welche die einzelnen $\log a$, reſp. $\log\frac{1}{b}$ von dem daraus folgenden Mittel der $\log a$, reſp. Mittel der $\log\frac{1}{b}$ zeigen. Dieſe Summe iſt bezüglich der $\log\frac{1}{b}$ viel größer, als bez. der $\log a$. — Unter ΣDiff. iſt die Summe der 18

$$\log a - \log\frac{1}{b}$$

ohne Rückſicht auf das Vorzeichen der Differenzen verſtanden, mit Rückſicht darauf iſt ſie 0,04571, alſo $\Sigma \log a$ im Übergewicht.

Um nun aus der Geſammtheit der a und $\frac{1}{b}$ die reſultirende mittlere Verhältnißſchwelle zu erhalten, werden wir die Summe der Logarithmen ſämmtlicher a und $\frac{1}{b}$ = 3,07223 + 3,02644 = 6,09867 mit der Zahl derſelben = 36 zu dividiren und zum Quotienten die Zahl in den Tafeln zu nehmen haben, giebt V = 1,4771.

Hieraus läßt ſich dann auch der relative r. m. U. = 0,4771 nach folgender Betrachtung finden.

Um den Reizwerth r im Verhältniß der Verhältnißſchwelle zu ſteigern, muß er auf 1,4771 r erhöht werden, und die Unterſchiedsſchwelle iſt dann die Differenz beider Werthe d. i. 1,4771 · r — r = 0,4771 · r, welche, mit dem kleinern Reize r dividirt, die relative Unterſchiedsſchwelle oder den relativen r. m. U. = 0,4771 giebt. Zum entſprechenden Reſultate kommt man, wenn man den Reiz r nach unten im Verhältniß von $\frac{r}{1,4771}$ verkleinert, und den Unterſchied zwiſchen r und $\frac{r}{1,4771}$ wieder mit dem kleineren Reize, d. i. $\frac{r}{1,4771}$ dividirt. Jener Unterſchied iſt 0,32301 · r, der kleinere Reiz iſt 0,67699 · r, dies giebt $\frac{0,32301}{0,67699}$ = 0,4771 wie vorhin.

8) Inzwiſchen iſt mit allem Vorigen die Unterſuchung noch nicht erſchöpft.

Wirft man einen Blick auf die Merkel'ſche Tabelle XIV, wo die b neben den a ſtehen, ſo findet man leicht, ſchon bei oberflächlichem Blick, Zweierlei, was ſich bei näherer Unterſuchung um ſo beſtimmter herausſtellt:

1) Daß die b erheblich mehr als die a ſchwanken;

2) daß die a von oben nach unten weder eine vorwiegende Abnahme noch Zunahme, ſondern eben nur unregelmäßige Schwankungen zeigen, die b aber von oben nach unten abgeſehen von der Schwankung eine nicht zu verkennende Abnahme, daß alſo 1) die Sicherheit der Beſtimmung der a größer als die der b iſt, 2) daß die a beſſer zum Weberſchen Geſetze als die b ſtimmen; da ja die Bewährung des Weberſchen Geſetzes auf der betreffenden Conſtanz beruht, welche ſchon für jede Seite allein gefordert werden kann. Wenn wir ſtatt auf b vielmehr auf $\frac{1}{b}$ Bezug nehmen, ſo macht dies in beiden Beziehungen keinen Unterſchied, nur daß natürlich, während die b von oben nach unten

im Ganzen abnehmen, hiegegen die $\frac{1}{b}$ von oben nach unten zunehmen. Entſprechende Unterſchiede als an der Reihe der a und $\frac{1}{b}$ finden ſich natürlich an der Reihe ihrer Logarithmen (S. 404) wieder.

9) Ehe wir nun die Rückſicht, welche dieſe Verſchiedenheit beider Seiten in Ziehung der Reſultate fordert, beſprechen, gilt es erſt, die Verſchiedenheit ſelbſt beſtimmter nachzuweiſen.

Was die ſtärkere Schwankung oder Unſicherheit auf der unteren oder b-Seite anlangt, ſo wird ſie, wenn wir uns zunächſt an die arithmetiſche Mittelziehung halten wollen, ſich ſo finden laſſen, daß wir 1) aus allen a das arithmetiſche Mittel ziehen, daß wir die Abweichungen aller einzelnen a von dieſem Mittel beſtimmen, und die Summe dieſer Abweichungen (ſtrenger die Summe der Quadrate der Abweichungen) nehmen; daß wir 2) auf der anderen Seite eben ſo mit den $\frac{1}{b}$ verfahren, da vielmehr dieſe als die b mit den a vergleichbar ſind; und daß wir endlich die Summen beider Abweichungen, welche reſpectiv $\Sigma\delta_\alpha$ und $\Sigma\delta_\beta$ heißen mögen, vergleichen. Man findet, daß die zweite Summe erheblich größer als die erſte iſt. Hält man ſich aber an die richtigere Verhältnißmittelbeſtimmung, ſo wird man das Entſprechende als mit a und $\frac{1}{b}$ vielmehr mit deren Logarithmen vorzunehmen haben, d. h. die Summe der Abweichungen der einzelnen log a vom Mittel derſelben mit der Summe der Abweichungen der einzelnen Log. $\frac{1}{b}$ vom mittleren log $\frac{1}{b}$ zu vergleichen haben, welche Summen reſpectiv $\Sigma\lambda_\alpha$ und $\Sigma\lambda_\beta$ heißen mögen, und für die Merkelſche Tabelle ſchon S. 404 am Schluß derſelben angegeben ſind.

Das arithmetiſche Mittel der a nun finde ich $= 1{,}4816$, das der $\frac{1}{b} = 1{,}4761$, das Mittel der log a $= 0{,}17068$, das Mittel der log $\frac{1}{b} = 0{,}16814$. Hienach berechnet

$$\Sigma\delta_\alpha = 0{,}373; \qquad \Sigma\delta_\beta = 1{,}350$$
$$\Sigma\lambda_\alpha = 0{,}1094; \qquad \Sigma\lambda_\beta = 0{,}3988$$

alſo nach beider Rechnungsweiſe die Abweichungsſumme auf der unteren oder b-Seite über dreimal ſo groß als auf der a-Seite.

Zum Beweiſe jedoch, daß dieſer Umſtand nicht der Merkelſche

Tabelle eigenthümlich iſt, gebe ich hier das Reſultat von $\Sigma\lambda$ für alle 11 vorliegenden Tabellen, mit Einſchluß der Merkelſchen, und füge zugleich die obere und untere Verhältnißſchwelle V_α, V_β bei, deren Logarithmen die Mittelwerthe ſind, von denen die Abweichungen der einzelnen log a und log $\frac{1}{b}$ zu rechnen. Sie können dienen, die relative Unterſchiedsempfindlichkeit der verſchiedenen Beobachter zu vergleichen. Der Werth n giebt hier die Zahl der Beſtimmungen für jede Seite insbeſondere, alſo 18 für Merkel.

	n	V_α	V_β	$\Sigma\lambda_\alpha$	$\Sigma\lambda_\beta$
XIV. Ml.	18	1,4815	1,4728	0,1094	0,3988
XIX. Wt.	5	1,4393	1,5563	0,0352	0,0828
XX. H.	5	1,5042	1,7010	0,0508	0,1532
XXI. Mr.	4	1,7837	1,7799	0,0272	0,0205
XXII. L.	4	1,7976	1,6352	0,0120	0,0609
XIX'. Wt.	2	1,4369	1,4752	0,0127	0,0663
XX'. H.	2	1,4865	1,6490	0,0050	0,0093
XXI'. Mr.	6	1,4789	1,4003	0,0368	0,0595
XXII'. L.	2	1,4769	1,4420	0,0118	0,0099
XXII''. L.	5	1,4409	1,4273	0,0199	0,0664
XIV'. Ml.	5	1,4327	1,4135	0,0188	0,0299

Man ſieht, daß bloß die Reihen XXI Mr. und XXII' L. eine Ausnahme vom Übergewicht der Summe $\Sigma\lambda_\beta$ über $\Sigma\lambda_\alpha$ machen. Da aber das Übergewicht von $\Sigma\lambda_\alpha$ in dieſen Reihen verhältnißmäßig nicht zu groß, und n bloß 2 und 4 iſt, können dieſe Ausnahmen nicht ſehr zählen.

10) Um den verſchiedenen Gang der a-Werthe und $\frac{1}{b}$-Werthe, wonach die letzteren ſchlechter als die erſten zum Weberſchen Geſetz ſtimmen, einfach überſehen zu laſſen, ziehen wir in Tabelle XIV, nach Überſetzung der b in $\frac{1}{b}$, das Verhältnißmittel

1) Aus den ſieben, zu h = 60 gehörigen Werthen a, welche bei den ſtärkſten Schallwerthen gefunden ſind,

2) Aus den zwei folgenden, zu h = 50 gehörigen Werthen a,

3) Aus den neun unterſten, zu h = 20 gehörigen Werthen a,

welche bei den ſchwächſten Schallwerthen gefunden ſind, und verfahren entſprechend mit $\frac{1}{b}$; ſo erhalten wir:

Verhältnißmittel a	Verhältnißmittel $\frac{1}{b}$
1) 1,4810	1) 1,4384
2) 1,4600	2) 1,4494
3) 1,4865	3) 1,5062

Dieſe Zahlen ſprechen für ſich ſelbſt. Die mittleren a ſind durch alle drei Abtheilungen der Reizſcala von oben nach unten ſo übereinſtimmend, daß man die ſchönſte Bewährung des Weberſchen Geſetzes darin ſehen kann, indeß die $\frac{1}{b}$ von oben nach unten nicht unerheblich anwachſen und eine nicht unerhebliche untere Abweichung vom Weberſchen Geſetze verrathen. Combinirt man dann die $\frac{1}{b}$ mit den a zum Mittel, ſo muß ſich natürlich dieſe Abweichung auf die Reihe der combinirten Werthe in gewiſſem Verhältniſſe übertragen.

Der Grund des Unterſchiedes beider Seiten iſt nicht ſicher angebbar. Nicht unwahrſcheinlich hängen beide Geſichtspuncte des Unterſchiedes zuſammen; und mag derſelbe Umſtand, welcher eine größere Schwankung auf der b-Seite bedingt, zugleich die Verhältnißſchwelle bei den kleineren Gewichten relativ gegen ihren Werth bei den größeren ſteigern. Doch iſt dies nicht ausgemacht.

Auf p. 17 der Tiſcherſchen Abhandlung iſt ein Grund angegeben, „weßhalb die, der conſtanten Fallhöhe $h = 20$ cm zugehörigen, Werthe $\frac{a-b}{2}$ etwas größer ausfallen, als die der Höhe $h = 60$ cm entſprechenden.“ Ich geſtehe aber, den weiter dazu geltend gemachten Satz nicht unterſchreiben zu können, daß „die abſoluten Werthe dieſer Höhenfehler bei $h = 20$ cm denen bei $h = 60$ nahezu gleich ſein werden,“ ſondern meine, daß vielmehr die *Empfindungen* dieſer Höhenfehler nahe gleich, mithin die Höhenfehler ſelbſt den Schallſtärken proportional ſein werden, und kann jedenfalls hierin keine Erklärung des Unterſchiedes zwiſchen der a-Seite und b-Seite nach beiden Geſichtspuncten finden.

Wundt hat mir privatim bemerkt, die größere Unſicherheit auf der b-Seite könne in den „Bedingungen der Ermüdung“ ihren Grund haben. „Es wurden nämlich — um ſeine Angabe wörtlich mitzutheilen — ſo viel ich mich erinnere, und wie auch Tiſcher p. 15 mittheilt, die Verſuche mit Verſtärkung des variabeln Reizes r′ regelmäßig vor denjenigen mit Verminderung desſelben ausgeführt. Sollte ſich dieſer Einfluß definitiv herausſtellen, ſo würde allerdings auf Elimination desſelben zu denken ſein, obgleich anderſeits es wieder Bedenken hat, von einer gewiſſen Regelmäßigkeit in der Anſtellung der Verſuche abzuweichen.“ Nun dürfte es allerdings erwünſcht geweſen ſein und würde jenem Bedenken nicht zuwider geweſen ſein, wenn die Verſuchsweiſe in regelmäßigem Wechſel umgekehrt worden wäre, ſo daß einmal die a-Seite, das andremal die b-Seite angefangen hätte, um conſtante Fehler, die etwa von der einen Weiſe des Verfahrens zu beſorgen, compenſiren zu können; indeß ſpricht gegen die Annahme eines conſtanten Fehlers auf der b-Seite, welcher die a-Seite nicht träfe, der Umſtand, daß nach S. 404 $\Sigma \log \frac{1}{b}$ merklich gleich $\Sigma \log a$; und eine größere Schwankung der Werthe auf der b-Seite könnte etwa nur darauf geſchoben werden, daß die Aufmerkſamkeit im Übergang von der a-Seite zur b-Seite ſich ſchon durch den vorgängigen Verſuch auf der a-Seite geſchwächt fände; aber man ſollte meinen, daß der Erfolg der Ermüdung im Fortgange von einer Beſtimmung auf der a-Seite zur gleich folgenden auf der b-Seite gegen den allgemeinen Fortſchritt der Ermüdung während der dreiſtündigen Dauer der Verſuche nicht in Betracht kommen könne. Nach Allem muß man daher geſtehen, daß der Unterſchied zwiſchen der a-Seite und b-Seite nach beiden Geſichtspuncten noch unklar iſt, indeß er jedenfalls als ein factiſcher anzuerkennen, und bei der Verwerthung der Beobachtungen zu berückſichtigen iſt. Es wird ſich alſo noch fragen, wie dieſe Berückſichtigung geſchehen ſolle.

11) Da die a factiſch eine erhebliche größere Sicherheit als die b haben, ſo ſteht man vor der Alternative, ob man überhaupt bloß die a zur Ziehung von Reſultaten benutzen, oder die $\frac{1}{b}$ zur Ziehung mittlerer Reſultate zwiſchen der a-Seite und b-Seite mit benutzen ſoll.

Sollte nun der abweichende Gang zwiſchen der a-Seite und b-Seite daher rühren, daß ſich ein conſtanter Fehler bei den unteren Beobachtungen fände, der ſich bei den oberen nicht, oder nicht in demſelben Verhältniſſe fände, ſo würde man principiell berechtigt ſein, die Beobachtungen der oberen oder a-Seite allein zu benutzen; aber durch die vorhin gemachte Bemerkung ſcheint eine ſolche Vermuthung ausgeſchloſſen. Die größere Unſicherheit der Werthe auf der b-Seite aber kann kein Grund ſein, ſie bei der Mittelziehung wegzulaſſen, ſondern nur ſie mit Rückſicht auf ihr geringeres Gewicht zuzuziehen. Wollte man dies nicht thun, und bei der einfachen Mittelziehung, d. i. ohne Rückſicht auf die Gewichte beider Seiten, ſtehen bleiben, ſo dürfte man in der That ein ſchlechteres Reſultat erhalten, als wenn man ſich an die a-Seite allein hielte.

12) Nehmen wir die Merkelſche Tabelle zum Anhalt, ſo findet ſich nämlich nach folgender Nummer, daß das Gewicht für die b-Seite in Verhältniß zur a-Seite ſo klein ausfällt, daß das Reſultat der Mittelziehung zwiſchen dem Reſultate der a-Seite und b-Seite ſich von dem einfacher zu erhaltenden Reſultat der bloßen a-Seite nur ganz unerheblich unterſcheidet, und man alſo, um die mühſame Mittelziehung mit Zuziehung der Gewichte zu erſparen, ſich gar wohl an das Reſultat der a-Seite allein halten kann; und auch nach durchgeführter Mittelbeſtimmung zwiſchen a-Seite und b-Seite mit Zuziehung der Gewichte keinen Grund finden würde, eine untere Abweichung vom Weberſchen Geſetze durch die Verſuche begründet zu finden, welche ſich allerdings nach S. 408 herausſtellen würde, wenn man die b-Seite allein berückſichtigen wollte. Eben ſo wenig ſprechen die Tabellen der anderen Beobachter in ihrer Geſammtheit für das Daſein einer unteren Abweichung.

13) Um zu zeigen, wie meines Erachtens die Mittelbeſtimmung mit Rückſicht auf die Gewichte vorzunehmen, möge eine Ausführung an der Merkelſchen Reihe XIV folgen.

Gälte es zuvörderſt, die mittlere Verhältnißſchwelle abzuleiten, aus welcher ſich der relative mittlere e. m. U. nach S. 405 von ſelbſt ergiebt, und nehmen wir erſt an, daß man ſich an die arithmetiſche Mittelziehung halten wolle, welche nach S. 401 bei unſeren Verſuchen kein erheblich abweichendes Reſultat von der Verhältnißmittelziehung geben kann, ſo würden wir ohne Rückſicht auf die verſchiedenen Gewichte der Beſtimmung von a und $\frac{1}{b}$ erſt das arithmetiſche Mittel aus allen Einzelwerthen der oberen Verhältnißſchwelle, d. i. aus den a, mag es A_α heißen, zu nehmen haben, ferner das arithmetiſche Mittel aus allen Einzelwerthen der unteren Verhältnißſchwelle, d. h. den $\frac{1}{b}$, heiße es A_β, zu nehmen haben, und aus beiden Mitteln das arithmetiſche Mittel, heiße es einfach A, zu nehmen haben. Nun finde ich

$$A_\alpha = \frac{\Sigma a}{18} = 1{,}4816; \qquad A_\beta = \frac{\Sigma \frac{1}{b}}{18} = 1{,}4761$$

$$A = \frac{A_\alpha + A_\beta}{2} = 1{,}4789.$$

Sollten aber die verſchiedenen Gewichte von A_α und A_β berückſichtigt werden, und heiße p das von A_α, q das von A_β, ſo würde man als definitives A vielmehr haben

$$A = \frac{pA_\alpha + qA_\beta}{p + q}$$

und wird es alſo gelten, p und q zu beſtimmen. Dies kann nach folgender Betrachtung geſchehen.

Bei gleicher Zahl der Beſtimmungen, aus denen ein Mittel gezogen wird, iſt das Gewicht des Mittels umgekehrt proportional der Summe der Quadrate der Abweichungen vom Mittel. Dies iſt aber bei einer größeren Zahl von Einzelwerthen, deren Abweichungen vom Mittel zu nehmen ſind, umſtändlich zu beſtimmen; und da nach Wahrſcheinlichkeitsgeſetzen das Quadrat der Summe der Abweichungen proportional der Summe der Quadrate der Abweichungen iſt, erſteres aber weniger umſtändlich zu beſtimmen iſt, als letztere[1], ſo kann man das Gewicht des Mittels auch umgekehrt proportional dem Quadrate der dazu bezüglichen Abweichungsſumme ſetzen.

Sei nun $\Sigma\delta_\alpha$ die Summe der Abweichungen der a vom arithm. mittleren a, d. i. von A_α, und $\Sigma\delta_\beta$ die Summe der Abweichungen der $\frac{1}{b}$ vom mittleren $\frac{1}{b}$, d. i. von A_β, ſo finde ich

$$A_\alpha = 1{,}4816 \quad ; \quad A_\beta = 1{,}4761$$
$$\Sigma\delta_\alpha = 0{,}3730 \quad ; \quad \Sigma\delta_\beta = 2{,}6596$$

$$p = \frac{1}{(\Sigma\delta_\alpha)^2} = 7{,}1875 ; \; q = \frac{1}{(\Sigma\delta_\beta)^2} = 0{,}14166$$

$$A = \frac{10{,}858}{7{,}3292} = 1{,}4815.$$

Dieſer Werth weicht von dem oben ohne Rückſicht auf Gewichte gefundenen ſehr wenig ab, trotz dem, daß p ſehr viel größer als q iſt, weil A_α und A_β ſehr nahe übereinſtimmen, kommt aber faſt mit A_α überein, weil q ſehr klein gegen p iſt.

---

[1] Die Sicherheit der Beſtimmung von p und q auf letzterem Wege iſt allerdings etwas geringer als auf erſterem. Wo aber die Zahl der Werthe nicht gar zu klein iſt, kann der Unterſchied in dieſer Beziehung vernachläſſigt werden, um ſo mehr, wo es auf größtmögliche Genauigkeit in Beſtimmung der abſoluten Werthe von p und q nicht ankommt.

Wollte man nun ſtatt der zwei Reihen der a und $\frac{1}{b}$ eine Reihe ihrer 18 Mittelwerthe mit Rückſicht auf deren Gewichte haben, um nach der Conſtanz derſelben die Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes zu beurtheilen, ſo würde man dieſelben Werthe p und q bei jeder dieſer Mittelziehungen anzuwenden haben, alſo z. B., da Nr. 1 der Tabelle giebt

$$a = 1{,}53 \quad ; \quad \frac{1}{b} = 1{,}2347$$

als Mittel zu nehmen haben

$$\frac{7{,}1875 \cdot 1{,}53 + 0{,}14166 \cdot 1{,}2347}{7{,}3292} = 1{,}5243$$

Für die letzte Nummer, Nr. 18, wo

$$a = 1{,}52 ; \; b = 0{,}65 ; \; \frac{1}{b} = 1{,}5385$$

findet ſich entſprechend

$$1{,}5203.$$

Obwohl man ſich praktiſch bei der vorigen, auf arithmetiſche Mittelbeſtimmung gegründeten Rechnung und deren Reſultat beruhigen könnte, zeige ich doch folgends, wie man meines Erachtens bei der principiell richtigeren Verhältnißmittelbeſtimmung zu verfahren hätte. Wie nun hier das Verhältnißmittel durch Vermittlung von Logarithmen zu gewinnen iſt, ſind auch die Regeln der Gewichtsbeſtimmung hier auf die Logarithmen der a und $\frac{1}{b}$ anzuwenden, um erſt ſchließlich vom Reſultat dieſer Beſtimmung zu der daraus zu erhaltenden Zahl überzugehen; im Übrigen iſt die Anwendung der Regel auf die Logarithmen der a und $\frac{1}{b}$ ganz dieſelbe als bei voriger Beſtimmungsweiſe auf die a und $\frac{1}{b}$ ſelbſt.

Man ziehe alſo zuerſt das Mittel aus allen log a, und eben ſo aus allen $\log \frac{1}{b}$, wie ſie S. 404 gegeben ſind, nenne das erſte Mittel $\mathfrak{A}$, das zweite $\mathfrak{B}$, nehme die Abweichungen der einzelnen log a von $\mathfrak{A}$ und die Abweichungen der einzelnen $\log \frac{1}{b}$ von $\mathfrak{B}$, die erſte Summe heiße $\Sigma\lambda_2$, die zweite $\Sigma\lambda_3$, nehme als p den Werth $\frac{1}{(\Sigma\lambda_2)^2}$, als q den Werth $\frac{1}{(\Sigma\lambda_3)^2}$, ſetze dann das mit Zuziehung der Gewichte gewonnene Mittel $\mathfrak{L}$ aus $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$

$$\mathfrak{L} = \frac{p\mathfrak{A} + q\mathfrak{B}}{p + q}$$

und nehme zu $\mathfrak{L}$ die Zahl aus den Logarithmentafeln, ſo hat man darin den, aus der Geſammtheit der a und $\frac{1}{b}$ unter Anwendung der Verhältnißmittelziehung gefolgerten Werth der Verhältnißſchwelle. Nun iſt nach S. 404

$$\mathfrak{A} = 0{,}17068 \qquad \mathfrak{B} = 0{,}16814$$
$$\Sigma\lambda_\alpha = 0{,}10935 \qquad \Sigma\lambda_\beta = 0{,}39882$$
$$p = 83{,}630 \qquad q = 6{,}2870$$
$$\log p = 1{,}92236 \qquad \log q = 0{,}79844$$
$$\mathfrak{L} = \frac{14{,}274 + 1{,}0571}{89{,}917} = 0{,}17050$$

endlich als definitive mittl. Verhältnißſchwelle die Zahl zu 0,17050 = 1,4808.

Dieſe Zahl unterſcheidet ſich von der, aus der bloßen a-Seite als Zahl zu $\mathfrak{A} = 0{,}17068$ zu gewinnenden Verhältnißſchwelle 1,4814 nur ganz unbedeutend.

Geht man zu den einzelnen Nummern über, ſo hat man für die erſte Nummer der Tabelle XIV zu ſetzen

$$\log \text{Mittel} = \frac{p \log a + q \log \frac{1}{b}}{p + q}$$

d. i. da $a = 1{,}53$; $b = 0{,}81$; $\frac{1}{b} = 1{,}2347$

$$\log a = 0{,}18469 \qquad \log \frac{1}{b} = 0{,}09151$$
$$p = 83{,}630 \qquad q = 6{,}2870$$
$$\log \text{Mittel} = \frac{16{,}020}{89{,}917} = 0{,}17816$$

Zahl dazu = 1,5072

Die letzte, 18te Nummer giebt

1,5213.

Der mittlere Werth für die erſte Nummer 1,5072 weicht hier allerdings nicht ganz unerheblich von dem, für die a-Seite allein geltenden 1,53 ab. Dies rührt aber daher, daß für dieſe Nummer unter allen Nummern überhaupt der ſtärkſte Unterſchied zwiſchen a und $\frac{1}{b}$ beſteht, wie man nach deren Logarithmen S. 404 beurtheilen kann; für alle übrigen Nummern beträgt der Unterſchied zwiſchen dem mittleren Werthe und dem a-Werthe erheblich weniger.

14) Als Definitivreſultat der Merkelſchen Tabelle XIV für die mittlere Verhältnißſchwelle V aus der a-Seite und b-Seite unter Anwendung des Verhältnißmittels und mit Berückſichtigung der verſchiedenen Gewichte für die a-Seite und b-Seite ergiebt ſich alſo

$$1,4808,$$

wenig verſchieden von dem entſprechenden Werthe V_a für die bloße a-Seite = 1,4814; aus jenem Werthe aber folgt als mittlerer relat. e. m. U. 0,4808. Um die Abänderungen der mittleren Verhältnißſchwelle für andere Beobachter zu überſehen, kann man ſich an die Werthe V_a der S. 407 gegebenen Zuſammenſtellung halten.

Unter Anwendung der, als weniger maßgebend von mir angeſehenen, arithmetiſchen Mittelziehung mit Rückſicht auf die Gewichte ergiebt ſich die, diesfalls mit A zu bezeichnende, mittlere Verhältnißſchwelle

$$A = 1,4815,$$

indeß $A_a = 1,4816$.

Ohne Rückſicht auf die Gewichte hat man mittelſt Verhältnißmittelbeſtimmung

$$A = \sqrt{\frac{a}{b}} = 1,4771.$$

Nach Tiſcher hatte man

$$A = 1,4055.$$

Ein Vergleich voriger Werthe mit den Ergebniſſen von Volkmann und Nörr iſt deßhalb nicht thunlich, weil bei dieſen wegen Nichtbeſtimmung des z die Vergleichbarkeit mit den Beſtimmungen der Tiſcherſchen Abhandlung wegfällt.

15) Obwohl nach S. 408. 410 das directe Reſultat der Verſuche bei richtiger Mittelziehung weder eine untere noch obere Abweichung vom Weberſchen Geſetze ergiebt, kann doch eine untere Abweichung nach einem aprioriſtiſchen Grunde nicht wohl ganz fehlen, und muß man alſo vorausſetzen, daß ſie doch zu gering geweſen iſt, um in den Verſuchen ſpürbar zu werden. In der That in einer Stadt wie Leipzig muß ſich das Tagesgeräuſch zu jedem Schalle, dem Hauptſchalle wie Vergleichsſchalle, mit gleichem Werthe zufügen und hiemit eine ähnliche untere Abweichung bedingen, als beim Lichtſinne vorausſetzlich dadurch (wenn auch vielleicht nicht allein dadurch) entſteht, daß ſich die Helligkeit des Augenſchwarz beiden Componenten des Unterſchiedes mit gleichem Werthe zufügt; und es wäre von vorn herein nicht zu verſichern, daß dieſer Zuwachs durch das Tagesgeräuſch verhältnißmäßig ſo gering ſei, um überall vernachläſſigt werden zu können. Inzwiſchen verdanke ich

Wundt folgende private Notiz in betreffender Hinſicht: „Etwas wird die fehlende untere Abweichung bei den a-Verſuchen vielleicht erklärt durch das günſtige Local bei unſeren Verſuchen und die Wahl günſtiger Tageszeiten (z. B. an Sonntag-Vormittagen). Mein Arbeitszimmer im zweiten Stock des Convictgebäudes iſt von Hofräumen, in denen ſich zu ſolchen Zeiten kein Menſch aufhält, und von leeren Gebäuden dermaßen eingeſchloſſen, daß bei geſchloſſenen Fenſtern kaum eine Spur von diffuſem Tagesgeräuſch bemerkbar werden dürfte.“

16) Der oben S. 397 angeführte Satz, daß das Verhältniß $\frac{\Delta_o}{\Delta_u}$ zwiſchen oberer und unterer Unterſchiedsſchwelle nach Weberſchem Geſetze gleich der Verhältnißſchwelle $\frac{r_o}{r} = \frac{r}{r_u}$ ſei, ergiebt ſich leicht ſo.

Werde Kürze halber die obere Verhältnißſchwelle mit o, die unteren mit u bezeichnet, ſo haben wir

$$o = \frac{r_o}{r} = 1 + \frac{\Delta_o}{r} \quad ; \quad u = \frac{r}{r_u} = 1 + \frac{\Delta_u}{r_u}$$

Da nun nach Weberſchem Geſetze o = u iſt, ſo haben wir auch nach vorigen Gleichungen

$$\frac{\Delta_o}{r} = \frac{\Delta_u}{r_u}$$

mithin

$$\frac{\Delta_o}{\Delta_u} = \frac{r}{r_u}$$

$\frac{r}{r_u}$ iſt aber die untere Unterſchiedsſchwelle u, und dieſe gleich der oberen o, wofür wir als gemeinſamen Werth V ſetzen können.

Wo Δ_o, Δ_u in Mittelwerthen aus einer Anzahl von Werthen beſtimmt ſind, wird natürlich auch V ſo beſtimmt ſein müſſen. Nun haben wir als den genaueſten mit Berückſichtigung der Gewichte beſtimmten Werth gefunden:

$$V = 1{,}4808$$

alſo verhält ſich Δ_o zu Δ_u = 1,4808 zu 1, d. i. die obere Unterſchiedsſchwelle iſt beim Schall faſt $1^{1}/_{2}$mal ſo groß als die untere.

Das heißt: die Unterſchiedsſchwelle iſt bei Merkel erreicht, wenn man einen gegebenen Schallreiz r nach oben im Verhältniß von 1 : 1,4808 vergrößert oder nach unten im Verhältniß von $1 : \frac{1}{1{,}4808}$ d. i. 1 : 0,6753 verkleinert.

Hieraus findet ſich dann auch der reſultirende relative e. m. U., welcher unter 7) ohne Rückſicht auf Gewichte = 0,4771 gefunden war, nach entſprechender Betrachtung mit Rückſicht auf Gewichte vielmehr = 0,4808; dies alſo der Werth, der ſchließlich für den in der Tiſcherſchen Abhandlung gegebenen 0,4055 oder $\frac{2}{5}$ zu ſubſtituiren.

17) Aus den, auf S. 397 gegebenen Gleichungen folgt überhaupt, daß man von der Verhältnißſchwelle bloß 1 abzuziehen braucht, um zum rel. e. m. U. oder zur rel. Unterſchiedsſchwelle zu gelangen. $\frac{\Delta_o}{r}$, $\frac{\Delta_u}{r_u}$ ſind nämlich die obere und untere relat. U. Schwelle, a und $\frac{1}{b}$ die obere und untere Verhältnißſchwelle.

18) Nachdem ſich unter 1) ein Anlaß gezeigt, die Tiſcherſche Rechnung in Bezug auf die Prüfung des Weberſchen Geſetzes im Gebiete der Schallverſuche zu modificiren, kehrt derſelbe Anlaß auch bei den Kollertſchen Verſuchen in Bezug auf denſelben Gegenſtand im Gebiete des Zeitſinnes wieder, und kann der reciproke Werth von E_m nicht als richtiger mittlerer relativer e. m. U. oder als mittlere relative Unterſchiedsſchwelle mehr gelten: worauf im folgenden Abſchnitt einzugehen.

C. Nachträgliche Bemerkungen zur Methode der eben merklichen Unterſchiede.

In der Tiſcherſchen Abhandlung p. 3 iſt die zu den Verſuchen angewandte Methode als „Methode der Minimaländerungen“ bezeichnet; wogegen aber zu bemerken, daß ſie principiell nicht mit der, von Wundt ſelbſt ſo bezeichneten Methode übereinkommt, welche nach Müllerſchem Princip darauf ausgeht, durch Mittelziehung zwiſchen Übermerklichkeit und Untermerklichkeit die Unterſchiedsſchwelle möglichſt genau zu treffen (ſ. S. 120 ff.), da vielmehr das bei den Schallverſuchen eingeſchlagene Verfahren mit dem Unterſchiede nach beiden Seiten bis zur Übermerklichkeit geht, wie dies nicht nur aus der obigen Schilderung des Verfahrens S. 389 f. ſelbſt, ſondern auch aus der ausdrücklichen Bezeichnung der betreffenden Reizunterſchiede (p. 20) als „übermerklicher“ hervorgeht. In dieſer Hinſicht kommt das bei dieſen Verſuchen befolgte Verfahren mit dem, von mir ſelbſt im VIII. Abſchnitt angegebenen, auf Übermerklichkeit gehenden überein, nur mit den zwei Unterſchieden, daß bei dem meinigen auf möglichſte Gleichheit der kleinen Übermerklichkeit für die Empfindung, bei dem hier befolgten nur auf möglichſte Kleinheit der Übermerklichkeit überhaupt gehalten wird, und daß das meinige als einſeitiges zweiſinniges Verfahren dem hier befolgten als zweiſeitigem einſinnigen gegenüberſteht. Nach meinem Verfahren wird nämlich der Unterſchied bloß nach einer Seite bis zur Ebenmerklichkeit, d. h. kleinen Übermerklichkeit, getrieben, oder wenigſtens iſt in der Schilderung kein zweiſeitiges Verfahren vorgeſchrieben, aber einmal von einem untermerklichen, das anderemal von einem übermerklichen Unterſchiede zu einem möglichſt gleichmerklichen Unterſchiede auf dieſer Seite vorgeſchritten (S. 121). Bei dem Verfahren der hier betrachteten Verſuche hingegen wird der in Größe bewegliche Reiz erſt über den feſten hinaus bis zur Ebenmerklichkeit des Unterſchiedes vergrößert, dann nach der anderen Seite hinaus bis zur Ebenmerklichkeit des Unterſchiedes verkleinert. Zur Vollſtändigkeit des Verfahrens würde eigentlich die Verbindung beider Gangweiſen gehören; doch reicht principiell jede für ſich aus; und ein experimentaler Vergleich über den Vorzug der einen vor der anderen liegt noch nicht vor.

Auf S. 128 wurde das eigentliche Wundtſche Verfahren der Minimaländerungen nach der Ausführungsweiſe durch Kollert geſchildert,[1] eine etwas abgekürzte Schilderung verdanke ich der Privatmittheilung von Wundt ſelbſt; ſie lautet:

„Ein Reiz r wird conſtant erhalten, ein anderer Reiz r′ wird von der Gleichheit mit r allmälig verſtärkt, bis der Punct, wo $r' > r$ erſcheint, deutlich überſchritten iſt. Dann wird r′ wieder vermindert, bis über den Punct hinaus, wo $r' = r$ erſcheint. Bezeichnen wir den Punct wo $r' > r$ mit r_o', den Punct $r' = r$ [nämlich ſcheinbar $= r$] mit r_o'', ſo wird nun $r_o - r = \frac{r_o' + r_o''}{2} - r$ als obere Unterſchiedsſchwelle Δr_o angenommen. Nach unten wird nun gerade eben ſo verfahren, d. h. zuerſt wird r′ geſchwächt, bis zu $r' < r$, und dann wieder verſtärkt, bis zu $r' = r$. Man gewinnt ſo zwei Werthe r'_u und r''_u und aus beiden die Unterſchiedsſchwelle $\Delta r_u = r - r_u = r\,\frac{r'_u - r_u''}{2}$.

Die Art der Beſtimmung beider Unterſchiedsſchwellen iſt alſo principiell die nämliche.“

Näher zugeſehen nun erfüllt dies Verfahren die Bedingungen der Vollſtändigkeit dadurch, daß es Zweiſinnigkeit mit Zweiſeitigkeit verbindet, und hat in ſofern einen Vortheil vor dem meinigen voraus; indeß wahrt mein Verfahren der Übermerklichkeit dafür eine Bedingung, die dem Müller-Wundtſchen der Minimaländerungen fehlt; und die Zweiſeitigkeit iſt, obwohl von mir nicht ausgeſprochenermaßen gefordert, doch auch bei meinem Verfahren nicht ausgeſchloſſen. Der *weſentliche* Unterſchied meines Verfahrens von dem der Minimaländerungen liegt nämlich darin, daß ich mich abſichtlich *bloß* an etwas übermerkliche Unterſchiede halte, dieſe aber ſchon bemerktermaßen in allen Verſuchen, welche vergleichbar ſein ſollen, für die Empfindung *ſo gleich als möglich* herzuſtellen ſuche, und, ſofern dies doch nur unvollſtändig gelingt, eine größere Sicherſtellung durch Mittelziehung aus mehreren Verſuchen zu gewinnen ſuche, daß ich dagegen auf *untermerkliche* Unterſchiede überhaupt nicht eingehe, weil keine Gleichſchätzung der Untermerklichkeit für die Empfindung möglich iſt. Wo nämlich von (ſcheinbarer) Gleichheit des r_o'' oder r_u'' mit r geſprochen wird, iſt ſchon Untermerklichkeit vorhanden, d. h. die Unterſchiedsſchwelle unterſchritten, weil der wahre Werth der Unterſchiedsſchwelle nur mit unendlich geringer Wahrſcheinlichkeit getroffen werden kann; entweder bleibt man mit der Einſtellung des Verſuches darüber oder darunter, und ſo hat man, indem man überhaupt bei der Methode der Minimaländerungen von Gleichſchätzung der Unterſchiede abſtrahirt, *principiell* keine Sicherſtellung, daß die Überſchreitung der Unterſchiedsſchwelle durch r'_o und Unterſchreitung durch r_o'' gleich viel betrage und die Mitte das Rechte ſei, entſprechend mit r_u' und r_u''. Nun iſt wahr, daß nach meinem Verfahren, wenn man auch den gleichmerklichen Unterſchied für die Empfindung noch ſo klein hält, die Unterſchiedsſchwelle um etwas zu groß gefunden werden muß, und wo man ein beſonderes Intereſſe hat, den abſoluten Werth der Unterſchiedsſchwelle möglichſt genau zu kennen, kann demſelben nur durch die Methode der Minimaländerungen entſprochen werden; aber meiſt kommt es nur auf Verhältnißbeſtimmungen an, wo die Übermerklichkeit, wenn ſie nur die Bedingung der Gleichheit erfüllt, nicht ſchadet (ſ. S. 123). Gegentheils aber iſt für das Verfahren der Minimaländerungen geltend zu machen, daß, wenn man durch kleine Verſchiebungen der Einſtellung von einer ſehr ſchwachen Übermerklichkeit zur Untermerklichkeit (ſcheinbaren Gleichheit von r_o'' oder r_u'' mit r) verſchreitet, und das Mittel aus den demgemäßen Einſtellungen nimmt, der Irrthum in Beſtimmung der richtigen Schwelle zu vernachläſſigen ſein wird, trotz dem, daß man weder auf Gleichheit des übermerklichen U. für die E. in den verſchiedenen Verſuchen geachtet hat, noch für die Größe der Untermerklichkeit einen beſtimmten Maßſtab gehabt hat; genug die Unterſchiedsſchwelle iſt zwiſchen ſo nahen Grenzen beſtimmt, daß eine kleine Abweichung derſelben in plus oder minus vom völlig genauen Werthe nicht mehr in Betracht kommt; und da die Gleichſchätzung der Übermerklichkeit in verſchiedenen Verſuchen nach meinem Verfahren auch nicht abſolut genau ſein kann, ſo wüßte ich nicht, warum ich mein Verfahren dem gegentheiligen principiell vorziehen ſollte, aber auch nicht, warum ich das meinige nachſetzen ſollte.

---

[1] Hiebei haben ſich zwei Schreib- oder Druckverſehen eingeſchlichen. S. 129 Z. 15 v. o. muß es ſtatt $\vartheta^1 + t$ heißen $\vartheta^1 - t$, und Z. 19 v. o. fehlt bei $(T - \vartheta_1) + (\vartheta^1 - T)$ der Diviſor 2.

Natürlich wird man bei meinem Verfahren eben ſo von oben wie unten durch allmälige Übergänge dem ins Auge gefaßten Punct der Übermerklichkeit zuſtreben, eben ſo natürlich aber dieſen Punct nicht gleich treffen; alſo die Einſtellung ſchließlich hin- und herſchieben, bis man ihn möglichſt getroffen hat, und da es doch nur auf dies Definitivreſultat ankommt, ſcheint es unnöthig, weiterhin anfangend einmal von oben, das anderemal von unten dem betreffenden Puncte zuzuſtreben, da man es jedenfalls zuletzt in engen Grenzen thut; und vielleicht kommt wirklich nichts Erhebliches darauf an; inzwiſchen, ſo lange keine vergleichenden Verſuche deßhalb vorliegen, wird es immer ſicherer ſein, das doppelſinnige Verfahren einzuhalten.

XXX. Nachträgliche Unterſuchung über die Gültigkeit des Weberſchen Geſetzes im Gebiete des Zeitſinnes.

Auf S. 174 habe ich die Kollertſchen Verſuche über den Zeitſinn in Bezug auf die Frage, ob derſelbe dem Weberſchen Geſetze gehorche, ins Auge gefaßt, und nur ein precäres Reſultat, wie es ſich dort angegeben findet, zu regiſtriren gehabt. Nachdem indeß eine nähere Betrachtung gelehrt, daß die in der Kollertſchen Abhandlung hierüber geführte Rechnung an einem ähnlichen Fehler leidet, als die Tiſcherſche in Bezug auf die Schallverſuche (ſ. S. 397 f. 416), habe ich die Rechnung noch einmal entſprechend als für die Tiſcherſche Unterſuchung aufgenommen und ein unerwartet zuſtimmendes Reſultat zum Weberſchen Geſetze erhalten, worüber hier das Nähere folgt.

Als Bezeichnungen brauche ich folgends die von Kollert ſelbſt angegebenen, womit die von mir in Beſprechung ſeiner Methode (S. 129 ff.) [1] gebrauchten ſtimmen, nur daß ich da ϑ^1 und d^1 für Kollerts ϑ_2 und d_2 gebraucht habe; überhaupt aber beziehe ich mich folgends direct auf ſeine Abhandlung in Wundts „Stud.“ Bd. 1. p. 78 ff.

---

[1] Zu dieſer Beſprechung vergl. die S. 417 unten angegebenen Berichtigungen.

Hienach iſt t die Hauptzeit, mit welcher die Vergleichszeiten verglichen werden, in Secunden, ϑ_2 der Werth, bis zu welchem t vergrößert werden muß, um in Größe von t eben unterſchieden werden zu können, ϑ_1 der Werth, bis zu welchem t verkleinert werden muß, um von t unterſchieden zu werden, erſteres als obere, das andere als untere Verſuchsſeite zu bezeichnen, $d_2 = \vartheta_2 - t$ die obere Unterſchiedsſchwelle, $d_1 = \vartheta_1 - t$ die untere Unterſchiedsſchwelle mit negativem Werthe, $\frac{\vartheta_2}{t} = \frac{t + d_2}{t}$ die obere Verhältnißſchwelle, $\frac{t}{\vartheta_1} = \frac{t}{t + d_1}$ die untere Verhältnißſchwelle, bei welcher d_1 als negativer Werth von t in Abzug kommt.[1]

Als Unterlage der folgenden Unterſuchung dienen folgende zwei Tabellen in Kollerts Abhandlung, welche das mittlere Beobachtungsreſultat von je vier bis fünf Beobachtern enthalten. Die eine p. 83 repräſentirt die Ergebniſſe der ſog. „Normalverſuche“, die andere p. 87 die der ſog. „abnormen“ Verſuche, eine Unterſcheidung, welche vom Verf. nach einer Verſchiedenheit des Ganges der Werthe in beiden Verſuchsreihen gemacht iſt, die jedoch keineswegs den Erfolg hat, daß die letzteren dem Weberſchen Geſetze weniger gut entſprechen, ſondern eher im Gegentheil, wie ſich im Folgenden zeigen wird. Die folgenden Tabellen geben die zu jedem t gehörigen Werthe d_1, d_2, welche mit t zuſammen zur Bildung der oberen und unteren Verhältnißſchwelle, auf die es folgends ankommen wird, nach vorigen Gleichungen ausreichen.

Normalreihe			Abnorme Reihe		
t	d_1	d_2	t	d_1	d_2
0,4	−0,018	+0,090	0,4	−0,047	+0,051
5	0,044	0,098	5	0,037	0,054
7	0,044	0,055	7	0,041	0,116
8	0,073	0,060	8	0,041	0,082
1,0	0,107	0,063	1,0	0,094	0,108
1,2	0,206	0,074	1,2	0,140	0,140
1,5	0,415	0,020			

In der That laſſen ſich nach den hier gegebenen Werthen t, d_1 d_2 die obere und untere Verhältnißſchwelle reſp.

---

[1] Verglichen mit den bei den Schallverſuchen gebrauchten Werthen ſteht hier t für r, $\vartheta_2 = d_2 + t$ für r_o, $\vartheta_1 = d_1 + t$ für r_u, d_2 für Δ_o, d_1 für $-\Delta_u$.

$$\frac{t + d_2}{t} \text{ und } \frac{t}{t + d_1}$$

für jedes t berechnen, und haben wir z. B. für $t = 0,4$ in der Normalreihe zu einander zugehörig:

$t =$	$d_1 =$	$d_2 =$
0,4	− 0,018	+ 0,090

mithin

$$\text{obere Verhältnißſchwelle} = \frac{0,490}{0,4} = 1,225$$

$$\text{untere} \quad " \quad = \frac{0,4}{0,382} = 1,047.$$

Soll nun das Weberſche Geſetz beſtehen, ſo muß, abgeſehen von zufälligen und etwaigen conſtanten Fehlern, nicht nur die obere Verh.-Schwelle der unteren bei derſelben Hauptzeit t gleich ſein, ſondern müſſen die Verh.-Schwellen durch die ganze Scala der t gleich ſein.

Es ließe ſich aber denken, daß je nachdem man auf oberer oder unterer Seite operirt, danach ein conſtanter Fehler von entgegengeſetzter Richtung einträte, der überdies möglicherweiſe je nach der Größe des t verſchieden ſein könnte, aber ſich eliminiren müßte, wenn man die Reſultate beider Seiten zuſammennähme und das Mittel daraus zöge. In der That wird es ſich ſo bei der ſog. normalen Reihe finden; indeß die abnorme keinen entſchiedenen Anlaß giebt, eine entſprechende Verſchiedenheit je nach den Seiten bei ihr anzunehmen.

Halten wir uns nun zuerſt an die, am meiſten maßgebenden, Mittelwerthe zwiſchen den oberen und unteren Verhältnißſchwellen, indem wir die Verhältnißmittelziehung dazu anwenden (S. 399 ff.), ſo werden wir dieſe Mittelwerthe

$$= \sqrt{\frac{t + d_2}{t + d_1}} \text{ als Zahlen zu}$$

$$\frac{\log\,(t + d_2) - \log\,(t + d_1)}{2}$$

erhalten. Dies giebt folgende Tabelle.

Mittlere Verhältnißſchwellen		
t	p. 83 norm.	p. 87 abnorm
0,4	1,133	1,130
5	1,145	1,094
7	1,073	1,113
8	1,088	1,078
1,0	1,091	1,106
1,2	1,132	1,114
1,5 [1]	1,184	

Das totale Mittel (Verhältnißmittel) der Verhältnißſchwellen aus allen Werthen oben und unten iſt für:
die Normalreihe 1,1201
die abnorme R. 1,1057
woraus ſich der mittlere relative c. m. U. oder die relative Verhältnißſchwelle, durch Weglaſſung der 1 vorn, reſp. = 0,1201 und 0,1057 ergiebt.

Unſtreitig findet man die ſo nahe Übereinſtimmung der mittl. Verh.-Schwellen für ſämmtliche t's in jeder beider Reihen ſehr befriedigend. Allerdings erſcheint ſie weniger frappant, wenn man ſtatt der Verhältnißſchwellen die relativen Unterſchiedsſchwellen in Betracht zieht, die man durch Weglaſſung der 1 vorn von vorigen Werthen erhält (ſ. S. 416), und für welche die Bedingung der Conſtanz eben ſo wie für die Verhältnißſchwellen beſteht; daß ſie aber doch merklich für die kleinſten und größten t beſteht, ſpricht immer für das Geſetz.

Sondern wir jetzt die Reſultate für die oberen und unteren Werthe, ſo erhalten wir

	Verhältnißſchwellen			
	Normal		Abnorm	
	Oben	Unten	Oben	Unten
0,4	1,225	1,047	1,128	1,133
5	1,196	1,096	1,108	1,080
7	1,079	1,067	1,166	1,062
8	1,075	1,101	1,102	1,054
1,0	1,063	1,120	1,108	1,101
1,2	1,062	1,207	1,117	1,111
1,5	1,013	1,382		

Das allgemeine Verhältnißmittel iſt:
normal oben = 1,0995,
„ unten 1,1411
abnorm oben = 1,1212,
„ unten 1,0904

Man ſieht, daß die Werthe in der Normalreihe von den kleineren zu den größeren t auf der oberen Seite continuirlich abnehmen, auf der unteren zunehmen, während in den Werthen der abnormen Reihen nichts Entſprechendes ſtattfindet.

---

[1] Auf S. 174 ſteht 1,836 ſtatt 1,5; aber 1,836 iſt ein Kollertſcher Rechnungswerth, welcher nach obiger Rechnungsweiſe keine Bedeutung mehr hat, wogegen 1,5 der wirkliche Beobachtungswerth iſt.

Daß ſich hienach das Weberſche Geſetz über das Gebiet der Reizintenſitäten hinaus gültig erweiſt, iſt jedenfalls ſehr erwünſcht, da die Anſicht von einer allgemeinen und fundamentalen Bedeutung des Geſetzes für die Pſychophyſik dadurch eine Stütze mehr gewinnt (ſ. S. 147). Freilich Mach und Vierordt haben für ſehr kleine t's andere Reſultate erhalten („In Sachen" p. 174 ff.). Wahrſcheinlich aber haben auch hier conſtante Fehler eine Rolle geſpielt. Bei der Schwierigkeit, ſolche zu vermeiden, beweiſen Verſuche, wo ſie ſich vermieden oder compenſirt zeigen, in dieſem Felde mehr als negative, wo eine Ungewißheit in dieſer Beziehung bleibt. Für größere t's führen übrigens ſchon Vierordts Verſuche auf das Weberſche Geſetz (ſ. „In Sachen" p. 176).

Immerhin dürfte man die Unterſuchung in dieſer Hinſicht nicht eher für abgeſchloſſen anſehen, als bis conſequent von kleinen bis zu größeren t's nach derſelben Methode fortgeführte Verſuche ſich zur Beſtätigung vereinigen.

Bis auf Weiteres aber würde ich nach Vorigem glauben, daß der Gang der Werthe, auf welche die Verſuche über den Zeitſinn führen, überhaupt einerſeits durch das Weberſche Geſetz als Hauptunterlage, andererſeits durch zufällige und auf conſtante Fehler zurückführbare Abweichungen davon als beſtimmt angeſehen werden könne, und daß die Analyſe der Verſuche auf dieſe Beſtimmungen zurückzugehen habe. Jedenfalls ſind die Werthe T und $\Delta = T - t$, auf welche Kollert zurückgeht, nur Functionen jener Beſtimmungen, und ſcheinen mir daher von mehr ſecundärer Bedeutung, indeß ſie aber für den empiriſchen Gang der Werthe einen unmittelbareren Anhalt gewähren, als der Rückgang auf jene Beſtimmungen.

XXXI. Taſtverſuche über die extenſive Empfindlichkeit oder den Raumſinn der Haut.

Die extenſive Empfindlichkeit der Haut iſt bekanntlich zuerſt durch E. H. Weber nach der Methode d. e. m. U. unterſucht worden; hienach hat Vierordt eine, ſich über die ganze Hautoberfläche erſtreckende, mehrjährig fortgeführte, Reihe von Verſuchen darüber nach der, von ihm erfundenen, Methode d. r. u. f. Fälle durch ſeine Schüler in ſeinem phyſiologiſchen Inſtitute in Tübingen veranſtaltet; weiter ſind ſolche von Camerer, früher ſelbſt Schüler Vierordts, in Riedlingen an zweien ſeiner Kinder ausgeführt worden. Über die Literatur und näheren Verhältniſſe dieſer Verſuche gehe ich vorläufig hinweg.

So viel nun durch die ganze Folge dieſer Verſuche geleiſtet worden iſt, eine Scala der extenſiven Empfindlichkeit der Haut für alle Theile derſelben aufzuſtellen, ließen ſie doch noch Manches als Grundlage einer Theorie des Verfahrens und in Betreff einer Erkenntniß verſchiedener Umſtände, welche auf den Erfolg desſelben von Einfluß ſind, zu wünſchen übrig; und ſo hat Camerer in dieſer Hinſicht zur Ergänzung der bisherigen Verſuche eine neue größere Verſuchsreihe unternommen, welche ich hoffte, noch vor Abſchluß dieſes Buches benutzen zu können, daher ſchon eine vorläufige Verweiſung darauf S. 61 f.; da ſich aber der Abſchluß dieſer Verſuche ſelbſt verzögert hat, ſo verſpare ich eine Beſprechung derſelben nach den, für die Maßverhältniſſe des Verfahrens weſentlichen Puncten auf die Zeit, wo die Unterlage dazu in den Verſuchen fertig vorliegen wird, um hier nur kurz und vorläufig des Haupt- und Zielpunctes, um den ſich's dabei handeln wird, zu gedenken.

Natürlich wird eine auf der Haut zwiſchen zwei Spitzen gefaßte Diſtanz bei Anwendung der Methode d. r. u. f. F. eine um ſo größere Procentzahl richtiger Fälle, d. h. wo man den Eindruck als wirklich von zwei Spitzen herrührend erkennt, geben, je größer die extenſive Empfindlichkeit der betreffenden Hautſtelle iſt, und nach dem allgemeinen Maßprincip der Empfindlichkeit wird man dieſelbe umgekehrt proportional zu ſetzen haben der Größe der Diſtanz, welche dieſelbe Procentzahl richtiger Fälle gegenüber den falſchen liefert, wenn überhaupt bloß richtige und falſche Fälle unterſchieden oder die zweifelhaften dazwiſchen getheilt gedacht werden. Es liegt aber ein Bedürfniß vor, die, nach dieſem Princip als meßbar angenommene, extenſive Empfindlichkeit unmittelbar aus dem bei den Verſuchen erhaltenen Procentſatz richtiger Fälle abzuleiten, ohne die betreffende Hautdiſtanz auf Gleichheit des Procentſatzes der richtigen Fälle mit der damit zu vergleichenden gebracht zu haben, weil Letzteres praktiſch nicht wohl ausführbar iſt; kurz es handelt ſich um einen praktiſchen Weg, der zu demſelben Reſultate führt, als wenn dieſe Ausführung ſtattgehabt hätte. Hiezu aber gilt es eine entſprechende Formel aufzufinden, als wir bezüglich des Maßes der Unterſchiedsempfindlichkeit nach der Methode der r. u. f. F. haben (Abſchn. IV), wobei aber nicht zu erwarten iſt, daß die eine Formel mit der anderen übereinſtimme; da die extenſive Hautempfindlichkeit ſich vielmehr auf Schätzung abſoluter Größen (Diſtanzen) als auf Unterſchiede derſelben bezieht, alſo nicht als

Unterſchiedsempfindlichkeit ſondern als abſolute Empfindlichkeit zu betrachten iſt.

Müller nun hat in der, S. 306 von mir erwähnten, Abhandlung dieſem Bedürfniß zu entſprechen geſucht und die Anwendbarkeit ſeiner Formel an den, ihm zur Zeit nur vorliegenden, Tübinger Beobachtungen erläutert. Sie iſt mit der, von ihm für die Unterſchiedsempfindlichkeit aufgeſtellten, zwar nicht identiſch, aber doch derſelben ſo weit analog, daß ich zweifle — mehr will ich für jetzt nicht ſagen — der Unterſchied zwiſchen Unterſchiedsempfindlichkeit und abſoluter Empfindlichkeit komme dabei zu ſeinem Rechte[1]. Ich ſelbſt bin nach vorläufigen Prüfungen bis auf Weiteres bei der folgends anzuführenden Formel ſtehen geblieben.

In jedem Falle theile ich die Fälle in richtige oder poſitive und falſche oder Nullfälle, je nachdem eine gegebene Spitzendiſtanz als von zwei Spitzen herrührend oder als einfache Berührung erſcheint; — giebt es Zwiſchenfälle, ſo werden ſie gleich zwiſchen beiden getheilt, — und ich unterſcheide die Fälle mit dieſer Ergänzung als r und z. Wäre nicht ein conſtanter Fehler vorhanden, ſo würde die Formel einfach lauten

$$\frac{r}{n} + \frac{z}{2n} = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^{hD} e^{-t^2}\,\partial t,$$

wo D die Diſtanz, h das als Maß der extenſiven Empfindlichkeit dienende Präciſionsmaß iſt, welches ſehr einfach aus den Verſuchen, nach einer darauf eingerichteten Fundamentaltafel, zu beſtimmen iſt, die ſich aber von der, für die Unterſchiedsempfindlichkeit (S. 66 f.) aufgeſtellten, unterſcheidet. Auch genügt dieſe Formel für größere Diſtanzen, und ich hielt ſie früher überhaupt für genügend; die neueren Verſuche von Camerer aber haben gezeigt, daß bei ſehr kleinen Diſtanzen der Einfluß eines gegen größere Diſtanzen merklich zu vernachläſſigenden conſtanten Fehlers c ſpürbar wird, deſſen Berückſichtigung zu folgender Erweiterung der Formel führt

$$\frac{r}{n} + \frac{z}{2n} = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^{h(D+c)} e^{-t^2}\,\partial t$$

---

[1] Wenn Müller p. 193 ſeiner Abhandlung in einer Anmerkung erwähnt, daß die von ihm gefundene Formel auch von mir gefunden ſei, ſo rührt dies von einem Mißverſtändniß her. Die Formel, deren ich beiläufig gegen ihn gedachte, war von vorn herein eine andere als die ſeinige, iſt aber ſpäter von mir auf Grund einer mir triftig ſcheinenden Gegenbemerkung ſeitens Müller verlaſſen worden, ohne mich doch dadurch zu der ſeinigen bekehrt zu finden.

c aber läßt ſich in Zuſammenhang mit h aus Beobachtungen bei je zwei verſchiedenen Diſtanzen (ſicherer aus den geſammten Diſtanzen) nach der Methode der h. Gu. unter Zuhülfenahme derſelben Fundamentaltafel beſtimmen.

Hat man den conſtanten Fehler c eliminirt, ſo beſtimmt ſich dann auf Grund der erſten Formel die Schwelle, d. i. die Diſtanz, unterhalb deren ohne den conſtanten Fehler kein richtiger Fall mehr eintreten würde, als der Werth von D, unter den c nicht fallen kann, ohne negative, d. i. unmögliche, Werthe anzunehmen; und eine nähere Unterſuchung lehrt, daß dieſer Werth umgekehrt proportional mit h, d. i. $= \frac{0,4769\ldots}{h}$ iſt; wobei man ſich zu erinnern hat, daß 0,4769 überhaupt ein, für die Wahrſcheinlichkeitsrechnung wichtiger Werth iſt.

Doch gebe ich die vorigen Formeln erſt mit Vorbehalt, und möchte auch über die Müller'ſche Formel noch nicht abſprechen; hoffe aber, daß ſich nach Abſchluß der neuen Camerer'ſchen Verſuche eine beſtimmtere Entſcheidung wird fällen laſſen.

Namenregiſter.

Abel 346 ff.
Aubert 149. 154. 156. 159. 171.

Baer 43. 141.
Breton 164.

Camerer 61 f. 158. 424 ff.
Czermak 119. 334 ff.

Delboeuf 149. 152. 153. 162 ff. 175 f. 212. 215. 221. 290. 300 ff.
Dobrowolsky 149. 166. 248.

Förſter 159.

Gauß 213.
Geiß 346.
Grotenfelt 218 ff. 261. 315 ff.

Helmholtz 149. 154.
Herbart 9. 14.
Hering 149. 168 ff. 221. 256.

Jahn 346.
Janet 175.

Kant 14. 324.
Keppler 149.
Koch 318 ff.
Kollert 127 ff. 174. 419 ff.

Krauſe 346.
Kries, v. 321 ff.

Lamansky 166. 248.

Möbius 84. 101 ff.
Müller, F. A. 324 ff.
Müller, G. E. 18 ff. 26 ff. 68 ff. 84 ff. 112 ff. 120 ff. 132 ff. 142. 146 ff. 213 f. 228 ff. 230 f. 238. 240. 242 ff. 248 ff. 252 ff. 256. 262. 353 ff. 424 ff.

Nietzſche (nicht Nitzſche) 214. 216. 309.
Nörr 57. 367 ff. 379 ff.

Preyer 173.

Selger 336.

Tiſcher 369 ff.

Ulrici 327 ff.

Vierordt 174. 210. 240. 368 ff. 371 f. 374. 423 f.
Volkmann 112. 117 f. 155 ff. 335 ff. 367 ff.

Wundt 55 ff. 109 f. 111. 119 ff. 239. 253 ff. 290. 310 ff. 352 f. 367 ff. 417.

Zeller 332 ff.
Zöllner 12. 14.

Nachträgliche Berichtigungen zu den „Elementen" der Psychophyſik.

Folgende nachträgliche Berichtigungen verdanke ich Herrn Prof. Preyer in Jena.

I. S. 149 Z. 11 v. o. auf dieſelbe iſt zu ſtreichen.
S. 210 Z. 10 v. o. ſt. 0,5 l. 0,05.
S. 262 Z. 17 v. o. ſt. $\frac{1149}{1147}$ l. $\frac{1149}{1145}$.
II. S. 23 Z. 10 v. o. ſt. 151 l. 51.
S. 39 Z. 17 v. o. ſt. zwei l. drei.
S. 44 Z. 5 v. o. ſt. $c = T$ l. $c = 1$.
ebenda ſt. $T = c^t$ l. $1 = c^t$.
S. 55 Z. 9 v. o. ſt. $y = n^{\frac{b}{k-1}}$ l. $y = n^{\frac{1}{k-1}}$.
S. 73 Z. 2 v. o. ſt. 0,36288 l. 0,36788.
S. 113 Z. 10 v. o. ſt. 2,7184 l. 2,71828.
S. 328 Z. 7 v. o. ſt. [illegible] l. [illegible].
S. 371 Z. 11 v. o. ſt. 23 l. 72.

Berichtigungen zu dieſer Schrift.

S. 8 Z. 9 v. o. ſt. XXIII l. XXI.
S. 42 fehlt nach Z. 18 v. o. die Überſchrift: 1. Vorbemerkungen über das Weſentliche der Methode und die gewählten Bezeichnungen.
S. 129 Z. 13 v. o. ſt. $\theta^2 + 1$ l. $\theta^2 - 1$.
S. 129 Z. 22 v. o. ſt. $(T - \theta^2) + (\theta_1 - T)$ l. $\frac{(T - \theta_1) + (\theta_1 - T)}{2}$
S. 190 Z. 15 v. u. ſt. Gehring l. Göring vergl. S. 324.
S. 211 Z. 10 v. u. ſt. Ritſche l. Kitſche.
S. 216 Z. 18 v. u. ſt. Ritſches l. Kitſches.

ABHANDLUNGEN

DER KÖNIGLICH SÄCHSISCHEN

GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.

ZWEIUNDZWANZIGSTER BAND.

MIT ACHT TAFELN.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL.

1887.

ABHANDLUNGEN

DER MATHEMATISCH-PHYSISCHEN CLASSE

DER KÖNIGLICH SÄCHSISCHEN

GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.

DREIZEHNTER BAND.

MIT ACHT TAFELN.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL.

1887.

INHALT.

G. Th. Fechner, Ueber die Frage des Weber'schen Gesetzes und Periodicitätsgesetzes im Gebiete des Zeitsinnes . . . . S. 1

—— Ueber die Methode der richtigen und falschen Fälle in Anwendung auf die Massbestimmungen der Feinheit oder extensiven Empfindlichkeit des Raumsinnes . . . . - 109

W. Braune und O. Fischer, Die bei der Untersuchung von Gelenkbewegungen anzuwendende Methode, erläutert am Gelenkmechanismus des Vorderarms beim Menschen. Mit 4 Tafeln . . . . - 313

F. Klein, Ueber die elliptischen Normalcurven der n^{ten} Ordnung und zugehörige Modulfunctionen der n^{ten} Stufe . . . . - 337

C. Neumann, Ueber die Kugelfunctionen P_n und Q_n, insbesondere über die Entwicklung der Ausdrücke $P_n(zz_1 + \sqrt{1-z^2}\sqrt{1-z_1^2}\cos\Phi)$ und $Q_n(zz_1 + \sqrt{1-z^2}\sqrt{1-z_1^2}\cos\Phi)$ . . . . - 401

W. His, Zur Geschichte des menschlichen Rückenmarkes und der Nervenwurzeln. Mit 1 Tafel und 10 Holzschnitten . . . . . . - 477

H. Bruns, Ueber eine Aufgabe der Ausgleichungsrechnung . . . . . - 545

Rud. Leuckart, Neue Beiträge zur Kenntniss des Baues und der Lebensgeschichte der Nematoden. Mit 3 Tafeln . . . . - 565

C. Neumann, Ueber die Methode des arithmetischen Mittels. Erste Abhandlung . . . . - 705

UEBER DIE FRAGE
DES
WEBER'SCHEN GESETZES
UND
PERIODICITAETSGESETZES
IM GEBIETE DES ZEITSINNES

VON

G. TH. FECHNER,
MITGLIED DER KÖNIGL. SÄCHS. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.

Des XIII. Bandes der Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

Nº I.

LEIPZIG
BEI S. HIRZEL.
1884.

Vom Verfasser übergeben den 23. April 1884.
Der Abdruck vollendet den 20. Juni 1884.

UEBER DIE FRAGE
DES
WEBER'SCHEN GESETZES
UND
PERIODICITAETSGESETZES

IM GEBIETE DES ZEITSINNES

VON

G. TH. FECHNER.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

I. Eingang.

Dr. Estel hat im psycho-physiologischen Institut von Prof. Wundt eine experimentale Untersuchung bezüglich der Titelfragen dieser Abhandlung angestellt*), woraus er die Schlüsse zieht: 1) dass das Weber'sche Gesetz im Gebiete des Zeitsinnes keine Gültigkeit hat; 2) dass der von Wundt sogenannte mittlere Schätzungsfehler (f) sich mit wachsender Hauptzeit periodisch vergrössere und verkleinere.

Nun lässt sich das Weber'sche Gesetz in gewissem Sinne als das Hauptgesetz der ganzen Psychophysik ansehen, wonach die Frage von selbstverständlichem Interesse ist, ob sich seine, bezüglich der Empfindlichkeit für Reizunterschiede in engeren oder weiteren Grenzen constatirte, Gültigkeit auch auf den Zeitsinn, hiemit von intensiver auf extensive Empfindlichkeit erstrecke. Ich selbst habe früher diese Frage auf Grund der Versuche von Mach, Vierordt und Kollert bejahend beantwortet; aber lässt sich diese Bejahung den neuen Versuchen des Verf. gegenüber noch halten? Von anderer Seite ist die Periodicität eines psychophysischen Elementes, womit die Periodicität von andern Elementen, wenn auch vom Verf. nicht nachgewiesen, doch nachweislich zusammenhängt, ein so merkwürdiges und unerwartetes Resultat, dass sie nicht minder die grösste Aufmerksamkeit verdient und die schärfste Prüfung in Anspruch nimmt; aber hat sie diese Seitens des Verf. wirklich gefunden?

Nun habe ich von vornherein anzuerkennen, dass die Sorgfalt in Anstellung der Versuche seitens des Verf. und die Güte der

---

*) Zuerst als Doctordissertation erschienen, hienach in Wundt's »Philos. Stud.« II. p. 37 ff. aufgenommen.

Wundt'schen Methode, nach welcher derselbe gearbeitet hat, sich vortrefflich dadurch bewährt haben, dass sich wirklich sehr bestimmte Resultate über obige Fragen aus den Versuchen des Verf. ziehen lassen: nur, seltsam, sind es gerade die entgegengesetzten Resultate, die ich bezüglich der einen wie anderen Frage daraus zu ziehen vermöchte, als der Verf. zieht; und zwar bezüglich beider aus einem einfach anzugebenden Hauptgrunde, dem sich allerdings noch manche Nebengründe zufügen: dass ich nämlich den an sich unvermeidlichen Versuchszufälligkeiten, welche das Gesetz stören und den Schein der Periodicität erzeugen, eine Beachtung schenke, die ihnen der Verfasser versagt hat. Zieht man sie ab oder compensirt sie, so weit es nach den vorliegenden Datis möglich ist, so ziehen sich so zu sagen von selbst die entgegengesetzten Schlüsse, als der Verfasser zieht, indem er die Versuchszufälligkeiten als wesentliche Versuchsresultate in den Kauf nimmt, eine nöthige Mittelziehung theils versäumt, theils untriftig vornimmt, und die Elimination eines constanten Fehlers nicht erforderlich durch seine Untersuchung durchführt. Zieht man aber diese Puncte in gehörige Rücksicht, so ergiebt sich statt einer Widerlegung vielmehr eine erwünschte Bestätigung des Weberschen Gesetzes bis auf die, dem Zeitgebiete mit andern Gebieten gemeinsame, untere Abweichung, die schon früher zugestanden war, und der Schein einer wesentlichen, d. i. gesetzlichen, Periodicität schwindet.

Indem ich nun Beides dem Verf. gegenüber darzuthun suche, hat sich zugleich Anlass gefunden, über die blosse Kritik seiner Arbeit nach manchen, die Massverhältnisse des Zeitsinnes betreffenden, Beziehungen hinauszugehen, welche mir einer Erörterung und Klarstellung noch bedürftig erschienen, was eine nicht unerhebliche Erweiterung dieser Abhandlung herbeigeführt hat.

Eine vorläufige Bekanntschaft mit Versuchen und Aufgaben von Versuchen über den Zeitsinn ist dabei im Allgemeinen vorausgesetzt, nachdem dies Feld schon früher mehrfach behandelt worden ist. Auch sei in Betreff der äusseren Einrichtung der Versuche auf die Abhandlung des Verf. selbst verwiesen.

Wo Seitenverweisungen in dieser Abhandlung vorkommen, beziehen sie sich mit S. auf diese Abhandlung selbst, mit p. aber andershin. — Einschaltungen in wörtlich citirten Stellen aus der

Abhandlung des Verf. oder andern Autoren sind in runde oder eckige Klammern eingeschlossen, je nachdem sie den betreffenden Autoren selbst oder mir angehören.

II. Ueber die allgemeinere Tragweite des Weber'schen Gesetzes im Gebiete des Zeitsinnes.

Mit dem Interesse, dass durch die Sicherstellung des Weber'schen Gesetzes im Gebiete des Zeitsinnes die Herrschaft dieses Gesetzes überhaupt und die Kenntniss des Zeitsinnes selbst sich erweitert, verbindet sich meines Erachtens noch ein viel allgemeineres Interesse, nämlich dass die sog. psychophysische Ansicht des Weber'schen Gesetzes und folgweise der ganzen Psychophysik dadurch eine wichtige Stütze gegenüber der sog. physiologischen Ansicht gewinnt. Die wesentlichen Unterschiede beider, noch im Streit begriffenen, Ansichten sind von mir in meiner »Revision« p. 221 ff. besprochen; hier wird es genugen, sich darauf zu beziehen, dass nach der psychophysischen Ansicht gleiche *Verhältnisse*, nach der physiologischen gleiche *Unterschiede* psychophysischer Thätigkeit oder Erregung den Eindruck gleicher psychischer Unterschiede mitführen, woraus dann weiter folgt, dass nach erster die psychische Thätigkeit logarithmisch von der psychophysischen abhängt, nach letzterer beide einander proportional gehen; psychophysische Thätigkeit ist aber nichts Anderes, als materielle, physische, physiologische Thätigkeit, insofern psychische davon abhängig gedacht wird. So weit ich es übersehe nämlich, finden Einwände, welche im Felde der Empfindlichkeit für Reize gegen die psychophysische Auffassung des Weber'schen Gesetzes erhoben sind, im Felde des Zeitsinnes von vornherein keinen Angriff, und ich erläutere es durch folgende Betrachtung.

Rücksichtslos auf die, unserer directen Erkenntniss entzogene, psychophysische Thätigkeit erscheinen nach dem Weber'schen Gesetze factisch die Unterschiede zwischen zwei Reizen derselben Art, bei Aenderung ihrer absoluten Stärke, immer gleich gross, nicht, wenn ihre Unterschiede, sondern wenn ihre Verhältnisse gleich gross bleiben. Nun kann man unstreitig nicht von der Gültigkeit des Gesetzes im einen Felde auf dessen Gültigkeit in einem anderen schliessen, also auch nicht von dessen Gültigkeit im Felde intensiver Empfindungen auf dessen Gültigkeit im Felde extensiver Empfindungen, noch umgekehrt, wohl aber schliessen, nachdem dasselbe in beiden Gebieten eine unabhängige Begründung durch Erfahrung gefunden hat, dass dasselbe sich gemeinsamen Gesichtspuncten in beiden unterordne, zumal wenn es in beiden Gebieten in einen entsprechenden Zusammenhang anderer wichtiger Momente eintritt. In der That aber steht im Gebiete der Reizempfindlichkeit mit dem Weber'schen Gesetze die Thatsache der Reizschwelle und Unterschiedsschwelle in Verbindung: ein zu kleiner Reiz und ein zu kleiner Reizunterschied entgehen der Auffassung durch die Empfindung; dasselbe aber, was vom intensiven Reize, gilt von der zeitlichen Extension: eine zu kleine Zeit schwindet für die Auffassung in den Zeitpunkt oder in Nichts zusammen; ein zu kleiner Zeitunterschied wird nicht mehr erkannt.

Nun kann nach physiologischer Auffassung das Weber'sche Gesetz im Gebiete der Empfindlichkeit für Reize entweder nur als ein fundamentales bestritten werden, was doch so zu sagen von Tage zu Tage schwerer wird (namentlich nach den wiederholten und ausgedehnten Bewährungen desselben im Gebiete des Schalles), oder sein Zustandekommen nur dadurch erklärt werden, dass bei Fortpflanzung der Reizwirkung ins Innere sich gleiche Reizverhältnisse in gleiche Unterschiede psychophysischer Erregung übersetzen, um der Proportionalität zwischen psychophysischer und psychischer Thätigkeit zu genügen. Für eine solche Uebersetzung giebt es nun zwar kein bekanntes physikalisches oder physiologisches Princip (vergl. »Revision« p. 225 ff.); immerhin kann man eine darauf hinauslaufende Hypothese machen, und hat sie gemacht. Nun musste man aber auch, um das Zustandekommen des Gesetzes im Gebiete des Zeitsinnes entsprechend zu erklären, annehmen können, dass Zeitintervalle zwischen äusserlich gemachten Eindrücken, die in gleichem Verhältnisse zu einander stehen, sich bei Uebertragung aus dem Aeusseren ins Innere in gleiche Zeit-Unterschiede psychophysischer Erregung übersetzen, wieder, um der von der physiologischen Ansicht geforderten Proportionalität zwischen psychophysischer und psychischer Erregung zu entsprechen; aber, wenn zwei Glockenschläge draussen um eine Secunde differiren, werden auch die Eindrücke, welche die psychophysische Thätigkeit davon erfährt, um eine Secunde differiren, womit die vorige, d. i. physiologische Auffassung nicht bestehen kann, nach welcher gleiche Unterschiede der innern Zeiten statt gleichen Unterschieden vielmehr gleichen Verhältnissen der äussern entsprechen mussten. Nach der physiologischen Auffassung kommt ferner die Reizschwelle nur dadurch zu Stande, dass ein zu schwacher Reiz gar nicht aus dem Aeusseren bis zum Sensorium eindringt. Was hindert aber ein noch so kleines Zeitintervall zwischen Eindrücken, die bis zum Sensorium gelangen, mit bis dahin zu gelangen?

Man kann vielleicht gegen die vorige Betrachtung einwenden, dass die Zeit bei psychophysischer Betrachtung der Verhältnisse zwischen physischer (psychophysischer) und psychischer Seite gar keine Stelle auf physischer Seite finde, sondern blos auf die psychische gelegt werden könne; aber dieselbe, äusserlich durch die Uhr gemessene, Zeit kann, auf die psychophysische Erregung übertragen, psychisch länger oder kürzer erscheinen; und diese Beziehung ist Gegenstand psychophysischer Betrachtung, wobei es also doch eine physische und psychische Seite der Zeit zu unterscheiden gilt.

Hingegen wird man Recht damit haben: dass eine längere Zeit zwischen zwei Eindrücken nicht wegen ihrer abstracten, leeren, physischen Grösse, sondern wegen der grösseren Summe psychophysischer Thätigkeit, die sie enthält, grösser erscheint; dabei gleiche Art und Intensität derselben vorausgesetzt. Der Einwand gegen die physiologische Ansicht aber ändert sich nicht, wenn wir ihn, statt auf die Zeit selbst, auf die damit proportionale Summe psychophysischer Thätigkeit beziehen, welche in der Zeit enthalten ist.

Mancherlei Puncte, welche in das Feld dieser Betrachtungen einschlagen, werden noch im VIII. Abschnitt, nach Erledigung der experimentalen Seite der Frage des Weber'schen Gesetzes, zur Sprache zu bringen sein.

III. Methode der Minimaländerungen. Bezeichnung und gegenseitige Beziehung der dadurch zu erhaltenden Werthe.

Da alle Werthe, mit denen wir folgends zu thun haben, durch die vom Verf. befolgte Methode der Minimaländerungen Wundt's sei es direct erhalten, oder von den dadurch erhaltenen Werthen abhängig sind, und nur mit Bezug auf diese Entstehungsweise klar und richtig gefasst werden können, so möge die kurze authentische Erklärung Wundt's selbst über diese Methode aus s. »Philos. Stud.« I. 558 hieher wörtlich übertragen werden, nur dass ich zur directen Beziehung auf unser Versuchsfeld sein r (Reiz) durch t (Zeitgrösse) ersetze.

»Die Methode der Minimaländerungen besteht in dem folgenden systematischen Verfahren: Bezeichnen wir den constanten Normalreiz mit t, und den variabeln Vergleichsreiz mit t', so wird zuvörderst t' gleich t genommen. Dann wird t' durch unmerkliche Zwischenstufen so lange verstärkt, bis eben $t' > t$ erscheint. Dieser Punct wird aufgezeichnet; aber zur Sicherstellung desselben t' noch etwas weiter verstärkt. Hierauf wird t' allmälig geschwächt, bis eben so der Punct, wo $t' = t$ erscheint (als zu zweit aufzuzeichnender), erreicht und (hiernach des Weiteren) überschritten ist. Man hat auf diese Weise zwei Werthe, die wir mit t_o' und t_o'' bezeichnen wollen, und zu denen man den Mittelwerth $t_o = \frac{t_o' + t_o''}{2}$ bestimmt. In ähnlicher Weise geht man nun von dem Puncte $t' = t$ nach abwärts, indem man t' kleiner als t werden lässt, bis man wieder durch unmerkliche Abstufungen den Punct erreicht hat, wo $t' < t$ erscheint, und von hier wird endlich wieder bis zur scheinbaren Gleichheit von t' mit t zurückgegangen. Aus den so erhaltenen Werthen, die wir mit t_u', t_u'' bezeichnen wollen, wird ein Mittelwerth $t_u = \frac{t_u' + t_u''}{2}$ berechnet«*).

In Betreff der vorigen, dem Verf. mit Wundt gemeinsamen und sonst von ihm gebrauchten, Bezeichnungen schliesse ich mich, abgesehen von den ausdrücklich zu bemerkenden Ausnahmen, ganz dem Verf. an, habe aber einige Bezeichnungen für Werthe, die bei ihm nicht vorkommen, hinzuzufügen, was doch in der Hauptsache auf die Stellen, wo davon Gebrauch zu machen, verspart werden kann, und zunächst nur Folgendes zu registriren:

---

*) Die vom Verf. selbst p. 40 gegebene kurze Schilderung des Verfahrens stimmt, abgesehen von dem blos formellen Unterschiede, dass er in dem von ihm gegebenen Beispiele Verkleinerung und Vergrösserung in umgekehrter Ordnung als oben folgen lässt, mit der obigen wesentlich überein.

Zeiteinheit uberall die Secunde,

t die Hauptzeit, mit welcher die sog. Vergleichszeit t' verglichen wird.

$d_o = t_o - t$ und $d_u = t - t_u$ die obere und untere Unterschiedsschwelle, d. s. »die Zuwuchse, die man t ertheilen muss, damit dies dem betreffenden Beobachter merklich grösser oder kleiner erscheine«, und:

t_o, t_u die so erscheinenden Vergleichszeiten selbst, deren Entstehung als Mittel je zweier Beobachtungswerthe, resp. t_o', t_o'' und t_u', t_u'' oben angegeben ist.

Zu Vorigem die Bemerkung, dass der Verf. die untere Unterschiedsschwelle d_u nicht, wie so eben von mir geschehen, $= t - t_u$, sondern $= t_u - t$ setzt, womit sich das Vorzeichen gegen unsern Gebrauch umkehrt. Die Motivirung unseres Gebrauches wird unten folgen; der Gebrauch des Verf. aber ist um so auffalliger, als Wundt, dessen Verfahren der Verfasser doch einhält, unsern nicht seinen Gebrauch theilt (»Philos. Stud. I. p. 559). Sachlich verschiedene Folgerungen zwischen dem Verf. und mir gehen übrigens nicht aus unserer verschiedenen Gebrauchsweise des Vorzeichens hervor.

$T = \frac{t_o + t_u}{2}$ nach dem Verf. »der Zeitwerth, welcher in unserem Bewusstsein der Hauptzeit t entspricht«, von Wundt (»Philos. Stud.« I. 563) als »Schätzungswerth der Zeit« bezeichnet.

$\Delta = T - t = \frac{t_o + t_u}{2} - t = \frac{d_o - d_u}{2}$, von Wundt als mittler Schätzungsfehler bezeichnet. — Wo Δ negative Werthe annimmt, setzt der Verf. $\Delta -$ dafür.

Die Ausdrucksweise von Δ durch $\frac{d_o - d_u}{2}$ finde ich zwar weder bei Wundt noch beim Verf. ausdrücklich notirt, wohl, weil sie keinen Anlass fanden, auf die dadurch ausgedrückte Bedeutung von Δ Ruckgang zu nehmen, nach welcher dieser Werth einfach als halber Unterschied zwischen oberer und unterer Unterschiedsschwelle erklärt werden kann. Man kommt aber leicht auf den betreffenden Ausdruck, indem man die in Δ eingehenden Werthe t_o, t_u respective in $t + d_o$ und $t - d_u$ übersetzt. Die Vernachlässigung der Bedeutung, welche dem Δ hiernach zukommt, Seitens des Verf., wird sich doch im Folgenden sehr fühlbar machen*).

Indifferenzpunct der Werth von t, bei welchem Δ Null wird, wo also $d_o = d_u$, $\frac{t_o + t_u}{2} = t$ ist.

Dieser Punct wird vom Verf. p. 37 für den Punct erklärt, »an welchem die Zeitschätzung am genauesten sei«, was sich aber sachlich keinesfalls halten lässt. Denn unstreitig haben wir die Schätzung für so genauer zu halten, je weniger der Vergleichswerth t' von der zu schätzenden Zeit t in plus oder minus abweicht, d. i. je kleiner nach einer Seite d_o, nach der anderen d_u ist. Nun könnten aber beide sehr gross und mithin die Schätzung nach beiden Seiten sehr ungenau sein, so würde man doch $\Delta = 0$ haben, wenn beide nur gleich sind. Also wird meines Erachtens der sog. Indifferenzpunct nur charakteristisch für die beiden solidarisch zusammenhängenden Puncte sein: 1) dass die beiden, in ihrem allgemeinen Gange bezüglich t von einander abweichenden, Unterschiedsschwellen sich am Indifferenzpuncte in Gleichheit begegnen; 2) dass das Mittel der beiden Schätzungswerthe t_o, t_u mit dem Hauptwerthe t übereinstimmt.

Nun kann man vielleicht dieser Bemerkung entgegenhalten, dass die Ungleichheit von d_o und d_u überhaupt nur durch Versuchsfehler eingeführt werde, und man in dem Puncte, wo beide gleich werden, zugleich die richtigen Werthe beider erhalte; ja dass das Verfahren der Minimaländerungen eben darauf abziele, durch Combination der Versuche nach Oben und Unten die von einseitiger Vergleichsrichtung abhängigen Fehler zu eliminiren, was nun eben bezüglich der Richtigstellung der Unterschiedsschwellen durch den Werth derselben beim Indifferenzpuncte zu geschehen habe. Inzwischen ist Zweies gegen zu bemerken: 1) dass, da der Unterschied d_o bei gegebenem t im

---

*) Beiläufig gehört hierher Folgendes: Auf p. 47 bemerkt der Verf.: »dass bei Zeitschätzungen der gefundene Unterschiedsschwellenwerth d_o oder d_u von dem zugehörigen Werthe von Δ abhängt und in Rücksicht auf diese Abhängigkeit berichtigt werden müsse, um den wahren Unterschiedsschwellenwerth zu erlangen.« Dieser Stelle aber lässt sich nach obiger zweifelsfreier Gleichung $\Delta = \frac{d_o - d_u}{2}$ kein Sinn abgewinnen, da umgekehrt Δ von d_o und d_u zugleich abhängt. Nach späteren Erörterungen (Abschn. XI) bedürfen sowohl d_o als d_u einer Correction, von der dann auch die von Δ, aber nicht umgekehrt, abhängt.

Ganzen zwischen grösseren Werthen stattfindet, als der Unterschied d_u, jener nämlich zwischen dem grösseren t_o und t, dieser zwischen demselben t und (dem kleineren t_u), dass, sage ich, beide als abhängig von der Höhe der t-Scale, in der sie sich befinden, principiell verschieden sein müssen, mithin die an sich richtigen Werthe von d_o und d_u nicht mit der Gleichheit beider, also auch nicht mit $\Delta = 0$ zusammenfallen können; 2) dass mit der Gleichheit der Werthe d_o, d_u, welche bei $\Delta = 0$ stattfindet, nicht nur nichts dafür bewiesen ist, dass beide kleiner als bei irgendwelchen anderen t-Werthen sind, mithin der genauesten Schätzung entsprechen, sondern dass dies auch mit der directen Erfahrung nicht stimmt[1].

Die vorigen Bemerkungen führen dazu, die Bezeichnung von Δ als »mittleren Schätzungsfehler« überhaupt misslich, weil leicht missverständlich, finden zu lassen. Denn zunächst scheint sie freilich vollständig durch die Betrachtungsweise selbst motivirt, der sie ihren Ursprung verdankt: d. i. wir schätzen beim Verfahren der Minimaländerungen einmal t (nahe) gleich t_o, anderemale, und zwar gleich oft, gleich t_u, im Mittel also gleich $T = \frac{t_o + t_u}{2}$, und die Abweichung dieses mittleren Schätzungswerthes von der zu schätzenden Zeit t giebt nun den mittleren Schätzungsfehler Δ. Nichts scheint hiernach rationeller als diese Bezeichnung. Dennoch liegt folgende, von der vorigen ganz abweichende und jedenfalls nicht weniger Anspruch auf Beachtung machende, Bedeutung eines mittleren Schätzungsfehlers viel näher. Ein Werth (t) sei an sich gleich 10, aber werde einmal gleich 15 ($= t_o$), das anderemal gleich 5 ($= t_u$) geschätzt, so wird man natürlich jeden beider Schätzungsfehler sowie das Mittel derselben gleich 5 nehmen, und den mittleren Schätzungsfehler dadurch bezeichnet finden können: wogegen der mittlere Schätzungsfehler nach Wundt $= \frac{15+5}{2} - 10 = 0$ sein und gar keine Beziehung zur Fehlerhaftigkeit der Schätzung haben wird. Gesetzt ferner, die Abweichungen nach beiden Seiten von 10 seien ungleich, indem etwa der eine Schätzungswerth 15, der andere 7 betrüge, so würde nach unserer natürlich scheinenden Fassung der mittlere Schätzungsfehler $= \frac{(15-10)+(10-7)}{2} = 4$, nach der Wundtschen Fassung $\frac{15+7}{2} - 10 = 1$ sein. Und so würde allgemein nach der natürlichsten Fassung der mittlere Schätzungsfehler statt $\frac{d_o - d_u}{2} = \frac{t_o + t_u}{2} - t$ vielmehr $= \frac{d_o + d_u}{2} = \frac{t_o - t_u}{2}$ zu nehmen sein, wovon letztere Gleichung sich wieder leicht ergiebt, wenn man d_o in $t_o - t$ und t_u in $t - t_u$ übersetzt.

---

[1] Siehe Kollert's Versuche in »Philos. Stud.« I, 82 ff., wo die Unterschiedsschwellen d_o, d_u mit d_2, d_1 bezeichnet sind. Hier findet sich z. B. beim Beobachter W der Werth $\Delta = 0{,}001$ also merklich $= 0$ bei $t = 0{,}8$, mit $d_2 = 0{,}075$ und $d_1 = 0{,}072$ also bei merklicher Gleichheit beider, wie es der Indifferenzpunct fordert. Aber diese gleichen Werthe sind keineswegs zugleich die kleinsten; sondern bei $t = 0{,}7$; $0{,}5$; $0{,}4$ hat man d_1 respective $= 0{,}043$; $0{,}053$; $0{,}023$, also alle kleiner als beim Indifferenzpunct $t = 0{,}7$, und d_2 ist $= 0{,}057$ bei $t = 0{,}7$ und $= 0{,}066$ bei $t = 1{,}2$, also auch kleiner als bei $t = 0{,}8$. Eben so ist $d_o + d_u$ nicht allgemein am kleinsten am Indifferenzpunkte (wo $d_o = d_u$), sondern z. B. für W gleich $0{,}129$ bei $t = 0{,}4$, und $= 0{,}100$ bei $t = 0{,}7$, hingegen $0{,}147$ beim Indifferenzpunct $0{,}8$.

Inzwischen lassen wir immerhin dem $\Delta = \frac{d_o - d_u}{2}$ die Bezeichnung »mittler Schätzungsfehler«, da sie zugleich das obige Motiv und die Priorität vor $\frac{d_o + d_u}{2}$ für sich hat, so bleibt jedenfalls hinsichtlich der sachlichen Bedeutung gewiss, dass nicht $\frac{d_o - d_u}{2}$, sondern $\frac{d_o + d_u}{2}$ (nach reciprokem Werthe) massgebend für die mittlere Unterschiedsempfindlichkeit ist, und dass die grösste Genauigkeit der Schätzung nicht bei dem sog. Indifferenzpuncte zu suchen ist, wo $\Delta = \frac{d_o - d_u}{2}$ gleich Null ist, sondern wo $\frac{d_o + d_u}{2}$ ein Minimum ist.

Hiernach bleiben noch folgende Bezeichnungen zu registriren übrig:

$r_o = \frac{t_o}{t}$ und $r_u = \frac{t}{t_u}$ die obere und untere Verhältnissschwelle.

$r = \sqrt{r_o r_u} = \sqrt{\frac{t_o}{t}}$ die mittlere Verhältnissschwelle. Sie ist nicht als arithmetisches sondern als Verhältnissmittel bestimmt, weil r_o, r_u selbst Verhältnisse sind (vergl. »Revis.« p. 399).

Hieraus fliessen weiter

$$t_o = r_o t\,; \qquad t_u = \frac{t}{r_u}$$

$$d_o = (r_o - 1)\,t\,; \qquad d_u = \frac{r_u - 1}{r_u}\,t$$

$$\Delta = \frac{\left(r_o + \frac{1}{r_u} - 2\right)}{2}\,t\,.$$

Endlich noch folgende von mir selbst gewählte Bezeichnungen:

w_o, w_u, w die obere, untere und mittlere relative Unterschiedsschwelle, und zwar:

$$w_o = \frac{d_o}{t} = v_o - 1\ ; \quad w_u = \frac{d_u}{t_u} = v_u - 1\ ; \quad \sqrt{\frac{d_o}{t} \cdot \frac{d_u}{t_u}} = \sqrt{(v_o - 1)(v_u - 1)}\ ,$$

hiernach

$$v_o = w_o + 1\ ; \qquad v_u = w_u + 1\ ; \qquad v = \sqrt{(w_o + 1)(w_u + 1)}\ .$$

Ueber die Weise, wie die unteren Schwellen gegenüber den oberen zu fassen sind[1], hat bisher noch nicht überall hinreichende Klarheit geherrscht, und es dürften daher einige Bemerkungen darüber nützlich sein. So hat Tischer in seiner Abhandlung über die Schallversuche die untere relative Unterschiedsschwelle als $\frac{d_u}{t}$ gegenüber der oberen als $\frac{d_o}{t}$ gefasst, während erstere vielmehr als $\frac{d_u}{t_u}$ zu fassen ist (»Revis.« p. 397 ff.), und unser Verf. setzt bemerktermassen die einfache untere und obere Unterschiedsschwelle einander als negative und positive gegenüber, während beide als positiv zu fassen sind, was natürlich nicht ausschliesst, dass, wenn das positive d_u in Abzug kommt, dies durch das Zeichen — angezeigt werde, wie in dem vorhin besprochenen $\Delta = \frac{d_o - d_u}{2}$. Ich denke aber, dass, wenn man anders consequent sein will, folgende Gesichtspunkte als massgebend zu gelten haben.

Man nimmt die obere Unterschiedsschwelle d_o nach Convention als positiv an, indem man sie dadurch erhält, dass man den kleineren Werth t vom grösseren t_o, nicht umgekehrt, abzieht, und wird dann, um sich im Vorzeichengebrauch treu zu bleiben, auch die untere Unterschiedsschwelle d_u positiv zu nehmen haben, indem man den kleineren Werth t_u vom grösseren, nicht umgekehrt, abzieht; also:

$$d_o = t_o - t\ ; \qquad d_u = t - t_u$$
$$t_o = t + d_o\ ; \qquad t_u = t - d_u\ . \quad \text{nicht} = t + d_u \text{ (Estel)}\ .$$

Zu demselben Resultat führt folgende Betrachtung. Wir können für den vorliegenden Zweck die Unterschiedsschwelle als den Unterschied zwischen zwei Werthen, wie t und t', erklären, der nicht überschritten werden kann, ohne erkannt zu werden. Dabei ist es an sich gleichgültig, ob wir den Unterschied als $t - t'$ oder $t' - t$ fassen: es handelt sich jedenfalls nur um die absolute Grösse des nicht überschreitbaren Unterschiedes, und nachdem die Convention besteht, absolut gefasste Grössen mit positivem Vorzeichen zu behalten, werden wir dies auch consequent mit der Unterschiedsschwelle als Differenz zwischen t und t' zu thun haben. Anders bei Beobachtungsfehlern, welche zwar auch Unterschiede zwischen zwei Werthen, einem gegebenen Werthe und einem Fehlerwerthe, sind; wo wir aber positive und negative Fehler unterscheiden, weil hier das Interesse und die ausdrückliche Aufgabe darauf geht, mit der Grösse auch die Richtung der Abweichung bezüglich des gegebenen Werthes zu bestimmen. Hingegen steht es an sich eben so frei, die Unterschiedsschwelle als Abweichung des Vergleichswerthes t' vom gegebenen Werthe t wie umgekehrt zu nehmen, nur dass die Consequenz fordert, sie nicht einmal als Abweichung des grösseren vom kleineren, das andere Mal als Abweichung des kleineren vom grösseren Werthe zu fassen.

Entsprechend wie mit den absoluten Unterschiedsschwellen d_o, d_u verhält es sich nun auch mit den relativen w_o, w_u. Nachdem die Convention besteht, die obere relative Unterschiedsschwelle w_o dadurch zu bilden, dass man den Unterschied d_o mit dem kleineren der beiden Werthe t, t_o, wozwischen er besteht, dividirt, wird man auch die untere relative Unterschiedsschwelle w_u dadurch zu bilden haben, dass man den Unterschied d_u mit dem kleineren der beiden Werthe t, t_u, wozwischen er besteht, d. i. mit t_u dividirt, wonach

$$w_o = \frac{d_o}{t}\,; \qquad w_u = \frac{d_u}{t_u}\,,\ \text{nicht} = \frac{d_u}{t}\ \text{Fischer}$$

Sofern nun $d_o = t_o - t$ und $d_u = t - t_u$, hat man dann auch

$$w_o = \frac{t_o - t}{t} = r_o - 1\,; \qquad w_u = \frac{t - t_u}{t_u} = r_u - 1\,,$$

d. h. die obere und untere relative Unterschiedsschwelle werden erhalten, wenn man respective von der oberen und unteren Verhältnissschwelle 1 abzieht; und wohl durch Analogie hiermit verleitet, setzt nun auch der Verf. ohne Weiteres p. 64 die mittlere relative Unterschiedsschwelle w gleich der mittleren Verhältnissschwelle weniger 1, d. i. $= \sqrt{r_o r_u} - 1 = r - 1$. Wenn aber die einfachen relativen Unterschiedsschwellen w_o, w_u respective $= r_o - 1$ und $r_u - 1$ sind, so ist die mittlere consequenterweise $= \sqrt{(r_o - 1)(r_u - 1)}$, was von $\sqrt{r_o r_u} - 1$ ganz abweicht und gar nicht darauf zurückführbar erscheint. Nun wird sich zwar weiterhin (Abschnitt X) zeigen lassen, wie sich mittelst einer, auch aus anderen Gesichtspuncten geforderten Correction der aus den directen Beobachtungswerthen fliessenden r_o, r_u jener Analogie doch genügen und die betreffende Zurückführung in aller Strenge bewirken lässt; zunächst aber bleibt der Widerspruch dagegen bestehen. Dies führt auf folgenden Punct von allgemeinerer Wichtigkeit.

Alle bisherigen Bezeichnungen und Gleichungen sind überhaupt auf die betreffenden Werthe zu beziehen, wie sie unmittelbar aus den Versuchen hervorgehen oder aus Analyse und mathematischer Verknüpfung der so gewonnenen Werthe fliessen. Voran stehen in dieser Beziehung mit dem in dem Versuch gegebenen t die Beobachtungswerthe t_o, t_u, wenn man nicht gar auf deren Componenten t_o', t_o'', t_u', t_u'' zurückgehen will. Von den beobachteten t_o, t_u unter Ziehung der gegebenen t hängen dann weiter die d_o, d_u, Δ, r_o, r_u, w_o, w_u und deren Mittelwerthe im Sinne der angegebenen Gleichungen ab. Denn in der That sind t_o, t_u nicht durch Zusammensetzung von t mit abgesondert zu beobachtenden d_o, d_u bestimmt, sondern d_o, d_u sind durch Analyse von t_o, t_u in $t + d_o$, $t - d_u$ hervorgegangen. Nun führt aber nicht nur der betreffende Widerspruch, sondern führen (nach Abschn. X) noch fundamentaler andere Umstände zu der Annahme, dass die Werthe t_o, t_u als unmittelbare Versuchsergebnisse noch mit einem Versuchsfehler behaftet sind, von dem sie erst befreit oder hinsichtlich dessen sie, wie ich sage, corrigirt werden müssen, um zu einfachen Gesetzlichkeiten zu kommen, und auf reine Unterschiedsempfindlichkeit bezogen werden zu können, eine Correction, die von den t_o und t_u sich auch auf alle davon abhängigen Werthe zu erstrecken hat, wonach uncorrigirte oder rohe und corrigirte oder reine Werthe zu unterscheiden sind. Hierauf beziehen sich eingehende Erörterungen in späteren Abschnitten (X, XI), vorweg aber möchte ich Folgendes bemerken.

Der Verf. selbst geht bei der Prüfungsfrage des Weber'schen Gesetzes (p. 63) auf die Möglichkeit des betreffenden Fehlers und dessen Eliminirbarkeit sachgemäss ein, lässt aber die Rücksicht darauf bei Verfolgung der Verhältnisse und des Ganges der Δ, worin sich seine Abhandlung hauptsächlich bewegt, ganz bei Seite, und hierin finde ich zu seiner Nichtberücksichtigung der Zufälligkeiten einen zweiten Grund, seiner Behandlung des vorliegenden Thema nicht zustimmen zu können, da ich in der That in den von ihm als $\frac{t_v + t_n - 2t}{2}$ bestimmten Δ nur rohe Werthe sehe, die erst durch Correction der t_v, t_n in reine verwandelt werden müssen, um für den Zeitsinn massgebende Bedeutung zu erlangen, womit sich die Verhältnisse der Δ und der damit functionell zusammenhängenden Werthe ganz und gar andern und einfacheren Gesetzlichkeiten fügen.

IV. Untersuchungsmaterial und Versuchstabellen.

Die zur Unterlage der folgenden Untersuchung dienenden Versuche des Verf. zerfallen in zwei Hauptgruppen, die sich durch etwas veränderte Anordnung, andere Beobachter und dadurch unterscheiden, dass in der ersten, 1881 angestellten, zwischen der Hauptzeit t und Vergleichszeit t' ein der Hauptzeit gleiches Intervall δ gelassen wurde, wogegen bei der zweiten, 1882 angestellten, das Zwischenintervall δ ganz weggelassen wurde, so dass der zweite Schlag der Hauptzeit t zugleich als der erste Schlag der Vergleichszeit t' galt.

An den Versuchen erster Gruppe betheiligten sich nicht weniger als sechs Beobachter, S (Schmerler), W (Wundt), We (Wendel), E (Estel), Tr (Trautschold), P (Papperitz); an denen der zweiten, abgesehen von einigen hier nicht zur Sprache zu bringenden Nebenreihen, blos drei, H (Hansen), Tr (Trautschold) und T (Tischer). Der Verf. selbst betheiligte sich bei letzterer gar nicht als Beobachter, sondern bediente nur den Apparat und notirte die Angaben der Beobachter, was nicht hindern wird, die Gesammtheit dieser Versuche, als von ihm vertreten, in seiner Abhandlung registrirt und bearbeitet, kurz als Estel'sche zusammenzufassen.

Die Versuche erster wie zweiter Gruppe theilen sich in sog. normale und anomale. Schon Kollert nämlich hatte bei früheren Versuchen über den Zeitsinn *) Anlass gefunden, beiderlei nach dem verschiedenen Gange, welchen die Δ darin nehmen, zu unterscheiden, unser Verfasser aber, dem sich nicht minder ein solcher

---

*) Wundt's »Philos. Stud.« I, 78 ff. (1881).

Unterschied sogar in doppeltem Sinne darbot, fand bei näherer Untersuchung des Grundes dieses Unterschiedes denselben darin beruhend, dass die normalen Versuche contrastfrei, die anomalen hingegen durch den Contrast mit früheren Versuchen, welche mit grösseren oder kleineren t angestellt waren, beeinflusst sind, worauf unten bei Mittheilung der anomalen Reihen zurückzukommen. Dabei wird sich zeigen lassen, dass die anomalen, trotz dieses Einflusses, hinsichtlich unserer Fragen wesentlich zu denselben Ergebnissen führen, als die normalen.

Es würde nun hinreichen, auf die Versuchstabellen des Verf. als schon vorliegende Unterlagen der folgenden Untersuchung zu verweisen und dadurch diese Abhandlung abzukürzen, wenn die Daten der Tabellen in einer für die Hauptzwecke unserer Untersuchung geeigneten Form und Zusammenstellung dargeboten wären; da dies aber nicht der Fall ist, werden wir sie demgemäss umgestaltet reproduciren müssen. Es kommt nämlich Folgendes in Betracht. Unterscheiden wir Gesammtreihen als solche, woran sich eine Mehrheit verschiedener Beobachter betheiligen, und Specialreihen als solche, welche, in Unterordnung unter die vorigen, für die einzelnen Beobachter insbesondere gelten, so sind die Versuchstabellen des Verf. für jede Gesammtreihe in die der Specialreihen gegliedert; und in jeder dieser Reihen sind zu einer Reihe von t's die zugehörigen d_o, d_u und Δ gegeben; sofern aber diese grossentheils ein Mittel mehrerer Bestimmungen sind, ist auch die Zahl dieser Bestimmungen als n hinzugefügt. Hierzu kommen endlich noch die Abweichungen $\delta\Delta$ der für die verschiedenen Beobachter geltenden Δ vom Mittel Δ_m derselben, und bei den anomalen Reihen noch Werthe t_c, deren Bedeutung weiterhin anzugeben sein wird.

Diese Einrichtung der Tabellen mag nun für den Hauptzweck des Verf., die Verhältnisse der Δ, welche unmittelbar von den d_o, d_u abhängen, zu untersuchen, als die geeignetste erschienen sein. Da aber für uns diesem Zweck noch voransteht, die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes für den Zeitsinn aus der Constanz der mittleren Verhältnisschwelle $v = \sqrt{\frac{t_o}{t_u}}$ oder dem um 1 verminderten Werthe derselben bei aufsteigendem t nachzuweisen, diese Schwelle aber unmittelbar vielmehr von t_o, t_u als von d_o, d_u abhängt, muss es auch für uns zweckmässiger erscheinen, in die Tabellen, auf die wir uns zu stützen haben, die t_1, t_2 als die d_1, d_2 aufzunehmen; und so wird dies auch im Folgenden geschehen, was übrigens nicht hindert, von den t_1, t_2 und zugehörigen t nach den Gleichungen $d_1 = t_1 - t$ und $d_2 = t - t_2$ auf die d_1, d_2 und hiermit auf die Tabelleneinrichtung des Verf. zurückzukommen[1]. Die Δ übergehe ich zunächst, um später, wo ich meinerseits auf die Verhältnisse der Δ eingehe, deren Angabe, so weit als nöthig schien, nachzuholen, und gebe dafür in den Tafeln der Mittel die aus den t_1, t_2 folgenden r_1, r_2 und $r - 1$ mit einem Werthe $p = \sqrt{\frac{r_2}{r_1}} = \frac{t}{\sqrt{t_1 t_2}}$, dessen wichtige Bedeutung als Correctionsfactor roher Werthe später (Abschnitt X. XI) erhellen wird.

Eine zweite, für unsern Hauptzweck wesentliche Umänderung der Tabelleneinrichtung des Verf. liegt in folgendem Puncte. An sich hindert nichts, sei es die d_1, d_2 oder t_1, t_2 durch die Reihe der t's in jeder Specialreihe eines Beobachters besonders zu verfolgen, und die daraus abzuleitenden r oder $r - 1$ betreffs ihrer Constanz bei aufsteigenden t besonders zu prüfen; aber theils würde die Durchführung hiervon durch eine Mehrheit von Specialreihen sehr umständlich sein und zu wenig übersichtlichen Resultaten führen, theils würden die zufälligen Fehler, die den Werthen jeder Specialreihe noch anhaften, nicht die durch Mittelziehung mögliche Compensation erfahren, und man schliesslich eine Nebeneinanderstellung unsicherer Resultate erhalten. Also ziehe ich vor, aus den t_1, t_2 der verschiedenen Beobachter Mittelwerthe zu ziehen, und hiernach die zugehörigen r oder $r - 1$ zu bestimmen, auf deren Constanz bei verschiedenen t sich die Prüfung richtet. Da nun aber der Verf. die Specialreihen jeder Gesammtreihe in besonderen Tabellen aufführt, so fallen hiermit deren t_1, t_2 aus einander, und die Mittelziehung daraus wird unbequem. Also vereinige ich alle Specialreihen derselben Gesammtreihe in eine einzige Haupttabelle a) so, dass die für die verschiedenen Beobachter geltenden Werthe t_v, t_n, welche demselben t zugehören, unter einander zu stehen kommen, was eine leichte Summirung und Mittelziehung daraus gestattet. Hier und da fehlen aber Beobachtungen dieses oder jenes Beobachters für dieses oder jenes t, wo dann die Lücke durch einen blossen Strich von mir ausgefüllt wird.

---

[1] Abgesehen von besonderen Zweckmotiven, welche dazu bestimmen können, vielmehr die d_1, d_2 oder t_1, t_2 in die Versuchstabellen aufzunehmen, verdient letztere, von mir bevorzugte Aufnahme jedenfalls, allgemein gesprochen, insofern den Vorzug, als nicht die d_1, d_2, sondern t_1, t_2 direct aus den Versuchen hervorgehen, aber die d_1, d_2 erst als $t_1 - t$ und $t - t_2$ daraus folgen.

Die kleinen Ziffern über den Zahlen der t_v in der Haupttabelle a) bedeuten die Zahl der Bestimmungen, das n, aus welchem die Angabe des betreffenden Beobachters für dieses t_v gewonnen ist. Dasselbe n, was für t_v gilt, gilt dann auch stets für das in Zusammenhang damit beobachtete t_n und die aus beiden abzuleitenden Werthe, ohne noch besonders angegeben zu sein.

Kürze halber führe ich die hier vorzuführenden Gesammtreihen als No. 1, No. 2 u. s. w. auf unter Verweisung auf die römischen Nummern der Originaltabellen, aus denen sie abgeleitet sind. Voran steht unter jeder Nummer die **Haupttabelle** a), welche als Wiedergabe der von den einzelnen Beobachtern direct beobachteten Werthe angesehen werden kann; dann folgen unter b) c) eine oder zwei Tabellen der aus der Tabelle a) abgeleiteten Tabellen der Mittel.

Die Tabellen der Mittel gebe ich sei es für **alle** Beobachter und **alle** t's, die in der Gesammtreihe vorkommen, wenn alle Specialreihen der Gesammtreihe lückenlos bezüglich der t's sind, oder nur für den Theil der Beobachter und t's, bezüglich deren sich keine Lücken finden, wo vielmehr zu allen in Betracht zu nehmenden t's auch Daten von allen in Betracht zu nehmenden Beobachtern vorliegen, um nicht unvergleichbare Mittel für die verschiedenen t's zu erhalten. Der Verf. freilich verfährt in dieser Beziehung anders und zieht überhaupt, wie auch schon früher **Kollert**, die Mittel in anderer Weise als von mir geschieht, einer Weise, die meines Erachtens nur gerechtfertigt sein würde, wenn alle Beobachter, aus deren Data die Mittel zu ziehen, dieselbe Unterschiedsempfindlichkeit, hiermit, abgesehen von Zufälligkeiten, dieselbe d_v, d_n hätten, was sich doch nach den Ergebnissen des folgenden Abschnittes sehr anders verhält. Hierauf wird im VI. Abschnitt noch besonders zurückzukommen sein.

Aus den Tabellen der Mittel kann man sich nun schon vorläufig überzeugen, *ob die, den verschiedenen t zugehörigen $v - 1$ der vom*

Weber'schen Gesetze geforderten Constanz so weit entsprechen, dass die Abweichungen davon auf einen Rest unausgeglichener Zufälligkeiten geschoben werden können. Im Abschnitt VIII aber wird noch eine besondere Zusammenstellung der Ergebnisse der verschiedenen Reihen in dieser Beziehung gegeben und auf Erörterungen darüber eingegangen werden; indess die Verhältnisse der p auf Grund der folgenden Mitteltabelle in einem anderen Abschnitt (X) besprochen werden sollen.

Von den, in der Abhandlung des Verf. mit römischen Ziffern bezeichneten Versuchstabellen sind folgends die kleineren Tabellen IX, XVIII, XIX und die grösseren X, XI unberücksichtigt geblieben, die ersten drei, weil sie blos zu ergänzenden oder Nebenbestimmungen dienen, auf die für uns kein Anlass sein wird, besonderen Rückbezug zu nehmen, letztere zwei (anomal), weil sie für die einzelnen Beobachter zu lückenhaft sind, und fraglich, ob zu $<$ oder $>$ gehörig. Die übrigen, von mir folgends nur in anderer Form reproducirten Tabellen des Verf. aber gewähren schon für sich ein reiches Untersuchungsmaterial bezüglich unserer Fragen, indem sie sich theils auf Reihen erster, theils zweiter Gruppe, also mit und ohne Zwischen-δ, theils auf normale, theils anomale Reihen, also ohne und mit Contrasteinfluss, beziehen. Sie gehen von $t = 1{,}5$ bis $t = 8{,}0$ und gewähren, wie man sehen wird, in dieser grossen Ausdehnung eine zufriedenstellende Bewährung des Weber'schen Gesetzes und einen genügenden Anhalt, die Periodicitätsfrage zu untersuchen. Inzwischen lassen die früheren Kollert'schen Versuche, in den »Philos. Stud.« I. 1881, p. 82 ff., mit Hauptzeiten von $t = 0{,}4$ bis 1.2 oder 1.5, allerdings an eine für sehr kleine Hauptzeiten stattfindende untere Abweichung vom Weber'schen Gesetze denken, wofür auch frühere Versuche von Mach und Vierordt sprechen, und so sind die dahin gehörigen Kollert'schen Reihen folgends nach den Estel'schen mit aufgenommen. Sie sind wesentlich nach demselben Verfahren als die Estel'schen erster Gruppe, also mit Zwischen-$\delta = t$, theils normal, theils anomal, unter Betheiligung von sechs Beobachtern dabei, angestellt. Diese Versuche sind zwar schon in »Revis.« p. 422 von mir berücksichtigt, aber damals noch nach den von Kollert selbst gezogenen Mittelzahlen.

No. 1. II bis VIII, p. 41 ff., normal, mit δ, 6 Beobachter S, W, We, E, Tr, P. $t = 1,8$ bis 8,0.

a) Haupttabelle.

t		1,8	2,0	2,7	2,75	2,88	3,0	3,7	4,0	5,5	6,0	8,0
t_d	S	$\overset{2}{1,8458}$	—	—	$\overset{2}{2,8303}$	—	—	$\overset{2}{3,7688}$	—	$\overset{1}{5,6834}$	$\overset{1}{6,1000}$	$\overset{1}{8,2000}$
	W	$\overset{1}{1,8458}$	—	$\overset{1}{2,8554}$	$\overset{2}{2,8764}$	—	—	$\overset{1}{3,9292}$	—	$\overset{1}{5,4544}$	$\overset{2}{6,0889}$	—
	We	$\overset{1}{1,8000}$	$\overset{1}{2,150}$	—	$\overset{2}{2,7844}$	$\overset{1}{3,0152}$	$\overset{1}{3,1000}$	$\overset{3}{3,8598}$	—	—	$\overset{3}{6,2278}$	$\overset{2}{8,2050}$
	E	$\overset{1}{1,8500}$	$\overset{1}{2,150}$	$\overset{1}{2,8110}$	$\overset{1}{2,7958}$	$\overset{1}{2,8972}$	$\overset{3}{3,0833}$	$\overset{2}{3,8375}$	$\overset{1}{4,2000}$	$\overset{1}{5,5459}$	$\overset{1}{6,0531}$	$\overset{2}{8,2000}$
	Tr	—	$\overset{2}{2,0250}$	—	—	—	$\overset{2}{3,0750}$	—	$\overset{3}{4,1170}$	—	$\overset{2}{6,1000}$	—
	P	$\overset{3}{1,9333}$	$\overset{2}{2,1250}$	—	—	—	$\overset{2}{3,0750}$	—	$\overset{2}{4,0500}$	—	—	—
t_a	S	1,5822	—	—	2,2686	—	—	3,4260	—	4,8122	5,2000	6,6500
	W	1,5478	—	2,3004	2,2686	—	—	3,0433	—	4,4454	5,0318	—
	We	1,5937	1,7000	—	2,4494	2,3547	2,5500	3,4063	—	—	4,9318	6,4007
	E	1,5000	1,7500	2,3892	2,2915	2,2846	2,4834	3,0357	3,5500	4,5830	5,1094	6,9250
	Tr	—	1,7750	—	—	—	2,4500	—	3,3000	—	5,1250	—
	P	1,5334	1,7250	—	—	—	2,4750	—	3,3250	—	—	—

Diese Tabelle ist, wie man sofort aus den vielen — übersieht, sehr lückenhaft, was ihre Verwerthung zu Mitteltabellen sehr einschränkt. Blos E (Estel) hat bei allen 11 t's beobachtet, demnächst folgt We (Wendel), der blos bei $t = 2.7$, 4.0, 5.5 Beobachtungen vermissen lässt. Also gebe ich unter b) eine Mitteltabelle für We und E bezüglich auf die 8 t's, die ihnen gemeinsam sind; und unter c) eine zweite Mitteltabelle für S und W bezüglich der 5 t's, die ihnen gemeinsam sind.

b) Mittel für We und E.

t	t_a	t_n	v_a	v_n	$v-1$	p
1,8	1,8250	1,5169	1,0139	1,1636	0,0862	1,0713
2,0	2,1500	1,7250	0750	1594	1164	0385
2,75	2,7901	2,3703	0146	1602	0850	0694
2,85	2,9562	2,3182	0373	2294	1293	0887
3,0	3,0917	2,5167	0306	1920	1084	0755
3,7	3,8452	3,0700	0393	2052	1192	0769
6,0	6,1405	5,0201	0234	1952	1060	0807
8,0	8,2025	6,6129	0253	2098	1132	0862
30,1						

c) Mittel für S und W.

t	t_a	t_n	v_a	v_n	$v-1$	p
1,8	1,8458	1,5650	1,0254	1,1502	0,0860	1,0591
2,75	2,8532	2,2686	0376	2122	1215	0809
3,7	3,8190	3,0701	0103	2052	1197	0763
5,5	5,5687	4,6288	0126	1882	0969	0833
6,0	6,0915	5,1159	0158	1728	0915	0715
19,75						

No. 2. XII. XIII. XIV. p. 52. 53, normal, ohne δ.
3 Beobachter, H, Tr, T, t = 1,5 bis 5,0.

a) Haupttabelle.

t		1,5	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	3,75	4,0	4,5	5,0
t_o	H	4 1,583	10 2,105	3 2,350	2 2,575	1 3,100	1 3,700	—	5 4,120	2 4,600	2 5,075
	Tr	4 1,596	7 2,100	—	6 2,692	4 3,237	3 3,710	2 4,050	6 4,192	—	2 5,050
	T	3 1,592	9 2,138	2 2,400	2 2,675	2 3,225	3 3,600	5 4,040	8 4,225	—	2 5,475
t_n	H	1,342	1,785	2,067	2,225	2,700	2,900	—	3,520	4,025	4,300
	Tr	1,288	1,764	—	2,150	2,500	2,940	3,175	3,435	—	4,225
	T	1,344	1,724	1,975	2,150	2,575	3,033	3,150	3,375	—	3,950

b) Mittel für H, Tr, T.

t	t_o	t_n	v_o	v_n	$v - 1$	p
1,5	1,5903	1,3437	1,0602	1,1428	0,1002	1,0376
2,0	2,1143	1,7577	0572	1379	0968	0375
2,5	2,6473	2,1750	0589	1494	1032	0419
3,0	3,1873	2,5917	0624	1576	1090	0439
3,5	3,6700	2,9577	0496	1834	1139	0619
4,0	4,1790	3,4433	0447	1617	1047	0545
5,0	5,2000	4,1583	0400	2024	1183	0753
21,5						

No. 3. Anomale Reihen. XV. XVI. XVII. p. 53. 54, ohne δ, dieselben drei Beobachter H, Tr, T als unter No. 2.
t = 1,5 bis 5,0.

Während die vorigen Reihen sog. normale waren, sind die folgenden sog. anomale. Ueber den Unterschied beider aber ist Folgendes vorauszuschicken.

Bemerktermassen führt der Verf. den Unterschied der anomalen Reihen von den normalen darauf zurück, dass die ersteren durch eine Contrastwirkung beeinflusst sind, welche sich von früheren Versuchen mit einem t, dass der Verf. als t_c bezeichnet, auf die späteren erstreckt, die anderen nicht. Bei den ersten, den anomalen, Reihen aber kann man zweierlei Fälle unterscheiden, erstens, wo die t und t_o sowie t und t_u, welche als Elemente der anormalen Reihen auftreten, durch den Contrast mit einem ihnen vorangehenden kleineren Werthe t_v beeinflusst sind, und dadurch im Allgemeinen für die Auffassung vergrössert erscheinen; zweitens, wo die betreffenden t und t_o, t und t_u durch den Contrast mit einem ihnen vorangehenden grösseren t_v beeinflusst sind und dadurch im Allgemeinen für die Auffassung verkleinert erscheinen, ein Unterschied, der mitbringt, und damit selbst den empirischen Beweis der Contrastwirkung liefert, dass die t_o so wie t_u, welche unter den ersten Fall treten, im Allgemeinen grösser sind als die ihnen entsprechenden, welche unter den zweiten Fall treten. In Ausnahmefällen findet freilich auch das Umgekehrte statt, was man dann als Fälle scheinbar umgekehrten Contrastes ansehen kann, die unstreitig von zufälligen Nebenumständen bedingt sind.

Da sowohl t als t' (sei es als t_o oder t_u) durch den Contrast mit dem vorgängigen t_v, mag dies grösser oder kleiner als beide sein, in gleicher Richtung betroffen werden, so eliminirt sich für die Auffassung die Contrastwirkung, in so weit man annehmen kann, dass der Contrast auf t und t' in der Art gleich stark wirkt, dass sie für die Auffassung in gleichem Verhältniss dadurch verändert werden, und die Contrastwirkung würde daher gar nicht zum Vorschein kommen, wenn nicht t äusserlich gegeben und insofern äusserlich durch den Contrast unantastbar bliebe, indess t' nach der vergrösserten oder verkleinerten Auffassung von t grösser oder kleiner gemacht wird. Nun besteht allerdings die Voraussetzung, dass der Contrast im angegebenen Sinne gleich stark auf t und t' wirkt, für jedes einzelne t nicht streng, weil t und t', wenn auch in gleicher Richtung von t_v abstehend, doch nicht in gleichem Zeit- und Werthverhältnisse davon abstehen. Aber gesetzt, der Verhältnissunterschied in dieser Hinsicht schwankte doch für die verschiedenen t's nicht stark und sei an sich verhältnissmässig nicht gross gegen den mittleren Abstand, so können die davon abhängigen Schwankungen im Werthe $\frac{t_o}{t}$ sowie $\frac{t}{t_u}$, d. i. r_o und r_u, und mithin im Werthe $r = \sqrt{r_o r_u}$ recht wohl merklich in den zufälligen Abweichungen von einer vollkommenen Constanz der r und $r - 1$ mit aufgeben, die wir uns bei Aenderung von t überhaupt gefallen lassen müssen. Wenigstens erläutere ich mir selbst so die Möglichkeit, die Contrastreihen nicht minder als die contrastfreien Reihen zur Prüfung des Weber'schen Gesetzes zu benutzen; denn der Verf. selbst ist nicht auf eine Erörterung darüber eingegangen.

Möchte nun aber die vorige Auffassung und Theorie der Contrastwirkungen in den anomalen Reihen noch etwas zu wünschen übrig lassen, was wegen Unzulänglichkeit der vom Verf. in dieser Hinsicht gegebenen Anhaltspunkte (s. Abschn. VII) wohl möglich ist, so erweist sich jedenfalls die Thatsache, auf die es uns ankommt, durch die Erfahrung selbst, sofern sich die nur noch wenig durch Zufälligkeiten gestörte Constanz der $v - 1$ bei aufsteigendem t in den anomalen Reihen in ganz entsprechender Weise, als in den normalen wiederfindet, wenn man nur ebenso hier wie da das Seine thut, die Zufälligkeiten so weit als möglich auszugleichen, da es ja bemerktermassen nicht ganz geschehen kann.

Unterscheide ich nun folgends die Reihen, wo den zusammengehörigen t, t_o, t_u ein kleineres t_c vorangeht, und die, wo ihnen ein grösseres vorangeht, beziehentlich durch $<$ und $>$, so ergiebt sich aus den Tabellen der anomalen Reihen XV, XVI, XVII des Verf. (zweiter Gruppe) für jeden der drei Beobachter eine Reihe $<$ und eine Reihe $>$, im Ganzen also sechs Specialreihen, mit den, in den nachfolgenden Mitteltabellen verzeichneten Werthen $v - 1$ für die aufsteigenden t. Da aber bei manchen t's in manchen Reihen statt blos eines kleineren oder eines grösseren t_c deren mehrere vorangegangen sind, wozu verschiedene $v - 1$ gehören, so sind in den folgenden Mitteltabellen die Mittel davon mit Rücksicht auf die n angegeben, wie nachher an einem Beispiel noch bestimmter erläutert werden wird.

a) Haupttabelle.

t		1,5	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$< t_o$	H	—	$\overset{4}{2{,}073}$	$\overset{3}{2{,}336}$	$\overset{4}{2{,}600}$	$\overset{11}{3{,}136}$	$\overset{8}{3{,}581}$	$\overset{7}{4{,}100}$	$\overset{2}{4{,}600}$	$\overset{2}{5{,}300}$
	Tr	—	$\overset{2}{2{,}125}$	—	$\overset{6}{2{,}641}$	$\overset{9}{3{,}132}$	$\overset{6}{3{,}617}$	$\overset{5}{4{,}108}$	—	$\overset{1}{5{,}100}$
	T	—	$\overset{1}{2{,}133}$	$\overset{5}{2{,}370}$	$\overset{5}{2{,}630}$	$\overset{0}{3{,}170}$	$\overset{7}{3{,}622}$	$\overset{4}{4{,}188}$	—	—
$< t_u$	H	—	1,834	1,984	2,200	2,636	3,056	3,464	3,875	4,300
	Tr	—	1,691	—	2,133	2,512	2,958	3,325	—	4,300
	T	—	1,700	1,860	2,115	2,550	2,993	3,337	—	—
$> t_o$	H	—	$\overset{3}{2{,}100}$	$\overset{3}{2{,}366}$	$\overset{4}{2{,}604}$	$\overset{4}{3{,}075}$	$\overset{4}{3{,}613}$	$\overset{2}{4{,}150}$	$\overset{1}{4{,}525}$	5,100
	Tr	$\overset{1}{1{,}566}$	$\overset{5}{2{,}217}$	—	$\overset{7}{2{,}681}$	$\overset{5}{3{,}250}$	$\overset{4}{3{,}717}$	$\overset{3}{4{,}283}$	—	—
	T	—	$\overset{2}{2{,}183}$	$\overset{5}{2{,}480}$	$\overset{5}{2{,}680}$	$\overset{3}{3{,}150}$	$\overset{3}{3{,}717}$	$\overset{2}{4{,}275}$	—	—
$> t_u$	H	—	1,833	2,076	2,259	2,725	3,060	3,550	3,975	4,550
	Tr	1,334	1,800	—	2,236	2,717	2,950	3,367	—	—
	T	—	1,734	2,030	2,190	2,683	2,867	3,600	—	—

b) Mittel von H, Tr, T für < und > besonders.

<

t	t_o	t_u	v_o	v_u	$v - 1$	p
2,0	2,110	1,741	1,0550	1,1181	0,1009	1,0432
2,5	2,624	2,149	0496	1633	1050	0528
3,0	3,146	2,566	0487	1691	1073	0559
3,5	3,607	3,002	0306	1659	1088	0637
4,0	4,132	3,375	0330	1852	1065	0711
15,0						

$>$

t	t_o	t_u	v_o	v_u	$v - 1$	p
2,0	2,167	1,795	1,0835	1,1142	0,0987	1,0444
2,5	2,655	2,228	0620	1221	0917	0279
3,0	3,158	2,708	0527	1078	0798	0259
3,5	3,682	2,959	0520	1829	1027	0604
4,0	4,236	3,506	0590	1409	0992	0379
15,0						

Um die Originaltabellen des Verf. für die anomalen Reihen zugleich mit der Ableitungsweise der vorigen Tabellen daraus etwas bestimmter zu erläutern, beziehe ich mich beispielsweise auf den Anfang der Hansen'schen Originaltabelle XV welcher lautet:

t	t_c	$d_o +$	$d_u -$	n
2,00	1,50	0,073	0,166	4
	4,00	0,125	0,200	2
	4,50	0,050	0,100	1

Dem Hauptwerthe $t = 2,00$ sind hiernach die Werthe $t_c = 1,50$, $= 4,00$, $= 4,50$ vorausgegangen, welche einen Contrast damit und mit den zugehörigen t' bedingen. Da das erste t_c kleiner, die beiden anderen grösser als t sind, so haben wir für den ersten Fall ein t, welches in die Reihe $<$ gehört, indess die beiden anderen in die Reihe $>$ gehören. Um nun zuerst t_o, t_u für $<$ zu erhalten, haben wir $t_o = t + d_o = 2,073$, und $t_u = t - d_u = 1,834$. Für $>$ haben wir zwei Werthe t_c und mithin t_o und t_u für jedes besonders zu bestimmmen. Das giebt entsprechend als so eben

	bei $t_c = 4$	bei $t_c = 5,5$
t_o	2,125	2,050
t_u	1,800	1,900

Um nun aus beiden Bestimmungen das Mittel mit Rücksicht auf die, in der Haupttabelle beigefügten $n = 2$ und 1 zu erhalten, haben wir zu setzen:

$$t_o = \frac{2 \cdot 2,125 + 1 \cdot 2,050}{3} = 2,1000$$

$$t_u = \frac{2 \cdot 1,800 + 1 \cdot 1,900}{3} = 1,8337\,.$$

Dies sind die in der Tabelle für t_o, t_u bei H angegebenen Werthe.

Der Werth t_c in obiger Wiedergabe des Anfangs der Originaltabelle ist vom Verf. mit einer eckigen Klammer behaftet, um damit zu bezeichnen, dass er dem Falle verkehrter Contrastwirkung angehört, wovon oben die Rede war. Nun könnte man meinen, solche Fälle müssten von der Berechnung überhaupt ausgeschlossen werden, was doch meines Erachtens untriftig wäre, da sie unstreitig auf unberechenbaren zufälligen Nebenumständen beruhen, die man auch bei den Contrastwirkungen im richtigen Sinne nicht ausschliessen kann, sondern nur bestmöglichst durch Zusammennahme vieler Fälle möglichst unschädlich zu machen suchen muss.

No. 4. Nach Kollert's Abhandlung p. 82. 83, normal, mit $\delta = t$, 4 Beobachter, W (Wundt), S (Schmerler), L (Lamprecht), M (Modrach), $t = 0{,}4$ bis 1,2.

Ausser den genannten vier Beobachtern betheiligten sich noch zwei andere, H (Hermann) und T (Tischer) an den hierher gehörigen Versuchen, aber nach der Bemerkung des Verf. im Ganzen nur sparsam, daher ich mich behufs der nachherigen Mittelziehung in folgender Tabelle auf die Daten der anderen, d. i. der obigen vier, Beobachter, beschränke. Auch lasse ich das höchste t, d. i. 1,5, bei welchem beobachtet worden ist, in der Tabelle aus, theils weil hierbei Beobachtungen seitens W und M fehlen, theils weil **Kollert** selbst (p. 84) die von S und L dabei erhaltenen Werthe verdächtigt. — Man kann übrigens bemerken, dass von den hier mit zugezogenen Beobachtern **Kollert**'s zwei, d. i. **Wundt** und **Schmerler**, auch bei den **Estel**'schen Versuchen No. 1 betheiligt sind. Gewichtszahlen n fehlen.

a) Haupttabelle.

t		0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2
t_o	W	0,506	0,606	0,757	0,875	1,085	1,266
	S	479	596	746	860	1,030	1,289
	L	497	612	759	838	1,061	1,298
	M	470	585	753	849	1,036	1,243
t_u	W	0,377	0,447	0,657	0,728	0,899	0,986
	S	392	463	666	718	917	1,014
	L	363	463	637	707	876	0,997
	M	398	480	671	725	917	1,036

b) Mittel für W, S, L, M.

t	t_o	t_u	v_o	v_u	$v-1$	p
0,4	0,4880	0,3825	1,2200	1,0458	0,1295	0,9259
0,5	0,5998	0,4632	1996	0794	1380	0,9486
0,7	0,7538	0,6577	0769	0643	0706	0,9942
0,8	0,8608	0,7270	0760	1004	0882	1,0113
1,0	1,0530	0,9022	0530	1084	0802	1,0260
1,2	1,2740	1,0083	0617	1904	1211	1,0588

No. 5. Nach Kollert's Abhandlung p. 87, anomal, fraglich ob < oder >, mit $\delta = t$, Beobachter wie unter No. 4, $t = 0,4$ bis 1,2.

a) Haupttabelle.

t		0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2
t_o	W	0,454	0,563	0,822	—	1,106	1,355
	S	448	542	767	0,875	1,077	—
	L	454	563	818	894	1,166	—
	M	448	550	856	877	1,086	—
t_u	W	0,358	0,461	0,655	—	0,894	1,046
	S	347	479	679	0,766	923	—
	L	338	448	650	737	894	—
	M	368	463	650	775	914	—

Bei der Mittelziehung wird $t = 0,8$ und $= 1,2$ bei Seite gelassen, weil nicht alle Beobachter dabei betheiligt sind.

b) Mittel für W, S, L, M.

t	t_o	t_u	v_o	v_u	$v-1$	p
0,4	0,4510	0,3528	1,1252	1,1338	0,1307	1,0028
0,5	0,5545	4628	1090	0804	0946	0,9870
0,7	0,8158	6585	1654	0630	1130	0,9554
1,0	1,0933	9063	0933	1034	0984	1,0046

V. Nachweis von Verschiedenheiten der Unterschiedsempfindlichkeit bei den verschiedenen Beobachtern.

Von vornherein dürfte man es ziemlich selbstverständlich finden, dass die verschiedenen Beobachter, welche sich bei den Versuchen des Verf. betheiligt haben, in dem Grade der Unterschiedsempfindlichkeit, mithin auch den Werthen, welche zum Masse derselben dienen, nicht übereingestimmt haben; und es würde also kein Interesse haben, noch einen besonderen empirischen Nachweis dafür zu führen, wenn nicht die Rücksicht auf diese Verschiedenheit einen Einfluss auf die Mittelbestimmung aus den Datis der verschiedenen Beobachter mitführte, den ich vom Verf. nicht berücksichtigt finde, worauf im folgenden Abschnitte einzugehen; indess es sich hier nur um den thatsächlichen Nachweis der, zwischen manchen Beobachtern in der That nicht unerheblichen, Verschiedenheit in betreffender Hinsicht handeln wird.

Wir werden die Unterschiedsempfindlichkeit zweier oder mehrerer Beobachter für gleich oder ungleich zu nehmen haben, je nachdem ihre Unterschiedsschwellen d_o, d_u für dieselben ts bei vergleichbar gehaltenen Versuchen und möglichster Ausgleichung von Zufälligkeiten gleich oder ungleich ausfallen. Um aber letzteren Zweck möglichst zu erreichen, werden wir den Vergleich nicht blos für das eine oder andere t vorzunehmen, sondern auf die ganze Anzahl der ts zu erstrecken haben, welche den betreffenden Beobachtern gemeinsam und demnach in Abschn. IV zur Bildung der Tabelle ihrer Mittel benutzt worden sind. Ich gebe nun folgends die so zu erhaltenden Summen, resp. Σd_o, Σd_u, für die verschiedenen Reihen, die uns hier zu beschäftigen haben, mit den Summen der $t = \Sigma t$, wozu die Σd_o, Σd_u gehören, wie auch, wegen späterer Beziehung darauf, den Summen $\Sigma \Delta = \frac{\Sigma d_o - \Sigma d_u}{2}$. Da in unseren Tabellen (Abschn. IV) statt der d_o, d_u die t_o, t_u mit den ts, wozu sie gehören, gegeben sind, so mag erinnert werden, dass sich die Summen, um die es sich hier handelt, daraus nach den Gleichungen finden

$$\Sigma d_o = \Sigma t_o - \Sigma t\,; \qquad \Sigma d_u = \Sigma t - \Sigma t_u\,; \qquad \Sigma \Delta = \frac{\Sigma t_o + \Sigma t_u}{2} - \Sigma t\,.$$

Die folgenden Verweisungen beziehen sich auf die Nummern und Buchstaben des Abschn. IV.

		Σd_o	Σd_u	$\Sigma \Delta$	Σt
No. 1. a) normal	We	1,0350	5,0175	—1,9913	30,10
	E	0,7669	4,7237	—1,9782	
	S	0,4783	2,7601	—1,1109	19,75
	W	0,4441	3,4431	—1,4995	
No. 2. a) normal	H	0,758	2,728	—0,985	21,5
	Tr	1,077	3,198	—1,061	
	T	1,430	3,382	—0,976	
No. 3. a) < anomal	H	0,490	1,181	—0,341	15,0
	Tr	0,623	2,381	—0,879	
	T	0,747	2,305	—0,779	
> anomal	H	0,542	1,573	—0,516	
	Tr	1,148	1,930	—0,391	
	T	1,005	1,926	—0,461	
No. 4. a) normal	S	0,400	0,400	0,000	4,6
	W	495	506	—0,006	
	L	486	557	—0,036	
	M	356	371	—0,008	
No. 5. a) normal	S	0,234	0,172	+0,031	4,6
	W	395	232	+0,082	
	L	399	270	+0,065	
	M	340	205	+0,068	

Natürlich kann man nicht erwarten, dass in der Summirung der d_o, d_u verschiedener Beobachter für eine beschränkte Anzahl von t die zufälligen Abweichungen zwischen ihnen schon vollständig ausgeglichen sind, wohl aber, dass es so weit der Fall ist, um starke Unterschiede zwischen ihren Σd_o, Σd_u nicht mehr blos auf unausgeglichene Zufälligkeiten schieben zu können; es kommen aber, wie man aus voriger Tabelle sieht, Unterschiede vom Einfachen bis auf das Doppelte (No. 2. a) und No. 3. a) >) vor. Um so weniger wird es geschehen können, wenn wir sehen, dass, abgesehen von schwachen Ausnahmen, die Unterschiede für dieselben Beobachter bei verschiedenen Versuchsumständen dieselbe Richtung, wenn auch nicht dasselbe Grössenverhältniss, behalten. So sehen wir Σd_o H (Hansen) zu Σd_o T (Tischer) in der normalen Reihe No. 2. a) im Verhältniss 0,758 : 1,430; in der anomalen No. 3.

a) > im Verhältniss 0,542 : 1,005; und in No. 3. < im Verhältniss 0,490 : 0,747 stehen. Ferner finden wir das Verhältniss zwischen S (Schmerler) und W (Wundt) in der normalen Kollert'schen Reihe No. 4. a) wie 0,400 : 0,495, in der anomalen Kollert-schen Reihe No. 5. b) wie 0,234 : 0,395; und nur in der normalen Estel'schen Reihe No. 1. a) weicht das Verhältniss zwischen denselben Beobachtern S und W, d. i. 0,4783 : 0,4441 in der Richtung von den vorigen ab. Endlich stimmen auch die Unterschiede zwischen den d_u der verschiedenen Beobachter, abgesehen von ein paar schwachen Ausnahmen bei sich nahe stehenden Summen, überall in der Richtung mit den Σd_o überein.

Vergleicht man die Summen Σd_o, Σd_u mit den zugehörigen Summen $\Sigma \Delta = \frac{\Sigma d_o - \Sigma d_u}{2}$, so kann man bemerken, dass die ersteren zwischen verschiedenen Beobachtern sehr stark differiren können, während die letzteren sehr wenig differiren (so z. B. No. 1. b), No. 3. a) >); daher man nicht Reihen, welche ganz oder theilweise von verschiedenen Beobachtern gewonnen sind, deshalb für vergleichbar halten und bei Prüfung des Weber'schen Gesetzes zur Ergänzung von einander benutzen kann, wie der Verf. in der Tabelle XX p. 64 thut, weil er nach einer, übrigens sehr unbestimmten, Vergleichung (p. 43) keine wesentliche Abweichung zwischen den auf dieselben f's bezogenen Δ's der beiderlei Reihen glaubt annehmen zu dürfen. Auch ist es ja abgesehen von directen Versuchsresultaten an sich natürlich, dass eine gleiche Differenz $d_o - d_u$ für zwei Beobachter noch gar nichts für eine Gleichheit der absoluten Werthe d_o, d_u bei Beiden beweist. So giebt $d_o = 10$; $d_u = 1$ dieselbe Differenz 9, als die so viel grösseren Werthe $d_o = 100$, $d_u = 91$.

Man kann gegen den zulänglichen Vergleich der Unterschiedsempfindlichkeit der verschiedenen Beobachter nach den Σd_o, Σd_u einwenden, dass die d_o, d_u im Grunde noch rohe Werthe sind, welche kein Mass der wahren Unterschiedsempfindlichkeit geben, wie ich S. 15 bemerkte und später weiter verfolgen werde. Aber insofern es hier nicht darauf ankommt, die reine Unterschiedsempfindlichkeit bei verschiedenen Beobachtern vergleichend zu messen, sondern blos nachzuweisen, dass überhaupt erhebliche Unterschiede dazwischen bestehen, welche bei der Mittelziehung zu berücksichtigen sind, kann man sich allerdings auch an den Vergleich der rohen Werthe halten, wenn sie nur unter vergleichbaren Umständen für die verschiedenen Beobachter erhalten werden und bei gemeinsamer Abänderung der Umstände für sie die Richtung des Unterschiedes dieselbe bleibt.

Nun hindert aber auch nichts, da in der mittleren Verhältnissschwelle v der Fehler, welcher den d_o, d_u noch anhaftet, eliminirt ist, wie später zu zeigen, uns hieran oder an $v - 1$ anstatt an die noch rohen Masse d_o, d_u der Unterschiedsschwelle zu halten, und so erhielt ich als mittlere Werthe $v - 1$ (nach Verfahren β des folgenden Abschnittes) für dieselben ts, für welche oben die $\Sigma' d_o$, $\Sigma' d_u$ gelten, folgende Mittelwerthe:

Mittel $v - 1$

No. 1. b)	Wendel	Estel	
	0,1122	0,1051	
No. 1. c	Schmerler	Wundt	
	0,08971	0,1529	
No. 2. b	Hansen	Trautschold	Tischer
	0,0835	0,1124	0,1172

Diese Werthe zeigen dieselbe Reihenfolge nach den Beobachtern, als die $\Sigma' d_o$, $\Sigma' d_u$ der vorigen Bestimmungen, indess auf entsprechende Verhältnisse bei reinen und rohen Werthen nicht zu rechnen. Man sieht aber auch hier, wie beträchtliche Unterschiede zwischen Schmerler und Wundt, Hansen und Tischer vorkommen.

VI. Ueber das bei der Mittelziehung einzuschlagende Verfahren.

Zu jeder der Gesammtreihen No. 1, No. 2, u. s. w. (Abschn. IV) hat eine Mehrheit von Beobachtern beigetragen, und jeder davon hat in seiner Specialreihe für die gegebenen ts seine besonderen Werthe t_o, t_u gefunden, aus denen sich dann die anderen in Betracht kommenden Werthe d_o, d_u u. s. w. ableiten lassen. Da wir uns aber bei Prüfung der Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes aus den S. 18 angegebenen Gründen vielmehr an Mittelwerthe aus den Specialwerthen der verschiedenen Beobachter für dasselbe t, als an die Specialwerthe selbst zu halten haben, so wird über das dabei einzuschlagende Verfahren der Mittelziehung um so mehr Einiges zu erinnern sein, als ich vorbemerktermassen (S. 30) mich mit dem, vom Verf. eingeschlagenen, Verfahren nicht einverstehen kann.

Als Beispiel zur Erläuterung mag zunächst die Gesammtreihe No. 2 (im Original XII, XIII, XIV) mit den drei Beobachtern H (Hansen), Tr (Trautschold), T (Tischer) dienen, in welcher es also gilt, Mittel aus je drei Specialwerthen für dasselbe t zu ziehen; nur dass für $t = 2,25$ und $= 3,75$ die Gesammtreihe insofern lückenhaft ist, als für ersteren Werth Tr, für letzteren T keine Angabe geliefert hat. Nun stand ein dreifacher Weg offen, erstens diese t-Werthe, für welche die Gesammtreihe lückenhaft ist, bei der Mittelziehung überhaupt bei Seite zu lassen, um die Resultate nur aus den übrigen Werthen der Reihe zu ziehen; zweitens die fehlenden Angaben durch Interpolation zu ergänzen; drittens das Mittel aus den Angaben der zwei Beobachter ganz ebenso zu ziehen, als aus denen der drei Beobachter, ohne die Empfindlichkeits-Verschiedenheit der Beobachter zu berücksichtigen. Ich selbst habe bei Bildung der Mitteltabellen im IV. Abschnitt den ersteren Weg eingeschlagen und werde im Folgenden bei den Resultaten davon stehen bleiben. Der zweite Weg hätte sich zwar auch einschlagen lassen, und ich werde selbst am Schlusse dieses Abschnittes ein mir dazu geeignet scheinendes Interpolationsverfahren angeben, aber es ist umständlich, erschwert die Uebersicht, kann doch direct erhaltene Beobachtungswerthe nicht ganz ersetzen, und nach mühsamer Durchführung desselben bei der Reihe No. 2 finde ich, dass die Definitivresultate, um die es zu thun ist, dadurch keine wesentliche Abänderung gegen den ersten einfachen Weg erfahren. Was den dritten Weg anlangt, so hat ihn der Verf. eingeschlagen; ich selbst halte ihn aber für fehlerhaft, und werde es im Folgenden zu begründen suchen.

Da ich in den Versuchstabellen des IV. Abschnittes statt der vom Verf. angegebenen d_o, d_u die t_o, t_u eingeführt habe, so werde ich mich auch folgends vorzugsweise auf letztere beziehen; es wird aber keine Schwierigkeit machen, das für die einen geltend Gemachte auf die anderen zu übertragen.

Für die Prüfung des Weber'schen Gesetzes gilt es (nach Abschnitt VIII), die mittleren v oder $v - 1$ aus den Specialreihen der drei Beobachter zu gewinnen. In dieser Hinsicht kann aber zuvörderst eine, als 1) und 2) zu unterscheidende, doppelte Mittelbestimmung derselben stattfinden.

Nach 1) zieht man zuerst für jedes t das arithmetische Mittel aus den, ihm zugehörigen, drei Specialwerthen t_o wie t_u, welche in Tabelle No. 2. a) des IV. Abschn. aufgeführt sind, und erhält so die mittleren t_o, t_u der Tabelle No. 2. b). Aus den solchergestalt erhaltenen mittleren t_o, t_u leitet man dann die $r_o = \frac{t_o}{t}$, $r_u = \frac{t}{t_u}$ eben so ab, als wenn man es mit einfachen t_o, t_u zu thun hätte, wonach sich das mittlere $r = \sqrt{r_o r_u}$ und durch Abzug von 1 das mittlere $r - 1$ findet.

Nach 2) aber leitet man in jeder der drei Specialreihen insbesondere aus den gegebenen t_o, t_u derselben die Specialwerthe r und $r - 1$ nach den dafür geltenden Gleichungen ab, summirt die so erhaltenen drei Werthe für dasselbe t und gewinnt daraus durch Division mit 3 das Mittel.

Bestimmen wir nun in unserer Beispielsreihe den mittleren Werth r in dieser doppelten Weise beispielsweise für die drei t's $= 1{,}5,\ 3{,}0,\ 5{,}0$, so finden wir:

t	1,5	3,0	5,0
Mittel t_o	1,5903	3,1873	5,2000
Mittel t_u	1,3137	2,5917	4,8513
Mittel r nach 1	1,1002	1,1090	1,1183
Spec. r H	1,0861	1,0715	1,0864
Spec. r Tr	1,1132	1,1379	1,0933
Spec. r T	1,1020	1,1191	1,1773
Mittel r nach 2	1,1004	1,1095	1,1190

Insofern wir nun das Weber'sche Gesetz nach der Constanz von $r - 1$ bei verschiedenem t prüfen, haben wir also:

t	1,5	3,0	5,0
Mittel $r - 1$ nach 1)	0,1002	0,1090	0,1183
Mittel $r - 1$ - 2	0,1004	0,1095	0,1190

Wie man sieht, ist der Unterschied von 1) und 2) hierbei zu vernachlässigen. Insofern man sich aber doch für eins von beiden Verfahren zu entscheiden hat, wird man meines Erachtens principiell 1) vorzuziehen haben. Denn es hindert principiell nichts, Werthe, die durch arithmetische Mittelziehung gewonnen sind, in Verhältniss zu einander zu setzen, also r dadurch zu gewinnen, dass wir das Mittel t_o mit dem Mittel t_u dividiren, und aus dem so erhaltenen $\frac{\text{Mitt.}\, t_o}{\text{Mitt.}\, t_u}$ die Quadratwurzel ziehen, wogegen es principiell untriftig ist, wie ich in »Revis.« p. 399 ff. gezeigt habe, arithmetische Mittel aus Verhältnissen zu ziehen, wie wir thun, wenn wir r dadurch bilden, dass wir die $\frac{t_o}{t_u}$ und hiernach $\sqrt{\frac{t_o}{t_u}}$ für die einzelnen Beobachter bilden und aus den so gewonnenen Werthen das arithmetische Mittel ziehen. Nun liesse sich dieser Einwurf zwar dadurch vermeiden, dass man aus den $\frac{t_o}{t_u}$ der verschiedenen Beobachter unter Zuziehung von Logarithmen das Verhältnissmittel statt das arithmetische Mittel zöge; und ich glaube sogar, dass dies das rationellste Verfahren wäre; aber da das doch noch Zweifeln unterliegen kann, und jedenfalls das erste Verfahren bei zu vernachlässigendem Unterschiede im Resultate davon ohne Vergleich einfacher ist, habe ich es auch bei den Mittelbestimmungen des IV. Abschnittes überall angewandt. Praktisch ist die Frage überhaupt gleichgultig.

Sollte man Anlass haben, anstatt mittlerer r oder $r - 1$ vielmehr mittlere d_o, d_u oder Δ aus den direct gegebenen t_o, t_u (oder auch umgekehrt) abzuleiten, so führt das Verfahren 1) und 2) zu ganz denselben Resultaten, weil hierbei keine Verhältnisse und Wurzelausziehungen ins Spiel kommen: nicht so, wenn es sich um mittlere w's oder p's handelt; obwohl auch hier der Unterschied der Resultate nach 1) und 2) überall zu vernachlässigen sein dürfte.

Wichtiger als die vorige Frage ist eine andere Frage, nämlich ob man bei der Mittelbestimmung das Gewicht in Rücksicht zu ziehen habe, was den Bestimmungen der t_o, t_u und folgweis den daraus abzuleitenden Werthen seitens der verschiedenen Beobachter durch die Zahl der Einzelbestimmungen, die bei jedem Beobachter dazu beigetragen haben, das n derselben, verliehen wird, indem, bei der oft erheblichen Ungleichheit dieses n, hiervon nicht nur mehr oder weniger erhebliche Unterschiede in den mittleren t_o, t_u selbst, sondern auch folgweis allen davon abhängigen Werthen hervorgehen können. Für den ersten Anblick mag diese Rücksichtsnahme selbstverständlich scheinen, und ist auch Seitens des Verf. bei der Mittelziehung aus den d_o, d_u, für welche in dieser Beziehung dasselbe als für die t_o, t_u gilt, eingehalten worden, was er zwar nicht ausdrücklich angiebt, aber aus seiner Tabelle VIII der mittleren d_o, d_u folgt. Seien also für dasselbe t von drei verschiedenen Beobachtern resp. die Werthe d_o', d_o'', d_o''' mit den Werthen von n gleich n_1, n_2, n_3 gefunden, so giebt dies:

$$\text{Mittel } d_o = \frac{n_1 d_o' + n_2 d_o'' + n_3 d_o'''}{n_1 + n_2 + n_3}$$

entsprechend mit d_u, kurz allgemein:

$$\text{Mittel } d_o = \frac{\Sigma\,(n d_o)}{\Sigma\, n}\,, \qquad \text{Mittel } d_u = \frac{\Sigma\,(n d_u)}{\Sigma\, n}\,.$$

In der That wird man nach dieser Bestimmungsweise die Mittel der Tab. VIII des Verf. wiederfinden.

Aber diese Mittelziehung ist doch nur so lange statthaft, als die Werthe, aus denen es gilt, Mittel zu ziehen, sich nur durch unausgeglichene Zufälligkeiten unterscheiden, nicht mehr aber, wenn sie abgesehen davon, sagen wir kurz an sich, verschieden sind, wie dies nach den Ergebnissen des vorigen Abschnittes von den Unterschiedsempfindlichkeiten und demnach d_o wie d_u der verschiedenen Beobachter gilt. Hier fällt die Rücksicht auf die Gewichtszahlen n, mit welchen die verschiedenen Beobachter sich bei der Bestimmung betheiligt haben, bei der Mittelbestimmung selbst weg, und hat nur Einfluss auf die grössere oder geringere Sicherheit des einfach zu nehmenden arithmetischen Mittels, wie sich durch folgende Betrachtungen herausstellen wird.

Unterscheiden wir kurz das Verfahren der Mittelziehung ohne Rücksicht auf die Gewichte n und mit Rücksicht darauf als α) und β) und erläutern den Unterschied, den es in dieser Beziehung zu machen gilt, an einem, mit dem uns vorliegenden analogen, Falle. Es soll die Länge eines gewissen Mannes und einer gewissen Frau durch wiederholte Messungen bestimmt werden, und sei die Länge des Mannes einmal durch n_1 Messungen durchschnittlich $= a_1$, ein anderes Mal durch n_2 Messungen $= a_2$ gefunden worden, so werden wir den durch die Mittelziehung gesuchten wahrscheinlichsten Werth des Mannes nicht einfach $= \frac{a_1 + a_2}{2}$, sondern $= \frac{n_1 a_1 + n_2 a_2}{n_1 + n_2}$ zu nehmen haben, entsprechend mit der Frau. Hier beziehen sich die Beobachtungen bei Mann wie Frau immer auf dasselbe, an sich gleichbleibende, Object. Gesetzt aber, das Mittel zwischen der Grösse des Mannes und der Grösse der Frau, die an sich verschieden sind, soll möglichst sicher bestimmt werden, und es sei die des Mannes $= a$ durch n_1 Beobachtungen, die der Frau $= b$ durch n_2 Beobachtungen gefunden, so würde es irrig sein, das Mittel zwischen beiden entsprechend wie so eben $= \frac{n_1 a + n_2 b}{n_1 + n_2}$, also nach ($\beta$) nehmen zu wollen, sondern es wird vielmehr rücksichtslos auf die Grösse von n_1 und n_2 $= \frac{a + b}{2}$, also im Sinne des einfachen arithmetischen Mittels nach (α) zu nehmen sein.

In der That, wollte man es nach (β) nehmen, so brauchte man ja nur das n_1 des Mannes oder das das n_2 der Frau so weit gegen das andere zu vergrössern, um das andere merklich dagegen verschwinden zu machen, und würde statt eines Mittels zwischen Mann und Frau die Grösse von Mann oder Frau allein erhalten, überhaupt aber je nach der Relation zwischen n_1 und n_2 die an sich immer gleiche Mittelgrösse zwischen dem betreffenden Manne und der betreffenden Frau sich ändern sehen, was natürlich nicht sein darf; also bleibt man auf die Mittelbestimmung nach (α) verwiesen, welche von der Relation zwischen n_1 und n_2 unabhängig ist; wohl aber wird die Sicherheit des so gezogenen Mittels von der Grösse des n_1 und n_2 zugleich abhängen.

Dieselbe Betrachtung lässt sich auf die Mittelwerthe beliebig vieler an sich verschiedener Grössen ausdehnen, und erleidet auch volle Anwendung auf die Mittelbestimmung aus den, durch verschiedene Beobachter für dasselbe t erhaltenen, an sich verschiedenen $d_{\ddot{u}}$, d_u, $t_{\ddot{u}}$, t_u.

Mit Vorigem hängt zusammen, dass ich nicht ebenso, wie vom Verf. geschieht, Mittel aus Werthen $d_{\ddot{u}}$, d_u, $t_{\ddot{u}}$, t_u für verschiedene ts vergleichbar halte, wenn diesen ts nicht auch sämmtlich dieselben Beobachter zugehören. In der Reihe N. 1 (II bis VIII) ist, wie man sich aus deren Haupttabelle S. 21 überzeugen kann, im Ganzen von sechs Beobachtern bei elf ts beobachtet worden, aber nur ein einziger

Beobachter, Estel, geht durch die ganze Scala dieser elf fs durch, von den anderen fehlen bald diese, bald jene. Bei $t = 2,7$ und $= 2,85$ haben nur zwei, bei $t = 4,0$ nur drei, bei mehreren fs nur vier, bei $t = 6$ nur fünf von den sechs Beobachtern beobachtet, also treten an sich verschiedene Unterschiedsempfindlichkeiten, hiemit an sich verschiedene d_o, d_u je nach den fs, in und ausser Spiel, und doch werden in der Tabelle der Mittel VIII des Verfassers aus den d_o, d_u, J dieser verschiedenen fs Mittel gezogen, als wenn man überall mit Beobachtern von gleicher Empfindlichkeit zu thun hätte, mithin nichts darauf ankäme, ob sich gerade diese oder jene bei diesen oder jenen fs betheiligen. Meinerseits habe ich es in Rücksicht jener Verschiedenheiten nöthig gehalten, aus den Gesammtreihen nur solche Mitteltabellen abzuleiten, wo für alle vorkommenden fs dieselben Beobachter vorkommen, was freilich die Benutzbarkeit der Gesammtreihen erheblich einschränken musste.

Anders als mit den d_o, d_u, t_o, t_u der verschiedenen Beobachter bei demselben t verhält es sich, wenn Mittel aus den r oder $r-1$ eines und desselben Beobachters bei den verschiedenen t innerhalb der Grenzen des Weber'schen Gesetzes gezogen werden sollen, insofern nach dem durch die Versuche selbst constatirten Weber'schen Gesetze diese Werthe in der That nur durch Zufälligkeiten von einander abweichen, und so ist auch bei den mittleren r oder $r-1$, die ich für verschiedene fs, S. 33, gezogen habe, das Gewicht, das n der dafür besonders geltenden Bestimmungen, in bekannter Weise angewandt worden. Die Werthe r_o, r_u, p aber sind nicht ebenso unabhängig von den t als die mittleren Werthe r und davon abhängigen $r-1$, und lassen also nicht ebenso wie diese das Verfahren (β) zu. Aber kehren wir zur Mittelziehung aus den Werthen d_o etc. Seitens verschiedener Beobachter bei demselben t zurück.

Wenn nun schon die Gewichtszahlen n bei der Mittelbestimmung aus an sich verschiedenen Grössen nicht in Rücksicht kommen, so doch bemerktermassen bei der Unsicherheitsbestimmung, die man mit der Bestimmung des wahrscheinlichen Fehlers des Mittels gegeben hält, worauf sich hier einzulassen zwar kein bestimmter Anlass vorliegt; indessen kann es doch von Interesse sein, zu zeigen, wiefern die Unsicherheit des einfachen arithmetischen Mittels a) an sich verschiedener Grossen sich nach der Grösse und Vertheilung des n ändern kann.

Heissen die betreffenden Grössen a, b, c …. sei die Zahl derselben N, seien n_1, n_2, n_3 … ihre Gewichtszahlen und Σn die Summe derselben $= n_1 + n_2 + n_3$ …. so ist nach anerkannten Sätzen der wahrscheinliche Fehler des $= \frac{a+b+c+\cdots}{N}$ zu nehmenden Mittels proportional dem Werthe

$$\frac{\sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}+\frac{1}{n_3}+\cdots}}{N}$$

Die hier in Betracht kommenden Sätze sind diese:

Erstens: Das Quadrat des wahrscheinlichen Fehlers f eines, aus n Werthen abgeleiteten, also mit dem Gewichte n behafteten Werthes ist umgekehrt proportional der Gewichtszahl n, also die, mit f_1^2, f_2^2, f_3^2, … zu bezeichnenden Quadrate der wahrscheinlichen Fehler von a_1, a_2, a_3 … resp. proportional mit $\frac{1}{n_1}$, $\frac{1}{n_2}$, $\frac{1}{n_3}$, …

Zweitens: Der wahrscheinliche Fehler F einer Summe von einander unabhängiger Grossen wie a, b, c, … ist gleich der Wurzel aus der Summe der Quadrate ihrer besonderen wahrscheinlichen Fehler $= f_1^2+f_2^2+f_3^2+\cdots$, mithin proportional mit $\sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}+\frac{1}{n_3}+\cdots}$

Drittens: Der wahrscheinliche Fehler des arithmetischen Mittels von N Grossen ist gleich dem wahrscheinlichen Fehler der Summe dieser Grossen, dividirt durch N, also

$$= \frac{\sqrt{f_1^2+f_2+f_3^2+\cdots}}{N}.$$

Vergleichen wir nun hiernach beispielsweise folgende drei Fälle unter Voraussetzung, dass wir den Mittelwerth blos zweier, an sich verschiedener Werthe a, b, zu bestimmen haben, N also $= 2$ ist.

1) $n_1 = 1$ und $n_2 = 1$; 2) $n_1 = 2$, $n_2 = 2$; 3) $n_1 = 1$; n_2 sehr gross, sagen wir ∞.

Wir erhalten unter Anwendung obiger Formel folgende proportionale Werthe des wahrscheinlichen Fehlers:

$$\frac{\sqrt{2}}{2} : \quad \frac{\sqrt{1}}{2} : \quad \frac{\sqrt{1}}{2} \quad \text{d. i.} \quad 0{,}707 : \quad 0{,}5 : \quad 0{,}5 ,$$

woran sich folgende Sätze erläutern, denen sich nach der obigen Grundformel eine grössere Allgemeinheit geben lässt. Wenn das n der beiden Werthe gleich ist und in gleichem Verhältnisse m steigt, so nimmt der wahrscheinliche Fehler des Mittels im Verhältnisse $\frac{1}{\sqrt{n}}$ ab. — Wenn das eine n gleich 1 ist, so kann man durch noch so grosse Vergrösserung des anderen den wahrscheinlichen Fehler nicht weiter herabbringen, als wenn man beide n gleich 2 gemacht hätte.

Allgemein gilt, dass die gleiche Vertheilung des n bei gegebenem Σn auf die Werthe $a, b, c, \ldots$ die vortheilhafteste für Verminderung des wahrscheinlichen Fehlers des Mittels ist.

Hiernach will ich noch zeigen, wie die Interpolation der t_v, t_u vorzunehmen sein dürfte, wo es eine Ergänzung von Lücken der Bestimmung seitens dieses oder jenes Beobachters für ein gegebenes t gilt. Nehmen wir als Anhalt ein Beispiel aus No. 2. *a*), S. 23, wo wir haben:

t		2,25	3,75
t_v	H	2,35	—
	Tr	—	4,05
	T	2,40	4,01

Hier fehlt die Beobachtung von t_v seitens Tr bei $t = 2,25$; seitens H bei $t = 3,75$; und diese Lücken sollen durch Interpolation ergänzt werden; entsprechend bei t_u; es wird aber hinreichen, uns auf t_v zu beziehen, da für t_u dieselben Regeln gelten.

Während Tr keine Beobachtung für $t = 2,25$ hat, haben die beiden anderen Beobachter die Werthe 2,35 und 2,40, in Summa, welche S_m heisse, $= 4,750$ dafür; und während H keine Beobachtung bei $t = 3,75$ hat, haben die beiden anderen Beobachter zusammen ein $S_m = 8,06$ dafür. Dies im Auge behaltend, bilden wir für alle t s, die den drei Beobachtern gemeinsam sind*), die Summe der, den Beobachtern insbesondere zugehörigen Σt_v, und haben so:

	Σt_v
H	22,258
Tr	22,577
T	22,930

---

*) Also mit Ausschluss von 2,25 und 3,75, sowie auch von $t = 4,25$, wo nach der Haupttafel bloss einer der drei Beobachter beobachtet hat.

wonach wir zur Interpolation von t_o für Tr bei 2,25 folgende Proportion anstellen: Das gesuchte t_o, kurz t_o(Tr) verhält sich zur Summe S_o der beiden anderen direct gefundenen t_o, $= 4,75$, wie sich das Σt_o vom Tr, d. i. 22,577 zur Summe der beiden anderen Σt_o, d. i. zu 45,188 verhält. Also:

$$t_o\,(\mathrm{Tr}) : 4,75 = 22,577 : 45,188$$

gibt

$$t_o\,(\mathrm{Tr}) = 2,3723\ .$$

Entsprechend findet sich bei $t = 3,75$

$$t_o\,(\mathrm{H}) = 2,0047\ .$$

und entsprechend finden sich auch die zu interpolirenden Werthe t_u (Tr) und t_u (H).

Einer besonderen Bemerkung dürfte es noch bedürfen, dass, wenn man mit d_o, d_u anstatt t_o, t_u operirt, man nicht behufs Interpolation von fehlenden d_o, d_u die Σt_o und Σt_u vorigen Verfahrens durch Σd_o, Σd_u bei entsprechender Bestimmungsweise ersetzbar halten darf, denn da nicht die d_o, d_u, sondern t_o, t_u direct beobachtet sind, wird man doch immer erst nach vorigem Verfahren die Interpolation auf die t_o, t_u zu beziehen haben, wonach nichts hindert, hieraus die d_o, d_u nach den Gleichungen $d_o = t_o - t$ und $d_u = t - t_u$ abzuleiten.

VII. Einige Nebenbemerkungen.

Bei aller Anerkennung des experimentalen Verdienstes, was sich der Verf. durch seine Versuche erworben hat, kann ich doch nicht umhin, folgenden Bemerkungen dazu Raum zu geben.

Wenn es gilt, ein System psychophysischer Versuche über absolute oder Unterschiedsempfindlichkeit durch eine Reihe von Hauptwerthen, wie es die t sind, durchzuführen, so sollte meines Erachtens als allgemeine Regel gelten, alle Hauptwerthe mit einer gleichen Anzahl von Versuchen, einem gleichen n, zu bedenken. So ist es von mir und Volkmann bei unseren Versuchen nach der Methode der mittleren Fehler und richtigen und falschen Fälle in verschiedenen Sinnesgebieten gehalten worden, und warum hätte es nicht auch bei den Versuchen des Verf. nach der Methode der Minimaländerungen geschehen können, statt dass bei ihm das n für die verschiedenen t seitens desselben Beobachters in derselben Versuchsreihe zwischen I und II wechselt. Einen Grund dieses Wechsels hat der Verf. nicht angegeben, und doch war ein solcher anzugeben, um nicht *regellose* Willkür vermuthen zu lassen. Indess ist zuzugestehen, dass, so lange es sich um gesonderte Behandlung der Versuchsreihen einzelner Beobachter handelt, jene Regel für die Methode der eben merklichen Unterschiede und der Minimaländerungen nicht ebenso wesentlich ist, als für *obige zwei* Methoden, wo zur völligen Vergleichbarkeit noch die sog. Correction wegen des endlichen *n* anzubringen wäre, ohne dass dasselbe für die Methode der eben merklichen Unterschiede und Minimaländerungen gilt. Hier entsteht dadurch nur eine Ungleichförmigkeit der Sicherheit der Bestimmungen.

Anders aber nach den Ausführungen des vorigen Abschnittes, wenn sich mehrere Beobachter, für deren gleiche Empfindlichkeit man nicht stehen kann, in einer Gesammtreihe zu Bestimmungen bezüglich derselben Hauptwerthe *t* vereinigen, und Mittel aus ihren Bestimmungen gezogen werden sollen. Abgesehen, dass die Einfachheit der Behandlung der Gesammtreihe leidet, wenn nicht alle Beobachter mit gleichem *n* zu den Beobachtungen für dieselben *t*'s beitragen, oder gar manche Beobachter bei manchen *t*'s fehlen, leidet auch die Vergleichbarkeit der Bestimmungen für die verschiedenen *t*'s dadurch, oder ist man genöthigt, um nur vergleichbare Mittel zu erhalten, einen Theil der Beobachtungen der Gesammtreihe Preis zu geben, und des Vortheils verlustig zu gehen, dass mit der gleichen Vertheilung des *n* überhaupt im Ganzen die grösstmögliche Sicherheit zu erreichen ist. In diesen Beziehungen aber lässt das Verfahren des Verf. nur zu viel *zu* wünschen übrig, und die Bearbeitung seiner Versuche, um doch das Vergleichbarste herauszubringen, ist dadurch umständlich und mühselig geworden. Der Verf. selbst freilich hat nichts von dieser Umständlichkeit und Schwierigkeit empfunden, indem er gemeint hat, mit der principiell unrichtigen Verwendung der Gewichtszahlen, wovon im vorigen Abschnitt die Rede war, über *alle* Schwierigkeiten hinwegzukommen.

Als *ein* Muster in betreffender Beziehung möchte ich die Untersuchungen Camerer's über den Raumsinn (in *Zeitschr. f. Biologie*) vor Augen halten, welcher in früheren Versuchsreihen *zwei*, in den neuesten sogar vier bis fünf Beobachter zu derselben Gesammtreihe zugezogen hat, und dabei alle Versuche in *systematischster* Weise nach Zahl und Personen gleich vertheilt hat, Beweis, dass sich doch so operiren lässt. Nun ist allerdings wahr, dass die von ihm zugezogenen Versuchssubjecte lauter Glieder seines eigenen Familienkreises waren, über deren Zeit und Thätigkeit er freier verfügen konnte, als der Verf. über die Zeit und Thätigkeit der jungen Leute, die sich mit ihm zu den Versuchen verbanden; aber ich gestehe, zu meinen, dass sich auch nur solche dazu verbinden sollten, die ihren Verhältnissen und Interessen nach im Stande und gewillt sind, zur Erfüllung der formellen Bedingungen dieser Art von Versuchen erforderlich zusammenzuwirken.

In der That verhält es sich in dieser Beziehung anders mit Versuchen im psychophysischen Felde, wo die zwischen den einzelnen Beobachtern verschiedene und selbst bei demselben Beobachter nicht gleich bleibende Empfindlichkeit wesentlichst in die Resultate eingreift und selbst als Object der Beobachtung auftritt, als bei physikalischen Versuchen, wo das Object und die Massmittel bei allen Veränderungen der Beobachter dieselben bleiben.

Ein anderer, die Darstellungsweise der Versuche betreffender, Punct lässt einem Wunsche Raum, der sich ebenfalls seitens des Verf. nicht befriedigt findet, das ist: es fehlt in seiner Abhandlung gänzlich an Angaben darüber, wie die Versuche bezüglich der Zeit, Dauer, Folge angeordnet waren. Wurden alle fs an demselben Tage durchgeprüft, oder die Prüfung auf verschiedene Tage vertheilt; welche Zwischenzeit blieb erstenfalls zwischen der Prüfung der Werthe bei den verschiedenen fs; wurde damit aufsteigend oder absteigend verfahren oder zwischen beiden methodisch gewechselt; wurde überhaupt eine Regel in diesen Beziehungen befolgt, und welche? Das Zusammentreffen des Mangels aller Angaben hierüber mit der so grossen Ungleichförmigkeit des n lässt nur zu sehr vermuthen, dass keine Regel befolgt wurde, wenigstens hat der Verf. in seiner Darstellung der Versuche nichts gethan, um einer solchen Vermuthung zu begegnen. Nun mag es vielleicht sein, dass auf Einhaltung einer strengen Regel hierbei nicht zu viel ankommt; aber es könnte auch sein, dass die Versuche noch schärfere Resultate gegeben hätten, wenn eine solche eingehalten worden wäre.

Hiernach gestehe ich denn auch, dass mir das Verhältniss der normalen und anomalen Reihen, als contrastfreier und von Contrast beeinflusster, ohne seiner Thatsächlichkeit nach von mir bezweifelt zu werden, doch unklar geblieben ist, indem ich beim Verfasser, abgesehen von einigen zur Aufklärung nicht hinreichenden Specialbemerkungen p. 58, nur folgende Stelle darüber (p. 52) im Eingange seiner Besprechung der Versuche der zweiten Gruppe finde:

»Da ich die Resultate dieser Versuche wie die der vorhergehenden [ersten Gruppe] in normale und anomale theilen wollte, fand ich zu meinem Erstaunen, dass ich dann zwei Arten von anomalen Versuchen annehmen müsste, von denen die einen alle ein kleineres, die anderen alle ein grösseres Δ lieferten, als die zwischen ihnen liegenden Normalversuche. Da nun ausserdem die Anzahl der anomalen Versuche einen ausserordentlich grossen Procentsatz der Gesammtzahl betrug, suchte ich nach einem Grunde dieser Erscheinung, und fand ihn im Folgenden. Es stellte sich heraus, dass die Normalversuche alle den ersten Versuch eines Versuchstages bildeten, die anomalen die nachfolgenden. Dies legte die Vermuthung nahe, dass die bisher sogenannten anomalen Versuche nur durch den Contrast der vorhergehenden bedingt seien, eine Vermuthung, die durch die Rechnung bestätigt wurde.« (Hiernach die Tabellen anomaler Versuche XII bis XVII.)

Hiernach schiene es einmal, dass die Normalversuche zwischen die anomalen fielen, dann wieder, dass die Normalversuche alle den ersten Versuch eines Tages bildeten, die anomalen die nachfolgenden. Soll hiezwischen kein Widerspruch bestehen, so müsste man annehmen, dass die Normalversuche am Anfange jedes Versuchtages als zwischenfallend zwischen die anomalen des vorgängigen und desselben Versuchtages betrachtet werden. Doch weiss ich nicht, ob diese Auslegung die richtige ist. Ueber die Zwischenzeit zwischen den anomalen Versuchen und den vorgängigen Versuchen, von deren t_c der Contrast abhing, und ob diese Zwischenzeit überall vergleichbar gehalten wurde, lässt uns der Verf. gänzlich im Unklaren.

Das Resultat, was der Verf. p. 55 aus den Contrastversuchen zieht, dass die für andere Sinne bestehenden Contrastwirkungen auch im Gebiete des Zeitsinnes zur Geltung kommen, ist zwar nach der Analogie mit den anderen Sinnen nicht unerwartet, doch als Bestätigung davon nicht ohne Interesse: nur wüsste ich nicht, was Anlass sein könnte, folgender Bemerkung beizupflichten, die er (p. 55) an den Ausspruch jenes Resultates knüpft: »Von den bis jetzt bekannten Contrastwirkungen unterscheidet sich die vorstehend constatirte dadurch, dass sie offenbar eine *rein psychische* ist, indem bei ihr physiologische Hypothesen, wie sie z. B. zur Erklärung des Farbencontrastes ersonnen werden, ausgeschlossen sind.« Ich denke, wenn ein Zeitintervall durch zwei Schalleindrücke abgegrenzt und ein späteres damit verglichen wird, geschieht dies vermöge einer nicht blos psychischen sondern zugleich psychophysischen Reproduction der Toneindrücke und des eine gewisse Dauer einnehmenden psychophysischen Zwischenprocesses, wobei es nicht gleichgiltig sein kann, ob das spätere Intervall über das in der Erinnerung reproducirte hinausgreift oder als kleineres davon eingeschlossen wird. Dass dies kein ähnlicher Vorgang ist, als der zur Erweckung des Farbencontrastes dient, ist zuzugestehen; Farben und Zeit sind eben verschiedene Dinge, aber es ist doch eine physiologische (weil psychophysische) Reproduction eines physiologischen Vorganges, der mit der psychischen Hand in Hand geht, ohne dass man nöthig hat, den psychischen Vorgang vom physiologischen so zu sagen loszulösen.

VIII. Ueber die Gültigkeitsfrage des Weber'schen Gesetzes.

Kommen wir endlich nach den bisherigen Vorerörterungen zur ersten der beiden Hauptfragen, um die es sich hier handelt. Das Weber'sche Gesetz lässt sich dahin aussprechen, dass bei Abwesenheit oder nach Elimination zufälliger und constanter Fehler, kurz im Falle seines *reinen* Bestandes, der Unterschied zweier Reize gleich gross für die Empfindung erscheint, so lange das *Verhältniss* der Reize sich gleich bleibt, wie auch die *absolute* Grösse der Reize dabei wechsele. Umgekehrt muss, so weit das *Weber*'sche Gesetz besteht, das *Verhältniss* der Reize bei Aenderung ihrer absoluten Grösse sich gleich bleiben, so lange der Unterschied für die Empfindung gleich bleibt, also auch, so lange er im Verschwinden für die Empfindung begriffen, kurz auf der Schwelle bleibt, und dies führt, wenn wir Reiz durch Zeit übersetzen, als Charakter des reinen *Weber*'schen Gesetzes im Gebiete des Zeitsinnes, woran man seine

Gültigkeit in diesem Gebiete prüfen kann, mit, dass nicht nur die obere und untere Verhältnisschwelle $r_o = \frac{t_o}{t}$ und $r_u = \frac{t}{t_u}$ für sich constant bleiben, während t wächst (indem t_o und t_u immer proportional mit t wachsen), sondern dass auch immer r_o gleich r_u für dasselbe t bleibt.

Nun scheint allerdings von vornherein in entschiedenem Widerspruche mit dem Weber'schen Gesetze, dass letztere Bedingung entschieden für den Zeitsinn fehlschlägt. Denn sehen wir alle, im IV. Abschnitt angeführten, Versuchsreihen an, so überwiegt, abgesehen von den Reihen No. 4 und No. 5 mit den kleinsten t-Werthen, in allen Reihen und bei allen t-Werthen die untere Verhältnisschwelle in meist starkem Verhältnisse die obere; und auch in No. 4 und No. 5 findet keine Gleichheit zwischen beiden statt, sondern kehrt sich das Verhältniss nur um.

Nicht minder zeigt sich in Widerspruch mit dem Gesetze, dass, wenn wir die r_o und r_u für sich durch die Reihe der ts verfolgen, statt einer nur durch Zufälligkeiten gestörten Constanz derselben ein, nur durch Zufälligkeiten gestörtes, Wachsthum der r_u und Abnahme der r_o bei verschiedenem t stattfindet; obwohl sich dieser entgegengesetzte Gang bei verschiedenen Reihen in verschiedener Entschiedenheit ausprägt; sehr entschieden namentlich in No. 2. b), No. 3. b), No. 4. b) (s. S. 23. 26. 29); minder in No. 1. b) und c) und in No. 5 (s. S. 22. 29).

Inzwischen darf man nicht vergessen, dass von einer Bewährung des Weber'schen Gesetzes durch Versuche überhaupt nur die Rede sein kann, wenn mit den zufälligen auch die constanten Fehler, welche durch die Versuche eingeführt werden, als compensirt oder eliminirt gelten können, und es fragt sich also, ob dies von den Werthen, so wie sie unmittelbar aus den Versuchen hervorgehen, zu gelten hat.

Gesetzt nun, es fände sich, dass mit dem ersten zugleich der zweite Widerspruch gegen das Weber'sche Gesetz schwände, wenn wir, statt die obere und untere Verhältnisschwelle einander gegenüber zu verfolgen, das Verhältnissmittel beider $r = \sqrt{r_o r_u} = \sqrt{\frac{t_o}{t_u}}$ durch die Reihe der t verfolgen, so könnte man sich vorstellen, dass r_o, r_u für sich durch einen in den Versuchsumständen begründeten

Verhältnissfehler entgegengesetzter Richtung alterirt sind, der sich im Verhältnissmittel beider eliminirt. Und sofern durch Berücksichtigung und demgemässe Elimination eines solchen Fehlers eine Gesetzlichkeit gewonnen würde, die sich sonst nicht gewinnen liesse, indess sie sich auch in anderen Gebieten bei Elimination constanter Fehler wiederfindet, dürfen wir dem Gedanken eines solchen und so eliminirbaren Fehlers um so mehr Raum geben, als sich auch wahrscheinliche Gründe für das Dasein eines solchen (im X. Abschnitte) werden finden lassen. Auch habe ich schon früher, in »Revis.« p. 420, diesen Betrachtungsweg eingeschlagen, und der Verf. selbst ist p. 63 in der Prüfungsfrage des Weber'schen Gesetzes insoweit darauf eingegangen, als er seinerseits die Prüfung des Gesetzes von einer entsprechenden Voraussetzung abhängig macht, indem er die Frage verhandelt, ob $r - 1$ sich constant bei verändertem t findet.

Natürlich nämlich, wenn r zum Bestande des Weber'schen Gesetzes bei Aenderung von t constant bleiben muss, muss auch $r - 1$ constant bleiben, und so kann man sich bei der Prüfung auch an diesen Werth anstatt an r selbst halten, ja es erscheint dies insofern noch zweckmässiger, als etwaige Abweichungen vom Weberschen Gesetze deutlicher ins Licht treten, wenn man 1 von r abzieht und blos die Reste vergleicht, als wenn man die ganzen r vergleicht, von denen 1 den grössten Theil ausmacht. Sei z. B. r bei einem kleinen Werthe von t gleich 1,1, bei einem viel grösseren gleich 1,2 gefunden, so scheinen diese Werthe so nahe übereinstimmend, dass man sich leicht verleitet finden könnte, das Webersche Gesetz ohne Weiteres als gut dadurch bestätigt anzusehen, indem man den geringen Unterschied zwischen beiden r-Werthen durch unausgeglichene Zufälligkeiten entstanden denkt. Gehen wir aber durch Abzug der 1 von den Werthen r zu den Werthen $r - 1$ über, so haben wir 0,1 und 0,2, wovon der eine Werth doppelt so gross als der andere ist, wodurch man sich nun freilich wieder leicht verleiten lassen kann, das Weber'sche Gesetz als widerlegt anzusehen, wenn man nicht berücksichtigt, dass zufällige Beobachtungsfehler, welche bei den Versuchen über den Zeitsinn so gut wie bei irgendwelchen anderen Versuchen mitspielen, gar leicht ein solches oder noch stärkeres Unterschiedsverhältniss der $r - 1$

bedingen können, ohne dadurch zu einem Schlusse gegen das Gesetz zu berechtigen, so lange die Unterschiede klein gegen den mittleren Werth der sich ändernden Grössen bleiben. Also mag man zwar immerhin lieber auf $r - 1$ als r fussen, wie der Verf. thut, nur dass man sich zugleich zu vergewissern hat, ob die Unterschiede zwischen den Werthen $r - 1$, die man findet, nicht vielmehr durch Zufälligkeiten, als durch eine Ungültigkeit des Weber'schen Gesetzes erklärlich sind. Man wird aber allgemein gesprochen schliessen können, es sei so, wenn bei dem Fortschritt durch eine ganze Reihe der t die Constanz von $r - 1$ nur unregelmässig nach beiden Seiten gehende Abweichungen erleidet, und wenn diese um so mehr schwinden, je mehr Bestimmungen von $r - 1$ wir für die t zusammennehmen, sofern sich die Zufälligkeiten der einzelnen Bestimmungen dadurch mehr und mehr ausgleichen; wogegen eben wegen dieser Ausgleichung der zufälligen Abweichungen auch die wesentlichen Abweichungen von der durch das Gesetz geforderten Constanz der $r - 1$, sofern solche stattfinden, nur um so deutlicher hervortreten müssen. Dies das Princip, worauf wir fussen werden.

Uebrigens braucht man, um auf den Werth $r - 1$ als geeignetes Prüfungsmittel für das Weber'sche Gesetz zu kommen, nicht erst von der mittleren Verhältnissschwelle r auszugehen. Mit der Forderung einer Constanz der Verhältnissschwelle bei verschiedenem t zur Befriedigung des Weber'schen Gesetzes nämlich hängt die Forderung einer Constanz der relativen Unterschiedsschwelle zusammen. Die rohen relativen Unterschiedsschwellen $\frac{d_u}{t}$, $\frac{d_o}{t_o}$ oder w_u, w_o entsprechen nun dieser Constanz eben so wenig, als die rohen Verhältnissschwellen r_u, r_o, wie schon einfach daraus folgt, dass $w_u = r_u - 1$, $w_o = r_o - 1$ (vergl. S. 13), mithin Constanz und Inconstanz von beiden Werthen solidarisch ist; wogegen sich im X. Abschnitt zeigen lassen wird, dass durch Elimination desselben constanten Verhältnissfehlers, welcher bezüglich der Verhältnissschwellen in Betracht zu ziehen ist, die mittlere relative Unterschiedsschwelle mit $r - 1$ übereinkommt, was auch der Verf. (p. 64) annimmt, ohne es freilich bewiesen zu haben (vergl. S. 14 f.); also folgen wir jedenfalls dem Verf. in dem Gebrauche, den er von dem Werthe $r - 1$ zur Prüfung des Weber'schen Gesetzes macht.

Nun finden verschiedene Beobachter je nach ihrer verschiedenen Unterschiedsempfindlichkeit ein verschiedenes v und mithin $v-1$ bei demselben t; aber es hindert nichts, den Vortheil möglichster Ausgleichung von Zufälligkeiten durch Mittelziehung aus ihren Werthen zu gewinnen, ohne damit einem Nachtheil betreffs der Prüfungsfrage selbst zu begegnen. Denn gesetzt, ein gewisser Beobachter findet, unter Voraussetzung compensirter Zufälligkeiten, bei aufsteigendem t den constanten Werth v_1 als mittlere Verhältnissschwelle, ein anderer v_2, ein dritter v_3 u. s. f., so wird natürlich auch der mittlere Werth dieser constanten Werthe constant bei aufsteigendem t bleiben, mithin für das Weber'sche Gesetz beweisen, wenn es überhaupt besteht.

Hiernach ziehen wir zuvörderst in Betracht, was der Verf. auf Grund des uns gemeinsamen Kriteriums gegen die Gültigkeit des Gesetzes einwendet.

Als Unterlage dazu dienen ihm zwei Tabellen, in denen er zu einer Reihe aufsteigender t's die $v-1$ zum Beweise aufführt, dass sie die vom Weber'schen Gesetze geforderte Constanz nicht zeigen. Die erste (XX), welche ich unten als Kollert-Estel'sche Reihe wiedergeben werde, ist vom Verf. selbst überschrieben: »Die Versuche Kollert's und meine eigenen aus dem Jahre 1881«, und giebt unter a) das Ergebniss normaler, unter b) das Ergebniss anomaler Versuche. Sie ist zusammengestellt aus den Ergebnissen der, im Jahre 1881 angestellten Kollert'schen Versuche (Wundt's Philos. Stud. I. 78 ff.) und denen der neuen Versuche des Verf. erster Gruppe vom Jahre 1882, welche vom Verf. in seiner jetztigen Abhandlung vorgelegt und von mir im IV. Abschnitt unter No. 1 reproducirt sind; beide mit einer Zwischenzeit δ gleich der Hauptzeit t. Es sind aber nicht sowohl Versuche von Kollert und Estel selbst, aus denen die Resultate der Kollert-Estel'schen Reihe gezogen sind, sondern die darin angeführten Werthe von $v-1$ sind Mittelwerthe aus Werthen, welche von verschiedenen Beobachtern für jedes t erhalten worden sind. Die Kollert'schen und Estel'schen Ergebnisse ergänzen sich hierbei in solcher Weise, dass die ersten von $t = 0{,}4$ bis 1.20, die letzten von 1,50 bis 8,00 reichen*).

---

*) An sich gehen zwar die Kollert'schen selbst bis $t = 1.50$, womit die

Die zweite Tabelle, welche ich der Kollert-Estel'schen als dreitheilige Estel'sche folgen lassen werde, giebt ohne Mittelziehung in drei Abtheilungen die Werthe $r - 1$ der Specialreihen von Hansen, Trautscholdt, Tischer, welche in der Abhandlung des Verf. vorliegen, und von mir im IV. Abschnitt unter No. 2 mit Zufügung von Mittelbestimmungen berücksichtigt sind.

Die Zahlen $r - 1$ des Verf. sind das 10 000fache des wirklichen Werthes, worin ich ihm in den weiteren Verhandlungen folgen werde. Also entsprechen z. B. 1330 und 940 den wirklichen Werthen 0,1330 und 0,0940. Bei der dreitheiligen Tabelle sind die Werthe p von mir behufs späterer Benutzung nach eigener Berechnung zugefügt, und fallen zunächst ausser Rücksicht.

Kollert-Estel'sche Tabelle, Taf. XX. 1881.

a) normal.

t	$r - 1$	t	$r - 1$	t	$r - 1$
0,40	1330	1,50	1155	3,00	1144
0,50	1150	1,80	991	3,70	1160
0,70	730	2,00	980	4,00	1074
0,80	880	2,70	992	5,50	979
1,00	910	2,75	1027	6,00	991
1,20	1320	2,85	1297	8,00	1170

b) anomal.

t	$r - 1$	t	$r - 1$	t	$r - 1$
0,40	1300	1,20	1140	3,70	757
0,50	940	1,50	—	4,00	961
0,70	1130	1,80	1042	6,00	632
0,80	780	2,00	984	8,00	397
1,00	1060	3,00	950		

Estel'schen beginnen; aber nach einer Bemerkung des Verf. p. 10 ist die Bestimmung für $t = 1,50$, »weil in den Kollert'schen Versuchen nicht genau hergestellt«, vom Verf. erneuert.

Dreitheilige Estel'sche Tabelle, normal (Taf. XXI

t	$r - 1$			r		
	H	Tr	T	H	Tr	T
1,5	861	1131	1102	1,0294	1,0462	1,0383
2,0	859	941	1136	0318	0391	0447
2,25	663	—	1023	0209	—	0335
2,5	758	1190	1154	0445	0392	0425
3,0	715	1379	1194	0370	0546	0440
3,5	1295	1233	850	0685	0598	0592
3,75	—	1294	1283	—	0457	0552
4,0	819	1047	1189	0504	0541	0593
4,5	690	—	—	0549	—	—
5,0	864	933	1773	0703	0825	0752

In vorstehenden Tabellen nun liegt das Material vollständig vor, auf welches der Verfasser folgenden, hier wörtlich wiederzugebenden Widerspruch gegen das Weber'sche Gesetz gründet:

»Aus diesen Tabellen ergiebt sich sofort, dass eine auch nur annähernde Gleichheit von $r - 1$ für die verschiedenen Hauptzeiten t nicht existirt, und auch die Unterschiede der einzelnen Werthe zu gross sind, um sie als zufällige Abweichungen betrachten zu können. Es nimmt vielmehr im Allgemeinen $r - 1$ mit wachsenden Hauptzeiten ab, und die Maxima und Minima von $r - 1$ fallen mehr oder weniger genau mit den entsprechenden Maximal- und Minimalwerthen von J zusammen. Am schönsten tritt diese Uebereinstimmung bei Herrn Hansen zu Tage, weil bei diesem Beobachter die Multipla des Indifferenzwerthes immer auf solche Hauptzeiten fallen, für welche J und $r - 1$ direct bestimmt worden sind[1]). Das Weber'sche Gesetz hat somit für den Zeitsinn keine Gültigkeit. — Die Werthe von $r - 1$ für die Contrastversuche Taf. XV, XVI, XVII lassen einen gesetzlichen Gang nicht erkennen.«

Nun ist wahr, in den vorstehenden Tabellen variiren die Werthe $r - 1$ so stark bei aufsteigendem t, dass, wenn man sich einfach beim Anblick hiervon beruhigen wollte, das Weber'sche Gesetz eben so einfach widerlegt wäre. Wenn aber der Verf. sagt:

---

[1]) Dieser Punkt gehört in die Periodicitätsfrage der J, worauf erst im folgenden Abschnitt zu kommen. F.

»die Unterschiede seien zu gross, um sie als zufällige Abweichungen betrachten zu können«, so vermisse ich nicht nur den Beweis davon, sondern selbst eine Untersuchung darüber, ungeachtet doch Alles auf das Ergebniss einer solchen Untersuchung ankam; ja ich meine, dass man, statt die regellos wechselnden Ab- und Zunahmen der $r-1$ in den Tabellen zu gross für zufällige Abweichungen zu finden, ohne angeben zu können, warum, eher daraus lernen kann, wie gross zufällige Abweichungen in diesem Versuchsfelde werden können; denn den Ausdruck eines gesetzlichen Ganges bieten sie doch für Niemand dar*). Man sehe z. B. die **Kollert-Estel**'sche Reihe an, wo auf das Maximum $r-1 = 1450$ der ganzen Reihe bei $t = 0{,}70$ $t = 0{,}50$ gleich das Minimum $= 730$ der ganzen Reihe bei folgt, und alle Zahlen aufs Stärkste hin- und wiederschwanken. Durch alle Zufälligkeiten durch aber macht sich das Weber'sche Gesetz doch darin geltend, dass der Fortschritt der ts immer wieder zu Werthen $r-1$ zurückführt, welche mit früheren nahe oder ganz übereinstimmen, so dass die Constanz der $r-1$ eben nur unregel- mässig gestört erscheint. So findet sich beim fünften t der Reihe $= 1{,}20$ merklich dasselbe $r-1$ als bei dem ersten $= 0{,}40$; ferner bei $t = 1{,}50$ in der ersten Hälfte der Reihe merklich derselbe Werth $r-1$ als beim letzten $t = 0{,}80$; das $t = 1{,}8$ stimmt im $r-1$ ganz mit $t = 6{,}0$ u. s. f. Wenn aber die $r-1$ dieser ver- schiedenen Gleichheitsfälle selbst nicht vollständig unter einander stimmen, weichen sie doch auch nicht weiter von einander ab, als nach den Unregelmässigkeiten der ganzen Reihe durch Zufälligkeiten erklärbar bleibt. Mit Rücksicht hierauf aber liesse sich die ganze **Kollert-Estel**'sche Reihe vielmehr zu Gunsten des Weber'schen Gesetzes als wider dasselbe sprechend finden. Aber einmal gebe ich zu, dass die Störung des Gesetzes durch Zufälligkeiten in dieser Tabelle zu gross erscheint, um eine schlagende Bestätigung des Gesetzes darin zu finden; zweitens wird nach weiterhin folgenden Erörterungen eine untere Abweichung vom Weber'schen Gesetze bei den kleinsten t-Werthen allerdings anzuerkennen sein, ohne dass

---

*) Freilich können sie auch theilweise darauf beruhen, dass keine hinreichende Vergleichbarkeit der in der **Kollert-Estel**'schen Reihe zusammengefassten Versuche besteht.

sich diese deshalb merklich zu den grösseren erstreckt, und so sind schon desshalb die Kollert'schen $r-1$, welche von $t = 0{,}4$ bis $t = 1{,}2$ gehen, nicht mit den Estel'schen von $t = 1{,}5$ und $= 1{,}8$ bis 5,0 und 8,0 aus gleichem Gesichtspunkte zu betrachten; drittens habe ich mich schon früher gegen die Weise der Mittelziehung, welche Seiten Kollert's wie Estel's stattgefunden, und gegen die Vereinigung ihrer Reihen zu einer aus dem Gesichtspunkte erklärt, dass sie, weil verschiedenen Beobachtern zugehörig, nicht mit einander vergleichbar sind; und halte daher die Kollert-Estel'sche Reihe überhaupt für ungeeignet, eine Unterlage für die Beurtheilung unserer Frage zu bieten.

Wollte man dennoch auf die Kollert-Estel'sche Reihe etwas geben, so würde nach dem wiederholt auf- und absteigenden Gange der $r-1$ folgender Bemerkung Platz zu geben sein.

Liesse sich das Gesetz der Periodicität, was der Verf. für den Gang der Δ in Anspruch nimmt, halten, so liesse sich auch die periodische Wiederkehr derselben $r-1$ bei aufsteigendem t in der Kollert-Estelreihe darauf schreiben, indem man das Gesetz von den Δ auf die $r-1$ übertrüge. Nur würde man hiermit nicht sowohl dem Weber'schen Gesetze widersprechen, als nur eine Complication desselben mit einem Periodicitätsgesetze behaupten können, vermöge deren die $r-1$ bei wachsendem t zwar nicht absolut constant bleiben, aber in gewissen Intervallen immer zu denselben Werthen zurückkehren; auch mag der oberflächliche Blick auf die Kollert-Estel'sche Tabelle dieser Auffassung sehr zu Statten kommen; und unstreitig wäre die Feststellung einer solchen Eigenheit des Weber'schen Gesetzes und demgemässen periodischen Ganges der $r-1$ nicht minder interessant, als die vom Verf. behauptete Periodicität im Gange der Δ. Ja es lässt sich ganz einfach zeigen, dass die Periodicitätsfrage bezüglich der Δ und $r-1$ mathematisch so zusammenhängt, dass mit der Periodicität der einen zugleich die der anderen steht und fällt. Liesse sich also eine gesetzliche Periodicität für die Δ experimental beweisen, so wäre sie zugleich für die $r-1$ mathematisch mitbewiesen, indess umgekehrt der im folgenden Abschnitte zu führende Nachweis, dass sie für die Δ nur als zufällig gelten kann, von vorn herein eine gesetzliche Periodicität auch für die r und $r-1$ ausschliesst.

In der That, nach den im III. Abschnitt entwickelten Beziehungen ist $t = \frac{d_o - d_u}{2}$, kann also t nicht periodisch sein, ohne dass d_o, d_u (mindestens einer beider Werthe) periodisch sind. Anderseits ist

$$r = \sqrt{\frac{t_o}{t_u}} = \sqrt{\frac{t + d_u}{t - d_u}} \,.$$

Sofern nun die Werthe d_o, d_u als periodische in r eingehen, muss auch r und mithin $r - 1$ an dieser Periodicität Theil haben.

Jedoch ohne diesen indirecten Weg der Betrachtung weiter zu verfolgen, wenden wir uns jetzt von der ersten zur zweiten der Tabellen, auf welcher die Bestreitung des *Weber*'schen Gesetzes Seitens des Verf. fusst.

Auch hier sieht man in den einzelnen Reihen der drei Beobachter die $r - 1$ bei aufsteigendem t allgemein gesprochen so stark variiren, dass man daraus einen Schluss gegen das *Weber*'sche Gesetz ziehen könnte, wenn man nicht von vornherein ebenso wie bei der ersten Tabelle in der völligen Regellosigkeit dieser Variationen den Charakter der Zufälligkeit erkennte, die Sicherstellung aber, dass das *Weber*'sche Gesetz hierdurch nur gestört ist, darin fände, dass diese Variationen durch das Zusammennehmen der $r - 1$ zu mittleren Werthen, wie es in der Tabelle der Mittel No. 2. b) (S. 23) geschehen und in der folgenden Zusammenstellung recapitulirt ist, so weit schwinden, um sei es überhaupt nur noch einen Rest unausgeglichener Zufälligkeiten darin sehen zu können, die sich ja überhaupt nicht ganz ausgleichen lassen, oder nur die Spur einer noch nicht ganz überwundenen unteren Abweichung zugeben zu müssen. *Und warum hat der Verfasser, da er in der Kollert-Estel'schen Reihe auf Mitteln fusst, nicht auch entsprechende Mittel aus seiner dreitheiligen Tabelle gezogen; es würde ihm dann schwerer gefallen sein, seinen Widerspruch gegen das Weber'sche Gesetz überhaupt aufrecht zu halten.* Von einem Abnehmen der $r - 1$ bei wachsendem t, was der Verf. gegen das Gesetz geltend macht, liess sich selbst bei der *Kollert-Estel*'schen Reihe nur insofern sprechen, als man die allerersten etwas grossen $r - 1$ bei den kleinsten t-Werthen als Ausgangswerthe berücksichtigt, wogegen die $v - 1$ der dreitheiligen Tabelle weder bei den einzelnen Reihen noch im Mittel eine Bestätigung davon ergeben.

Hiernach kann ich in den Ergebnissen der zweiten Tabelle nur eine Verschärfung der Ergebnisse der ersten zu Gunsten des Weberschen Gesetzes finden.

Inzwischen verlassen wir uns nicht allein auf vorige Reihe, sondern sehen zu, wie sich das anderweite Material des IV. Abschnittes zu unserer Frage stellt, und recapituliren hierzu in folgender Zusammenstellung die Reihen der $v - 1$, die sich für die verschiedenen Beobachtungsreihen im Mittel von zwei, drei oder mehr Beobachtern ergeben haben, unter Rückverweisung auf Nummer und Buchstaben der betreffenden Mitteltabellen im IV. Abschnitt. Die folgenden 5 Reihen unter No. 1 bis No. 3 sind Estel'sche, wozu die Data in seiner Abhandlung vorliegen, die zwei letzteren unter No. 4 und 5 Kollert'sche bei sehr kleinem t nach seiner Abhandlung in Philosoph. Stud. I. In den folgends aufgeführten Reihen der $v - 1$ sind keineswegs alle Data der Originaltabellen benutzt; aber nirgends hat eine Ausscheidung aus dem Gesichtspuncte stattgefunden, solche Data bei Seite zu lassen, die nicht recht zum Weber'schen Gesetz stimmen wollten, sondern nur solche, die sich vor aller Prüfung in dieser Hinsicht aus den, im VI. Abschnitte angegebenen, Gesichtspuncten nicht zu vergleichbaren Mitteln vereinigen liessen.

Da die Beobachter oder Versuchsumstände bei den folgends aufgeführten Reihen der $v - 1$ im Allgemeinen verschiedene waren, hat man nicht nach der Constanz der $v - 1$ von einer Reihe zur andern herüber, sondern nur in jeder für sich zu fragen.

Die Angaben am Eingange der Reihen sind bei der ersten Reihe, entsprechend dann auch bei den anderen Reihen, so zu verstehen. No. 1 b verweist bemerktermassen auf die im IV. Abschnitt so bezeichnete Reihe. 1.8 — 8.0 giebt die Grenzen der t an, in denen sich die Reihe hielt. $N = 2$ bedeutet die Zahl der Beobachter, die sich bei der Reihe betheiligten. Dann folgt noch die Angabe, ob die Reihe normal oder anomal war, und ob mit oder ohne Zwischen-δ.

Mittlere $v - 1$ in folgenden Reihen:

Estel					Kollert	
No. 1. b) 1,8—8,0 $N = 2$ norm. mit δ	No. 1. c) 1,8—6,0 $N = 2$ norm. mit δ	No. 2. b) 1,5—5,0 $N = 3$ norm. ohne δ	No. 3. b) < 2,0—4,0 $N = 3$ anom. ohne δ	No. 3. b) > 2,0—4,0 $N = 3$ anom. ohne δ	No. 4. b) 0,4—1,2 $N = 4$ norm. mit δ	No. 5. b) 0,4—1,0 $N = 4$ anom. mit δ
862	860	1002	1009	987	1295	1307
1164	1215	968	1050	902	1380	946
850	1197	1032	1073	917	706	1130
1293	969	1090	1088	798	882	984
1084	915	1139	1065	1027	802	
1192		1017		992	1241	
1060		1183				
1132						

Von vorstehenden Reihen verdienen die Estel'schen und Kollert'schen besonders ins Auge gefasst zu werden, sofern erstere bei erheblich höheren t's, im Ganzen von 1.5 bis 8.0 angestellt sind, als letztere, welche nur von 0,4 bis 1.2 gehen, und sofern erstere eine Bestätigung des Weber'schen Gesetzes bei ihren höheren t's finden lassen, indess letztere für eine untere Abweichung vom Gesetze bei ihren kleinen t's sprechen.

In der That, was den ersten Punct anlangt, so sieht man in den Estel'schen Reihen die $v - 1$ nur noch so wenig und dabei so unregelmässig variiren, wie es zur Bestätigung des Weber'schen Gesetzes, in Conflict mit den, durch die Mittelziehung nicht ganz eliminirbaren, Zufälligkeiten nur gewünscht werden kann. Was den zweiten Punct anlangt, so knüpfen wir damit an frühere Versuche von Mach und Vierordt über den Zeitsinn an, die ich »In Sachen« p. 174 zu Gunsten des Weber'schen Gesetzes geltend gemacht habe, nur schon damals mit dem Zugeständniss einer unteren Abweichung von diesem Gesetze, welche nach den in dieser Hinsicht übereinstimmenden Ergebnissen beider Beobachter darin besteht, dass der relative eben merkliche Unterschied (Mach), sowie reine relative mittlere Fehler (Vierordt), im Aufsteigen von sehr kleinen t-Werthen 0,016 Mach, 0,204 Vierordt an, sich nicht sofort constant zeigt, sondern erst bis zu einem gewissen Minimum (nach Mach bei $t = 0.375$, nach Vierordt je nach Verschiedenheit der Ursache bei $t = 0.365$; 0.887; 1.129 herabsinkt, dann wieder aufsteigt, um über gewisse (nicht sicher bestimmbare und je nach Umständen verschiedene) Grenzen des t hinaus zu einer, nur durch Zufälligkeiten gestörten, merklichen Constanz, zum Weber'schen Gesetze zu gelangen. Ich wüsste nun nicht, was nach den Versuchen des Verf. wie Kollert's hiervon zurückzunehmen wäre *). Die Kollert'sche normale Reihe No. 4. b) zeigt, wie von $t = 0.4$ und $0{,}5$ an $v - 1$ in auffälligster Weise sinkt, von $t = 0.8$ an aber wieder aufsteigt, und die Kollert'sche anomale Reihe No. 5. b) beweist wenigstens das Sinken von $t = 0.4$ an, indess im Uebrigen der Gang durch Zufälligkeiten regellos wird. Da diese Ergebnisse als Mittelwerthe aus den Bestimmungen von vier Beobachtern wesentlich einstimmig in den normalen und anomalen Reihen fliessen, und mit den Beobachtungen von Mach und Vierordt im wesentlichen Resultate stimmen, so dürfte man allerdings die untere Abweichung bei kleinen t-Werthen als begründet anzusehen haben, ohne damit dem Weber'schen Gesetze nach Massgabe des Aufsteigens zu höheren t-Werthen widersprechen zu können.

Inzwischen ist selbstverständlich, dass, wenn eine untere Abweichung für kleinere t-Werthe aus irgendwelchen, bisher unbekannten, Gründen einmal besteht, sie nicht plötzlich bei einem gewissen höheren t-Werthe aufhören kann, um dem reinen Weber'schen Gesetze Platz zu machen, sondern nur bei wachsendem t gegen die mit wachsendem Werthe, welche sich dem Weber'schen Gesetze fügen, klein genug werden kann, um in den Zufälligkeiten der Beobachtung mehr oder weniger unerkennbar aufzugehen, ohne dass eine bestimmte Grenze angebbar ist, von wo an dies der Fall ist; und so kann man eine Spur der sich in die Estel'schen Versuche bei den höheren t-Werthen noch mit hineinziehenden unteren Abweichung noch darin finden, dass in allen fünf der Werth $v - 1$ bei dem kleinsten t etwas kleiner als bei dem grössten ist. Umgekehrt kann man hierin weder einen Beweis der principiellen Ungültigkeit des Weber'schen Gesetzes finden, noch eine Unanwendbarkeit des Ge-

---

*) Hiergegen habe ich die Bestätigung, die ich in »Revis.« p. 122 in den Kollert'schen Versuchen für das Weber'sche Gesetz zu finden glaubte, nach gründlicherem Zusehen allerdings fallen zu lassen.

setzes im Gebiete des Zeitsinnes danach behaupten: sondern, ersteres anlangend, so hat man in den betreffenden Erfahrungen nur das Zeichen einer Complication desselben mit einem Umstande zu sehen, der verhältnissmässig um so weniger wiegt, je mehr man mit den t aufsteigt, und letzteres anlangend, so bleibt über die niedersten Zeitwerthe hinaus die Abweichung vom Gesetze höchstens als eine Mitbestimmung zweiter Ordnung spürbar, so dass man sich doch in Betreffs der Hauptverhältnisse des Zeitsinnes an das Gesetz nicht nur halten kann, sondern halten muss. Wer möchte die Gültigkeit des Fallgesetzes dadurch verdächtigt und den Werth desselben geschmälert finden, dass es bei den Versuchen durch den Widerstand der Luft complicirt und gestört wird; um so weniger aber wird es gestört, je schwerer man die fallende Kugel nimmt, und so das Weber'sche Gesetz im Gebiete des Zeitsinnes, je grösser man den Hauptwerth t nimmt.

Von einer oberen Abweichung über gewisse Grenzen des t hinaus liegt weder in den früheren Versuchen von Mach und Vierordt, noch den neueren des Verf. ein Anzeichen vor: im Gegentheil fand Vierordt, wie ich »In Sachen« p. 176 angegeben, den reinen relativen mittleren Fehler ε bei folgenden hohen t-Werthen (diese zur Ausgleichung von Zufälligkeiten als Mittel von je vier aufsteigenden Werthen bestimmt) wie folgt:

$t =$	11,00	19,288	42,620
$\varepsilon =$	16,02	15,20	17,65

was man in Betracht der grossen Unsicherheit der Einzelbestimmungen, aus denen diese Resultate als mittlere fliessen, einerseits und der grossen Höhe der t, in welcher sie sich bewegen andererseits, als Erstreckung des Gesetzes bis zu grosser Höhe, wohl gelten lassen kann.

Gegen die Beweiskraft der Versuche mit so hohen Hauptzeiten macht nun freilich der Verf. p. 63 den Einwand, die Constanz des relativen mittleren Fehlers trete hier erst bei Zeiten ein, »die einer directen Schätzung nicht mehr zugänglich sind, für die vorliegende Frage also auch nicht als ausschlaggebend betrachtet werden können«, und er bezieht sich zur Begründung dieses Einwandes auf folgende von ihm (p. 50) gemachte Bemerkung: «als das grösste Intervall, welches man noch als einheitliches Ganze auffassen kann, ergab sich aus vielen mit anderen, in psychophysischen und physikalischen Untersuchungen wohlgeübten, Beobachtern, die sich aber an Zeitschätzungen noch nicht betheiligt hatten, angestellten Versuchen die Zeit von 5 bis 6 Secunden. An einzelnen Tagen gelang es manchen Beobachtern, bis zu 8 Secunden noch zu schätzen, doch war hierbei die Ermüdung so stark, dass selten eine Versuchsreihe durchgeführt werden konnte. Grössere Intervalle zu vergleichen, ist nur durch Eintheilung derselben möglich, und der erhaltene Schätzungsfehler gilt also nicht für jene Hauptzeit, sondern nur für den einzelnen Theil derselben, so dass alle Versuche, die grösseren Intervallen zu Grunde liegen, so gut wie werthlos sind».

Hiergegen aber scheint mir Folgendes zu sagen: Gesetzt, Zeitintervalle über 8 Secunden hinaus liessen sich wirklich überall nicht mehr als einheitliches Ganze auffassen, sondern nur vermöge subjectiver Eintheilung in kleinere Intervalle, so würde doch die Grösse der Unterschiedsschwelle wie des mittleren Schätzungsfehlers nicht ohne Weiteres blos von der Grösse der Theilungsintervalle abhängig zu machen sein, sondern auch die Zahl derselben, die es in die Schätzung mit aufzunehmen gilt — denn von einer wirklichen Zählung kann doch nicht die Rede sein — mit in Rücksicht kommen, also Vierordt's obige Versuche nur eine Erweiterung des Weber'schen Gesetzes von einheitlich aufgefassten Zeiten auf das Product von solchen in die subjectiv geschätzte Zahl derselben bedeuten, mithin nicht werthlos sein. Ausserdem aber gesteht ja der Verf. selbst, dass je nach Beobachtern und Umständen die Grenze der einheitlich auffassbaren Zeitgrössen sehr verschieden sein könne, und wenn sie sich bei seinen Beobachtern nicht über 8 Secunden hinaus steigern liess, so konnte der Verf. daraus noch nicht ohne Weiteres folgern, dass für Vierordt's Individualität und Versuchsweise dieselbe Grenze bestand; vielmehr geht aus dessen directen Angaben das Gegentheil hervor, indem er ausdrücklich als selbstverständlich für die hier in Betracht genommenen Versuche mit langen Hauptzeiten betont, dass das, was der Verf. gegen dieselben einwirft, zu vermeiden sei, wonach er also auch die Vermeidung davon möglich gefunden haben muss. In der That sagt Vierordt in seiner Schrift

»der Zeitsinn« p. 51 bei Gelegenheit der Mittheilung dieser Versuche ausdrücklich: »dass man bei langen Zeiten jedes sonstige Unterstützungsmittel, wie z. B. das subjective Signalisiren von Zwischenpuncten zu vermeiden hat, dass man eine gegebene Zeit nicht etwa in einige Partialzeiten in der Vorstellung abtheilt, um Halt- und Zwischenpuncte zur besseren Auffassung des Ganzen zu gewinnen, versteht sich von selbst. Der an solche Versuche Herantretende bedarf in der That eines gewissen Willenseinflusses, um Einflüsse der Art vollkommen fern zu halten«.

Man könnte nun freilich den Verdacht hegen, dass das Weber'sche Gesetz, ohne die reinen Verhältnisse des Zeitsinnes etwas anzugehen, durch die zur Constatirung des Gesetzes angestellten Versuche selbst erst eingeführt wurde und ausserhalb derselben weder Geltung noch Bedeutung beanspruchen könnte; und in der That muss man gestehen, dass durch die Versuche über den Zeitsinn Verhältnisse eingeführt werden, die ausser diesen Versuchen überhaupt nicht oder jedenfalls nicht in solcher Regelmässigkeit bestehen, um zur Auffindung eines Gesetzes führen zu können. In den Versuchen richten wir die Aufmerksamkeit ausdrücklich auf die Hauptzeit wie auf die Vergleichszeit; ausser den Versuchen läuft die Zeit ohne das ab, indem wir die Aufmerksamkeit vielmehr auf das richten, was in der Zeit abläuft; und die Zeit kann uns danach kürzer oder länger erscheinen, je nachdem wir uns mehr oder weniger durch den Zeitinhalt, wie man sagt, unterhalten finden. Ausser den Versuchen ferner nehmen wir keine solche Verschiebungen einer Vergleichszeit gegen eine Hauptzeit vor, als die sind, womit wir zu Gesetzen im Gebiete des Zeitsinnes zu gelangen suchen. Wohl aber — und das ist der Punct, auf den es ankommt — halten wir bei den Versuchen, deren Resultate wir als massgebend für die Verhältnisse des Zeitsinnes auch ausser den Versuchen betrachten, die Verhältnisse der Aufmerksamkeit, die Weisen jener Verschiebung bei grossen und kleineren Hauptzeiten und Vergleichszeiten so gleich wie nur immer möglich, so dass wir die Schätzungsverhältnisse der Zeiten verschiedener Grösse gegen einander nicht von jenen constant gehaltenen Umständen der Versuche, die zur Auffindung dieser Gesetze dienten, sondern nur auf die Grössenverhältnisse der Zeiten selbst schieben können. Und dabei kommt uns das selbst zu statten, dass, während ausser den

Versuchen die scheinbaren Zeitlängen nicht blos durch die physische (resp. psychophysische) Zeitlänge, sondern auch durch die Ursache, wie unsere Aufmerksamkeit durch den Inhalt beschäftigt wird, abhängt, grosser Zufälligkeit unterliegt, hingegen bei den Versuchen die Aufmerksamkeit durch gleichförmige Richtung auf die Zeitlänge selbst, unter Abstraction von einem speciellen Inhalt, diesem zufälligen Wechsel möglichst entzogen wird.

Ein zweiter Umstand aber, der jenem Verdacht entgegensteht, ist der, dass, da sich das Weber'sche Gesetz ausser im Gebiete des Zeitsinnes in so vielen anderen Gebieten geltend macht, worin die Versuche in ganz verschiedener Weise, nur immer vergleichbar bezüglich der verglichenen Grösse, angestellt werden, es schwer halten würde, in diesen verschiedenen Versuchsumständen Bedingungen für das Zustandekommen desselben Gesetzes zu finden.

Verstehen wir nun überhaupt Kürze halber unter scheinbarer oder psychischer Zeit und wirklicher oder physischer Zeit einander gegenüber die Zeit, wie sie unserem Bewusstsein, ob länger oder kürzer, erscheint, und die äusserlich, physisch messbare oder mit solcher vergleichbar gedachte Zeit, wie es von der Zeit des Ablaufes innerer psychophysischer Vorgänge gilt, so wird nach Weber'schem Gesetze, ist es anders auf den Zeitsinn übertragbar, eine Hauptzeit psychischerseits um gleichviel zu wachsen scheinen, wenn der Zuwachs physischerseits das gleiche Verhältniss zur Hauptzeit behält, also, wenn diese wächst, proportional mitwächst, wovon eine leicht zu ziehende Folgerung ist, dass ein sich gleichbleibender Zuwachs zu einer wachsenden Hauptzeit psychisch um so kleiner erscheint, je mehr die Hauptzeit wächst, zu welcher er in Bezug gefasst wird, indem er ein immer kleineres Verhältniss dazu gewinnt.

Zunächst scheint hiegegen Folgendes zu lauten:

Setzen wir die Fälle, dass zur Hauptzeit 1 Minute eine Zusatzzeit 1 Minute komme, zur Hauptzeit 1 Stunde eine Zuwachszeit 1 Stunde, zur Hauptzeit 1 Tag eine Zuwachszeit 1 Tag, zur Hauptzeit 1 Jahr eine Zuwachszeit 1 Jahr, so ist das Verhältniss der Zusatzzeit zur Hauptzeit in allen diesen Fällen dasselbe und müssten also nach Weber'schem Gesetze alle diese Zusatzzeiten 1 Minute, 1 Stunde, 1 Tag, 1 Jahr, psychisch gleich gross erscheinen, wenn man sie als Zuwachse zu den Hauptzeiten fasst, mit denen sie entsprechend wachsen, was offenbar nicht der Fall ist; denn 1 Jahr als Zuwachs zu 1 Jahr wird mir immer grösser erscheinen, als 1 Minute als Zuwachs zu 1 Minute.

Aber man hat zwei Fälle zu unterscheiden: den Fall des ganzen Lebens, um ihn kurz so zu bezeichnen, wo wir die Zeitlängen nicht, oder nur ausnahmsweise ein- und das andremal, mit Aufmerksamkeit vergleichend verfolgen, und den Fall der Versuche, wo wir es ausdrücklich während der ganzen Vergleichszeit der Versuche thun, und dadurch so zu sagen die Versuchsdauer aus der ganzen Lebenszeit als besonderen Untersuchungsgegenstand aussondern. Erstenfalls nun zieht sich der Vergleich jeder bestimmten Zeitlänge der Gegenwart unwillkürlich und sozusagen von selbst, aber nicht in Bezug zu einer einzelnen willkürlich bestimmten frühern Zeit, als wie einer Minute, einer Stunde, einem Tage oder Jahre, sondern in Bezug zu der ganzen vergangenen früheren Lebenszeit, und hier bestätigt sich die obige Folgerung des Weber'schen Gesetzes und hiermit dieses selbst in der bekannten Thatsache, dass uns die Zeit um so rascher zu laufen scheint, je älter wir werden, indem die neu durchlebte Zeit um so kürzer scheint, je grösser die schon durchlebte Zeit im Verhältniss dazu ist, eine Thatsache, die schon früher die Aufmerksamkeit in dieser Beziehung auf sich gezogen hat, worüber man meine »Revision« p. 175 f. vergleichen kann.

Was nun aber den Fall absichtlich angestellter Versuche mit continuirlich auf den Zeitvergleich gerichteter Aufmerksamkeit anlangt, so ist es überhaupt unmöglich, solche auf den Vergleich grösserer Hauptzeiten und Zusatzzeiten anzuwenden*), jedenfalls haben sie bis jetzt keine solche Anwendung finden können; es handelt sich immer nur um kleine, meist weit unter 1 Minute bleibende Hauptzeiten, und wenig davon unterschiedene Vergleichszeiten. Auch erklärt sich dies daraus, dass nach der Natur der Aufmerksamkeit dieselbe überhaupt nicht stetig in gleicher Richtung und in gleichem Sinne gerichtet und gespannt erhalten werden kann, was doch nöthig sein würde, um den Conflict der absichtlichen Schätzung mit der unwillkürlichen

---

*) In einer Tabelle in Vierordt's Schrift über den Zeitsinn p. 53 finde ich, dass er mit der Hauptzeit bis zu 90 Secunden gegangen ist, wohl das Höchste, was in den bisherigen Versuchen vorgekommen ist; und nach den Bemerkungen unseres Verf. p. 58 mag es seine Schwierigkeit haben, so weit zu gehen.

Schätzung, die uns durch das ganze Leben geläufig geworden ist, zu überbieten; und an sich stände daher der Einwand frei, dass man von den so zu sagen im Kleinen unter andern Bedingungen angestellten Versuchen noch keinen Schluss ins Grosse für das Leben machen könne, wenn nicht die obige Thatsache selbst eine Bestätigung des im Kleinen gewonnenen Gesetzes im Grossen darböte.

Ich gebe daher zu, dass man über diese Verhältnisse verschieden speculiren und sich die Thatsachen in verschiedener Weise zurecht legen könne, nur wird man dabei die Thatsachen selbst bestehen lassen müssen, dass das Weber'sche Gesetz sich im Kleinsten wie Grössten unter den angegebenen Verhältnissen bestätigt findet, ohne freilich hindern zu können, wenn jemand meint: aber unter andern Verhältnissen, und in Zwischenfällen, wenn sie nur herstellbar wären, würde es sich doch nicht bestätigen.

Dass uns die Zeit je nach deren Inhalt länger oder kürzer erscheinen kann, ist eine Sache unwillkürlicher Schätzung, wodurch der allgemeine Zeitvergleich modificirt wird. Nun kann man auch nach Gesetzen suchen, wie die psychische Zeit von diesem Inhalt mit abhänge, wenn derselbe als veränderlich vorausgesetzt wird, womit wir uns aber hier nicht beschäftigen, und womit sich zu beschäftigen bis jetzt überhaupt nur die Aufgabe ohne einen sicheren Angriffspunct dafür vorliegt. Genug nur, dass man die Bedingung oder wenn man will, Beschränkung, unter welcher das Weber'sche Gesetz für den Zeitsinn in Anspruch zu nehmen ist, d. i. Vergleichbarkeit des Zeitinhaltes, nicht übersehe.

Inzwischen will ich doch folgenden, mir bis jetzt räthselhaft erscheinenden, Punct der Beachtung empfehlen, dass nämlich die scheinbare Zeitlänge durch Haschisch- und Opiumrausch ausserordentlich wachsen, die Zeit sich dadurch in eine Ewigkeit auszudehnen scheinen kann, ohne dass Langeweile dabei stattfindet; im Gegentheil kann eine rasche Flucht und Folge angenehmster Vorstellungen und hiemit willkommenste Unterhaltung dabei stattfinden; indess doch andererseits eben so gewiss ist, dass in gewöhnlichen Zuständen die Zeit um so kürzer scheint, je lebhafter und angenehmer wir uns unterhalten fühlen. Hier müssen noch psychologische Unterscheidungen gemacht werden, die bisher nicht klar gemacht sind, und denen natürlich auch psychophysische Unterscheidungen zugehören werden.

Die Beobachtungen in betreffender Hinsicht sowohl bei Haschisch- als Opiumrausch sind sehr zahlreich und meist übereinstimmend. Beiläufig folgende Angabe von J. **Moreau** in seiner Schrift: »Du Hachisch«. Paris 1845, p. 68: »Sous l'influence du hachisch, l'esprit peut tomber dans les plus étranges illusions relativement au temps et à l'espace. Le temps semble d'abord se traîner avec une lenteur qui désespère. Les minutes deviennent des heures, les heures des journées; bientôt, d'exagération en exagération, toute idée précise de durée nous échappe, le passé et le présent se confondent. La rapidité avec laquelle se succèdent nos pensées, l'état de rêverie qui en est la suite, expliquent ce phénomène; car si le temps paraît plus long que s'il était mesuré par des horloges terrestres, ce sont les actions ou les faits renfermés dans cet intervalle qui en reculent les limites par leur ampleur.«

Ich muss nur hiezu bemerken, dass letztere Erklärung den obigen Widerspruch nicht hebt, der darin liegt, dass uns doch in normalen Zuständen eine Zeit um so kürzer scheint, je besser wir uns darin durch eine Mannichfaltigkeit von Vorstellungen unterhalten finden, und dass ein anderer Widerspruch darin liegt, dass der Verf. von einer »verzweifelnden« Länge spricht, in welche sich die Zeit durch den Haschischrausch ausdehne, indess er von der anderen Seite (an anderer Stelle) das Wonnegefühl, was dieser Rausch mitführt, in lebhaftesten Ausdrücken schildert. Ich glaube mich aber nicht zu erinnern, den Ausdruck, dass die Zeit im Haschischrausche »verzweifelnd« lang scheine, sonst wo gebraucht, oder durch ähnliche Ausdrücke ersetzt gefunden zu haben.

IX. Ueber die Periodicitätsfrage.

Bemerktermassen steigen nach dem Verf. die mittlen Schätzungsfehler Δ $\left(= \frac{d_u - d_n}{2} = \frac{t_u + t_n}{2} - t\right)$ nicht gleichförmig mit dem t auf, sondern unterliegen dabei einer abwechselnden Vergrösserung und Verkleinerung mit Maximis und Minimis, kurz einer Periodicität, und zwar einer gesetzlichen, welche er sogar (p. 57) durch eine Cosinusfunction zu repräsentiren versucht, ohne freilich auf eine Zusammenstellung zwischen Beobachtung und Rechnung danach einzugehen.

Beim Versuch, diese Periodicität nachzuweisen, fusst der Verfasser hauptsächlich auf denselben normalen und anomalen Reihen der drei Beobachter H, Tr, T (XII, XIII, XIV normal, XV, XVI, XVII anomal), die schon der Prüfung des **Weber**'schen Gesetzes zu Grunde lagen, und in unserm IV. Abschnitt unter No. 2 und 3 soweit mitgetheilt sind, als für diese Prüfung genügte, ohne dass aber der Gang der Δ dabei mit verzeichnet ist. Nun liesse sich zwar derselbe aus den dort gegebenen t_v, t_n nach der Gleichung $\Delta = \frac{t_v + t_n}{2} - t$ finden; um ihn aber für die folgende Discussion unmittelbar vorliegend zu haben, gebe ich ihn folgends für die normalen Specialreihen aller drei Beobachter und für die anomale Reihe wenigstens eines Beobachters (H) nach den Tabellen des Verfassers wieder. Die Werthe Δ für die normalen Reihen werden vom Verfasser als $\Delta -$, für die anomalen als Δ_c bezeichnet, wovon erstere Bezeichnung schon bemerktermaassen bedeutet, dass die betreffenden Δs negative sind, was zwar auch im Allgemeinen von den Δ_c gilt, aber doch mit ein paar vereinzelten Ausnahmen bei Tr und T. Der Index c bei den Δs der anomalen Reihen erinnert an die Beeinflussung derselben durch den Contrast. Zur Erläuterung der anomalen oder »Contrastreihen«, wie sie auch vom Verfasser genannt werden, ist überhaupt auf die Besprechung derselben im IV. Abschnitt dieser Abhandlung S. 23 ff. zu verweisen; hier rufe ich nur zurück, dass die Werthe der Contrastreihen, die von einem entgegengesetzten Contrast beeinflusst sind, von mir als Werthe $<$ und $>$ unterschieden und im IV. Abschnitt in besonderen Reihen aufgeführt sind. Dies ist vom Verfasser nicht geschehen, sondern die $\Delta <$ und $\Delta >$ sind von ihm für jedes t unmittelbar hinter einander aufgeführt, wie man es in der folgends mitgetheilten anomalen Reihe für H sieht. Da sie sich aber doch danach unterscheiden liessen, ob das t, dem sie zugehören, ein kleineres oder grösseres t_c vorgängig hat, ist die demgemässe Bezeichnung $<$ oder $>$ jedem Δ von mir selbst zugefügt.

Werthe von $\Delta -$ für die normalen Specialreihen
H, Tr, T (XII, XIII, XIV).

t	H		Tr		T	
	$\Delta -$	n	$\Delta -$	n	$\Delta -$	n
1,50	0,038	4	0,038	4	0,049	3
2,00	055	10	068	7	069	9
2,25	042	3	—	—	063	2
2,50	100	2	073	6	088	2

t	H		Tr		T	
	$\Delta-$	n	$\Delta-$	n	$\Delta-$	n
3,00	0,100	4	0,121	6	0,100	2
3,50	090	4	175	5	083	3
3,75	—	—	137	2	170	5
4,00	060	5	107	6	050	6
4,50	066	2	—	—	—	—
5,00	182	2	162	2	097	2

Werthe von Δ_s für die anomale Specialreihe II (XV).

t	t_1	Δ_s	n	t	t_1	Δ_s	n
2,00	1,50	−0,047 <	4	3,50	2,50	−0,092 <	8
	4,00	030 >	2		4,50	043 >	4
	4,50	025 >	4	4,00	2,00	200 <	7
2,25	1,50	090 <	3		5,00	130 >	4
	4,50	033 >	3	4,50	2,50	075 <	4
2,50	2,00	100 <	4		4,00	250 >	4
	4,00	068 >	4		5,00	250 >	2
3,00	2,00	014 <	11	5,00	2,00	200 <	4
	4,50	000 >	4		4,00	075 >	4

Nach vorigen Tabellen kann man sich selbst von dem beiläufigen Gange der Δ zu den t überzeugen, und die Schlüsse des Verfassers bezüglich eines periodischen Charakters dieses Ganges danach prüfen. Nun kann der periodische Gang eines Werthes, anstatt in einem wechselnden Steigen und Fallen des Werthes selbst, sich auch in einem solchen von Veränderungen desselben niederer oder höherer Ordnung aussprechen; da sich aber der Verfasser auf einen solchen nicht eingelassen hat, haben wir auch unsererseits keinen Anlass es zu thun, sondern achten mit ihm nur darauf, inwiefern der Gang der Δ selbst sich zwischen Maximis und Minimis mit verhältnissmässiger Regelmässigkeit bewegt.

Insofern *ein* Maximum oder Minimum noch nichts für Periodicität beweist, in einer fortlaufenden periodischen Reihe aber Maxima und Minima sich in gleicher Zahl entsprechen, beachten wir einfachheitshalber folgends nur die Minima, wie dies auch vom Verf. geschieht, und sehen zuvörderst die drei normalen Reihen auf ihre

Minima an. Die den Minimis von Δ zugehörigen t bezeichnen wir kurz als Minimalzeiten.

In der Reihe H sieht man zwei Minima von $\Delta = 0{,}042$ und $0{,}180$, respective bei $t = 2{,}25$ und $4{,}0$ als Minimalzeiten, in der Reihe T ebenso zwei Minima bei $t = 2{,}25$ und $3{,}75$, und in der Reihe Tr wenigstens ein Minimum bei $t = 3{,}75$; und unstreitig würden sich bei weiterer Fortsetzung der Reihen auch noch mehr Minima in denselben einstellen; wogegen die kleinen Δ-Werthe zu Anfange der Reihen, bei $t = 1{,}50$, nicht unbedenklich als Minima, und also auch $t = 1{,}50$ nicht unbedenklich als Minimalzeit, zählen können, wie doch vom Verf. (p. 56) geschieht, da zum Charakter eines Minimum nicht blos gehört, dass es kleiner als der folgende Werth, sondern auch, dass es kleiner als der vorangehende Werth sei, wir aber das dem Anfange der Reihe vorangehende Δ nicht kennen.

Zwischen den Minimis und zugehörigen Maximis sieht man nun die Δ auf- und absteigen; und nehmen wir mit dem Verf. die Zeit als Abscissen, die Δ dazu als Ordinaten, so stellt sich ein periodischer Gang der Δ durch eine abwechselnd steigende und fallende, kurz undulirende, Curve dar, wie der Verf. wirklich solche Curven zur Repräsentation des Ganges der Δ in den, seiner Untersuchung unterliegenden, Reihen verzeichnet hat. Es darf nicht befremden, dass im Allgemeinen die $\Delta-$ immer durch mehrere Werthe hinter einander (in negativem Sinne) aufsteigen, um einmal abzusteigen und dann wieder durch mehrere Werthe aufzusteigen, sofern der Gang der $\Delta-$ doch im Allgemeinen ein aufsteigender ist, was nicht hindern würde, dass die einzelnen Senkungen, wodurch der aufsteigende Gang unterbrochen wird, einen periodischen Charakter tragen, der sich im Gange der Curven aussprechen kann.

Nun ist freilich natürlich, ja selbstverständlich, dass, wenn eine gesetzliche Periodicität im Gange der Δ, um die es doch zu thun sein soll, an sich gar nicht bestände, doch wegen unausgeglichener Zufälligkeiten die Curven bald steigen bald fallen und hierdurch einen undulirenden Charakter annehmen könnten; wonach also durch das Dasein einer solchen Form noch gar nichts für eine gesetzliche Periodicität bewiesen wird. Alles kam also darauf an, um das so interessante Resultat einer nicht blos zufälligen oder scheinbaren Periodicität der Δ festzustellen, sich zu überzeugen, ob die Zufälligkeiten nicht allein hinreichen, die Minima und Maxima im Gange der Δ zu erklären; worauf aber der Verf. wieder nicht eingegangen ist.

Des Näheren ist in dieser Hinsicht in Rücksicht zu ziehen, dass die Δ nicht isolirte, für sich beobachtbare, Grössen sind, sondern Unterschiede, zu deren Bestimmung man vier Grössen beobachten muss, von denen jede einem zufälligen Beobachtungsfehler unterliegt. Diese können theils in gleicher, theils in entgegengesetzter Richtung gehen, und namentlich erstenfalls sich leicht zu einem zufälligen Fehler des Δ zusammensetzen, der mit dem Δ selbst von gleicher Ordnung ist[*]. In der That hat man bemerktermassen:

$$\Delta = \frac{t_o + t_u - 2t}{2};$$

t_o und t_u aber sind jedes selbst aus zwei zu beobachtenden, mithin Beobachtungsfehlern unterliegenden, Werthen zusammengesetzt, und summiren sich nicht mit $2t$, sondern bilden eine Differenz damit. Und wenn die Gefahr grosser zufälliger Fehler der Δ dadurch vermindert scheint, dass die Δ's zum Theil Mittelwerthe aus einer ganzen Anzahl (n) von Bestimmungen (bis zu 10 und 11 gehend) sind, so hat sich der Verf. bei anderen mit 1 oder 2 begnügt, ohne, wie gesagt, Gründe anzugeben, warum hier so, da so.

Dies dahingestellt, so hielt sich aber der Verf. des Eingehens auf die Zufälligkeitsfrage vielleicht durch den directen Nachweis überhoben, dass die in den Reihen vorfindlichen Minima trotz aller Zufälligkeiten oder im Uebergewicht über alle Zufälligkeiten, an die man denken möchte, eine nur unwesentlich gestörte Periodicitätsregel zeigen, die es nur gilt, klar vor Augen zu stellen, um allen Zweifel schwinden zu lassen. Lassen wir nun den Verf. in dieser Hinsicht selber sprechen.

Nachdem der Verf. die contrastfreien Reihen in Tab. XII, XIII, XIV und die Contrastreihen in Tab. XV, XVI, XVII seiner Abhandlung für die drei Beobachter gegeben hat, sagt er, nach einigen Zwischenerörterungen, p. 56: »Construirt man aus den oben angegebenen Tabellen XII, XIII, XIV der contrastfreien Versuche den Verlauf von Δ für H, Tr, T, so erhält man die folgenden drei Curven. . . . . . [Es folgt die Verzeichnung derselben, wonach sie sich in einer sehr geschlängelten, sich durcheinander schlingenden Form darstellen.] Dabei sind die Werthe von Δ für diejenigen Hauptzeiten, für welche keine contrastfreien Versuche vorliegen, in der Weise gewonnen, dass aus den einander am nächsten liegenden Werthen der Contrastversuche das Mittel gezogen wurde, mit Rücksicht auf diejenigen Factoren, welche nach S. 55 die Grösse der Contrastwirkung bestimmen*). Wie der Augenschein lehrt, weichen alle diese Curven in der Form nicht allzusehr von einander ab, wohl aber in Bezug auf die Lage der einzelnen Bogen; es liegen nämlich die Minima von Δ, also die höchsten Puncte der Bogen**):

---

[*] Dies könnte als ins Leere gesprochen gelten, wenn die factischen Sicherheitsverhältnisse der Δ dagegen sprächen; aber hierüber ist in der Abhandlung des Verf. überhaupt kein Anhalt zu finden; und so bleibt der oben ausgesprochenen Möglichkeit noch voller Raum.

für H bei ungefähr 1,50; 2,25; 3,00; 3,75; 4,50 Sec.
- Tr - - 1,50; 2,20; 3,00; 3,70; 4,40 -
- T - - 1,55; 2,30; 3,10; 3,80; 4,60 -

Diese Zahlen sind aber fast genaue Multipla von den Zahlen:

H: 0,75; Tr: 0,74; T: 0,77***),

und diese sind die Indifferenzpuncte für die betreffenden Beobachter†).

---

*) Auf p. 55, wohin der Verf. verweist, kann nur folgende, einer sehr unbestimmten Vermuthung Raum lassende, Bemerkung hieher gezogen werden: »Numerisch lässt sich wenigstens aus den vorliegenden Versuchen die Grösse dieses Contrasteinflusses nicht bestimmen; doch ergiebt sich so viel, dass dieselbe im Allgemeinen abhängt von der Grösse der Differenz der contrastirenden Zeiten, und dass die nachfolgende längere nicht in dem Masse von der vorangehenden kürzeren beeinflusst wird, als umgekehrt.«

**) Da die Δ — als negative Ordinaten von der horizontalen Zeit-Abscissenlinie abwärts gehen, so liegen die Minima derselben natürlich am höchsten, nicht am tiefsten.

***) Der Verf. hat in der Mittheilung der normalen wie anomalen Reihen Tr dem T vorangehen lassen, worin ich ihm in Abschn. IV gefolgt bin, hat hingegen bei obiger Anführung der Zahlen der Multipla und Indifferenzpuncte die Ordnung umgekehrt, was beim Vergleich derselben mit den Werthen der betreffenden Reihen leicht verwirrend wirkt; daher ich hier von der übrigens genauen Wiedergabe der Angaben des Verf. insoweit abgegangen bin, als ich auch hier Tr dem T vorangehen liess, was ich übrigens nur deshalb besonders bemerke, um nicht beim Vergleich meiner Wiedergabe mit der Originalangabe einer Nachlässigkeit oder Verwechselung geziehen zu werden.

†) Anmerkungsweise fügt der Verf. hinzu, für H und T sei der Indifferenz-

Es ist also die Zeitschätzung nicht nur im eigentlichen Indifferenzpunct am genauesten, sondern erreicht auch bei den Vielfachen desselben relative Maxima und Minima der Genauigkeit. Dies ist ein Resultat, das auf die rhythmische Gliederung des zeitlichen Verlaufes unserer Vorstellungen hinweist und in Verbindung mit dem Resultate von Trautschold die Annahme nahe legt, dass die oben als Indifferenzwerth bezeichnete Zeit von durchschnittlich 0,727 Secunden Dauer für unser Bewusstsein die Zeiteinheit darstellt.«

Alles dies ist nun sehr interessant; aber die Begründung davon?

Zuvörderst hat der Verf. die Frage, wiefern die Minima der Contrastreihen von Zufälligkeiten beeinflusst sind oder abhängen, eben so wenig erwogen als bei den contrastfreien Reihen. — Zweitens ist mir das Princip gänzlich unklar geblieben, nach welchem er geglaubt hat, Werthe aus den Contrastreihen, noch dazu ohne Unterscheidung ihrer beiden Arten < und >, so zwischen die der contrastfreien Reihen interpoliren zu können, als wenn man es mit einer Reihe zu thun hätte, während doch normale und anomale Reihen aufzeiglich einen verschiedenen Gang verfolgen, der ja eben veranlasst hat, sie zu trennen. Er scheint die Zulässigkeit solcher Vermischung für selbstverständlich gehalten zu haben, indess mir die Unzulässigkeit davon selbstverständlich scheint; jedenfalls ist er nicht einmal auf eine Erörterung der Frage in dieser Hinsicht eingegangen. — Drittens vermag ich selbst bei Absehen hiervon dem Verf. in der Weise, wie er durch Mitbenutzung der Contrastreihen zu seinen fünf Minimalzeiten als einfachen Multiplis des Indifferenzpunctes jedes Beobachters gelangt ist, überhaupt nicht zu folgen. — Und vor Allem meine ich, da die Indifferenzpuncte das ganze Fundament der Behandlung der Periodicitätsfrage für den Verf. bilden, sofern die Multipla nach denselben periodisch abgestuft und zu bemessen sind, dass die Feststellung dieser Puncte für die verschiedenen Beobachter in objectiv genügenderer Weise hätte geschehen sollen, als durch obige kurze Anmerkung und Verweisung, nämlich durch eben so ausdrück-

---

punct besonders von ihm bestimmt; für Tr. ergebe er sich aus Wundt, physiol. Psych. II. p. 286.

*) Experimentelle Untersuchungen über die Association der Vorstellungen. Philos. Stud. T. 2. p. 249.

liche Mittheilung der Versuche, wodurch die Feststellung der Indifferenzpuncte geschah, als der Versuche, wodurch deren Multipla bestimmt wurden, mit Angaben, welche erkennen liessen, wiefern beide der Zeit und den Umständen nach so zusammenhingen und zusammenstimmten, um der Vergleichbarkeit sicher zu sein. Wer aber vermag für diese Vergleichbarkeit zu stehen, da für H und T überhaupt keine Andeutung vorliegt, wie es in diesen Beziehungen stand, indess man bei Tr aus der Anmerkung selbst sieht, dass der Indifferenzpunct aus andern Versuchen hieher übertragen ist, die bei näherem Zusehen (s. unten) in einem für die Frage wesentlichen Puncte von denen abweichen, um die sich's hier handelt. Oder wäre der Indifferenzpunct wirklich eine so feste Grösse für jeden Beobachter, dass man von einer zur andern Zeit und von andern Versuchsumständen her auf seine Constanz rechnen kann? Der Verf. scheint es vorauszusetzen; aber um diese Voraussetzung zu theilen, müsste man die Versuche kennen, worauf sie sich stützt, und von solchen liegt meines Wissens bis jetzt nichts vor. Allerdings sagt Wundt in s. Grundz. d. ph. Ps. II. 286: »Hält man sich an die oben angedeutete [von mir unten näher zu bezeichnende] einfachste Versuchsform, so ergiebt sich, dass bei vorsichtiger Auffassung der Indifferenzpunct eine sehr constante Lage hat, die selbst bei verschiedenen Individuen nur wenig zu variiren scheint«, und wenn schon er keine Versuche dazu mittheilt, dass dies auch von einer Zeit zur andern für dasselbe Individuum gilt, darf man doch voraussetzen, dass er solche Versuche im Rückhalte hat; und so giebt er für die Versuchsform, die er hiebei im Auge hat, den Indifferenzpunct Trautschold's wirklich zu 0,739 an, was sich zu 0,74 abkürzen liess. Die von Wundt »oben angedeutete einfachste Versuchsform« ist aber keine andere, als die, wo zwischen t und t' ein Zwischenintervall $\delta = t$ besteht, wozu Wundt ausdrücklich bemerkt, dass nach Massgabe, als die Zwischenzeit δ grösser wird, die Grösse des Indifferenzpunctes erst zu-, dann rasch wieder abnehme. Also hängt sie jedenfalls überhaupt von der Grösse des δ mit ab, und wird, wenn sie bei $\delta = t$ gleich 0,74 ist, nicht auch bei $\delta = 0$ dieselbe Grösse haben. Die Versuche des Verf. aber, um die sich's hier handelt, gehören zu den Versuchen zweiter Gruppe, wo $\delta = 0$ ist. Wie kann also der Verf. einen für Versuche mit $\delta = t$ gefundenen Werth des Indifferenzpunctes ohne

Weiteres auf Versuche, wo $\delta = 0$ ist, übertragen? Gesetzt aber, wofür doch gar keine Bürgschaft vorliegt, der Indifferenzpunct ändre sich von einer Zeit, einer Versuchsreihe zur andern auch nur wenig, so ändert sich das vier- und fünffache Multiplum davon um das vier- und fünffache, ändert sich die danach zu fordernde Minimalzeit um eben so viel, und kommt hiemit Alles, worauf und wonach man rechnen möchte, ausser Geschick. Also ist die Sicherstellung des Indifferenzpunctes, und die Frage, wie weit eine solche überhaupt zu erreichen ist, keine für die Aufgabe des Verf. so leicht zu nehmende Sache, als sie von ihm genommen worden ist.

Aber stellen wir dies wieder dahin und sehen zu, wie der Verfasser von den, nun einmal wie oben angenommenen, Indifferenzpuncten und danach bestimmten Multiplis seine Aufgabe weiter verfolgt. Kürze halber heisse die Reihe der 5 Multipla des Indifferenzpunctes jedes Beobachters seine *mlt*-Reihe, die damit zusammenhängende Versuchsreihe desselben seine *t*-Reihe; heisse ferner Multiplum-Hypothese die Hypothese des Verfassers — denn vor der Prüfung ist es doch nur Hypothese —, dass die einfachen Multipla des Indifferenzpunctes, wie solche in der *mlt*-Reihe enthalten sind, in der *t*-Reihe desselben Beobachters als Minimalzeiten auftreten und dadurch den periodischen Charakter der Reihe begründen: so wird es zur Prüfung darauf ankommen, einmal, ob wirklich die Multipla der *mlt*-Reihe sich als Minimalzeiten in der *t*-Reihe wiederfinden, zweitens ob die Minimalzeiten, die sich darin finden, mit Multiplen der *mlt*-Reihe stimmen.

Nun hat der Verfasser von den obigen 5 *t*-Werthen der *mlt*-Reihe des Beobachters H 4 in seine normale *t*-Reihe aufgenommen, von Tr blos 2, von T genau keinen, und man fragt sich zunächst, warum nicht überall vollständig alle, mit je einem in die Mitte dazwischen fallenden *t*, da dies die günstigste Anordnung für die Minimalzeiten sein möchte, sich direct als solche zu bewähren, und die ungünstigste für die Zufälligkeiten, die Minimal-*t*'s zu verstecken und zu verschieben. Wohl deshalb, weil alle drei Beobachter gleichzeitig an denselben Versuchen Theil nahmen, ihr Indifferenzpunct aber verschieden war, wonach nicht dieselben *t*'s als Multipla für alle zugleich auftreten konnten. Nun wäre es freilich erwünscht gewesen, die Beobachter danach zu sondern, was aber fast die dreifache Zeit gekostet hätte, die vielleicht nicht zu Gebote stand. Auch kann es ja sein, dass der Verfasser erst bei Bearbeitung der schon vollendeten Versuche auf die Multiplum-Hypothese kam.

Auch dies dahingestellt, so will es aber nicht stimmen, um nur das Beispiel der H-Reihe specieller in dieser Hinsicht in's Auge zu fassen, dass die *t*-Reihe H bloss überhaupt 2 Minimal-*t*'s, nämlich 2,25 und 4,00, oder, unter Zuziehung des eigentlich nicht geltenden 1,5 (s. S. 68) drei finden lässt, während die *mlt*-Reihe unter dieser Zuziehung 4 Multipla, nämlich 1,5; 2,25; 3,0; 4,5 zur *t*-Reihe geliefert hat; ebensowenig, dass die *t*-Werthe 3,0 und 4,5, welche die *t*-Reihe mit der *mlt*-Reihe theilt, doch nicht als Minimal-*t*'s in der *t*-Reihe auftreten, da ihnen keine Minimal-Δs darin zugehören, wogegen umgekehrt $t = 4.0$ als Minimal-*t* darin auftritt, ohne unter den Werthen der *mlt*-Reihe vorzukommen; was Alles zur Multiplum-Hypothese nicht stimmt.

Soll nun doch Alles dazu stimmen, so kann es nur so geschehen, dass man die nicht stimmenden *t* oder Δ der *t*-Reihe durch demgemässe Correctionen stimmend macht. In der That aber braucht man nur das $t = 4.0$ der *t*-Reihe in 3,75 zu verwandeln, so ist der Multiplum-Hypothese genügt: denn 3,75 findet sich unter den Werthen der *mlt*-Reihe. Andrerseits braucht man nur die nachbarlichen Δ-Werthe 0,188 und 0,180 der *t*-Reihe ihre Stelle bezüglich der nachbarlichen *t*-Werthe 4,0 und 4,5 tauschen zu lassen, so tritt das $t = 4.5$ der *mlt*-Reihe richtig als Minimal-*t* in der *t*-Reihe auf. Auch bei Tr gilt es nur, das 3,75 der *t*-Reihe in das 3,70 der *mlt*-Reihe, und bei T, die Minimal-*t*'s = 2,25 und = 3,75 in die Werthe 2,30 und 3,80 der *mlt*-Reihe zu ändern, so hat man, was man braucht.

Nun geht der Verfasser zwar nicht selbst ausdrücklich auf solche Correctionen ein, aber die Zuflucht dazu versteht sich von selbst, wenn überhaupt die Multipla der *mlt*-Reihen sich als Minimal-*t*'s in den *t*-Reihen wiederfinden sollen. Und es muss ja zugegeben werden, da die Reihen der *t* durch nicht unbeträchtliche Differenzen vorschreiten, und die voraussichtlich günstigste Einrichtung der Versuche, wovon die Rede war, nicht getroffen ist, dass die wirklichen Minimalzeiten nicht überall auf *t*-Werthe treffen können, wie sie sich gerade in der *t*-Tafel finden, sondern ihren Platz dazwischen haben können, und dass auch durch die, vom Verfasser zwar nicht berücksichtigten, Zufälligkeiten, welche die Δ afficiren, die eigentlichen

Minimalzeiten verrückt werden können, so dass es wirklich einer Correction der direct gefundenen Werthe bedürfen kann, um sie mit den richtigen einstimmig zu machen, wüsste man nur vorweg, welches die richtigen Werthe sind; aber misslich wird das Verfahren, wenn eine Voraussetzung über die richtigen Werthe erst mit Hülfe von Correctionen, die in Richtung darauf gemacht sind, bewiesen werden soll, und als fehlgeschlagen muss der Beweis gelten, wenn sich findet, dass so kleine Correctionen, als in den oben besonders ausgesuchten Fällen hinreichten, nichts weniger als allgemein hinreichen, die *mlt*-Reihe und *t*-Reihe mit einander stimmend zu machen.

In der That aber, nehmen wir in der *mlt*-Reihe von H den Werth 2,30, von Tr 2,20; 2,30; von T 3,10; 4,50; gehen mit diesen Werthen in die *t*-Reihen derselben Beobachter ein, und sehen zu, wiefern sie mit Minimalzeiten derselben stimmen. Nicht nur stimmen sie nicht direct mit solchen, sondern weichen so weit von den darin vorfindlichen Minimalzeiten ab, dass von einer erträglichen Correction, um sie mit solchen zusammentreffen zu machen, gar nicht die Rede sein kann.

Nun, der Verfasser gesteht ja selbst, dass er mit den normalen *t*-Reihen der drei Beobachter nicht ausreicht, indem er eine Ergänzung in den anomalen Reihen derselben sucht. Stelle ich nun den Einwand gegen die Zulässigkeit dieser Zuziehung abermals dahin, der eigentlich gar nicht dahinzustellen ist, so fragt sich aber, wie ist die Weise der Zuziehung seitens des Verfassers zu verstehen?

Zunächst konnte man es rationell finden, da die Werthe $\Delta t_c <$ und $\Delta t_c >$ einer entgegengesetzten Contrastwirkung unterliegen, die Mittel zwischen beiden, zu demselben t gehörigen, Werthen zur Construction einer anomalen Curve zu gebrauchen, zu den Minimis dieser mittlern Δts die zugehörigen ts als Minimalzeiten zu nehmen und unter die der normalen Reihen ergänzend einzuschalten. Aber näher zugesehen sagen ja die Angaben des Verfassers gar nichts von einer Mittelziehung zwischen < und >, sondern sprechen nur von Mitteln aus den einander am nächsten liegenden Werthen der Contrastreihen überhaupt.

Nun habe ich noch verschiedene Vorstellungsweisen versucht, um, wie man sich ausdrückt, dahinter zu kommen, einmal, was der

Verfasser mit den betreffenden Mitteln eigentlich gemeint hat, zweitens, wie sich die Rücksicht bei der Mittelziehung, wovon S. 70 die Rede war, überhaupt nehmen liess, da zugestandenermassen die Grösse des Contrasteinflusses, worauf Rücksicht zu nehmen, numerisch nicht bestimmbar war; doch sollten mit dieser Rücksicht numerisch bestimmte Minimalzeiten als Multipla eines numerisch bestimmten Indifferenzpunctes gefunden werden.

Aller Unbestimmtheit in diesen Beziehungen aber hätte der Verfasser dadurch entgehen können und entgehen sollen, dass er statt sich in nicht scharfen allgemeinen Ausdrücken zu halten, die Weise, wie er die anomalen Reihen zur Ergänzung der normalen für seinen Zweck benutzt hat, an einigen Beispielen bestimmt erläutert hätte.

Nun, nachträglich ist es wirklich noch von ihm geschehen, doch nur in einer, auf private Anregung erfolgten privaten Mittheilung an Prof. Wundt, die mir von diesem zugestellt worden ist, wonach ich freilich bedauern muss, mich mit dem Versuche, den Angaben des Verfassers in seiner Abhandlung selbst ein Verständniss abzugewinnen, so viel geplagt zu haben, da ich schliesslich sehe, dass es überhaupt nicht daraus zu gewinnen war. Ich lasse die Mittheilung des Verfassers nun wörtlich folgen:

»Da der Satz in meiner Dissertation p. 22 [Abh. p. 56]: »»Dabei sind die Werthe von Δ für diejenigen Hauptzeiten, für welche keine contrastfreien Versuche vorliegen, in der Weise gewonnen, dass aus den einander am nächsten liegenden Werthen der Contrastversuche das Mittel gezogen wurde mit Rücksicht auf diejenigen Factoren, welche p. 21 [Abh. p. 55] die Grösse des Contrasteinflusses bestimmen««, leicht zu der Vermuthung Anlass geben könnte, ich sei bei dieser Bestimmung willkürlich verfahren, will ich an 2 Beispielen zeigen, wie ich diese Bestimmung vorgenommen habe«.

»I. Zu Tr $t = 2,25$ ist Δ ohne Contrast unbekannt. Nun zeigen aber meine Protokolle folgende Contrastwerthe (die in die Tabelle XVI nicht aufgenommen worden sind, da eine Vergleichung derselben mit den contrastfreien Werthen mangels ersterer nicht möglich ist)

t	t_c	Δ_c	n
2,25	2,00	− 0,063	2
	4,00	+ 0,038	2

»Mit Rücksicht auf das Resultat p. 21 oben [Abh. p. 55] folgt daraus, dass der contrastfreie Werth von Δ für $t = 2,25$ jedenfalls (absolut genommen) kleiner ist als 0,063, dass also die Curve Δ für Tr zwischen $t = 2,00$ und 2,50 einen Bogen nach oben machen muss, da Δ (in der contrastfreien Reihe) für $t = 2,00 - 0,068$ und für $t = 2,50 - 0,079$ war. Welchen Werth das Δ für $t = 2,25$ in Wirklichkeit haben wird, habe ich nicht ermitteln wollen, schon deshalb, weil ich selbst bemerkt habe (p. 21), dass sich der Contrasteinfluss numerisch nicht bestimmen lässt.

»II. Für T $t = 3,25$ fehlt ebenfalls ein direct bestimmter contrastfreier Werth Δ. Es ergab sich aber:

t	t_c	Δ_c	n
3,25	2,00	$-0,240$	5
	4,00	$-0,100$	5

»Hieraus folgt: Δ contrastfrei grösser als 0,100, ausserdem ergiebt sich aber, dass dieser Werth dem $\Delta = 0.100$ näher liegen muss, als dem Werthe 0,240, weil der Unterschied der Hauptzeit 3,25 gegen die Contrastzeit ($t_c = 4,00$) im zweiten Falle geringer ist, als im ersten. Demnach muss die Curve für T bei $t = 3,25$ durch einen tiefer liegenden Punct gehen, als bei $t = 3$. Dies ist auch in meiner Originalzeichnung der Fall. Im Druck trifft dies nicht zu, weil entweder bei der Uebertragung oder bei der Verkleinerung eine Verschiebung dieses Bogens stattgefunden hat.

»Die Fälle, in denen ich nach den vorstehenden Beispielen den Werth von Δ nicht sowohl bestimmt, als vielmehr in gewisse Grenzen eingeschlossen habe, sind übrigens nicht sehr zahlreich und beschränken sich bei Tr und T auf dieselben, welche ungerade Vielfache von 0",25 sind, so weit für dieselben Δ nicht direct bestimmt ist.«

Was ich nun meinerseits hiezu nachträglich zu bemerken finde, ist dieses:

1) Zur Prüfung der Hypothese des Verf. liegen in seiner Abhandlung die normalen und anomalen t-Reihen der drei Beobachter vor; daran konnte man sich halten; nun ist es doch eine eigene Zumuthung, dass man zu dieser Prüfung auch noch Angaben zuziehen soll, die nur in den Versuchsprotokollen des Verf. stehen, ohne dass in der Abhandlung selbst auch nur eine Andeutung von diesem Rückhalt gegeben ist, und dass man die Benutzungsweise der ano-

malen Reihen verstehen soll, da diese gerade in Verwerthung der, in den Protokollen stecken gebliebenen, Werthe ruht.

2) Nach wie vor bleibt unerfindlich, wie nach dem Gange der t und Δ in den Contrastreihen Interpolationen in den contrastfreien Reihen sollen vorgenommen werden können, welche mit der Hypothese hinreichend stimmen, ohne solche schon vorauszusetzen; auch bleiben die verzeichneten Widersprüche mit der Multiplum-Hypothese dadurch ungehoben.

3) Hielt es aber der Verf. doch einmal für zulässig, normale und anomale Reihen einander ergänzen zu lassen, so hätte es nicht blos bei den t-Werthen geschehen sollen, die in einer von beiden Reihen fehlten, sondern die Gesammtheit ihrer t's war je nach Gleichheit und Ungleichheit zu superponiren und zwischen einander zu schieben, um an den Minimal-t's und Δ's der so zusammengesetzten Reihe die Hypothese des Verf. zu prüfen.

Bei all' dem habe ich noch von einem ganz fundamentalen Einwande gegen die Hypothese des Verf. abstrahirt, weil er erst in einem späteren Abschnitte (XI) zur Geltung gebracht werden kann. Die Δ des Verf. sind rohe, noch mit einem constanten Fehler behaftete, Werthe, mit dessen Elimination sich nicht nur die Grösse, sondern auch meist das Vorzeichen der Δ ändert. Nun kann man aus den rohen Δ die reinen (unsere ϑ) mittelst einer geeigneten Correction gewinnen, wonach sie aber so klein werden, dass gegenüber den zufälligen Fehlern, welche durch die Correction unvermindert bleiben, nicht daran zu denken ist, irgendwelche gesetzliche Verhältnisse derselben überhaupt empirisch constatiren zu können, und von Multiplis des Indifferenzpunctes nicht mehr die Rede sein kann, weil er für die corrigirten Δ's sich auf Null reducirt. Die Nothwendigkeit der betreffenden Correction aber dürfte sich aus den Erörterungen des X. Abschnittes so entschieden herausstellen, dass hiedurch allein schon eine, auf die Verhältnisse der rohen Δ gegründete, Hypothese unhaltbar wird.

Nach Allem dürfte man zugestehen, dass, wenn die mit der Multiplum-Hypothese solidarische Periodicitätshypothese des Verf. im Gebiete des Zeitsinnes mit voriger Ablehnung derselben noch nicht für erledigt gelten sollte, sie von Grund aus einer neuen, haltbareren und klareren Begründung bedürfen wird, als sie bis jetzt gefunden hat.

X. Ueber den Correctionsfactor p: Correction der rohen Verhältnissschwellen r_o, r_u und rohen relativen Unterschiedsschwellen $\varkappa_o$, $\varkappa_u$ durch denselben.

Im VIII. Abschnitt wurde die Ansicht aufgestellt, dass die obere und untere Verhältnissschwelle, wie sie durch den Versuch erhalten werden, noch mit einem constanten Fehler behaftet sind, der durch Mittelziehung eliminirt werden muss, soll dem Weber'schen Gesetze genügt werden. Gehen wir dieser Ansicht jetzt theils mehr auf den Grund, theils etwas weiter nach.

Zunächst scheint es freilich, dass durch die, vom Verf. befolgte, Wundt'sche Methode der Minimaländerungen alle constanten Fehler, welche von einseitiger Versuchsanordnung abhängen, eliminirt sein müssen, und jedenfalls gehören hieher die Fehler, die der Verf. p. 47 damit bezeichnet: »dass der durch Vergrösserung der Differenz $t' - t$ von Null an gewonnene Unterschiedsschwellenwerth in den weitaus meisten Fällen grösser als der durch Verkleinerung von $t' - t$ erhaltene war«. Wenn ich nämlich mit dieser Angabe auf die authentische Erklärung über das Verfahren seitens Wundt (S. 8) zurückgehe, glaube ich sie so verstehen zu können, dass $t_o' - t$ allermeist grösser als $t_o'' - t$, und $t - t_u'$ allermeist kleiner als $t - t_u''$ gefunden wurde. Wird nun aber, wie es wirklich geschieht, t_o als Mittel von t_o' und t_o'', und t_u als Mittel von t_u' und t_u'' genommen, so darf man annehmen, dass die von den einseitigen Richtungen des Verfahrens abhängigen constanten Fehler durch diese Mittelziehung möglichst compensirt sind, gleichviel, ob man die Weise, wie sich der Verf. (p. 47) die Entstehung dieser Fehler denkt, acceptiren oder noch zweifelhaft finden will. Aber es lässt sich noch an andere Fehler denken, die nicht zugleich damit compensirt sind; und so habe ich schon in »Elem.« II. 140. 151. 347 auf einen, von mir mit s bezeichneten, constanten Fehler aufmerksam gemacht, der sich bei Tastversuchen nach der Methode der mittleren Fehler geltend macht, und seinen wahrscheinlichen Ursprung darin hat, dass stets die Fehlgrösse, aber nicht die Normalgrösse der Abänderung bis zur scheinbaren Gleichheit mit der andern unterzogen wird, also letztere immer einseitig als constanter Vergleichsmassstab für die erste auftritt. Eben so aber tritt bei den Versuchen, mit denen wir hier zu thun haben, t immer einseitig als constanter Vergleichsmassstab für t_o wie t_u auf, und so kann es sehr wohl sein, dass hiebei aus entsprechendem Grunde ein constanter Fehler zur Geltung kommt, vermöge dessen t_o und t_u in gleicher Richtung verändert sind. Ist aber dies der Fall, so kann

$$v_o = \frac{t_o}{t} \text{ nicht gleich } v = \frac{t_u}{t}$$

sein, weil t_o im Zähler, t_u im Nenner steht.

Vielleicht aber liegt es noch näher, statt an vorigen Ursprung an folgenden zu denken, ohne dass übrigens damit der vorige ausgeschlossen ist, indem sehr wohl beide coincidiren können, ohne sich deshalb zu identificiren. Bei den Versuchen über Unterschieds-Empfindlichkeit spielen überhaupt zwei constante Fehler eine grosse Rolle, die ich kurz als Raumfehler und Zeitfehler bezeichne, und die es in bekannter Weise durch Entgegensetzung zu compensiren und dadurch zu eliminiren gilt, sollen nicht die auf Unterschiedsempfindlichkeit beziehbaren Resultate dadurch alterirt werden, und die Bewährbarkeit des Weber'schen Gesetzes darunter leiden. In Bezug auf den Raumsinn habe ich beide Fehler einer besondern Erörterung in m. »Elem.« II. 149 ff. unterzogen. Fasse ich nun aber die Versuche über den Zeitsinn nach der Methode der Minimaländerungen ins Auge, wie sie nach der authentischen Erklärung Wundt's über diese Methode (S. 8) auszuführen sind, und sowohl vom Verf. als früher von Kollert wirklich ausgeführt sind, so vermisse ich jede Andeutung, dass der Zeitfehler dabei seine Berücksichtigung gefunden hat; wie denn Wundt selbst einer solchen ausdrücklich nur bezüglich der Schallversuche (»Philos. Stud.« I. 560) gedenkt. Der Zeitfehler ist aber bei den Zeitversuchen darin zu suchen, dass die Hauptgrösse stets vor der Vergleichsgrösse, nicht aber eben so oft und vergleichbar damit auch umgekehrt angewandt wird. Man fragt vielleicht: ist aber ein anderes Verfahren im Gebiete des Zeitsinnes überhaupt denkbar? Sehr wohl, wenn man es nur in entsprechender Weise als beim Raumsinn (nach »Elem.« II. 149) ausgeführt denkt. D. i., indess man nach der bisherigen Weise immer zuerst die constante Hauptgrösse angiebt, dann die Vergleichszeit abändert, und dies so lange wiederholt, bis der Absicht des Vergleichs dadurch entsprochen ist, kann man umgekehrt die veränderliche Vergleichsgrösse immer zuerst mit irgendwelchem Werth angeben, dann die feste Hauptgrösse, und, nachdem man sich überzeugt hat, ob die Vergleichsgrösse hiegegen zu gross oder klein oder dem Zweck des Vergleiches entsprechend erscheint, die Vergleichsgrösse stufenweise weiter abändern, und nach jeder neuen Stufe durch Angabe der Hauptgrösse den Vergleich damit ziehen. Dass dieses Verfahren bei Versuchen über den Raumsinn nicht nur denkbar, sondern auch praktisch ausführbar ist, beweist sich damit, dass ich wirklich die Elimination des Zeitfehlers danach bewirkt habe. Ob nicht bei Versuchen über den Zeitsinn nach der Methode der Minimaländerungen praktische Schwierigkeiten entgegentreten, vermag ich aus Mangel an Erfahrungen in dieser Beziehung nicht zu sagen; wäre es aber der Fall, und müsste man sich beim bisherigen Verfahren mit einseitiger Zeitlage begnügen, so würde man auch auf einen davon abhängigen uncompensirt bleibenden Zeitfehler zu rechnen haben; jedenfalls hat man sich, so viel ich sehe, bisher dabei begnügt, und hat also auch auf einen solchen zu rechnen*).

Nach Vorigem fehlt es also von vornherein nicht an Gründen, das Dasein eines constanten Fehlers bei den, aus den Versuchen des Verf. hervorgegangenen, Werthen zu vermuthen; und der Umstand, dass wir durch eine Elimination desselben, welche seine Thatsache voraussetzt, eben so zum Weber'schen Gesetze gelangen, als es in andern Gebieten möglich ist, tritt nur bestätigend hinzu. In demselben Sinne aber kann folgender Umstand geltend gemacht werden:

Dass die obere Unterschiedsschwelle von der unteren etwas verschieden sein muss, lässt sich nach S. 10 f. daraus folgern, dass die obere zwischen im Ganzen grösseren Werthen t_o, t, als die untere, zwischen t und t_u, stattfindet; die Unterschiedsempfindlichkeit nimmt aber mit der Höhe der Werthe, auf die sie bezogen ist, ab, und sofern sie der Unterschiedsschwelle reciprok ist, muss die obere Unterschiedsschwelle grösser als die untere, mithin $\Delta = \frac{d_o - d_u}{2}$ positiv sein. Doch ist nur ein kleiner Unterschied zwischen beiden zu erwarten, da beide Unterschiedsschwellen sich um denselben Werth t drehen. Factisch aber zeigen die Unterschiedsschwellen d_o, d_u, wie sie aus den Versuchen des Verf. hervorgehen, das gerade entgegengesetzte Verhalten, wie man sich aus Abschnitt V überzeugen kann, wo für alle Reihen, mit denen wir hier zu thun haben, die Σd_o und Σd_u für dieselben t-Summen gegenübergestellt sind. Nämlich: ausser der anomalen Kollert'schen Reihe No. 5. a) mit den kleinen t's von 0,4 bis 1,0, wo Σd_o ein wenig grösser als Σd_u ist, ist in allen Reihen Σd_o kleiner als Σd_u, demgemäss $\Sigma \Delta$ negativ, und in allen Reihen No. 1, 2, 3, welche von $t = 1,5$ bis 8,0 gehen, überwiegt Σd_u in enormem Verhältnisse über Σd_o.

---

*) In der beispielsweisen Schilderung der Methode der Minimaländerungen (p. 7 f.) lässt der Verf. den Weg nach unten, wodurch t_u gewonnen wird, dem Wege nach oben, wodurch t_o gewonnen wird, vorangehen. Sollte diese Folge bei allen Versuchen eingehalten worden sein, worüber aber, wie über so Manches, worauf etwas ankommen könnte, die Angaben des Verf. in Zweifel lassen, so könnte möglicherweise auch hievon ein constanter Fehler abhängen. Man kann jedenfalls nicht vorsichtig genug gegen constante Fehler sein.

Wenn sich nun im XI. Abschnitt zeigen lassen wird, dass diese abnormen Verhältnisse der Unterschiedsschwellen d_o, d_u durch Voraussetzung und Elimination desselben Fehlers schwinden, wodurch die Verhältnisschwellen v_o, v_u mit dem Weber'schen Gesetze stimmend gemacht werden, so wird der Schluss auf das Dasein dieses Fehlers um so bindender dadurch werden.

Zu vorigen, immer nur erst indirecten, Gründen seiner Annahme aber gesellt sich endlich noch folgende, in der Abhandlung des Verf. bemerkte, nur nicht zu Folgerungen in betreffender Hinsicht benutzte, Thatsache, welche direct für das Dasein und zugleich für dieselbe Richtung desselben beweist, zu der wir durch die vorigen Betrachtungen geführt werden. Der Verf. sagt bei Besprechung der Versuche der ersten Gruppe, wo zwischen Hauptzeit und Vergleichszeit ein der Hauptzeit gleiches δ eingeschoben wird: »Verschiedene Beobachter, besonders aber Tr, beklagten sich oft darüber, dass ihnen die der Hauptzeit gleich sein sollende Zwischenzeit δ grösser als t erscheine, während beide in Wirklichkeit völlig gleich waren.« Der Verf. erklärt diese Erscheinung unstreitig sachlich richtig daraus, »dass die Hauptzeit in der Reproduction verkürzt ist, die jener gleiche Zeit δ also grösser erscheinen muss«. Das ist doch aber eben nichts Anderes, als die Erklärung durch einen constanten

Fehler, dem eine, mit der Hauptzeit verglichene, ihr folgende, Zeit unterliegt. In der That treffen die beiden möglichen Gründe des Fehlers hier zusammen, sofern die Hauptzeit als Vergleichsmassstab für die Zwischenzeit dient und diese der Hauptzeit folgt. Wenn aber die, unwillkürlich mit der Hauptzeit verglichene, Zwischenzeit einem von diesen Umständen abhängigen Fehler unterliegt, warum sollte ihm die, absichtlich mit der Hauptzeit verglichene, Vergleichszeit weniger unterliegen? Es werden also sowohl t_o als t_u als Vergleichszeiten durch den betreffenden Fehler verkürzt sein, und in umgekehrtem Verhältnisse vergrössert, wie ich sage corrigirt, werden müssen, um vom constanten Fehler befreit zu werden.

Der vorigen Betrachtung steht nicht entgegen, dass nach den, an die Thatsache der Ueberschätzung des δ angeknüpften, Bemerkungen des Verf. (p. 49) diese Thatsache bei sehr kleinen t's, namentlich unter 0,4, sich nicht geltend macht, indem hiemit nur bewiesen wird, was sich aus der folgenden Untersuchung um so bestimmter herausstellen wird, dass der constante Fehler, um den es sich handelt, von der Grösse des t mit abhängig ist, und als Function desselben betrachtet werden muss; was nicht unerwartet sein kann, da das Entsprechende von constanten Fehlern auch in andern Gebieten gilt*). Da nun, wie folgends zu zeigen, die Abhängigkeit der Art ist, dass er mit der Grösse des t wächst, so versteht sich sehr wohl, dass er bei kleinem t wenig merklich sein kann.

Unterscheiden wir nun die Werthe t_o, t_u, wie sie unmittelbar aus den Versuchen hervorgehen und noch mit dem betreffenden einfachen oder zusammengesetzten Fehler behaftet zu denken sind, als rohe Werthe von den, durch Elimination des betreffenden Fehlers daraus hervorgehenden, Werthen als reinen Werthen, und bezeichnen letztere mit $\mathfrak{t}_o$, $\mathfrak{t}_u$, so können wir, um zugleich zum Weber'schen Gesetze und zur Befriedigung der an die Unterschiedsschwellen zu stellenden Forderung zu gelangen, zunächst folgende Fundamentalgleichungen aufstellen:

$$t_o = q\mathfrak{t}_o \;; \qquad t_u = q\mathfrak{t}_u \;,$$

---

*) Der Ausdruck constanter Fehler ist nämlich überhaupt nur insofern treffend, als er für jedes t insbesondere, bei constant gehaltenen Versuchsumständen, dieselbe Grösse behält, ohne deshalb nothwendig für verschiedene t's dieselbe Grösse zu behalten.

indem wir unter q den constanten Verhältnissfehler verstehen, durch welchen die reinen Werthe $\mathfrak{t}_o$, $\mathfrak{t}_u$ in die rohen t_o, t_u übergehen. Hieraus fliessen natürlich die umgekehrten Gleichungen:

$$\mathfrak{t}_o = \frac{t_o}{q}\,; \qquad \mathfrak{t}_u = \frac{t_u}{q}\,,$$

wonach wir die rohen Werthe t_o, t_u in reine überführen, oder, wie ich kurz sage, corrigiren, indem wir die ersten mit q dividiren, oder, was dasselbe sagt, mit $\frac{1}{q}$ multipliciren. Wegen des häufigen Gebrauchs nun, den wir vom Factor $\frac{1}{q}$ im vorigen Sinne zu machen haben, ersetzen wir ihn durch den einfachen Buchstaben p und nennen diesen den Correctionsfactor. Von seiner Bestimmungsweise wird alsbald die Rede sein. Natürlich ist mit p zugleich q und umgekehrt gegeben, da beides die reciproken Werthe von einander sind *).

Die Werthe t_o, t_u, t sind die Ausgangswerthe, welche von der Beobachtung geliefert werden, und alle davon abhängigen Werthe, als wie d_o, d_u, Δ, v_o, v_u, w_o, w_u noch als rohe zu betrachten, so lange sie nicht ihrerseits die, aus der Correction von t_o, t_u fliessende, Correction erfahren haben, wonach wir sie als reine mit den, den vorigen entsprechenden, deutschen Buchstaben bezeichnen. Zunächst wenden wir uns mit dieser Correction zu den Verhältnissschwellen, hiemit zur Bestimmung des Correctionsfactors selbst, hienach zur Correction der relativen Unterschiedsschwellen, um auf die der einfachen Unterschiedsschwellen und des mittleren Schätzungsfehlers erst im folgenden Abschnitte einzugehen.

Als obere und untere rohe Verhältnissschwelle haben wir:

$$v_o = \frac{t_o}{t}\,; \qquad v_u = \frac{t}{t_u}\,.$$

Da nun die Correction nicht auf die als bestimmt gegeben anzusehenden Hauptwerthe t zu beziehen ist, sondern nur auf die durch den Verhältnissfehler als alterirt anzusehenden t_o, t_u, so erhalten wir als reine obere und untere Verhältnissschwelle $\mathfrak{v}_o$, $\mathfrak{v}_u$:

---

*) Das vom Verf. p. 63 gebrauchte p entspricht unserem q, unser p aber seinem $\frac{1}{p}$, ein Unterschied der Bezeichnungen, auf den natürlich sachlich nichts ankommt.

$$\mathfrak{v}_o = \frac{p\,t_o}{t} = p\,v_o\,; \qquad \mathfrak{v}_u = \frac{t}{p\,t_u} = \frac{v_u}{p}\,,$$

woraus, noch ohne dass wir den Werth p kennen, der Satz fliesst, dass wir die obere Verhältnissschwelle mit demselben Correctionsfactor zu multipliciren haben, mit welchem wir die untere zu dividiren haben, um beide in reine Werthe überzuführen.

Die mittlere Verhältnissschwelle anlangend, so gelangen wir zur reinen $\mathfrak{v}$, indem wir das Verhältnissmittel aus den reinen $\mathfrak{v}_o$, $\mathfrak{v}_u$ ziehen, d. i.

$$\mathfrak{v} = \sqrt{\mathfrak{v}_o\,\mathfrak{v}_u} = \sqrt{p\,v_o \cdot \frac{v_u}{p}} = \sqrt{v_o\,v_u} = v\,,$$

d. i. die mittlere reine Verhältnissschwelle $\mathfrak{v}$ und die mittlere rohe v stimmen überein, ohne dass diess von der oberen und unteren reinen und rohen für sich gilt. Diess ist ein fundamentaler Punct.

Sofern nun durch die Correction mittelst p die, dem Weber-schen Gesetze widerstrebende, Ungleichheit der obern und untern Verhältnissschwelle gehoben wird, können wir hiervon Gebrauch zur Bestimmung von p selbst machen, indem wir setzen:

$$p\,v_o = \frac{v_u}{p} \text{ oder gleichgeltend } p\,\frac{t_o}{t} = \frac{t}{p\,t_u}\,,$$

mithin

$$p^2 = \frac{v_u}{v_o} \quad = \frac{t^2}{t_o\,t_u}$$

$$p = \sqrt{\frac{v_u}{v_o}} = \frac{t}{\sqrt{t_o\,t_u}}\,.$$

Diess der Werth von p, mit dem wir im Folgenden zu operiren haben.

Natürlich, wenn durch Correction mit diesem Werthe p die obere und untere Verhältnissschwelle einander gleich werden, werden sie damit auch der mittleren gleich und hat man also:

$$\mathfrak{v}_o = \mathfrak{v}_u = \mathfrak{v} = v\,.$$

Führen wir nun mit vorigem Werthe von p die Correction der relativen Verhältnissschwellen $\mathfrak{w}_o$, $\mathfrak{w}_u$, $\mathfrak{w}$ aus, so haben wir roh (nach S. 14)

$$w_o = v_o - 1\,; \qquad w_u = v_u - 1\,; \qquad w = \sqrt{(v_o - 1)(v_u - 1)}\,.$$

Die Correction aber werden wir dadurch bewirken, dass wir in diesen Ausdrücken v_o mit p multipliciren und v_u mit p dividiren, p aber $= \sqrt{\frac{v_u}{v_o}}$ setzen. Hiedurch geht v_o über in $v_o\sqrt{\frac{v_u}{v_o}} = \sqrt{v_o v_u}$

und r_u in $r_u\sqrt{\frac{r_o}{r_u}}$, was nicht minder $= \sqrt{r_o r_u}$ ist. Mittelst dieser Correctionen nimmt $(r_o - 1)(r_u - 1)$ den Werth $(\sqrt{r_o r_u} - 1)^2$ an, und die Wurzel hievon, d. i. die reine mittlere relative Unterschiedsschwelle $\mathfrak{w}$, erhält den Werth:

$$\mathfrak{w} = \sqrt{r_o r_u} - 1 = r - 1 = \mathfrak{v} - 1\,,$$

sofern r und $\mathfrak{v}$ gleichwerthig sind.

Also gilt für die reinen relativen Unterschiedsschwellen, dass man die mittle eben so als mittlere Verhältnissschwelle minus 1 bestimmen kann, wie sich die einfachen relativen Unterschiedsschwellen als einfache Verhältnissschwellen minus 1 bestimmen lassen, während dasselbe nicht bezüglich der rohen relativen Unterschiedsschwellen gilt; ein Satz, auf den schon früher (S. 15) verwiesen worden ist.

Um sich über die Leistung des p klar zu bleiben, hat man im Auge zu behalten, dass mit der, durch seine Anwendung zu erzielenden, Gleichheit der oberen, unteren und mittleren Verhältnissschwelle $\mathfrak{v}_o$, $\mathfrak{v}_u$, $\mathfrak{v}$ für jedes t zwar einer Bedingung des Weber'schen Gesetzes genügt ist, hierin aber noch gar nicht von selbst eingeschlossen ist, dass damit auch der andern Bedingung des Weber'schen Gesetzes genügt sei, dass nämlich die, für jedes t insbesondere gleichen $\mathfrak{v}_o$, $\mathfrak{v}_u$, $\mathfrak{v}$ auch constant dieselben für alle verschiedenen t bleiben; vielmehr beweist die untere Abweichung vom Weber'schen Gesetze, welche im VIII. Abschnitte besprochen ist, das Gegentheil. Wir können hier die Correction durch p so gut anwenden, als in den Grenzen merklicher Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes, und damit $\mathfrak{v}_o$, $\mathfrak{v}_u$, $\mathfrak{v}$ gleich machen, ohne damit zu erreichen, dass diese corrigirten Verhältnissschwellen für die verschiedenen t merklich constant werden. Die Correction der oberen und unteren Verhältnissschwelle durch p gehört also zwar wesentlich zur Erfüllung des Weber'schen Gesetzes, reicht aber noch nicht allgemein und schlechthin dazu hin. Nur lehrt die Erfahrung selbst, dass über gewisse Grenzen der Kleinheit des t, die der sog. unteren Abweichung vom Gesetze hinaus, p solche Verhältnisse zu t annimmt, dass die dadurch corrigirten Verhältnissschwellen auch der zweiten Bedingung des Weber'schen Gesetzes, d. i. der Constanz derselben bei abgeändertem t, merklich genügen.

Von der andern Seite ist damit, dass durch Anwendung des

Correctionsfactors p beiden Bedingungen des Weber'schen Gesetzes zugleich nur erst über den Grenzen der sog. untern Abweichung genügt wird, nicht gesagt, dass seine Anwendung auch nur oberhalb derselben statt zu finden habe. Denn es ist kein Grund, dass der in der Einseitigkeit der Versuchsumstände begründete constante Fehler q bei kleinem t weniger stattfinden sollte, als bei grossem, wenn die Einseitigkeit beidesfalls dieselbe ist, dem Fehler q aber entspricht die Correction durch $\frac{1}{q} = p$. Insofern aber die Correction durch p doch nur oberhalb gewisser Grenzen der t zu einer Uebereinstimmung mit dem Weber'schen Gesetze führt, werden auch die mit diesem Gesetze zusammenhängenden Verhältnisse nur oberhalb derselben Grenzen ihre Gültigkeit erlangen.

Dass p selbst für alle t constant bleiben müsse, ist bemerktermassen von vornherein keine Nothwendigkeit; genug, dass es seine Aufgabe für jedes t insbesondere erfüllt. Sollte p bei Aenderung von t constant bleiben, so musste nach der obigen Gleichung für diesen Werth r_u zu r_o immer dasselbe Verhältniss behalten, und $\sqrt{t_o t_u}$ dem t immer proportional gehen, was aber beides selbst in den Grenzen merklicher Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes nicht der Fall ist, wie man sich durch einen Rückblick auf die Tabellen des IV. Abschnittes überzeugen kann. Vielmehr lehrt die Erfahrung ganz allgemein für die Versuchsreihen innerhalb wie ausserhalb der Grenzen des Weber'schen Gesetzes, dass p langsam mit t ansteigt, und wenigstens in den Reihen, welche über die untere Abweichung hinausgehen, vorbehaltlich eines Zweifels betreffs derer, die derselben unterliegen, so, dass man den Werth p in jeder, durch eine Stufenfolge von t's vorschreitenden, Reihe zusammengesetzt ansehen kann aus einem für die aufsteigenden t constanten Hauptwerthe und einem kleinen, aber mit den t proportional aufsteigenden, positiven Zusatzwerthe, nach der Formel:

$$p = y + zt,$$

worin y den constanten Hauptwerth, zt den mit t proportionalen Zusatzwerth bedeutet. Die gewohnten Zeichen der Unbekannten wähle ich, weil y und z als von vornherein Unbekannte aus dem Gange der p bei aufsteigendem t in jeder gegebenen Reihe abgeleitet werden müssen. Diess ist nun von mir für die Reihen No. 1, 2, 3, 4 nach deren Mitteltabellen b) unter Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate so geschehen, dass dadurch Werthe von y und z hervorgehen, welche eine geringere Summe der Quadrate der Abweichung zwischen beobachteten[*] und berechneten p ergeben, als bei irgend anderen Werthen von y und z zu erhalten[**]. Mit f_y und f_z sind folgends die wahrscheinlichen Fehler respective von y und z bezeichnet, welche sich in Zusammenhange mit y und z selbst berechnen lassen.

Die zur Rechnung gebrauchten Formeln sind diese:

$$y = \frac{\Sigma t^2 \cdot \Sigma p - \Sigma t \Sigma p t}{A}$$

$$z = \frac{m \Sigma p t - \Sigma t \Sigma p}{A}$$

$$A = m \Sigma t^2 - (\Sigma t)^2.$$

m bedeutet die Zahl (nicht Summe) der zugezogenen t's. Da sich nicht darauf rechnen liess, dass die verschiedenen Beobachter, welche bei den Versuchen betheiligt waren, im p für dasselbe t übereinstimmten, ist (nach Erwägungen des V. Abschnittes) von der Berücksichtigung ihres besondern n abstrahirt.

Die Werthe f_y, f_z sind so bestimmt:

$$f_y = Q\sqrt{\Sigma t^2}\,; \qquad f_z = Q\sqrt{m}\,; \qquad Q = 0{,}674489\sqrt{\frac{\Sigma\lambda^2}{(m-2)A}}.$$

$\Sigma\lambda^2$ ist die Summe der Quadrate der Abweichungen zwischen (sog.) beobachteten und berechneten p.

Solchergestalt fand ich für:

	y	z	f_z	f_y
No. 1. b)	1,0568	0,003821	0,00631	0,00118
No. 2. b)	1,0164	0,01098	0,00408	0,00128
No. 3. b) <	1,0176	0,01312	0,00698	0,00226
No. 3. b) >	0,9848	0,01608	0,01807	0,00586
No. 4. b)	0,8706	0,01680	0,00840	0,00912

und hiernach folgende Zusammenstellung zwischen Beobachtung und

---

[*] Unter beobachteten p werden hier die aus den beobachteten t, t_r, t_w direct folgenden verstanden.

[**] Nach strengster Anwendung der Methode wären freilich die p so zu bestimmen, dass die geringste Summe der Quadrate der Abweichungen zwischen den direct beobachteten t_r, t_w, aus welchen die p doch erst abgeleitet sind, und den nach den p berechneten Werthe derselben erhalten würde; doch möchte die Ausführung hiervon wegen ihrer Umständlichkeit nicht durchführbar sein.

Rechnung, in der man die Reihe der *ts*, zu welchen die *p* gehören, aus dem Abschnitt IV ergänzen kann, indess die Grenzwerthe derselben eben so wie bei der früheren Zusammenstellung der $r-1$ (S. 57) oben angegeben sind.

Zusammenstellung zwischen den beobachteten und den berechneten *p*.

No. 1. b)		No. 2. b)		No. 3. b) <		No. 3. b) >		No. 4. b)	
[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]	
beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.
1,0743	1,0657	1,0376	1,0329	1,0455	1,0438	1,0144	1,0170	0,9259	0,9150
385	665	375	384	528	504	279	250	0,9486	0,9544
694	693	419	439	559	570	259	331	0,9942	0,9833
887	697	439	493	637	630	604	411	1,0113	0,9990
755	703	619	548	744	704	379	491	1,0260	1,0186
769	729	515	603					1,0588	1,0618
807	817	753	713						
862	894								

Man sieht nun wohl, dass bei manchen Reihen, wie namentlich bei No. 1. b) und No. 3. b) >, starke Unregelmässigkeiten im Gange der beobachteten *p* vorkommen, welchen natürlich die berechneten Werthe nicht folgen können, da vielmehr durch sie die Unregelmässigkeiten ausgeglichen werden sollen; überall aber sieht man im Ganzen den Fortschritt der Reihen im angegebenen Sinne nach Beobachtung und Rechnung, und in den meisten Reihen die nahe Uebereinstimmung zwischen beobachteten und berechneten Werthen nur ausnahmsweise erheblich gestört, so dass man der Formel für jede Reihe insbesondere wohl Zutrauen schenken, die Verschiedenheit der Constanten *y* und *z* aber, die sich zwischen den verschiedenen Reihen zeigt, auf die grössere oder geringere Verschiedenheit der Umstände, unter denen sie angestellt sind, schreiben kann.

In dieser Beziehung kommt nun zuvörderst die Verschiedenheit der Beobachter bei den verschiedenen Reihen, und der Unterschied, ob normal oder anomal, ob mit oder ohne Zwischen-*h*, in Betracht. In erster Beziehung darf man am meisten Aufschluss von der Reihe No. 2 erwarten, an welcher sich die drei Beobachter H, Tr, T betheiligt haben, wenn man, statt sich an die Tabelle der Mittel zu halten, auf die Specialwerthe p für die drei Beobachter zurückgeht, welche unter VIII auf S. 52 verzeichnet sind, und dabei namentlich Acht darauf hat, ob mit dem beträchtlichen Unterschiede, den die $r-1$ bei H von den $r-1$ der anderen beiden Beobachter zeigen, ein entsprechender Unterschied der p parallel geht.

Nun haben in der Reihe No. 2 die drei Beobachter folgende sieben t's gemein,

1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0

und erhält man als Summe der zugehörigen $r-1$ und p folgende Werthe:

	H	Tr	T
$\Sigma(r-1)$	0,6471	0,7604	0,8295
Σp	7,3116	7,3755	7,3572

H differirt also in Betreff der $\Sigma(r-1)$ sehr beträchtlich von Tr und T, wogegen der Unterschied zwischen den zugehörigen Σp für den ersten Anblick zu vernachlässigen scheint. Aber man darf nicht vergessen, dass von den p's der constante Hauptwerth y den Hauptbestandtheil bildet, und man zur Vergleichbarkeit mit $r-1$ von den p eben so den, oben durchschnittlich $= 1,01164$ gefundenen Hauptwerth abziehen muss, als man 1 von $r-1$ abzieht. Dann erhält man aber, da diese Werthe von den sieben p's siebenmal, also im Ganzen 7,08148 abzuziehen ist, folgende Σ-Werthe:

$$\begin{array}{lccc} & \text{H} & \text{Tr} & \text{T} \\ \Sigma(p-y) = \Sigma z = & 0,2301 & 0,2940 & 0,2757 \end{array}$$

deren Unterschiede allerdings noch auf unausgeglichene Zufälligkeiten geschrieben werden können, ohne dass man sich aber dessen versichert halten kann; zumal die ganzen p eben so wie die nach Abzug von y erhaltenen z bei Tr und T fünfmal, bei H nur zweimal unter sieben Fällen überwiegen. Auch der Vergleich von S und W, so wie von Vo und E, den ich noch vorgenommen habe, führt zu keiner sicheren Entscheidung, und ich lasse also die Frage in dieser Beziehung dahingestellt. Jedenfalls führt diese Untersuchung zu dem Resultat, dass, wenn, wie wahrscheinlich, ein Unterschied der p, z [illegible] nach den Beobachtern stattfindet, dieser nicht bisreicht, so beträchtliche Unterschiede zu erklären, wie sie namentlich zwischen den Reihen No. 1, No. 2 und der Reihe No. 4 vorkommen.

Was den Unterschied *zwischen* normal und anomal anlangt, so giebt die normale Reihe No. 2 Anlass zum Vergleich mit der anomalen No. 3 b), sofern bei beiden dieselben drei Beobachter betheiligt waren, und sofern die *t*s der anomalen Reihe 2,0 bis 4,0 sich zwischen denen der normalen 1,5 bis 5,0 halten, also von der Verschiedenheit der *t*s bei No. 2 und No. 3 kein erheblicher Unterschied der *p*s zu erwarten ist. Nehmen wir nun für die anomale Reihe das Mittel von < und > zum Vergleich mit der normalen Reihe, so haben wir:

	y	z
normal	0,0944	0,00098
anomal	0,0612	0,01469

wonach durch die Anomalie y verkleinert, z vergrössert erscheint.

Der erhebliche Unterschied der Constanten in der Reihe No. 1 von den Reihen No. 2 und No. 3 kann darauf beruhen, dass No. 1 mit *Zwischenzeit*, No. 2 und No. 3 ohne *Zwischenzeit* angestellt ist.

Die wichtigste und in gewisser Hinsicht fundamentale Frage ist nun aber die, wie sich die Werthe p mit dem Aufsteigen in der Scala der t ändern. Dass sie damit wachsen, ist zweifellos, aber es könnten doch bei dem wachsenden t die Constanten y und z constant bleiben; ja bei jeder Reihe für sich ist diess innerhalb der Grenzen der t, in denen sich die Reihe hält, die Voraussetzung, nach denen y und z berechnet sind. Aber diess würde nicht ausschliessen, dass die Formel $p = y + zt$ bloss eine empirische ist, welche innerhalb mässiger Grenzen der t hinlänglich genügt, bei weiterem Verfolg darüber hinaus aber nicht mehr genügen, sondern eine neue Bestimmung der Constanten erfordern würde. Um diese Frage zu untersuchen, müssen wir also die y und z in Versuchsreihen vergleichen, die sich in verschiedener Höhe der t-Scala bewegen.

Nun aber bieten alle Reihen von No. 1 bis No. 3, welche dem Weber'schen Gesetze genügen, keinen Anhalt dazu dar, weil sie sich sämmtlich in den, grossentheils in einander fallenden Intervallen der $t = 1,8$ bis $8,0$, $= 1,5$ bis $5,0$, und $= 2,0$ bis $4,0$ bewegen, ausserdem zum Theil von verschiedenen Beobachtern, theils normal, theils anomal, theils mit, theils ohne δ, angestellt sind, wovon man, auch abgesehen von unausgeglichenen Zufälligkeiten, die Verschiedenheiten der Constanten in den betreffenden Reihen abhängig machen kann. Hiegegen weicht die Reihe No. 4 (b), von $t = 0.4$ bis $t = 1.2$ reichend, ganz beträchtlich in den t-Werthen und zugleich in den Constanten der p-Werthe von den vorigen Reihen ab, wie man aus der Zusammenstellung (S. 88) ersieht. Nach obiger Bemerkung nun kann man diesen Unterschied nicht von der Verschiedenheit der Beobachter abhängig machen, die Normalität ist der Reihe No. 4 mit den Reihen No. 1 und No. 2 gemein, auch ist sie eben so wie No. 1 mit δ angestellt. Also auf keinen dieser Unterschiede ist der Unterschied ihrer Constanten von den Reihen No. 1 bis No. 3 zu schreiben.

Nun aber verdient Bemerkung, dass dieser Unterschied der Constanten zwischen sehr kleinen und erheblich grössern t-Werthen mit dem Unterschiede zusammentrifft, dass bei ersteren eine untere Abweichung vom Weber'schen Gesetze stattfindet, die bei letzteren merklich überschritten ist; und es liegt nahe, beides auch in sachlicher Beziehung zu einander zu denken; nämlich so, dass, wenn wir den den allgemeinen Ausdruck $p = y + xt$ für die Constitution von p beibehalten, die Constanten y und x sich der wirklichen Constanz um *so* mehr nähern, je höher man mit den t aufsteigt und dadurch über das Gebiet der unteren Abweichung vom Weber'schen Gesetz hinaus kommt; wogegen bei sehr kleinen Werthen von t die Werthe von y und x mit denen nicht stimmen, welche bei grösseren t erhalten werden. Hienach würde Constanz und Inconstanz von y und x solidarisch mit Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes und Abweichung davon sein. Ich will nicht sagen, dass diese Annahme durch die bisher vorliegenden Versuche als sicher begründet angesehen werden kann; dazu fehlt es noch an einer hinreichenden Ausdehnung derselben mit ausdrücklicher Richtung auf die Prüfung dieser Annahme; jedenfalls erscheint sie mir nach dem, was bisher vorliegt, sehr wahrscheinlich.

Es scheint nur entgegenzustehen, dass doch in der Reihe No. 4 selbst, welche in das Gebiet der unteren Abweichung reicht, sich die Constanz von y und x dadurch zu bewähren scheint, dass die auf die Voraussetzung hievon berechneten Werthe p nahe genug mit den beobachteten stimmen. Indessen könnte diese Uebereinstimmung trugerisch sein. Was jedenfalls direct für eine starke Variabilität von x im Laufe der Reihe spricht, ist der Umstand, dass der wahrscheinliche Fehler von x grösser als das halbe x ist; nämlich jener $= 0{,}00942$, indess dieser $= 0{,}01680$.

Schliesslich ist zu gestehen, dass uber diese Frage noch Unsicherheit besteht.

Erinnern wir uns hienach, dass p den Werth $\sqrt{\frac{v_u}{v_o}}$ hat, sich also aus zwei Bestandtheilen zusammensetzt, wonach sich auch sein Gang aus dem Gange dieser zwei Bestandtheile zusammengesetzt ansehen lassen muss, von denen nach den im Abschnitt IV gegebenen Daten v_o bei wachsendem t sinkt, v_u aber steigt. Es liess sich nun versuchen, ob dieser Gang sich nicht fur jeden Bestandtheil durch eine entsprechende Formel darstellen liesse, als für das zusammengesetzte p, sei es, dass man v_o, v_u oder deren Wurzeln dazu verwendete. Ich habe ersteres gethan, indem ich dazu setzte:

$$v_o = y - xt\,; \qquad v_u = y + xt\,,$$

und die Ableitung von y und x aus der Reihe der v_o, v_u ganz in derselben Weise vornahm, als vorhin aus der Reihe der t, habe mich aber dabei auf die Reihe No. 2. b) und No. 4. b) beschränkt, von welchen erstere dem Weber'schen Gesetze genugt, letztere in das Bereich der unteren Abweichung davon fällt. Hiebei erhielt ich folgende Resultate, welche zunächst allgemein zeigen, dass die Werthe y und x für v_o nicht mit denen für v_u übereinstimmen, dass also der Unterschied zwischen v_o und v_u nicht blos auf dem Vorzeichenunterschiede zwischen xt beruht, sondern auch auf verschiedenen Werthen von y und x selbst.

		y	x
No. 2. b)	v_o	1,0740	0,005904
	v_u	1,1092	0,01723
No. 4. b)	v_o	1,2790	0,21310
	v_u	0,9816	0,1515

Hienach folgende Zusammenstellung zwischen Beobachtung und Rechnung:

No. 2. b)

t	r_o beob.	r_o ber.	r_u beob.	r_u ber.	$\sqrt{\frac{r_u}{r_o}}$ ber.
1,5	1,0602	1,0621	1,1428	1,1350	1,0337
2,0	572	592	1379	1436	390
2,5	589	562	1491	1522	445
3,0	621	533	1576	1608	498
3,5	486	503	1831	1694	560
4,0	447	474	1617	1780	619
5,0	400	425	2021	1952	707

No. 4. b)

t	r_o beob.	r_o ber.	r_u beob.	r_u ber.	$\sqrt{\frac{r_u}{r_o}}$ ber.
0,4	1,2200	1,1938	1,0458	1,0422	0,9344
0,5	1996	1725	0791	0574	0,9496
0,7	0769	1295	0643	0876	0,9813
0,8	0760	1085	1004	1028	0,9974
1,0	0536	0659	1081	1331	1,0310
1,2	0617	0233	1901	1633	1,0662

Die in der letzten Verticalspalte enthaltenen Werthe beider Reihen sind aus den berechneten Werthen r_o, r_u der vorhergehenden Spalten hergestellt, und unterscheiden sich, wie man sieht, bei beiden Reihen nur durch Grössen kleiner Ordnung von denen, die nach der Tabelle S. 88 durch directe Berechnung von p erhalten sind. Im Uebrigen stimmt bei No. 2 b) mit Rücksicht auf die Unregelmässigkeiten, welche der Gang der beobachteten Werthe darbietet, Rechnung und Beobachtung eben so befriedigend, als bei directer Berechnung der ganzen p nach S. 88, hingegen bei No. 4. b) so schlecht, dass man den Versuch hier als verfehlt betrachten muss, was die oben aufgestellte Vermuthung unterstützt, dass das Genügen und Nichtgenügen der Formel $p = y + xt$ mit der Gültigkeit und dem Fehlschlag des Weber'schen Gesetzes zusammenhängen, da sich diese Vermuthung bei den Bestandtheilen des p sogar noch entschiedener bestätigt findet, als bei dem ganzen p selbst.

Blickt man nach vorigen Betrachtungen und Ergebnissen auf die früheren Versuche von Vierordt und Mach zurück, so lässt der Umstand, dass bei ihren, wie bei den Versuchen der Verf., überall die constante Hauptzeit der veränderlichen Vergleichszeit voranging, vermuthen, dass ein entsprechender constanter Fehler davon abgehangen hat, also auch eben so Anlass zu einer Correction gäbe, als bei den Versuchen des Verf., nur bieten die Versuche der früheren Beobachter nicht die gleiche Möglichkeit dar, die Correction zu bestimmen.

Nun könnte man fragen: wie liessen sich doch aber in ihren Versuchen die Bewährungen des Weber'schen Gesetzes über die untere Abweichung hinaus, deren ich »In Sachen« p. 178 ff. gedacht habe, finden, ohne die betreffende Correction angebracht zu haben? Hierauf scheint mir, wenigstens vorläufig, Folgendes zu erwidern. Die fehlende Correction bei den Versuchen unseres Verf. bringt allgemein und entschieden mit sich, dass die obere und untere Verhältnisschwelle v_o, v_u bei demselben t ungleich ausfallen. Aber sie bringt, wenn schon wahrscheinlich gleich allgemein, doch nicht überall gleich entschieden, mit sich, dass mit wachsendem t die obere Verhältnisschwelle abnimmt, die untere zunimmt (S. 47), und so kann es sehr wohl Reihen geben, in denen die Constanz der uncorrigirten v_o, v_u mit wachsendem t nur durch Zufälligkeiten gestört erscheint. Mit der Constanz und Inconstanz der Verhältnisschwellen aber ist die der relativen Unterschiedsschwellen, auf welche bei den Versuchen von Mach und Vierordt Bezug genommen ist, solidarisch.

Dabei wird zuzugestehen sein, dass ohne neue Versuche über die hier einschlagenden Fragen die Untersuchung über den Zeitsinn noch nicht als abgeschlossen gelten kann. Zwar die Thatsache eines in den Versuchen des Verf. sich geltend machenden constanten Fehlers wird sich nicht wegbringen lassen, ob er aber wirklich an den S. 79 ff. angegebenen Ursachen hänge, wird, wenigstens in Betreff des Zeitfehlers, nur dadurch zu entscheiden sein, dass man sich zu den Versuchen mit entgegengesetzter Zeitlage entschliesst, welche zu dieser Entscheidung gehören. Eben so wird der Grund, warum v_o und v_u sich bald mehr bald weniger constant bei geänderten t zeigen, noch zu ermitteln sein.

Unstreitig hatte es nach all' dem ein Interesse, zu untersuchen, ob die so entschiedene und überall in gleicher Richtung vorkommende Verschiedenheit, welche zwischen der oberen und unteren Verhältnissschwelle $\frac{t_o}{t}$ und $\frac{t}{t_u}$ im Gebiete des *Zeitsinnes* stattfindet, und zur Annahme des Verhältnissfehlers φ, sowie Anwendung des Correctionsfactors p Anlass giebt, auch bei Versuchen über die Unterschiedsempfindlichkeit im Gebiete eigentlicher Reize statt findet, und ich habe in dieser Hinsicht die Schallversuche der Tischer'schen Abhandlung nach der Redaction, die sie durch Wundt in einer Tabelle der »Philos. Stud.« I. p. 568 erfahren haben, untersucht; aber es zeigt sich hier nichts von einer derartigen Verschiedenheit und also auch kein Anlass, auf eine Correction deshalb einzugehen. In der betreffenden Tabelle vertritt der Schallreiz r unsere Hauptzeit t, und die Werthe $\frac{r_o}{r}$ und $\frac{r}{r_u}$ unsere obere und untere Verhältnissschwelle $\frac{t_o}{t}$ und $\frac{t}{t_u}$. Nun giebt die Tabelle in einer oberen Abtheilung zu 9 Werthen r, welche von 6,8 bis 6000 reichen, folgende Summen

$$\sum' \frac{r_o}{r} = 13,29\ ; \qquad \sum' \frac{r}{r_u} = 12,97\ ,$$

und in einer unteren zu 9 Werthen r, welche von 1,9 bis 1315 reichen,

$$\sum' \frac{r_o}{r} = 13,38\ ; \qquad \sum' \frac{r}{r_u} = 13,58\ ,$$

in Summa für 18 Werthe t von 1,9 bis 6000

$$\sum' \frac{r_o}{r} = 26,67\ ; \qquad \sum' \frac{r}{r_u} = 26,57\ .$$

Diese Totalsummen $\sum' \frac{r_o}{r}$ und $\sum' \frac{r}{r_u}$ aber stehen sich viel zu nahe, um in ihrer Verschiedenheit etwas anderes als einen Rest unausgeglichener Zufälligkeiten zu sehen; zumal der Unterschied in der besonders ins Auge gefassten obern und untern Abtheilung eine entgegengesetzte Richtung einhält.

Der Unterschied, den die Versuche über den Zeitsinn in dieser Hinsicht von den Schallversuchen darbieten, würde, wenn von den als möglich in Betracht gezogenen Gründen des betreffenden Fehlers in den Zeitversuchen der erste Geltung haben sollte, darin zu suchen sein, dass er nur extensive, nicht intensive Empfindlichkeit angeht, wenn hingegen der zweite den alleinigen oder Hauptantheil an dem Fehler haben sollte, dass bei Schallversuchen der Zeitfehler dadurch berücksichtigt und eliminirt erscheint, dass der Hauptschall und Vergleichsschall die Zeitfolge gewechselt haben.

XI. Correction der rohen Unterschiedsschwellen d_o, d_u und des rohen mittleren Schätzungsfehlers Δ.

Man würde sehr irren, wenn man daraus, dass sich $t_o = t + d_o$ und $t_u = t - d_u$ dadurch corrigiren lassen, dass man sie mit dem Correctionsfactor $p = \frac{t}{\sqrt{t_o t_u}} = \sqrt{\frac{r_u}{r_o}}$ versieht, schlösse, dass nun auch $d_o = t_o - t$, und $d_u = t - t_u$, d. i. die noch rohen Unterschiedsschwellen, und Δ, der halbe Unterschied derselben $= \frac{d_o - d_u}{2}$ einfach dadurch corrigirt werden können, dass man sie mit demselben Correctionsfactor versieht; vielmehr da t als fest gegeben keiner Correction unterliegt, wird man in den Werthen

$$d_o = t_o - t \quad \text{und} \quad d_u = t - t_u$$

blos t_o, t_u der angegebenen Correction zu unterziehen haben, woraus dann die Correction von Δ von selbst folgt. Nachdem wir nun früher die aus den rohen Werthen t_o, t_u, r_o, r_u, r durch die Correction erwachsenen reinen Werthe mit den entsprechenden deutschen Buchstaben $\mathfrak{t}_o$, $\mathfrak{t}_u$, $\mathfrak{r}_o$, $\mathfrak{r}_u$, $\mathfrak{r}$ bezeichnet haben, wollen wir auch die aus d_o, d_u, Δ durch die Correction hervorgehenden reinen Werthe mit den deutschen Buchstaben $\mathfrak{d}_o$, $\mathfrak{d}_u$, $\mathfrak{D}$ bezeichnen. Aber ehe wir auf die Ausführung dieser Correction selbst eingehen, recapituliren wir erst die im III. Abschnitt entwickelten Hauptverhältnisse der betreffenden rohen Werthe, um sie für die Correction bequem zur Hand zu haben. Wir haben:

$$\begin{array}{ll}
d_o = t_o - t\,, \;= (r_o - 1)\,t\;; & d_u = t - t_u\,, \;= \frac{r_u - 1}{r_u}\,t \\
t_o = t + d_o\;; & t_u = t - d_u \\
\frac{t_o}{t} = r_o\;; & \frac{t}{t_u} = r_u \\
t_o = r_o t\;; & t_u = \frac{t}{r_u} \\
w_o = r_o - 1\;; & w_u = r_u - 1
\end{array}$$

mithin nach verschiedener, sachlich gleichgeltender, Ausdrucksweise:

$$\Delta = \frac{d_o - d_u}{2} = \frac{t_o + t_u - 2t}{2} = \frac{r_o + \frac{1}{r_u} - 2}{2}\, t\,, \quad \text{kurz} = \frac{Vt}{2}.$$

Hienach betrachten wir bei dem Gewicht, welches der Verfasser mit Wundt auf die Verfolgung des Ganges der noch rohen Δ im Gebiete des Zeitsinnes legt, zuvörderst, wie sich dieser Gang bei aufsteigendem t verhält.

Keinesfalls schreiten die Δ den t proportional vor; denn hiezu müsste V eine von t unabhängige Constante sein, was aber nicht der Fall ist, da vielmehr die in V enthaltenen uncorrigirten r_o, r_u sich erfahrungsmässig innerhalb wie ausserhalb der Grenzen des Weber'schen Gesetzes mit t ändern (s. Abschn. IV). Stellen wir nun die t als Abscissen, die Δ als zugehörige Ordinaten vor, so kann wegen der Abhängigkeit des Werthes V von t die Curve der Δ überhaupt in keinem Theile der t-Scala als eine gerade Linie dargestellt werden. — Die Natur der Curve dahingestellt, zeigt ferner die Erfahrung, dass Δ bei sehr kleinen Werthen von t positiv, bei grösseren negativ ist, und bei einem gewissen Werthe von t dazwischen, wo $r_o + \frac{1}{r_u} = 2$, null wird, also einen sog. Indifferenzpunct hat, was mit der Erfahrung stimmt, dass r_o mit wachsendem t sinkt, r_u steigt, also $\frac{1}{r_u}$ auch sinkt. Denn hienach kommt man, wenn auch bei kleinem t der Werth Δ noch positiv ist, bei wachsendem t in negative Δs; und in der That geben alle Versuchsreihen des Verf., die theils mit $t = 1{,}5$, theils 1,8 anheben, mit ein paar ganz vereinzelten, unstreitig nur von Zufälligkeiten abhängigen, Ausnahmen bei einzelnen t's in den anomalen Reihen XVI, XVII (S. 51), nur negative Δs, wogegen in den Kollert'schen Reihen No. 4 und 5, welche mit dem kleinen $t = 0{,}4$ anheben, die kleinsten t's positive Werthe Δ geben, die aber bei No. 4 schon mit $t = 0{,}8$ in negative umschlagen.

Nächst dem Unterschiede $d_o - d_u$ zwischen den rohen Unterschiedsschwellen, dessen Hälfte Δ ist, kann man auch nach dem mittleren Werthe derselben $\frac{d_o + d_u}{2}$ und dem Verhältnisse derselben $\frac{d_o}{d_u}$ fragen, um sie mit den entsprechenden corrigirten

Werthen zu vergleichen. Durch Einführung der obigen Grundgleichungen findet sich:

$$\frac{d_o + d_u}{2} = \frac{t_o - t_u}{2} = \frac{\left(r_o - \frac{1}{r_u}\right)}{2} t = \frac{(r^2 - 1)t}{r_u}$$

$$\frac{d_o}{d_u} = \frac{r_u(r_o - 1)}{r_u - 1} = \frac{r_u w_o}{w_u}.$$

Alle diese Verhältnisse ändern sich nun aber ganz und gar und vereinfachen sich zugleich, wenn wir von den rohen Werthen zu den corrigirten oder reinen übergehen. Vor Eingehen darauf erinnere ich an die, im vorigen Abschnitte (S. 87) gemachte, Bemerkung, dass wir keinen Grund haben, die Correction durch p auf den Theil der t-Scala zu beschränken, in welchem sich das Weber'sche Gesetz merklich gültig zeigt, dass aber in den Grenzen der unteren Abweichung vom Gesetze mit dem Fehlschlagen des Weber'schen Gesetzes auch anderweite damit zusammenhängende Bestimmungen fehlschlagen. Zunächst jedoch von Bestimmungen, in welchen kein Unterschied in dieser Beziehung zu machen.

Indem wir in den Werthen

$$d_o = t_o - t \quad \text{und} \quad d_u = t - t_u$$

nach angegebenem Princip die Correction nur auf die corrigirbaren Werthe t_o, t_u anwenden, haben wir zunächst:

$$\mathfrak{d}_o = pt_o - t, \qquad \mathfrak{d}_u = t - pt_u,$$

wobei p beliebig $= \frac{t}{\sqrt{t_o t_u}}$ oder $= \sqrt{\frac{r_u}{r_o}}$ genommen werden kann, da beide Werthe identisch sind. Führt man nun diese Werthe von p ein, so erhält man:

$$\mathfrak{d}_o = (r - 1)t, \qquad \mathfrak{d}_u = \frac{r-1}{r} t,$$

worin man r durch $\mathfrak{r}$ ersetzen kann, da $r = \mathfrak{r}$.

Der Ausdruck für $\mathfrak{d}_o$ folgt nämlich daraus, dass man im obigen Ausdruck $\mathfrak{d}_o = pt_o - t$ den Werth p durch $\sqrt{\frac{r_u}{r_o}}$ und den Werth t_o durch $r_o t$ ersetzt. Diess giebt zunächst:

$$\mathfrak{d}_o = r_o \sqrt{\frac{r_u}{r_o}} \cdot t - t = (\sqrt{r_u r_o} - 1)t = (r - 1)t.$$

Der Ausdruck für $\mathfrak{d}_u$ stellt sich nach ähnlicher Ableitung zunächst als $\left(1 - \frac{1}{r}\right)t$ dar, was mit $\left(\frac{r-1}{r}\right)t$ übereinkommt. Hiernach findet sich $\mathfrak{D}$ als corrigirter Werth von t,

$$\mathfrak{D} = \frac{\mathfrak{d}_o - \mathfrak{d}_u}{2} = \frac{(r-1)^2}{2r}\,t$$

wie folgt: zunächst hat man, nach vorigen Ausdrücken für $\mathfrak{d}_o$ und $\mathfrak{d}_u$,

$$\mathfrak{D} = \left[(r-1) - \frac{r-1}{r}\right]\frac{t}{2} = \frac{r^2 - 2r + 1}{2r}\,t\,.$$

Der Werth $r^2 - 2r + 1$ aber ist $= (r-1)^2$. Aus vorigem Ausdrucke für $\mathfrak{D}$ aber fliessen nachstehende Folgerungen.

$\mathfrak{D}$ kann überhaupt für positive t's nur positive Werthe annehmen, weil $(r-1)^2$ als Quadrat an sich selbst, und r als Wurzel aus zwei nothwendig positiven Werthen $\frac{t_o}{t}$, $\frac{t}{t_u}$ positiv ist. Alle negativen Werthe von t in den Versuchsreihen des Verf. wie Kollert's müssen sich also durch die Correction in positive $\mathfrak{D}$'s verwandeln, was sich durch die wirkliche Ausführung (s. unten) bestätigt. Einen endlichen Indifferenzpunct, auf dessen Bestimmung der Verf. so grosses Gewicht legt, giebt es für die $\mathfrak{D}$ nicht, sondern der Nullpunct der $\mathfrak{D}$ fällt mit dem Nullpunct der t zusammen. Will man aber, so kann man die Curve der $\mathfrak{D}$ über den Nullpunct der t hinaus dadurch ins Negative verlängert denken, dass man die t selbst als negativ rechnet; was man kann, indem man ihre Länge statt in der Richtung vom Anfang zum Ende zu verfolgen, in der umgekehrten Richtung verfolgt; und es hindert nichts, diess zu thun, nachdem man die positiven t's erst bis zu Null hat abnehmen lassen, ihre Betrachtung dann in derselben Richtung ins Negative fortzusetzen; eine Bemerkung, die ich übrigens nur mache, um dem Einwurf zu begegnen, als ob mit dem Beginn der Curve der $\mathfrak{D}$ bei $t = 0$ ein Bruch der Continuität einträte.

Die reine mittlere Unterschiedsschwelle findet sich nach den Werthen von $\mathfrak{d}_o$ und $\mathfrak{d}_u$:

$$\frac{\mathfrak{d}_o + \mathfrak{d}_u}{2} = \frac{r^2 - 1}{2r}\,t$$

und das Verhältniss der reinen Unterschiedsschwellen einfach:

$$\frac{\mathfrak{d}_o}{\mathfrak{d}_u} = r = \mathfrak{v}\,.$$

was ein interessantes Gesetz ist, das ich übrigens schon früher in »Revis.« gefunden.

Endlich hat man noch:

$$\frac{\mathfrak{d}_o + \mathfrak{d}_u}{\mathfrak{d}_o - \mathfrak{d}_u} = \frac{r^2 - 1}{(r-1)^2} = \frac{r+1}{r-1}.$$

Alle diese Verhältnisse bestehen unabhängig von der Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes, sofern die Correction durch p nach obiger Bemerkung (S. 99) unabhängig von dieser Gültigkeit ist. Nun aber hängt an der Gültigkeit oder Ungültigkeit des Gesetzes folgender Unterschied.

Während angegebenermassen die f's weder innerhalb noch ausserhalb der Grenzen des Weber'schen Gesetzes den t proportional gehen und ihre Curve nirgends eine geradlinige Richtung annimmt, findet für die $\mathfrak{D}$'s der Unterschied statt, dass sie innerhalb der Grenzen des Weber'schen Gesetzes den t proportional gehen und sich hiemit durch eine geradlinige Curve darstellen lassen, nicht aber ausserhalb. Gehen wir nämlich auf den Werth:

$$\mathfrak{D} = \frac{(r-1)^2}{2r} t$$

zurück, so bleibt innerhalb der Grenzen des Gesetzes r und mithin der ganze Factor von t bei wachsendem t constant, nicht aber ausserhalb.

Natürlich lässt sich die Proportionalität der $\mathfrak{D}$ mit t einfach an der Constanz von $\frac{\mathfrak{D}}{t}$ erkennen, von welchem Werth daher in dieser Hinsicht in den folgenden Tabellen Gebrauch gemacht wird.

In jedem Falle aber gelten die vorigen Formeln nur insoweit, als die unregelmässigen Zufälligkeiten dabei als ausgeglichen angesehen werden können; und die folgenden vergleichsweisen Bestimmungen von f und $\mathfrak{D}$, $\frac{f}{t}$ und $\frac{\mathfrak{D}}{t}$ in einigen Beispielsreihen sind daher an den Mittelreihen der verschiedenen Beobachter, welche im Abschnitt IV angeführt sind, vorgenommen, um die Ausgleichung wenigstens so weit, als es möglich war, gedeihen zu lassen.

No. 1. b) normal, zwei Beobachter, mit δ.

t	p	$\Delta -$	$\nabla +$	$\frac{\Delta}{t} -$	$\frac{\nabla}{t}$
1,8	1,0713	− 0,1141	+ 0,0058	0,0634	0,00322
2,0	385	0625	0121	313	605
2,75	694	1698	0093	618	338
2,85	887	2128	0211	747	740
3,0	755	1958	0159	653	530
3,7	769	2424	0235	653	635
6,0	807	4197	0307	704	512
8,0	862	5923	0462	740	578
Summe		− 2,0094	+ 0,1646		

No. 2. b) normal. Drei Beobachter, ohne δ.

t	p	$\Delta -$	$\nabla +$	$\frac{\Delta}{t} -$	$\frac{\nabla}{t}$
1,5	1,0376	− 0,0482	+ 0,0066	0,0320	0,00440
2,0	375	0640	0086	320	430
2,5	449	0888	0123	355	492
3,0	439	1105	0163	368	543
3,5	619	1861	0190	532	543
4,0	545	1888	0189	472	473
5,0	753	3208	0314	642	628
Summe		− 1,0070	+ 0,1131		

No. 3. b) anomal. < Drei Beobachter, ohne δ.

t	p	$\Delta -$	$\nabla +$	$\frac{\Delta}{t} -$	$\frac{\nabla}{t}$
2,0	1,0435	− 0,0745	+ 0,0046	0,0373	0,0023
2,5	528	1135	0125	454	50
3,0	559	1440	0156	480	52
3,5	637	1955	0151	558	43
4,0	744	2465	0204	616	51
Summe		− 0,7740	+ 0,0682		

No. 4. b) normal, vier Beobachter, ohne ∂, mit unterer Abweichung.

t	v	$\Delta -$	$\mathfrak{D} +$	$\frac{\Delta}{t}$	$\frac{\mathfrak{D}}{t}$
0,4	0,9259	+ 0,0353	0,00304	0,0883	0,00760
0,5	0,9486	+ 0,0315	417	630	834
0,7	0,9942	+ 0,0058	170	830	243
0,8	1,0113	— 0,0206	187	258	234
1,0	1,0260	— 0,0224	300	224	300
1,2	1,0588	— 0,0589	830	491	692
Summe		± 0,1745	+ 0,02208		

Beim Ueberblick über diese vier Reihen sieht man nun zuvörderst, dass ganz allgemein die mit $\Delta -$ bezeichneten negativen Werthe von Δ durch die Correction in positive $\mathfrak{D}$ übergehen, so dass es keine negativen $\mathfrak{D}$ giebt, dass hiemit auch der Indifferenzpunct der Δ, welcher in No. 4. b) zwischen $t = 0,7$ und 0,8 liegt, bei den $\mathfrak{D}$ verschwindet, was beides mit oben gezogenen Folgerungen übereinstimmt. Man sieht ferner, dass die Δ ganz allgemein beim Uebergange in die $\mathfrak{D}$ an absoluter Grösse ausserordentlich verlieren, wie denn z. B. bei No. 1. b) nach den unteren Schlusssummen die Δ zu den $\mathfrak{D}$ durchschnittlich im Verhältniss 2,0094 : 0,1646 stehen, d. i. über das zehnfache grösser sind. Ja die $\mathfrak{D}$ kommen hiedurch so weit herab, dass die, durch die Correction unangegriffen bleibenden, Zufälligkeiten auch nach möglichster Ausgleichung durch die Mittelziehung aus den Versuchen mehrerer Beobachter noch verhältnissmässig stark störend einwirken; und hierin liegt der Grund, dass sich die oben gezogene Folgerung, $\frac{\mathfrak{D}}{t}$ müsse bei aufsteigendem t constant bleiben, dahin abändert, diese Werthe müssen ohne deutliche Abhängigkeit von t nur unregelmässig variiren. Auch findet sich dies bei allen Reihen bestätigt, nur etwa mit Ausnahme von No. 2. b), wo $\frac{\mathfrak{D}}{t}$, obwohl auch nicht ohne Unregelmässigkeit und in viel kleinerem Verhältnisse als $\frac{\Delta}{t}$, im Ganzen sichtlich mit t ansteigt.

XII. Ueber einen formellen Streitpunct zwischen Wundt und mir.

Nachdem ich im 30. Abschnitte meiner »Revision« die zur Zeit vorliegenden Versuche über den Zeitsinn zu Gunsten des Weber'schen Gesetzes geltend gemacht, schloss ich (p. 423) mit folgender Bemerkung:

»Bis auf Weiteres würde ich nach Vorigem glauben, dass der Gang der Werthe, auf welche die Versuche über den Zeitsinn führen, überhaupt einerseits durch das Weber'sche Gesetz als Hauptunterlage, andererseits durch zufällige und auf constante Fehler zurückführbare Abweichungen davon als bestimmt angesehen werden könne, und dass die Analyse der Versuche auf diese Bestimmungen zurückzugehen habe. Jedenfalls sind die Werthe T und $\Delta = T - t$, auf welche Kollert zurückgeht, nur Functionen jener Bestimmungen, und scheinen mir daher von mehr secundärer Bedeutung, indess sie aber für den empirischen Gang der Werthe einen unmittelbareren Anhalt bieten, als der Rückgang auf jene Bestimmungen.«

Unstreitig nicht ohne Rücksicht auf vorige Erklärung äussert sich hiegegen Wundt in einer neueren Abhandlung (Philos. Studien I, p. 562) wie folgt:

»Bei der Untersuchung des Zeitsinnes handelt es sich nicht um die Frage der Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes, oder, falls diese Frage erhoben werden sollte, so steht sie doch jedenfalls in zweiter Linie. Das Problem des Zeitsinnes besteht in Beantwortung der Frage, wie sich für unser Bewusstsein ein gegebenes Zeitintervall verändert, wenn es nach einer bestimmten Zwischenzeit reproducirt wird.« [*]

Im Verfolge dieser Betrachtungen erklärt nun Wundt (p. 565) als diejenigen Werthe, welche bei den Versuchen über den Zeitsinn das Hauptinteresse beanspruchen, »den mittleren Schätzungswerth T der Vergleichszeit $\left[= \frac{t_u + t_o}{2}\right]$ und seinen Unterschied Δ von der Normalzeit t_n, den er bemerktermassen als mittlern Schätzungsfehler bezeichnet, und (p. 365) unter Verallgemeinerung von Zeitgrössen auf Reizgrössen r, seiner Bedeutung nach so bestimmt: »es werde diejenige Grösse dadurch gemessen, um welche wir eine gegebene Reizstärke r zu überschätzen oder zu unterschätzen geneigt sind«.

---

[*] Bei den Versuchen zweiter Gruppe unseres Verf. ist allerdings die Zwischenzeit weggelassen, indessen ändert dies principiell nichts in der Streitfrage. F.

Was ich nun diesen Gegenbemerkungen Wundt's meinerseits entgegensetzen möchte, sind folgende zwei Puncte: 1) Ich wüsste doch nicht, warum es sich in der Untersuchung des Zeitsinnes nicht um die Gültigkeitsfrage des Weber'schen Gesetzes so gut handeln sollte, als in der Untersuchung anderer Sinnesgebiete, ja warum man nicht ebenso einen Hauptgegenstand der Untersuchung darin finden sollte; 2) warum es weniger wichtig sein sollte, die Frage zu untersuchen, in welchem Verhältnisse zur Hauptzeit sich die Vergleichszeit ändern muss, um bis zum eben merklich werdenden oder eben verschwindenden Unterschiede für die Auffassung zu gelangen, als um welchen absoluten Werth, zumal sich beide Fragen in gemeinsamer Abhängigkeit von denselben Beobachtungsdatis t_o, t_u, t beantworten, ja im Grunde nur dieselbe Frage in verschiedener Form sind. Denn weiss man, in welchem Verhältnisse t_o den Werth t übersteigt, so weiss man auch, um welchen absoluten Werth d_o. Die Frage in erster Form aber führt natürlicherweise zur Frage, wie weit das Weber'sche Gesetz der Constanz von $\frac{t_o}{t}$ und $\frac{t}{t_u}$ bei Aenderung von t besteht, die andere zunächst zur Frage, welchen Gang die Unterschiedsschwellen d_o, d_u bei Aenderung von t nehmen, wovon dann natürlich auch weiter die Frage abhängt, welchen Gang die $\Delta = \frac{d_o - d_u}{2}$ dabei nehmen.

Also möchte ich nicht zugeben, dass die Frage des Weber'schen Gesetzes in zweiter Linie gegen die des Ganges der Δ stehe. Aus mathematischem Gesichtspuncte sind jedenfalls beide Fragen solidarisch; und kann es statt eines Streites zwischen beiden nur gelten, die gegenseitigen Beziehungen beider ins Auge zu fassen und zu zeigen, wie man von der einen Betrachtungsweise in die andere, von den Werthen, die man im einen Wege als bedeutungsvoll erkennt, zu denen, welche sich im andern Wege als bedeutungsvoll darstellen, gelangen kann.

Nun kann das $r = \sqrt{\frac{t_o}{t_u}} = \sqrt{\frac{t + d_o}{t - d_u}}$, woran ich mich bei der durch das Bedürfniss, zu einfachen Gesetzlichkeiten zu gelangen, motivirt und bestimmt ist, sondern sich auch auf Thatsachen zu stützen hat, welche das Vorhandensein eines, von der Methode der Minimaländerungen im Gebiete des Zeitsinnes bisher noch übrig gelassenen, constanten Fehlers theils direct erkennen, theils mit überwiegender Wahrscheinlichkeit vermuthen lassen, und dessen Elimination fordern (s. Abschn. X).

Soll nun doch der zu t bezugsweise Gang der Δ verfolgt werden, so liegt auch meines Erachtens die Forderung vor, ihn nicht oder doch nicht blos in seinen rohen Werthen zu verfolgen, wie bisher nur geschehen ist, sondern auch in seinen corrigirten Werthen, wo ich $\mathfrak{D}$ für Δ setze. Diess ist im vorigen Abschnitte an einigen Reihen ausgeführt; dabei hat sich aber gefunden, dass die Δ durch diese Correction zu solcher Kleinheit zusammenschrumpfen, um durch die zufälligen Beobachtungsfehler so gut wie ganz überwuchert zu werden, und mithin den Versuch ihres genauen Verfolges vergeblich zu machen. Der Indifferenzpunct aber verschwindet durch die Correction ganz, sofern $\mathfrak{D}$ nur bei $t = 0$ selbst null wird (S. 100).

Kann ich nun nach all' dem aus formellem Gesichtspuncte dem mittleren Schätzungsfehler nicht dieselbe Wichtigkeit und Bedeutung für das Versuchsfeld des Zeitsinnes beilegen, die ihm Wundt zuerkennt, so habe ich dagegen den sachlichen Gewinn anzuerkennen, der diesem Felde durch die Verbindung des Verfahrens nach Oben und Unten in seiner auch sonst vorzüglich erscheinenden Methode erwachsen ist, sofern sie zur Erkenntniss und Elimination des, die reinen Verhältnisse des Zeitsinnes störenden, constanten Fehlers geführt und dadurch dem Weber'schen Gesetze eine neue und schöne Bestätigung zugefügt hat, die zu der hinzutritt, welche früher das Feld des Gehörsinnes derselben Methode verdankte. Und wenn schon der Verf. der hier besprochenen Abhandlung diesen Gewinn nicht selbst gezogen hat, hat er doch durch die Treue, den Eifer und die Beharrlichkeit, mit welchen er im Sinne der Methode experimentirt hat, die Mittel dazu geboten.

Inhalt.

Seite
I. Eingang
II. Ueber die allgemeinere Tragweite des Weber'schen Gesetzes im Gebiete des Zeitsinnes 3
III. Methode der Minimaländerungen. Bezeichnung und gegenseitige Beziehung der dadurch zu erhaltenden Werthe 5
IV. Untersuchungsmaterial und Versuchstabellen 7
V. Nachweis von Verschiedenheiten der Unterschiedsempfindlichkeit bei den verschiedenen Beobachtern 16
VI. Ueber das bei der Mittelziehung einzuschlagende Verfahren 30
VII. Einige Nebenbemerkungen 33
VIII. Ueber die Gültigkeitsfrage des Weber'schen Gesetzes 42
IX. Ueber die Periodicitätsfrage 56
X. Ueber den Correctionsfactor p; die Correction der rohen Verhältnissschwellen und rohen relativen Unterschiedsschwellen w_o, w_u durch denselben 65
XI. Correction der rohen Unterschiedsschwellen d_o, d_u und des rohen mittleren Schätzungsfehlers Δ 79
XII. Ueber einen formellen Streitpunct zwischen Wundt und mir 97
Inhalt 104
108

Berichtigung.

Auf S. 78 Z. 22 v. o. setze $\mathfrak{D}$ statt ϑ.

saur

BIBLIOTHEK DER DTSCH. LITERATUR 3-598-50705-4
FECHNER,G.T. FN. 01582/035

KOLLEKTIVMASSLEHRE

VON

GUSTAV THEODOR FECHNER

IM AUFTRAGE
DER
KÖNIGLICH SÄCHSISCHEN GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN
HERAUSGEGEBEN
VON
GOTTL. FRIEDR. LIPPS

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1897.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung, vorbehalten.

[illegible]
BIBLIOTHEK
[illegible]

Vorbemerkung des Herausgebers.

Das Manuskript der Kollektivmaßlehre fand sich nur teilweise vollendet im Nachlasse Fechner's vor. Es musste daher einesteils das Vorhandene geordnet, anderenteils das Fehlende ergänzt werden. Um beide Aufgaben auszuführen, wurde ein Plan für den Aufbau der Kollektivmaßlehre entworfen, der aus der gruppenweisen Zusammenfassung der Kapitel in der Inhaltsangabe (S. IX) zu ersehen ist. Auf Grund desselben ergab sich die Anordnung des Stoffes, der übrigens für die vier ersten Kapitel in fest geordneter Reihenfolge vorlag, zugleich mit der Feststellung der Lücken in eindeutiger Bestimmtheit.

Bei Ausfüllung der Lücken war die Absicht maßgebend, dem Werke im Sinne seines Verfassers eine solche Vollendung zu geben, dass es keine Fragmente, sondern ein in sich geschlossenes Ganzes darstelle. Darum wurden zunächst die vorhandenen Kapitel, soweit sie lückenhaft geblieben waren, ergänzt. Da ferner einzelne Kapitel vollständig fehlten, so musste, unter Beschränkung auf die notwendigsten Ausführungen, ein Ersatz für dieselben gegeben werden. Jede Zuthat aber, selbst wenn sie bloß in der Beifügung von Zitaten bestand, wurde in eckige Klammern gesetzt und so kenntlich gemacht.

Damit hat nun allerdings das Werk keineswegs diejenige Vollendung erhalten, die ihm sein Verfasser gegeben haben würde. Insbesondere hätte der zweite Teil durch die Ausführungen, die in der Absicht Fechner's lagen, wesentlich gewonnen. Es war jedoch nicht thunlich, die ergänzenden Untersuchungen, die sich auf neu gesammeltes Untersuchungsmaterial stützen mussten, noch weiter auszuführen, sollte nicht die schon lange verzögerte Drucklegung des Werkes noch weiter hinausgeschoben werden. Vielmehr war ich bemüht, nachdem die Manuskripte FECHNER's im Frühjahre 1895 mir zugestellt worden waren, die Bearbeitung derselben zu einem baldigen Abschlusse zu bringen.

Noch möchte ich bemerken, dass die Rechnungen, die in großer Ausdehnung teils zur Bewährung, teils zur Begründung der Theorie dienen, durchweg geprüft oder von neuem ausgeführt wurden. Der Vorwurf etwaiger Versehen muss daher mich allein treffen.

Straßburg i. Elsass, im Januar 1897.

Dr. **G. F. Lipps.**

Vorwort.

Vorliegendes Werk ist schon seit vielen Jahren von mir angelegt, Material dazu gesammelt und in der Ausarbeitung desselben vorgegangen, diese aber vielfach durch andere Arbeiten unterbrochen, längere Zeit ganz beiseite gelegt und somit der Abschluss des Werkes bisher verzögert worden. Ihn länger zu verzögern, möchte bei meinem Alter nicht rätlich sein, wenn das Werk überhaupt erscheinen soll; auch glaube ich wohl, dass es sich nach wiederholtem Zurückkommen darauf endlich getrauen darf, zu erscheinen, zwar nicht als ein vollkommenes Werk, aber als Unterlage für einen weiteren Ausbau der hier behandelten Lehre. Bestimmter spricht sich das folgende Einleitungskapitel über die Aufgabe der Lehre aus; und so mögen hier nur noch folgende allgemeine Bemerkungen darüber Platz finden.

Mit dem neuen Namen, unter dem die Lehre hier auftritt, gebe ich sie doch nicht als eine ganz neue Lehre; nur dass der bisherige Stand ihrer Entwicklung das Bedürfnis noch nicht nahe legte, sie überhaupt unter einem besonderen Namen für sich aufzustellen. Überall spezialisiert sich ja die Wissenschaft im Wege ihrer wachsenden Entwicklung und verlangt demgemäß trennende Bezeichnungen ihrer verschiedenen Gebiete. Nun dürfte das Allgemeinste, Interessanteste, Verdienstlichste, was von unserer Lehre bisher vorlag, in Quetelet's »Lettres sur la théorie des probabilités« (1846) und seiner »Physique sociale« (1869) zu finden sein, und wenn man will, kann man in ihm ebenso den Vater der Kollektivmaßlehre, wie in E. H. Weber den der Psychophysik sehen; doch wird man sich aus dem Verfolg dieses Werkes überzeugen können, wieviel Anlass doch war, nicht nur wesentlich erweiternd, sondern auch berichtigend über ihn hinauszugehen.

In dieser Beziehung mache ich von einer Seite als Hauptfrucht, von anderer als Hauptwurzel der ganzen folgenden Untersuchung die sich gegenseits kontrollierende mathematische Begründung und empirische Bewährung einer Verallgemeinerung des Gauss'schen Gesetzes zufälliger Abweichungen geltend, wodurch die Beschränkung desselben auf symmetrische Wahrscheinlichkeit und verhältnismäßige Kleinheit der beiderseitigen Abweichungen vom arithmetischen Mittel gehoben wird, und bisher unbekannte gesetzliche Beziehungen auftreten, deren wichtigste man § 33 zusammengestellt findet. In der That ist in dieser Verallgemeinerung der allgemeinste Regulator aller in der Kollektivmaßlehre zur Sprache kommenden Verhältnisse ebenso gegeben, als im einfachen Gauss'schen Gesetze der Regulator aller physikalischen und astronomischen Genauigkeitsbestimmungen, und dürfte sich selbst noch fragen, ob nicht prinzipiell auch hier auf das allgemeinere Gesetz zu rekurrieren wäre, worüber man die Bemerkungen in § 8 nicht unberücksichtigt lassen möge.

Insofern die Kollektivmaßlehre auf einer Verbindung von Beobachtung und Rechnung in gegenseitiger Beziehung beruht, darf sie sich zu den exakten Lehren rechnen. Die Lehren, die auf eine solche Bezeichnung Anspruch haben, lassen aber überhaupt einen sehr verschiedenen Grad der Sicherheit ihrer Resultate zu. Obenan stehen Mechanik, Astronomie, Physik; die Physiologie steht wegen der Schwierigkeiten, welche die Komplikation und Variabilität ihrer Objekte entgegenstellen, weit dahinter zurück; noch weiter, wegen noch größerer Schwierigkeiten in dieser Hinsicht, die Psychophysik. Die Kollektivmaßlehre teilt Schwierigkeiten dieser Art, ohne gleichen prinzipiellen Schwierigkeiten zu unterliegen als die Psychophysik, überbietet diese an praktischem Interesse, indes sie ihr an philosophischem Interesse weit nachsteht. Doch fehlt es auch der Kollektivmaßlehre nicht ganz an einem solchen, sofern die darein eingehende Unterordnung des Zufalls unter allgemeinere Gesetze hier in einem Gebiete und in einer Weise zur Geltung kommt, welche bisher der Betrachtung nicht unterlegen haben.

In betreff der Form und Weite so mancher Ausführungen wird zu berücksichtigen sein, dass das Werk nicht sowohl für Fachmathematiker bestimmt ist, denen die hier in Rücksicht kommenden fundamentalen Punkte schon geläufig sind, als für solche, denen es um Kenntnisnahme und Anwendung der Lehre zu thun ist, ohne dass sie schon im Besitz solcher Vorkenntnisse sind.

Hiernächst möchte ich zur Förderung unserer Lehre noch einen Wunsch an Rechner vom Fach richten. In den bekannten Tabellen, welche das Gauss'sche Wahrscheinlichkeitsintegral der zufälligen Abweichungen vom Mittel (Beobachtungsfehler) gewöhnlich als

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^t e^{-tt}\,dt$$

ausgedrückt darstellen, ist das Argument t bloß bis auf zwei Dezimalen ausgeführt, was für den beschränkten Gebrauch, den Physiker und Astronomen davon zu machen haben, unter Zuziehung einer Interpolation mit ersten und zweiten Differenzen ausreicht; aber für den weit ausgedehnteren Gebrauch, der in der Kollektivmaßlehre davon zu machen ist, auf dasselbe herauskommt, als wenn man für die vielen Rechnungen, die mittelst Logarithmen zu führen sind, das Zahlenargument, wozu die Logarithmen gehören, bloß auf zwei oder drei Ziffern reduzieren und Zwischenbestimmungen nur der Interpolation anheimgeben wollte. Also wäre erwünscht, wenn im Interesse unserer Lehre, was übrigens von der psychophysischen Methode der richtigen und falschen Fälle geteilt wird, Tabellen vorlägen, worin t mindestens auf vier Dezimalen ausgeführt ist[1]), um Interpolationen teils zu ersparen, teils zu erleichtern, und jedenfalls habe ich selbst solche Tabellen bei Ausführung dieser Arbeit schmerzlich vermisst. Natürlich würde die Ausdehnung der Tabellen damit wachsen, aber der Vorteil schien mir in stärkerem Verhältnisse damit zu wachsen. Und sollte es denn kein astronomisches oder statistisches Institut geben, was über mechanische Rechenkräfte zu verfügen hat, das sich der Sache annähme! Auch ließe sich wohl eine Preisaufgabe darauf stellen.

---

[1] [Eine Ausführung dieser Tabelle auf drei Dezimalen von t, mit Beschränkung des Integralwertes auf vier resp. fünf Dezimalen, findet man im Anhang § 183.]

Inhaltsangabe.

Erster Teil.

Vorläufige Darlegungen.

Seite
I. Einleitung. § 1, 2 . . . . 3— 6
II. Vorläufige Übersicht der wesentlichsten Punkte, welche bei der Untersuchung eines Kollektivgegenstandes in Betracht kommen, und darauf bezügliche Bezeichnungen. § 3—11 . . . . 7— 26
III. Vorläufige Übersicht des Untersuchungsmaterials und allgemeinere Bemerkungen dazu. § 12 . . . . 27— 30
IV. Requisiten; Abnormitäten. § 13—23 . . . . 31— 54
V. Gauss'sches Gesetz der zufälligen Abweichungen Beobachtungsfehler und dessen Verallgemeinerungen. § 24—37 . . . . 55— 83
VI. Charakteristik der Kollektivgegenstände durch ihre Bestimmungsstücke oder sog. Elemente. § 38—46 . . . . 84— 98

Die rechnerische Behandlung der Kollektivgegenstände.

VII. Primäre Verteilungstafeln. § 47—52 . . . . 99—110
VIII. Reduzierte Verteilungstafeln. § 53—67 . . . . 111—140
IX. Bestimmung von Σa, $\Sigma a_,$, $\Sigma a'$, $m_,$, m', $\pm m_,$, $\pm m'$. § 68—75 . 141—159
X. Zusammenstellung und Zusammenhang der Haupteigenschaften der drei Hauptwerte *A*, *C*, *D*; ferner *R*, *T*, *F*. § 76—86 . . 160—181
XI. Der dichteste Wert *D*. § 87—92 . . . . 182—194

Die Asymmetrie der Kollektivgegenstände.

XII. Gründe dafür, dass wesentliche Asymmetrie der Abweichungen bezüglich des arithmetischen Mittels und Gültigkeit des asymmetrischen Verteilungsgesetzes bezüglich des dichtesten Wertes *D* im Sinne des verallgemeinerten Gauss'schen Gesetzes (Kap. V) der allgemeine Fall sei. § 93—95 . . . . 195—202
XIII. Mathematische Verhältnisse der Verbindung von wesentlicher und unwesentlicher Asymmetrie. § 96 . . . . 203—205

Seite
XIV. Formeln für den mittleren und wahrscheinlichen Wert des von rein zufälliger Asymmetrie abhängigen Unterschiedes *u*. § 97—101 . . . . 206—214
XV. Wahrscheinlichkeitsbestimmungen für den von rein zufälliger Asymmetrie abhängigen Unterschied *u* beim Ausgange vom wahren Mittel. § 102—111 . . . . 215—247
XVI. Wahrscheinlichkeitsbestimmungen für den von rein zufälliger Asymmetrie abhängigen Unterschied *c* beim Ausgange vom falschen Mittel. § 112—117 . . . . 248—270

Die Verteilungsgesetze der Kollektivgegenstände nach arithmetischem Prinzip.

XVII. Das einfache und das zweiseitige Gauss'sche Gesetz. § 118 bis 122 . . . . 271—282
XVIII. Das Summengesetz und das Supplementarverfahren. § 123 bis 128 . . . . 283—293
XIX. Die Asymmetriegesetze. § 129—136 . . . . 294—320
XX. Die Extremgesetze. § 137—142 . . . . 321—338

Das logarithmische Verteilungsgesetz.

XXI. Die logarithmische Behandlung der Kollektivgegenstände. § 143 bis 146 . . . . 339—351
XXII. Kollektive Behandlung von Verhältnissen zwischen Dimensionen. Mittlere Verhältnisse. § 147—151 . . . . 352—364

Anhangskapitel.

XXIII. Abhängigkeitsverhältnisse. § 152—155 . . . . 365—375

Zweiter Teil.

Specielle Untersuchungen.

XXIV. Über den räumlichen und zeitlichen Zusammenhang der Variationen der Rekrutengröße. § 156—163 . . . . 379—402
XXV. Gliederung und Asymmetrie des Roggens. § 164—169 . . . . 403—417
XXVI. Die Dimensionen der Galleriegemälde. § 170—175 . . . . 418—435
XXVII. Kollektivgegenstände aus dem Gebiete der Meteorologie. § 176—179 . . . . 436—455
XXVIII. Die Asymmetrie der Fehlerreihen. § 180—182 . . . . 456—466
Anhang. Die *t*-Tabelle. § 183 . . . . 467—476

Register . . . . 477—481
Verzeichnis der Tabellen . . . . 482—483

Erster Teil.

Allgemeine Untersuchungen.

I. Einleitung.

§ 1. Unter einem Kollektivgegenstande (kurz K.-G.) verstehe ich einen Gegenstand, der aus unbestimmt vielen, nach Zufall variierenden, Exemplaren besteht, die durch einen Art- oder Gattungsbegriff zusammengehalten werden.

So bildet der Mensch einen Kollektivgegenstand im weiteren Sinne, der Mensch von bestimmtem Geschlechte, bestimmtem Alter und bestimmter Rasse einen solchen im engeren Sinne, wie überhaupt das, was man den Umfang eines K.-G. nennen kann, sich nach der Ausdehnung des Gattungs- oder Artbegriffs, unter den er tritt, ändert.

Die Exemplare eines K.-G. können räumlich oder zeitlich verschieden sein und hiernach einen räumlichen oder zeitlichen K.-G. bilden. So können die Rekruten eines Landes oder Ähren eines Kornfeldes als Exemplare eines räumlichen K.-G. gelten. So giebt die (mittlere) Temperatur des 1. Januar, an einem gegebenen Orte durch eine Anzahl von Jahren verfolgt, ebenso viele Exemplare eines zeitlichen K.-G. Statt des 1. Januar kann man jeden anderen Jahrestag, statt eines bestimmten Tages einen bestimmten Monat, statt der Temperatur den Barometerstand setzen u. s. w. und wird damit Exemplare eben so vieler zeitlicher K.-G. erhalten.

Anthropologie, *Zoologie*, *Botanik* haben es überhaupt wesentlich mit K.-G. zu thun, da es sich darin nicht um eine Charakteristik einzelner Exemplare, sondern nur um das handeln kann, was einer Gesamtheit derselben zukommt, die aus dem oder jenem Gesichtspunkte als Gattung oder Art in größerer oder geringerer Weite zusammengefasst wird. Die *Meteorologie* bietet nach eben angeführten Beispielen in ihren nicht periodischen Witterungsphänomenen zahlreiche Beispiele davon dar; und selbst in der Artistik lässt sich von solchen sprechen, sofern Bücher, Visitenkarten darunter gehören.

Die Exemplare eines K.-G. nun sind einerseits qualitativ, andererseits quantitativ, d. i. nach Maß und Zahl, bestimmt, und nur um letztere Bestimmtheit handelt es sich in der Kollektivmaßlehre. Ein K.-G. macht in der That hinsichtlich seiner quantitativen Bestimmtheit dieselben Ansprüche als ein einzelner Gegenstand; nur dass in gewisser (freilich nur gewisser) Hinsicht die Teile des einzelnen Gegenstandes durch die Exemplare des K.-G. vertreten werden. Gelte es z. B. Rekruten eines gegebenen Landes, so fragt es sich: wie groß sind die Rekruten im Mittel, wie stark schwanken die einzelnen Maße um ihr Mittel, wie groß sind die größten und kleinsten, wie verhalten sich die Rekrutenmaße nach diesen Bestimmungen in den einzelnen Jahrgängen, wie in verschiedenen Ländern unter einander. Solche und damit zusammenhängende, später zu betrachtende Fragen lassen sich bei jedem K.-G. aufwerfen; und sofern ein räumlicher Gegenstand verschiedene zu unterscheidende Teile und Dimensionen hat, lassen sie sich auf jeden dieser Teile und Dimensionen besonders aufwerfen, und diese sich insofern als besondere K.-G. behandeln, so Schädel, Gehirn, Hände, Füße eines Menschen, Höhe, Gewicht, Volumen des ganzen Menschen oder gegebener Teile des Menschen; aber auch quantitative Verhältnisse werden in Frage kommen, wie denn bei Vergleichung der Menschen verschiedener Rassen die Verhältnisse der mittleren Höhe, Breite, Länge des Schädels ein besonderes Interesse in Anspruch nehmen.

§ 2. Über alle diese Einzelfragen aber erhebt sich eine allgemeinere, die wichtigste, um die es sich überhaupt in dieser Lehre handeln kann und demgemäß im Folgenden handeln wird, die Frage nach dem Gesetze, wie sich die Exemplare eines K.-G. nach Maß und Zahl verteilen. Unter dem Ausdrucke Verteilung aber ist die Bestimmung zu verstehen, wie sich die Zahl der Exemplare eines gegebenen K.-G. mit ihrer Größe ändert. Bei jedem, in einer größeren Zahl von Exemplaren vorhandenen K.-G. kommen die kleinsten und größten Exemplare, kurz Extreme, am seltensten vor, am häufigsten solche von einer gewissen mittleren Größe. Aber giebt es nicht ein allgemeines, auf alle oder wenigstens die meisten K.-G. anwendbares Gesetz der Abhängigkeit der Zahl von der Größe der Exemplare? In der That wird sich ein solches aufstellen lassen, und eine Hauptaufgabe des Folgenden auf seine Feststellung gehen.

Von vornherein freilich kann man bezweifeln, dass bei der außerordentlichen Verschiedenheit der K.-G. gesetzliche Verteilungsverhältnisse in einer gewissen Allgemeinheit dafür überhaupt zu finden sind. Inzwischen, da nach dem Begriffe der K.-G. ein solcher aus nach Zufall variierenden Exemplaren besteht, finden jedenfalls auch die allgemeinen Wahrscheinlichkeitsgesetze des Zufalls — und jeder Mathematiker weiß, dass es solche giebt — darauf Anwendung. In der That werden die Verteilungsverhältnisse der K.-G. allgemein von solchen beherrscht, indes dieselben Wahrscheinlichkeitsgesetze bei physikalischen und astronomischen Maßbestimmungen nur nebensächlich für die Sicherheitsbestimmung der erlangten Mittelmaße in Betracht kommen, hiermit hier eine ganz andere und viel unwesentlichere Rolle spielen als in der Maßlehre der K.-G. Insofern aber der Zufall unter bestimmten, für die verschiedenen K.-G. verschiedenen, äußeren und inneren Bedingungen spielt, lassen sich, durch alle Zufälligkeiten durch, die verschiedenen K.-G. durch charakteristische, aus ihren Verteilungsverhältnissen ableitbare Konstanten unterscheiden. Diese sind es, worin die Bestimmtheit derselben gegen einander ruht: und diese gilt es mit Berücksichtigung der allgemeinen Wahrscheinlichkeitsgesetze aufzusuchen. Nun hat man schon von jeher in dieser Hinsicht den arithmetischen Mittelwert der Exemplare ins Auge gefasst und Fleiß auf seine Bestimmung bei den verschiedenen K.-G. gewandt, daneben auch wohl noch die Extreme, seltener die mittlere Abweichung vom Mittel berücksichtigt. Aber so wichtig diese Bestimmungsstücke sind und immer bleiben werden, sind sie doch bisher zu einseitig berücksichtigt worden, indes andere, prinzipiell nicht minder wichtige, dabei außer Acht fallen.

Insofern nun die Behandlung der K.-G. nach der Gesamtheit der vorigen Beziehungen überhaupt anderen Gesichtspunkten unterliegt und andere Bestimmungsweisen mitführt, als bei physikalischen und astronomischen Maßnahmen in Rücksicht kommen, kann die

Maßlehre der K.-G., oder sagen wir kurz Kollektivmaßlehre, als eine Lehre ihrer Art besonders aufgestellt und behandelt werden, und wird dies folgends zur Aufgabe gemacht werden.

Da in unseren Begriff der K.-G. der Begriff einer zufälligen Variation der Exemplare eingeht, kann man vorweg eine Definition des Zufalls und Erklärung über sein Wesen wünschen. Der Versuch, eine solche aus philosophischem Gesichtspunkte zu geben, würde aber für die folgende Untersuchung wenig fruchten. Es muss hier genügen, den, für das Folgende zu Grunde gelegten, faktischen Gesichtspunkt von mehr negativem als positivem Charakter dafür anzugeben. Unter einer zufälligen Variation der Exemplare verstehe ich eine solche, welche ebenso unabhängig von einer auf die Größenbestimmung gehenden Willkür, als von einer die Größenverhältnisse dazwischen regelnden Naturgesetzlichkeit ist. Mag die eine oder andere an den Bestimmungen der Gegenstände Anteil haben, so sind doch zufällig nur die davon unabhängigen Veränderungen. Daher kann durch kein Zufallsgesetz bestimmt werden, wie groß dieses oder jenes einzelne Exemplar ist, obwohl, in welchen Größengrenzen sich eine gegebene Zahl derselben mit diesem oder jenem Grade der Wahrscheinlichkeit halten wird.

Damit wird nicht geleugnet, dass es aus allgemeinstem Gesichtspunkte keinen Zufall giebt, indem durch die bestehenden Naturgesetze unter den bestehenden Bedingungen die Größe jedes einzelnen Exemplares mit Notwendigkeit als bestimmt angesehen werden kann. Aber wir sprechen so lange von Zufall, als wir zu einer Ableitung der Einzelbestimmungen aus solchen allgemeinen Gesetzlichkeiten weder aufzusteigen, noch aus den vorliegenden Thatsachen darauf zu schließen im stande sind. Insoweit es der Fall ist, hört der Zufall auf, und hört die Anwendbarkeit der hier vorzuführenden Gesetze auf oder wird dadurch gestört.

II. Vorläufige Übersicht der wesentlichsten Punkte, welche bei der Untersuchung eines K.-G. in Betracht kommen, und darauf bezügliche Bezeichnungen.

§ 3. Die folgende Zusammenstellung wird dienen können, die Ausdehnung und den Charakter der Untersuchungen, mit denen wir uns folgends zu beschäftigen haben, bestimmter übersehen zu lassen, und sich über die meisten der zu brauchenden Bezeichnungen vorweg im Zusammenhange zu orientieren; eine eingehendere Besprechung dieser Punkte aber bleibt den folgenden Kapiteln vorbehalten.

Bei der zufälligen Ordnung, in welcher sich die Exemplare eines K.-G. darzubieten pflegen, würde sich weder eine Übersicht über die Verhältnisse derselben nach Maß und Zahl gewinnen lassen, noch eine methodische Bearbeitung derselben möglich sein, wenn man ihre, allgemein mit a zu bezeichnenden Maße in derselben zufälligen Ordnung, in der man sie erhalten und in einer sog. Urliste verzeichnet hat, belassen wollte; also sind sie vor allem ihrer Größe nach zu ordnen und so geordnet in einer Tabelle, sog. Verteilungstafel, aufzuführen. Hat man nun keine große Zahl von Exemplaren eines Gegenstandes vorliegen, so wird jedes a oder werden doch die meisten a nur einmal in der Tafel erscheinen, und werden die Größendistanzen zwischen den aufeinanderfolgenden a sehr unregelmäßig wechseln; bei vielzahligen Gegenständen aber, d. h. von welchen viele Exemplare vorliegen, wie sie für das Folgende hauptsächlich vorauszusetzen sind, werden, wenn nicht alle doch viele oder die meisten a, welche der Maßstab und die Schätzung hergiebt, mehr oder weniger oft wiederholt vorkommen, und dann richtet man die Verteilungstafel so ein, dass man in einer Kolumne der a jedes a zwar nur einmal aufführt, aber in einer beigegebenen Kolumne der z die Zahl z angiebt, wie oft es vorkommt. Die Gesamtzahl der a, welche in eine Verteilungstafel eingehen, stimmt natürlich mit der Summe Σz, welche man durch Zusammenzählen aller z der Tafel enthält, überein und wird von mir mit m bezeichnet.

Die Aufstellung einer solchen Tafel ist so zu sagen der erste Schritt, den man bei Bearbeitung eines vielzahligen K.-G. von der Urliste aus zu thun hat.

Ein zweiter Schritt ist dieser: dass man den, mit A zu bezeichnenden, arithmetischen Mittelwert der Einzelmaße und die positiven und negativen Abweichungen davon bestimmt, deren Zahl z natürlich mit der der abweichenden a übereinstimmt.

Hierzu aber können als Ausgangspunkt der Abweichungen statt A auch manche andere Werte, welche mit mathematischer Bestimmtheit aus der Verteilungstafel ableitbar sind, dienen; und durch jede andere Wahl in dieser Hinsicht kommen neue Beziehungen zum Vorschein, von denen später zu sprechen sein wird. Allgemein nun nenne ich Werte, die zur Entwickelung solcher Beziehungen als Ausgangswerte der Abweichungen gebraucht werden, Hauptwerte und bezeichne sie mit H, wovon also A nur ein besonderer Fall ist, auf dessen Berücksichtigung man sich bisher in der Behandlung von K.-G. allein beschränkt hat, was aber eine willkürliche Einschränkung der Kollektivmaßlehre mitführt, wie leicht aus später folgenden Bemerkungen hervorgehen wird. Allgemein nenne ich Abweichungen, von welchem Hauptwerte sie auch abhängig gemacht werden mögen, Kollektivabweichungen.

§ 4. Leicht nun überzeugt man sich von folgendem Umstande. Ein je größeres m in die Verteilungstafel eines K.-G. eingeht, um so regelmäßiger wird der Gang der zu den a zugehörigen z, und um so bestimmter stellen sich die Gesetzlichkeiten heraus, von denen wir zu sprechen haben werden. Der ideale Fall wäre der, dass man ein unendliches m hätte, wo man einen ganz regelmäßigen Gang der z und eine ganz genaue Erfüllung der betreffenden Gesetzlichkeiten zu erwarten haben würde, wonach man auch ideale Verhältnisse und Gesetzlichkeiten, wie sie eine ideale Tafel hergeben würde, und empirische, welche in mehr oder weniger großen Annäherungen daran bestehen, zu unterscheiden hat.

Alle Wahrscheinlichkeitsgesetze des Zufalls überhaupt, und die Verteilungsgesetze der K.-G. sind solche, haben das gemein, dass ihre Befolgung um so sicherer zu erwarten ist, auf eine je größere Zahl von Fällen sie sich beziehen, eine sozusagen ideale Gültigkeit aber nur für den Fall einer unendlichen Zahl von Fällen besitzen, was nicht ausschließt, dass schon bei einer empirisch wohl zu beschaffenden Zahl von Fällen die Bestätigung der betreffenden Gesetze in großer Annäherung stattfindet. Insofern man nun jedenfalls in Wirklichkeit nur mit K.-G. aus einer endlichen Zahl von Exemplaren zu thun hat, welche ebenso viele Fälle repräsentieren, bezeichne ich die Abweichungen, welche wegen Endlichkeit der Zahl der Exemplare von den ideal gesetzlichen Bestimmungen stattfinden, als unwesentliche, und, insofern sie gleichgiltig nach der einen und anderen Seite gehen, als durch unausgeglichene Zufälligkeiten hervorgerufen, indes ich die, für die Voraussetzung einer unendlichen Zahl von Fällen, unseren Falles von Exemplaren, geltenden Bestimmungen als wesentliche oder normale bezeichne. Das allgemeine Merkmal der Unwesentlichkeit einer Bestimmung besteht darin, dass sie um so mehr verschwindet, je mehr man die Zahl der Fälle, resp. Exemplare, unter Einhaltung der Bedingungen, welche den Begriff des K.-G. bestimmen, vergrößert, so dass man voraussetzen kann, sie würde bei unendlicher Zahl der Fälle ganz wegfallen; wonach für Untersuchung der Gesetze in unserem Falle überhaupt nur vielzahlige Gegenstände geeignet sind.

Selbst bei kleinem m aber beweist sich die Unwesentlichkeit einer Bestimmung dadurch, dass bei Wiederholung der Bestimmung mit demselben kleinen m aus immer neuen Exemplaren desselben Gegenstandes Größe und Richtung der Bestimmung unbestimmt wechselt, wogegen bei Wesentlichkeit derselben sich im Mittel einer Mehrheit von Wiederholungen ein bestimmtes Größenresultat und eine bestimmte Richtung desselben um so fester herausstellt, je größer die Zahl der Wiederholungen und das m jeder einzelnen ist.

Wir sprechen von einer symmetrischen Verteilung der Werte bezüglich eines gegebenen Hauptwertes H, wenn jeder Abweichung eines a ins Positive von H die gleich große negative Abweichung eines anderen a von H entspricht, so dass gleich stark nach beiden Seiten von H abweichenden a gleich große z zugehören. Bei einem K.-G. aus einer endlichen Zahl von Exemplaren kann man wegen der nicht ausgeglichenen Zufälligkeiten überhaupt nicht erwarten, bezüglich irgend eines Hauptwertes eine vollständig symmetrische Verteilung zu finden, und selbstverständlich kann eine symmetrische Verteilung nicht bezüglich mehrerer Hauptwerte zugleich bestehen; es ist aber ein wichtiger Gegenstand der Untersuchung, ob sich nicht ein Hauptwert finden läßt, bezüglich dessen sich die Verteilung um so mehr der symmetrischen nähert, je mehr man das m des K.-G. vergrößert, in der Art, dass man bei unendlichem m eine wirklich symmetrische Verteilung als erreicht voraussetzen könnte, in welchem Falle man, da ein unendliches m nicht zu haben ist, doch von einer symmetrischen Wahrscheinlichkeit der Abweichungen sprechen kann.

§ 5. Aber noch aus einem anderen als dem vorigen Gesichtspunkte kann man eine ideale Verteilungstafel von einer empirischen und davon abhängige ideale und empirische Resultate unterscheiden. Bei den Messungen der Exemplare kann man nicht über gewisse Grenzen der Genauigkeit hinausgehen, wie sie die Einteilung des Maßstabes und die Schätzung dazwischen hergiebt. Man kann z. B. noch Millimeter, noch Zehntelmillimeter, noch Hundertelmillimeter aber nicht darüber hinaus unterscheiden. Für den, der nur Millimeter unterscheidet, fließen alle Einzelmaße, die sich in den Grenzen eines Millimeters halten, ununterscheidbar zusammen, und so bezieht er die ganzen z Exemplare, die eigentlich auf ein ganzes Intervall von 1 mm verteilt sind, auf einen einzigen Wert a, welcher die Mitte dieses Intervalls bildet. Sei allgemein i der noch erkennbare Unterschied der Maße, so gehört das z jedes a der empirischen Tafel eigentlich dem ganzen Intervall von der Größe i zwischen $a - \frac{1}{2}i$ und $a + \frac{1}{2}i$ an, wogegen es sich nach der empirischen Tafel so ausnimmt und bei Verwertung derselben zumeist so gefaßt wird, als wenn das darein fallende Maß a selbst z mal vorkäme. Bei idealer,

d. h. bis zur Grenze der Genauigkeit gehender Messung und Schätzung aber würde i auf einen unendlich kleinen Wert herabkommen[1], die unterschiedenen a der Tafel sich hiermit vermehren, ihre z aber sich entsprechend verkleinern; hiermit die ideale Tafel von der empirischen abweichen.

Wo nun das empirische i sehr klein ist, unterscheiden sich die Resultate der empirischen Tafel, soweit sie die Größe und Verhältnisse der daraus ableitbaren Hauptwerte und Hauptabweichungswerte betreffen, nicht erheblich von denen der idealen; doch bleibt der Unterschied allgemein gesprochen zu berücksichtigen und wird später diese Berücksichtigung da finden, wo er in erheblichen Betracht kommt. Empirische Bestimmungen und Verhältnisse, in denen er nicht erforderlich berücksichtigt ist, sondern es so angesehen wird, als wenn wirklich das z jedes a diesem a ganz zukäme, nenne ich rohe, solche, wo er thunlichst berücksichtigt ist, scharfe.

§ 6. In jedem Falle nun muss man von den Resultaten der empirischen Tafel zu den idealen der idealen Tafel, hiermit von unwesentlichen zu wesentlichen, von rohen zu scharfen aufzusteigen suchen, wozu eine demgemäße Bearbeitung der Verteilungstafeln gehört.

In dieser Hinsicht ist ein Unterschied zwischen primären und reduzierten Tafeln zu machen. Unter primären Tafeln verstehe ich solche, wie sie unmittelbar durch Ordnung der Maße aus der Urliste erhalten werden und hiermit dieselben Erfahrungsdata wie diese, nur eben geordnet, darbieten. Reduzierte Tafeln heiße ich solche, in denen die z für größere Maßintervalle, als in den primären Tafeln unterschieden sind, und zwar für gleich große durch die ganze Tafel zusammengefasst werden, die z dieser größeren Intervalle aber den Mitten derselben, als reduzierten a, beigeschrieben werden, mit dem Vorteile, dadurch einen regelmäßigeren Gang der z in der Tafel und eine geeignetere Unterlage für Rechnungen zu erhalten, wenn schon nicht ohne Konflikt mit einem Nachteile wegen Vergrößerung des i, worauf später zurückzukommen. Eingehender ist überhaupt von der Aufstellungsweise und den Verhältnissen der primären und reduzierten Tafeln in den Kapiteln VII und VIII gehandelt, wobei die Möglichkeit verschiedener Reduktionsstufen und Reduktionslagen zur Sprache kommt.

---

[1] Ein unendlich kleiner Wert, hier im Sinne der Infinitesimalrechnung verstanden, ist doch nicht mit Null zu verwechseln, sondern, obwohl unter jede anführbare Größe herabgehend und seiner absoluten Größe nach unbestimmbar, doch rechnungsweise noch nach seinen Verhältnissen zu anderen unendlich kleinen Werten bestimmbar.

§ 7. In jeder nicht zu unregelmäßigen primären oder durch Reduktion regelmäßig gemachten Tafel findet man Folgendes.

Die kleinsten z finden sich nach den beiden Grenzen der Tafel zu, wonach, wie schon früher berührt, die kleinsten und größten a am seltensten vorkommen, die größten z aber im allgemeinen in einem mittleren Teile der Tafel. Das Maximal-z fällt auf ein gewisses a in diesem mittleren Teile, von wo nach beiden Seiten die z nach den Extremen hin kontinuierlich, wenn auch bei ungenügender Reduktion hier und da noch durch Unregelmäßigkeiten unterbrochen, abnehmen. Den Wert a einer nicht zu unregelmäßigen primären oder reduzierten Verteilungstafel, auf den das Maximal-z fällt, nenne ich den dichtesten Wert der Tafel oder auch empirisch dichtesten Wert des Gegenstandes, welcher sich freilich nur als Annäherung an den ideal dichtesten Wert betrachten lässt, den man bei unendlich großem m und unendlich kleinem i erhalten würde, was aber nicht minder vom A der Tafel gilt, doch schon als solche Annäherung besondere Beachtung verdient und die Unterlage zu einer genaueren Annäherung durch Rechnung in später zu betrachtender Weise bietet. Sei er empirisch oder ideal, in dieser oder jener Annäherung gefasst, bezeichne ich ihn allgemein mit D.

Man könnte glauben, dass der dichteste Wert wesentlich, also aus sehr großem, streng genommen unendlichem m und bei sehr kleinem, streng genommen unendlich kleinem i, bestimmt, mit dem arithmetischen Mittel zusammenfallen würde, und in der That weichen bei der Mehrzahl der K.-G. beide nach Bestimmung aus großem m und kleinem i wenig genug von einander ab, dass man geneigt sein kann und bisher in der That dafür gehalten hat, dass die noch übrige Abweichung bloß eine Sache unausgeglichener Zufälligkeit sei. Es wird aber eins der wichtigsten Resultate der folgenden Untersuchung sein, dass eine wesentliche Abweichung zwischen arithmetischem Mittel und dichtestem Werte vielmehr der allgemeine Fall ist, der Art, dass Größe und Richtung dieser Abweichung selbst charakteristisch für verschiedene K.-G. sind. Insofern nun auch die Abweichungen bezüglich beider Werte verschiedene Verhältnisse einhalten, ist der empirisch dichteste Werth D als ein vom arithmetischen Mittel A derselben Tafel zu unterscheidender, wichtiger Hauptwert d. i. Ausgangswert von Kollektivabweichungen anzuerkennen.

Zu beiden vorigen Hauptwerten A, D aber tritt noch ein von beiden vorigen zu unterscheidender, dritter, den ich als Zentralwert oder Wertmitte mit C bezeichnen werde, d. i. der Wert von a, der eben so viele größere a über sich als kleinere unter sich hat und in dieser Hinsicht die Reihe der a mitten durchteilt. Auf dasselbe kommt es heraus, wenn man sagt, es sei der Wert, bezüglich dessen die Zahl der positiven Abweichungen gleich der Zahl der negativen ist. Vom arithmetischen Mittel unterscheidet er sich durch die beiden Bestimmungen, dass, während bezüglich A die Summe der beiderseitigen Abweichungen gleich ist, hingegen bezüglich C die Zahl der beiderseitigen Abweichungen gleich ist, und dass, während bez. A die Summe der Quadrate der Abweichungen ein Minimum, d. i. kleiner als bez. irgend eines anderen Ausgangswertes ist, hiergegen bez. C die Summe der einfachen Abweichungen die negativen dabei nach absolutem Werte gerechnet) in demselben Sinne ein Minimum ist[1]. Mit dem Zutritte dieses dritten Hauptwertes zu den beiden vorigen eröffnen sich nun abermals neue charakteristische Beziehungen für die K.-G., von welchen zu sprechen sein wird.

Außer den genannten drei Hauptwerten können noch andere, aus der Verteilungstafel mathematisch ableitbare als Ausgangswerte von Abweichungen und hiermit als Hauptwerte dienen und teils unabhängig von den vorigen betrachtet, teils mit denselben in

---

[1] Diese, früher nicht bemerkte, Eigenschaft des Zentralwertes habe ich in einer besonderen Abhandlung über denselben nachgewiesen [Über den Ausgangswert der kleinsten Abweichungssumme; Abhandl. der math.-phys. Klasse der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften; 11. Band, 1878].

Beziehung gesetzt werden; doch sind jedenfalls die vorigen die wichtigsten, und ich bleibe zunächst dabei stehen. In einem späteren Kapitel (Kap. X) jedoch werde ich nebensächlich noch drei andere Hauptwerte als Scheidewert R, schwersten Wert T und Abweichungsschwerwert F berücksichtigen, welche jedenfalls ein mathematisches Interesse darbieten.

§ 8. Ein Tier ist seinem inneren Baue nach charakterisiert durch Gehirn, Herz, Magen, Leber u. s. w., die Größe und Lage dieser Organe gegen einander, die zuführenden und abführenden Wege dazu. So ist ein K.-G. seiner inneren quantitativen Bestimmtheit nach charakterisiert durch arithmetisches Mittel, Zentralwert, dichtesten Wert und sonst etwa zuzuziehende Hauptwerte, die Größe und Lage dieser Hauptwerte gegen einander und die Abweichungen davon: und diese Werte stehen nicht minder in mathematischem als jene Organe in organischem Zusammenhange. Ein K.-G. bildet so zu sagen einen mathematischen Organismus, welcher einer Zergliederung fähig ist, auf die im Folgenden einzugehen sein wird. Und wenn damit nicht gesagt ist, dass jeder Gegenstand auf die Durchführung einer solchen Zergliederung Anspruch zu machen hat, so hat sich jedenfalls eine allgemeine Kollektionsmaßlehre mit den allgemeinen Gesichtspunkten derselben zu beschäftigen.

Zum Voraus lässt sich dabei bemerken, dass allerdings unter einer gewissen Voraussetzung die beiden Hauptwerte D und C mit A und mithin alle drei unter einander zusammenfallen würden, unter der Voraussetzung nämlich, dass die beiderseitigen Abweichungen bez. A eine symmetrische Wahrscheinlichkeit besäßen, also mit wachsendem m sich in der Art einer symmetrischen Verteilung (in obigem Sinne) näherten, dass man bei unendlichem m eine solche als erreicht ansehen könnte. Aber es wird sich zeigen, dass man für K.-G. vielmehr eine asymmetrische Wahrscheinlichkeit der Abweichungen bez. A vorauszusetzen hat, welcher gemäß man bei wachsendem m sich nicht einer symmetrischen Verteilung, sondern einer auf ein gewisses Gesetz zu bringenden, wesentlich asymmetrischen Verteilung nähert. Ja es lässt sich abgesehen von dem nur als Ausnahme anzusehenden wesentlichen Zusammenfallen von *D* und *C* mit *A* überhaupt kein Wert für K.-G. finden, bez. dessen eine symmetrische Wahrscheinlichkeit der Abweichungen nach beiden Seiten statt fände.

Wenn man nun bisher bei Behandlung der K.-G. bloß auf *A*, die Abweichungen davon und etwa die Extreme Rücksicht genommen, so sieht man nicht nur schon aus Vorigem, dass ganz wichtige charakteristische Verhältnisse und Unterschiede der Gegenstände dabei außer Acht fallen, sondern es wird sich auch zeigen, dass ein allgemeines Verteilungsgesetz der Exemplare von K.-G. gar nicht durch diese beschränkte Behandlungsweise zu gewinnen ist.

Sie hat aber unstreitig darin ihren Grund, dass man die leitenden Gesichtspunkte der physikalischen und astronomischen Maßlehre auf die Kollektivmaßlehre übertragen hat, ohne zwei wesentliche Unterschiede, die zwischen beiden bestehen, zu berücksichtigen, wodurch jene beschränkte Behandlungsweise für erstere Lehre eben so motiviert, als für letztere verwehrt ist. Für erstere hat der arithmetische Mittelwert *A* der Beobachtungswerte des seinem Maße nach zu bestimmenden einzelnen Gegenstandes mit den Abweichungen von *A*, d. i. Beobachtungsfehlern, die dominierende, ja im Grunde allein zählende, Bedeutung, da man nach Gründen, die den Fach-Mathematikern und Physikern bekannt sind, in dem Werte, bezüglich dessen die Summe der Quadrate der Abweichungen, d. i. Fehler, die kleinstmögliche ist, dem arithmetischen Mittel, zugleich den Wert sieht, welcher dem wahren Werte, um dessen Bestimmung es zu thun ist, mit überwiegender Wahrscheinlichkeit am nächsten kommt, in den Abweichungen davon aber ein Mittel findet, die Größe zu bestimmen, um welche der wahre Wert doch noch mit gegebener Wahrscheinlichkeit nach einer oder der anderen Seite verfehlt wird. Warum sich also in dieser Lehre noch um andere Hauptwerte kümmern, die und deren Abweichungen zur Erfüllung der Aufgabe dieser Lehre nichts helfen! Also ist auch weder von einem dichtesten Werte, noch Zentralwerte in der astronomischen und physikalischen Maßlehre die Rede, ungeachtet die verschiedenen Beobachtungswerte eines und desselben Gegenstandes in ihr, als *a* gefasst, an sich ebenso gut zur Ableitung eines *D* und *C* Anlass geben könnten, als die verschiedenen

Exemplare eines K.-G. Aber es wäre müßig, eine Sonderbetrachtung derselben zuzuziehen, und geschieht jedenfalls nicht.

Für die Kollektivmaßlehre aber hat der Gesichtspunkt, welcher in der physikalischen und astronomischen Maßlehre den arithmetischen Mittelwert mit den Abweichungen davon prinzipiell bevorzugen lässt, gar keine Bedeutung. Alle Exemplare eines K.-G., mögen sie noch so weit vom arithmetischen Mittelwerte oder irgend einem anderen Hauptwerte abweichen, sind gleich wirklich und wahr, und eine vorzugsweise Berücksichtigung des einen vor dem anderen aus einem für alle gleich nichtigen Gesichtspunkte hat natürlich keinen Sinn. Hiergegen hat jeder andere Hauptwert nach anderer Beziehung seine charakteristische und zum Teil selbst praktische Bedeutung für einen K.-G., wodurch er zur Unterscheidung desselben von anderen Gegenständen beiträgt.

Zweitens aber unterscheiden sich nach der in der physikalischen und astronomischen Maßlehre freilich vielmehr postulierten oder vorausgesetzten als zweifelsfrei erwiesenen, symmetrischen Wahrscheinlichkeit der Beobachtungsfehler bez. des arithmetischen Beobachtungsmittels bei guter Beobachtung die drei Hauptwerte nicht wesentlich, sondern nur durch unausgeglichene Zufälligkeiten von einander, so dass man in dem wegen des angegebenen Umstandes vorzuziehenden arithmetischen Mittel der Beobachtungswerte zugleich die wahrscheinlichsten Werte der anderen Hauptwerte mittrifft, wogegen für die K.-G. bemerktermaßen eine asymmetrische Wahrscheinlichkeit der Abweichungen bez. des arithmetischen Mittels als der allgemeine Fall anzusehen ist, wonach auch die verschiedenen Hauptwerte wesentlich auseinanderfallen.

Übrigens kann es sogar noch fraglich erscheinen, ob man mit jenem Postulat bei den Beobachtungsfehlern wirklich ganz im Rechte ist, eine Frage, die uns zwar hier nicht wesentlich angeht, doch später in einem besonderen Kapitel[1]) berücksichtigt werden wird. Kehren wir aber jetzt zu den für die Kollektivmaßlehre wesentlichen Verhältnissen zurück.

---

[1] (Mit Rücksicht auf diese Frage wird im zweiten Teile, Kap. XXVIII, die Asymmetrie von Fehlerreihen untersucht.)

§ 9. Unter **Elementen** oder **Bestimmungsstücken** eines K.-G. werde ich bei der Analyse eines solchen überhaupt folgende Werte unter folgenden, zum Teil schon früher gebrauchten, Bezeichnungen verstehen.

1) Die allgemein mit m bezeichnete **Gesamtzahl** der Exemplare a einer in Betracht gezogenen Verteilungstafel.

2) Die allgemein mit H bezeichneten **Hauptwerte** oder Ausgangswerte von Abweichungen, wovon bemerktermaßen der **arithmetische Mittelwert** A, der **Zentralwert** C und **dichteste Wert** D die wichtigsten sind. Da der Zentralwert allgemein zwischen A und D zu suchen ist, wie später zu zeigen, so werden die vorigen drei Hauptwerte künftig allgemein in der Ordnung A, C, D von mir aufgeführt werden. Hierzu noch einige, nebensächlich zu berücksichtigende Hauptwerte, welche im X. Kapitel besprochen werden.

Der arithmetische Mittelwert wird, aus den a einer primären Tafel bestimmt, mit A_1, aus denen einer reduzierten bestimmt, mit A_2 bezeichnet werden; entsprechend mit C. Bei D ist kein solcher Unterschied gemacht, weil er wegen der Unregelmäßigkeiten der zu Gebote stehenden primären Tafeln überall bloß aus reduzierten Tafeln hat abgeleitet werden können, hiermit überall mit D_2 zu bezeichnen wäre. Hiergegen ist nach der Herleitungsweise ein Unterschied dazwischen zu machen. Nach dem von mir so genannten Proportionsverfahren, welchem ich das meiste Zutrauen schenke, abgeleitet, bezeichne ich ihn mit D_p, nach dem weniger sicheren Interpolationsverfahren abgeleitet, mit D_i. Von dem Unterschiede beider Verfahrungsweisen wird weiterhin die Rede sein.

Alle Werte, welche auf die positive Seite des Hauptwertes, zu dem sie in Beziehung stehen, fallen, bezeichne ich mit einem Strichelchen oben, alle, welche auf die negative Seite fallen, mit einem Strichelchen unten, indes ich bei solchen, welche sich unterschiedslos auf beide Seiten beziehen, die Strichelchen ganz weglasse, wonach a' einen Wert a bezeichnet, welcher H übersteigt, $a_{,}$ einen solchen, welcher von H überstiegen wird.

Unter Θ verstehe ich allgemein Abweichungen von irgend einem Hauptwerte H; unter $\Theta' = a' - H$ also eine positive, unter $\Theta_{,} = a_{,} - H$

eine negative, wenn der negative Charakter von $\Theta_,$ beibehalten werden soll; da aber allgemein die negativen Abweichungen nach ihrem absoluten Werte, wie positive, zu verrechnen sein werden, ist vielmehr zu setzen $\Theta_, = H - a_,$. Hiernach ist mit $\Sigma\Theta' = \Sigma(a' - H)$ die Summe der positiven Abweichungen, mit $\Sigma\Theta_, = \Sigma(H - a_,)$ die der negativen Abweichungen nach absolutem Werte, mit $\Sigma\Theta = \Sigma\Theta' + \Sigma\Theta_,$ die Gesamtsumme der Abweichungen bez. H bezeichnet.

3) Die Hauptabweichungszahlen d. i. die Zahl der Abweichungen Θ von gegebenen Hauptwerten H, welche natürlich mit der Zahl der abweichenden Werte a zusammenfällt, also der Gesamtzahl nach unabhängig von der Natur der Hauptwerte gleich m ist, wogegen die Zahl der positiven und negativen Θ insbesondere sich mit der Natur der Hauptwerte ändert und als positive allgemein mit m', als negative mit $m_,$ bezeichnet werden. Von m' und $m_,$ sind dann die Unterschiede $\pm(m' - m_,)$ und die Verhältnisse $m' : m_,$ und $m_, : m'$ abhängig, welche statt m' und $m_,$ angeführt werden können, sofern aus ihnen unter Zuziehung von m die Werte von m' und $m_,$ folgen (s. unten).

4) Die Hauptabweichungssummen und daraus folgenden mittleren Abweichungen, d. i. Summen der Abweichungen, dividiert durch die Zahl derselben. Die Totalsumme der Abweichungen nach beiden Seiten zusammen, nach absolutem Werte, wie wir sie immer fassen, drückt sich durch $\Sigma\Theta$ aus, nach beiden Seiten einzeln, insbesondere durch $\Sigma\Theta'$ und $\Sigma\Theta_,$, so dass $\Sigma\Theta = \Sigma\Theta' + \Sigma\Theta_,$. Davon abhängig sind dann die einfachen mittleren Abweichungen oder mittleren Abweichungen schlechthin[1]:

$$\iota = \frac{\Sigma\Theta}{m}, \quad \iota' = \frac{\Sigma\Theta'}{m'}, \quad \iota_, = \frac{\Sigma\Theta_,}{m_,}.$$

Die Totalsummen der Abweichungen $\Sigma\Theta$ bleiben sich nicht wie die

---

[1] In der physikalischen und astronomischen Fehlerrechnung pflegt vielmehr als mittlere Abweichung schlechthin die Wurzel aus dem mittleren Fehlerquadrate $= \sqrt{\Sigma\Theta^2 : m}$, bez. A zu gelten, welche ich, wo etwa darauf Bezug zu nehmen, nach der Angabe unter folgender Nummer 5 als quadratische mittlere Abweichung von der wie oben bestimmten einfachen unterscheiden und mit q bezeichnen werde.

Totalzahlen m je nach den Hauptwerten gleich, sondern ändern sich nicht minder als die einseitigen Summen je nach dem Hauptwerte.

Bezüglich des arithmetischen Mittels A insbesondere sind die beiderseitigen Abweichungssummen $\Sigma\Theta'$ und $\Sigma\Theta_,$ notwendig gleich, weil dies im Begriffe dieses Mittels selbst liegt, indes die beiderseitigen Abweichungszahlen m', $m_,$ bez. dieses Mittels im allgemeinen ungleich sind, was mitführt, dass auch die einseitigen mittleren Abweichungen $\varepsilon' = \Sigma\Theta' : m'$, $\varepsilon_, = \Sigma\Theta_, : m_,$ bez. A im allgemeinen ungleich sind. Das für beide Seiten gemeinsam geltende $\varepsilon = \Sigma\Theta : m$ ist aber nicht als einfaches Mittel zwischen ε' und $\varepsilon_, = \frac{1}{2}(\varepsilon' + \varepsilon_,)$ zu finden oder zu bestimmen, wie ich fälschlich in einer amerikanischen Abhandlung über Rekrutenmaße [von **Elliott**[1]] angegeben finde, da man dadurch nicht auf

$$\varepsilon = \frac{\Sigma\Theta' + \Sigma\Theta_,}{m} = \frac{\Sigma\Theta}{m}$$

zurückkommt; sondern dies ist nur der Fall, wenn man bei der Mittelziehung aus ε' und $\varepsilon_,$ die Gewichte berücksichtigt, welche ihnen vermöge des m' und $m_,$, woraus sie erhalten sind, zukommen, hiernach setzt:

$$\varepsilon = \frac{m'\varepsilon' + m_,\varepsilon_,}{m' + m_,},$$

was nach folgender einfachen Betrachtung auf $\varepsilon = \Sigma\Theta : m$ zurückführt. Da das Produkt eines Mittels aus Abweichungen in die Zahl derselben gleich der Summe der Abweichung ist, so ist $m'\varepsilon' = \Sigma\Theta'$ und $m_,\varepsilon_, = \Sigma\Theta_,$, also $m'\varepsilon' + m_,\varepsilon_, = \Sigma\Theta' + \Sigma\Theta_, = \Sigma\Theta$, andererseits $m' + m_, = m$.

Je größer die mittlere Abweichung ε bezüglich eines Hauptwertes ist, in desto weiteren Grenzen weichen durchschnittlich die einzelnen Werte a von demselben ab, oder desto stärker schwanken sie durchschnittlich um denselben. Außer der absoluten Größe von ε kommt aber auch sein Verhältnis zu dem H, worauf sich ε bezieht, also $\varepsilon : H$ in Betracht, was ich die verhältnismäßige

---

[1] [E. B. Elliott, On the military statistics of the United States of America; Berlin 1863. International statistical congress at Berlin.]

Schwankung nenne. Die durchschnittliche wie verhältnismäßige mittlere Schwankung bei gegebenem *m* gehen sich zwar nicht proportional für die verschiedenen Hauptwerte; doch nehmen sie, allgemein gesprochen, in so weit mit einander zu und ab, dass ein bezüglich eines gewissen Hauptwertes stark oder schwach schwankender Gegenstand auch bezüglich der anderen Hauptwerte als stark oder schwach schwankend angenommen werden kann, und man also ohne Rücksicht auf Beiziehung eines bestimmten Hauptwertes von stark und schwach im Mittel oder verhältnismäßig schwankenden Gegenständen sprechen kann.

Hiernach noch folgende Bemerkung. Die Größe der einfachen Summe $\Sigma\Theta$ und des einfachen Mittelfehlers $\varepsilon = \Sigma\Theta : m$ bezüglich des arithmetischen Mittels A ist nicht ganz unabhängig von der Zahl m der Werte a, aus denen das betreffende A abgeleitet ist, sondern nimmt durchschnittlich mit wachsendem m etwas zu; man kann aber die bei irgend einem endlichen m erhaltenen Werte $\Sigma\Theta$ und ε bez. A durch Multiplikation mit $\sqrt{m:(m-1)}$ auf den Normalfall zurückführen, dass sie bez. eines A aus einer unendlichen Zahl von a erhalten worden, was ich die Korrektion wegen des endlichen m nenne[1]. Während nun $\Sigma\Theta$ und $\varepsilon = \Sigma\Theta : m$ die unkorrigierten Werte sind, so bezeichne ich mit $\Sigma\Theta_r$ und ε_r die korrigierten Werte:

$$\Sigma\Theta\sqrt{\frac{m}{m-1}} \text{ und } \varepsilon\sqrt{\frac{m}{m-1}}.$$

Nur bei sehr kleinem m unterscheiden sich jedoch die korrigierten Werte erheblich von den unkorrigierten, und da wir im allgemeinen mit großem m, wogegen 1 merklich verschwindet, zu thun haben, begnüge ich mich in Aufführung der Elemente allgemein mit Angabe der gemeinen, d. i. unkorrigierten Werte $\Sigma\Theta$, ε, woraus sich mit Zuziehung des stets bekannten m die korrigierten Werte leicht finden lassen, wenn es darum zu thun ist. Eine entsprechende Bemerkung wird unstreitig für die Abweichungssummen und mittleren Abweichungen bez. anderer Hauptwerte als A gelten, wenn schon die direkte Untersuchung in dieser Hinsicht sich bisher bloß auf die Abweichungen von A erstreckt hat. Es ist aber um so weniger Anlass bei Anführung und Verwertung der bei einem gegebenen endlichen m erhaltenen Elemente die korrigierten Werte zu bevorzugen, als nicht nur die Abweichungssummen und mittleren Abweichungen bez. der verschiedenen Hauptwerte, sondern auch die Abweichungen der Hauptwerte selbst von einander unter dem Einflusse desselben endlichen m stehen, die Verhältnisse derselben sich also nicht durch die gemeinsame Korrektion ändern würden. Bei Untersuchung der Verteilungsgesetze aber hat es uns vielmehr auf diese Verhältnisse als auf absolute Werte anzukommen. Wo man aber doch auf solche gehen will, hat bezüglich Korrektion der einseitigen Werte $\Sigma\Theta'$, $\Sigma\Theta_,$ und ε', $\varepsilon_,$ die Anmerkung statt zu finden, dass sie nicht respektive durch $\sqrt{m':(m'-1)}$ und $\sqrt{m_,:(m_,-1)}$, sondern wie die von $\Sigma\Theta$ und ε durch $\sqrt{m:(m-1)}$ zu geschehen hat, weil man sonst durch Addition der korrigierten Werte $\Sigma\Theta'$, $\Sigma\Theta_,$ die korrigierte Summe $\Sigma\Theta$ nicht wiederfinden würde. Auch liegt dabei der rationelle Gesichtspunkt unter, dass die Abweichungssummen jeder Seite als Glieder der totalen Abweichungssumme von der Größe ihres m gemeinsam influiert werden müssen.

---

[1] Bekanntlich hat Gauss vorlängst schon für die Summe der Fehlerquadrate $\Sigma\Theta^2$ bez. A und den daraus abzuleitenden, von mir sog. quadratischen Mittelfehler $q = \sqrt{\Sigma\Theta^2 : m}$ die Korrektion wegen des endlichen m bestimmt; wonach die erstere durch Multiplikation mit $m : (m-1)$, die letztere übereinstimmend mit unserer Korrektion des einfachen Mittelfehlers durch $\sqrt{m : (m-1)}$ geschieht. Die theoretische Ableitung und empirische Bewährung unserer Korrektion von $\Sigma\Theta$ und ε aber ist von mir in den Berichten der Kgl. Sächsischen Gesellschaft, Math.-Phys. Klasse, Bd. XIII, 1861, S. 57 f. geschehen, und da die Bewährung mit entschiedenem Erfolge an Kollektivabweichungen geführt ist, kann sie als zweifelsfrei für solche gelten.

8) **Die wahrscheinliche Abweichung w und quadratische mittlere Abweichung q.** Unter wahrscheinlicher Abweichung w bez. eines Hauptwertes ist diejenige Abweichung zu verstehen, welche eben so viel größere Abweichungen nach absolutem Werte über sich, als kleinere unter sich hat, also bez. der Abweichungen Θ dieselbe Bedeutung hat, als der Zentralwert C bez. der a. Unter quadratischem Mittelfehler q verstehe ich kurz die Wurzel aus dem mittleren Abweichungsquadrate, d. i. den Wert, den man erhält, wenn man die gesammten Abweichungen von einem Hauptwerte H besonders zum

Quadrate erhebt, die Summe dieser Quadrate, d. i. $\Sigma\Theta^2$ (wohl zu unterscheiden von dem Quadrate der Summe, d. i. von $(\Sigma\Theta)^2$), mit der Gesamtzahl m dividiert und aus dem Quotient die Wurzel zieht, kurz $q = \sqrt{\Sigma\Theta^2 : m}$. Statt für beide Seiten gemeinschaftlich, können diese Werte eben so wie die einfache mittlere Abweichung ε für beide Seiten besonders bestimmt und wegen des endlichen m korrigiert werden, worauf ich hier nicht eingehe, indem ich das, was darüber zu sagen, noch auf das Nachtragskapitel über das Gauss'sche Gesetz (Kap. XVII) verspare, nach welchem diese Werte bestimmte Beziehungen unter einander haben, welche eine Ableitung derselben aus einander gestatten, was ersparen wird, sie nach Aufführung von ε unter den Elementen noch besonders aufzuführen.

6) Die extremen Werte a der Tafel, d. i. das kleinste und größte a der Tafel, ersteres als E', letzteres als $E_,$ zu bezeichnen. Nach der hergebrachten Einrichtung der Tafel aber steht das dem Werte nach höhere Extrem zu unterst, das niederere zu oberst.

§ 10. Wenn zwei Werte α, β in folgender Weise durch runde Klammern verbunden sind, wie $\alpha(\beta)$, so ist dieser Ausdruck gleichgeltend mit $\alpha\beta$, d. i. Produkt von α und β, wenn sie aber durch eckige Klammern in folgender Weise verbunden sind: $\alpha[\beta]$, so bedeutet dies nicht, dass α mit β multipliziert werden soll, sondern dass α Funktion von β ist; also z. B. $\Theta[A]$ bezeichnet eine Abweichung von A, $\Theta[C]$ eine solche von C u. s. w., $m[A]$ die Gesamtzahl der Abweichungen bez. A; $m[C]$ die damit gleiche bez. C u. s. f.

Da aber bei dem vorzugsweise häufigen Gebrauche der Hauptwerte A und D die darauf bezüglichen Ausdrücke und Formeln durch solche Zufügung unbequem und unbehilflich werden würden, ziehe ich es im allgemeinen vor, für Θ, m, ε je nach ihrer Abhängigkeit von A oder D gleich verschiedene einfache Bezeichnungen zu setzen, und zwar wird dies durch folgende, unter den betreffenden Hauptwerten stehende Bezeichnungen geschehen, welche ohne Strichelchen sich unterschiedslos auf die beiderseitigen Abweichungen beziehen, je nachdem sie aber der positiven oder negativen Seite besonders angehören, noch mit einem Strichelchen oben oder unten zu versehen sind:

	A	D
Θ	Δ	∂
m	μ	$\mathbf{m}$
ε	η	$\mathbf{e}$

Also bedeutet z. B. Δ eine Abweichung von A, ∂ eine solche von D. Da die Gesamtzahl der Abweichungen unabhängig von der Wahl des Hauptwertes ist, so ist allgemein $m = \mu = \mathbf{m}$, wogegen $\Sigma\Delta$ nicht gleich $\Sigma\partial$, und η nicht gleich $\mathbf{e}$ ist.

Der Unterschied $\mu' - \mu_,$ (bez. A giltig) wird kurz mit u, der Unterschied $\mathbf{m}' - \mathbf{m}_,$ (bez. D) mit $\mathbf{u}$ bezeichnet. Aus u folgt μ' und $\mu_,$, aus $\mathbf{u}$ folgt $\mathbf{m}'$ und $\mathbf{m}_,$ nach folgenden Gleichungen:

$$\mu' = \frac{\mu + u}{2}, \quad \mu_, = \frac{\mu - u}{2},$$

$$\mathbf{m}' = \frac{\mathbf{m} + \mathbf{u}}{2}, \quad \mathbf{m}_, = \frac{\mathbf{m} - \mathbf{u}}{2}.$$

Für die mehrfach in Betracht zu ziehenden Abweichungen des oberen und unteren Extremes vom arithmetischen Mittel nach absolutem Werte dienen die Bezeichnungen:

$$U' = E' - A \text{ und } U_, = A - E_,.$$

Anstatt die Gesamtzahl der Abweichungen, sei es nach beiden Seiten oder nach jeder Seite insbesondere, in Betracht zu ziehen, werden wir auch Anlass finden, sie vom Hauptwerte aus nur bis zu gewissen Grenzen oder zwischen gegebenen Grenzen, sei es ihrem absoluten Werte oder ihrem Verhältnisse zu m, m' oder $m_,$ nach, in Betracht zu ziehen, was unter Gebrauch der Zeichen Φ und φ später (im V. Kap.) besonders besprochen wird.

In gewohnter Weise ist in den Tafeln von den kleinen Maßen a nach den größeren, also nach der natürlichen Lage des Blattes vor den Augen von dem oberen nach dem unteren Teile der Tafel fortgeschritten, was freilich in Konflikt damit kommt, dass man kleinere Werte als niedere, untere; größere als höhere, obere Werte fasst. Man muss also nach dem Zusammenhange oder ausdrücklicher

Angabe entscheiden, ob die Ausdrücke »höhere«, »niedrigere«, »obere«, »untere Werte« auf die Lage der Tafel oder das Größenverhältnis der Werte bezogen sind. Zur Vermeidung dieses etwas lästigen formellen Konfliktes würde es künftig besser sein, die Verteilungstafeln mit dem größten Werte a anfangen zu lassen; aber nachdem ich durch den früheren größeren Teil meiner Untersuchungen der üblichen Aufstellungsweise gefolgt war, konnte ich es nicht mehr ändern, ohne meine Tafeln umzubauen und Gefahr zu laufen, mich selbst zu verwirren. Die Strichelchen oben und unten an den Werten beziehen sich jedenfalls auf das Größenverhältnis der Werte, nicht ihr Lagenverhältnis in der Tafel.

Hiernach ist noch die Bedeutung und Bezeichnungsweise folgender Ausdrücke zu besprechen, welche in unseren Untersuchungen eine wesentliche Rolle spielen.

Unter Vorzahl, Vorsumme verstehe ich respektive die Zahl Σz und Summe Σa der a, welche einem gegebenen Werte a der Tafel in Größe vorangehen, unter Nachzahl, Nachsumme die, welche einem gegebenen Werte a der Tafel in Größe folgen. Natürlich ändern sich diese Zahlen und Summen mit den Werten a der Tafel, denen sie vorangehen und folgen, und zur Verhütung von Weitläufigkeiten führe ich auch hier für die Fälle, welche es in den Anwendungen vorzugsweise zu berücksichtigen gilt, besondere Bezeichnungen ein. Allgemein mögen mit v, V, n, N die Vorzahl, Vorsumme, Nachzahl, Nachsumme bezüglich irgend eines in Betracht kommenden Anfangs-a und Schluss-a einer gegebenen Tafelverteilung bezeichnet werden, unter $\mathfrak{v}$, $\mathfrak{V}$, $\mathfrak{n}$, $\mathfrak{N}$ die betreffenden Werte bezüglich des a, dem das größte z zukommt, d. i. des empirisch dichtesten Wertes D, unter $\mathfrak{v}_i$, $\mathfrak{V}_i$, $\mathfrak{n}_i$, $\mathfrak{N}_i$ bezüglich eines a, dessen Umkreisintervall zur scharfen Bestimmung der Elemente in später anzugebender Weise zu interpolieren ist, der übrigens in den meisten Fällen mit dem vorigen, dem dichtesten Werte zusammenfällt, wo dann auch die Bezeichnung durch den Index wegfallen kann.

§ 11. Endlich noch folgende Bemerkung. Es wird Anlass sein, eine arithmetische und eine logarithmische Behandlung der K.-G. zu unterscheiden, von welchen erstere für solche Gegenstände in Anwendung kommt, deren mittlere Abweichungen bezüglich ihrer Hauptwerte nur klein sind, die andere für solche, wo sie verhältnismäßig dazu groß sind. Ersteres ist nicht nur der bei weitem häufigere und daher in größerer Ausdehnung als der zweite zu berücksichtigende, sondern auch einfacher zu behandelnde Fall, und alle Bestimmungen und Bezeichnungen dieses Kapitels sind zunächst auf diesen Fall zu beziehen; doch würde ohne Mitberücksichtigung des zweiten Falles der ganzen Untersuchung die erforderliche Allgemeinheit fehlen.

Der wesentliche Unterschied beider Behandlungsweisen ist dieser: Bei der arithmetischen Behandlung werden die Abweichungen der einzelnen a von ihren Hauptwerten im gewöhnlichen Sinne als arithmetische, d. i. als positive und negative Unterschiede von ihren Hauptwerten gefasst, und die Hauptwerte selbst direkt nach angegebenen Regeln aus den a der Verteilungstafel bestimmt. Bei der logarithmischen Behandlung werden die Abweichungen, mit denen man operiert, als logarithmische gefasst, d. h. als Unterschiede der Logarithmen der a von sog. logarithmischen Hauptwerten, d. i. Hauptwerten, die nach ganz denselben Regeln aus den log a, als die arithmetischen Hauptwerte aus den einfachen a abgeleitet werden. Der Uebergang von der arithmetischen zur logarithmischen Behandlung bringt manche neuen Gesichtspunkte, Bestimmungen und Bezeichnungen mit, auf die jedoch erst später einzugehen, nachdem sich Anlass dargeboten haben wird, darauf Bezug zu nehmen (s. insbesondere Kap. V § 36 und XXI).

Unter π wird in gewohnter Weise die Ludolf'sche Zahl = 3·1415927, unter e die Grundzahl der natürlichen Logarithmen = 2,7182818, unter Mod. = log. comm. e der sog. Modulus des gemeinen logarithmischen Systemes = 0,4342945 verstanden; wovon es, wegen des häufig davon zu machenden Gebrauches, nützlich sein kann, die gemeinen Logarithmen anzuführen. Man hat:

$$\log \pi = 0{,}4971499;\ \log e = 0{,}4342945;\ \log \text{Mod.} = 0{,}6377843 - 1.$$

Unter t, t', $t_,$ respektiv werden respektiv die Werte:

$$\frac{\Theta}{e\sqrt{\pi}},\ \frac{\Theta'}{e'\sqrt{\pi}},\ \frac{\Theta_,}{e_,\sqrt{\pi}}$$

verstanden. Unter t-Tabelle eine im Anhang, § 183, folgende Tabelle, welche die zu t in Bezug stehenden, im V. Kapitel zu besprechenden Werte Θ im Sinne des Gauss'schen Gesetzes zufälliger Abweichungen angiebt. Da der Wert $\exp[-t^2]$[1] von häufiger Anwendung und etwas komplizierter Berechnung ist, so mag hier die Berechnung seines Logarithmus angegeben werden, woraus er selbst unmittelbar ableitbar ist.

Um $\log \exp[-t^2] = \log 1 : \exp[t^2]$ zu finden, addiere $2 \log t$ zu $0{,}63778 - 1$ (d. i. zu log Mod.), suche dazu in den Logarithmentafeln die Zahl und nimm sie negativ, so hast du darin den verlangten Logarithmus[2], aber in einer von der gebräuchlichen abweichenden und für die Anwendung der Logarithmentafeln zur Ableitung von $\exp[-t^2]$ selbst daraus ungeeigneten Form. Um ihn in der dazu brauchbaren Form zu erhalten, ziehe seinen absoluten Wert von der um 1 höheren ganzen Zahl ab und füge diese der Differenz hinten mit dem Zeichen — zu. So, wenn $\log \exp[-t^2] = -0{,}25$ oder $-1{,}25$ oder $-2{,}25$ gefunden wäre, würde man dafür zu setzen haben resp. $0{,}75 - 1$; oder $0{,}75 - 2$ oder $0{,}75 - 3$ u. s. f.

Unter $\mathcal{E}$ wird die Maßeinheit verstanden, in welcher die Exemplargrößen a, die Hauptwerte H und Abweichungsgrößen davon ausgedrückt sind.

Statt Wahrscheinlichkeit wird meist W.; statt Kollektivgegenstand, wie schon bemerkt, K.-G. und statt Gauss'sches Gesetz nach künftiger Bemerkung G. G. gesetzt.

---

[1] Der Einfachheit wegen wird hier und im Folgenden die Exponentialfunktion e^z durch $\exp(z)$ bezeichnet, wonach oben $\exp(-t^2)$ statt e^{-t^2} gesetzt ist.

[2] In der That, der Logarithmus von $\exp(t^2)$ ist gleich $t^2 \log e$, mithin der Log. von $1 : \exp(t^2)$ gleich dem negativ genommenen Logarithmus von $\exp(t^2)$.

III. Vorläufige Übersicht des Untersuchungsmateriales und allgemeinere Bemerkungen dazu.

§ 12. Eine wichtige Schwierigkeit für eine Untersuchung wie die vorliegende liegt in der Beschaffung des dazu nötigen Materiales. Ein solches kann nämlich nur in einer Mehrzahl von K.-G. aus verschiedenen Gebieten gesucht werden, deren jeder in einer so großen Zahl von Exemplaren vorliegt, dass Zufälligkeiten der Verteilung nach Maß und Zahl nahehin — denn absolut ist es nicht möglich — nach dem Gesetze großer Zahlen als ausgeglichen gelten können, und bei deren jedem die im folgenden Kapitel geltend zu machenden, anderweiten Requisiten nicht minder als nahehin erfüllt angesehen werden können. Endlich müssen die Angaben darüber alle zur Bearbeitung nötigen Data enthalten.

Aber über manche Arten von K.-G., die nicht übergangen werden durften, um der Untersuchung die erforderliche Allgemeinheit zu geben, lag überhaupt bisher nichts vor, und wenn es für andere nicht an Angaben mangelt, ja für manche, wie die Rekrutenmaße, ein embarras de richesse vorliegt, ist doch mit denselben in ihrer bisherigen Fassung nicht allen für die Zwecke der Untersuchung an sie zu stellenden Forderungen genügt. Zu eigenen Messungen aber stehen nur wenige Gegenstände zu Gebote, und da es bei jedem sehr viele Exemplare zu messen und in Verteilungstafeln zu bringen gilt, finden Zeit und Geduld bei diesem, gleich langmühigen und langwierigen, Geschäfte leicht ihre Grenze.

Indes ist es mir doch gelungen, auf zum Teil mühsamem und umständlichem Wege das folgends verzeichnete Material für unsere Untersuchung zusammen zu bringen, wovon freilich manches den geltend zu machenden Requisiten nur unvollständig entspricht, damit aber auch Gelegenheit giebt, den Erfolg davon erkennen zu lassen.

I. Anthropologisches.

A. Rekrutenmaße schlechthin, d. s. Längenmaße gleichalteriger Rekruten von bestimmter Herkunft, hauptsächlich sächsischer, von denen ich mir Abschriften der Urlisten zu verschaffen wusste, um Verteilungstafeln in einer zur Untersuchung geeigneten Form daraus zu gewinnen. Am wichtigsten für unsere allgemeine Untersuchung im ersten Teile sind 20 Jahrgänge Leipziger Studentenrekrutenmaße mit einem Gesamt-$m = 2047$; demnächst 17 Jahrgänge sog. Leipziger Stadtmaße, d. i. bezüglich Rekruten der übrigen Leipziger Bevölkerung, mit einem Gesamt-$m = 8402$; außerdem Rekrutenmaße von 3 Jahrgängen, resp. der Borna'schen und Annaberger Amtshauptmannschaft mit $m = 2642$ und 3067. Dazu werden im zweiten Teile Rekrutenmaßtafeln bez. anderer Länder, sofern solche vorlagen und schon früher von Quetelet behandelt sind, als namentlich belgische, französische, italienische und amerikanische, eine teils kritische Besprechung, teils von der Quetelet'schen abweichende Behandlung erfahren, und Maße von Körpergewicht und Brustumfang der Rekruten mit berücksichtigt werden.

B. Schädelmaße, die mir von Prof. Welcker in Halle zur Disposition gestellt sind, a) des Vertikalumfanges, b) des Horizontalumfanges von je 450 europäischen Männerschädeln.

C. Gewicht der inneren Organe des menschlichen Körpers, nach Boyd's Angaben[1]).

II. Botanisches.

Von mir selbst gemessene Roggenähren (Secale cereale) von demselben Standorte und Jahrgange, 217 sechsgliedrige (abgesehen von der Fruchtähre) und 138 fünfgliedrige; jedes der Glieder besonders gemessen und teils als besonderer K.-G. behandelt, teils nach seiner Beziehung zu den übrigen Gliedern in Betracht genommen.

---

[1] Dr. Boyd's Tables of the weights of the human body and internal organs, Philosophical Transactions of the Royal Society of London; 1861.)

III. Meteorologisches.

a) Thermische und barometrische Tages- und Monatswerte oder Abweichungen in dem unter § 19 und 20 näher zu besprechenden Sinne. Darunter gehören die von Quetelet in seinen Lettres sur la prob. verzeichneten, folgends unter § 21 zu besprechenden, 10jährigen sog. »variations diurnes« mit einem m von 282 bis 310; hierzu eigene Zusammenstellungen thermischer und barometrischer Tageswerte nach Beobachtungen auf dem Peissenberge durch eine längere Reihe von Jahren, und von thermischen Monatsabweichungen nach Dove'schen Abhandlungen.

b) Tägliche Höhen gefallenen Wassers für Genf durch viele Jahre, aus der Bibliothèque universelle de Genève (Archives des sciences physiques et naturelles) von mir zusammengestellt.

IV. Artistisches.

a) Visitenkarten und Adresskarten von Kaufleuten und Fabrikanten, von mir selbst nach Länge und Breite besonders gemessen.

b) Dimensionen, Höhe h und Breite b, von Galleriegemälden (im Lichten des Rahmens) aus den Katalogen der Sammlungen unter Reduktion auf dieselbe Maßeinheit für Genrebilder, Landschaften, Stillleben von mir besonders bestimmt; dabei der Fall unterschieden, wo $b > h$ und wo $h > b$.

Dies nur zur vorläufigen Übersicht; spezieller wird auf vorstehendes Material unter besonderen Kapiteln des zweiten Teiles einzugehen, wo die hier noch zu vermissenden näheren Angaben darüber zu finden, sowie darauf zu verweisen sein, wenn schon im vorliegenden ersten Teile auf dies Material Bezug zu nehmen ist.

Man kann bemerken, dass unter vorigen Gegenständen solche vorkommen, mit denen sich zu beschäftigen kein oder nur ein geringes sachliches Interesse vorhanden ist. Aber der Gesichtspunkt eines sachlichen Interesses daran ist überhaupt hier nicht maßgebend für ihre Wahl und Behandlung gewesen; sondern eben nur ihre Benutzbarkeit als Unterlage für unsere Untersuchung, in welcher Hinsicht manche unbedeutend scheinende Gegenstände, als wie die Dimensionen der Galleriegemälde und die täglichen Regenhöhen wichtig geworden sind.

Insoweit aber ein sachliches Interesse an den Gegenständen vorlag, darf man aus demselben Grunde nicht erwarten, die Behandlung derselben in diesem Interesse hier erschöpft zu finden, wenn schon so manche Resultate, die in dasselbe hineintreten, von selbst als Nebenprodukte der Behandlung abfallen werden. Jeder der genannten Gegenstände könnte zu einer monographischen Behandlung Anlass geben; aber ein wie großes Werk würden nur die Rekrutenmaße erfordern, sollte eine vergleichende Darstellung und Diskussion derselben für die verschiedenen Länder und in denselben Ländern für die verschiedenen Jahrgänge oder eine solche für die Schädeldimensionen der verschiedenen Rassen oder für die Gliederungsverhältnisse der verschiedenen Gramineen durchgeführt werden! An Durchführungen dieser Art ist hier nicht zu denken. Dagegen macht das, was hier an Beispielen aus verschiedenen Gebieten erläutert und bewiesen wird, allerdings Anspruch, bei jeder ausgedehnteren Behandlung derselben Gebiete Anwendung und Berücksichtigung zu finden.[1]

---

[1] [Anmerkung: Den Angaben dieses Kapitels ist hinzuzufügen, dass eine teilweise Neubeschaffung des Untersuchungsmateriales nötig war, da außer Bruchteilen der Rekrutenmaße und der Maße der Roggenhalme von keinem der bezeichneten K.-G. Urlisten oder primäre Verteilungstafeln sich vorfanden. Zwar wurde, soweit es thunlich war, das Untersuchungsmaterial aus den angegebenen Quellen ergänzt: insbesondere wurden Maße für Galleriegemälde den Katalogen der alten Pinakothek zu München und der Gemäldegallerie zu Darmstadt, für die täglichen Regenhöhen von Genf den Archives des sciences physiques et naturelles der Bibliothèque universelle entnommen (s. Kap. XXI, sowie XXVI und XXVII). Aber an Stelle der Beobachtungen thermischer und barometrischer Tageswerte auf dem Peissenberge dienten entsprechende Werte, die für Utrecht im Niederländischen Jahrbuche für Meteorologie publiziert sind (s. Kap. XXIII und XXVII). Den Ersatz für die Schädelmaße schließlich (s. Kap. VII und XXII) verdanke ich Herrn Prof. Welcker, der die Güte hatte, mir die Maße von rund 500 europäischen Männerschädeln zu übermitteln.]

IV. Requisiten; Abnormitäten.

§ 13. Soll ein K.-G. eine erfolgreiche Untersuchung zulassen, so muss er gewisse Bedingungen erfüllen, die zum Teil in seinem Begriffe liegen, zum Teil sich allgemeineren Gesichtspunkten unterordnen.

Nach der einleitend vorausgeschickten Erklärung soll ein K.-G. ein unter einen bestimmten Begriff fassbarer, in seinen quantitativen Bestimmungen nach Zufall schwankender Gegenstand aus unbestimmt vielen Exemplaren sein. Nun lassen sich unendlich viele Exemplare von ihm nicht haben, doch muss man besprochenermaßen möglichst viele von ihm zu erhalten suchen, so viele, dass die strenggenommenen nur für eine unendliche Zahl in Anspruch zu nehmenden, idealen Gesetze des Zufalls noch mit einer für den angestrebten Grad der Genauigkeit hinreichenden Annäherung bestätigt werden können. Aber sei diese Bedingung hinreichend erfüllt, so muss ein K.-G. noch aus anderen Gesichtspunkten normal oder fehlerlos sein, wie wir uns kurz ausdrücken mögen, um sich den gesetzlichen Bestimmungen zu fügen, die sich als die allgemeinsten für K.-G. aufstellen lassen, welche diesen Fehlern nicht unterliegen.

Hierzu gehört vor allem, dass die Exemplare aus keinem anderen Gesichtspunkte zu einem K.-G. zusammengenommen, noch solche davon ausgeschlossen werden, als im Begriffe des Gegenstandes begründet liegt, dass also der Gegenstand nicht nur aus vorigem Gesichtspunkte vielzahlig, sondern auch insofern vollzahlig sei, als alle von ihm in den Grenzen seines Begriffs sich darbietenden Exemplare auch wirklich mit gezählt werden, nicht etwa aus dieser oder jener Nebenrücksicht der eine oder andere Teil der Maßskala in Wegfall komme, hiermit der Gegenstand so zu sagen verstümmelt werde, wie es z. B. der Fall sein würde, wenn in Rekrutenmaßtafeln die sog. Untermäßigen ausgeschlossen werden sollten, indes gegenseits der Gegenstand auch möglichst rein und ungemischt erhalten werden muss, d. h. Exemplare, die nach irgend einer Seite aus seinem Begriffe heraustreten, von ihm ausgeschlossen werden müssen, also z. B., wo der Kollektivbegriff auf gesunde Individuen geht, Exemplare mit krankhaft veränderten Dimensionen in Wegfall kommen müssen; daher in die von mir zu behandelnden Welcker'schen Schädelmaße weder fassförmig aufgetriebene Hydrocephale noch entschieden mikrocephale Schädel mit eingehen. Daran aber knüpfen sich Bemerkungen von allgemeiner Tragweite.

§ 14. Gewiss ist, dass die Grenze zwischen gesunden und krankhaft veränderten Schädeln nicht sicher zu bestimmen ist, und eine entsprechende Unsicherheit über die Abgrenzung des Gegenstandes kehrt in sehr vielen anderen Fällen wieder; wenn aber nur die Unsicherheit sich in so engen Zahlengrenzen hält, dass die Grenzen der Unsicherheit, die man sich wegen unausgeglichener Zufälligkeiten gefallen lassen muss, dadurch nicht überschritten werden, kann kein erheblicher Nachteil im ganzen daraus erwachsen, und wird man sich durch den Erfolg selbst befriedigt finden können, wenn der, nach bestem Ermessen abgegrenzte Gegenstand sich den normalen Verteilungsgesetzen fügt, oder wird man so viele Exemplare abschneiden können, dass es der Fall ist.

Jedoch erhebt sich hierbei folgende sehr wichtige Frage: Es ist freilich logisch selbstverständlich, dass, wenn gesunde Individuen oder Teile von solchen, wie Schädel, hinsichtlich der Verteilungsverhältnisse ihrer Exemplare untersucht werden sollen, nicht solche, welche als krank erkannt oder dafür angenommen sind, mit eingemischt werden dürfen, und nicht minder selbstverständlich, dass die Feststellung der Verhältnisse für gesunde Exemplare ein größeres Interesse hat, als für eine Mischung von gesunden und kranken; nur scheint es wider die Allgemeinheit der Aufgabe der Kollektivmaßlehre zu laufen, zur Feststellung der allgemeinsten Verteilungsgesetze den K.-G. aus bloß gesunden Exemplaren dem Gegenstande aus einer Mischung von gesunden mit kranken vorzuziehen.

In der That, wenn die krankhaft veränderten Schädel aus dem Begriffe der gesunden heraustreten, so fallen sie doch noch unter den Begriff der Schädel überhaupt, und was berechtigt uns, bei Aufsuchung der allgemeinsten Gesetze für K.-G. die kranken Schädel auszuscheiden, da wir vielmehr hierzu nur den weiteren Begriff, der alle Schädel einschließt, statt des engeren der gesunden anzuwenden hätten; und es giebt unzählige andere Fälle, wo eine gleiche Möglichkeit der engeren und weiteren Fassung besteht; ja streng genommen besteht eine solche überall, da zuletzt alle K.-G. sich unter dem Begriffe eines existierenden Wesens vereinigen lassen, der nur nach verschiedensten Richtungen verengert werden kann. Doch würden wir mit dem Versuche, unsere für allgemein ausgegebenen Gesetze an sehr weiten Fassungen der K.-G. zu bewähren, schlecht fahren, indem sie sich nicht oder nur unvollkommen daran bewähren würden, indes sie doch bei hinreichend engen Fassungen für die allerverschiedensten K.-G. dieselben bleiben und insofern ihre Allgemeingültigkeit bewähren. Nun fragt sich, welcher Gesichtspunkt maßgebend für die einzuhaltende Beschränkung der Weite ist.

Diese scheinbar schwierige Frage ist mit Rücksicht auf folgende thatsächlichen Verhältnisse zu beantworten.

Wenn wir Gegenstände, die bei hinreichend enger Fassung für sich den für die verschiedensten Gegenstände gemeinsamen Verteilungsgesetzen entsprechen, vermischen, so muss folgende Bedingung erfüllt sein, wenn auch die Mischung denselben Gesetzen noch entsprechen soll: Die Konstanten oder wesentlichen Elemente, durch welche die Verteilungsverhältnisse bestimmt werden, also mindestens arithmetischer Mittelwert und mittlere Abweichung davon, womit die anderen Elemente mehr oder weniger zusammenhängen, dürfen für die komponierenden Gegenstände nicht weiter von einander abweichen, als durch unausgeglichene Zufälligkeiten erklärlich ist, wonach wir einstimmige und disparate Gegenstände als solche unterscheiden können, welche diese Bedingung erfüllen, und welche sie nicht erfüllen, andererseits einheitliche und zwiespältige als solche, welche aus einstimmigen, und welche aus disparaten Gegenständen zusammengesetzt sind. Jede Erweiterung des Begriffs eines K.-G. aber führt eine Zusammensetzung desselben mit einem oder mehreren anderen, möglicherweise disparaten Gegenständen mit sich.

Aus diesem Gesichtspunkte nun ist bei vielen Gegenständen unmittelbar einleuchtend, dass sie nicht vermischt werden dürfen. In der That wird es niemand einfallen, Männer und Frauen oder Kinder und Erwachsene in denselben K.-G. zu vereinigen, wenn die Verteilung ihrer Exemplare hinsichtlich der Körperlänge in Betracht gezogen werden soll, ungeachtet sie gemeinsam unter den weiteren Begriff menschlicher Wesen fallen; aber man weiß vorweg, dass wesentlich verschiedene Mittelwerte dafür bestehen, wodurch sie zu disparaten Gegenständen werden. Und so muss auch eine Zusammensetzung gesunder Schädel mit krankhaft veränderten Schädeln zu einem K.-G. unstatthaft gefunden werden, insofern beide sich disparat gegen einander verhalten.

§ 15. Aus diesem Gesichtspunkte scheinen mir sehr instruktiv die Ergebnisse aus Untersuchungen über die Rekrutenmaße, die, nachdem ihrer oben (Kap. III unter I A) flüchtig erwähnt ist, im zweiten Teile dieses Werkes (Kap. XXIV) eingehender mitgeteilt werden sollen.

Rekrutenmaße können überhaupt für die verschiedensten Länder, Zeiten, Altersstufen unter dem weitesten Begriffe solcher Maße zusammengefasst, aber auch sehr spezialisiert werden; und von vornherein wird man z. B. 18jährige Rekruten eines Landes nicht mit 20jährigen eines anderen Landes gemischt behandeln wollen, da beide sich durch verschiedene Mittelmaße unterscheiden; aber auch gleichalterige Rekruten desselben Landes lassen Spezialisierungen in verschiedenem Sinne zu. So habe ich die Rekrutenmaße von (20jährigen) Leipziger Studenten einerseits und die der übrigen Leipziger Bevölkerung, sog. Leipziger Stadtmaße, andererseits besonders behandelt. Für die ersten hat sich eine sehr befriedigende, für die anderen eine nach gewisser Beziehung unvollkommene Bestätigung der aufzustellenden allgemeinen Verteilungsgesetze, welche ich fundamentale nenne, ergeben; indem sich bei Vergleich zwischen Rechnung und Beobachtung gezeigt hat, dass bei letzteren die kleinen Maße verhältnismäßig häufiger vorkommen, als es nach Berechnung auf Grund der fundamentalen Gesetze der Fall sein sollte, ohne dass unausgeglichene Zufälligkeiten hinreichten, es zu erklären. Dasselbe ergab sich für die Rekrutenmaße der gemischten Bevölkerung verschiedener größerer Distrikte Sachsens. Was ist der Unterschied des ersten von den anderen Fällen? Die Rekrutenmaße der Studenten beziehen sich auf den beschränkten Umfang aus verhältnismäßig wohlhabenden, einem normalen Wachstume der Individuen die Mittel nicht versagenden Ständen; die anderen auf Individuen aus einer Mischung solcher Stände mit Ständen, in welchen es von der Zeugung und Geburt an mehr oder weniger an solchen Mitteln mangelt, und abnorm verbuttete Individuen nicht selten vorkommen, deren Maße in die Rekrutenmaßliste mit aufgenommen sind, wenn schon die Individuen selbst in den Dienst nicht mit eingestellt werden. In dieser Hinsicht dürften folgende Data interessieren.

In den mir zu Gebote stehenden 20 Jahrgängen von Leipziger Studentenrekrutenmaßen mit einem Gesamt-$m = 2047$ fällt nur ein einziges Individuum (mit 60 Zoll) unter das Maß 64 Zoll[1]; in 17 Jahrgängen von Maßen der übrigen Leipziger Bevölkerung (kurz Leipziger Stadtmaße) mit einem Gesamt-$m = 8402$ fallen 197 Individuen unter 64 Zoll (das kleinste mit 48 Zoll); und reduzieren wir 197 nach Verhältnis des Gesamt-m, so fallen gegen 1 Individuum der Leipziger Studentenmaße noch 48 der Leipziger Stadtmaße unter 64 Zoll. Die Leipziger gemischte Bevölkerung enthält aber, wie die jeder großen Stadt, einen großen Prozentsatz elendes Proletariat. Doch weiter: 3 Jahrgänge Rekrutenmaße der Bornaschen Amtshauptmannschaft außer Leipzig (vorzugsweise kleine Städte und ackerbauende Dörfer einschließend) mit $m = 2642$ gaben absolut 50 oder, wie vorhin reduziert, 39 Maße unter 64 Zoll (mit dem Minimalmaße 51 Zoll), und 3 Jahrgänge Rekruten der Annaberger Amtshauptmannschaft (viel Gebirgs- und arme Fabrikbevölkerung einschließend) mit $m = 3067$ absolut 62, reduziert 41 Maße unter 64 Zoll (mit dem Minimalmaße 49 Zoll). Also nach Proportion des *m* haben wir überhaupt beziehentlich für die angegebenen 4 Abteilungen:

---

[1] [1 sächsischer Zoll = 23,6 mm.]

1	48	39	41

Maße unter 64[1]), und gehen wir zu den arithmetischen Mitteln (nach den primären Tafeln) über, so finden sich folgende Werte in sächsischen Zollen:

Stud.	Lpzg. St. M.	Borna	Annaberg
71,76	69,61	69,34	69,00.

Also ist das arithmetische Mittel der Leipziger Studenten um mehr als 2 Zoll größer als das der gemischten sächsischen Bevölkerung, und dasselbe gilt für Zentralwert und dichtesten Wert. Andererseits ist die mittlere Abweichung bezüglich des arithmetischen Mittels nach einer für alle Abteilungen gleichförmigen Bestimmungsweise in sächsischen Zollen für:

Stud.	Lpzg. St. M.	Borna	Annaberg
2,01	2,26	2,14	2,33.

Und natürlich würde der Unterschied nach beiden Beziehungen noch mehr betragen, wenn die gemischte Bevölkerung der drei letzten Abteilungen in solche mit normalem und solche mit abnormem Wachstume zerlegt und beide einander gegenüber gestellt werden könnten.

Dabei ist nicht zu behaupten, dass, wenn wir die Rekruten des Proletariats wirklich ebenso für sich vor uns hätten als die der wohlhabenden Klassen in den Studenten, sich unsere fundamentalen Verteilungsgesetze ebenso gut bei jenen als bei diesen bestätigen würden, weil das Proletariat selbst noch ein weiter Begriff ist, welcher der Spezialisierung nach verschiedenen Richtungen fähig ist, und nicht a priori zu versichern ist, dass seine Spezialitäten im obigen

---

[1]) Weniger auffällig als bezüglich der kleinsten Maße ist der Unterschied zwischen den Studentenmaßen und Maßen der anderen drei Abteilungen bezüglich der größten; und stimmt auch die Verteilungsrechnung bei letzteren nach oben besser als nach unten; doch fehlt ein Unterschied bezüglich der größten Maße nicht ganz. Die Studentenmaße schlossen nach oben mit den drei Maßen 80; 80,75; 82,5; die Leipziger Stadtmaße mit 79,5 (4mal) und 79,75; die Borna'schen mit 77,25; 77,75; 78,25; die Annaberg'schen mit 76,75; 77,25; 78,5.

Sinne einstimmig sind. Ja von vornherein würde dasselbe ebenso wenig von den durch die Studenten vertretenen wohlhabenden Klassen zu behaupten sein; aber da die Erfahrung selbst lehrt, dass die Spezialisierung in den Studentenmaßen weit genug getrieben ist. um eine Bestätigung der betreffenden Gesetze zu gestatten, so weit es überhaupt wegen unausgeglichener Zufälligkeiten möglich ist, so dürfen wir uns auch dabei beruhigen, wogegen wir hier wie dort die Spezialisierung noch weiter zu treiben hätten, wenn sie nicht genügte.

Auch kann recht wohl zugestanden werden, dass, wenn wir nur das *m* der Studentenrekrutenmaße recht vergrößerten und dann nach verschiedenen Gesichtspunkten, z. B. je nach der Herkunft aus Dörfern oder Städten oder aus verschiedenen Jahrgängen oder verschiedenen Ständen in Abteilungen sonderten, die noch ein hinreichendes *m* hätten, um feine Unterschiede der wesentlichen Elemente mit Sicherheit entdecken zu können, es an solchen nicht fehlen würde, welche einer vollkommenen Einstimmigkeit zuwiderlaufen; und es hindert nichts, eine Aufgabe der Untersuchung daraus zu machen.

Aber wenn diese Unterschiede nur klein sind, und die mancherlei Abteilungen, die man nach den verschiedensten Gesichtspunkten machen kann, hiermit die Unterschiede zwischen den Elementen selbst, mit dem Charakter der Zufälligkeit variieren, so lässt sich nicht nur vernünftigerweise voraussetzen, sondern lehrt die Thatsache selbst, dass die betreffenden Unterschiede der Elemente in den unvermeidlichen unausgeglichenen Zufälligkeiten ununterscheidbar mit aufgehen und der Bewährung der fundamentalen Gesetze kein wesentliches Hindernis entgegensetzen.

§ 16. Um so weniger aber darf man in den Abweichungen, welche die Verteilungsverhältnisse zu weit gefasster und dadurch zwiespältiger K.-G. von den fundamentalen Gesetzen zeigen, einen Widerspruch gegen diese Gesetze sehen, als es prinzipiell hinreicht, die Mischungsverhältnisse und wesentlichen Elemente der komponierenden Gegenstände eines zwiespältigen Gegenstandes zu kennen, um nach den fundamentalen Gesetzen selbst die Verteilungsverhältnisse des zusammengesetzten Gegenstandes zu berechnen, so dass sie also auch in dieser Hinsicht ihre allgemeine Gültigkeit behaupten.

Allgemein folgt aus Vorstehendem, dass wir uns bei Feststellung und Prüfung der fundamentalsten Verteilungsgesetze nicht nur hüten müssen, die nach verschiedensten Richtungen auseinander weichenden Verteilungsresultate zu weit gefasster, untriftig gemischter Gegenstände gegen die Allgemeingültigkeit der für hinreichend eng gefasste, einheitliche Gegenstände in Anspruch genommenen Gesetze geltend zu machen, sondern auch bei der Wahl zwischen den Resultaten einer weiteren und engeren Fassung, unter sonst gleichen Umständen, die der engeren für die Konstatierung der fundamentalen Gesetze vorzuziehen haben. Den vorigen Betrachtungen ordnen sich wesentlich die folgenden unter.

Die Herkunft der Exemplare eines K.-G. aus verschiedenen Räumen oder Zeiten oder beiden zugleich führt leicht nicht nur qualitative, sondern auch quantitative Verschiedenheiten derselben mit sich, was eine besondere Beachtung insofern verdient, als man, um ein hinreichend großes *m* für eine erfolgreiche Untersuchung zu erlangen, sich meist veranlasst oder genötigt findet, den K.-G. aus Exemplaren zusammenzusetzen, welche verschiedenen Räumen oder Zeiten angehören, ja ganz demselben Raume und derselben Zeit können sie überhaupt nicht angehören. In dieser Beziehung findet nun ein Konflikt statt. Die Exemplare aus sehr von einander entlegenen oder sehr weiten Räumen und Zeiten zusammenzunehmen, setzt in Gefahr, disparate Gegenstände zu vereinigen und hiermit die fundamentalen Verteilungsverhältnisse zu verfehlen; die Exemplare aus zu engen Raum- und Zeitgrenzen zusammenzunehmen, giebt den unausgeglichenen Zufälligkeiten zu großen Spielraum, um wesentliche Bestimmungen überhaupt mit irgend welcher Sicherheit abzuleiten. Die einzuhaltenden Grenzen in dieser Hinsicht aber lassen sich nicht a priori ziehen, und schließlich muss der Erfolg selbst entscheiden, ob man mit der angenommenen zeitlichen oder räumlichen Weite des Gegenstandes zu einer befriedigenden Erfüllung der fundamentalen Verteilungsgesetze gelangt; wo nicht, die Verengerung weiter treiben, und wenn man damit in zu kleine Werte von *m* hinein kommt, um Resultate von genügender Sicherheit zu erlangen, die Untersuchung bis zur Erlangung einer größeren Anzahl von

Exemplaren aufgeben. Im allgemeinen dürfte dies jedenfalls das Praktischste sein.

§ 17. Eine besondere Aufmerksamkeit verdienen bei der Frage, ob ein Gegenstand aus disparaten Komponenten zusammengesetzt ist, folgende zum Teil schon berührte Verhältnisse der Verteilungstafeln.

In unseren Fundamentalgesetzen liegt begründet, dass die z kontinuierlich mit den a bis zu einer gewissen Größe des a aufsteigen, bei weiter wachsendem a aber ebenso kontinuierlich absteigen, so dass es ein Maximum der z in einem mittleren Teile der Verteilungstafel (beim sog. dichtesten Werte) und zwei Minima respektive beim Anfange und Ende der Tafel (bei den extremen a) giebt. Wenn man die a als Abscissen, die z als die Ordinaten nimmt, kann man dadurch in bekannter Weise die gesetzliche Verteilung graphisch darstellen und erhält damit eine Kurve, welche bei klein genommenen i glatt bis zu einem Gipfel ansteigt und von da wieder absteigt. Aber bei den von mir sogenannten primären, d. h. unmittelbar aus den Urlisten der Maße abgeleiteten Tafeln wird man insgemein vom Anfange herein durch die ganze Tafel ein unregelmäßiges Auf- und Absteigen der z bei kontinuierlichem Wachsen der a, hiermit eine höckerige Beschaffenheit der Verteilungskurve finden; wozu die primären Verteilungstafeln des VII. Kapitels hinreichende Beispiele gewähren. Die allgemeinste, ja nie fehlende Ursache solcher Unregelmäßigkeiten nun liegt jedenfalls in unausgeglichenen Zufälligkeiten, und die hiervon abhängigen Höcker der Kurve schwinden durch eine hinreichend weit getriebene Reduktion der Tafel, d. h. nach früher § 6 angegebener Erklärung, Zusammennahme der z für gleich gehaltene Intervalle der a durch die ganze Tafel wie in Kapitel VIII auszuführen und durch Beispiele reduzierter Tafeln zu belegen. Aber zum Teil kann die Ursache auch darin liegen, dass K.-G. von disparater Beschaffenheit ihrer Hauptwerte sich gemischt haben.

In der That lässt sich schon aus allgemeinem Gesichtspunkte übersehen, dass, wenn wir z. B. die Maße von gleich viel Männern und Frauen, die im arithmetischen Mittelwert wie dichtesten Wert sehr von einander abweichen, vermischen wollten, dadurch wesentlich

d. i. abgesehen von unausgeglichenen Zufälligkeiten, ein Anlass zur Entstehung zweier Maximal-z mithin zweier dichtesten Werte entstehen würde, ja es könnten durch Vermischung von noch mehr disparaten Gegenständen Verteilungstafeln mit wesentlich noch mehr Maximal-z entstehen. Jedenfalls nun eignen sich zur Prüfung der Fundamentalgesetze der Verteilung nur Verteilungstafeln mit einem Maximal-z im Hauptbestande der Tafel, wogegen kleine Unregelmäßigkeiten nach den Enden der Tafel zu ohne erhebliche Störung sind. Liegen daher Verteilungstafeln vor, welche dieser Bedingung nicht entsprechen, so sind sie zur Prüfung der Gesetze nur nach solcher Reduktion brauchbar, dass sie durch hinreichende Ausgleichung der Zufälligkeiten derselben entsprechen, wonach sich die betreffenden Gesetze an der reduzierten Tafel noch sehr wohl bestätigen können, wenn die Mehrheit der Maximal-z im Hauptbestande der Tafel wirklich nur von unausgeglichenen Zufälligkeiten abhing.

Jedoch ist nicht außer Acht zu lassen, dass, da durch die Reduktion einer Verteilungstafel deren Intervalle vergrößert werden, mit den unausgeglichenen Zufälligkeiten zugleich die, von disparater Beschaffenheit der Komponenten der Tafel abhängige, Mehrheit der Maximal-z schwinden kann, wenn diese nämlich auf einander nahe a fallen, welche gemeinsam in das durch die Reduktion vergrößerte Intervall treten, hiermit ununterscheidbar werden, ja man braucht nur mit der Reduktion und hiermit Vergrößerung der Intervalle beliebig weit zu gehen, um dies sicher zu erreichen. Also wird zwar die Regel, die hinsichtlich der Verteilung zu prüfende Tafel durch Reduktion auf bloß ein Maximal-z und einen von da nach beiden Seiten absteigenden Gang der z zu reduzieren, beizubehalten sein, doch eine etwaige Abweichung von den Fundamentalgesetzen dann immer noch möglicherweise von einer disparaten Beschaffenheit der Komponenten der Tafel, die sich durch die Reduktion verwischt hat, abhängen können; mithin auch in dieser Beziehung nur die Untersuchung der Verteilung selbst entscheidend sein können.

§ 18. Jedoch wir sind mit unseren Requisiten noch nicht zu Ende. Gegenstände, welche von Menschen mit Bezug auf gewisse Zwecke oder Ideen gestaltet sind, kurz nennen wir sie artistische, unterliegen trotz der Absicht, die bei ihrer Entstehung obgewaltet hat, doch hinsichtlich der Größenbestimmungen, welche dem Zufall noch freien Raum lassen, den Kollektivmaßgesetzen; wenn aber Nebenrücksichten oder Nebenzwecke die Freiheit des Zufalls durch Bevorzugung oder Ausschließung einzelner Dimensionen wesentlich beschränken, so kann den Gesetzen auch wesentlich Abbruch geschehen, was sich durch folgende Beispiele erläutert.

Visitenkarten, sowie die sog. Adresskarten von Kaufleuten und Fabrikanten sieht man auf das Mannigfaltigste nach Länge wie Breite variiert, und ich glaubte anfangs, ein vorzügliches Objekt zur Prüfung unserer Gesetze darin zu haben, da sie sich in großer Anzahl, sei es aus dem täglichen Verkehr, sei es aus den Musterbüchern ihrer Verfertiger, worin sich Probeexemplare eingeklebt finden (deren ich viele von verschiedenen Verfertigern zu Messungen benutzt habe), erhalten lassen und dabei den Vorteil gewähren, dass man die Genauigkeit der Messung und Schätzung mehr als bei vielen anderen Gegenständen in der Hand hat. Aber obwohl sie sich, sei es nach Länge, sei es nach Breite gemessen, unseren Gesetzen keineswegs ganz entziehen, bieten sie doch nur eine sehr unvollkommene Bewährung derselben dar, wovon man den Grund in folgenden Umständen suchen kann.

Bei aller Variation ihrer Dimensionen wird doch die Freiheit des Zufalls dadurch eingeschränkt, dass die Verfertiger insgemein solche Dimensionen vorziehen, welche gestatten, die Kartonbogen, aus denen die Karten geschnitten werden, möglichst auszunutzen, d. h. so vollständig als möglich zu verbrauchen, dabei auch wohl gewisse, besonders beliebte Verhältnisse zwischen Breite und Länge, insbesondere 2 : 3 oder 3 : 5 (Annäherungen an den goldenen Schnitt) einzuhalten; und in der That habe ich mich bei den Messungen solcher Karten, die ich in den Musterbüchern einer Mehrheit von Fabrikanten vorgenommen, überzeugt, dass bei jedem derselben gewisse Dimensionen öfter vorkommen, als dass man es als zufällig ansehen könnte. Die Dimensionen der Galleriegemälde im Lichten des Rahmens aber unterliegen nicht demselben Nachteil und werden, nachdem ich eine große Menge Maße derselben aus den Katalogen der verschiedensten

Gallerien zusammengebracht (vergl. Kap. XXVI), ein vorzügliches Material zur Bewährung der logarithmischen Maßgesetze liefern.

§ 19. Bei den Naturgegenständen andererseits gehört zu den durch den Begriff selbst bedingten Requisiten, dass die Exemplare nicht in einer naturgesetzlichen Abhängigkeit von einander stehen, welche aus den Zufallsgesetzen heraustritt. Dieser Punkt kommt namentlich bei meteorologischen K.-G. in Rücksicht. Thermometer- und Barometerstände, sowie andere meteorologische Werte zeigen an jedem Orte ein zwar im einzelnen durch Zufälligkeiten gestörtes, aber in Mittelwerten sich entschieden herausstellendes, gesetzliches Auf- und Absteigen schon beim Verfolge durch die Stunden eines Tages, nicht minder durch die Tage oder Monate eines Jahres. Diese sog. periodischen meteorologischen Werte fallen nicht unter den Begriff eines K.-G., sondern nur die nicht periodischen, insofern sie als zufällig wechselnd angesehen werden können. In dieser Beziehung können wir in Kürze meteorologische Tageswerte, Monatswerte und Jahreswerte, insofern sie von ihren vieljährigen Mitteln abweichen, und diese Abweichungen selbst als Tagesabweichungen, Monatsabweichungen und Jahresabweichungen unterscheiden, worauf hier etwas bestimmter einzugehen sein wird, da vielfach Anlass sein wird, auf solche zurückzukommen. Knüpfen wir die Erläuterung an die thermischen Werte und Abweichungen, wovon sich die Übertragung auf andere Arten meteorologischer Werte und Abweichungen von selbst ergiebt.

Thermische Tageswerte kann jeder nach seinem Jahresdatum bestimmte Tag insbesondere geben, sagen wir z. B. der 1. Januar. Nehmen wir als Temperatur dieses Tages an einem gegebenen Orte in einem gegebenen Jahre, kurz als thermischen Tageswert des 1. Januar sei es den aus seinen 24 Stunden bestimmten Mittelwert oder die Temperatur einer, dann konsequent beizubehaltenden, bestimmten Tagesstunde oder auch das Mittel aus der Maximal- und Minimaltemperatur des Tages. Dieser Tageswert des 1. Januar sei durch eine Reihe von Jahren hinter einander beobachtet. Die nach den Jahren zufällig wechselnden Tageswerte repräsentieren die Exemplare *a* eines zeitlichen K.-G. Man ziehe daraus den arithmetischen

Mittelwert, indem man die Summe der Tageswerte mit der Zahl derselben dividiert, welche mit der Zahl der Jahre, durch welche man beobachtet hat, zusammenfällt. Dieses Mittel heiße das allgemeine thermische Tagesmittel des 1. Januar, und die Abweichungen der in den verschiedenen Jahren erhaltenen Tageswerte a von dem allgemeinen Tagesmittel A bilden dann die einzelnen Tagesabweichungen, welche nach der angegebenen Bezeichnungsweise mit Δ zu bezeichnen sind. Entsprechende Bestimmungen können für den 2. Januar und jeden anderen Jahrestag an jedem Beobachtungsorte insbesondere erhalten werden.

Anstatt für jeden Tag des Jahres aber können solche Bestimmungen auch für jede bestimmte Woche des Jahres, für jeden Monat des Jahres und für das ganze Jahr selbst aus mehrjährigen Beobachtungen erhalten werden, die dann als Wochenwerte, Wochenabweichungen, Monatswerte, Monatsabweichungen, Jahreswerte, Jahresabweichungen zu bezeichnen sind. Hiervon verdienen die thermischen Monatswerte und Monatsabweichungen besondere Beachtung, weil besonders zahlreiche Bestimmungen an vielen Orten dafür vorliegen. Die thermischen Monatswerte als a erhält man also z. B. für den Januar und entsprechend für jeden anderen Monat in den durch eine Reihe von Jahren bestimmten Mitteltemperaturen des Januar, welche aus den 31 Tagen desselben zu gewinnen sind, die thermischen Monatsabweichungen des Januar als Δ in den Abweichungen dieser a von dem allgemeinen Mittel der a. Anstatt arithmetischer Mittel und Abweichungen davon, lassen sich aber auch andere Hauptwerte und Abweichungen davon aus solchen Werten ableiten.

Meteorologische K.-G. dieser Art sind für die Untersuchung ihrer allgemeinen Gesetze überhaupt aus mehreren Gesichtspunkten schätzbar; einmal wegen des reichlichen Materiales, was dafür in den Quellen der Meteorologie vorliegt oder daraus zusammengestellt werden kann, zweitens wegen der Genauigkeit der Bestimmungen, die mit den meteorologischen Beobachtungsmitteln und Methoden erreichbar ist, drittens weil diese Gegenstände bisher das einzige Material liefern, wonach zu beurteilen, ob zeitliche K.-G. denselben Gesetzen unterliegen als räumliche. Nur leiden sie an dem sehr wichtigen

Nachteil, dass, da das m derselben mit der Zahl der Jahre, durch welche die Beobachtungen reichen, zusammenfällt, nicht leicht ein großes m derselben, ja nirgends bisher ein solches vorliegt, wie es für die Sicherheit der daraus zu ziehenden Resultate erwünscht wäre.[1]

§ 20. Nun kann man allerdings ein viel größeres m aus einer gegebenen Anzahl von Jahren, als die Zahl der Jahre beträgt, auf folgendem Wege erhalten, der bei wichtigen Bedenklichkeiten doch nicht schlechthin zu verwerfen ist.

Um von den bestimmten Vorstellungen eines Quetelet'schen Beispiels (s. Quetelet's Lettres, letzte Vertikalspalte der Tabelle p. 78) auszugehen, nehmen wir an, die Temperatur aller Januartage als Mittel zwischen Minimum- und Maximum-Temperatur jedes Tages an einem bestimmten Orte (Brüssel) sei durch 10 Jahre beobachtet worden, so werden wir nach angegebener Bestimmungsweise, welche als korrekt anzusehen ist, für jeden der 31 Januartage als K.-G., den ersten, zweiten, dritten u. s. w. ein $m = 10$ erhalten, was viel zu wenig ist, um die Verteilungsgesetze daran zu studieren; hiergegen werden wir ein $m = 310$ für den ganzen Januarmonat als K.-G. erhalten, wenn wir nach Quetelet's Vorgange bei dem betreffenden Beispiele so verfahren, dass wir die 31 Tagestemperaturen des Januar als Exemplare der Januar-Tagestemperatur für die 10 Jahre zusammennehmen, giebt 310 Exemplare, hieraus das arithmetische Mittel durch Division mit 310 ziehen, hiervon die 310 Abweichungen Δ nehmen und, wenn wir wollen, auch die anderen Hauptwerte mit den Abweichungen davon daraus bestimmen.

Nun leuchtet freilich von vornherein ein, dass, da abgesehen von den zufälligen Änderungen die Temperatur des Januar vom 1. bis zum 31. Tage gesetzlich wächst, wir hiermit eine Komplikation des zufälligen Ganges mit einem naturgesetzlichen Gange der Tageswerte erhalten, indes streng genommen der naturgesetzliche Gang bei Untersuchung der wesentlichen Verteilungsgesetze ausgeschlossen sein soll. Indes lässt sich wohl zugeben, dass die Änderungen der Tagestemperatur, welche durch den gesetzlichen Fortschritt derselben während eines Monates bedingt sind, gegenüber der durchschnittlichen Größe der zufälligen Anderungen der einzelnen Tagestemperaturen zu wenig in Betracht kommen, um die Zufallsgesetze erheblich zu stören; jedenfalls dieselben nicht aufheben, sondern eben nur stören können. Aber ein wichtigeres Bedenken erhebt sich daraus, dass ganz abgesehen von dem gesetzlichen Fortschritte durch einen Monat die meteorologischen Zustände der unmittelbar auf einander folgenden Tage überall eine gewisse Abhängigkeit von einander verraten, welche in den Gesetzen des Zufalls nicht vorgesehen ist. Im allgemeinen folgen sich mehrere warme, d. i. über der Wertmitte der Temperatur des Januar stehende, und mehrere kalte, d. i. unter dieselbe fallende Tage hinter einander, und vollzieht sich der Übergang von den einen zu den anderen nicht sprungweise, sondern durch successives Aufsteigen bis zu einer gewissen Höhe über die Wertmitte und, da das Steigen doch nicht ins Unbestimmte gehen kann, Wiedersinken bis zu einer geringeren Höhe oder bis unter die Wertmitte, nur dass keine regelmäßige Periodizität in diesem Wechsel zwischen Aufsteigen und Absteigen sichtbar ist. Ähnlich mit allen sog. unregelmäßigen periodischen Veränderungen.

---

[1] Unter den 70 Orten, für welche Dove in einer seiner Abhandlungen die thermischen Monatsabweichungen verzeichnet, ist es bloß Berlin, wo 100 als m überschritten wird, indem der Verfolg durch 138 Jahre geschehen ist, und bloß Prag und London zeigen ein m über 90, respektive 94 und 92.

Hierzu scheint mir nützlich, die Bemerkung zu machen, dass es ein sehr einfaches Mittel giebt, sich eben so von den Forderungen des reinen Zufalls für derlei Fälle als der Nichtbefriedigung durch diese Fälle zu überzeugen. Ich habe mir aus einer Reihe von Jahren die Ziehungslisten sächsischer Lotterien verschafft, in welchen die Gewinnnummern nach der Reihenfolge, wie sie herausgekommen, verzeichnet sind. Wenn irgendwo, spielt hier der Zufall seine reine Rolle. Bezeichnen wir nun die geradzahligen Nummern mit einem +, die ungeradzahligen mit einem —, und verfolgen die Reihe der Zeichen durch eine große Anzahl von nacheinander folgenden Gewinnnummern, so finden wir, abgesehen von einem kleinen Unterschiede wegen unausgeglichener Zufälligkeiten, eben so viel Folgen gleicher Zeichen als Wechsel der ungleichen. Thun wir aber ebenso mit den + Fällen über und — Fällen unter der aus der Gesamtheit der Fälle bestimmten Wertmitte bei meteorologischen Tagestabellen, so überwiegt entschieden die Anzahl der Folgen über die der Wechsel, Beweis einer aus den Zufallsgesetzen heraustretenden Abhängigkeit der aufeinander folgenden meteorologischen Tageswerte. Weiter aber, wenn wir statt voriger Bezeichnung der aufeinander folgenden Lotterienummern jedes Übersteigen einer Nummer durch die folgende mit +, jedes Herabsinken der folgenden unter die vorige mit — bezeichnen, so finden wir beim Verfolg durch eine große Zahl Nummern (abgesehen von unausgeglichenen Zufälligkeiten) die Zahl der Wechsel doppelt so groß als die der Folgen; thun wir aber eben so mit einer entsprechenden Bezeichnung der aufeinander folgenden meteorologischen Tageswerte, so bleibt die Zahl der Wechsel weit hinter der doppelten Zahl der Folgen zurück. zweiter Beweis, dass das Steigen und Fallen der meteorologischen Werte von Tag zu Tag nicht den reinen Zufallsgesetzen gehorcht. Man vervollständigt und verschärft diese Untersuchung, die ich für jetzt nur andeute, um in einem späteren Kapitel darauf zurückzukommen, dadurch, dass man, um auch die Abweichungen von jenen Gesetzen des reinen Zufalls, welche streng nur für unendliches *m* gelten, durch unausgeglichene Zufälligkeiten zu berücksichtigen, auch die von der Endlichkeit des *m* abhängigen wahrscheinlichen und mittleren Abweichungen von der Aussage der Gesetze bestimmt, wofür sich in der That Formeln aufstellen lassen.

Aus einer eingehenden Untersuchung hat sich mir nun ergeben[1], dass, während die meteorologischen Werte aufeinander folgender Tage desselben Monates die angegebenen Merkmale der Abhängigkeit in eminentem Grade zeigen, selbst die Monatsabweichungen aufeinander folgender Jahre derselben nicht ganz entzogen sind, wenn schon sie so schwach und wenig entschieden zeigen, um bei Benutzung derselben keine erhebliche Störung der Zufallsgesetze besorgen zu dürfen; und es verdient aber dieser Gegenstand unstreitig eine noch eingehendere und ausgedehntere Untersuchung seitens Fachmeteorologen mit Hilfe jener Kriterien im Interesse der Meteorologie selbst, als ich ihm hier habe zu Teil werden lassen, wo es nur in dem Interesse geschah, zu ermitteln, welcherlei K.-G. sich überhaupt zur Prüfung und Anwendung der reinen Zufallsgesetze eignen.

---

[1] [Hierzu werden im XXIII. Kap. Belege gegeben.]

Inzwischen ist wichtig zu bemerken, dass die nach Vorigem ausgeschlossen scheinende Möglichkeit, die Zufallsgesetze auf meteorologische Werte, welche eine Abhängigkeit der genannten Art von einander zeigen, anzuwenden, sich für den Fall wieder herstellen könnte, dass bei sehr großem *m* die Abhängigkeitsverhältnisse selbst zufällig wechseln.

Stellen wir uns zur Erläuterung hiervon eine Urne mit unendlich viel weißen und schwarzen Kugeln vor, welche mit Nummern bezeichnet sind, die den Abweichungsgrößen von einem gegebenen Hauptwerte entsprechen, und zwar so, dass die Zahl des Vorkommens von jeder dieser Art Kugeln der Zahl des Vorkommens der entsprechenden Abweichungswerte, wie sie für reine Zufallsgesetze bestehen, entspricht. Also im Falle symmetrischer Wahrscheinlichkeit sei das Gauss'sche Gesetz bezüglich Abweichungen vom arithmetischen Mittel, im Falle asymmetrischer Wahrscheinlichkeit unser später zu besprechendes allgemeineres Gesetz auf diese Weise repräsentiert; wobei durch weiße Kugeln positive, durch schwarze Kugeln negative Abweichungen vorgestellt werden. Geschehen nun recht viele Züge nach Zufall aus dieser Urne, so werden die gezogenen Kugeln in ihren Verhältnissen das betreffende Gesetz, abgesehen von den, wegen der immer nur endlichen Zahl der Züge noch übrig bleibenden, unausgeglichenen Zufälligkeiten, richtig repräsentieren. Aber dasselbe wird auch noch der Fall sein, wenn zwei, drei oder mehr Kugeln, welche einander in ihren Werten nahestehen, sei es nach einer bestimmten Regel oder ohne solche, zusammengeklebt sind, so dass man sie nur zusammen herausziehen kann; nur wird eine größere Zahl der Züge, ein größeres *m*, dazu gehören, um eine gleich gute Befriedigung der betreffenden Gesetze zu erlangen, als es bei losen Kugeln der Fall ist.

Natürlich kann die Frage, ob es sich mit den meteorologischen Tageswerten nach Analogie hiervon verhält, nicht nach dieser Analogie als abgemacht angesehen werden, welche bloß zeigt, dass es sich möglicherweise so verhalten könnte. Doch fügt sich nicht nur das Quetelet'sche Beispiel (Lettres p. 78) mit $m = 310$ (in Wirklichkeit vielmehr wegen Fehlens eines Beobachtungstages 309) bei näherer Untersuchung durch die Verteilungsweise seiner z ganz gut einer solchen Voraussetzung, sondern auch thermische und barometrische Beispiele mit weit größerem m, die ich selbst in Untersuchung gezogen (vergl. Kap. XXVII), sprechen für dieselbe, so dass sie mindestens mit größter Wahrscheinlichkeit als gültig angesehen werden kann, was nicht nur für unsere Lehre, sondern auch für die Meteorologie von Interesse sein dürfte. Quetelet selbst ist auf die Frage nicht eingegangen.

§ 21. Übrigens ist sehr erwünscht, dass doch ein meteorologisches Beispiel zu Gebote stehe, in welchem sich das Vorkommen zahlreicher Einzelfälle mit fehlender Abhängigkeit der successiven Fälle von einander verbindet. In der Bibliothèque universelle de Genève (Archives des sciences physiques et naturelles) findet sich in jedem Monatshefte eine meteorologische Tabelle für Genf[1], worin unter anderen Kolumnen, welche für Thermometer, Barometer u. s. w. gelten, auch eine Kolumne mit der Überschrift: »Eau tombée dans les 24 heures« gegeben ist, welche für jeden stattgehabten Regentag des betreffenden Monates im betreffenden Jahre die Höhe des gefallenen Wassers in Millimetern angiebt. Nun folgen allerdings gemeinhin mehrere nasse wie trockene Tage hinter einander, aber — und das ist es, worauf es uns ankommt, und wovon das Analoge nicht bei den aufeinander folgenden thermischen oder barometrischen Tageswerten der Fall ist, — die im Regenmesser aufgefangenen Regenhöhen auf einander folgender Tage verraten keine Größenabhängigkeit von einander. In der That sieht man schon beim oberflächlichsten Blick die Regenhöhen der betreffenden Kolumne auf das Unregelmäßigste wechseln und nicht selten auf die gewaltige Regenhöhe eines Tages eine ganz niedrige des nächsten Tages oder umgekehrt folgen. Entscheidend aber in betreffender Hinsicht sind unsere obigen zwei Kriterien; und es ist bemerkenswert, welch andere

---

[1] Eine andere, ganz entsprechend eingerichtete Tabelle für die meteorologische Station auf dem St. Bernhard.

Resultate sie in Bezug auf die in vorigem Sinne verstandenen täglichen Regenhöhen als auf die thermischen und barometrischen Tageswerte geben, wozu man später (Kap. XXIII) Belege finden wird.

Ich habe mich demgemäß die Mühe nicht verdrießen lassen, die in der Genfer Zeitschrift enthaltenen Data für die Genfer Regenhöhen aus sämtlichen Jahrgängen, durch welche sie reichen, auszuziehen, und habe nach den 12 Monaten 12 Abteilungen daraus gebildet, deren jede einen besonders zu behandelnden K.-G. darstellt. Darin sind z. B. als Exemplare *a* des Januar nicht nur alle Regenhöhen (unstreitig meist aus geschmolzenem Schnee), welche in einem Januarmonat vorgekommen sind, sondern welche in den Januarmonaten aller Jahre, durch welche die Regenhöhen verfolgt sind, stattgefunden haben, zusammengenommen, und hierdurch wird für jeden Monat ein sehr beträchtliches *m* erhalten. Nun ließ sich freilich besorgen, dass diese Mühe für unseren Zweck vergeblich war, weil sich ja gar nicht a priori behaupten ließ, dass die Regenhöhen überhaupt sich denselben Verteilungsgesetzen fügen wie Rekrutenmaße, Schädelmaße u. dgl.; aber im Gegenteil hat sie sich dadurch gelohnt, daß die Regenhöhen mit den Dimensionen der Galleriegemälde bisher das einzige Material liefern, woran sich unser logarithmisches Verteilungsgesetz durchschlagend bewähren ließ, indem sie mit einer ungeheueren Asymmetrie, welche die Hauptwerte weit auseinander fallen macht, zugleich im Verhältnisse zu den Hauptwerten sehr starke mittlere Abweichungen bieten, wodurch sie sich der Anwendbarkeit der arithmetischen Behandlungsweise entziehen (s. Kap. XXI, sowie XXVI und XXVII). Und unstreitig hat es sein besonderes Interesse, dass so verschiedene Dinge wie Gemäldedimensionen und Regenhöhen sich so bestimmten und eigentümlichen Verteilungsgesetzen, als wir aufzustellen haben werden, gemeinsam unterordnen.

Sehr möglich übrigens giebt es noch einen anderen Fall meteorologischer Tageswerte von entsprechender Successionsunabhängigkeit, um diesen kurzen Ausdruck zu gebrauchen, als die täglichen Regenhöhen zeigen, auf den um so mehr nötig ist, etwas näher einzugehen, als er unter die empirischen Unterlagen unserer Untersuchung mitfällt und von QUETELET selbst zu den seinigen in einer meines

Erachtens freilich nicht triftigen Weise zugezogen ist, in welcher Beziehung mehrfach von mir darauf zurückzukommen sein wird. Das sind die sog. Variations diurnes von Quetelet, wovon Quetelet in seinen Lettres p. 174 fg., mit Tabellen p. 408 bis 411 handelt, indes ich selbst in dem Kap. XXVII näher darauf zu sprechen komme; hier aber bloß die Natur derselben vorläufig feststelle und mit Bezug auf die fragliche Unabhängigkeit ins Auge fasse.

Es ist oben gesagt worden, dass Quetelet die Temperatur aller Tage jedes Monates als Mittel zwischen Maximum- und Minimumtemperatur jedes Tages (für Brüssel) festgestellt und dies durch 10 Jahre fortgeführt hat. Die Abweichung zwischen beiden Temperaturen, als deren Mittel die Tagestemperatur gilt, ist nun das, was Quetelet »variation diurne« (tägliche Variation) nennt. Dabei muss man sich wohl vergegenwärtigen, dass diese Abweichung der beiden Tagesextreme von einander groß oder klein bei derselben Mitteltemperatur dazwischen, also derselben Tagestemperatur, sein kann, dass mithin die Successionsabhängigkeit, welche die Tagestemperaturen zeigen, sich gar nicht notwendig auf die Variations diurnes zu erstrecken braucht. In der That kann dieselbe Tagestemperatur, z. B. von 10°, als Mittel aus 9,5° und 10,5°, aus 8° und 12°, aus 5° und 15° hervorgehen, was Variationen resp. von 1°, 4°, 10° giebt; ja, wenn an einem Tage die Temperatur ganz konstant bliebe, so könnte sie noch so hoch oder niedrig sein, und die Variation würde doch null sein. Wie nun Quetelet die Temperatur der Tage jedes Monates durch 10 Jahre verfolgt hat, die man als Exemplare eines K.-G. behandeln kann, so die zugehörigen Variations diurnes, worin man Exemplare eines anderen K.-G. sehen kann. Zwar hat Quetelet die Variations diurnes nicht für alle Tage jedes Monates spezialisiert, was Tabellen von gewaltiger Ausdehnung erfordert haben würde, ohne die Möglichkeit der übersichtlichen Zusammenfassung zu gewähren, aber er hat p. 410, 411 Tabellen gegeben, worin für jeden Monat angegeben ist, wie oft während 10 Jahren die Variation diurne zwischen 0° und 1°, zwischen 1° und 2°, zwischen 2° und 3° u. s. w. betragen hat, kurz reduzierte Intervalltafeln im Sinne unseres späteren (VIII.) Kapitels.

Wenn nun, wie oben bemerkt, die Variations diurnes ihrer Größe nach wesentlich unabhängig von der Größe der zwischen ihnen liegenden Tagestemperaturen erscheinen, mithin die Successionsabhängigkeit derselben nicht notwendig zu teilen brauchen, so scheint auch einer solchen Abhängigkeit zu widersprechen, dass die Tabellen der monatlichen Variations diurnes bei einem m, was für die einzelnen Monate zwischen 282 (Februar) und 309 bis 310 (Januar und August) schwankt, einen so regelmäßigen Gang und eine so gute Übereinstimmung mit den sonst gültigen Gesetzen asymmetrischer Verteilung zeigen, als man bei vorhandener Successionsabhängigkeit kaum erwarten möchte; indessen zeigt die von Quetelet p. 78 gegebene Tabelle der Tagestemperaturen des Juli, verglichen mit der zugehörigen Tabelle der Variations diurnes p. 411, dass der Gang der x in beiden Tabellen ähnlich und gleich regelmäßig ist, so dass man auch ohne Annahme der betreffenden Unabhängigkeit schon nach dem erst besprochenen Prinzip diese Tabelle würde als brauchbar in dem Sinne ansehen können, wie es von uns geschehen wird.

§ 22. Hiernach noch folgende allgemeine Bemerkungen:

Im allgemeinen werde ich Punkte, wodurch sich K.-G., selbst bei hinreichend großem m, also abgesehen von unausgeglichenen Zufälligkeiten, der Bewährung unserer Gesetze entziehen können, als Ungehörigkeiten oder Abnormitäten, Gegenstände aber, welche davon frei sind, als einwurfsfreie bezeichnen. Die Abnormitäten sind, wie man sieht, verschiedener Art und können die Gültigkeit der Gesetze in sehr verschiedener Hinsicht und sehr verschiedenem Grade beeinträchtigen. Es kann zu den allgemeinen Aufgaben der Kollektivmaßlehre gerechnet werden, den Einfluss dieser Abnormitäten festzustellen, was teils theoretisch mit Rücksicht auf die an den fehlerfreien Gegenständen erkannten Verteilungsgesetze, teils empirisch geschehen kann, und zwar letzteres auf einem doppelten Wege. Einmal kann man den Erfolg der Abnormitäten an den abnormen Beispielen selbst, welche die Wirklichkeit bietet, verfolgen; zweitens, und dies scheint mir der zugleich fruchtbarere und zur Kontrolle des ersten Weges selbst mit zuzuziehende Weg, man kann künstlich Verteilungstafeln mit gegebenen Elementen konstruieren, welche den fehlerlosen Verteilungsgesetzen genau entsprechen, dann diese oder jene Abnormität daran anbringen und den Erfolg auf die Werte der Elemente und deren Verhältnisse daraus entnehmen.

Hier liegt noch ein Feld der Untersuchung für andere vor, da ich dasselbe über der schon so weitschichtigen Aufgabe, die Verhältnisse der K.-G. unter der Voraussetzung der Fehlerlosigkeit festzustellen, keineswegs hinreichend erledigt habe.

In jeder Hinsicht vollkommen fehlerfreie Gegenstände mit großem *m* sind bei der Mannigfaltigkeit möglicher Fehler wohl kaum zu beschaffen, und es sind daher bei den Gegenständen, welche empirischerseits zur Feststellung oder Bewährung der fundamentalen Gesetze der K.-G. dienen sollen, außer den Abweichungen von den idealen gesetzlichen Verteilungsverhältnissen wegen Endlichkeit des *m* und Größe des *i* noch Abweichungen wegen mangelnder Erfüllung der Requisiten oder kurz wegen Fehlerhaftigkeit insoweit zuzulassen, als sie sich in hinreichend engen Grenzen halten, um nicht gegen die Gültigkeit der aufgestellten Fundamentalgesetze selbst Bedenken zu erwecken, worüber freilich dem subjektiven Ermessen immer ein gewisser Spielraum bleibt. Bestimmungen und Verhältnisse, die sowohl den Abweichungen wegen der Endlichkeit des *m*, als wegen Größe des *i*, als wegen mangelnder Erfüllung der Requisiten entzogen sind, nenne ich hiernach, außer dem schon gebrauchten Ausdrucke fundamentale, auch normale oder ideale, sofern sie in der Wirklichkeit nur in Annäherungen vorkommen.

Übrigens ersieht man aus Vorigem, worin für die Kollektivmaßlehre, trotzdem dass sie sich aus den im Vorworte angegebenen Gesichtspunkten zu den exakten Lehren rechnen kann, die Schwierigkeit liegt, es in ihren Anwendungen zu ganz sicheren Resultaten zu bringen. Es sind andere Punkte, als für die Physiologie und Psychophysik in dieser Hinsicht bestehen; aber sie haben einen ähnlichen Erfolg. Immerhin bleibt es ein Vorzug aller dieser Lehren als exakter, einmal die Sicherheit im einzelnen doch so weit als möglich zu treiben, zweitens zu allgemeinen Gesetzlichkeiten zu führen.

§ 23. Die bisherigen Bemerkungen betrafen Requisiten, welche die in Untersuchung zu nehmenden K.-G. selbst zu erfüllen haben;

aber es giebt auch Requisiten, welche die Untersuchung zu erfüllen hat. Die Verteilungstafeln können in mehr oder weniger zweckmäßiger oder brauchbarer Form aufgestellt werden, worüber in Kap. VII und VIII Näheres gesagt ist. Die unausbleiblichen Fehler, welche bei Messung der Exemplare begangen werden, müssen unerheblich genug sein, um nicht störend in die Bewährung der Gesetze einzugreifen, und die Messungsgenauigkeit wird daher im allgemeinen so weit zu treiben sein, dass die Messungsfehler gegen die Kollektivabweichungen vernachlässigt werden können. Bei den Messungen pflegen die auf dem Maßstabe angegebenen Abteilungen noch durch Schätzung untergeteilt zu werden; und hierbei ist sehr gewöhnlich, dass die ganzen und halben Abteilungen bevorzugt werden, was ich den Fehler der ungleichförmigen Schätzung nenne, und wovon ich Beispiele bez. der Rekrutenmaße und Schädelmaße in Kap. VII anführe. Solche Fehler können für die genaue Bestimmung der Elemente nachteilig sein, und es gilt daher dagegen auf der Hut zu sein und, wo solche vorliegen, sie durch eine angemessene Reduktion möglichst unschädlich zu machen, worüber künftig das Nähere. Bei der Menge der zu nehmenden Maße sind Versehen in der Maßnahme selbst oder deren Aufzeichnung nur zu leicht möglich, und es giebt vielleicht kein anderes Mittel, sie sicher zu vermeiden, als die Messungen zweimal unabhängig von einander vorzunehmen und dadurch zu kontrollieren, wie von mir bei Messung der Roggenähren geschehen; da aber die mühselige Arbeit dadurch verdoppelt wird, wird man sich schwerlich überall dazu verstehen. Noch schwerer ist es, Rechenversehen bei Verwertung einer großen Menge von Maßen für Bestimmung der Elemente und Bewährung der Gesetze zu vermeiden; und mindestens bezüglich jedes auffälligen oder wichtigen Resultates ist eine Kontrolle durch Wiederholung der Rechnung nicht zu ersparen.

Im allgemeinen giebt es zur Bestimmung der Elemente sichere und unsichere Wege, und natürlich sind die ersten an sich vorzuziehen; da aber überhaupt nur Approximationen an die idealen Werte der Elemente erreichbar sind, so kann es sein, dass ein kleiner Vorteil in dieser Hinsicht nicht gegen die Erleichterung in Betracht kommt, welche ein etwas minder sicherer Weg gewährt, und so kann aus praktischem Gesichtspunkte ein solcher doch vorzuziehen sein, wenn er genügt, ein Resultat, was man im Auge hat, noch mit zufriedenstellender Sicherheit zu konstatieren. Astronomische Genauigkeit und Sicherheit lässt sich nun einmal in diesem Falle nicht erzielen, und es kann sein, dass durch den vergeblichen Anspruch, eine solche doch erzielen zu wollen, eine Untersuchung überhaupt undurchführbar wird.

V. Gauss'sches Gesetz der zufälligen Abweichungen (Beobachtungsfehler) und dessen Verallgemeinerungen.

§ 24. Nachdem Gauss[1] das Grundgesetz der sog. Beobachtungsfehler, d. i. der zufälligen Abweichungen von Beobachtungsmitteln, nicht nur theoretisch aufgestellt hat, sondern auch dasselbe von Bessel[2] an astronomischen Daten empirisch bewährt worden ist, liess sich vermuten, dass es bloß gelte, dies Gesetz auf die zufälligen Abweichungen der Exemplare a eines K.-G. von ihrem arithmetischen Mittel A, also auf die Θ bezüglich dazu, zu übertragen, um dafür das Entsprechende wie für die Beobachtungsfehler zu haben, d. h. damit ein Gesetz zu haben, welches gestattet, nach empirischer Feststellung des arithmetischen Mittels und eines Hauptabweichungswertes bezüglich dazu, als wie der mittleren Abweichung $\varepsilon = \Sigma\Theta : m$, die ganze Verteilung eines K.-G. nach Maß und Zahl zu bestimmen, d. i. zu bestimmen, in welchem Verhältnisse zur Gesamtzahl m (vorausgesetzt, dass diese nicht zu klein ist) Exemplare in irgend welchen Größengrenzen der Abweichung vom Mittel vorkommen.

Da wir nun bei der Aufgabe, ein allgemeines Verteilungsgesetz für K.-G. zu finden, jedenfalls von dem Gauss'schen Gesetze (kurz G. G.) werden auszugehen, wiederholt darauf zurück zu kommen haben, und es in der That in gewisser Beschränkung für K.-G. annähernd zulänglich finden, nur schließlich einem allgemeineren Gesetze sich unterordnen werden sehen, so wird hier Einiges über dies

---

[1] [Theoria motus corporum coelestium, 1809. Lib. II, Sect. III. — Theoria combinationis observationum erroribus minimis obnoxiae; Commentationes societ. reg. Scient. Götting. rec. Vol. V. 1823.]

[2] [Fundamenta astronomiae, 1818; Sect. II.]

Gesetz vorauszuschicken sein. Fach-Astronomen und Physikern ist es zwar längst bekannt und geläufig, indem sie auf Grund desselben den bei Bestimmung eines Beobachtungsmittels gemachten wahrscheinlichen Fehler berechnen; aber ich habe hier auch andere Kreise der Leser und andere Verwendungsweisen des Gesetzes vorauszusetzen und gehe deshalb zunächst, anstatt von dem unpopulären Integralausdrucke des Gesetzes, von dem leicht verständlichen tabellarischen Ausdrucke aus, in den sich dasselbe übersetzen lässt und für die praktische Verwertung ohnehin überall übersetzt werden muss. Später (Kap. XVII) wird auf dasselbe im Ausgange von seinem Integralausdrucke zurückgekommen werden; für jetzt wird das Folgende genügen.

Was darin vom Gesetze ausgesagt wird, sind nur wesentliche Bestimmungen desselben in dem, § 4, besprochenen Sinne; denen man aber, insoweit überhaupt das Gesetz besteht, um so näher zu kommen erwarten darf, je mehr sich die Zahl der Werte und mithin Abweichungen, worauf es bezogen wird, vervielfältigt. Besprechen wir nun dasselbe gleich in seiner Anwendung auf Kollektivabweichungen. Nach der Konvention, § 10, kann der allgemeine Ausdruck Θ in Bezug auf A mit $\varDelta$, und ε mit η vertauscht werden; doch bleiben wir hier bei den allgemeinen Ausdrücken stehen.

§ 25. Der allgemeine Sinn des GAUSS'schen Gesetzes ist nach schon oben gemachter Andeutung der, unter Voraussetzung einer symmetrischen Wahrscheinlichkeit der Abweichungen bez. des arithmetischen Mittels A und eines großen, streng genommen unendlichen m, was der Ableitung des A zu Grunde liegt, die relative oder absolute Zahl der Abweichungen Θ und hiermit abweichenden a zu bestimmen, welche zwischen gegebenen Abweichungsgrenzen enthalten ist, mit Rücksicht, dass diese Bestimmung empirisch durch unausgeglichene Zufälligkeiten um so mehr alteriert werden kann, je kleiner das der Ableitung des A zu Grunde liegende m und hiermit das m dieser Abweichungen selbst ist.[1] Kurz das G. G. ist ein Verteilungsgesetz der Abweichungen und hiermit abweichenden a unter obigen Voraussetzungen.

---

[1] Es kann auch der Fall vorkommen, dass das A aus einem großen m abgeleitet ist, aber die Verteilungsverhältnisse nur für eine kleine Zahl von Abweichungen untersucht werden, doch abstrahiere ich hier von diesem uns wenig interessierenden, zusammengesetzten Fall.

Man habe also einen vielzahligen K.-G. vor sich, welcher den im vorigen Kapitel angegebenen Requisiten genügt, habe aus den, bemerktermaßen mit a zu bezeichnenden, Exemplaren das arithmetische Mittel $A = \Sigma a : m$ gezogen, habe die positiven und negativen Abweichungen $\pm \Theta$ aller einzelnen a von A genommen und aus der Gesamtheit der Θ ohne Rücksicht auf ihr Vorzeichen, d. i. aus ihren absoluten Werten, das Mittel $\varepsilon = \Sigma \Theta : m$ gezogen, so hat man darin nach schon früher gegebenen Erklärungen die sog. einfache mittlere Abweichung bez. A, die hier als mittlere Abweichung schlechthin gilt.

§ 26. Um nun die Anwendung des Gesetzes zuerst an seiner Aussage für einen bestimmten Fall zu erläutern, so soll die Zahl der Abweichungen gefunden werden, welche von A an, d. i. von $\Theta = 0$ bis zu einer Abweichungsgrenze $\Theta = 0{,}25\,\varepsilon$ reicht, oder, was sachlich dasselbe ist, welche von $\Theta : \varepsilon = 0$ bis $\Theta : \varepsilon = 0{,}25$ reicht, so findet sich diese Zahl nach einer Tabelle, in welche sich das G. G. übersetzen lässt, gleich 15,81 p. C. der Gesamtzahl m oder $= 0{,}1581\,m$, wobei vorausgesetzt ist, dass die Zahl nach beiden Seiten von A bis zur selben Grenze verfolgt und für beide Seiten zusammengezählt wird. Für jede andere Abweichungsgrenze als $\Theta : \varepsilon = 0{,}25$ giebt dieselbe Tabelle eine andere relative Abweichungszahl; aber erläutern wir zunächst die vorige Bestimmung an einem konkreten Beispiel.

Nehmen wir an, wir hätten 10000 Rekruten, hätten deren A und ε bestimmt, ersteres $= 71{,}7$ Zoll, letzteres $= 2{,}0$ Zoll gefunden (wie es nahehin für die Leipziger Studentenrekrutenmaße gilt), so würden unter Voraussetzung, dass das G. G. dafür gelte, 1581 Rekruten zwischen $A + 0{,}25\,\varepsilon$ einerseits und $A - 0{,}25\,\varepsilon$ andererseits, d. i. zwischen 71,2 und 72,2 Zoll fallen. Sei in demselben Sinne die Grenzabweichung Θ, bis zu der man von $\Theta = 0$ an zählt, gleich $0{,}5\,\varepsilon$ genommen, mithin $\Theta : \varepsilon = 0{,}5$, so wird nach der Tabelle des Gesetzes die Zahl der von $\Theta = 0$ bis dahin nach beiden Seiten zugleich reichenden Abweichungen und mithin abweichenden Werte a,

d. i. die Zahl zwischen 70,7 und 72,7 Zoll, 31,01 p. C. der Gesamtzahl oder 0.3101 m betragen. Und so wird es nach dem Gesetze eine entsprechende Bestimmung für jeden beliebigen Wert $\Theta:\varepsilon$ als Grenzwert, bis zu dem man von $\Theta:\varepsilon = 0$ an zählt, geben. Insofern sich aber doch nicht alle möglichen Werte $\Theta:\varepsilon$ mit den zugehörigen Prozent- oder Verhältniszahlen in die Tabelle des Gesetzes eintragen lassen, findet man in einer hinreichend ausgeführten Tabelle jene äquidistant und einander so nahe genommen, dass sich dazwischen interpolieren lässt. Die folgende Tabelle nun giebt sie freilich nicht in einer zur genauen Interpolation hinreichenden Nähe, wozu man sich an eine vollständigere Tabelle halten muss, aber doch für das Verständnis und die hier anzuknüpfenden Erörterungen genügend. Dabei bemerke ich, dass ich die Zahlen wie 0,1581 und 0.3101 kurz Verhältniszahlen nennen und mit Φ bezeichnen werde, und zwar mit $\Phi[\Theta:\varepsilon]$, wenn sie, wie in folgender Tabelle, als Funktionen von $\Theta:\varepsilon$ ausgedrückt sind. Durch Multiplikation der Verhältniszahl Φ mit der Totalzahl m, kurz durch $m\Phi$, erhält man die absolute Zahl von $\Theta:\varepsilon = 0$ bis zu gegebener Grenze $\Theta:\varepsilon$. Umgekehrt erhält man, wenn die absolute Zahl zwischen diesen Grenzen bekannt ist, die Verhältniszahl Φ durch Division der absoluten mit m.

§ 27. $\Phi[\Theta:\varepsilon]$-Tabelle oder kurz ε-Tabelle des Gauss-schen Gesetzes.

$\Theta:\varepsilon$	$\Phi[\Theta:\varepsilon]$	$\Theta:\varepsilon$	$\Phi[\Theta:\varepsilon]$
0,00	0,0000	2,75	0,9718
0,25	1581	3,00	9833
0,50	3101	3,25	9905
0,75	4504	3,50	9948
1,00	5751	3,75	9972
1,25	6814	4,00	9986
1,50	7686	4,25	9993
1,75	8374	4,50	9997
2,00	8895	4,75	9998
2,25	9274	5,00	9999
2,50	9539	5,25	1,0000

In dieser Tabelle sind angegebenermaßen die Verhältniszahlen Φ stets für den Ausgang von $\Theta : \varepsilon = 0$ bis zu einem gegebenen Grenzwerte $\Theta : \varepsilon$ bestimmt. Um aber Verhältniszahlen für Intervalle zwischen zwei verschiedenen $\Theta : \varepsilon$ im Laufe der Abweichungen von A zu erhalten, sagen wir zwischen $\Theta : \varepsilon = \alpha$ und $\Theta : \varepsilon = \beta$, braucht man bloß die Differenz der dazugehörigen Φ-Werte, also $\Phi[\beta] - \Phi[\alpha]$ zu nehmen, welche allgemein φ heißen möge, wonach z. B. laut voriger Tabelle zum Intervall zwischen $\Theta : \varepsilon = 0{,}25$ und $\Theta : \varepsilon = 1{,}00$ die mit $\varphi[1{,}00 - 0{,}25]$ zu bezeichnende Verhältniszahl $0{,}5751 - 0{,}1581 = 0{,}4170$ gehört. Folgende Tabelle enthält die φ-Werte für gleich große, sich unmittelbar aneinander anschließende Intervalle zwischen den aufeinanderfolgenden $\Theta : \varepsilon$ der vorigen ε-Tabelle vom Anfange herein.

φ-Tabelle des Gauss'schen Gesetzes.

Successive gleiche Intervalle zwischen $\Theta : \varepsilon$	φ	Successive gleiche Intervalle zwischen $\Theta : \varepsilon$	φ
0,00—0,25	0,1581	2,75—3.00	0,0115
0.25—0.50	1520	3.00—3.25	0072
0,50—0,75	1403	3.25—3.50	0043
0,75—1,00	1247	3.50—3.75	0024
1,00—1,25	1063	3.75—4,00	0014
1,25—1,50	0872	4.00—4.25	0007
1,50—1,75	0688	4.25—4.50	0004
1,75—2,00	0521	4.50—4.75	0001
2,00—2,25	0379	4.75—5.00	0001
2,25—2,50	0265	5,00—5,25	0001
2,50—2,75	0179		

Auch diese Zahlen φ sind mit der Gesamtzahl m zu multiplizieren, um die absoluten Zahlen für die betreffenden Intervalle zu erhalten.

Bezeichnet man die $\Theta : \varepsilon$ der Φ-Tabelle, welche immer von $\Theta : \varepsilon = 0$ als erster Grenze ausgehen, kurz als lim., so sieht man, dass innerhalb kleiner Werte von lim. die verhältnismäßigen Zahlen Φ den lim. fast proportional gehen; ja geht man nach einer vollständigeren Φ-Tabelle, als hier mitgeteilt ist, mit den lim. bis unter 0,25 herab, so findet eine noch größere Annäherung an die Proportionalität statt, die innerhalb unendlich kleiner Werte von lim. als genau angesehen werden kann; wogegen bei Aufsteigen zu großen Werten lim. die betreffende Proportionalität gänzlich fehl schlägt; und eine Folge davon ist, dass in der φ-Tabelle die Verhältniszahlen φ, welche den ersten der aufeinander folgenden gleichen Intervalle zwischen den lim. zugehören, fast gleich sind; hiergegen in um so stärkerem Verhältnisse, kurz um so rascher abnehmen, je weiter man vorgeht; wie denn für die gleich großen Intervalle der $\Theta:\varepsilon$ von 0 bis 0,25; 0,75 bis 1,0; 3,0 bis 3,25 u. s. w. die Werte φ resp. 0,1581; 0,1247; 0,0072 u. s. w. betragen.

§ 28. Zur Beurteilung der Gültigkeit und Anwendbarkeit des G. G. auf die Empirie ist darauf zurück zu kommen, dass demselben die Voraussetzung einer symmetrischen W. der beiderseitigen Abweichungen Θ bez. A zu Grunde liegt, der Art, dass unter Voraussetzung eines großen, streng genommen unendlichen m für jedes Θ auf positiver Seite ein gleich großes Θ auf negativer Seite zu erwarten ist; und die Verhältniszahlen Φ und φ sind als Ausdruck für die W. des Vorkommens der Exemplare bis zu gegebenen Grenzen ihrer Abweichung von A oder in gegebenen Intervallen dieser Abweichung anzusehen.

Dies schliesst nun schon bemerktermaßen nicht aus, dass trotz der prinzipiellen Gültigkeit des Gesetzes unter den von ihm vorausgesetzten Bedingungen mehr oder weniger große empirische Abweichungen von seinen Forderungen vorkommen, weil die Bedingung eines unendlichen m empirisch nicht zu erfüllen ist; und es können also Abweichungen von seinen Forderungen nur insofern gegen dasselbe geltend gemacht werden, als die Vergrößerung des m nichts hilft, diese Abweichungen dem Verschwinden näher zu bringen, kurz nur insofern, als sie nicht auf unausgeglichene Zufälligkeiten wegen Endlichkeit des m geschoben werden können, worüber es nicht an Anhaltspunkten fehlt, die an ihrem Orte zu besprechen sind. Aber gehen wir zunächst den Folgerungen des Gesetzes unter Voraussetzung seiner prinzipiellen Gültigkeit nach.

Im Vorigen ist angegeben, wie die Verhältniszahl Φ und absolute Zahl $m\Phi$ für beide Seiten zusammen von dem Werte $\pm\Theta:\varepsilon$ abhängt, bis zu dem man sie nach beiden Seiten verfolgt. Geschieht dies bloß nach einer Seite, so wird nach der vorausgesetzten symmetrischen W. die absolute Zahl bis zu gegebenen Grenzen jederseits halb so groß anzunehmen sein, als wenn sie für beide Seiten bis zu derselben Abweichungsgrenze verfolgt wäre. Indem aber auch die Totalzahl beider Seiten zusammen bei großem, streng genommen unendlichem m sich nach derselben symmetrischen W. auf $\frac{1}{2}m$ reduziert, bleiben die, nach dem G. G. zu berechnenden, Verhältniszahlen jeder Seite, resp. Φ' und $\Phi_{,}$, gleich mit der totalen Verhältniszahl Φ, wogegen die einseitigen absoluten Zahlen $\frac{1}{2}m\Phi'$ und $\frac{1}{2}m\Phi_{,}$ nach dem G. G. für halb so groß anzunehmen sind als die beiderseitige Zahl $m\Phi$ bis zur selben Grenze $\pm\Theta$.

Empirisch freilich trifft die Gleichheit der beiderseitigen absoluten Zahlen bis zur selben Grenze wegen unausgeglichener Zufälligkeiten nicht zu; aber das G. G. abstrahiert eben von diesen Zufälligkeiten und setzt den Fall voraus, dass der Unterschied $m' - m_{,} = u$ gegen m verschwindet. Es würde also auch unrecht sein, wenn man ε für die Berechnung von Φ' gleich $\Sigma\Theta' : m'$ und für die von $\Phi_{,}$ gleich $\Sigma\Theta_{,} : m_{,}$ nähme, sondern für Φ' und $\Phi_{,}$ muss ebenso als für Φ der aus der Totalität zu berechnende Wert $\varepsilon = \Sigma\Theta : m$ dienen, da man sonst der Voraussetzung symmetrischer W., welche dem G. G. zu Grunde liegt, widersprechend auf beiden Seiten bis zu denselben Abweichungsgrenzen verschiedene Abweichungszahlen erhalten würde. Auch hat Quetelet bei seinen Vergleichstabellen zwichen Rechnung nach dem G. G. und Beobachtung dies nicht anders gefasst. Anders freilich, wo eine asymmetrische W. der Abweichungen bez. Δ besteht, wie es thatsächlich bei Kollektivabweichungen der Fall ist, wo das G. G. überhaupt nur mit einer weiterhin zu besprechenden Modifikation anwendbar ist; aber vor allem gilt es doch, vom rein gefassten G. G. selbst auszugehen, und so verfolgen wir dessen Konsequenzen noch weiter.

Aus der voraussetzlichen symmetrischen W. der Θ bez. Δ folgt nun weiter unmittelbar, dass der Zentralwert C, bez. dessen die

Zahl der beiderseitigen Abweichungen gleich ist, wesentlich mit dem arithmetischen Mittel A, bez. dessen die **Summe** der beiderseitigen Abweichungen gleich ist, zusammenfällt, d. h. dass beide nur durch unausgeglichene Zufälligkeiten von einander abweichen können. Denn wenn nach symmetrischer W. für jedes positive Θ einerseits ein gleich großes Θ andererseits zu erwarten ist, so muss mit gleicher Summe auch gleiche Zahl der Abweichungen nach beiden Seiten zu erwarten sein. Es ist aber die Forderung, dass vermöge symmetrischer W. der Unterschied $u = \pm (m' - m)$ zwischen der Zahl der positiven und negativen Abweichungen mit wachsendem m mehr und mehr verschwinde, nicht auf die absolute Größe von u, sondern sein Verhältnis zur Totalzahl m, d. i. $u : m$ zu beziehen, weil u selbst nach bekannten Gesetzen des Zufalles bei vergrößertem m im Verhältnisse von $\sqrt{m}$ wächst, dieser Wert aber gegen m um so mehr verschwindet, je größer m ist, und bei unendlichem m ganz verschwindet. Auch bleibt bei dem absoluten Wachstume von u im Verhältnisse von $\sqrt{m}$ die Richtung des Unterschiedes an sich unbestimmt.

Dass unter Voraussetzung der Gültigkeit des G. G. auch der dichteste Wert D wesentlich mit A zusammenfällt, folgt nach dem Anblicke der φ-Tabelle daraus, dass die Zahl der Abweichungen und mithin abweichenden Werte a nach beiden Seiten für gleiche Intervalle um so größer ist, je näher die Intervalle dem A kommen, am größten also in den an A selbst grenzenden und dasselbe zwischen sich fassenden Intervallen, wie klein man diese auch nehme.

§ 29. Hiernach noch die Bemerkung, dass die Tabelle des G. G. nicht daran gebunden ist, die Grenzen, zwischen denen Φ zu bestimmen, als Funktionen des einfachen Mittelfehlers auszudrücken. In den gebräuchlichen Tabellen ist aus formellen Gründen statt $\Theta : \varepsilon$ vielmehr $\Theta : \varepsilon\sqrt{\pi}$ oder $\Theta : w$[1] gewählt, was andere Tabellen giebt als die obige, von mir kurz als ε-Tabelle bezeichnete, und auch wir werden uns aus gleich anzugebenden Gründen in den künftig zu machenden Anwendungen vielmehr an eine Tabelle mit Bezug auf

---

[1] [Eine solche, auf den wahrscheinlichen Fehler w bezogene Tabelle findet sich am Schlusse des Berliner Astronom. Jahrbuches für 1834 herausgeg. von Encke als Tafel II; auszugsweise wird sie in § 108 mitgeteilt.]

$\Theta : \varepsilon\sqrt{\pi}$ als die obige bez. $\Theta : \varepsilon$ halten; und da man $\Theta : \varepsilon\sqrt{\pi}$ gewöhnlich mit t bezeichnet, so werde ich eine solche, auf t bezogene Tabelle kurz die t-Tabelle nennen und eine ausgeführte t-Tabelle im Anhang § 183 mitteilen. Vom Anfange herein gestaltet sie sich für einen Auszug daraus so:

t	$\Phi(t)$
0,00	0,0000
0,25	0,2763
0,50	0,5205
0,75	0,7112

u. s. w.

Ubrigens ist eine solche Tabelle ganz entsprechend als die ε-Tabelle zu benutzen, wie am obigen Beispiel zu erläutern, wo $A = 71,7$, $\varepsilon = 2,0$ Zoll angenommen ist. Vor allem hat man ε mit $\sqrt{\pi}$, d. i. 1,77245 zu multiplizieren, giebt 3,5449 und wird nun nach der t-Tabelle z. B. die Zahl der Θ und mithin a, die zwischen $A + 0,25 \cdot 3,5449$ und $A - 0,25 \cdot 3,5449$, d. i. zwischen $71,7 + 0,25 \cdot 3,5449$ und $71,7 - 0,25 \cdot 3,5449$, kurz zwischen 72,5862 und 70,8138 enthalten ist, $= 0,2763\,m$ finden.

Der Grund, uns künftig nicht an die ε-Tabelle zu halten, was doch am einfachsten schiene, ist der, dass eine ε-Tabelle in entsprechender Ausführung als die t-Tabelle bisher noch gar nicht vorliegt, und daher nur einfachster Erläuterung halber von der ε-Tabelle der Ausgang genommen wurde, welche übrigens, wenn sie ausgeführt vorläge, nur den Vorteil böte, die Multiplikation von ε mit $\sqrt{\pi}$ überall zu ersparen.

Eine ausgeführte t-Tabelle aber findet sich an verschiedenen Orten, z. B. am Schlusse des Berliner Astronom. Jahrbuches für 1834 und in Quetelet's Lettres sur la théorie des probab. p. 389 flg., beidesfalls bloß bis $t = 2,00$ ausgeführt. Eine, mir zu Gebote stehende, lithographierte Tabelle, die aber nicht mehr im Buchhandel ist, giebt die Ausführung bis $t = 3,00$ mit 7 Dezimalen für Φ[1]. Die obige

---

[1] [Eine entsprechende Tabelle von gleicher Ausdehnung findet sich bei A. Meyer, Vorlesungen über Wahrscheinlichkeitsrechnung (deutsch bearbeitet von

ϵ-Tabelle aber ist von mir durch Interpolation mit zweiten Differenzen aus der t-Tabelle, so weit diese reicht, erhalten und für noch höhere Werte direkt berechnet worden.

§ 30. Hiernach komme ich zu den Gründen, welche Anlass sind, bei Kollektivabweichungen über das einfache G. G., wie es bisher erläutert worden ist, hinauszugehen.

Von Gauss selbst ist das Gesetz nicht für Kollektivabweichungen, als Abweichungen der einzelnen Exemplargrößen a von ihrem arithmetischen Mittel, sondern bemerkter- und bekanntermaßen für Beobachtungsfehler, als Abweichungen der einzelnen Beobachtungswerte eines Gegenstandes von ihrem arithmetischen Mittel aufgestellt; und an sich ist nichts weniger als selbstverständlich, dass eine Übertragbarkeit des Gesetzes von letzteren auf erstere stattfinde. In der That ist es doch von vornherein etwas sehr Anderes, Abweichungen vor sich zu haben, die wegen mangelnder Schärfe der Messinstrumente oder Sinne und zufälliger äußeren Störungen bei wiederholter Messung eines einzelnen Gegenstandes vom arithmetischen Mittel der Maße erhalten werden, und Abweichungen, welche die vielen Exemplare eines K.-G. von ihrem arithmetischen Mittel aus Gründen darbieten, welche in der Natur der Gegenstände selbst und der sie beeinflussenden äußeren Umstände gelegen sind. Es ließ sich also auch durchaus nicht a priori voraussagen, dass die Natur in diesen Abweichungen vom Mittel das Gesetz der Beobachtungsfehler befolgt, sondern galt erst, eine direkte Prüfung desselben an K.-G. selbst vorzunehmen.

Inzwischen, da man von vornherein leicht wahrnahm, dass bei

Czuber, Leipzig 1879, S. 545—549, wo t durch y ersetzt ist. Auf Grund derselben hat Kämpfe die im Anhang § 183 mitgeteilte, in den Philosophischen Studien herausgeg. von Wundt, Band IX, S. 147—150, zuerst publizierte Tabelle berechnet, in welcher die Funktionswerte Φ auf 4 Dezimalen abgekürzt, die Argumente t resp. y jedoch zwischen den Grenzen 0 und 1,51 auf 3 Dezimalstellen erweitert sind. Eine Tabelle von entsprechender Ausdehnung mit fünfstelligen Funktionswerten findet man gleichfalls im Anhang. — Die erste Tabelle dieser Art, auf welche wohl die genannten Tabellen als Quelle zurückzuführen sind, hat Kramp berechnet, der die Integrale über exp $-t^2\,dt$ von endlichen Werten t bis $t = \infty$ und die Logarithmen dieser Integrale giebt. Siehe: »Analyse des réfractions astronomiques et terrestres«; par le citoyen Kramp, Strasbourg, l'an VII, p. 195—206.

großem m ebenso bei Kollektivabweichungen bez. Δ als Beobachtungsfehlern die Zahl der Abweichungen z für einen Wert in einem mittleren Teile der Verteilungstafel ein Maximum ist, von da an aber nach den Extremen zu um so regelmäßiger abnimmt, je größer m ist, außerdem kein anderes Gesetz als das GAUSS'sche vorlag, an das man bei Aufsuchung eines Verteilungsgesetzes für K.-G. denken konnte, war es natürlich, dass man vor allem dieses der Prüfung unterzog. Und zwar sind Rekrutenmaße der erste Gegenstand gewesen und (mit Einschluss von Brustumfang und Lungenkapazität der Rekruten) bisher seitens anderer der einzige geblieben, an denen das Gesetz versucht worden ist.

Diese mehrseitig (von QUETELET, BODIO, GOULD, ELLIOTT und vielleicht noch anderen)[1] vorgenommene Prüfung an Rekrutenmaßen verschiedener Länder schien nun zunächst überall eine Bestätigung des Gesetzes zu ergeben, indem die Abweichungen von den Forderungen des Gesetzes klein genug erschienen, um nur als unwesentlich im angegebenen Sinne zu gelten; und eine angenäherte Gültigkeit besitzt das G. G. jedenfalls für Rekrutenmaße, nur keine so weitgehende, als man bisher geglaubt hat, annehmen zu können, wie ich mich teils durch kritische Revison der bisher darüber geführten Untersuchungen, teils durch eigene Untersuchung selbstbeschaffter vielzahliger Rekrutenmaßtafeln überzeugt habe, wogegen es andere K.-G. giebt, bei denen das einfache G. G. gänzlich fehlschlägt, indes sie doch einer Verallgemeinerung dieses Gesetzes genügen.

In der That aber lassen sich nach meinen erweiterten Erfahrungen folgende zwei Gesichtspunkte angeben, welche es überhaupt von vornherein unmöglich erscheinen lassen, dem einfachen G. G. eine allgemeine Gültigkeit für K.-G. zuzugestehen. Der erste ist dieser[2]:

§ 31. Sollte das G. G. auf Kollektivabweichungen allgemein anwendbar sein, so müssten sich die Folgerungen, die aus der bei demselben vorausgesetzten symmetrischen W. der Abweichungen bez. A hervorgehen, allgemein bestätigen, was nicht der Fall ist, und wenn bei Rekrutenmaßen und nicht wenigen anderen Gegenständen man bei oberflächlicher Untersuchung unsicher bleiben könnte, ob nicht unausgeglichene Zufälligkeiten oder mangelnde Erfüllung der Requisiten Schuld daran sei, entziehen sich doch andere Gegenstände dieser Vermutung zu entschieden, als dass man wesentliche Symmetrie der Abweichungen bezüglich A als allgemeinen Charakter der K.-G. ansehen könnte. In der That hat schon QUETELET in seinen »Lettres sur la théorie des probabilités« p. 166 bemerkt, dass bei manchen K.-G. der Unterschied der extremen Abweichungen U', $U_,$ beider Seiten bez. A konstanter und gesetzlicher positiv, bei anderen negativ ist, als mit symmetrischer Wahrscheinlichkeit verträglich ist; und ich selbst habe noch vor Kenntnis seiner Untersuchungen hierüber in betreff einer anderen Forderung der symmetrischen W. konstatiert, dass bei manchen K.-G. die Abweichungszahlen bez. A, d. i. m' und $m_,$, nicht nur konstanter und gesetzlicher, sondern auch weiter, als durch unausgeglichene Zufälligkeiten erklärlich ist, von einander abweichen. Dabei hat sich sowohl nach QUETELET's als meiner Erfahrung gezeigt, dass je nach Art der K.-G. die Abweichung zwischen U' und $U_,$ oder die Abweichung zwischen m' und $m_,$ diese oder jene Richtung einhält; also während sie der Größe nach den Wert übersteigt, der wegen unausgeglichener Zufälligkeiten erwartet werden könnte, zugleich der Richtung nach charakteristisch für die eine oder andere Art von K.-G. ist.

---

[1] [BODIO, La taille des recrues en Italie; Ann. de démographie intern. Paris 1878. GOULD, Investigations on the military and anthropological statistics of American soldiers. United States Sanitory Comission memoirs. New-York 1869. ELLIOTT, On the military statistics of the United States of America. Berlin 1863.]

[2] [Den zweiten s. § 34 und 35.]

Nun bezeichne ich es als Asymmetrie überhaupt, wenn eine Abweichung zwischen U' und $U_,$ oder m' und $m_,$ besteht; aber da eine solche wegen unausgeglichener Zufälligkeiten nicht leicht fehlen wird, so ist wesentliche Asymmetrie als solche, welche nicht von unausgeglichenen Zufälligkeiten abhängig gemacht werden kann, von unwesentlicher oder zufälliger Asymmetrie als solcher, welche davon abhängig gemacht werden kann, zu unterscheiden.

Empirisch mischt sich die wesentliche Asymmetrie, auch wo solche besteht, immer mit zufälliger, weil man doch immer mit endlichem m, wovon solche abhängt, zu thun hat, aber da der von wesentlicher

Asymmetrie abhängige Unterschied im Verhältnisse von m, der von zufälliger abhängige bloß im Verhältnisse von $\sqrt{m}$ wächst, so verschwindet letzterer Wert gegen ersteren um so mehr, je mehr m wächst, und treten die von wesentlicher Asymmetrie abhängigen Bestimmungen um so reiner hervor, je größer m ist, und kann es selbst als Merkmal wesentlicher Asymmetrie angesehen werden, wenn der bei großem m gefundene Unterschied zwischen I' und $I_,$, oder m' und $m_,$, bei weiterer Vergrößerung dieselbe Richtung behält. Auf andere Merkmale aber werden wir später[1]) kommen, welche es unzweifelhaft erscheinen lassen, dass man im Gebiete der K.-G. nicht überall mit der Annahme bloß zufälliger Asymmetrie auskommt.

§ 32. Nun tritt zunächst folgende Alternative auf.

1) Es ließe sich denken, dass in der Asymmetrie, auch wo sie als wesentlich anzuerkennen, nur eine Störung des G. G. je nach der Art der K.-G. im einen oder anderen Sinne zu sehen sei, die sich selbst keinem bestimmten, mathematisch formulierbaren Gesetze füge.

2) Es ließe sich denken, dass die wesentliche Gültigkeit des G. G. für Kollektivabweichungen vom arithmetischen Mittel doch die Regel bleibe, die Fälle aber, wo es nicht anwendbar sei, als Ausnahmen anzusehen, welche entweder unter den Fall 1) treten oder einem zwar angebbaren, aber nur ausnahmsweise gültigen, anderen Gesetze als dem Gauss'schen unterliegen.

3) Da die Abweichung zwischen I' und $I_,$, sowie zwischen m' und $m_,$ bei gegebenem m, insoweit sie von wesentlicher Asymmetrie abhängt, je nach Art der K.-G. verschiedene Größe und hiermit die wesentliche Asymmetrie verschiedene Grade annehmen kann, so lässt sich die wesentliche Symmetrie, wo eine solche vorkommt, als der besondere Fall des alle möglichen Grade umfassenden allgemeinen Falles der Asymmetrie ansehen, wo der Grad derselben auf Null herabkommt, und ließe sich denken, dass im Gebiete der K.-G. die wesentliche Asymmetrie den allgemeinen Fall in seinen verschiedenen Graden vorstelle, die wesentliche Symmetrie aber eben nur einen besonderen Fall, der, wenn er überhaupt in aller Strenge vorkommt,

---

[1] [Vergl. insbesondere Kap. XII »Gründe für wesentliche Asymmetrie«.]

nur als Ausnahmefall zu betrachten ist, sofern unter den unendlich verschiedenen möglichen Graden der Asymmetrie das völlige Verschwinden eine unendlich geringe W. hat, was nicht ausschließt, dass die schwächeren Grade der Asymmetrie, welche empirisch leicht mit einer nur durch unausgeglichene Zufälligkeiten gestörten, wesentlichen Symmetrie verwechselt werden können, häufiger sind als die stärkeren, welche sich der Möglichkeit einer solchen Verwechselung entziehen. In Beziehung zu dieser Auffassung aber ließe sich denken, dass es auch ein für den allgemeinen Fall gültiges allgemeines Gesetz gebe, welches das G. G. nur als den besonderen Fall unter sich fasst, dass die asymmetrische W. in symmetrische übergeht.

Welche von diesen drei Möglichkeiten, und namentlich ob eine von den beiden ersten, die nur Modifikationen von einander sind, oder die dritte die richtigere sei, ließ sich nun nicht ohne weiteres entscheiden, sondern es gehörte dazu einmal die Entscheidung der Frage, ob eine Verallgemeinerung des G. G. für den Fall wesentlicher Asymmetrie nach denselben Prinzipien, nach denen es für den besonderen Fall der wesentlichen Symmetrie abgeleitet ist, wirklich möglich sei, zweitens ob die zur empirischen Prüfung geeigneten K.-G., wofür die Requisiten im vorhergehenden Kapitel besonders angegeben sind, sich dem so ableitbaren Gesetze wirklich fügen. Ich habe die Untersuchung nach beiden Seiten angestellt, und beide Fragen haben sich in guter Zusammenstimmung zu Gunsten des dritten Falles der Alternative bejahen lassen. Aber dazu gehört freilich eine Ausführung theoretischer und empirischer Untersuchungen, die sich nicht auf einmal und in kurzem geben lässt, sondern folgenden Kapiteln vorbehalten bleibt, und nur vorgreiflich bemerke ich, dass das Fundamentale der theoretischen Untersuchungen im XIX. Kapitel, die durch die Empirie gebotenen Gründe, dass das Vorhandensein wesentlicher Asymmetrie wirklich als der allgemeine Fall im Gebiete der K.-G. anzusehen sei, im XII. Kapitel enthalten sind. Zunächst aber dürfte es ein Interesse haben, wenn ich die wesentlichsten Bestimmungen der Verallgemeinerung des G. G. von symmetrischer auf asymmetrische W., hiermit von symmetrischer auf asymmetrische Verteilung bei großem m, zu welchen mich die

Verbindung von Theorie und Empirie geführt hat, hier vorläufig beweislos zusammenstelle, und zwar führe ich diese Bestimmungen wegen mehrfach darauf zu nehmenden Rückbezuges als Spezialgesetze der asymmetrischen W. oder Verteilung unter besonderen Bezeichnungen, wie folgt, auf, Gesetze, bei denen man sich begnügen kann, solange nicht eine beträchtliche verhältnismäßige Schwankung der K.-G. in dem (§ 9 S. 19) besprochenen Sinne Anlass giebt, eine weitere Verallgemeinerung in Rücksicht zu ziehen, von welcher nachher die Rede sein wird, die aber nicht zu einer Verwerfung, sondern zur Verschärfung der folgenden Gesetze führt.

§ 33. Von diesen Spezialgesetzen sind die wichtigsten die ersten drei, welche zwar hier besonders aufgestellt werden, aber aus den mathematischen Grundvoraussetzungen der kollektiven Asymmetrie in solidarischem Zusammenhange folgen, wie im XIX. Kapitel zu zeigen. Die übrigen sind teils unmittelbar einleuchtende Korollare derselben, teils mathematisch aus denselben zu folgern, wie ebenfalls später darzuthun.

Spezialgesetze wesentlich asymmetrischer Verteilung für K.-G. bei nicht zu starker verhältnismäßiger Schwankung derselben.

1 **Ausgangsgesetz.** Die Abweichungen sind statt vom arithmetischen Mittel A von dem im Falle wesentlicher Asymmetrie auch wesentlich von A abweichenden dichtesten Werte D zu rechnen, um überhaupt zu einer unter eine einfache Regel fassbaren und der Erfahrung entsprechenden Verteilung zu gelangen, eine Regel, die für den Fall, dass die wesentliche Asymmetrie verschwindet, wo D wesentlich mit A zusammenfällt, auf die Regel des G. G. zurückführt.

2) **Zweispaltiges GAUSS'sches Gesetz.** Die Verteilung der Abweichungen bez. D befolgt, kurz gesagt, nach jeder beider Seiten insbesondere dieselbe Regel, als bei symmetrischer W. bez. A für beide Seiten gemeinschaftlich befolgt wird. Es tritt nur dabei an die Stelle von m, Θ, $\varepsilon = \Sigma\Theta : m$ bez. A positiverseits m', Θ', $\varepsilon' = \Sigma\Theta' : m'$, negativerseits $m_{,}$, $\Theta_{,}$ $\varepsilon_{,} = \Sigma\Theta_{,} : m_{,}$ bez. D; mit dieser

Rücksicht sind noch dieselben Tabellen, die ε-Tabelle und t-Tabelle, für die Verteilungsrechnung nach jeder Seite insbesondere brauchbar, als für Berechnung nach dem G. G. bei symmetrischer W. bez. A gemeinsam für beide Seiten anzuwenden wären. Ersetzen wir nun im Sinne der § 10 getroffenen Konvention die allgemeinen Bezeichnungen m', $m_,$, $\Sigma\Theta'$, $\Sigma\Theta_,$, ε', $\varepsilon_,$, die bez. beliebiger Hauptwerte gelten, durch m', $m_,$, $\Sigma\partial'$, $\Sigma\partial_,$, e', $e_,$, sofern es sich um Beziehung zu D handelt, so gehen damit auch die positiven und negativen verhältnismäßigen Abweichungszahlen Φ' und $\Phi_,$, sowie absoluten Zahlen $\Phi'm'$ und $\Phi_,m_,$, desgleichen q' und $q_,$, $q'm'$ und $q_,m_,$ jederseits in Funktionen dieser Bezeichnungen über.

3) Proportionsgesetz. Die beiderseitigen Abweichungszahlen m', $m_,$ bez. des dichtesten Wertes verhalten sich wie die einfachen mittleren Abweichungen e', $e_,$, d. i. wie $\Sigma\partial' : m'$ und $\Sigma\partial_, : m_,$ bez. D, mithin

$$m' : m_, = e' : e_, = \frac{\Sigma\partial'}{m'} : \frac{\Sigma\partial_,}{m_,},$$

wovon folgendes Korollare sind.

a) Die Quadrate der beiderseitigen Abweichungszahlen, d. i. m'^2, $m_,^2$ verhalten sich wie die beiderseitigen Abweichungssummen $\Sigma\partial'$, $\Sigma\partial_,$, also:

$$m'^2 : m_,^2 = \Sigma\partial' : \Sigma\partial_,.$$

b) Der dichteste Wert D kann selbst als der Wert bestimmt werden, dessen beiderseitigen Abweichungszahlen und mittleren Abweichungen dem Proportionsgesetze genügen. Ja ich halte dies, allgemein gesprochen, für seine zwar nicht bequemste, aber genaueste Bestimmungsweise und gebe später (Kapitel XI) an, wie sie auszuführen ist. Kürze halber mag sie die proportionale heissen und das so bestimmte D, wenn es gilt, auf diese Bestimmungsweise ausdrücklich hinzuweisen, mit D_p bezeichnet werden. Dies D_p kann man dann mit dem empirisch direkt bestimmten D, d. i. dem Werte, auf den das Maximum der Zahl z in einer Verteilungstafel fällt, vergleichen, und daraus, dass es doch nur in den Grenzen der zuzugestehenden Unsicherheit davon abweicht, einen der Beweise für die Triftigkeit unserer asymmetrischen Gesetzlichkeit finden.

4) **Die Abstandsgesetze.** Die Abstände zwischen den drei Hauptwerten bestimmen sich so. Sei m'' die Gesamtzahl, $\Sigma\partial''$ die Gesamtsumme, $\varepsilon'' = \Sigma\partial'' : m''$ das Mittel der mit C oder A (je nachdem man den Abstand des C oder A von D sucht) *gleichseitigen* Abweichungen bez. D, d. h. welche nach derselben Seite von D abgehen, nach welcher C oder A davon abliegt, mag dies die positive oder negative Seite sein, indes der Index von zwei Strichelchen unten die entsprechende Bedeutung für die ungleichseitigen Werte haben mag, so findet sich nach § 131:

$$C - D = t''\varepsilon''\sqrt{\pi},$$

worin t'' den Wert von t bedeutet, der in der Tabelle der t zu

$$\Phi = \frac{m'' - m_{''}}{2m''},$$

kurz zu Φ'' gehört. Ferner:

$$A - D = \frac{\Sigma\partial'' - \Sigma\partial_{''}}{m}$$

ein Wert, der nach dem Proportionalgesetze mit $2\Phi''\varepsilon''$ übereinkommt, wie in § 131 zu zeigen, wonach man auch setzen kann:

$$A - D = 2\Phi''\varepsilon'' = \frac{(m'' - m_{''})\varepsilon''}{m''}.$$

Hiernach ist $A - C$ als Differenz der beiden vorigen Abstände:

$$A - C = A - D - (C - D) = (2\Phi'' - t''\sqrt{\pi})\varepsilon'',$$

worin Φ'' und t'' in angegebener Weise bestimmt sind.

5) **Die π-Gesetze.** Für den in der Regel stattfindenden Fall, dass der Abstand des C von D ein kleines (streng genommen unendlich kleines) Verhältnis zur mittleren Abweichung ε' oder $\varepsilon_{,}$ der Seite, nach welcher C von D abliegt, kurz zu ε'' hat, hat man merklich:

$$\frac{C - D}{A - D}, \text{ kurz } p = \frac{\pi}{4} = 0{,}78540 \quad (\log = 0{,}89509 - 1)$$

$$\frac{A - C}{A - D} = \frac{4 - \pi}{4} = 0{,}21460 \quad (\log = 0{,}33163 - 1)$$

$$\frac{C - D}{A - C} = \frac{\pi}{4 - \pi} = 3{,}65979 \quad (\log = 0{,}56346 \quad)$$

Abgesehen von unausgeglichenen Zufälligkeiten und Abnormitäten, deren in Kap. IV gedacht ist, wodurch diese Verhältnisse, wie alle hier aufgestellten Gesetze alteriert werden können, würden diese Verhältnisse streng gelten, wenn $(C-D)^2 : 3\pi e''^2$ gegen 1 völlig vernachlässigt werden könnte, überhaupt also $C-D$ klein gegen e'' ist. Insofern aber dies Verschwinden doch nie vollständig stattfindet, sind den obigen π-Funktionen von D, C, A resp. eigentlich zu substituieren:

$$\frac{\pi}{4}\xi;\quad \frac{4-\pi\xi}{4};\quad \frac{\pi\xi}{4-\pi\xi},$$

worin ξ ein positiver Wert ist, welcher 1 in kleinem Verhältnisse übersteigt.

Die theoretisch ableitbare Bedingung, dass unter Voraussetzung verhältnismäßiger Kleinheit von $C-D$ gegen e'' der Wert

$$p=\frac{C-D}{A-D}$$

approximativ $= \frac{1}{4}\pi = 0{,}78540$ sein muss, gehört bei der Allgemeinheit, in der er sich empirisch wiederfindet, zu den schlagendsten Bewährungen unserer asymmetrischen Verteilungsgesetze, und der Wert p wird daher künftig in den Tafeln der Elemente der von mir behandelten Gegenstände besonders angegeben werden, um sich von der Approximation desselben an $\frac{1}{4}\pi$ zu überzeugen. Eine genaue Übereinstimmung damit ist prinzipiell nicht zu fordern, der Theorie nach sollte er, wie oben bemerkt, um eine Kleinigkeit größer als $\frac{1}{4}\pi$ aus den Versuchen hervorgehen, aber dies kleine theoretische Übergewicht kann leicht durch unausgeglichene Zufälligkeiten überboten werden, und so hat er sich (nach möglichst genauer proportionaler Bestimmung von D als D_p) in den aus den verschiedensten Gebieten entnommenen K.-G., die sich in Bezug auf die Gültigkeit vorstehender Gesetze untersuchen ließen (Schädelmaßen, Rekrutenmaßen, botanischen, meteorologischen Maßen), bei den verschiedensten Reduktionsstufen und Reduktionslagen der Verteilungstafeln zwischen 0,6 und 0,9 gefunden.

Statt sich an p zu halten, könnte man sich auch an die beiden anderen π-Funktionen halten, nur dass wegen des kleineren Verhältnisses, was $A - C$ gegen $C - D$ und vollends gegen $A - D$ hat, diese anderen Funktionen in stärkerem Verhältnisse von unausgeglichenen Zufälligkeiten affiziert werden können.

Aus der dritten π-Gleichung, wonach

$$\frac{C - D}{A - C} = 3{,}66,$$

lässt sich ein sehr einfacher Weg ableiten, D approximativ noch auf einem anderen Wege als direkt empirisch oder proportional zu bestimmen, welcher darin besteht, dass, nachdem man A und C bestimmt hat, man den Abstand des gesuchten D von C 3,66 mal so groß nimmt, als der Abstand des A von C gefunden ist. In Kürze mögen wir den so bestimmten D-Wert als D_a bezeichnen. — Inzwischen ist diese Bestimmung zu unsicher, um ihr überhaupt Wert beizulegen; zumal außer der mühsamen Bestimmung des D als D_r noch ein anderer verhältnismäßig einfacher Weg sehr approximativer Bestimmung als sog. D_t zu Gebote steht, wovon in Kap. XI. die Rede sein wird.

Um statt bloß approximativer, genaue Bestimmungen der drei Abstandsverhältnisse zu erhalten, hat man auf die genauen Werte der drei Abstände selbst zurückzugehen, welche unter den Abstandsgesetzen angeführt sind, wonach:

$$\frac{C - D}{A - D} = \frac{m'' t'' \sqrt{\pi}}{m'' - m_{,,}} = \frac{t'' \sqrt{\pi}}{2\, \Phi''};$$

$$\frac{C - D}{A - C} = \frac{t'' \sqrt{\pi}}{2\, \Phi'' - t'' \sqrt{\pi}};$$

$$\frac{A - C}{A - D} = \frac{2\, \Phi'' - t'' \sqrt{\pi}}{2\, \Phi''} = 1 - \frac{t'' \sqrt{\pi}}{2\, \Phi''}.$$

Diese Verhältnisse haben zwei Grenzwerte, zwischen welchen sie sich halten, wovon der erste dem Falle $m'' = m_{,,}$, d. i. dem Falle verschwindender Asymmetrie, wo $\xi = 1$, entspricht; der zweite dem Falle, wo $m_{,,}$ gegen m'' verschwindend klein, mithin $= 0$ gesetzt werden kann. Dies giebt für

	1. Grenze:	2. Grenze:
$\frac{C-D}{A-D}=p$	0,78540	0,84535
$\frac{A-C}{A-D}$	0,21460	0,15465
$\frac{C-D}{A-C}$	3,65979	5,46609.

Der Wert p kann also normaler Weise überhaupt nicht unter 0,78540 fallen und nicht über 0,84535 steigen.

6) **Lagengesetz.** Der Zentralwert C und das arithmetische Mittel A liegen nach derselben Seite vom dichtesten Werte D ab, und zwar so, dass C zwischen A und D fällt (s. § 134).

7) **Umkehrgesetz.** Die Asymmetrie der Abweichungen bez. D hat das entgegengesetzte Vorzeichen als die der Abweichungen bez. A, d. i., wenn $m'-m_,$ bez. A (d. i. $\mu'-\mu_,$) positiv ist, so ist $m'-m_,$ bez. D (d. i. $m'-m_,$) negativ, und umgekehrt (s. § 134). Ferner hat der Unterschied zwischen den extremen Abweichungen bez. A, d. i. $U'-U_,$, das entgegengesetzte Vorzeichen als der Unterschied zwischen den Abweichungszahlen, d. i. $u=\mu'-\mu_,$ (s. § 142).

8) **Die Extremgesetze.** [Ist die Anzahl der oberhalb resp. unterhalb D liegenden Abweichungen gleich m' resp. $m_,$) besteht die Wahrscheinlichkeit:

$$\frac{2m'}{\sqrt{\pi}}\Phi(t')^{m'-1}\exp(-t'^2)dt'$$

dafür, dass:

$$U'=t'e'\sqrt{\pi}$$

den extremen Wert der oberen Abweichungen dartselle. Entsprechend ist die W. dafür, dass:

$$U_,=t_,e_,\sqrt{\pi}$$

das Extrem der unteren Abweichungen sei, gleich:

$$\frac{2m_,}{\sqrt{\pi}}\Phi(t_,)^{m_,-1}\exp(-t_,^2)dt_,.$$

Hiernach ist der wahrscheinliche Wert der oberen resp. unteren extremen Abweichung gleich:

$$U' = t'e'\sqrt{\pi} \text{ resp. } U_, = t_,e_,\sqrt{\pi},$$

wenn t' und $t_,$ mittelst der t-Tabelle aus:

$$\Phi[t'] = \sqrt[m']{\tfrac{1}{2}} \text{ resp. } \Phi[t_,] = \sqrt[m_,]{\tfrac{1}{2}}$$

bestimmt werden. (Vergl. Kap. XX.)][1]

Abgesehen von den π-Gesetzen (6) und Extremgesetzen (8), welche ich erst der Theorie verdanke, nachher aber auch empirisch bewährt fand, sind die vorigen Gesetze von mir zuerst rein empirisch gefunden worden, wonach diese Gesetze auch eine empirische Gültigkeit rücksichtslos auf alle Theorie in Anspruch nehmen können und gegenseits für eine damit zusammentreffende Theorie Zutrauen erwecken können. Vergeblich freilich würde man durch rohe Bestimmung aus primären, mit großen Unregelmäßigkeiten durchsetzten Tafeln eine genaue Bestimmung des D und der damit in Beziehung stehenden Werte zu erlangen und hiermit eine Kontrolle der vorigen Gesetze zu gewinnen suchen; es wird also noch zu besprechen sein, wie man durch angemessene Reduktion und Interpolation der Verteilungstafeln zum Zwecke kommt.

§ 34. Ausdrücklich ist erwähnt worden, dass die vorigen Gesetze für den Fall nicht zu starker verhältnismäßiger Schwankung der K.-G. (im Sinne von § 9 S. 16) als genügend angesehen werden können, bei starker verhältnismäßiger Schwankung aber eine weitere Verallgemeinerung des G. G. fordern. Nun ist noch anzugeben, was hierzu Anlass geben kann, und wie diese Verallgemeinerung zu fassen.

Das G. G. kann seiner Natur nach selbst bei unendlichem m nur ein Annäherungsgesetz sein und ist von GAUSS selbst nur dafür erklärt worden[2]; denn es setzt der Größe der Abweichungen von A nach beiden Seiten keine Grenze, sondern lässt nur die W. der Abweichungen mit wachsender Größe derselben immer mehr abnehmen.

---

[1] [Durch die eckigen Klammern werden, wie in den »Vorbemerkungen« bereits erwähnt wurde, die Ergänzungen und Zusätze des Herausgebers kenntlich gemacht.]

[2] Theoria motus corporum coelestium: Lib. II. Sect. III. artic. 178. Theoria combinationis observ. error. minim. obnoxiae: Pars prior, art. 17; Comment. societ. Götting. rec. Vol. V.

Es leuchtet aber ein, dass, wenn die Abweichungen von A ins Negative größer als A selbst werden sollten, die abweichenden Werte a kleiner als Null werden, was unmöglich ist. Also kann das G. G. von vornherein keine unbeschränkte Gültigkeit in Anspruch nehmen, wenn schon mit größter Approximation für Fälle gültig bleiben, wo die Abweichungen vom arithmetischen Mittel, mindestens die an Zahl weit überwiegenden, in dessen Nähe und durchschnittlich sehr klein bleiben. Dasselbe aber, was in dieser Hinsicht betreffs der negativen Abweichungen von A nach dem reinen G. G. gilt, gilt nicht minder von den negativen Abweichungen bez. D und der vorigen Verallgemeinerung und hiermit Modifikation des G. G., und es giebt K.-G., bei denen die verhältnismäßige Schwankung um D so groß ist, dass man mit dem vorigen Prinzip der Verallgemeinerung nicht mehr ausreicht.

Hiernach ist eine Verallgemeinerung des G. G. zur Anwendbarkeit auf K.-G. nach zwei Richtungen oder in doppeltem Sinne zu unterscheiden: 1) sofern Kollektivabweichungen nicht die den Beobachtungsfehlern zugeschriebene symmetrische W. bezüglich des arithmetischen Mittels zeigen, der Fall der Asymmetrie aber als der allgemeinere angesehen werden kann, welcher den der Symmetrie nur als besonderen Fall unter sich begreift; 2) sofern Kollektivabweichungen, wenn auch bei der Mehrzahl der K.-G., doch nicht bei allen die den Beobachtungsfehlern zukommende geringe verhältnismäßige Schwankung um die Hauptwerte zeigen.

Da nun die K.-G., bei welchen man mit einer Verallgemeinerung des G. G. in erster Richtung auskommt, nicht nur bei weitem zahlreicher, sondern auch viel einfacher zu behandeln sind als die, bei welchen es nötig ist, die noch weitere Verallgemeinerung in zweiter Richtung Platz greifen zu lassen, und da durch Vorwegnahme der Verallgemeinerung in erster Hinsicht sich die Darstellung des Prinzips der Verallgemeinerung in zweiter Hinsicht erleichtert, so ist diese Vorwegnahme hier geschehen, nun aber doch, um unserer Untersuchung überhaupt die erforderliche Allgemeinheit zu geben, auf die Verallgemeinerung in zweiter Hinsicht einzugehen, und zwar begegnen sich von vornherein zwei Gesichtspunkte, dem Gedanken eine

Richtung zu geben, wie diese Verallgemeinerung zu fassen sein möchte.

§ 35. Bisher haben wir immer bloß arithmetische Abweichungen bezüglich irgend welcher Hauptwerte im Auge gehabt, d. h., welche als positive und negative Unterschiede davon gefasst werden können, und gewöhnlich werden solche, wie auch hier ferner geschehen wird, unter Abweichungen schlechthin verstanden. Ich bezeichne sie angegebenermaßen allgemein mit Θ. Aber man kann auch von Verhältnisabweichungen bezüglich gegebener Hauptwerte sprechen, d. h. Verhältnissen, in welchen ein gegebener Hauptwert H überstiegen oder unterstiegen wird, die wir allgemein mit ψ bezeichnen wollen. Wenn also $\Theta = a - H$ eine arithmetische Abweichung ist, ist $\psi = a : H$ eine Verhältnisabweichung, und während wir Θ' und $\Theta_,$ als positive und negative arithmetische Abweichungen unterscheiden, je nachdem $a > H$ oder $< H$, unterscheiden wir aus demselben Gesichtspunkte ψ' und $\psi_,$ als obere und untere Verhältnisabweichungen.

Während nun starke arithmetische Abweichungen von einem Hauptwerte ins Negative bis unter die Größe des Hauptwertes hinabführen und hiermit unmöglich werden, gilt dies nicht von starken unteren Verhältnisabweichungen, die vielmehr, so weit sie nach unten gehen mögen, nur bis zu immer kleineren Bruchwerten des Hauptwertes führen, welche aber eben so positiv als der Hauptwert selbst bleiben, auf den sie sich beziehen; denn negative Verhältnisabweichungen giebt es überhaupt nicht, sondern nur positive, welche 1 übersteigen, und solche, welche als echte Brüche 1 nicht erreichen. Wonach sich daran denken liess, dass das Verteilungsgesetz, um auf verhältnismäßig stark schwankende K.-G. nach unten noch eben so anwendbar zu bleiben als auf schwach schwankende, prinzipiell überhaupt statt auf arithmetische Abweichungen auf Verhältnisabweichungen beziehbar sein möchte.

Mit diesem mathematischen Gesichtspunkte aber trifft folgender empirischer in derselben Richtung zusammen.

Beobachtungsfehler sind, allgemein gesprochen, wenigstens bezüglich der Messung von Raumlängen, wesentlich unabhängig von der

Größe des zu messenden Gegenstandes, insofern nicht mit dessen Größe die Maßmittel sich ändern, sich zusammensetzen, komplizieren; denn freilich die Beobachtungsfehler bei Messung einer Meile werden größer sein als bei Messung einer Fußlänge, aber nur, weil mehr und zusammengesetztere Operationen zur Messung der ersteren gehören; indes die Beobachtungsfehler bei Messung eines hohen Thermometer- oder Barometerstandes allgemein gesprochen nicht größer sind als bei Messung eines niedrigen.

Hiergegen variieren K.-G. im allgemeinen in wesentlicher Abhängigkeit von ihrer Größe, wenn dies im Sinne folgender Beispiele verstanden wird. Ein Floh ist durchschnittlich ein kleines Wesen, und so sind auch die Abweichungen der einzelnen Flohexemplare vom mittleren Floh durchschnittlich nur klein, nur Bruchteile von dessen mittlerer Größe, und der ganze Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Floh bleibt nur klein. Die Maus ist durchschnittlich viel größer als der Floh, das Pferd wieder viel größer als die Maus, ein Baum viel größer als ein Kraut u. s. w., und überall kehrt eine entsprechende Bemerkung wieder. Die Abweichungen der einzelnen Mäuseexemplare von der mittleren Maus sind durchschnittlich größer als die der einzelnen Flohexemplare vom mittleren Floh u. s. f. Auch lässt sich diese Abhängigkeit der durchschnittlichen Größe der Variationen von der durchschnittlichen Größe des Gegenstandes daraus verstehen, dass die inneren und äußeren ändernden Ursachen auf große Gegenstände mehr Angriffspunkte finden als auf kleine. Zwar auch die Qualität der Gegenstände hat durch die größere oder geringere Leichtigkeit, mit der sie den ändernden Einflüssen nachgiebt, Einfluss; ferner kann die Zugänglichkeit für äußere ändernde Einflüsse nach Umständen verschieden sein. Also ist eine genaue Proportionalität der mittleren Größe der Abweichungen mit der mittleren Größe der Gegenstände von vornherein nicht zu erwarten. Aber jedenfalls bleibt die Größe der Gegenstände ein Hauptfaktor für die Größe ihrer Änderungen, und wenn schon deren durchschnittliche Größe bei verschiedenen K.-G. nicht der Mittelgröße der Gegenstände rein proportional ist, bleibt doch sehr denkbar, dass für jeden insbesondere bei der für ihn gegebenen Leichtigkeit, den ändernden

Einflüssen zu folgen, und Zugänglichkeit zu denselben das einfachst mögliche Verteilungsgesetz der Abweichungen sich vielmehr auf Verhältnisabweichungen als arithmetische Abweichungen beziehe.

§ 36. Zunächst freilich tritt diesem Gedanken die scheinbare Schwierigkeit entgegen, dass das G. G. seiner Natur nach nur auf Abweichungen beziehbar ist, welche als positive und negative Unterschiede von ihrem Ausgangswerte fassbar sind, hiernach nicht als besonderer Fall unter ein Gesetz treten kann, welches sich auf Verhältnisabweichungen bezieht, und doch suchen wir ein Gesetz, welches für den Fall verschwindender Asymmetrie und schwacher verhältnismäßiger Schwankung in das G. G. übergeht oder dessen Verteilungsweise wiedergiebt. Aber übersetzen wir die Verhältnisabweichungen $\psi = a : H$ in ihre Logarithmen, $\log \psi = \log a - \log H$, die wir kurz als logarithmische Abweichungen mit λ bezeichnen mögen, und bemerken dazu:

1) dass die logarithmischen Abweichungen $\lambda = \log a - \log H$ den Charakter der arithmetischen Θ teilen, sich als positive und negative Unterschiede von einem gegebenen Ausgangswerte fassen zu lassen, nur dass dieser selbst ein logarithmischer, nicht mehr H, sondern $\log H$ ist;

2) dass, solange die arithmetischen Abweichungen verhältnismäßig klein gegen ihren Hauptwert sind, also eine verhältnismäßig geringe Schwankung um denselben stattfindet, wie es beim G. G. vorausgesetzt ist, die Verhältnisse der arithmetischen Abweichungen mit denen der zugehörigen logarithmischen merklich übereinstimmen, was nicht nur mathematisch beweisbar, sondern auch empirisch an den Logarithmentafeln nachweisbar ist, indem man die Differenzen der Logarithmen mit denen der zugehörigen Zahlen vergleicht.

Also würden wir auch bei verhältnismäßig schwacher Schwankung von dem logarithmischen Prinzip, als dem allgemeinst zulänglichen, mit Vorteil Gebrauch machen können, nur dass dieser Vorteil bei verhältnismäßig schwacher Schwankung zu gering ist, um die vermehrte Mühe zu lohnen, welche die logarithmische Behandlung mitbringt, indes er bei verhältnismäßig starker Schwankung entschieden hervortritt, wozu die empirischen Belege folgen werden; denn freilich ohne empirische Belege könnte die vorige Auffassung überhaupt nur als eine in die Luft gebaute Hypothese erscheinen. Die Anwendung der logarithmischen Behandlung auf die Empirie aber ist diese.

Man reduziere die gegebenen Einzelmaße a des K.-G. auf ihre Logarithmen $\mathfrak{a} = \log a$, suche in derselben Weise, als es bei Aufsuchung des dichtesten Wertes D aus den a geschieht, worauf später bestimmter einzugehen, den dichtesten Wert dieser $\mathfrak{a}$, welcher $\mathfrak{D}$ heiße, und der, wie später bestimmter zu erläutern, nicht mit $\log D$ zu verwechseln ist, nehme von diesem Werte $\mathfrak{D}$ die logarithmischen Abweichungen $\lambda = \mathfrak{a} - \mathfrak{D} = \log a - \mathfrak{D}$, welche teils positiv, teils negativ sein werden, suche von den λ nach jeder Seite insbesondere, d. i. λ' und $\lambda_,$, die einfachen arithmetischen Mittel oder sog. mittleren logarithmischen Abweichungen ε', $\varepsilon_,$ respektive:

$$\varepsilon' = \frac{\Sigma\lambda'}{m'}, \quad \varepsilon_, = \frac{\Sigma\lambda_,}{m_,},$$

wobei m' und $m_,$ die Zahl der positiven und negativen Abweichungen, nicht wie früher der a von D, sondern der $\mathfrak{a}$ von $\mathfrak{D}$ bedeuten, und bestimme dann die Verteilung der logarithmischen Abweichungen λ', $\lambda_,$ auf jeder Seite insbesondere ebenso in Bezug auf ε', $\varepsilon_,$, m', $m_,$ nach zwiespältigem G. G., wie es oben (§ 33) unter 2) angegeben ist, nur dass ε', $\varepsilon_,$, m', $m_,$ hier in angegebener Weise logarithmisch, statt wie früher arithmetisch bestimmt sind.

Aus diesen für die logarithmischen Abweichungen geltenden Bestimmungen folgen dann durch Übersetzung derselben in die nach den Logarithmentafeln zugehörenden Zahlen Bestimmungen für die Verhältnisabweichungen und deren Hauptwerte, worauf aber für jetzt nicht einzugehen, indem die erforderlichen Ausführungen darüber einem späteren Kapitel vorbehalten bleiben, welches überhaupt auf die logarithmische Behandlung der K.-G. näher eingeht (Kap. XXI).

Außer dem logarithmisch dichtesten Werte $\mathfrak{D}$ kann man dann auch das logarithmische Mittel $\mathfrak{G}$ als $\Sigma\mathfrak{a} : m$, d. h. als arithmetisches Mittel der Logarithmen von a, und den logarithmischen Zentralwert $\mathfrak{C}$, als den Wert von $\mathfrak{a}$, der gleichviele $\mathfrak{a}$ über sich und unter sich hat, bestimmen.

Von den logarithmischen Werten kann man ferner zu den Zahlwerten, die ihnen nach den Logarithmentafeln zugehören, übergehen, und besondere Bezeichnungen dafür festsetzen, was nicht müßig ist, da diese Werte ihre beachtenswerte Bedeutung haben. So lässt sich der zu $\mathfrak{D}$ gehörige Zahlwert mit $\mathcal{T}$ als dichtester Verhältniswert bezeichnen, indem er die Bedeutung hat, dass in gleichem Verhältnisabstande von ihm nach jeder Seite mehr Werte a und mithin $\mathfrak{a}$ vereinigt sind als in demselben Verhältnisabstande von irgend einem anderen a.

Der zu dem logarithmischen Zentralwerte $\mathfrak{C}$ gehörige Zahlwert stimmt mit dem arithmetisch bestimmten C überein; denn wenn ein Wert von a, d. i. C, gleichviel a über sich und unter sich hat, so hat auch der Logarithmus von C, d. i. $\mathfrak{C}$, gleichviel Logarithmen der a, d. i. gleichviel $\mathfrak{a}$, über sich und unter sich.

Der mit G zu bezeichnende, welcher als Zahlwert zu $\mathfrak{G}$ gehört, stellt das geometrische Mittel der a dar.

§ 37. Wir haben also folgende drei allgemeine Gesetze oder Prinzipe zu unterscheiden, von denen jedes folgende als eine Verallgemeinerung und zugleich Verschärfung des vorhergehenden betrachtet werden kann, und deren wesentliche Unterschiede hierbei kurz resumiert werden sollen.

1) Das reine, einfache, ursprüngliche Gauss'sche Gesetz oder Prinzip, für die Voraussetzung symmetrischer Wahrscheinlichkeit der beiderseitigen arithmetischen Abweichungen Θ', Θ, vom arithmetischen Mittel. Hierbei wird der Ausgang vom arithmetischen Mittel A genommen, die beiderseitigen Abweichungen davon als arithmetische bestimmt, die mittlere Abweichung $\varepsilon = \Sigma\Theta : m$ für beide Seiten gemeinsam als Quotient der Summe der beiderseitigen Abweichungen nach absolutem Werte durch die Gesamtzahl derselben direkt oder nach einer bekannten Formel aus der Summe der Abweichungsquadrate als $\varepsilon = q\sqrt{2 : \pi}$) berechnet und nach der t-Tabelle die Verteilung bestimmt. Zur ausdrücklichen Unterscheidung der Beziehung der Abweichungen auf A ersetze ich die allgemeinen Bezeichnungen m, Θ, ε durch μ, Δ, η.

2) Die arithmetische Verallgemeinerung des G. G., für die Voraussetzung asymmetrischer W. der Abweichungen Θ', Θ, vom

arithmetischen Mittel, allgemein gültig für die verschiedensten Grade der Asymmetrie, doch nur zureichend für verhältnismäßig schwache Schwankung um die Hauptwerte, wie sie den meisten K.-G. zukommt. Hier wird der Ausgang von dem arithmetisch dichtesten Werte D genommen, der aus den Maßwerten a in später zu betrachtender Weise[1] erhalten wird, ohne sie vorher in Logarithmen übersetzt zu haben. Die beiderseitigen Abweichungen Θ', $\Theta_,$ werden als arithmetische nach beiden Seiten von D besonders genommen, ihre mittleren Werte $\varepsilon' = \Sigma\Theta' : m'$ und $\varepsilon_, = \Sigma\Theta_, : m_,$ bestimmt, und nun für jede Seite insbesondere die Verteilung nach dem zweispaltigen G. G. (§ 33) unter Setzung von $t' = \Theta' : \varepsilon'\sqrt{\pi}$ für positive Seite und von $t_, = \Theta_, : \varepsilon_,\sqrt{\pi}$ für negative Seite nach der t-Tabelle bestimmt. Zur ausdrücklichen Unterscheidung der Beziehung der Abweichungen auf D ersetze ich die allgemeinen Bezeichnungen m, Θ, ε durch m, ∂, e.

3) Die logarithmische Verallgemeinerung des vorigen Gesetzes oder Prinzips, gültig für beliebig große Asymmetrie und beliebig große verhältnismäßige Schwankung. Hiernach sind von allen einzelnen Maßwerten a die Logarithmen $\mathfrak{a} = \log a$ zu nehmen, hieraus der dichteste Wert $\mathfrak{D}$ zu bestimmen, die logarithmischen Abweichungen λ', $\lambda_,$ nach beiden Seiten zu nehmen, hieraus die Mittel derselben e', $e_,$ zu nehmen und auf $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{D}$, λ', $\lambda_,$, e', $e_,$ ganz entsprechende Bestimmungen anzuwenden als nach der vorigen, der arithmetischen Verallgemeinerung auf a, D, ∂', $\partial_,$, e', $e_,$. Von den logarithmischen Werten lässt sich dann auf die Verhältniswerte als nach den Logarithmentafeln zugehörige Zahlen kommen.

Als prinzipiell streng sehe ich nun eigentlich bloß die logarithmische Verallgemeinerung des G. G., d. i. 3) an; aber sie ist in ihrer Anwendung sehr umständlich, und bei verhältnismäßig schwacher Schwankung kann man sehr wohl nach der arithmetischen Verallgemeinerung 2) verfahren, wie sich erfahrungsmäßig beweisen wird. Am wenigsten genügt überall das einfache G. G. 1), indes es am einfachsten anwendbar ist, weil der arithmetische Mittelwert A als Ausgangswert der Abweichungen leichter als die dichtesten Werte

---

[1] [S. Kap. XI.]

D und $\mathfrak{D}$ mit verhältnismäßiger Genauigkeit zu bestimmen ist; bei schwacher Asymmetrie aber weichen die Resultate von 1), 2) und 3) wenig von einander ab.

Je nachdem ich nun folgends die Behandlung eines Gegenstandes unter Voraussetzung symmetrischer W. der Abweichungen bez. A, also nach erstem Prinzip, oder unter Voraussetzung asymmetrischer W. bez. A, also nach zweitem oder drittem Prinzip im Auge habe, werde ich kurz von Behandlung nach symmetrischem oder asymmetrischem Prinzip sprechen; und je nachdem ich die Behandlung mit Anwendung arithmetischer Abweichungen, also nach erstem oder zweitem Prinzip, oder mit Anwendung logarithmischer Abweichungen, also nach drittem Prinzip, im Auge habe, werde ich von arithmetischer oder logarithmischer Behandlung sprechen.

Im allgemeinen findet man für das Folgende die Behandlung der Gegenstände und Aufstellung der Sätze nach arithmetischem Prinzip geführt; der Übergang zum logarithmischen Prinzip und die Behandlung der eine solche wesentlich fordernden Gegenstände wird aber dem Kapitel XXI besonders vorbehalten.

VI. Charakteristik der Kollektivgegenstände durch ihre Bestimmungsstücke oder sog. Elemente.

§ 38. Gehen wir auf die schon früher (Kap. II) bezüglich der Charakteristik der K.-G. gemachten allgemeinen Bemerkungen jetzt etwas bestimmter ein.

Sollte ein K.-G. vollständig nach Maß und Zahl bestimmt sein, so würde es überhaupt gelten, nicht nur alle gegenwärtigen, sondern auch gewesenen und künftigen Exemplare desselben zu zählen und von jedem das Maß nach den Hinsichten zu nehmen, die einer quantitativen Bestimmung Raum geben, als wie Größe nach den drei Hauptdimensionen, Gewicht, Dichtigkeit, Dauer. Dies ist im allgemeinen unmöglich. Die Menge der Exemplare eines gegebenen Gegenstandes ist überhaupt meist unbestimmbar groß, und von dieser unbestimmbar großen Menge steht meist nur eine sehr beschränkte Anzahl für Maßnahmen daran zu Gebote. Dazu erhellt, dass, wenn z. B. das Gehirngewicht des Europäers und Negers verglichen werden soll, dies nicht dadurch geschehen kann, dass man die Gewichte von tausend europäischen Gehirnen den Gewichten von tausend Negergehirnen gegenüberstellt. Es gilt ein einheitliches Resultat. Also wird es zwar nach schon früher gemachten Bemerkungen gelten, so viele Exemplare der zu untersuchenden und zu vergleichenden Gegenstände als möglich ohne willkürlichen Ausschluss gewisser Größen zu messen, worin man nicht zu viel thun kann, um unausgeglichenen Zufälligkeiten nicht zu viel Raum zu geben, die erhaltenen Maße in angegebener Weise nach Zahl und Größe in Verteilungstafeln zu ordnen, und, da dies aber doch erst dazu führt, den Gang der

Werte im allgemeinen übersehen zu lassen, aus diesen Verteilungstafeln gewisse Werte, die sog. Bestimmungsstücke oder Elemente des K.-G. abzuleiten, welche eine Charakteristik des Gegenstandes und Möglichkeit seines Vergleiches mit anderen Gegenständen nach quantitativer Beziehung gewähren. In der That hat man hierin die Frucht der vielen einzelnen Maßbestimmungen zu sehen und zu bieten.

Begnügt man sich nun, wie es häufig der Fall ist, mit der Angabe des arithmetischen Mittels eines K.-G., so hat man darin allerdings einen wichtigen und in keinem Falle zu vernachlässigenden Bestimmungswert und Vergleichswert mit anderen Gegenständen; aber es können zwei K.-G. ganz oder nahe darin übereinstimmen und doch nach anderen Beziehungen sehr auseinander weichen. Nun konnte es früher genug erscheinen, auch die mittlere Schwankungsgröße und ganze Schwankungsweite eines K.-G. durch Angabe der mittleren Abweichung vom arithmetischen Mittel und der Extreme zu berücksichtigen, um die wesentliche Charakteristik damit erschöpft zu haben, und in der That ist dies mitunter geschehen. Aber mit der Erkenntnis der den K.-G. in so großer Allgemeinheit und in so verschiedenem Grade nach einer oder der anderen Richtung zukommenden Eigenschaft der Asymmetrie ist das bisher nicht gefühlte Bedürfnis eingetreten, die K.-G., die man überhaupt einer eingehenden Untersuchung und Vergleichung wert hält, auch nach dieser Richtung zu charakterisieren, d. i. die verschiedenen Hauptwerte, deren Unterscheidbarkeit durch die Asymmetrie bedingt ist, und die Abweichungswerte bezüglich derselben ins Auge zu fassen, womit nicht gesagt ist, dass jeder Gegenstand an sich Interesse genug hat, um sich auf eine solche Erweiterung seiner Charakteristik einzulassen, indes jedenfalls in einer allgemeinen Kollektivmaßlehre darauf eingegangen werden muss.

§ 39. Wenn nun schon die allgemeine Kollektivmaßlehre nicht bei der früher gewohnten, beschränkten Berücksichtigung von A und der dazu in Beziehung stehenden Abweichungen stehen bleiben kann, und doch, wie schon oben zugegeben, nicht jeder K.-G. auf eine Berücksichtigung aller möglichen Bestimmungsstücke, die im II. Kapitel angegeben sind, Anspruch machen kann, so wird überhaupt nicht leicht Anlass sein, auf eine allseitige Berücksichtigung derselben einzugehen, es sei denn bei einem K.-G., dem man eine ganz besondere Wichtigkeit beilegt, und der als Beispiel für die Durchführbarkeit der allseitigen Berücksichtigung selbst dienen soll. Also kann man leitende Gesichtspunkte für eine zu treffende Auswahl wünschen.

Alles zusammengenommen nun glaube ich, dass, wo man mit Bestimmungen sparen will, und es eine Konvention gilt, an welchen Hauptwert man sich vorzugsweise zur charakteristischen Unterscheidung gegebener K.-G. halten soll, dem arithmetischen Mittel mit seinen Abweichungen immer der ihm bisher gewahrte Vorzug bleiben wird, nur dass man mit Übergehung der übrigen Bestimmungsstücke zugleich an Einsicht in die quantitative Konstitution der K.-G. verliert und Charaktere derselben außer Acht lässt, die an sich nicht minder bedeutsam sind, als die sich an das arithmetische Mittel knüpfen, und auf die Aufstellung eines allgemeinen Verteilungsgesetzes emporheben. Zur Klarstellung hiervon wird auf die schon oben Kap. II angegebenen Eigenschaften der verschiedenen Hauptwerte mit erweiternder und erläuternder Betrachtung zurückzukommen sein.

[Dies wird ausführlich im X. Kap. geschehen. Während aber dort die Eigenschaften jedes einzelnen Hauptwertes für sich vorgeführt werden, handelt es sich hier um eine vergleichende Beurteilung der Hauptwerte selbst rücksichtlich ihrer Leistungen zur Charakteristik der K.-G. Aus diesem Grunde kommen bloß der arithmetische Mittelwert A, der Zentralwert C und der dichteste Wert D in Betracht; denn der Scheidewert R, sowie der schwerste Wert T und der Abweichungsschwerwert F sind von vornherein wegen ihrer geringeren Bedeutung bei einer zu treffenden Auswahl bei Seite zu lassen. Dabei ist jedoch ein Unterschied dazwischen zu machen, ob jene drei Hauptwerte mit Rücksicht auf ein als gültig vorausgesetztes Verteilungsgesetz oder ohne Rücksicht auf ein solches betrachtet werden sollen, da je nachdem eine ganz verschiedene Wertschätzung derselben Platz greift.]

§ 40. [Lässt man nämlich die Voraussetzung fallen, dass ein Verteilungsgesetz den Gang der z-Werte einer Verteilungstafel regelt, so ist die letztere prinzipiell nur als eine regellose Ansammlung von

Werten aufzufassen, und es kann darum den Hauptwerten nur die Bedeutung zukommen, als Mittelwerte jenen regellosen Komplex in mehr oder minder zutreffender Weise zusammenzufassen und zu vertreten. Dann ist aber keinem Zweifel unterworfen, dass die Bestimmung des *A* wertvoller ist als diejenige des *C* oder des *D*. Denn *A* stellt als arithmetisches Mittel den Durchschnittswert dar, der thatsächlich an Stelle jedes einzelnen Wertes gesetzt werden kann, wenn dieselben zu einer Summe zusammengefasst werden sollen. *C* dagegen giebt bloß die Wertmitte an, die eben so oft überschritten als unterschritten wird, und repräsentiert somit die Tafelwerte mit geringerer Zuverlässigkeit, weil es nicht wie *A* von der Summe, sondern nur von der Anzahl der beiderseitigen Abweichungen abhängt. *D* schließlich kann gar nicht als stellvertretender Mittelwert zugelassen werden, da es nur den empirisch dichtesten Wert in seiner durch kein Gesetz geregelten Zufälligkeit bezeichnet und seiner Lage nach nicht rechnerisch bestimmt, sondern bloß durch den Anblick der Tafel gefunden werden kann. Überhaupt ist sein thatsächliches Vorhandensein in einer regellos verlaufenden Tafel nur als ein glücklicher Zufall anzusehen, dem keine Wichtigkeit beizumessen ist.

[Anders ist es, wenn das Bestehen eines Verteilungsgesetzes angenommen wird. Dann behält zwar *A* die Bedeutung als Durchschnittswert, die es auch in der regellosen Tafel hat, ohne direkt etwas zu gewinnen. Die Bedeutung von *C* dagegen wird größer, da es, mit Rücksicht auf die nunmehr in Kraft tretenden Wahrscheinlichkeitsbegriffe, als Wertmitte den wahrscheinlichen Wert darstellt. In den Mittelpunkt des Interesses rückt aber *D*, da es als empirisch dichtester Wert, wenigstens angenähert, d.h. von den unausgeglichenen Zufälligkeiten abgesehen, denjenigen Wert bezeichnet, dem die größte W. zukommt. *D* steht somit in solidarischem Zusammenhange mit dem Verteilungsgesetze, dessen Maximalwert prinzipiell mit ihm zusammenfallen muss. Auch erhellt unmittelbar, dass nach Aufstellung eines zutreffenden Verteilungsgesetzes ein doppelter Weg zur Bestimmung von *D* offen steht: der eine auf Grund des Gesetzes, dessen Maximalwert theoretisch den wahrscheinlichsten Wert bezeichnet; der andere auf Grund der Tafel, deren dichtester Wert empirisch den wahrscheinlichsten Wert angiebt. Dabei ist es gleichgültig, ob der Gang der z in der Tafel den dichtesten Wert direkt oder nur die Tendenz zur Erzeugung eines solchen erkennen lässt. Denn infolge des in Kraft getretenen Gesetzes stehen die a und die z in funktionalem Zusammenhange, so dass nach bekannten Regeln das dichteste z durch Interpolation aus den gegebenen Tafelwerten berechnet werden kann, wenn seine rohe Bestimmung aus dem unmittelbaren Anblick der Tafel versagt oder ungenau erscheint. Insofern nun aber diese empirische Bestimmung des wahrscheinlichsten Wertes mit jener theoretischen übereinstimmen soll, müssen dem D alle die Eigenschaften beigelegt werden, die den Maximalwert des Verteilungsgesetzes auszeichnen, so dass einesteils die Berechnung des D durch Interpolation ein Mittel bietet, die Triftigkeit eines aufgestellten Verteilungsgesetzes zu erhärten, anderenteils, vor Kenntnis des aufzustellenden Gesetzes, die Erkenntnis der Eigenschaften des empirisch konstatierten D der Tafeln Fingerzeige zur Auffindung eines Verteilungsgesetzes geben kann.]

§ 41. [Dieser solidarische Zusammenhang zwischen den Eigenschaften des dichtesten Wertes D und dem Verteilungsgesetze, der dem D den unbedingten Vorrang vor jedem anderen Hauptwerte sichert, tritt auch in der physikalischen und astronomischen Fehlertheorie zu Tage. Dieselbe betrachtet bekanntlich als den wahren Beobachtungswert das arithmetische Mittel der beobachteten Werte, deren Abweichungen von jenem die Beobachtungsfehler sind. Der wahre Wert ist aber nichts anderes als der wahrscheinlichste Wert, der in einer Fehlerreihe, die hinreichend groß ist, um einen gesetzmäßigen Gang erkennen zu lassen, als empirisch dichtester Wert sich zu erkennen giebt. Es wird also durch Aufstellen des Prinzips, dass der wahre oder wahrscheinlichste Wert das arithmetische Mittel A sei, dem A die Bedeutung zugelegt, zugleich der dichteste Wert D zu sein. Diese Forderung des prinzipiellen Zusammenfallens von A und D führt nun zum GAUSS'schen Fehlergesetz, wie das z. B. aus ENCKE's[1] Darstellung der Methode der kleinsten Quadrate zu ersehen ist. Auf Grund desselben folgt dann weiterhin auch die prinzipielle Übereinstimmung des Zentralwertes C mit A und mit D, deren vereinigte Lage für den Gang der Tafel Symmetrie bez. A bedingt, während ihr Auseinanderweichen Asymmetrie zur Folge hat.]

---

[1] Berliner astronomisches Jahrbuch für 1834. S. 261 fg.]

[Jenes Prinzip muss natürlich durch die Erfahrung Bestätigung finden. Damit wird jedoch nicht verlangt, dass für Fehlerreihen, deren Ausdehnung in den Stand setzt, einen dichtesten Wert durch den unmittelbaren Anblick der Reihe oder durch interpolationsmäßige Berechnung anzugeben, derselbe genau mit A zusammenfalle; denn man wird stets auf unausgeglichene Zufälligkeiten Rücksicht zu nehmen haben, die ein empirisches Auseinanderweichen der Hauptwerte verursachen können, ohne zugleich die Gültigkeit des aufgestellten Prinzips in Frage zu stellen. Überdies wird man eine Bewährung des Prinzips vielmehr in der Übereinstimmung des in der Fehlerreihe thatsächlich vorliegenden Ganges der Werte mit dem durch das Gesetz geforderten Gange, als in dem empirischen Zusammenfallen von A und D suchen und finden; wie denn auch z. B. Bessel in den »Fundamenta astronomiae« durch Gegenüberstellen des Ganges der Fehler nach der Theorie und nach der Erfahrung eine Bewährung des G. G. gegeben hat. Es werden nämlich die unausgeglichenen Zufälligkeiten, insbesondere bei hinreichender Reduktion der Fehlertabelle, den Gang der Tafelwerte im ganzen wenig beeinflussen, während zu erwarten ist, dass sie die Lage einzelner Werte mitunter erheblich stören und leicht ein verhältnismäßig beträchtliches Auseinanderweichen der Hauptwerte, deren Zusammenfallen von der Theorie verlangt wird, verursachen können.]

Insofern aber ein solches Auseinanderweichen stattfindet, behält das arithmetische Mittel den Vorzug, sei es, dass man nach Gaussschen Prinzipien als den wahrscheinlichsten Wert denjenigen ansieht, bezüglich dessen die Summe der Abweichungsquadrate die kleinstmögliche ist, oder bezüglich dessen die Summe der Abweichungen nach beiden Seiten gleich ist; beide Werte aber fallen im arithmetischen Mittel zusammen, mag Symmetrie oder Asymmetrie bezüglich desselben stattfinden. Also bleibt der Vorzug für das arithmetische Mittel auch da, wo es nicht mit den anderen Hauptwerten zusammenfällt, in der physikalischen und astronomischen Maßlehre nach den Zwecken derselben jedenfalls entschieden.

[Dies gilt jedoch nur unter der Voraussetzung, dass prinzipiell das arithmetische Mittel als der wahrscheinlichste Wert zu betrachten sei. Verliert dieses Prinzip seine Geltung, so verliert auch *A* seine bevorzugte Stellung; denn es behält zwar seine ursprüngliche Bedeutung als Durchschnittswert, aber mit Rücksicht auf das Verteilungsgesetz tritt jetzt derjenige Wert an seine Stelle, der dem nunmehr aufzustellenden Prinzipe gemäß die Rolle des wahrscheinlichsten Wertes übernimmt und prinzipiell mit dem dichtesten Werte zusammenfällt. Wird beispielsweise der Zentralwert *C* oder ein anderer »Potenzmittelwert«, bezüglich deren Aufstellung und Erörterung auf die Abhandlung[1]: »Über den Ausgangswert der kleinsten Abweichungssumme« zu verweisen ist, als der Wert angesehen, dem die größte W. zukommen soll, so tritt im Zusammenhange damit jedesmal ein anderes Verteilungsgesetz in Kraft, durch dessen Bestehen der zu Grunde gelegte wahrscheinlichste Wert ganz ebenso die Vorherrschaft erhält wie bei Geltung des G. G. das arithmetische Mittel.]

§ 42. [Für die Kollektivmaßlehre ist nun in gleicher Weise der dichteste Wert von fundamentalem Interesse, sobald das die Verteilung der Exemplare eines K.-G. beherrschende Wahrscheinlichkeitsgesetz in Frage kommt. Betreffs der Feststellung der Eigenschaften des dichtesten Wertes und der auf dieselben zu gründenden Ableitung jenes Gesetzes kann aber hier nicht das Prinzip des arithmetischen Mittels oder irgend ein anderes Prinzip a priori aufgestellt werden. Denn die K.-G. sind nur durch die Erfahrung gegeben, und es besteht von vornherein nicht einmal Sicherheit darüber, dass für dieselben insgesamt ein bestimmter Wert als wahrscheinlichster Wert zu finden ist, oder dass — mit anderen Worten — der empirisch dichteste Wert bei den verschiedenen K.-G. durch die nämlichen

---

[1] Abhandlungen der math.-phys. Klasse der Königl. Sächs. Gesellsch. der Wissensch. Band XI, 1878. Insbesondere Abschnitt VI: »Bemerkungen zur Gültigkeitsfrage des Prinzips des arithmetischen Mittels« und Abschnitt VII: »Wahrscheinlichkeitsgesetze der Abweichungen bez. der verschiedenen Potenzmittel unter Voraussetzung der Gültigkeit ihres Prinzips.

Eigenschaften charakterisiert werden kann. Es ist darum als ein grundlegendes Resultat der Erfahrung anzusehen, dass die verschiedensten K.-G., die in Untersuchung genommen wurden, in der That die Bestimmung eines wahrscheinlichsten Wertes gestatten, und dass der letztere nahe genug mit demjenigen Werte zusammentrifft, für den das Verhältnis der beiderseitigen mittleren Abweichungen ($e' : e_,$) gleich ist dem Verhältnisse der beiderseitigen Abweichungszahlen ($m' : m_,$). Der dichteste Wert ist somit in der Kollektivmaßlehre von dem arithmetischen Mittel prinzipiell verschieden und steht vielmehr in prinzipiell geforderter Übereinstimmung mit dem durch die Proportion $e' : e_, = m' : m_,$ definierten Werte. Der letztere (welcher nach der in Kap. II getroffenen Festsetzung mit D_p zu bezeichnen ist, während D_i den interpolationsmäßig berechneten, empirisch dichtesten Tafelwert benennt) beansprucht mithin hier die nämliche Beachtung wie der arithmetische Mittelwert in der Fehlertheorie. Auch hat er die ganz entsprechende Bedeutung; denn auf Grund des Prinzips, dass der wahrscheinlichste Wert eines K.-G. die Proportion $e' : e_, = m' : m_,$ erfüllen, oder dass $D_p = D_i$ sein soll, findet man als Verteilungsgesetz das im vorigen Kapitel bereits vorgreiflich aufgestellte erweiterte G. G. in ähnlicher Weise, wie auf Grund des Prinzips, dass der wahrscheinlichste Wert das arithmetische Mittel, oder dass $A = D_i$ sein soll, das einfache G. G. als Fehlergesetz sich ergiebt.]

Nur insofern kann A auch hier die Vorherrschaft behaupten, als es bei den mit schwacher Asymmetrie begabten K.-G. so nahe mit D_p zusammenfällt, dass es genügt, approximativ das einfache G. G. an Stelle des zweispaltigen in Anwendung zu bringen.]

§ 43. Nicht unberücksichtigt darf bei der Wahl zwischen den verschiedenen Hauptwerten der Grad der Leichtigkeit und Bestimmtheit bleiben, mit dem sie zu gewinnen sind. Kommt es auf bloß rohe Bestimmung an, so ist die des dichtesten Wertes entschieden die einfachste und leichteste, da man ja in einer Verteilungstafel bloß nach dem a zu sehen braucht, welchem das größte z zugehört; demnächst folgt in dieser Hinsicht die Bestimmung des Zentralwertes, wozu es nur einer Abzählung der a oder z von beiden Seiten nach der Mitte bis zur erlangten Gleichheit von m' und $m_{,}$ bedarf; am umständlichsten die des A, da die Addition aller einzelnen a einer vielzahligen Verteilungstafel oder, was auf dasselbe herauskommt, die Bildung und Addition der Produkte za zur Erlangung der Summe Σa, welche mit m zu dividieren ist, eine bei großem m langwierige und mühsame Operation ist.

Aber anders, ja gerade umgekehrt, stellt sich das Verhältnis, wenn man zu scharfen, den idealen sich möglichst nähernden Bestimmungen übergehen will. Von der rohen Bestimmung des dichtesten Wertes nach dem auf ihn fallenden Maximal-z ist überhaupt nur eine sehr unsichere Approximation an den Idealwert zu erwarten; die schärfstmögliche aber, auf das Verhältnis $m' : m_{,} = e' : e_{,}$ zu gründende, ist zwar auf eine bestimmte und nicht schwierig zu führende Rechnung zu bringen, aber wird in der Ausführung unstreng, fordert Reduction und Interpolation, die zuletzt noch einen kleinen Spielraum für das zu rechnende Resultat lassen. Auch die scharfe Bestimmung des C, obwohl viel einfacher als die des D, kann ohne solche Hilfsmittel nicht auskommen, wogegen die Bestimmung des A solcher nicht bedarf. Die Umständlichkeit der Bildung der Produkte za kann durch ein später (Kap. IX) anzugebendes Verfahren vermieden werden.

§ 44. Nach voriger Besprechung der Eigenschaften und Leistungen der verschiedenen Hauptwerte wird noch etwas von den Gesichtspunkten zu sagen sein, aus denen die Extreme und Abweichungsfunktionen in Rücksicht kommen.

Es können zwei K.-G. ganz oder nahe in ihren Hauptwerten übereinstimmen und doch noch die Schwankungsweite und der mittlere Schwankungswert der Exemplare um ihre Hauptwerte sehr verschieden sein, worin keineswegs gleichgültige Unterscheidungsmerkmale liegen. So kann die Mitteltemperatur einer Insel mitten im Oceane und einer Örtlichkeit mitten in einem Kontinente dieselbe sein; aber die Abweichungen der einzelnen Temperaturen von der Mitteltemperatur halten sich bei der ersten in engeren Grenzen und sind im Durchschnitte kleiner als bei der zweiten, wonach wir Seeklima und Kontinentalklima unterscheiden.

[Man wird nun geneigt sein, derartige Unterschiede durch Angabe des größten und des kleinsten Wertes, d. i. des E' und des $E_,$, die in einer Reihe von Exemplaren eines K.-G. vorkommen, in einfachster Weise zu charakterisieren.]

So empfehlenswert aber die Angabe der extremen Werte E' und $E_,$ ist, um erkennen zu lassen, in welchen Grenzen die Größe der Exemplare geschwankt hat, so ist doch der Nutzen davon aus mehr als einer Beziehung prekär und beschränkt. Einmal unterliegen diese Werte großen Zufälligkeiten, so dass man nicht darauf rechnen kann, wenn man die Extreme und extreme Schwankung aus einer neuen Serie von Exemplaren mit demselben m bestimmt, dieselben Werte wieder zu finden; zweitens hat die Angabe derselben überhaupt nur für die Anzahl der Exemplare, das m, woraus dieselben abgeleitet sind, einen Wert, indem bei größerem m der Spielraum der Veränderungen größer wird, so dass man bei größerem m im allgemeinen weiter auseinanderliegende Extreme, ein kleineres $E_,$, ein größeres E' und mithin eine größere extreme Schwankung $E' - E_,$ erhält als bei kleinerem m. Gesetzt nun z. B. man will einen Maßstab für die absolute und relative Veränderlichkeit eines K.-G. in dem Werte $E' - E_,$ oder $(E' - E_,) : A$ suchen, wie es wohl geschieht, und danach verschiedene K.-G. vergleichen, so wird man die größten Irrtümer begehen, wenn die Gegenstände ein verschiedenes m haben, und ich bin Irrtümern dieser Art, die auch zu irrigen Folgerungen führten, wirklich anderwärts begegnet.[1]

Besser als die Schwankungsweite $E' - E_,$ eignet sich daher die mittlere Schwankung, identisch mit mittlerer Abweichung, zum Maße der Veränderlichkeit eines Gegenstandes, da sie ziemlich unabhängig von m ist und durch eine geeignete Korrektion vollends unabhängig davon gemacht werden kann. Allerdings ändert sich dies Maß nach dem Hauptwerte, von dem man die Abweichungen rechnen will, und ist, allgemein gesprochen, für positive und negative Seite verschieden. Der Berücksichtigung letzterer Verschiedenheit aber entgeht man, wenn man überall die Totalsumme der Abweichungen nach beiden Seiten, dividiert mit der Totalzahl der Abweichungen nach beiden Seiten, dazu verwendet, also nach unserer allgemeinen Bezeichnung als mittlere Schwankung oder mittlere Abweichung schlechthin bezüglich eines gegebenen Hauptwertes setzt:

---

[1] [Dieser Absatz ist einem Exposé Fechner's über mittlere Abweichungen und Extreme entnommen, das im Jahre 1868 Herrn Prof. Welcker mitgeteilt und von diesem mir zur Verfügung gestellt wurde.]

$$\varepsilon = \frac{\Sigma\Theta' + \Sigma\Theta_,}{m' + m_,} = \frac{\Sigma\Theta}{m}.$$

Ob man dazu die Abweichungen des einen oder anderen Hauptwertes verwenden will, kommt darauf an, auf welchen man sich überhaupt beziehen will, und eins schließt das andere nicht aus. Wie man sieht, ändert sich das Maß bei gegebenem m nach der Totalsumme der beiderseitigen Abweichungen bezüglich der verschiedenen Hauptwerte; bis jetzt hat man bloß von den Abweichungen des arithmetischen Mittels Gebrauch gemacht, und bleiben wir zunächst dabei stehen, so erhalten wir als mittleren Schwankungswert im Sinne obiger Bezeichnung:

$$\eta = \frac{\Sigma\Delta' + \Sigma\Delta_,}{m} = \frac{\Sigma\Delta}{m}.$$

Nun ist allerdings η nicht ganz unabhängig von der Größe des m, sondern es verhält sich so: Der Wert A, von dem die Abweichungen genommen werden, ändert sich etwas je nach der Zahl der a, mithin des m derselben, woraus er das Mittel bildet; und das genauest mögliche A könnte nur aus einem unendlichen m erhalten werden. Mit der Größe des endlichen m, also jedenfalls ungenauen A aber ändert sich auch die Größe der Abweichungen und mithin die Summe derselben, durch deren Division mit m der Wert η gewonnen wird, und zwar lehrt Theorie und Erfahrung[1], dass $\Sigma\Delta$ und mithin $\eta = \Sigma\Delta : m$ bei wachsendem m durchschnittlich im Verhältnisse $\sqrt{m} : \sqrt{m-1}$ wächst, wonach man $\Sigma\Delta$, sowie η auf den Normalfall, dass die Bestimmung des A mit seinen Abweichungen aus einem unendlichen m geschehen wäre, zurückführen kann, indem man $\Sigma\Delta$ resp. η mit $\sqrt{m:(m-1)}$, merklich $= 2m:(2m-1)$, multipliziert, was man die Korrektion wegen des endlichen m nennt. Das so korrigierte η heiße η_c, und findet sich also:

---

[1] In beider Hinsicht vergl. meine Abhandlung in den Berichten der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, Band XIII, 1861 [»Über die Korrektionen bezüglich der Genauigkeitsbestimmung der Beobachtungen, der Bestimmung der Schwankung meteorologischer Einzelwerte um ihren Mittelwert und der psychophysischen Maßbestimmungen nach der Methode der mittleren Fehler«].

$$\eta_c = \frac{\Sigma\Delta}{m}\sqrt{\frac{m}{m-1}} = \frac{\Sigma\Delta}{\sqrt{m(m-1)}}.$$

Diese Korrektion trifft zwar nicht in jedem einzelnen Falle, aber im Durchschnitte der Fälle zu, und da man kein Mittel hat, sie für jeden einzelnen Fall zutreffend genau zu bestimmen, muss man sich an den Wert halten, der doch im Durchschnitte der Fälle zutrifft, und kann sich also, wenn man die kleine Mühe der Korrektion nicht scheut, auch in der Kollektivmaßlehre lieber an η_c als an η halten.

Soll die mittlere Schwankung bezüglich C oder D bestimmt werden, so hat man ohne Korrektion erstenfalls $\varepsilon = \Sigma\Theta : m$, zweitenfalls $e = \Sigma\partial : m$, die Korrektion aber würde, so viel ich übersehe, dieselbe bleiben. Die mittlere Schwankung bezüglich C hat das Interesse, dass sie kleiner als bezüglich A und D, überhaupt die kleinstmögliche ist, weil nach schon früher gemachter Angabe die Summe der Abweichungen bezüglich C überhaupt die kleinstmögliche ist, und dies sich auf ihren Quotienten durch m überträgt.

Allgemein gesprochen, obwohl dies Ausnahmen erleiden kann, und eine genaue Proportionalität nicht statt findet, wächst die mittlere Schwankung mit der Größe der Gegenstände, und so kann es von Interesse sein, diesen Einfluss so weit als möglich dadurch zu eliminieren, dass man die mittlere Schwankung durch die Größe des schwankenden Gegenstandes dividiert, hiermit das relative außer dem absoluten Schwankungsmittel in Betracht zieht.

§ 45. Eine wichtigere Bedeutung als zum Maße der Schwankung eines Gegenstandes um seine Hauptwerte gewinnt die mittlere Abweichung als Mittelglied für Bestimmung der Verteilung des Gegenstandes. Die physikalische und astronomische Maßlehre macht zu diesem Zwecke von der mittleren Abweichung ε bezüglich A oder dem zu ε in Beziehung stehenden Werte $q = \varepsilon\sqrt{\tfrac{1}{2}\pi}$ Gebrauch, was aber nur für die in dieser Lehre vorausgesetzte symmetrische W. der

Beobachtungsfehler zulässig ist, wogegen die Kollektivmaßlehre nach der für sie thatsächlich bestehenden allgemeineren Voraussetzung der Asymmetrie nur von der mittleren Abweichung bezüglich *D*, und zwar nicht gemeinschaftlich für beide Seiten, sondern jede Seite insbesondere Gebrauch machen kann (vergl. § 33), also von:

$$e' = \frac{\Sigma\partial'}{m'} \text{ und } e_{,} = \frac{\Sigma\partial_{,}}{m_{,}}.$$

Auch hierbei ist streng genommen eine Korrektion wegen des endlichen *m* anzubringen; aber die korrigierten Werte sind nicht, wie man meinen könnte, zu setzen:

$$e'_c = \frac{\Sigma\partial'}{m'}\sqrt{\frac{m'}{m'-1}},\quad e_{,c} = \frac{\Sigma\partial_{,}}{m_{,}}\sqrt{\frac{m_{,}}{m_{,}-1}},$$

sondern:

$$e'_c = \frac{\Sigma\partial'}{m'}\sqrt{\frac{m}{m-1}},\quad e_{,c} = \frac{\Sigma\partial_{,}}{m_{,}}\sqrt{\frac{m}{m-1}}.$$

In der That würde sonst die auf die Abweichungssummen bezügliche Korrektion der beiden Seiten nicht mit der gemeinsamen Korrektion der Totalsumme derselben stimmen.

Für die Totalsumme hat man nämlich:

$$\Sigma\partial_c = (\Sigma\partial' + \Sigma\partial_{,})\sqrt{\frac{m}{m-1}}.$$

Wollte man nun für die beiderseitigen Abweichungssummen besonders setzen:

$$\Sigma\partial'_c = \Sigma\partial'\sqrt{\frac{m'}{m'-1}},\quad \Sigma\partial_{,c} = \Sigma\partial_{,}\sqrt{\frac{m_{,}}{m_{,}-1}},$$

so würde man durch Summierung dieser Werte erhalten:

$$\Sigma\partial_c = \Sigma\partial'_c + \Sigma\partial_{,c} = \Sigma\partial'\sqrt{\frac{m'}{m'-1}} + \Sigma\partial_{,}\sqrt{\frac{m_{,}}{m_{,}-1}},$$

was mit obigem Werte für $\Sigma\partial_c$ nicht stimmt.

§ 46. Endlich ist noch einiger Werte zu gedenken, welche zu den schon wiederholt berührten, doch erst später eingehend zu besprechenden, sehr wichtigen Asymmetrieregeln in Beziehung stehen. Vorläufig nur folgendes über diese Werte.

Es ist zunächst der Unterschied $\mu' - \mu_, = u$ zwischen der Zahl der positiven und negativen Abweichungen von A und der Unterschied $U' - U_, = E' - A - A - E_, = E' + E_, - 2A$ zwischen der Größe der positiven und negativen extremen Abweichung von A, welche in dieser Hinsicht in Betracht kommen. Noch wichtiger aber als diese absoluten Unterschiede sind die relativen:

$$\frac{\mu' - \mu_,}{m} \text{ und } \frac{U' - U_,}{U' + U_,}.$$

Hier nur vorläufig in Rücksicht auf den später davon zu machenden Gebrauch folgendes darüber.

Von einem Unterschied zwischen der Summe der positiven und negativen Abweichungen von A, d. i. $\Sigma \Delta'$ und $\Sigma \Delta_,$, kann natürlich nicht die Rede sein, da ja A ausdrücklich so bestimmt wird, dass beide Summen gleich werden; aber das führt noch nicht mit, dass zugleich beide Abweichungszahlen μ', $\mu_,$ einander gleich werden, und höchstens zufällig wird man es einmal finden. Was man aber allgemein oder nur mit zufälliger Ausnahme, jedenfalls im Durchschnitt bei den Kollektivabweichungen bezüglich A findet, ist, dass $\mu' - \mu_,$ mit der Größe von m wächst.

Unter Voraussetzung gleicher W. positiver und negativer Abweichungen lehrt nämlich die Wahrscheinlichkeitsrechnung nach Zurückführung des Falles auf die Urne mit der gleichen Zahl schwarzer und weißer Kugeln, dass $\mu' - \mu_,$ seinem absoluten Werte nach durchschnittlich im Verhältnisse von $\sqrt{m}$ steigt. Je mehr aber m steigt, desto kleiner wird das Verhältnis von $\sqrt{m} : m$, so dass, bei unendlichem m, $\frac{\mu' - \mu_,}{m} = \frac{u}{m}$ Null und $\frac{\mu'}{\mu_,}$ Eins wird.

Ein Folge daraus ist, dass man bei der später folgenden Untersuchung, ob die positiven und negativen Abweichungen bez. A wirklich eine gleiche W. haben, sich nicht einfach an den absoluten Unterschied u halten darf, der im allgemeinen auch bei gleicher W. nicht fehlt, sondern an sein Verhältnis zu m, das eine gewisse Größe nicht übersteigen darf, soll die gleiche W. nicht sehr unwahrscheinlich werden, worüber später mehr zu sagen sein wird.

STAATS BIBLIOTHEK MUENCHEN

Bisher haben wir die Ungleichheit der beiderseitigen Zahl der Abweichungen bez. A d. i. μ', $\mu_,$ als Merkmal und in gewisser Rücksicht als Maßstab der Asymmetrie angenommen. Natürlich könnte von einer Asymmetrie wegen Ungleichheit der Abweichungssumme $\Sigma\Delta'$, $\Sigma\Delta_,$ bez. A nicht die Rede sein, weil es im Begriffe von A liegt, dass $\Sigma\Delta' = \Sigma\Delta_,$, also A so bestimmt werden muss, dass diese Gleichheit eintritt; andererseits könnte auch ein Merkmal oder Maßstab der Asymmetrie nicht auf eine Ungleichheit der Zahl der Abweichungen bez. C gegründet werden, weil es im Begriffe von C liegt, dass die beiderseitige Zahl der Abweichungen in Beziehung dazu gleich ist; hiergegen würde an sich nichts hindern, die Asymmetrie statt in Bezug auf den arithmetischen Mittelwert A auf den dichtesten Wert D nach der Ungleichheit der Abweichungszahlen m', $m_,$ zu bestimmen, im Falle beide Hauptwerte genügend aus einander weichen; mit dem Vorteil, in Bezug auf D ein in den Gesetzen der Asymmetrie begründetes stärkeres Auseinanderweichen der Abweichungen m', $m_,$ von einander, als der Abweichungen μ', $\mu_,$ bez. A von einander zu erhalten; und die m', $m_,$ mit dem zweiseitigen G. G. in Beziehung setzen zu können, während bei stattfindender Asymmetrie gegen A weder das einfache, noch zweiseitige G. G. bezüglich der Abweichungszahl von A mehr gültig ist. Wobei zu beachten, dass, wenn bez. A μ' über $\mu_,$ übergreift, umgekehrt $m_,$ über m' übergreift. Da aber A und hiernach μ', $\mu_,$ viel leichter zu bestimmen sind als D und hiernach m', $m_,$, und von einer größeren oder geringeren Asymmetrie bez. A immer auf eine größere oder geringere, nur in jedem Falle die Asymmetrie bez. A übersteigende Ungleichheit bez. D von entgegengesetzter Richtung geschlossen werden kann, so erscheint es im allgemeinen praktischer, sich zunächst an die Ergebnisse der Bestimmung der Asymmetrie durch $\mu' - \mu_,$ bez. A zu halten, insofern daraus schon auf die Ungleichheit von m' und $m_,$ bez. D geschlossen werden kann; sofern es aber um genaue Bestimmung zu thun, ist diese noch besonders nach Theorie und Empirie zu untersuchen.

VII. Primäre Verteilungstafeln.

§ 47. [In den vorhergehenden Kapiteln wurden die Hauptpunkte der Untersuchung vorgreiflich dargelegt. Jetzt gilt es, die Untersuchung thatsächlich zu führen. Da dieselbe nicht auf hypothetischen Annahmen fußt, sondern völlig auf die Erfahrung sich gründet, so kann sie nur von den empirisch gegebenen K.-G. selbst ausgehen. Die letzteren sind aber in ihrer ursprünglichen Form weder zur Ableitung, noch zur Bewährung der theoretisch gültigen Gesetze geeignet. Es muss daher vor allem ihre rechnerische Behandlung gelehrt werden. Dieselbe befasst sich einesteils mit der Herstellung einer zur Untersuchung tauglichen Darstellungsform durch Aufstellung primärer und reduzierter Verteilungstafeln (Kap. VII und VIII); anderenteils giebt sie Regeln zur Berechnung der Hauptwerte und Abweichungsfunktionen, in welchen die charakteristischen Merkmale und Eigenschaften der K.-G. sich darbieten (Kap. IX—XI). Hierbei wird einfachheitshalber bloß von der arithmetischen Behandlung der K.-G. die Rede sein; denn die logarithmische Behandlung, mit welcher erst die volle Allgemeinheit der Untersuchungsmethode erreicht wird, stimmt mit der arithmetischen der Hauptsache nach überein, indem nur die Logarithmen der Maße an Stelle der Maße selbst treten.]

[Ist nun hiermit eine geeignete Unterlage für die theoretische Untersuchung gewonnen, so bietet sich zunächst die Aufgabe dar, die Asymmetrie der K.-G. zu erörtern und Kriterien zur Unterscheidung wesentlicher und unwesentlicher Asymmetrie aufzustellen (Kap. XII—XVI). Dann aber sind die bei wesentlicher Symmetrie und wesentlicher Asymmetrie gültigen Verteilungsgesetze zu entwickeln (Kap. XVII—XX). Dabei wird der in der Regel stattfindende Fall geringer verhältnismäßiger Schwankung der Einzelwerte um die Hauptwerte vorausgesetzt.]

[Diesem Hauptteile der Untersuchung schließt sich die Besprechung der Modifikationen an, die durch den Übergang zum logarithmischen Verteilungsgesetz bedingt werden. Eine logarithmische Behandlung erfordern in erster Linie die K.-G. mit starker verhältnismäßiger Schwankung, aber auch die Verhältnisse zwischen den verschiedenen Dimensionen der K.-G. bedürfen einer solchen (Kap. XXI und XXII). Anhangsweise werden schließlich die Abhängigkeitsverhältnisse der K.-G. erörtert (Kap. XXIII).]

§ 48. [Will man einen K.-G. in Untersuchung nehmen, so sind zunächst die einzelnen Exemplare desselben in der zufälligen, räumlichen oder zeitlichen Ordnung, in der sie sich darbieten, zu messen und die mit a zu bezeichnenden Maße in einer Urliste zu verzeichnen. Hierbei ist darauf zu achten, dass die in Kap. IV angegebenen Requisiten erfüllt werden, also insbesondere eine genügende Anzahl von Maßen unter Ausschluss von Abnormitäten zusammengebracht wird.]

[Eine solche Urliste ist, wie bereits (§ 3) bemerkt wurde, zur rechnerischen Behandlung noch nicht geeignet. Sie ist jedoch in anderer Hinsicht wertvoll, da sie die Feststellung ermöglicht, ob die Exemplare der K.-G. unabhängig von einander variieren oder in einem Abhängigkeitsverhältnisse stehen. Diesbezüglich wurden in § 20 Regeln angegeben, die in Kap. XXIII eine weitere Ausführung erhalten werden. Im Interesse der rechnerischen Behandlung aber muss man die Maße ihrer Größe nach ordnen und hiermit aus der Urliste eine Verteilungstafel herstellen. Sie wird zur Unterscheidung von der reduzierten Tafel, deren Herstellung und Behandlung im nächsten Kapitel gelehrt wird, primäre Verteilungstafel genannt. In derselben bilden die Maße a eine von den kleineren zu den größeren Werten fortschreitende Kolumne, die jedes a nur einmal enthält, während eine beigegebene Kolumne die zugehörigen Anzahlen z aufführt, die angeben, wie oft jedes einzelne a vorkommt.]

[Diese primäre Tafel bildet nun den Ausgangspunkt der ganzen Untersuchung. Sie ist jedoch meist noch mit starken Unregelmäßigkeiten behaftet und besitzt gewöhnlich eine solche Ausdehnung, dass ihre Mitteilung einen zu großen Raum beanspruchen würde. Man wird darum beiden Nachteilen durch Vornahme von Reduktionen zu begegnen suchen und dann im allgemeinen auf die Vorführung der Tafel in ihrer reduzierten Form sich beschränken. Hier handelt es sich aber darum, die Beschaffenheit der primären Tafeln kennen zu lernen und einen Einblick in die möglicherweise auftretenden Besonderheiten zu gewinnen; es sollen deshalb von vier, als Beispiele dienenden K.-G. die primären Tafeln vorgeführt werden.]

§ 49. [Die beiden ersten Tafeln I und II geben die Maße für den Vertikal- und Horizontalumfang von 450 europäischen Männerschädeln. Dabei ist zu bemerken, dass die hier und im folgenden durchweg festgehaltene Bezeichung »Vertikalumfang« genauer durch »Länge des Scheitelbogens« zu ersetzen wäre, indem nicht der totale Umfang, sondern nur der über Stirn, Scheitel und Hinterhaupt bis zum Vorderrande des Markloches sich erstreckende Bogen, mithin der um die Schädelbasis verminderte Vertikalumfang in der Tabelle angegeben wird. Wie bereits im III. Kapitel bemerkt, wurden die Maße von Prof. Welcker zur Verfügung gestellt, der ein reichhaltiges, gleichmäßig behandeltes Material unter Festhalten eines und desselben Messungsverfahrens gesammelt hat.[1] Die Maßeinheit ist das Millimeter. Zur Messung diente ein Bandmaß. Die Maße selbst beziehen sich nach Welcker's Angabe auf »normale« männliche Schädel. Schädel mit Nahtabnormitäten, selbst Stirnnahtschädel wurden ausgeschlossen.]

[Tafel III enthält die Rekrutenmaße von 2047 zwanzigjährigen Leipziger Studenten aus den 20 Jahrgängen 1843—1862. Von der Urliste dieser Maße ist zu bemerken, dass sie durch eine in ihrer Herstellungsweise beim Aushebungsgeschäfte begründete, reine Zufälligkeit in der Folge der Maßgrößen ausgezeichnet ist, weshalb dieselbe in Kap. XX zur Bewährung der Extremgesetze verwendet wird. Die Maßeinheit ist der sächsische Zoll = 23,6 mm; es wurden jedoch nicht nur die ganzen, sondern auch halbe und viertel Zoll gemessen.]

---

[1] [Vergl. H. Welcker, Wachstum und Bau des menschlichen Schädels, Leipzig 1862; ferner: Die Kapazität und die drei Hauptdurchmesser der Schädelkapsel bei den verschiedenen Nationen; Archiv für Anthropologie, Bd. XVI.]

[In Tafel IV sind die Maße für das oberste Glied (Internodium) von 217 sechsgliedrigen Roggenhalmen verzeichnet. Genauere Angaben über die Gewinnung dieses Materiales finden sich im zweiten Teile, Kap. XXV. Mit dem eben dort beschriebenen Messungsverfahren hängt es zusammen, dass als Maßeinheit das halbe Zentimeter auftritt.]

§ 50. [Die vier Tafeln lauten der Reihe nach:[1]]

Tafel I. 450 europ. Männerschädel; Vertikalumfang.

$\mathcal{E} = 1$ mm; $m = \Sigma z = 450$; $A_1 = 408{,}5$.

a	*z*	*a*	*z*	*a*	*z*
368	1	400	13	425	8
371	2	401	12	426	7
376	1	402	13	427	3
378	1	403	6	428	4
379	1	404	10	430	3
380	2	405	18	431	3
381	1	406	8	432	2
382	2	407	8	433	5
383	3	408	16	434	5
384	3	409	13	435	4
385	8	410	20	438	1
386	2	411	9	440	3
387	6	412	15	442	1
388	4	413	8	443	1
389	5	414	12	447	1
390	7	415	21	448	1
391	7	416	6		
392	7	417	5		
393	2	418	16		
394	8	419	9		
395	12	420	15		
396	4	421	8		
397	7	422	7		
398	14	423	5		
399	3	424	12		

---

[1] [Da weder die Urlisten, noch die primären Tafeln der hier behandelten K.-G. sich vorfanden (vergl. Anmerkung zu Kap. III), so mussten die obigen

Tafel II. 450 europ. Männerschädel; Horizontalumfang.

$\mathcal{E} = 1$ mm; $m = \Sigma z = 450$; $A_1 = 522{,}2$.

a	z	a	z	a	z
481	1	510	13	535	10
484	2	511	12	536	11
485	2	512	14	537	5
486	1	513	7	538	8
488	1	514	6	539	9
489	2	515	13	540	14
490	2	516	11	541	6
491	1	517	7	542	3
492	1	518	9	543	4
493	2	519	10	544	3
494	4	520	15	545	4
495	5	521	6	546	3
496	1	522	8	547	2
497	4	523	14	548	2
498	1	524	17	549	3
499	2	525	21	550	6
500	8	526	9	552	1
501	4	527	8	553	1
502	3	528	7	554	4
503	6	529	8	555	2
504	9	530	13	558	1
505	8	531	5	561	1
506	4	532	6	567	2
507	3	533	7	576	1
508	6	534	8		
509	7				

Tafeln rekonstruiert werden. Tafel I und III konnten aus den fünf resp. vier Reduktionslagen, die im folgenden Kapitel (§ 64 und 65) verzeichnet sind, wieder hergestellt werden. Für Tafel II und IV lagen die entsprechenden Bearbeitungen nicht in hinreichender Vollständigkeit vor. Indessen fanden sich für Tafel IV die Logarithmen der *a*-Werte. Die Werte der Tafel II dagegen wurden aus den von Prof. Welcker mir übermittelten Maßen von 500 europäischen Männerschädeln gewonnen. Dabei mussten aber 63 Maße nach ihrer wahrscheinlichen Zugehörigkeit zu den entsprechenden Vertikalmaßen ergänzt werden, da nur so eine Übereinstimmung mit der reduzierten Tafel des folgenden Kapitels (§ 58) erzielt werden konnte. Die hierdurch möglicherweise bedingten, geringfügigen Abweichungen beeinträchtigen jedoch das Bild der Tafel nicht, die überdies im folgenden nicht wesentlich in Betracht kommt.]

Tafel III. Studentenrekrutenmaße.

$\varepsilon = 1$ Zoll, $m = \Sigma z = 2047$; $A_1 = 71{.}77$.

a	z	a	z	a	z
60,00	1	70,00	70	76.00	24
64,00	2	70,25	65	76,25	17
64,75	4	70.50	71	76,50	9
65,00	6	70.75	61	76,75	7
65,25	3	71,00	78	77.00	14
65.50	5	71,25	75	77.25	9
65.75	5	71.50	81	77.50	7
66,00	8	71.75	89	77.75	3
66,25	6	72.00	79	78.00	3
66,50	9	72.25	81	78.25	2
66,75	19	72.50	82	78,50	3
67.00	7	72.75	63	79.00	1
67,25	11	73.00	79	79.50	2
67.50	25	73.25	79	80.00	1
67.75	15	73.50	68	80,75	1
68,00	35	73,75	56	82,50	1
68,25	27	74.00	64		
68,50	37	74.25	42		
68.75	34	74.50	55		
69.00	43	74.75	33		
69,25	48	75.00	43		
69,50	57	75,25	26		
69,75	54	75.50	25		
		75.75	17		

Tafel IV. Das oberste Glied von 217 sechsgliederigen Roggenhalmen.

$\mathfrak{E} = 0{,}5$ cm; $m = \Sigma z = 217$; $A_1 = 86.54$.

a	*z*	*a*	*z*	*a*	*z*	*a*	*z*	*a*	*z*
42,9	1	75.6	1	85.4	1	91,7	1	99.0	2
49,7	1	75.8	2	85.5	1	91,9	2	99.2	1
52,8	1	76,1	1	85,7	1	92,0	2	99,3	1
55.6	1	76.2	2	85.8	1	92,3	1	99.4	1
57,6	1	76,4	2	85.9	1	92,8	1	99,5	1
58.9	1	76,7	1	86.0	2	93.0	2	100,3	1
59,0	1	77,0	1	86,2	1	93.1	1	100,5	1
61,4	1	77,2	1	86,3	1	93,3	1	100,8	1
61,9	1	77.5	1	86,8	2	93,4	1	100,9	1
62,2	1	77.6	1	86,9	1	93,5	2	101.0	1
62,3	1	77.7	1	87.0	3	93,7	1	101,1	1
63.0	1	77,9	1	87,1	2	94.4	1	101,3	1
64,1	1	78.0	1	87.4	2	94,6	2	101,5	1
64.3	1	78,1	2	87,5	1	94,7	1	101,9	1
65,5	1	78,4	1	87,8	1	95,7	1	102,2	1
67,4	1	78.8	1	87.9	2	95.8	2	102.3	1
67.7	1	79.0	1	88.0	2	95.9	1	102.7	1
67.8	1	79.4	1	88,3	1	96.0	1	102.8	1
68,1	1	80.0	2	88.6	1	96,1	1	103,3	1
68,3	1	80.4	1	88,8	1	96.2	1	103.4	1
68.9	1	80.7	1	88.9	2	96,3	1	104.0	1
69,6	1	80.9	2	89.2	2	96,5	1	104.2	1
69.9	1	81.3	1	89.3	2	96,8	1	104.4	1
70.5	1	81.9	1	89.4	1	96,9	1	105.3	1
71.4	1	82.0	2	89.7	2	97,0	1	105.5	1
72.0	2	82,1	2	89.9	2	97,1	1	105.6	1
72,1	1	82.3	3	90.0	1	97,5	2	105.8	1
72,5	1	82.4	1	90.2	3	97.6	1	106.0	1
72,9	1	82,8	1	90.4	1	97,7	1	106.2	1
73,7	1	83.0	1	90,5	1	97,8	1	106,3	1
73,9	1	83.1	1	90.6	1	97.9	1	108,0	1
74,1	1	83.4	1	90,7	3	98,0	1	110,0	1
74,8	2	83,7	4	91,2	1	98,2	1	111,2	1
75.1	2	83.9	2	91.3	1	98.6	1	112.0	1
75,2	1	84.6	1	91,4	1	98,8	1	112,2	1

§ 51. [Ein vergleichender Blick auf diese Tafeln zeigt ebenso bezüglich des Ganges der z wie bezüglich der Aneinanderreihung der a eine wesentliche Verschiedenheit der drei ersten Tafeln von der letzten. Die ersteren besitzen nämlich einen mittleren Hauptbestand, dessen z gegen die Tafelmitte zu im allgemeinen wachsen, und dessen a, von einzelnen Unterbrechungen gegen die Enden zu abgesehen, eine äquidistante Reihe bilden. So erstrecken sich in I die äquidistanten a in ununterbrochener Folge von 378 bis 428 und von 430 bis 435, während gleichzeitig die z, allerdings mit ständig wiederkehrenden Schwankungen, erst wachsen und dann wieder abnehmen. In II geht die Reihe der äquidistanten a von 488 bis 550 und setzt sich, nach Unterbrechung durch das fehlende $a = 551$, von 552 bis 555 fort, während wiederum die z einen ähnlichen Gang zeigen. Tafel III schließlich zeichnet sich bei entsprechendem Verhalten der z zwischen den Grenzen 64.75 und 78.50 durch eine ungestörte Äquidistanz der a aus. Diesem Hauptbestande schließt sich in jeder der drei Tafeln zu Anfang und zu Ende eine verhältnismäßig geringe Anzahl von a-Werten an, deren Distanzen regellos wechseln, und deren z überwiegend gleich 1 sind: sie stellen Endabteilungen mit zerstreuten a dar. In der vierten Tafel dagegen schreiten die a durchweg in unregelmäßigen Intervallen vor, und es lässt sich nur bemerken, dass die kleineren Intervalle häufiger in der Mitte als an den Enden sich finden; zugleich ist die überwiegende Mehrzahl der z gleich 1. Man kann somit Tafeln, die einen Hauptbestand äquidistanter a neben Endabteilungen mit zerstreuten a besitzen, und solche, deren a durch die ganze Tafel durch unregelmäßig sich zerstreuen, unterscheiden. Als Repräsentanten des ersten Typus haben die Tafeln I bis III zu gelten; den zweiten Typus stellt die Tafel IV dar. Beide Typen sind wesentlich von einander verschieden; denn es wird sich zeigen, dass Tafeln vom zweiten Typus einer viel weiter gehenden Reduktion bedürfen als solche vom ersten, falls ihre Behandlung Erfolg haben soll.]

[Bei der Abgrenzung des Hauptbestandes einer Tafel ist nun aber zu berücksichtigen, dass er sich nicht in scharfer Bestimmtheit von den Endabteilungen loslöst. Man könnte zwar jeder Unbestimmtheit durch Aufstellen der Regel begegnen, dass der Hauptbestand sich genau so weit erstrecken solle, als die Äquidistanz der a reicht. Es ist jedoch von vornherein klar, dass so keine wesentliche Bestimmung getroffen würde. Denn vielfach kann der Fall eintreten, dass selbst gegen die Mitte der Tafel zu die Äquidistanz durch ein fehlendes a gestört wird; noch häufiger wird von der Mitte aus gegen Anfang oder gegen Ende auf ein fehlendes a nochmals eine Reihe äquidistanter a folgen, wie dies thatsächlich für I und II infolge des Fehlens von $a = 429$ resp. $a = 551$ zutrifft. In solchen Fällen würde der Hauptbestand bei Festhalten der obigen Regel entweder übermäßig beschränkt oder völlig in Frage gestellt. Andererseits ist es auch möglich, dass die a zwar lückenlos verlaufen, der Gang der z aber ihre Ausschließung vom Hauptbestande als wünschenswert erscheinen lässt. Es muss daher die Bestimmung des Hauptbestandes innerhalb eines gewissen Spielraumes der Willkür überlassen bleiben, da eine Regel nur insoweit sich aufstellen lässt, dass die Äquidistanz der a-Werte nicht erheblichen Störungen unterworfen und bezüglich der z, wenigstens im ganzen, ein Wachstum gegen die Mitte zu erkennbar sein soll. So kann man denn als Grenzen des Hauptbestandes für I 378 und 435, für II 488 und 555, für III 64,75 und 78,50 festsetzen, mit der Bemerkung jedoch, dass diese Grenzen sehr wohl eine Verschiebung gestatten.]

[Übrigens kann die Äquidistanz der a wenigstens formal auch im Falle fehlender a hergestellt werden, wenn die fehlenden a, mit einem $z = 0$ versehen, in die Tafel aufgenommen werden. Es soll dies als Einschieben leerer a bezeichnet werden. Beispielsweise wird der Hauptbestand von I und II in dieser Weise durchweg äquidistant, wenn in I 429, in II 551 mit einem $z = 0$ eingeschoben wird.]

[Was ferner den Gang der z im Hauptbestande der Tafeln I—III betrifft, so wurde bereits bemerkt, dass die Zunahme gegen die Mitte zu ständigen Schwankungen unterworfen ist. Nun ist allerdings ein ununterbrochenes Wachsen und Wiederabnehmen schon wegen der nie fehlenden unausgeglichenen Zufälligkeiten gar nicht zu erwarten. Sollte aber hierin allein die Ursache liegen, so bliebe die unverkennbar hervortretende Periodizität in dem Schwanken der z unerklärlich. Es muss daher noch eine andere Ursache zu Grunde liegen. Dieselbe erhellt aus folgenden Bemerkungen.]

[Im Hauptbestande von I treten im ganzen 18 relative Maxima, 17 dazwischen liegende Minima auf; 8 Maxima fallen auf solche a, die ganze oder halbe Zentimeter darstellen, während kein einziges Minimum einem solchen a zugehört. Von den 17 Maxima des Hauptbestandes von II fallen 10, von den 16 Minima keines auf a der bezeichneten Art. Dies zeigt zur Genüge, dass bei der Messung der Schädel mittelst des Bandmaßes, wobei offenbar die Millimeter durch Schätzung gewonnen wurden, ganze und halbe Zentimeter bevorzugt wurden; denn anderenfalls müssten sich der Wahrscheinlichkeit gemäß die Maxima und Minima gleichmäßig auf die Unterabteilungen des Zentimeters verteilen. In der ungleichförmigen Schätzung, d. h. in der Bevorzugung der ganzen und halben Abteilungen des benutzten Maßstabes, findet man somit die Quelle der periodisch wiederkehrenden Unregelmäßigkeiten im Gange der z. Dies bestätigt sich an der Tafel III. Von den 19 Maxima ihres Hauptbestandes fallen 9 auf ganze, 7 auf halbe Zoll; von den 18 Minima gesellen sich nur 2 ganzzolligen Werten zu, während die übrigen $^1/_4$- oder $^3/_4$-zolligen Werten zugehören.]

[Man wird sich daher bei der Bearbeitung der Verteilungstafeln vor den Fehlern wegen ungleichförmiger Schätzung zu hüten haben und auf ihre Beseitigung durch eine angemessene Reduktion bedacht sein müssen. Dies führt dazu, die Tafeln, der Periode der ungleichförmigen Schätzung entsprechend, in Hauptabteilungen zu gliedern. Dieselben müssen beispielsweise in den Tafeln I und II von 5 zu 5 mm, in der Tafel III nach halben Zoll oder besser nach ganzen Zoll fortschreiten. Im allgemeinen wird man diese Hauptabteilungen mit dem Hauptbestande der Tafel beginnen lassen. Man kann es dann vorteilhaft finden, den Hauptbestand so zu umgrenzen, dass er gerade eine volle Anzahl von Hauptabteilungen fasst. Dann müssen z. B. in Tafel I drei Werte von dem wie oben definierten Bestande abgeschnitten und etwa die Werte 380 und 434 als Grenzen gewählt werden, zwischen welchen 11 Hauptabteilungen Platz finden, wie in der Tafel selbst angedeutet wurde.]

§ 52. [Schließlich sind noch folgende, für jede Verteilungstafel in ihrem ganzen Umfange gültige Punkte zu erwähnen. Jeder Messung sind Grenzen der Genauigkeit gestellt, so dass die a niemals kontinuierlich sich aneinanderreihen können, sondern durch ein Intervall, dessen Größe von dem Genauigkeitsgrade der Messung abhängt, getrennt verlaufen müssen. Dieses Intervall soll das primäre Intervall heißen und mit i bezeichnet werden. Es ist für die Erstreckung der ganzen Tafel konstant, da es ja nur durch den Maßstab, nicht durch die Größe der gemessenen Gegenstände bedingt wird.]

[In seiner Existenz hat man den Grund dafür zu suchen, dass ein äquidistanter Hauptbestand in den Verteilungstafeln überhaupt möglich ist. Denn das Intervall des Hauptbestandes ist eben nichts anderes als jenes primäre i, das nicht unterschritten werden kann, sondern nur um so deutlicher hervortritt, je größer die Anzahl der gemessenen Exemplare des K.-G. — das m der Tafel — wird. Das primäre i ist aber natürlich auch für Tafeln ohne Hauptbestand aus den a-Werten direkt zu ersehen. Für Tafel IV z. B. ist es gleich dem zehnten Teile von $\mathcal{E}$, d. i. = 0.05 cm.]

[Die wesentliche Bedeutung des Vorhandenseins eines primären Intervalles besteht nun aber darin, dass es die Zugehörigkeit der z zu den a, welchen jene in den Tafeln beigeschrieben werden, in das richtige Licht setzt. Man erkennt nämlich, dass die a bloß als Vertreter der primären Intervalle aufzufassen sind, deren Mitten sie darstellen; es sind darum auch die z nicht als den a, sondern als den durch die a bezeichneten, primären Intervallen zugehörig aufzufassen und innerhalb der letzteren gleichmäßig verteilt zu denken, da es an jedem Anhalte für eine anders gestaltete, gesetzmäßige Verteilung fehlt. Insofern so das primäre Intervall das a umschließt oder umkreist, soll es das Umkreisintervall des a genannt werden. Seine beiderseitigen Grenzen sind $a - \frac{1}{2}i$ und $a + \frac{1}{2}i$; dieselben schließen sich durch die ganze Tafel durch unmittelbar aneinander, so dass die erste Grenze eines beliebigen Intervalles mit der zweiten des vorhergehenden zusammenfällt.]

[Die *a*- und *z*-Werte sind somit mittelst des zugehörenden Umkreisintervalles aneinander gebunden. Soll diese Verbindung gelöst und das *a* für sich allein betrachtet und aufgefasst werden, so soll es als **nacktes *a*** bezeichnet werden.]

[Die soeben erläuterte Zugehörigkeit der *z* zu den *a* gestattet nun auch eine zutreffende geometrische Darstellung der Verteilungstafeln. Es sind nämlich die *a* in einer Abscissenlinie aufzutragen und durch Markieren der Werte $a - \frac{1}{2}i$ und $a + \frac{1}{2}i$ die Umkreisintervalle derselben beizufügen; sodann sind auf den letzteren Rechtecke zu errichten, deren Inhalte die den *a* der Tafel beigeschriebenen *z* repräsentieren müssen; hierbei kann natürlich sowohl der Abmessung der *a*, als auch der Konstruktion der Rechtecke ein beliebiger Maßstab zu Grunde gelegt werden, da es nur gilt, ein Bild von den Verhältnissen der Tafelwerte zu gewinnen.]

[Man erhält so z. B. folgende Darstellung des mittleren Teiles von Tafel I:]

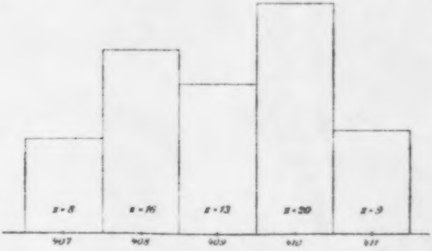

Fig. 1.

VIII. Reduzierte Verteilungstafeln.

§ 53. Teils um die Verteilungstafeln mehr ins Enge zu ziehen und damit einen kleineren Raum für sie in Anspruch zu nehmen, teils die Unregelmäßigkeiten im Gange ihrer Werte auszugleichen und etwaige Ungleichförmigkeiten der Schätzung unschädlich zu machen, teils die Berechnung der Bestimmungsstücke oder sog. Elemente des K.-G. zu erleichtern, hat man von den primären Verteilungstafeln zu den reduzierten überzugehen und diese für jene eintreten zu lassen, und ungeachtet nach gewissen Beziehungen eine primäre Tafel durch keine reduzierte ganz ersetzt werden kann, behält doch faktisch in angegebenen Beziehungen die reduzierte Tafel Vorteile vor der primären voraus, und wird es nötig, sich mit ihrer Aufstellungsweise, ihren Verhältnissen und ihrer Verwertungsweise zu beschäftigen.

Fassen wir zuerst die Reduktion von solchen primären Tafeln ins Auge, welche so wie I bis III einen Hauptbestand mit äquidistanten *a* von Endabteilungen mit zerstreuten *a* unterscheiden lassen. Um aus einer primären Tafel dieser Art eine reduzierte herzustellen, teilt man, wie dies schon oben in § 50 vorgreiflich geschehen ist, den Hauptbestand derselben in Abteilungen, welche in ihrer *a*-Spalte eine gleiche Anzahl äquidistanter (nötigenfalls durch Einschiebung leerer *a* äquidistant gemachter), sog. nackter *a* enthalten, und summiert die *z* jeder dieser Abteilungen insbesondere. Hiernach gilt als reduziertes *i* die Größe des ganzen Intervalles, in welchem die Anzahl der primären *a*, einschließlich ihrer Umkreisintervalle, zusammengefasst wird, als reduziertes *z* die Summe der *z*, welche auf die in dem reduzierten Intervalle enthaltenen *a* fallen, als reduziertes *a*, welchem das reduzierte z beizuschreiben ist, das Mittel zwischen den gesamten nackten *a* oder, was auf dasselbe hinauskommt, das Mittel aus den extremen nackten *a*, welche in das Intervall eingehen.

Zur Erläuterung diene die Reduktion einer bestimmten Abteilung des Hauptbestandes der primären Tafel I, als wie:

nackte *a*	380	381	382	383	384
primäre z	2	1	2	3	3

Durch Summierung der primären z erhalten wir als reduziertes z die Zahl 11, indes das reduzierte *a* das Mittel aus den 5 primären nackten *a* der betreffenden Abteilung oder, was wegen Äquidistanz derselben auf dasselbe herauskommt, das Mittel aus den äußersten *a*, 380 und 384, mithin 382 ist, welchem das reduzierte z = 11 beizuschreiben. Die Grenzen des reduzierten *i* aber sind nicht die äußersten nackten *a* 380 und 384, und mithin das reduzierte Intervall nicht 384 — 380 = 4, weil ja in das reduzierte Intervall auch die Umkreisintervalle der Grenz-*a* mit eingehen, wodurch sich das ganze Intervall nach einer und der anderen Seite um ein primäres $\frac{1}{2}i$ erweitert; da nun das primäre $i = 1$ ist, so sind die Grenzen des reduzierten Intervalles nach einer Seite $380 - \frac{1}{2} = 379{,}5$, nach der anderen $384 + \frac{1}{2} = 384{,}5$, und die Größe des ganzen reduzierten Intervalles der Unterschied beider = 5.

Während man also das reduzierte *a* selbst als Mittel der äußersten primären nackten *a* erhält, welche in die zu reduzierende Abteilung eingehen, kann man die Größe des reduzierten Intervalles nicht als Abstand zwischen beiden Grenz-*a* erhalten, sondern nur unter Erweiterung dieses Abstandes nach jeder Seite um ein halbes, mithin im ganzen um ein ganzes primäres *i*. Dies ist wohl zu beachten und nicht überall richtig beachtet worden, wie weiterhin zu bemerken.

Wenn *n* äquidistante nackte *a* und hiermit *n i* in jeder Hauptabteilung der primären Tafel vereinigt sind, so ist auch das *i* der reduzierten Tafel das *n*-fache des *i* der primären Tafel. Nun sind in jeder Hauptabteilung von Tafel I und II je 5, in III je 4 nackte *a* in jeder Hauptabteilung enthalten; das primäre i bei I und II ist 1 mm, bei III ¼ Zoll; also das i der reduzierten Tafeln bei I und II gleich 5 mm, bei III gleich 1 Zoll.

§ 54. Entsprechend als bei den primären Tafeln hat man bei den reduzierten nicht anzunehmen, dass das reduzierte a selbst so oftmal vorkommt, als das ihm beigeschriebene reduzierte z besagt, sondern dass sich auf das Intervall, was durch das reduzierte a repräsentiert wird, z Werte a verteilen, welche sich zwischen den Grenzen des reduzierten Intervalles halten; und sofern auch die a der primären Tafeln im Grunde ein ganzes Intervall repräsentieren, auf welches sich ihr z verteilt, nur ein kleineres als die reduzierten a, besteht im Grunde zwischen primären und reduzierten a nur ein relativer Unterschied. Anstatt des reduzierten a aber kann in den reduzierten Tafeln auch das Intervall selbst angegeben werden, was dadurch vertreten wird, und es kommt in den bisher vorliegenden reduzierten Tafeln das eine und das andere vor, wonach ich a-Tafeln und Intervalltafeln unterscheide. Bloß wegen der etwas kürzeren Darstellung ziehe ich meist die Form der a-Tafel vor; ein sachlicher Unterschied aber besteht nicht zwischen a-Tafeln und Intervalltafeln, und man kann leicht von der einen Form auf die andere kommen, sofern das reduzierte a der a-Tafel das Mittel zwischen den Grenzen der reduzierten Intervalle ist, indes die Grenzen der Intervalle ebenso wie bei den primären Tafeln $a - \frac{1}{2}i$, $a + \frac{1}{2}i$ sind, nur dass hierbei reduzierte a und i an die Stelle der primären treten, wie sich an folgendem Beispiele erläutert, worin die Reduktion nach angegebenem Prinzip durch eine Abteilung weiter fortgesetzt ist, und man hiermit folgende zu einander gehörige a-Spalte und Intervallspalte erhält:

red. a	red. Intervalle
382	379,5—384,5
387	384,5—389,5

Setzen wir nun in unserem Beispiele die Reduktion nach denselben Prinzipien weiter durch Tafel I fort, so erhalten wir zu einander gehörig folgende reduzierte a- und Intervalltafel:

a	Intervalle	*z*
382	379,5—384,5	11
387	384,5—389,5	25
392	389,5—394,5	31
397	394,5—399,5	40
402	399,5—404,5	54
407	404,5—409,5	63
412	409,5—414,5	64
417	414,5—419,5	57
422	419,5—424,5	47
427	424,5—429,5	22
432	429,5—434,5	18

Man sieht in diesem Beispiel, dass die Intervalle der reduzierten Tafel sich durch Zusammenfallen der zweiten Grenze jedes Intervalles mit der ersten Grenze des folgenden Intervalles ebenso aneinander schließen als die respektiven Intervallgrenzen der primären Tafeln (s. § 52).

Nicht überall aber findet man anderwärts die Intervallgrenzen nach voriger Regel richtig angegeben, sondern mit Vernachlässigung der Umkreisintervalle die Grenz-*a* der reduzierten Abteilungen selbst als Intervallgrenzen angegeben, so in den sonst so schätzbaren belgischen Rekrutenmaßtafeln, was allerdings insofern berechtigt scheint, als die Erfahrung unmittelbar doch nur diese Grenz-*a* giebt, von denen man bei Verwertung der Tafeln leicht auf die wahren Intervallgrenzen übergehen kann; doch möchte es rätlicher erscheinen, gleich die wahren Grenzen selbst nach voriger Regel in den Tafeln zu geben. Sollte die Bezeichnung der Intervallgrenzen im Sinne der belgischen Tafeln bei unseren Tafeln geschehen, so würden wir in unserem vorigen Beispiel, die *a*-Tafel mit der Intervalltafel verbindend, zu setzen haben:

a	Intervalle	*z*
382	380—384	11
387	385—389	25
392	390—394	31

u. s. w.

Aber es tritt uns hier gleich der Nachteil dieser Bezeichnungsweise entgegen, dass die Intervalle sich nicht aneinander schließen, sondern Lücken von je einer Maßeinheit zwischen sich lassen, in welche in Wirklichkeit doch auch Maße fallen, von denen die Tabelle keine Rechenschaft giebt. Man hebt jedoch diesen Übelstand und kann ihn auch bei den belgischen Maßtabellen dadurch heben, dass man durch Mittelziehung aus den Grenzen der aufeinander folgenden Intervalle diese Grenzen zusammenfallend macht.

§ 55. Was wir nun vorstehends an einem Beispiel der Schädelmaßtafeln erläutert haben, wird auf alle Tafeln Anwendung finden, welche überhaupt einen Hauptbestand mit äquidistanten *a* haben. Machen wir aber diese Anwendung auf die Studentenmaßtafel III, so tritt eine Unbequemlichkeit ein, der sich in anzugebender Weise durch ein Verfahren begegnen lässt, das ich die Reduktion mit geteilten z nennen will. Halten wir uns dabei zur Erläuterung an die ersten zwei Abteilungen des Hauptbestandes der primären Tafel III. Sie sind:

nackte *a*	65,0	65,25	65,5	65,75	66,0	66,25	66,5	66,75
primäre z	6	3	5	5	8	6	9	19

wobei $i = 0{,}25$ Zoll.

Reduzieren wir nun diese Abteilungen nach den bisherigen Regeln auf das Vierfache des primären *i*, so erhalten wir folgende mit höchst unbequemen Brüchen behaftete *a*- und Intervalltafel:

reduziert		
a	Intervalle	z
65,375	64,875—65,875	19
66,375	65,875—66,875	42

In der That ist das reduzierte $a = 65{,}375$ das Mittel aus den primären Grenz-*a* 65 und 65,75 und die reduzierten Intervallgrenzen 64,875 und 65,875 sind gleich dem reduzierten $a = 65{,}375 \mp$ dem halben reduzierten *i*.

[Um dieser Unbequemlichkeit zu begegnen, beachte man, dass der Hauptbestand einer Tafel mit äquidistanten *a* sich nicht in scharfer Abgrenzung von den Endabteilungen mit zerstreuten a darbietet. So könnte man den Hauptbestand der Tafel III statt mit 65,0 ebensowohl mit 64,75 oder auch, nach Einschiebung leerer a, mit 64,5 oder 64,25 beginnen lassen. Eine solche Verschiebung des Hauptbestandes um ein, zwei oder drei ganze primäre i würde jedoch nicht zum Ziel führen; denn auch nach der Verschiebung würden sowohl die reduzierten a als auch die Grenzen der reduzierten Intervalle in die Mitte zwischen je zwei benachbarte primäre a fallen und nach wie vor mit den unbequemen Brüchen behaftet sein. Man beachte darum ferner, dass, wie schon mehrfach bemerkt wurde, das z der Tafel nicht dem beigeschriebenen a direkt angehört, sondern auf das ganze Umkreisintervall des a sich verteilt. Es ist somit gestattet, das primäre i zu teilen und den Teilintervallen proportionale Anteile an dem z zu überweisen. Insbesondere kann man das primäre i halbieren, so dass an Stelle des Intervalles mit den Grenzen $a - \frac{1}{2}i$, $a + \frac{1}{2}i$ zwei Intervalle mit den Grenzen $a - \frac{1}{2}i$, a und a, $a + \frac{1}{2}i$ treten, deren jedem $\frac{1}{2}z$ angehört. Geschieht letzteres in der primären Tafel III, so erhält man beispielsweise an Stelle von:

primär	
Intervalle	z
64,875—65,125	6
65,125—65,375	3
65,375—65,625	5

u. s. w.

folgende zusammengehörige Intervall- und z-Reihe:

primär halbiert	
Intervalle	z
64,875—65,0	3
65,0 —65,125	3
65,125—65,25	1,5
65,25 —65,375	1,5
65,375—65,5	2,5
65,5 —65,625	2,5

u. s. w.

Verschiebt man jetzt den Hauptbestand statt um ein ganzes um ein halbes primäres i, und lässt man denselben mit 65,0 statt mit 64,875 beginnen, wobei diese Werte Intervallgrenzen und nicht a-Werte bedeuten, so erhält man folgende a- und Intervalltafel:

reduziert

a	Intervalle	z
65.5	65.0—66,0	20
66,5	66,0—67,0	41.5

Lässt man jedoch den Hauptbestand mit 64.5 als Intervallgrenze beginnen, so erhält man:

reduziert

a	Intervalle	z
65,0	64.5—65,5	15.5
66,0	65.5—66,5	26

Auf diese Weise, durch **Verschiebung** und **Teilung** der Intervalle, kann stets erreicht werden, dass mindestens die Intervallgrenzen oder die a-Werte der reduzierten Tafel ganzzahlig werden, falls nur das reduzierte i gleich der zu Grunde liegenden Maßeinheit oder ein Vielfaches derselben ist.

§ 56. Nun giebt es aber auch Tabellen, wie Tafel IV für die Roggenähren, wo die Maße sich durch die ganze Tabelle sehr zerstreuen, wo ein Hauptbestand mit äquidistanten a von vornherein nicht vorhanden ist und nur durch eine praktisch kaum durchführbare Einschaltung unzähliger leerer a hergestellt werden könnte. Dann wird man wie folgt zu verfahren haben.

Zunächst hat man sich nach den alsbald (§ 60) aufzustellenden Gesichtspunkten zu entscheiden, auf ein wie großes i man reduzieren will. Um einen nahehin regelmäßigen Gang der Werte z zu erhalten, wird man bei unserer Tafel mit i nicht unter vier Maßeinheiten gehen dürfen. Gehen wir nun, um das erste primäre $a = 42,9$ noch in das erste reduzierte Intervall einzuschließen, mit dessen erster Grenze so weit zurück, dass dieser Zweck erreicht wird, wozu genügt, die erste Grenze des ersten red. Intervalles $= 42$ anzunehmen, indem dann 42,9 in das erste Intervall 42—46 fällt[1]. Das reduzierte z dieses Intervalles ist dann die Summe der primären z, die in das Intervall 42—46 fallen, d. i. 1, das red. a die Mitte zwischen 42 und 46, also 44. Das zweite red. Intervall ist hiernach 46—50, worein wieder nur ein z fällt, mithin das red. $z = 1$ ist, u. s. f., was von vornherein folgende reduzierte Tafel giebt:

reduziert		
a	Intervalle	z
44	42—46	1
48	46—50	1
52	50—54	1
56	54—58	2

Wenn eine der Intervallgrenzen zufällig mit einem a der primären Tafel zusammenfällt, so ist nur das halbe primäre z dieses a in das reduzierte z des Intervalles einzunehmen, indem das andere halbe z (wie nach der Methode der geteilten z) dem Nachbarintervall angehört.

§ 57. Kommen wir jetzt auf Verteilungstafeln wie I, II, III zurück, in denen sich ein Hauptbestand mit äquidistanten a der a-Spalte von Endabteilungen mit zerstreuten a unterscheiden lässt, so ist noch anzugeben, wie mit letzteren zu verfahren. Dies kann in doppelter Weise geschehen. Entweder α) macht man die a der Endabteilungen durch Einschaltung leerer a ebenso äquidistant, als es in den Hauptabteilungen der Fall ist, und reduziert sie hiernach ganz nach vorigen Prinzipien, da sie sich danach von den Hauptabteilungen prinzipiell nicht mehr unterscheiden; oder β) man setzt die Reduktion durch die Endabteilungen nicht fort, sondern begnügt sich mit Bauschangaben darüber. Letzteres Verfahren ist, soviel ich sehe, bisher das allein übliche, das erstere aber das aus anzugebenden Gründen vorzuziehende und künftig von mir allein befolgte.

---

[1] Zu demselben Zwecke könnte man auch noch weiter mit der ersten Grenze zurückgehen, bis 41, bis 40, bis 39, wo dann die ersten Intervalle respektiv sein würden 41—45, 40—44, 39—43. In jedes derselben aber fiele 42,9. Dies giebt verschiedene Reduktionslagen, wovon nachher; jedenfalls aber genügt schon 42 als erste Intervallgrenze dem Zwecke.

So sieht man überall nach Verfahren (β) bei Rekrutenmaßen dem reduzierten Hauptbestande die Bauschangabe der Zahl von Maßen vorangehen, welche kleiner als die erste Grenze des reduzierten Hauptbestandes sind, und die Tabelle mit der Bauschangabe der Zahl von Maßen schließen, welche größer als die zweite Grenze des reduzierten Hauptbestandes sind, ohne Spezifikation dieser Maße; worauf man sich aber doch nicht beschränken sollte, da man danach zwar noch den Zentralwert, aber nicht mehr das arithmetische Mittel bestimmen kann, anderer Nachteile nicht zu gedenken; vielmehr sollte, wenn man überhaupt auf die Durchführung der Reduktion durch die Endabteilungen verzichten will, außer der Summe der Anzahl der Maße auch die Summe der Maße selbst, welche in den Endabteilungen enthalten sind, angegeben werden, und nicht unzweckmäßig wird man die primären Extreme hinzufügen. Bezeichnen wir also einerseits als Vorzahl v und Vorsumme V die Zahl (Σz) und Summe (Σaz) der primären a, welche kleiner als die erste Grenze des reduzierten Hauptbestandes sind, andererseits als Nachzahl n und Nachsumme N die Zahl und Summe der primären a, welche größer als die zweite Grenze dieses Bestandes sind, als $E_{,}$ und E' das kleinste und größte a der ganzen primären Tafel überhaupt, so ist der reduzierte Hauptbestand noch durch Angabe von v, V, n, N, $E_{,}$, E' zu ergänzen, wodurch man die Tabelle brauchbarer macht, aber freilich dafür an dem Vorteil der Kürze, den nur das reine β-Verfahren gewährt, einbüßt.

Das Verfahren (α) aber ist nicht nur methodischer, indem sich danach die Reduktion der ganzen primären Tafel ohne die immer etwas willkürliche Abgrenzung zwischen Hauptbestand und Endabteilungen und ohne eine Ergänzung letzter Art nach demselben Prinzip durchführen lässt, sondern streng genommen sind auch nur so reduzierte Tafeln für die vorzunehmenden Verteilungsrechnungen brauchbar.

Führe ich nun nach diesem Prinzip die Reduktion auf ein $i = 5$ mm durch die ganzen Tafeln I und II durch, mit Rücksicht, durch Einschaltung leerer a nicht nur die a der ganzen Tabelle äquidistant zu machen, sondern auch dem ersten primären geltenden a so viele leere *a* vorangehen zu lassen, dass das erste primäre *a* (bei I 368, bei II 481) noch in das erste reduzierte Intervall hineinfällt, so kann man zur Erfüllung dieser Bedingung je nach der gewählten Reduktionslage 1, 2, 3 oder 4 leere *a* vorangehen lassen und wird, wenn man beispielsweise zwei vorangehen lässt, die ersten durch leere *a* ergänzten Abteilungen der primären Tafel I so zu schreiben haben:

primäre *a*	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375
primäre *z*	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0

u. s. w.

Das erste red. Intervall ist hiernach, mit Rücksicht auf die Umkreisintervalle der primären Grenz-*a*, $366 - \frac{1}{2}$ bis $370 + \frac{1}{2}$, d. i. $365\frac{1}{2} - 370\frac{1}{2}$, das zweite $370\frac{1}{2} - 375\frac{1}{2}$; das red. *a* des ersten Intervalles ist 368 als Mitte zwischen 366 und 370, das zweite 373; und das durch Summierung der primären *z* jeder Abteilung erhaltene reduzierte *z* ist für die erste Abteilung 1, für die zweite 2, was als Anfang der reduzierten Tafel giebt:

reduziert

a	Intervalle	*z*
368	365,5—370,5	1
373	370,5—375.5	2

u. s. w.

Entsprechend werden wir bei Tafel II die zwei ersten durch leere *a* ergänzten Abteilungen so zu schreiben haben:

primäre *a*	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489
primäre *z*	0	1	0	0	2	2	1	0	1	2

hiernach als Anfang der reduzierten Tafel:

reduziert

a	Intervalle	*z*
482	479,5—484.5	3
487	484.5—489.5	6

§ 58. Führen wir nun diese Reduktion durch die ganzen Tafeln I und II durch, so erhalten wir unter Beschränkung auf die Form der a-Tafeln folgende reduzierte Tafeln, deren jeder eine für späteren Gebrauch sehr nützliche Spalte S_z beigefügt ist, welche dadurch entsteht, dass man die z der z-Spalte vom Anfang herein bis zu dem a (inkl.) der a-Spalte, wozu das betreffende S_z gefügt ist, summiert:

Reduktion der primären Tafeln I (Vertikalumfang) und II (Horizontalumfang) mit red. $i = 5$ mm.

I

a	z	S_z
368	1	1
373	2	3
378	5	8
383	17	25
388	24	49
393	36	85
398	41	126
403	59	185
408	65	250
413	65	315
418	51	366
423	40	406
428	17	423
433	19	442
438	4	446
443	2	448
448	2	450

II

a	z	S_z
482	3	3
487	6	9
492	10	19
497	13	32
502	30	62
507	28	90
512	52	142
517	50	192
522	60	252
527	53	305
532	39	344
537	43	387
542	30	417
547	14	431
552	12	443
557	3	446
562	1	447
567	2	449
572	0	449
577	1	450

Der Vergleich vorstehender reduzierter Tafeln mit den primären, aus denen sie entstanden sind, giebt zu folgenden Bemerkungen von allgemeiner Tragweite Anlass.

Verstehe ich überhaupt unter einem regelmäßigen Gange der z einen solchen, dass sie mit aufsteigenden a ohne Unterbrechung durch

Absteigen bis zu einem Maximum wachsen, von da an aber ebenso ohne Unterbrechung durch Aufsteigen wieder abnehmen, hiermit eine glatte Verteilungskurve im Sinne von § 17 geben, so zeigen sämtliche reduzierte Tafeln auf den ersten Blick gegen die primären, aus denen sie abgeleitet sind, den auffälligsten Vorteil der Regelmäßigkeit. Und erst nachdem der Gang der Werte durch die Reduktion mindestens um die Mitte herum regelmäßig geworden ist, wird sich von einer Gesetzlichkeit derselben sprechen, dieselbe bestimmen oder eine voraussetzliche Gesetzlichkeit daran prüfen lassen.

Dass I zwei benachbarte gleiche Maximal-*z* zeigt, ist nur zufällig und steht dem regelmäßigen Gange nicht im Wege, wie es der Fall sein würde, wenn sie durch zwischenliegende *a* mit kleinerem *z* geschieden wären. II hat, wie gewöhnlich, nur ein Maximal-*z*. Näher zugesehen, zeigt I nur noch nach einem Ende hin eine unbedeutende Ausnahme vom regelmäßigen Gange, sofern die *z* = 17 und 19 ihre Größe vertauschen müssten, um sich richtig zu folgen; und selten fehlt es gegen die Enden hin ganz an solchen kleinen Unregelmäßigkeiten, ohne dass bei Verwertung der Tafeln viel darauf ankommt, um so mehr, wenn solche in der Gegend des dichtesten *a*, d. h. was das größte *z* hat, stattfinden; und verstehen wir der Kürze halber unter Kern der Tafel das dichteste *a* mit seinen zwei höheren und zwei tieferen Nachbar-*a*, so werden wir vorzugsweise von diesem Kerne Regelmäßigkeit zu fordern haben, um unsere Normalgesetze der Verteilung mit befriedigender Approximation bestätigt zu finden. Während nun der Kern von I, der sich wegen des doppelten Maximal-*z* auf sechs *a* erstreckt, der Bedingung der Regelmäßigkeit genügt, ist dies bezüglich II nach oben hin (nach den kleineren Maßen zu) nicht der Fall, und auch nach unten zu folgt die Zahl 13 unrichtig gegen die Grenzzahl 39 des Kernes.

Hiernach lässt sich von vornherein schließen, dass die Tafel II für Horizontalumfang sich der normalen Verteilungsweise weniger gut fügen und weniger geeignet zur Bewährung der Normalgesetze sein wird, als Tafel I für Vertikalumfang.

§ 59. Nun aber reicht es hin, Tafel I und II auf das doppelte *i* als vorhin, statt auf 5 mm auf 10 mm zu reduzieren, um beide Tafeln ausnahmslos regelmäßig zu machen, was sehr einfach dadurch geschehen kann, dass man je zwei successive *a* der auf $i = 5$ mm reduzierten Tafeln zu ihrem Mittel und ihre zugehörigen *z* zur Summe vereinigt. Geschieht dies mit der Tafel I (§ 58) von oben herein, so bleibt wegen der unpaaren Zahl der nackten *a* dieser Tabelle das $a = 448$ mit $z = 2$ übrig; es hindert aber nichts, die *a*-Tafel über 448 hinaus konsequent fortzuführen, indem man zu dem $a = 448$ ein um 5 mm größeres $a = 453$ mit $z = 0$ hinzufügt; das mittlere *a* zwischen 448 und 453 giebt dann ein reduziertes $a = 450,5$ mit einem reduzierten $z = 2$. In der That erhält man folgende Tafeln:

Die Tafeln I und II, auf $i = 10$ mm reduziert.

I

a	*z*	*S,*
370,5	3	3
380,5	22	25
390,5	60	85
400,5	100	185
410,5	130	315
420,5	91	406
430,5	36	442
440,5	6	448
450,5	2	450

II

a	*z*	*S,*
484,5	9	9
494,5	23	32
504,5	58	90
514,5	102	192
524,5	113	305
534,5	82	387
544,5	44	431
554,5	15	446
564,5	3	449
574,5	1	450

Aus den vorigen Tafeln wird man, nach demselben Prinzip, auf $i = 20$ mm reduzierte Tafel ableiten können, u. s. f., was ich als verschiedene **Reduktionsstufen** bezeichne. Mit jeder neuen Reduktionsstufe verkleinert sich die Tafel, bis man zuletzt auf ein einziges red. *a* mit einem einzigen red. *z* kommt.

Um dies nur für Tafel I durchzuführen, so erhält man bei Reduktion respektiv auf 20, 40 mm u. s. f. aus der Reduktion für $i = 5$ mm folgende a-Tafeln:

20 mm		40 mm		80 mm		160 mm	
a	*z*	*a*	*z*	*a*	*z*	*a*	*z*
375,5	25	385,5	185	405,5	448	445,5	450
395,5	160	425,5	263	485,5	2		
415,5	221	465,5	2				
435,5	42						
455,5	2						

Und so wird man überhaupt, wenn bei Reduktion auf ein gegebenes *i* noch kein regelmäßiger Gang der Werte *z* zu erlangen ist, durch Vergrößerung des *i* zu einem solchen gelangen oder sich doch demselben nähern können. Und, wie leicht zu erachten, besteht gleich von vornherein die Möglichkeit der Reduktion auf ein verschieden großes *i*. Wir hätten ja bei I und II das primäre *i* gleich bei der ersten Reduktionsstufe um mehr oder weniger als das fünffache, bei III um mehr oder weniger als das vierfache *i* steigern können, indem wir mehr oder weniger äquidistante (resp. durch Einschieben leerer *a* äquidistant gemachte) primäre *a* dazu zusammennahmen. Es handelt sich also um Gesichtspunkte, welche die Wahl in dieser Hinsicht bestimmen können. Ganz allgemeine und feste für jeden sich darbietenden besonderen Fall lassen sich nun nicht wohl geben, doch folgende aufstellen, welche die Wahlfreiheit bis zu gewissen Grenzen beschränken und regeln können.

§ 60. Es findet ein gewisser Konflikt zwischen den Vorteilen und Nachteilen der Vergrößerung oder Verkleinerung des Reduktions-*i* statt. Aus gewissen Gesichtspunkten ist es am vorteilhaftesten, das *i* möglichst klein zu halten, weil nach schon früher (§ 5) gepflogener Erörterung die idealen Verteilungsgesetze streng genommen diesen Fall voraussetzen, und in dieser Hinsicht verdient sogar die primäre Tafel den Vorzug vor jeder reduzierten, die stets ein Vielfaches des primären *i* enthält; ja am besten wäre, wenn man das *i* der primären Tafel selbst auf unendliche Kleinheit reduzieren könnte, was nun freilich nicht geht. Auch trägt folgender Umstand bei, unter sonst gleichen Umständen die Reduktion auf kleine *i* der Reduktion auf größere vorziehen zu lassen. Soll der Umstand, dass die auf ein gegebenes a geschriebene Zahl z eigentlich einem ganzen Intervall zugehört, welches bei primären wie reduzierten Tafeln mit der Größe des i wächst, bei Bestimmung der Elemente erforderlich berücksichtigt werden, so muss, was später (Kap. IX) auszuführen, Interpolation des betreffenden Intervalles zu Hilfe genommen werden, und muss man womöglich die Intervalle klein genug halten, dass man mit einfacher Interpolation ausreicht; denn die Kollektivmaßlehre würde praktisch fast undurchführbar werden, wenn man zur Bestimmung aller Elemente und der Vergleiche zwischen Rechnung und Beobachtung überall Interpolation mit zweiten Differenzen zuziehen müsste. Und obschon ich das Verfahren dazu später angeben werde, habe ich doch im allgemeinen nicht davon Gebrauch gemacht, nachdem ich bei Beschränkung auf die angewandten Größen des i keinen die Mühseligkeit des Gebrauches und Umständlichkeit der Darstellung vergeltenden Vorteil davon zu erlangen vermochte.

Dem entgegen kann die Ausgleichung der Zufälligkeiten, welche den regelmäßigen Gang der z in der primären Tafel stören und dem Vergleiche mit dem gesetzlich geforderten Gange im Wege stehen, doch nur durch Reduktion und hiermit Vergrößerung des i erzielt werden, und ein nicht zu großes i schadet in dieser Beziehung viel weniger als eine zu große Unregelmäßigkeit. Hiernach wird man im ganzen am besten thun, das i so groß und doch nicht größer zu nehmen, als dass ein regelmäßiger Gang mindestens innerhalb des Kernes der reduzierten Tafel stattfindet; denn Unregelmäßigkeiten im Gange der äußersten kleinen z haben überhaupt auf die Bestimmung der Elemente und gesetzlichen Verhältnisse keinen erheblich störenden Einfluss. Wo nun aber, wie bei unseren drei ersten Beispielstafeln, zu den Unregelmäßigkeiten wegen unausgeglichener Zufälligkeiten noch solche wegen ungleichförmiger Schätzung treten, tritt noch die besondere Bedingung hinzu, das i nicht kleiner und mithin die Zahl der zusammenzufassenden äquidistanten a nicht geringer zu nehmen, als es der Periode der ungleichförmigen Schätzung entspricht, und bei Vergrößerung des i dieses nur nach ganzen Multiplis davon zu thun, weil nur unter dieser Bedingung auf Ausgleichung der Fehler wegen ungleichförmiger Schätzung zu rechnen ist. Nun kehren bei den Schädelmaßen der Tab. I und II nach § 51 die Maximalmaß-z nach je 5 um 1 mm fortschreitenden a, bei den Studentenrekrutenmaßen der Tab. III nach je 4 um 0,25 Zoll fortschreitenden a der primären Tafel wieder, also kann die Reduktion auf das kleinste statthafte i bei I und II nur auf $i = 5$ mm, bei III nur auf 1 Zoll geschehen, wie das in den Tabellen (§ 58 und § 62) der Fall ist; auf ein größeres i aber einzugehen, hätte man nur dann Anlass, wenn damit noch kein regelmäßiger Gang der reduzierten z zu erzielen wäre.

§ 61. Obwohl man nun aus angegebenen Gründen keinen Anlass finden wird, bei Bearbeitung unserer Beispielstafeln zu diesen höheren Reduktionsstufen fortzuschreiten, kann es doch ein Interesse haben, an denselben zu sehen, wiefern überhaupt von einem solchen Fortschritt eine Änderung der Elemente zu erwarten ist, und ich gebe hiernach zuvörderst für Tafel I folgende Tabelle der wichtigsten Elemente je nach ihrer Ableitung aus verschiedenen Reduktionsstufen. Die Bestimmung von D_p ist wegen ihrer Umständlichkeit bloß für die zwei ersten Reduktionsstufen geschehen. Nach Änderung der Hauptwerte ändern sich natürlich auch die davon abhängigen Abweichungsfunktionen; u, u und p haben die früher (§ 10 und § 33) angegebene Bedeutung, woraus μ', $\mu_,$, m', $m_,$ mit Zuziehung der Totalzahl m in angegebener Weise zu folgern ist. Die Ableitung von m', $m_,$ und demgemäß von u, sowie von e', $e_,$ ist überall von D_p aus, nicht von D_i aus geschehen. Das aus der primären Tafel abgeleitete A, d. i. A_1, ist in der Überschrift mit angegeben. Alle Elemente sind nach der sog. scharfen Methode der Kap. IX und X mit einfacher Interpolation des Eingriffsintervalles abgeleitet. Ganz entsprechend sind alle weiter folgenden Tafeln der Elemente zu verstehen.

Elemente der Tafel I. je nach Ableitung aus verschiedenen Reduktionsstufen.

$\mathcal{E} = 1\,\mathrm{mm}$: $m = 450$: $A_1 = 408.5$.

i	$5\,\mathcal{E}$	$10\,\mathcal{E}$	$20\,\mathcal{E}$	$40\,\mathcal{E}$
A_2	408.2	408.1	408,2	409.2
C_2	408.6	408.6[1]	409.1	411.6
D_p	409.7	410.1	—	—
D_i	410.5	409.8	410.6	414.7
u	+ 10	+ 12	+ 20	+ 31
u	− 29	− 40	—	—
$e_,$	11,9	12,4	—	—
e'	10,4	10,4	—	—
p	0.74	0.75	—	—

Man sieht, dass, abgesehen von der letzten hier berücksichtigten Reduktionsstufe, auf $i = 40$, wo die reduzierte Tafel auf drei Werte zusammenschrumpft, die Hauptwerte je nach der Reduktionsstufe nur um zu vernachlässigende und zufällig scheinende Größen von einander abweichen: wogegen u, u und mithin $\mu_,$, μ', $m_,$, m' sich nicht unerheblich danach ändern, woraus zu folgern ist, dass, wenn es sich nur um Bestimmung der Hauptwerte handelt, auf die Reduktionsstufe nicht viel ankommt, wenn man nur nicht bis zu den höchsten Graden damit geht; wogegen die Verteilungsrechnungen von den Reduktionsstufen wesentlich influiert werden müssen, und man also auch aus diesem Grunde wohl thun wird, sofern es gilt, beobachtete mit berechneter Verteilung zu vergleichen, bei der möglichst niedrigen Stufe, welche noch eine regelmäßige Verteilung im Kerne giebt, stehen zu bleiben. Wo nun die niedrigste Stufe nicht durch Rücksicht auf eine etwa vorhandene ungleichförmige Schätzung bedingt ist, wie bei Tafel I, II und III, ist man auch nicht gebunden, das erst gewählte i gerade zu verdoppeln, um zum Zwecke eines regelmäßigen Kernes zu gelangen, was nur den formalen Vorteil hat, dass man die höhere Stufe einfach aus der vorherigen niederen Stufe ableiten kann. Wenn man aber einen regelmäßigen Kern mittelst einer schwächeren Reduktion als durch Verdoppelung des vorherigen i erlangen kann, so wird man nicht zu dieser Verdoppelung greifen, muss aber dann zur Ableitung der betreffenden Reduktion auf die primäre Tafel zurückgehen.

---

[1] [Es könnte als Versehen erscheinen, dass C_2 für $i = 10$ ganz denselben Wert als für $i = 5$ erhalten hat. Es rührt dies jedoch daher, dass das Intervall, in welches C_2 für $i = 10$ fällt, ein doppelt so großes z besitzt als das Intervall, in welches C_2 für $i = 5$ fällt, was durch die beiden benachbarten gleichen Maximal-z der Reduktionsstufe $i = 5$ bedingt wird.]

§ 62. Um nun zu sehen, wie sich diese Resultate bei anderen K.-G. unter anderen Bedingungen wiederfinden, wenden wir uns von Tafel I, welche für Schädelmaße mit $m = 450$ gilt[1], zu Tafel III für Studentenrekrutenmaße mit $m = 2047$.

Bei Tafel I waren wir durch das Verhalten der ungleichförmigen Schätzung genötigt, das primäre $i = 1$ mm bei der ersten Stufe auf das Fünffache zu reduzieren; bei Tafel III sind wir aus demselben Grunde gehalten, das primäre $i = 0{,}25$ Zoll auf das Vierfache, d. i. 1 Zoll zu reduzieren, wobei aus dem oben § 55 angegebenen Grunde das Verfahren mit geteilten i anzuwenden ist. Dies giebt, wenn wir von einer solchen Lage der ersten Reduktion ausgehen[2], dass die a derselben ohne Bruch auftreten, folgende Verteilungstafeln und Elemente.

---

[1] Tafel II übergehe ich, nicht nur, weil sie analoge Verhältnisse als I darbietet, sondern auch, weil sie wegen Unregelmäßigkeit im Kerne der primären Tafel weniger sicheren Anhalt bietet.

[2] Die Möglichkeit verschiedener Reduktionslagen wird weiterhin besprochen.

Auf verschiedene Stufen reduzierte Tafel III.

$\mathcal{E} = 0{,}25$ Zoll; $m = 2047$; $A_1 = 71{,}77$.

$i = 1$ Zoll		$i = 2$ Zoll		$i = 4$ Zoll		$i = 8$ Zoll	
a	z	a	z	a	z	a	z
60	1	60,5	1	61,5	1	63,5	98,5
61	0	62,5	0	65,5	97,5	71,5	**1815**
62	0	64,5	17,5	69,5	823	79,5	133,5
63	0	66,5	80	73,5	**992**	87,5	0
64	2	68,5	280	77,5	129,5		
65	15,5	70,5	543	81,5	4		
66	26	72,5	**626,5**	85,5	0		
67	54	74,5	365,5				
68	108	76,5	113				
69	172	78,5	16,5				
70	253	80,5	3				
71	290	82,5	1				
72	**330,5**	84,5	0				
73	296						
74	223,5						
75	142						
76	75						
77	38						
78	13						
79	3,5						
80	2						
81	1						
82	0,5						
83	0,5						

Elemente der Tafel III nach Ableitung aus verschiedenen Reduktionsstufen.

$\mathcal{E} = 1$ Zoll; $m = 2047$; $A_1 = 71{,}77$.

i	$1\,\mathcal{E}$	$2\,\mathcal{E}$	$4\,\mathcal{E}$	$8\,\mathcal{E}$
A_2	71,75	71,76	71,77	71,64
C_2	71,81	71,83	71,91	71,58
D_p	71,99	72,06	—	—
D_i	72,04	71,98	72,16	71,54
n	+ 39	+ 41	+ 70	− 29
u	− 120	− 147	—	—
$e_,$	2,16	2,26	—	—
e'	1,92	1,96	—	—
p	0,75	0,77	—	—

Wie man sieht, bestätigen sich durch diese Tabelle die aus den Reduktionsstufen für I gezogenen Schlüsse.

§ 63. Was Tafel IV bezüglich der Roggenähren mit $m = 217$ anlangt, so habe ich durch mehrfache Versuche gefunden, dass man, um zu einem regelmäßigen Kern zu gelangen, nicht wohl unter ein reduziertes $i = 4\,\mathcal{E}$ herabgehen kann, wo $\mathcal{E} = 0{,}5$ cm ist; was, bei Beginn der Tafel mit einem reduzierten $a = 42$, folgende Resultate giebt:

Auf verschiedene Stufen reduzierte Tafel IV.

$\mathcal{E} = 0{,}5$ cm; $m = 217$; $A_1 = 86{,}54$.

$i = 4\,\mathcal{E}$		$i = 8\,\mathcal{E}$		$i = 16\,\mathcal{E}$		$i = 32\,\mathcal{E}$	
a	z	a	z	a	z	a	z
42	1	44	1	48	4	56	26
46	0	52	3	64	22	88	**176,5**
50	1	60	8	80	85	120	14,5
54	2	68	14	96	**91,5**		
58	3	76	35	112	14.5		
62	5	84	50				
66	6	92	**51,5**				
70	8	100	40				
74	15	108	13				
78	20	116	1.5				
82	25						
86	25						
90	**32**						
94	19,5						
98	24,5						
102	15.5						
106	10						
110	3						
114	1.5						
118	0						

Hieraus begnüge ich mich, nur die Hauptwerte abzuleiten, welche ebenfalls eine sehr geringe Anderung je nach der Reduktionsstufe zeigen.

Hauptwerte der Tafel IV nach Reduktion auf verschiedene Stufen.

$\mathcal{E} = 0{,}5$ cm; $m = 217$; $A_1 = 86{,}54$.

i	$4\mathcal{E}$	$8\mathcal{E}$	$16\mathcal{E}$	$32\mathcal{E}$
A_2	86,48	86,67	86,67 [1]	86,30
C_2	87,60	87,60 [1]	87,53	86,96
D_p	90,25	—	—	—
D_i	89,44	88,76	89,25	87,41

§ 64. Inzwischen außer der Wahl zwischen den Reduktionsstufen handelt es sich nach schon gemachter Bemerkung noch um die Wahl zwischen den Reduktionslagen.

Die Verschiedenheit der Reduktionslagen beruht darauf, dass, je nachdem man den Ausgangswert des Zusammennehmens der primären nackten a ändert, die reduzierte Tafel verschieden ausfällt. Betrachten wir dies zuerst in Bezug auf den Hauptbestand der primären Tafel I. Das Zusammennehmen der a begann im Beispiele § 53 mit dem ersten $a = 380$ der ersten Hauptabteilung, und wir erhielten damit als reduziertes a 382 mit dem reduzierten $z = 11$. Gehen wir nun konsequent damit vor, so wird die Reduktion der zweiten Hauptabteilung mit den fünf nackten a 385, 386 flg. ein reduziertes $a = 387$ mit dem reduzierten $z = 25$ geben. Nun hindert aber nichts, den Anfang des Zusammennehmens von je fünf nackten a um ein a vorzuschieben, womit andere zu reduzierende Abteilungen entstehen, nämlich, um bei den zwei ersten stehen zu bleiben:

nackte a	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390
primäre z	1	2	3	3	8	2	6	4	5	7

woraus folgt:

---

[1] [Die Übereinstimmung der Werte von A_2 für $i = 8$ und $i = 16$, sowie von C_2 für $i = 4$ und $i = 8$ ist durch die Beschaffenheit der Tafel IV begründet, und zwar folgt die Gleichheit der beiden A_2 daraus, dass in der Reduktionsstufe $i = 8$ die Summe des ersten, dritten, fünften z u. s. w. zufällig gleich der Summe des zweiten, vierten z u. s. w. ist, während die gleichzahligen z der Stufe $i = 4$ (für $a = 82$ und 86) die Gleichheit der beiden C_2 bedingen.]

reduziert

a	Intervalle	z
383	380,5—385,5	17
388	385,5—390,5	24

u. s. w.

Dies giebt, wie man sieht, eine andere reduzierte Tafel des Hauptbestandes als die vorige, welche primär mit $a = 380$, reduziert mit 382 anhob, statt dass diese primär mit 381, reduziert mit 383 anhebt. Weiter könnte man auch, statt mit primärem $a = 380$ oder 381 anzuheben, mit 382, 383 oder 384 anheben, und erst wenn man mit 385 den Anfang machte, würde man in die erste Reduktionsweise zurückfallen, indem diese, mit 380 beginnend, die mit 385 beginnende als Fortsetzung einschließt.

Im ganzen sind so viele Reduktionslagen möglich, als die Zahl der primären a oder i beträgt, welche in dem i der Reduktionsstufe zusammengefasst werden. Sofern nun das $i = 1$ mm der primären Tafel I in der ersten Reduktionsstufe auf $i = 5$ mm gesteigert ist, sind hier fünf Reduktionslagen möglich, bei Reduktion auf 10 mm würden zehn Lagen möglich sein u. s. f. Und wenn wir im Sinne der Methode α die primären Endabteilungen durch Ergänzung mit leeren a in einheitlichem Zusammenhange mit den Hauptabteilungen behandeln, so dehnt sich die betreffende Zahl der Reduktionslagen mit auf diese aus.

Um nun die möglichen Reduktionslagen einer gegebenen Reduktionsstufe zu erschöpfen, haben wir nicht nur die Lücken zwischen den primären a durch leere a zu ergänzen, sondern auch hinter das erste geltende a so weit und in so vieler Weise mit leeren a zurückzugehen, dass das erste geltende a noch unter den zusammenzunehmenden a mit enthalten ist, d. i. bei fünf möglichen Lagen je nach der Lage respektive mit vier, mit drei, mit zwei, mit einem leeren a. Also werden wir in Tafel I, wo 368 das erste geltende a mit $z = 1$ ist, für die erste Lage zu setzen haben:

a	364	365	366	367	368
z	0	0	0	0	1

mit red. $a = 366$ als Mitte zwischen 364 und 368, und red. $z = 1$ als Summe der in dem red. Intervall enthaltenen z; bei der zweiten mit Vorschiebung um ein a:

a	365	366	367	368	369
z	0	0	0	1	0

mit red. $a = 367$, red. $z = 1$, u. s. f., was durchgeführt folgende fünf Lagen giebt:

Tafel I (Vertikalumfang) in fünf Reduktionslagen

mit $i = 5$ mm; $\delta = 1$ mm; $m = 450$.

a	z	a	z	a	z	a	z	a	z
366	1	367	1	368	1	369	3	370	3
371	2	372	2	373	2	374	1	375	1
376	2	377	3	378	5	379	5	380	7
381	9	382	11	383	17	384	18	385	22
386	23	387	25	388	24	389	29	390	30
391	28	392	31	393	36	394	33	395	33
396	45	397	40	398	41	399	49	400	55
401	47	402	54	403	59	404	55	405	50
406	60	407	63	408	65	409	66	410	73
411	65	412	64	413	65	414	62	415	52
416	60	417	57	418	51	419	53	420	55
421	44	422	47	423	40	424	39	425	35
426	34	427	22	428	17	429	13	430	12
431	13	432	18	433	19	434	16	435	14
436	10	437	5	438	4	439	4	440	5
441	5	442	5	443	2	444	2	445	2
446	2	447	2	448	2	449	2	450	1

Um die verschiedenen Lagen zu unterscheiden, dürfte man sich am einfachsten der Bezeichnung durch den Anfang der reduzierten Tafel, d. i. des kleinsten reduzierten a oder reduzierten $E_{,}$ bedienen, wonach also die erste der obigen Reduktionslagen durch $E_{,} = 366$, die zweite durch $E_{,} = 367$ u. s. f. zu bezeichnen ist.

[Der Einfluss der Reduktionslage auf die Werte der Elemente wird aus folgender Tabelle ersichtlich:]

Elemente der Tafel I (Vertikalumfang) bei Reduktion auf fünf verschiedene Lagen.

$\varepsilon = 1$ mm; $i = 5$ mm; $m = 450$; $A_1 = 408,5$.

$E_,$	366	367	368	369	370	Mittel
A_2	408,6	408,7	408,2	408,5	408,6	408,5
C_2	409,1	409,1	408,6	408,9	409,1	409,0
D_p	410,7	410,5	409,7	410,4	410,3	410,3
D_2	411,0	410,1	410,5	410,2	410,1	410,4
$m_,$	246	244	240	244	242	243
m'	204	206	210	206	208	207
$e_,$	12,3	12,1	11,9	12,1	12,1	12,1
e'	10,2	10,3	10,4	10,2	10,4	10,3
u	+13	+10	+10	+11	+16	+12
u	−42	−38	−30	−38	−34	−36
p	0,76	0,78	0,73	0,79	0,71	0,75

Man bemerke, dass das A_1 der primären Tabelle gleich 408,5, und dass die A_2 bei sämtlichen fünf Lagen hiervon und mithin von einander nur wenig abweichen, im Mittel aber ganz mit A_1 stimmen. Ebenso zeigen die anderen Hauptwerte je nach der verschiedenen Lage nur wenig Verschiedenheit; etwas abweichender zeigen sich die Abweichungszahlen und Abweichungssummen und daraus folgenden mittleren Abweichungen.

Doch kann man schon bemerken, dass, so wenig sich die Werte A, C, D derselben Lage unterscheiden, sie doch bei allen Reduktionslagen in derselben Ordnung auftreten. Es ist nämlich D größer als A, und C fällt zwischen beide Werte, wie es durch die Asymmetriegesetze gefordert wird. Auch tritt die Asymmetrie schon dadurch deutlich hervor, dass überall $m_, > m'$ ist; ja es erfüllt sich auch die für den Fall der Asymmetrie geltende Forderung, dass $p = (D - C) : (D - A)$ sehr approximativ $= \frac{1}{4}\pi = 0,785$ ist.

§ 65. Während wir nun solchergestalt bei Tafel I vermöge Steigerung des primären i auf das Fünffache die Möglichkeit von fünf verschiedenen reduzierten Tafeln erhalten, erhalten wir bei III wegen Steigerung auf das Vierfache die Möglichkeit von vier Reduktionslagen.

Tafel III in vier Reduktionslagen

mit $i = 1$ Zoll; $\delta = 1$ Zoll; $m = 2047$.

a	*z*	*a*	*z*	*a*	*z*	*a*	*z*
59.5	0,5	59.75	1	60	1	60,25	1
60,5	0,5	60,75	0	61	0	61,25	0
61,5	0	61,75	0	62	0	62,25	0
62,5	0	62,75	0	63	0	63,25	0
63,5	1	63,75	2	64	2	64,25	4
64.5	8	64.75	11.5	65	15.5	65.25	18.5
65.5	20	65.75	22.5	66	26	66,25	35
66,5	41.5	66.75	43.5	67	54	67.25	60
67.5	72	67.75	94	68	108	68.25	123.5
68,5	137	68.75	151,5	69	172	69,25	192
69,5	215.5	69,75	237.5	70	253	70,25	263,5
70,5	271	70.75	280	71	290	71,25	309
71.5	323.5	71.75	327	72	330.5	72,25	318
72.5	305	72.75	304	73	296	73,25	285,5
73.5	274.5	73.75	248,5	74	223.5	74,25	205.5
74.5	183.5	74.75	165	75	142	75,25	119
75,5	101,5	75.75	87.5	76	75	76,25	62
76,5	52	76,75	43	77	38	77.25	35
77.5	27.5	77.75	18,5	78	13	78,25	9.5
78,5	7	78.75	5	79	3.5	79.25	3
79.5	3	79.75	3	80	2	80,25	1.5
80,5	1,5	80,75	1	81	1	81,25	0.5
81.5	0	81,75	0	82	0.5	82,25	1
82,5	1	82.75	1	83	0.5	83.25	0

Elemente der Tafel III nach Reduktion in vier Lagen.

$\mathcal{E} = 1$ Zoll; $i = 1$; $m = 2047$; $A_1 = 71{,}77$.

E_i	59.5	59.75	60	60,25	Mittel
A_1	71,76	71.75	71.75	71,76	71.755
C_1	71,79	71,80	71,81	71,80	71,80
D_p	71,91	71,96	71.99	71,97	71,96
D_i	71,74	71,92	72,04	71,97	71,92
u	+ 21	+ 33	+ 39	+ 28	+ 30
u	− 76	− 104	− 120	− 106	−101,5
e_i	2,05	—	2,04	—	2,045
e_s	2,12	2,14	2,16	2,15	2,14
e'	1,97	1,93	1,92	1,94	1,94
p	0,80	0,76	0,75	0,81	0,78

Man sieht, dass sich die Resultate der vorigen Tabelle I durch die der Tabelle III bestens bestätigen. Auch hier zeigt sich D_i überall mit D_p fast genau stimmend, mit Ausnahme der Lage $E_i = 59{,}5$, wo ganz exceptionell D_i nicht nur verhältnismäßig stark von D_p abweicht, sondern auch entgegen der Richtung der wesentlichen Asymmetrie kleiner als A_1 und C_1 ist.

§ 66. [Da für Tafel IV das durch ihre Unregelmäßigkeiten bedingte reduzierte $i = 4\,\mathcal{E}$, das primäre i aber $= 0{,}1\,\mathcal{E}$ ist, so sind hier im Grunde 40 Reduktionslagen möglich. Von denselben sollen die folgenden vier Lagen ausgewählt werden:

Tafel IV in vier Reduktionslagen

mit $i = 4\,\delta$; $\delta = 0{,}5$ cm; $m = 217$.

e	z	e	z	e	z	e	z
41	1	42	1	43	1	44	1
45	0	46	0	47	0	48	1
49	1	50	1	51	2	52	1
53	1	54	2	55	1	56	2
57	3.5	58	3	59	3	60	4
61	5	62	5	63	7	64	6
65	3.5	66	6	67	7	68	8
69	9	70	8	71	9	72	9
73	11	74	15	75	17.5	76	21.5
77	23.5	78	20	79	18,5	80	15.5
81	19	82	25	83	21	84	24
85	23	86	25	87	30	88	33.5
89	35.5	90	32	91	30	92	27.5
93	22	94	19,5	95	22,5	96	23.5
97	24	98	24.5	99	22	100	18,5
101	18	102	15.5	103	13,5	104	13.5
105	12	106	10	107	8	108	4
109	2	110	3	111	4	112	3.5
113	3	114	1,5	115	0	116	0

Elemente der Tafel IV nach Reduktion in vier Lagen.

$\delta = 0{,}5$ cm; $i = 4$; $m = 217$; $A_s = 86{,}54$.

K.	41	42	43	44	Mittel
A_s	86,50	86,48	86,59	86,52	86,52
C_s	87,90	87,60	87,87	87,85	87,805
D_g	90,19	90,25	91,31	90,58	90,58
D_h	88,92	89,44	89,00	88,45	88,95
u	− 41	− 41	− 52	− 45	− 45
e_s	11,70	11,86	12,28	11,82	11,915
e'	8,01	8,09	7,56	7,76	7,855
p	0,62	0,70	0,73	0,67	0,68

Auch diese Tabelle zeigt bei stärkerem Auseinanderweichen der Hauptwerte als in I und III die relative Konstanz der Hauptwerte und Abweichungsfunktionen in den verschiedenen Lagen, die Gesetzmäßigkeit in der Aufeinanderfolge von A, C und D, sowie die Nähe von D_4 und D_p. Indessen ist p durchweg kleiner als der theoretisch geforderte Wert 0,785.

§ 67. Es entsteht nun die Frage, an welche der verschiedenen Reduktionslagen man sich bei Ableitung der Elemente oder Prüfung der aufgestellten Gesetze zu halten habe, worüber sich wieder ganz allgemeine, feste Regeln nicht geben lassen dürften, wohl aber folgendes allgemein zu sagen sein wird.

Zunächst lässt sich an dem Aussehen unserer Tafeln selbst zeigen, dass bei so großen m, als unseren Tafeln unterliegen, die Änderungen der Elemente je nach der Reduktionslage nur unerheblich und im allgemeinen von der Ordnung der Unsicherheit sind, die an der Bestimmung der Elemente überhaupt zulässig ist, so dass es mit Rücksicht hierauf ziemlich gleichgültig erscheint, an welche Reduktionslage man sich halten wird, und nur die Regel zu beobachten hat, alle Elemente, die in Untersuchung genommen werden sollen, aus derselben Reduktionslage zu bestimmen. Mitunter aber kommt es vor, dass unter verschiedenen Reduktionslagen die eine oder andere einen Nachteil gegen die übrigen in betreff des regelmäßigen Ganges der z zeigt, wie denn z. B. unter unseren fünf Tafeln I (§ 64) die letzte mit $E_s = 370$ eine Abweichung von der Regelmäßigkeit giebt, sofern sie die Folge der reduzierten z: 55, 50, 73 erhält, statt dass die z bis zum Maximum 73 ununterbrochen steigen sollten. Alle übrigen vier Tafeln zeigen dagegen nichts der Art und sind daher jener vorzuziehen. Dies macht nun darauf aufmerksam, dass man, wenn man zufällig einen Kern mit unregelmäßigem Gange getroffen hat, nachsehen kann, ob man nicht mit einer anderen Lage besser fahre. Überhaupt wird beim Vergleiche verschiedener Reduktionslagen diejenige zu wählen sein, welche die geringste Abweichung von den allgemeinen Verteilungsgesetzen zeigt. Jeder Wahl könnte man sich übrigens dadurch entschlagen, dass man die möglichen Reduktionslagen sämtlich in Rechnung bringt und das Mittel aus den Resultaten zieht, nur dass dies mühsam durchzuführen ist und wenig lohnende Umständlichkeiten mit sich führen würde.

Werfen wir jetzt einen vergleichenden Blick auf den Wert primärer und daraus abgeleiteter reduzierter Tafeln, so ergiebt sich, dass für vollständige Behandlung eines K.-G. beide sich vielmehr zu ergänzen als zu ersetzen haben, wonach nur zu bedauern ist, dass der große Raum, den primäre Tafeln im allgemeinen einnehmen, meist nötigt, auf ihre Mitteilung zu verzichten und sich bei reduzierten zu begnügen. Jedenfalls hat man in der primären Tafel die direkte erfahrungsmäßige Unterlage für die ganze Behandlung eines gegebenen K.-G., und da die Reduktion nach der Größe des i, der Lage der Intervalle, nach ganzen und halbierten i so oder so vorgenommen werden kann, bleibt jedem bei Vorliegen der primären Tafel noch freigestellt, welche Wahl er treffen will, und behält er die Möglichkeit, eine schon getroffene Wahl danach noch abzuändern und zu kontrollieren. Auch kann der arithmetische Mittelwert durch keine reduzierte Tafel ebenso sicher erhalten werden als aus der primären, mag auch der Unterschied bei vielzahligen Gegenständen zu vernachlässigen sein. Hiergegen kann man bei Verfolgung des gesetzlichen Ganges der Werte eines K.-G. eine allgemeine Reduktion der Tafel und bei Bestimmung der Elemente, welche an lokalen Unregelmäßigkeiten in besonderer Weise beteiligt werden, eine lokale Reduktion überhaupt nicht entbehren, und die Reduktion der Tafel wird jedenfalls den Vorteil haben, eine Regelmäßigkeit zum Vorschein zu bringen, die in der primären Tafel nicht sichtbar ist.

IX. Bestimmung von Σa, $\Sigma a_{,}$, $\Sigma a'$, $m_{,}$, m', $\Sigma\Theta_{,}$, $\Sigma\Theta'$.

§ 68. Zur Erläuterung der Anwendung der folgends zu gebenden Regeln könnte jede der bisherigen Verteilungstafeln dienen. Es vereinfacht und hiermit erleichtert sich aber die Anwendung der Regeln mit der Kürze der Tafeln, und so lasse ich zunächst eine kleine, nur nach dem allgemeinen Schema einer Kollektivverteilungstafel, übrigens willkürlich, aus bloß acht a der a-Spalte konstruierte Tafel folgen, an welche sich die folgenden Erläuterungen knüpfen mögen, die, richtig gefasst, dann auch auf jede wirkliche Kollektivverteilungstafel Anwendung finden können. Die Spalten $S_{,}$, S' sind Hilfsspalten, welche sofort ihre Erläuterung erhalten werden.

Kleine, willkürlich aufgestellte Verteilungstafel.

$i = 2$; $m = 80$; $\Sigma a = 912$.

a	Intervalle	z	$z.a$	$S_{,}$	S'
3	2— 4	1	3	1	80
5	4— 6	2	10	3	79
7	6— 8	5	35	8	77
9	8—10	10	90	18	72
11	10—12	30	330	48	62
13	12—14	20	260	68	32
15	14—16	10	150	78	12
17	16—18	2	34	80	2
Summe		80	912	304	416

In voriger Tafel ist die Bedeutung der Werte in den Spalten a, Interv., z, $z.a$ nach den früheren Erklärungen bekannt, die der Werte

$S_{,}$, S' aber erläutert sich so: Das erste $S_{,}$ ist gleich dem ersten z, das zweite $S_{,}$ gleich dem ersten + zweiten z, das dritte gleich dem ersten + zweiten + dritten z u. s. f., so dass das letzte gleich der Summe aller z und hiermit $= m$ wird. Hiernach wird jedes, einem gegebenen a zugehörige $S_{,}$ durch Summierung des zum vorangehenden a gehörigen $S_{,}$ mit dem z des betreffenden a erhalten.

In der Spalte der S' ist dasselbe Verfahren, aber mit Summierung von unten in entgegengesetzter Richtung angewandt.

§ 69. Nun ist, abgesehen von der Totalsumme Σa und der Totalzahl m, eine rohe und eine scharfe Bestimmung der betreffenden Werte in dem schon früher angegebenen Sinne zu unterscheiden; eine rohe, sofern man so rechnet, als wenn die Zahl z, die auf jedes a einer primären oder reduzierten Tafel geschrieben ist, demselben ganz angehöre; eine scharfe, sofern darauf Rücksicht genommen wird, dass sie eigentlich in dem Umkreisintervall jedes a verteilt zu denken ist, wonach der Wert der zu bestimmenden Elemente in dem Intervall, worin die Bestimmung derselben eingreift, kurz dem Eingriffsintervall, interpolationsmäßig zu bestimmen ist, wie im Folgenden gezeigt wird. Bisher ist man hierauf nicht eingegangen; im Folgenden wird darauf einzugehen sein und der Vorteil davon bewiesen werden.

Das bei scharfer Bestimmung zu interpolierende Intervall, sog. Eingriffsintervall, werde ich seiner Lage und Größe nach allgemein mit I bezeichnen. In unserer Beispielstabelle ist es, übereinstimmend mit dem durch die Tabelle durchgehenden i seiner Größe nach $= 2$, indes seine Lage nach Beschaffenheit der Aufgabe wechseln kann. Allgemein sei seine, aus der Spalte der Intervalle sich ergebende erste Grenze mit g_1, seine zweite mit g_2 bezeichnet; also, wenn 10—12 das Eingriffsintervall ist, $g_1 = 10$, $g_2 = 12$.

Sei ferner allgemein:

z_0 der Wert z, welcher auf das Eingriffsintervall I fällt,

a_0 der in der Spalte der a dem betreffenden I zugehörige Wert von a, welcher die Mitte von I ist,

$z_0 a_0$ das demgemäße Maßprodukt, welches auf I fällt,

$\mathfrak{v}$ die sog. Vorzahl, d. i. die Summe der z und $\mathfrak{V}$ die Summe der

za, welche vom Anfange der Tabelle herein bis zum Anfange von I reicht,

n die sog. Nachzahl und $\mathfrak{N}$ Nachsumme, welche vom Schlusse des I bis zum Schlusse der Tabelle reicht,

$x = H - g_1$, Eingriffsmaß, der Wert, um welchen der in I fallende Hauptwert H den Anfang von I, d. i. g_1, überreicht,

$y = m_1 - v$, Eingriffszahl, die Zahl, um welche die vom Anfange herein bis H reichende Zahl die bis zum Anfange von I reichende überreicht,

Y Eingriffssumme, die Summe der a, welche vom Anfange des I bis zu H reicht.

Allgemein hat man:

$$v + n + z_0 = m,$$
$$\mathfrak{V} + \mathfrak{N} + z_0 a_0 = \Sigma a = \Sigma za.$$

Sofern nun für die folgende Erläuterung das Intervall 10—12 unser I vorstellen wird, haben wir:

$$m = 80; \quad \Sigma a = \Sigma za = 912;$$
$$g_1 = 10; \quad g_2 = 12;$$
$$z_0 = 30; \quad a_0 = 11; \quad z_0 a_0 = 330;$$
$$v = 18; \quad \mathfrak{V} = 138;$$
$$n = 32; \quad \mathfrak{N} = 444;$$
$$x = H - 10; \; y = m_1 - 18.$$

Als H kann jeder beliebige Wert auftreten, doch werden wir die Erläuterung vorzugsweise an den arithmetischen Mittelwerth der Tafel als H knüpfen, welcher sich durch Division von $\Sigma za = 912$ mit $\Sigma z = 80$ gleich 11,4 findet, und mithin $x = 1,4$ giebt; doch soll auch der Centralwert als H dienen.

§ 70. Bestimmung einer Wertsumme Σa.

Diese Bestimmung geschieht direkt durch Summierung der za, so dass Σa mit Σza gleichbedeutend gebraucht wird.

Bei so kleinen Tafeln als unserer Beispielstafel macht nun die Bildung und Summierung der za keine Schwierigkeit; aber wenn eine Tafel weit ausläuft, die a der a-Spalte und hiermit zu bildenden Maßprodukte za sehr zahlreich sind, was namentlich die primären Tafeln trifft, wird diese Bildung und Summierung außerordentlich umständlich und unterliegt leicht Rechenversehen. Man versuche es nur mit irgend einer unserer primären Tafeln; und selbst bei den reduzierten Tafeln macht sich dieselbe Beschwerlichkeit, wenn auch in vermindertem Grade, noch geltend. Demnach ist sehr erwünscht, dass eine auf primäre wie reduzierte Tafeln jeder Stufe und Lage gleich anwendbare Methode zu Gebote steht, Σa (und hiernach A) mit ganz demselben Werte, aber in weit bequemerer Weise als nach dem vorigen Verfahren zu finden, welches ich das der za nennen will, indes ich das folgends auseinanderzusetzende das der S nenne. Es gehört nur dazu, was für das Verfahren der za nicht wesentlich ist, dass die Tafeln, auf welche das Verfahren der S Anwendung finden soll, äquidistant oder durch Einschaltung leerer a äquidistant gemacht sind, wonach man sich darauf beschränken kann, die unbequeme Methode der za auf die Fälle zu beschränken, wo die Äquidistanz doch nicht hergestellt ist.

Man kann sich nun beliebig der $S_{,}$ oder S' zur Bestimmung der Summe Σa bedienen. Erstenfalls geschieht die Bestimmung nach folgender Formel:

$$\Sigma a = mE' - Z_{,}i\,; \tag{1}$$

zweitenfalls nach der Formel:

$$\Sigma a = mE_{,} + Z'i\,. \tag{2}$$

Darin haben die Buchstaben folgende Bedeutung. Unter m wird die gesamte Zahl der a verstanden, deren Summe zu nehmen ist, d. i. Σz, unter E' das größte a oder obere Extrem (was freilich in der Tabelle unten steht), unter $E_{,}$ das kleinste a oder untere Extrem unter diesen a, welche Werte, wann etwa die zu summierenden a bloß ein Stück einer ganzen Verteilungstafel ausmachen sollten, nur auf das Stück, nicht auf die ganze Tafel zu beziehen sind. Ferner sei $Z_{,}$ die Totalsumme der $S_{,}$, welche den zu summierenden a zugehören, weniger dem $S_{,}$, das zu E' gehört, oder, was dasselbe sagt, die Totalsumme der $S_{,}$ exklusive des extremen $S_{,}$; ferner Z' die

Totalsumme der S' exklusive dessen, was zu $E_,$ gehört; i die konstante Differenz, um welche die a der a-Spalte auseinanderweichen.

Sei nun das Σa der ganzen Beispielstafel zu nehmen, so ist das $m = \Sigma z$ derselben 80; $E' = 17$; $E_, = 3$; $Z_, = 304 - 80 = 224$; $Z' = 416 - 80 = 336$; $i = 2$. **Mag man nun die erste oder zweite Formel anwenden, so wird man nach diesen Werthen $\Sigma a = 912$, übereinstimmend mit der direkt bestimmten Summe der za finden,** welche unter der Spalte der za steht.

Ganz auf dieselbe Weise lässt sich die Summe Σa für jedes Stück der Beispielstafel finden, nur dass die Werte m, E', $E_,$, $S_,$, S' **sich demgemäß abzuändern haben, wie denn, wenn die Summierung bloß für die vier a der a-Spalte von 5 bis 11 zu geschehen hätte, man** hätte: $m = \Sigma z = 47$, $E' = 11$, $E_, = 5$, $i = 2$. **Die Spalten der $S_,$, S'** aber wären so zu bilden:

	$S_,$	S'
	2	47
	7	45
	17	40
	47	30
Summe:	73	162

mithin $Z_, = 73 - 47 = 26$; $Z' = 162 - 47 = 115$,

was giebt: $\Sigma a = 465$.

Bei sehr langen Reihen kann man es unbequem finden, im Fortschritte zu sehr großen Werten von S aufsteigen zu müssen; welchem sich aber leicht abhelfen lässt, indem man die ganze Reihe in zwei oder mehr Abteilungen teilt, und deren Σa auf vorigem Wege besonders sucht, um schließlich dieselben zu vereinigen. Als noch praktischer aber empfiehlt sich die vereinigte Anwendung der Spalte $S_,$ und S' in folgender Weise.

Man sondere irgendwo, am praktischsten ungefähr um die Mitte der Tafel, einen Wert a aus, welcher c heiße, führe die Spalte der $S_,$ bis zu diesem c, exkl. desselben, und ebenso die Spalte der S' exkl. c fort, summiere die so erhaltenen $S_,$ wie S' besonders; erstere Summe heiße wie früher $Z_,$, die zweite Z', dann hat man:

$$\Sigma a = mc + (Z' - Z_1)i, \tag{3}$$

woraus:

$$A = c + \frac{Z' - Z_1}{m}\,i, \tag{4}$$

wobei m die Totalzahl aller zu summierenden a ist.

§ 71. Ich habe das S-Verfahren in einer amerikanischen Abhandlung über Rekrutenmaße (von ELLIOTT[1]) angeführt gefunden ohne Angabe, wie der Verf. dazu gekommen ist, und ohne Beweis seiner Allgemeingültigkeit. Nun lässt sich dieser Beweis wohl führen, ist aber, obwohl elementar[2], doch ziemlich umständlich und mühsam zu verfolgen; ich übergehe ihn daher, da das Verfahren jede empirische Probe besteht, füge aber demselben zur Sicherung seiner Anwendung noch folgende Bemerkungen hinzu.

1. Natürlich hängt die Richtigkeit der Bestimmung von Σa und folgeweis von A von der Richtigkeit der S-Columnen ab. Ist ein S in der Reihenfolge falsch, so werden alle folgenden ebenfalls falsch, weil jedes frühere S in alle späteren eingeht, und bei Aufsteigen zu hohen Werten von S kann leicht ein Versehen vorkommen. Man hat aber ein leichtes und nie zu versäumendes Mittel der Kontrolle darin, dass bei Anwendung einer S-Spalte das extreme S, was in Z nicht eingeht, mit m übereinstimmen muss; bei dem kombinierten Verfahren von S_1 und S' aber die letzten, in Z nicht mit eingehenden Werte von S_1 und S', zu denen man gelangt, mit dem z-Werte von c die Totalzahl m geben müssen.

2. Das S-Verfahren ist zwar gleich anwendbar auf Tafeln mit und ohne eingeschaltete leere a, und die Bildung der S-Spalte

---

[1] E. B. ELLIOTT, On the military statistics of the United States of America. Berlin 1863. (International statistical congress at Berlin.) S. Note on the construction of certain tables, p. 40.)

[2] [In der That ist bloß nötig, Σza ausführlicher durch $z_1a_1 + z_2a_2 + z_3a_3 + \dots z_na_n$ darzustellen und die äquidistanten $a_2, a_3 \dots a_n$ durch $a_1 + i$, $a_1 + 2i$, $\dots a_1 + \overparen{n-1}\,i$ zu ersetzen, um durch geeignetes Zusammenziehen der Glieder die transformierte Summe in der Form: $a_1(z_1 + z_2 + \dots z_n) + i(z_2 + z_3 + \dots z_n) + i(z_3 + \dots z_n) + \dots iz_n$ und damit die Summenformel: $E_1m + Z'i$ zu erhalten. In ähnlicher Weise erhält man $E'm - Z_1i$, wenn man $a_1, a_2, a_3 \dots a_{n-1}$ resp. durch $a_n - \overparen{n-1}\,i$, $a_n - \overparen{n-2}\,i$, $a_n - \overparen{n-3}\,i \dots a_n - i$ ersetzt.]

geschieht beidesfalls nach derselben Regel; aber es wird doch nützlich sein, die Anwendung der Regel für den Fall vorkommender leerer a mit $z = 0$ noch besonders zu erläutern, um etwaigen Missverständnissen und hieraus folgenden Versehen zum voraus zu begegnen. Nach der angegebenen Regel wird jedes zu einem gegebenen a der a-Spalte gehörige S als Summe des zum vorangehenden a gehörigen S mit dem z des betreffenden a erhalten. Ist nun letzteres a ein leeres mit $z = 0$, so ist selbstverständlich nach voriger Regel sein S eine bloße Wiederholung des vorhergehenden S, und so viele leere a hinter einander folgen, so oft wiederholt sich das S des ihnen vorangehenden geltenden a. Unsere beiden Beispielstafeln (in § 68 und § 70) geben zur Erläuterung hiervon keinen Anlass, da sie, wie die meisten reduzierten Tafeln, keine leeren a enthalten; desto mehr Gelegenheit bieten dazu die primären Tafeln, insbesondere in ihren Endabteilungen. Zur kurzen Erläuterung aber stellen wir auch hier eine kleine Tafel mit einigen leeren a willkürlich auf und klammern dabei die den leeren a zugehörigen, wiederholten S zur leichteren Unterscheidung von den anderen ein, ohne dass sie aber bei Bildung von ΣS und mithin Z von der Summierung ausgeschlossen werden dürfen, da sie vielmehr dabei ganz wie die anderen mitzählen:

a	z	$S_,$	S'
3	2	2	50
5	0	(2)	(48)
7	0	(2)	(48)
9	10	12	48
11	30	42	38
13	5	47	8
15	0	(47)	(3)
17	3	50	3
Summe	50	204	246

Wenn, wie häufig, in den Endabteilungen primärer Tafeln eine größere Anzahl leerer a und mithin wiederholter eingeklammerter S hinter einander folgen, wird man es am einfachsten finden, diese gleich in Summa einzuklammern, nur dass man sich zu hüten hat, das darauf folgende S dann nicht als Summe dieser Summe von S mit dem neuen z, sondern als Summe des der Einschaltung vorhergehenden nackten S mit dem neuen z zu bestimmen. So wird die Reihe der $S_,$ voriger Tafel folgende Gestalt annehmen:

2, (4), 12, 42, u. s. w.,

also das zu $a = 9$ mit $z = 10$ gehörige $S_, = 12$ nicht durch Zufügung von 10 zum vorangehenden summierten (4), sondern zu dem der Einschaltung vorangehenden nackten 2 zu bilden sein; eine Regel, die wohl zu beachten ist. Wenden wir nun dies auf den Eingang unserer primären Tafel I (Kap. VII) an, so wird sich nach erforderlicher (in Gedanken ausführbarer) Einschaltung der leeren a, deren zwei zwischen 308 und 371, vier zwischen 371 und 376, eins zwischen 376 und 378 fallen, die Reihe der $S_,$ so gestalten:

1, (2), 3; (12); 4, (4), 5, 6 u. s. w.

In der primären Tafel III, wo $i = 0{,}25$ Zoll ist, fallen zwischen die zwei ersten geltenden a, d. i. 60 und 64 ganze Zoll respektiv mit $z = 1$ und 2, gar 15 leere a, weiter zwischen 64 und 64,75 zwei, und gestaltet sich der Anfang der $S_,$-Reihe so:

1, (15), 3, (6), 7 u. s. f.

Es ist wichtig, sich mit dieser Verwendung der leeren a wohl vertraut zu machen und die richtige Vornahme derselben in jedem Falle wirklichen Gebrauchs durch sorgfältige Revision zu kontrollieren, weil man sich nur zu leicht darin versieht, und weil die obige Kontrolle der richtigen Bildung der S-Kolumnen, dass ihr letzter Wert mit m übereinstimme, auch bei Einschaltung der leeren a noch zutreffen muss, also nicht zu vernachlässigen ist, aber auch, wenn sie zutrifft, nicht gegen eine falsche Verwendung der leeren a sicherstellt.

§ 72. Bestimmung der unteren und oberen Summen, resp. $\Sigma a_,$ und $\Sigma a'$, bezüglich eines gegebenen Hauptwertes H.

Sei beispielsweise A der Hauptwert, in unserer Beispielstabelle 11,4, so hat man nach roher Bestimmung alle a, welche kleiner als

11.4 sind, also von $a = 3$ bis inkl. $a = 11$ zu summieren, d. h. die entsprechenden za zu summieren, um $\Sigma a_,$ zu haben; indes man $\Sigma a'$ durch Summierung der za von $a = 13$ bis zum Schluss erhält, d. i. $\Sigma a_, = 468$, $\Sigma a' = 444$. Außer durch direkte Summierung der betreffenden za kann man diese Summen in angegebener Weise nach dem S-Verfahren erhalten.

Zur scharfen Bestimmung hat man die Summe $\Sigma a_,$ aus zwei Teilen zusammengesetzt zu denken, der Vorsumme $\mathfrak{V}$, welche vom Anfange der Tabelle herein bis zum Anfange des Eingriffsintervalles I reicht, und der Eingriffssumme Y, welche von da bis zu H, unseren Falles bis A, reicht und durch einfache Interpolation erhalten wird, indem man setzt, dass sich die Eingriffssumme Y zur Totalsumme des Intervalles I, d. i. zu $z_0 a_0$, verhält wie das Eingriffsmaß x zum totalen Intervall I: mithin:

$$Y : z_0 a_0 = x : I, \tag{5}$$

also:

$$Y = \frac{x}{I} z_0 a_0 ; \tag{6}$$

hiernach:

$$\Sigma a_, = \mathfrak{V} + \frac{x}{I} z_0 a_0 . \tag{7}$$

In unserer Beispielstabelle ist $\mathfrak{V} = 138$, $z_0 a_0 = 330$, $x = 1,4$, $I = 2$; mithin:

$$\Sigma a_, = 369 ; \ \Sigma a' = \Sigma a - \Sigma a_, = 912 - 369 = 543 ,$$

was von den rohen Bestimmungen sehr abweicht.

Sollte statt A irgend ein anderer Hauptwert H eintreten, so würden die vorigen Formeln dieselben bleiben, nur dass x statt $= A - g_1$, vielmehr $= H - g_1$, zu nehmen wäre. Sei z. B. das scharf bestimmte C als H genommen. Nach § 82 findet es sich für unsere Tabelle, mit Abrundung in der letzten Dezimale, wenig, doch etwas abweichend von A, gleich $11,467$, mithin $x = 1,467$; giebt:

$$\begin{aligned} \Sigma a_, &= 138 + \frac{1,467}{2} \cdot 330 = 380 + 0,055 \\ \Sigma a' &= 912 - \Sigma a_, \qquad\quad = 532 - 0,055 , \end{aligned}$$

wo die kleinen Zusätze zu 380 und 532 wegfallen müssen, weil sie bloß von Abrundung des C in der letzten Dezimale abhängen.

[Wollte man nun, um eine noch genauere Bestimmung der Eingriffssumme Y zu erhalten, an Stelle der einfachen Interpolation eine schärfere, durch Zuziehen zweiter Differenzen, treten lassen, so wäre dies nicht zulässig. Denn die hierbei als erste Differenzen zu Grunde zu legenden Produkte az stellen die Summe der auf ein Intervall i fallenden Werte a nur unter der Voraussetzung dar, dass diese Werte sich gleichmäßig auf das ganze Intervall verteilen. Es ist somit durch diese Vorstellungsweise die Abhängigkeit der Eingriffssumme Y von dem Eingriffsmaße x bereits geregelt und insbesondere einer Beeinflussung durch die dem interpolierten Intervalle vorangehenden oder folgenden Produktwerte az, wie sie bei der Zuziehung zweiter oder noch höherer Differenzen vorausgesetzt werden müsste, entzogen. Will man daher aus dem nämlichen Gesichtspunkte, dem die Summierung aller auf ein ganzes Intervall fallenden a unterliegt, die Eingriffssumme Y mit größtmöglicher Schärfe bestimmen, so muss man die an der Bildung der Eingriffssumme beteiligten Werte a, deren Anzahl die Eingriffszahl y ist und im folgenden Paragraph gleich $z_0 x : I$ gefunden wird, in der Mitte des als Eingriffsmaß x bezeichneten Teilintervalles, d. i. in $g_1 + \frac{1}{2}x$, vereinigt denken und somit

$$Y = \frac{x}{I} z_0 \left(g_1 + \frac{x}{2}\right) \tag{8}$$

statt, wie oben, gleich $z_0 a_0 x : I$ setzen. Die Summe der a_1 findet man alsdann gleich:

$$\Sigma' a_1 = \mathfrak{Y} + \frac{x}{I} z_0 \left(g_1 + \frac{x}{2}\right), \tag{9}$$

wo der dem Summenzeichen beigefügte Index zur Unterscheidung von der Formel (7) dienen mag. Bei proportionaler Bestimmung von Y wird demnach Σa_1 um den Betrag

$$\frac{x(I - x)}{2I} \cdot z_0$$

zu groß in Rechnung gezogen, so dass die genauere Bestimmungsweise (8) im allgemeinen einen in Betracht kommenden Vorteil gewähren wird. In der That erhält man für das $A = 11{,}4$ unserer Beispielstabelle $\Sigma' a_{,} = 362{,}7$ gegenüber $\Sigma a_{,} = 369$.]

[Genügt aber die so erreichbare Genauigkeit nicht, so ist nicht nur Y, sondern auch $\mathfrak{V}$ und $\mathfrak{N}$ auf Grund der Vorstellung zu bestimmen, dass an Stelle der gleichmäßigen Verteilung der a innerhalb der einzelnen Intervalle eine, durch Berücksichtigung der benachbarten Intervalle bedingte, kontinuierlich sich verändernde tritt. So erreicht man den nächst höheren Grad von Genauigkeit, wenn man die Zuziehung der Nachbarintervalle auf eines der beiden direkt angrenzenden Intervalle, z. B. auf das, beim Fortschreiten von den kleineren zu den größeren a unmittelbar folgende Intervall beschränkt. Dann sind die bisherigen Bestimmungen durch folgende zu ersetzen.]

[Bezeichnet z_1 die Anzahl der Werte, die auf das dem Eingriffsintervalle folgende Intervall fallen, und fügt man, um die Werte des ersten, dem Extreme $E_{,}$ zugehörenden, und die Werte des letzten, das Extrem E' einschließenden Intervalles nicht in Rechnung ziehen zu müssen, am Anfange und Ende der Tafel ein leeres Intervall mit $z = 0$ hinzu, so bestimmt sich die Summe der a des ganzen Eingriffsintervalles gleich $a_0 z_0 - \frac{1}{12} I (z_0 - z_1)$, die Vorsumme gleich $\mathfrak{V} + \frac{1}{12} I z_0$, die Nachsumme gleich $\mathfrak{N} - \frac{1}{12} I z_1$, wo $\mathfrak{V}$ und $\mathfrak{N}$ wie oben zu berechnen sind, und die Gesamtsumme der a ist somit gleich dem wie oben berechneten Σa. Zur Berechnung der Eingriffssumme ferner dient die Formel:

$$Y = \frac{x}{I}\left(z_0 + \frac{(z_0 - z_1)(I - x)}{2I}\right)\left(g_1 + \frac{x}{2}\right) - \frac{z_0 - z_1}{12 I^2} x^3, \tag{10}$$

aus welcher schließlich:

$$\left.\begin{aligned} \Sigma a_{,} = \mathfrak{V} + \tfrac{1}{12} I z_0 + \frac{x}{I}\left(z_0 + \frac{(z_0 - z_1)(I - x)}{2I}\right)\left(g_1 + \frac{x}{2}\right) \\ - \frac{z_0 - z_1}{12 I^2} x^3 \end{aligned}\right\} \tag{11}$$

folgt.]

§ 73. Bestimmung der Abweichungszahlen $m_{,}$, m'.

Nach roher Bestimmung findet sich $m_{,}$ leicht durch Zusammenzählen der Werte z, welche zu den Werten a gehören, die kleiner als H sind; und nehmen wir in unserer Beispielstabelle $A = 11{,}4$ für H, so giebt dies $\mu_{,} = 48$ und $\mu' = m - \mu_{,} = 80 - 48 = 32$.

Gilt es die scharfe Bestimmung, so setzt sich $m_{,}$ zusammen aus der Vorzahl v, welche bis zum Anfange von I reicht, und der Eingriffszahl y, welche von da bis H reicht. Diese aber wird nach Kenntnis von $x = H - g$, durch Interpolation nach Ansatz der Proportion erhalten:

$$y : z_0 = x : I. \tag{12}$$

mithin:

$$y = \frac{x}{I} z_0 \tag{13}$$

und hiernach:

$$m_{,} = v + \frac{x}{I} z_0. \tag{14}$$

Nehmen wir für H den Wert $A = 11.4$ und hiernach die obigen Werte $v = 18$; $x = 1{,}4$; $z_0 = 30$; $I = 2$, so erhalten wir $\mu_{,} = 39$ $\mu' = 80 - 39 = 41$, eine Bestimmung, die wiederum von der rohen sehr abweicht, ja das Übergewicht auf die entgegengesetzte Seite fallen lässt.

Soll m' nicht durch Abzug des $m_{,}$ von m, sondern direkt bestimmt werden, was zur Kontrolle nützlich sein kann, so hat man scharf allgemein:

$$m' = n + \frac{I - x}{I} z_0. \tag{15}$$

was bei Setzung von $H = A$ vermöge $n = 32$ zu

$$\mu' = 32 + \frac{2 - 1{,}4}{2} \cdot 30 = 41$$

zurückführt.

Sei statt A vielmehr C als H genommen. Nach scharfer Bestimmung im X. Kap. findet es sich für unsere Beispielstabelle wenig, doch etwas abweichend von A, gleich 11.467, mithin $x = 1.467$ indes die übrigen Werte dieselben als für A bleiben. Dies giebt:

$$m_, = 18 + \frac{1,467}{2} \cdot 30 = 40 + 0,005$$

$$m' = 32 + \frac{0,533}{2} \cdot 30 = 40 - 0,005\,.$$

Beide Werte sind, wie es dem Begriffe des Zentralwertes entspricht, einander gleich, gleich $\frac{1}{2}m = 40$, indem der kleine positive und negative Zusatz dazu wieder nur von Abrundung des C in Dezimalen abhängt.

[Diese Bestimmung der Eingriffszahl y durch einfache Interpolation hat als exakt zu gelten, so lange die Verteilung der a innerhalb der einzelnen Intervalle als gleichförmig angenommen werden darf. Ist dies jedoch nicht der Fall, so kann durch scharfe Interpolation, unter Benutzung zweiter und höherer Differenzen jeder beliebige Grad von Genauigkeit erreicht werden. Denn das intervallweise Zusammenfassen der Anzahlen der a zu den z-Werten, die der Interpolation als erste Differenzen zu Grunde zu legen sind, ist nicht wie das entsprechende Zusammenfassen der Summen der a zu den za-Werten von einer bestimmten Voraussetzung über die Verteilung der a innerhalb der zugehörigen Intervalle abhängig. So erhält man denn bei Zuziehung zweiter Differenzen, d. h. bei Mitberücksichtigung des auf das Eingriffsintervall unmittelbar folgenden Intervalles, dessen z wie oben gleich z_1 gesetzt werde, die Formel:

$$y = \frac{x}{I} z_0 + \frac{x(I-x)}{2I^2}(z_0 - z_1)\,. \qquad (16)$$

Berücksichtigt man aber überdies auch noch das unmittelbar vorangehende Intervall, dessen z durch z_{-1} ausgedrückt werde, so dient zur Berechnung von y die Formel:

$$y = \frac{x}{I} z_0 - \frac{x(I-x)}{4I^2}\left(z_1 - z_{-1} + \frac{I-2x}{3I}(2z_0 - z_1 - z_{-1})\right) \qquad (17)$$

in welcher dritte Differenzen zugezogen sind. Dabei ist zu beachten, dass eine derartige Verschärfung in der Berechnung von y die entsprechende Verschärfung in der Berechnung von Y, $\mathfrak{Y}$ und $\mathfrak{N}$ bedingt. Insbesondere hat die Benutzung der Formel (16) das Inkrafttreten der Formeln (10) und (11) zur Folge.]

§ 74. Bestimmung der beiderseitigen Abweichungssummen $\Sigma\Theta'$, $\Sigma\Theta_{,}$ bez. eines gegebenen Hauptwertes H.

Direkt erhalten wir die positive Abweichungssumme $\Sigma\Theta'$ bez. eines beliebigen Ausgangswertes H, wenn wir die einzeln bestimmten Differenzen $\Theta' = a' - H$ summieren; die folgends immer nach absolutem Werte zu nehmende negative Abweichungssumme $\Sigma\Theta_{,}$, wenn wir die einzeln bestimmten Differenzen $\Theta_{,} = H - a_{,}$ summieren; aber die Einzelbestimmung der vielen Differenzen ist mühsam und unterliegt leicht einzelnen Rechenversehen; beidem begegnet man durch Bestimmung nach folgender Formel:

$$\left.\begin{aligned} \Sigma\Theta' &= \Sigma a' - m'H \\ \Sigma\Theta_{,} &= m_{,}H - \Sigma a_{,} \end{aligned}\right| \qquad (18)$$

In der That, die Summe der positiven Θ, d. i. $\Sigma\Theta'$, wird dadurch gewonnen, dass der Wert H von jedem der m' Werte a', d. i. der a, welche größer als H sind, also im ganzen m'-mal H von $\Sigma a'$ abgezogen wird[1]; was die erste obiger Gleichungen giebt. Andererseits wird die Summe der negativen Θ nach absolutem Werte erhalten, wenn die Summe der $m_{,}$ Werte $a_{,}$, d. i. der Werte a, welche kleiner als H sind, von $m_{,}$-mal H abgezogen wird, was die zweite der obigen Gleichungen giebt.

Diese Formeln gelten sowohl für rohe als scharfe Bestimmung, nur mit dem Unterschiede, dass für rohe Bestimmung $m_{,}$ und m', $\Sigma a_{,}$ und $\Sigma a'$ roh, für scharfe Bestimmung scharf bestimmt werden. Nehmen wir nun wieder A als Hauptwert für unsere Beispielstabelle, in welchem Falle sich μ für m, Δ für Θ substituiert, so können wir uns für rohe wie scharfe Bestimmung der schon vorhin bestimmten Werte bedienen, wonach roh $\mu_{,} = 48$; $\mu' = 32$; $\Sigma a_{,} = 468$; $\Sigma a' = 444$; giebt:

$$\text{roh}\begin{cases} \Sigma\Delta_{,} = 48 \cdot 11{,}4 - 468 = 79{,}2 \\ \Sigma\Delta' = 444 - 32 \cdot 11{,}4 = 79{,}2 \end{cases}$$

---

[1] Nicht von $m'a$, was nur dann geschehen könnte, wenn alle a dieselbe Größe hätten.

Beide Summen sind gleich wie es dem Begriffe des arithmetischen Mittels entspricht. Nach scharfer Bestimmung hat man $\mu_{,} = 39$; $\mu' = 41$; $\Sigma a_{,} = 369$; $\Sigma a' = 543$; hiernach:

$$\text{scharf} \begin{cases} \Sigma\Delta_{,} = 39 \cdot 11{,}4 - 369 = 75{,}6 \\ \Sigma\Delta' = 543 - 41 \cdot 11{,}4 = 75{,}6 \end{cases}$$

Also wieder Gleichheit beider Summen, nur dass die scharf bestimmten Summen kleiner als die roh bestimmten sind. [Legt man jedoch an Stelle der proportionalen Berechnung von Y die oben angegebene genauere zu Grunde, setzt man also $\Sigma' a_{,} = 362{,}7$; $\Sigma' a' = 549{,}3$, so erhält man, wenn auch hier zur Unterscheidung von den obigen Abweichungssummen dem Summenzeichen ein Index beigefügt wird:

$$\text{scharf} \begin{cases} \Sigma'\Delta_{,} = 39 \cdot 11{,}4 - 362{,}7 = 81{,}9 \\ \Sigma'\Delta' = 549{,}3 - 41 \cdot 11{,}4 = 81{,}9, \end{cases}$$

mithin zwei einander gleiche Summen, die größer als die roh bestimmten sind.]

Dies Resultat ist bez. A als H genommen überhaupt allgemein, und zwar ist:

1) für den Fall, dass $A > a_0$, mithin $x > \frac{I}{2}$:

$$\left.\begin{aligned} &\text{scharf } \Sigma\Delta_{,} = \text{roh } \Sigma\Delta_{,} - \frac{z_0}{I}(I - x)\left(x - \frac{I}{2}\right) = \text{roh } \Sigma\Delta_{,} - k \\ &[\text{scharf } \Sigma'\Delta_{,} = \text{roh } \Sigma\Delta_{,} + \frac{z_0}{2I}(I - x)^2 = \text{roh } \Sigma\Delta_{,} + \varkappa] \end{aligned}\right\} \quad (19)$$

2) für den Fall, dass $A < a_0$, mithin $x < \frac{I}{2}$:

$$\left.\begin{aligned} &\text{scharf } \Sigma\Delta_{,} = \text{roh } \Sigma\Delta_{,} - \frac{z_0}{I}x\left(\frac{I}{2} - x\right) = \text{roh } \Sigma\Delta_{,} - l \\ &[\text{scharf } \Sigma'\Delta_{,} = \text{roh } \Sigma\Delta_{,} + \frac{z_0}{2I}x^2 = \text{roh } \Sigma\Delta_{,} + \lambda] \end{aligned}\right\} \quad (20)$$

Den etwas umständlichen und penibeln Beweis[1]) hiervon übergehe ich, man kann aber die Richtigkeit der Formel an beliebigen selbst gemachten Beispielen, z. B. an unserer Beispielstabelle bestätigen. Hier ist $A = 11{,}4$; $a_0 = 11$, mithin $A > a_0$, zugleich ist $I = 2$, $x = 1{,}4$, mithin $x > \frac{1}{2} I$. Also liegt der erste Fall vor. Nun hatten wir roh $\Sigma \Delta_, = 79{,}2$. Der hiervon abzuziehende Wert k, um zu $\Sigma \Delta_,$ scharf zu gelangen, aber berechnet sich nach obigem Ausdruck mit Rücksicht, dass $z_0 = 30$, zu $\frac{1}{2} \cdot 30 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}4 = 3{,}6$ und dies von 79,2 abgezogen, giebt 75,6 wie oben nach der Formel gefunden. [Der Wert z ferner, der zu $\Sigma' \Delta_,$ scharf führt, findet sich nach obiger Bestimmung gleich $\frac{1}{4} \cdot 30 \cdot 0{,}6^2 = 2{,}7$ und dies zu 79,2 addiert giebt 81,9, wie es sein soll.]

---

[1]) [Er folgt, zugleich mit der Erweiterung für jeden beliebigen Hauptwert H, bezüglich dessen die unteren und oberen Abweichungssummen $\Sigma\Theta$, resp. $\Sigma\Theta'$ bestehen, durch direkte Rechnung aus den Formeln:

Nur in dem Spezialfalle verschwindet der Unterschied zwischen $\Sigma \Delta_,$ roh und $\Sigma \Delta_,$ scharf, wo A mit einer der beiden Grenzen des I oder mit dessen Mitte zusammenfällt, wo $x = 0$ oder $= I$ oder $= \frac{1}{2} I$; wogegen nach einer Maximumgleichung der Unterschied der größtmögliche wird, wenn erstenfalls $x = \frac{3}{4} I$, zweitenfalls $= \frac{1}{4} I$, indem er beidesfalls den Wert $\frac{1}{16} \cdot z_0 I$ erhält. [Es verschwindet ferner der Unterschied zwischen $\Sigma \Delta_,$ roh und $\Sigma' \Delta_,$ scharf, falls A mit einer der beiden Grenzen des I zusammenfällt, wogegen dieser Unterschied seinen Maximalwert $\frac{1}{8} z_0 I$ erhält, wenn A in die Mitte von I fällt.] Also schwebt der ganze Unterschied k oder l zwischen 0 und $\frac{1}{16} z_0 I$ [der Unterschied z oder λ zwischen 0 und $\frac{1}{8} z_0 I$]; überhaupt aber steht der Unterschied bei gleichem I und x in einfachem Verhältnisse zu z_0.

Man sieht nun, dass sich das scharfe $\Sigma \Delta_,$ [resp. $\Sigma' \Delta_,$] auch dadurch bestimmen lässt, dass man erst das einfacher zu findende rohe bestimmt, hiernach k oder l davon abzieht [resp. z oder λ dazu addiert], je nachdem $A > a_0$ oder $A < a_0$.

Wenn H nicht gleich A, so hat man statt Gleichheit beider

$$\text{roh } \Sigma \Theta_, = (v + z_0) H - (\mathfrak{V}' + a_0 z_0), \text{ wenn } H > a_0$$
$$= v H - \mathfrak{V}', \text{ wenn } H < a_0;$$
$$\text{scharf } \Sigma \Theta_, = \left(v + \frac{x}{I} z_0\right) H - \left(\mathfrak{V}' + \frac{x}{I} a_0 z_0\right)$$
$$\text{scharf } \Sigma' \Theta_, = \left(v + \frac{x}{I} z_0\right) H - \left(\mathfrak{V}' + \frac{x}{I} z_0 \left(g_1 + \frac{x}{2}\right)\right),$$

denen analoge Formeln für die oberen Abweichungssummen zur Seite stehen.]

Summen vielmehr Ungleichheit zu erwarten. Nehmen wir z. B. C. Die Formen für Bestimmung desselben sind hier:

$$\left.\begin{aligned}\Sigma\Theta_{,} &= \frac{m}{2}C - \Sigma a_{,}\\ \Sigma\Theta' &= \Sigma a' - \frac{m}{2}C.\end{aligned}\right\} \qquad (21)$$

Nach Kap. X. wird sich C für unsere Beispielstabelle nach scharfer Bestimmung $= 11{,}467$ ergeben, indes $\frac{1}{2}m = 40$ ist. Und bestimmen wir nun auch $\Sigma a_{,}$ und $\Sigma a'$ nach angegebener Regel scharf, so erhalten wir:

$$\begin{aligned}\Sigma\Theta_{,} &= 40\cdot 11{,}467 - 380 &&= 78{,}7\\ \Sigma\Theta' &= 532 - 40\cdot 11{,}467 &&= 73{,}3\end{aligned}$$

$$[\text{resp. } \Sigma'\Theta_{,} = 40\cdot 11{,}467 - 374{,}13 = 84{,}5$$
$$\Sigma'\Theta' = 537{,}87 - 40\cdot 11{,}467 = 79{,}2.]$$

§ 75. Machen wir jetzt die Anwendung von vorigen Bestimmungsweisen an einem unserer K.-G. und untersuchen wir, in wie fern die scharfe Bestimmung Vorteile vor der rohen in betreff der Übereinstimmung der Elemente bei Ableitung aus verschiedenen Reduktionslagen gewährt, so zeigt sich, dass sie in betreff der Bestimmung von $\mu_{,}$ (woraus $\mu' = m - \mu_{,}$ folgt) höchst bedeutend, in betreff von $\Sigma\Delta_{,}$ (womit $\Sigma\Delta'$ gleich ist aber fehlt oder zweifelhaft bleibt, [in betreff von $\Sigma'\Delta_{,}$ dagegen beachtenswert hervortritt].

Ich habe den ziemlich mühsamen Vergleich an den 5 Reduktionslagen der Verteilungstafel des Schädelvertikalumfanges vorgenommen, welche in § 64 ausgeführt sind, und deren scharf bestimmte Elemente ebendort verzeichnet sind.

Vergleich zwischen den roh und scharf bestimmten Werten von $\mu_{,}$ und $\Sigma\Delta_{,}$.

$E_{,}$	366	367	368	369	370	Mittel	Σ diff.
A	408,6	408,7	408,2	408,5	408,6	408,5	0,7
$\mu_{,}$ roh	217	230	250	193	201	218,2	87,2
$\mu_{,}$ scharf	218	220	220	219	217	218,8	5,2
$\Sigma\Delta_{,}$ roh	2531	2509	2471	2492	2531	2506,8	101,2
$\Sigma\Delta_{,}$ scharf	2528	4292	2465	2479	2509	2494,6	95,6
$\Sigma'\Delta_{,}$ scharf	2531	2513	2505	2518	2540	2521,4	56,4

Die Spalte Σdiff. giebt die Summe der Abweichungen der 5 einzelnen Bestimmungen von der mittleren Bestimmung, und hiermit eine Art Maßstab für die Variation je nach der Lage. Der Nachteil roh gegen scharf für μ_1 ist hiernach in der That ungeheuer, für $\Sigma\Delta_1$ zu gering, um nicht zweifelhaft zu bleiben [für $\Sigma'\Delta_1$ dagegen hinreichend groß, um das Befolgen der genaueren Bestimmungsweise vorteilhaft erscheinen zu lassen]. Übrigens kann man bemerken, dass die Lage $E_1 = 370$ vielleicht besser vom Vergleiche ausgeschlossen bliebe, weil die Verteilungstafel dieser Lage nach § 67 eine anormale Unregelmäßigkeit im Kerne zeigt, die sie nicht wohl anwendbar zur Berechnung der Elemente macht.

Die primäre Tafel ist zum Vergleiche nicht zugezogen, weil sie bei der großen Unregelmäßigkeit und Ungleichförmigkeit der Schätzung überhaupt keine sichere Bestimmung zulässt. Indes könnte man fragen, ob nicht doch das A derselben $= 408{,}5$ zur Ableitung aller μ_1 und $\Sigma\Delta_1$ in den 5 Lagen vorzuziehen, da die Reduktion keinen Vorteil, sondern vielmehr eine etwas größere Unsicherheit in die Bestimmung des A bringt. Indes halte ich dies aus folgenden Gründen nicht für sachgemäß.

Für die Ableitung der anderen Hauptwerte als A ist jedenfalls der Nachteil der Unregelmäßigkeit und Schätzungsgleichheit der primären Tafel überwiegend, und muss man sich doch an eine reduzierte Tafel halten, und dann meines Erachtens konsequenterweise auch A aus derselben Reduktionsstufe und Lage ableiten, welche zur Reduktion angenommen ist, um die Verhältnisse der verschiedenen Hauptwerte nicht durch die Inkonsequenz in dieser Hinsicht zu alterieren. Ohnehin liegt gewöhnlich nur eine reduzierte Tafel zur Ableitung des A wie der anderen Elemente vor. Da übrigens das A der reduzierten Tafeln nach dem Ergebnisse der Zusammenstellungen § 64—66 von dem primären A im allgemeinen wenig abweicht, lässt sich auch kein bedeutender Unterschied von dem Befolgen des einen und anderen Verfahrens erwarten. Ich habe in dieser Hinsicht wenigstens μ_1 vergleichsweise an derselben Tabelle untersucht, welche die vorigen Resultate bei Anwendung der 5 speziellen A für Ableitung des μ_1 gegeben hat, indem ich dasselbe überall vom primären $A = 408{,}5$ ableitete, und erhielt dabei folgende Resultate, wonach sich $\mu_{,}$ roh gegen vorhin nirgends verändert hat, hiergegen $\mu_{,}$ scharf so geändert hat, dass die Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Lagen dadurch etwas gemindert ist, sofern Σ diff. vorhin nur 5,2 war, folgends 11,6 ist, was unstreitig nur zum Nachteil der durchgeführten Anwendung des primären A gegenüber der speziellen Anwendung der reduzierten A gedeutet werden kann.

E.	366	367	368	369	370	Mittel	Σ diff
$\mu_{,}$ roh	217	230	250	193	201	218,2	87,2
$\mu_{,}$ scharf	217	217	224	219	216	218,6	11,6

Die **mittlere Abweichung** anlangend, so hat man durch Verdoppelung von $\Sigma\Delta_{,}$ zunächst $\Sigma\Delta$ und hiernach:

$$\varepsilon = \frac{\Sigma\Delta}{m} \quad \text{und} \quad \varepsilon_{q} = \varepsilon\sqrt{\frac{m}{m-1}}\,. \tag{22}$$

Untriftig wäre es, wie ELLIOTT in seiner Abhandlung über amerikanische Rekrutenmaße gethan, ε als Mittel von $\varepsilon_{,} = \Sigma\Delta_{,} : \mu_{,}$ und $\varepsilon' = \Sigma\Delta' : \mu'$ d. i. $= \frac{1}{2}(\varepsilon_{,} + \varepsilon')$ bestimmen zu wollen; denn nicht nur läuft das wider den Sinn der ursprünglichen GAUSS'schen Regel, sondern man vernachlässigt auch dabei die verschiedenen Gewichte, welche dem $\varepsilon_{,}$ oder ε' je nach ihrer Ableitung aus $\mu_{,}$ und μ' Werten zukommen; wonach das richtige Mittel:

$$\varepsilon = \frac{\mu_{,}\varepsilon_{,} + \mu'\varepsilon'}{m} = \frac{\Sigma\Delta_{,} + \Sigma\Delta'}{m} = \frac{\Sigma\Delta}{m} \tag{23}$$

ist.

X. Zusammenstellung und Zusammenhang der Haupteigenschaften der drei Hauptwerte A, C, D, ferner R, T, F.

§ 76. Außer den im ganzen von mir bevorzugten drei Hauptwerten, dem arithmetischen Mittel A, dem Zentralwert C und dem dichtesten Wert D werden folgends noch drei nebensächlich von mir berücksichtigt werden, die ich als Scheidewert R, schwersten Wert T und Abweichungsschwerwert F aufführe.

Übersichtlich nach ihren Hauptunterschieden zusammengestellt, sind es folgende.

Scheidewert R, der Wert a, bezüglich dessen $\Sigma a' = \Sigma a_{,} = \frac{1}{2}\Sigma a$, mithin die Summe der größeren Werte gleich der Summe der kleineren und mithin jeder von beiden gleich der halben Gesamtsumme der a ist.

Arithmetisches Mittel A, der Wert a, bezüglich dessen $\Sigma\Theta' = \Sigma\Theta_{,}$, d. h. die Summe der positiven Abweichungen gleich der Summe der negativen ist; und bez. dessen $\Sigma\Theta^2$ ein Minimum ist.

Zentralwert C, der Wert a, bezüglich dessen $m' = m_{,}$, d. h. die Zahl der positiven Abweichungen gleich der Zahl der negativen Abweichungen, und $\Sigma\Theta$ ein Minimum ist.

Dichtester Wert D, der Wert a, bezüglich dessen sich die Abweichungszahlen beider Seiten $m_{,} : m'$ wie die mittleren Fehler derselben $e_{,} : e'$ verhalten, und die Maßzahl z ein Maximum ist.

Schwerster a-Wert T, der Wert a, dessen Maßprodukt za ein Maximum ist.

Abweichungsschwerwert F, der Wert a, bezüglich dessen $z\Theta$ ein Maximum ist.

Ich werde jedoch diese Werte nicht in der vorigen Reihenfolge, sondern nach der Folge A, C, D, R, T, F behandeln.

Abgesehen von A sind die vorigen Werte wie die Werte des vorigen Kapitels einer rohen und scharfen Bestimmung fähig, indes bei A sich eine solche nicht unterscheiden lässt. Dieselbe kleine Verteilungstabelle wird hier wie dort zur Erläuterung der Ableitung dienen, und die dabei gebrauchten Bezeichnungen werden in dem, § 9 und 10 angegebenen Sinne zu verstehen sein. Bez. A gehen auch hier $m_{,}$, m', in $\mu_{,}$, μ', und $\Theta_{,}$, Θ' in $\Delta_{,}$, Δ' über.

§ 77. Arithmetischer Mittelwert A.

Der arithmetische Mittelwert einer Reihe von Werten a vereinigt folgende drei Eigenschaften in sich:

1) Die Eigenschaft selbst, wonach er definirt wird, dass er der Quotient der Summe der a durch die Zahl derselben m ist, also:

$$A = \frac{\Sigma a}{m} \tag{1}$$

oder, insofern Σa durch Summierung der $1a$ zu gewinnen, $= \Sigma a1 : m$;

2) dass die Summe der positiven Abweichungen Δ' von ihm gleich der Summe der negativen $\Delta_{,}$ nach absolutem Werte ist, also:

$$\Sigma \Delta' = \Sigma \Delta_{,} \text{ oder } \Sigma \Delta' - \Sigma \Delta_{,} = 0; \tag{2}$$

3) dass die Summe der Quadrate der Abweichungen von ihm kleiner als von jedem anderen Werte ist, kurz:

$$\Sigma \Delta^2 = \Sigma \Delta'^2 + \Sigma \Delta_{,}^2 = \text{Minimum}. \tag{3}$$

Die vorigen Eigenschaften des A hängen so solidarisch zusammen, dass mit der einen zugleich die anderen gegeben sind, und er nach jeder derselben mit identischem Resultate abgeleitet werden kann, nur dass die Ableitung nach der ersten Eigenschaft die praktischste bleibt. Auch sind sie unabhängig von einem bestimmten Verteilungsgesetze der a und gelten über die Kollektivmaßlehre hinaus nicht bloß für eine als unendlich angenommene ideale, sondern auch jede endliche Reihe von a in willkürlicher Verteilung.

Der Zusammenhang des zweiten und dritten Satzes mit dem durch die Definition gegebenen ersten findet sich so.

Zweiter Satz. Jede positive Abweichung von A ist $a' - A$, jede negative nach absolutem Werte $A - a_{,}$, hiernach entwickelt:

$$\left.\begin{aligned} \Sigma \Delta' &= (a' - A) + (a'' - A) + \cdots \\ \Sigma \Delta_{,} &= (A - a_{,}) + (A - a_{,,}) + \cdots \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

mithin, wenn μ' die Zahl der positiven, $\mu_{,}$ die der negativen Abweichungen ist.

$$\left.\begin{aligned} \Sigma \Delta' &= \Sigma a' - \mu' A \\ \Sigma \Delta_{,} &= \mu_{,} A - \Sigma a_{,} \end{aligned}\right\}$$

$$\Sigma \Delta' - \Sigma \Delta_{,} = \Sigma a' + \Sigma a_{,} - (\mu' + \mu_{,}) A \qquad (5)$$

oder, weil $\Sigma a' + \Sigma a_{,} = \Sigma a$ und $\mu' + \mu_{,} = m$,

$$\Sigma \Delta' - \Sigma \Delta_{,} = \Sigma a - m A, \qquad (6)$$

und weil $A = \Sigma a : m$

$$\Sigma \Delta' - \Sigma \Delta_{,} = \Sigma a - \Sigma a = 0. \qquad (7)$$

Dritter Satz. Sei der Wert, bez. dessen $\Sigma \Delta^2$ ein Minimum ist, zunächst als unbekannt $= x$ gesetzt, so haben wir:

$$\Sigma \Delta^2 = (a' - x)^2 + (a'' - x)^2 + \cdots + (a_{,} - x)^2 + (a_{,,} - x)^2 + \cdots \qquad (8)$$

Zwar sollte, sofern wir die negativen Abweichungen nach absolutem Werte als positiv nehmen, jede negative Abweichung statt $a_{,} - x$ u. s. w. vielmehr $x - a_{,}$ u. s. w. gesetzt werden; aber $(a_{,} - x)^2$ ist gleich $(x - a_{,})^2$, was gestattet, den vorigen Wert von $\Sigma \Delta^2$ in angegebener Weise zu entwickeln. Nun erhalten wir den Minimumwert von $\Sigma \Delta^2$ durch Setzen des Differentials seines Ausdruckes bez. x gleich Null; dies giebt:

$$2[(a' - x) + (a'' - x) + \cdots + (a_{,} - x) + (a_{,,} - x) + \cdots] dx = 0 \qquad (9)$$

mithin durch Summierung aller a und $-x$

$$\left.\begin{aligned} \Sigma a - m x &= 0, \\ x = \frac{\Sigma a}{m} &= A, \end{aligned}\right| \qquad (10)$$

§ 78. Wenn schon der arithmetische Mittelwert für die Kollektivmaßlehre nicht ein gleich überwiegendes Interesse in Anspruch nehmen kann als für die physikalische und astronomische Maßlehre, so gewährt ihm doch die Verbindung seiner drei Haupteigenschaften auch für jene ein an sich mathematisches Interesse, was um so mehr dadurch wächst, dass durch ihn eine Beziehung zwischen beiden Lehren hergestellt wird. Gegen D steht er noch insbesondere durch die größere Leichtigkeit und Einfachheit seiner genauen Bestimmung im Vorteil; von C wird er darin zwar noch übertroffen, aber dass in die Gleichheitsbestimmung seiner zweiten Eigenschaft mit der Zahl zugleich die Größe der Abweichungen eingeht, giebt ihm ein gewichtigeres Interesse als dem C. Auch lässt sich Folgendes bemerken. Wenn man eine beliebige Reihe von a nach der zufälligen Ordnung, wie sie in der Urliste enthalten sind, in eine gegebene Zahl Fraktionen aus gleichviel a geteilt hat und aus jeder derselben das A besonders bestimmt, so stimmt das arithmetische Mittel dieser A mit dem allgemeinen Mittel der ganzen Reihe von a überein. Verfährt man aber entsprechend mit der Bestimmung von C, so stimmt weder der Centralwert, noch Mittelwert der verschiedenen speziellen C allgemein gesprochen mit dem aus der Totalität der a gewonnenen C überein. Verfährt man entsprechend mit dem D, so stimmt zwar das D, aber nicht der Mittelwert der speziellen D mit dem D der Totalität der a überein.

Endlich knüpft sich an die Bestimmung von A folgender praktische Vorteil. Hat man das A eines K.-G. aus einer Verteilungstafel mit nicht zu kleinem m bestimmt, so wird man nicht nur die Gesamtgröße »Gr.« des Gegenstandes für diese Tafel durch Multiplikation des A mit dem m, sondern auch nach Wahrscheinlichkeit die Gesamtgröße des Gegenstandes für jedes größere oder kleinere m durch Multiplikation jenes erst bestimmten A mit dem neuen m erhalten, nur mit einem um so größeren wahrscheinlichen Fehler dabei, je kleiner das m ist, und je weiter das m, auf das man schließt, von demselben abweicht. Umgekehrt wird man auf die Zahl von Exemplaren m, welche dazu gehört, eine gegebene Gesamtgröße Gr. zu geben, nach Wahrscheinlichkeit schließen können, indem man setzt $m = \text{Gr.} : A$; da ja $\Sigma a = mA = \text{Gr.}$, mithin $m = \text{Gr.} : A$.

Diese Sätze können z. B. von Nutzen sein, wenn man den Raum bestimmen will, der eine gegebene Anzahl Menschen von zufällig wechselnder Größe faßt. Weder der Centralwert, noch der dichteste Wert lassen eine entsprechende Verwendung zu.

§ 79. Es kann sein, dass man aus den A verschiedener K.-G. oder auch den besonders bestimmten A verschiedener Abteilungen desselben K.-G. ein gemeinsames Mittel ziehen will, und hat, wenn diese A aus verschiedenen m erhalten sind, zu unterscheiden, ob das definitive Mittel ohne oder mit Rücksicht auf die Verschiedenheit der m gezogen werden soll. Seien $A_1, A_2, A_3 \ldots$ besondere Mittel, respektiv aus $m_1, m_2, m_3 \ldots$ Maßen gezogen. Ohne Rücksicht auf die Verschiedenheit der m wird das Mittel der betreffenden A sein:

$$\frac{A_1 + A_2 + A_3 + \cdots}{N}, \qquad 11)$$

wo N die Anzahl der A; mit Rücksicht auf die Verschiedenheit der m aber wird es sein:

$$\frac{m_1 A_1 + m_2 A_2 + m_3 A_3 + \cdots}{m_1 + m_2 + m_3 + \cdots} \qquad 12)$$

und mit dem Mittel übereinkommen, welches man erhält, wenn man die Gesamtsumme aller a mit der Gesamtsumme aller m dividiert.

Ersteres Mittel heiße das singuläre, letzteres das summarische. Je nach der Natur der Aufgabe kann die eine oder andere Art der Mittelziehung vorzuziehen sein. Gesetzt das Mittel aus der Körperlänge der Chinesen, Neger, Malaien, Amerikaner und Europäer kaukasischer Rasse soll bestimmt werden; aber von den Europäern liegen dazu 1000 Maße, von jeder der anderen Rassen nur 10—20 Maße vor; so würde die zweite, die summarische Art der Mittelziehung unzulässig sein; denn, wie leicht zu erachten, würde die mittlere Körperlänge dieser verschiedenen Rassen wegen des unverhältnismäßig überwiegenden Gewichtes, was die Europäer durch ihr großes m erhalten, fast ganz mit dem der Europäer übereinkommen, und überhaupt das definitive Mittel vorwiegend durch das Spezialmittel mit dem größten m bestimmt werden, was der Natur der Aufgabe widerspricht. Hier ist nur die erste, die singuläre Art der Mittelziehung brauchbar; und dass nicht alle m dieselbe Größe haben, vermindert bloß die Sicherheit der Bestimmung gegen den Fall, dass die Gesamtheit der m sich gleich zwischen alle A verteilt. Überhaupt werden disparate Gegenstände (vgl. § 14) mehr Anlass zur ersten als zweiten Mittelbestimmung geben; wogegen die Spezial-A aus verschiedenen Abteilungen eines einstimmigen Gegenstandes nach dem Prinzip der zweiten Mittelbestimmung zu kombinieren sind.

Es kann auch sein, dass man, statt aus verschiedenen A ein arithmetisches Mittel aus verschiedenen C oder D zu ziehen hat, und es gilt dann dafür die entsprechende Unterscheidung zwischen singulärem und summarischem Mittel, und gelten dieselben Gesichtspunkte der Bevorzugung des einen oder anderen.

§ 80. Zentralwert C.

Den drei Haupteigenschaften des arithmetischen Mittels A gegenüber vereinigt der Zentralwert C folgende drei Haupteigenschaften:

1. Die durch seine Definition gegebene Eigenschaft, ebensoviel größere a' über sich als kleiner a, unter sich zu haben.

2. Die Eigenschaft, gleich viel positive und negative Abweichungen von sich abhängig zu haben, so dass $m' = m_{,} = \frac{1}{2} m$.

3. Die Eigenschaft, dass die Summe der positiven und negativen Abweichungen von ihm nach absolutem Werte kleiner als von jedem anderen Werte, mithin bez. desselben $\Sigma\Theta$ ein Minimum ist.

Auch diese Eigenschaften sind unter einander solidarisch und gelten für jede beliebige Reihe von a, rücksichtslos auf ein besonderes Verteilungsgesetz, entsprechend wie es von den drei Haupteigenschaften des A gilt.

Die Folgerung der zweiten Eigenschaft aus der ersten ist selbstverständlich und bedarf keiner Erläuterung. Der Zusammenhang der dritten damit aber folgert sich so.

Sei der Wert, von dem die dritte Eigenschaft gilt, zunächst als unbekannt $= x$ gesetzt, so ist die Summe der Abweichungen bezüglich x nach absolutem Werte so anzusetzen:

$$\Sigma\Theta = (a' - x) + (a'' - x) + \cdots + (x - a_{,}) + (x - a_{,,}) + \cdots \quad (13)$$

Um das Minimum dieser Summe zu erhalten, haben wir das Differential derselben bez. x gleich 0 zu setzen; das giebt:

$$- m' dx + m_{,} dx = 0\,, \quad (14)$$

mithin:

$$m' = m_{,}\,, \quad (15)$$

was dem Begriffe des Zentralwertes entspricht.

Ich habe diese Eigenschaft des Zentralwertes zuerst in einer Abhandlung[1] über denselben bewiesen und durch Verallgemeinerung des Weges, welcher dazu führt, allgemeinere Folgerungen gezogen, auf die ich jedoch hier keinen Anlass habe einzugehen.

§ 81. Man kann dem Zentralwert folgende Bedeutung für die Kollektivmaßlehre beilegen.

Dächte man sich alle Exemplare eines K.-G. in eine große Urne gethan, wofür man die Welt selbst ansehen kann, und nach Zufall ein Exemplar herausgezogen, so würde die Wahrscheinlichkeit gleich stehen, ein größeres und ein kleineres Exemplar als C herauszuziehen, und bei sehr vielen Zügen würde wirklich diese gleiche Wahrscheinlichkeit sich bewähren, wogegen bezüglich größerer Werte als C die Wahrscheinlichkeit des Herausziehens eines kleineren Gegenstandes, bezüglich kleinerer Werte als C die Wahrscheinlichkeit des Herausziehens eines größeren Exemplares überwiegt. Hiernach kann man C in demselben Sinne den wahrscheinlichen Wert eines K.-G. nennen, wie man den wahrscheinlichen Fehler eines Beobachtungsmittels so nennt, insofern die Wahrscheinlichkeit seiner Überschreitung und Unterschreitung gleich steht.

Bei der gemeinüblichen Weise, die Verteilungstafeln von K.-G., namentlich Rekrutenmaßtafeln, so aufzustellen, dass von den Exemplaren, die unter und über eine gewisse Größengrenze gehen, nur die Zahl, nicht die Größensumme angegeben wird, fällt die Möglichkeit weg, ein genaues arithmetisches Mittel zu ziehen; und dann kann anstatt desselben der Zentralwert, welcher sich eben nach der bloßen Zahl bestimmen lässt, dienen, Vergleiche z. B. zwischen verschiedenen Jahrgängen und Örtlichkeiten, woher die Maße stammen, zu ziehen, ein Verfahren, was mir bei Bearbeitung langjähriger belgischer Rekrutenmaße aus den verschiedenen Provinzen Belgiens gedient hat, den Gang und Parallelismus dieser Maße durch Zeit und Raum zu konstatieren.

---

[1] Über den Ausgangswert der kleinsten Abweichungssumme, dessen Bestimmung, Verwendung und Verallgemeinerung. Abhandlungen der math.-phys. Klasse der Kgl. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. XI. Band; 1878. S. 1—76.

§ 82. Die Herleitung des C aus einer Reihe von Werten a, die ihrer Größe nach geordnet sind, hat prinzipiell dadurch zu geschehen, dass man von jedem Ende der Reihe nach der Mitte zu gleichviel Werte abzählt und den Wert oder Zwischenwert zwischen zwei Werten als C nimmt, in dem beide Zählungen zusammentreffen, sofern hiermit dem Begriffe des C, nach beiden Seiten gleichviel Abweichungen und mithin gleichviel abweichende Werte über sich und unter sich zu haben, offenbar genügt ist. Es sind aber dabei zwei Fälle zu unterscheiden, erstens, wo das a, auf das man bei dieser doppelten Abzählung kommt, oder die zwei a, zwischen welchen das Resultat der Abzählung eintrifft, einfach sind, oder wo sie, wie im allgemeinen bei unseren Verteilungstafeln der Fall, mit einem $z > 1$ behaftet sind.

Fassen wir zunächst den ersten einfacher scheinenden Fall ins Auge. Für den ersten Anblick nun erscheint obige Regel hierbei darauf hinauszulaufen, dass man, wenn die Zahl der Werte m ist, $\frac{1}{2}m$ Werte, sei es von der einen oder anderen Seite her abzählt, und den $\frac{1}{2}m$ten Wert als C nimmt. Inzwischen überzeugt man sich leicht, dass diese Abzählung, je nachdem sie von der einen oder anderen Seite her geschieht, zu einem verschiedenen Werte führt. Denn sei z. B. folgende Reihe von vier Werten:

$$a, b, c, d$$

gegeben, so würde man den $\frac{1}{2}m$ten, d. i. den 2ten Wert von links herein $= b$, von rechts herein $= c$ finden. Oder nehmen wir statt eines geraden ein ungerades m, z. B. 5, indem wir folgende Reihe aufstellen:

$$a, b, c, d, e,$$

so würde man den $2\frac{1}{2}$ten Wert von links herein zwischen b und c, von rechts herein zwischen c und d finden, indes nur c der Grundregel entspricht, nach einer Seite eben so viele größere Werte über sich, als nach der anderen unter sich zu haben. Hingegen genügt man der Forderung, von einer wie der anderen Seite her auf dasselbe C zu kommen, bei geraden wie ungeraden m, wenn man den $\frac{1}{2}(m + 1)$ten Wert (d. i. das Mittel zwischen $\frac{1}{2}m$ und $\frac{1}{2}m + 1$) dafür nimmt. In der That, bei unserem Beispiel mit dem geraden $m = 4$ kommt man von einer wie der anderen Seite her auf einen Wert zwischen b und c, bei dem Beispiel mit ungeradem $m = 5$ beidesfalls auf den Wert c.

Nehmen wir nun aber den zweiten, uns eigentlich allein interessierenden Fall, der bei unseren Verteilungstafeln stattfindet, dass die Zählung von beiden Seiten her in ein a eintrifft oder zwischen zwei a eintrifft, die mit einem $z > 1$ behaftet sind, so würden wir nach roher Bestimmung, indem wir diese z ganz auf die betreffenden a selbst fallend denken, auch das C erstenfalls mit jenem a selbst zusammenfallend oder zweitenfalls zwischen jene zwei a fallend und bei mangelndem bestimmten Anhalte als Mittel zwischen beiden zu nehmen haben. Und so hätte in unserer Beispielstabelle (§ 68) 11 als Zentralwert zu gelten, indem, wenn wir voriger Regel folgend $\frac{1}{2} \cdot 81 = 40\frac{1}{2}$ von beiden Seiten abzählen, diese innerhalb des dem $a = 11$ zugeschriebenen $z = 30$ eintreffen.

Aber um eine schärfere Bestimmung zu erhalten, haben wir zu berücksichtigen, dass die $z = 30$ Exemplare sich durch das ganze Intervall von 10 bis 12 verteilen, und gelangen mit Rücksicht hierauf unter Zuziehung einer Interpolation dieses als I genommenen Intervalles zu einem übereinstimmenden C durch Abzählen von beiden Seiten her nicht von $\frac{1}{2}(m + 1)$, sondern von $\frac{1}{2}m$ Exemplaren, wie von vorn herein am natürlichsten erschien. In der That, um von oben herab (nach Lage der Tabelle) zum 40sten (d. i. $\frac{1}{2}m$ten) Werte zu gelangen, haben wir zu berücksichtigen, (was sich unmittelbar in der

Spalte der S, ablesen lässt, dass bis zu Ende des vorhergehenden Intervalles, mithin bis zu Anfang des I 18 Exemplare reichen; fehlen also zur Erfüllung der 40 noch 22 Exemplare, die ins Intervall I übergreifen. Nun schließen wir: wie sich diese ins Intervall übergreifenden 22 zur Totalzahl 30 des I verhalten, so der zum Anfang des I, d. i. zu 10 noch zuzufügende Wert x, sog. Eingriff in I, zur Größe von I, d. i. zu 2, mithin:

$$22 : 30 = x : 2,$$

d. i.

$$x = \frac{44}{30} = 1{,}467$$

$$C = 10 + 1{,}467 = 11{,}467 .$$

Gehen wir jetzt mit der Abzählung von unten aufwärts, so reichen 32 Exemplare bis an das Intervall I, fehlen also zu 40 noch 8, die in das Intervall I selbst fallen, und zwar den Teil $I - x$ davon einnehmen, der von x bis zur zweiten Grenze des I, d. i. bis zu 12 reicht. Nun schließen wir wieder:

$$I - x : I = 8 : 30 .$$

Da nun $I = 2$, hat man

$$30(2 - x) = 16,$$

woraus sich der Zuwachs x zur ersten Grenze 10 wie oben $= 1{,}467$ bestimmt, was zu $C = 11{,}467$ zurückführt.

Da nun die zweite Bestimmungsweise nach $\frac{1}{2}m$ von unten herauf zu demselben Resultate führt als die erste, diese aber einfacher ist, so können wir uns zur Bestimmung von C bei dieser begnügen, und erhalten zur Bestimmung von C folgende Formel[1]:

$$C = g_1 + \frac{y}{z_w} I = g_1 + \frac{\frac{m}{2} - r}{z_w} I, \qquad (16)$$

---

[1] Sollte an Stelle der einfachen Interpolation die schärfere, unter Benutzung 2ter Differenzen, treten, so müsste $x = C - g_1$ durch Auflösen der Gleichung (16) des Kap. IX statt wie oben durch Auflösen der Gleichung (13) ebendesselben Kapitels gewonnen werden.

wobei g, wie früher den Anfangswert oder die erste Grenze des zu interpolierenden Intervalles, z_u das z dieses Intervalles, y den Zahleneingriff in dasselbe, d. h. die Zahl bedeutet, um welche die Vorzahl r noch vermehrt werden muss, um $\frac{1}{2}m$ zu geben.

§ 83. Dichtester Wert D.

Definieren wir den dichtesten Wert zunächst kurz als den, der unter einer Reihe von a am häufigsten vorkommt, oder auf den das größte z fällt, so kann ein solcher Wert nicht wie die beiden vorigen Hauptwerte aus jeder beliebigen Reihe von a abgeleitet werden und hat überhaupt nur für die Kollektivmaßlehre eine in Betracht kommende, für sie aber sehr wichtige Bedeutung[1]. In der That, stellen wir z. B. willkürlich folgende Reihe von fünf a auf:

1, 3, 4, 6, 16,

so werden wir als arithmetisches Mittel haben $A = \Sigma a : m = 30 : 5 = 6$; als Zentralwert (durch Zusammentreffen der Abzählung von rechts und links) $C = 4$. Aber welchen Wert sollen wir als dichtesten Wert nehmen, da jeder Wert nur einmal vorkommt, also alle z nur 1 sind. Andere Reihen lassen sich willkürlich aufstellen, in denen zwar verschiedene z bei verschiedenen a vorkommen, dasselbe Maximal-z sich aber bei mehreren a wiederholt, wonach nicht zu entscheiden, welches als D anzusehen. Aber bei Verteilungstafeln von K.-G. mit großem m, die den zu einer erfolgreichen Untersuchung erforderlichen Requisiten genügen, kommen entweder solche Fälle überhaupt nicht vor oder lassen sich, wenn es bei primären Tafeln doch der Fall ist, wovon man Beispiele in den Tafeln Kap. VII finden kann, durch erforderliche Reduktion in der Art beseitigen, dass das Maximal-z nur auf eins der reduzierten a fällt. Dabei ist freilich nicht zu vergessen, dass man damit, dass man das ganze Maximal-z auf das reduzierte a, dem es beigeschrieben wird, bezieht, nur eine rohe Bestimmung des dichtesten Wertes erlangt, welche nur mehr oder weniger approximativ zu der idealen ist, die man unter Voraussetzung eines unendlich großen m bei unendlich kleinem i erlangen würde, und der man sich in später anzugebender Weise möglichst zu nähern suchen muss. Im allgemeinen kann man nur sagen, dass dieser Wert innerhalb des Intervalles zu suchen ist, das sich in der Intervalltafel für das reduzierte a als dessen Umkreisintervall substituiert.

---

[1] Sollte freilich die bis jetzt nicht beanstandete Annahme, dass die Beobachtungsfehler bei einwurfsfreien Beobachtungen eine symmetrische W. bez. des arithmetischen Beobachtungsmittels haben, irrig sein, so würde sich die große Wichtigkeit des D auch auf die physikalische und astronomische Maßlehre erstrecken. (Hierüber vergl. Kap. XXVIII.)

Dass bei symmetrischer W. der Abweichungen bez. A der dichteste Wert D wesentlich mit A und C zusammenfällt, ist mehrfach erwähnt; nach der Verallgemeinerung des G. G. für die asymmetrische W. der K.-G. aber weicht er allgemein gesprochen davon ab und besitzt dann keine von den drei Grundeigenschaften sei es des A noch des C; hingegen die in § 33 aufgezählten Eigenschaften, wovon die wichtigsten solidarisch zusammenhängenden die sind: 1) dass er eben der dichteste im angegebenen Sinne ist, 2) dass das Proportionsgesetz, und 3) dass das zweispaltige G. G. bezüglich desselben besteht, wovon dann weiter abhängt, dass, um ein einfaches Verteilungsgesetz für Kollektivabweichungen zu gewinnen, die Abweichungen vielmehr von ihm, als von A oder C abhängig gemacht werden müssen. Man kann noch hinzufügen, dass D den wahrscheinlichsten Wert eines K.-G. aus folgendem Gesichtspunkte darstellt.

Greift man aus der Gesamtheit der a eines K.-G. ein Exemplar nach Zufall heraus, so wird der Wert D wahrscheinlicher als jeder andere getroffen werden, und die ihm nahen a mit einer, der seinigen nahe gleich kommenden, doch verschiedenen W., je nachdem sie auf die eine oder andere Seite von D fallen.

Hiernach überbietet die Wichtigkeit des D für K.-G. aus mehr als einem Gesichtspunkte die jedes anderen Hauptwertes, ohne jedoch damit zu hindern, dass diese nach den Eigenschaften, welche er nicht mit ihnen teilt, beachtenswert bleiben und zur vollständigen Charakteristik eines K.-G. gehören; auch steht er insofern im Nachteile gegen alle anderen, dass seine möglichst genaue Darstellung umständlich ist und eine Rechenarbeit fordert, deren es für die anderen nicht bedarf. Hierauf wäre nun näher einzugehen; aber ich verspare lieber die ziemlich umständlichen Erörterungen über seine Ableitung überhaupt auf ein besonderes Kapitel, um noch die folgenden drei Hauptwerte zu besprechen.

§ 84. Scheidewert R.

Der Wert, der eine gleiche Summe von a über sich als unter sich hat, und welcher also die Scheidegrenze zwischen den ihrer Größe nach geordneten kleineren und größeren a zu bilden hat, wenn durch Summierung der kleineren a dieselbe Gesamtgröße erzeugt werden soll, als durch Summierung der größeren a.

[Er liegt oberhalb C. Denn die Anzahl der oberhalb und unterhalb C gelegenen a ist beidesfalls, dem Begriffe des C gemäß, gleich $\frac{1}{2}m$; es ist daher:

$$\Sigma a_{,} < \frac{m}{2} C < \Sigma a',$$

so dass eine Gleichheit der unteren mit der oberen Summe nur für einen Wert, der größer als C ist, erreicht werden kann. Er liegt somit zugleich oberhalb A oder oberhalb D, je nachdem A oder D kleiner als C ist, wogegen er möglicherweise unterhalb des einen oder des anderen dieser beiden Hauptwerte liegen kann, wenn der eine oder der andere größer als C ist. Um jedoch seine Lage zunächst mit Rücksicht auf das in der Regel als bereits bekannt vorauszusetzende A zu bestimmen, werde angenommen, dass R oberhalb A liege.]

Seien nun $\Sigma a_{,}$, $\Sigma a'$ die Summen unterhalb und oberhalb R, $\Sigma a_{,,}$ und $\Sigma a''$ die Summen unterhalb und oberhalb A, so zähle man $\sigma = \frac{1}{2}(\Sigma a'' - \Sigma a_{,,})$ nach oben, d. i. nach den größeren Werten zu von A ab, um zu R zu gelangen.

Beweis. Nach Anschauung des Linienschemas

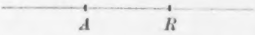

ist die untere Summe der a bez. R gleich der unteren Summe bez. A plus der Summe zwischen A und R, welche σ heiße, d. i.

$$\Sigma a_{,} = \Sigma a_{,,} + \sigma .$$

Die obere Summe bez. R aber ist gleich:

$$\Sigma a' = \Sigma a'' - \sigma ,$$

also, da

$$\Sigma a_{,} = \Sigma a' , \ \Sigma a_{,,} + \sigma = \Sigma a'' - \sigma ,$$

$$\sigma = \frac{\Sigma a'' - \Sigma a_{,,}}{2} . \qquad (17)$$

Da

$$\Sigma a_{,,} = \mu_{,} A - \Sigma \Delta_{,}$$

$$\Sigma a'' = \mu' A + \Sigma \Delta' ,$$

so hat man auch:

$$\sigma = \frac{(\mu' - \mu_{,}) A + \Sigma \Delta}{2} . \qquad (18)$$

Diese Bestimmungsweisen gelten rücksichtslos auf ein besonderes Verteilungsgesetz, nur dass eine rohe und scharfe Bestimmung dabei in gewohnter Weise unterschieden werden kann. [Sie behalten ihre Geltung auch für den Fall, dass A oberhalb R liegt; σ wird jedoch alsdann negativ und ist daher, seinem absoluten Werte nach genommen, nach unten d. i. nach den kleineren Werten zu von A abzuzählen, um zu R zu gelangen.]

In unserem Erläuterungsbeispiel ist nach früherer Bestimmung $A = 11{,}4$; $\Sigma a_{,,} = 369$; $\Sigma a'' = 543$, mithin unser jetziges $\sigma = 87$; diese Summe haben wir von 11,4 an aufwärts, d. i. nach den größeren a zu, zu zählen, um zu R zu gelangen und dazu das Intervall 10—12 mit $\Sigma a = 330$ zu interpolieren, was dazu führt, $2 . 87 : 330 = 0{,}527$ zu 11,4 zu fügen; giebt $R = 11{,}927$. [Setzt man jedoch wie früher (§ 72) $\Sigma' a_{,,} = 362{,}7$; $\Sigma' a'' = 549{,}3$, mithin $\sigma = 93{,}3$, so ist konsequenterweise die Differenz $R - A = x$ aus der Gleichung: $93{,}3 = (11{,}4 + \frac{1}{2} x) \cdot 15 x$ mit dem Werte 0,533 zu finden; giebt mit obigem Werte wesentlich übereinstimmend $R = 11{,}933$.]

[Statt nun, wie hier geschehen, R in Abhängigkeit von A zu bestimmen, kann es ganz ebenso in Abhängigkeit von C oder von D gefunden werden; dann sind natürlich $\Sigma a_{,,}$, $\Sigma a''$ und entsprechend die Abweichungszahlen und Abweichungssumme bez. C oder D statt bez. A zu nehmen. Man erhält so beim Ausgange von C die

Bestimmung: $\sigma = \frac{1}{2}\Sigma\Theta$ (bez. C); beim Ausgange von D dagegen: $\sigma = \frac{1}{2}(m' - m_{,})D + \frac{1}{2}\Sigma\partial$. Überdies kann R auch direkt, ohne Anlehnung an einen vorbestimmten anderen Hauptwert gefunden werden. Es geschieht dies, indem man durch Addieren der a von beiden Enden der Verteilungstafel das Intervall aufsucht, in welches R zu liegen kommt, und dann in diesem Eingriffsintervall die Eingriffssumme Y der Art bestimmt, dass die Vorsumme vermehrt um die Eingriffssumme gleich der halben Gesamtsumme der a ist. Dies führt, unter Benutzung der (§ 69) definierten Bezeichnungen, zu der Formel:

$$R = g_1 + (\tfrac{1}{2}\Sigma a - \mathfrak{V}) \cdot \frac{I}{a_0 i_0} \qquad (19a)$$

oder zu

$$R = \sqrt{g_1^2 + \frac{I}{i_0}(\Sigma a - 2\mathfrak{V})}, \qquad (19b)$$

je nachdem, im Einklange mit den § 72 getroffenen Bestimmungen, das Eingriffsmaß x, d. i. der Wert, um welchen R die untere Grenze g_1 des Intervalles I überragt, nach der Proportion

$$x : I = Y : a_0 i_0$$

oder genauer nach der Gleichung:

$$Y = \left(g_1 + \frac{x}{2}\right)\frac{i_0 x}{I}$$

berechnet und zu g_1 hinzugefügt wird.]

[Schließlich verdient noch erwähnt zu werden, dass die Lage von R in anderer Weise als diejenige von A, C und D von den a der Verteilungstafel abhängt. Vermehrt man nämlich jedes a um einen und denselben Betrag, so wird auch A, C und D um den nämlichen Betrag größer, so dass die Lage innerhalb der Tafel erhalten bleibt; dagegen bewirkt die angegebene Vermehrung eine Annäherung des R an C der Art, dass bei unbegrenzter Vermehrung R mit C zusammenfällt. Dies folgt unmittelbar daraus, dass die zwischen C und R gelegene Summe der a, d. i. σ, beständig gleich $\frac{1}{2}\Sigma\Theta$ (bez. C) ist und sich somit bei größer werdenden a auf ein immer kleiner werdendes Intervall verteilt.]

§ 85. Der schwerste Wert T.

Jeder Wert a einer zu unseren Untersuchungen tauglichen Verteilungstafel giebt, allgemein gesprochen, je nach seiner Größe und dem z, wie oft er vorkommt, ein verschiedenes Produkt za, und man kann nun nach dem a fragen, für welches dieses Produkt ein Maximum ist. Zunächst lässt sich daran denken, dass es mit dem dichtesten Werte zusammenfalle. Aber bei diesem kommt es bloß auf die Größe des z, nicht des za an. Es giebt Werte a, die größer sind als D, und obwohl sie seltener vorkommen als D, giebt ihnen doch bis zu gewissen Grenzen die Größe des a betreffs des za, was sie liefern, einen Vorteil.

In jedem Falle kann T bloß nach positiver Seite von D abliegen, weil beim Herabgehen der Werte a unter D sowohl a als z abnehmen. Nach roher Bestimmung würde in unserer Beispielstabelle T mit D zugleich auf $a = 11$ fallen, sofern sich hierfür das Maximal-$za = 330$ findet. Nach scharfer Bestimmung aber fallen beide auseinander, und hat man dazu, wenn das zweiseitige G. G. als zutreffend vorausgesetzt wird, nach unten folgendem Beweise überhaupt folgende Formel zu benutzen:

$$T = \frac{D + \sqrt{D^2 + 2ie'}}{2}. \qquad 20)$$

Aus unserer Beispielstabelle § 68 findet sich nach dem im nächsten Kapitel auseinander zu setzenden Proportionsverfahren

$$D = 11.6;\ e' = 1.0;$$

hiernach

$$T = 12.1.$$

Nun kann man fragen, was hat es für eine empirische Bedeutung, dass auf den so bestimmten Wert von T das Maximum von za fällt. In dieser Hinsicht hat man sich zu erinnern, dass nach scharfer Betrachtung jedes a einer Verteilungstafel eigentlich ein ganzes Intervall von der Größe des i dieser Tafel repräsentiert, wovon das betreffende a die Mitte ist. Also ist mit dem Werte $T = 12.1$ für unsere Verteilungstafel, deren $i = 2$ ist, gesagt, dass unter allen

Intervallen dieser Tafel von der Größe 2 das Intervall, dessen Mitte $T = 12,1$ ist, also das Intervall 11,1—13,1 ein größeres :a enthält, als jedes andere Intervall von der Größe 2.

[Dies findet sich nun aber nicht bestätigt; denn das :a des Intervalles 11,1—13,1 ist gleich 296, während das :a des Intervalles 10—12 gleich 330 ist. Dadurch wird jedoch nicht die Unrichtigkeit der obigen theoretischen Bestimmungsweise von T nachgewiesen, sondern nur nahe gelegt, dass die theoretisch geforderte Lage des schwersten Wertes nicht mit seiner, in der Tafel empirisch dargebotenen Lage genau übereinstimmt, was übrigens von vornherein nicht anders zu erwarten ist. Dass dies auch bei den Tafeln empirisch gegebener K.-G. nicht wesentlich anders ist, erhellt aus folgendem Beispiel.]

Die Verteilungstafel für den vertikalen Schädelumfang mit $i = 5$ mm (§ 58) giebt nach Bestimmung des D mittelst des Proportionsverfahrens:

$$D = 409,7; \quad T = 410,1;$$

wonach hier auf das Intervall 407,6—412,6 das größte :a fällt. Ob sich dies nun wirklich findet, lässt sich empirisch an der Verteilungstabelle prüfen, und wählen wir zum Vergleich das Intervall des dichtesten Wertes 409,7, d. i. nach entsprechender Bestimmung 407,2—412,2.

Da die :a der betreffenden Intervalle in der Verteilungstafel nicht unmittelbar gegeben sind, weil diese Intervalle selbst mit ihren :a nicht darin gegeben sind, vielmehr das Intervall des schwersten Wertes, ebenso wie das des dichtesten Wertes, zwischen zwei Intervalle der gegebenen Tafel übergreift, so muss man interpolationsmäßig berechnen, welchen Anteil zum gesuchten :a jedes beider Intervalle liefert, und durch Summierung dieser Anteile sowohl das :a des Intervalles, was für D, als was für T einzustehen hat, finden, was ich hier nicht detaillieren will[1]. Hiernach fand ich für obiges Beispiel das :a des dichtesten Wertes 26631, das des T gleich

---

[1] [In dem vorliegenden Falle vereinfacht sich infolge des für $a = 408$ und $a = 413$ gemeinsamen $z = 65$ diese Rechnung, und findet man das :a für D resp. T gleich 65.D resp. 65.T.]

26656, also, wie zu erwarten, das letztere sehr wenig, aber, wie zu verlangen, doch etwas größer als das erstere. [Aber trotzdem ist das theoretisch aus (20) bestimmte T von dem empirisch aus der Tafel zu entnehmenden verschieden; denn für $a = 413$ ergiebt sich der noch größere Wert $za = 26845$.]

Beweis. Da T größer als D ist, so setzen wir

$$T = D + \partial, \tag{21}$$

wo ∂ eine positive Abweichung von D ist, und bestimmen ∂, indem wir

$$za = z(D + \partial) \tag{22}$$

setzen, diesen Wert zur Erlangung einer Maximumgleichung in Bezug auf ∂ differenzieren und das Differential gleich Null setzen, wobei wir einfachheitshalber die Strichelchen oben an z, a, ∂, e weglassen, die eigentlich anzubringen sind, um die Lage dieser Werte oberhalb D zu bezeichnen.

Wir haben also:

$$\frac{\partial(za)}{\partial\partial} = (D + \partial)\frac{\partial z}{\partial\partial} + z\frac{\partial\partial}{\partial\partial}, \tag{23}$$

wovon der letzte Wert z ist. Um nun $\frac{\partial z}{\partial\partial}$ zu finden, muss z als Funktion von ∂ ausgedrückt werden, was geschehen kann, indem wir nach dem zweispaltigen G. G. die Wahrscheinlichkeitsverhältnisse für ∂ positiverseits von D in Anspruch nehmen. Hiernach ist bekanntlich die Wahrscheinlichkeit $\varphi\partial$ eines Wertes ∂

$$\varphi\partial = \frac{2h}{\sqrt{\pi}}\exp[-h^2\partial^2], \tag{24}$$

worin $h = 1 : e\sqrt{\pi}$. Bei dem normaler Weise vorauszusetzenden großen m aber kann $\varphi\partial$ auch durch $z : m'$ ausgedrückt werden, mithin

$$z = \frac{2m'h}{\sqrt{\pi}}\exp[-h^2\partial^2], \tag{25}$$

woraus folgt:

$$\frac{\partial z}{\partial\partial} = \frac{2m'h}{\sqrt{\pi}}\exp[-h^2\partial^2]\cdot(-2h^2\partial) \tag{26}$$

und, weil $\frac{2m'h}{\sqrt{\pi}} \exp\left[-h^2 \partial^2\right] = z$

$$\frac{\partial z}{\partial \partial} = -2zh^2\partial, \tag{27}$$

also:

$$\frac{\partial(az)}{\partial \partial} = -2zh^2\partial(D+\partial) + z = 0, \tag{28}$$

worin z als gemeinsamer Faktor wegfällt, und man mit Umkehrung der Vorzeichen und Rücksicht, dass $h = 1 : e\sqrt{\pi}$, folgende quadratische Gleichung erhält:

$$2\partial^2 + 2D\partial - \pi e^2 = 0, \tag{29}$$

aus der sich ∂ bestimmen lässt.

Dies giebt zunächst:

$$\partial = \frac{-2D \pm \sqrt{4D^2 + 8\pi e^2}}{4}, \tag{30a}$$

wovon bloß das obere Vorzeichen brauchbar ist; oder:

$$\partial = \frac{-D + \sqrt{D^2 + 2\pi e^2}}{2} \tag{30b}$$

und:

$$T = D + \partial = \frac{D + \sqrt{D^2 + 2\pi e^2}}{2}. \tag{31}$$

§ 86. Abweichungsschwerwert F.

Man kann noch von einem charakteristischen Abweichungswerte sprechen, welcher dem schwersten a-Werte analog ist und analog zu berechnen ist, hiernach der schwerste Abweichungswert heißen kann. Dort fragte man, auf welches a fällt das größte za, hier fragt man, auf welches Θ fällt das größte $z\Theta$, und sofern bei Ausgang von einem gegebenen Hauptwerte H mit Θ zugleich $a = H \pm \Theta$ gegeben ist, auf welches a fällt das größte $z\Theta$, ein Wert, der keineswegs mit dem schwersten a-Werte zusammenfällt. Inzwischen schlägt die Analogie in folgenden Punkten fehl. Das Maximum von za ist unabhängig von dem Hauptwerte, den man etwa bevorzugen will, da dieser ja an den faktischen Werten der a und darauf bezogenen z nichts ändert, nur dass eine einfache Berechnung des größten za bloß unter Ausgang von D nach unserem allgemeinen Verteilungsgesetze möglich ist. Hiergegen hängt der Wert $z\Theta$ mit von dem Hauptwerte ab, von dem an man die Abweichungen rechnen will, da die Werte Θ selbst ihrer Größe nach davon abhängen. Es bleibt sich aber mit der Berechnung des schwersten a-Wertes gleich, dass sie auch bei dem schwersten Θ-Wert nur im Ausgange von D unter Zugrundelegung unseres allgemeinen Verteilungsgesetzes geschehen, und das Zutreffen des Resultates durch mangelnde Erfüllung der Requisiten gestört werden kann. Endlich hält die Analogie insofern nicht Stich, als es normaler Weise nur ein Maximum von za in jeder Verteilungstafel geben kann; wogegen es für jede Seite des gewählten Hauptwertes ein besonderes Maximum von $z\Theta$ resp. von $z'\Theta'$ und $z_,\Theta_,$, kurz F' und $F_,$ giebt, was eben bei Ausgang von D einer ganz entsprechenden Berechnung unterliegt.

Zur Erläuterung nehmen wir die reduzierte Tabelle für den Vertikalumfang des Schädels (§ 58) mit $E_, = 368$; $i = 5$, wofür nach § 61:

$$D = 409{,}7;\ e_,\sqrt{\frac{\pi}{2}} = \frac{\Sigma\partial_,}{m_,}\sqrt{\frac{\pi}{2}} = 14{,}9;\ e'\sqrt{\frac{\pi}{2}} = \frac{\Sigma\partial'}{m'}\sqrt{\frac{\pi}{2}} = 13{,}0;$$

Werte, die bei der Berechnung in Betracht kommen werden; und bilden wir nach den a und Abweichungen der a von D, d. i. ∂, in jener Tabelle folgende Tabelle einander zugehöriger Werte:

$$D = 409.7;\quad e_,\sqrt{\frac{\pi}{2}} = 14.9;\quad e'\sqrt{\frac{\pi}{2}} = 13.0.$$

$a_,$	$\partial_,$	$z_,$	$z_,\partial_,$
383	26.7	17	454
388	21.7	24	521
393	16,7	36	601
398	11.7	41	480
403	6.7	59	395
405.5 — D	0 — 4.2	55	115
a'	∂'	z'	$z'\partial'$
D — 410,5	0 — 0,8	10	4
413	3.3	65	214
418	8,3	51	423
423	13.3	40	532
428	18,3	17	311

Man sieht hier, dass ∂ und z insofern einen umgekehrten Gang nehmen, als ∂ mit Annäherung seiner a an D auf jeder Seite abnimmt, z wächst; umgekehrt bei Entfernung der a von D. Sollten nun z und ∂ hierbei ein umgekehrtes Verhältnis befolgen, so würde $z\partial$ durch die ganze Reihe der Werte konstant bleiben, was aber keineswegs der Fall ist, wie man sich aus der letzten Spalte überzeugen kann, wonach für die $a_,$-Seite ein Maximum von $z_,\partial_,$, kurz $F_,$, bei $\partial_, = 16{,}7$ und $a_, = D - \partial_, = 393$; und auf der a'-Seite ein Maximum von $z'\partial'$, kurz F', bei $\partial' = 13{,}3$ und $a' = D + \partial' = 423$ stattfindet. [Die nämlichen Werte markieren auch bei scharfer Bestimmung mittelst einfacher Interpolation die Maxima der $z\partial$.]

Wie man nun sieht, stimmt der so empirisch bestimmte Maximumwert von $z_,\partial_, = F_,$ sehr nahe mit dem oben angegebenen Werte $e_,\sqrt{\frac{1}{2}\pi} = 14{,}9$ und der empirisch gefundene Maximumwert von $z'\partial' = F'$ auf der a'-Seite sehr nahe mit dem oben angegebenen Werte $e'\sqrt{\frac{1}{2}\pi} = 13{,}0$; und in der That ist das Resultat der nachher zu begründenden Rechnung auf Grund der Gültigkeit unseres Verteilungsgesetzes, dass

$$F_, = e_,\sqrt{\frac{\pi}{2}}; \quad F' = e'\sqrt{\frac{\pi}{2}}. \tag{32}$$

[Bestimmt man aber interpolationsmäßig die den Werten $\partial_, = 14{,}9$ und $\partial' = 13{,}0$ zugehörigen $z_,\partial_,$ und $z'\partial'$ mit Rücksicht, dass $i = 5$, so findet man $z_,\partial_, = 563$; $z'\partial' = 529$, deren Vergleich mit den wirklichen Maximalwerten der Tafel den Grad der Übereinstimmung zwischen den theoretisch geforderten und empirisch dargebotenen Werten erkennen lässt.]

[Beweis. Setzt man auf Grund des als gültig vorauszusetzenden zweispaltigen G. G.:

$$z' = \frac{2m'h'}{\sqrt{\pi}} \exp[-h'^2\partial'^2], \tag{33}$$

wo $h' = 1 : e'\sqrt{\pi}$, so ist zur Erlangung der Maximumgleichung für $z'\partial'$ der Wert:

$$z'\partial' = \frac{2m'h'}{\sqrt{\pi}} \partial' \exp[-h'^2\partial'^2] \tag{34}$$

in Bezug auf ∂' zu differenzieren und das Differential gleich Null zu setzen. Man erhält so:

$$\frac{2m'h'}{\sqrt{\pi}}\exp[-h'^2\partial'^2](1-2h'^2\partial'^2)=0\,, \tag{35}$$

also, da der Koeffizient von $(1-2h'^2\partial'^2)$ seiner Natur nach nicht verschwinden kann,

$$2h'^2\partial'^2=1\,,\ \text{oder}\ \partial'=\frac{1}{h'\sqrt{2}}=e'\sqrt{\frac{\pi}{2}}\,. \tag{36}$$

In gleicher Weise folgt für die unteren Abweichungen:

$$\partial_,=\frac{1}{h_,\sqrt{2}}=e_,\sqrt{\frac{\pi}{2}}\,. \tag{37}$$

Es sind nun aber $e'\sqrt{\frac{1}{2}\pi}$ und $e_,\sqrt{\frac{1}{2}\pi}$ die beiderseitigen mittleren quadratischen Abweichungen, so dass die theoretische Bedeutung der Abweichungsschwerwerte F' und $F_,$ bezüglich D eben darin besteht, die quadratische mittlere Abweichung der oberen und der unteren Werte darzustellen.]

XI. Der dichteste Wert.

§ 87. [Da der dichteste Wert als Ausgangswert des für K.-G. in Anspruch zu nehmenden Verteilungsgesetzes eine fundamentale Stellung in der Kollektivmaßlehre einnimmt, so ist eine Erörterung seiner mathematischen Bedeutung und seiner, auf letztere zu gründenden rechnerischen Bestimmung notwendig. Hierbei ist es wesentlich, den als D_i bezeichneten empirisch dichtesten Wert, den die Tafel hergiebt, von dem als D_p bezeichneten theoretisch wahrscheinlichsten Wert, den das Verteilungsgesetz verlangt, zu scheiden und jeden gesondert zu behandeln.]

[Die Existenz von D_i gründet sich darauf, dass die z der Tafel, die für einen K.-G. die Anzahl der Exemplare von der Größe a angeben, nicht durchweg konstant sind, sondern steigen und fallen. So lange nun bei roher Bestimmung die z direkt als den beigeschriebenen a zugehörig aufgefasst und demgemäß die zwischen die gemessenen a der Tafel fallenden a-Werte als überhaupt nicht vorkommend angesehen werden, kann nur das mit dem größten z behaftete a selbst als dichtester Wert beansprucht werden; und es giebt alsdann kein Mittel, für den Fall, dass mehrere aufeinander folgende a das nämliche Maximal-z besitzen, den Zweifel, welches a nun in Wirklichkeit den dichtesten Wert darstelle, zu heben[1]]. Wird aber berücksichtigt, dass die Intervalle zwischen den gemessenen a nur der relativ geringen Anzahl der gemessenen Exemplare und der Ungenauigkeit der Messung ihr Dasein verdanken, während die unbegrenzte Gesamtheit der Exemplare des K.-G. sich ohne Unterbrechung auf alle, zwischen den Extremen liegende a verteilt, so hat man in den gegebenen Tafelwerten nur die Unterlage zu suchen, auf der ein funktioneller Zusammenhang zwischen den z und den a sich aufbaut. Ist derselbe hergestellt, so ergiebt sich der dichteste Wert in einfacher Weise als Maximum der konstruierten Funktion.]

---

[1] [Das Vorkommen von zwei einander gleichen, durch Zwischenwerte getrennten Maximal-z ist nicht zu berücksichtigen, da dies das Auftreten von zwei verschiedenen dichtesten Werten bedingen und so eine Mischung disparater K.-G., auf welche die Verteilungsgesetze keine direkte Anwendung finden, anzeigen würde.]

[Bei der Herstellung dieses funktionellen Zusammenhanges ist nun darauf zu achten, dass — was schon durch die Ungenauigkeit der Messung und durch die daraus folgende Existenz der primären Intervalle bedingt ist — die z der Tafel nicht als Einzelwerte der gesuchten Funktion, sondern als Summenwerte, die auf die zugehörigen Intervalle zu beziehen, mithin als Integralwerte, genommen für die Grenzen der Intervalle, zu gelten haben. Im übrigen sind die Prinzipien der Interpolationsrechnung in Anwendung zu bringen, was darauf hinauskommt, die Anzahl der Exemplare von der Größe a, die allgemein mit ζ bezeichnet werde, innerhalb eines bestimmten Bereiches als eine ganze rationale Funktion von a vorauszusetzen und dann mittelst der gegebenen z der Tafel ihre Koeffizienten so zu bestimmen, dass die Summen der ζ, d. i. ihre Integrale zwischen den Grenzen der in Betracht gezogenen Intervalle, mit den gegebenen z der Tafel für eben dieselben Intervalle übereinstimmen; dabei ist die Anzahl der zu berücksichtigenden, aufeinanderfolgenden Intervalle von dem Grade der vorausgesetzten Funktion oder der Anzahl der zu bestimmenden Koeffizienten abhängig, und es wächst mit dem Steigen jener Anzahl zugleich der Grad der erreichten Genauigkeit.]

[Wird also vorausgesetzt, dass für den Bereich eines Wertes a, der in dem Intervall mit der Mitte a_0 und mit einem z gleich z_0 liege, ζ entweder konstant sei oder durch eine lineare Funktion von a oder durch eine solche vom zweiten Grade dargestellt werde, so ist im ersten Falle nur das z_0 des Intervalles selbst, im zweiten Falle das z eines der beiden benachbarten Intervalle, im dritten Falle das z der beiden Nachbarintervalle zu benutzen, um die Konstanten zu bestimmen. Man findet so, wenn das z des nach dem oberen Extrem zu gelegenen Intervalles mit $\mathfrak{z}_1$, das in entgegengesetzter Richtung liegende mit $\mathfrak{z}_{-1}$ bezeichnet und die in Erstreckung der ganzen Tafel sich behauptende Intervallgröße nach früherer Festsetzung i genannt wird, im ersten Falle:

$$\zeta = \frac{\mathfrak{z}_0}{i}\,; \qquad (1)$$

im zweiten Falle:

$$\zeta = \frac{\mathfrak{z}_0}{i} - (a - a_0)\frac{\mathfrak{z}_0 - \mathfrak{z}_1}{i^2} \text{ oder } = \frac{\mathfrak{z}_0}{i} + (a - a_0)\frac{\mathfrak{z}_0 - \mathfrak{z}_{-1}}{i^2}\,; \qquad (2)$$

im dritten Falle:

$$\zeta = \frac{\mathfrak{z}_0}{i} + \frac{2\mathfrak{z}_0 - \mathfrak{z}_1 - \mathfrak{z}_{-1}}{24\,i} + (a - a_0)\frac{\mathfrak{z}_1 - \mathfrak{z}_{-1}}{2\,i^2} - (a - a_0)^2\frac{2\mathfrak{z}_0 - \mathfrak{z}_1 - \mathfrak{z}_{-1}}{2\,i^3}\,; \qquad (3)$$

Formeln, deren Gültigkeitsbereich in jedem Falle über das Intervall mit den Grenzen $a_0 - \frac{1}{2}i$ und $a_0 + \frac{1}{2}i$ sich erstreckt.]

[Will man nun auf Grund der so konstruierten funktionellen Abhängigkeit das dichteste a des Intervalles bestimmen, so erweist sich bloß die Formel (3) hierzu brauchbar; denn (1) liefert durchweg konstante, (2) ständig wachsende oder ständig abnehmende Werte. Aus (3) aber ergiebt sich der Maximalwert oder dichteste Wert:

$$a = a_0 + \frac{i}{2} \cdot \frac{\mathfrak{z}_1 - \mathfrak{z}_{-1}}{2\mathfrak{z}_0 - \mathfrak{z}_1 - \mathfrak{z}_{-1}}\,, \qquad (4)$$

sofern nur $2\mathfrak{z}_0 - \mathfrak{z}_1 - \mathfrak{z}_{-1} > 0$. Ist letzterer Wert kleiner als Null, so stellt a ein Minimum dar, ist aber $2\mathfrak{z}_0 - \mathfrak{z}_1 - \mathfrak{z}_{-1} = 0$, so wird (3) linear und zur Bestimmung eines Maximums unbrauchbar. Soll überdies, wie erforderlich, das Maximum innerhalb des untersuchten Intervalles liegen, so muss sowohl $\mathfrak{z}_1$ als auch $\mathfrak{z}_{-1}$, jedes für sich, kleiner als $\mathfrak{z}_0$ sein.]

[Statt auf die Mitte a_0 kann sich die Bestimmung des dichtesten Wertes auch auf die Grenzen des Intervalles: $g_1 = a_0 - \frac{1}{2}i$ und $g_2 = a_0 + \frac{1}{2}i$ beziehen. Man findet, wenn $a - g_1 = x$ gesetzt wird:

$$\left.\begin{aligned} x &= i \cdot \frac{\mathfrak{z}_0 - \mathfrak{z}_{-1}}{2\mathfrak{z}_0 - \mathfrak{z}_1 - \mathfrak{z}_{-1}}\,; \\ i - x &= i \cdot \frac{\mathfrak{z}_0 - \mathfrak{z}_1}{2\mathfrak{z}_0 - \mathfrak{z}_1 - \mathfrak{z}_{-1}}\,; \end{aligned}\right| \qquad (5)$$

woraus die einfache Proportion:

$$x : (i - x) = (z_0 - z_{-1}) : (z_0 - z_1) \qquad (6)$$

folgt.]

[Die Bestimmung von D_p erledigt sich mithin mittelst obiger Formeln, indem zunächst das Intervall mit dem Maximal-z, d. i. der roh bestimmte dichteste Wert, aufgesucht, und dann die Lage von D_p innerhalb dieses Intervalles durch den Ansatz der Proportion (6) oder aus den Gleichungen (5) oder (4) berechnet wird. Existiert nur ein Maximal-z, so ist die erreichte Genauigkeit hinreichend, und die Beiziehung schärferer Interpolationsformeln unter Berücksichtigung der z von vier oder mehr benachbarten Intervallen im allgemeinen nicht nötig. Ja man gewinnt selbst auch dann noch eine brauchbare Bestimmung, wenn zwei benachbarte Maximal-z die rohe Bestimmung des dichtesten Wertes im Ungewissen lassen. Es wird nämlich, wenn $z_0 = z_{-1}$, $x = 0$, und wenn $z_0 = z_1$, $x = i$, so dass stets die gemeinsame Grenze der beiden, mit dem Maximal-z behafteten Intervalle als D_p in Anspruch zu nehmen ist.]

§ 88. [Auf diesem Wege wurden die Werte D_p der verschiedenen Reduktionsstufen und Reduktionslagen des VIII. Kap. berechnet. Nicht anders wird es in den späteren Kapiteln gehalten werden. Es kann indessen erwünscht sein, für den Fall, dass zwei benachbarte Maximal-z auftreten, eine schärfere Formel zur Verfügung zu haben. Ja es wäre eine solche unumgänglich, wenn — was allerdings kaum zu erwarten ist und eintretenden Falles durch Änderung der Reduktionslage vermieden werden kann — drei succedierende Maximal-z das Versagen der obigen Formeln bedingen würden. Dann ist noch ein weiteres Intervall zu den bisher berücksichtigten hinzuzunehmen, um $\frac{z}{i}$ als eine Funktion dritten Grades bestimmen zu können. Es sei dies das auf das Intervall mit $z = z_1$ folgende Intervall mit $z = z_2$. Setzt man nun wie oben $a = g_1 + x$ oder $= g_2 - (i - x)$, wo g_1 und g_2 die untere und obere Grenze des Intervalles mit der Mitte a_0 und $z = z_0$ sind, so ergiebt sich:

$$\left.\begin{aligned} \zeta &= \alpha + \beta(i - x) - \gamma(i - x)^2 - \delta(i - x)^3; \\ 12i\alpha &= 7z_0 + 7z_1 - z_{-1} - z_2;\; 12i^2\beta = 15z_0 - 15z_1 - z_{-1} + z_2 \\ 4i^3\gamma &= z_0 + z_1 - z_{-1} - z_2;\; 6i^4\delta = 3z_0 - 3z_1 - z_{-1} + z_2. \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

Hieraus folgt als Maximalwert, wenn z. B. $z_0 = z_1$ und $z_0 > z_2 > z_{-1}$:

$$x = \frac{i}{2(z_0 - z_{-1})}\left(2z_0 + z_2 - 3z_{-1} - \sqrt{(2z_0 - z_2 - z_{-1})^2 + \frac{3}{4}(z_2 - z_{-1})^2}\right). \quad (8)$$

Man findet ferner:

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{i}{2}\left(3 - \tfrac{1}{3}\sqrt{15}\right), \text{ wenn } z_2 = z_1 = z_0; \\ x &= \frac{i}{2}\left(1 + \tfrac{1}{3}\sqrt{15}\right), \text{ wenn } z_{-1} = z_1 = z_0; \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

wonach die Lage von D_i wechselt, je nachdem man das auf die drei Maximal-z folgende oder das vorhergehende Intervall berücksichtigt. Dieser Unsicherheit kann nur durch Beiziehen der beiden Nachbarintervalle begegnet werden.]

[Geschieht dies, indem man $z_1 = z_0 = z_{-1}$ annimmt und außer dem folgenden Intervall mit $z = z_2$ noch das vorangehende Intervall mit $z = z_{-2}$ berücksichtigt, so erhält man zur Bestimmung des Maximums, für $x = a - g_1$, die Gleichung:

$$\left.\begin{aligned} &\alpha + 2\beta x + 3\gamma x^2 + 4\delta x^3 = 0; \\ &12 i\alpha = -z_2 + z_{-2};\; 8 i^2\beta = z_{-2} - z_2;\; 6 i^3\gamma = z_2 - z_{-2}; \\ &24 i^4\delta = -2z_0 + z_2 + z_{-2}; \end{aligned}\right\} \quad (10)$$

mit der Bedingung:

$$2\beta + 6\gamma x + 12\delta x^2 < 0.]$$

§ 89. [**Während so die Existenz von D_i unabhängig von dem Bestehen eines Verteilungsgesetzes ist, und seine Bestimmung in** successiver Annäherung durch Interpolation erreicht werden kann, **wird die Existenz von D_p gerade durch das vorausgesetzte Verteilungsgesetz**, unseres Falles durch das zweiseitige G. G., gefordert, und seine Berechnung aus den gegebenen Tafelwerten ist auf Grund seiner mathematisch formulierten Eigenschaften vorzunehmen. Es würde zwar, wenn die unvermeidlichen, unausgeglichenen Zufälligkeiten ein genaues Zutreffen des Verteilungsgesetzes nicht hindern würden, der dichteste Wert von vorn herein die Eigenschaften von D_p besitzen, mithin $D_i = D_p$ sein; und es wäre alsdann kein Anlass vorhanden, neben D_i noch D_p zu berechnen, wenn nicht auch in diesem Falle die scharf formulierten Eigenschaften von D_p eine größere Sicherheit als die Annäherungen des Interpolationsverfahrens böten. Insofern aber der Gang der Tafelwerte niemals völlig den Forderungen des Gesetzes entspricht, weichen D_i und D_p auseinander; und es muss unabhängig von D_i auch D_p bestimmt werden, um sowohl in dem Unterschiede ihrer Lage einen Maßstab für das Zutreffen des Verteilungsgesetzes zu gewinnen, als auch in D_p einen geeigneteren Ausgangwert wie in D_i zur Anwendung jenes Gesetzes zu erhalten.]

[Es wird nun D_p, in solidarischem Zusammenhange mit dem zweiseitigen G. G., durch die Eigenschaft definiert, dass die Anzahlen der unteren und oberen Abweichungen bezüglich desselben sich verhalten wie die Mittelwerte der unteren und oberen Abweichungen, oder dass:

$$m_{,} : m' = e_{,} : e' . \qquad (11)$$

Da diese Eigenschaft des theoretisch wahrscheinlichsten Wertes ein Ausfluss des Verteilungsgesetzes ist, so steht unter Voraussetzung der Gültigkeit dieses Gesetzes von vornherein fest, dass ein und nur ein derartiger Wert in unseren Verteilungstafeln existiert und in der Nähe von D_i zu suchen ist. Es hat aber ein Interesse, nachzuweisen, dass D_p einerseits nicht, wie A oder C, in jeder beliebigen Tafel existiert und andererseits in mehrfacher Auflage vorkommen kann.]

[Zu diesem Zwecke setze man eine Verteilungstafel mit äquidistanten a voraus, deren z das eine Mal durchweg konstant, das andere Mal durchweg das nämliche Vielfache der zugehörigen a darstellen.]

[Im ersteren Falle sind die z gleichmäßig auf die ganze Tafel zu verteilen; es ist mithin, zwischen den Grenzen $a = b$ und $a = c$:

$$z = \alpha ,$$

wo α eine Konstante bedeutet; und für ein beliebiges a findet man:

$$e_{,} = \tfrac{1}{2}(a - b) ; \quad e' = \tfrac{1}{2}(c - a)$$
$$m_{,} = \alpha(a - b) ; \quad m' = \alpha(c - a) ,$$

so dass jedes a die Eigenschaft von D_p besitzt.]

[Im zweiten Falle ergiebt sich durch Interpolation die stetige Verteilung:

$$z_a = \alpha \cdot a$$

und wählt man als Grenzen $a = 0$; $a = e$, so erhält man bezüglich eines beliebigen a:

$$e_1 = \frac{a}{3}; \quad e' = \frac{2e^2 - ae - a^2}{3(a+e)};$$

$$m_1 = \frac{\alpha}{2} a^2; \quad m' = \frac{\alpha}{2}(e^2 - a^2);$$

so dass als Lösungen der Gleichung:

$$e_1 m' - e' m_1 = 0$$

nur die beiden Werte $a = 0$ und $a = e$ resultieren, für welche e_1 und m_1 resp. e' und m' gleich Null sind. Von diesen Grenzwerten wird aber von vornherein in jeder Tafel die Bedingungsgleichung für D_p erfüllt, ohne dass man sie als D_p-Werte in Anspruch nimmt. Es giebt somit in diesem Falle kein D_p innerhalb der Tafel.]

[Infolge dieses Vorkommens kann es wünschenswert erscheinen, ein Kriterium für das Vorhandensein von D_p zu besitzen. Ein solches bietet sich in einfacher Weise durch folgende Erwägung. Ist für den Beginn der Tafel nachweisbar $e_1 : m_1 > e' : m'$, für das Ende $e_1 : m_1 < e' : m'$, so muss für einen mittleren Wert $e_1 : m_1 = e' : m'$ sein, da die Quotienten $e_1 : m_1$ und $e' : m'$ infolge der stetigen Verteilung der z auf die einzelnen Intervalle sich mit der Lage des Wertes, auf den sie sich beziehen, stetig ändern. Nun ist aber, wenn z_u das z von E_u, z_o dasjenige von E^o darstellt und die untere Grenze des Intervalles von E_u mit b, die obere Grenze des Intervalles von E^o mit e bezeichnet wird, für den Anfang der Tafel:

$$\frac{e_1}{m_1} = \frac{i}{2z_u}; \quad \frac{e'}{m'} = \frac{A-b}{m};$$

für das Ende der Tafel:

$$\frac{e_1}{m_1} = \frac{e-A}{m}; \quad \frac{e'}{m'} = \frac{i}{2z_o}.$$

Es existiert daher jedenfalls ein Wert D_p innerhalb der Tafel, wenn:

$$z_u < \frac{im}{2(A-b)};\quad z_o < \frac{im}{2(c-A)} \text{ ist.]} \tag{12}$$

§ 90. [Zur Berechnung von D_p kann zunächst nur die Proportion (11) dienen, da sie diesen Wert definiert. Es lassen sich jedoch auf Grund jener Proportion folgende Eigenschaften des Wertes D_p nachweisen, die in gleicher Weise zu einer Berechnung benutzt werden können:

1) Das arithmetische Mittel der unterhalb D_p gelegenen a, d. i. $\Sigma a_, : m_,$, vermehrt um das arithmetische Mittel der oberhalb D_p liegenden a, d. i. $\Sigma a' : m'$, ist gleich dem arithmetischen Mittel aller a, vermehrt um D_p selbst. Mithin:

$$\frac{\Sigma a_,}{m_,} + \frac{\Sigma a'}{m'} = A + D_p. \tag{13}$$

2) Die Differenz der Mittelwerte aus den unteren und oberen Abweichungen der a bezüglich D_p ist gleich der Differenz aus dem Werte D_p selbst und dem arithmetischen Mittel der a; somit:

$$e_, - e' = D_p - A. \tag{14}$$

Die Verbindung letzterer Gleichung mit (11) führt zu der weiteren Bestimmung:

$$e_, + e' = \frac{m}{u}(A - D_p), \tag{15}$$

wo $u = m' - m_,$. Durch Addition und Subtraktion von (14) und (15) gewinnt man ferner:

$$\left.\begin{aligned} e_, &= \frac{m_,}{u}(A - D_p) \\ e' &= \frac{m'}{u}(A - D_p) \end{aligned}\right\} \tag{16}$$

Der Beweis von (13) wird erbracht, indem durch Substitution der Werte

$$e_, = D_p - \frac{\Sigma a_,}{m_,};\quad e' = \frac{\Sigma a'}{m'} - D_p \tag{17}$$

in die aus der Proportion (11) sich ergebende Gleichung $e'm_, = e_,m'$ mittelst einfacher Rechnung die Gleichung:

$$m D_p = \frac{m'}{m_,} \Sigma a_, + \frac{m_,}{m'} \Sigma a' \qquad (18)$$

hergeleitet und in derselben

$$\frac{m'}{m_,} = \frac{m}{m_,} - 1; \qquad \frac{m_,}{m'} = \frac{m}{m'} - 1$$

gesetzt wird. In der That folgt aus der so resultierenden Gleichung:

$$m D_p = m \frac{\Sigma a_,}{m_,} + m \frac{\Sigma a'}{m'} - \Sigma a \qquad (19)$$

durch Division mit m die Formel (13). Ist aber diese Formel gewonnen, so folgt aus ihr, wenn $\Sigma a_, : m_,$ und $\Sigma a' : m'$ aus (17) durch D_p und $e_,$ resp. e' ausgedrückt werden, unmittelbar die Gleichung (14).]

§ 91. Zur rechnerischen Bestimmung von D_p bietet nun die Gleichung (13) den bequemsten Ansatz. Hierzu ist jedoch eine Kenntnis des Intervalles, in das D_p fällt, erforderlich, da die Eigenschaften des gesuchten Wertes auf die Abweichungszahlen und Abweichungssummen sich gründen und nicht eine absolute Bestimmung, wie sie für A möglich ist, gestatten. Es muss somit, wo eine solche Kenntnis, die z. B. durch vorgängige Berechnung von D_i erworben werden kann, fehlt, versuchsweise der Ansatz für irgend ein Intervall gemacht und, wenn nicht zufällig das richtige Intervall getroffen wurde, für ein anderes Intervall wiederholt werden, wobei indessen das Ergebnis der zuerst geführten, fehlschlagenden Rechnung die Wahl des Intervalles bei der Wiederholung des Versuches zu beeinflussen hat. Bietet die Tafel keine großen Abnormitäten, so wird es sich bei diesen Versuchen nur um die Wahl zwischen benachbarten Intervallen handeln.]

[Hat man demgemäß ein bestimmtes Intervall, dessen Mitte a_0, dessen untere Grenze $g_,$ und dessen ι gleich ι_0 sei, als Eingriffsintervall gewählt und für dasselbe v, n, $\mathfrak{V}$, $\mathfrak{N}$ berechnet, so ist bei roher Bestimmung in Übereinstimmung mit (13):

$$D_p = \frac{\mathfrak{V}}{v} + \frac{\mathfrak{N} + a_0 \iota_0}{n + \iota_0} - A = \frac{\mathfrak{V}(n + \iota_0)^2 + v^2(\mathfrak{N} + a_0 \iota_0)}{m v (n + \iota_0)}; \qquad (20a)$$

oder:

$$D_p = \frac{\mathfrak{V} + a_0 z_0}{v + z_0} + \frac{\mathfrak{N}}{n} - A = \frac{(\mathfrak{V} + a_0 z_0)\, n^2 + \mathfrak{N}\,(v + z_0)^2}{m\,(v + z_0)\, n}\,; \quad (20b)$$

je nachdem D_p kleiner oder größer als a_0. Es ist somit die erstere Formel zutreffend, wenn $a_0 - D_p < \frac{1}{2} i$, die letztere, wenn $D_p - a_0 < \frac{1}{2} i$ sich ergiebt.

Für scharfe Bestimmung ist aber von dem Ansatz:

$$D_p = \frac{\mathfrak{V} + Y}{v + y} + \frac{\mathfrak{N} + a_0 z_0 - Y}{n + z_0 - y} - A \quad (21)$$

auszugehen, wo Y die Eingriffssumme, y die Eingriffszahl bedeutet. Setzt man hier nach Kap. IX, Formel (8) und (13), wenn x das Eingriffsmaß $= D_p - g_1$ angiebt[1]:

$$Y = \frac{x}{I} z_0 \left(g_1 + \frac{x}{2}\right); \quad y = \frac{x}{I} z_0\,;$$

so erhält man folgende Gleichung für $x = D_p - g_1$:

$$\left.\begin{aligned} \alpha x^2 - \beta x + \gamma &= 0\,; \\ \alpha &= \frac{z_0}{2I}\left(v - n + \frac{2 z_0}{I}(A - a_0)\right); \\ \beta &= v\,(n + z_0) + \frac{z_0}{I}\left(\mathfrak{V} - \mathfrak{N} - a_0 z_0 + A\,(n + z_0 - v)\right); \\ \gamma &= \mathfrak{V}\,(n + z_0) + v\,(\mathfrak{N} + a_0 z_0) - (g_1 + A)\, v\,(n + z_0)\,; \end{aligned}\right| \quad (22)$$

mit der Bedingung, dass x positiv und kleiner als I sei.]

[Da jedoch diese Bestimmungsweise keineswegs bequem ist, soll D_p zu irgend einem in dem nämlichen Intervall liegenden Hauptwerte H in Beziehung gesetzt werden, um auf Grund der besonderen Eigenschaften des jeweils gewählten H einfachere Gleichungen zu gewinnen.]

[Zu diesem Zwecke mögen die Anzahlen und die Summen der unterhalb und oberhalb H gelegenen a durch m_u, m'', Σa_u, $\Sigma a''$ bezeichnet, ferner $D_p - H = x'$ und die zwischen D_p und H liegenden

---

[1] [Wollte man die einfacher scheinende, jedoch ungenauere Formel (6) des Kap. IX, nämlich $Y = a_0 z_0 x : I$, benutzen, so würde an Stelle von (22) eine Gleichung dritten Grades für x resultieren; es hätte somit der Verlust an Genauigkeit überdies eine Einbuße an rechnerischer Bequemlichkeit zur Folge.]

a ihrer Anzahl nach gleich y', ihrer Summe nach gleich Y' gesetzt werden, so dass:

$$Y' = \frac{x'}{I} z_0 \left(H + \frac{x'}{2}\right); \quad y' = \frac{x'}{I} z_0 .$$

Man gewinnt dann aus dem Ansatze:

$$D_p = \frac{\Sigma a_u + Y'}{m_u + y'} + \frac{\Sigma a'' - Y'}{m'' - y'} - A \tag{23}$$

für $x' = D_p - H$ die Gleichung:

$$\left.\begin{aligned} \alpha' x'^2 - \beta' x' + \gamma' &= 0; \\ \alpha' &= \frac{z_0}{2I}\left(m_u - m'' + \frac{2 z_0}{I}(A - H)\right); \\ \beta' &= m_u m'' + \frac{z_0}{I}\left(\Sigma a_u - \Sigma a'' + A(m'' - m_u)\right); \\ \gamma' &= \Sigma a_u \cdot m'' + \Sigma a'' \cdot m_u - (H + A) m'' m_u; \end{aligned}\right| \tag{24}$$

die für $H = g_1$ in (22) übergeht. Aus derselben muss sich ein x' ergeben, das entweder positiv und kleiner als $g_1 - H$ (wo g_1 die obere Grenze des Eingriffsintervalles ist), oder negativ und seinem absoluten Werte nach kleiner als $H - g_1$ ist.]

[Diese Gleichung führt nun, wenn entweder das arithmetische Mittel A oder der Zentralwert C oder der Scheidewert R in das Intervall von D_p fällt und als H gewählt wird, zu folgenden Bestimmungen:

1) Es sei: $H = A$; $x = D_p - A$; dann ist:

$$x^2 \frac{z_0}{2I}(\mu_{,} - \mu') - x\left(\mu_{,}\mu' - \frac{z_0}{I}\Sigma\Delta\right) + \frac{1}{2}\Sigma\Delta(\mu_{,} - \mu') = 0; \tag{25}$$

wo $\mu_{,}$ und μ' die Abweichungszahlen, $\Sigma\Delta$ die Gesamtsumme der Abweichungen bez. A vorstellen.

2) Es sei sodann: $H = C$; $x = D_p - C$; dann resultiert:

$$x^2 \frac{z_0^2}{I^2}(A - C) - x\left(\frac{m^2}{4} - \frac{z_0}{I}(\Sigma a'' - \Sigma a_u)\right) + \frac{m^2}{4}(A - C) = 0; \tag{26}$$

wo Σa_u und $\Sigma a''$ auf C sich beziehen.

3) Es sei schließlich: $H = R$; $x = D_p - R$; dann ergiebt sich:

$$\left.\begin{array}{r} x^2 \frac{z_0}{2i}\left(m_, - m'' + \frac{2z_0}{i}(A-R)\right) - x\left(m_, m'' + \frac{z_0}{i}A(m''-m_,)\right) \\ + \left(\frac{m^2}{2} - m'' m_,\right)A - m'' m_, R = 0\,; \end{array}\right\} \quad (27)$$

wo $m_,$ und m'' bezüglich R zu nehmen sind.]

[Der Anwendungsbereich dieser Bestimmungsweisen wird noch erweitert, wenn man für den Fall, dass D_p und der Hauptwert, auf den die Rechnung Bezug nimmt, in benachbarte Intervalle fallen, eine Verschiebung des Eingriffsintervalles vornimmt oder, mit anderen Worten, das Eingriffsintervall aus aneinanderstoßenden Teilen zweier Nachbarintervalle zusammensetzt. Das z_0 dieses zusammengesetzten Intervalles setzt sich dann aus den proportional bestimmten z seiner Teile zusammen, während die bez. des Hauptwertes geltenden Bestimmungen erhalten bleiben.]

92. [Von diesen Formeln wird (26) im allgemeinen vorzuziehen sein. Denn (27) bezieht sich auf einen wenig interessierenden Hauptwert, dessen genaue Berechnung selbst schon nach Kap. X (19b) die Auflösung einer Gleichung zweiten Grades erfordert; während (25) dadurch im Nachteil steht, dass A dem Lagengesetze gemäß von D_p durch C getrennt ist und somit weniger häufig als C mit D_p im nämlichen Intervalle liegen wird. Es ist ferner nicht als Nachteil zu empfinden, dass die Gleichung (26) die Kenntnis der beiden Werte A und C erheischt, da man neben D_p stets auch A und C berechnen wird.]

[Es ist darum angezeigt, die auf die Kenntnis von C und A zu gründende Berechnung von D_p nach (26) auf eine möglichst einfache Form zu bringen.]

[Zu diesem Zwecke dividiere man (26) durch $\frac{1}{4}m^2 x$ und schreibe die Gleichung wie folgt:

$$\frac{C-A}{x} = \frac{4z_0}{i\,m^2}(\Sigma a' - \Sigma a_,) - 1 - \frac{4z_0^2}{i^2 m^2}\,x\,(C-A) \qquad (28)$$

Setzt man nun:

$$\xi = \frac{C-A}{x}, \text{ also } x = \frac{C-A}{\xi},$$